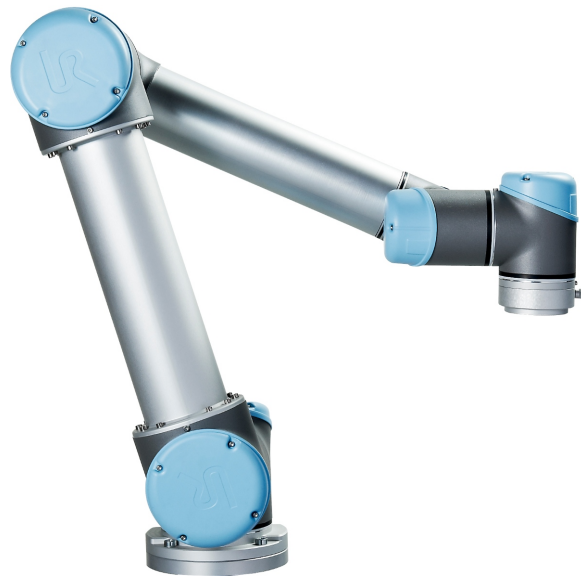




UNIVERSAL ROBOTS

Universal Robots 用户手册



UR5/CB3

翻译自原有指示 (zh)



此处包含的信息是 Universal Robots A/S 的财产，未经 Universal Robots A/S 事先书面许可，不得全部或部分复制。此处所包含的信息不应视为 Universal Robots A/S 的承诺，并且其内容可能会更改，恕不另行通知。本文档定期进行评审与修订。

Universal Robots A/S 对于本文档的任何错误或遗漏概不负责。

版权所有 © 2009-2021 Universal Robots A/S。

Universal Robots 徽标是 Universal Robots A/S 的注册商标。



目录

1. 前言	1
1.1. 这些箱子里装的是什么	1
1.2. 重要安全说明	1
1.3. 如何使用本手册	2
1.4. 哪里可以找到更多信息	2
1.4.1. UR+	2
第 I 部分硬件安装手册	3
1.5. 安全	5
1.5.1. 前言	5
1.5.2. 有效性和责任	5
1.5.3. 责任限制	6
1.5.4. 该手册中的警告标志	6
1.5.5. 一般警告和提醒	6
1.5.6. 拟定用途	8
1.5.7. 风险评估	8
1.5.8. 紧急停止	10
1.5.9. 有电力驱动和无电力驱动的移动	10
1.6. 安全相关的功能和接口	13
1.6.1. 前言	13
1.6.2. 安全系统的停止时间	14
1.6.3. 限制安全相关功能	14
1.6.4. 安全模式	15
1.6.5. 安全相关的电气接口	16
1.7. 运输	19
1.8. 机械接口	21
1.8.1. 前言	21
1.8.2. 机器人工作空间	21
1.8.3. 安装	21
1.8.4. 最大有效载荷	24
1.9. 电气接口	27
1.9.1. 前言	27
1.9.2. 电气警告和小心事项	27
1.9.3. 控制器 I/O	28
1.9.4. 工具 I/O	38



1.9.5. 以太网	41
1.9.6. 电源连接	42
1.9.7. 机器人连接	43
1.10. 维护和维修	45
1.10.1. 安全指示	45
1.10.2. 清洁	46
1.11. 处理和环境	47
1.12. 认证	47
1.13. 质保	49
1.13.1. 产品质量保证	49
1.13.2. 免责声明	49
1.14. 制动时间和制动距离	51
1.14.1. 0类停机的停止距离和停止时间	51
1.15. 声明和认证	51
1.16. 声明和认证 (原件译文)	53
1.17. 应用标准	64
1.18. 技术规格	70
1.19. 安全功能表	71
1.19.1. Table 1: Safety Functions (SF) Descriptions	71
1.20. Table 2: Compliance and ISO 13849-1 Functional Safety Information	75
第 II 部分 PolyScope 手册	79
1.21. 安全配置	81
1.21.1. 前言	81
1.21.2. 更改安全配置	82
1.21.3. 安全同步和错误	83
1.21.4. 公差	83
1.21.5. 安全校验和	84
1.21.6. 安全模式	84
1.21.7. 自由驱动模式	85
1.21.8. 密码锁	85
1.21.9. 应用	85
1.21.10. 一般限制	86
基本设置	87
切换至高级设置	87
高级设置	87
切换至基本设置	88

1.21.11. 关节限制	88
最大速度	89
位置范围	89
1.21.12. 边界	89
名称	91
复制特性	91
安全模式	91
位移	92
严格限制平面的效果	92
触发缩减模式平面的效果	92
偏离	93
复制特性	93
安全模式	94
效果	94
1.21.13. 安全 I/O	95
系统紧急停止	95
缩减模式	95
防护重置	96
3 档位使动装置 and 操作模式	96
System Emergency Stop	97
Robot Moving	97
Robot Not Stopping	97
Reduced Mode	97
Not Reduced Mode	97
1.22. 开始编程	99
1.22.1. 前言	99
1.22.2. 使用入门	99
1.22.3. 第一个程序	100
1.22.4. PolyScope 程序界面	101
1.22.5. 欢迎屏幕	103
1.22.6. 初始化屏幕	104
1.23. 屏幕编辑器	107
1.23.1. 屏幕表达式编辑器	107
1.23.2. 位姿编辑器屏幕	107
1.24. 机器人控制	111



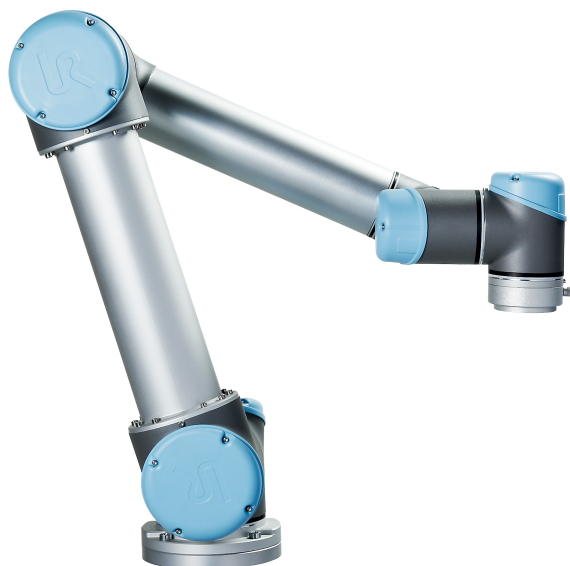
1.24.1. 移动选项卡	111
1.24.2. I/O 选项卡	113
1.24.3. MODBUS	114
1.24.4. 自动移动选项卡	114
1.24.5. 安装设置 → 加载/保存	116
1.24.6. 安装设置 → TCP 配置	117
1.24.7. 安装设置 → 安装	120
1.24.8. 安装设置 → I/O 设置	121
1.24.9. 安装设置 → 安全	123
1.24.10. 安装设置 → 变量	124
1.24.11. 安装设置 → MODBUS 客户端 I/O 设置	125
1.24.12. 安装设置 → 特征	129
1.24.13. 输送机跟踪设置	137
1.24.14. 安全模式之间的平顺过渡	137
1.24.15. 安装设置 → 默认程序	138
1.24.16. 日志选项卡	139
1.24.17. 加载屏幕	140
路径历史记录	141
文件选择区域	141
文件筛选器	141
文件字段	142
打开按钮	142
取消按钮	142
操作按钮	142
1.24.18. 运行选项卡	142
1.25. 编程	145
1.25.1. 新建程序	145
1.25.2. 程序选项卡	146
1.25.3. 变量	148
1.25.4. 命令: 移动	149
1.25.5. 命令: 固定路点	152
示例	153
交融参数	153
条件交融轨迹	154
轨迹类型组合	155
1.25.6. 命令: 相对路点	158
1.25.7. 命令: 可变路点	159

1.25.8. 命令:方向	159
1.25.9. 命令:Until	160
1.25.10. 命令:等待	162
1.25.11. 命令:设置	163
1.25.12. 命令:弹出窗口	164
1.25.13. 命令:中止	165
1.25.14. 命令:注释	166
1.25.15. 命令:文件夹	167
1.25.16. 命令:循环	168
1.25.17. 命令:If	168
1.25.18. 命令:子程序	170
1.25.19. 命令:分配	172
1.25.20. 命令:脚本	173
1.25.21. 命令:事件	174
1.25.22. 命令:线程	175
1.25.23. 命令:开关	176
1.25.24. 命令:模式	178
1.25.25. 命令:力	179
1.25.26. 力值选择	181
1.25.27. 限值选择	181
1.25.28. 测试力设置	181
1.25.29. 命令:码垛	182
1.25.30. 命令:探寻	183
1.25.31. 命令:输送机跟踪	187
1.25.32. 命令:抑制	187
1.25.33. 图形选项卡	187
1.25.34. 结构选项卡	189
1.25.35. 变量选项卡	190
1.25.36. 命令:变量初始化	191
1.26. 设置屏幕	193
1.26.1. 语言和单位	194
1.26.2. 更新机器人	195
1.26.3. 设置密码	196
1.26.4. 校准屏幕	197
1.26.5. 设置网络	198
1.26.6. 设置时间	199
1.26.7. URCap 安装	200
2. 术语	201



2.1. Index	202
------------------	-----

1. 前言



恭喜您购买我司研发的新一代 Universal Robots 机器人。

该机器人可通过编程来移动工具并使用电信号与其他机器进行通信。它是由挤压铝管和关节组成的手臂。

使用我们获得专利的编程界面 **PolyScope**，用户可轻松地对机器人进行编程，使其沿着所需的运动轨迹移动工具。

1.1. 这些箱子里装的是什么

当您预订一个机器人时，您会收到两个箱子。一个包含机器人手臂，另一个包含：

- 带有示教盒的控制箱
- 控制箱的安装支架
- 示教盒的安装支架
- 打开控制箱的钥匙
- 电源线或电源线与您的地区兼容
- 激光触摸笔
- 本手册

1.2. 重要安全说明

机器人是一种**半成品机械**(请参见)，因此每次安装机器人后都必须执行安全评估。您必须遵守**1.5. 安全**在本页**5**一章中的所有安全说明。

1.3. 如何使用本手册

本手册包含机器人安装编程的指示信息。手册分为两部分：

硬件安装手册

机器人的机械安装和电气安装。

PolyScope 手册

机器人编程。

本手册面向的机器人集成商集成商应接受过基本的机械电气培训，并熟悉初级编程概念。

1.4. 哪里可以找到更多信息

支持网站 (<http://www.universal-robots.com/support>) 包含以下信息：

- 本手册的其他语言版本
- **PolyScope 手册**
- **服务手册**，内含机器人故障诊断、维护和维修说明
- 面向高级用户的**脚本手册**

1.4.1. UR+

UR+ 网站 (<http://www.universal-robots.com/plus/>) 是一个在线展厅，提供了最先进的产品来帮助您自定义 UR 机器人应用。您可以在一个地方找到所需的一切 - 从末端执行器和配件到视觉相机和软件。所有产品均经过测试和认证，可与 UR 机器人集成，确保设置简单、操作可靠、用户体验流畅、编程轻松。您还可以使用该网站加入 UR + 开发人员计划，以访问我们的新软件平台，该平台允许您为 UR 机器人设计更加用户友好的产品。

第 I 部分 硬件安装手册



1.5. 安全

1.5.1. 前言

本章包含重要的安全信息，在机器人第一次通电前，UR 机器人的集成商必须阅读并理解这些信息。

本章中的第一小节为概述。后续小节包含与机器人安装和编程相关的具体工程数据。[1.6. 安全相关的功能和接口 在本页 13](#)一章描述并定义了安全相关功能，尤其是适用于协作应用的功能。

[1.6. 安全相关的功能和接口 在本页 13](#)一章和[1.5.7. 风险评估 在本页 8](#)一节中提供的说明和指导尤为重要。

必须遵守并执行本手册其他章节中的所有组装说明和指南，这一点非常重要。

应特别注意与警告标志相关的文本。



提示

如果机器人(手臂控制箱和/或示教盒)以任何方式被损坏、更改或修改，通用机器人拒绝承担所有责任。通用机器人对由于程序出错或机器人故障而对机器人或任何其他设备造成的任何损坏概不负责。

1.5.2. 有效性和责任

本手册中的信息不包含设计、安装和操作一个完整的机器人应用，也不包含所有可能对这一完整的系统的安全造成影响的周边设备。该完整的系统的设计和安装需符合该机器人安装所在国的标准和规范中确立的安全要求。

UR 机器人的集成商有责任确保遵循相关国家的切实可行的法律法规，确保完整的机器人应用中不存在任何重大危险。

这包括但不限于以下内容：

- 对整个机器人系统进行风险评估
- 将风险评估定义的其他机械和附加安全设备连接在一起
- 在软件中进行适当的安全设置
- 确保用户不会对任何安全措施加以修改
- 确认整个机器人系统的设计和安装准确无误
- 明确使用说明
- 在机器人上标明集成商的相关标志和联系信息
- 收集技术文件中的所有文档；包括风险评估和本手册

1.5.3. 责任限制

本手册所包含的任何安全信息都不得视为通用机器人的保证，即使工业机械手遵守所有安全说明，依然有可能引起伤害或损坏。

1.5.4. 该手册中的警告标志

下面的标志定义了本手册中所包含的危险等级规定说明。产品上也使用了同样的警告标志。



警告

这指的是即将引发危险的用电情况，如果不避免，可导致人员死亡或严重伤害。



警告

这指的是即将引发危险的情况，如果不避免，可导致人员死亡或严重伤害。



警告

这指的是可能引发危险的用电情况，如果不避免，可导致人员伤害或设备严重损坏。



警告

这指的是可能引发危险的情况，如果不避免，可导致人员伤害或设备严重损坏。



警告

这指的是可能引发危险的热表面，如果接触了，可造成人员伤害。



小心

这指的是一种情况，如果不避免，可导致设备损坏。

1.5.5. 一般警告和提醒

本节包含一些可能在本手册的不同部分重复或解释的一般警告和注意事项。其他警告和提醒贯穿在该手册中。



警告

您必须按照 [1.8. 机械接口 在本页21](#)和 [1.9. 电气接口 在本页27](#)章节中的规范和警告安装机器人与所有电气设备。



警告

1. 确保机器人手臂和工具/末端执行器都正确并稳固地用螺栓固定在位。
2. 确保机器人的手臂有足够的空间来自由活动。
3. 确保已按照风险评估中所定义的建立安全措施和/或机器人安全配置参数以保护程序员、操作员和旁观者。
4. 操作机器人时请不要穿宽松的衣服，不要佩戴珠宝。操作机器人时请确保长头发束在脑后。
5. 如果机器人已损坏，请勿使用。例如，如果关节帽松动、损坏或移除。
6. 如果软件跳出一个错误信息，请迅速按下紧急停止按钮，记下导致该错误的情况，在日志屏幕找到对应的错误代码，并联系你的供应商。
7. 不要将任何安全设备连接到标准 I/O 接口。只能使用安全 I/O 接口。
8. 确保进行正确的安装设置(例如机器人的安装角度、TCP 中的重量、TCP 偏移、安全配置)。将安装文件保存并载入程序内。
9. 只有通过风险评估，才允许在安装过程中使用自由驱动功能(阻抗/逆向驱动)。工具/末端执行器及障碍物不得有尖角或扭点。
10. 确保警告人们的头和脸保持在正在操作的机器人或即将开始操作的机器人可触及的范围之外。
11. 注意使用示教盒时机器人的运动。
12. 如果风险评估已确定，不要进入机器人的安全范围，或在系统运转时触碰机器人。
13. 任何撞击将释放大量的动能，这些动能比高速和高有效载荷情况下的高得多。(动能 = $\frac{1}{2} \text{Mass} \cdot \text{Speed}^2$)
14. 将不同的机械连接起来可能加重危险或引发新的危险。始终对整个安装进行全面的风险评估。根据风险评估，不同的功能安全等级可能适用；因此当需要不同的安全和紧急停止性能等级时，始终选择最高的性能等级。始终都要阅读和理解安装中使用到的所有设备的手册。
15. 切勿改动机器人。对机器人的改动有可能造成集成商无法预测的危险。机器人授权重组需依照最新版的所有相关服务手册。
16. 如果购买机器人时附加了一个模组(例如，euromap67 接口)，请在对应的手册中查找该模组。



警告

1. 机器人和控制箱在操作过程中会产生热量。机器人正在操作时或刚停止操作时，请不要操纵或触摸机器人，因为长时接触可能引起不适。切断电源并等待一小时，机器人才可冷却下来。
2. 切勿将手指伸到控制箱内罩后面。



小心

1. 当机器人与能够造成机器人损坏的机械连接在一起或是一起工作时，强烈推荐单独对机器人的所有功能以及机器人程序进行检测。还推荐使用其他机械工作空间以外的临时路点来检测机器人程序。
2. 不要将机器人一直暴露在永久性磁场。强磁场可损坏机器人。

1.5.6. 拟定用途

UR 机器人是工业机器人，拟用作操纵工具/末端执行器和夹具，或用于加工或传递零件或产品。有关机器人应在何种环境条件下操作的详细说明，请参阅附录。

UR 机器人具备特殊的安全相关特征，这些特征是特地为协同操作而设计的，也就是说机器人系统可以在没有护栏的情况下工作，或者和人类一起工作。

协同操作仅针对无危险的应用，即包括工具/末端执行器、工件、障碍物及其他机器在内的经过针对特定应用的风险评估证明不具备任何重大危险的完整应用。

任何与拟定用途相违背的用途或应用都是不允许的。这包括但不限于以下内容：

- 用于潜在性爆炸环境
- 用于医疗和生命攸关的应用
- 未作风险评估就使用的
- 超出规定的规格使用
- 作为攀登用具使用的
- 在允许的操作参数之外进行操作

1.5.7. 风险评估

风险评估是集成商需要完成的最重要任务之一。在许多国家对此都有法律要求。机器人本身是一种半成品机械，因为机器人安装的安全性取决于机器人的集成方式（例如，工具/末端执行器、障碍物及其他机械）。

推荐集成商使用 ISO 12100 和 ISO 10218-2 执行风险评估。另外，集成商可以选择使用技术规范 ISO/TS 15066 作为附加指引。

集成商执行风险评估应考虑机器人整个应用寿命期间的所有工作任务，包括但不限于：

- 在机器人安装的设置和开发过程中示教机器人
- 故障诊断和维护
- 机器人安装的正常操作

风险评估必须在机器人手臂第一次通电之前进行。由集成商执行的风险评估的一部分就是识别正确的安全配置设置，以及对额外的紧急停止按钮和/或特定机器人应用所需的其他防护措施的需要。

识别正确的安全配置设置是开发合作机器人应用的一个尤为重要的部分。有关详细信息，请参阅 [1.6. 安全相关的功能和接口](#) 在本页 13 一章和 [第 II 部分 PolyScope 手册](#) 在本页 79。

一些安全相关功能专门设计用于合作机器人应用。这些功能可通过安全配置设置进行配置，在处理集成商执行的风险评估中发现的特定风险时尤为重要：

- **力和功率限制：**用于在机器人与操作员发生碰撞时减小机器人在移动方向上施加的夹紧力和压力。
- **动量限制：**用于在机器人与操作员发生碰撞时通过降低机器人的速度来减小高瞬态能量和冲击力。
- **TCP 和工具/末端执行器位置限制：**专门用于降低与某些身体部位相关的风险。例如，避免朝着头部和颈部移动。
- **TCP 和工具/末端执行器方向限制：**专门用于降低与工具/末端执行器和工件的某些区域和特征相关的风险。例如，避免锐利的棱边指向操作员。
- **速度限制：**专门用于确保机器人手臂低速移动。

集成商必须防止未经授权人员通过使用密码保护更改安全配置。

需针对故意接触和/或由于可合理预见的误用导致的接触进行协作机器人应用风险评估，必须考虑：

- 个体潜在碰撞的严重性
- 个体潜在碰撞出现的可能性
- 避免个体潜在碰撞的可能性

如果机器人安装在一个无法通过使用内置的安全相关功能合理消除危险或充分降低风险的非协作机器人应用中(例如，使用的危险工具/末端执行器时)，集成商执行的风险评估必须判定增加额外防护措施的必要性(例如，一台用于在设置和编程过程中对操作员提供保护的使动装置)。

Universal Robots 明确了如下集成商必须要考虑的重大危险。

注意：特定机器人安装可能还会存在其他重大危险。

1. 手指夹在机器手臂电缆连接器和底座之间(关节 0)。
2. 手指夹在机器人足部和底座之间(关节 0)。
3. 手指夹在机器人手腕 1 和机器人手腕 2(关节 3 和关节 4)之间。
4. 工具/末端执行器或工具/末端执行器连接器上的锐边和尖点刺伤皮肤。
5. 机器人轨迹附近障碍物上的锐边和尖点刺伤皮肤。
6. 由于接触机器人而被擦伤。

7. 因机器人有效载荷与坚固表面之间的冲击而导致扭伤或骨折。
8. 因用于固定机器人手臂或工具/末端执行器的螺栓松动而导致的后果。
9. 物品从工具/末端执行器上掉落，例如因夹持不到位或断电引起。
10. 因不同机器上紧急停止按钮不同而出现的操作错误。
11. 因对安全配置参数的未授权更改而出现的错误。

有关停止时间和停止距离的信息，请参阅 [1.6. 安全相关的功能和接口](#) 在本页 13 一章和 [1.14. 制动时间和制动距离](#) 在本页 51 附录。

1.5.8. 紧急停止

激活紧急停止按钮，立即停止机器人的一切运动。

注意：根据 IEC 60204-1 和 ISO 13850，紧急设备不是安全防护装置。它们是补充性防护措施，并不用于防止伤害。

机器人应用的风险评估应确定是否需要更多紧急停止按钮。紧急停止按钮必须符合 IEC 60947-5-5(请参阅 [安全 I/O](#) 在本页 30 一节)。

1.5.9. 有电力驱动和无电力驱动的移动

在极少发生的紧急情况中，可能需要在机器人电源失效或不想使用电源的情况下移动一个或多个机器人关节，这可以通过以下两种不同方法来迫使机器人关节移动：



提示

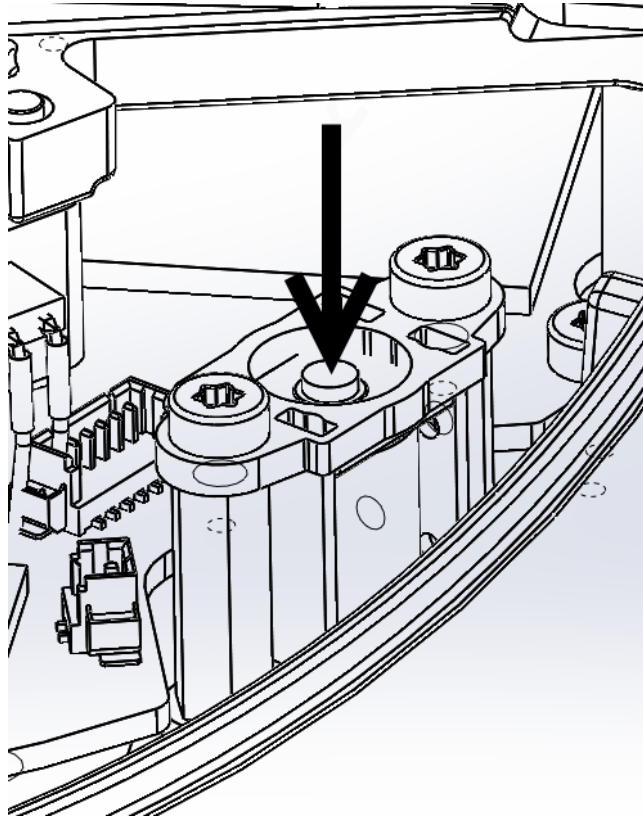
注意：在维修时，无需连接电源就可以释放接头上的制动器。

1. 强制反向驱动：用力推动或拉动机器人手臂，迫使关节移动。每个关节制动器均有一个摩擦离合器，可使关节在承受高强度扭矩的情况下移动。
2. 手动松开制动器：卸下用于固定关节盖的几颗 M3 螺丝，拆卸关节盖。按小型电磁铁(如下图所示)中的活塞，松开制动器。



警告

1. 手动移动机器手臂仅限于紧急情况，并且有可能会损坏关节。
2. 如果手动释放了制动器，万有引力可能会导致机器手臂掉落。释放制动器时务必支撑住机器手臂、工具/末端执行器和工件。





1.6. 安全相关的功能和接口

1.6.1. 前言

UR 机器人搭载多种安全级功能和用于连接其他机器及附加保护装置的安全级电气接口。每个安全功能和接口都根据 ISO13849-1:2008 进行监视(请参阅一章了解认证), 性能等级为 d (Pld)。



警告

使用的安全配置参数与集成商执行的风险评估所定义的不同可导致无法合理消除的危险或无法充分减少的风险。

请参阅第 II 部分 PolyScope 手册 在本页 79 中的 1.21. 安全配置 在本页 81 一章了解用户界面中的安全功能、输入和输出的配置。有关如何将安全设备连接到电气接口的说明, 请参阅 1.9. 电气接口 在本页 27 一章。



提示

1. 安全相关功能和接口的使用和配置必须根据集成商针对特定机器人应用而执行的风险评估来完成, 请参阅 1.5. 安全 在本页 5 一章中的 1.5.7. 风险评估 在本页 8 小节。
2. 如果机器人发现安全系统中存在故障或违例, 例如紧急停止电路中的一条线被切断, 或位置传感器损坏, 或安全相关功能的限制被违反, 将启动 0 类停机。最坏情况下从错误出现到机器人停止所需的时间列在本章的最后部分。这个时间应被考虑为集成商执行的风险评估的一部分。

机器人配备了许多安全相关功能, 通过这些功能可限制机器人关节及机器人工具中心点 (TCP) 的移动。TCP 即纳入了 TCP 偏移的输出法兰的中心点。

限制安全相关的功能有:

限制级安全功能	描述
关节位置	最小值.和最大角关节位置
关节速度	最大值角关节速度
TCP 位置	笛卡尔空间中限制机器人 TCP 位置的平面
TCP 速度	最大值机器人 TCP 的速度
TCP 力	最大值机器人 TCP 的推力
动量	最大值机器人手臂的动量
功率	Max. applied robot arm power

1.6.2. 安全系统的停止时间

安全系统的停止时间是指从安全相关功能出现故障或违例到机器人完全停止且机械制动器发生制动的的时间。

如果应用的安全性依赖于机器人的停止时间，则必须考虑表格中的最大停止时间。例如，如果机器人的故障导致整个工厂生产线停工(停工后必须立即采取某些措施)，则必须考虑最大停止时间。

执行测量时机器人采用以下配置：

- 伸展: 100%(机器人手臂完全水平伸展)。
- 速度: 安全系统的 TCP 速度限值被设置为所描述的限值。
- 有效载荷: 连接到 TCP 的机器人可以处理的最大有效载荷 (5 kg)。

在违反安全限值或接口的情况下，停机类别 **10** 最糟糕的停止时间如下表所示。

TCP 速度极限	Maximum Stopping Time
1.0 m/s	450 ms
1.5 m/s	500 ms
2.0 m/s	550 ms
1.5 m/s	600 ms
3.0 m/s	650 ms

1.6.3. 限制安全相关功能

如果机器人手臂接近安全相关的极限，高级路径控制软件将减速或发出停止执行程序的命令。因此只有在异常情况下才会发生限制违例。但是，如果违反了限制，安全系统将发出 **0** 类停机。

当 48V 母线电压达到 7.3V 以下的电势时，即视为系统断电。断电时间是从检测到事件至系统断电的这段时间。



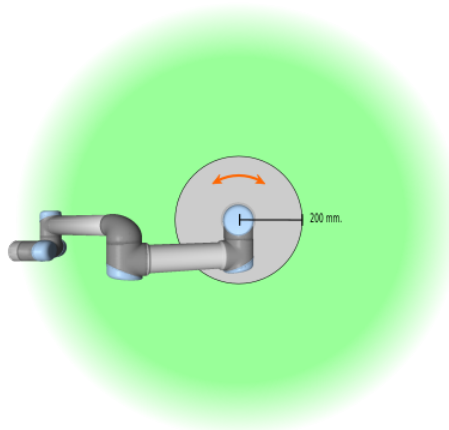
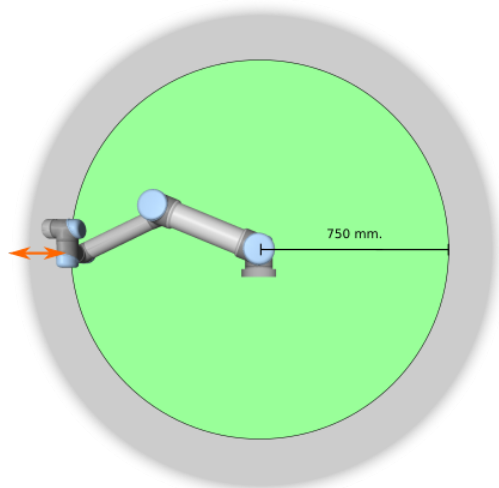
警告

在设计机器人的作业单元时，关于力的限制功能有两种例外情况需要留意。图 4.1 中对此进行了说明。在机器人向外伸展时，膝-关节效应可能导致径向(远离底座)产生较高的力，同时速度较低。同样，短杠杆臂在工具靠近底座和沿切线(周围)方向移动底座时，可能产生较高的力，但同样速度较低。通过清除这些区域的障碍物、将机器人放在其他位置，或结合利用安全平面与关节限制等措施，防止机器人进入工作区的此区域，可规避夹伤风险。



警告

如果机器人用于用手引导的手动应用(线性移动),基座和肩部的关节速度限制必须设置为每秒钟最大 **40 度**,除非有风险评估显示可接受每秒钟 **40 度** 以上的速度。这可以防止机器人肘部在奇点附近快速运动。



4.1: 鉴于机器人手臂的物理性质,在工作区的某些区域应留意夹伤风险。其中一个区域是定义的径向运动区域,即手腕 1 关节与机器人机座至少相距 **750mm** 的区域。另一个区域是在机器人机座 **200 mm** 范围内的区域(机器人按正切方向移动时)。

1.6.4. 安全模式

标准模式和缩减模式

安全系统有两种可配置的安全模式:**正常**和**缩减**。每种模式均可配置安全极限。机器人 TCP 的位置超出触发**缩减模式**平面,或被安全输入触发时,缩减模式处于激活状态。缩减模式可以通过使用平面或使用输入来触发。

使用平面触发缩减模式:当机器人从触发平面的缩减模式侧移回到正常模式侧时,触发平面周围有一个 **20mm** 的区域,允许正常模式和缩减模式限值。它可以防止机器人在极限情况下安全模式闪烁。

使用输入触发缩减模式:使用输入(以启动或停止缩减模式)时,在应用新的模式限值之前可能会经过长达 **500ms** 的时间。当将简约模式更改为正常模式或将普通模式更改为简化模式时,可能会发生这种情况。它允许机器人适应,例如:速度达到新的安全限制。

恢复模式

如果安全极限违例,必须重启安全系统。如果系统在启动时超出安全限值(如超出关节位置限值),将进入特殊恢复模式。在恢复模式下,无法运行机器人程序,但利用**自由驱动模式**或**PolyScope** 中的“移动”选项卡,可将机器人手臂手动移回限值范围内(请参阅**第 II 部分 PolyScope 手册 在本页 79“PolyScope 手册”**)。恢复模式的安全限值为:

限制级安全功能	限值
关节速度	30 °/s

限制级安全功能	限值
TCP 速度	250 mm/s
TCP 力	100 N
动量	10 kg m/s
功率	80 W

如果违反这些限制，安全系统发出 **0** 类停机。



警告

请注意，在恢复模式下，关节位置、TCP 位置以及 TCP 方向限值会被禁用。将机器人手臂移回极限范围内时应小心。

1.6.5. 安全相关的电气接口

机器人配备多个安全相关的电气输入和输出。所有安全相关的电气输入和输出均为双通道。当信号很低时，它们很安全，在信号很高 (+24V)，紧急停止没有激活等情况下，它们也很安全。

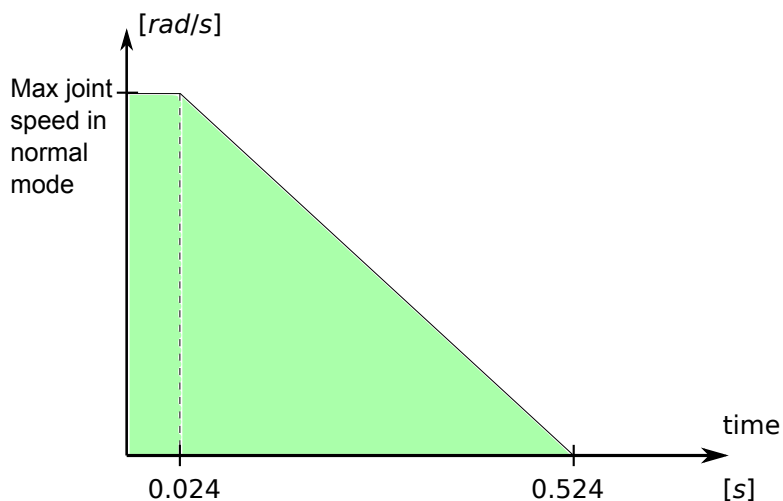
安全相关的电气输入

下表概述了安全相关的电气输入。

安全输入	描述
机器人紧急停止	(专用输入)。执行 1 类停机，可使用系统紧急停止输出(如果已配置)将其转发给其他机器。
紧急停止按钮	(示教盒安全装置)。执行 1 类停机，可使用系统紧急停止输出(如果已配置)将其转发给其他机器。
系统紧急停止	(可配置输入)。执行 1 类停机。为了避免死锁，此信号不会通过系统紧急停止输出转发给其他机器。
防护停止	(专用输入)。执行 2 类停机。
防护重置	(可配置输入)。当防护重置输入出现边沿时，使机器人从防护停止状态恢复。
缩减模式	(可配置输入)。安全系统过渡为缩减模式限值。
3 档位使动装置	(可配置输入)。当操作模式输入为高电平时，功能为防护停止。
操作模式	(可配置输入)。当 3 档位启用设备配置时，使用操作模式。

1 类停机和 **2** 类停机在驱动电源开启的情况下对机器人减速，使机器人在不偏离当前路径的情况下停止。

监控安全输入



4.2: 斜坡下面的绿色区域即制动过程中允许的关节速度。在 0 点处，安全处理器检测到一个事件(紧急停止或防护停止)。减速在 24 ms 后开始。

1 类和 2 类停机由安全系统按照以下方式进行监控：

1. 安全系统会监视是否在 24 ms 内启动制动，请参见图 4.2。
2. 如果关节在移动，将监视其速度，确保速度永远不会超过通过 500 ms 内从正常模式的最大关节速度限值持续减速到 0 rad/s 而获得的速度。
3. 如果关节处于静止状态(关节速度小于 0.2 rad/s)，将监视其移动到的位置距离测得速度低于 0.2 rad/s 时的位置不超过 0.05 rad。

此外，对于 1 类停机，安全系统将监视机器人手臂静止后电源关闭是否在 600 ms 内完成。另外在防护停止输入后，机器人手臂只能在防护重置输入的正沿后才允许开始移动。如果不满足上述任何情况，安全系统将发出 0 类停机。

向缩减模式输入触发的缩减模式的过渡受到如下监视：

1. 触发缩减模式输入后，安全系统接受 500 ms 正常和缩减模式限值设置。
2. 在 500 ms 后，只有缩减模式限值有效。

如果不满足上述任何情况，安全系统将发出 0 类停机。

0 类停机由安全系统执行，其表现如下表中所示。最坏情况下的反应时间是全速和满载荷运行的机器人从停止到断电(放电到低于 7.3 V 的电势)的时间。

安全输入功能	检测时间	断电时间	反应时间
机器人紧急停止	250 ms	1000 ms	1250 ms
紧急停止按钮	250 ms	1000 ms	1250 ms
系统紧急停止	250 ms	1000 ms	1250 ms
防护停止	250 ms	1000 ms	1250 ms

安全相关的电气输出

下表概述了安全相关的电气输出。

安全输出	描述
系统紧急停止	当机器人紧急停止输入为逻辑低电平或按下紧急停止按钮时，为逻辑低电平。
机器人运动	当此信号为逻辑高电平时，机器人手臂每个关节的移动都不会超过 0.1 rad 。
机器人未停止	当由于紧急停止或防护停止而使机器人停止或处于停止过程中时为逻辑高电平。否则将为逻辑低电平。
缩减模式	Logic low when the safety system is in <i>Reduced</i> mode.
非缩减模式	缩减模式输出取反。

如果安全输出设置不当，安全系统将发出 0 类停机，其最坏情况下的反应时间为：

安全输出	最坏情况反应时间
系统紧急停止	1100 ms
机器人运动	1100 ms
机器人未停止	1100 ms
缩减模式	1100 ms
非缩减模式	1100 ms

1. 停机类别符合 IEC 60204-1，请参见术语表了解更多详细信息。[↗](#)

1.7. 运输

运输时保持好原包装。将包装材料保存在干燥处；以后可能需要包装并移动机器人。

将机器人从包装材料中移至安装位置时，同时抬升机器人手臂的两根挤压铝管。扶住机器人直至机器人机座的所有安装螺栓全部紧固好。

控制箱应使用手柄抬升。



警告

1. 确保抬升设备时，背部或其他身体部位不过分负重。使用适当的抬升设备。应遵守所有地区性和国家性的抬升指南。通用机器人不对设备运输造成的任何损坏负责。
2. 确保按照 [1.8. 机械接口](#) 在本页 [21](#) 一章中的安装说明安装机器人。



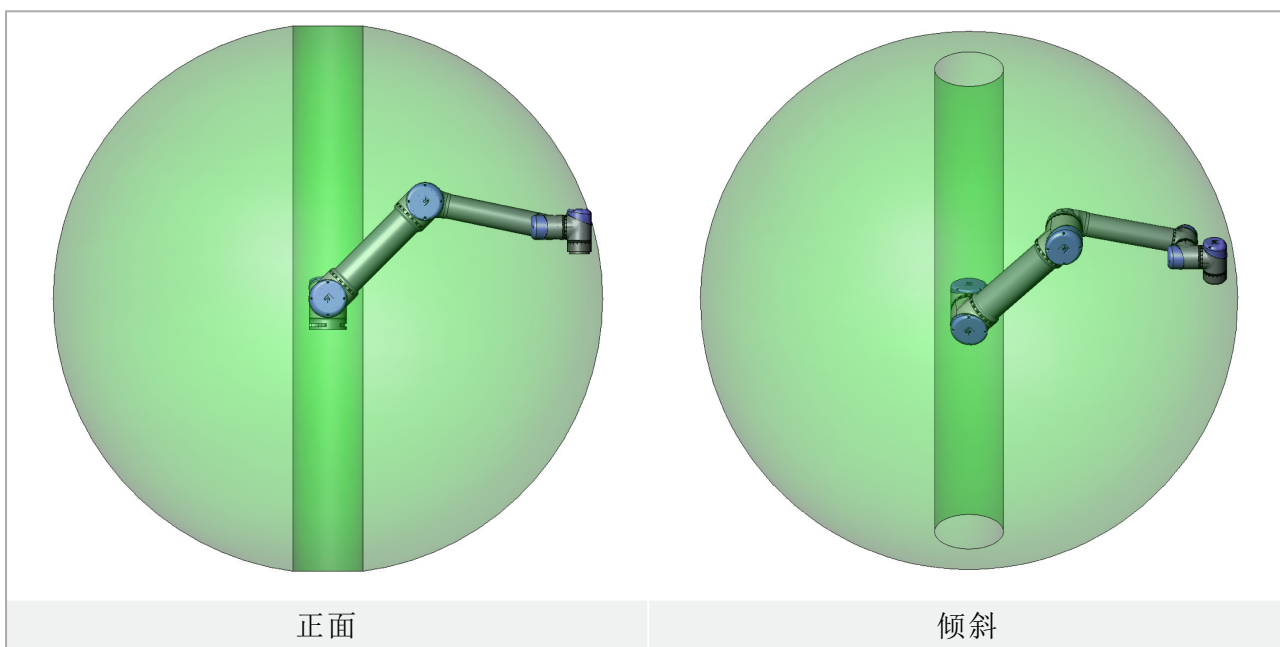
1.8. 机械接口

1.8.1. 前言

本章将介绍安装机器人系统的各个部件时应注意的基本事项。务必遵守[1.9. 电气接口](#)在本页[27](#)一章中的电气安装说明。

1.8.2. 机器人工作空间

机器人的工作空间是指机座关节周围 **850 mm** 范围内的区域。选择机器人安装位置时，务必考虑机器人正上方和正下方的圆柱体空间。尽可能避免将工具移向圆柱体空间，因为这样会造成工具慢速运动时关节却运动过快，从而导致机器人工作效率低下，风险评估难以进行。



1.8.3. 安装

机器人手臂



警告

- 确保机器手臂正确并安全地安装到位。安装表面必须是防震的。
- 记得将橡胶塞插入机器人基座中的所有安装孔以避免手指被夹住。

使用四颗 **M8** 螺栓，通过机器人机座上的四个 **8.5 mm** 孔来安装机器人手臂。建议以 **10 Nm** 扭矩紧固这些螺栓。如果需要非常准确地调整机器人手臂的位置，可以使用预留的两个 **Ø8** 孔，并用销钉加以固定。也可采购精确的基座作为附件来使用。图 [6.1](#) 显示了钻孔位置和螺丝安装位置。

机器人连接器电缆可穿过基座的侧面或底部安装。将机器人安装在一个坚固的表面，该表面

应当足以承受至少 10 倍的基座关节的完全扭转力，以及至少 5 倍的机器手臂的重量。此外，该表面应没有震动。

如果机器人安装在线性轴上或是活动的平台上，则活动性安装基座的加速度应很低。高加速度会导致机器人停止，因为机器人会误以为撞到东西。



警告

关闭机器人手臂的电源，防止在安装和拆卸过程中意外启动。

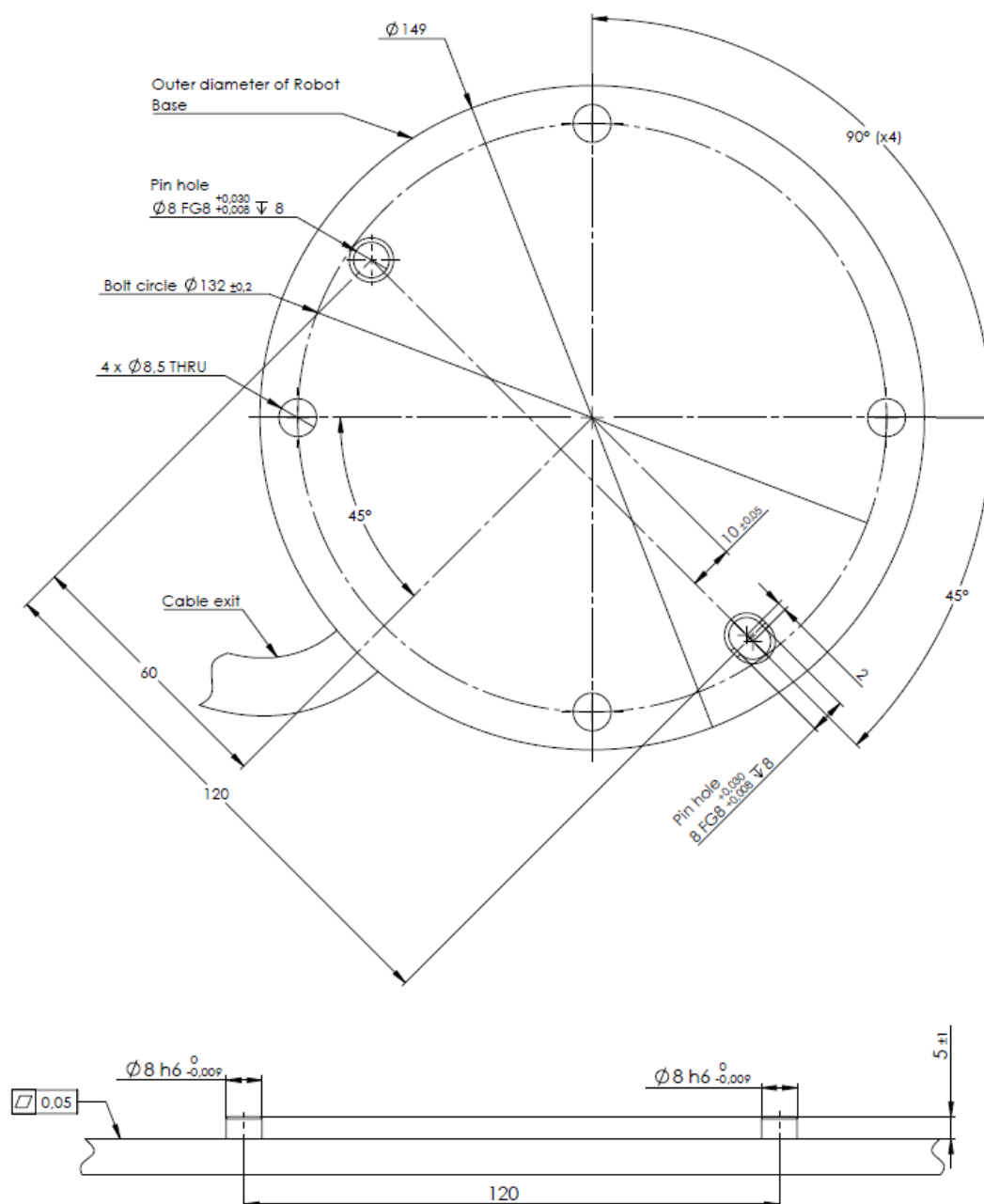
关闭机器人手臂的电源：

1. 按下示教盒上的电源按钮关闭机器人。
2. 从墙壁插座上拔下电源线。
3. 等待 30 秒，让机器人释放所有储存的能量。



小心

将机器人安装在适合 IP 等级的环境中。机器人不得在超过与机器人 (IP54)、示教盒 (IP54) 和控制箱 (IP20) 的 IP 等级相当的环境中运行。



6.1: 机器人安装孔。使用四颗 **M8** 螺栓。所有测量值均以 **mm** 为单位。

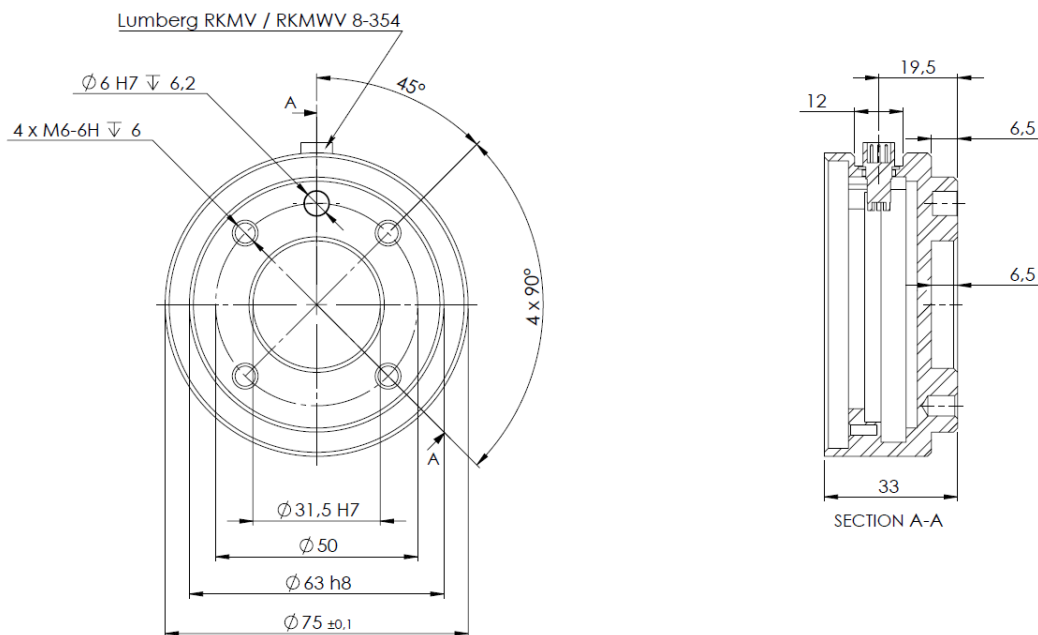
工具

机器人工具法兰有四个 **M6** 螺纹孔，可用于将工具连接到机器人。**M6** 螺栓需要以 **9 Nm** 的扭矩紧固。如果需要非常准确地调整工具的位置，可以使用预留的 $\phi 6$ 孔，并用销钉加以固定。图 6.2 显示了钻孔位置和螺丝安装位置。



警告

1. 确保工具正确并安全地安装到位。
2. 确保工具安全架构，不会有零件意外坠落造成危险。



6.2: 工具输出法兰(符合 ISO 9409-1-50-4-M6 标准)。此处显示的是机器人顶端的工具安装位置。所有测量值均以 **mm** 为单位。

控制箱

控制箱可悬挂在墙壁上,也可安放在地面上。控制箱每侧应留出 **50 mm** 的空隙,以确保空气流通顺畅。额外安装支架可购买。

示教盒

示教盒可以悬挂在墙壁或控制箱上。示教盒的额外安装支架可购买。确保大家不会踩到电缆。



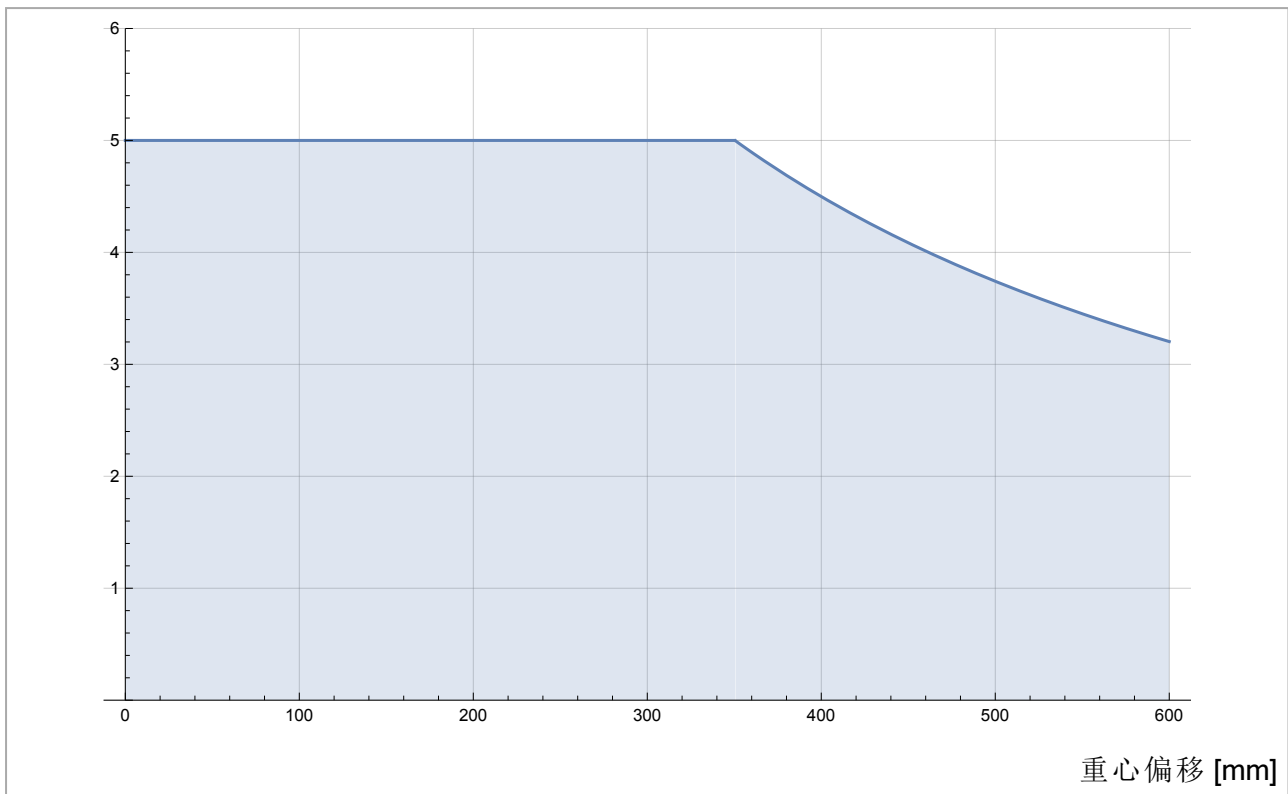
警告

1. 确保控制箱、示教盒和电缆不接触液体。潮湿的控制箱可导致死亡。
2. 控制箱和示教盒不得暴露在灰尘或超出 **IP20** 等级的潮湿环境下。密切注意存在传导性灰尘的环境。

1.8.4. 最大有效载荷

机器人手臂的最大允许有效载荷取决于**重心偏移**,请参见图 6.3。重心偏移定义为工具输出法兰的中心与重心之间的距离。

Payload [kg]



6.3: 最大允许有效载荷与重心偏移之间的关系。



1.9. 电气接口

1.9.1. 前言

本章将介绍机器人手臂和控制箱的所有电气接口。

这些接口分为五类，每类接口有不同的用途和属性：

- 控制器 I/O
- 工具 I/O
- 以太网
- 电源连接
- 机器人连接

I/O 一词是指进出接口的数字和模拟控制信号。

下文对这五类接口进行了说明，大部分类型的 I/O 都提供有示例。

下一节的警告和小心事项与这五组接口均有关，请务必遵守这些事项。

1.9.2. 电气警告和小心事项

在设计和安装机器人应用时，务必遵循以下警告和小心事项。实施维护作业同样要遵循这些警告和小心事项。



警告

1. 切勿将安全信号连接到安全等级不合适的非安全型 PLC。如果不遵守该警告，有可能会造成严重的人员伤亡，因为安全功能有可能失效。务必将安全接口信号与普通 I/O 接口信号分开。
2. 所有安全型信号均具备冗余性(两个独立通道)。保持两个通道独立，可确保在发生单一故障时不会丧失安全功能。
3. 控制箱内部的某些 I/O 可配置为普通 I/O 或安全 I/O。请阅读并理解 [1.9.3. 控制器 I/O 下一页](#) 一节。



警告

1. 请确保所有不得沾水的设备都保持干燥。如果有水进入产品，请切断电源并上锁挂牌，然后联系您的供应商。
2. 仅使用该机器人的原装电缆。请不要在那些电缆需要弯折的应用中使用机器人。如果需要更长的电缆或柔性电缆，可以联系您的供应商。
3. 负接头指接地 **GND** 接头，且与机器人和控制箱的防护罩相连。本文提到的所有 **GND** 接头只适用于供电和传送信号。对于保护性接地 (**PE**)，请使用控制箱中标记接地标志的 **M6** 螺丝接头。接地连接器应至少有该系统内最高电流的额定电流。
4. 将接口电缆安装到机器人 I/O 时务必小心。底部的金属板供接口电缆和连接器使用。钻孔前请去掉这个金属板。重新安装金属板前，请确保所有的毛面都已去掉。记得使用正确尺寸的压盖。



