KUKA

调试基于 KR C4 的机器人

培训资料

用户组：系统集成商

发布日期： 16.11.2016

版本： SE commissioning KR C4 based KUKA robots V1

© 版权 2016

KUKA Roboter GmbH
Zugspitzstraße 140
D-86165 Augsburg
德国

此文献或节选只有在征得 KUKA Roboter GmbH 明确同意的情况下才允许复制或对第三方开放。

除了本文献中说明的功能外，控制系统还可能具有其他功能。 但是在新供货或进行维修时，无权要求 KUKA Roboter GmbH 提供这些功能。

我们已就印刷品的内容与描述的硬件和软件内容是否一致进行了校对。 但是不排除有不一致的情况，我们对此不承担责任。 但是我们定期校对印刷品的内容，并在之后的版本中作必要的更改。

我们保留在不影响功能的情况下进行技术更改的权利。

本文件为原版文件的翻译。

KIM-PS5-DOC

出版物：	Pub COLLEGE SE INB KR C4 (PDF-COL) zh
书页构造：	SE Inbetriebnahme KR C4 basierter KUKA-Roboter V1.8
版本：	SE commissioning KR C4 based KUKA robots V1

目录

1 课程项目 11
1.1 课程项目：KUKA 培训间的调试 11
2 机器人机械装置的安装 13
2.1 机械接口 13
2.2 安装准则 18
2.2.1 安装机器人的固定件 18
2.2.1.1 安装机架固定装置 18
2.2.1.2 安装地基固定装置 19
2.2.2 运输机器人 21
2.2.3 固定机器人 23
2.2.3.1 安装机器人 23
2.2.3.2 安装吊装式机器人 24
2.3 练习：机器人机械装置的安装 27
3 KR C4 的结构和接口 29
3.1 产品说明概览 29
3.2 了解控制柜 （V）KR C4 （midsize） 29
3.2.1 机器人控制器概览 EU 一欧洲 31
3.3 了解控制柜 （V）KR C4 extended 33
3.4 了解 KR C4 compact 控制柜 35
3.5 应用和总线系统概览 36
3.6 接口说明 39
3.6.1 机器人和控制柜的布线 （无安全保证） 42
3.6.2 KR C4 compact 和 KR Agilus 的接线 （无安全保证） 46
3.7 能源效率 46
3.8 箱柜冷却系统说明 47
3.8.1 KR C4 compact 的控制柜冷却装置 50
3.9 练习：KR C4 的结构和接口 52
4 KPC 一 KUKA KR C4 PC 计算机组件 53
4.1 KPC 概览一 KUKA KR C4 PC 计算机组件 53
4.2 KPC - KUKA PC 53
4.2.1 KPC 带主板 D2608-K 54
4.2.2 KPC 带主板 D3076-K 56
4.2.3 KPC 带主板 D3236-K 59
4.2.4 板级支持包 60
4.3 DualNIC 一双网卡 60
4.4 KR C4 的存储介质 62
5 KR C4 的总线系统 65
5.1 总线系统概览 65
5.2 内部库卡总线系统 65
5.3 CCU 一控制柜 66
5.3.1 CCUsr - 小型机器人控制柜 74
5.3.2 CSP 一控制系统操作面板 76
5.4 KCB 一库卡控制器总线 77
5.4.1 了解 KPP 一库卡配电箱 78

5.4.1.1 了解 KPPsr - 库卡小型机器人配电箱 83
5.4.2 了解 KSP 一库卡伺服包 84
5.4.2.1 了解 KSPsr - 库卡小型机器人伺服包 91
5.4.3 RDC 一旋转变压器数字转换器 93
5.4.4 EDS 一电子数据存储器 98
5.4.5 EMD - 电子控制装置 102
5.4.6 检查旋转变压器 105
5.4.7 电机 112
5.5 KSB 一库卡系统总线 114
5.5.1 库卡 smartPAD 116
5.5.2 SIB - 安全接口板 118
5.6 KEB - 库卡扩展总线 120
5.7 KLI 一库卡线路接口 122
5.8 问题：KR C4 的总线系统 124
6 电磁兼容性 125
6.1 布线提示 125
7 备份和恢复硬盘镜像文件 127
7.1 备份和恢复硬盘镜像文件概览 127
7.2 了解 KR C4 系统还原 127
7.2.1 准备用于静默模式的 KUKA.RecoveryUSB 128
7.2.2 静默模式中恢复镜像映射 135
7.3 练习：将主 / 备份图像安装到控制系统上 137
8 主设备图像的安装 (Minisetup) 139
8.1 概览 139
8.2 进行 Minisetup 139
8.3 更改计算机名称 143
8.4 利用 WorkVisual 进行项目化设置 144
8.5 练习：进行 Minisetup 145
9 网络技术基础 147
9.1 网络概览 147
9.2 无源的网络组件 147
9.2.1 双绞线电缆 147
9.2.2 RJ45 和 GG45 插头及接口 149
9.3 有源的网络组件 150
9.3.1 网卡 151
9.3.2 交换机 153
9.3.3 路由器 156
9.4 协议 156
9.4.1 协议 156
9.4.2 定址 157
9.4.3 子网掩码 157
9.4.4 NAT - 网络地址转换 158
9.4.5 分配 IP 地址 159
9.4.6 打开 DOS Shell 163
9.4.6.1 植入 DOS 指令 164
9.5 在 KR C4 中使用协议和 IP 地址 166

9.6 KLI 一库卡线路接口 167
9.6.1 KLI 配置 167
9.6.2 应用网络环境中的 KR C4 174
9.7 库卡服务接口 (KSI - KUKA Service Interface) 174
9.8 练习：配置 KLI 接口 176
10 选项：VRP - 虚拟远程挂件 177
10.1 Virtual Remote Pendant 177
11 安装工艺程序包 (选项) 181
11.1 工艺程序包的安装 (选项) 181
11.2 练习：工艺程序包的安装 185
12 用 WorkVisual 进行工作 187
12.1 概览：WorkVisual 187
12.2 产品说明 187
12.3 用 WorkVisual 进行项目管理 187
12.4 WorkVisual 电脑连接到控制系统 188
12.5 WorkVisual 操作界面概览 189
12.6 将现有项目载入 WorkVisual 190
12.7 WorkVisual 模式 192
12.8 WorkVisual 项目结构 192
12.9 激活模板编目 193
12.10 在本地保存 WorkVisual 项目 195
12.11 通过 Windows 显示详细的项目信息 196
12.12 将项目传输给机器人控制系统 (安装) 196
12.13 将项目配给实际应用的机器人控制系统 205
12.13.1 打开单元定义 (KSS 8.3) 209
12.14 输出 / 输入部分项目 212
12.15 在机器人控制系统中激活项目 215
12.16 练习：将项目加载和保存到 WorkVisual 配置界面中 219
13 KCB 一使用 WorkVisual 3.x 配置库卡控制器总线 221
13.1 概览：KCB 一使用 WorkVisual 3.x 配置库卡控制器总线 221
13.2 库卡控制器总线配置 221
13.2.1 自动配置 KCB - KUKA 控制器总线 221
13.2.2 手动配置 KCB - 库卡控制器总线 228
13.3 练习：KCB - 使用 WorkVisual 配置库卡控制器总线 233
14 设备安全 235
14.1 设备安全概览 235
14.2 KR C4 的内部安全方案 235
14.3 KR C4 的安全客户接通 236
14.4 基于以太网的现场总线系统的安全性 237
14.4.1 通过 KLI- 库卡线路接口的安全接口 241
14.4.2 通过 KEB- 库卡扩展总线的安全接口 245
14.5 通过 SIB - 安全接口板的安全功能 246
14.5.1 SIB 标准一安全接口板标准款型 248
14.5.1.1 X11 接口，用于设备安全的插头配置 252
14.5.1.2 安全接口 X11 上的外部确认开关 254

14.5.1.3 X11 上的负载电压 US1 和 US2 选项 255
14.5.2 SIB 扩展板 – 安全接口扩展板 256
14.6 配置设备安全机制 (HMI) 259
14.7 复位安全控制器 262
14.8 调试模式 263
14.9 练习：设备安全的配置 266
15 调试 PROFINET 269
15.1 了解 PROFINET 现场总线系统 269
15.1.1 概览 269
15.1.2 PROFINET （工业以太网）说明 269
15.1.3 KR C4 与工业以太网的连接 272
15.1.4 PROFINET 输入 / 输出组件 273
15.1.5 PROFINET 耦联示例 276
15.1.6 问题：认识工业以太网 277
15.2 安装 PROFINET 选项 278
15.2.1 概览 278
15.2.2 工业以太网堆栈说明 278
15.2.3 安装工业以太网堆栈 278
15.2.4 输入 / 输出端驱动程序 278
15.3 将设备说明文件接入 WorkVisual 280
15.3.1 概览 280
15.3.2 将 GSDML 驱动程序接入到 WorkVisual 中 280
15.3.3 练习：安装 GSDML 驱动程序 283
15.4 将 KR C4 配置为工业以太网控制器 284
15.4.1 概览 284
15.4.2 控制器配置 284
15.4.3 将 KR C4 配置为工业以太网控制器 284
15.4.4 逻辑连接输入和输出端 292
15.4.5 数字输入和输出的逻辑连接 293
15.4.6 模拟输入和输出的逻辑连接 296
15.4.7 存储长文本 303
15.4.8 打印输入 / 输出接线 306
15.4.9 输入 / 输出接线的各种可能性 307
15.4.10 总线用户命名 308
15.4.11 其它控制器特定的选项卡 311
15.4.11.1 设备诊断选项卡 311
15.4.11.2 PROFIenergy 选项卡 314
15.5 耦合和解耦现场总线模块 316
15.5.1 概览 316
15.5.2 耦合和解耦总线用户 316
15.5.3 通过 HMI 耦合和解耦现场总线用户 317
15.5.4 通过 KRL 耦合和解耦现场总线用户 319
15.5.5 激活快速启动 / 优先启动 320
15.5.6 减少配置的时间消耗 321
15.6 将 KR C4 配置为 PROFINET 设备 322
15.6.1 概览 322
15.6.2 将 KR C4 配置为设备 322
15.6.3 设备的逻辑连接 326

15.7 诊断 327
15.7.1 概览 327
15.7.2 PROFINET 诊断方法 327
15.7.3 通过信息窗口诊断 327
15.7.4 通过 SmartPAD 诊断监视器进行诊断 328
15.7.5 WorkVisual 诊断监视器的利用 334
15.7.6 通过连接真实的现场总线进行 WorkVisual 诊断 337
15.7.6.1 显示接口清单 338
15.7.6.2 拓扑诊断 339
15.7.6.3 扩展的设备诊断 340
过程数据选项卡 340
设备诊断选项卡 341
接口选项卡 342
15.7.7 通过网页浏览器进行设备诊断 342
15.8 通过 PROFIsafe 激活安全设施 344
15.8.1 概览 344
15.8.2 认识 PROFIsafe 选项 345
15.8.3 通过 PROFIsafe 逻辑连接 348
15.8.4 配置设备安全机制 (HMI) 353
15.8.5 通过 WorkVisual 激活 PROFIsafe 355
15.8.6 设置和检查 PLC 项目中的安全识别号 357
15.8.7 问题：通过 PROFIsafe 激活安全设施 360
15.9 练习：PROFINET 配置 （培训间类型：PROFIsafe） 361
15.10 练习：PROFINET 配置 （培训间类型：SIB） 364

16 配置外部自动运行接口 367

16.1 自动运行外部接口的说明 367
16.2 自动运行外部接口的配置 373
16.3 调整 PLC 的连接 (Cell.src) 374
16.4 练习：配置外部自动运行接口 （手动） 377

17 调试 PROFIBUS 381

17.1 了解 PROFIBUS 现场总线系统 381
17.1.1 概览 381
17.1.2 了解 PROFIBUS 381
17.1.3 PROFIBUS 设备 382
17.1.4 PROFIBUS IO 传输介质 385
17.1.5 使用哪种总线拓扑和总线访问方法? 388
17.1.6 PROFIBUS 配置报文 391
17.1.7 PROFIBUS 接线 392
17.1.8 有源总线终端电阻 394
17.1.9 PROFIBUS 主要数据 396
17.1.10 问题：了解 PROFIBUS 397
17.2 将设备说明文件接入 WorkVisual 398
17.2.1 概览 398
17.2.2 将 GSD 设备说明文件导入 WorkVisual 398
17.2.3 练习：安装 GSD 驱动程序 401
17.3 将 KR C4 配置为 PROFIBUS 主设备 402
17.3.1 概览 402

17.3.2 一般说明 402
17.3.2.1 KR C4 PROFIBUS 接口 402
17.3.2.2 控制器配置说明 404
17.3.3 将 KR C4 配置为 PROFIBUS 主站 (EtherCAT) 404
17.3.3.1 现场总线系统 EtherCAT 404
17.3.3.2 描述 406
17.3.3.3 物理配置 408
17.3.3.4 逻辑连接输入和输出端 418
17.3.3.5 准备输入和输出数据字 419
17.3.3.6 使用信号编辑器工作 423
17.3.3.7 使用接线编辑器工作 427
17.3.4 练习：配置 KR C4 Controller（控制器） 432
17.4 耦合和解耦现场总线模块 433
17.4.1 概览 433
17.4.2 耦合和解耦总线用户 433
17.4.3 通过 HMI 耦合和解耦现场总线用户 434
17.4.4 通过 KRL 耦合和解耦 435
17.5 将 KR C4 配置为 PROFIBUS 从属设备 436
17.5.1 概览 436
17.5.2 通过 PROFIBUS/EtherCAT 网关进行从站配置 436
17.5.2.1 说明 436
17.5.2.2 WorkVisual 的物理配置 437
17.5.2.3 WorkVisual 的逻辑配置 441
17.6 诊断 442
17.6.1 概览 442
17.6.2 PROFIBUS 诊断方法 442
17.6.3 通过信息窗口诊断 442
17.6.4 通过诊断监视器 (HMI) 显示诊断 445
17.6.5 输入 / 输出端驱动程序 449
17.6.6 WorkVisual 中的扩展设备诊断 450

18 机器人运动 455

18.1 概览 455
18.2 读取并解释机器人控制系统的信息提示 455
18.3 选择并设置运行方式 456
18.4 取下 smartPAD 459
18.5 单独运动机器人的各轴 463
18.5.1 练习：操作及轴相关的手动运行 469
18.6 与机器人相关的坐标系 471
18.7 在世界坐标系中移动机器人 472
18.7.1 练习：在世界坐标系中的操作及手动运行 477

19 给机器人标定零点 479

19.1 投入运行助手 479
19.2 零点标定的原理 479
19.3 标定机器人零点 482
19.4 练习：机器人零点标定 490

20 更改软件限位开关 493

20.1 更改软件限位开关 493

20.2 练习：设定机器人的软件限位开关 496
21 选项：配置 KUKA.GripperTech 497
21.1 KUKA.GripperTech 配置 497
21.2 练习：配置抓爪 500
22 机器人上的负载 501
22.1 机器人上的负载 501
22.2 工具负载数据 501
22.3 请求监控工具负载数据 504
22.4 机器人上的附加负载 505
22.5 借助 KUKA.LoadDataDetermination 确定负载数据 507
22.5.1 用 KUKA.LoadDataDetermination 工作 508
22.5.1.1 设置选项卡 510
22.5.1.2 轴范围选项卡 512
22.5.1.3 轴 A3 附加负载选项卡 513
22.5.1.4 负载数据选项卡 514
23 机器人上的工具测量 517
23.1 工具测定 517
23.1.1 练习：以尖触头为对象的工具测定 526
23.1.2 练习：抓爪工具测定，2 点法 529
23.2 在工具坐标系中移动机器人 533
23.2.1 练习：工具坐标系中的手动运行 537
24 机器人单元中的基坐标测量 539
24.1 测量基坐标 539
24.1.1 练习：工作台的基坐标测量，3 点法 545
24.2 在基坐标系中移动机器人 547
24.2.1 练习：基坐标系中的手动运行 551
24.3 查询当前机器人位置 552
25 外部工具的配置和编程 555
25.1 概览 555
25.2 机器人的调试 555
25.2.1 固定工具的测定 555
25.2.2 测量由机器人引导的工件 559
25.2.3 练习：测量外部工具和机器人引导的工件 563
25.3 机器人运动 567
25.3.1 用一个固定工具进行手动移动 567
25.3.2 练习：用固定工具手动运行 569
25.4 建立及更改编程的运动 570
25.4.1 具有外部 TCP 的运动编程 570
25.4.2 练习：以外部 TCP（工具中心点）进行运动编程 571
26 拖链系统 573
26.1 选择拖链系统 573
26.2 KUKA 拖链系统 574
26.3 设置 K-Box 581
27 附录 585

27.1 现场总线模块 EM8905-1001 (EtherCat) 的接线 585
索引 589

1 课程项目

1.1 课程项目：KUKA 培训间的调试

说明

该课程的目的是通过示例调试 KUKA 学院培训间。机器人以及控制系统已经安装到了现场总线组件上并已部分地布线。
在展示训练中不介绍培训资料的所有内容。

软件版本

已经用以下版本测试了这些课程训练：

选项	版本	版本
KSS	8.3.6	2014/3/8
GripperTech & SpotTech	3.2	3.2
PROFINET Controller Device	3.1.1	3.2
KUKA.LoadDataDetermination	6.1	

项目流程

1. **安装机器人**
   (>>> 2 "机器人机械装置的安装" 页码 13)
   (>>> "练习：机器人机械装置的安装" 页码 27)
2. **单元的布线**
   (>>> 3.6 "接口说明" 页码 39)
   (>>> "练习：KR C4 的结构和接口" 页码 52)
3. **软件安装**
   (>>> 7 "备份和恢复硬盘镜像文件" 页码 127)
   (>>> "练习：将主 / 备份图像安装到控制系统上" 页码 137)
4. **进行 Minisetup**
   (>>> "主设备图像" 页码 139)
   (>>> "练习：进行 Minisetup" 页码 145)
5. **配置网络接口 (KLI)**
   (>>> 9 "网络技术基础" 页码 147)
   (>>> "练习：配置 KLI 接口" 页码 176)
6. **工艺程序包的安装**
   (>>> 11 "安装工艺程序包 （选项）" 页码 181)
   (>>> "练习：工艺程序包的安装" 页码 185)
7. **将控制系统的项目加载和保存到 WorkVisual 配置界面中**
   (>>> 12 "用 WorkVisual 进行工作" 页码 187)
   (>>> "练习：将项目加载和保存到 WorkVisual 配置界面中" 页码 219)
8. **KCB - 库卡控制器总线配置**
   (>>> 13 "KCB－使用 WorkVisual 3.x 配置库卡控制器总线" 页码 221)
   (>>> "练习：KCB - 使用 WorkVisual 配置库卡控制器总线" 页码 233)
9. **设备安全的配置**
   (>>> 14 "设备安全" 页码 235)
   (>>> "练习：设备安全的配置" 页码 266)
10. **现场总线配置**

- 可选：PROFINET
  - (>>> 15 "调试 PROFINET" 页码 269)
  - (>>> "练习：安装 GSDML 驱动程序" 页码 283)
  - (>>> 15.4 "将 KR C4 配置为工业以太网控制器" 页码 284)
  - (>>> 15.6 "将 KR C4 配置为 PROFINET 设备" 页码 322)
  - (>>> "练习：PROFINET 配置（培训间类型：PROFIsafe）" 页码 361) 或者
  - (>>> "练习：PROFINET 配置（培训间类型：SIB）" 页码 364)
- 可选：PROFIBUS
  - (>>> 17 "调试 PROFIBUS" 页码 381)
  - (>>> "练习：安装 GSD 驱动程序" 页码 401)
  - (>>> "练习：配置 KR C4 Controller（控制器）" 页码 432)
  - (>>> 17.5 "将 KR C4 配置为 PROFIBUS 从属设备" 页码 436)

11. **自动运行外部接口的配置**
    - (>>> 16 "配置外部自动运行接口" 页码 367)
    - (>>> "练习：配置外部自动运行接口（手动）" 页码 377)
12. **标定机器人零点**
    - (>>> 19 "给机器人标定零点" 页码 479)
    - (>>> 19 "给机器人标定零点" 页码 479)
    - (>>> "练习：机器人零点标定" 页码 490)
13. **设定机器人的软件限位开关**
    - (>>> 20 "更改软件限位开关" 页码 493)
    - (>>> "练习：设定机器人的软件限位开关" 页码 496)
14. **可选：KUKA.GripperTech**
    - (>>> 21 "选项：配置 KUKA.GripperTech" 页码 497)
    - (>>> "练习：配置抓爪" 页码 500)
15. **确定机器人上的负载**
    - (>>> 22 "机器人上的负载" 页码 501)
16. **工具的测量**
    - (>>> 23 "机器人上的工具测量" 页码 517)
    - (>>> "练习：以尖触头为对象的工具测定" 页码 526)
    - (>>> "练习：抓爪工具测定，2 点法" 页码 529)
17. **基坐标的测量**
    - (>>> 24 "机器人单元中的基坐标测量" 页码 539)
    - (>>> "练习：工作台的基坐标测量，3 点法" 页码 545)
18. 可选：外部工具测量

    不对该变量进行培训。操作步骤请参阅下节。
    - (>>> 25 "外部工具的配置和编程" 页码 555)
    - (>>> "练习：测量外部工具和机器人引导的工件" 页码 563)
19. **设置电源**
    - (>>> 26 "拖链系统" 页码 573)

2 机器人机械装置的安装

2.1 机械接口

在每个机器人技术规格中为每个机器人类型指定机械接口。在此也可获悉将多少机器人作用力和力矩传导到地面或天花板中。

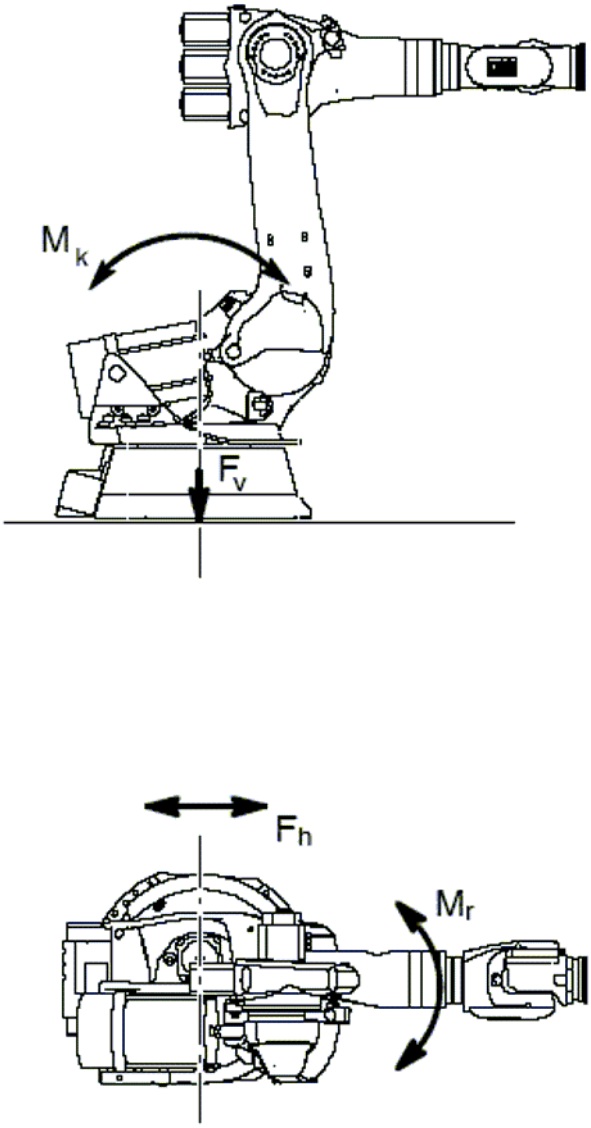


图 2-1: 由于机器人和总负载在地面上形成的主负荷

机器人运行时的作用力名称

F_v	纵向动力
F_h	横向动力
M_k	倾覆力矩
M_r	轴 2 转矩

在运行 KR 240-2 机器人时最大出现的作用力：

$F_{v\ max}$	24 000 N
$F_{h\ max}$	18 000 N

$M_{k\ max}$	49 000 Nm
$M_{r\ max}$	38 000 Nm

KR 240-2 机器人的最大总质量：

机器人的总质量	总负载	用于类型
1267 kg	640 kg	KR 240-2
1277 kg	610 kg	KR240 L210-2
1285 kg	580 kg	KR240 L180-2

注意 安装机器人
在固定机器人时，必须检查地面是否有所需的质量和厚度，此外是否能够吸收从机器人发出的作用力。

安装机器人有多种方法。在 KR240-2 的示例上，在此显示其固定方法：

- 地基固定装置
- 机器支座固紧
- 安装支架

地基固定装置

- 只用于地面安装 （立式）机器人。
- 直接将机器人安装在地面地基上。
- 借助十二个分布在四个地基板上的锚栓固定机器人。

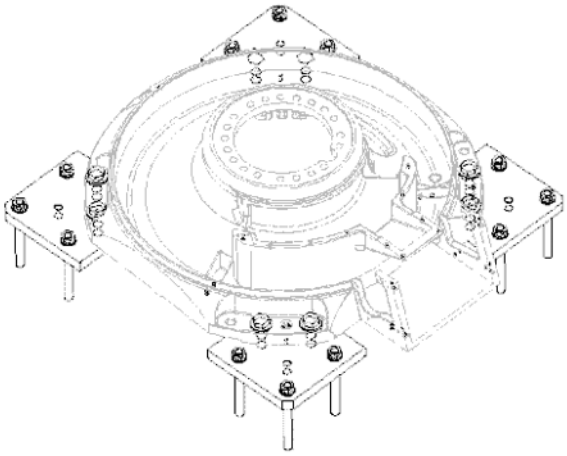


图 2-2：不带机器人时的地基固定

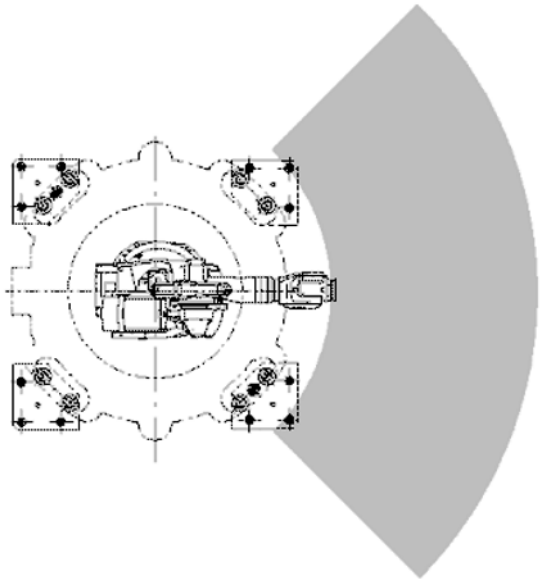


图　2-3：带机器人时的地基固定

机架固定装置

- 用于地面安装、壁挂式和顶装式机器人。
- 在客户方准备的钢结构上或直线单元上安装机器人。
- 用八个六角螺栓固定机器人。

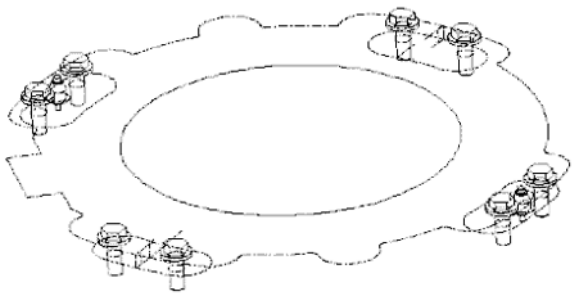


图　2-4：无机器人时的机架固定

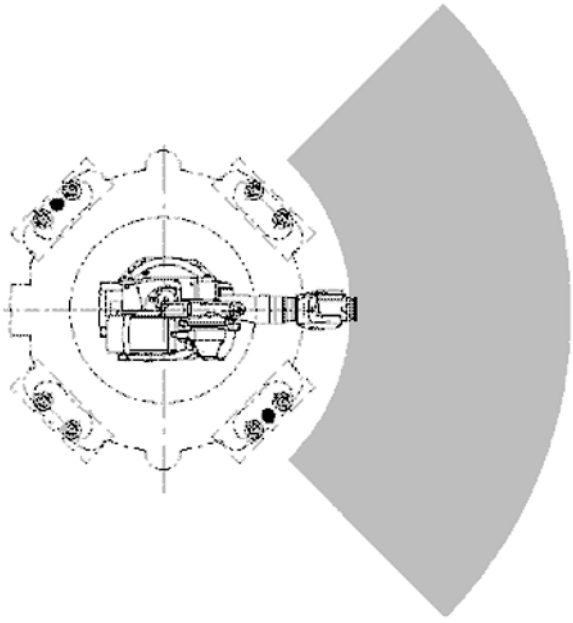


图　2-5：带机器人时的机架固定

安装支架

- 不可用于所有机器人类型。
- 只用于地面安装的机器人。
- 在混凝土地基上用安装支架安装机器人。
- 用八个六角螺栓固定机器人。
- 有不同的高度款型 （例如：从 150 mm 至 1950 mm）。

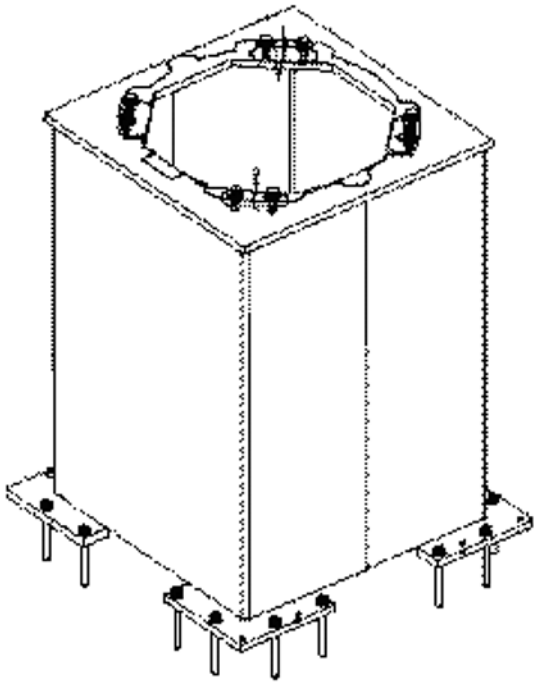


图 2-6: 不带机器人时的安装支架

工具和附加负载可以安装在机器人上。

工具的安装

- 可以在机械手上进行工具的安装
- 机械手的法兰图包含在相应的机器人技术规格中。
- 机器人法兰根据 DIN/ISO 创建并且拥有可实现工具可复制安装的元件。

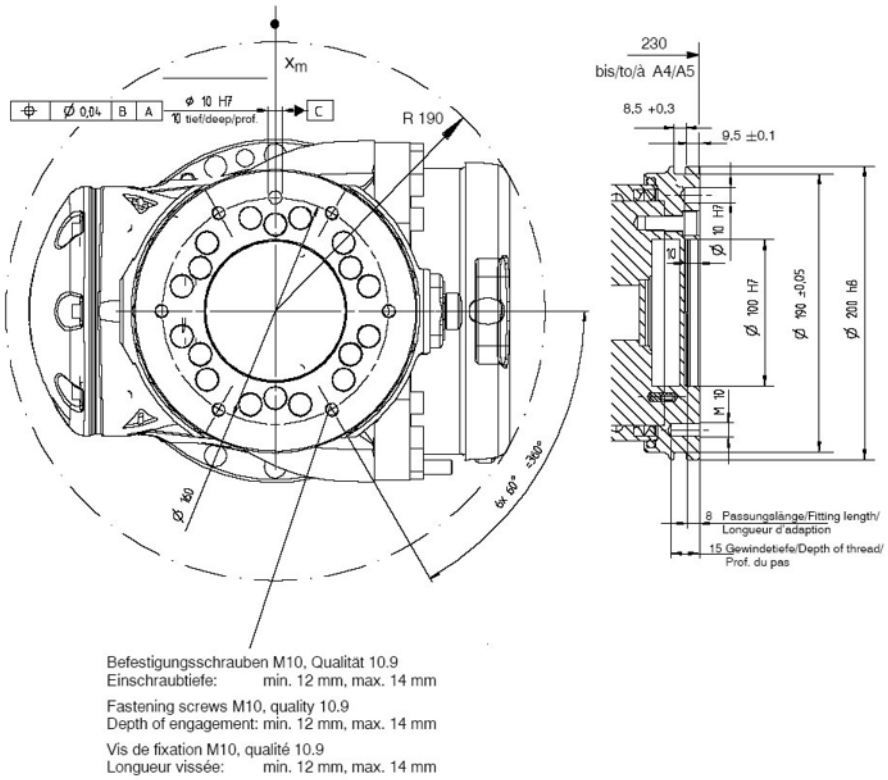


图 2-7: 用于 ZH 150/180/210/240 的 DIN/ISO 连接法兰

可能的附加负载的安装法兰

- 对于附加负载，法兰面装配在机器人手臂、小臂和转盘上。
- 在配置附加负载时必须注意，在机器人手臂旋转时小臂将变成干扰边缘。
- 在相应地限制轴 3 的工作区域时，可以更宽地制造附加负载。

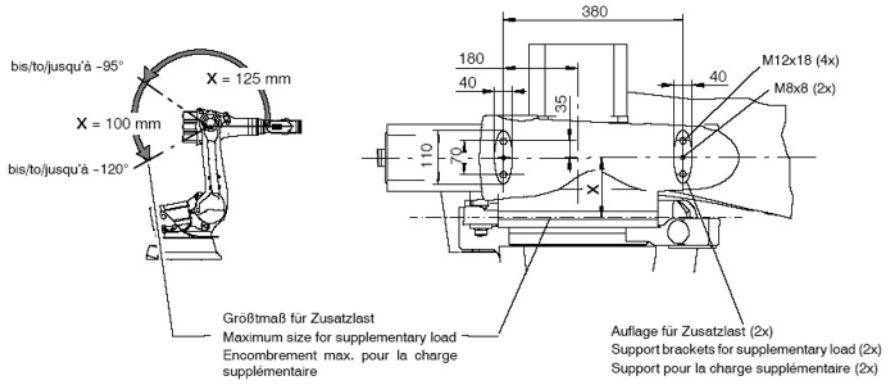


图 2-8: 附加负载 A3 的固定孔

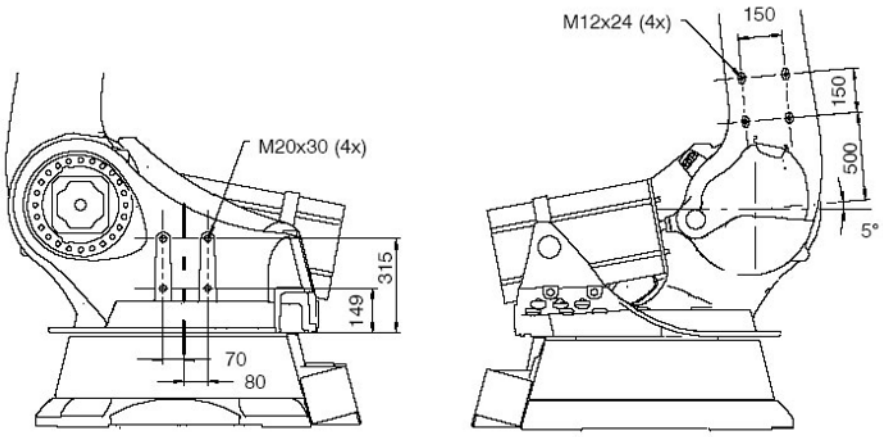


图 2-9: 附加负载 A2 和 A1 的固定孔

2.2 安装准则

1. 适配板的固定
   (>>> 2.2.1 "安装机器人的固定件" 页码 18)
2. 运输机器人
   (>>> 2.2.2 "运输机器人" 页码 21)
3. 安装机器人
   (>>> 2.2.3 "固定机器人" 页码 23)

2.2.1 安装机器人的固定件

注意 该说明是示例，仅用于用插图进行说明。正确的固定和安装请参阅固定架的文档。

注意 为了正确地选择以及放置化学锚栓，制造商如 Hilti 和 Fischer 将提供专门的培训。

2.2.1.1 安装机架固定装置

说明

- 机架固定装置用于将机器人安装在用户方准备的钢结构上或线性滑轨的动力滑台上。

前提条件

- 按照图示 准备好安装面。
- 已经检查好底部结构是否足够安全。
- "机架固定装置" 组件已经齐全。

操作步骤

1. 清洁机器人的支承面 (>>> 图 2-10)。
2. 检查布孔图。
3. 装入 2 个销栓和 2 个内六角螺栓 M8x55-8.8 及碟形垫圈，并用扭矩扳手拧紧; M_A = 23.9 Nm。
4. 准备好 8 个六角螺栓 M24x65-8.8-A2K 和碟形垫圈。

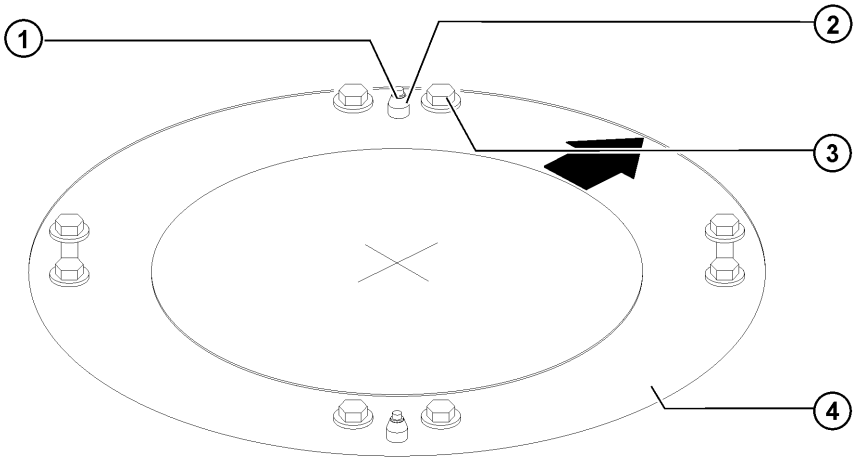


图 2-10: 安装机架固定装置

1	销	3	六角螺栓及碟形垫圈，8 个
2	内六角螺栓及碟形垫圈，2 个	4	支承面

此时地基已经准备好用于安装机器人。

2.2.1.2 安装地基固定装置

说明

- 本规定针对带定中装置的“地基固定装置”型。这种情况下通过 4 个底板和锚栓将机器人固定在相应的混凝土地基上。
- 使用动态套件和化学锚栓时，仅使用同一生产商生产的部件和化学锚固剂管。
- 钻取锚栓孔时，不得使用金刚石钻头或者底孔钻头。
  最好使用锚栓生产商的钻头。另外还要注意遵守有关使用化学锚栓的生产商说明。

前提条件

- 混凝土地基必须有要求的尺寸和截面。
- 如果混凝土地基的表面不够光滑和平整，则必须用合适的补整砂浆平整不平之处。
- ″地基固定装置″组件必须齐全。
- 准备好补整砂浆。

专用工具

需要使用以下专用工具：

- 钻孔机及 ø 18 mm 的钻头
- 符合化学锚栓生产商要求的装配工具

操作步骤

1. 用叉车或运输吊具抬起机器人。
2. 将各带两个六角螺栓 M24x65-8.8-A2K 的 4 个底板和止动垫圈固定在机器人上；M_A = 640 Nm。
   2 个底板配有定中销栓。
3. 确定机器人相对于地基上工作范围的位置。
4. 在安装位置将机器人放到地基上。
5. 将机器人进行水平校准。为此，各个底板上均有一个 M20 螺纹孔。

注意 如果底板未完全平放在混泥土地基上，则可能会导致地基受力不均或松动。用补整砂浆填住缝隙。为此将机器人再次抬起，然后用补整砂浆充分涂抹底板底部。然后将机器人重新放下和校准，清除多余的补整砂浆。
在用于固定机器人的六角螺栓下方区域必须没有补整砂浆。
让补整砂浆硬化约 3 个小时。温度低于 293 K（+20 °C）时，硬化时间延长。

6. 仅在使用补整砂浆时：
   让补整砂浆硬化约 3 个小时。温度低于 293 K（+20 °C）时，硬化时间延长。
7. 通过底板上的孔将 12 个化学锚栓孔（>>> 图 2-11 ）(5) 钻入地基中。
8. 清洁化学锚栓孔。
9. 依次装入 12 个化学锚固剂管。
10. 将装配工具与锚栓螺杆一起夹入钻孔机中，然后将锚栓螺杆以不超过 750 rpm 的转速拧入化学锚栓孔中。如果化学锚固剂混合充分，并且地基中的化学锚栓孔已完全填满，则锚栓螺杆就座。

Maße / Dimensions: mm

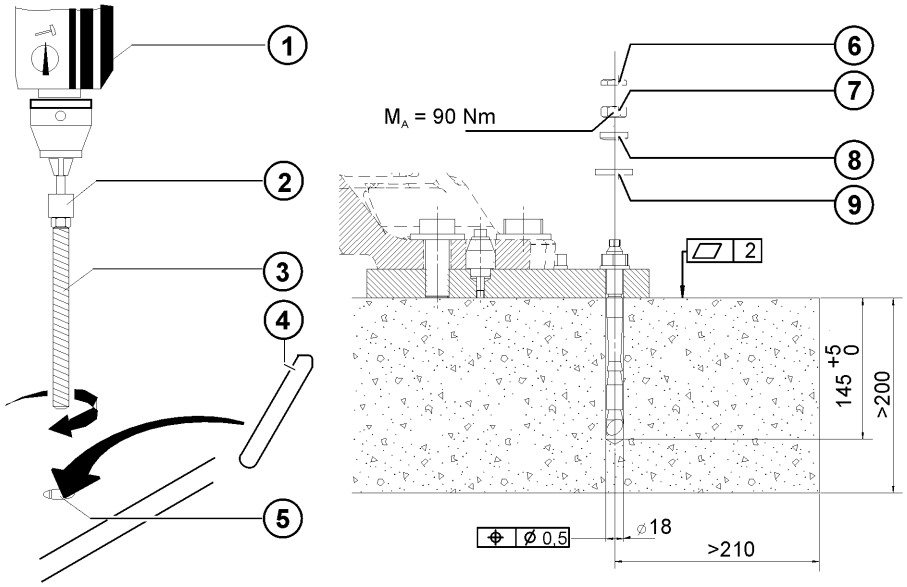


图 2-11: 化学锚栓的安装

1	钻孔机	6	锁紧螺母
2	装配工具	7	六角螺母
3	锚栓螺杆	8	球面垫圈
4	化学锚固剂管	9	锚栓垫圈
5	化学锚栓孔		

11. 为每个锚栓执行以下工作步骤。
12. 让化学锚固剂硬化。见生产商表格或者说明。这些数值是参考值。

温度	时间
≥ 293 K (+20 °C)	20 分钟
≥ 283 K (+10 °C)	30 分钟
≥ 273 K (0 °C)	1 小时

13. 放上锚栓垫圈和球面垫圈。
14. 套上六角螺母，然后用扭矩扳手对角交错拧紧六角螺母；同时应分几次将拧紧扭矩增加至 90 Nm。

15. 套上并拧紧锁紧螺母。
16. 将注入式化学锚固剂注入锚栓垫圈上的孔中，直至孔中填满为止。注意并遵守硬化时间。

这时，地基和机器人已经准备好进行机器人的连接。

2.2.2 运输机器人

说明

- 每次运输前，将机器人置于运输位置。
- 运输时应注意机器人是否稳固放置。
- 只要机器人没有固定， 就必须将其保持在运输位置。
- 在将机器人取下前，应确保机器人可以被自由移动。事先将定位针和螺栓等运输固定件全部拆下。事先松开锈死或粘接的部位。

运输位置

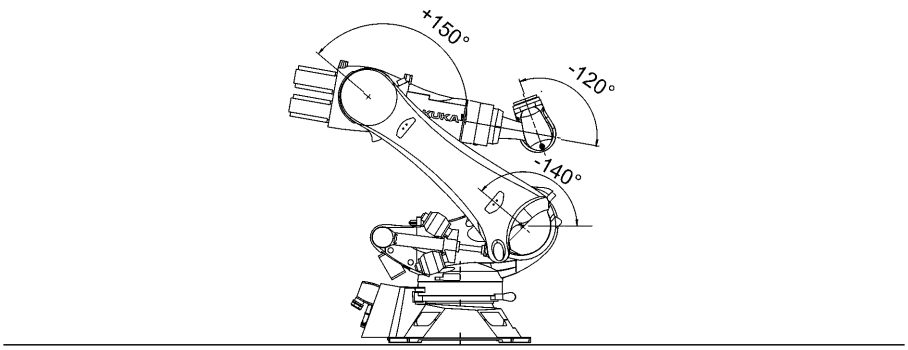


图 2-12: 运输位置

- 在能够运输机器人前，机器人必须处于运输位置。
- 运输位置的轴角请参阅机器人足部上的标签。

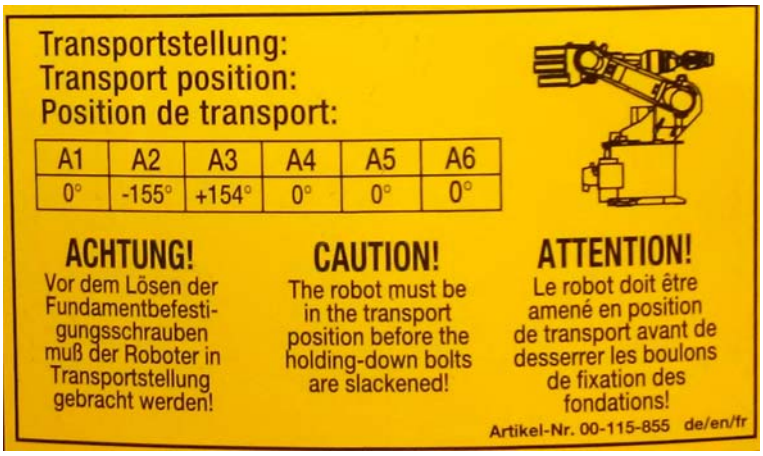


图 2-13: 运输位置 KR 16-2

注意 根据运动系统，运输位置有所不同，并且可个性化地参阅机器人足部上的标签或文档。

用叉车运输

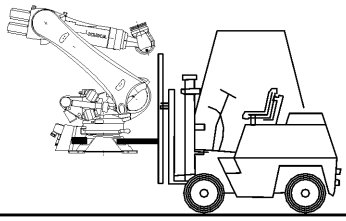


图 2-14: 用叉车运输

- 为适应叉车式搬运，机器人的底座已设有两个叉孔。
- 叉车既可从机器人前侧也可从后侧起运。
- 货叉插入叉车插口时，需注意避免损伤底座。
- 叉车的货叉必须具备最低 2.0 吨承载力及与此相对应的伸展长度。

注意 应避免可液压调节的叉车货叉并拢或分开时造成叉孔过度负荷。 若不注意，则会造成财产损失。

辅助性的配件

- 对于无法接近叉车插口的装配情况，还有辅助性的配件可供使用。凭借这种工装，机器人也可通过叉车进行运输。
- 对齐固定装置与转盘上面的孔并用 3 个内六角螺栓 M16x40 固定； MA= 195 Nm。

图 2-15: 运输位置

用运输吊具运输

- 机器人也可以用运输吊具运输。
- 为此，它必须处于运输位置。
- 将运输吊具挂入环首螺栓 M16 DIN 580 处的 3 个位置。
- 所有的吊索必须如下图所示穿引，以使机器人不会受到损坏。
- 加装的工具和配备的部件可能会使机器人的重心位移，导致出现不利的情况。
- 如有需要，必须拆下配备的部件，尤其是拖链系统，以便它们在运输时不会因吊索的影响而受到损坏。
- 所有吊索已标出。吊索 G3 配有可设定的链条，必须对该链条进行设定，使机器人垂直悬挂在起重机上。需要时必须将机器人再次放下，并重新调整链条。

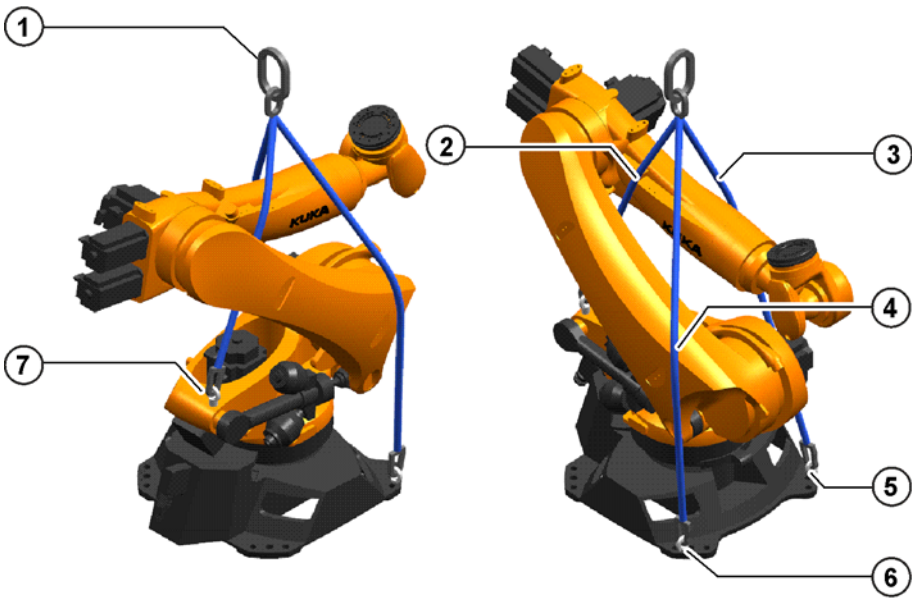


图 2-16: 用运输吊具运输

1 整套运输吊具
2 吊索 G3
3 吊索 G1
4 吊索 G2
5 环首螺栓 M16，底座，左侧
6 环首螺栓 M16，底座，右侧
7 环首螺栓 M16，转盘，后部

⚠ 警告 机器人在运输过程中可能会翻倒。 有造成人员受伤和财产损失的危险。
如果用运输吊具运输机器人，则必须特别注意防止翻倒的安全注意事项。 采取额外的安全措施。 禁止用起重机以任何其他方式吊起机器人！

2.2.3 固定机器人

注意 该说明是示例，仅用于用插图进行说明。正确的固定和安装请参阅相应机器人的安装说明书文档。

2.2.3.1 安装机器人

说明

- 本说明适用于使用地基固定、机架固定和适配板的固定方式将机器人固定在地面上的安装。
- 机器人控制系统、加装工具和应用程序的安装及投入运行在此不作说明。

前提条件

- 已经安装好相应的地基固定装置。
- 用起重机或叉车可接近安装地点。
- 已经拆下会妨碍工作的工具和其他设备部件。
- 机器人处于运输位置。
- 连接电缆和接地线已连接至机器人并已装好。
- 机器人上已配备压缩空气气源；仅 F 型。

操作步骤

1. 检查两个销栓 （>>> 图 2-17 ）是否损坏以及是否牢固。

2. 用起重机或叉车将机器人运至安装地点 。
   运输吊具不得损坏机器人。
3. 清洁机器人的支承面。
4. 将机器人垂直地放到地基上。为了避免销钉损坏，应注意位置要正好垂直。
5. 装上 8 个六角螺栓 M24x65-8.8 及碟形垫圈。
6. 用扭矩扳手拧紧六角螺栓。分几次将拧紧扭矩增加至 640 Nm。
7. 拆下运输吊具、环首螺栓或叉车插口。
8. 连接电机电缆 X30 和数据线 X31。
9. 将接地线 （机器人控制系统 - 机器人）连接在接地安全引线上。
10. 将接地线 （系统部件 - 机器人）连接在接地安全引线上。
11. 按照 VDE 0100 和 EN 60204-1 检查电位均衡导线。

> 详细信息请见库卡机器人控制器安装操作指南。

12. 将压缩空气气源连接至压力调节器，将压力调节器清零；仅 F 型。
13. 打开压缩空气气源，并将压力调节器设置为 0.01 MPa (0.1 bar)；仅 F 型。
14. 需要时装上工具。
15. 100 个运行小时后，用扭矩扳手将 8 根六角螺栓再次拧紧。

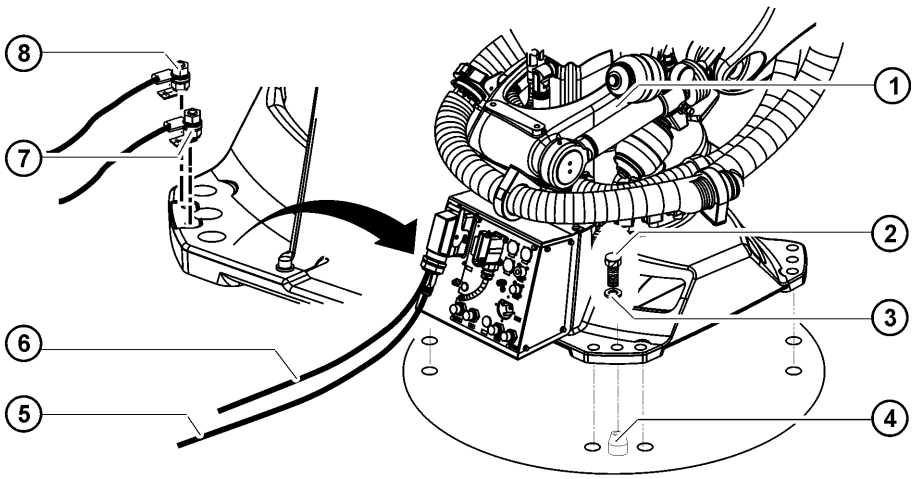


图 2-17: 安装机器人

1	转盘	5	数据线
2	六角螺栓	6	电机导线
3	碟形垫圈	7	接地安全引线
4	销	8	接地安全引线，机器人控制系统

2.2.3.2 安装吊装式机器人

说明

- 本说明针对使用机架固定装置和转接板的固定方式将机器人固定在天花板时的安装工作。安装在天花板上时，可将机器人放在运输架 （已位于正确安装位置）上进行运输。机器人由叉车被从该运输架上取走，放置在安装地点。
- 机器人控制系统、加装工具和应用程序的安装及投入运行在此不作说明。

前提条件

- 已经安装好机架固定装置。

- 用叉车可接近安装地点。
- 已经拆下会妨碍工作的工具和其他设备部件。
- 机器人处于运输位置和天花板安装位置。
- 连接电缆和接地线已连接至机器人并已装好。
- 机器人上已配备压缩空气气源；仅 F 型。

操作步骤

1. 检查两个销栓 （>>> 图 2-18 ）(1) 是否损坏以及是否牢固。
2. 清洁机器人和龙门架的支承面。
3. 用叉车将机器人运至安装地点。
4. 将机器人用叉车垂直提起，放到天花板上。为了避免销钉损坏，应注意位置要正好垂直。
5. 装上 4 个六角螺栓 M24x65-8.8 及碟形垫圈。将机器人压在天花板上，直至装入所有六角螺栓并用扭矩扳手拧紧。
   8 个紧固螺栓中有 4 个无法通过叉车接触到。
6. 用扭矩扳手拧紧六角螺栓。分几次将拧紧扭矩增加至 640 Nm。
7. 拆下叉车。
8. 装上 4 个六角螺栓 M24x65-8.8 及碟形垫圈。
9. 用扭矩扳手拧紧 4 个六角螺栓 (6)。分几次将拧紧扭矩增加至 640 Nm。
10. 连接电机电缆 X30 (3) 和数据线 X31。
11. 将接地线 （机器人控制系统 - 机器人）连接在接地安全引线上。
12. 将接地线 （系统部件 - 机器人）连接在接地安全引线上。
13. 按照 VDE 0100 和 EN 60204-1 检查电位均衡导线。

> 详细信息请见库卡机器人控制器安装操作指南。

14. 将压缩空气气源连接至压力调节器，将压力调节器清零；仅 F 型。
15. 打开压缩空气气源，并将压力调节器设置为 0.01 MPa (0.1 bar)；仅 F 型。
16. 需要时装上工具。
17. 100 个运行小时后，用扭矩扳手将六角螺栓再次拧紧。

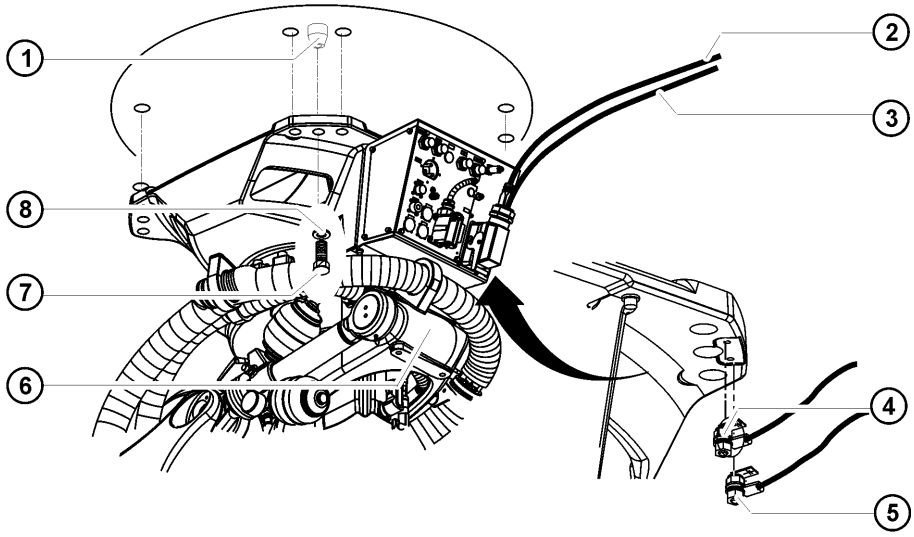


图 2-18: 安装机器人

1	销	5	接地安全引线，机器人控制系统
2	数据线	6	转盘
3	电机导线	7	六角螺栓
4	接地安全引线	8	碟形垫圈

2.3 练习：机器人机械装置的安装

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力

- 为具体的运动系统选择合适的固定方式。

练习内容

与培训师一起进入培训间或学院机电一体化区域。

1. 在库卡学院中观看 （不同的）机器人固定。
2. 请思考哪种固定适合于您的机器人项目。

问题

您在练习后应该掌握什么：

KUKA 机器人有哪些固定方法？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

在机器人的什么地方可以固定工具或附加负载？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

为了固定机器人需要哪些步骤并且此时必须注意什么？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

3 KR C4 的结构和接口

3.1 产品说明概览

本学习单元讲授以下内容：

- 控制器概要 & 技术数据
- 内部总线系统概要
- 客户接口
- 布线
- 配电箱冷却装置

3.2 了解控制柜 （V）KR C4 （midsize）

KR C4 和 KR C4 midsize 概览

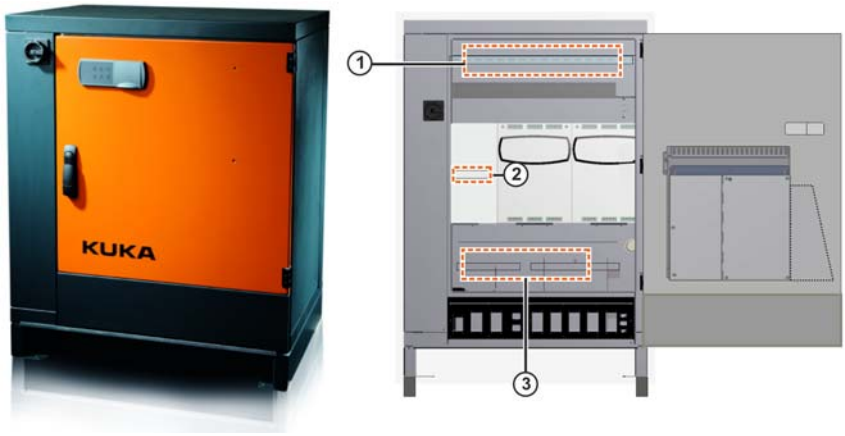


图 3-1: KR C4 和 KR C4 midsize

序号	说明	使用
1	上部客户安装空间	KR C4 midsize
2	中间的客户安装空间 *[1]	KR C4 KR C4 midsize
3	下部客户安装空间	KR C4 KR C4 midsize

[1] 从 2015 建造年份开始，“中间的客户安装空间”*只在控制柜上可用。 由于限制，只允许装配两个轴调节模块。 例如：KPP3 （3 轴） + KSP （3 轴） = 6 轴机器人。

基本数据

控制柜型号	KR C4
轴数	最多 9 根
重量 （不含变压器）	150 kg
防护等级	IP 54
DIN 45635-1 声平	平均值 67 dB (A)
带和不带冷却装置时的排列布局	侧面，50 毫米间距
均匀分配时的屋顶承重	1,500 N

置放 **机器人控制系统码放**

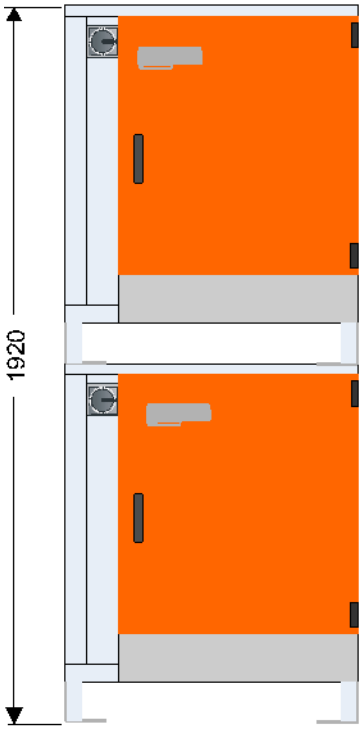


图 3-2：机器人控制系统码放

图中显示了码放的机器人控制系统

最小间距

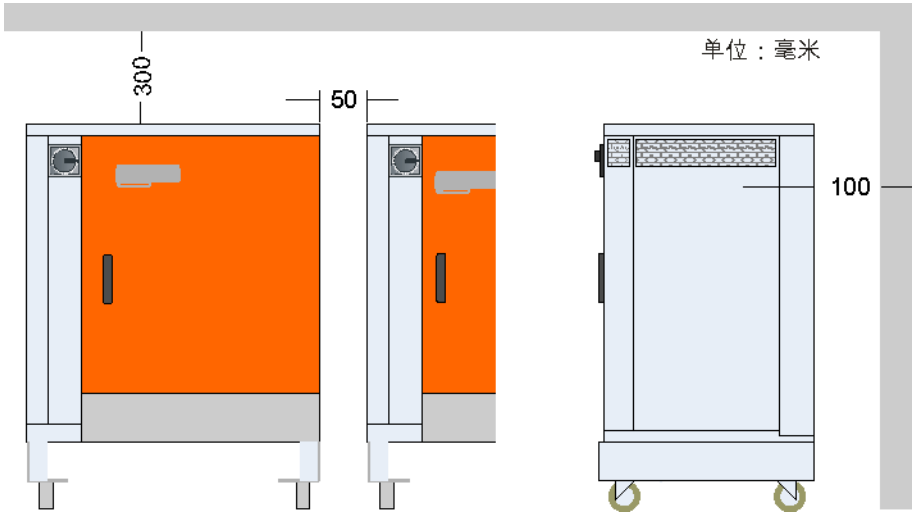


图 3-3：最小间距

带和不带冷却装置时的排列布局	侧面，50 毫米间距 背面，100 毫米间距 上侧，300 毫米
防护等级	IP 54
尺寸 高 x 长 x 宽	950 x 790 x 520 mm
重量	150 kg
均匀分配时的屋顶承重	1,500 N

电源连接

⚠ 小心 如果机器人控制系统由一个不具有星形点接地或机器参数错误的电源提供动力，则可能会导致机器人控制系统功能故障，并造成电源部件的财产损失。 而且电压还可能造成人身伤害。 只允许使用配设接地星形汇接点的电源向机器人控制系统供电。

如果没有接地星点可供使用或可用电源电压与在此给出的值不同，则必须使用变压器。

视机器参数而定的可选额定输入电压：	AC 3x380 V、AC 3x400 V、AC 3x440 V 或 AC 3x480 V
额定输入电压允许偏差	额定连接电压 ±10 %
电源频率	49 ... 61 Hz
至机器人控制系统连接点的电源阻抗	≤ 300 mΩ
满载电流	参见型号铭牌
无变压器的电网侧保险丝	最小 3x25 A （慢熔）
带变压器的电网侧保险丝	当视在功率为 13 kVA 时，则最小电流为 3x32 A （慢熔）
等电位	对电位均衡导线及所有地线保护而言，其共同星形汇接点即是各电源单元的基准板。

控制系统电脑

电源电压	DC 27.1 V ± 0.1 V
中央处理器	有关双核的信息请参见出厂说明
DIMM 存储模块	■ 软件版本**至 V8.2** 至少 **1 GB RAM** 内存 ■ 软件版本**自 V8.3** 至少 **2 GB RAM** 内存
硬盘	当前交付为 **SSD**- *固态盘* 80GB 早期交付阶段时交付为 **HDD**- *硬盘驱动器* 80GB

3.2.1 机器人控制器概览 EU —欧洲

针对 NA —北美型号，请参见：

机器人控制系统由下列元件组成：

- 控制系统 PC (KPC)
- 低压电源件
- 带驱动调节器的驱动电源库卡 Power-Pack (KPP)
- 驱动调节器库卡 Servo-Pack (KSP)
- 手持编程器 （KUKA smartPAD）
- 控制柜 (CCU)
- 控制系统操作面板 (CSP)
- 安全接口板 (SIB)
- 保险元件
- 蓄电池
- 风扇
- 接线面板
- 滚轮安装组件 （选项）

内视图

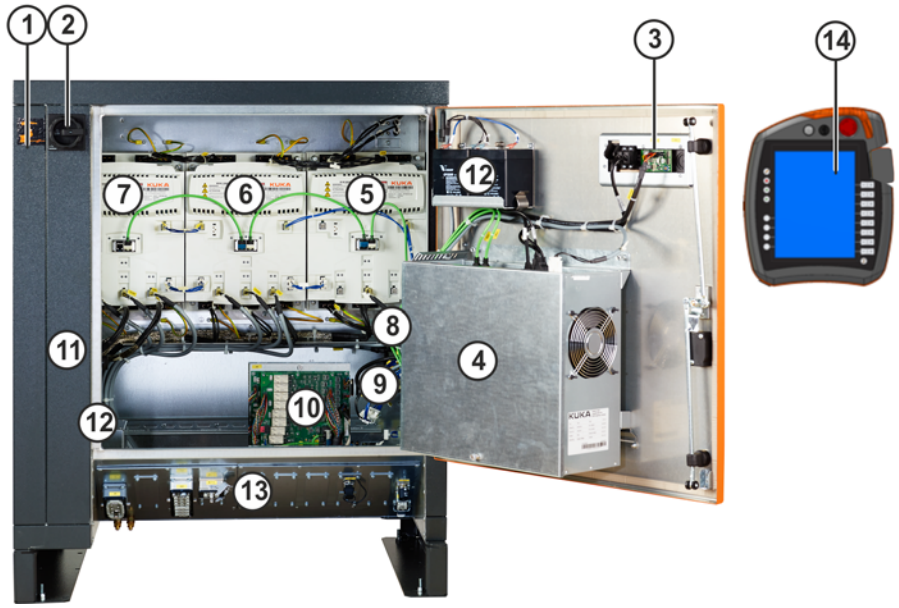


图 3-4：内视图

序号	说明	序号	说明
1	电源滤波器	8	制动滤波器
2	主开关	9	控制柜 （CCU）
3	CSP — *控制系统操作面板*	10	SIB/SIB 扩展型
4	控制系统 PC 机	11	保险元件
5	驱动电源 （驱动调节器选项）	12	蓄电池 （根据规格放置）
6	驱动调节器	13	接线面板
7	驱动调节器 （选项）	14	KUKA smartPAD

后视图和侧视图

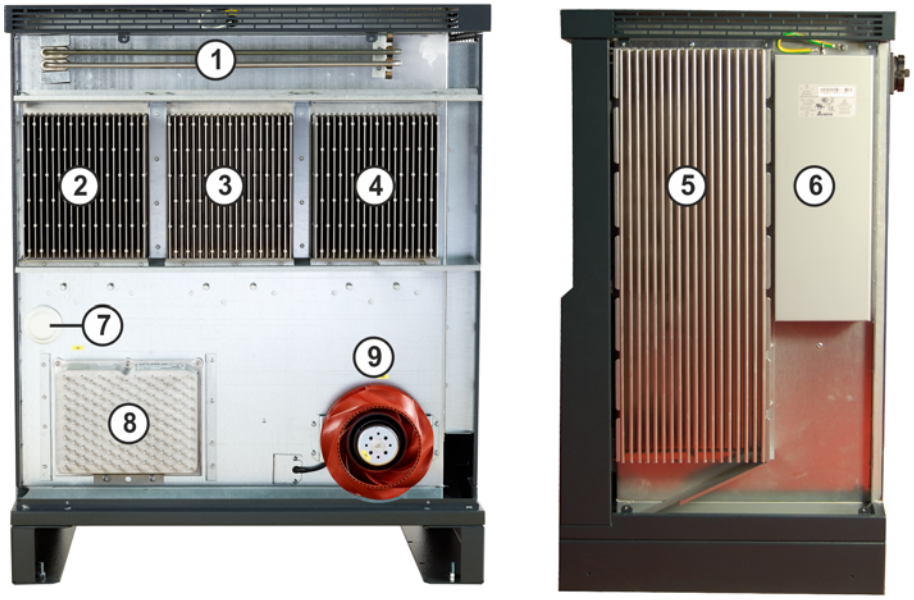


图 3-5：后视图和侧视图

序号	说明	序号	说明
1	镇流电阻	6	电源滤波器
2	KSP （可选）	7	压力平衡阀

序号	说明	序号	说明
3	KSP	8	低电压电源 27V
4	KPP	9	外部风扇
5	热交换器		

3.3 了解控制柜 （V）KR C4 extended

说明

- 所安装的元件原则上与 KR C4 控制柜的相符。
- 在 KR C4 extended 中有附加的安装空间，可安装两个 KPP 和四个 KSP。
- 物理上由此则有多达 16 个驱动装置可用。
  - 12 个轴带 KSS - （KUKA 系统软件）
  - 16 个驱动装置相当于 12 个轴和 4 个伺服驱动装置

机器人控制系统结构

内视图

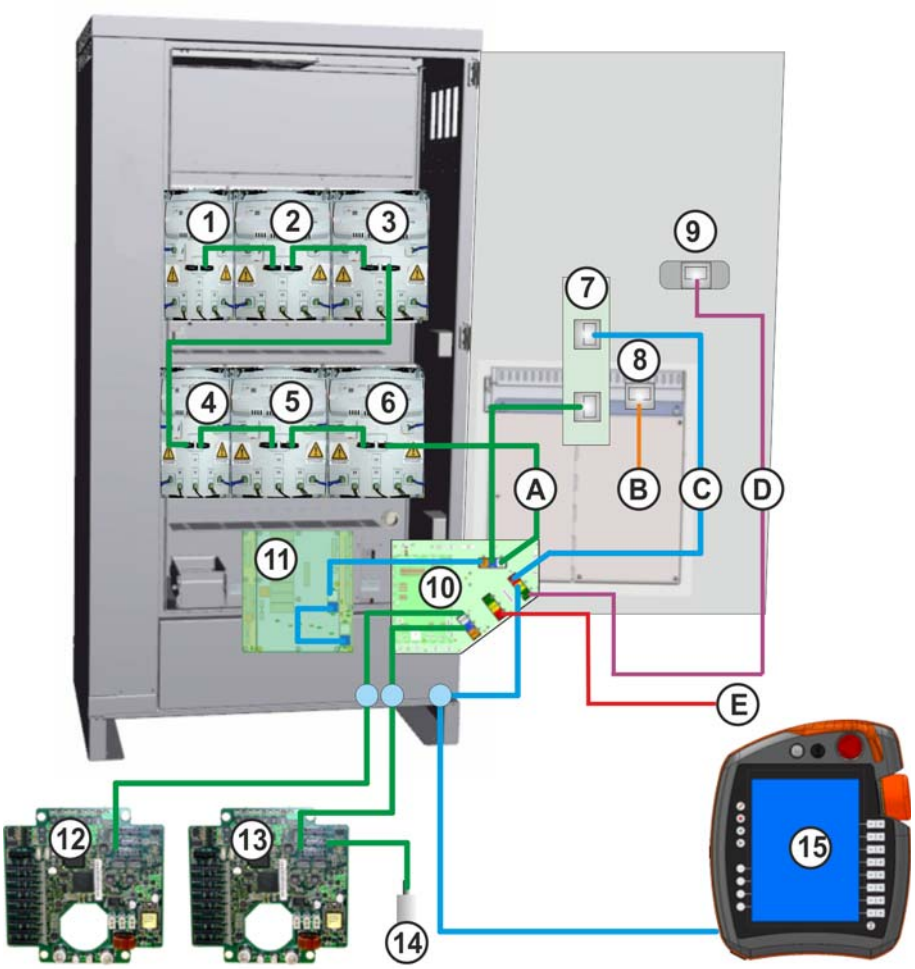


图 3-6: KR C4 extended 总线接线

1	KSP 轴 E1-E3	11	SIB - *安全接口板*
2	KSP 轴 E4-E6	12	RDC 1 - *分解器数字转换器*
3	附加轴的 KPP	13	RDC 2 - *分解器数字转换器*
4	KSP 轴 A1-A3	14	EMD - *电子控制装置*
5	KSP 轴 A4-A6	15	KUKA smartPAD
6	机器人轴的 KPP	A	KCB - *KUKA 控制器总线*

7	Dual- NIC	B	KLI- *KUKA Line Interface（库卡线路接口）*
8	板载网络接口 （KLI）	C	KSB – *KUKA 系统总线*
9	CSP — *控制系统操作面板*	D	KSI – *库卡服务接口*
10	CCU – *控制柜*	E	KEB – *KUKA 扩展总线*

用扩展型 KR C4 可驱动最多四个 RDC。两个 RDC 可直接在控制柜中连接在 CCU 上。如果还需要 RDC，则通过串联在前两个 RDC 上。

后视图

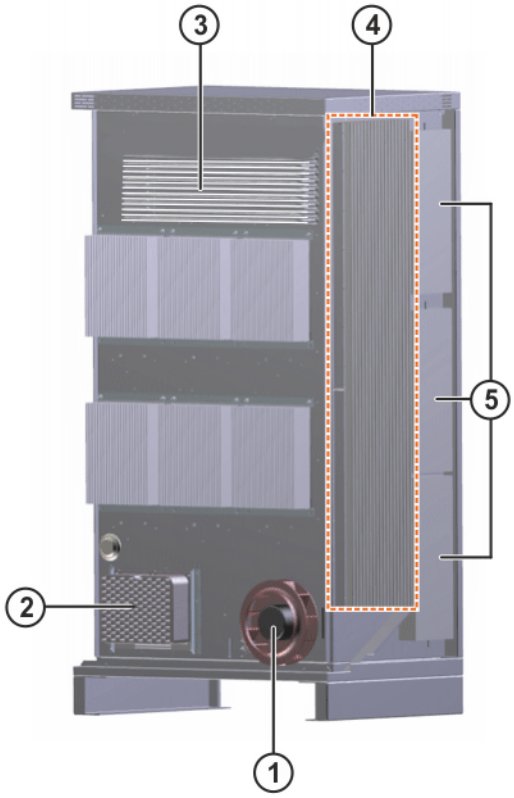


图 3-7：机器人控制系统后视图概览

1	外部风扇	4	热交换器
2	低压电源件	5	电源滤波器
3	制动电阻		

注意 与 KR C4 对比，KR C4 extended 需要较强的 27V 电源供电以及高性能的冷却。

下列元件与 KR C4 不同，均有不同的商品号！

- 低压电源部件 KPS27
- CCU 带 CIB 和 PMB Board
- 外部风扇
- 还需要控制柜内部风扇
- 主开关

客户安装空间

- 客户安装空间可用于外部客户安装设备。
- 在上方可安装在安装板上，在下方可安装在安装轨上，这取决于安装的硬件选项。

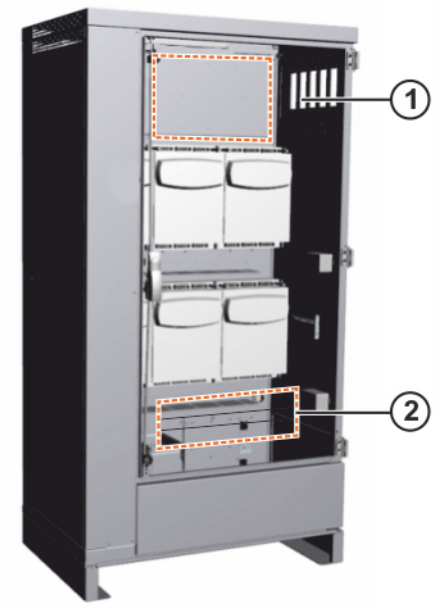


图 3-8: 客户安装空间

1 客户安装空间的安装板
2 客户安装空间的安装轨

3.4 了解 KR C4 compact 控制柜

说明

- KR C4 compact 用于控制库卡小型机器人系列 （例如 KR Agilus）。
- 机器人控制系统可安装在 19″ 支架中。
- 通过模块化结构可简便快速地更换组件。

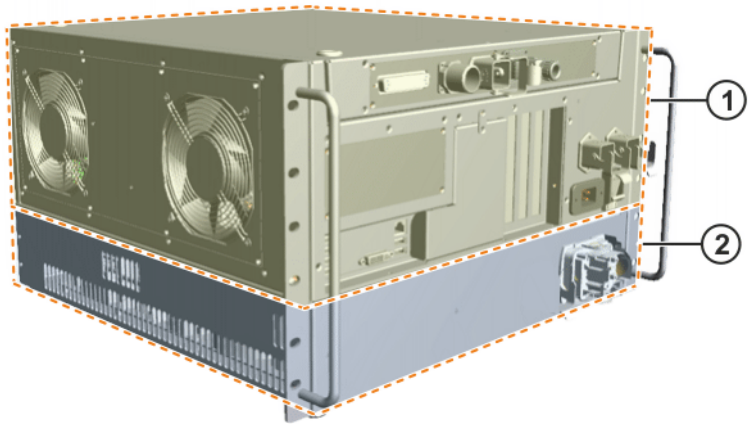


图 3-9: KR C4 compact 概览

1 控制部件 （控制箱）
2 电力部件 （驱动装置箱）

组件

机器人控制系统由以下部分组成:

- 控制系统 PC
- 动力部件
- 安全逻辑系统
- 手持式编程器 smartPAD
- 接线面板

接线面板

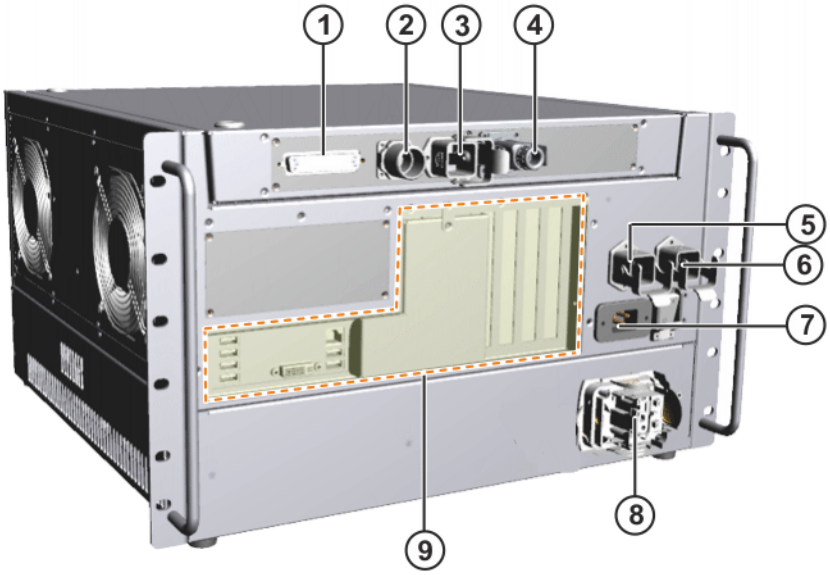


图 3-10: KR C4 compact 接口

序号	接口	序号	接口
1	X11 接口	8	X20 电机插头
2	X19 smartPAD 接口	9	选装 PC 插槽
3	X65 扩展接口	10	现场总线卡挡板
4	X69 KUKA Service Interface （库卡服务接口）	11	USB
5	数据线 X21	12	Vision 视觉系统
6	X66 KUKA Line Interface （库卡线路接口）	13	DVI-I / 显示器接口
7	X1 网络接口	14	USB

3.5 应用和总线系统概览

应用程序概览

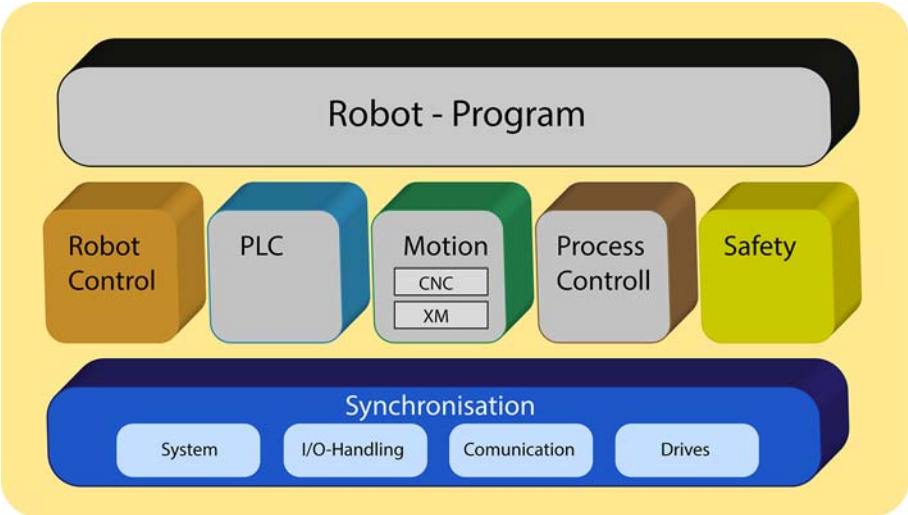


图 3-11: 柱状模式概览

- 为能从机器人程序处访问控制柜相关的硬件接口，必须在控制系统上安装应用程序以及附加选项。
- **系统相关的应用程序**有：

- RC （Robot Control，机器人控制）
  库卡机器人控制系统的核心系统
- Safety （安全性）
  库卡自己内置的安全控制系统

- **客户定制的选项**有：
  - PLC
    用于一般流程控制的可集成的软件式可编程控制器
  - XM (eXtended Motion)
    适用于库卡运动控制资料库的可集成的运行时间管理系统
  - Process Control （过程控制）
    用于集成过程控制系统的通用平台
    例如可集成的 Vision

KR C4 的总线系统

- KR C4 控制系统内具有六个基于以太网的不同总线系统。
- 每个这样的总线系统用于使不同的控制系统组件相互连接。

图 3-12: KR C4 的总线系统

总线	说明

KLI (1)
(KUKA Line Interface 库卡线路接口)
	用于耦联:
	■ PLC
	■ 现场总线耦联
	  ■ PROFINET & PROFIsafe
	  ■ EtherNet/IP & CIP safety
	■ TCP/IP 网络连接:
	  ■ 数据存档
	  ■ 诊断
	  ■ VRP (虚拟远程挂件)
	  ■ 等等

KSI (2) (库卡服务接口)	用于耦联: ■ 用于配置和诊断的 WorkVisual 笔记本电脑
KONI (3) (库卡选项网络接口)	用于耦联: ■ 例如通过备选软件包 VisionTech 连接摄像头 ■ 只在带有 KSS8.3 的主板 D3076-K 时
KEB (4) (库卡扩展总线)	用于耦联: ■ EtherCat 母线耦合器 *Beckhoff EK1100* ■ EtherCat 输入 / 输出端 *例如 Beckhoff EL1809 和 EL2809* ■ PROFIBUS 网关 *Beckhoff EL6731 和 EL6731 0010* ■ DeviceNet 网关 *Beckhoff EL6752 和 EL6752 0010* ■ EtherCat Master/Master 网关 *Beckhoff EL6692* » PLC *Beckhoff EL6695-1001*» 安全 PLC ■ 其它所选的、基于 EtherCat 的现场总线用户
KSB (5) (KUKA System Bus 库卡系统总线)	用于耦联: ■ smartPAD ■ SIB (安全接口板) ■ 扩展型 SIB ■ RoboTeam ■ 更多库卡选项
KCB (6) (库卡控制系统总线)	用于耦联驱动回路上的各个用户: ■ RDC (旋转变压器数字转换器) ■ KPP (库卡配电箱) ■ KSP (库卡系统包) ■ EMD (电子控制仪)

总线概览图: **主板 D3235-K**

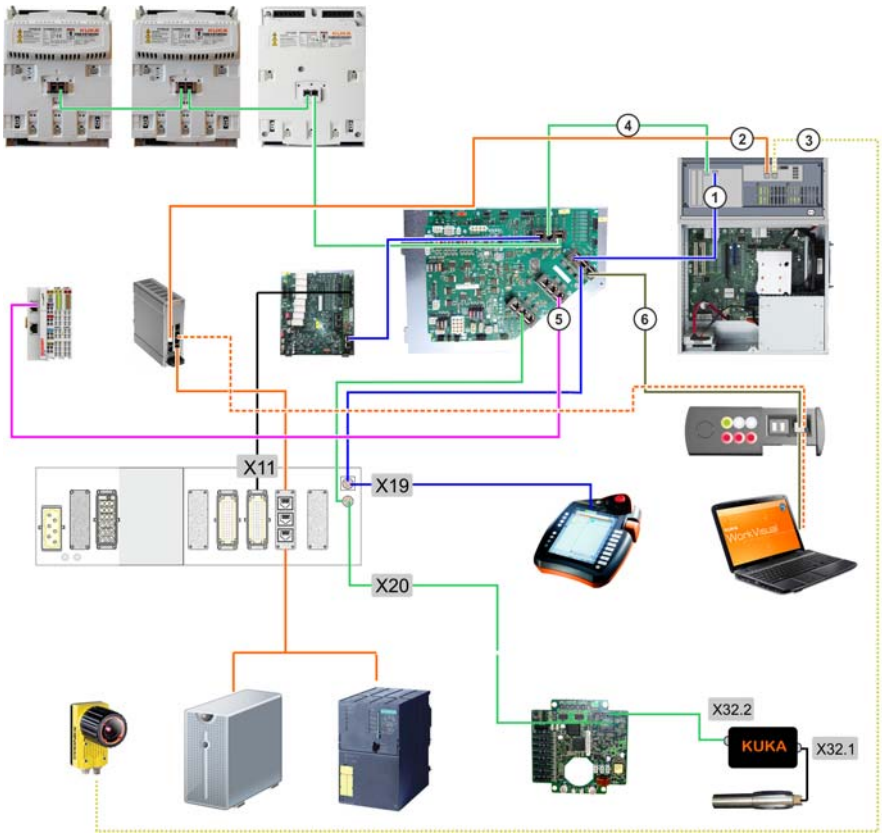


图 3-13: 总线结构

序号	说明	序号	说明
1	KSB	4	KCB
2	KLI	5	KEB
3	KONI	6	KSI

根据主板软件版本不同，KLI 和 KSB 接口调换。

主板 D2608-K

- DualNIC 上的 KLI 接口
- 主板上的 KSB 接口

主板 D3076-K

- 主板上的 KLI 接口
- DualNIC 上的 KSB 接口

主板 D3235-K

- 不再有 DualNIC 卡
- 所有网络接口直接位于主板上

注意 根据客户设计的不同，CSP 可以连接在 KLI 或 KSI 上。

3.6 接口说明

接线面板

机器人控制系统的接线板包含下列线路的接口：

- 电源线 / 供电线
- 用于机械手的电机导线
- 用于机械手的数据线
- 库卡 smartPAD 线路

- PE 线路
- 外围导线

视具体选项和客户需求而定，接线板可附设不同的零部件。

电缆长度

KR C4 专用线由一条电机连接线和一条数据线构成。这些导线作为套件订购，有以下长度可选：

- 全套线长 7 米
- 全套线长 15 米
- 全套线长 25 米
- 全套线长 35 米
- 全套线长 50 米

库卡标准

接线面板

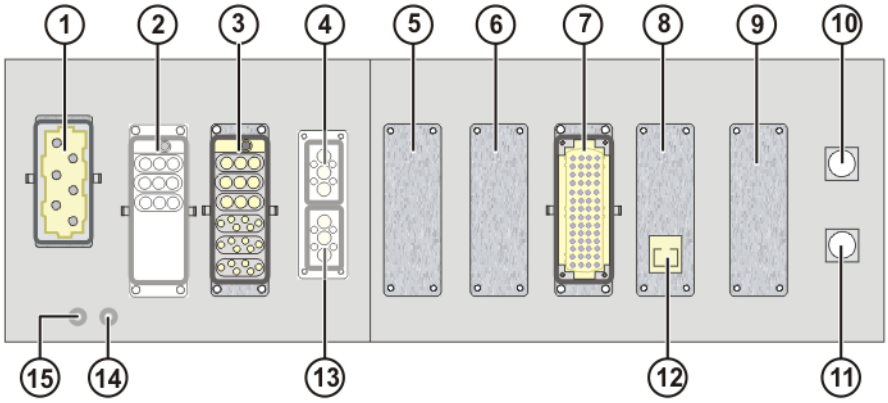


图 3-14: 接线面板概览

1	XS1 电源接口	8	选项
2	X20.1 重负载机器人电机	9	选项
3	X20 轴 1- 6 电机	10	X19 smartPAD 接口
4	X7.1 附加轴 7 电机	11	X21 RDC 接口
5	选项	12	网络 （选项）
6	选项	13	X7.2 附加轴 8 电机
7	X11 接口 （可选）	14	SL1 机械手接地线
		15	SL2 主电源接地线

针对 NA 接线面板－北美型号，请参见：

例如客户定制的接线面板

戴姆勒

例如：因客户而异的接线板

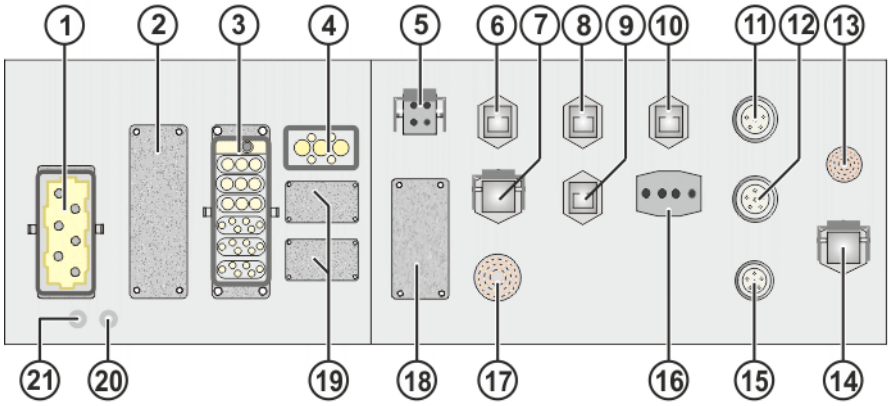


图　3-15: KR C4 接线面板

1	X1 电源接口	12	选项
2	选项	13	X19 smartPAD 接口
3	X20 轴 1- 6 电机	14	X21 RDC 接口
4	X7.1 附加轴 （7）电机接口（选项）	15	X42 校准检验
5	X210 电源开关	16	X215P 工业以太网 （动力）
6	X217 （选项）	17	X33 快速测量
7	X218 （选项）	18	选项
8	X212 工业以太网输入	19	选项
9	X214 工业以太网输出	20	SL1 机械手接地线
10	X215E 工业以太网控制器	21	SL2 主电源接地线
11	选项		

大众汽车

接线面板

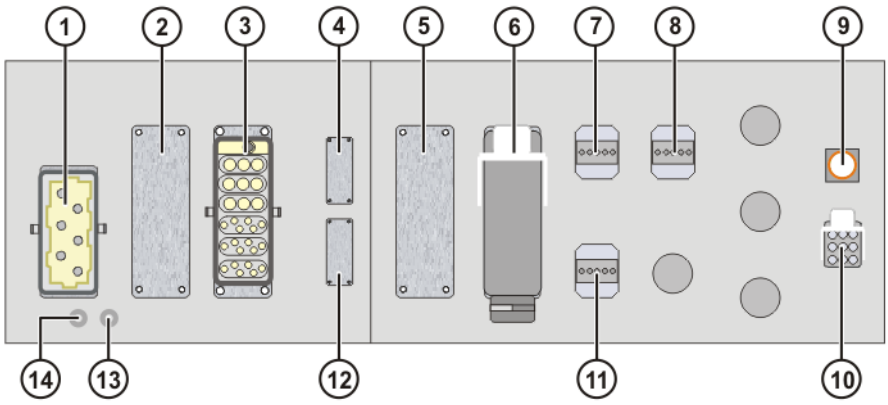


图　3-16: 接线面板概览

1　X1 电源接口
2　重负载轴 1-3 电机接口 X20.1 （选项）
3　轴 1-6 电机接口 X20 或
　　重负载轴 4-6 电机接口 X20.4 （选项）
4　X7.1 附加轴 （7）电机接口 （备选）

5 选项
6 XS4.2 电缆穿入口
7 XS3.1 电源 Switch IN
8 XS3.3 电源接口
9 X19 smartPAD- 接口
10 X21 RDC- 接口
11 XS3.2 电源 Switch OUT
12 附加轴 8 电机接口 X7.2 （选项）
13 SL1 机械手接地线
14 SL2 主电源接地线

由客户方连接到机器人系统上的所有接触器、继电器及阀门的电磁线圈都必须装备上合适的消磁二极管。 电阻 R 和电容 C 组成的 RC 电路及 VCR （电阻、电感、电容元件）各型电阻不适宜在此使用。

3.6.1 机器人和控制柜的布线 （无安全保证）

示例：标准 6 轴运动系统

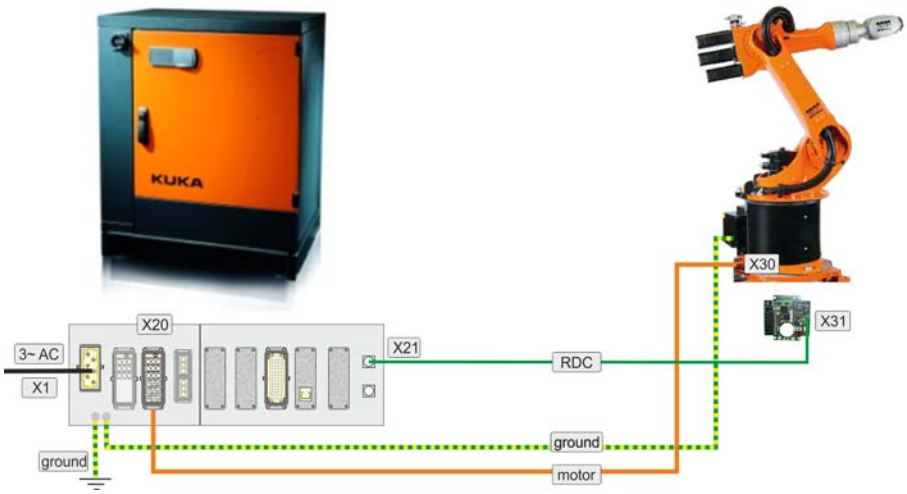


图 3-17: 基本布线 （无安全保证）

⚠ 小心 在这种考虑下，缺少了安全回路连接。机器人系统不得在没有防护栅和紧急停止回路的情况下投入运行。

示例：带有 KL 和 DKP 的 6 轴运动系统

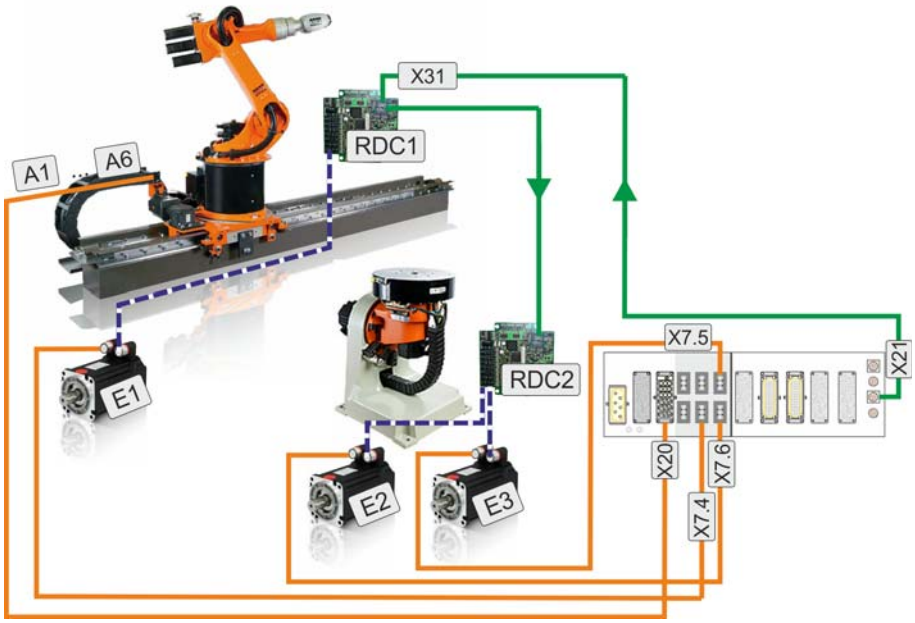


图　3-18：学院的单元布线

> ⚠ 小心　在这种考虑下，缺少了安全回路连接。机器人系统不得在没有防护栅和紧急停止回路的情况下投入运行。

电机电缆 X20-X30

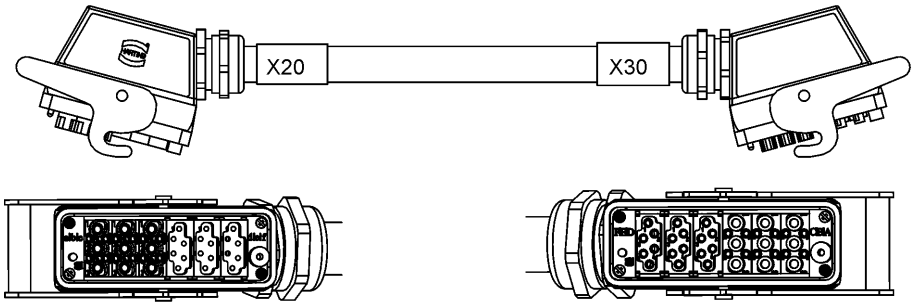


图　3-19：连接电缆，电机电缆 X20 - X30

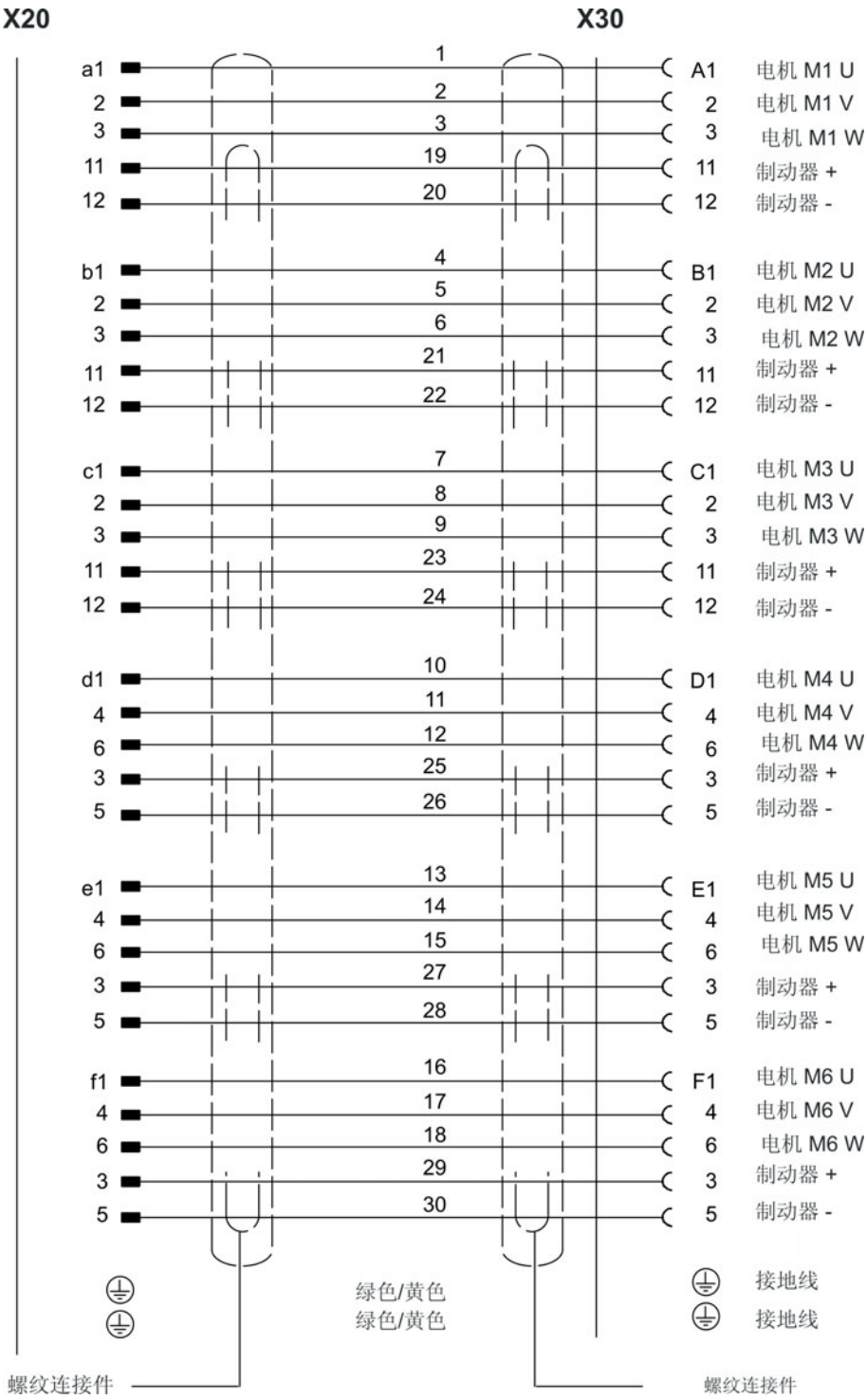


图 3-20: 连接电缆，布线图，电机电缆

数据线 X21-X31

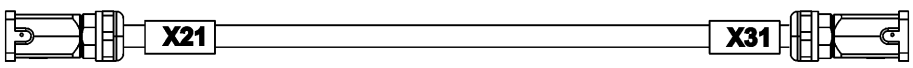


图 3-21: 连接电缆，数据线 X21 - X31

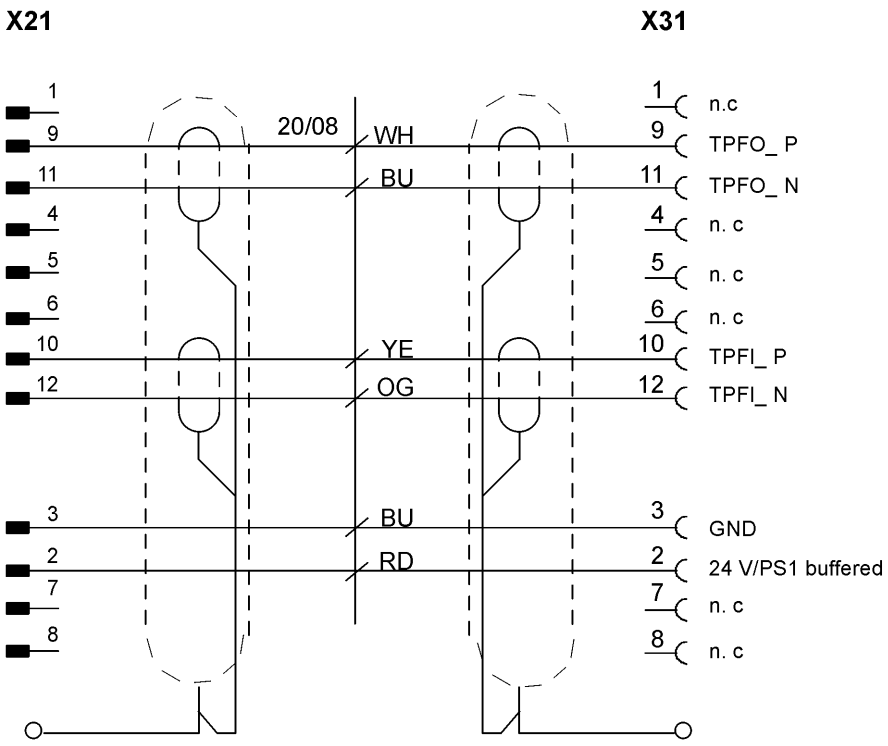


图　3-22：连接电缆，接线图，数据线 X21 - X31

接地线

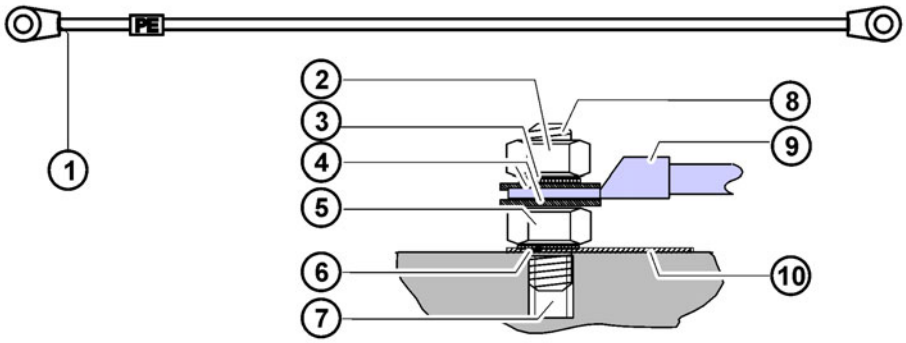


图　3-23：接地线的连接电缆

1	接地线	6	碟形垫圈
2	六角螺母	7	机器人
3	碟形垫圈 2x	8	紧定螺钉
4	垫圈 2x	9	接地安全引线，环形端子 M8
5	六角螺母	10	接地导板

3.6.2 KR C4 compact 和 KR Agilus 的接线（无安全保证）

KR C4 compact 和 KR Agilus 的接线

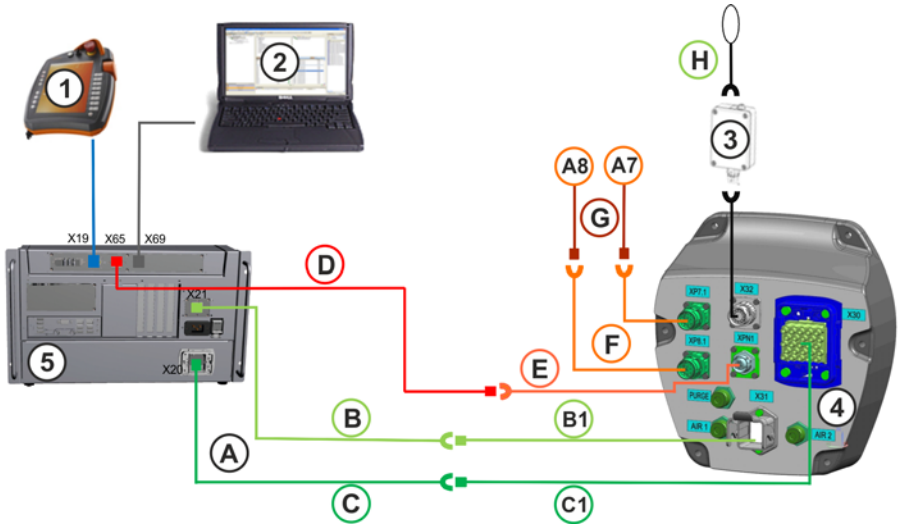


图 3-24: KR C4 compact 和 KR Agilus 的接线

序号	说明	接口
1	SmartPad 操作面板	X19
2	WorkVisual PC	X69
3	Micro EMD	X32
4	小型机器人接线面板	
5	控制系统接线面板	

序号	说明	接口
A	连接电缆组件	
B	数据线	X21
B1	选项：柔性数据线	X31
C	电机导线	X20
C1	选项：柔性电机导线	X30
D	现场总线线缆 KEB/KLI	X65 或 X66
E	选项：柔性现场总线线缆 KEB/KLI	XPN1
F	附加轴控制导线	XP7.1 / XP8.1
G	选项：附加轴延长线	附加轴 7 / 8
A7	附加轴 7 电机	
A8	附加轴 8 电机	
H	传感器 / 测量头	Micro EMD

3.7 能源效率

说明

- 如果机器人或控制器有计划的长时间不使用，则可将机器人按不同节能模式级别设置，以便节省能源。
- 例如可从 PLC 通过专门的网络或现场总线协议实现。
- 根据节能模式的不同，部分工作也可手动通过 HMI 来完成。

库卡的 “Energy Efficency Modes”

- **驱动总线模式 KCB** －库卡控制器总线
  - 取消驱动总线的激活 （制动器制动）
  - 库卡控制电脑连同安全控制环路和工业以太网耦联尚处于激活状态
  - 大约 10 秒钟后运行准备就绪

- 电耗大约 158 W
- 可通过*关机*菜单手动关断驱动总线。

  菜单路径： *KUKA 键 > 关机 > 驱动总线 (2)*

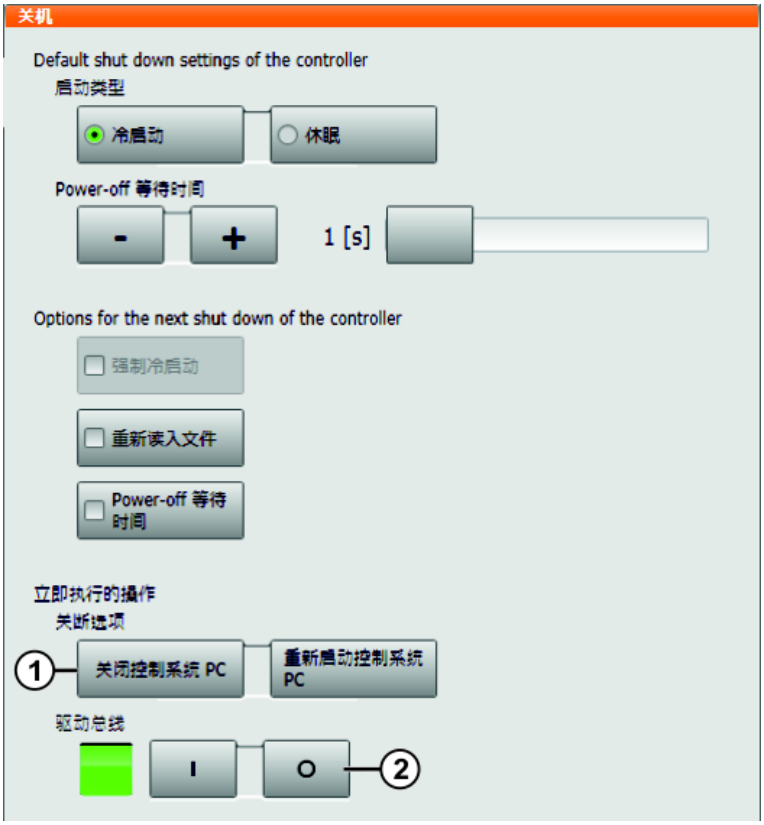


图 3-25: 关机菜单

- **休眠模式**
  - 控制体系内的所有系统去激活 (低能级以太网例外)
    PC 上仍然加载有 24 V 电压，以便向主板和网卡供电。
  - 库卡控制电脑连同安全控制环路和工业以太网处于休眠模式
  - 30 至 60 秒后 (因应用程序而异) 运行准备就绪
  - 电耗大约 40 W
  - 可手动将控制器置于*休眠模式*。

    菜单路径： *KUKA 键 > 关机 > 驱动总线 (1)*

    CSP 上第一行中间的 LED 缓慢闪烁：

3.8 箱柜冷却系统说明

说明

箱柜冷却装置包含两条冷却循环回路。

- **内部冷却循环回路**可冷却控制和功率电子元器件。
  通过热交换器将热量排放到外部冷却循环回路。
  经平衡压力分隔器供应来自外部冷却循环回路的过滤空气。
- **外部冷却循环回路**受温度调节控制，直接用外部空气进行冷却。
  将冷却下列元件：
  低压电源部件、镇流电阻、KPP 和 KSP 冷却体

使用

借助此选配的冷却设备可冷却 KR C4 和 KR C4 midsize 机器人控制器的内舱（当外部温度介于 +20 — 50 °C。

选项：冷却设备基本数据

冷却设备型号	HÄWA KF500
颜色	RAL 7016
输入电压	400 V
设备功率	650 W
冷却功率	500 W
电源频率	49 — 61 Hz
重量	32 kg
防护等级	IP54

尺寸

图中显示了带冷却设备的 KR C.4 机器人控制器的尺寸

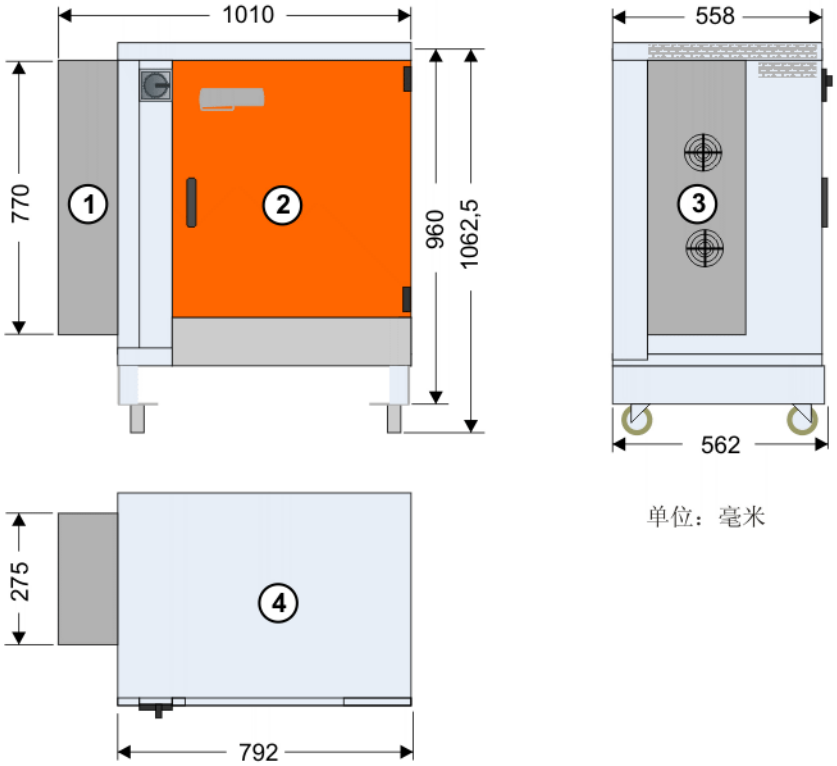


图 3-26: KR C4 尺寸

1 冷却装置
2 机器人控制系统
3 侧视图
4 俯视图

结构

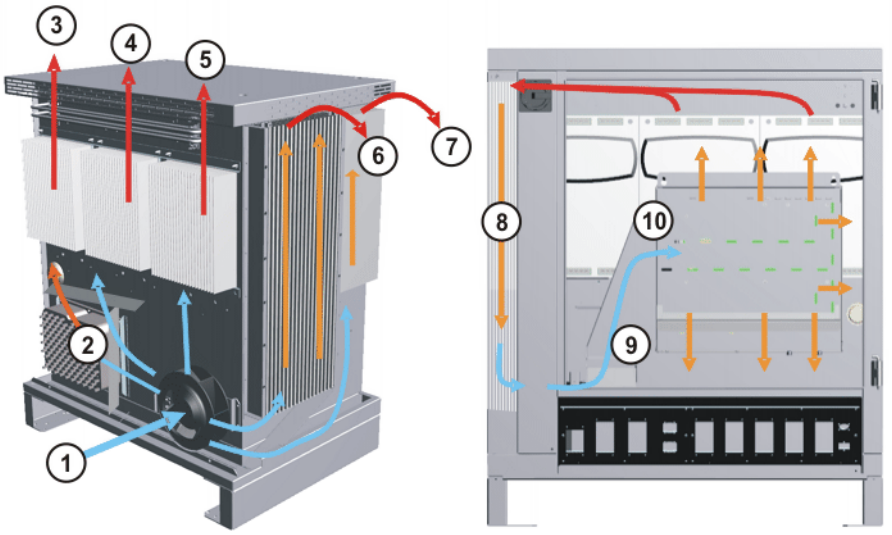


图 3-27：冷却循环回路

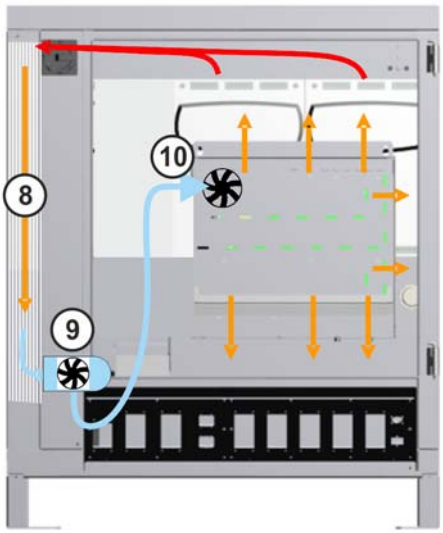


图 3-28：带内部风扇的冷却回路

1	外部风扇入气口	6	热交换器空气出口
2	低压电源件散热器	7	电源滤波器排气口
3	KPP 空气出口	8	通气管道
4	KSP 空气出口	9	KPC 吸气槽或内部风扇
5	KSP 空气出口	10	KUKA PC 风扇

外部冷却回路中的空气导流板

- 如果 KR C4 只装配了一个 KPP3 和一个 KSP，则在第三个空的安装空间上装上一个空气导流板。
- 该导流板负责将气流最佳地引导到待冷却的轴调节器上。

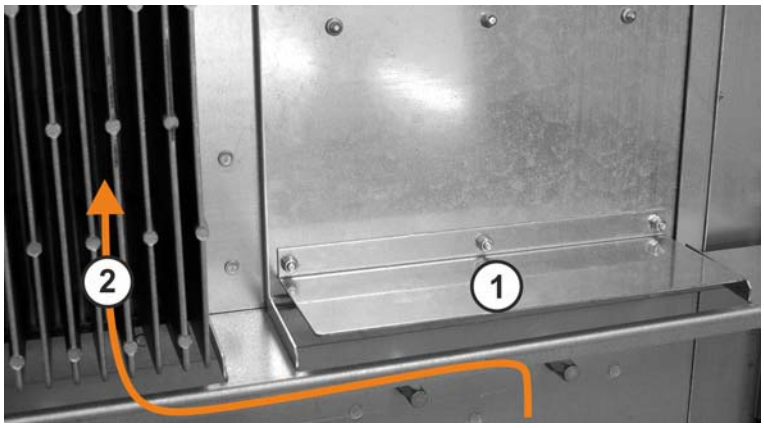


图 3-29：空气导流板

序号	说明
1	空气导流板
2	气流

3.8.1 KR C4 compact 的控制柜冷却装置

说明

- KR C4 compact 由两个空间分离的主要组件组成：
  - 控制电子元件
  - 功率电子元器件
- 每个模块分别通过 2 个风扇用外部空气冷却。
  - 控制柜的风扇未调节。
  - 功率电子元件的风扇已经过温度调节。
- 风扇经 PMB 被提供 27V 电源并受到监控。

注意 排风孔上的前置过滤垫将造成过热，并由此降低内置设备的使用寿命。

控制箱冷却循环回路

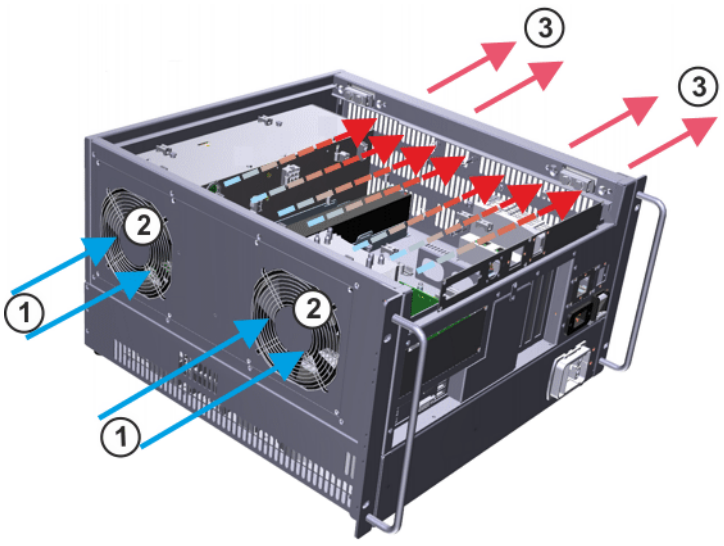


图 3-30：控制箱冷却循环回路

序号	说明
1	空气入口

序号	说明
2	风扇
3	空气出口

驱动装置箱冷却循环回路

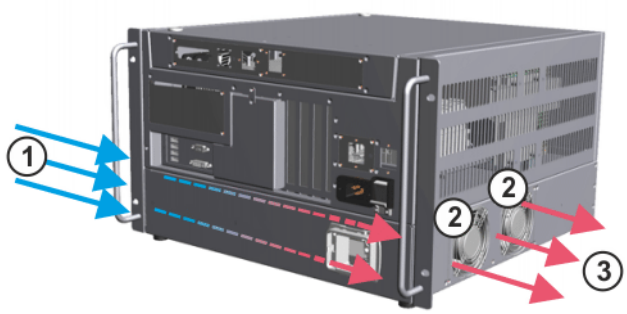


图 3-31: 驱动装置箱冷却循环回路

序号	说明
1	空气入口
2	风扇
3	空气出口

- 两个风扇 (2) 通过驱动装置箱对面一侧吸入外部空气。
- 外部空气流经功率组件 KSPsr 和 KPPsr。
- 被加热的空气通过 (3) 被输送到外部。
- 驱动装置箱的风扇已经过温度调节。

注意 必须保证冷空气可接近机器人控制系统的两侧。每侧最小距离为 70mm。

3.9 练习：KR C4 的结构和接口

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力

- 了解、找到 KR C4 组件位置并对其功能进行说明。

练习内容

走向学院培训间的 KR C4。

1. 打开控制柜门并找到已学习组件的位置。
2. 在机器人上找到 RDC Box 的位置。
3. 跟踪机器人和控制柜之间的电缆。

问题

您在练习后应该掌握什么：

1. 您知道哪些不同的控制柜类型？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

2. 在 KR C4 之内使用哪些总线系统？简要说明其功能。

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

3. 在安装控制柜时要注意什么？

. . . . . .

. . . . . .

4. 必须通过哪些电缆连接机器人与控制柜？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

4 KPC — KUKA KR C4 PC 计算机组件

4.1 KPC 概览— KUKA KR C4 PC 计算机组件

在此示教单元里将介绍下列内容：

- 电脑
- 主板
- 网卡
- 存储盘
- Netzteil （电源）
- 系统内存
- 风扇

4.2 KPC - KUKA PC

控制系统 PC 说明

- 控制系统 PC 机 含有下列元件。
  - 电源
  - 主板
  - DualNIC 卡
  - RAM 存储器
  - 硬盘
- 中央处理器由两个独立处理器内核组成 （英特尔双核）。
- 在每个处理器内核上除了运行三个另外的控制器相关的实例库之外，还运行一个独立的安全实例库。
  - **核 1：** VxWorks、Windows、Safe A
  - **核 2：** RC (Robot Control)、Safe B

  在旧版控制柜 KR C2 中 RC （Robot Control）由一个独立处理器卡构成，DSE （Digitale Servo Elektronik 数字电子伺服设备）。
- 所使用的 SafeOS 软件堆栈 （KW 软件 /Phoenix）的性能级为 d （相当于 “ 原来 ” 的安全项 3）。
- 作为标准大容量存储介质可使用：
  - 存储器介质 SSD （Solid State Disc），SATA 型

    当前交付阶段
  - 硬盘 HDD （Hard Disc Drive），SATA 型

    以前的交付阶段

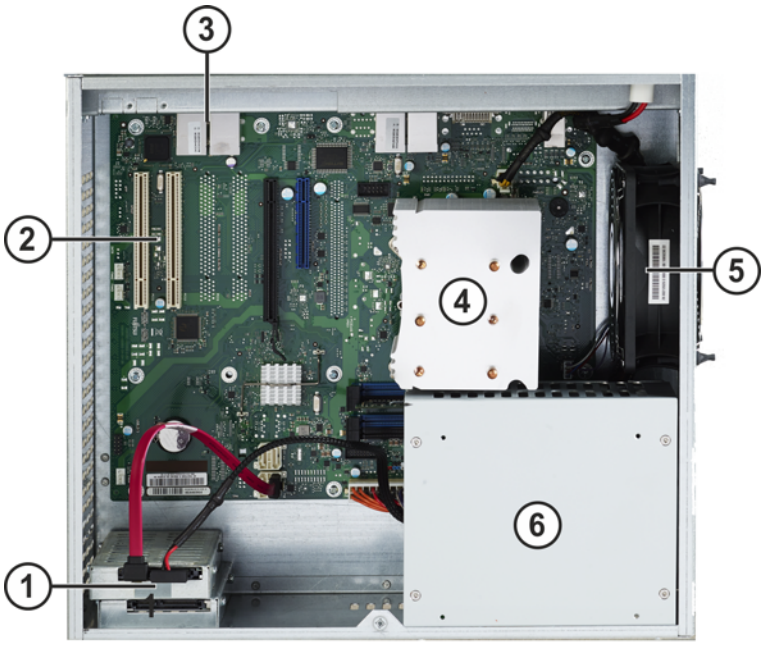


图 4-1: 控制系统 PC 概览

1	硬盘	4	处理器冷却器
2	带扩展插槽的主板	5	电脑风扇
3	PC 机接口	6	PC-Netzteil （PC- 电源）

控制系统计算机的功能

- 通过中央处理器的第二核进行调节 （RC-Robot Control ， 机器人控制）。
- 可选的工艺技术包 KUKA.SoftPLC 将与 RC 并行处理。
- 控制系统计算机可调节与客户的内部和外部网络通讯。

4.2.1 KPC 带主板 D2608-K

说明

- 为库卡定制的 Fujitsu 牌工业总线
- 英特尔双核中央处理器技术，配设 2.8 GHz 双核
- DDR2 内存

KR C4 至 2012 年 8 月与主板 D2608-K 一同供货。

概览

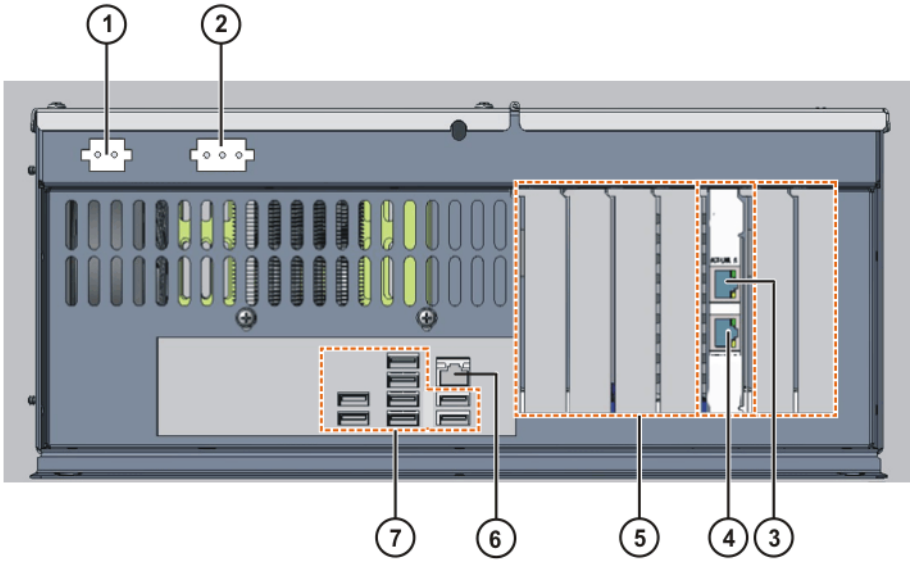


图　4-2: 主板 D2608-K 接口

1　插头 X961
　电源 DC 24　V
2　PC 风扇的 X962 插头
3　LAN 双网卡 DualNIC：库卡控制器总线
4　LAN 双网卡 DualNIC：KUKA Line Interface（库卡线路接口）
5　现场总线卡插座 1 至 7
6　主板内建 LAN 网卡：库卡系统总线
7　8 USB 2.0 端口

插槽分配

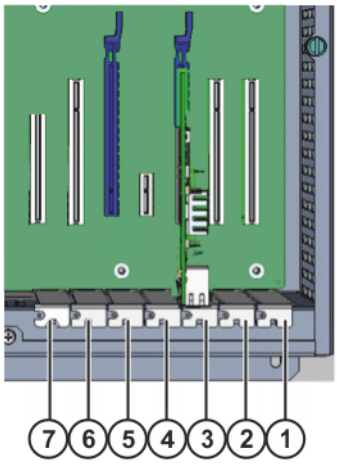


图　4-3: 主板 D2608-K 插槽分配

插槽	型号	插卡
1	PCI	现场总线
2	PCI	现场总线
3	PCIe	LAN-Dual-NIC
4	PCIe	未配置
5	PCIe	未配置
6	PCI	现场总线
7	PCIe	未配置

主板 D2608-K 接口

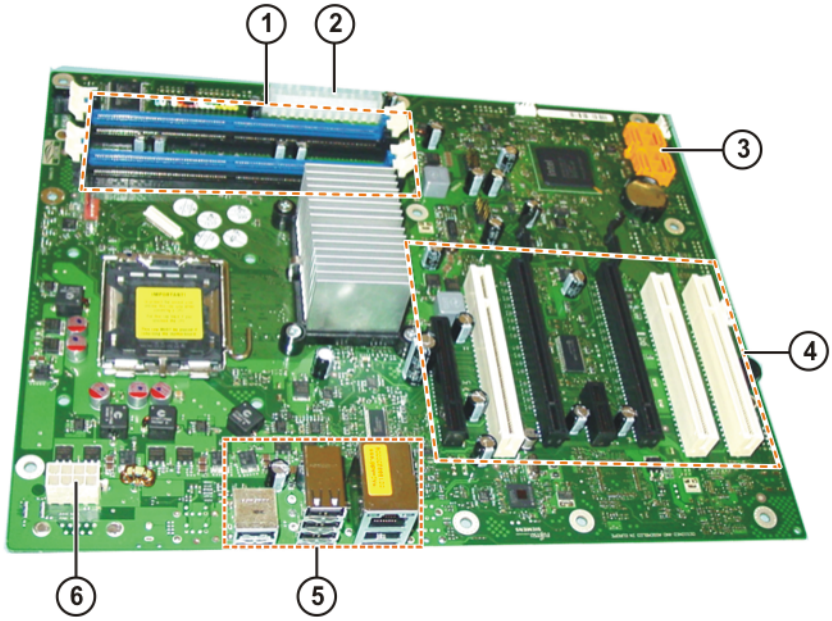


图 4-4: 主板 D2608-K 接口

1 插槽存储模块
2 电源连接器，24-Pin
3 SATA 接口
4 PCI 和 PCIe 插槽
5 集成网络和 USB 的 PC 接口
6 附加 4 针插头电源连接

主板更换步骤

已损坏的主板不单独更换，而是连同控制系统电脑一起更换。

4.2.2 KPC 带主板 D3076-K

说明

- 为库卡定制的 Fujitsu 牌工业总线
- 新款 CPU 基座 (LGA1155)
- DDR3 内存
- 双核处理器带集成显卡

KR C4 自 2012 年 8 月连同主板 D3076-K 开始供货。

概览

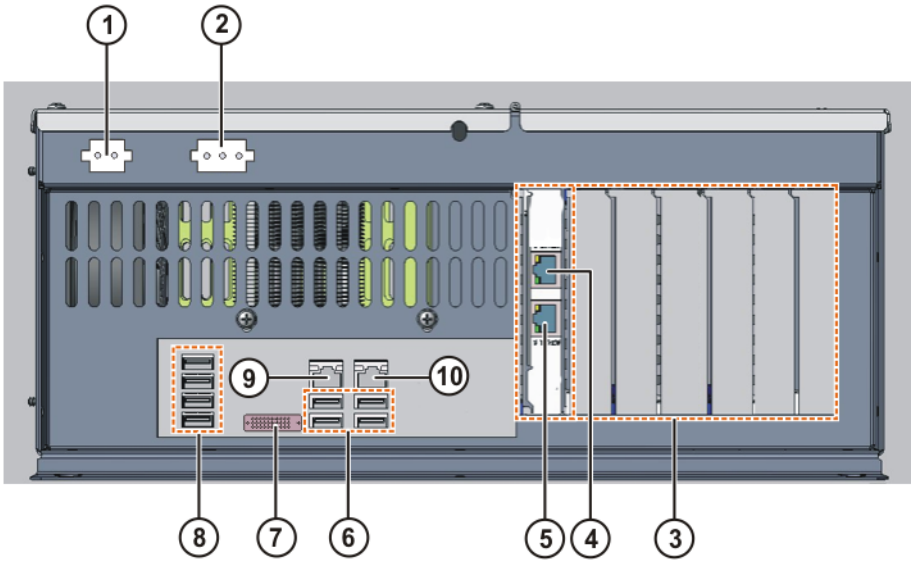


图　4-5: 主板 D3076-K 接口

1　插头 X961
电源 DC 24　V
2　PC 风扇的 X962 插头
3　现场总线卡插座 1 至 7
4　LAN 双网卡 DualNIC：库卡控制器总线
5　LAN 双网卡 DualNIC：库卡系统总线
6　4 USB 2.0 端口
7　DVI-I（支持 VGA，借助 DVI - VGA 适配器）。只有控制系统未连接任何已激活的控制设备 (SmartPAD、VRP)，才能在一台外部监视器上显示控制系统操作界面。
8　4 USB 2.0 端口
9　板载 LAN 网卡：库卡选项网络接口
10　板载 LAN 网卡：KUKA Line Interface（库卡线路接口）

插槽分配

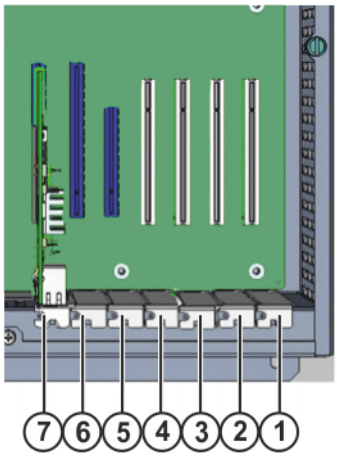


图　4-6: 主板 D3076-K 插槽分配

插槽	型号	插卡
1	PCI	现场总线
2	PCI	现场总线
3	PCI	现场总线
4	PCI	现场总线

插槽	型号	插卡
5	PCIe	未配置
6	PCIe	未配置
7	PCIe	LAN 双 NIC 网卡

主板 D3076-K 接口

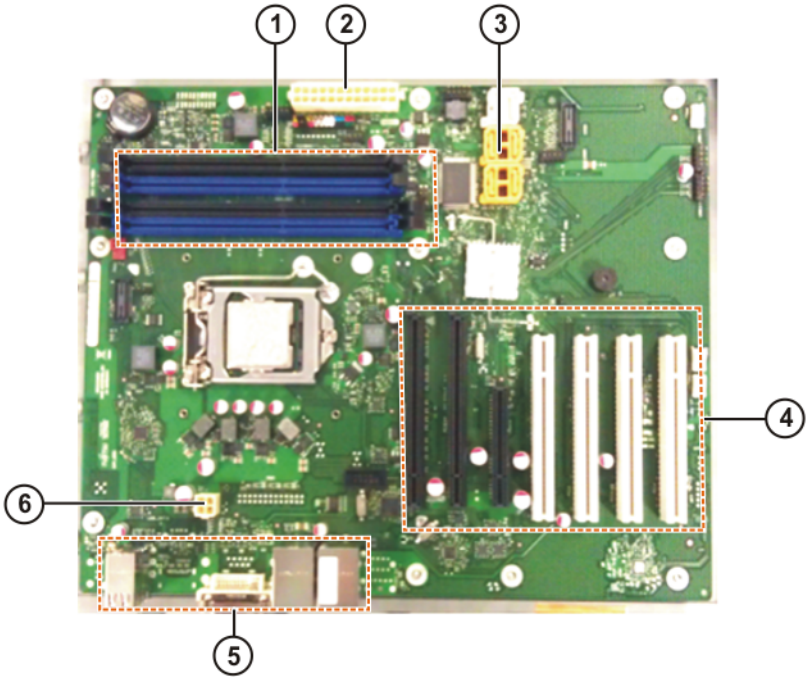


图 4-7: 主板 D3076-K 接口

1 插槽存储模块
2 电源连接器，24-Pin
3 SATA 接口
4 PCI 和 PCIe 插槽
5 集成网络、USB 和 DVI-I 的 PC 接口
6 附加 4 针插头电源连接

主板更换步骤

已损坏的主板不单独更换，而是连同控制系统电脑一起更换。

4.2.3 KPC 带主板 D3236-K

概览

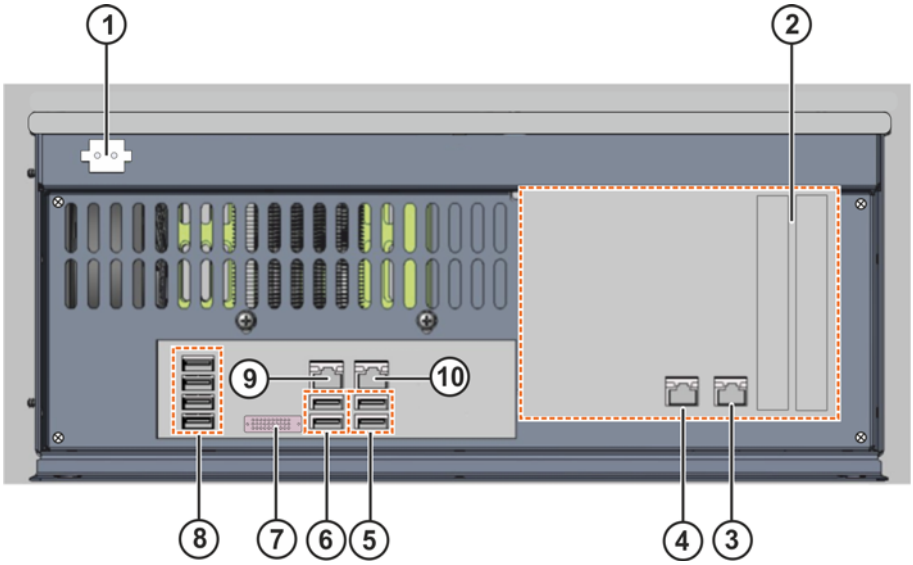


图 4-8: 主板 D3236-K 接口

1 带风扇电脑组件的电源 DC 24 V 的插头 X961
2 现场总线卡插槽 1 至 2
3 KCB – *KUKA 控制器总线*
4 KSB – *KUKA 系统总线*
5 2 USB 2.0 端口
6 2 USB 3.0 端口
7 DVI-I（支持 VGA，借助 DVI – VGA 适配器）。只有控制系统未连接任何已激活的控制设备 (SmartPAD、VRP)，才能在一台外部监视器上显示控制系统操作界面。
8 4 USB 2.0 端口
9 KONI- *库卡选项网络接口*
10 KLI- *KUKA Line Interface（库卡线路接口）*

> 库卡机器人有限公司已为主板进行了最佳装配、测试并交付使用。对于不是由库卡机器人有限公司进行的装配更改，不承担任何责任。

插槽分配

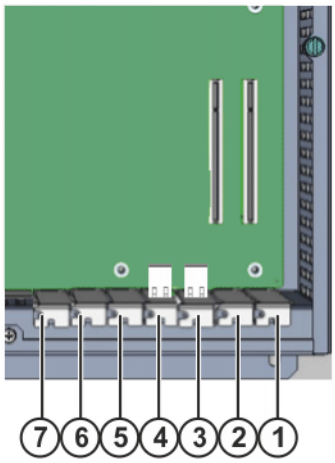


图 4-9: 主板 D3236-K 插槽分配

插槽	型号	插卡
1	PCI	现场总线
2	PCI	现场总线
3	-	不可用
4	-	不可用
5	-	不可用
6	-	不可用
7	-	不可用

4.2.4 板级支持包

作为备件的 KPC

- 如果由于故障必须更换 KPC-*KUKA PC*，则必须注意只可更换具有相同特性的 KPC。

特征	D2608-K	D3076-K	D3236-K
需要进风口	是	是	--
需要内部风扇	--	--	是
通过 CCU 控制风扇	是	是	--
通过主板控制风扇	--	--	是

- KPC 按照各自的硬件驱动程序和参数区分。
- 即 KPC 可以作为完整的部件更换并且 “ 损坏 ” KPC 中的硬盘与功能正常的安装和程序可继续使用。
- 在更换备件的情况下，KUKA 公司将提供带 BP U 盘的 KPC。 (>>> ″板级支持包 （U 盘）″ 页码 60)

板级支持包 （U 盘）

图 4-10: U 盘，板级支持包

- 为了使电脑硬件独立，从 KSS8.3 起继承了 BP-*板级支持包*。
- 板级支持包作为选项包进行管理并且具有以下优势，在更改电脑硬件之后不必升级系统软件。
- 它含有所有操作系统主板和 KSS-*库卡系统软件*所需的驱动程序。
- 如果 KUKA 方面交付一个新的电脑硬件，则同时出现一个新的板级支持包版本。

操作步骤

- 在用已插入的 BP U 盘 (00-241-063) 更换备件的情况下交付 KPC。
- 用从损坏的电脑中取出的硬盘启动 KPC。 首次启动期间将安装板级支持包。

注意	首次成功启动之后必须拔出 BP U 盘！

4.3 DualNIC ―双网卡

说明

- 库卡 DualNIC 是一种可供两个独立网络，KLI （库卡线路接口）和 KCB （库卡控制器总线）使用的双工网卡。

- 该网卡是为适应库卡要求而专门开发的。

DualNic – “大”

- 与*主板 D2608-K 连接*
- 至 2012 年中旬

图 4-11: DualNic 双网卡

DualNic – “无”

- 与*主板 D3076-K 连接*
- 截至 2014 年

图 4-12: DualNic 双网卡

“DualNic 集成在主板上”

- 与*主板 D3236-K 连接*
- 自 2015 年起

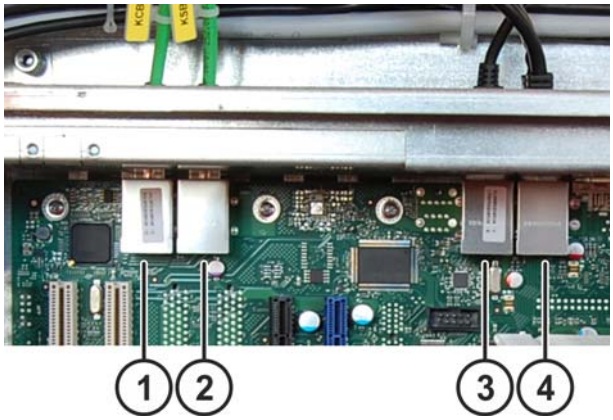


图 4-13: 主板上的网络接口

序号	接口	序号	接口
1	KCB	3	KLI
2	KSB	4	KONI

兼容性

可以组合下列*主板 - DualNIC*。

主板	DualNic	图示
主板 D2608-K	“大型”	(>>> 4.3 "DualNIC－双网卡" 页码 60)
主板 D3076-K	“小型”	(>>> 图 4-12)
主板 D3236-K	无；直接在主板上完成网络连接。	

不能不相符地组合 DualNIC 卡与主板。

Dual NIC 更换步骤

注意 更换 DualNIC 时必须遵守 EGB 指令。若不遵守则会导致网卡或其他 PC 元件受损或部分受损。

1. 关断控制柜并锁定以防重新启动。
2. 打开 PC 机箱。
3. 拔出双网卡的接合件。
4. 松开网卡紧固件 (1)，然后将网卡从插槽中拔出。

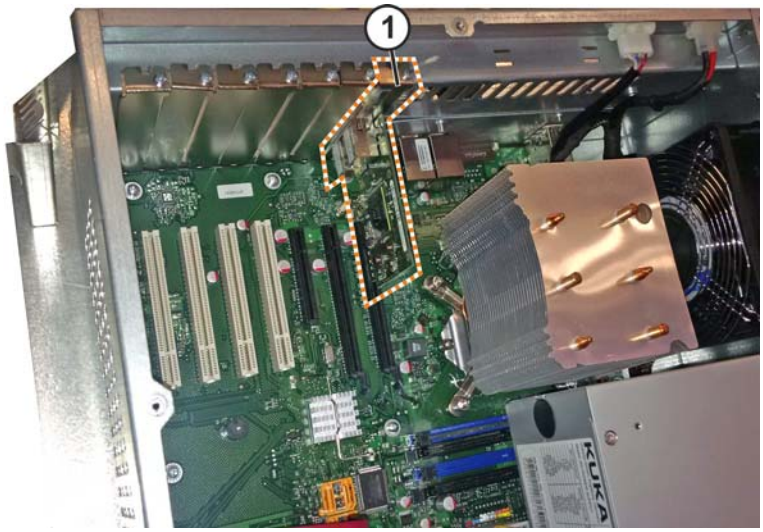


图 4-14: DualNIC 更换步骤

5. 将双网卡插入插槽并拧紧。
6. 插入网卡的接合件。
7. 实施功能测试

4.4 KR C4 的存储介质

说明

硬盘包含必要的操作系统以及机器人系统运行所需的软件和所有数据。

图 4-15: KR C4 硬盘

主要数据:

- SATA 型，2.5 Zoll。
- 存储容量 80 GB （2013 年 8 月）
  - 分区 C： 15GB
  - 分区 D： 5GB
  - 隐藏分区：剩余存储容量

SSD 说明

图 4-16: SSD

- 作为库卡硬盘的替补，还可使用库卡的非旋转式存储盘。
- 库卡烧制的 SSD （**S**olid **S**tate **D**isc，固态盘）具有与标准硬盘相同的接口。
- 使用 SSD 可缩短系统启动时间，且可避免条件很差的环境 （例如：振动）造成器件损坏。

主要数据:

- SATA 型，2.5 Zoll。
- 存储容量 32/ 64 GB
  - 分区 C： 15GB
  - 分区 D： 5GB
  - 隐藏分区：剩余存储容量

功能

- 与主板的数据连接通过 SATA 实现。
- 存储介质被分为 3 个分区：
  - **分区 1** 相当于**驱动器 C:**
  - **分区 2** 相当于**驱动器 D:**
  - **分区 3** 相当于**隐藏分区**，作为 Recovery 分区使用。
- 该分区可通过库卡 Recovery Tool （恢复工具）来读写。
- 存储盘里存有下列系统：

- Windows XP embedded （KSS 8.2）或
  Windows 7 embedded （KSS8.3）
- KUKA System Software （库卡系统软件）
- 工艺数据包 （选项）

控制系统电脑

安全提示

- 机器人控制系统必须保持关机状态，并具有可防意外重启的保护措施。
- 控制系统已关闭。
- 断开电源线。

⚠ 警告 即使在关机状态下，从电源接口 X1 至主开关的线路也带电！在接触导线时此电源电压可造成人员受伤。

- 按 ESD 准则开展工作。

操作步骤

1. 将控制系统关机并锁住以防重新启动。
2. 解锁并拔出 SATA 插头 （1）。
3. 拔出电源插头 （2）。
4. 松开滚花螺钉 （3）

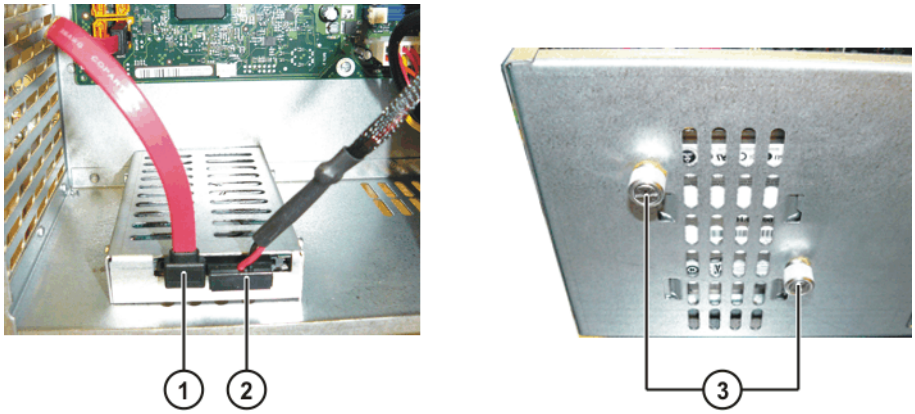


图 4-17: 硬盘

1 SATA 接口线
2 馈电电缆
3 滚花螺钉

5. 通过拉引松开存储盘。
6. 用新的同类存储盘将旧的换下。
7. 插接 SATA 和电源。
8. 用滚花螺钉固紧存储盘。
9. 安装操作系统和库卡系统软件 （KSS）
10. 工业机器人的系统结构必须用 WorkVisual 进行配置。

若更换了硬盘，除了通过 WorkVisual 对其进行配置还有以下方法：
- 导入迄今为止的安装程序存档。
- 通过 KUKA 还原工具恢复整个硬盘镜像文件

11. 实施功能测试。

5 KR C4 的总线系统

5.1 总线系统概览

在此示教单元里将介绍下列内容：

- 概览
- CCU - *控制柜*
- KCB - *KUKA 控制器总线*
- KSB - *KUKA 系统总线*
- KEB - *KUKA 扩展总线*
- KLI - *库卡线路接口*
- KSI - *库卡服务接口*

5.2 内部库卡总线系统

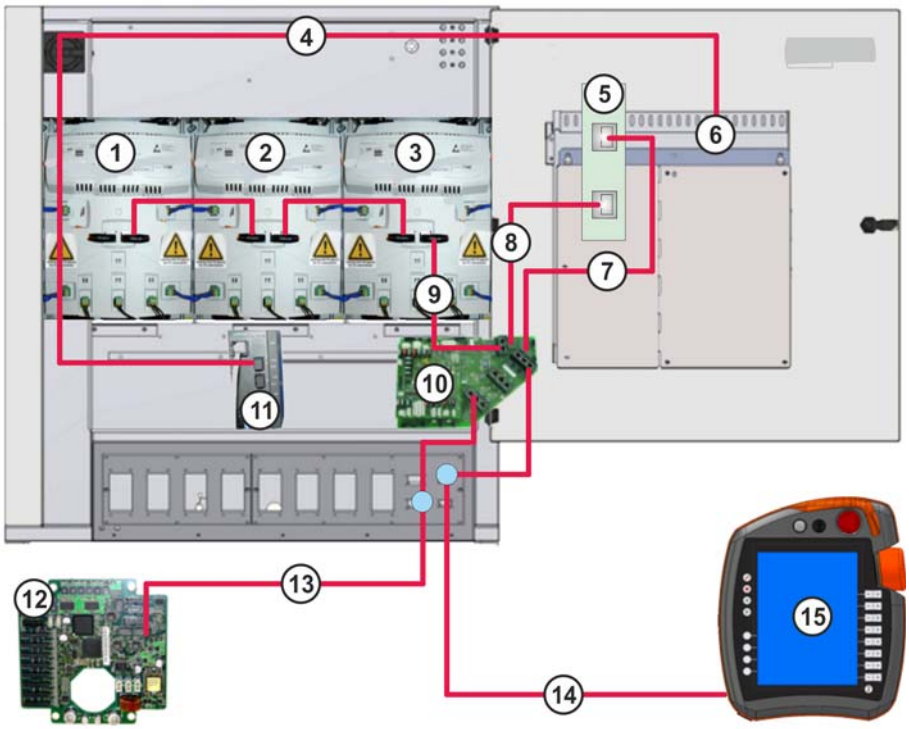


图 5-1: 总线用户概览 （主板 D3076-K）

1	KSP A1-3	9	KUKA Controller Bus （库卡控制器总线）
2	KSP A4-6	10	CCU
3	KPP + （A7/8）	11	工业以太网 - 控制系统转换器
4	KUKA Line Interface （库卡线路接口）	12	RDC
5	Dual NIC 双网卡	13	KUKA Controller Bus （库卡控制器总线）
6	以太网主板	14	操作面板接口
7	KUKA System Bus （库卡系统总线）	15	库卡 smartPAD
8	KUKA Controller Bus （库卡控制器总线）		

5.3 CCU 一控制柜

CCU 一控制柜说明

- **CCU** 一*控制柜*包含两块电路板：
  - **CIB** – *控制柜接口板*
  - **PMB** – *电源管理板*
- 控制柜是机器人控制系统所有组件的配电装置和通讯接口。
- 所有数据通过内部通讯传输给控制系统，并在那里继续处理。
- 当电源断电时，控制系统部件接受蓄电池供电，直至位置数据备份完成以及控制系统关闭。
- 通过负载测试检查蓄电池的充电状态和质量。

图 5-2: 固定 CCU

CIB 板的功能

- 机器人控制系统部件的通讯接口
- 安全输出端和输入端
  - 零点复归
  - 插入的库卡 smartPAD
  - 选项： US2 可控负载电压
  - 选项： X311 外部确认和紧急停机控制柜
- 4 个适用于客户应用程序的测量输入端 （节拍：125 µsec）
- 主开关的信号触点
- 监控机器人控制系统中的风扇转速
  - 外部风扇
  - 控制系统电脑的风扇
- 温度值采集：
  - 变压器的热效自动开关输入电压 （选项）
  - 冷却装置信号触点 （选项）
  - 镇流电阻温度传感器
  - 柜内温度传感器
- 下列部件通过库卡控制器总线与控制系统电脑相连接：
  - KUKA Power Pack / KUKA Servo Packs
  - 旋转变压器数字转换器
- 通过库卡系统总线，下列组件可与控制系统电脑相连接：
  - 库卡 smartPAD （Operator Panel Interface）
  - 安全接口板
- CSP 诊断 LED
- 电子数据存储器的接口

PMB 板功能

缓冲式供电

- KPP
- 库卡 smartPAD
- 控制系统多核电脑
- 控制系统操作面板 (CSP)
- Resolver Digital Converter (RDC)

非缓冲式供电

- KSP
- 电机制动装置
- 外部风扇
- 客户接口
- 快速测量输入端

根据 KR C4 交付阶段和交付时间的不同，CCU 可能有略微不同的布局。 部分 CCU 在接口的分配和紧固方面有所不同。 在本节将深入讲解当前可用的变型。

CCU 接口

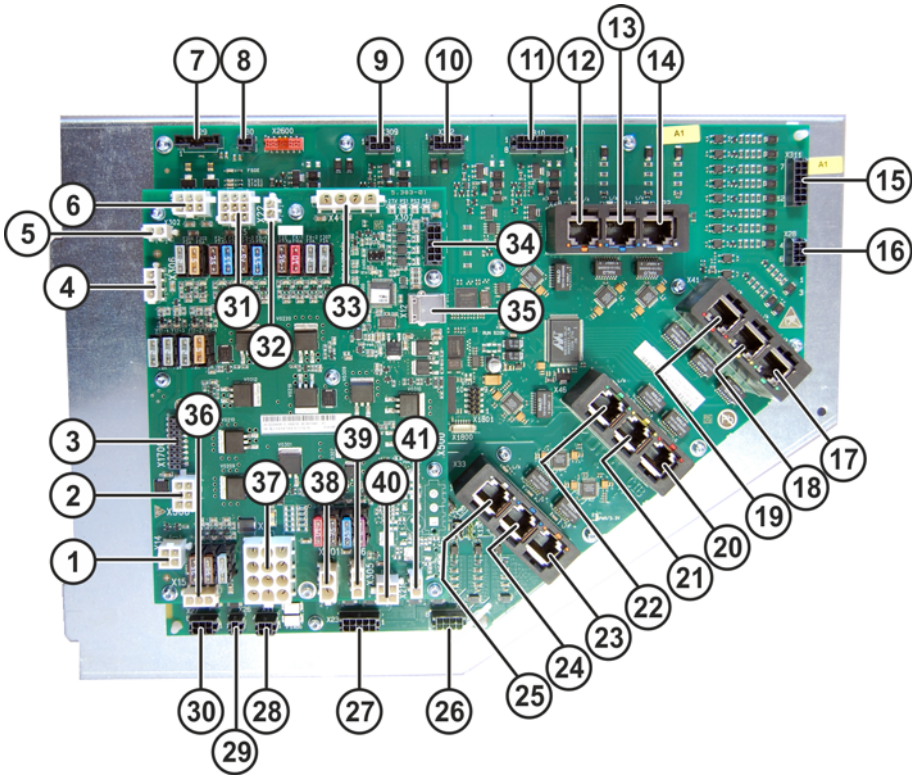


图 5-3: CCU 接口

序号	插头	说明
1	X14	外部风扇接口
2	X308	外部电源电压桥接
3	X1700	线路板插塞连接
4	X306	smartPAD 电源
5	X302	SIB 电源
6	X3	KSP 和制动装置
7	X29	EDS 存储卡接口
8	X30	镇流电阻温度监控器
9	X309	主接触器 1 （HSn, HSRn） 选项

序号	插头	说明
10	X312	负载电压接触器 US2 控制
11	X310	备用 （安全输入端 2/3，安全输出端 2/3）
12	X48	SIB 安全接口板 （橙色）
13	X31	KPC 控制器总线 （蓝色）
14	X32	KPP 控制器总线 （白色）
15	X311	安全输入端，外部确认装置；箱柜上的急停按钮
16	X28	零点复归测试
17	X43	库卡服务接口 (KSI) （绿色）
18	X42	库卡 smartPAD 操作面板接口 （黄色）
19	X41	库卡系统总线 KPC （红色）
20	X44	EtherCAT 接口 （库卡扩展总线）（红色）
21	X47	预留 （黄色）
22	X46	库卡系统总线 RoboTeam （绿色）
23	X45	库卡系统总线 RoboTeam （橙色）
24	X34	控制系统总线 RDC 1 （蓝色）
25	X33	控制系统总线 RDC 2 （白色）
26	X25	备用
27	X23	快速测量输入端 1… 4
28	X11	主开关的信号触点
29	X26	变压器的热效自动开关
30	X27	冷却器的信号触点
31	X5	客户接口 X55 （Switch）上的内部电压
32	X22	选项
33	X4	KPP、KPC 和 PC 风扇的电源电压
34	X307	CSP 电源
35	X12	USB
36	X15	控制柜内部风扇
37	X1	由低压电源件供电
38	X301	客户接口上的 US1
39	X6	客户接口上的 US2
40	X305	蓄电池
41	X21	RDC 电源

在旧的 KR C4 上，CCU 的电路板布局最小。 此培训资料放弃了更详细的说明。

保险装置的排布

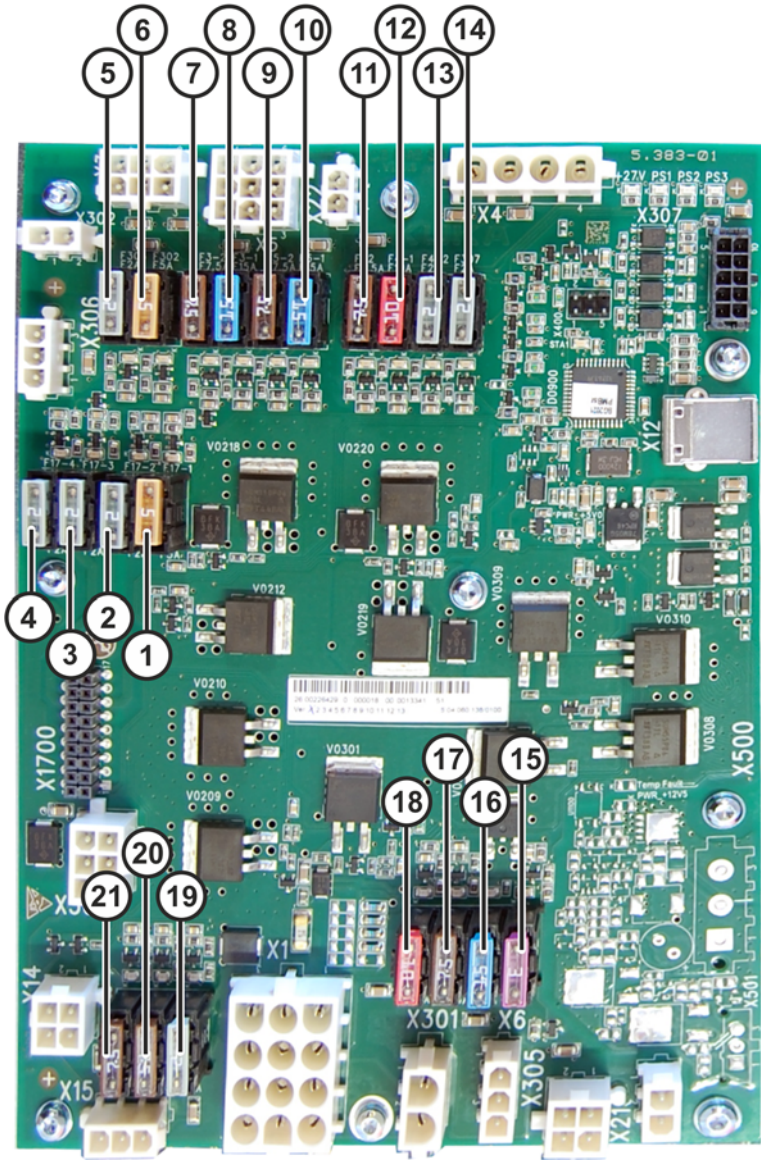


图　5-4: 保险装置的排布

序号	名称	说明	保险丝
1	F17.1	CCU 接触器输出端 1 … 4	5 A
2	F17.2	CCU 输入端	2 A
3	F17.3	CCU 逻辑电路	2 A
4	F17.4	CCU 安全输入端	2 A
5	F306	smartPAD 电源	2 A
6	F302	SIB 电源	5 A
7	F3.2	KPP1 非缓冲式逻辑电路	7.5 A
8	F3.1	KPP1 非缓冲式制动	15 A
9	F5.2	KPP2 非缓冲式逻辑电路	7.5 A
10	F5.1	KPP2 非缓冲式制动	15 A
11	F22	配电箱照明 （选项）	7.5 A
12	F4.1	KPC 缓冲型	10 A
13	F4.2	KPC 缓冲式风扇	2 A
14	F307	CSP 电源	2 A
15	F21	RDC 电源	3 A
16	F305	蓄电池供电	15 A

序号	名称	说明	保险丝
17	F6	24 V 非缓冲式 （选项） US1	7.5 A
18	F301	（选项）US2	10 A
19	F15	内部风扇 （选项）	2 A
20	F14	外部风扇	7.5 A
21	F308	缓冲式外部电源的内部供电	7.5 A

损坏的保险装置以保险装置旁一个红色 LED 示出。 损坏的保险装置在排除故障原因后仅允许用操作手册中给出的或设备组件上所刻印的值来替换。

CCU LED 指示灯显示

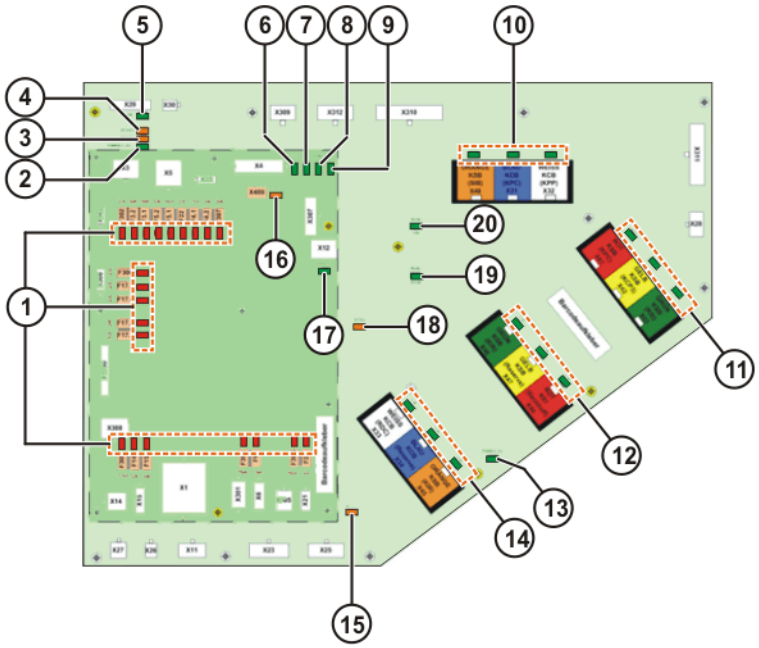


图 5-5: CCU LED 指示灯显示

序号	名称	颜色	说明	补救措施
1	保险装置状态 LED 指示灯 LED 指示灯保险装置的状态。	红色	亮 = 保险装置损坏	更换已损坏的保险装置
			灭 = 保险装置正常	–
2	PWRS/3.3V	绿色	亮 = 电源存在	–
			灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F17.3 ■ 如果 LED PWR/3.3V 亮起，则更换 CCU 组件

序号	名称	颜色	说明	补救措施
3	STAS2 安全节点 B	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F17.3 ■ 如果 LED PWR/3.3V 亮起，则更换 CCU 组件
			以 1 Hz 闪烁 = 状态正常	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	检查 X309、X310 和 X312 的接线：为了测试，将 X309、X310、X312 的接线拔掉，然后关闭并重新接通控制系统；如果故障仍然存在，则更换板卡。
4	STAS1 安全节点 A	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F17.3 ■ 如果 LED PWR/3.3 V 亮起，则更换 CCU 组件
			以 1 Hz 闪烁 = 状态正常	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	检查 X309、X310 和 X312 的接线：为了测试，将 X309、X310、X312 的接线拔掉，然后关闭并重新接通控制系统；如果故障仍然存在，则更换板卡。
5	FSoE EtherCat 连接的安全协议	绿色	灭 = 未激活	–
			亮 = 功能就绪	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	–
6	27V 主电源件的非缓冲电压	绿色	灭 = 无电源存在	检查 X1 的供电（额定电压 27.1 V）
			亮 = 电源存在	–
7	PS1 Power Supply1 电压（短时缓冲）	绿色	灭 = 无电源存在	■ 检查 X1 的供电 （额定电压 27.1 V） ■ 关断驱动总线 （BusPowerOff 状态）
			亮 = 电源存在	–
8	PS2 Power Supply2 电压（中时缓冲）	绿色	灭 = 无电源存在	■ 检查 X1 的供电 ■ 控制系统处于休眠状态
			亮 = 电源存在	–
9	PS3 Power Supply3 电压（长时缓冲）	绿色	灭 = 无电源存在	检查 X1 的供电
			亮 = 电源存在	–

序号	名称	颜色	说明	补救措施
10	L/A KSB (SIB)	绿色	■ 亮 = 有物理连接。网线已插入 ■ 关 = 无物理连接。网线未插入 ■ 闪烁 = 线路上正进行数据交换	–
	L/A KCB (KPC)	绿色		
	L/A KCB (KPP)	绿色		
11	L/A	绿色		
	L/A	绿色		
	L/A	绿色		
12	L/A	绿色		
	L/A	绿色		
	L/A	绿色		
13	PWR/3.3V CIB 的电压	绿色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F17.3 ■ 电桥插头 X308 已存在 ■ 检查保险装置 F308 ■ 通过 X308 接受外部电源时：检查外部电源的电压（额定电压 24 V）
			亮 = 电源存在	–
14	L/A	绿色	■ 亮 = 有物理连接 ■ 关 = 无物理连接。网线未插好。 ■ 闪烁 = 线路上正进行数据交换	–
	L/A	绿色		
	L/A	绿色		
15	STA1 (CIB) µC-IO 节点	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F17.3 ■ 如果 LED PWR/3.3V 亮起，则更换 CCU 组件
			以 1 HZ 闪烁 = 正常状态	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码（内部）	更换 CCU 组件
16	STA1 (PMB) µC-USB	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查 X1 的供电 ■ 如果 LED PWR/5V 亮起，则更换 CCU 组件
			以 1 HZ 闪烁 = 正常状态	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码（内部）	更换 CCU 组件
17	PWR/5V PMB 的供电	绿色	灭 = 无电源存在	检查 X1 的供电（额定电压 27.1 V）
			以 1 HZ 闪烁 = 正常状态	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码（内部）	–
18	STA2 FPGA 节点	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查 X1 的供电 ■ 如果 LED PWR/3.3V 亮起，则更换 CCU 组件
			以 1 HZ 闪烁 = 正常状态	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码（内部）	更换 CCU 组件

序号	名称	颜色	说明	补救措施
19	RUN SION EtherCat 安全节点	绿色	亮 = 可使用 （正常状态）	–
			灭 = 初始化 （开机后）	–
			以 2.5 Hz 闪烁 = 试运转（启动时的中间状态）	–
			单一信号 = 安全运转	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动 （用于固件更新）	–
20	RUN CIB EtherCat ATμC-IO 节点	绿色	亮 = 可使用 （正常状态）	–
			灭 = 初始化 （开机后）	–
			以 2.5 Hz 闪烁 = 试运转（启动时的中间状态）	–
			单一信号 = 安全运转	–
			10 Hz = 启动 （用于固件更新）	–

控制系统电脑

安全提示

- 机器人控制系统必须保持关机状态，并具有可防意外重启的保护措施。
- 控制系统已关闭。
- 断开电源线。

⚠ 警告 即使在关机状态下，从电源接口 X1 至主开关的线路也带电！在接触导线时此电源电压可造成人员受伤。

- 按 ESD 准则开展工作。

控制柜的更换步骤

1. 关闭机器人控制器，并采取保护措施防止未经授权重新起动。
2. 将数据线插头解锁。
   拔出控制柜 （CCU ）上的所有接线

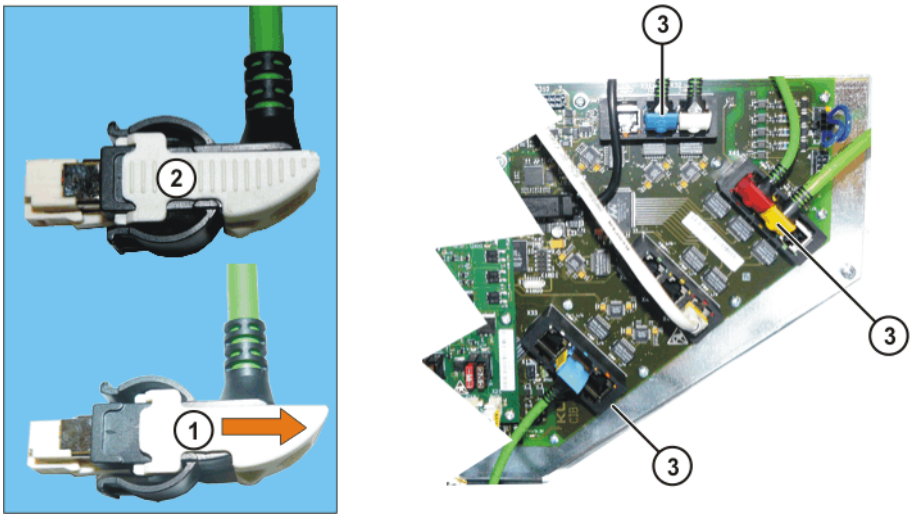


图 5-6: 解锁数据线插头

1 插头已解锁
2 插头已锁闭
3 插头已插入并锁闭

注意 如果数据线插头在没有解锁时被拔下，则插头会受损。在拔下前解锁插头。

3. 取下固定板上的螺栓，将固定板连同 CCU 从连接板开口处拉出。
4. 检查新 CCU 是否有机械损伤。将固定板连同 CCU 插入连接板开口，然后拧紧。

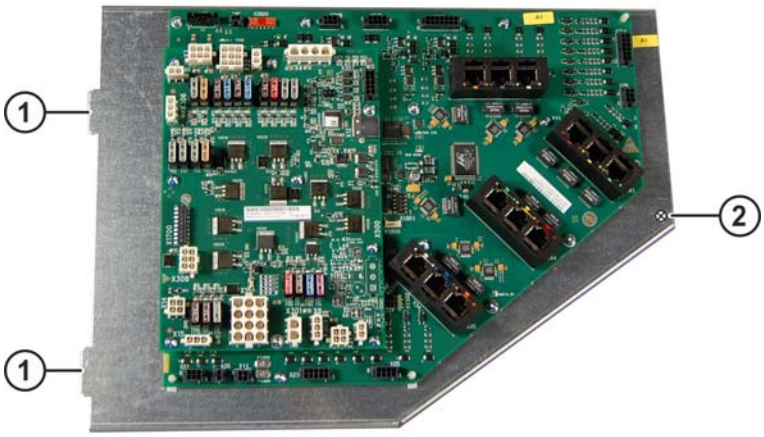


图 5-7: 固定 CCU

1 连接板插接片
2 紧固螺栓

5. 按照插头和线缆标记将所有接口插入。 将数据线插头锁紧。
6. 执行功能测试。

注意 不要混淆插接位置。 检查电缆、插头和插接位置标识。插头 X14 外部风扇和 X305 蓄电池的插头形状相同。
如果混淆了这两个插头，则会损坏 CCU。 **会有着火危险。**
通过接口 X18 SmartPad 将加载附加电压。

5.3.1 CCUsr - 小型机器人控制柜

说明

CCUsr - *小型机器人控制柜*包含两块电路板：

- **CIB - 控制柜接口板**
  - 所有内部网络在此均被传输给控制系统，以便继续处理
  - 集成的 SIB- *安全接口板*功能 (X11)
- **PMB - Power Management Board （电源管理板）**
  - 是机器人控制系统所有部件的集中配电装置 (27V)。
  - 当电源断电时，控制系统部件接受蓄电池供电
  - 直至位置数据备份完成以及控制系统关闭
  - 蓄电池质量以及充电状态通过负载测试进行检查

CCUsr 接口

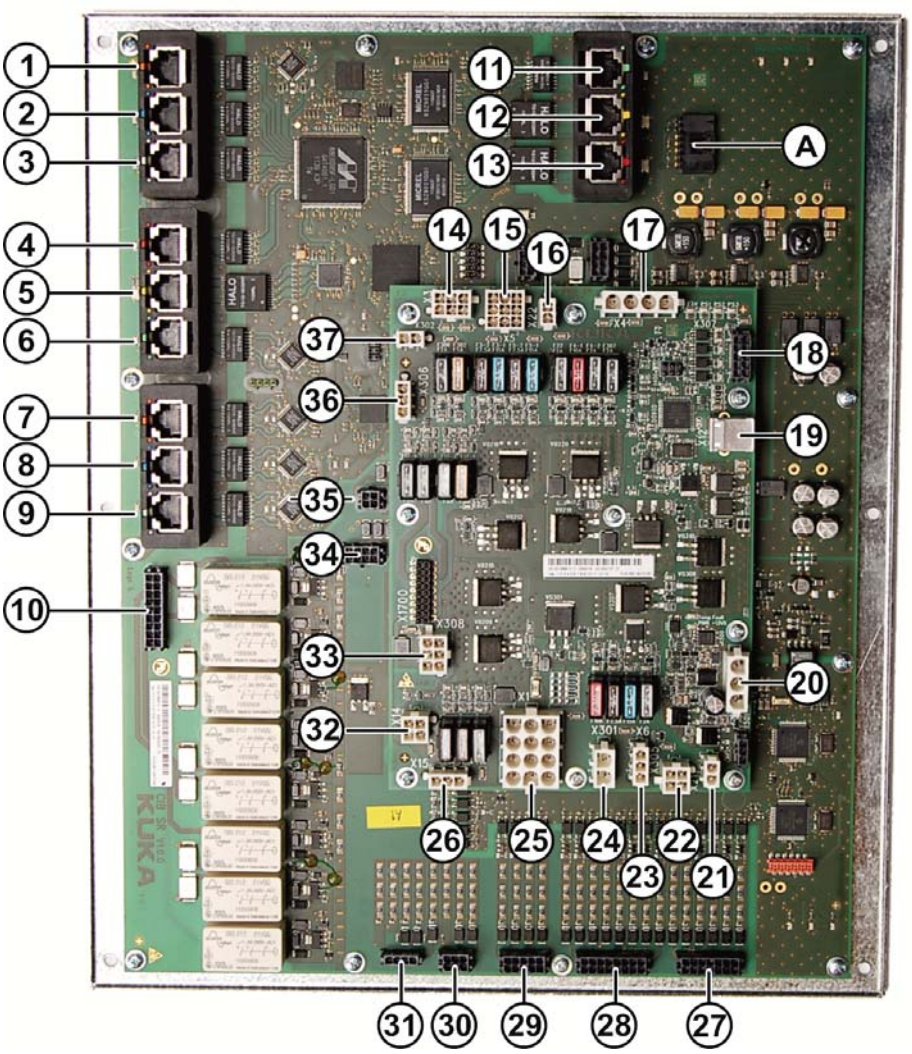


图 5-8: CCUsr

序号	名称	说明
A		EDS 接口 （电子型号铭牌）
1 橙色	X42	KSB - 库卡 SmartPad
2 蓝色	X43	KSI - 服务接口 X69
3 白色	X44	KEB - 扩展总线，EtherCat Master
4 红色	X47	KSB - 备用
5 黄色	X41	KSB - DualNic 双网卡接口
6 绿色	X33	KCB - 备用
7 橙色	X32	KCB - KPPsr 接口
8 蓝色	X31	KCB - DualNic 双网卡接口
9 白色	X34	KCB - 机器人 / RDC 接口
10	X406	X11 - 安全输出端 12 至 15
11 绿色	X48	KSB - 备用
12 黄色	X46	KSB - RoboTeam
13 红色	X45	KSB - RoboTeam
14	X3	KPP - 27V 制动供电 （逻辑电路）
15	X5	KPS27 - 控制信号 / 警报
16	X22	27V （选项）
17	X4	KPC 和电源风扇的供电
18	X307	未使用 (27V)

序号	名称	说明
19	USB	KPC – 蓄电池管理器 / USV 管理器接口
20	X501	未使用
21	X21	RDC – 27V 供电电源
22	X305	蓄电池接口
23	X6	X21 – 机器人 KCB 27V 供电电源
24	X301	预留 – 27V 非缓冲式
25	X1	KPS27 – 27V 供电
26	X15	未使用 (27V)
27	X402	安全输入端 1 至 3
28	X403	安全输入端 4 至 7
29	X404	安全输入端 8 至 9
30	X401	零点标定参考点开关
31	X407	X19 – SmartPad
32	X14	内部风扇供电 （未使用）
33	X308	跳线 – 外部供电 / 蓄电池
34	X405	安全接触器输出端 10，单信道输入端 10
35	X11	跳线 – 主开关辅助触点 （未使用）
36	X306	X19 – SmartPad 供电电源
37	X302	X55 – 总线耦合器 24V （已缓冲）

5.3.2 CSP 一控制系统操作面板

CSP 的说明

控制系统操作面板 (CSP) 是各种运行状态的显示单元，并且拥有下列接口：

- 2 x USB
- 网络接口的分配取决于控制柜配置：
  - **KLI** 一*库卡线路接口*，只用于连接箱内的控制系统转换器 （选项）
  - 从 KSS 8.3 起可用： **KSI** – *KUKA 服务接口* **无** Cu Switch。
    另见： （>>> 9.7 ″库卡服务接口 （KSI – KUKA Service Interface）″ 页码 174)

