



# UNIVERSAL ROBOTS

## PolyScope 手册



版本 5.2

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>II PolyScope 手册</b>	<b>II-1</b>
<b>10 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 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-7
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
<b>12 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 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
13.2.10	安全回零位置	II-27
<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-33
15.1.2	搜索按钮	II-34
15.1.3	程序树工具栏	II-34
15.1.4	表达式编辑器	II-35
15.1.5	空节点	II-35
15.2	命令选项卡	II-36
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
15.6.10	回零 . . . . .	II-54
15.7	模板 . . . . .	II-55
15.7.1	托盘 . . . . .	II-55
15.7.1.1	模式 . . . . .	II-56
15.7.2	探寻 . . . . .	II-57
15.7.3	力 . . . . .	II-59
15.7.4	输送机跟踪 . . . . .	II-61
15.8	第一个程序 . . . . .	II-62
<b>16</b>	<b>安装设置选项卡</b>	<b>II-65</b>
16.1	通用 . . . . .	II-65
16.1.1	TCP 配置 . . . . .	II-65
16.1.2	安装 . . . . .	II-68
16.1.3	I/O 设置 . . . . .	II-69
16.1.4	变量 . . . . .	II-70
16.1.5	启动 . . . . .	II-71
16.1.6	工具 I/O . . . . .	II-72
16.1.7	安全模式之间的平顺过渡 . . . . .	II-73
16.1.8	回零 . . . . .	II-73
16.1.9	输送机跟踪设置 . . . . .	II-73
16.2	安全 . . . . .	II-74
16.3	特征 . . . . .	II-75
16.3.1	使用特征 . . . . .	II-76
16.3.2	添加点 . . . . .	II-76
16.3.3	添加线 . . . . .	II-77
16.3.4	平面特征 . . . . .	II-77
16.3.5	例子: 手动更新特征以调整程序 . . . . .	II-78
16.3.6	例子: 动态地更新特征位姿 . . . . .	II-78
16.4	现场总线 . . . . .	II-79



16.4.1	MODBUS 客户端 I/O 设置 . . . . .	II-80
16.4.2	Ethernet/IP . . . . .	II-82
<b>17</b>	<b>移动选项卡</b>	<b>II-83</b>
17.1	移动工具 . . . . .	II-83
17.2	机器人 . . . . .	II-83
17.3	工具位置 . . . . .	II-84
17.3.1	位姿编辑器屏幕 . . . . .	II-84
17.3.1.1	机器人 . . . . .	II-85
17.3.1.2	特征和工具位置 . . . . .	II-85
17.3.1.3	关节位置 . . . . .	II-85
17.3.1.4	“确定”按钮 . . . . .	II-85
17.3.1.5	取消按钮 . . . . .	II-85
17.4	关节位置 . . . . .	II-86
<b>18</b>	<b>I/O 选项卡</b>	<b>II-87</b>
18.1	机器人 . . . . .	II-87
18.2	MODBUS . . . . .	II-88
<b>19</b>	<b>日志选项卡</b>	<b>II-89</b>
19.1	读数和关节负载 . . . . .	II-89
19.2	数据日志 . . . . .	II-89
19.3	保存错误报告 . . . . .	II-89
<b>20</b>	<b>程序和安装管理器</b>	<b>II-91</b>
20.1	打开... . . . . .	II-91
20.2	新建... . . . . .	II-92
20.3	保存... . . . . .	II-93
20.4	文件管理器 . . . . .	II-93
<b>21</b>	<b>汉堡菜单</b>	<b>II-95</b>
21.1	帮助 . . . . .	II-95
21.2	关于 . . . . .	II-95
21.3	设置 . . . . .	II-95
21.3.1	首选项 . . . . .	II-95
21.3.2	密码 . . . . .	II-96
21.3.3	系统 . . . . .	II-96