小心

1. 该机器人已通过国际 IEC 标准中规定的电磁兼容性检测。高于 IEC 标准中规定电平的干扰信号将会造成机器人的异常行为。信号电平极高或过度暴露将会对机器人造成永久性的损害。**EMC** 问题通常发生在焊接过程中，通常由日志中的错误消息提示。由 **EMC** 问题造成的任何损失，**Universal Robots** 概不负责。
2. 用于连接控制箱与其他机械和工厂设备的 I/O 电缆长度不得超过 30 米，除非进行延长测试后表明可行。



提示

所有电压和电流均为 DC(直流)，除非另有规定。

1.9.3. 控制器 I/O

本章说明了如何将设备连接到控制箱内的 I/O。此 I/O 极其灵活，可用于多种不同的设备，其中包括气动继电器、PLC 和紧急停止按钮。

下图显示了控制箱内部的电气接口布局。

Safety	Remote	Power	Configurable Inputs	Configurable Outputs	Digital Inputs	Digital Outputs	Analog
Emergency Stop 24V ■ EIO ■ 24V ■ EI1 ■ 24V ■ SIO ■ 24V ■ SI1 ■	12V ■ GND ■ ON ■ OFF ■	PWR ■ GND ■ 24V ■ 0V ■	24V ■ 24V ■ CI0 ■ CI4 ■ 24V ■ 24V ■ CI1 ■ CI5 ■ 24V ■ 24V ■ CI2 ■ CI6 ■ 24V ■ 24V ■ CI3 ■ CI7 ■	0V ■ 0V ■ CO0 ■ CO4 ■ 0V ■ 0V ■ CO1 ■ CO5 ■ 0V ■ 0V ■ CO2 ■ CO6 ■ 0V ■ 0V ■ CO3 ■ CO7 ■	24V ■ 24V ■ DI0 ■ DI4 ■ 24V ■ 24V ■ DI1 ■ DI5 ■ 24V ■ 24V ■ DI2 ■ DI6 ■ 24V ■ 24V ■ DI3 ■ DI7 ■	0V ■ 0V ■ DO0 ■ DO4 ■ 0V ■ 0V ■ DO1 ■ DO5 ■ 0V ■ 0V ■ DO2 ■ DO6 ■ 0V ■ 0V ■ DO3 ■ DO7 ■	AG ■ AI0 ■ AG ■ AI1 ■ AG ■ AO0 ■ AG ■ AO1 ■

不同颜色的含义如下，请务必遵循。

黄色，含红色文本

专用安全信号

黄色，含黑色文本	可进行安全配置
灰色，含黑色文本	通用数字 I/O
绿色，含黑色文本	通用模拟 I/O

可在 GUI 中将可配置的 I/O 配置为安全 I/O 或通用 I/O。请参阅第 II 部分 PolyScope 手册 在本页 79 了解更多信息。

以下章节对如何使用数字 I/O 进行了说明。本节描述了必须遵循的通用规范。

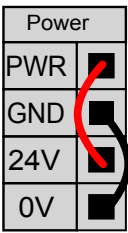
所有数字 I/O 的通用规范

本节阐述了控制箱的下列 24V 数字 I/O 的电气规范。

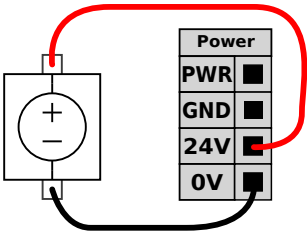
- 安全 I/O。
- 可配置 I/O。
- 通用 I/O。

按照电气规范安装 UR 机器人是非常重要的，这三类不同的输入都要做到这一点。

数字 I/O 既可由内部 24V 电源供电，也可通过配置电源接线盒由外部电源供电。终端盒由四个终端组成。上面两个 (PWR 和 GND) 为 24V，内部的 24V 电源接地。接线盒下部的两个端子 (24V 和 0V) 是为 I/O 供电的 24V 输入。默认配置为使用内部电源，请参见下图。



如果需要更大的电流，可如下图所示连接外部电源。



内部和外部电源的电气规范如下所示。

终端	参数	最小值	典型值	最大值	单位
内置 24V 电源					
[PWR - GND]	电压	23	24	25	V
[PWR - GND]	电流	0	-	2	A
外部 24V 输入要求					
[24V - 0V]	电压	20	24	29	V
[24V - 0V]	电流	0	-	6	A

数字 I/O 的构建遵循 IEC 61131-2。电气规范如下所示。

终端	参数	最小值	典型值	最大值	单位
数字输出					
[COx / DOx]	电流*	0	-	1	A
[COx / DOx]	电压降	0	-	0.5	V
[COx / DOx]	漏电流	0	-	0.1	mA
[COx / DOx]	功能	-	PNP	-	类型
[COx / DOx]	IEC 61131-2	-	1A	-	类型
数字输入					
[EIx/SIx/CIx/DIx]	电压	-3	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	OFF 区域	-3	-	5	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	ON 区域	11	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	电流 (11-30V)	2	-	15	mA
[EIx/SIx/CIx/DIx]	功能	-	PNP	-	类型
[EIx/SIx/CIx/DIx]	IEC 61131-2	-	3	-	类型

注意：*针对最大 1H 的电阻负载或电感性负载。



提示

可配置一词用于可配置为安全 I/O 或普通 I/O 的 I/O。这些是带黑色文字的黄色端子。

安全 I/O

本节将介绍专用安全输入(带红色文字的黄色端子)和配置为安全 I/O 时的可配置 I/O(带黑色文字的黄色端子)。务必遵守[所有数字 I/O 的通用规范 上一页](#)一节的通用规范。

安全装置和设备必须按照安全说明和风险评估进行安装(请参阅[1.5. 安全 在本页 5](#)一章)。

所有安全 I/O 成对存在(冗余)，并且必须保留成两个独立的支路。单一故障应不会导致丧失安全功能。

两个永久安全输入是**机器人紧急停止**和**防护停止**。机器人紧急停止输入仅用于紧急停止设备。防护停止输入用于所有类型的安全保护设备。功能差异如下所示。

	紧急停止	防护停止
机器人停止运动	是	是
程序执行	暂停	暂停
机器人电源	关	开
重置	手动	自动或手动
使用频率	不常使用	不超过每运行周期一次

	紧急停止	防护停止
需要重新初始化	仅释放制动器	否
停机类别 (IEC 60204-1)	1	2
监视功能的性能等级 (ISO 13849-1)	PLd	PLd

可以使用可配置的 I/O 设置紧急停止输出等其他安全 I/O 功能。有关如何通过 GUI 为安全功能配置一组可配置的 I/O，请参阅第 II 部分 PolyScope 手册 在本页 79。

下面的章节中举出了一些关于如何使用安全 I/O 的示例。

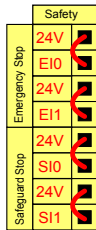


警告

1. 切勿将安全信号连接到安全等级不合适的非安全型 PLC。如果不遵守该警告，有可能会造成严重的人员伤亡，因为安全功能有可能失效。务必将安全接口信号与普通 I/O 接口信号分开。
2. 所有安全型 I/O 均具备冗余性(两个独立通道)。保持两个通道独立，可确保在发生单一故障时不会丧失安全功能。
3. 在将机器人投入使用前，务必检验安全功能。必须定期测试安全功能。
4. 机器人的安装需遵循这些规格。如果不遵循这些规格，有可能会造成严重的人员伤亡，因为安全功能有可能失效。

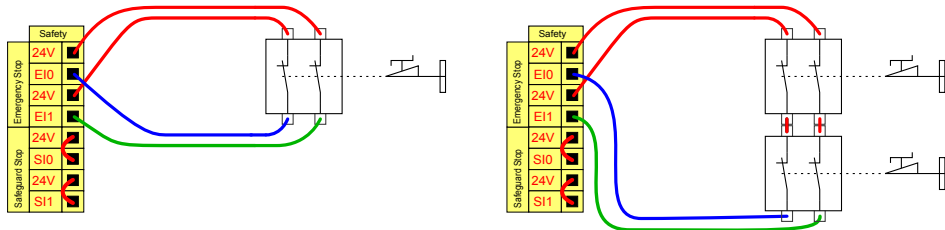
默认安全配置

所交付的机器人进行了默认配置，可在没有任何附加安全设备的情况下进行操作，请参阅下图。



连接紧急停止按钮

在大多数应用中，需要使用一个或多个额外的紧急停止按钮。下图显示了如何连接一个或多个紧急停止按钮。



与其他机器共享紧急停止

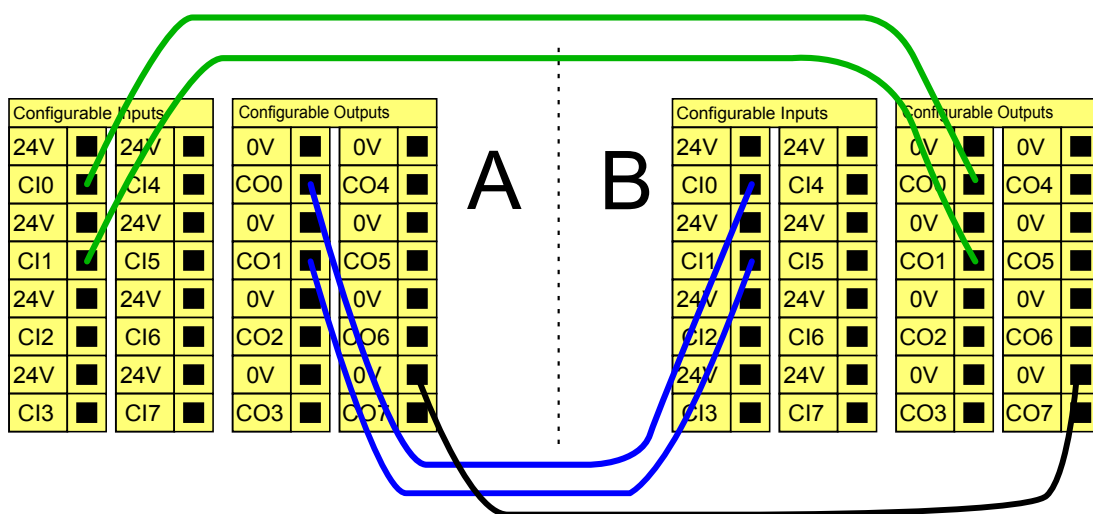
当机器人与其他机器搭配使用时，往往需要设置一条公共的紧急停止电路。通过设置一条公共线路，操作员就不必思考要使用哪一个紧急停止按钮。

由于这两台机器都需要等待彼此跳出紧急停止条件，因此机器人紧急停止输入不能用于共享。

要与其他机器共享紧急停止功能，必须通过 GUI 配置可配置的 I/O 功能。

- 可配置的输入对：外部紧急停止。
- 可配置的输出对：系统紧急停止。

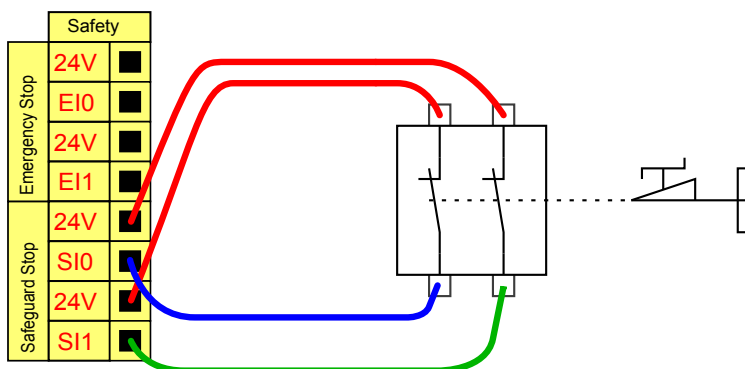
下图显示了 UR 机器人如何共享紧急停止功能。在本例中，使用的配置 I/O 为“CI0-CI1”和“CO0-CO1”。



如果需要连接两台以上的 UR 机器人或其他机器，需要使用安全 PLC 来控制紧急停止信号。

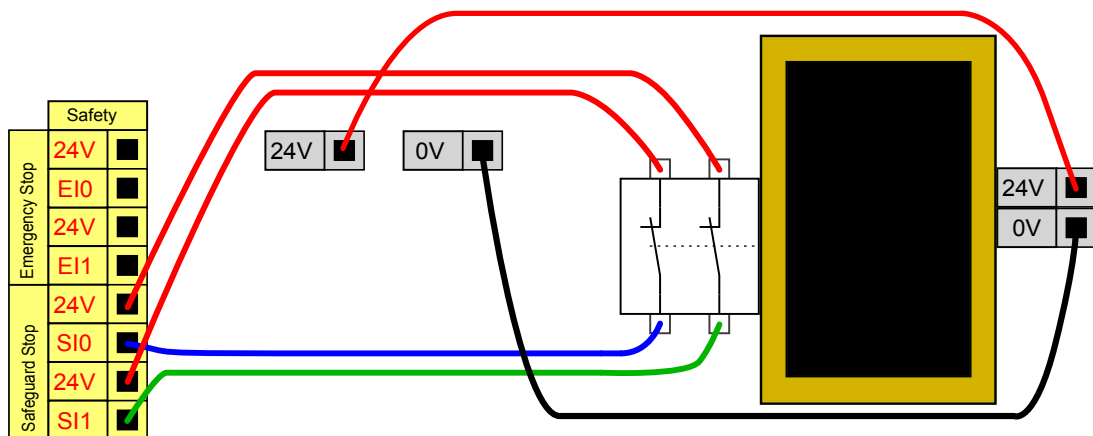
可自动恢复的防护停止

门开关就是基本防护停止设备的一个例子，门打开时，机器人停止，请参见下图。



此配置仅针对操作员不能通过门并在身后关上门的应用。可配置的 I/O 可以用于设置门外的重置按钮，以重新激活机器人运动。

适合进行自动恢复的另外一个例子是使用安全垫或安全型激光扫描仪，参见下图。

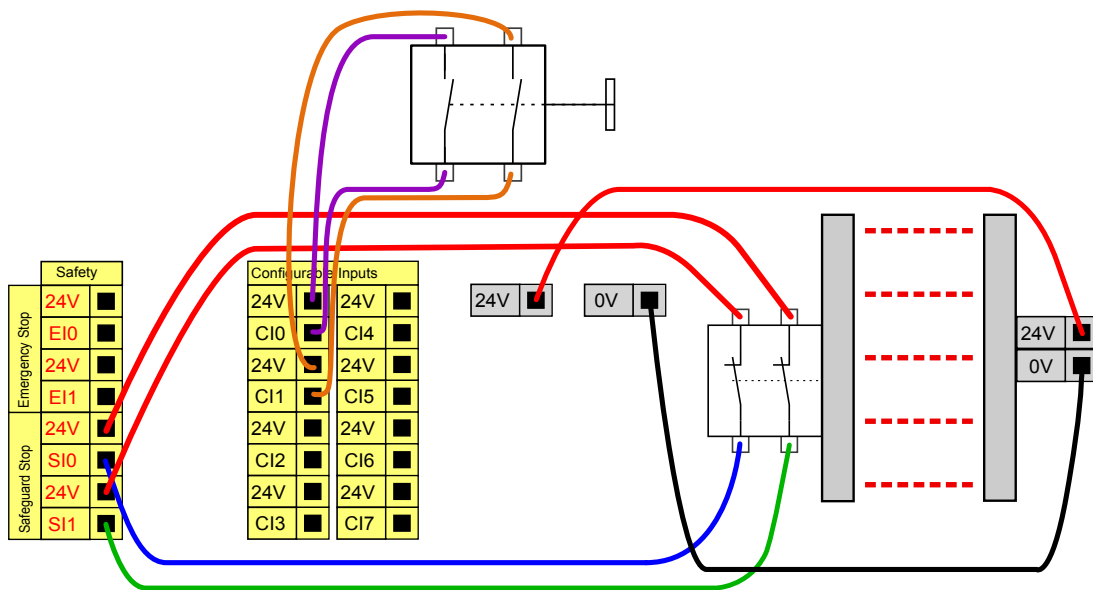


警告

1. 当重建防护信号时，机器人自动恢复运动。如果可从安全地带内部重建信号，请勿使用此配置。

带重置按钮的防护停止

如果使用防护接口与光幕交互，需要从安全地带外部进行重置。重置按钮必须为双通道型按钮。在本例中，为复位配置的 I/O 为“CI0-CI1”，请参见下图。



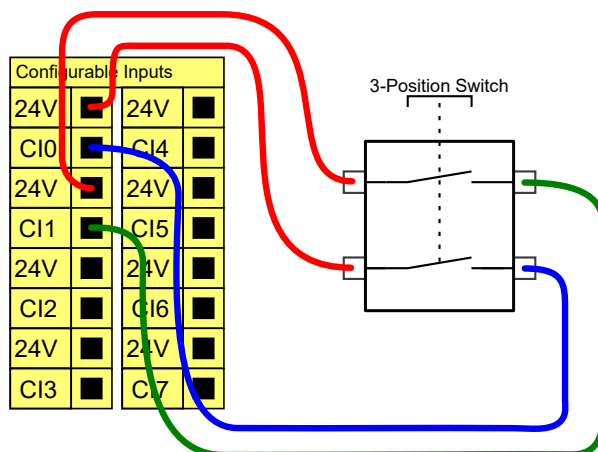
3 档位使动装置

下图说明了 3 档位使动装置的连接方法。有关 3 档位使动装置的更多信息，请参阅[3 档位使动装置](#) and [操作模式](#) 在本页 96 一节。



提示

通用机器人安全系统不支持多台 3 档位使动装置。



提示

3档位使动装置输入的两个输入通道具有1秒的不一致容差。

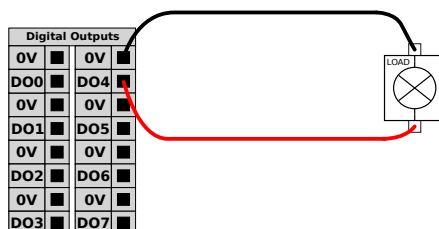
通用数字 I/O

本节将介绍通用 24V I/O(灰色端子) 和未配置为安全 I/O 时的可配置 I/O(带黑色文字的黄色端子)。务必遵守[所有数字 I/O 的通用规范](#) 在[本页29](#)一节的通用规范。

通用 I/O 可用于直接驱动气动继电器等设备, 或用于与其他 PLC 系统通信。所有数字输出都可以在程序停止执行时自动禁用, 请参阅[第 II 部分 PolyScope 手册](#) 在[本页79](#)了解更多信息。此模式下, 如果程序没有运行, 则输出始终为低电平。下面的章节举了几个例子。这些示例使用的是常规数字输出, 但如果可配置的输出没有被配置为执行安全功能, 则也可使用此类输出。

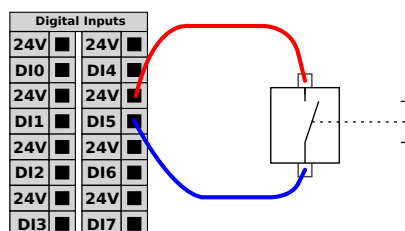
由数字输出控制的负载

本例显示了由数字输出控制的负载的连接方式, 参见下图。



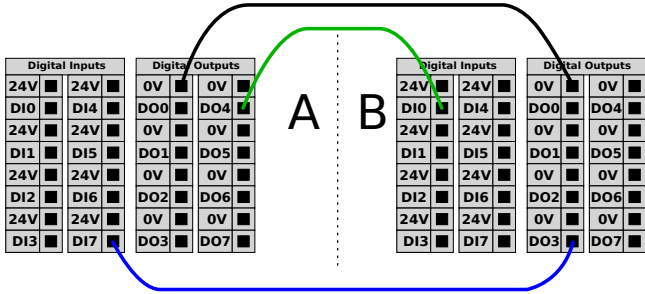
从按钮进行的数字输入

本例显示了简单按钮与数字输入的连接方式。



与其他机器或 PLC 通信

如果建立了通用 GND (0V) 并且机器采用 PNP 技术，则可使用数字 I/O 与其他设备通信，参见下图。



通用模拟 I/O

模拟 I/O 接口为绿色终端。此类接口可用于设置或测量进出其他设备的电压 (0-10V) 或电流 (4-20mA)。

为获得最高准确度，建议遵循以下说明：

- 使用最靠近该 I/O 的 AG 端子。此对共用一个共模滤波器。
- 设备和控制箱使用相同的 GND (0V)。模拟 I/O 没有与控制箱进行电位隔离。
- 使用屏蔽电缆或双绞线。将屏蔽线与“电源”端子处的“GND”端子相连。
- 使用在电流模式下工作的设备。电流信号的敏感度低于接口。

可在 GUI 中选择输入模式，请参阅第 II 部分 [PolyScope 手册](#) 在本页 79。电气规范如下所示。

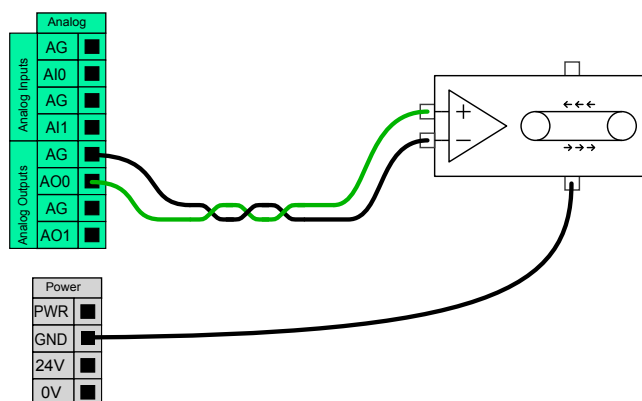
终端	参数	最小值	典型值	最大值	单位
电流模式下的模拟输入					
[AIx - AG]	电流	4	-	20	mA
[AIx - AG]	电阻	-	20	-	ohm
[AIx - AG]	分辨力	-	12	-	位
电压模式下的模拟输入					
[AIx - AG]	电压	0	-	10	V
[AIx - AG]	电阻	-	10	-	Kohm
[AIx - AG]	分辨力	-	12	-	位
电流模式下的模拟输出					
[AOx - AG]	电流	4	-	20	mA
[AOx - AG]	电压	0	-	24	V
[AOx - AG]	分辨力	-	12	-	位
电压模式下的模拟输出					
[AOx - AG]	电压	0	-	10	V

终端	参数	最小值	典型值	最大值	单位
[AOx - AG]	电流	-20	-	20	mA
[AOx - AG]	电阻	-	1	-	ohm
[AOx - AG]	分辨力	-	12	-	位

下面的例子显示了模拟 I/O 的使用方式。

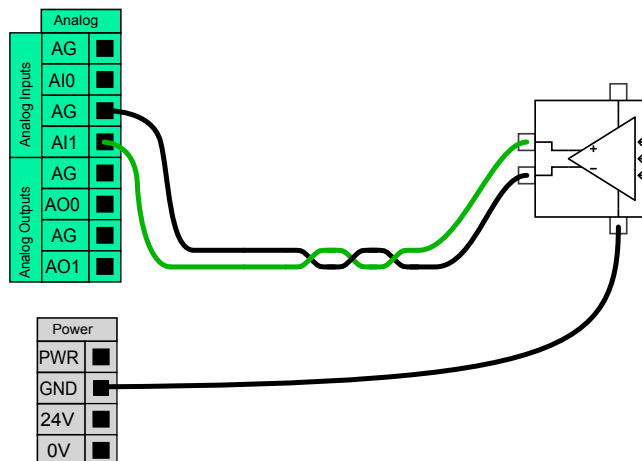
使用模拟输出

下例说明了如何利用模拟速度控制输入来控制传送带。



使用模拟输入

下例说明了如何连接模拟传感器。



远程 ON/OFF 控制

利用远程 ON/OFF 控制，可在不使用示教盒的情况下开启和关闭控制箱。它通常用于以下应用：

- 示教盒不可接近的情况。
- PLC 系统必须实施全面控制的情况。
- 必须同时开启或关闭多个机器人的情况。

远程 ON/OFF 控制提供有 12V 的小型辅助电源，控制箱关闭时此电源将保持活动状态。“ON”和“OFF”输入仅用于短时激活。“ON”输入与电源按钮的工作原理相同。始终将“OFF”输入用于远程“OFF”控制，因为此信号允许控制箱保存打开的文件并正常关闭。

电气规范如下所示。

终端	参数	最小值	典型值	最大值	单位
[12V - GND]	电压	10	12	13	V
[12V - GND]	电流	-	-	100	mA
[ON / OFF]	无源电压	0	-	0.5	V
[ON / OFF]	有源电压	5	-	12	V
[ON / OFF]	输入电流	-	1	-	mA
[ON]	激活时间	200	-	600	ms

下面的例子显示了远程 ON/OFF 的使用方式。



提示

可使用软件中的一项特殊功能自动加载和启动程序，请参阅第 II 部分 [PolyScope 手册 在本页 79](#)。

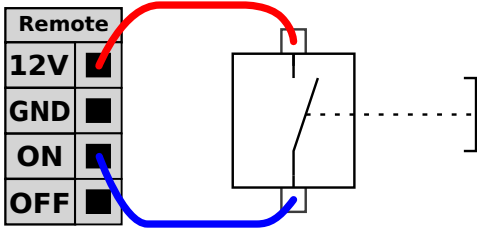


小心

1. 禁止使用“ON”输入或电源按钮关闭控制箱。

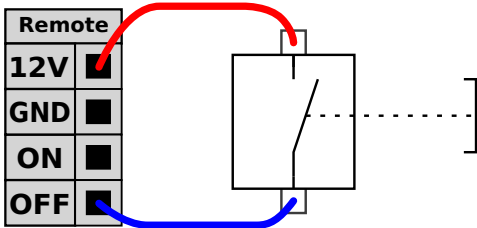
远程 ON 按钮

下图说明了远程 ON 按钮的连接方法。



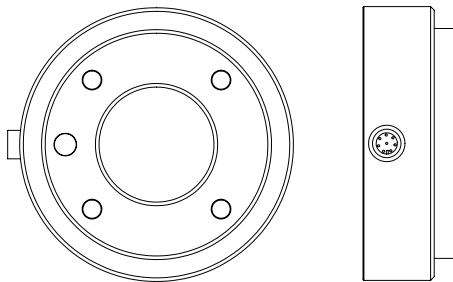
远程 OFF 按钮

下图说明了远程 OFF 按钮的连接方法。



1.9.4. 工具 I/O

在机器人的工具端，有一个 8 引脚的小型连接器，请参见下图。



此连接器为特定机器人工具上使用的夹持器和传感器提供电源和控制信号。适合使用的工业电缆如下：

- Lumberg RKMV 8-354。



提示

工具连接器必须手动拧紧，最大力矩 **0.4Nm**。

电缆内部的八条线有不同颜色，不同颜色代表不同功能，请参见下表：

颜色	信号
红色	0V (GND)
灰色	0V/+12V/+24V(电源)
蓝色	工具输出 0 (TO0)
粉红色	工具输出 1 (TO1)
黄色	工具输入 0 (TI0)
绿色	工具输出 1 (TI1)
白色	模拟输入 2 (AI2)
棕色	模拟输入 3 (AI3)

可在 GUI 的 I/O 选项卡中将内部电源设置为 0V、12V 或 24V，请参阅第 II 部分 [PolyScope 手册](#) 在本页 79。电气规范如下所示：

参数	最小值	典型值	最大值	单位
24V 模式下的电源电压	-	24	-	V
12V 模式下的电源电压	-	12	-	V
两种模式下的电源电流*	-	-	600	mA

注意：*强烈建议为电感性负载使用保护二极管
后续章节将介绍工具的不同 I/O。



警告

1. 连接工具和夹持器保证中断电源时不会导致任何危险，例如工件从工具上掉落。
2. 使用 12V 电源时要特别小心，因为程序员出错可能会导致电压变为 24V，从而可能损坏设备和引发火灾。



提示

工具法兰 GND 相连通(与红线相同)。

工具数字输出

数字输出以 NPN 的形式实现。数字输出激活后，相应的接头即会被驱动接通 GND，数字输出端禁用后，相应的接头将处于开路(开集/开漏)。电气规范如下所示：

参数	最小值	典型值	最大值	单位
开路时的电压	-0.5	-	26	V
灌入 1A 电流时的电压	-	0.05	0.20	V
灌电流	0	-	600	mA
通过 GND 的电流	0	-	600	mA

下一小节中的示例显示了如何使用数字输出。

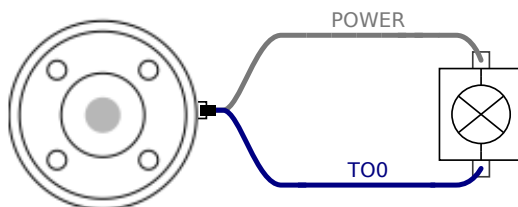


小心

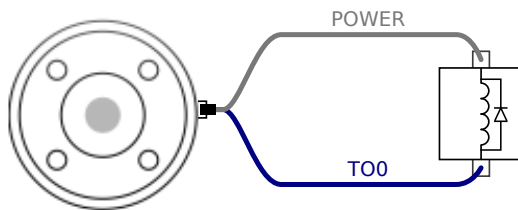
1. 工具中的数字输出端没有电流限制，若超过所规定的数值，可能会导致永久性损坏。

使用工具数字输出

下例说明了如何在使用 12V 或 24V 的内部电源时打开负载。请记住，您必须要在 I/O 选项卡中定义输出电压。并谨记，即使负载已关闭，电源接头和防护罩/地面之间仍存在电压。



注意：强烈建议为电感性负载使用保护二极管，如下所示。



工具数字输入端

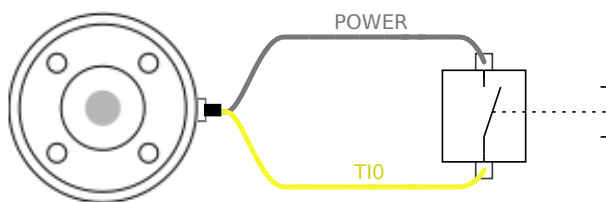
数字输入以配有弱下拉电阻器的 **PNP** 的形式实现。这意味着浮置输入的读数始终为低。电气规范如下所示。

参数	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	-0.5	-	26	V
逻辑低电压	-	-	2.0	V
逻辑高电压	5.5	-	-	V
输入电阻	-	47k	-	Ω

下一小节中的示例显示了如何使用数字输入。

使用工具数字输入

下例显示了简单按钮的连接方法。



工具模拟输入

工具模拟输入为非差分输入，可在 **I/O** 选项卡上设置为电压和电流，请参阅[第 II 部分 PolyScope 手册 在本页 79](#)。电气规范如下所示。

参数	最小值	典型值	最大值	单位
电压模式下的输入电压	-0.5	-	26	V
0V 至 10V 电流范围内的输入电阻	-	15	-	k Ω
分辨力	-	12	-	位
电流模式下的输入电压	-0.5	-	5.0	V
电流模式下的输入电流	-2.5	-	25	mA
4mA 至 20mA 电流范围内的输入电阻	-	200	-	Ω
分辨力	-	12	-	位

下面的章节中举出了两个关于如何使用模拟输入的示例。

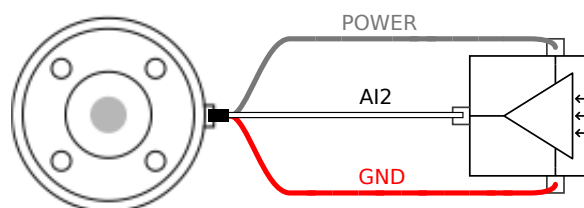


小心

1. 在电流模式下，模拟输入没有提供过电压保护。超过电气规范中的极限可能导致输入端永久损坏。

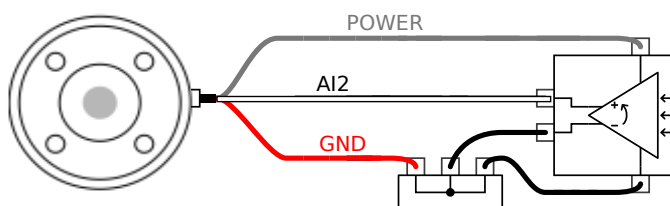
使用工具模拟输入，非差分

下例显示了模拟传感器与非差分输出的连接方式。只要模拟输入的输入模式设置与 I/O 选项卡中的设置相同，那么传感器的输出端可设置为电流模式，也可设置为电压模式。请记得检查并确保带有电压输出端的传感器可以驱动工具的内部电阻，否则测量值可能无效。



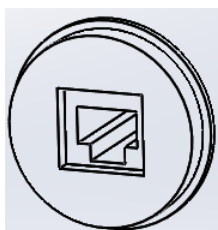
使用工具模拟输入，差分

下例显示了模拟传感器与差分输出的连接方式。将负输出端连接至 GND (0V)，即可像非差分传感器一样工作。



1.9.5. 以太网

控制箱底部提供有以太网接口，请参见下图。



以太网接口可用于以下应用：

- MODBUS I/O 扩展模块。请参阅第 II 部分 PolyScope 手册 在本页 79 了解更多信息。
- 远程访问和控制。

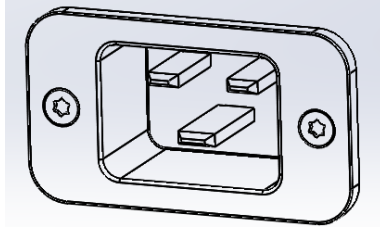
电气规范如下所示。



参数	最小值	典型值	最大值	单位
通信速度	10	-	1000	Mb/s

1.9.6. 电源连接

控制箱市电电缆末端有一个标准 IEC 插头。将当地专用的市电插座或电缆连接到 IEC 插头。要使机器人通电，控制箱必须与电源相连。这个过程必须使用相应的 IEC C19 电线连接控制箱底部的标准 IEC C20 插头来完成，请参见下图。



电源至少应配备以下附件：

- 接地。
- 市电保险丝。
- 剩余电流断路器。

建议对机器人应用中的所有设备的电源安装电源开关，以便于在维修时上锁挂牌。

电气规范如下表所示。

参数	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	100	-	265	VAC
外部市电保险丝(100-200V 时)	8	-	16	A
外部市电保险丝 (@ 200-265V)	8	-	16	A
输入频率	47	-	63	Hz
备用电源	-	-	0.5	W
额定工作功率	90	150	325	W

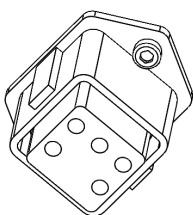


警告

1. 请确保机器人以正确的方式接地(电气接地)。请使用未用的且与控制箱内接地标志相连的插销来为系统内的所有设备建立通用接地。接地连接器应至少有该系统内最高电流的额定电流。
2. 请确保控制箱的输入电流受到剩余电流装置 (RCD) 和适当的保险丝的保护。
3. 完成所有服务所需的机器人安装设置后,所有的电源都需上锁挂牌。当系统上锁后,其他设备都不可给机器人 I/O 供电。
4. 请确保所有的电缆在控制箱通电前都正确连接。始终正确使用原装的电源线。

1.9.7. 机器人连接

机器人电缆必须插入控制箱底部的连接器中,请参见下图。在开启机器人手臂时,务必适当锁定连接器。断开机器人电缆时必须切断机器人的电源。



小心

1. 切勿在机器人手臂开启时断开机器人电缆。
2. 切勿延长或改装原电缆。



1.10. 维护和维修

根据本手册中的所有安全说明执行任何目视或工作环境检查。

按照支持网站 (<http://www.universal-robots.com/support>) 上最新版本的服务手册执行所有维护、检查、校准和维修工作。

维修工作只能由 **Universal Robots** 或授权的系统集成商完成。由客户指定、经过培训的个人也可以进行维修，前提是他们要遵守本服务手册中提及的检查计划。请参阅服务手册第 5 章，了解适用于经培训的个人的完整检查计划

零件退回给 **Universal Robots** 时应按服务手册中的条款规定进行操作。

1.10.1. 安全指示

维护维修后，必须进行核对以确保服务要求的安全级别。检查必须遵守有效的国家或地区工作安全规定。同时应检测所有安全功能是否都正常。

维护维修工作的目的是为了确保系统正常运转，或在故障状态时，帮助系统恢复正常运转状态。维修包括故障诊断和实际的维修。

在机器人手臂或控制箱上工作时，必须遵守以下程序和警告。



警告

1. 请勿更改软件安全配置中的任何信息(例如，力限值)。安全配置在 **PolyScope** 手册中有介绍。如果安全参数变更，整个机器人系统应被视为新系统，这就意味着所有安全审核过程，比如风险评估，都必须更新。
2. 使用部件号相同的新部件或 **Universal Robots** 批准的相当部件替换故障部件。
3. 该工作完成后立即重新激活所有禁用的安全措施。
4. 书面记录所有维修操作，并将其保存在整个机器人系统相关的技术文档中。



警告

1. 从控制箱底部移除主输入电缆以确保其完全断电。断开机器人手臂或控制箱连接的其他能源。采取必要的预防措施以避免其他人在维修期间重新接通系统能源。
2. 重新开启系统前请检查接地连接。
3. 拆分机器人手臂或控制箱时请遵守 **ESD** 法规。
4. 避免拆分控制箱内的供电系统。控制箱关闭后其供电系统仍可留存高压(高达 600V)达数小时。
5. 避免水或粉尘进入机器人手臂或控制箱。

1.10.2. 清洁

日常清洁

可以使用布和下列清洁剂之一擦拭机器人手臂上可见的任何灰尘/污垢/油：水、异丙醇、10%乙醇或 10% 石脑油。在极少数情况下，可在关节处看到很少量的润滑脂。这不会影响关节的功能、使用或寿命。

额外清洁

由于清洁机器人更重要，UR 建议使用 70% 的异丙醇(外用酒精)进行清洁。

1. 用硬捻超细纤维布和 70% 异丙醇(外用酒精)擦拭机器人。
2. 让 70% 异丙醇在机器人上停留 5 分钟，然后使用标准清洁程序清洁机器人。

请勿使用漂白剂。不要在任何稀释的清洗液中使用漂白剂。

1.11. 处理和环境

UR 机器人必须按照适用的国家法律、法规和标准进行处置。

UR 机器人生产时限制使用有害物质以保护环境；符合欧洲 RoHS 指令 2011/65/EU 的定义。这些危险物质包括汞、镉、铅、六价铬、多溴联苯、多溴联苯醚。

丹麦市场上出售的 UR 机器人的电子废弃物的处置处理费用已由 Universal Robots A/S 预付给 DPA-system。在适用欧盟 WEEE 指令 2012/19/EU 的国家/地区，进口商必须向其本国 WEEE 注册机构登记。费用通常低于 1€/机器人。有关各个国家/地区注册机构的列表，请访问以下链接：<https://www.ewrn.org/national-registers>。

下述符号将贴在机器人上以表示符合上述法律法规。



1.12. 认证

第三方认证是自愿的。不过，为了向机器人集成商提供最佳服务，Universal Robots 选择在下列知名的检测机构对我们的机器人进行了认证。

您可以在[证书](#)

一章中找到所有证书的副本。

	TÜV NORD	Universal Robots e-Series 机器人已通过 TÜV NORD 的安全认证，TÜV NORD 是欧盟机械指令 2006/42/EC 的公告机构。
	TÜV Rheinland	UR 机器人已通过 TÜV Rheinland 的安全认证，TÜV Rheinland 是欧盟机械指令 2006/42/EC 的公告机构。
	TÜV SÜD	UR 机器人已通过 TÜV SÜD 无尘室测试。
	CHINA RoHS	Universal Robots e-Series 机器人符合中国 RoHS 电子信息产品污染控制管理办法。

	KCC 安全	Universal Robots e-Series 机器人已通过评估，符合 KCC 标志安全标准。
	KC 注册	Universal Robots e-Series 机器人已通过在工作环境中使用的符合性评估。因此，在家庭环境中使用时存在无线电干扰的风险。
	Delta	Universal Robots e-Series 机器人已通过 DELTA 进行的性能测试。

供应商第三方认证

	环境	Universal Robots e-Series 机器人运输托盘由我们的供应商提供，符合丹麦 ISMPM-15 木质包装材料生产要求，并按照该方案进行标示。
---	----	---

制造商测试认证

	Universal Robots	Universal Robots e-Series 机器人已经过连续的内部测试和终端测试程序。 UR 测试流程会不断进行审查和改进。
--	------------------	---

符合欧盟指令的声明

虽然这些声明主要与欧洲有关，但欧洲以外的一些国家/地区认可和/或要求欧盟声明。欧洲指令可在官方主页上找到：<http://eur-lex.europa.eu>。

根据机械指令，Universal Robots 的机器人属于半成品机械，因此没有贴上 CE 标识。您可以在 [声明和认证](#) 一章中找到根据机械指令制定的整合声明 (DOI)

1.13. 质保

1.13.1. 产品质量保证

在无损于用户(客户)可能与经销商或零售商达成的任何索赔协议的原则下,制造商应根据以下所列条款给予客户产品质量保证:

若新设备及其组件在投入使用后 12 个月内(如包括运输时间则最长不超过 15 个月),出现因制造和/或材料不良所致的缺陷, **Universal Robots** 应提供必要的备用部件,而用户(客户)应提供人工来更换备件,使用体现最新技术水平的另一部件予以更换或维修相关部件。若设备缺陷是由处理不当和/或未遵循用户指南中所述的相关信息所致,则本产品质量保证失效。本产品质量保证不适用于或并不延伸至由授权经销商或客户自行执行的维护(例如安装、配置、软件下载)。用户(客户)必须提供购买收据和购买日期作为享受产品质量保证的有效证据。根据本产品质量保证提出的索赔必须于产品质量保证明显未得以履行的两个月内提出。被更换或返至 **Universal Robots** 的设备或组件的所有权归 **Universal Robots** 所有。由设备引起或与设备相关的任何其他索赔不在本产品质量保证范围之列。本产品质量保证中的任何条款均不试图限制或排除客户的法定权利,也不试图限制或排除制造商对其疏忽而导致的人员伤亡所应承担的责任。本产品质量保证持续时期不得因根据产品质量保证条款所提供之服务而延展。在不违背本产品质量保证的原则下, **Universal Robots** 保留向客户收取更换或维修费用的权利。上述规定并非暗示改变举证的责任而有损客户利益。如果设备呈现缺陷, **Universal Robots** 不承担由此引起的任何损害或损失,包括但不限于生产损失或其他生产设备造成的损坏。

如果设备呈现缺陷, **Universal Robots** 不承担由此引起的任何损害或损失,例如生产损失或其他生产设备造成的损坏。



小心

通常建议避免使用高于给定应用所需的加速度。高加速度,尤其是与高载荷相结合,会缩短机器人的使用寿命。对于循环时间短、对速度要求高的应用,一般建议尽可能多地使用交融,以确保轨迹平稳而无需高加速度。

1.13.2. 免责声明

Universal Robots 致力于不断提高产品的可靠性和性能,并因此保留升级产品的权利,恕不另行通知。**Universal Robots** 力求确保本手册内容的准确性和可靠性,但不对其中的任何错误或遗漏信息负责。



1.14. 制动时间和制动距离

下面关于停止时间和距离的信息适用于 0 类停机和 1 类¹停机。本附录涵盖 0 类停机的相关信息。有关 1 类停机的信息，请访问 <http://universal-robots.com/support/>。

1.14.1. 0 类停机的停止距离和停止时间

下表中显示了触发 0 类停机时测得的停止距离和停止时间。这些测量结果对应于机器人的以下配置：

- 伸展: 100%(机器人手臂完全水平伸展)。
- 速度: 100(机器人的一般速度设为 100%，以 183 °/s 的关节速度进行移动)。
- 有效载荷: 连接到 TCP 的机器人可以处理的最大有效载荷 (5 kg)。

通过执行水平移动(即旋转轴垂直于地面) 对关节 0 进行测试。在对关节 1 和关节 2 的测试过程中，机器人遵循垂直轨迹，即旋转轴平行于地面，并在机器人向下移时停止。

	停止距离 (rad)	停止时间 (ms)
关节 0(底座)	0.31	244
关节 1(肩部)	0.70	530
关节 2(肘部)	0.22	164

1. 停机类别符合 IEC 60204-1，请参见术语表了解更多详细信息。[↗](#)

1.15. 声明和认证

EU Declaration of Incorporation in accordance with ISO/IEC 17050-1:2010	
Manufacturer	Universal Robots A/S Energivej 25 DK-5260 Odense S Denmark
Person in the Community Authorized to Compile the Technical File	David Brandt Technology Officer, Research and Development Universal Robots A/S Energivej 25, DK-5260 Odense S
Description and Identification of the Partially-Completed Machine(s) Product and Function	Industrial robot (multi-axis manipulator with Control Box and Teach Pendant). Function is determined by the completed machine (with end-effector and intended use).
Model	UR3, UR5, UR10 with CB3 control box (UR3/CB3, UR5/CB3, UR10/CB3)
Serial Number	Starting 20183000000 and higher --- Effective 1 January 2018



EU Declaration of Incorporation in accordance with ISO/IEC 17050-1:2010

Incorporation:	Universal Robots (UR3, UR5, and UR10) shall only be put into service upon being integrated into a final complete machine (robot system, cell or application), which conforms with the provisions of the Machinery Directive and other applicable Directives.
----------------	--

It is declared that the above products, for what is supplied, fulfil the following Directives as Detailed Below:

I Machine Directive 2006/42/EC	The following essential requirements have been fulfilled: 1.1.2, 1.1.3, 1.1.5, 1.2.1, 1.2.4.3, 1.2.6, 1.3.4, 1.3.8.1, 1.5.1, 1.5.2, 1.5.6, 1.5.10, 1.6.3, 1.7.2, 1.7.4, 4.1.2.3 It is declared that the relevant technical documentation has been compiled in accordance with Part B of Annex VII of the Machinery Directive.
II Low-voltage Directive 2014/35/EU	Reference the LVD and the harmonized standards used below.
III EMC Directive 2014/30/EU	Reference the EMC Directive and the harmonized standards used below.
IV RoHS Directive 2011/65/EU	Reference the RoHS Directive 2011/65/EU.
V WEEE Directive 2012/19/EU.	Reference the WEEE Directive 2012/19/EU.
Reference to Harmonized Standards Used:	(I) EN ISO 10218-1:2011 as applicable, (I) EN ISO 12100:2010 (I) EN ISO 13732-1:2008, (I) EN ISO 13849-1:2008 & 2015* *Note: From the 2008 to the 2015 editions, there are no changes relevant to our robots TUV Nord Certificate 4478014097602 (I) EN ISO 13849-2:2012, (I) EN ISO 13850:2015 (I) EN 1037:1995+A1:2008, (I) EN ISO 13850:2015 (II) EN 60320-1:2001/ A1:2007, (II) EN 60204-1:2006/ A1:2010 (II) EN 60529:1991/ A2:2013 (II) EN 60664-1:2007, (II) EN 60947-5-5:1997/ A11:2013 (II) EN 61000-6-2:2005, (II) EN 61140:2002/ A1:2006 (III) EN 61000-6-4:2007/ A1:2011, (III) EN 61131-2:2007
Reference to Other Technical Standards and Specifications Used:	(I) ISO/TS 15066 as applicable (II) IEC 61784-3:2010 [SIL2] ISO 14664-1:2015 Class 5 for control assembly with enclosure and Class 5 for UR3, UR5 and UR10 manipulators (II) IEC 60664-5:2007 (III) IEC 60068-2-27:2008, (III) IEC 60068-2-1:2007 (III) IEC 60068-2-2:2007, (III) IEC 61326-3-1:2008

The manufacturer, or his authorized representative, shall transmit relevant information about the partly completed machinery in response to a reasoned request by the national authorities.
Approval of full quality assurance system (ISO 9001), by the notified body Bureau Veritas, certificate #DK008850.

Odense Denmark, 27 September 2018



Name:

Roberta Nelson Shea

Position/ Title

Global Technical Compliance Officer

Universal Robots A/S, Energivej 25, DK-5260 Odense S, Denmark
CVR-nr. 29 13 80 60

Phone +45 8993 8989
Fax +45 3879 8989

info@universal-robots.com
www.universal-robots.com

1.16. 声明和认证 (原件译文)

符合 ISO/IEC 17050-1:2010 的欧盟整合声明

制造商	Universal Robots A/S Energivej 25 DK-5260 Odense S Denmark
共同体内有权编制技术文件的人员	David Brandt 研发部门技术官 Universal Robots A/S Energivej 25, DK-5260 Odense S
半成品机械的描述和标识产品和功能	工业机器人(带控制箱和示教盒的多轴机械手)功能由已完成的机器(带末端执行器和预期用途)决定。
型号	带有CB3控制箱的UR3、UR5、UR10(UR3/CB3, UR5/CB3, UR10/CB3)
序列号	从 20183000000 开始---自 2018 年 1 月 1 日起生效
整合:	Universal Robots UR3、UR5 和 UR10 必须集成到符合机械指令和其他适用指令规定的最终整机(机器人系统、单元或应用)中后才能投入使用。

特此声明上述产品供应的是什么, 履行以下指令详细如下:

I 机器指令 2006/42/EC	已满足以下基本要求: 1.1.2、1.1.3、1.1.5、1.2.1、1.2.4.3、1.2.6、1.3.4、1.3.8.1、1.5.1、1.5.2、1.5.6、1.5.10、1.6.3、1.7.2、1.7.4、4.1.2.3 特此声明, 相关技术文档已按照机械指令附录 VII 的 B 部分编制。
II 低压指令 2014/35/EU	参考 LVD 和使用的以下协调标准。
III EMC 指令 2014/30/EU	参考 EMC 指令和使用的以下协调标准。
IV RoHS 指令 2011/65/EU	参考 RoHS 指令 2011/65/EU。
V WEEE 指令 2012/19/EU。	参考 WEEE 指令 2012/19/EU。



特此声明上述产品供应的是什么，履行以下指令详细如下：

参考使用的协调标准：	(I) EN ISO 10218-1:2011(如适用) ， (I) EN ISO 12100:2010 (I) EN ISO 13732-1:2008, (I) EN ISO 13849-1:2008 & 2015* *注：从 2008 到 2015 版本，我们的机器人 TUV Nord 证书 4478014097602 没有变化
	(II) EN ISO 13849-2:2012, (I) EN ISO 13850:2015 (I) EN 1037:1995+A1:2008, (I) EN ISO 13850:2015 (II) EN 60320-1:2001/ A1:2007, (II) EN 60204-1:2006/ A1:2010 (II) EN 60529:1991/ A2:2013
	(II) EN 60664-1:2007, (II) EN 60947-5-5:1997/ A11:2013 (II) EN 61000-6-2:2005, (II) EN 61140:2002/ A1:2006 (III)EN 61000-6-4:2007/ A1:2011, (III)EN 61131-2:2007

参考使用的其他技术标准 和规范：	(I) ISO/TS 15066(如适用)
	(II) IEC 61784-3:2010 [SIL2] 带外壳的控制组件：ISO 14664-1:2015 5 类；UR3、UR5 和 UR10 机械手：5 类
	(II) IEC 60664-5:2007
	(III) IEC 60068-2-27:2008, (III) IEC 60068-2-1:2007 (III) IEC 60068-2-2:2007, (III) IEC 61326-3-1:2008

制造商或其授权代表应根据国家/地区主管部门的合理要求，发送有关半成品机械的相关信息。

获得完整质量保证体系 (ISO 9001) 认证，公告机构 Bureau Veritas，证书编号 #DK008850。

Odense Denmark, 27 September 2018

Name:

Roberta Nelson Shea

Position/ Title

Global Technical Compliance Officer

Universal Robots A/S, Energivej 25, DK-5260 Odense S, Denmark
CVR-nr. 29 13 80 60

Phone +45 8993 8989
Fax +45 3879 8989

info@universal-robots.com
www.universal-robots.com

安全系统证书



Hiermit wird bescheinigt, dass die Firma / *This certifies, that the company*

Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

berechtigt ist, das unten genannte Produkt mit dem abgebildeten Zeichen zu kennzeichnen.
is authorized to provide the product mentioned below with the mark as illustrated

Fertigungsstätte:
Manufacturing plant:

Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

Beschreibung des Produktes:
(Details s. Anlage 1)
Description of product:
(Details see Annex 1)

Universal Robots Safety System UR Safety 3.1 for
UR10, UR5 and UR3 robots

Geprüft nach:
Tested in accordance with:

EN ISO 13849-1:2015, PL d



Registrier-Nr. / *Registered No.* 44 207 14097602
 Prüfbericht Nr. / *Test Report No.* 3527 2426
 Aktenzeichen / *File reference* 8003020361

Gültigkeit / *Validity*
 von / *from* 2020-08-05
 bis / *until* 2025-08-04


 Zertifizierungsstelle der
 TÜV NORD CERT GmbH

Essen, 2020-08-05

TÜV NORD CERT GmbH Langemarckstraße 20 45141 Essen www.tuev-nord-cert.de technology@tuev-nord.de

Bitte beachten Sie auch die umseitigen Hinweise
Please also pay attention to the information stated overleaf



Certificate



Certificate no.

T 72190266 01

License Holder:

Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

Manufacturing Plant:

Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

Test report no.: USA-RB 31875333 002

Client Reference: Roberta Nelson Shea

Tested to: EN ISO 10218-1:2011

Certified Product: Robot Manipulator and Controller

License Fee - Units

Model Designation: UR3, UR5, UR10

7

Rated Voltage: AC 100-200V, 47-63Hz or
AC 200-240V, 47-63Hz

Rated Current: 15A or 8A

Protection Class: I

Special Remarks: Solely assessed per standard listed above.
The robot is only a component in a final robot application,
collaborative or non-collaborative. The final application
must comply with EN ISO 10218-2 accordingly.
Replaces Certificate T7218250.

7

Appendix: 1, 1-5

Licensed Test mark:



EN ISO 10218-1

www.tuv.com
ID 0007000000

Date of Issue

(day/mo/yr)

01/02/2019

TUV Rheinland of North America, Inc., 12 Commerce Road, Newtown, CT 06470, Tel (203) 426-0888 Fax (203) 426-4009



Industrie Service

CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms
UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260
Odense S; Dänemark, that the product

ROBOTER, MODEL: UR5 / TYP INDUSTRIAL

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO
Class 5 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The
product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August
2016.

The implementation of the testing and certification is carried
out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 3116016-02
Report-Nr.: 203195-2
Valid till: August 2023



Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz
Berlin, 29. August 2019
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin



Industrie Service

CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms
UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260
Odense S; Dänemark, that the product

CONTROLLER for UR 3 / UR 5 / UR 10

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO
Class 6 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The
product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August
2016.

