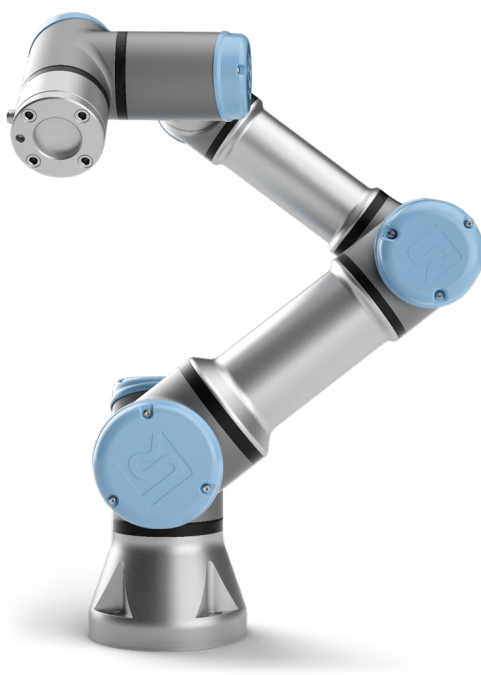




# UNIVERSAL ROBOTS

## Universal Robots e 系列 用户手册



UR3e

翻译自原有指示 (zh)





# UNIVERSAL ROBOTS

## Universal Robots e 系列 用户手册

UR3e

版本 5.1.0

翻译自原有指示 (zh)

此处所包含的信息是 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其中的内容。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。本手册定期进行评审与修订。

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

版权所有 © 2009–2018 Universal Robots A/S

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

# 目录

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| <b>前言</b>           | <b>xi</b>   |
| 这些箱子里装的是什么          | xi          |
| 重要安全说明              | xii         |
| 如何使用本手册             | xii         |
| 哪里可以找到更多信息          | xii         |
| URCaps              | xii         |
| <b>I 硬件安装手册</b>     | <b>I-1</b>  |
| <b>1 安全</b>         | <b>I-3</b>  |
| 1.1 简介              | I-3         |
| 1.2 有效性和责任          | I-3         |
| 1.3 责任限制            | I-3         |
| 1.4 该手册中的警告标志       | I-4         |
| 1.5 一般警告和提醒         | I-4         |
| 1.6 拟定用途            | I-6         |
| 1.7 风险评估            | I-6         |
| 1.8 使用前评估           | I-8         |
| 1.9 紧急停止            | I-8         |
| 1.10 无电力驱动的移动       | I-8         |
| <b>2 安全相关的功能和接口</b> | <b>I-9</b>  |
| 2.1 简介              | I-9         |
| 2.2 停机类别            | I-9         |
| 2.3 安全功能            | I-10        |
| 2.4 安全功能            | I-11        |
| 2.5 模式              | I-12        |
| <b>3 运输</b>         | <b>I-15</b> |
| <b>4 机械接口</b>       | <b>I-17</b> |
| 4.1 简介              | I-17        |

|          |                          |             |
|----------|--------------------------|-------------|
| 4.2      | 机器人工作空间 . . . . .        | I-17        |
| 4.3      | 安装 . . . . .             | I-17        |
| 4.4      | 最大有效载荷 . . . . .         | I-20        |
| <b>5</b> | <b>电气接口</b>              | <b>I-21</b> |
| 5.1      | 简介 . . . . .             | I-21        |
| 5.1.1    | 控制箱支架 . . . . .          | I-21        |
| 5.2      | 以太网 . . . . .            | I-21        |
| 5.3      | 电气警告和小心事项 . . . . .      | I-22        |
| 5.4      | 控制器 I/O . . . . .        | I-23        |
| 5.4.1    | 所有数字 I/O 的通用规范 . . . . . | I-24        |
| 5.4.2    | 安全 I/O . . . . .         | I-25        |
| 5.4.3    | 通用数字 I/O . . . . .       | I-28        |
| 5.4.4    | 从按钮进行的数字输入 . . . . .     | I-29        |
| 5.4.5    | 与其他机器或 PLC 通信 . . . . .  | I-29        |
| 5.4.6    | 通用模拟 I/O . . . . .       | I-29        |
| 5.4.7    | 远程 ON/OFF 控制 . . . . .   | I-31        |
| 5.5      | 电源连接 . . . . .           | I-31        |
| 5.6      | 机器人连接 . . . . .          | I-33        |
| 5.7      | 工具 I/O . . . . .         | I-33        |
| 5.7.1    | 工具数字输出 . . . . .         | I-34        |
| 5.7.2    | 工具数字输入端 . . . . .        | I-35        |
| 5.7.3    | 工具模拟输入 . . . . .         | I-35        |
| 5.7.4    | 工具通信 I/O . . . . .       | I-36        |
| <b>6</b> | <b>维护和维修</b>             | <b>I-39</b> |
| 6.1      | 安全指示 . . . . .           | I-39        |
| <b>7</b> | <b>处理和环境</b>             | <b>I-41</b> |
| <b>8</b> | <b>认证</b>                | <b>I-43</b> |
| 8.1      | 第三方认证 . . . . .          | I-43        |
| 8.2      | 供应商第三方认证 . . . . .       | I-43        |
| 8.3      | 制造商测试认证 . . . . .        | I-43        |
| 8.4      | 根据欧盟指令发布的声明 . . . . .    | I-43        |
| <b>9</b> | <b>质保</b>                | <b>I-45</b> |

|           |                                               |              |
|-----------|-----------------------------------------------|--------------|
| 9.1       | 产品质量保证                                        | I-45         |
| 9.2       | 免责声明                                          | I-45         |
| <b>A</b>  | <b>制动时间和制动距离</b>                              | <b>I-47</b>  |
| <b>B</b>  | <b>声明和认证</b>                                  | <b>I-51</b>  |
| B.1       | CE/EU Declaration of Incorporation (original) | I-51         |
| B.2       | CE/EU 公司声明                                    | I-53         |
| B.3       | 安全系统证书                                        | I-55         |
| B.4       | 中国 RoHS                                       | I-57         |
| B.5       | 环境测试证书                                        | I-58         |
| B.6       | EMC 测试证书                                      | I-59         |
| <b>C</b>  | <b>应用标准</b>                                   | <b>I-61</b>  |
| <b>D</b>  | <b>技术规格</b>                                   | <b>I-67</b>  |
| <b>II</b> | <b>PolyScope 手册</b>                           | <b>II-1</b>  |
| <b>10</b> | <b>简介</b>                                     | <b>II-3</b>  |
| 10.1      | Polyscope 基础                                  | II-3         |
| 10.1.1    | 页眉图标/选项卡                                      | II-3         |
| 10.1.2    | 页脚按钮                                          | II-4         |
| 10.2      | 使用入门屏幕                                        | II-5         |
| <b>11</b> | <b>快速启动</b>                                   | <b>II-7</b>  |
| 11.1      | 机器人手臂基础                                       | II-7         |
| 11.1.1    | 安装机器人手臂和控制箱                                   | II-7         |
| 11.1.2    | 开/关控制箱                                        | II-8         |
| 11.1.3    | 开/关机器人手臂                                      | II-8         |
| 11.1.4    | 初始化机器人手臂                                      | II-8         |
| 11.2      | 快速系统启动                                        | II-9         |
| <b>12</b> | <b>操作模式选择</b>                                 | <b>II-11</b> |
| 12.1      | 操作模式                                          | II-11        |
| 12.2      | 3 档位使动装置                                      | II-12        |
| 12.2.1    | 手动高速                                          | II-12        |
| <b>13</b> | <b>安全配置</b>                                   | <b>II-15</b> |

|           |              |              |
|-----------|--------------|--------------|
| 13.1      | 安全设置基础       | II-15        |
| 13.1.1    | 访问安全配置       | II-15        |
| 13.1.2    | 设置安全密码       | II-16        |
| 13.1.3    | 更改安全配置       | II-16        |
| 13.1.4    | 应用新的安全配置     | II-17        |
| 13.1.5    | 安全校验和        | II-17        |
| 13.2      | 安全菜单设置       | II-17        |
| 13.2.1    | 机器人限值        | II-17        |
| 13.2.2    | 安全模式         | II-18        |
| 13.2.3    | 公差           | II-19        |
| 13.2.4    | 关节限值         | II-19        |
| 13.2.5    | 平面           | II-20        |
| 13.2.6    | 工具位置         | II-22        |
| 13.2.7    | 工具方向         | II-24        |
| 13.2.8    | I/O          | II-25        |
| 13.2.9    | 硬件           | II-26        |
| <b>14</b> | <b>运行选项卡</b> | <b>II-29</b> |
| 14.1      | 程序           | II-29        |
| 14.2      | 变量           | II-29        |
| 14.3      | 机器人年龄        | II-30        |
| 14.4      | 将机器人移动就位     | II-30        |
| <b>15</b> | <b>程序选项卡</b> | <b>II-33</b> |
| 15.1      | 程序树          | II-33        |
| 15.1.1    | 程序执行指示       | II-34        |
| 15.1.2    | 搜索按钮         | II-34        |
| 15.1.3    | 程序树工具栏       | II-34        |
| 15.1.4    | 空节点          | II-35        |
| 15.2      | 命令选项卡        | II-35        |
| 15.3      | 图形选项卡        | II-37        |
| 15.4      | 变量选项卡        | II-38        |
| 15.5      | 基本程序节点       | II-38        |
| 15.5.1    | 移动           | II-38        |
| 15.5.2    | 等待           | II-46        |
| 15.5.3    | 设置           | II-47        |

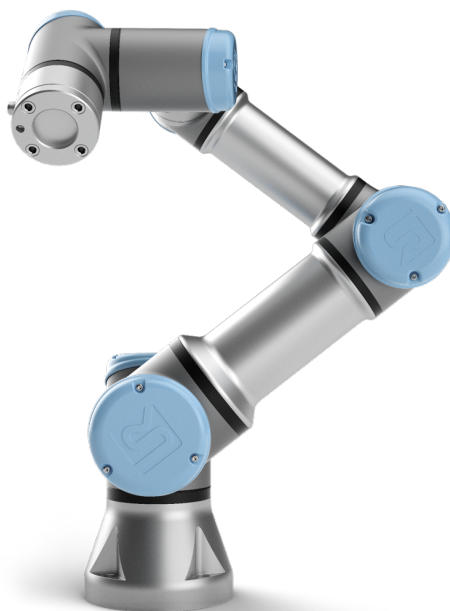
|           |                   |              |
|-----------|-------------------|--------------|
| 15.5.4    | 弹出窗口              | II-47        |
| 15.5.5    | 中止                | II-48        |
| 15.5.6    | 注释                | II-48        |
| 15.5.7    | 文件夹               | II-49        |
| 15.6      | 高级程序节点            | II-49        |
| 15.6.1    | 循环                | II-49        |
| 15.6.2    | SubProgram        | II-50        |
| 15.6.3    | 赋值                | II-51        |
| 15.6.4    | If                | II-51        |
| 15.6.5    | 脚本                | II-52        |
| 15.6.6    | 事件                | II-52        |
| 15.6.7    | 线程                | II-53        |
| 15.6.8    | 开关                | II-53        |
| 15.6.9    | 定时器               | II-54        |
| 15.7      | 模板                | II-54        |
| 15.7.1    | 托盘                | II-54        |
| 15.7.2    | 探寻                | II-56        |
| 15.7.3    | 力                 | II-58        |
| 15.7.4    | 输送机跟踪             | II-60        |
| 15.8      | 第一个程序             | II-60        |
| <b>16</b> | <b>安装设置选项卡</b>    | <b>II-63</b> |
| 16.1      | 通用                | II-63        |
| 16.1.1    | TCP 配置            | II-63        |
| 16.1.2    | 安装                | II-66        |
| 16.1.3    | I/O 设置            | II-67        |
| 16.1.4    | I/O 信号类型          | II-67        |
| 16.1.5    | 指定用户定义的名称         | II-67        |
| 16.1.6    | I/O 操作和 I/O 选项卡控件 | II-68        |
| 16.1.7    | 输送机跟踪             | II-68        |
| 16.1.8    | 变量                | II-69        |
| 16.1.9    | 启动                | II-70        |
| 16.1.10   | 工具                | II-71        |
| 16.1.11   | 安全模式之间的平顺过渡       | II-71        |
| 16.2      | 安全                | II-72        |

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| 16.3 特征 . . . . .                  | II-72        |
| 16.3.1 使用特征 . . . . .              | II-73        |
| 16.3.2 添加点 . . . . .               | II-73        |
| 16.3.3 添加线 . . . . .               | II-74        |
| 16.3.4 平面特征 . . . . .              | II-75        |
| 16.3.5 例子: 手动更新特征以调整程序 . . . . .   | II-76        |
| 16.3.6 例子: 动态地更新特征位姿 . . . . .     | II-76        |
| 16.4 现场总线 . . . . .                | II-76        |
| 16.4.1 MODBUS 客户端 I/O 设置 . . . . . | II-77        |
| 16.4.2 Ethernet/IP . . . . .       | II-80        |
| <b>17 移动选项卡</b>                    | <b>II-81</b> |
| 17.1 移动工具 . . . . .                | II-81        |
| 17.2 机器人 . . . . .                 | II-81        |
| 17.3 工具位置 . . . . .                | II-82        |
| 17.3.1 位姿编辑器屏幕 . . . . .           | II-82        |
| 17.4 关节位置 . . . . .                | II-83        |
| 17.5 回零 . . . . .                  | II-83        |
| 17.6 自由驱动 . . . . .                | II-84        |
| <b>18 I/O 选项卡</b>                  | <b>II-85</b> |
| 18.1 机器人 . . . . .                 | II-85        |
| 18.2 MODBUS . . . . .              | II-86        |
| 18.2.1 输入 . . . . .                | II-86        |
| 18.2.2 输出 . . . . .                | II-86        |
| <b>19 日志选项卡</b>                    | <b>II-87</b> |
| 19.1 读数 . . . . .                  | II-87        |
| 19.2 关节负载 . . . . .                | II-87        |
| 19.3 数据日志 . . . . .                | II-87        |
| 19.4 保存错误报告 . . . . .              | II-87        |
| <b>20 程序和安装管理器</b>                 | <b>II-89</b> |
| 20.1 打开... . . . .                 | II-89        |
| 20.2 新建... . . . .                 | II-90        |
| 20.3 保存... . . . .                 | II-91        |
| 20.4 文件管理器 . . . . .               | II-91        |

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| <b>21 汉堡菜单</b>       | <b>II-93</b>     |
| 21.1 帮助 . . . . .    | II-93            |
| 21.2 关于 . . . . .    | II-93            |
| 21.3 设置 . . . . .    | II-93            |
| 21.3.1 首选项 . . . . . | II-93            |
| 21.3.2 密码 . . . . .  | II-94            |
| 21.3.3 系统 . . . . .  | II-94            |
| <br>术语               | <br><b>II-97</b> |
| <br>索引               | <br><b>II-99</b> |



# 前言



恭喜您购买我司研发的 **Universal Robots e** 系列机器人 **UR3e**。

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**，用户可轻松对机器人进行编程，使其沿着所需的运动轨迹来移动工具。

通过六个关节和广泛的灵活性，**Universal Robots e** 系列协作机器手臂设计用于模仿人体手臂的运动范围。使用我们的专利编程接口 **PolyScope**，可以轻松地对机器人进行编程，以移动工具并使用电子信号与其他机器进行通信。图 1 显示了机器手臂的主要组成部分，可作为整本手册的参考。

版权所有 © 2009–2018 Universal Robots A/S. 保留所有权利。

## 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
- 控制箱控
- 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
- 本手册

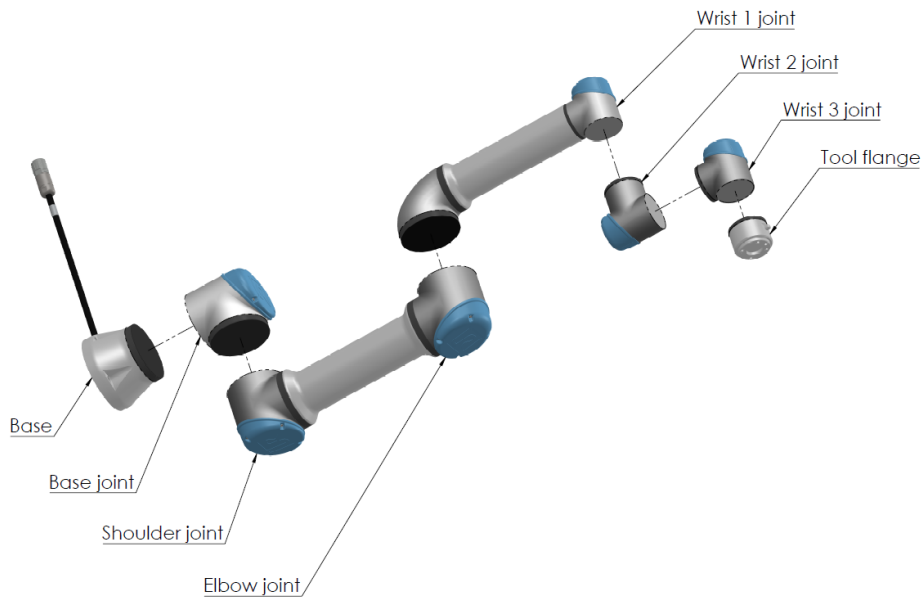


图 1: 机器手臂的关节、底座和工具法兰。

## 重要安全说明

机器人是一种**部分完成的机器**（参见 8.4），因此每次安装机器人后都必须执行安全评估。您必须遵守第1章中的所有安全说明。

## 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。

## 哪里可以找到更多信息

支持网站 (<http://www.universal-robots.com/support>) 包含下述信息：

- 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、维护和维修信息
- **脚本手册**针对高级用户。

## URCaps

URCaps 网站 (<http://www.universal-robots.com/plus/>) 是一个在线展厅，提供最先进的产品来自定义您的 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。



部分 I

# 硬件安装手册



# 1 安全

## 1.1 简介

本章包含重要的安全信息，在机器人第一次通电前，**Universal Robots e** 系列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。第 2 章描述并定义了安全相关功能，尤其是有关合作应用的功能。

第 2 章和第 1.7 节中提供的说明和指南尤为重要。

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。



### 注意:

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。

## 1.2 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：

- 对完整的机器人系统做一个风险评估
- 将风险评估定义的其他机械和附加安全设备连接在一起
- 在软件中建立适当的
- 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

## 1.3 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。

## 1.4 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。



**危险:**

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。



**危险:**

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 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。



**危险:**

请务必按照第 4 章和第 5 章中的说明和警告安装机器人及所有电气设备。

**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，例如关节帽松动、损坏或移除时。
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 接口上。只能使用安全型 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。
10. 工具/末端执行器及障碍物不得有尖角或扭点。
11. 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。
12. 注意使用示教盒时机器人的运动。
13. 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. 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。
14. 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。
15. 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。
16. 确保机器人用户被告知紧急停止按钮的位置，并且被指导在紧急情况或异常情况下激活紧急停止。



**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，因为长时间接触可能引起不适。您可以在处理或触摸机器人之前查看日志屏幕上的温度，也可以通过关闭机器人并等待一小时来冷却机器人。
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。
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。

## 1.6 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。有关机器人的操作环境条件的详细说明，参见附录 B 和 D。

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

## 1.7 风险评估

风险评估是集成商务必完成的最重要任务之一。在许多国家对此都有法律要求。机器人本身是一个部分完成的机械，而机器人安装的安全性取决于该机器人是如何集成的（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。参见第 2 章和第 II 部分了解详细信息。

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

- **力和功率限制：**当机器人与操作员发生碰撞时，用于减轻机器人在运动方向上施加的夹紧力和压力。
- **动力限制：**当机器人与操作员发生碰撞时，用于通过减小机器人的速度来减轻高暂态能量和冲击力。
- **关节、肘部和工具/末端执行器位置限制：**专门用于减少与某些身体部位相关的风险。如：避免朝着头部和颈部移动。
- **工具/末端执行器方向限制：**专门用于减少与工具/末端执行器和工件的某些区域和特征相关的风险。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动作。

集成商必须防止未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（比如：当使用危险工具/末端执行器时），那么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（比如：一台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：特定机器人设备可能还存在其他重大危险。

1. 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。
2. 机器人轨迹附近障碍物上的锐边和尖点刺伤皮肤。
3. 由于接触机器人而被擦伤。
4. 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。
5. 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。
6. 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。
7. 因不同机器上紧急停止按钮不同而出现的操作错误。
8. 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，请参见第 2 章和附录 A。

## 1.8 使用前评估

首次使用机器人或进行任何修改之后，必须进行以下测试。确认所有安全输入和输出是正确的，并且连接正确。测试所有连接的安全输入和输出（包括多台机器或机器人共有的设备）是否功能正常。因此您必须：

- 测试紧急停止按钮和输入是否可以停止机器人并启动刹车。
- 测试防护输入是否可以停止机器人的运动。如果配置了防护重置，请在恢复运动之前检查是否需要激活。
- 检查初始化屏幕以测试减速模式是否可以将安全模式切换到减速模式。
- 测试操作模式是否可以切换操作模式，参见用户界面右上角的图标。
- 测试 3 档位使动装置是否必须按下才能在手动模式下启动动作，并且机器人处于减速控制下。
- 测试系统紧急停止输出实际上是否能够将整个系统带到安全状态。
- 测试连接到机器人移动输出、机器人不停止输出、减速模式输出或非减速模式输出的系统是否能够实际检测到输出变化

## 1.9 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。

如果需要更多紧急停止按钮，必须纳入机器人应用的风险评估。紧急停止按钮必须符合 IEC 60947-5-5（参见第 5.4.2 节）。

## 1.10 无电力驱动的移动

万一发生紧急情况，您可以在必须移动机器人关节的地方使用强行反向驱动，但机器人力量可能或不需要。

为了执行强制反向驱动，您必须推动或拉动机器人手臂以移动关节。每个关节刹车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。



警告：

- 手动移动机器人手臂仅限于紧急情况，并且有可能会损坏机器人关节。

## 2 安全相关的功能和接口

### 2.1 简介

Universal Robots e 系列机器人搭载多种内置安全功能以及进出电气接口的安全 I/O、数字和模拟控制信号，用于连接其他机器及附加保护装置。每项安全功能和 I/O 都根据 ISO13849-1:2008 进行设计（认证请参见第 8 章），采用 3 类结构，性能等级为 d (Pld)。

参见第 II 部分第 13 章了解用户界面中的安全功能、输入和输出的配置。有关安全设备与 I/O 的连接方式，请参见第 5 章。



#### 注意:

1. 安全功能和接口的使用 and 配置必须遵循每个机器人应用程序的风险评估程序。（参见第 1 章第 1.7 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发生安全极限违例），将启动 0 类停机。
3. 停止时间应考虑作为应用风险评估的一部分



#### 危险:

1. 使用的安全配置参数与风险评估所确定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。
2. 确保工具和夹持器连接正确，以免在电源中断的情况下发生危险
3. 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
4. 末端执行器不受 UR 安全系统保护。末端执行器和/或连接电缆的功能不受监控

### 2.2 停机类别

根据具体情况，机器人可以启动三种根据 IEC 60204-1 定义的停机类别。这些类别在下表中定义。

| 停机类别 | 描述                                       |
|------|------------------------------------------|
| 0    | 通过立即切断电源停止机器人。                           |
| 1    | 以有序、受控的方式停止机器人。一旦机器人停止，切断电源。             |
| 2    | * 在保持轨迹的同时通过驱动器可用的电源停止机器人。机器人停止后，驱动电源保持。 |

注意：\* 根据 IEC 61800-5-2，Universal Robots 机器人的 2 类停机被进一步描述为 SS1 或 SS2 型停机。

## 2.3 安全功能

下表列出的 Universal Robots 机器人安全功能位于机器人中，但其目的是控制机器人系统，即机器人及其连接的工具/末端执行器。机器人安全功能用于减少由风险评估确定的机器人系统风险。位置和速度与机器人的底座有关。

| 安全功能   | 描述                                                                   |
|--------|----------------------------------------------------------------------|
| 关节位置限值 | 设置允许的关节位置的上下限。                                                       |
| 关节速度限值 | 设置关节速度的上限。                                                           |
| 安全平面   | 定义限制机器人位置的空间平面。安全平面可以只限制工具/末端执行器，或同时限制工具/末端执行器和肘部。                   |
| 工具方向   | 为工具定义允许的方向限制。                                                        |
| 速度限值   | 限制机器人最大速度。肘部、工具/末端执行器法兰以及用户定义的工具/末端执行器位置中心的速度受到限制。                   |
| 力限值    | 限制机器人工具/末端执行器和肘部在夹紧情况中施加的最大力。工具/末端执行器、肘部法兰以及用户定义的工具/末端执行器位置中心的力受到限制。 |
| 动量限值   | 限制机器人的最大动量。                                                          |
| 功率限值   | 限制机器人做的机械功。                                                          |
| 停止时间限值 | 限制机器人在启动保护性停止后用于停止的最长时间。                                             |
| 停止距离限值 | 限制机器人在启动保护性停止后移动的最大距离。                                               |

机器人还具有以下安全输入：

| 安全输入     | 描述                                             |
|----------|------------------------------------------------|
| 紧急停止按钮   | 执行 1 类停机，利用系统紧急停止输出通知其他机器（如果该输出被定义了的话）。        |
| 机器人紧急停止  | 通过控制箱输入执行 1 类停机，利用系统紧急停止输出通知其他机器（如果该输出被定义了的话）。 |
| 系统紧急停止   | 仅在机器人上执行 1 类停机。                                |
| 防护停止     | 执行 2 类停机。                                      |
| 防护重置     | 当出现防护重置输入的边缘时，从防护停止状态返回。                       |
| 缩减模式     | 将安全系统转换为使用减速模式限制。                              |
| 3 档位使动装置 | 使动装置完全压缩或完全释放时启动防护停止。发生这种情况时，使动装置输入为高。         |
| 操作模式     | 必要时切换模式。注：当使用 3 档位使动装置时需要。                     |

为了与其他机器连接，机器人配有以下安全输出：

## 2.4 安全功能

| 安全输出   | 描述                                            |
|--------|-----------------------------------------------|
| 系统紧急停止 | 当该信号为逻辑低电平时，机器人紧急停止输入为逻辑低电平或紧急停止按钮按下。         |
| 机器人移动  | 当此信号为逻辑高电平时，没有机器人的单一关节移动超过 <b>0.1 rad</b> 。   |
| 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   | 当安全系统处于减速模式时为逻辑低电平。                           |
| 非缩减模式  | 当系统未处于减速模式时为逻辑低电平。                            |

所有安全 I/O 均为双通道，意味着当信号很低时，它们很安全（比如，当信号很低时，紧急停止激活）。

## 2.4 安全功能

安全系统通过监视是否违反任何安全限制或者是否启动了紧急停止或防护停止来起作用。安全系统的反应有：

| 触发   | 反应     |
|------|--------|
| 紧急停止 | 1 类停机。 |
| 防护停止 | 2 类停机。 |
| 违反限制 | 0 类停机。 |
| 故障反应 | 0 类停机。 |

当执行应用风险评估时，有必要在启动停止后考虑机器人的运动。为了简化该过程，可以使用安全功能停止时间限制和停止距离限制。这些安全功能可动态降低机器人运动的速度，使其始终能够在极限范围内停止。需要注意的是，关节位置限制、安全平面以及工具/末端执行器方向限制会考虑预期的停止距离移动，即机器人的运动速度会在达到限值之前减慢。

功能安全可以概括为：

| 安全功能   | 公差       | 性能等级 | 类别 |
|--------|----------|------|----|
| 紧急停止   | —        | d    | 3  |
| 防护停止   | —        | d    | 3  |
| 关节位置限值 | 5°       | d    | 3  |
| 关节速度限值 | 1.15 °/s | d    | 3  |
| 安全平面   | 40 mm    | d    | 3  |
| 工具方向   | 3°       | d    | 3  |
| 速度限值   | 50 mm/s  | d    | 3  |
| 力限值    | 25 N     | d    | 3  |
| 动量限值   | 3 kg m/s | d    | 3  |
| 功率限值   | 10 W     | d    | 3  |
| 停止时间限值 | 50 ms    | d    | 3  |
| 停止距离限值 | 40 mm    | d    | 3  |

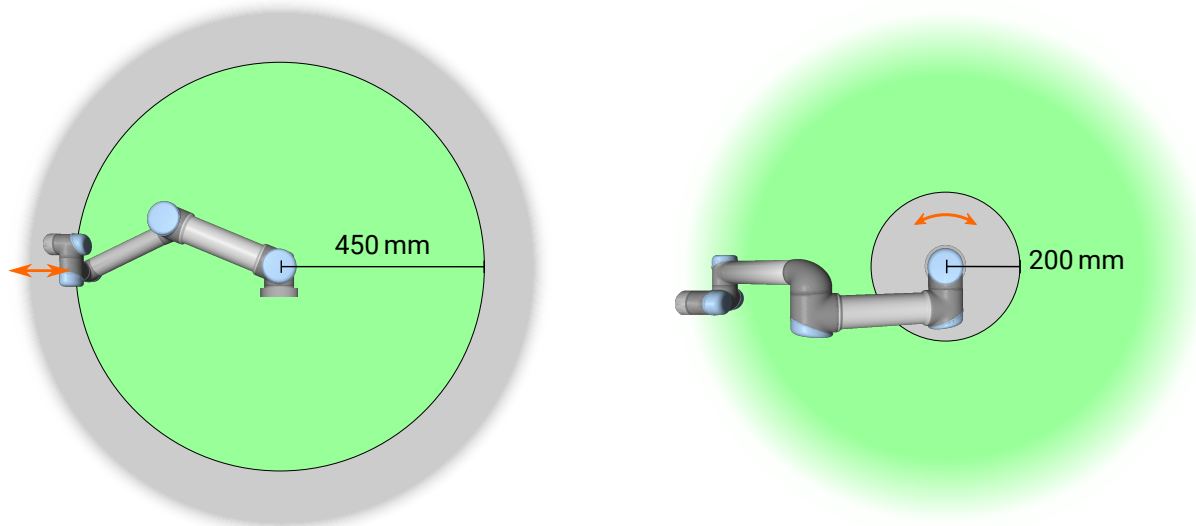


图 2.1: 由于机器人手臂的物理特性, 某些工作区需要注意夹伤危险。其中一个区域是定义的径向运动区域, 即手腕 1 关节至少与机器人底座相距 450 mm 的区域。另一个区域 (右) 是在机器人底座 200 mm 范围内的区域 (机器人按正切方向移动时)。



**警告:**

在设计应用时, 关于力的限制功能有两种例外情况很重要 (图 2.1)。在机器人向外伸展时, 膝-关节效应可能导致以低速径向 (远离底座) 产生较高的力。同样, 短杠杆臂在工具/末端执行器靠近底座和在底座周围移动时, 可能以低速产生较高的力。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), 速度限值必须设为工具/末端执行器和肘部速度的最大值 250 mm/s, 除非风险评估显示可接受更高的速度。这可以防止机器人肘部在奇点附近快速运动。

## 2.5 模式

**正常模式和减速模式** 安全系统有两种可配置的模式: **正常模式**和**减速模式**。每种模式均可配置安全极限。当机器人工具/末端执行器定位于**触发减速模式**平面的减速模式侧或被安全输入触发时, 减速模式激活。

**使用平面触发减速模式:** 当机器人从触发平面的减速模式侧移回到正常模式侧时, 在允许正常模式和减速模式限制的触发平面周围有 20mm 区域。它可以防止机器人在极限情况下安全模式闪烁。

**使用输入触发减速模式:** 当使用输入 (开始或停止减速模式) 时, 在应用新的模式限值之前可能会经过长达 500ms 的时间。当将减速模式更改为正常模式或将正常模式更改为减速模式时, 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。如果在启动时系统超出安全极限范围（例如超出关节位置极限），将进入特殊恢复模式。在恢复模式下不能运行机器人程序，但利用自由驱动模式或 PolyScope 中的移动选项卡（参见第 II PolyScope 手册部分），可将机器人手臂手动移回极限范围内。恢复模式的安全极限为：

| 安全功能   | 极限        |
|--------|-----------|
| 关节速度限值 | 30 °/s    |
| 速度限值   | 250 mm/s  |
| 力限值    | 100 N     |
| 动量限值   | 10 kg m/s |
| 功率限值   | 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、安全平面以及工具/末端执行器方向被禁用。将机器人手臂移回极限范围内时应小心。



## 3 运输

如托盘上提供的那样，机器人和控制箱已作为成套设备校准。请勿将它们分开，那样将需要重新校准。

只能将机器人放在原包装中运输。如果今后要搬运机器人的话，请将包装材料保存在干燥处。

将机器人从包装移动到安装空间时，同时托住机器人手臂的两根管。扶住机器人直至机器人机座的所有安装螺栓全部紧固好。

通过手柄抬升控制箱。



### 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. 确保安装机器人时严格遵守第 4 章中的说明。



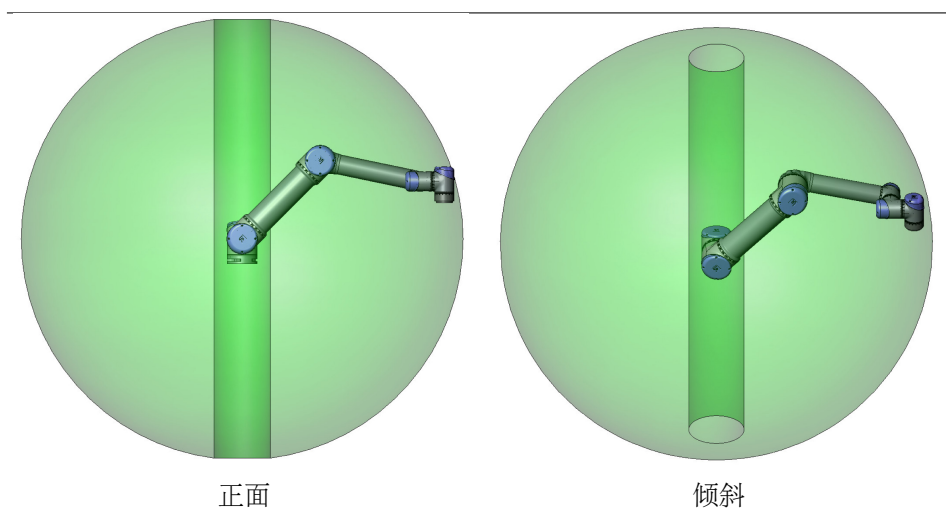
## 4 机械接口

### 4.1 简介

本章将介绍安装机器人系统的部件时应注意的基本事项。务必遵循第 5 章中的电气安装说明。

### 4.2 机器人工作空间

UR3e 机器人的工作空间是指基座关节周围 500 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。应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。



### 4.3 安装

**机器人手臂** 使用 4 颗 8.8 级强度的 M6 螺栓和底部的 4 个 6.6 mm 安装孔安装机器人手臂。螺栓必须使用 9 Nm 扭矩拧紧。

使用预留的两个 Ø5 孔和一个销钉来准确地重新定位机器人手臂。注意：可以采购精确的基座作为附件来使用。图 4.1 显示了钻孔位置和螺丝安装位置。

将机器人安装在一个坚固、无震动的表面，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 倍的机器人手臂的重量。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非常低。高加速度会导致机器人发生安全停机。