---

21.4 关闭机器人 . . . . . II-97



部分 II

# **PolyScope 手册**



# 10 简介

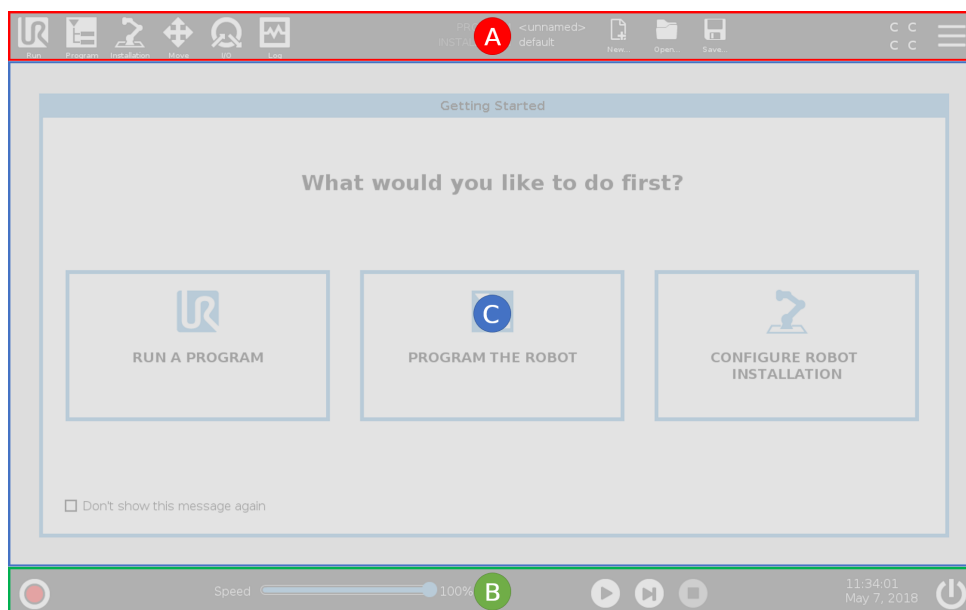
## 10.1 Polyscope 基础

PolyScope 是操作机器人手臂和控制箱并执行程序**的教导器**采用的图形用户界面（GUI）。

**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** 运行是一种使用预编程序操作机器人的简单方法。



**程序** 程序创建和/或修改机器人程序。



**安装位置** 安装配置机器人手臂设置和外部设备，如安装位置和安全。



**移动** 移动控制和/或调节机器人移动。



**I/O** 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** 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。

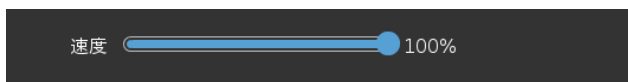


**汉堡菜单**访问 PolyScope 帮助、关于和设置。

### 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**实时显示机器人手臂移动的相对速度, 并将安全设置考虑在内。



**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。

## 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。



# 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。

**肩部和肘部** 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。



### 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 初始化机器人手臂



**危险：**

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



**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 按钮关闭机器人手臂。

- 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。

## 11.1 机器人手臂基础

- 机器人手臂状态为空闲时，点击 **START** 按钮启动机器人手臂。此时，传感器数据会根据配置的机器人手臂安装数据进行核对。如果出现不匹配（公差为  $30^\circ$ ），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。



## 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

\*\* 运行页面上的速度滑块可在安装选项卡启用。



#### 注意:

- 通用机器人未配备 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 位启用设备符合 ISO 10218-1 第 5.8.3 条关于启用设备的规定。

---

### 12.2.1 手动高速

如果未按下 3 位启用设备，机器人处于保护停止状态。按下 3 位启用设备后，速度滑块被设置为与 250 mm/s 对应的初始数值。移动速度滑块可以逐渐增加速度。



**注意:**

使用安全关节限制（见13.2.4）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** 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。

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

### 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。

## 13.2 安全菜单设置

**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正常模式下的更严格。

### 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。



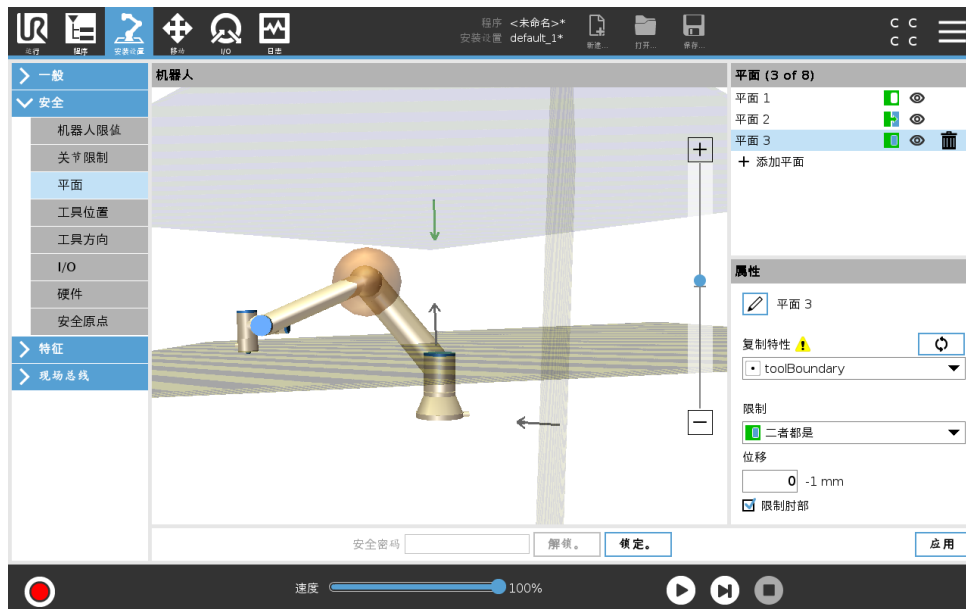
**触发器缩减模式** 如果机器人工具或肘部所处的位置超出安全平面，安全平面将让安全系统切换到缩减模式。