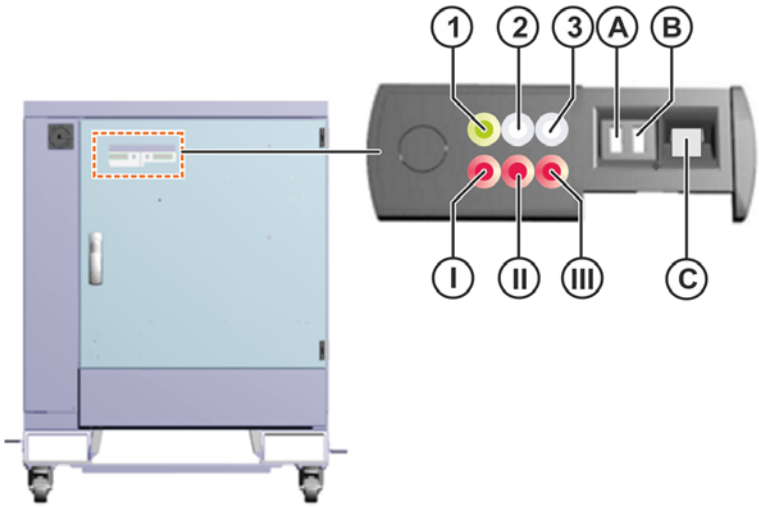


图 5-9: CSP 接口和显示

序号	工件	颜色	含义
1	LED 指示灯 1	绿色	运行 LED 指示灯
2	LED 指示灯 2	白色	休眠模式 LED 指示灯
3	LED 指示灯 3	白色	自动模式 LED 指示灯
I	LED 指示灯 4	红色	故障 LED 指示灯 1
II	LED 指示灯 5	红色	故障 LED 指示灯 2
III	LED 指示灯 6	红色	故障 LED 指示灯 3
A	USB 1		主板 USB
B	USB 2		主板 USB
C	RJ45		根据选项连接在： ■ KSI ■ KLI 选项 KLI 只与内部 CU 交换机连接

5.4 KCB 一库卡控制器总线

说明 **KCB** 一*库卡控制器总线概览*:

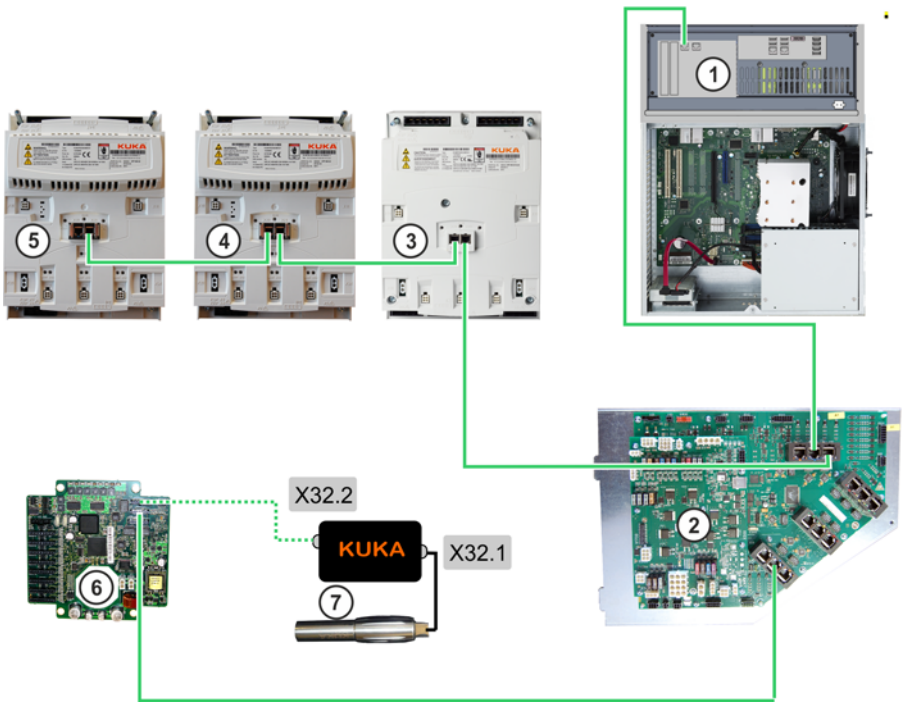


图 5-10: KCB 总线结构

KCB 一库卡控制器总线主要数据：

- 基于 EtherCAT 的驱动总线
- 循环时间 125 微秒
- FSOE (Fail Safe Over EtherCat)

下列设备属于 KCB 一库卡控制器总线：

1. **KPC** - *库卡个人电脑*
2. **CIB** - *电路接口板*
3. **KPP** 一*库卡配电箱*
4. **KSP** A4 - 6 *库卡伺服包*

5. **KSP** A1 – 3 *库卡伺服包*
6. **RDC** — *旋转变压器数字转换器*
7. **EMD** — *电子控制装置*（可耦联式用户）

5.4.1 了解 KPP — 库卡配电箱

KPP 说明

- 库卡配电箱（KPP）是驱动电源，可从三相电网中生成整流中间回路电压。
- 利用该中间回路电压可给内置驱动调节器和外置驱动装置供电。
- 它从三相电网中生成整流中间回路电压
- 有 4 种规格相同的设备变型。
- KPP 上设有显示工作状态的 LED 指示灯。

KPP 的变型：

- **KPP 不带轴伺服系统**（KPP 600-20）
- **KPP 带单轴伺服系统**（KPP 600-20-1x40）
  输出峰值电流： 1 x 40 A
  应用：附加轴
- **KPP 带单轴伺服系统**（KPP 600-20-1x64）
  输出峰值电流： 1 x 64 A
  应用：附加轴
- **KPP 带双轴伺服系统**（KPP 600-20-1x40）
  输出峰值电流： 2 x 40 A
  应用：附加轴
- **KPP 带三轴伺服系统**（KPP 600-20-3x20）
  输出峰值电流： 3 x 20 A
  应用： 手动轴 4-6，用于具有小型和中型负载能力的 KUKA 运动系统

功能

KPP 具有下列功能：

- KPP 复合运行中的中央交流电源接口
- 馈电压为 400 V 时的设备功率：14 kW
- 额定电流： 25 A DC
- 接通和关断电源电压
- 用直流中间回路为多个轴伺服系统供电
- 带外部镇流电阻接口的集成制动斩波器
- 镇流电阻的过载监控
- 通过短路制动使同步伺服电机停止运转
- (>>> ″功能″ 页码 85)

KPP 的原理

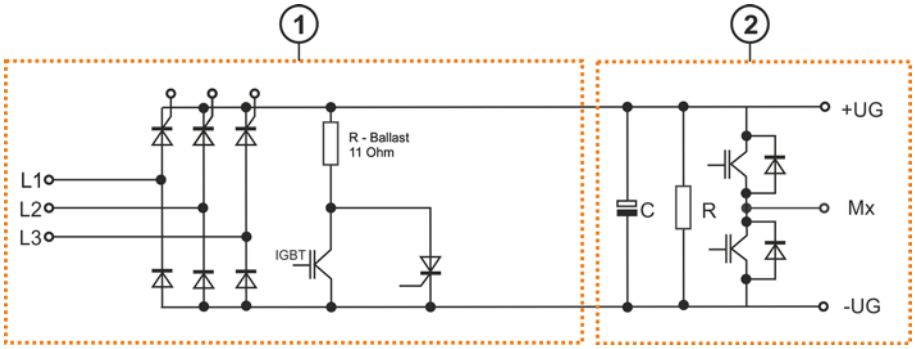


图 5-11: KPP 原理电路图

序号	说明
1	中间回路电压的开关
2	附加轴的电机控制器 （显示 Mx *电机相位*）

KPP 电源电压波形

- 在主开关接通的情况下，持续加载在 KPP 和 KSP 模块上的电源电压为负半周期，这与控制柜的运行状态无关。
- 如果机器人运行，则将通过可控硅整流器接通正半周期。

危险 在机器人系统的导电部件上作业前必须将主开关关闭并采取措施以防重新接通！之后必须确定其无电压。
在导电部件上作业前不允许只触发紧急停止、安全停止或关断驱动装置，因为在这种情况下并不会关断机器人系统的电源。 有些部件仍带电。 由此会造成死亡或重伤。

接口

在下节中对两种部件变型进行了说明。 根据完成阶段和交付时间的不同，在 KR C4 中有其中一个变型。

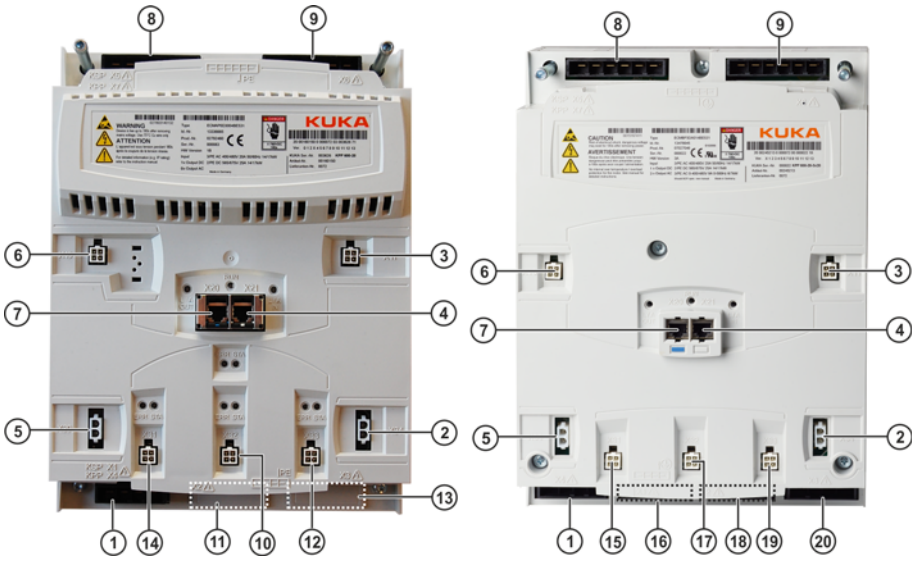


图 5-12: KPP 接口

序号	插头	说明
1	X4	AC 和 PE 电源接口
2	X34	制动供电 IN
3	X11	控制电子装置供电 IN
4	X21	驱动总线 IN
5	X30	制动供电 OUT
6	X10	控制电子系供电 OUT
7	X20	驱动总线 OUT
8	X7	镇流电阻
9	X6	直流中间回路 OUT
10	X32	制动器接口 - 轴 E1
11	X2	电机接口 - 轴 E1
12	X33	制动器接口 - 轴 E2

序号	插头	说明
13	X3	电机接口 – 轴 E2
14	X31	未使用
15	X31	制动器接口 – 轴 4
16	X1	电机接口 – 轴 4
17	X32	制动器接口 – 轴 5
18	X2	电机接口 – 轴 5
19	X33	制动器接口 – 轴 6
20	X3	电机接口 – 轴 6

LED 指示灯诊断

KPP 的 LED 显示由以下 LED 组构成：

- 供电
- KPP 设备状态
- 轴调节器
- 驱动总线状态

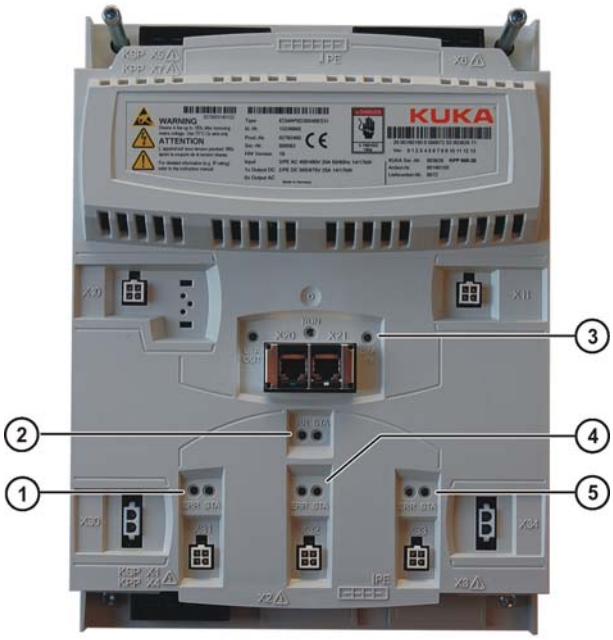


图 5-13: KPP 的 LED 指示灯显示

1 供电 LED 组
2 KPP 设备状态 LED 组
3 驱动总线状态 LED 组
4/5 轴调节器 LED 组

1. 供电 LED 组

红色 LED	绿色 LED	含义
关闭	关闭	控制电子系断电
亮起	关闭	供电故障
关闭	闪烁	中间回路电压在允许范围外
关闭	亮起	中间回路电压在允许范围内

2. KPP 设备状态 LED 组

红色 LED	绿色 LED	含义
关闭	关闭	控制电子系断电
亮起	关闭	KPP 故障
关闭	闪烁	与控制系统无通讯
关闭	亮起	与控制系统有通讯

3. 驱动总线 LED 组

LED 指示灯	状态和含义
L/A IN	■ **关断** 无连接至 CCU （CIB） ■ **接通** 物理连接至 CCU （CIB），但无数据交换 ■ **快速有节奏地闪烁** 物理连接至 CCU （CIB），有数据交换
RUN （运行）	■ **关断** EtherCat 控制器损坏或无电源电压 ■ **缓慢闪烁** EtherCat 控制器已初始化，但没有物理连接至 CCU （CIB） ■ **快速闪烁** EtherCat 控制器已初始化，与 CCU （CIB）之间有物理连接，正在建立连接。 ■ **接通** EhterCat 控制器已初始化，已建立至 CCU （CIB）的连接
L/A OUT	■ **关断** 无连接至下游 KSP ■ **接通** 物理连接至下游 KSP，但无数据交换 ■ **快速有节奏地闪烁** 物理连接至下游 KSP 进行数据交换

4./ 5. 轴调节器 LED 组

红色 LED	绿色 LED	含义
关闭	关闭	控制电子系断电 轴不存在
亮起	关闭	轴有故障
关闭	闪烁	没有开通调节器
关闭	亮起	调节器开通

更换零件时的安全

■ 机器人控制系统必须保持关机状态，并具有可防意外重启的保护措施。

⚠ 小心 如果要在机器人控制系统停止运行后立即进行拆卸，则必须考虑到散热器表面温度可能会导致烫伤。 戴上防护手套。

■ 电源线已断电。

⚠ 警告 即使在关机状态下，从电源接口 X1 至主开关的线路也带电！在接触导线时此电源电压可造成人员受伤。

- 按 ESD 准则开展工作。
- 等待 5 分钟，直至中间回路完全放电。

⚠ 警告 若将机器人控制系统关断，下列部件仍可能在长达 5 分钟的时间内带电（50 ?780 V）：

- KPP
- KSP
- 电机插头 X20 的接口和所连接的电机导线
- 中间回路连接电缆

此电压可能导致生命危险。

KPP/KSP 的更换步骤

1. 将控制系统关机并锁住以防重新启动。
   关机之前预先设定*冷启动重新读入数据*。
2. 请遵守更换 KPP/KSP 的等待时间
3. 给数据线插头 X20 和 X21 解锁。 解除 KPP 上的所有连接。
4. 松开图 5 - 13 中的内六角螺栓。
5. 将 KPP 略微向上抬起，顶部向前倾斜，将其从图 5 - 13 中的壳体支撑角铁（3）中向上取出。

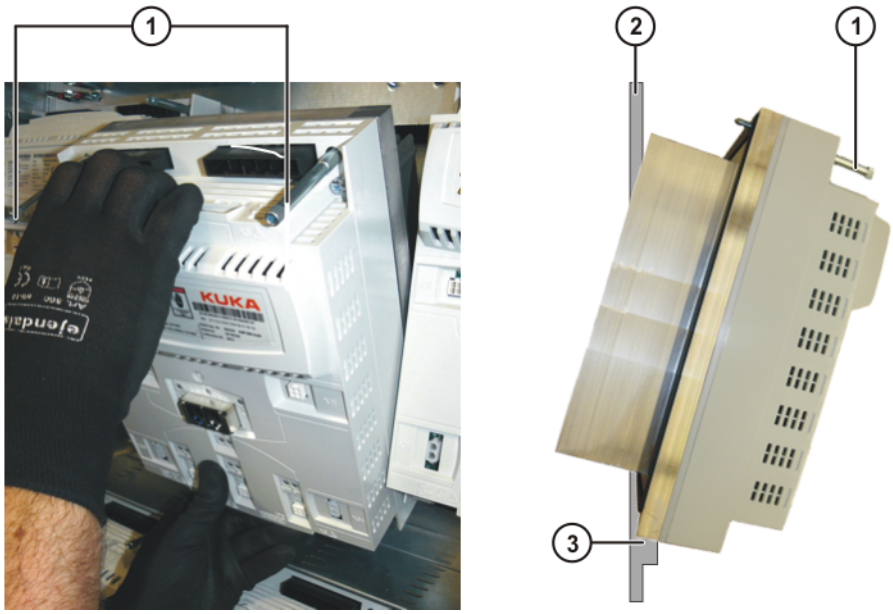


图 5-14: 固定 KPP

1 内六角螺栓　　2 柜背板　　3 壳体支撑角铁

⚠ 小心 KPP 的重量约为 10 kg。在 KPP 的拆装工作中存在挤伤危险！戴上防护手套。

注意 在进行安装和拆卸时要注意保证散热器区域的 KPP 密封件完好无损。 密封件受损后长时间内可能因外来空气而导致脏污。

6. 将新的 KPP 插进壳体支撑角铁（3）里，然后将其上部挂入角铁并拧紧（拧紧扭矩 4 Nm）
7. 按照插头和线缆标记将所有接口插入。 锁上插头 X20 和 X21。
8. 如果因设备更换而进行了系统更改，则必须用 WorkVisual 重新配置工业机器人的系统结构。
9. 实施功能测试。

5.4.1.1 了解 KPPsr – 库卡小型机器人配电箱

说明

- KPPsr – 库卡小型机器人配电箱是 KR C4 compact 的驱动电源。
- KPPsr 是 EtherCAT FSoE 的用户，由 KCB 进行控制。
- 它从电源电压中生成整流中间回路电压。
- 用直流中间回路为 KSPsr 供电。
- 调节电源电压的接通和关断。
- 带外部镇流电阻接口的集成制动斩波器
- 对镇流电阻进行过载监控。
- 利用该中间回路电压可给内置驱动调节器和外置驱动装置供电。

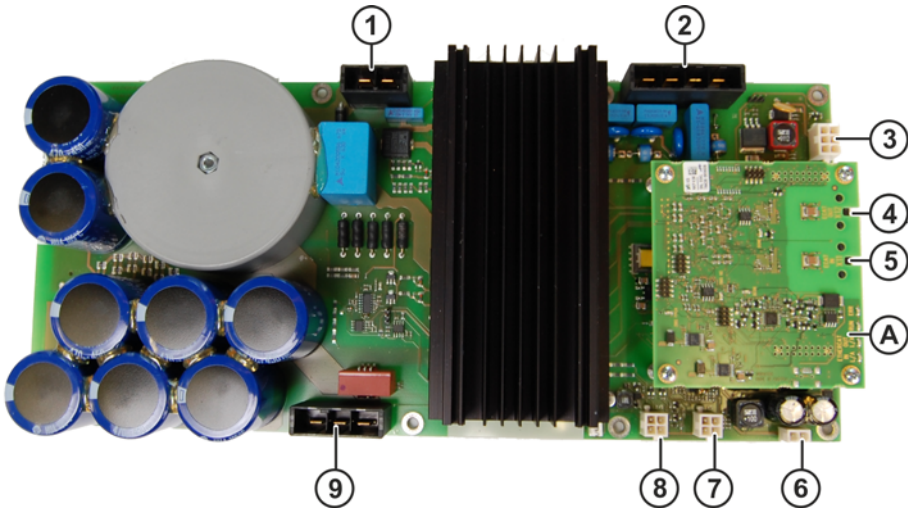


图 5-15: KPPsr

序号	名称	说明
1	X3	镇流电阻接口
2	X1	电源供电
3	X4	27V 供电 KPS27
4	X12	EtherCAT Slave OUT (KCB)
5	X11	EtherCAT Slave IN (KCB)
6	X6	制动电压输出端
7	X9	内部风扇 1
8	X10	内部风扇 2
9	X2	中间回路电压插口
A		EtherCat 诊断 LED 指示灯

技术数据

名称	值	备注
电源电压	99... 253 V AC	单相供电
电源电流	9A 18A	在 230V 时 在 110V 时
电源峰值电流	30A 60A	在 230V 时，时间为 50ms 在 110V 时，时间为 50ms
输出端额定功率	2kW	
中间回路额定电压	330V	
中间回路额定电流	6A	在 330V 时

名称	值	备注
输出端峰值功率	7kW	时间为 50ms
最大输出电流	21A	时间为 50ms

更换 KPPsr

1. 关断 KR C4 comapct，拔出电源插头。
2. 松开插塞连接和网线。
3. 借助 7 个螺栓将 KPPsr (1) 固定在驱动装置箱 (2) 上。
   松开螺栓。

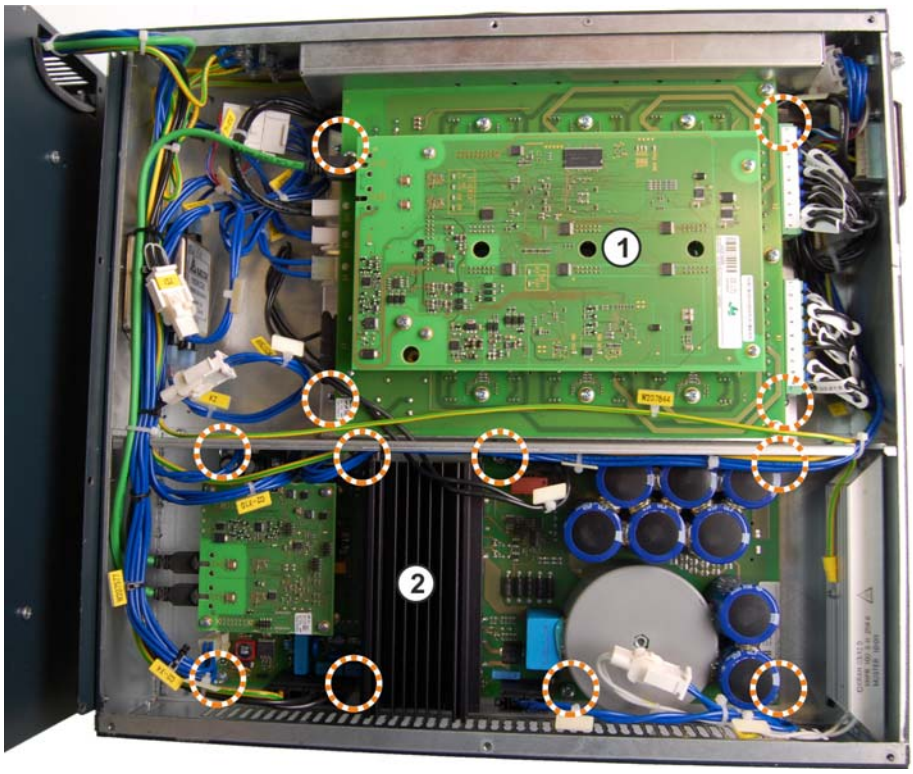


图 5-16: KPPsr/KSPsr 螺纹连接件

4. 小心地取出 KPPsr。
5. 按照相反顺序进行安装。

5.4.2 了解 KSP 一库卡伺服包

KSP 说明

- 库卡伺服包 (KSP) 属于机械手驱动轴的传动调节器。
- 有 3 种规格相同的设备变型。
- KSP 上有显示运行状态的 LED。

KSP 变型：

- **3 轴 KSP** (KSP 600-3 x 20)
  输出端峰值电流 3 x 20 A
  适用于额定电耗为 8-20 A 的电机
- **3 轴 KSP** (KSP 600-3 x 40)
  输出端峰值电流 3 x 40 A
  适用于额定电耗为 8-40 A 的电机
- **3 轴 KSP** (KSP 600-3 x 64)
  输出端峰值电流 3 x 64 A
  适用于额定电耗为 16 - 64 A 的电机

功能

- 伺服电机的场定向控制：扭矩调节
- 直接供应直流中间回路电压
- 功率范围：每个轴伺服器 11 kW 至 14 kW
- 集成式安全功能，例如：安全的单轴制动和安全的功率关断 SBC(Safe Brake Control) 和作为以前单制动模块（SBM）选项的 STO(Safe Torque Off)

概念说明

- SBC

  (Safe Brake Control 安全制动控制)
  - 每个 KSP / (KPP) 模块上的机器人轴均有独立的制动输出功能。
  - 每条制动导线均单独编码。
  - 错误插接的制动导线会被识别出来。
  - 通过 KSP 模块 FSOE 节点的安全输出端来启用制动功能。
  - 确保 KPC （双核）及 KSS 软件的持续安全性，从而保障 KSP 模块安全性。
- STO

  (Safe Torque Off 安全关闭扭矩)
  - 安全性功率关断
  - KSP / (KPP) 模块中的每个电机相位均可独立通过 Solid State Relais （固态继电器）接通。
  - 通过 KSP 模块 FSOE 节点的安全输出端来启用单个相位。
  - 确保 KPC （双核）及 KSS 软件的持续安全性，从而保障 KSP/ (KPP) 模块安全性。
  - 由此可排除无许可的情况下给电机加载电流的可能。

每次重启 KR C4 时只应更换一个 KSP。
随后必须点击 “ 重新读入数据 ” 键执行冷启动 （专家）。
如果同时更换两个 KSP/KPP 模块或对调，则必须手动通过 WorkVisual 来给相应的 FSoE 地址赋值。

如果因更换设备 （例如使用 KPP1/KPP2 替换 KPP0）而进行了系统更改，则必须用 WorkVisual 配置工业机器人的系统结构。

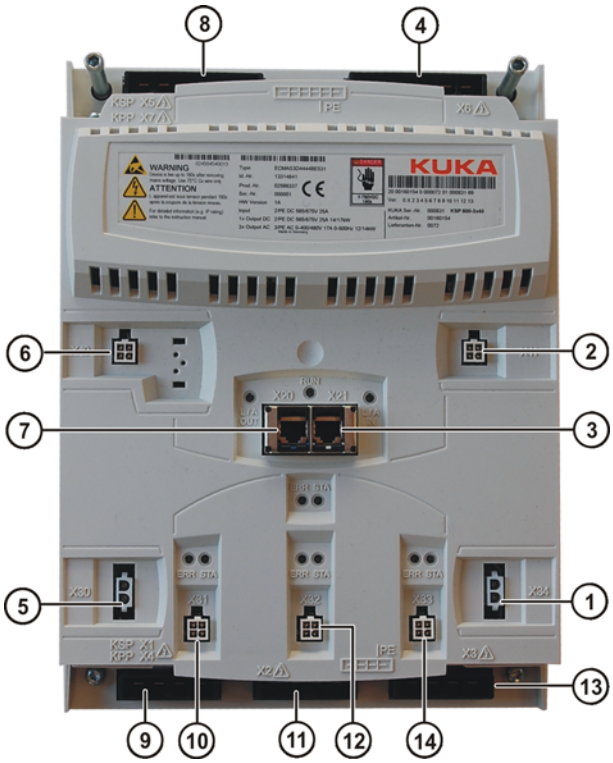


图 5-17: KSP 接口

序号	插头	说明
1	X34	制动供电 IN
2	X11	控制电子系供电 IN
3	X21	驱动总线 IN
4	X6	直流中间回路 IN
5	X30	制动供电 OUT
6	X10	控制电子系供电 OUT
7	X20	驱动总线 OUT
8	X5	直流中间回路 OUT
9	X1	电机接口 1
10	X31	制动器接口 1
11	X2	电机接口 2
12	X32	制动器接口 2
13	X3	电机接口 3
14	X33	制动器接口 3

LED 指示灯诊断

KSP 的 LED 指示灯由下列 LED 组构成:

- KSP 设备状态
- 轴调节器
- 通讯

图 5-18: KSP 的 LED 指示灯显示

1/4/5 轴调节器 LED 组
2 KSP 设备状态 LED 组
3 LED 组通讯

1./ 4./ 5. 轴调节器 LED 组

红色 LED	绿色 LED	含义
关闭	关闭	控制电子系断电 轴不存在
亮起	关闭	轴有故障
关闭	闪烁	没有开通调节器
关闭	亮起	调节器开通

2. 设备状态 LED 组

红色 LED	绿色 LED	含义
关闭	关闭	控制电子系断电
亮起	关闭	KSP 故障
关闭	闪烁	与控制系统无通讯
关闭	亮起	与控制系统有通讯

3. 通讯 LED 组

LED 指示灯	状态和含义
L/A IN	■ **关断** 与上游模块之间无连接 （KSP 或 KPP） ■ **接通** 与上游模块之间有物理连接 （KSP 或 KPP），但无数据交换 ■ **快速有节奏地闪烁** 与上游模块之间有物理连接 （KSP 或 KPP）及数据交换
RUN （运行）	■ **关断** EtherCat 控制器损坏或无电源电压 ■ **缓慢闪烁** EtherCat 控制器已初始化，但与上游模块 （KSP 或 KPP）之间没有物理连接 ■ **快速闪烁** EtherCat 控制器已初始化，与上游模块 （KSP 或 KPP）之间有物理连接，正在建立连接。 ■ **接通** EhterCat 控制器已初始化，与上游模块 （KSP 或 KPP）之间的连接已建立
L/A OUT	■ **关断** 无连接至下游 KSP ■ **接通** 物理连接至下游 KSP，但无数据交换 ■ **快速有节奏地闪烁** 物理连接至下游 KSP 进行数据交换

其他故障：

故障	含义
1	如果在初始化阶段中出现故障，则中间的轴调节器 LED 闪烁。 其他 LED 指示灯熄灭。 轴调节器的红色 LED 长亮而且轴调节器的绿色 LED 以 2 至 16 Hz 闪烁，随后长时间停歇。
2	如在初始化阶段侦测到一个固件损坏，设备状态红色 LED 亮起而设备状态绿色 LED 变暗。

停机反应

工业机器人会在操作或在监控和出现故障信息时做出停机反应。下面的表格中列出了停机反应与所设定的运行方式的关系。

触发器	T1、T2	AUT、AUT EXT
松开启动键	STOP 2	-
按下停机键	STOP 2	
驱动装置关机	STOP 1	
输入端无 “ 运动许可 ”	STOP 2	
关闭机器人控制系统 （断电）	STOP 0	
机器人控制系统内与安全无关的部件出现内部故障	STOP 0 或 STOP 1 （取决于故障原因）	
运行期间运行方式切换	安全停止 2	
打开防护门 （操作人员防护装置）	-	安全停止 1
松开确认键	安全停止 2	-

触发器	T1、T2	AUT、AUT EXT
将确认键按到底或出现故障	安全停止 1	-
按下急停按钮	安全停止 1	
安全控制系统或安全控制系统外围设备中的故障	安全停止 0	

概念	说明
安全运行停止	安全运行停止是一种停机监控。 它不停止机器人动作，而是监控机器人轴是否静止。 如果机器人轴在安全运行停止时有动作，则安全运行停止触发安全停止 STOP 0。 安全运行停止也可由外部触发。 如果安全运行停止被触发，则机器人控制系统报告安全输出端 (X13, SIB extended) 或也可以通过安全的现场总线协议通知上级控制系统。 如果在触发安全运行停止时不是所有的轴都停止，并以此触发了安全停止 STOP 0，则也会给该输出端赋值。
安全停止 STOP 0	一种由安全控制系统触发并执行的停止。 安全控制系统立即关断驱动装置和制动器的供电电源。 **提示：** 该停止在文件中称作安全停止 0。
安全停止 STOP 1	一种由安全控制系统触发并监控的停止。 该制动过程由机器人控制系统中与安全无关的部件执行并由安全控制系统监控。 一旦机械手静止下来，安全控制系统就关断驱动装置和制动器的供电电源。 如果安全停止 STOP 1 被触发，则机器人控制系统通过现场总线给一个输出端赋值。 安全停止 STOP 1 也可由外部触发。 **提示：** 该停止在文件中称作安全停止 1。
安全停止 STOP 2	一种由安全控制系统触发并监控的停止。 该制动过程由机器人控制系统中与安全无关的部件执行并由安全控制系统监控。 驱动装置保持接通状态，制动器则保持松开状态。一旦机械手停止下来，安全运行停止即被触发。 如果安全停止 STOP 2 被触发，则机器人控制系统通过现场总线给一个输出端赋值。 安全停止 STOP 2 也可由外部触发。 **提示：** 该停止在文件中称作安全停止 2。
停机类别 0	驱动系统立即关闭，制动器制动。 机械手和附加轴 （选项）在额定位置附近制动。 **提示：** 此停机类别在文件中被称为 STOP 0。
停机类别 1	1 秒钟后驱动装置关断，制动器制动。 机械手和附加轴 （选项）顺沿轨迹制动。 **提示：** 此停机类别在文件中被称为 STOP 1。
停机类别 2	驱动系统不关闭，制动器不制动。 机械手及附加轴 （选项）以沿轨迹的制动斜坡进行制动。 **提示：** 此停机类别在文件中被称为 STOP 2。

更换零件时的安全

- 机器人控制系统必须保持关机状态，并具有可防意外重启的保护措施。

⚠ 小心 如果要在机器人控制系统停止运行后立即进行拆卸，则必须考虑到散热器表面温度可能会导致烫伤。 戴上防护手套。

- 电源线已断电。

⚠ 警告 即使在关机状态下，从电源接口 X1 至主开关的线路也带电！在接触导线时此电源电压可造成人员受伤。

- 按 ESD 准则开展工作。
- 等待 5 分钟，直至中间回路完全放电。

⚠ 警告 若将机器人控制系统关断，下列部件仍可能在长达 5 分钟的时间内带电（50 ?780 V）：

- KPP
- KSP
- 电机插头 X20 的接口和所连接的电机导线
- 中间回路连接电缆

此电压可能导致生命危险。

KPP/KSP 的更换步骤

1. 将控制系统关机并锁住以防重新启动。
   关机之前预先设定*冷启动重新读入数据*。
2. 请遵守更换 KPP/KSP 的等待时间
3. 给数据线插头 X20 和 X21 解锁。 解除 KPP 上的所有连接。
4. 松开图 5 - 13 中的内六角螺栓。
5. 将 KPP 略微向上抬起，顶部向前倾斜，将其从图 5 - 13 中的壳体支撑角铁（3）中向上取出。

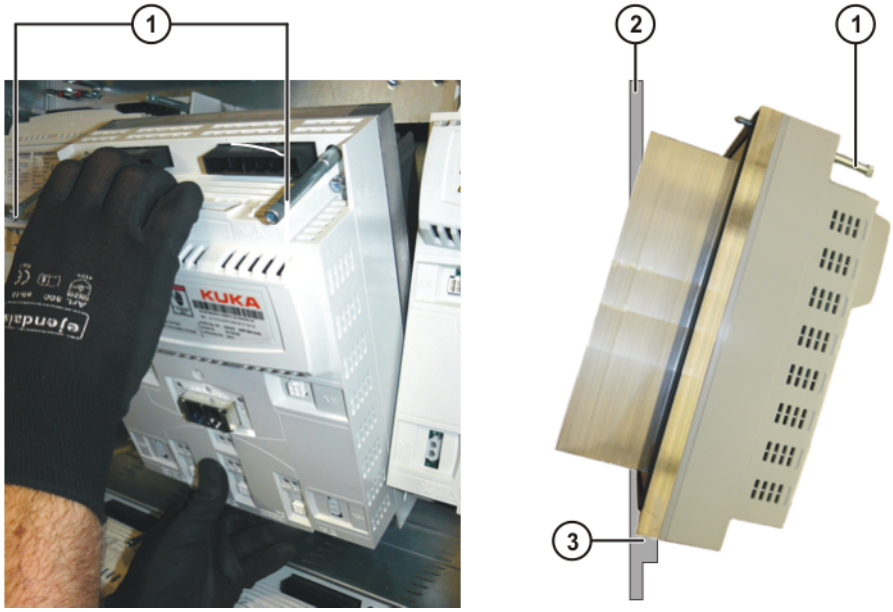


图 5-19: 固定 KPP

1 内六角螺栓　　2 柜背板　　3 壳体支撑角铁

⚠ 小心 KPP 的重量约为 10 kg。在 KPP 的拆装工作中存在挤伤危险！戴上防护手套。

注意 在进行安装和拆卸时要注意保证散热器区域的 KPP 密封件完好无损。 密封件受损后长时间内可能因外来空气而导致脏污。

6. 将新的 KPP 插进壳体支撑角铁（3）里，然后将其上部挂入角铁并拧紧（拧紧扭矩 4 Nm）
7. 按照插头和线缆标记将所有接口插入。 锁上插头 X20 和 X21。

8. 如果因设备更换而进行了系统更改，则必须用 WorkVisual 重新配置工业机器人的系统结构。
9. 实施功能测试。

5.4.2.1 了解 KSPsr – 库卡小型机器人伺服包

说明

- KSPsr – 库卡小型机器人伺服包是机器人的驱动调节器。
- 中间回路电压通过 KPPsr 供应。
- 机器人的所有六个轴均通过 KSPsr 进行调节。
- 附加轴还需要一个安装在独立的驱动装置箱内的 KSPsr。
- KSPsr 是库卡控制器总线 （KCB）上的一个的用户。
- 基本轴和手轴的制动器被单独进行控制。

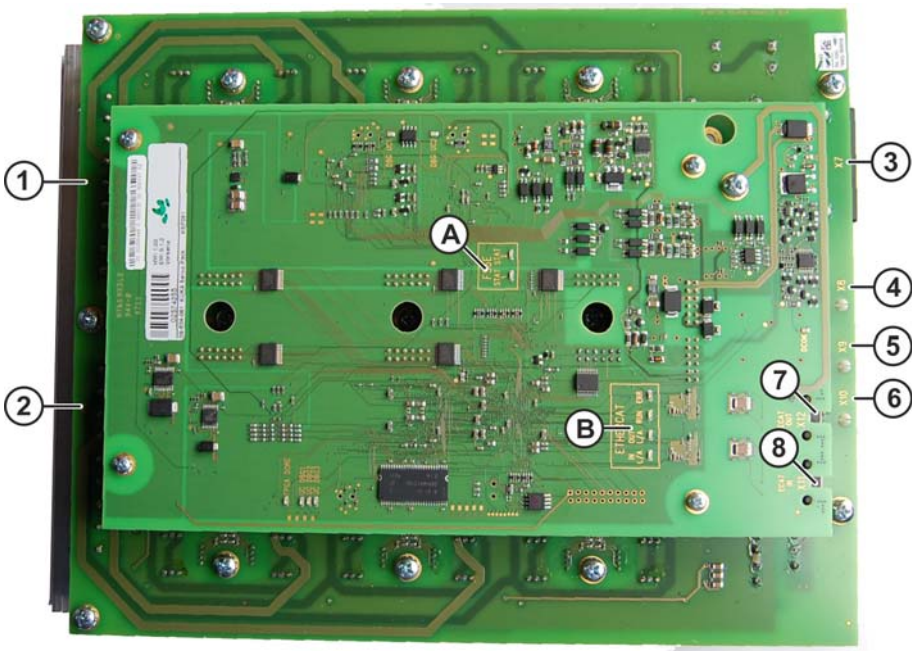


图 5-20: KSPsr

序号	名称	说明
1	X1	控制电机 A1 – A3
2	X2	控制电机 A4 – A6
3	X7	中间回路电压的供应
4	X8	27V 供电
5	X9	制动电压的供应
6	X10	制动器的制动控制装置 轴 1-3 轴 4-6
7	X12	EtherCat SlaveOUT (KCB)
8	X11	EtherCat SlaveIN (KCB)
A	FSOE	FSOE 节点的诊断 LED 指示灯
B	EtherCat	KCB 连接的诊断 LED 指示灯

技术数据 **基轴**

名称	值
数量	3
最大输出电流	10A
停机电流	4A
额定电流	3A

手轴

名称	值
数量	3
最大输出电流	5A
停机电流	1.25A
额定电流	1A

停机制动器

电流极限 2x2A

散热器

图 5-21: KSRsr

序号	说明
A	逻辑电路板
B	功率电路板
C	散热器

注意 在保养过程中必须清洁散热器。为此，拆卸 KSPsr，并刷净冷却片。

更换 KSPsr

1. 关断 KR C4 comapct，拔出电源插头。
2. 松开插塞连接和网线。
3. 用 4 个螺栓 (1) 将 KSPsr 固定在驱动装置箱上。
   松开螺栓。

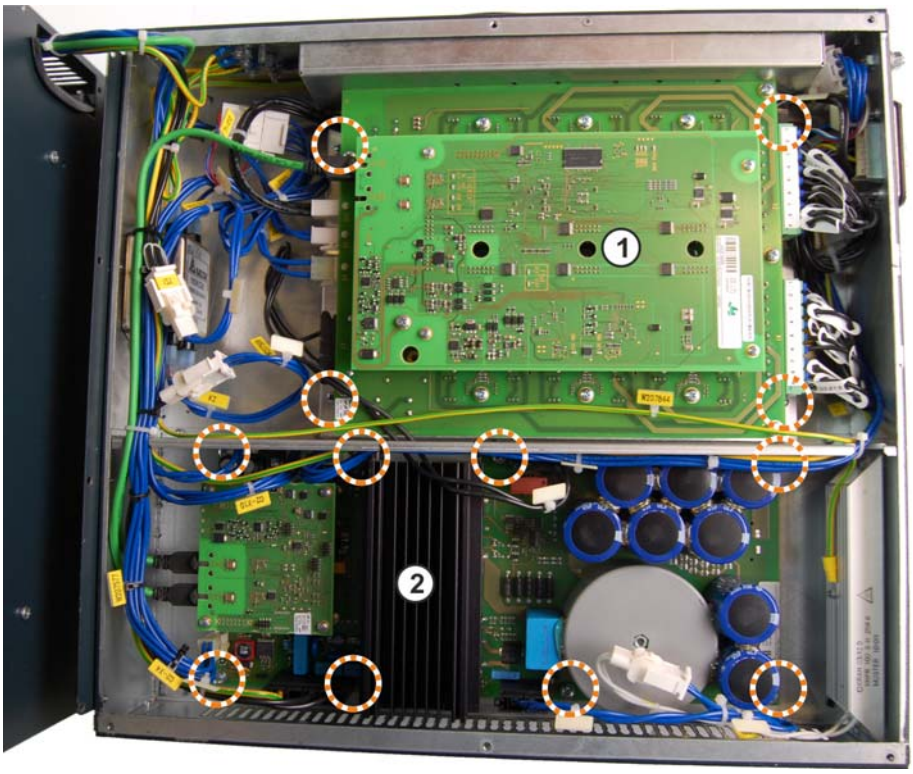


图 5-22: KPPsr/KSPsr 螺纹连接件

4. 小心地取出 KSPsr 。
5. 按照相反顺序进行安装。

注意 如果附加轴有一个单独的驱动装置箱，则只允许在每次重新启动时更换一个 KSPsr。
随后必须点击【重新读入数据】键执行冷启动。
一个控制系统内的 KSPsr 不允许对调。

注意 如果 KR C4 compact 通过附加轴扩展，则必须通过 WorkVisual 对当前项目进行调整。

5.4.3 RDC 一旋转变压器数字转换器

RDC - 分解器数字转换器说明

- RDC 一分解器数字转换器将分解器的模拟数值转换为数字信号，以便将其传输至控制系统。
- RDC 安装在金属外壳中，RDC 盒。 根据机器人的不同型号，或者固定在机器人支脚处或者在转盘处。
- 针对附加轴还可加装其他 RDC，通过 KCB - KUKA 控制器总线相互连接。

图 5-23: 机器人上的分解器数字转换盒

RDC 的工作任务

- 生成所需的分解器激励电压用于 8 个轴。
- 借助安全技术分解器 （SIL2）采集八个电机的位置数据。
- 采集八个电机的工作温度。
- 采集 RDC 的温度。
- 与机器人控制器进行通讯。
- 监控旋转变压器的线路是否中断。
- 评估 EMD （**EMD**=**E**lectronic **M**astering **D**evice，即电子控制装置）。
- 将数据保存于存储卡（**EDS**=**E**lectronic **D**ata **S**torage，电子数据存储器）

安全的双通道分解器评估

- 利用两个 **FPGA** = （**F**ield **P**rogrammable **G**ate **A**rray，即现场可编程门阵列）可进行安全的双通道式分解器评估和分解器数据分析处理。
- 两个 FPGA 的任务相同，并对检测结果进行比对。
- 只有这样可确保至控制器的通讯连接。
- 如果出现故障，EtherCAT 连接将会中断。

FPGA 是一种属于数码技术领域的集成电路 （IC），其里面的逻辑电路可接收编程设置。

接口

RDC 印刷电路板上的接口

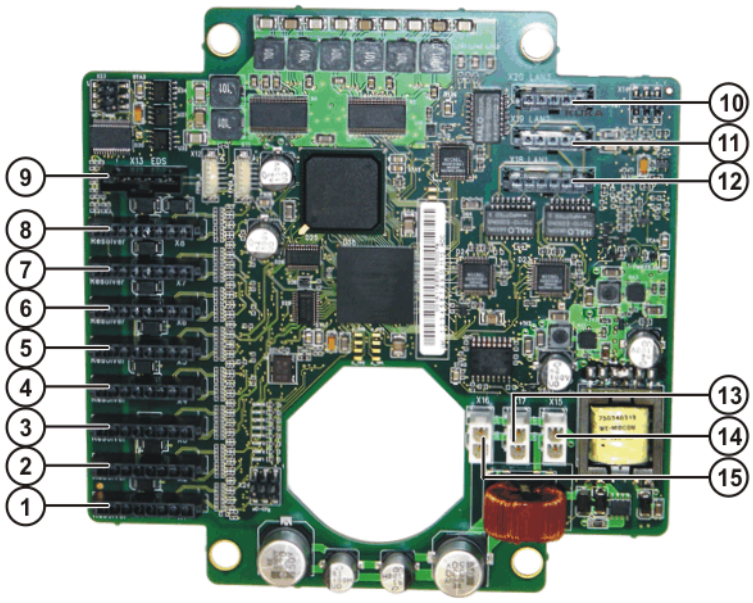


图 5-24: RDC 接口概览

序号	插头	说明	序号	插头	说明
1 .. 8	X1 .. X8	1 至 8 号轴的分解器接口	12	X18	KCB IN
9	X13	RDC 存储卡的 EDS 接口	13	X17	EMD 供电电源
10	X20	EMD	14	X15	供电电源 IN
11	X19	KCB OUT	15	X16	电源 OUT（下一 KCB 用户）

LED 指示灯概览

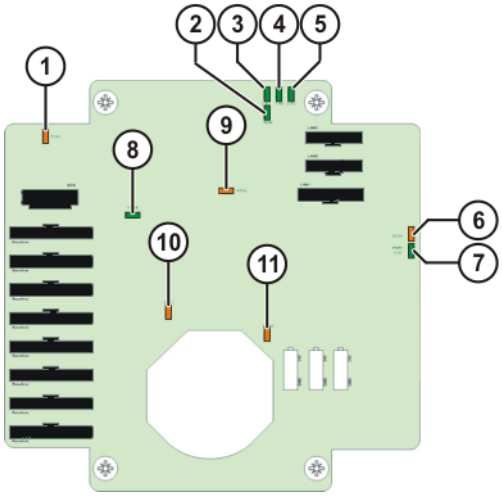


图 5-25: RDC 的 LED 指示灯显示

序号	名称	标色	说明
1	微控制器的电机温度	黄色	■ 关闭 = 故障 ■ 以 1 Hz 闪烁 = 状态正常 ■ 闪烁 = 错误代码 （内部）
2	RUN （运行） EtherCAT AT 总线	绿色	■ 关 = 初始化 ■ 接通 = 状态正常 ■ 以 2.5 Hz 闪烁 = 试运转 ■ 单一信号 = 安全运转 ■ 闪烁 = 错误代码 （内部） ■ 以 10 Hz 闪烁 = 启动
3	KCB 输入端 （X18）	绿色	■ 灭 = 无物理连接 网线未插好。 ■ 打开 = 网线已插入 ■ 闪烁 = 线路上数据交换
4	KCB 输出端 （X19）	绿色	■ 灭 = 无物理连接 网线未插好。 ■ 打开 = 网线已插入 ■ 闪烁 = 线路上数据交换
5	连接 EMD 的 KCB 输出端 （X20）	绿色	■ 灭 = 无物理连接 网线未插好。 ■ 打开 = 网线已插入 ■ 闪烁 = 线路上数据交换
6	VMT 微型控制器	黄色	■ 关闭 = 故障 ■ 以 1 Hz 闪烁 = 状态正常 ■ 闪烁 = 错误代码 （内部）
7	RDC 电源	绿色	■ 关 = 无电压 ■ 开 = 有供电电压
8	EtherCat 连接的安全协议	绿色	■ 灭 = 未激活 ■ 亮 = 功能就绪 ■ 闪烁 = 错误代码 （内部）
9	FPGA B 集成电路	黄色	■ 关闭 = 故障 ■ 以 1 Hz 闪烁 = 状态正常 ■ 闪烁 = 错误代码 （内部）
10	FPGA A 集成电路	黄色	■ 关闭 = 故障 ■ 以 1 Hz 闪烁 = 状态正常 ■ 闪烁 = 错误代码 （内部）
11	配置微控制器	黄色	■ 关闭 = 故障 ■ 以 1 Hz 闪烁 = 状态正常 ■ 闪烁 = 错误代码 （内部）

更换 RDC

控制系统电脑

安全提示

- 机器人控制系统必须保持关机状态，并具有可防意外重启的保护措施。
- 控制系统已关闭。
- 断开电源线。

⚠ 警告 即使在关机状态下，从电源接口 X1 至主开关的线路也带电！在接触导线时此电源电压可造成人员受伤。

- 按 ESD 准则开展工作。

操作步骤

1. 拧松并取出 RDC （分解器数字转换器）盒盖上的螺丝

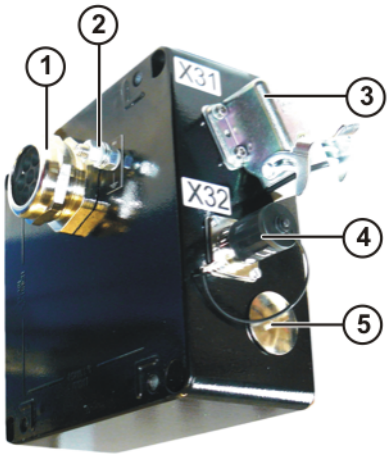


图 5-26: RDC 盒接口

1 用于 2 根附加轴控制导线 X7 和 X8 的螺纹连接件
2 接地线接口螺栓
3 数据线 X31
4 EMD 接口 X32
5 用于旋转变压器接头 X1 ?X6 的电缆穿入口

2. 将所有导线小心地拔下，并弯到一边
3. 将 EDS 接头小心地拔出

> EDS 存储器不拆下，在 RDC 更换时留在 RDC-Box 中。

4. 取下 RDC 组件的固定螺丝。

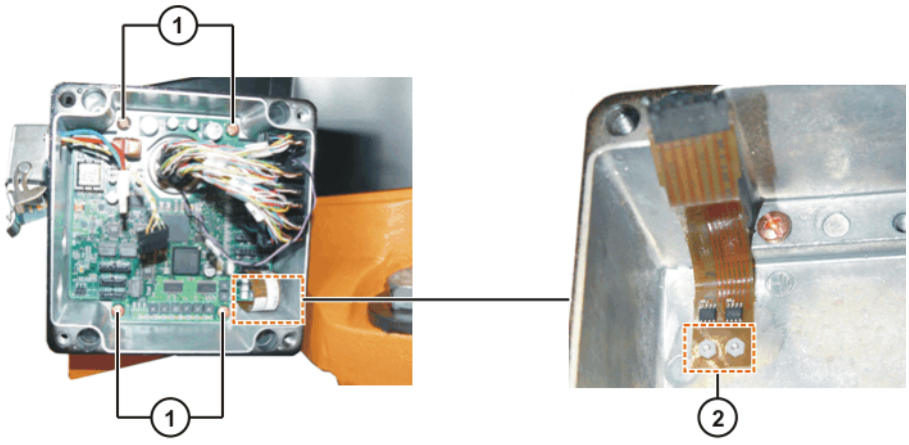


图 5-27: RDC 固定

1 固紧 RDC 板卡：M6x10
拧紧扭矩： 2.0 Nm
2 EDS 固定：塑料螺母 M2.5
拧紧扭矩：0.1 Ncm

5. 小心将 RDC 板卡从 RDC 盒中取出，注意不要扭曲
6. 装入新的 RDC 板卡并拧紧

如果安装过一个 RDC cool，也必须重新安装一个 RDC cool。

7. 插好所有连接线
8. 将 EDS 接头插上
9. 盖好 RDC 盒盖并拧紧

5.4.4 EDS 一电子数据存储器

电子数据存储器（EDS）说明

EDS 一电子数据存储器用于保存机器人和配电箱的专用数据。

KR C4 内共装有两个 EDS （电子数据存储器）：

- 一个与分解器数字转换器连接
- 一个与控制柜连接

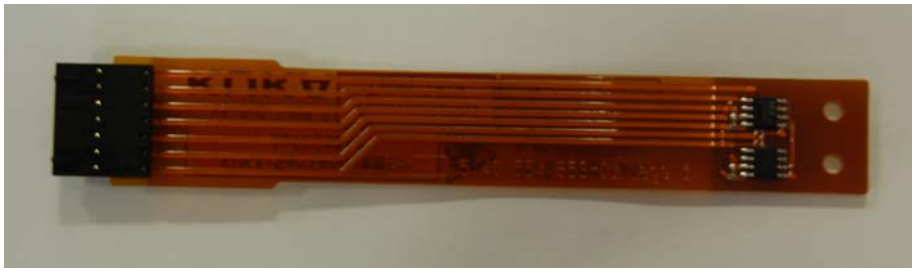


图 5-28: Electronic Data Storage （电子数据存储器）

EDS 的功能

- CCU （CCUsr）上的 EDS （电子数据存储器）作为电子型号铭牌，保存控制柜专用数据。
- 分解器数字转换器 （RDC）里的电子数据存储器 （EDS）用于保存机器人和控制柜所属的且在更换时中需予以保留的数据。
- 由此硬件部件允许更换，且不会导致数据丢失。

有几个数值只能在投入运行时单次写入

RDC 上的 EDS 存储器

其中一块芯片可常常被写入，且包含下列数据：

- 工时计数器
- 绝对位置
- 分解器位置
- 补偿数据 （偏差，对称）

第二块芯片很少可写入，且包含下列数据：

- 保养手册
- PID 文件 （高精度机器人）
- MAM 文件 （校准标记槽偏差）
- CAL 文件 （校准数据）
- Robinfo 文件 （机器人编号，机器人名称）
- KLI 基本数据 （ProfiNet 命名）
- SAFEOP 文件 （仅限于与选项 SafeOperation 的配合）
- 存档信息 （客户档案路径）

另见： (>>> ″控制系统与机器人的数据同步操作步骤″ 页码 99)

CCU 上的 EDS 存储器

- 电子型号铭牌
- 所有安全装置的序列号和从地址
  另见：(>>>　　"安全地址" 页码　235)

控制系统与机器人的数据同步操作步骤

EDS（RDC）和控制系统之间的数据不一致

- 如果更换了 EDS（RDC），则重新启动控制系统之后会将其数据组和当前项目进行比较（硬盘和 RDC）。
- 若有偏差，则会打开故障排除助手：

图　5-29：故障排除助手

  - 用户可选择相符的原因。
  - 显示问题说明和可能原因的列表。
  - 助手即会建议一个解决方案。
- 数据将从硬盘传输到 EDS（RDC）上。

调用机器人数据 EDS（RDC）

1. 选中**专家**用户组。
2. 菜单序列**投入运行** > **机器人数据**。

必要时还须检查并确认安全配置。

图 5-30：机器人数据

序号	说明
1	**系列号** 机器人的系列号。 系列号只能输入一次。
2	**运行小时** 机器人处于受控状态下的运行时间。 此时间自动生成，不可更改。
3	**机器数据** 已配置的机器数据名称。
4	**机器人名称** 可任选的机器人名称。
5	**网络存档路径** 为网络中存档所必需。
6	**域名 / 用户** 为网络中存档所必需。
7	**用户密码** 为网络中存档所必需。
8	**将机器人名称应用到存档名称中** 给已创建的存档赋予机器人名称作为存档名称。

序号	说明
A	**PID 传输至 RDC** 为绝对精确的机器人所必需 包含具体运动系统数据。 PID File 可作为文件导入 （U 盘）
B	**MAM 传输至 RDC** 对于 QUANTEC 系列的机器人来说需要一个 MAM 文件（零点标定标记槽偏差） 包含机器人测量时的偏差数据。 将零点标定套装入并拧紧， 然后测量零点并将结果保存到 MAM 文件里。 MAM File 可作为文件导入 （U 盘）
C	**CAL 传输至 RDC** CAL File 可作为文件导入 （U 盘）
D	**存储 RDC 数据** 在硬盘上备份 EDS (RDC) 数据。 路径：C:\KRC\Roboter\RDC 见 (>>> 图 5-45)

更换 EDS

控制系统电脑

安全提示

- 机器人控制系统必须保持关机状态，并具有可防意外重启的保护措施。
- 控制系统已关闭。
- 断开电源线。

⚠ 警告 即使在关机状态下，从电源接口 X1 至主开关的线路也带电！在接触导线时此电源电压可造成人员受伤。

- 按 ESD 准则开展工作。

更换 RDC — EDS

操作步骤

1. 取下 RDC 印刷电路板 (>>> ″操作步骤″ 页码 97)
2. 将固定螺丝 （2）松开并将 EDS 取出。

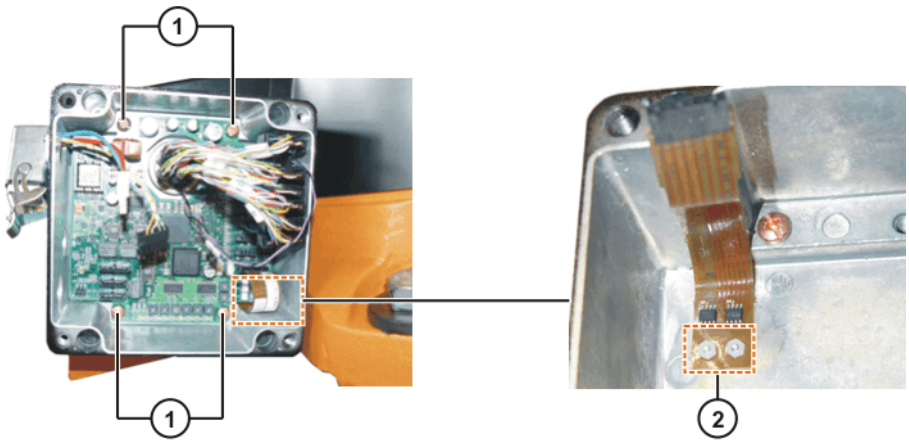


图 5-31: RDC 固定

1 固紧 RDC 板卡： M6 x 10

拧紧扭矩： 2.0 Nm

2 固紧 EDS： 塑料螺母 M2.5

拧紧扭矩： 0.1 Ncm

3. 用固定螺丝 （2）以合适的拧紧扭矩将 EDS 拧紧。
4. 装入 RDC 并然后插上 EDS 连接线。
5. 对数据进行同步化处理。
6. 实施功能测试。

更换 CCU ― EDS

操作步骤

1. 在更换 EDS 之前必须先将 CCU 拆出。
   另见： （>>> ″控制柜的更换步骤″ 页码 73）
2. 从 CCU 将 EDS 插头拔出。

图 5-32: EDS / X30

3. 将固定螺丝 （2）松开并将 EDS （1）取出。

图 5-33: 控制柜中的 EDS

4. 用固定螺丝 （2）以合适的拧紧扭矩将 EDS 拧紧。
5. 将 CCU 拧紧并然后插上 EDS 连接线 （1）。
6. 对数据进行同步化处理。
7. 实施功能测试。

5.4.5 EMD - 电子控制装置

SEMD/MEMD 说明

SEMD/MEMD- *电子控制装置*用于机器人的校准。

- 连接在基于 KR C4 的控制系统上的 SEMD/MEMD 是一个 EtherCAT 总线用户。
- EMD 插接在 RDC （分解器数字转换器）的 X32 上。

图 5-34: 正在使用的 EMD

工作原理

EMD （Electronic Mastering Device，电子控制装置）是库卡控制器总线（KCB）上一个可插接或脱开 （耦合或解耦）的用户，按照差动变压器（LVDT- Linear Variable Differential Transformer，即线性可变差动变压器）的原理作用。

SEMD/MEMD －校准组件

说明

- SEMD/MEMD 校准组件接替下列校准部件的工作：
  - **EMT** － KR C1 和 KR C2 技术*电子测量头*
    为此需要 **KR C2 技术选项** （适配器）。
  - **EMD** － KR C4 技术*电子控制装置*

  该校准组件也可独立作为 SEMD 或 MEMD 校准套件供货。
- 借助 SEMD/EMD 校准组件可校准所有配备**大型**和**小型**校准套筒的机器人衍生型。
  - **MEMD** －*微电子控制装置*
    用于小型校准套筒
  - **SEMD** －*标准电子控制仪*
    用于大型校准套筒

图 5-35: SEMD/ MEMD 校准组件

项号	说明
1 年	通用型校准箱
2 年	螺丝刀
3 年	MEMD 一传感器，用于小型校准套筒
4 年	SEMD 一传感器，用于大型校准套筒
5 年	电缆

可用的校准组件

校准组件	货号	说明
SEMD/ MEMD	00-228-936	用于所有测量套筒的校准设备（M8/M20 细螺纹）。 可用于所有机器人型号
SEMD	00-228-934	用于 M20 细螺纹测量套筒的校准设备。 可用于例如 Quantec 系列。
MEMD	00-208-642	用于 M8 细螺纹测量套筒的校准设备。 可用于例如 AGILUS。
KR C2 选项	00-228-327	用于 SEMD 作为 KTL 的适配器 （用于 KR C2 系统的校准设备）。

应用

电子控制装置 （EMD）的运动范围约为 5.5 毫米，分辨率为 16 位。

进行校准时，电子控制装置会自动与库卡控制总线 （KCB）藕联和去耦。

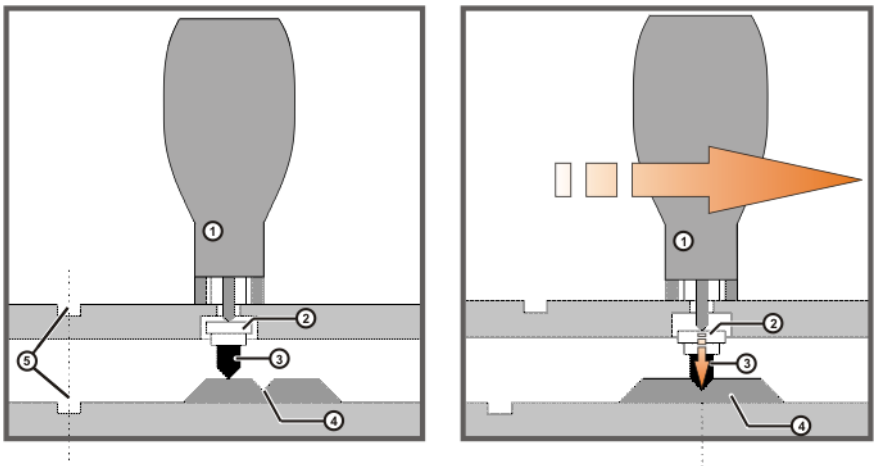


图 5-36: EMD 校准流程

5.4.6 检查旋转变压器

分解器说明

分解器用于分析处理轴的当前位置，是一种旋转式行程测量系统。

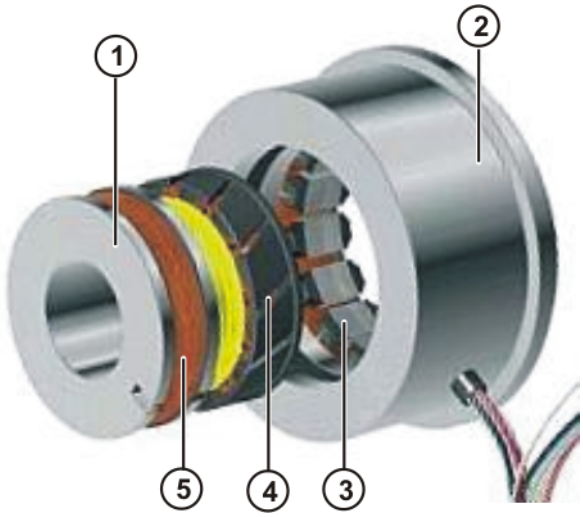


图 5-37: 分解器

序号	组件
1	转子
2	定子
3	正弦线圈和余弦线圈
4	转子线圈
5	旋转式变压器

旋转变压器工作原理

- 分解器是按感应原理来运作的。
- 转子 （3）通过旋转式变压器 （2）接受一个电压装置 （1）的供电 （频率 = 8kHz）。
- 在定子线圈 （正弦线圈和余弦线圈； 5.6）内，通过感应引起与转子位置成比例的电压。

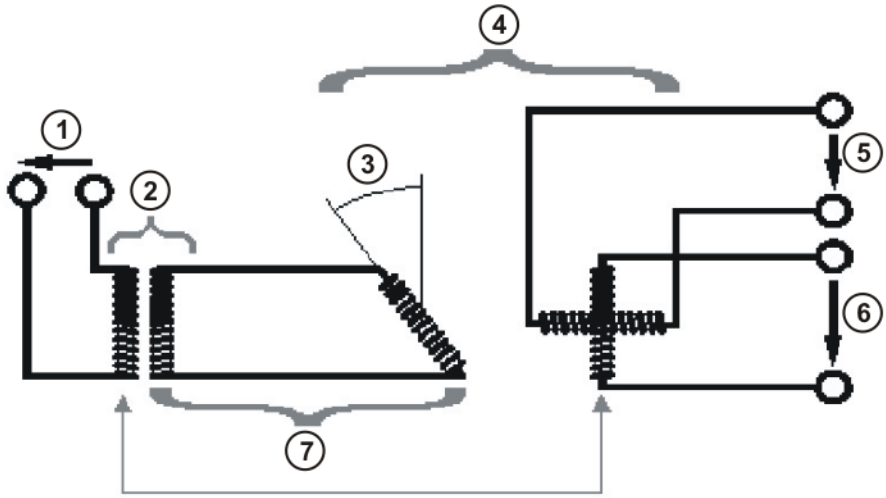


图 5-38：分解器原理图

序号	部件	序号	部件
1	输入电压 （8 kHz）	5	正弦线圈
2	旋转式变压器	6	余弦线圈
3	转子线圈	7	转子
4	自动同步机		

- 电压随着转子的旋转而变化。
- 感应引起的电压在两个测量点 （1，2）接受探测和评估。

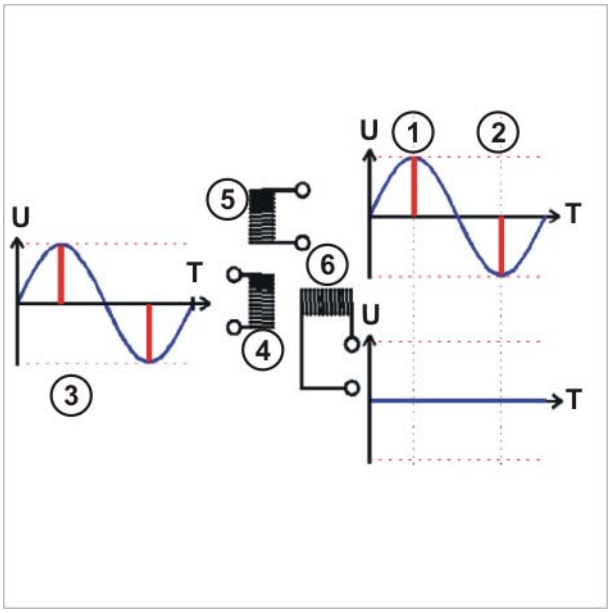


图 5-39：分解器感应度 - 0 度

序号	部件	序号	部件
1	第一探测点	5	正弦线圈
2	第二探测点	6	余弦线圈
3	输入电压	U	电压
4	转子线圈	T	时间

旋转 30 度角时的分解器感应

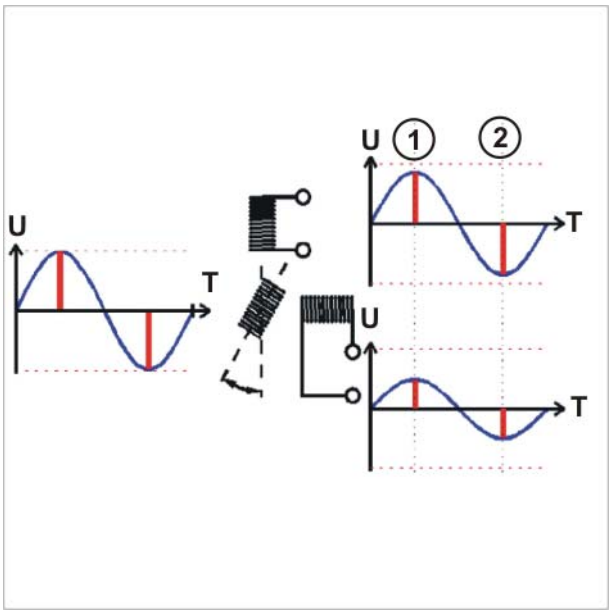


图　5-40: 分解器感应度 - 30 度

旋转 90 度角时的分解器感应

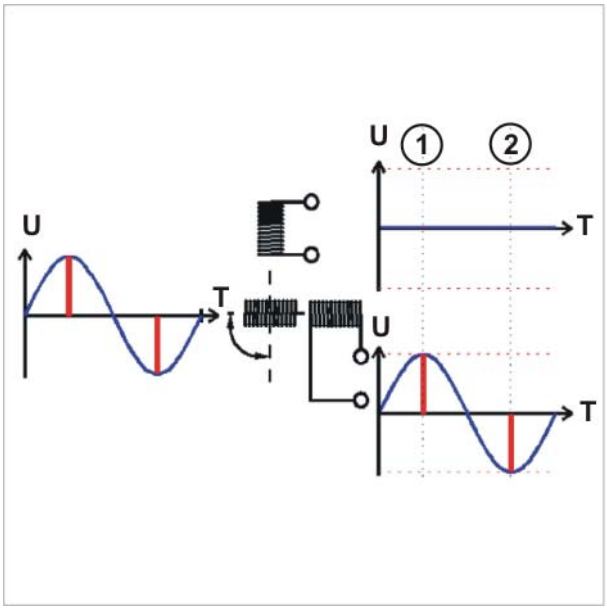


图　5-41: 分解器感应度 - 90 度

旋转 135 度角时的分解器感应

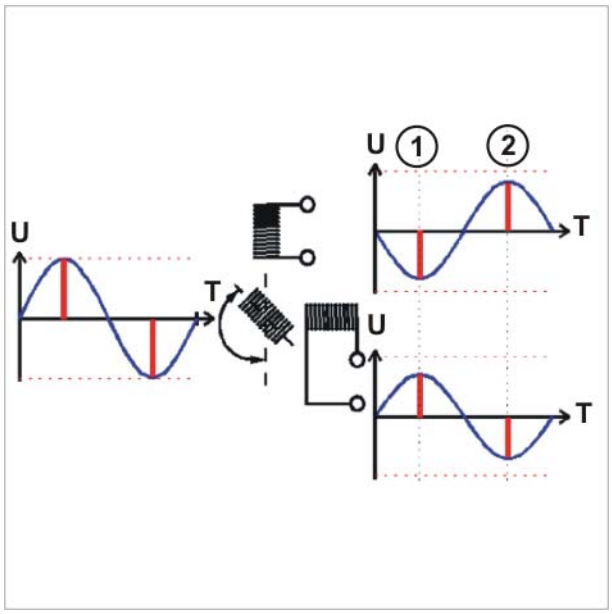


图 5-42: 分解器感应度 - 135 度

旋转 180 度角时的分解器感应

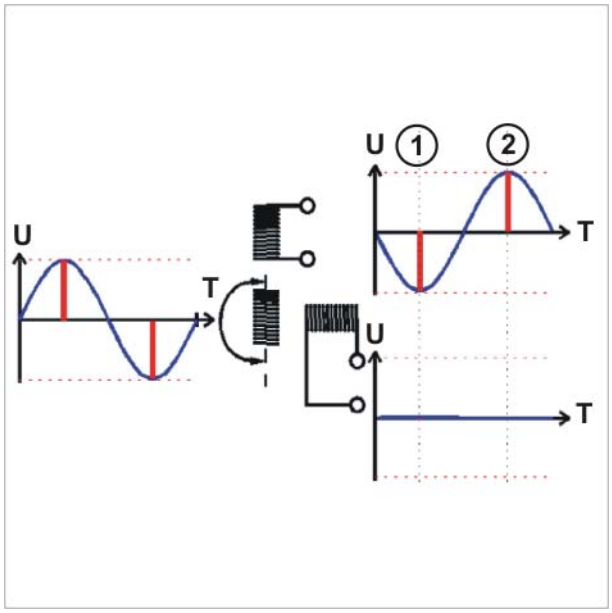


图 5-43: 分解器感应度 - 180 度

在库卡采用的分解器中，各设有 3 个正弦线圈和余弦线圈。

这样，电机每一圈机械式旋转就等于分解器电旋转 3x120 度角。

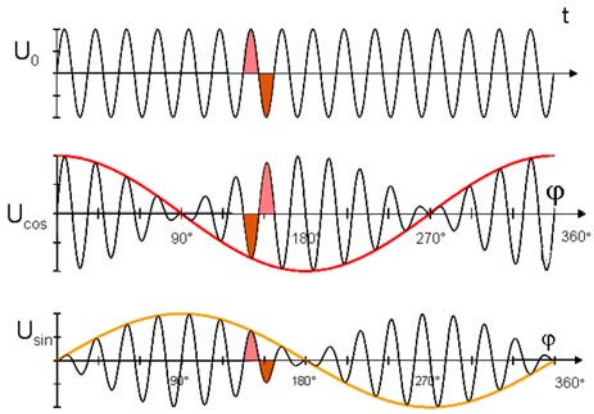


图 5-44: 分解器转数

电旋转一圈等于 65536 个增量 （16 比特）。

分解器每一圈机械式旋转则等于 196608 个增量 （3*65536 增量）。

当前分解器位置的功能原理

- 分解器以增量的形式提供位置数据 （16 Bit）。
- 这些位置数据在 RDC 内乘上一个内部演算系数，并换算成电机角度度数。
- 从该时间点开始，只能继续利用电机角度值来计算。
- 在 EDS 里，可保存每条轴的绝对位置值 （64 Bit）。
- 测定的偏移量以度为单位保存在 **C:\KRC\ROBOTER\LOG\Mastery.log** 中。
  - 时间戳记 （日期，时间）
  - 轴
  - 机器人的系列号
  - 零点标定值 (*FirstEncoderValue*)
  - 刀具编号
  - 用度表示的偏量值 (*Encoder Difference*)

  Mastery.log 举例：

```
Date: 01.09.11  Time: 13:41:07  Axis 1  Serialno.: 864585  First
Mastering  (FirstEncoderValue: 1.138909)
Date: 01.09.11 Time: 13:42:07 Axis 2 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 0.644334)
Date: 01.09.11 Time: 13:42:56 Axis 3 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 0.745757)
Date: 01.09.11 Time: 13:43:29 Axis 4 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 1.450234)
Date: 01.09.11 Time: 13:44:03 Axis 5 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 0.686983)
Date: 01.09.11 Time: 13:44:30 Axis 6 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 0.901439)
...
Date: 01.09.11  Time: 14:07:10
Axis 1 Serialno.: 864585
Tool Teaching for Tool No 1 (Encoder Difference: -0.001209)
Date: 01.09.11  Time: 14:08:44
Axis 2 Serialno.: 864585
Tool Teaching for Tool No 1 (Encoder Difference: 0.005954)
...
```

- 下列情况下，在 **C:\KRC\Roboter\RDC\[Ser.Nr.].cal** 还将保存校准位置
  - 在 HMI 的菜单 【投入运行】 -> 【机器人数据】之下按住了 **【保存 RDC 数据】**键。

    (>>> "RDC Daten — Windows 文件夹" 页码 110)

- 控制系统重启之后 RDC 文件夹重新被删除。

例如 [Ser.Nr.].cal

```
86443.cal
[AbsolutMotorValues]
Axis1=13.419371
Axis2=30.363468
Axis3=72.418621
Axis4=51.248648
Axis5=112.811041
Axis6=93.7960831

[MotorDifference for Tool 1]

Axis1=-0.005954
Axis2=0.006784
Axis3=-0.000237
Axis4=0.001132
Axis5=0.003298
Axis6=0.001132

[MotorDifference for Tool 2]
...
[MotorDifference for Tool 3]

[CalibrationDifference]

Axis1=-0.000495184
Axis2=0.00185576848
Axis3=-0.000687456478
Axis4=-0.00161170435
Axis5=-0.00196789196
Axis6=-0.0246529464
```

RDC Daten — Windows 文件夹

- 文件夹 RDC 数据只是临时使用，当通过 KR C4 调用下列功能时将会生成:
  - **KrcDiag**
  - **保存 RDC 数据** (>>> 5.4.3 "RDC — 旋转变压器数字转换器" 页码 93)

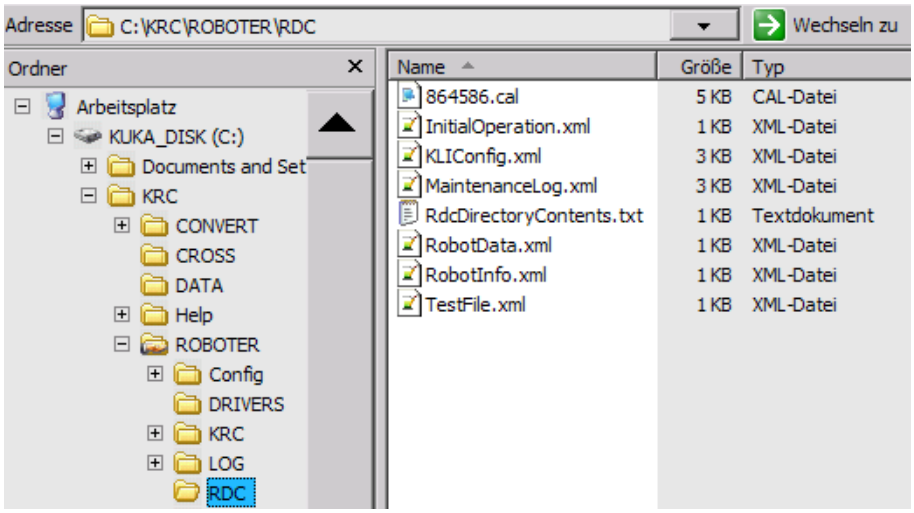


图 5-45: RDC 数据

[Ser.Nr.].cal	校准数据
KLIConfig.xml	KLI 基本数据 (ProfiNet 命名)

MaintenanceLog.xml	保养项目的日志
RobotInfo.xml	Robinfo 文件 （机器人编号，机器人名称）

分解器增量

- 机器人位置将 RDC 数字化，并作为增量值计算。
- 根据电机旋转方向不同，将加上或减去此数值步幅。
- 每 500ms 将在 RDC 的 EDS 上保存一次。
- 以及停机状态、切换运行方式和关断机器人控制器时。

启动控制器时将分解器的物理位置与所保存的分解器位置进行对比。

- 如果两个数值相等，则将绝对位置应用到增量里，机器人也就准备就绪可以运行。
- 如果两个数值存在偏差，则必须在相应的轴上重新校准机器人。

  HMI 里将显示与此相关的一条讯息。

控制系统电脑

安全提示

- 机器人控制系统必须保持关机状态，并具有可防意外重启的保护措施。
- 控制系统已关闭。
- 断开电源线。

警告 即使在关机状态下，从电源接口 X1 至主开关的线路也带电！在接触导线时此电源电压可造成人员受伤。

- 按 ESD 准则开展工作。

旋转变压器测试步骤

通过在插头 X1 至 X8 上测量线圈的电阻值，可检测分解器的状态。

1. 将控制系统关机并采取措施防止其被无意重启。
2. 旋开螺丝打开分解器数字转换器的机盖。
3. 解锁并拔出插头。

注意 不要拉拽分解器电缆，否则可能会损坏插头触件。

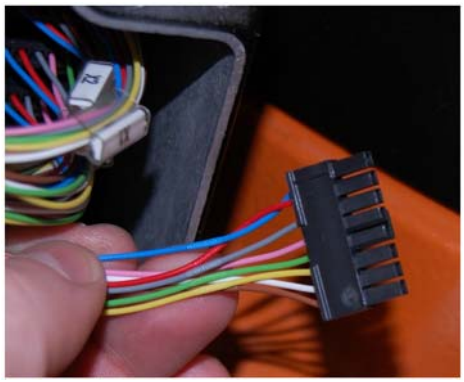


图 5-46: RDC 上的分解器插头

4. 根据以下列表用测量仪小心地在针脚上测量电阻。

针脚	配置
1 （蓝色）	定子线圈 2
2	定子线圈 2
3	定子线圈 1

针脚	配置
4	定子线圈 1
5	转子
6	转子
7	KTY （热敏电阻）
8 （褐色）	KTY （热敏电阻）

针脚 – 针脚	电阻 （欧姆）
1 – 2	30 – 200 Ω
3 – 4	30 – 200 Ω
5 – 6	5 – 100 Ω
7 – 8	588 Ω，当 25 ° C 时 1000 Ω，当 100 ℃ 时

分解器不可以单独更换，而是其与电机组成一个整体。

5.4.7 电机

电机概览

与 KR C4 连用时，可使用不同类型的电机。
因此功率可选范围非常大。

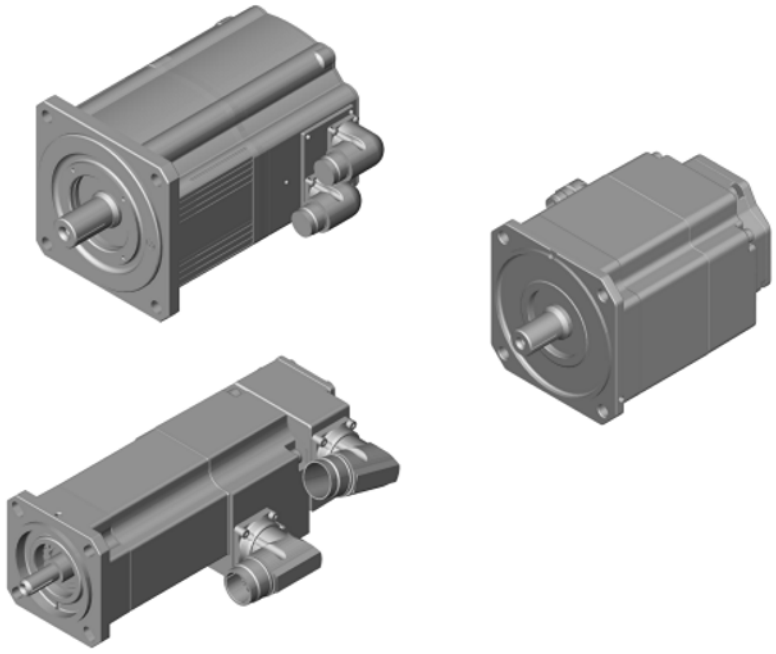


图 5-47: 电机类型

工作原理

库卡所用电机采用的是交流电同步电机 （伺服马达）的工作原理。
定子线圈在星形结构中连接。 转子中有永磁铁。

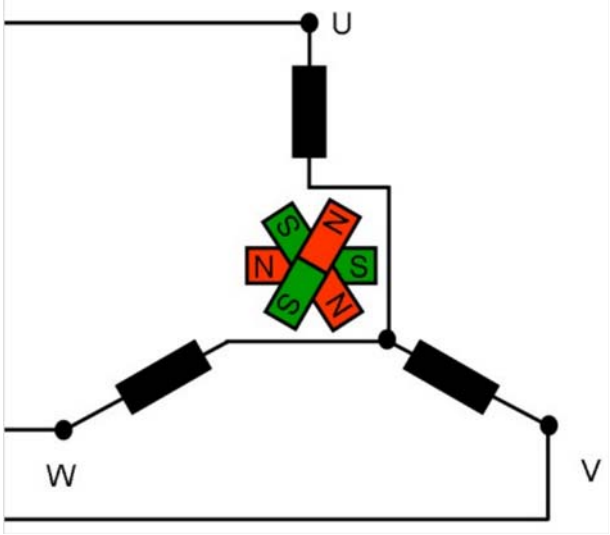


图　5-48：电机工作原理

在插头上测量电阻

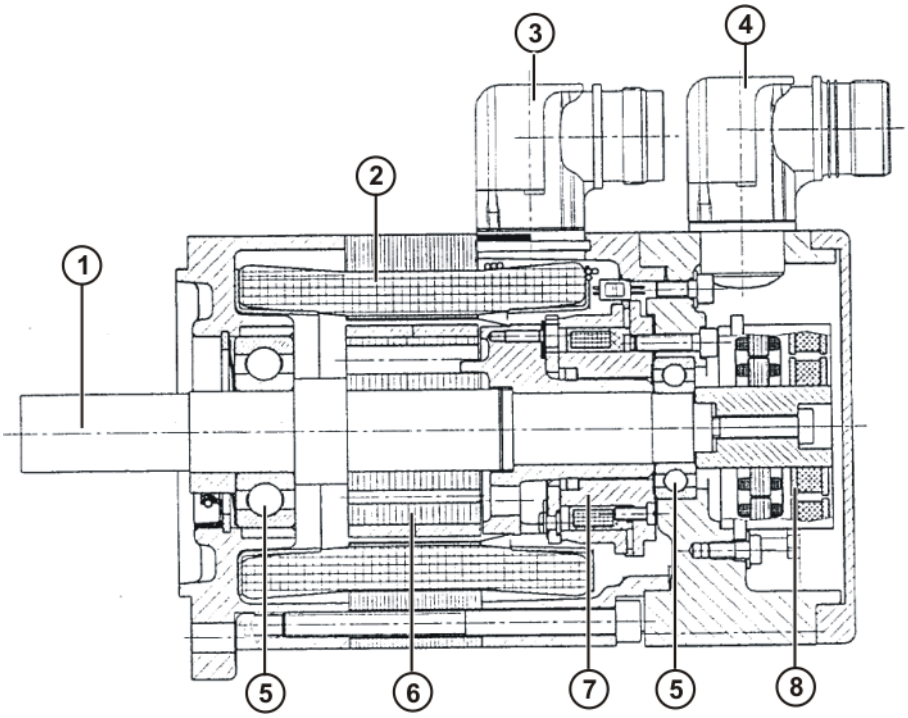


图　5-49：电机剖面图

序号	说明	序号	说明
1	电机转轴	5	滚珠轴承
2	定子线圈	6	转子内的永磁
3	电机插头	7	制动器
4	数据插接器	8	旋转变压器

检测电机插头的电阻时，需总是测量两个线圈直到星形汇接点之间的电阻值。

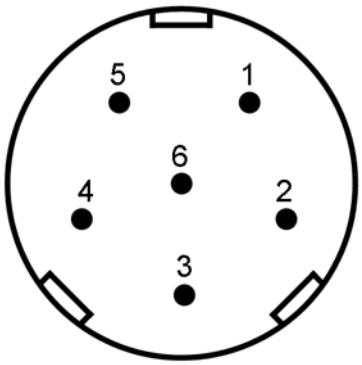


图 5-50: 电机插接头的针脚布局

针脚 - 针脚	电阻 （欧姆）	备注
1 - 2	0.17 - 14 Ω	线圈 U-V
1 - 6	0.17 - 14 Ω	线圈 U-W
2 - 6	0.17 - 14 Ω	线圈 V-W
4 - 5	24 - 80 Ω	制动器 + 制动器 -
3		接地

数据插头里的针脚布局与 RDC 数据插头的针脚布局有所不同。

测量值应该几乎相等。

只是再要加上直至 RDC 的导线电阻。

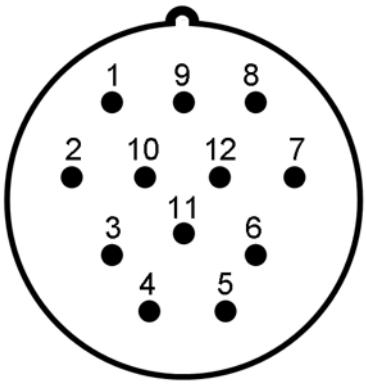


图 5-51: 数据插接器的针脚布局

针脚 - 针脚	电阻 （欧姆）	备注
1 - 2	30 - 200 Ω	定子线圈 （正弦）
11 - 12	30 - 200 Ω	定子线圈 （余弦）
10 - 7	5 - 100 Ω	转子线圈
8 - 9	588 Ω，当 25 ° C 时 1000 Ω，当 100 ℃ 时	KTY 测温传感器

⚠ 警告 更换电机时，必须注意遵守涉及相关型号机器人机械件的其他安全规则。

装设于电机内部的制动器在断电时将处于闭合状态。 拆除电机时可导致机器人机件移动，并进而引发人体伤害或物质损失。

5.5 KSB 一库卡系统总线

说明 KUKA System Bus 库卡系统总线概览:

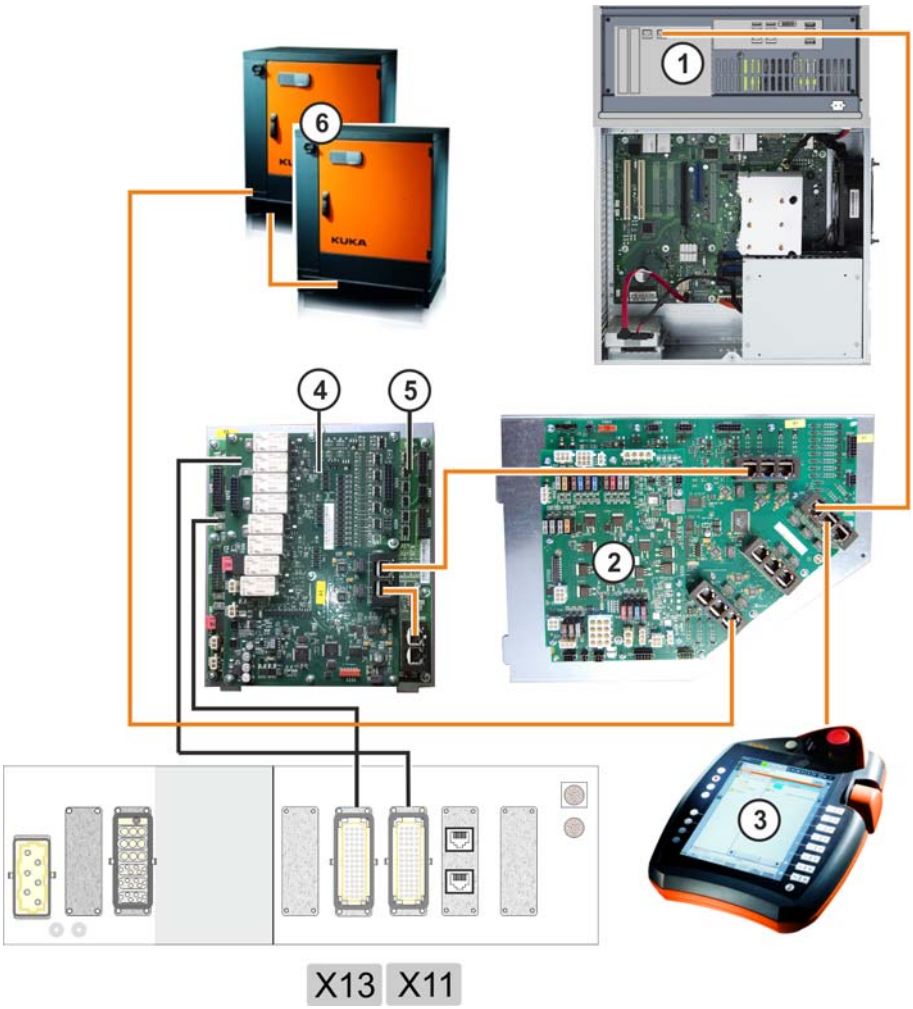


图 5-52: KSB 总线结构

根据所用的 KPC 主板版本不同，有不同的硬件接口用于 KLI 和 KSB。

主板 D2608-K

- DualNIC 上的 KLI 接口
- 主板上的 KSB 接口

主板 D3076-K

- 主板上的 KLI 接口
- DualNIC 上的 KSB 接口

主板 D3226-K

- 所有网络接口直接位于主板上

KSB 主要数据

- 基于 EtherCat 的总线
- 循环时间 1 毫秒
- FSOE (Fail Safe Over EtherCat)

下列设备属于 KCB 一库卡控制器总线：

1. **KPC** - *库卡个人电脑*
2. **CIB** - *电路接口板*
3. **SmartPAD**- *通过 RDP 的 HMI*
4. **SIB**- *安全接口板 (X11)*
5. **SIB ext**- *扩展型安全接口板 (X13)*
6. **选项** - *例如：机器人团队*

5.5.1 库卡 smartPAD

说明

库卡 smartPAD 插接在机器人控制系统的接线端 X19 上。

库卡 smartPAD 拥有独立的 Windows CE 操作系统。

控制系统与显示器通过 RDP（RDP=Remote Desktop Protocol，远程桌面协议）而衔接。

其中可以热插，即于运行期间插接或拔除。

图 5-53

库卡 smartPAD 的功能

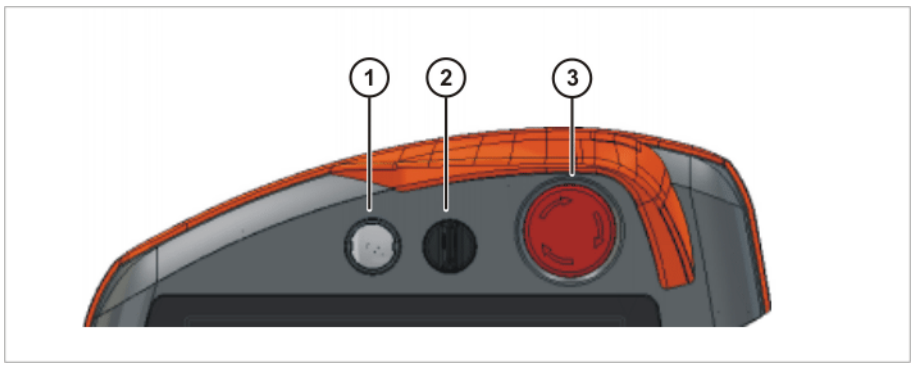


图 5-54: 库卡 smartPAD 正面上侧视图

序号	说明
1	准备拔除 SmartPAD
2	用于调出连接管理器的钥匙开关。 只有当钥匙插入时，方可转动开关。 利用【连接管理器】可以预选机器人和工作模式。
3	紧急停止键。 用于在危险情况下关停机器人。 紧急停止键在被按下时将自行闭锁。

库卡 smartPAD 的功能

图 5-55: 库卡 smartPAD 背面

元素	说明
1, 3, 5	确认键具有三个开关位： ■ 未按下 ■ 中间位置 ■ 完全按下 在运行方式 T1 或 T2 中，确认开关必须保持在中间位置，方可开动机器人。 在采用自动运行模式和外部自动运行模式时，确认开关不起作用。
2	通过启动按键可启动一个程序。
4	USB 接口
6	铭牌

库卡 smartPAD 的基础数据

电源电压	DC 20…27.1 V
尺寸（宽 x 高 x 深）	约 33 x 26 x 8 cm
显示屏	触摸式彩色显示器 600 x 800 个点
显示屏尺寸	8.4 英寸
接口	USB
重量	1.1 kg
线长	0.25 米、10 米
延长线	5 米、10 米、25 米

在使用 smartPAD 延长线时，只允许使用两条延长线。线缆全长不得超过 60 m（10 m + 2 x 25 m）。

已拔出的 smartPAD

如果 smartPAD 已拔出，则无法再通过 smartPAD 上的紧急停止按键来使设备停机。因此必须在机器人控制系统上外接一个紧急停止装置。

运营商应负责将已拔出的 smartPAD 立即从设备中撤离并将其妥善保管。保管处应远离在工业机器人处作业的工作人员的视线和作用范围。这样可防止有效和无效的紧急停止装置被混淆。

如果没有注意该措施，则有可能造成人员严重身体伤害乃至致命或者巨大的财产损失。

库卡 smartPAD 的更换步骤

1. 按下 smartPAD 上的脱开按钮。
   此时 smartHMI 上显示一条讯息以及一个计时器。在计时期间可将 smartPAD 从机器人控制器中拔除。

如果在计数器未运行的情况下取下 smartPAD，会触发紧急停止。只有重新插入 smartPAD 才能取消紧急停止。

2. 从机器人控制器拔出 smartPAD 编程器。

插接步骤：

1. 将 smartPAD 插入机器人控制器。
2. 必须一直等待，直到 HMI 显示为止。

可随时插入 smartPAD。前提条件：

根据当前所插接的 smartPAD 固件将自动执行固件升级 / 降级。此过程中绝对不可拔出 smartPAD。若安装时出现错误须将 smartPAD 送检。

5.5.2 SIB - 安全接口板

说明

SIB- *安全接口板*是客户安全接口的组成部分，且与 **KSB**- *库卡系统总线*连接。

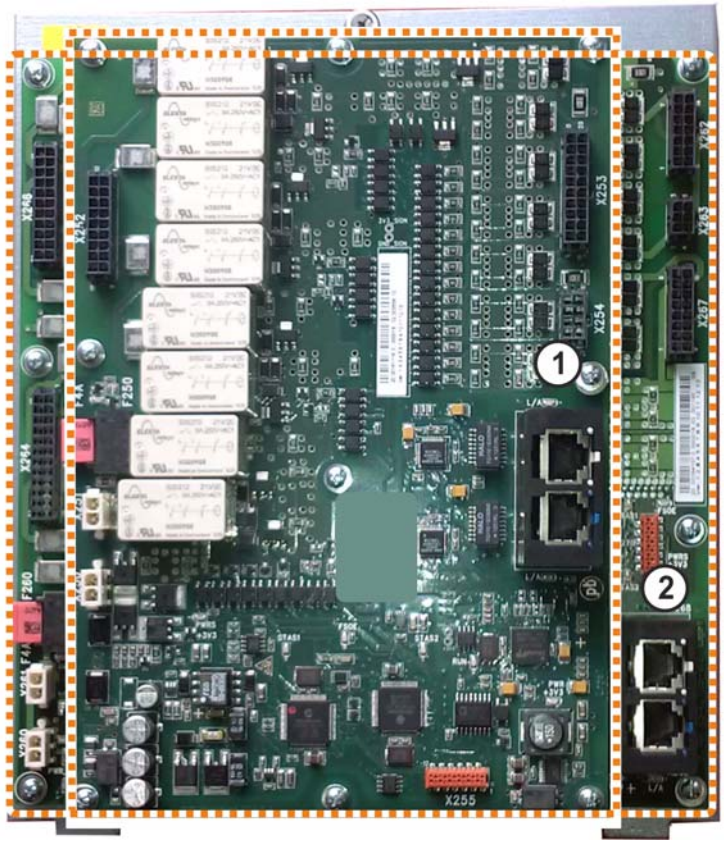


图 5-56: SIB 及固定板

序号	说明	接口
1	SIB	X11
2	扩展型 SIB	X13

- 通过使用 SIB- *安全接口板*可使机器人控制系统集成到一个传统铺线方式的设备里。
- 有两种不同类型：
  - SIB – *安全接口板*

    为了**设备安全**，安全的输入和输出端（例如：紧急停止）与安全 PLC 通讯。 信号通过客户接口 X11 连接。
  - SIB ext – *扩展型安全接口板*

    为了选项 SafeOperation，安全的输入和输出端（例如：工作空间）与安全 PLC 通讯。 信号通过客户接口 X13 连接。
- 可进行下列组合：
  - SIB
  - SIB + SIB ext
- 另见：（>>> 14.5 "通过 SIB – 安全接口板的安全功能 " 页码 246）

操作步骤

1. 将控制系统关机并锁住以防重新启动。
2. 将数据线插头解锁 拔出 SIB 上的所有连接线

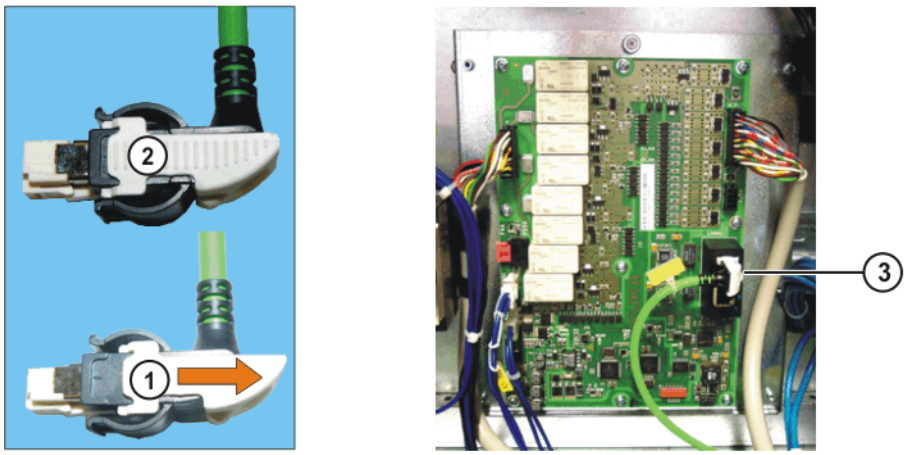


图 5-57: 解锁数据线插头

1 插头已解锁
2 插头已锁闭
3 插头已插入并锁闭

3. 取下固定板上的螺栓 (1)，并将固定板连同 SIB 从连接板开口处拉出

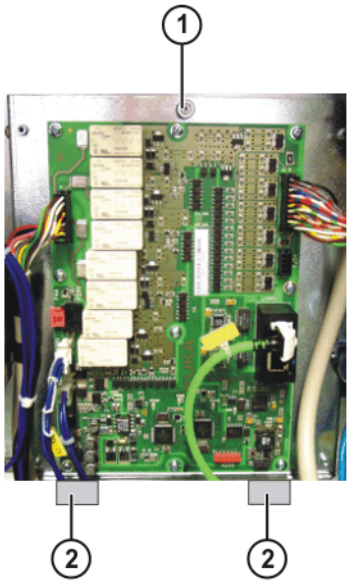


图 5-58: SIB 及固定板

1 固定螺丝
2 连接板插接片

4. 检查新 SIB 是否存在机械损伤
   将固定板及 SIB 板插入连接板开口处，然后拧紧
5. 按照插头和线缆标记将所有接口插入。
   将数据线插头锁紧。

如果因更换 SIB 而进行了系统更改，则必须用 WorkVisual 配置工业机器人的系统结构

5.6 KEB - 库卡扩展总线

说明 KUKA 扩展总线概览：

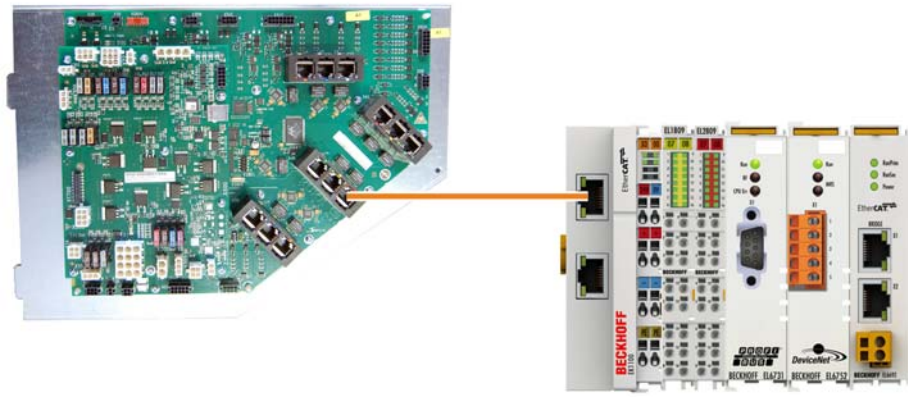


图 5-59: KEB 总线结构

KEB 主要数据

- 控制柜 (CCU) 里上的 EtherCat 主站
- 循环时间 1 毫秒
- 性能优异的现场总线，可作为 DeviceNet 的替换产品用于简单集成分散的客户输入 / 输出端 （当前没有安全输入 / 输出端）
- 通过 WorkVisual 可实现的配置

下列设备可与 KEB 连接：

- **EtherCat 母线耦合器**

  Beckhoff EK1100
- **客户特定的 EtherCat 输入 / 输出端**

  例如 Beckhoff EL1809 和 EL2809
- **PROFIBUS 网关**

  Beckhoff EL6731 （主站）和 EL6731 0010 （从站）
- **DeviceNet 网关**

  Beckhoff EL6752 （主站）和 EL6752 0010 （从站）
- **EtherCat Master/Master 网关**

  Beckhoff EL6692 (Master/Master) 网关 (>>> "EtherCat Master/ Master 耦合器 Beckhoff EL6692" 页码 121)

  Beckhoff EL6695-1001 (Safety Master / Satey Master) 网关 (>>> 14.4.2 "通过 KEB- 库卡扩展总线的安全接口" 页码 245)

EtherCat Master/ Master 耦合器 Beckhoff EL6692

说明

- EtherCAT Bridge 可用于在外部控制器（例如 PLC）个 KR C4 之间建立通讯，前提是两个控制器均在其总线支线中作为 Master 配置。
- 为实现此过程，必须将 EtherCAT Bridge 在两边均作为 Slave 配置。EtherCAT Bridge 将从一个支线接收到的数据传输到另一个。
- 由此可在总线节拍中进行更大量的数据交换。
- EtherCAT Bridge 由总线联轴器和 EtherCAT Bridge 端子组成。
- 连接在总线耦合器上的控制器为主控制器。连接在 Bridge 端子上的控制器为次控制器。
- 置于将哪个控制器配置为主哪个为次，则取决于 Bridge 端子安装在哪个总线支线上。

例如：

与上级 PLC 和从属机器人舱通讯，连同系统相连的工具

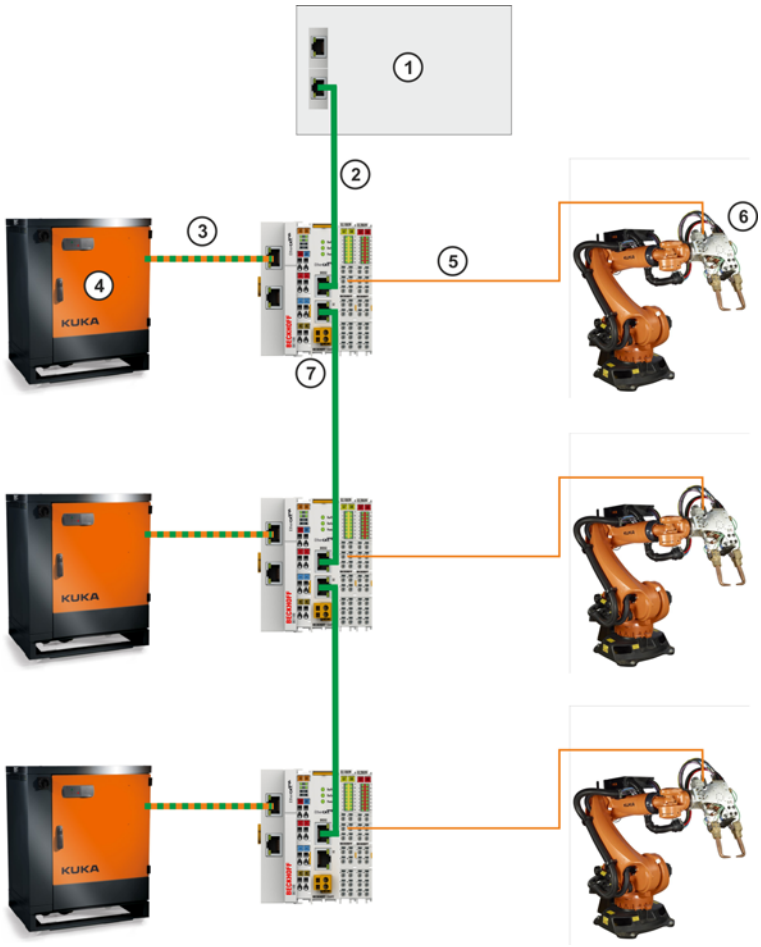


图 5-60: 通过 EtherCat Bridge 进行通讯

- PLC （1）通过 EtherCat 现场总线协议 （2）与第一个从属 KR C4 （4）经 EtherCat Master/ Master 耦合器 EL6692 （IN）进行通讯。
- 数据将通过现场总线耦合器 EK1100 至 KR C4 （4）经扩展总线 （3）传送。
- 同时可控制项目规划的工具，例如夹持器 （6）。
- 为此现场总线输入 / 输出端将通过扩展总线 （3）向现场总线耦合器 EK1100 进行传输。
- 单个输入 / 输出端将通过现场总线端子，例如 EL1809 和 EL2809 构成，并通过单条线缆 （5）继续传输至例如夹持器 （6）。
- 其他机器人舱也可用同样方式连接至 PLC。

  为此 EtherCat 总数据帧将通过 EtherCat Master/ Master 耦合器 EL6692 (UT) (7) 传至下一个机器人舱。

5.7 KLI 一库卡线路接口

说明 库卡线路接口概览：

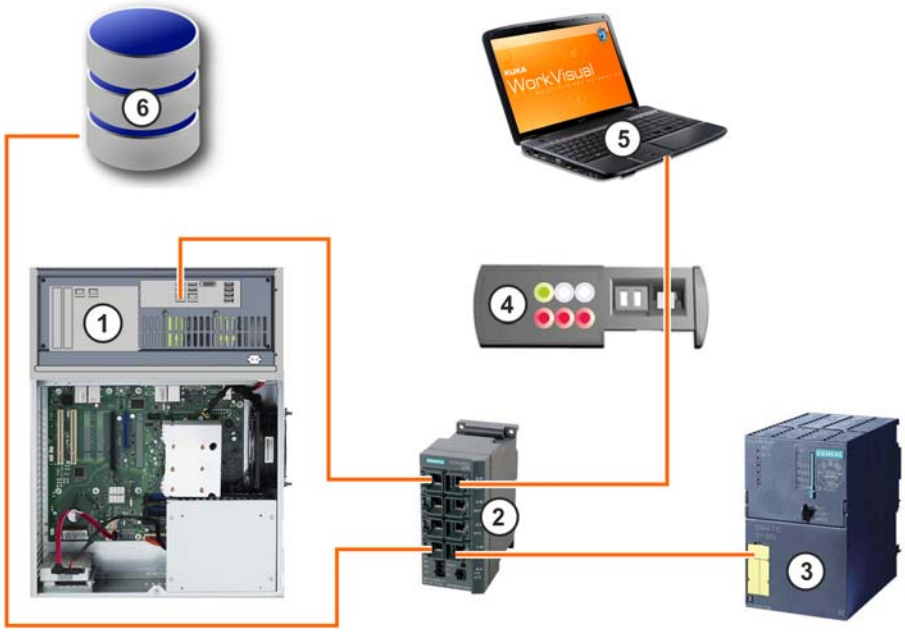


图 5-61: KLI 总线结构

根据所用的 KPC 主板版本不同，有不同的硬件接口用于 KLI 和 KSB。

主板 D2608-K

- DualNIC 上的 KLI 接口
- 主板上的 KSB 接口

主板 D3076-K

- 主板上的 KLI 接口
- DualNIC 上的 KSB 接口

主板 D3226-K

- 所有网络接口直接位于主板上

KLI 主要数据

- 根据带或无交换机规格的不同，可订购客户特定的网络接口 KLI：
  - 无内置的交换机 » X66
  - 带内置的交换机 » X67.1、X67.2、X67.3
- 接口 KLI 用于连接
  - 基于以太网的现场总线 （PROFINET、PROFIsafe、EtherNet/IP、CIP Safety）
  - 设备和上级机构 （客户网络，服务器）
  - 标准以太网 （例如：用于存档和数据交换）
- 可直接通过 SmartPad 的 HMI 进行网络配置。
- 借助 WorkVisual 配置现场总线。

下列设备与 KLI 连接：

1. **KPC** – *库卡个人电脑*
2. **转换器 (Switch)**
3. **PLC 或现场总线用户**
4. **CSP**– *控制系统操作面板*
5. **笔记本电脑** – *带 WorkVisual 的服务用笔记本电脑*
   另见： (>>> 9.7 "库卡服务接口 （KSI – KUKA Service Interface）" 页码 174)
6. **IT**– *存档服务器*

5.8 问题：KR C4 的总线系统

问题

您在练习后应该掌握什么：

1. 哪些总线用户通过 KCB 通讯？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

2. 哪些总线用户通过 KSB 通讯？

. . . . . .

. . . . . .

3. 什么是电子数据存储器 （EDS）以及其用途？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

4. 简短描述机器人的驱动电机：

. . . . . .

. . . . . .

5. 电子数据存储器为什么固定在 RDC 的机壳上？

. . . . . .

6 电磁兼容性

6.1 布线提示

布线

在布线时必须注意以下要点：

- 焊接线路、电机线路与数据线路相互之间必须采用托环隔离，然后才铺设到线槽里。

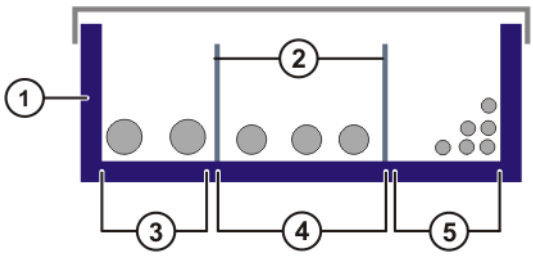


图 6-1：例如：电缆槽中的线缆敷设

1 线缆通道
2 分隔插件
3 焊接线
4 电机线
5 数据线

电位均衡

下列线路在设备启用之前必须接上：

- 连接在机械手与机器人控制系统之间用作电位均衡导线的一条 16 mm^2 导线。
- 连接在配电柜中心接地导轨与机器人控制系统接地螺栓之间的附加接地导线。

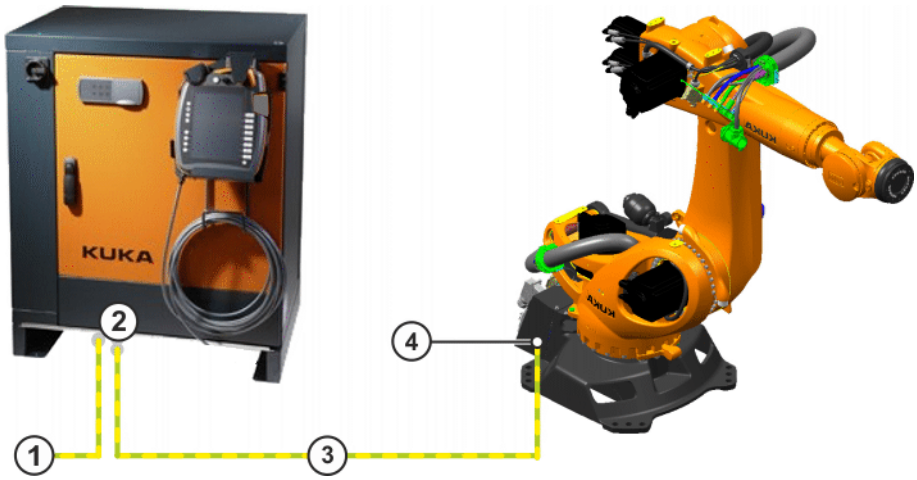


图 6-2：机器人控制系统的电势均衡 - 机械手

1 电源柜中心接地导轨接地
2 机器人控制系统接线面板
3 从机器人控制系统到机械手的电位均衡导线
4 机械手上的电位均衡导线接口

通过电缆槽进行电位均衡

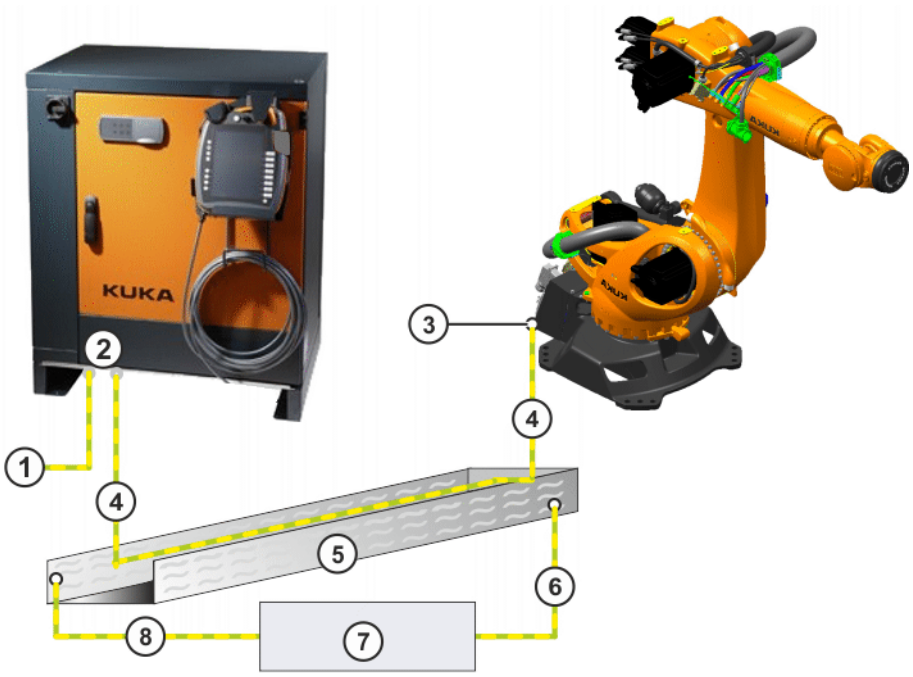


图 6-3：机器人控制系统机械手通过电缆槽的电位均衡连接

1 电源柜中心接地导轨接地
2 机器人控制系统接线面板
3 机械手上的电位均衡导线接口
4 从机器人控制系统到机械手的电位均衡导线
5 线缆通道
6 线槽始段至接地导轨之间的电位均衡导线
7 主电位均衡装置
8 线槽末段至接地导轨之间的电位均衡导线

EMC －电磁兼容性

- 若将连接线缆（例如现场总线等）从外部引至控制系统 PC 机，则只允许使用屏蔽程度足够的屏蔽线缆。
- 电缆屏蔽层必须大面积地装在接地导轨上。

机器人控制系统等同于 EN 55011 的 EMC A 系列、组 2，是为在**工业环境**中的应用而设计的。在其他环境中可能因为潜在的由于线路产生的干扰波和辐射干扰波而较难确保电磁的兼容性。

7 备份和恢复硬盘镜像文件

7.1 备份和恢复硬盘镜像文件概览

本学习单元讲授以下内容：

- 使用 KUKA USB- Stick 2.0 Recovery 进行全新安装
- 使用 KUKA USB- Stick 2.0 Recovery 进行备份

7.2 了解 KR C4 系统还原

说明

KR C4 的软件安装仍只能通过 “KR C 系统还原 ” 来完成。

KUKA U 盘 2.0 Recovery 也可用于 KRC2 ed05。

“KRC 系统还原 ” 是基于 WinPE 且拥有下列功能的存档软件：

- 创建并还原机器人控制系统的硬盘镜像文件
- 在以下各处保存并还原硬盘镜像文件：
  - KUKA U 盘 2.0 Recovery 4GB/8GB
  - 外置 USB 硬盘
  - 本机驱动器
  - 网络驱动器

软件镜像文件包括：

- CustomC.wim （分区 C）
- CustomD.wim （分区 D）

该镜像文件包含：

- Windows
- KUKA 系统软件 / 大众汽车系统软件和安装的库卡工艺技术包

用于 KR C 系统还原的操作界面在文件里被称为 “ 修复控制台 ”。

KUKA U 盘

对于机器人控制系统 KR C4 有如下 U 盘：

KUKA U 盘 2.1 Recovery 8GB，有启动功能

图 7-1: KUKA.Recovery U 盘 2.1 8GB （货号 00-220-397）

- **有启动功能**
- 货号 00-220-397
- 产品组件 **KUKA.Recovery U 盘 2.1**

只有这种 U 盘才可与 **KUKA.RecoverUSB** 结合使用。

KUKA U 盘 2.0 NB 4GB，无启动功能

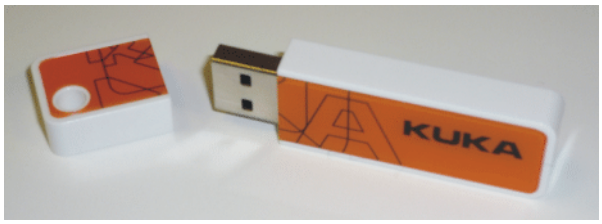


图 7-2: KUKA U 盘 2.0 NB 4GB （货号 00-197-266）

- 无启动功能
- 货号 00-197-266

> 这种 U 盘**不适于** KUKA.RecoverUSB。

KUKA.RecoveryUSB Konsole 的模式

使用 **KUKA USB-Stick 2.0 Recovery 4GB** 的 **KUKA.RecoveryUSB Konsole** 可以以两种模式启动。

- **GUI 模式**
  - 在这种模式下，需要使用一个 DVI 外接显示器和一个外接 USB 键盘。
  - *KUKA.RecoveryUSB Konsole* 的所有功能都可以通过用户界面选择。
- **静默模式**
  - 在这种模式下，*KUKA.RecoveryUSB Konsole* 必须通过一台笔记本电脑进行预设。
  - 在此，程序 KSR_Configurator.exe 可位于根文件夹下以供使用。
  - 以后在 KR C4 上进行保存或还原时无需再进行任何输入。

7.2.1 准备用于静默模式的 KUKA.RecoveryUSB

操作步骤

1. 将 KUKA.Recovery U 盘插入 Windows PC 或手提电脑的空闲 USB 端口中。
2. 切换到资源管理器。
3. 在 KUKA.Recovery U 盘中执行 KSR_Configuratior.exe 程序 (>>> 图 7-3)。
4. *KUKA 系统还原配置器* (>>> 图 7-4) 打开。

KUKA U 盘上的文件夹

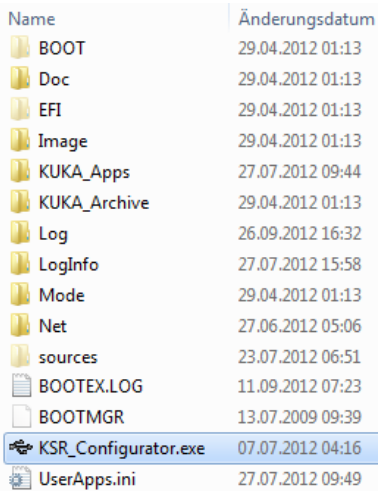


图 7-3: 文件夹 KUKA.RecoveryUSB

重要的文件夹：

文件夹	说明
镜像文件	存放 KR C4 镜像文件的文件夹
Mode	启动配置文件 通过 KSR_Configurator.exe 创建
Net	网络配置文件 通过 KSR_Configurator.exe 创建
KUKA_Apps	用于可选附加程序的文件夹 (Notepad++ Portable)

注意 KUKA.Recovery U 盘包含一个带启动功能的 Windows PE 安装程序。

- 不要删除系统文件或文件夹!
- 否则会破坏 KUKA.RecoveryUSB 盘安装程序，并且无法再启动。

日志文件夹

- 虽然已成功创建了一个硬盘镜像文件，还是可以在 **KUKA.RecoveryUSB** 上获悉各个分区日志文件。
- **菜单路径：** *KUKA.RecoryUSB > Log > Capture_C.txt*
- **例如：** *Capture_C.txt*

```
ImageX Tool for Windows
Copyright (C) Microsoft Corp. All rights reserved.
Version: 6.1.7600.16385

Files/folders excluded from image capture by default:
\$windows.~bt
\$windows.~ls
\winpepge.sys
Windows\CSC
\Recycled
\Recycler
\$Recycle.Bin\*
\System Volume Information
\pagefile.sys
\hiberfil.sys

Scanning files and directories...
[   0% ] Capturing (with verification) progress
[   1% ] Capturing (with verification) progress
...
[ 100% ] Capturing (with verification) progress
Successfully imaged c:\
Total elapsed time: 11 min 10 sec
```

KR C4 系统分区

- KR C4 中的硬盘有 3 个分区：
  - *分区 1:* C 盘：\KUKA_DISK
  - *分区 2:* D 盘：\KUKA_DATA
  - *分区 3:* 隐藏分区
- 分区 C:\ 和 D:\ 的大小可以通过 *KUKA 系统还原配置器*来设定。
- 第一、第二分区的容量大小必须分别至少达到 3000MB，并且两者合计总量最大允许等于硬盘容量的总大小的一半。
- 隐藏的分区含有分区 C:\ 和 D:\ 的主镜像文件 （相当于库卡系统软件的供货状态）
- 隐藏分区的大小按如下方式生成：

  硬盘最大容量 - （分区 C:\ 的大小 + 分区 D:\ 的大小 + 隐藏分区）

通用配置界面　　启动文件 KSR_Configurator.exe

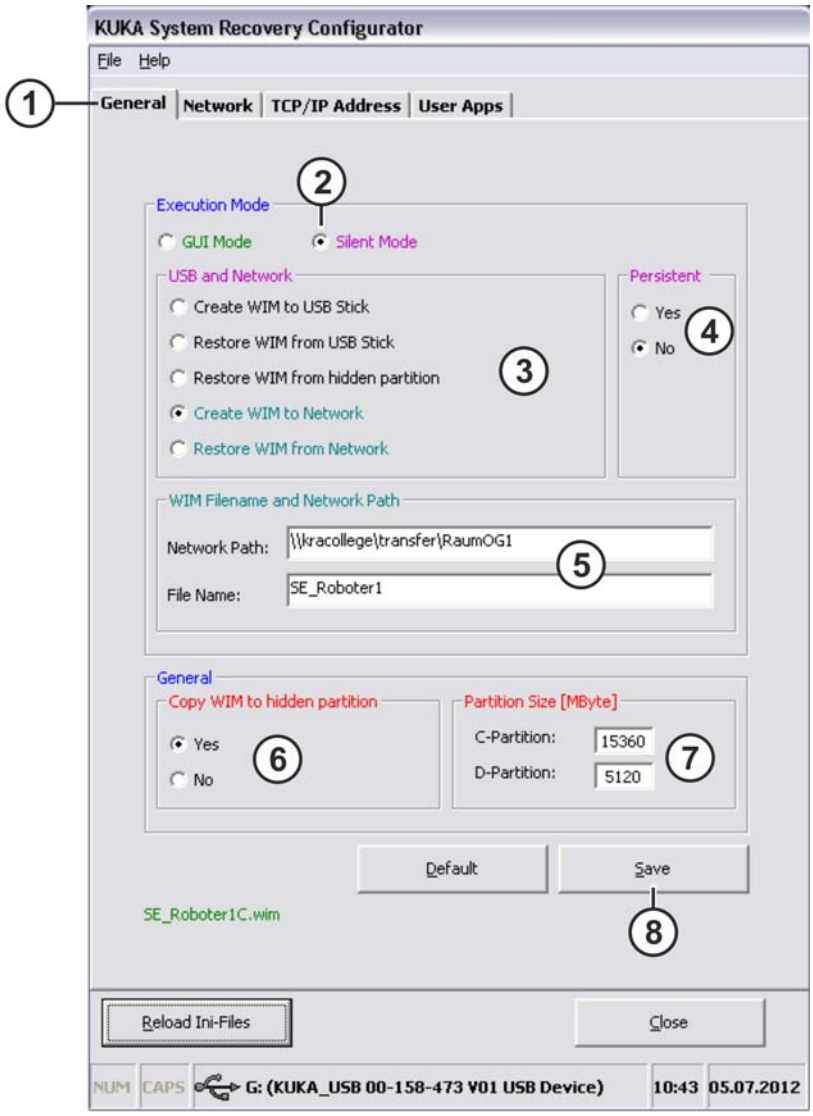


图　7-4: KUKA 系统还原配置器

1. 打开选项卡**常规**
2. 在执行模式下激活**静默模式**。
   - **静默模式**
     用保存的设置启动 KUKA 系统还原程序。
     在建立或还原硬盘镜像文件时无需其它的操作步骤。
     没有可用的图像型操作界面。
   - **GUI 模式**
     借助图像型操作界面启动 KUKA 系统还原程序。
     在建立或还原硬盘镜像文件时无需通过操作界面进行其它操作。
     需要一个外接显示屏和键盘。
3. **U 盘和网络设定**

选择	说明
创建 WIM 到 U 盘上	将硬盘镜像文件保存到 U 盘 存入 Image 文件夹
从 U 盘还原 WIM	从 U 盘还原硬盘镜像文件 从 Image 文件夹

选择	说明
从隐藏分区还原 WIM	从隐藏分区还原硬盘镜像文件
创建 WIM 到网络	将硬盘镜像文件保存到网络驱动器上 网络路径的设定，见第 5 点
从网络还原 WIM	从网络驱动器还原硬盘镜像文件 网络路径的设定，见第 5 点

4. **持久性**
   - **是**
     程序运行结束后，第 3 点下的设置值将继续保留。
     例如：用于将一个镜像文件置于多个控制柜上。
   - **不**
     程序运行结束后，第 3 点下的设置值被重置为 “ 创建 WIM 到 U 盘 ”。
     这样就确保了镜像文件只还原一次。
     创建镜像文件被视为没什么问题
5. **WIM 文件名和网络路径**
   - **网络路径**
     网络中镜像文件的文件夹。此路径须已创建。
   - **文件名**
     用于创建镜像文件的文件名 (.wim)。
6. **拷贝 WIM 到隐藏分区**
   - **是**
     在还原镜像文件时还要将分区 C:\ 和 D:\ 保存在隐藏分区中。
   - **不**
     在还原镜像文件时，不将镜像文件保存到隐藏分区。
7. **分区大小 [MByte]**
   - **C 分区**
     分区 C:\ 的大小 (MB)
   - **D 分区**
     分区 D:\ 的大小 (MB)
8. 按**保存**键应用所作的设置。

配置网络选项卡

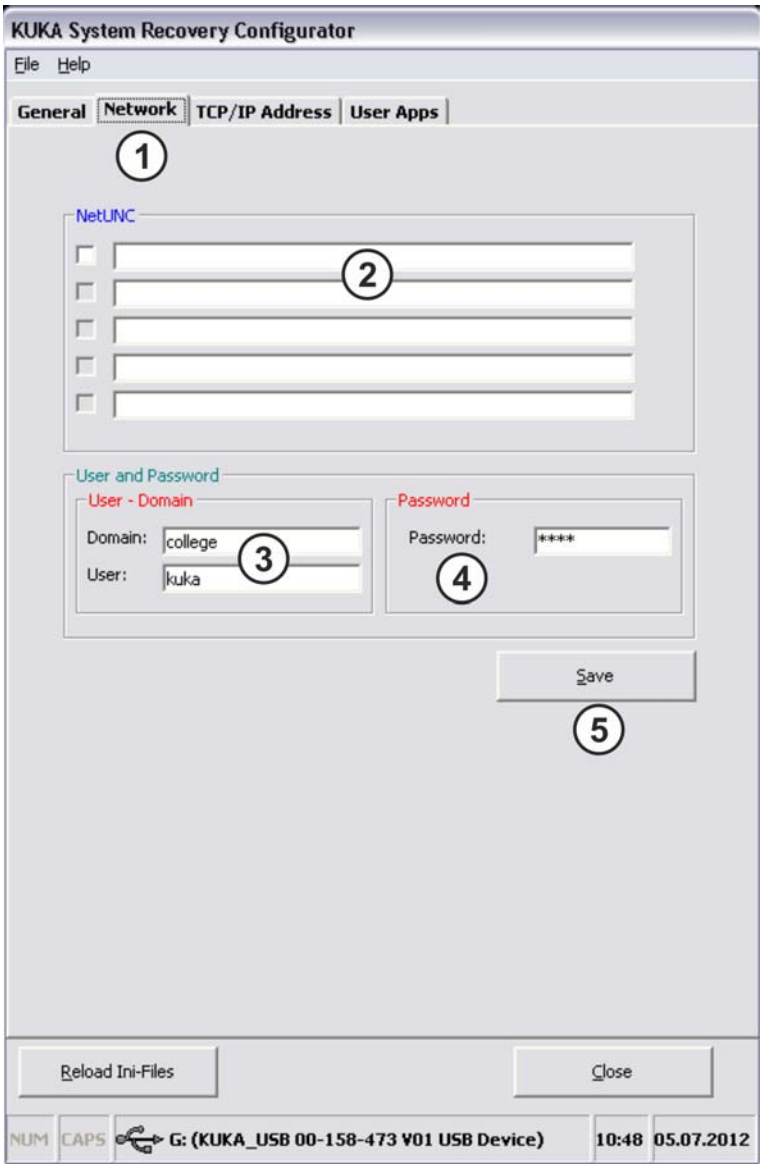


图 7-5: KUKA 系统还原配置器 / 网络

1. 切换到**网络**选项卡中
2. 用于 GUI 模式的网络路径配置。
   无需在静默模式中配置。
3. 用于 “ 常规 ” 选项卡下定义的网络路径的用户配置。
   - 域名
   - 用户
4. 输入网络密码 （用户密码）。
5. 点击**保存**应用设置。

配置 TCP/IP 选项卡

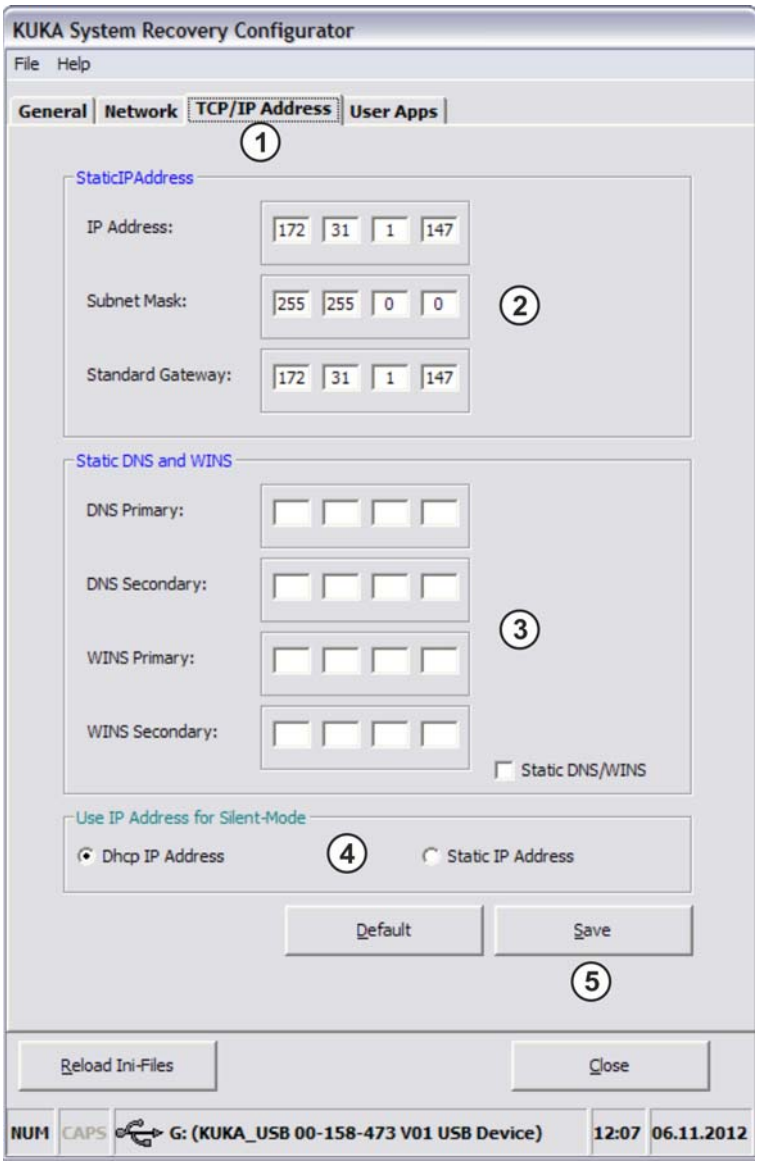


图 7-6: KUKA 还原配置器 / TCP/IP 地址

1. 切换到 **TCP/IP** 地址选项卡
2. 只要在第 3 点下选择了**静态 IP 地址**，就可以在 **StaticIPAdress** 下进行网络配置：
   - **IP 地址**
     KR C4 控制柜的 IP 地址
   - **子网掩码**
     KR C4 控制柜的子网掩码
   - **标准网关**
     可能要输入现有网关
     否则重复 IP 地址
3. **静态 DNS 和 WINS**
   此处可选择分配下列服务器地址：
   - **DNS**
     Domain Name Server
   - **WINS**
     Windows Internet Name Server
4. **使用静默模式的 IP 地址**

这里可以选择用于静默模式的 IP 地址指定方式：

- **Dhcp**
  通过一个现有的 DHCP 服务器指定地址
  第 2 点下的地址指定未激活。
- **静态 IP 地址**
  第 2 点下的手动地址指定开通。

5. 点击**保存**应用设置。

配置 User Apps 选项卡

- User Apps 是小的附加程序（免费软件），可在 Windows PE（KUKA 系统还原）下被一起接入。
- 这些程序保存在 **KUKA U 盘**上的文件夹 **KUKA_Apps**（>>> 图 7-3 ）中。
- User Apps 可通过以下配置被接入。

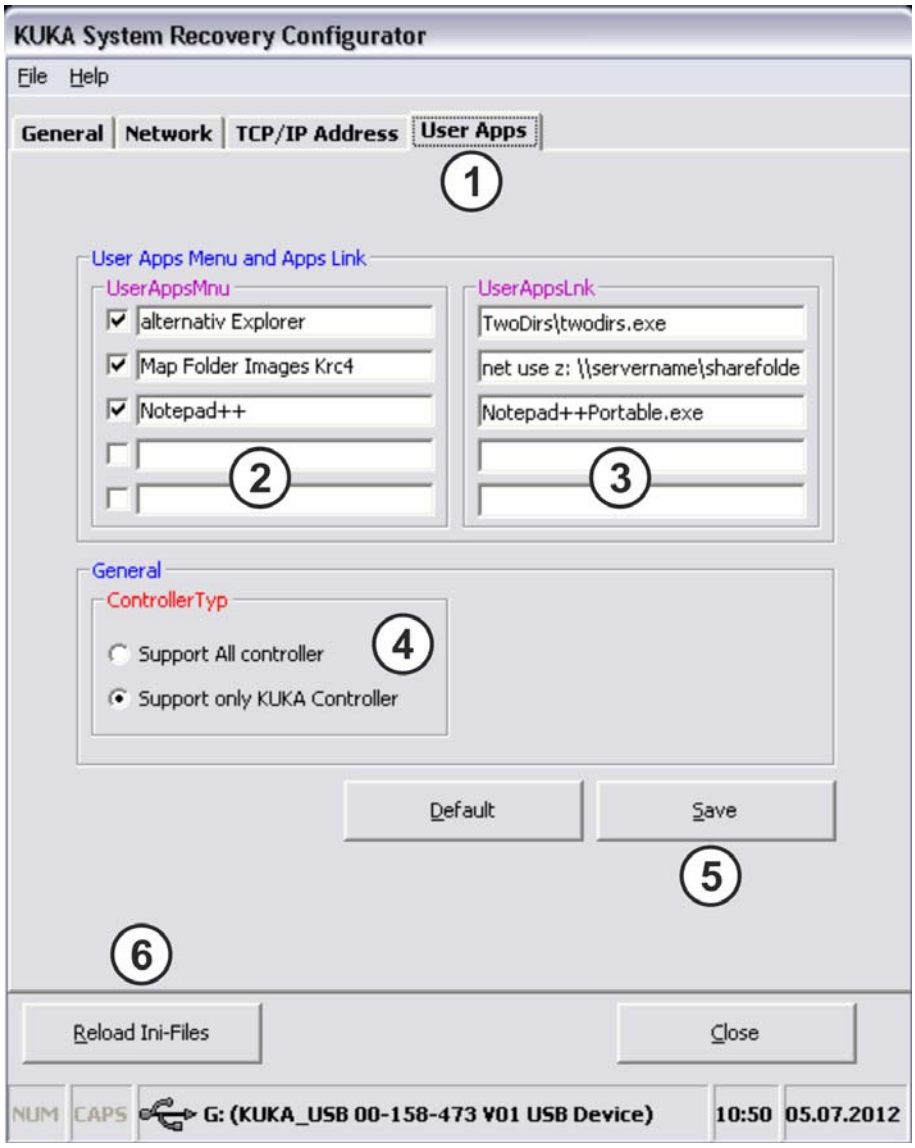


图 7-7: KUKA 系统还原配置器 / User Apps

1. 切换到选项卡 **User Apps** 。
2. 在 **UserAppsMnu** 下定义用户界面的 User Apps 的**菜单名称**。
   每一菜单项都可打钩（激活）或不打钩（不激活）。

User Apps **只能**在 **GUI 模式**下使用。对于**静默模式**则**无需**使用 User Apps。

3. 将待执行文件的路径在 UserApps 下输入。
   - 路径被缩写！主路径 **x:\\KUKA_Apps** 被略去。
   - 驱动器连接（net use）同样可以进行。
4. **控制器类型**
   - **支持所有控制器**
     支持当前所有库卡控制系统（例如也包括 KR C2）。
     不进行控制器类型检查。
   - **只支持 KUKA 控制器**
     在启动 KUKA 系统还原工具之前进行一次控制器类型检查。
     在此允许使用的控制器类型为 KR C4。
5. 点击**保存**应用设置。
6. 所有设置均保存在 INI 文件中。这些均可进行文字调整。如果要将这些设置载入配置器中，则可通过按键**加载 Ini 文件**来完成。

7.2.2 静默模式中恢复镜像映射

恢复镜像映射的步骤

1. 已存在一个完整的 KR C4 镜像文件
2. 镜像文件（C: 和 D:）必须直接存放在 U 盘的文件夹**镜像文件**之下。
3. KUKA U 盘必须如前节所述针对静默模式进行准备：
   静默模式 （>>> 7.2.1 "准备用于静默模式的 KUKA.RecoveryUSB" 页码 128）
4. U 盘 Recovery 插入 KR C4（A）或（B）CSP 的一个空闲端口。（>>> 图 7-8 ）
5. 用主开关接通控制柜。
6. 观察 CSP 上的 LED 指示灯显示：

CSP 显示

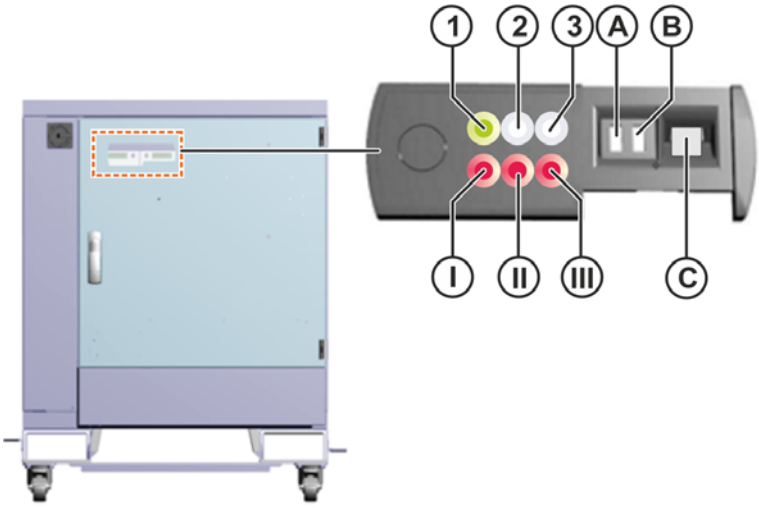


图 7-8: CSP 接口和显示

序号	工件	颜色	含义
1	LED 指示灯 1	绿色	运行 LED 指示灯
2	LED 指示灯 2	白色	休眠模式 LED 指示灯
3	LED 指示灯 3	白色	自动模式 LED 指示灯
I	LED 指示灯 I	红色	故障 LED 指示灯 1
II	LED 指示灯 II	红色	故障 LED 指示灯 2
III	LED 指示灯 III	红色	故障 LED 指示灯 3

序号	工件	颜色	含义
A	USB		外围设备接口
B	USB		外围设备接口
C	RJ45		网络接口

观察重启情况

1. WIN PE 自行启动。
   - 运行 LED 指示灯 1 闪烁
   - 故障 LED 指示灯 2 亮起
2. 创建第 1、2、 第 3 分区，并将起动扇区设置为第 1 分区。
   - 运行 LED 指示灯 1 闪烁
   - 休眠 LED 指示灯 2 亮起
3. 安装 C 分区和 D 分区的硬盘镜像文件。将 ImageC.WIM 和 ImageD.WIM 复制到第 3 分区。隐藏第 3 分区。
4. 退出 WinPE
   - CSP 上的所有 LED（6 个 LED 指示灯，包括故障指示灯）缓慢闪烁。
5. 安装完成后，休眠 LED 指示灯 2 缓慢闪烁。 拔出 U 盘，并首先将主开关转至**关闭**，然后重新转至**接通**。
6. 控制系统即以新的镜像文件 （重新）启动

创建镜像步骤 （备份）

- KUKA U 盘必须如前节所述针对静默模式进行准备：
  静默模式 （>>> 7.2.1 ″准备用于静默模式的 KUKA.RecoveryUSB″ 页码 128）
- 此过程基本与上述*恢复镜像映射*相同。
- 但此时须注意在 KUKA U 盘上要有足够的存储空间。

7.3 练习：将主 / 备份图像安装到控制系统上

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力

- 将主 / 备份图像安装到控制系统上

图 7-9: KUKA.Recovery U 盘 2.1 8GB （货号 00-220-397）

练习内容

1. 关闭 KR C4。
2. 检查由您的培训师分发的 KUKA.Recovery U 盘的预设，以借助静默模式将主设备图像安装到控制系统上。
3. 将 KUKA.Recovery U 盘插入到 CSP 的空 USB 端口中。
4. 接通控制柜并观察安装过程。
5. 在安装之后启动控制柜并解释信息窗口中的错误信息。

问题

您在练习后应该掌握什么：

使用 KR C 系统还原工具的目的是什么？

. . . . . .

. . . . . .

设置静默模式的工具叫做什么，在哪里可找到？

. . . . . .

. . . . . .

启动 “KR C 系统还原 ” 工具的必要步骤有哪些？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

8 主设备图像的安装 (Minisetup)

8.1 概览

说明

- KUKA 通过控制系统交付的 WIM 图像不含工艺程序包或其他选项或特殊的配置。
- 经常要在多个控制系统上使用相同的选项、配置等。
- 如果在加载 WIM 图像之后已经相应地对控制系统进行了调整，建议再次从该状态中创建图像 （主设备图像）并将其加载到其他控制系统上。

主设备图像

创建主设备图像不是本培训的组成部分，但是可以参阅 *WES7 系统准备* 专家文档。

- **WES7 系统准备** （”SysPrep”） 通过这样的主设备图像为分配准备 Windows 操作系统。
- Windows 含有大量用户和计算机特定的设置，在创建该图像之前必须将其带至中性状态，以便在此之后可以顺利地在其他控制系统上使用。这些设置包括：
  - 计算机名称
  - 与域的从属关系
  - 本地管理员的用户属性
  - 安全识别号

8.2 进行 Minisetup

操作步骤

Minisetup 对将主设备图像加载到控制系统上进行了说明。

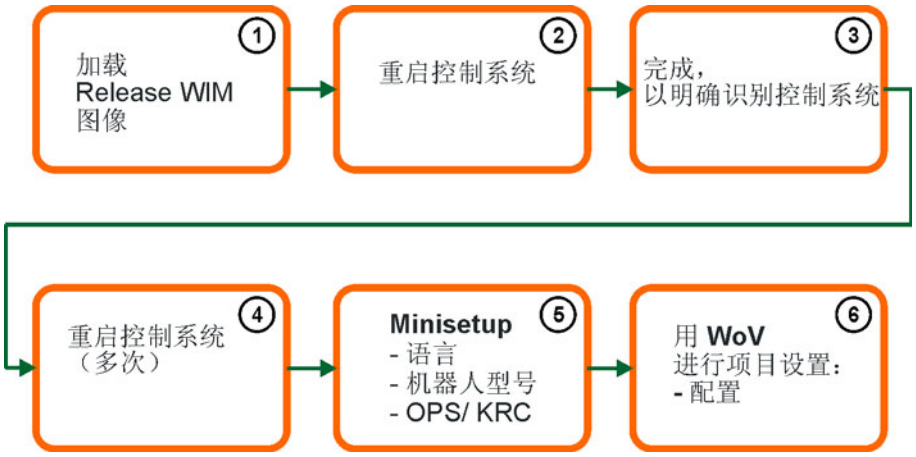


图 8-1: KSS 8.3 - Minisetup

1. **加载 Release WIM 图像**
   借助 KUKA 还原盘将主设备图像复制到硬盘上。
   请参见： (>>> 7.2.2 ″静默模式中恢复镜像映射″ 页码 135)
2. **重启控制系统**
   a. 在将图像加载到硬盘上之后关闭主开关。
   b. 在下一步中重新接通主开关，以开始控制系统的启动。
3. 可以及时更新 SmartPad 的固件。

图 8-2: SmartPad 更新

4. **完成**
   a. 在启动控制系统之后显示一个对话窗，它将询问是否要完成 Windows 安装。

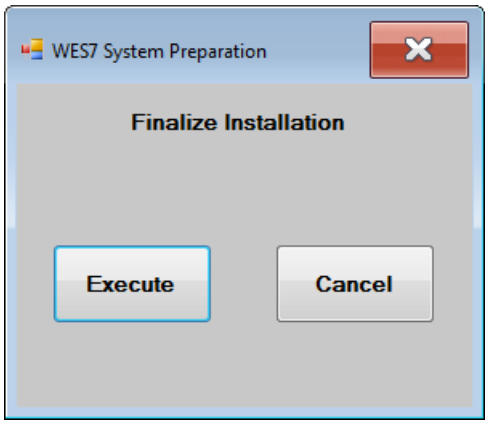


图 8-3: 对话框**完成安装**

   b. 用按键 **Execute** 对其进行确认。
   一个信息将提供现在开始系统准备的信息。

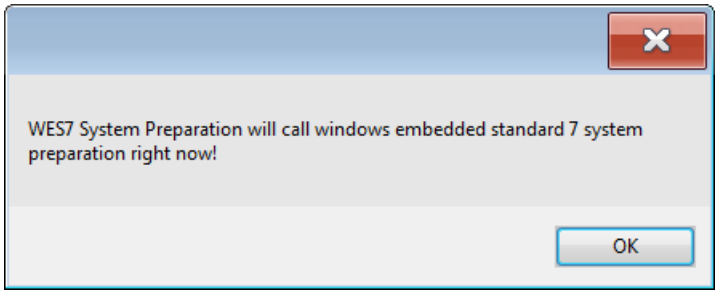


图 8-4: **Execute** 之后的信息

5. **重启控制系统**
   特殊阶段将结束。此时，机器人控制系统自动重启 2 次。
6. **进行 Minisetup**
   a. 选择所需的语言。用 **Next** 确认。

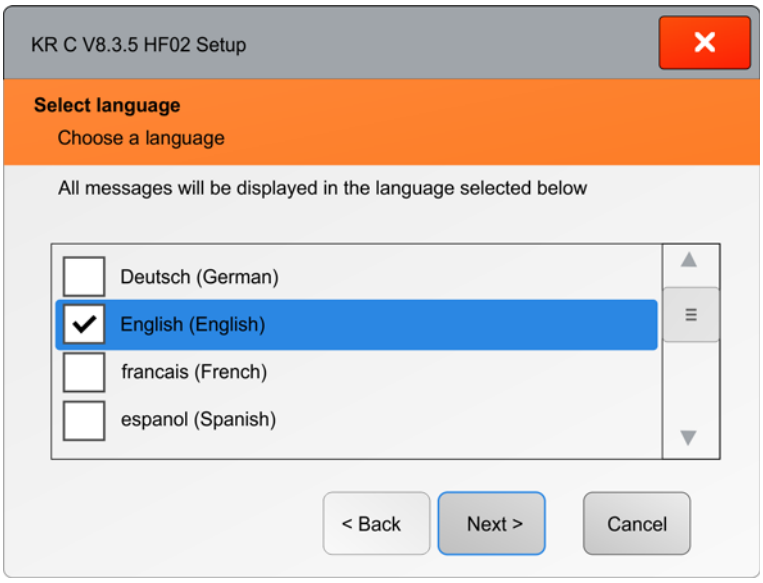


图 8-5: Mini-Setup 1

b. 显示安装和版权信息。用**继续**确认。

图 8-6: Mini-Setup 2

c. 指定机器人控制系统是否是一个 OPS （离线编程系统），也称之为“Office-PC”。通常不是该情况，即不勾选。用**继续**确认。

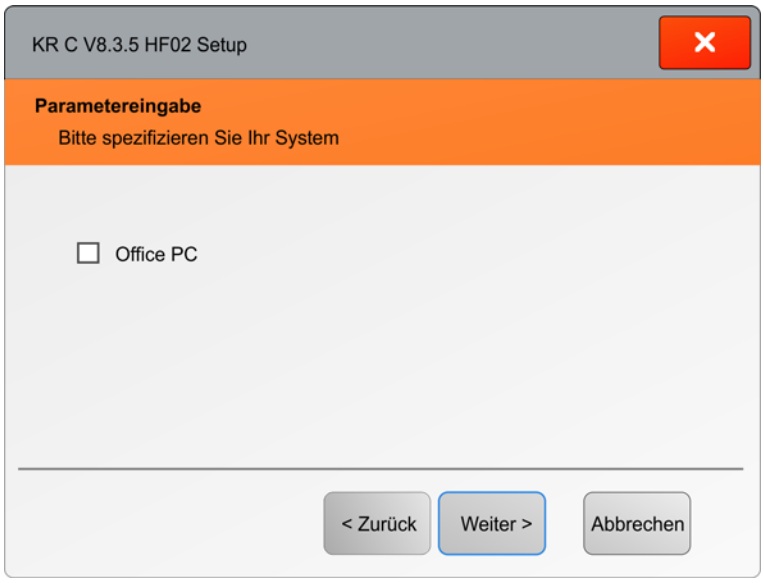


图 8-7: Mini-Setup 3

d. 该系统将推荐机器人类型。用**继续**确认。

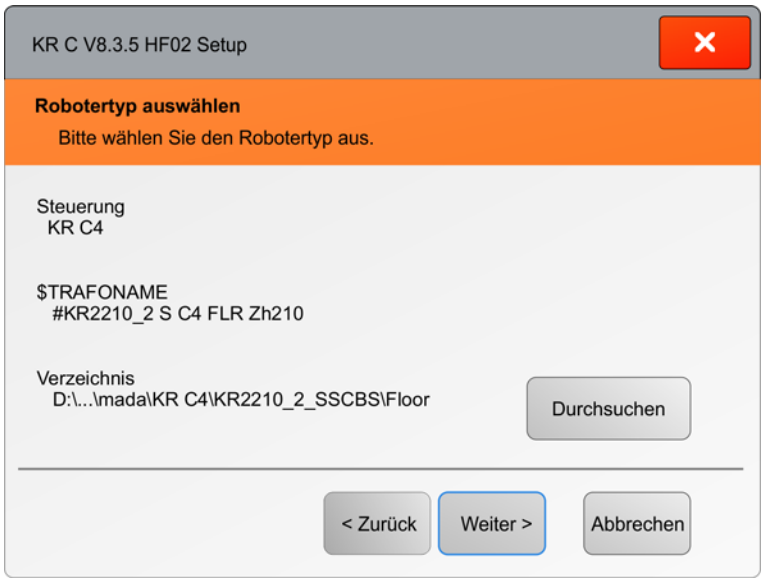


图 8-8: Mini-Setup 4

或者：如果推荐的类型与所用的类型不一致，则选择另一个类型。然后用**继续**确认。

e. 显示设置的总结。用**继续**确认。

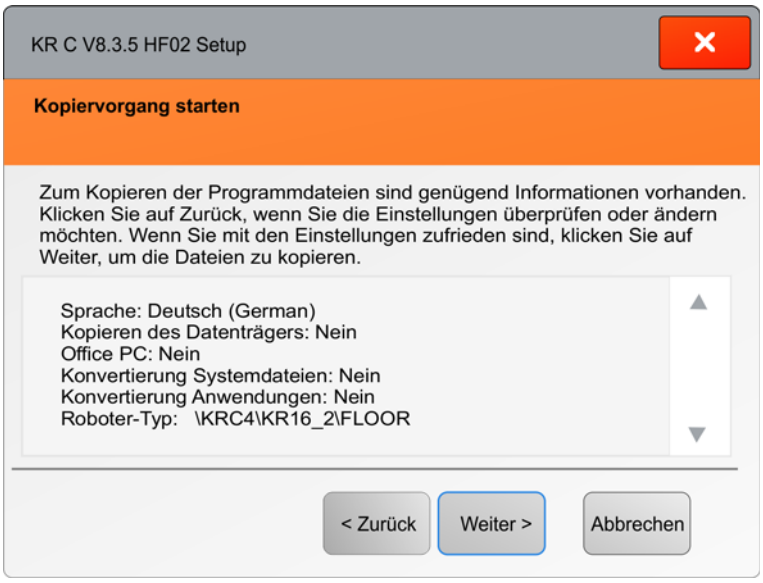


图 8-9: Mini-Setup 5

7. 阶段 **Initial Project Setup** 将结束。（该阶段时间短。）
   然后，机器人控制系统将自动关闭。
8. 更改计算机名称 （>>> 8.3 "更改计算机名称" 页码 143）
9. 利用 WorkVisual 进行项目化设置 （>>> 8.4 "利用 WorkVisual 进行项目化设置" 页码 144）

8.3 更改计算机名称

说明

在每次恢复图像时，KUKA.RecoveryUSB 都将分配一个新的计算机名称。在完成之后，在任意的时间都可更改名称。

前提条件

- 专家用户组
- 运行方式 T 1 或 T 2
- 没有选定任何程序。

操作步骤

1. 在主菜单中选择**投入运行** > **辅助软件**。
   已安装的附加软件 窗口打开。
2. 按下按键**新软件**。
   选择 窗口打开。
3. 按下按键**配置**。
   配置安装路径 窗口打开。
4. 在区域**选项的安装路径**中选中一个行。
   提示：如果该行已经包含一个路径，则该路径被覆盖。
5. 按下**路径选择**。即显示现有的驱动器。
6. 导航至 C:\KUKA 并在此选中文件夹 **WES7RenameComputer**。
7. 按下**保存**。重新显示窗口 **配置安装路径**。它现在含有新的路径。
8. 选中带有新路径的行并再次按下**保存**。
   重新显示窗口 **选择**。
9. 选中条目 **WES7RenameComputer**。
10. 按下**安装**。点击**是**确认安全询问。
11. 显示窗口 **W7RenCom** 和一个弹出键盘。
12. 输入所需的名称并按下按键**设定计算机名称**进行确认。

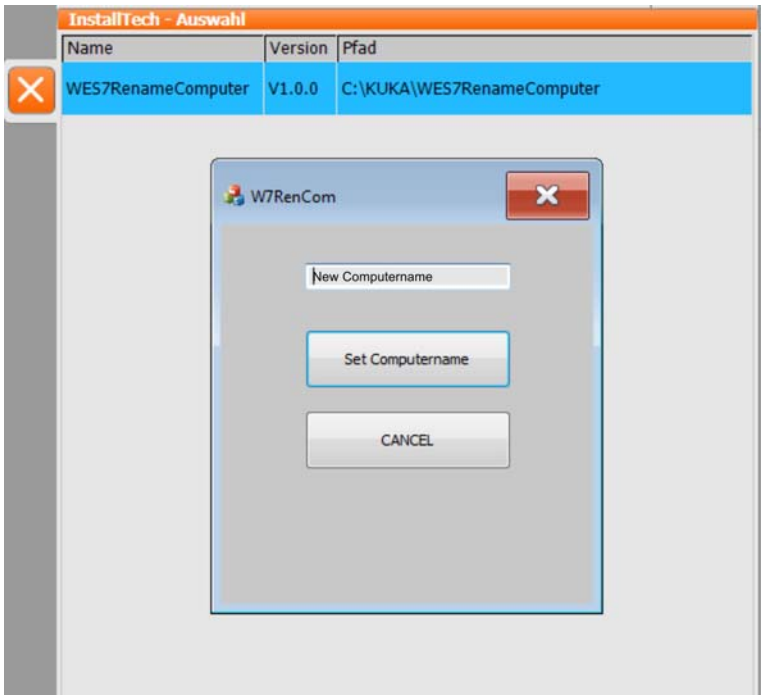


图 8-10: 新的计算机名称

13. 显示以下提示信息: *To finish the name setting you need to reboot the PC.* 按 **OK** 键确认该信息提示。
14. 重启机器人控制系统。

8.4 利用 WorkVisual 进行项目化设置

- 现在可以重新启动机器人控制系统，以在 WorkVisual 中加载和配置已激活的项目。
- 另见: (>>> 13.2.1 "自动配置 KCB - KUKA 控制器总线" 页码 221)

> 默认情况下，项目含有机器人 KR 210。在任何情况下，都从树形结构中删除 WorkVisual 中的机器人并添加实际使用的机器人。
> 只在实际使用的机器人已经是 KR 210 时，才必须进行更换。

- 如果已经在 WorkVisual 中配置了该项目，则可以重新将其传输到机器人控制系统上。

8.5 练习：进行 Minisetup

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力

- 在加载主设备图像之后进行 Minisetup。

练习内容

1. 在安装主设备图像之后进行 Minisetup。在此遵守培训室的规定。
   (>>> 8.2 "进行 Minisetup" 页码 139)
2. 为操作系统更改计算机名称。
   (>>> 8.3 "更改计算机名称" 页码 143)

问题

您在练习后应该掌握什么：

1. 为什么必须进行 Minisetup?

. . . . . .

. . . . . .

2. 为什么必须在加载时完成每个图像?

. . . . . .

. . . . . .