**危险:**

确保机器人手臂正确并安全地安装到位。安装不稳定会导致事故。

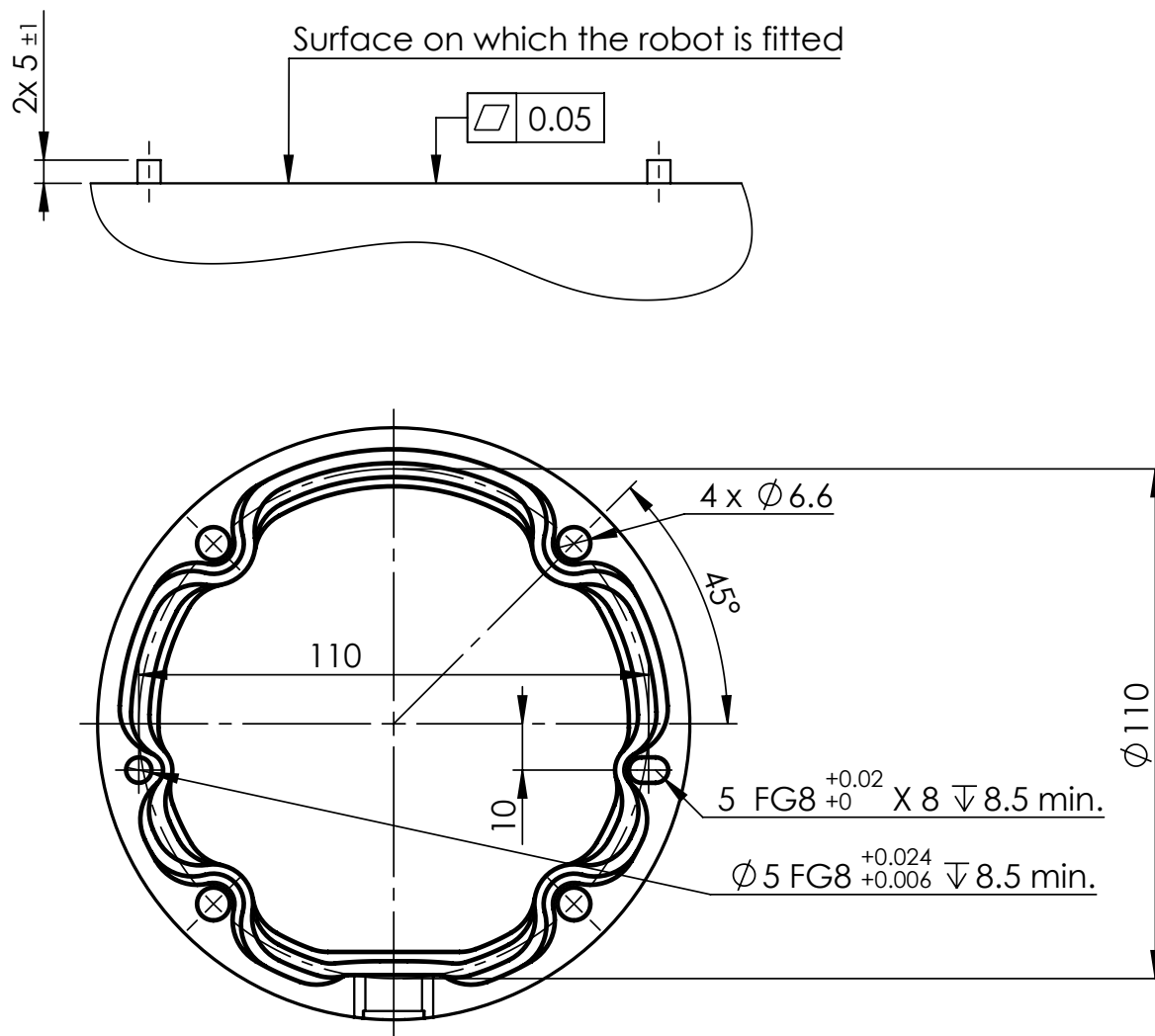


图 4.1: 机器人安装孔。使用 4 颗 M6 螺栓。所有测量值均以 mm 为单位。



**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 (IP44) 的 IP 等级相当的环境中运行。

**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 螺栓必须使用 8 Nm 的扭矩拧紧，其强度等级为 8.8。为了准确地重新定位工具，请在预留的 Ø 6 个孔中使用销钉。图 4.2 显示了工具法兰的尺寸和孔模式。建议对销钉使用径向槽孔以避免过度约束，同时保持精确的位置。

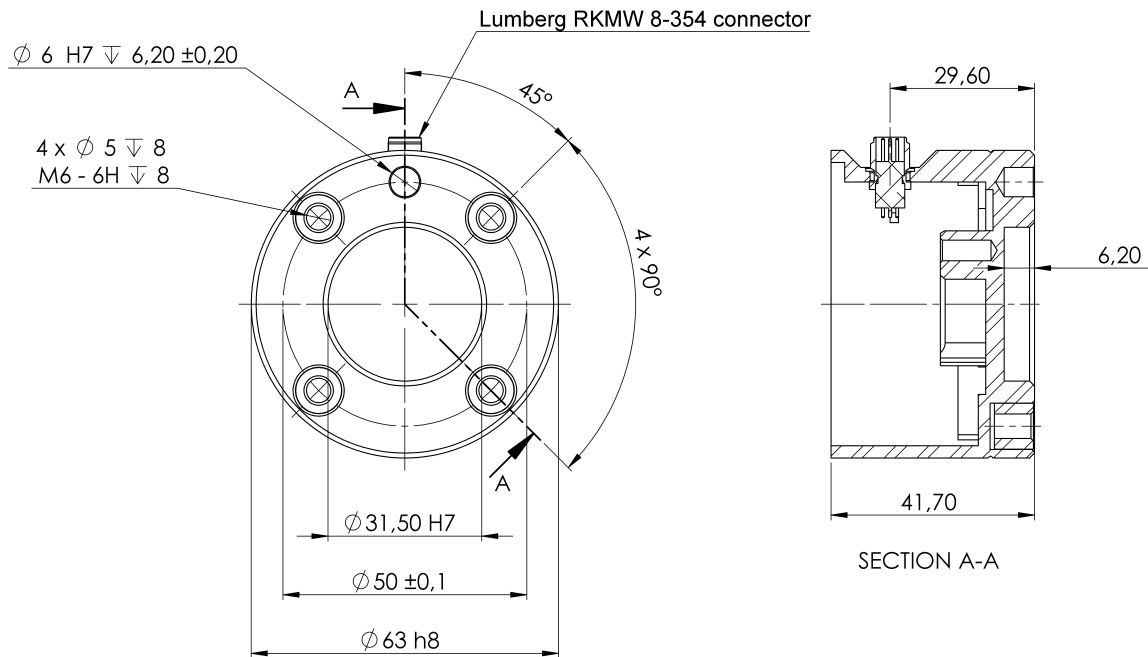


图 4.2: 工具输出法兰 (ISO 9409-1-50-4-M6) 是机器人顶端的工具安装位置。所有测量值均以 mm 为单位。



**危险:**

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。

**控制箱** 控制箱 可悬挂在墙壁上，也可安放在地面上。控制箱每侧应保留 50 mm 的空隙，以确保空气流通顺畅。

**示教盒** 示教盒 可以悬挂在墙壁或控制箱上。确认电缆不会引起绊倒危险。

注意：您可以购买用于安装控制箱和示教盒的额外支架。



**危险:**

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致命伤害。
2. 将示教盒 (IP54) 和控制箱 (IP44) 放置在适合 IP 等级的环境中。

## 4.4 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，参见图 4.3。重心偏移定义为工具输出法兰的中心与附加的有效载荷重心之间的距离。

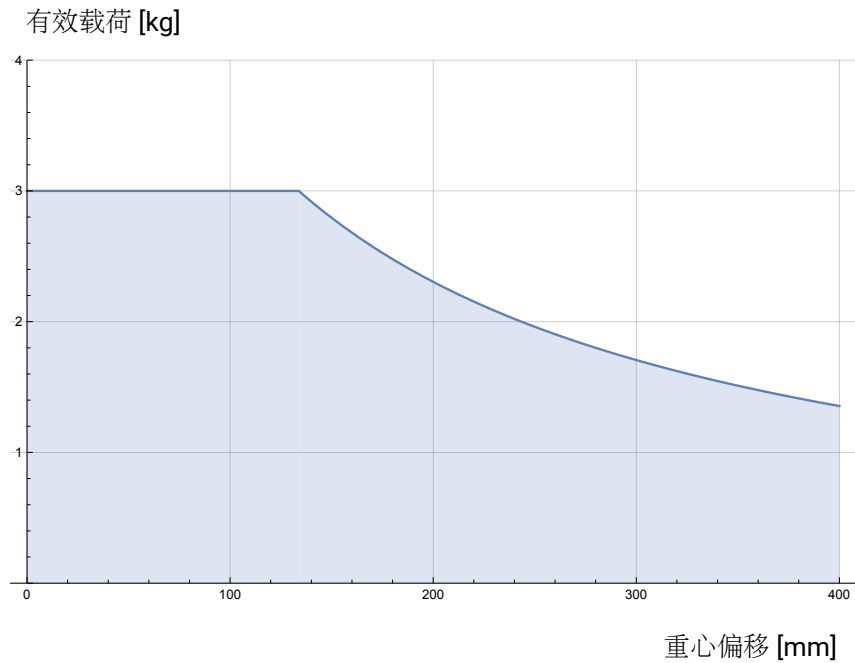


图 4.3: 最大允许有效载荷与重心偏移之间的关系。

## 5 电气接口

### 5.1 简介

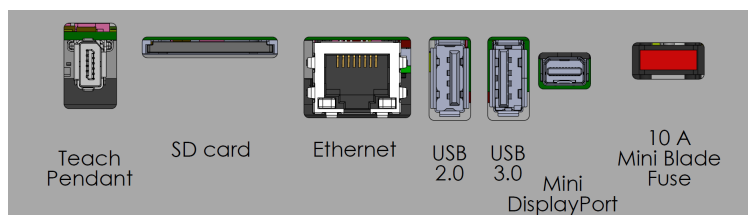
本章描述了机器人手臂和控制箱的所有电气接口。大部分类型的 I/O 都提供有示例。I/O 一词是指进出下列电气接口组的数字及模拟控制信号。

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

#### 5.1.1 控制箱支架

在 I/O 接口组的底部，有一个带端口的支架，支持额外的连接（如下图所示）。控制箱底部有一个带盖的开口便于连接（参见 5.2）。

Mini Displayport 支持带 Displayport 的监控器，需要一个连接到 DVI 或 HDMI 转换器的有源 Mini Display 来连接监控器与 DVI / HDMI 接口。无源转换器不兼容 DVI/HDMI 端口。



注意：保险丝必须为带有 UL 标志的迷你插片式，最大额定电流为：10A，最小额定电压为：32V

### 5.2 以太网

以太网接口可用于：

- MODBUS、EtherNet/IP 和 PROFINET（参见第 II 部分）。
- 远程访问和控制。

以太网电缆的连接：将以太网电缆穿过控制箱底部的孔，然后插入支架底部的以太网端口。用合适的电缆防水接头更换控制箱底部的盖子，将电缆连接到以太网端口。



电气规范如下表所示。

| 参数   | 最小值 | 典型值 | 最大值  | 单位   |
|------|-----|-----|------|------|
| 通信速度 | 10  | -   | 1000 | Mb/s |

## 5.3 电气警告和小事项

除了设计和安装机器人应用时，还应遵守所有上述接口组的以下警告。



### 危险:

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 或安全型 I/O。请通读第 5.4 节。

**危险:**

1. 请确保所有不得沾水的设备都保持干燥。如果水进入了产品，请对所有电源上锁挂牌，然后联系您当地的 **Universal Robots** 服务提供商寻求帮助。
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，可以联系您当地的 **Universal Robots** 服务。
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. 当向机器人的 I/O 安装接口电缆的时候，务必小心。底部的金属板是供接口电缆和连接器使用的。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**电磁兼容 (EMC)** 国际 IEC 标准中规定的检测。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，除非进行附加测试后表明可行。

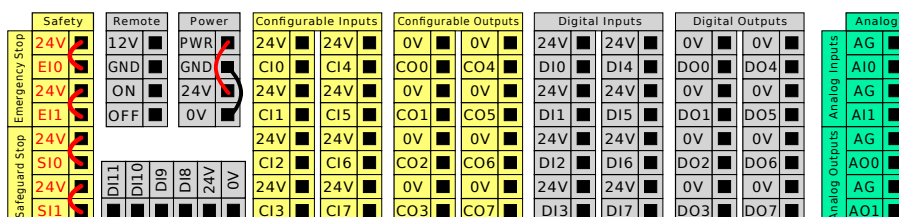
**注意:**

所有电压和电流均为直流 (DC)，除非另有规定。

## 5.4 控制器 I/O

您可以使用控制箱内的 **I/O** 来控制各种设备，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组。



注意：对于这些类型的输入，可以使用下图所示的水平数字输入区块 (DI8-DI11) 进行正交编码输送机跟踪（参见 5.4.1）。



必须遵守并维护下面列出的配色方案的含义。

|          |          |
|----------|----------|
| 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 |

在图形用户界面，您可以设置**可配置 I/O** 作为**安全型 I/O** 或**通用 I/O**（参见第 II 部分）。

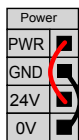
### 5.4.1 所有数字 I/O 的通用规范

本节阐述了控制箱的下列 24V 数字 I/O 的电气规范。

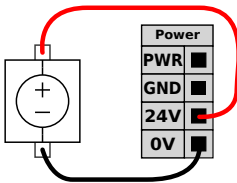
- 安全 I/O。
- 可配置 I/O。
- 通用 I/O。

根据所有三个输入都相同的电气规范安装机器人。

数字 I/O 可由 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。终端盒下面的两个终端（24V 和 0V）为供应 I/O 的 24V 输入。默认配置为使用内部电源（参见下文）。



注意：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 |

\* 对于最大 1H 的电阻负载或电感性负载。



**注意:**

**可配置**一词用于配置为额定安全 I/O 或普通 I/O 的 I/O。这些是带黑色文本的黄色终端。

## 5.4.2 安全 I/O

本节介绍了专用安全输入（带红色文本的黄色终端）和配置为安全 I/O 时的可配置 I/O（带黑色文本的黄色终端）。遵守第 5.4.1 节的所有数字 I/O 的通用规范。

安全装置和设备必须按照第 1 章的安全说明和风险评估安装。

所有安全 I/O 成对存在（冗余），必须保留成两个独立的分支。单一故障不会导致丧失安全功能。有两种固定的安全输入：

- **机器人紧急停止**仅用于紧急停止设备
- **防护停止**用于其他安全型保护设备。

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      | On         |
| 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 |
| 需要重新初始化                 | 仅释放制动器 | 否          |
| 停机类别 (IEC 60204-1)      | 1      | 2          |
| 监控功能的性能等级 (ISO 13849-1) | PLd    | PLd        |

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。针对安全功能配置一组可配置的 I/O 是通过 GUI 进行的（参见第 II 部分）。

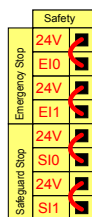


#### 危险:

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。

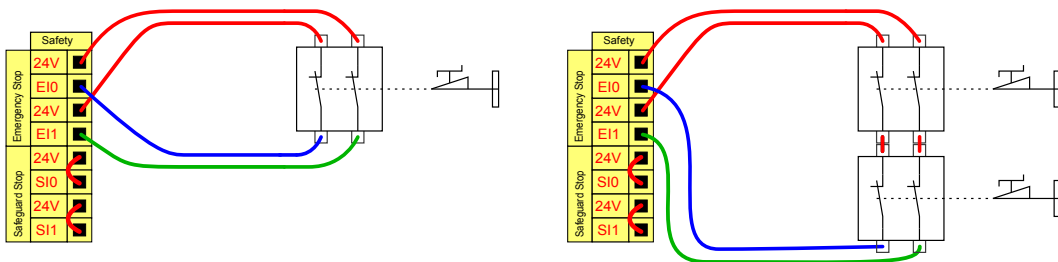
#### 默认安全配置

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

大多数应用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。

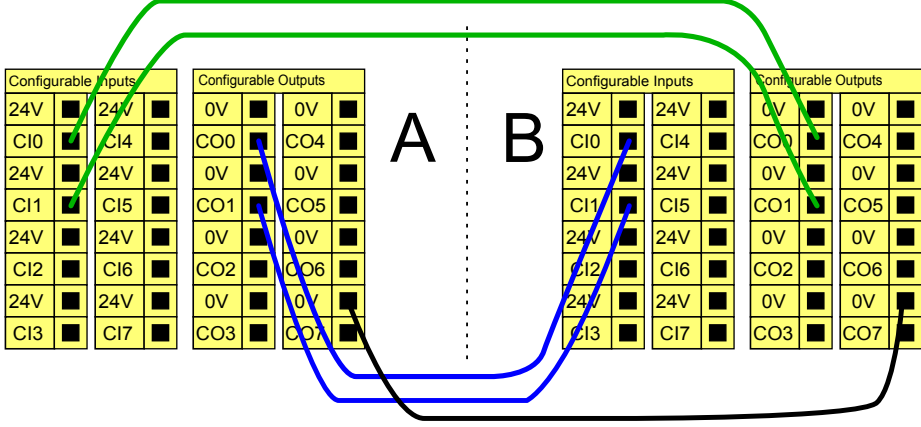


#### 与其他机器共享紧急停止

您可以通过在图形用户界面配置以下 I/O 功能，来设置机器人与其他机器之间的共享紧急停止功能。机器人紧急停止输入不能用于共享目的。如果需要连接两台以上的 UR 机器人或其他机器，必须使用安全 PLC 来控制紧急停止信号。

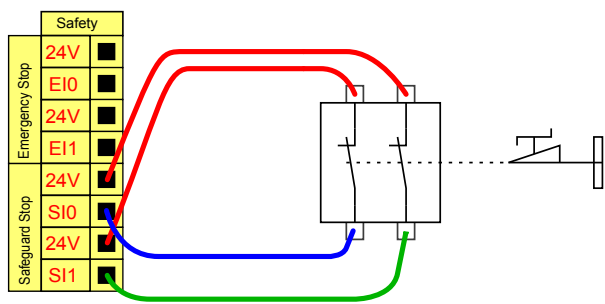
- 可配置的输入对：外部紧急停止。
- 可配置的输出对：系统紧急停止。

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。



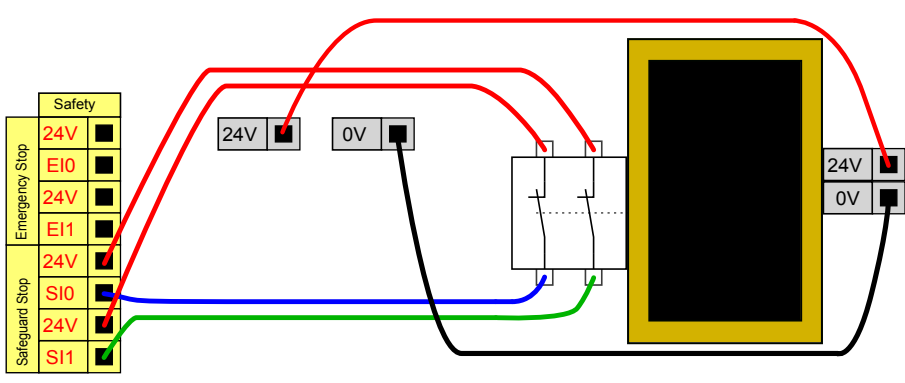
可自动恢复的防护停止

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（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 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）。

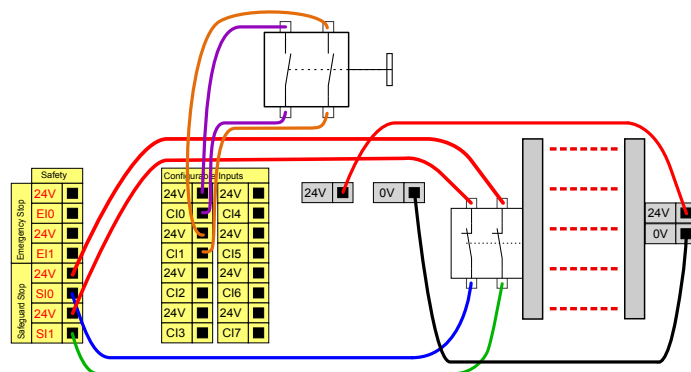


危险:

1. 当重建信号时，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。

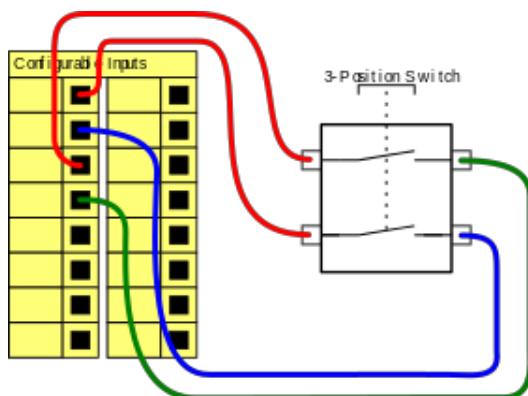
带重置按钮的防护停止

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，重置配置的 I/O 为 CI0-CI1（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。参见第 12.2 节进一步了解 3 档位使动装置。

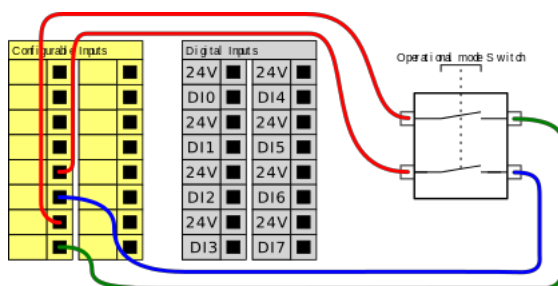


#### 注意:

通用机器人安全系统不支持多台 3 档位使动装置。

### 操作模式开关

下图展示了一个操作模式开关。参见第 12.1 节进一步了解操作模式。



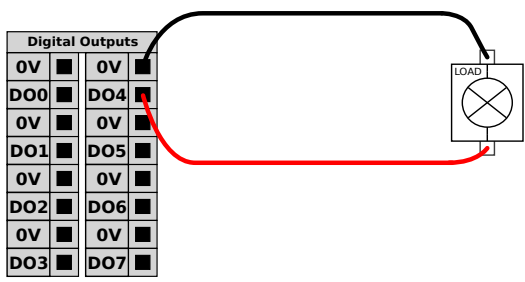
### 5.4.3 通用数字 I/O

本节介绍了通用 24V I/O（灰色终端）和未配置为安全 I/O 时的可配置 I/O（带黑色文本的黄色终端）。务必遵循第 5.4.1 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。程序停止执行时，所有数字输出可自动禁用，参见第 II 部分。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。

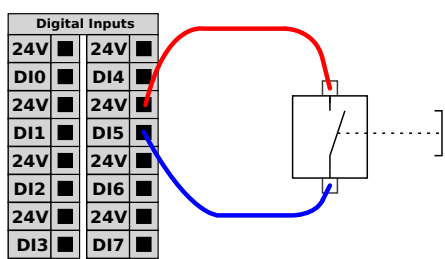
由数字输出控制的负载

本例说明了当负载连接时，如何由数字输出进行控制。



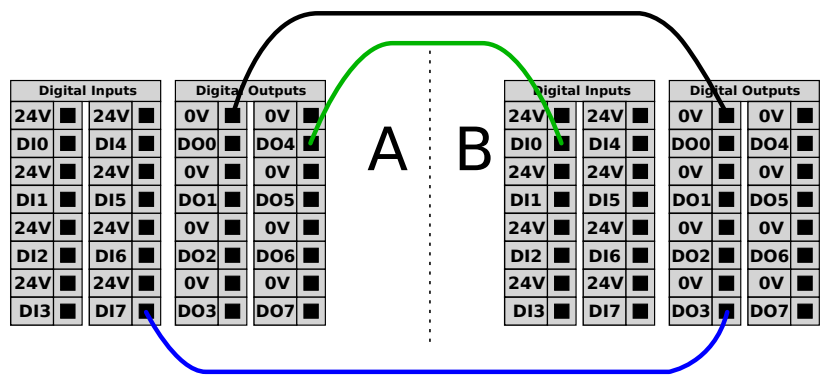
5.4.4 从按钮进行的数字输入

本例说明了简单按钮与数字输入的连接方式。



5.4.5 与其他机器或 PLC 通信

如果建立了公共接地端 (0V) 并且机器采用了 PNP 技术，则可使用数字 I/O 与其他设备通信，参见下图。



5.4.6 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：

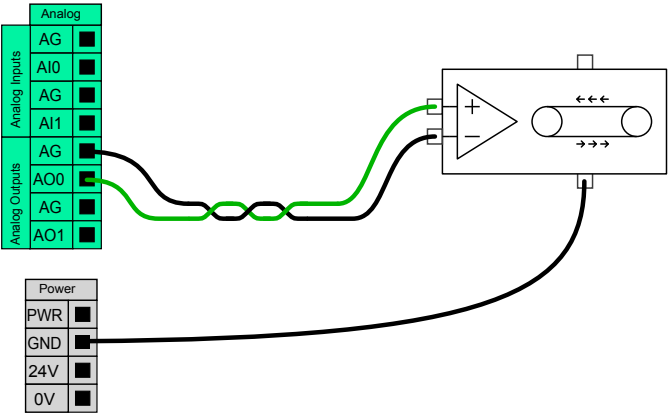
- 使用最靠近此 I/O 的 AG 终端。此 I/O 对共享同一个滤波器。
- 设备和控制箱使用相同的 GND (0V)。模拟 I/O 没有与控制箱进行电位隔离。
- 使用屏蔽电缆或双绞线。将屏蔽线与电源端子处的 GND 端子相连。
- 使用在电流模式下工作的设备。电流信号的敏感度低于接口。

可以在图形用户界面选择输入模式（参见第 II 部分）。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    |
| [AOx - AG] | 电流  | -20 | -   | 20  | mA   |
| [AOx - AG] | 电阻  | -   | 1   | -   | ohm  |
| [AOx - AG] | 分辨力 | -   | 12  | -   | 位    |

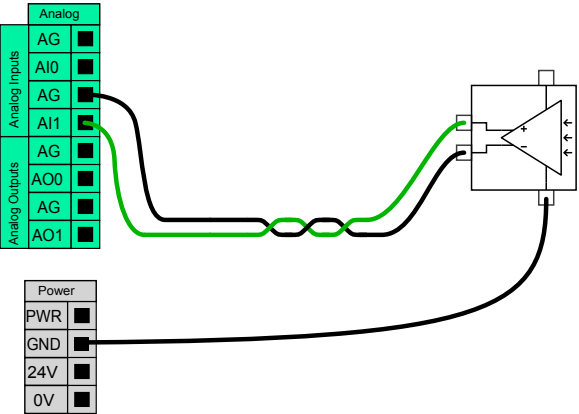
使用模拟输出

本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

本例说明了如何连接模拟传感器。



### 5.4.7 远程 ON/OFF 控制

使用远程 **ON/OFF** 控制开启和关闭控制箱，无需使用示教盒。它通常用于：

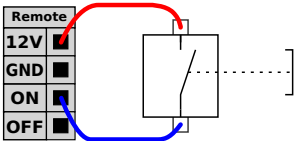
- 示教盒不可接近的情况。
- PLC 系统必须实施全面控制的情况。
- 必须同时开启或关闭多个机器人的情况。

远程 **ON/OFF** 控制提供有 12V 的辅助电源，控制箱关闭时此电源将保持活动状态。**ON** 输入仅用于短时间激活，其工作方式与 **POWER** 按钮相同。必要时可按住 **OFF** 输入。电气规范如下所示。注意：可以使用软件中的功能来自动加载和启动程序（参见第 II 部分）。

| 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 |

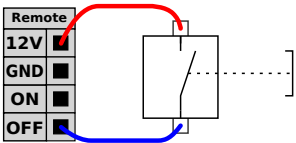
#### 远程 ON 按钮

本例说明了连接远程 **ON** 按钮的方式。



#### 远程 OFF 按钮

本例说明了连接远程 **OFF** 按钮的方式。



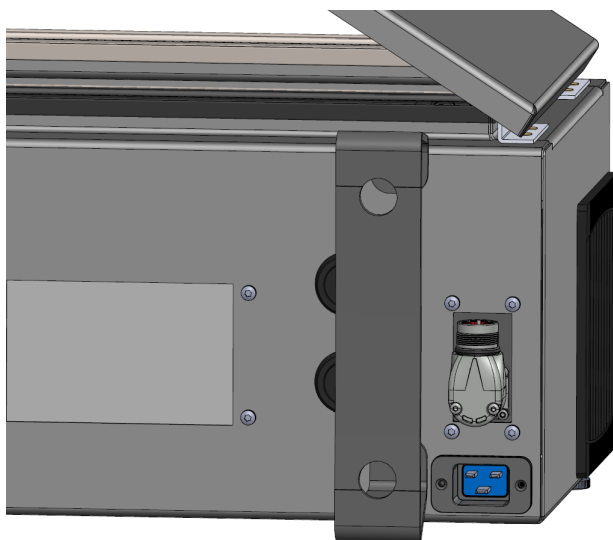
**小心:**

请勿按住 **ON** 输入或 **POWER** 按钮，因为它会在不保存的情况下关闭控制箱。必须对远程关闭控制使用 **OFF** 输入，因为此信号允许控制箱保存打开的文件并正常关闭。

## 5.5 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。



电源配备以下附件:

- 接地接头
- 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 时) | 8   | -   | 16   | A   |
| 输入频率                 | 47  | -   | 63   | Hz  |
| 备用电源                 | -   | -   | <1.5 | W   |
| 额定工作功率               | 90  | 150 | 325  | W   |



#### 危险:

1. 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. 确保控制箱的输入电源受到剩余电流断路器 (RCD) 和正确的保险丝保护。
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. 确保所有的电缆在控制箱通电前都正确连接。务必使用原装电源线。

## 5.6 机器人连接

将机器人电缆插入控制箱底部的连接器中并锁定（参见下图）。打开机器人手臂之前，转动连接器两次以确保其正确锁定。

将连接器向右转，使电缆插入后更容易锁定。

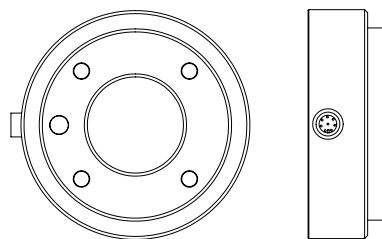


小心:

1. 切勿在机器人手臂开启时断开机器人电缆。
2. 切勿延长或改装原装电缆。

## 5.7 工具 I/O

在 Wrist #3 上的工具法兰旁边有一个八针连接器，它为连接到机器人的不同夹持器和传感器提供电源和控制信号。**Lumberg KKMV 8-354** 是一款合适的工业电缆。电缆内部八条线的颜色各不相同，分别代表不同的功能。



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。下面列出的工业电缆适用：

- Lumberg RKMV 8-354。

电缆内部八条线的颜色各不相同，分别代表不同的功能。参见下表：

| 颜色  | 信号           | 描述              |
|-----|--------------|-----------------|
| 红色  | GND          | 地               |
| 灰色  | PWR          | 0V/12V/24V      |
| 蓝色  | DO0          | 数字输出 0          |
| 粉红色 | DO1          | 数字输出 1          |
| 黄色  | DI0          | 数字输入 0          |
| 绿色  | DI1          | 数字输入 1          |
| 白色  | AI2 / RS485+ | 模拟输入 2 或 RS485+ |
| 棕色  | AI3 / RS485- | 模拟输入 3 或 RS485- |

在图形用户界面的 I/O 选项卡中，将内部电源设为 0V、12V 或 24V（参见第 II 部分）。电气规范如下所示：

| 参数           | 最小值  | 类型  | 最大值    | 单位 |
|--------------|------|-----|--------|----|
| 24V 模式下的电源电压 | 23.5 | 24  | 24.8   | V  |
| 12V 模式下的电源电压 | 11.5 | 12  | 12.5   | V  |
| 两种模式下的电源电流 * | -    | 600 | 2000** | mA |

\* 强烈推荐为感性负载使用保护二极管

\*\*2000 mA，最大 1 秒。最大占空比：10%。平均电流不得超过 600 mA

后续章节介绍不同的工具 I/O。



**注意：**

工具法兰 GND 相连通（与红线相同）。

### 5.7.1 工具数字输出

数字输出以 NPN 的形式实现。数字输出端激活后，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 | -    | 0.08 | 0.09  | V  |
| 灌电流          | 0    | 600  | 1000  | mA |
| 通过 GND 的电流   | 0    | 600  | 3000* | mA |

\*3000 mA，最大 1 秒。最大占空比：10%。平均电流不得超过 600 mA

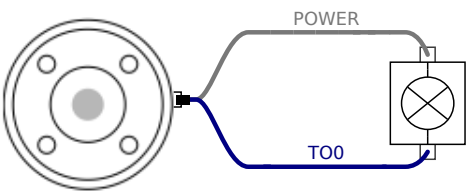


**小心：**

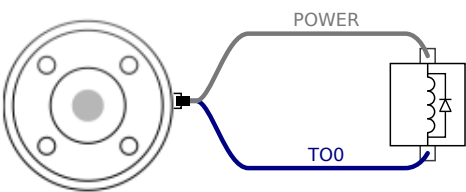
1. 工具中的数字输出端没有电流限制。若超过所规定的数值，可能会导致永久性损坏。

使用工具数字输出

本例说明如何打开使用内部 12V 或 24V 电源的负载。必须定义 I/O 选项卡的输出电压。即使负载已关闭，电源接头和保护罩/地面之间仍存在电压。



推荐为电感性负载使用保护二极管，如下所示。



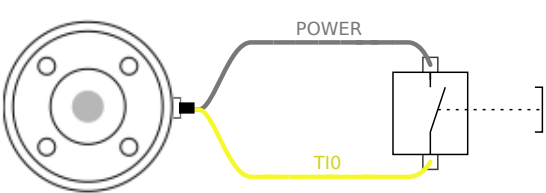
5.7.2 工具数字输入端

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  | 类型  | 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 | -   | $\Omega$ |

使用工具数字输入

本例说明了如何连接一个简单的按钮。



5.7.3 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 (0-10V) 或电流 (4-20mA) (参见第 II 部分)。电气规范如下所示。

| 参数                    | 最小值  | 类型   | 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   | -    | 10.7 | -   | kΩ |
| 分辨率                   | -    | 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 | -    | 182  | 188 | Ω  |
| 分辨率                   | -    | 12   | -   | 位  |

下面的小节中举出了两个关于如何使用模拟输入的示例。



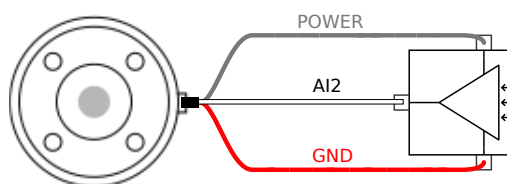
小心:

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

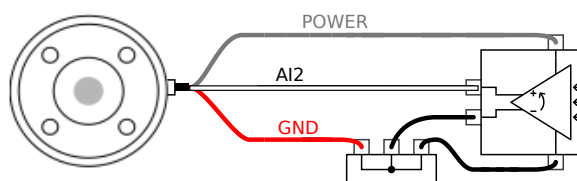
本例显示了带有非差分输出的模拟传感器连接。只要模拟输入的输入模式设置与 I/O 选项卡中的设置相同，那么传感器的输出端可设置为电流模式，也可设置为电压模式。