-  **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

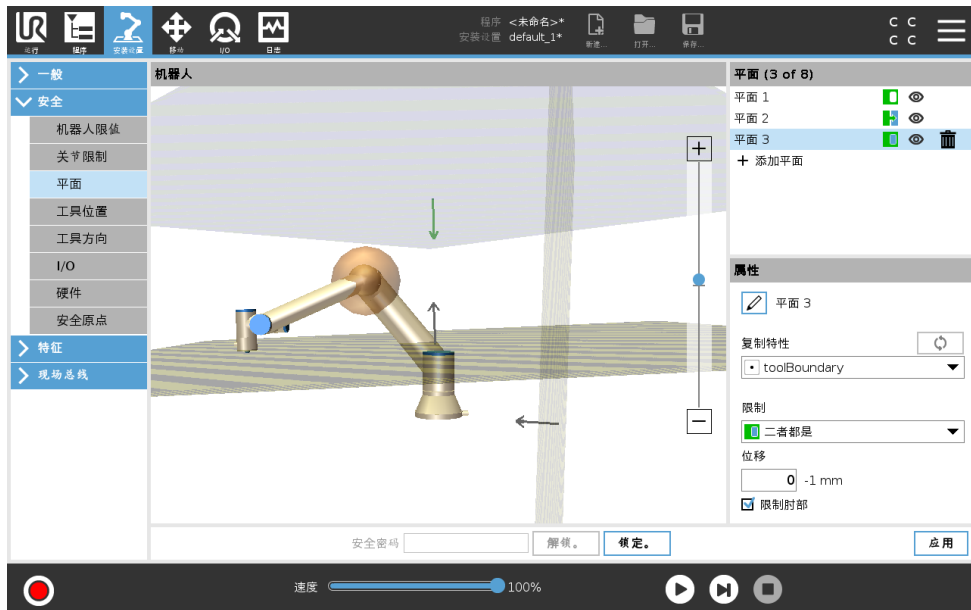
在特征屏幕中，如果复制的特征被修改，警告图标将出现在复制特征文本的右侧。这指示该特征超出同步，即：属性卡中的信息没有更新以反映可能已对特征做出的修改。