9 网络技术基础

9.1 网络概览

下列内容将在此学习单元里传授：

- 无源的网络组件
- 有源的网络组件
- 协议
- 诊断
- 在 KR C4 中使用协议和 IP 地址

9.2 无源的网络组件

在此示教单元里将介绍下列内容：

- 双绞线电缆
- RJ 45 网络插头

9.2.1 双绞线电缆

双绞线说明

- 双绞线的英文名称为 “Twisted Pair”，是由交叉编织或捻成绳的双芯线组成的铜质电缆。
- 双绞线电缆有多种类型。
  - CAT 1 至 4
    例如单芯或多芯的电话线缆
  - CAT 5 至 7
    网络只可采用第 5 至第 7 类双绞线。
    其他下级类别为例如 CAT 5/5e、CAT 6/6e/6a、CAT 7/7a
- 网线可通过印在电缆上的缩写区分开来。
  规划时务必加以注意。
- 网络电缆的最大长度不得超过 100 米，且中间没有连接任何有源组件。

类别	电缆类型	频率	应用
CAT-1	UTP-1	100 KHz	仅提供信息
CAT-2	UTP-2	100 KHz	仅提供信息
CAT-3	UTP-3	16 MHz	电话
CAT-4	UTP-4	20 MHz	Ring Bus Token
CAT-5	**UTP, S/FTP**	**100 MHz**	**100 / 1000 Base-T**
CAT-6	S/FTP	250 MHz	100 / 1000 / 10 G Base -T
CAT-7	S/FTP	600 MHz	100 / 1000 / 10 G Base -T

双绞线电缆种类

网络电缆分为：

根据 ISO/IEC-11801 （2002）E 的新标识：

- **S/FTP** （双绞屏蔽）
- **F/FTP** （铝箔屏蔽）
- **SF/FTP** （双绞屏蔽＋铝箔屏蔽）
  其结构与 FTP 线缆相同，但在导线束外还裹有金属总屏蔽。

- S/UTP

  其结构与 UTP 线缆相同，但在导线束外还裹有金属屏蔽。

名称系统 XX/YZZ

- XX

  U = 无屏蔽 （没有屏蔽）

  F = 铝箔屏蔽

  S = 双绞屏蔽

  SF = 双绞屏蔽和铝箔屏蔽

- Y

  U = 无屏蔽 （没有屏蔽）

  F = 铝箔屏蔽

  S = 双绞屏蔽

- ZZ

  TP = 双绞线对

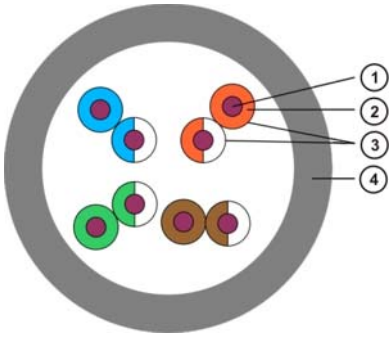


图 9-1: U/UTP - Unscreened/Unshielded 双绞线电缆

传真号码	说明
1	芯线
2	芯线绝缘层
3	双绞芯线对
4	电缆护套

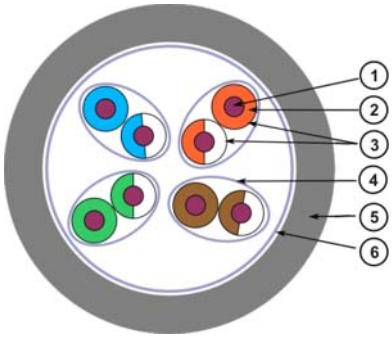


图 9-2: SF/FTP - Screened Foiled/ Foiled 双绞线电缆

传真号码	说明
1	芯线
2	芯线绝缘层
3	双绞芯线对
4	双绞线屏蔽层
5	电缆护套
6	电缆屏蔽层

9.2.2 RJ45 和 GG45 插头及接口

RJ-45 说明

- RJ-45 是一种标准化通讯布线的名称。
- RJ 的意思是 **Registered Jack** （*标准插座*）。
- 该标准由 FCC（美国联邦通讯委员会）制定。 规定了插头、插座的结构及其针脚布局。
- RJ 45 插头在口语里面也通称*模块化插头*、*以太网插头*。

RJ45 的插孔布局

- 此处描述的 8 针 RJ45 插接连接头符合接线图：
  - EIA/ TIA T568B
- 双绞线必须根据这两项标准与八极 RJ45 插座连接。
- 最主要的使用标准为 EIA/TIA T568A。
- 原则上有两种不同配置：
  - 直线型
  - 交叉型
- 如果在网线中仅使用了芯线对 1/2 和 3/6，则这是 100 Mbit/s 数据传输的典型标志。

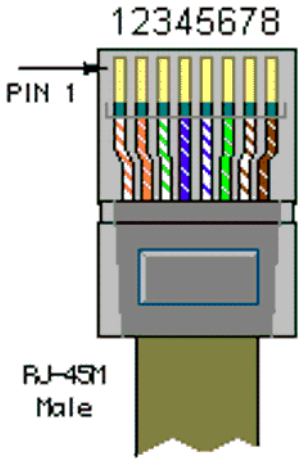


图 9-3: RJ-45 针脚布局

直接接线的 RJ-45

该接线法用于 PC 与交换机之间的接线：

信号	Pin	Pin	颜色
TX+	1	1	白色 / 橙色
TX-	2	2	橙色
RX+	3	3	白色 / 绿色
	4	4	
	5	5	
RX-	6	6	绿色
	7	7	
	8	8	

网络插头 GG45

- GG45 网络插头和所属的插座是 RJ45 标准的新一代。
- 此插接系统可实现至 10 Gigabit （第 7 类）数据传输。
- 电缆及插头和插座必须适用于 600 MHz。
- 在此频率下 RJ45 处的插头触点会相互干扰。
- GG45 插头上的触点 / 触点对从空间上相互分离，也可选择通过特殊端子系统将其相互屏蔽。

- 针脚从 “RJ45 标准 ” 切换到 “GG45 标准 ” 的过程由切换卡鼻来完成。

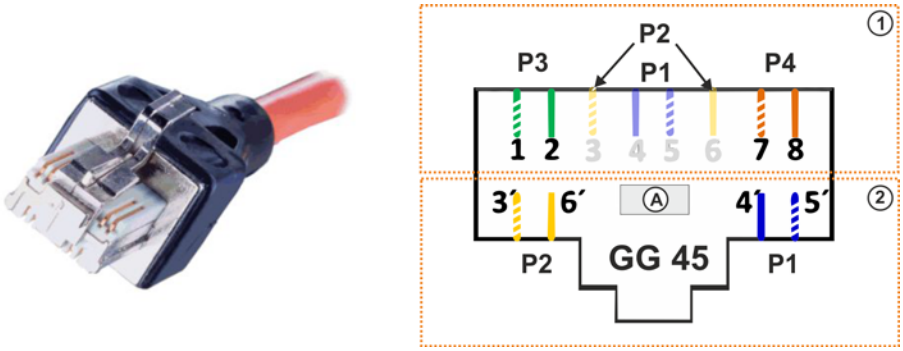


图 9-4: 网络插头 GG45

序号	说明
1	触件，针脚兼容 RJ45
2	可通过切换卡鼻附加激活的 GG45 触件 （A）
A	将切换卡鼻置于 10 Gigabit （GG45） 另见： （>>> 图 9-5 ）

GG45 一接线图

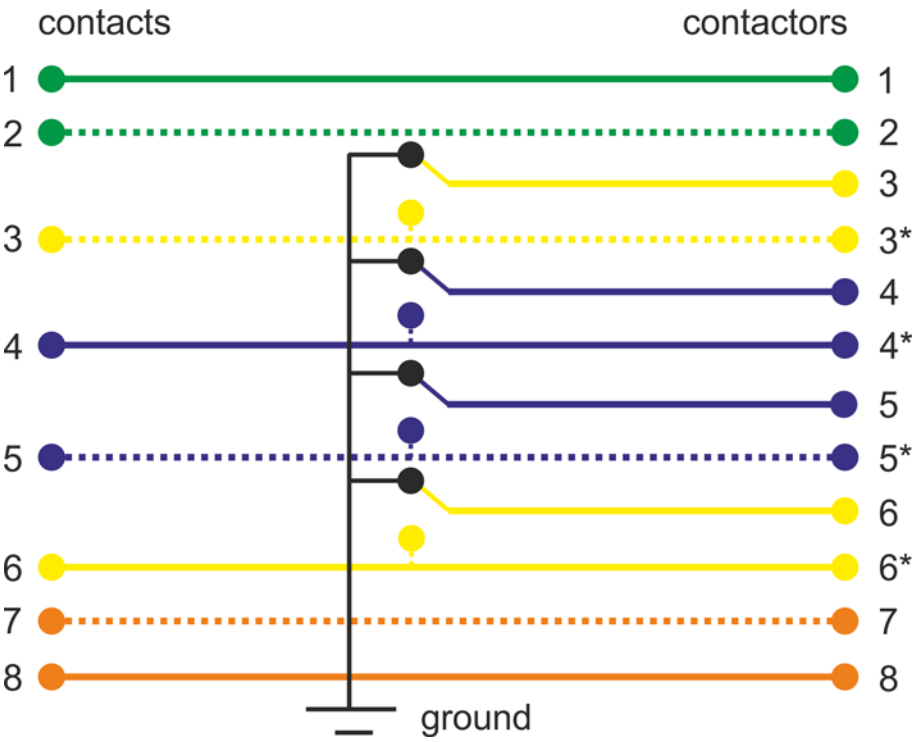


图 9-5: GG45 一接线图

9.3 有源的网络组件

在此示教单元里将介绍下列内容：

- 网卡
- 交换机
- 路由器

9.3.1 网卡

网卡说明

- 网卡 （英文缩写为 NIC） 是连接电脑与本地网络的电子线路。
- 每块网卡都拥有全球独一无二的识别码，即 MAC 地址 MAC 地址。
  该地址可从网卡上直接读取，也可利用其它工具 （ipconfig）读取。
- 如今越来越多的高端网卡使用 1000 MBit 的传输速度。
  它们采用配备 RJ45 插头的双绞线电缆 （1000BASE-T）来连接。
- 普通网卡只拥有一个以太网接口，特殊网卡会拥有多个 （多达四个）。

DualNic — B 型

图 9-6: DualNic 双网卡

- 与主板 D3076-K 一同供货
- 供货自 2012 年中

双工模式

大部分网卡都能接受各种参数化设置，极少需要手动配置。 最通常的设置项为速度和双工模式。

- 全双工
  同时能进行发送与接收的双向式数据传输方法。
- 半双工
  同时能进行只发送或者只接受的单向式数据传输方法。

模式	解释
自动识别	交换机 / 路由器 - 局域网卡之间自动宽带和发送方法管理
10 Mbit/s 半双工	局域网卡规定了速度和传输速率
10 Mbit/s 全双工	局域网卡规定了速度和传输速率
100 Mbit/s 半双工	局域网卡规定了速度和传输速率
100 Mbit/s 全双工	局域网卡规定了速度和传输速率
1000 Mbit/s 自动	这里只自动议定发送方法

设置双工模式

其他的操作步骤可因板卡制造商的不同而各异。

1. 在 Windows 的开始菜单里选中**控制面板**。
2. 点击**系统**。
3. 选取**硬件**。
4. 选取**设备管理器**项下的**网络适配器**，然后进行以下设置：
   - 选取正确的局域网卡。
   - 用鼠标右键点击**属性**，
   - 点击**高级**并因此进入**连接速度和双工模式**行。

库卡网卡 Dual NIC

- Dual NIC 是一种包含两个 1000 Mbit/s 局域网适配器的网卡，
- 它们是两个 VLAN。
- 第一个端口构建 KUKA 控制器总线。
- 第二个端口与 PC 型号相关：
  - 主板 **D2608-K KLI** – *KUKA 线路接口*
  - 主板 **D3076-K KSB** – *KUKA 系统总线*
- 在 KR C4 中，Dual NIC 在设备管理器里面不显示在网络适配器下。
  另见：（>>> 图 9-7 ）
- 此卡不由 Windows 管理，不在 Windows 中进行参数配置，而是由 KUKA 实时操作系统 VX-Works 进行管理。
- 因此全部网络适配器均在 KUKA Realtime OS Device 下显示。
- 但是只有 KLI 端口（库卡线路接口）才可直接在库卡 HMI 上接受参数设定。

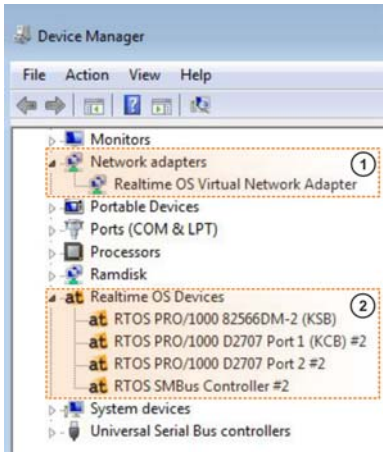


图 9-7：设备管理器

号码	名称
1	共享存储的驱动程序
2	库卡虚拟网卡由 VX-Works 管理 系统总线 控制器总线 库卡线路接口 共享存储控制器

板载网卡

- 在 Fujitsu 主板上有一块带有两个接口的网卡。
- 其传输速率为 1000Mbit/s。
- KLI 和 Vision 系统连接于此。

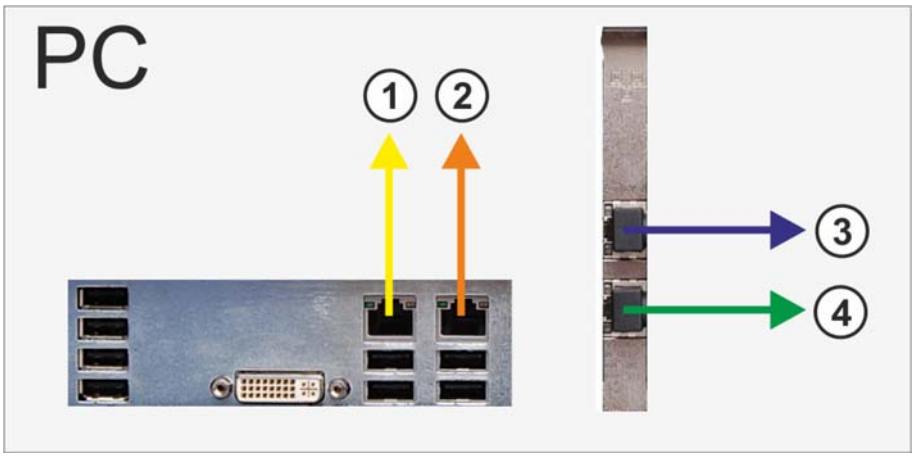


图 9-8: 电脑上的总线接口

序号	说明
1	**KONI** – *库卡选项网络接口*
2	**KLI** – *库卡线路接口（KLI – KUKA Line Interface）*
3	KSB – *KUKA 系统总线*
4	KCB – *KUKA 控制器总线*

9.3.2 交换机

非管理型交换机

- 交换机通常是以硬件为基础，以实现最短的接线环路。
- 当前设备支持 10/100/1000 MBit/s 的数据传输。
- 交换机的作用是尝试确定数据包的接收方，然后将数据包传送到该接收方的端口。
- 只有在交换机无法确定接收方的情况下，才会将数据包发送给网络内的所有用户。
- 这样，一个本地网络的可用宽带便可高效地分配给实际需要的用户。

管理型交换机 – 智能交换机

- 管理型交换机可利用网页界面来进行配置。
- 为此该交换机必须从一个 VLAN 中获得一个 IP 地址以启动。
- 这些可用端口可分配给不同的 LAN 局域网网段（VLAN = 虚拟局域网）。
- 不同的 VLAN 网络均
  - 相互隔离
  - 具有不同的 IP 地址
  - 可具有不同的子网掩码。
- 只有相同 VLAN 内的网络用户才能直接互换数据。
- 其他典型功能
  - 自动协商功能
  - 网络段或终端设备可用相同或不同的数据传输速率来耦联。
  - 自动交叉功能，无需区分网线类型是 1：1 直通网线还是交叉网线。

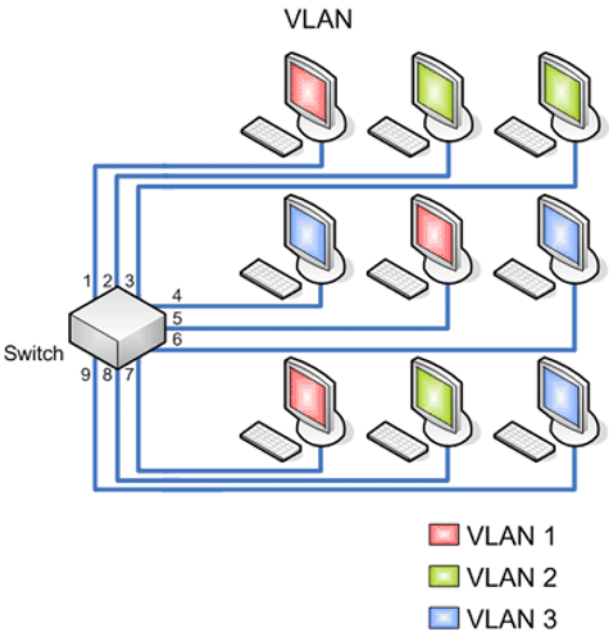


图 9-9: 转换器和 VLAN

库卡 KLI 交换机

- 在 KR C4 中可以使用两种交换机（管理型和非管理型），
- 至于选用哪一种则视具体用途而定。
- 所有交换机均最佳适用于构建工业以太网
  - 10/100 Mbit/s
  - 线形、星形或环形结构
- 它们由各自的 24 V DC 电源供电，可安装在一条 DIN 导轨上。
- **8 端口管理型快速通道交换机**

图 9-10: KUKA Switch

  - 这种交换机的用途广泛。
  - 它配有 2 个 VLAN。
  - 数据密集型应用程序，如 Vision 系统，可与其他设备的数据交换机制分开。
  - 因此可确保实时通讯的顺畅进行。

库卡控制柜内置交换机

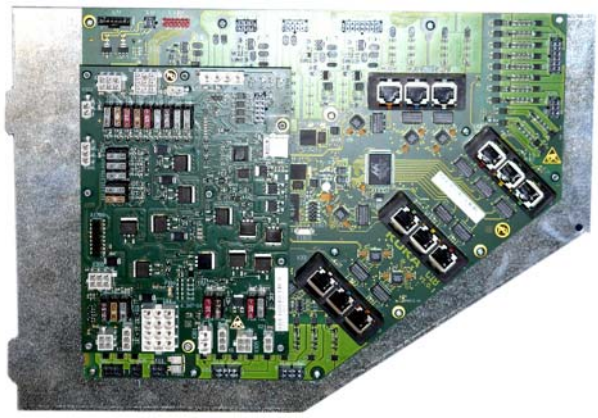


图 9-11: 控制柜 （CCU）转换器

- 控制柜 (CCU) 同样属于一个接受管理的交换机。
- 它包括四个 VLANS：
  - KUKA 控制器总线
  - 库卡系统总线
  - KUKA 扩展总线
  - KUKA Service Interface （库卡服务接口）
- 其中的管理由电路板上一个固件来加以保证。

ARP - 地址解析协议

结构

- 将一个 ARP *地址解析协议*缓存 / 表导入到例如一个交换机中。
- 该表为每个端口包含有关在此连接的网络用户的详细信息。
  - IP 地址
  - MAC 地址

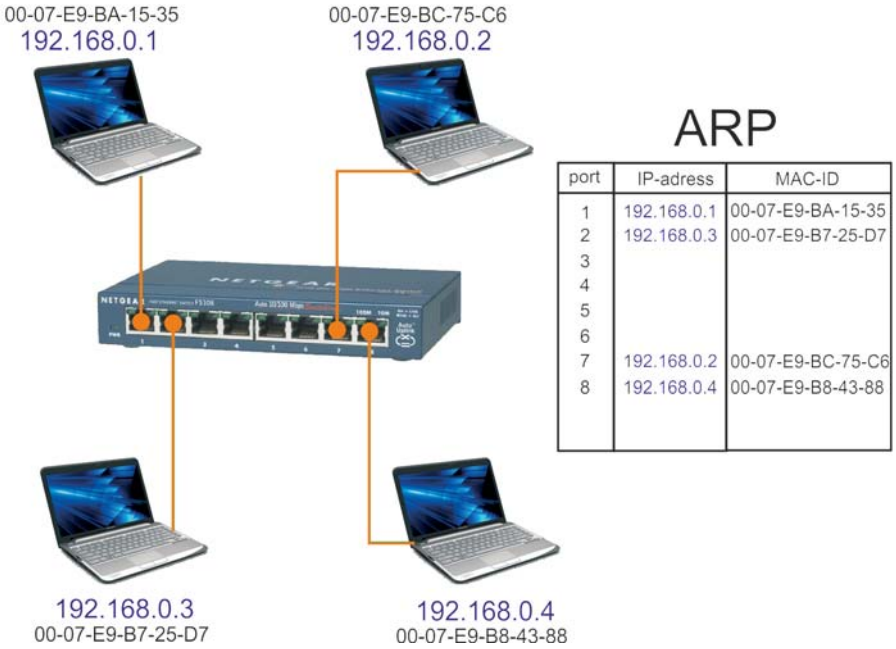


图 9-12: 地址转换协议 （ARP）列表

示例：

- 如果 PC 192.168.01 为 PC 192.168.0.4 传输数据包，则交换机不知道已连接目标电脑上的哪个端口。 在 ARP 缓存中还没有条目。
- 在该情况下，将向所有端口发送 ARP 询问 （集线器行为）。

- 目标计算机用所属的 MAC 识别号通过端口 8 进行登记。
- 现在，可以在 ARP 缓存中进行端口特定的登记。
- 现在，可以直接通过端口 8 传输下一个数据包，而不需要为此专门进行单独的 ARP 询问。

9.3.3 路由器

路由器说明

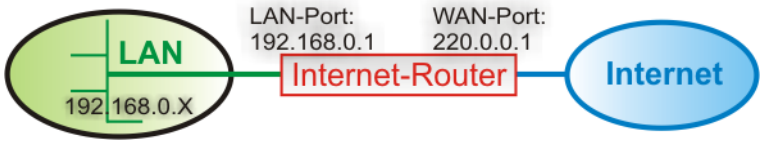


图 9-13: 路由

- 借助路由器可利用不同的协议和架构连接多个网络。
- 路由器通常设于一个网络的外边界，以便于连接互联网或另一网络。
- 路由器可利用路由选择表决定数据包的使用路径。
- 这是一种动态方法。

9.4 协议

本学习单元讲授以下内容：

- TCP/IP
- IP 定址
- 子网
- NAT
- 在 KR C4 中实施

9.4.1 协议

记录

- 协议对在网络中如何交换数据有着极为具体的规定：
  - 何种信息应**打包**到数据包中
  - 以及在何处应将这些信息重新**拆包**。
- 不同制造商的不同设备可在网络中相互交换数据。
- 数据传输是多个 “ 协议 ” 相互协作的过程。

协议举例

- **HTTP** - *超文本传送协议*
  例如用于说明如何解析网址。
- **FTP** - *文件传输协议*
  文件之间的协议
- **TCP** - *传输控制协议*
  规定网络用户之间的数据传输
- **UDP** - *用户数据报协议*
  TCP 的备用协议
- **IP** - *互联网协议*
  规定网络用户的定址

TCP/IP 网络协议

- TCP/IP （英文： Transmission Control Protocol/Internet Protocol）是一份网络协议
- 由两种协议组成：

- Transmission Control Protocol
- Internet Protocol

- 在传输文件时，TCP 的任务是将文件分割成多个小数据包 （IP 数据包）并为其制定相应的编号，
- 随后再将这些已附有编号的 IP 数据包通过网络传送出去。
- 在接收文件时，TCP 的任务是按照正确顺序将 IP 数据包重新组合成一个文件。
- TCP/IP 与设备制造商和传输系统不存在依赖关系。

网络协议 FTP

- FTP 是不同型号的两台机器之间的标准化通讯语言。
- 它允许将文件传送给一个运行 TCP/IP 协议的网络。
- FTP 运行在 “ 客户端－服务器环境 ” 中。
- 这意味着远程机器配置为服务器，等待其他机器的服务要求。

9.4.2 定址

IP 定址协议

IP（互联网协议）的任务是为数据包分配一个地址标头，以使数据包送达目的地。

IP 协议可分两种：

- IPv4
- IPv6

IP 协议 IPv4

- 网际协议（IP）的主要部分是用来明确识别网络中所有站点的 IP 地址。
- 每个硬件接口 （网卡）都被分配一个 IP 地址。
  个别情况下，一个接口还可响应两个或多个 IP 地址。
- IP 地址类似于一个通信地址中的地区所在、街道所在及门牌号。
- IP v4 地址的组成结构：
  - 它是一串机器可读的二进制代码。
  - IP 地址大小 / 长度为 32 位。
  - 32 位码按每组 8 位 （1 字节）均分，并用小数点相互分隔。
  - 也可选择以十六进制或十进制数字组合方式显示。
  - 每个字节可按 8 位 1 和 0 顺序设定为数值 0 至 255，
    每个位具有 256 个数值。
  - 示例：
    IP v4 地址的十进制形式 **192.168.0.1** 相当于二进制书写方式 **11000000.10101000.00000000.00000001**

9.4.3 子网掩码

网络类型

- IP 地址被分为 **5 种类型**。
- 类型 D 和 E 是为特殊应用而预留的。
- 每个类型的网络 ID 和主机 ID 都有不同的权重。
- 将 IP 地址中一个关联地址范围划分成多个小地址范围，人们称其为子网划分。
- 子网络或子网是一个网络里的一个物理单元，在该网络里各种 IP 地址使用相同的网络地址。
- 子网之间可以借助路由器相互连接，并因此形成一个大的关联网络。

子网掩码

- 每个 IP v4 地址均包含两种信息：
  - 网络地址

- 站点地址
- 子网掩码作为过滤器使用，可从 IP v4 地址中过来网络地址和站点地址。
- 视具体使用的网络地址和子网掩码而定，一个子网内可定义一定数量的网络站点 （Host）地址。
- 下表显示可用的 IP 地址 （取决于所使用的网络级别）：

A 类网络 0.0.0 - 127.255.255.255		
0	网络 ID 8 位	主机 ID 24 位
B 类网络 128.0.0 - 191.255.255.255		
10	网络 ID 16 位	主机 ID 16 位
C 类网络 192.0.0 - 223.255.255.255		
110	网络 ID 24 位	主机 ID 8 位

网络大小示例

子网掩码	最大数量 可用的 IPv4 地址	后缀
255.0.0.0	16 777 214	/8
255.240.0.0	1 048 574	/12
255.255.0.0	65 534	/16
255.255.240.0	4096	/20
255.255.248.0	2046	/21
255.255.252.0	1022	/22
255.255.254.0	510	/23
255.255.255.0	254	/24
255.255.255.128	126	/25
255.255.255.192	62	/26
255.255.255.224	30	/27
255.255.255.240	14	/28
255.255.255.248	6	/29
255.255.255.252	2	/30
255.255.255.254	无	/31
255.255.255.255	无	/32

- 根据所用输入窗不同，有三种定址方式：
  - **分开的书写方式：**

    IP 地址： 192.168.2.34

    子网掩码： 255.255.255.0
  - **单行书写方式，第 1 种：**

    192.168.2.34 / 255.255.255.0
  - **单行书写方式，第 2 种：**

    192.168.2.34 / 24

    IP 地址之后的前缀用于表示在位书写格式中子网掩码内相继出现多少个 1。

9.4.4 NAT - 网络地址转换

NAT 说明

实际情况验证了 NAT （网络地址转换）的必要性

- 全球的公司、私人网络使用相同的地址范围。
- 各个网络直接接入全球互联网是不可能的。

- 如果网络直接与互联网连接，
  则会有许多地址相同的服务器和计算机相互响应。
- 这种状况下的互联网作为全球网络也许就无法正常运作。
- 传统网络地址 IPV4 的地址空间另外还受到限制，时至今天也几乎将要耗尽。

NAT 的工作原理

- NAT 借助一个列表将私人网络的地址转换成注册的公共 IP 地址。
- 优势：
  - 公司内部网络结构在互联网内隐藏。
  - 私人网络中的计算机可保留其地址。
  - 通过 NAT 赋值仍可实现在互联网中的通讯
- 在 KR C4 中使用此功能，以便通过 VX-Works 将数据包发送给 Windows。

例如：

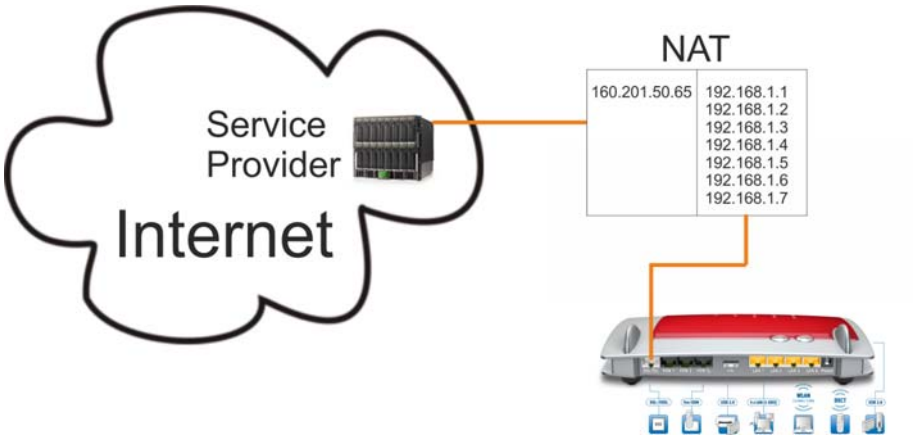


图 9-14: NAT 基本原理

- 在私人网络中使用了 IP 范围 192.168.1.x。
- 通过 DSL Dose （网关）与服务提供器建立了单独的网络
- 此服务提供器的地址为 160.201.50.65
- 它通过 DHCP 向路由从地址范围 160.201.x.x 中分配了 IP 地址。
- 所有发送到互联网的数据包均先通过服务提供器。
- 数据包的发送地址 192.168.1.x 将转换为目标 IP 160.201.50.65。
- 此时可与互联网通讯。

NAT 的类型

- **Source NAT （源地址翻译）**
  联结私人网络内部的 IP 地址，并且映射到公共 IP 地址。这种方法的缺点在于 16 位宽的端口编码只允许约 65000 个会话 （session）。
- **Destination NAT （目标地址翻译）**
  为使各种电脑里的不同服务器服务项目在一个唯一的 IP 地址下可提供使用，因此需使用目标地址翻译。即使是热点，人们有时也使用目标地址翻译，例如在访问一网页之前需将用户导引到一个登录网页时。

9.4.5 分配 IP 地址

IP 地址分配

为实现网络通讯，所有用户必须拥有单独的 IP 地址。 IP 地址可通过两种方法来分配：

- 利用 **DHCP** （Dynamic Host Configuration Protocol，即动态主机配置协议） **自动分配** | 这样，网络配置通过一个服务器来指派
- **手动分配** | 手动分配 IP 地址。

借助 DHCP 自动分配 IP 地址

DHCP 是一种管理一个 TCP/IP 网络内的 IP 地址且可将这些地址分配给各站点的协议。每个站点必须进行下列设置：

- 分配一个唯一的 IP 地址
- 分配一个子网掩码
- 分配默认网关或标准网关
- DNS 服务器地址 （*DNS*：域名系统）

每个网络点都可利用 DHCP 要求获得一个 DHCP 服务器的地址配置，然后自动进行配置。这样，IP 地址不再需要手工式的管理和分配。

手动分配地址

- 手动输入时，所有这些参数均须在每个客户端分别输入。
- 不是位于同一网络里或者路径不明的所有数据包均会发给**默认网关**。
- 为使默认网关获得响应，其必须处在同一网络内。
- 倘若没有配置默认网关，数据包也就没有离开网络的路径。

借助 DHCP 分配 IP 地址的方法

本学习单元举例说明在一台笔记本电脑 （操作系统 WIN 7）上分配 IP 地址的方法。

1. 在 Windows 中调用**控制面板 > 网络连接 > 网络和共享中心**。
2. 调用适配器设置更改 （1）。

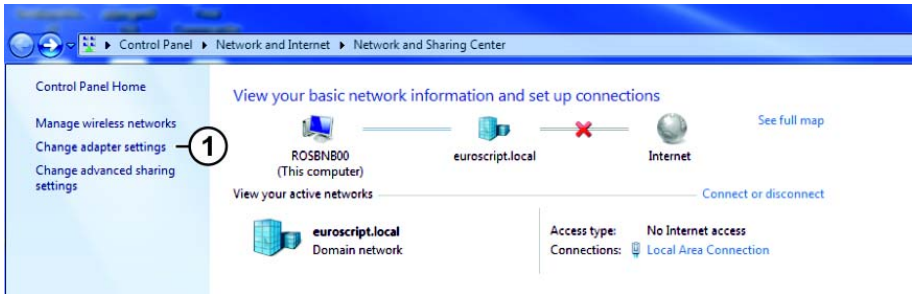


图 9-15：网络和共享中心

3. 用鼠标指定正确的 LAN 卡，并双击打开

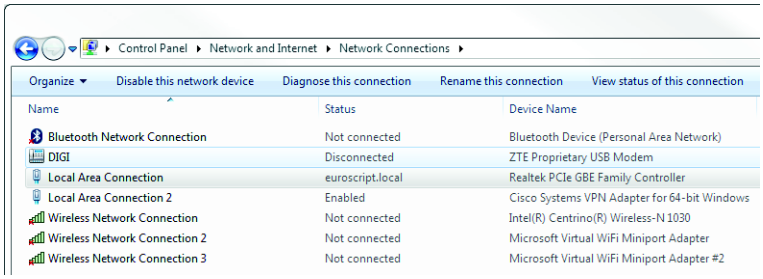


图 9-16：网络连接

4. 在窗口 **LAN 连接状态**中点击**属性**设置
   将其打开需要有管理员权限。

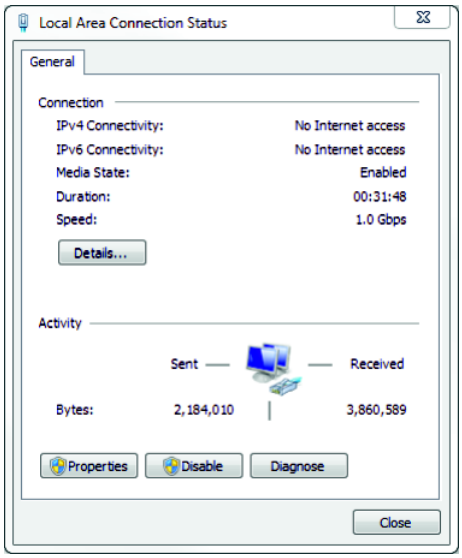


图 9-17: LAN 连接状态

5. 在选项卡网络中标记**网络协议版本 4 (TCP/IPv4)**。
打开所选的**属性**。

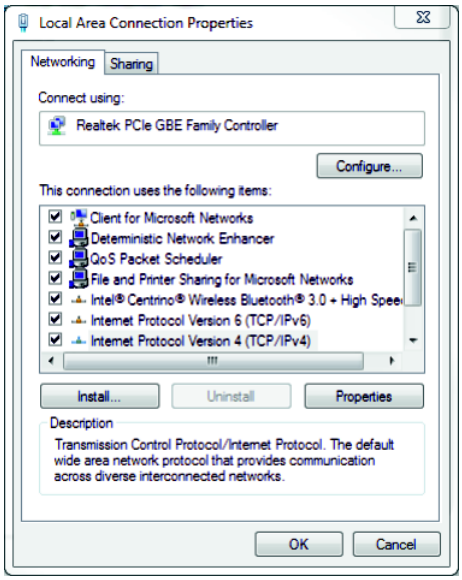


图 9-18: 网络连接的属性窗口

6. 点击**属性**键。

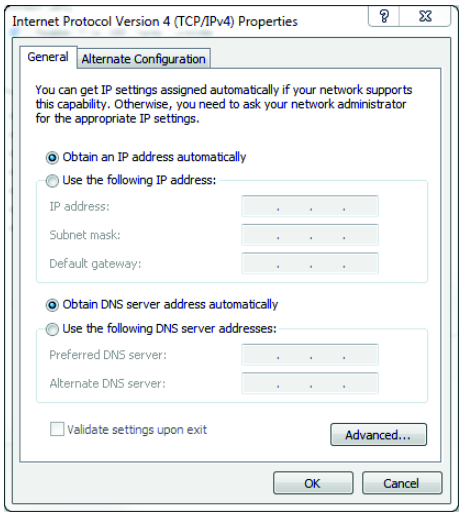


图 9-19：互联网协议的属性窗口

7. 单选钮必须是**自动获得**。
8. 使用 **OK 键**关闭所有窗口。

借助备用配置分配 IP 地址的操作步骤

在选项配置方面，网卡会始终尝试先从 DHCP 服务器获得一个 IP 地址。如果在一定时间内无法获得，那么就将自动载入选项配置。

在这种方法中，不再进行 DHCP 与手动配置之间的持续切换。

1. 重复步骤 1 至 4
2. 点击选项卡 “ 备用配置 ”

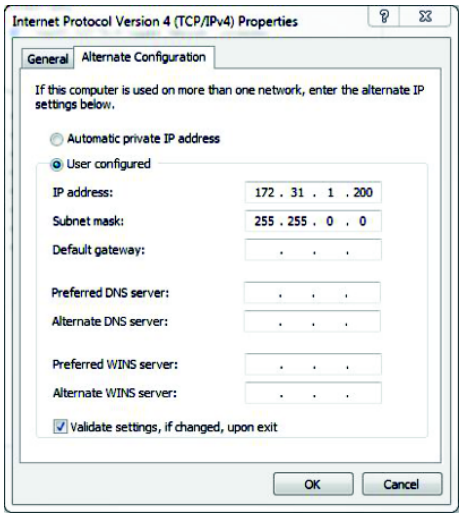


图 9-20：备选配置的属性窗口

3. 在 “ 用户配置 ” 时输入 IP 地址及相应的子网掩码。（本例中的 IP 地址为任选。）

检查 IP 地址

通过 “LAN 连接 ” 状态窗口显示当前的网络连接。

虽然已分配一个可选的 IP 地址，但仍然激活了自动 IP 地址。

自动分配的网络地址只在特定时限内有效。 过期后 （有效时间）将会出现以下情况：

- 如果用户仍然在网络里活动： 延长有效时间。
- 如果用户已离开网络：在下次登录网络时将被分配新的 IP 地址和有效时间。

1. 重复章节 （>>> ″检查 IP 地址 ″ 页码 162）的第 1-4 步骤：
2. 点击按键**详情**。

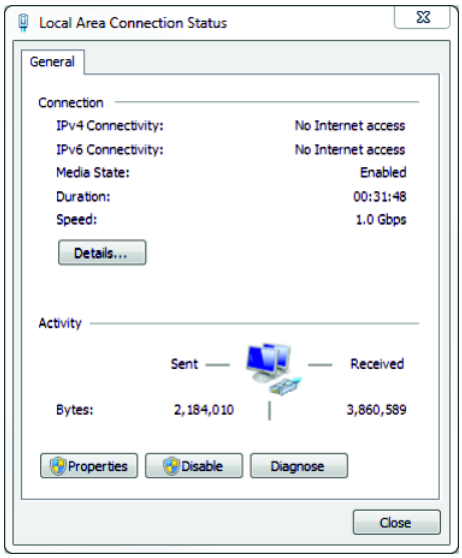


图 9-21: LAN 连接状态

3. 将会显示出建立的网络连接详细信息:

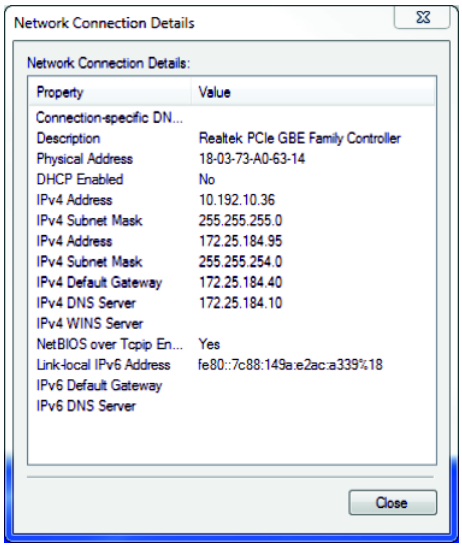


图 9-22: 有效时间

9.4.6 打开 DOS Shell

CMD.exe

- 利用 “CMD.exe” 指令 （在 Windows 环境按序执行：**开始** -> **执行**）可打开输入窗口。
- 窗口里可见一个命令行解释程序 （也叫 *Terminal* 或 *Shell*）的输入栏，里面可输入文本式指令。
- 这种指令用于创建一份可执行电脑或操作者相关行动的可执行文件 （*.bat）。
- 重新按动鼠标右键后可重复激活一字行。

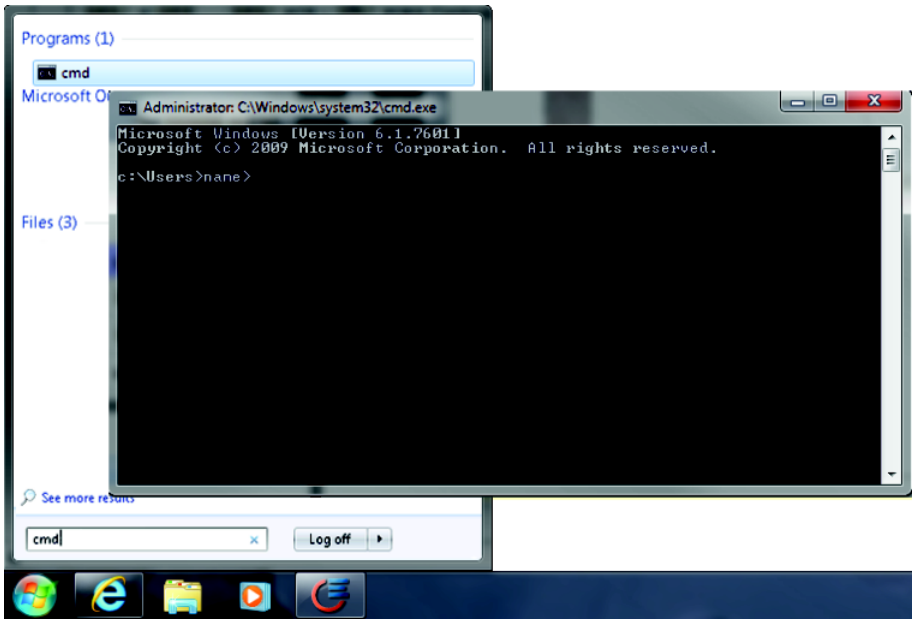


图 9-23: CMD.exe

操作步骤

1. 点击 Windows 系统的【开始】键
2. 点击【运行】键
3. 输入 cmd 并然后按【Enter】确认
4. 现在可输入 DOS 指令
5. Shell（外壳）可利用指令 “exit” 或点按右侧的 X 符号关闭

9.4.6.1 植入 DOS 指令

IPconfig 的工作原理

- *ipconfig* 可显示 TCP/IP 网络的所有最新配置值，并可更新 DHCP 设置－*动态主机配置协议*和 DNS 设置－*域名名称系统*。
- 在没有参数的情况下，*ipconfig* 可显示每个适配器的 IP 地址、子网掩码和默认网关。

ipconfig

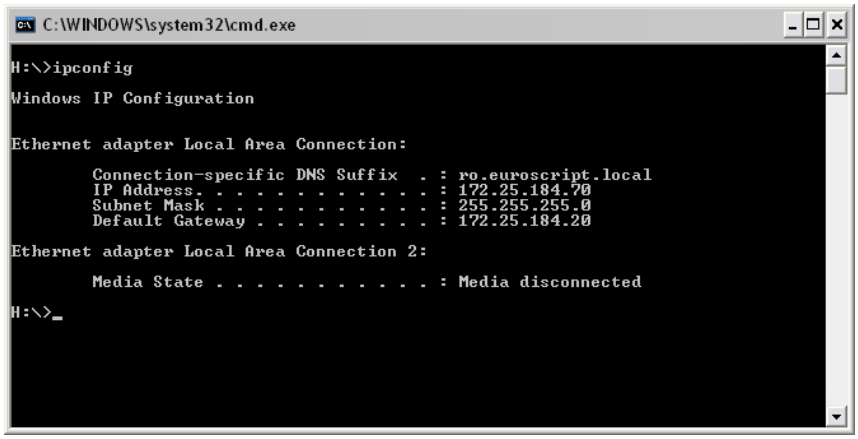


图 9-24: 指令：ipconfig

参数	说明
ipconfig /?	表列各种帮助
ipconfig	显示所有适配器的标准信息
ipconfig / all	显示所有适配器的所有信息
ipconfig /release	IP 地址对所有适配器开放

参数	说明
ipconfig /renew	更新所有适配器的 IP 地址
ipconfig /displaydns	显示 DNS 服务器的信息

ipconfig/release 和 *Ipconfig/renew* 必须总是结合起来使用。

- 利用所述的 DOS 指令，只能询问 Windows 环境下显示及管理的网卡。
- 该项可通过一台外置台式电脑 / 手提电脑或在 KR C2 上执行。
- 因此 KR C4 控制系统里的 DOS 指令不能直接达成既定目的，而只是在特定条件下方能使用。
- 唯一显示的 IP 地址 *192.168.0.1* 是 VX-Work 主系统结合 Windows 操作系统标准网关 *192.168.0.2* 的 IP 地址。
  另见：（>>> 图 9-27 ）

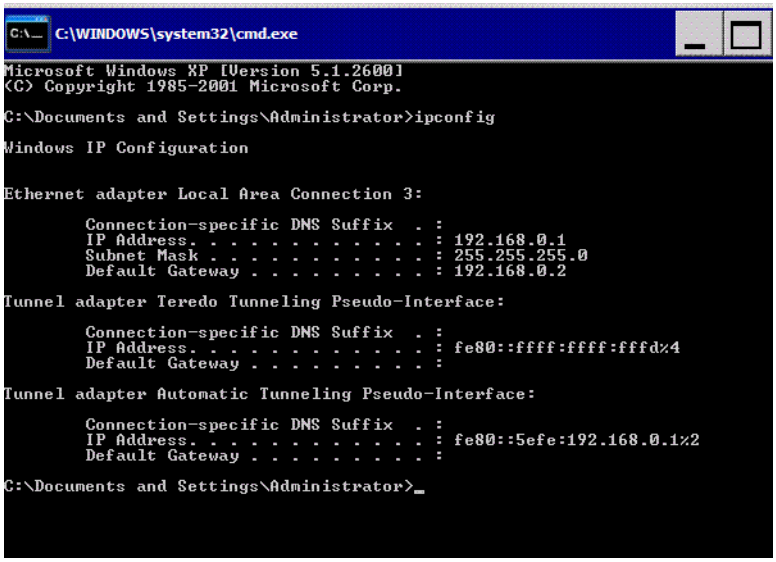


图 9-25: KR C4 上的指令：ipconfig

需调出 IP 地址和子网掩码时，只可直接通过库卡 HMI 的菜单项**诊断－诊断监视器 － KLI**（virtual5/virtual6）查询或利用一个 Telnet Shell 进行查询。

操作步骤

前提条件： DOS Shell 已打开

1. 在光标位置输入 “Ipconfig” 指令，然后按【Enter】键确认。
2. 查找各种以太网适配器，然后评估其显示信息，例如：“ 以太网适配器无线网络连接 2” - 没有连接。
3. 此 Shell 命令行可利用指令 “exit” 或点按右上侧的 X 符号予以关闭。

Ping 的工作原理

- 通过发送响应请求，【*Ping*】指令可检查设备与 IP 层面另一 TCP/IP 电脑的连通性。
- 相应的响应接收情况将与时间信息一起显示出来。
- *Ping* 是处理连通性、可达性和名称解析等方面问题的一个有用 TCP/IP 指令。

ping

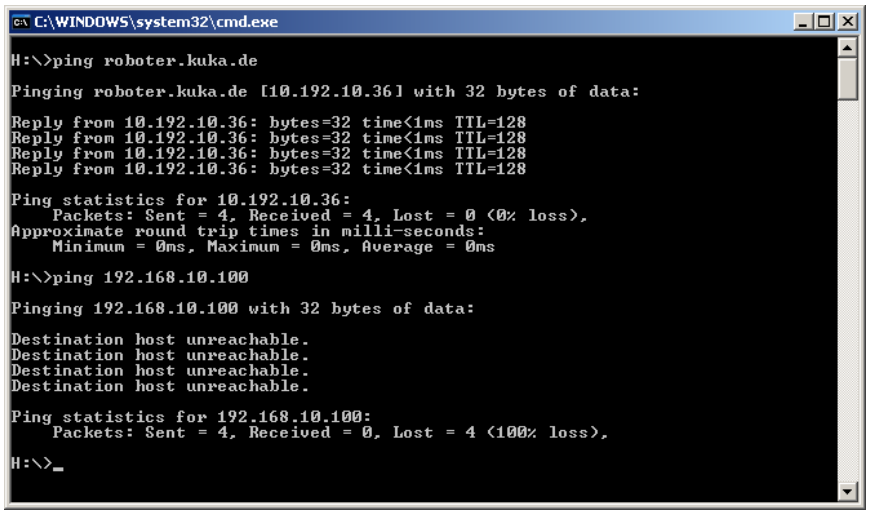


图 9-26: 指令：ping

参数	说明
ping	表列各种帮助
ping-t	【*ping*】在出现一个中断之前被传送到目标位置
ping-n	给出需予以传送的回应要求数量，其中默认值为 4 个

操作步骤

前提条件：DOS Shell 已打开

1. 在光标位置处输入 “Ping” 指令，其后空格，然后输入 IP 地址或 UNC 名称，再用 【Enter】键确认。
2. 评估显示出来的信息，例如：“ 已发送、已接收、丢失数据包 ”。
   检查 IP 地址里的名称解析。
3. 此 Shell 命令行可利用指令 “exit” 或点按右上侧的 X 符号予以关闭。

9.5 在 KR C4 中使用协议和 IP 地址

TCP/IP 与 KR C4 网络的互联关系

- 在 KR C4 控制器里，同样须对 IP 地址进行分配。
- 当客户希望与 KR C4 控制器通讯时，可通过 KLI （库卡线路接口）来进行。
- 借助该网卡，客户可与多个不同的 IP 协议进行通讯。
- 如果与 PLC 交换数据，可使用例如工业以太网或者以太网 IP 。
- 不过利用同一局域网卡同样也可建立与存档服务器的连接，或者从一台服务用笔记本电脑建立一个连接。
- 因此，库卡内部已将这些硬件接口分配给多个不同的 IP 网络。

基于以太网的现场总线

- 根据现场总线协议，控制器 / 主设备 / 扫描仪可以管理多于 256 个用户。为了对所有的设备 / 从设备 / 适配器作出应答，必须扩展 255.255.**0.0** 上的子网掩码。
- 控制器 / 主设备 / 扫描仪 /DHCP 服务器给所连接的用户分配 IP 地址。 为此，可以为现场总线建立一个单独的 IP 范围。
  在此说的是 VLAN *虚拟局域网*。 (>>> ″在 HML 上实行 KLI 配置″ 页码 168)

IT 连接

- 为确保数据备份或 Work Visual 的正常运作，KR C4 控制器应设于一个办公网络内。
- 数据存档服务器上的文件存取将通过 KR C4 实现。
- 无需新的网络。
- 通常，IP 地址由一台服务器自动分配。
- 视客户端具体数量而定，需找出相应的 IP 地址和子网掩码。

9.6 KLI 一库卡线路接口

在此示教单元里将介绍下列内容：

- KLI 一*库卡线路接口*配置
- KLI - *库卡线路接口*诊断

9.6.1 KLI 配置

KLI （virtual5）说明

- KLI 是用于耦联主控层面的接口，
- 它将外部与 IT 连接组合成一体。
  - 可实时进行现场总线通讯
  - 非实时的 IT 通讯
- 可与一个工业以太网转换器及 / 或一个客户网络以太网转换器相连接。
- KLI 始终与 VxWorks 侧进行通讯。
- 与 Windows 只可通过选定的端口才能连接，
  - 具体端口已在 KSS 8.x 出厂时预设完毕。
  - 这种连接可通过存档功能、文件共享功能、远程桌面协议或 WorkVisual 来建立。
- 对这种设置可直接在 HMI 里进行编程：

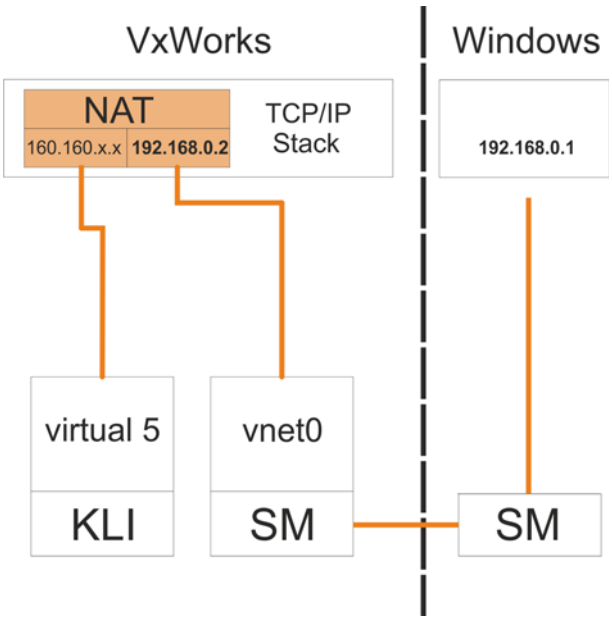


图 9-27: KLI 内部结构

名称	说明
KLI	KUKA Line Interface （库卡线路接口）
SM	共享存储的驱动程序 VxWork 和 Windows 之间的虚拟网络接口

名称	说明
virtual 5（虚拟 5）	VLAN 5 通过 KLI 接口
vnet0	VxWorks 逻辑虚拟接口至 Windows 层面

在标准供货方案中，KLI 已默认设置为静态 IP 地址 172.31.1.147。

KLI 的运作方法有两种：

- 用一个**静态** IP 地址
- 用一个**动态** IP 地址

在 HML 上实行 KLI 配置

- 通过 HMI 的相应助手来支持 KLI 接口配置。
- 需要专家用户组权限。
- 配置过程中存在的错误用红色标出，且不能保存。
- 有配置的标准界面和详细界面可用。
- 在标准界面里，只能对 Windows 接口（用于耦联办公网络）进行配置。
- 通过详细界面则还可配置虚拟网络。
- **菜单路径：** *KUKA 键 > 投入运行 > 网络配置*。

图 9-28: KLI-HMI virtual5

地址类型	含义
动态 IP	所有设置只经一个 DHCP 服务器执行
固定 IP	IP 地址 子网掩码 默认网关必须单独设置
没有 IP	暂时屏蔽一个接口
实时 IP	Roboteam
混合 IP	特殊技术功能包配置

如已将虚拟网络 *virtual5* 设定为 **DHCP**，则**无法进行工业以太网通讯**。
PROFINET 通讯仅可通过 *virtual5* 实现。

对于 **EtherNet/IP**，除了**固定 IP 地址**以外，**DHCP** 也可用于 *virual5*。

- 点击按键**激活**。
- 将显示详细界面的配置页。

图 9-29: 网络配置：Virtual 5

接口	接口	含义
virtual 5	名称	接口名称，例如：工业以太网
	地址类型	固定 IP 动态 IP 没有 IP 实时 IP 混合 IP
	IP 地址	手动输入工业以太网的 IP 地址
	子网掩码	手动输入子网掩码
	默认网关	手动输入默认网关
	Windows 接口	确定在设定该接口时 NAT 规则是否有效。 只配置一个接口时通常都是这种做法。
实时接收任务	工业以太网接收信号过滤器	不能调整的特殊工业以太网端口
接收任务	数据包接收过滤器	全部接受 - 接受所有数据包 目标 IP 地址 - 只为该 IP 地址接收数据包

- 点击**接口**键可添加新的虚拟接口 **virtual6**。

- 当工业以太网或 EtherNet/IP 和办公网络需使用相互独立的 IP 区域时，就需要添加该接口。

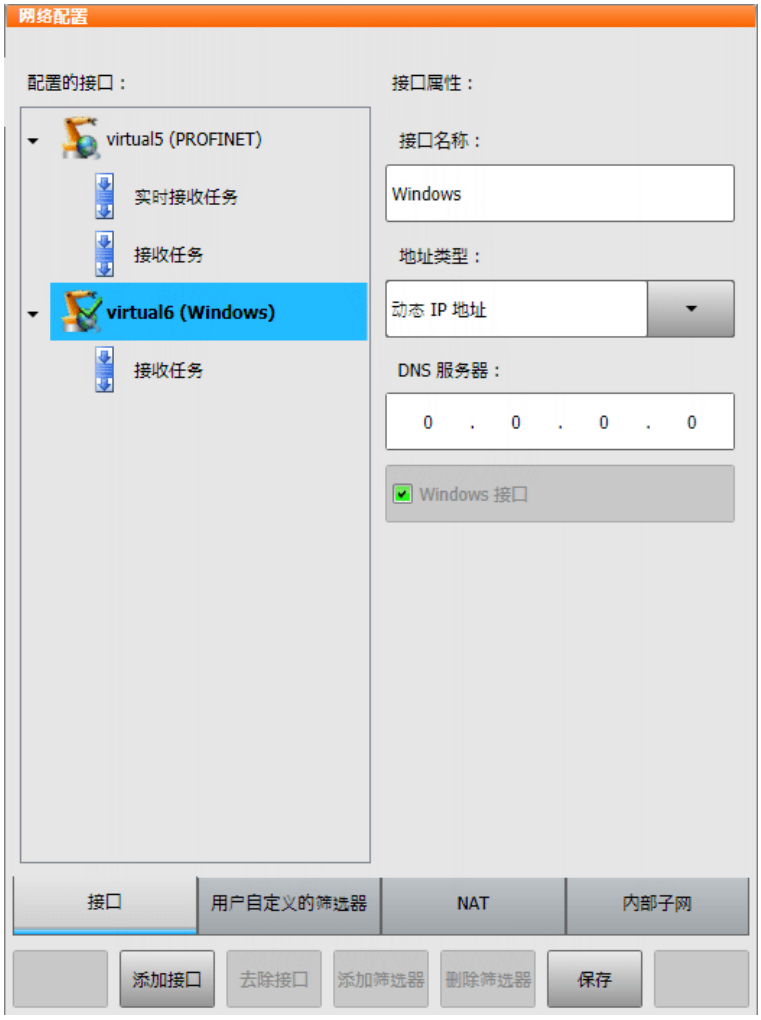


图 9-30: 网络配置：Virtual 6

接口	接口	含义
virtual 6	名称	接口名称，例如：办公网络
	地址类型	固定 IP 动态 IP 没有 IP 实时 IP 混合 IP
	IP 地址	手动输入工业以太网的 IP 地址
	子网掩码	手动输入子网掩码
	默认网关	手动输入默认网关
	Windows 接口	确定在设定该接口时 NAT 规则是否有效。 存在两个接口时必须手动选择。
接收任务	数据包接收过滤器	全部接受 - 接受所有数据包 目标 IP 地址 - 只为该 IP 地址接收数据包

其它设定

所有其他选项卡均需要**深度系统和网络知识**。

用户自定义的筛选器

图 9-31: 用户自定义的筛选器

- 客户定制的筛选规定可通过选项卡进行预定。
- 为此可使用按键**添加筛选器**和**删除筛选器**。
- **PROFINET 筛选器**已预先定义：

过滤器	过滤器类型	参数
0	EtherType	33024
1	EtherType	34962

NAT

图 9-32: NAT

- 此配置页包含了所有 NAT 规则，用于在 VxWork 和 Windows 7 之间进行数据包传输
- 这些均可根据客户需要进行调整。
- 所有的 49xxx 端口均用于与 WorkVisual 通讯。
  如果删除了一个端口，则相应的在线功能 （示波器）也不再可用。

内部子网

图 9-33: 内部子网

- 此处内部子网区域可与 Missing inline element 'emphasis'. **库卡机器人有限公司**（或系统集成商 / IT 部门）协商定义。
  - **SM** – *共享存储的驱动程序*
  - **KSB** – *KUKA 系统总线*
- **只有**与现有 IT 网络地址区域出现冲突时才会需要。

检查 KLI 配置

参见诊断监视器章节：（>>> ″网络接口：KLI″ 页码 332）

9.6.2 应用网络环境中的 KR C4

示例

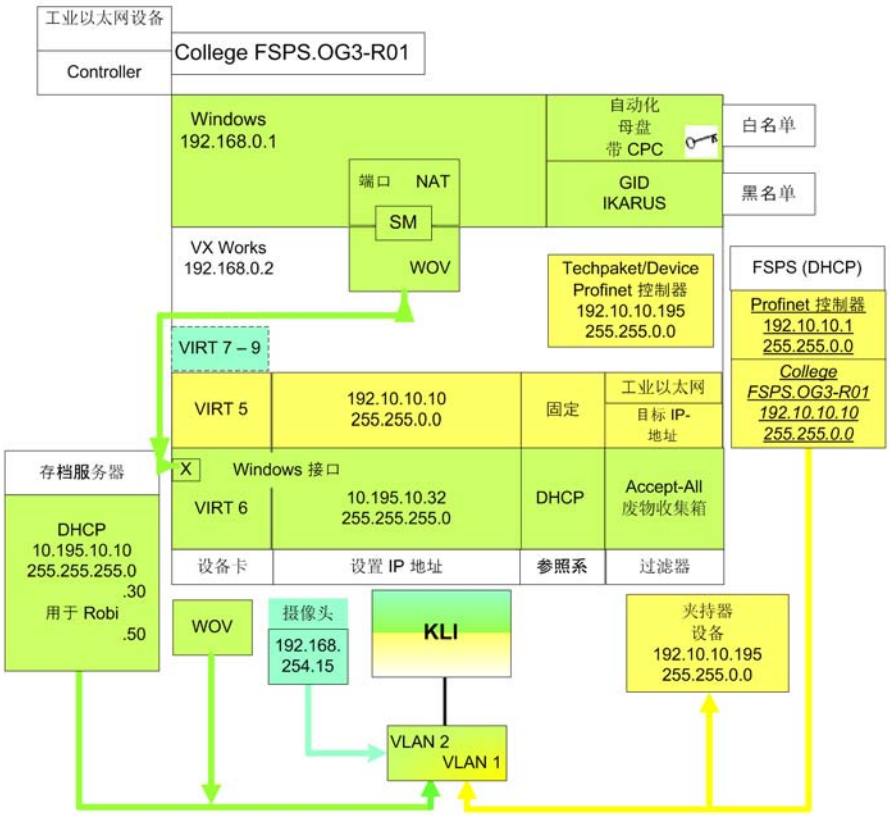


图 9-34: 全功能一体机

此例中下列网络用户通过 KLI 接口与 KR C4 进行通讯：

- 存档服务器
- 装有 WorkVisual 的笔记本电脑
- 视觉系统 （摄像头）
- PROFINET 控制器 （PLC）
  - PLC 功能，用于通过 PROFINET 现场总线输入 / 输出端
  - F-PLC 功能，用于通过 PROFIsafe 的安全输入 / 输出端 （例如紧急停机）。
- PROFINET 设备 （夹持器）

KR C4 中作为虚拟网络配置：

Virual 5	Virtual 6	Virtual 7
固定 IP	DHCP	固定 IP
PROFINET PROFIsafe	Windows	Vision 视觉系统

9.7 库卡服务接口 （KSI – KUKA Service Interface）

说明

- 自版本 **KSS 8.3** 以上，**KSI** – *KUKA 服务接口* 的 CCU 上均可选配 **X43**（1）用于将手提电脑连接到控制器。
- 这将通过网络电缆代替 **KLI** – *KUKA 线路接口* 连至 CSP （2）。

图 9-35: KSI 接口

序号	说明
1	X43 KSI – *KUKA Service Interface*
2	连接到 CSP – *Control System Panel*（控制系统操作面板）

优势

- 根据情况不同无需 KLI Switch。
  - 例如同时存在 PROFINET 或经 KLI 的 EtherNet/IP 接线时，可方便地将服务手提电脑插接于 KSI 上。
- KSI 的作用如同 DHCP 服务器。
  - 通过 KR C4 经 DHCP 自动建立服务手提电脑的连接。
  - 前提条件： DHCP 在服务手提电脑上已经激活。

地址范围

- **控制系统地址：**
  IP 地址： 172.17.255.1
  子网掩码： 255.255.255.0
- **动态分配 IP 时服务手提电脑的地址范围：**
  IP 地址： 172.17.255.128 至 172.17.255.254
  子网掩码： 255.255.255.0
- **静态分配 IP 时服务手提电脑的地址范围：**
  IP 地址： 172.17.255.2 至 172.17.255.127
  子网掩码： 255.255.255.0

出于 IT 安全原因，不可将 KSI 与生产线 / 客户 IT 相连接。
KSI 有固定的网络地址，若与多台控制器联网则会出现地址冲突。

9.8 练习：配置 KLI 接口

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- 根据 IT 规定配置 KLI 接口

练习内容

- 根据培训师规定配置控制柜的 KLI - 库卡线路接口。
  必须为现场总线连接使用 VLAN5。

IP 地址	
子网掩码	

- 借助 DOS 命令测试网络连接。
- 为此使用您的培训笔记本电脑。

在第一步中可以忽略信息窗口中的错误信息。在 WorkVisual 中对硬件进行项目设置。

10 选项：VRP - 虚拟远程挂件

10.1 Virtual Remote Pendant

说明

- 在 KR C4 中，Microsoft RDP（远程桌面协议）服务无法通过 KLI（库卡线路接口）使用。
- KLI 是一个由 VX-Works 管理的接口。
- 单点控制**无法**通过 Microsoft RDP 得到保证。
- 备选软件 “KUKA Virtual Remote Pendant” 建立了至 KR C4 的连接。
- 单点控制通过 “KUKA Virtual Remote Pendant”（库卡虚拟远程挂件）得到保证。
- “KUKA Virtual Remote Pendant”（库卡虚拟远程挂件）安装在一个外部 PC 上。

安装过程期间的安全指导

在安装 **VRP**- *虚拟远程挂件*期间，必须接受以下安全指导。

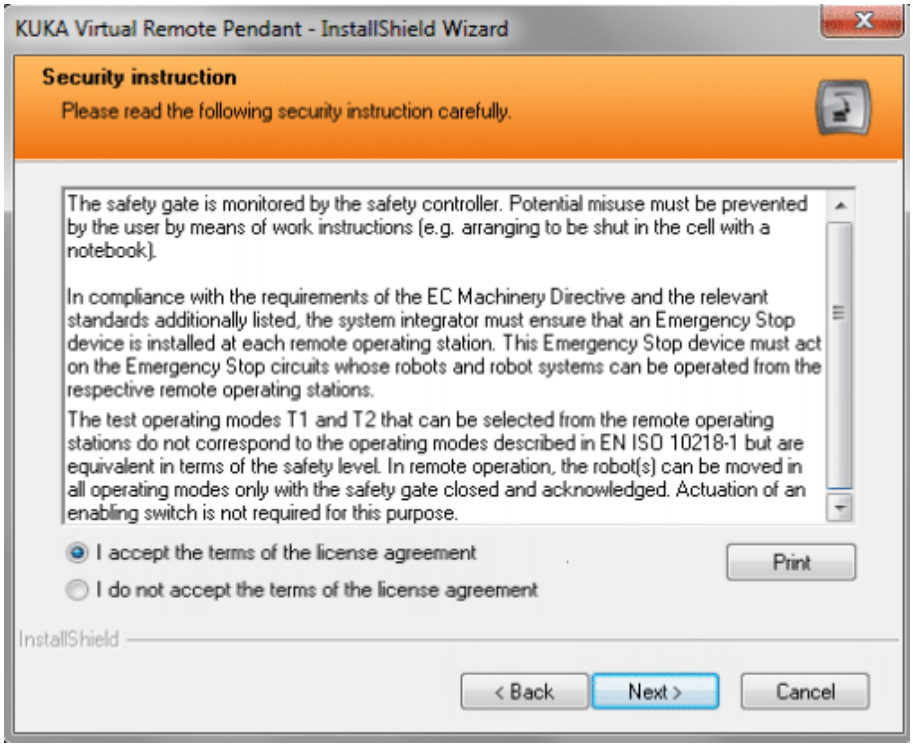


图 10-1: VRP - 安全指导

- 用户必须已阅读并理解安全指导。
- 只有在确认安全指导后，才可以进行安装。

前提条件

- 在每个远程站上都必须有一个急停装置可供使用。
- 机器人控制系统已接通并且通过网络可达。
- 机器人控制系统已选并且在会话管理器中显示。
- 防护门已关闭。
- 运行方式 EXT

只有在机器人控制系统上没有 KUKA smartPad 登录时，才能在运行方式 T1、T2 和 AUT 下进行连接。在这些运行方式下不可移动机器人。但是，可以执行不需要移动许可的操作。运行方式 AUT 与 VSS 无关。

操作界面

- “KUKA Virtual Remote Pendant”（库卡虚拟远程挂件）的操作界面最接近库卡的 smartHMI。
  在这里，只摘取“库卡虚拟远程挂件”操作界面的某些特殊部分给予说明。
- 如果使用触摸屏时，那还可用手指或触控笔对操作界面进行操作。
- 在软件“库卡虚拟远程挂件”里不再需要输入 IP 地址，因为控制系统在被使用之前必须添加到一个分组里。
- 可对网络进行扫描或者手工输入 IP 地址。

图 10-2：操作界面 KUKA.VirtualRemotePendant

- 如果已经与真实的控制系统建立了连接 (1)，则可以通过虚拟 SmartPad (2) 操作机器人。
- 通过虚拟确认键（鼠标设置旁的按键）可以在运行方式 T1 下移动机器人。

危险 必须确保在通过远程访问的计算机上提供紧急停机按钮，以在紧急情况下安全地停止设备。此外，必须确保防护门已关闭并且在机器人的工作区中没有人。不遵守可能导致重伤甚至死亡。

操作步骤

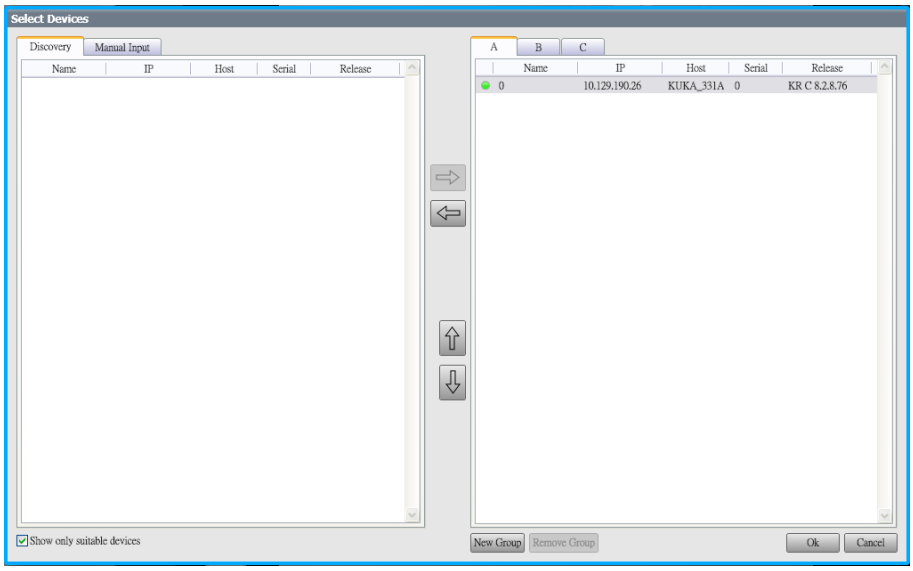


图 10-3

1. 选择菜单顺序**加工** > **选择控制系统**。窗口**选择控制系统**打开。
   在选项卡**网络搜索**中自动显示所有网络中现有的控制系统。
2. 为了只显示合适的控制系统，激活复选框**只显示合适的控制系统**。
3. 选中所需的控制系统并点击按钮**向右箭头**。
4. 所选控制系统将显示在右侧窗口。点击 OK 键。
   在会话管理器中显示控制系统。

会话管理器

通过会话管理器可以选择和操作所需的控制系统。

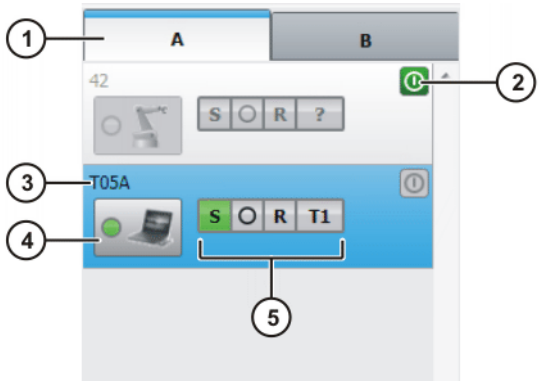


图 10-4: 会话 （session）管理器

序号	说明
1	工作表组
2	**启动**键
3	机器人名称或 IP 地址
4	**连接**键
5	状态显示 （与库卡 smartHMI 里的显示相同）

按键	说明
	VRP 已与控制系统连接。
	VRP 正在连接控制系统。
	尝试连接时出现一个错误。
	控制系统已连接一台库卡 smartPAD。
	控制系统已关机或无法连接。
	没有库卡 smartPad 连接控制系统。VRP 可以与控制系统连接。
	控制系统已关机或无法连接。
	控制系统已关闭，但未通过总开关关机。点击该键可使控制系统启动。
	控制系统已启动或无法连接。

11 安装工艺程序包 （选项）

11.1 工艺程序包的安装 （选项）

说明

- 在将项目从控制系统加载到 WorkVisual 中之前，必须确保已经安装了所有所需的工艺程序包。
- 以此确保所有所需的文件或调整已包含在项目中。
- 随着课程，它们：

工艺程序包	制定课程时的版本	培训师的版本规定
板级支持包	已安装	
GripperTech	3.2	
ProfiNet KRC-Nexxt	3.1.1	

- 如下所述，应依次安装这些工艺程序包。

在安装工艺程序包之前执行版本检查。如果没有通过此测试，则不执行安装。

PROFINET 示例上的操作步骤

1. 将 **KUKA. 工业以太网** OptionsCD 上的软件复制到**库卡 U 盘**上。
2. 将**库卡 U 盘**插入到一个空闲的 KRC4 **USB 端口**中。
3. 在 HMI 上选择**专家**用户属性。
   菜单顺序：**配置** > **用户组** > **登录** > **专家**
4. 在 HMI 上调用 **InstallTech**，
   菜单顺序：**投入运行** > **安装附加软件**，
   然后用软键**新的软件**继续。
   在此视图中显示已经安装了哪些附加软件。

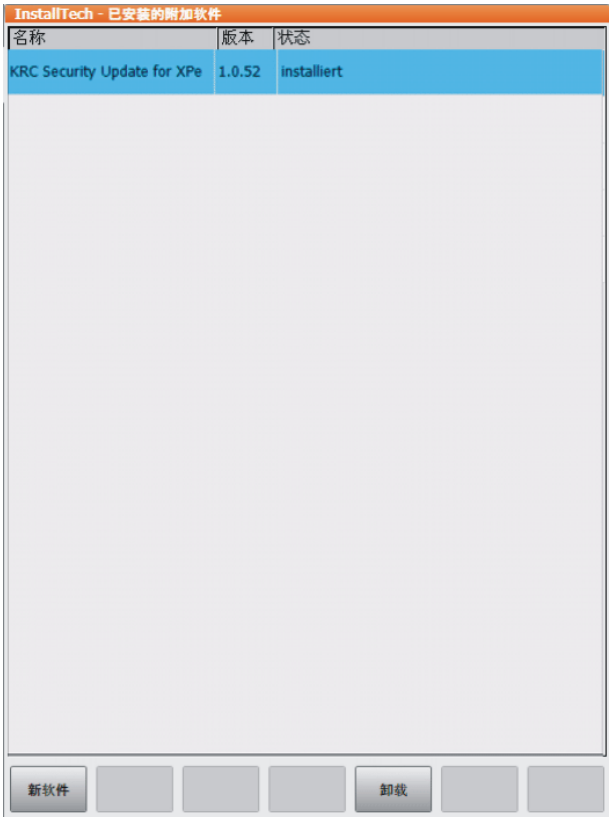


图 11-1: InstallTech — 安装的附加软件

5. 将会出现下面的菜单栏。

经由**配置**进入安装路径管理。

图 11-2: 新的软件菜单栏

6. 用**路径选择**继续。

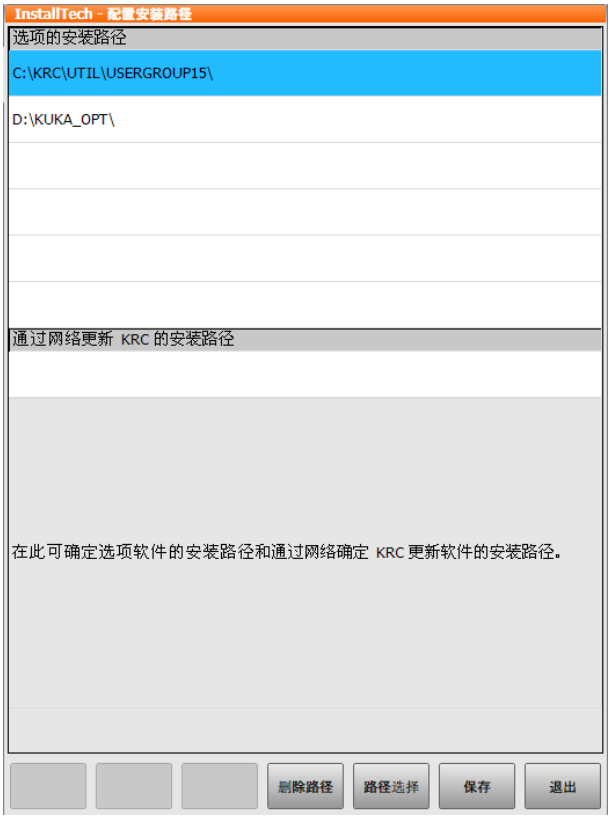


图 11-3: InstallTech — 配置安装路径 1

7. 选择安装文件夹并用软键**保存**确认。

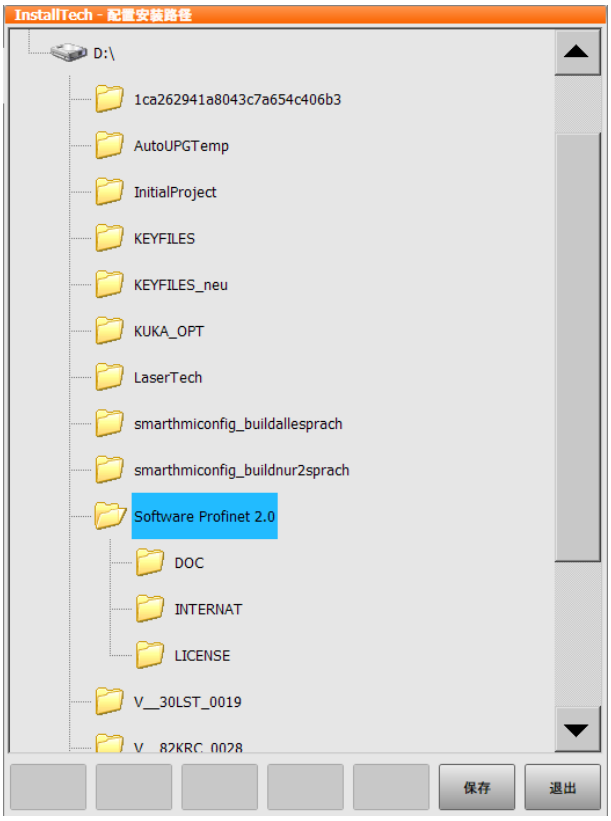


图　11-4: InstallTech — 配置安装路径 2

8. 用软键**安装**启动安装程序前，可以在**选择**窗口中对要安装的软件包再次进行检查。

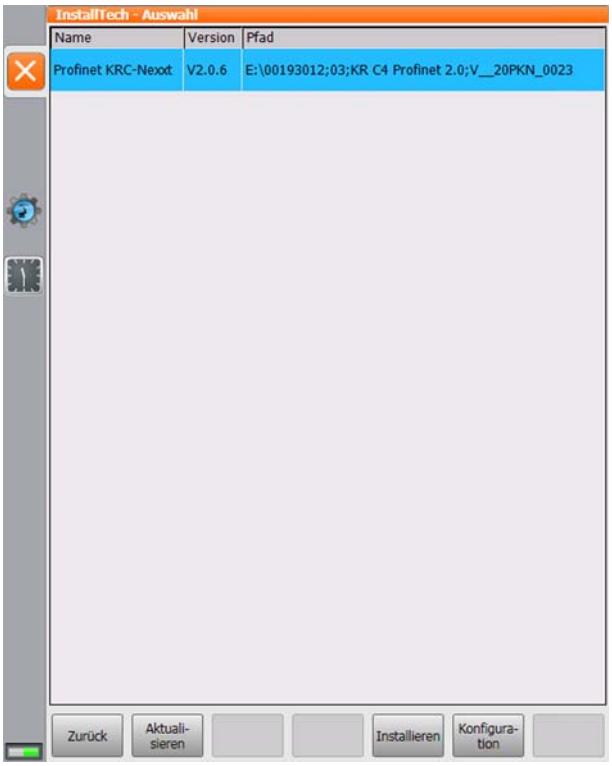


图　11-5: InstallTech — 选择

9. 到此为止，该软件包已经准备就绪。将会显示以下信息。

图 11-6: InstallTech — 确认重新启动

10. 通过 HMI 执行**冷启动**并在控制器已启动完毕后检查驱动程序是否已安装。
    - 第 1 种情况：**KUKA 键 > 投入运行 > 安装附加软件**
    - 第 2 种情况：**KUKA 键 > 帮助 > 信息 > 选项**

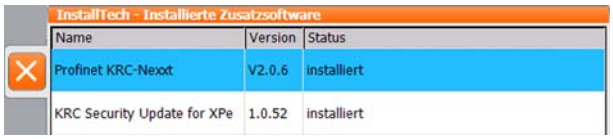


图 11-7: InstallTech — 安装的附加软件 2

必须为每个工艺程序包重复这些步骤。

11.2 练习：工艺程序包的安装

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力

- 在 KR C4 上安装所需的工艺程序包（选项）
- 检查安装是否正确

练习内容

- 借助 U 盘在控制系统上安装由培训室交付的工艺程序包。
- 检查是否正确地安装了工艺程序包。

问题

您在练习后应该掌握什么：

1. 在安装工艺程序包 / 选项时必须注意什么？

. . . . . .

. . . . . .

12 用 WorkVisual 进行工作

12.1 概览：WorkVisual

本学习单元讲授以下内容：

- 了解 WorkVisual 的开发环境
- 用 WorkVisual 进行项目管理
- WorkVisual 电脑连接到控制系统
- WorkVisual 操作界面的概览
- 将现有项目载入 WorkVisual
- WorkVisual 模式
- WorkVisual 项目结构
- 将项目传输给机器人控制系统 （安装）
- 将项目配给实际应用的机器人控制系统
- 在机器人控制系统中激活项目

12.2 产品说明

说明

库卡开发环境 **WorkVisual** 用于新式 KR C4 控制柜的综合配置。 下列功能可通过界面加以调用：

- 配置机器人运动系统，例如：附加轴
- 利用设备写入文件建立和铺设逻辑性的现场总线
- 管理输入 / 输出端的长文本
- 离线创建机器人程序
- 编辑安全配置
- 诊断功能
- 显示信息提示
- 机器人控制系统概览
- 示波器记录和评估

项目管理

- 对每项任务都可个别地进行配置和编程。
- 各项任务汇总到一个 WorkVisual 项目中，然后以一个文件的形式发送给 KR C4 控制器。
- 与此相反，完成的可用项目可以载回到 WorkVisual 操作界面接收归档或编辑。
- 传输本身则可利用传统网络连接来执行。
  KLI *库卡线路接口*或 KSI *库卡服务接口*

12.3 用 WorkVisual 进行项目管理

为调整现有项目，测量记录或用 WorkVisual 进行联机诊断，需按如下工序进行：

项目流程

1. 通过 KSI 一*库卡系统接口*将 WorkVisual 电脑连接到控制系统上。
   (>>> 12.4 "WorkVisual 电脑连接到控制系统" 页码 188)
   也可通过 KLI 一 *KUKA 线路接口*实现此连接。
   (>>> 9.6.1 "KLI 配置" 页码 167)
2. 将现有项目载入 WorkVisual。
   (>>> 12.6 "将现有项目载入 WorkVisual" 页码 190)

3. 在 WorkVisual 中激活所需模式。
   (>>> 12.7 "WorkVisual 模式" 页码 192)
4. 在 WorkVisual 项目结构中切换到所需视图。
   (>>> 12.8 "WorkVisual 项目结构" 页码 192)
5. 激活所需目录
   (>>> 12.9 "激活模板编目" 页码 193)
6. 本地保存项目
   (>>> 12.10 "在本地保存 WorkVisual 项目" 页码 195)
7. 用 WorkVisual 进行工作。
   (>>> 13 "KCB 一使用 WorkVisual 3.x 配置库卡控制器总线" 页码 221)
   (>>> 14 "设备安全" 页码 235)
   (>>> 15 "调试 PROFINET" 页码 269)
   (>>> 17 "调试 PROFIBUS" 页码 381)
8. 将项目传输给机器人控制系统 (安装)。
   (>>> 12.12 "将项目传输给机器人控制系统 (安装)" 页码 196)
9. 将项目配给实际应用的机器人控制系统。
   (>>> 12.13 "将项目配给实际应用的机器人控制系统" 页码 205)
10. 在机器人控制系统中激活项目。
    (>>> 12.15 "在机器人控制系统中激活项目" 页码 215)

12.4 WorkVisual 电脑连接到控制系统

说明

- 为了通过 WorkVisual 计算机与控制系统交换项目，必须建立网络连接。
- 对于 **KSS 8.2** 之前的软件版本，仅可使用需单独配置的接口 **KLI** – *KUKA Line Interface* (库卡线路接口)。在 KSS 8.3 上也有此接口可用。
- 对于 **KSS 8.3** 之后的软件版本，可使用新接口 **KSI** – *库卡服务接口*，此接口更加易于操作。
- 在从 KSS 8.2 更新到 KSS 8.3 之后，此接口也可兼容 "旧" 的控制系统。

将 WorkVisual 电脑插到库卡系统接口 (KSI) 上

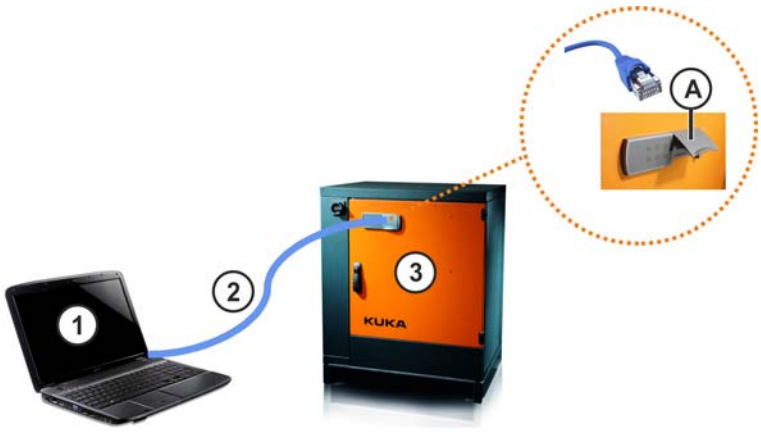


图 12-1: 通过 CSP 连接到 KSI

序号	说明
1	装有 WorkVisual 的笔记本电脑
2	网络线路
3	控制柜 KR C4
A	KSI 接口位于控制系统操作面板 (CSP) 的罩盖后面

1. WorkVisual 电脑（1）的网络设定在 **DHCP** （网络地址自动获得）上完成配置。
2. 将 WorkVisual 电脑（1）的网线（2）接到控制柜（3）的 **KSI** – *库卡服务接口* (A) 上
3. **KSI** – *库卡服务接口* (A) 位于 **CSP**– *控制系统操作面板*翻板的下面。

KR C4 给所接电脑自动分配一个 IP 地址。

小心 切勿将 **KSI** – *库卡服务接口*连接到现有的 IT 网络中。否则将导致地址冲突或功能故障！

12.5 WorkVisual 操作界面概览

- 在默认状态下，并非所有单元都显示在操作界面上，而是可根据需要显示或隐藏。
- 除了此处图示的窗口和编辑器之外，还有更多可供选用。 这些可通过菜单项**窗口**和**编辑器**显示。

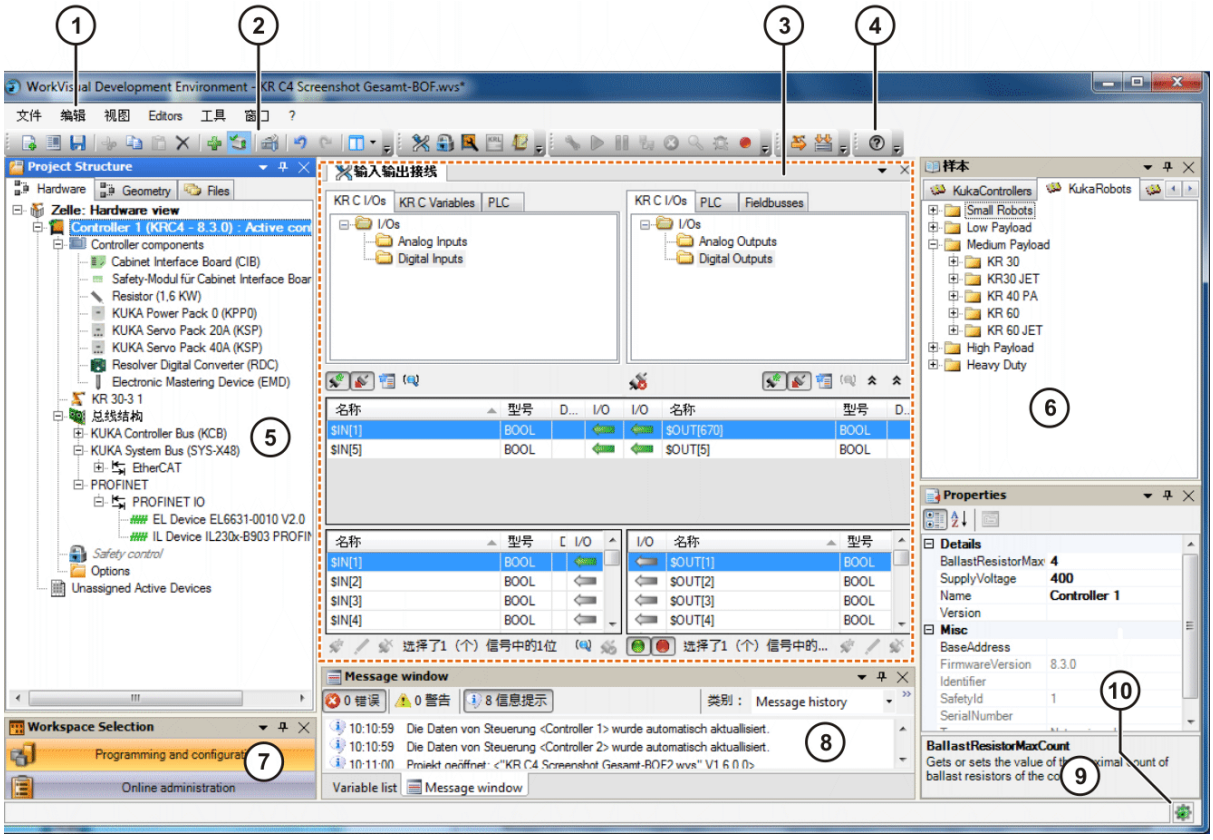


图 12-2：操作界面概览

项号	说明
1	菜单栏
2	按键栏

项号	说明
3	编辑器区域 如果打开了一个编辑器，则将在此显示。可能同时有多个编辑器打开 （如此处示例中）。 这种情况下，这些编辑器将上下排列，可通过选项卡选择。
4	“ 帮助 ” 键
5	窗口**项目结构**
6	窗口**编目** 该窗口中显示所有添加的编目。编目中的元素可在窗口**项目结构**中添加到选项卡**设备**或**几何形状**上。
7	窗口**工作范围**
8	窗口**信息提示**
9	窗口**属性** 若选择了一个对象，则在此窗口中显示其属性。 属性可变。 灰色栏目中的单个属性不可改变。
10	图标 **WorkVisual 项目分析**

12.6 将现有项目载入 WorkVisual

说明

在每个具有网络连接的机器人控制系统中都可选出一个项目并载入 WorkVisual 中。 即使该电脑里尚没有该项目时也能实现。

该项目保存在目录：…\WorkVisual Projects\Downloaded Projects 之下。

在 HMI 上显示已激活的项目

通过按下项目按键，激活的项目显示在 smartPad 上。

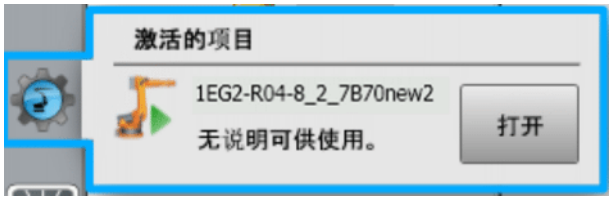


图 12-3: 在传输前已激活的项目

项目浏览器

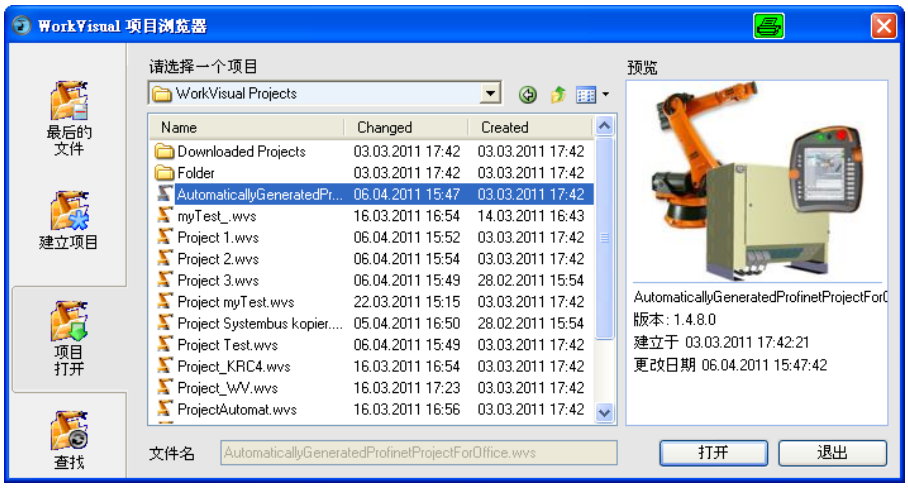


图 12-4: 项目浏览器

- **最后的文件**显示最后使用的文件
  菜单路径: *文件 > 上一次打开的文件*（通过独立的选择窗口快速读取）
- **建立项目**用于:
  - 生成一个新的空项目
  - 根据模板建立一个新项目
  - 在现有项目基础上创建新项目

  菜单路径: *文件 > 新建*
- **打开项目**用于打开现有项目
  菜单路径: *文件 > 打开项目*
- **查找**用于从机器人控制系统加载一个项目
  菜单路径: *文件 > 查找项目*

从控制系统载入 WorkVisual 项目

操作步骤

1. 选择菜单序列**文件** > **查找项目**。 **项目浏览器**随即打开。 在左侧，已选中选项卡**查找**。
2. 在**可用工作单元** (3) 区展开所需工作单元的节点。 该工作单元的所有机器人控制系统均被显示出来。
3. 展开所需机器人控制系统的节点。 所有项目均将显示。
4. 选中所需项目，并点击**打开**键。项目将在 WorkVisual 里打开。

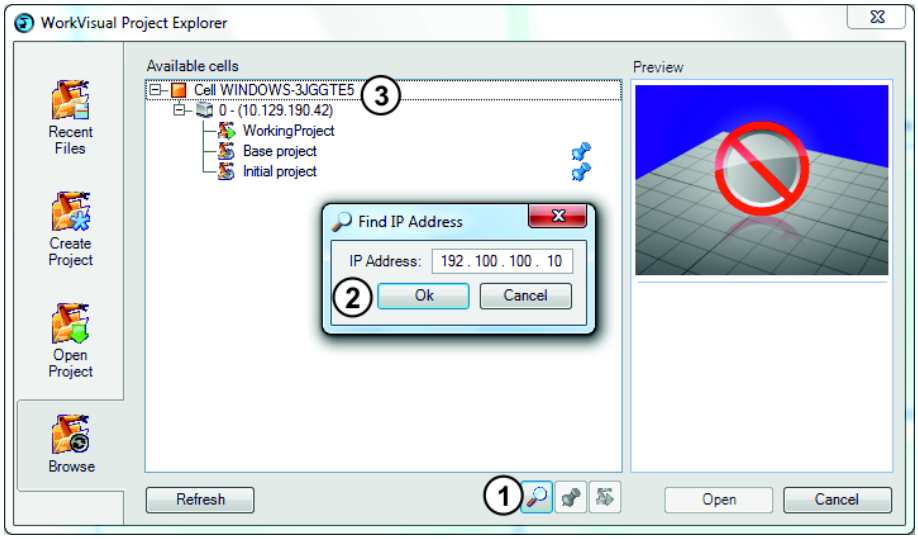


图 12-5: 查找 IP 地址

在某些情况下，尽管存在网络连接，但查找窗口中可能未显示任何控制系统。以下步骤提供补救方法：

1. 在 WorkVisual 浏览器中点击 **Lupe**（放大镜）(1) 按键。
2. 窗口 **Find IP Addess**（查找 IP 地址）(2) 打开。
3. 输入控制柜的所需 IP 地址。
4. 点击 **OK** (2) 应用 IP 地址。
5. 现在在窗口**可用工作单元** (3) 中显示控制系统。

12.7 WorkVisual 模式

说明

- 可以两种不同的模式使用 WorkVisual。
  - **编程和配置**
    项目相关的工作范围，例如：使用 KRL 编辑器工作，硬件、现场总线和安全配置配置。
  - **在线管理**
    在线诊断的范围，例如硬件诊断和测量记录。
- 视图可通过菜单项**视图**或通过窗口**工作范围**选择：
  a. 选择菜单序列**窗口** > **工作范围**。
  b. 在工作范围的窗口中点击所需的模式。激活的选择显示为橙色。

图 12-6: 窗口 “ 工作范围 ”

12.8 WorkVisual 项目结构

“ 项目结构 ” 选项卡

- **设备：**
  在选项卡**设备**中显示设备的关联性。 此处可将单个设备分配给一个机器人控制系统。

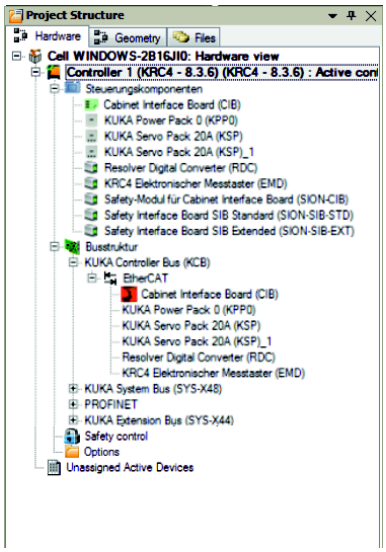


图 12-7: 例如： 控制柜配置

- **几何形状：**
  在选项卡**几何形状**中包含外部运动系统的机器参数，例如附加轴。

- **文件：**
  选项卡**文件**包含属于项目的程序和配置文件。

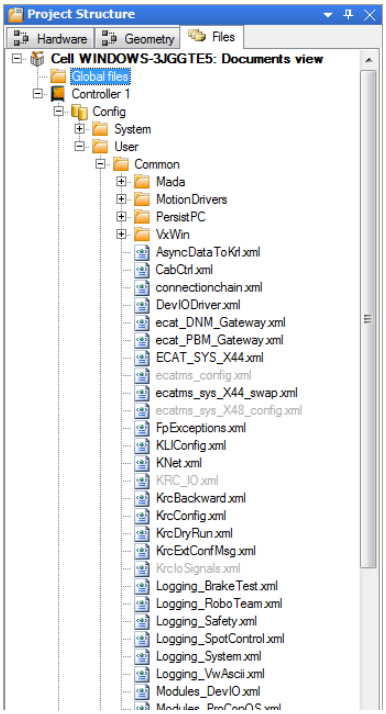


图 12-8：例如：自动生成的文件为灰色

彩色显示文件名：

- 自动生成文件 （用功能**生成代码**）： 灰色
- 在 WorkVisual 中手动贴入的文件： 蓝色
- 从机器人控制系统传输到 WorkVisual 的文件： 黑色

不得删除或篡改未知的 *.XML 文件。 项目在某些情况下可能无法激活或出现错误。

12.9 激活模板编目

说明

为了能在 WorkVisual 中执行某些功能，例如：配置或编程，需要激活相应的编目。

示例

- 应当扩展项目结构。
- 用右键点击激活的控制系统的图标，然后按 “ 添加 ”。

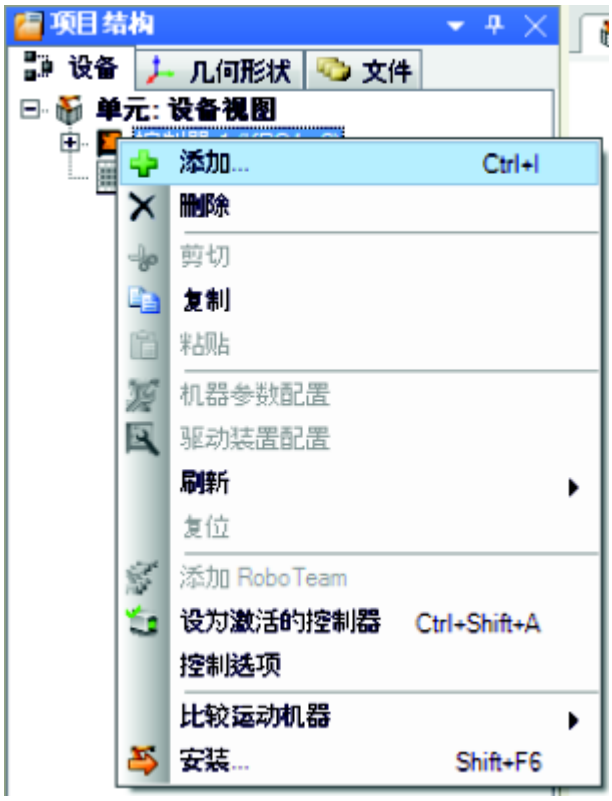


图 12-9: 扩展项目结构

- 显示信息 “ 未找到合适的元素。请添加相应的编目 ”。

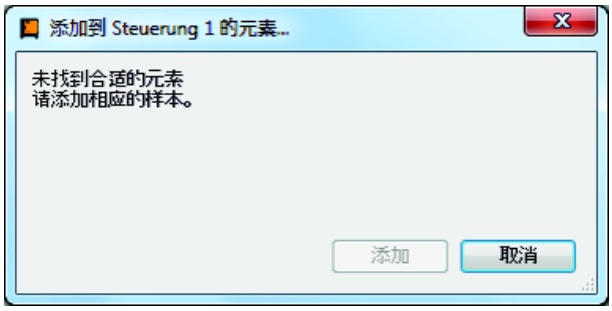


图 12-10: 故障信息

操作步骤

激活模板编目

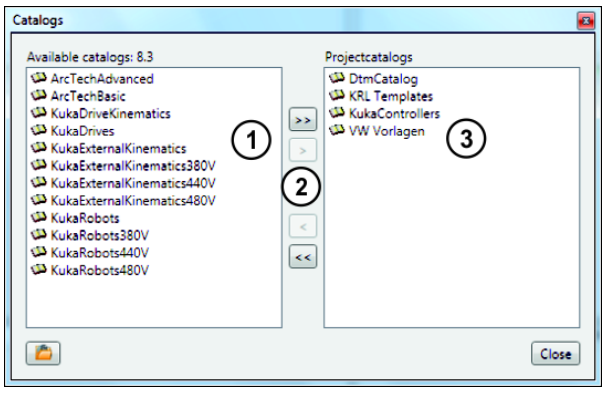


图 12-11: 添加编目

- 在使用模板前必须载入相应的编目。
- 菜单路径: **文件 > 添加编目**

- 在**可用的编目**（1）窗口中列出 WorkVisual 中已安装但尚未载入和激活的所有编目。
- 在 WorkVisual 中安装且载入的所有编目位于**项目编目**（2）窗口中。通过此编目可在激活状态下工作。
- 通过**箭头键**（2）可将编目设为激活或非激活。
- 用 WorkVisual 编程时需注意以下编目：
  - **KRL Templates**
    KRL Templates.afc
  - **VW 模板**
    VW Templates.afc

附加轴配置所需的编目

用 WorkVisual 配置时需要以下编目：

- **KUKAControllers**
- **KukaExternalAxes**
- **KukaRobots > Low PayLoad**
  根据机器人的负荷

从 KSS8.3 起，在带有以下电压的电源中不再需要外部变压器运行 KR C4：
3 相 400V、3 相 380V、3 相 440V 和 3 相 480V
根据安装地现有电压的不同，将加载合适的机器数据，使机器人在无外部变压器的情况下能够运行。

12.10 在本地保存 WorkVisual 项目

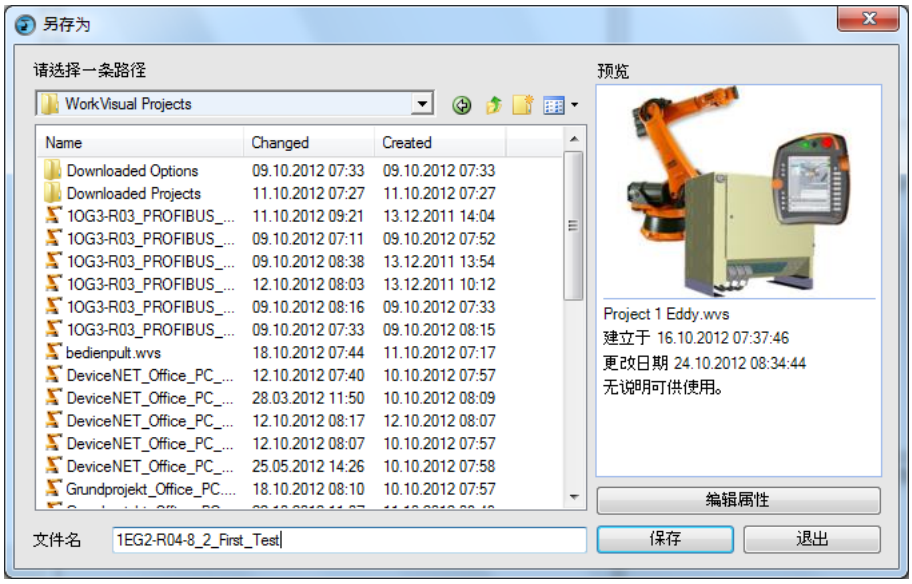


图 12-12: 保存所载入的项目

1. 将项目保存到**菜单路径：** *文件 > 另存为*。
2. 现在，输入的文件名在 WorkVisual 的标题行中以 “*” 表示；这意味着，文件还未被保存在 WorkVisual 下。
3. 在显示的资源管理器中定义项目的存储位置。
4. 在文件名输入框中输入文件名。
5. 建议通过按键**编辑属性**对项目进行简短说明或可选择地保存一个项目图片。
6. 现在，用按键**保存**将当前项目保存到预定义的文件路径中。

12.11 通过 Windows 显示详细的项目信息

说明

- 可通过 Windows 操作系统的资源管理器显示详细的项目信息。
- 为此，**不必**首先通过 WorkVisual 打开项目。

操作步骤

1. 如果要通过 WorkVisual 关闭项目，则在 Windows 7 下的标准保存路径 (1) 为：
   文件路径： *数据库 > 文档 > WorkVisual 项目 > 下载的项目*
   通过 Windows 资源管理器导航至该路径 (1) 或导航到所需的文件夹中。
2. 用鼠标选中所需的项目 (2) 并通过鼠标右键打开弹出菜单 (3)：

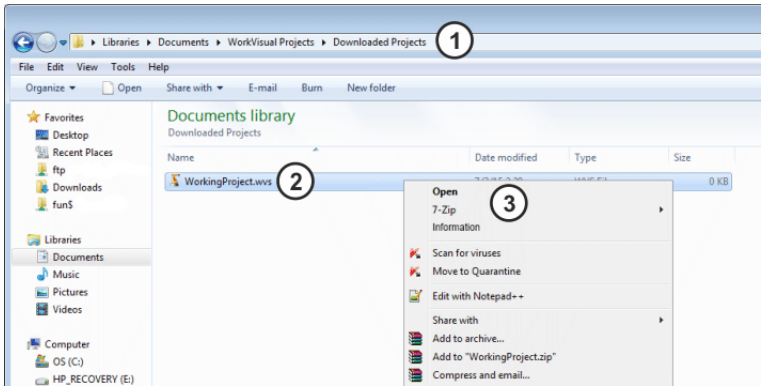


图 12-13: 调用项目信息

用鼠标在弹出菜单中点击信息。

3. 在独立的窗口中显示详细的项目信息：

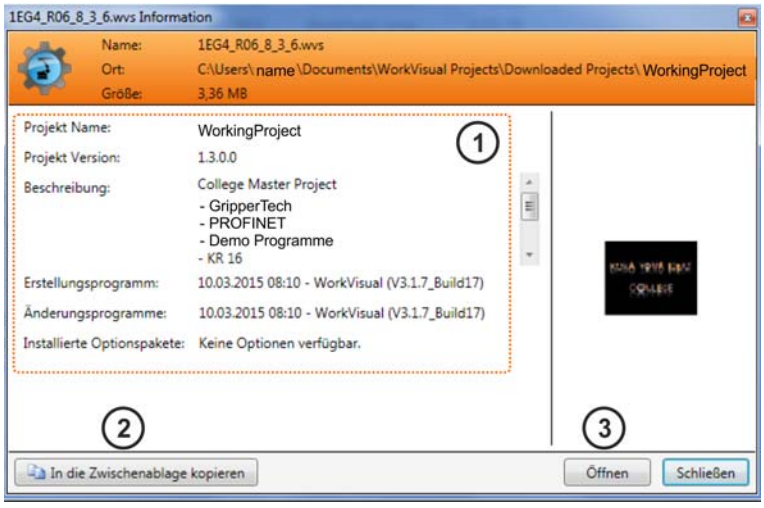


图 12-14: 项目信息

序号	说明
1	显示项目详情
2	将项目详情应用到 Windows 粘贴板中。
3	启动 WorkVisual 并打开所选的项目。

12.12 将项目传输给机器人控制系统 （安装）

说明

- 如果项目里已发生变化，则必须借助于 WorkVisual 将变化情况发送给控制系统。
- 库卡将该过程称为 **“ 安装 ”** 。
- 在将一个项目传输到机器人控制系统时，总是先生成代码。

- 与实际机器人控制系统之间的网络连接是 “ **安装** ” 的首要条件。

> 如果在实际应用的机器人控制系统上有一个项目，在先前某时已被传输但从未被激活，则会在传输另一个项目时被盖写。
> 通过某个项目的传输和激活，一个在实际应用的机器人控制系统上的同名项目被盖写 （在安全询问之后）。

功能

生成代码

- 以此步骤可单独生成代码，这样可事先检查生成过程是否无错。
- 调用可通过：
  - 按序打开菜单：**工具** > **生成代码**
  - 或者按动按钮
  - 代码在窗口**项目结构**的选项卡**文件**中显示。
    自动生成的代码显示为浅灰色。

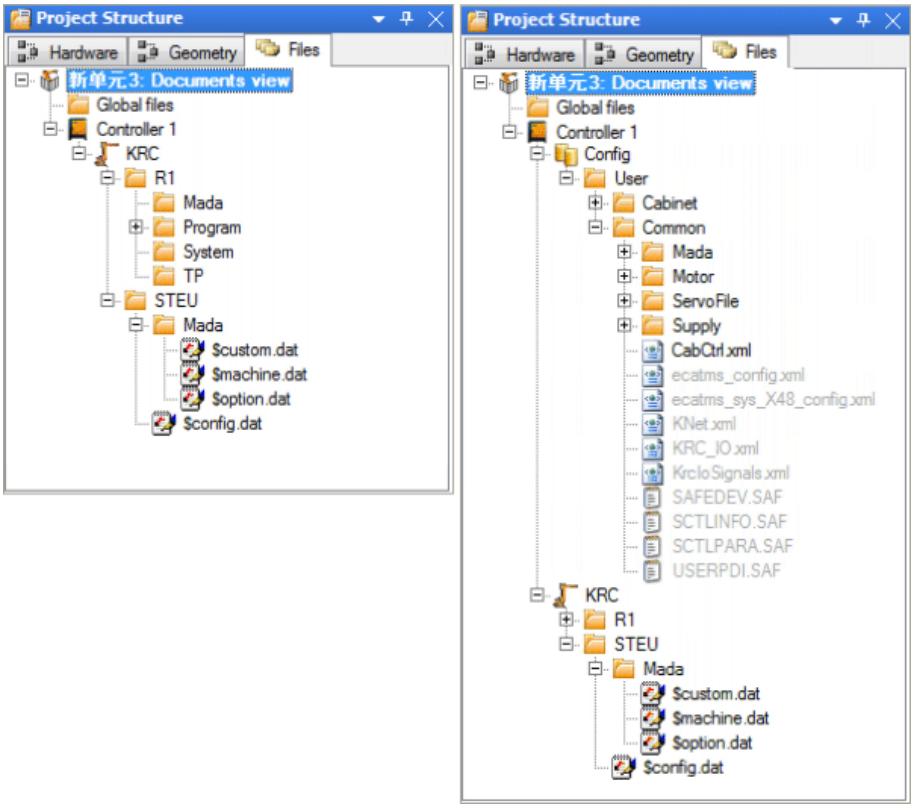


图 12-15: 生成代码示例：之前 - 之后

- 代码即生成。当过程结束时，信息窗口中显示以下信息提示： **编译了项目 <“{0}” V{1}>。结果见文件树。**

3.0 以下的 WorkVisual 版本

操作步骤

1. 在菜单栏中点击**安装 ...** 键。 **项目传输**窗口自动打开。

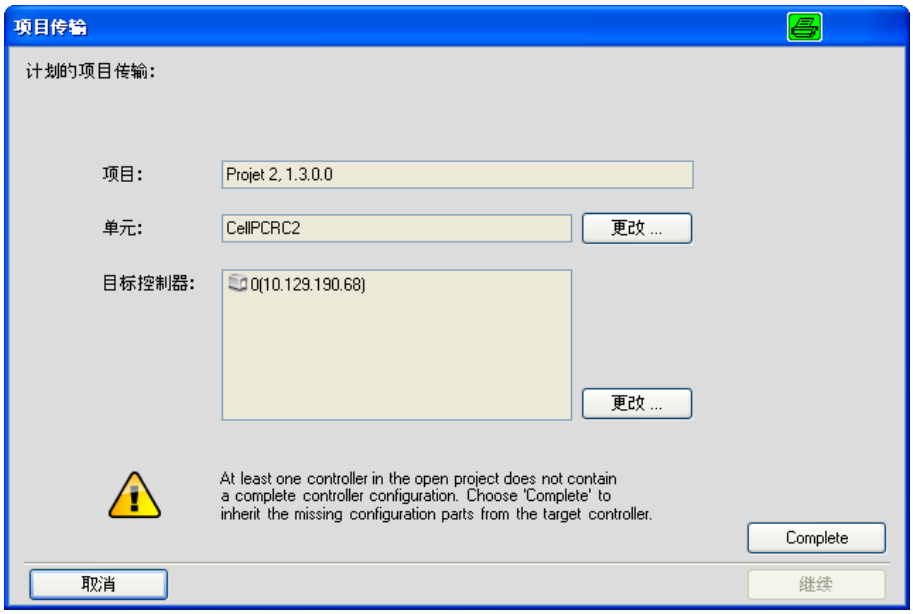


图 12-16: 不完整配置的概览及提示

2. 如果所涉及的项目还从来未从机器人控制系统回传至 WorkVisual，则它还不包含所有配置文件 （配置文件包括机器数据文件、安全配置文件和其它很多文件）。 这通过一个提示显示出来。
   - 如果未显示该提示： 继续执行第 13 步。
   - 如果显示该提示： 继续执行第 3 步。
3. 点击**完成**。 显示以下安全询问： **项目必须保存，并重置激活的控制系统！ 您想继续吗？**
4. 用**是**回答询问。 窗口**合并项目**随即打开。

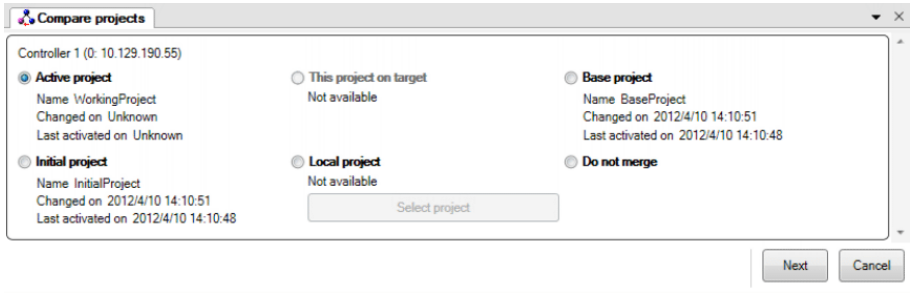


图 12-17: 选择 “ 比较 ” 项目

5. 选择一个要应用其配置数据的项目，例如一个在实际应用的机器人控制系统上激活的项目。
6. 点击**继续**。 显示一个进度条。 如果项目包含多个机器人控制系统，则显示每个系统的进度条。
7. 当进度条已填满且显示状态 **“ 合并准备就绪 ”** 时： 点击**显示区别**。
   项目之间的差异即以一览表的形式显示出来。
8. 对每种差异均应选择需采用的状态。 不必一次完成对所有差异的这种选择。
   如果合适的话，也可保留默认选择。
9. 点击**合并**，应用更改。
10. 重复步骤 8 和 9 任意多次。 这样，可逐步编辑各个区域。
    若不再有其他差异，则显示以下信息： **无其它区别。**
11. 关闭窗口**比较项目**。

12. 在菜单栏中点击按键**安装 ...** 。 重新显示单元对应概览。 有关不完整配置的提示不再显示。

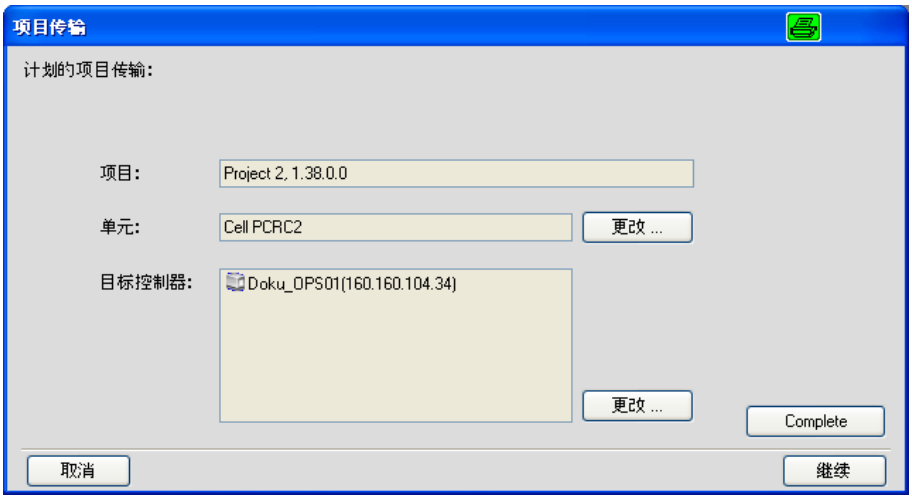


图 12-18: 概览

13. 点击**继续**。 启动程序生成。 当进度条显示 100 % 时，程序即已生成并且项目已被传输。
14. 点击**激活**。

警告	在运行方式 AUT 和 AUT EXT 状态下，只涉及程序变动的项目无需经过安全问答即可激活。

注意	激活一个项目时需要**专家**用户属性。如果在待激活的项目中有安全方面的更改，则需要带有效激活代码的用户属性**安全调试员**或者安全维护员。

15. 仅限于运行方式 T1 和 T2: KUKA smartHMI 显示安全询问*允许激活项目 […] 吗?*。 另外还显示是否通过激活以覆盖一个项目；如果是的话，是哪一个？

    如果没有相关的项目要覆盖：则需在 30 分钟之内点击**是**确认。
16. 显示相对于机器人控制系统仍激活项目而进行的更改的概览。通过**详细信息**复选框可以显示相关更改的详情。
17. 概览显示安全询问*是否继续?*。 用**是**回答。 该项目即在机器人控制系统中激活。 对此在 WorkVisual 中即显示一条确认信息。

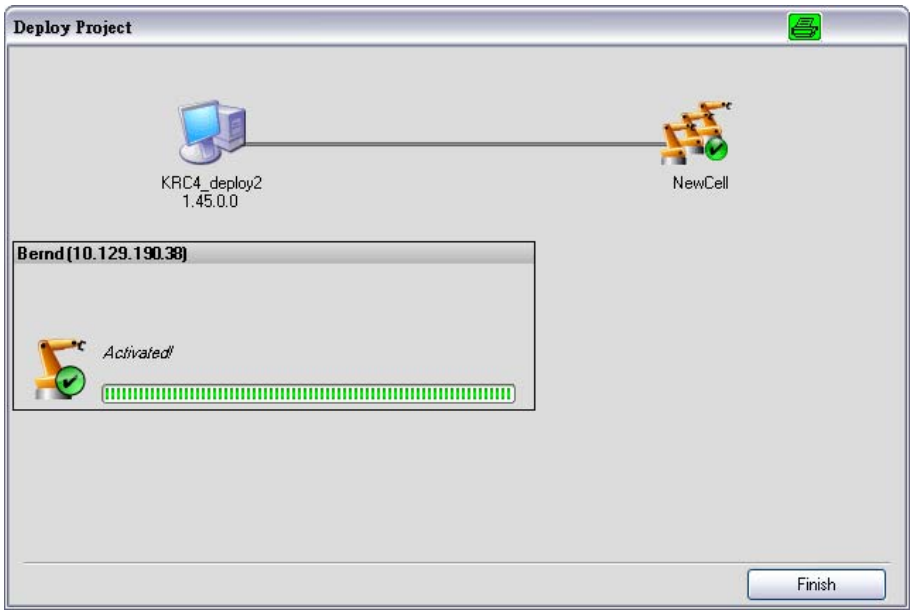


图 12-19: WorkVisual 中的确认

18. 窗口**项目传输**用**结束**关闭。
19. 若未在 30 分钟内回答机器人控制系统的查询，则项目仍将传输。 但在机器人控制系统中不激活。 在这种情况下可单独激活项目。

⚠ 警告 在机器人控制系统中激活一个项目后必须在控制系统中检查安全配置！ 如果不检查，则机器人可能以错误的数据运行。 否则会造成死亡、身体伤害或财产损失。

⚠ 警告 如果一个项目的激活失败，则会在 WorkVisual 显示一则出错信息。在此情况下，必须执行以下措施：

- 重新激活项目。（同一个或另一个）。
- 或以冷启动重新启动机器人控制系统。

3.1 以上的 WorkVisual 版本

操作步骤

启动项目传输

- 在菜单栏中点击**安装 ...** 键。
- 窗口**项目传输**自动打开。
- 也可选择通过**菜单路径：** *工具 > 安装*执行项目传输。

分配控制器

1. 已经通过蓝色的箭头 (3) 为真实的控制器 (4) 分配 WorkVisual 项目 (2) 的控制器。 (>>> ″操作步骤″ 页码 208)

图　12-20：分配控制器

序号	说明
1	项目传输的过程
2	WorkVisual 项目中的控制柜
3	将项目分配到真实的控制柜上
4	设备网络中真实的控制柜
5	打开设备网络中真实控制柜的搜索窗口
6	打开项目比较的窗口
7	确认控制柜的分配

2. 用按键**继续** (7) 确认分配

解决冲突

- 如果传输项目时出现冲突或不一致，弹出一个故障排除窗口，显示冲突的解决方案。
- 选择并执行建议中合适的解决方案。

生成代码

- 在分配控制器之后，WorkVisual 将从图形配置中为控制器生成所需的 **.xml* 文件。

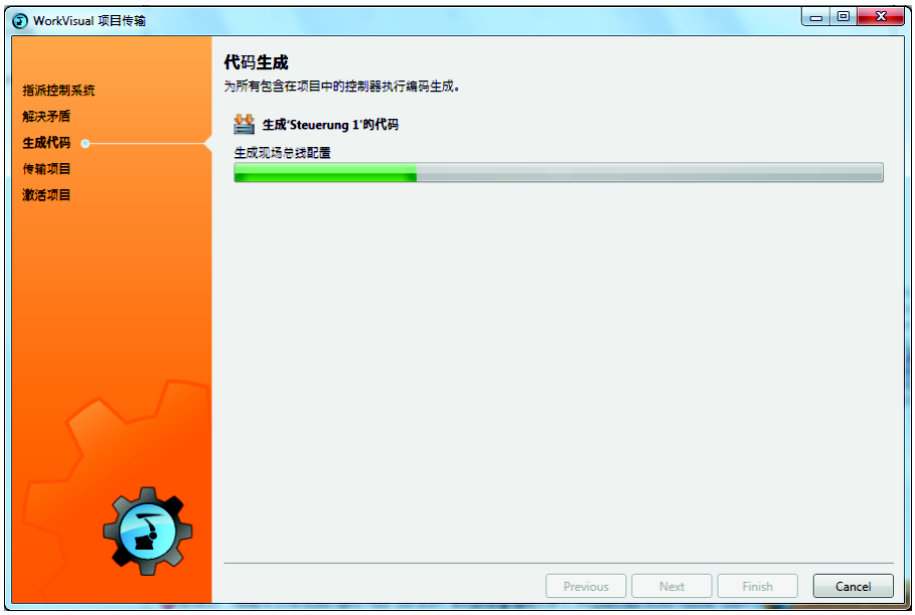


图　12-21：代码生成

- 也可事先单独执行该工作步骤。**菜单路径：** *工具 > 生成代码*
- 如果在生成代码时发现错误，进度条显示为红色并且中断代码的生成。

传输项目

- 在下一个工作步骤中自动将已创建的项目传输给控制系统。

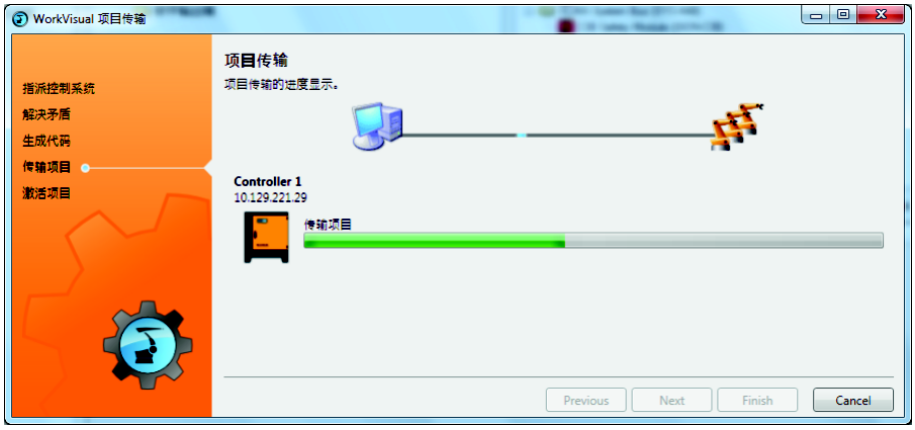


图 12-22: 传输项目

- 可以随时将项目传输给控制器，而无需明确的用户权限。
  在控制器上将它们复制到项目管理中。
- 如果传输期间连接中断，则也中断该工作步骤。

激活项目

- 在传输项目之后，可以直接通过 WorkVisual 激活项目。 如果激活失败，例如因为没有所需的控制器用户权限，可以通过图标 (1) 重新为控制器激活项目。

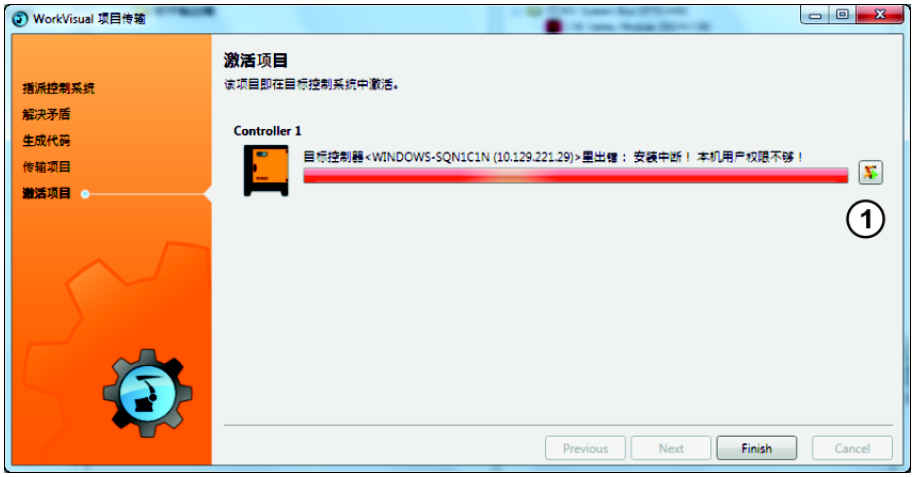


图 12-23: 激活项目失败

- 在成功地激活项目后，将显示绿色的进度条。 用按键**完成** (1) 结束向导。

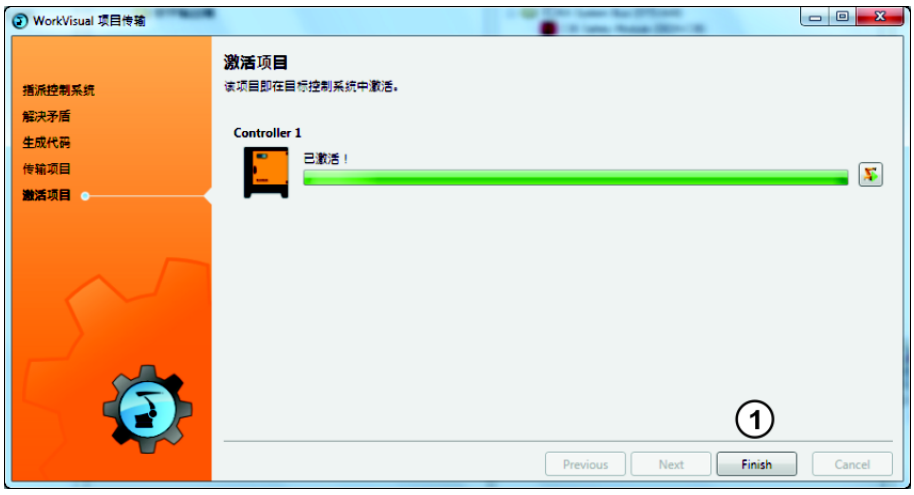


图 12-24: 项目传输成功

- 若未在 30 分钟内回答机器人控制系统的查询，则项目仍将传输，但在机器人控制系统中不激活。然后可以单独激活该项目。 (>>> 图 12-23)

确认激活 SmartPad 上的项目

1. 根据项目中更改的不同，会需要专家用户属性或安全投入运行。
2. 在 SmartPad 的 HMI 上显示信息 *“等待用户输入！”*。

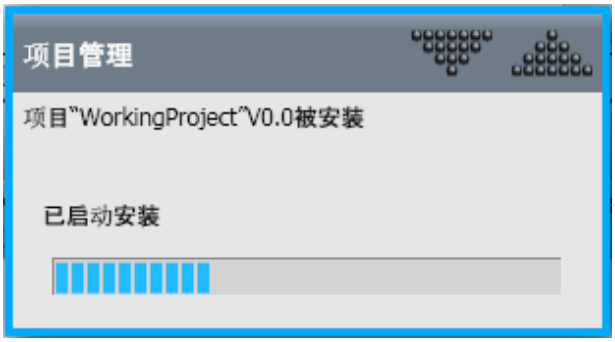


图 12-25: 安装信息提示

3. smartPad 上 “项目管理” 窗口自动打开和问题 *“您允许激活 “IEG2-R04-8_2_First_Test” 项目吗？”* 用 *“是”* 确认激活。

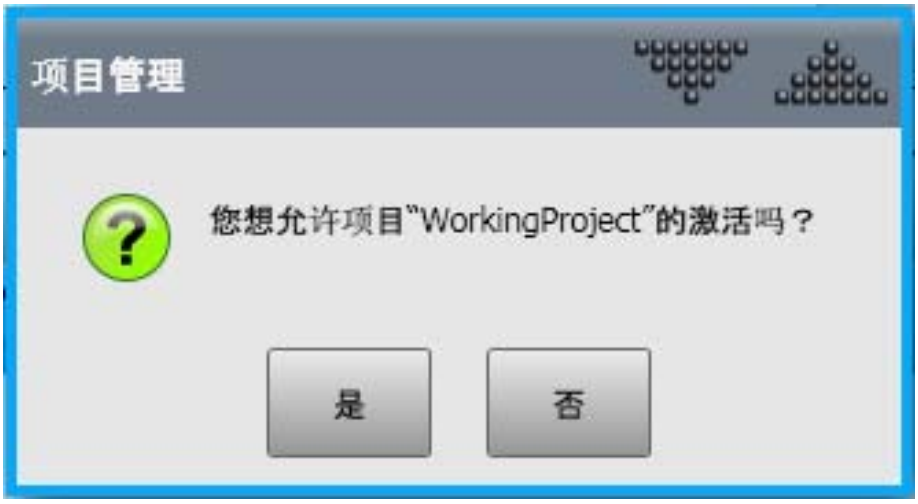


图 12-26: 允许激活

4. 显示另外一个窗口 “项目管理”。在其中显示计划的更改。
   用 *“是”* 回答问题 *“您想继续吗？”*。

图 12-27：显示更改情况

5. smartPad 上显示一条信息，即正在进行重新配置。

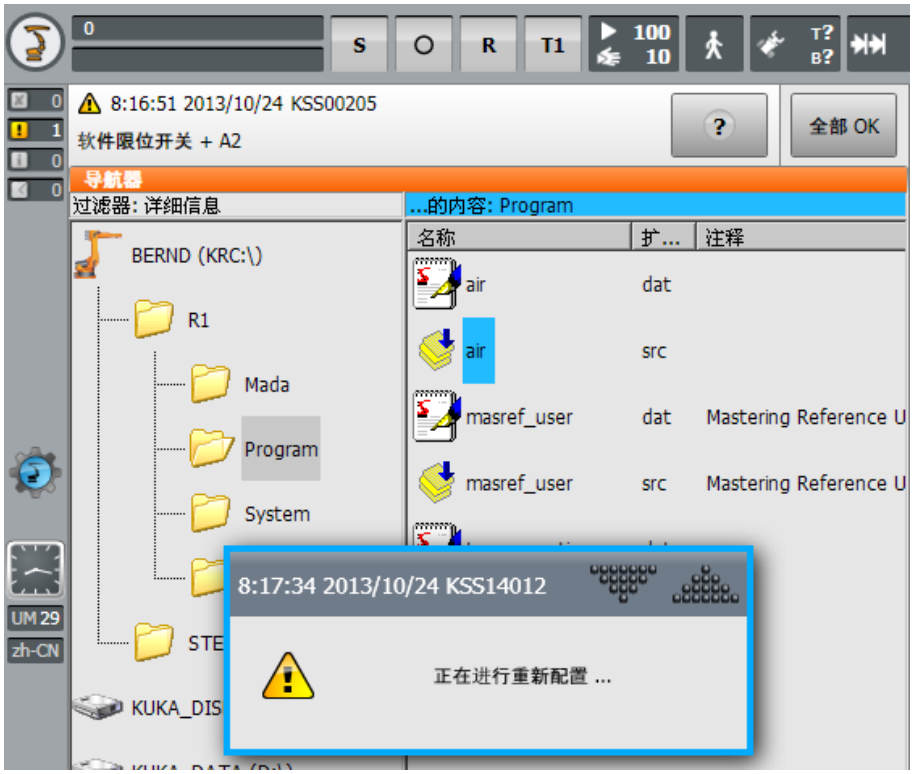


图 12-28：即进行重新配置

应用更改后的校验总和

1. 如果在 WorkVisual 中更改了安全性，例如：安全接口或 SafeOperation 参数，则在信息窗口中显示以下错误信息：“ 安全配置的校验总和不正确 ”。

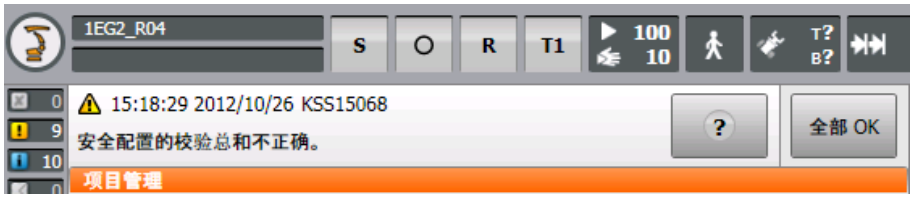


图 12-29：故障校验和

2. 需要安全调试员用户属性。
3. 打开安全配置。
   菜单路径： *KUKA 键 > 配置 > 安全配置*
4. 在窗口 *“故障排除助手”* 中选择条目 *“刚刚激活了一个 WorkVisual 项目”*

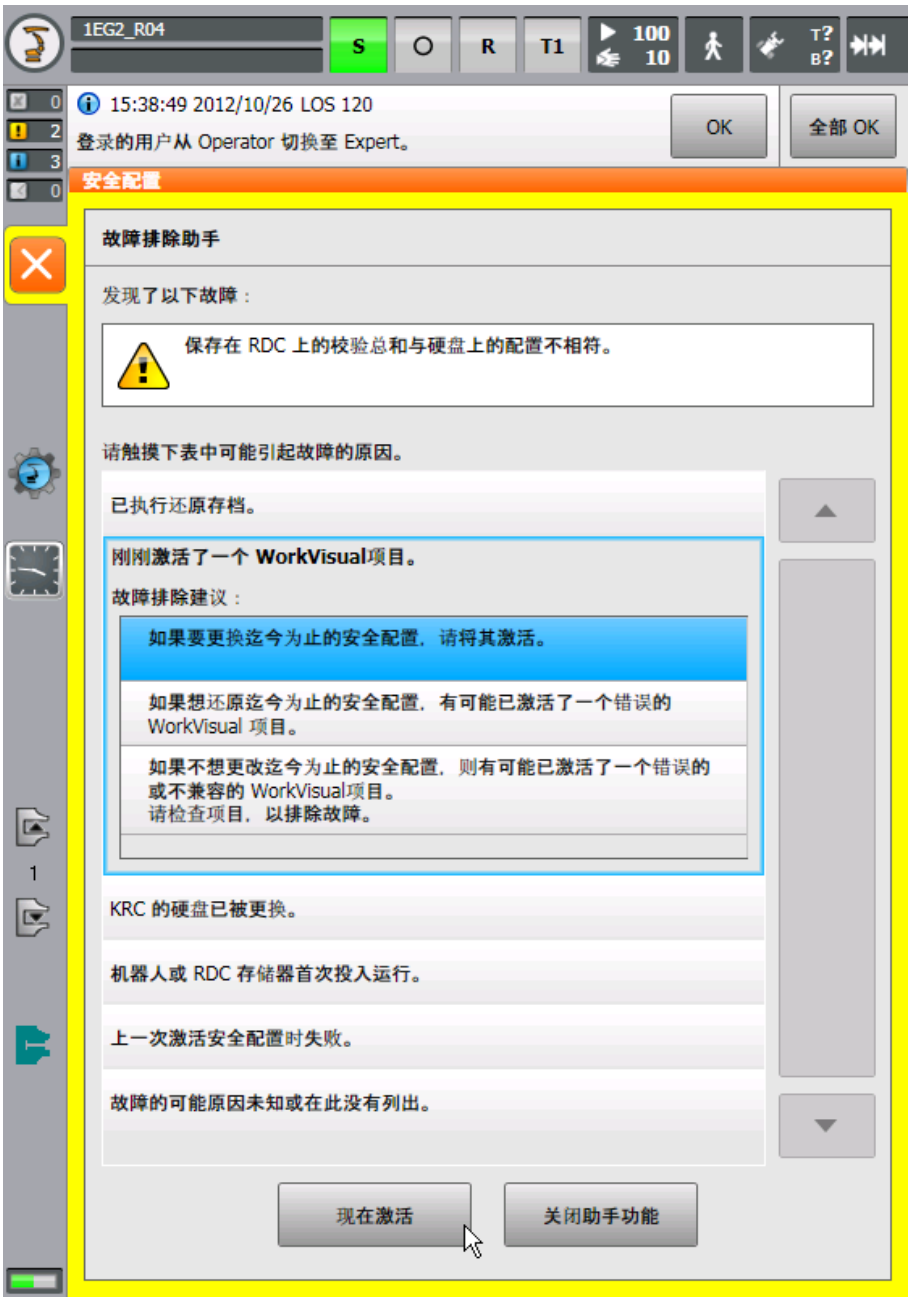


图 12-30：故障排除助手

5. 接受第一个建议，按下按键 *“现在激活”*。
6. 在 *“激活”* 窗口中，对问题 *“您确实想改变以下安全相关的配置部分吗？”* 点击 *“是”* 回答。即进行重新配置。
7. 按 *“OK”* 键确认 smartPad 上的信息 *“已成功保存更改”*。
8. 应答信息 *“应答：用 “全部 OK” 应答 “安全配置的校验总和不正确”*。

12.13 将项目配给实际应用的机器人控制系统

说明 传输前，必须如下分配项目：

- **目标控制器**

- 目标控制器相当于应当将项目传输到其上的真实控制器。
- 如果一个控制器加载、在 WorkVisual 中编辑并重新发回一个项目，则自动进行分配。

- **单元间**
  - 在更为复杂的设备结构中可能出现多台机器人或控制系统位于唯一一个大单元中。
  - 在项目传递到控制系统上之前，可将控制系统配给一个单元。
  - 该分配对项目的功能有效性无影响。
  - 用于概览并且显示通过 WorkVisual 与系统相连。

3.0 以下的 WorkVisual 版本

操作步骤

1. 在菜单栏中点击**安装 ...** 键。窗口**项目传输**自动打开。

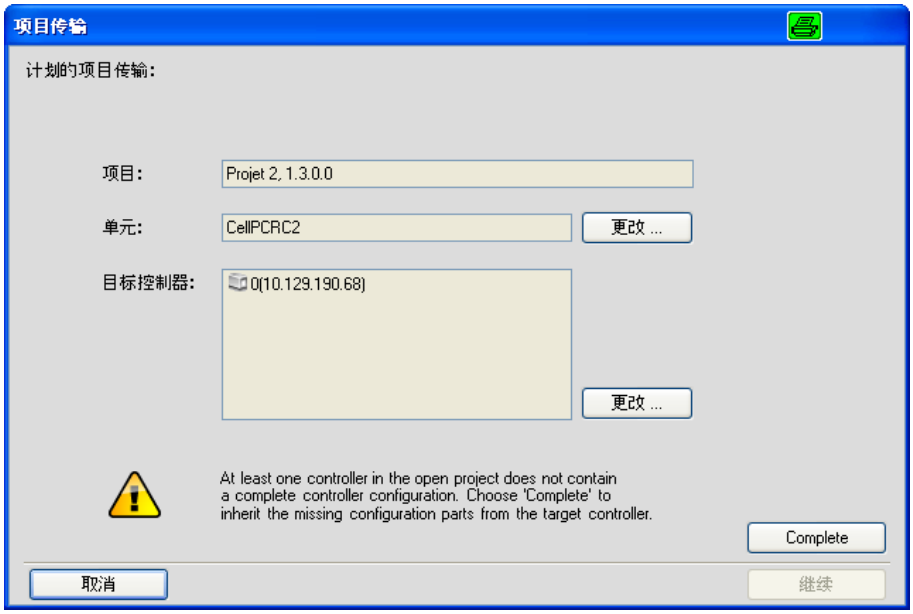


图 12-31: 概览

2. 通过**单元**行中的按键 **“ 更改 ”** 可打开生产单元概览。

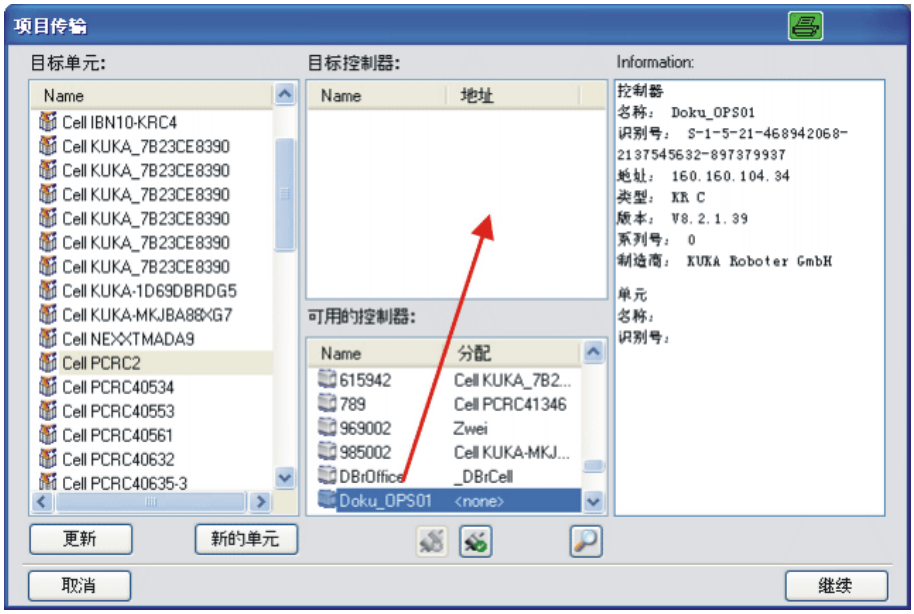


图 12-32: 将机器人控制系统分配给单元

3. 在**目标单元**下显示已有的单元。（可通过用右键点击给单元改名。）
   若所需的单元不存在，则可建立一个新的单元：
   - 点击**新的单元**。窗口**单元属性**打开。输入一个名称，需要时输入说明。用 OK 保存。
     现在，新的单元即会显示在**目标单元**下。
4. 在**目标单元**下选定所需单元。该单元现在须配给一个实际应用的机器人控制系统。
5. 在**可用的控制系统**下选定所需的实际应用的机器人控制系统。
   视网络拓扑结构而定，可能机器人控制系统不显示在**可用的控制系统**下。若 IP 地址已知，可如下显示机器人控制系统：
   - 点击 键。一个自动窗口打开。输入 IP 地址并用 OK 保存。
     现在，机器人控制系统即会显示在**可用的控制系统**下。
6. 点击 键。现在，机器人控制系统将显示在**目标控制系统**下。
7. 如果项目包含多个机器人控制系统，则为其它机器人控制系统重复步骤 4 和 5。
8. 现在虚拟机器人控制系统必须配给实际应用的机器人控制系统：点击**继续**。

每个虚拟机器人控制系统必须准确分配给实际应用的机器人控制系统。

9. 在**项目中的控制系统**下选定虚拟控制系统。
10. 在**单元中的控制系统**下选定实际应用的机器人控制系统并点击 。实际应用的机器人控制系统即配给了虚拟机器人控制系统。

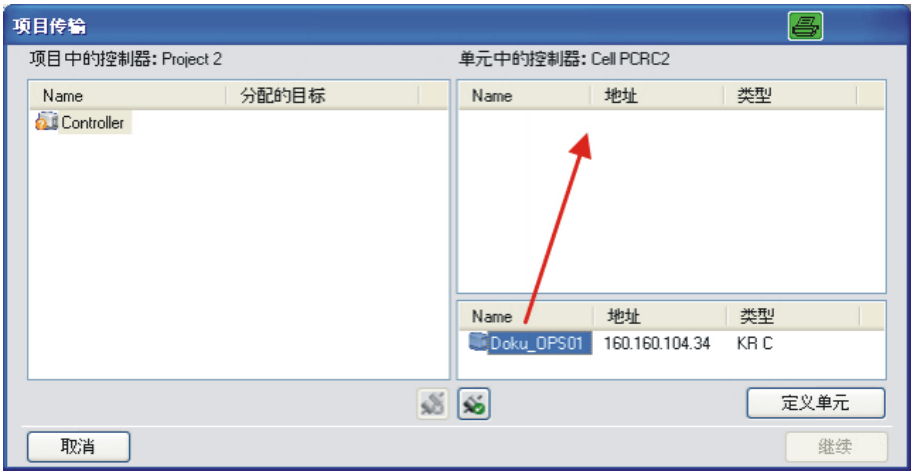


图 12-33: 将实际应用的机器人控制系统分配给虚拟系统

11. 如果项目包含多个机器人控制系统，则为其它机器人控制系统重复步骤 8 和 9。
12. 点击**继续**。将显示一个概览。（在此可根据需要再次改变分配。为此，点击**更改 …**）。

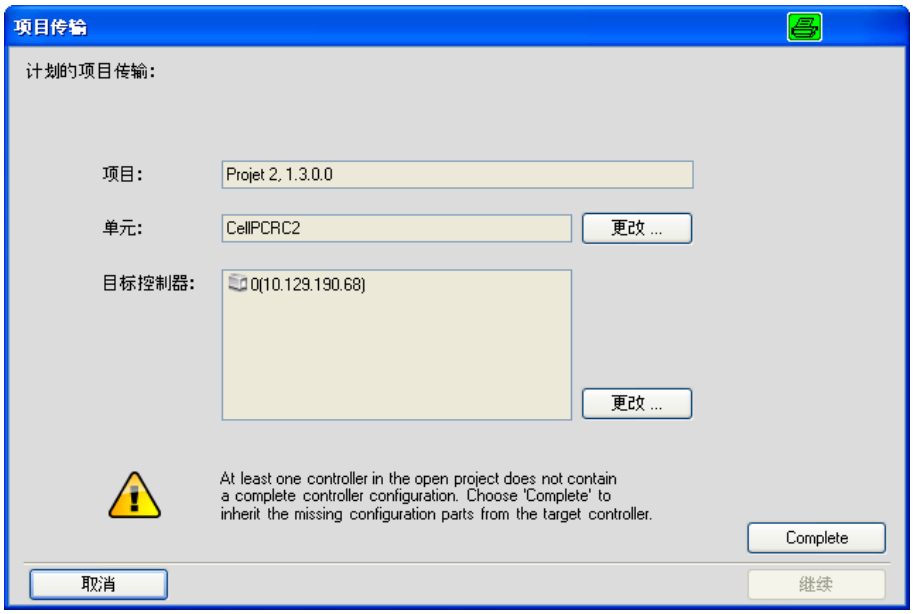


图 12-34: 概览

13. 该项目现在可被传输给机器人控制系统。

项目也可在以后某时进行传输。为此点击**退出**：分配被保存，窗口**项目传输**关闭。

3.1 以上的 WorkVisual 版本

操作步骤

1. 在菜单栏中点击按钮**安装 ...**。窗口 **WorkVisual 项目传输**自动打开。在左侧显示项目中的虚拟机器人控制系统。在右侧显示目标控制系统。如果尚未选择控制系统，则控制系统是灰色的。

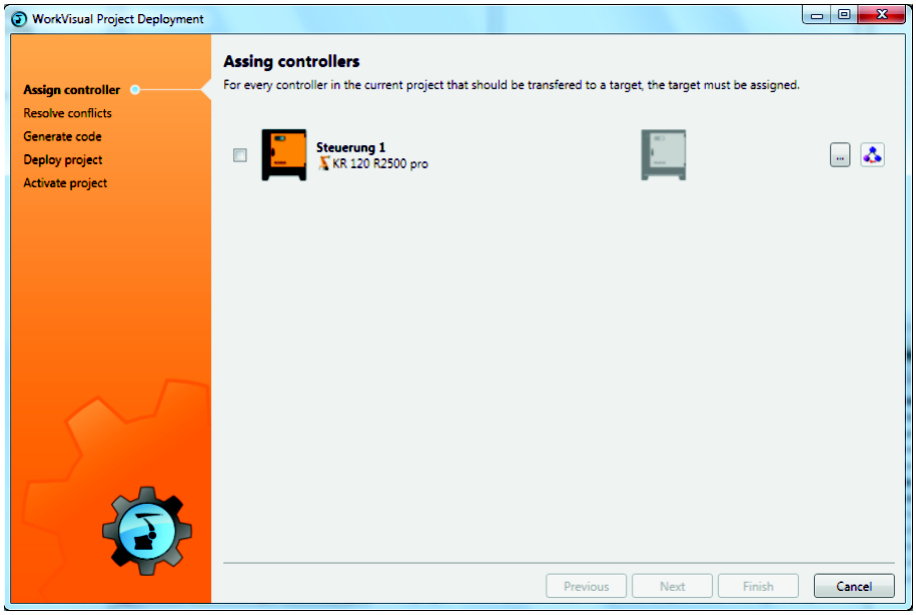


图 12-35: 将机器人控制系统分配给单元

2. 在左侧通过复选框激活虚拟单元。现在必须给该单元分配一个实际应用的机器人控制系统。
3. 点击按钮 ⋯。一个窗口自动打开。筛选器已自动设置，使得只显示与虚拟控制系统具有相同类型和版本的控制系统。该设置可以更改。

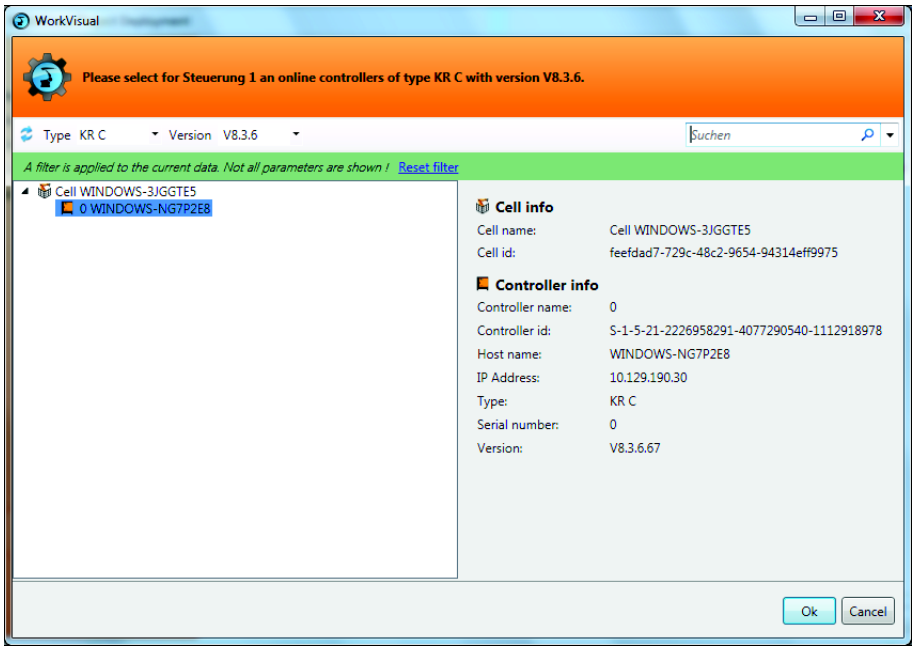


图 12-36：将实际应用的机器人控制系统分配给虚拟系统

4. 选择所需的实际应用的机器人控制系统并点击 **Ok**。实际应用的机器人控制系统即配给了虚拟机器人控制系统。实际应用的机器人控制系统在分配后显示为彩色，并显示名称和 IP 地址。

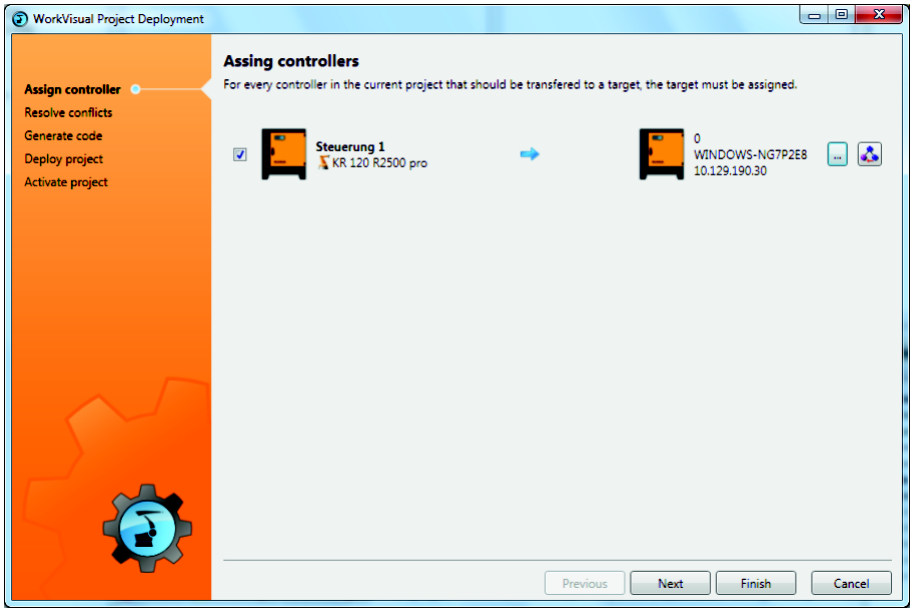


图 12-37：概览

5. 如果项目有多个机器人控制系统，则为其它机器人控制系统重复步骤 3 和 4。
6. 点击**继续**。即检查分配是否有冲突。如果有冲突，会显示一条信息。冲突必须解决，否则不能传输项目。如果没有冲突，将自动生成代码。
7. 该项目现在可被传输给机器人控制系统。
   项目也可在以后某时进行传输。为此点击**退出**：分配被保存，窗口 **WorkVisual 项目传输**自动关闭。

12.13.1 打开单元定义 (KSS 8.3)

说明

- 在编辑器 **行定义** 中可在线编辑单元。

- 单元可以创建、编辑和删除。
- 还可以将单元有针对性地分配给控制器。

> 删除的单元不能重新被恢复。如果重新需要一个被删除的单元时，则必须重新创建该单元。

操作步骤

1. 在工作区域窗口中选择**在线管理** WorkVisual 功能。激活的选择显示为橙色。

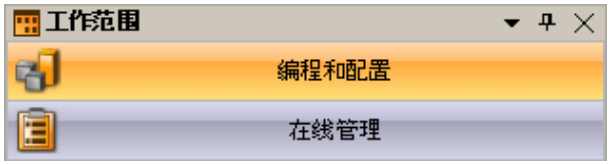


图 12-38：窗口“工作范围”

2. 用按键 (1) 显示**单元定义**选项卡。

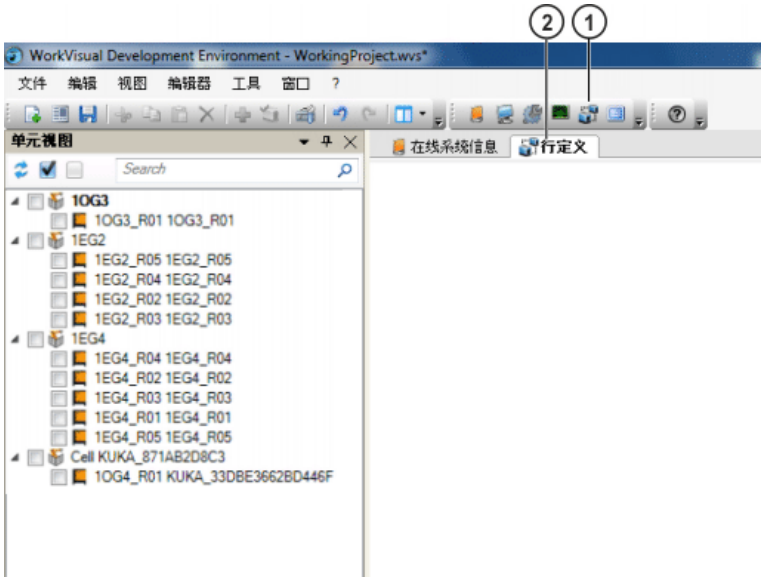


图 12-39：调用单元定义

3. 选择要分类的单元以及控制柜 (1、2)。工作窗口中显示单元组 (1、2) 图示。

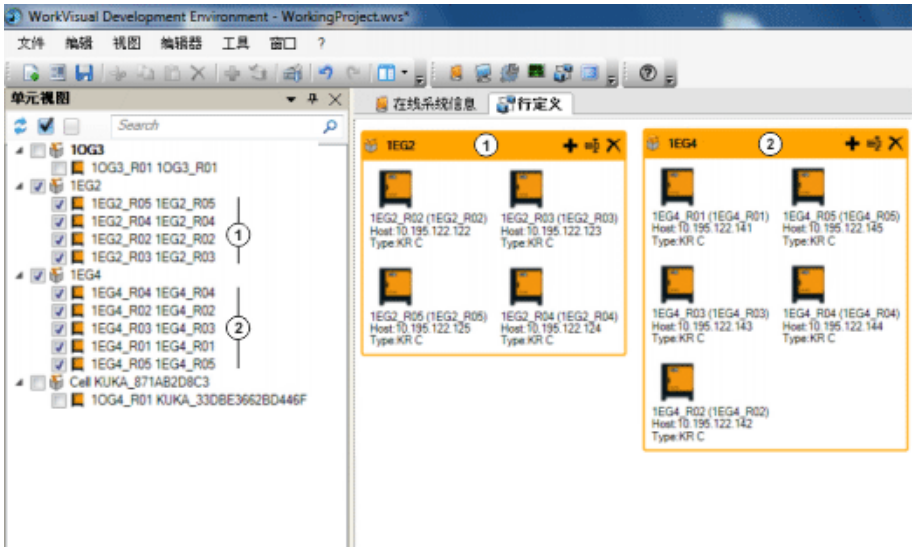


图 12-40：行定义

用橙色标题栏中的单元图标可以调用分配功能。

4. » 添加控制器

图 12-41: 添加控制柜

a. 在树形结构中选择要分配的控制器。 遇到复杂单元结构时也可使用搜索功能。
b. 控制柜的单元以及控制器信息显示在概览窗口 (2) 中。
c. 用 OK 键 (3) 确认所选控制柜。

5. » 重命名单元

图 12-42: 重新为单元命名

a. 在输入框中输入新的单元名称 (1)。
b. 用 OK 键 (2) 确认修改后的单元名称。

6. » 取消单元分配

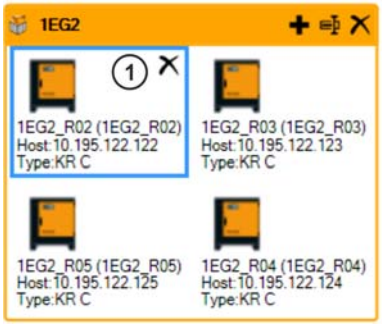


图 12-43: 取消单元分配

a. 在单元图中点击要删除的控制柜。
该控制柜出现蓝框。
b. 用图标 X 取消分配。

12.14 输出 / 输入部分项目

说明

- 用 WorkVisual 功能可以从现有的项目中分开保存部分项目，以便将其输入到另一个项目中。
- 这些部分项目可以是例如一个完整的现场总线配置或一个已配置的附加轴运动系统。
- 部分项目的文件格式是 *.wvps （“WorkVisual Partial Solution”）。

前提条件

- 打开了一个项目。
- 机器人控制系统未设为激活。

操作步骤

输出部分项目

1. **菜单序列：** *文件 > 导入 / 导出*
2. 在显示的窗口中选中**输出部分项目** (1) 并用按键**继续** (2) 执行选择。

图 12-44: 导入 / 导出部分项目

3. 所有项目控制系统即被显示。

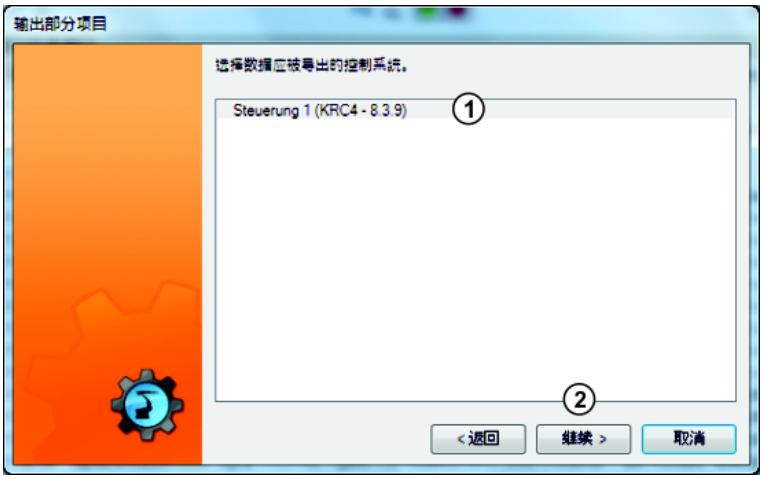


图 12-45：选择控制器

选中应输出数据的控制器 (1) ，并用**继续**键 (2) 确认。

4. 将显示一个树形结构。

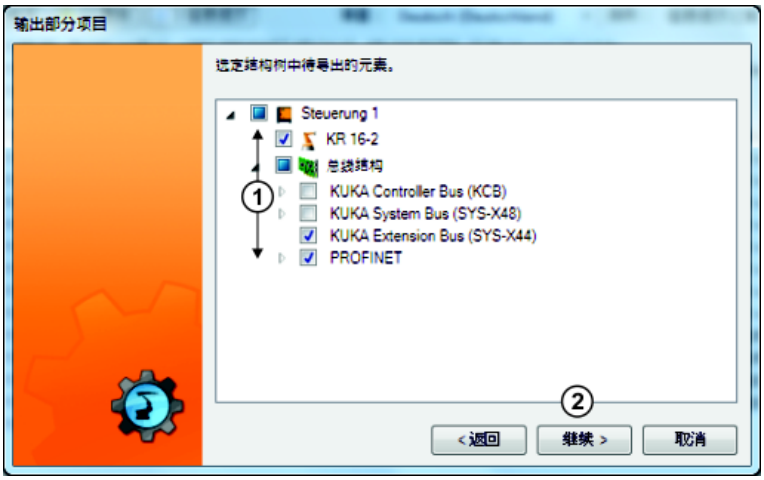


图 12-46：确定待输出的项目部分

勾选 (1) 树形结构中应被输出的元素。用**继续**键 (2) 确认。

5. 为部分项目选择一个存储位置 (1)。

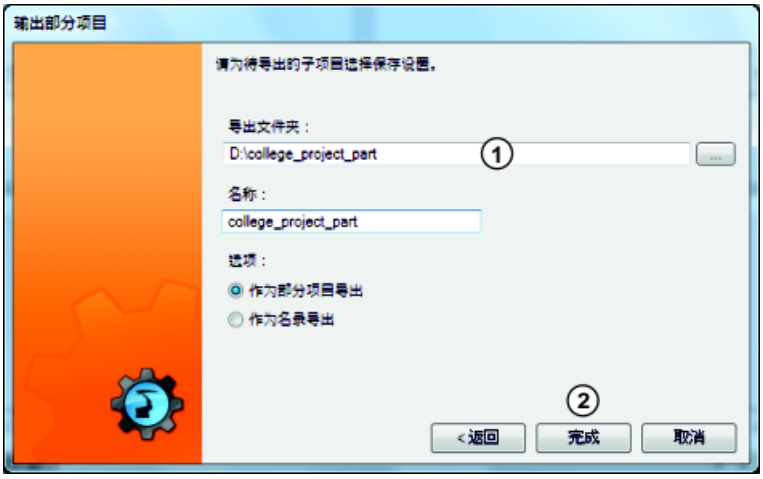


图 12-47：确定存储位置

点击**完成** (2)。 此时开始输出部分项目。

6. 若已成功导出，则将在窗口**输出部分项目**中显示以下信息：**成功进行部分导出**。

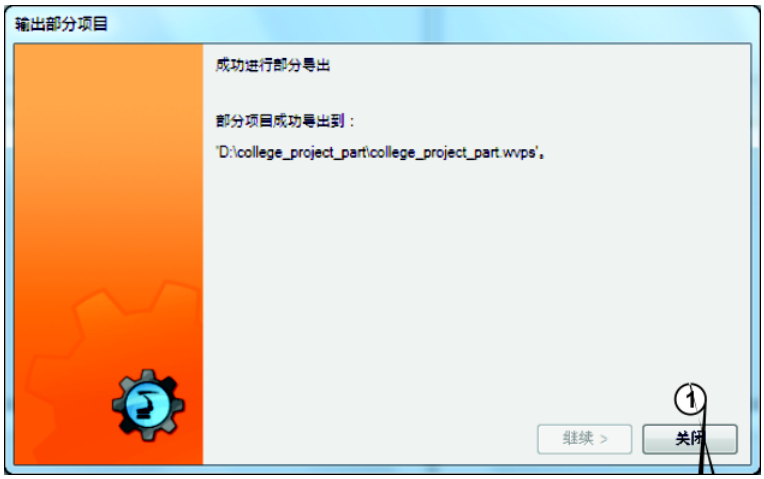


图 12-48：已成功导出

关闭窗口 (1)。

导入部分项目

1. **菜单序列：** *文件 > 导入 / 导出*
2. 在显示的窗口中选中**导入部分项目** (1) 并用按键**继续** (2) 执行选择。

图 12-49：导入 / 导出部分项目

3. 在搜索栏 (1) 中选择待导入的部分项目并在项目中分配相应的控制器。

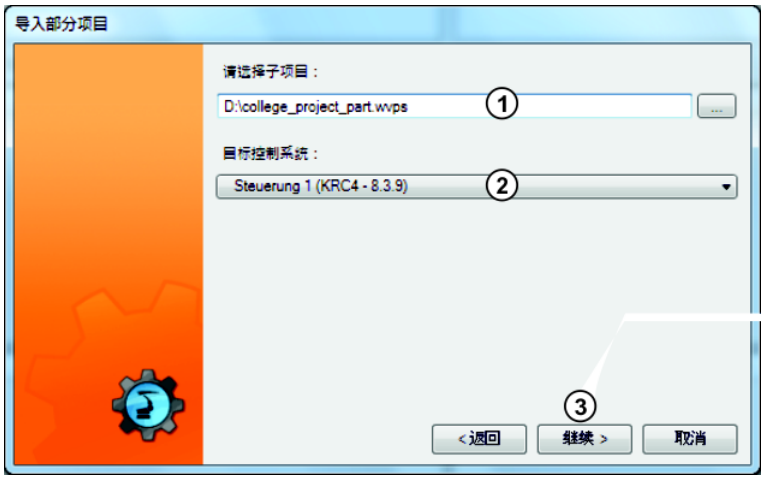


图 12-50：导入部分项目

用**继续**键 (3) 确认输入。

4. 需要时，限定导入窗口中的部分项目。为此，在树状结构 (1) 中激活或取消想要的项目部分。

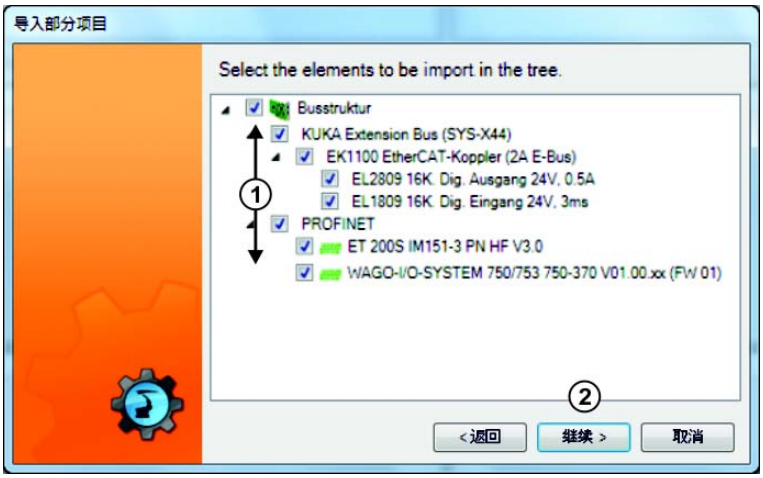


图 12-51：选中待输入的元素

用按键**完成** (2) 应用选择。

5. 如果通过带入一个部分项目形成了一个与现有配置的冲突，将通过另一个窗口建议一个解决方案或可以中断导入。

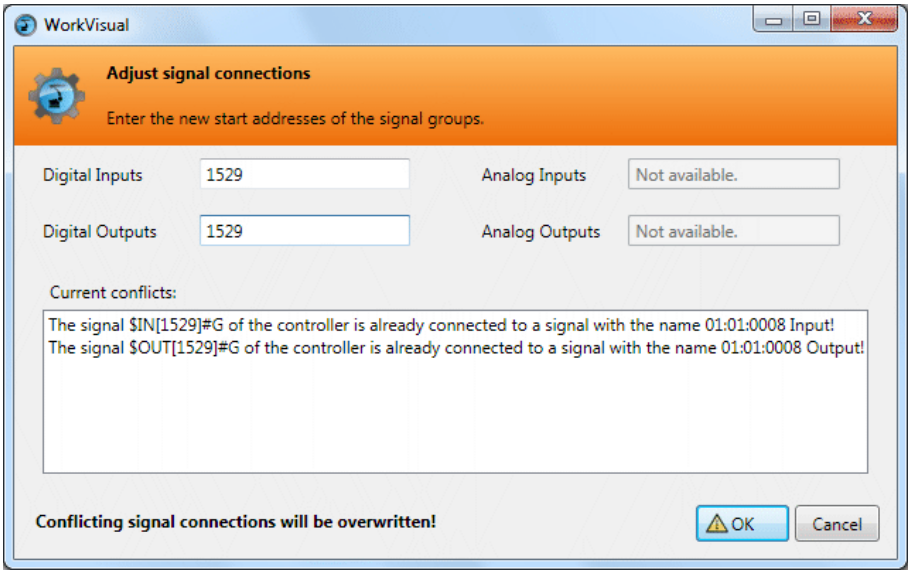


图 12-52：**调整信号连接 - 当前冲突**

12.15 在机器人控制系统中激活项目

说明

- 可直接在机器人控制系统中激活一个项目
- 也可从 WorkVisual 在机器人控制系统上激活一个项目
  （这里不再赘述，可从 WorkVisual 在线读取相关资料）

项目管理功能

一般说明

- 机器人控制系统可对系统内的多个项目实行管理。
- 与此相关的所有功能只在用户组 **【专家】**里才可用
- 调用可通过：
  - 点击操作界面上的 **WorkVisual 符号**键，然后点击 **【打开】**

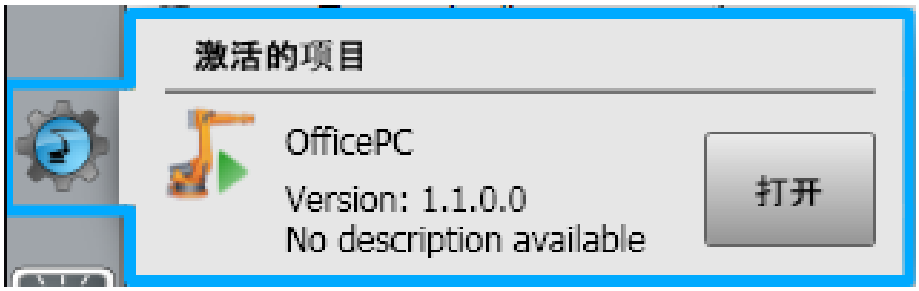


图 12-53: 操作界面里的项目显示

处置 / 操作

图 12-54: 窗口 “ 项目管理 ”

项号	说明
1	将显示初始项目。
2	重新恢复机器人控制系统的供货状态。 只限于 【专家】以上的用户组使用。
3	将显示主项目。
4	建立主项目的一份副本。 只限于 【专家】以上的用户组使用。
5	显示激活的项目。
6	将激活的项目作为主项目保存。 激活的项目保持激活状态。 只限于 【专家】以上的用户组使用。
7	建立一份激活项目的固定副本。 只限于 【专家】以上的用户组使用。
8	项目列表。 此处不显示激活的项目。

- 除了通常的项目外，窗口**项目管理**还包含以下特别项目：

项目	说明
初始项目	初始项目总是存在。 用户无法更改。 它包含供货时机器人控制系统的状态。
主项目	用户可将激活的项目作为主项目来保存。 该功能一般用于确保一个有效可靠的项目状态。 主项目不能激活，但可以复制。 用户无法更改主项目。 但它可以通过保存一个新的主项目被覆盖 （在安全询问之后）。 如果激活了一个未包含所有配置文件的项目，则从主项目里提取和应用所缺失的信息。例如激活了以前的 WorkVisual 版本中某个项目时便会出现这种情况。配置文件包括机器数据文件、安全配置文件和其它很多文件。

- 软键说明

按键	说明
激活	激活选定的项目。 如果所选定的项目被钉住： 则建立一份所选定项目的拷贝。（被钉住的项目本身不能激活，只能激活其副本）。然后，用户可以决定是要立即激活拷贝，还是要保留当前激活的项目。 只限于 【专家】以上的用户组使用。
固定	被钉住的项目不可被更改、激活或删除。 但可被拷贝或松开。因此，您可将项目钉住，以避免被无意中删除。 只有当选定了一个未钉住的项目时才可用。 只限于【专家】以上的用户组使用。
松开	松开项目。 只有当选定了一个钉住的项目时才可用。 只限于 【专家】以上的用户组使用。
拷贝	复制选定的项目。 只限于 【专家】以上的用户组使用。
删除	删除选定的项目。 只有当选定了一个未激活 、未钉住的项目时才可用。只限于 【专家】以上的用户组使用。
编辑	打开一个可更改所选定项目的名称和 / 或说明的窗口。 只有当选定了一个未钉住的项目时才可用。 只限于【专家】以上的用户组使用。
更新	更新项目列表。 例如：如此可显示自打开显示以来传输到机器人控制系统中的项目。

操作步骤

限制： 如果激活时会造成安全配置的**通讯参数**范围内的改动，则必须选择 【安全维护员】或更高级别的用户组。
如果选择了运行方式 AUT 或 AUT EXT： 当只会引起 KRL 程序变化时才能激活项目。 如果项目中含有会造成其它变化的设置，则不能将其激活。

1. 按序选择菜单项：**文件** > **项目管理**。 窗口 **【项目管理】**打开。
2. 选中所需项目并以按键 **【激活】**来激活。
3. KUKA smartHMI 显示安全询问 “ *允许激活项目 […] 吗？* ”。 另外还显示是否通过激活以覆盖一个项目；如果是的话，是哪一个？

如果没有相关的项目要覆盖，在 30 秒内用**是**确认该问询。

4. 显示相对于机器人控制系统仍激活项目而进行的更改的概览。 通过 **【详细信息】**复选框可以显示相关更改的详情。
5. 概览显示安全询问 “ *您想继续吗？* ”。 用 **【是】**回答。 该项目即在机器人控制系统中激活。

⚠ 警告 在机器人控制系统中激活一个项目后必须在控制系统中检查安全配置！ 如果不检查，则机器人可能以错误的数据运行。 否则会造成死亡、身体伤害或财产损失。

12.16 练习：将项目加载和保存到 WorkVisual 配置界面中

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- 通过 WorkVisual 从控制系统上加载已激活的 KR C4 项目
- 本地保存已激活的 KR C4 项目

练习内容

- 通过 KLI 或 KSI 接口连接 WorkVisual 笔记本电脑与控制系统。
- 将已激活的项目从控制系统中加载到 WorkVisual 配置软件中。
- 在硬盘上本地备份该项目。
- 为此使用您的培训笔记本电脑。

WorkVisual 项目分析

- 从 WorkVisual 版本 3.x 起，项目分析将连续监控当前的硬件配置是否一致。
- 因为在装上主设备图像之后还没有机器人以及没有安全接口是已知的，因此自动显示该 Wizard 的错误修正。

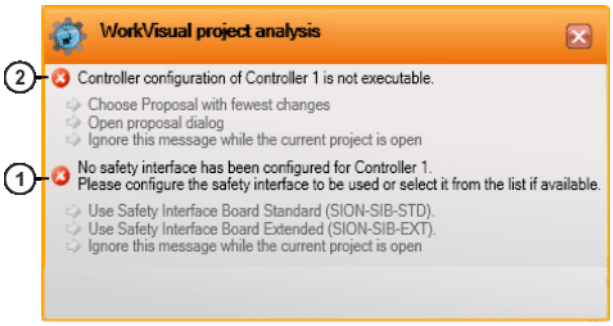


图 12-55: WorkVisual 项目分析

1	确定安全接口 *如果要使用以以太网为基础的安全接口（FSoE、PROFIsafe、CIP-safety），则必须事先安装相应的选项包，以及已在 WorkVisual 项目结构中对该现场总线进行了预项目设置。* 在此选择与控制柜相应的解决方案建议。 （>>> 14 "设备安全" 页码 235）
2	以所选的运动系统为基础确定控制柜配置。 *在此必须首先在 WorkVisual 项目结构中确定所用的运动系统。* （>>> 13 "KCB－使用 WorkVisual 3.x 配置库卡控制器总线" 页码 221）

问题

您在练习后应该掌握什么：

1. 用 WorkVisual 可以对哪些任务进行项目设置？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

2. 通过哪些接口可以连接 WorkVisual 计算机与控制系统？

. . . . . .

. . . . . .

3. 在 WorkVisual 中可提供哪两个模式？

. . . . . .

. . . . . .

4. 什么是产品目录模板？

. . . . . .

. . . . . .

5. WorkVisual 项目的文件后缀是什么？

. . . . . .