The implementation of the testing and certification is carried
out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 3116016-04
Report-Nr.: 203195
Valid till: August 2023

Dipl.-Ing. Walter Ritz
Berlin, 29. August 2019
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin

中国 RoHS

Management Methods for Controlling Pollution
by Electronic Information Products
Product Declaration Table
For Toxic or Hazardous Substances

表1 有毒有害物质或元素名称及含量标识格式



Product/Part Name 产品/部件名称	Toxic and Hazardous Substances and Elements 有毒有害物质或元素					
	铅 Lead (Pb)	汞 Mercury (Hg)	镉 Cadmium (Cd)	六价 Hexavalent Chromium (Cr+6)	多溴联苯 Polybrominated biphenyls (PBB)	多溴二苯醚 Polybrominated diphenyl ethers (PBDE)
UR Robots UR3 / UR5 / UR10 UR机器人 UR3/UR5/UR10	X	O	X	O	X	X
O: Indicates that this toxic or hazardous substance contained in all of the homogeneous materials for this part is below the limit requirement in SJ/T11363-2006. O: 表示该有毒有害物质在该部件所有均质材料中的含量均在SJ/T 11363-2006规定的限量要求以下。 X: Indicates that this toxic or hazardous substance contained in at least one of the homogeneous materials used for this part is above the limit requirement in SJ/T11363-2006. X: 表示该有毒有害物质至少在该部件的某一均质材料中的含量超出SJ/T 11363-2006规定的限量要求。 (企业可在此处，根据实际情况对上表中打“X”的技术原因进行进一步说明。) Items below are wear-out items and therefore can have useful lives less than environmental use period: 下列项目是损耗品,因而它们的使用寿命可能短于环境使用时间: Drives, Gaskets, Probes, Filters, Pins, Cables, Stiffener, Interfaces 驱动器, 垫圈, 探针, 过滤器, 别针, 缆绳, 加强筋, 接口 Refer to product manual for detailed conditions of use. 详细使用情况请阅读产品手册。 Universal Robots encourages that all Electronic Information Products be recycled but does not assume responsibility or liability. Universal Robots 鼓励回收再利用所有的电子信息产品, 但 Universal Robots 不负任何责任或义务						

To the maximum extent permitted by law, Customer shall be solely responsible for complying with, and shall otherwise assume all liabilities that may be imposed in connection with, any legal requirements adopted by any governmental authority related to the Management Methods for Controlling Pollution by Electronic Information Products (Ministry of Information Industry Order #39) of the Peoples Republic of China otherwise encouraging the recycle and use of electronic information products. Customer shall defend, indemnify and hold Universal Robots harmless from any damage, claim or liability relating thereto. At the time Customer desires to dispose of the Products, Customer shall refer to and comply with the specific waste management instructions and options set forth at <http://www.teradyne.com/about-teradyne/corporate-social-responsibility>, as the same may be amended by Teradyne or Universal Robots.



자율안전확인 신고증명서

신청인	사업장명	Universal Robots A/S	사업장관리번호	2016E110079
	사업자등록번호	016E110079	대표자 성명	Klaus Vestergaard
	소재지	Energivej 25, 5260 Odense S, Denmark		
자율안전인증대상 기계·기구명				
			산업용로봇	
형식(규격)	UR5		용량(등급)	6 axis
자율안전확인번호	16-AB2EQ-00925			
제조사	Universal Robots A/S			
소재지	Energivej 25, 5260 Odense S, Denmark			

「산업안전보건법」 제35조제1항 및 같은 법 시행규칙 제61조제3항에 따라
자율안전확인 신고증명서를 발급합니다.

2018년 11월 06일



한국산업안전보건공단 서울지역본부장



KC 注册

D568-384C-DF32-5C4B

방송통신기자재등의 적합등록 필증 <i>Registration of Broadcasting and Communication Equipments</i>	
상호 또는 성명 <i>Trade Name or Registrant</i>	Universal Robots A/S
기자재명칭(제품명칭) <i>Equipment Name</i>	산업용컴퓨터의 제어를 받는 플랜트 설비
기본모델명 <i>Basic Model Number</i>	UR5
파생모델명 <i>Series Model Number</i>	
등록번호 <i>Registration No.</i>	MSIP-REM-URK-UR5
제조사/제조(조립)국가 <i>Manufacturer/Country of Origin</i>	Universal Robots A/S / 덴마크
등록연월일 <i>Date of Registration</i>	2016-09-07
기타 <i>Others</i>	
위 기자재는 「전파법」 제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다. It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act. 2018년(Year) 10월(Month) 10일(Day) 국립전파연구원장  <i>Director General of National Radio Research Agency</i> ※ 적합등록 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시" 를 부착하여 유통하여야 합니다. 위반시 과태료 처분 및 등록이 취소될 수 있습니다.	



环境测试证书

Climatic and mechanical assessment



Client Universal Robots A/S Energivej 25 5260 Odense S Denmark	Force Technology project no. 117-32120
Product identification UR 3 robot arms UR 3 control boxes with attached Teach Pendants. UR 5 robot arms UR5 control boxes with attached Teach Pendants. UR10 robot arms: UR10 control boxes with attached Teach Pendants. See reports for details.	
Force Technology report(s) DELTA project no. 117-28266, DANAK-19/18069 DELTA project no. 117-28086, DANAK-19/17068	
Other document(s)	
Conclusion The three robot arms UR3, UR5 and UR10 including their control boxes and Teach Pendants have been tested according to the below listed standards. The test results are given in the Force Technology reports listed above. The tests were carried out as specified and the test criteria for environmental tests were fulfilled in general terms with only a few minor issues (see test reports for details). IEC 60068-2-1, Test Ae; -5 °C, 16 h IEC 60068-2-2, Test Be; +35°C, 16h IEC 60068-2-2, Test Be; +50°C, 16 h IEC 60068-2-64, Test Fh; 5 – 10 Hz: +12 dB/octave, 10-50 Hz 0.00042 g ² /Hz, 50 – 100 Hz: -12 dB/octave, 1,66 grms, 3 x 1½ h IEC 60068-2-27, Test Ea, Shock; 11 g, 11 ms, 3 x 18 shocks	
Date Hørsholm, 25 August 2017	Assessor  Andreas Wendelboe Højsgaard M.Sc.Eng.

DELTA – a part of FORCE Technology - Venlighedsvej 4 - 2970 Hørsholm - Denmark - Tel. +45 72 19 40 00 - Fax +45 72 19 40 01 - www.della.dk

EMC 测试证书



We help ideas meet the real world

Attestation of Conformity

EMC assessment - Certificate no. 1549

DELTA has been designated as Notified Body by the notified authority National Telecom Administration part of the Energy Agency in Denmark to carry out tasks referred to in Annex III of the European Council EMC Directive. The attestation of conformity is in accordance with the essential requirements set out in Annex I.

DELTA client

Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

Product identification (type(s), serial no(s).)

UR robot generation 3, G3, including CB3/AE for models UR3, UR5 and UR10

Manufacturer

Universal Robots A/S

Technical report(s)

DELTA Project T207371, EMC Test of UR5 and UR10 - DANAK-19/13884, dated 26 March 2014
DELTA Project T209172, EMC Test of UR3 - DANAK-19/14667, dated 05 November 2014
UR EMC Test Specification G3 rev 3, dated 30 October 2014
EMC Assessment Sheet 1351

Standards/Normative documents

EMC Directive 2014/30/EU, Article 6
EN/(IEC) 61326-3-1:2008, Industrial locations, SIL 2 applications
EN/(IEC) 61000-6-2:2005
EN/(IEC) 61000-6-4:2007+A1

DELTA

Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Denmark

Tel. +45 72 19 40 00
Fax +45 72 19 40 01
www.delta.dk
VAT No. 12275110

The product identified above has been assessed and complies with the specified standards/normative documents. The attestation does not include any market surveillance. It is the responsibility of the manufacturer that mass-produced apparatus have the same EMC quality. The attestation does not contain any statements pertaining to the EMC protection requirements pursuant to other laws and/or directives other than the above mentioned if any.

Hørsholm, 08 August 2016



Knud A. Baltzen
Senior Consultant

20aocass-uk-j

1.17. 应用标准

本节阐述了机器人手臂和控制箱在开发过程中所采用的相关标准。如果括号中注有《欧洲指令》编号，则表示该标准根据相应指令进行了调整。

标准不是法律，而是由特定行业内的利益相关者制定的文档。标准定义了产品或产品组的正常安全和性能要求。

本文件中的缩写含义如下：

ISO	国际标准化组织
IEC	国际电工委员会
EN	欧洲规范
TS	技术规范
TR	技术报告
ANSI	美国国家标准协会
RIA	机器人工业协会
CSA	加拿大标准协会

只有遵循本手册中的所有装配说明、安全说明和指南，方保证符合以下标准。

ISO 13849-1:2006 [PLd]
ISO 13849-1:2015 [PLd]
ISO 13849-2:2012
EN ISO 13849-1:2008 (E) [PLd - 2006/42/EC]
EN ISO 13849-2:2012 (E) (2006/42/EC)

机械安全 - 控制系统的安全相关部件

第 1 部分：设计的一般原则

第 2 部分：验证

根据这些标准的要求，安全控制系统设计成 d 性能等级 (PLd)。

ISO 13850:2006 [停机类别 1]
ISO 13850:2015 [停机类别 1]
EN ISO 13850:2008 (E) [停机类别 1 - 2006/42/EC]
EN ISO 13850:2015 [停机类别 1 - 2006/42/EC]

机械安全 - 紧急停止 - 设计原则

根据此标准，紧急停止功能设计成停机类别 1。停机类别 1 是一种可控的停止，即利用电机的电源实现停止，然后在停止后切断电源。

ISO 12100:2010 EN ISO 12100:2010 (E) [2006/42/EC]

Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction

UR 机器人根据此标准的原理进行评估。

ISO 10218-1:2011 EN ISO 10218-1:2011(E) [2006/42/EC]

机器人和机器人装置 - 工业机器人的安全要求

第 1 部分：机器人

此标准不是面向集成商，而是面向机器人制造商。第二部分 (ISO 10218-2) 面向机器人集成商，这部分阐述了机器人应用的安装和设计。

标准撰写者隐含地设想了传统工业机器人，这类机器人在传统上通过护栏和光幕进行防护。而 UR 机器人在设计中纳入了始终启用的力和功率限制。因此，下文对一些概念进行了解释说明。

如果在危险的应用中使用 UR 机器人，可能需要采取额外的安全措施，请参阅本手册 [1.5. 安全在本页 5](#)。

说明：

- “3.24.3 防护空间”由周边防护定义。防护空间通常是指护栏后面的空间，通过护栏可防止人员接触到危险的传统机器人。UR 机器人设计为在无护栏的情况下工作，它具备限制功率和力的内置协作安全功能，因此没有护栏所规定的危险防护空间。
- “5.4.2 性能要求”。所有安全功能根据 ISO 13849-1:2006 均达到 PLd。机器人的每个关节都有冗余编码器系统，并且安全级 I/O 采用 3 类¹结构。额定安全的 I/O 必须根据本手册与 3 类安全额定设备相连，以构成完整安全功能的 PLd 结构。
- “5.7 操作模式”。由于 UR 机器人没有不同的操作模式，因此没有提供模式选择器。
- “5.8 示教盒控制”。本节定义了示教盒在危险防护空间使用时的保护功能。由于 UR 机器人专为协作操作设计，因此没有像传统机器人一样的危险防护空间。相比传统机器人，UR 机器人示教更安全。操作员不必释放启用了三重定位的设备，只需要用手便可停止机器人。如果将 UR 机器人安装在具有危险防护的应用中，则可以按照此手册中的说明连接启用了三重定位的设备。另外请参见 ISO/TS 15066 第 5.4.5 条中的澄清。
- “5.10 协同操作要求”。UR 机器人限制功率和力的协作安全功能始终处于活动状态。UR 机器人的视觉设计表明机器人能够用于协同操作。限制功率和力的功能根据 ISO 10218-1 第 5.10.5 条设计。另请参见 ISO/TS 15066 第 5.5.4 条中的说明。
- “5.12.3 安全级软轴和空间限制”。此安全功能是通过软件配置的多项安全功能之一。通过设置所有安全功能可生成哈希代码，哈希代码表示 GUI 中的安全检查标识符。

¹停机类别符合 ISO 13849-1，请参见术语表了解更多详细信息。

ISO/TS 15066:2016

机器人和机器人装置 - 工业机器人的安全要求 - 协作操作

此为技术规范 (TS), 而非标准。TS 的目的是提出一套尚不成熟的要求, 判断这些要求对于特定的行业是否有用。按照定义, TS 要作为欧洲指令下的协调标准还不够成熟。

此 TS 适用于机器人制造商和机器人集成商。UR 机器人符合与新生产机器人相关的部分, 集成商在从事机器人集成时可以选择使用 TS。

此 TS 提出了自主性的要求和指引, 作为 ISO 10218 标准在协作机器人领域的补充。除正文外, TS 还包含一个附录 A, 其中的一张表格提供了基于疼痛而非创伤的力和压力限值的建议。请务必阅读并理解此表下方的注释, 因为很多限值仅基于保守估计和文献研究。所有数字可能在将来随科学研究的最新结果而更改。附录 A 是 TS 中一个非正式、自主性的部分, 因此集成商可以不使用附录 A 中的限值而宣称合规。

ANSI/RIA R15.06-2012

工业机器人和机器人系统 - 安全要求

这项美国标准将 ISO 标准 ISO 10218-1 和 ISO 10218-2 综合在一个文件中。其语言由英式英语变为美式英语, 但内容不变。

该项标准的第二部分 (ISO 10218-2) 面向机器人系统的集成商, 而非 Universal Robots。

CAN/CSA-Z434-14

Industrial Robots and Robot Systems - General Safety Requirements

这项加拿大标准将 ISO 标准 ISO 10218-1(见上文) 与 ISO 10218-2 综合在一个文件中。CSA 增加了对机器人系统用户的补充要求。其中有些要求可能需要由机器人集成商解决。

该项标准的第二部分 (ISO 10218-2) 面向机器人系统的集成商, 而非 Universal Robots。

IEC 61000-6-2:2005

IEC 61000-6-4/A1:2010

EN 61000-6-2:2005 [2004/108/EC]

EN 61000-6-4/A1:2011 [2004/108/EC]

电磁兼容性 (EMC)

第 6-2 部分: 通用标准 - 工业环境抗扰性

第 6-4 部分: 通用标准 - 工业环境辐射标准

这些标准规定了电气和电磁干扰的要求。遵循这些标准可确保 UR 机器人在工业环境中工作良好, 且不会干扰其他设备。

IEC 61326-3-1:2008

EN 61326-3-1:2008

测量、控制和实验室用电气设备 - EMC 要求

第 3-1 部分: 安全相关系统和用于执行安全相关功能(功能安全) 的设备的抗扰性要求 - 一般工业应用

这项标准规定了安全相关功能的扩展 EMC 抗扰度要求。遵循此标准可以保证即使在其他设备超过 IEC 61000 标准中规定的 EMC 辐射限值的情况下，UR 机器人的安全功能也能提供安全性。

IEC 61131-2:2007 (E) **EN 61131-2:2007 [2004/108/EC]**

可编程控制器

第 2 部分：设备要求和测试

标准 I/O 和额定安全的 24V I/O 均根据此标准的要求创建，以确保与其他 PLC 系统进行可靠通信。

ISO 14118:2000 (E) **EN 1037/A1:2008 [2006/42/EC]**

Safety of machinery - Prevention of unexpected start-up

这两项标准非常相似。它们规定了避免因维护或修理期间无意中重启以及意外发出启动命令导致的非预期启动的原则。

IEC 60947-5-5/A1:2005 **EN 60947-5-5/A11:2013 [2006/42/EC]**

低压开关设备和控制设备

第 5-5 部分：控制电路装置和开关元件 - 具有机械闭锁功能的电气紧急停止装置

紧急停止按钮的直接开启操作和安全锁定机制符合此标准的要求。

IEC 60529:2013 **EN 60529/A2:2013**

Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

这项标准规定了外壳防尘防水的级别。UR 机器人根据此项标准设计并用 IP 代码进行分类，请参见机器人标签。

IEC 60320-1/A1:2007 **IEC 60320-1:2015** **EN 60320-1/A1:2007 [2006/95/EC]** **EN 60320-1:2015**

家用和类似一般用途的电器耦合器



第 1 部分：一般要求

电源输入线符合此项标准。

ISO 9409-1:2004 [50-4-M6 类型]

操作工业机器人 - 机械接口

第 1 部分：板

UR 机器人的工具法兰符合此标准的 50-4-M6 类型。机器人工具同样应根据此标准建造，以确保正确装配。

ISO 13732-1:2006

EN ISO 13732-1:2008 [2006/42/EC]

热环境的人类工效学 - 人对表面接触的反应评估方法

第 1 部分：热表面

UR 机器人的设计保证了其表面温度保持低于此标准规定的人机工程限制。

IEC 61140/A1:2004

EN 61140/A1:2006 [2006/95/EC]

Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment

UR 机器人根据此标准建造，以防止触电。必须根据第 I 部分硬件安装手册 在本页 3 中的规定进行保护性接地。

IEC 60068-2-1:2007

IEC 60068-2-2:2007

IEC 60068-2-27:2008

IEC 60068-2-64:2008

EN 60068-2-1:2007

EN 60068-2-2:2007

EN 60068-2-27:2009

EN 60068-2-64:2008

环境试验

第 2-1 部分：试验 - 试验 A：冷态

第 2-2 部分：试验 - 试验 B：干热

第 2-27 部分：试验 - 试验 Ea 和导则：冲击

第 2-64 部分：试验 - 试验 Fh：宽带随机振动和导则

UR 机器人根据这些标准中规定的试验方法进行试验。

IEC 61784-3:2010

EN 61784-3:2010 [SIL 2]

工业通信网络 - 配置文件

第 3 部分: 功能安全现场总线 - 一般规则和配置文件定义

这项标准规定了额定安全的通信总线的要求。

IEC 61784-3:2010

EN 61784-3:2010 [SIL 2]

机械安全 - 机械的电气设备

第 1 部分: 一般要求

应用此标准的一般原则。

IEC 60664-1:2007

IEC 60664-5:2007

EN 60664-1:2007 [2006/95/EC]

EN 60664-5:2007

低压系统内设备的绝缘配合

第 1 部分: 原则、要求和测试

第 5 部分: 确定间隙和爬电距离等于或小于 2 mm 的综合方法

UR 机器人的电路根据此标准设计。

EUROMAP 67:2015, V1.11

Electrical Interface between Injection Molding Machine and Handling Device / Robot

配备 E67 附件模块的 UR 机器人根据此标准与注塑机交互。



1.18. 技术规格

机器人类型	UR5
重量	18.4 kg / 40.6 lb
最大有效载荷	5 kg / 11 lb
延伸	850 mm / 33.5 in
关节范围	± 360 ° for all joints
Speed	关节: 最大为 180 °/s。 Tool: Approx. 1 m/s / Approx. 39.4 in/s .
位姿可重复性	± 0.1 mm / ± 0.0039 in(4 密耳), 符合 ISO 9283
足迹	Ø149 mm / 5.9 in
自由度	6 rotating joints
控制箱尺寸(宽 × 高 × 厚)	462 mm × 418 mm × 268 mm / 18.2 in × 16.5 in × 10.6 in
控制箱 I/O 端口	16 个数字输入, 16 个数字输出, 2 个模拟输入, 2 个模拟输出
工具 I/O 端口	2 个数字输入, 2 个数字输出, 2 个模拟输入
I/O 电源	24 V 2 A in Control Box
通信	TCP/IP 1000 Mbit: IEEE 802.3u, 100BASE-T 以太网接口, modbus TCP 和以太网/IP 适配器, Profinet
编程	PolyScope graphical user interface on 12" touchscreen
噪声	72 dB(A)
IP 等级	IP54
清洁房间分类	机器人手臂: ISO 5 类, 控制箱: ISO 6 类
平均电源最大值	390 W
功耗	使用典型程序约为 390 W
短路电流额定值 (SCCR)	200A
协同操作	15 个高级安全功能。符合: EN ISO 13849-1:2008、PLd 和 EN ISO 10218-1:2011 第 5.10.5 条
材质	Aluminium, PP plastic
温度	The robot can work in an ambient temperature range of 0-50 °C
电源	100-240 VAC, 50-60 Hz
TP Cable: Teach Pendant to Control Box	4.5 m / 177 in

机器人电缆: 机器人手臂至控制箱(选项)	标准 (PVC) 6 m/236 in x 13.4 mm 标准 (PVC) 12 m/472.4 in x 13.4 mm HiFlex (PUR) 6 m/236 in x 12.1 mm HiFlex (PUR) 12 m/472.4 in x 12.1 mm
-----------------------	--

1.19. 安全功能表

1.19.1. Table 1: Safety Functions (SF) Descriptions



提示

本章中介绍的安全功能表是简化版本。您可以访问以下链接查看其完整版本: <https://www.universal-robots.com/support>

All safety functions are individual safety functions.

SF#	Safety Function	Description	What is controlled?
SF0 and SF1 Internal	Emergency Stop There are two separate Emergency Stop safety functions	Pressing the Estop PB on the pendant1 or the External Estop (if using the Estop Safety Input configured for Estop) results in both a Cat 0 and a Cat 1 stop according to IEC 60204-1 (NFPA79) . These are SF0 and SF1 respectively. SF0: 524ms timer setting in each safety controller's microprocessor. At the end of the 524ms, Cat 0 stop3 (IEC 60204-1) is initiated by each microprocessor. SF1: Command1 all joints to stop and upon all joints coming to a standstill state, power is removed. This is a Cat 1 stop per IEC 60204-1. The stopping times of the SF0 and SF1 Estop safety functions differ. - SFO has a functional safety rating of PLd Cat3 with the worst-case stopping time, as if all joint monitoring failed at the same time and after 524ms, then power is immediately removed while the robot is going the maximum speed. This could result in a worst case stopping time of 1250ms. - SF1 has a functional safety rating of PLd Cat2 with a reliable and realistic maximum stop time of approximately 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10. See the User Manual for specific information. The application stop time can be reduced depending on the application's safety limits (SF3, 4, 6, 7, 8, 9) settings and the use of the stop time information provided in the manual.	Robot Arm



SF#	Safety Function	Description	What is controlled?
SF2 Logic and outputs INTERNAL	Safeguard stop (Protective Stop)	This safety function is initiated by an external protective device using safety inputs which will initiate a Cat 2 stop per IEC 60204-1. For the functional safety rating of the complete integrated safety function, add the PFHd of the external protective device to the PFHd of SF2. If a PLd Cat3 stop is needed for protective devices, connect the protective device and configure the input as if it were an external Estop input (See SF0).	Robot Arm
SF3 Internal	Joint Position Limit (soft axis limiting)	Exceeding the joint position limit results in a Cat 0 stop (IEC 60204-1). Each joint can have its own limit. Directly limits the set of allowed joint positions that the joints can move to. It is set directly in the safety setup part of the UI where you can enter values. It is a means of safety-rated soft axis limiting and space limiting, according to ISO 10218-1:2011, 5.12.3.	Joint (each)
SF4 Internal	Joint Speed Limit	Exceeding a joint speed limit results in a Cat 0 stop5 per IEC 60204-1. Each joint can have its own limit. Directly limits the set of allowed joint speeds which the joints are allowed to perform. It is set directly in the safety setup part of the User Interface where you can enter values. It can be used to limit fast joint movements, for instance to limit risks related to singularities.	Joint (each)
SF5 Internal	Joint Torque Limit	Exceeding the joint torque limit (each joint) results in a Cat 0 stop5 (per IEC 60204-1). This is not accessible to the user as it is a factory setting, part of the force limiting safety function.	Joint (each)

SF#	Safety Function	Description	What is controlled?
SF6 Internal	TCP Pose Limit	Monitors the TCP Pose (position and orientation), any violation of a safety plane or TCP Pose Limit will result in a Cat 0 stop5 (IEC 60204-1). This safety function consists of two parts. One is the safety planes for limiting the possible TCP positions. The second is the TCP orientation limit, which is entered as an allowed direction and a tolerance. This provides TCP inclusion/ exclusion zones due to the safety planes. When a limit (plane or TCP pose) is violated, a Cat 0 stop is initiated.	TCP
SF7 Internal	TCP Speed Limit	Exceeding the TCP speed limit results in a Cat 0 stop5 (IEC 60204-1).	TCP
SF8 Internal	TCP Force Limit	Exceeding the TCP force limit results in a Cat 0 stop5 (IEC 60204-1). Limits the external clamping force exerted by the robot. See also Joint Torque Limit (SF5).	TCP

SF#	Safety Function	Description	What is controlled?
SF9 Internal	Joint Speed Limit	Exceeding the momentum limit results in a Cat 0 stop5 (IEC 60204-1). The momentum limit is very useful for limiting transient impacts. The Momentum Limit affects the entire robot arm.	Robot Arm
SF10 Internal	Power Limit	Exceeding the power limit results in a Cat 0 stop5 (IEC 60204-1). This function monitors the mechanical work (sum of joint torques times joint angular speeds) performed by the robot, which also affects the current to the robot arm as well as the speed of the robot arm. This function dynamically limits the current/torque but maintain the speed.	Robot Arm

SF#	Safety Function	Description	What is controlled?
SF11 Internal as a function with dual outputs	UR Robot Estop Output	When configured for Estop output and there is an Estop condition (see SF1), the dual outputs are LOW. If there is no Estop condition, dual outputs are high. Pulses are not used but they are tolerated. For the integrated functional safety rating with an external Estop device, add the PFHd of the UR Estop function (SF0 or SF1) to the PFHd of the external logic (if any) and its components (e.g. Estop pushbutton).	External connection to logic and/or equipment
SF12 Internal as a function with dual outputs	UR Robot Moving: Digital Output	Whenever the robot is moving (motion underway), the dual digital outputs are LOW. Outputs are HIGH when no movement. The functional safety rating is for what is within the UR robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.	External connection to logic and/or equipment
SF13 Internal as a function with dual outputs	UR Robot Not stopping: Digital Output	Whenever the robot is STOPPING (in process of stopping or in a stand-still condition) the dual digital outputs are HIGH. When outputs are LOW, robot is NOT in the process or stopping and NOT in a stand-still condition. The functional safety rating is for what is within the UR robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.	External connection to logic and/or equipment
SF14 Internal as a function with dual outputs	UR Robot Reduced Mode: Digital Output	Whenever the robot is in reduced mode, the dual digital outputs are LOW. See Robot Reduced Mode below. The functional safety rating is for what is within the UR robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.	External connection to logic and/or equipment



SF#	Safety Function	Description	What is controlled?
SF15 Internal as a function with dual outputs	UR Robot Not Reduced Mode: Digital Output	Whenever the robot is NOT in reduced mode, the dual digital outputs are LOW. The functional safety rating is for what is within the UR robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.	External connection to logic and/or equipment

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Description	What is controlled?
Robot Reduced Mode	Internal Logic and Outputs, with Dual Inputs (1 through 4)	Reduced Mode can be initiated by a safety plane/ boundary (starts when at 2cm of the plane and reduced mode settings are achieved within 2cm of the plane) or by use of an input to initiate (will achieve reduced settings within 500ms). When the external connections are Low, Reduced Mode is initiated. Reduced Mode means that ALL reduced mode limits are ACTIVE. Reduced mode is not a safety function, rather it is a state affecting the settings of the following safety function limits: SF3 joint position, SF4 joint speed, SF6 TCP pose limit, SF7 TCP speed, SF8 TCP force, SF9 momentum, and SF10 power.	Robot Arm
Safeguard Reset	Internal Logic and Outputs, with Dual Inputs (1 through 4)	When configured for Safeguard Reset and the external connections transition from low to high, the safeguard stop RESETS Safety input to initiate a reset of safeguard stop safety function SF2.	Robot
Enabling Device	External Enabling Device as input to UR Robot logic	When the external Enabling Device connections are Low, a Safeguard Stop (SF2) is initiated. Recommendation: Use with a mode switch as a safety input. If a mode switch is not used and connected to the safety inputs, then the robot mode will be determined by the User Interface. If the User Interface is in: “run mode”, the enabling device will not be active. “programming mode”, the enabling device will be active. It is possible to use password protection for changing the mode by the User Interface.	Robot

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Description	What is controlled?
Mode Selection	External Mode Switch using dual Inputs (1 through 4) and internal logic	When the external connections are Low, Operation Mode (running) is in effect. When High, the mode is programming or teach. Must be used with an Enabling Device as a safety input. When in Teach/Program (Mode switch inputs high), enabling device is required for operation. When in teach/program, initially the TCP speed will be limited to 250mm/s. The speed can manually be increased by using the pendant user interface "speed-slider", but upon activation of the enabling device, the speed limitation will reset to 250mm/s.	Robot

1.20. Table 2: Compliance and ISO 13849-1 Functional Safety Information

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Limits or USER configuration or Factory Setting	Stop Category per IEC 60204-1	IEC 61800-5-2 Stop: power to final switching devices retained for Category 2 stop	PLd Cat	PFHd UR 3/5/10
SF0	Emergency Stop There are two separate Emergency Stop safety functions: SF0 and SF1	No	Cat 1 Stop 524ms time- delay before Cat 0 stop is initiated	NA	3	4.38E-8
SF1	Emergency Stop There are two separate safety functions: SF0 and SF1	No	Cat 1 Stop when at SS1 standstill, Cat 0 stop initiated	SS1 when at SS1 standstill, Cat 0 stop initiated	2	3.16E-07
SF2	Safeguard stop (Protective Stop)	No	Cat 2	SS2	2	3.15E-07
SF3	Joint Position Limit (soft axis limiting)	Limits	Cat 0	NA	2	3.15E-07
SF4	Joint Speed Limit	Limits	Cat 0	NA	2	3.15E-07



TUV NORD Certified SF	Safety Function	Limits or USER configuration or Factory Setting	Stop Category per IEC 60204-1	IEC 61800-5-2 Stop: power to final switching devices retained for Category 2 stop	PLd Cat	PFHd UR 3/5/10
SF5	Joint Torque Limit internal factory setting	factory setting	Cat 0	NA	2	3.15E-07
SF6	TCP Pose Limit	Limits	Cat 0	NA	2	3.15E-07
SF7	TCP Speed Limit	Limits	Cat 0	NA	2	3.15E-07

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Limits or USER configuration or Factory Setting	Stop Category per IEC 60204-1	IEC 61800-5-2 Stop: power to final switching devices retained for Category 2 stop	PLd Cat	PFHd UR 3/5/10
SF8	TCP Force Limit	Limits	Cat 0	NA	2	3.15E-07
SF9	Momentum Limit	Limits	Cat 0	NA	2	3.15E-07
SF10	Power Limit	Limits	Cat 0	NA	2	3.15E-07
SF11	UR RINPUTobot Estop Output	Output & I/O Configuration	See Estop SF1	See Estop SF1	2	4.41E-08
SF12	UR Robot Moving: Digital Output	Output & I/O Configuration	Cat 0	NA	2	3.15E-07
SF13	UR Robot Not stopping: Digital Output	Output & I/O Configuration	Cat 0	NA	2	3.15E-07
SF14	UR Robot Reduced Mode: Digital Output	Output & I/O Configuration	Cat 0 if fault detected	NA	2	3.15E-07
SF15	UR Robot Not Reduced Mode: Digital Output	Output & I/O Configuration	Cat 0 (immediate stop)	NA	2	3.15E-07

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Limits or USER configuration or Factory Setting	Stop Category per IEC 60204- 1	IEC 61800-5-2 Stop: power to final switching devices retained for Category 2 stop	PLd Cat	PFHd UR 3/5/10
Robot Reduced Mode	Reduced Mode INPUT	Input & I/O Configuration	Cat2	SS2	2	3.15E- 07
Safeguard Reset	Safeguard Reset INPUT	Input & I/O Configuration	Cat2	SS2	2	3.15E- 07
Enabling Device	3 Position Enabling Device INPUT	Input & I/O Configuration	Cat2	SS2	2	3.15E- 07
Mode Selection	Mode switch INPUT	Input & I/O Configuration	Cat2	SS2	2	3.15E- 07



第 II 部分

PolyScope 手册



1.21. 安全配置

1.21.1. 前言

机器人有一套高级安全系统。根据机器人工作空间的特殊特征，安全系统的设置必须在确保机器人周边的所有人员和设备安全的情况下进行配置。应用风险评估定义的设置是集成商必须做的第一件事。有关安全系统的详细信息，请参阅硬件安装手册。



警告

1. 安全相关功能和接口的使用和配置必须根据集成商针对特定机器人应用执行的风险评估来完成，请参阅硬件安装手册。
2. 设置和示教的安全配置设置必须根据集成商执行的风险评估来应用，应在机器人手臂第一次通电之前进行。
3. 所有可以在屏幕及其子选项卡上访问的安全配置设置都必须根据集成商执行的风险评估进行。
4. 集成商必须确保所有对安全配置设置的更改都符合集成商自己的风险评估。
5. 集成商必须防止未经授权人员更改安全配置，比如安装密码保护。

按“为机器人编程”按钮，选择“安装设置”选项卡并点按“安全”，可以从“欢迎”屏幕(请参阅第 111 页上的“1.21.5. ‘欢迎’屏幕”)下访问“安全配置”屏幕。安全配置有密码保护，请参阅 [1.21.8. 密码锁](#) 在本页 85。



安全设置包含许多用于限制机器人手臂的活动的限制值，还包含许多可配置输入和输出的安全功能设置。它们的定义在安全屏幕的下列子选项卡中：

- General Limits子选项卡可定义机器人手臂的力、功率、速度和动量。当机器人手臂击中人或与环境的某一部分互撞的风险非常高时，这些设置需设置为低值。如果风险较低，更高的一般限制可使机器人活动得更快，对环境施加更大的力。有关更多详细信息，请参阅[1.21.10. 一般限制 在本页86](#)。
- Joint Limits子选项卡由关节速度和关节位置限值组成。关节速度限值定义每个关节的最大角速度，并会进一步限制机器人手臂的速度。关节位置限值定义每个关节允许的位置范围(在关节空间中)。有关更多详细信息，请参阅[1.21.11. 关节限制 在本页88](#)。
- Boundaries子选项卡可定义机器人TCP的安全平面(在笛卡尔空间中)和工具方向边界。安全平面既可以配置为机器人TCP位置的硬限制，也可以配置为用于激活缩减模式安全限制(请参阅[1.21.12. 边界 在本页89](#)、[1.21.6. 安全模式 在本页84](#))的触发器。工具方向边界为机器人TCP的方向设定了一个硬限制。有关更多详细信息，请参阅
- Safety I/O子选项卡可定义可配置输入和输出的安全功能(请参阅[1.24.2. I/O 选项卡 在本页113](#))。例如，可将紧急停止配置为输入。有关更多详细信息，请参阅[1.21.13. 安全 I/O 在本页95](#)。

1.21.2. 更改安全配置

安全配置设置只能根据集成商执行的风险评估来更改。

建议的安全配置更改程序如下：

1. 确保更改符合集成商执行的风险评估。
2. 将安全设置调整到集成商执行的风险评估所定义的适当水平。
3. 确认安全设置已应用。
4. 将下面这段话记录在操作员手册中：在靠近机器人作业前，确保安全配置符合预期。这可以通过检查 **PolyScope** 右上角的校验和等方式来进行验证(请参阅**PolyScope**手册中的**1.21.5. 安全校验和**和**下一页**)。

1.21.3. 安全同步和错误

与 GUI 已经加载的机器人安装设置相比，所应用的安全配置的状态由屏幕左侧Safety文本旁边的盾形图标表示。这些图标便于快速指示当前状态。图标的定义如下：

配置已同步

表明 GUI 安装与当前应用的安全配置一致。没有进行过任何更改。

配置已更改

表明 GUI 安装与当前应用的安全配置不同。

在编辑安全配置时，盾形图标将指示您是否应用了当前设置。

如果Safety选项卡中有任何文本字段包含无效输入，安全配置将处于错误状态。指示错误状态的方式很多：

1. 屏幕左侧的Safety文本旁边会显示一个红色错误图标。
2. 包含有错误的子选项卡的顶部标有红色错误图标。
3. 包含有错误的文本字段标记为红色背景。

如果在有错误的情况下尝试退出Installation选项卡，则会显示一个包含以下选项的对话框：

1. 解决问题，消除所有错误。当屏幕左侧的Safety文本旁边不再显示红色错误图标时，可以看到此选项。
2. 恢复上次应用的安全配置。选择此选项将放弃所有更改，继续进行所需的操作。

如果在没有错误的情况下退出该选项卡，将显示提供有以下选项的不同对话框：

1. 应用更改并重启系统。选择此选项将对系统应用安全配置更改并重启。注意：这并不表示所有更改都已保存；此时关闭机器人将丢失包括安全配置在内的机器人安装的所有更改。
2. 恢复上次应用的安全配置。选择此选项将放弃所有更改，继续进行所需的操作。

1.21.4. 公差

机器人手臂使用可以防止安全违例的内置公差。安全公差是安全限制和最大操作值之间的差异。例如，通用速度公差为 -150mm/s 。这意味着，如果用户配置的速度限值为 250mm/s ，则最大运行速度将为 $250 - 150 = 100\text{mm/s}$ 。安全公差防止安全违例，同时允许程序行为的波动。例如，在处理很重的有效载荷时，可能存在机器人手臂需要以高于正常最大运行速度的速度短暂运行以遵循编程轨迹的情况。图 12.1 中显示了这种情况的一个示例。



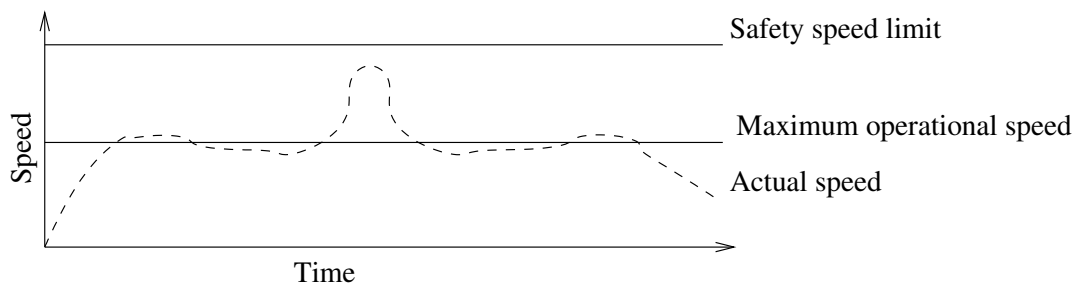
警告

务必利用限值(不含公差)执行风险评估。



警告

公差视软件版本而定,因此更新软件可能会改变公差。有关版本之间的变化,请参考发布说明。



12.1: 安全公差示例。

1.21.5. 安全校验和

屏幕右上角的文本简略地展示了当前机器人所使用的安全配置。文本的变更意味着当前的安全配置也发生了变化。点击校验和将显示当前有效的安全配置的详细信息。

1.21.6. 安全模式

在正常情况下(即,没有实施保护性停止时),安全系统将在下列其中一种安全模式下运行,每种模式都有一组相关的安全限值:

正常模式

默认为激活的安全模式;

缩减模式

当机器人 TCP 位于触发缩减模式平面之外(请参阅 1.21.13. 安全 I/O 在本页 95 和 1.21.12. 边界在本页 89)或使用可配置输入触发时,将激活此模式

恢复模式

当机器人手臂违反了其他某种模式(即正常或缩减模式)并且发生了 0 类停机时,1 机器人手臂将在恢复模式下启动。此模式允许使用移动选项卡或自由驱动让机器人慢慢地移回允许的区域。机器人程序不能在该模式下运行。



警告

请注意,关节位置、TCP 位置和 TCP 方向的限值在恢复模式下是禁用的,因此将机器人手臂移回限值范围内时应小心。

Safety Configuration 屏幕的子选项卡允许用户为正常和缩减模式定义单独的安全限值集。对于工具和关节,缩减模式下的速度和动量限值必须比正常模式下的对应限值更严格。

如果激活的限值设置中的安全限值违例，机器人手臂将实施 0 类停机。如果在机器人手臂通电时已经违反激活的安全限值(如关节位置限值或安全边界)，则机器人手臂将在恢复模式下启动。这样可以将机器人手臂移回安全限值范围内。在恢复模式下，机器人手臂的移动受用户不能自定义的固定限值集的限制。有关恢复模式限值的详细信息，请参阅硬件安装手册。

1. 停机类别符合 IEC 60204-1，请参见术语表了解更多详细信息。[↗](#)

1.21.7. 自由驱动模式

当处于自由驱动模式(请参阅[自由驱动 在本页 112](#))且机器人手臂的移动接近一定限值时，用户会感受到一种排斥力。该力量是由机器人 TCP 的位置、方向和速度，以及关节的位置和速度引起的。

该反抗力的目的是告诉用户当前的位置或速度接近极限，从而防止机器人违反该极限。不过，如果用户对机器人施加足够的力量，该极限是可以被违反的。力的大小对着机器人手臂不断接近极限而增大。

反向驱动

在自由驱动模式下，由于制动器已释放，因此可以用相对较小的力移动机器人关节。在机器人手臂的初始化期间，机器人制动器被释放时可以观察到轻微的振动。在某些情况下，例如当机器人接近碰撞时，不希望出现这些震颤，可以使用反向驱动功能强制将特定关节移动到所需位置，而不释放机器人手臂中的所有制动器。

要启用反向驱动：

1. 按下 ON 按钮可启动关节的电源。机器人状态设置为“空闲”。不要释放制动器(即不要按“启动”)。
2. 按住自由驱动按钮。机器人状态会变为“反向驱动”。
3. 只要接合/按下自由驱动按钮，将仅释放在施加了较大压力的关节处的制动器。使用反向驱动时，机器人会感觉移动起来很沉重。

1.21.8. 密码锁

在屏幕底部的空白文本字段中输入正确的安全密码(请参阅[1.26.3. 设置密码 在本页 196](#))并按下“解锁”按钮前，此屏幕上的所有设置都将被锁定。点击“锁定”按钮可再次锁定屏幕。离开安全配置屏幕时，“安全”选项卡会自动锁定。当设置被锁定时，屏幕左侧的“安全”文本旁边会显示一个锁定图标。对设置解锁后，则显示解锁图标。



提示

请注意，安全配置屏幕解锁后，机器人手臂将被切断电源。

1.21.9. 应用

安全配置解锁后，如果更改了安全配置，机器人手臂将被切断电源。应用更改或恢复更改后，机器人手臂才能接通电源，并且是从初始化屏幕手动通电。

在退出安装选项卡前，必须应用或恢复对安全配置所做的任何更改。只有在按下Apply按钮并进行确认后，这些更改才会生效。在确认时要求目视检查对机器人手臂的更改。出于安全原因起见，提供的信息采用 SI 单位。下面显示了确认对话框的一个示例。

限值	正常模式	缩减模式
力	150.00	120.00 N
功率	300.00	200.00 W
速度	1.50	0.75 m/s
动量	25.00	10.00 kg m/s

此外，通过确认，这些更改将被自动保存在当前机器人安装中。有关保存机器人安装设置的更多信息，请参阅 [1.24.5. 安装设置 → 加载/保存](#) 在本页 116。

1.21.10. 一般限制

一般安全限制用于限制机器人 TCP 的速度以及其对环境施加的力。它们由下述值组成：

力

限制机器人 TCP 对环境施加的最大力。

功率

限制机器人对环境做的最大机械功，将载荷视为机器人的一部分，而非环境的一部分。

速度

限制机器人 TCP 的最大线性速度。

动量

限制机器人 TCP 的最大动量。

有两种方法可以在安装设置中配置一般安全限值：基本设置和高级设置，下面将对此进行详细说明。

在定义一般安全限制时，只定义工具的限制，不定义机器人手臂的整体限制。这意味着虽然指定了速度限值，但并不保证机器人手臂的其他部分会遵守相同的限制。

在自由驱动模式下(请参阅[自由驱动 在本页 112](#))，且机器人 TCP 的当前速度接近速度限值时，用户会感觉到一种排斥力，速度越接近限值，这种排斥力就越大。如果当前速度在 250 mm/s 左右的限值内，就会产生这种力。

基本设置

初始一般限值子面板(显示为默认屏幕)具有一个滑块，该滑块具有四组预定义的力、功率、速度和动量限值(在正常模式和缩减模式下)。

图形用户界面中显示了具体的数值组。预定义数值组仅为建议值，不替代正确的风险评估。

切换至高级设置

如果没有一组预定义值令人满意，可以按Advanced Settings...按钮进入高级一般限值屏幕。

高级设置



这里的每个一般限值(如[1.21.10. 一般限制 上一页](#)中所述)都可以独立于其他限值进行修改。方法是点击文本域，然后输入一个新的值。每个限值的最大可接受值列在Maximum这一列中。

力限值可设置为 100 N 到 250 N 之间的值，功率限值可设置为 80 W 到 1000 W 之间的值。

注意: 当安全平面或可配置输入均未设置触发缩减模式时, 缩减模式下的限值字段将被禁用 (请参阅 1.21.13. 安全 I/O 在本页 95 了解更多详细信息)。此外, 缩减模式下的速度和动量限值不得高于对应的正常模式限值。

每个限制的公差和单位在与其对应的行的末尾列出。程序运行时, 将自动调整机器人手臂的速度, 以使其不超过所输入的值减去公差 (请参阅 1.21.4. 公差 在本页 83) 之值。请注意, 公差值所示的负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。如果机器人手臂超过限制 (无公差), 安全系统将实施 0 类停机。



警告

速度限制只适用机器人 TCP, 因此机器人手臂的其他部分可以比定义值更快的速度移动。

切换至基本设置

按 Basic Settings... 按钮将切换回基本一般限值屏幕, 并且所有一般限值会重置为各自的默认预设值。如果该操作会导致定制数值丢失, 则会跳出对话框要求确认。

1.21.11. 关节限制

关节	范围	正常模式		缩减模式		
		最小	最大	最小	最大	
机座	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
肩部	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
肘部	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
手腕 1	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
手腕 2	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
手腕 3	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °

关节限值用于限制每个关节在关节空间中的移动, 即它们不是指笛卡尔空间, 而是指关节的内部 (旋转) 位置及其旋转速度。子面板上部的单选按钮可以独立设置关节的 Maximum Speed and Position Range。

在自由驱动模式下(请参阅[自由驱动 在本页 112](#))，当关节的当前位置或速度接近限值时，用户会感觉到一种排斥力，关节越接近限值，这种排斥力就越大。当关节速度在速度限值的大约 20°/s 内或关节位置在位置限值的大约 8° 以内时，就会产生这种力。

Wrist 3 位置范围默认为无限制。使用连接到机器人的电缆时，您必须首先禁用**手腕 3 无范围限制**复选框，以避免电缆拉力和保护性停止。

最大速度

本选项定义了每个关节的最大角速度。方法是点击文本域，然后输入一个新的值。最大可接受值列在Maximum这一列中。所有值都不得小于公差值。

请注意，当安全平面或可配置输入均未设置触发缩减模式时，**缩减模式**下的限值字段将被禁用(请参阅[1.21.13. 安全 I/O 在本页 95](#)了解更多详细信息)。此外，[1.21.12. 边界 向下](#)和**缩减模式**下的限值不得高于对应的**正常模式**限值。

每个限制的公差和单位列于对应的行末。程序运行时，将自动调整机器人手臂的速度，以使其不超过所输入的值减去公差(请参阅[1.21.4. 公差 在本页 83](#))之值。请注意，公差值所示的负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。但是，如果某些关节的角速度超过输入的值(无公差)，安全系统将实施**0**类停机。

位置范围

本屏幕定义了每个关节的位置范围。方法是点击对应的文本域并输入新的关节位置上下限。输入的区间必须在Range这一列所列出的值范围内，且下限不能大于上限。

注意：当安全平面或可配置输入均未设置触发缩减模式时，**缩减模式**下的限值字段将被禁用(请参阅[1.21.13. 安全 I/O 在本页 95](#)了解更多详细信息)。[1.21.12. 边界 向下](#)和

每个限制的公差和单位列于对应的行末。第一个公差值应用于最小值，第二个公差值应用于最大值。由于将第一个公差与输入的最小值相加，以及将第二个公差值与输入的最大值相减，而导致关节位置即将超过此范围时，如果继续沿预测的轨迹移动，程序将中止执行。请注意，公差值所示的负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。但是，如果关节位置超过输入的范围，安全系统将实施**0**类停机。

1.21.12. 边界

在此选项卡中，您可以配置边界限值，包括安全平面和机器人工具方向的最大允许偏离限值。还可以定义触发过渡为**缩减模式**的平面。

强制使机器人 TCP 保持在被定义的板子的正确的一边，而不超过这些板子，通过这一方法，安全板可用于限制机器人的允许工作空间。最多可配置**8**块安全板。工具方向的限制可用于确保机器人工具方向与理想的方向的偏差不超过某一指定的数量。



警告

定义安全平面只限制 TCP，对机器人手臂的整体限制无影响。这意味着虽然指定了安全平面，但并不保证机器人手臂的其他部分会遵守此限制。

每个边界限值的配置都基于当前机器人安装设置中定义的某个特征(请参阅[1.24.12. 安装设置 → 特征 在本页 129](#))。



提示

强烈建议在编辑安全配置前，先创建配置所需的所有边界限制的所有特征，并为其指定适当的名称。请注意，由于安全选项卡解锁后将切断机器人手臂的电源，因此Tool特征(包含机器人TCP的当前位置和方向)和自由驱动模式(请参阅[自由驱动 在本页112](#))将不可用。

当处于自由驱动模式(请参阅[自由驱动 在本页112](#))且机器人TCP的当前位置接近安全平面或机器人工具的方向与所需方向之间的偏差接近指定的最大偏离值时，用户会感觉到一种排斥力，TCP越接近限值，这种排斥力就越大。当TCP距离安全平面大约5 cm以内或在工具方向的偏离值与指定的最大偏离值相差大约3°时，就会产生这种力。

当一个平面被定义为触发缩减模式平面且TCP超出此边界时，安全系统将过渡为应用缩减模式安全设置的缩减模式。触发板与一般的安全板所遵循的规则是相同的，只不过一般的安全板允许机器人手臂超出板子。

选择一个边界进行配置

选项卡左侧的Safety Boundaries面板用于选择要配置的边界限值。

按下控件中列出的8个条目之一就可对安全板进行设置。如果所选安全平面已配置，则此平面的相应3D表示将在此面板右侧的“3D视图”(请参阅下一页上的“3D视图”)中高亮显示。可以在选项卡底部的“安全平面属性”部分(请参阅下一页上的“安全平面配置”)。

点击“工具边界”条目可配置机器人工具的方向边界限值。可在选项卡底部的“工具边界属性”部分(请参阅[工具边界属性 在本页93](#))中指定限值的配置。

点击  /  按钮以打开/关闭边界限制的3D可视化。如果边界限值处于激活状态，则安全模式(请参阅[安全模式 在本页94](#))将由以下其中一个图标指示： /  /  / 。

3D 可视化效果

在“安全边界”部分中选择了可见性开关(即显示图标)的所有已配置边界条目将与当前所选的边界限值一起显示。

(激活)安全板是黄色和黑色的，且有一个小小的箭头表示该板子出于正常状态，这表明机器人TCP允许放置在板子的这一边。触发器平面显示为蓝色和绿色。小箭头表示平面的这一侧不会触发向缩减模式的过渡。如果位于选项卡左边控件中的安全板被选中，那么相对应的3D展示会被高亮。

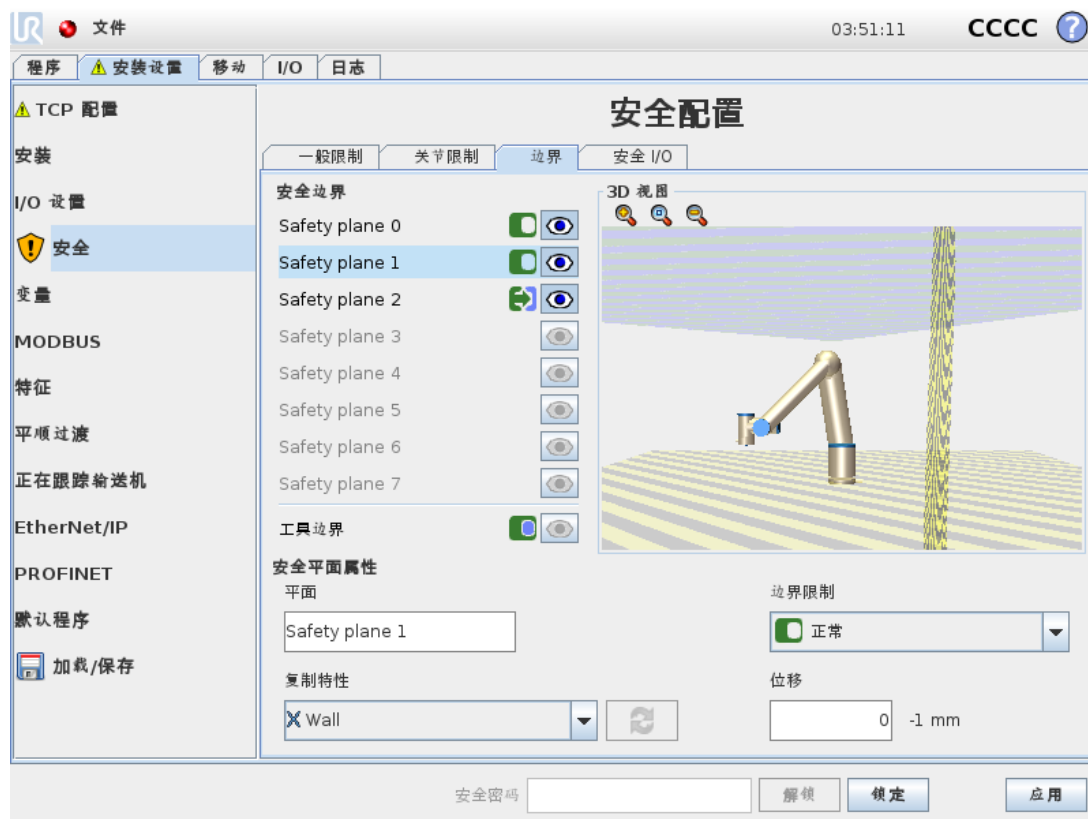
工具方向边界限值以锥体呈现，带有一个指示机器人工具当前方向的矢量。锥体内侧代表工具方向的允许区域(矢量)。

当板子或者工具方向边界限制已配置但未被激活，可视化显示为灰色。

按放大镜图标可缩放视角，拖动手指图标可更改视角。

安全板配置

选项卡底部的“安全平面属性”部分定义选项卡左上角“安全边界”面板中所选安全平面的配置。



名称

Name 文本字段允许用户为所选安全平面指定一个名称。更改名称的方法是，点击文本域，然后输入一个新的名称。

复制特性

安全平面的位置和法线使用当前机器人安装设置中的特征(请参阅 [1.24.12. 安装设置 → 特征在本页 129](#))进行指定。使用“工具边界属性”面板左下角的下拉框选择特征。只有点和平面类型特征可用。选择<未定义>项将清除平面的配置。

所选特征的 **z** 轴将指向不允许的区域，平面法线将指向相反的方向，除非选择 Base 特征，在这种情况下，平面法线将指向同一方向。如果平面配置为触发缩减模式平面(请参阅 [安全模式向下](#))，平面法线将指示不触发向缩减模式过渡的平面一侧。

应当注意的是，通过选择一个特征配置安全平面时，位置信息只是复制到安全平面；而不是将平面链接到该特征。这就是说如果用于配置安全板的属性的位置或方向发生变化，该安全板并不会自动更新。