注意：可以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

本例显示了带有差分输出的模拟传感器连接。将负输出端连接至 GND (0V)，即可像非差分传感器一样工作。



### 5.7.4 工具通信 I/O

- **信号请求 RS485** 信号使用内部自动防故障偏置。如果连接的设备不支持该自动防故障功能，则信号偏置必须在连接的工具中完成，或者通过在 RS485 + 处添加上拉电阻器和在 RS485- 处添加下拉电阻器来外置添加。
- **延迟** 从在 PC 上写入消息到消息在 RS485 上开始，通过工具连接器发送的消息的延迟范围为 2ms 到 4ms。缓冲器存储发送到工具连接器的数据，直到线路空闲。一旦接收到 1000 字节的数据，消息就写入设备。

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| 波特率 | 9.6k、19.2k、38.4k、57.6k、115.2k、1M、2M、5M |
| 停止位 | 1, 2                                   |
| 同位  | 无、奇、偶                                  |



## 6 维护和维修

您必须按照本手册中的所有安全说明执行维护和修理工作。

您必须根据支持网站上 (<http://www.universal-robots.com/support>) 最新版本的“服务手册”进行维护、校准和维修工作。

只有授权的系统集成商或 **Universal Robots** 才能进行维修。

零件退回给 **Universal Robots** 时应按服务手册的规定进行操作。

### 6.1 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。



#### 危险:

1. 不要改变软件安全配置中的任何信息（比如 力限制）。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 j 技术文档中。



#### 危险:

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。



## 7 处理和环境

Universal Robots e 系列机器人必须根据适用的国家法律法规及国家标准处置。

Universal Robots e 系列机器人在制造过程中遵守欧盟 RoHS 指令 2011/65/EU 等相关危险物质禁用指令，旨在保护环境。这些危险物质包括汞、镉、铅、六价铬、多溴联苯、多溴联苯醚。

Universal Robots e 系列机器人的电子废弃物在丹麦市场的处置处理费用已经由 Universal Robots A/S 预付至 DPA-系统。对于适用欧盟 WEEE 指令 2012/19/EU 的国家，进口商必须向本国 WEEE 注册机构登记。费用通常低于 1€/机器人。国内的注册机构列表如下：<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。





## 8 认证

本章展示的是该产品通过的认证以及针对该产品的声明。

### 8.1 第三方认证

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，UR 选择在下述知名检测机构认证我们的机器人：



**TÜV NORD**

Universal Robots e 系列机器人通过了符合欧盟 2006/42/EC 机械指令的公告机构 - TÜV NORD 的安全认证。您可以在附录 B 找到 TÜV NORD 安全认证的证书副本。



**DELTA**

UR Universal Robots e 系列机器人由 DELTA 进行性能测试。您可以在附录 B 找到电磁兼容性 (EMC) 证书。



**中国 RoHS**

Universal Robots e 系列机器人符合中国 RoHS 管理方法，用于控制电子信息产品的污染。

### 8.2 供应商第三方认证



**环境**

根据我们供应商的要求，Universal Robots e 系列机器人运输托盘符合丹麦 ISMPM-15 生产木质包装材料的要求，并按照该程序进行标示。

### 8.3 制造商测试认证



**UR**

Universal Robots e 系列机器人经过连续的内部测试和终点测试程序。UR 测试过程经过不断的审查和改进。

### 8.4 根据欧盟指令发布的声明

虽然它们主要与欧洲有关，但欧洲以外的一些国家认可和/或需要欧盟声明。欧盟指令可以在下述官方网站获得：<http://eur-lex.europa.eu>。

UR 机器人根据下述指令进行认证：

**2006/42/EC – 欧盟机械指令 (MD)**

根据 2006/42/EC 欧盟机械指令，Universal Robots e 系列机器人属于**半成品机械**，因此没有贴上 **CE** 标识。

如果 UR 机器人用于杀虫，那您必须注意参考指令 2009/127/EC。根据指令 2006/42/EC 附件 II 1.B. 制定的整合声明详见附录 B。

**2006/95/EC – 低压指令 (LVD)****2004/108/EC – 电磁兼容性指令 (EMC)****2011/65/EU – 特定危险物质禁用指令 (RoHS)****2012/19/EU – 电气电子设备废弃物指令 (WEEE)**

遵守上述指令的声明已经包含在附录 B 里的整合声明中。

根据上述 **CE** 标识指令贴上 **CE** 标识。有关电气电子设备废弃物的信息，请参见第 7 章。

有关在机器人开发过程中应用的标准的信息详见附录 C。

## 9 质保

### 9.1 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对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。

### 9.2 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。



## A 制动时间和制动距离



### 注意:

您可以设置用户定义的安全额定最大停止时间和距离。参见 2.1 和 13.2。如果使用了用户定义的设置，则可以动态调整程序速度以始终符合所选的限值。

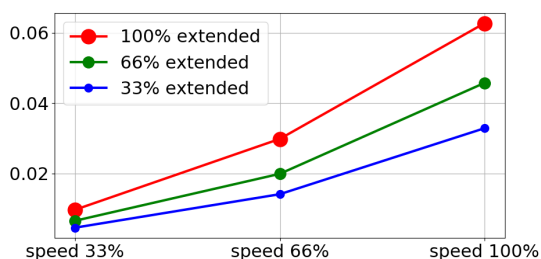
为关节 0（底座）、关节 1（肩部）和关节 2（肘部）提供的图形数据对停止距离和停止时间有效:

- 0 类
- 1 类
- 2 类

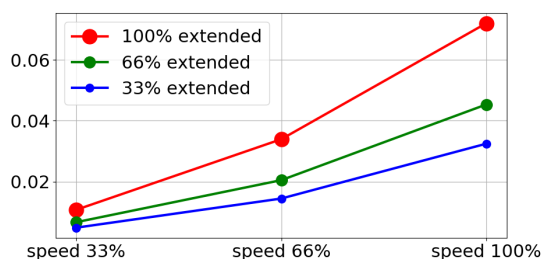
注意: 这些数值代表最坏情况; 您的数值可能会不一样。

对关节 0 的测试通过水平移动进行, 即旋转轴垂直于地面。

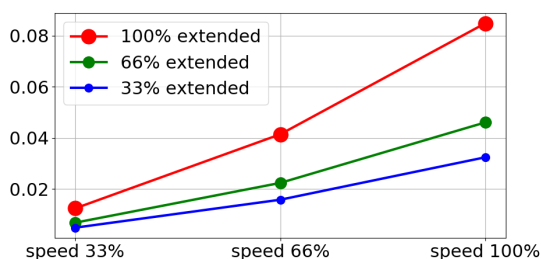
在对关节 1 和关节 2 的测试过程中, 机器人遵循垂直轨迹, 即旋转轴平行于地面, 在机器人向下移动时执行停止。



(a) 载荷为最大有效载荷的 33% 时的停止距离 (米)

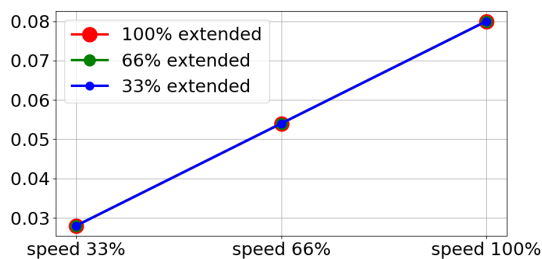


(b) 载荷为最大有效载荷的 66% 时的停止距离 (米)

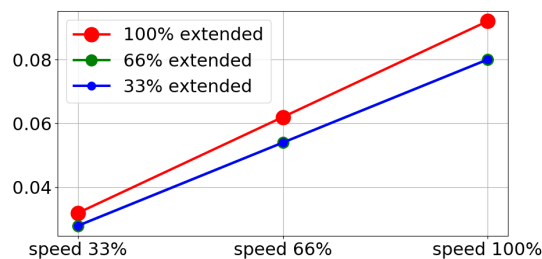


(c) 载荷为最大有效载荷时的停止距离 (米)

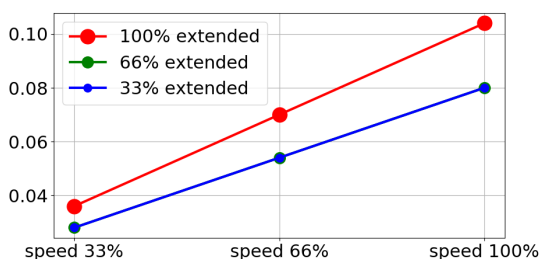
图 A.1: 关节 0（底座）的停止距离



(a) 载荷为最大有效载荷的 33% 时的停止时间 (秒)

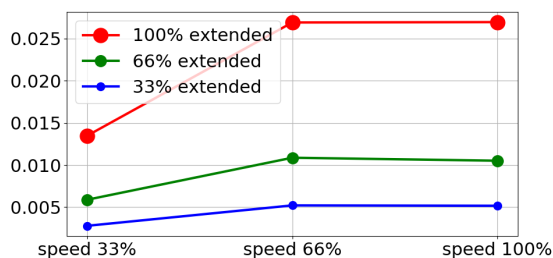


(b) 载荷为最大有效载荷的 66% 时的停止时间 (秒)

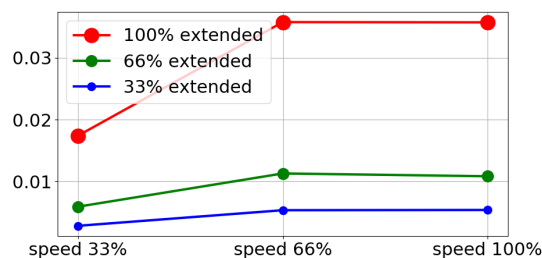


(c) 载荷为最大有效载荷时的停止时间 (秒)

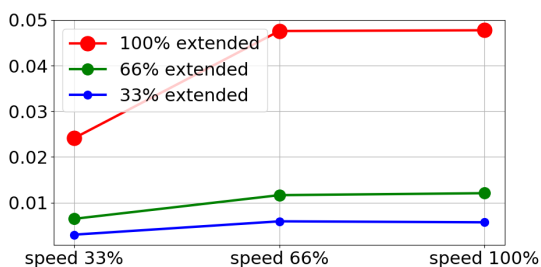
图 A.2: 关节 0 (底座) 的停止时间



(a) 载荷为最大有效载荷的 33% 时的停止距离 (米)

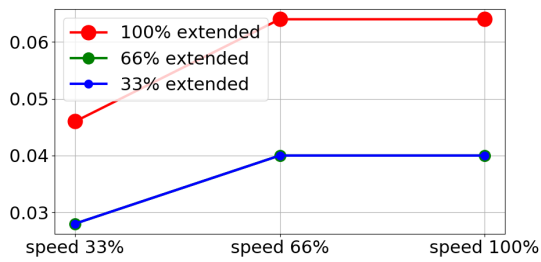


(b) 载荷为最大有效载荷的 66% 时的停止距离 (米)

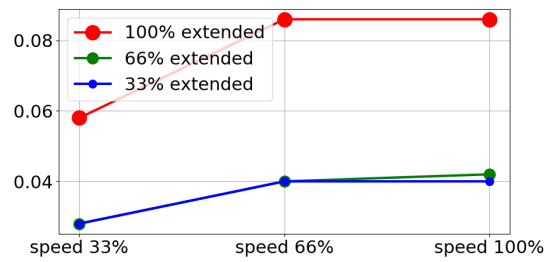


(c) 载荷为最大有效载荷时的停止距离 (米)

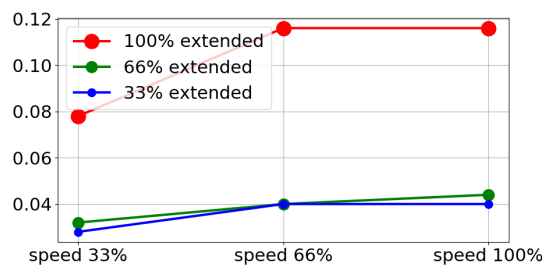
图 A.3: 关节 1 (肩部) 的停止距离



(a) 载荷为最大有效载荷的 33% 时的停止时间（秒）

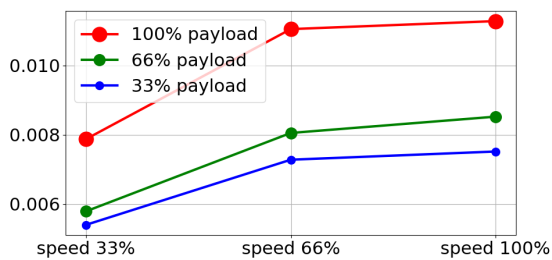


(b) 载荷为最大有效载荷的 66% 时的停止时间（秒）

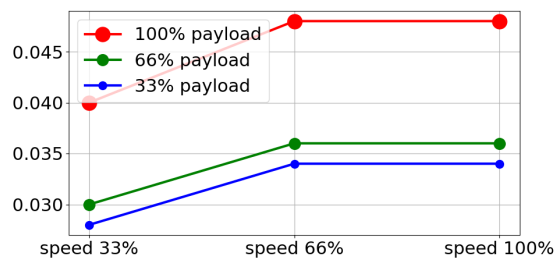


(c) 载荷为最大有效载荷时的停止时间（秒）

图 A.4: 关节 1（肩部）的停止时间



(a) 所有有效载荷的停止距离（米）



(b) 所有有效载荷的停止时间（秒）

图 A.5: 关节 2（肘部）的停止距离和时间



## B 声明和认证

### B.1 CE/EU Declaration of Incorporation (original)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manufacturer:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                              | Person in the Community Authorized to Compile the Technical File:                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Universal Robots A/S<br>Energivej 25<br>DK-5260 Odense S Denmark<br>Telephone: +45 8993 8989 | David Brandt<br>Technology Officer, RD<br>Universal Robots A/S<br>Energivej 25, DK-5260 Odense S                                                                                                                                                                         |
| Description and Identification of the Partially-Completed Machine(s):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Product and Function:<br><br>Model:<br>Serial Number:                                        | Industrial robot (multi-axis manipulator with controller and Teach Pendant). Function is determined by the completed machine (with end-effector and intended use).<br>UR3e, UR5e, UR10e (e-Series)<br>Starting 2018500000 and higher Effective 1 April 2018              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Incorporation:                                                                               | Universal Robots e-series (UR3e, UR5e, and UR10e) 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. |
| <p>It is Declared That the Above Products Fulfil the Following Directives as Detailed Below:</p> <p>I. Machinery Directive 2006/42/EC – The following essential requirements have been fulfilled: 1.1.2, 1.2.1, 1.3.7, 1.2.4.3, 1.6.3, 1.5.1, 1.7.2, 4.1.2.3, 1.7.4.2. It is declared that the relevant technical documentation has been compiled in accordance with Part B of Annex VII of the Machinery Directive.</p> <p>II. Low-voltage Directive 2014/35/EU – Reference the LVD and the harmonized standards used below.</p> <p>III. EMC Directive 2014/30/EU – Reference the EMC Directive and the harmonized standards used below.</p> |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                          |



Reference the Harmonized Standards Used, as Referred to in Article 7(2) of the MD and LV Directives and Article 6 of the EMC Directive:

|                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (I) EN ISO 10218-1:2011<br>TÜV Nord Certificate 44 207<br>14097607<br>(I) EN ISO 12100:2010<br><br>(I) EN ISO 13732-1:2008<br>(I) EN ISO 13849-1:2015<br><br>TÜV Nord Certificate 44 780<br>14097610<br>(I) EN ISO 13849-2:2012 | (I) EN ISO 13850:2015<br><br>(I) EN 1037:1995+A1:2008<br><br>(II) EN 60204-1:2006/ A1:2010<br>(I) EN ISO 13850:2015<br><br>(II) EN 60320-1:2001/ A1:2007<br><br>(II) EN 60529:1991/ A2:2013 | (II) EN 60664-1:2007<br><br>(II) EN 60947-5-5:1997/<br>A11:2013<br>(III) EN 61000-6-2:2005<br>(III) EN 61000-6-4:2007/<br>A1:2011<br>(II) EN 61131-2:2007<br><br>(II) EN 61140:2002/<br>A1:2006 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Reference to Other Technical Standards and Specifications Used:

|                                                                                                                |                                                                                                             |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| (I) ISO 9409-1:20047<br>(I) ISO/TS 15066 as applicable<br>(III) IEC 60068-2-1:2007<br>(III) IEC 60068-2-2:2007 | (III) IEC 60068-2-27:2008<br>(III) IEC 60068-2-64:2008<br>(II) IEC 60664-5:2007<br>(III) IEC 61326-3-1:2008 | (II) IEC 61784-3:2010 [SIL2] |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|

The manufacturer, or his authorised 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, 25 June 2018

Name:

Position/ Title

Roberta Nelson Shea

Global Technical Compliance Officer

## B.2 CE/EU 公司声明

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                       |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 制造商:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       | 共同体内的人员被授权编写技术文件:                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Universal Robots A/S<br>Energivej 25<br>DK-5260 Odense S Denmark<br>电话: +45 8993 8989 | David Brandt<br>Technology Officer, RD<br>Universal Robots A/S<br>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 (带控制器和示教盒的多轴机械手)。功能由成品机械 (具有末端执行器和拟定用途) 决定。                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 型号:                                                                                   | UR3e、UR5e、UR10e (e 系列)                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 序列号:                                                                                  | 从 2018500000 开始自 2018 年 4 月 1 日起生效                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 整合:                                                                                   | Universal Robots e 系列 (UR3e、UR5e 和 UR10e) 只有在集成到最终的成品机械 (机器人系统、单元或应用程序) 中才能投入使用, 成品机械需符合机械指令和其他适用指令的规定。 |
| <p>特此声明上述产品符合以下详述的指令:</p> <p><b>I. 机械指令 2006/42/EC</b> – 已满足以下基本要求<br/>: 1.1.2、1.2.1、1.3.7、1.2.4.3、1.6.3、1.5.1、1.7.2、4.1.2.3、1.7.4.2。特此声明<br/>相关技术文档已根据机械指令附录相关技术文档根据<br/>机械指令附录 VII B 部分编写。</p> <p><b>II. 低电压指令 2014/35/EU</b> – 参考 LVD 和<br/>下面使用的协调标准。</p> <p><b>III. EMC 指令 2014/30/EU</b> – 参考 EMC 指令和<br/>下面使用的协调标准。</p> |                                                                                       |                                                                                                         |

参考使用的协调标准，  
如 MD 和 LV 指令第 7(2) 条和 EMC 指令第 6 条所述：

|                                                                              |                                                              |                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (I) EN ISO 10218-1:2011 TÜV Nord 证书 44 207 14097607<br>(I) EN ISO 12100:2010 | (I) EN ISO 13850:2015<br>(I) EN 1037:1995+A1:2008            | (II) EN 60664-1:2007                                                                            |
| (I) EN ISO 13732-1:2008<br>(I) EN ISO 13849-1:2015                           | (II) EN 60204-1:2006/ A1:2010<br>(I) EN ISO 13850:2015       | (II) EN 60947-5-5:1997/ A11:2013<br>(III) EN 61000-6-2:2005<br>(III) EN 61000-6-4:2007/ A1:2011 |
| TÜV Nord 证书 44 780 14097610<br>(I) EN ISO 13849-2:2012                       | (II) EN 60320-1:2001/ A1:2007<br>(II) EN 60529:1991/ A2:2013 | (II) EN 61131-2:2007<br>(II) EN 61140:2002/ A1:2006                                             |

参考所使用的其他技术标准和规范：

|                                                                                                        |                                                                                                             |                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| (I) ISO 9409-1:20047<br>(I) ISO/TS 15066 (如适用)<br>(III) IEC 60068-2-1:2007<br>(III) IEC 60068-2-2:2007 | (III) IEC 60068-2-27:2008<br>(III) IEC 60068-2-64:2008<br>(II) IEC 60664-5:2007<br>(III) IEC 61326-3-1:2008 | (II) IEC 61784-3:2010 [SIL2] |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|

制造商或其授权代表

应响应国家当局的合理要求，

传达有关半成品机械的相关信息。

完整的质量保证体系 (ISO 9001) 经公告机构认证，

证书 DK008850。

Odense Denmark, 25 June 2018

Name:

Position/ Title



**Roberta Nelson Shea**

Global Technical Compliance Officer

## B.3 安全系统证书



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

**Universal Robots A/S**  
**Energivej 25**  
**DK-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**  
**DK-5260 Odense S**  
**Denmark**

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

**Industrial robot UR10e, UR5e and UR3e**



Geprüft nach  
 Tested in accordance with

**EN ISO 10218-1:2011**

Registrier-Nr. / Registered No. 44 780 14097607  
 Prüfbericht Nr. / Test Report No. 3520 4429, 3522 2109  
 Aktenzeichen / File reference 8000484576

Gültigkeit / Validity  
 von / from 2018-05-14  
 bis / until 2023-05-13

  
 Zertifizierungsstelle der  
 TÜV NORD CERT GmbH

Essen, 2018-05-14

TÜV NORD CERT GmbH    Langemarckstraße 20    45141 Essen    [www.tuev-nord-cert.de](http://www.tuev-nord-cert.de)    [technology@tuev-nord.de](mailto:technology@tuev-nord.de)

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



# ZERTIFIKAT CERTIFICATE

Hiermit wird bescheinigt, dass die Firma / This is to certify, that the company

**Universal Robots A/S**  
**Energivej 25**  
**DK-5260 Odense S**  
**Denmark**

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

Fertigungsstätte:  
Manufacturing plant:

**Universal Robots A/S**  
**Energivej 25**  
**DK-5260 Odense S**  
**Denmark**

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

**Universal Robots Safety System G5**  
**for UR10e, UR5e and UR3e robots**

Geprüft nach:  
Tested in accordance with:

**EN ISO 13849-1:2015, Cat.3, PL d**



Registrier-Nr. / Registered No. 44 207 14097610  
Prüfbericht Nr. / Test Report No. 3520 1327 / 3522 2247  
Aktenzeichen / File reference 8000484576

Gültigkeit / Validity  
von / from 2018-05-14  
bis / until 2023-05-13

Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH  
Certification body of TÜV NORD CERT GmbH

Essen, 2018-05-14

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

B.4 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<br>产品/部件名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Toxic and Hazardous Substances and Elements 有毒有害物质或元素 |                   |                   |                                        |                                           |                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 铅<br>Lead (Pb)                                        | 汞<br>Mercury (Hg) | 镉<br>Cadmium (Cd) | 六价<br>Hexavalent<br>Chromium<br>(Cr+6) | 多溴联苯<br>Polybrominated<br>biphenyls (PBB) | 多溴二苯醚<br>Polybrominated<br>diphenyl ethers<br>(PBDE) |
| UR Robots<br>UR3 / UR5 / UR10<br>UR机器人<br>UR3/UR5/UR10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | X                                                     | O                 | X                 | O                                      | X                                         | X                                                    |
| <p>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.<br/>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。</p> <p>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.<br/>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。</p> <p>(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。)</p> <p>Items below are wear-out items and therefore can have useful lives less than environmental use period:<br/>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:</p> <p>Drives, Gaskets, Probes, Filters, Pins, Cables, Stiffener, Interfaces<br/>驱动器, 垫圈, 探针, 过滤器, 别针, 缆绳, 加强筋, 接口</p> <p>Refer to product manual for detailed conditions of use.<br/>详细使用情况请阅读产品手册。</p> <p>Universal Robots encourages that all Electronic Information Products be recycled but does not assume responsibility or liability.<br/>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</p> |                                                       |                   |                   |                                        |                                           |                                                      |

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.

## B.5 环境测试证书

### Climatic and mechanical assessment



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Client</b><br>Universal Robots A/S<br>Energivej 25<br>5260 Odense S<br>Denmark                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Force Technology project no.</b><br>117-32120                                                                                                        |
| <b>Product identification</b><br>UR 3 robot arms<br>UR 3 control boxes with attached Teach Pendants.<br>UR 5 robot arms<br>UR5 control boxes with attached Teach Pendants.<br>UR10 robot arms:<br>UR10 control boxes with attached Teach Pendants.<br>See reports for details.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                         |
| <b>Force Technology report(s)</b><br>DELTA project no. 117-28266, DANAK-19/18069<br>DELTA project no. 117-28086, DANAK-19/17068                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                         |
| <b>Other document(s)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                         |
| <b>Conclusion</b><br>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).<br><br>IEC 60068-2-1, Test Ae; -5 °C, 16 h<br>IEC 60068-2-2, Test Be; +35°C, 16h<br>IEC 60068-2-2, Test Be; +50°C, 16 h<br>IEC 60068-2-64, Test Fh; 5 – 10 Hz: +12 dB/octave, 10-50 Hz 0.00042 g <sup>2</sup> /Hz, 50 – 100 Hz: -12 dB/octave, 1,66 grms, 3 x 1½ h<br>IEC 60068-2-27, Test Ea, Shock; 11 g, 11 ms, 3 x 18 shocks |                                                                                                                                                         |
| <b>Date</b><br><br>Hørsholm, 25 August 2017                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Assessor</b><br><br><br>Andreas Wendelboe Højsgaard<br>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.delta.dk

## B.6 EMC 测试证书



# Attestation of Conformity

**AoC no. 1645**

Project / task no. 117-29565

DELTA has performed compliance test on electrical products since 1967. DELTA is an accredited test house according to EN17025 and participates in the international standardisation organisation CEN/CENELEC, IEC/CISPR and ETSI. This attestation of conformity with the below mentioned standards and/or normative documents is based on accredited tests and/or technical assessments carried out at DELTA – a part of FORCE Technology.

**Client**

Universal Robots A/S  
Energivej 25  
5260 Odense  
Denmark

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

UR robot generation 5, G5 for models UR3, UR5, and UR10

**Manufacturer**

Universal Robots A/S

**Technical report(s)**

EMC test of UR robot generation 5, DELTA project no.117-29565-1 DANAK 19/18171

**Standards/Normative documents**

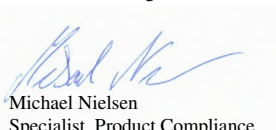
EMC Directive 2014/30/EU, Article 6  
EN 61326-3-1:2008 Industrial locations SIL 2  
EN/(IEC) 61000-6-1:2007  
EN/(IEC) 61000-6-2:2005  
EN/(IEC) 61000-6-3:2007+A1  
EN/(IEC) 61000-6-4:2007+A1  
EN/(IEC) 61000-3-2:2014  
EN/(IEC) 61000-3-3:2013

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 properties and quality. This attestation does not contain any statements pertaining to the requirements pursuant to other standards, directives or laws other than the above mentioned.

DELTA – a part of  
FORCE Technology  
Venlighedsvej 4  
2970 Hørsholm  
Denmark

Tel. +45 72 19 40 00  
Fax +45 72 19 40 01  
www.delta.dk  
VAT No. 55117314

Hørsholm, 15 August 2017



Michael Nielsen  
Specialist, Product Compliance

20aocrest-uk-j



## C 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，表示该标准根据《欧洲指令》进行了调整。

标准并非法律，标准是指由相关行业的利益相关者开发的文档，文档中规定了某种产品或产品组的一般安全和性能要求。

缩写的意思为：

|      |                                            |
|------|--------------------------------------------|
| ISO  | International Standardization Organization |
| IEC  | International Electrotechnical Commission  |
| EN   | European Norm                              |
| TS   | Technical Specification                    |
| TR   | Technical Report                           |
| ANSI | American National Standards Institute      |
| RIA  | Robotic Industries Association             |
| CSA  | Canadian Standards Association             |

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)**

*Safety of machinery – Safety-related parts of control systems*

*Part 1: General principles for design*

*Part 2: Validation*

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]**

*Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*

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]**

*Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots*

*Part 1: Robots*

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）则是面向机器人集成商，这部分阐述了机器人应用的安装和设计。

---

**ANSI/RIA R15.06-2012**

*Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements*

这项美国标准将 ISO 标准 ISO 10218-1 与 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。

请注意，该项标准的第二部分（ISO 10218-2）是面向机器人系统的集成商，不是面向 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。

请注意，该项标准的第二部分（ISO 10218-2）是面向机器人系统的集成商，不是面向 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]**

*Electromagnetic compatibility (EMC)*

*Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments*

*Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments*

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**

*Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements*

---

*Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) - General industrial applications*

这项标准规定了安全功能方面广泛的 EMC 抗扰性要求。遵循此标准可以保证即便在其他设备超过 IEC 61000 标准中规定的 EMC 辐射限制的情况下，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]**

*Programmable controllers*

*Part 2: Equipment requirements and tests*

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]**

*Low-voltage switchgear and controlgear*

*Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function*

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**

*Appliance couplers for household and similar general purposes*

*Part 1: General requirements*

电源输入线符合此项标准。

**ISO 9409-1:2004 [50-4-M6 类型]**

*Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces*

*Part 1: Plates*

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]**

*Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces*

*Part 1: Hot surfaces*

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。必须根据硬件安装手册中的规定进行保护性的接地。

---

**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**

*Environmental testing*

*Part 2-1: Tests - Test A: Cold*

*Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat*

*Part 2-27: Tests - Test Ea and guidance: Shock*

*Part 2-64: Tests - Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

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]**

*Industrial communication networks – Profiles*

---

*Part 3: Functional safety fieldbuses – General rules and profile definitions*

这项标准规定了额定安全的通信总线的要求。

---

**IEC 60204-1/A1:2008**

**EN 60204-1/A1:2009 [2006/42/EC]**

*Safety of machinery – Electrical equipment of machines*

*Part 1: General requirements*

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**

*Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*

*Part 1: Principles, requirements and tests*

*Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm*

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。

---



## D 技术规格

|                       |                                                                                                                  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 机器人类型                 | UR3e                                                                                                             |
| 重量                    | 11.1 kg / 24.5 lb                                                                                                |
| 最大有效载荷<br>(参见第 4.4 节) | 3 kg / 6.6 lb                                                                                                    |
| 延伸                    | 500 mm / 19.7 in                                                                                                 |
| 关节范围                  | 工具法兰可无限旋转, $\pm 360^\circ$ 关于所有其他关节                                                                              |
| 速度                    | 所有腕关节: 最大 $360^\circ/\text{s}$<br>其他关节: 最大 $180^\circ/\text{s}$<br>工具: 大约 $1\text{ m/s}$ / 大约 $39.4\text{ in/s}$ |
| 系统更新频率                | 500 Hz                                                                                                           |
| 力矩传感器精度               | 3.5 N                                                                                                            |
| 位姿可重复性                | $\pm 0.03\text{ mm}$ / $\pm 0.0011\text{ in}$ (1.1 mils)                                                         |
| 足迹                    | $\varnothing 128\text{ mm}$ / 5.0 in                                                                             |
| 自由度                   | 6 个旋转关节                                                                                                          |
| 控制箱尺寸 (宽 × 高 × 深)     | 460 mm × 445 mm × 260 mm / 18.2 in × 17.6 in × 10.3 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                                                                                        |
| 工具通信                  | RS 485                                                                                                           |
| I/O 电源                | 控制箱中为 24 V 2 A, 工具中为 12 V/24 V 600 mA                                                                            |
| 通信                    | TCP/IP 1000 Mbit: IEEE 802.3ab, 1000BASE-T<br>以太网接口, MODBUS TCP & 以太网/IP 适配器, Profinet                           |
| 编程                    | 在 12" 触摸屏的 PolyScope 图形用户界面上进行                                                                                   |
| 噪声                    | Robot Arm: Less than 60dB(A)<br>Control Box: Less than 50dB(A)                                                   |
| IP 等级                 | IP54                                                                                                             |
| 清洁房间分类                | 机器手臂: ISO 5 级<br>控制箱: ISO 6 级                                                                                    |
| 功耗                    | 运行典型的程序时大约为 150 W                                                                                                |
| 协同操作                  | 17 个高级安全功能。按照:<br>EN ISO 13849-1:2008, PLd, Cat.3 和 EN ISO 10218-1:2011, 条款 5.10.5                               |
| 材质                    | 铝材, PP 塑料                                                                                                        |
| 温度                    | 机器人可在的温度范围内工作。-5-50°C 在高连续关节速度下, 最大环境温度规范降级。                                                                     |
| 电源                    | 100-240 VAC, 47-440 Hz                                                                                           |
| 布线                    | 连接机器人和控制箱的电缆 (6 m / 236 in)<br>连接触摸屏和控制箱的电缆 (4.5 m / 177 in)                                                     |



部分 II

# **PolyScope 手册**

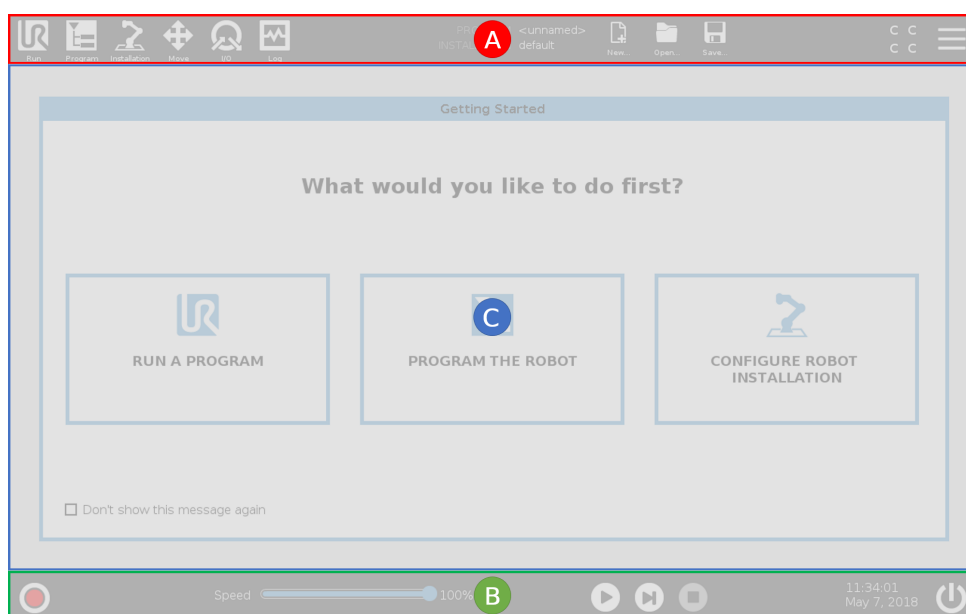


# 10 简介

## 10.1 Polyscope 基础

**PolyScope** 或机器人用户界面是示教盒面板上的触摸屏。它是一个图形用户界面 (GUI)，可以操作机器人手臂和控制箱、执行和创建机器人程序。**PolyScope** 由三个区域组成:

- A** : 页眉带有为您打开交互式屏幕的选项卡/图标。
- B** : 页脚带有可控制您所加载的程序的按钮。
- C** : 屏幕带有可管理和监视机器人动作的字段。



注意: 在启动时, 可能出现无法继续对话框。必须选择**转至初始化屏幕**来开启机器人。

### 10.1.1 页眉图标/选项卡



运行是一种使用预编程序操作机器人的简单方法。



程序 创建和/或修改机器人程序。



安装配置机器手臂设置和外部设备, 如安装位置和安全。



移动控制和/或调节机器人移动。



I/O 监视并设置进出机器人控制箱的实时输入/输出信号。



**日志** 指示机器人状况以及任何警告或错误信息。



**程序和安装管理器**选择并显示活动的程序和安装。（参见 20.4）。注意：程序和安装管理器由文件路径、新建、打开和保存组成。



**新建...** 创建一个新程序或安装。



**打开...** 打开一个先前创建并保存的程序或安装。



**保存...** 保存一个程序、安装设置或同时保存这两者。

注意：如果设置了操作模式密码，自动模式和手动模式图标只会显示在标题中。



**自动**指示机器人已加载自动环境。点击它切换到手动环境。



**手动**指示机器人已加载手动环境。点击它切换到自动环境。



**安全校检**和显示活动的安全配置。

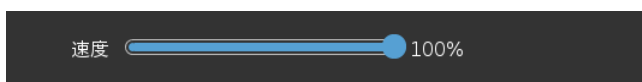


**汉堡菜单** 访问 PolyScope 帮助、关于和设置。

## 10.1.2 页脚按钮



**初始化**管理机器人状态。当指示灯为红色时，按下它使机器人操作。



**速度滑块** 实时显示机器

手臂移动的相对速度，并将安全设置考虑在内。

注意：“自动移动”由播放“停止”和“开始”组成。



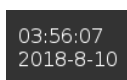
**播放** 启动当前加载的机器人程序。



**步骤** 可单步运行程序。



**停止** 中止当前加载的机器人程序。



**时钟** 显示真实的时间和日期。



可让机器人断电或重启。

## 10.2 使用入门屏幕



运行程序，编程机器人或配置机器人安装。

注意：第一次通电时，如果无法继续对话框出现，可以转至初始化屏幕或选择现在不留在使用入门屏幕。



# 11 快速启动

## 11.1 机器人手臂基础

UR 机器人手臂由挤压铝管和关节组成。可以使用 **PolyScope** 来协调这些关节的动作，移动机器人并根据需要定位它的工具 - 机座正上方和正下方的区域除外。