13 KCB－使用 WorkVisual 3.x 配置库卡控制器总线

13.1 概览：KCB－使用 WorkVisual 3.x 配置库卡控制器总线

本学习单元讲授以下内容：

- 使用 WorkVisual 自动配置 KCB － *KUKA 控制器总线*

13.2 库卡控制器总线配置

说明

- 投入运行须要在 WorkVisual 中配置 KCB （库卡控制器总线）。
- 可按如下方式进行：
  - 在 WorkVisual 中创建新项目
  - 修改 WorkVisual 中已有的项目
- WorkVisual 用于初始化 KR C4 所有总线系统的基础，尤其是 KCB。

> 供货状态下的初始化项目中 KCB 与按照客户要求配置完毕。

13.2.1 自动配置 KCB － KUKA 控制器总线

操作步骤

新建 WorkVisual 项目

1. 启动 WorkVisual
2. 新建 WorkVisual 项目，通过
   菜单路径： *文件 > 新建*
   WorkVisual 项目浏览器将打开：

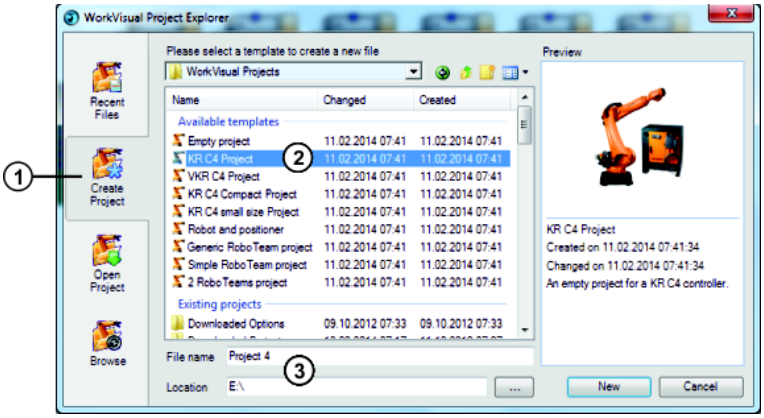


图 13-1: 在 WoV 中创建新项目

- 打开选项卡**创建项目** （1）。
- 选择用于待配置控制柜的**模板** （2）。
- 确定**文件名称**和**存储位置** （3）
- 用**新建**应用项目

设置控制器选项

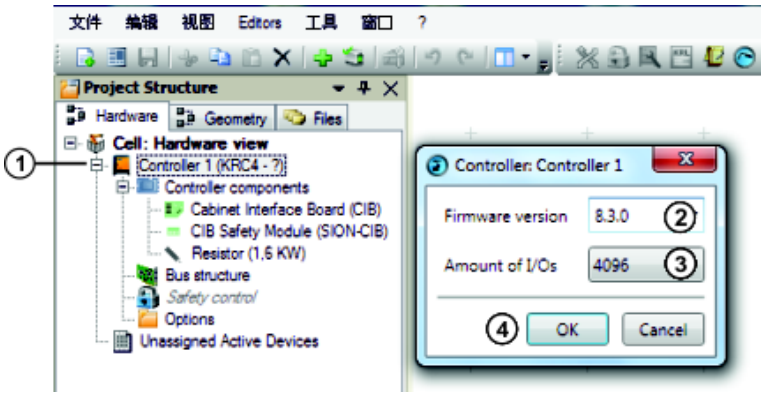


图 13-2: 控制系统选项

- 在项目结构中标记控制柜 （1）。
- 通过鼠标右键选择菜单项控制器选项。
- 在对话窗口中指定固件版本 （2）和所使用的输入 / 输出端 （3）的数量。
- 点击 OK （4）应用设置。

编目管理

开始进行配置之前，必须检查是否全部所需编目均处于激活状态。

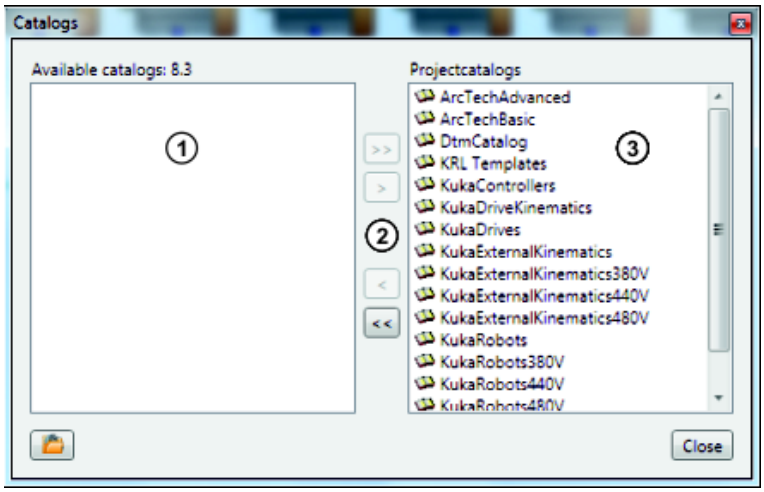


图 13-3: WoV 编目管理

- 为此将打开编目概览。
- **菜单路径：** *文件 > 编目管理*
- 窗口 （1）中未激活的编目可用箭头键 （2）移至激活区域 （3）中。
- 只有激活的编目才可编辑。
- 配置 KCB 需要所有驱动和机器人相关的编目。

添加运动原理

在 WorkVisual 项目中**必须**指定机器人，以便

- 针对电机的正确机器数据
- 以及 SafeOperation 运动原理的维度

进行定义。

与 WorkVisual 项目对应一项运动原理。

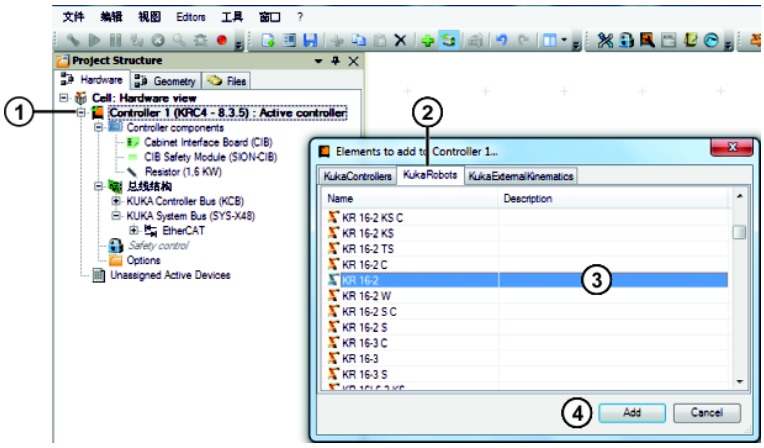


图　13-4：添加 KUKA 运动原理

- 在项目结构中标记控制柜。
- 使用鼠标右键点击**添加**。
- 在元素概览中打开选项卡 KukaRobots （2）。
- 标出所使用的机器人 （3）。
- 使用添加确认选择。

如果需要附加轴，则可将其同样通过元素概览进行选择。

或者：

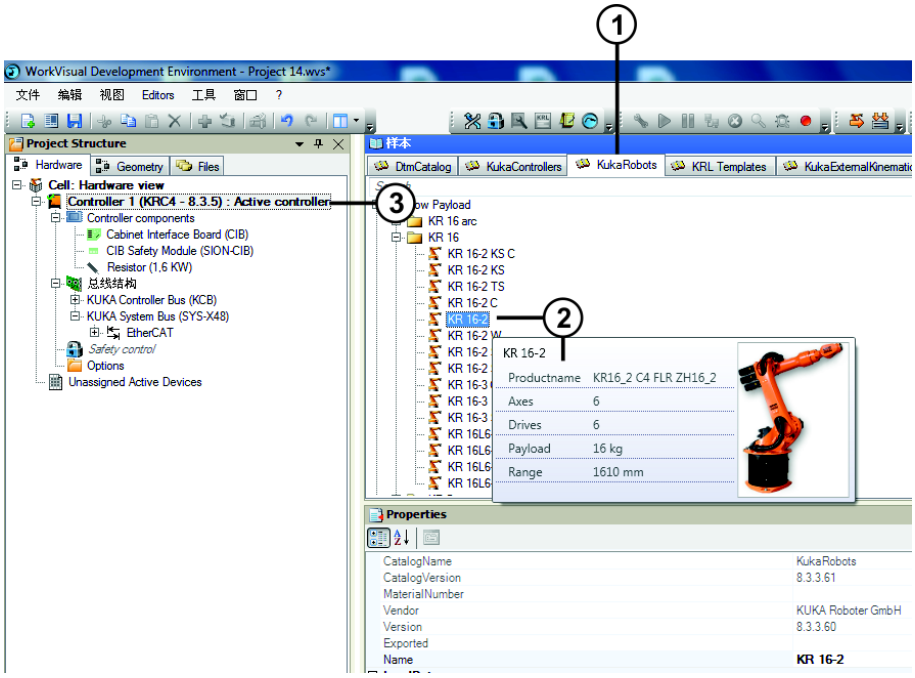


图　13-5：编目

- 打开编目窗口
- 切换到选项卡 KUKARobots （1）中
- 选择机器人 （2）
  将在一个附加窗口中显示出关于机器人的更多信息。
- 通过拖拽将机器人拉到控制柜 （3）的项目结构中。

被拉到项目结构中错误位置上的设备或运动原理，将在*未分配的设备*中汇总。

配置建议

- 在项目结构中添加机器人运动原理之后，WorkVisual 将支持项目分析。
- 此助手将针对尚未完成的控制柜配置生成建议。
- 通过点击单项条目可将相应建议应用到项目中。

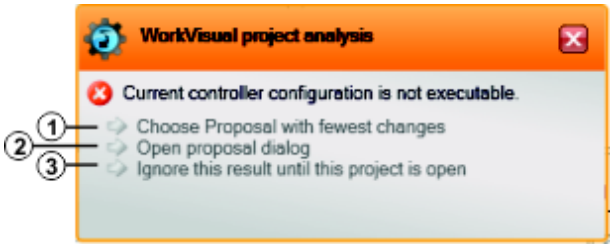


图 13-6: WorkVisual 项目分析

序号	建议	说明
1	应用更改最少的建议	标准控制柜配置被应用到 KCB 中。
2	打开部件建议对话框	将显示出标准控制柜配置的替代可能。
3	在当前项目处于打开状态时忽略此信息。	不会载入任何控制柜配置。KCB 保持未配置状态。

可选择性地单独通过符号列表调用配置建议。

应用及调整配置建议

- 打开配置建议窗口：
  为此点击任务栏中的图标 WorkVisual 3.0 配置建议按钮。
- 将打开配置建议窗口。

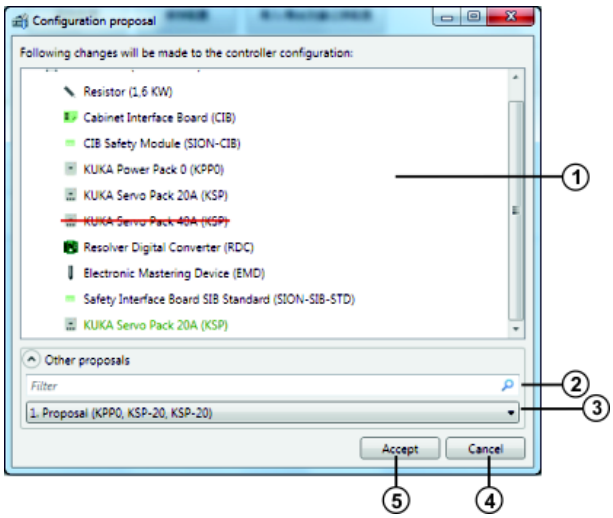


图 13-7: 配置建议

- 将列出 KCB — *KUKA 控制器总线*的标准配置 （1）。
  所有新添加的元件均显示为绿色。
- 可通过下拉菜单*建议* （3）选择替代性控制柜配置。
  在*过滤器* （2）窗口中可查找关键词。

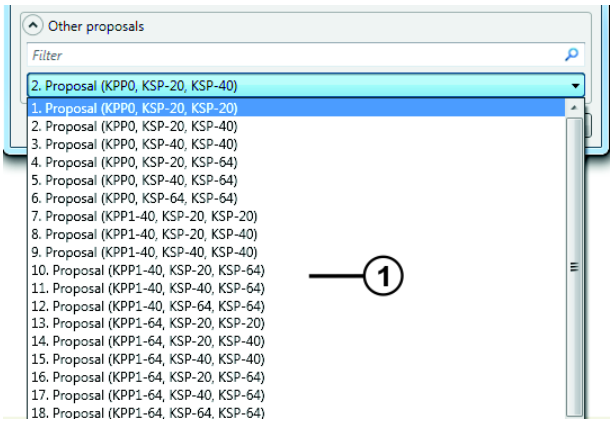


图　13-8：配置建议－更多建议

- 通过按键*应用*（5）可应用控制柜配置。
  按键*取消*（4）则可取消保存配置。
- 所有更改均将应用于当前的 WorkVisual 项目结构中。

完成的驱动配置概览

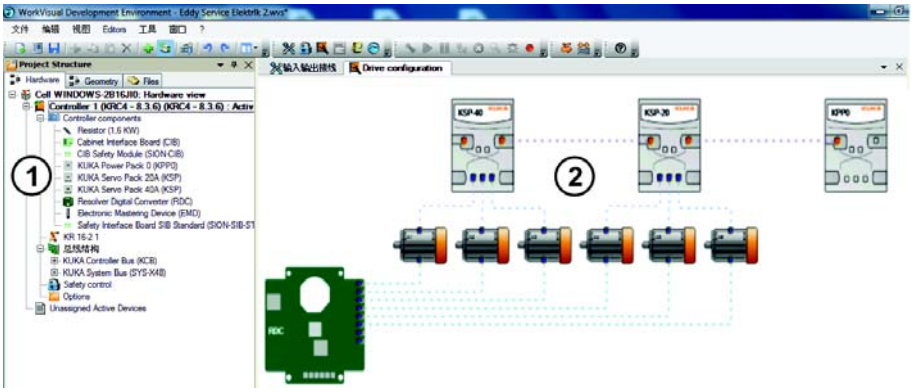


图　13-9：完成的驱动装置配置

- 在项目结构中将列出所有新项目的元件。
- 项目结构中的顺序可通过拖拽进行调整，但是对功能没有影响。
- 驱动配置窗口中的接线及定位完全自动实现。
- 如果需要，可事后更改接线。

例如：带有 KPP3 和 KSP 的 6 轴运动系统

- 自 2015 年起，**KPP3**- *库卡配电箱可用于 3 轴*。
- 这将为许多 KUKA 运动系统节省一个 KSP。
- 仅轴的顺序发生变化。
  - 基轴位于 KSP 上。
  - 手动轴位于 KPP 上。

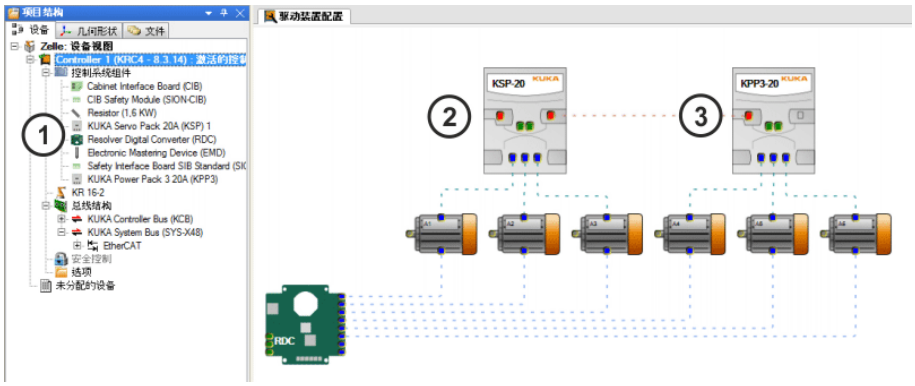


图 13-10: 带有 KPP3 的 6 轴运动系统

序号	说明
1	项目结构中的 KSP 和 KPP
2	用于基轴 1 至 3 的 KSP
3	用于手动轴 4 至 6 的 KPP

关于连接的信息

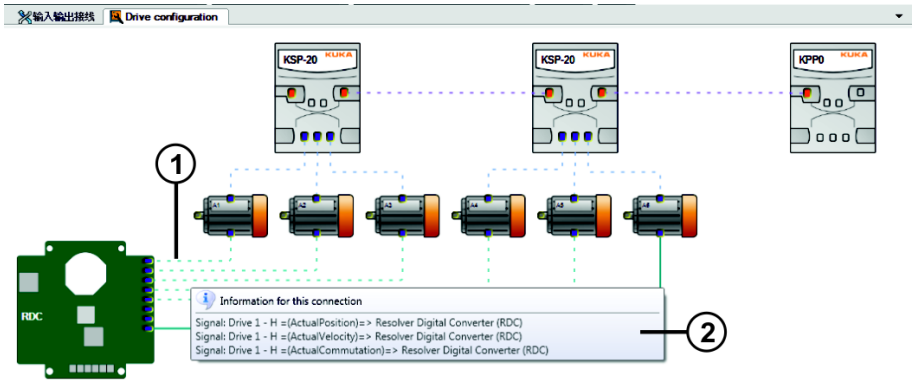


图 13-11: 关于连接的信息

- 如果鼠标指针拉过元部件或连接 (1) 则将打开一个信息窗口 (2)。
- 其中含有关于设备或连接 (2) 的详细信息。

调整接线

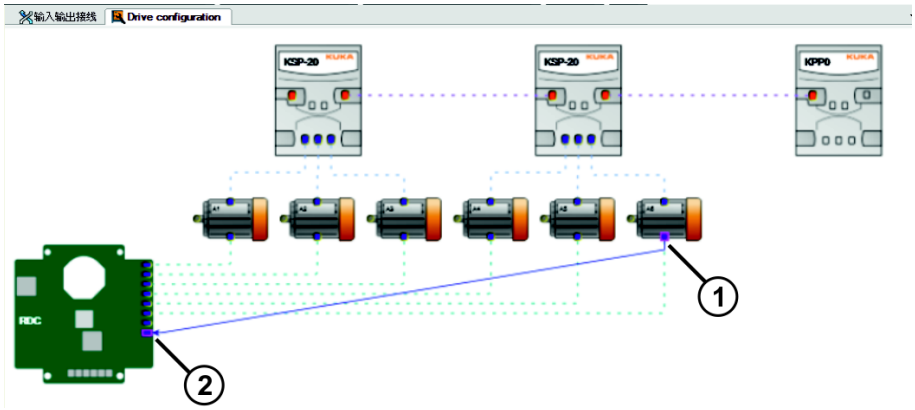


图 13-12: 驱动装置配置

- 用鼠标左键可选取例如监视器上的一个接口，并将其拖拽至新的端口复制，例如新的 RDC 通道 (2)。
- 此处应用的更改的接线是初始化 KCB - KUKA 控制器总线的基础，必须与物理接线相符。

更改的接线:

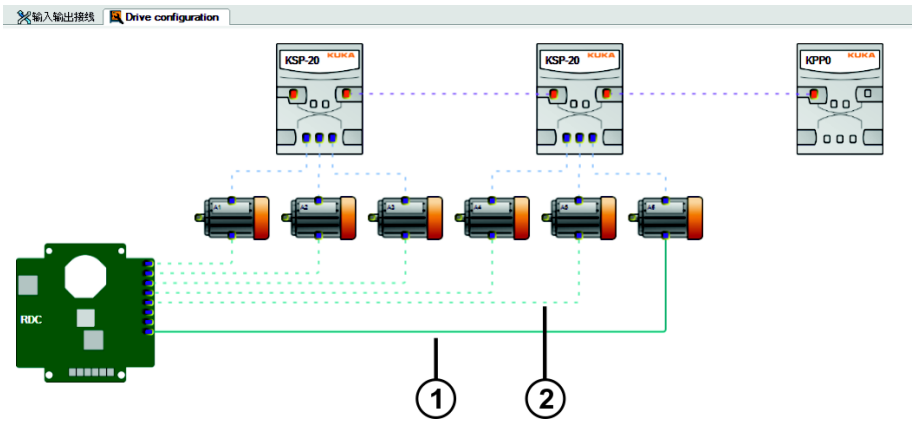


图　13-13：驱动装置配置

序号	接线	说明
1	虚线	WoV 自动按照标准预定设置的布线连接
2	实线	个性化调整的连接

固定定义连接

- 驱动配置允许固定保留 KCB *库卡控制器总线*的所有或特定连接。
- 如果在硬件结构发生变化时不更改固定布线的组件，则其连接保持不变。

1. 用鼠标选中要保留的布线和组件 (1)。 连接线从虚线变为实线。

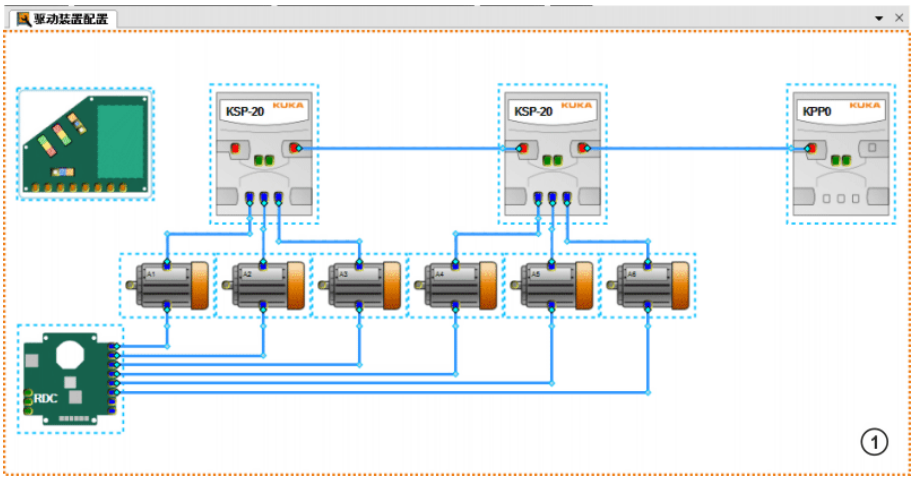


图　13-14：连接已选中

2. 通过鼠标右键打开弹出菜单并点击功能 “ 保留选择的连接 ” (1)。

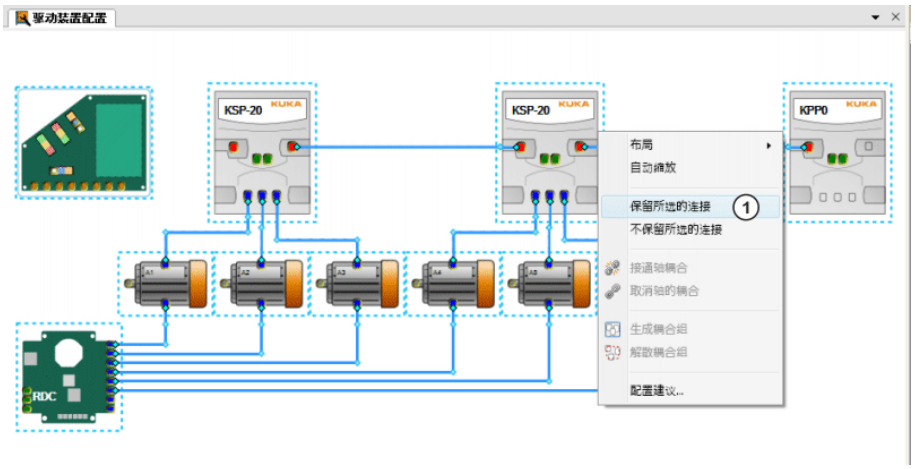


图　13-15

检查 KCB — KUKA 控制器总线结构

驱动总线配置器将在总线结构项目节点下自动创建完成总线支线。

操作步骤：

- 在项目结构中展开总线结构项。
- 在 KUKA 控制器总线 （KCB）上双击。
- 在主窗口中打开拓扑页面。
- 可在此处再次检查总线结构 （2）
- 所有总线相关的 KCB 用户均在项目结构的 EtherCAT 条目下列出 （1）。

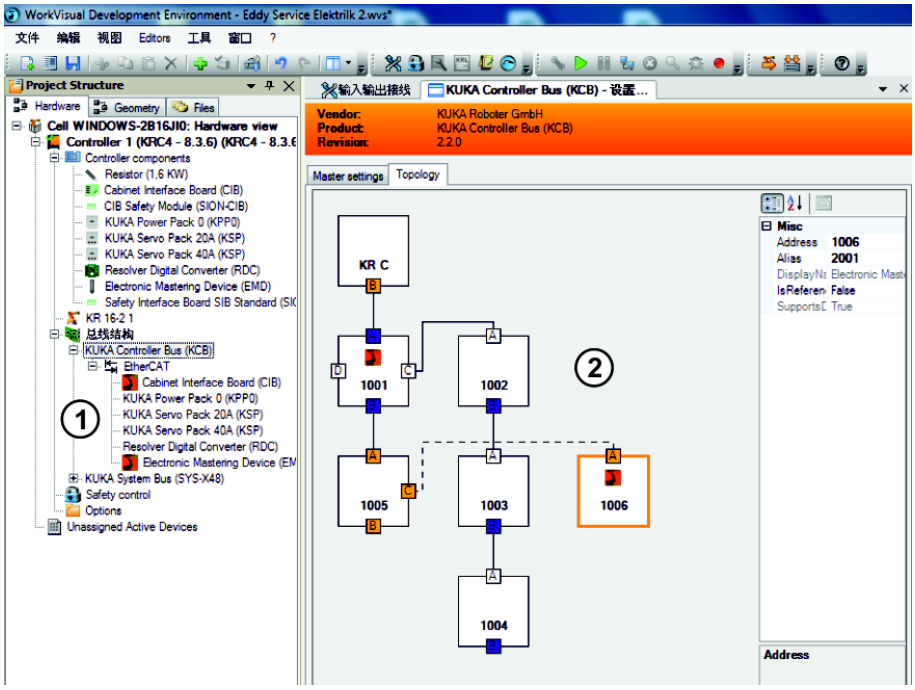


图 13-16: 库卡控制器总线 （KCB）设置

序号	说明	序号	说明
KR C	KPC	1004	KSP
1001	CIB	1005	RDC
1002	KPP	1006	EMD
1003	KSP		

13.2.2 手动配置 KCB - 库卡控制器总线

操作步骤

步骤，见章节 （>>> 13.2.1 ″自动配置 KCB - KUKA 控制器总线″ 页码 221）

- （>>> ″新建 WorkVisual 项目″ 页码 221）
- （>>> ″设置控制器选项″ 页码 222）
- （>>> ″编目管理″ 页码 222）
- （>>> ″添加运动原理″ 页码 222）

配置控制柜装备

1. **打开驱动装置配置**

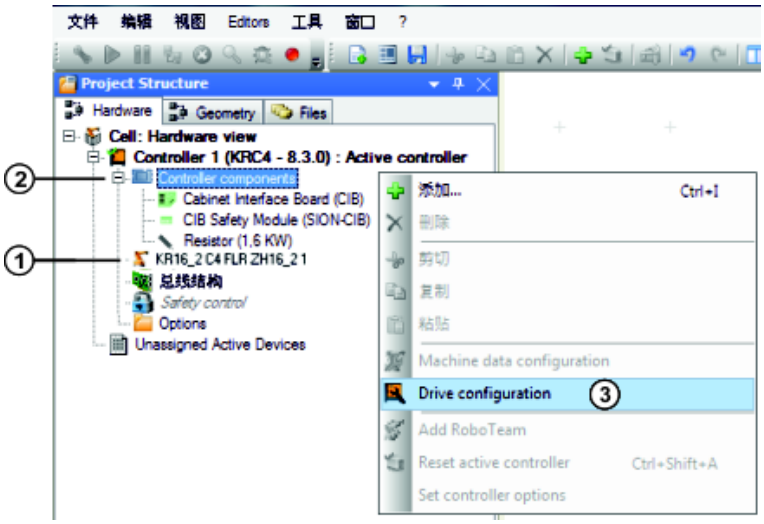


图 13-17：驱动装置配置

- 检查机器人是否出现在项目结构中（1）。
- 选定控制系统组件（2）。
- 用鼠标右键调出驱动装置配置（3）。

2. **驱动装置配置视图**

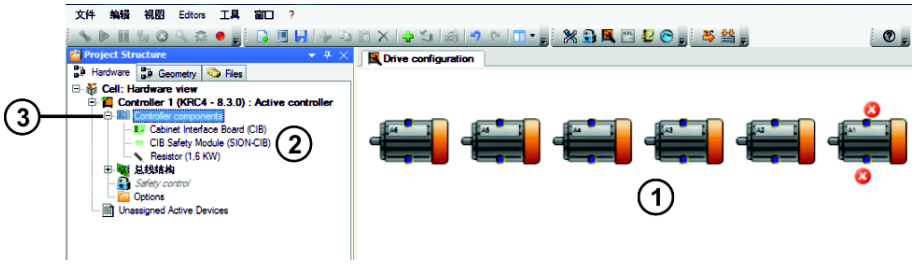


图 13-18：驱动装置配置

- 在打开驱动装置配置后，所有与运动相关的电机（19）均通过图形方式显示出来。
- 然后，驱动装置配置中显示所有的 KCB 专门组件。
- 在项目结构中，CIB 板、SION CIB 节点和镇流电阻（2）已在控制系统组件（3）下完成了配置。
- 这些都是运行时所必需的组件，但是也可以根据使用情况将其拆下更换（例如其它镇流电阻或用于 KR C4 compact 的其它 CIBsr）。

3. **添加控制系统组件**

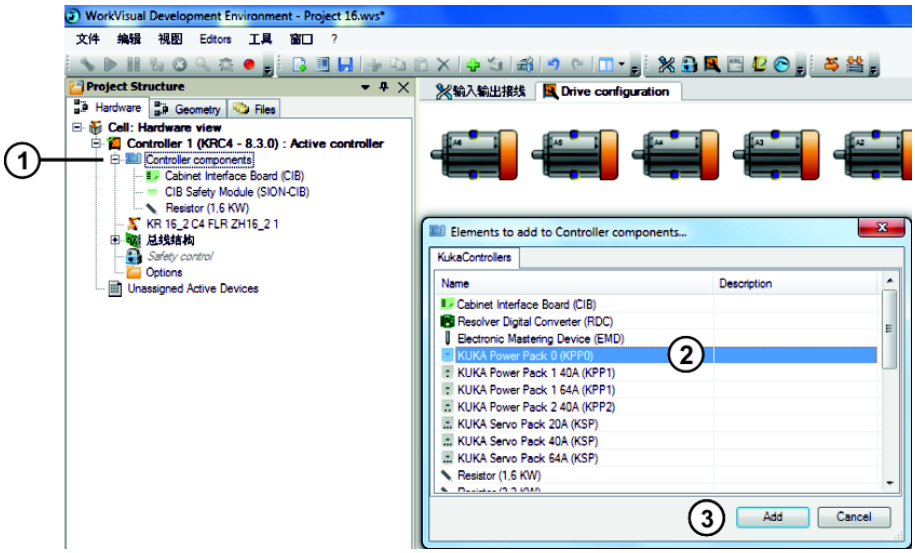


图 13-19: 添加控制系统组件

- 在项目结构中选定控制系统组件 (1)。
- 使用鼠标右键点击**添加**。
- 在所显示的选择菜单中，将相应的 KCB 组件选定 (2) 并添加 (3)。此处预设的是实际的控制柜物理配置。
- 对所有装入的控制柜组件重复执行所述步骤。
- 轴调节器和各电机的 RDC 自动按照标准预设进行接线。
  (>>> ″完成的驱动配置概览″ 页码 225)

镇流电阻的数量和电阻值取决于所使用 KPP 模块的类型、尺寸和数量。

步骤，见章节 (>>> 13.2.1 ″自动配置 KCB - KUKA 控制器总线″ 页码 221)

- (>>> ″完成的驱动配置概览″ 页码 225)
- (>>> ″关于连接的信息″ 页码 226)
- (>>> ″调整接线″ 页码 226)
- (>>> ″检查 KCB — KUKA 控制器总线结构″ 页码 228)

调整 KCB — 库卡控制器总线结构

说明

- 驱动总线配置器将在总线结构的项目节点下自动创建完成的总线支线。
- 对于较为复杂的 KCB 配置，例如手动添加的附加轴，必须使规划 “ 接线 ” 与物理 “ 接线 ” 相匹配。

操作步骤：

- 在项目结构中展开总线结构项。
- 在 KUKA 控制器总线 (KCB) 上双击。
- 在主窗口中打开拓扑页面。
- 所有总线相关的 KCB 用户均在项目结构的 EtherCAT 条目下列出 (1)。
- 在选项卡 “ 拓扑 ” 下以图形方式显示当前配置和 KCB 接线。
- 此外，也可以通过图形方式重新定位单个设备，并调整物理 “ 接线 ”。

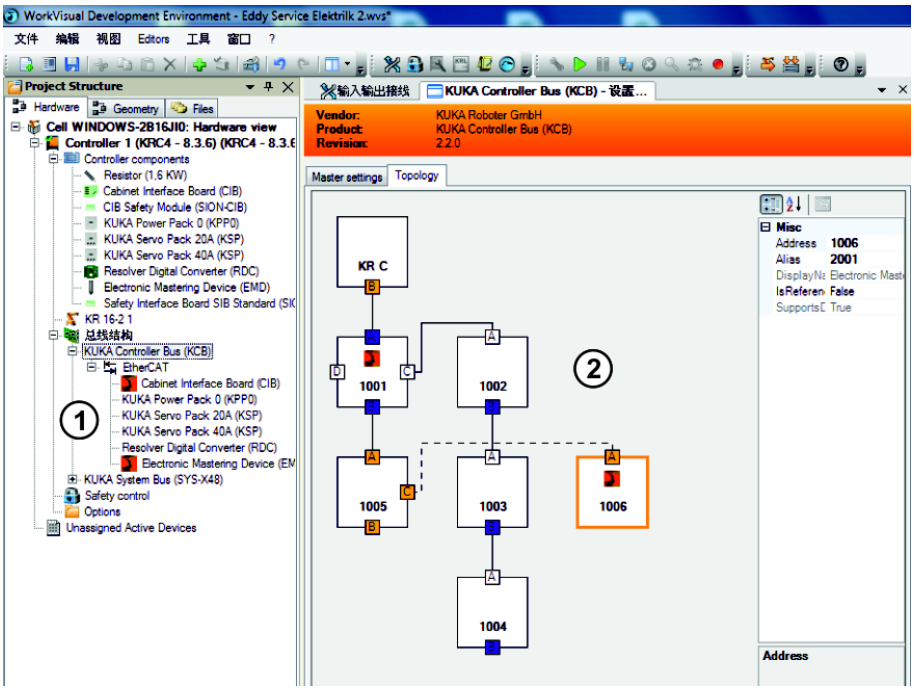


图　13-20：库卡控制器总线（KCB）设置

选项卡 “ 拓扑结构 ” 属性：

- 总线中的每一个设备都用一个矩形表示。
- 设备编号说明其物理地址。
- **为了显示一个设备的名称：**
  将鼠标指针移到该设备上。将显示含有设备名称的工具提示。
  或选定该设备。窗口右侧显示该设备的属性，例如：名称。
  图中的设备：

设备	名称
1001	Cabinet Interface Board (CIB)
1002	库卡 2 轴 Power Pack (KPP2) (G1)
1003	KUKA Servo Pack 手轴 (KSP) (T1)
1004	KUKA Servo Pack 基轴 (KSP) (T2)
1005	旋转变压器数字转换器 (RDC)
1006	Electronic Mastering Device (EMD)

- **为了显示一个接口的名称 ：**
  将鼠标指针移到该接口上。将显示含有接口名称的工具提示。
- 线条显示设备间的连接。
  实线表示永久性连接。虚线表示临时连接。
- 设备可用 Drag&Drop 拉到其它位置。由此可使选项卡**拓扑结构**一目了然。对总线全无影响。
- 窗口右侧显示选定设备的属性，例如：地址和 Alias 地址。属性部分可变。
  所有临时相连的设备都需要 Alias 地址。对 EMD 必须输入 Alias 地址 2001！
- 当设备具有一个无效地址或无效 Alias 地址时，> 图下的信息提示区域便会显示。

序号	说明	序号	说明
KR C	KPC	1004	KSP
1001	CIB	1005	RDC
1002	KPP	1006	EMD
1003	KSP		

编辑连接：

- **选定无效连接并将其删除**。
  为此按删除键或点击右键并选择**删除**。
- **粘贴缺少的连接**。
  为此点击一个接口并按住鼠标键。将鼠标指针拉到另一个接口并松开鼠标键。
- **将临时连接进行相应标记**。
  为此，用右键点击连接并在相关菜单中选择**可拆开的连接**。例如：与 Electronic Mastering Device (EMD) 的连接便是一个临时连接，因为 EMD 未永久性连接。

13.3 练习：KCB - 使用 WorkVisual 配置库卡控制器总线

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- KCB - 使用 WorkVisual 配置*库卡控制器总线*

练习内容

- 在 WorkVisual 项目结构中删除默认运动系统。
- 从产品目录 *KukaRobots* 中将培训间的运动系统添加到项目结构中，例如 KR 16-2。
- 通过配置建议功能配置 KCB 。

学院控制柜		
KPP 0	KSP 20	KSP 20

- 通过驱动装置配置功能检查布线
- 为此使用您的培训笔记本电脑。
- 在本地将创建的项目另存为另一个名称。
- 将已调整的项目传输会控制系统上并激活。
- 在 EDS 和 KR C4 之间比较机器人数据以及校验和。(>>> ″控制系统与机器人的数据同步操作步骤″ 页码 99)
- 测试控制系统，可能需要投入运行模式。

问题

您在练习后应该掌握什么：

1. 在 KCB 配置时需要哪些步骤。
2. 除了总线之外还必须配置哪个组件？

. . . . . .

. . . . . .

14 设备安全

14.1 设备安全概览

在此示教单元里将介绍下列内容：

- Fail Safe over EtherCAT
- 通过 PROFIsafe 的安全接口
- 通过 SIB 的安全接口
- 安全操作
- 调试模式

14.2 KR C4 的内部安全方案

安全性

所有核心组件都拥有集成式安全功能。

安全组件之间通过 EtherCAT 和 FSoE（Fail Safe over EtherCAT）相互通讯

示例：

- 配备 **STO** - *Safe Torque Off* 和 **SBC**- *Safe Brake Controll* 的驱动装置
- 配设机器人定位功能的分解器数字转换器 （RDC）

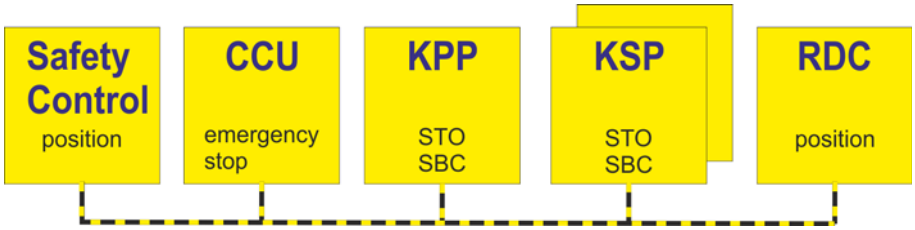


图 14-1: KR C4 的安全方案

安全地址

在常用设备中，FSoE 的从地址可借助开关来设置。

为简化库卡组件的换件过程，在此特地开发一种以软件为手段的设置形式。

实现方式如下：

- 每个设备都有一个预定的 FSoE （SafetyID）从地址保存在一个不易丢失的存储器 （CCU-EDS）里。
- 此外还在里面创建一个校验和映射，以计算因设备而异的 FSoE 从地址和其他信息 （序列号等）。
- 电脑控制系统还在一个不易丢失的存储器 (CCU-EDS) 里保存安全外围设备的所有数据 （FSoE 从站地址和校验和）。
- 系统启动时执行一次一致性检验。
- 按预设流程图进行分配，其中兼顾设备型号。
- 此外，SafetyID 与序列号的对应将保存到 CCU 的 EDS 存储器上。
  - 更换部件时则可根据此对应确定哪个设备不存在，并向具有新序列号的新设备分配相应的 SafetyID。
  - EDS 上的相应记录将随之调整。

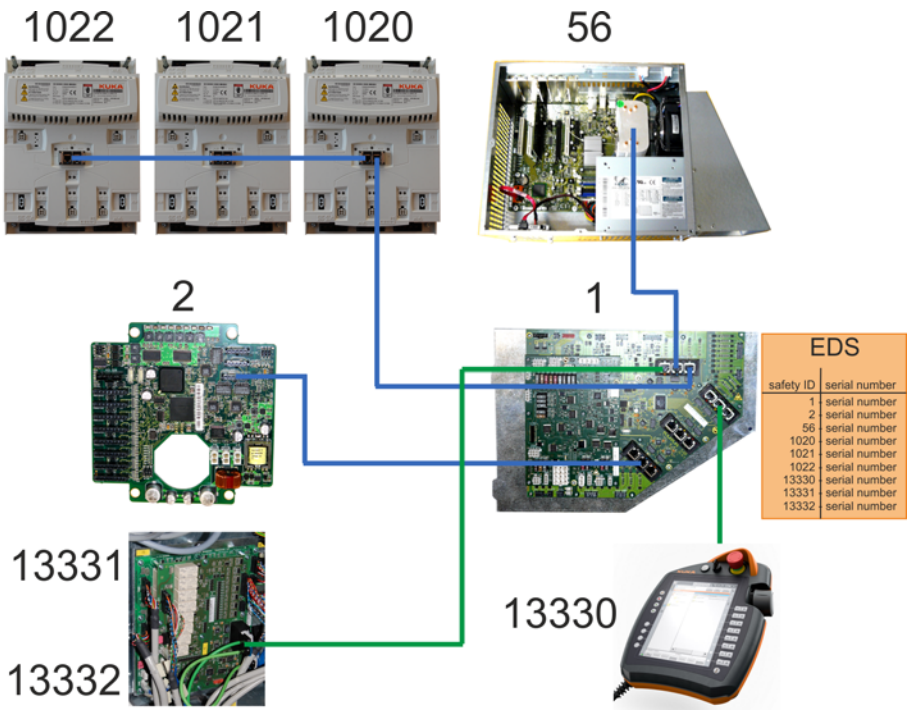


图 14-2: 安全地址

KSP 和 KPP

带 1 列变频器触排的控制器选型		
KSP 左边 地址： **1022**	KSP 中间 地址： **1021**	KPP 右边 地址： **1020**

带 2 列变频器触排的控制器选型		
KSP 左上方 地址： **1032**	KSP 上方中间 地址： **1031**	KPP 右上方 地址： **1030**
KSP 左下方 地址： **1022**	KSP 下方中间 地址： **1021**	KPP 右下方 地址： **1020**

设备更换步骤

- 如果只更换一台设备，那么对其当然可明确识别。
  缺失的 FSoE 从属地址可获得自动分配。 当更换安全控制系统（电脑）时（闪存与箱联结），这点同样适用。
- 如果同时更换多台设备，则不一定就能重新分配明确的 FSoE 从属地址。
  例如: KSP1 与 KSP 2 交叉更换。 由于系统原因，不能可靠地区分究竟是属于物理性更换还是通讯时存在错误。
  控制器总线示例:

设备	预设地址	实际地址	状态
控制系统	56	56	正常
CIB	1	1	正常
KPP	1020	1020	正常
KSP1	**1021**	**1022**	**故障**
KSP2	**1022**	**1021**	**故障**
RDC	2	2	正常

14.3 KR C4 的安全客户接通

说明 通常可采用两种不同技术来保证安全:

- **安全总线系统：**
  - PROFIsafe (PROFINET) » 接口 KLI- *库卡线路接口*
  - CIPsafety (EtherNet/IP) » 接口 KLI- *库卡线路接口*
  - FSoE (EtherCAT) » 接口 KEB- *库卡扩展总线*
- **安全接口板：**
  - KR C4：SIB *安全接口板* » X11/X13
  - KR C4 compact：CCUsr *小型机器人控制柜* » X11

14.4 基于以太网的现场总线系统的安全性

说明

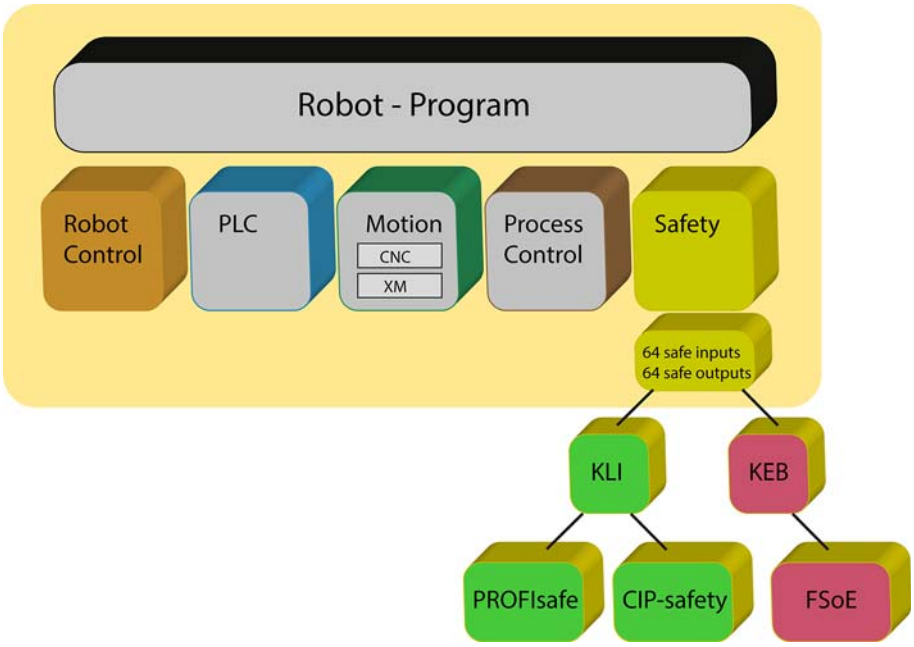


图 14-3：安全接口的柱状模式

- 可为通过基于以太网的现场总线系统进行安全通讯提供两个网络接口。
  - KLI- *库卡线路接口*
    (>>> 14.4.1 "通过 KLI- 库卡线路接口的安全接口" 页码 241)
  - KEB- *库卡扩展总线*
    (>>> 14.4.2 "通过 KEB- 库卡扩展总线的安全接口" 页码 245)
- 它们通过 **64 个预定义的和具有写保护的输入和输出端**与控制系统的安全堆栈通讯。
- 在创建安全的 PLC 程序时，必须考虑到该固定的分配。
  - 用于机器人安全的安全输入端 (>>> "旨在机器人安全的安全输入端" 页码 237)
  - 用于机器人安全的安全输出端 (>>> "机器人安全机制的安全输出端" 页码 239)

旨在机器人安全的安全输入端

- 为确保设备安全，安全输入端将通过安全总线协议 (CIPsafety、PROFIsafe 或 FSoE) 传输两个字节。
- 这些输入端已被固定预先占用，因此在可编程控制器投入使用时必须兼顾到这点。

输入字节 0

位	信号	说明
0	RES	预留 1 须将输入端配置为 1
1	NHE	用于外部紧急停止的输入端 0 = 外部紧急停止已激活 1 = 外部紧急停止未激活
2	BS（操作人员防护装置）	操作人员防护装置 用于访问防护区的输入端。 在自动模式下，信号触发 Stop 1。为了避免例如一扇防护门关上时机器人重新开动，所以必须对功能取消进行确认。 0 = 操作人员防护装置未激活，例如防护门打开 1 = 操作人员防护装置已激活
3	QBS	操作人员防护装置的确认 在系统集成商的操作及编程指南 （VSS 8.1）里，对硬件选项配置项 “ 确认操作人员防护装置已关 ”（如果设备侧的信号 BS 获得确认，可在安全配置的硬件选项下取消激活）具有相关的说明。 确认操作人员防护装置的前提是 BS 位出现 “ 操作人员防护装置已确保无误 ” 的信号。 0 = 操作人员防护装置未被确认 脉冲波 0 ->1 = 操作人员防护装置已确认
4	SHS1	安全停止 Stopp 1 （所有轴） 安全停止 Stopp 1 的信号。 触发大斜坡式减速停止。机器人以最快速度在安全装置作用下停止。 所有轴顺沿预定轨迹停止运动。 驱动装置在进入静止状态后关机。 FF （运行许可）设为 0。 US2 电压关断，AF （驱动许可）在 1.5 秒后设为 0。 该功能的取消无需确认。 该信号不允许用于紧急停止功能。 0 = 安全停止已激活 1 = 安全停止未激活
5	SHS2	安全停止 Stop 2 （所有轴） 安全停止 Stopp 2 的信号。 触发大斜坡式减速停止。机器人以最快速度在安全装置作用下停止。 所有轴顺沿预定轨迹停止运动。 驱动装置在进入静止状态后不关机。 停机监控被激活，FF （运行许可）设为 0。 US2 电压关断。 该功能的取消无需确认。 该信号不允许用于紧急停止功能。 0 = 安全停止已激活 1 = 安全停止未激活
6	E2	E2 闭合回路 （用于运行方式选择的客户个性化信号） 0 = E2 闭合回路未激活 1 = E2 闭合回路已激活
7	E7	E7 闭合回路 （用于运行方式选择的客户个性化信号） 0 = E7 闭合回路未激活 1 = E7 闭合回路已激活

输入字节 1

位	信号	说明
0	US2	US2 馈电压 （用于接通第二非缓冲式馈电压 US2 的信号） 前提条件： 在 【安全配置】中，在 【硬件选项】下设定了 【外围接触器】【通过 ProfiSafe】。 可进行下列设置： ■ 【不使用】（US2 常闭） ■ 【通过 PROFIsafe】（通过 PROFIsafe 输入端接通 US2） ■ 倘若满足下列条件，则 US2 “ 自动 ” （US2 由 KRC 接通）接通： ■ FF （运行许可）设为 1 ■ 必须满足 E2/E7 逻辑电路要求 有关硬件选项配置的信息请参见系统集成商的操作及编程指南资料 （VSS 8.1）。 0 = 关闭 US2 1 = 接通 US2
1	SBH	安全的运行停止 （所有轴） 前提：所有轴停止运转 该功能不会触发停止，而只是激活安全静止监控。 在激活该功能后监控所有轴是否都保持在其位置上。 该功能的取消无需确认。 该信号不允许用于紧急停止功能。 0 = 安全运行停止已激活 1 = 安全运行停止未激活
2	RES	预留 11 须将输入端配置为 1
3	RES	预留 12 须将输入端配置为 1
4	RES	预留 13 须将输入端配置为 1
5	RES	预留 14 须将输入端配置为 1
6	RES	预留 15 须将输入端配置为 1
7	SPA	确认关闭 PROFIsafe 设备确认已收到关闭信号。 在控制系统给出 SP 信号（关闭 PROFIsafe）后一秒钟，操作请求即使在可编程控制系统 （PLC）未加确认的情况下也将被执行，控制系统关闭。 0 = 确认未激活 1 = 确认已激活

机器人安全机制的安全输出端

- 为确保设备安全，需采用双字节 （low aktive）式安全输出端。
- 这些输入端已被固定预先占用，因此在启用可编程控制器必须兼顾到这点。

输出字节 0

位	信号	说明
0	NHL	本机紧急停止 （本机紧急停止功能已被触发） **0** = 本机紧急停止功能已激活 **1** = 本机紧急停止功能未激活
1	AF	驱动许可 （KRC 内部安全控制已许可驱动装置开机） **0** = 驱动许可未激活 （机器人控制系统必须关闭驱动装置） **1** = 驱动许可已激活 （机器人控制系统允许将驱动装置切换至受控状态）
2	FF	运行许可 （KRC 内部安全控制系统已准许机器人动作） **0** = 运行许可未激活 （机器人控制系统必须停止当前运动） **1** = 运行许可已激活 （机器人控制系统允许触发运动）
3	ZS	确认开关中的一个处于中间位置 （在测试运行中给出许可指令） **0** = 确认未激活 **1** = 确认已激活
4	PE	当满足下列条件时，Peri enabled 信号置 1 （激活）： ■ 驱动装置已接通。 ■ 安全控制系统运行开通。 ■ 不允许存在信息提示 “ 操作人员防护装置处于开启状态 ”。
5	AUT	机器人处于外部运行方式 **0** = 外部运行方式未激活 **1** = 外部运行方式已激活
6	T1	机器人处于 “ 手动低速 ” 运行方式下 **0** = 运行方式 T1 未激活 **1** = 运行方式 T1 已激活
7	T2	机器人处于 “ 手动高速 ” 运行方式下 **0** = 运行方式 T2 未激活 **1** = 运行方式 T2 已激活

输出字节 1

位	信号	说明
0	NHE	外部紧急停止已触发 **0** = 外部紧急停止已激活 **1** = 外部紧急停止未激活
1	BS	操作人员防护装置 **0** = 不能确保操作人员保护 **1** = 可确保操作人员保护（操作人员防护装置输入端 = 1；如果已配置，操作人员防护装置确认输入端已被确认）

位	信号	说明
2	SHS1	安全停止 Stop 1 （所有轴） 0 = 安全停止 Stop 1 未激活 1 = 安全停止 Stop 1 已激活 （已达到安全状态）
3	SHS2	安全停止 Stop 2 （所有轴） 0 = 安全停止 Stop 2 未激活 1 = 安全停止 Stop 2 已激活 （已达到安全状态）
4	RES	预留 13
5	RES	预留 14
6	PSA	PROFIsafe 已激活 （指示作为 PROFIsafe 设备总线用户的机器人控制系统的状态） 前提条件： 必须在控制系统上安装工业以太网 0 = PROFIsafe 总线上的机器人控制系统未激活 1 = PROFIsafe 总线上的机器人控制系统已激活
7	SP	关闭 PROFIsafe （机器人控制系统通知结束 PROFIsafe 连接） 如果可编程控制器 （PLC） 在收到信号 SP 后发送信号 SPA 作为确认，则将 PSA 设定为 0 且控制系统关机。 信号 SP 设定之后一秒钟，在未经可编程控制系统 （PLC）确认的情况下机器人控制系统将 PSA 输出端复位且控制系统关机。 0 = 连接结束通知功能未激活 1 = 连接结束通知功能已激活

14.4.1 通过 KLI- 库卡线路接口的安全接口

基于以太网的安全现场总线系统 PROFIsafe （工业以太网）

图 14-4

- 与老几代控制柜相比较，现在通过与 PROFIsafe 相结合，能直接通过安全总线端子监测安全输入和输出端 （例如紧急停止）。
- 操作被安全 PLC 监测到并直接通过安全协议 PROFIsafe 转达给 (V)KR C4。
- 这样一来，专用的安全电子装置就变成多余的了。
- 这项基于现场总线的技术优点主要是降低了硬件成本，以及灵活和快速地实现网络化的安全平台。

配设 PROFIsafe 的工业以太网栈

控制系统和设备之间与安全相关的信号通过 PROFIsafe 进行交流。

必须安装工业以太网的备选数据包

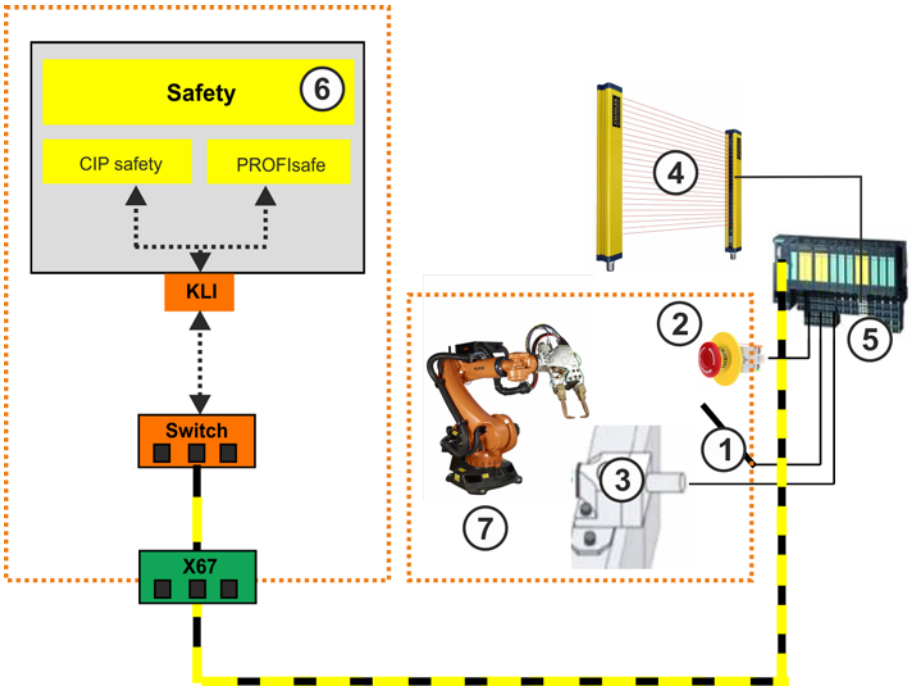


图 14-5: 通过 PROFISAFE/ CIPsafety 连接

序号	说明
1	防护门
2	紧急停止按钮
3	参考点开关
4	安全 PLC 系统
5	安全软件堆栈
6	机械手

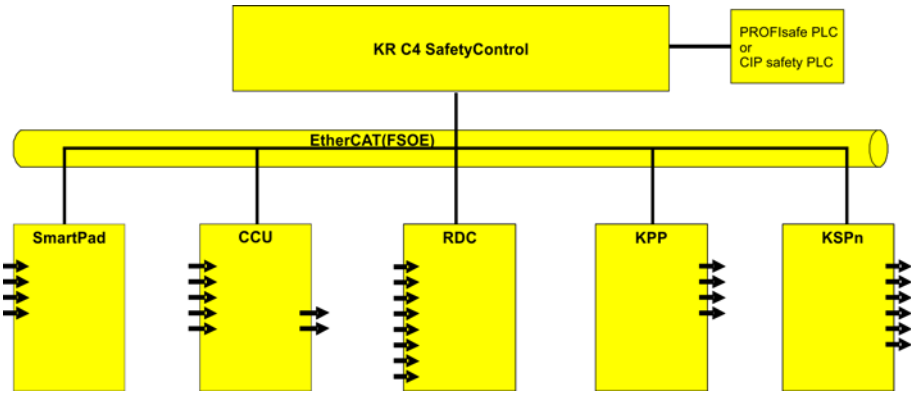


图 14-6: 通过 PROFIsafe 或 CIP safety 的安全性

KCP/smartPAD	CCU	RDC	KPP	KSP
紧急停止	紧急停止	旋转变压器 1-8	SafeTorque Off1	SafeTorque Off1
确认键	零点复归		SafeTorque Off2	SafeTorque Off2
运行方式	外部确认		SafeBrake Off1	SafeTorque Off3
解耦	主接触器 1 的反馈		SafeBrake Off2	SafeBrake Off1
	主接触器 1 的反馈			SafeBrake Off2
	主接触器 1 的控制装置			SafeBrake Off3
	主接触器 2 的控制装置			

- PROFIsafe 结合工业以太网才能作为软件栈植入控制系统内。
- 无需再使用 CP1616 工业以太网插接卡。

工业以太网软件具有两种类型：

- **KUKA.PROFINET Controller/Device**

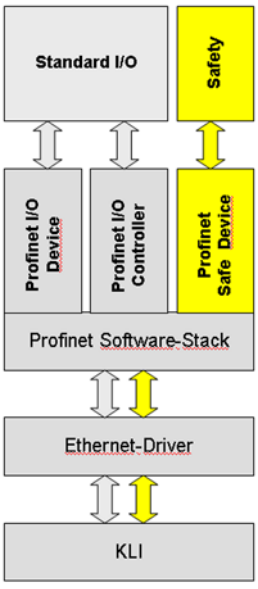


图 14-7: 工业以太网 PROFIsafe 栈

包括以下功能：

a. 工业以太网输入输出控制器
b. 工业以太网输入输出设备
c. PROFIsafe 设备

- **KUKA.PROFINET Device**

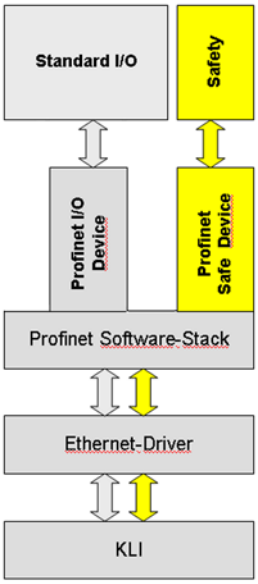


图 14-8: PROFINET / PROFIsafe Device

包括以下功能：

a. 工业以太网输入输出设备
b. PROFIsafe 设备

软件栈的特点：

- 通过 KLI （KUKA 线路接口）进行访问
- 可利用库卡 smartPAD 进行诊断
- 可利用 WorkVisual 进行布线，对安全件不能进行参数化设置
- **工业以太网控制器：**
  - 256 个装置
  - 扫描循环 1 毫秒
  - 【快速起动】用于工具快速更换
  - 对标准输入 / 输出端可进行参数化设置
- **工业以太网装置：**
  - 对标准输入 / 输出端可进行参数化设置
- **PROFIsafe 装置：**
  - 执行 ISO 13849 的性能级别 “d”
  - 64 个不能参数化的安全输入端和输出端（16 个用于设备安全，48 个用于 SafeOperation）

基于以太网的安全现场总线 CIP-safety (EtherNet/IP)

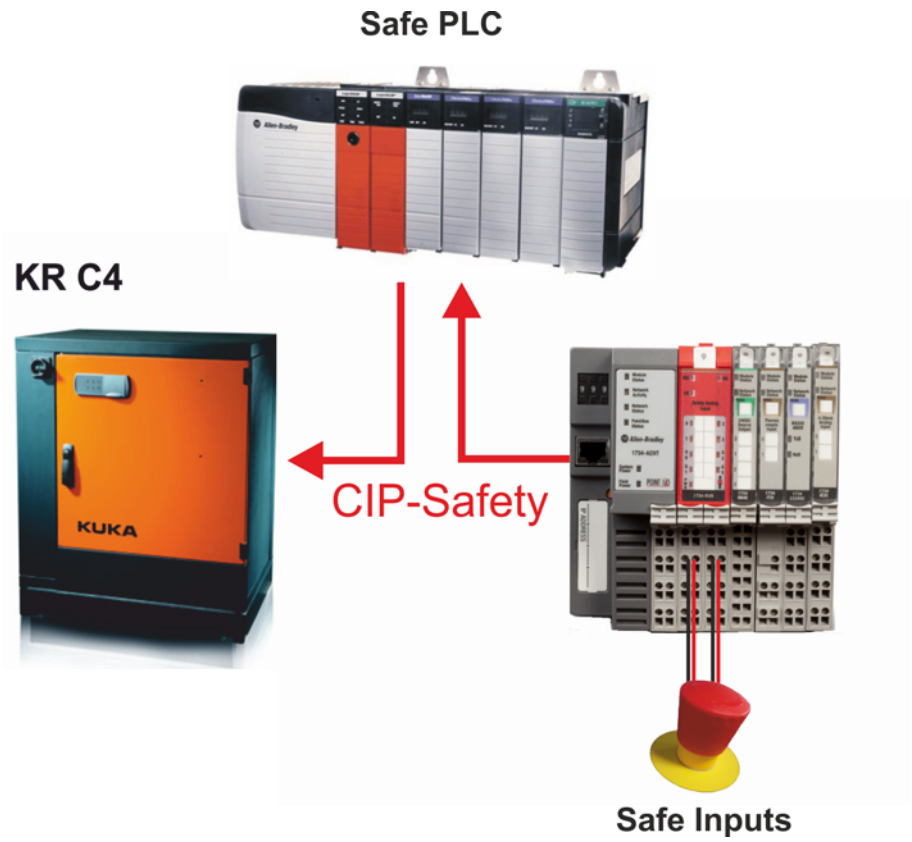


图 14-9: KR C4 和 CIP-Safety

- 正如已在安全现场总线 PROFIsafe 中所述，即使对于 CIP-safety (EtherNet/IP)，也可直接通过安全总线端子检测紧急停止信号。
- 在此，操作也被安全 PLC 监测并直接通过 CIP-safety 转达给 (V)KR C4。

14.4.2 通过 KEB- 库卡扩展总线的安全接口

以太网为基础的安全开放式现场总线系统 - FSoE (EtherCat)

图 14-10: 使用 KEB 的安全接口

序号	说明	序号	说明
1	KR C4	4	安全 SPS

序号	说明	序号	说明
2	CCU	5	使用现场总线耦合器的安全总线端子
3	BECKHOFF EK1100 BECKHOFF EL6695-1001		

- 结合 **FSoE**-*Fail Safe Over EtherCat* 可以直接通过安全总线端子 (5) 监测安全输入和输出端 （例如紧急停机）。
- 操作被安全 -SPS (4) 监测到并直接通过安全协议 FSoE 转达给 (V)KR C4。
- 在控制柜中有一个 BECKHOFF EtherCAT Bridge EL6695-1001 (3)，其通过 BECKHOFF EK1100 总线耦合器将安全报文转给 CCU- *控制柜*上的 KEB-KUKA 扩展总线以及 (V)KR C4。

注意 FSoE 通讯只能使用 KUKA 公司的 BECKHOFF EL6695-1001 模块。如果模块是 BECKHOFF 公司的，则无法提供完整功能。

14.5 通过 SIB – 安全接口板的安全功能

说明

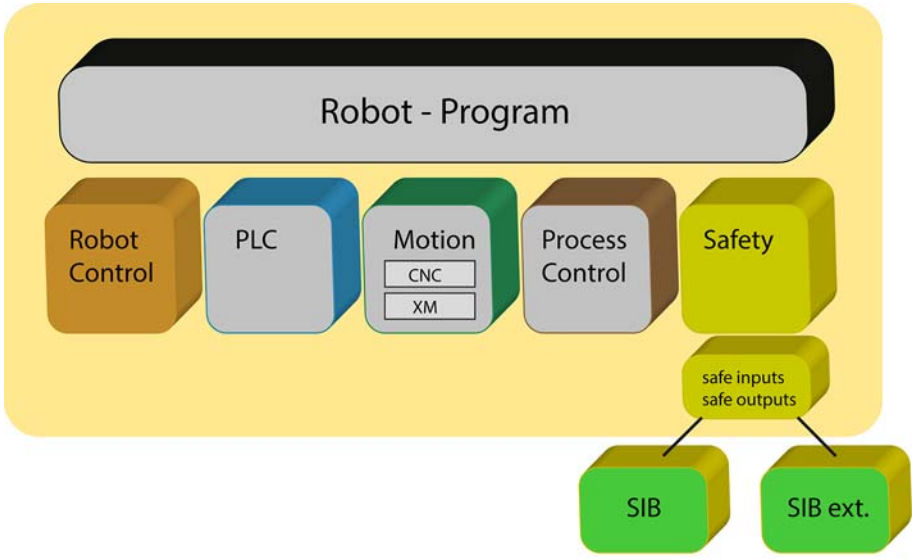


图 14-11: 安全接口的柱状模式

- 为通过 **KSB**- *库卡系统总线*进行安全通讯提供两种硬件变型：
  - **SIB**- *库卡线路接口*
  - **扩展型 SIB**- *库卡扩展总线*
- 它们通过**预定义的和基于硬件的输入和输出端**与控制系统的安全堆栈通讯。
- 在创建安全的 PLC 程序时，必须考虑到该固定的布线。

SIB －安全接口板款型

图 14-12: 内置 / 外置 SIB 接口板

说明

- **标准 SIB** 及**扩展型 SIB** 主要具有采集、控制和开关功能。
- 安全输入端和安全输出端的配置已经设定。
- 所有安全输入端和安全输出端均采用双通道设计。
  为进行监控，使用一个脉冲信号。
- 安全输出端通过电隔离输出端 （继电器）被连接至接口 (X11/X13)。
- 两块电路板均可单独运行或一起运行。
  在复合运行模式下，两块接口板上下重叠旋接，并与一条网络线路 (EtherCat FSOE) 连接。
  通过 PMB *Power Management Board （电源管理板）*供应电压。

功能

- 视客户接口具体扩展需求而定，在机器人控制系统里可采用两种不同 SIB：
  - **标准 SIB 电路板 X11** －机器人安全 （设备安全）
    有 *5 个安全输入端*和 *3 个安全输出端*可供标准安全功能使用。
  - **扩展 SIB 电路板 X13** －安全操作 （人员安全，功率范围受限）
    有 *8 个安全输入端*和 *8 个安全输出端*可供 SafeOperation 选项使用。

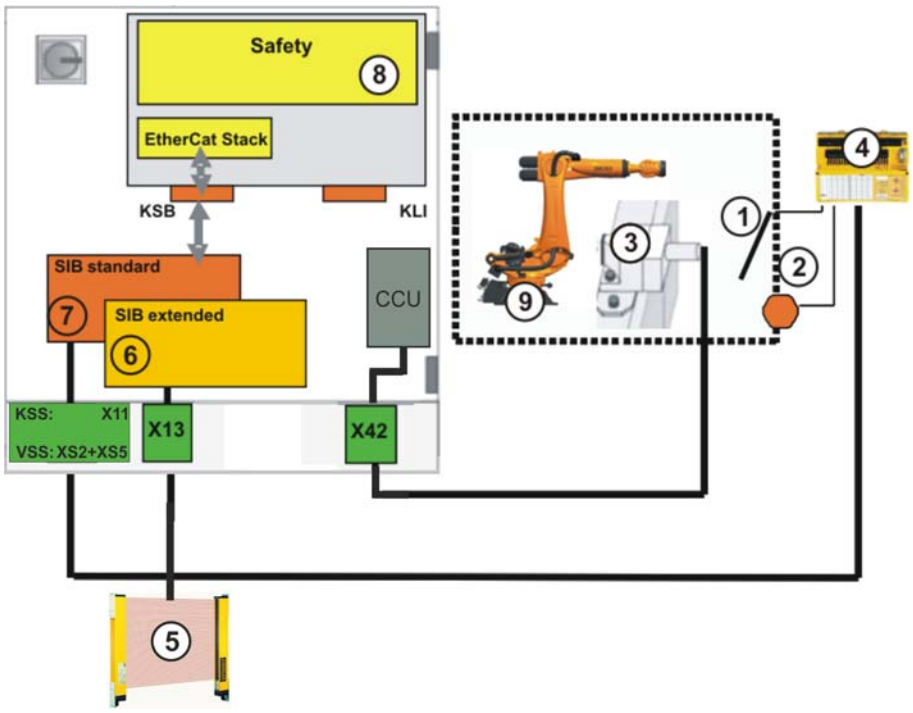


图 14-13: 借助 SIB 的 SafeOperation

序号	说明
1	操作人员防护装置
2	紧急停止按钮
3	参考点开关
4	用于连接机器人安全系统的安全开关设备
5	光幕 / 光栅
6	用于选项 SafeOperation 的扩展型 SIB
7	用于机器人安全系统的标准型 SIB
8	安全软件堆栈
9	机械手

14.5.1 SIB 标准－安全接口板标准款型

SIB 标准板功能

- **安全接口 X11** 的**安全输入和输出端**以电隔离方式通过 **SIB 标准板**联接。
- SIB 标准板将安全输入和输出端 “ 翻译 ” 为控制柜内部的 EtherCat 协议。
- SIB 标准板的连接通过 **KSB – KUKA 系统总线**实现

标准 SIB 上具有下列安全输入端和输出端：

- **5 个安全输入端**
- **3 个安全输出端**

标准型 SIB 接口

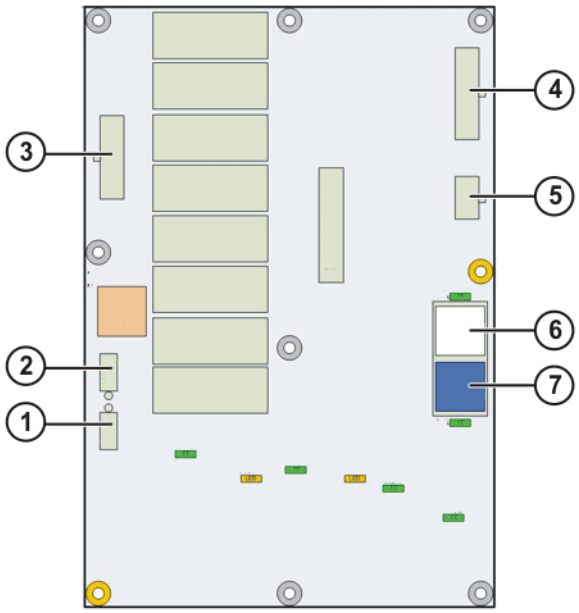


图 14-14: 标准 SIB 接口

序号	插头	说明
1	X250	SIB 供电
2	X251	其他组件的供电
3	X252	安全输出端
4	X253	安全输入端
5	X254	安全输入端
6	X259	库卡系统总线
7	X258	库卡系统总线

标准型 SIB 的安全输入端和输出端

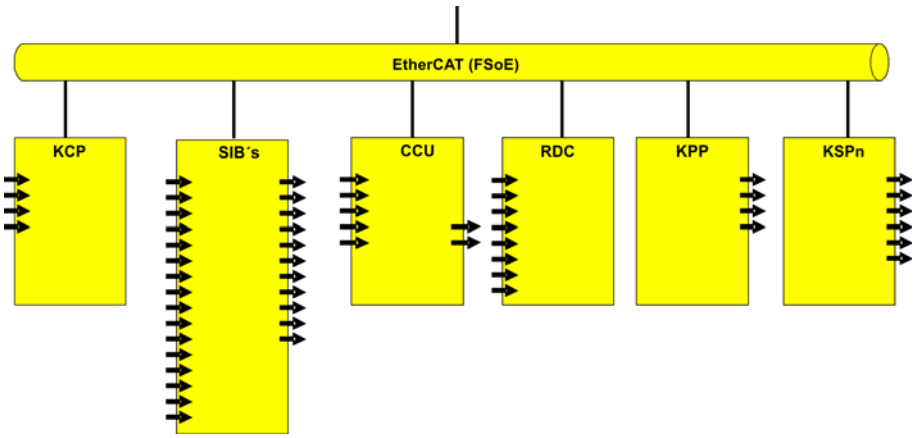


图 14-15: 标准型 SIB 可带来的安全

这些安全输入端具有以下意义:

安全输入端编号	含义
1	外控急停
2	操作人员防护装置
3	操作人员防护功能确认
4	安全运行停止 （停机监控）
5	机器人轴安全停止 SH

通过**安全停止**和**安全运行停止**这两个输入端，就可实现新型应用 （例如：手动装载站），无需 SafeOperation。

这些安全输出端具有以下意义：

安全输出端编号	含义
1	内控急停
2	确认了操作人员防护装置
3	确认键已被按下

KR C4 接口 X11 与 KR C2 的针脚布局不兼容！

标准型 SIB 的 LED 指示灯

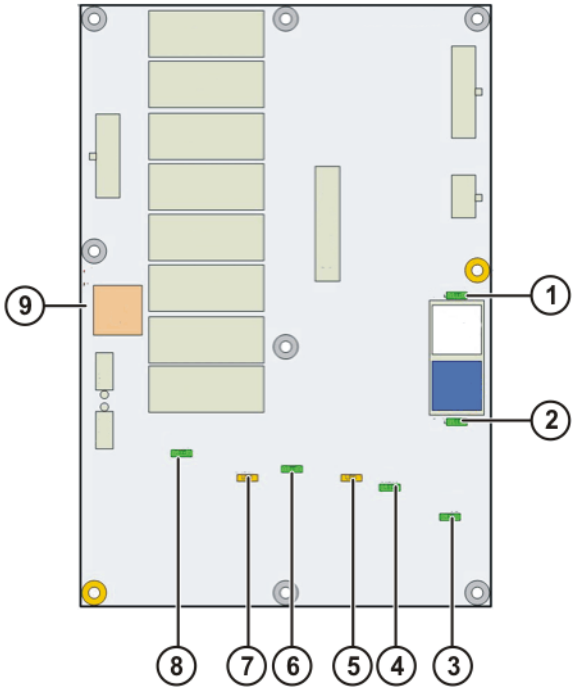


图 14-16: 标准 SIB 的 LED 指示灯显示

序号	名称	标色	说明	补救措施
1	L/A	绿色	■ 亮 = 有物理连接 ■ 灭 = 无物理连接 网线无法插好。 ■ 闪烁 = 线路上正进行数据交换	–
2	L/A	绿色		
3	PWR_3V3 SIB 的电压	绿色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F302 ■ 有电桥插头 X308
			亮 = 电源存在	–
4	RUN （运行） EtherCat 安全节点	绿色	亮 = 可使用 （正常状态）	–
			灭 = 初始化 （开机后）	–
			以 2.5 Hz 闪烁 = 试运转（启动时的中间状态）	–
			单一信号 = 安全运转	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动 （用于固件更新）	–

序号	名称	标色	说明	补救措施
5	STAS2 安全节点 B	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F302 ■ 如果 LED PWR_3V3 亮起，则更换 SIB 组件
			以 1 HZ 闪烁 = 正常状态	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	–
6	FSoE EtherCat 连接的安全协议	绿色	灭 = 未激活	–
			亮 = 功能就绪	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	–
7	STAS1 安全节点 A	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F302 ■ 如果 LED PWR_3V3 亮起，则更换 SIB 组件
			以 1 HZ 闪烁 = 正常状态	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	–
8	PWRS 3.3V	绿色	亮 = 电源存在	–
			灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F302 ■ 如果 LED PWR_3V3 亮起，则更换 SIB 组件
9	保险装置 LED LED 显示保险装置的状态	红色	亮 = 保险装置损坏	更换已损坏的保险装置
			灭 = 保险装置正常	–

14.5.1.1 X11 接口，用于设备安全的插头配置

插头配置

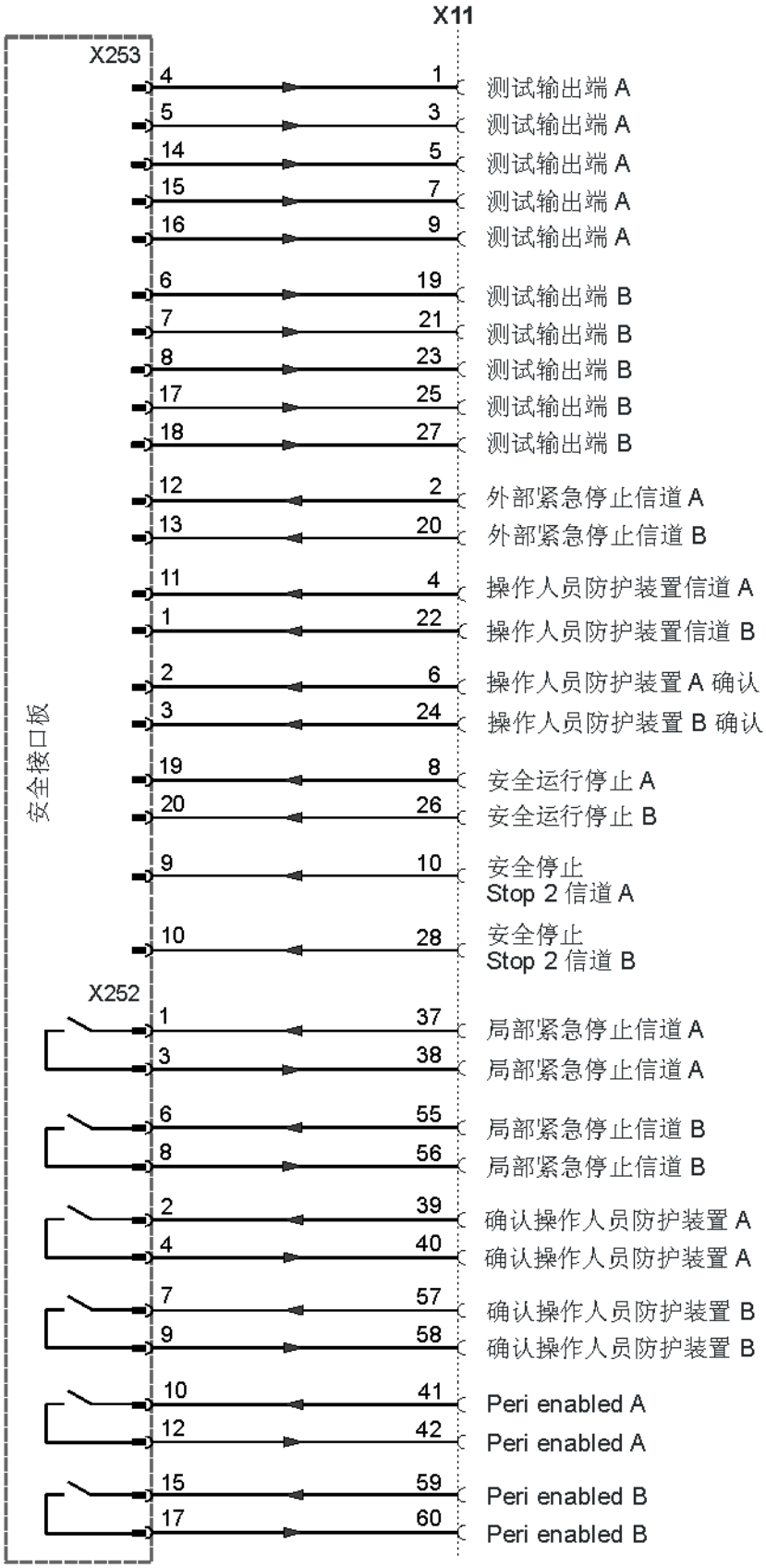


图 14-17: X11 接口插头配置

信号	针脚	说明	备注
SIB 测试输出端 A（测试信号）	1 3 5 7 9	向信道 A 的每个接口输入端供应脉冲电压。	此信号仅允许与 SIB 连接。
SIB 测试输出端 B（测试信号）	19 21 23 25 27	向信道 B 的每个接口输入端供应脉冲电压。	
信道 A 安全运行停止	8	各轴的安全运行停止输入端	激活停机监控 超出停机监控范围时导入停机 0。
信道 B 安全运行停止	26		
安全停止 Stop 2 信道 A	10	安全停止 Stop 2（所有轴）输入端	各轴停机时触发安全停止 2 并激活停机监控。 超出停机监控范围时导入停机 0。
安全停止 Stop 2 信道 B	28		
局部紧急停止信道 A	37 38	输出端，内部紧急停止的无电势触点，	满足下列条件时，触点闭合： ■ SmartPad 上的紧急停止未操作 ■ 控制系统已接通并准备就绪 如有条件未满足，则触点打开。
局部紧急停止信道 B	55 56		
外部紧急停止信道 A	2	紧急停止，双信道输入端，	在机器人控制系统中触发紧急停止功能。
外部紧急停止信道 B	20		
信道 A 确认操作人员防护装置	6	用于连接带有无电势触点的确认操作人员防护装置的双信道输入端，	可通过库卡系统软件配置确认操作人员防护装置输入端的行为。 在关闭防护门（操作人员防护装置）后，可在自动运行方式下在防护栅外面用确认键接通机械手的运行。 该功能在交货状态下不生效。
信道 B 确认操作人员防护装置	24		
操作人员防护装置信道 A	4	用于防护门闭锁装置的双信道连接，	只要该信号处于接通状态，就可以接通驱动装置。 仅在自动运行方式下有效。
操作人员防护装置信道 B	22		
信道 A 的 Peri enabled	41 42	输出端，无电势触点	
信道 B 的 Peri enabled	59 60	输出端，无电势触点	

信号	针脚	说明	备注
操作人员防护装置确认信道 A	39 40	输出端，确认操作人员防护装置无电势触点	将确认操作人员防护装置的输入信号转接至在同一防护栅上的其它机器人控制系统。
确认操作人员防护装置信道 B	57 58	输出端，确认操作人员防护装置无电势触点	

警告 如果将布线示例 X11 用于投入运行或故障查找，则连接的机器人系统的安全部件不起作用。

针对适用于北美地区的 KR C4 款型来说请注意下列章节：

14.5.1.2 安全接口 X11 上的外部确认开关

如果设备很大且不能较好地通览，则需要加设一个外部确认机制。

确认开关的功能

- 外部确认机制 1
  运行 T1 或 T2 模式时必须操作确认开关。输入端闭合
- 外部确认机制 2
  确认开关未处在紧急位置。输入端闭合
- 如果已连接一个 smartPAD，则其确认开关与外部确认机制以 UND 式耦联。

功能 （仅针对在 T1 和 T2 模式被激活的情况下）	外部确认机制 1	外部确认机制 2	开关位置
安全停止 1（在轴静止时，驱动装置被关断）	输入端断开	输入端断开	非运行状态
安全停止 2（安全运行停止，驱动装置已接通）	输入端断开	输入端闭合	未操作
安全停止 1（在轴静止时，驱动装置被关断）	输入端闭合	输入端断开	紧急情况位置
轴开通（轴可移动）	输入端闭合	输入端闭合	中间位置

插头配置

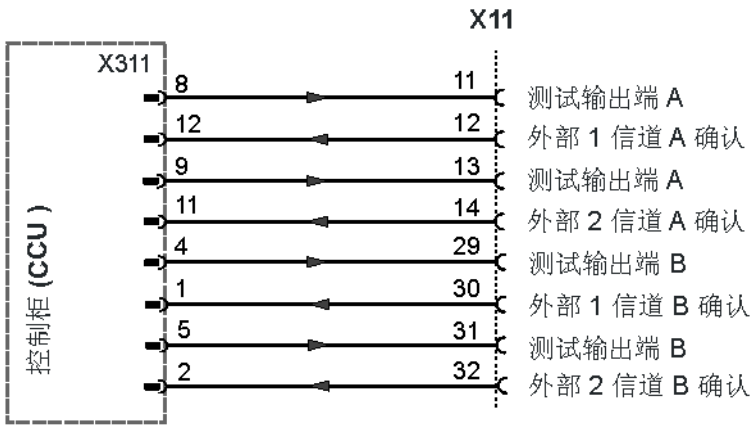


图 14-18：外部确认开关插头配置接口 X11

布线示例

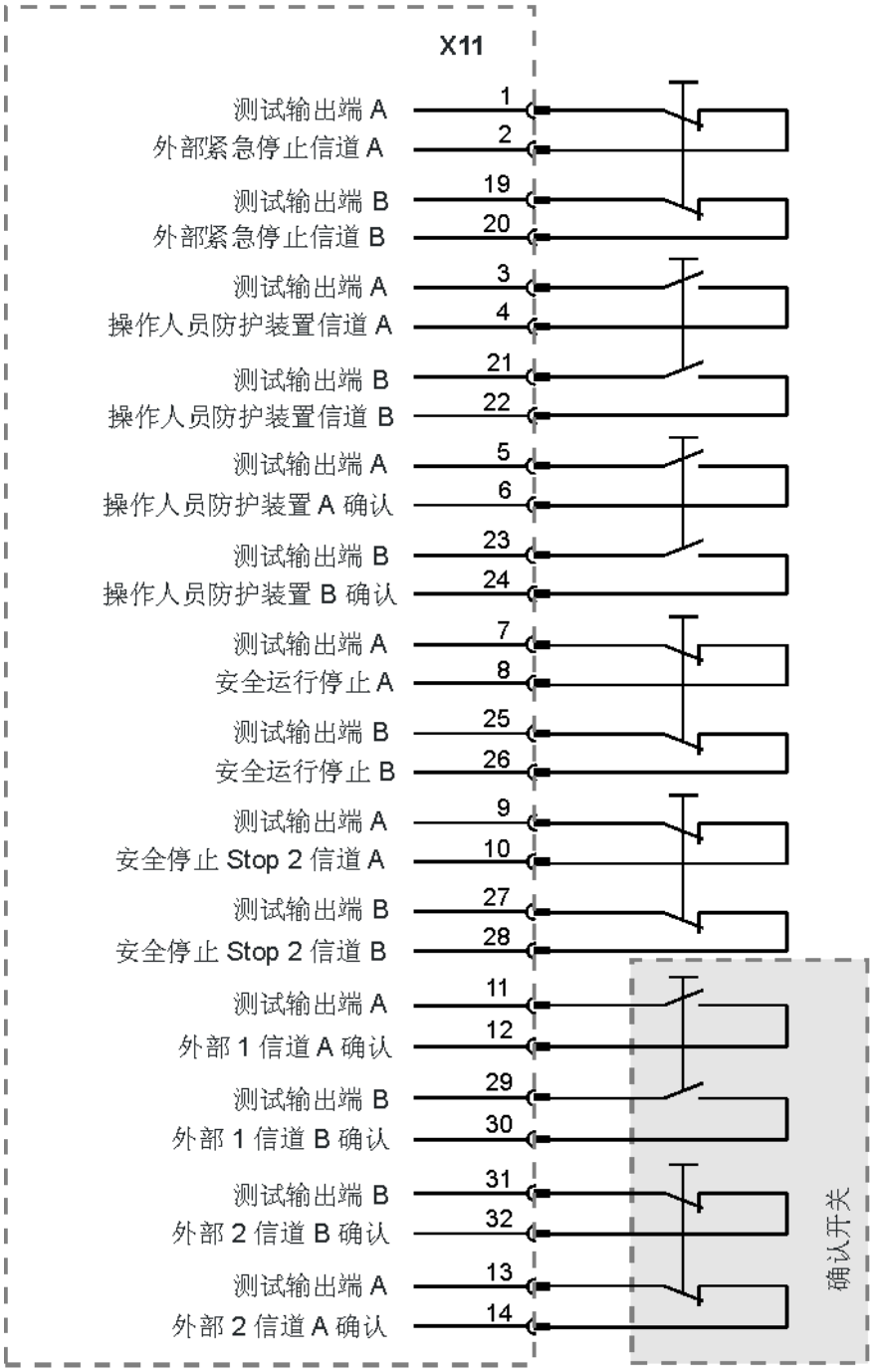


图 14-19: 布线示例 X11

如果没有外部确认或激活了投入运行模式，则
- 必须桥接针脚 11-12、13-14、29-30 和 31-32。
- 如果未接 X311 至 X11 的电缆，则必须将此输入端在 CCU 上桥接（不是 SIB）。
- 插头 X311 位于供货随附的备份附件包中

14.5.1.3 X11 上的负载电压 US1 和 US2 选项

说明

- 当接口带负载电压 US1/US2 时，负载电压 US1 未接，US2 通过安全技术连接，由此可在驱动装置关闭时关断执行器。

- 第二个主接触器可作为开关元件用于外部设备的不间断电源供电（US2）。此功能有下列形式，可在安全配置中进行设置。

  另见：（>>> 图 14-25 ）

  - **通过外部 PLC 接通**

    接触器将直接由外部输入端接通 （ProfiSafe 电讯报文中的 US2 信号）。 此方式仅在使用 PROFIsafe 时可用。

  - **通过 KRC 接通**

    当机器人控制系统中设置了 “FF 信号 ” 和非安全性 “US2_CONTACTOR_ON” 信号时，接触器将接通。 由此机器人控制系统的非安全性部件也可接通接触器。

  - **被禁用**

    接触器始终关闭。

插头的布置

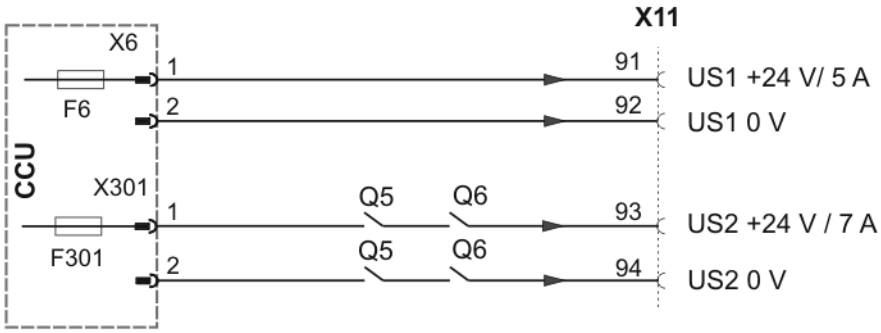


图 14-20: 接通的负载电压 US1/US2

> 也可安装紧凑型 4 针 X56 接口来代替 X11 接口，以便将接通的负载电压向外部导出。
> 为此须使用针脚 1/2 及 3/4。

X11 插头配置

针脚	信号	说明
91	负载电压 US1	24 V 内部 / 5 A 未接 只要控制系统有电压供给，则电压就处于接通状态。
92		0 V 内部
93	负载电压 US2	24 V 内部 / 7 A 已连接
94		0 V 内部

14.5.2 SIB 扩展板 – 安全接口扩展板

SIB 扩展板功能

- **安全接口 X13** 的**安全输入和输出端**以电隔离方式通过 **SIB 扩展板**联接。
- SIB 扩展板将安全输入和输出端 “ 翻译 ” 为控制柜内部的 EtherCat 协议。
- SIB 扩展板的连接通过 **KSB – KUKA 系统总线**实现

下列**安全输入和输出端**均以电隔离方式选择性通过 SIB 扩展板连接：

- 安全输入 / 输出端，用于选项 SafeOperation。包括范围选择和范围监控。
- 准备轴范围监控安全输入 / 输出端 （Safe Range Monitoring，之前的 ABÜ）

在 SIB 扩展板上有下列安全输入端和输出端：

- **8 个安全输入端**

■ 8 个安全输出端

扩展接口

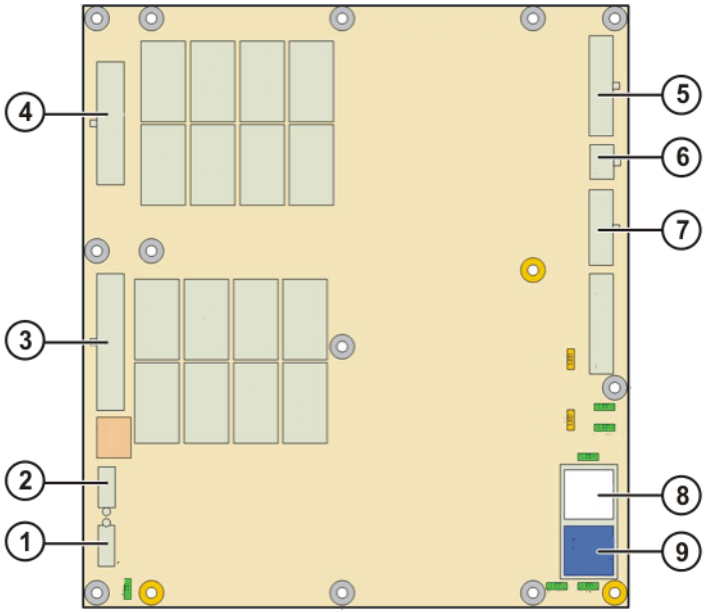


图 14-21: 扩展 SIB 接口

项号	插头	说明
1	X260	扩展 SIB 的供电
2	X261	其他组件的供电
3	X264	安全输出端 1、4
4	X266	安全输出端 5、8
5	X262	安全输入端
6	X263	安全输入端
7	X267	安全输入端
8	X268	库卡系统总线输入
9	X269	库卡系统总线输出

扩展型 SIB 的 LED 指示灯

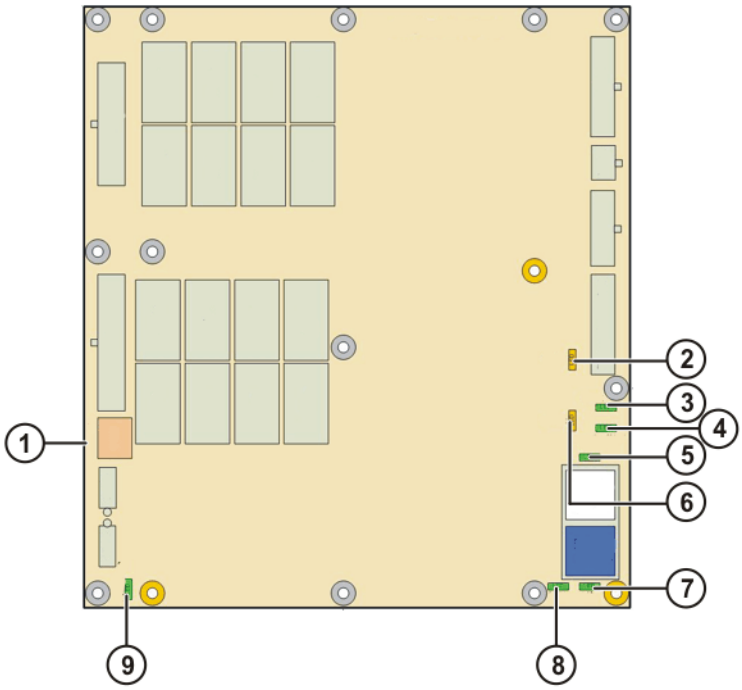


图 14-22: 扩展 SIB LED 指示灯显示

序号	名称	标色	说明	补救措施
1	保险装置 LED LED 显示保险装置的状态	红色	亮 = 保险装置损坏	更换已损坏的保险装置
			灭 = 保险装置正常	–
2	STAS1 安全节点 A	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F302 ■ 如果 LED PWR_3V3 亮起，则更换 SIB 组件
			以 1 HZ 闪烁 = 正常状态	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	–
3	FSoE EtherCat 连接的安全协议	绿色	灭 = 未激活	–
			开 = 功能就绪	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	–
4	PWRS 3.3V	绿色	亮 = 电源存在	–
			灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F302 ■ 如果 LED PWR_3V3 亮起，则更换 SIB 组件
5	L/A	绿色	■ 亮 = 有物理连接 ■ 灭 = 无物理连接 网线无法插好。 ■ 闪烁 = 线路上正进行数据交换	–
6	STAS2 安全节点 B	橙色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F302 ■ 如果 LED PWR_3V3 亮起，则更换 SIB 组件
			以 1 HZ 闪烁 = 正常状态	–
			以 10 Hz 闪烁 = 启动阶段	–
			闪烁 = 错误代码 （内部）	–

序号	名称	标色	说明	补救措施
7	L/A	绿色	■ 亮 = 有物理连接 ■ 灭 = 无物理连接 网线无法插好。 ■ 闪烁 = 线路上正进行数据交换	-
8	RUN （运行） EtherCat 安全节点	绿色	亮 = 可使用 （正常状态）	-
			灭 = 初始化 （开机后）	-
			以 2.5 Hz 闪烁 = 试运转（启动时的中间状态）	-
			单一信号 = 安全运转	-
			以 10 Hz 闪烁 = 启动 （用于固件更新）	-
9	PWR_3V3 SIB 的电压	绿色	灭 = 无电源存在	■ 检查保险装置 F302 ■ 桥式插头 X308 已存在
			亮 = 电源存在	-

14.6 配置设备安全机制 (HMI)

说明

通常可采用两种不同技术来保证安全：

- **安全总线系统：**
  - PROFIsafe (PROFINET) » 接口 KLI- *库卡线路接口*
  - CIPsafety (EtherNet/IP) » 接口 KLI- *库卡线路接口*
  - FSoE (EtherCAT) » 接口 KEB- *库卡扩展总线*
- **安全接口板：**
  - KR C4：SIB *安全接口板* » X11/X13
  - KR C4 compact：CCUsr *小型机器人控制柜* » X11

配置途径

在投入运行时必须对机器人安全进行配置。

其中有两种执行方案：

- 直接通过 HMI
- 通过 WorkVisual 里的安全配置编辑器

操作步骤

1. 用户组**安全调试员 / 安全维护员**已选。
2. **选择菜单序列** *KUKA 按键 > 配置 > 安全配置*。
3. 在**当前配置**栏显示了安全信号是通过 PROFIsafe、CIP-Safety 还是通过 EtherCAT 传送到机器人控制系统。

图 14-23：安全配置

4. 可通过按钮**硬件选项**来配置安全接口。
5. 将出现新的选项窗口：

KSS8.2 硬件选项卡

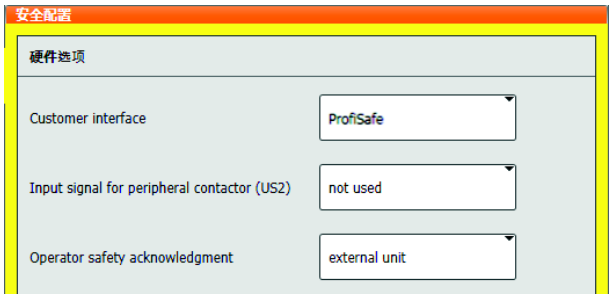


图 14-24：KSS 8.2 安全配置

客户接口	含义
PROFIsafe	信号通过一个定义的接口 （64 位）而送达
SIB	标准型 SIB 接口板 X11 （16 位）
SIB、SIB 扩展板	标准型 SIB 接口板 X11 （16 位） + 扩展型 SIB （X13） （8 位）
具有运行方式输出功能的 SIB	具有运行方式输出功能的标准型 SIB 接口板 X11
SIB、SIB 扩展板，具有运行方式输出功能	仅限于大众公司

US2	含义
关闭	负载电压未接通
KRC	利用信号 “驱动装置接通” 可促使接触器 US2 接通
可编程控制器 （PLC）	利用一个 PLC 信号可促使接触器 US2 接通

操作人员防护功能确认	含义
借助按钮	通过与 SIB 接口板相连的一个双通道式按钮触发信号从 1 变为 0 （下降沿）
借助外置 组件	通过一个外置组件予以确认

KSS8.3 硬件选项卡

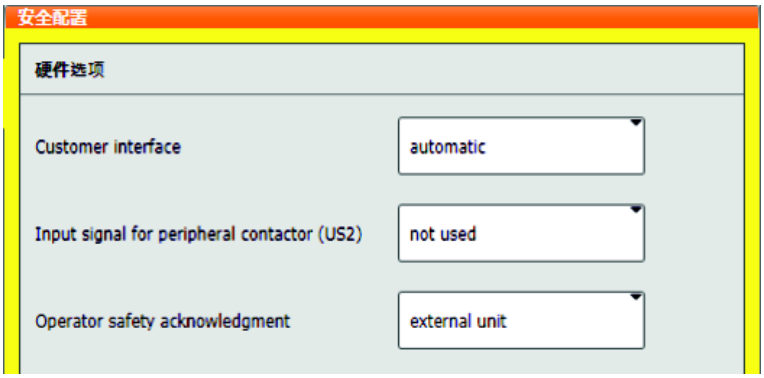


图 14-25: KSS 8.3 安全配置

客户接口	含义
自动	通过 PROFIsafe, FSoE 或 CIP safety 的安全性（64 个安全输入输出端） 通过 SIB 标准或 SIB 扩展的安全性。 根据 配置自动设置。 通过 WorkVisual 项目进行其项目设置。
具有运行方式输出功能的 SIB	具有运行方式输出功能的 SIB 配 X11

US2	含义
关闭	负载电压未接通
通过外部 PLC	利用一个 PLC 信号可促使接触器 US2 接通
通过 KRC	利用信号 “驱动装置接通” 可促使接触器 US2 接通

操作人员防护功能确认	含义
通过确认键	通过与 SIB 接口板相连的一个双通道式按钮触发信号从 1 变为 0 （下降沿）
外部组件	通过一个外置组件予以确认

设备管理选项卡

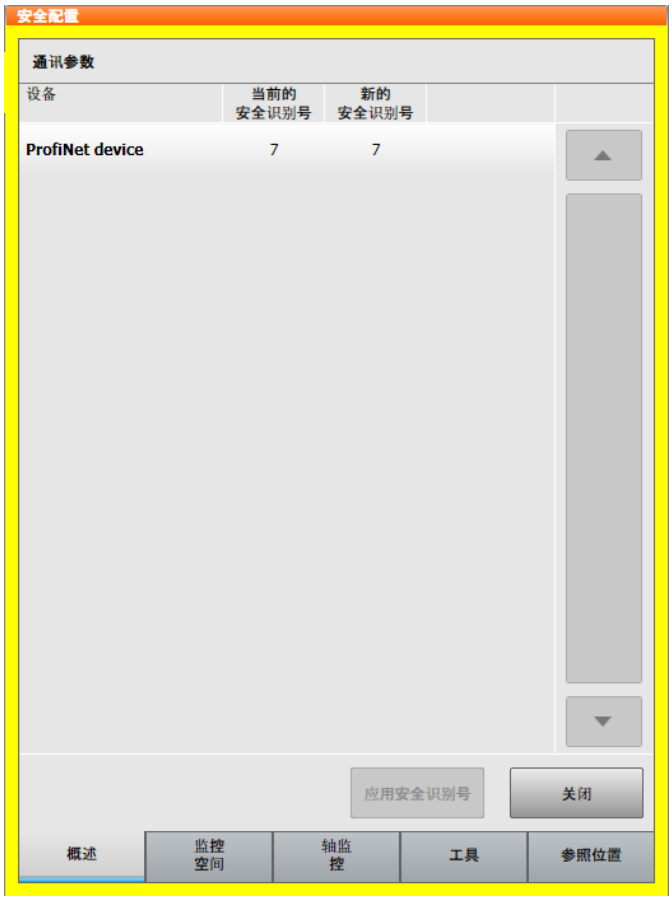


图 14-26：设备管理

按键	说明
应用安全识别号	改变了识别号后可应用新的识别号。 **提示**：在配置了安全 PLC 后要更改安全识别号；否则保留 7
关闭	关闭设备管理

大众集团标准要求： 安全 ID 是 IP 地址的最后数字段 (XXX.XXX.XXX.**XXX**) (PROFINET 设备)。

危险

- 如果安全配置已经过首次更改，则必须将该更改保存。
- 其中统计新的校验总和，并须将该总和登记在验收记录簿里。
- 然后必须更安全维护员 / 安全调试员用户组的密码，以避免第三方访问。
- 安全配置的任何更改均会影响设备安全。
  这可能导致严重受伤或者甚至死亡。

14.7 复位安全控制器

说明

控制器在下面情况下将触发安全停止

- 通过 X11/X13 接口加载了未定义的信息状态。
- 到 SIB 板或者上级安全 SPS 的连接被安全的现场总线协议所干扰时。

例如：安全输入端 X11 上的横向桥接故障

- 在下面示例中安全输入端 X11 接口上有横向桥接故障
- 控制系统进入故障安全状态。

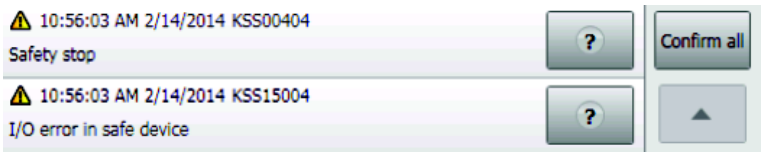


图 14-27: 信息提示: 安全设备的输入 / 输出错误

操作步骤

- 排除故障原因，根据不同的故障情况重新布线或建立连接。
- 下一步则需要专家用户属性：
  菜单路径： KUKA 键 > 配置 > 用户组 > 专家
- 按如下方式复位安全控制器：
  菜单路径： *KUKA 键 > 配置 > 输入 / 输出端 > 输入 / 输出端驱动程序 > 重新配置按键*

图 14-28: 输入 / 输出驱动程序概览

- 用 OK 键确认信息窗口中的信息。

KSS 版本 8.3.14 以上

自 KSS 8.3.14 起，为重置输入 / 输出端错误的安全性提供一个独立功能：
菜单路径： *KUKA 键 > 调试 > 服务 > 复位安全 E/A 错误。*

14.8 调试模式

说明

- 如果，例如重新调试时，仍没有安全外围设备 （例如，外部紧急停止装置），无法移动机器人。
- 此时可用*调试模式*作为补救措施，其允许机器人以降后速度 T1 移动。
- 从而使调试活动得以进行，例如，调整机器人。
- 利用 smartHMI 操作界面里的一个菜单项，可将工业机器人设定为调试模式。
- 如果激活与安全系统的连接，将结束或者阻止调试模式。

在使用调试模式时，所有外部防护装置处于停用状态。

使用调试模式时可能发生的危险和风险：

- 人员走进机械手的危险区域。
- 未经授权的人员操作机械手。
- 在危险情况下操作了未被激活的外部紧急停止装置，机械手未被关断。

调试模式下规避风险的附加措施：

- 盖住已失灵的紧急停止装置或以相应的警示牌指明已失灵的紧急停止装置。
- 如果没有防护栅，则必须以其他措施避免人员进入机械手的危险区域，如使用封锁带。

- 必须采取管理措施尽可能地限制或避免使用调试模式。
- 在安全设施停用期间，设备维护人员应确保无人停留在机械手的危险区域里面或附近。

调试模式的按规使用：

- 只有通过安全知识培训的维修人员才允许使用调试模式。
- 限制故障的影响范围 （外围设备故障）。
- 用于调试

违规使用

- 所有不符合规定的使用都属于必须禁止的违规使用。 此处包括如维修人员之外其他人员的使用。
- 对于由此而造成的损失，库卡机器人公司不负任何责任。 运营商对此需自行承担风险。

前提条件

PROFIsafe 配置的前提条件：

- PROFIsafe 已通过安全配置激活。
- 需要专家用户组权限。
  菜单路径： *KUKA 键 > 配置 > 用户组*
- 如果存在或建立了与上一级安全 PLC 的连接，则机器人控制系统阻止或者结束调试模式。

KSS 配置的前提条件： X11 / SIB 或 VSS： XS2 + XS5 / SIB

- 需要专家用户组权限。
  菜单路径： *KUKA 键 > 配置 > 用户组*
- KR C4： X311 必须作为电桥插头插在控制柜 （CCU ） 上
  KR C4 compact： 不需要，没有电桥插头。
- **系统软件 8.2 和更低版本：**
  只要安全接口上的所有输入端信号
  KSS： X11 或 VSS： XS2 + XS5
  状态为 “ 逻辑零 ” 时，就可激活调试模式。 如果情况并非如此，则机器人控制系统会阻止或者结束调试模式。
- **系统软件 8.3：**
  可随时执行调试模式。 这也意味着该模式是否能执行完全与 X11 安全接口输入端信号的状态无关。

操作步骤

- 激活调试模式：
  菜单路径： *KUKA 键 > 调试 > 服务 > 调试模式*

菜单	说明
	调试模式是激活的。触摸该菜单项即关闭此模式。
	未激活调试模式。触摸该菜单项即激活此模式。

- 通过 HMI 上显示黄色闪烁的 IBN 表示已激活调试模式。
  出现一条信息 “ *已激活调试模式，紧急停止功能仅局部有效* ”。

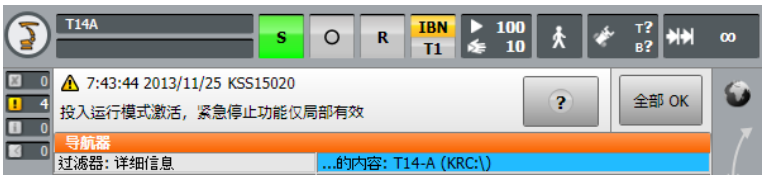

T14A
S
R
IBN
T1
100
10
7:43:44 2013/11/25 KSS15020
投入运行模式激活，紧急停止功能仅局部有效
全部 OK
导航器
过滤器: 详细信息
...的内容: T14-A (KRC:\)

图 14-29: 调试模式

14.9 练习：设备安全的配置

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- 根据硬件预设通过 WorkVisual 配置安全接口

培训间类型的任务分配：SIB

- 根据硬件预设在 WorkVisual 项目分析中选择相应的条目。(>>> "WorkVisual 项目分析" 页码 219)
- 在 WorkVisual 项目结构中检查接线并在需要时对其进行调整。

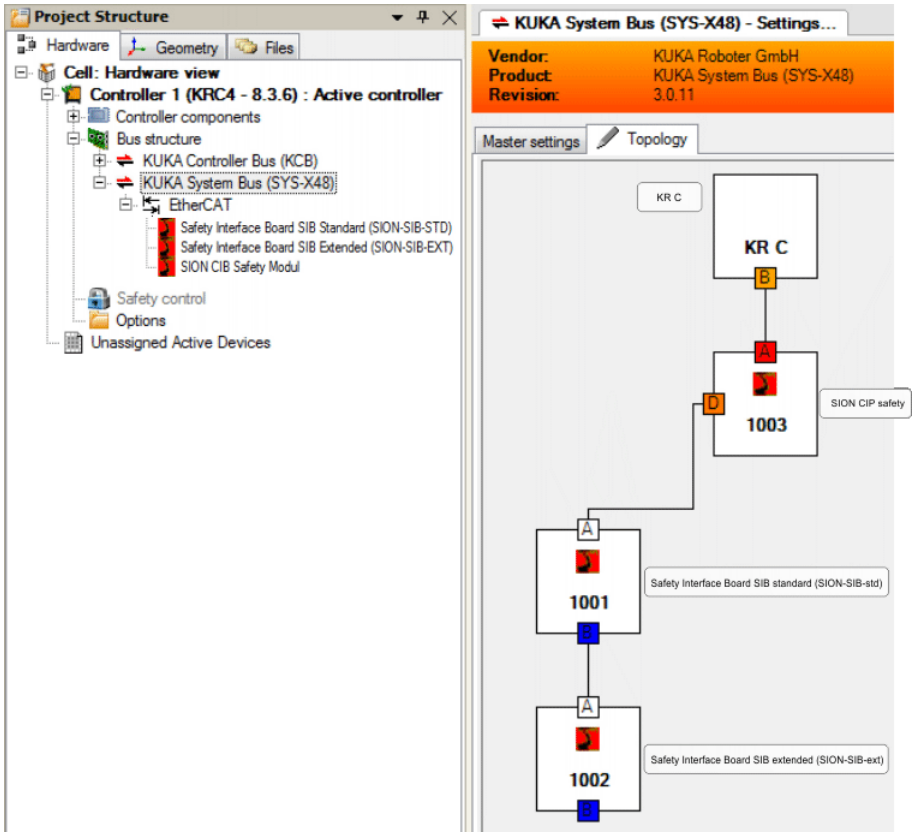


图 14-30: WorkVisual 中的 SIB + SIB ext 配置

> 对于其他培训课程不需要可能已安装的外部 SIB。可选择性地从 KCB 上将其拔下。然后，在 WorkVisual 中必须也删除该条目。

培训间类型的任务分配：PROFIsafe

- 在培训台中有一个 Siemens 公司的上级安全 PLC。
- 它通过 PROFINET 和安全与非安全输入和输出端与控制柜通讯。
  - **64 个安全输入端和输出端**
  - **128 个非安全输入端和输出端**
- 根据培训教师的要求配置 PROFINET 设备部分。

设备名称	
IP 地址	
SubNet 界面	
设备编号	

  - 在选择窗口中确定与 PLC 通讯时所用输入输出端的数量。
    另见： (>>> 15.6.2 "将 KR C4 配置为设备" 页码 322)

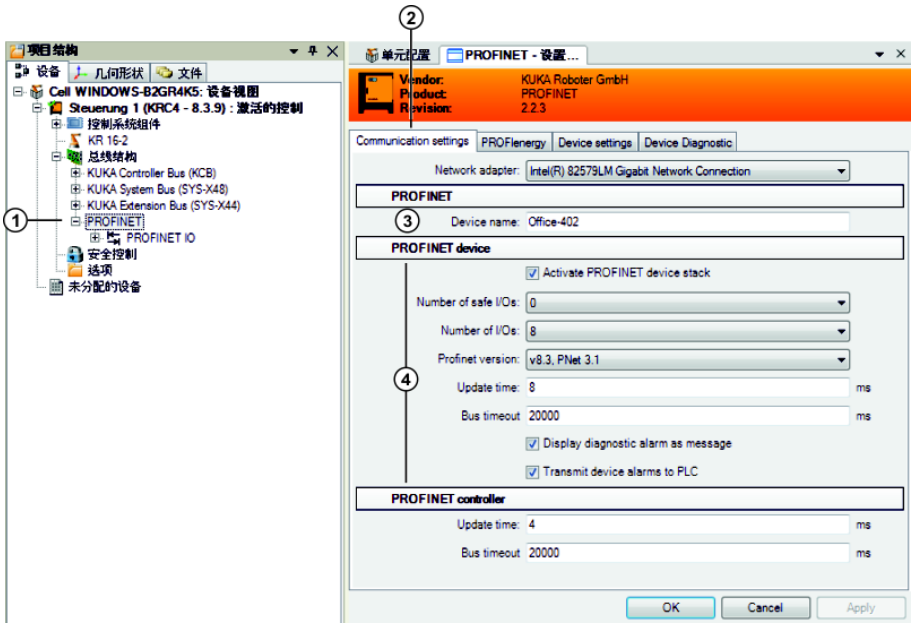


图 14-31

- 必须在安全配置中配置 PROFINET 安全 ID。在库卡学院中，这与控制系统 IP 地址的最后数字段一致。XX.XX.XX.**XX**。(**XX** ≙ SafetyID)
  另见： (>>> 15.8.5 "通过 WorkVisual 激活 PROFIsafe" 页码 355)

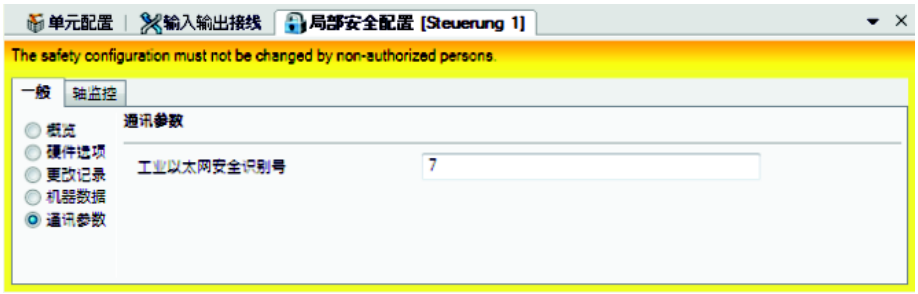


图 14-32: 工业以太网安全识别号的通讯参数

问题

您在练习后应该掌握什么：

1. KR C4 可提供哪些安全接口？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

2. 在哪里配置安全接口？

. . . . . .

. . . . . .

15 调试 PROFINET

15.1 了解 PROFINET 现场总线系统

15.1.1 概览

下列内容将在此学习单元里传授：

- 为何需要现场总线系统
- KR C4 与工业以太网的连接
- 工业以太网输入 / 输出传输介质
- 工业以太网输入 / 输出组件
- 工业以太网耦联示例

15.1.2 PROFINET （工业以太网）说明

说明

图 15-1: 工业以太网图标

- 工业以太网是基于以太网的工业通讯系统。
- 除了众所周知的 TCP/IP 协议外，它还使用一个独立的能满足自动化需求的通信协议。
- 传感器和执行器层面的实时数据传输在这里是一个重要标准。

优势

- 可实现开放式和分配式自动化。
- 可在无物理分离的情况下实现工业以太网和 IT 网络之间的全面通讯。
- 可实现现场层面直至主控层面的通讯。
- 实时进行数据传输。
- 借助明文名称分配地址

工业以太网的种类

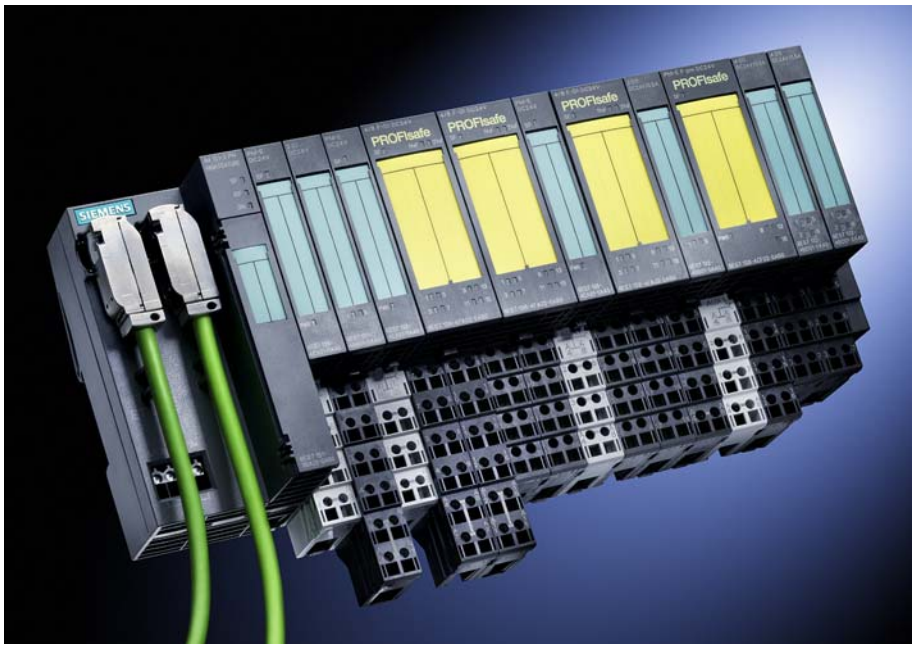


图 15-2: 工业以太网模块

有两种不同的工业以太网:

- PROFINET IO – 输入、输出

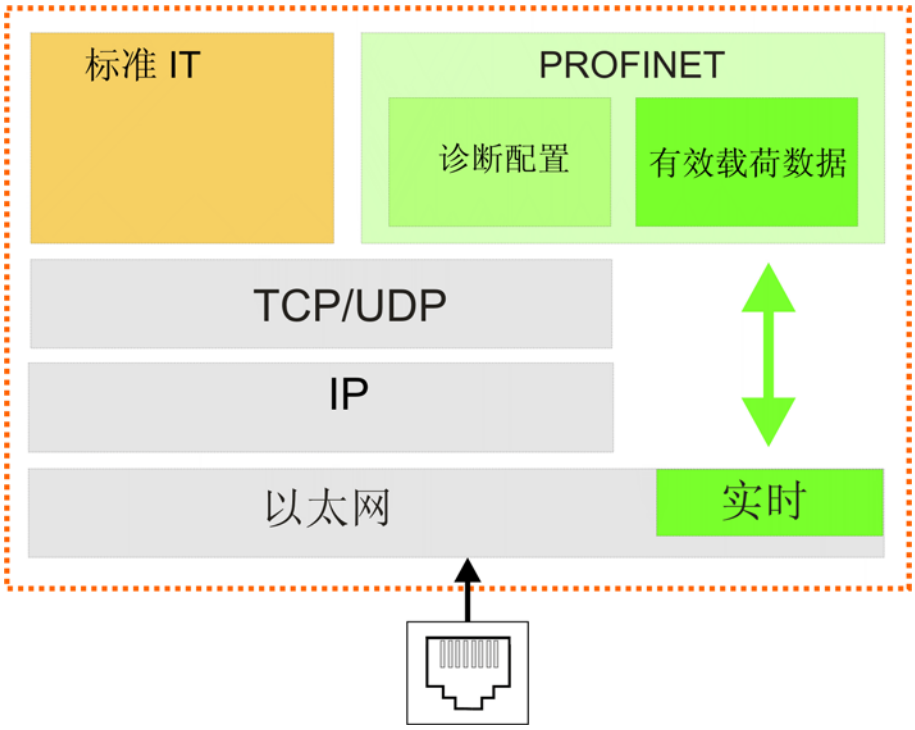


图 15-3: 简化 OSI 模块中的 PROFINET

- 库卡使用该这种工业以太网。
- PROFINET 输入 / 输出使用统一的通讯模式，该模式允许在一条线路上传输业务数据、标准 TCP/IP 或 UDP/IP 电报。
- 可以用 PROFINET IO 将非中心的现场总线设备 （输入输出设备，例如：信号模块）连接在控制器上。
- 现场总线设备可以操作数字以及模拟输入和输出端。
- 将 PROFINET IO 的性能发挥到极至。

- 通过库卡自己的配置软件 WorkVisual 项目化设定总线的物理以及逻辑结构。
- 通过 WorkVisual 和 SmartPad 可以在运行中诊断 PROFINET。

输入 / 输出控制器与输入 / 输出装置之间借助下列信道传输数据：

- 通过**实时信道**传输循环**业务数据**和**报警**。
- **参数设置、配置**和**诊断**通过 TCP/IP 或 UDP/IP 进行

- **PROFINET CBA** - 基于组件的自动化
  - 库卡**不**使用该类型。
  - 通过 PROFINET 相互联网多个自主的自动化设备 （工艺模块）。
  - 通过交换信号协调这些设备
  - 可以通过 PROFINET CBA 将这些技术模块结构化为统一的 PROFINET 组件。
  - 由此可得到统一的界面，通过它们可访问 PROFINET 组件
  - 另一方面，通过这些接口可传输参数数据或对时间不敏感的数据。

PROFINET IO 的基础

数据交换按主从原理 （设备 — 控制器）来进行。

PROFINET 输入 / 输出使用下列类型器材：

- **监督主管：** 可为编程器或工业用电脑。管理器与控制器均可访问所有工艺数据和参数数据。
- **控制系统：** 属于设备所有组件的上级控制器。（例如：KRC4）
- **从属装置：**由控制器来检查和控制的现场设备（例如：输入 / 输出板卡）。一个设备由多个模块和子模块组成。一个设备允许拥有多个控制器 （主机）。

主要数据

通用的主要参数

- 每种 PROFINET 协议可最多传输 1440 字节的业务数据。
- 借助 KR C4 里现有的工业以太网栈可操控多达 256 个从属装置。

从 PROFINET 3.2 起的限制

- 在一个 KR C4 控制器上最多可运行 64 个设备。
- 其中，最多可以有 16 个循环时间为 1 毫秒的设备。

> 该最大值由 WorkVisual 进行检查或防止超过该最大值。

工业以太网实时

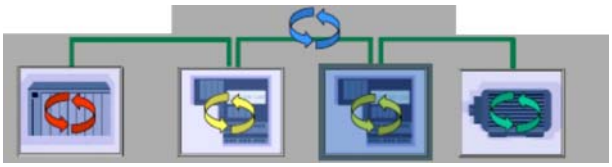


图 15-4: 工业以太网中的实时

- 通过工业以太网联网多个控制器。
- 每个控制器都有自己的内部更新周期，通过它读取和写入数据。
- 也就是，这些实时应用程序并非同步运行。
- 必须通过网卡 （工业以太网）临时保存数据，以便能继续处理。
- 由于使用不同的网卡，循环时间和图像跳动是不准确的。

> 抖动是指 “ 周期信号的不规则变化 ”，相当于数码 1 的不精确程度，将在其上升和下降时间内进行传输。

工业以太网实时是 KR C4 使用的变量

工业以太网实时同步

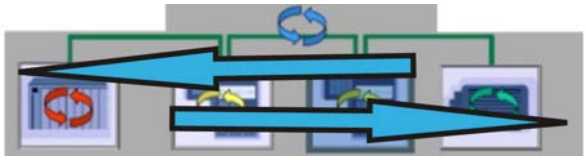


图 15-5: 工业以太网中的实时同步

- 所有工业以太网设备必须支持 IRT 并且大多数情况下都来自相同的制造商。
- 在内部，所有设备都有相同的更新周期 （设备周期），该周期与其它的总线用户同步。
- 由此可实现周期同步的数据传输。
- 循环时间 < 1 ms， 抖动精度 < 0.001 ms
- 在此，典型的应用领域是运动控制。

库卡**不**支持 PROFINET 等时性实时。

工业以太网宽带预留

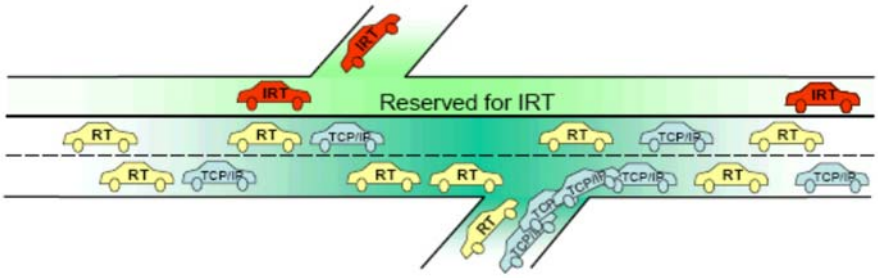


图 15-6: 工业以太网输入 / 输出的宽带占位

- 为 IRT 传输预留用于传输的带宽。
- TCP/IP 以及 RT 数据包共享传输带宽。
- 根据数据传输量的不同，在此可能导致数据传输中的延迟。

在使用交换机的情况下必须遵守以下的最低标准要求：
100 MBits/s 高速以太网接口
全双工

不得使用集线器，不然将导致总线负荷大幅上升！

实时确定性
“ 确定性 ” 描述的是系统时间行为的可准确预测性。

15.1.3 KR C4 与工业以太网的连接

KR C4 与工业以太网的连接

KR C4 控制柜可作如下用途：

- 作为**控制器：**用于控制一套设备的所有组件。

图 15-7: 工业以太网控制器

- 作为**设备：**接受一个控制器 （例如：可编程控制器 PLC）的检查和控制。

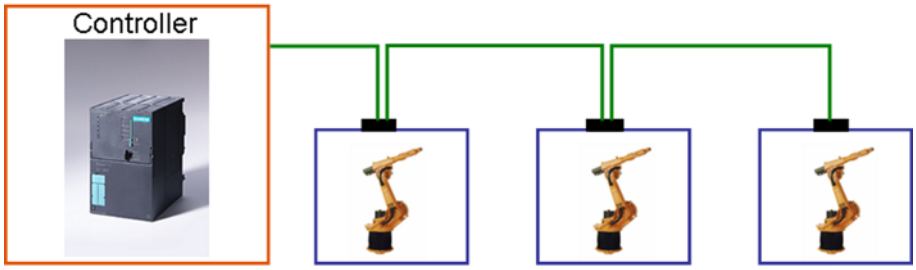


图 15-8: 工业以太网设备

- 作为**控制器和设备：**用于控制现场装备，且同时与一个上级可编程控制器连接。

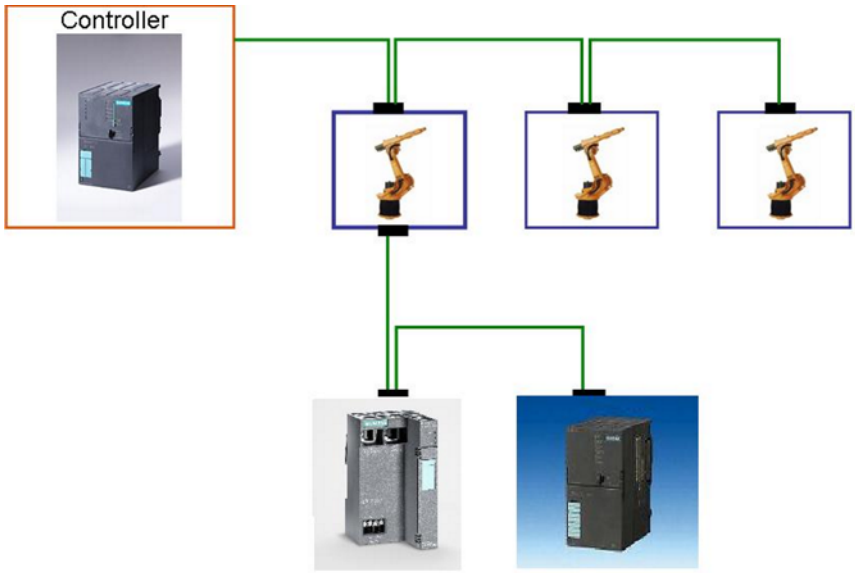


图 15-9: 工业以太网控制器和从属装置

15.1.4 PROFINET 输入 / 输出组件

说明

- 在 KR C4 中用于连接数字 / 模拟输入和输出端的工业以太网模块来自不同的厂家。
- 其中最著名的代表有如西门子、WAGO、Phoenix、Pilz 等
- 这种接口板卡具有模块化结构，由一个总线耦合器模块、一个输入盘和 / 或一个数字或模拟输出盘组成。
- 总线耦合器模块里设有可连接 PROFINET 的逻辑电路。
- 信号线路可通过输入 / 输出盘并经过端子板直接接线。

输入 / 输出模块可具有模块化或紧凑的结构。

图 15-10: ET 200S 工业以太网

接口模块带存储卡，用以存储设备的名称。

输入 / 输出模块然后可以随意布置。 也可如同 PROFIBUS （现场总线）那样采用相同的模块。

图 15-11: 数字输入输出模块 ET 200S

图 15-12: 模拟模块 ET 200S

图 15-13

紧凑型模块作为节省空间的型号

图 15-14: Scalance

连接多个工业以太网用户时需要用到一个转换器。

15.1.5 PROFINET 耦联示例

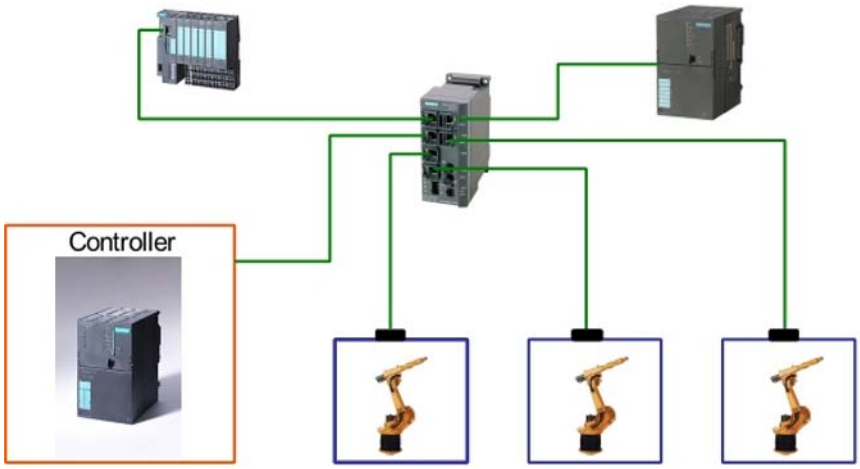


图 15-15: 工业以太网耦联示例

- 每个组件均可与任意一个闲置端口连接。
- 通过配置可决定设备与控制器的对应关系。

注意 注意！
不再能轻易地通过接口找到机器人的设备。为此需要一个设备布置图。

15.1.6 问题：认识工业以太网

您在学习了前面一节后已经认识了现场总线系统工业以太网。您现在应该能够回答下面的问题：

在工业以太网中进行配置和诊断时使用什么协议？

. . . . . .

. . . . . .

在工业以太网中进行数据交换时使用什么协议？

. . . . . .

. . . . . .

在应用中有哪些与 KR C4 连接的可能性？

. . . . . .

. . . . . .

在 工业以太网系统内允许使用哪些交换机？

. . . . . .

. . . . . .

工业以太网现场总线设备的结构是怎样的？

. . . . . .

. . . . . .

15.2 安装 PROFINET 选项

15.2.1 概览

下列内容将在此示教单元里传授：

- 工业以太网堆栈说明
- 工业以太网堆栈安装

15.2.2 工业以太网堆栈说明

说明

- 与其前身 KRC2ed05 系统相比较，**不再**安装西门子的 CP1616 工业以太网卡。
- 连接通过控制器上提供使用的一个网络端口 KLI (DualNIC) 实现。
- 工业以太网协议通过一个可以补充安装的软件选项提供，模拟传统的 PROFINET 卡的功能。因此，它也被称为工业以太网软件堆栈。
- 由此节省了硬件，并且通过适配到软件层面，允许高度的灵活性。

工业以太网的不同选项

有下列不同选项 （光盘）可供安装：

- **KUKA.PROFINET Controller/Device**
  安装名称： *PROFINET KRC-Nexxt*
  包括以下功能：
  a. 工业以太网输入输出控制器
  b. 工业以太网输入输出设备
  c. PROFIsafe 设备
- **KUKA.PROFINET Device**
  安装名称： *PROFINET ProfiSAFE Device*
  包括以下功能：
  a. 工业以太网输入输出设备
  b. PROFIsafe 设备

15.2.3 安装工业以太网堆栈

说明

- 在能够生成工业以太网配置前，必须事先在控制器上安装相应的驱动程序。
- 必须确保控制器已经准备就绪，可以投入运行，即基本安装和所属项目运行正常。
- 然后才能借助于库卡 U 盘和 KUKA.PROFINET OptionsCD（库卡工业以太网选项光盘）安装该功能。
- 也可以通过网络进行安装。

操作步骤

请参见：

LOG 文件

C:\KRC\ROBOTER\LOG 下生成一个 LOG 文件。

15.2.4 输入 / 输出端驱动程序

检查输入 / 输出端驱动程序

ProfiNet 驱动程序在安装后是否也确实能运行，这必须通过 HMI 界面进行检查。

1. 菜单导航：**主菜单 > 配置 > 输入 / 输出端 > 输入 / 输出端驱动程序**

图 15-16: KR C4 HMI — 主菜单

2. 在输入 / 输出驱动程序窗口中检查其状态是否为**绿色**。

图 15-17: 输入 / 输出驱动程序概览

重置输入 / 输出端驱动程序

图 15-18: 输入 / 输出端驱动程序

序号	说明	序号	说明
1	用于控制器堆栈的驱动程序	3	重置驱动程序
2	用于设备堆栈的驱动程序	4	重新配置驱动程序

如果现场总线驱动程序**故障或没有准备就绪**，则可以按如下方式重新启动。

复位（3）

- 只能通过**专家用户属性**或更高等级的用户属性进行复位。
  菜单顺序：*配置 > 用户组 > 登录 > 专家*
- 仅总线栈被短时重置。
- 不重新读取从属的**从动系统 / 设备 / 适配器**

重新配置（4）

- 只能通过**专家用户属性**或更高等级的用户属性进行重新配置。
  菜单序列：*配置 > 用户组 > 登录 > 专家*
- 除了现场总线驱动程序之外，还会对连接的**从动系统 / 设备 / 适配器**进行重新初始化和重新配置。
- 重新配置等同于现场总线层面的冷启动。

15.3 将设备说明文件接入 WorkVisual

15.3.1 概览

下列内容将在此学习单元里传授：

- 什么是 GSDML 文件？
- 将 GSDML 文件导入 WorkVisual

15.3.2 将 GSDML 驱动程序接入到 WorkVisual 中

说明

为在库卡 WorkVisual 项目内对各种不同的工业以太网现场总线模块进行项目设置，必须从制造商处取得相应的 GSDML 文件（设备说明文件）。不仅总线耦联模块，而且每个总线端子都需要设备说明文件。有了这些 GSDML 文件才能确保以后通讯畅通无阻。GSDML 文件以 XML 格式编程。

GSDML 来源

许多著名制造商通过门户网站展示自己。通过这些门户网站可以毫无问题地下载 GSDML 文件。出于成本的考虑，时下越来越少借助于数据载体来交付文件。下面是一个制造商 WAGO 网站的例子。

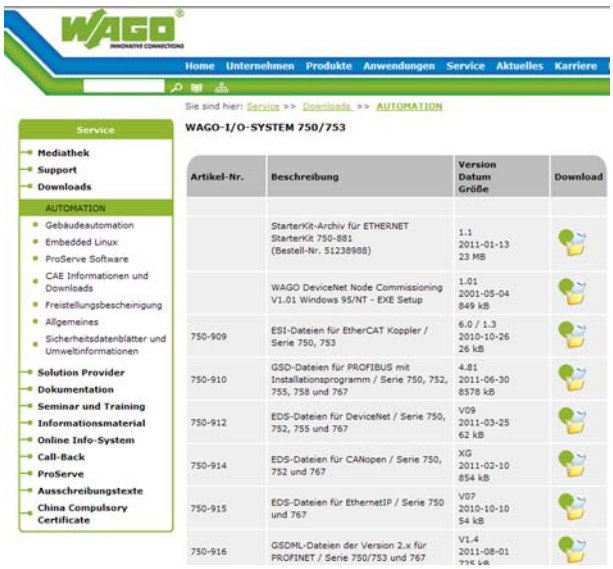


图 15-19: WAGO 门户网站 （示例）

操作步骤

仅当尚**未**选定项目时，才能在 WorkVisual 中安装一个新的 GSDML 驱动程序文件。

1. 打开 WorkVisual，
2. 菜单序列：**文件 > 导入 / 导出**，
3. 在选择窗口：点击**设备说明文件**并用**继续**确认，

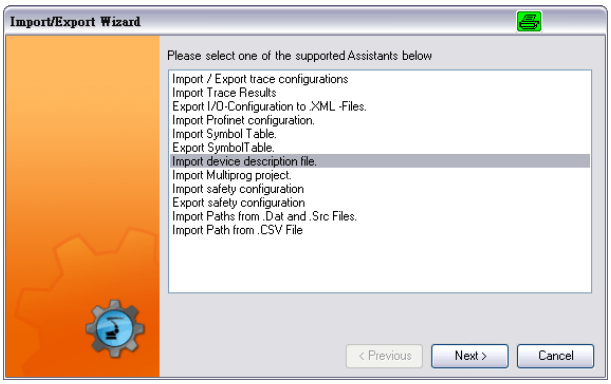


图 15-20：导入 / 导出向导

4. 通过搜索功能给定 GSDML 来源的安装路径，

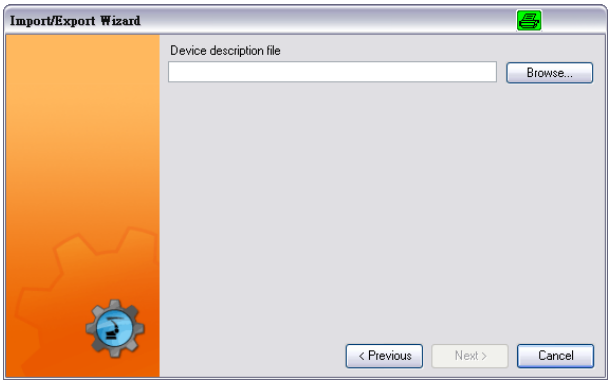


图 15-21：导入 / 导出向导

5. 在选择窗口中选定要安装的 GSDML 文件并用**继续**确认，

图 15-22：导入 / 导出向导

这儿可能出现有多个固件状态或版本状态可供使用的情形。 通常在此处可以毫无问题地选择所有 GSDML 文件。然后，它们被汇总在一个驱动程序库中。

6. 在随后出现的窗口中用 **OK** 键确认完成安装。

检查安装是否正确

WorkVisual 硬件驱动程序汇总在一个 DTM 目录中。除了刚刚介绍过的 GSDML 文件外，还包括用于 KR C4 系统部件 （如 KSD 模块和 SIB 板）的驱动程序文件。

操作步骤

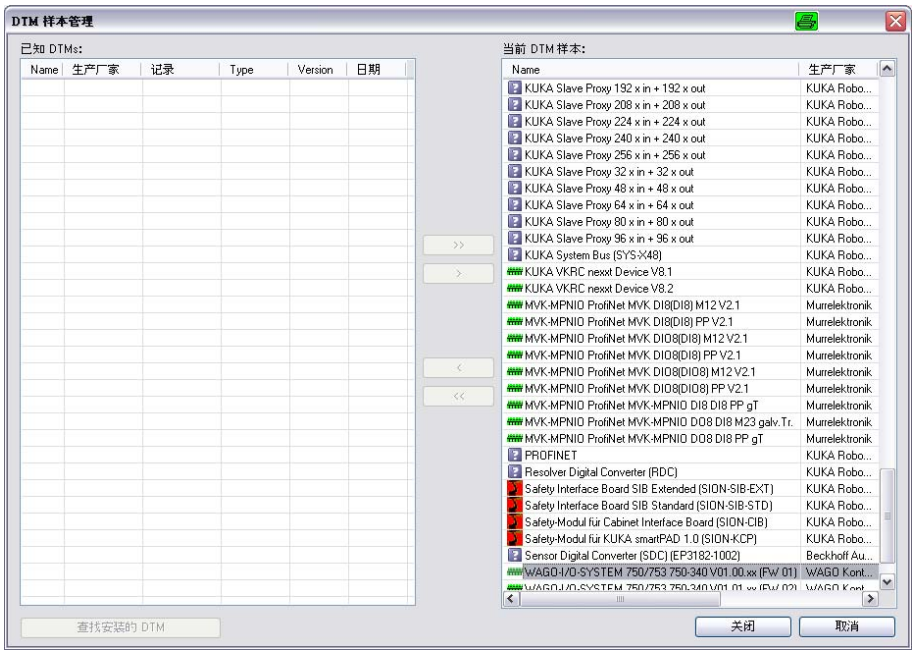


图 15-23: DTM 样本管理

- **菜单序列：** *工具 > DTM 目录管理*
- 表格式的 DTM 目录管理窗口随即打开
- 说明：
  - 在**左栏**中列出的是所有**未激活的 （已知）驱动程序**，这些驱动程序尚未安装，但在 WorkVisaul 中已是已知的。
  - 在**右栏**中列出了所有**已激活的 （当前）驱动程序**。
  - 只能用**激活的驱动程序**，才可以以后在 WorkVisual 项目中**进行工作**。
  - 通过箭头键将选择的驱动程序分别移动到未激活的或者已激活的一面。
  - 在我们的示例中已安装的 GSDML 驱动程序用于 WAGO 750/753 产品系列并已经被录入激活的 DTM 目录中。

15.3.3 练习：安装 GSDML 驱动程序

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力

- 将 GSDML 驱动程序载入 WorkVisual
- 在 DTM 目录中将驱动程序设置为激活和未激活

练习内容

- 将适合您的工业以太网模块的 GSDML 文件下载到一个 U 盘上。
- 将其装入 WorkVisual。
- 在 DTM 目录中检查或者激活该驱动程序。

与练习配套的问题

您在练习后应该掌握什么：

什么是 GSDML 文件？

. . . . . .

. . . . . .

WorkVisual DTM 目录包含什么内容？

. . . . . .

. . . . . .

15.4 将 KR C4 配置为工业以太网控制器

15.4.1 概览

下列内容将在此学习单元里传授：

- KR C4 控制器的说明
- 将 KR C4 配置为工业以太网控制器
- 逻辑连接数字输入和输出端
- 逻辑连接模拟输入和输出端
- 存储长文本
- 打印工业以太网输入 / 输出接线
- 输入 / 输出端接线的各种可能性
- 工业以太网总线用户命名
- 其它控制器特定的选项卡
  - 设备诊断选项卡
  - PROFIenergy 选项卡

15.4.2 控制器配置

配置基础

工业以太网的**物理结构**及其所属的**逻辑定址**必须通过 WorkVisual 进行项目设置。 随后将项目化设置结果传送给相关的控制系统 （控制器）。 只有这样才能通过工业以太网进行通讯。

逻辑定址

为确保明确的定址及识别，对于每个工业以太网用户均须分别设立和公布单独的参数 （MAC 地址例外）。

- **设备名称**
  在工业以太网的网络范围内，设备名称仅允许分配一次。 只有这样，模块在数据交换时才能给予明确的响应。
- **设备编号**
  在工业以太网的网络范围内，设备编号只允许是独一无二的。 耦合或解耦模块时，例如更换工具时，设备编号是必需的。
- **IP 地址**
  工业以太网另外还使用 TCP/IP 以太网协议，用于配置和诊断。 为此必须根据网络具体情况对每个设备分配一个唯一的 IP 地址。
- **子网掩码**
  作为过滤掩码，用于从 IP 地址中筛选网络地址。
- **MAC 地址**
  每个总线耦合器均具有一个固定不变的编码。在项目设置期间，对每个设备均可凭借 MAC 地址来识别。

15.4.3 将 KR C4 配置为工业以太网控制器

计量单位

- 通过现场总线传输**数字**或**模拟信号**。
- 模拟数据在传输前必须被**数字化**。
- 在传感器层面上，各个模拟总线端子转换并通过总线设备耦合器传输。
- 在数字输入 / 输出端上，传输时的**最小计量单位**为 **1 位**。

计量单位	计算	示例
1 位	---	$IN[1]
（1 个半字节）	4 x 1 位	$IN[1] … $IN[4]$IN

计量单位	计算	示例
1 Byte （字节）	8 x 1 位	$IN[1] … $IN[8]$IN
1 个 Wort （字）	2 x 1 字节	$IN[1] … $IN[16]$IN
1 个双字	2 x 1 Wort	$IN[1] … $IN[32]$IN

说明

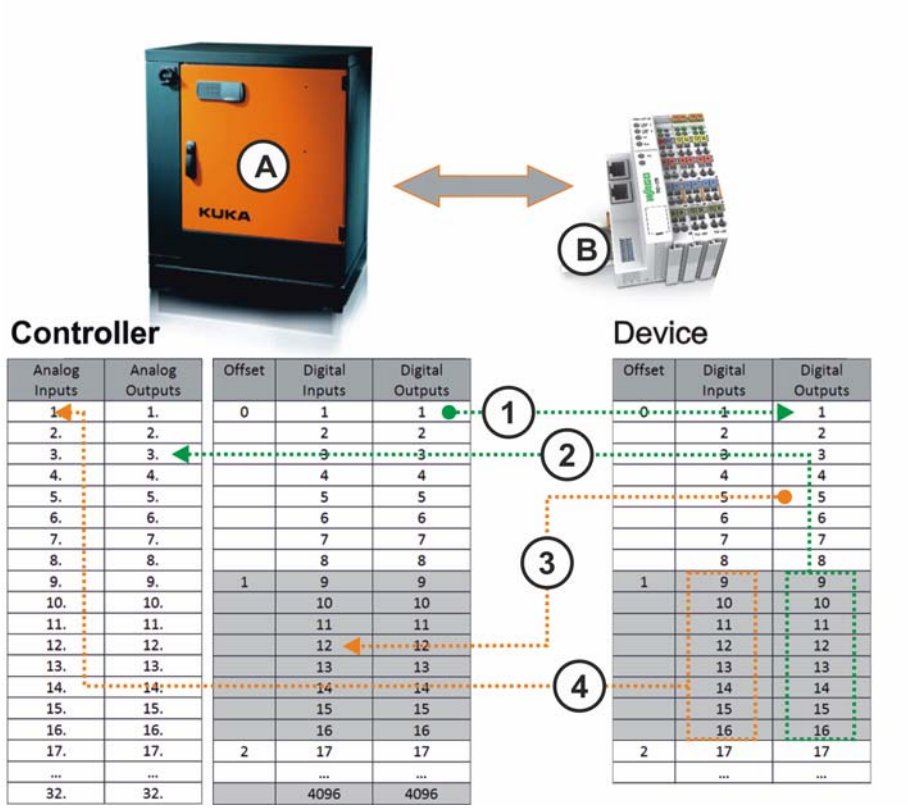


图 15-24: KR C4 作为控制器

序号	说明	序号	说明
A	KR C4 作为控制器	1	数字输出端的连接
B	现场总线模块作为设备	2	模拟输出端的连接
		3	数字输入端的连接
		4	模拟输入端的连接

- 工业以太网总线控制器 （主站）是协调和控制从属设备的那个设备。
- 只有它才允许在工业以太网总线内与连接的设备通讯。这意味着，输出通过控制器传输给目标设备 （从站），或者设备在控制器要求后才发送回其输入。
- 在设备之间的通讯是不可能的。
- 控制器的任务还包括设备的参数设置，即给工业以太网分配专用数据，如 IP 地址、设备编号等等。

操作步骤

将 PROFINET 添加到项目结构中

在第一个工作步骤中，必须用现场总线工业以太网来扩展已经存在的总线项目。

1. 加载或打开应该映射工业以太网控制器的 KR C4 项目。
2. **激活项目**

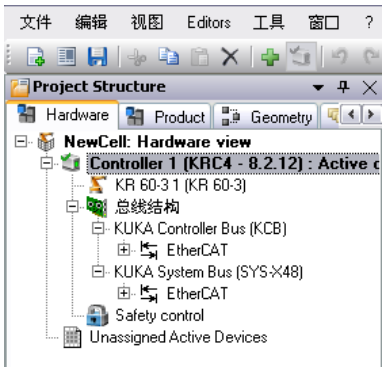


图 15-25：项目结构

- 用鼠标选定**要激活的控制器**并用**双击**确认您的选择。
  也可以：用鼠标右键点击**要激活的控制器**。在出现的子菜单中选择菜单项**设为激活的控制器**。
- 所有内部的已经进行了项目设置的 **KR C4 总线系统**（EtherCat）现在被分别显示出来。

3. **用工业以太网扩展现有的总线结构。**

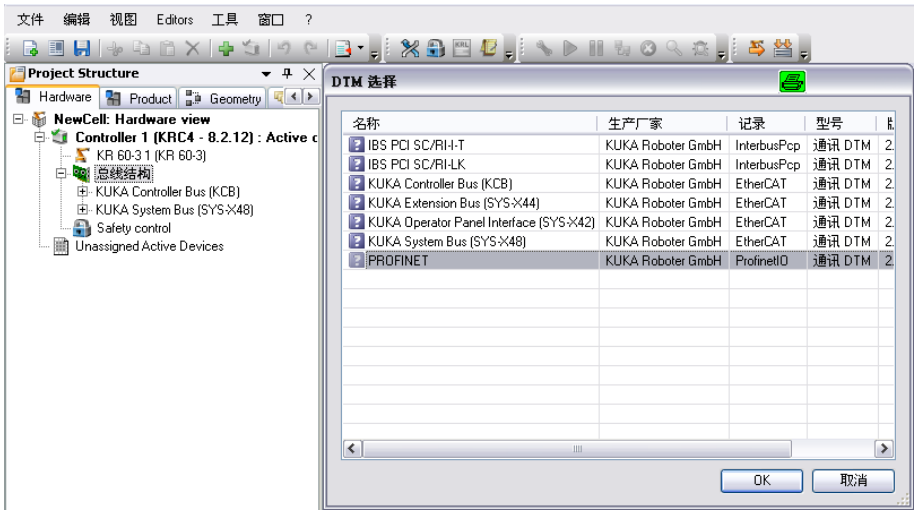


图 15-26：DTM 选择

- 用鼠标右键点击**总线结构**并选择**添加**。
- 在出现的 **DTM** 选择窗口中选择**工业以太网**并用 **OK** 键确认。

工业以太网的通讯配置

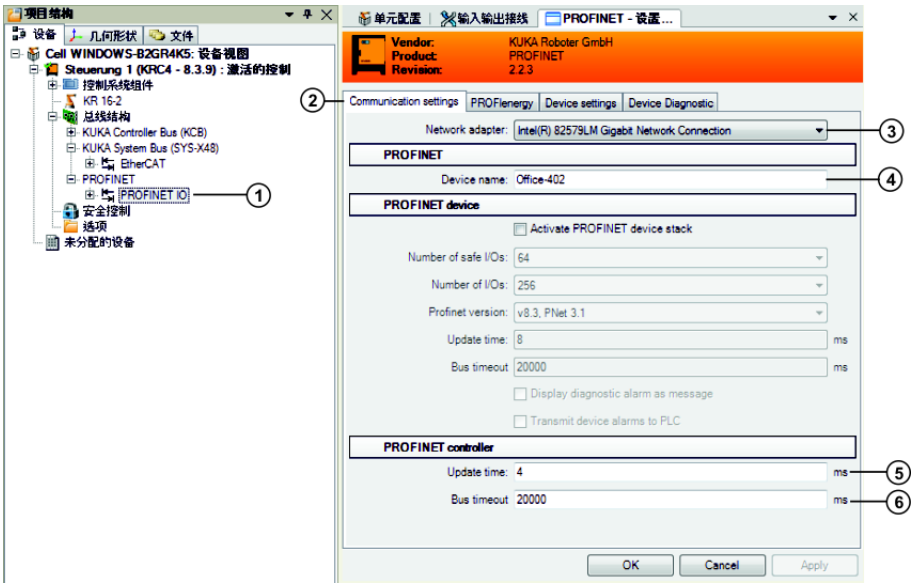


图 15-27: 通讯设置

1. 在项目结构中双击 PROFINET。
2. 打开选项卡的通讯配置的。
3. 在网卡窗口中，选择用于网络端口的相应插卡，之后要用该网络端口建立与现场总线的网络连接。
4. 为控制器给定一个 PROFINET 名称。 该名称对于 PLC 之后的从属配置来说非常重要。
5. 规定更新时间。

   该时间与时间窗口相符，在该窗口中，PROFINET 驱动程序将更新其输入和输出端。 它应当比控制系统 12 毫秒的 IPO 周期更快。 总线循环时间的值越小，中央处理器利用率越高。 久经考验的设置为 4 毫秒。
6. 确定总线超时。

   如果机器人控制系统无法在该时间段内与现场总线设备建立连接，则将发出故障信息。（如果之后仍要建立连接，则信息变为一条应答信息。）
7. 点击 OK 应用设置

添加现场总线用户

- 在下一个步骤中，对装入设备并通过以太网网线连接的现场设备进行配置。
- 下面的示例中是一个配备有现场总线设备 ET200S 的示范配置。

1. **添加总线耦合器**

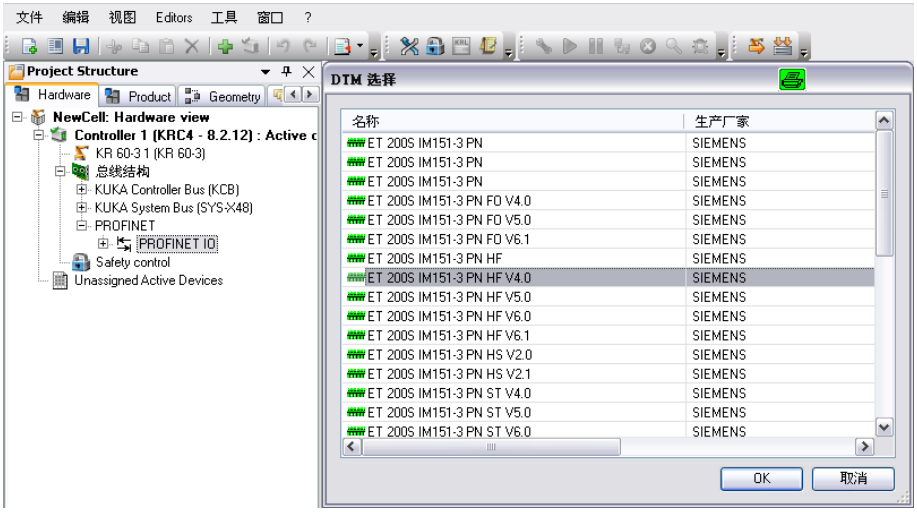


图 15-28: DTM 选择

- 用鼠标右键在项目结构中点击**工业以太网 IO** 并选择**添加**。
- 在出现的 **DTM** 选择窗口中选择相应的 **总线耦合器** （这里选 ET200S IM151-3），并用 **OK** 键确认。这里请务必注意订货号。

2. **配置总线耦合器**

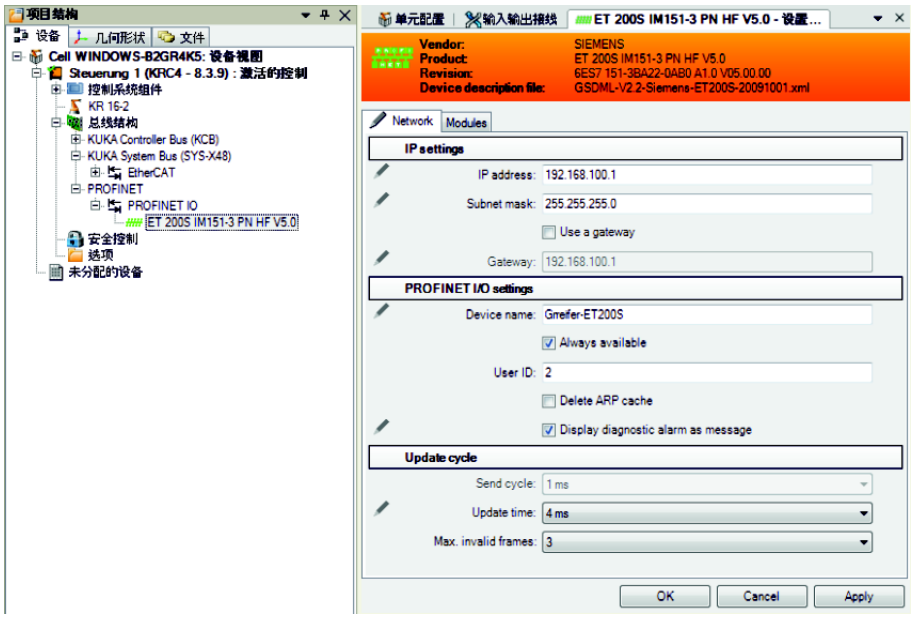


图 15-29: PROFINET — 模块参数

3. 在以橙色标记的区域检查以下值：

栏位	说明
生产厂家	工业以太网模块的制造商
产品	制造商给定的工业以太网模块名称
审核编号	制造商给定的唯一的订货号

4. 在选项卡**网络**中必须输入下列参数：

栏位	说明
IP 设定	
IP 地址：	输入设备的 IP 地址。
子网掩码：	控制器出厂时子网掩码为 255.255.0.0，所以此地址已被录入。若子网掩码被修改过，输入修改了的地址。
应用网关	■ **激活：** 使用一个网关。 ■ **未激活：** 不使用网关。
网关：	输入网关的 IP 地址。仅在使用网关时才必须输入该地址。
工业以太网输入输出端的设置	
设备名称：	输入设备的名称。 它必须与在设备命名时所分配的名称相同。
始终可用	■ **激活：** 机器人控制系统启动时，期待该设备被激活。若设备未被激活，将输出故障信息。 ■ **未激活：** 机器人控制系统启动时不检查设备是否已被激活。
用户识别号：	输入设备的 ID（识别号）。 ID 必须是唯一的且不允许小于 2。 **提示：** 耦合和解耦设备时，需要 ID。

栏位	说明
删除 ARP 缓存	■ **激活：** ARP 缓存被删除。 ■ **未激活：** ARP 缓存不被删除。 **提示：** 如果与减少时间消耗的例子中一样配置了设备，建议勾选复选框，因为，否则将增加模块的耦合时间。 在与正常时间消耗的例子中一样进行配置时，不应当勾选复选框。 (>>> "ARP - 地址解析协议" 页码 155) (>>> 15.5.6 "减少配置的时间消耗" 页码 321)
将诊断警报作为提示信息发出	■ **激活：** 在库卡 smartHMI 信息窗口内显示诊断信息。 ■ **未激活：** 在库卡 smartHMI 信息窗口内不显示诊断信息。
刷新周期	
刷新时间：	输入刷新时间。 刷新时间： 在机器人控制系统和设备之间，所有 *x* 毫秒更换为当前的输入 / 输出数据。 **提示：** 总线循环时间的值越小，中央处理器利用率越高。 PROFINET 的反应时间是总线周期时间和刷新时间的总和。 在该计算时，不考虑这些数据所需的应用反应时间 （例如：提交解释器）。
最大无效帧：	输入机器人控制系统发出故障信息前最大允许丢失的数据包数量。

5. 配置了总线耦合器模块后，继续进行输入和输出盘的组合。

图 15-30: PROFINET — 物理输入 / 输出的配置

- 为此，切换到**模块**选项卡中。
- **在一个表中显示出插槽** - *"虚拟插槽"*。
- 必须按照实际的配置和顺序来分配这些虚拟插槽。此外，还要注意模块的顺序以及零部件编号 / 订货号的正确性。
- 对于某些制造商 （例如西门子）的产品，还必须将 PowerModule （电源模块）也考虑进去。

6. **插槽的占用情况**

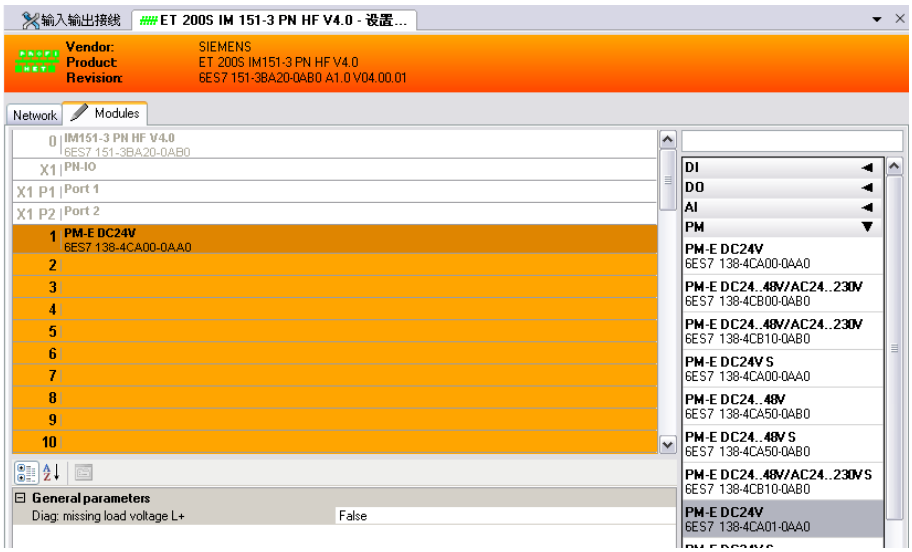


图 15-31: PROFINET — 物理输入 / 输出端的配置

- 选中第一个待分配的空闲插槽，
- 切换到右侧的模块数据库中，
- 这里按照模块的种类，例如 DI 或 DO，进行了分组。 用鼠标激活相应的模块并拖放入插槽中。

7. **搜索功能**

应用模块数据库的搜索功能。找到的适合的总线端子被列出，编号相同的零部件被用橙色显示。

图 15-32: PROFINET — 物理输入 / 输出端的配置

8. **总线端子规格定义 / 常规参数**

特别是对模拟总线端子，往往可以根据使用目的对每个参数进行设定或规格定义。例如，此处决定在哪些测量范围工作： *+/-10 V* 或 *+/-5 V*（但分辨率更高）。

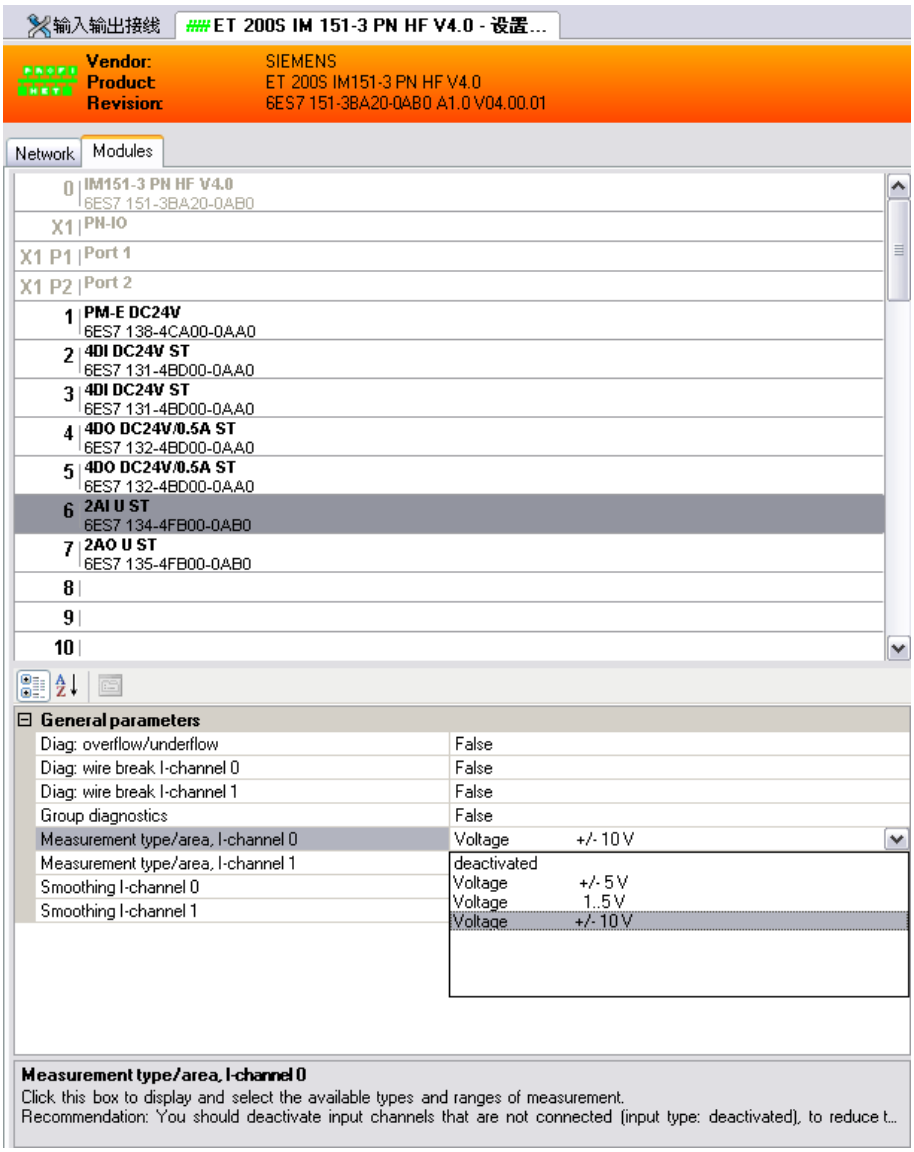


图 15-33: PROFINET — 物理输入 / 输出的配置

- 点击要定义规格的模块。
- 调整**常规参数**窗口中的值。

测量范围的更改对之后在输入 / 输出端接线显示器中进行的逻辑配置有影响。

9. **继续接入其它总线模块**

   对于其他需要接入的总线模块，只需重复工作步骤 1 至 5 即可。

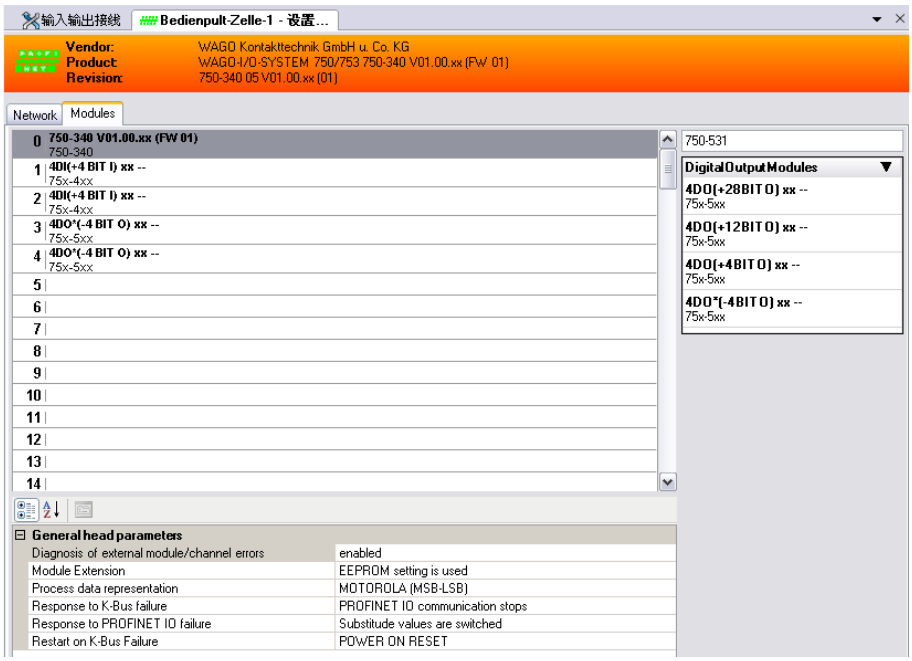


图 15-34: PROFINET — 物理输入 / 输出的配置

15.4.4 逻辑连接输入和输出端

逻辑连接

已知项目中的物理结构后，下一步就必须设置输入和输出的连接。在 KR C4 上有 **4096/8192 个数字和 32 个模拟输入和输出端**可供使用。这些输入和输出必须虚拟地与总线端子相 “ 连接 ”。

输入 / 输出接线显示器

输入 / 输出接线显示器是一个图形用户界面，在此界面中可以 “ 连接 ” KR C4 和现场总线之间的输入和输出。

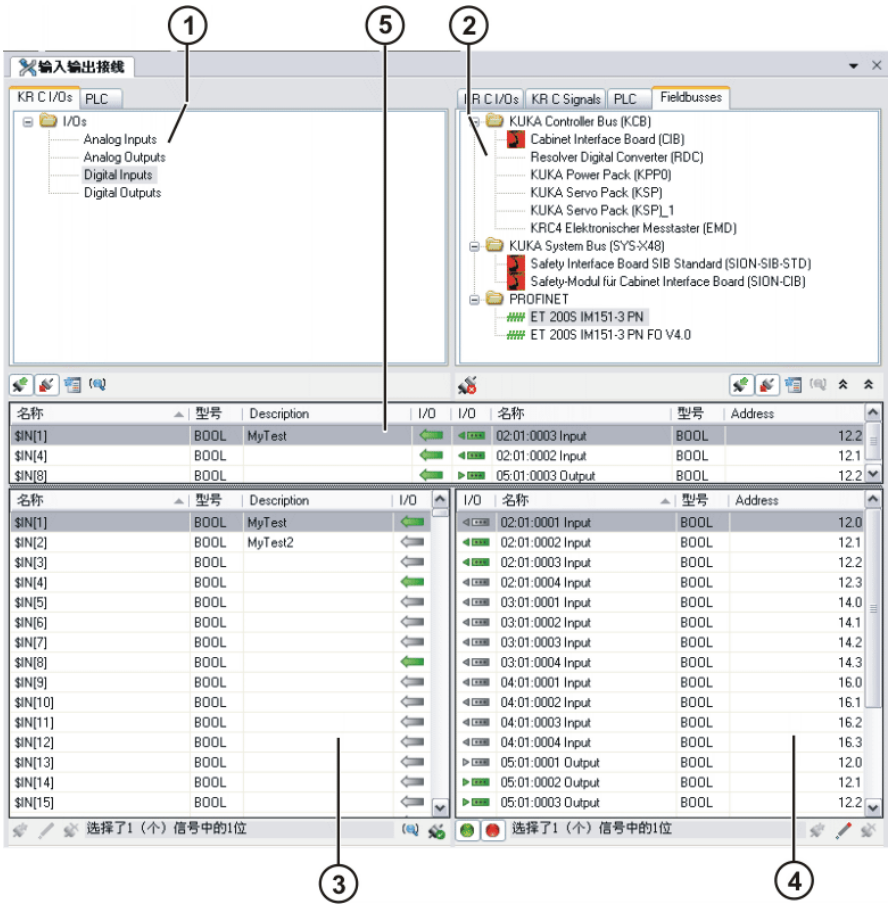


图 15-35

序号	显示
1	点击选项卡 **KR C4 输入 / 输出端**将显示应展示的 KR C4 控制系统输入 / 输出范围。
2	选项卡**现场总线**显示要显示的现场总线设备
3	列表显示在序号 1 下所选 KRC 输入 / 输出的输入或输出信道。
4	列表显示在序号 2 下所选现场总线设备的输入或输出信道。
5	列表显示**现场总线设备**和 **KR C4 输入 / 输出端**之间的按位连接。

15.4.5 数字输入和输出的逻辑连接

操作步骤

1. **调用输入 / 输出端接线显示器。**
   - 点击主选项卡中的输入 / 输出端接线
   - 在左侧点击 **KR C 输入 / 输出**并在显示的**输入 / 输出**窗口中选择要连接的信道
   - 在右侧选择**现场总线**并在显示的窗口中滚动至各单个现场总线模块

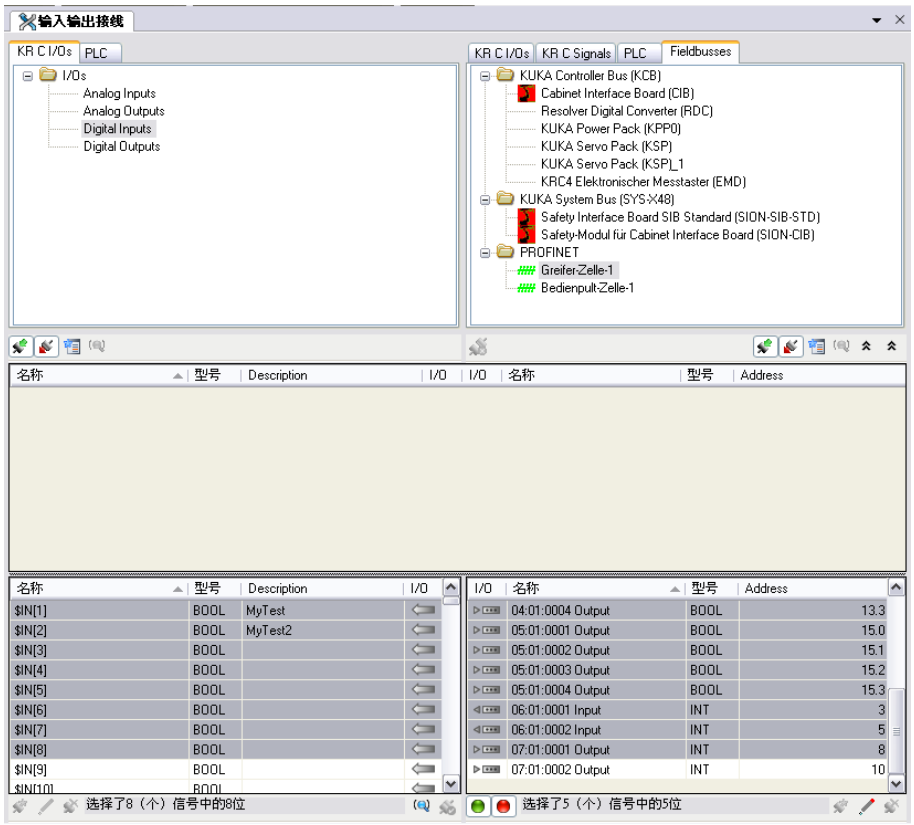


图 15-36: 接线显示器

2. **连接数字信号**
   - 在表格视图中分别为 KR C4 或工业以太网端选中各自要连接的数字信道
   - 数字信号标记有 **BOOL（布尔）**类型
   - 如同我们的示例中一样，可以有多重选择。
   - 然后用按钮 （连接）确认选择
   - 现在已经连接的信号被列出在接线一览表中
   - 错误设置的连接可以用按钮 （断开）重新删除
   - 要注意的是，在 KR C4 方面以及在总线端应分别选定同样数量的信道，以激活连接功能

通过 “ 拖拽 ” 可提供另一种连接方法。

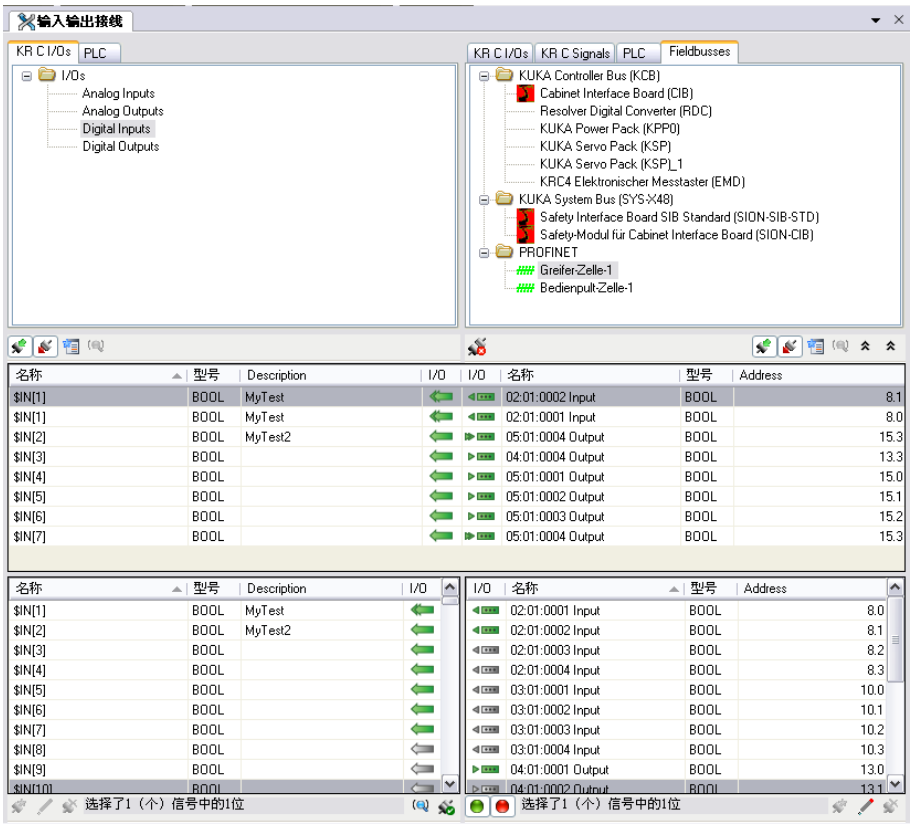


图 15-37: 接线显示器

输入 / 输出模块的表示方式

输入 / 输出按照其物理结构表示在模块侧的**名称**窗口中。

示例：

03:01:0002 Output

AA:BB:CCCC

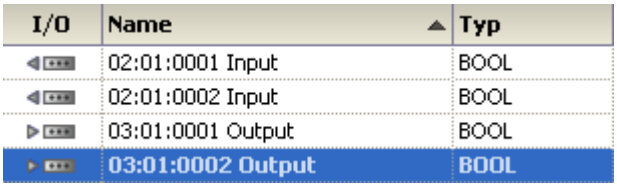


图 15-38: 在 WorkVisual 中的 PROFINET 信号名称

名称	含义	在示例中
AA	插槽编号：相应于总线耦合器之后的插位编号。 **提示：**没有输入和输出的模块，如供电模块，也有一个编号，但在列表中不显示。	03
BB	子插槽编号 （通常为 01）	01
CCCC	索引编号 （一个连续的、递增的计数器用以区分各个不同的输入和输出）。 在示例中：总线端子上有 2 个数字输出信道	0002
Input/Output （输入 / 输出）	处理方向。 在示例中：总线端子为一个数字式输出模块。	Output

用 KRL 中的信号编程

用 KRL **SIGNAL（信号）**指令可以在程序层面上将多个单比特集合成为一个字节、数据字或双字。

示例：将一个 PLC 的程序编号传输给 KR C4。

```
DEF Programm()
SIGNAL programmnummer $IN[1] TO $IN[8] ; 集合成 1 个字节
INI
...
SWITCH programmnummer  ; 通过传输的程序编号选择
CASE 1
END
```

15.4.6 模拟输入和输出的逻辑连接

说明

- 模拟通道就地在现场总线设备中被数字化并传输。
- 即一个模拟信道用固定的分辨率以数字化方式传输。
- 分辨率一般在 10 到 16 位之间，视制造商和模块而定。
- 除了这些纯有效数据外，需要时还要加上一个符号位，标示是正的或负的测量范围。
- 此外，某些模块还保留一同传输诊断或控制数据的可能性。
- 从制造商提供的数据页中可以查阅这些信息。

交换

- 对某些模块可能还须在一个字词中**对换**字节（交换 = swap）。
- 英特尔（Intel）格式相应于我们的思路，即最低字节 0 出现在最高字节 1 之前。
- 也以该次序传输字节。
- 相反，如果接收方用摩托罗拉格式工作，则掉换了字节 0 和字节 1。
- 通过现场总线读入的第一个字节也被声明为字节 1。

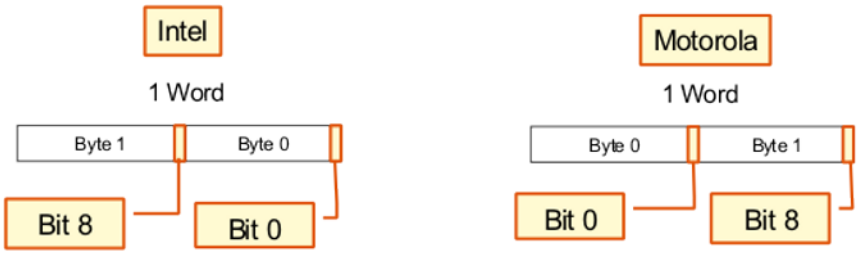


图 15-39：转储

格式	总线耦合器 — 英特尔	总线耦合器 — 摩托罗拉
KR C4 （英特尔）	交换？**否**	交换？**是**

注意 注意！
基于 PC 的控制器（KUKA KR C4）采用英特尔格式。
西门子采用摩托罗拉格式。

数据页示例

西门子 2AO U ST（6ES7135-4FB01-0AB0）

分辨率

Analog electronics module 2AO U ST (6ES7135-4FB01-0AB0)

Characteristics:

2 outputs for voltage output
Output range:
- ±10 V, resolution 13 bits + sign
- 1 to 5 V, resolution 12 bits
Isolated from load voltage L+
Extended temperature range from 0 to 50 °C with vertical installation

图 15-40：数据页示例

节选表明，模块能够以两种不同的模式工作。

- **14 位**（包括符号），输出电压为 **+/-10 V** 时
- **12 位**（不包括符号），输出电压为 **0-5 V** 时

输出值

Output value

The following table contains the binary notation of the analog values and the corresponding decimal or hexadecimal notation of the units of the analog values.
The resolutions 11, 12, 13 and 15 bits + sign are listed in the following table.
Every analog value is entered left-aligned to the accumulator. The bits labeled with "x" are set to "0".