### 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17.2) 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。

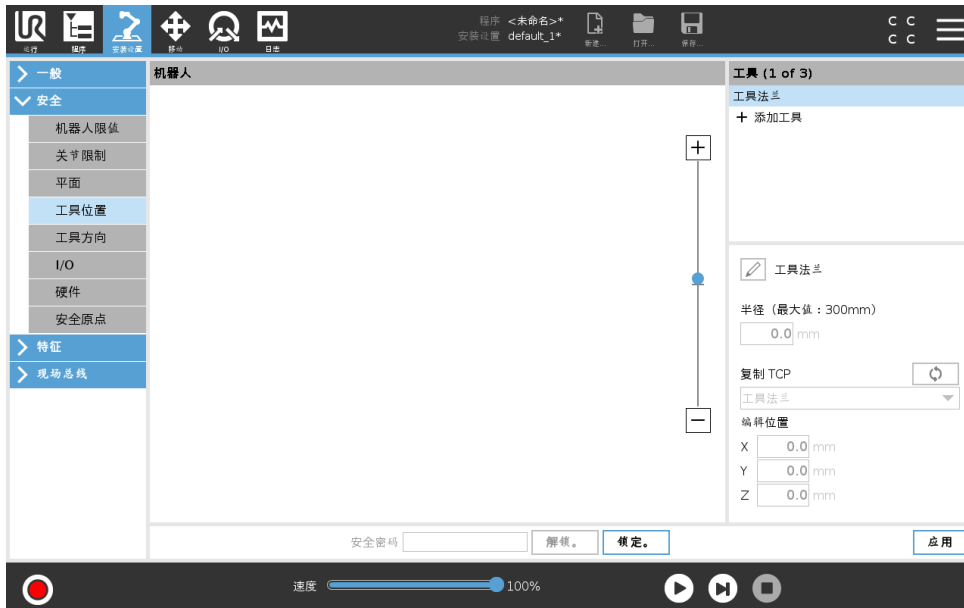
**机器人** 在这里可让修改变得可视化。

**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

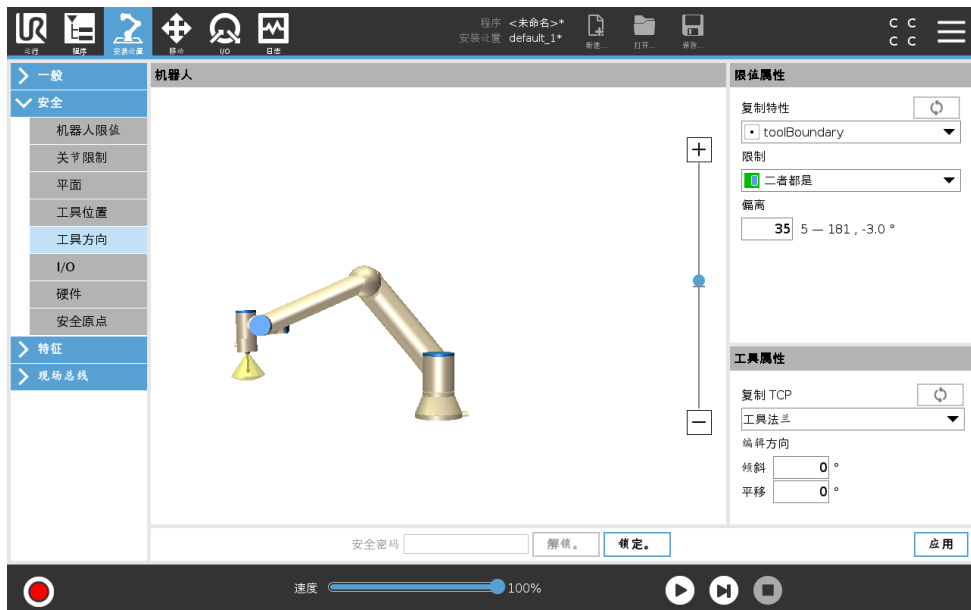
工具方向屏幕可用于限制工具指向的角度。该限值由一个锥体来定义，它有一个相对于机器人手臂机座的固定方向。当机器人手臂到处移动时，工具方向受到限制，使它保持在定义的锥体范围内。工具的默认方向与工具输出法兰的 Z 轴一致。它可以通过指定倾斜和平移角度来自定义。

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 **SIO** 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信号为高。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。

**安全回零** 当机器人停在设置的安全回零位置时，将发送高信号。否则信号为低信号。



**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。

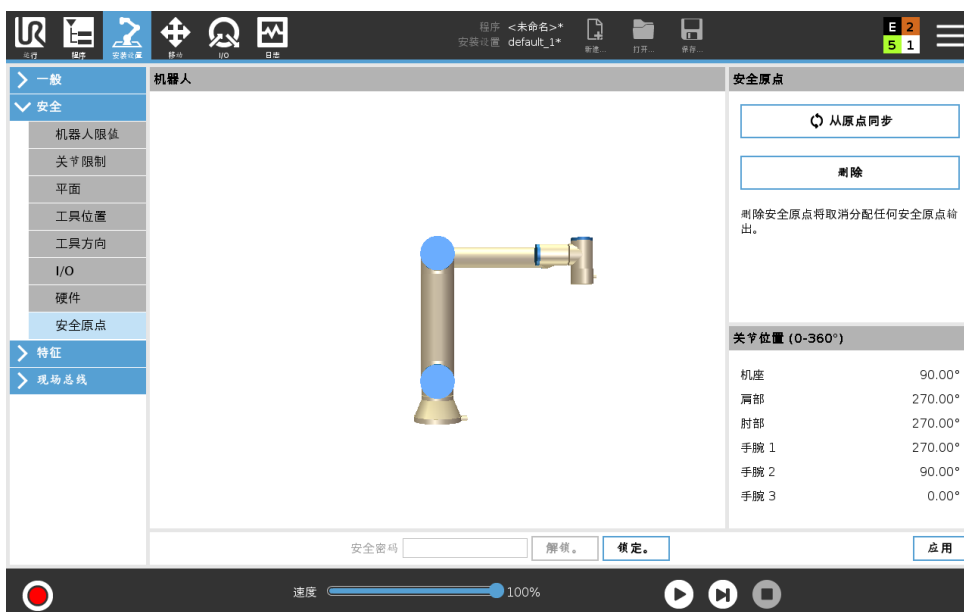
- 取消选中示教盒，在没有 Polyscope 界面的情况下使用机器人。
- 按下保存并重启来执行更改。