**基座** 安装机器人之处。

**Shoulder and Elbow** 执行较大幅度动作。

**手腕 1 和 2** 执行较精细动作。

**手腕 3** 连接机器人工具之处。



### 注意:

在机器人第一次通电前，您指定的 UR 机器人集成商必须：

1. 阅读并理解 硬件安装手册 中的安全信息。
2. 设置风险评估（参见第 13 章）定义的安全配置参数。

### 11.1.1 安装机器人手臂和控制箱

一旦安装并开启机器人手臂和控制箱，您可以使用 **PolyScope**。

1. 开箱取出机器人手臂和控制箱。
2. 将机器人手臂安装在防震的坚固表面。
3. 将控制箱放置在其支脚上。
4. 将电缆连接到机器人和控制箱。
5. 插上电源控制箱插头。

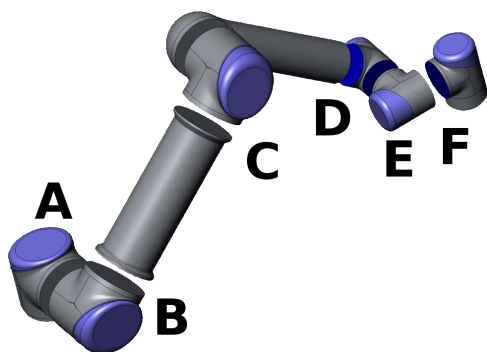


图 11.1: 机器人关节 A: 基座, B: 肩部, C: 肘部和 D、E、F: 手腕 1、2、3

**危险:**

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。

参见 硬件安装手册了解详细安装说明。

### 11.1.2 开/关控制箱

控制箱主要包含连接机器人手臂、示教盒和任何周边设备的物理电气输入/输出端。必须打开控制箱才能给机器人手臂通电。

1. 按下**示教盒**的电源按钮开启控制箱。
2. 等待底层操作系统的文字（后接按钮）出现在屏幕上。
3. 当无法继续对话框出现时，选择**转至初始化屏幕**访问初始化屏幕。

### 11.1.3 开/关机器人手臂

在屏幕的左下角，初始化图标使用以下颜色指示机器人手臂的状态：

- 红色表示机器人手臂处于停止状态。
- 黄色表示机器人手臂已通电，但尚未准备好进行正常操作。
- 绿色表示机器人手臂已通电，并准备好进行正常操作。



注意：当关节制动器被释放时，机器人手臂启动，伴随声音和轻微的移动。

### 11.1.4 初始化机器手臂

**危险:**

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。如设置错误，机器手臂和控制箱将无法正常工作，并会对人或设备造成危险。

**小心:**

确保机器人手臂没有接触物体（例如桌子），因为机器人手臂与障碍物之间的碰撞可能会损坏关节齿轮箱。

如要启动机器人:

1. 点击带有绿色 LED 的 **ON** 按钮启动初始化过程。然后，LED 变成黄色，指示电源已打开并处于空闲状态。
  2. 点击启动按钮松开制动器。
  3. 点击带有红色 LED 的 **OFF** 按钮关闭机器手臂。
- PolyScope 启动后，点击 **ON** 按钮一次给机器人手臂通电。然后，状态指示灯变成黄色，指示机器人已打开并处于空闲状态。**空闲**。
  - 机器手臂状态为**空闲**时，点击 **START** 按钮启动机器手臂。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°），则该按钮会被禁用，按钮下方会显示错误信息。验证安装后，点击启动释放所有关节制动器，机器人手臂将准备好进行正常操作。

## 11.2 快速系统启动

使用 PolyScope 前，确认机器人手臂和控制箱安装正确。

1. 按下示教盒上的紧急停止按钮。
2. 按下示教盒上的电源按钮让系统启动，**PolyScope** 上会显示文字。
3. 触摸屏上出现一个弹出窗口，指示系统已准备就绪，机器人必须初始化。
4. 触摸弹出窗口中的按钮访问初始化屏幕。
5. 当**确认应用的安全配置**对话框出现时，按下**确认安全配置**按钮应用安全参数的初始设置。这些必须根据风险评估进行调整。
6. 解锁紧急停止按钮将机器人状态从**紧急停止**更改为**关闭电源**。
7. 请站在机器人可触及的范围（工作空间）之外。
8. 触摸**初始化机器人**屏幕上的**开启**按钮使机器人状态更改为**空闲**。
9. 在**当前有效负载**字段，确认有效负载质量和所选的安装是否正确。如果基于传感器数据检测到的安装与所选的安装不一致，将有提示出现。
10. 触摸**初始化机器人**屏幕的**开始**按钮，让机器人释放它的制动系统。  
注意：机器人震动并发出咔嗒声指示它已做好被编程的准备

**注意:**

可以在通用机器人学院 ([www.universal-robots.com/academy/](http://www.universal-robots.com/academy/)) 学习机器人编程



## 12 操作模式选择

### 12.1 操作模式

在配置 3 位启用设备或设置密码时启用操作模式。

**自动模式**启动后，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。您不能修改或保存程序和安装。

**手动模式**激活后，您可以使用移动标签，自由飞行模式和速度滑块编程机器人。您可以修改或保存程序和安装。

| 操作模式                | 手动     | 自动  |
|---------------------|--------|-----|
| 自由驱动                | x      | *   |
| 用 MoveTab 上的箭头移动机器人 | x      | *   |
| 速度滑块                | x      | x** |
| 编辑 & 保存程序 & 安装      | x      |     |
| 执行程序                | 降低速度 * | x   |

\* 当 3 档位启用设备配置时

\*\* 可以通过安装指定在运行屏幕中启用/可见速度滑块



#### 注意:

- 通用机器人机器人未配备 3 位启用装置。如果风险评估需要设备，则必须在使用机器人之前将其连接。
- 如果未配置 3 位启用设备，则启用自由驱和移动选项卡。手动模式下速度不会降低。



#### 警告:

- 在选择自动模式之前，任何暂停的防护措施必须返回到完整功能。
- 只要有可能，手动操作模式应在保护区外的所有人员进行。
- 用于将机器人切换到操作模式的设备必须放置在受保护的空間之外。
- 机器人处于自动模式时，用户不得进入安全防护的空间。

下面的小节将介绍配置操作模式选择的三种方法。每种方法都是排他性的，这意味着使用一种方法使其他两种方法处于非活动状态。

#### 使用操作模式安全输入

1. 在安装选项卡中，选择安全 I/O。

2. 配置操作模式输入。配置 3 位启用设备输入后，配置选项会出现在下拉菜单中。
3. 当操作模式输入为低时，机器人处于自动模式，当操作模式输入为高时，机器人处于手动模式。


**注意:**

- 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。
- 在定义操作输入之前，您必须定义一个 3 位启用设备。

**使用 PolyScope**

1. 在 PolyScope 中，选择一个操作模式。
2. 要在模式之间切换，请在标题中选择配置文件图标。

查看 21.3.2 有关设置 PolyScope 密码的更多信息。

注意：当启用 3 位启用设备的安全 I/O 配置时，PolyScope 自动处于手动模式。

**使用仪表板服务器**

1. 连接到仪表板服务器。
2. 使用 **设置操作模式** 命令。
  - 设置自动操作模式
  - 设置操作模式手动
  - 清除操作模式

有关使用仪表板服务器的更多信息，请参阅 <http://universal-robots.com/support/>。

## 12.2 3 档位使动装置

当配置 3 位启动装置并且 **操作模式** 处于手动模式时，只能通过按下 3 位启用装置来移动机器人。当 **操作模式** 处于自动模式时，3 位启用设备无效。


**注意:**

3 位启用设备，其行为，性能特征和操作必须完全符合 ISO 10218-1: 第 5.8.3 条有关使能器件的规定。

### 12.2.1 手动高速

输入低时，机器人处于防护停止。速度滑块被设在对应于 250 mm/s 的初始值，可逐渐增大以达到更高的速度。当 3 位启用设备输入信号由低变高时，速度滑块被重置为低值。



**注意:**

使用安全关节限制（13.2.4见）或安全平面（见 13.2.5）来限制机器人在利用手动高速时可以移动的空间。



## 13 安全配置

### 13.1 安全设置基础

本节介绍如何访问机器人安全设置。它由一些帮助您设置机器人安全配置的项目组成。



**危险:**

在配置机器人安全设置之前，集成商必须执行风险评估以保证机器人周围的人员和设备安全。风险评估是针对机器人整个寿命期间所有工作程序的评估，执行风险评估是为了应用正确的安全配置设置（参见 **硬件安装手册**）。必须根据集成商的风险评估进行下列设置。

1. 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。
2. 针对特定机器人应用使用和配置安全相关的功能和接口（参见 **硬件安装手册**）。
3. 在机器人手臂第一次通电之前，进行设置和示教的安全配置设置。
4. 可在该屏幕及子选项卡上访问的所有安全配置设置。
5. 集成商必须确保安全设置的所有更改符合风险评估。

#### 13.1.1 访问安全配置

注意：安全设置有密码保护，仅可在设置并使用了密码之后配置。

1. 在 PolyScope 页眉中，按下**安装**图标。
2. 在屏幕左侧的操作菜单中，按下**安全**。
3. 留意**机器人极限**屏幕显示，但是设置目前处于不可访问状态。
4. 如果先前设置了**安全密码**，输入密码然后按下**解锁**让设置变成可访问状态。注意：一旦安全设置被解锁，所有设置将被激活。
5. 按下**锁定**选项卡或离开安全菜单再次锁定所有安全项目设置。



在硬件安装手册中，您可以找到更多安全系统信息。

### 13.1.2 设置安全密码

必须设置一个密码来解锁组成安全配置的所有安全设置。

注意：如果没有应用安全密码，将会提示设置安全密码。

1. 在 PolyScope 页眉的右侧，按汉堡菜单然后选择设置。
2. 在屏幕左侧的蓝色菜单中，按密码然后选择安全。
3. 在新密码字段输入一个密码。
4. 现在，在确认新密码中，输入相同的密码然后按应用。
5. 按蓝色菜单左下方的退出按钮返回上一个屏幕。

注意：您可以按锁定选项卡或转至安全菜单外的屏幕来再次锁定所有安全设置。



### 13.1.3 更改安全配置

安全配置设置的更改必须符合集成商执行的风险评估（参见 硬件安装手册）。

推荐程序：

1. 验证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. 验证设置已应用。
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 右上角的安全校验和是否有任何变化等方式来进行验证。”

13.1.4 应用新的安全配置

在更改配置时，机器人将断电。所做的更改只有在点击**应用**按钮时才会生效。在**应用并重启**或**恢复更改**之前，机器人不能再次通电。前者让您能够目检机器人安全配置，出于安全原因，它以国际单位显示在弹出窗口中。当目检完成时，可以**确认安全配置**，所做的更改自动保存为当前机器人安装的一部分。

13.1.5 安全校验和



**安全校验和**图标显示您应用的机器人安全配置，并从上到下，从左到右读取，例如：BF4B。不同的文本和/或颜色表示对所应用的安全配置的更改。

- 注意：
- 如果更改**安全功能**设置，则**安全校验和**会发生变化，因为**安全校验和**仅由安全设置生成。
  - 您必须将您的更改应用于**安全校验和**的**安全配置**以反映您的更改。

13.2 安全菜单设置

本节定义组成机器人安全配置的安全菜单设置。

13.2.1 机器人限值

机器人限值用来限制一般的机器人运动。机器人限值屏幕有两个配置选项：**工厂预设值**和**自定义**。

1. 在工厂预设值选项，可以使用滑块选择预定义安全设置。表中的值将被更新以反映从**限制最多**到**限制最少**的预设值范围
- 注意：滑块值仅为建议值，不替代正确的风险评估。



2. 在自定义选项，可设置有关机器人如何发挥功能的限值并监视相关公差。

**功率** 限制机器人对环境做的最大机械功。

注意：该限制将有效负载视为机器人而非环境的一部分。

**动量** 限制最大机器人动量。

**停止时间** 限制让机器人停止需要花费的最长之间，比如：当紧急停止激活时。

**停止距离** 限制当停止时机器人工具或肘部可移动的最大距离。



**注意：**

限制影响机器人整体速度的停止时间和距离。比如，如果停止时间被设为 300 ms，最大机器人速度被限制，允许机器人在 300 ms 内停止。

**工具速度** 限制机器人工具最大速度。

**工具力** 限制机器人工具在夹紧情况中施加的最大力。

**肘部速度** 工具速度限制机器人工具最大速度。

**肘部力** 限制机器人肘部对环境施加的最大力。

工具速度和力的限制位置位于工具法兰和用户定义的两个工具位置的中间，参见13.2.6。



**注意：**

您可以将所有机器人限值切换回工厂预设值来重置为它们的默认设置。

### 13.2.2 安全模式

在正常条件（即 没有实施保护性停止）下，安全系统将在关联了一组安全限值的安全模式下操作：

**正常模式**是默认为激活的安全模式

**缩减模式** 机器人工具中心点 (TCP) 的位置超出触发器缩减模式平面（参见 13.2.5），或使用可配置的输入触发（参见 13.2.8）时，将激活此模式。

**恢复模式** 当激活的限值设置中的安全限值违例，导致机器人手臂执行 0 类停机时，恢复模式将被激活。如果在机器人手臂通电时，激活的安全限值（例如关节位置限值或安全边界）已违例，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，机器人手臂的运动受到固定限值（用户不能自定义）的限制。有关恢复模式限值的详细信息，请参见 **硬件安装手册**。



**警告:**

**关节位置、工具位置和工具方向**的限值在恢复模式下是禁用的，因此在此限值范围内移回机器人手臂时应小心。

用户可在安全配置屏幕的菜单上独立设置正常和缩减模式的安全限值。就工具和关节而言，缩减模式下对于速度和动量的限值要求比标准模式下的更严格。

### 13.2.3 公差

在安全配置中指定了安全系统限制。安全系统接收输入字段的值，并检测这些值是否存在违例。机器人控制器尝试通过进行防护停止或降低速度来防止任何违例行为。这意味着程序可能无法执行非常接近极限的运动。



**警告:**

具体公差因软件版本而异。因此更新软件可能会改变公差。请参考发布说明了解有关软件版本变化的信息。

### 13.2.4 关节限值

关节限值用来限制关节空间中每个机器人关节的运动，即：关节旋转位置和关节旋转速度。一共有两个关节限值选项：**最大速度**和**位置范围**。

1. 最大速度定义了每个关节的最大角速度。
2. 位置范围定义了每个关节的位置范围。此外，如果没有安全平面或可配置的输入设置来触发它，缩减模式的输入字段被禁用。该限值启用机器人的安全级软轴限制。



### 13.2.5 平面



#### 注意:

平面的配置完全基于特征进行。我们建议您在编辑安全配置之前创建并命名所有特征，因为一旦安全选项卡被解锁，机器人将会断电，将不可能移动机器人。

安全平面 限制了机器人的工作空间。最多可定义八个安全平面用来限制机器人工具和肘部。还可以限制每个安全平面的肘部运动，也可以通过取消选中复选框来禁用。在配置安全平面之前，必须在机器人安装中定义一个特征（参见 16.1.3）。然后可将该特征复制到安全平面屏幕并进行配置。



#### 警告:

定义安全平面只限制定义的工具球和肘部，对机器人手臂的整体限制无影响。这意味着指定安全平面并不保证机器人手臂的其他部分也遵循该限制。

#### 模式

可以使用下列图标为每个平面配置限制模式。

**禁用** 在该状态下，安全平面从不激活。



**正常** 当安全系统处于正常模式时，正常平面将处于活动状态，并严格限制机器人的位置。



**缩减** 当安全系统处于缩减模式时，缩减模式平面将处于活动状态，并严格限制机器人的位置。



**正常 & 缩减** 当安全系统处于正常或缩减模式时，正常和缩减模式平面将处于活动状态，并严格限制机器人的位置。



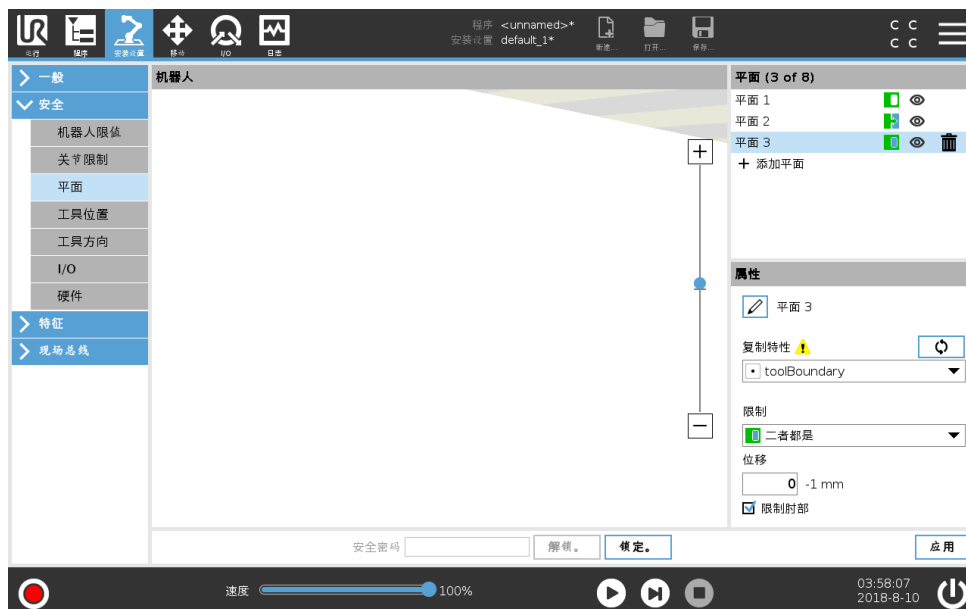
**触发器缩减模式** 如果机器人工具或肘部所处的位置超出安全平面，安全平面将让安全系统切换到缩减模式。

-  **显示** 按下该图标将在图形窗格中隐藏或显示安全平面。
-  **删除** 删除创建的安全平面（注意：这里没有撤销/重做操作，因此如果平面被误删，必须重新创建）
-  **重命名** 按下该图标可让您对平面进行重命名。

### 配置安全平面

1. 在 PolyScope 页眉中，点击**安装**。
2. 在操作菜单左侧，点击安全并选择**平面**。
3. 点击屏幕右上角的平面字段中的**添加平面**。
4. 在屏幕右下角的**属性**字段中，设置名称、复制特征和限制。注意：在**复制特征**中，只有未定义和机座是可用的。您可以通过选择**未定义**来重置已配置的安全平面

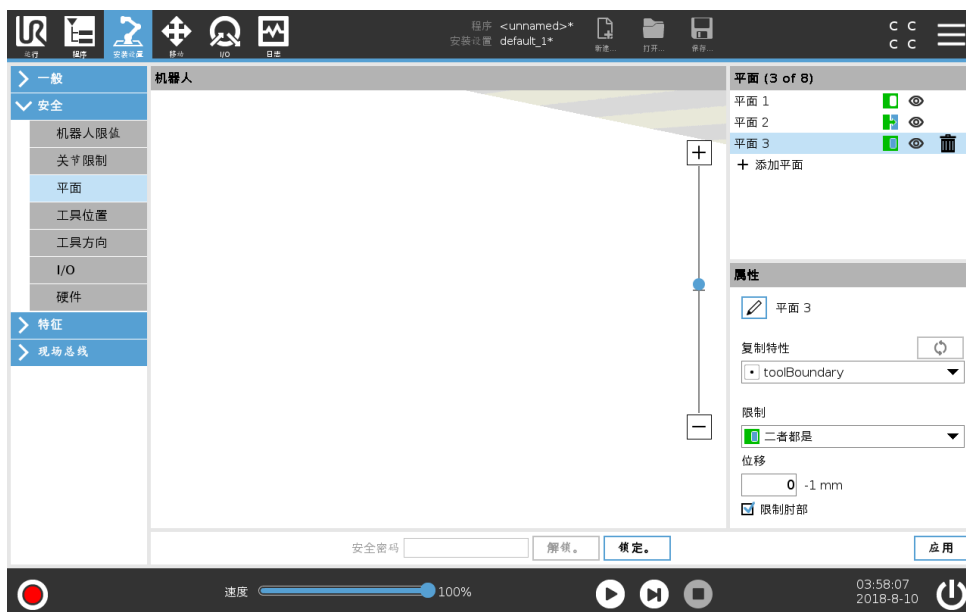
在特征屏幕中，如果复制的特征被修改，警告图标将出现在复制特征文本的右侧。这指示该特征超出同步，即：属性卡中的信息没有更新以反映可能对特征做出的修改。



### 肘部

您可以启用**限制肘部**来防止机器人肘部关节通过您定义的任何平面。禁用限制肘部让肘部通过这些平面。

## 颜色代码



灰色 平面已配置但是被禁用 (A)

黄色 & 黑色 正常平面 (B)

蓝色 & 绿色 触发平面 (C)

黑色箭头 允许工具和/或肘部进入的平面的侧面（针对正常平面）

绿色箭头 允许工具和/或肘部进入的平面的侧面（针对触发平面）

灰色箭头 允许工具和/或肘部进入的平面的侧面（针对禁用的平面）

## 自由驱动机器人

如果机器人在处于自由驱动模式（参见17.6）的同时接近某个限值，您会感觉到一股来自机器人的反抗力。

### 13.2.6 工具位置

工具位置屏幕可对机器人手臂末端的工具和/或附件启用更多受控的限制。

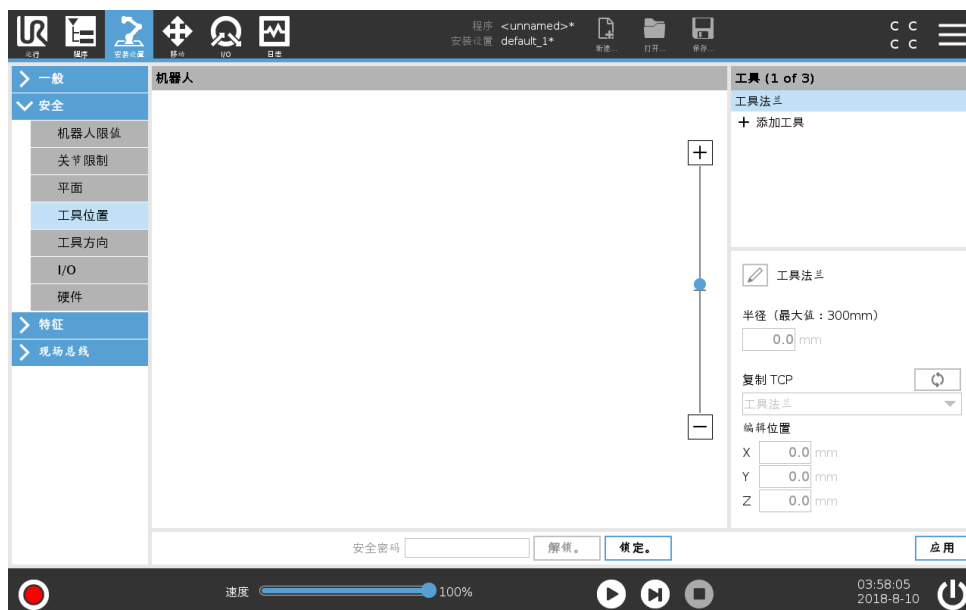
**机器人** 在这里可让修改变得可视化。

**工具** 在这里可定义和配置两个工具。

**Tool\_1** 是使用值  $x = 0.0$ ,  $y = 0.0$ ,  $z = 0.0$  和  $radius = 0.0$  定义的默认工具。这些值代表机器人工具法兰的值。

注意：

- 在复制 TCP 下，也可以选择**工具法兰**，让工具的值回到 0。
- 机器人法兰上定义了一个默认球体。



对于用户定义的工具，用户可更改：

**半径**以更改工具球的半径。当使用安全平面时将会考虑半径。当球中的点通过一个缩减模式触发平面时，机器人切换到缩减模式。安全系统阻止球上的任何点通过安全平面（参见13.2.5）。

**位置**用于在考虑机器人工具法兰的情况下更改机器人的位置。针对工具速度、工具力、停止距离和安全平面等安全功能，位置应被考虑。

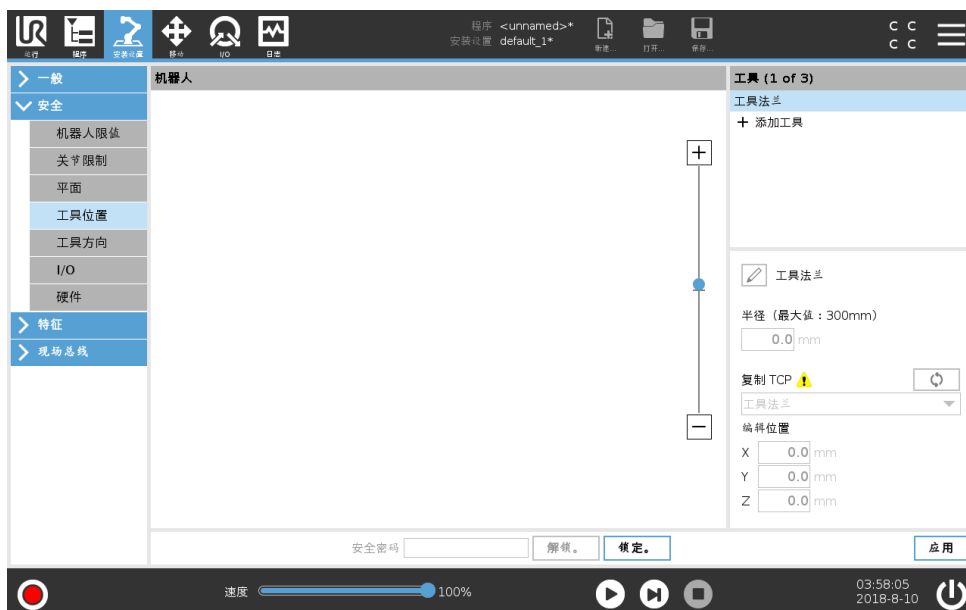
可以使用现有工具中心点作为定义新工具位置的基础。在 **TCP** 屏幕的常规菜单中预定义的现有 **TCP** 的副本可在复制 **TCP** 下拉列表中的工具位置菜单中找到。

当编辑或调节**编辑位置**输入字段中的值时，出现在下拉菜单中的 **TCP** 名称更改为**自定义**，指出复制的 **TCP** 与实际限值输入之间存在差异。原始 **TCP** 仍可在下拉列表中找到，可再次选择以便将值更改回原始位置。复制 **TCP** 下拉菜单中的选择不影响工具名称。

应用工具位置屏幕更改后，如果试图在 **TCP** 配置屏幕中修改复制的 **TCP**，复制 **TCP** 文本右侧会出现一个警告图标。这表示 **TCP** 不同步，即：属性字段中的信息未更新以反映可能已对 **TCP** 做出的修改。**TCP** 可通过点击同步图标来同步（参见 16.1.1）。

注意：**TCP** 不一定要同步才能成功定义和使用工具。

按下显示的工具名称旁边的铅笔选项卡可重命名工具。还可以确定半径（允许范围：0-300 mm）。根据半径尺寸，出现在图形窗格中的限值可以是一个点或一个球体。



### 13.2.7 工具方向

工具方向屏幕可用于限制工具指向的角度。该限值由一个锥体来定义，它有一个相对于机器人手臂机座的固定方向。当机器人手臂到处移动时，工具方向受到限制，使它保持在定义的锥体范围内。工具的默认方向与工具输出法兰的 Z 轴一致。它可以通过指定倾斜和平移角度来自定义。

在配置限值之前，必须在机器人安装中定义一个点或平面（参见 16.3）。然后可复制该特征，其 Z 轴被用作定义限值的锥体中心。



#### 注意:

工具方向的配置基于特征进行。我们建议在编辑安全配置前创建目标特征，因为一旦安全选项卡被解锁，机器人手臂将会断电，将无法定义新特征。



### 限值属性

工具方向限值有三个可配置的属性：

1. **锥中心**：可以从下拉菜单选择一个点或平面特征来定义锥体中心。选定特征的 Z 轴被用作锥体居中的方向。
2. **锥角度**：可以定义允许机器人偏离中心多少度。

**禁用工具方向限值** 从不激活

 **正常工具方向限值** 只有当安全系统处于**正常模式**时才激活。

 **缩减工具方向限值** 只有当安全系统处于**缩减模式**时才激活。

 **正常 & 缩减工具方向限值** 当安全系统处于**正常模式**以及**缩减模式**时，激活。

可以通过将复制特征设置回“未定义”来将值重置为默认或撤销工具方向配置。

### 工具属性

默认情况下，工具指向同一个方向作为工具输出法兰的 Z 轴。这可以通过指定两个角度来修改：

**倾斜角度**：输出法兰的 Z 轴朝着输出法兰的 X 轴倾斜的角度

**平移角度**：绕着原始输出法兰 Z 轴将倾斜的 Z 轴旋转的角度

或者，现有 TCP 的 Z 轴可通过从下拉菜单选择该 TCP 来复制。

## 13.2.8 I/O

输入端与输出端之间的 I/O 是分开的，并且成对出现以便每个功能提供一个 3 类 PLd I/O。



### 输入信号

下列安全功能可与输入信号一起使用：

**系统紧急停止** 这是一个紧急停止按钮，可替代示教盒上的紧急停止按钮，如果装置符合 ISO 13850，可提供相同的功能。

**缩减模式** 所有安全限值可在正常模式或缩减模式中应用（参见13.2.2）。配置后，发送到输入端的低信号将导致安全系统过渡到缩减模式。机器人手臂将减速，以符合缩减模式限值设置。安全系统保证在输入触发后不到 **0.5 秒**内，机器人将处于缩减模式限值以内。如果机器人手臂继续触犯任何缩减模式限值，将实施 **0 类**停机。向正常模式转换的方式与此相同。  
注意：安全平面同样可能导致向缩减模式转换。

**3 档位使动装置** 定义 **3 档位使动装置** 安全输入可以定义 **操作模式** 安全输入。定义后，必须按住 **手动模式** 下的机器人 **3 档位使动装置** 才能移动。

**操作模式** 定义后，此输入可用于在 **自动模式** 或 **手动模式** 之间切换（请参阅 12.1）。

**防护重置** 配置防护停止时，此输出保证在触发重置前保持防护停止状态。在防护停止状态下，机器人手臂不会移动。



**警告:**

默认为对输入引脚 **0** 和 **1** 配置防护重置输入功能。禁用防护重置意味着只要防护停止输入信号变高，机器人手臂将停止在防护停止位置。换言之，无须防护重置输入，防护停止输入 **SI0** 和 **SI1**（参见硬件安装手册）即可充分确定防护停止状态是否激活。

## 输出信号

可以对输出信号应用下列安全功能。触发高信号的状态结束时，所有信号恢复成低信号：

**系统紧急停止** 只有当安全系统通过机器人紧急停止输入或紧急停止按钮触发进入紧急停止状态时，才会给出低信号。为了避免死锁，如果紧急停止状态由紧急停止输入触发，则不会给出低信号。

**机器人移动** 如果机械手臂在移动状态就给出弱信号，否则就给出强信号。

**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** 当机器人手臂处于缩减模式，或利用缩减模式输入配置了安全输入且当前信号低时，将发送低信号。否则信号为高信号。

**非缩减模式** 这是上述缩减模式的相反状态。



**注意:**

通过系统紧急停止输出从机器人获得紧急停止状态的任何外部机械必须符合 **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其必要。在这种情况下，当外部紧急停止装置释放时，系统紧急停止输出信号将变高。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。

## 13.2.9 硬件

您可以在不连接示教盒的情况下使用机器人。移除示教盒需要定义另一个紧急停止源。必须指定是否连接示教盒以避免触发安全违例。

### 选择可用的硬件

机器人可在没有 **PolyScope** 作为编程界面的情况下使用。

1. 点击页眉的**安装**。
2. 点击左侧操作菜单中的**安全**，然后选择**硬件**。
3. 输入安全密码然后**解锁**屏幕。
4. 取消选中**示教盒**，在没有 **Polyscope** 界面的情况下使用机器人。

5. 按下**保存并重启**来执行更改。

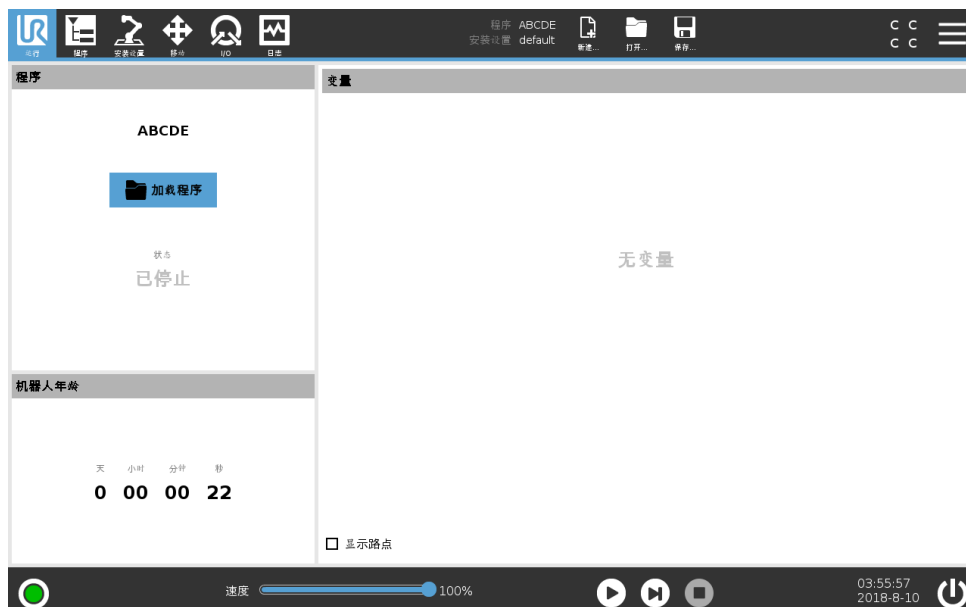


**小心:**

如果示教盒与机器人分离或断开，则紧急停机按钮不再有效。您必须从机器人附近移除示教盒。



## 14 运行选项卡



运行选项卡让您可以使用尽可能少的几个按钮和选项简单地操作机器人手臂和控制箱。再结合对 PolyScope 编程部分的密码保护功能（参见 21.3.2），使机器人成为可以独占运行预编程序的一种工具。