如果特征发生变化，特征选择器上方的  就会指示。

点击选择器旁边的  按钮，用特征的当前位置和方向更新限值。

如果所选特征已从安装中删除，则还会显示  图标。

安全模式

Safety Plane Properties 面板右侧的下拉菜单用于选择安全平面的安全模式，可用模式如下：

	Disabled	安全平面从不激活。
	Normal	当安全系统处于正常模式时，Normal模式平面处于激活状态，并严格限制机器人 TCP 的位置。
	Reduced	当安全系统处于缩减模式时，Reduced模式平面处于激活状态，并严格限制机器人 TCP 的位置。
	Normal & Reduced	当安全系统处于正常或缩减模式时，Normal & Reduced模式平面处于激活状态，并严格限制机器人 TCP 的位置。
	Trigger Reduced mode	当安全系统处于正常或缩减模式时，触发缩减模式平面处于激活状态，只要机器人 TCP 超出此平面，安全系统就会切换到缩减模式。

所选安全模式由“安全边界”面板相应条目中的图标指示。如果安全模式设置为“已禁用”，将不显示图标。

位移

在“安全平面属性”面板左下方的下拉框中选择一个特征后，可以通过点击此面板右下方的“位移”文本字段并输入一个值来平移此安全平面。输入一个正值，将板子移向板常态的反方向，从而增加机器人的工作空间，而输入一个负值，将板子向板常态这一方向移动，可减少机器人的工作空间。

边界平面位移的公差和单位显示在文本字段的右侧。

严格限制平面的效果

当 TCP 位置即将超过严格限制的活动安全平面减去公差(参见 [1.21.4. 公差 在本页 83](#))之值时，如果继续沿预测的轨迹移动，则程序执行将中止。请注意，公差值所示的负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。如果 TCP 位置超过规定极限的安全平面(无公差)，安全系统将实施 0 类停机。

触发缩减模式平面的效果

当没有实施保护性停止且安全系统未处于特殊恢复模式(参见 [1.21.6. 安全模式 在本页 84](#))时，将以正常模式或缩减模式运行，并且机器人手臂的移动受到相应限值集的限制。

默认情况下，安全系统处于正常模式。只要出现以下情况，安全系统将转变为缩减模式：

1. 机器人 TCP 位于某个触发缩减模式平面之外，即位于平面可视化中与小箭头方向相反的一侧。
2. 配置了 Reduced Mode 模式安全输入功能，并且输入信号为低电平(请参阅 [1.21.13. 安全 I/O 在本页 95](#)了解更多信息)。

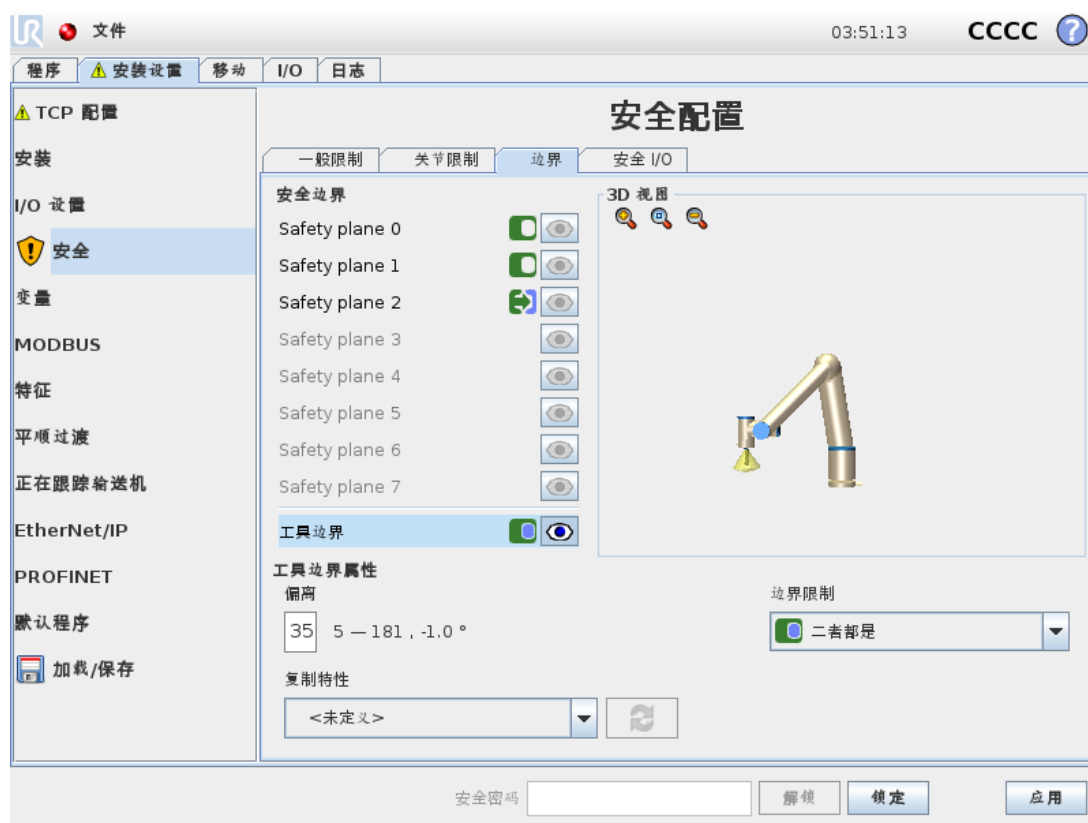
当不再存在上述任何一种情况时，安全系统将重新切换回正常模式。

当通过触发缩减模式平面引起从正常模式到缩减模式的过渡时，将发生从正常模式限值集到缩减模式限值集的过渡。一旦机器人 TCP 位于距缩减触发模式平面 20 mm 或更近的位置(但仍位于正常模式一侧)，将为每个限值应用更宽松的正常和缩减模式限值。一旦机器人 TCP 穿过触发缩减模式平面，正常模式限值集将不再有效，并将强制应用缩减模式限制集。

当通过触发缩减模式平面引起从缩减模式到正常模式的过渡时，将发生从缩减模式限值集到正常模式限值集的过渡。一旦机器人 TCP 穿过触发缩减模式平面，将为每个限值应用更宽松的 normal 和缩减模式限值。一旦机器人 TCP 位于距触发缩减模式平面 20 mm 或更远的位置(在正常模式一侧)，缩减模式限值集将不再有效，并将强制应用正常模式限制集。

如果预测的轨迹将是使机器人 TCP 穿过触发缩减模式平面，则在即将超过新限值集中的关节速度、工具速度或动量限值时，机器人手臂将在穿过此平面前就开始缩减。请注意，由于这些限值在缩减模式限值集中要求更严格，因此只有在从正常模式过渡到缩减模式时才会出现这种提前缩减的情况。

工具边界属性



位于选项卡底部的 Tool Boundary Properties 面板用于定义机器人工具方向的限值，该限值由所需的工具方向和该方向的最大允许偏离值组成。

偏离

Deviation 文本字段显示机器人工具方向与所需方向的最大允许偏离值。更改偏差值的方法是点击文本域，然后输入一个新的值。

可接受的数值范围以及偏离量的公差和单位在文本域旁边列出。

复制特性

机器人工具的所需方向使用当前机器人安装设置中的特征(参见 1.24.12. 安装设置 → 特征 在本页 129)进行指定。被选属性的 z-轴会作为该极限的理想工具方向矢量。

可使用“工具边界属性”面板左下方的下拉框选择特征。只有点和平面类型特征可用。选择<未定义>项将清除平面的配置。



应该注意的是，当通过选择一个特征配置了限值时，方向信息只是复制到限值；而不是将限值链接到该特征。这就是说如果用于配置安全板的属性的位置或方向发生变化，该安全板并不会自动更新。如果特征发生变化，特征选择器上方就会显示  图标。如果所选特征已从安装设置中删除，也会显示该图标。 按钮可使用特征的当前方向更新限值。 图标位于特征选择器上方。点击

安全模式

Tool Boundary Properties面板右侧的下拉菜单用于选择工具方向边界的安全模式。可选项如下：

Disabled	工具边界限制从不激活。
 Normal	安全系统处于正常模式下时，工具边界限值激活。
 Reduced	安全系统处于缩减模式时，工具边界限值激活。
 Normal & Reduced	安全系统处于正常或缩减模式时，工具边界限值激活。

所选安全模式由“安全边界”面板相应条目中的图标指示。如果安全模式设置为“已禁用”，将不显示图标。

效果

当工具方向的偏离即将超过输入的最大偏离减去公差(请参阅[1.21.4. 公差在本页83](#))的值时，如果工具继续沿预测的轨迹运动，程序执行将中止。请注意，公差值所示的负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。如果工具方向的偏差超过限制(无公差)，安全系统将实施 0 类停机。

1.21.13. 安全 I/O



此屏幕用于定义可配置输入和输出 (I/O) 的安全功能。I/O 被分为输入和输出，并成对出现以便为每个功能提供 3 类¹PLd I/O。

每项安全功能只能控制一对 I/O。尝试再次选择相同的安全功能会将其从之前定义的第一对 I/O 中移除。输入信号有 5 种安全功能，输出信号也有 5 种。

注意：将安全功能应用于一组引脚将覆盖在“I/O 设置”(请参阅 1.24.8. 安装设置 → I/O 设置 在本页 121) 中为引脚指定的任何 I/O 动作。

输入信号

对于输入信号，可以选择以下安全功能：系统紧急停止，缩减模式，防护重置，3 档位使动装置 and 操作模式。

系统紧急停止

配置后，除了示教盒上的紧急停止按钮外，又多了一个紧急停止按钮。此功能需要使用符合 ISO 13850 的设备。

缩减模式

所有安全限值都有两种可以应用的模式：正常模式(指定默认安全配置)和缩减模式(请参阅 1.21.6. 安全模式 在本页 84 了解更多详细信息)。选择此项输入安全功能时，向输入端提供的低电平信号将导致安全系统过渡到缩减模式。如有必要，机器人手臂将缩减，以满足缩减模式限

值集。如果机器人手臂仍然违反任何缩减模式限值，将执行 0 类停机。向正常模式过渡的方式与此相同。请注意，安全平面也可能导致向缩减模式过渡(请参阅[安全板配置](#)在[本页 90](#)了解更多信息)。

防护重置

如果在安全 I/O 中连接了防护停止，则此输入用于确保防护停止状态持续，直到触发重置为止。在防护停止状态下，机器人手臂不会移动。



警告

默认情况下，“防护重置”功能为输入引脚 0 和 1 配置。将其禁用意味着在“防护停止”输入变成高电平时，机器人手臂将不再是“防护停止”状态。换句话说，无需“防护重置”，“防护停止”输入 SI0 和 SI1(请参阅《硬件安装手册》)完全确定防护停止状态是否激活。

3 档位使动装置 and 操作模式

允许在机器人的设置和编程过程中选择使用 3 档位设备作为一个附加防护措施。配置 3 档位使动装置输入之后，机器人将处于“运行模式”或“编程模式”。一个图标将出现在右上角以显示当前的操作模式：

- **运行模式:** 机器人只能执行预定义的任务。移动选项卡和自由驱动模式不可用。
- **编程模式:** 解除了运行模式下存在的限制。只要 3 档位使动装置输入为低电平，机器人就会处于“防护停止”状态，并且速度滑块会设置为初始值，该初始值对应于正常模式下的 250 mm/s。

但是，在缩减模式下，缩放比例仍与正常模式相同，因此速度滑块并不总是达到 250 mm/s; 相反，它可以缩放到正常模式的较低百分比。

速度滑块可以逐渐增加以达到更高的速度。每当 3 档位使动装置输入信号由高电平变成低电平时，速度滑块会被重置为低值。

配置操作模式选择有两种方法：

1. 要使用外部模式选择设备选择操作模式，请配置操作模式输入。一旦配置了 3 档位使动装置输入，操作模式输入的配置选项就会出现在下拉菜单中。当操作模式输入信号为低电平时，机器人将处于“运行模式”，当输入信号为高电平时，机器人将处于“编程模式”。
2. 要从 Polyscope 选择操作模式，只需配置 3 档位使动装置输入并将其应用于安全配置。在这种情况下，默认模式为运行。要切换到编程模式，应在“欢迎”屏幕上选择“为机器人编程”按钮。要切换回运行模式，只需退出“为机器人编程”屏幕。



提示

- 在启用了 3 档位使动装置的安全 I/O 配置得到确认后，将自动显示“欢迎”屏幕。当操作模式从编程变为运行时，也会自动显示“欢迎”屏幕。
- 物理模式选择器(如果使用)必须完全符合 ISO 10218-1: 第 5.7.1 条的选择。
- 3 档位开关及其特性、性能特点及操作必须完全符合 ISO 10218-1: 5.8.3 的启用装置。

输出信号

对于输出信号，可以应用以下安全功能。触发高信号的状态结束时，所有信号恢复成低信号：

System Emergency Stop

只有当安全系统被“机器人紧急停止”输入或“紧急停止”按钮触发到“紧急停止”状态时，才会发出低电平信号。为避免死锁，如果“系统紧急停止”输入触发了“紧急停止”状态，则不会发出低电平信号。



提示

通过“系统紧急停止”输出从机器人获得“紧急停止”状态的外部机械必须符合 ISO 13850。这在“机器人紧急停止”输入连接到外部紧急停止装置的设置中尤为必要。在这种情况下，当外部紧急停止装置被释放时，“系统紧急停止”输出将变成高电平。这意味着外部机械的紧急停止状态将被重置，而不需要来自机器人操作员的手动操作。因此，为了符合安全标准，外部机械必须采取手动操作才能恢复。

Robot Moving

只要机器人手臂在移动状态就给出弱信号。机器人手臂处于固定位置时，给出强信号。

Robot Not Stopping

当由于紧急停止或防护停止而使机器人停止或处于停止过程中时，信号为逻辑高电平。信号为逻辑低电平。

Reduced Mode

当机器人手臂处于缩减模式或安全输入配置了 Reduced Mode 输入且当前信号为低电平时，将发送低电平信号。否则信号为高信号。

Not Reduced Mode

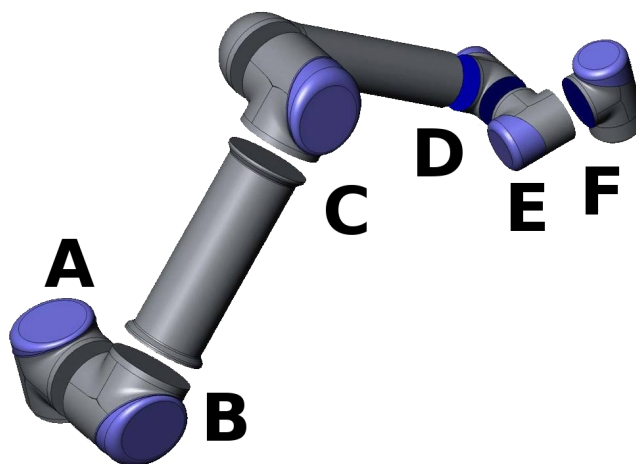
这与上面定义的 Reduced Mode 相反。



1. 停机类别符合 ISO 13849-1, 请参见术语表了解更多信息。[↗](#)

1.22. 开始编程

1.22.1. 前言



13.1: 机器人关节A: 机座, B: 肩部, C: 肘部, D、E、F: 手腕 1、2、3

UR 机器人手臂由挤压铝管和关节组成。这些关节及其常用名称如图 13.1 所示。**机座**是机器人的安装位置，机器人的另一端(**手腕 3**)与机器人的工具相连。通过协调每一个关节的活动，除了基座正上方及正下方的区域以外，机器人可以自由地移动工具。

PolyScope 是一个图形用户界面 (GUI)，可用于操作机器人手臂和控制箱，执行机器人程序，以及轻松创建新程序。

下一节介绍机器人入门知识。之后将对屏幕及 **PolyScope** 的功能做更加详尽的介绍。



警告

1. 硬件安装手册包含重要的安全信息，在机器人第一次通电前，UR 机器人的集成商必须阅读并理解这些信息。
2. 在机器人手臂第一次通电前，集成商必须设置风险评估定义的安全配置参数，请参阅 [1.21. 安全配置](#) 在本页 81 一章。

1.22.2. 使用入门

使用 **PolyScope** 之前，必须先安装机器人手臂和控制箱，将控制箱接通电源。

安装机器人手臂和控制箱

请按照以下步骤安装机器人手臂和控制箱：

1. 开箱取出机器人手臂和控制箱。
2. 将机器人安装在一个坚固的表面，该表面应当足以承受至少 10 倍的机座关节的完全扭转力，以及至少 5 倍的机器人手臂的重量。该表面必须是防震的。

3. 将控制箱放置在其支脚上。
4. 将机器人和控制箱之间的机器人电缆插上电源。
5. 插上电源控制箱插头。

**警告**

倾翻的危险如果机器人没有安全地放置在坚固的表面上，机器人有可能会倾倒并造成伤害。

有关详细安装说明，请参阅硬件安装手册。请注意，在使用机器人手臂进行任何工作之前，都必须进行风险评估。

开/关控制箱

按带触摸屏的控制板前侧的电源按钮即可打开控制箱。此面板通常被称为示教盒。接通控制箱后，来自隐藏的操作系统文本就会出现。约一分钟后，屏幕上将显示一些按钮，并弹出一个窗口，引导用户转至初始化屏幕(请参阅[1.22.6. 初始化屏幕 在本页 104](#))。

要关闭控制箱，请按屏幕上的绿色电源按钮，或使用欢迎屏幕上的**关闭按钮**(请参阅[1.22.5. 欢迎屏幕 在本页 103](#))。

**警告**

直接从壁式插座上拔下电源线来关闭系统可能导致机器人文件系统损坏，从而可能致使机器人功能出现故障。

开/关机器人手臂

如果控制箱已打开且所有紧急停止按钮都未激活，即可开启机器人手臂。机器人手臂的开启方法如下：在初始化屏幕中(请参阅[1.22.6. 初始化屏幕 在本页 104](#))，触摸该屏幕上的**开按钮**，然后按**启动**。当启动机器人后，制动器被解锁，机器人发出噪音并移动少许位置。

触摸初始化屏幕上的**关按钮**可关闭机器人手臂的电源。关闭控制箱也可自动关闭机器人手臂的电源。

1.22.3. 第一个程序

程序是一个告诉机器人该做什么的命令列表。借助 **PolyScope**，即使是编程经验很少的人也可以对机器人进行编程。对于大多数任务，整个编程过程使用触摸屏即可完成，无需键入任何晦涩难懂的命令。

工具运动是机器人程序的一部分，教导机器手臂如何移动。在 **PolyScope** 中，工具运动使用一系列**路点**进行设置。合并的路点构成了机器手臂遵循的路径。使用移动选项卡设置路点，手动移动(示教)机器人至某个具体位置，或由软件计算得出。使用“移动”选项卡(请参阅[1.24. 机器人控制 在本页 111](#))将机器人手臂移动到所需位置，或通过按住示教盒后面的“自由驱动”按钮时将机器人手臂拉到位来示教位置。

除了通过路点移动外，程序还可以在机器人路径中的特定点处向其他机器发送 I/O 信号，并根据变量和 I/O 信号执行 **if...then** 和 **loop** 等命令。

以下是一个简单的程序，它允许已启动的机器手臂在两个路点之间移动。

1. 触摸**为机器人编程**按钮，然后选择**清空程序**。
2. 触摸**下一步**按钮(右下)，以便在屏幕左侧的树形结构中选择**<空>**行。
3. 转到**结构**选项卡。
4. 触摸**移动**按钮。
5. 转到**命令**选项卡。
6. 点按**下一步**按钮，转到**路点**设置。
7. 点按“?”图标旁边的**设置此路点**按钮。
8. 在**移动**屏幕上，按各个蓝色箭头以移动机器人，或者在按住位于示教盒背面的**自由驱动**按钮的同时拉动机器人手臂。
9. 按**确定**。
10. 按在其前添加路点。
11. 按“?”图片旁边的**设置此路点**按钮。
12. 在**移动**屏幕上，按各种蓝色箭头来移动机器人，或者在拉动机器人手臂的同时按住**自由驱动**按钮来移动机器人。
13. 按**确定**。
14. 您的程序已就绪。按“播放”符号后，机器人将在两点之间移动。站在远离机器人的位置，按住紧急停止按钮并按“播放”。
15. 恭喜！您现已编完了您的第一个机器人程序，该程序可指示机器人在给定的两点之间移动。



警告

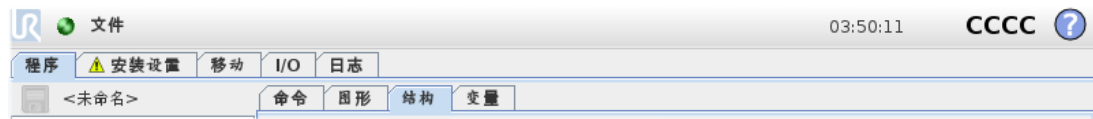
1. 不要让机器人移到自身或其他物体中，因为这会对机器人造成损害。
2. 您的头和躯干不能位于机器人可接触到的范围(工作区)。请不要将您的手指放在机器人可抓住的地方。
3. 这只是一个快速启动指南，教您如何轻松地使用 **UR** 机器人。该指南的前提是环境安全无害，用户谨慎小心。请不要将速度或者加速度上调至默认值之上。在使机器人进入操作之前，始终进行风险评估。

1.22.4. PolyScope 程序界面

PolyScope 在连接到控制箱的触摸屏上运行。



上图显示的是欢迎屏幕。屏幕浅蓝区域的按钮可通过手指触摸或笔端触碰来操作。PolyScope 以层级结构的形式来组织各个屏幕画面。在编程环境中，屏幕以选项卡的形式组织排列以便于访问。



在本例中，在顶层选择了**程序**选项卡，然后在其下选择了**结构**选项卡。**程序**选项卡显示与当前加载程序相关的信息。如果选择**移动**选项卡，屏幕将切换为**移动**屏幕，在此屏幕中可以移动机器人手臂。同样，如果选择**I/O**选项卡，则可以监视和更改电气 I/O 的当前状态。

控制箱或示教盒也可以连接鼠标和键盘，不过，实际上无此必要。几乎所有文本字段都启用了触控功能，因此触摸它们可以打开一个屏幕小键盘或键盘。

有关 PolyScope 的各个屏幕，将在后续章节详细介绍。

1.22.5. 欢迎屏幕



启动控制器 PC 后，将显示欢迎屏幕。此屏幕提供以下选项：

- **运行程序**: 选择并运行现有程序。这是操作机器人手臂和控制箱最简单的方式。
- **为机器人编程**: 更改程序或创建新程序。
- **设置机器人**: 更改语言，设置密码，升级软件等。
- **关闭机器人**: 关闭机器人手臂的电源，并关闭控制箱。
- **关于**: 提供软件版本、主机名、IP 地址、序列号和法律信息等详细信息。

1.22.6. 初始化屏幕



在该屏幕上，您可以控制机器人手臂的初始化。

机器手臂状态指示

状态 LED 指示机器人手臂的运行状态：

- 红色高亮 LED 指示机器人手臂目前处于停止状态，停止原因有多种。
- 黄色高亮 LED 指示机器人手臂开启，但尚未准备好进行正常操作。
- 绿色高亮 LED 指示机器人手臂开启，且准备好进行正常操作。

LED 旁的文字进一步说明了机器人手臂的当前状态。

激活的有效载荷和安装设置

机器人手臂开启时，控制器控制机器人手臂的有效载荷显示在白色小文本字段中。可通过点按文本字段并输入新值来修改此值。

注意：设置此值不会修改机器人安装设置中的有效载荷（请参阅[1.24.6. 安装设置 → TCP 配置](#)在本页117），只会设置控制器要使用的有效载荷质量。

同样地，当前加载的安装文件名称显示在灰色的文本字段中。点按文本字段或点按该字段旁边的**加载**按钮可以加载不同的安装设置。另外，加载的安装设置可以通过屏幕下方的 3D 视图旁的按钮进行定制。

在启动机器人手臂之前，务必验证激活的有效载荷和激活的安装设置与机器人手臂当前所处的实际状态匹配。

初始化机器手臂



警告

启动机器手臂前，务必确认实际有效载荷和安装设置正确无误。如果设置错误，机器人手臂和控制箱将无法正常工作，并会对周围的人或设备造成危险。



小心

如果机器人手臂碰到障碍物或桌子应格外小心，因为撞上障碍物会导致关节齿轮箱损坏。

带绿色图标的大按钮用于对机器人手臂进行实际初始化。上面的文字，以及其执行的操作，都会根据机器人手臂的当前状态变化。

- 控制器 **PC** 启动后，点击该按钮一次给机器人手臂通电。机器人手臂状态会显示**通电**，随后显示**空闲**。请注意，如果遇到紧急停止，机器人手臂不会通电，因此该按钮被禁用。
- 如果机器人手臂状态为**空闲**，需再点按一次该按钮才能启动机器人手臂。此时，传感器数据会根据配置的机器手臂安装数据进行核对。如果出现不匹配(公差为 30°)，该按钮会被禁用，按钮下方会显示错误消息。

通过安装验证后，点击该按钮将释放所有关节制动器，之后机器人手臂将准备好进行正常操作。注意，释放制动器时，机器人会发出声音并移动少许位置。

- 如果启动后违反了某一安全限值，机器人手臂会在特殊的**恢复模式**下操作。在该模式下，点击该按钮将切换至恢复移动屏幕，在该屏幕可以将机器人手臂移回安全限值内。
- 如果出现故障，可以使用该按钮重启控制器。
- 如果控制器当前未运行，点击该按钮启动控制器。

最后，带红色图标的较小按钮用于关闭机器人手臂。



1.23. 屏幕编辑器

1.23.1. 屏幕表达式编辑器



虽然表达式本身是以文本形式进行编辑，但表达式编辑器也提供了许多按钮和函数，可用于插入特殊表达式符号，例如，表示相乘的 * 符号和表示小于等于的 $\leq$ 符号。使用屏幕左上角的键盘符号按钮可切换至表达式文本编辑模式。可以在 Variable selector, while the names of the input and output ports can be found in the Input and Output selectors. Some special functions are found in Function 中找到所有已定义的变量。

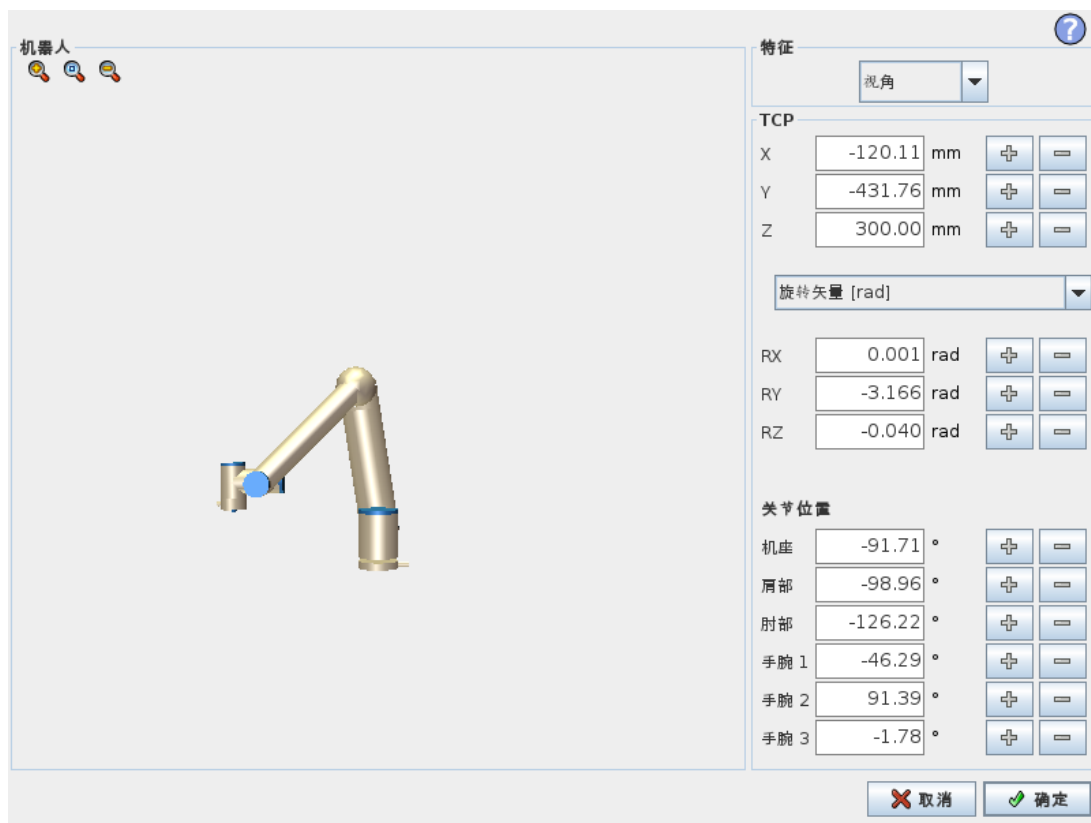
按“确定”按钮时，系统将检查表达式是否存在语法错误。按“取消”按钮将离开屏幕，放弃所有更改。

表达式类似如下形式：

`digital_in[1]? = True and analog_in[0] < 0.5`

1.23.2. 位姿编辑器屏幕

可以在此屏幕上指定机器人工具的目标关节位置或目标位姿(位置和方向)。此屏幕处于“离线”状态，不直接控制机器人手臂。



机器人

以 3D 视角形式显示机器人手臂的当前位置和指定的新目标位置。机器人手臂的 3D 图显示机器人手臂的当前位置，机器人手臂的“阴影”部分显示由屏幕右侧指定值控制的机器人手臂的目标位置。按放大镜图标可缩放视角，拖动手指图标可更改视角。

如果机器人 TCP 的指定目标位置距离安全平面或触发平面很近，或者机器人工具的方向接近工具方向边界限值(请参阅 [1.21.12. 边界 在本页 89](#))，则会显示相邻边界限值的 3D 表示。

安全平面以黄黑色呈现，带有一个表示安全平面正常的小箭头，指出安全平面上允许放置机器人 TCP 的一侧。触发平面以蓝色和绿色显示，并带有一个指向平面一侧的小箭头，在这一侧，正常模式限值(请参阅 [1.21.6. 安全模式 在本页 84](#))处于激活状态。工具方向边界限值以锥体呈现，带有一个指示机器人工具当前方向的矢量。锥体内侧代表工具方向的允许区域(矢量)。

目标机器人 TCP 离开极限区域时，3D 成像消失。如果目标 TCP 违反边界限制或接近边界极限，则成像会变成红色。

特征和工具位置

在屏幕右上角可找到特征选择器。特征选择器定义了用于控制机器人手臂相对应的特征

当前激活的工具中心点 (TCP) 的名称显示在特征选择器下方。有关配置多个指定 TCP 的更多信息，请参阅 [1.24.6. 安装设置 → TCP 配置 在本页 117](#)。文本框显示了 TCP 相对于所选特征的完整坐标值。X, Y and Z control the position of the tool, while RX, RY and RZ 控制工具的方向。

使用 RX, RY and RZ 框上方的下拉菜单选择方向表示形式。可用类型包括：

- **旋转矢量 [rad]** 方向以旋转矢量形式给出。轴长是指要旋转的角度，以弧度表示，矢量本身给定了要绕之旋转的轴。这是默认设置。
- **旋转矢量 [°]** 方向以旋转矢量形式给出，其中，矢量的长度是要旋转的角度，以度为单位。
- **RPY [rad]** 滚动角、俯仰角和偏航角 (*RPY*)，以弧度为单位。RPY 旋转矩阵 (*X*、*Y'*、*Z''* 旋转) 由以下公式确定：

$$R_{\text{rpy}}(\gamma, \beta, \alpha) = RZ(\alpha) \cdot RY(\beta) \cdot RX(\gamma)$$

- **RPY [°]** 滚动角、俯仰角和偏航角 (*RPY*)，以度为单位。

单击坐标可编辑值。点击框右侧的 **+ or -** 按钮可对当前值进行加/减操作。按住按钮将直接增大/减小值。按住的时间越长，增大/减小的值越大。

关节位置

允许直接指定各关节位置。每个关节位置的值可以在 -360° 到 $+360^\circ$ 范围内，这是关节限值。单击关节位置可编辑值。点击框右侧的 **+ or -** 按钮可对当前值进行加/减操作。按住按钮将直接增大/减小值。按住的时间越长，增大/减小的值越大。

“确定”按钮

如果该屏幕是从 **Move tab** (see 1.24. 机器人控制 在本页 111), clicking the **OK** button will return to the **Move** 选项卡激活的(请参阅第 119 页上的“1.23. 机器人控制”)，点击“确定”按钮将返回到“移动”选项卡，在此机器人将移动到指定目标。如果最后一个指定值是工具坐标，机器人手臂将采用 **MoveL** 移动类型移动至目标位置；如果最后指定的是关节位置，则机器人手臂将采用 **MoveJ** 移动类型移动至目标位置。移动类型 在本页 149 中介绍了不同的移动类型。

取消按钮

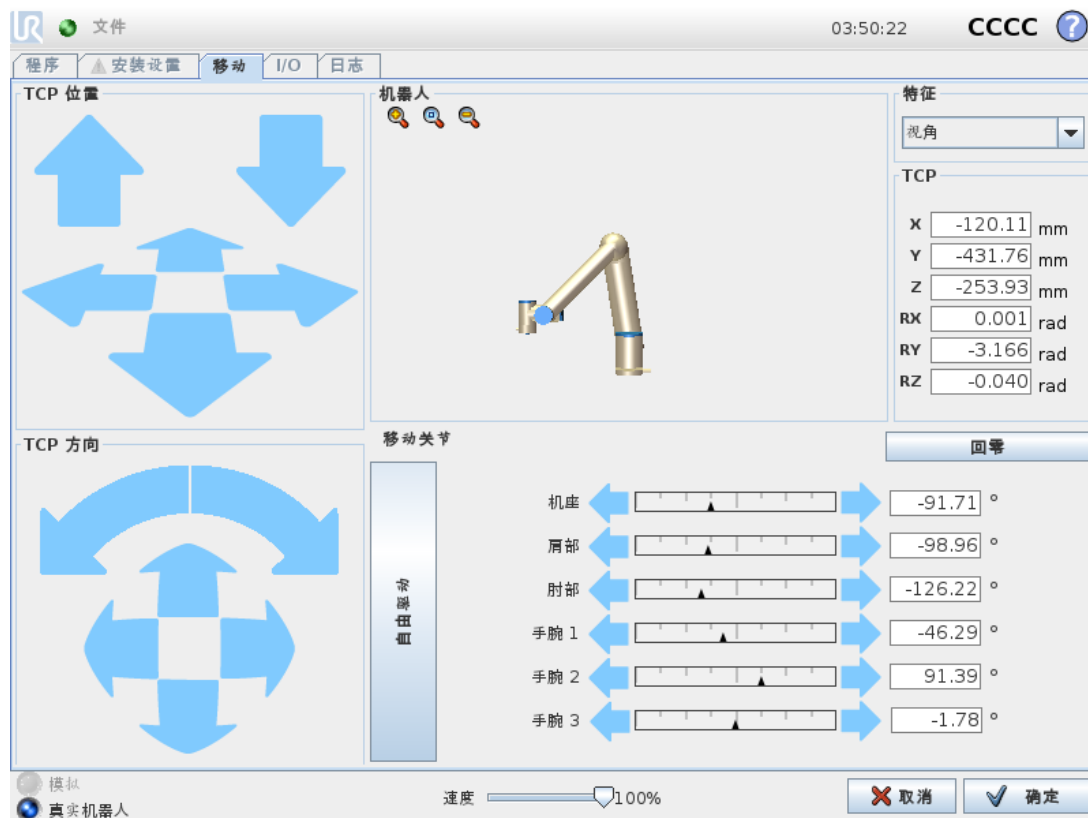
点击 **Cancel** 按钮可离开屏幕，放弃所有更改。



1.24. 机器人控制

1.24.1. 移动选项卡

在此屏幕，始终可通过平移/旋转机器人工具或逐个移动机器人关节来直接移动(缓慢移动)机器人手臂。



机器人

以 3D 视角形式显示机器人手臂的当前位置。按放大镜图标可缩放视角，拖动手指图标可更改视角。要获得控制机器人手臂的最佳感觉，请选择**视角**特征并旋转 3D 图的查看角度，以符合您查看真实机器人手臂的视角。

如果机器人 TCP 的当前位置距离安全平面或触发平面很近，或者机器人工具的方向接近工具方向边界值(请参阅 1.21.12. 边界 在本页 89)，则会显示相邻边界值的 3D 表示。请注意，如果机器人在运行程序，边界限制可视化将被禁用。

安全板以黄黑色呈现，带小箭头指示安全板正常，显示安全板上允许放置机器人 TCP 的位置。触发平面以蓝色和绿色显示，并带有一个指向平面一侧的小箭头，在这一侧，**正常模式**限值(请参阅 1.21.6. 安全模式 在本页 84)处于激活状态。工具方向边界值以锥体呈现，带有一个指示机器人工具当前方向的矢量。锥体内侧代表工具方向的允许区域(矢量)。

机器人 TCP 离开极限区域时，3D 成像消失。如果 TCP 侵犯边界值或接近边界值，则成像会变成红色。

特征和工具位置

在屏幕右上角可找到特征选择器。它定义了用于控制机器人手臂相对应的特征。

当前激活的工具中心点 (TCP) 的名称显示在特征选择器下方。文本框显示了 TCP 相对于所选特征的完整坐标值。有关配置多个指定 TCP 的更多信息, 请参阅 [1.24.6. 安装设置 → TCP 配置](#) 在本页 117。

单击坐标或关节位置可手动编辑坐标值。这将转至“位姿编辑器”屏幕(请参阅 [1.23.2. 位姿编辑器屏幕](#) 在本页 107), 您可以在该屏幕上为工具指定目标位置和方向或者目标关节位置。

移动工具

- 按住平移箭头(顶部) 将按所指示的方向移动机器人的工具头。
- 按住旋转箭头(底部) 将按所指示的方向更改机器人工具的方向。旋转点为工具中心点 (TCP), 即位于机器人手臂末端, 提供机器人工具特征点的点。TCP, 在图中以蓝色小球表示。

注意: 可随时释放该按钮, 使机器人停止运动

移动关节

允许直接控制各关节。每个关节可以在 -360° 到 $+360^{\circ}$ 之间移动, 这是每个关节的水平条所示的默认关节限值。如果关节达到其关节极限角, 则无法再移离一步。如果一个关节的位置范围配置与默认范围(请参阅 [1.21.11. 关节限制](#) 在本页 88) 不同, 此范围在水平条中将以红色显示。

自由驱动

按住 **自由驱动** 按钮时, 可以用手抓住机器人手臂并将其拉至所需位置。如果 **设置** 选项卡中的重力设置(请参阅 [1.24.7. 安装设置 → 安装](#) 在本页 120) 不正确, 或者机器人手臂承受重载荷, 则在按下 **自由驱动** 按钮时, 机器人手臂可能开始移动(下降)。在这种情况下, 只需再次释放 **自由驱动** 按钮即可。



警告

1. 确保使用正确的安装设定(例如: 机器人安装角度、TCP 中的重量、TCP 偏移)。与程序一起保存并加载安装设置文件。
2. 在按下 **自由驱动** 按钮之前, 确保 TCP 设置和机器人安装设置都正确。如果这些设置不正确, 机器人手臂会在 **自由驱动** 按钮激活时移动。
3. 只有通过风险评估, 才允许在安装设置中使用“自由驱动”功能(**阻抗/逆向驱动**)。工具及障碍物不得有锐边或扭点。确保所有人员都在机器人手臂工作范围之外。

1.24.2. I/O 选项卡



在此屏幕上，您可以始终监控并设置机器人控制箱收发的实时 I/O 信号。屏幕将显示 I/O 的当前状态，包括程序运行期间的 I/O 状态。程序运行期间如有任何更改，程序将停止运行。程序停止运行时，所有输出信号将保持其状态。屏幕的更新频率为 10Hz，因此，特别快的信号可能无法正确显示。

可配置 I/O 可为安装设置的安全 I/O 配置部分中定义的特殊安全设置保留(请参阅[1.21.13. 安全 I/O 在本页 95](#))；保留的 I/O 将使用安全功能的名称代替默认名称或用户定义的名称。为安全设置保留的可配置输出不可切换，仅以 LED 显示。

有关信号的电气详细信息，请参阅[1.9.3. 控制器 I/O 在本页 28](#)一章。

电压

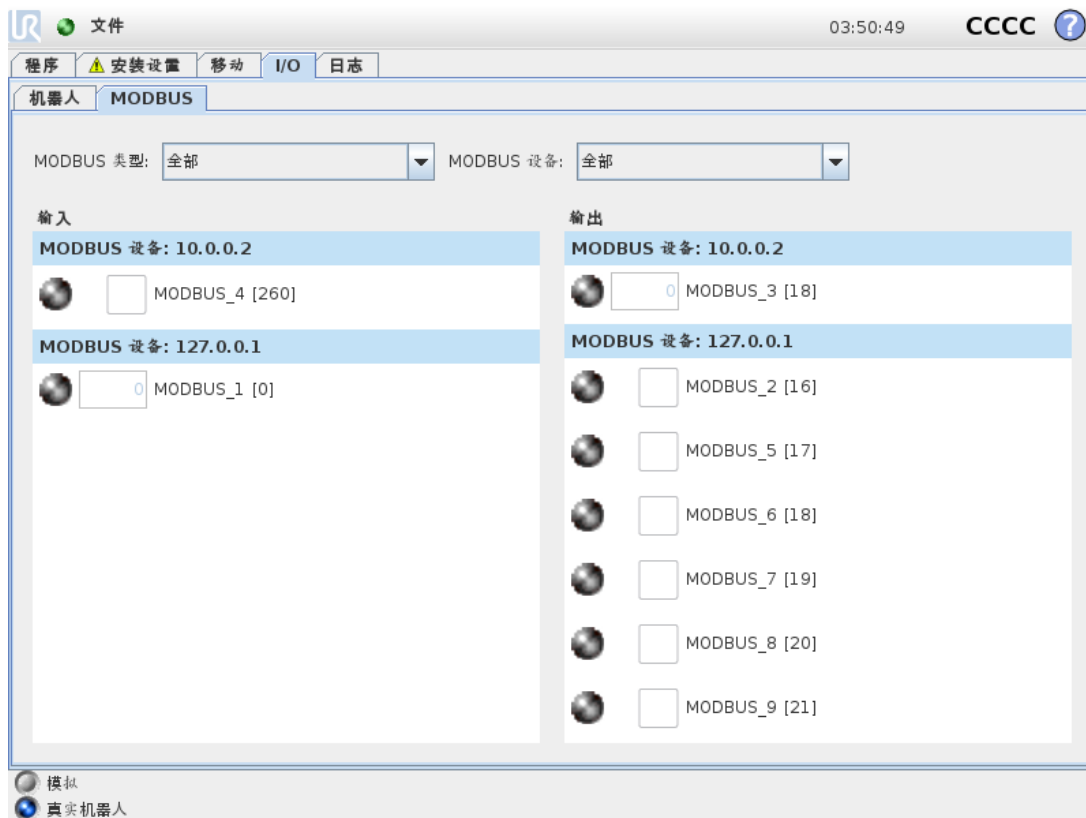
在“工具输出”中，仅当工具输出由用户控制时，才能配置电压。选择URCap会删除对电压的访问。

模拟域设置

模拟 I/O 可设置为电流 [4-20mA] 输出或电压 [0-10V] 输出。保存程序时，系统将记住该设置，以便在后续重新启动机器人控制器时使用。在工具输出中，选择URCap会删除对模拟工具输入域设置的访问。

1.24.3. MODBUS

下面的截屏显示了在安装设置中设置的 MODBUS 客户端 I/O 信号。如果设置的数量不止一个，使用页面顶部的下拉菜单可以根据信号类型和 MODBUS 单元更改显示的内容。列表中的每一个信号都包含连接状态、数值、名称和信号地址。如果连接状态和 I/O 选项卡的控制选择允许，则可以切换输出信号(请参阅 [1.24.8. 安装设置 → I/O 设置 在本页 121](#))。



1.24.4. 自动移动选项卡

当机器人手臂必须移至其工作空间内的某个位置时需使用自动移动选项卡。比如机器人手臂必须移动至程序的开始位置后才开始运行，又或者是移动至路点的同时更改程序。



动画

动画显示机器人手臂将要进行的动作。



小心

比较动画和真实机器人手臂的位置，确保机器人手臂可以安全地运动，不会打到障碍物。



小心

自动移动功能使机器人沿着阴影区轨迹移动。碰撞可能会损坏机器人或其他设备。

自动

按住**自动**按钮可按动画所示移动机器人手臂。
注意：可随时释放该按钮，使机器人停止运动。

手动

按下**手动**按钮将跳转至**移动**选项卡，在此选项卡中可以手动移动机器人手臂。如果动画中的运动不理想，则可以采用手动模式。

1.24.5. 安装设置 → 加载/保存



机器人安装设置涵盖了机器人手臂和控制箱如何安装在工作环境中的所有方面。包括机器人手臂的机械安装、与其他设备的电气连接，以及机器人程序依赖的所有其他选项。不包括程序本身。

这些设置可使用**安装设置**选项卡下的各个屏幕进行设置，有一个例外是 I/O 域在 **I/O** 选项卡 (请参阅 1.24.2. **I/O 选项卡** 在本页 113) 中进行设置。

可以为机器人保存多份安装设置文件。所创建的程序将使用激活的安装设置，在使用程序时会自动加载此安装设置。

对安装设置所做的任何更改均需要进行保存，以备断电后能够得以保留。如果安装设置中有未保存的更改，**安装设置**选项卡左侧的**加载/保存**文本旁边会显示一个软盘图标。

按**保存**或**另存为...**按钮可保存安装设置。此外，保存程序也会保存激活的安装设置。使用**加载**按钮可加载其他安装设置文件。**新建**按钮可将机器人安装设置中的所有设置重置为出厂默认设置。



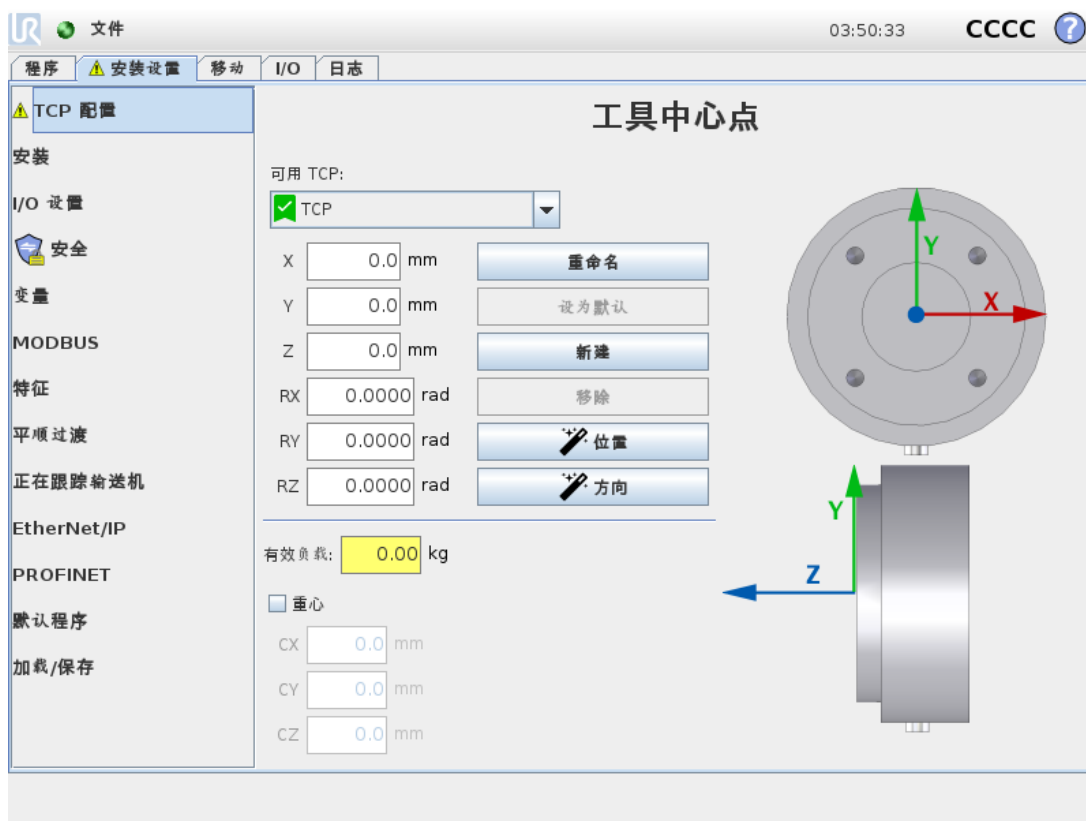
小心

不推荐使用 USB 驱动器加载机器人安装设置。要使用 USB 驱动器上存储的安装设置，请先加载该安装设置，然后使用**另存为...**按钮将其保存在本地程序文件夹中。

1.24.6. 安装设置 → TCP 配置

工具中心点 (TCP) 是机器人工具上的一个点。每个 TCP 都包含相对于工具输出法兰中心而设定的转换和旋转。

当编程返回到先前存储的路点时，机器人将 TCP 移动到路点内保存的位置和方向。当为线性运动编程时，TCP 以线性方式移动。



位置

X、Y 和 Z 坐标指定 TCP 位置。当所有值(包括方向)均为零时，TCP 与工具输出法兰的中心点重合，并应用屏幕显示的坐标体系。

方向

RX、RY、RZ 坐标框制定 TCP 位置。与“移动”选项卡类似，使用 RX、RY、RZ 框上方的“单位”下拉菜单可选择方向坐标(请参阅 1.23.2. 位姿编辑器屏幕 在本页 107)。

添加、重命名、修改和删除 TCP

您可以通过以下操作开始配置新的 TCP：

- 点按使用唯一名称定义新 TCP。新 TCP 显示在下拉菜单中。
- 点按重命名 TCP。
- 点按移除选定的 TCP。不能移除最后一个 TCP。

主动 TCP

当进行线性移动时，机器人总是使用激活TCP定义TCP偏移量。可以使用一个“移动”命令(请参阅 1.25.4. 命令：移动 在本页 149)或“设置”命令更改激活的 TCP。

默认的TCP

运行一个程序前，必须按照激活TCP设置默认TCP。

- 选择所需的 TCP，点按**设为默认**将 TCP 设置为默认 TCP。

可用下拉菜单中的绿色图标表示默认配置的TCP

示教 TCP 位置



TCP 位置坐标可通过以下步骤自动计算：

1. 点按**测量**。
2. 在机器人工作空间中选择一个固定的点。
3. 使用屏幕右侧的位置箭头从至少三个不同角度移动 TCP，并保存工具输出法兰的相应位置。
4. 使用**设置**按钮将验证的坐标应用于合适的 TCP。这些位置必须足够多样化，以确保计算结果正确。如果它们不够多样化，按钮上方的状态 LED 将变为红色。

即使通常只要三个位置便足可确定 TCP，但仍然需要使用第四个位置来进一步验证计算结果正确。每个为计算所得 TCP 保存的点的质量通过相应按钮上的 LED 为绿色、黄色还是红色来指示。

示教 TCP 方向



1. 点按**测量**。
2. 从下拉列表选择一个特征。有关定义新特征的更多信息，请参阅[1.24.12. 安装设置 → 特征 在本页 129](#)。
3. 点按**设置点**并使用**移动工具箭头**移动到工具的方向和相应的 TCP 与所选特征的坐标系重合的位置。
4. 验证计算的 TCP 方向，并点按**设置**将其应用于所选 TCP。

有效载荷

机器人工具的重量在屏幕的下半部分指定。要更改此设置，只需点击空白文字字段并输入新值。所作设置将应用于所有指定的 TCP。有关最大允许有效载荷的详细信息，see the Hardware Installation Manual。

重心

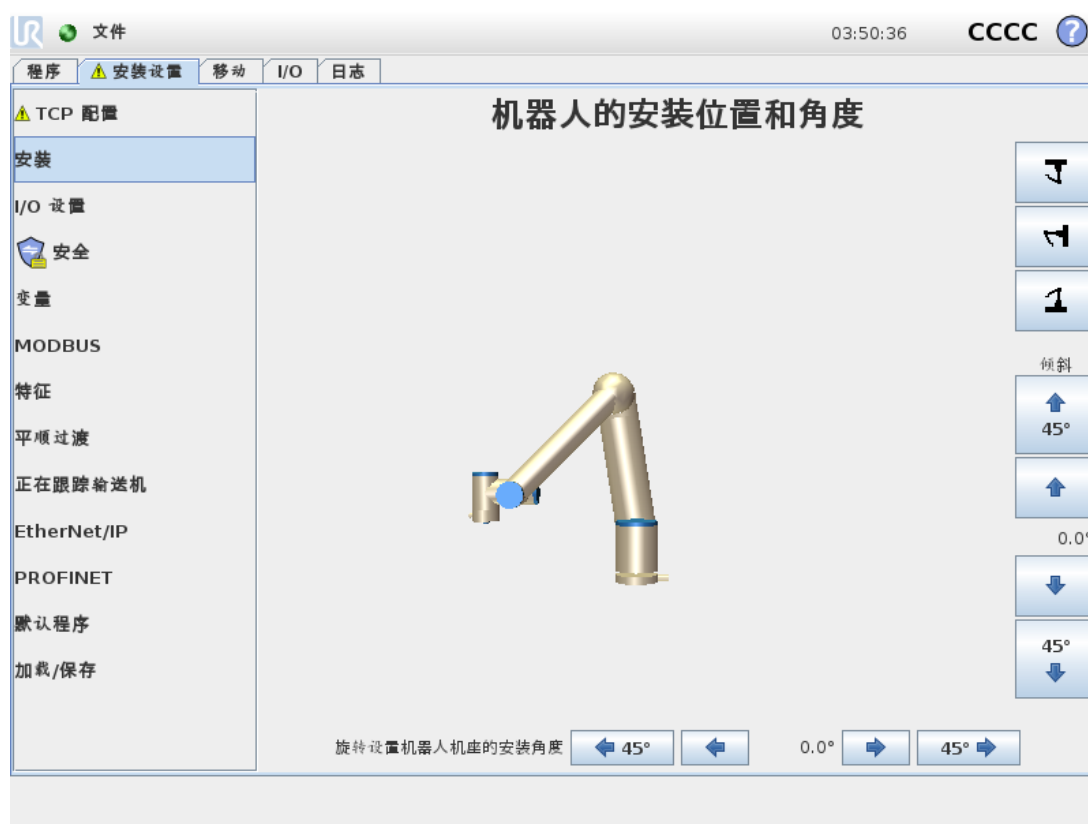
使用字段cx、cy和cz指定工具的重心。这些设置适用于所有定义的 TCP。如果已对版本 3.8 之前创建的安装进行预先设置，则它们支持将重心设置为 TCP。如果手动在 3.8 或更高版本中设置重心，将永久移除为 TCP 设置重心的功能。