**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。

**13.2.10 安全回零位置**

安全回零是使用用户定义的原点定义的返回位置。当机器人手臂处于安全回零位置且定义了安全回零 I/O 时，安全回零 I/O 启用。如果关节位置处于指定的关节角度或其 360 度的倍数，则机器人手臂处于安全回零位置。

**与回零同步**

- 点击页眉的安装。
- 点击左侧操作菜单中的安全，然后选择安全回零。
- 点击安全回零之下的与回零同步。
- 点击应用，从弹出的对话框中选择应用并重启。

**安全回零输出**

安全回零位置必须在安全回零输出之前定义（参见13.2.8）。

**定义安全回零输出**

- 点击页眉的安装。
- 点击左侧操作菜单中的安全，然后选择 I/O。
- 在输出信号的 I/O 页面，从功能分配之下的下拉菜单中选择安全回零。
- 点击应用，从弹出的对话框中选择应用并重启。

## 编辑安全回零

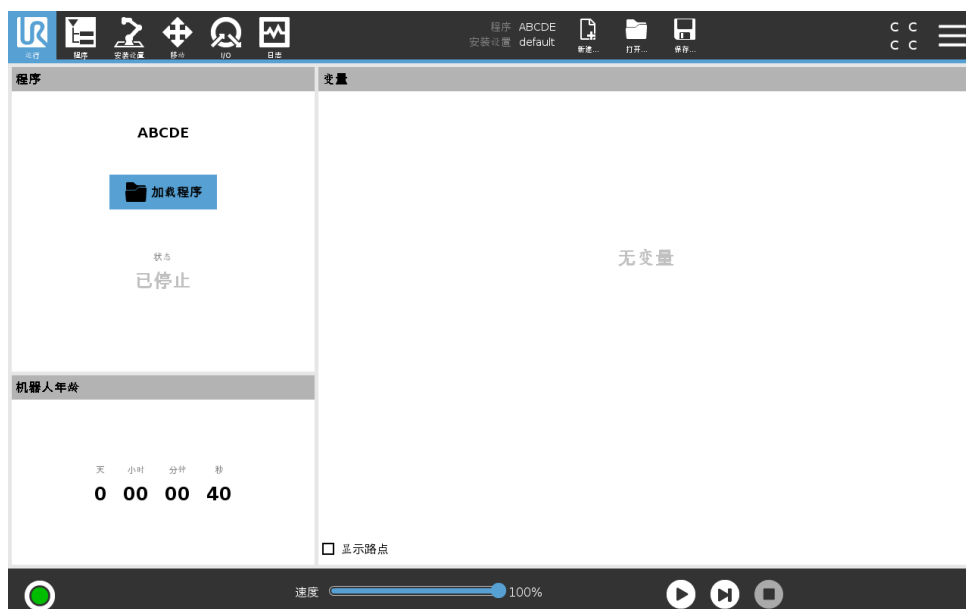
编辑安全回零不会自动修改预先定义的安全回零位置。如果这些数值不同步，则表示回零程序节点未定义。

---

### 编辑安全回零

1. 点击页眉的**安装**。
2. 点击左侧操作菜单中的**通用**，然后选择 **回零**。
3. 点击**编辑位置**并设置新的机器人手臂位置，然后点击**确定**。
4. 点击左侧菜单中的**安全**，然后选择**安全回零**。注意：要**解锁安全设置**必须输入安全密码（参见 13.1.2）。
5. 点击**安全回零**之下的**与回零同步**

## 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。您可以将简单的操作与保护 PolyScope（参见 21.3.2），将机器人变成一个可以专门运行已编写程序的工具。

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 16.1.5）。

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：

**安装设置变量** 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 16.1.4）。安装设置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

此字段表示自机器人最初打开以来的时间长度。此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

点击命令可以向程序树添加程序节点。从页面右侧设置已添加程序节点的功能性。不允许运行空白的程序树。也不允许运行包含错误设置的程序节点的程序树。无效的程序节点以黄色高亮显示，表明在允许运行程序之前需要采取的措施。