在该屏幕上，您可以自动加载和启动一个基于外部输入信号边缘过渡的默认程序（参见 16.1.9）。

注意：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。

### 14.1 程序

**Program** 字段，显示被加载到机器人的程序的名称以及它的当前状态。可以点击 **加载程序** 选项卡来加载不同的程序。

### 14.2 变量

机器人程序可以在运行时通过变量存储更新变量值。有两种变量可用：

**安装变量** 这些变量可以用于多个程序，且变量名和变量值在机器人安装期间持续存在（参见 16.1.8）。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。

**显示路点** 机器人程序使用脚本变量来存储有关路点的信息。

选择 **变量** 下的 **显示路点** 复选框在变量列表中显示脚本变量。

**变量类型**

|     |                                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 布尔值 | 布尔变量，值为真或假。                                                                                       |
| 整数值 | 整数，范围是 -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。位置矢量 $(x, y, z)$ 和旋转矢量 $(rx, ry, rz)$ 的组合，表示方向，书写形式为 $p[x, y, z, rx, ry, rz]$ 。 |
| 列表  | 变量序列。                                                                                             |

## 14.3 机器人年龄

该字段指出机器人第一次开机是多久以前。  
注意：出现在该字段中的数字与程序运行时不相关。

## 14.4 将机器人移动就位

当点击页脚中的播放时，将机器人移动就位屏幕出现。当机器人手臂必须在运行程序之前移动到特定的起始位置时，或者在修改程序时机器人手臂移动到路点时，访问将机器人移动就位屏幕。如果将机器人移动就位屏幕无法将机器人手臂移动到程序起始位置，它将移动到程序树中的第一个路点。如果出现以下情况，机器人手臂可能会移动到不正确的位姿：

- 在执行第一次移动之前，第一次移动的 TCP、特征位姿或路点位姿会在程序执行期间改变。
- 第一个路点位于 If 或 Switch 程序树节点内。



### 自动

按住自动选项卡移动机器人手臂至它的开始位置。  
注意：可随时释放该按钮，使机器人停止运动。

### 动画

按住自动选项卡时，动画显示机器人手臂将要进行的动作。



小心:

1. 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。
2. 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。

---

## 手动

按下**手动**选项卡访问**移动**图标屏幕，在这里，机器人手臂可手动移动。只有当您不喜欢动画的动作时才需这样做。



## 15 程序选项卡



程序选项卡显示正在编辑的当前程序。

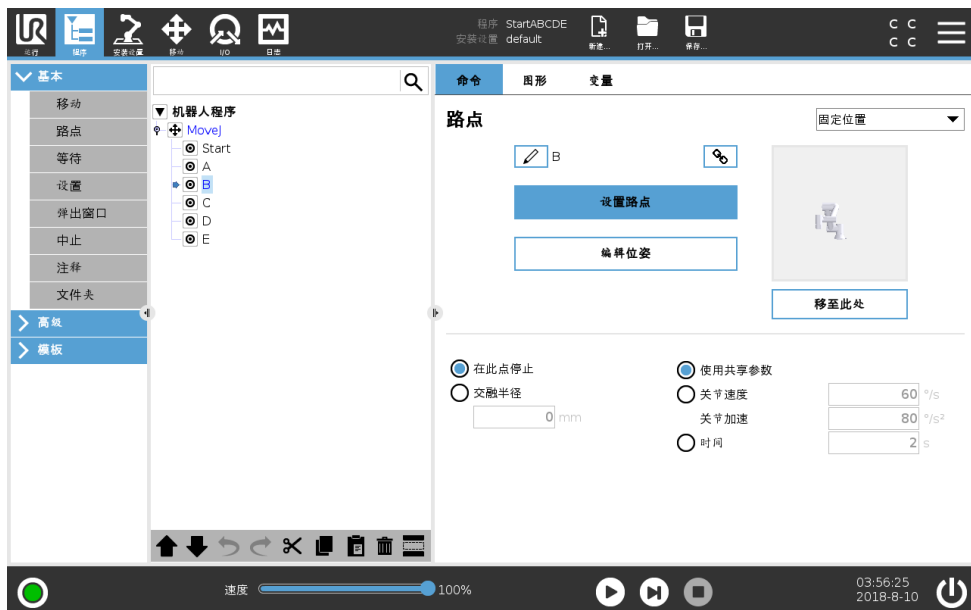
### 15.1 程序树

程序树将程序显示为称为程序节点的一系列命令。程序名称直接显示在该命令列表的上方。在程序树的右侧，显示与所选命令有关的信息。

通过单击所需的命令类型，从**基本**下的命令列表中添加命令。您可以在**高级**下添加高级命令，也可以使用**模板**。模板提供了可供配置的程序树。

在程序树中，当前正在执行的命令高亮显示，如 15.1.1 中所示。

### 15.1.1 程序执行指示



程序树以可视化线索告知当前机器人控制器正在执行的命令。命令图标左侧显示小图标 ，正在执行的命令名称和以该命令为子命令（通常用 /▼ 命令图标标示）的所有命令都以蓝色高亮显示。这可以帮助使用者在程序树中找到正在执行的命令。

例如，如果机器手臂正在朝着一个路点移动，则标有  图标的相应路点子命令及其名称以及其所属的移动命令（参见 15.5.1）的名称以蓝色高亮显示。

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。按下  按钮将使命令选项卡上一一直显示当前正在执行的命令的信息。

### 15.1.2 搜索按钮

点击  以在程序树中执行文本搜索。当点击时，可输入搜索文本，匹配的程序节点将以黄色高亮显示。此外，导航按钮可用于浏览匹配。按图标  退出搜索模式。

### 15.1.3 程序树工具栏

使用程序树底部的工具栏修改程序树。

#### 撤销/重做按钮

 和  按钮用于撤销和重做对命令的更改。

#### 向上 & 向下移动

 和  按钮可以改变节点的位置。

#### 切割

 按钮剪切一个节点，并允许将其用于其他操作（例如：将其粘贴到程序树的其他位置）。

#### 复制

 按钮复制一个节点，并允许将其用于其他操作（例如：将其粘贴到程序树的其他位置）。

## 粘贴

 按钮允许您粘贴之前剪切或复制的节点。

## 删除

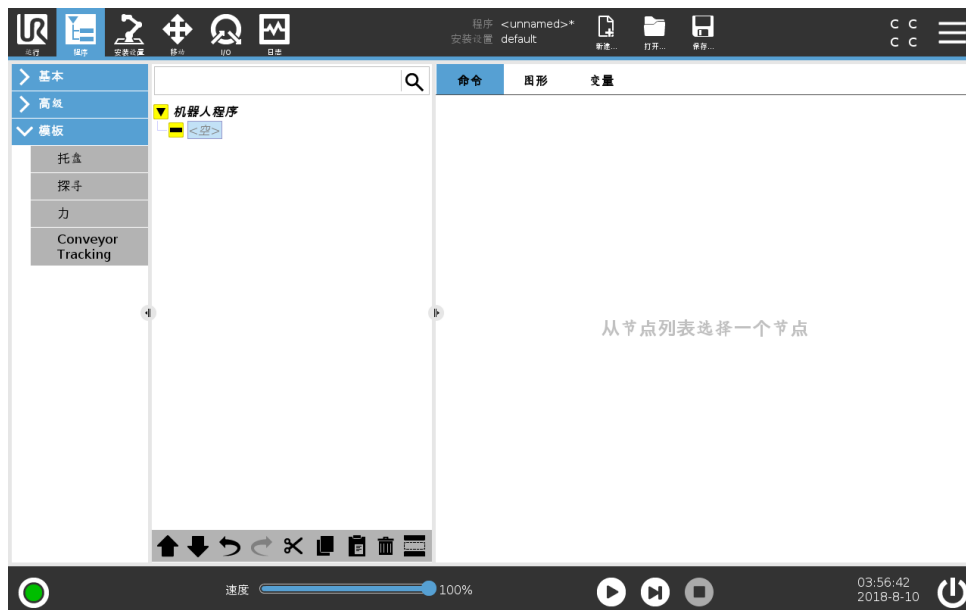
点击  按钮从程序树中删除一个节点。

## 抑制

点击  按钮抑制程序树上的特定节点。

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。

### 15.1.4 空节点



程序节点不能为空。必须在程序树中指定和定义所有行才能运行程序。

## 15.2 命令选项卡

使用命令选项卡配置程序树上的每个程序节点以运行您的程序。所显示的信息根据所选择的节点类型变化。

在命令选项卡字段中，有以下小节中讨论的其他复选框选项。



### 添加开始前序列

选中此复选框可在运行程序之前添加一组命令。

### 设置初始变量值

在程序（和任何线程）开始运行之前，选中此复选框以设置变量值。命令选项卡字段被替换为初始变量值字段，并且初始变量出现在程序树的顶部。

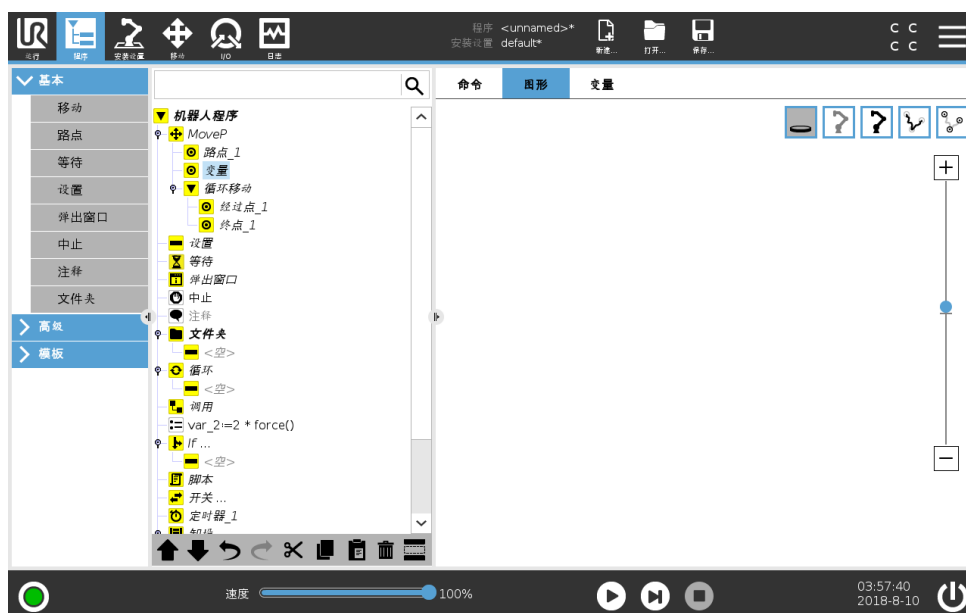
1. 从下拉列表中选择变量，也可以使用变量选择器框选择变量。
2. 输入该变量的表达式。该表达式用于在程序启动时设置变量值。
3. 您可以选择**保持上一次运行的值**，以将变量初始化为**变量选项卡**上的值（请参阅 15.4）。这允许变量保留使用其上次程序执行期间的值。如果程序是首次运行，或者变量值选项卡已清空，则变量将从表达式获取变量值。

将变量名称设置为空（仅输入空格）即可将其从程序中删除。

### 程序永远循环

选中此复选框可连续运行程序。

## 15.3 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。机器手臂 3D 图显示机器手臂的当前位置，机器手臂阴影部分显示机器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或触发平面很近，又或者机器人工具的方向接近工具方向边界限值（参见 13.2.5），则会显示相邻边界的 3D 成像。

注意：如果机器人在运行程序，边界限制可视化将被禁用。

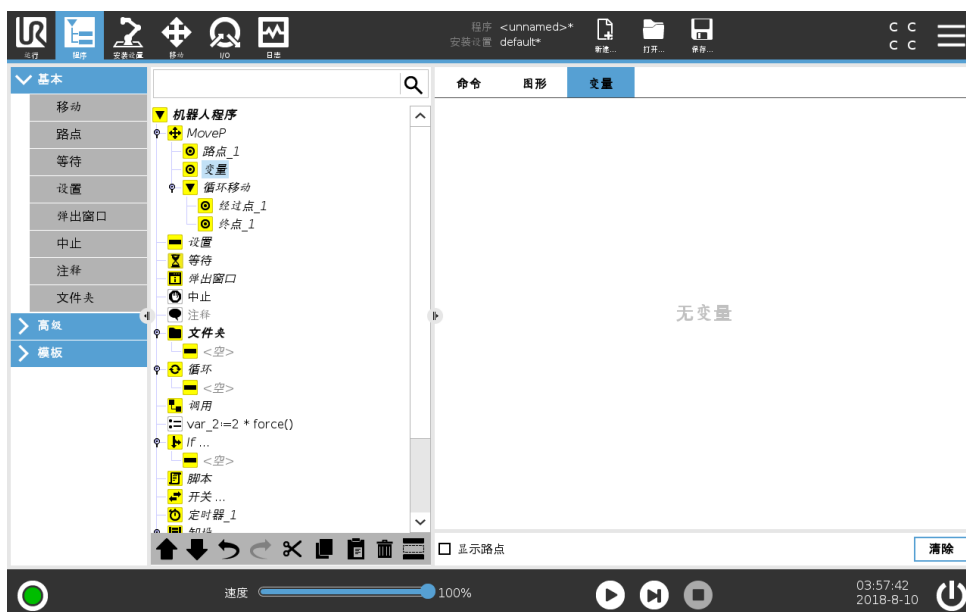
安全平面以黄黑色呈现，带有一个表示安全平面正常的小箭头，指出安全平面上允许放置机器人 TCP 的一侧。触发平面以蓝绿色呈现，带有一个指向平面一侧的小箭头，在该侧，标准模式限值（参见 13.2.2）激活。工具方向边界限值以锥体呈现，带有一个指示机器人工具当前方向的矢量。锥体内侧代表工具方向的允许区域（矢量）。

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。

所显示的运动段取决于所选的程序节点。如果选择移动节点，那么所显示的路径是指由该移动定义的运动。如果选择路点节点，那么屏幕将显示接下来的 ~ 10 步运动。

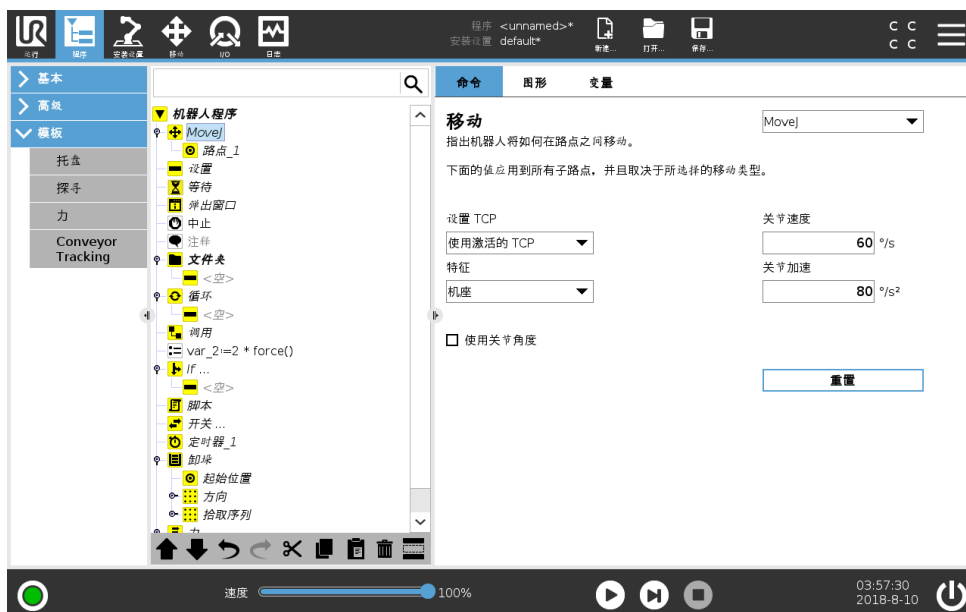
## 15.4 变量选项卡



变量选项卡显示程序运行中的实时变量值，并在程序运行之间保存传递变量和变量值列表。它仅在有关信息要显示时出现。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。如果启用了显示路点，路点变量将显示在列表中。

## 15.5 基本程序节点

### 15.5.1 移动



移动命令通过基本路点控制机器人的运动。路点必须置于运动命令下。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方式进行选择：**MoveJ**、**MoveL** 和 **MoveP**。下面将解释每种移动类型。

- **moveJ** 在机器人手臂关节区内执行所计算的移动。控制关节以同时完成其移动。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用参数包括最大关节速度和最大关节加速度，分别以  $\text{deg/s}$  和  $\text{deg/s}^2$  表示。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。适用于此移动类型的共用参数包括所需工具速度和工具加速度（分别以  $\text{mm/s}$  和  $\text{mm/s}^2$  表示）以及特征。
- **moveP** 使工具以恒定速度通过圆形混合区进行线性移动，适用于黏合或配制等一些工艺操作。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。若存在 I/O 操作或操作员采取行动，可能会使机器人手臂停止运动，或导致保护性停止。
- **圆形移动** 可以添加至 **moveP** 命令以做圆周运动。机器人从当前位置或起点开始移动，通过圆弧上规定的经过点，然后再通过终点以完成圆形移动。

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机器人手臂从上一个位置移至命令下第一个路点的路径，以及该路点到每个后续每个路点的路径。移动命令设置不适用于移动命令下从最后一个路点延伸的路径。

### TCP 选择

根据 TCP 是使用用户定义的 TCP 还是激活 TCP 来设置，可以调整机器人在路点之间移动的方式。忽略激活 TCP 允许相对于工具法兰调整该运动。

### 在移动中设置 TCP

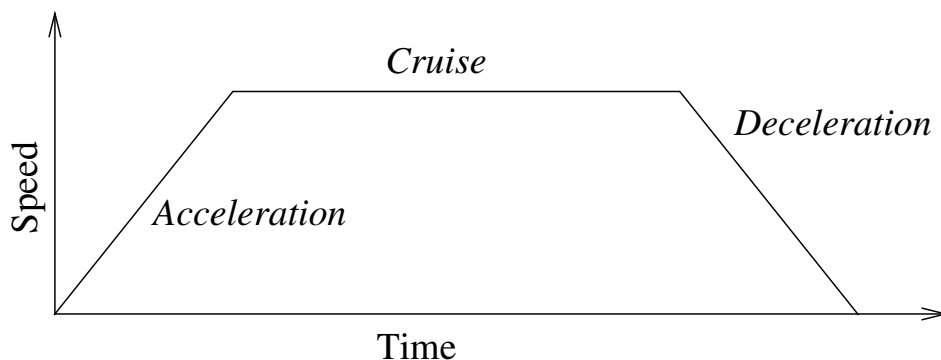


图 15.1: 运动的速度曲线。速度曲线分为三段：加速、稳速和减速。稳速阶段的速度水平由运动的速度设置而定，加速和减速阶段的陡度则由加速参数而定。

1. 进入程序选项卡屏幕设置用于路点的 TCP。
2. 在命令下，在右侧的下拉菜单中选择移动类型。
3. 在移动下，在 **设置 TCP** 下拉菜单中选择一个选项。
4. 选择使用激活 **TCP** 或选择用户定义的 **TCP**。  
您还可以选择忽略激活 **TCP**。

#### 特征选择

特征空间是移动命令下的路点，应该在指定这些路点时显示（参见第16.3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：

**相对路点** 所选特征对无影响。总是针对**基座**方向发生相对移动。

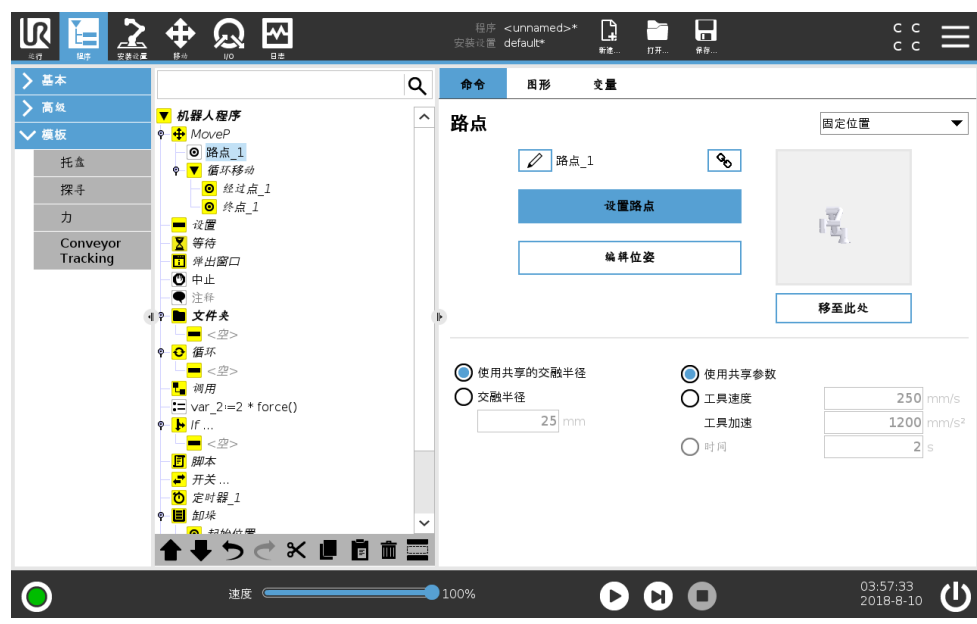
**可变路点** 当机器手臂移动到可变路点时，系统会将工具中心点 (TCP) 计算为所选特征空间中变量的坐标值。因此，如果选择另一特征，机器手臂向可变路点的移动将不同。

**特征变量** 您可以在程序运行时通过将位姿分配给其对应的变量来更改特征的位置。

#### 使用关节角度

作为 3D 位姿的替代方法，您可以在使用 **MoveJ** 定义使用机器人关节角度的路点时选择**使用关节角度**复选框。如果**使用关节角度**启用，则 **TCP** 和特征选项不可用。当程序在机器人之间移动时，不会调整使用**使用关节角度**定义的路点。

固定路点



机器人路径上的点。路点是机器人程序的核心要素，指示机器手臂移动到哪个位置。固定位置路点通过将机器手臂实际移至相应位置来示教。

示教路点

示教是用于向机器人显示如何根据应用的特征定位 TCP 的术语。如要向机器人示教一个路点，请按以下说明操作：

- 1. 在程序选项卡插入一个**移动节点**。
- 2. 在移动节点上，使用**设置 TCP** 下拉菜单设置 TCP。
- 3. 在移动节点上，使用**特征**下拉菜单选择一个特征。
- 4. 在路点节点上，使用**示教模式**或**缓慢移动**将机器人定位于目标配置。

使用路点

使用路点意味着在当前情况下应用特征与 TCP 之间的示教关系。应用于当前所选特征的特征与 TCP 之间的关系实现了期望的 TCP 位置。然后机器人计算出如何定位自己以使当前活动的 TCP 到达该 TCP 位置。如要使用一个路点，请按以下说明操作：

- 1. 在移动节点中使用现有路点，或将路点插入不同的移动节点（比如通过复制和粘贴或使用路点上的“链接”按钮）。
- 2. 设置目标 TCP。
- 3. 设置目标特征。

设置路点

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，不会停在它们之间的路点。

**示例** 以一个拾取和放置应用为例（参见图 15.2），在这里，机器人当前位于路点 1 (WP\_1)，它需要在路点 3 (WP\_3) 拾取一个对象。为避免与物体和其它障碍物 (O) 发生碰撞，机器人必须从路点 2 (WP\_2) 的方向接近 WP\_3。因此引进三个路点来创建一个满足要求的路径。

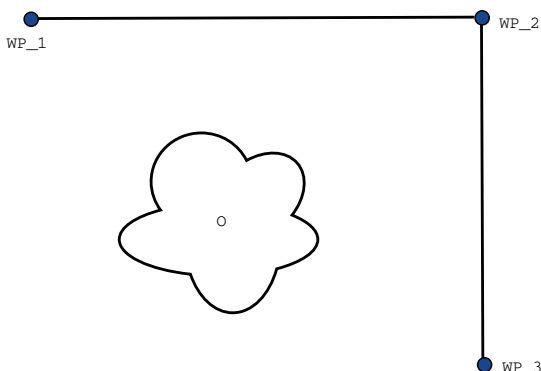


图 15.2: WP\_1: 初始位置, WP\_2: 通过点, WP\_3: 拾取位置, O: 障碍物。

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，因为平顺转动在满足要求的同时，所需要的时间和能量更少。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，即便机器人没有精确抵达 WP\_2 也是可接受的。

在 WP\_2 处停止可通过为路点配置一个交融，允许机器人计算进入下一个轨迹的平顺过渡来避免。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，还有多个参数将影响交融轨迹（参见图 15.3）：

- 交融半径 (r)
- 机器人的初始和最终速度（分别位于位置 p1 和 p2）
- 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）

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，因此不可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 15.4 所示。

**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 15.5 中的程序中，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。存在两个可能的结束位置，为确定哪一个是要交融的下一个路点，当输入交融半径时，机器人必须已经评估 digital\_input[1] 的当前读数。那意味着 if...then 表达式（或判断下一个路点的其它必要语句，如可变路点）在我们实际抵达 WP\_2 之前被评估，当审视程序序列时，这有点反直觉。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。

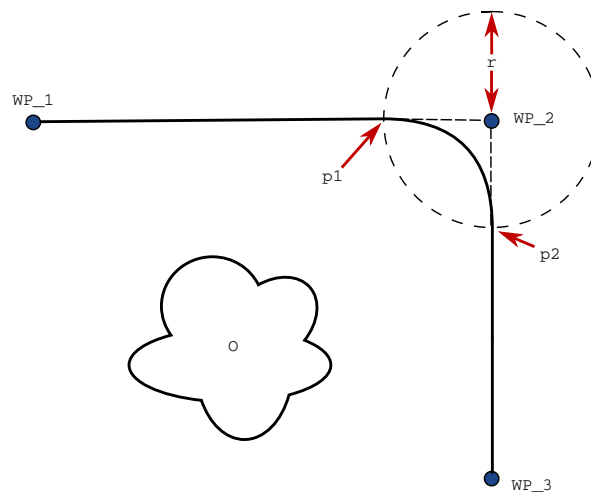


图 15.3: 与半径  $r$  在 WP\_2 上方交融，初始交融位置位于 p1，最后交融位置位于 p2。O 为障碍物。

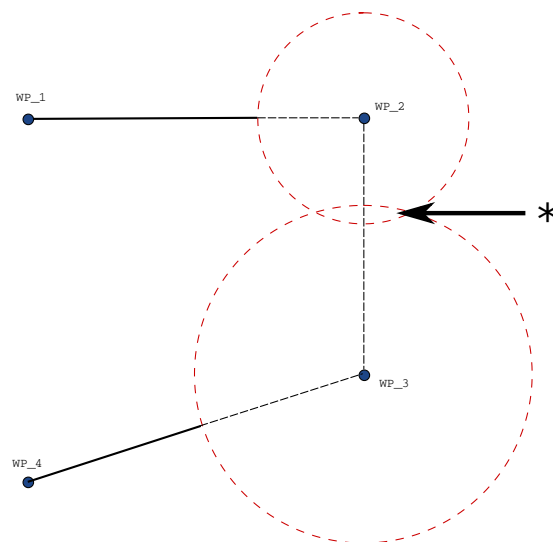


图 15.4: 不允许交融半径重叠 (\*)。

**交融轨迹** 根据移动类型（即 MoveL、MoveJ 或 MoveP）生成不同的交融轨迹。

- **MoveP 中的交融** 当在 MoveP 中交融时，交融的位置以恒定速度遵循圆弧路径。方向与两条轨迹之间的平滑插值交融。您可以交融 MoveJ 或 MoveL 到 MoveP 内。在这种情况下，机器人使用 MoveP 的圆弧交融，并插入两个运动的速度。您不可以交融 MoveP 到 MoveJ 或 MoveL 内。相反，MoveP 的最后一个路点被视为没有交融的停止点。如果两条轨迹处于接近 180 度（反向）的角度，则无法执行交融，因为它会创建一个半径非常小的圆弧，机器人无法以恒定速度遵循。这会导致程序中的运行时异常，这种情况可通过调整路点来纠正，以形成一个不太尖锐的角。
- **涉及 MoveJ 的交融** MoveJ 交融在关节区生成一条平滑的曲线。这适用于从 MoveJ 到 MoveJ、MoveJ 到 MoveL 和 MoveL 到 MoveJ 的交融。与没有交融的运动相比，交融产生更加平滑和更快的轨迹（见图 15.6）。如果使用速度和加速度来指定速度曲线，则在交融

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

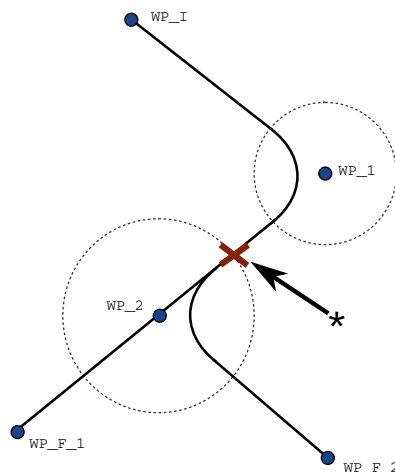


图 15.5: WP\_I 为初始路点，有两个潜在最终路点 WP\_F\_1 和 WP\_F\_2，取决于条件表达式。当机器手臂进入第二个交融时，条件 if 表达式被评估 (\*)。

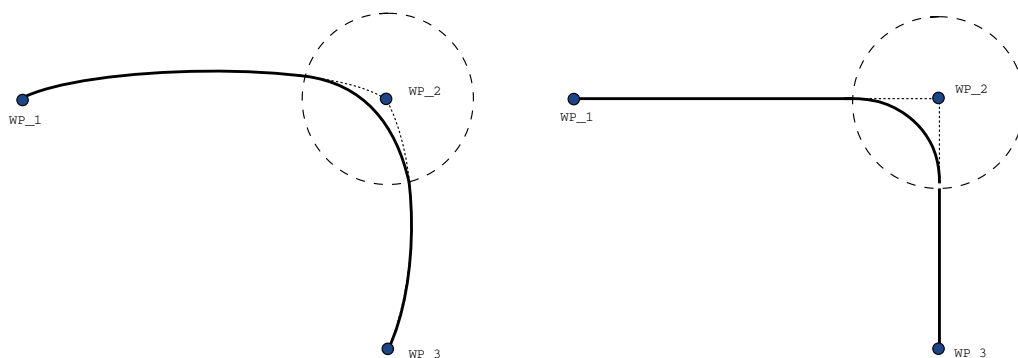
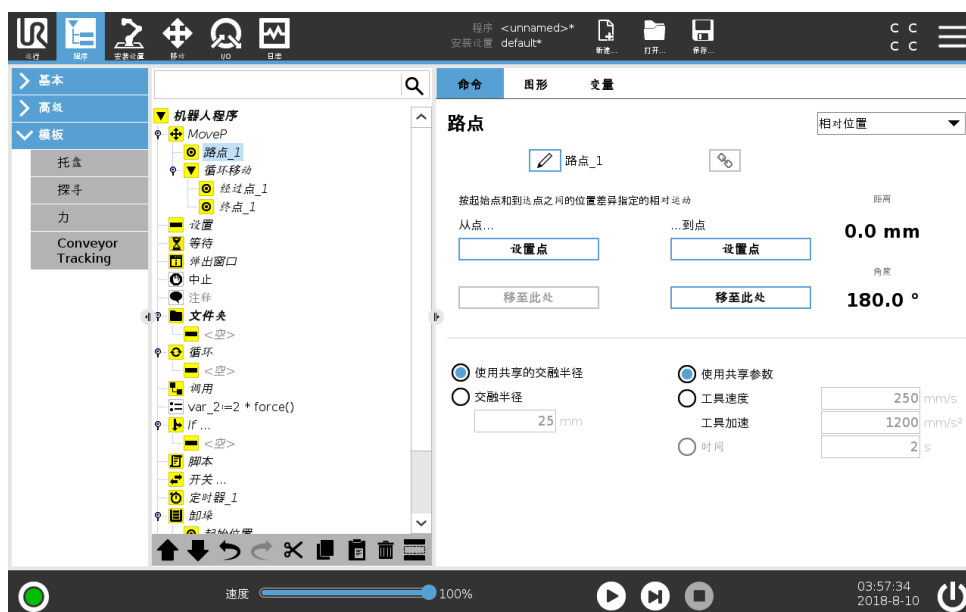


图 15.6: 关节空间 (MoveJ) 与笛卡尔空间 (MoveL) 移动和交融。

过程中，交融保持在交融半径内。如果使用时间代替速度和加速度来指定两个运动的速度曲线，则在轨迹未保持在交融半径内的情况下可能出现过冲。如果两个轨迹的时间大不相同，则会发生这种情况。

- **MoveL 中的交融**当在 MoveL 中交融时，交融的位置以恒定速度遵循圆弧路径。方向与两条轨迹之间的平滑插值交融。机器人可以在遵循圆弧路径之前在轨迹上减速以避免非常高的加速度（例如，如果两个轨迹之间的角度接近 180 度）。

## 相对路点

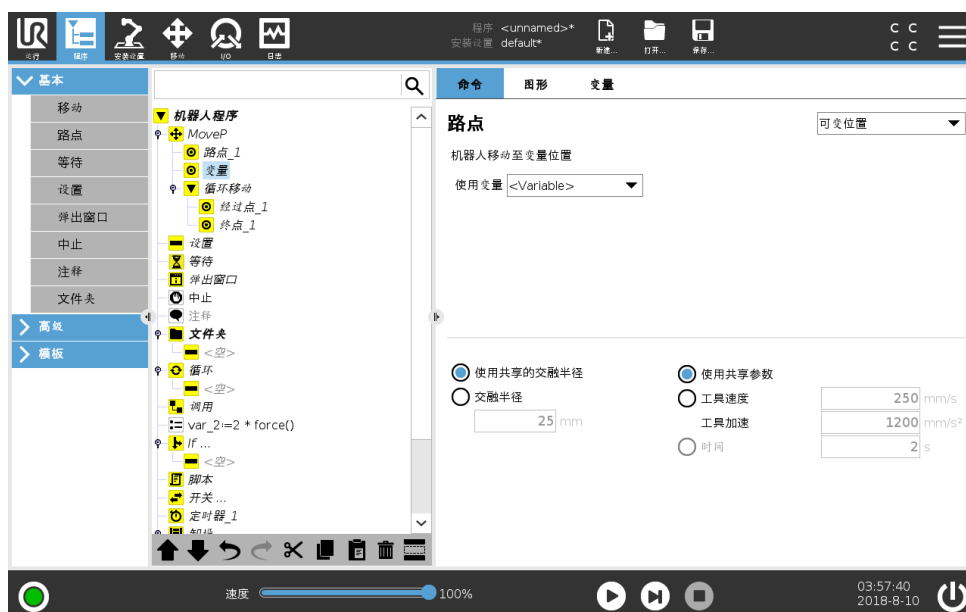


相对路点是指该路点的位置是以相对于机器人手臂上一个位置的位置差的方式给出的，例如“偏左两厘米”。相对位置是根据两个给定位置（从左至右）之间的差距而定义。

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。

## 可变路点



可变路点系指该路点的位置由变量给定，在此情况下，`calculated_pos` 即为变量。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，后三个数字表示方向，以旋转矢量表示，由矢量  $rx$ 、 $ry$ 、 $rz$  给定。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可变，或者交融半径设置在可变路点上，则不会检查交融半径是否重叠（参见 15.5.1）。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 20mm:

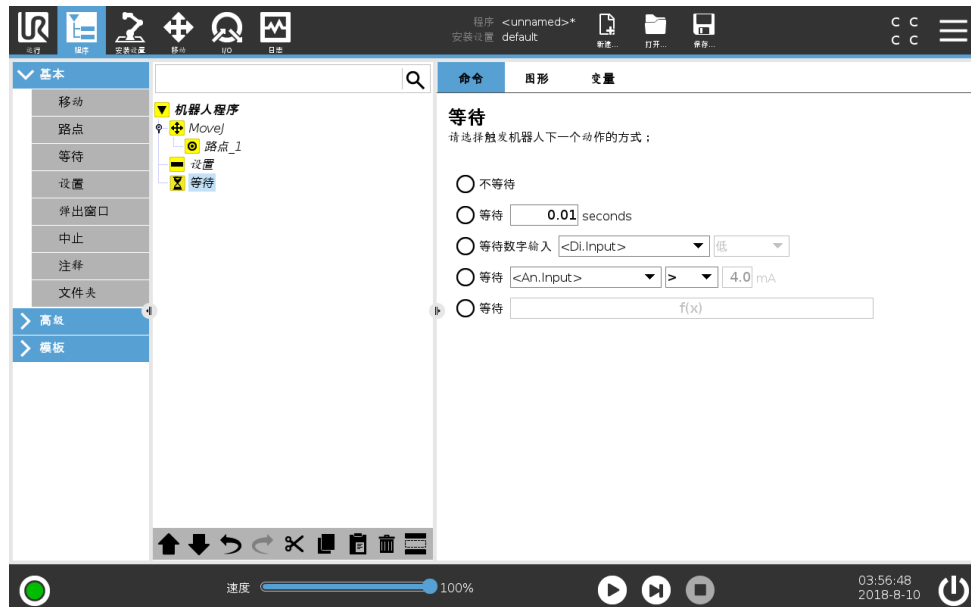
```
var_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
```

```
Move1
```

路点\_1（可变位置）：

使用变量=var\_1，特征=工具

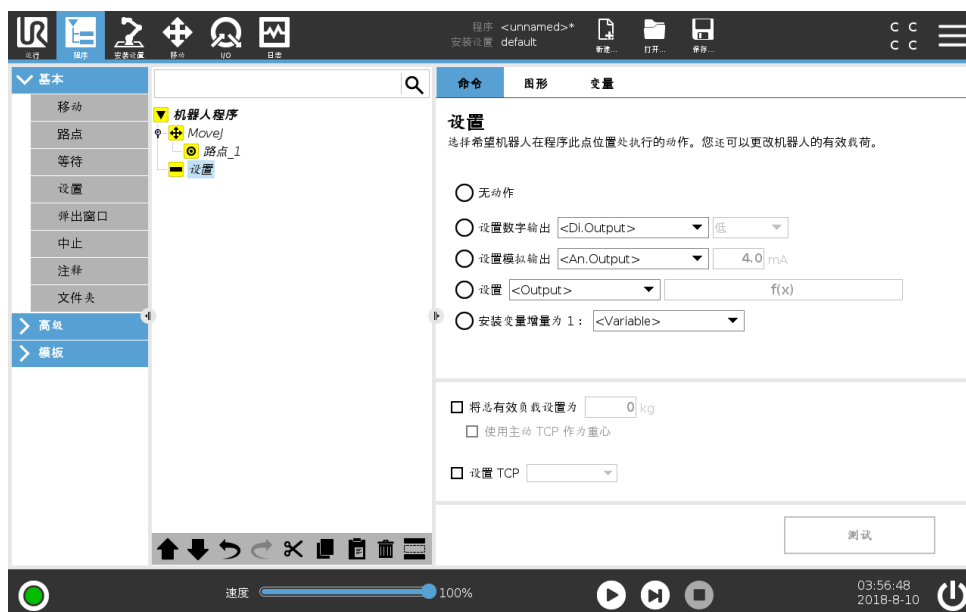
## 15.5.2 等待



等待指定的时间、I/O 信号或表达式。如果选择不等待，则会什么也不做。

注意：一旦启用了工具通信接口 TCI，工具模拟输入不可用于等待选择和表达式（参见 16.1.10）。

### 15.5.3 设置

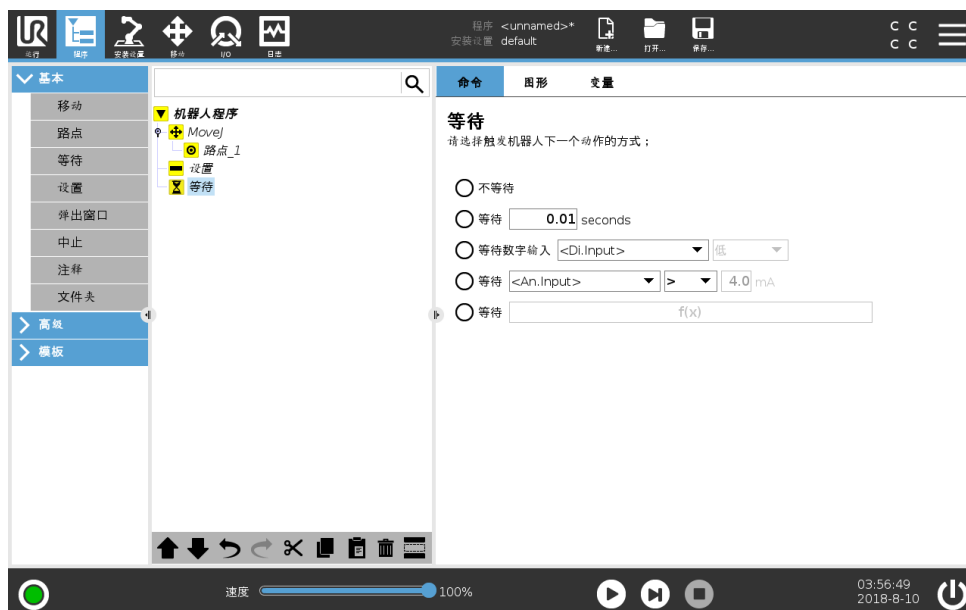


将数字输出或模拟输出设置为给定值。

命令也可用来设置机器人手臂的有效负载。如果工具处承受的重量与预期有效负载不同，可能需要调整有效负载重量，以避免触发机器人保护性停止。作为默认值，激活的 TCP 也可用作重心。如果激活的 TCP 不能用作重心，可以取消选中复选框。

激活的 TCP 也可以使用设置命令修改。只需勾选复选框，并从菜单中选择一个 TCP 偏移。如果在编写程序时已知特定动作的激活 TCP，您可以通过点击左侧的基本菜单中的移动来使用 TCP 选择（参见 15.5.1）。关于配置指定 TCP 的更多信息，（请参见 16.1.1）。

### 15.5.4 弹出窗口

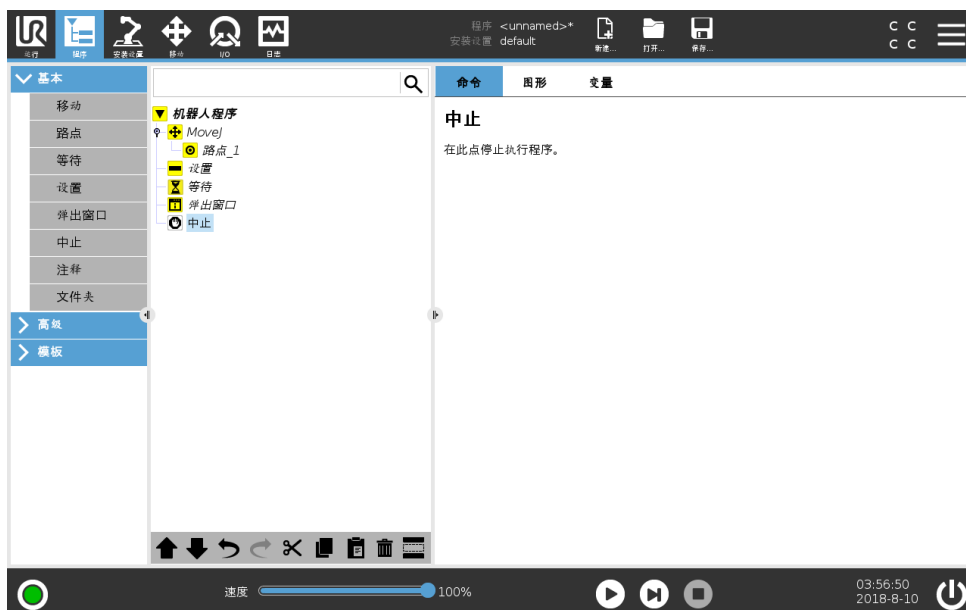


利用弹出窗口命令可指定一则消息，程序运行至此命令时在屏幕上显示该消息。您可以选择消息的样式，通过屏幕键盘可输入消息文本。显示弹出窗口后，机器人将等待用户/操作员按下窗口

中的“确定”按钮，然后才继续运行程序。如果选中“中止程序执行”，机器人程序将在弹出此消息窗口时中止运行。

注意：消息被限制为最多 255 个字符。

### 15.5.5 中止



程序将在该点停止运行。

### 15.5.6 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。

### 15.5.7 文件夹



文件夹命令用于整理程序并给具体的程序部分加注标签，以使程序树清晰明了，程序更易于读取和浏览。

文件夹对程序及其执行没有影响。

## 15.6 高级程序节点

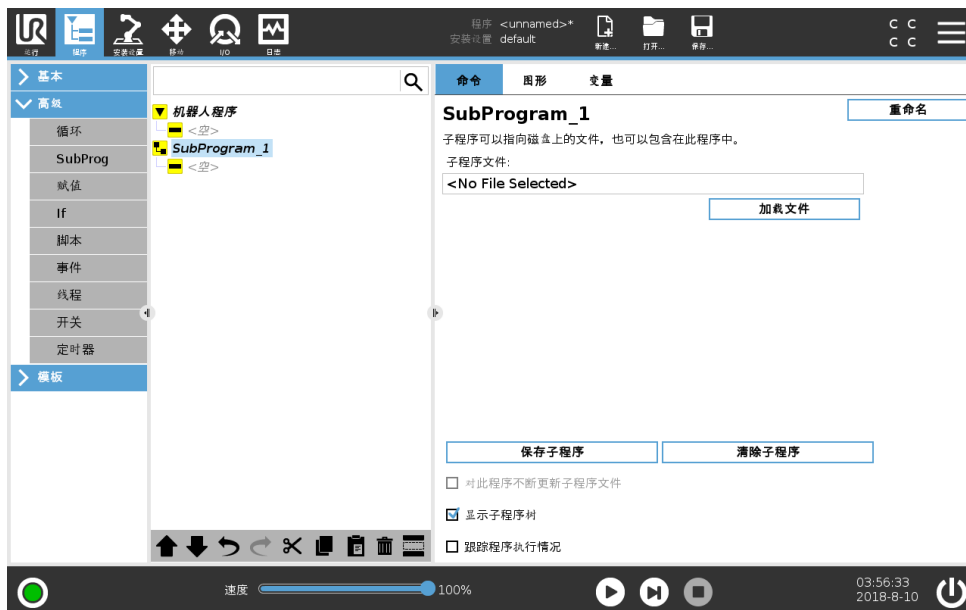
### 15.6.1 循环



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，程序将创建一个专用循环变量（即上面截屏中所谓的 loop\_1），此变量可在循环内部的表达式中使用。循环变量从 0 开始计数，直至  $N - 1$ 。

如果循环命令的结束条件是一个表达式，PolyScope 允许选择持续判断该表达式，因此，执行循环期间可随时中断“循环”，而不是只在每次迭代运行之后中断。

## 15.6.2 SubProgram



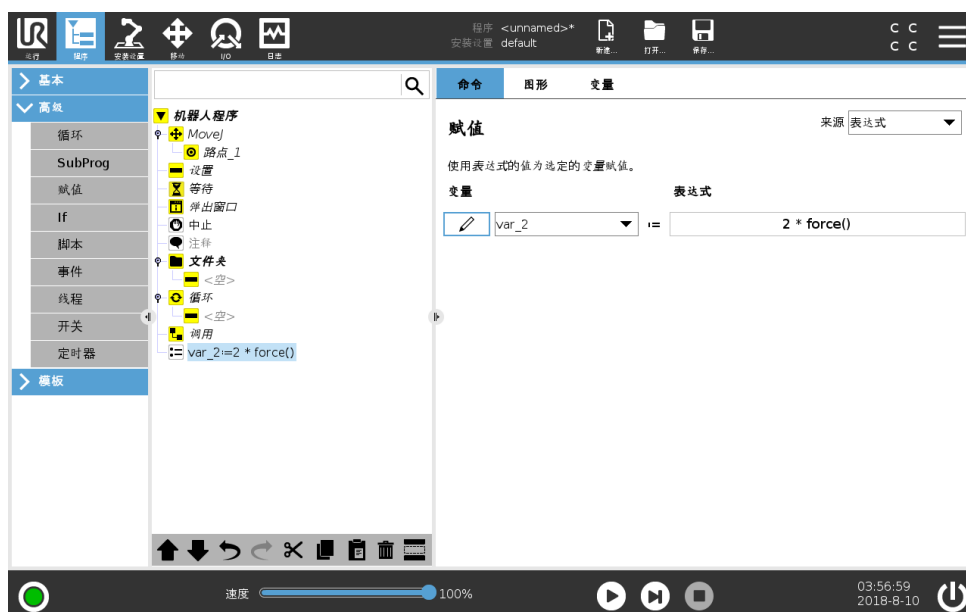
“子程序”命令可以将所需的程序部分存放在多个位置。子程序可以是磁盘上的独立文件，也可以隐藏以免被意外修改。

### 调用 SubProgram



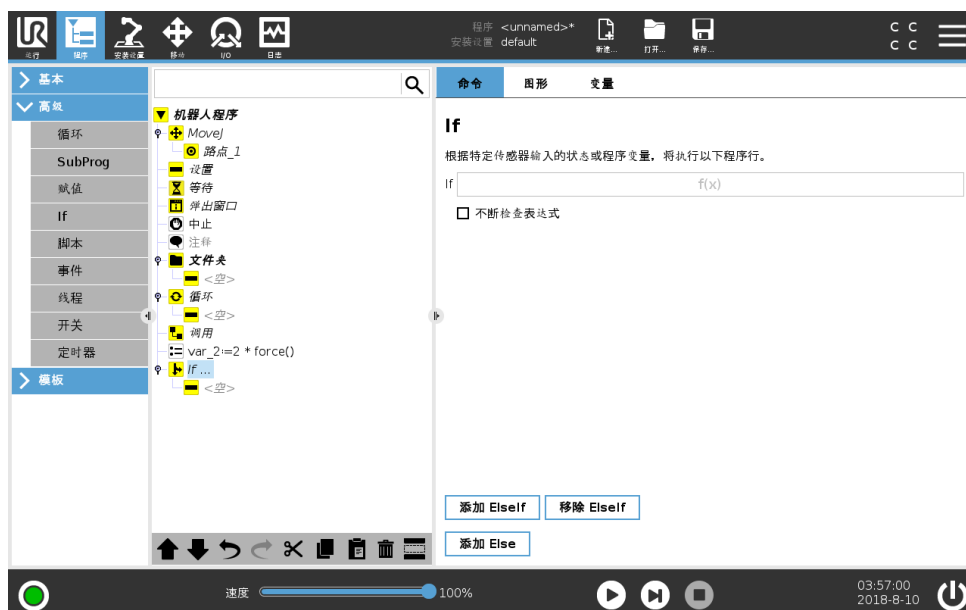
调用子程序时将运行子程序中的程序行，运行完子程序中的程序行后再返回到程序的下一行继续运行。

### 15.6.3 赋值



为变量赋值。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。

### 15.6.4 If



**If...else** 命令结构可以根据传感器输入或变量值来改变机器人的行为。使用表达式编辑器来描述机器人遵循此 **If** 命令语句的条件。如果条件为真，则将执行此 **If** 命令内部的语句。

**If** 命令可以有多个 **Elseif** 语句，可以使用 **<Add Elseif** 和 **Remove Elseif** 按钮添加和删除这些语句。但是，**If** 命令只能有一个 **Else** 语句。

注意：您可以选择**不断检查表达式**复选框以在执行所含的命令时，判断 **If** 和 **Elseif** 语句的条件。如果 **If** 命令中的表达式评估为假，则遵循 **Elseif** 或 **Else** 语句。

## 15.6.5 脚本



使用此命令可访问由机器人控制器执行的底层实时脚本语言。这是专门针对高级用户的，使用指南可以在支持网站上的脚本手册中找到 (<http://www.universal-robots.com/support>)。

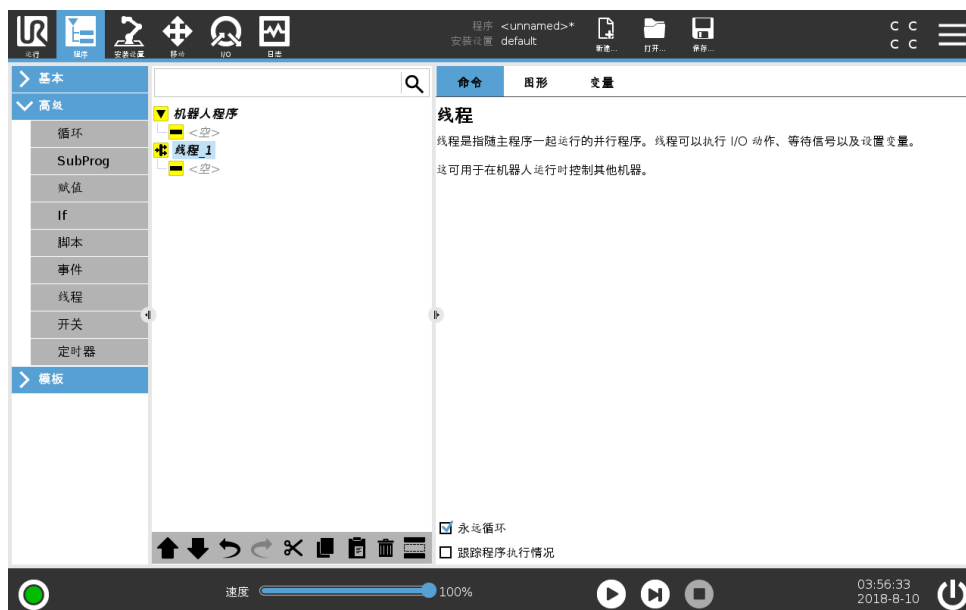
如果在右上角选中“文件”选项，可以创建和编辑脚本程序文件。通过此方式，可以将长而复杂的脚本程序与 PolyScope 软件提供的界面友好的操作员编程功能配合使用。

## 15.6.6 事件



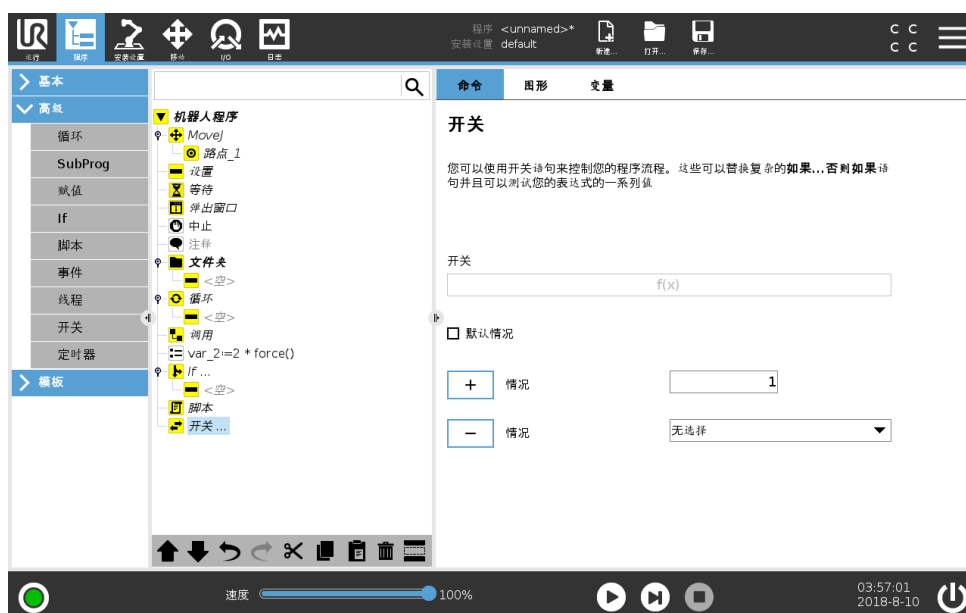
“事件”命令可用于监控输入信号，以及在输入信号呈高电平时执行某个动作或设置变量。例如，当输出信号呈高电平时，事件程序可等待 200ms，然后将其重新设置为低电平。这样，如果外部机器上的触发机制是上升沿而非高输入电平时，主程序代码要简单得多。每个控制循环 (8ms) 对事件进行一次检查。

### 15.6.7 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。

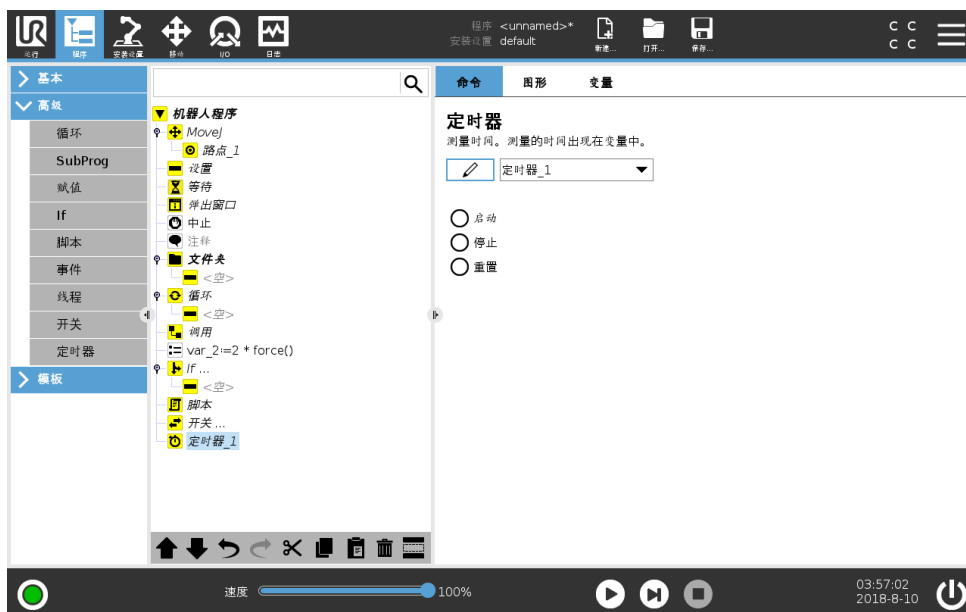
### 15.6.8 开关



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**可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。如果条件被评估为匹配其中一种情况，则执行情况命令内的行。如果默认情况命令已指定，那么只有当没有找到其他匹配的情况时，行才会被执行。

每个开关命令可以包含多个情况命令和一个默认情况命令。开关命令只能有一种情况，那就是任何情况值都已定义。情况命令可使用屏幕上的按钮添加。情况命令可从该开关屏幕上移除。

## 15.6.9 定时器



定时器测量机器人特定部件运行所需的时间长度。程序变量

## 15.7 模板

## 15.7.1 托盘



托盘操作可以在以模式形式给定的一组位置执行运动序列（参见15.7.1.1）。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

编程步骤如下：

1. 定义模式。

2. 确定用于在每个点拾取/放置工件的**托盘序列**。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线。

### 托盘序列/锚式序列

在**托盘序列**节点中，机器人手臂相对于托盘位置而运动。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。

勿在序列中使用**移动**命令，因为该命令的运动不是相对于锚点位置。

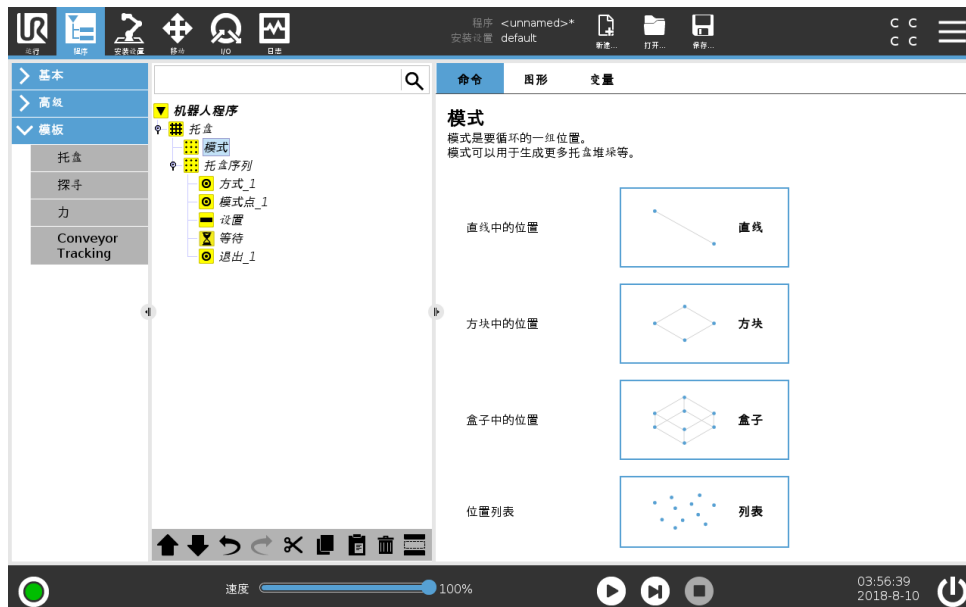
### “BeforeStart”

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

### “AfterEnd”

可选的 **AfterEnd** 序列在操作完成后运行。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。

#### 15.7.1.1 模式



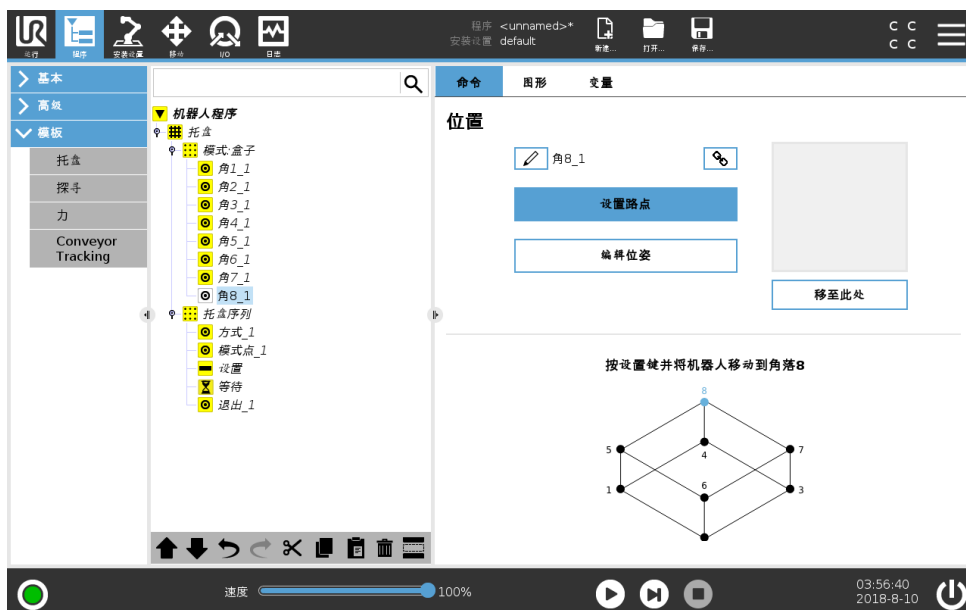
**模式**命令可用于在机器人程序中指示机器人循环通过各个位置。每次执行**模式**命令时，其均与一个位置相对应。

模式可分为四种类型。前三种分别是**直线**、**方块**和**盒子**，这三种可用于表示符合正规模式的位置。正规模式通过定义模式各边的多个特征点来定义。**直线**模式由两个端点来确定，**方块**模式由四个角点中的三个角点来确定，**盒子**由八个角点中的四个角点来确定。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正规模式，可以选择**列表**选项，程序员可在其中指定包含所有位置的位置列表。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，屏幕将变成如下图所示。



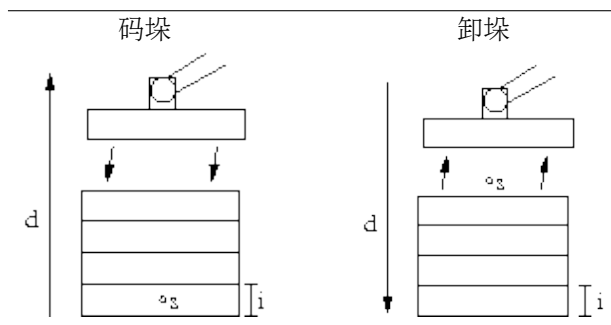
盒子模式使用三个矢量定义盒子的边。这三个矢量由四个点确定，第一个矢量从点一至点二，第二个矢量从点二至点三，第三个矢量从点三至点四。每个矢量按输入的间隔计数进行划分。模式中的具体位置只需按比例添加间隔矢量即可计算得出。

直线和方块的原理方式与此类似。

机器人经过各个模式位置，程序会使用一个计数变量。您可在**模式**命令屏幕中看到这个变量的名称。变量从数字 0 一直循环增加至  $X * Y * Z - 1$ （模式中的点数）。此变量可通过赋值命令进行操作，并可在表达式中使用。

### 15.7.2 探寻

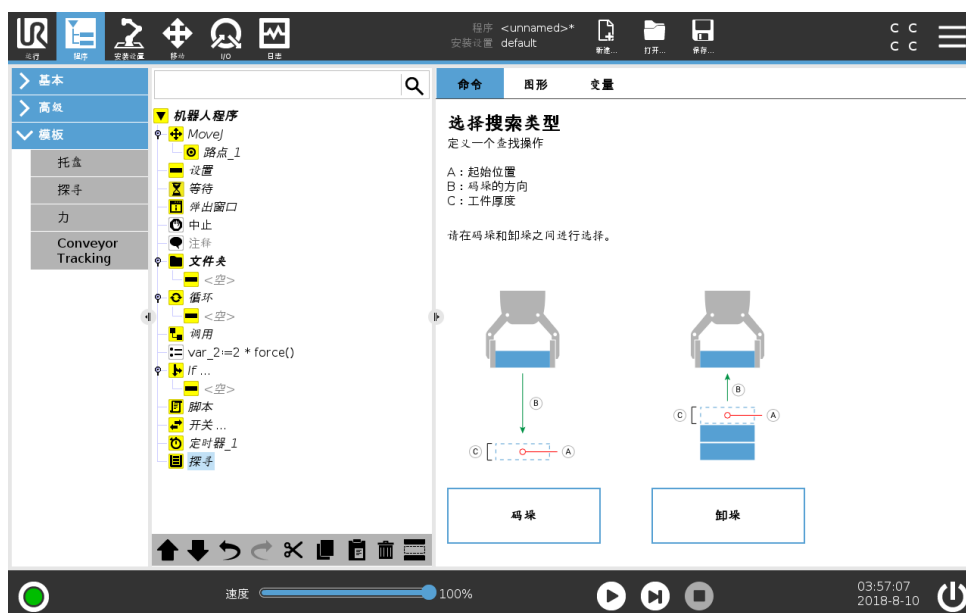
探寻命令使用传感器确定机器人工具何时抵达可以抓取或放下工件的正确位置。传感器可以是按钮开关、压力传感器或电容传感器。此功能适用于处理厚度不一的工件堆垛或工件的精确位置无从知晓或难以编程的情况。



编写用于处理堆垛探寻操作程序时，必须定义  $s$ （起始点）、 $d$ （堆垛方向）和  $i$ （堆垛中的工件厚度）。

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堆垛位置。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，机器人手臂从起始位置沿着指定方向移动，搜索下一工件。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。如果忘记定义起始位置，堆垛操作将从机器人手臂当前位置开始。

## 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。当表达式结果为真时，将执行特定序列。

## “BeforeStart”

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

## “AfterEnd”

可选的 AfterEnd 序列在操作完成后运行。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

与托盘操作（15.7.1）类似，机器人在每个堆垛位置会执行一个特定程序序列。

## 15.7.3 力

**力模式**允许可选轴在机器人工作空间内具有柔顺性和力。在力命令下，机器人手臂的所有移动都处于**力模式**。机器人手臂在**力模式**下移动时，可以选择一个或多个轴为机器人手臂的柔性轴。机器人手臂将沿柔性轴适应环境。这意味着机器人手臂将自动调节自身的位置以达到所需的力。也可以让机器人手臂自身对其环境（如工件）施加一个力。

**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度必须达到的情况。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一定扭矩的情况。

注意：如果某个设置了非零力度的轴没有遇到障碍物，机器人手臂将尝试沿着该轴加速。

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。



**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时所定义的特征（参阅 16.3）。

**力模式类型**

力模式有四种不同的类型，每种类型定义一种对所选特征的理解方式。

- **简单:** 在力模式下将只有一个柔性轴。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应用。在这里，所有六个自由度的柔顺性和力都可以单独选择。
- **点:** 选择了点时，任务框架会让 **y** 轴从机器人 **TCP** 指向所选特征的起点。机器人 **TCP** 与所选特征的起点之间的距离必须至少为 **10 mm**。请注意，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。

请注意，当机器人手臂不再移动时：如果在机器人手臂站立不动时进入力模式，在 **TCP** 速度高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，当机器人正在力模式下工作时，实际任务框架可在运行时在图形选项卡 (15.3) 上查看。

## 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]。



### 注意:

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。

## 速度限值

可为柔性轴设置最大笛卡尔速度。只要不与物体接触，机器人就以力控制的速度移动。

## 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，机器人将仿照程序已达到此力命令的情况来进行工作。通过这一方法，可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。只需要用一只手握住机器人 TCP，另一只手按**自由驱动**按钮，并注意机器人手臂能够/不能够移动的方向。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**按钮再次用于正常**自由驱动**模式。

注意：仅当为力命令选择了有效的特征时，**自由驱动**按钮才有效。

### 15.7.4 输送机跟踪

可对机器人进行配置以跟踪输送机的移动。输送机跟踪在安装选项卡中定义。配置正确时，机器人将调整其运动以跟随输送机。输送机跟踪设置（请参阅第16.1.7节）提供配置机器人的选项，使其与绝对和增量式编码器以及线性和圆形输送机一起工作。输送机跟踪程序节点位于模板下的程序选项卡中。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。

## 15.8 第一个程序

程序是一个告诉机器人该做什么的命令列表。**PolyScope** 允许只有很少编程经验的人员编程机器人。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**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 17）将机器手臂移动到所需的位置，或者通过将机器手臂拉到就位来示教位置，教导器顶部后面的自由驱动按钮。

除了移动通过路点外，程序还可在机器人路径中的特定点处向其他机器发送 I/O 信号，并可根据变量和 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. 在 PolyScope 标题文件路径中，点击**新建...** 并选择**程序**。
2. 在基本下，点击**路点**以将路点添加到程序树中。默认的 **MoveJ** 也被添加到程序树中。
3. 选择新的路点，然后在命令选项卡中，点击**路点**。
4. 在移动工具屏幕上，按移动箭头移动机器手臂。  
您也可以通过按住自由驱动按钮并将机器手臂拉到所需的位置来移动机器手臂。
5. 一旦机器手臂就位，按 **OK** 键，新的航路点显示为路点 \_1。
6. 按照步骤 2 到 5 创建路点 \_2。
7. 选择路点 \_2 并按下向上箭头，直到它位于路点 \_1 之上以更改移动的顺序。
8. 站在离开机器人的位置，按住紧急停止按钮并在 PolyScope Footer 中，按住机器手臂的**播放**按钮，在路点 \_1 和路点 \_2 之间移动。  
恭喜！您现已编完了您的第一个机器人程序，该程序可指示机器手臂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。