可以选择使用自定义惯量矩阵来设置惯量值。

惯量是在坐标系中指定的，其原点位于有效载荷的重心 (CoG) 处，且轴与工具法兰轴对齐。

可根据具有用户指定质量的球的惯量计算默认惯量，球的质量密度为 1g/cm^3

1.24.7. 安装设置 → 安装



指定机器手臂的安装有两个目的：

1. 在屏幕上正确显示机械手臂。
2. 告知控制器重力方向。

高级动力学模型可确保机器人手臂平稳精确地运动，并使机器人手臂能够将其自身保持在自由驱动模式。为此，机械手臂的安装务必设置正确，这一点至关重要。



警告

如果没有正确安装机器人手臂，则可能导致频繁的保护性停止，并且/或者按自由驱动按钮时，机器人手臂会移动。

如果机器手臂安装在平稳的台面或地面上，无需对此屏幕进行任何更改。但是，如果机器人手臂采用吊顶式安装、壁挂式安装或呈一定角度安装，则需使用按钮对其进行调整。

屏幕右侧的按钮可用于设置机器人手臂的安装角度。右上角的三个按钮可将角度设置为吊顶 (180°)、墙壁 (90°)、地面 (0°)。倾斜按钮可设置任意角度。

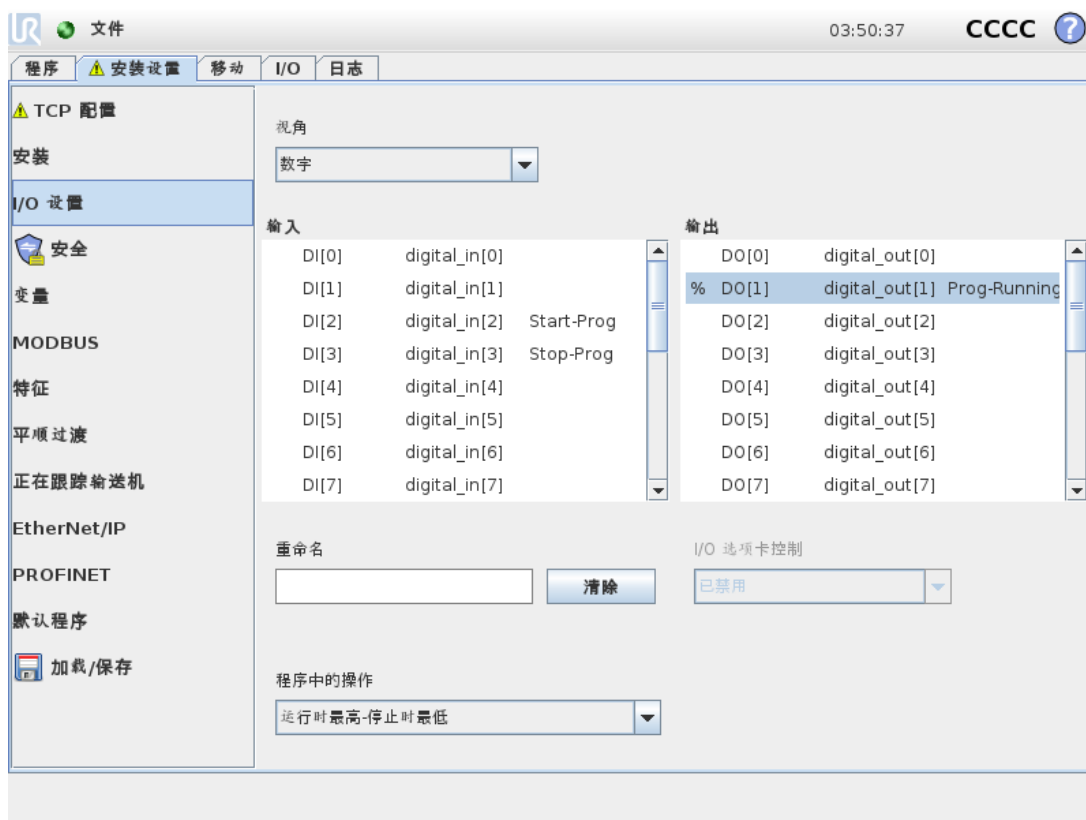
屏幕底部的按钮用于旋转机器人手臂的安装角度，以与实际安装角度保持一致。



警告

使用正确的安装设置。用程序保存并加载安装文件。

1.24.8. 安装设置 → I/O 设置



在“I/O 设置”屏幕上，用户可以使用 I/O 选项卡控件定义 I/O 信号并配置动作。

输入和输出部分列出了 I/O 信号的类型，例如：

- 数字标准通用、可配置和工具
- 模拟标准通用和工具
- MODBUS
- 通用寄存器(布尔、整数和浮点)可通过现场总线(如 Profinet 和以太网/IP)访问通用寄存器。

I/O 信号类型

要限制在**输入**和**输出**部分中列出的信号数量,请使用屏幕顶部的**视图**下拉菜单根据信号类型更改显示的内容。

指定用户定义的名称

要轻松记住信号在与机器人一起工作时所做的工作,用户可以将名称与输入和输出信号相关联。

1. 选择所需的信号
2. 点击屏幕下方的文本字段即可设置名称。
3. 要将名称重置为默认名称,请点按**清除**。

必须为通用寄存器指定一个用户定义的名称,使其在程序中可用(即,对于 **Wait** 命令或 **If** 命令的条件表达式) **Wait** 和 **If** 命令分别在 [1.25.10. 命令:等待 在本页 162](#)和 [1.25.17. 命令:If 在本页 168](#)中进行了介绍。命名的通用寄存器可在**表达式编辑器**屏幕的**输入**或**输出**选择器中找到。

I/O 操作和 I/O 选项卡控件

输入和输出操作

物理和现场总线数字 I/O 可用于触发操作或者对程序状态作出反应。可用的输入动作:

- **启动**:在上升沿启动或恢复当前程序。
- **停止**:在上升沿停止当前程序。
- **暂停**:在上升沿暂停当前程序。
- **自由驱动**:当输入为高电平时,机器人处于自由驱动状态(类似于“自由驱动”按钮)。如果程序正在运行或其他条件不允许自由驱动,则忽略输入。



警告

如果在使用“启动”输入动作时机器人停止,则机器人会在执行该程序之前缓慢移动到程序的第一个路点。如果在使用“开始”输入操作时机器人暂停,则机器人会在恢复该程序之前缓慢移动到暂停的位置。

可用输出动作:

动作	输出状态	程序状态
未运行时为低电平	低电平	停止或暂停
未运行时为高电平	高电平	停止或暂停
运行时为高电平， 停止时为低电平	低电平 高电平	运行 停止或暂停
计划外停止时为低 电平	低电平	程序计划外终止
计划外停止时为低 电平，否则为高电 平	低电平 高电平	程序计划外终止 运行、停止或暂停
连续脉冲	在高电平和低电平之 间交替	运行(暂停或停止程序以保持脉冲状态)



提示

如果发生以下任何情况，程序将计划外终止：

- 保护性停止
- 故障
- 违例
- 运行时异常

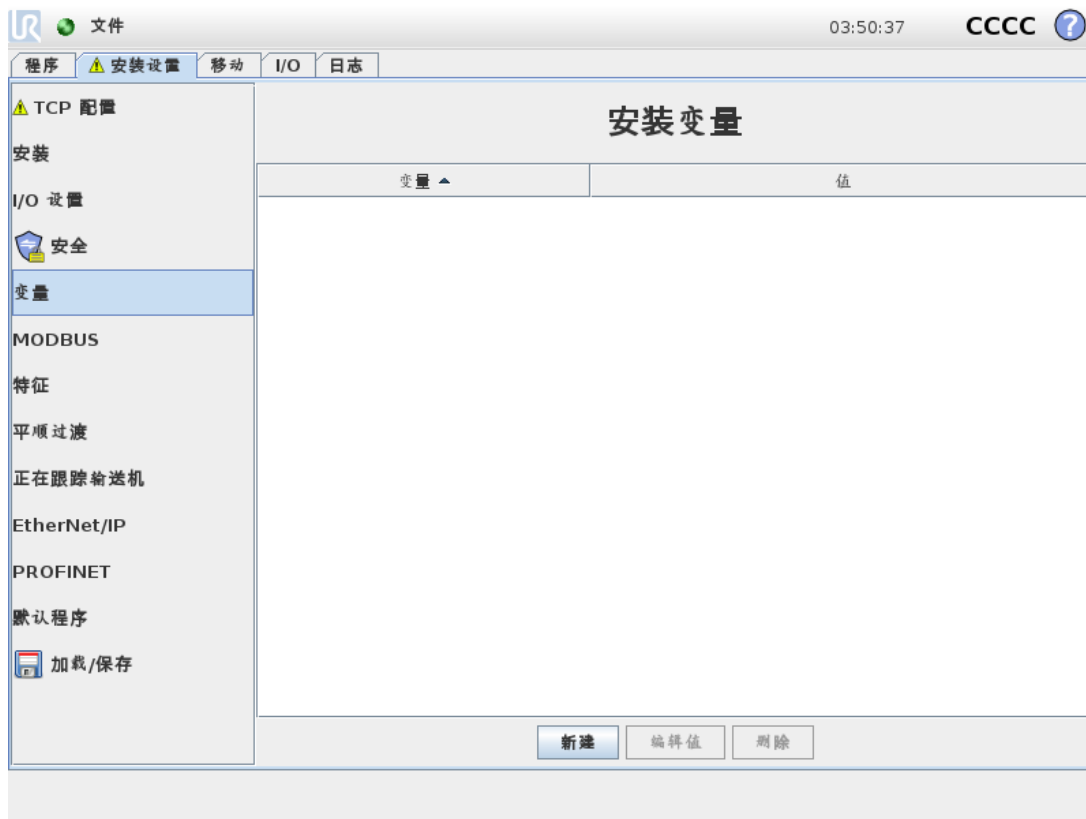
I/O 选项卡控制

指定输出是由“I/O”选项卡控制(由程序员控制或由操作员和程序员共同控制)，还是由机器人程序控制。

1.24.9. 安装设置 → 安全

请参阅 [1.21. 安全配置](#) 在本页 [81](#) 一章。

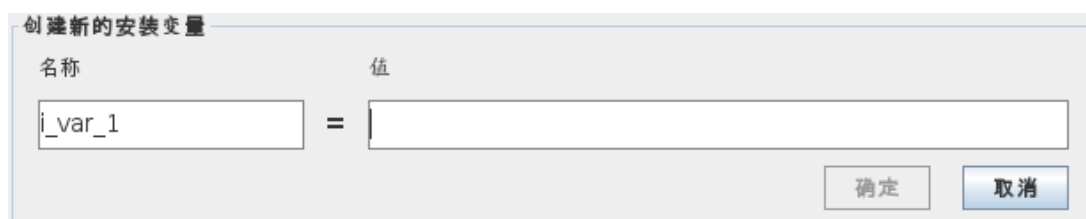
1.24.10. 安装设置 → 变量



在**安装变量**屏幕上创建的变量称为安装变量，用法与普通程序变量类似。安装变量非常特殊，因为即使程序停止后又重新启动，以及机器人手臂和/或控制箱断电后又重新通电，它们的值也会保留。

安装变量的名称和值与安装一起存储，因此您可以在多个程序中使用相同的变量。

在程序执行期间以及程序暂停和停止时，安装变量及其值每 10 分钟自动保存一次。



创建变量

1. 点按**新建**，以使用建议的新变量名称访问**创建新的安装变量**字段。
2. 点按**创建新的安装变量**字段以更改变量名称。
3. 如果在此安装中未使用新的变量名，请点按**确定**。
4. 在列表中选择变量，然后点按**编辑值**以更改变装变量的值。
5. 配置变量后，必须保存安装本身以保留配置。

删除变量

1. 选择变量，然后点按**删除**。

如果加载的程序与程序变量同名，或者如果加载的安装与安装变量同名，则会显示以下选项：您可以使用同名的安装变量而不是程序变量来解决问题，也可以通过将冲突变量自动重命名来解决问题。

1.24.11. 安装设置 → MODBUS 客户端 I/O 设置



此处可设置 MODBUS 客户端(主)信号。可由输入/输出信号(寄存器或数字)创建与指定 IP 地址的 MODBUS 服务器(或从设备)的连接。每个信号都有唯一的名称，因此可用在程序中。

刷新

按此按钮可刷新所有 MODBUS 连接。刷新会断开所有的 modbus 设备，并重新连接。所有统计信息都被清除。

添加设备

按此按钮可添加新的 MODBUS 设备。

删除设备

按此按钮可删除 MODBUS 设备和已添加到设备的所有信号。

设置设备 IP

此处将显示 Modbus 设备的 IP 地址。按此按钮可更改 IP 地址。

顺序模式

仅在“显示高级选项”(请参阅[显示高级选项 对页](#))时可用。选择此复选框将强制 modbus 客户端在发送下一个请求之前等待响应。某些现场总线单元需要此模式。当有多个信号时，打开此选项可能有帮助，而增加请求频率会导致信号断开。

当在顺序模式下定义多个信号时，实际信号频率可能会低于请求的频率。在信号统计中可以观察到实际信号频率(请参阅[高级选项 对页](#)一节)。如果实际信号频率小于从**频率**下拉列表中选择的一半，则信号指示灯将变为黄色。

添加信号

按此按钮可添加信号到相应的 MODBUS 设备上。

删除信号

按此按钮可从相应的 MODBUS 设备上删除信号。

设置信号类型

使用此下拉菜单可选择信号类型。可用类型包括：

数字输入

数字输入信号是一位长度的信号，可从信号地址域中指定线圈上的 MODBUS 设备读取。使用功能代码 0x02(读取离散输入)。

数字输出

数字输出信号(线圈)是一位长度的信号，可设置为高电平或低电平。在用户已设置此输出的值之前，将从远程 MODBUS 设备读取输出值。这意味着将使用功能代码 0x01(读取线圈)。如果已通过机器人程序或按**设置信号值**按钮设置输出，将继续使用功能代码 0x05(写入单线圈)。

寄存器输入

寄存器输入信号是从地址域中指定的地址读取的 16 位长度信号。使用功能代码 0x04(读取输入寄存器)。

寄存器输出

寄存器输出信号是 16 位长度信号，可由用户自行设置。在用户已设置寄存器的值之前，将从远程 MODBUS 设备读取寄存器值。这意味着将使用功能代码 0x03(读取保持寄存器)。如果已通过机器人程序或在**设置信号值**字段中指定信号值来设置输出，将使用功能代码 0x06(写入单寄存器)来设置远程 MODBUS 设备上的值。

设置信号地址

此字段显示远程 MODBUS 服务器上的地址。可使用屏幕小键盘选择不同地址。有效地址取决于制造商和远程 MODBUS 设备的配置。

设置信号名称

用户可以使用屏幕键盘为信号指定名称。当信号在程序中使用时会用到信号名称。

信号值

此处显示信号的当前值。对于寄存器信号，信号值以无符号整数表示。对于输出信号，可以使用按钮设置所需的信号值。同样，对于寄存器输出信号，所提供的要写入设备的信号值也必须是无符号整数。

信号连接状态

此图标显示是否可正确读取/写入信号(绿色)、设备是否做出意外响应或是否无法检测到设备(灰色)。如果收到 MODBUS 异常响应，将显示响应代码。MODBUS-TCP 异常响应为：

E1

非法功能 (0x01) 询问所收到的功能代码是服务器(或从设备)不允许的动作。

E2

非法数据地址 (0x02) 询问所收到的功能代码是服务器(或从设备)不允许的动作，检查输入的信号地址是否对应远程 MODBUS 服务器的设置。

E3

非法数据值 (0x03) 询问所包含的值是服务器(或从设备)不允许的动作，检查输入的信号值对于远程 MODBUS 服务器上的指定地址是否有效。

E4

从设备故障 (0x04) 服务器(或从设备)在尝试执行所请求的动作时发生不可恢复的错误。

E5

应答 (0x05) 专用信息已与编程命令一起发送至远程 MODBUS 设备。

E6

从设备忙 (0x06) 专用信息已与编程命令一起发送至远程 MODBUS 设备，从设备(服务器)现在无法响应。

显示高级选项

此复选框可显示/隐藏每个信号对应的高级选项。

高级选项

更新频率

此菜单可用于更改信号的更新频率。更新频率是指向远程 MODBUS 设备发送请求来读取或写入信号值的请求频率。当频率设置为 0 时，将使用 `modbus_get_signal_status`、`modbus_set_output_register` 和 `modbus_set_output_signal` 脚本函数按需启动 modbus 请求。

从设备地址

此文本字段可用于为与特定信号对应的请求设置具体的从设备地址。该值必须在 0-255 范围内(包括 0 和 255)，默认值为 255。若要更改此值，建议您首先查阅远程 MODBUS 设备手册，验证从设备地址更改后的功能正常。

重新连接计数

TCP 连接被关闭并重新连接的次数。

连接状态

TCP 连接状态。

响应时间 [ms]

发送 modbus 请求和收到响应之间的时间 - 仅当通信处于激活状态时才更新。

Modbus 数据包错误

收到的包含错误的数据包数(即长度无效、数据丢失、TCP 套接字错误)。

超时

未得到响应的 modbus 请求数。

请求失败

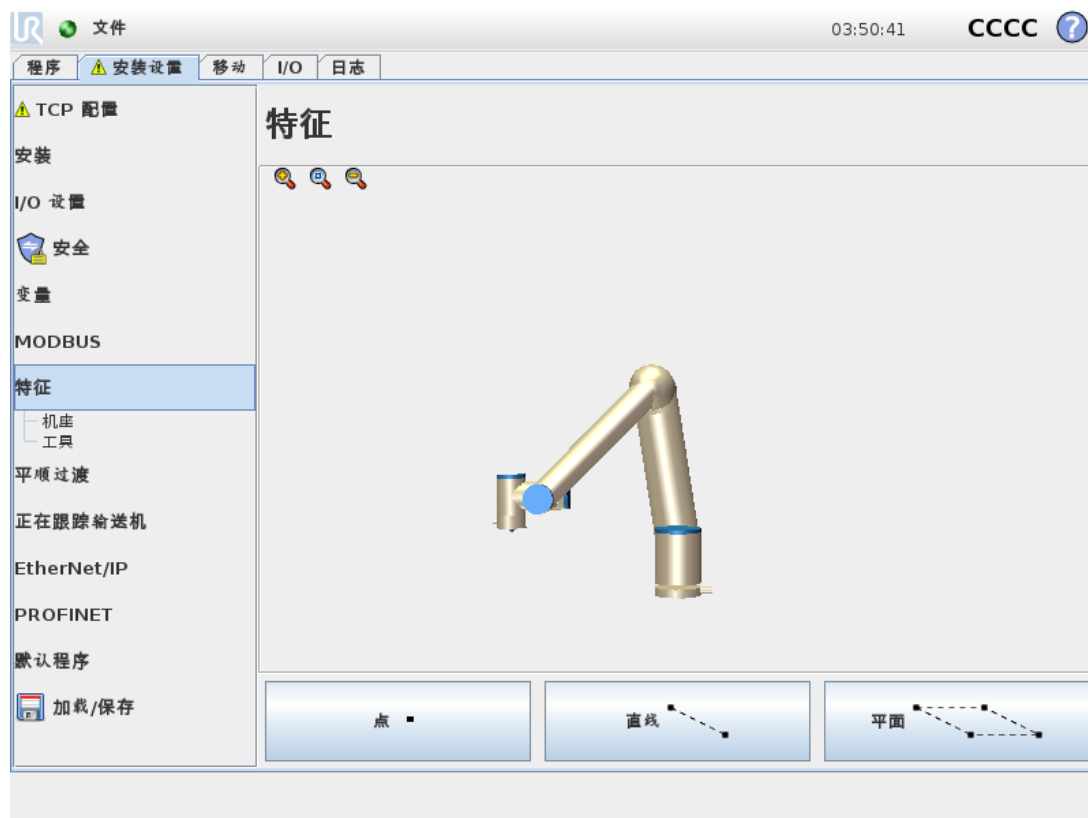
由于插座状态无效而无法发送的数据包数。

实际频率

客户端(主)信号状态更新的平均频率。每次信号从服务器(或从设备)接收到响应时，重新计算此值。

所有计数器最多可达 65535，然后回到 0。

1.24.12. 安装设置 → 特征

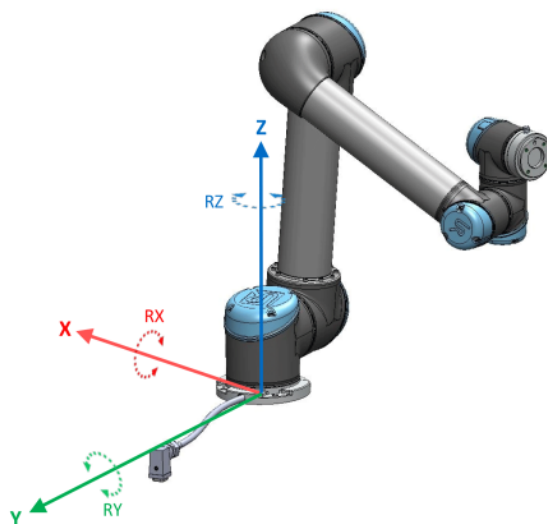


特征表示由相对于机器人机座的六维位姿(位置和方向)定义的对象。您可以命名特征以供将来参考。

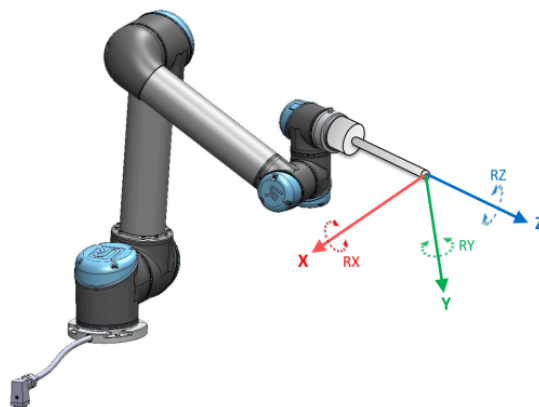
机器人程序的某些子部分包括相对于机器人手臂机座之外的特定对象执行的移动。这些对象可以是机器人手臂周围的桌子、其他机器、工件、观察系统、坯料或边界。

机器人包括以下两个预定义特征，其位姿由机器人手臂自身的配置定义：

- 机座特征，其原点位于机器人机座的中心(参见图 15.1)。
- 工具特征，其原点位于当前 TCP 的中心(参见图 15.2)。



15.1: 基本特征



15.2: 工具 (TCP) 特征

使用点特征、直线特征和/或平面特征定义特征位姿。

这些特征通过使用工作区中 **TCP** 的当前位姿的方法进行定位。因此，您可以使用自由驱动或“缓慢移动”将机器人移动到所需位姿来示教特征位置。

特征的选择取决于所用对象的类型和精度要求。尽可能使用直线特征和平面特征，因为它们基于更多的输入点。输入点越多意味着精度越高。

例如，您可以通过定义具有尽可能多的物理间隔的直线特征的两个点来准确定义线性输送机的方向。您也可以使用点特征定义线性输送机，但必须将 **TCP** 指向输送机的移动方向。

使用更多的点来定义桌子的位姿意味着方向是基于单一 **TCP** 的位置而不是方向。单一 **TCP** 方向难以进行高精度配置。

有关添加特征的更多信息，请参阅以下小节：[对页](#)、[在本页 132](#)和[平面特征 在本页 133](#)。

使用特征

您可以引用机器人程序的安装设置中定义的特征，将机器人移动(如 **MoveL** 和 **MoveP** 命令)与该特征关联起来(请参阅 [1.25.4. 命令:移动 在本页 149](#)一节)。

例如，当存在多个机器人站、在程序运行期间移动对象或在场景中永久移动对象时，这可以轻松调整机器人程序。调整对象的特征时，相对于该对象的所有程序移动都会相应地调整。有关更多示例，请参阅[示例：手动更新特征以调整程序 在本页 134](#)和[示例：动态地更新特征位姿 在本页 135](#)小节。通过“移动”选项卡([1.24. 机器人控制 在本页 111](#)小节)或[位姿编辑器](#)屏幕(请参阅[1.23.2. 位姿编辑器屏幕 在本页 107](#))手动移动机器人时，配置为可缓慢移动的特征也是非常有用的工具。选择某个特征作为参考时，用于平移和旋转的“移动工具”按钮将在所选的特征空间中操作(请参阅[特征和工具位置 在本页 112](#)和[移动工具 在本页 112](#))，读取 TCP 坐标。例如，如果一个表被定义为一个特征并被选为移动选项卡中的一个参考，那么转换箭头(即上/下、左/右、前进/后退)将机器人在相对于表的这些方向上移动。此外，TCP 坐标将位于表的框架中。

重命名

此按钮重命名一个特征。

删除

使用此按钮可删除所选特征及任何子特征。

显示坐标轴

选择是否在 3D 视角中显示所选特征的坐标轴。该选择适用于此屏幕和移动屏幕。

更改点

使用[更改此点](#)按钮可设置或更改所选特征。将显示[移动](#)选项卡([1.24. 机器人控制 在本页 111](#)小节)，可在其中设置新特征位置。

可唤醒

选择所选特征是否将可唤醒。这确定该特征是否将显示在移动屏幕的特征菜单中。

使用“移至此处”

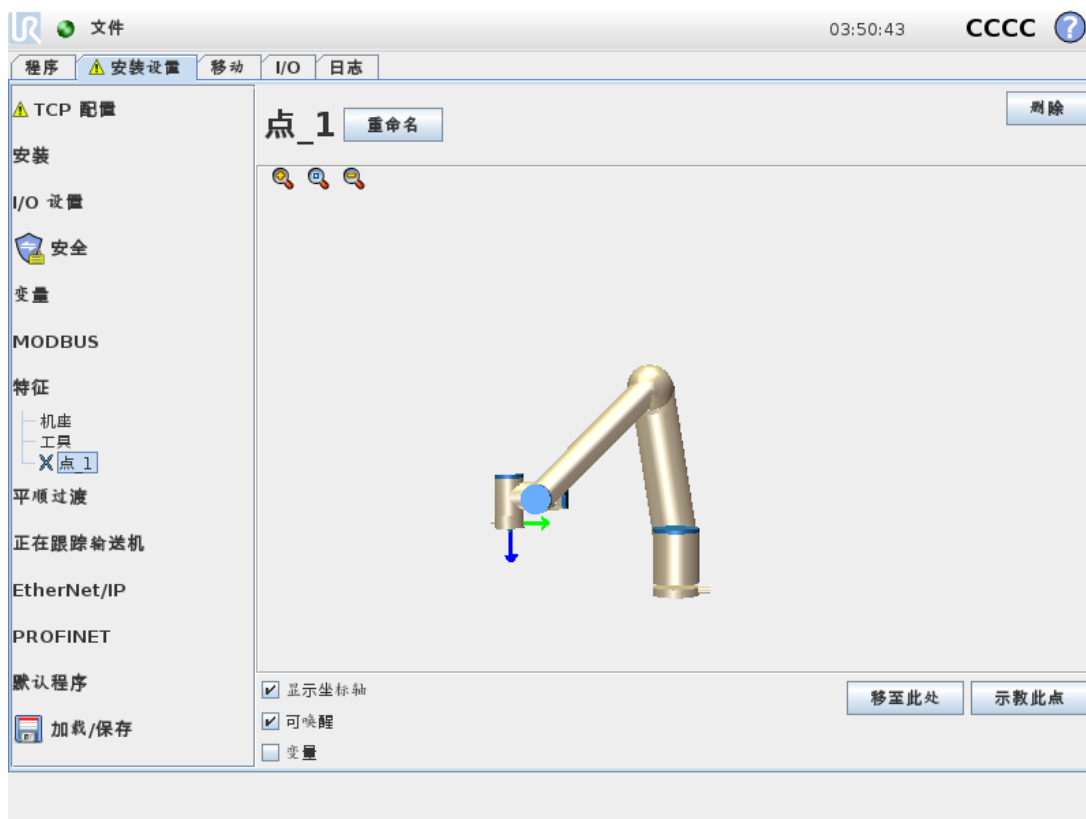
点按[移至此处](#)可将机器人手臂移向所选特征。移动结束后，特征的坐标系和 TCP 的坐标系将重合。

点特征

点特征定义机械手臂的安全边界或全局主配置。点特征的位置由 TCP 的位置来定义。

添加点

1. 在“安装设置”中，选择[特征](#)。
2. 在“特征”下，选择[点](#)。

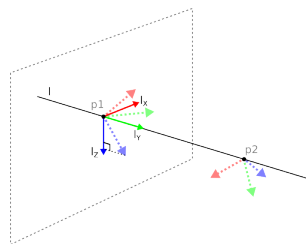


直线特征

线特征定义了机器人需要遵循的线。(例如:当使用输送机跟踪时)。直线 l 定义为两个点特征 $p1$ 和 $p2$ 之间的一个轴,如图 15.3 所示。

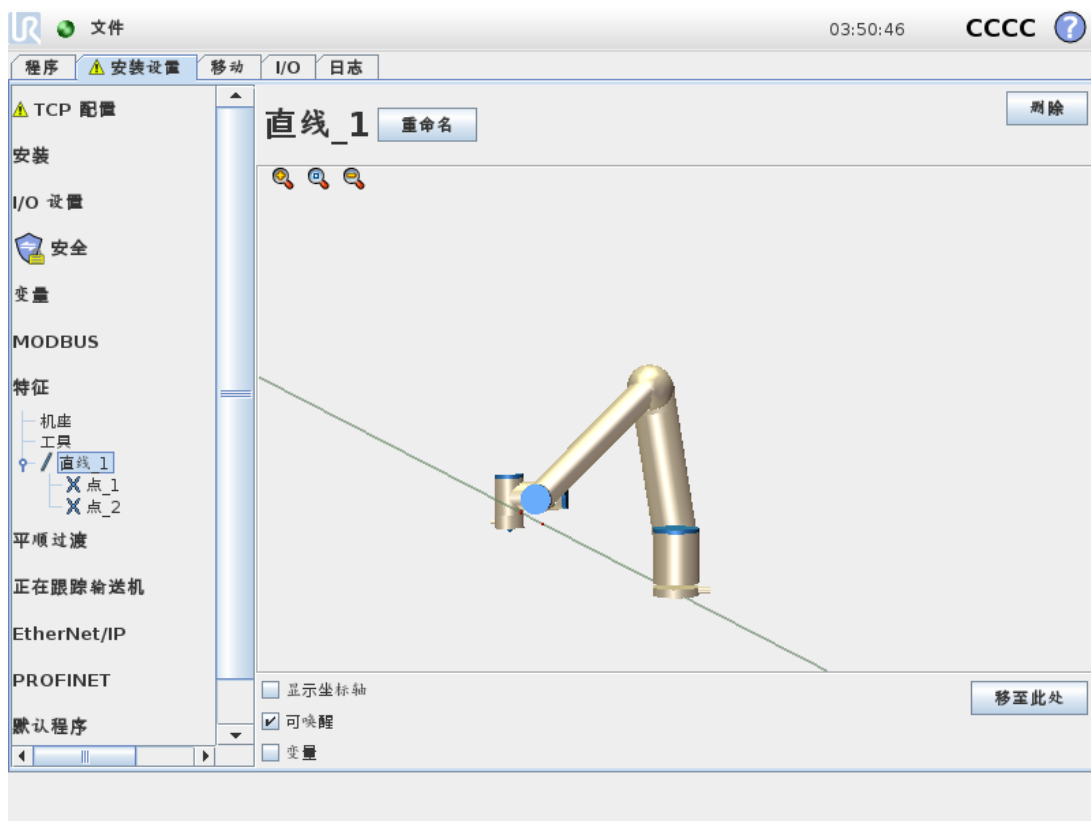
添加线

1. 在“安装设置”中,选择**特征**。
2. 在“特征”下,选择**直线**。



15.3: Definition of the line feature

在图 15.3 中,从第一点指向第二点的轴构成了直线坐标系的 y 轴。 z 轴由 $p1$ 的 z 轴在垂直于直线的平面上的投影定义。直线坐标系的位置与 $p1$ 的位置相同。



平面特征

当您需要高精度框架时选择平面特征：例如：当使用观察系统或相对于桌子进行移动时。

添加平面

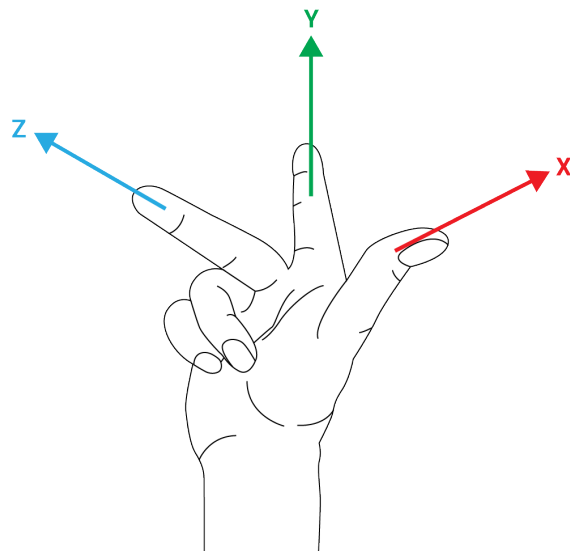
1. 在“安装设置”中，选择**特征**。
2. 在“特征”下，选择**平面**。

示教平面

按平面按钮创建新平面时，屏幕上的指南可帮助您创建平面。

1. 选择 **Origo**
2. 移动机器人以定义平面的正 **x**-轴方向
3. 移动机器人以定义平面的正 **y**-轴方向

平面使用右手定则定义，因此 **z**-轴是 **x**-轴和 **y**-轴的叉积，如下所示。



提示

如果您希望该平面在相反方向上正常，您可以在 **x**-轴的相反方向上重新示教该平面。

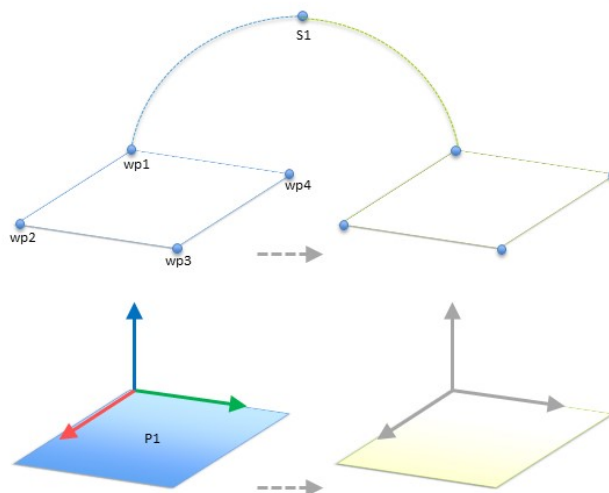
通过选择平面并按修改平面来修改现有平面。然后，您将使用相同的指南来示教新平面。

示例：手动更新特征以调整程序

考虑机器人程序的多个部分相对于桌子的应用。图 15.4 说明了从路点 wp1 through wp4 的移动。

Robot Program

```
MoveJ
  S1
MoveL # Feature: Pl_var
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4
```



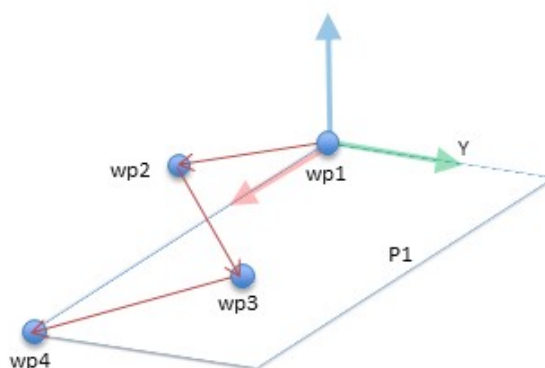
15.4: 通过更改特征手动更新与某个平面特征相关的四个路点的简单程序

应用需要将程序重新用于多个机器人安装，其中只有桌子的位置略有不同。相对于桌子的移动相同。通过在安装设置中将桌子的位置定义为特征 **P1**，只要用桌子的实际位置更新安装设置，就可以很容易地将包含相对于平面配置的 **MoveL** 命令的程序应用到其他机器人上。

该概念适用于应用中的一些特征，以实现可以在许多机器人上解决相同任务的灵活程序，即使工作空间中因安装而有所不同。

示例: 动态地更新特征位姿

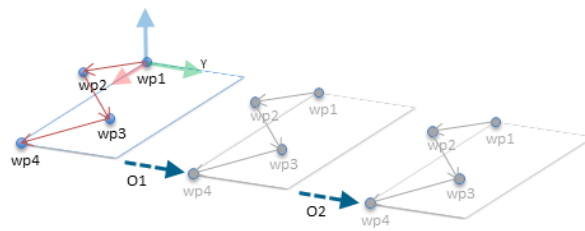
考虑一个类似的应用，其中机器人必须在桌子上以特定的模式移动来完成特定任务(请参阅 15.5)。



15.5: 具有相对于某个平面特征的四路点的 **MoveL** 命令

```
Robot Program
MoveJ
  wp1
  y = 0.01
  o = p[0,y,0,0,0,0]
  P1_var = pose_trans(P1_var, o)
MoveL # Feature: P1_var
  wp1
```

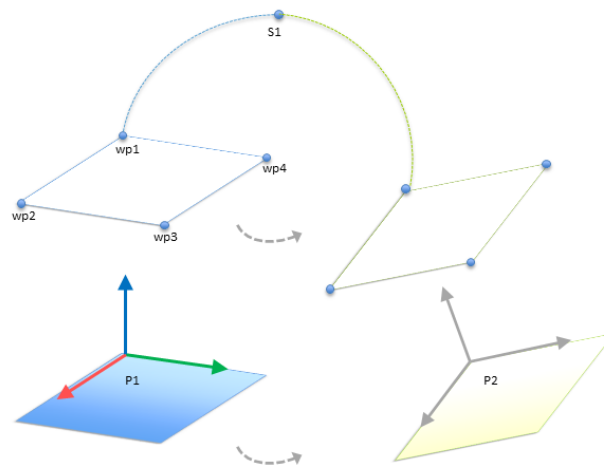
wp2
wp3
wp4



15.6: 对该平面特征应用偏移

Robot Program

```
MoveJ
  S1
  if (digital_input[0]) then
    P1_var = P1
  else
    P1_var = P2
MoveL # Feature: P1_var
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4
```



15.7: 从一个平面特征切换到另一个平面特征

相对于 $P1$ 的移动重复了许多次，每次偏移量为 o 。在本例中，偏移在 Y 方向上设置为 10 cm (参见图 15.6, 偏移量为 $O1$ 和 $O2$)。这通过使用 `pose_add()` 或 `pose_trans()` 脚本函数操作变量来实现。程序在运行时可以切换到不同的特征，而不是添加偏移量。如以下示例所示(参见图 15.7)，`MoveL` 命令 `P1_var` 的参考特征可以在两个平面 $P1$ 和 $P2$ 之间切换。

1.24.13. 输送机跟踪设置

“输送机跟踪设置”可以对最多 2 台输送机的移动进行配置。输送机跟踪设置提供配置机器人的选项，使其与绝对或增量式编码器以及线性或圆形输送机一起工作。

输送机参数

增量式

编码器可以连接到数字输入 0~3。编码器可以连接到数字输入 8~11。数字信号的解码以 40kHz 的频率运行。利用正交编码器(需要两个输入)，机器人可以确定输送机的速度和方向。如果输送机的方向恒定，可利用单个输入端检测用于确定输送机速度的上升沿、下降沿或上升和下降沿。

绝对式

编码器可以通过 MODBUS 信号连接。这需要预先配置一个数字 MODBUS 输出寄存器 (1.24.11. 安装设置 → MODBUS 客户端 I/O 设置 在本页 125 一节)。

跟踪参数

线性输送机

选择线性输送机时，必须在安装设置的**特征**部分配置一个直线特征来确定输送机的方向。使线性特征与输送机的方向平行可确保精度，定义线性特征的两点之间距离要长。在示教两点时将工具牢牢地顶着输送机的侧面放置来配置直线特征。如果直线特征的方向与输送机的移动方向相反，请使用**反向按钮**。**每米信号数量**字段显示当输送机移动一米时编码器生成的信号数量。

圆形输送机

在跟踪圆形输送机时，必须定义输送机中心点。

1. 在安装设置的**特征**部分中定义中心点。**每转信号数量**值必须是当输送机旋转一整圈时编码器生成的信号数量。
2. 选中**工具随输送机旋转**复选框可使工具跟踪输送机的旋转方向。

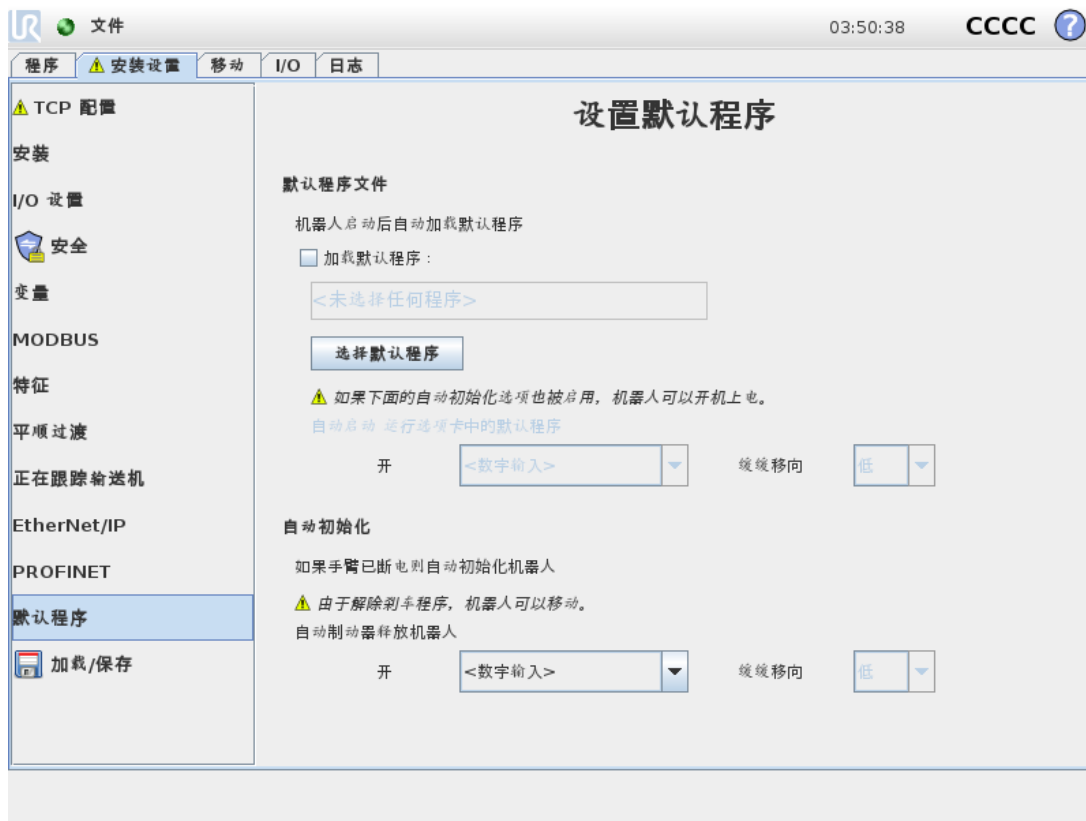
1.24.14. 安全模式之间的平顺过渡

在事件过程中，当在安全模式之间切换时(即缩减模式输入、缩减模式触发平面、防护停止和 3 档位使动装置)，机器人手臂打算使用 0.4 秒来创建“软”过渡。现有应用程序具有与“硬”设置相对应的不变行为。新安装文件默认为“软”设置。

调整加速/减速设置

- 点击安装选项卡。
- 在左侧边栏菜单中选择平顺过渡。
- 选择硬表示更高的加速/减速，选择软表示更平顺的默认过度设置。

1.24.15. 安装设置 → 默认程序



启动屏幕包含自动加载设置、启动默认程序，以及在启动时，自动对机器手臂进行初始化。



警告

1. 当自动加载、自动启动和自动初始化被启用时，只要输入信号与选定的信号电平相匹配，机器人在控制箱上电后立即运行程序。例如：在这种情况下，不需要边沿转换到选定的信号电平。
2. 信号电平设置为低电平时请小心。输入信号默认为低电平，使程序自动运行而不受外部信号的触发。

加载默认程序

控制箱接通电源后将加载默认程序。此外，当进入[运行程序](#)屏幕(请参阅[运行程序：选择并运行现有程序](#)。这是操作机器人手臂和控制箱最简单的方式。在本页 103) 且未加载任何程序时，将自动加载默认程序。

开启默认程序

默认程序会在[运行程序](#)屏幕中自动启动。当加载默认程序并检测到指定的外部输入信号沿过渡时，该程序将自动启动。

在启动时，当前输入信号电平未定义。在启动时选择与信号电平相匹配的转换会立即启动程序。此外，离开**运行程序**屏幕或点按仪表板中的“停止”按钮将禁用自动启动功能，直到再次按下“运行”按钮为止。

自动初始化

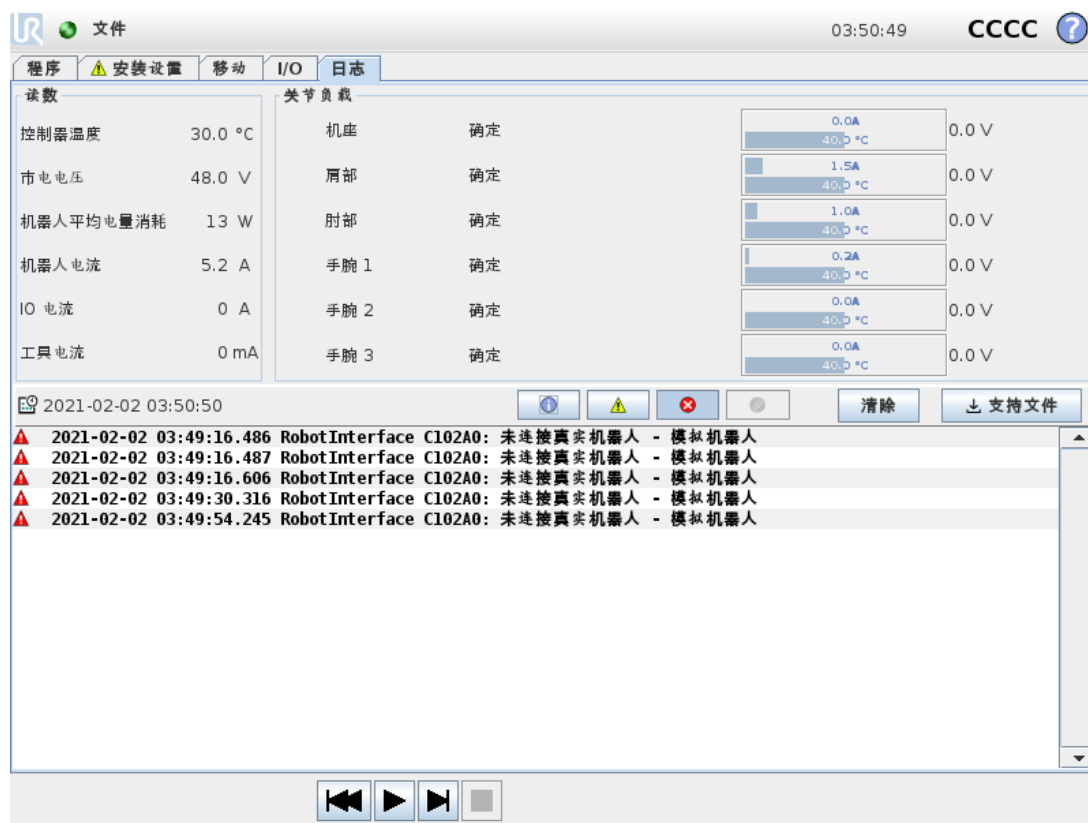
机器手臂会自动初始化。在指定的外部输入信号沿过渡时，机器人手臂将完全初始化，而不考虑可见的屏幕。

解除刹车是最后的初始化阶段。在解除刹车期间，机器手臂发出轻微的移动和卡嗒声。另外，如果配置的安装角度与(基于传感器数据)得到的安装角度不相符，数据刹车将不能自动释放。在这种情况下，必须在初始化屏幕(请参阅[1.22.6. 初始化屏幕 在本页 104](#))上对机器人进行手动初始化。

在启动时，当前输入信号电平未定义。在启动时选择与信号电平相匹配的过渡会立即启动机器人手臂。

仅当机械人手臂断电时，自动初始化特征才工作。

1.24.16. 日志选项卡



机器人状况

屏幕的上半部分显示机器人手臂和控制箱的“运行状况”。

屏幕左侧显示与控制器相关的信息，而屏幕右侧显示机器人关节信息。每个关节显示电机和电子部件的温度、关节载荷和电压。

机器人日志

信息显示在屏幕的下半部分。第一列将日志记录的严重性分类。第二列显示消息的到达时间。下一列显示消息发送人。最后一列显示具体消息。消息可以通过选择切换按钮(与日志记录的严重性相对应)进行过滤。上图指出错误将会被显示出来,而信息和警告消息将会被过滤。一些日志消息的设计初衷就是提供更多信息,可以通过选定日志记录进行访问。

保存错误报告

一旦 **PolyScope** 发生错误,就会生成错误日志。在“日志”选项卡中,您可以跟踪生成的报告和/或将其导出到 **USB** 驱动器(请参阅 [1.24.16. 日志选项卡 上一页](#))。可以跟踪并导出以下错误列表:

- 故障
- 内部 **PolyScope** 例外
- 保护性停止
- **URCap** 中未处理的异常
- 违例

导出的报告包含用户程序、历史日志、安装和运行服务列表等。

错误报告

当日志行中出现回形针图标时,可以使用详细的状态报告。

- 选择日志行并点击保存报告按钮将报告保存到 **USB** 驱动器。
- 报告可以在程序运行时保存。



提示

生成一个新报表时,最旧的报表将被删除。只有最近的五个报告被存储。

1.24.17. 加载屏幕

在此屏幕,您可选择要加载的程序。此屏幕有两个版本:一个用于加载程序和执行程序,一个用于编辑程序。



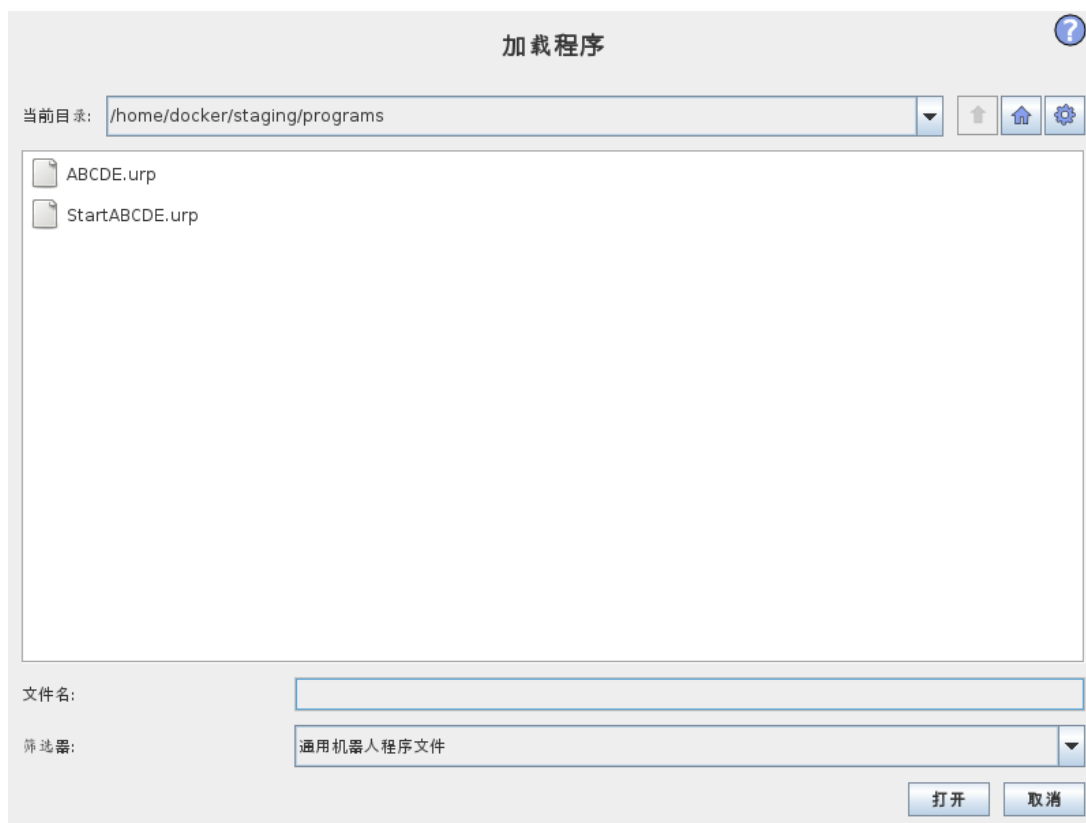
提示

不建议从 **USB** 设备运行程序。要运行存储在 **USB** 驱动器上的程序,请先加载该程序,然后使用**文件**菜单中的**另存为...**选项将其保存在本地programs文件夹中。

主要差异在于用户可执行的是哪个。在基本加载屏幕中,用户只能访问文件 - 不能修改或删除文件。此外,不允许用户离开源自程序文件夹的目录结构,用户可以向展开至子目录,但无法浏览高于程序文件夹的目录。

因此，所有程序都应放在程序文件夹和/或程序文件夹下的子文件夹。

屏幕布局



上图显示的是实际的加载屏幕。包含下述重要区域和按钮：

路径历史记录

路径历史记录显示访问至当前位置所经过的路径的位置。这意味着，屏幕上将显示直至计算机根目录的所有父目录。此处，你会发现你可能无法访问程序文件夹以上的所有目录。

通过在列表中选择文件夹名称，加载对话框将更改为该目录并将其显示在文件选择区域(请参阅[文件选择区域 向下](#))中。

文件选择区域

在对话框的此区域，将显示实际的目录。通过这个，用户可以单击文件名称选定文件，或双击文件名称打开文件。

长按大约 **0.5 秒** 可选中目录。单击向下访问文件夹并显示其内容。

文件筛选器

使用文件筛选器，用户可设定仅显示自己想要显示的文件类型。通过选择**备份文件**，文件选择区域将显示每个程序最近保存的 **10 个版本**，其中 **.old0** 是最新版本，**.old9** 是最旧版本。