### 15.1.1 程序执行指示



程序运行时，当前执行的程序节点以节点旁边的小  图标指示。另外，执行路径以蓝色高亮显示。

按下程序一角的  图标将跟踪当前执行的命令。



### 15.1.2 搜索按钮

点击  可以在程序树中进行搜索。按下  图标退出搜索。

### 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 表达式编辑器

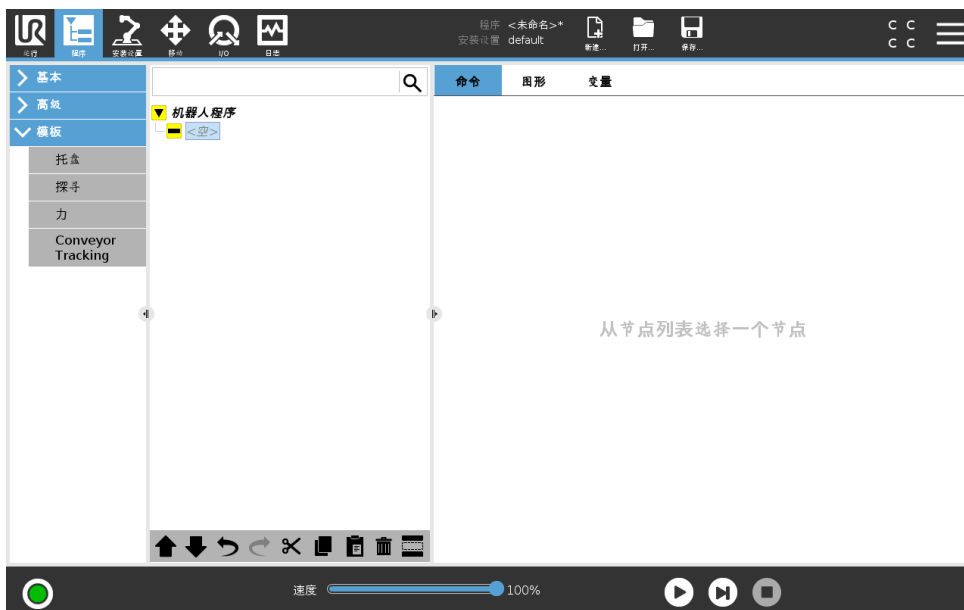


表达式本身可以文本形式进行编辑，同时，也可使用表达式编辑器进行编辑。表达式编辑器提供许多按钮和函数，可用于插入特殊表达式符号，例如表示相乘的 \* 符号和表示小于等于的 ≤ 符号。使用屏幕左上角的键盘符号按钮可切换至表达式文本编辑模式。所有已定义的变量都可在变量选择器中找到，输入和输出端口的名称可在输入和输出选择器中找到。一些特殊函数可在函数选择器中找到。

按确定按钮时，系统将检查表达式有无语法错误。单击取消按钮可离开此屏幕，放弃所有更改。表达式类似如下形式：

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

### 15.1.5 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

本手册并未涵盖关于每一种程序节点的所有细节。机器人程序节点包括三个控制程序整体行为的复选框。



### 添加开始前序列

勾选此复选框可在程序开始时向程序添加一个特殊部分。

### 设置初始变量值

勾选此复选框可设置程序变量的初始值。

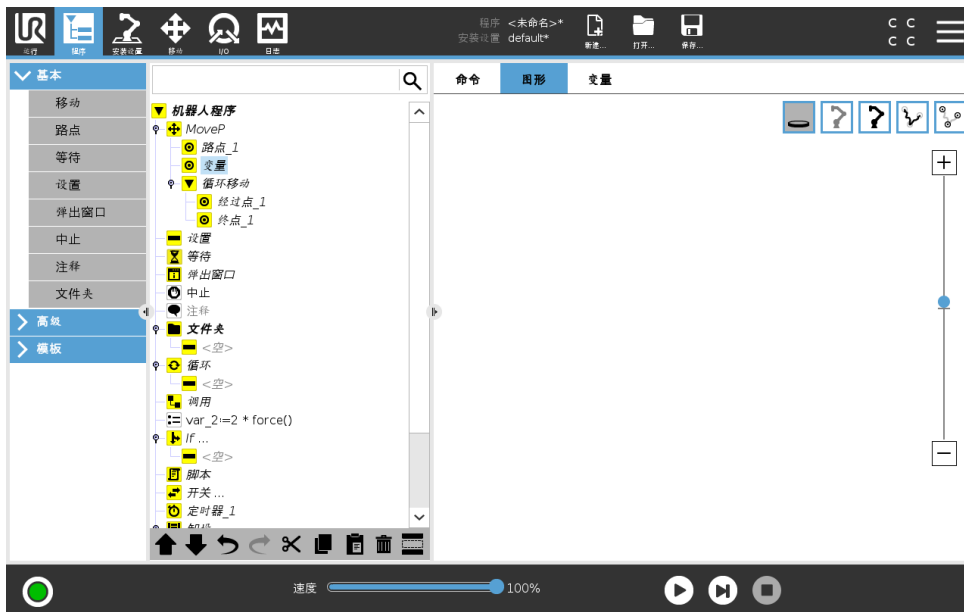
1. 从下拉列表中选择变量，也可以使用变量选择器框选择变量。
2. 输入该变量的表达式。该表达式用于在程序启动时设置变量值。
3. 您可以选择保持上一次运行的值，以将变量初始化为变量选项卡上的值（请参阅 15.4）。这允许变量保留使用其上次程序执行期间的值。如果程序是首次运行，或者变量值选项卡已清空，则变量将从表达式获取变量值。