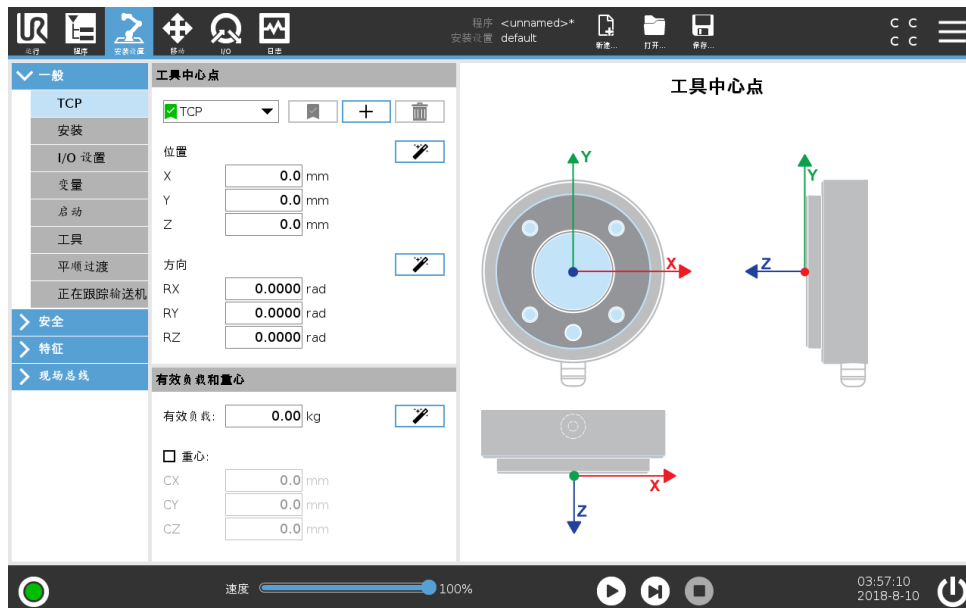


## 16 安装设置选项卡

### 16.1 通用

安装选项卡允许您配置影响机器人和 PolyScope 整体性能的设置。

#### 16.1.1 TCP 配置



工具中心点 (TCP) 是机器人工具的点。设置工具中心点屏幕的安装选项卡定义和命名了 TCP (如上所示)。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。

X、Y 和 Z 坐标决定了 TCP 的位置, 而 RX、RY 和 RZ 坐标决定了其方向。当所有值均为零时, 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。

#### 添加、修改和删除 TCP

要定义新的 TCP, 请点击**新建**按钮。所创建的 TCP 会自动获取一个唯一的名称, 并出现在下拉菜单中供选择。所选 TCP 的转换和旋转可以通过点击相应的空白文本字段并输入新值来修改。要删除所选的 TCP, 只需点击**删除**按钮。最后一个剩余 TCP 无法删除。

#### 默认和激活的 TCP

在可用 TCP 下拉菜单中, 默认 TCP 的名称左侧有一个绿色复选标记图标。要将 TCP 设置为默认, 请选择所需的 TCP 并点击**设为默认**。

TCP 偏移量被指定为激活的, 以确定笛卡尔坐标系统空间中的所有线性运动。用户可在图形选项卡 (参见 15.3) 上观看激活 TCP 的运动。在程序运行之前, 默认 TCP 被设置为激活 TCP。在程序中, 任何指定 TCP 都可设为激活的 TCP 用于机器人的特别移动 (参见 15.5.1 和 15.5.3)。

## 示教 TCP 位置



TCP 位置坐标可通过以下步骤自动计算：

1. 点击 **TCP 位置向导**。
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. 用**设置**按钮将验证过的坐标应用到合适的 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. 点击 **TCP 方向向导**。
2. 从下拉列表选择一个特征。（请参阅 16.3）了解有关定义新特征的更多信息
3. 点击**选择点**并使用**移动工具箭头**到工具的方向和相应的 TCP 与所选特征的坐标系统重合的位置。
4. 验证计算所得的 TCP 方向，并使用**设置**将其应用于所选的 TCP 上。

## 负载

机器人工具的重量在屏幕下方指定。要更改此设置，只需轻按白色文本字段并输入新的重量。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，请参见硬件安装手册。

## 有效载荷估计

此功能允许机器人帮助设置正确的有效载荷和重心。

### 使用有效载荷估算向导

1. 在安装选项卡的常规下，选择 **TCP**
2. 在 TCP 屏幕上，在有效载荷和重心位置点击**有效载荷和重心位置向导**。
3. 在有效载荷估计向导中点击**下一步**
4. 按照步骤设置四个位置。  
设置四个位置需要将机器手臂移动到四个不同的位置。每个位置都被测量。单击测量可以通过点击重心字段并输入值来修改。
5. 所有测量完成后，点击**完成**



#### 注意:

遵循以下准则以获得最佳有效载荷评估结果:

- 确保四个 TCP 位置彼此尽可能不同
- 在短时间内执行测量



#### 警告:

- 避免在估计之前和期间拉动工具和/或附加的有效载荷
- 机器人安装和角度必须在安装中正确定义

## 重心

使用 CX、CY 和 CZ 区域指定工具的重心。如果未指定，则认为 TCP 是工具的重心。这些设置适用于所有定义的 TCP。



#### 警告:

使用正确的安装设置。用程序保存并加载安装文件。

## 16.1.2 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。

高级动力学模型确保机械手臂平稳精确地运动，并使机械手臂处于自由驱动模式自由驱动时能够自我支撑。为此，机械手臂的安装务必设置正确，这一点至关重要。



## 警告:

如果没有正确地设置机器手臂的安装，这将导致频繁的安全停止，和/或机器手臂在自由驱动按钮按下时会活动。

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，如果机器手臂采用吊顶式、壁挂式安装或呈一定角度安装，则需使用屏幕中的按钮对其进行调整。

屏幕右侧的按钮可用于设置机器手臂的安装角度。右侧前三个按钮可将角度设置为吊顶 (180°)、墙壁 (90°)、地面 (0°)。倾斜按钮设置任意角度。

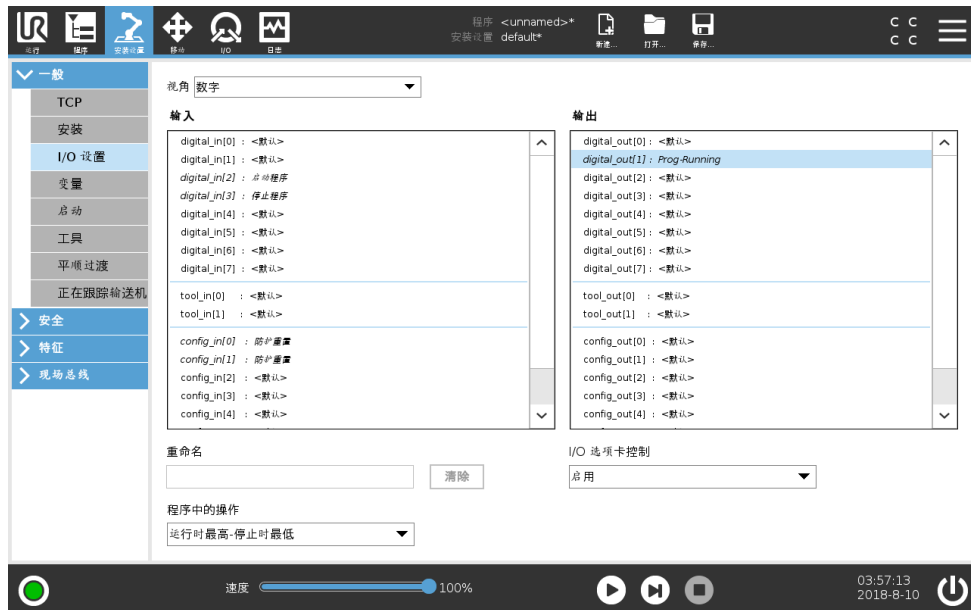
屏幕底部的按钮用于旋转机器手臂的安装角度，以与实际安装角度保持一致。



## 警告:

使用正确的安装设置。用程序保存并加载安装文件。

### 16.1.3 I/O 设置



在 I/O 设置屏幕上，用户可以定义 I/O 信号并使用 I/O 选项卡控件配置操作。

注意：当工具通信接口 **TCI** 被启用时（参见 16.1.10），工具模拟输入将变得不可用。

输入和输出部分列出了 I/O 信号的类型：

- 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）通用寄存器可以访问，例如，通过现场总线（如 Profinet 和以太网/IP）。

#### 16.1.4 I/O 信号类型

若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更改根据信号类型所显示的内容。

#### 16.1.5 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，请点击清除。

必须给通用寄存器一个用户定义的名称以使其在程序中可用（即：针对 **Wait** 命令或 **If** 命令的条件表达式）在 (15.5.2) 和 (15.6.4) 中分别描述了 **Wait** 和 **If** 命令。已命名的通用寄存器位于表达式编辑器屏幕的输入或输出选择器中。

### 16.1.6 I/O 操作和 I/O 选项卡控件

**输入操作** 标准通用数字输入、两个数字工具输入、布尔型通用输入寄存器和不用于安全功能的可配置输入（参见 2.1）可以设置为触发操作。可用的操作：

- 启动当前程序
- 停止当前程序
- 暂停当前程序

此外，当输入为高/低时，可以配置一个动作进入或离开自由驱动模式。（类似于使用示教盒示教盒背面的）。

**输出操作** 默认情况下，输出在程序停止运行后保留其值。这些数字输出类型可以具有以下输出操作：

- 数字输出
- 工具输出
- 可配置输出
- 通用布尔输出
- 数字 MODBUS 输出
- 模拟输出（输出达到最大值或最小值）

可用的操作：

未运行时最低：程序状态为“已停止”或“已暂停”时输出为低。

未运行时最高：程序状态为“已停止”或“已暂停”时输出为高。

不运行时输出为高，停止时输出为低：程序状态为“已停止”或“已暂停”时输出为低，运行时输出为高。

**I/O 选项卡控制** 还可以指定是否可以在 I/O（由程序员或操作员和程序员合作），或指定是否只有机器人程序可更改输出值。

### 16.1.7 输送机跟踪

当使用输送机时，可对机器人进行配置以跟踪它的移动。输送机跟踪设置提供配置机器人的选项，使其与绝对和增量式编码器以及线性和圆形输送机一起工作。

#### 输送机参数

**增量式** 编码器可连接数字输入端 0 ~ 3。数字信号的解码以 40kHz 的频率运行。利用正交编码器（要求两个输入端），机器人将能够确定速度与输送机方向。如果输送机的方向恒定，可利用单个输入端来检测上升、下降或上升和下降边缘以确定输送机的速度。

**绝对** 编码器可以通过 MODBUS 信号连接。这需要在（第 16.4.1 节）中预先配置一个数字式 MODBUS 输入寄存器。

#### 线性输送机

当选择了线性输送机时，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。直线特征应与输送机的方向平行，在定义直线特征的两点之间应有一个较大的距离。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，使用**反向**按钮。

**每米勾号数量** 字段表示当输送机移动一米时编码器生成的勾号的数量。

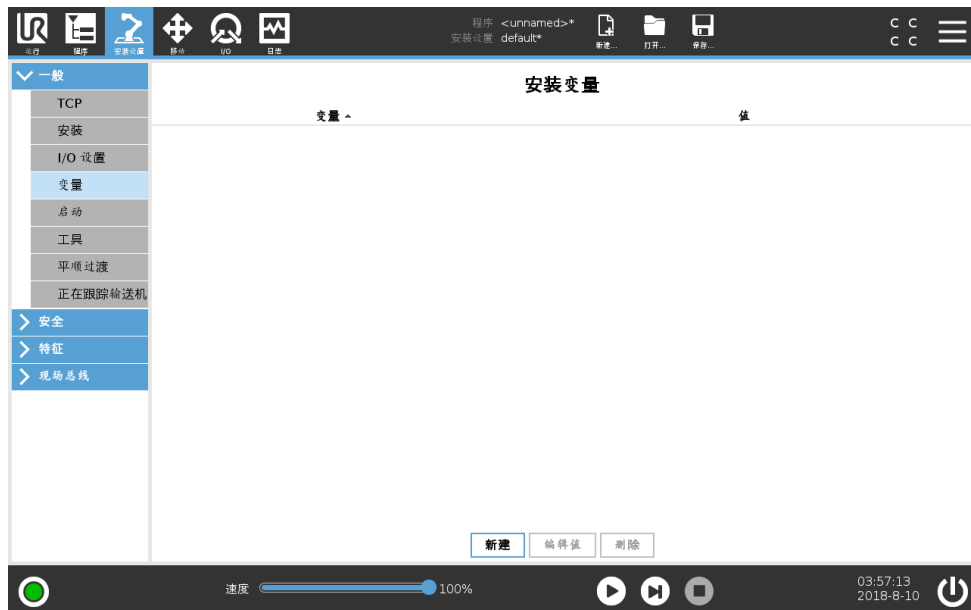
$$\text{每米勾号数量} = \frac{\text{编码器每转的勾号数}}{2\pi \cdot \text{编码器圆盘半径 [m]}} \quad (16.1)$$

## 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. 在安装的**特征**部分中定义中心点。**每转勾号数量**必须是当输送机旋转一整圈时编码器生成的勾号数量。
2. 如果工具的方向应该与输送机相对，请选择**用输送机旋转工具**复选框（例如：如果工具垂直于输送机，则在运动过程中它将保持垂直）。
3. 如果方向应该由轨迹控制，请取消选中**用输送机旋转工具**复选框。

### 16.1.8 变量



变量屏幕创建的变量称为安装设置变量，可以像一般的程序辩论一样使用。安装设置变量非常特殊，因为即使当程序被中断而后再重新启动，以及当机器手臂和/或控制箱断电而后再重新上电，它们的值依然保留着。它们的名称和值都储存在安装设置中，因此可以在多个程序中使用相同的变量。

创建新的安装变量

| 名称      | 值 |
|---------|---|
| i_var_1 | = |

按**新建**，板上将出现含有新变量建议的名称。该变量名称可以更改，变量值可以通过触摸文本字段输入。只有在这个新名称在该安装设置没有使用的情况下，才可以点击 **OK**-按钮。

将列表中的变量高亮，按后点击**编辑数值**，可以更改安装设置变量值。

要删除变量，选中它，然后单击**删除**。

安装设置变量配置结束后，需保存安装设置本身，从而保存配置，（参见 **??**）。

安装设置变量及其值每 10 分钟会自动保存一次。

如果加载了程序或安装设置，并且一个或一个以上的程序变量与安装设置变量的名称相同，用户将可选择解决这一问题：选用名称相同的安装设置变量而不是程序变量，或对相冲突的变量进行自动更名来解决问题。

## 16.1.9 启动



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。
3. 在运行已启用自动启动和自动初始化的程序之前，您必须处于远程控制模式。

**加载启动程序**

控制箱接通电源后将加载默认程序。此外，当输入**运行程序**屏幕（请参阅 14）被输入，且不加载任何程序时，默认程序会自动加载。

**开启启动程序**

默认程序可在**运行程序**屏幕中自动启动。当默认程序被加载，并且特定的外部输入信号边缘过渡被发现，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**屏幕或点击仪表板上的停止按钮将使自动启动特征失效，直到再次按压运行按钮。

**自动初始化**

机器手臂会自动初始化。对于特定的外部输入信号边缘过渡，机器手臂将完全被初始化，而不考虑可见屏幕。

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，就必须在初始化屏幕（请参阅 ??）中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转换会立即启动机器手臂。

16.1.10 工具



工具通信接口 **TCI** 可以通过机器人工具模拟量输入与连接的工具进行通信。这消除了对外部布线的需要。

一旦工具通信接口被启用，所有的工具模拟输入都不可用。

启用工具通信接口

1. 在 Polyscope 中，点击 **启用按钮** 编辑波特率、奇偶校验位和停止位。
  2. 在相关的下拉菜单中，选择适当的值。您可以通过点击文本字段并输入新值来编辑 **发送和接收空闲字符**。
  3. 点击 **禁用按钮** 禁用 TCI。
- 注意：值的任何变化都会立即发送到该工具。如果任何安装值与工具使用的值不同，会出现一个警告。

禁用的模拟输入

启用 **TCI** 后，工具模拟输入不可用于安装的 **I/O 设置**，并且不会出现在输入列表中。工具模拟输入也不可用于 **等待选择** 和 **表达式**。

**I/O** 的工具输入部分将显示从工具接收到的参数，而不是模拟值。

16.1.11 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。

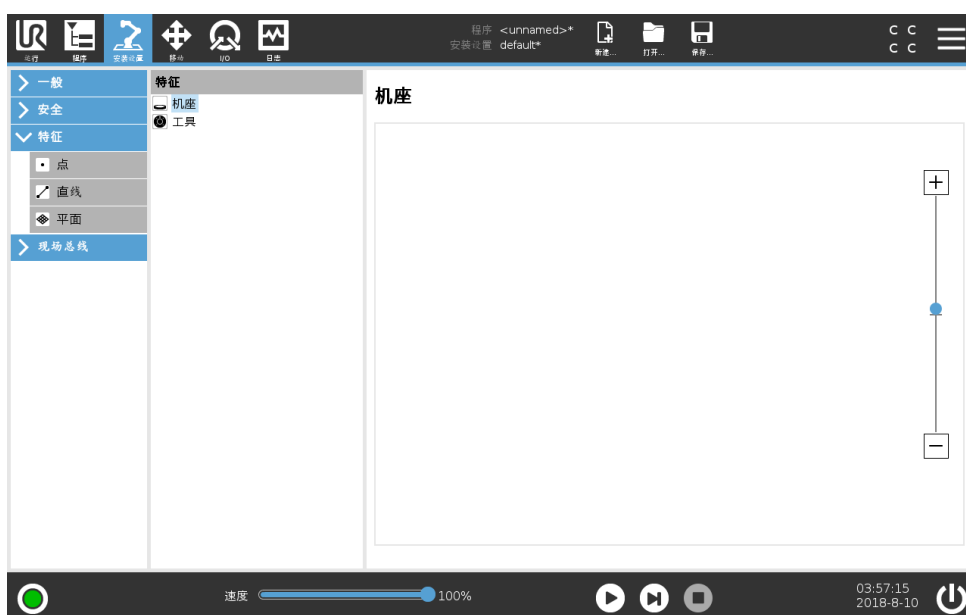
## 调整加速/减速设置

1. 点击页眉的**安装**。
2. 在左侧菜单的**常规**下，选择**平顺过渡**。
3. 选择**硬**来获得更高的加速/减速  
或选择**软**来获得更平顺的默认过渡设置。

## 16.2 安全

参见第 13 章。

## 16.3 特征



**特征**是已经与以供将来参考的名称和相对于机器人底座的六维位姿（位置和方向）定义这种物体的表示。

机器人程序的某些子部分包括相对于除机械手臂底部之外的特定物体执行的运动。这些物体是机械手臂周边的桌子、其他机器、工件、输送机、托盘、观察系统、坯料或边界。机器人始终存在两个预定义功能。每个特征的姿势都由机器手臂本身的配置定义：

- 底座特征原点位于机器人基座的中心（见图16.1）
- 工具特征原点位于当前 TCP 的中心（见图16.2）

用户定义的功能通过使用工作区中 TCP 当前位姿的方法进行定位。这意味着用户可以使用自由驱动模式或可唤醒模式将机器人移动到所需位姿方法教导功能位置。

可以采用三个不同的策略（**点**、**直线**和**平面**）来定义特征位姿。给定应用程序的最佳策略取决于所用对象的类型和精度要求。通常，如果适用于特定对象，基于更多输入点（**直线**和**平面**）的功能将是首选。

为了准确地定义线性输送机的方向，用尽可能多的物理分离来定义直线特征的两个点。点特征也可用于定义直线输送机，但用户必须将 TCP 指向输送机的运动方向。

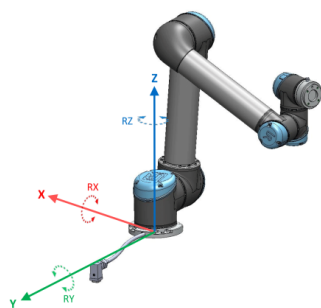


图 16.1: 基本特征

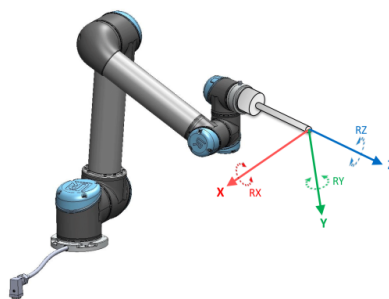


图 16.2: 工具 (TCP) 特征

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。

要了解定义特征的不同方法，请参阅（第 16.3.2）、（16.3.3）和（16.3.4）节。

### 16.3.1 使用特征

如果在安装中已经定了某个特征，您可以从机器人程序中参考该特征，以便将机器人移动（例如 **MoveJ**、**MoveL** 和 **MoveP** 命令）与该特征相关联（参见第 15.5.1 节）。这允许了机器人程序容易适应（例如：当具有多个机器人站或在程序运行期间移动物体或在场景中永久移动物体时）。通过调整物体的特征，相对于物体的所有程序运动都会相应地被移动。有关更多示例，请参阅（第 16.3.5 和 16.3.6 节）。

通过移动选项卡（第 17 节）或**位姿编辑器**屏幕（参见 17.3.1）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。当某个特征被选为参考时，用于转换和旋转的移动工具按钮将在所选特征空间操作（参见 17.3）和（17.1），和 TCP 坐标的读数运行。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。

- 在特征树中，您可以通过点击铅笔按钮来重命名点、线或平面。
- 在特征树中，您可以通过点击删除按钮来删除点、线或平面。

### 可唤醒

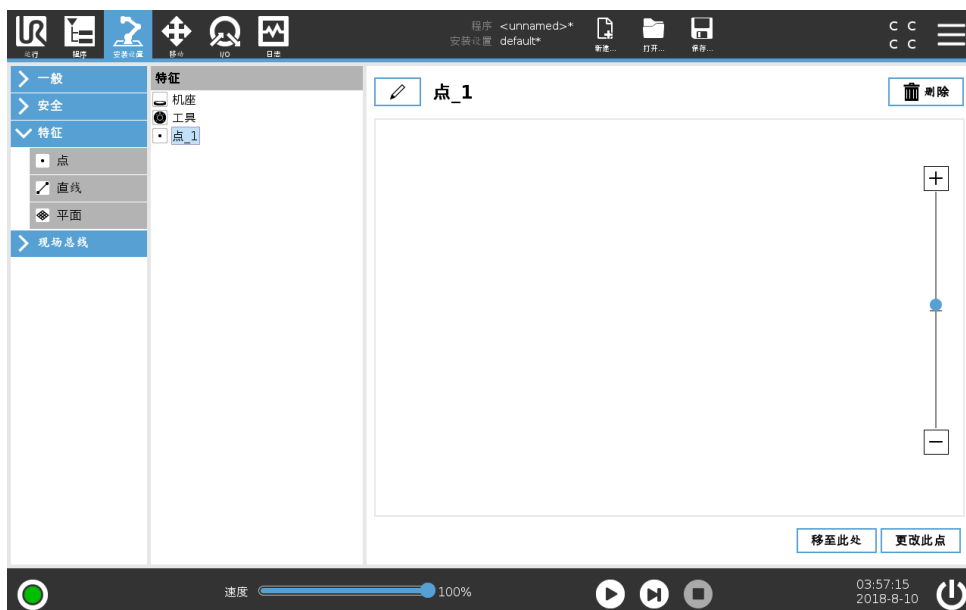
选择所选特征是否将可唤醒。这确定该特征是否将显示在移动屏幕的特征菜单中。

### 使用将机器人移至此处

按下**将机器人移至此处**按钮将机器手臂移向所选特征。移动结束后，特征的坐标系和 TCP 的坐标系将重合。

### 16.3.2 添加点

按**点**按钮可在安装设置中添加点特征。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。



### 16.3.3 添加线

按**线**按钮可在安装设置中添加线特征。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 16.3 所示。

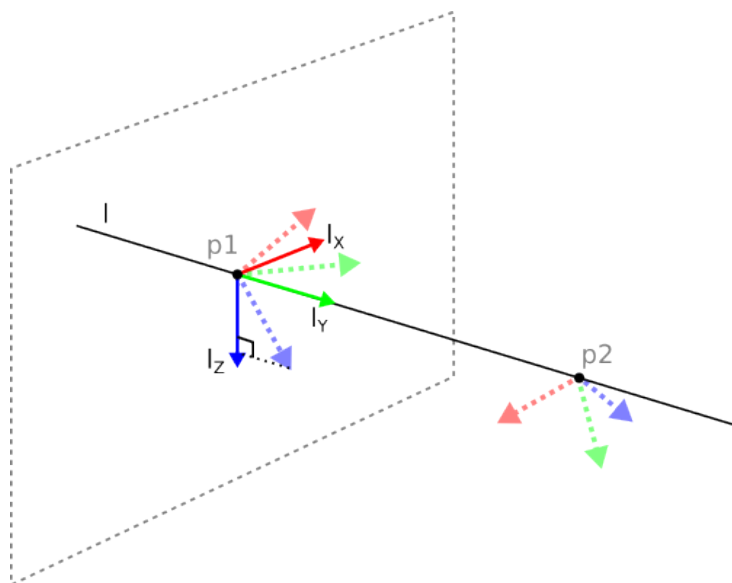
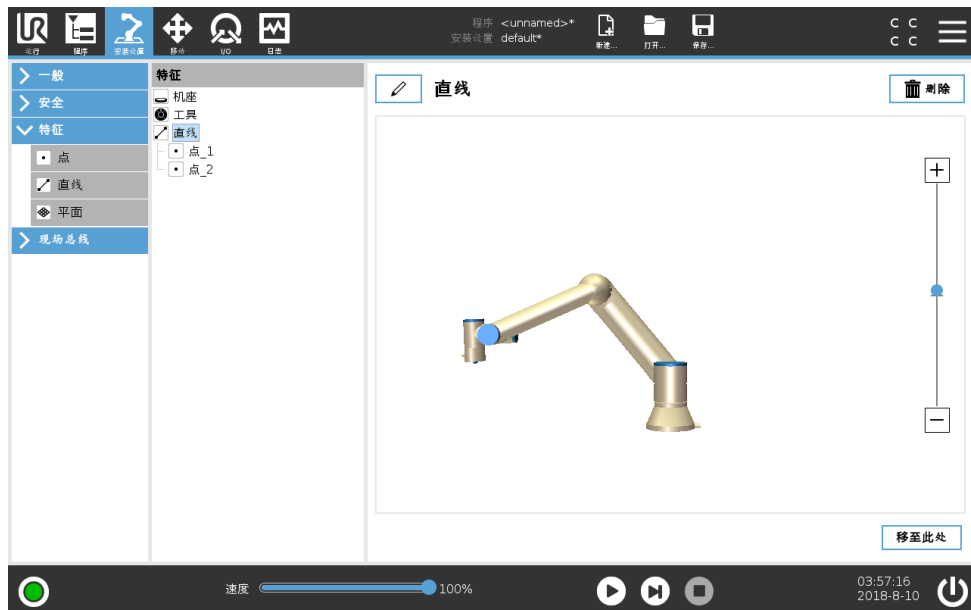


图 16.3: 直线特征的定义

在图16.3中，轴由第一个点指向第二个点，将构成直线坐标系的  $y$  轴。 $z$  轴由  $p1$  的  $z$  轴投射到线段垂面上的投影来定义。直线坐标系的位置与  $p1$  的位置相同。



### 16.3.4 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

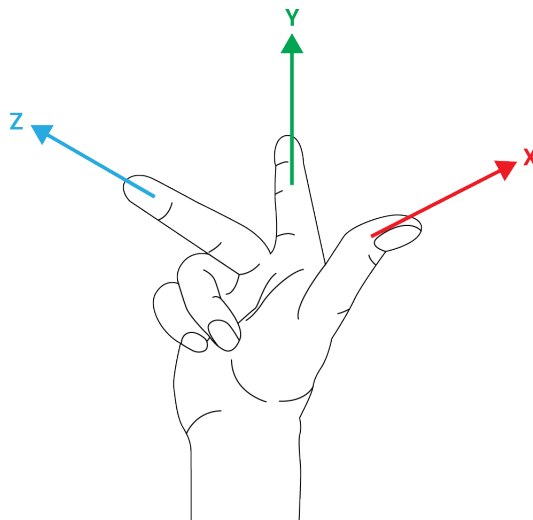
1. 在安装中，选择**特征**。
2. 在特征下选择**平面**。

#### 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。



**注意:**

如果您希望该平面在相反方向上正常，您可以在 **x**-轴的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。

### 16.3.5 例子：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。在图 16.4 中，表示了从路点 **wp1** 到 **wp4** 的移动。

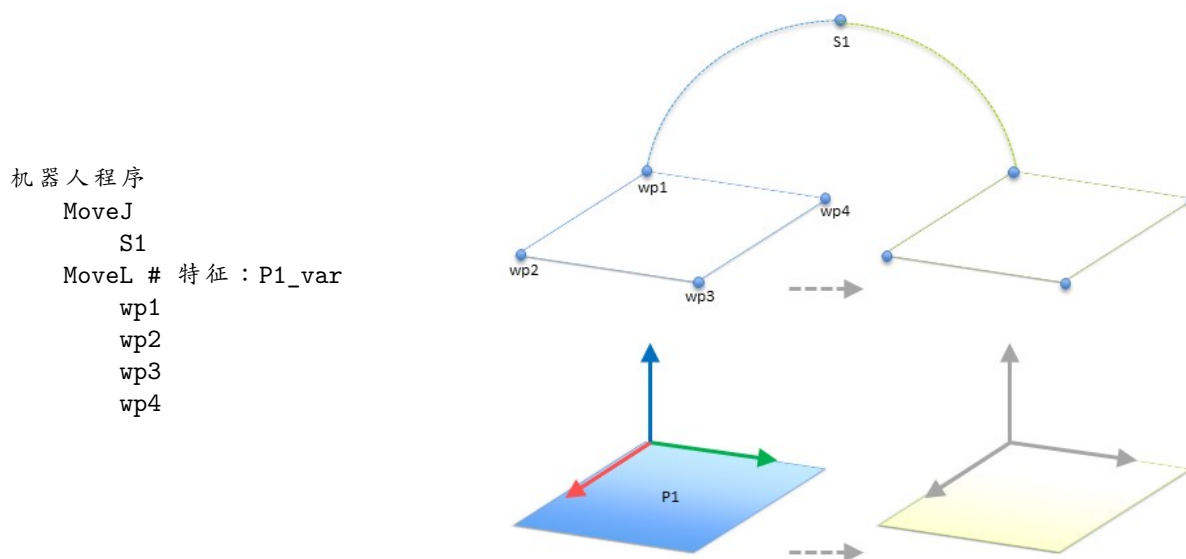


图 16.4: 通过更改特征手动更新与某个平面特征相关的四个路点的简单程序

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。通过将桌子的位置定义为安装中的特征 **P1**，具有相对于平面配置的 **MoveL** 命令的程序可以通过仅使用桌子实际位置更新安装，从而轻松地应用于额外机器人中。

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。

### 16.3.6 例子：动态地更新特征位姿

考虑一个类似的应用，其中机器人必须以特定的模式移动到桌子的顶部以便解决特定任务（参见 16.5）。

相对于 **P1** 的移动每次以偏移量 **o** 重复许多次。在此示例中，偏移在 **Y**-方向上设置为 **10 cm**（参见图 16.6，偏移 **O1** 和 **O2**）。可以通过使用 **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 16.7），**MoveL** 命令 **P1\_var** 的参考特征可以在两个平面 **P1** 和 **P2** 之间切换。

## 16.4 现场总线

在这里可以设置用于 PolyScope 所接受的实时分布式控制的工业计算机网络协议族：MODBUS 和 Ethernet/IP

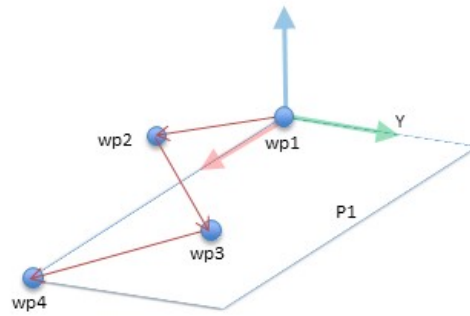


图 16.5: 具有与某个平面特征相关的 4 个路点的 MoveL 命令

机器人程序

```

MoveJ
    wp1
y = 0.01
o = p[0,y,0,0,0,0]
P1_var = pose_trans(P1_var, o)
MoveL # 特征 : P1_var
    wp1
    wp2
    wp3
    wp4

```

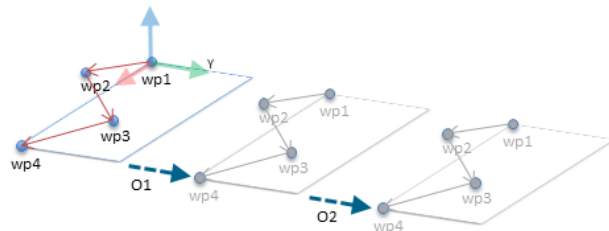


图 16.6: 对该平面特征应用偏移

机器人程序

```

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

```

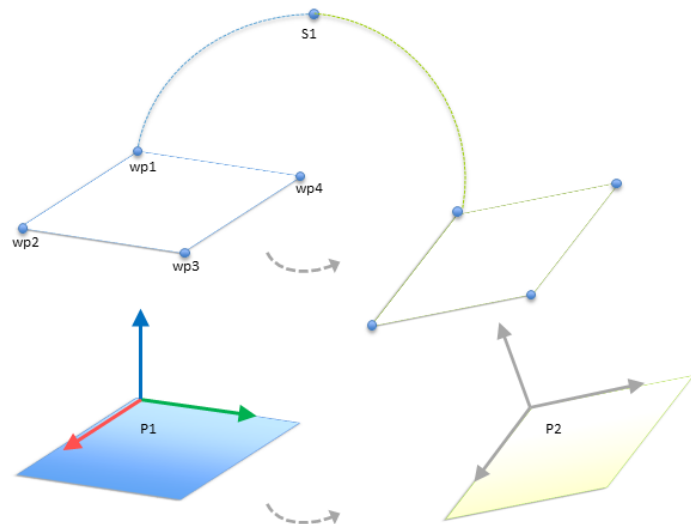
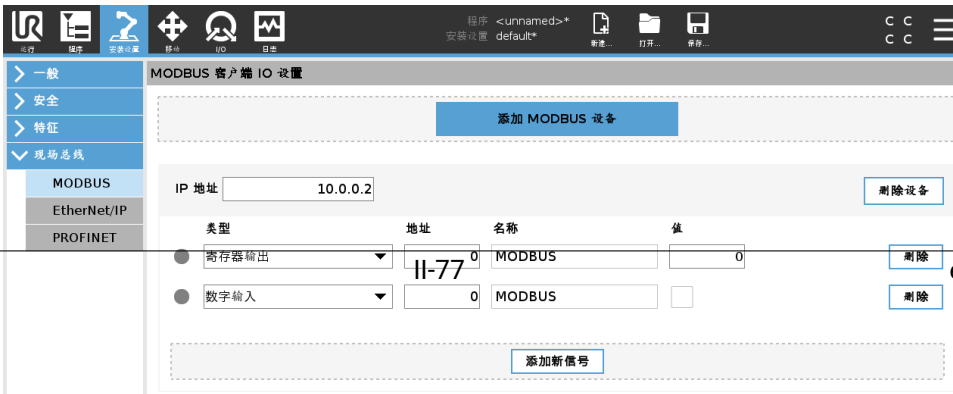