文件字段

此处将显示当前所选的文件。用户可以点击字段右侧的键盘图标手动键入文件名称。屏幕键盘会跳出，用户可以直接在屏幕上输入文件名。

打开按钮

单击打开按钮可打开当前所选文件并返回上一个屏幕。

取消按钮

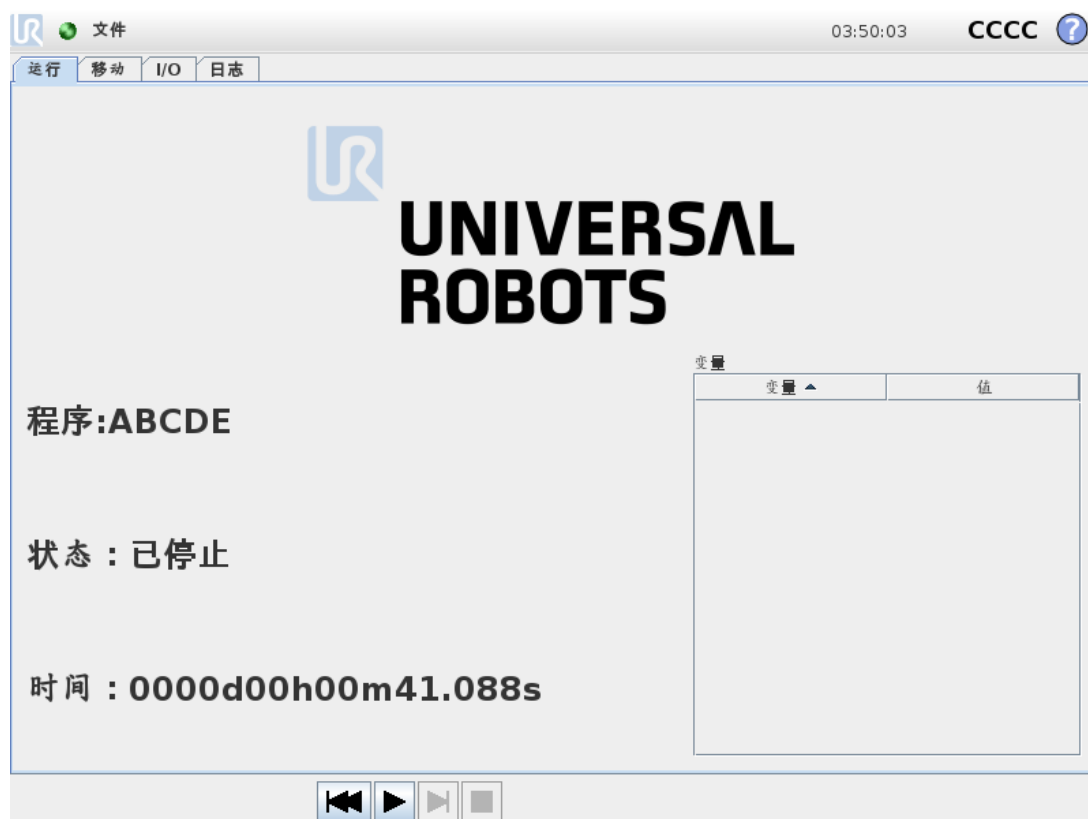
单击取消按钮可终止当前的加载进程，并促使屏幕跳回前一页面。

操作按钮

一系列按钮让用户可以进行一些操作，这些操作以往一般需要用户在传统的文件对话框中鼠标右键点击文件名才会跳出。此外，还可以在目录结构中直接向上访问程序文件夹。

- 父目录：在目录结构中上移。该按钮在两种情况下不会启用：当前文件夹是顶级目录；或屏幕在受限模式且当前目录是程序文件夹。
- 转至程序文件夹：返回主目录
- 操作：创建目录、删除文件等操作。

1.24.18. 运行选项卡



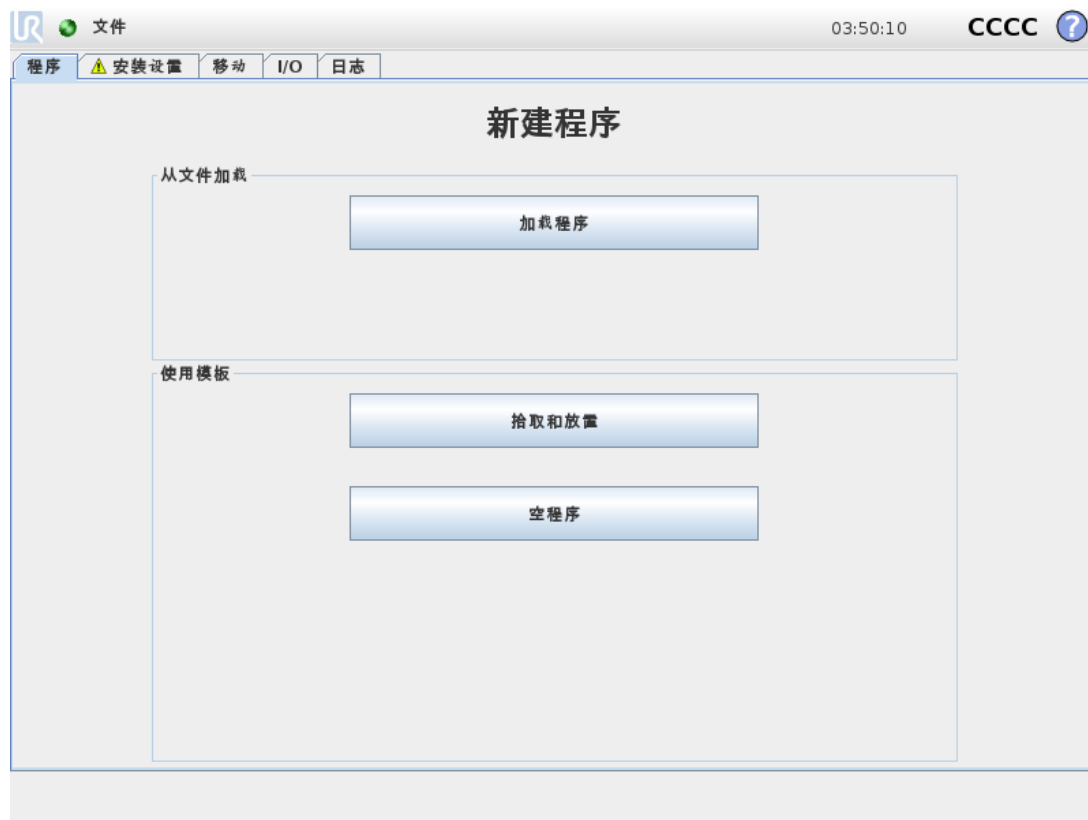
此选项卡提供了一种非常简便的机器人手臂和控制箱操作方法，使用尽可能少的几个按钮和选项即可完成操作，这可与保护 **PolyScope** 编程部分的密码(请参阅 [1.26.3. 设置密码 在本页 196](#)) 有效结合，使机器人成为一个可以专门运行预先编写的程序的工具。

此外，在此选项卡中，可以根据外部输入信号沿过渡自动加载和启动默认程序(请参阅 [1.24.15. 安装设置 → 默认程序 在本页 138](#))。自动加载和启动默认程序，开机时自动初始化等，可以用于将机器人手臂整合进其他机器。



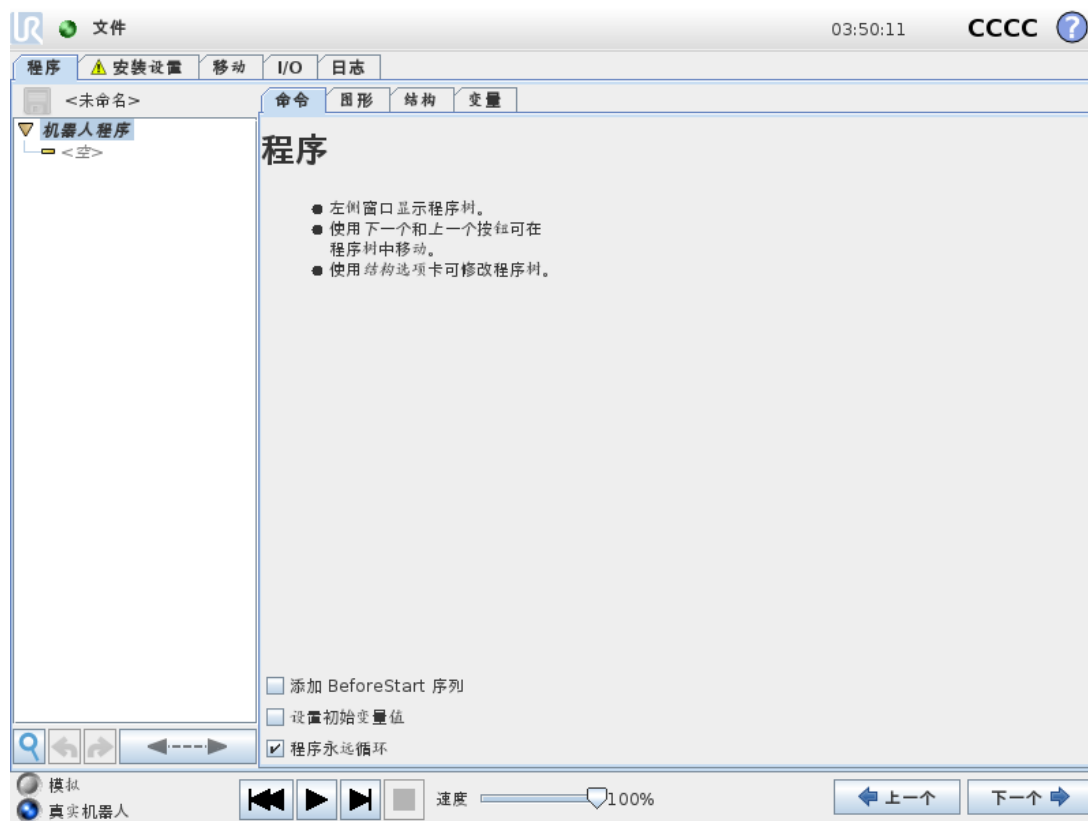
1.25. 编程

1.25.1. 新建程序



可以通过使用模板或参照现有(已保存的)机器人程序创建新的机器人程序。模板可以提供整个程序结构,因此只需填写程序的详细信息。

1.25.2. 程序选项卡



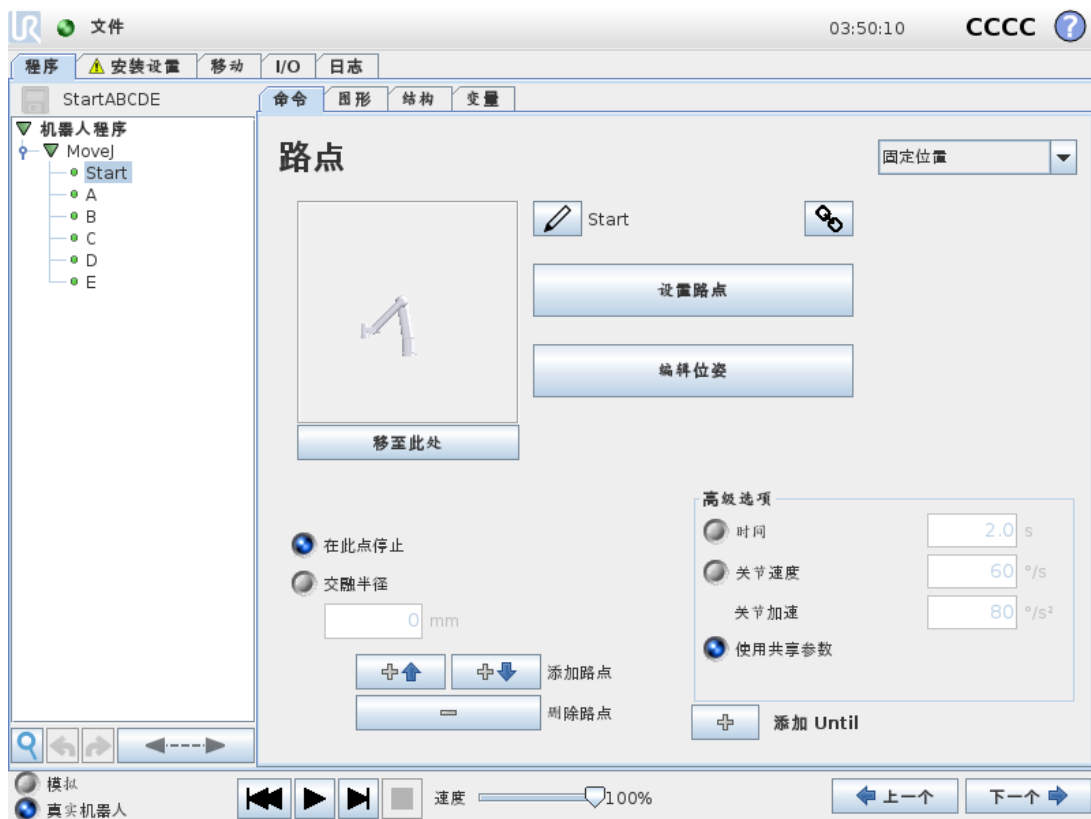
程序选项卡显示正在编辑的当前程序。

程序树

屏幕左侧的**程序树**以命令列表的形式显示程序，屏幕右侧区域显示与当前命令相关的信息。当前命令可通过点击命令列表来选择，或使用屏幕右下角的**上一个**和**下一个**按钮来选择。可以使用**结构**选项卡插入或移除命令。程序名称显示在命令列表正上方，并带有一个小磁盘图标，点击此图标可快速保存程序。

在程序树中，当前正在执行的命令会高亮显示，如[程序执行指示](#) 对页中所述。

程序执行指示



程序树以可视化线索向用户显示机器人控制器当前正在执行的命令。小  指示图标显示在命令图标的左侧，正在执行的命令名称以及以该命令为子命令的所有命令(通常用 / 命令图标标示)都以蓝色高亮显示。这可以帮助使用者在程序树中找到正在执行的命令。例如，如果机器人手臂正在朝着某个路点移动，则相应的路点子命令将使用  图标标记，其名称以及所属的“移动”命令(请参阅 [1.25.4. 命令:移动 在本页 149](#))的名称将以蓝色显示。如果程序暂停，则程序执行指示图标将标示出正在执行中的最后一条命令。点击程序树下带  图标的按钮将跳转到程序树中当前正在执行或最后执行的命令。如果在程序运行期间点击了某个命令，则命令选项卡将一直显示该所选命令的相关信息。按  按钮将使“命令”选项卡上再次持续显示当前正在执行的命令的信息。

搜索按钮

点按  可在程序树中进行搜索。点击后，可输入搜索文本，匹配的程序节点将以黄色高亮显示。此外，可使用导航按钮浏览匹配的节点。按  图标可退出搜索。注意：必须展开程序树才能访问其他导航按钮。

撤销/重做按钮

程序树底部工具栏中带有  和  图标的按钮用于撤销和重做在程序树及其所含命令中进行的更改。

程序仪表板

屏幕的最下方是仪表板。仪表板上有一组类似于老式磁带录音机按键的按钮，使用这些按钮可以启动、停止、单步执行和重新启动程序。速度滑块让您可以随时调节程序速度，程序速度会直接影响机器人手臂的移动速度。此外，速度滑块可实时显示机器人手臂移动的相对速度，同时将安全设置考虑在内。显示的百分比是该运行程序在不侵犯安全极限的情况下可实现的最大速度。

仪表板左侧的Simulation and Real Robot按钮可切换程序运行方式，选择以模拟形式运行还是在真实机器人上运行。以模拟形式运行时，机器手臂不会运动，因此不会因碰撞而受损或损坏附近任何设备。如果不确定机器手臂将要执行的动作，可使用模拟形式测试程序。



警告

1. 按下Play按钮后，请确保置身于机器人工作空间外。你设定的运动可能不同于预期的运动。
2. 只有在必要时才使用Step button when it is absolutely necessary. **Make sure to stay outside the robot workspace when the Step按钮。**按下“步进”按钮时，请确保置身于机器人工作空间之外。
3. 确保始终通过速度滑块降低程序速度的方式来测试程序。集成商造成的逻辑编程错误可能导致机器手臂的意外运动。
4. 当紧急停止或保护停止出现时，机器人程序将停止。只要关节移动不超过 10° ，就可以恢复。当按播放时，机器人将慢慢移回到轨迹上，然后继续执行程序。

编写程序时，可以使用Graphics选项卡(如1.25.33.图形选项卡在本页187所述)上的3D图来演示机器人手臂的运动效果。

每个程序命令旁边都有一个小图标，有红色、黄色和绿色三种颜色。红色图标表示该命令出错，黄色图标表示命令尚未完成，绿色图标表示一切正常。只有当所有命令旁边都显示绿色图标时，程序方可运行。

1.25.3. 变量

机器人程序可在运行时利用变量来存储和更新变量值。有两种变量可用：

安装变量

这些变量可以用于多个程序，其名称和值将与机器人安装设置一起持续存在(请参阅1.24.10.安装设置 → 变量 在本页124)。安装变量在机器人和控制箱重启后保持它们的值。

常规程序变量

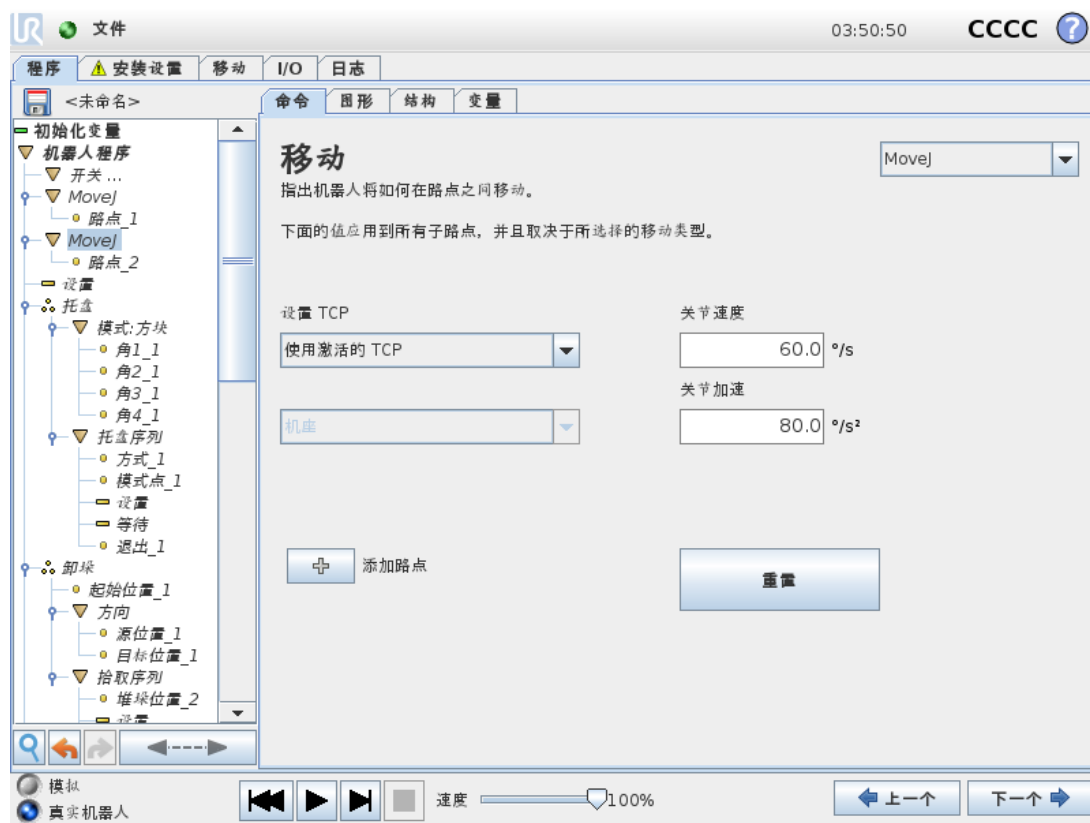
这些变量仅适用于运行程序，且变量值在程序停止后即丢失。

变量类型

布尔
布尔变量，值为 True or False。
值

整数值	整数，范围为 - 2147483648 到 2147483647(32 位)。
浮点值	浮点数(十进制)(32 位)。
字符串	字符序列。
位姿	矢量，指示笛卡尔空间中的位置和方向。这是表示方向的位置矢量 (x, y, z) 和旋转矢量 (rx, ry, rz) 的组合，书写形式为 $p[x, y, z, rx, ry, rz]$ 。
列表	变量序列。

1.25.4. 命令：移动

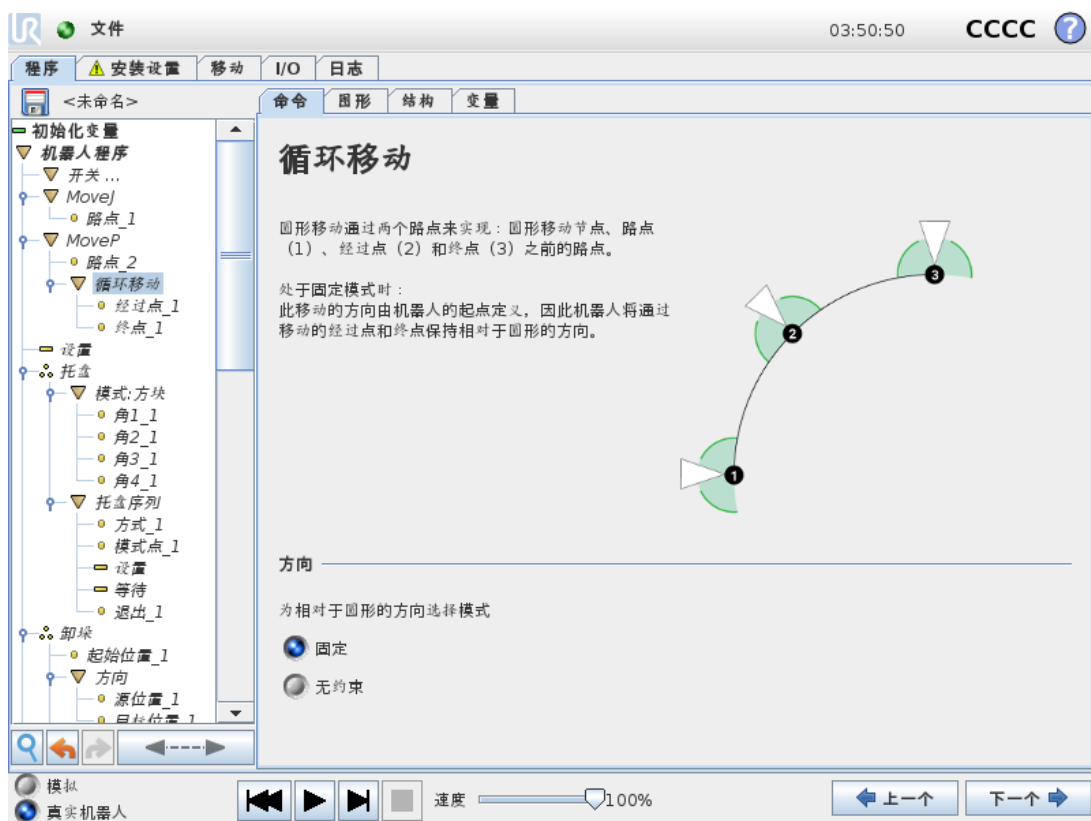


移动命令通过底层路点控制机器人的运动。路点必须位于“移动”命令下。移动命令定义机器手臂在这些路点之间的加速度和移动速度。

移动类型

您可从以下三种移动类型中进行选择：**MoveJ**、**MoveL** 和 **MoveP**。下面将解释每种移动类型。

- **moveJ** 进行在机器人手臂关节空间中计算的移动。系统控制每个关节同时移动至所需的终点位置。此移动类型将为工具提供一个曲线路径。适用于此移动类型的共享参数为最大关节速度和最大关节加速度，分别以 $\%s$ 和 $\%s^2$ 为单位。如果希望机器人手臂在路点之间快速移动，而不用考虑工具在这些路点之间的移动路径，此移动类型是个更可取的选择。
- **moveL** 使工具中心点 (TCP) 在路点之间进行线性移动。这意味着每个关节都会执行更为复杂的移动，以使工具保持在直线路径上。可以为此移动类型设置的共享参数为所需的工具速度和工具加速度(分别以 mm/s 和 mm/s^2 指定)。
- **moveP** 以恒定速度线性移动工具并进行圆周交融，适用于粘合或分注等工艺操作。默认情况下，所有路点使用相同的交融半径。值越小，路径转角越大，反之，值越大，路径越平直。机器人手臂以恒定速度经过各路点时，机器人控制箱不会等待 I/O 操作或操作员的操作。如果存在 I/O 动作或操作员操作，则可能会使机器人手臂停止运动，或导致保护性停止。
- **圆周移动** 可以添加到 **moveP** 命令以进行圆周移动。机器人从当前位置或起点开始移动，通过圆弧上指定的经过点，然后再通过终点以完成圆周移动。
模式用于通过圆弧计算工具方向。模式可以是：
 - 固定: 只有起点用于定义工具方向
 - 无约束: 起点转换为终点以定义工具方向



共享参数

“移动”屏幕右下角的共享参数适用于从机器人手臂的上一个位置到命令下的第一个路点的移动，以及从该路点到每个后续每个路点的移动。“移动”命令设置不适用于从“移动”命令下的最后一个路点开始的路径。

TCP 选择

该移动命令下路点所用的 TCP 可从下拉菜单中选择。可以从安装或激活的 TCP 或者只是使用工具法兰从用户定义的 TCP 中进行选择。如果选择了用户定义的 TCP 或激活的 TCP，那么此移动命令下的运动将针对此种情况进行调整。如果选择使用工具法兰，将不使用 TCP，并且此“移动”命令下的运动将相对于工具法兰（即，不对运动进行任何调整）。

如果此运动所用的激活 TCP 是在程序运行时确定的，则需要使用“设置”命令（请参阅 1.25.11. 命令：设置 在本页 163）或使用脚本命令对其进行动态设置。有关配置指定 TCP 的更多信息，请参阅 1.24.6. 安装设置 → TCP 配置 在本页 117。

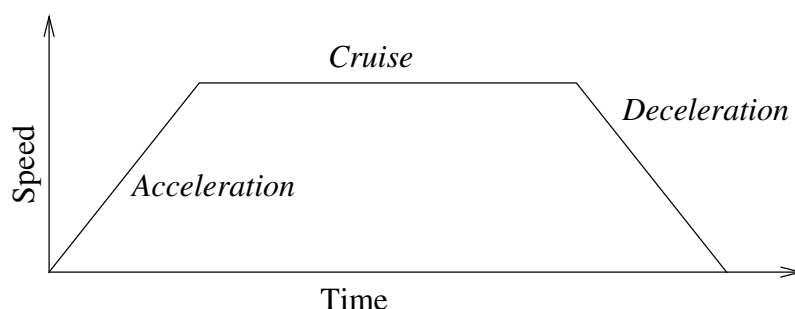
特征选择

特征空间是“移动”命令下的路点，应在指定这些路点时显示（请参阅 1.24.12. 安装设置 → 特征 在本页 129 一节）。也就是说，设置路点时，程序将记住工具在所选特征的特征空间中的坐标值。以下几种情况需要详细解释：

所选特征对相对路点没有影响。相对移动始终相对于机座的方向执行。

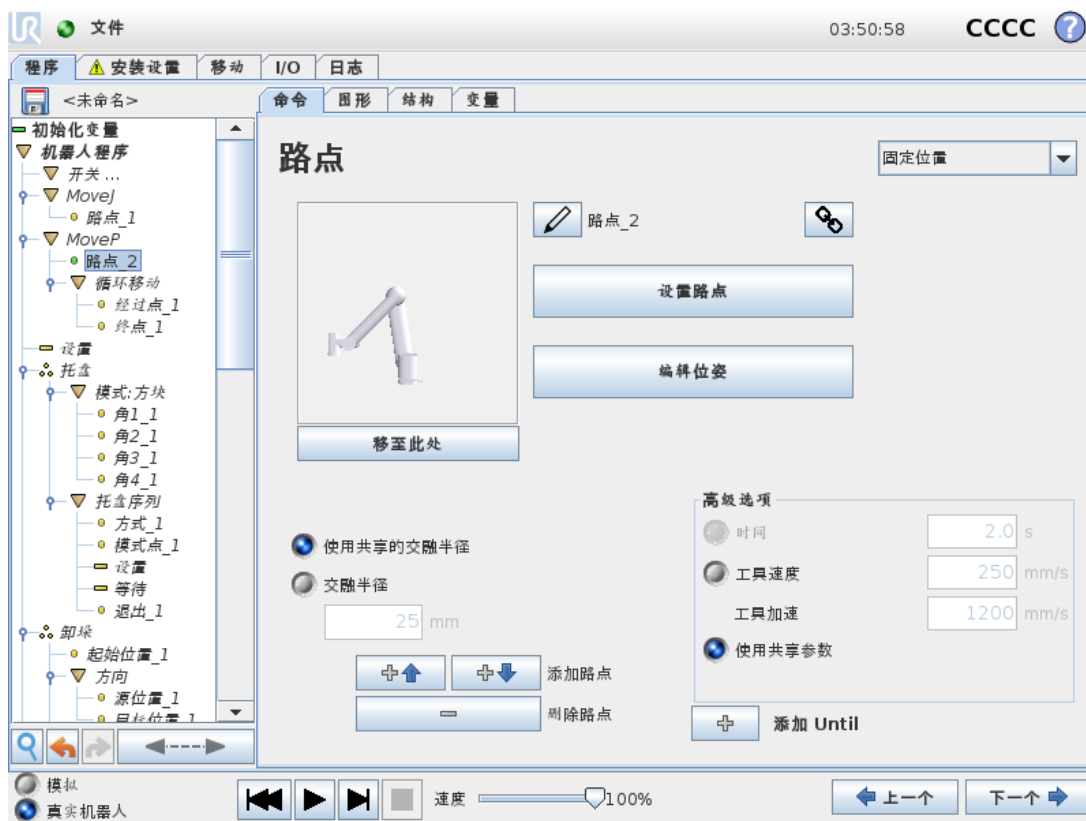
当机器人手臂移动到可变路点时，系统会将工具中心点 (TCP) 计算为所选特征空间中变量的坐标。因此，如果选择另一特征，机器手臂向可变路点的移动将不同。

如果将当前加载的安装设置中的任何特征选择为变量，则在特征选择菜单中也可以选择这些相应的变量。如果选择了一个特征变量（使用以“_var”为后缀的特征名称命名），则在程序运行时，机器人手臂的移动（除了移至相对路点外）将相对于该变量的实际值。特征变量的初始值是安装时配置的实际特征值。如果该值被修改，则机器人的激动将改变。



16.1: 运动的速度曲线。速度曲线分为三段：加速、稳速和减速。稳速阶段的速度水平由运动的速度设置确定，加速和减速阶段的陡度则由加速参数确定。

1.25.5. 命令：固定路点



机器人路径上的点。路点是机器人程序最核心的部分，用于指示机器人手臂应移动到哪个位置。固定位置路点通过将机器手臂实际移至相应位置来示教。

设置路点

按此按钮可进入“移动”屏幕，您可以在其中指定此路点对应的机器人手臂位置。如果在“移动”命令中按线性移动 (**moveL** 或 **moveP**) 形式放置路点，则在该“移动”命令处需要选择一个有效的特征，才能使用此按钮。

路点名称

路点会自动获得唯一的名称。用户可更改此名称。通过选择链接图标，路点被链接并共享位置信息。其它路点信息(比如交融半径、工具/关节速度以及工具/关节加速度)针对单个路点配置，即使它们可能被链接。

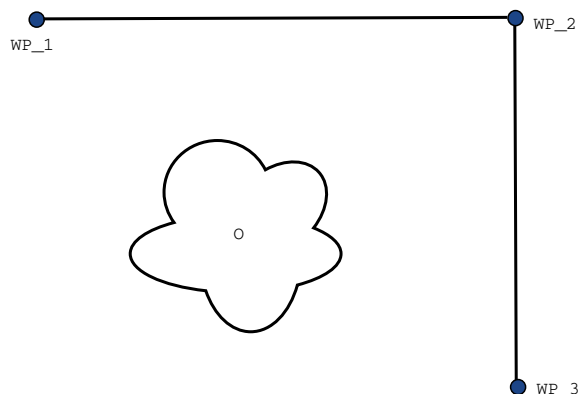
交融

交融使机器人能够在两个轨迹之间平顺过渡，而不会停在它们之间的路点处。

示例

以一个抓取和放置应用为例(参见图 16.2), 在本例中, 机器人当前位于路点 1 (WP_1), 它需要拾取路点 3 (WP_3) 处的物体。为避免与物体和其他障碍物 (O) 发生碰撞, 机器人必须从路点 2 (WP_2) 的方向接近 (WP_3)。

因此引入三个路点来创建一个满足要求的路径。



16.2: (WP_1) : 初始位置, (WP_2) : 通过点, (WP_3) : 拾取位置, (O) : 障碍物。

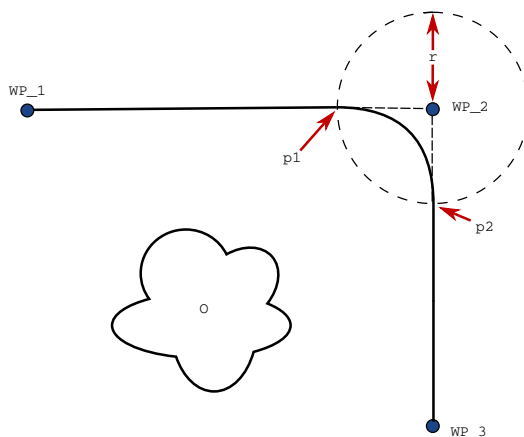
如果不配置其它设置, 在继续移动之前, 机器人将在每个路点处停止。对于此任务而言, 在 (WP_2) 处停止不是最理想的, 因为平滑转弯需要的时间和能量更少, 同时仍能满足要求。只要从第一个轨迹到第二个轨迹的过渡在此位置附近发生, 机器人不完全到达 (WP_2) 也是可接受的。

通过为路点配置一个交融以允许机器人计算进入下一个轨迹的平顺过渡, 可避免机器人在 (WP_2) 处停止。交融的主参数是一个半径。当机器人位于路点的交融半径以内时, 它可能启动交融并偏离原始路径。这允许更快、更平顺的移动, 因为机器人不需要减速和再加速。

交融参数

除了路点外, 还有多个参数会影响交融轨迹(参见图 16.3):

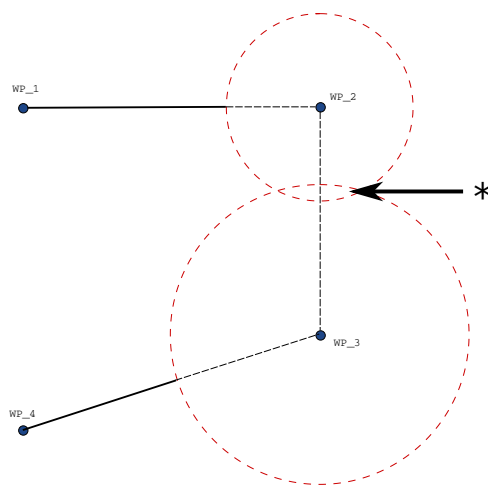
- 交融半径 (r)
- 机器人的初始速度和最终速度(分别位于 p1 和 p2 位置)
- 移动时间(例如: 若为轨迹设置一个具体时间, 将影响机器人的初始/最终速度)
- 交融起始和结束的轨迹类型 (MoveL, MoveJ)



16.3: 在 (WP_2) 上方交融的半径为 r ，初始交融位置为 $p1$ ，最后交融位置为 $p2$ 。(O) 是障碍物。

如果设置了交融半径，机器手臂轨迹即会绕过路点从其周围经过，以使机器手臂不会停在该点。

交融不能重叠，因此不能设置一个与上一路点或下一路点的交融半径重叠的交融半径，如图 16.4 所示。



16.4: 不允许交融半径重叠 (*)。

条件交融轨迹

交融轨迹受设置交融半径的路点以及程序树中的下一个路点影响。也就是说，在图 16.5 的程序中，围绕 (WP_1) 的交融受 (WP_2) 影响。在本例中，当围绕 (WP_2) 交融时，其结果变得更显而易见。

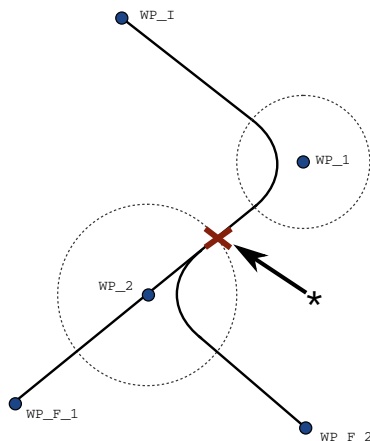
有两个可能的结束位置，为了确定下一个要交融的路点，机器人必须在输入交融半径时评估 `digital_input[1]` 的当前读数。

这意味着 **if...then** 表达式(或确定下一个路点(如可变路点)的其他必要语句)会在我们实际到达 (WP_2) 之前进行评估，这在查看程序序列时有点违反直觉。如果某个路点是一个停止点，后接判断下一个路点的条件表达式(如: I/O 命令)，当机器手臂停在该路点时执行该表达式。

```

MoveL
  WP_I
  WP_1 (blend)
  WP_2 (blend)
  if (digital_input[1]) then
    WP_F_1
  else
    WP_F_2

```



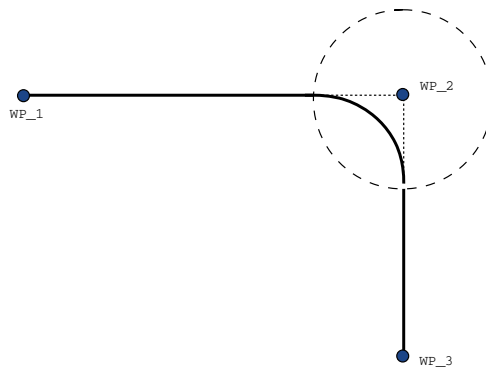
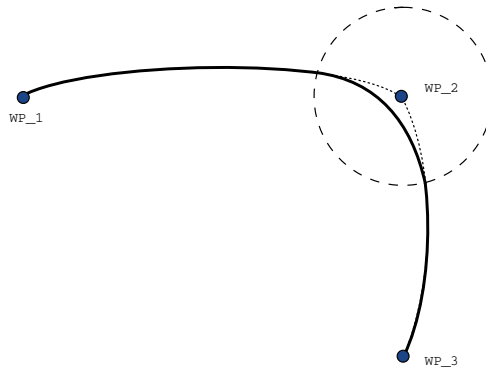
16.5: WP_I 为初始路点，有两个潜在最终路点 WP_F_1 和 WP_F_2 ，具体取决于条件表达式。当机器人手臂进入第二个交融 (*) 时，将评估 *if* 条件表达式。

轨迹类型组合

可以在 **MoveJ** 和 **MoveL** 的所有 4 种轨迹类型的组合之间交融，但是特定组合将影响计算的交融轨迹。有 4 个可能的组合：

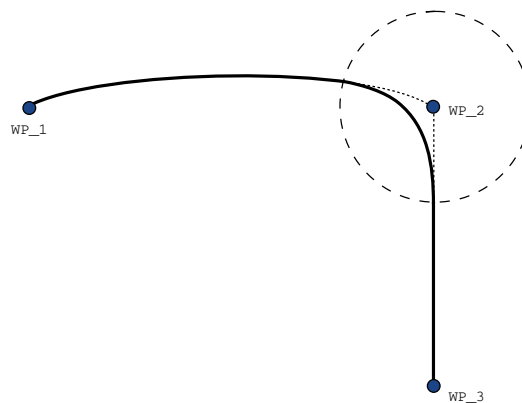
1. **MoveJ** 到 **MoveJ**(纯关节空间交融)
2. **MoveJ** 到 **MoveL**
3. **MoveL** 到 **MoveL**(纯笛卡尔空间交融)
4. **MoveL** 到 **MoveJ**

图 16.6 对纯关节空间交融(第 1 点)与纯笛卡尔空间交融(第 3 点)进行了比较。它显示了相同路点组的工具的两个潜在路径。



16.6: 关节空间 (*MoveJ*) 与笛卡尔空间 (*MoveL*) 运动和交融。

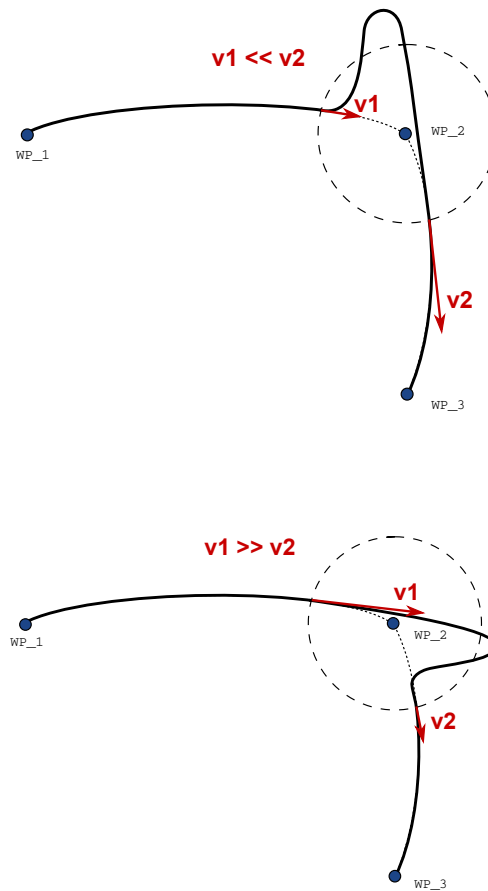
在不同组合中，第 2、3 和 4 点将产生保持在笛卡尔空间里的原始轨迹边界内的轨迹。不同轨迹类型(第 2 点)之间的交融示例可参见图 16.7。



16.7: 从关节空间运动 (*MoveJ*) 到线性工具运动 (*MoveL*) 的交融。

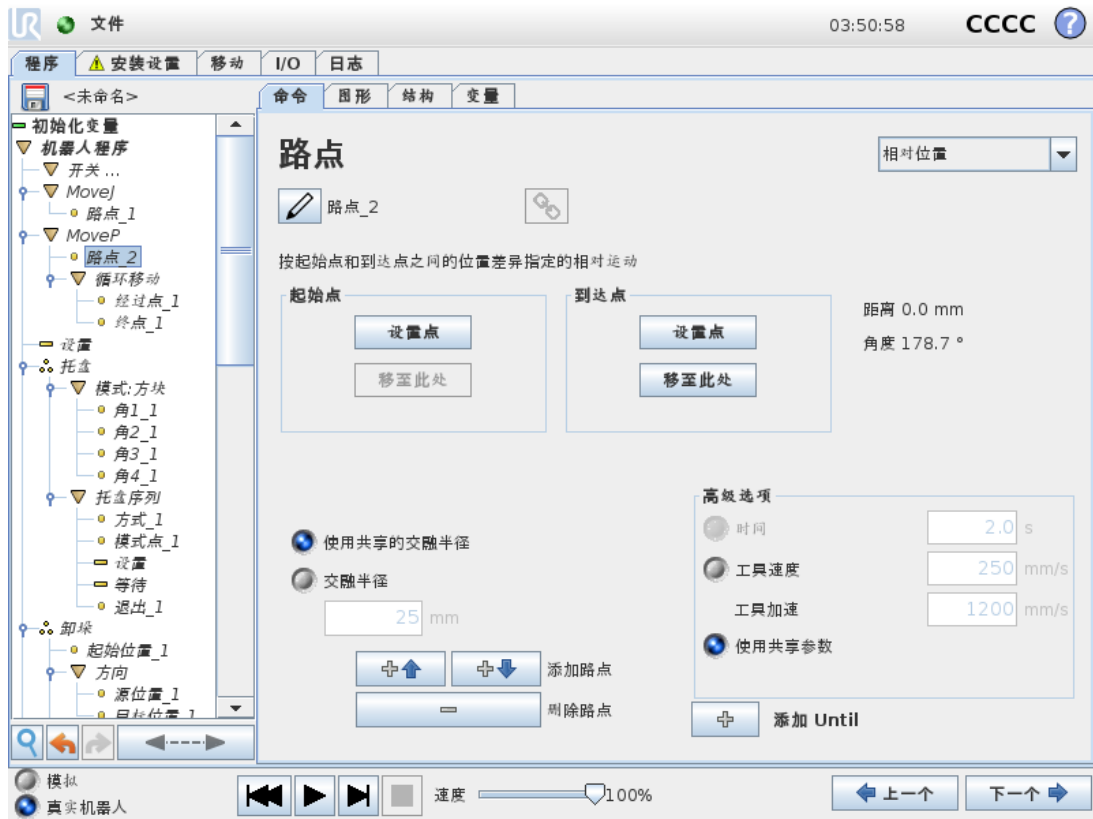
但是，纯关节空间交融(第 1 点)可能会以不太直观的方式表现，因为机器人将设法在考虑速度和时间要求的同时在关节空间中实现尽可能最平滑的轨迹。鉴于此，它们可能会偏离路点指定的路线。尤其是在两个轨迹之间的关节速度存在明显差异时。小心：如果速度相差很大

(例如, 通过为特定路点指定高级设置(速度或时间)), 这可能导致与原始轨迹发生很大的偏离, 如图 16.8 所示。如果您需要在不同速度之间交融并且不接受此偏离, 可改为考虑使用 **MoveL** 的笛卡尔空间交融。



16.8: Joint space blending when initial velocity v_1 is significantly smaller than final velocity v_2 or the opposite.

1.25.6. 命令：相对路点

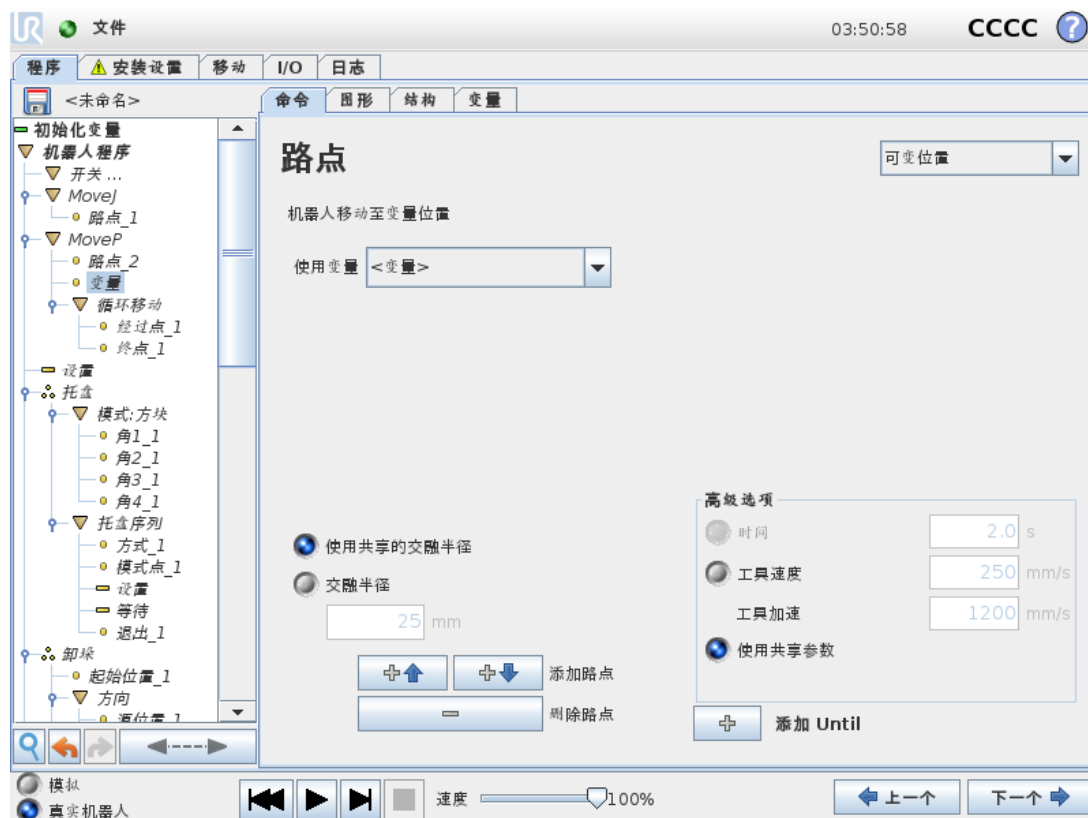


相对路点是指该路点的位置是以相对于机器人手臂上一个位置的位置差的方式给出的，例如“偏左两厘米”。相对位置定义为两个给定位置(从左到右)之间的差。

注意：重复的相对位置可能会将机器人手臂移出其工作空间。

这里的距离是指两个 TCP 位置之间的笛卡尔距离。角度说明两个位置之间 TCP 方向的变化幅度。更准确地说，是指描述方向变化的旋转矢量的长度。

1.25.7. 命令: 可变路点



可变路点是指该路点的位置由变量给定，在本例中为 `calculated_pos`。变量必须是一个位姿，例如

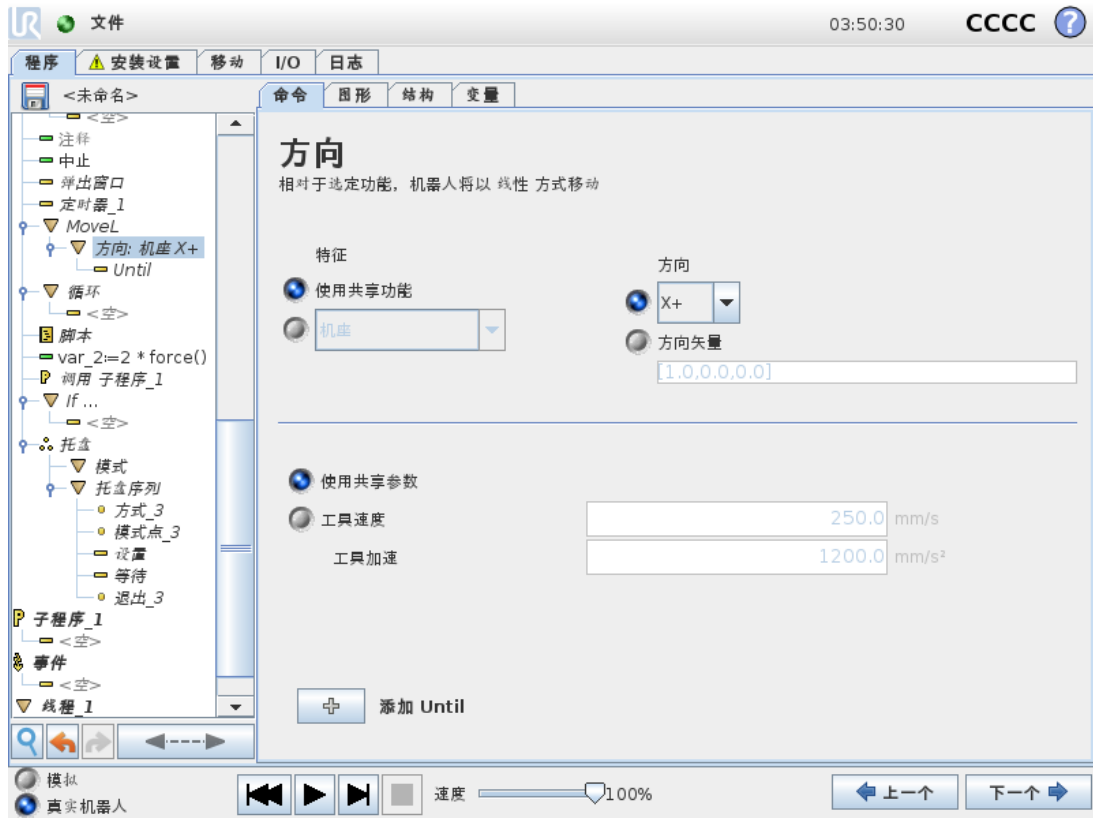
`var=p[0.5,0.0,0.0,3.14,0.0,0.0]`。前三个数字表示 *x,y,z* 坐标，后三个数字表示由矢量 *rx,ry,rz* 给定的旋转矢量的方向。轴长是指要旋转的角度，以弧度表示，矢量本身给定了要绕之旋转的轴。位置始终是相对于参考框架或坐标系给定的，由所选特征定义。如果交融半径设置在一个固定的路点上且之前和之后的路点为可变路点，或者交融半径设置在可变路点上，将不会检查交融半径是否重叠(请参阅[交融参数 在本页 153](#))。如果在程序运行时交融半径重叠了一个路点，则机器人会忽略它并移动到一下个路点。

例如，将机器人沿着工具的 *z* 轴移动 20 mm:

```
var_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
MoveL
Waypoint_1 (variable position):
Use variable=var_1, Feature=Tool
```

1.25.8. 命令: 方向

程序节点方向指定相对于特征轴或 TCP 的运动。机器人沿着方向程序节点指定的路径移动，直到该移动被 *Until* 条件停止。您必须具备停止方向移动的 *Until* 条件，点按添加 *Until* 按钮定义停止条件。



停止方向移动

您可为工具速度和工具加速度添加方向矢量设置，以定义线性运动的矢量方向，从而允许以下高级用例：

- 定义相对于多个特征轴的线性运动
- 将方向计算为数学表达式

方向矢量定义了一个被解析为单位矢量的自定义代码表达式。例如，对于矢量[2,1,0]，相对于指定的速度，机器人在y方向上的每个单元的x方向上移动两个单元。

1.25.9. 命令：Until

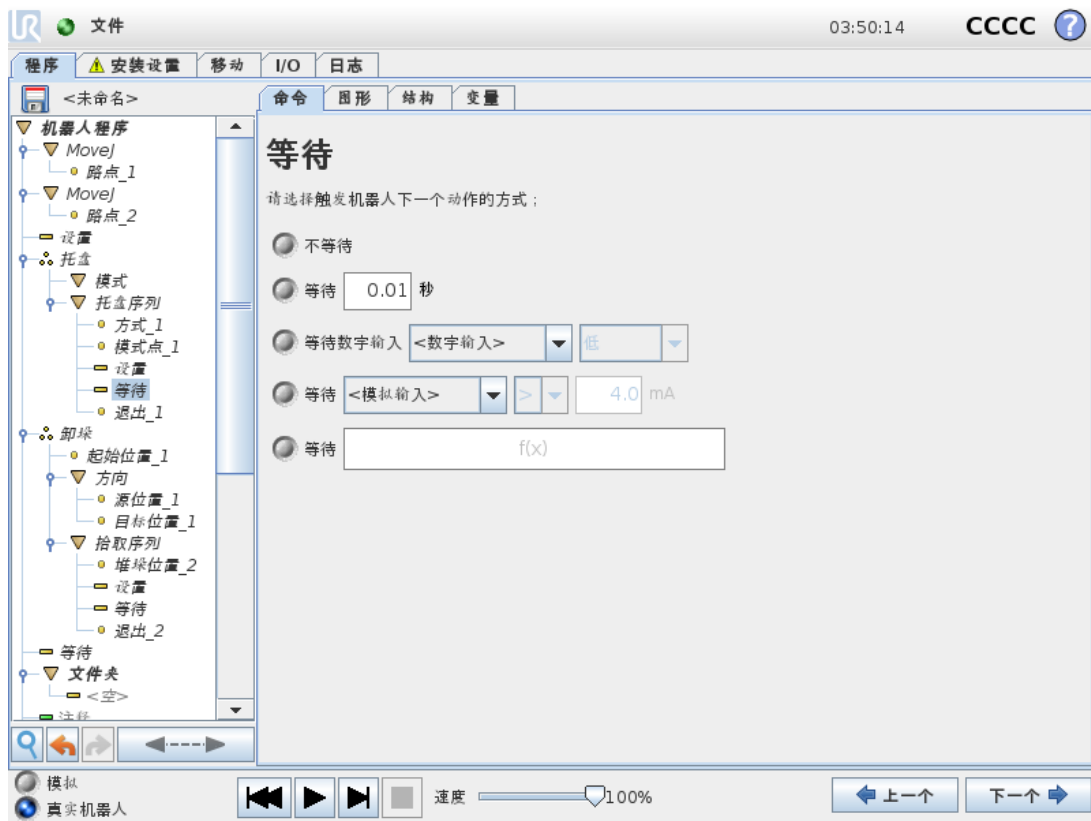
程序节点 **Until** 定义运动的停止条件。机器人沿着路径移动并在检测到接触时停止。