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

勾选此复选框可让程序连续运行。

## 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机器人手臂到达屏幕左侧所选路点的方式。如果机器人 TCP 的当前位置距离安全或触发平面很近，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。

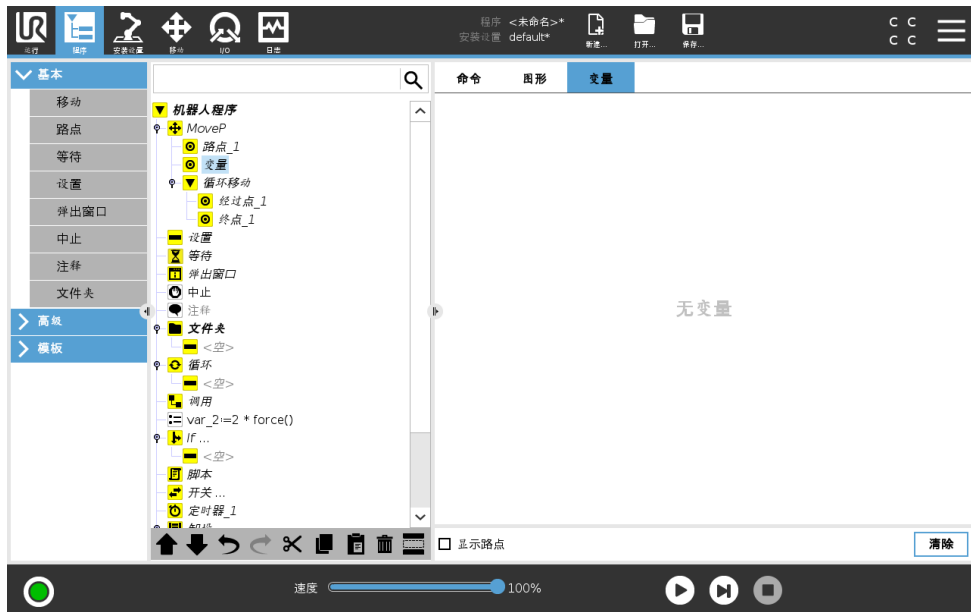
注意：如果机器人在运行程序，边界限制可视化将被禁用。

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，正常模式限值（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，以更好地显示机器人手臂的运动状态。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。