Table 4-2 Output values (SIMATIC S7 format)

Resolution in bits	Units			
	Decimal	Hexadecimal	High byte	Low byte
11 + sign	16	10_H	Sign0000000	0 0 1 x x x x
12 + sign	8	8_H	Sign0000000	0 0 0 1 x x x
13 + sign	4	4_H	Sign0000000	0 0 0 0 1 x x
15 + sign	1	1_H	Sign0000000	0 0 0 0 0 0 1

图 15-41：数据页示例 2

- **13 + VZ**（VZ 指符号）是相应于范例模块的条目
- 将传输**两个字节**，即 16 位
- 不过，其中 **2 位未使用**，即值为 0

输出范围

4.3 Output ranges

Output ranges for voltage: ±10V

Table 4-3 SIMATIC S7 format: output range ±10V

Output range ± 10 V	Units		Range
	Decimal	Hexadecimal	
0	> 32511	> $7EFF_H$	Overflow
11,7589 : 10,0004	32511 : 27649	$7EFF_H$: $6C01_H$	Overcontrol range
10,0000 7,5000 : - 7,5000 - 10,0000	27648 20736 : -20736 -27648	$6C00_H$ 5100_H : $AF00_H$ 9400_H	Nominal range
- 10,0004 : - 11,7589	-27649 : -32512	$93FF_H$: 8100_H	Undercontrol range
0	< -32512	< 8100_H	Underflow

图 15-42：数据页示例 3

- 对于 15+VZ 模块，10 V 的测量值对应于数字化后的值 27648。
- 以二进制写法表示，即为：VZ110110000000000。
- 最后两位被省略后，10 V 被数字化后的值为：VZ1101100000000xx。
- 以十进制写法表示，为 6912。

模块	测量值为 10 V 时的数字化值	测量值为 10 V 时的数值
15 + VZ	+/- 110110000000000	27648
13 + VZ	+/- 1101100000000xx	6912

操作步骤

连接模拟信号

- 模拟信号标记有 INT （整数）类型。
- 经数字化的模拟值在模块这端已经打包成数据字，可直接链接到 KR C4 端。
- 在建立链接前，务必事先借助于数据页对模块进行参数设置。
- 在总线端用鼠标选定模拟模块。
- 在模块表下点击按键 （编辑提供器处的信号）。

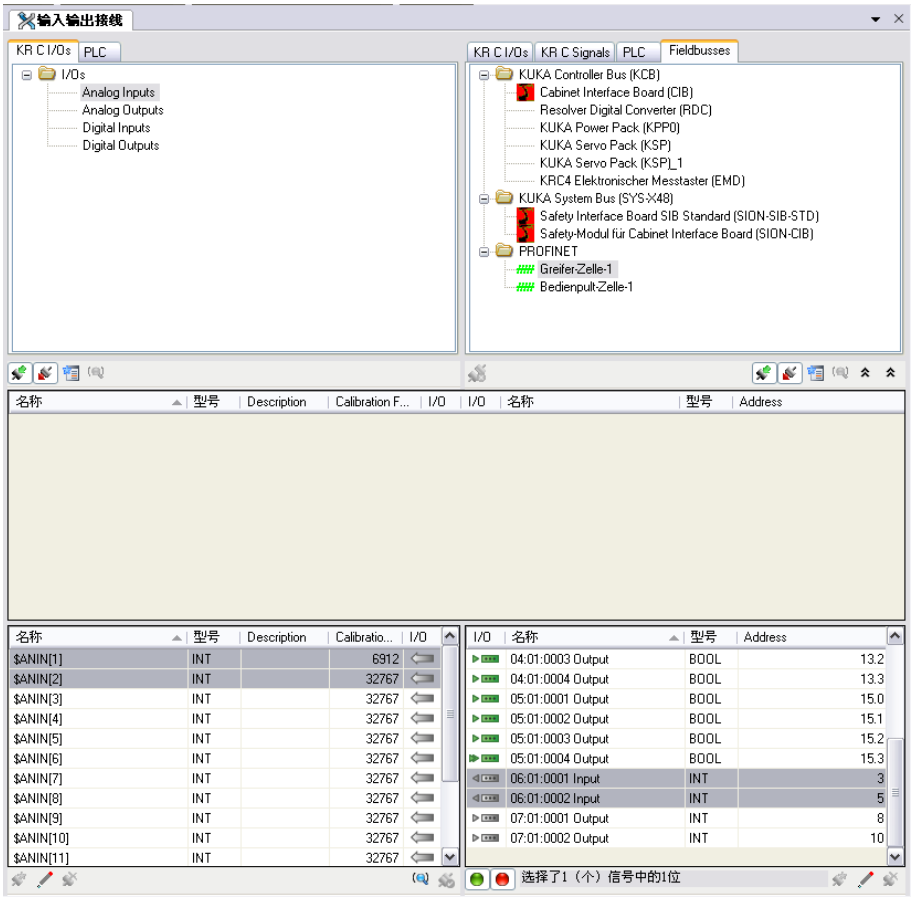


图 15-43：接线显示器

信号编辑器

- 信号编辑器提供了一个根据数据页对来自总线端的信号进行调整的工具。
- 一般来说，WorkVisual 首先假定，数据字内的所有位都是纯业务信息。
- 这里显示的是**未经编辑的视图**：

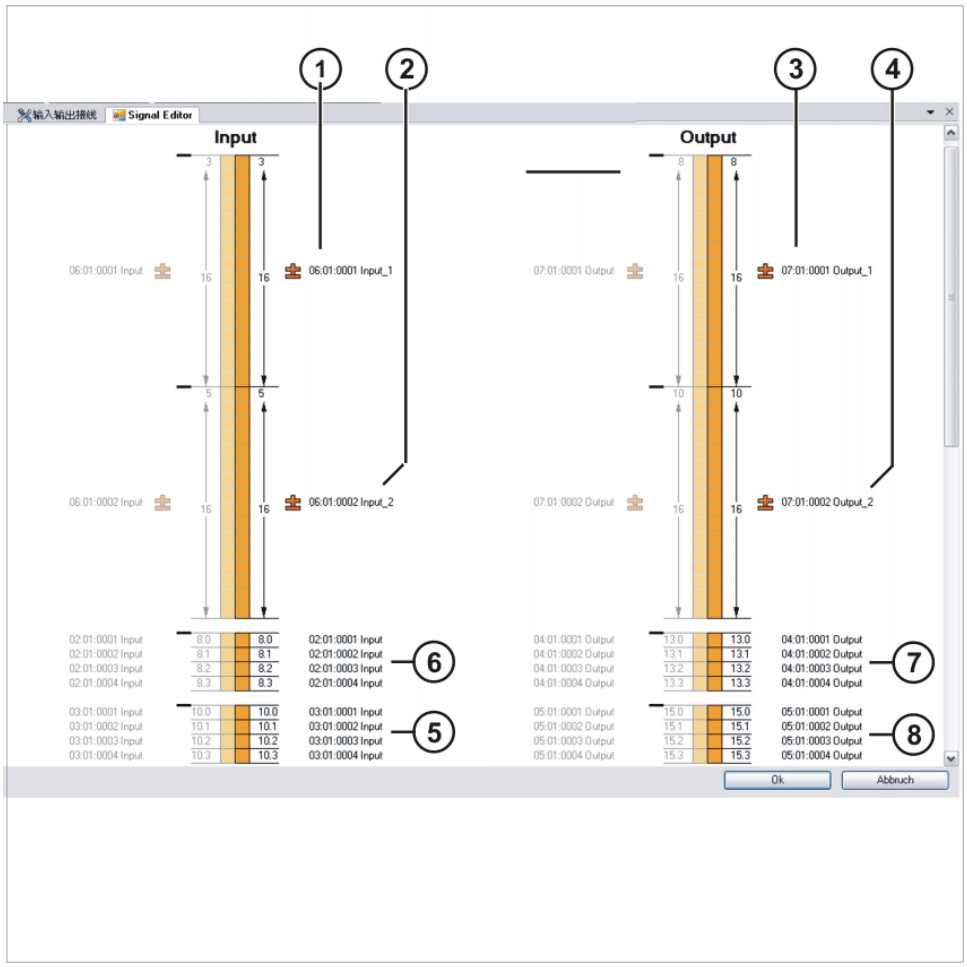


图 15-44: 信号编辑器

序号	模块	说明
1	2 AI	模拟输入模块的**信道** 1 **VZ + 15 位**数据宽度 偏移字节 3
2	2 AI	模拟输入模块的**信道** 2 **VZ + 15 位**数据宽度 偏移字节 5
3	2 AO	模拟输出模块的**信道** 1 **VZ + 15 位**数据宽度 偏移字节 8
4	2 AO	模拟输出模块的**信道** 2 **VZ + 15 位**数据宽度 偏移字节 10
5	4 DI	数字输入模块 4 位数据宽度 偏移字节 8
6	4 DI	数字输入模块 4 位数据宽度 偏移字节 10

序号	模块	说明
7	4 DO	数字输出模块 4 位数据宽度 偏移字节 13
8	4 DO	数字输出模块 4 位数据宽度 偏移字节 15

总线端输入 / 输出端接线

在我们的示例中，如果整个数据字实际上与模拟数据值完全对应，则在信号编辑器中没有什么可修改的。

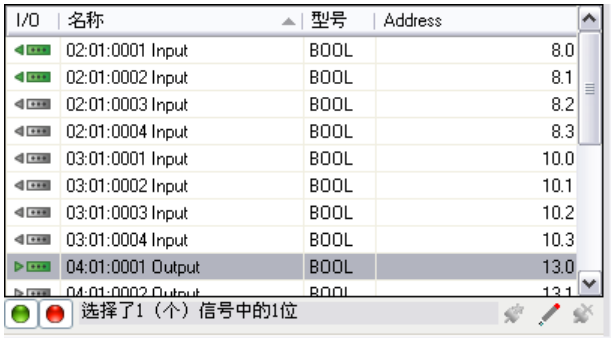


图 15-45: 总线端输入 / 输出端接线

输入 / 输出接线分别显示总线端的：

- 2 个模拟输入信道
- 2 个模拟输出信道

带编辑过的模拟信道的示例

参见数据页示例

- Siemens 2AO U ST (6ES7135-FB01-0AB0)
- Siemens 2AI U ST (6ES7134-4FB01-0AB0)

信号编辑器中编辑过的视图

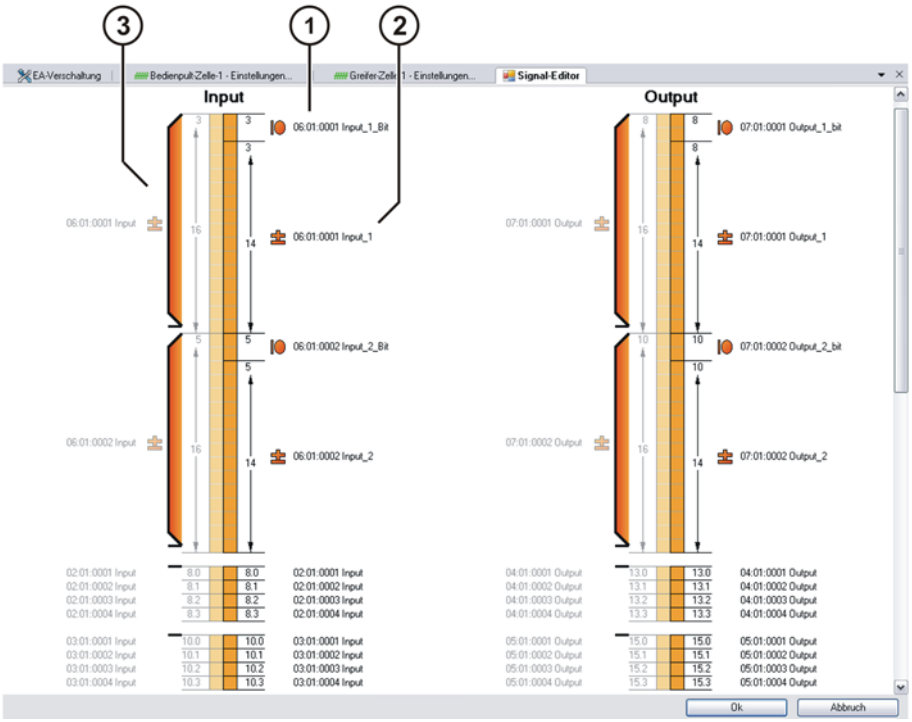


图 15-46: 模拟信道配置

序号	说明	操作步骤
1	2 位未使用	将 16 位字长减少至 **14 位（有效载荷数据）**。 ■ 用鼠标点击最靠上的标记 （16 位位边界 / 箭头标记）（将鼠标左键保持按住） ■ 如同使用滑块一样设定 **2 位** ■ +/- 符号：通过点击**斜线 / 圆圈** 修改符号
2	13 位 + VZ	通过点击图标 **IO**，图标的显示会发生改变。 VZ 已经激活：
3	数据字节掉换	在左侧用鼠标拉交换条 ■ 为此，用鼠标点击最靠上的标记 （将鼠标左键保持按住）， ■ 将标记向下拉， ■ 显示交换条，即表明字节 0 和字节 1 进行了交换。

符号	说明
	带有正负符号的模拟输入或输出端 （正负测量范围） 带正负号的 Integer 数据类型 （根据 SINT、INT、LINT 或 DINT 的长度）
	无正负符号的模拟输入或输出端 （仅为正测量值） 不带正负号的 Integer 数据类型 （根据 USINT、UINT、ULINT 或 UDINT 的长度）
	汇总为一组的数字输入或输出端 数字式数据类型 （根据 BYTE、WORD、DWORD 或 LWORD 的长度）

在信号编辑器中用 OK 键确认后，在接线编辑器中模拟信道的显示也随之而改变：

- 实际的**模拟输入 / 输出**以 INT 标记，现在可以如同数字信道一样，与 KRC 端连接起来。
- **“ 剩余下来的位数 ”** 形成一个自己单独的**字节**。如果是诊断数据，这些也可以与 KRC 端连接起来。

接线编辑器中的模拟输入

- 信道的连接大体上对应于已从数字输入和输出了解到的操作步骤。
- 用鼠标选定相应的信道然后用按键 （连接）实现连接。

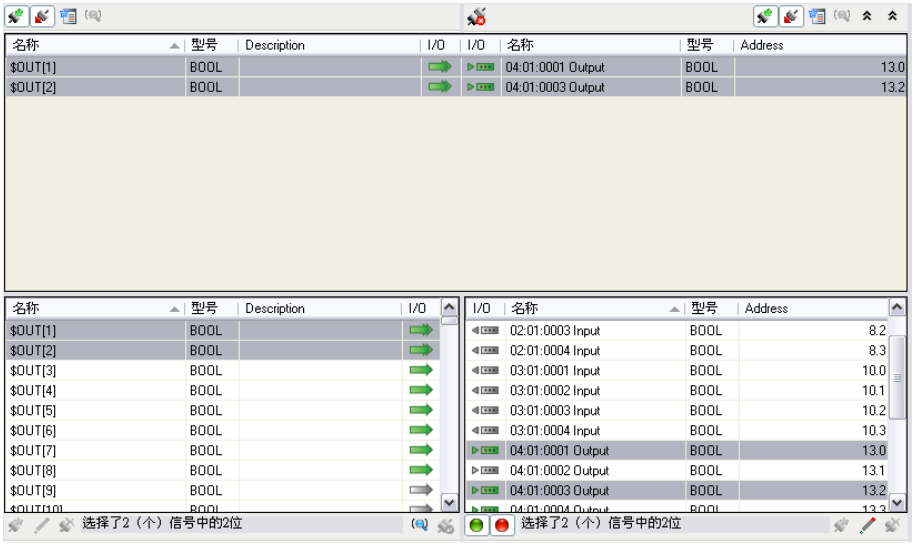


图 15-47：接线编辑器

接线编辑器中的模拟输出

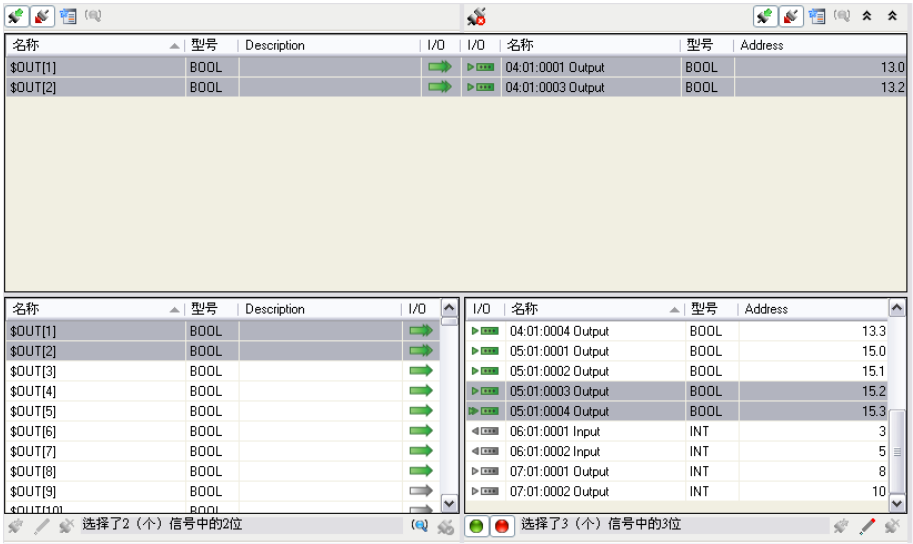


图 15-48：输入 / 输出接线显示器

存储校准系数

从数据页得到的校准系数最后必须通知给 KR C4 端的模拟信道。

- 用鼠标选定相应的模拟信道。
- 在 KR C4 输入 / 输出表下点击按键 （编辑提供器处的信号）。
- 输入从数据页得到的校准系数。
- 为所有模拟信道重复此过程。

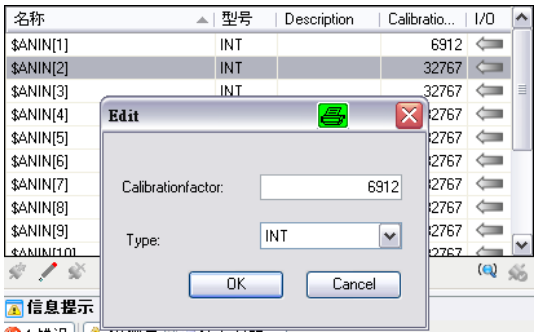


图 15-49

如果连接一个不带正负号的模拟输入或输出模块，则必须将文件类型改为 UINT。 如果文件类型相同，现场总线侧只能与 KR C4 侧连接。

建议

- 从生产厂家的数据表中不能总是了解到信号是否必须交换。
- 西门子设备的信号一般必须交换。
- 以下操作步骤可让人判断出一个输入端是否必须交换：
  a. 缓慢而均匀地改变输入端处的电压。
  b. 在 KUKA.smartHMI 上，在窗口**模拟输入 / 输出端**中观察该信号的数值。
- 如果数值呈跳跃式、不均匀并或许在不同方向上的改变，则这即为一种必须交换的迹象。

是将整个区域交换还是分成几部分交换，会导致不同的结果：

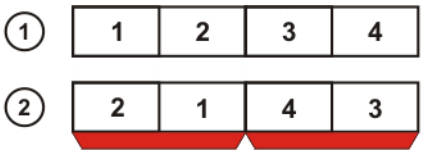


图 15-50：示例 1： 字节顺序反向

序号	说明
1	原有顺序
2	将所有字节分两次交换的结果。（即先交换前面两个字节，然后再交换后面两个字节。）

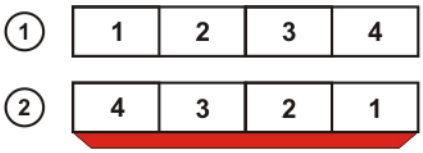


图 15-51：示例 2： 字节顺序反向

序号	说明
1	原有顺序
2	将所有字节一次性整个交换的结果

15.4.7 存储长文本

说明

只要工业以太网项目设置在物理和逻辑上已结束，自身的配置即告结束。 为了以后编制程序时更易于接入输入 / 输出端，WorkVisual 可为每一个信道均提供一个唯一的名称。 例如以后在联机表单中该名称也以明文标记。
示例： $IN[45] 相应于**光栅**信号。

操作步骤

1. 在主菜单中转到选项卡**编辑器**
2. 点击**长文本编辑器**项

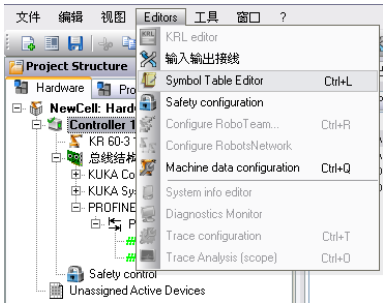


图 15-52

3. 长文本编辑器打开

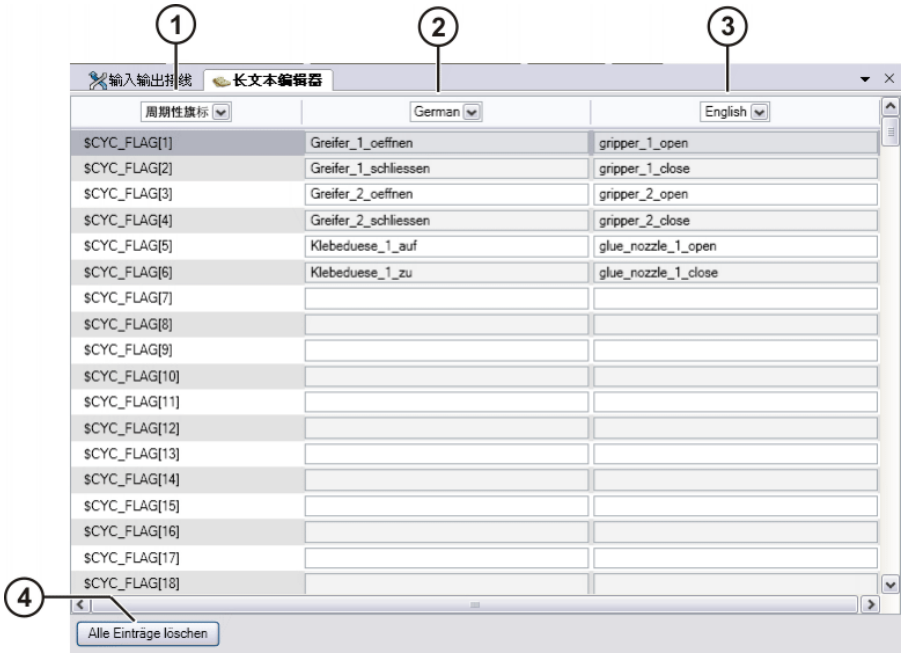


图 15-53

项号	名称	说明
1	输入 / 输出端选择窗口	待命名的信道： ■ 数字输入 / 输出 ■ 模拟输入 / 输出 ■ 旗标 ■ 定时器 ■ 计数器 ■ 循环旗标
2	**语言选择** 1 选择窗口	按 HMI 选择语言的名单
3	**语言选择** 2 选择窗口	按 HMI 选择语言的名单
4	**删除所有输入**按键	将输入的名称全部删除

读入现有的 CSV 长文本文件

若有已经完成了的 CSV 格式长文本可用，也可以直接导入到现有的配置中。

操作步骤

1. 按序打开：**文件 > 导入 / 导出**
2. 窗口**导入 / 导出向导**打开

3. 选择**导入长文本**并用**继续**确认

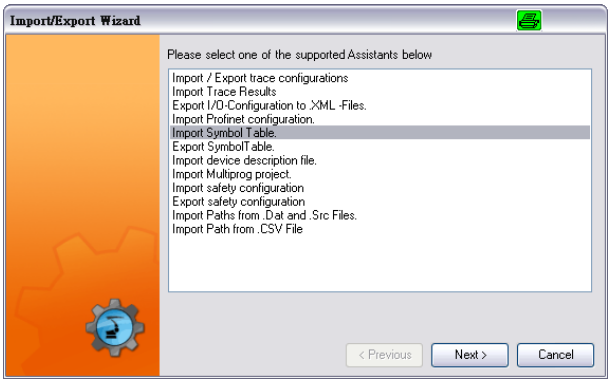


图 15-54: 导入 / 导出向导

4. **长文本向导**
   - 通过 Windows 浏览器选择相应的长文本 .csv 并用**打开**确认。
   - 每一种语言必须单独导入。
   - 然后可以在导入/导出向导中通过目标语言栏对导入的长文本文件进行分类。
   - 复选框**删除现有的长文本**激活时，任何现有的长文本将被盖写。
   - 用**完成**结束导入。

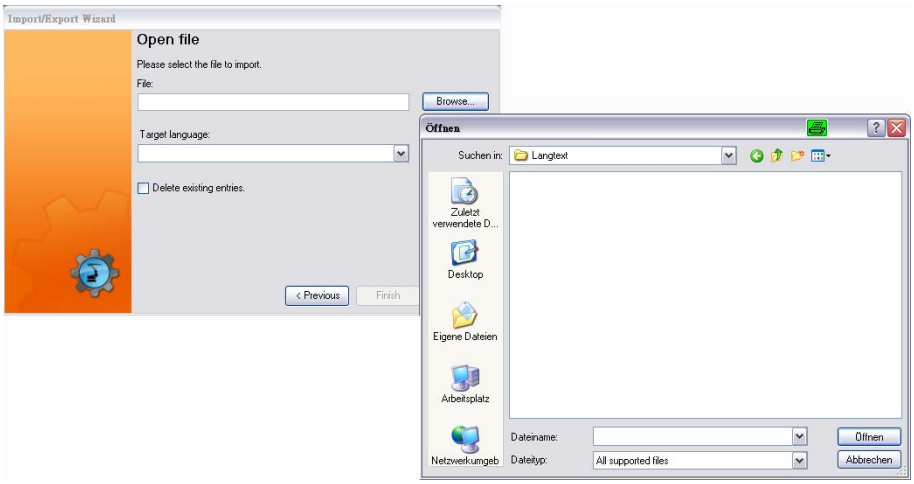


图 15-55: 长文本向导 — 打开文件

5. 在长文本编辑器中显示导入的数据

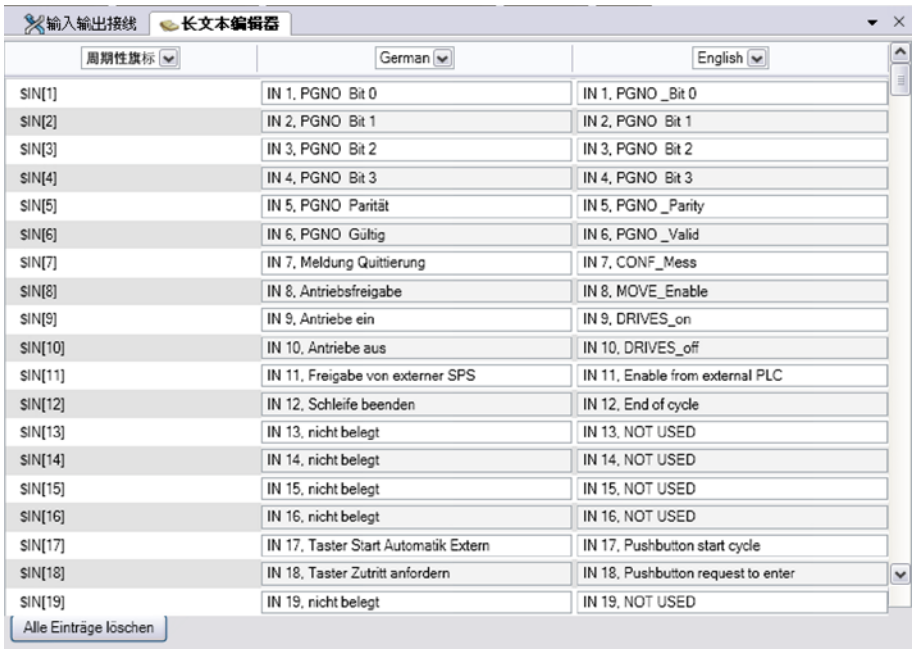


图 15-56：长文本一览表

15.4.8 打印输入 / 输出接线

说明 成功配置了现场总线后，为了存档可以将接线以列表的形式打印出来。

操作步骤

1. 选择菜单**文件 > 打印**
2. 选择相应的工作单元、机器人和接线表。
3. 点击**预览**键可显示打印预览。
4. 点击**打印**键即可将输入 / 输出接线表打印出来。

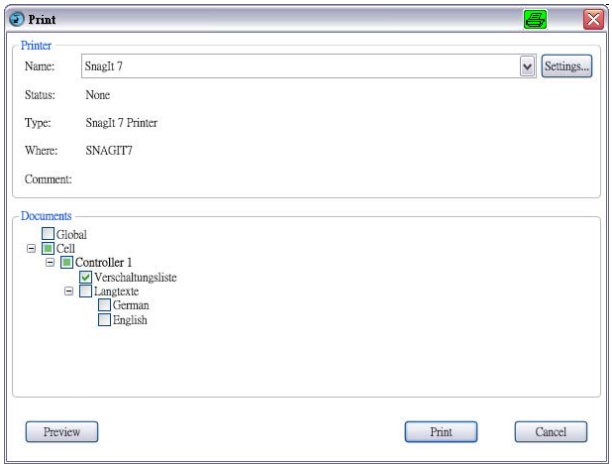


图 15-57

输入 / 输出接线表 输入 / 输出接线表摘要。这里以 PROFINET 部分为例。

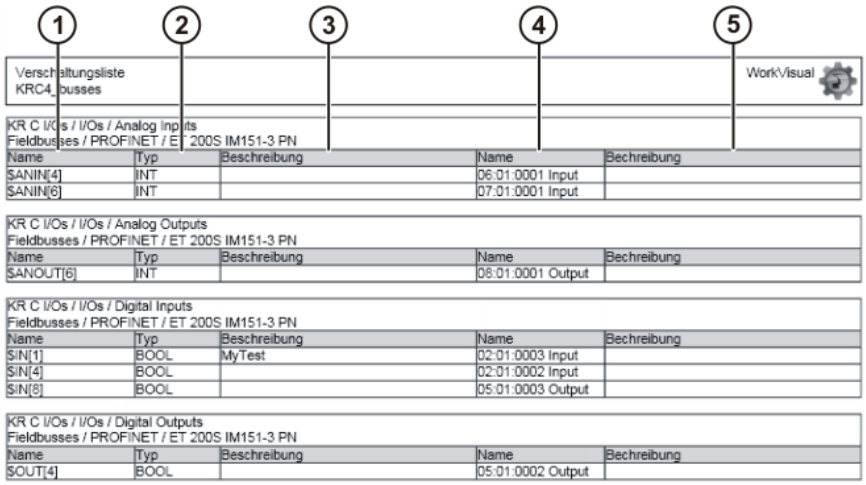


图 15-58

序号	说明
1	KR C4 侧的输入 / 输出端
2	数据类型： **Bool （布尔）**适用于数字通道 **Integer （整数）**适用于模拟通道
3	长文本选项
4	设备侧 （ProfiNet 模块）的输入 / 输出端
5	保存的说明选项

15.4.9 输入 / 输出接线的各种可能性

说明

除了控制器和设备之间的一对一分配外，也有可能对个别信道进行多重分配。也可使用多个不同的总线系统，例如将 EtherCat （扩展总线）与工业以太网相结合。

示例

- 总线模块的一个数字输入端 （例如光栅）被读入。
- 除了可供 KR C4 程序使用外，此输入端也应同时可供 PLC 使用。
- 此数字输入端通过一个数字输出端输出到 PLC 上。
- 这样，此数字输入端就可以由 PLC 进行处理或者显示。

多重接线

一个总线系统，例如 ProfiNet

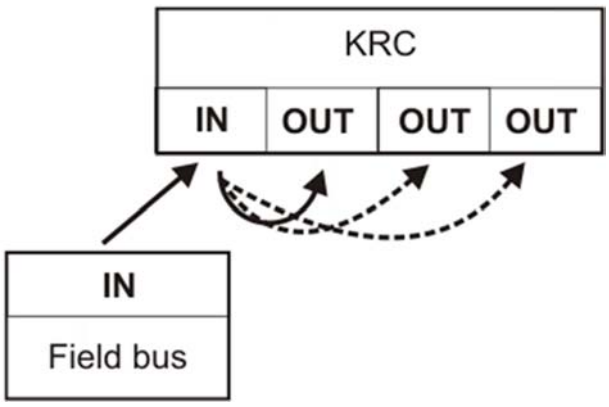


图 15-59

- 输入端 （现场总线）至一个输入端 （KR C4）
- 输入端 （一个控制器）至多个输出端 （多个控制器）

将总线输入端与总线输出端通过输入输出接线相连

- 借助输入输出接线可将总线输入端与 （同一根或另一根总线的）总线输出端相连。
- 通过间接连接而实现。为此，总共需要 3 根接线。
  a. 将总线输入端与机器人控制系统的输入端相连。
  b. 将机器人控制系统的输入端与机器人控制系统的输出端相连。
  c. 将机器人控制系统的输出端与总线输入端相连。

在这种情况下，机器人控制系统的输入端和输出端为多重接线。

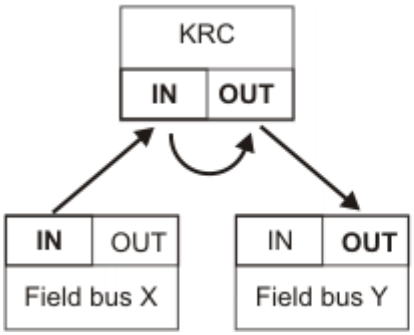


图 15-60：示意图： 总线输入端与总线输出端相连

不允许的接线

同时使用多个总线系统，例如 ProfiNet 和 EtherCat

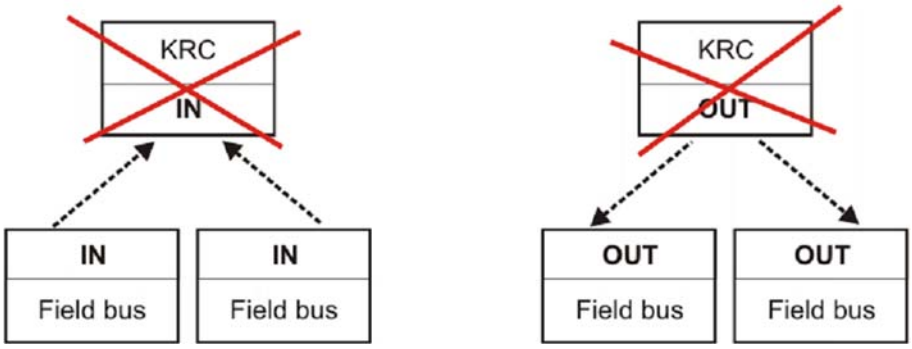


图 15-61

- 将不同总线系统的 2 个输入端与 KR C4 的一个输入端连接。
- 将 KR C4 的 1 个输出分配给不同现场总线的两个输出端。

15.4.10 总线用户命名

说明

- 对工业以太网的物理和逻辑配置已经在 WorkVisual 中完成。
- 在将项目最终传输给控制器前，必须从项目出发为工业以太网模块 “ 命名 ” 。
- 工业以太网在进行数据交换时使用它自己的协议，该协议在访问模块时不使用 TCP/IP 协议，而使用正确的名称。
- 交付时，工业以太网设备没有名称。
- 这些设备名称必须手动传输给设备，以使 KR C4 控制器以后可以正确地识别这些设备。
- 其余的参数，如 IP 地址、子网掩码和设备编号，则在名称识别后由控制器自动获得。

命名规范

- 名称的长度：1 … 240 个字符
- 名称必须至少由 1 个标签组成。
- 通过特殊符号 “.” 分开标签。
- 标签的长度：1 … 63 个字符
- 一个标签允许包含字母 (a-z)、数字 (0-9) 和特殊符号 “-”。
- 标签不允许以特殊符号 “-” 开始或结束。
- 第 1 个 标签不允许以字串符 “port-xyz-” 或 “port-xyz-abcde” 开始 (a, b, c, d, e, x, y, z = 0 … 9)。
- 名称的形式不允许为 “n.n.n.n” (n = 0 … 999)。

操作步骤

- 仅当 WorkVisual 已与 KR C4 连接，并且已经在 WorkVisual 中为 PC 定义了通讯途径 (PC 网卡) 时，然后才能为设备命名。
- 此外，该计算机必须位于相同的工业以太网子网中。

1. 菜单路径：**项目结构 > 工业以太网 > 通讯设置**
   在那里，在**网卡**栏中选择与工业以太网连接的 PC 网卡。

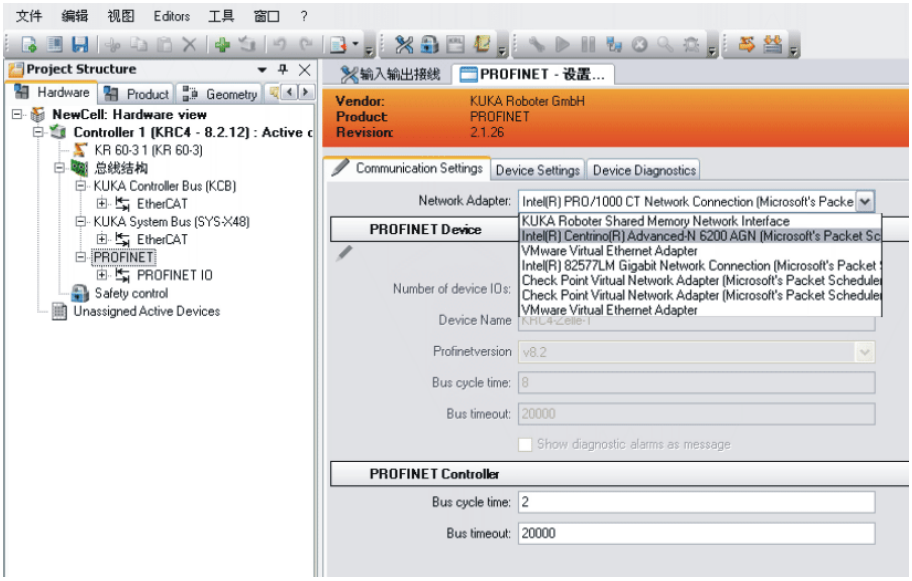


图 15-62: PC 网卡的选择

2. 在项目结构中，用鼠标右键点击 PROFINET (工业以太网)。
3. 选择菜单项**连接**。
4. PROFINET (工业以太网) 现在以**斜体字**和**绿色** 显示，WorkVisual 现在在线。
5. 下一步在菜单项**功能**下进入**设备列表和工业以太网名称**。PC 现在在线。

图 15-63

打开 “ 命名菜单 ” 后，紧接着显示以下信息 ：

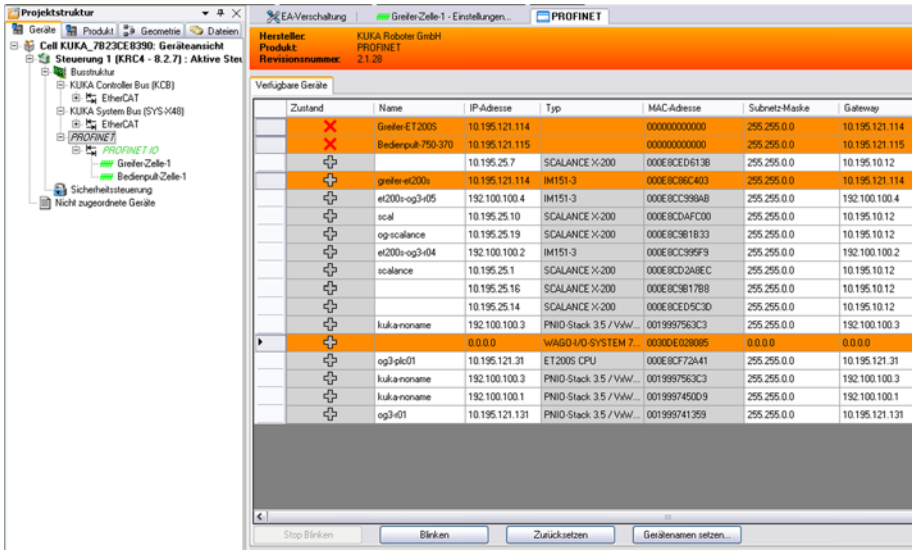


图 15-64

- 以 X 标记的**行**：

  所有在项目中已经定义、但不能在线通过合适的设备名称分配的模块。用作分配名称时的帮助。在我们的示例中：

  - Greifer-ET200S （抓爪 ET200S）
  - Bedienpult-750-370 （控制台 750-370）

- 所有以 + 标记的**行**：
  找到的目前在线从而可以为其命名的物理模块。在我们的示例中：
  - **Greifer-ET200S 已经命名**，这可以从已经被应用的参数如 IP 地址、子网掩码等识别出来。
  - 还必须为模块 **Bedienpult-750-370** 命名！此处可从默认设置，例如 IP 地址 0.0.0.0 识别出来。

注意 特别是对于复杂的工业以太网结构，务必要注意，仅当事先已经核实过涉及的确是**正确的模块**，然后才命名。 若对一个已经使用过的模块进行了错误的命名，将不可避免地导致功能故障。 也就是说，事先应通过**闪烁**功能从实体上确定涉及的确是**正确的模块**。

现场总线模块也可以直接连接在笔记本电脑上并命名。 这在清晰明了的大网络上特别有利。

按键	功能	操作步骤
闪烁	使在选定模块上的 **LED 连接指示灯有节奏地闪烁**	选定相应的行并点击**闪烁**按键
停止闪烁	使通过闪烁按键启动的 **正在闪烁的 LED 指示灯**停止闪烁	点击**停止闪烁**按键
复位	将**设备名称**复位	逐行选定要复位的模块，点击**复位**按键
设定设备名称	赋予一个**设备名称**	在名称一列点击相应的栏。**编辑名称**。用**设定设备名称**按键确认输入。

15.4.11 其它控制器特定的选项卡

15.4.11.1设备诊断选项卡

- 在该选项卡中可以激活将工业以太网设备的信息提示发送到上一级控制系统。
- 收集信息提示并传输到机器人控制系统的设备部分上。
- 信息提示的可用性取决于各个设备。
- 为了能使用该功能，必须在设备部分中配置相应的输入 / 输出端数量。 (>>> 图 15-80)
- 配置的位编号 （数字输出端）不允许多重地连接到 KR C4 输出端上。 也可参见信号编辑器 (1) 中的描述。

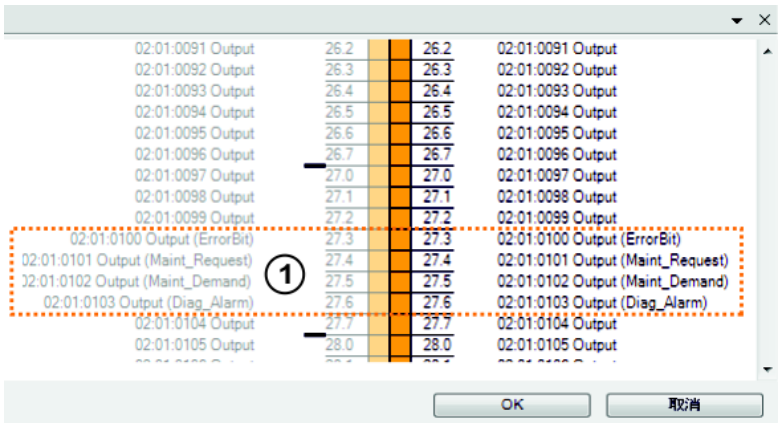


图 15-65：在信号编辑器中诊断位的占用情况

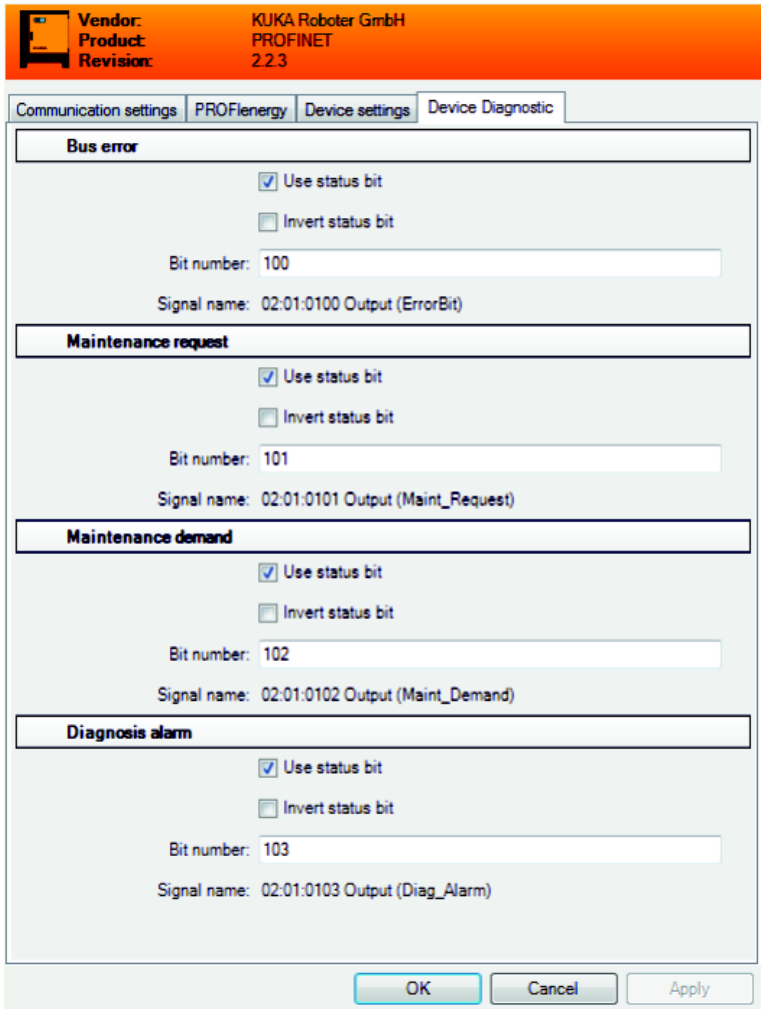


图 15-66：设备诊断选项卡

栏位	说明
总线故障	
用状态位	■ **激活：** 出现总线故障时，即会向 PLC 发送一个状态位。 ■ **未激活：** 不向 PLC 发送状态位。
逆转状态位	■ **激活：** 出现总线故障时，即会向 PLC 发送一个逆转过的状态位。 ■ **未激活：** 状态位不逆转。

栏位	说明
位编号：	在 PLC 的地址范围中输入状态位的编号。 ■ 1 ... **设备的输入输出端数量** **提示：** 必须将该位编号与其它诊断位的位编号区分开来。
信号名称：	信号名称取决于输入的位编号。
保养要求	
用状态位	■ **激活：** 如果要保养设备，向 PLC 发送一个状态位。 不必立即进行保养，还没有达到磨损极限。 ■ **未激活：** 不向 PLC 发送状态位。
逆转状态位	■ **激活：** 如果要保养设备，向 PLC 发送该状态位。 ■ **未激活：** 状态位不逆转。
位编号	在 PLC 的地址范围中输入状态位的编号。 ■ 1 ... **设备的输入输出端数量**
信号名称：	信号名称取决于输入的位编号。
保养需求	
用状态位	■ **激活：** 如果必须保养设备，向 PLC 发送一个状态位。 必须立即进行保养，已达到磨损极限。 ■ **未激活：** 不向 PLC 发送状态位。
逆转状态位	■ **激活：** 如果必须保养设备，则向 PLC 发送经逆转的状态位。 ■ **未激活：** 状态位不逆转。
位编号	在 PLC 的地址范围中输入状态位的编号。 ■ 1 ... **设备的输入输出端数量**
信号名称：	信号名称取决于输入的位编号。
诊断警报	
用状态位	■ **激活：** 如果在一个设备上有一个诊断警报等候处理，则向 PLC 发送一个状态位。 ■ **未激活：** 不向 PLC 发送状态位。
逆转状态位	■ **激活：** 如果在一个设备上有一个诊断警报等候处理，则向 PLC 发送经逆转的状态位。 ■ **未激活：** 状态位不逆转。
位编号：	在 PLC 的地址范围中输入状态位的编号。 ■ 1 ... **设备的输入输出端数量** **提示：** 必须将该位编号与其它诊断位的位编号区分开来。
信号名称：	信号名称取决于输入的位编号。

如果在**保养要求**和**保养需求**时输入想用的位编号，则用一个逻辑 ODER 连接它们。 在该情况下，两个状态位必须都是逆转过的或都没有经过逆转。

在诊断数据中可找到状态位的当前状态。 (>>> 图 15-91)

15.4.11.2PROFIenergy 选项卡

说明

- 在现今时代，节能也是工业领域中的一个重要的主题。
- 也就是说，为了 KR C4 与上级控制器 (PLC) 和工业以太网的连接，库卡通过函数 **PROFIenergy** 很容易在 WorkVisual 中实现一个简单的配置。

PROFIenergy 状态

KR C4 支持的状态：

- **Ready_To_Operate:** 该控制器已准备就绪。
- **驱动总线关闭:** 已关断驱动装置。
- **休眠:** 控制器处于休眠状态并且只对 WakeOnLan 包有反应。
- **制动器已制动:** 已制动制动器并且只对下一个运行指令有反应。

> 如果生产歇工很短，为了使用状态**驱动总线关闭**，则可以用状态**制动器已制动**节能。 但是，只有在机器人控制系统处于编程停止状态下时，才能激活状态**制动器已制动**。

规划部

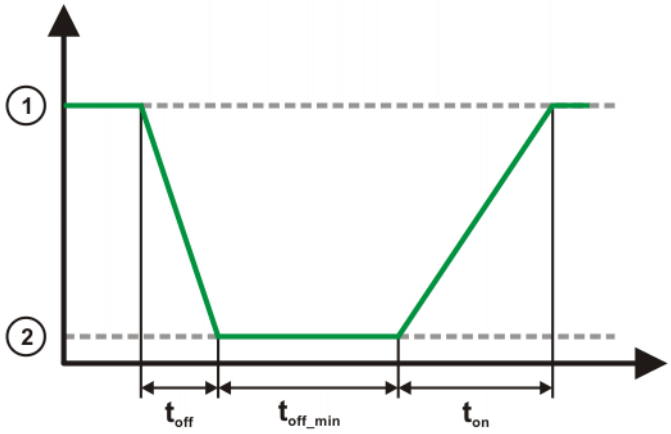


图 15-67: PROFIenergy 状态

1 状态 Ready_To_Operate
2 状态**驱动总线关闭**、**冬眠**或**制动器已制动**

PROFIenergy 状态有以下特征：

名称	说明
Time_to_Pause (t_{off})	直到控制系统从状态 Ready_To_Operate 达到状态**驱动总线关闭**、**冬眠**或**制动器已制动**的时间间隔。
Time_min_length_of_stay (t_{off_min})	控制系统保持在**驱动总线关闭**、**冬眠**或**制动器已制动**状态时的时间间隔。 在**驱动总线关闭**和**冬眠**状态时，所有已连接的设备在该时间间隔中应当在重新启动控制系统之前能完全关机。
Time_to_operate (t_{on})	直到控制系统从状态**驱动总线关闭**、**冬眠**或**制动器已制动**达到状态 Ready_To_Operate 的时间间隔。

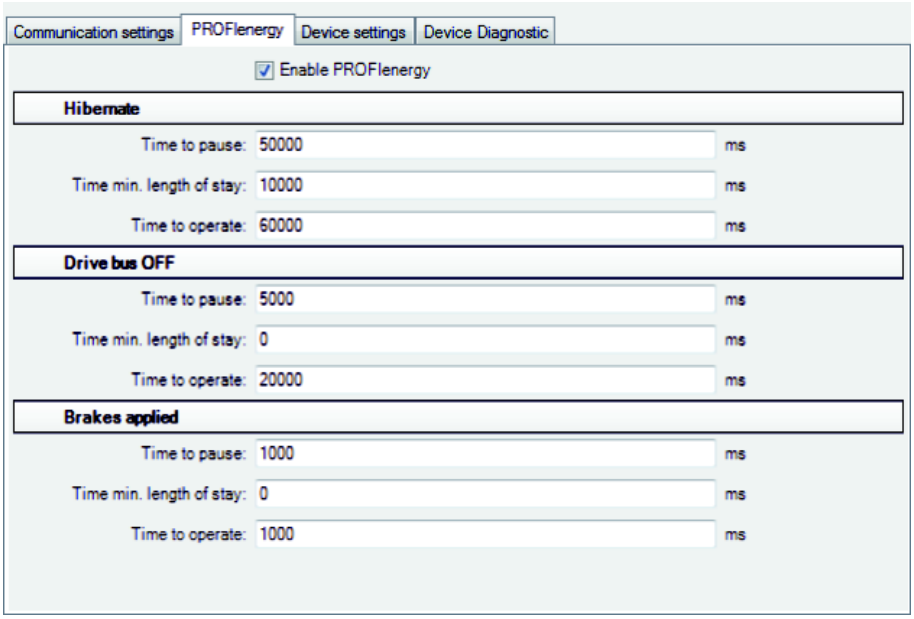


图 15-68: 选项卡 **PROFIenergy**

歇工时间的默认值与最小值相符。 不能超过这些值。
可以通过安装其它应用程序包提高歇工时间。 建议在投入运行时测试所需的歇工时间。

栏位	说明
激活 PROFIenergy	■ **激活：** 使用 PROFIenergy。 ■ **未激活：** 不使用 PROFIenergy。 默认情况下，该复选框没有被勾选。
休眠	
暂停时间：	输入控制系统直到已达到冬眠状态允许需要的时间。 默认值： 50000 ms
停留时间长度 （分钟）：	输入控制系统应该保持在冬眠状态下的最小时间。 默认值： 10000 ms
运转时间：	输入控制系统直到已达到 Ready_To_Operate 状态允许需要的时间。 默认值： 60000 ms
关闭驱动总线	
暂停时间：	输入控制系统直到已达到驱动总线关闭状态允许需要的时间。 默认值： 5000 ms
停留时间长度 （分钟）：	输入控制系统应该保持在驱动总线关闭状态下的最小时间。 默认值： 0 ms
运转时间：	输入控制系统直到已达到 Ready_To_Operate 状态允许需要的时间。 默认值： 20000 ms
制动器已制动	

栏位	说明
暂停时间：	输入控制系统直到已达到制动器已制动状态允许需要的时间。 默认值： 1000 ms
停留时间长度（分钟）：	输入控制系统保持在制动器已制动状态下的最小时间。 默认值： 0 ms
运转时间：	输入控制系统直到已达到 Ready_To_Operate 状态允许需要的时间。 默认值： 1000 ms

15.5 耦合和解耦现场总线模块

15.5.1 概览

下列内容将在此学习单元里传授：

- 耦联是什么意思？
- 通过 HMI 耦合和解耦现场总线用户
- 通过 KRL 耦合和解耦现场总线用户
- 激活快速启动 / 优先启动
- 减少配置工作

15.5.2 耦合和解耦总线用户

说明

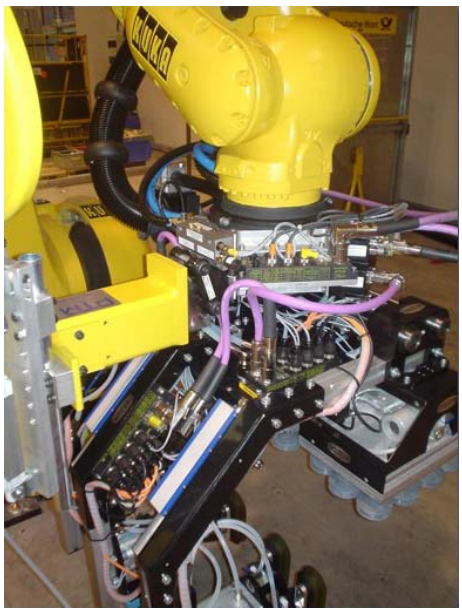


图 15-69: 耦联分段

- 对于某些应用，例如刀具更换，设备的耦合和解耦是必不可少的。
- 为此，必须告知控制器总线连接中注销或者登录了哪个模块，以免产生总线错误。
- 可以通过 HMI *人机接口*或在 KRL *库卡机器人语言*中进行耦联。
- 在已解耦的设备上进行的所有输入输出操作都将保持无效。
- 已解耦的设备不能对读 / 写故障进行处理。
- 解耦时设备的**输入端**被赋值为**零**。

- 现场总线的**输出端**保持**冻结**，直到断开电源为止。
- 为了在耦联之后加速设备的启动，可以激活快速启动。
  （>>> 15.5.5 "激活快速启动 / 优先启动" 页码 320）

始终可用

- 在带有**工具更换系统**的应用中，绝不能将总线用户持久地耦合在现场总线上。
- 在冷启动或在一个输入 / 输出端重新配置时，在该情况下这将直接导致现场总线故障。
- 关闭**始终可用**这一功能可以防止这些设备 / 从设备 / 适配器在冷启动后或者重新配置输入 / 输出端后被逻辑耦合进现场总线。
- 这些已被停用的设备 / 从设备 / 适配器可以在以后程序运行时毫无问题地重新耦合进来。
- 但是在项目设置时必须考虑到，将所有工具在物理和逻辑上集入进现场总线项目。

	始终可用： 激活	**始终可用：** 未激活
设备已耦合	无故障信息	无故障信息
设备已解耦	**故障信息**	无故障信息

操作步骤

图 15-70

- 菜单路径：项目结构 > ProfiNet > 用鼠标双击 > **设备设定**
- 通过勾选将设备设置为**始终可用**或者取消此设置。

15.5.3 通过 HMI 耦合和解耦现场总线用户

操作步骤

1. 选择菜单序列**显示** > **变量** > **单个**。

图 15-71

2. 在**名称**栏输入：

图 15-72

- **解耦时：**
  - 在一台机器人上使用该设备时：
    =IOCTL("PNIO-CTRL",60,[*用户识别号*])
  - 在一台或多台机器人上使用该设备时：
    =IOCTL("PNIO-CTRL",1060,[*用户识别号*])
- **耦合时：**
  - 在一台机器人上使用该设备时：
    =IOCTL("PNIO-CTRL",50,[*用户识别号*])
  - 在一台或多台机器人上使用该设备时：
    =IOCTL("PNIO-CTRL",1050,[*用户识别号*])

值	说明
IOCTL	用于耦合和解耦的**系统变量**
PNIO-CTRL	通过 **ProfiNet 驱动程序名**调用
50/1050 60/1060	■ **50/1050** = 调用**耦合** ■ **60/1060** = 调用**解耦**
用户识别号	要耦合或解耦的**模块**的**设备编号** / **用户识别号**

3. 用回车键确认。 脱开或耦合设备。

提示

- 也可以在**一个**机器人上使用现场总线用户时，使用参数 *1050* 和 *1060*。
- 但是，基于兼容性的原因，参数 *50* 和 *60* 不再有效，在使用重新项目化设定时，要避免这种情况。

当前值

在单个变量显示中，执行每个 **IOCTL** 指令后，在**当前值**窗口内以数字的形式显示一个**返还值**。此数字有下列不同的含义：

值	**含义**
0	IOCTL 已成功执行。
1	超时 — 设备未能在规定时间内耦合或解耦。
2	IOCTL 包含一个不正确的参数 — 请检查输入！
-1	故障 — 无法执行指令。

耦合时间

- IOCTL 功能是同步执行的。当设备重新可以使用并可写入时，才能再次执行 IOCTL 功能。
- 若耦合的设备不可用，例如因为它与总线或电源断开了，则将在超时后显示一条信息。

设定超时

若规定的用于耦合或解耦的时间设计得太短，可以重新设定超时。标准设置为 10 秒，即 10000 毫秒

```
RET = IOCTL("PNIO-CTRL",1001,10000)  ; 10000 Zeit in ms
```

15.5.4 通过 KRL 耦合和解耦现场总线用户

说明

- 刚刚介绍的 IOCTL 指令是一个系统函数。
- 该系统函数可以在运行时于机器人程序内使用。
- 函数定义方式是调用后总返回一个数值。
- 在我们这个案例中，就是完成信息 0、1、2 或 -1。
- 为了存储这个整数值，必须声明一个整型变量。

KRL 句法

解耦

- 在一台机器人上使用该设备时：
  `RET =IOCTL("PNIO-CTRL",60,[用户识别号])`
- 在一台或多台机器人上使用该设备时：
  `RET =IOCTL("PNIO-CTRL",1060,[用户识别号])`

耦合

- 在一台机器人上使用该设备时：
  `RET =IOCTL("PNIO-CTRL",50,[用户识别号])`
- 在一台或多台机器人上使用该设备时：
  `RET =IOCTL("PNIO-CTRL",1050,[用户识别号])`

RET 是一个必须自己声明的整数变量。

示例

```
1 DEF glue()
2
3 DECL INT ret
4
5 INI
6
7 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
   ...
20
21 PTP P30 Vel=2 m/s CPDAT30 Tool[1] Base[5]
22 LIN P31 Vel=100% Tool[1] Base[5]
23
24  WAIT SEC 0
25    ret = IOCTL("PNIO-CTRL",50,3)  ; Tool 3 耦合
26  WAIT FOR (tool3_connected and (ret==0)) ;等待耦合
27    ; starting program 1
...
35  working_program_tool3()
...
40  WAIT SEC 0
41    ret = IOCTL("PNIO-CTRL",60,3)  ; Tool 3 解耦
42  WAIT FOR (tool3_disconnected and (ret==0)) ;等待解耦
...
120 END
```

RET 的返还值：

值	含义
0	IOCTL 已成功执行。
1	超时
2	IOCTL 包含一个错误参数。

15.5.5 激活快速启动 / 优先启动

说明

- 耦合或者启动一个工业以太网设备时，设备必须尽快地达到其工作状态。
- 启动一个普通的设备可能需要最多 10 秒。
- 通过快速启动，设备在不到一秒钟内就处于工作状态。
- 这样就能更快地更换工具。
- 须注意：
  - 只有在工厂方可耦合和解耦的设备以及设备说明文件支持该功能时，才能使用快速启动功能。
  - 在快要连接物理设备之前或连接物理设备的同时，必须执行用于耦合的 IOCTL 功能。 否则，快速启动无效。
  - 在固定安装的设备上，耦合时不能使用快速启动功能，因为固定安装的设备既不与电源也不与网络断开。

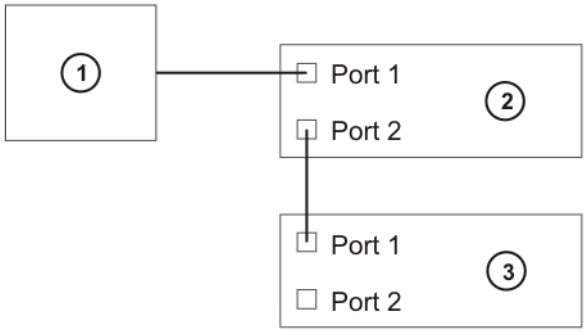


图 15-73: 快速启动 （示意图）

1 KRC 控制器
2 耦合装置
3 可以耦合和解耦的设备

操作步骤

以一个工业以太网用户为示例：

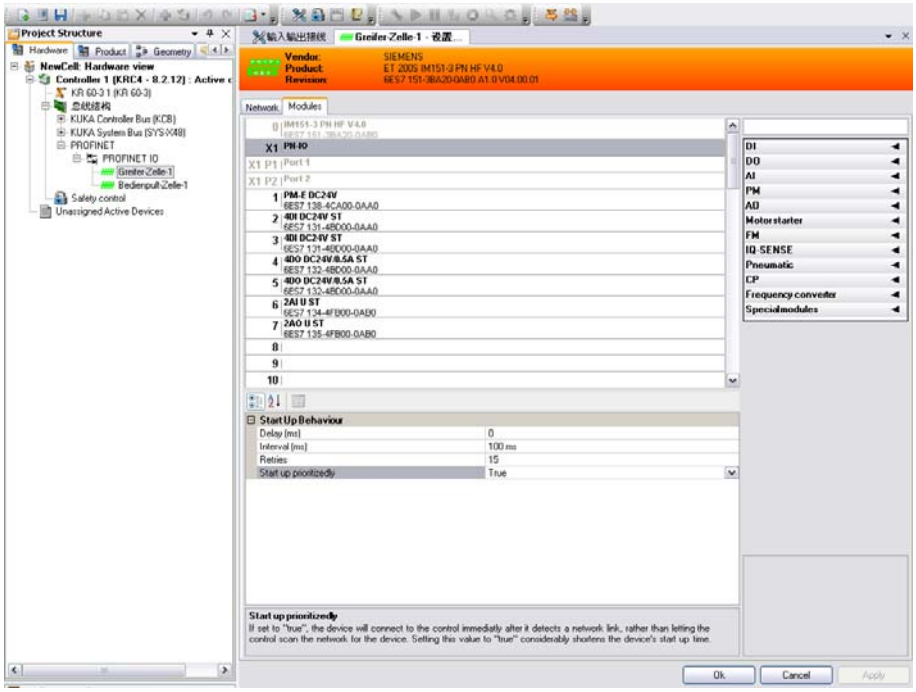


图 15-74: WorkVisual — 快速启动

若选择了该选项，则一旦连到网上，设备即会与控制器相连。这种方式要明显快于控制器以一定间隔在网络中搜索设备的常规做法。

1. 菜单路径：**项目结构** > **设备** > PROFINET > PROFINET **输入 / 输出** > **待处理设备** （抓爪单元 1）
2. 带设备设定的主窗口打开
3. 切换到**模块**选项卡中
4. 选中虚拟插槽 X1
5. 在**启动性能**参数窗口中将**优先启动**的值设置为 TRUE （真）

   可选值

   - **时间间隔**的数值规定了 2 个连续 Hello 包之间的时间。
   - **延迟**的数值规定了直到设备开始发送 Hello 包的等候时间。
   - **重复**的数值规定了设备总共发送多少 Hello 包。
6. 用 OK 保存设置

介质接口

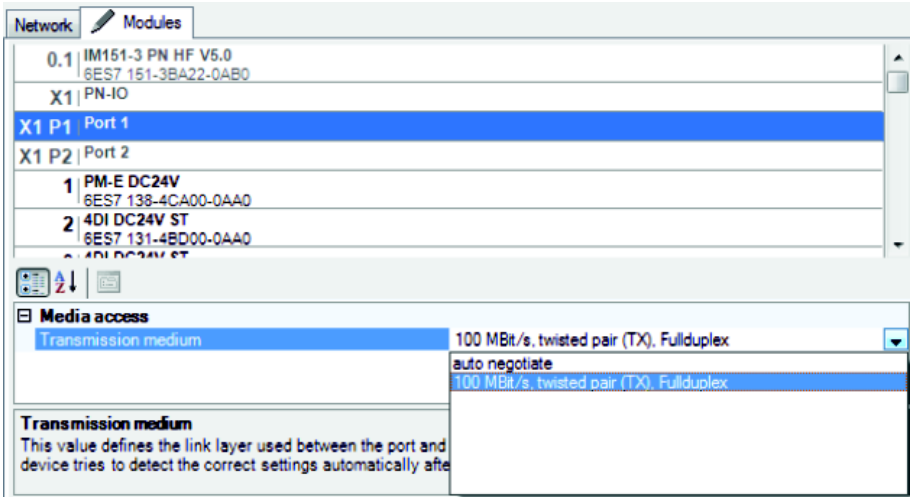


图 15-75: 介质接口

传输介质： 该值定义端口以何种介质与下一设备相连。若选择了 “auto negotiate”，则一旦连到网上，设备即会尝试自行测定这一设定。 但设备启动会由此而延迟。

- 在模块概况中，可以为每个端口单独将 *auto negotiate* 的速度改为 *100MBit/s*。
- 这是功能快速启动所需的。
- 必须在用于可耦合工业以太网连接的端口上进行端口设置。
- 端口 1 和 2 必须为 *100 MBit/s, twisted pair (TX), Fullduplex*。
- 在可耦合和解耦设备和耦合设备上的传输介质设置必须是相同的。
- 举例来说，在耦合设备上的*端口 2*和在可耦合和解耦设备上的*端口 1*。
- 设置**不**允许是 *auto negotiate* 。

15.5.6 减少配置的时间消耗

说明

- 在更换设备时保留快速启动设置，可以减少配置的时间消耗。
- 为此，设备必须是相同的设备类型或硬件结构，具有相同的 IP 地址和相同的设备名称。
- 这样一来，对于控制系统来说就只存在一个设备，因此也就减少了必须连接的输入和输出的数量。

示例
正常的时间消耗

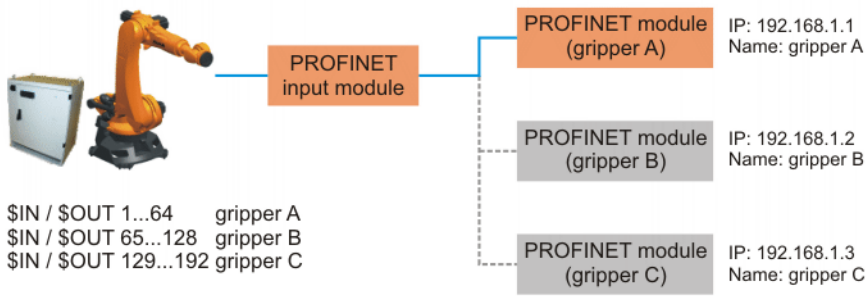


图 15-76: 示例：通常的配置工作

- 示例中，在 WorkVisual 中有 3 个设备被配置为工业以太网设备 （抓爪 A、B 和 C）。
- 每个设备都有不同的名称和不同的 IP 地址。
- 在此，项目设置时必须为每个设备配置输入 / 输出端。
- 在该示例中，3 个设备上总共有 192 个输入和输出端。

示例
减少的时间消耗

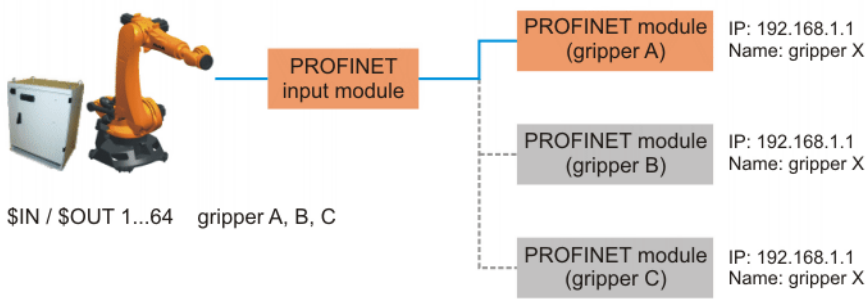


图 15-77: 示例： 减少配置的时间消耗

- 下面的示例中，在 WorkVisual 中，只有 1 个设备被配置为工业以太网设备 （抓爪 X）。
- 总共有 3 个设备，不过它们的设备名称和 IP 地址都相同。
- 对于项目设置而言，只必须为 1 个设备配置输入 / 输出端。
- 在该示例中，总共有 64 个输入和输出端。

应用这个示例时，任何时候都只允许耦合具有相同配置的设备中的一个。

建议在使用该示例时激活**删除 ARP 缓存**选项卡中**网络**的复选框。 （>>> 图 15-29 ）

15.6 将 KR C4 配置为 PROFINET 设备

15.6.1 概览

下列内容将在此学习单元里传授：

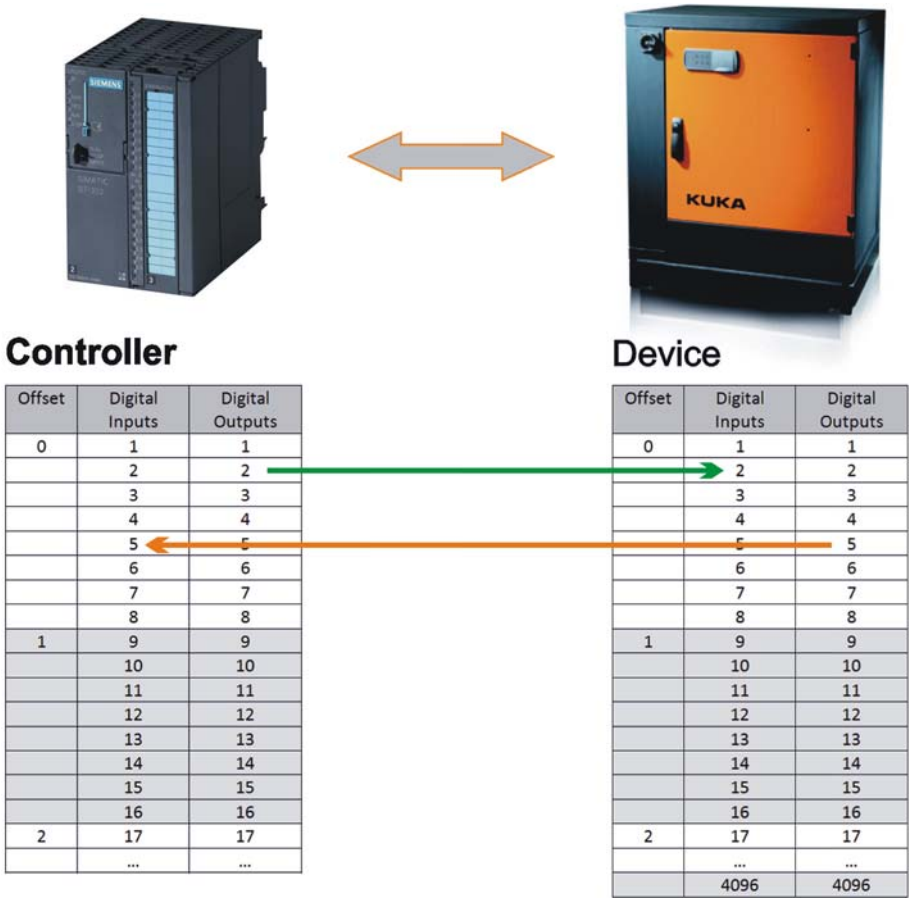
- 将 KR C4 配置为设备
- 设备的逻辑连接

15.6.2 将 KR C4 配置为设备

说明

- 在全自动化生产线上，必须对过程进行监控和协调，例如状态监测和过程控制。

- 这个任务通常由 PLC 来承担。为了使 PLC 和 KR C4 能通过工业以太网互相通讯，WorkVisual 项目必须相应地扩展。
- 在 PLC 中必须同样存在一个工业以太网项目设置 — 该项目设置将 KR C4 参数化为设备。
- KR C4 可以从两种不同的角度来配置。配置为具有“标准”输入/输出的“标准” 工业以太网用户或者配置为具有安全输入 / 输出的 PROFIsafe 用户。
- 本节中对工业以太网配置加以说明。



Offset	Digital Inputs	Digital Outputs
0	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
	6	6
	7	7
	8	8
1	9	9
	10	10
	11	11
	12	12
	13	13
	14	14
	15	15
	16	16
2	17	17
	...	...

Offset	Digital Inputs	Digital Outputs
0	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
	6	6
	7	7
	8	8
1	9	9
	10	10
	11	11
	12	12
	13	13
	14	14
	15	15
	16	16
2	17	17
	...	...
	4096	4096

图 15-78

- **KR C4 的输出端**是 **PLC 的输入端**
- **KR C4 的输入端** 是 **PLC 的输出端**

PLC 和 KR C4 之间的数据传输

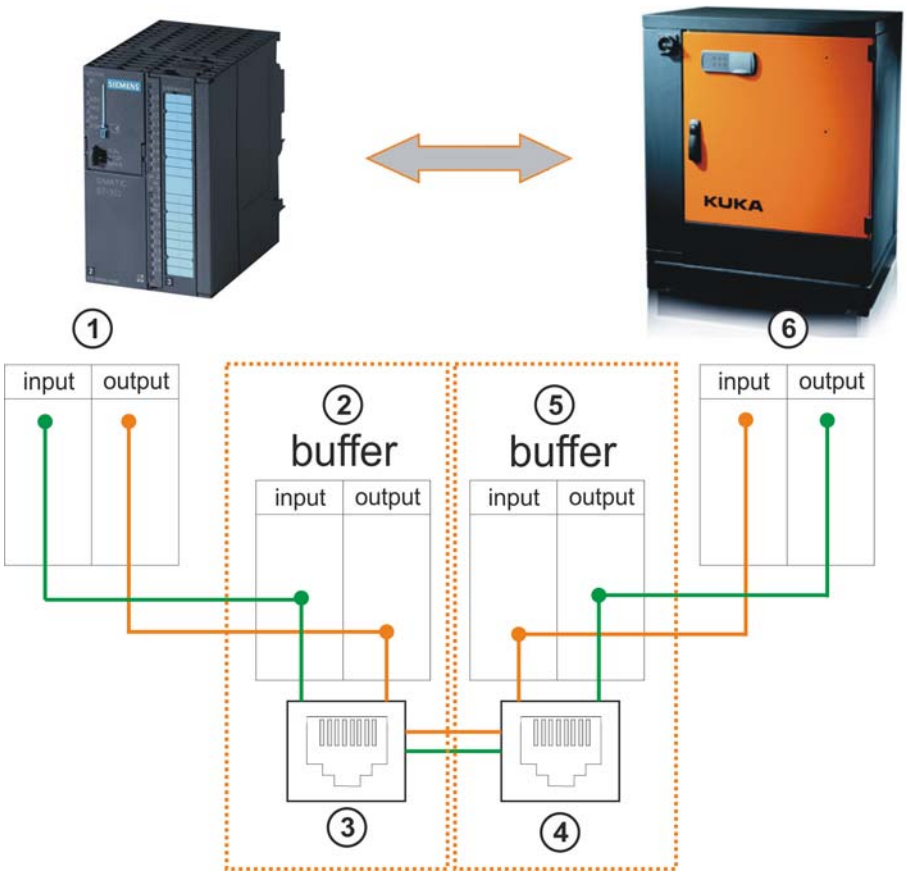


图 15-79: PLC 和 KR C4 之间的数据传输

- 在 PLC 侧上，将**数字输出端** (1) 写入到**输出端存储器** (2) 并首次传输 (3, 4)。
- 在 KR C4 侧上，将该**数字输出端**保存到**输入端存储器** (5) 中。
- 在 WorkVisual 中，**KR C4 输入端存储器** (5) 和 **KR C4 输入 / 输出端** (6) 之间的**接线**在接线显示器中配置。
- 也就是说，输入端与输入端连接，输出端与输出端连接。

操作步骤

- 在项目结构中用鼠标双击**工业以太网** (1)
  这将打开**工业以太网设置**窗口。
- 在通讯设置中勾选**工业以太网设备栈** (4) 将其设置为激活。
  工业以太网设备功能即被开通。
- 选择用 PLC 通讯应有的数字输入输出端数量。
  - 这些输入输出端以后在接线编辑器中也可供实际使用。
  - 如果有必要，可以在接线编辑器中通过将数字输入输出端相结合形成模拟信道。
- **赋予设备名称** (3)

⚠ 小心	设备名称必须与 PLC 项目中的设备名称相同！ 请注意书写形式！

- 需要时将总线循环时间 (8) 增至 **8 毫秒**。
  这样做可以避免有可能出现的时间冲突，保证可靠的数据交换。
- 根据 PLC 默认值调整工业以太网版本。
- 用 **OK** 键确认输入。

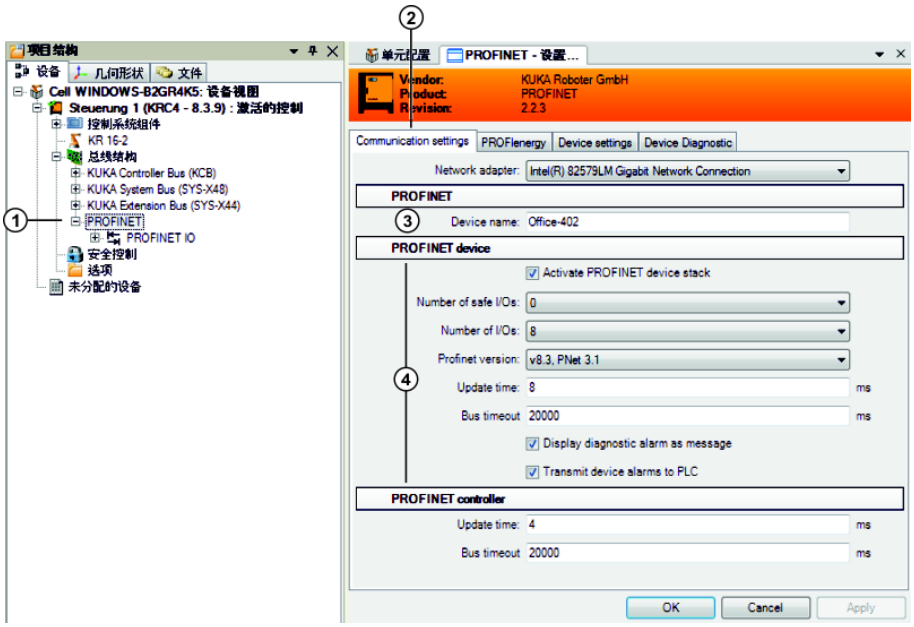


图 15-80

栏位	说明
网卡：	选择所使用的网卡。
PROFINET	
设备名称：	输入设备的名称。
工业以太网设备	
激活工业以太网设备堆栈（Device Stack）	■ **激活：** 工业以太网用作设备。 ■ **未激活：** 工业以太网用作控制器。
安全 IO（输入 / 输出）数量：	选择设备拥有的安全输入和输出端数量。 ■ **0：** 使用通过 SIB 的安全接口。 ■ **64：** 使用通过 PROFIsafe 的安全接口。
输入、输出端数量：	选择设备拥有的非安全输入和输出端数量。
工业以太网版本：	选择在 PLC 项目中使用的 GSDML 文件版本。
总线循环时间	输入循环时间。 循环时间：每隔 *x* ms 刷新一次机器人控制系统存储器中的设备输入 / 输出端数据。 **提示：** 总线循环时间的值越小，中央处理器利用率越高。 工业以太网的反应时间是总线周期时间和刷新时间的总和。在该计算时，不考虑这些数据所需的应用反应时间（例如：提交解释器）。
总线超时	如果机器人控制系统无法在该时间段内与 PLC 建立连接，则将发出故障信息。（如果之后仍要建立连接，则信息变为一条应答信息。） 单位：ms
将诊断警报作为提示信息发出	■ **激活：** 在库卡 smartHMI 信息窗口内显示诊断信息。 ■ **未激活：** 在库卡 smartHMI 信息窗口内不显示诊断信息。

栏位	说明
将设备报警传输给 PLC	■ **激活：** 如果机器人控制系统的设备发出警报，则机器人控制系统将通知 PLC，指出一个设备有警报。 PLC 可通过循环读取读出设备的 IP 地址和工业以太网名称。 为此，PLC 必须使用机器人控制系统相应的诊断地址。 ■ **未激活：** 如果机器人控制系统的设备发出警报，则机器人控制系统不通知 PLC。 **提示：** 更多信息可在工业以太网详细说明书中找到。
工业以太网控制器	
总线循环时间	输入循环时间。 循环时间：在机器人控制系统的存储器中更新 PROFINET 设备输入 / 输出端数据的所有每隔 *x* ms 刷新一次 PLC 存储器中的工业以太网设备输入 / 输出端数据。 **提示：** 总线循环时间的值越小，中央处理器利用率越高。 工业以太网的反应时间是总线周期时间和更新时间的总和。 在该计算时，不考虑这些数据所需的应用反应时间 （例如：提交解释器）。
总线超时	如果机器人控制系统无法在该时间段内与设备建立连接，则将发出故障信息。（如果之后仍要建立连接，则信息变为一条应答信息。） 单位：ms

15.6.3 设备的逻辑连接

操作步骤

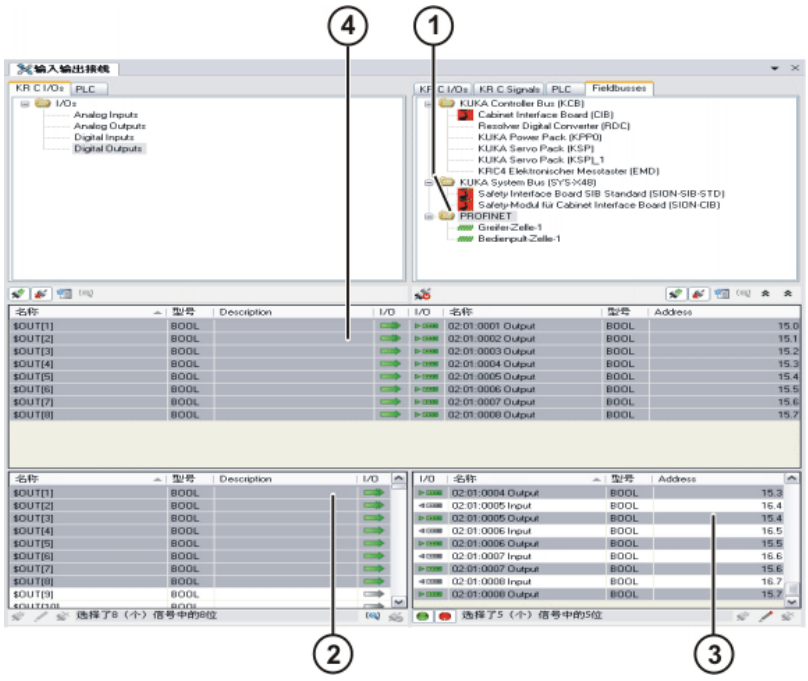


图 15-81

- 切入输入 / 输出端接线编辑器
- 在现场总线页双击**工业以太网** (1)。
- 在左侧打开选项卡 **KR C 输入 / 输出端**并作出相应的选择 （2、3）

- 连接输入 / 输出端
- 在接线一览表 (3) 中检查结果
- 接线的操作步骤与在控制器接线一章中已经介绍过的相同。

提示

- 如果激活功能 PROFISAFE，将在现场总线侧还另外显示 64 个映射的、安全的、黄色的输入和输出端。
  另见： (>>> 图 15-118)
- 映射的、安全的信号位于插槽 1 中
- 非安全的信号位于插槽 2 中。

15.7 诊断

15.7.1 概览

下列内容将在此学习单元里传授：

- 通过 smartPAD 进行工业以太网的诊断
- 通过 WorkVisual 进行诊断
- 通过一个网页浏览器进行诊断

15.7.2 PROFINET 诊断方法

说明

- 由于应用环境很差，例如由于网线或设备损坏，可能会出现总线故障。
- 在短时间内找到并排除这些总线故障是对每个保养人员的要求。
- 通过与 KR C4 相结合，有多种解决方案可供使用。

方式

- 通过 SmartPAD 信息提示窗口进行诊断
- 通过 SmartPAD 诊断监视器进行诊断
- 通过 WorkVisual 诊断监视器进行诊断
- 通过 WorkVisual 设备诊断进行诊断
- 如果有，通过工业以太网设备的网络诊断进行诊断
- 借助电缆测试仪等诊断传输介质

15.7.3 通过信息窗口诊断

说明

- 如果控制系统确定通过现场总线驱动程序引起了一个故障，将在 SmartPAD 的信息窗口中给出一条信息。
- 该信息窗口是维护人员可以更进一步限定故障的第一咨询处。
- 典型的信息
  - 控制系统现场总线驱动程序中的故障 (>>> 图 15-83)
  - 配置出错 (>>> ″配置出错″ 页码 328)
  - 硬件出错 (>>> ″硬件出错″ 页码 328)

信息提示处理

信息提示中始终包括日期和时间，以便为研究相关事件提供准确的时间。

图 15-82: 确认信息

观察和确认信息提示的操作步骤：

1. 触摸信息窗口 (1) 以显示信息栏。
2. 确认：
   - 用 “OK” (2) 来对各条信息提示逐条进行确认，
   - 另外一种可选方案: 用 “ 全部 OK” (3) 来对所有信息提示进行确认，
3. 再触摸一下最上边的一条信息提示或触摸屏幕左侧边缘上的 “X” 将重新关闭信息提示列表。

读取 / 写入时出错

如果现场总线驱动程序在现场总线中发现了一个错误，则始终在信息窗口中同时显示所涉及的驱动程序实例。 在该情况下，是工业以太网控制器。

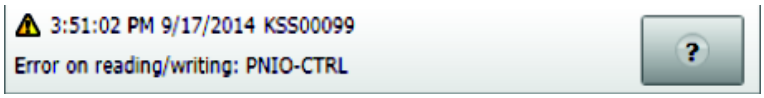


图 15-83: 读取 / 写入时出错：PNIO-CTRL

显示	所涉及的驱动程序堆栈
PNIO-CTRL	控制器部分
PNIO-DEV	设备部分

硬件出错

从信息窗口显示中选出的典型错误：

- 在当前的运行期间，拔下了一个现场总线用户上的输入 / 输出插板

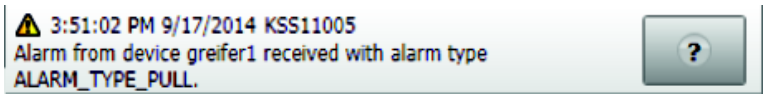


图 15-84: ALARM_TYP_PULL

- 在当前的运行期间，移除一个现场总线用户上的网线或总线设备耦合器失效 / 损坏

图 15-85: 与设备的连接中断

- 某个输入输出端接线端子上连接错误 / 短路

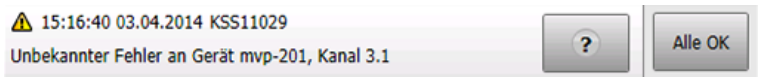


图 15-86: MURR 模块的错误信息

配置出错

现场总线配置 （WorkVisual 项目）与真实设备不同：

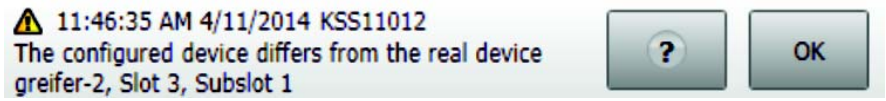


图 15-87: 与真实设备的配置区别

15.7.4 通过 SmartPAD 诊断监视器进行诊断

在 KR C4 上可以就地直接借助于诊断监视器诊断从属的总线结构。

可以为以下模块提供诊断数据

- 工业以太网输入输出驱动程序 (PNIODriver)
- 工业以太网控制堆栈 (PNIO-CTRL)

- 工业以太网设备
- 工业以太网设备栈 (PNIO-DEV)
- KLI 接口 (virtual 5)
- 总线过程数据映射 (工业以太网)

操作步骤

1. 调用诊断监视器。
   菜单序列：**诊断 > 诊断监视器**
2. 在诊断监视器中通过下拉窗口调出下列视图：

工业以太网输入输出端驱动程序 (PNIODriver)

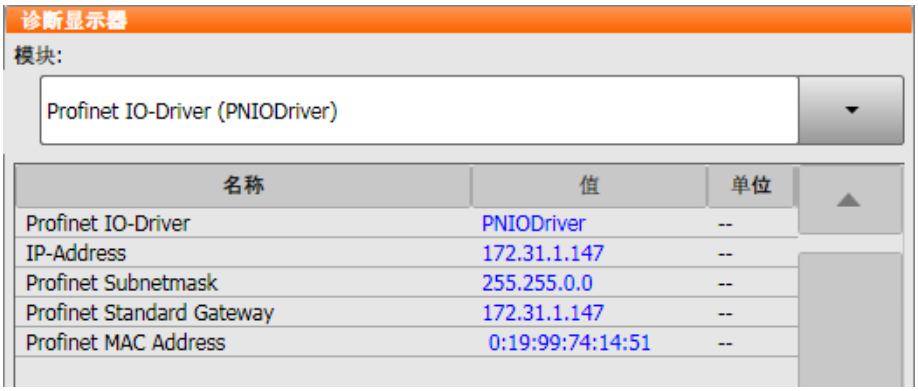


图 15-88: PROFINET IO 驱动程序 (PNIODriver)

名称	说明
工业以太网输入输出驱动程序	驱动程序名称
IP 地址	设备命名时被分配给机器人控制系统的数据。
工业以太网子网掩码	
工业以太网默认网关	
工业以太网 MAC 地址	网卡地址，工业以太网通过它与控制器、设备等进行通讯。

工业以太网控制堆栈 (PNIO-CTRL)

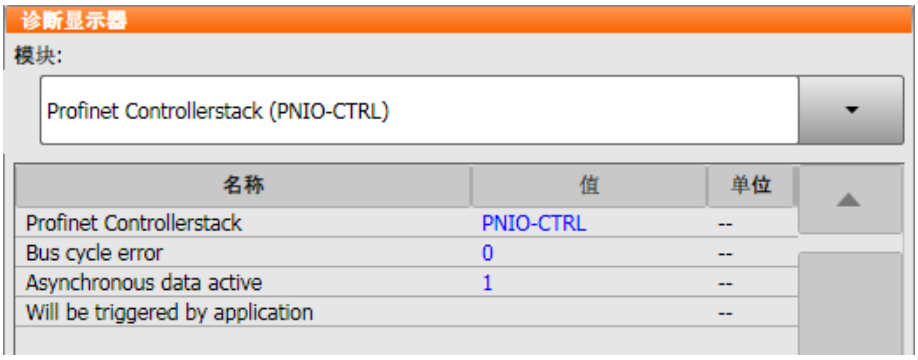


图 15-89: PROFINET 控制堆栈 (PNIO-CTRL)

名称	说明
工业以太网控制堆栈	控制器实例的内部名称
总线循环故障	未能遵守的循环的数量
触发器应用	■ [空]：驱动程序周期性地取用工业以太网设备。 ■ [*应用名称*]：驱动程序取用工业以太网设备由*应用名称*控制。
激活非循环数据	■ 0 = 不起作用 ■ 1 = 已激活

工业以太网设备

图 15-90: PROFINET 设备

名称	说明
名称	设备的工业以太网名称
AR User ID	工业以太网应用关系用户 ID （WorkVisual 中的用户识别号）
ARID	工业以太网应用关系 ID
输入字节长度	已配置的工业以太网设备输入 / 输出口设置的输入长度，以字节为单位
输出字节长度	已配置的工业以太网设备输入 / 输出口设置的输出长度，以字节为单位
AR （应用关系）状态	Profinet 应用关系 （Application Relation） 状态
应已耦合 （连接）	■ 1：配置时输入的是，启动时应连接该设备 ■ 0：配置时输入的是，启动时应不连接该设备
准备就绪	■ 1： 可以与设备通讯 ■ 0： 与设备之间没有通讯
读状态	■ 0：OK （正常）状态 ■ 1： 无新数据需要读取 ■ 所有其他数值：内部故障
写状态	■ 0：OK （正常）状态 ■ ≠ 0：内部故障
警报信息代码	显示的警报信息的 HMI 信息代码
指示信息代码	显示的指示信息的 HMI 信息代码
中断计数器	内部故障计数器
数据状态字节	工业以太网数据状态字节

工业以太网设备栈 (PNIO-DEV)

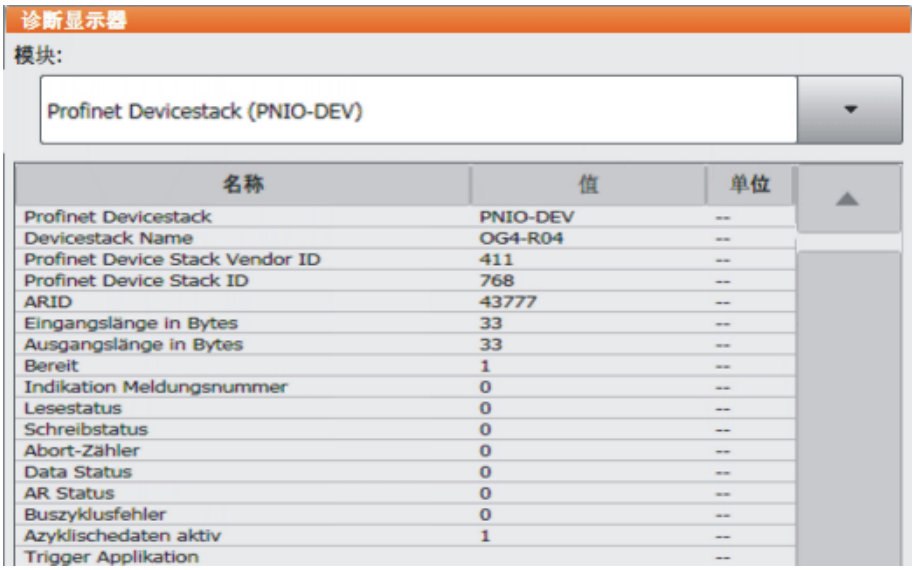


图 15-91: PROFINET 设备栈 (PNIO-DEV)

名称	说明
工业以太网设备栈	设备实例的内部名称
设备栈名称	设备实例的工业以太网名称
ARID	工业以太网应用关系 ID
输入字节长度	已配置的工业以太网设备输入 / 输出口设置的输入长度，以字节为单位
输出字节长度	已配置的工业以太网设备输入 / 输出口设置的输出长度，以字节为单位
准备就绪	■ **1**: PLC 和设备实例之间通讯 ■ **0**: PLC 和设备实例之间无通讯
指示信息代码	显示的指示信息的 HMI 信息代码
读状态	■ **0**: OK （正常）状态 ■ **1**: 无新数据需要读取 ■ 所有其他数值：内部故障
写状态	■ **0**: OK （正常）状态 ■ ≠ 0: 内部故障
中断计数器	内部故障计数器
数据状态	工业以太网数据状态字节
AR （应用关系）状态	工业以太网应用关系 （Application Relation） 状态
总线循环故障	未能遵守的循环的数量
激活非循环数据	■ **1**: 支持非循环数据 ■ **0**: 不支持非循环数据
触发器应用	■ [空]: 驱动程序周期性地对工业以太网设备进行访问 ■ [*应用名称*]: 驱动程序对工业以太网设备的访问由*应用名称*控制。

网络接口：KLI

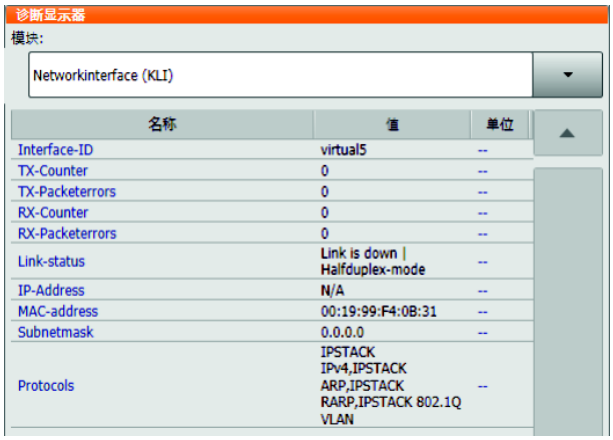


图 15-92: 网络接口 （KLI）

- 配置的客户接口 KLI 诊断 （virtual5、virtual6）
- 每个配置的 VLAN 在诊断菜单中均有独立的条目

选择重要的诊断值：

- **接口 ID**
  配置的网络接口名称
- **Tx 和 Rx 计数器**
  - Tx （Transmitted） = 发送的数据包
  - Rx （Received） = 接收的数据包
- **Tx 和 Rx 数据包错误**
  未传送的数据包数量
- **连接状态**
  KLI 接口已连接在网络上 （例如 Switch）。
- **网络配置状态**
  IP 地址、子网掩码、协议

通过网络配置可自由选择界面的名称。从 KSS 8.3 (KLI) 起，为 VLAN 5 预定义名称。

总线过程数据映射：PROFIsafe

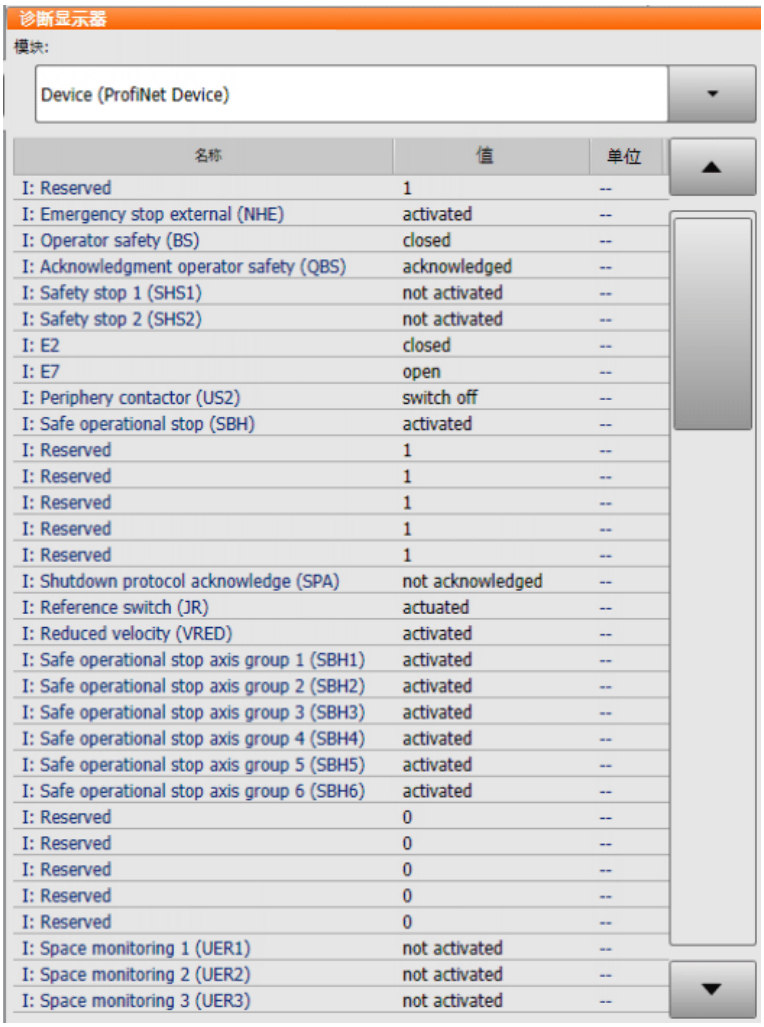


图 15-93：总线过程数据映射（工业以太网）

- 如果通过 PROFIsafe 激活了安全接口，则在诊断监视器中出现一条单独记录项。
- 所有 64 个安全输入和输出端均将以表格形式列出。
- 信号电平的变化将显示为蓝色

如果在 smartPAD 的信息窗口中出现信息 **“KSS00404 安全停止 ”**，则可以在后面的条目中诊断当前的 PLC 安全配置。

“A：记录已激活 ”

- *“ 未激活 ”*

  安全识别号**不**正确并且还**没有**重新整合机器人控制系统。
- *“ 已激活 ”*

  安全配置已存在。

传输应用 (TransferAppIO)

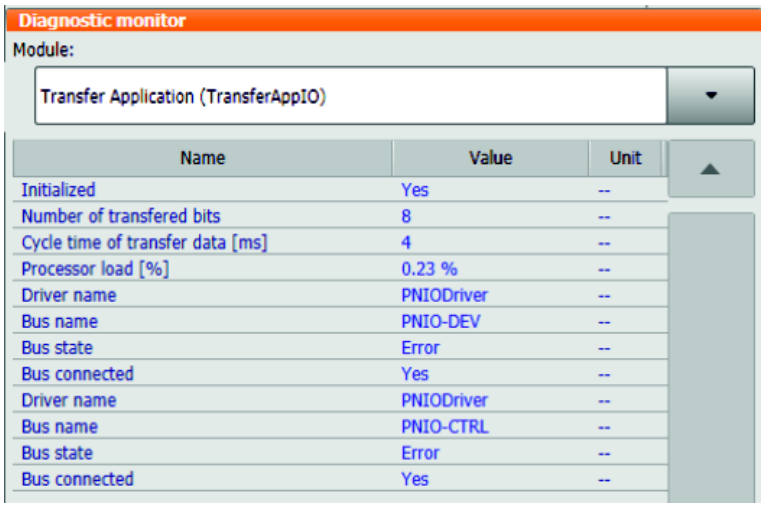


图 15-94: 传输应用 (TransferAppIO)

以下信息供诊断监视器中的传输应用使用：

- 传输的循环时间
- 当前测量的中央处理器负载
- 每个参与传输的现场总线核的连接状态
- 待传输的位的数量

15.7.5 WorkVisual 诊断监视器的利用

诊断监视器说明

- 诊断监视器是 WorkVisual 一项功能。
- 它可通过现有的网络连接 （KLI），与 KR C4 控制柜建立连接
- 以得到多个控制器的快速概览。
- 而在每个控制系统里又可显示各种软件模块的大量诊断数据。
- 这些诊断数据基本相应于 HMI 诊断监视器的内容。
- 还可用图形方式显示并保存。

诊断监视器的操作方法

前提条件：

- KLI 已与机器人控制系统建立网络连接。
- 机器人控制系统和 KUKA smartHMI 已启动
- 工作区域**在线管理**已打开。

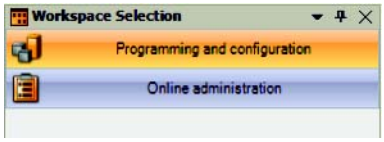


图 15-95: 工作区域选择

操作步骤：

1. 在窗口**单元视图** （1）中选取想要的机器人控制系统。 也可选择多个系统。
2. 选择菜单序列**编辑器** > **诊断监视器**。
3. 为每个所选机器人控制系统显示一个条目 （2）。 展开一个机器人控制系统的记录项
4. 在模块窗口 （3）中标记一个模块。 为标记模块将在实时视图中显示诊断数据。

模块视图

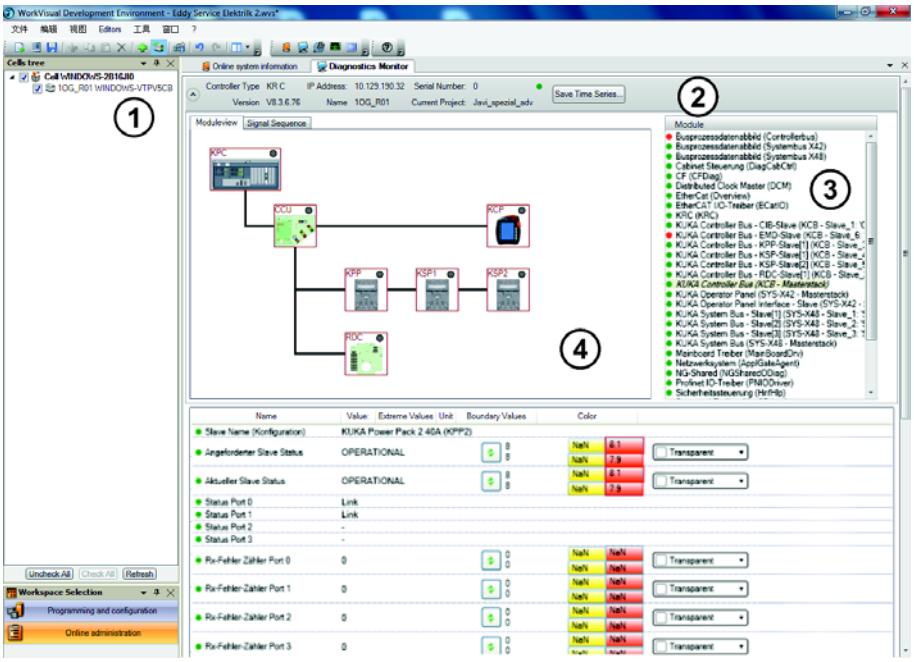


图 15-96: 诊断监视器

序号	说明
1	可供使用的在线机器人控制系统概览
2	展开 / 合上机器人控制系统条目
2	机器人控制系统上激活项目的名称 在建立与机器人控制系统的连接期间，名称旁的小灯闪烁。 有了连接后，小灯即会消失。
2	该小灯显示机器人控制系统的状态： ■ 红色： 当至少一个模块处于红色状态时 ■ 黄色： 当至少一个模块处于黄色状态而无模块为红色状态时 ■ 绿色： 当所有模块处于绿色状态时 绿色闪烁： 试图与机器人控制系统创建连接
3	模块概览 小灯显示模块的状态： ■ 红色： 当至少一个参数处于红色状态时 ■ 黄色： 当至少一个参数处于黄色状态且无参数为红色状态时 ■ 绿色： 当所有参数处于绿色状态时
4	图示下列总线拓扑结构的拓扑结构： ■ 控制器总线 ■ KUKA Operator Panel Interface （库卡操作面板接口） 若设备在实际应用的机器人控制系统中不存在，则其旁边的小灯呈灰色。
5	所选中模块的诊断数据 小灯显示参数的状态： ■ 红色： 当数值超出**极限值**栏中红色小方框里的规定范围时。 ■ 黄色： 当数值超出**极限值**栏中黄色小方框里的规定范围时。 ■ 绿色： 当数值处于**极限值**栏中黄色小方框里的规定范围内时。

信号波形

在模块视图中除了实时视图之外，也可用图形方式显示时间过程。

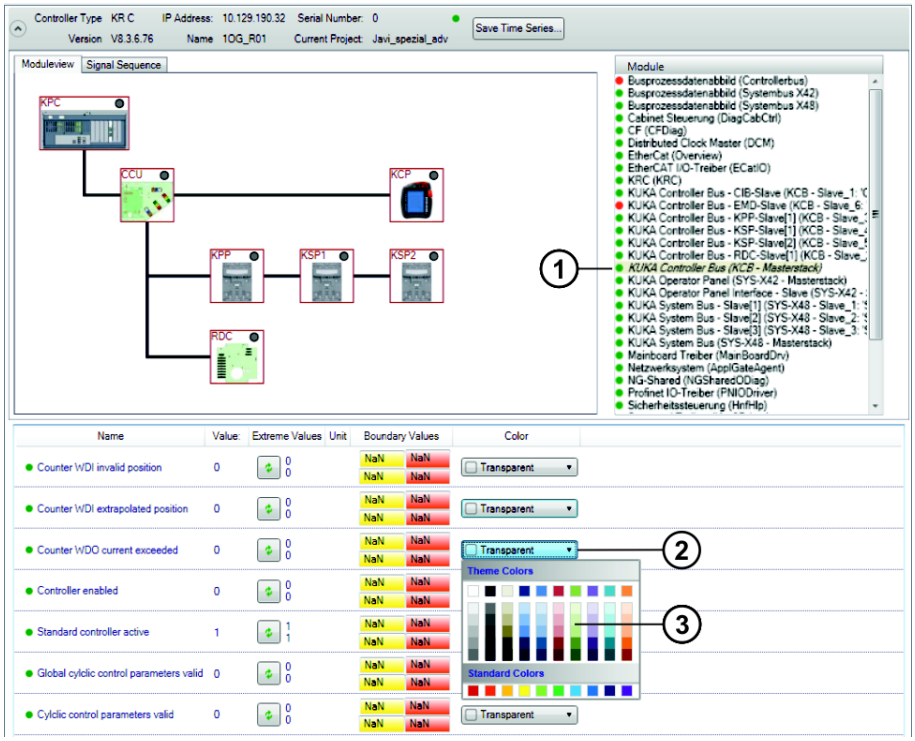


图 15-97：配置信号波形

1. 在**模块**窗口（1）中点击待诊断的模块。
2. 打开所属的下拉菜单**主题颜色**（2）。
3. 指定图形中应显示数值的**颜色**（3）。
   可同时选择多个图形
4. **信号波形**界面将打开。

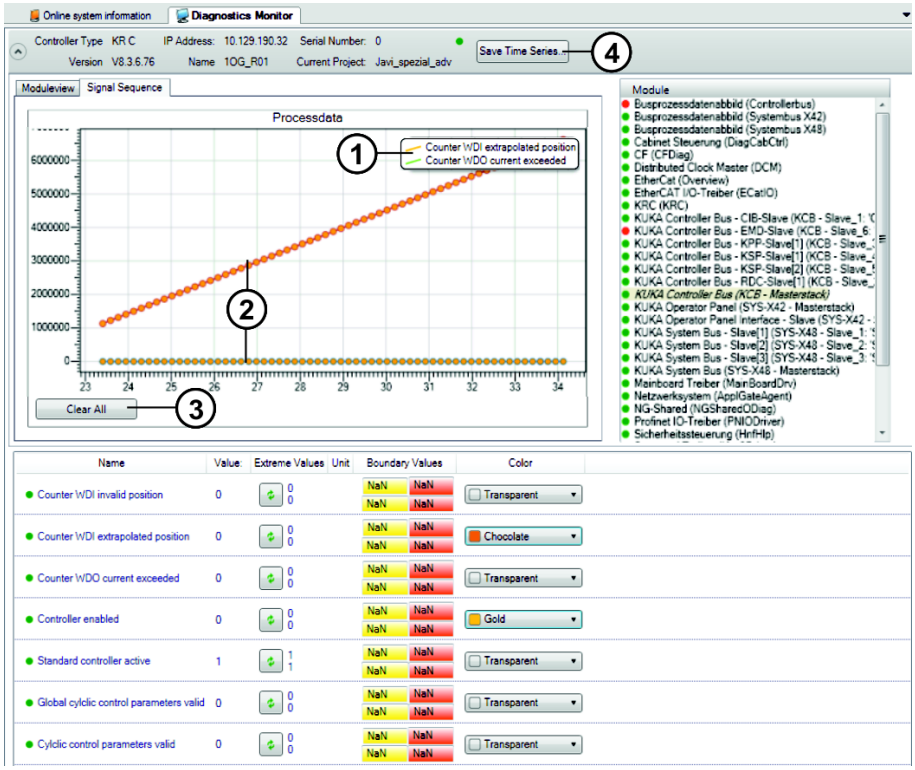


图 15-98：信号波形

序号	名称	说明
1	图例	所有激活通道及颜色赋值的图例视图
2	波形图	激活通道的时间进程
3	全部删除	所有激活的通道均将删除
4	保存时间进程	在本地数据介质上保存一份 LOG 文件。

5. **浏览帮助**

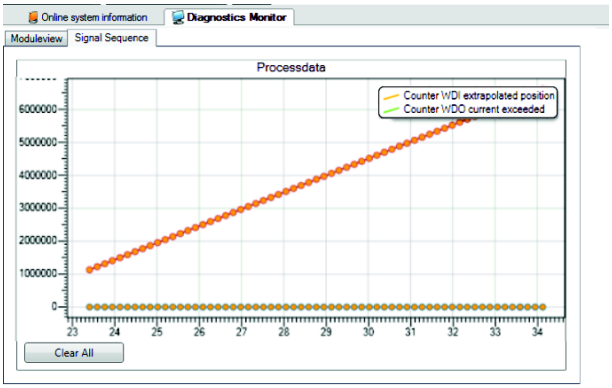


图 15-99: 过程数据

- 借助鼠标滚轮可放大或缩小显示内容。
- 使用鼠标指针同时点击鼠标右键将显示浏览设置值。

15.7.6 通过连接真实的现场总线进行 WorkVisual 诊断

说明

- 如果通过网络接口进行 WorkVisual 和工业以太网的物理连接，则可以通过项目结构建立一个用于诊断目的连接。
- 通常，它与现场总线或与现场总线模块相关。

注意 在相应的 WorkVisual 项目**中，必须**已保存用于连接的正确网络接口。 必须对其进行检验，特别是基本项目不是由所连接的 WorkVisual 笔记本电脑生成时。

操作步骤

1. 在窗口**项目结构**的选项卡**设备**中展开机器人控制系统的树形结构。
2. 在树状结构中点击 PROFINET 并在弹出菜单中选择**连接**。

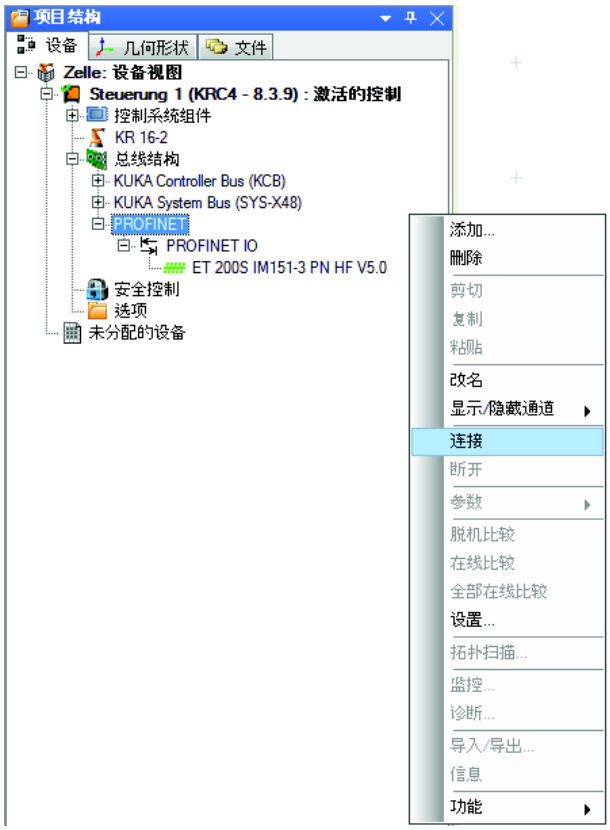


图 15-100: 连接 PROFINET

3. 右击 **PROFINET**，调出弹出菜单**功能**。

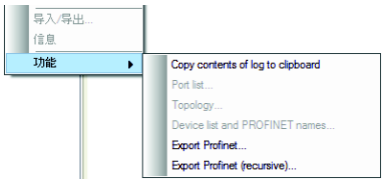


图 15-101: 功能

4. 点击想要的功能 / 诊断，在编辑窗口中则自动打开相应的窗口。
   - 拓扑结构 ... (>>> 15.7.6.2 "拓扑诊断" 页码 339)
   - 连接列表 ... (>>> 15.7.6.1 "显示接口清单" 页码 338)

15.7.6.1 显示接口清单

前提条件

- 待诊断的设备已连接并激活。
- 物理上，WorkVisual 已通过网络接口与工业以太网 连接和接通。
- 已打开想要的选项卡。

连接列表

为所有连接的设备显示以下信息：

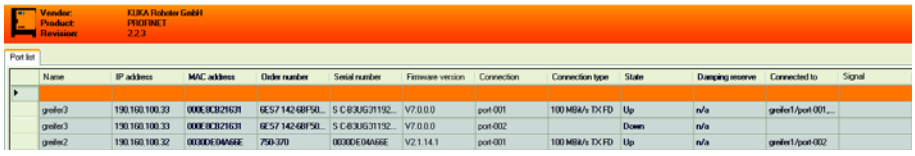


图 15-102: 连接列表

- 名称
- IP 地址

- MAC 地址
- 订货号
- 系列号
- 固件版本
- 连接
- 连接类型
- 状态
- 缓冲预留
- 连接
- 信号运行时间

15.7.6.2 拓扑诊断

前提条件

- 待诊断的设备已连接并激活。
- 物理上，WorkVisual 已通过网络接口与工业以太网 连接和接通。
- 已打开想要的选项卡。

说明

选项卡 “ 拓扑结构 ”

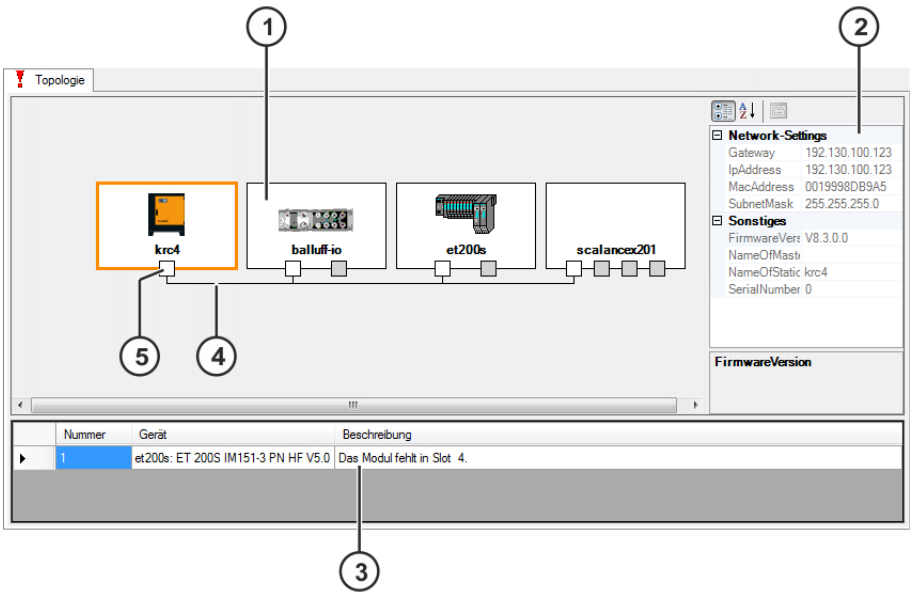


图 15-103: 选项卡 “ 拓扑结构 ”

序号	说明
1	工业以太网设备 如果设备显示为白色，则存在一个与此设备的连接。 如果设备显示为灰色，则不存在与此设备的连接。
2	参数窗口 为所选的设备显示不同的参数。
3	信息提示窗口 如果设备报错，则显示该信息提示窗口。
4	连接缆线
5	连接 已连接的接口显示为白色，未连接的显示为灰色。

15.7.6.3 扩展的设备诊断

说明

- 用扩展的设备诊断可以调用与总线拓扑和总线通讯相关的特定数据。
- 这些数据涉及各个单独的、可以在 WorkVisual 中单独调用的现场总线设备。

前提条件

- 工业以太网和现场总线用户已连接并已激活。
- 物理上，WorkVisual 已通过网络接口与工业以太网连接和接通。

操作步骤

1. 右击待诊断的设备并在弹出菜单中选择**连接**。

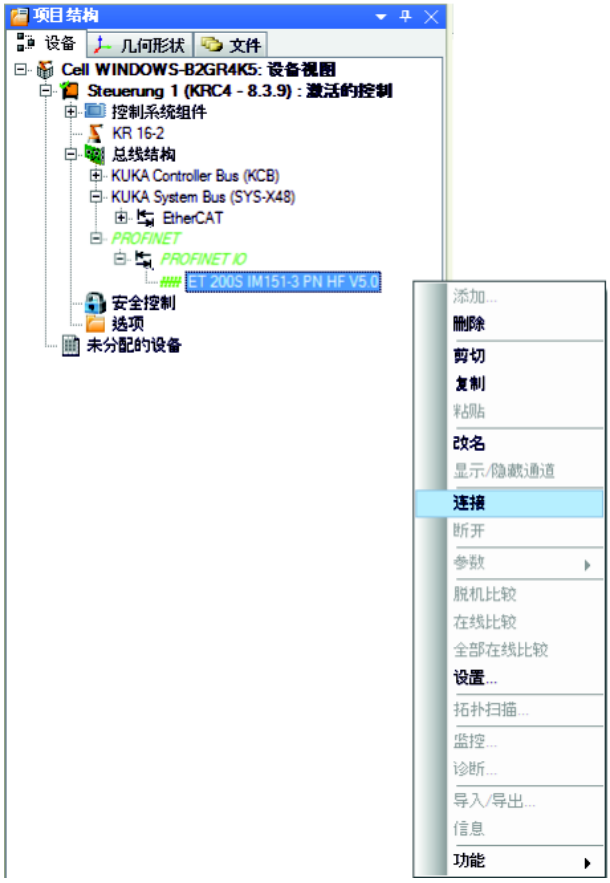


图 15-104: 连接现场总线模块

2. 右击设备并在弹出菜单中选择**诊断**。
3. 显示含以下选项卡的窗口：
   - 设备诊断 (>>> ″设备诊断选项卡″ 页码 341)
   - 接口
   - 过程数据 (>>> ″过程数据选项卡″ 页码 340)

过程数据选项卡

说明

- 在选项卡**过程数据**中，输入和输出端在图像界面上以时间曲线的形式显示出来。
- 可以为所有设备选择一个比例系数 (3) 和一个颜色 (4)。

工业以太网设备 ET200S 上的例子

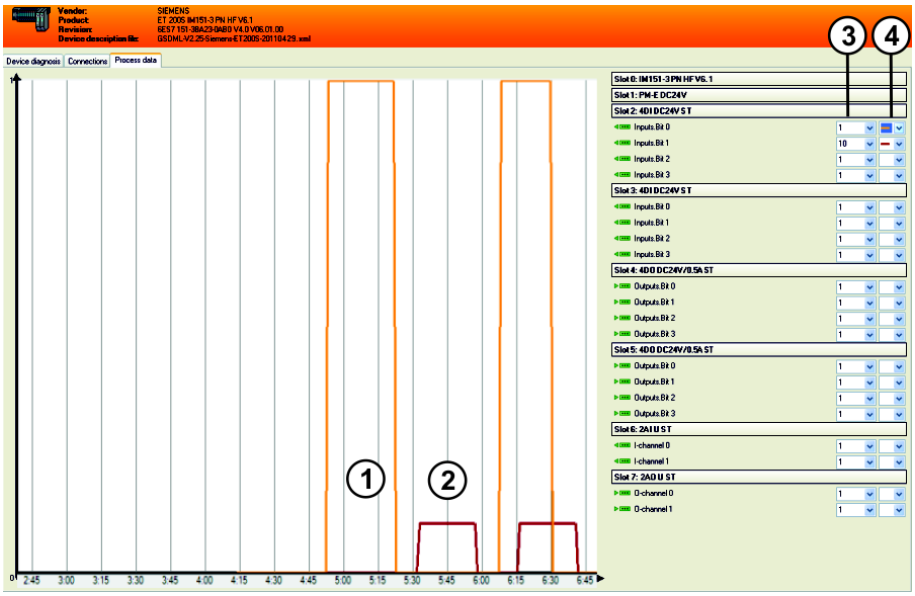


图 15-105：过程数据选项卡

序号	说明	模块	颜色
1	数字输入端 1	4DI DC24VST	橙色
2	数字输入端 2	4DI DC24VST	lila

设备诊断选项卡

说明

在选项卡**设备诊断**中，显示下列设备的一般信息：

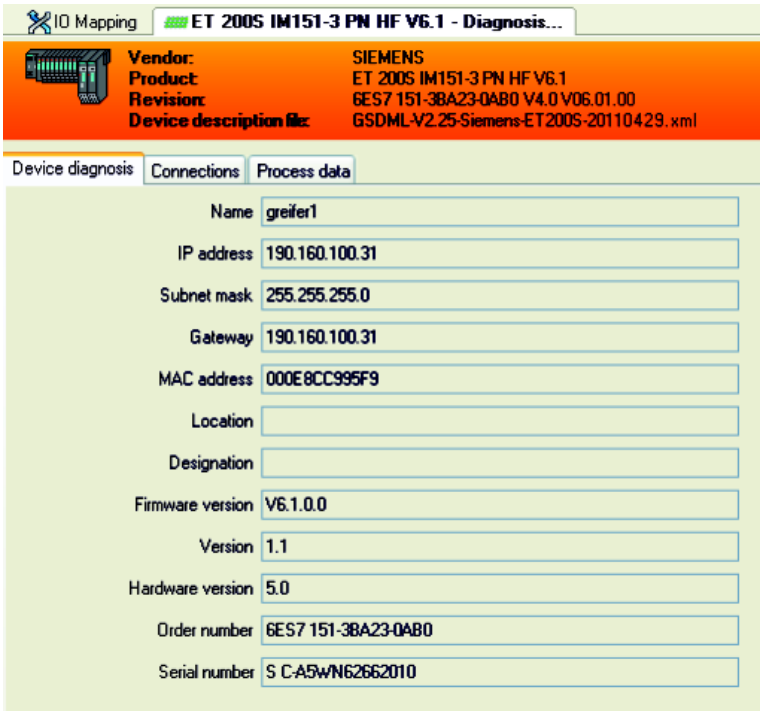


图 15-106：设备诊断选项卡

- 设备名称
- IP 设定
- MAC 地址
- 位置

- 名称
- 固件版本
- 设备版本
- 硬件版本
- 订货号
- 系列号

接口选项卡

说明

在选项卡**接口**中，显示下列有关接口的信息：

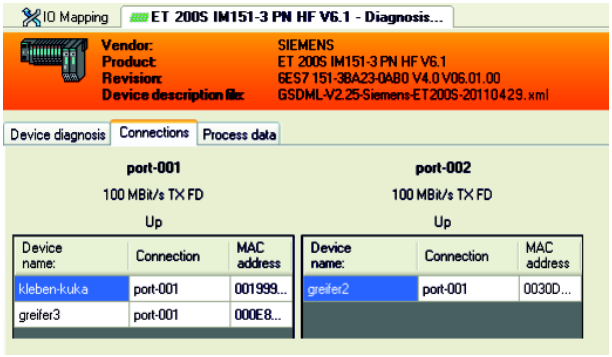


图 15-107：接口选项卡

- 名称
- 类型
- 状态
- 传输速度
- 已连接的用户

15.7.7 通过网页浏览器进行设备诊断

说明

许多工业以太网控制器和设备上已经集成有以 HTML 为基础的网络诊断。PROFINET 用户可以被单独调出，类似于家中一个网络路由器。

前提条件

- 有一台单独的诊断用笔记本电脑。
- 笔记本电脑的 IP 网络地址与 ProfiNet 网络地址一致。
- 必须已安装一个网页浏览器（例如微软的 Internet Explorer）。
- 待诊断的模块 / 设备有一个已分配的 IP 地址且该地址已知。

操作步骤

1. 打开网页浏览器
2. 输入待诊断模块 / 设备的 IP 地址
3. PROFINET 用户的网页即被显示

并非所有的设备都拥有自己的网络诊断！

通过 PLC ProfiNet 控制器进行诊断

通过 PROFINET 控制器直接诊断的优点是，可以集中调用所有 PROFINET 用户 (KR C4)，并且可以确定与 PLC 之间是否有 通讯。

首页

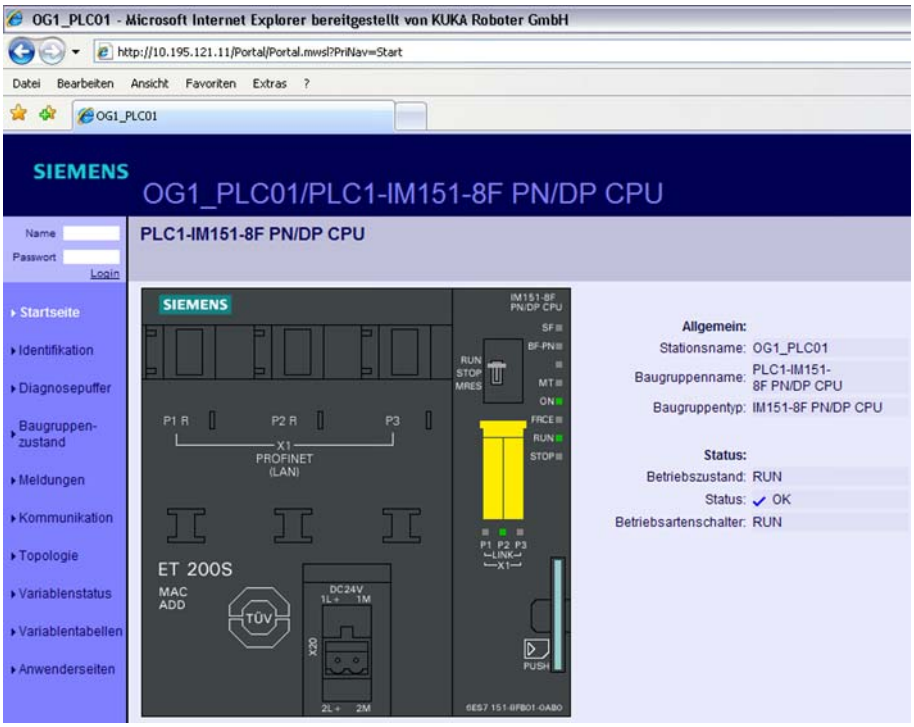


图 15-108

诊断缓存器

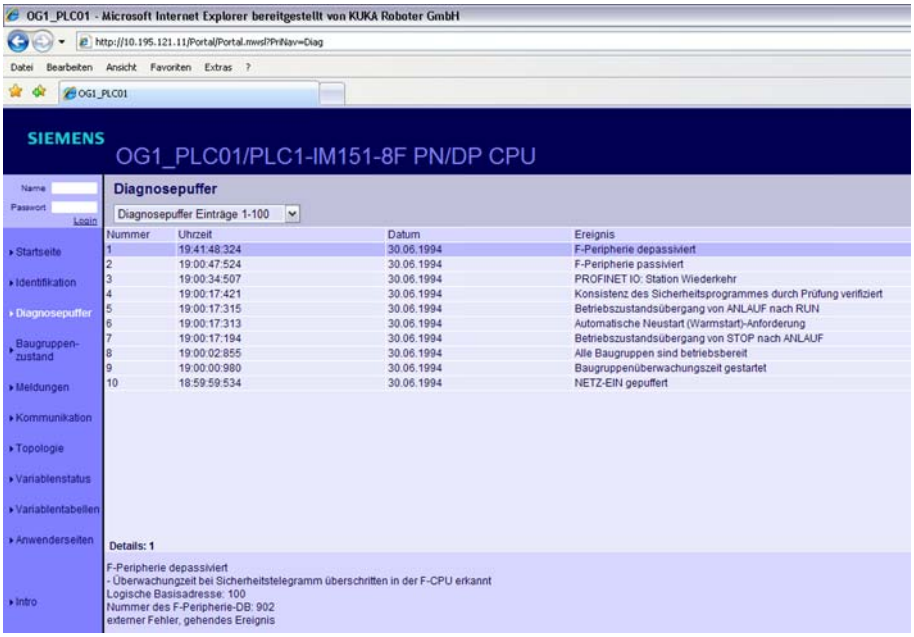


图 15-109

变量表

此视图必须由 PLC 编程人员编排 （“ 编程 ”）。

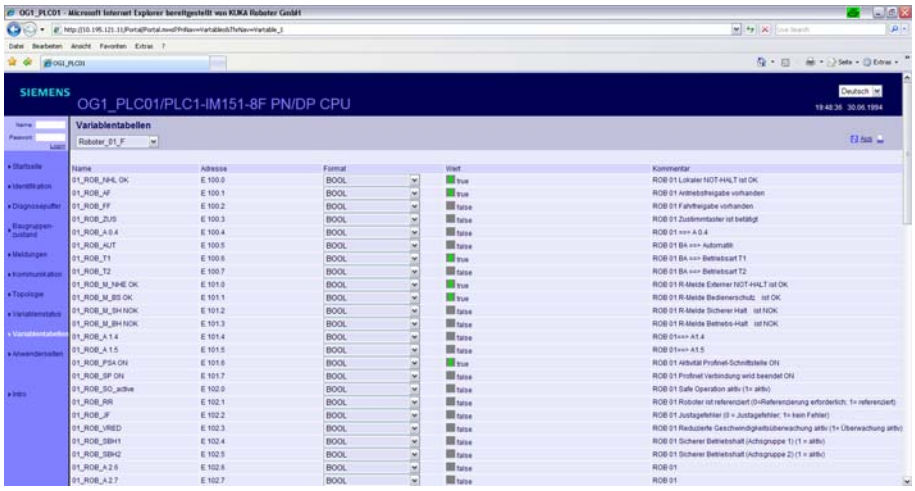


图 15-110

PROFINET 设备的诊断

若一个工业以太网设备可以通过网络对其访问，但设备内部存在故障，同样可以通过内部网址调出这些内部故障。

设备诊断

例如 Wago 网络诊断

图 15-111

15.8 通过 PROFIsafe 激活安全设施

15.8.1 概览

下列内容将在此学习单元里传授：

- 选项 PROFIsafe 的说明
- 通过 PROFIsafe 的安全功能
- 通过 WorkVisual 激活 PROFIsafe
- 通过 HMI 激活 PROFIsafe
- 设置和检查 PLC 项目中的安全识别号

15.8.2 认识 PROFIsafe 选项

说明

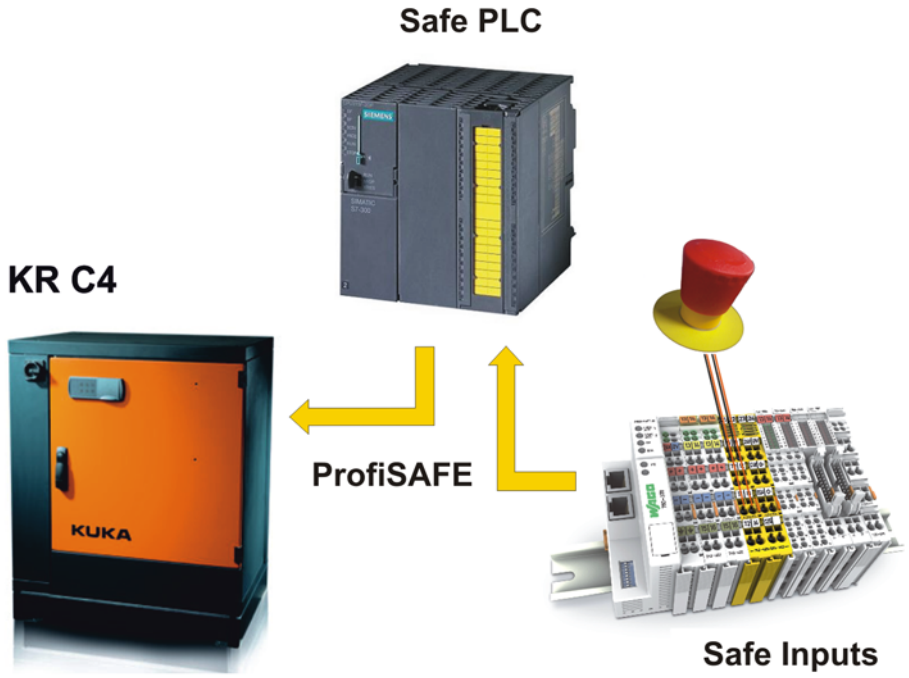


图 15-112

- 与老几代控制柜相比较，现在通过与 PROFIsafe 相结合，能直接通过安全总线端子监测安全输入和输出端 （例如紧急停止）。
- 操作被安全 PLC 监测到并直接通过安全协议 PROFIsafe 转达给 (V)KR C4。
- 这样一来，专用的安全电子装置就变成多余的了。
- 这项基于现场总线的技术优点主要是降低了硬件成本，以及灵活和快速地实现网络化的安全平台。

PROFIsafe 协议

图 15-113: PROFIsafe 协议结构

- **PROFIsafe** 是已经认识了的工业以太网协议的扩展。
- 在此，焦点为更换**安全输入和输出端**。
- 对总线用户的访问不仅通过设备名称也通过 **Safety-ID （安全识别号）**。
- Safety-ID 在 **PLC 项目**中确定。

工作原理

- 安全数据包配有接收器的安全识别号。
- 如果接收该数据包，接收器将把该安全识别号与其自己的物理安全识别号进行比较。
- 安全 PLC 和所有从属用户 （例如：KR C4）将进入**安全状态**，如果：
  - 安全数据包**没有**超出接收器 （例如：PLC）上一个固定定义的时间窗口范围 （例如：急停）。
  - 传输时丢失数据包 （例如：链接中断）。

- 安全识别号无效（与物理接收器进行的比较得到负面的结果）。

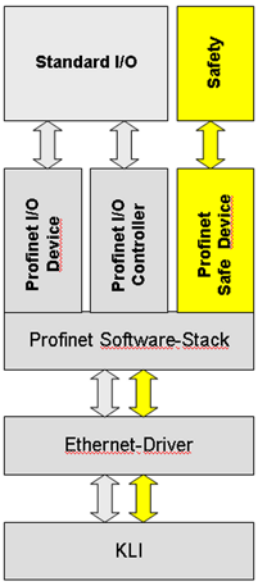


图 15-114: 工业以太网 PROFIsafe 栈

危险 在 **PROFIsafe**/PROFINET 网络之内，所有**安全识别号**只允许是**唯一的**。必须确保 **KR C4 控制器**上的**安全识别号**与 **PLC 项目中的安全识别号完全一致**。任何**重复或错误的分配**都将不可避免地导致**功能故障**。 安全输入端 （例如：紧急停止）将导致错误的反应或者**不停止**。 这可能导致**重伤**或者甚至**死亡**。

示例

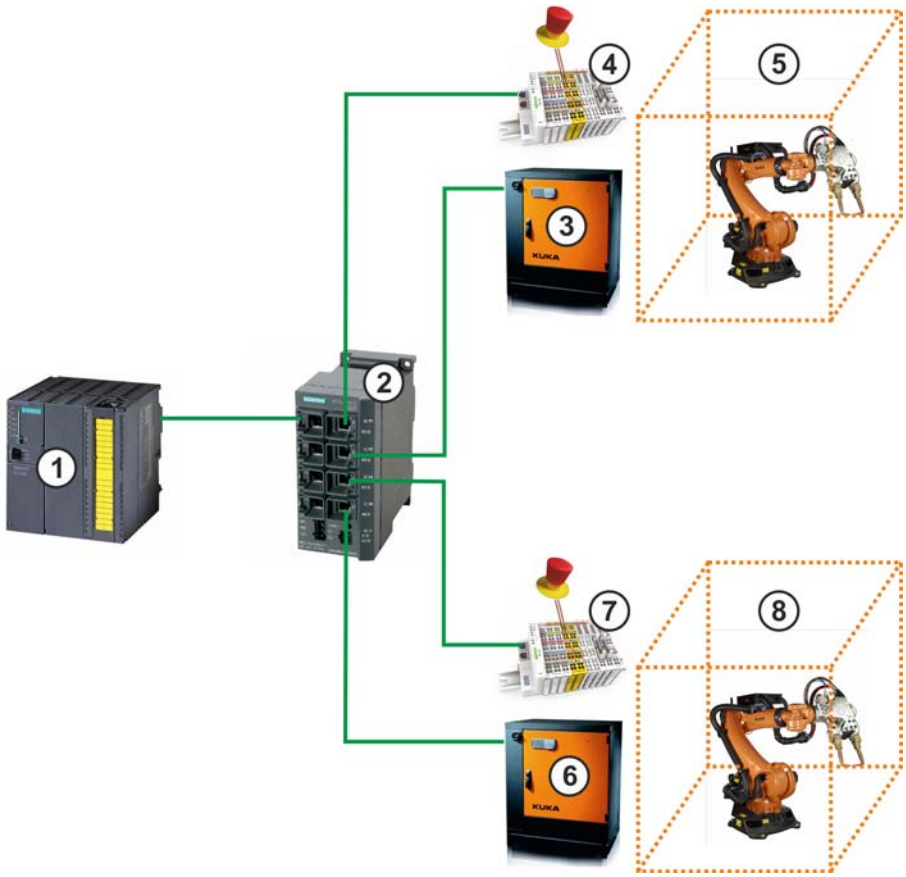


图 15-115: SafetyID 规划

序号	说明	序号	说明
1	安全 PLC *(SafetyID 1)*	5	单元间 1：机器人，
2	交换机	6	单元间 2： KR C4 *(SafetyID 6)*
3	单元间 1： KR C4 *(SafetyID 3)*	7	单元间 2：安全的总线端子 *(SafetyID 7)*
4	单元间 1：安全的总线端子 *(SafetyID 4)*	8	单元间 2：机器人，

在上述例子中，通过上级安全 PLC 监控两个机器人单元的设备安全性 （例如，外部的紧急停止）。 在下列场景中，两个机器人独立地在自动模块中进行工作。

流程

- 在自动运行期间，按下单元间 1 上的紧急停止按钮。
- 将由带有 SafetyID 4 的安全总线端子识别到按下紧急停止按钮并通过交换机转达给带有 SafetyID 1 的上级 PLC。
- 在此，一个安全的 PLC 程序运行，它可停止带有 SafetyID 3 的对应控制柜 （外部紧急停止的信息，字节 0，位 1）
- 机器人 5 停止。
- 而单元间 2 无故障地继续运行。

注意

- 如果在上述场景中例如混淆了两个控制器的映像 （或项目）并且在安全投入运行人员没有进行检查的情况下激活了这两个控制器，则有严重的后果。
- 通过按下带有 SafetyID 4 的安全总线端子上自己的急停按钮不能停止机器人 5，而是机器人 8。

工作原理：安全总线端子

示例：Wago 750-666/000-001

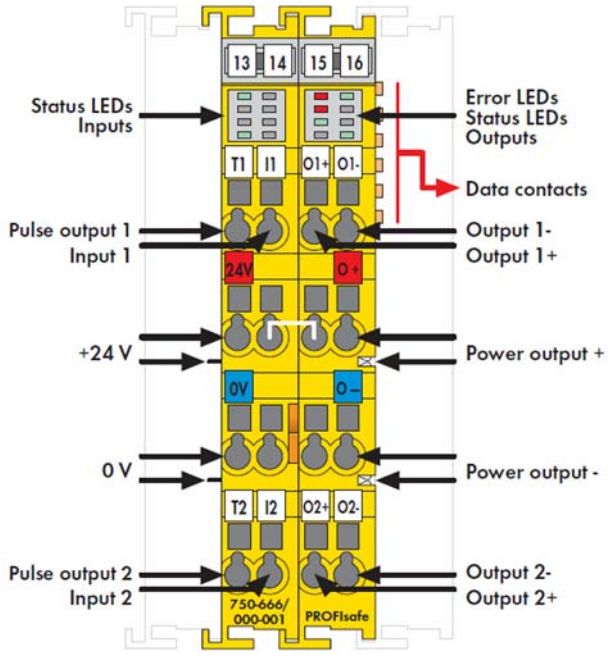


图 15-116: 安全总线端子 - Wago

- 一个典型的**紧急停止按钮**由**两个常闭触点**组成。
- 待监控的紧急停止的**第一个触点**连线到**周期输出端 (T1)** 和**输入端 (I1)** 上。

- 为**第二个触点**预留了端子 T2 和 I2。

以紧急停止为例简要说明工作方式

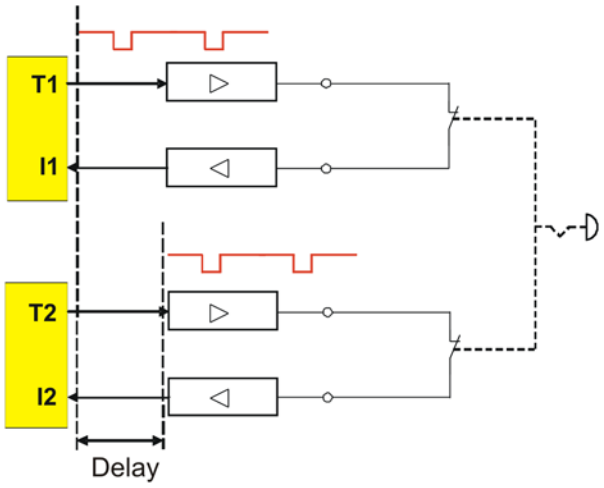


图 15-117：安全时钟脉冲输入端

- 若紧急停止按钮被打开了或一个触点发生故障，能够可靠地检测到开关状态。
- 断线以及短路故障都可以通过时间上偏离了的周期信号可靠地识别出来。

15.8.3 通过 PROFIsafe 逻辑连接

说明

- 除了**物理的 PROFIsafe/CIP-Safety 配置**外，在 KR C4 系统中还固定设置了**逻辑的 “ 安全输入 / 输出端接线 ”**。
- 此设置有写保护，不能修改。

连接监视器中的安全输入 / 输出端

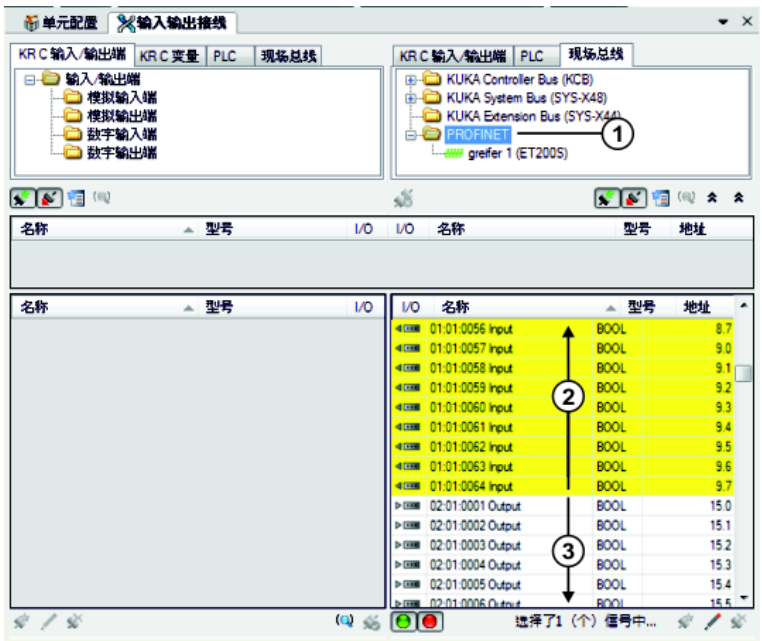


图 15-118：输入 / 输出端接线

序号	说明
1	工业以太网设备部分
2	64 个映射的安全输入 / 输出端
3	工业以太网输入端及输出端

- 如果在工业以太网设备栈中激活 PROFIsafe 功能（>>> 图 14-31 ），则可以在输入 / 输出端连接监视器中连接 64 个黄色的输入和输出端 (2)。
- 在此，不直接涉及安全栈中的 64 个安全输入和输出端。
- 安全栈中的 64 个安全输入和输出端被映射，并在连接监视器中作为副本供使用。
- 它们仅可以作为 KR C4 输入端连接输入以及输出端。
- 每个连接都几乎不影响安全栈中原有的 64 个安全输入和输出端。

旨在机器人安全的安全输入端

- 为确保设备安全，安全输入端将通过安全总线协议（CIPsafety、PROFIsafe 或 FSoE）传输两个字节。
- 这些输入端已被固定预先占用，因此在可编程控制器投入使用时必须兼顾到这点。

输入字节 0

位	信号	说明
0	RES	预留 1 须将输入端配置为 1
1	NHE	用于外部紧急停止的输入端 0 = 外部紧急停止已激活 1 = 外部紧急停止未激活
2	BS（操作人员防护装置）	操作人员防护装置 用于访问防护区的输入端。在自动模式下，信号触发 Stop 1。为了避免例如一扇防护门关上时机器人重新开动，所以必须对功能取消进行确认。 0 = 操作人员防护装置未激活，例如防护门打开 1 = 操作人员防护装置已激活
3	QBS	操作人员防护装置的确认 在系统集成商的操作及编程指南（VSS 8.1）里，对硬件选项配置项“确认操作人员防护装置已关”（如果设备侧的信号 BS 获得确认，可在安全配置的硬件选项下取消激活）具有相关的说明。确认操作人员防护装置的前提是 BS 位出现“操作人员防护装置已确保无误”的信号。 0 = 操作人员防护装置未被确认 脉冲波 0 ->1 = 操作人员防护装置已确认
4	SHS1	安全停止 Stopp 1（所有轴） 安全停止 Stopp 1 的信号。触发大斜坡式减速停止。机器人以最快速度在安全装置作用下停止。所有轴顺沿预定轨迹停止运动。驱动装置在进入静止状态后关机。FF（运行许可）设为 0。US2 电压关断，AF（驱动许可）在 1.5 秒后设为 0。该功能的取消无需确认。 该信号不允许用于紧急停止功能。 0 = 安全停止已激活 1 = 安全停止未激活

位	信号	说明
5	SHS2	安全停止 Stop 2 （所有轴） 安全停止 Stopp 2 的信号。 触发大斜坡式减速停止。 机器人以最快速度在安全装置作用下停止。 所有轴顺沿预定轨迹停止运动。 驱动装置在进入静止状态后不关机。 停机监控被激活，FF （运行许可）设为 **0**。 US2 电压关断。 该功能的取消无需确认。 该信号不允许用于紧急停止功能。 **0** = 安全停止已激活 **1** = 安全停止未激活
6	E2	E2 闭合回路 （用于运行方式选择的客户个性化信号） **0** = E2 闭合回路未激活 **1** = E2 闭合回路已激活
7	E7	E7 闭合回路 （用于运行方式选择的客户个性化信号） **0** = E7 闭合回路未激活 **1** = E7 闭合回路已激活

输入字节 1

位	信号	说明
0	US2	US2 馈电压 （用于接通第二非缓冲式馈电压 US2 的信号） 前提条件： 在 【安全配置】中，在 【硬件选项】下设定了 【外围接触器】【通过 ProfiSafe】。 可进行下列设置： ■ 【不使用】（US2 常闭） ■ 【通过 PROFIsafe】（通过 PROFIsafe 输入端接通 US2） ■ 倘若满足下列条件，则 US2 “ 自动 ” （US2 由 KRC 接通）接通： ■ FF （运行许可）设为 **1** ■ 必须满足 E2/E7 逻辑电路要求 有关硬件选项配置的信息请参见系统集成商的操作及编程指南资料 （VSS 8.1）。 **0** = 关闭 US2 **1** = 接通 US2
1	SBH	安全的运行停止 （所有轴） 前提：所有轴停止运转 该功能不会触发停止，而只是激活安全静止监控。 在激活该功能后监控所有轴是否都保持在其位置上。 该功能的取消无需确认。 该信号不允许用于紧急停止功能。 **0** = 安全运行停止已激活 **1** = 安全运行停止未激活
2	RES	预留 11 须将输入端配置为 **1**

位	信号	说明
3	RES	预留 12 须将输入端配置为 1
4	RES	预留 13 须将输入端配置为 1
5	RES	预留 14 须将输入端配置为 1
6	RES	预留 15 须将输入端配置为 1
7	SPA	确认关闭 PROFIsafe 设备确认已收到关闭信号。 在控制系统给出 SP 信号（关闭 PROFIsafe）后一秒钟，操作请求即使在可编程控制系统 （PLC）未加确认的情况下也将被执行，控制系统关闭。 0 = 确认未激活 1 = 确认已激活

机器人安全机制的安全输出端

- 为确保设备安全，需采用双字节 （low aktive）式安全输出端。
- 这些输入端已被固定预先占用，因此在启用可编程控制器必须兼顾到这点。

输出字节 0

位	信号	说明
0	NHL	本机紧急停止 （本机紧急停止功能已被触发） 0 = 本机紧急停止功能已激活 1 = 本机紧急停止功能未激活
1	AF	驱动许可 （KRC 内部安全控制已许可驱动装置开机） 0 = 驱动许可未激活 （机器人控制系统必须关闭驱动装置） 1 = 驱动许可已激活 （机器人控制系统允许将驱动装置切换至受控状态）
2	FF	运行许可 （KRC 内部安全控制系统已准许机器人动作） 0 = 运行许可未激活 （机器人控制系统必须停止当前运动） 1 = 运行许可已激活 （机器人控制系统允许触发运动）
3	ZS	确认开关中的一个处于中间位置 （在测试运行中给出许可指令） 0 = 确认未激活 1 = 确认已激活
4	PE	当满足下列条件时，Peri enabled 信号置 1 （激活）： ■ 驱动装置已接通。 ■ 安全控制系统运行开通。 ■ 不允许存在信息提示 “ 操作人员防护装置处于开启状态 ”。

位	信号	说明
5	AUT	机器人处于外部运行方式 **0** = 外部运行方式未激活 **1** = 外部运行方式已激活
6	T1	机器人处于 “ 手动低速 ” 运行方式下 **0** = 运行方式 T1 未激活 **1** = 运行方式 T1 已激活
7	T2	机器人处于 “ 手动高速 ” 运行方式下 **0** = 运行方式 T2 未激活 **1** = 运行方式 T2 已激活

输出字节 1

位	信号	说明
0	NHE	外部紧急停止已触发 **0** = 外部紧急停止已激活 **1** = 外部紧急停止未激活
1	BS	操作人员防护装置 **0** = 不能确保操作人员保护 **1** = 可确保操作人员保护（操作人员防护装置输入端 = 1；如果已配置，操作人员防护装置确认输入端已被确认）
2	SHS1	安全停止 Stop 1 （所有轴） **0** = 安全停止 Stop 1 未激活 **1** = 安全停止 Stop 1 已激活 （已达到安全状态）
3	SHS2	安全停止 Stop 2 （所有轴） **0** = 安全停止 Stop 2 未激活 **1** = 安全停止 Stop 2 已激活 （已达到安全状态）
4	RES	预留 13
5	RES	预留 14
6	PSA	PROFIsafe 已激活 （指示作为 PROFIsafe 设备总线用户的机器人控制系统的状态） 前提条件： 必须在控制系统上安装工业以太网 **0** = PROFIsafe 总线上的机器人控制系统未激活 **1** = PROFIsafe 总线上的机器人控制系统已激活
7	SP	关闭 PROFIsafe （机器人控制系统通知结束 PROFIsafe 连接） 如果可编程控制器 （PLC） 在收到信号 SP 后发送信号 SPA 作为确认，则将 PSA 设定为 **0** 且控制系统关机。 信号 SP 设定之后一秒钟，在未经可编程控制系统（PLC）确认的情况下机器人控制系统将 PSA 输出端复位且控制系统关机。 **0** = 连接结束通知功能未激活 **1** = 连接结束通知功能已激活

15.8.4 配置设备安全机制 (HMI)

说明

通常可采用两种不同技术来保证安全：

- **安全总线系统：**
  - PROFIsafe (PROFINET) » 接口 KLI- *库卡线路接口*
  - CIPsafety (EtherNet/IP) » 接口 KLI- *库卡线路接口*
  - FSoE (EtherCAT) » 接口 KEB- *库卡扩展总线*
- **安全接口板：**
  - KR C4：SIB *安全接口板* » X11/X13
  - KR C4 compact：CCUsr *小型机器人控制柜* » X11

配置途径

在投入运行时必须对机器人安全进行配置。

其中有两种执行方案：

- 直接通过 HMI
- 通过 WorkVisual 里的安全配置编辑器

操作步骤

1. 用户组**安全调试员 / 安全维护员**已选。
2. **选择菜单序列** *KUKA 按键 > 配置 > 安全配置*。
3. 在**当前配置**栏显示了安全信号是通过 PROFIsafe、CIP-Safety 还是通过 EtherCAT 传送到机器人控制系统。

图 15-119: 安全配置

4. 可通过按钮**硬件选项**来配置安全接口。
5. 将出现新的选项窗口：

KSS8.2 硬件选项卡

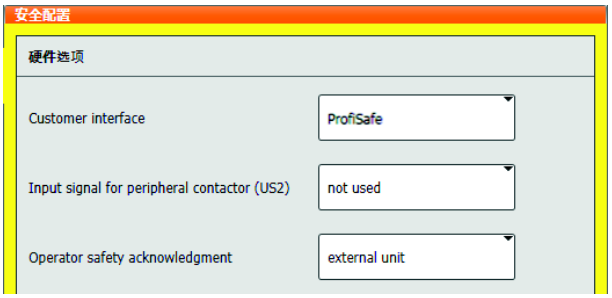


图 15-120: KSS 8.2 安全配置

客户接口	含义
PROFIsafe	信号通过一个定义的接口 (64 位) 而送达
SIB	标准型 SIB 接口板 X11 (16 位)

客户接口	含义
SIB、SIB 扩展板	标准型 SIB 接口板 X11 （16 位） + 扩展型 SIB （X13） （8 位）
具有运行方式输出功能的 SIB	具有运行方式输出功能的标准型 SIB 接口板 X11
SIB、SIB 扩展板，具有运行方式输出功能	仅限于大众公司

US2	含义
关闭	负载电压未接通
KRC	利用信号 “驱动装置接通” 可促使接触器 US2 接通
可编程控制器 （PLC）	利用一个 PLC 信号可促使接触器 US2 接通

操作人员防护功能确认	含义
借助按钮	通过与 SIB 接口板相连的一个双通道式按钮触发信号从 1 变为 0 （下降沿）
借助外置 组件	通过一个外置组件予以确认

KSS8.3 硬件选项卡

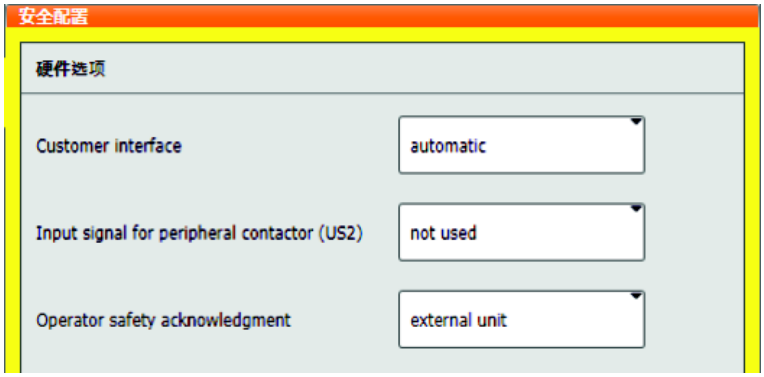


图 15-121: KSS 8.3 安全配置

客户接口	含义
自动	通过 PROFIsafe, FSoE 或 CIP safety 的安全性（64 个安全输入输出端） 通过 SIB 标准或 SIB 扩展的安全性。 根据 配置自动设置。 通过 WorkVisual 项目进行其项目设置。
具有运行方式输出功能的 SIB	具有运行方式输出功能的 SIB 配 X11

US2	含义
关闭	负载电压未接通
通过外部 PLC	利用一个 PLC 信号可促使接触器 US2 接通
通过 KRC	利用信号 “驱动装置接通” 可促使接触器 US2 接通

操作人员防护功能确认	含义
通过确认键	通过与 SIB 接口板相连的一个双通道式按钮触发信号从 1 变为 0（下降沿）
外部组件	通过一个外置组件予以确认

设备管理选项卡

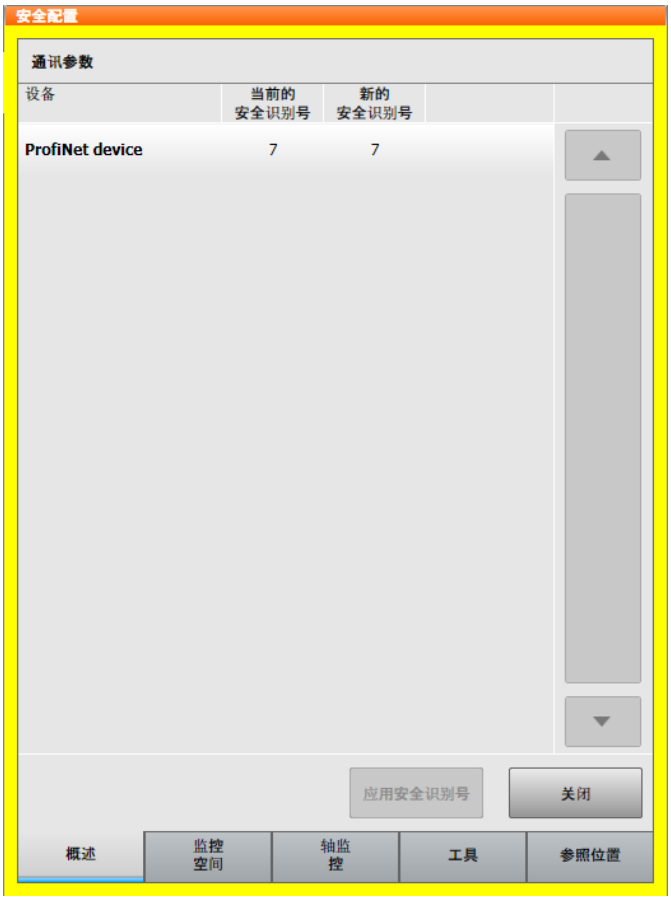


图 15-122: 设备管理

按键	说明
应用安全识别号	改变了识别号后可应用新的识别号。 **提示**：在配置了安全 PLC 后要更改安全识别号；否则保留 7
关闭	关闭设备管理

大众集团标准要求： 安全 ID 是 IP 地址的最后数字段 (XXX.XXX.XXX.**XXX**) (PROFINET 设备)。

危险

- 如果安全配置已经过首次更改，则必须将该更改保存。
- 其中统计新的校验总和，并须将该总和登记在验收记录簿里。
- 然后必须更安全维护员 / 安全调试员用户组的密码，以避免第三方访问。
- 安全配置的任何更改均会影响设备安全。

这可能导致严重受伤或者甚至死亡。

15.8.5 通过 WorkVisual 激活 PROFIsafe

说明

- 通过 WorkVisual 中的项目管理，可以激活 PROFIsafe 作为安全接口。

- 如同前章所述，究竟分配哪个信道作为可供使用的安全输入，由库卡固定规定。
- 这类似于为紧急停止回路固定规定了布线的 X11 SIB 安全接口。
- 现在这同样也适用于 PROFIsafe，但这里谈及的不是布线，而是协议层面的安全输入和输出字，这些同样具有固定的设置。

危险 仅允许由被明确指定执行这项任务的人员进行安全配置。对诸如紧急停止或者操作人员防护这样一些用于安全询问的基本连接进行设置。 目前有以下安全接口可供使用: Profisafe、CIP-Safety、SIB 和 SIB 扩展型。 若此配置错误，系统中的紧急停止装置有可能不起作用。

注意 在 KR C4 上激活有安全更改的项目时要注意，必须激活安全投入运行人员用户属性。只有这样才能使与安全相关的设定被接受。

注意 仅当 WorkVisual 项目中存储了 MADA（机器人机器数据）时，才可以对 PROFIsafe 和 CIP-Safety 进行配置。（存储 MADA）或者直接通过一个控制系统上传的项目，或者通过在 WorkVisual 项目中手动添加。

在该章节中对配置条目的说明针对的是 KSS 8.3。 在软件版本 KSS 8.2 和更低版本时，配置条目与单独说明的一样。 (>>> 14.6 "配置设备安全机制 (HMI)" 页码 259)

操作步骤

1. 在 WorkVisual 中**打开并激活主项目**
2. 在选项卡**项目结构 / 设备**中双击**安全控制系统**条目

图 15-123: 硬件选项

3. 在主窗口中打开了**安全参数**。在那里，在选项卡**一般设置** (Common) 中选定**硬件选项**。
4. 在下拉菜单**客户接口**的一行中**自动**选择。

图 15-124: 客户接口

5. 在**外围接触器 (US2) 的切换**一行可以选择可能的控制。在这里可以决定，是通过上一级 PLC 控制还是直接由 KR C4 管理，或者完全没有功能。安装外围接触器 US2（接通的负载电压）与 US1（持续电压）相结合是可以采用的选择。

图 15-125: 外围接触器 (US2) 的接通

6. 在**操作人员防护装置确认**一行可以选择应如何对一个被触发的操作人员防护装置（例如防护门）进行确认。或者直接通过一个固定安装在设备上的按键，或者通过一个外部组件。

图 15-126: 操作人员防护装置的确认

7. 在选项卡**概述**中选中选项**通讯参数**。
在**工业以太网安全识别号**框中，输入或检查安全 PLC 分配的安全识别号。

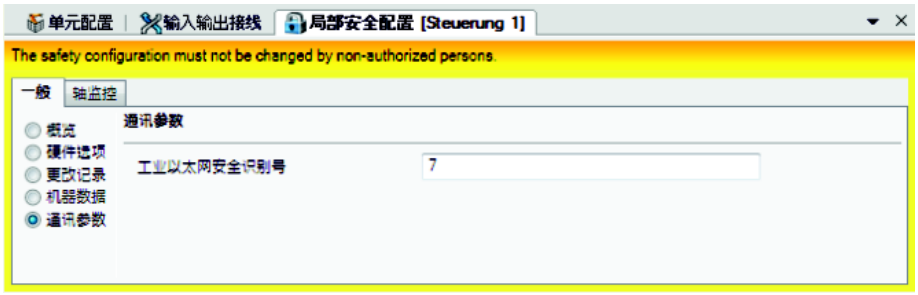


图 15-127: 工业以太网安全识别号的通讯参数

15.8.6 设置和检查 PLC 项目中的安全识别号

说明

- 在**上级控制系统**中对 KR C4 控制柜的 **PROFIsafe 配置**进行项目设置。
- 即除了实体总线结构外还**分配 Safety-ID**。
- 这些安全识别号必须与控制柜中的一致。

示例：借助于一个 Step 7 项目分配安全识别号

初始状态 （示例）

- 在一个西门子 CPU 上，KR C4 被设置为 PROFISAFE 物理用户。
- 64 个安全数字输入和输出可供使用。
- 128 个数字输入和输出用于 “ 标准 ” 的工业以太网通讯。

KR C4 设备说明文件

- 为了对 KR C4 控制柜进行相应设定，使其用作一个 STEP 7 项目中的工业以太网或 PROFIsafe 设备， 必须导入 KR C4 的 GSDML 驱动程序。
- 在安装现有的 WorkVisual 时，可以从以下路径中复制该驱动程序。

- **WIN XP：** *C:\Dokumente und Einstellungen\All Users\Anwendungsdaten\KUKA Roboter GmbH\DeviceDescriptions\GSDML*
- **WIN 7:**C:\Benutzer\All Users\KUKA Roboter GmbH\DeviceDescription\GSDML

- **S7 项目 - 视图，其它现场设备**

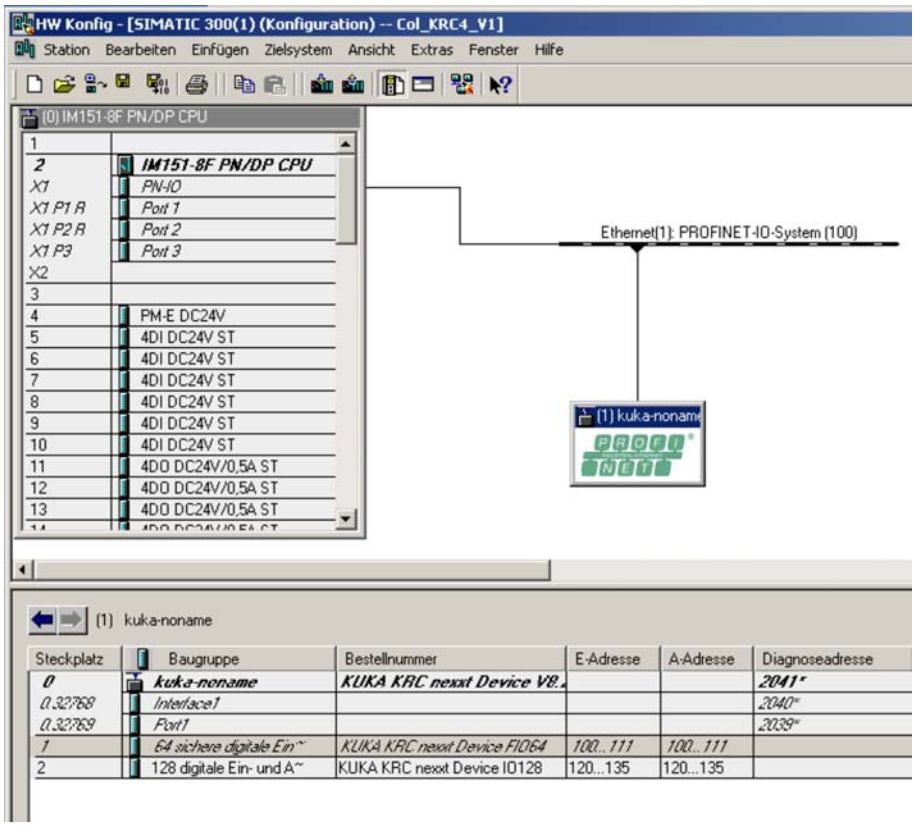


图 15-128: S7 项目 - 视图，其它现场设备

- **调用 PROFISAFE 参数**

a. 选定带安全数字输入和输出的行并双击。
b. 在属性窗口中切换至索引卡 PROFISAFE 中。
c. 输入安全程序的密码。

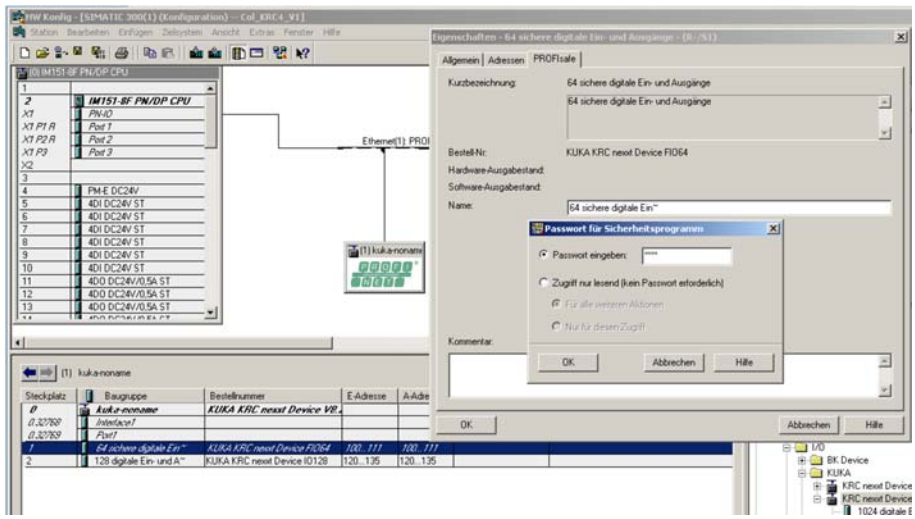


图 15-129: S7 项目 — 安全输入和输出的特性

- **检查和分配 Safety-ID （安全识别号）**

a. 选中 F_Dest_Add 行。

b. 通过**更改数值**按键可以分配一个**新的 Safety-ID** 。

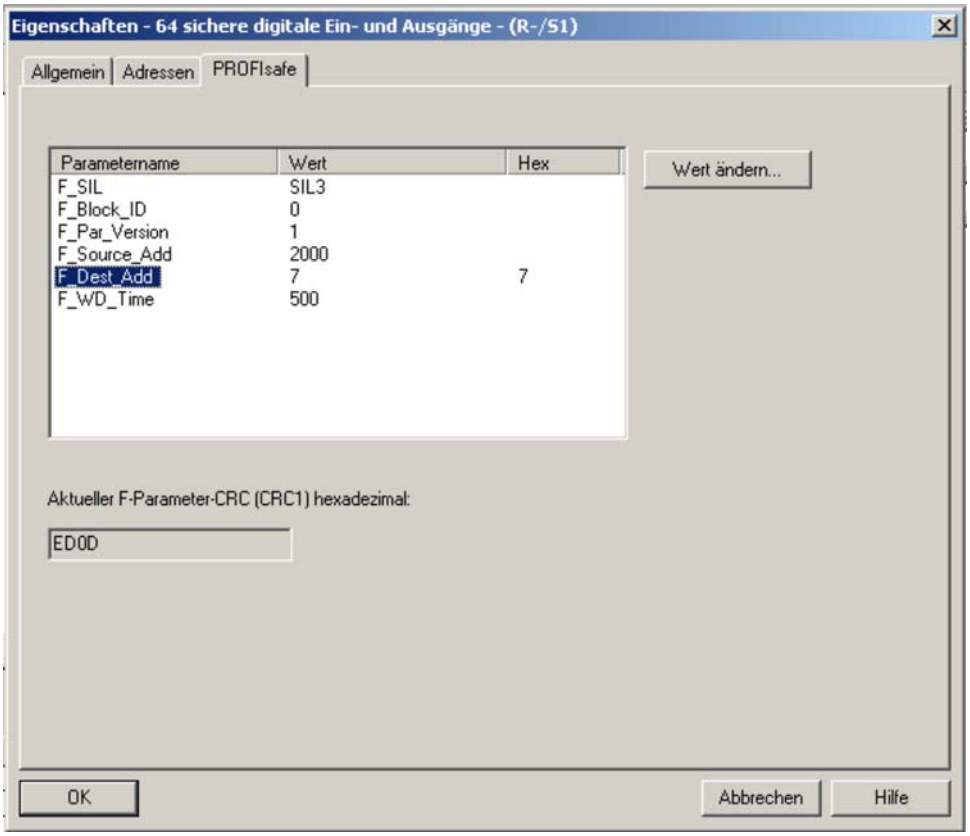


图 15-130: S7 项目 — SafetyID 窗口

15.8.7 问题：通过 PROFIsafe 激活安全设施

问题

您现在应该能够回答下面的问题：

要通过 PROFIsafe 连接 KR C4 都需要些什么？

. . . . . .

. . . . . .

什么是安全 ID（安全识别号）？

. . . . . .

. . . . . .

谁来设置安全 ID?

. . . . . .

. . . . . .

设置安全 ID 时必须注意什么？

. . . . . .

. . . . . .

如何检查安全识别号？

. . . . . .

. . . . . .