在 **Until** 字段中，可以定义以下停止条件：

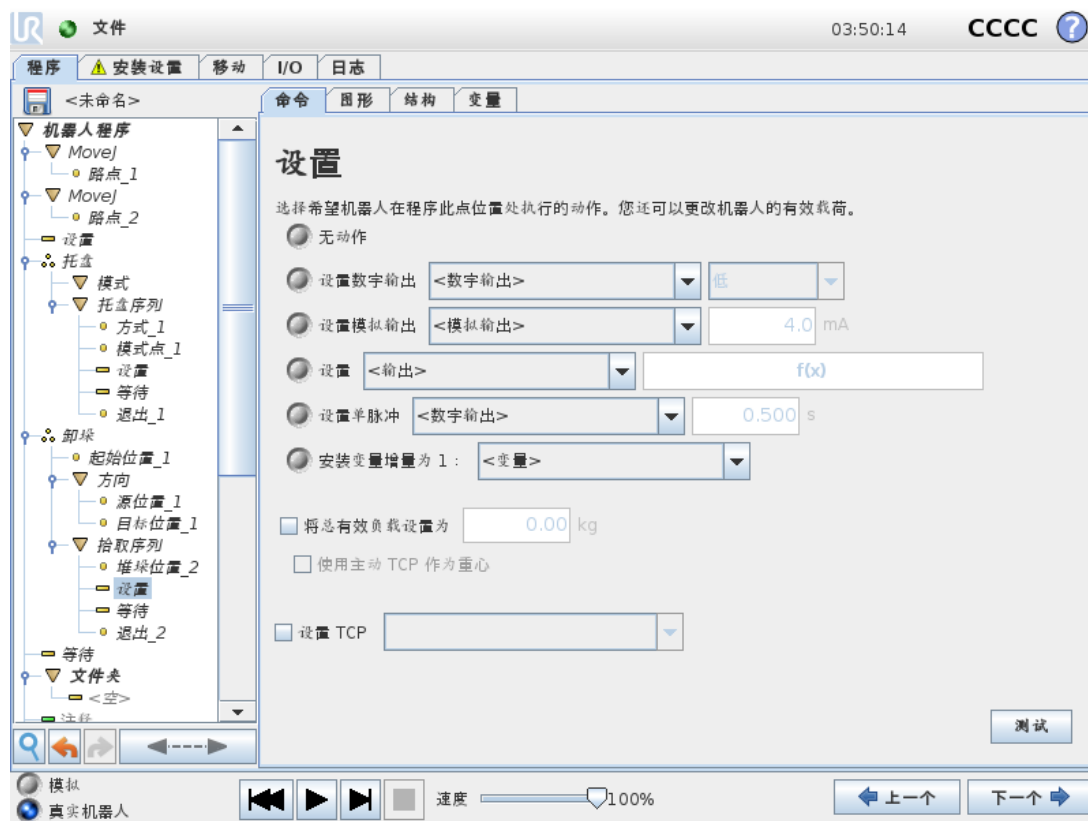
- **添加动作** 如果满足特定的 **Until** 条件，则添加程序节点。例如，如果检测到错误状态，可以使用弹出节点来停止程序。
- **距离** 当机器人移动一定距离时，此节点可用于停止方向移动。速度降低，因此机器人在距离处停止。
- **表达式** 此节点可用于停止由自定义程序表达式引起的运动。您可以使用 I/O，变量或脚本函数来指定停止条件。
- **I/O 输入** 您可以使用此节点停止 I/O 输入上的信号控制运动。

1.25.10. 命令：等待



等待会将 I/O 信号或表达式暂停给定的一段时间。如果选择不等待，则不执行任何操作。

1.25.11. 命令：设置



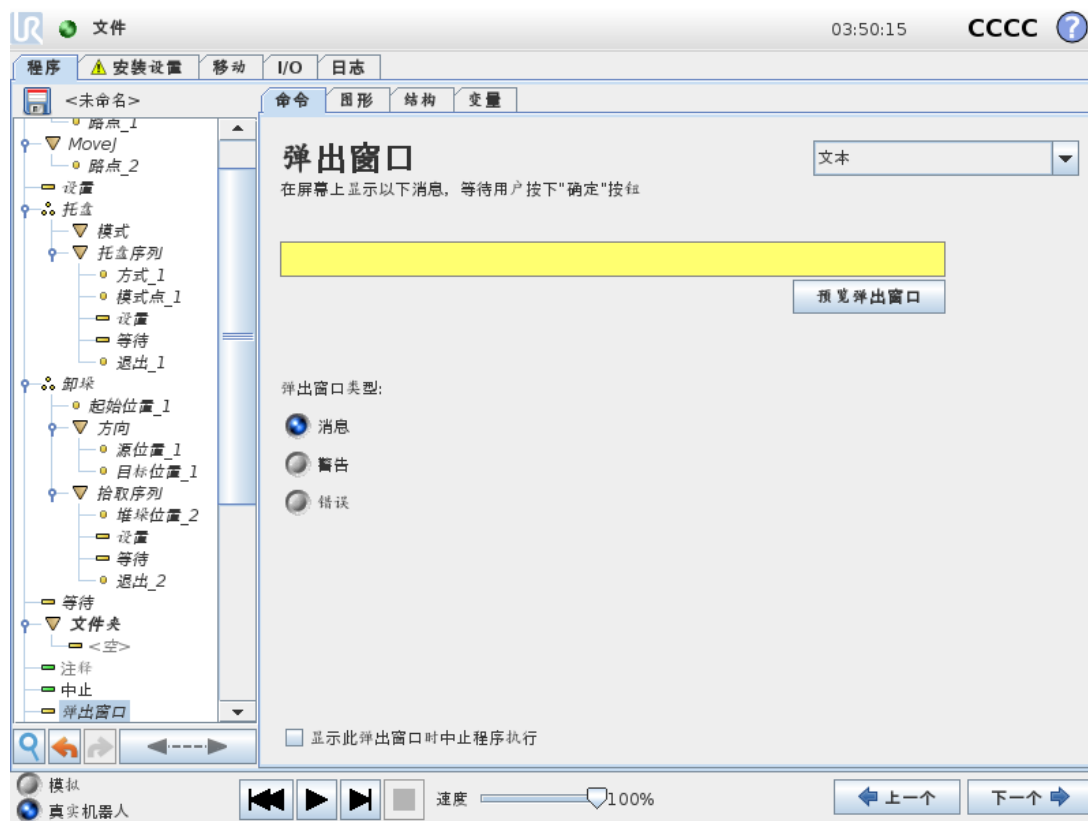
将数字输出或模拟输出设置为给定值。数字输出也可以设置为发送单个脉冲。

使用设置命令设置机器人手臂的有效载荷。如果工具处承受的重量与预期有效载荷不同，您可以调整有效载荷重量，以避免触发机器人保护性停止。如果激活的 TCP 不应用作重心，则必须取消选中对应的复选框。

也可以使用设置命令修改激活的 TCP，方法是选中对应的复选框并从菜单中选择一个 TCP 偏移。

如果在编写程序时为特定运动指定的激活 TCP 已知，请考虑改用移动卡上的 TCP 选择(请参阅 1.25.4. 命令：移动 在本页 149)。有关配置指定 TCP 的更多信息，请参阅 1.24.6. 安装设置 → TCP 配置 在本页 117。

1.25.12. 命令:弹出窗口



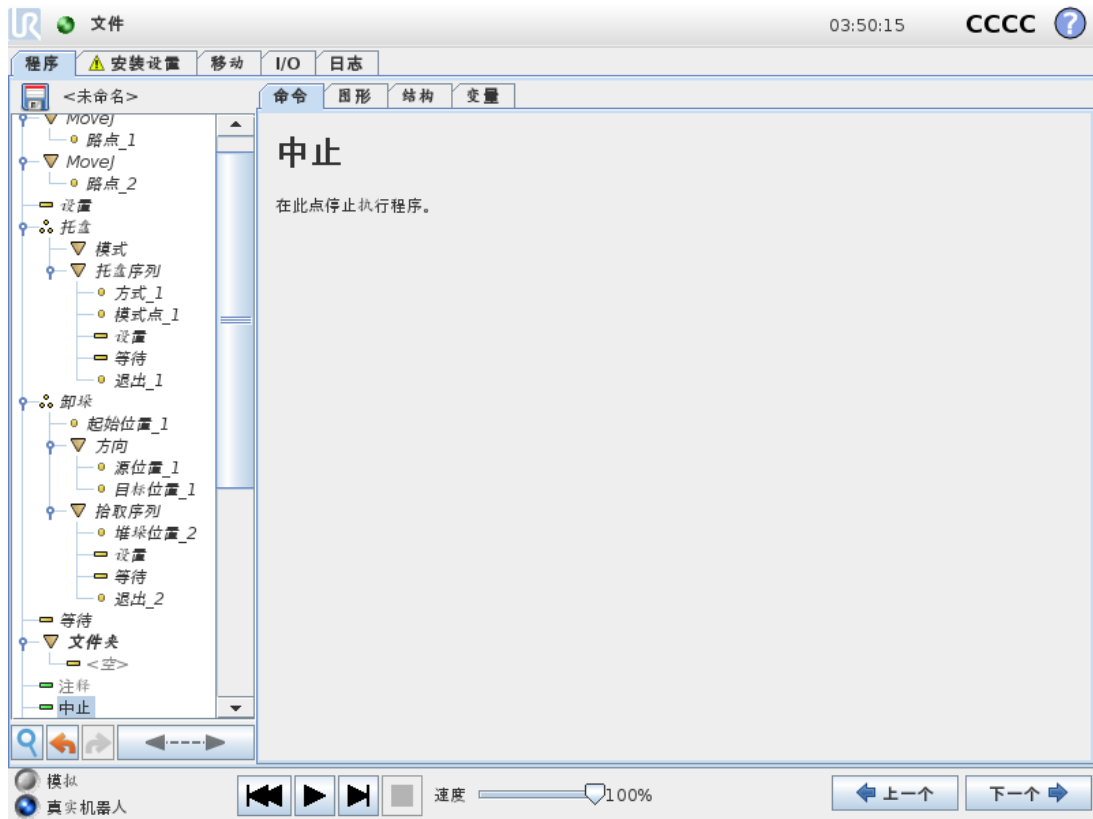
弹出窗口是当程序运行至程序树中的“弹出窗口”节点时在屏幕上显示的消息。在“命令”选项卡下，点按空白字段，然后使用屏幕键盘为弹出消息创建文本内容。消息被限制为最多 255 个字符。

如果您希望在弹出消息中显示变量而不是文本，则可以选择**文本**下拉菜单。

您也可以选择**显示此弹出窗口时中止程序执行**，以使程序在出现弹出窗口时停止。

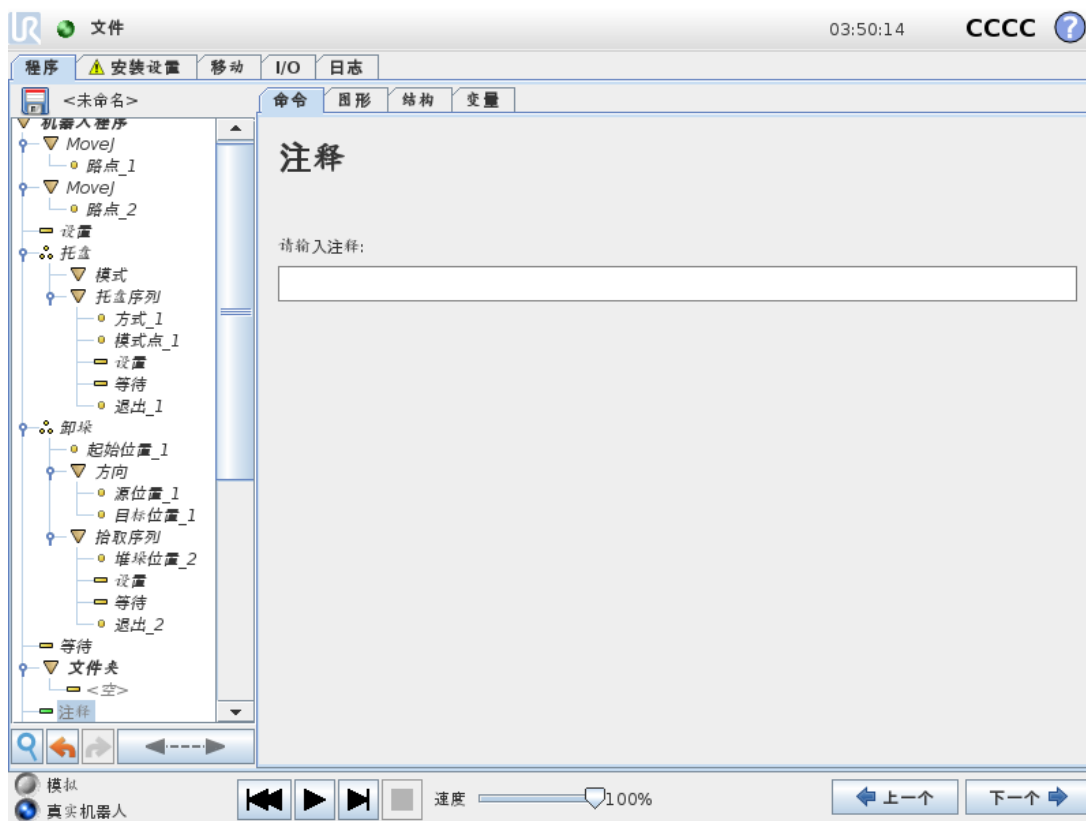
在程序执行期间，当出现弹出消息时，请在弹出对话框中点按**确定**以继续执行程序。

1.25.13. 命令：中止



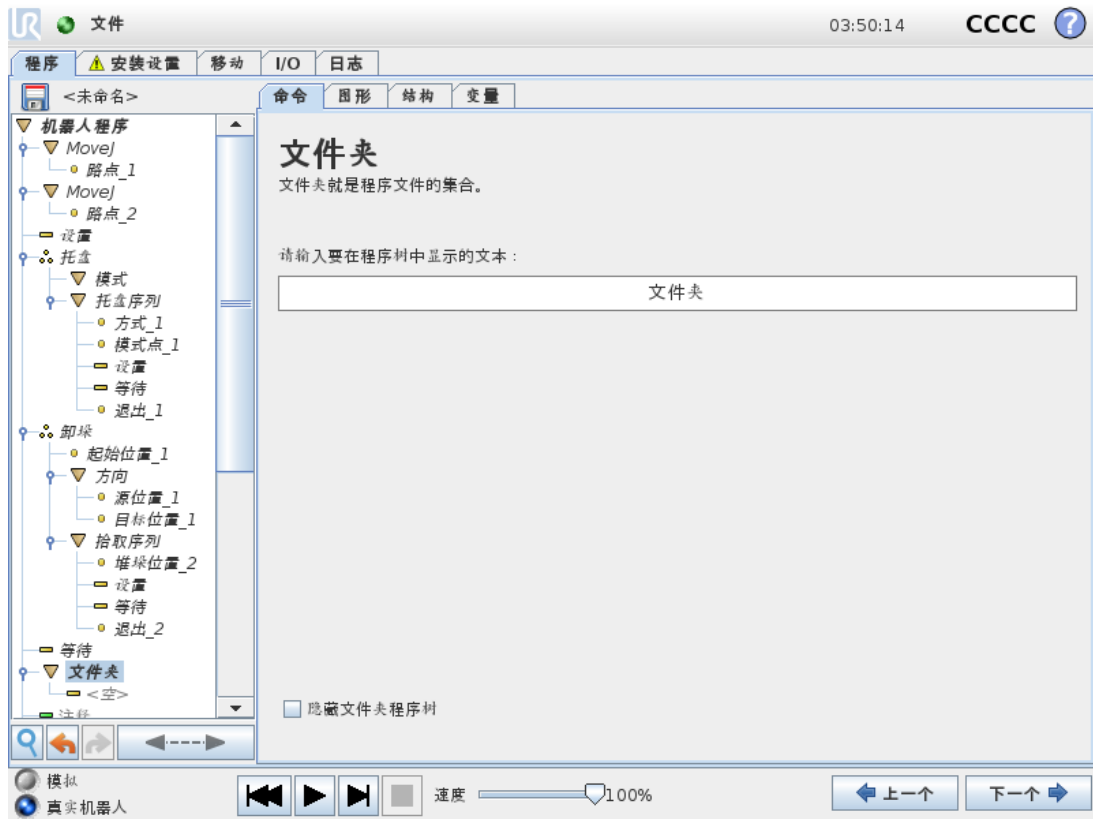
程序将在该点停止运行。

1.25.14. 命令：注释



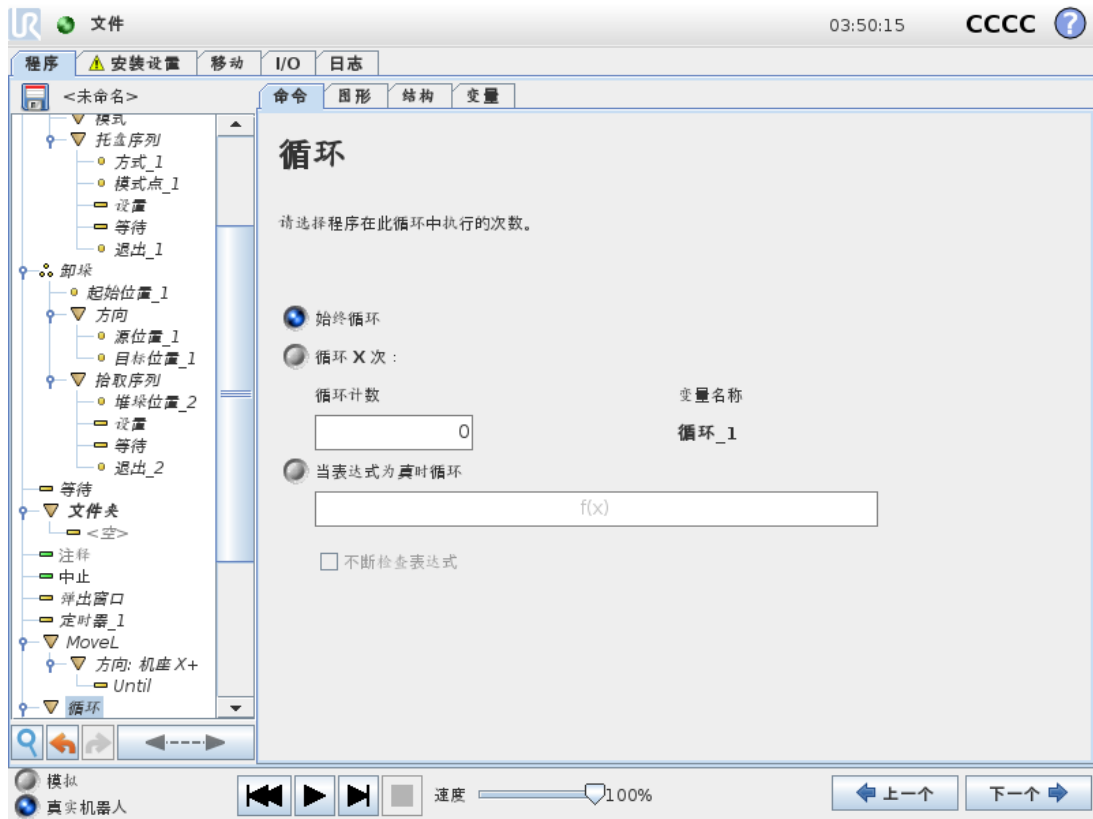
此命令允许程序员向程序添加一行文本。程序运行期间，此行文本不会执行任何操作。

1.25.15. 命令：文件夹



文件夹用于组织和标记程序的特定部分，以使程序树清晰明了，让程序更易于查看和导航。文件夹对程序及其执行没有影响。

1.25.16. 命令：循环

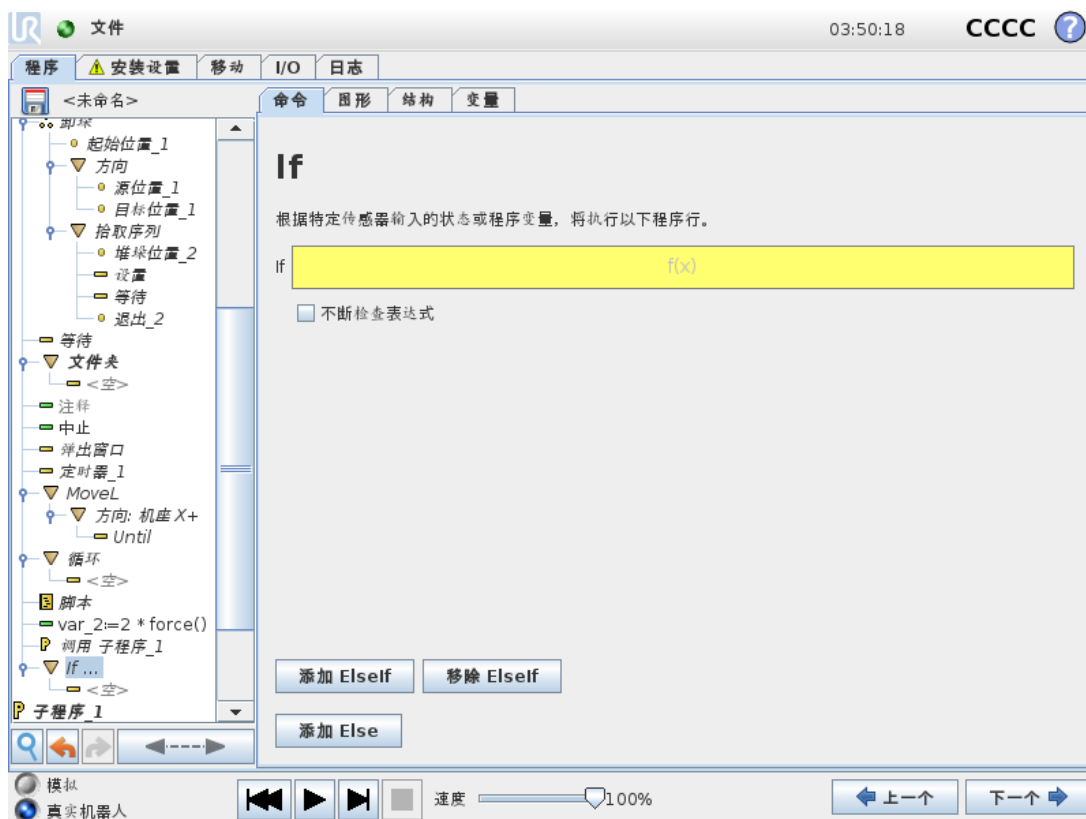


循环运行基本程序命令。基本程序命令可以无限循环运行，也可以运行指定次数，或者只要给定条件为真，即持续运行，具体取决于所做选择。循环运行指定次数时，将创建一个专用的循环变量(即上面截屏中所谓的 loop_1)，此变量可用于循环内的表达式中。循环变量从 0 开始计数，直至 $N-1$ 。

当循环命令使用表达式作为结束条件时，PolyScope 提供了一个用于连续评估该表达式的选项，以便“循环”可以在执行期间随时中断，而不是只在每次迭代后中断。

1.25.17. 命令：If

If and If...Else 语句可根据传感器输入或变量值来改变机器人的行为。



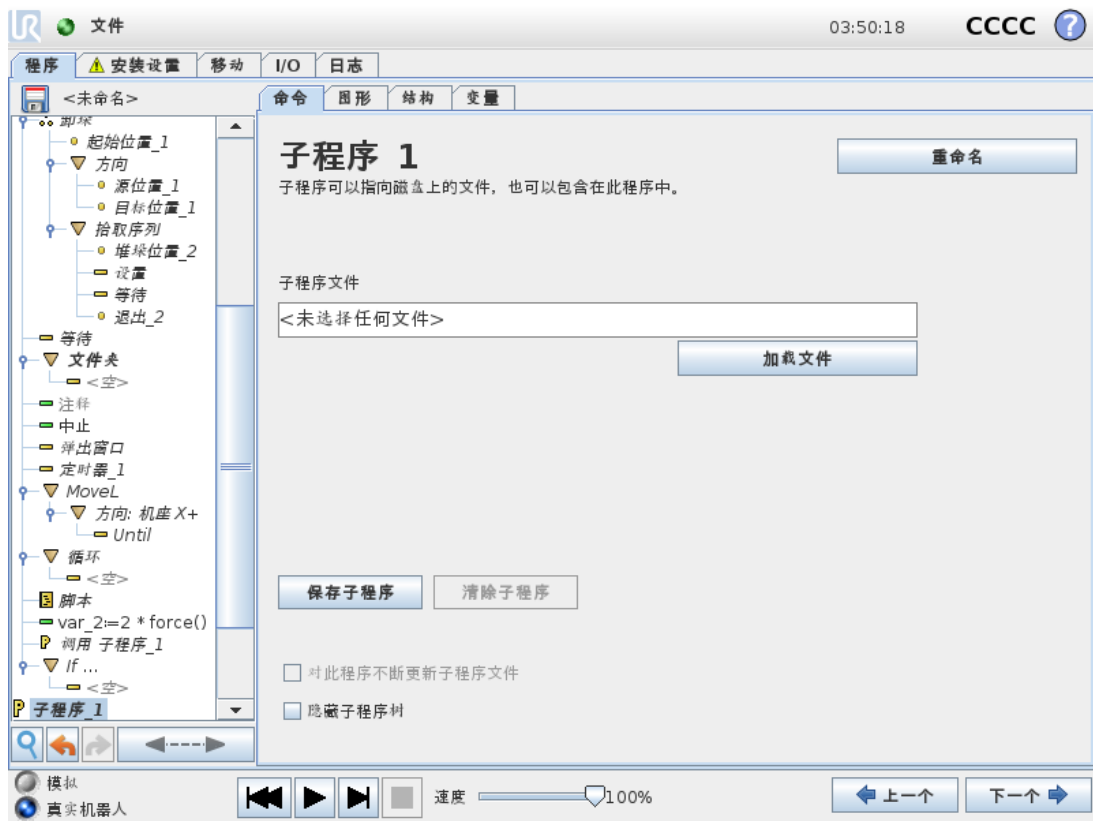
在表达式编辑器中选择组成使用 If 语句的表达式条件。如果某个条件被评估为 **True**，将执行此 If 命令内的语句。一条 If 语句只能有一条 **Else** 语句。使用“添加 **Elself**”和“移除 **Elself**”可以添加和移除 **Elself** 表达式。选择“连续检查表达式”可以允许在执行包含的行时执行 If、**Elself** 和 Loop 语句。如果 If 语句内的表达式被评估为 **False**，将执行 **Elself** 或 **Else** 语句。



提示

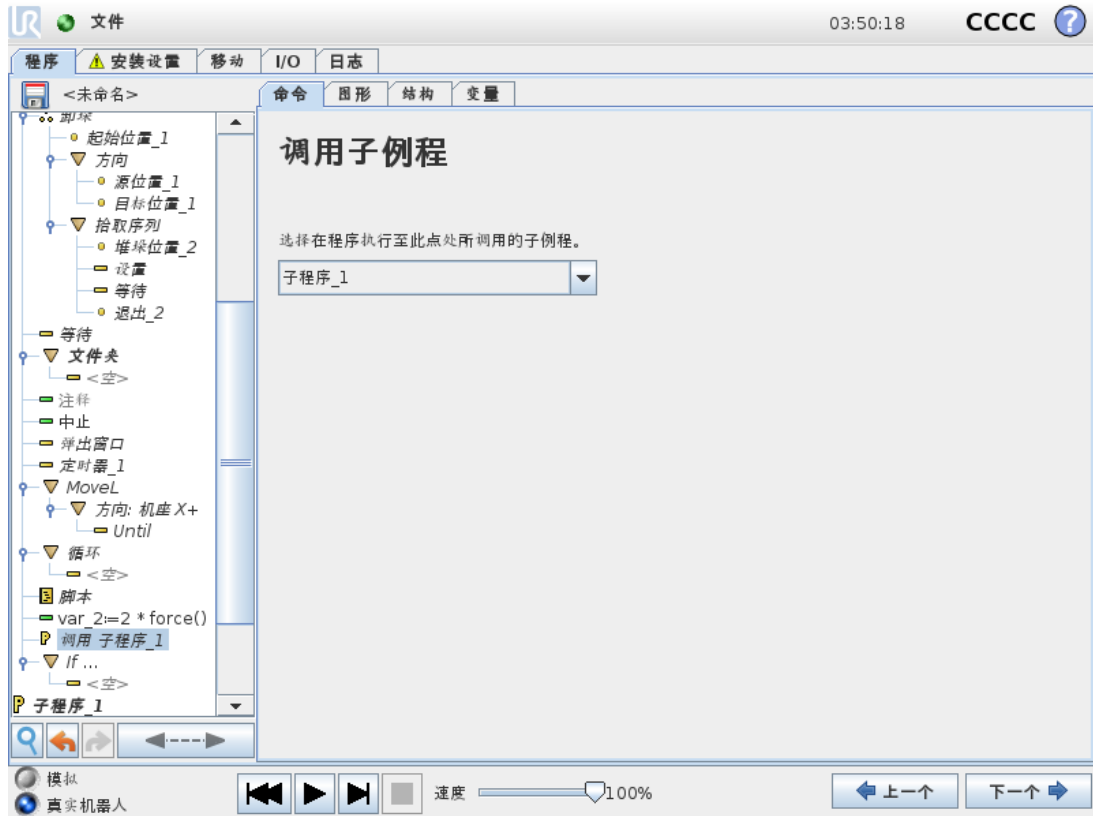
如果 If 表达式或具有连续检查表达式选项的 Loop 表达式中有路点，则可以在表达式后面添加一个 **stopj()** 或一个 **stopl()**，以缓慢使机器人手臂减速。这对 If 和 Loop 命令都有效(请参阅 [1.25.16. 命令: 循环 上一页](#))。

1.25.18. 命令：子程序



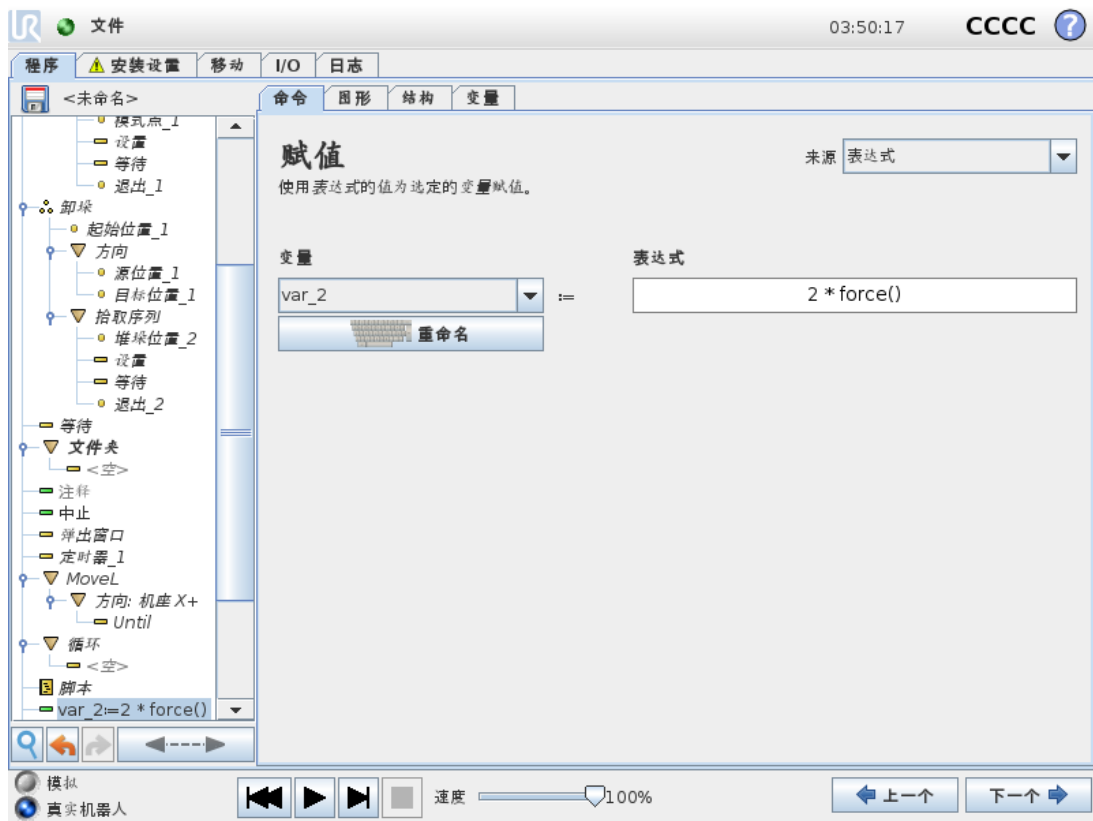
子程序可以存放多个位置所需的程序部分。子程序可以是磁盘上的独立文件，也可以隐藏以免被意外更改。

命令:调用子例程



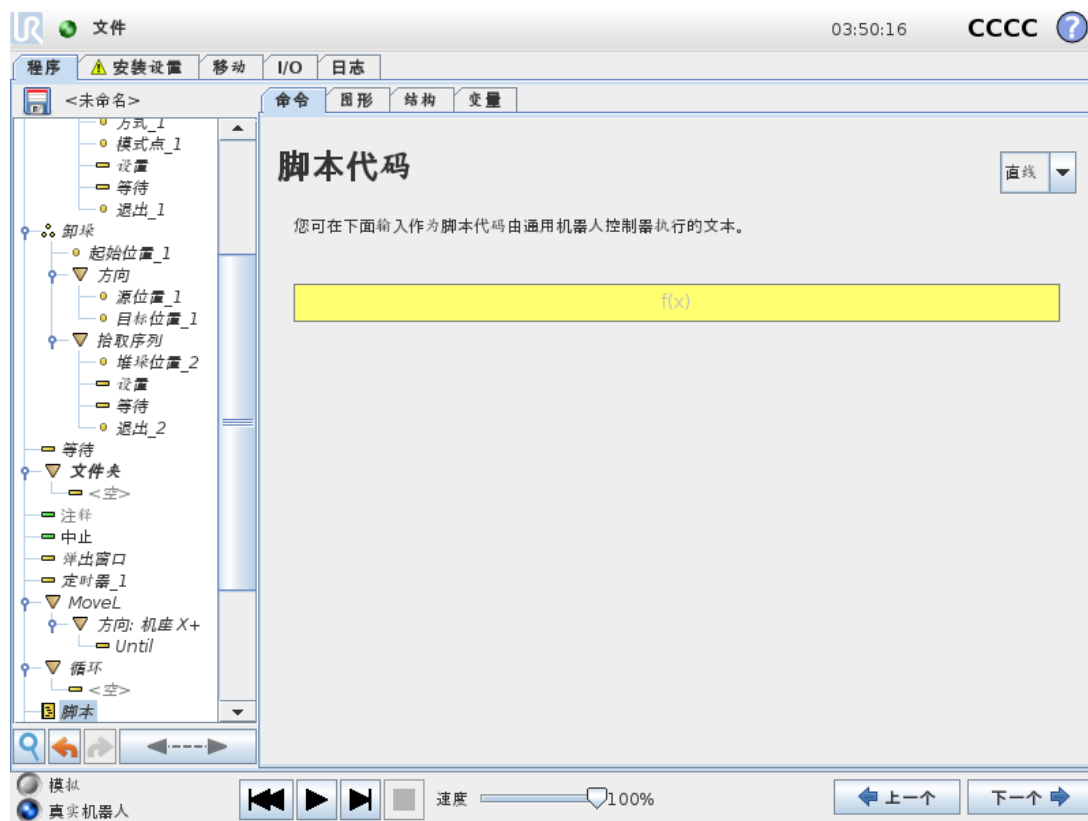
调用子例程将运行子程序中的程序行，然后返回到下一行。

1.25.19. 命令：分配



为变量分配值。通过赋值可将右侧的计算值赋给左侧的变量。此命令在复杂程序中很实用。

1.25.20. 命令：脚本



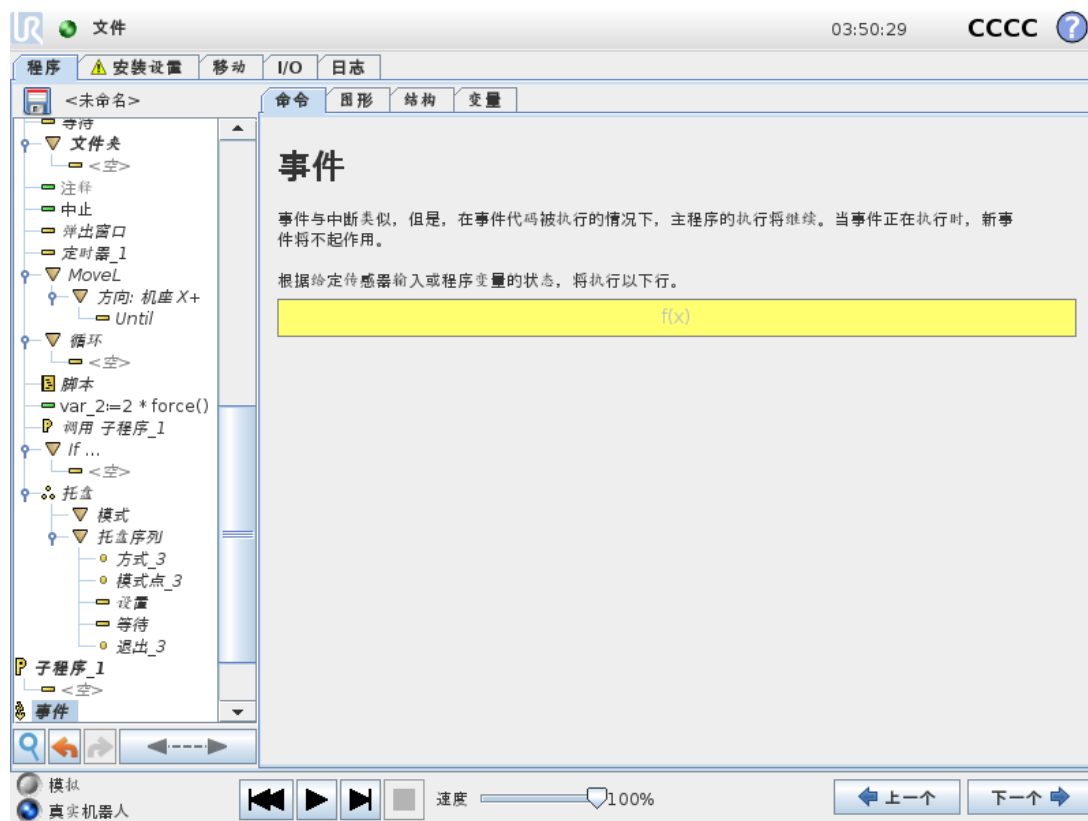
“命令”的下拉列表提供以下选项：

- 行允许您使用表达式编辑器(1.23.1. 屏幕表达式编辑器 在本页 107) 编写单行 URscript 代码
- 文件允许您编写、编辑或加载 URscript 文件。

您可以在支持网站 (<http://www.universal-robots.com/support>) 上的脚本手册中找到编写 URscript 的说明。

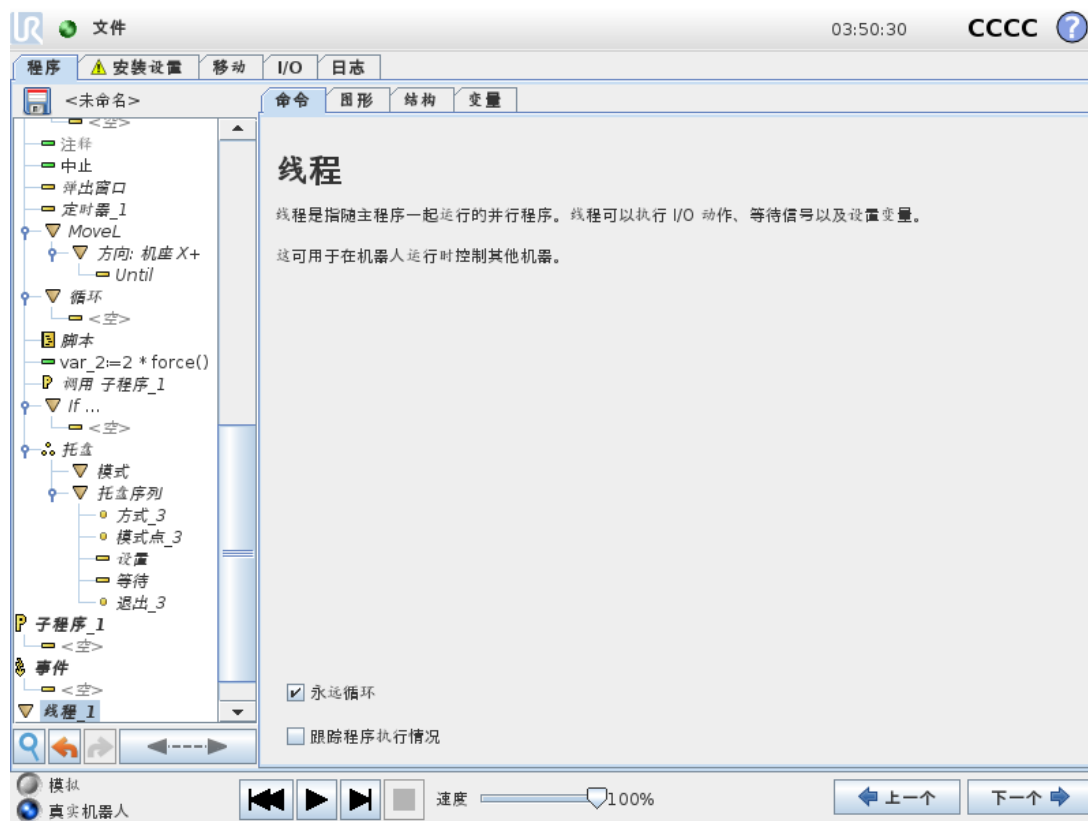
URscript 文件中注明的功能和变量可在整个程序中通过 PolyScope 使用。

1.25.21. 命令：事件



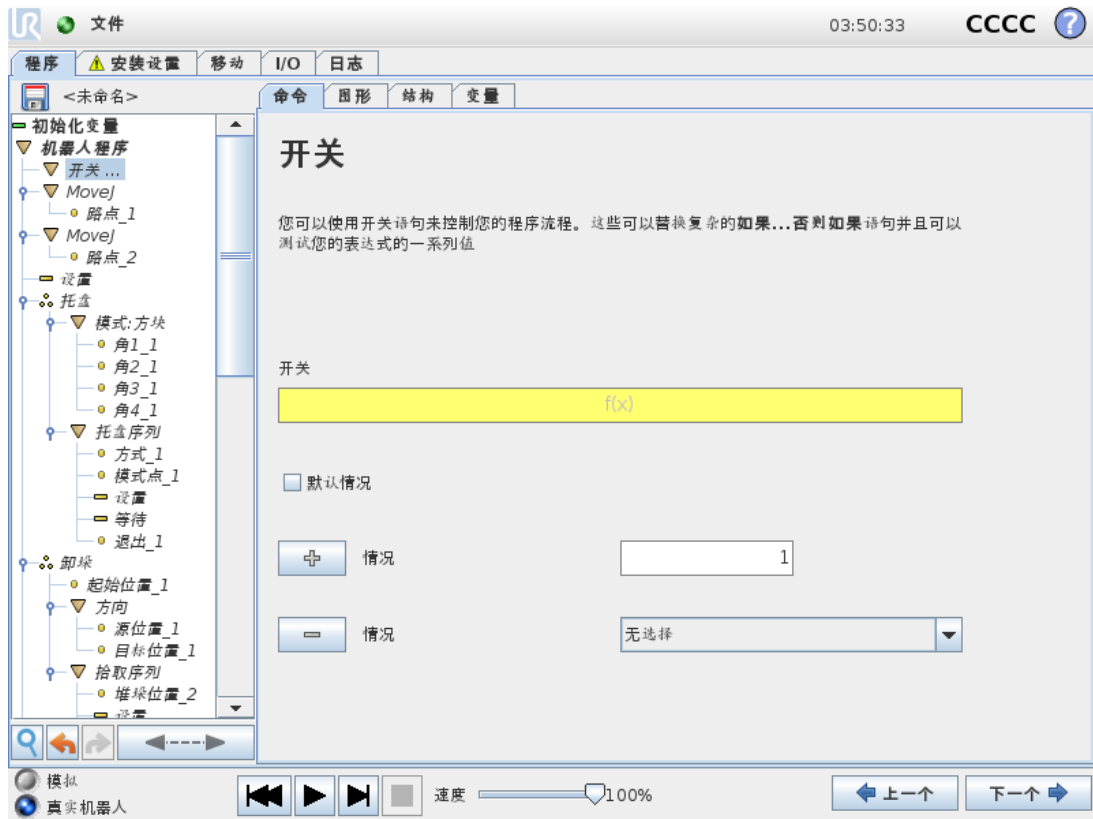
“事件”命令可用于监控输入信号，以及在输入信号呈高电平时执行某个动作或设置变量。例如，当输出信号呈高电平时，事件程序可等待 **200ms**，然后将其重新设置为低电平。这样，如果外部机器上的触发机制是上升沿而非高输入电平时，主程序代码要简单得多。每个控制周期 (8ms) 对事件进行一次检查。

1.25.22. 命令：线程



线程是机器人程序的一个并行进程。线程可用于控制与机器人手臂无关的外部机器。线程可以通过变量和输出信号和机器人程序进行通信。

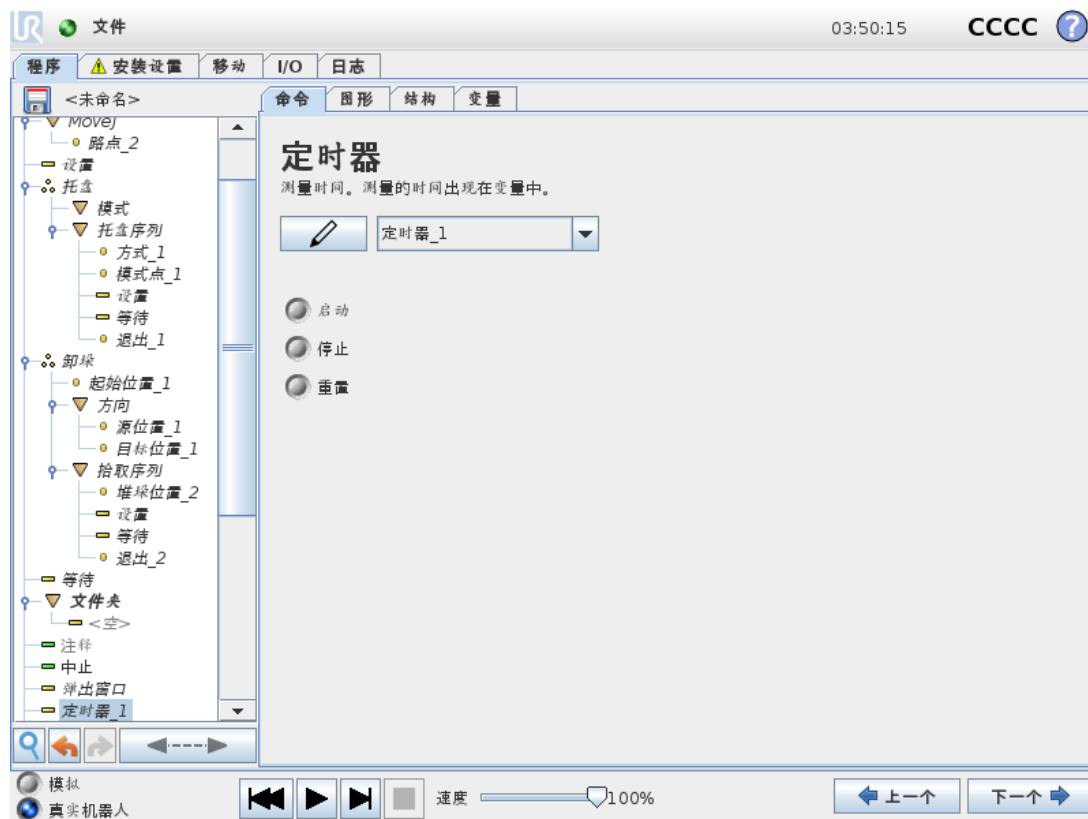
1.25.23. 命令：开关



开关情况结构可以指示机器人根据传感器输入或变量值来改变其行为。使用表达式编辑器描述基本条件并定义机器人应继续执行此开关命令的子命令的情况。如果行被评估与一种情况匹配，将执行情况中的行。如果已指定默认情况，只有找不到其他匹配的情况时，行才会执行。

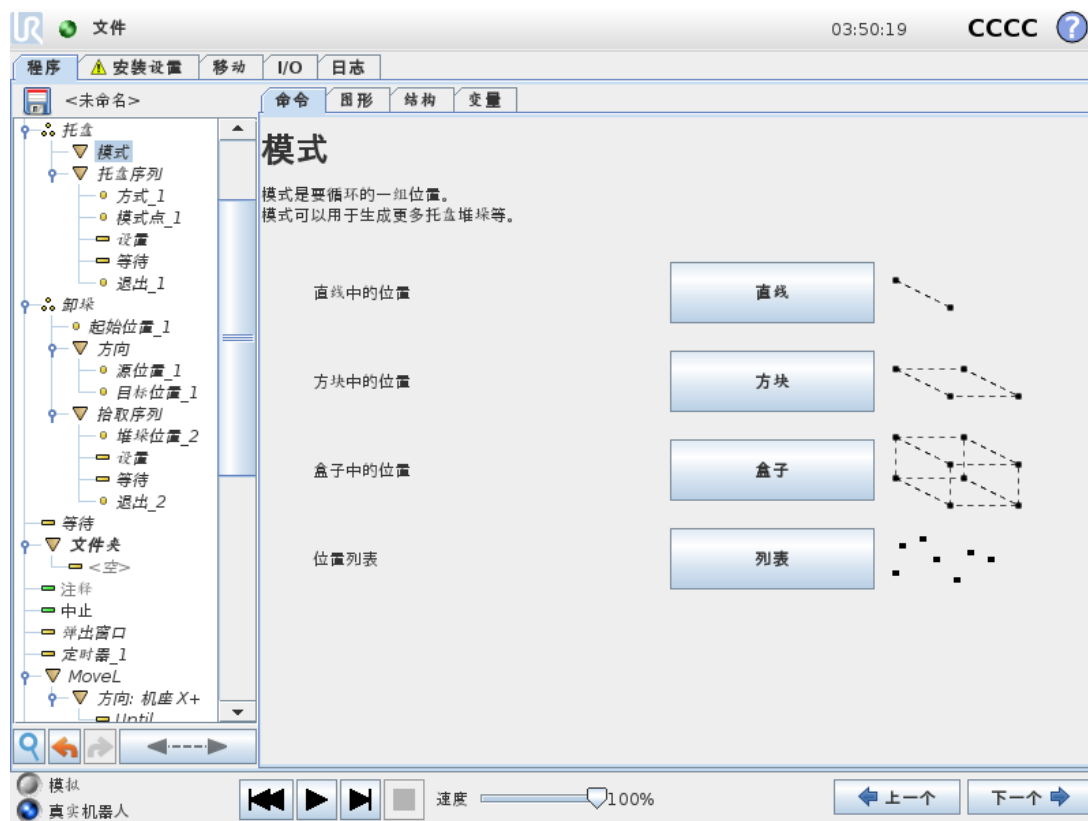
可以从该开关的屏幕上移除各个Switch can have several Cases and one Default Case. Switches can only have one instance of any Case values defined. Cases can be added using the buttons on the screen. A Case命令。

定时器



定时器测量程序特定部件运行所需的时间长度。程序变量包含自计时器启动以来经过的时间，可在“变量”选项卡和“运行”选项卡中看到。

1.25.24. 命令：模式



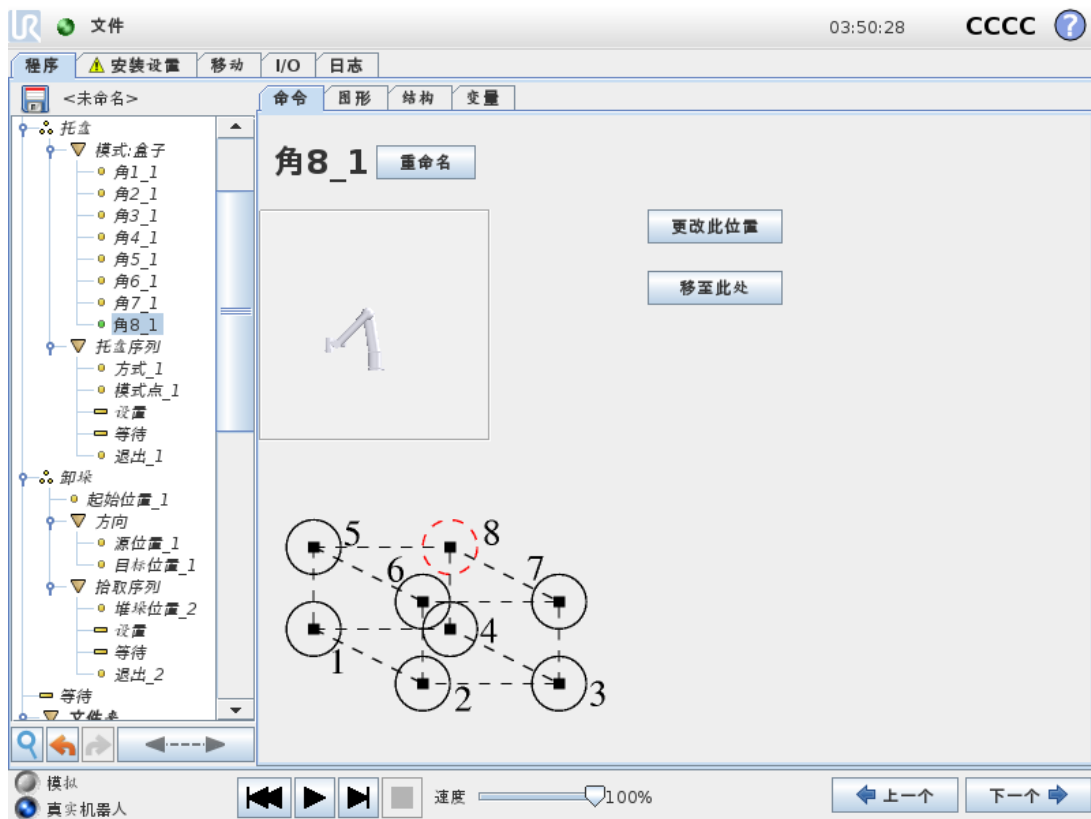
模式命令可用于在机器人程序中指示机器人循环通过各个位置。每次执行时，**模式**命令都会与一个位置相对应。