图 16.7: 从一个平面特征切换到另一个平面特征

### 16.4.1 MODBUS 客户端 I/O 设置

版本 5.1.0



此处可设置 MODBUS 客户端（主机）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

仅当选择显示高级选项（参见 16.4.1）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。注意，当在顺序模式中定义多个信号时，实际信号频率可能低于所请求的信号频率。在信号统计中可以观察到实际信号频率（见第 16.4.1 节）。如果实际信号频率小于从“频率”下拉列表中选择的一半，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）。当通过机器人程序设置或使用 **设置信号值** 按钮设置输出之后，将使用功能代码 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）。当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信号之后，将使用功能代码 0x06（写入单寄存器）来设置远程 MODBUS 设备的值。

#### 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，则显示响应代码。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，modbus 请求根据需要使用 `modbus_get_signal_status`、`modbus_set_output_register` 和 `modbus_set_output_signal` 脚本函数启动。

**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——仅当通信处于活动状态时才更新。

**Modbus 数据包错误** 接收包含错误的数据包数（即无效长度、丢失数据、TCP 插座错误）。

**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。

### 16.4.2 Ethernet/IP

在 EtherNet/IP 中，可以启用或禁用机器人与 EtherNet/IP 的连接。如果启用，可以选择当存在 EtherNet/IP 扫描仪连接丢失的情况时哪一个操作将出现在程序中。那些操作为：

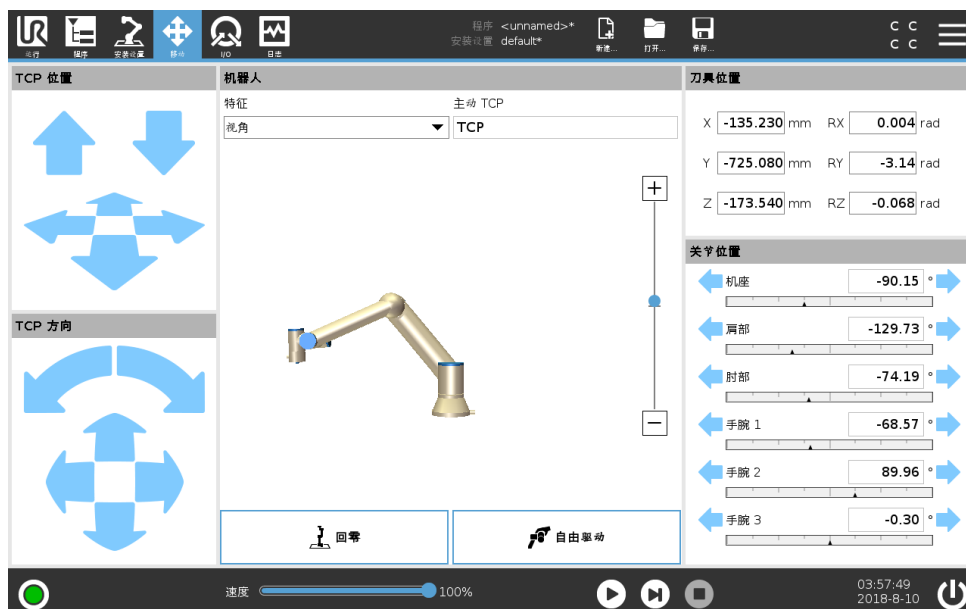
无： PolyScope 将忽略 EtherNet/IP 连接丢失的情况，程序正常继续。

暂停： PolyScope 将暂停当前程序。程序将从停止处开始恢复。

停止： PolyScope 将停止当前程序。

## 17 移动选项卡

在该屏幕，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。



### 17.1 移动工具

按住任何移动工具箭头以特定方向移动机器人手臂。

- 平移箭头（上部）按所指示的方向移动机器人工具末梢。
- 旋转箭头（下部）按所指示的方向改变机器人工具的方向。旋转点即工具中心点 (TCP)，也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。

### 17.2 机器人

如果机器人 TCP 的当前位置距离安全或触发平面很近，又或者机器人工具的方向接近工具方向边界限值（参见13.2.5），则会显示相邻边界的 3D 成像。

注意：如果机器人正在运行程序，边界限值可视化将被禁用。

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。触发平面以蓝绿色呈现，带有一个指向平面一侧的小箭头，在该侧，标准模式限值（参见 13.2.2）激活。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）。

当机器人 TCP 不再接近限值时，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。

## 特征

在**机器人**字段左上角的**特征**下，可定义如何参照**视角**、**机座**或**工具**特征控制机器人手臂。

注意：要获得控制机器人手臂的最佳感觉，可选择**视角**特征，然后使用**旋转箭头**更改 3D 图像的查看角度，以符合查看真实机器人手臂的视角。

## 激活的 TCP

在**机器人**字段右侧的**激活的 TCP** 下，当前激活的工具中心点 (TCP) 的名称显示。

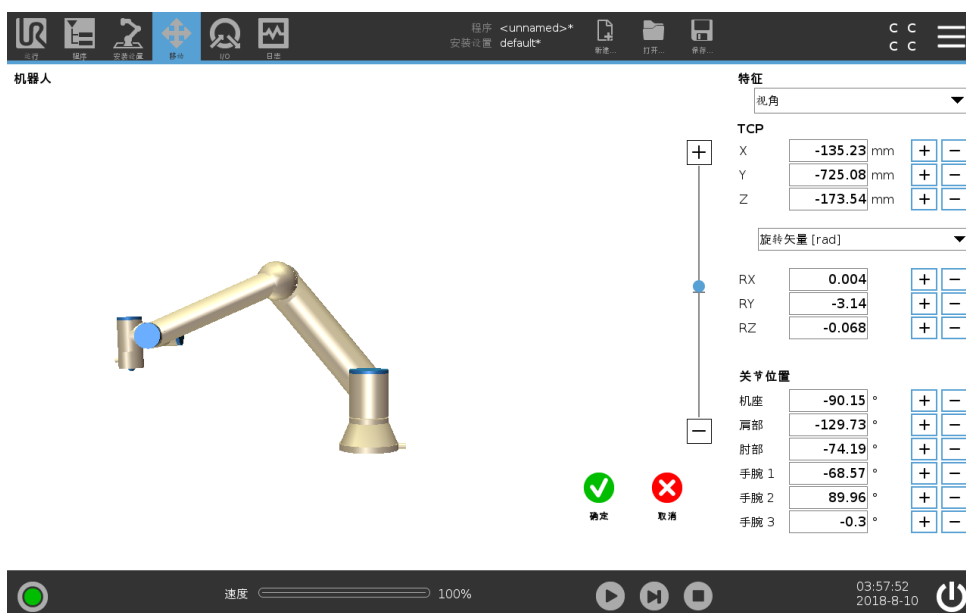
## 17.3 工具位置

文本框显示了 TCP 相对于所选特征的完整坐标值。

注意：您可以配置多个命名的 TCP（参见 16.1.1）。还可以点击**编辑位姿**来访问**位姿编辑器**屏幕。

### 17.3.1 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）。屏幕“离线”，不直接控制机器人手臂。



#### 17.3.1.1 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 3D 图显示机器人手臂的当前位置，机器人手臂“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板或触发板很近，又或者机器人工具的方向接近工具方向边界极限（详见 13.2.5），则会显示相邻边界的 3D 成像。

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。触发板以蓝绿色呈现，带小箭头指向触发板的一侧，在该侧正常模式限制处于激活状态（详见 13.2.2）。工具方向边界极限以锥体呈现，带一个矢量指示机器人工具的当前方向。锥体内部代表允许的工具方向（矢量）。

## 17.4 关节位置

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。

### 17.3.1.2 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。关于配置多个指定 TCP 的更多信息，请参见 16.1.1。文本框显示了 TCP 相对于所选特征的完整坐标值。X、Y 和 Z 控制工具的位置，而 RX、RY 和 RZ 控制工具的方向。

使用 RX、RY 和 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]** 方向由旋转矢量给定。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 [°]** 方向由旋转矢量给定，矢量长度是指要旋转的角度，以度表示。
- **RPY [rad]** 滚动角、俯仰角和偏航角 (RPY)，以弧度表示。RPY 旋转矩阵 (X、Y、Z 旋转) 由以下公式确定：

$$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- **RPY [°]** 滚动角、俯仰角和偏航角 (RPY)，以度表示。

单击坐标可编辑值。单击框右侧的 + 或 - 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。

### 17.3.1.3 关节位置

允许直接指定各关节位置。每个关节位置的值可介于  $-360^\circ$  和  $+360^\circ$  之间，两者为关节限制。单击关节位置可编辑值。单击框右侧的 + 或 - 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。

### 17.3.1.4 “确定”按钮

如果该屏幕是从移动选项卡激活的（请参见 17），单击确定按钮将返回移动选项卡，在此机器人将移动至指定目标。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。不同的移动类型如 15.5.1 所述。

### 17.3.1.5 取消按钮

单击取消按钮可离开此屏幕，放弃所有更改。

## 17.4 关节位置

关节位置字段可让您直接控制每个关节。每个关节沿着由水平条定义的默认关节限值范围（从  $-360^\circ$  到  $+360^\circ$ ）移动。一旦到达限值，就不能再进一步移动关节。

注意：可以按不同于默认值（参见 13.2.4）的位置范围配置关节，这个新范围在水平条内以红色区域标出。

## 17.5 回零

按回零选项卡进入将机器人移动就位屏幕，在这里可按住自动选项卡将机器人手臂移回开始位置（参见 14.4）。

## 17.6 自由驱动

按住**自由驱动**按钮真正抓住机器人手臂，将其拉到目标位置/位姿。



### 警告:

1. 在**设置**选项卡，如果重力设置（参见 16.1.2）错误，或者机器人手臂承受重载时，若按下**自由驱动**按钮，机器人手臂可能会开始移动（下降）。此情况下，只需再次释放**自由驱动**按钮即可。
2. 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。
3. 在按下**自由驱动**按钮之前，确保 TCP 设置和机器人安装设置正确无误。如果这些设置不正确，机器人手臂会在**自由驱动**激活时移动。
4. 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/反向驱动）。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。

# 18 I/O 选项卡

## 18.1 机器人



在此屏幕，您可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 可用于安装设置中（参见 13.2.8）安全 I/O 配置章节里定义的特定安全设置。保留的配置内容将使用安全功能作为名称，替代默认名称或用户自定义名称。用于安全设置的可配置输出不可切换状态，仅以 LED 显示。

信号的电气细节请参见第 5.4 章。

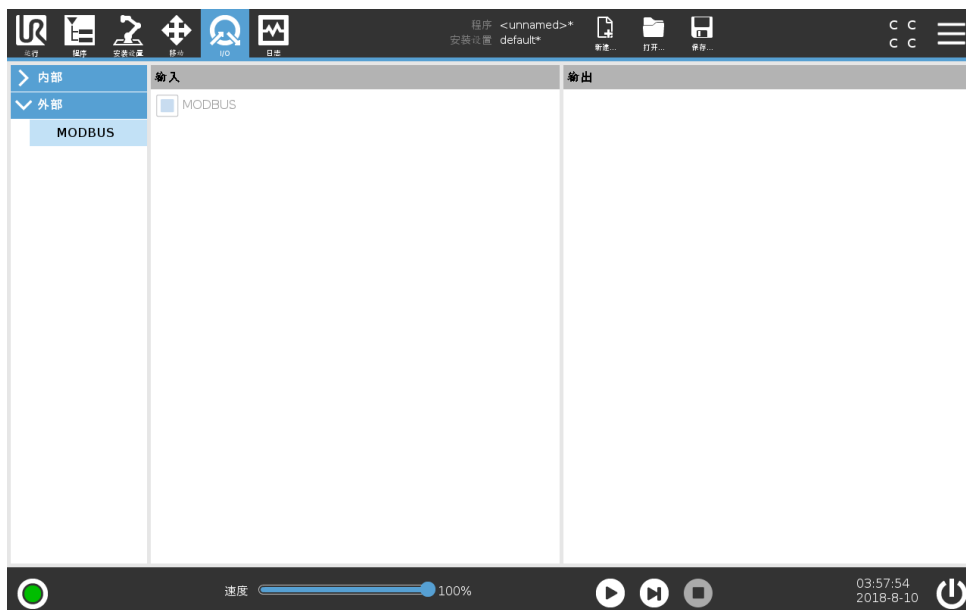
**模拟域设置** 模拟 I/O 可设置为电流 [4-20mA] 输出或电压 [0-10V] 输出。保存程序时，系统将记住该设置，以便在后续重新启动机器人控制器时使用。

**工具通信接口** 当工具通信接口 TCI 被启用时（参见 16.1.10），工具模拟输入将变得不可用。注意：在 I/O 屏幕上，工具输入字段如下所示更改。

| Tool Input                                                         |                            |                            |               |               |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| Digital                                                            | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 1 |               |               |
| Baud Rate                                                          | Parity                     | Stop Bits                  | RX Idle Chars | TX Idle Chars |
| 115200                                                             | None                       | One                        | 1.50          | 3.50          |
| Values are displayed while Tool Communication Interface is enabled |                            |                            |               |               |

## 18.2 MODBUS

此处显示在安装设置中设置的 MODBUS 客户端 I/O 数字信号。如果信号连接丢失，屏幕上相应的条目将被禁用。



### 18.2.1 输入

查看 MODBUS 客户端数字输入的状态。

### 18.2.2 输出

查看和切换 MODBUS 客户端数字输出的状态。只有在 I/O 选项卡控件选项允许的情况下才能切换信号（参见 16.1.3）。

## 19 日志选项卡



### 19.1 读数

屏幕上半部分显示机器手臂和控制箱状况。

### 19.2 关节负载

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。每个关节代表电机和电子部件的温度、关节负载以及关节处的电压。

### 19.3 数据日志

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。

### 19.4 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，您可以跟踪和/或导出生成的报告到 USB 驱动器（请参阅 19）。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。



**注意:**

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。

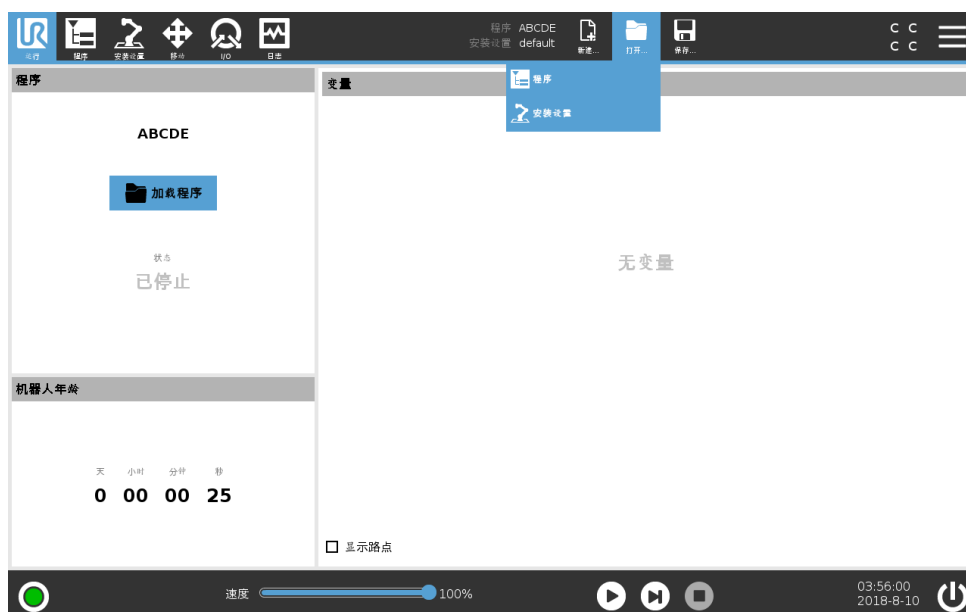
## 20 程序和安装管理器



程序和安装管理器涉及三个图标，允许您创建、加载和配置程序和安装：**新建...**、**打开...** 和 **保存...**。文件路径显示当前加载的程序名和安装设置类型。当创建或加载新的程序或安装设置时，文件路径改变。可能有多个安装设置文件用于机器人。创建的程序自动加载并使用激活的安装设置。

### 20.1 打开...

加载一个程序和/或安装设置。



打开一个程序

1. 在程序和安装管理器中，点击**打开...** 然后选择程序。
2. 在加载程序屏幕，选择现有程序然后点击打开。
3. 在文件路径中，确认目标程序名已显示。

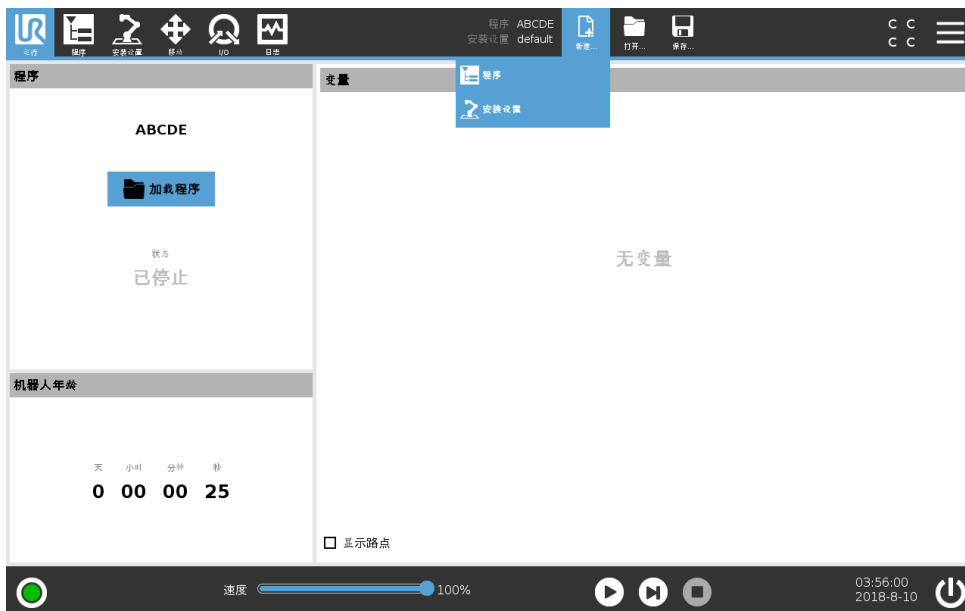
打开一个安装设置。

1. 在程序和安装管理器中，点击**打开...** 然后选择安装。
2. 在加载机器人安装设置屏幕，选择现有安装设置然后点击打开。
3. 在安全配置对话框，选择应用并重启以提示机器人重启。

4. 选择设定安装设置为当前程序来设定安装设置。
5. 在文件路径中，确认目标安装名已显示。

## 20.2 新建...

创建一个新程序和/或安装设置。



创建一个新程序

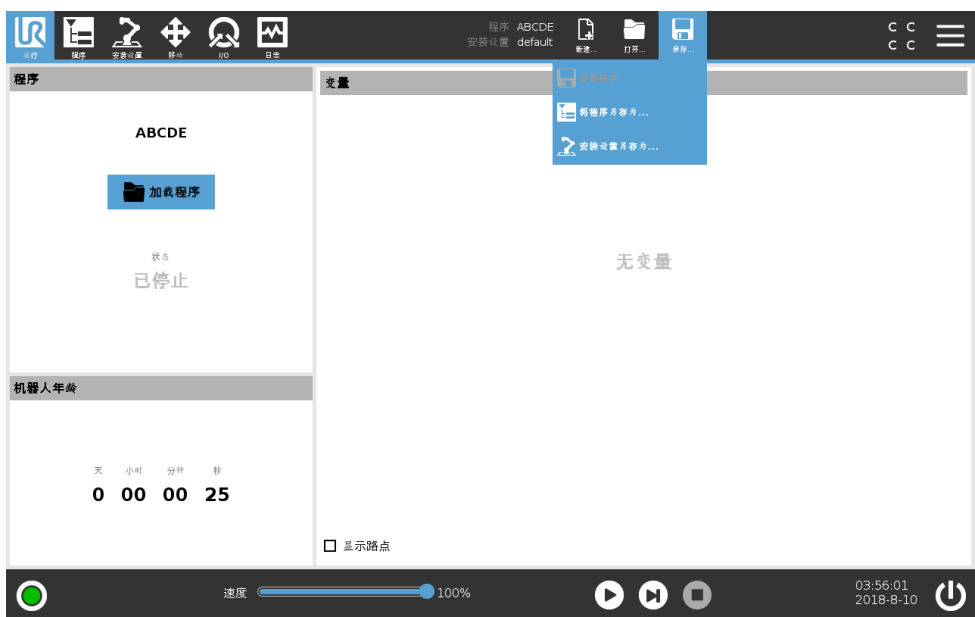
1. 在程序和安装管理器中，点击**新建...** 然后选择程序。
2. 在程序屏幕，根据需要配置新程序。
3. 在程序和安装管理器中，点击**保存...**，然后选择全部保存或将程序另存为...
4. 在“将程序另存为...”屏幕，指定一个文件名然后点击保存。
5. 在文件路径中，确认新程序名已显示。

创建一个新安装设置

注意：必须保存一个安装设置供切断机器人电源后使用。

1. 在程序和安装管理器中，点击**新建...** 然后选择安装。
2. 点击确认安全配置。
3. 在安装设置屏幕，根据需要配置您的新安装设置。
4. 在程序和安装管理器中，点击**保存...** 然后选择将安装另存为...
5. 在保存机器人安装设置屏幕，指定一个文件名然后点击保存。
6. 选择设定安装设置为当前程序来设定安装设置。
7. 在文件路径中，确认新安装设置名已显示。

## 20.3 保存...



**保存...** 提供三个选项。根据加载-创建的程序/安装设置，可以：

- 全部保存**立即保存当前的程序和安装设置，系统不会提示保存到另一个位置或保存为另一个名称。注意：如果没有对程序或安装设置做出任何更改，“全部保存...”按钮灰显。
- 将程序另存为...** 更改新程序名称和位置。注意：当前安装设置也会以现有名称和位置保存。
- 将安装设置另存为...** 更改新安装设置名称和位置。注意：当前程序会以现有名称和位置保存。

## 20.4 文件管理器



此图片显示了加载屏幕，其中包含以下按钮：

**面包屑路径** 面包屑路径显示访问至当前位置的目录列表。选定面包屑中的目录名称，位置即变更至该目录下，并在文件选择区域显示它。

**文件选择区域** 点击文件名以打开它。按住目录名称半秒钟可选择目录。

**文件筛选器** 您可以指定显示的文件类型。选择备份文件后，此区域显示最近保存的 10 个程序版本，其中“.old0”为最新版本，“.old9”为最旧版本。

**文件名** 选定的文件显示在此处。保存文件时，使用文本字段手动输入文件名。

**操作按钮** 操作栏包含可用于管理文件的一系列按钮。

操作栏右侧的“备份”操作支持将当前选定的文件和目录备份到该位置和 USB。“备份”操作只有在外部媒体连接到 USB 端口时才会启用。

## 21 汉堡菜单

### 21.1 帮助

在这里可以找到组成 PolyScope 功能的所有元素的定义。

1. 在页眉右边的角落，点击**汉堡菜单**，然后选择**帮助**。
2. 点击出现的其中一个红色问号，定义目标元素。
3. 在元素定义屏幕右上角，点击红色 **X** 号退出帮助。

### 21.2 关于

显示版本和法律信息。

1. 点击**汉堡菜单**然后选择 **About**。
2. 点击**版本**或**法律**显示相关信息。
3. 点击关闭返回屏幕。

### 21.3 设置

#### 个性化 PolyScope 设置

1. 按下页眉中的汉堡菜单然后选择**设置**。
2. 在左侧的设置屏幕操作菜单中，选择一个要个性化的项目。注意：如果在操作菜单中设置了操作模式密码，**系统**仅对程序员开放。
3. 点击右下方的**应用并重启**来执行更改。
4. 点击左下方的**退出**在不做任何更改的情况下关闭设置屏幕。

#### 隐藏速度滑块

速度滑块位于运行选项卡屏幕的底部，允许操作员更改正在运行的程序的速度。

1. 按下页眉中的汉堡菜单图标然后选择**设置**。
2. 在首选项下，点按**运行屏幕**。
3. 选中复选框以显示或隐藏**速度滑块**。

#### 21.3.1 首选项

##### 语言

可以更改 PolyScope 语言和测量单位（公制或英制）。

##### 时间

可以调整显示在 PolyScope 上的当前时间（格式：12 小时制或 24 小时制）。

### 21.3.2 密码

#### 模式

操作模式密码可通过在 **PolyScope** 上创建两个不同的用户角色防止对机器人设置进行未授权的更改：自动和手动。当设置操作模式密码时，程序或安装设置只可在手动模式创建和加载。任何时候进入手动模式时，**PolyScope** 提示输入之前在该屏幕设置的密码。

#### 安全

安全密码可防止对安全设置进行未授权的更改。

### 21.3.3 系统

#### 更新

可以通过搜索更新来确认机器人软件是否已更新。

1. 在左侧的设置屏幕操作菜单中，选择**系统**
2. 在**更新机器人软件**字段，点击**搜索**。
3. 在**描述**字段，留意所列出的更新。
4. 选择想要的更新然后按下**更新**进行安装。

#### 网络

可以通过选择三种可用的联网方法之一来对机器人进行联网配置：

- DHCP
- 静态地址
- 禁用的网络（如果不希望将机器人连接到网络）

根据选择的联网方法配置网络设置：

- IP 地址
- 子网掩码
- 默认网关
- 首选 DNS 服务器
- 备用 DNS 服务器

注意：按下**应用**来应用更改。

#### URCap

可以管理现有 **URCaps** 或在机器人上安装一个新的 **URCap**。

1. 按下页眉中的汉堡菜单然后选择**设置**。
2. 在系统下，选择 **URCaps**。
3. 按下 **+** 选项卡，选择 **.urcap** 文件然后按下**打开**注意：可在**激活的 URCaps** 字段选择新的 **URCap** 来查看有关它的更多详情。更多信息出现在下方 **URCap 信息**字段的下方。
4. 如果希望继续该 **URCap** 的安装设置，请按**重启**。完成该步之后，**URCap** 已安装好，可随时使用。
5. 如要清除已安装的 **URCap**，从**激活的 URCaps** 中选择它，然后按 **-** 按钮，再按**重启**使更改生效。

## 远程控制

机器人可以处于本地控制（由教导器控制）或远程控制（由外部控制）。

| 本地控制不允许                  | 远程控制不允许     |
|--------------------------|-------------|
| 通过网络发送给机器人的通电和制动释放       | 从移动选项卡移动机器人 |
| 接收和执行通过网络发送给机器人的机器人程序和安装 | 开启教导器的程序    |
| 启动时自动启动程序，由数字输入控制        | 从教导器加载程序和安装 |
| 启动时自动释放制动器，由数字输入控制       | 自由驱动        |
| 启动程序，由数字输入控制             |             |

默认情况下，通过网络或数字输入进行机器人控制是受到限制的。启用并选择远程控制功能移除该限制。通过切换机器人的本地控制配置文件（**PolyScope** 控制）来启用远程控制，从而可以远程控制所有运行的程序和执行脚本。

注意：启用设置中的远程控制功能来访问配置文件中的远程模式和本地模式。

1. 按下页眉中的汉堡菜单然后选择**设置**。
2. 在系统下，选择**远程控制**。
3. 按下**启用**来使远程控制功能可用。**PolyScope** 保持活动。注意：启用远程控制不会立即启动该功能。它让您能够从本地控制切换到远程控制。
4. 在配置文件菜单中，选择**远程控制**更改 **PolyScope**。注意：您可以通过在配置文件菜单中切换或选择操作员或编程员（如果指定了密码）回到本地控制。



### 注意:

- 尽管远程控制限制您在 **PolyScope** 中的操作，您仍然可以监视机器人状态。
- 当遥控器中的机器人系统关闭时，它将在遥控器中启动。



# 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。了解更多信息，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。了解更多信息，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。了解更多信息，请参阅 IEC 60204-1。

**3 类** 术语类别不应与术语停机类别混淆。类别是指作为某一性能等级的基础使用的结构类型。3 类结构的一个显著特性便是发生单一故障时不会丧失安全功能。了解更多信息，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。了解更多信息，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。了解更多信息，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。了解更多信息，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。详情请参考 ISO 12100。

**合作机器人应用** 术语合作是指在机器人应用中操作员与机器人之间的协作。准确的定义和描述参见 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，参见第 II 部分。



# 索引

工具通信接口 ..... II-71

## A

AfterEnd ..... II-55

## B

BeforeStart ..... II-55

## C

Control Box ..... I-19

## E

Elbow ..... II-7

Ethernet ..... II-76

EtherNet/IP ..... I-21, II-80

## I

I/O ..... I-21, I-25, II-3, II-25, II-67, II-85

I/O 选项卡上控制输出 ..... II-68

## M

Mini Displayport ..... I-21

MODBUS ..... I-21, II-68, II-76, II-78, II-79, II-86

Modes ..... I-12

MoveJ ..... II-38, II-73

MoveL ..... II-38, II-73

MoveP ..... II-38, II-73

## P

PolyScope . xi, I-13, II-3, II-7, II-9, II-26, II-29, II-50,  
II-52, II-60, II-63, II-76, II-80, II-93, II-95

Polyscope ..... II-71

## S

Shoulder ..... II-7

## T

TCI ..... II-46

Teach Pendant ..... I-19

## U

URCaps ..... xii, II-94



交融 ..... II-41

交融参数 ..... II-42

产品质量保证 ..... I-45

以太网 ..... I-21

以太网/IP ..... II-67

位姿编辑器 ..... II-73, II-82

位置 ..... II-23

位置范围 ..... II-19

使用入门 ..... II-5

保存... ..... II-4, II-89, II-91



倾斜角度 ..... II-25

停止 ..... II-4

停止时间 ..... II-18

停止状态 ..... II-8

停止距离 ..... II-18

关于 ..... II-93

关机 ..... II-4

关节区 ..... II-39

关节负载 ..... II-87

关节限值 ..... II-19

减速模式 ..... I-12

列表（模式 ..... II-55

初始化 ..... II-4, II-8

删除 ..... II-21

制箱的安装支架 ..... xi

力模式 ..... II-58

功率 ..... II-18

动量 ..... II-18

半径 ..... II-23

反向驱动 ..... II-84

反向驱动驾驶，强行 ..... I-8

变量 ..... II-29, II-38

可变特征 ..... II-40

可变路点 ..... II-40

可配置 I/O ..... I-24

命令 ..... II-35

回零 ..... II-83

基座 ..... II-7, II-40

安全 I/O ..... I-9, I-11, I-24, I-25

安全功能 ..... I-9, I-10

安全平面 ..... II-20, II-81

|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| 安全校验和 .....  | II-4, II-17                |
| 安全设置 .....   | I-3, II-15, II-94          |
| 安全评估 .....   | xii                        |
| 安全说明 .....   | I-39                       |
| 安全配置 .....   | I-7, II-15-II-17, II-19    |
| 安装 .....     | II-3, II-89                |
| 安装设置 .....   | II-69, II-90               |
| 安装设置变量 ..... | II-69                      |
| 屏幕 .....     | II-3                       |
| 工具 .....     | II-22                      |
| 工具 I/O ..... | I-33                       |
| 工具中心位置 ..... | II-23                      |
| 工具中心点 .....  | II-18, II-40, II-63, II-82 |
| 工具位置 .....   | II-22, II-23               |
| 工具力 .....    | II-18                      |
| 工具方向 .....   | II-24, II-25               |
| 工具特征 .....   | II-72                      |
| 工具速度 .....   | II-18                      |
| 工厂预设值 .....  | II-17                      |
| 平移角度 .....   | II-25                      |
| 底座 .....     | I-47                       |
| 底座特征 .....   | II-72                      |
| 开关情况结构 ..... | II-53                      |
| 弹出窗口 .....   | II-47                      |



|                                                          |             |
|----------------------------------------------------------|-------------|
| 恢复模式 .....                                               | I-13, II-19 |
| 手动模式 .....                                               | II-11       |
| 手腕 .....                                                 | II-7        |
| 打开... .....                                              | II-4, II-89 |
| 托盘序列 .....                                               | II-55       |
| 控制箱 .. I-21, I-23, I-31, I-33, I-61, II-8, II-69, II-85, | II-87       |

|                                                     |                     |
|-----------------------------------------------------|---------------------|
| 播放 .....                                            | II-4, II-30         |
| 支架 .....                                            | I-21                |
| 教导器 .....                                           | II-95               |
| 文件夹 .....                                           | II-49               |
| 文件路径 .....                                          | II-89               |
| 新建... .....                                         | II-4, II-89         |
| 方块模式 .....                                          | II-55, II-56        |
| 日志 .....                                            | II-4                |
| 时钟 .....                                            | II-4                |
| 显示 .....                                            | II-21               |
| 服务手册 .....                                          | xii                 |
| 未缩减模式 .....                                         | II-26               |
| 机器人 .....                                           | II-22, II-81, II-82 |
| 机器人手臂 .. I-21, I-61, II-7, II-8, II-57-II-59, II-81 |                     |
| 机器人未停止 .....                                        | II-26               |
| 机器人移动 .....                                         | II-26               |
| 机器人限值 .....                                         | II-17               |
| 机器手臂 .....                                          | II-69, II-87        |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 标准 .....            | I-61, I-63          |
| 标准模式 .....          | II-37               |
| 框架 .....            | II-59               |
| 模式 .....            | II-20, II-55, II-56 |
| 模式: 手动 .....        | II-4                |
| 模式: 自动 .....        | II-4                |
| 模板 .....            | II-60               |
| 正常 .....            | II-20               |
| 正常 & 缩减 .....       | II-20               |
| 正常 & 缩减工具方向限值 ..... | II-25               |
| 正常工具方向限值 .....      | II-25               |
| 正常平面 .....          | II-22               |
| 正常模式 .....          | II-18, II-25        |
| 步骤 .....            | II-4                |
| 汉堡菜单 .....          | II-4                |
| 测试按钮 .....          | II-60               |



|                |                                                |
|----------------|------------------------------------------------|
| 点 .....        | II-59                                          |
| 特征 .....       | II-68, II-72, II-82                            |
| 特征菜单 .....     | II-59                                          |
| 盒子模式 .....     | II-55, II-56                                   |
| 直线模式 .....     | II-55, II-56                                   |
| 相对路点 .....     | II-40                                          |
| 示教盒 .....      | I-31, II-3, II-8, II-26, II-60                 |
| 示教盒的控制箱 .....  | xi                                             |
| 禁用 .....       | II-20                                          |
| 禁用工具方向限值 ..... | II-25                                          |
| 移动 .....       | II-3, II-11, II-38, II-39, II-47, II-55, II-73 |
| 移动工具 .....     | II-81                                          |
| 程序 .....       | II-3, II-29, II-60, II-89, II-90               |
| 程序和安装管理器 ..... | II-4, II-89                                    |
| 程序树 .....      | II-33, II-34                                   |
| 程序节点 .....     | II-33, II-35                                   |
| 等待 .....       | II-46                                          |
| 简单 .....       | II-59                                          |
| 系统紧急停止 .....   | II-26                                          |
| 紧急停止 .....     | II-25                                          |
| 编程机器人 .....    | II-5                                           |
| 编辑位置 .....     | II-23                                          |
| 缩减 .....       | II-20                                          |
| 缩减工具方向限值 ..... | II-25                                          |
| 缩减模式 .....     | II-18, II-23, II-25, II-26                     |



|            |              |
|------------|--------------|
| 肘部 .....   | I-47         |
| 肘部力 .....  | II-18        |
| 肘部速度 ..... | II-18        |
| 肩部 .....   | I-47         |
| 脚本手册 ..... | xii          |
| 自动 .....   | II-30, II-83 |

?