15.9 练习：PROFINET 配置（培训间类型：PROFIsafe）

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- 配置 PROFINET 控制器和设备运行

练习内容 1

- PLC 通讯的设备部分已预配置。 (>>> ″培训间类型的任务分配：PROFIsafe″ 页码 266)
- 在输入输出端互连监视器中无间隙地连续互连 **128 个非安全输入输出端**。
  - **$IN[1] - $IN[96]**
    (>>> ″上级 PLC 的数字输入端″ 页码 361)
  - **$OUT[1] - $OUT[96]**
    (>>> ″至上级 PLC 的数字输出端″ 页码 362)

  其中要连续地进行互连。

上级 PLC 的数字输入端

名称	长文本	模块	字节 / 位
$IN[1]	IN 1，PGNO 位 0 （手动）	02:01:0001	16.0
$IN[2]	IN 2，PGNO 位 1 （手动）	02:01:0002	16.1
$IN[3]	IN 3，PGNO 位 2 （手动）	02:01:0003	16.2
$IN[4]	IN 4，PGNO 位 3 （手动）	02:01:0004	16.3
$IN[5]	IN 5，PGNO 优先级（手动）	02:01:0005	16.4
$IN[6]	IN 6，PGNO 有效 （手动）	02:01:0006	16.5
$IN[7]	IN 7，应答信息 （手动）	02:01:0007	16.6
$IN[8]	IN 8，驱动装置许用（手动）	02:01:0008	16.7
$IN[9]	IN 9，驱动装置接通（手动）	02:01:0009	17.0
$IN[10]	IN 10，驱动装置关闭（手动）	02:01:0010	17.1
$IN[11]	IN 11，外部 PLC 的许用 （手动）	02:01:0011	17.2
$IN[12]	IN 12，退出磨削（手动）	02:01:0012	17.3
...	...	...	...
$IN[17]	IN 17，启动外部自动运行的按键	02:01:0017	18.0
$IN[18]	IN 18，请求进入的按键	02:01:0018	18.1
...	...	...	...
$IN[25]	IN 25，抓爪已打开	02:01:0025	19.0
$IN[26]	IN 26，抓爪已闭合	02:01:0026	19.1
$IN[27]	IN 27，工件识别的激光探头	02:01:0027	19.2
$IN[28]	IN 28，工件在抓爪中	02:01:0028	19.3

名称	长文本	模块	字节 / 位
$IN[41]	IN 41，在 T2 时防护门已打开	02:01:0040	21.0
$IN[42]	IN 42，触发了关断保险丝 (OPS)	02:01:0041	21.1
$IN[43]	IN 43，应答安全控制系统	02:01:0042	21.2
$IN[44]	IN 44，紧急停机，外部应答	02:01:0043	21.3
$IN[45]	IN 45，SafeOpeation 测试箱未插入	02:01:004	21.4
...	...	02:01:096	...
$IN[96]			27.7

至上级 PLC 的数字输出端

名称	长文本	模块	字节 / 位
$OUT[1]	OUT 1，机器人在初始位置 （手动）	02:01:0001	15.0
$OUT[2]	OUT 2，机器人在轨迹上 （手动）	02:01:0002	15.1
$OUT[3]	OUT 3，机器人程序请求 （手动）	02:01:0003	15.2
$OUT[4]	OUT 4，程序已激活 （手动）	02:01:0004	15.3
$OUT[5]	OUT 5，程序正在运行 （手动）	02:01:0005	15.4
$OUT[6]	OUT 6，防护门 （手动）	02:01:0006	15.5
$OUT[7]	OUT 7，故障 （手动）	02:01:0007	15.6
...	...	...	...
$OUT[11]	OUT 11，向 PLC 发送完成信息	02:01:0011	16.2
$OUT[12]	OUT 12，处理拱面	02:01:0011	16.3
$OUT[13]	OUT 13，粘接喷嘴打开	02:01:0013	16.4
...	...	...	...
$OUT[17]	OUT 17，外部自动运行带灯按钮灯	02:01:0017	17.0
$OUT[18]	OUT 18，请求进入带灯按钮灯	02:01:0018	17.1
...	...	...	...
$OUT[21]	OUT 21，运行方式 $T1 的信息	02:01:0021	17.4
$OUT[22]	OUT 22，运行方式 $T2 的信息	02:01:0022	17.5
$OUT[23]	OUT 23，自动运行方式的信息	02:01:0023	17.6
$OUT[24]	OUT 24，外部自动运行方式的信息	02:01:0024	17.7
$OUT[25]	OUT 25，打开抓爪	02:01:0025	18.0
$OUT[26]	OUT 26，闭合抓爪	02:01:0026	18.1
$OUT[27]	OUT 27，接通激光探头	02:01:0027	18.2

名称	长文本	模块	字节 / 位
...	...	...	...
$OUT[96]		02:01:0096	26.7

练习内容 2b

- 此外，将 PROFINET 箱连接在 KLI 上。
- 此外，在 WorkVisual 项目中配置 ET200S。
- 根据培训师规定使用设备标记：

设备名称	
IP 地址	
SubNet 界面	
设备编号	

- 将输入和输出端映射到空的输入输出端区域中。

15.10 练习：PROFINET 配置（培训间类型：SIB）

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- 配置 PROFINET 控制器和设备运行

任务分配 1 - 培训间类型：SIB

- 配置并连接 WAGO 模块操作面板的输入和输出端

设备说明文件
gsdm-v2.1-wago-series 750_753_20080520.xml
FW 01
刷新时间：4ms

- 根据培训师规定使用设备标记：

设备名称	
IP 地址	
SubNet 界面	
设备编号	

- 根据培训师规定事先导入长文本。

学院培训室：这些运行模式必须通过外部自动运行接口发送到上级安全控制系统。如果运行模式未发送到上级安全控制系统，则它将触发紧急停止。如果运行模式 T2 已设定，并且防护门已打开或未确认，则触发紧急停止。

插槽分配

插槽	订购号	备注
0	750-340	
1	750-402	
2	750-402*	已压缩
3	750-402	
4	750-402*	已压缩
5	750-402	
6	750-402*	已压缩
7	750-504	
8	750-504*	已压缩
9	750-504	
10	750-504*	已压缩
11	750-504	
12	750-504*	已压缩
13	750-504	
14	750-402	
15	750-468	
16	750-550	

数字输入端

名称	长文本	模块	字节 / 位
$IN[1]	IN 1，PGNO 位 0 （手动）	01:01:0001	14.0
$IN[2]	IN 2，PGNO 位 1 （手动）	01:01:0002	14.1
$IN[3]	IN 3，PGNO 位 2 （手动）	01:01:0003	14.2
$IN[4]	IN 4，PGNO 位 3 （手动）	01:01:0004	14.3
$IN[5]	IN 5，PGNO 优先级（手动）	01:01:0005	14.4
$IN[6]	IN 6，PGNO 有效 （手动）	01:01:0006	14.5
$IN[7]	IN 7，应答信息 （手动）	01:01:0007	14.6
$IN[8]	IN 8，驱动装置许用（手动）	01:01:0008	14.7
$IN[9]	IN 9，驱动装置接通（手动）	03:01:0001	16.0
$IN[10]	IN 10，驱动装置关闭（手动）	03:01:0002	16.1
$IN[11]	IN 11，外部 PLC 的许用 （手动）	03:01:0003	16.2
$IN[12]	IN 12，退出循环	03:01:0004	16.3
...	...	...	...
$IN[17]	IN 17，启动外部自动运行的按键	05:01:0001	18.0
$IN[18]	IN 18，请求进入的按键	05:01:0002	18.1
...	...	...	...
$IN[25]	IN 25，抓爪已打开	14:01:0001	20.0
$IN[26]	IN 26，抓爪已闭合	14:01:0002	20.1
$IN[27]	IN 27，工件识别的激光探头	14:01:0003	20.2
$IN[28]	IN 28，工件在抓爪中	14:01:0004	20.3
...	...	...	...
$IN[41]	IN 41，在 T2 时防护门已打开	05:01:0004	18.3
$IN[42]	IN 42，触发了关断保险丝 (OPS)	05:01:0003	18.2

数字输出端

名称	长文本	模块	字节 / 位
$OUT[1]	OUT 1，机器人在初始位置 （手动）	07:01:0001	17.0
$OUT[2]	OUT 2，机器人在轨迹上 （手动）	07:01:0002	17.1
$OUT[3]	OUT 3，机器人程序请求 （手动）	07:01:0003	17.2
$OUT[4]	OUT 4，程序已激活（手动）	07:01:0004	17.3
$OUT[5]	OUT 5，程序正在运行（手动）	07:01:0005	17.4

名称	长文本	模块	字节 / 位
$OUT[6]	OUT 6，防护门 （手动）	07:01:0006	17.5
$OUT[7]	OUT 7，故障 （手动）	07:01:0007	17.6
...	...	...	...
$OUT[11]	OUT 11，向 PLC 发送完成信息	09:01:0003	19.2
$OUT[12]	OUT 12，处理拱面	09:01:0004	19.3
$OUT[13]	OUT 13，粘接喷嘴打开	09:01:0005	19.4
...	...	...	...
...	...	...	...
$OUT[17]	OUT 17，外部自动运行带灯按钮灯	11:01:0001	21.0
$OUT[18]	OUT 18，请求进入带灯按钮灯	11:01:0002	21.1
...	...	...	...
$OUT[21]	OUT 21，运行方式 $T1 的信息	11:01:0005	21.4
$OUT[22]	OUT 22，运行方式 $T2 的信息	11:01:0006	21.5
$OUT[23]	OUT 23，自动运行方式的信息	11:01:0007	21.6
$OUT[24]	OUT 24，外部自动运行方式的信息	11:01:0008	21.7
$OUT[25]	OUT 25，打开抓爪	13:01:0001	23.0
$OUT[26]	OUT 26，闭合抓爪	13:01:0002	23.1
$OUT[27]	OUT 27，接通激光探头	13:01:0003	23.2

16 配置外部自动运行接口

16.1 自动运行外部接口的说明

说明

使用自动外部接口的输入 / 输出端

接口处重要信号概览

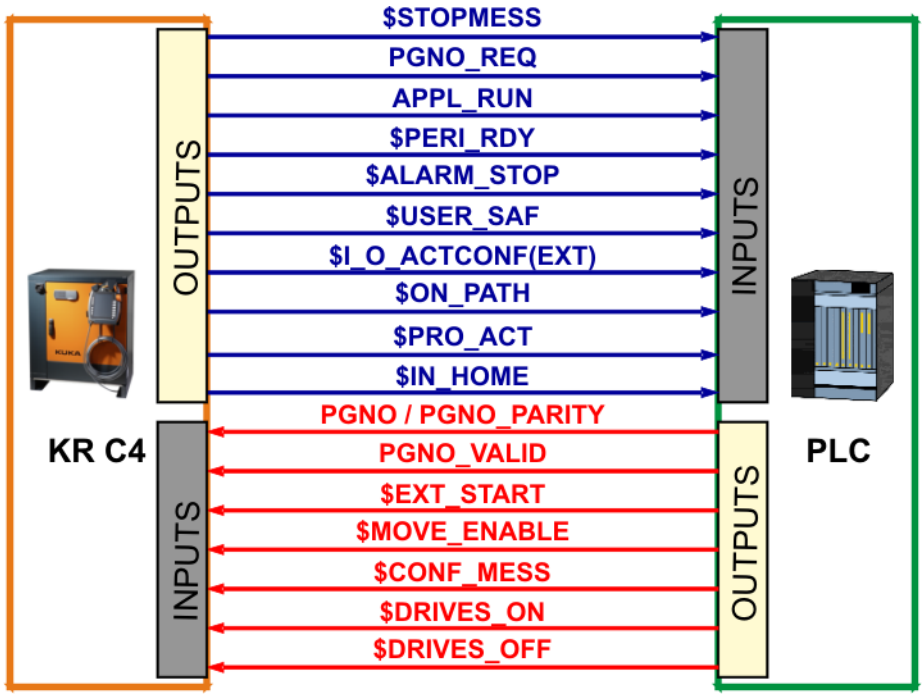


图 16-1: 外部自动运行中最重要的信号概览

输入端 （从机器人控制器的角度）

- **PGNO_TYPE** - 程序号类型
  此变量确定了以何种格式来读取上级控制系统传送的程序编号。

值	说明	示例
1	以二进制数值读取。 上级控制系统以二进制编码整数值的形式传递程序编号。	0 0 1 0 0 1 1 1 => PGNO = 39
2	以 BCD 值读取。 上级控制系统以二进制编码小数值的形式传递程序编号。	0 0 1 0 0 1 1 1 => PGNO = 27
3	以 “N 选 1” 的形式读取 *。 上级控制系统或外围设备以 “N 选 1” 的编码值传递程序编号。	0 0 0 0 0 0 0 1 => PGNO = 1 0 0 0 0 1 0 0 0 => PGNO = 4

* 采用这种传递格式时，未对 PGNO_REQ、PGNO_PARITY 以及 PGNO_VALID 的值进行分析，因此无意义。

- **PGNO_LENGTH** - 程序号长度
  此变量确定了上级控制系统传送的程序编号的位宽。值域：1 … 16。
  若 PGNO_TYPE 的值为 2，则只允许位宽为 4、8、12 和 16。
- **PGNO_PARITY** - 程序号的奇偶位
  上级控制系统传递奇偶位的输入端。

输入端	功能
负值	奇校验
0	无分析
正值	偶校验

如果 PGNO_TYPE 值为 3，则 PGNO_PARITY 不被分析。

- **PGNO_VALID** – 程序号有效

  上级控制系统传送读取程序号指令的输入端。

输入端	功能
负值	在信号的脉冲下降沿应用编号。
0	在线路 EXT_START 处随着信号的脉冲上升沿应用编号。
正值	在信号的脉冲上升沿应用编号。

- **$EXT_START** – 外部启动

  设定了该输入端后，输入 / 输出接口激活时将启动或继续一个程序 （一般为 CELL.SRC）。

仅分析信号的脉冲上升沿。

⚠ 警告 在外部自动运行中没有 SAK 运行。这表明，机器人在启动之后以编程的速度 （没有减速）到达了第一个编程位置，并且在那里没有停止。

- **$MOVE_ENABLE** – 允许运行

  该输入端用于由上级控制器对机器人驱动器进行检查。

信号	功能
TRUE	以运行方式 T1 及 T2 可手动运行。 可执行程序。
FALSE	停住所有驱动装置并锁定所有激活的指令

当驱动装置由上级控制器停住后，将显示 “ 开通全部运行 ” 的信息提示。删除了该信息提示并且重新发出外部启动信号后机器人才能重新运动。

调试时变量 $MOVE_ENABLE 常常设计为值 $IN[1025]。如果此后忘记设计另一个输入端，则不能外部启动。

- **$CONF_MESS** – 确认信息提示

  通过给该输入端赋值，当故障原因排除后，上级控制器将自己确认故障信息。

仅分析信号的脉冲上升沿。

- **$DRIVES_ON** – 驱动装置接通

  如果在此输入端上施加了持续至少 20 毫秒的高脉冲，则上级控制系统会接通机器人驱动装置。

- **$DRIVES_OFF** – 驱动装置关闭

  如果在此输入端上施加了持续至少 20 毫秒的低脉冲，则上级控制系统会关断机器人驱动装置。

输出端 （从机器人控制器的角度）

- **$ALARM_STOP** – 紧急停止

该输出端将在出现以下紧急停止情形时复位：

- 按下了库卡控制面板 （KCP）上的紧急停止按键。（内部紧急关断）
- 外部紧急停止

出现紧急停止时可从输出端 **$ALARM_STOP** 和 **Int. NotAus** 的状态看出是哪种紧急停止：

- 两个输出端均为 FALSE：触发了库卡控制面板 （KCP）上的紧急停止按键
- **$ALARM_STOP** FALSE，**Int. NotAus** TRUE：外部紧急停止

- **$USER_SAF** – 操作人员防护装置 / 防护门

  该输出端在打开护栏询问开关 （运行方式 AUT）或放开确认开关 （运行方式 T1 或 T2 ）时复位。
- **$PERI_RDY** – 驱动装置处于待机状态

  通过设定此输出端机器人控制系统通知上级控制系统机器人驱动装置已接通。
- **$STOPMESS** – 停止信息

  该输出端由机器人控制系统来设定，以向上级控制器显示出现了一条要求停住机器人的信息提示。（例如：紧急停止按键、运行开通或操作人员防护装置）
- **$I_O_ACTCONF** – 外部自动运行激活

  选择了*外部自动运行*这一运行方式并且输入端 $I_O_ACT 为 TRUE （一般始终设为 $IN[1025]）后，输出端为 TRUE。
- **$PRO_ACT** – 程序激活 / 正在运行

  当一个机器人层面上的过程激活时，始终给该输出端赋值。在处理一个程序或中断时，过程为激活状态。程序结束时的程序处理只有在所有脉冲输出端和触发器均处理完毕之后才视为未激活。
- **PGNO_REQ** – 程序号问询

  在该输出端信号变化时，要求上级控制器传送一个程序号。

  如果 PGNO_TYPE 值为 3 ，则 PGNO_REQ 不被分析。
- **APPL_RUN** – 应用程序在运行中

  机器人控制系统通过设置此输出端来通知上级控制系统机器人正在处理有关程序。
- **$IN_HOME** – 机器人位于起始位置 (HOME)

  该输出端通知上级控制器机器人正位于其起始位置 (HOME)。
- **$ON_PATH** – 机器人位于轨迹上

  只要机器人位于编程设定的轨迹上，此输出端即被赋值。在进行了 BCO 运行后输出端 ON_PATH 即被赋值。输出端保持激活，直到机器人离开了轨迹、程序复位或选择了语句。但信号 ON_PATH 无公差范围，机器人一离开轨迹，该信号便复位。

外部自动运行通讯原理　　整个过程概览

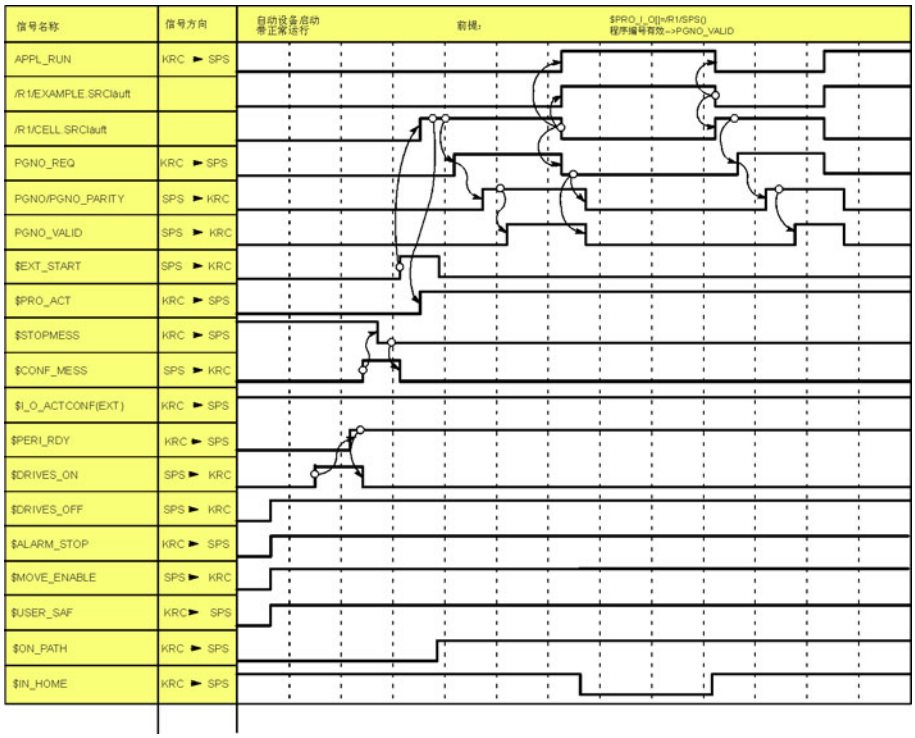


图 16-2: 设备自动启动和正常运行，包括通过 PGNO_VALID 确认程序号

信号交换

分步任务划分

1. 接通驱动装置
   (>>> ″接通驱动装置″ 页码 371)
2. 确认信息提示
   (>>> ″确认信息″ 页码 371)
3. 启动 Cell 程序
   (>>> ″从外部启动程序 (CELL.SRC)″ 页码 372)
4. 传递程序号并处理应用程序
   (>>> ″处理程序编码传输和应用程序″ 页码 372)

每一项分步任务均设计为信号交换。必须满足相关条件，PLC 发送信号并且机器人控制系统将各机器人状态报告 PLC。

图 16-3: 信号交换

使用规定的信号交换是有益的。

接通驱动装置

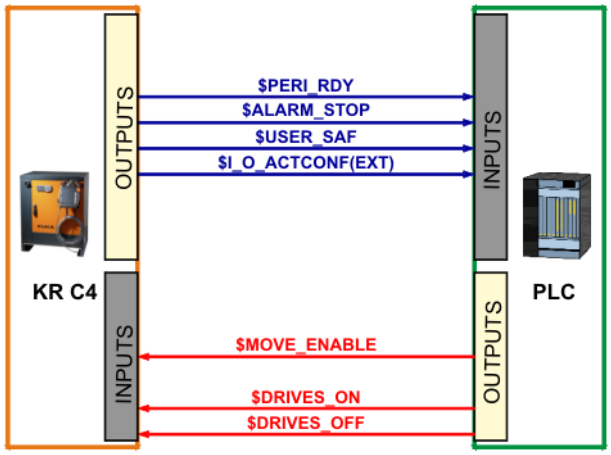


图 16-6

- 前提条件
  - $USER_SAF – 防护门已关闭
  - $ALARM_STOP – 无紧急停止
  - $I_O_ACTCONF – 外部自动运行激活
  - $MOVE_ENABLE – 允许运行
  - $DRIVES_OFF – 未激活驱动装置关闭
- 接通驱动装置

  $DRIVES_ON – 接通驱动装置至少 20 ms 的信号
- 驱动装置处于待机状态

  $PERI_RDY – 一有驱动装置的反馈，信号 $DRIVES_ON 便撤回

确认信息

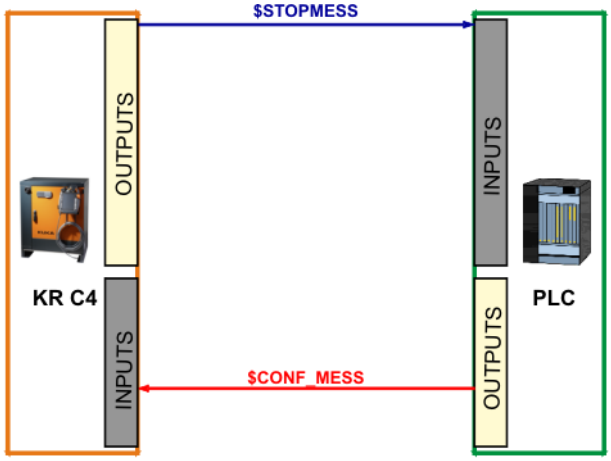


图 16-10

- 前提条件

  $STOPMESS – 有停止信息
- 确认信息提示

  $CONF_MESS – 确认信息提示
- 可确认的信息提示就此删除

  $STOPMESS – 不再有停止信息，现在可撤回 $CONF_MESS

从外部启动程序 (CELL.SRC)

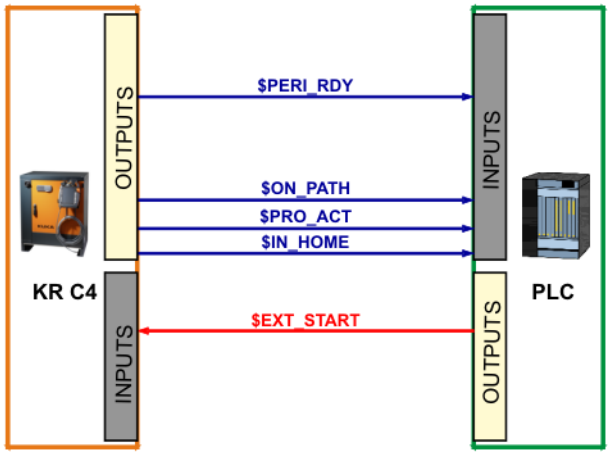


图 16-15

- 前提条件
  - $PERI_RDY - 驱动装置处于待机状态
  - $IN_HOME - 机器人位于起始位置 (HOME)
  - 无 $STOPMESS - 无停止信息
- 外部启动

  $EXT_START - 接通外部启动 （脉冲正沿）
- CELL 程序在运行
  - $PRO_ACT - 报告 CELL 程序在运行
  - $ON_PATH - 一旦机器人位于编程设定的轨迹上，信号 $EXT_START 便撤回

处理程序编码传输和应用程序

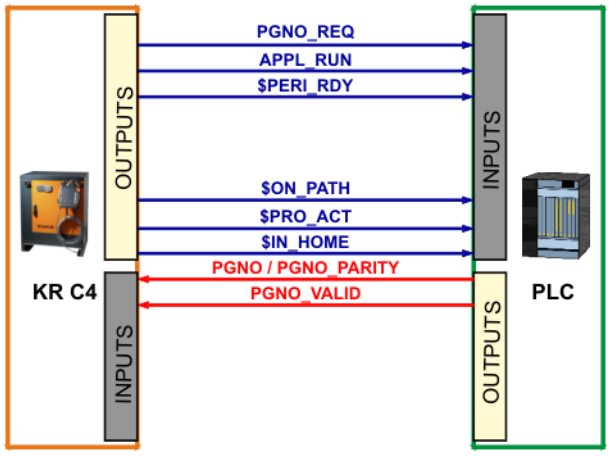


图 16-22

- 前提条件
  - $PERI_RDY - 驱动装置处于待机状态
  - $PRO_ACT - CELL 程序在运行
  - $ON_PATH - 机器人在轨迹上
  - $IN_HOME - 机器人位于起始位置 (HOME)，重新启动时不再需要
  - PGNO_REQ - 有程序号问询
- 程序号传递和确认
  - 程序号传递

    （正确的数据类型 (PGNO_TYPE)，程序号长度 (PGNO_LENGTH) 和程序号的第一比特位 (PGNO_FBIT) 已设定）
  - PGNO_VALID - 将程序号切换为有效 （确认，脉冲正沿）

- 应用程序在运行中
  - APPL_RUN - 报告应用程序在运行中
  - 机器人离开起始位置。应用程序结束后机器人重又返回起始位置 (HOME)。

16.2 自动运行外部接口的配置

操作步骤

1. 在主菜单中选择**配置** > **输入 / 输出端** > **外部自动运行**。
2. 在**数值**栏中标定所需编辑的单元格，然后点击**编辑**。
3. 输入所需数值，并用 **OK** 加以保存。
4. 对所有待编辑的数值重复第 2 和第 3 步。
5. 关闭窗口。改动即被应用。

图 16-25: 外部自动运行输入端配置

项号	说明
1	编号
2	输入 / 输出端的长文本名称
3	型号 ■ **绿色**：输入 / 输出端 ■ **黄色**：变量或系统变量 （$...）
4	信号或变量的名称
5	输入 / 输出端编号或信道编号
6	输出端根据主题分列在选项卡中。

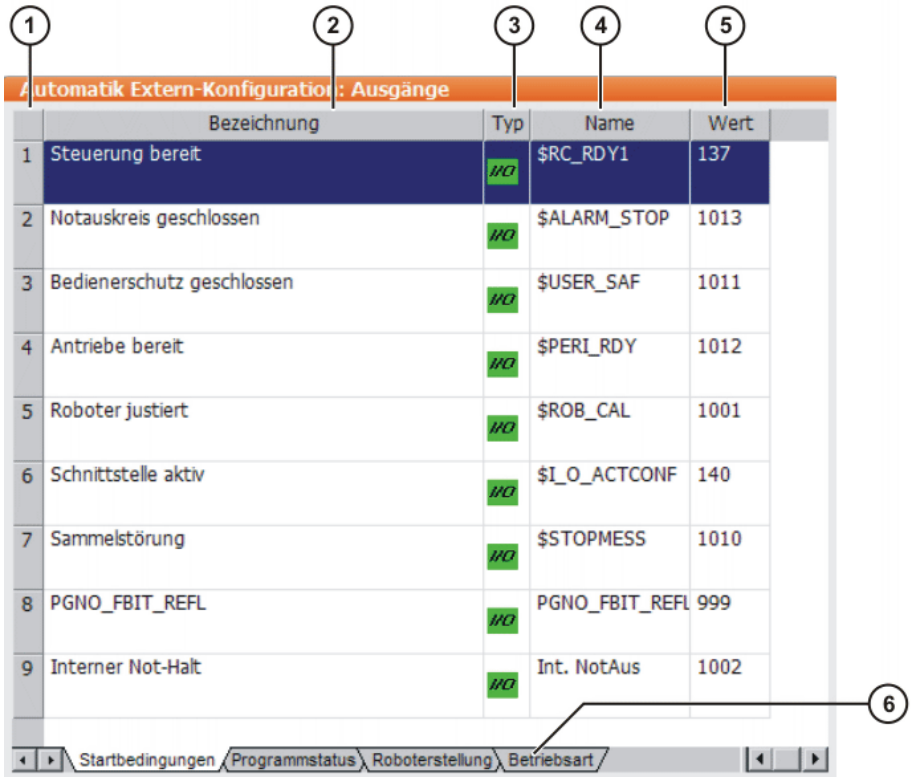


图 16-26: 外部自动运行输出端配置

16.3 调整 PLC 的连接 (Cell.src)

Cell.src 控制程序

管理由 PLC 传输的程序号时，需要使用控制程序 Cell.src。该程序始终位于文件夹“R1”中。与任何常见的程序一样，Cell 程序也可以进行个性化调整，但程序的基本结构必须保持不变。

Cell 程序的结构和功能

```
1  DEF  CELL ( )
6  INIT                                                    ①
7  BASISTECH INI
8  CHECK HOME
9  PTP HOME  Vel= 100 % DEFAULT
10 AUTOEXT INI
11   LOOP                                                  ②
12     P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_GET,DMY[],0 )
13     SWITCH  PGNO ; Select with Programnumber
14                                                         ③
15     CASE 1
16       P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
17       ;EXAMPLE1 ( ) ; Call User-Program
18
19     CASE 2
20       P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
21       ;EXAMPLE2 ( ) ; Call User-Program
22
23     CASE 3
24       P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
25       ;EXAMPLE3 ( ) ; Call User-Program
26
27     DEFAULT
28       P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_FAULT,DMY[],0 )
29     ENDSWITCH
30   ENDLOOP
31 END
```

图 16-27: Cell 程序

1	初始化和 Home 位置 ■ 初始化基坐标参数 ■ 根据 “Home” 位置检查机器人位置 ■ 初始化外部自动运行接口
2	无限循环: ■ 通过模块 “P00” 查询程序号 ■ 进入已经确定程序号的选择循环。
3	程序号的选择循环 ■ 根据程序号 （保存在变量 “PGNO” 中）跳转至相应的分支 （“CASE”） 中。 ■ 记录在分支中的机器人程序即被运行。 ■ 无效的程序号会导致程序跳转至 “ 默认的 ” 分支中。 ■ 运行成功结束后会自动重复这一循环。

操作步骤

1. 切换到 “ 专家 ” 用户组。
2. 打开 CELL.SRC。
3. 在 “CASE” 段中将名称 “EXAMPLE” 用应从相应的程序编号调出的程序的名称替换。删除名称前的分号。

```
LOOP
  P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_GET,DMY[],0 )
  SWITCH  PGNO ; Select with Programnumber

  CASE 1
    P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
    main()

  CASE 2
    P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
    body_38()
    body_515()

  DEFAULT
    P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_FAULT,DMY[],0 )
  ENDSWITCH
ENDLOOP
```

图 16-28: 经适配的 Cell 程序举例

4. 关闭程序并保存更改。

16.4 练习：配置外部自动运行接口 （手动）

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 有目的地将机器人程序连入外部自动运行模式
- 适配 “Cell” 程序
- 配置外部自动运行接口
- 了解外部自动运行模式的过程

练习内容 1

1. 按照操作台上的预设定配置外部自动运行接口。
   - **外部自动运行输入端**
     (>>> ″输入端″ 页码 378)
   - **外部自动运行输出端**
     (>>> ″输出端″ 页码 378)
2. 检查是否允许在无投入运行时移动机器人。
   在不按下紧急停止按键时，信息窗口中的故障信息 “ 外部紧急停止 ” 应消失。

> **学院培训室：**这些运行模式必须通过外部自动运行接口发送到上级安全控制系统。如果运行模式未发送到上级安全控制系统，则它将触发紧急停止。如果运行模式 T2 已设定，并且防护门已打开或未确认，则触发紧急停止。

练习内容 2

1. 在您的 Cell 程序中扩展 3 个任意模块，其功能已事先由您检查确认。
2. 为此，不创建可以作为子程序一同连接的测试程序。
   需要时，也示教机器人的 Home 位置。
3. 在运行方式 T1、T2 和自动运行模式下测试您的程序。此时须注意讲过的安全规程。
4. 用按键模拟 PLC 控制器的功能。
   (>>> ″PAP，用于测试学院 Zelle 上自动运行外部接口″ 页码 380)

学院操作台

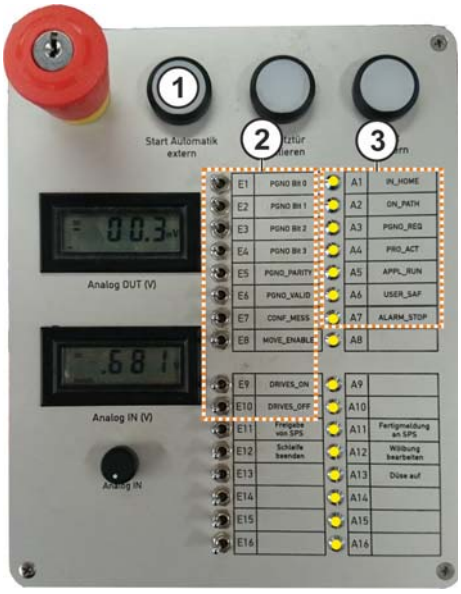


图 16-29: 学院操作台

序号	信号	说明
1	E17	启动外部自动运行
2 “PLC” 输入端	E1	PGNO 位 0
	E2	PGNO 位 1
	E3	PGNO 位 2
	E4	PGNO 位 3
	E5	PGNO_PARITY
	E6	PGNO_VALID
	E7	CONF_MESS
	E8	MOVE_ENABLE
	E9	DRIVES_ON
	E10	DRIVES_OFF
3 “PLC” 输出端	A1	IN_HOME
	A2	ON_PATH
	A3	PGNO_REQ
	A4	PRO_ACT
	A5	APPL_RUN
	A6	USER_SAF
	A7	ALARM_STOP

输入端

为了可以用操作面板模拟 PLC，必须在自动外部配置中进行以下更改 （粗体）。

名称	名称	值
程序号类型	PGNO_TYPE	1
程序号镜像	REFLECT_PROG_NR	0
程序号位字节宽度	PGNO_LENGTH	**4**
程序编号第一位	PGNO_FBIT	**1**
奇偶位	PGNO_PARITY	**5**
程序编号有效	PGNO_VALID	**6**
程序启动	$EXT_START	**17**
运行开通	$MOVE_ENABLE	**8**
错误应答	$CONF_MESS	**7**
驱动器关闭 (invers)	$DIRVES_OFF	**10**
驱动装置接通	$DRIVES_ON	**9**
激活接口	$I_O_ACT	1025

输出端

为了可以用操作面板模拟 PLC，必须在自动外部配置中进行以下更改 （粗体）。

名称	名称	值
控制器就绪	$RC_RDY1	137
紧急关断环路闭合	$ALARM_STOP	**7**
操作人员防护装置关闭	$USER_SAF	**6**
驱动装置处于待机状态	$PERI_RDY	1012
机器人零点标定完毕	$ROB_CAL	1001
接口激活	$I_O_ACTCONF	140

名称	名称	值
集合故障	$STOPMESS	1010
程序镜像的第一位	$PGNO_FBIT_REFL	999
内部紧急停机	$ALARM_STOP	1002

名称	名称	值
程序激活	$PRO_ACT	**4**
程序编号请求	PGNO_REQ	**3**
应用程序正在运行	APPL_RUN	**5**
程序移动激活	$PRO_MOVE	1022

名称	名称	值
位于起始位置	$IN_HOME	**1**
1. 起始位置	$IN_HOME1	
2. 起始位置	$IN_HOME2	
3. 起始位置	$IN_HOME3	
4. 起始位置	$IN_HOME4	
5 - 初始位置	$IN_HOME5	
机器人在轨迹上	$ON_PATH	**2**
机器人在轨迹附近	$NEAR_POSRET	147
机器人不在运行	$ROB_STOPPED	1023

名称	名称	值
测试 1 运行	$T1	**21**
测试 2 运行	$T2	**22**
自动运行模式	$AUT	**23**
自动外部运行	$EXT	**24**

PAP，用于测试学院 Zelle 上自动运行外部接口

图 16-30：PAP – 外部自动运行，学院间

17 调试 PROFIBUS

17.1 了解 PROFIBUS 现场总线系统

17.1.1 概览

本学习单元讲授以下内容：

- 为何需要现场总线系统
- 了解 PROFIBUS
- PROFIBUS 设备
- PROFIBUS 传输介质
- PROFIBUS 总线拓扑结构和访问方法
- PROFIBUS 配置报文
- PROFIBUS 接线
- 有源总线终端电阻
- PROFIBUS 主要数据

17.1.2 了解 PROFIBUS

图 17-1: PROFIBUS - 标志

起源

- PROFIBUS 源于 1987 年由一项政府支持的合作项目。
- 当时有 21 家公司和机构参与了一个名为 “ 现场总线 ” 的项目。
- 其目标是设计出一种适用于现场的串行数据总线。

PROFIBUS 种类

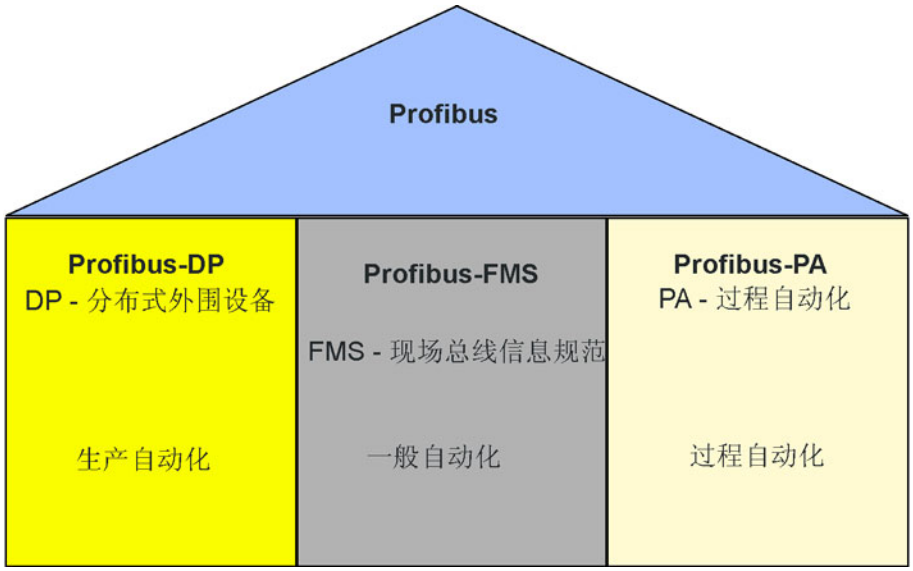


图 17-2: PROFIBUS 种类

- **PROFIBUS-FMS**
  - **现场总线信息规范**
  - 是 PROFIBUS 规范中的一个协议。
  - 其为复杂设备和系统中的使用而设计。
  - 最大传输速率为 31.25 kbit/s
  - PROFIBUS-FMS 后来被 PROFIBUS DP 代替。
- **PROFIBUS DP**
  - **分布式外围设备**
  - PROFIBUS DP 是最新的 PROFIBUS 协议。
  - 传感器或执行器由中央控制器进行控制。
  - 实现了不同的诊断方法。
  - 支持多主站运行。
  - 最大传输速率为 12 Mbit/s。
- **PROFIBUS-PA**
  - **过程自动化**
  - 是用于潜在爆炸危险区域的一种 PROFIBUS。
  - 只有微弱的电流流经用于信号传输。
  - 因此出现故障时不会产生有爆炸危险的火花。
  - 最大传输速率为 31.25 kbit/s。

只能通过特殊的总线耦合器直接连接各种不同的 PROFIBUS 种类。但总线速度必须被设置为最低速度。

17.1.3 PROFIBUS 设备

模块化输入 / 输出组件 **示例：ET 200S**

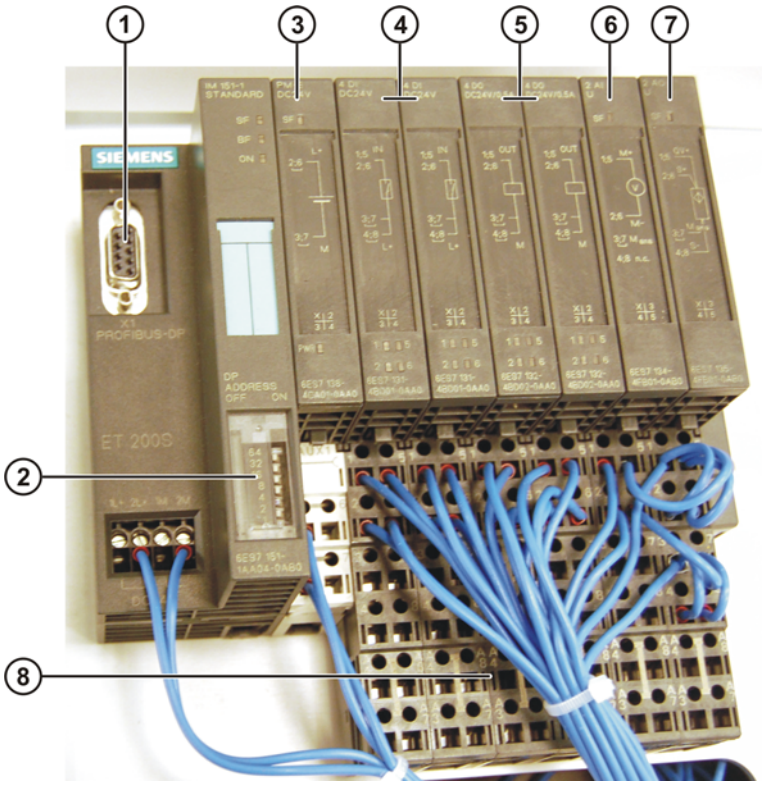


图 17-3: SIEMENS ET200s

序号	名称	说明
1	总线耦合器 IM 151-1 PROFIBUS 接口	至 PROFIBUS 现场总线系统的逻辑连接
2	总线耦合器 IM 151-1 地址设置	PROFIBUS 用户的物理地址设置
3	电源模块	模块专用的电源
4	数字输入模块	用于数字输入端的插接模块
5	数字输出模块	用于数字输出端的插接模块
6	模拟输入模块	用于模拟输入端的插接模块 用于模拟输入电压的模拟 / 数字转换器
7	模拟输出模块	用于模拟输出端的插接模块 用于模拟输出电压的数字 / 模拟转换器
8	端子排	用于传感器或执行器的连接方法

防溅水模块 **示例：ET 200R**

图 17-4: SIEMENS ET200R

机器人引导的 PROFIBUS 模块必须符合特殊的要求。这里，防溅水和耐用是最重要的标准。因为它们的特殊结构，只能以固定的输入 / 输出端尺寸供货。

阀岛

示例：FESTO

图 17-5: FESTO 阀岛

专门针对气动控制系统提供了一系列 PROFIBUS 模块。在这种情况下，这些产品也可以采用模块化结构。

17.1.4 PROFIBUS IO 传输介质

铜芯数据线

示例：SIEMENS PROFIBUS 插头和导线

- 通常使用 2 芯双绞屏蔽线
- 总线电缆颜色为红色和绿色
- 9 针 SUB-D PROFIBUS 插头
- 绝缘置换技术规格

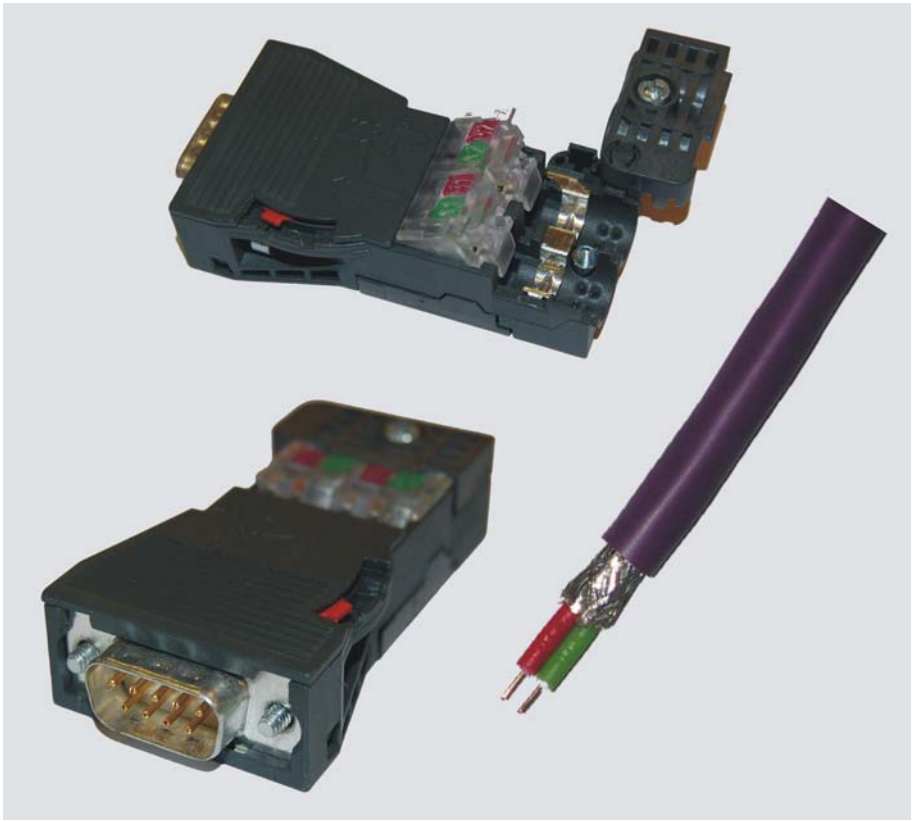


图 17-6: PROFIBUS 插头和导线

PROFIBUS 插头的插头配置

PIN 编号	信号	含义
1	屏蔽	屏蔽 / 功能接地
2	M24	24 V 电位接地
3	**RxD/TxD**	**接收 / 发送数据正极**
4	CNTR-P	中继器控制信号
5	DGND	终端电阻的供电电压接地 (GND)
6	VP	终端电阻的供电电压 (5VDC)
7	P24	24 V 电位
8	**RxD/TxD**	**接收 / 发送数据负极**
9	CNTR-N	中继器控制信号

特殊工具

用于快速整齐地剥离 PROFIBUS 数据线的工具。

图 17-7: PROFIBUS 特殊工具

光纤

- 通过光纤传输数据
- 优势：不易受信号串扰干扰，传输速率高
- 缺点：必须遵守弯曲半径，连接器制作较为困难

图 17-8: PROFIBUS 光纤

PROFIBUS 铜导线 / 光纤耦合器

PROFIBUS 铜导线可以通过耦合器与 PROFIBUS 光纤跨介质联网。

图 17-9: PROFIBUS 铜导线 / 光纤耦合器

含光纤的混合电缆

- 除了通过光纤传输纯有效数据之外，混合电缆中还带有额外的供电线。
- 因此不需要通过端子单独供电。

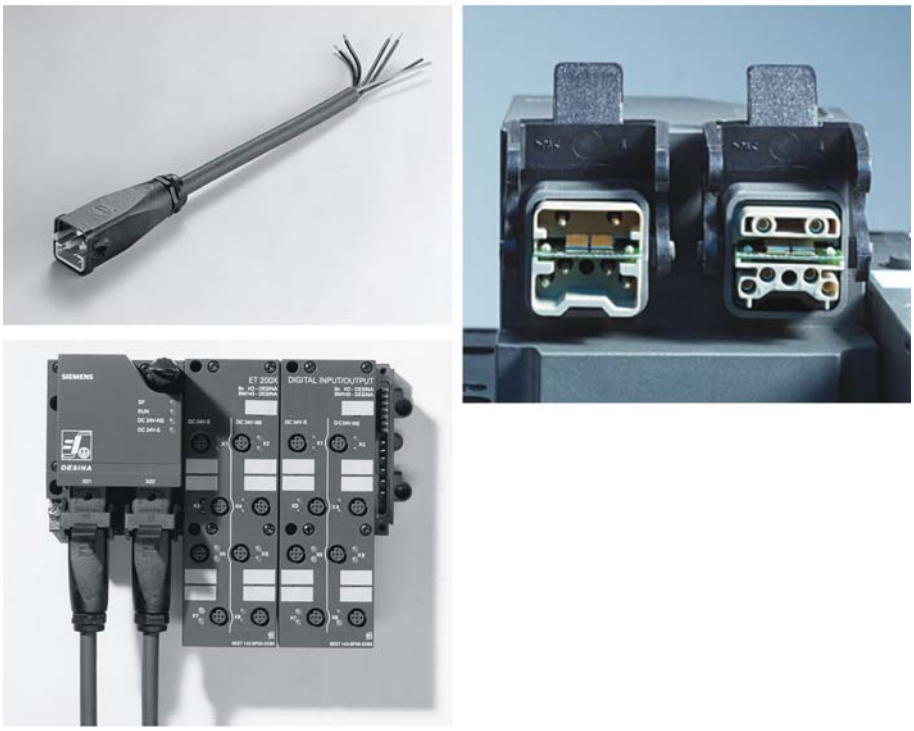


图 17-10: PROFIBUS 混合电缆

多总线电缆

- 一根电缆适用于多个总线系统
  - Interbus 铜导线
  - PROFIBUS 铜导线 （最大 1.5 Mbits）
  - DeviceNet 铜导线
- 最早来自 / 专为 KUKA 机器人设计
- 曾经 / 现在经常被用于汽车领域
- 插头的防溅水规格
- 提供 2 个电源电位。

图 17-11: Interconnectron 插头

插头配置

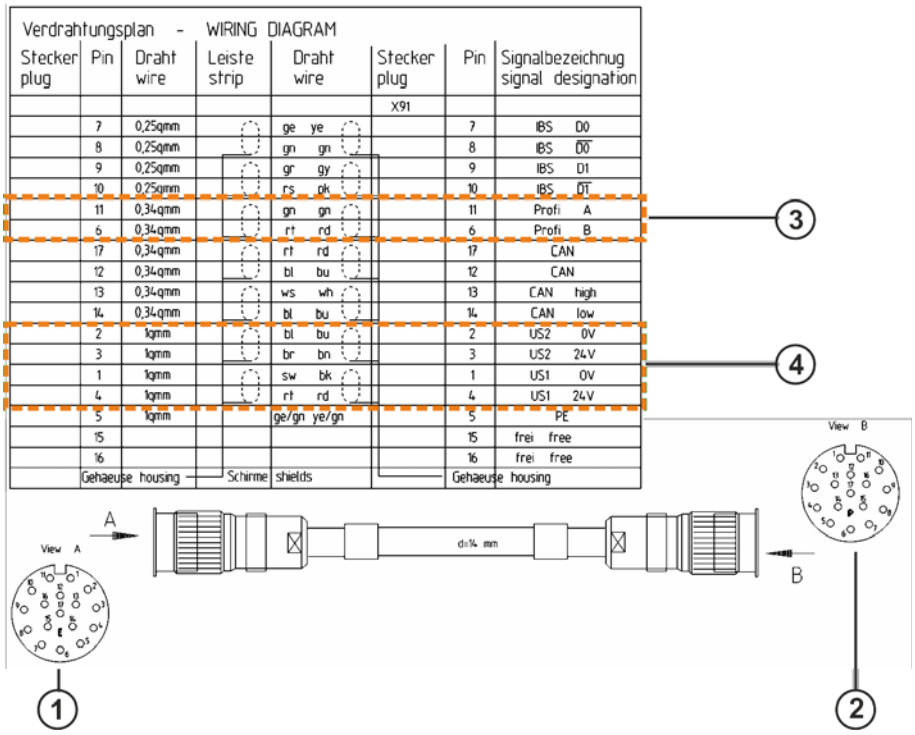


图 17-12：多总线插头配置

序号	名称
1	多总线插头
2	多总线插口
3	PROFIBUS 信号线
4	2 个电源电位 (4A/7.5A)

17.1.5 使用哪种总线拓扑和总线访问方法？

总线拓扑

概括来说，总线拓扑描述了现场总线系统的物理结构。

线型结构

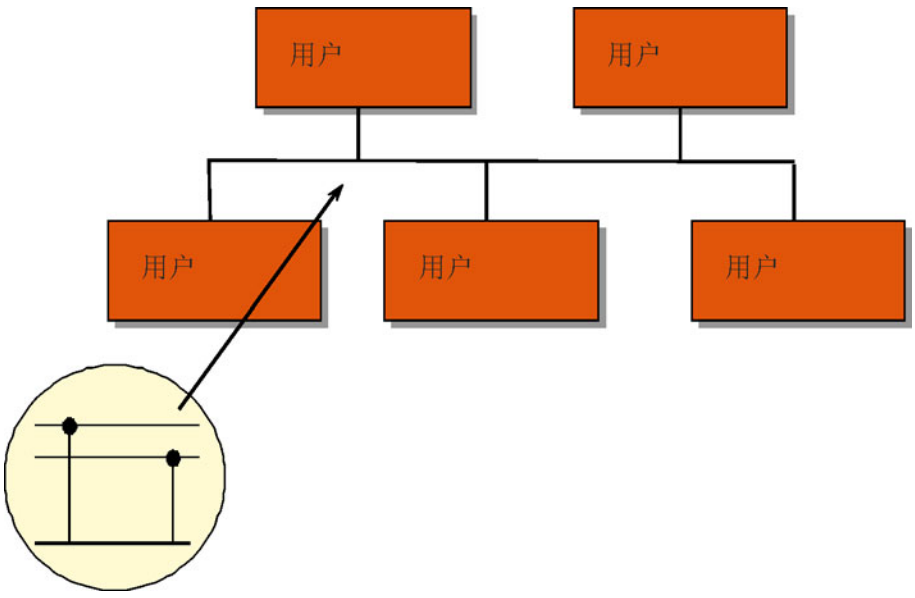


图 17-13：线型结构

- 典型的 PROFIBUS 网络基于线型结构
- 在一根单独的长总线电缆上，总线用户可以连接在任意位置
- 优势：如果一个用户失灵，则可以与其他用户继续通讯

树型结构

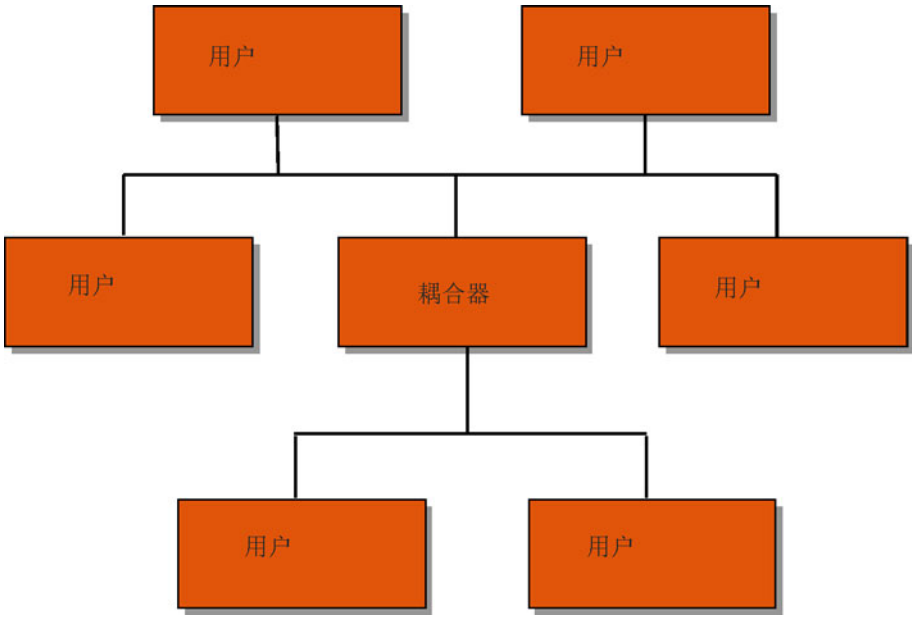


图 17-14: 树形结构

- PROFIBUS 也可以采用树型结构运行。
- 使用该结构通常是为了通过耦合器来运行例如 PROFIBUS DP 与 PROFIBUS PA。
- 耦合器可以插入任意位置。
- 耦合器不是 PROFIBUS 的逻辑用户 （无地址）。
- 可以进一步级联。

总线访问方法

概括来说，总线访问方法说明了如何对现场总线系统中的数据交换进行分级控制。

PROFIBUS 主站 / 从站

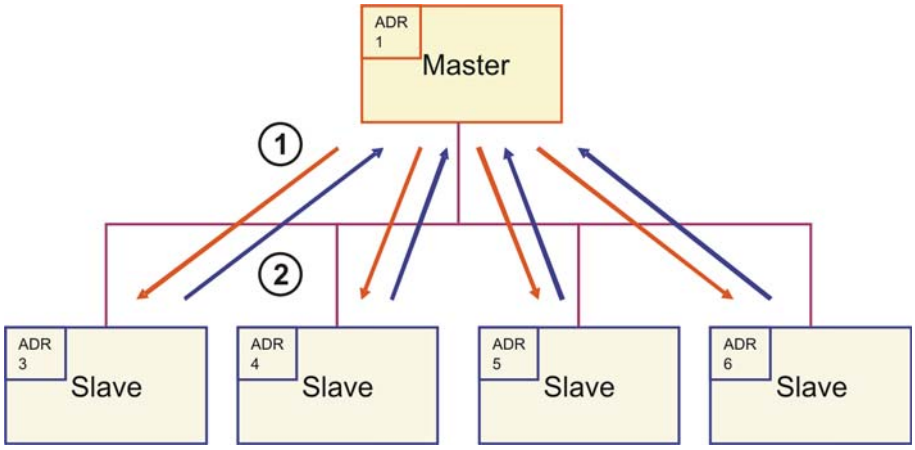


图 17-15: PROFIBUS 主站 - 从站

- 每一个 ROFIBUS 网络都需要一个上级主站 （例如 PLC、KR C4），用于协调与下属从站之间的数据交换。
- 对所有总线用户都会分配一个固定的地址，总线用户通过该地址直接响应。
- 从站之间无法进行通讯。

注意 地址 1 和 2 应预留给主站。

流程：

1. 主站 （示例中的地址 1）在第一个从站 （示例中的地址 3）上写入输出，同时通过 PROFIBUS 报文要求输入。
2. 在下一个周期中，从站在自己的报文中将输入发送至上级主站。

- 每个 PROFIBUS 用户都需要两条 PROFIBUS 报文。
- 针对四个从站用户 （参见示例），因此需要八条 PROFIBUS 报文。

Token Passing （令牌传递）

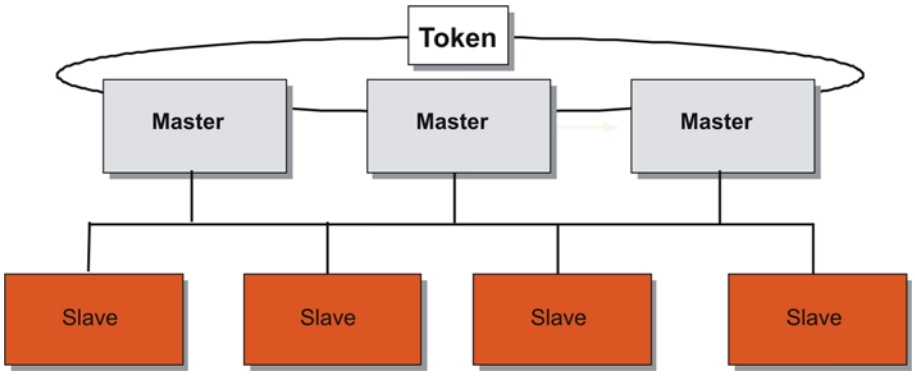


图 17-16: Token Passing （令牌传递）

- 准确来说，令牌传递原理是主从原理或者多主站原理的一种扩展。
- 多个主站分享从站用户。
- 在令牌传递中，由一个主站向紧随其后的主站传递一个标记 （令牌）。
- 拥有令牌的主站可以完全访问所有从站。
- 在设定的时间之后，令牌再次被传递。
- 不同主站组件之间不会进行通讯。

PROFIBUS 报文

- PROFIBUS 有两种不同的报文类型用于数据交换：
  - **数据长度固定**的报文 （**很少**使用）：
    此时协议长度始终相同，与有效数据无关。
  - **数据长度可变**的报文 （**常见**，是 KUKA 采用的类型）：
    此时协议长度根据有效数据量而改变。

数据长度可变的 PROFIBUS 报文

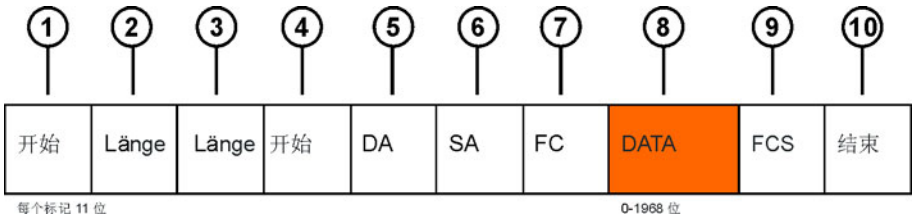


图 17-17: PROFIBUS 报文 - 可变数据长度

序号	名称	功能
1	开始	开始定界符 区分报文类型
2	长度	净数据的长度 （包括 DA、SA、FC）
3	长度	净数据的长度 检查 / 重复 （参见第 3 点）

序号	名称	功能
4	开始	开始定界符 检查 / 重复 （参见第 1 点）
5	DA	目标地址 目标地址 （设备地址）
6	SA	源地址 起始地址 （主站地址）
7	FC	功能码
8	DATA	有效数据： DI/DO AI/AO
9	FCS	帧校验序列
10	结束	结束定界符

报文长度为 2^{11} = 244 Bytes = **一条报文的最大长度**。

17.1.6 PROFIBUS 配置报文

说明

PROFIBUS 主站 （EtherCAT 网关或 CP5614）在启动后必须首先配置所有 PROFIBUS 从站。然后主站和从站之间才能进行数据交换。配置的基础是其中设置了总线物理结构的 WorkVisual 项目。PROFIBUS 从站模块通常由一个简单处理器和一个配置存储器 (RAM) 构成，主站可将相应参数数据保存在配置存储器中。为此 PROFIBUS 使用一个单独的配置报文。

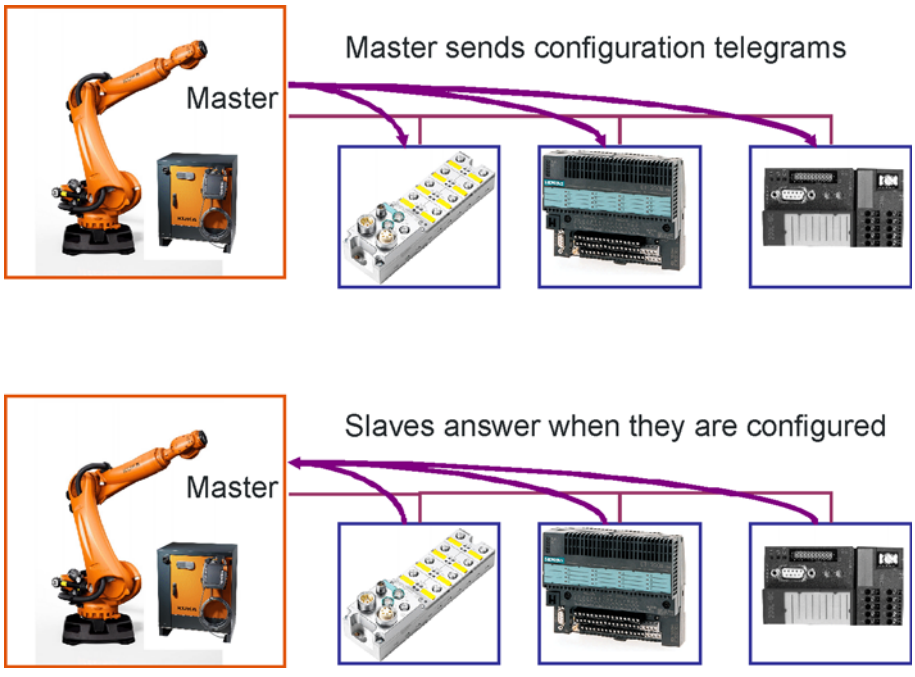


图 17-18: PROFIBUS 配置报文

17.1.7 PROFIBUS 接线

PROFIBUS 网段

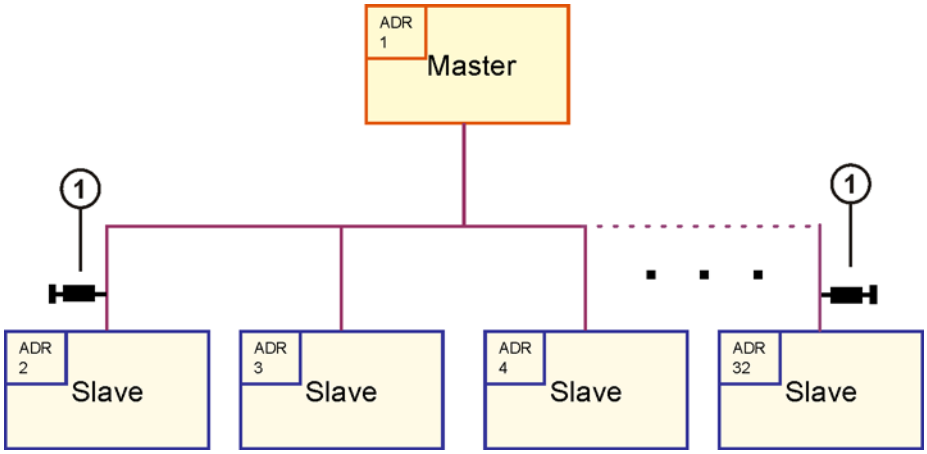


图 17-19: PROFIBUS 网段

注意

- 一个 PROFIBUS 网段中**最多允许 32 个用户**
- **主站组件**本身也是一个**用户**
- 每一网段的总线线路**开端**和**末端**都必须通过一个**总线终端电阻** (1) 来终止

扩展 PROFIBUS 网段

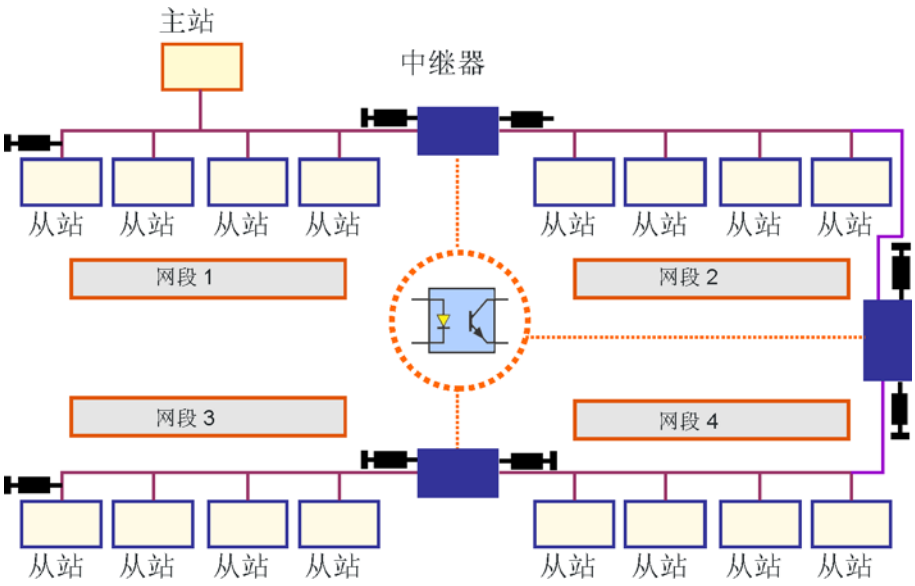


图 17-20: PROFIBUS 网段

- 如果 31 个从站用户不够用，则可以通过中继器扩展 PROFIBUS。
- 利用**三个中继器**可以将**四个**彼此电隔离的**网段**连接。
- 一个中继器通过光电耦合器将 PROFIBUS 报文发送至下一个网段。
- 如果有一个中继器位于某个 PROFIBUS 网段的**开端**或**末端**，则**总线线路**必须被**终止**。
- 中继器可以被置于网段内的任意位置。
- 因此物理上最多可以实现 127 个从站：
  - 4 x 32 个用户 = 128 个用户
  - 128 个用户 - 1 个主站 = 127 个从站
- 但用户的**最大数量**被限定为 **125 个从站**。

图 17-21: SIEMENS RS485 中继器

PROFIBUS 双线电缆

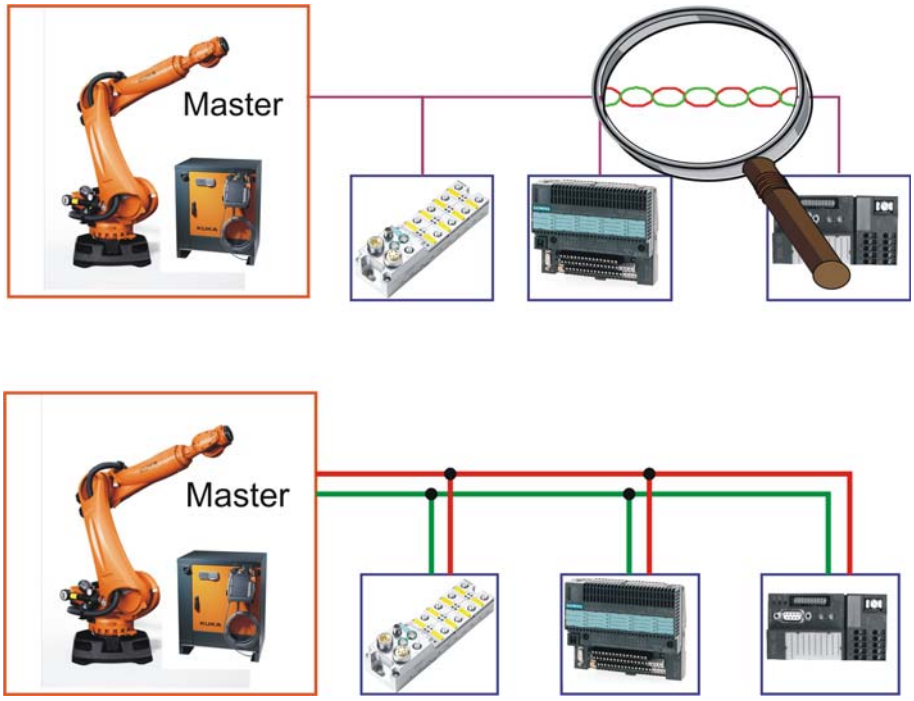


图 17-22: PROFIBUS - 双线电缆

- 连接 PROFIBUS 需要用到两根双绞线。
  - 绿色 = 信号 A
  - 红色 = 信号 B
- 所有 PROFIBUS 用户并行连接在总线上。

布线

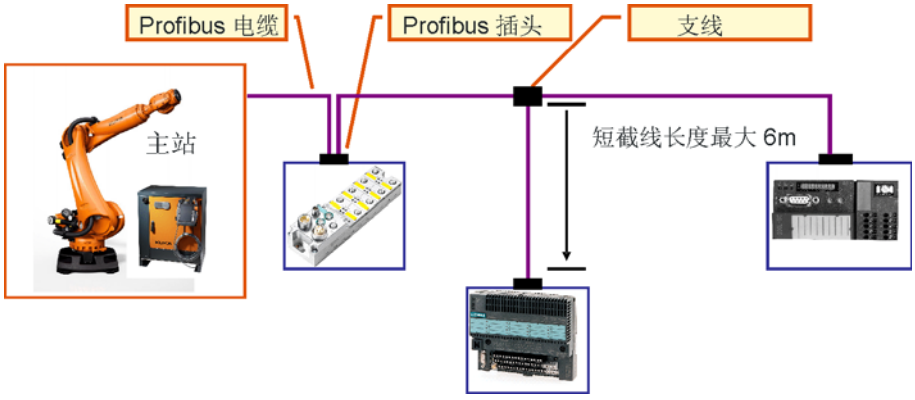


图 17-23: PROFIBUS 布线

- PROFIBUS 电缆从一个用户连接至下一个用户。
- 在很多从站组件上都只有一个 PROFIBUS 接口。
- 此时需要使用插头，用于连接引入和引出的 PROFIBUS 电缆。
- 短截线的长度最长为 6 m!
- 短截线上的用户不需要总线终端。

建议：不使用短截线。

17.1.8 有源总线终端电阻

说明

总线终端电阻用于终止开放的总线电缆末端。借助总线终端电阻可以减少干扰和波反射。需要区分两种不同的总线终端电阻：

- **简单终端电阻**
  用于两根数据线之间的一个简单的绕线电阻。主要应用于 DeviceNET 或 ISDN。
- **有源终端电阻**
  此时对电阻串联额外供电。PROFIBUS 使用的就是这种规格。

有源总线终端电阻规格

示例：西门子公司的 PROFIBUS 插头

有源总线终端电阻直接连接在 PROFIBUS 插头上。

图 17-24: 总线终端电阻

外部总线终端电阻

- 在较早的 PROFIBUS 模块上，总线末端的 PROFIBUS 输出端上可能必须通过一个旋接的终结器来终止。
- 现代化的 PROFIBUS 模块，例如 ET200R，可以自动识别总线是否继续或者必须终止。终端电阻的设置通过电子系统自动完成。

图 17-25: 外部总线终端电阻

有源总线终端电阻的接线

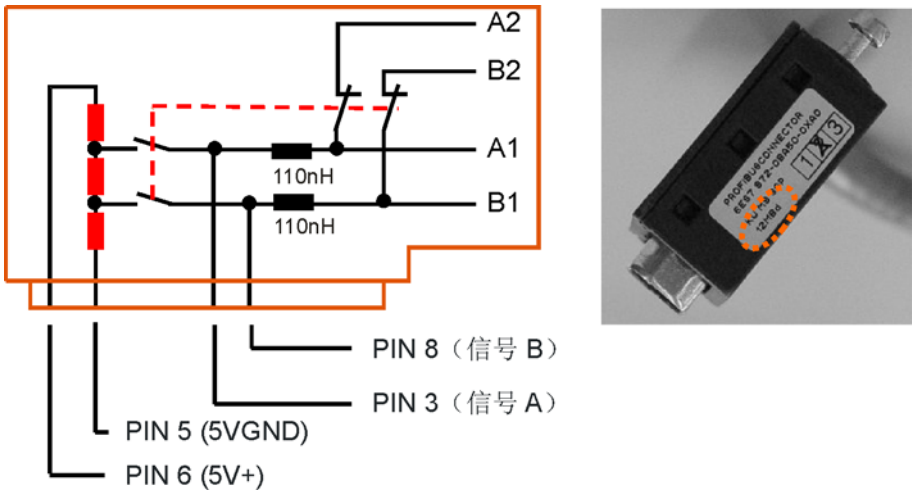


图 17-26: SIEMENS 插头总线终端电阻

- 为了使总线终端发挥作用，必须给终端电阻供电。
- 电压由 PROFIBUS 用户提供
- PROFIBUS 标准要求每一个用户都必须为总线终端供电。
- 总线终端需要 5VDC 电压。
- 当传输速率大于 1.5 Mbit/s 时必须确保 PROFIBUS 插头允许用于 12 MBd。为此额外地在插头中安装了抑制扼流圈，每个 110 nH。

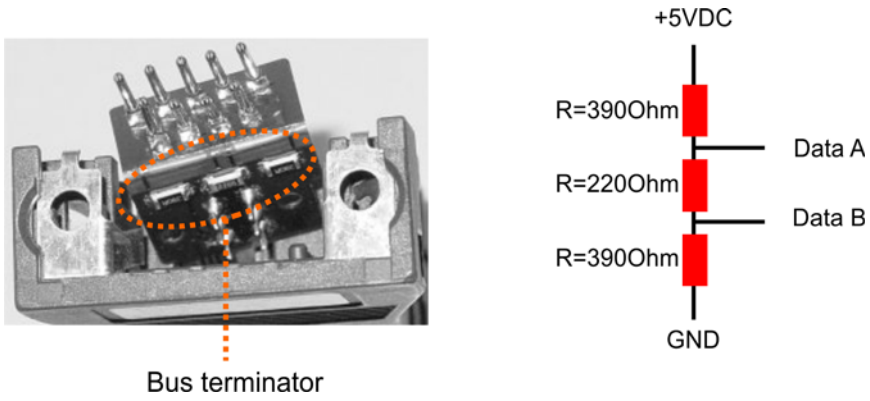


图 17-27

规划 PROFIBUS 接线

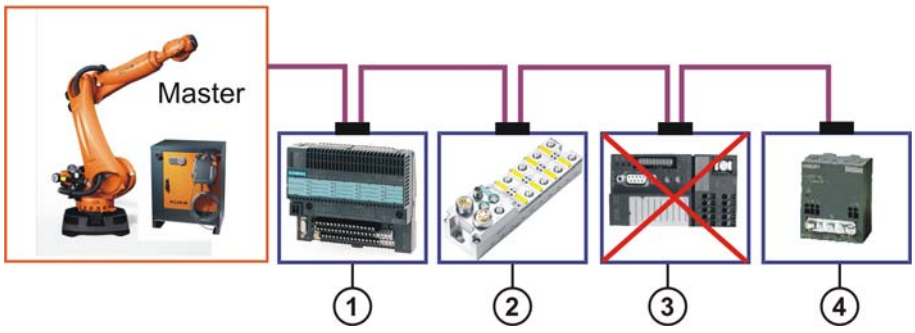


图 17-28: PROFIBUS 总线终端模块

示例情况

生产期间可能出现模块失灵的情况。原因可能是例如维护或者紧急停止，因此导致相应 PROFIBUS 从站 (3) 的供电消失。如果受影响的模块位于 PROFIBUS 网络的末端，则意味着没有设置有源终端电阻。结果就是整个总线失灵。

对策

为了避免整个 PROFIBUS 失灵，建议采取下列措施：

- 使用一个总线终端模块 (4) 作为最后一个 PROFIBUS 设备。该总线终端模块需要一个单独的 24 V 电源并起到有源总线终端电阻的作用。
- 如果所涉及的模块是一个可耦合模块 (3)（例如用于刀具更换），则在其之前 (2) 应选择一个能够独立设置总线终端电阻的模块类型。其他的从站 (1) 可以设计为简单模块。

17.1.9 PROFIBUS 主要数据

主要数据

- 一个 **PROFIBUS 主站**可以管理 **125 个从站**。
- 每个**网段**最多可以连接 **32 个用户**。
- 一条 **PROFIBUS 报文**的最大长度为 **244 字节**（每个从站两条报文：输入及输出）
- 传输速率可在 **9.6 kBit/s** 至 **12 MBit/s** 之间分级选择。
- 每一个用户都有自己唯一的 PROFIBUS 地址。因此，网络内可以任意布置。

传输速率与网段长度的关系

- 网段长度取决于传输速率。
  - 传输速率低 » 长段
  - 传输速率高 » 短段
- 默认值为 1.5 MBit/s
- 使用多总线电缆时，传输速率不得超过 1.5 MBit/s。
- 使用中继器时，可以增加 PROFIBUS 网络的电缆长度。

0.0096	0.0192	0.0937	0.1875	0.5	MBit/s
1200	1200	1200	1000	400	m

1.5	3.0	6.0	12	MBit/s
200	100	100	100	m

总线循环时间

- 控制器以插补节拍为周期读入**输入端**。
- 控制器立刻写入**输出端**。

示例：

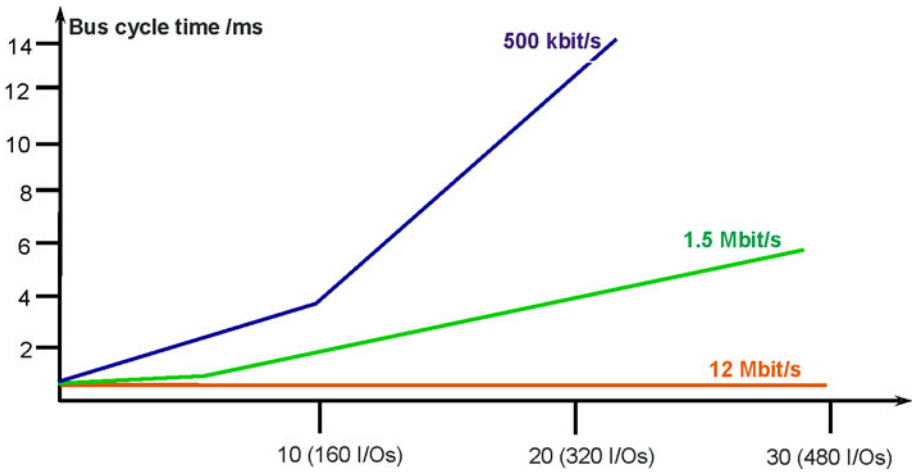


图 17-29: 总线循环时间

- 每个**从站**有 **2 字节输入数据**和 **2 字节输出数据**。
- 主站需要查询的**从站数量越多**，所需**报文越多**。
- 上述图像中控制器的插补节拍应该重点观察。

17.1.10 问题：了解 PROFIBUS

您在学习了前面一节后已经认识了现场总线系统 PROFIBUS。您现在应该能够回答下面的问题：

1. KR C4 支持哪些 PROFIBUS 协议？

. . . . . .

. . . . . .

2. 模块化 PROFIBUS 从站用户的结构是什么样的？

. . . . . .

. . . . . .

3. PROFIBUS 使用哪些传输介质？

. . . . . .

. . . . . .

4. PROFIBUS 根据什么总线访问方法工作？

. . . . . .

. . . . . .

5. 必须在 PROFIBUS 的何处设置终端电阻？

. . . . . .

. . . . . .

6. PROFIBUS 可以管理多少个从站用户？

. . . . . .

. . . . . .

7. 使用 PROFIBUS 可以实现哪些传输速率？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

17.2 将设备说明文件接入 WorkVisual

17.2.1 概览

本学习单元讲授以下内容：

- 什么是 GSD 文件？
- 将 GSD 文件导入 WorkVisual

17.2.2 将 GSD 设备说明文件导入 WorkVisual

说明

- 为在 KUKA WorkVisual 项目内对各种不同的 PROFIBUS 现场总线模块进行项目设置，必须从制造商处取得相应的 GSD *设备说明文件*。
- 不仅总线耦联模块，而且每个总线端子都需要设备说明文件。
- 有了这些 GSD 文件才能确保以后通讯畅通无阻。

GSD 来源

- 许多著名制造商通过门户网站展示自己。
- 通过这些门户网站可以轻松获得 GSD 文件。
  此类文件通常以组件包（.zip）的形式提供。
- 出于成本的考虑，时下越来越少借助于数据载体来提供文件。
- 下面以制造商 WAGO 的网页为例。

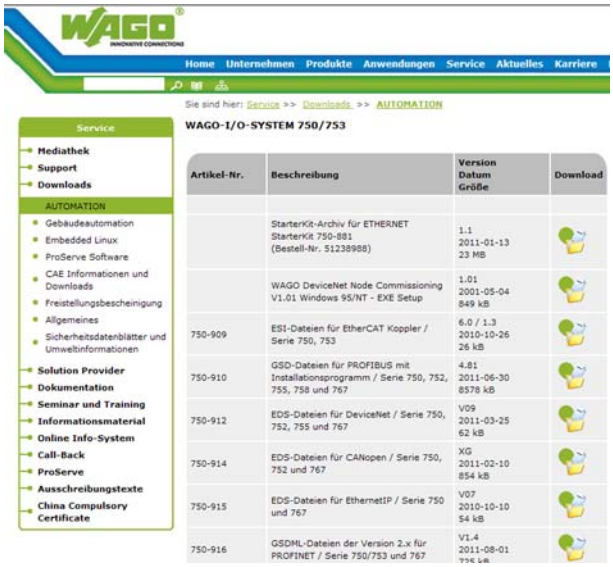


图 17-30: WAGO 门户网站 （示例）

操作步骤

> 仅当**未**选定项目时，才能在 WorkVisual 中安装一个新的 GSD 驱动程序文件。

1. 打开 WorkVisual
2. 菜单顺序：**文件 > 导入 / 导出**
3. 在选择窗口中：点击**设备说明文件**并用**继续**确认。

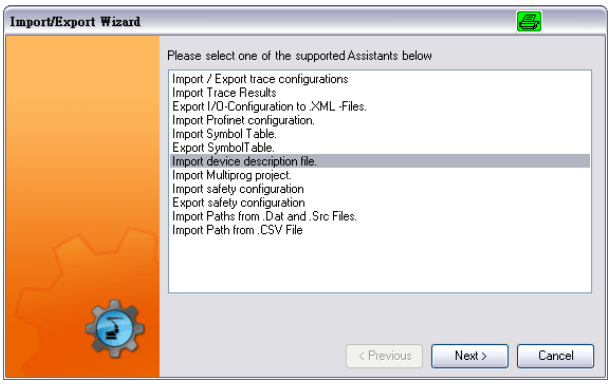


图 17-31: 导入 / 导出向导

4. 通过搜索功能指定 GSD 来源的安装路径：

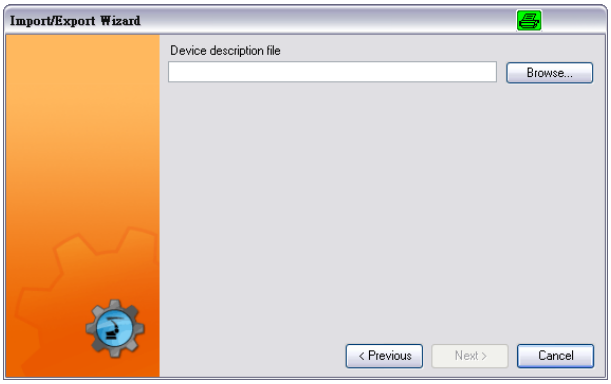


图 17-32: 导入 / 导出向导

5. 在选择窗口中选中要安装的 GSD 文件并用**继续**确认。

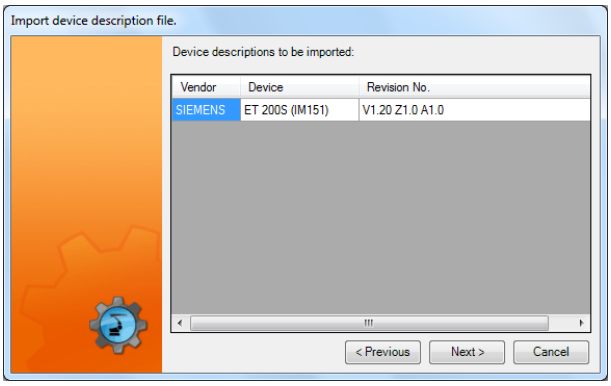


图 17-33: 导入 / 导出向导

这儿可能出现有多个固件状态或版本状态可供使用的情形。通常在此处可以毫无问题地选择所有 GSD 文件。然后，它们被汇总在一个驱动程序库中。

6. 在随后出现的窗口中用 **OK** 键确认完成安装。

检查安装是否正确

WorkVisual 硬件驱动程序汇总在一个 DTM 目录中。除了刚刚介绍过的 GSD 文件外，还包括用于 KR C4 系统部件 （如 KSD 模块和 SIB 板）的驱动程序文件。

操作步骤

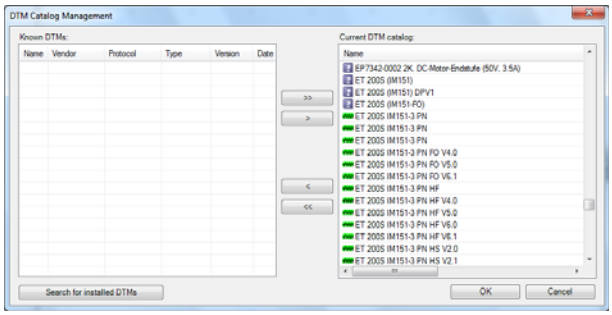


图 17-34: DTM 编目管理

- 菜单顺序：**工具 > DTM 目录管理**
- 表格式的 DTM 目录管理窗口随即打开
- 说明：

  在**左栏**中列出所有**未激活的 （已知）驱动程序**，这些驱动程序尚未安装，但在 WorkVisual 中已是已知的。在**右栏**中列出了所有**已激活的 （当前）驱动程序**。只能用**激活的驱动程序**，才可以以后在 WorkVisual 项目中**进行工作**。通过箭头键将选择的驱动程序分别移动到未激活的或者已激活的一面。在我们的示例中已安装的 GSD 驱动程序用于 SIEMENS ET 200S 产品系列并已经被录入激活的 DTM 目录中。

■对于 EtherCat 耦合器以及 EtherCat 网关同样需要设备说明文件。
■这些文件可以通过制造商 BECKHOFF 获取。

- 所使用的文件格式为 .esi

17.2.3 练习：安装 GSD 驱动程序

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- 将 GSD 驱动程序载入 WorkVisual
- 在 DTM 目录中将驱动程序设置为有效和无效

练习内容

- 将适合您的 PROFIBUS 模块的 GSD 文件下载到一个 U 盘上。
- 将其安装至 WorkVisual 中。
- 在 DTM 目录中检查或者激活该驱动程序。

问题：

现在您应能回答以下问题：

1. 什么是 GSD 文件？

. . . . . .

. . . . . .

2. WorkVisual DTM 目录包含什么内容？

. . . . . .

. . . . . .

17.3 将 KR C4 配置为 PROFIBUS 主设备

17.3.1 概览

本学习单元讲授以下内容：

- 关于将 KR C4 配置为 PROFIBUS 主站的说明
- 将 KR C4 配置为 PROFIBUS 主站
- 逻辑连接数字输入和输出端
- 逻辑连接模拟输入和输出端
- 存储长文本
- 打印 PROFIBUS 输入 / 输出接线
- 输入 / 输出端的接线方法

17.3.2 一般说明

17.3.2.1 KR C4 PROFIBUS 接口

连接途径

一般情况下，可借助于 KR C4 通过两条途径接入 PROFIBUS：

- 通过 **CCU** 上的接口 **X44** （KUKA 扩展总线）连接。
  需要附加的 **EtherCat - PROFIBUS 网关** （转换器）。
- 通过一张 PCI 插卡**西门子 CP5614** （主站和从站）。

通过 CCU 上的扩展总线连接

BECKHOFF EtherCat 网关用作 EtherCat 和 PROFIBUS 这两个现场总线协议之间的转换器。PROFIBUS 输入和输出端被读出并写入 EtherCat 的总数据帧中，或反之。这种 “ 转换 ” 实时进行，不会出现明显的延时。EtherCat 总线耦合器通过 X44 连到 CCU 上。

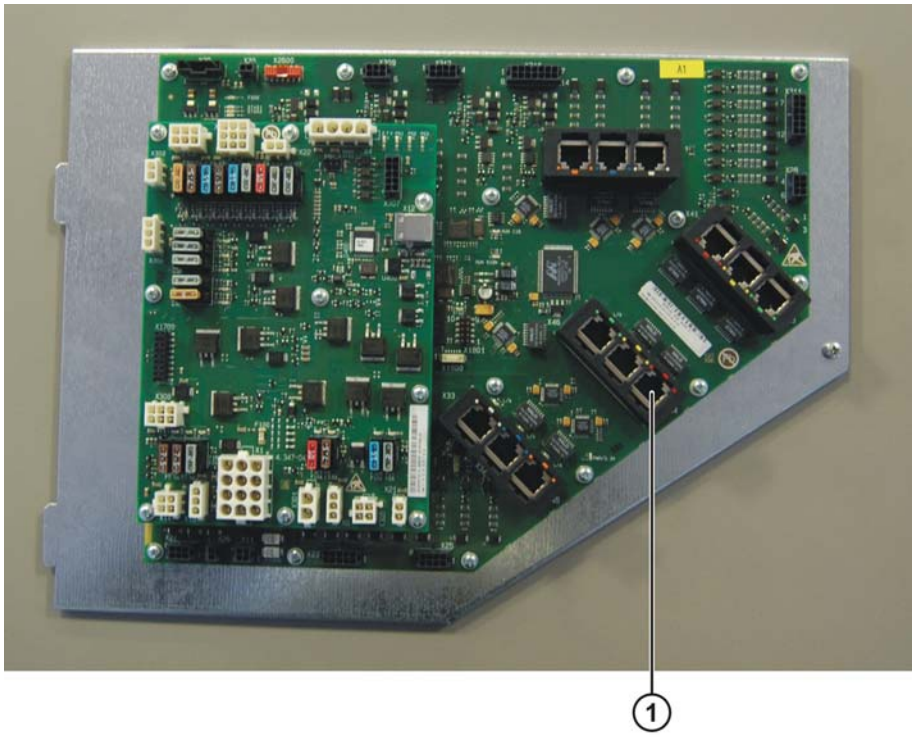


图 17-35：CCU 上的扩展总线接口

序号	接口	功能
1	X44	EtherCat 主站

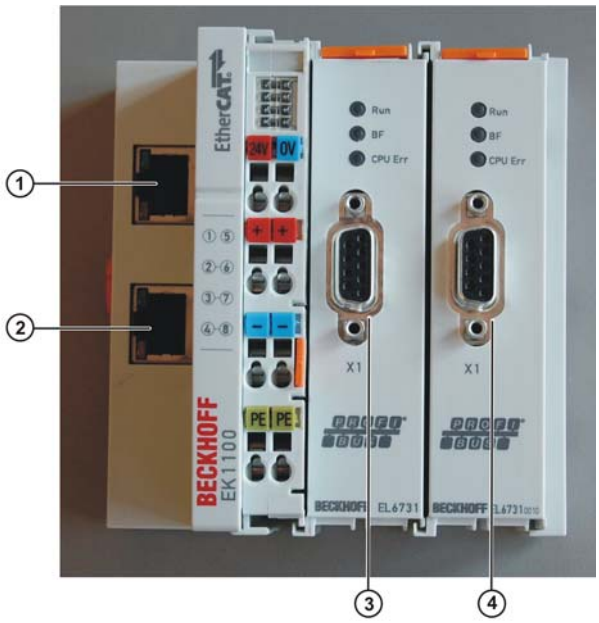


图 17-36: BECKHOFF EtherCat/PROFIBUS 网关

序号	模块	接口	说明
1	EK1100 总线耦合器	X1 IN	EtherCat 接口 1 总线进线电缆
2	EK1100 总线耦合器	X2 OUT	EtherCat 接口 2 总线出线电缆
3	EL6731 PROFIBUS 主站	X1	用于连接从属设备的接口
4	EL6731-0010 PROFIBUS 从站	X1	用于连接上级 PLC 的接口

通过西门子 CP5614 A2 连接

西门子 PROFIBUS **CP5614 A2** 是一张用于 PC 的 PCI 卡。它已用于前一代 KR C2 控制柜。原有的卡可继续使用。可能须对固件进行适配。但设计新项目时应使用适合未来发展的 EtherCat 网关。

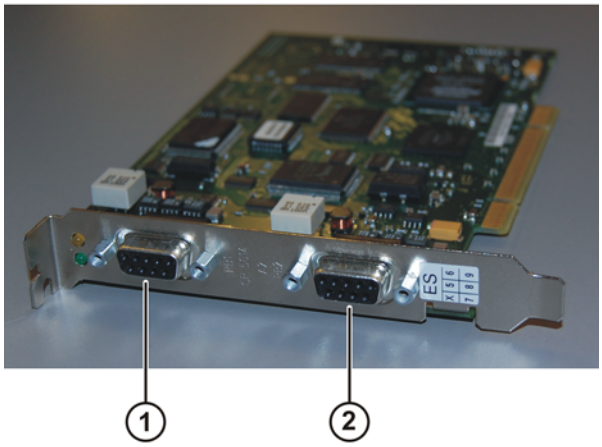


图 17-37: 西门子 PROFIBUS CP5614 A2

序号	接口	功能
1	CP5613	PROFIBUS 主站接口（用于连接从属设备）
2	CP5614	PROFIBUS 从站接口（用于连接上级 PLC）

17.3.2.2 控制器配置说明

配置基础

PROFIBUS 的**物理结构**及其所属的**逻辑定址**必须通过 WorkVisual 进行项目设置。 随后将项目化设置结果传送给相关的控制系统 （控制器）。 只有这样才能通过 PROFIBUS 进行通讯。

逻辑定址

为确保明确的定址及识别，对于每个 PROFIBUS 用户均须分别设立和公布单独的参数。

- **设备地址**

  在 PROFIBUS 的网络范围内，设备地址仅允许分配一次。 通过该地址可在数据交换时明确地联络相应的模块。
- **传输率**

  在整个 PROFIBUS 网络中传输率必须相同。 速度通过将波特率通过配置帧传给下属从站 (Slaves) 的 PROFIBUS 主站 (Master) 设置。

17.3.3 将 KR C4 配置为 PROFIBUS 主站 (EtherCAT)

17.3.3.1 现场总线系统 EtherCAT

EtherCAT 说明

- EtherCAT 是 EtherCAT Technology Group 公司一种以以太网为基础的开放式现场总线系统。
- 该公司的著名代理人是 Beckhoff 公司。
- 除应用于传统的现场总线耦联以外，EtherCAT 还可应用于时间起决定作用的情况或场合。
- 它可提供新型的、实时的功能原理。

图 17-38: EtherCAT 图标

EtherCAT 工作原理

- EtherCAT 使用以太网网络线路作为传输介质。
- 不过在这里，传输数据包所采用的是一种新的传输方法。
- **EtherNet 协议 (TCP/IP)**
  - 在传统的以太网协议 （TCP/IP）中，总线用户需先接收数据包，然后对其解释并最后转传过程数据。
- **EtherCat**
  - 与此相反，EtherCAT 电报则先后传达到所有的 EtherCAT 从设备。
  - 这些设备从当前协议中提取为其规定的输入数据，且同时写入适用于主机的输出数据。
  - 电报实时无障碍地发送给各个用户。
  - 电报在发送时只会延迟几个纳秒。

    这种微小的偏差出现在对分布式时钟进行精密同步时。
  - 这里有主时钟和副时钟之分，其中主时钟总是装设在一个从设备里，
  - 因此主机无需配备某些特殊硬件。
  - 这时从时钟通过 EtherCAT 协议进行运行时间补偿性的后补调节。
  - 通过将有效载荷数据份额提高到超过 90 %，可在一个 100 BASE-TX 中取得将近 200Mbit/s 的实际比特率。
  - EtherCAT 是可调节的，因此还可移植到千兆节以太网里。

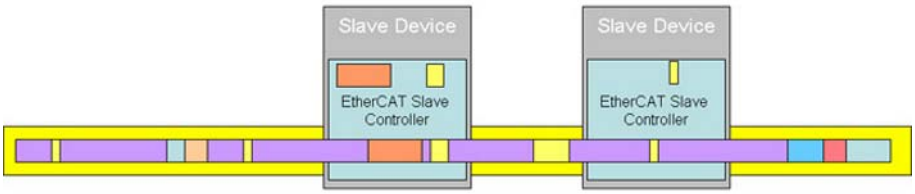


图 17-39: EtherCat 电报

主要数据

- 可以为 EtherCAT 使用已存在的以太网拓扑，例如：IT 网络。
- 在这里可选用线形、树形、环形或星形结构。
- 通过采用现有的网络构造法，无需再使用额外的转换器。
- 凭借通用协议，纯粹的 EtherCAT 运营**无需**使用转换器。

特性

功能特性	更新
256 个分配式数字输入 / 输出端	11 µs
1000 个分配式输入 / 输出端	30 µs
200 个模拟式输入 / 输出端	20 Khz 时 50 µs
1 条主站网关现场总线 （1486 字节输入端和 1480 字节输出端）	150 µs

EtherCat 设备

- 为了在需要时连接 KR C4 里的数字化输入/输出端，另外还提供 BECKHOFF 公司的 EtherCAT 模块。
- 这种接口板卡具有模块化结构，并由一个总线耦合器模块、一个输入盘和一个输出盘构成。
- 总线耦合器模块里设有可连接 EtherCAT 的逻辑电路。
- 信号线路可通过输入 / 输出盘和端子板直接接线。
- 总线耦合器模块 EK1100 通过系统总线与控制柜 （ CCU） 的 X44 端口连接。
- 如果控制柜与相应模块一同订购，则与 KR C4 一同供货的初始项目已包含在完成的标准配置中。
- 这可通过库卡配置界面 “Work Visual” 进行扩展。

KUKA 型号

- 总线耦合器 EK1100
- 输入 / 输出模块组合
  - 16 DI / 16 DO
  - 16 DI / 16DO / 4 DO
  - 32 DI / 32 DO

支持的模块

- 仅支持 BECKHOFF 模块，
- 原则上 （有例外）来自以下系列：
  - EL/EP/ES 1xxx - EL/EP/ES 5xxx
  - EL/EP/ES 9xxx

图 17-40: 总线耦合器 EK1100

- **耦合器 EK1100** 用于连接 EtherCAT 接线端与总线电缆
- 每个工位拥有**一个**总线耦合器
- 及任意数量的数字式或模拟式输入 / 输出端

图 17-41: EL1809 - 16 个数字输入端

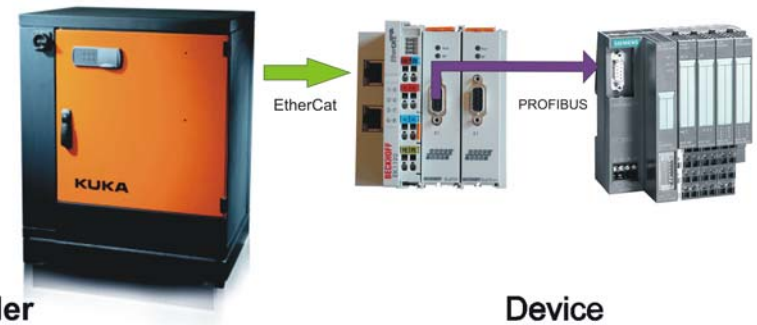
- **数字输入端 EL1809**
- 可采集 16 个数字输入端的信号
- 将这些信号以电位隔离式传送给总线耦合器
- 借助发光二极管指示信号状态

图 17-42: EL2809 16 个数字输出端

- **数字输出端 EL2809**
- 可映射 16 个数字输出信道
- 输出端以电位隔离式连接
- 借助发光二极管指示信号状态

17.3.3.2 描述

本节说明如何通过 **EtherCat 网关**将 KR C4 控制柜配置为 **PROFIBUS 主站**。



Controller

Analog Inputs	Analog Outputs	Offset	Digital Inputs	Digital Outputs
1.	1.	0	1	1
2.	2.		2	2
3.	3.		3	3
4.	4.		4	4
5.	5.		5	5
6.	6.		6	6
7.	7.		7	7
8.	8.		8	8
9.	9.	1	9	9
10.	10.		10	10
11.	11.		11	11
12.	12.		12	12
13.	13.		13	13
14.	14.		14	14
15.	15.		15	15
16.	16.		16	16
17.	17.	2	17	17
...	...		...	...
32.	32.		4096	4096

Device

Offset	Digital Inputs	Digital Outputs
0	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
	6	6
	7	7
	8	8
1	9	9
	10	10
	11	11
	12	12
	13	13
	14	14
	15	15
	16	16
2	17	17
	...	...

图 17-43: PROFIBUS/EtherCat 网关

计量单位

- 通过现场总线传输**数字**或**模拟信号**。
- 模拟数据在传输前必须被**数字化**。
- 在传感器层面上，各个模拟总线端子转换并通过总线设备耦合器传输。
- 在数字输入 / 输出端上，传输时的**最小计量单位**为 1 **位**。

计量单位	计算	示例
1 位	---	$IN[1]
（1 个半字节）	4 x 1 位	$IN[1] … $IN[4]$IN
1 Byte （字节）	8 x 1 位	$IN[1] … $IN[8]$IN
1 个 Wort （字）	2 x 1 字节	$IN[1] … $IN[16]$IN
1 个双字	2 x 1 Wort	$IN[1] … $IN[32]$IN

功能说明

- PROFIBUS 网络主站 （控制器）是协调和控制下属从站的设备。
- 只有它才允许在 PROFIBUS 网络内与连接的从站通讯。
- 这意味着，输出通过主站传输给目标设备 （从站），或者从站在主站要求后才发送回其输入。
- 从站之间无法进行通讯。
- 主站的任务还包括通过配置帧设置从站参数。
- 在这种情况下，EtherCat 网关用作主站，而其本身又必须作为 EtherCat 从站通过 CCU 的 EtherCat 主站 (X44) 来配置。

网关解决方案
EK1100 所需的设备
说明文件

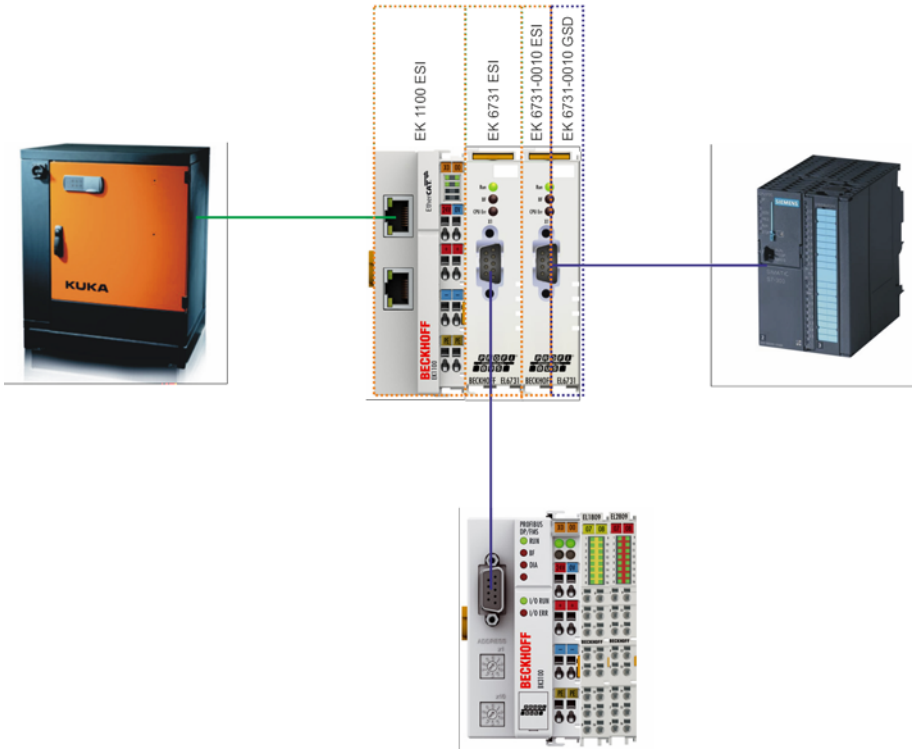


图 17-44: 网关解决方案 EK1100 所需的设备说明文件

模块	型号	总线系统
ÊK1100	ESI	EtherCAT
EL6731	ESI	EtherCAT
EL6731-0010	ESI	EtherCAT
EL6731-0010	GSD	PROFIBUS

- PROFIBUS 从站网关 EL6731-0010 有一个特殊的地位。
- 其一方面作为 PLC 下属的 PROFIBUS 从站模块，必须能够配置和响应。为此需要一个 GSD 文件用于 PROFIBUS 部分。
- 另一方面，其作为现场总线网关通过 EK1100 现场总线耦合器连接。为此需要一个 ESI 文件用于 EtherCAT 部分。

17.3.3.3 物理配置

第一步

在现有的总线项目中扩加**扩展总线** （通过 CCU X44 的 EtherCat 主站）。

1. 打开或者载入您的应反映 EtherCat 控制器的 KR C4 项目。
2. **激活项目**

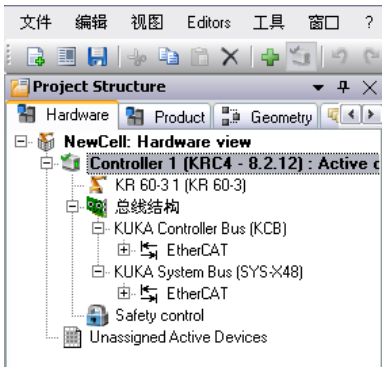


图 17-45: 项目结构

- 用鼠标选中**需要激活的控制器**并通过**双击**确认您的选择。
  或者：用鼠标右键点击**需要激活的控制器**。在出现的子菜单中选择菜单项**设为激活的控制器**。
- 所有已进行了项目设置的内部 **KR C4 总线系统**（EtherCat）现在被分别显示出来。

3. **在现有总线结构中扩加 KUKA 扩展总线 (SYS-X44)**

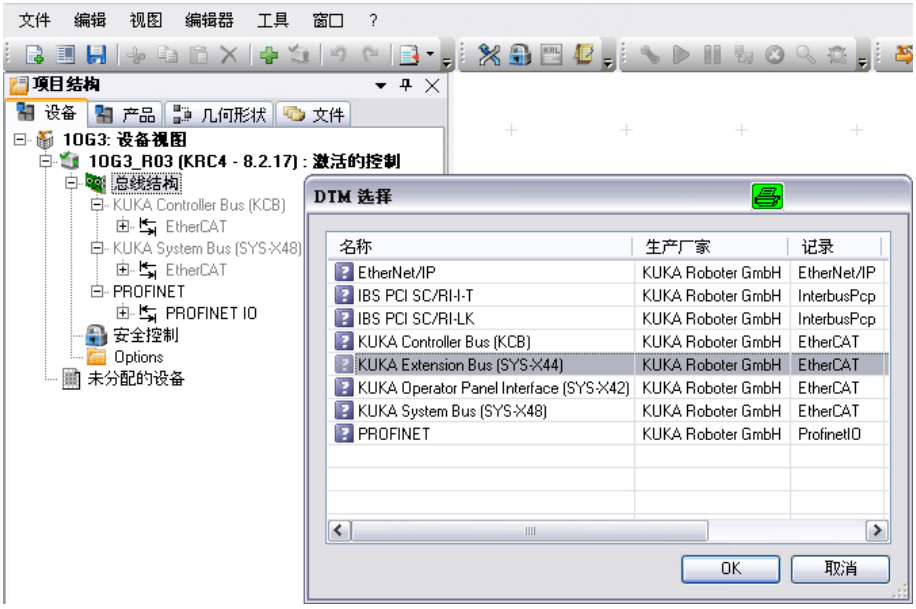


图 17-46: DTM 选择

- 用鼠标右键点击**总线结构**并选择**添加**。
- 在出现的 **DTM** 选择窗口中选择 **KUKA 扩展总线 (SYS-X44)** 并用 **OK** 键确认。
- 在项目结构中遂出现 **KUKA 扩展总线 (SYS-X44)** 的新条目。

第二步

在激活的扩展总线（EtherCat 主站）上设定第一个逻辑 EtherCat 从站用户。KUKA 机器人有限公司在此采用倍福（BECKHOFF）公司的解决方案，包含以下组成部分：

- 总线耦合器 **BECKHOFF EK1100**
- PROFIBUS **主站**网关 **BECKHOFF EL 6731**
- PROFIBUS **从站**网关 **BECKHOFF EL 6731 0010**

EtherCat 现场总线扩装其他输入和输出盘或现场总线设备并不影响接入的 PROFIBUS 现场总线的功能。

操作步骤

1. **接入 EtherCAT 耦合器**

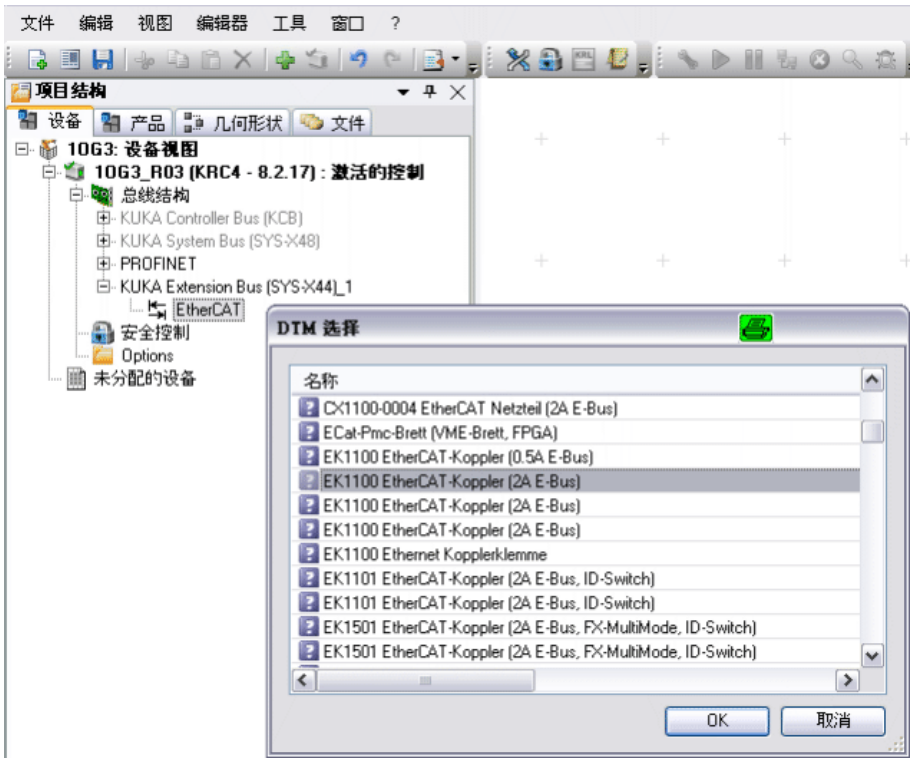


图 17-47: EtherCat 耦合器

- 用鼠标右键在项目结构中点击 **EtherCAT** 并选择**添加**。
- 在出现的 **DTM** 选择窗口中选择相应的**总线耦合器** （此处为：EK1100 EtherCAT 耦合器 (2A E-Bus)），然后用 **OK** 键确认。

注意 注意选择正确的订货号以及固件版本。错误的选择会导致总线运行错误。

2. **接入 PROFIBUS 主站插接模块**

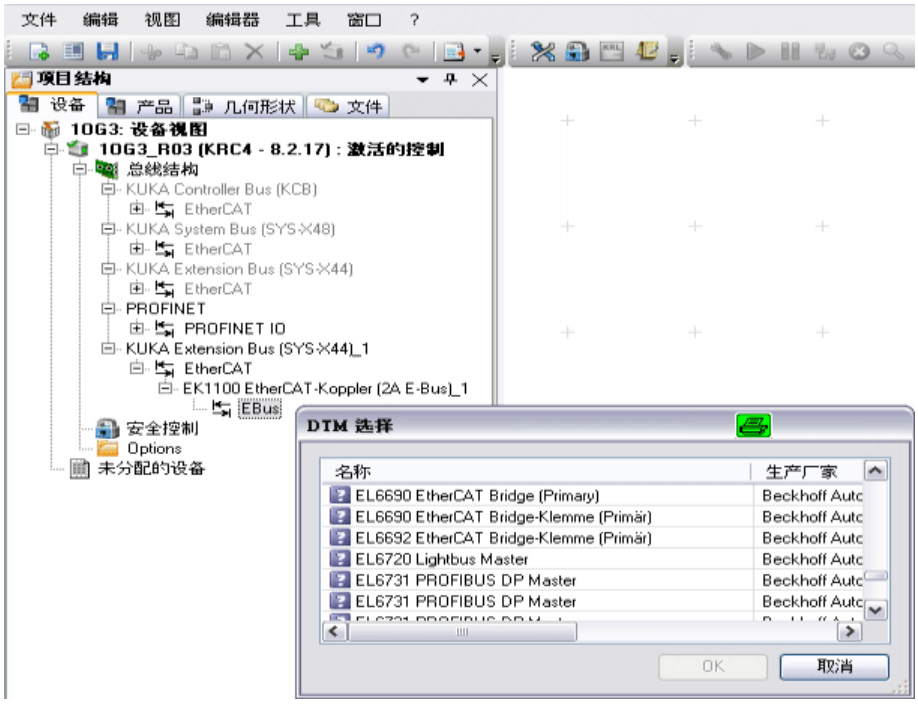


图 17-48: 选择 DTM - PROFIBUS 主站

- 用鼠标右键在项目结构中点击 **EBus** 并选择**添加**。

- 在出现的 **DTM** 选择窗口中选择相应的 **PROFIBUS 主站网关**（此处为：EL6731 PROFIBUS 主站），然后用 **OK** 键确认。

3. 在项目结构中通过双击打开已添加的 **EL6731 PPROFIBUS DP 主站**并打开网关设置 (1) 选项卡。

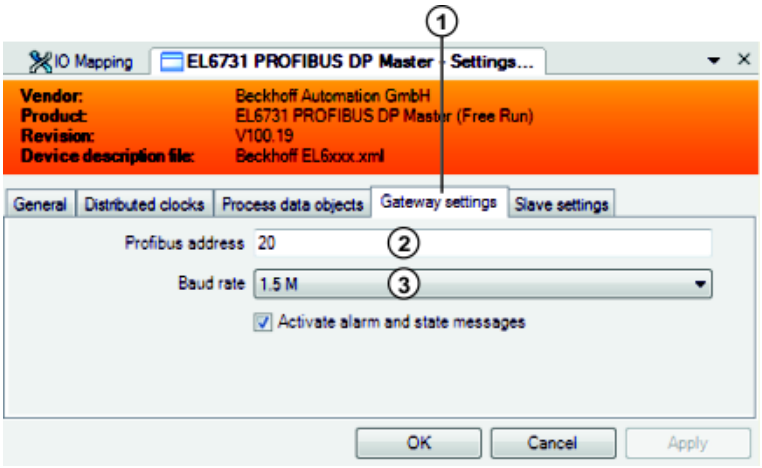


图 17-49: EL6731 网关设置

下列参数必须调整：

- **Profibus 地址** (2)
  该地址用于网关并且不允许用于其他 PROFIBUS 用户。
- **波特率** (3)
  (>>> ″传输速率与网段长度的关系″ 页码 396)
  传输速率为 9.6kBit/s - 12 MBit/s
  默认值 = 1.5 MBit/s
- **激活警报状态和模块状态的提示信息**
  将会输出从站故障信息（例如插槽 1 短路等）» 有助于故障查找。
  - **激活**
    有关警报状态和模块状态的信息将显示在 KUKA smartHMI 上。
  - **未激活**
    不显示有关警报状态和模块状态的信息。

第三步

由此即完成了从 CCU (X44) 到 PROFIBUS 主站网关（通过 EtherCAT）的实体结构。下一步必须通过 PROFIBUS 主站网关配置连接的 PROFIBUS 从站。

操作步骤

1. **接入第一个 PROFIBUS 从站总线耦合器**
   以 SIEMENS ET 200S (IM 151) 为例

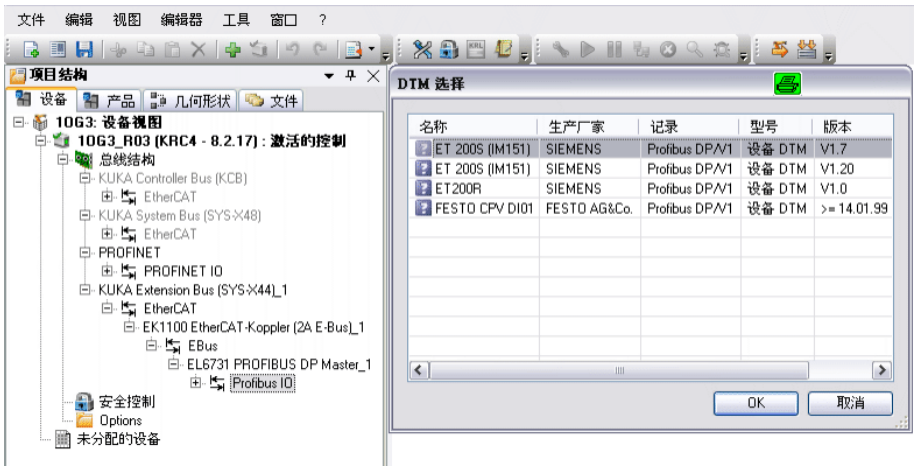


图 17-50: PROFIBUS 总线耦合器 ET 200S

- 用鼠标右键在项目结构中点击 **PROFIBUS IO** 并选择**添加**。
- 在出现的 **DTM** 选择窗口中选择相应的 **PROFIBUS 耦合器** （此处为：ET200S (IM151)），然后用 **OK** 键确认。
- 对所有 PROFIBUS 设备重复这几步。

对 PROFIBUS 设备的模块名可作相应调整。为此，在项目结构中点击相应的设备。用鼠标右键调出**改名**功能。输入所需名称并用 **Enter**（回车）键确认。该名称也被用于诊断监视器 (HMI) 中的显示。

2. **PROFIBUS 设备配置**

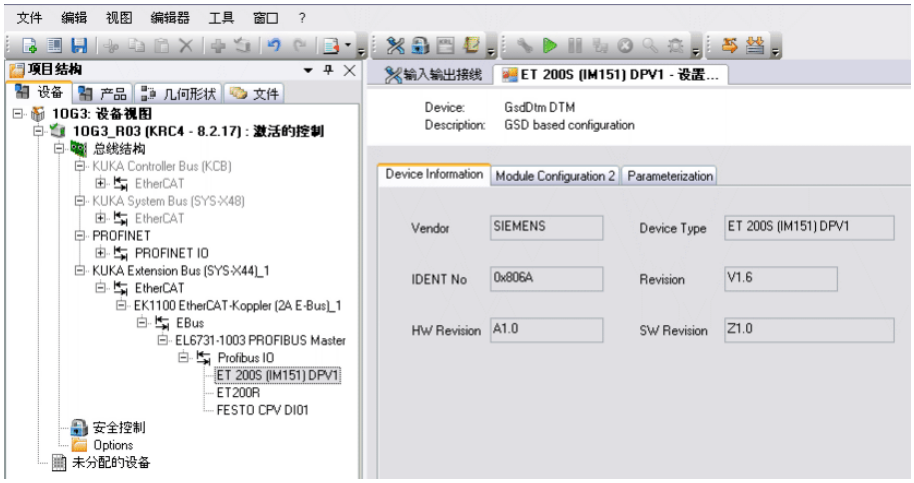


图 17-51: PROFIBUS 设备配置

- 用鼠标右键在项目结构中点击待设定的总线耦合器模块并选择**设定**。或者：双击总线耦合器模块。
- 在主窗口中有以下选项卡可用：
  - 设备信息
  - 模块配置
  - 参数设定
- 选项卡**设备信息**包括有关总线耦合器的详细信息，不可更改。
- 通过选项卡 “ 模块配置 ” 将相应总线耦合器的输入、输出盘实体组合在一起。

3. **输入、输出盘配置**

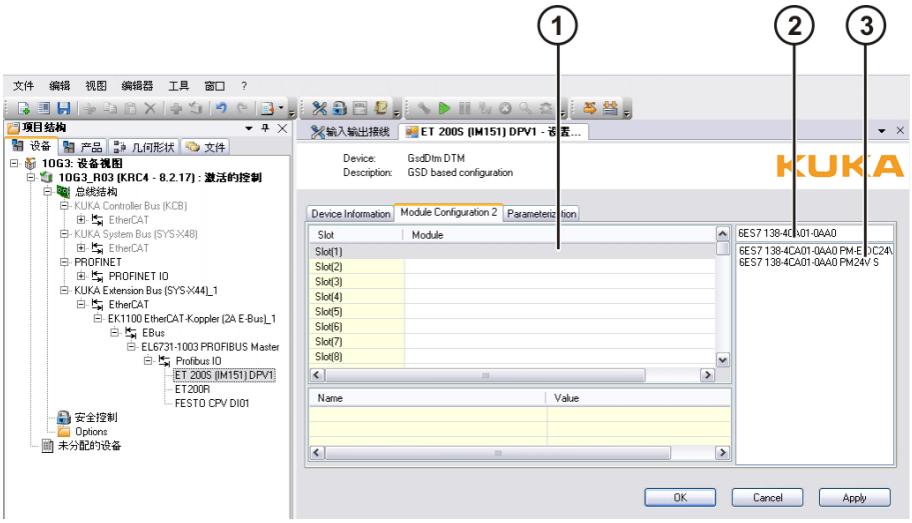


图 17-52：输入、输出盘

序号	栏位	说明
1	插槽	在此必须虚拟反映出插槽的物理（实体）配置。必须保持插槽的顺序。此外，对西门子模块而言，还必要一同配置电源模块。
2	搜寻窗口	通过搜寻窗口可根据订货号搜寻模块。模块数据库根据查找内容缩减选择范围。
3	模块数据库	包括相应总线耦合器模块所有可能的输入、输出盘。（图示：通过查找滤出的结果）

由于订货号或插槽错误引起的错误配置会导致总线模块发生故障。

操作步骤

- 选中相应的插槽
- 通过搜索功能（2）输入模块订货号
- 在模块数据库（3）中选中合适的模块，然后通过“拖放”拖到相应的虚拟插槽（1）中
- 作为替代方案，也可在模块数据库（3）中查找。可供选择的模块未经筛选

4. **模拟输入和输出模块**

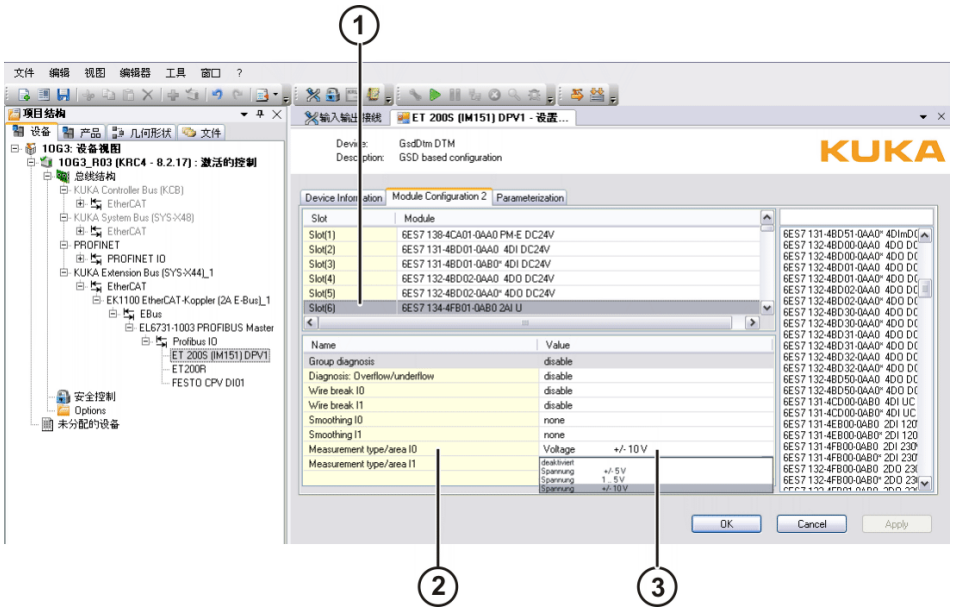


图 17-53：模拟输入输出模块

- 模拟输入和输出盘同数字模块一样被拉到合适的**虚拟插槽 (1)** 中。
- 此外，还可通过**名称**栏对模块进行进一步的说明。
- 在**数值**栏下可通过**下拉窗口**调出各种数值范围。
- 在示例中选中了西门子模块的第一个模拟输入端通道 (2)。
- 电压范围设为 +/- 10 V (3)。
- 这些设定影响着模块以后的逻辑配置。

5. **检查参数设定**

对每一模块最后都可再检查一次参数设定。一般在此**不必进行更改**。

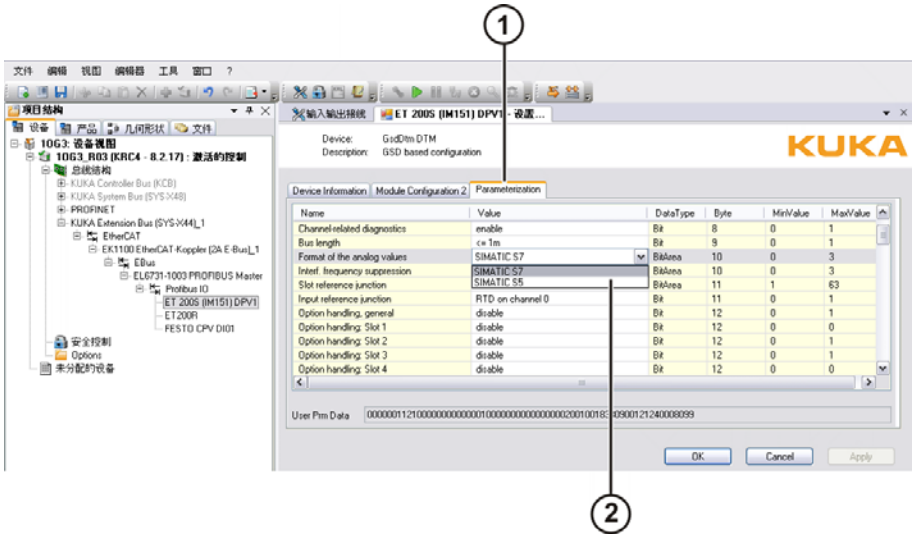


图 17-54：参数设定

- 在**项目结构**中点击待检查的**总线耦合器**。
- 通过鼠标右键选择**设定 (1)**。
- 转到主窗口中，选择选项卡**参数设定**。
- 模块相关的参数一览表随即打开。例如：此处可以西门子 S5 或 S7 格式显示模拟值。这些值可方便地通过一个**下拉窗口 (2)** 设置。

6. **ET200R**

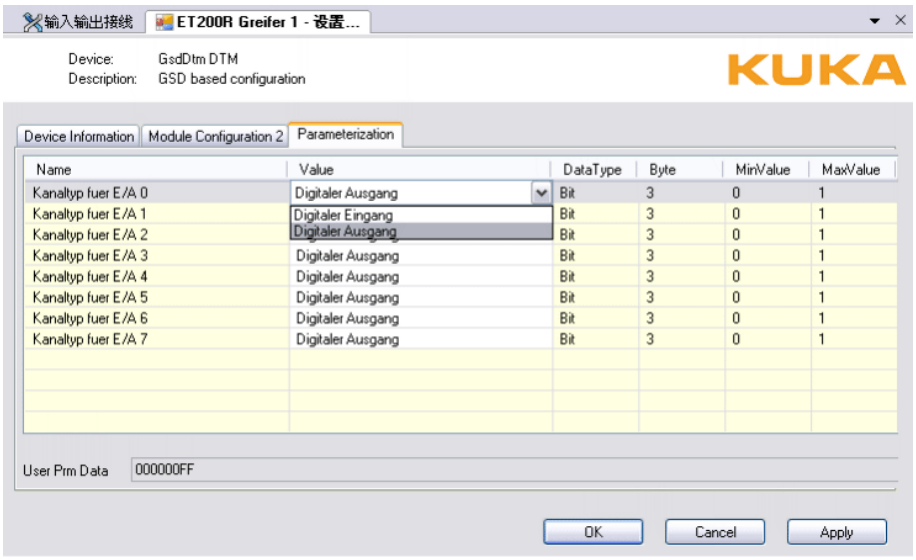


图 17-55: ET200R

- **ET200R** 可参数化
- 一个字节可作为数字**输入或输出端**参数化
- 在窗口**参数设定**中通过**下拉窗口**进行设定。

第四步

在最后一步中检查并配置总线专用的参数。

- 检查网关的 EtherCat 专门设定 （例如分布式时钟等）
- 检查 PROFIBUS 的专门设定 （例如 Profibus 地址、耦合的模块等）
- 设置的硬件连接

1. **检查 EtherCAT 专门设定**
   检查主站设置

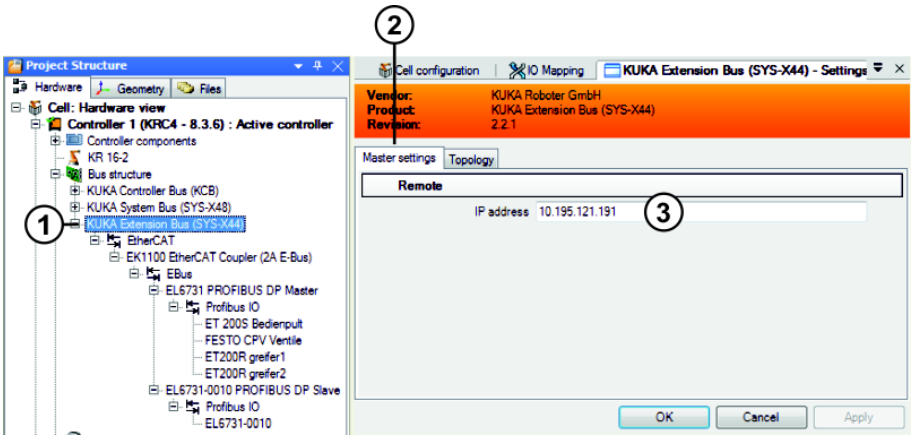


图 17-56: IP 地址

- 在项目结构中双击条目 **KUKA 扩展总线 (SYS-X44) (1)**。
- 主窗口中转到选项卡**主站设置 (2)** 。
- 在 **IP 地址 (3)** 处检查所使用的控制柜的 **KLI** *(KUKA 线路接口)*地址。

2. **检查拓扑**

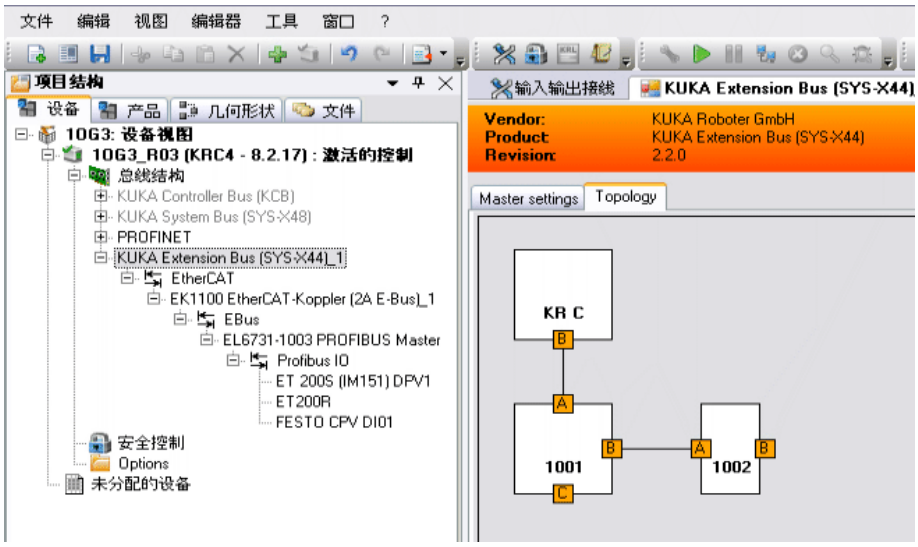


图 17-57: 拓扑结构

- 在主窗口的选项卡**拓扑**下显示设置的 EtherCAT 通过 X44 的连接。
- 显示的结果必须与物理 （实体）结构一致。
- 通过点击单个功能块可获得详细信息 （图中示例）。

名称	功能块
KR C	通过 CCU 连接 X44 （扩展总线）
1001	BECKHOFF EK1100 总线耦合器
1002	BECKHOFF EL6731 PROFIBUS 主站

- 可通过 “ 拖放 ” 给功能块重新定位。
- 可删除再重新画上连接线。

注意 如果要在 BECKHOFF EK1100 总线耦合器上添加端子或更改物理顺序，则必须在拓扑结构中考虑到这一点。而 PROFIBUS 用户的顺序 （参见项目结构）则没有影响，因为 PROFIBUS 通过物理地址进行分配。

3. **检查 EtherCAT 设定**

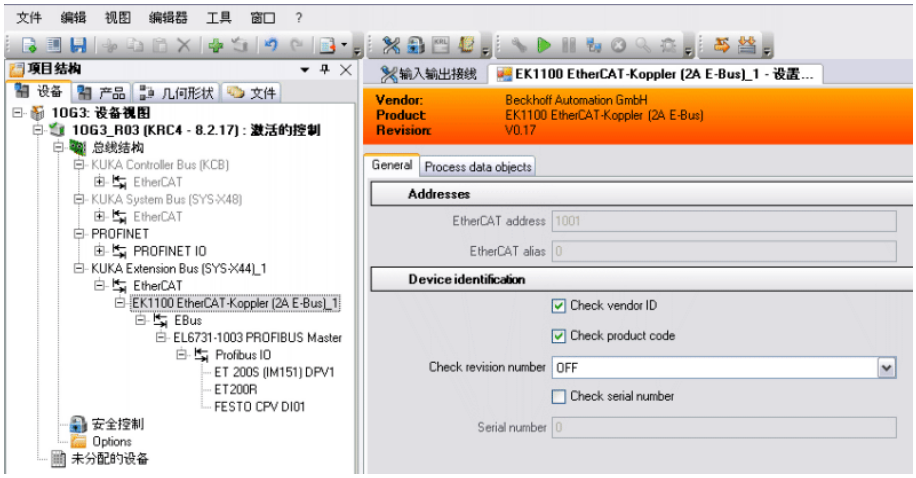


图 17-58: EtherCat 设定

- 在项目结构中双击 **EK100 EtherCAT 耦合器**。
- 在主窗口中即会打开 EtherCAT 专门设定。

只有网关没有其他 EtherCAT 外围设备时，此处不必进行设定。在本次课程中不进一步讲解 EtherCAT 的专门配置。

4. **PROFIBUS 设定**

为确保 PROFIBUS 通讯正常，还须设定其他参数：

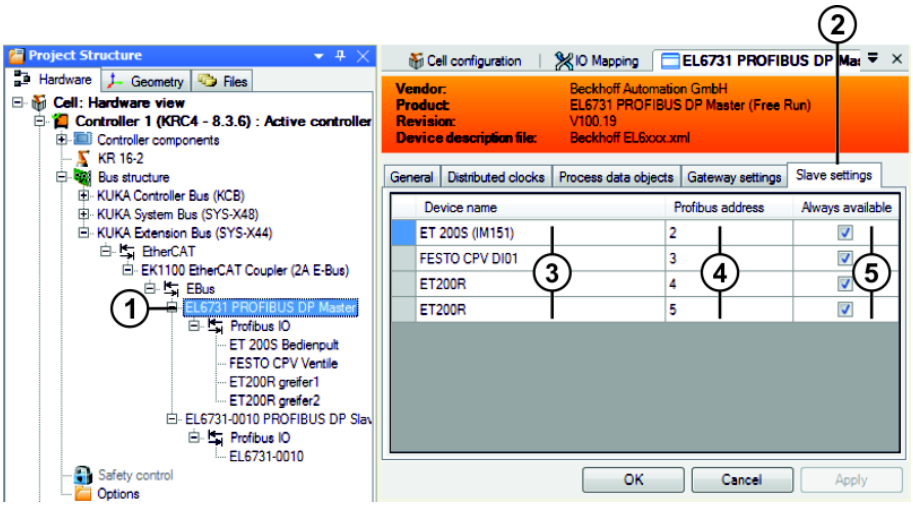


图 17-59: PROFIBUS 设定

- 在项目结构中双击 **EL6731 PROFIBUS DP 主站 (1)**，
- 在主窗口中即会打开一个新的视图，
- 切换到选项卡**从站设置 (2)**，
- 通过 **(3)** 点击**待配置的 Profibus 模块**，
- 在 **PROFIBUS 地址 (4)** 下设置相应的模块专用 **PROFIBUS 地址**

注意 有效的 PROFIBUS **地址范围** 从 1 到 127。地址 1 应预留给主站。PROFIBUS 地址必须与 PROFIBUS 设备一致。

- 在**始终可用 (5)** 下可通过打勾进行以下设定：
  - **激活：**机器人控制器启动时期待设备已连接好。如果该设备未连接，则控制器将发出一则故障信息。
  - **未激活：**启动时机器人控制器不检查设备是否连接。

通过选项卡**一般说明**或**分布式时钟**可设定专门针对 EtherCAT 的值。在本次课程中不对此项内容作深入讲解。

5. **过程数据对象**

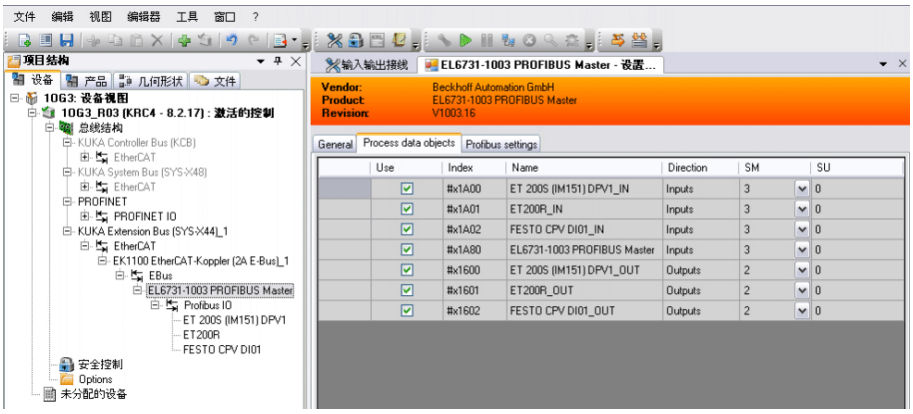


图 17-60: 过程数据对象

- 以表格形式显示 **EtherCAT** 和 **PROFIBUS 用户**，

- 所有用户必须已通过在**应用**下打勾而激活。

配置提示（仅针对 KSS 8.2 及以下版本）

PROFIBUS Dummy

为了在调试阶段**无物理（实体）PROFIBUS 模块**（仅针对 KSS 8.2 及以下版本）时检查 EtherCAT 网关的功能，可如下操作。

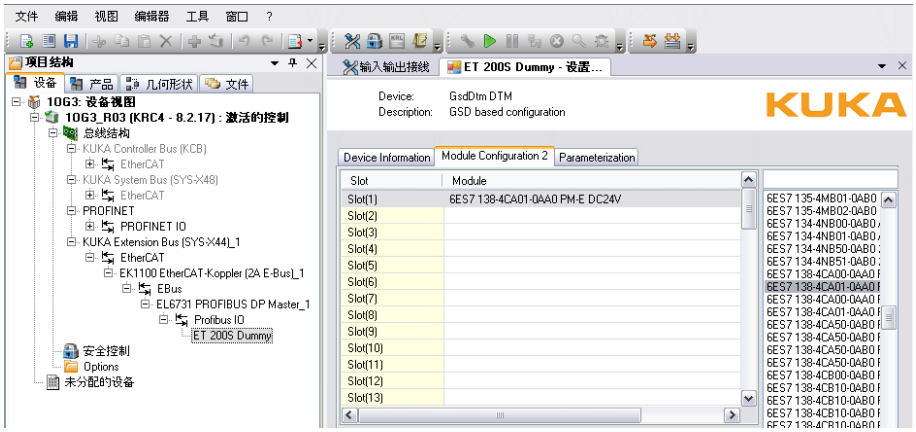


图 17-61: PROFIBUS Dummy

- 在 WorkVisual 项目中配置 **EtherCAT 网关**，包括 **EL6731 PROFIBUS 主站**（如本节中所述）。
- 添加一个**虚拟 PROFIBUS 模块**，例如一个 ET200S，包括一个虚拟的电源模块
- 取消激活参数 **“ 始终可用 ”**。

开机时不期望有配置好的 **PROFIBUS 模块**。PROFIBUS 网关可正确初始化。

17.3.3.4 逻辑连接输入和输出端

逻辑连接

已知项目中的物理结构后，下一步就必须设置输入和输出的连接。在 KR C4 上有 **4096/8192 个数字和 32 个模拟输入和输出端**可供使用。这些输入和输出必须虚拟地与总线端子相 “ 连接 ”。

输入 / 输出接线显示器

输入 / 输出接线显示器是一个图形用户界面，在此界面中可以 “ 连接 ” KR C4 和现场总线之间的输入和输出。

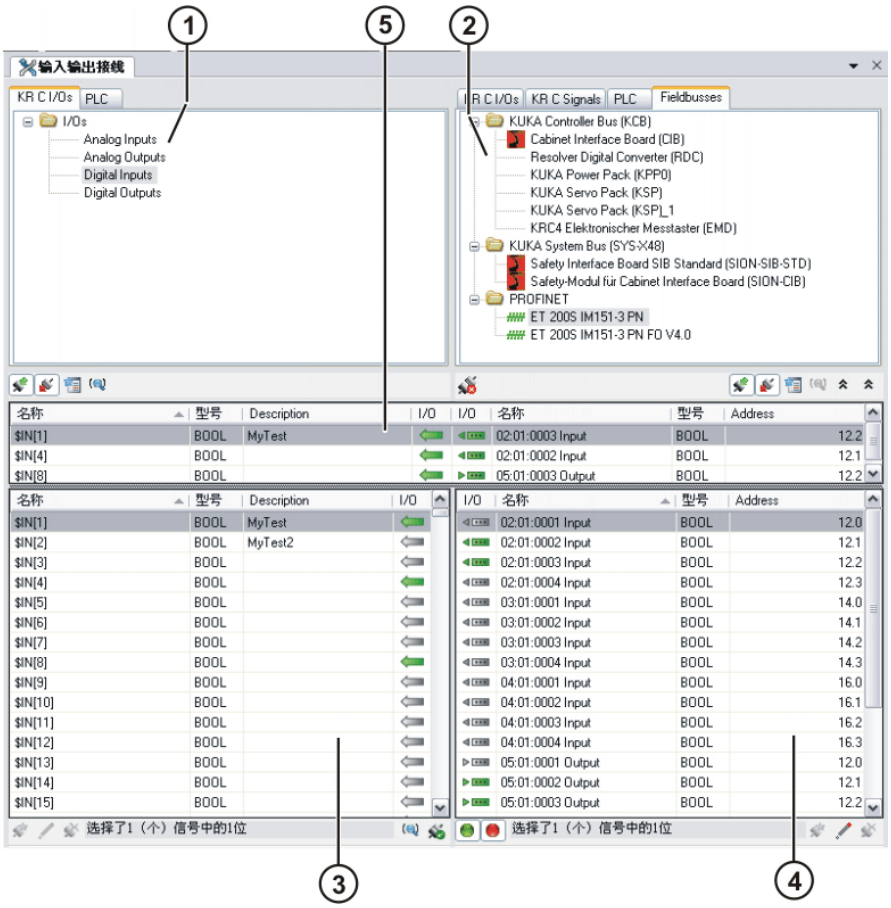


图 17-62

序号	显示
1	点击选项卡 **KR C4 输入 / 输出端**将显示应展示的 KR C4 控制系统输入 / 输出范围。
2	选项卡**现场总线**显示要显示的现场总线设备
3	列表显示在序号 1 下所选 KRC 输入 / 输出的输入或输出信道。
4	列表显示在序号 2 下所选现场总线设备的输入或输出信道。
5	列表显示**现场总线设备**和 **KR C4 输入 / 输出端**之间的按位连接。

17.3.3.5 准备输入和输出数据字

说明

- 在开始逻辑接线之前，必须先在总线侧对**输入 / 输出端**进行**准备处理**。
- 也就是说，数字及模拟**输入 / 输出端**必须划分为逻辑的、**属于同一整体的“ 数据包 ”**，而这些数据包又能与 KR C4 输入 / 输出端相连。

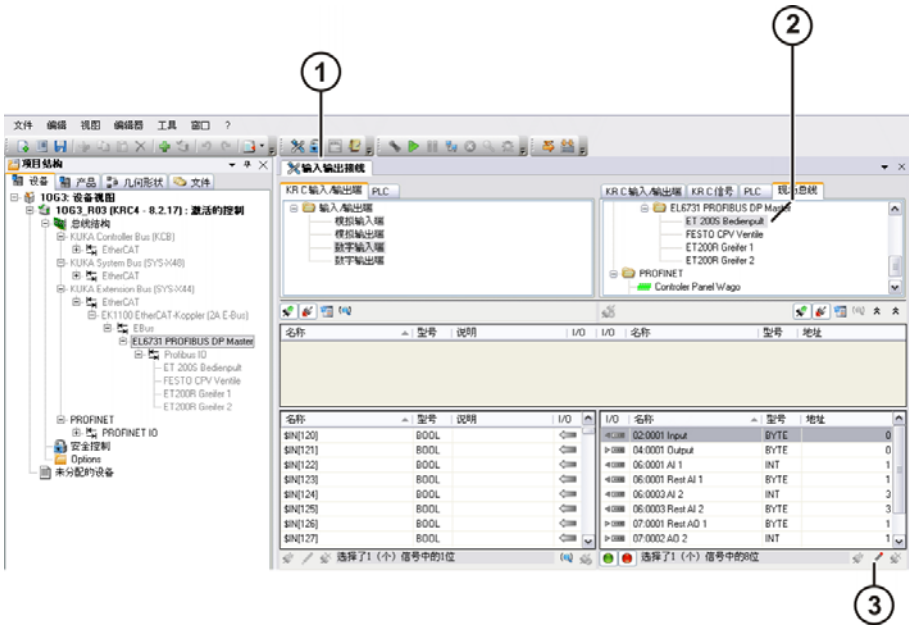


图 17-63：输入 / 输出端接线

- 在主窗口中选择选项卡**输入 / 输出端接线**（1）。
- 在选项卡**现场总线**（2）中点击待编辑的现场总线模块。
- 在总线侧输入 / 输出表中点击按键 (3)。
- 信号编辑器随即打开。

解释信号编辑器

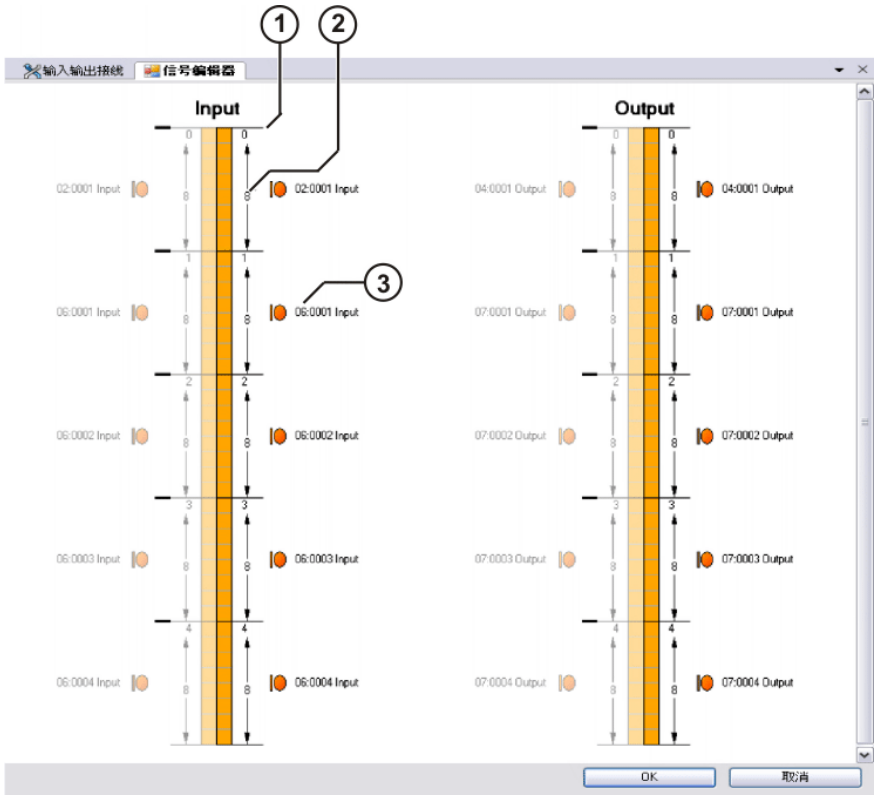


图 17-64：信号编辑器

- 利用信号编辑器可在总线侧编辑输入、输出端。
- 在下例中显示了一个未编辑的 ET200S 总线耦合器。
- 每 8 位组合成一个逻辑数据字节（2）。
- 从上往下数字节偏移量。

- 从偏移量 0（1）开始。

> - 哪些字节组相应于数字输入 / 输出端，哪些相应于模拟输入 / 输出端，可根据结构或数据页确定。
> - 在未编辑的图示中，用信号编辑器仅能以字节的形式与 KR C4 侧连接。
> - 若希望按位连接，则必须 “ 破开 ” 字节组，对单位元进行配置。
> - 对模拟输入 / 输出端的接线也同样须进行适配。

在信号编辑器中 “ 破开 ” 字节组

图 17-65：字节拆分

- 用鼠标选中待编辑的字节组
- 用鼠标右键打开一个选择栏，此处选**分解信号** (Split Signal)
- 现在，字节便可按位标记和连接

输入 / 输出模块的表示方式

为了确定在信号编辑器或输入 / 输出端接线监视器中涉及的是哪个实体模块，WorkVisual 将每个单个字节或信号均加以标记：

示例：

03:01:0002 Output

AA:BB:CCCC

在输入 / 输出端接线监视器中的另一种显示方式：

I/O	Name	Typ
	02:01:0001 Input	BOOL
	02:01:0002 Input	BOOL
	03:01:0001 Output	BOOL
	03:01:0002 Output	BOOL

图 17-66：在 WorkVisual 中的 PROFINET 信号名称

名称	含义	在示例中
AA	插槽编号：对应于总线耦合器之后的插槽编号。 **提示：**没有输入和输出的模块，如供电模块，也有一个编号，但在列表中不显示。	03
BB	子插槽编号 （通常为 01）	01
CCCC	索引号 （连续递增的计数器，用于区别各个输入 / 输出端） 示例中为：总线端子上的第二个数字输出信道	0002
Input/Output （输入 / 输出）	处理方向。 在示例中：总线端子为一个数字式输出模块。	Output

> 在**信号编辑器**中**缺少** BB 项！

说明

- 模拟通道就地在现场总线设备中被数字化并传输。
- 即一个模拟信道用固定的分辨率以数字化方式传输。
- 分辨率一般在 10 到 16 位之间，视制造商和模块而定。
- 除了这些纯有效数据外，需要时还要加上一个符号位，标示是正的或负的测量范围。
- 此外，某些模块还保留一同传输诊断或控制数据的可能性。
- 从制造商提供的数据页中可以查阅这些信息。

交换

- 对某些模块可能还须在一个字词中**对换**字节 （交换 = swap）。
- 英特尔 （Intel） 格式相应于我们的思路，即最低字节 0 出现在最高字节 1 之前。
- 也以该次序传输字节。
- 相反，如果接收方用摩托罗拉格式工作，则掉换了字节 0 和字节 1。
- 通过现场总线读入的第一个字节也被声明为字节 1。

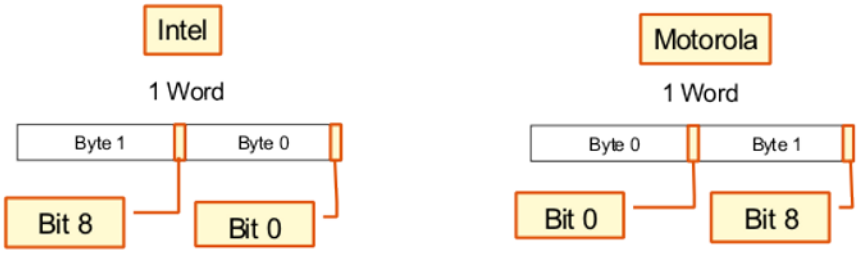


图 17-67: 转储

格式	总线耦合器 — 英特尔	总线耦合器 — 摩托罗拉
KR C4 （英特尔）	交换？**否**	交换？**是**

注意 注意！
基于 PC 的控制器 （KUKA KR C4）采用英特尔格式。
西门子采用摩托罗拉格式。

数据页示例

西门子 2AO U ST (6ES7135-4FB01-0AB0)

分辨率

Analog electronics module 2AO U ST (6ES7135-4FB01-0AB0)

Characteristics:

2 outputs for voltage output
Output range:
- ±10 V, resolution 13 bits + sign
- 1 to 5 V, resolution 12 bits
Isolated from load voltage L+
Extended temperature range from 0 to 50 °C with vertical installation

图 17-68: 数据页示例

节选表明，模块能够以两种不同的模式工作。

- **14 位** （包括符号），输出电压为 **+/-10 V** 时
- **12 位** （不包括符号），输出电压为 **0-5 V** 时

输出值

Output value

The following table contains the binary notation of the analog values and the corresponding decimal or hexadecimal notation of the units of the analog values.
The resolutions 11, 12, 13 and 15 bits + sign are listed in the following table.
Every analog value is entered left-aligned to the accumulator. The bits labeled with "x" are set to "0".

Table 4-2 Output values (SIMATIC S7 format)

Resolution in bits	Units			
	Decimal	Hexadecimal	High byte	Low byte
11 + sign	16	10_H	Sign0000000	001xxxx
12 + sign	8	8_H	Sign0000000	0001xxx
13 + sign	4	4_H	Sign0000000	00001xx
15 + sign	1	1_H	Sign0000000	0000001

图 17-69: 数据页示例 2

- 13 + VZ（VZ 指符号）是相应于范例模块的条目
- 将传输**两个字节**，即 16 位
- 不过，其中 2 **位未使用**，即值为 0

输出范围

4.3 Output ranges

Output ranges for voltage: ±10V

Table 4-3 SIMATIC S7 format: output range ±10V

Output range ± 10 V	Units		Range
	Decimal	Hexadecimal	
0	> 32511	> $7EFF_H$	Overflow
11,7589 : 10,0004	32511 : 27649	$7EFF_H$: $6C01_H$	Overcontrol range
10,0000 7,5000 : - 7,5000 - 10,0000	27648 20736 : -20736 -27648	$6C00_H$ 5100_H : $AF00_H$ 9400_H	Nominal range
- 10,0004 : - 11,7589	-27649 : -32512	$93FF_H$: 8100_H	Undercontrol range
0	< -32512	< 8100_H	Underflow

图 17-70: 数据页示例 3

- 对于 15+VZ **模块**，10 V 的测量值对应于数字化后的值 27648。
- 以二进制写法表示，即为：VZ110110000000000。
- 最后两位被省略后，10 V 被数字化后的值为：VZ1101100000000xx。
- 以十进制写法表示，为 6912。

模块	测量值为 10 V 时的数字化值	测量值为 10 V 时的数值
15 + VZ	+/- 110110000000000	27648
13 + VZ	+/- 1101100000000xx	6912

17.3.3.6 使用信号编辑器工作

操作步骤

本节介绍如何借助信号编辑器来对输入和输出数据字进行调整。

输出示例是 ET200S PROFIBUS 模块：

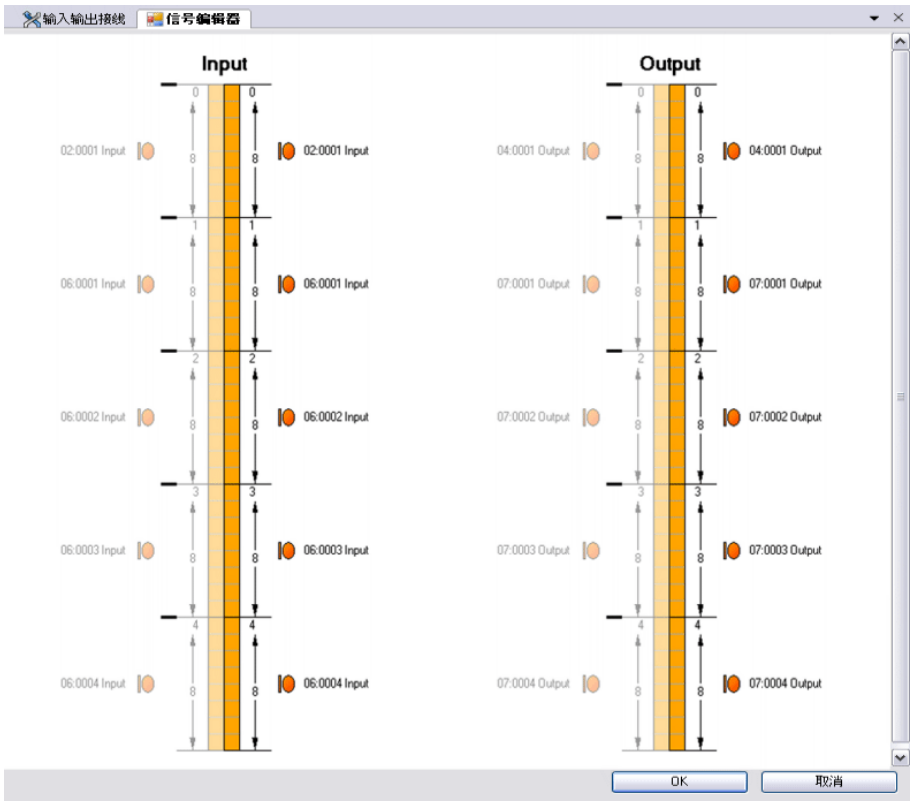


图 17-71: 信号编辑器

插槽	说明	插槽	说明
01	插槽 1：电源模块 （图示中未出现！）		
02:0001	插槽 2：4 位 DI 插槽 3：4 位 DI	04:0001	插槽 4：4 位 DO 插槽 5：4 位 DO
06:0001 06:0001	插槽 6：2 AI 通道 1 2 字节	07:0001 07:0001	插槽 7：2 AO 通道 1 2 字节
06:0003 06:0003	插槽 6：2 AI 通道 2 2 字节	07:0003 07:0003	插槽 7：2 AO 通道 2 2 字节

输入 / 输出端按位汇总

模拟通道根据数据页汇总和标记。

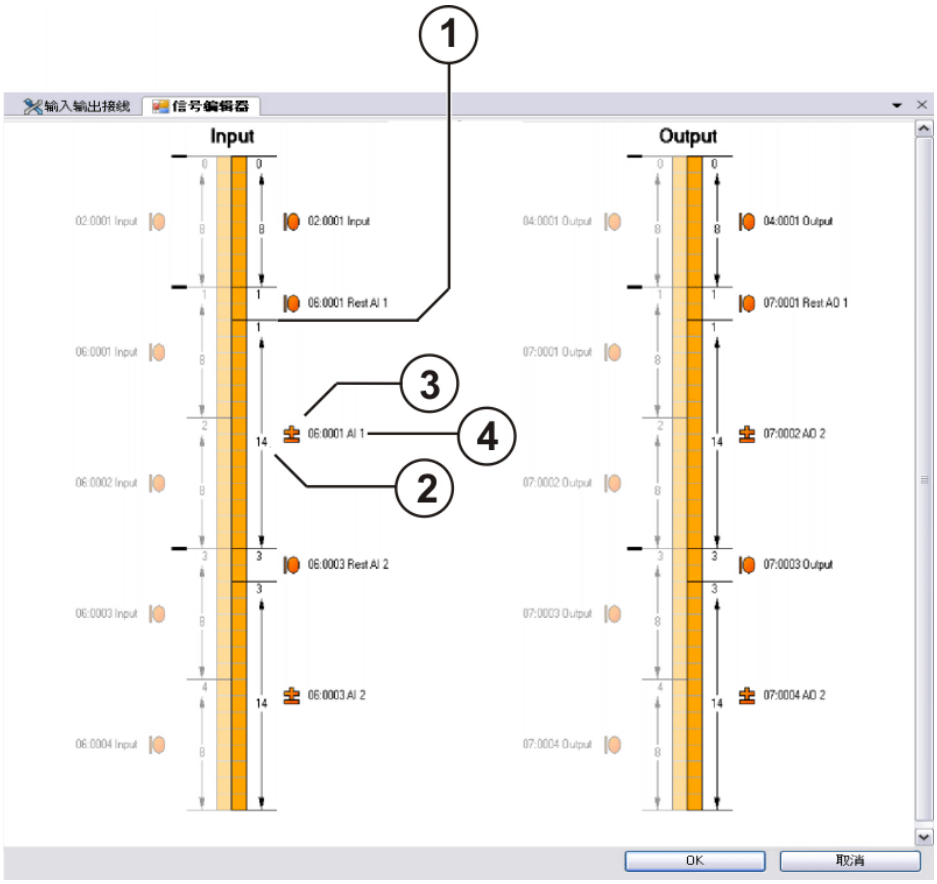


图 17-72: 信号编辑器 1

1. 用鼠标点到**字节上限**线条上，如同使用**滑块**一样扩展**第一个 AI** 的模拟值。
2. 根据数据页，有效信息大小为 14 位。此处应达到该数值。

> 也可通过用鼠标点击**数字值**来改变位宽。

3. 通过点击 IO 符号，显示更改为

符号	说明
	带有正负符号的模拟输入或输出端 （正负测量范围） 带正负号的整数数据类型 （根据长度为 SINT、INT、LINT 或 DINT）
	无正负符号的模拟输入或输出端 （仅为正测量值） 不带正负号的整数数据类型 （根据长度为 USINT、UINT、ULINT 或 UDINT）
	汇总为一组的数字输入或输出端 数字式数据类型 （根据长度为 BYTE、WORD、DWORD 或 LWORD）

4. 通过点击名称可标注汇总的信道。这可方便以后在接线编辑器中的工作。

> 若希望将**数字字节组分解为单位元**，则可以同样方式进行。

交换模拟信道

ET200S 的**模拟**信道以**摩托罗拉格式**工作。即必须对换高、低字节 （swap）。

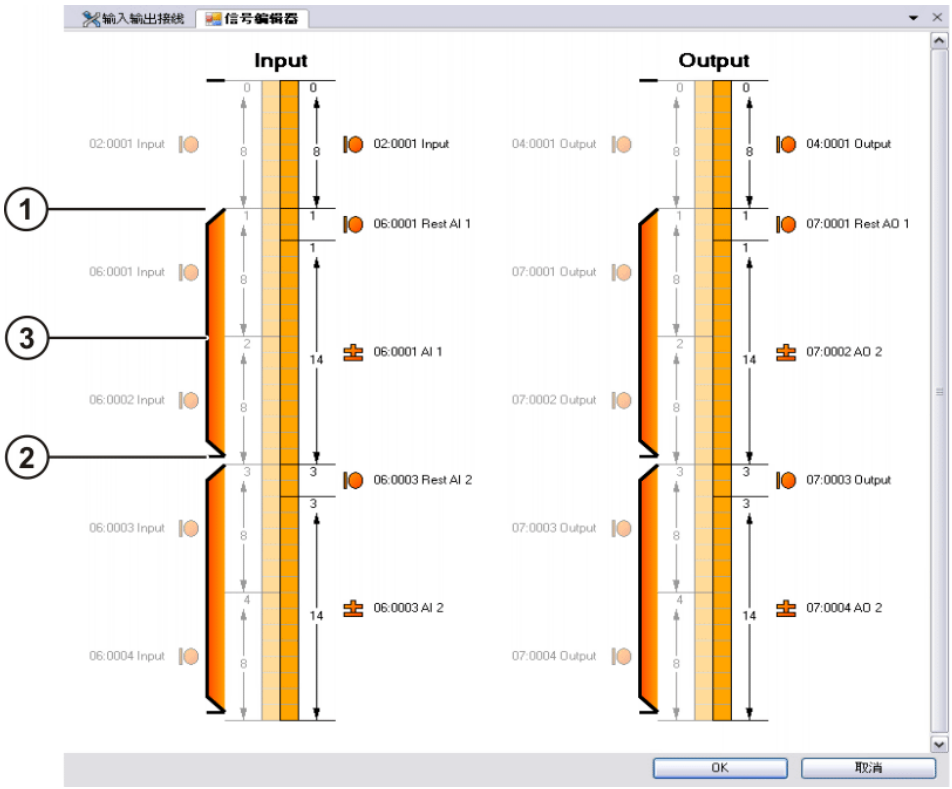


图 17-73: 掉换信号编辑器

1. 在左侧点击序号 1 处需交换的字，
2. 按住鼠标拖到序号 2 处，
3. 被互换的字以橙色标出。

建议

- 从生产厂家的数据表中不能总是了解到信号是否必须交换。
- 西门子设备的信号一般必须交换。
- 以下操作步骤可让人判断出一个输入端是否必须交换：
  a. 缓慢而均匀地改变输入端处的电压。
  b. 在 KUKA.smartHMI 上，在窗口**模拟输入 / 输出端**中观察该信号的数值。
- 如果数值呈跳跃式、不均匀并或许在不同方向上的改变，则这即为一种必须交换的迹象。

是将整个区域交换还是分成几部分交换，会导致不同的结果：

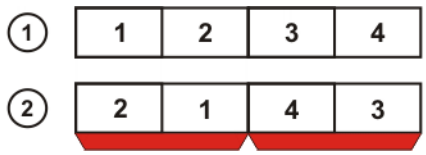


图 17-74: 示例 1: 字节顺序反向

序号	说明
1	原有顺序
2	将所有字节分两次交换的结果。（即先交换前面两个字节，然后再交换后面两个字节。）

图 17-75: 示例 2: 字节顺序反向

序号	说明
1	原有顺序
2	将所有字节一次性整个交换的结果

ET200R 示例

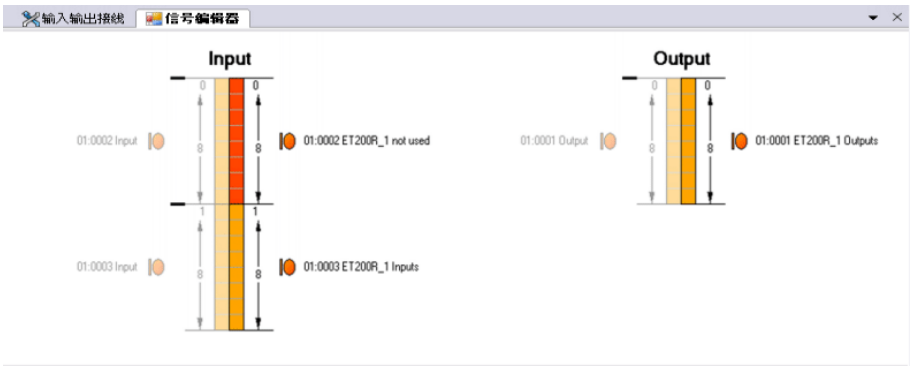


图 17-76: ET200R

- **ET200R** 共有**两个输入字节**和**一个输出字节**。可不设置**输入字节 0**，而设置**输出字节 0**。
- 在这种状况下有**输入字节 1** 和**输出字节 0** 可用。
- 输入字节 1 未被使用。

17.3.3.7 使用接线编辑器工作

连接数字信号

1. **调用输入 / 输出端接线显示器。**

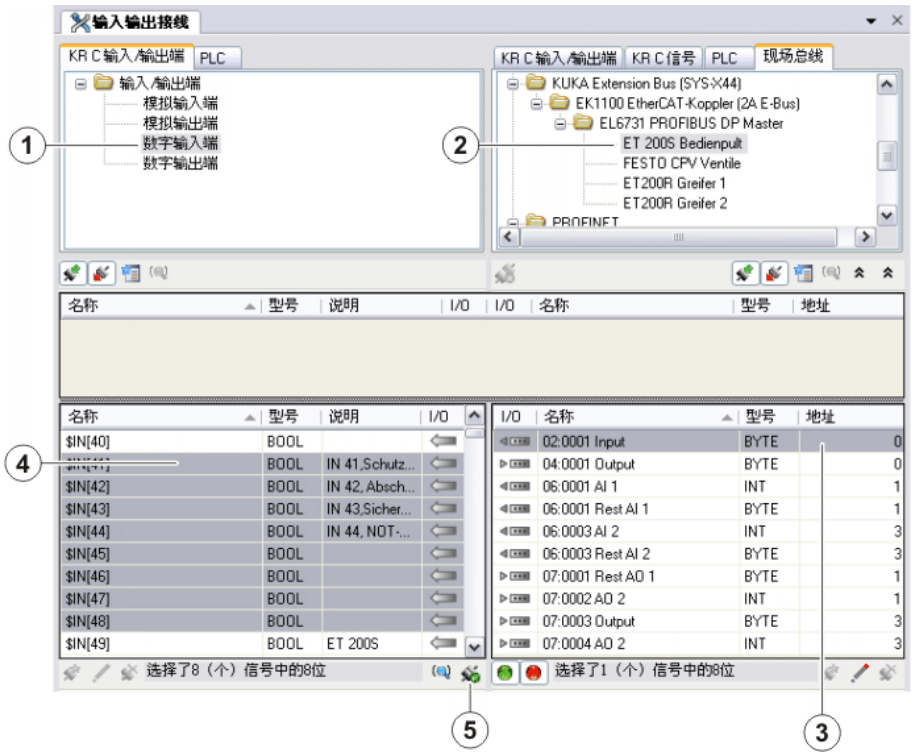


图 17-77: 输入 / 输出端接线

- 在选项卡 **KR C 输入 / 输出端**中选中条目**数字输入端** (1)。
- 在选项卡**现场总线**中选中待连接的 **PROFIBUS 模块** (2)。
- 在**现场总线窗口**中选中待连接的**数字输入字节** (3)。
- 在 **KR C4 侧**选中同样数量空置的**数字输入端** (4)。
- 用按键 连接 (6) 继续。
- 用**是**确认信号**编组**的信息提示。

图 17-78: 编组窗口

- 8 个位组合成一个字节
- 然后与现场总线侧连接。

a. **接线一览表**

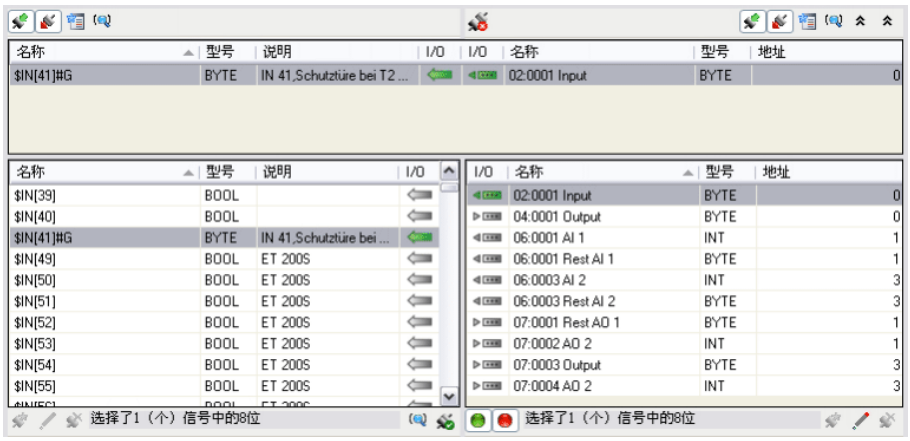


图 17-79：输入 / 输出端接线

- 占用的和连接好的数字通道用一个**绿色箭头**标出。
- 错误设置的连接可以用按钮 （断开）重新解除。

b. 对所有其他的 **PROFIBUS 模块**重复第 1 至第 8 点。同样，对**数字输出端**也重复该过程。

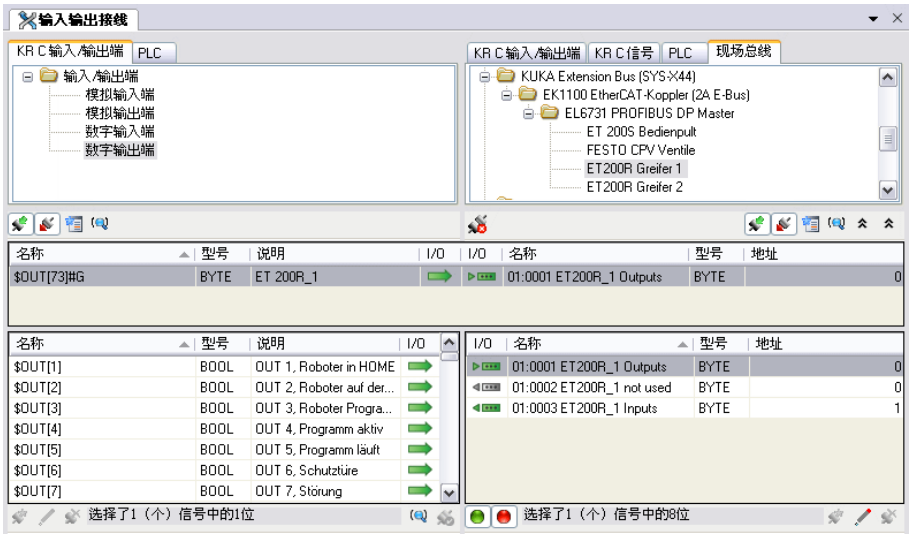


图 17-80：ET200R

连接模拟信号

1. **连接模拟输入信道**

   以 ET200S 为例：

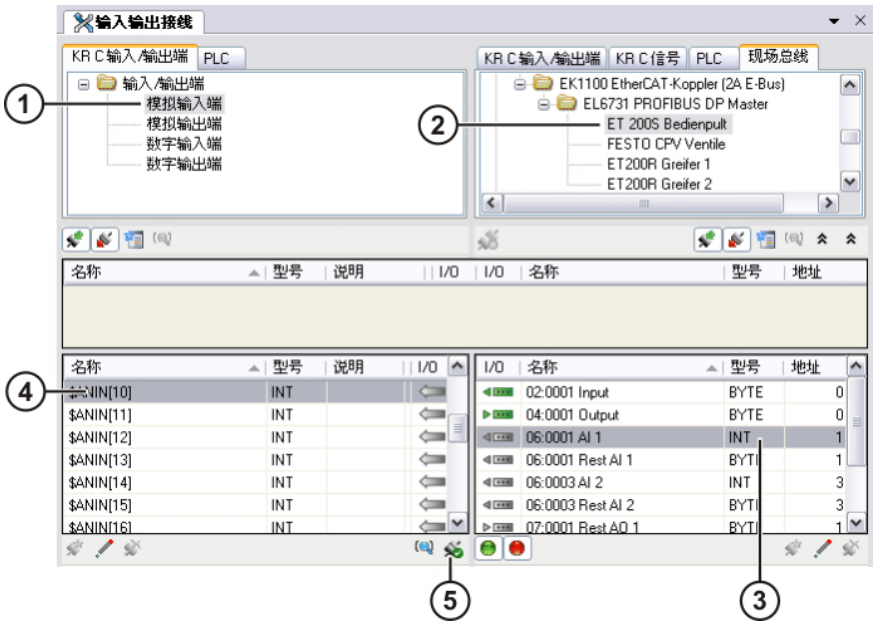


图 17-81

- 在选项卡 **KR C 输入 / 输出端**中选中条目**模拟输入端** (1)。
- 在选项卡**现场总线**中选中待连接的 **PROFIBUS 模块** (2)。
- 在**现场总线窗口**中选中待连接的**模拟输入字** (INT) (3)。
- 在 **KR C4 侧**选中一个空置的**模拟输入端** (4)。
- 用按键 连接 (5) 存储该条目。

2. **设定校准系数**

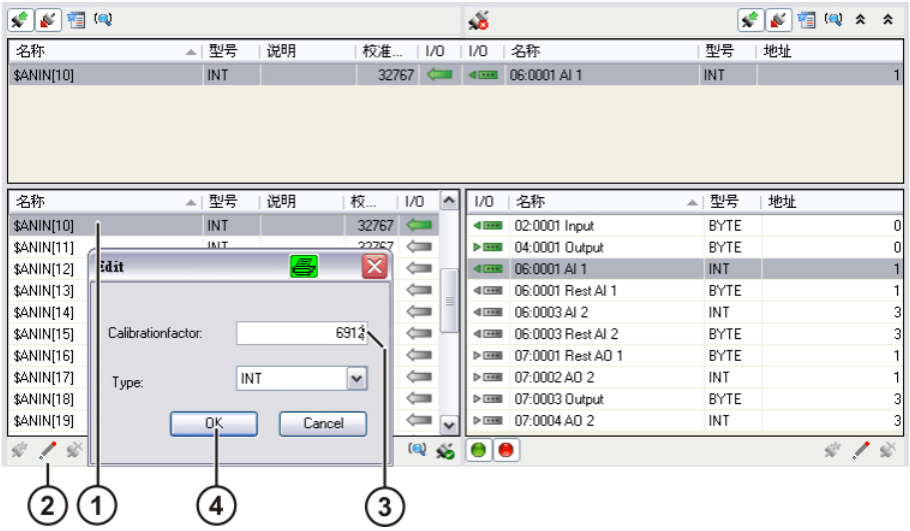


图 17-82: 校准系数

- 选中待编辑的**模拟信道** (1)。
- 点击按键 (2)。
- 窗口**编辑**打开。
  在**校准系统**栏 (3) **输入**数据页中的值。
- 用按键 **OK** (4) 确认该值。

3. **编辑好的视图**

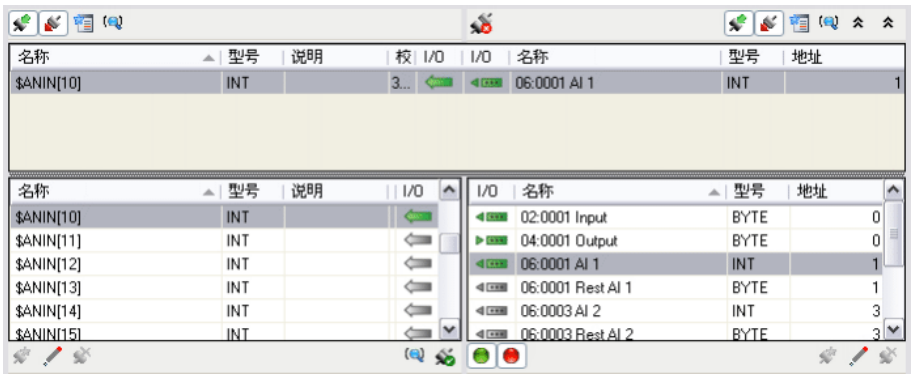


图 17-83: 校准系数

对所有模拟信道重复步骤 1 至 2。

用 KRL 中的信号编程

用 KRL **SIGNAL（信号）**指令可以在程序层面上将多个单比特集合成为一个字节、数据字或双字。

示例：将一个 PLC 的程序编号传输给 KR C4。

```
DEF Programm()
SIGNAL programmnummer $IN[1] TO $IN[8] ; 集合成 1 个字节
INI
...
SWITCH programmnummer  ; 通过传输的程序编号选择
CASE 1
END
```

17.3.4 练习：配置 KR C4 Controller（控制器）

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- 在 WorkVisual 中实施 PROFIBUS 的实体项目规划
- 在 WorkVisual 中实施 PROFIBUS 的逻辑项目规划
- 管理长文本
- 在 KR C4 上调试和测试 PROFIBUS

练习内容

- 将当前的 KR C4 项目载入 WorkVisual。
- 用扩展总线来扩展此项目。
- 将您总线耦合器的 PROFIBUS 设备加入项目中。
- 将数字和模拟信道合理地与 KR C4 逻辑相连。
- 合理地编辑长文本。
- 将完成的项目回传到 KR C4 中。
- 测试输入和输出端。

问题

您在练习后应该掌握什么：

1. 逻辑定址须考虑哪些参数？

. . . . . .

. . . . . .

2. 为了完成 PROFIBUS 的配置，事先需要执行什么工作？

. . . . . .

. . . . . .

3. 通过 KR C4 最多可以管理多少个数字和模拟输入和输出？

. . . . . .

. . . . . .

4. 输入和输出在逻辑上是如何相互连接的？

. . . . . .

. . . . . .

5. 配置逻辑信道时要注意什么？

. . . . . .

. . . . . .

6. 可以为输入和输出存储名称吗？如果可以，怎样存储？

. . . . . .

. . . . . .

17.4 耦合和解耦现场总线模块

17.4.1 概览

本学习单元讲授以下内容：

- 耦联是什么意思？
- 通过 HMI 耦合和解耦现场总线用户
- 通过 KRL 耦合和解耦现场总线用户

17.4.2 耦合和解耦总线用户

说明

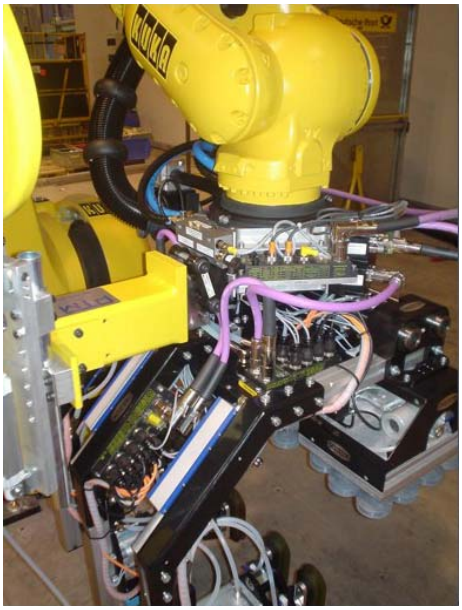


图 17-84: 耦联分段

- 对于某些应用，例如刀具更换，设备的耦合和解耦是必不可少的。
- 为此，必须告知控制器总线连接中注销或者登录了哪个模块，以免产生总线错误。
- 可以通过 HMI *（人机接口）*或在 KRL *（KUKA 机器人语言）*中进行耦联。
- 在已解耦的设备上进行的所有输入输出操作都将保持无效。
- 已解耦的设备不能对读 / 写故障进行处理。
- 但直到最终断开总线连接之前，输入和输出映像始终存在。

始终可用

- 在带有**工具更换系统**的应用中，绝不能将总线用户持久地耦合在现场总线上。
- 在冷启动或在一个输入 / 输出端重新配置时，在该情况下这将直接导致现场总线故障。
- 关闭**始终可用**这一功能可以防止这些设备 / 从设备 / 适配器在冷启动后或者重新配置输入 / 输出端后被逻辑耦合进现场总线。
- 这些已被停用的设备 / 从设备 / 适配器可以在以后程序运行时毫无问题地重新耦合进来。
- 但是在项目设置时必须考虑到，将所有工具在物理和逻辑上集入进现场总线项目。

	始终可用： 激活	**始终可用：** 未激活
设备已耦合	无故障信息	无故障信息
设备已解耦	**故障信息**	无故障信息

操作步骤

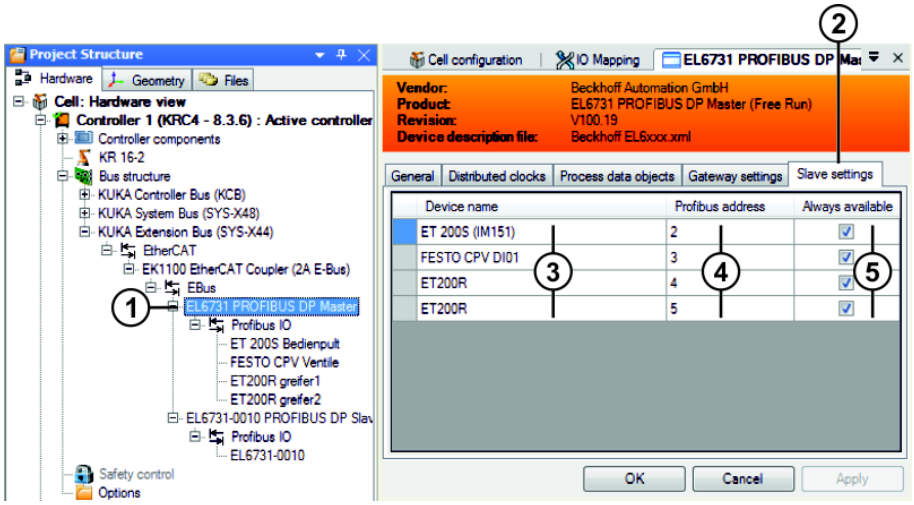


图 17-85: PROFIBUS 设定

- **菜单路径** KUKA 扩展总线 > EtherCAT > EK100 EtherCAT 耦合器 > E-BUS > EL6731 PROFIBUS DP 主站
- 在主窗口中打开从站设置 (2) 选项卡
- 通过操纵勾选框**始终可用** (5) 激活或禁用从站。

17.4.3 通过 HMI 耦合和解耦现场总线用户

操作步骤

1. 选择菜单序列 **显示** > **变量** > **单个**。

图 17-86

2. 在**名称**栏输入：

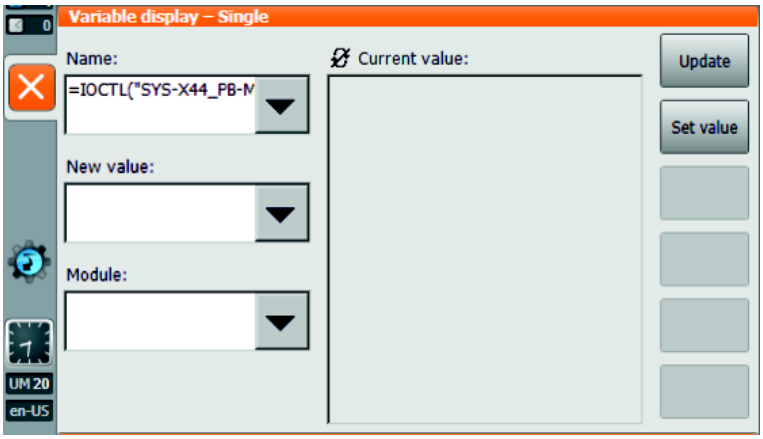


图 17-87: 变量显示 - 单个

- **耦合时：**
  =IOCTL("SYS-X44_PB_Master1",50,[*设备地址*])
- **解耦时：**
  =IOCTL("SYS-X44_PB_Master1",60,[*设备地址*])

值	说明
IOCTL	用于耦合和解耦的**系统变量**
"SYS-X44_PB-Master1"	通过 **PROFIBUS 驱动程序名**调用
50 60	■ **50** = 调用**耦合** ■ **60** = 调用**解耦**
设备地址	待耦合或解耦**模块**的 **PROFIBUS 地址**

3. 用回车键确认。设备即被解耦或耦合。

17.4.4 通过 KRL 耦合和解耦

操作步骤

句法

```
RET = IOCTL("SYS-X44_PB-Master1", 指令 , 设备地址 )
```

指令	**含义**
RET	可自由声明的返回值变量
IOCTL	耦联现场总线模块的系统函数
"SYS-X44_PB-Master1"	总线实例名称
指令	■ **50** 指令用于：设备耦合 ■ **60** 指令用于：设备解耦
设备地址	待耦合模块的 PROFIBUS 地址

RET 的返回值

值	**含义**
-3	超时 - 设备不响应
-2	未找到设备地址
-1	一般性错误
0	设备已成功耦合 / 解耦

示例

```
1 DEF glue()
2
3 DECL INT ret
4
5 INI
6
7 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
   ...
20
21 PTP P30 Vel=2 m/s CPDAT30 Tool[1] Base[5]
22 LIN P31 Vel=100% Tool[1] Base[5]
23
24  WAIT SEC 0
25    ret = IOCTL("SYS-X44_PB-Master1",50,3)  ; Tool 3 耦合
26  WAIT FOR (tool3_connected and (ret==0)) ;等待耦合
27    ; starting program 1
...
35  working_program_tool3()
...
40  WAIT SEC 0
41    ret = IOCTL("SYS-X44_PB-Master1",60,3)  ; Tool 3 解耦
42  WAIT FOR (tool3_disconnected and (ret==0)) ;等待解耦
...
120 END
```

tool3_connected 和 *tool3_disconnected* 是布尔型硬件输入端，其可通过信号协议在程序中（明文）查询。 (>>> ″用 KRL 中的信号编程″ 页码 296)

设定超时

若规定的用于耦合或解耦的时间设计得太短，可以重新设定超时。标准设置为 10 秒，即 10000 毫秒

```
RET = IOCTL("SYS-X44_PB-Master1",&H8008,10000)  ; 10000 时间（单位：ms）
```

值	含义
-1	OICTL 一般性错误
> 0	超时数值以毫秒计

17.5 将 KR C4 配置为 PROFIBUS 从属设备

17.5.1 概览

本学习单元讲授以下内容：

- 描述通过 PROFIBUS/EtherCAT 网关配置从站
- WorkVisual 的物理配置
- WorkVisual 的逻辑配置

17.5.2 通过 PROFIBUS/EtherCAT 网关进行从站配置

17.5.2.1 说明

- 在全自动化生产线上，必须对过程进行监控和协调，例如状态监测和过程控制。
- 这个任务通常由 PLC 来承担。

- 为了使 PLC 和 KR C4 能通过 PROFIBUS 网关互相通讯，WorkVisual 项目必须相应地扩展。
- 在 PLC 中必须同样存在一个 PROFIBUS 项目设置，该项目设置将 KR C4 参数设置为从站。

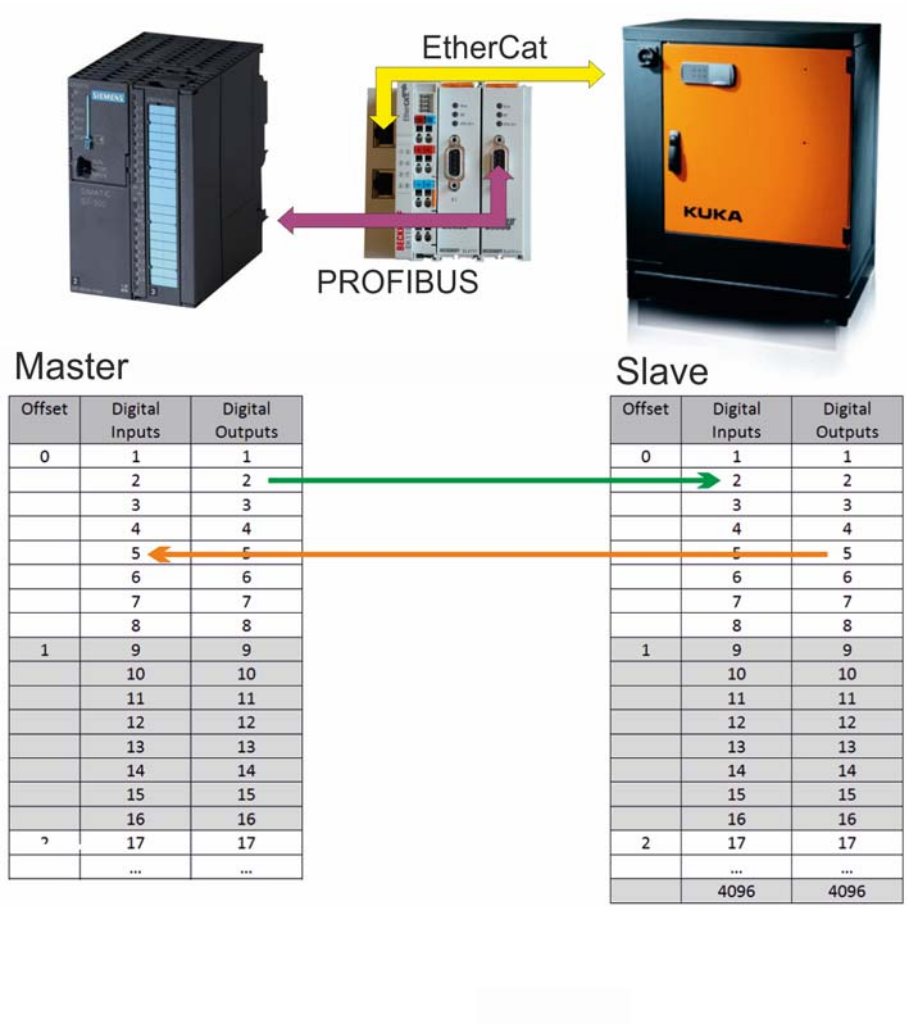


图 17-88: KR C4 PROFIBUS 连接至 PLC

- **KR C4 的输出端**是 **PLC 的输入端**
- **KR C4 的输入端** 是 **PLC 的输出端**

注意：

- **数字输出**先在 PLC 侧被写入**输出端存储器**，然后才被传输。
- 此**数字输出**在 KR C4 侧被存放在**输入端存储器**中。
- 在 WorkVisual 中，**KR C4 输入端存储器** 和 **KR C4 输入 / 输出端**之间的**接线**在接线显示器中配置。

17.5.2.2 WorkVisual 的物理配置

1. **添加 EL6731-0010 PROFIBUS DP 从站**

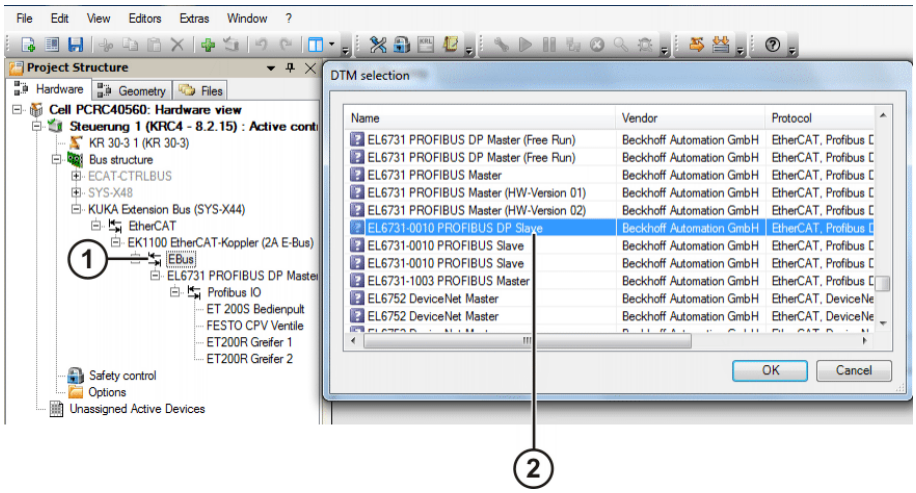


图 17-89: 插入 PROFIBUS 从站网关

- 在项目结构中选中条目 EBus (1)
- 通过鼠标右键选择**添加**
- **DTM 目录**即打开
- 在此处选择 Beckhoff EL6731-0010 PROFIBUS DP **从站**模块并点击 OK 确认。

2. **添加 PROFIBUS 从站**

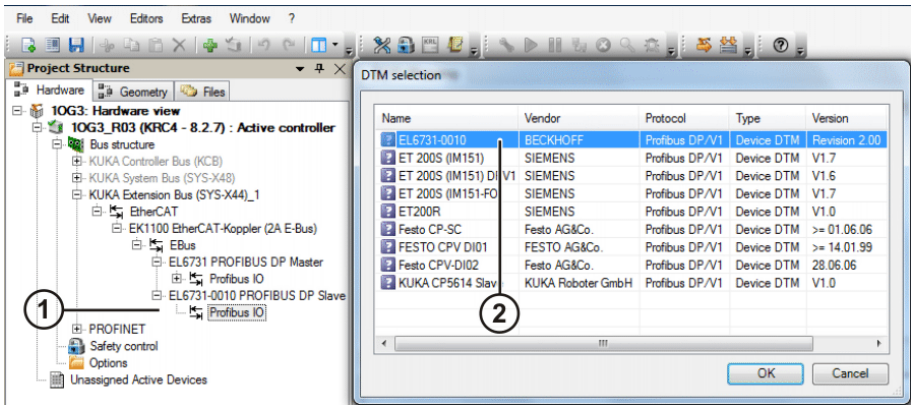


图 17-90: EL6731-0010 PROFIBUS 网关

- 在项目管理器中选择 PROFIBUS IO (2)
- 通过鼠标右键选择**添加**
- **DTM 目录**即打开
- 将 EL6731-0010 作为模块添加

注意	“已插入”的**虚拟模块**的名称对应在**第 1 步**下添加的 **PROFIBUS 从站网络**的名称。

3. **插入 PROFIBUS 从站输入 / 输出端**

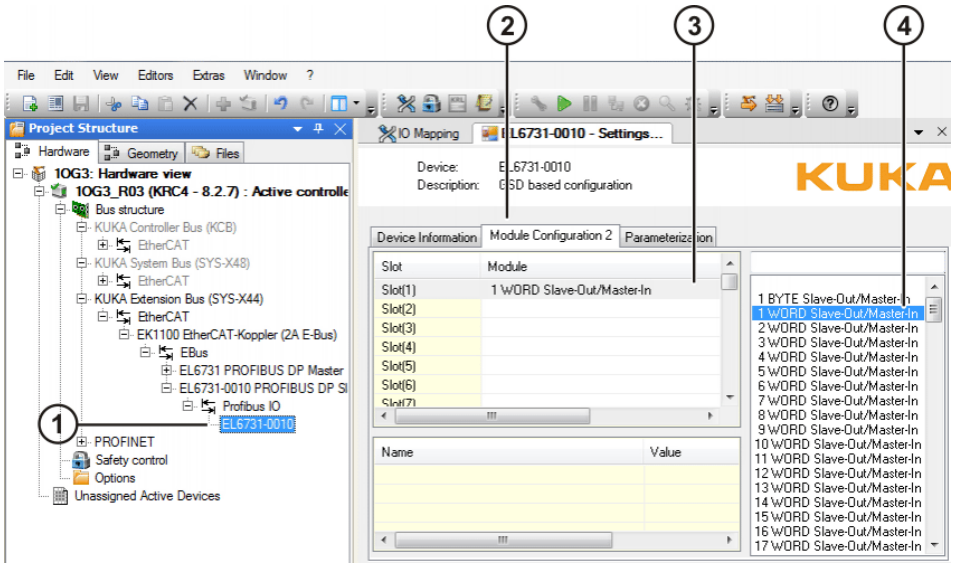


图 17-91: PROFIBUS 从站输入 / 输出端

- 在项目管理器中选择虚拟的 **EL6731-0010 模块** (1)
- 在主窗口中选择选项卡**模块配置** (2)
- 选中第一个**虚拟插槽**
- 在库中通过双击选择所需的**从站输出端** (3) 数量
- 为从站输入端重复此过程
- 最后按 **OK** 确认配置

必须在 PLC 侧上进行同样的设置。插槽配置必须是相同的!