模式可分为四种类型。前三种分别是**直线**模式、**方块**模式和**盒子**模式，这三种可用于表示常规模式中的位置。正规模式通过定义模式各边的多个特征点来定义。**直线**由两个端点确定，**方块**由四个角点中的三个确定，**盒子**模式由八个角点中的四个确定。程序员输入沿模式每条边的位置数量。然后，机器人控制器通过按比例添加矢量来计算各个模式位置。

如果要经过的位置不属于常规模式，可以选择**列表**选项，程序员可在其中提供所有位置的列表。通过此方式，可以实现各种位置排列。

定义模式

选择**盒子**模式时，屏幕将变成如下所示。



盒子模式使用三个矢量定义盒子的边。这三个矢量由四个点确定，第一个矢量从点一至点二，第二个矢量从点二至点三，第三个矢量从点三至点四。每个矢量按输入的间隔计数进行划分。模式中的具体位置只需按比例添加间隔矢量即可计算得出。

直线模式和**方块模式**的工作原理与此类似。

机器人经过各个模式位置，程序会使用一个计数变量。可以在**模式**命令屏幕上看到变量的名称。变量从数字 0 到 $X*Y*Z-1$ (模式中的点数) 循环。此变量可通过赋值命令进行操作，并可在表达式中使用。

1.25.25. 命令：力



提示

此功能如与“输送机跟踪”一起使用，可能会导致程序冲突。

- 请勿将此功能与“输送机跟踪”一起使用。

力模式适用于沿预定轴的实际 TCP 位置不重要，但沿着该轴所需的力必须达到的应用。例如，如果机器人 TCP 在曲面上滚动、推动或拉动工件。

力模式还支持绕预定轴施加特定扭矩。如果在设置了非零力的轴上没有遇到障碍物，则机器人手臂会尝试沿该轴加速。即使某个轴已被选为柔性轴，但机器人程序仍试图沿着该轴移动机器人。但是，力控制会确保机器人手臂仍然施加接近规定的力值。



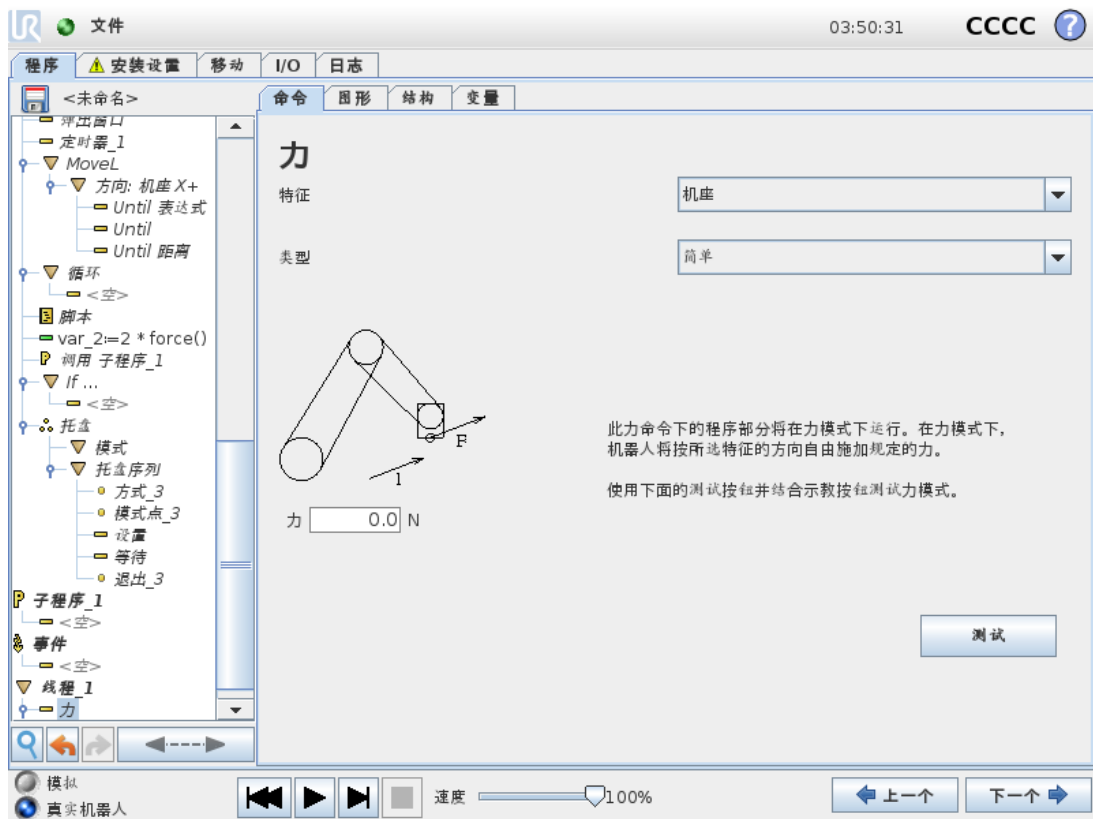
提示

如果 If、Elseif 或 Loop 中含有力节点，并且选择了“连续检查表达式”选项，则可以在表达式的末尾添加一个 `end_force_mode()` 脚本来退出力控制。



警告

1. 在进入力模式之前避免高减速度。
2. 在力模式下避免高加速度，因为它降低了力控制精度。
3. 在进入力模式之前避免平行于柔性轴的移动。



特征选择

特征菜单用于选择机器人在力模式下工作时将使用的坐标系(轴)。菜单中的特征为安装设置中所定义的特征(请参阅 [1.24.12. 安装设置 → 特征](#) 在本页 129)。

力模式类型

下面列出的力模式的类型确定如何解释所选特征。

- **简单:** 在力模式下, 只有一个轴是柔性的。沿着该轴的力可以调节。所需的力将始终沿着所选特征的 **z** 轴施加。但是, 对于直线特征, 会沿着他们的 **y** 轴施加力。
- **框架:** 框架类型可实现更高级的使用。在这里, 所有六个自由度的柔顺性和力都可以单独选择。
- **点:** 选择“点”时, 任务框架会让 **y** 轴从机器人 **TCP** 指向所选特征的原点。机器人 **TCP** 与所选特征原点之间的距离必须至少为 **10 mm**。运行过程中任务框架将随着机器人 **TCP** 位置的变化而变化。任务框架的 **x** 轴和 **z** 轴取决于所选特征的原始方向。
- **运动:** 运动表示任务框架将随 **TCP** 运动的方向而变化。任务框架的 **x** 轴将是 **TCP** 移动方向投射到所选特征的 **x** 轴和 **y** 轴所决定平面上的投影。**y** 轴将垂直于机器人手臂运动, 并在所选特征的 **x-y** 平面内。此类型适用于沿复杂路径的去毛刺作业, 此时需要一个垂直于 **TCP** 运动的力。

当机器人手臂不移动时: 如果在机器人手臂静止不动时进入力模式, 则在 **TCP** 速度大于零之前将没有柔性轴。如果随后依然是在力模式下机器人手臂再次站立不动, 任务框架的方向与上一次 **TCP** 速度大于零时的方向相同。

对于后三种类型, 当机器人在力模式下工作时, 运行过程中可在“图形”选项卡(请参阅 [1.25.33. 图形选项卡](#) 在本页 187)上查看实际任务框架。

1.25.26. 力值选择

- 力或扭矩值可以设置为柔性轴, 机器人手臂调节自身位置以达到所选的力。
- 对于非柔性轴, 机器人手臂将遵循程序设置的自身轨迹。

对于平移参数, 力的单位为牛顿 **[N]**, 对于旋转参数, 扭矩单位为牛顿米 **[Nm]**。



提示

您必须按如下操作:

- 在单独的线程中使用 `get_tcp_force()` 脚本函数, 以读取实际力和扭矩。
- 如果实际力和/或扭矩低于要求, 请更正扳手矢量。

1.25.27. 限值选择

针对所有轴都可以设置一个限制, 但是这些限制对于柔性轴和非柔性轴有不同的意义。

- **柔性:** 限制为允许 **TCP** 沿/绕轴达到的最大速度。单位为 **[mm/s]** 和 **[度/s]**。
- **非柔性:** 限制为在机器人保护性停止之前允许的与程序轨迹的最大偏离。单位为 **[mm]** 和 **[度]**。

1.25.28. 测试力设置

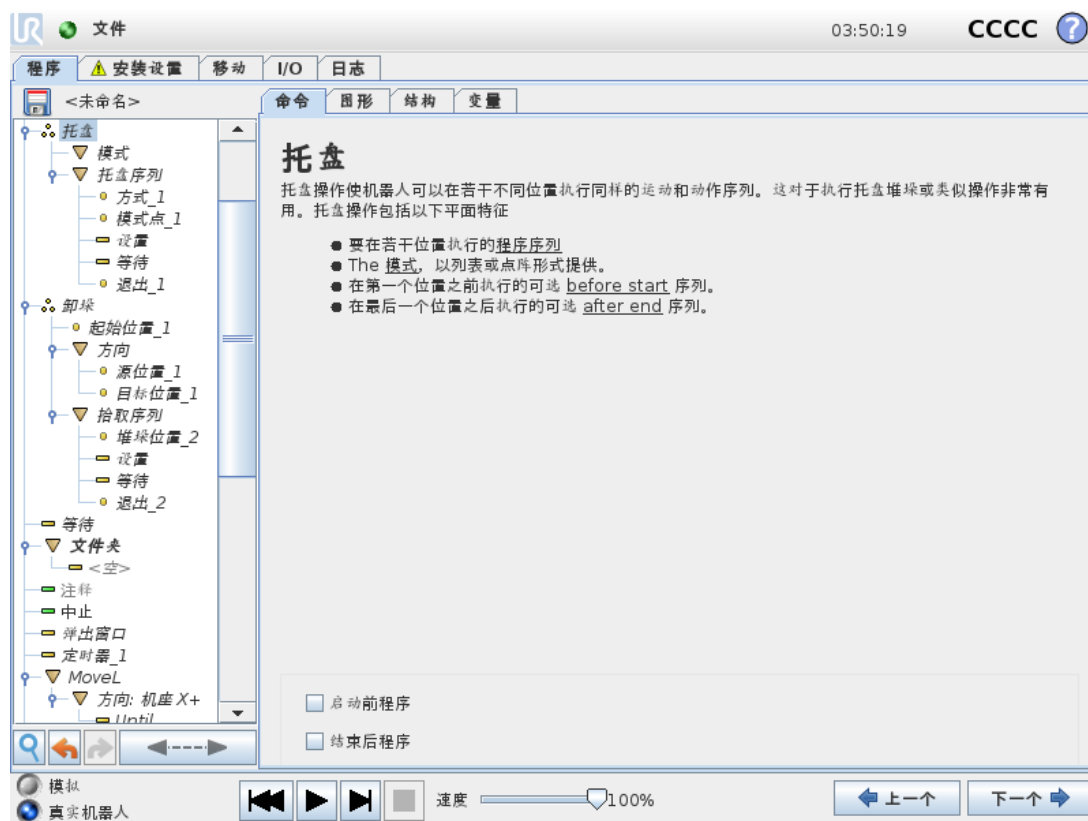
标有**测试**的开关按钮可将示教盒背面**自由驱动**按钮的行为从正常自由驱动模式切换到测试力命令。

当**测试按钮**开启、示教盒背面的**自由驱动**按钮按下时，机器人将像程序已达到此力命令一样执行操作，这样就可以在实际运行完整程序之前验证各项设置。这一可能性对验证柔性轴和力是否选择正确尤其有用。只需用一只手握住机器人TCP，用另一只手按下**自由驱动**按钮，并注意机器人手臂在哪些方向可以移动，在哪些方向不能移动。

离开此屏幕时，“测试”按钮会自动关闭，这意味着示教盒背面的**自由驱动**按钮将再次用于常规**自由驱动**模式。

只有为“力”命令选择了有效特征时，**自由驱动**按钮才有效。

1.25.29. 命令：码垛



码垛操作可以在以模式形式给定的一组位置执行一系列运动(请参阅[1.25.24. 命令：模式](#)在[本页178](#))。在模式中的每个位置处，将相对于此模式位置执行运动序列。

编写托盘操作程序

1. 定义模式。
2. 确定用于在每个点拾取/放置物品的**码垛序列**。序列描述在每个模式位置应完成的操作。
3. 使用序列命令屏幕上的选择器定义序列中应与模式位置相对应的路点。

托盘序列/锚式序列

在**码垛序列**节点中，机器人手臂相对于托盘位置而运动。序列的行为会使机器人手臂处于由模式在**锚点位置/模式点**处指定的位置。为满足这一原则，将相应移动所有剩余位置。不要在序列中使用**移动**命令，因为使用该命令时运动不相对于锚点位置。

“开始前”

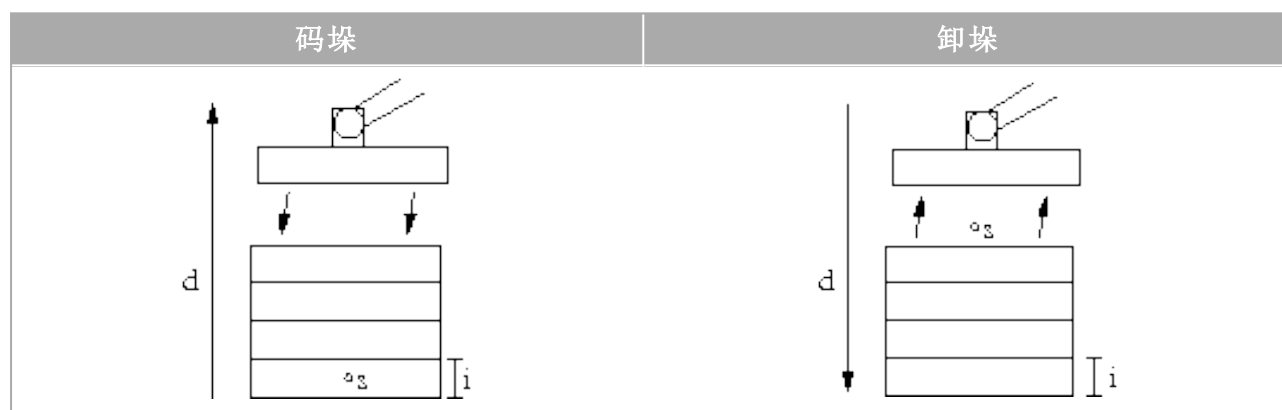
可选的**开始前**序列在操作开始之前运行。这可用于等待信号就绪。

“结束后”

可选的**结束后**序列在操作完成之后运行。这可用于向输送机发送开始运动信号，以为下一托盘做好准备。

1.25.30. 命令：探寻

探寻命令使用传感器确定机器人工具何时抵达可以抓取或放下工件的正确位置。传感器可以是按钮开关、压力传感器或电容传感器。此功能适用于处理厚度不一的工件堆垛或工件的精确位置无从知晓或难以编程的情况。

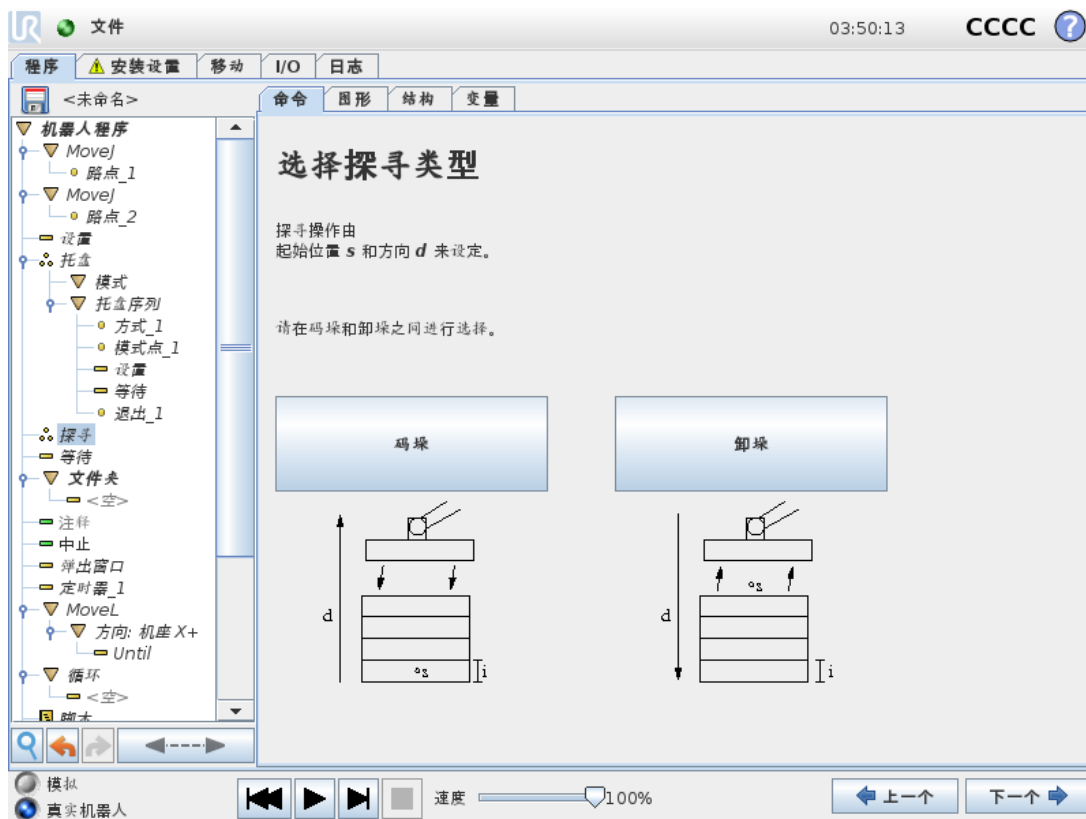


在为处理码垛的查找操作编程时，必须定义：

- **s**- 起点。
- **d**- 码垛方向。
- **i**- 码垛工件的厚度。

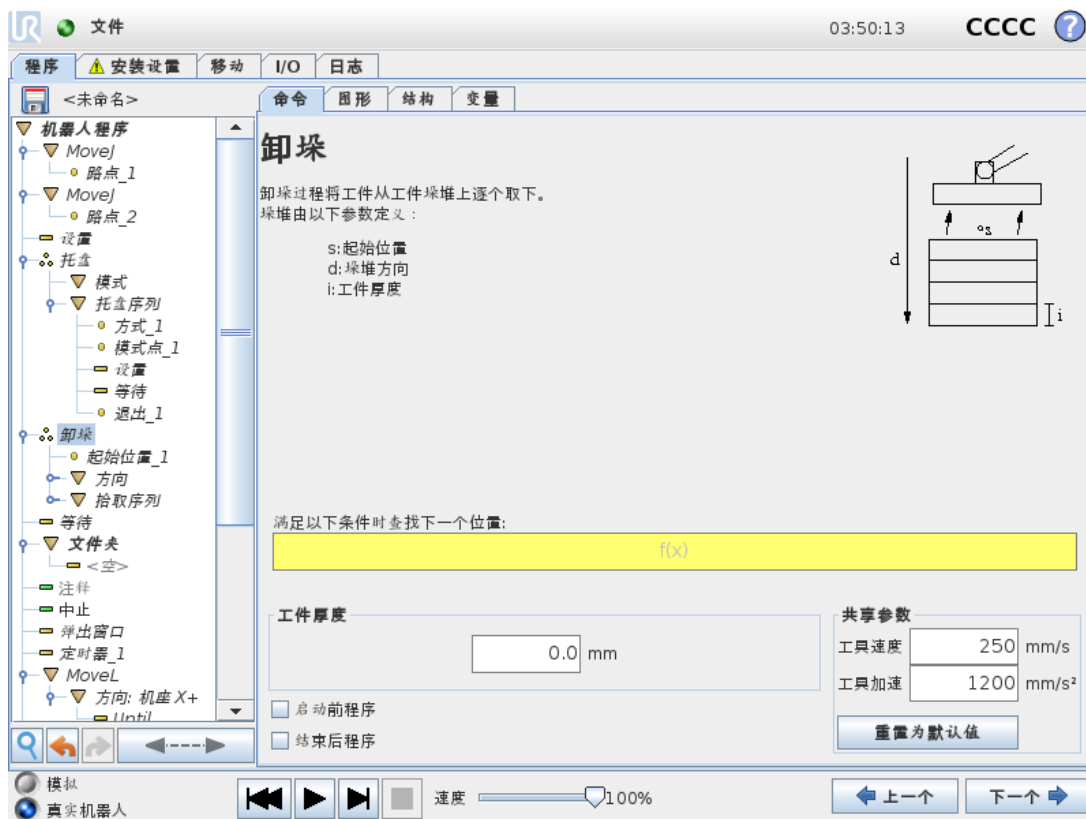
而在此之前，首先必须定义用于确定何时到达下一个堆垛位置的条件以及在每个堆垛位置将要执行的特定程序序列。此外，还必须给出堆垛操作中所涉及的运动的速度和加速度。

码垛



码垛时，机器人手臂将移至起始位置，然后反向移动以搜索下一个码垛位置。找到下一个堆垛位置时，机器人将记住此位置并执行特定序列。在下一轮，机器人将从所记住的位置开始以工件厚度为增量沿着码垛方向搜索。当码垛高度超出所定义的数值时，或者传感器发送信号时，码垛操作即告完成。

卸垛

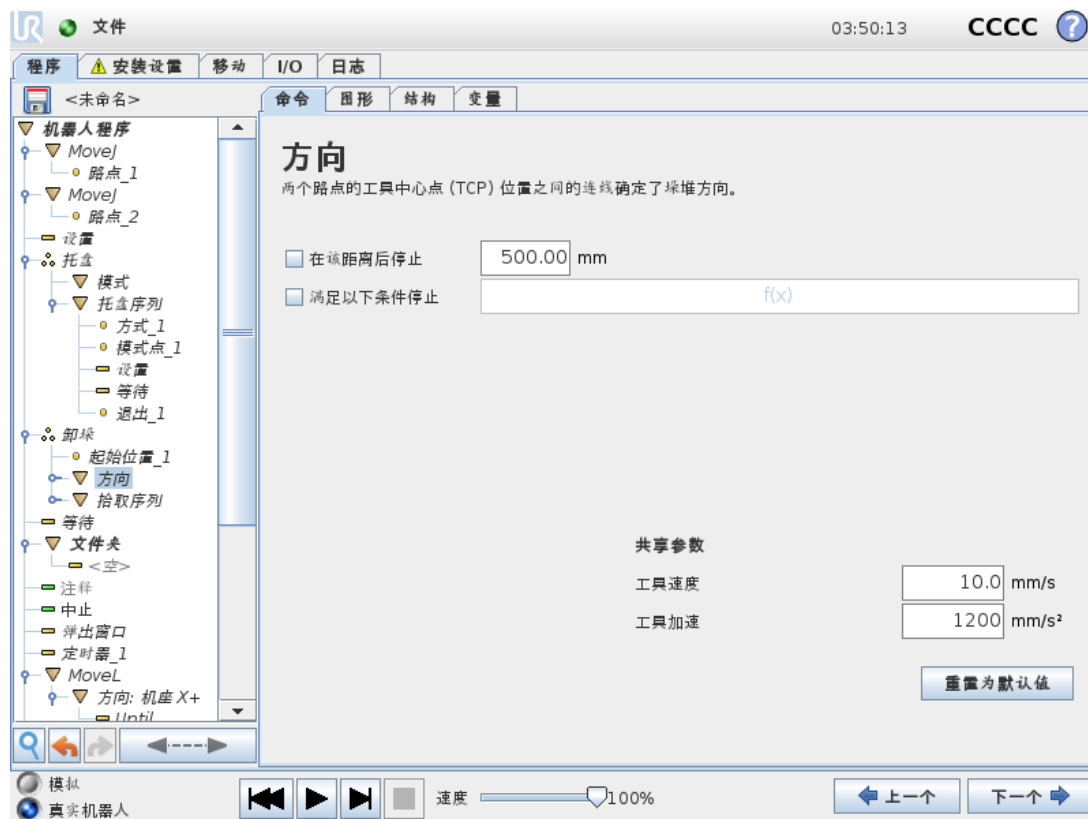


卸垛时，机器人手臂将从起始位置沿着指定方向移动，搜索下一个物品。屏幕上的条件决定何时到达下一工件。当条件满足时，机器人将记住此位置并执行特定序列。在下一轮，机器人将从所记住的位置开始以工件厚度为增量沿着卸垛方向搜索。

起始位置

起始位置是指开始执行堆垛操作的位置。如果省略了起始位置，则码垛操作将从机器人手臂的当前位置开始。

方向



方向由两个位置确定，通过第一个位置 TCP 到第二个位置 TCP 之间的位置差距来计算。
注意：方向不考虑点的朝向。

下一个码垛位置表达式

机器人手臂沿着方向矢量移动，同时不断判断是否已到达下一个堆垛位置。当表达式被评估为 True 时，将执行特殊序列。

“开始前”

可选的 BeforeStart 序列在操作开始之前运行。这可用于等待信号就绪。

“结束后”

可选的 AfterEnd 序列在操作完成之后运行。这可用于向输送机发送开始运动信号，以为下一个堆垛做好准备。

拾取/放置序列

拾取/放置序列是在每个码垛位置执行的一个特殊程序序列，与码垛操作类似(请参阅 [1.25.29. 命令：码垛](#) 在本页 182)。

1.25.31. 命令: 输送机跟踪



提示

此功能如与“力”一起使用，可能会导致程序冲突。

- 请勿将此功能与“力”一起使用。

可对机器人进行配置以跟踪一台已配置输送机(输送机 1)的移动。当安装设置中定义的**输送机跟踪**正确配置时，机器人将调整移动以跟随输送机。可从**向导**中的“结构”选项卡下访问**输送机跟踪**程序节点。当跟踪输送机时，该节点下的所有移动都是允许的，但是要与输送机皮带的运动相关。**安装设置**选项卡下的**输送机跟踪**设置(请参阅[1.24.13. 输送机跟踪设置](#)在本页 137 一节)提供了用于配置机器人与绝对和增量编码器以及线性和圆形输送机协作的选项。



提示

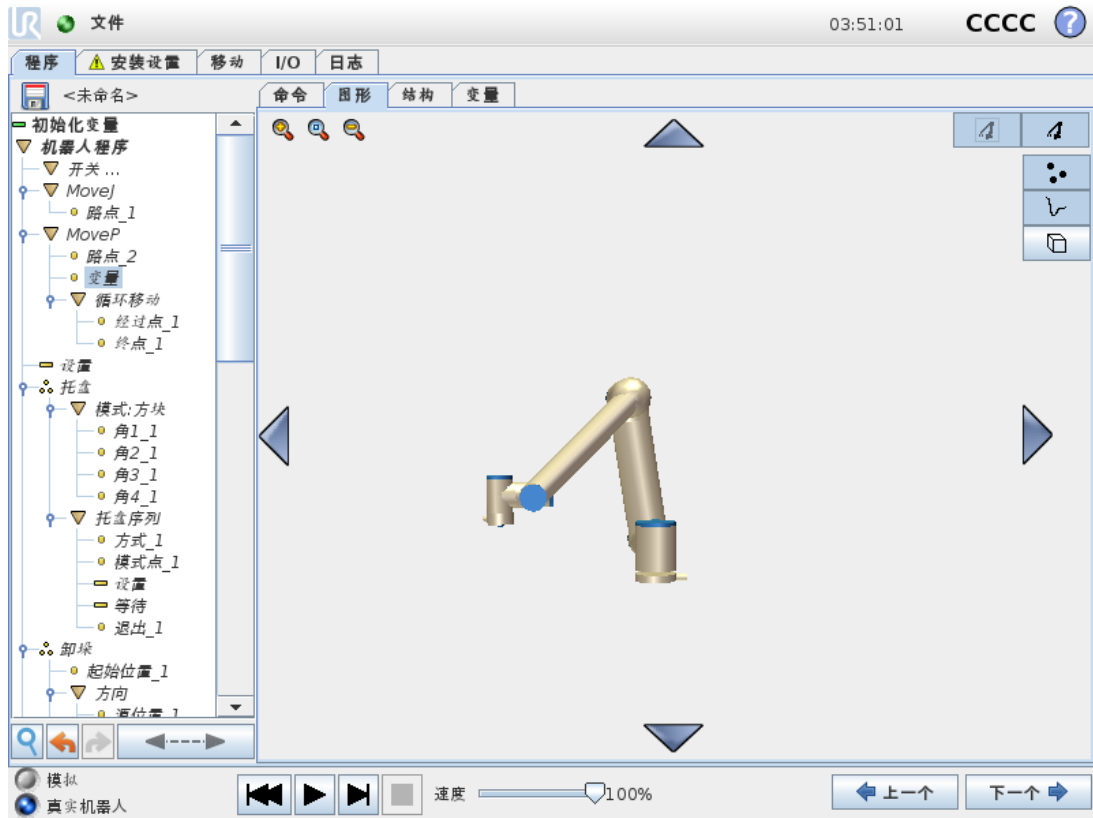
控制箱只能容纳一个必须与输送机(输送机 1)一起使用的增量编码器。

1.25.32. 命令: 抑制

程序运行时将会直接跳过被抑制的程序行。被抑制的程序行也可以解除抑制。使用这种方法可以快速更改程序，而且确保不破坏原始内容。

1.25.33. 图形选项卡

当前机器人程序的图形化表示形式。**TCP** 的路径以 **3D** 视角显示，运动段显示为黑色，交融段(运动段之间的过渡)显示为绿色。绿点标明程序中各路点处的 **TCP** 位置。机器人手臂的 **3D** 图显示机器人手臂的当前位置，机器人手臂的阴影部分显示机器人手臂到达屏幕左侧所选路点的方式。



如果机器人 TCP 的当前位置距离安全平面或触发平面很近,或者机器人工具的方向接近工具方向边界限值(请参阅 1.21.12. 边界 在本页 89),则会显示边界限值的 3D 表示。

当机器人在运行程序时,边界限值可视化将被禁用。

安全板以黄黑色呈现,带小箭头指示安全板正常,显示安全板上允许放置机器人 TCP 的位置。

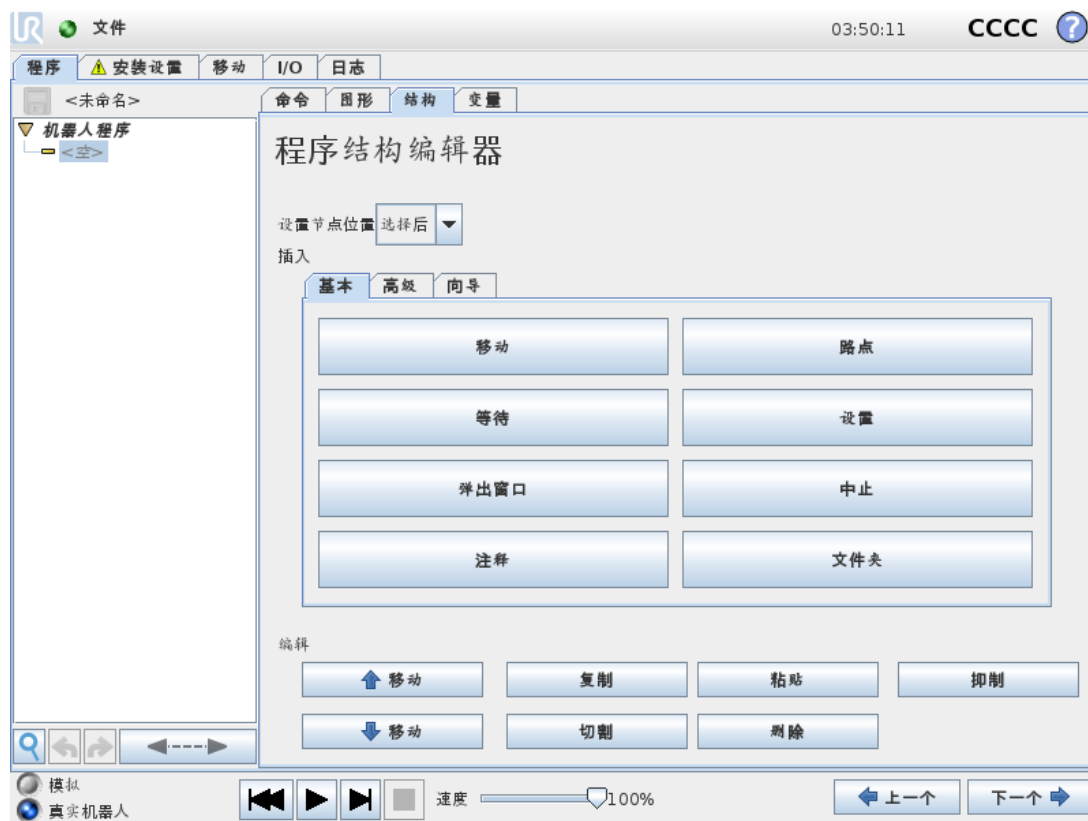
触发平面以蓝色和绿色显示,并带有一个指向平面一侧的小箭头,在这一侧,正常模式限值(请参阅 1.21.6. 安全模式 在本页 84)处于激活状态。

工具方向边界限值以锥体呈现,带有一个指示机器人工具当前方向的矢量。锥体内侧代表工具方向的允许区域(矢量)。

目标机器人 TCP 离开极限区域时,3D 成像消失。如果 TCP 侵犯边界限值或接近边界限值,则成像会变成红色。

3D 视角可进行缩放和旋转,以更好地显示机器手臂的运动状态。屏幕右上角的按钮可以禁用 3D 视角中的各个图形组件。底部按钮可开启/关闭相邻边界限制成像。显示的运动段取决于所选的程序节点。如果选择了 Move 节点,则显示的路径是由该移动定义的运动。如果选择了路点节点,屏幕将显示接下来大约 10 步移动。

1.25.34. 结构选项卡



使用程序结构选项卡可以插入、移动、复制和移除各种命令。

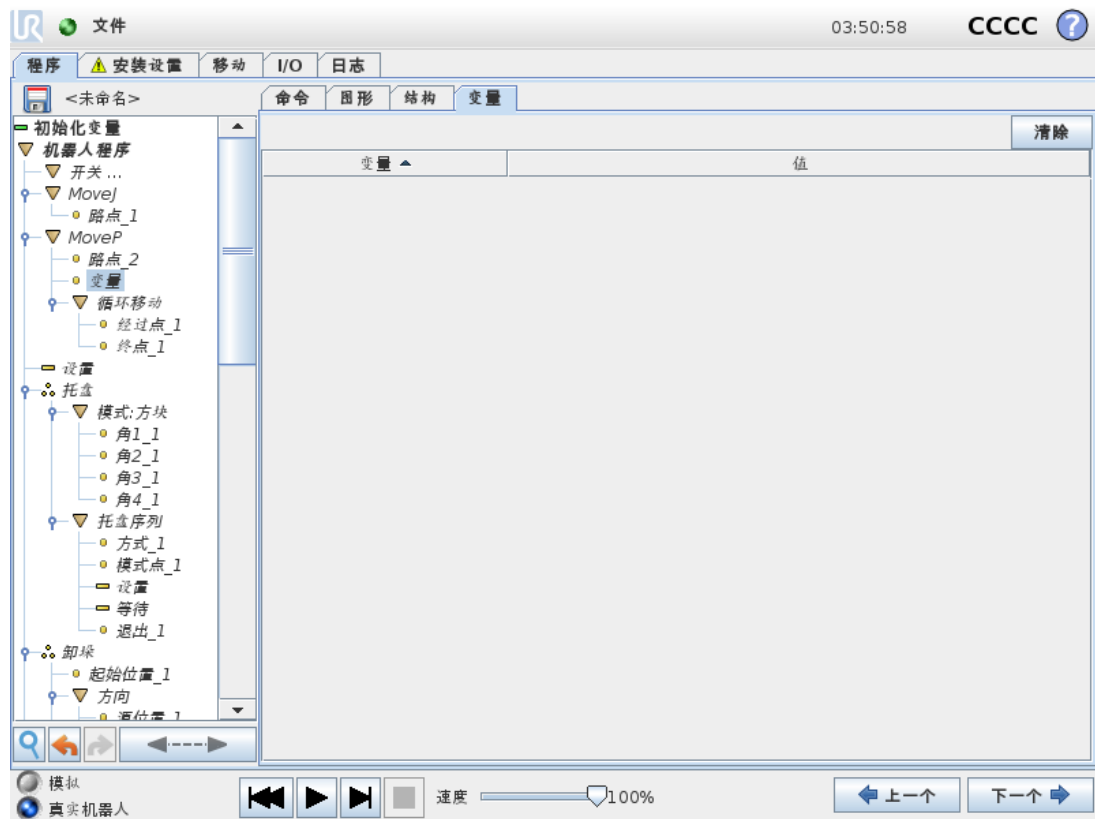
要插入新命令，请执行以下步骤：

1. 选择现有程序命令。
2. 选择应将新命令插入所选命令的上方还是下方。
3. 按要插入的命令类型所对应的按钮。要调整新命令的详细信息，请转至Command选项卡。

使用编辑框架中的按钮可以移动/复制/删除命令。如果命令含有子命令(命令旁边有一个三角形符号)，则所有子命令也将随之移动/复制/删除。

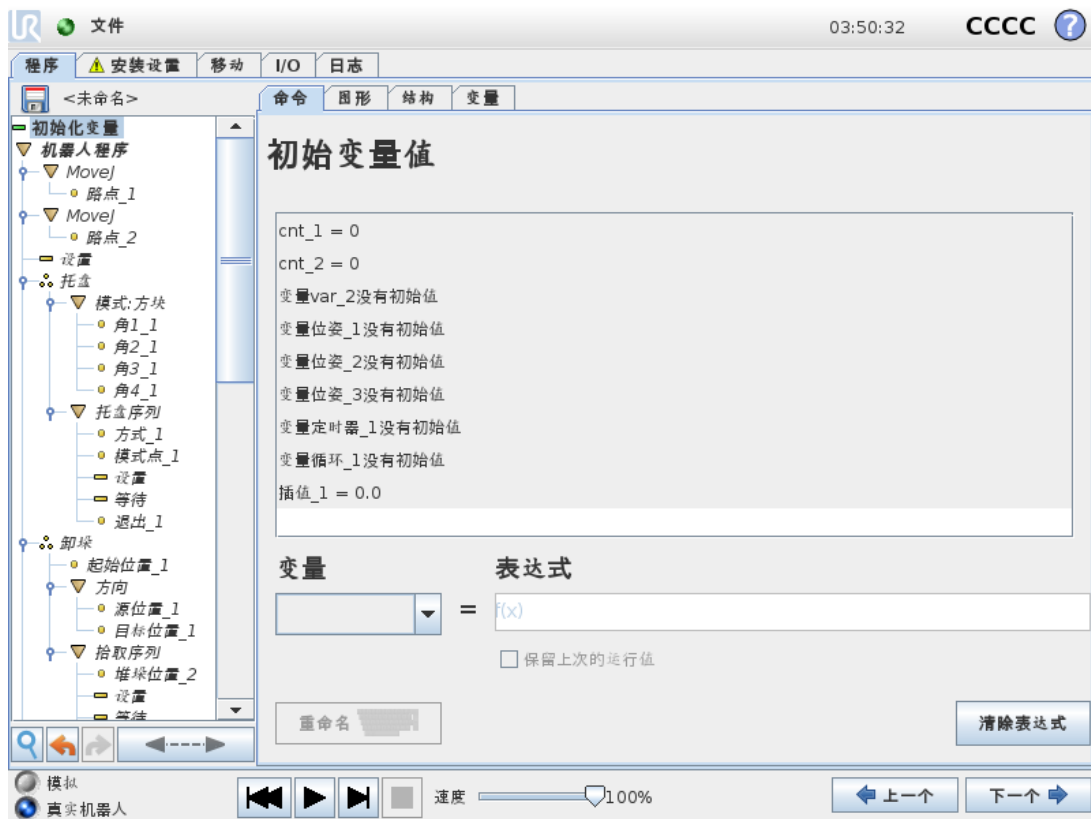
并非所有命令都适合放在程序中的所有位置。一般来说，移动 **Elself** 命令可能会很麻烦。使用变量之前必须为其赋值。

1.25.35. 变量选项卡



变量选项卡显示运行中程序的实时变量值，并保存程序运行之间的变量和值的列表。它仅在 有信息要显示时出现。变量按其名称的字母顺序排列。此屏幕上的变量名最多以 50 个字符显示，变量值最多以 500 个字符显示。

1.25.36. 命令: 变量初始化



此屏幕允许在程序(和任何线程)开始执行之前设置变量值。

可从变量列表中单击相应的变量来选择变量,也可以使用变量选择器框选择变量。对于所选变量,可以输入一个表达式,程序开始执行时将使用此表达式设置变量值。

如果选中**保留上次运行的值**复选框,变量将初始化为**变量**选项卡(请参阅[1.25.35. 变量选项卡](#)上一页)上的值。这允许变量保留使用其上次程序执行期间的值。如果程序是首次运行,或者变量值选项卡已清空,则变量将从表达式获取变量值。

将变量名称设置为空(仅输入空格)即可将其从程序中删除。



1.26. 设置屏幕



- **初始化机器人** 转至初始化屏幕，请参阅 [1.22.6. 初始化屏幕](#) 在本页 104。
- **语言和单位** 配置用户界面的语言和测量单位，请参阅 [1.26.1. 语言和单位](#) 下一页。
- **更新机器人** 将机器人软件升级到新版本，请参阅 [1.26.2. 更新机器人](#) 在本页 195。
- **设置密码** 提供相应机制来锁定机器人的编程部分，以避免没有密码的人员执行修改，请参阅 [1.26.3. 设置密码](#) 在本页 196。
- **校准屏幕** 校准触摸屏的“触摸”功能，请参阅 [1.26.4. 校准屏幕](#) 在本页 197。
- **设置网络** 打开为机器人控制箱设置以太网的界面，请参阅 [1.26.5. 设置网络](#) 在本页 198。
- **设置时间** 设置系统的时间和日期并配置时钟的显示格式，请参阅 [1.26.6. 设置时间](#) 在本页 199。
- **URCap 设置** 已安装的 URCap 以及安装和卸载选项的概览，请参阅 [1.26.7. URCap 安装](#) 在本页 200。
- **返回** 返回“欢迎”屏幕。

1.26.1. 语言和单位



PolyScope 中使用的语言、单位和键盘语言可以在该屏幕设定。

PolyScope 上不同屏幕显示的文本都将以选定的语言显示，内嵌的帮助文件也将以选定的语言显示。勾选“**English programming**”，将以英语显示机器人程序内的命令名称。PolyScope 必须重新启动，所做更改方可生效。

所选的键盘语言将在 PolyScope 的所有弹出键盘中使用。

1.26.2. 更新机器人



软件更新可以从 USB 闪存安装。插入 U 盘并点击**搜索**可列出其中的内容。要进行更新，请选择一个文件，点击**更新**，然后按屏幕说明操作。



警告

软件升级后务必检测你的程序。升级操作会改变程序中的轨迹。点击 GUI 右边角的“?”按钮可查看更新的软件规范。软件规格不变，可以在原来的手册中查看。

1.26.3. 设置密码

The screenshot shows the '设置机器人' (Robot Settings) window. On the left is a sidebar with buttons: '初始化机器人' (Initialize Robot), '校准屏幕' (Calibrate Screen), 'URCap', '网络' (Network), '语言' (Language), '设置密码' (Set Password), '时间' (Time), '更新' (Update), and '返回' (Return). The main area is titled '设置机器人' and contains two sections: '系统密码' (System Password) and '安全密码' (Security Password). The '系统密码' section has input fields for '新密码' (New Password) and '确认新密码' (Confirm New Password), with an '应用' (Apply) button. The '安全密码' section has input fields for '当前密码' (Current Password), '新密码' (New Password), and '确认新密码' (Confirm New Password), with an '应用' (Apply) button.

支持设置两个密码。第一个密码是可选的系统密码，此密码可防止对机器人设置进行未授权的修改。设置系统密码后，用户没有密码也能加载和执行程序，但必须输入正确的密码才能创建或更改程序。

第二个密码是必需的安全密码，必须正确输入此密码才能修改安全配置。



提示

要更改安全配置，必须设置安全密码。



警告

添加系统密码可防止未经授权的人员更改机器人安装。

1.26.4. 校准屏幕



校准触摸屏。按照屏幕说明校准触摸屏。最好使用尖细的非金属物体，例如盖好盖的笔。校准时要仔细耐心，这样有助于获得更好的效果。

1.26.5. 设置网络

初始化机器人

校准屏幕

URCap

网络

语言

设置密码

时间

更新

返回

设置机器人

网络

选择您的网络方法

☐ DHCP
 ☐ 静态地址
 ☒ 禁用网络

✗ 未连接到网络！

网络详细设置：

IP 地址

子网掩码：

默认网关：

首选 DNS 服务器：

备用 DNS 服务器：

0.0.0.0

0.0.0.0

0.0.0.0

0.0.0.0

0.0.0.0

应用

用于设置以太网网络的操作面板。运行基本的机器人功能无需连接以太网，且默认情况下禁用以太网连接。

1.26.6. 设置时间



设置机器人

初始化机器人

校准屏幕

URCap

网络

语言

设置密码

时间

更新

返回

设置时间

时间格式：

☒ 24 小时制
 ☐ 12 小时制

请选择当前时间：

+	+	+
03	49	50
-	-	-

设置日期

请选择今天的日期：

2021-2-2

日期格式：

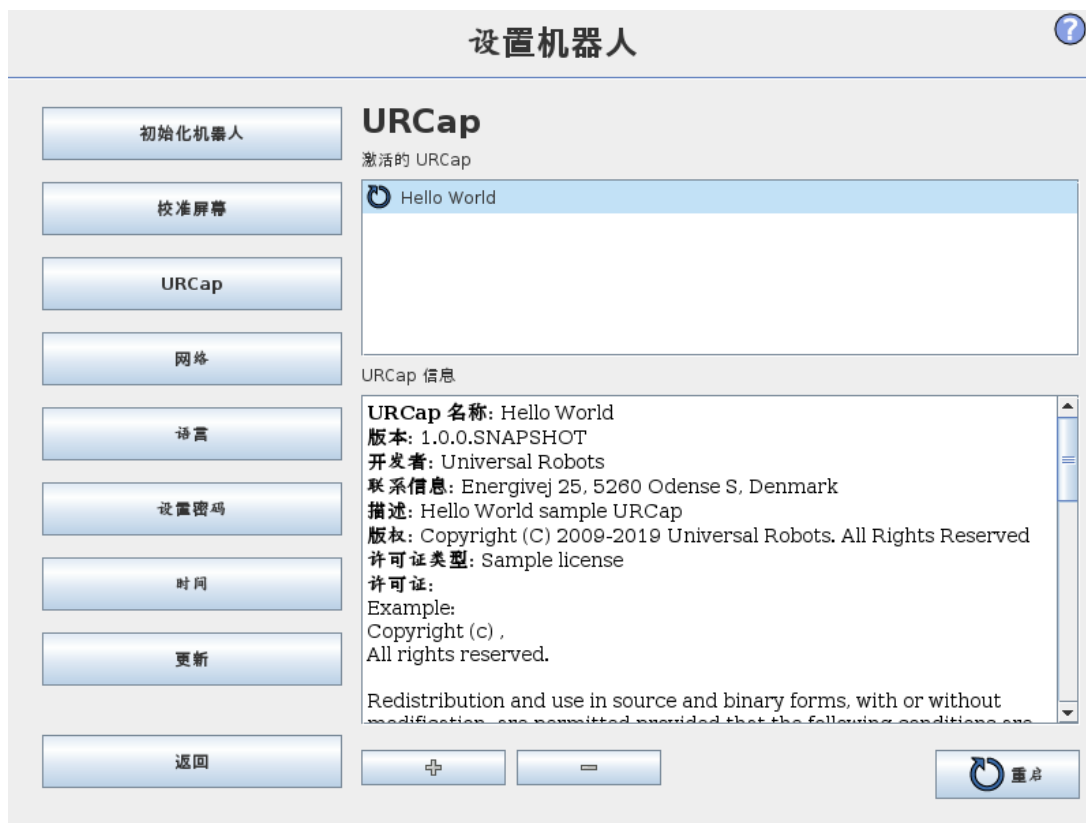
☒ 2021-2-2
 ☐ 21-2-2

重新启动 PolyScope 以使新设置生效

重启

设置系统的时间和日期，并配置时钟的显示格式。时钟显示在运行程序和为机器人编程屏幕顶部。轻触时钟将立即显示日期。必须重新启动 GUI，所做更改方可生效。

1.26.7. URCap 安装



在上方列表中，提供了所有已安装的 **URCap** 的概览。点击 **URCap** 将在列表下方的 URCap Information 区域中显示元信息 (包括 URCap 的名称、版本、许可证等)。

点击屏幕底部的 + 按钮安装新的 URCap。此时会显示一个文件选择器，可在其中选择 .urcap 文件。点击“打开”，PolyScope 将返回到设置屏幕。系统将安装所选 URCap，随后列表中会显示相应的条目。新安装或卸载的 URCap 要求重启 PolyScope，“重启”按钮将会启用。

要卸载 URCap，只需在列表中选择 URCap 并点击 - 按钮。URCap 将从列表中消失，但仍需要重启。

在列表中，条目旁边的图标表示 URCap 的状态。不同状态的定义如下：

✔ URCap 正常

URCap 已安装且正常运行。

✖ URCap 故障

URCap 已安装但无法启动。联系 URCap 开发者。

🔄 需要重启 URCap

URCap 刚刚安装，需要重启。

错误消息和 URCap 的相关信息显示在 **URCaps 信息** 字段中。根据检测到的错误类型不同，会显示不同的错误消息。

2. 术语

停机类别 0

当机器人的电源被切断后，机器人立刻停止工作。这是不可控的停止，由于每个关节会以最快的速度制动，因此机器人可能偏离程序设定的路径。当超过安全评定极限，或当控制系统的安全评定部分出现错误的情况下方可使用这种保护性停止。有关更多信息，**请参阅 ISO 13850 或 IEC 60204-1。**

停机类别 1

当为机器人供电使其停止时，机器人就停止，当机器人实现停止后切断电源。这是可控性停止，机器人会遵循程序编制的路径。一旦机器人站稳后就将电源切断。有关更多信息，**请参阅 ISO 13850 或 IEC 60204-1。**

停机类别 2

机器人通电时的可控性停止。安全评定控制系统的操控可使机器人停留在停止的位置。有关更多信息，**请参阅 IEC 60204-1。**

3 类

术语类别不应与术语 **停机类别** 相混淆。类别是指用作某个性能等级基础的架构类型。**3 类**架构的一个显著特性是发生单一故障时不会导致安全功能丧失。有关更多信息，**请参阅 ISO 13849-1。**

性能等级

性能等级 (Performance Level, PL) 是一个分离的等级，它用于说明控制系统中各个与安全相关的部分在可预测的条件下执行安全功能的能力。**PLd** 是第二高的可信度分类，它意味着安全功能相当值得信赖。有关更多信息，**请参阅 ISO 13849-1。**

诊断覆盖率 (DC)

用于衡量为了达到评定的性能等级而实施的诊断的有效性。有关更多信息，**请参阅 ISO 13849-1。**

平均危险失效时间 (MTTFd)

平均危险失效时间 (MTTFd) 指的是为了达到评定的性能等级而进行计算和检测所得的值。有关更多信息，**请参阅 ISO 13849-1。**

集成商

集成商即设计机器人最终安装的机构。集成商负责进行最终风险评估，必须确保最终安装遵循当地的法律法规。

风险评估

风险评估即识别所有风险并将风险降低到适当程度的整个过程。风险评估应进行记录存档。请参考 **ISO 12100** 了解更多信息。

合作机器人应用

术语 **协作** 是指在机器人应用中操作员与机器人之间的协作。有关准确的定义和描述，请参见 **ISO 10218-1** 和 **ISO 10218-2**。

安全配置

安全相关功能和界面可通过安全配置参数来配置。它们通过软件界面进行定义，请参阅 **第 II 部分 PolyScope 手册 在本页 79。**

2.1. Index

A

add Action 161

AfterEnd 183

Anchor Position 182

B

Base 99, 151

Base feature 129

BeforeStart 183

Blend parameters 153

Blending 152

Box pattern 178-179

C

Configurable I/O 29

control box 27-28, 43, 64, 103, 113, 139

Control Box 1, 124, 187

Conveyor Tracking 187

Conveyor Tracking Setup 137

D

Direction Vector 160

E

Ethernet 41

EtherNet/IP 122

Expression Editor 176

F

Feature 129, 137

Feature menu 180

Folder 167

Frame 181

Freedrive 120, 130, 181-182

G

General purpose I/O 29

I

I/O 27-28, 30, 102, 113, 121, 123

Installation 187

Installation variables 124

integrator 8

J

Joint load 139

joint space 150

L

Line pattern 178-179

List (pattern) 178

M

MODBUS 114, 125, 127, 137

Motion 181

Mounting bracket 1

Move 102, 131, 149, 151-152, 163, 182

MoveJ 149

MoveL 130, 149

MoveP 130, 149

N

Normal mode 188

P

Pallet Sequence 182

Pattern 178-179

Point 181

PolyScope 1, 99-100, 102, 168

popup 164

Pose Editor 131

Program 102

Program Tree 146-147

R

Recovery mode 105

Relative waypoint 151

risk assessment 1, 5, 8, 10

robot arm 124, 181, 184

Robot arm 27, 64, 139, 185

S

Safety Configuration 9

Safety I/O 29-30

Safety instructions 45

Safety Settings 5

Script manual 2

Service manual 2

Set 163

Simple 181

Square pattern 178-179

standard 64

Standard 65, 67

Structure 187

Switch Case construction 176

T

Teach Pendant 1, 181-182

Test button 182

Tool Center Point 117, 151

Tool feature 129

Tool I/O 38

U

Until 159

Until Distance 161

Until Expression 161

UR+ 2

V

Variable feature 151

Variable waypoint 151

Variables 148, 190

Voltage 113

W

Wait 162

Warning signs 6

Warranty 49

Waypoint 149, 151-152, 158, 182, 188

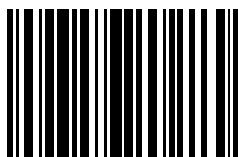
Waypoints 100

Wizards 187

Wrist 3 99

软件版本: 3.15

文档版本: 9.3.123



99212