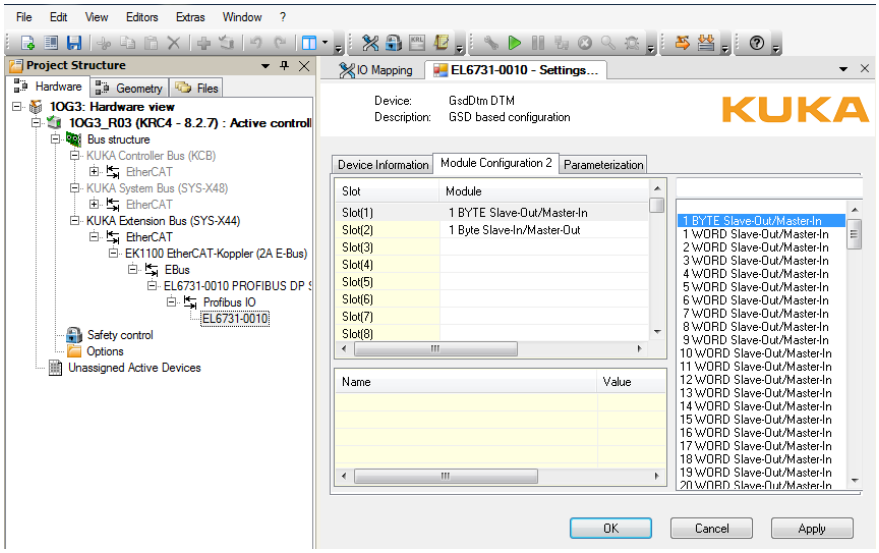


图 17-92: PROFIBUS 从站输入 / 输出端

4. **检查拓扑**

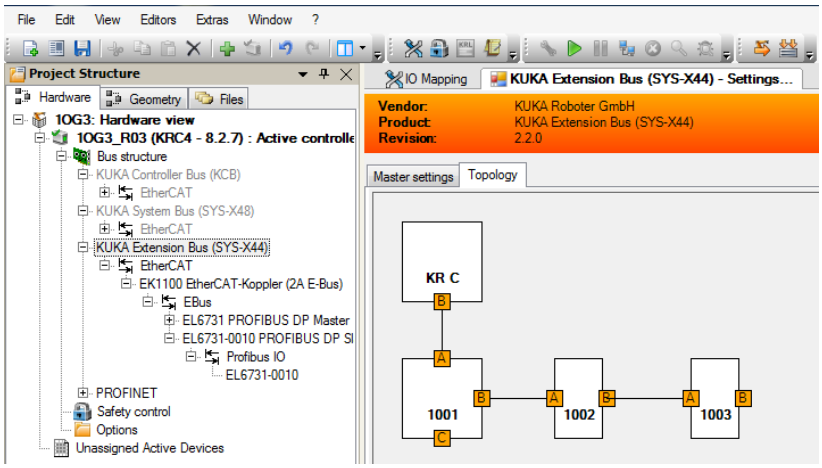


图 17-93: 拓扑结构

- 在项目结构中选中条目 **EtherCAT**
- 在主窗口中通过选项卡**拓扑**打开 PROFIBUS 接线
- 检查接线，必要时校正

名称	功能块
KR C	通过 CCU 连接 X44 （扩展总线）
1001	BECKHOFF EK1100 总线耦合器
1002	BECKHOFF EL6731 PROFIBUS 主站
1003	BECKHOFF EL 6731-0010 PROFIBUS 从站

5. **检查 PROFIBUS 从站地址**

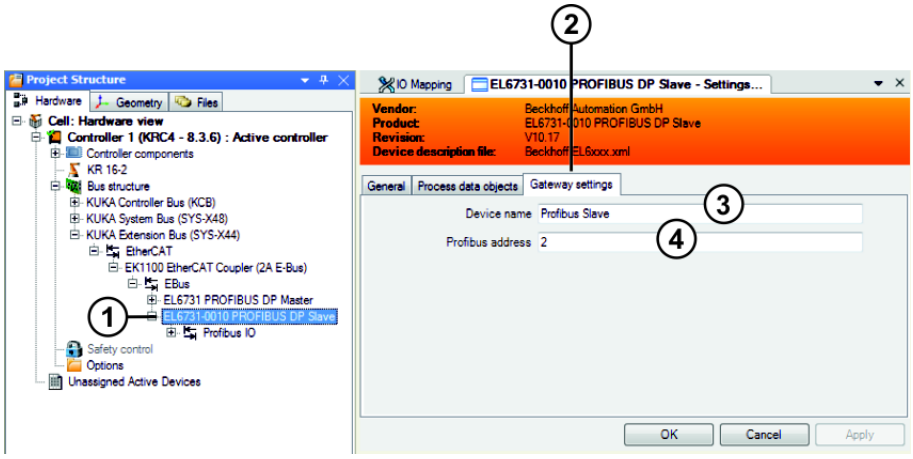


图 17-94: PROFIBUS 从站地址

- 在项目结构中双击 **EL6731-0010 PROFIBUS DP 从站** (1)。
- 在主窗口中打开选项卡**网关设置** (2)。
- 也可以在**设备名称** (3) 栏中为网关分配一个名称。
- 输入网关的 **PROFIBUS 地址** (4)。
  出现错误信息时，设备名称会显示在 HMI 上。

注意 **PROFIBUS 地址**必须与在 **PLC 项目**中配置的地址相同。

17.5.2.3 WorkVisual 的逻辑配置

说明

与在控制器配置中所学到的一样，完成物理配置之后，还必须在 WorkVisual 中进行逻辑接线。

操作步骤

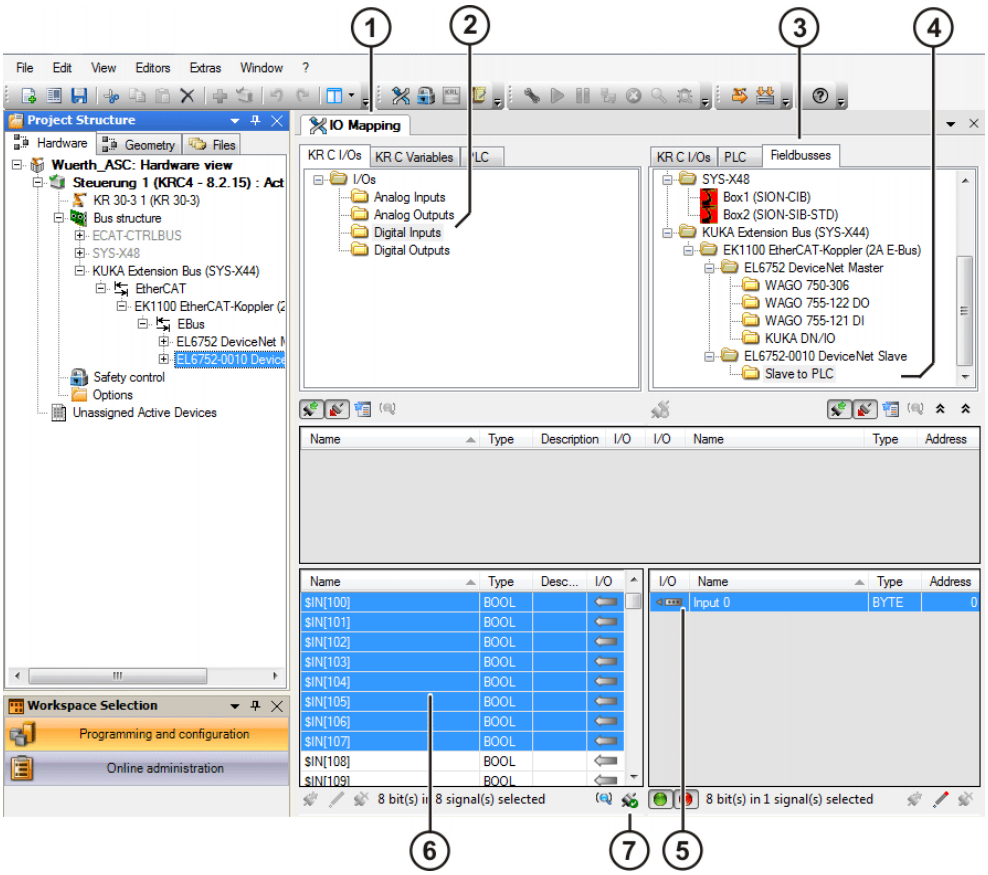


图 17-95: PROFIBUS – 逻辑接线

1. 在主窗口中切换至视图**输入输出接线**
2. 在选项卡 **KR C4 输入 / 输出端**中选择**数字输入端**或**数字输出端**
3. 打开选项卡**现场总线**
4. 选择从站**模块 EL6731-0010**
5. 选择**总线侧**待连接的数字**输入或输出端**
6. 选择 **KR C4 侧**待连接的数字**输入或输出端**
7. 点击**连接**保存接线
8. 用 **OK** 确认**信号编组**的信息提示。

为所有其他输入和输出端重复此过程。

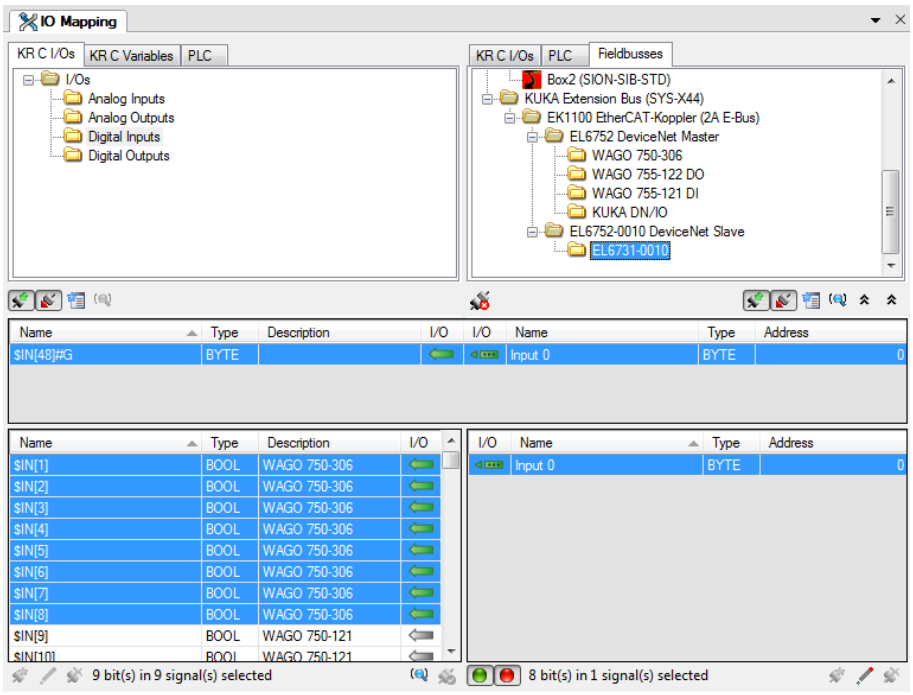


图 17-96: PROFIBUS – 逻辑接线 2

17.6 诊断

17.6.1 概览

本学习单元讲授以下内容：

- 诊断方式
- 通过 HMI 进行诊断
- 通过 WorkVisual 进行诊断

17.6.2 PROFIBUS 诊断方法

说明

- 由于应用环境很差，例如由于网线或设备损坏，可能会出现总线故障。
- 在短时间内找到并排除这些总线故障是对每个保养人员的要求。
- 通过与 KR C4 相结合，有多种解决方案可供使用。

方案

- 通过 SmartPAD 信息窗口进行诊断 (>>> 17.6.3 "通过信息窗口诊断" 页码 442)
- 通过 SmartPAD 诊断监视器进行诊断 (>>> 17.6.4 "通过诊断监视器 (HMI) 显示诊断" 页码 445)
- 检查和重置输入/输出端驱动程序 (>>> 17.6.5 "输入/输出端驱动程序" 页码 449)
- 通过 WorkVisual 诊断监视器进行诊断 (>>> 15.7.5 "WorkVisual 诊断监视器的利用" 页码 334)
- 借助电缆测试仪等诊断传输介质

17.6.3 通过信息窗口诊断

说明

- 如果控制系统发现了一个关于现场总线驱动程序的错误，将在 SmartPAD 的信息窗口中给出一条信息。
- 该信息窗口是维护人员可以更进一步限定故障的第一咨询处。

- 典型的信息
  - 控制系统现场总线驱动程序中的故障 (>>> ″读取 / 写入时出错″ 页码 443)
  - 配置或硬件出错 (>>> ″硬件出错″ 页码 443)

信息提示处理

信息提示中始终包括日期和时间，以便为研究相关事件提供准确的时间。

图 17-97: 确认信息

观察和确认信息提示的操作步骤：

1. 触摸信息窗口 (1) 以显示信息栏。
2. 确认：
   - 用 “OK” (2) 来对各条信息提示逐条进行确认，
   - 另外一种可选方案: 用 “ **全部 OK**” (3) 来对所有信息提示进行确认，
3. 再触摸一下最上边的一条信息提示或触摸屏幕左侧边缘上的 “X” 将重新关闭信息提示列表。

读取 / 写入时出错

如果现场总线驱动程序在现场总线中发现了一个错误，则始终在信息窗口中同时显示所涉及的驱动程序实例。这里所涉及的是 PROFIBUS 主站。

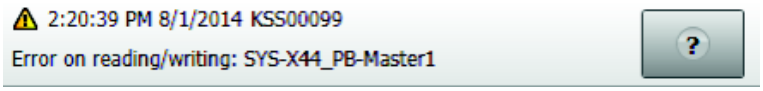


图 17-98: 读取和写入时出错：SYS-X44_PB_Master1

显示	所涉及的驱动程序堆栈
SYS-X44_PB_Master1	主站部分
SYS-X44_PB_Slave1	从站部分

硬件出错

从信息窗口显示中选出的典型错误：

- 在当前运行期间拔下了一个现场总线用户上的输入 / 输出盘

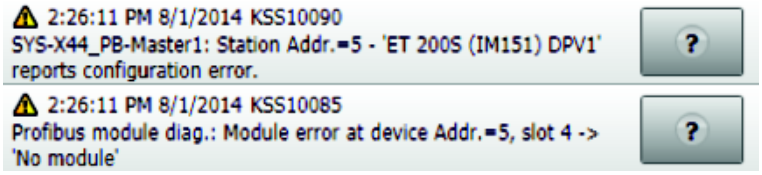


图 17-99: 设备上的模块故障

- 在当前运行期间移除了一个现场总线用户上的 PROFIBUS 电缆，或者总线耦合器失效 / 损坏

图 17-100: PROFIBUS 用户未响应

- 在当前运行期间移除了 *BECKHOFF EL6731-0010* 上的 PROFIBUS 电缆 （从站至 PLC），或者总线耦合器失效 / 损坏

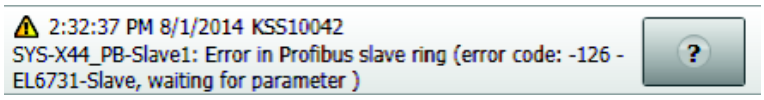


图 17-101: PROFIBUS 从站环路中出错

故障信息

编号 / 类型	信息文本
2858 停止信息	确认由现场总线错误引起的停止
1034 状态信息	写入时出错，驱动程序：*驱动程序名*
10039 状态信息	*总线名称*：模块中的 Profibus 主站出错［*模块名*］（*错误代码*） **提示**：错误代码的描述可在 PROFIBUS 主站的制造商文件中找到。
10040 状态信息	*总线实例名称*：配置中的 Profibus 主站出错 （*出错原因*） **提示**：可能的出错原因请见下表。

出错原因

出错原因	说明	补救措施
invalid ECatWrapper Interface	系统错误	1. 以冷启动重新启动系统。 2. 如果仍然显示该错误，则通知 KUKA 服务中心。
IODataCreate() Error	系统错误	1. 以冷启动重新启动系统。 2. 如果仍然显示该错误，则通知 KUKA 服务中心。
System-Manager Interface invalid	系统错误	1. 以冷启动重新启动系统。 2. 如果仍然显示该错误，则通知 KUKA 服务中心。
Error opening 'ecatms_sys_X44_swap.xml' File	文件 ecatms_sys_X44_swap.xml 语法错误。	1. 修正文件。 2. 重新配置总线。
found Gateway multiple	存在一个以上相同的网关。 **提示**：最多允许在总线中添加 1 个主站网关和 1 个从站网关。	1. 删除总线上的双网关模块。 2. 重新配置总线。
unable to create Gateway-SEM	系统错误	1. 以冷启动重新启动系统。 2. 如果仍然显示该错误，则通知 KUKA 服务中心。
unable to spawn Gateway-Task	系统错误	1. 以冷启动重新启动系统。 2. 如果仍然显示该错误，则通知 KUKA 服务中心。
invalid Gateway PDO-Config	没有用于网关模块的有效过程数据配置。	1. 检查总线配置，必要时修正。 2. 重新配置总线。
unable to allocate Gateway-Memory	系统错误	1. 以冷启动重新启动系统。 2. 如果仍然显示该错误，则通知 KUKA 服务中心。
invalid Gateway-ID	网关模块未知。	1. 使用另一个网关模块。 2. 重新配置总线。

出错原因	说明	补救措施
invalid Gateway Error-Byte Config	设备的错误状态字节与总线配置不一致。	1. 检查扩展总线的总线配置和拓扑，必要时修正。 2. 重新配置总线。
invalid optional Slave Configuration	文件 ecat_PBM_Gateway.xml 有错误。	1. 修正文件。 2. 重新配置总线。

17.6.4 通过诊断监视器（HMI）显示诊断

说明

- 利用诊断监视器可针对主系统的众多软件模块显示各种诊断数据。
- 利用该监视器可检定硬件或配置里的错误。
- KR C4 控制柜中的所有模块均通过系统内部的现场总线系统（VLANs）互联。
  在诊断监视器的选项窗口中显示为分层总线结构：
  - **总线驱动**
    EtherCAT 驱动、PROFINET 驱动等
  - **总线栈**
    控制堆栈、设备栈等
  - **（总线）模块**
    物理现场总线用户（KPP，现场总线模块等）
- 这里具有两种图示化形式：
  - 现场直接显示在 HMI 上
  - 通过 WorkVisual 软件

操作步骤

1. 通过 SmartPad 的 HMI 打开诊断监视器：
   菜单路径： *KUKA 键 > 诊断 > 诊断监视器*
2. 在模块窗口中通过下拉菜单选择待诊断的总线实例或总线用户。

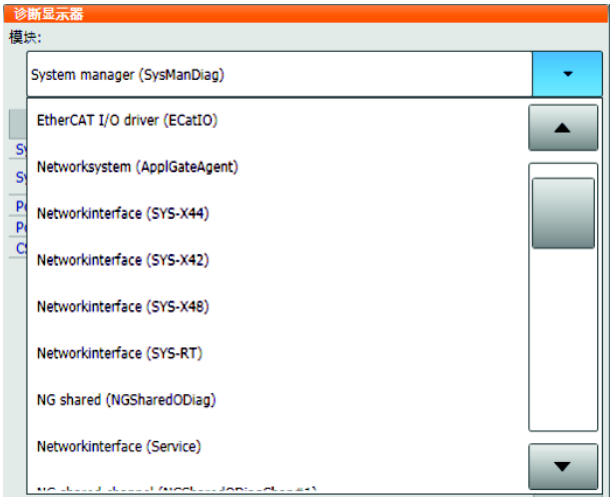


图 17-102: 模块选择

3. 在出现的诊断窗口中可看到所选菜单项的详细状态和信号显示情况。

PROFIBUS 诊断项目概览

- ECatIODriver (ECatIO) (>>> "ECatIODriver (ECatIO)" 页码 446)
- 网络接口 (SYS-X44) (>>> "网络接口 (SYS-X44)" 页码 446)
- 扩展总线（SYS-X44 主栈） (>>> "KUKA 扩展总线（SYS-X44 - 主栈）" 页码 447)
- 扩展总线 (SYS-X44 PROFIBUS 主站) (>>> "扩展总线 (SYS-X44) PROFIBUS 总站" 页码 448)

- 扩展总线（SYS-X44 PROFIBUS 从站） (>>> ”扩展总线（SYS-X44) PROFIBUS 从站” 页码 448)

ECatIODriver (ECatIO)

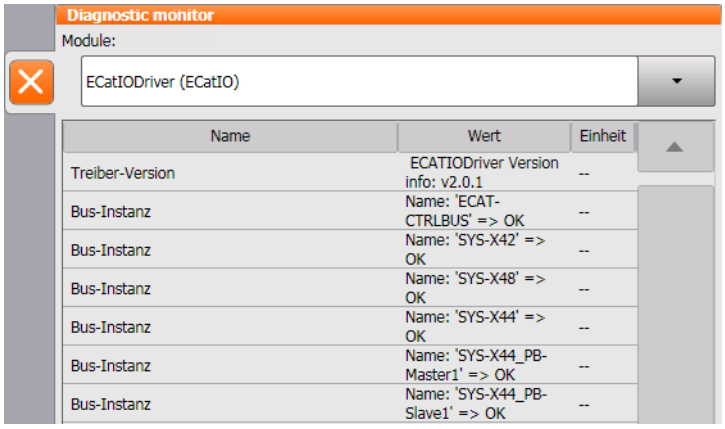


图 17-103: ECatIODriver (ECatIO)

“值”栏	说明
ECATIO 驱动器版本信息：v2.0.1	所用 EtherCat 驱动程序的版本。
ECAT - CTRLBUS -> OK	控制器总线的状态。
名称：’SYS-X42’ => OK	系统总线的状态，SmartPad 接口。
名称：’SYS-X48’ => OK	系统总线的状态，安全接口板接口。
名称：’SYS-X44’ => OK	KUKA 扩展总线的状态。接口 BECKHOFF EK1100。
名称：’SYS-X44-_PBMaster1’ => OK	KUKA 扩展总线的状态。BECKHOFF EL6752 主站接口。
名称：’SYS-X44-_PBSlave1’ => OK	KUKA 扩展总线的状态。BECKHOFF EL6752-0010 从站接口。

网络接口 (SYS-X44)

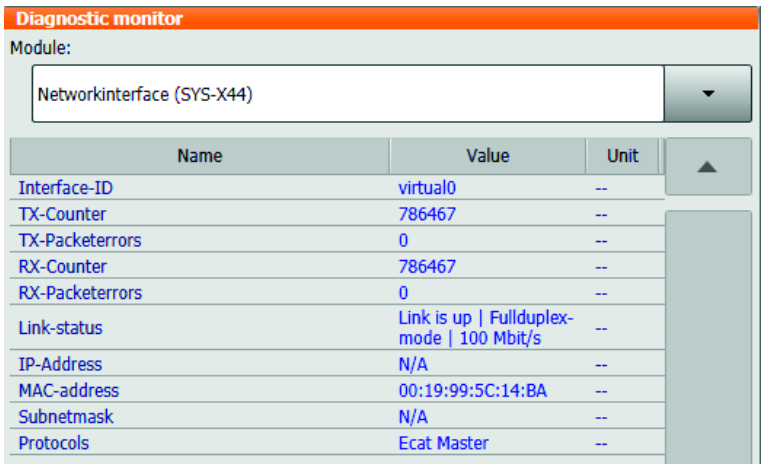


图 17-104: 网络接口 (SYS-X44)

“名称”栏	说明
接口 ID	由 KR C4 占用的用于扩展总线的 VLAN » 已固定设置为 VLAN 0
TX 计数器	已发送数据包的数据包计数器
TX 数据包错误	已发送数据包的错误计数器
RX 计数器	已接收数据包的数据包计数器

“名称”栏	说明
RX 数据包错误	已接收数据包的错误计数器
连接状态	显示通过 X44 的物理连接
IP 地址	EtherCat 不使用 IP 地址。即不显示。
MAC 地址	X44 端口的 MAC 地址
子网掩码	EtherCat 不使用子网掩码。即不显示。
协议	显示所使用的协议和总线实例

KUKA 扩展总线（SYS-X44 - 主栈）

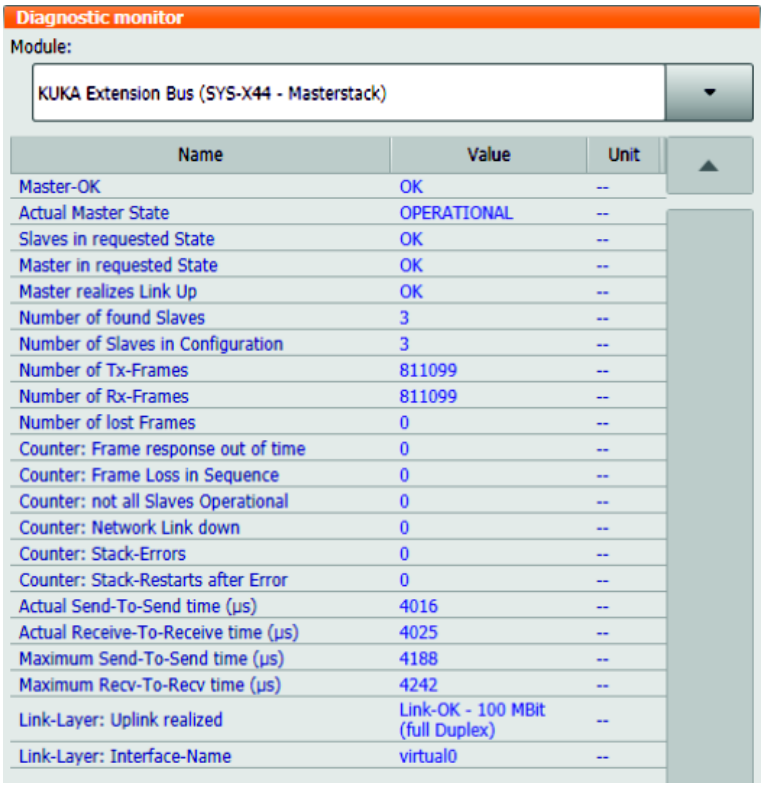


图 17-105: KUKA 扩展总线（SYS-X44 - 主栈）

选择：

“值”栏	说明
主站正常	接口 X44、EtherCAT 主站已准备就绪
当前主站状态	EtherCAT 主站状态
从站处于要求状态	BECKHOFF EK1100、EL6731 和 EL6731-0010
主站处于要求状态	X44 CCU
主站识别网络连接	KUKA 扩展总线的状态。接口 BECKHOFF EK1100。
找到的从站数量	BECKHOFF EK1100、EL6731 和 EL6731-0010
配置的 ECat 从站数量	BECKHOFF EK1100、EL6731 和 EL6731-0010

扩展总线 (SYS-X44) PROFIBUS 总站

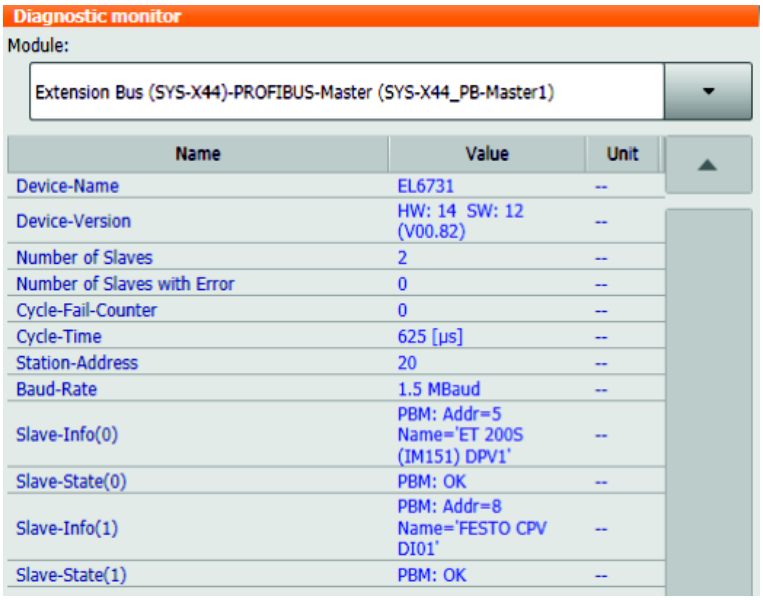


图 17-106: 扩展总线 (SYS-X44) PROFIBUS 总站

“名称”栏	说明
设备名称	PROFIBUS 主站的名称
设备版本	PROFIBUS 主站的版本
从站的数量	设备的数量
出错从站的数量	出现了错误的设备数量
循环错误计数器	总线循环错误计数器
循环时间	PROFIBUS 总站更新所需的时间 （单位：µs）
最短循环时间	PROFIBUS 总站更新所需的最短时间 （单位：µs）
最长循环时间	PROFIBUS 总站更新所需的最长时间 （单位：µs）
站地址	控制器的地址
波特率	控制器的波特率
从站信息 (0)	第一台设备的名称和设备地址
从站状态 (0)	第一台设备的状态
从站信息 (1)	第二台设备的名称和设备地址
从站状态 (1)	第二台设备的状态
从站信息 (2)	第三台设备的名称和设备地址
从站状态 (2)	第三台设备的状态

扩展总线 (SYS-X44) PROFIBUS 从站

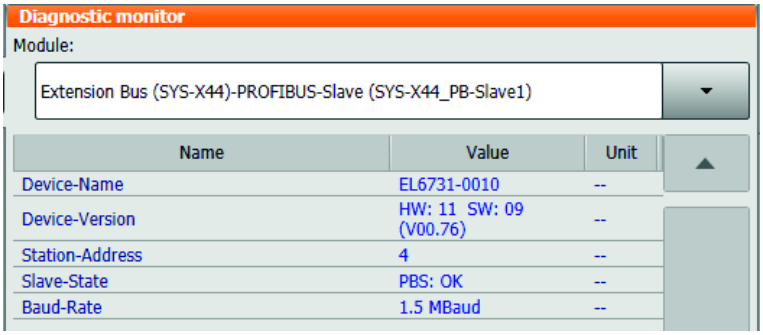


图 17-107: 扩展总线 (SYS-X44) PROFIBUS 从站

“名称”栏	说明
设备名称	设备的名称
设备版本	设备的版本
站地址	设备地址
从站状态	设备的状态
波特率	设备的波特率

17.6.5 输入 / 输出端驱动程序

检查输入 / 输出端驱动程序

PROFIBUS 驱动程序在安装 WorkVisual 项目后是否也确实在运行，这必须通过 HMI 界面进行检查。

1. 菜单导航：**主菜单 > 配置 > 输入 / 输出端 > 输入 / 输出端驱动程序**

图 17-108: KR C4 HMI — 主菜单

2. 在输入 / 输出驱动程序窗口中检查其状态是否为**绿色**。

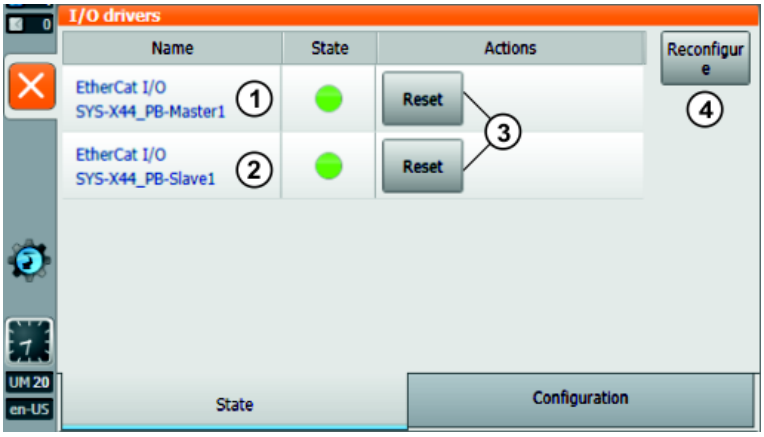


图 17-109: 输入 / 输出端驱动程序

重置输入 / 输出端驱动程序

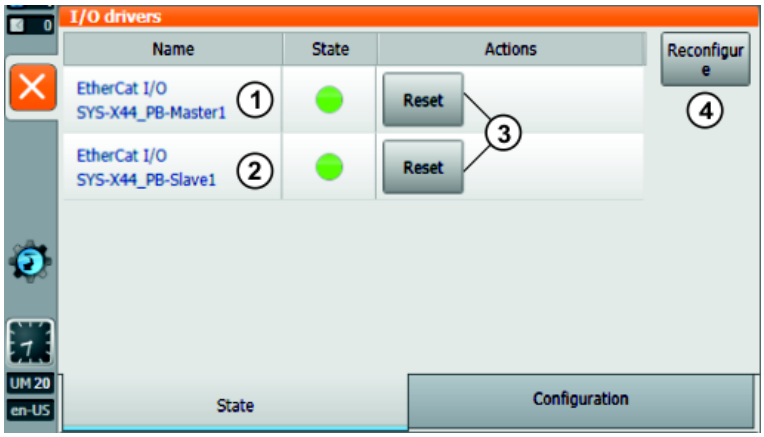


图 17-110: 输入 / 输出端驱动程序

序号	说明	序号	说明
1	用于 PROFIBUS 主站的驱动程序 *BECKHOFF EL6731*	3	重置驱动程序
2	用于 PROFIBUS 从站的驱动程序 *BECKHOFF EL6731-0010*	4	重新配置驱动程序

如果现场总线驱动程序**故障或没有准备就绪**，则可以按如下方式重新启动。

复位 (3)

- 只能通过**专家用户属性**或更高等级的用户属性进行复位。
  菜单序列：*配置 > 用户组 > 登录 > 专家*
- 仅总线栈被短时重置。
- 不重新读取从属的**从动系统 / 设备 / 适配器**

重新配置 (4)

- 只能通过**专家用户属性**或更高等级的用户属性进行重新配置。
  菜单顺序：*配置 > 用户组 > 登录 > 专家*
- 除了现场总线驱动程序之外，还会对连接的**从动系统 / 设备 / 适配器**进行重新初始化和重新配置。
- 重新配置等同于现场总线层面的冷启动。

17.6.6 WorkVisual 中的扩展设备诊断

前提条件

- 待诊断的设备已连接并激活。

操作步骤

1. 在窗口**项目结构**的选项卡**设备**中展开机器人控制系统的树形结构。
2. 在树形结构中用右键点击 **KUKA 扩展总线 (SYS-X44)** (1) 并在快捷菜单中选择**设置...**。一个窗口打开。
3. 在选项卡**主站设置** (2) 的 **IP 地址** (3) 输入框中输入 KLI 的 IP 地址。

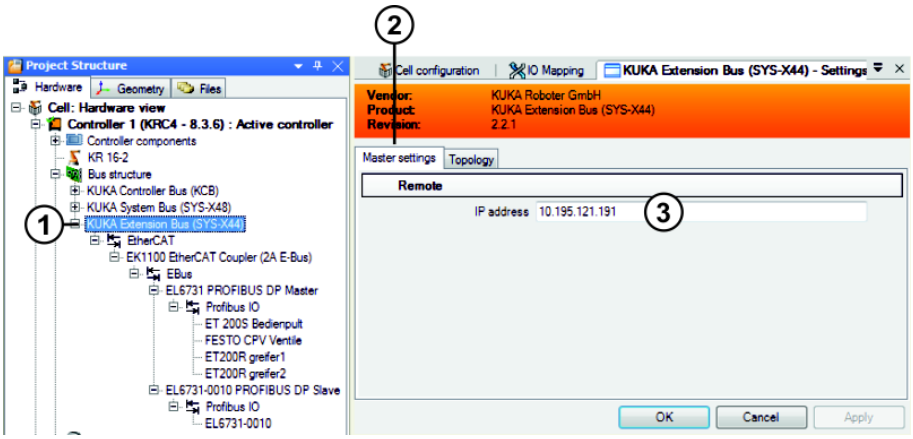


图 17-111: IP 地址

4. 用 **OK** 键保存设置。
5. 用鼠标右键点击所需现场总线用户并在快捷菜单中选择**连接**。

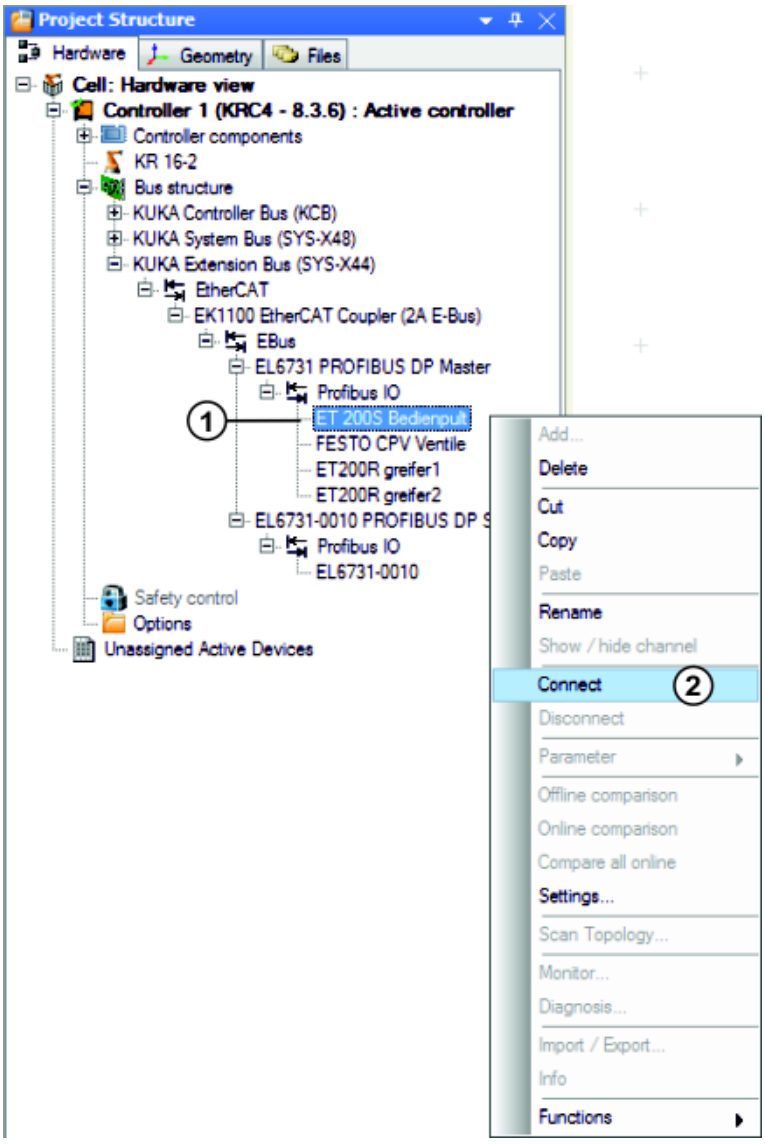


图 17-112: 与现场总线用户连接

6. 用鼠标右键点击设备 (1) 并在快捷菜单中选择**诊断 ...** (2)。显示一个含有以下选项卡的窗口：**识别**、**状态**、**输入 / 输出端**。

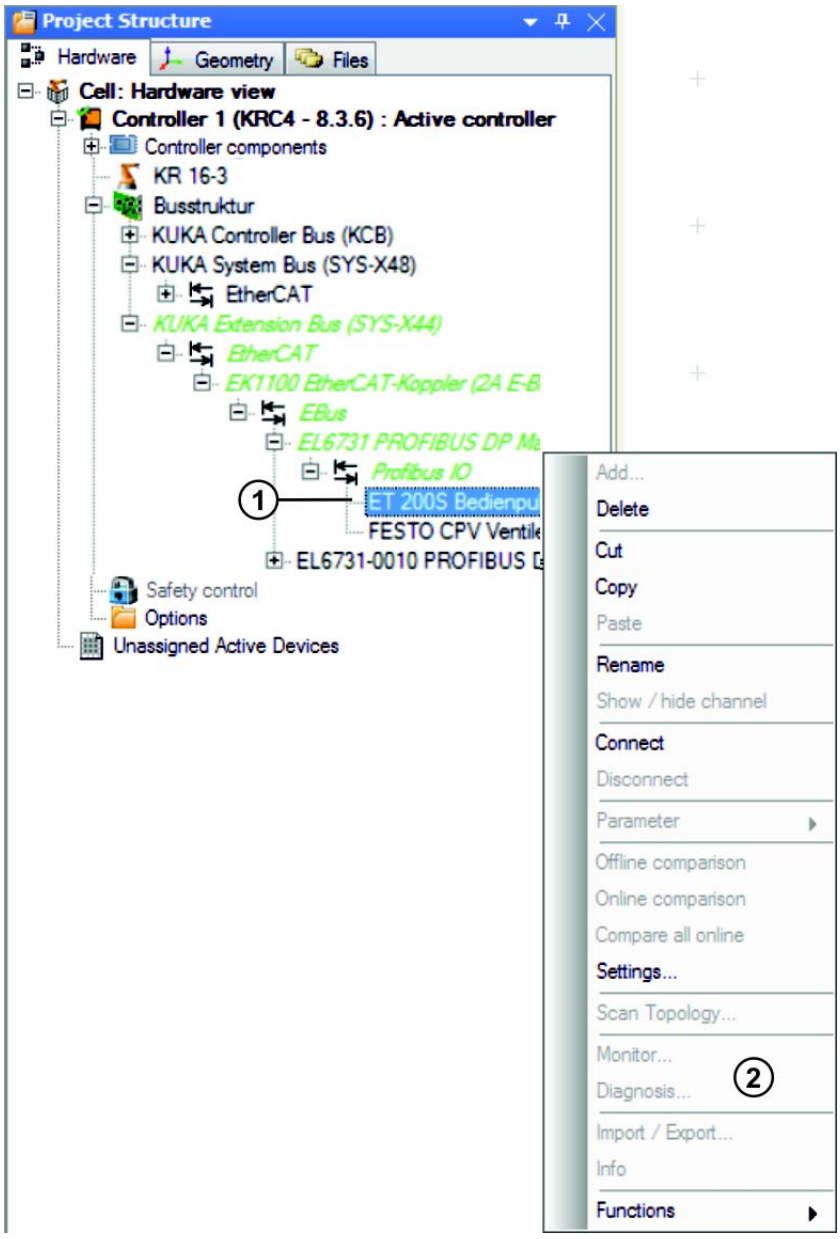


图 17-113: 诊断 ...

识别选项卡仅在设备支持该功能时显示。

说明

在**识别**选项卡中显示设备的一般信息:

- 制造商
- 订货号
- 系列号
- 硬件版本号
- 软件版本号
- 版本号计数器
- 配置文件识别号
- 配置文件专用的类型
- 功能名称
- 所在地名称

- 在**状态**选项卡中显示设备的警报和诊断数据。这些数据是设备特定的，详细信息请见设备制造商的文件。数据不会自动更新。如要调出最新数据，请点击**更新**。

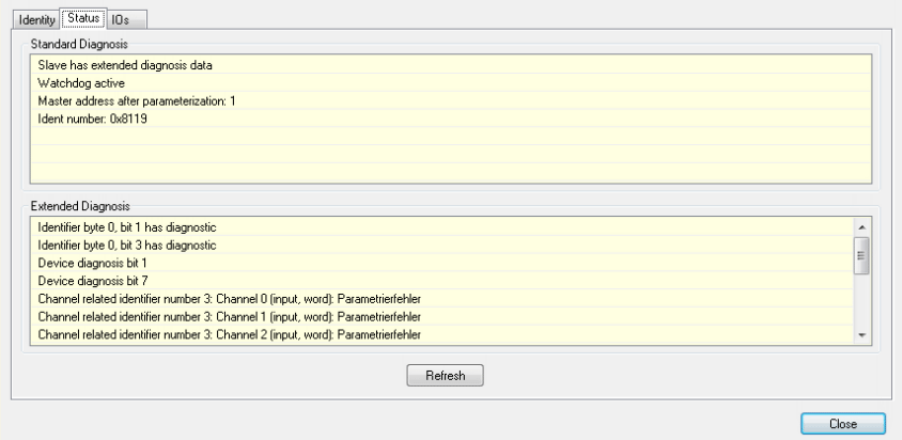


图　17-114: 状态选项卡

- 在**输入 / 输出端**选项卡中显示设备的存储器映像。输入和输出端的每个字节以十六进制显示。长度说明了实际字节的数量。该值不会自动更新。如要调出最新值，勾选复选框**每 1000 毫秒更新**。

图　17-115: 输入 / 输出端选项卡

18 机器人运动

18.1 概览

下列内容将在此示教单元里介绍：

- 读取并解释信息提示
- 选择并设置运行方式
- 单个机器人轴运动
- 机器人在世界坐标系中的运动
- 拔出 smartPad
- 机器人在工具坐标系中的运动
- 在基坐标系中移动机器人

18.2 读取并解释机器人控制系统的信息提示

信息提示概览

图 18-1: 信息窗口和信息提示计数器

1 信息窗口：显示当前信息提示
2 信息提示计数器：每种信息提示类型的信息提示数量

控制器与操作员的通信通过信息窗口实现。其中有五种信息提示类型：

信息提示类型概览：

图标	类型
	确认信息 ■ 用于显示需操作员确认才能继续处理机器人程序的状态。（例如：“ 确认紧急停止 ”） ■ 确认信息提示始终引发机器人停止或抑制其起动。
	状态信息 ■ 状态信息报告控制器的当前状态。 （例如：“ 紧急停止 ”） ■ 只要这种状态存在，状态信息便无法被确认。
	信息提示 ■ 信息提示提供有关正确操作机器人的信息。（例如：“ 需要启动键 ”） ■ 信息提示可被确认。只要它们不使控制器停止，则无需确认。
	等待信息 ■ 等待信息说明控制器在等待哪一事件 （状态、信号或时间）。 ■ 等待信息可通过按 “ 模拟 ” 按键手动取消。

注意 指令 “ 模拟 ” 只允许在能够排除碰撞和其他危险的情况下使用！

对话信息

- 对话信息用于与操作员的直接通讯 / 问询。
- 将出现一个含各种按键的信息窗口，用这些按键可给出各种不同的回答方式。

用 “OK” 可对可确认的信息提示加以确认。用 “ 全部 OK” 可一次性全部确认所有可以被确认的信息提示。

信息提示的影响

- 信息提示会影响机器人的功能。
- 确认信息提示始终引发机器人停止或抑制其起动。
- 为了使机器人运动，首先必须对信息提示予以确认。
- 指令 “OK” （确认）表示请求操作人员有意识地对信息提示进行分析。

对信息提示处理的建议：

- 有意识地阅读！
- 首先阅读较老的信息提示。较新的信息提示可能是老信息提示产生的后果。
- 切勿轻率地按下 “ 全部 OK”。
- 尤其是在启动后：仔细查看信息提示。在此过程中让所有信息提示都显示出来。点按信息提示窗口即可扩展信息提示列表。

信息提示处理

信息提示中始终包括日期和时间，以便为研究相关事件提供准确的时间。

图 18-2: 确认信息

观察和确认信息提示的操作步骤：

1. 触摸信息窗口 (1) 以显示信息栏。
2. 确认：
   - 用 “OK” (2) 来对各条信息提示逐条进行确认，
   - 另外一种可选方案: 用 “ 全部 OK” (3) 来对所有信息提示进行确认，
3. 再触摸一下最上边的一条信息提示或触摸屏幕左侧边缘上的 “X” 将重新关闭信息提示列表。

18.3 选择并设置运行方式

KUKA 机器人的运行方式

- T1 （手动慢速运行）
  - 用于测试运行、编程和示教
  - 程序执行时的最高速度为 250 mm/s
  - 手动运行时的最高速度为 250 mm/s
- T2 （手动快速运行）
  - 用于测试运行
  - 程序执行时的速度等于编程设定的速度！
  - 手动运行：无法进行
- AUT （自动运行）

- 用于不带上级控制系统的工业机器人
- 程序执行时的速度等于编程设定的速度！
- 不可通过运行键或 3D 鼠标进行手动运行

- AUT EXT （外部自动运行）
  - 用于带上级控制系统 （PLC）的工业机器人
  - 程序执行时的速度等于编程设定的速度！
  - 手动运行：无法进行

运行方式的安全提示

手动运行 T1 和 T2

手动运行用于调试工作。调试工作是指所有为使机器人系统上可进入自动运行模式而必须在其上所执行的工作。其中包括：

- 示教 / 编程
- 在点动运行模式下执行程序 （测试 / 检验）

对新的或者经过更改的程序必须始终先在**手动慢速 （T1）**运行方式下进行测试。

在**手动慢速 （T1）**运行方式下：

- 未监控操作人员防护装置 （防护门）。
- 应尽可能减少在用防护装置隔离的区域内停留的人数。

  如果需要有多个工作人员在用防护装置隔离的区域内停留， 则必须注意以下事项：
  - 所有人员必须能够不受防碍地看到机器人系统。
  - 必须保证所有人员之间都可以直接看到对方。
- 操作人员必须选定一个合适的操作位置，使其可以看到危险区域并避开危险。

在**手动快速 （T2）**运行方式下：

- 未监控操作人员防护装置 （防护门）。

不过，在库卡学院的培训间中与标准情况不同，防护门是受到监控的，必须保持关闭。

- 只有在必须以大于手动慢速运行的速度进行测试时，才允许使用此运行方式。
- 在这种运行模式下不得进行示教。
- 在测试前，操作人员必须确保确认装置的功能完好。
- 通过以 T2 运行方式运行程序达到编程设定的速度。
- 操作人员以及其他人员必须处于危险区域之外。

运行方式**自动**和**外部自动**

- 必须配备安全、防护装置，而且它们的功能必须正常。
- 所有人员应位于由防护装置隔离出的区域之外。

停机反应

工业机器人会在操作或在监控和出现故障信息时做出停机反应。下面的表格中列出了停机反应与所设定的运行方式的关系。

触发器	T1、T2	AUT、AUT EXT
松开启动键	STOP 2	-
按下停机键	STOP 2	
驱动装置关机	STOP 1	
输入端无 “ 运动许可 ”	STOP 2	

触发器	T1、T2	AUT、AUT EXT
关闭机器人控制系统 （断电）	STOP 0	
机器人控制系统内与安全无关的部件出现内部故障	STOP 0 或 STOP 1 （取决于故障原因）	
运行期间运行方式切换	安全停止 2	
打开防护门 （操作人员防护装置）	-	安全停止 1
松开确认键	安全停止 2	-
将确认键按到底或出现故障	安全停止 1	-
按下急停按钮	安全停止 1	
安全控制系统或安全控制系统外围设备中的故障	安全停止 0	

概念	说明
安全运行停止	安全运行停止是一种停机监控。 它不停止机器人动作，而是监控机器人轴是否静止。 如果机器人轴在安全运行停止时有动作，则安全运行停止触发安全停止 STOP 0。 安全运行停止也可由外部触发。 如果安全运行停止被触发，则机器人控制系统报告安全输出端 (X13, SIB extended) 或也可以通过安全的现场总线协议通知上级控制系统。 如果在触发安全运行停止时不是所有的轴都停止，并以此触发了安全停止 STOP 0，则也会给该输出端赋值。
安全停止 STOP 0	一种由安全控制系统触发并执行的停止。 安全控制系统立即关断驱动装置和制动器的供电电源。 **提示：** 该停止在文件中称作安全停止 0。
安全停止 STOP 1	一种由安全控制系统触发并监控的停止。 该制动过程由机器人控制系统中与安全无关的部件执行并由安全控制系统监控。 一旦机械手静止下来，安全控制系统就关断驱动装置和制动器的供电电源。 如果安全停止 STOP 1 被触发，则机器人控制系统通过现场总线给一个输出端赋值。 安全停止 STOP 1 也可由外部触发。 **提示：** 该停止在文件中称作安全停止 1。
安全停止 STOP 2	一种由安全控制系统触发并监控的停止。 该制动过程由机器人控制系统中与安全无关的部件执行并由安全控制系统监控。 驱动装置保持接通状态，制动器则保持松开状态。一旦机械手停止下来，安全运行停止即被触发。 如果安全停止 STOP 2 被触发，则机器人控制系统通过现场总线给一个输出端赋值。 安全停止 STOP 2 也可由外部触发。 **提示：** 该停止在文件中称作安全停止 2。
停机类别 0	驱动系统立即关闭，制动器制动。 机械手和附加轴 （选项）在额定位置附近制动。 **提示：** 此停机类别在文件中被称为 STOP 0。

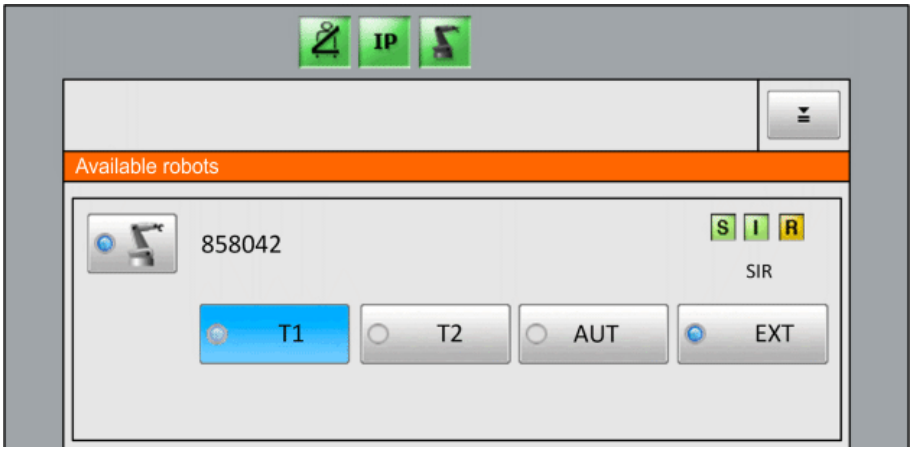
概念	说明
停机类别 1	1 秒钟后驱动装置关断，制动器制动。 机械手和附加轴 （选项）顺沿轨迹制动。 **提示：** 此停机类别在文件中被称为 STOP 1。
停机类别 2	驱动系统不关闭，制动器不制动。 机械手及附加轴 （选项）以沿轨迹的制动斜坡进行制动。 **提示：** 此停机类别在文件中被称为 STOP 2。

操作步骤

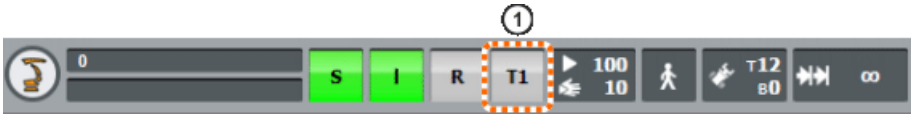
如果在运行过程中改变了运行方式，驱动装置即立刻关断。工业机器人以安全停止 2 停机。

1. 在 SmartPAD 上转动用于连接管理器的开关。连接管理器随即显示。

2. 选择运行方式。



3. 将用于连接管理器的开关再次转回初始位置。
所选的运行方式会显示在 smartPAD 的状态栏中。



18.4 取下 smartPAD

取下 smartPAD 的过程说明

- 可在机器人系统接通时取下 smartPAD。
- 可随时插入 smartPAD。
- 插入的 smartPAD 将应用机器人控制器的当前运行方式。

- 插入时，变量 smartPAD（固件版本）无关紧要，因为会自动进行升级或降级。
- 插入 30 秒后，紧急停止和确认键方可再次恢复功能。
- smartHMI（操作界面）（在 15 秒内）重新自动显示。

“拔下 smartPAD”时的功能

警告 如果 smartPAD 已拔出，则无法再通过 smartPAD 上的紧急停止按键来使设备停机。因此必须在机器人控制系统上外接一个紧急停止装置。

警告 运营商应负责将已拔出的 smartPAD 立即从设备中撤离并将其妥善保管，保管处应远离在工业机器人的作业范围。其中目的是为了防止有效的和无效的紧急停止装置被混淆。

警告 如果没有注意该措施，则有可能造成人员严重身体伤害乃至致命或者巨大的财产损失。

警告 将 smartPAD 插在机器人控制器上的用户，之后至少必须在 smartPAD 旁停留 30 秒，就是说直到紧急停止和确认键再次恢复正常功能为止。这样就可避免出现例如另一操作人员在紧急情况下使用的紧急停止装置暂时无效的情况。

拔下 smartPAD 的操作步骤

拔下：

1. 在 smartPAD 上按下拔下按钮。
   在 smartHMI 上显示一条信息和一个计时器。
   计时器会计时 25 秒。在此时间内可从机器人控制器上拔下 smartPAD。

图 18-3: 用于脱开 smartPAD 的按钮

注意 如果在计时器未运行的情况下取下 smartPAD，会触发紧急停止。只有重新插入 smartPAD 才能取消紧急停止。

2. 打开配电箱门 (V)KR C4。
3. 从机器人控制器拔出 smartPAD 编程器。

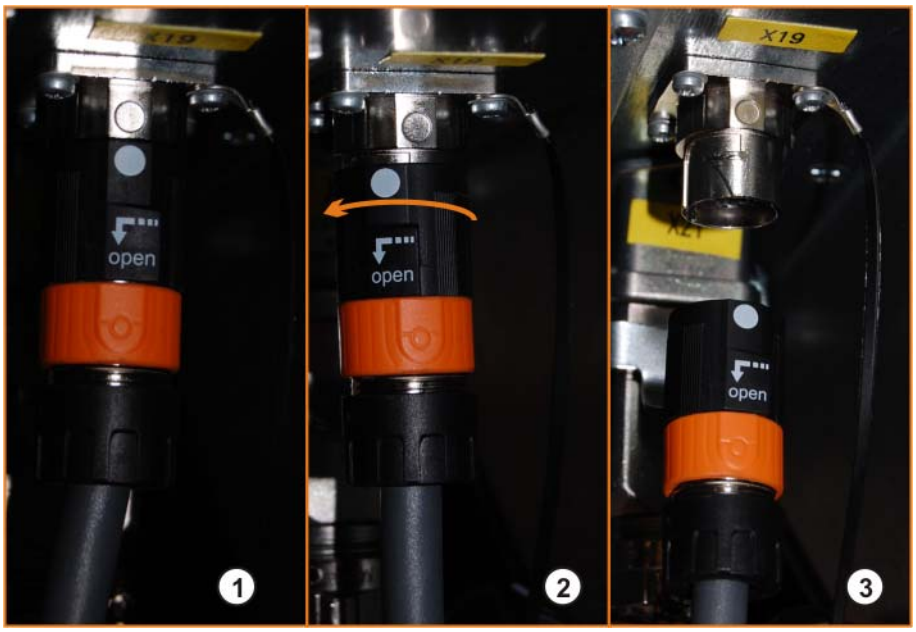


图 18-4: 取下 smartPAD

1	插头处于插接状态
2	沿箭头方向将上部的黑色部件旋转约 25°
3	向下拔出插头

4. 关闭配电箱门 (V)KR C4。

如果在计时器计时期间没有拔下 smartPAD，则此次计时失效。可任意多次按下用于脱开的按钮，以显示计时器。

插入：

1. 确保使用相同规格的 smartPAD
2. 打开配电箱门 (V)KR C4
3. 插入 smartPAD 插头

注意 注意插口和 smartPAD 插头上的标记！

图 18-5: 插上 smartPAD

1	插头处于拔下状态 （注意标记）
2	向上推插头。推上时，上部的黑色部件自动旋转约 25°
3	插头自动卡止，即标记相对

⚠ 警告 将 smartPAD 插到机器人控制器上的使用者，之后至少必须在 smartPAD 旁停留 30 秒，直到紧急停止和确认键再次恢复正常功能。这样就可避免出现例如另一操作人员在紧急情况下使用的紧急停止装置暂时无效的情况。

4. 关闭配电箱门 (V)KR C4

18.5 单独运动机器人的各轴

说明：轴相关的运动

图 18-6：库卡机器人的轴

机器人轴的运动

- 每根轴逐个沿正向和负向运动。
- 为此需要使用运行键或者 KUKA smartPAD 的 3D 鼠标。
- 速度可以更改（手动倍率：HOV）。
- 仅在 T1 运行模式下才能手动运行。
- 确认键必须已经按下。

原理

- 通过按确认键激活驱动装置。如果驱动装置许可开通，则运行键的文字说明为绿色。只要一按运行键或 3D 鼠标，机器人轴的调节装置便启动，机器人执行所需的运动。
- 运动可是连续的，也可是步进式的。为此要在状态栏中选择步距（增量）。(>>> ″操作步骤″ 页码 465)

以下信息提示对手动运行有影响：

信息	原因	补救措施
“激活的指令被禁”	出现停机（STOP）信息提示或引起激活的指令被禁的状态（例如：按下了紧急停止按钮或驱动装置尚未就绪）。	复位紧急停止按钮并且 / 或者在信息窗口中确认信息提示。按了确认键后可立即使用驱动装置。
“软件限位开关 -A5”	以给定的方向（+ 或 -）移到所显示轴（例如 A5）的软件限位开关。	显示的轴朝相反方向移动。

实践提示

1. 选择所需的程序。
2. 按下三个确认键中的一个。
3. 等待至驱动装置准备就绪 » 移动键亮绿色或驱动装置 I 显示绿色。
4. 然后开始所需的操作 » 启动键、移动键或 3D 鼠标。

如果不遵守该顺序，则显示信息 “ 激活的指令已锁闭 ”。

与轴相关手动运行的安全提示

运行方式
机器人只有在运行方式 T1 （手动降低的速度）下才可手动运行。在 T1 模式下，手动运行速度最大为 250 mm/s。通过连接管理器设置运行方式。

确认开关
为了能移动机器人，必须按下并保持按下确认开关。smartPAD 上装有三个确认开关。确认开关具有 3 个挡位：

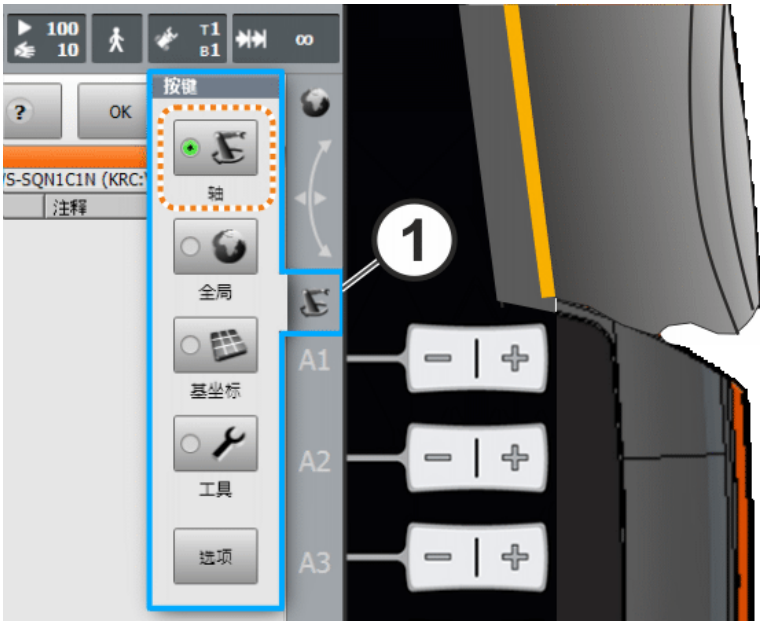
- 未按下
- 中位
- 完全按下 （紧急按下位置）

软件限位开关
即使采用与轴相关的手动运行，机器人的移动也受到软件限位开关的最大正、负值的限制。

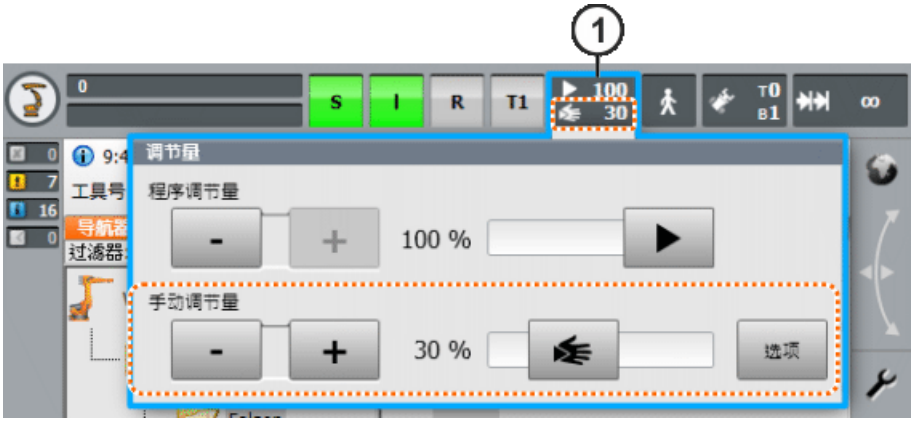
注意 如果在信息提示窗口中出现信息提示 “ 执行零点标定 ”，则也可超过这两个极限值移动。但这可能会损坏机器人系统！

操作步骤：执行与轴相关的运动

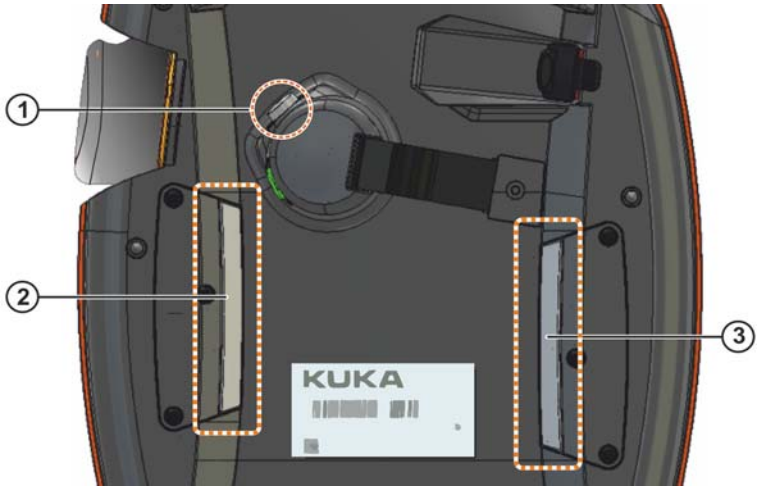
1. 选择**轴**作为运行键的选项



2. 设定手动倍率



3. 将确认开关按至中间挡位并按住



4. 在运行键旁边将显示轴 A1 至 A6。
按下正向或负向移动键，以使轴朝正向或负向运动。

增量式手动运行

- 增量式点动运行模式可以使机器人移动所定义的距离，如 10 mm 或 3°。
  按下相应的运行键后，机器人自动停止。
- 运行时可以用运行键接通增量式点动运行模式。
  用空间鼠标运行时不能用增量式手动运行模式。
- 各个运行键必须保持按下，直到机器人自动停止为止。
  机器人有预设的距离或已达到角度值。

应用范围：

- 以同等间距进行点的定位
- 如果单位为 mm 或度的距离已知，例如测量装置中的数据，则可以进行精确的点修正
- 从一个位置驶出所定义距离，如在故障情况下

前提条件

- 运行模式 “ 运行键 ” 已激活。
- 运行方式 T1

操作步骤

1. 在状态栏中选择增量值：

图 18-7: 增量式手动运行

2. 用运行键运行机器人。可以采用笛卡尔或与轴相关的模式运行。
   如果已达到设定的增量，则机器人停止运行。

> 如果机器人的运动被中断，如因放开了确认开关，则在下一个动作中被中断的增量不会继续，而会开始一个新的增量。

下列选项可供使用：

设置	说明
持续的	已关闭增量式手动移动。
100mm / 10°	1 增量 = 100 mm 或 10°
10mm / 3°	1 增量 = 10 mm 或 3°
1mm / 1°	1 增量 = 1 mm 或 1°
0.1mm / 0.005°	1 增量 = 0.1 mm 或 0.005°

增量单位为 mm：

- 适用于在 X、Y 或 Z 方向进行的笛卡尔运动。

增量单位为度：

- 适用与在 A 、B 或 C 旋转方向进行的笛卡尔运动。
- 适用于与轴相关的运动中。

在紧急情况下脱离控制系统移动机器人

图 18-8: 自由旋转装置

- 发生事故或故障后，可借助自由旋转装置移动机器人。
- 自由旋转装置可用于基轴驱动电机，视机器人类型而定也可用于手动轴驱动电机。
- 该装置只允许用于特殊情况或紧急情况，例如用于解救人员。
- 如果使用自由旋转装置，则必须确保制动器功能正常。

- 为此需要执行制动测试。如果没有通过此测试，则需要更换电机。
- 如果不能提供控制系统的制动测试或无法进行测试，则更换相应的电机。

操作步骤

⚠ 警告 运行期间，电机将达到的温度可导致皮肤烧伤。避免与其接触。请务必采取适宜的安全防护措施，例如佩戴防护手套。

1. 关断机器人控制系统，并锁住 （例如用挂锁），防止未经许可的意外重启。
2. 拆下电机处的防护盖。
3. 将自由旋转装置置于相应的电机上，并将轴朝所希望的方向运动。

i 可作为选项订购在电机上用箭头标记方向的标签。须克服电机机械制动器的阻力，且必要时还须克服额外的轴负载。

轴 2 电机上的示例：

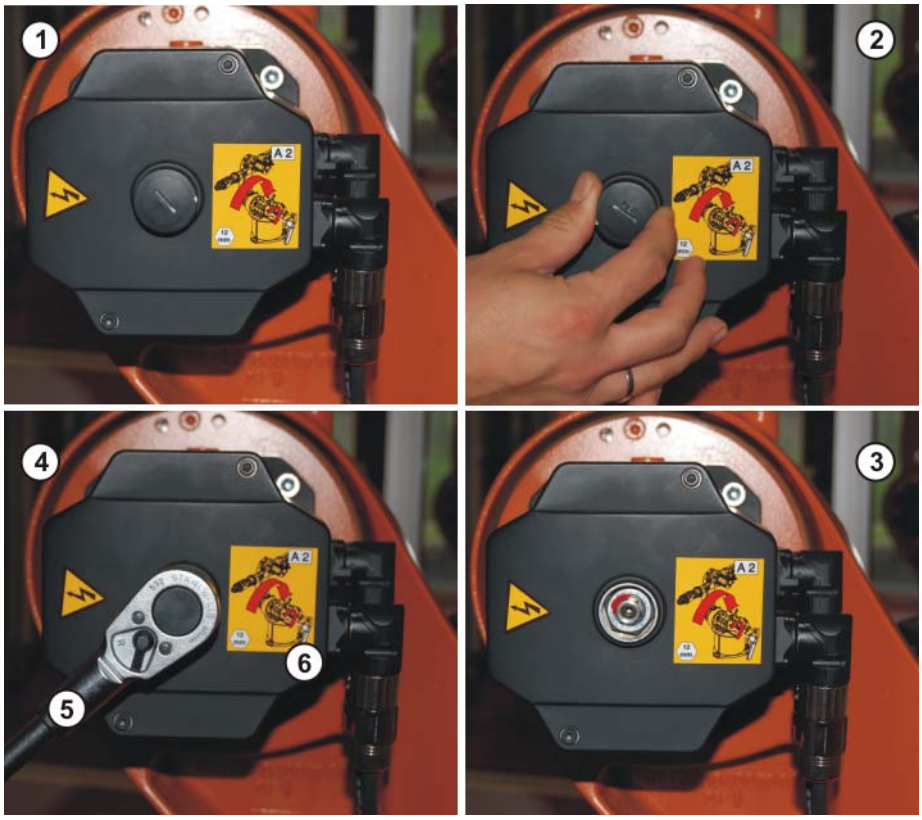


图 18-9: 使用自由旋转装置的操作步骤

项号	说明
1 年	防护盖盖上的电机 A2
2 年	打开电机 A2 的防护盖
3 年	防护盖已拆下的电机 A2
4 年	将自由旋转装置装到电机 A2 上
5 年	自由旋转装置
6 年	有转向说明的标签 （选项）

⚠ 小心 在使用自由旋转装置移动轴时，可能会损坏电机制动器。可能会导致人员伤害及设备损伤。在使用自由旋转装置后必须更换相应的电机。

更多信息请见库卡机器人的操作和安装指南。

18.5.1 练习：操作及轴相关的手动运行

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 接通以及关闭机器人控制器
- 用 smartPad 进行机器人的基本操作
- 用运行键和 3D 鼠标对机器人进行轴相关的手动运行
- 理解最初的简单系统信息提示并排除故障

前提条件

为了能成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 参加安全培训

> 提示！
> 开始练习前学员必须已完成安全培训并有记录为证！

- 具备常规操作库卡工业机器人系统的理论知识
- 具备轴相关手动运行的理论知识

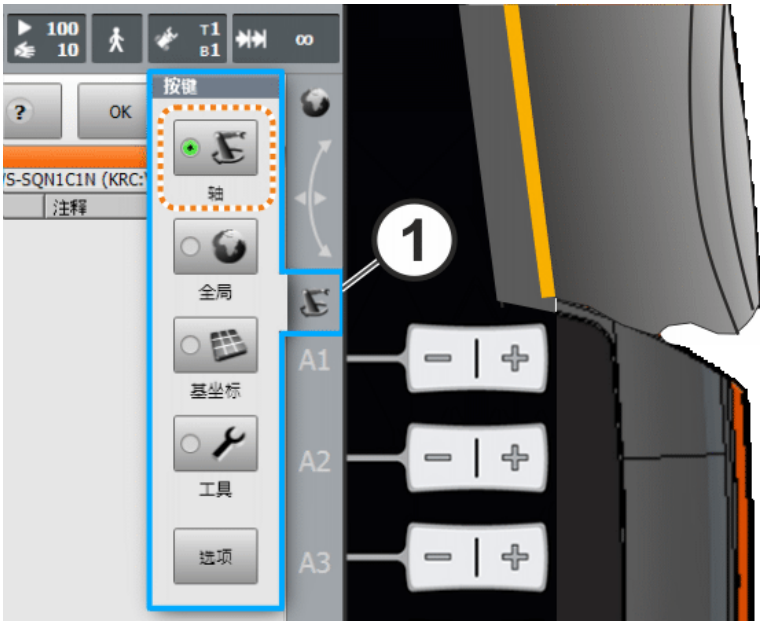


图 18-10：按轴坐标的手动移动

练习内容 A

请完成以下任务：

1. 接通控制柜，等待启动阶段结束。
2. 将紧急停止按钮复位并确认。
3. 确保设置了运行方式 T1。
4. 激活轴相关的手动运行。
5. 用手动运行键和 3D 鼠标（空间鼠标）以不同的手动倍率 (HOV) 设置来轴相关地手动运行机器人。
6. 了解各轴的移动范围，注意是否有障碍物，例如：工作台或装有固定工具的方块库 （可达性检查）。
7. 在达到软件限位开关时请注意信息提示窗口。

练习内容 B

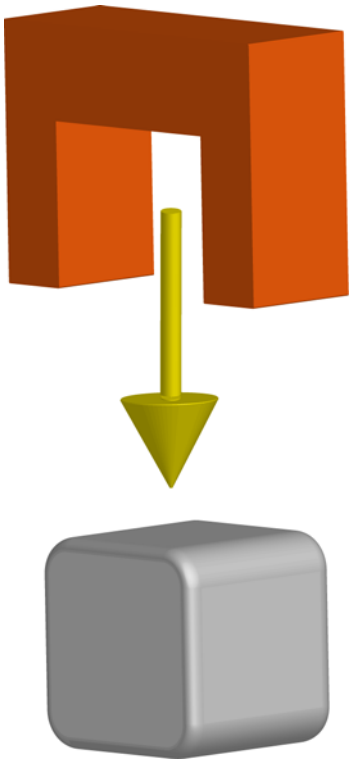


图 18-11：抓取方块

1. 在练习台上不与其它零件接触地定位方块库中的方块。
2. 尝试轴相关地接近该方块。

18.6 与机器人相关的坐标系

在工业机器人的操作、编程和调试时坐标系具有重要的意义。在机器人控制系统中定义了下列坐标系：

- ROBROOT
  机器人足部坐标系
- WORLD
  世界坐标系
- BASE
  基坐标系
- FLANGE
  法兰坐标系
- TOOL
  工具坐标系

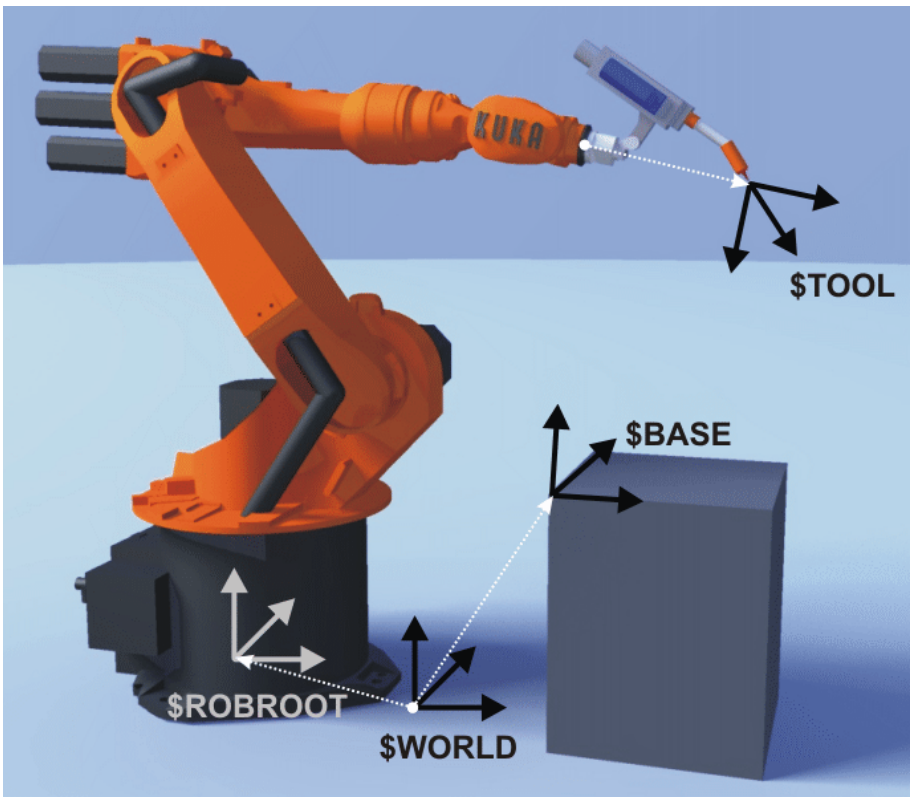


图 18-12：坐标系概览

- ROBROOT
  - 固定位于机器人足部。
  - 是机器人的原点。
  - 是世界坐标系的参照点。
- WORLD
  - 在供货状态下与 ROBROOT 坐标系中一致。
  - 可以从机器人足部 “ 向外移出 ”。
  - 说明世界坐标系在 ROBROOT 坐标系中的位置。
  - 此外，机器人系统为壁装与吊顶安装时使用。
- BASE
  - 是一个可自由定义、用户定制的坐标系
  - 说明基坐标在世界坐标系中的位置。

- 用于测量工件和装置。
- **FLANGE**
  - 法兰坐标系固定位于机器人法兰上。
  - 原点为机器人法兰中心。
  - 是工具坐标系的参照点。
- **TOOL**
  - 是一个可自由定义、用户定制的坐标系。
  - TOOL 坐标系的原点被称为 **TCP** - Tool Center Point，即工具中心点。
  - 用于测量工具。

18.7 在世界坐标系中移动机器人

世界坐标系中的运动

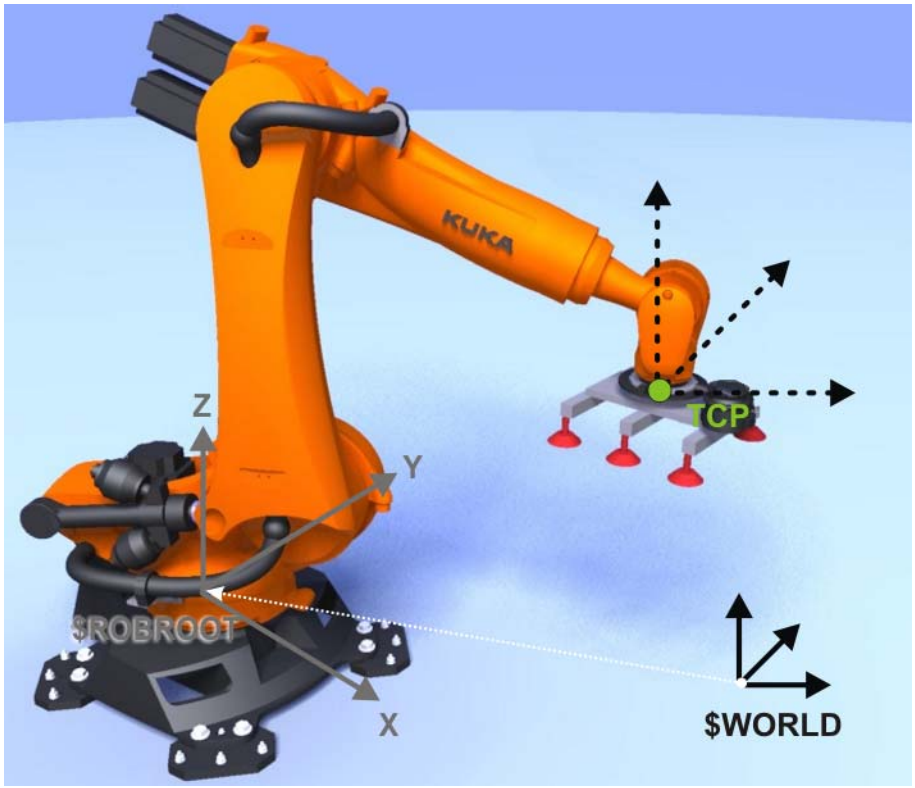


图 18-13: 世界坐标系中手动移动的原理

- 机器人工具可以根据世界坐标系的坐标方向运动。
  在此过程中，**所有**机器人轴也会移动。
- 为此需要使用运行键或者 KUKA smartPAD 的 3D 鼠标。
- 在标准设置下，世界坐标系位于机器人足部 （底座）中。
- 速度可以更改 （手动倍率：HOV）
- 仅在 T1 运行模式下才能手动运行。
- 确认键必须已经按下。

3D 鼠标

- 通过 3D 鼠标可以使机器人的运动变得直观明了，因此是在世界坐标系中进行手动运行时的不二之选。
- 鼠标位置和自由度两者均可更改。

在世界坐标系中的手动移动原理

在坐标系中可以两种不同的方式移动机器人：

- 沿坐标系的坐标轴方向平移 （直线）： X、Y、Z。

- 环绕着坐标系的坐标轴方向转动 （旋转 / 回转）： 角度 A、B 和 C

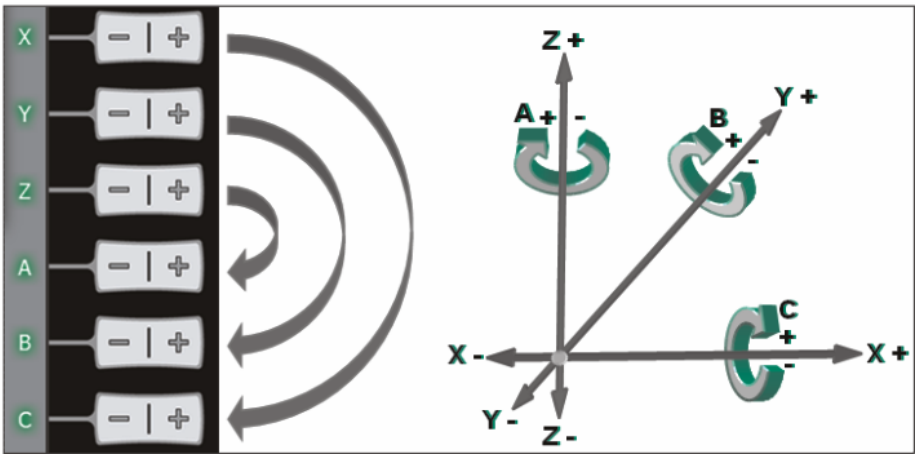


图 18-14: 笛卡尔坐标系

收到一个运动指令时 （例如按了移动键后）控制器先计算一个行程段。 该行程段的起点是工具参考点 (TCP)。 行程段的方向由世界坐标系给定。 控制器控制所有轴的运动，使工具沿该行程段运动 （平动）或绕其旋转 （转动）。

使用世界坐标系的优点：

- 机器人的运动始终可预测。
- 空间中的 TCP 运动始终是唯一的，因为原点和坐标方向始终是已知的。
- 对于经过零点标定的机器人始终可用世界坐标系。
- 可用 3D 鼠标直观操作。

使用 3D 鼠标

- 可将 3D 鼠标用于所有运动方式：
  - 平移： 按住并拖动 3D 鼠标

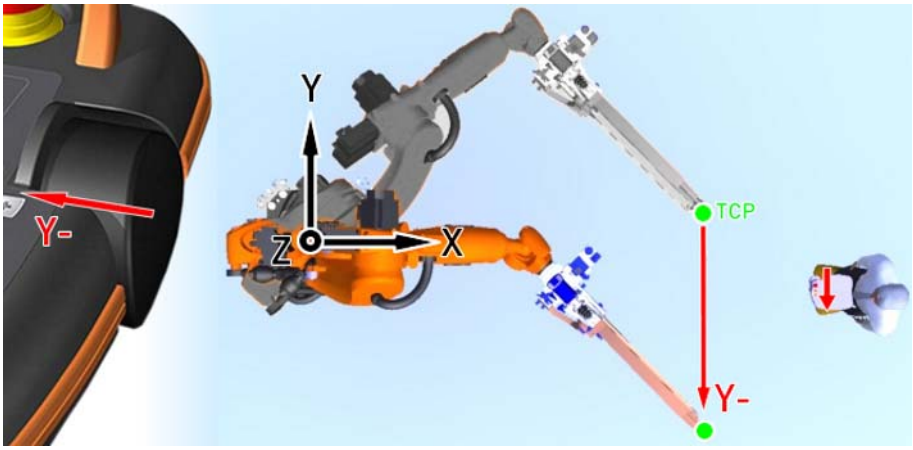


图 18-15: 示例： 向左运动

  - 转动： 转动并摆动 3D 鼠标

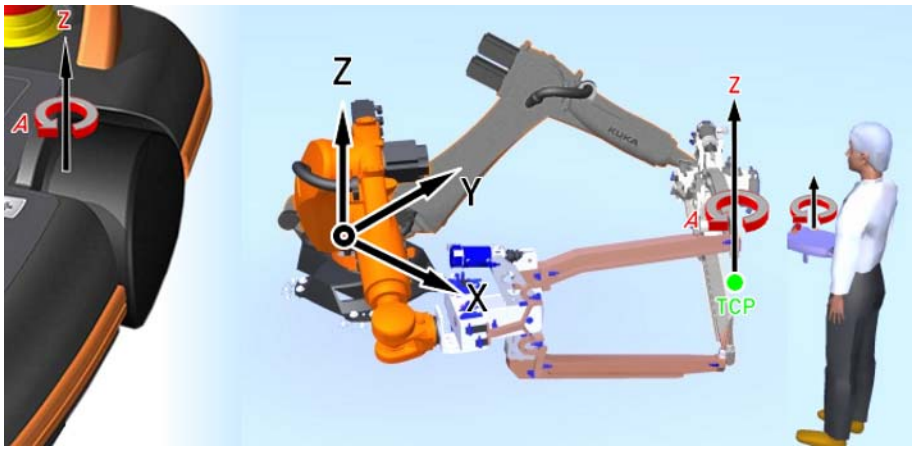


图 18-16: 示例: 绕 Z 轴的旋转运动: 转角 A

- 可根据人和机器人的位置调整 3D 鼠标的位置。

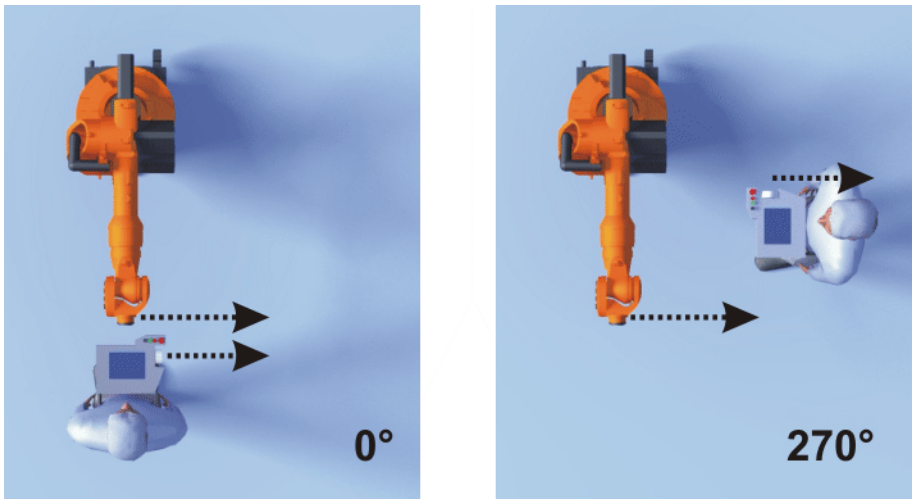
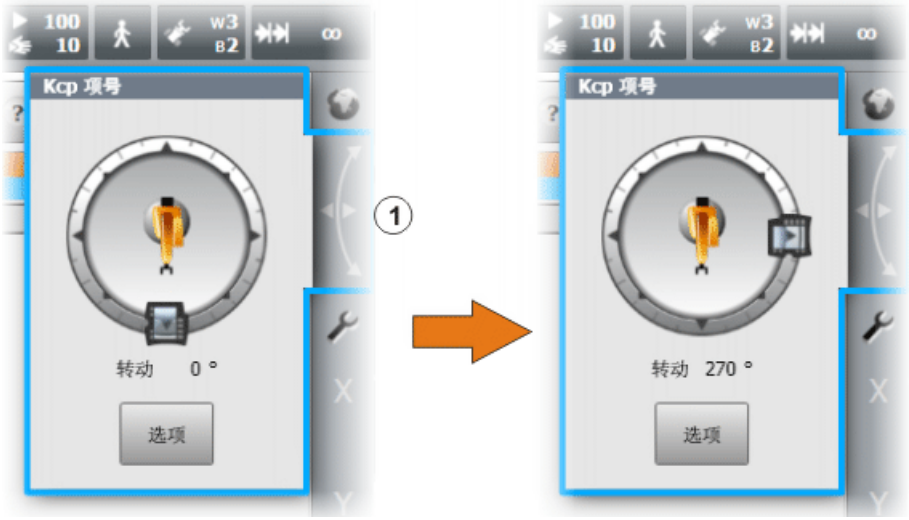


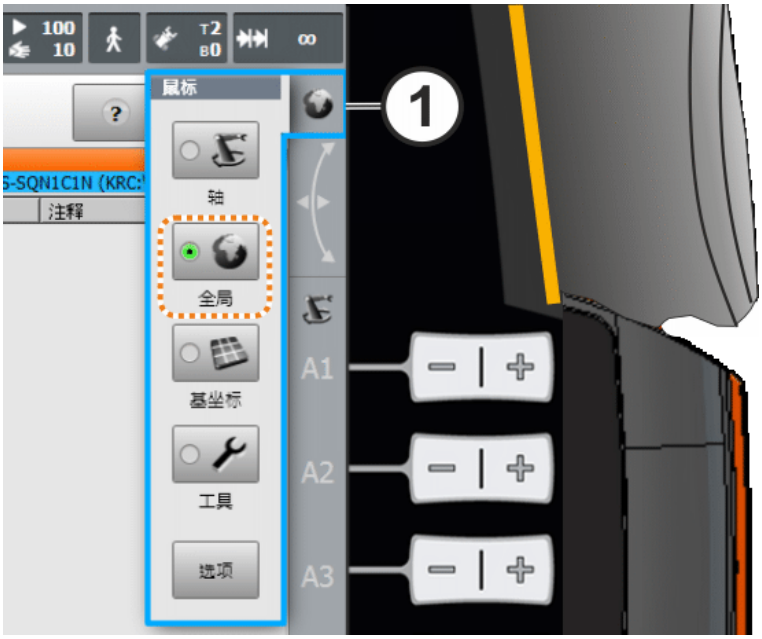
图 18-17: 3D 鼠标: 0° 和 270°

执行平移 (世界坐标系)

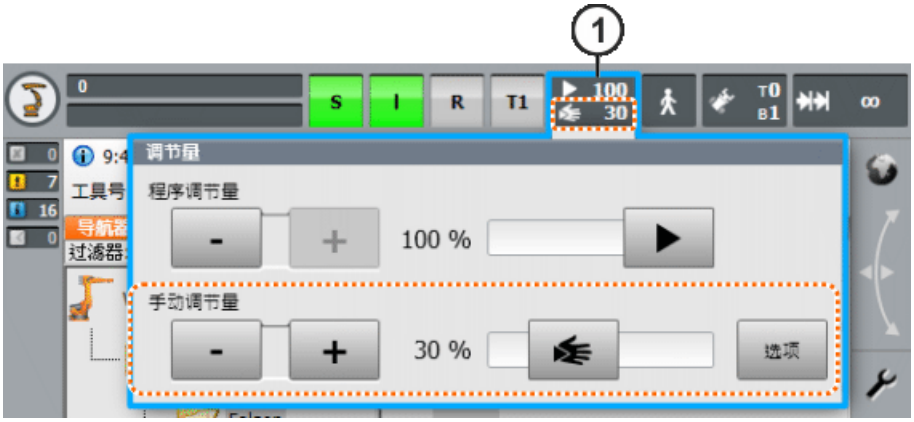
1. 通过移动滑块 (1) 来调节 KCP 的位置



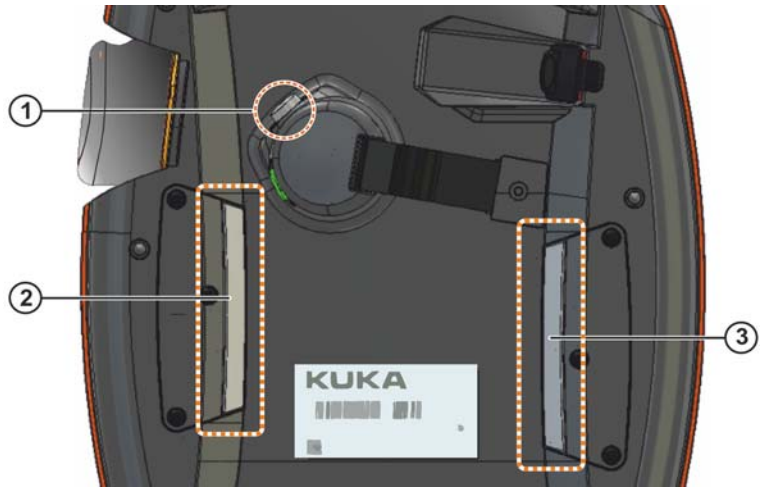
2. 选择**世界坐标系**作为 3D 鼠标的选项



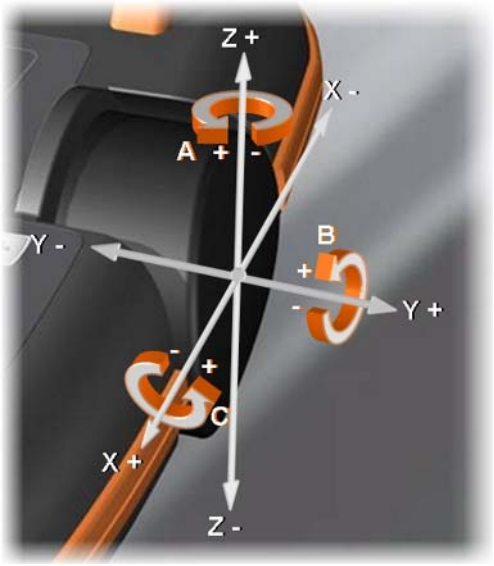
3. 设定手动倍率



4. 将确认键按至中间挡位并按住



5. 用 3D 鼠标将机器人朝所需方向移动



6. 此外也可使用运行键

18.7.1 练习：在世界坐标系中的操作及手动运行

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 接通以及关闭机器人控制器
- 用 smartPad 进行机器人的基本操作
- 用运行键和 3D 鼠标在世界坐标系中手动运行机器人
- 理解最初的简单系统信息提示并排除故障

前提

为了能成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 参加安全培训

> 提示！
> 开始练习前学员必须已完成安全培训并有记录为证！

- 具备常规操作库卡工业机器人系统的理论知识
- 具备在世界坐标系中移动的理论知识

练习内容

1. 将紧急停止按钮复位并确认。
2. 确保设置了运行方式 T1。
3. 激活世界坐标系。
4. 从方块库中取出一个方块并且将其定位在工作台上。
5. 尝试通过方块校准机器人抓爪。
6. 闭合抓爪。 抓爪闭合时方块不允许活动。
7. 将方块驶离桌面并且将方块放在其他任意位置上。
8. 在运行键和鼠标操作之间切换。

现在您应能回答以下问题：

1. 如何确认信息提示？

. . . . . .

. . . . . .

2. 哪个图标代表世界坐标系？

a) b) c) d)

3. 手动运行的速度设置叫什么？

. . . . . .

4. 有哪些运行方式？

. . . . . .

. . . . . .

19 给机器人标定零点

19.1 投入运行助手

说明

- 为了软件安装 / 首次投入运行之后的其他投入运行任务，在 SmartPad 的 HMI 上提供投入运行助手。
- 该助手通过基本步骤引导机器人的投入运行。

前提条件

- 硬件的项目设置已完成并且机器人已运动准备就绪。

操作步骤

1. 调用投入运行助手
   菜单路径： *KUKA 键 > 投入运行 > 投入运行助手*
2. 在助手中可以通过按键调用所需的加工步骤。

图 19-1: 投入运行助手

图标	说明
红色 X	投入运行步骤仍处于打开状态
绿勾	投入运行步骤已完成

3. 显示相应的配置窗口。

19.2 零点标定的原理

为什么要标定零点？

仅在工业机器人得到充分和正确标定零点时，它的使用效果才会最好。因为只有这样，机器人才能达到它最高的点精度和轨迹精度或者完全能够以编程设定的动作运动。

零点标定时，会给每个机器人轴分派一个基准值。 这样机器人控制系统可识别到轴位于何处。

完整的零点标定过程包括为每一个轴标定零点。 通过技术辅助工具 （**EMD** – *Electronic Mastering Device*，即电子控制仪）可为任何一根轴在**机械零点位置**指定一个基准值 （例如：0° ）。因为这样就可以使轴的机械位置和电气位置保持一致，所以每一根轴都有一个唯一的角度值。 使用 **MEMD** – *microEMD* 对小型机器人 Agilus 进行零点标定。

所有机器人的零点标定位置都是相似的，但不尽相同。精确位置在同一机器人型号的不同机器人之间也会有所不同。

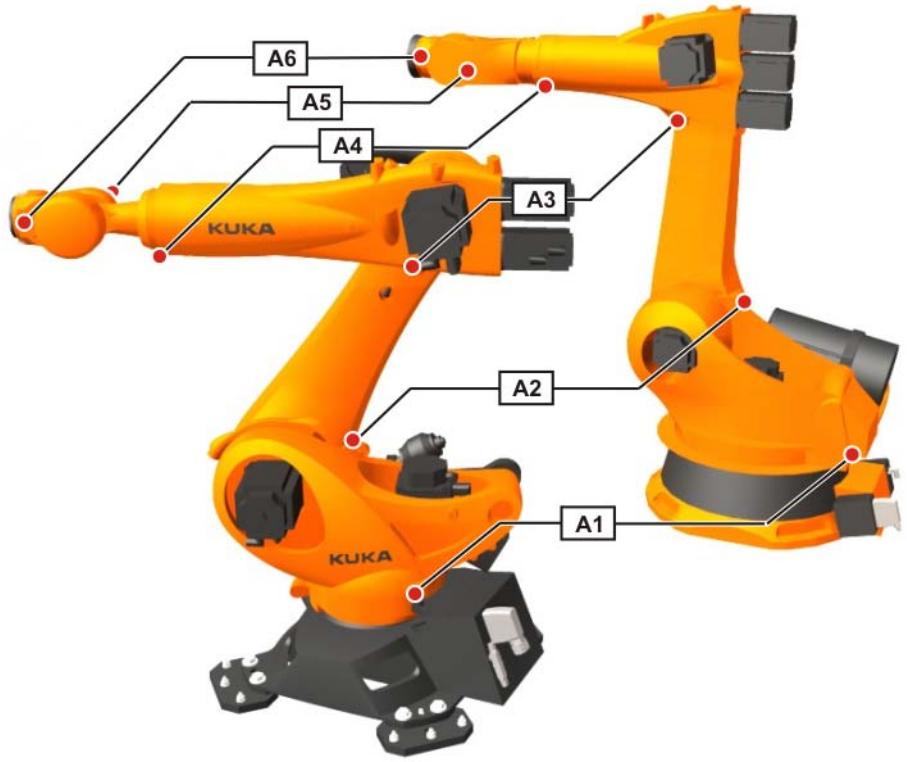


图 19-2: 零点标定套筒的位置

机械零点位置的角度值 （= 基准值）

轴	“Quantec” 代机器人	其它机器人型号 （例如：2000、KR 16 系列等等）
A1	-20°	0°
A2	-120°	-90°
A3	+110°	+90°
A4	0°	0°
A5	0°	0°
A6	0°	0°

何时标定零点？

原则上，机器人必须时刻处于已标定零点的状态。在以下情况下必须进行零点标定：

- 在调试时
- 在对参与定位值感测的部件 （例如带分解器或 RDC 的电机）采取了维护措施之后
- 当未用控制系统 （例如借助于自由旋转装置）移动了机器人轴时。

- 进行了机械修理后 / 问题是必须先删除机器人的零点，然后才可标定零点：
  - 更换齿轮箱后
  - 以高于 250 mm/s 的速度撞到一个终端止挡上之后
  - 在碰撞后

在进行维护前一般应检查当前的零点标定。

关于零点标定的安全提示

如果机器人轴未经零点标定，则会严重限制机器人的功能：

- 无法编程运行：不能沿编程设定的点运行。
- 无法进行笛卡尔式手动运行：不能在坐标系中移动。
- 软件限位开关关闭。

注意

注意 对于已删除机器人零点的机器人，软件限位开关已关闭。机器人可能会驶向终端止挡的缓冲器，由此可能使其受损，以至必须更换。尽可能不运行删除零点的机器人，或尽量减小手动倍率。

执行零点标定

图 19-3: 正在使用的 EMD

零点标定可通过确定轴的机械零点的方式进行。在此过程中轴将一直运动，直至达到机械零点为止。这种情况出现在探针到达测量槽最深点时。因此，每根轴都配有一个零点标定套筒和一个零点标定标记。

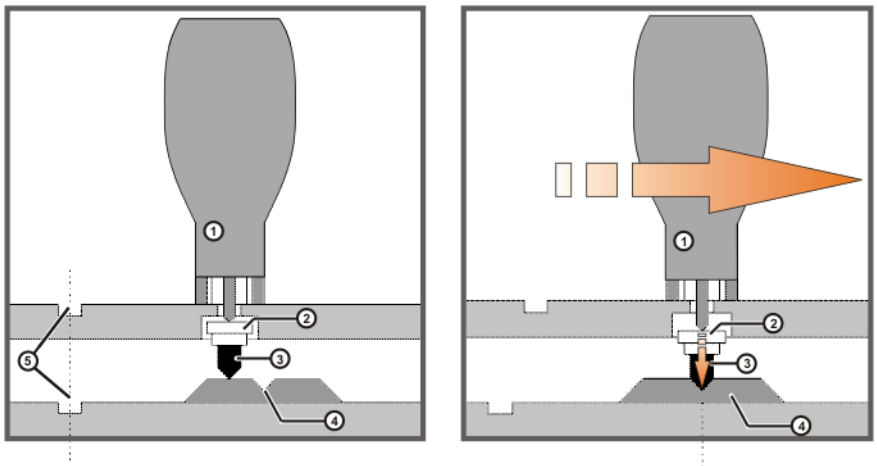


图 19-4: EMD 校准流程

1 EMD（电子控制仪）
2 测量筒
3 探针
4 测量槽
5 预零点标定标记

19.3 标定机器人零点

机器人的零点标定方式

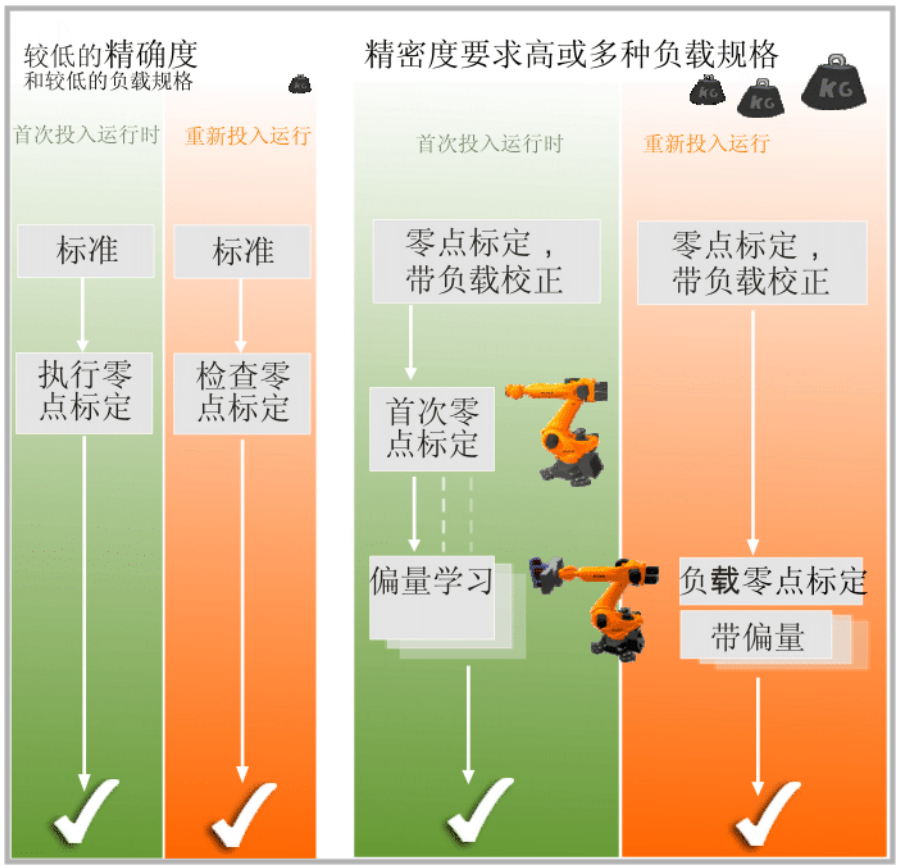


图 19-5: 零点标定途径

- **标准零点标定**

  图片栏：*较低的精确度和较低的负载规格*

  以下情况使用该零点标定方式：

  - 机器人在其应用领域中操作重量恒定且固定安装的工具，例如粘胶喷嘴

- 或应用程序对精确度要求不高，例如堆垛包裹

- **零点标定，带负载校正**

  图片栏：*精密度要求高或多种负载规格*

  以下情况使用该零点标定方式：

  - 同时对精密度要求高，例如激光焊
  - 机器人在其应用领域中操作变化的负载，例如带 / 不带负载的抓爪

为何要学习偏量？

由于固定在法兰处的工具重量，机器人承受着静态载荷。由于部件和齿轮箱上材料固有的弹性，未承载的机器人与承载的机器人相比，其位置会有所区别。这些相当于几个增量的区别将影响到机器人的精确度。

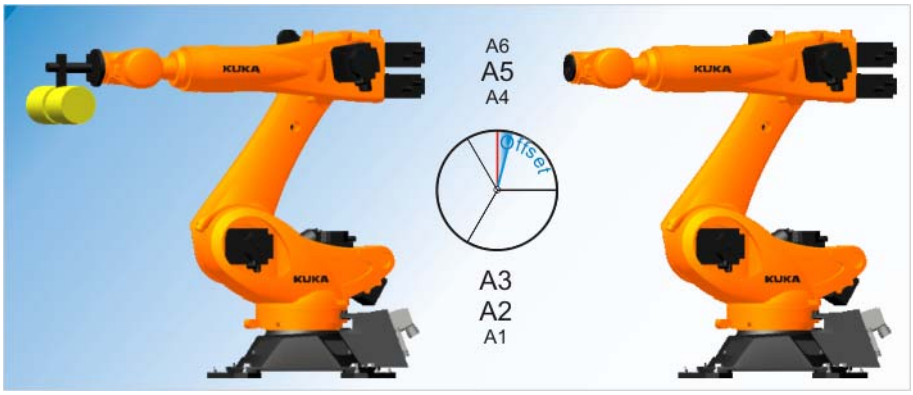


图　19-6：偏量学习

“ 偏量学习 ” 即带负载进行。与首次零点标定 （无负载）的差值被储存。

如果机器人以各种不同负载工作，则必须对每个负载都进行 “ 偏量学习 ”。对于抓取沉重部件的抓爪来说，则必须对抓爪分别在不带构件和带构件时进行 “ 偏量学习 ”。

只有经带负载校正而标定零点的机器人具有所要求的高精确度。因此必须针对每种负荷情况进行偏量学习！前提条件是：工具的几何测量已完成，因此已分配了一个工具编号。

Log 文件的零点标定

- 如果对机器人进行零点标定，则将特定的零点标定数据记录到一个 Log 文件中。
- 测定的偏移量以度为单位保存在 *C:\KRC\ROBOTER\LOG\Mastery.log* 中。
- 以下特定的零点标定数据保存在文件 **Mastery.log** 中：
  - 时间戳记 （日期，时间）
  - 轴
  - 机器人的系列号
  - 零点标定值 （*FirstEncoderValue*）
  - 工具编号
  - 在电机上用度表示偏量值 （*Encoder Difference*）
- **Mastery.log 举例：**

```
Date: 01.09.11  Time: 13:41:07  Axis 1  Serialno.: 864585  First
Mastering  (FirstEncoderValue: 1.138909)
Date: 01.09.11 Time: 13:42:07 Axis 2 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 0.644334)
Date: 01.09.11 Time: 13:42:56 Axis 3 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 0.745757)
Date: 01.09.11 Time: 13:43:29 Axis 4 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 1.450234)
Date: 01.09.11 Time: 13:44:03 Axis 5 Serialno.: 864585
First Mastering (FirstEncoderValue: 0.686983)
Date: 01.09.11 Time: 13:44:30 Axis 6 Serialno.: 864585
```

```
First Mastering (FirstEncoderValue: 0.901439)
...
Date: 01.09.11  Time: 14:07:10
Axis 1 Serialno.: 864585
Tool Teaching for Tool No 1 (Encoder Difference: -0.001209)
Date: 01.09.11  Time: 14:08:44
Axis 2 Serialno.: 864585
Tool Teaching for Tool No 1 (Encoder Difference: 0.005954)
...
```

首次零点标定的操作步骤

注意 只有当机器人没有负载时才可以执行首次零点标定。不得安装工具和附加负载。

1. 将机器人移到预零点标定位置。

图 19-7: 预零点标定位置示例

2. 在主菜单中选择**调试** > **零点标定** > **EMD** > **带负载校正** > **首次零点标定**。一个窗口自动打开。所有待零点标定轴都显示出来。 编号最小的轴已被选定。
3. 从窗口中选定的轴上取下测量筒的防护盖。翻转过来的 EMD 可用作螺丝刀。将 EMD 拧到测量筒上。

图 19-8: 已将 EMD 拧到测量筒上

4. 然后将测量导线连到 EMD 上，并连接到机器人接线盒的接口 X32 上。

图 19-9: EMD 电缆，连接

> **⚠ 小心** 始终将 EMD 不带测量导线拧到测量筒上。然后方可将测量导线接到 EMD 上。 否则测量导线会被损坏。
> 同样在拆除 EMD 时也必须先拆下 EMD 的测量导线。然后才将 EMD 从测量筒上拆下。
> 在调整之后，将测量导线从接口 X32 上取下。 否则会出现干扰信号或导致损坏。

5. 点击**零点标定**。
6. 按下确认开关的中间位置，然后按下并按住启动键。

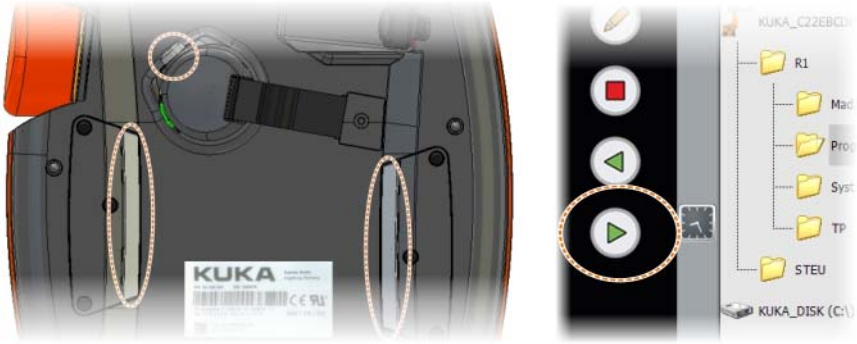


图 19-10: 确认键和启动键

如果 EMD 通过了测量切口的最低点，则已到达零点标定位置。 机器人自动停止运行。 数值被保存。 该轴在窗口中消失。

7. 将测量导线从 EMD 上取下。 然后从测量筒上取下 EMD，并将防护盖重新装好。
8. 对所有需进行零点标定的轴重复步骤 2 至 5。
9. 窗口关闭。
10. 将测量导线从接口 X32 上取下。

偏量学习操作步骤

“ 偏量学习 ” 即带负载进行。 保存与首次零点标定之间的差值。

1. 将机器人移到预零点标定位置。
2. 在主菜单中选择**调试** > **零点标定** > **EMD** > **带负载校正** > **偏量学习**。
3. 输入工具编号。用**工具 OK** 确认。
   一个窗口自动打开。 所有未学习工具的轴都显示出来。 编号最小的轴已被选定。
4. 从窗口中选定的轴上取下测量筒的防护盖。将 EMD 拧到测量筒上。然后将测量导线连到 EMD 上，并连接到底座接线盒的接口 X32 上。
5. 按下**学习**。
6. 按动确认键和启动键。

当 EMD 识别到测量切口的最低点时，则已到达零点标定位置。 机器人自动停止运行。 一个窗口自动打开。 该轴上与首次零点标定的偏差以增量和度的形式显示出来。

7. 用**确定**键确认。 该轴在窗口中消失。
8. 将测量导线从 EMD 上取下。 然后从测量筒上取下 EMD，并将防护盖重新装好。
9. 对所有需进行零点标定的轴重复步骤 3 至 7。
10. 将测量导线从接口 X32 上取下。
11. 用**关闭**来关闭窗口。

带偏量的负载零点标定检查 / 设置的操作步骤

带偏量的负载零点标定在有负载的情况下进行。计算首次零点标定量。

1. 将机器人移到预零点标定位置。
2. 在主菜单中选择**调试** > **零点标定** > **EMD** > **带负载校正** > **负载零点标定** > **带偏量**。
3. 输入工具编号。用**工具 OK** 确认。
4. 取下接口 X32 上的盖子，然后将测量导线接上。
5. 从窗口中选定的轴上取下测量筒的防护盖。 （翻转过来的 EMD 可用作螺丝刀。）
6. 将 EMD 拧到测量筒上。
7. 将测量导线接到 EMD 上。 在此过程中，将插头的红点对准 EMD 内的槽口。
8. 按下**检查**。
9. 按住确认键并且按下启动键。
10. 需要时，使用**备份**来储存这些数值。 旧的零点标定值从而会被删除。 如果要恢复丢失的首次零点标定，必须保存这些数值。
11. 将测量导线从 EMD 上取下。 然后从测量筒上取下 EMD，并将防护盖重新装好。
12. 对所有需进行零点标定的轴重复步骤 4 至 10。
13. 窗口关闭。
14. 将测量导线从接口 X32 上取下。

在使用现有设备时，可使用的零点标定方式（标准或带负载校正）必须与调试时所使用的零点标定方式相符。 如果使用错误的零点标定方式，将导致机器人的零点标定错误。

SEMD/MEMD 一校准组件

说明

- SEMD/MEMD 校准组件接替下列校准部件的工作：
  - **EMT** — KR C1 和 KR C2 技术*电子测量头*
    为此需要 **KR C2 技术选项**（适配器）。
  - **EMD** — KR C4 技术*电子控制装置*

  该校准组件也可独立作为 SEMD 或 MEMD 校准套件供货。
- 借助 SEMD/EMD 校准组件可校准所有配备**大型**和**小型**校准套筒的机器人衍生型。
  - **MEMD** — *微电子控制装置*
    用于小型校准套筒
  - **SEMD** — *标准电子控制仪*
    用于大型校准套筒

图 19-11: SEMD/ MEMD 校准组件

项号	说明
1 年	通用型校准箱
2 年	螺丝刀
3 年	MEMD 一传感器，用于小型校准套筒
4 年	SEMD 一传感器，用于大型校准套筒
5 年	电缆

可用的校准组件

校准组件	货号	说明
SEMD/ MEMD	00-228-936	用于所有测量套筒的校准设备（M8/M20 细螺纹）。 可用于所有机器人型号
SEMD	00-228-934	用于 M20 细螺纹测量套筒的校准设备。 可用于例如 Quantec 系列。
MEMD	00-208-642	用于 M8 细螺纹测量套筒的校准设备。 可用于例如 AGILUS。
KR C2 选项	00-228-327	用于 SEMD 作为 KTL 的适配器 （用于 KR C2 系统的校准设备）。

小型机器人 AGILUS 的零点标定

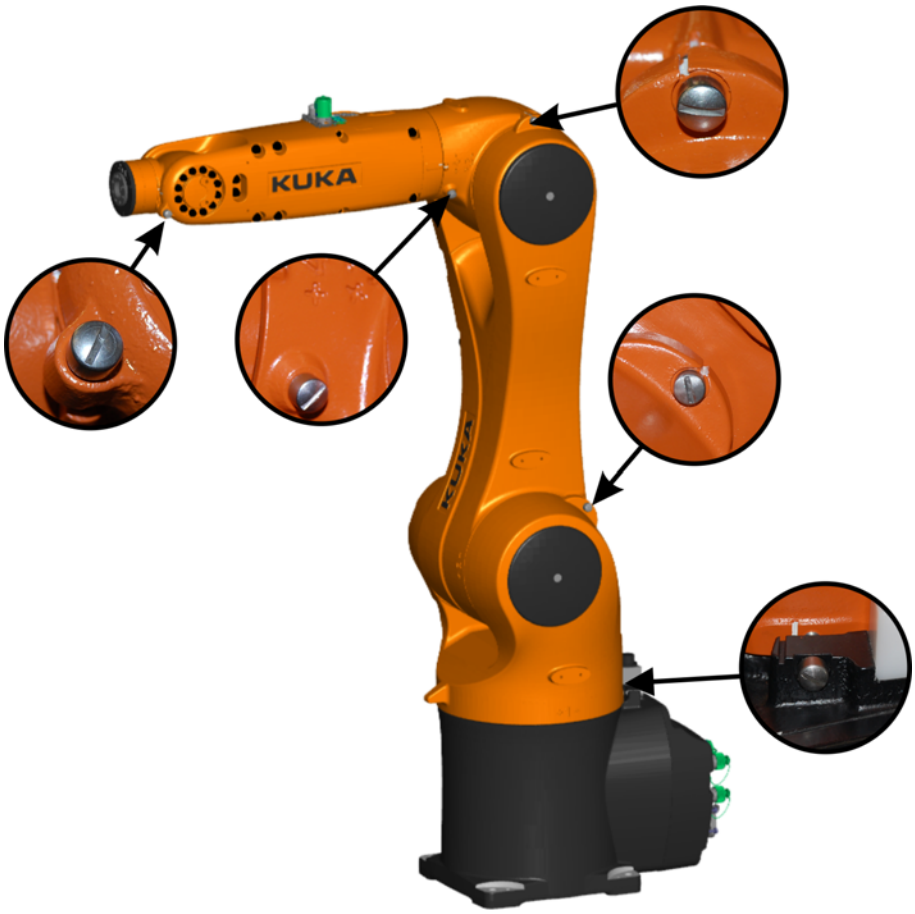


图 19-12: KR AGILUS 的零点标定位置

机械零点位置的角度值 （= 基准值）

轴	KR AGILUS
A1	0°
A2	-90°
A3	+90°
A4	0°
A5	0°
A6	0°

- 使用用于小型校准套筒的 MEMD 传感器为轴 1 - 5 进行零点标定。
- 在没有 MEMD 的情况下对 A6 进行零点标定。
- 在零点标定之前，必须将 A6 移至零点标定位置。（所指的是在总零点标定过程之前，而不是直接在 A6 自身的零点标定前）。为此 A6 的金属上刻有很精细的线条。
- 为了将 A6 移至零点标定位置上，这些线条要精确地相互对齐。

在驶向零点标定位置时，须从前方正对着朝固定的线条看，这一点尤其重要。如果从侧面朝固定的线条看，则可能无法精确地将运动的线条对齐。后果是没有正确地标定零点。

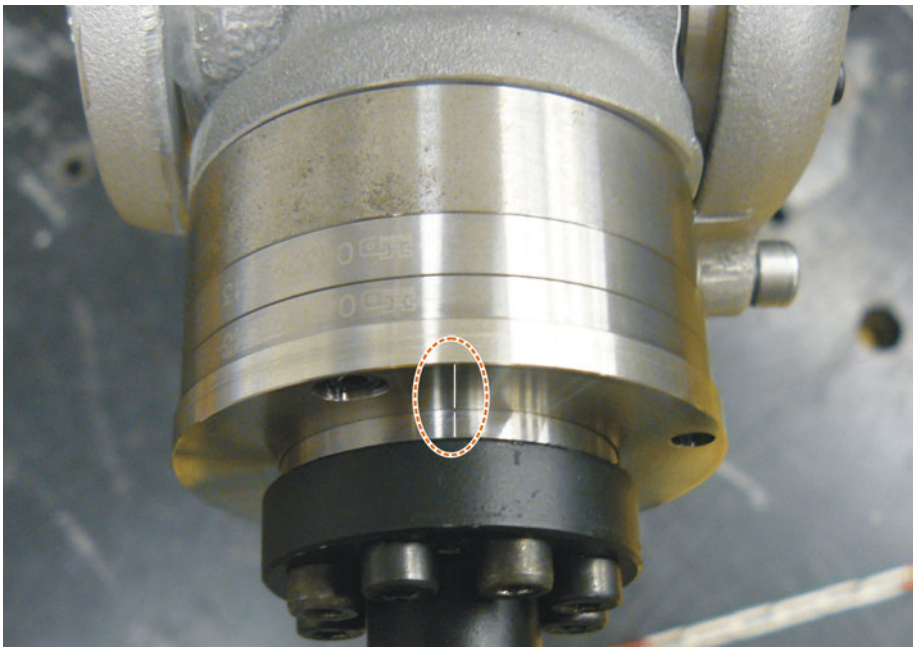


图 19-13: 轴 A6 的零点标定位置 - 正面俯视图

- 在主菜单中选择**投入运行** > **调整** > **参考**。
  选项窗口**基准零点标定**打开。轴 A6 即被显示出来，并且被选中。
- 按下**零点标定**。轴 A6 即被标定零点并从该选项窗口中消失。
- 关闭窗口。
- 将 EtherCAT 电缆从接口 X32 和 MEMD 盒上取下。

19.4 练习： 机器人零点标定

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 驶至预零点标定位置
- 选择正确的零点标定方式
- 使用 “ 电子控制仪 ”(EMD)
- 借助 EMD 给所有轴标定零点

前提条件

为了能成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 具有有关一般零点标定过程的理论知识
- 具有有关预零点标定位置的理论知识

1 轴不在预零点标定位置

2 轴在预零点标定位置

- 将 EMD 正确连接至机器人
- 通过调试菜单进行零点标定

练习内容

请完成以下任务：

1. 删除所有机器人轴的零点。
2. 将所有机器人轴以轴相关的方式移动到预零点标定位置。
3. 通过 EMD/MEMD 对所有轴进行带偏量的负载零点标定。
4. 对此使用工具 14。
5. 显示轴相关的实际位置。

现在您应能回答以下问题：

1. 零点标定的目的是什么？

. . . . . .

. . . . . .

2. 请给出机械零位时的所有 6 根轴的角度。

A1: ..... A2: .....

A3: ..... A4: .....

A5: ..... A6: .....

3. 删除机器人零点时必须注意些什么？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

4. 哪些零点标定工具应优先使用？

. . . . . .

. . . . . .

5. 拧入 EMD （千分表）后移动机器人会有哪些危险？

. . . . . .

. . . . . .

20 更改软件限位开关

20.1 更改软件限位开关

说明

有三种更改软件限位开关的方法：

- 手动输入所需的数值。
- 限位开关自动与一个或多个程序适配。

  在此过程中，机器人控制系统确定在程序中出现的最小和最大轴位置。得出的这些数值可以作为软件限位开关来使用。
- 借助系统变量更改软件限位开关。

前提条件

- 专家用户组
- 运行方式 T1 、T2 或 AUT

操作步骤

手动更改软件限位开关：

1. 在主菜单中选择**投入运行** > **售后服务** > **软件限位开关**。窗口**软件限位开关**自动打开。
2. 在**负**和**正**两列中按需要更改限位开关。
3. 用**保存**键保存更改。

将软件限位开关与程序相适配：

1. 在主菜单中选择**投入运行** > **售后服务** > **软件限位开关**。窗口**软件限位开关**自动打开。
2. 按下**自动计算**。显示以下提示信息：*自动获取进行中。*
3. 启动限位开关应与之相适配的程序。让程序完整运行一遍，然后取消选择。

   在窗口**软件限位开关**中即显示每个轴所达到的最大和最小位置。
4. 为该软件限位开关应与之相适配的所有程序重复步骤 3。

   在窗口**软件限位开关**中即显示每个轴所达到的最大和最小位置，而且以执行的所有程序为基准。
5. 如果所有需要的程序都执行过了，则在窗口**软件限位开关**中按下**结束**。
6. 按下**保存**，以便将确定的数值用作软件限位开关。
7. 需要时还可以手动更改自动确定的数值。

> 建议：将确定的最小值减小 5° 。将确定的最大值增加 5° 。
> 在程序运行期间，这一缓冲区可防止轴达到限位开关，以避免触发停止。

8. 用**保存**键保存更改。

说明

窗口**软件限位开关**：

图 20-1：在自动确定前

序号	说明
1	当前的负向限位开关
2	轴的当前位置
3	当前的正向限位开关

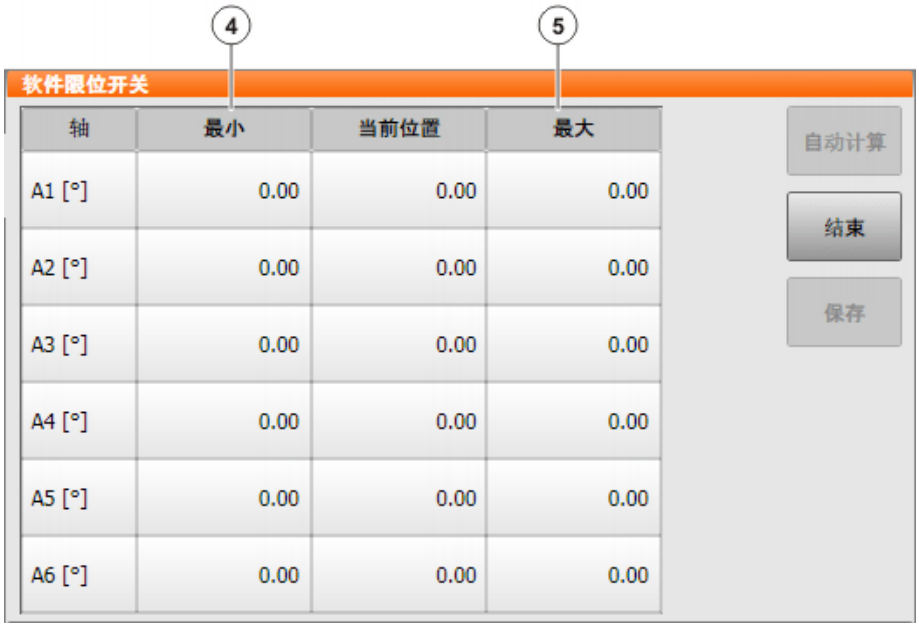


图 20-2：在自动确定期间

序号	说明
4	自启动计算以来，相应轴所具有的最小位置
5	自启动计算以来，相应轴所具有的最大位置

按键　　下列按键可供使用 （仅限在专家用户组中）：

按键	说明
自动计算	启动自动确定： 机器人控制系统将轴目前具有的最小及最大位置写入窗口**软件限位开关**中的**最小**和**最大**两列里。
结束	结束自动确定：确定的最小 / 最大位置被传送到**负**和**正**两列中，但是它们还没有被保存。
保存	将这些数值作为软件限位开关保存在**负**和**正**两列里。

通过系统变量更换软件限位开关

- 可以在程序运行时更改软件限位开关。
- 如果选择该方法，则必须注意在每次调用程序时要设定正确的数值。
- 照常在已学习的配置界面中显示这些数值。

句法

- `softp_end[` *轴* `] = ` *正方向上最大轴角*

```
softp_end[1] = 120 ; 轴 1 停在 120° 处
```

- `softn_end[` *轴* `] = ` *负方向上的最大轴角*

```
softn_end[1] = -120 ; 轴 1 停在 -120° 处
```

20.2 练习：设定机器人的软件限位开关

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力

- 手动通过输入界面设定机器人上的软件限位开关

练习内容

1. 检查机器人运动系统硬件限位开关的位置。
2. 沿正以及负方向为每个轴将机器人移到接近最大限位前的地方。
   注意不能达到硬件止挡或接触防护栅。
3. 将这些轴角位置应用到软件限位开关的配置窗口中。
4. 关闭并保存您的软件限位。
5. 为每个轴测试机器人是否如配置的那样停止。

21 选项：配置 KUKA.GripperTech

21.1 KUKA.GripperTech 配置

配置可能性和抓爪类型

KUKA.GripperTech 可以让客户非常简单地对抓爪进行配置。其中包括五种预设定的抓爪类型可供选择。除此之外，还可以对用户自定义的抓爪进行配置。

> **注意** 在控制系统中可对多达 16 种不同的抓爪进行配置。

抓爪类型

类型	OUT	IN	状态	示例
类型 1	2	4	2	具有 “ 打开 ” 和 “ 闭合 ” 功能的简单抓爪
类型 2	2	2	3	滑座在中位
类型 3	2	2	3	具有 “ 吸气 ”、“ 吹气 ”、“ 关闭 ” 功能的真空气爪
类型 4	3	2	3	类似于类型 3，但有三个控制输出端
类型 5	2	4	2	类似于类型 1，但用脉冲替代持续信号
空置	可任意配置			

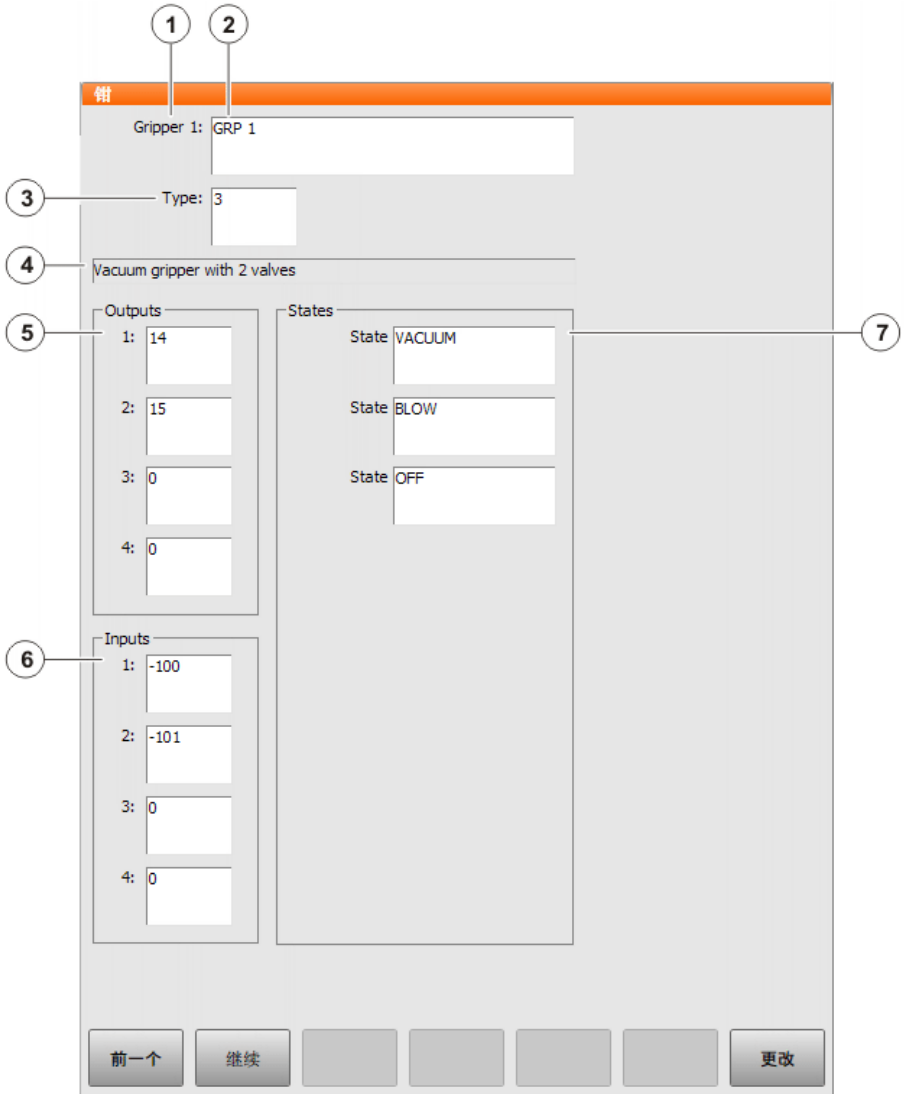


图 21-1: 示例： 预设定的抓爪

项号	说明
1	抓爪编号 ■ 1 … 16
2	抓爪名称 名称显示在联机表格中。默认名称可以更改。 ■ 1 … 24 个字符
3	类型 ■ 对于预设定的抓爪： 1 … 5 （见抓爪类型表格）
4	抓爪名称 （在保存后才刷新） 该名称不可以更改。
5	指定输出端编号 不需要的输出端可以指定为 “0”。以这种方式可以立即判断出该那些输入端未被使用。如果仍要给这类输入端指定一个编号，则该编号无效。

项号	说明
6	指定输入端编号 不需要的输入端可以指定为“0”。以这种方式可以立即判断出该那些输入端未被使用。如果仍要给这类输入端指定一个编号，则该编号无效。
7	开关状态 默认名称可以更改。如果要在联机表格中选择相应的抓爪，则该名称显示在联机表格中。

可自由编程的抓爪类型

为了满足所有的用户需求，系统内置了可自由编程的抓爪类型。通过 $CONFIG.DAT, USERGRP.DAT 和 USER_GRP.SRC 文件中的条目可以对任意数量和完全可以自由设定的抓爪进行配置。

注意 关于抓爪配置的详细信息见库卡系统技术操作指南 KUKA.Gripper&SpotTech。

抓爪配置的操作步骤

对预设定的抓爪类型进行配置

1. 在主菜单中选择**配置** > **输入 / 输出端** > **抓爪**。 一个窗口自动打开。
2. 通过**继续**或者**上一个**选择所要的抓爪编号。
3. 需要时可更改抓爪的默认名称。
4. 在 1 至 5 之间给抓爪分配一个类型。
5. 分配输入端和输出端。
6. 需要时可更改状态的默认名称。
7. 用**更改**保存配置。

21.2 练习：配置抓爪

练习目的

练习结束后，即拥有完成下列任务的能力：

- 通过 KUKA.GripperTech 配置标准抓爪

练习内容

- 将培训间的抓爪配置为预定义的输入输出端。

  另见： (>>> ″练习：PROFINET 配置（培训间类型：PROFIsafe）″ 页码 361)

  另见： (>>> ″练习：PROFINET 配置（培训间类型：SIB）″ 页码 364)
- 使用**抓爪类型 5**。
- 激活状态键：

  菜单路径：*KUKA 键 > 配置 > 状态键 > GripperTech*

22 机器人上的负载

22.1 机器人上的负载

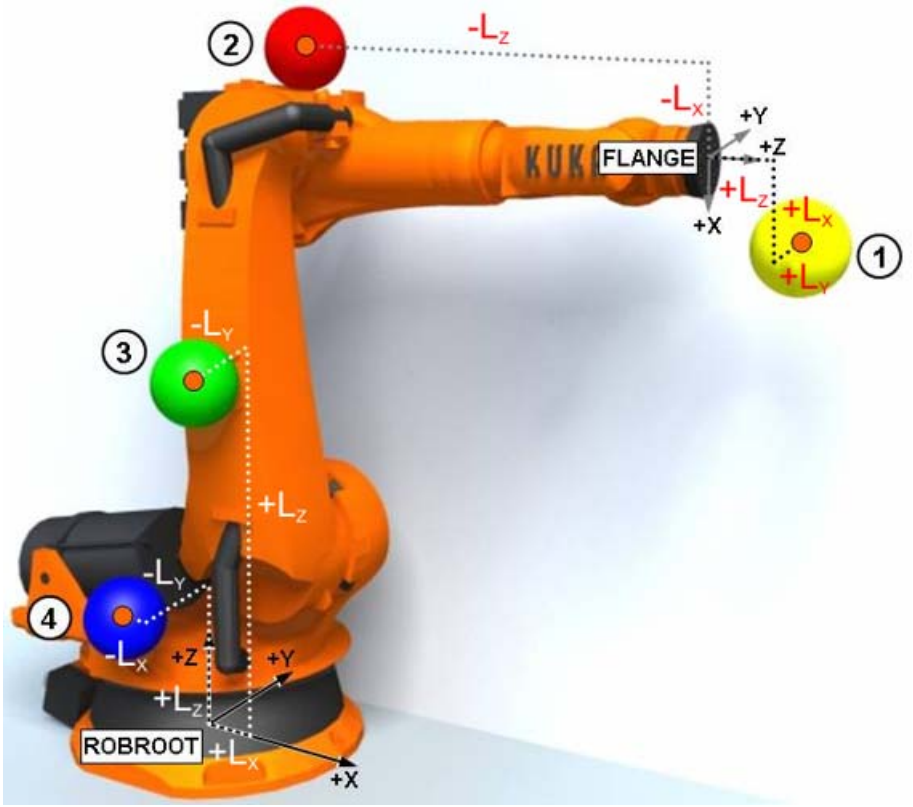


图 22-1: 机器人上的负载

1	负载	3	轴 2 的附加负载
2	轴 3 的附加负载	4	轴 1 的附加负载

22.2 工具负载数据

什么是工具负载数据？

工具负载数据是指所有装在机器人法兰上的负载。它是另外装在机器人上并由机器人一起移动的质量。

需要输入的值有质量、重心位置 （质量受重力作用的点）、质量转动惯量以及所属的主惯性轴。

负载数据**必须**输入机器人控制系统，并分配给正确的工具。

例外：如果负载数据已经由 KUKA.LoadDataDetermination 传输到机器人控制系统中，则无需再手工输入。

工具负载数据的可能来源如下：

- 软件选项 KUKA.LoadDetermination （仅用于负载）
- 生产商说明
- 手动计算
- CAD 程序

负载数据的影响

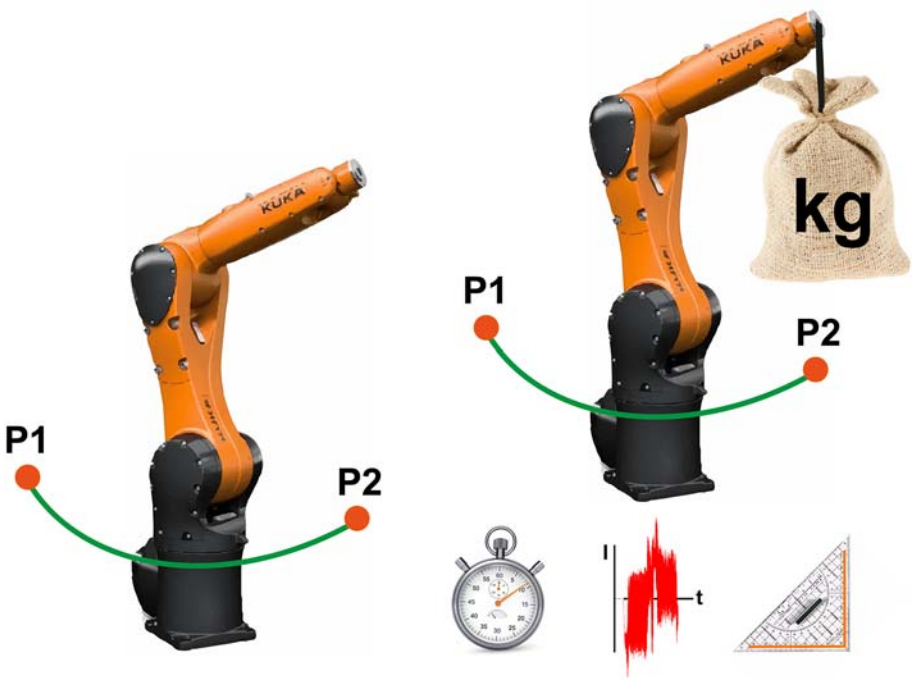


图 22-2: 负载数据错误时的后果

- 输入的负载数据会影响许多控制过程。
- 比如其中包括：
  - 控制算法 （计算加速度）
  - 速度和加速度监控
  - 力矩监控
  - 碰撞监控
  - 能量监控
  - 等等
- 所以，正确输入负载数据是非常重要的。
- 如果机器人以正确输入的负载数据执行其运动，则 . . . . . .
  - 可以从它的高精度中受益，
  - 可以使运动过程具有最佳的节拍时间，
  - 可以使机器人达到长的使用寿命 （由于磨损小）。

操作步骤

1. **菜单路径：***机器人按键 > 投入运行 > 测量 > 工具 > 工具负载数据*
2. 在**工具编号**栏中输入工具的编号。用**继续**确认。

图　22-3：确定工具编号

3. 输入负载数据 (1)：

图　22-4：输入工具负载数据

工具负荷数据 (1)

- M 栏：接地
- X、Y、Z 栏：相对于法兰的重心位置
- A、B、C 栏：主惯性轴相对于法兰的取向

- **JX、JY、JZ** 栏：惯性矩
  （JX 是坐标系绕 X 轴的惯性，该坐标系通过 A、B 和 C 相对于法兰转过一定角度。以此类推，JY 和 JZ 是指绕 Y 轴和 Z 轴的惯性。）

在线负载数据检查 (2)

- **负载数据检查**
  不断基于已激活的工具监控机器人法兰上的负载被激活。
  按照标准，该值已激活。
- **过载时的反应**
  在监控已激活和发现过载时，可能有以下反应：
  - 无
  - 警告
  - 停止机器人
- **欠载时的反应**
  在监控已激活和发现欠载时，可能有以下反应：
  - 无
  - 警告
  - 停止机器人

4. 用**继续**键 (3) 确认。
5. 按下**保存**。

22.3 请求监控工具负载数据

说明

对于许多机器人类型，机器人控制系统在运行时监控是否存在过载或欠载。这种监控称为 “ 在线负载数据检查 ”(= "OLDC" / "Online Load Data Check")。

例如当 OLDC 确定为欠载时，机器人控制系统将作出反应，例如显示一条信息。 可对反应进行配置。

也可以通过系统变量 $LDC_RESULT 查询检查结果。

对于也可使用 KUKA.LoadDataDetermination 的机器人类型，OLDC 可供使用。可以通过 $LDC_LOADED 查询 OLDC 是否可供当前机器人类型使用 （TRUE = 是）。

过载	当实际负载高于配置的负载时，则存在过载。
欠载	当实际负载低于配置的负载时，则存在欠载。

激活和配置

可在以下位置配置 OLDC：

- 手动输入工具数据时
- 单独输入负载数据时

在也输入负载数据的同一窗口中即显示下列栏目：

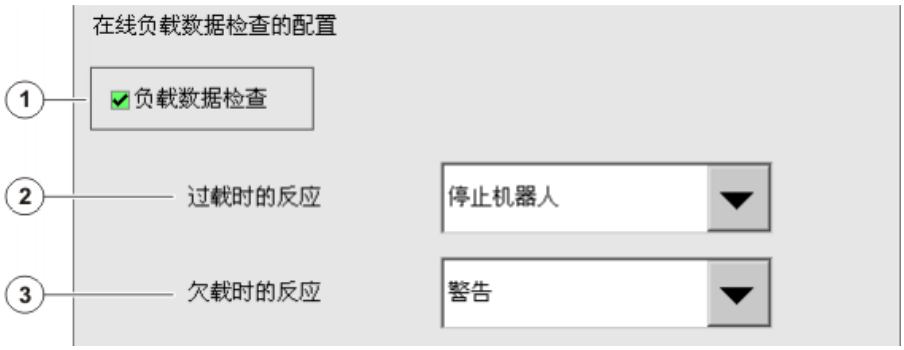


图 22-5: 在线负载数据检查

项号	说明
1	**TRUE**: 对于在同一窗口中显示的工具，OLDC 激活。在过载或欠载时则出现规定的反应。 **FALSE**: 对于在同一窗口中显示的工具，OLDC 未激活。在过载或欠载时不出现反应。
2	在此可以规定过载时应出现何种反应。 ■ **无**：无反应。 ■ **警告**：机器人控制系统显示以下状态信息：*在检查机器人负载（工具 {编号}）时测得过载。* ■ **机器人停机**：机器人控制系统显示一条内容与**警告**时相同的但需确认的信息。机器人以 STOP 2 停止。
3	在此可以规定欠载时应出现何种反应。可能的反应与过载时类似。

零坐标系

对于与**零坐标系**作为工具所对应的运动，无法配置 OLDC。 这种情况下发生的反应是固定的，不会受用户的影响。

- 过载时的反应： **停住机器人**
  发出以下确认信息： *在检查机器人负载 （未定义工具）和设定的载荷数据时测得过载。* 机器人以 STOP 2 停止。
- 欠载时的反应：**警告**
  发出以下状态信息： *在检查机器人负载 （未定义工具）和设定的载荷数据时测得过载。*

22.4 机器人上的附加负载

机器人上的附加负载

附加负载是在基座、小臂或大臂上附加安装的部件，例如：

- 拖链系统
- 阀门
- 上料系统
- 材料储备

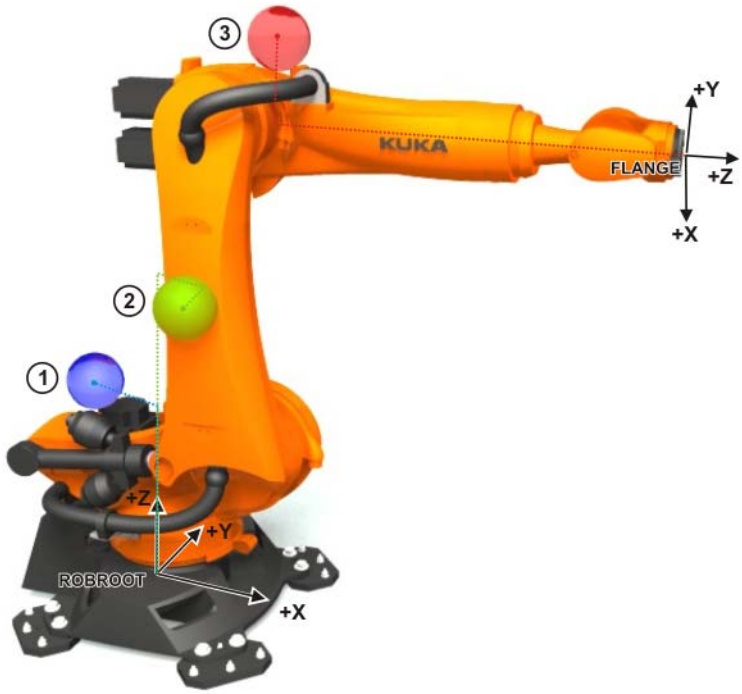


图 22-6: 机器人上的附加负载

附加负载数据必须输入机器人控制系统。

必要的数据包括：

- 质量 (m)，单位：kg
- 物体重心至参照系 (X、Y 和 Z) 的距离，单位：mm
- 主惯性轴与参照系 (A、B 和 C) 的夹角，单位：度 (°)
- 物体绕惯性轴 (Jx、Jy 和 Jz) 的转动惯量，单位：kgm²

附加负载的 X、Y、Z 值的参考系：

负载	参考系
附加负载 A1	ROBROOT 坐标系 A1 = 0°
附加负载 A2	ROBROOT 坐标系 A2 = -90°
附加负载 A3	法兰坐标系 A4 = 0° , A5 = 0° , A6 = 0°

负载数据的可能来源如下：

- KUKA.LoadDetect 软件选项 (仅用于负载)
- 生产商说明
- 手动计算
- CAD 程序

附加负载对机器人运动的影响

负荷数据以不同的方式对机器人运动发生影响：

- 轨迹规划
- 加速度
- 节拍时间
- 磨损

⚠ 警告 如果用错误的负载数据或不适当的负载来运行机器人，则会导致人员受伤和生命危险并 / 或导致严重财产损失。

操作步骤

1. **菜单路径：** *机器人按键 > 投入运行 > 测量 > 附加负载数据*
2. 输入固定附加负载 (1) 的轴的编号。用**继续**键 (3) 确认。

图 22-7: 选择负荷的轴

3. 输入负荷数据 (1)。用**继续**键 (3) 确认。

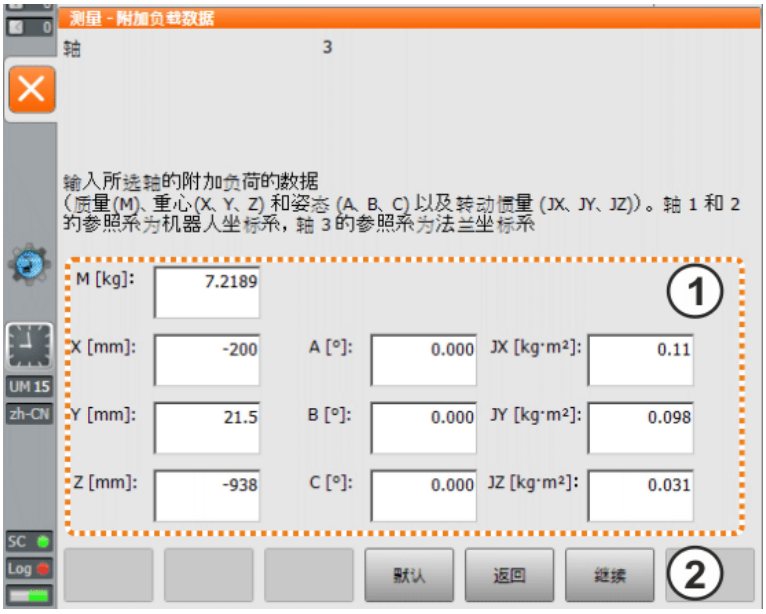


图 22-8: 附加负载的数据

4. 按下**保存**。

22.5 借助 KUKA.LoadDataDetermination 确定负载数据

说明

- 除了手动输出机器人上的负载之外，还有可随后安装的付费选项 **KUKA.LoadDataDetermination**。
- 借助该软件可以自动确定机器人上的负载。
- 为此，以已安装在机器人上的负载执行特定的测量运动，并记录下轴发动机扭矩所产生的电流。

- 然后，根据此数据计算得出负载数据。
- 同时识别出安装在机器人法兰上的工具的质量、重心及惯性。

22.5.1 用 KUKA.LoadDataDetermination 工作

流程

1. 准备外部拖链系统
   (>>> ″流程″ 页码 508)
2. 打开负载数据确定
   (>>> ″打开负载数据确定″ 页码 508)
3. 在选项卡中进行设置。
   (>>> ″在选项卡中进行设置″ 页码 508)
4. 进行测试运行
   (>>> ″进行测试运行″ 页码 509)
5. 分配并保存负载数据
   (>>> ″分配并保存负载数据″ 页码 510)

准备外部拖链系统

- 安装在工具上的外部供电装置有可能会随着工具振荡。对此必须采取下列措施：
  - 松解整套软管的弹簧。
  - 选择机器人的初始位置，使得整套软管对于测量动作的 3 个起始位置均处于松开状态。
- 如果装有焊钳，则必须将焊钳电极和其他装在工具上的部件固定住，防止其自身的运动。例如：用固定带。
- 在振荡过程中必须对带有气动平衡的铆接钳施加空气压力。

打开负载数据确定

- 需要专家用户组权限。
- 不允许已经选择了程序。
- 调用 KUKA.LoadDataDetermination
  菜单路径：*KUKA 键 > 投入运行 > 服务 > 负载数据确定*

在选项卡中进行设置

在打开的配置窗口中，在相应的选项卡中设置机器人特定的数值。

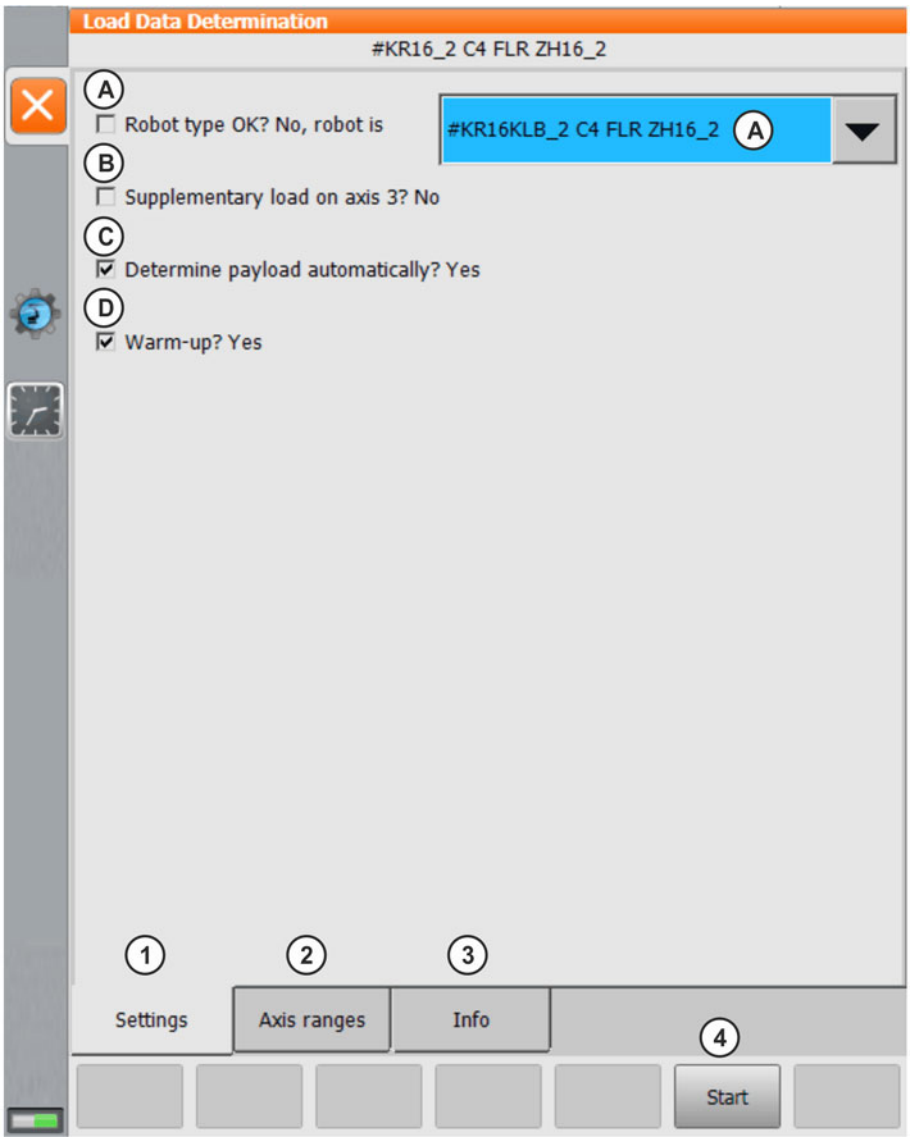


图 22-9: Load data determination

- **设置选项卡** (1)
  (>>> 22.5.1.1 "设置选项卡" 页码 510)
- **轴范围选项卡** (2)
  (>>> 22.5.1.2 "轴范围选项卡" 页码 512)
- **信息选项卡** (3)
  显示不同软件版本、轨迹规划和机器人类型的相关信息。

进行测试运行

1. 在设置和轴范围选项卡中进行了所需的设置。

注意 机器人必须处于暖机状态，以使确定的数据与实际的参数一致。如果机器人未暖机，则必须进行预热。否则可能导致机器人损坏。

2. 按下**启动** (4)。
   打开系统程序。

如果没有运行方式 T2/ 自动，则必须切换到运行方式 T1/ 外部自动运行。为此，在安装路径 …\INTERNAT\KRCUPD 中通过双击激活文件 LdeExt.REG。
必须在运行方式 T1 下启动 KRL 程序。在选择之后必须切换到外部自动运行方式下。

3. 按下 SmartPad 上的启动键和确认开关，直到在信息窗口中出现 **SAK 已达到**。
4. 按下 SmartPad 上的启动键和确认开关。
   在信息窗口中显示请求**在测量之前的测试运行？**。
   如果用是确认请求，则开始测试运行。如果用否确认请求，则开始测量运行。如果按下按键**结束**，则退出程序。

分配并保存负载数据

- 在完成测量运行之后可以分配和保存已确定的负载数据。
  (>>> 22.5.1.4 ″负载数据选项卡″ 页码 514)

22.5.1.1 设置选项卡

说明

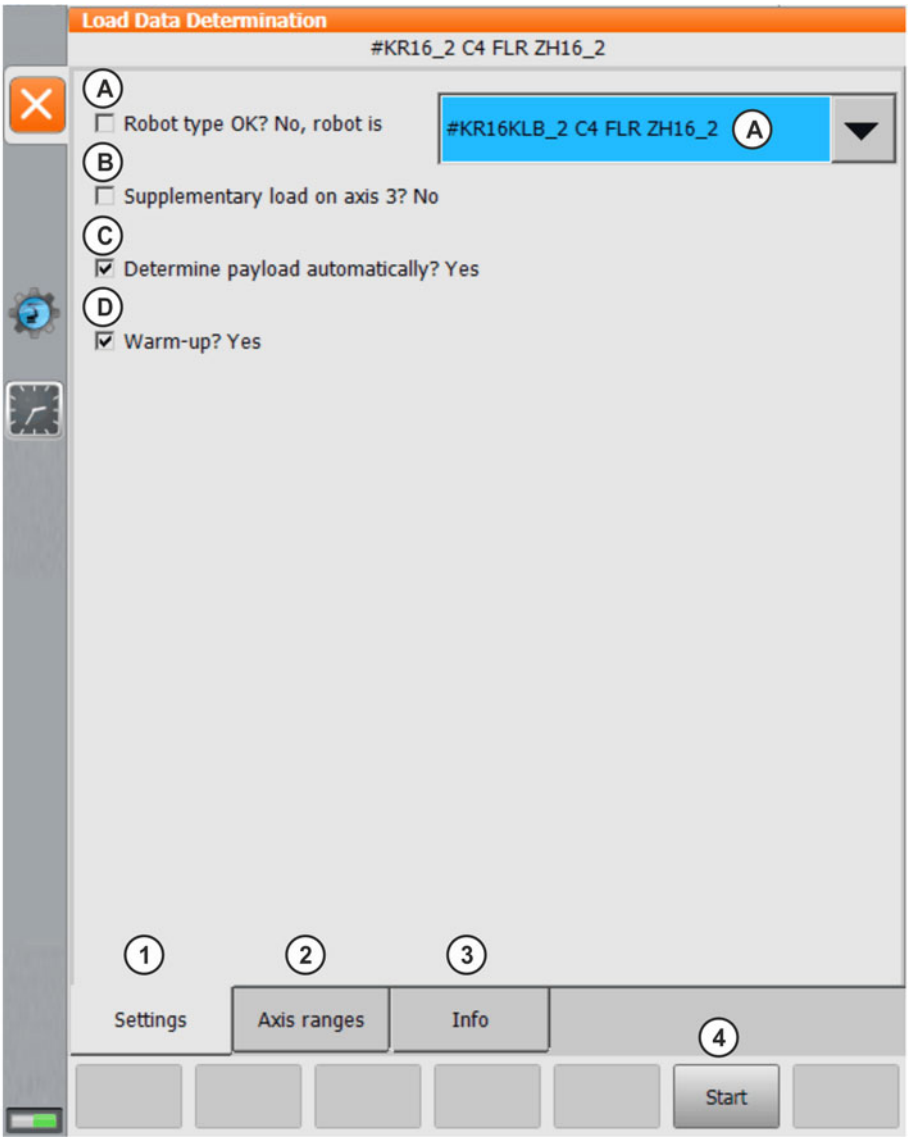


图 22-10: Load data determination

- **机器人类型是否正常？ (A)**
  - 为了确定负载数据，通过连续的机动化优化机器人类型。因此，需要正确地指定机器人类型。在开始确定负载数据时，与机器人名称一起检查机动化情况。如果当前负载数据版本的机器人可用，则自动将 “ 机器人类型是否正常？ ” 设定为是。
  - 如果无法与其机动化一起识别出机器人（例如，由于技术原因更改了机器人的机动化并且在 LDE 数据库中没有进行记录），则在信息窗口中显示 “ 没有为 LDE 设置具有该机动化的机器人 ”。

注意 如果出现信息 “ 没有为 LDE 设置具有该机动化的机器人 ”，则需要咨询 KUKA Roboter GmbH。否则会造成财产损失。

- 通过复选框 “ 机器人类型是否正常？是 ” 可以在选择框中手动地将另一个机器人选择为上面显示的、拥有相同机动化的机器人。

注意 为了不在机器人上形成损坏，必须确保已经选择了正确的机器人类型。

- **轴 3 上的附加负载？ (B)**

  如果激活 “ 轴 3 上的附加负载？ ”，则附加负载 A3 选项卡打开。在此可以输入附加负载数据。(>>> 22.5.1.2 ″ 轴范围选项卡 ″ 页码 512)

- **自动确定负载？ (C)**

  如果要自动确定负载，则必须激活该栏。(>>> 22.5.1.1 ″ 设置选项卡 ″ 页码 510)

  如果不要自动确定负载，则必须停用该栏。然后可以手动输入负载。

- **预热？ (D)**

  如果机器人未暖机，则可以设置预热。(>>> 22.5.1.1 ″ 设置选项卡 ″ 页码 510)

22.5.1.2 轴范围选项卡

说明

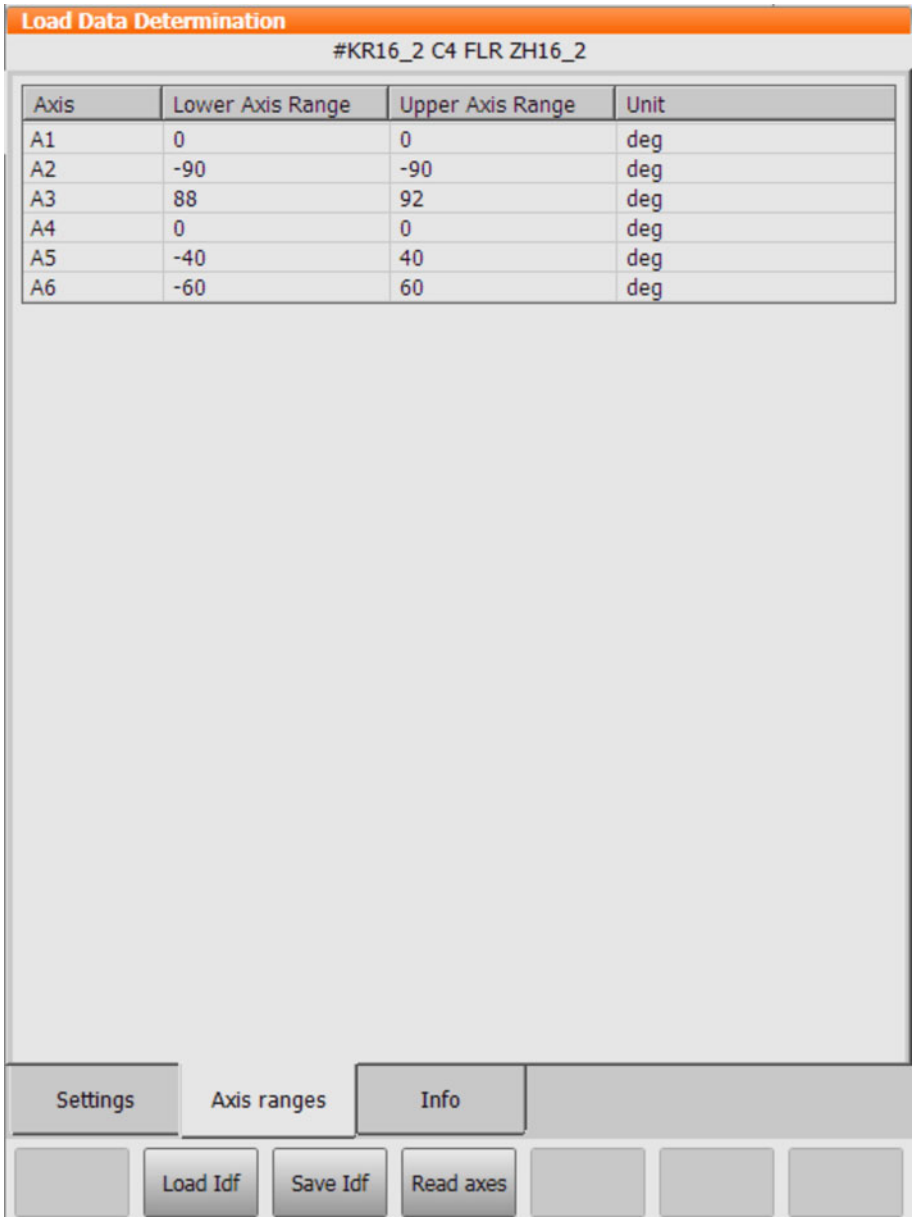


图 22-11: 轴范围选项卡

- 在实践中，工作区域通常有限制，因此机器人只在规定的角度范围内运动，以避免与工作区域中的障碍物碰撞的危险。
- 尽管有如此规定的角度范围，也可能影响负载数据识别所需的工作区域：
  - 轴 **A3** 必须与地面大致平行。这要求轴 **A2** 和轴 **A3** 的和必须几乎为零。
  - 轴 **A5** 的开始位置可以围绕零位移动 ± 40 度。在开始位置方面，必须已满足以下条件：

最大区间

- **-** 2 度 < A2+A3< **2** 度 （例如：A2 = -80 度和 A3 = 80 度）
- **-** 40 度 < A5 < **40** 度
- **A6** 任意至软件限位开关

最佳开始位置：

- **A2** = **-90** 度
- **A3** = **90** 度
- **A4** = **0** 度

- A5 = 0 度
- A6 = 0 度

22.5.1.3 轴 A3 附加负载选项卡

说明

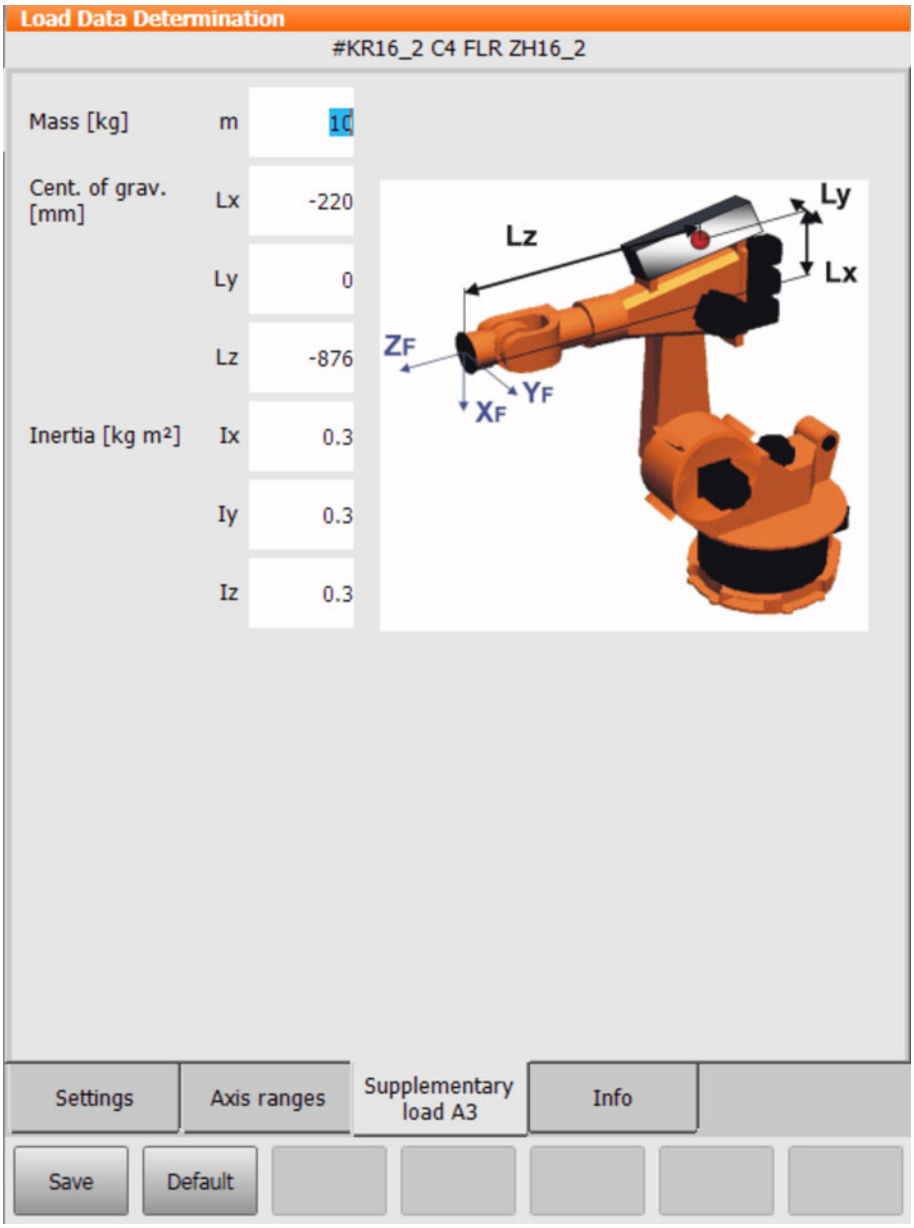


图 22-12: 附加负载 A3 选项卡

- 在轴 A3 附加负载选项卡中可以输入以下数值：
  - 质量，单位：kg
  - Lx、Ly、Lz 中重心位置，单位：mm
  - Lx、ly、lz 的惯性，单位：kg m^2
- 质量、惯性和质量重心的输入框已经含有文件 $CONFIG.DAT 中预设的数值。
- 如果在文件 $CONFIG.DAT 中输入了预设的数值 （质量 = -1），则使用文件 $ROBCOR.DAT 中的数值。

警告 不在文件 $CONFIG.DAT 中保存这些数值。在确定负载数据时，错误的附加负载数据将导致不精确和偏差。

22.5.1.4 负载数据选项卡

说明

在负载数据确定完成之后，重新生成并添加该选项卡。在此显示计算所得的负载数据。

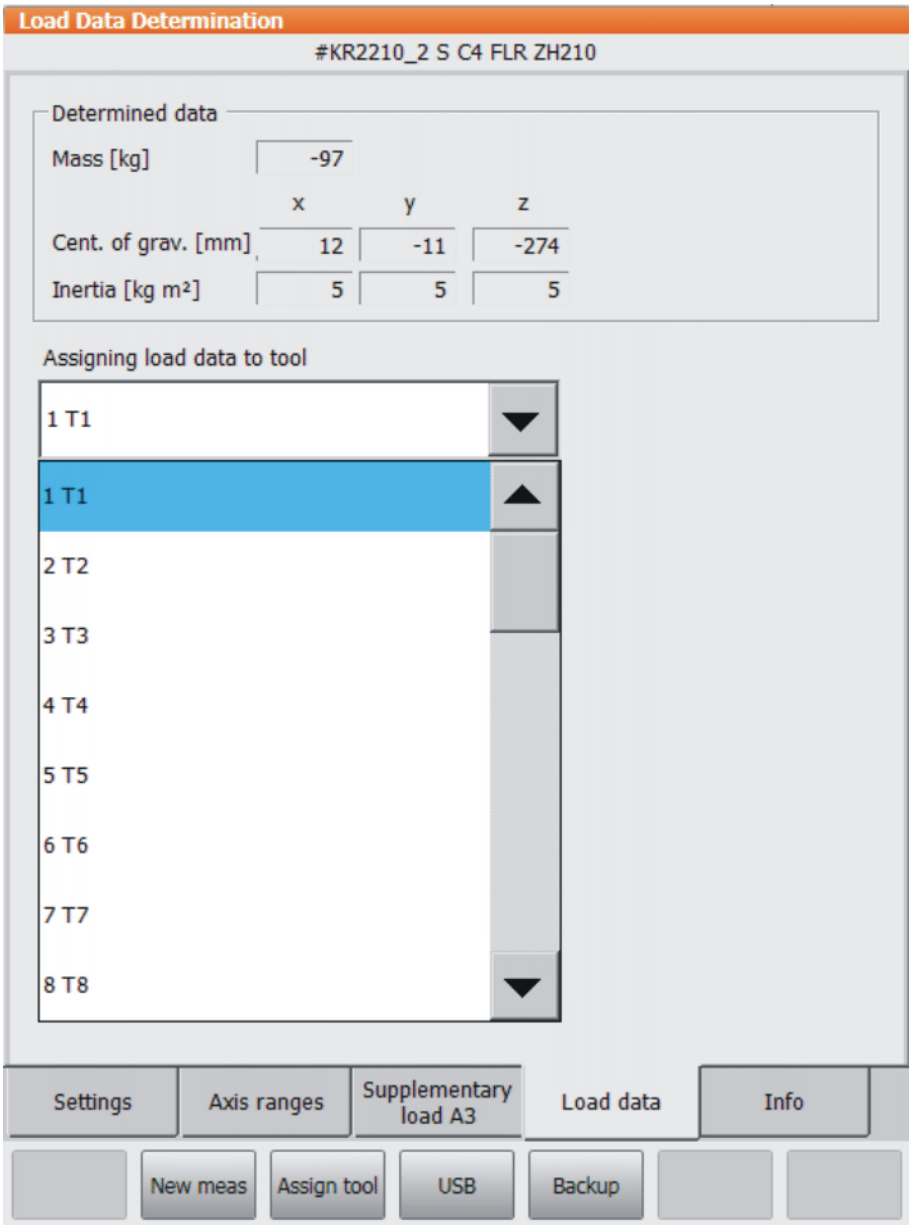


图 22-13: 负载数据选项卡

在此可以进行以下设置：

- 拒绝计算所得的负载数据

  通过按下按键**新的测量**拒绝计算所得的负载数据。切换到设置选项卡中。
- 将负载数据分配到工具上

  通过按下按键**分配工具**自动在选择框中显示的工具编号的 $CONFIG.DAT 中分配显示的负载数据。

> 为了不仅显示工具编号，可以为其分配一个工具名称。
> 在主菜单中选择**投入运行** > **测量** > **工具** > **更改名称**。选中工具编号并按下**名称**。分配一个工具名称并用**保存**进行确认。保存工具名称。

- 将负载数据保存在数据载体上

  通过按下按键 **USB** 将负载数据保存在 U 盘上的文件 load.txt 中。

- 生成负载数据确定的备份

  通过按下按键**备份**在 D:\LoadDataDetermination 下保存负载数据确定过程的备份。

> 在创建备份时，在项目文件 KukaLoadProject.*serialnumber*.XML 中保存已确定的负载数据和其他项目信息（如在 KUKA.Load 中）。在目录 C:\KRC\Roboter\IR_SPEC\L_IDENT 中保存该 XML 文件。

23 机器人上的工具测量

23.1 工具测定

说明

机器人控制系统通过测量工具（**工具**坐标系）识别工具顶尖（ **TCP** - *Tool Center Point，即工具中心点*）相对于法兰中心点位于何处以及其方向如何。

因此，工具测定包括 .....

- TCP（坐标系原点）的测量
- 找正坐标系

图 23-1：以已测工具为例

找正最多可储存 16 个工具坐标系。（变量：TOOL_DATA[1…16]）。

测量时，工具坐标系到法兰坐标系的距离（用 X、Y 和 Z）以及坐标系的转角（角度 A、B 和 C）被保存。

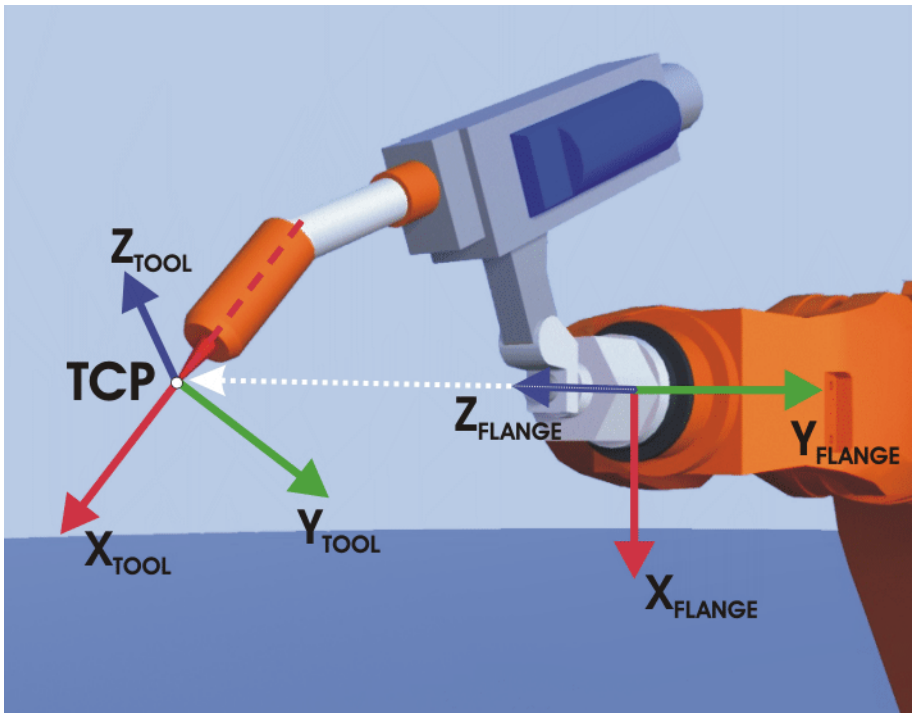


图 23-2: TCP 测量原理

优点

如果一个工具已精确测定，则在实践中对操作和编程人员有以下优点：

- 改善手动运行
  - 可围绕 TCP （例如：工具顶尖）改变方向。

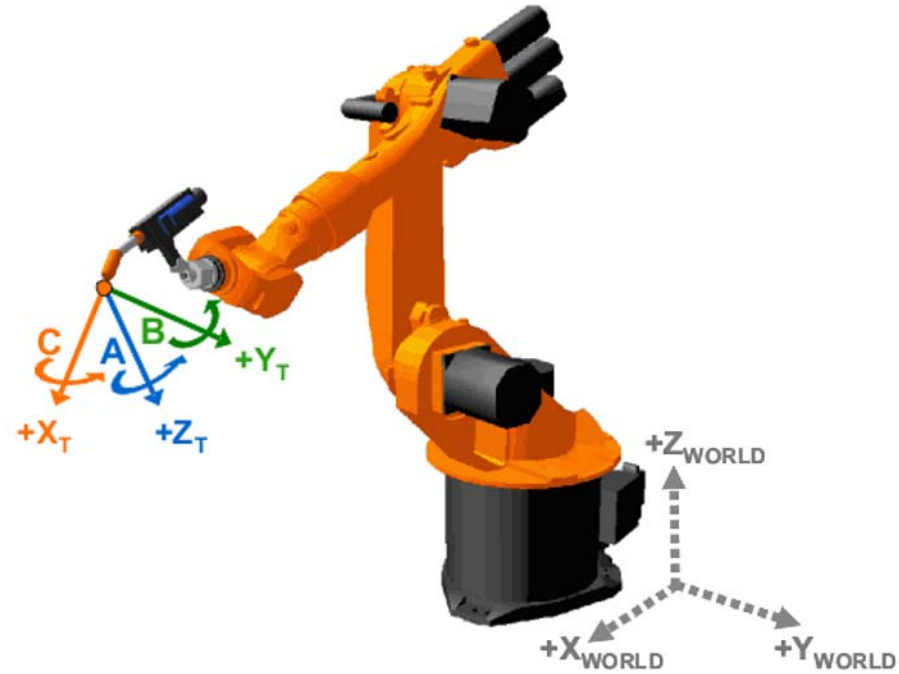


图 23-3: 绕 TCP 改变姿态

  - 沿工具作业方向移动

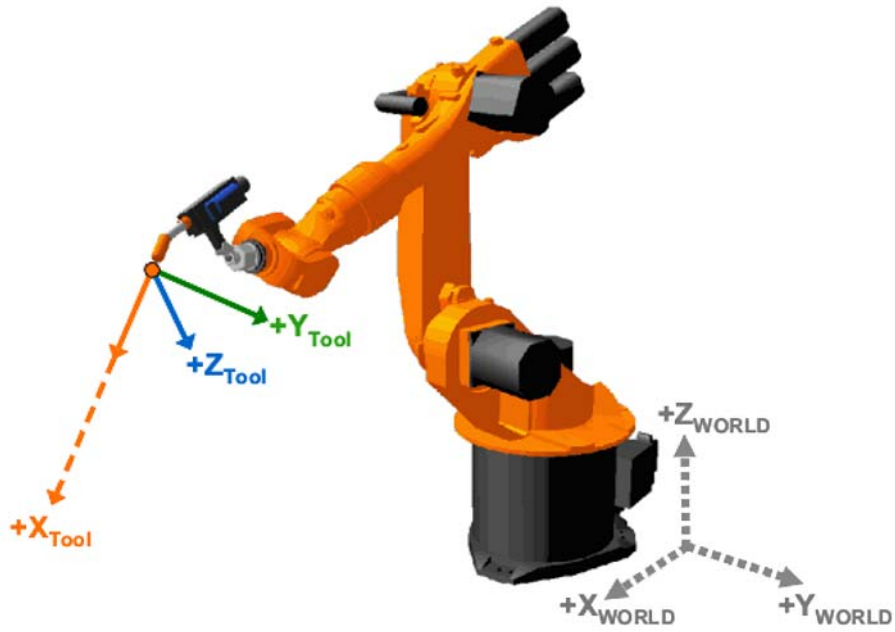


图 23-4: 作业方向 TCP

- 在轨迹运动编程 （直线或圆形运动）时使用
  - 沿着 TCP 上的轨道保持已编程的运行速度。

图 23-5: 带 TCP 编程的模式

  - 此外，可沿着轨迹进行定义的方向导引。

工具测定的途径

工具测定分为 2 步：

步骤	说明
1 年	**确定工具坐标系统的原点** 以下方法可供选择： ■ *XYZ 4 点法* ■ *XYZ 参照法*
2 年	**确定工具坐标系的姿态** 以下方法可供选择： ■ *ABC 世界坐标系法* ■ *ABC 2 点法*
或者	直接输入至法兰中心点的距离值 （X，Y，Z）和转角 （A，B，C）。 ■ *数字输入*

TCP 测量的 XYZ 4 点法

可以将待测量工具的 TCP 从 4 个不同方向移向一个参照点。参照点可以任意选择。机器人控制系统从不同的法兰位置值中计算出 TCP。

移至参照点的 4 个法兰位置，彼此必须间隔足够远。

XYZ 4 点法的操作步骤：

1. 选择菜单顺序**投入运行** > **测量** > **工具** > **XYZ 4 点**。
2. 为待测量的工具给定一个号码和一个名称。用 **OK** 确认。

可供选择的号码有 1 至 16。

3. 用 TCP 驶至一个参考点。用 **OK** 确认。
4. 将 TCP 从另一个方向移至参考点。用 **OK** 确认。

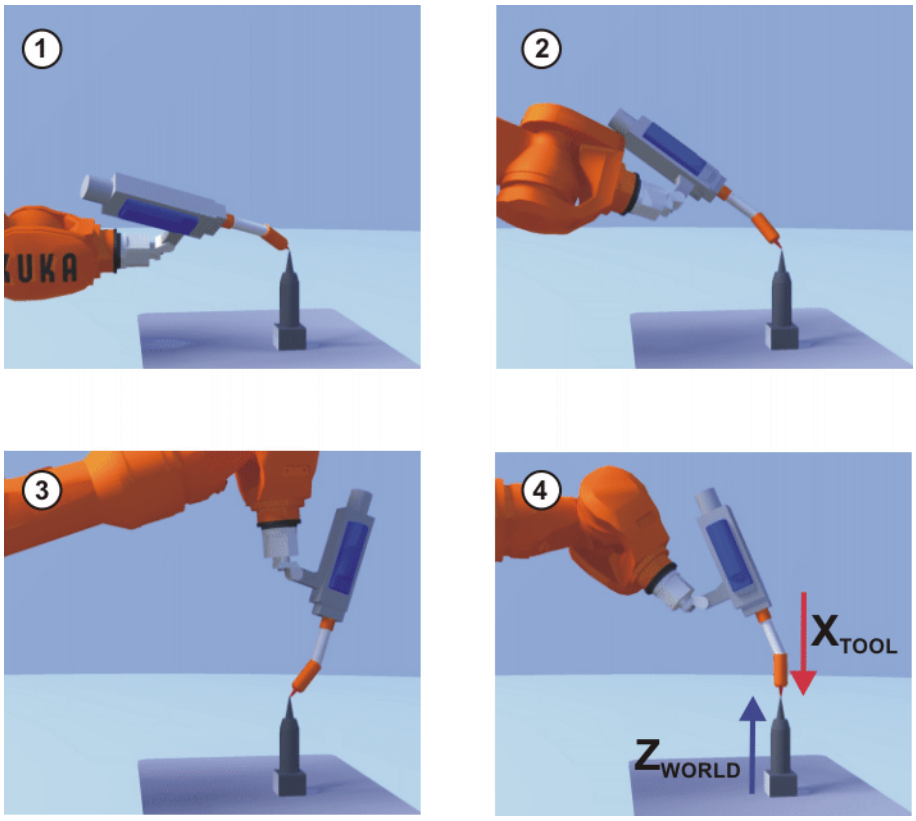


图 23-6: XYZ 4 点法

5. 把第 4 步重复两次。
6. 按下**备份**。

TCP 测量的 XYZ 参照法

采用 *XYZ 参照法*时，将对一件新工具与一件已测量过的工具进行比较测量。 机器人控制系统比较法兰位置，并对新工具的 TCP 进行计算。

使用 *XYZ 参照法*，以便掌握在控制系统中具有相似几何的多个同类工具。 与 *XYZ 4 点法*相比，这里的所需测量行程数量可降低为 2。

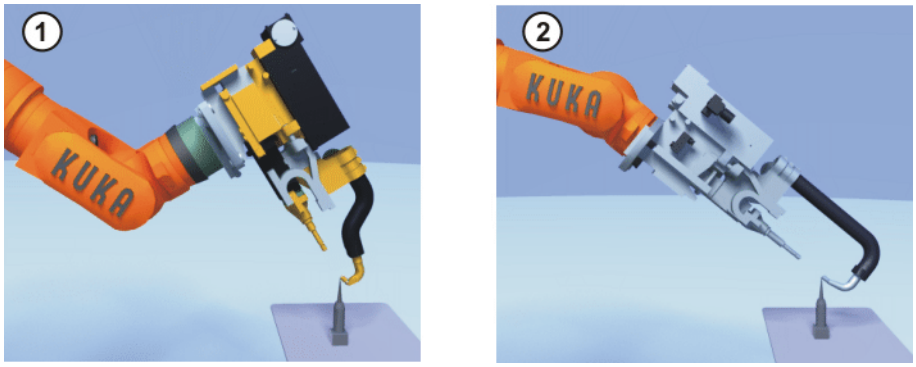


图 23-7: XYZ 参照法

操作步骤

1. 对此的前提条件是，在连接法兰上装有一个已测量过的工具，并且 TCP 的数据已知
2. 在主菜单中选择**调试** > **测量** > **工具** > **XYZ 参照**。
3. 为新工具给定一个号码和一个名称。 用**继续** 键确认。
4. 输入已经测量的工具的 TCP 数据。 用**继续** 键确认。
5. 用 TCP 移至任意一个参照点。 按下**测量**键。 用**继续**键确认。
6. 将工具安全回退，然后拆下。 安装上新工具。

7. 将新工具的 TCP 移至参照点。 按下**测量**键。 用**继续** 键确认。
8. 按下**保存**键。 数据被保存，窗口关闭。

或按**负载数据**。数据被保存，一个窗口将自动打开，可以在此窗口中输入负载数据。

ABC 世界坐标系法方向测量

将工具坐标系的轴调整至平行于世界坐标系的轴。 机器人控制系统从而得知工具坐标系统的姿态取向。

此方法有两种方式：

- **5D** 只将工具的作业方向告知机器人控制系统。 该作业方向默认为 X 轴。其它轴的方向由系统确定，对于用户来说不是很容易识别。
  应用范围： 例如：MIG/MAG 焊接，激光切割或水射流切割
- **6D**： 机器人控制系统得到所有 3 个轴的方向。
  应用范围： 例如：焊钳、抓爪或粘胶喷嘴

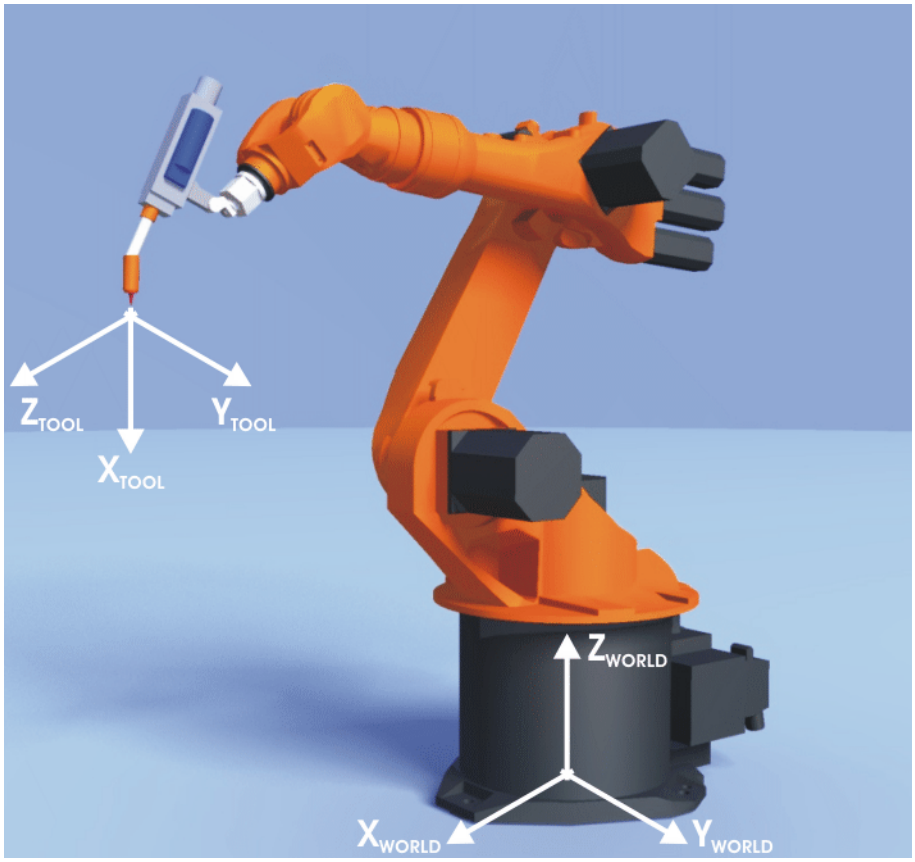


图 23-8: ABC 世界坐标系法

ABC 世界坐标系 5D 法操作步骤

a. 选择菜单序列：**投入使用** > **测量** > **工具** >**ABC 世界坐标**。
b. 输入工具编号。 用**确定**键确认。
c. 在 **5D/6D** 栏中选择一种规格。 用**确定**键确认。
d. 如果选择了 **5D**：
   将 $+X_{TOOL}$ 调整至平行于 $-Z_{WORLD}$ 的方向。 ($+X_{TOOL}$ = 作业方向)
   如果选择了 **6D**：
   按如下方法确定工具坐标系轴的方向。
   - 使 $+X_{TOOL}$ 与 $-Z_{WORLD}$ 平行。 ($+X_{工具坐标}$ = 作业方向)
   - $+Y_{TOOL}$ 与 $+Y_{WORLD}$ 平行
   - $+Z_{TOOL}$ 与 $+X_{WORLD}$ 平行
e. 用**确定**键确认。

f. 按下**备份**键。

方向测量的 ABC 2 点法

通过移至 X 轴上一个点和 XY 平面上一个点的方法，机器人控制器可得知 TOOL 坐标系的轴数据。

当轴方向必须特别精确地确定时，将使用此方法。

> 下述操作步骤适用于工具碰撞方向为默认碰撞方向 （= X 向）的情况。 如果碰撞方向改为 Y 向或 Z 向，则操作步骤也必须相应地进行更改。

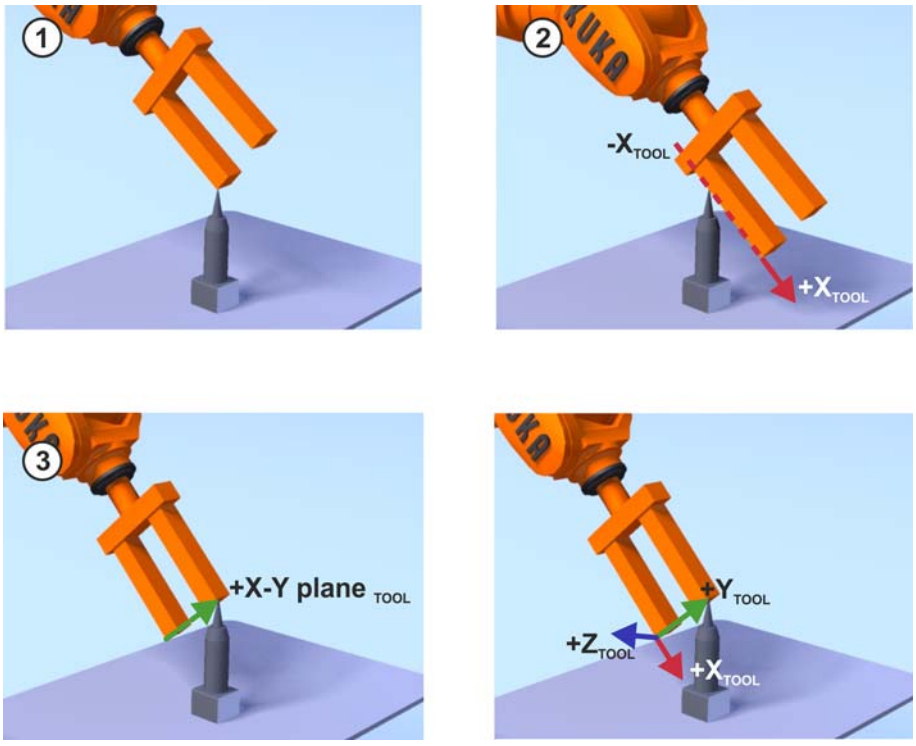


图 23-9: ABC 2 点法

1. 前提条件是，TCP 已通过 XYZ 法测定。
2. 在主菜单中选择**调试** > **测量** > **工具** > **ABC 2 点**。
3. 输入已安装工具的编号。 用**继续** 键确认。
4. 用 TCP 移至任意一个参照点。 按下**测量**键。 用**继续** 键确认。
5. 移动工具，使参照点在 X 轴上与一个在 X 负向上的点重合 （即与碰撞方向相反）。 按下**测量**键。 用**继续** 键确认。
6. 移动工具，使参照点在 X、Y 平面上与一个在 Y 正向上的点重合。 按下**测量**键。 用**继续** 键确认。
7. 按**保存**。 数据被保存，窗口关闭。
   或按**负载数据**。 数据被保存，一个窗口将自动打开，可以在此窗口中输入负载数据。

培训期间使用抓爪时的安全提示

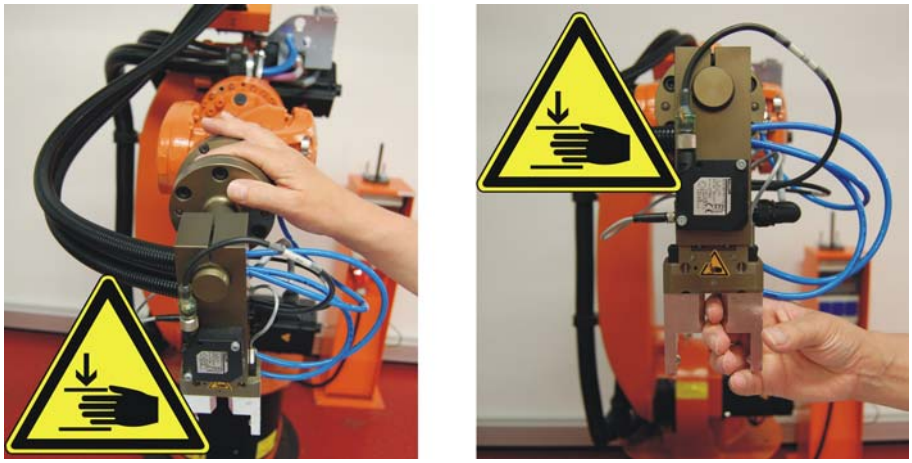


图 23-10：培训时所用的抓爪有挤伤危险

⚠ 警告 使用抓爪系统时有挤伤和割伤的危险。抓爪操作人员必须保证无身体部分可被抓爪挤伤。

夹入部件 （方块、尖触头）时必须非常小心。

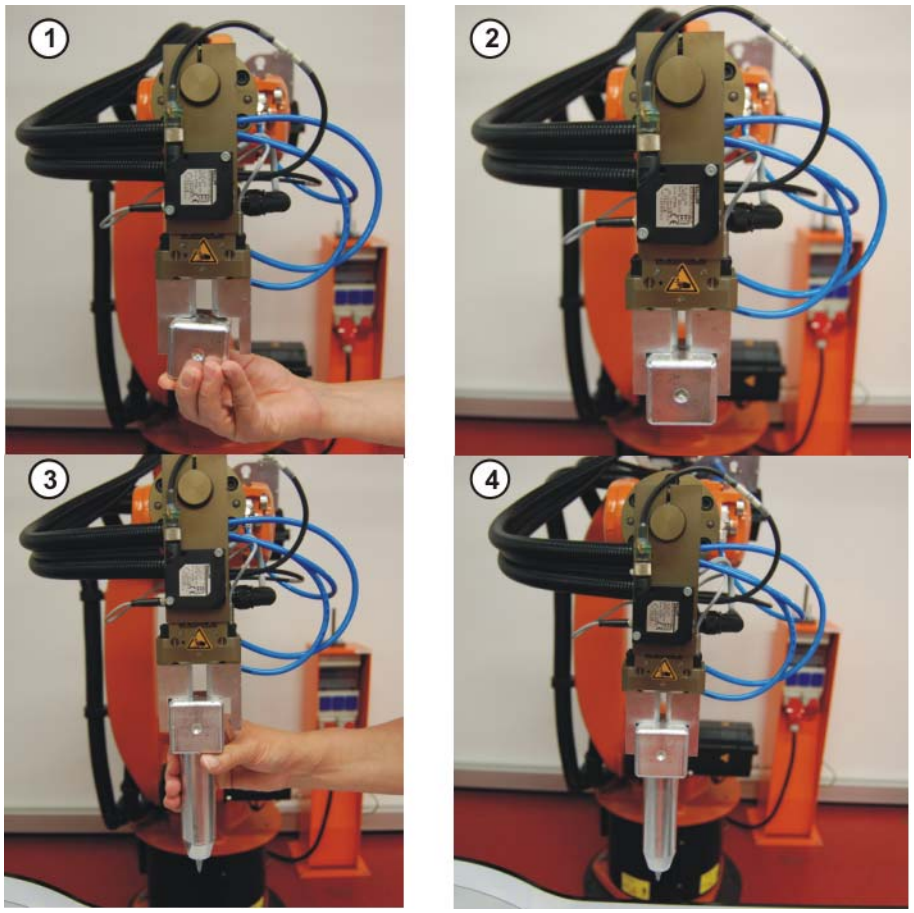


图 23-11：将物件夹紧到培训用抓爪中

项号	备注
1 年	夹入方块
2 年	方块已夹入
3 年	夹入尖触头
4 年	尖触头已夹入

发生碰撞时会触发碰撞保险装置。

机器人在因碰撞而触发碰撞保险装置后安全回退。一位用户按下开关 (1) 并从机器人、碰撞保险装置以及抓爪上移开肢体。另一位用户应在机器人安全回退前确认，机器人的运动不会危及任何人员。

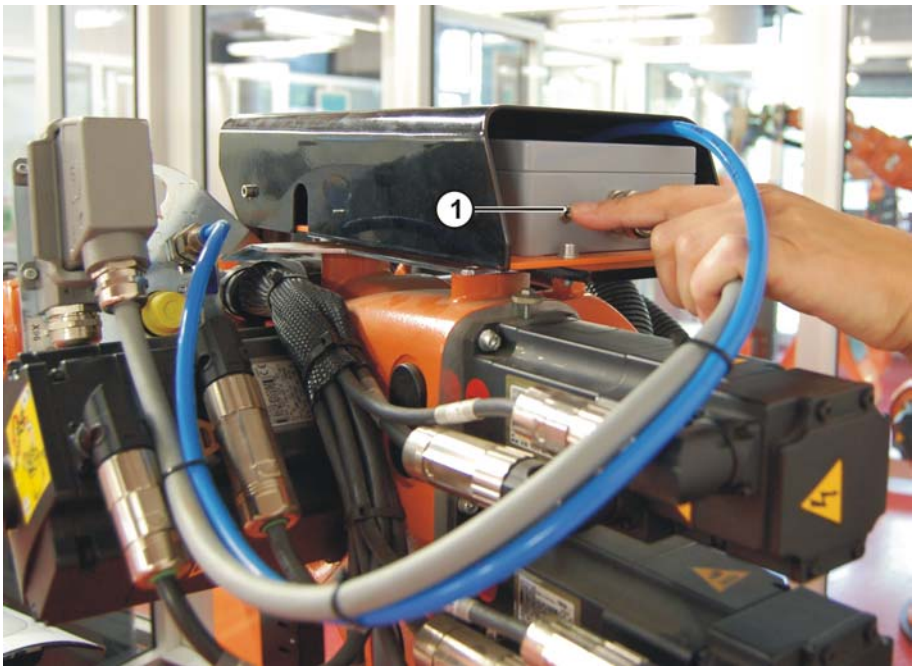


图　23-12: 碰撞保险装置的安全回退按键，A 型

图　23-13: 碰撞保险装置的安全回退按键，B 型

23.1.1 练习： 以尖触头为对象的工具测定

练习目的

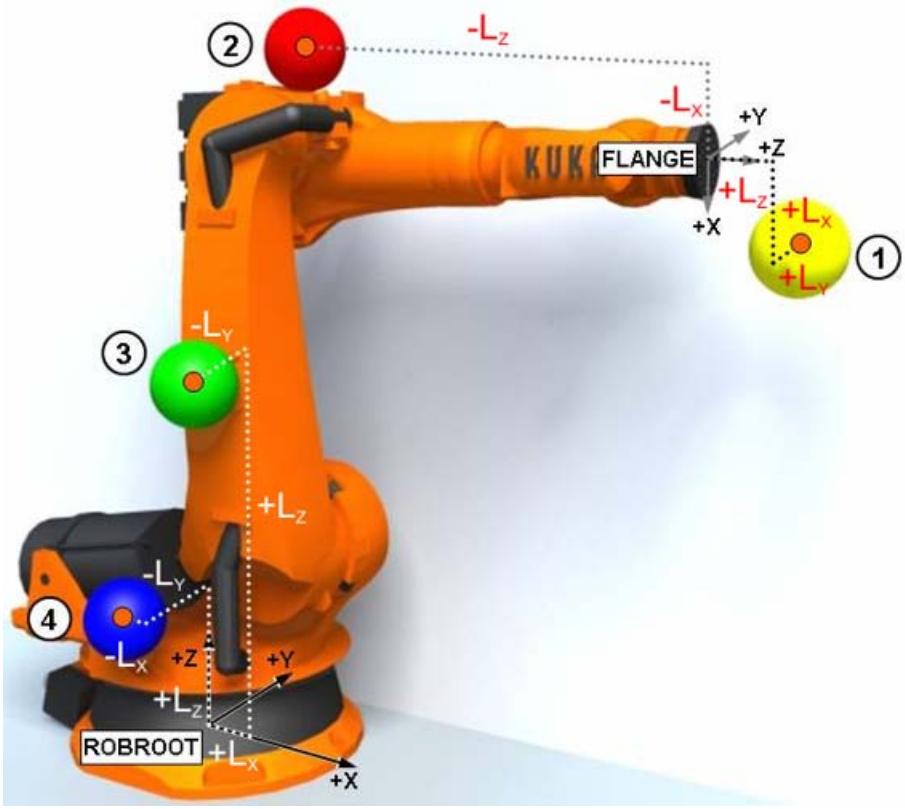
成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 用 XYZ 4 点法和 ABC 世界坐标系法测量工具
- 激活一个已测定的工具
- 在工具坐标系中移动
- 沿工具作业方向移动
- 将工具围绕工具中心点 (Tool Center Point，即 TCP) 改变方向

前提条件

为成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 具备有关工具工作点的各种测量方法，特别是 XYZ 4 点法的理论知识
- 具备有关工具方向的各种测量方法，特别是 ABC 世界坐标系法的理论知识
- 具备有关机器人负载数据及其输入的理论知识



1	负荷	3	轴 2 的附加负载
2	轴 3 的附加负载	4	轴 1 的附加负载

练习内容

请完成以下任务： 尖触头的测量

1. 用 XYZ 4 点法测量尖触头的 TCP。使用黑色的金属顶尖作为参照顶尖。从尖触头库中取出最上方的尖触头，然后将其夹入抓爪。 使用**工具编号 2** 并指定名称**尖触头 1**。
2. 保存工具数据。
3. 采用 ABC 世界坐标系 5D 法测量工具方向。
4. 误差不得大于 0.95mm。 在实际操作中这个数值不够严格。 误差最好达到 0.5 mm 或甚至 0.3 mm。
5. 输入作为工具编号 2 的带尖触头的抓爪负载数据。
   为此使用正确的带尖触头的抓爪 （见下文）。
6. 保存 TOOL （工具坐标）数据，并在工具坐标系中测试尖触头的移动

带尖触头的抓爪工具负载数据

- 培训用抓爪 KR 16

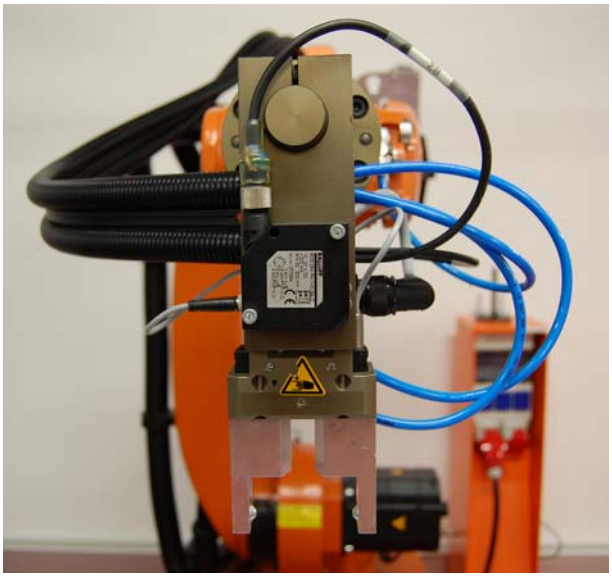


图 23-14: 培训用抓爪 KR 16

质量:		
M = 4.9 kg		
质量重心:		
X = 53 mm	Y = 49 mm	Z = 65 mm
姿态:		
A = 0°	B = 0°	C = 0°
转动惯量:		
J_X = 0.02 kgm^2	J_Y = 0.03 kgm^2	J_Z = 0.15 kgm^2

- 模块化机器人单元的培训用抓爪

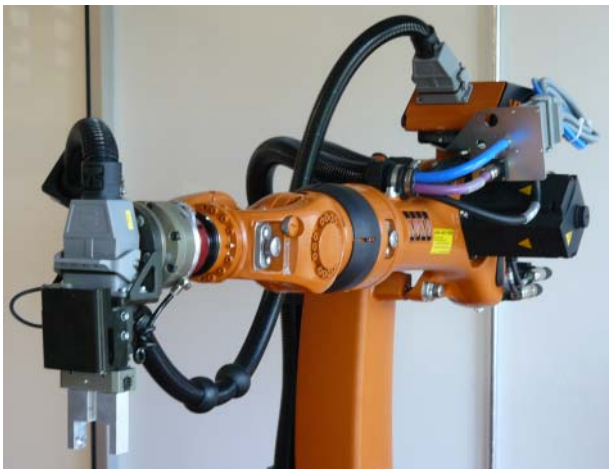


图 23-15: 模块化机器人单元的培训用抓爪

质量:		
M = 5 kg		
质量重心:		
X = 23 mm	Y = -38 mm	Z = 84 mm
姿态:		
A = 0°	B = 0°	C = 0°

转动惯量：		
J_X = 0.02 kgm^2	J_Y = 0.07 kgm^2	J_Z = 0.14 kgm^2

- 移动式机器人单元的培训用抓爪

图 23-16：移动式机器人单元的培训用抓爪

质量：		
M = 2.14 kg		
质量重心：		
X = 30 mm	Y = 0 mm	Z = 64 mm
姿态：		
A = 0°	B = 0°	C = 0°
转动惯量：		
J_X = 0.002 kgm^2	J_Y = 0.004 kgm^2	J_Z = 0.003 kgm^2

您在练习后应该掌握什么：

1. 工具测定具有哪些优点？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

2. 工具测定方法有哪些？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

3. 什么可以通过 XYZ 4 点法确定？

. . . . . .

. . . . . .

23.1.2 练习：抓爪工具测定，2 点法

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 借助于 XYZ 4 点和 ABC 2 点法进行工具测定
- 激活一个已测定的工具
- 在工具坐标系中移动
- 沿工具作业方向移动
- 将工具围绕工具中心点 (Tool Center Point，即 TCP) 改变方向

前提

为成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 具备有关工具工作点的各种测量方法，特别是 2 点法的理论知识
- 具备有关机器人负载数据及其输入的理论知识

练习内容

请完成以下任务

1. 为对抓爪进行工具测定，使用名称 "Greifer_neu" 和工具编号 "3"。
2. 如图所示用 XYZ 4 点法测量抓爪的工具中心点 TCP：

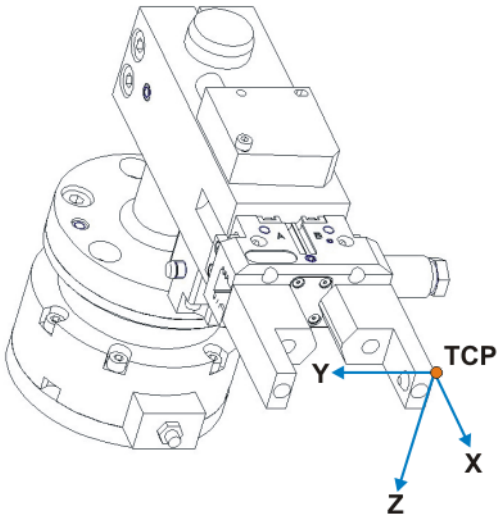


图 23-17: 学院的抓爪： TCP 的位置

3. 用 ABC 2 点法测量抓爪坐标系的姿态
4. 输入工具编号为 3 的抓爪负载数据。
   为此使用正确的抓爪 （见下文）。
5. 保存 TOOL （工具坐标）数据并在工具坐标系中手动运行抓爪

抓爪的工具负载数据

- 培训用抓爪 KR 16

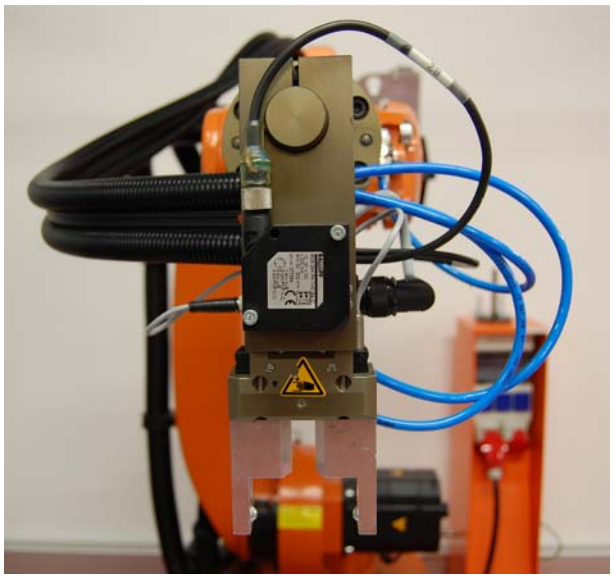


图 23-18: 培训用抓爪 KR 16

质量:		
M = 4,3 kg		
质量重心:		
X = 41 mm	Y = 35 mm	Z = 62 mm
姿态:		
A = 0°	B = 0°	C = 0°
转动惯量:		
J_X = 0.03 kgm^2	J_Y = 0.04 kgm^2	J_Z = 0.12 kgm^2

- 模块化机器人单元的培训用抓爪

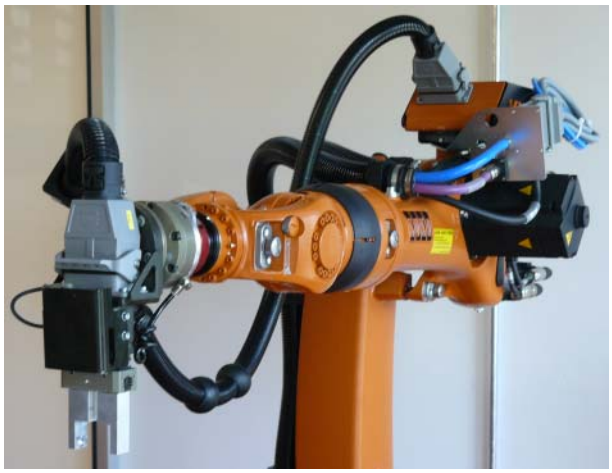


图 23-19: 模块化机器人单元的培训用抓爪

质量:		
M = 4,4 kg		
质量重心:		
X = 7 mm	Y = -24 mm	Z = 80 mm
姿态:		
A = 0°	B = 0°	C = 0°
转动惯量:		
J_X = 0.02 kgm^2	J_Y = 0.05 kgm^2	J_Z = 0.11 kgm^2

- 移动式机器人单元的培训用抓爪

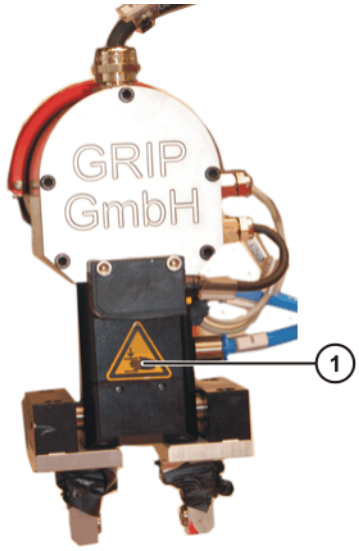


图 23-20：抓爪标牌

质量：		
M = 2 kg		
质量重心：		
X = 23 mm	Y = 0 mm	Z = 61 mm
姿态 ：		
A = 0°	B = 0°	C = 0°
转动惯量：		
J_X = 0.002 kgm^2	J_Y = 0.004 kgm^2	J_Z = 0.003 kgm^2

替代任务

此外也可通过输入数字测定抓爪：

请完成以下任务

1. 为对抓爪进行工具测定，使用名称 "Greifer_neu" 和工具编号 "3"。
2. 借助 " 数字输入 " 测量抓爪的 TCP：

培训用抓爪 KR 16					
X	Y	Z	A	B	C
122.64 mm	177.73 mm	172.49 mm	45°	0°	180°

模块化机器人单元的培训用抓爪					
X	Y	Z	A	B	C
175.38 mm	-123.97 mm	172.71 mm	-45°	0°	-180°

移动式机器人单元的培训用抓爪					
X	Y	Z	A	B	C
12.0 mm	0 mm	77.0 mm	0°	0°	0°

现在您应能回答以下问题：

1. 哪个图标代表工具坐标系？

a) b) c) d)

2. 控制器最多可管理多少工具？

. . . . . .

3. 工具负荷数据中的值 -1 表示什么？

. . . . . .

. . . . . .

23.2 在工具坐标系中移动机器人

在工具坐标系中手动运行

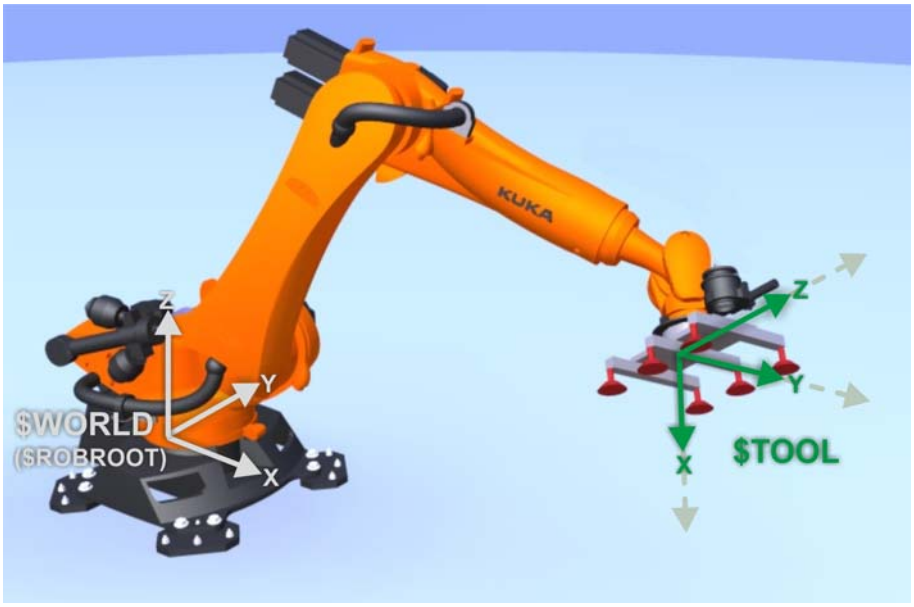


图 23-21: 机器人工具坐标系

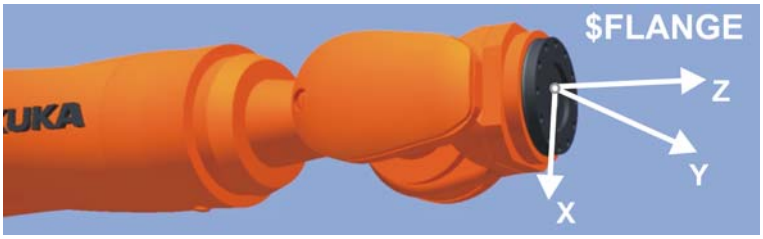
- 在工具坐标系中手动运行时，可根据之前所测工具的坐标方向移动机器人。

  因此，坐标系并非固定的 （见世界坐标系或基坐标系），而是由机器人引导的。

  在此过程中，**所有**需要的机器人轴也会自行移动。哪些轴会自行移动由系统决定，并因运动情况不同而异。

  工具坐标系的原点被称为 **TCP** - *Tool Center Point*，并与工具的工作点相对应，例如粘胶喷嘴的尖端。
- 为此需要使用运行键或者 KUKA smartPAD 的 3D 鼠标。
- 可供选择的工具坐标系有 16 个。
- 速度可以更改 （手动倍率：HOV）。
- 仅在 T1 运行模式下才能手动运行。
- 确认键必须已经按下。

手动运行时，未经测量的工具坐标系始终等于法兰坐标系。



工具坐标时手动运行的原则

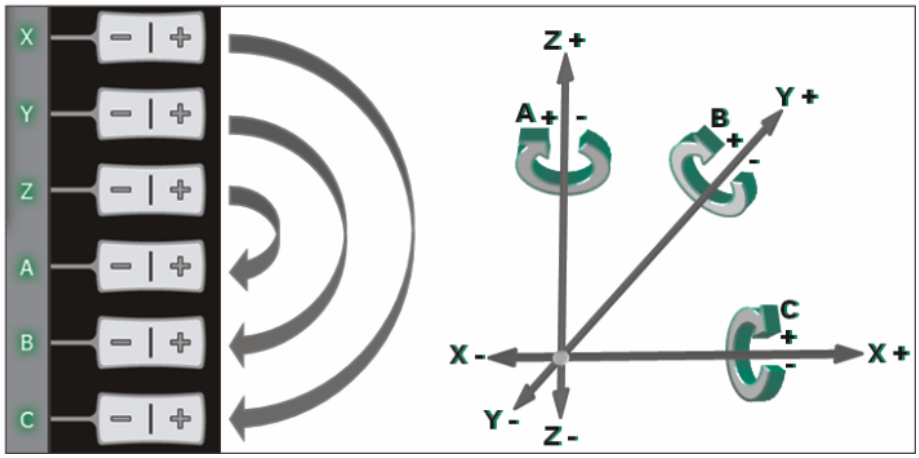


图 23-22: 笛卡尔坐标系

在坐标系中可以两种不同的方式移动机器人：

- 沿坐标系的坐标轴方向平移 （直线）：X、Y、Z
- 环绕着坐标系的坐标轴方向转动 （旋转 / 回转）：角度 A、B 和 C

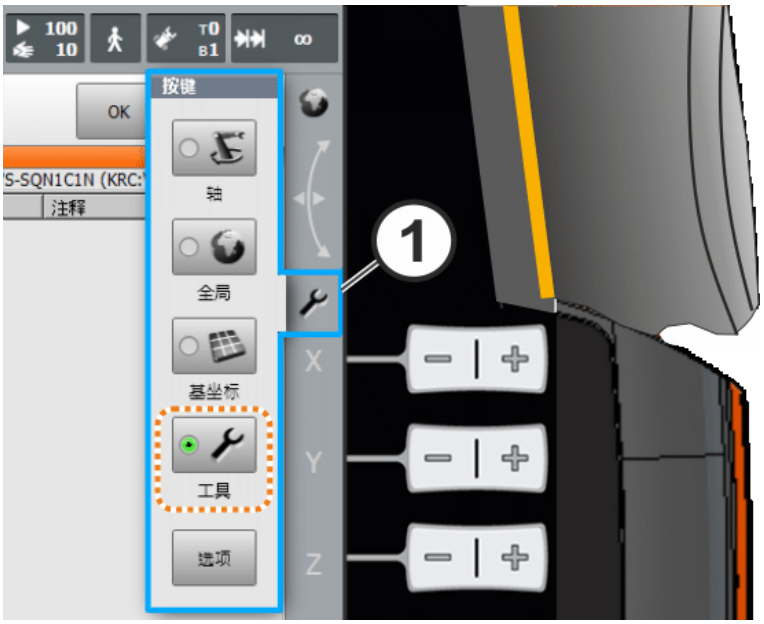
使用工具坐标系的优点：

- 要工具坐标系已知，机器人的运动始终可预测。
- 可以沿工具作业方向移动或者绕 TCP 调整方向。

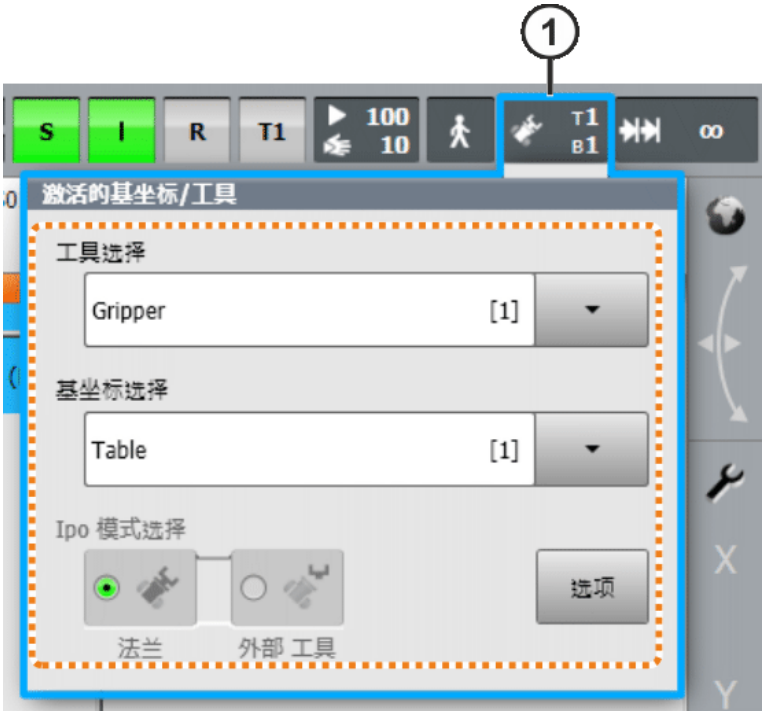
*工具作业方向*是指工具的工作方向或者工序方向。如果在 X+ 上运行，则工具在工具坐标系中 （通常）在工件方向上移动。例如：粘胶喷嘴的粘结剂喷出方向或抓取部件时的抓取方向。

操作步骤

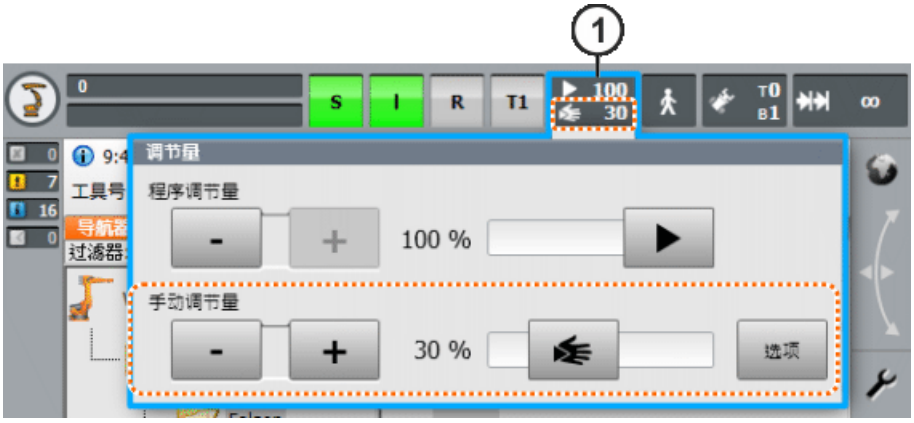
1. 选择**工具**作为待使用的坐标系



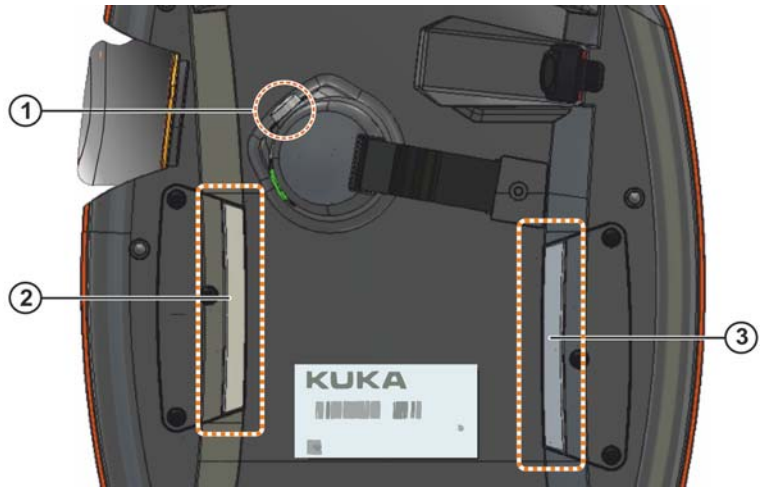
2. 选择工具编号



3. 设定手动倍率

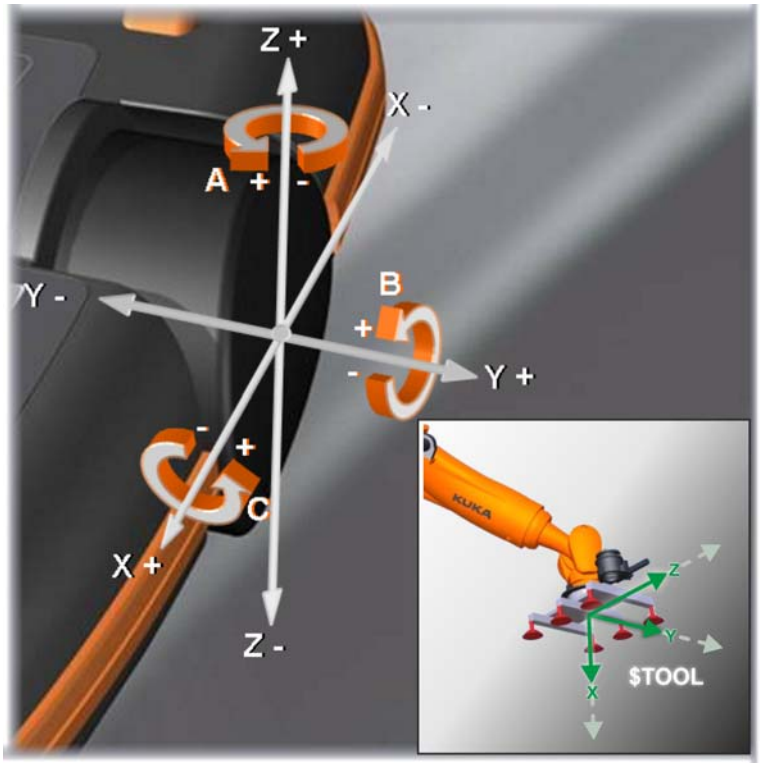


4. 将确认键按至中间挡位并按住



5. 用运行键移动机器人

6. 或者：用 3D 鼠标将机器人朝所需方向移动



23.2.1 练习：工具坐标系中的手动运行

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 用运行键和 3D 鼠标在工具坐标系中手动运行机器人
- 沿工具作业方向手动运行机器人

前提条件

为成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 参加安全培训

> 提示！
> 开始练习前学员必须已完成安全培训并有记录为证！

- 具备在工具坐标系中移动的理论知识

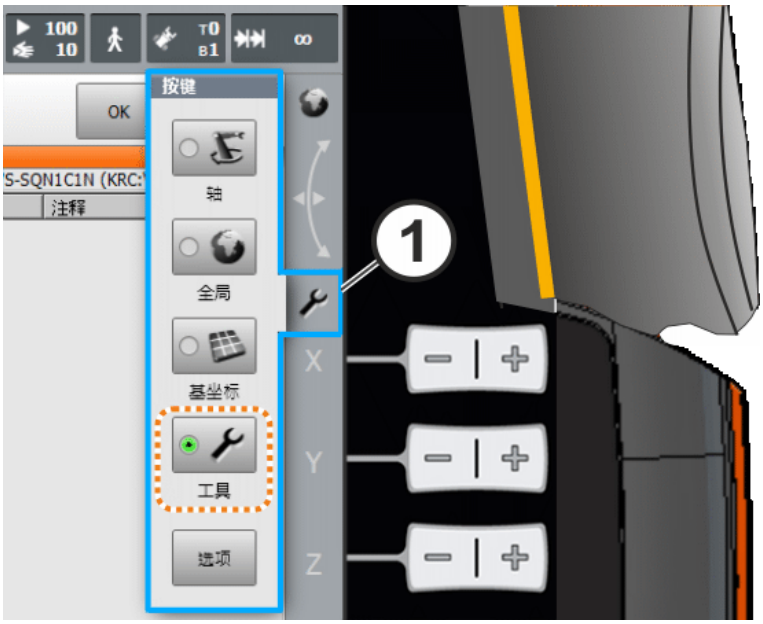


图 23-23：选择工具坐标系

练习内容

请完成以下任务：

1. 复位紧急停止按钮并确认
2. 确保设置了运行方式 T1
3. 激活工具坐标系
4. 用手动运行键和 3D 鼠标以不同的手动倍率 (HOV) 设置在工具坐标系中手动运行机器人。在此过程中测试沿作业方向的移动和绕 TCP 的方向改变。
5. 借助于工具 “ 抓爪 ” 从支架中取出尖触头

24 机器人单元中的基坐标测量

24.1 测量基坐标

说明

基坐标系*测定*表示根据世界坐标系在机器人周围的某一个位置上创建坐标系。其目的是使机器人的手动运行运动以及编程设定的位置均以该坐标系为参照。因此，例如设定的工件支座和抽屉的边缘、货盘或机器的外缘均可作为基准坐标系中合理的参照点。

基坐标系测定分为两个步骤：

1. 确定坐标原点
2. 定义坐标方向

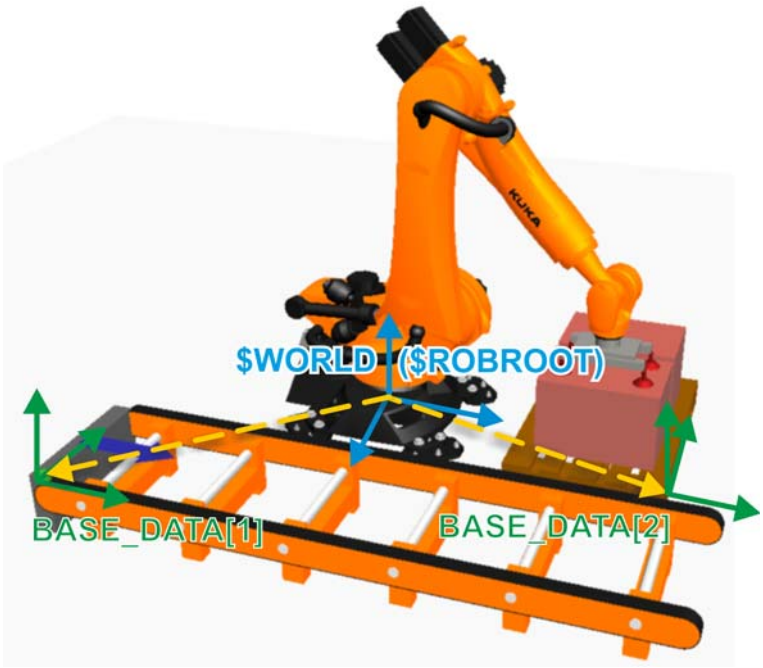


图 24-1: 基坐标测量

优势

测定了基坐标后有以下优点：

- 沿着工件边缘移动：
  可以沿着工件的工作面边缘手动运行 TCP。

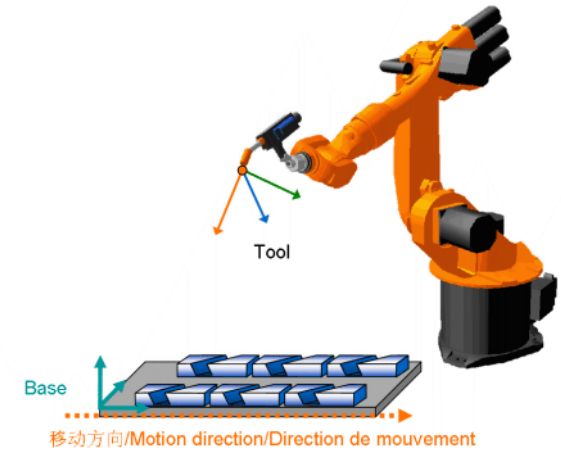


图 24-2: 基准测量的优点：移动方向

- 参照坐标系：
  示教的点以所选的坐标系为参照。

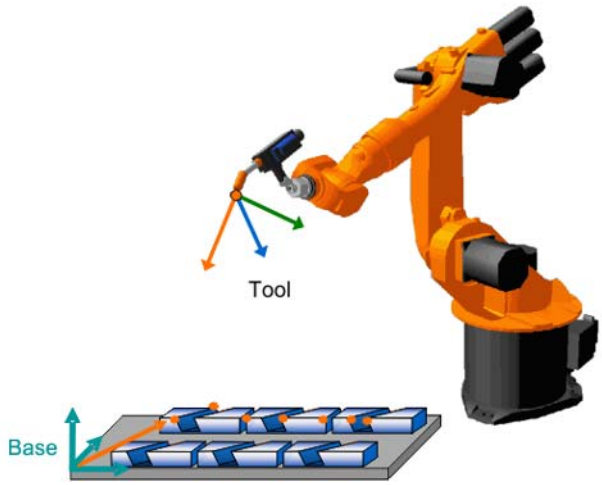


图 24-3：基准测量的优点：以所需坐标系为参照

- 坐标系的修正 / 推移：
  可以相对于基准对这些点示教。 如果必须移动基准，例如由于工作面被移动，这些点也随之移动，但不必重新进行示教。

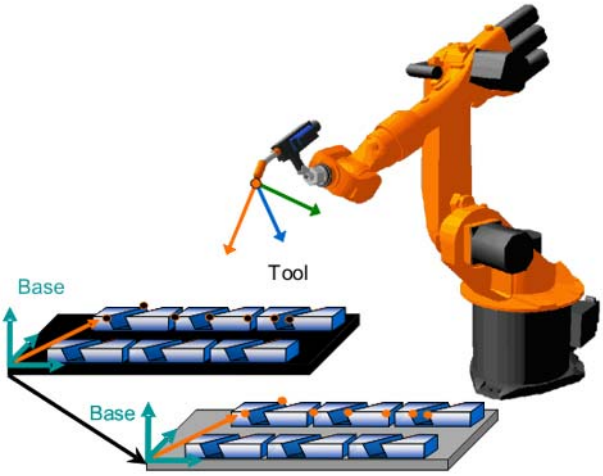


图 24-4：基准测量的优点：基坐标系的位移

- 多个基坐标系的益处：
  最多可建立 32 个不同的坐标系，并根据程序步加以应用。

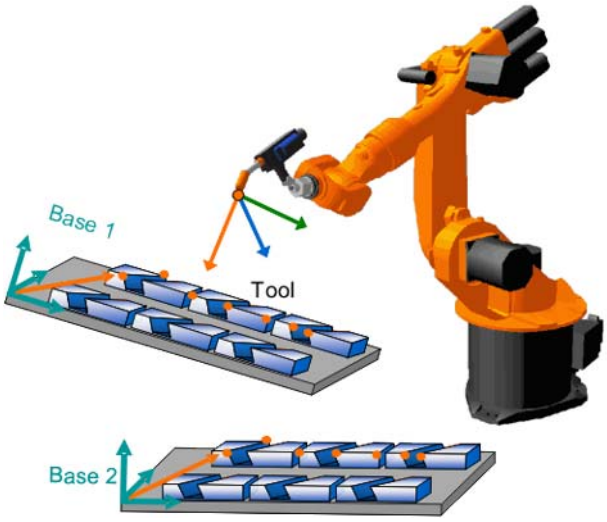


图 24-5: 基准测量的优点：使用多个基坐标系

基坐标测量的方法

以下的基坐标测量方法可供使用：

方法	说明
3 点法	1. 定义原点 2. 定义 X 轴正方向 3. 定义 Y 轴正方向 （XY 平面）
间接方法	当无法逼近基座原点时，例如，由于该点位于工件内部，或位于机器人工作空间之外时，须采用间接法。 此时须逼近 4 个相对于待测量的基坐标其坐标值 （CAD 数据）已知的点。 机器人控制系统将以这些点为基础对基准进行计算。
数字输入	直接输入至世界坐标系的距离 （X，Y，Z）和转角 （A，B，C）。

3 点法操作步骤

基坐标测量只能用一个事先已测定的工具进行 （TCP 必须已知）。

1. **菜单路径：***机器人按键 > 投入运行 > 测量 > 基坐标 > 3 点*
2. 为基坐标给定一个编号 (1) 和一个名称 (2)。用**继续**键 (4) 确认。

图 24-6: 确定基坐标编号和名称

3. 输入需用其 TCP 测量基坐标的工具的编号 (1)。用**继续**键 (3) 确认。

图 24-7: 参考工具

4. 用 TCP 驶至新基座的原点。

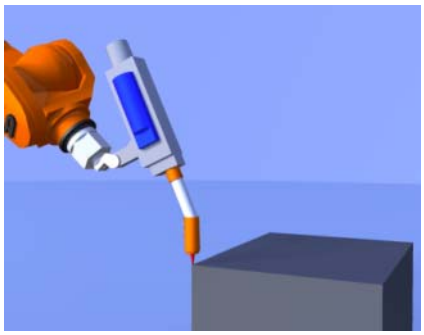


图 24-8: 第一个点: 原点

5. 点击**测量**软键并用**是**键确认位置。

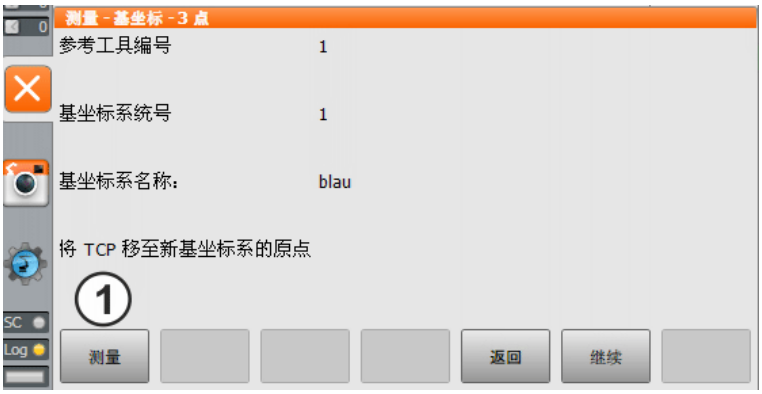


图 24-9: 基坐标系原点

6. 将 TCP 移至新基座正向 X 轴上的一个点。

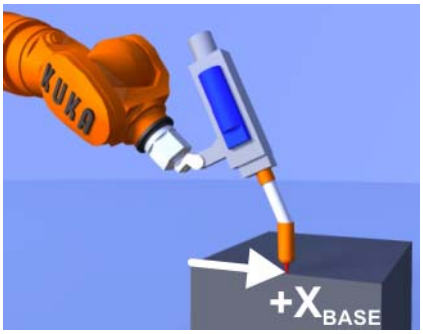


图 24-10: 第二个点：X 方向

7. 点击**测量**并用**是**键确认位置。

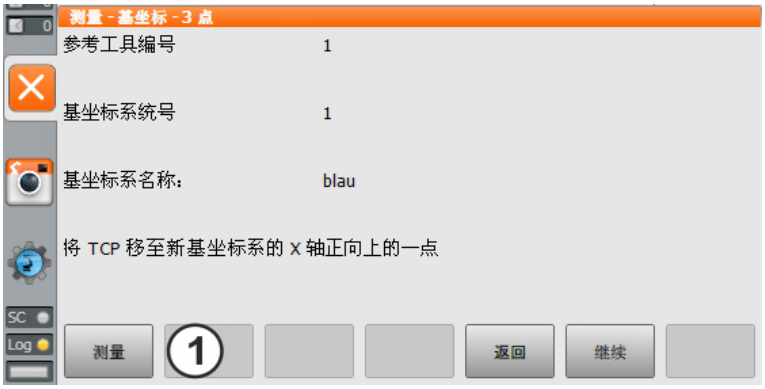


图 24-11: X 轴正向上的点

8. 用 TCP 在 XY 平面上驶至带正 Y 值的一点。

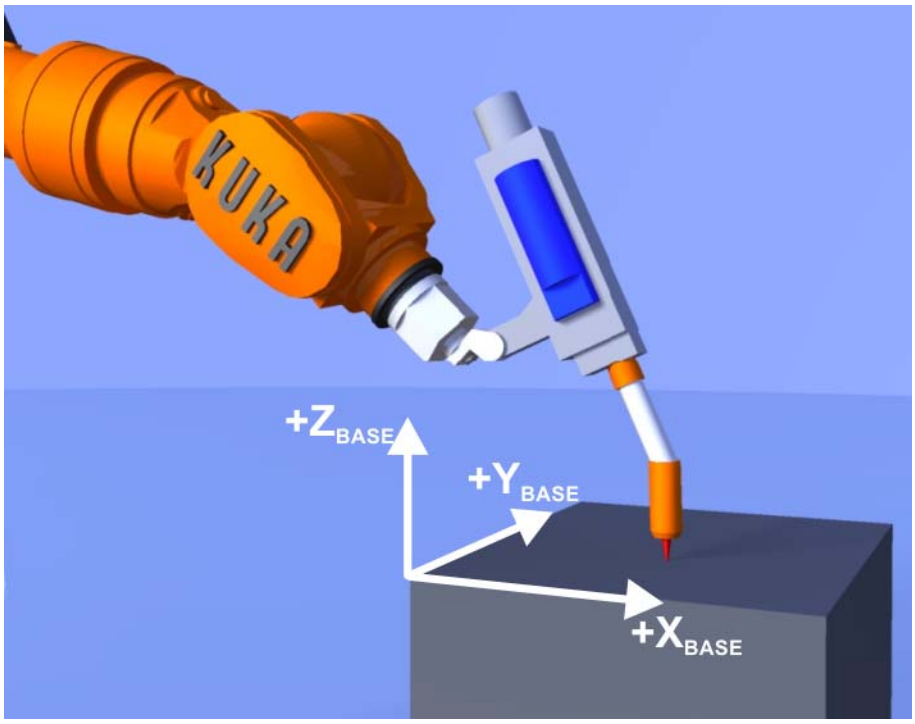


图 24-12: 第三个点：XY 平面

9. 点击**测量**并用**是**键确认位置。

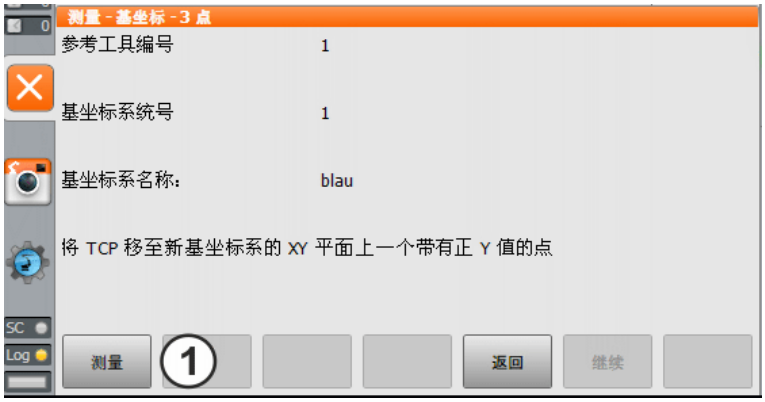


图 24-13: X-Y 平面上带正 Y 值的点

10. 按下**保存**。
11. 关闭菜单

三个测量点不允许位于一条直线上。这些点间必须有一个最小夹角（标准设定 2.5° ）。

24.1.1 练习：工作台的基坐标测量，3 点法

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 确定任意一个基坐标
- 测量基坐标
- 激活已测量过的、用于手动运行的基坐标
- 在基坐标系中移动

前提条件

为成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 具备有关基坐标测量的方法，特别是 3 点法的理论知识

练习内容

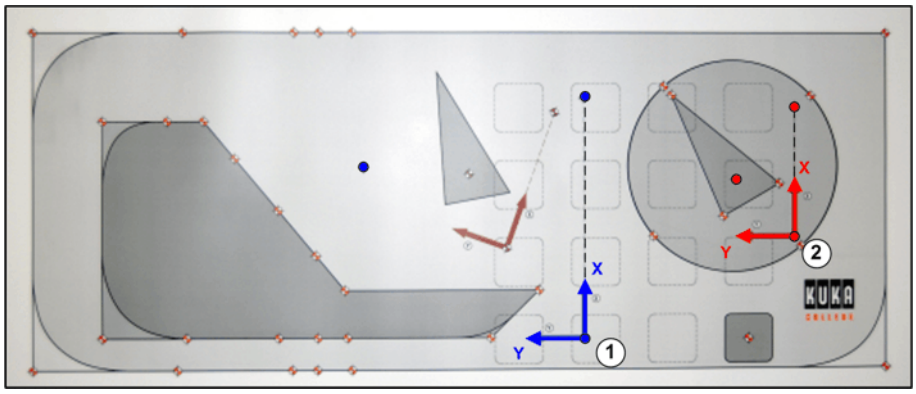


图 24-14：工作台上的基坐标测量

请完成以下任务：

1. 用 3 点法测量工作台上的蓝色基坐标。
   请指定**基坐标编号** 1 的名称为**蓝色**。请使用已测量过的尖触头 1（工具编号 2）作为测量工具。
2. 请保存已测量过的基坐标的数据。
3. 用 3 点法测量工作台上的红色基坐标。
   请指定**基坐标编号** 2 的名称为**红色**。请使用已测量过的尖触头 1（工具编号 2）作为测量工具。
4. 请保存已测量过的基坐标的数据。
5. 将该工具移到蓝色基坐标系的原点，并同时以笛卡尔坐标显示实际位置。

X	Y	Z	A	B	C
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....

您在练习后应该掌握什么：

1. 为什么要测量基坐标？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

2. 哪个图标代表基坐标系？

. . . . . .

a) b) c) d)

3. 基坐标测量方法有哪些？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

4. 控制器最多可管理多少基坐标系？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

5. 请说明 3 点法的测量要点。

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

24.2 在基坐标系中移动机器人

在基坐标系中运动

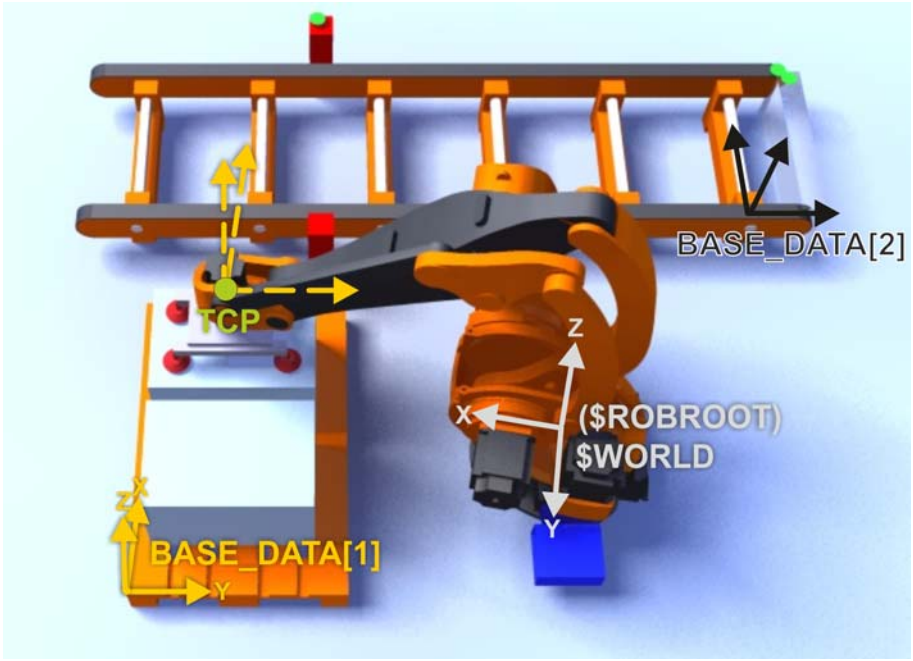


图 24-15: 基坐标系中的手动运行

基坐标系说明

- 机器人的工具可以根据基坐标系的坐标方向运动。基坐标系可以被单个测量，并可以经常沿工件边缘、工件支座或者货盘调整姿态。由此可以进行舒适的手动移动！

  在此过程中，**所有**需要的机器人轴也会自行移动。哪些轴会自行移动由系统决定，并因运动情况不同而异。
- 为此需要使用移动键或者 KUKA smartPAD 的 3D 鼠标。
- 可供选择的基坐标系有 32 个。
- 速度可以更改（手动倍率：HOV）。
- 仅在 T1 运行模式下才能手动移动。
- 确认键必须已经按下。

基坐标手动运行原理

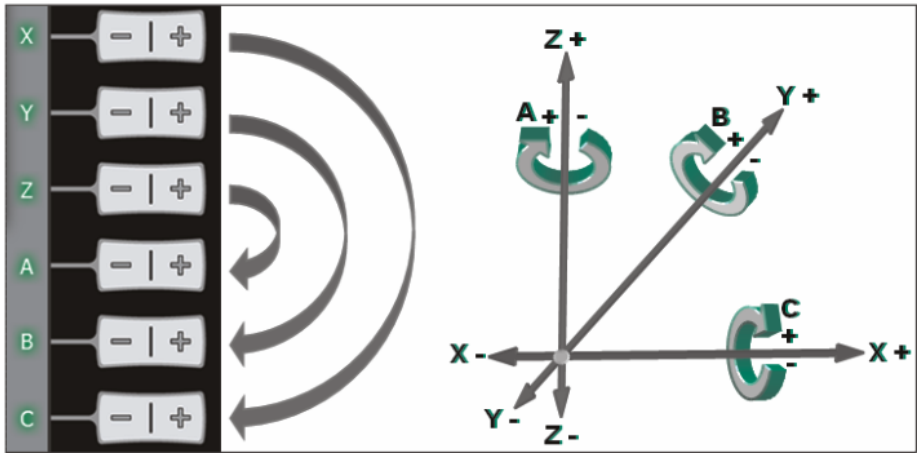


图 24-16: 笛卡尔坐标系

在坐标系中可以两种不同的方式移动机器人：

- 沿坐标系的坐标轴方向平移（直线）：X、Y、Z
- 环绕着坐标系的坐标轴方向转动（旋转 / 回转）：角度 A、B 和 C

- 收到一个运动指令时 （例如按了移动键后）控制器先计算一行程段。
- 该行程段的起点是工具参照点 (TCP)。
- 行程段的方向由世界坐标系给定。
- 控制器控制所有轴的运动，使工具沿该行程段运动 （平动）或绕其旋转 （转动）。

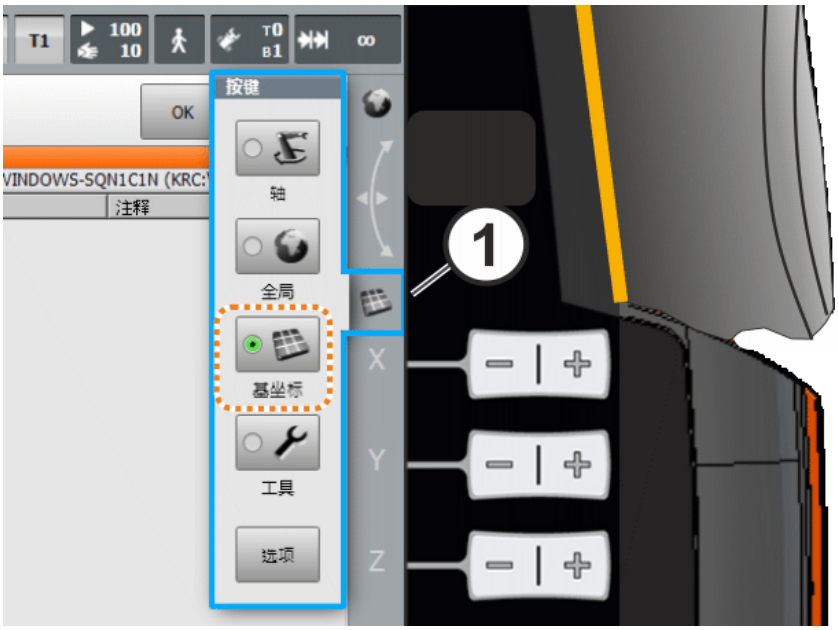
基坐标系的使用：

- 只要基坐标系已知，机器人的运动始终可预测。
- 这里也可用 3D 鼠标直观操作。前提条件是操作员必须相对机器人以及基坐标系正确站立。对此，如有可能，选择 X 轴作为坐标轴。
- 可以平行移动，例如平行于一个工件或托盘棱边。

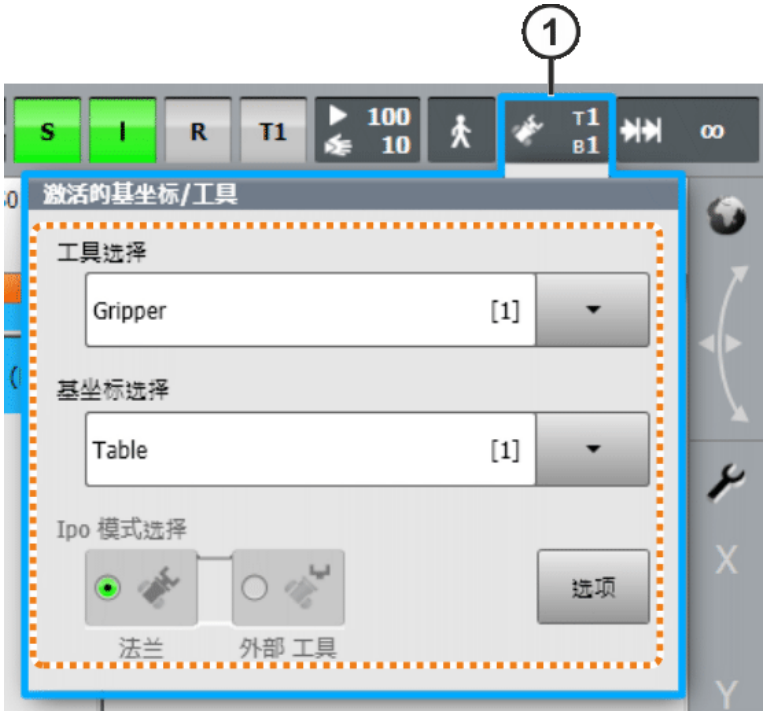
如果还另外设定了工具坐标系，则可在基坐标系中绕 TCP 改变姿态。

操作步骤

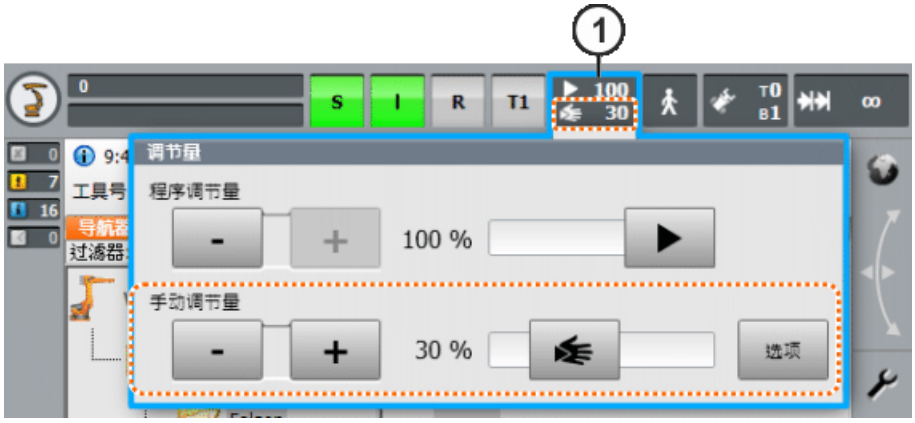
1. 将**基坐标系**选择为用于移动键的选项



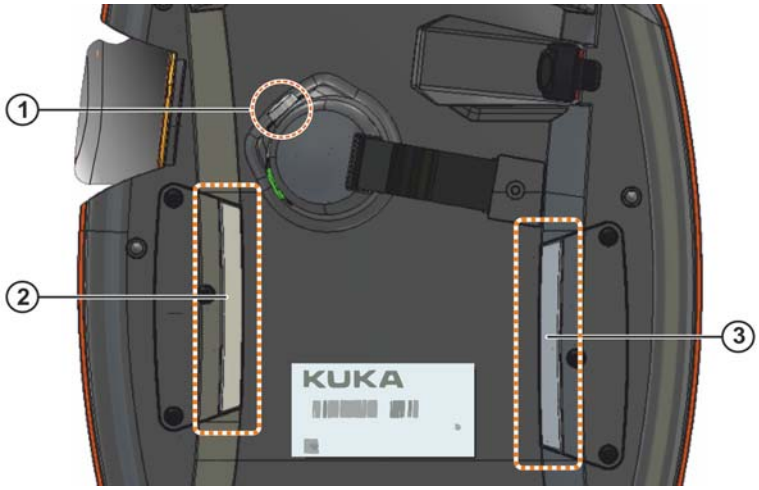
2. 选择工具坐标和基坐标



3. 设定手动倍率

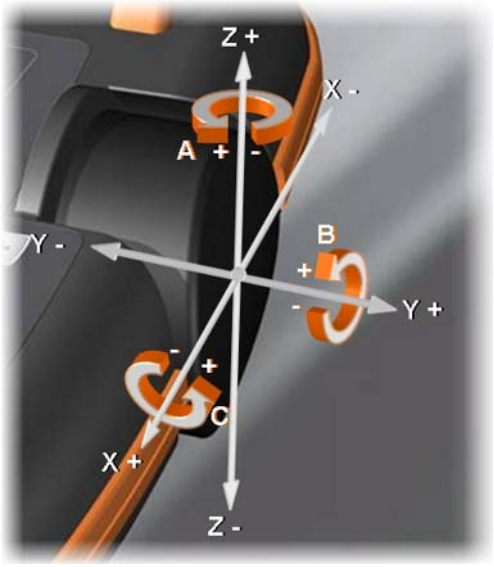


4. 将确认键按至中间挡位并按住



5. 用移动键沿所需的方向移动

6. 作为选项，也可用 3D 鼠标来移动



24.2.1 练习：基坐标系中的手动运行

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 用运行键和 3D 鼠标在工件坐标系中手动运行机器人
- 沿着预设定的工件边缘手动运行

前提条件

为成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 参加安全培训

> 提示！
> 开始练习前学员必须已完成安全培训并有记录为证！

- 具备在基坐标系中移动的理论知识。

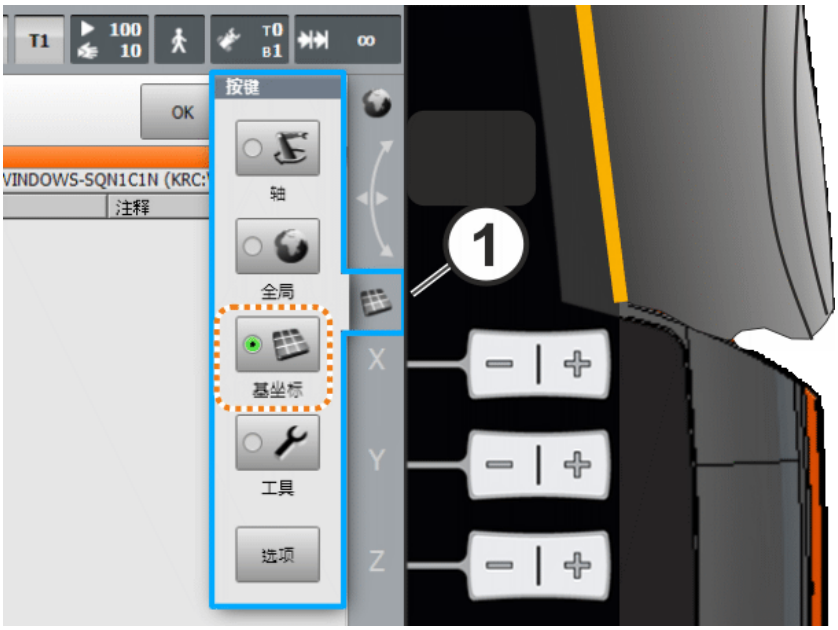


图 24-17：选择基准坐标系

练习内容

请完成以下任务：

1. 复位紧急停止按钮并确认
2. 确保设置了运行方式 T1
3. 激活基坐标系 *D_Red Base Straight*
4. 将尖触头夹入抓爪，然后将 *D_Pen165* 选为工具坐标系
5. 用手动运行键和 3D 鼠标以不同的手动倍率（HOV）设置在基坐标系中手动运行机器人
6. 沿着工作台的外边缘移动尖触头

24.3 查询当前机器人位置

机器人位置的显示方式

当前的机器人位置可通过两种不同方式显示：

- **轴坐标：**

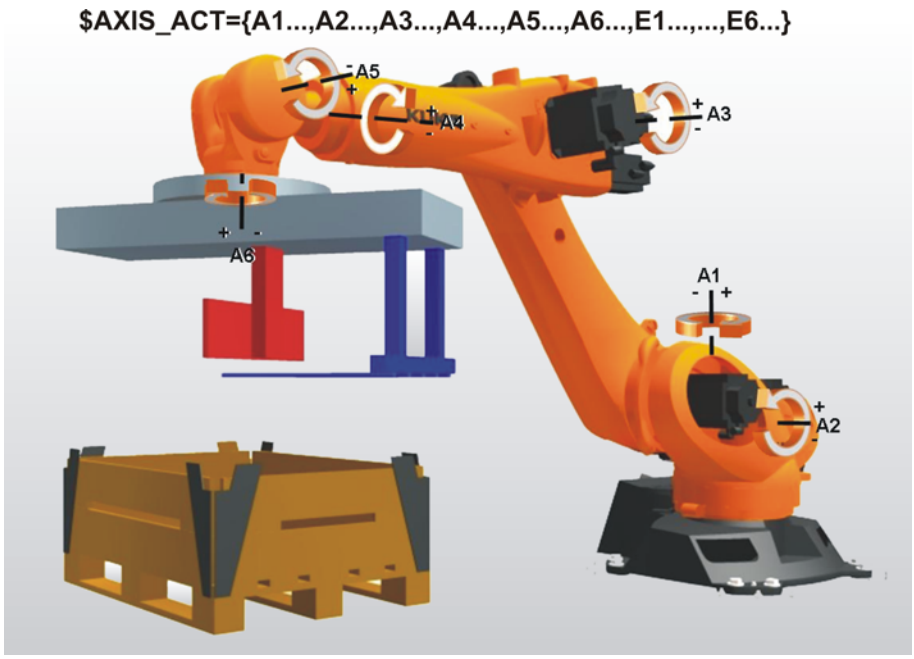


图 24-18：轴坐标中的机器人位置

显示每根轴的当前轴角： 该角等于与轴的零位之间的角度绝对值。

- **笛卡尔式：**

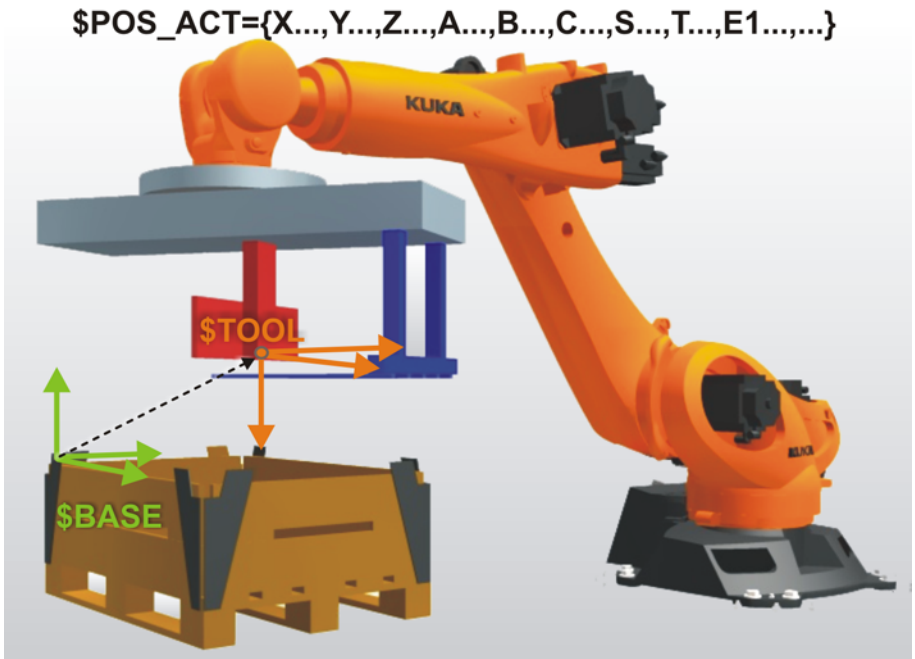


图 24-19：笛卡尔位置

在当前所选的基坐标系中显示当前 TCP 的当前位置 （工具坐标系）。
没有选择工具坐标系时，法兰坐标系适用！
没有选择基坐标系时，世界坐标系适用！

不同基坐标系中的笛卡尔位置

观察下图时，我们会立即意识到，机器人的三个位置都相同。位置指示器在这三种情况下显示不同的值：

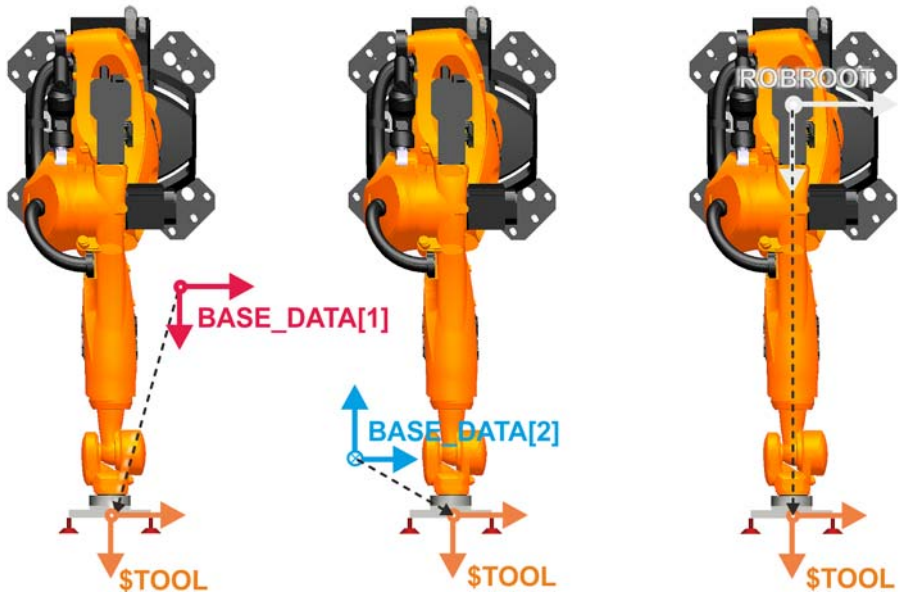


图 24-20：三个工具位置 - 一个机器人工位！

在相应的基坐标系中显示工具坐标系 /TCP 的位置：

- 对于基坐标系 1
- 对于基坐标系 2
- 用于基坐标 0：这相当于机器人底座坐标系 （通常也就是世界坐标系）！

仅当选择了正确的基坐标系和正确的工具时，笛卡尔坐标系中的实际位置指示器才显示合理的值！

询问机器人位置

操作步骤：

- 在菜单中选择**显示** > **实际位置**。 将显示笛卡尔式实际位置。
- 按**轴坐标**以显示轴坐标式的实际位置。
- 按**笛卡尔**以再次显示笛卡尔式的实际位置

25 外部工具的配置和编程

25.1 概览

在此示教单元里将介绍下列内容：

- 用固定工具手动运行
- 机器人的调试
  - 固定工具测定
  - 测量机器人引导的工件
- 用外部 TCP 进行运动编程

25.2 机器人的调试

25.2.1 固定工具的测定

概览

固定工具的测定分为 2 步：

1. 确定外部 TCP 相对于世界坐标系原点的位置。
2. 根据外部 TCP 确定该坐标系姿态。

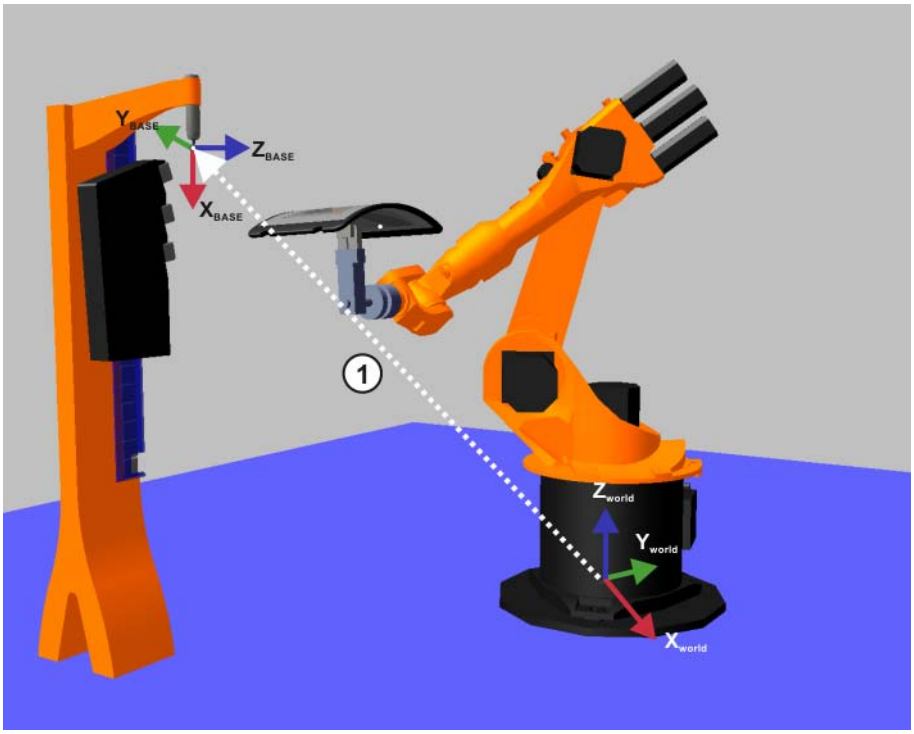


图 25-1: 固定工具的测定

如 (1) (>>> 图 25-1) 所示，以 $WORLD（或者 $ROBROOT）为基准管理外部 TCP，即等同于基坐标系。

测量说明

1. **确定外部 TCP**
   为测量外部 TCP 时需要一个由机器人引导的已测工具。 用其工具顶尖移动外部 TCP。

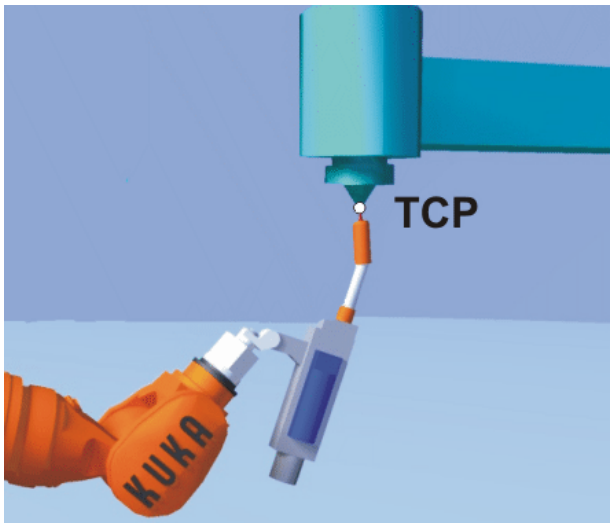


图 25-2：移至外部 TCP

2. **确定姿态**

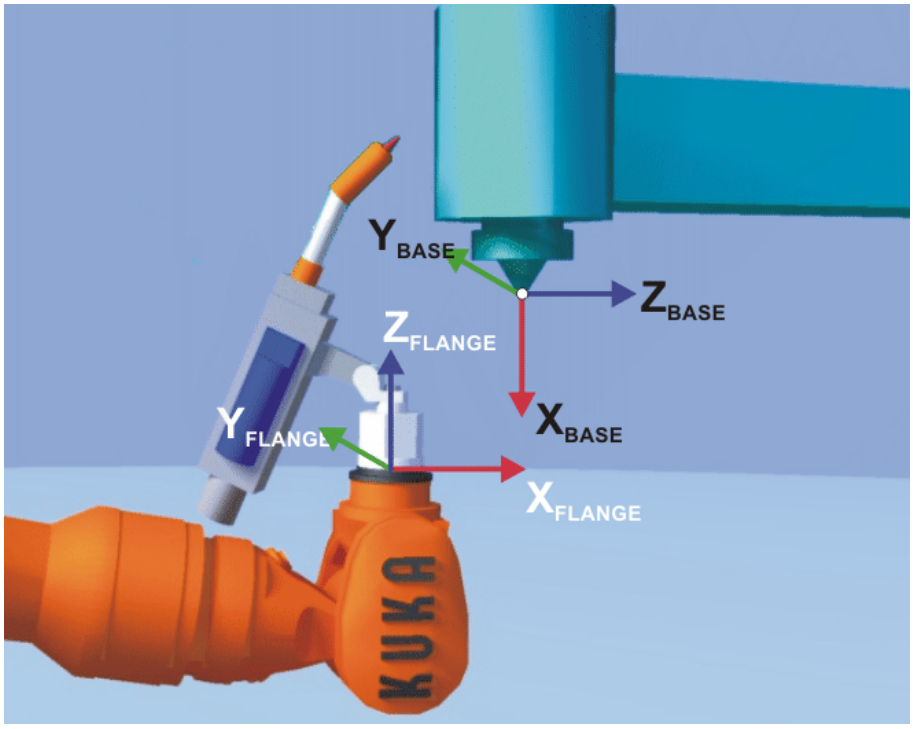


图 25-3：对坐标系进行平行校准

确定姿态时要将法兰的坐标系校准至平行于新的坐标系。

有两种方式：

- **5D**：只将固定工具的作业方向告知机器人控制系统。该作业方向默认为 X 轴。其它轴的姿态将由系统确定，对用户来说，不是很容易地就能识别。
- **6D**：所有 3 个轴的方向都将告知机器人控制系统。

操作步骤

1. **菜单路径**：*机器人按键 > 投入运行 > 测量 > 固定工具 > 工具*
2. 为固定工具给定一个编号 (1) 和名称 (2)。用**继续**键 (4) 确认。

图 25-4: 输入工具编号和名称

外部工具仍“位于”机器人足部 (3) 中。

3. 输入所用参考工具的编号 (1)。用**继续**键 (3) 确认。

图 25-5: 确定参考工具

4. 在栏位 **5D/6D** 处 (2) 选择一个变量。用**继续**键 (3) 确认。

图 25-6: 5D/6D

5. 用已测量工具的 TCP 来运行固定工具的 TCP。按下**测量**。用**是**确认位置。

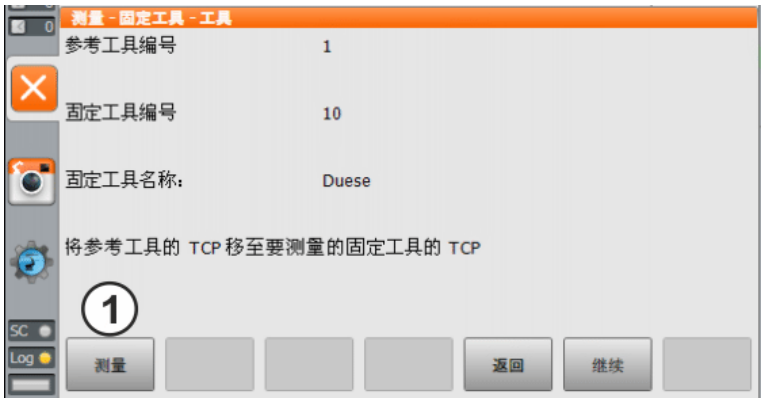


图 25-7: 测量

6. 如果选择了 **5D**:
   $+X_{BASE}$ 与 $-Z_{FLANGE}$ 平行对齐。
   （也就是将连接法兰调整成与固定工具的作业方向垂直。）

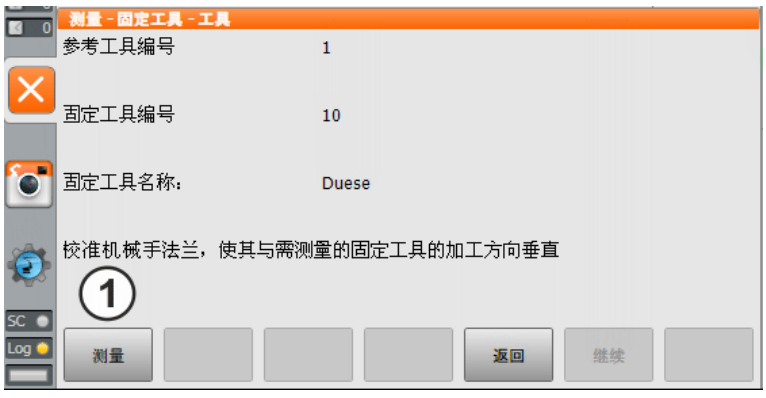


图 25-8: 测量加工方向

7. 如果选择了 **6D**:
   应对连接法兰进行调整，使得它的轴平行于固定工具的轴：
   - $+X_{BASE}$ 与 $-Z_{FLANGE}$ 平行。
     （也就是将连接法兰调整至与工具的作业方向垂直的方向。）

- $+Y_{BASE}$ 与 $+Y_{FLANGE}$ 平行
- $+Z_{BASE}$ 与 $+X_{FLANGE}$ 平行

8. 按下**测量**。用**继续**确认位置。
9. 按下**保存**。

25.2.2 测量由机器人引导的工件

概览：直接测量

注意 下文仅讨论直接测量法。间接测量法极少使用，在 *KUKA 系统软件 8.2 操作和编程说明*文件中将对此作详细说明。

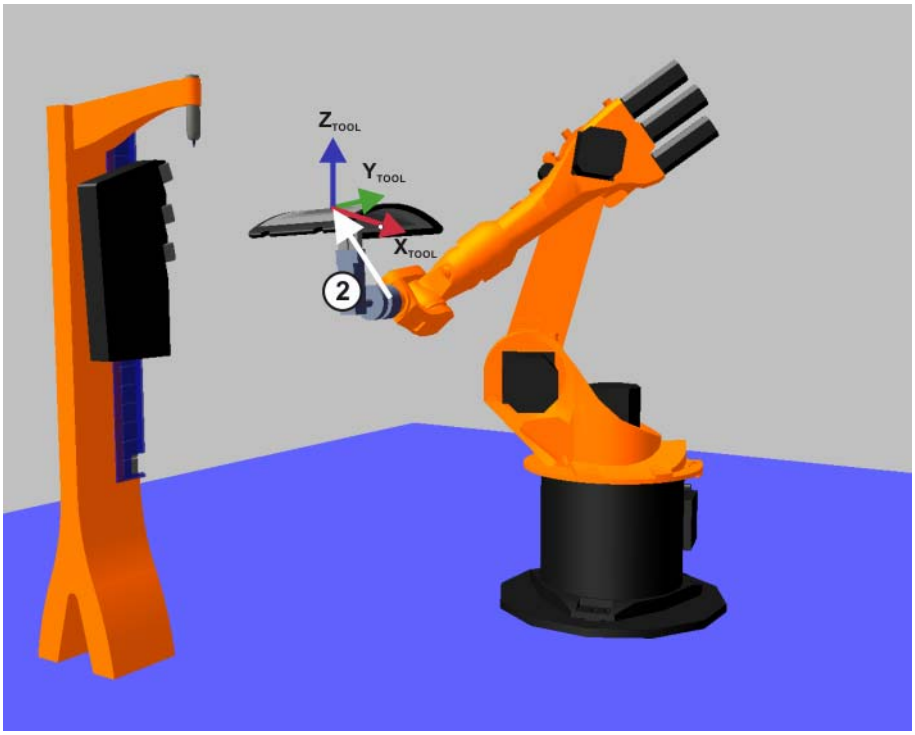


图 25-9：通过直接测量的方法测量工件

部件	测量
2	工件测量

说明

将机器人的原点和工件的另外 2 个点通知机器人控制系统。此 3 个点将该工件清楚地定义出来。

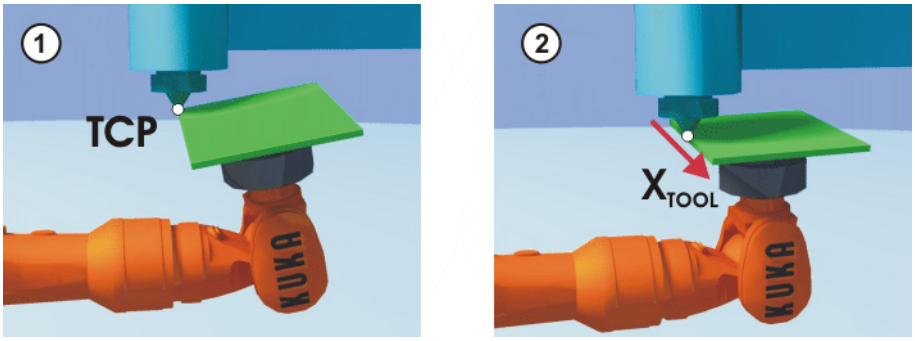


图 25-10

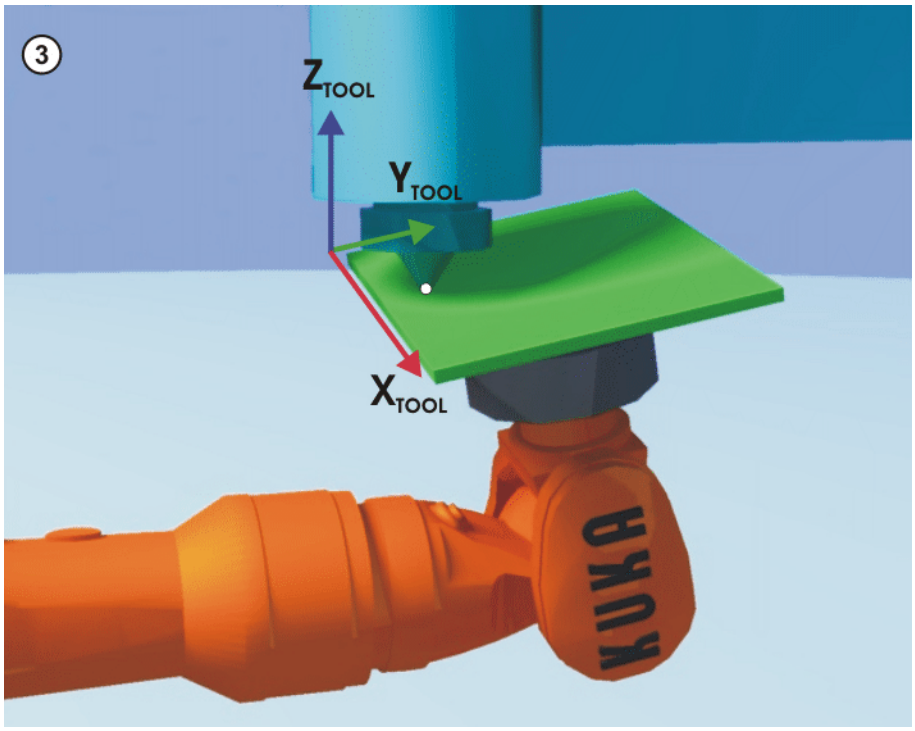


图 25-11：测量工件：直接法

操作步骤

1. **菜单路径：***机器人按键：* > *投入运行* > *测量* > *固定工具* > *工件* > *直接测量*
2. 为工件给定一个工件编号 (1) 和一个工件名称 (2)。用**继续**键 (3) 确认。

图 25-12：工件编号和名称

3. 输入固定刀具的编号 (1)。用**继续**键 (4) 确认。

图　25-13: 确定固定刀具的编号

4. 将工件坐标系统的原点驶至固定刀具的 TCP。
   点击**测量**键并用**是**确认位置。

图　25-14: 测定外部工件

5. 将在工件坐标系统的正向 X 轴上的一点驶至固定刀具的 TCP。
   点击**测量**键并用**是**确认位置。

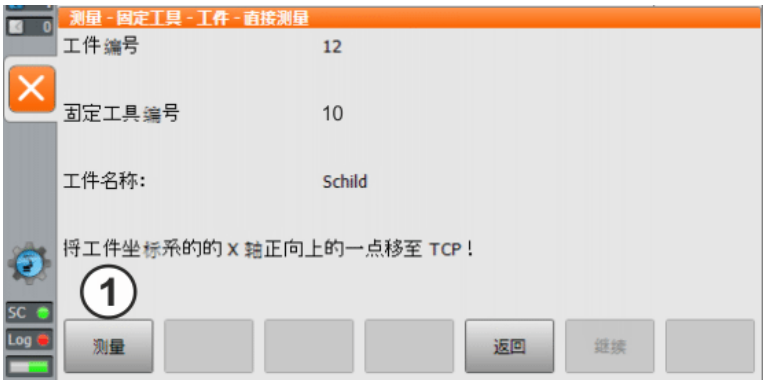


图　25-15: 测定 X 轴正向上的点

6. 将一个位于工件坐标系统的 XY 平面上、且 Y 值为正的点驶至固定刀具的 TCP。

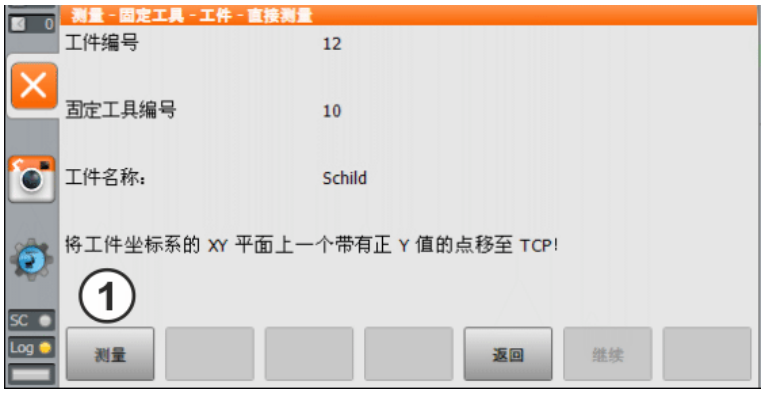


图 25-16: X-Y 平面上的点

点击**测量**键并用**是**确认位置。

7. 输入工件负载数据，然后按下**继续**。

图 25-17: 负荷数据

8. 按下**保存**。

25.2.3 练习：测量外部工具和机器人引导的工件

练习目的

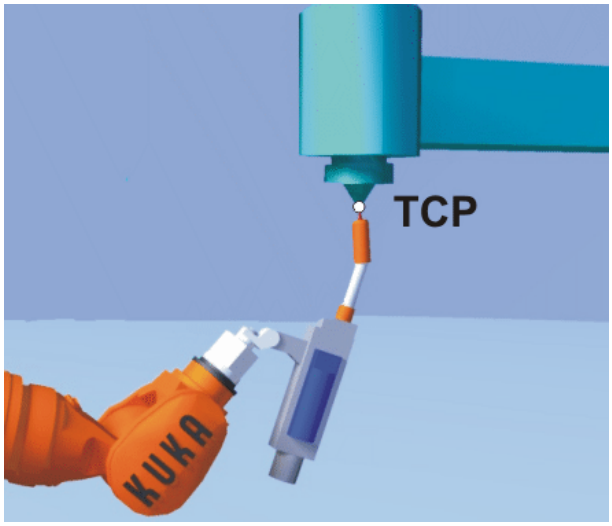
成功完成此练习后，您可执行下列操作：

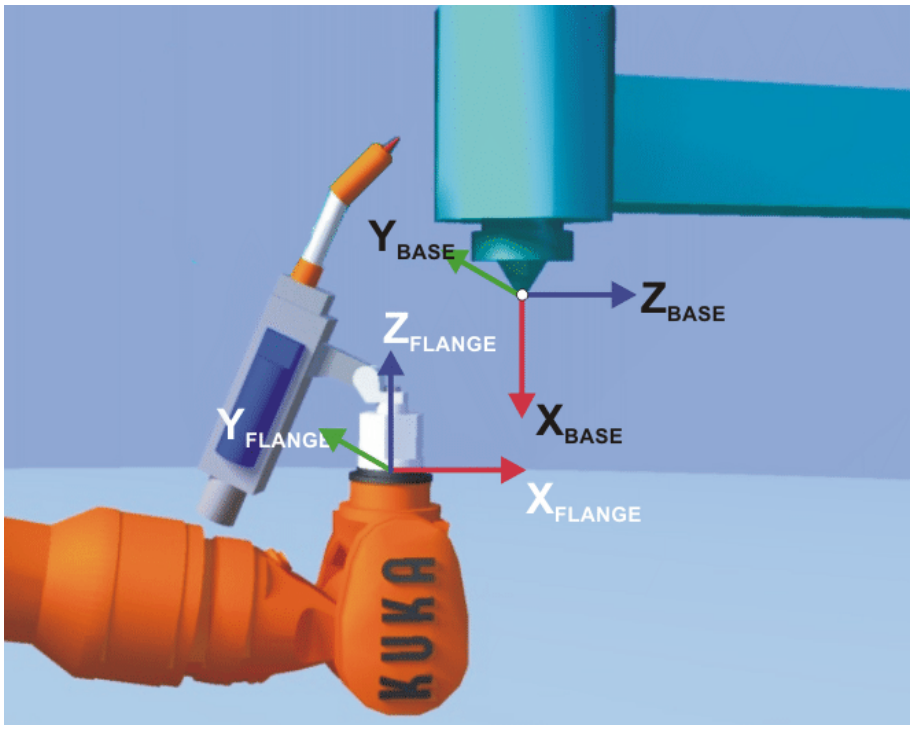
- 测量固定工具
- 测量活动的、机器人引导的工件
- 用外部工具手动运行

前提条件

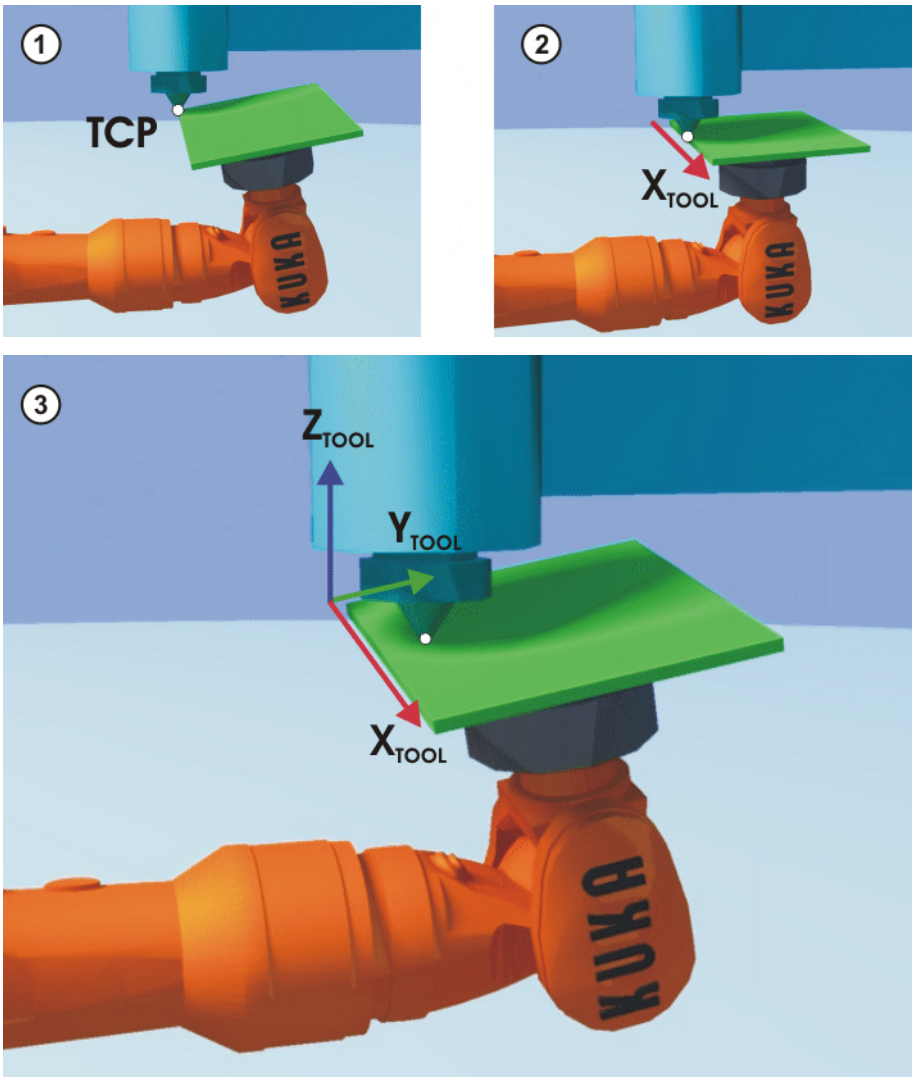
为成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 具备固定工具测量法的理论知识





- 具备固定工具时工件测量的理论知识，尤其是直接测量法



练习内容

请完成以下任务：测量喷嘴和标牌

1. 为了测量固定工具，应将已测量的尖触头 1（工具编号 2）用作参照工具。
   请为固定工具指定**工具编号** 10 和名称**喷嘴**。每次测量时都注意保存好您的数据！
2. 请测量由机器人引导的工件。
   此外，请指定**工具编号** 12 和名称**标牌**。请输入负载数据。为此使用正确的带标牌的抓爪（见下文）。
3. 测量后请激活要手动运行的外部工具。
   请合理使用基坐标系和工具坐标系，然后移动机器人。
4. 请将 TCP 移动到被测工件的基坐标原点，然后以笛卡尔坐标显示实际位置。
   实际位置：

X	Y	Z	A	B	C
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....

带标牌的抓爪工具负载数据

- 培训用抓爪 KR 16

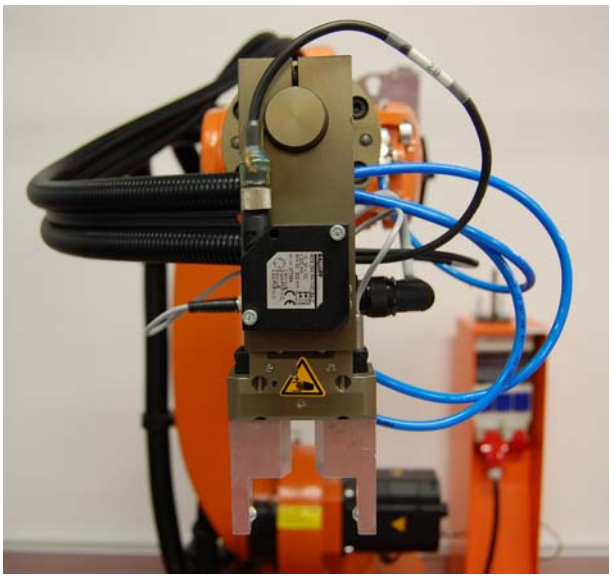


图 25-18: 培训用抓爪 KR 16

质量:		
M = 6 kg		
质量重心:		
X = 69 mm	Y = 67 mm	Z = 84 mm
姿态:		
A = 0°	B = 0°	C = 0°
转动惯量:		
J_X = 0.02 kgm^2	J_Y = 0.06 kgm^2	J_Z = 0.18 kgm^2

- 模块化机器人单元的培训用抓爪

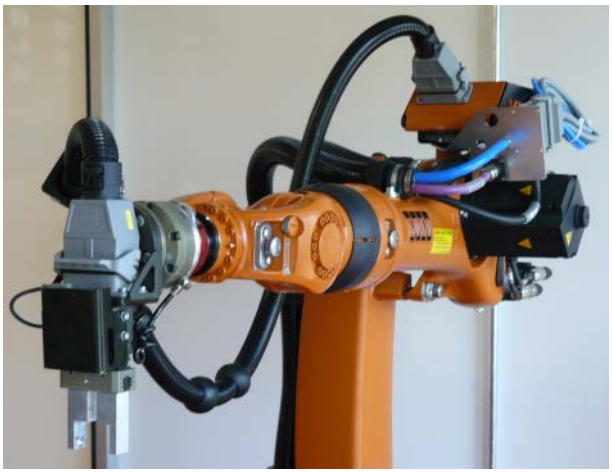


图 25-19: 模块化机器人单元的培训用抓爪

质量:		
M = 6,5 kg		
质量重心:		
X = 42 mm	Y = -54 mm	Z = 93 mm
姿态:		
A = 0°	B = 0°	C = 0°
转动惯量:		
J_X = 0.02 kgm^2	J_Y = 0.11 kgm^2	J_Z = 0.18 kgm^2

- 移动式机器人单元的培训用抓爪

图 25-20：移动式机器人单元的培训用抓爪

质量：		
M = 2,18 kg		
质量重心：		
X = 34 mm	Y = 0 mm	Z = 68 mm
姿态：		
A = 0°	B = 0°	C = 0°
转动惯量：		
J_X = 0.002 kgm^2	J_Y = 0.005 kgm^2	J_Z = 0.004 kgm^2

现在您应能回答以下问题：

1. 如何测量安装在机器人法兰上的工件的坐标系？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

2. 如何确定外部工具的 TCP？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

3. 使用外部 TCP 具有哪些优势？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

4. 为沿工具作业方向移动 TCP 需要进行哪些设置？

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

25.3 机器人运动

25.3.1 用一个固定工具进行手动移动

优点和应用领域

某些生产和加工过程要求机器人操作工**件**而不是工**具**。优点是，部件无需先放置好便能加工，因此可节省夹紧工装。例如，这适用于以下情况：

- 粘接
- 焊接
- 等等

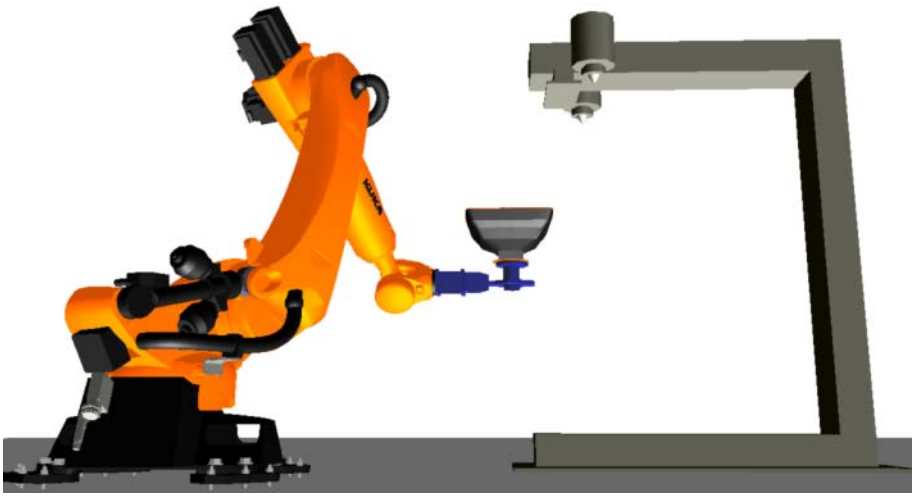


图 25-21：固定工具示例

注意 为了为此类应用成功编程，既要测量固定工具的外部 TCP，也要测量工件。

固定工具时更改过的运动过程

虽然工具是固定（不运动）对象，但是工具还是有一个所属坐标系的工具参照点。此时该参照点被称为**外部 TCP**。由于这是一个不运动的坐标系，所以数据可以如同基坐标系一样进行管理，并可以作为**基坐标**储存！

（运动着）的**工件**则又可以作为**工具坐标**储存。由此，可以相对于 TCP 沿着工件边缘进行移动！

注意 需要注意，在用固定工具手动移动时，运动均相对外部 TCP！

用固定工具手动移动的操作步骤

图 25-22：在选项菜单中选择外部 TCP

1. 在工具选择窗口中选择由机器人导引的工件，
2. 在基坐标选择窗口中选择固定工具
3. 将 IpoMode（Ipo 模式）选择设为**外部工具**，
4. 作为移动键 /3D 鼠标选项设定工具：

- 设定工具，以便在工件坐标系中移动，
- 设定基坐标，以便在外部工具坐标系中移动，

5. 设定手动倍率，
6. 将确认开关按至中间挡位并按住，
7. 用移动键 /3D 鼠标朝所需方向移动。

控制器通过在**手动移动选项**选项窗口中选择**外部工具**来切换：所有运动现在均相对外部 TCP，而不是由机器人导引的工具。

25.3.2 练习：用固定工具手动运行

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 以固定工具为基准手动移动一个由机器人引导的部件

前提条件

为成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 具备常规操作库卡工业机器人系统的理论知识
- 具备用外部工具进行移动的理论知识

练习内容

1. 设定工具坐标系 *D_Panel*。
2. 设定基坐标系 *D_Glue Nozzle*。
3. 在选项菜单手动移动选项中设为*外部工具*。（>>> 图 25-22 ）
4. 将*标牌*移到*外部尖触头*处。
5. 移动*标牌*并使其对准*外部尖触头*。同时测试在工具坐标系和基坐标系中移动之间的区别
6. 在选项菜单中将手动运行选项设定为 *“法兰”*。
7. 移动*标牌*并使其对准*外部尖触头*。（>>> 图 25-22 ）

25.4 建立及更改编程的运动

25.4.1 具有外部 TCP 的运动编程

用外部 TCP 进行运动编程

用固定工具进行运动编程时，运动过程与标准运动相比会产生以下区别：

- 联机表格中的标识：在选项窗口 **Frames** 中，**外部 TCP** 项的值必须为“TRUE”。

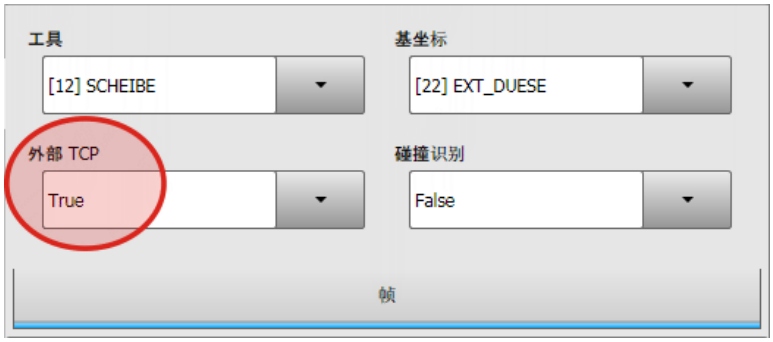


图 25-23: 选项窗口“帧”：外部 TCP

- **运动速度**以外部 TCP 为基准。
- 沿轨迹的**姿态**于是同样以外部工具为基准。
- 不但要指定合适的基坐标系（固定工具 / 外部 TCP），而且也要指定合适的工具坐标系（运动的工件）。

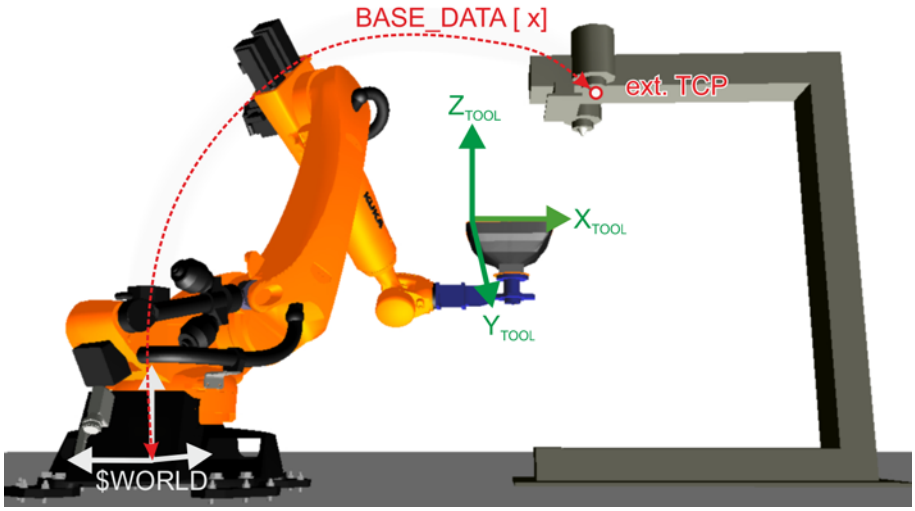


图 25-24: 固定工具时的坐标系

25.4.2 练习： 以外部 TCP （工具中心点）进行运动编程

练习目的

成功完成此练习后，您可执行下列操作：

- 用一个由机器人移动的部件参照一个固定工具进行运动编程

前提条件

为成功完成此练习，必须满足以下前提条件：

- 具备有关运动编程时激活外部工具的知识。

练习内容

请完成以下任务： 为涂胶粘剂的轮廓编程：

1. 用手将标牌夹紧到抓爪中。
2. 在程序名 **Schild_kleben** 下示教标牌上给定的轮廓。
   - 为此使用您已测定的外部工具 "D_Glue_Nozzle" （外部粘胶喷嘴）和工件 "D_Panel" （标牌）。
   - 注意：固定工具的纵轴应始终垂直于粘贴轮廓。
   - 标牌上的移动速度为 0.2 m/s。
   - 为此请使用单个语句 SPTP、SLIN 和 SCIRC。
3. 按规定测试您的程序。
4. 将您的程序存档。

现在您应能回答以下问题：

1. 由您编程的粘贴速度以什么为基准？

. . . . . .

. . . . . .

2. 您如何在您的程序中激活外部工具？

. . . . . .

. . . . . .

26 拖链系统

26.1 选择拖链系统

对于机械手上的效应器（工具），需要能量和控制信号（例如：压缩空气、抓爪信号等）。能量类型取决于工具的类型。对于拖链系统，基本上有两种方法：

- 外部拖链系统不取决于机器人
- 在机器人上集成的拖链系统

外部拖链系统

对于外部拖链系统，通过支架或类似的装置和悬挂的软管套件和电缆套件供应能量，不取决于机器人。但是，该拖链系统类型将带来风险，如果将软管和电缆套件挂在某个地方，在移动机器人时，特别是在投入运行阶段时将损坏软管和电缆套件。此外，通常需要更大的软管和电缆套件。

图 26-1：带外部拖链系统的保护气体焊接单元

集成的拖链系统

对于集成的拖链系统，将所需的能量导过机器人组件或沿机器人组件引导。在无压力地引导拖链系统时，机器人不能损坏软管和电缆套件。

图 26-2：带集成拖链系统的机器人

26.2 KUKA 拖链系统

带 KUKA 拖链系统的 KR 210

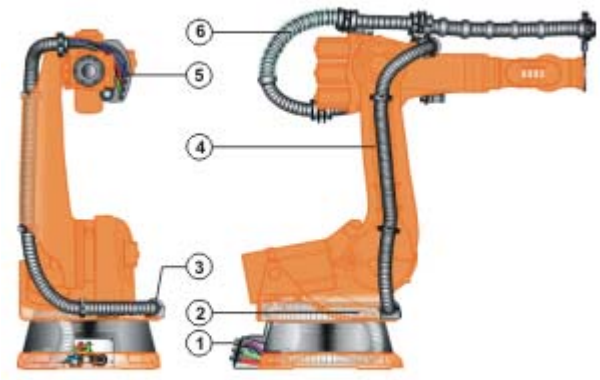


图 26-3: 带 KUKA 拖链系统的 KR 210

1	轴 A1 的接口
2	软管套件 A1 - A3 的集成段
3	转接器 A2
4	位于外部的分段式转盘软管套件 A1 - A3
5	接口 A3 （适配板 A3）
6	软管套件 A3 - A6

KUKA 拖链系统 A1 - A3

图 26-4: KUKA 拖链系统 A1 - A3

- 紧凑型解决方案 - 不需要附加的占地面积
- 从机器人足部连续至机器人手臂
- 至机器人结构内的转盘
- 极其接近机器人地固定了软管套件，轴 1 至 3 运动完全自由
- 使用寿命长 （如同之前的 A1 EZ）

KUKA 拖链系统 A3 - A6

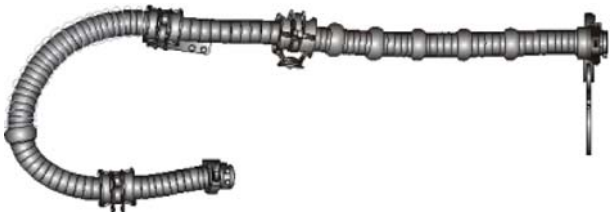


图 26-5: KUKA 拖链系统 A3 - A6

- 紧凑的结构
- 软管套件在机器人手臂上很窄地导向 - 最小的干扰轮廓 - 可离线
- 通过已检查的材料和工件，实现很低的磨损和很高的灵活性
- 可快速更换
- 环境拥有可完全调整性
- 可预设和易理解的结构
- 降低了 A3 - A6 上的磨损区域 - 简单和可快速更换 - 停机时间短 - 后续成本降低

- 柔软的设计 – 可以单独更换或添加电缆和软管 – 维护成本低
- 轴 3 的接口在机器人手臂上 – 接近附加负载 （阀门等）

	带塑料或金属搭扣的夹紧卡圈。不需要工具打开和关闭。
	保护软管防磨损且柔软。提供更高的安全性防止磨损和提高手动操作区域的使用寿命。 ■ 用于搬运应用的 NW 52 ■ 用于焊接应用的 NW 70
	将保护件用作软管保护。全肋式设计，也可用于耦合第二个软管。两种颜色的款型，以可以识别磨损。只要可识别到红色，需要更换保护件。
	在轴 6 上导入到万向接头的软管套件。确保机器人腕部的最大灵活性。

带 K-Box 的 QUANTEC KUKA 拖链系统

图 26-6: QUANTEC K-Box 侧面

图 26-7: QUANTEC K-Box 上部

拖链系统 A1 - A3 的说明

为了在特定的产品技术中使用，可以在底架和机器人手臂之间给机器人装配一个拖链系统。拖链系统由一个可代表相应工艺的介质和信号软管套件和规定所需的组件 “ 固定材料 ” 组成。A1 - A3 拖链系统安装在底架上的接口 A1 和机器人手臂上的接口 A3 之间，由任务特定的软管套件与保护软管组成。保护软管固定地放置在转盘中和可旋转地放在机器人手臂上，并且沿小臂将其导至机器人手臂上的接口 A3。将软管套件的管线居中导过轴 1 的减速器。

可以毫不费力地快速更换紧凑组件。它已安装在机器人上，使软管套件不妨碍机器人，但是其本身具有尽量大的灵活性且磨损最低和得到最好的保护。

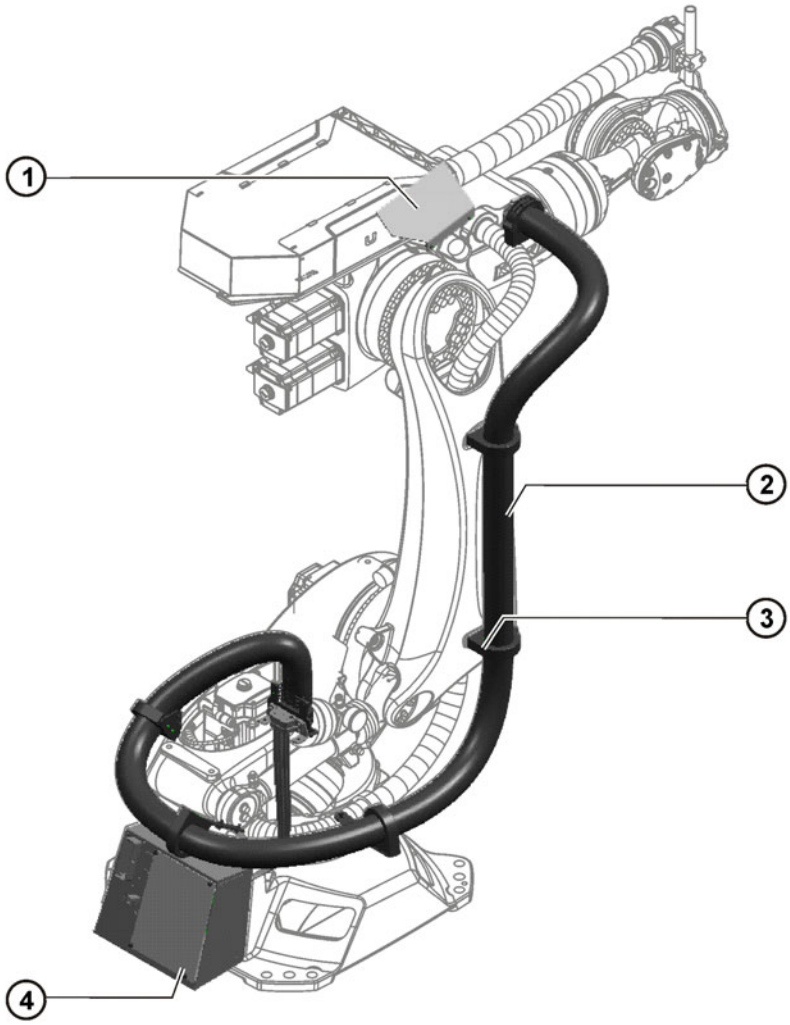


图 26-8: 主要组件

1	轴 A3 的接口	3	固定材料
2	软管套件，拖链系统	4	轴 A1 的接口

轴 A1 的接口

通过位于机器人底架上的接口 A1 将拖链系统电线连接在机器人上。在此将所有从设备导出的电缆连接在机器人上。接口是应用和任务特定的，并且根据装配的不同拥有插头或螺栓接头。下图只是一个示例。带标牌的已编码插头和接口标记可防止接口的错误分配。

在 “ 拖链系统 A1 - A3 空 ” 时，提供一个不带孔的平板，可以由用户根据自己的需求对其进行分配。

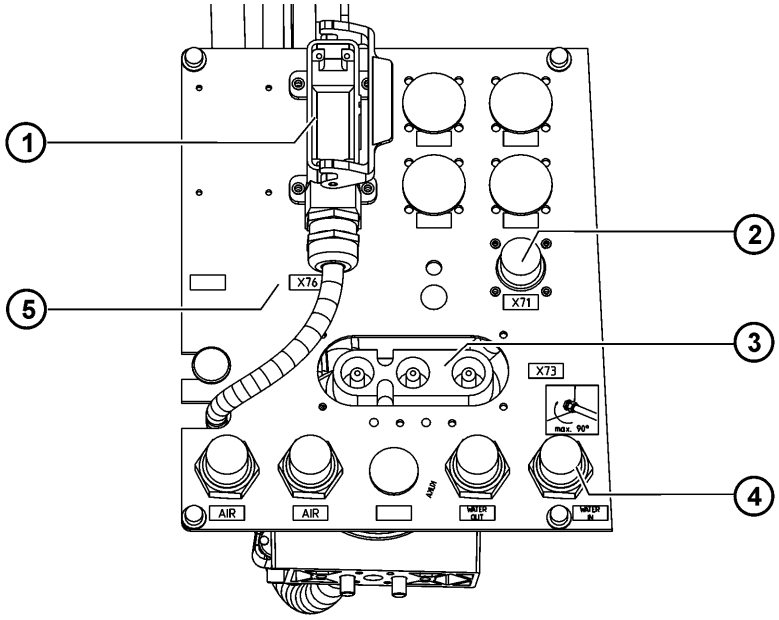


图 26-9: 轴 A1 的接口

1	控制线，插头	4	软管，螺栓接头，4x
2	Multibus 电缆，插头	5	轴 A1 的接口
3	焊接电缆，插头		

轴 A3 的接口

通过位于机器人手臂上的接口 A3 将连接 “ 拖链系统 A3 - A6”。在此连接所有从 “ 拖链系统 A1 - A3” 导出的电缆。接口是应用和任务特定的，并且根据装配的不同拥有插头或螺栓接头。下图只是一个示例。带标牌的已编码插头和接口标记可防止接口的错误分配。

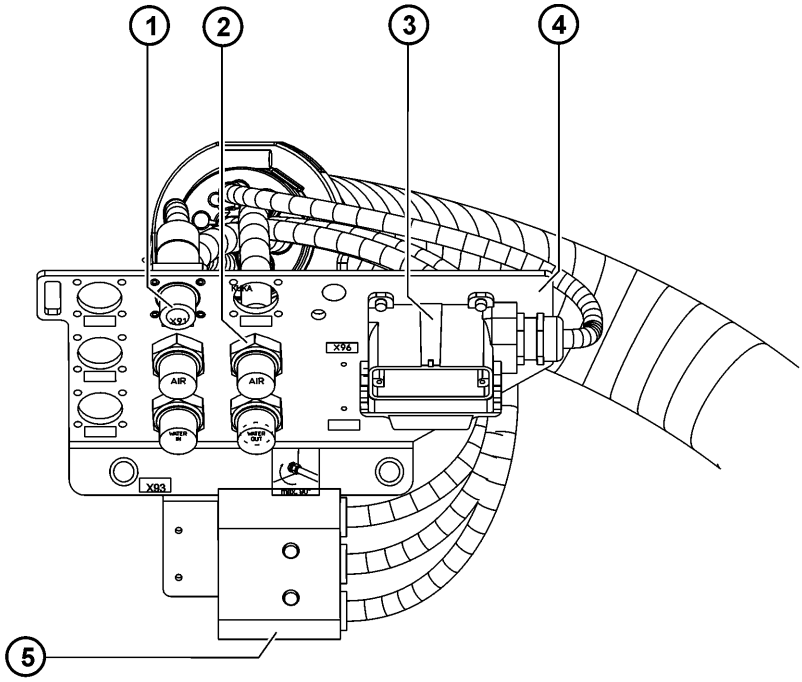


图 26-10: 轴 A3 的接口

1	Multibus 电缆，插头	4	轴 A3 的接口
2	软管，螺栓接头，4x	5	焊接电缆，插头
3	控制线，插头		

拖链系统 A3 – A6 （插图 1）已固定在手臂和腕部上，使它不会妨碍机器人的运动并且防止其本身损坏。在安装在机器人手臂上的 K-Box 中支撑软管套件。它固定在万向接头中的轴 6 支架中并且开端固定在接线盒中的接口 A3 上。轴 6 上的轴承设计要使保护软管可旋转运动，但是防止轴向运动。多段式弹簧端在每次运动后将软管套件拉回到 K-Box 的初始位置并在低预张力下将其保持在此状态下。借助保护件为每个应用情况调整压力弹簧，以确保最佳地利用弹簧行程。但是，必须注意不要将压力弹簧挤压成块，因为这可能导致系统损坏。可用的软管套件伸展长度对腕部的运动范围有影响。

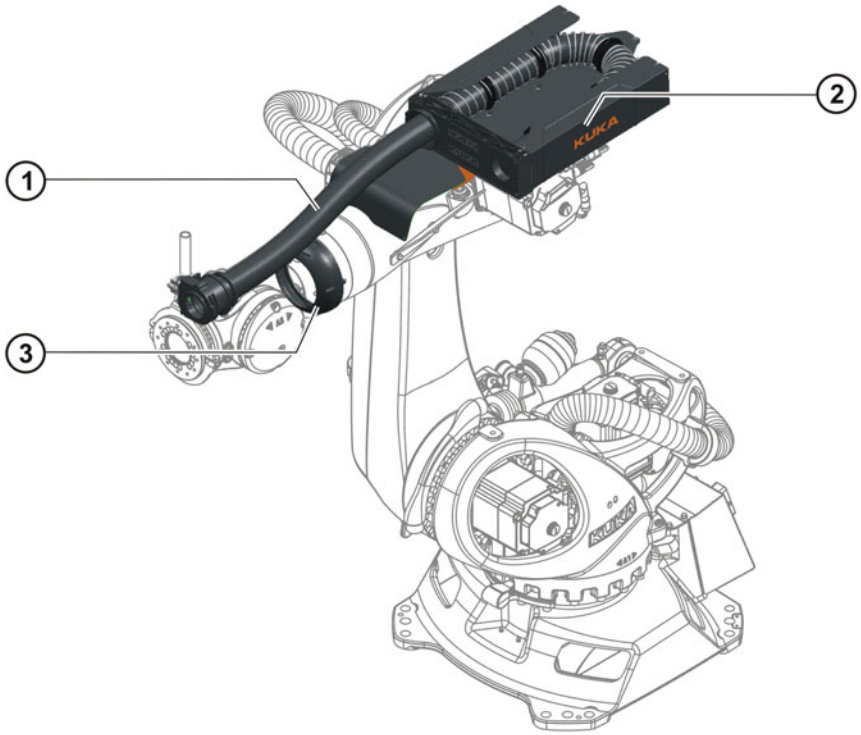


图 26-11: 主要组件

1	拖链系统，软管套件	3	腕部盖板
2	固定材料		

接口 A3 在机器人手臂上。将电缆从该接口导至 K-Box 的 Box 夹子。在 K-Box 的循环中，将软件套件的保护软管引导至输出端并从此导至连接法兰支架上的 A6 夹圈。

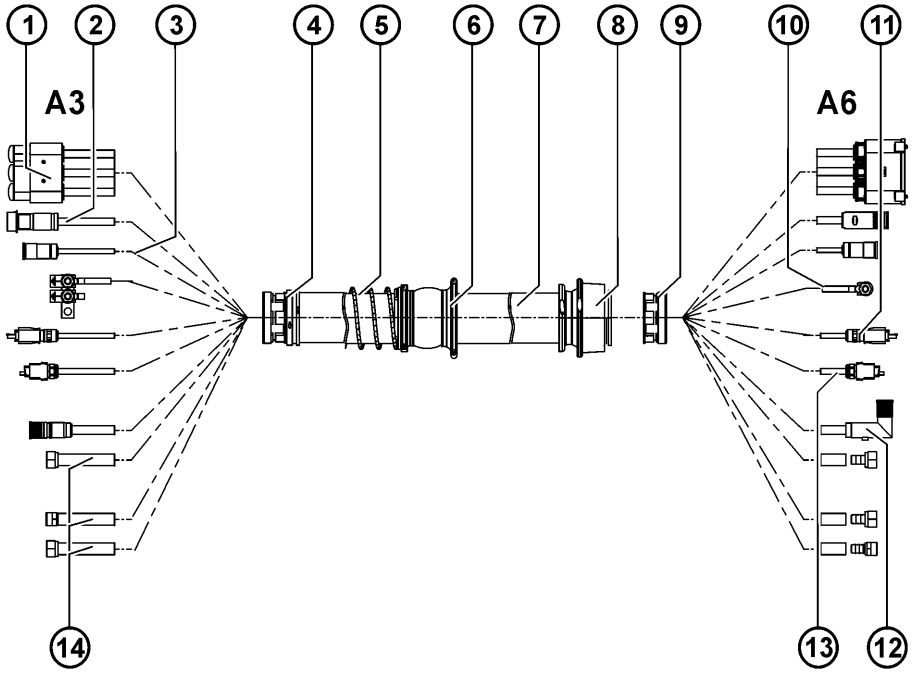


图 26-12: 软管套件 A3 - A6

1	焊接电缆	8	球形支架
2	电机导线	9	星形接线 A6
3	控制线	10	电位平衡
4	星形接线 A3	11	工业以太网电缆
5	弹簧端	12	测量电缆
6	弹簧支架	13	电源
7	波形管	14	软管 (3x)

通过固定壳和弹簧支架将保护软管固定在 Box 夹子中。在可以将保护软管导过弹簧支架时，固定壳构成保护软管的固定点。在此，在机器人腕部运动时将弹簧端挤压在一起并将其置于张力作用下，使保护软管在反向运动时被拉回到 K-Box 中。通过调整保护件可以更改软管套件的预张力，这将导致软管套件伸展长度的变化。

26.3 设置 K-Box

说明

- 为了低磨损地引导拖链系统，必须在机器人调试之后或期间在其位置上调整支架，用于相应的运行程序。
- 在本节中将对该过程进行说明。
- 在机器人移动程序非常复杂地退出工作之后，通常只能保留建议！
- 此外，也可以不考虑所有可实现的变量。

轴 6 上的支架

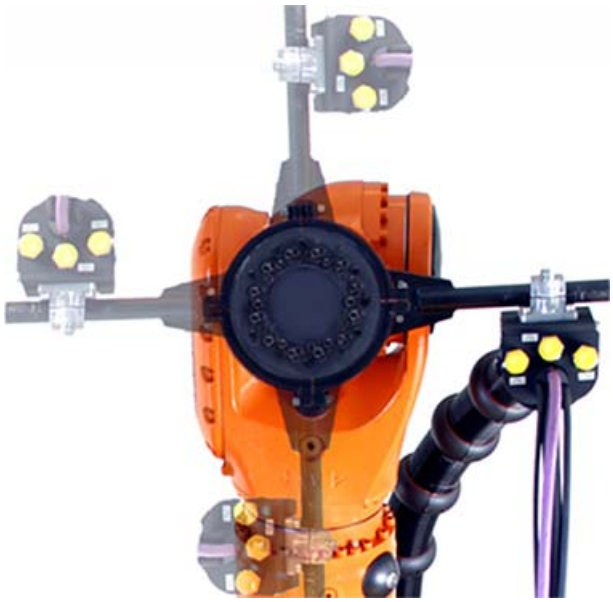


图 26-13: 轴 6 上的支架

- 可变化安装的拖链系统支架用于拖链系统的前部固定。
- 在轴 6 的圆周上，可以任意扭转地固定支架，以在机器人移动程序结束时达到机械手的最小缠绕。

轴 6 上的夹紧件

图 26-14: 轴 6 - 夹紧件

- 轴 6 支架上的夹紧件实现了接近或远离机械手变化地固定拖链系统。
- 此外，可以绕管形工件旋转。
- 该自由度可再次个性化地使用，取决于机器人移动程序。
- 在此的目的是实现尽量低磨损地调整拖链系统。

保护件

图　26-15：保护件

- 安装在拖链系统前部的保护件用于降低软管套件的磨损。
- 在前部软管部分的长度（在轴 6 支架和蓝色保护件之间）上，可以根据需求任意布置。
- 目标是防止在机器人程序结束时拖链系统的保护软管接触机械手。

27 附录

27.1 现场总线模块 EM8905-1001 (EtherCat) 的接线

说明

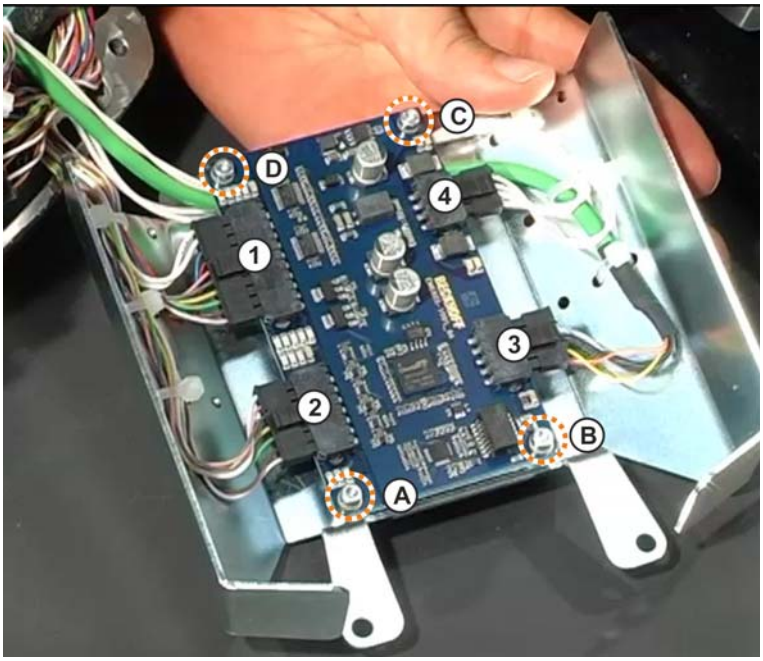


图 27-1: 拔下 EM8905-1001 I/O 模块的插塞连接

EtherCAT EM8905-1001 I/O 模块

- EtherCAT EM8905-1001 I/O（输入 / 输出）模块是一个固定在机器人支脚中的输入 / 输出端现场总线卡。
- 由此可以在机器人手臂上读取输入端，并切换输出端。
- 输入 / 输出端现场总线卡必须在 WorkVisual 中进行设置和连接。
- 通过 KCB - 库卡控制器总线进行物理和逻辑连接
- 下列模块可在 WorkVisual 中进行配置：
  - **EM8905-1001**
    4 个数字输入端和 8 个数字输出端
  - **EM8905-1002**
    8 个数字输入端和 8 个数字输出端

KCB – KUKA 控制器总线中的配置

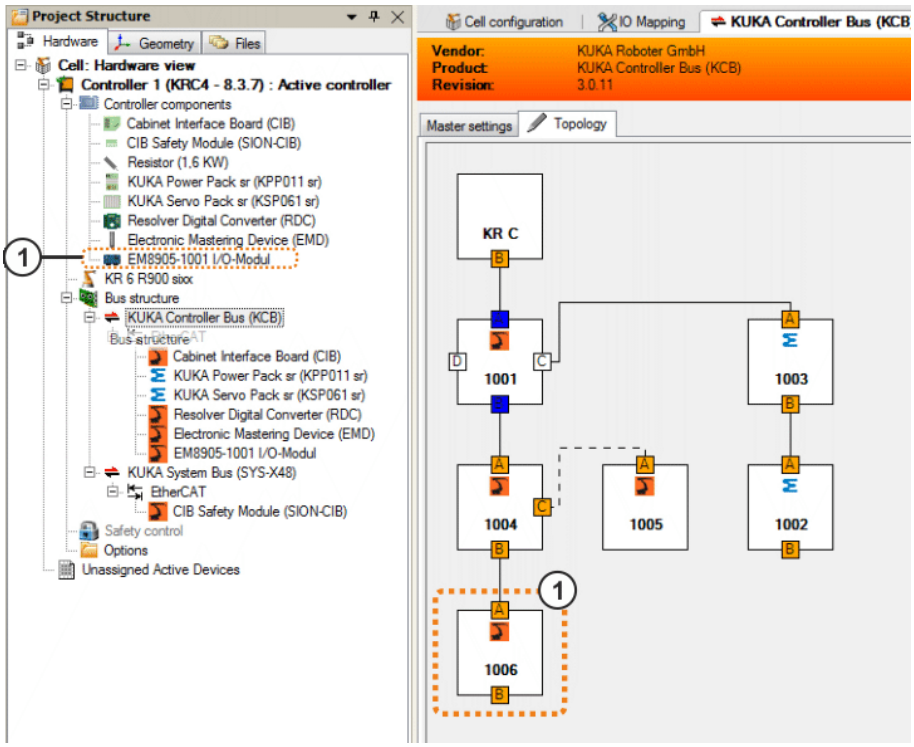


图 27-2: KCB 拓扑结构

- 项目结构或拓扑结构 (1) 中已经添加的 EM8905-1001。
- 如果缺少该模块，则可以通过配置建议或手动添加该模块。

输入 / 输出端接线

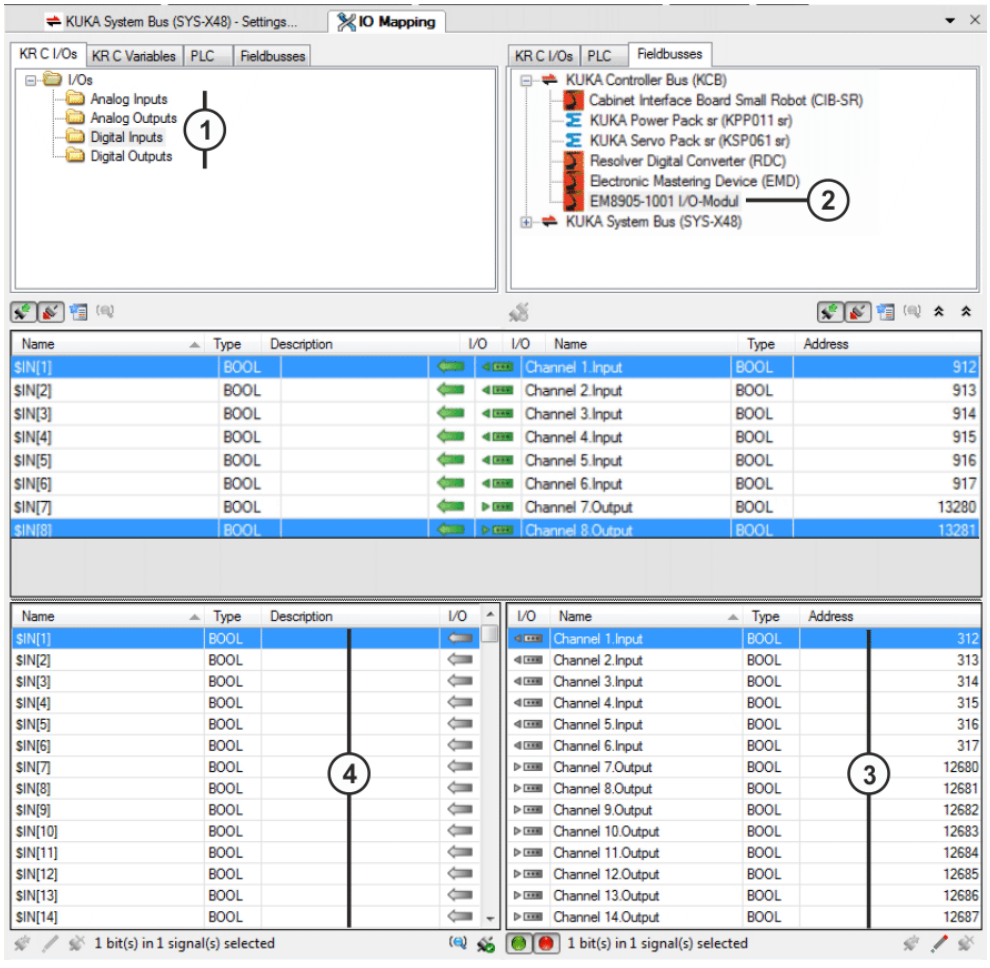


图 27-3: 输入 / 输出端接线 EM8905-1001

- 根据使用进行输入 / 输出端连接。
- 在机械手的 KR AGILUS 上执行输入和输出。

机器人腕部上的接口

接口 A4 位于机器人腕部的上部。

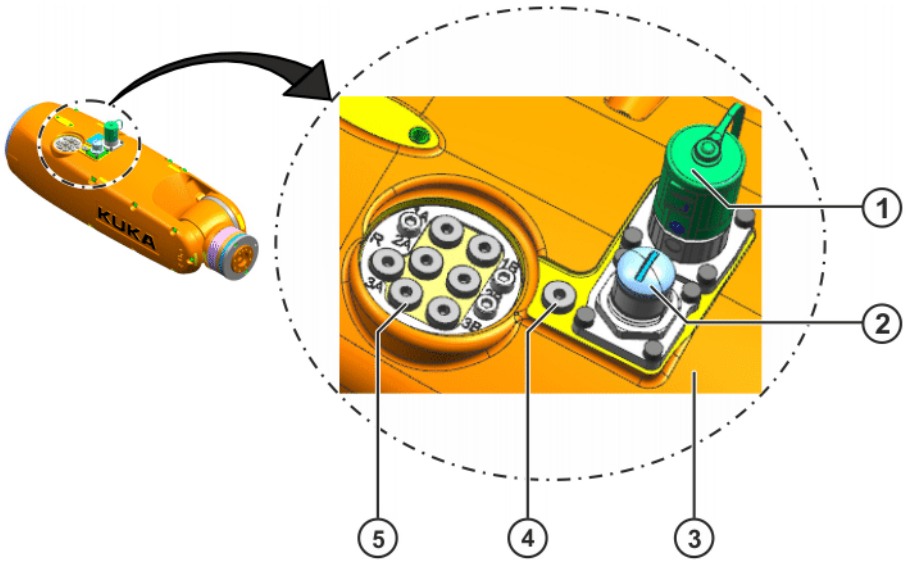


图 27-4: A4 接口，示例

1 接口 X41
6 个数字输入端
2 个数字输出端 (0.5A)
2 接口 XPN41
1x6mm 空气接口 （直接连接）
3 机器人腕部
4 空气管路 AIR2
5 空气接口 6x4mm
通过 3 个二位四通电磁阀

为了能使用空气接口，需要提供插头附件 （选项）。该选项包含一个消声器和多个快插式螺纹管接头。

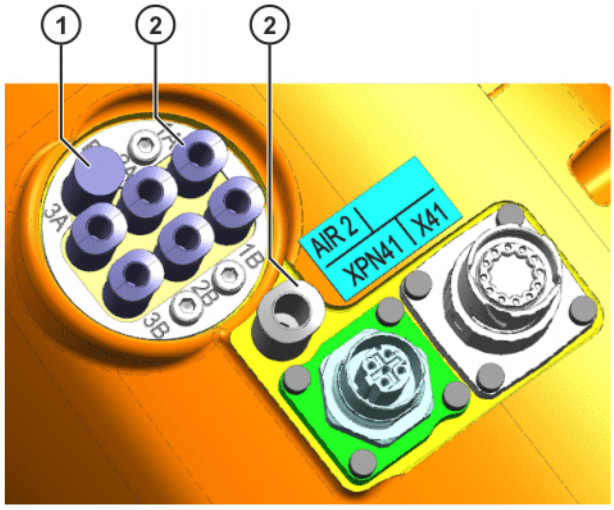


图 27-5: 插头附件 （选项）

1 消声器
2 快插式螺纹管接头

机器人具有三个集成在机器人腕部的双稳态二位四通电磁阀。阀门单元由内部供电系统控制。

名称	极限值
阀门型号	二位四通电磁阀
最高压力	7 bar
开关频率	10 Hz
工作温度	+5 °C 至 +45 °C （278 K 至 318 K） 不会产生冷凝水
接头螺纹	M5
媒介	空气，无油、干燥、经过过滤 依据的标准：ISO 8573.1-1，1.2 至 16.2 过滤精度：最大 5 µm
工作电压	DC 24 V
电流	25 mA

索引

符号
$LDC_LOADED 504

数字
1 对 1 接线的 RJ-45 149
3 点法 545

C
CCU 一控制柜 66
CCU 一控制柜说明 66
CCUsr - 小型机器人控制柜 74
CSP 一控制系统操作面板 76

D
DualNIC 一双网卡 60

E
EDS 一电子数据存储器 98
EMD - 电子控制装置 102
EtherCat 说明 404

F
FSoE 235

I
ipconfig 164
ipconfig/renew 165

K
KCB 一库卡控制器总线 77
KEB - 库卡扩展总线 120
KLI 166, 167
KLI 一库卡线路接口 122, 167
KPC - KUKA KR C4 PC 计算机组件 53
KPC - KUKA PC 53
KR C4 compact 的控制柜冷却装置 50
KR C4 的安全客户接通 236
KR C4 的存储介质 62
KR C4 的内部安全方案 235
KR C4 的总线系统 65
KSB 一库卡系统总线 114

N
NAT 158

P
PC 带主板 D2608-K 54
PC 带主板 D3076-K 56
PE 线路 40
PLC 项目中的安全识别号 357
PROFIBUS 设备 382
PROFIBUS 主要数据 396
PROFIenergy 选项卡 314
PROFINET 输入 / 输出组件 273
PROFIsafe — 逻辑连接 348

R
RDC 接口 94
RDC 一旋转变压器数字转换器 93
RJ-45 149
    针脚配置 149
    直接接线 149

S
SIB - 安全接口板 118
SIB LED 指示灯概览 250
SIB 标准板功能 248
SIB 扩展板 - 安全接口扩展板 256
SIB 扩展板功能 256
SIB 一安全接口板款型 248
smartPAD 116
STOP 0 89, 458
STOP 1 89, 459
STOP 2 89, 459

T
TCP/IP 156

W
WorkVisual 操作界面概览 189
WorkVisual 产品说明 187
WorkVisual 的逻辑配置 441
WorkVisual 的物理配置 437
WorkVisual 模式 192
WorkVisual 项目结构 192
WorkVisual 诊断监视器 334

X
X11 插头配置 252
X11 上的负载电压 US1 和 US2 255

Z
安全接口板 31
安全接口板款型 247
安全停止 0 89, 458
安全停止 1 89, 458
安全停止 2 89, 458
安全停止 STOP 0 89, 458
安全停止 STOP 1 89, 458
安全停止 STOP 2 89, 458
安全运行停止 89, 458
安装工业以太网堆栈 278
安装工艺程序包 （选项） 181
安装支架 16
按键栏 189
半双工 151
帮助 190
保护件 576
保护软管 576
保险元件 31
备份和恢复硬盘镜像文件 127
编程，外部 TCP 570
编目 （窗口） 190
标记线，用于零点标定 489
标准型 SIB 接口 249
布线，电位平衡 125

菜单栏 189
操作及轴相关的手动运行 469
测定 555
测定工具 517
测量 539, 559
测量外部工具和机器人引导的工件 563
测试输出端 A 253
测试输出端 B 253
查询 552
传输介质 385
存储长文本 303
打开单元定义 (KSS 8.3) 209
打印输入 / 输出接线 306
单独运动各轴 463
导入部分项目 214
等待信息 455
等电位 31
低压电源件 31
地基固定装置 14
地面机器人，安装 23
电机 112
电机插接头的针脚布局 114
电机导线 39
电网侧保险丝 31
电源连接，技术数据 31
电源频率 31, 48
电源线 39
调试模式 263
钉住 217
定址 157
读取并解释机器人控制系统的信息提示 455
对话信息 456
多重接线 307
额定电压允许偏差 31
额定输入电压 31
法兰坐标系 471
防护等级 29, 48
分组 179
风扇 31
负载数据选项卡 514
附加负载 17
附录 585
给机器人标定零点 479
更改软件限位开关 493
工具的安装 16
工具负载数据 501
工具手动运行 537
工具坐标系 471
工业以太网 PROFIsafe 栈 243, 346
工业以太网堆栈 278
工作范围 （窗口） 190
工作台的基坐标测量 545
供电线 39
固定工具 555
固定工具，手动移动 567
机架固定装置 15
机器人 471
机器人单元中的基坐标测量 539
机器人控制器概览 EU — 欧洲 31
机器人控制系统 31
机器人上的负载 501
机器人上的附加负载 505
机器人上的工具测量 517
机器人位置 552
基本数据 29
基于以太网的现场总线系统的安全性 237
基坐标 539
基坐标系 471
基坐标系中的手动运行 551
激活 Fast Startup/ 优先启动 320
集成的拖链系统 573
夹紧卡圈 576
将 GSD 设备说明文件导入 WorkVisual 398
将 KR C4 配置为控制器 284
将项目传输给机器人控制系统 （安装） 196
交换机
    CCU 155
    KLI 交换机 154
接口 39
接口 （硬件） 402
接口选项卡 342
接入 GSDML 驱动程序 280
接线 392
接线面板 31, 41
借助 KUKA.LoadDataDetermination 确定负载数据 507
紧急按下位置 464
紧急停止 117
进行 Minisetup 139
静默模式中恢复镜像映射 （无操作界面） 135
控制柜 31
控制柜型号 29
控制器配置 284, 404
控制系统 PC 31
控制系统操作面板 31
控制系统电脑 31
库卡 Power-Pack 31
库卡 Servo-Pack 31
库卡 smartPAD 线路 39
库卡虚拟远程挂件 177
扩展 SIB 接口 257
扩展型 SIB 的 LED 指示灯 258
冷却功率 48
冷却设备型号 48
连接管理器 117
连接数字信号 427
练习 469, 537, 545, 551, 563
    KCB - 使用 WorkVisual 配置库卡控制器总线 233
    KR C4 的结构和接口 52
    PROFINET 配置 （培训间类型 PROFIsafe） 361
    SIB） 364
    安装 GSD 驱动程序 401
    安装 GSDML 驱动程序 283
    工艺程序包的安装 185
    机器人机械装置的安装 27
    将项目加载和保存到 WorkVisual 配置界面中 219
    配置 KLI 接口 176
    配置 KR C4 Controller （控制器） 432
    配置外部自动运行接口 （手动） 377

配置抓爪 500
设备安全的配置 266
设定机器人的软件限位开关 496
在世界坐标系中的操作及手动运行 477
练习，带偏量的负载零点标定 490
练习，机器人零点标定 490
练习，数字式工具测定 529
练习，以尖触头为对象的工具测定 526
练习，以外部 TCP 进行运动编程 571
练习，用固定工具手动运行 569
练习，抓爪工具测定 529
了解 EtherCAT 404
了解 KPP 一库卡配电箱 78
了解 KPPsr 83
了解 KR C4 系统还原 127
了解 KSP 一库卡伺服包 84
了解 KSPsr 91
了解 PROFIBUS 381
了解技术数据 （V）KR C4 （midsize） 29
了解控制柜 （V）KR C4 extended 33
零点标定 479
逻辑连接输入和输出端 292, 418
满载电流 31
模拟输入和输出的逻辑连接 296
默认网关 160
内部库卡总线系统 65
能源效率 46
配设 ProfiSAFE 的工业以太网栈 242
配置 KR C4 设备 322
配置报文 391
配置设备安全机制 (HMI) 259, 353
驱动电源 31
驱动调节器 31
取下 smartPAD 459
全双工 151
确认信息 455
认识 PROFIsafe 345
软件限位开关，更改 493
设备安全 235
设备的逻辑连接 326
设备功率 48
设备诊断选项卡 311, 341
设置 K-Box 581
设置选项卡 510
声平 29
使用信号编辑器工作 423
世界坐标系 471
手持编程器 31
手动移动，固定工具 567
手动移动，世界坐标系 472
手动运行，工具 533
手动运行，基坐标 547
输出 / 输入部分项目 212
输出部分项目 212
输入电压 48
属性 （窗口） 190
数据插接器的针脚布局 114
数据线 39
数字输入和输出的逻辑连接 293
双工模式 151
损坏的保险装置 70
停机类别 0 89, 458
停机类别 1 89, 459
停机类别 2 89, 459
通过 EtherCAT 进行从站配置 436
通过 EtherCAT 网关配置 PROFIBUS 主站 406
通过 HMI 耦联 317, 434
通过 HMI 诊断 445
通过 KRL 耦合和解耦 435
通过 KRL 耦联 319
通过 SIB - 安全接口板的安全功能 246
通过 SmartPAD 诊断监视器进行诊断 328
通过 WorkVisual 激活 PROFIsafe 355
通过信息窗口诊断 327, 442
投入运行助手 479
拖链系统 573, 574
拓扑诊断 339
外部确认开关的功能 254
外部拖链系统 573
外围导线 40
网络技术基础 147
网络协议 156
网络诊断 342
问题
KR C4 的总线系统 124
了解 PROFIBUS 397
通过 PROFIsafe 激活安全设施 360
物理配置 408
显示连接列表 338
箱柜冷却系统 47
项目结构 （窗口） 190
项目浏览器 191
协议 156
信息提示 455
信息提示 （窗口） 190
蓄电池 31
旋转变压器 105
选项
配置 KUKA.GripperTech 497
颜色 48
应用和总线系统概览 36
用 KUKA.LoadDataDetermination 工作 508
由机器人引导的工件 559
有关 “ 认识工业以太网 ” 一章的问题 277
与轴相关的手动运行 463
原理 479
运输位置 22
运行方式 456
在机器人控制系统中激活项目 215
增量 466
诊断方法 327, 442
重量 29, 48
轴 A3 附加负载选项卡 513
轴范围选项卡 512
主板 D2608-K 55
主板 D2608-K 插槽分配 55
主板 D2608-K 接口 56
主板 D3076-K 57
主板 D3076-K 插槽分配 57
主板 D3076-K 接口 58
主板 D3236 插槽分配 59

主板 D3236-K 59
主设备图像的安装 (Minisetup) 139
抓爪配置 497
状态信息 455
准备输入 / 输出 419
准备用于静默模式的 KUKA.RecoveryUSB （无操作界面） 128
子网划分 157
自动外部 367
自动运行外部接口的配置 373
自动运行外部接口的说明 367
自由旋转装置 466
总线拓扑 / 总线访问方法 388
总线系统概览 36
总线用户命名 308
总线终端电阻 394
坐标系 471