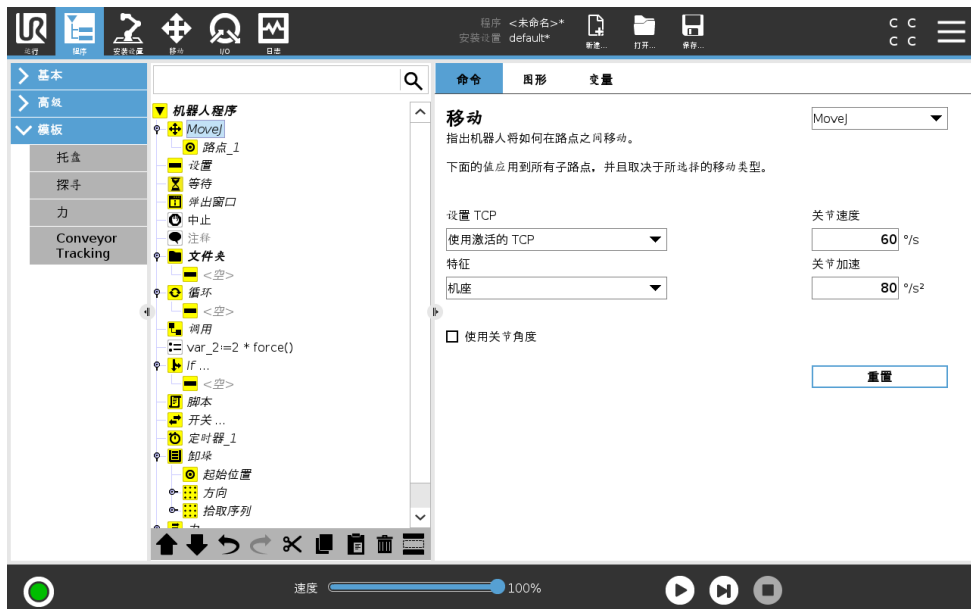
## 15.4 变量选项卡



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。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。移动命令定义机器人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  $deg/s$  和  $deg/s^2$  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  $mm/s$  和  $mm/s^2$  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

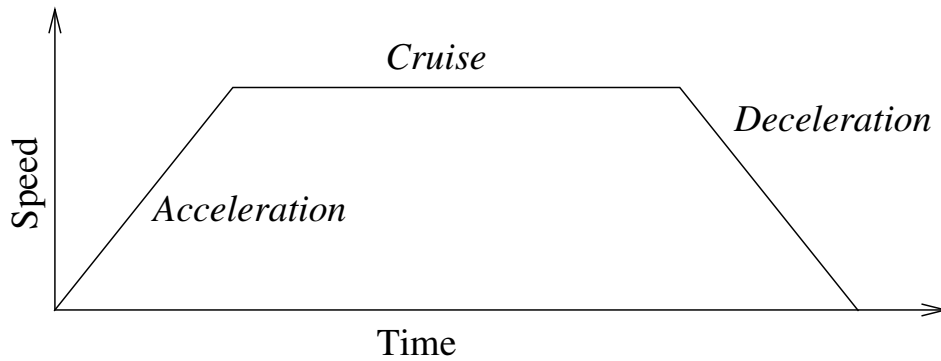


图 15.1: 运动的速度曲线。速度曲线分为三段: 加速、稳速和减速。稳速阶段的速度水平由运动的速度设置而定, 加速和减速阶段的陡度则由加速参数而定。

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。

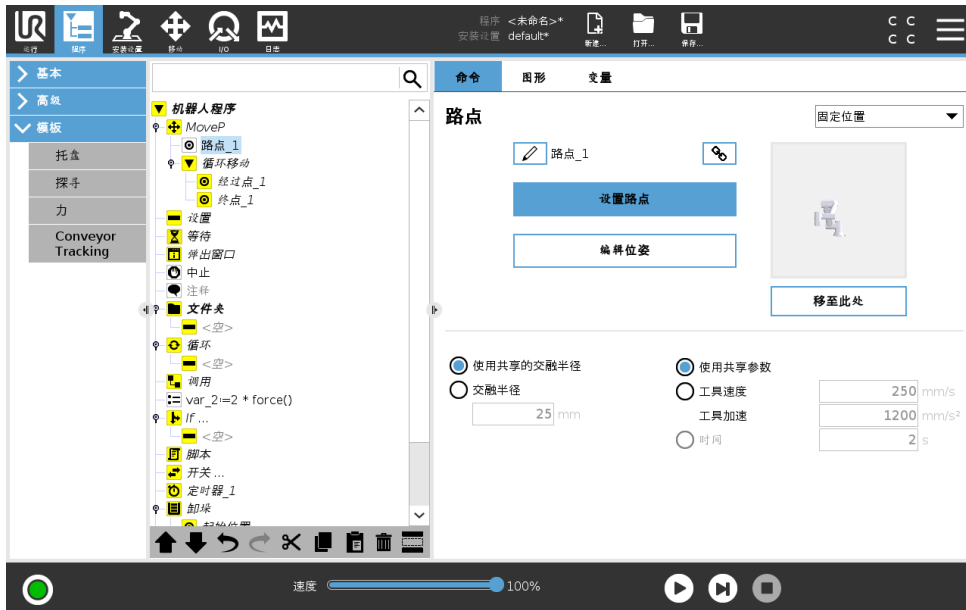
**可变路点** 当机器人手臂移动到可变路点时, 系统会将工具中心点 (**TCP**) 计算为所选特征空间中变量的坐标值。因此, 如果选择另一特征, 机器人手臂向可变路点的移动将不同。

**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，指示机器人手臂移动到哪个位置。固定位置路点通过将机器人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。

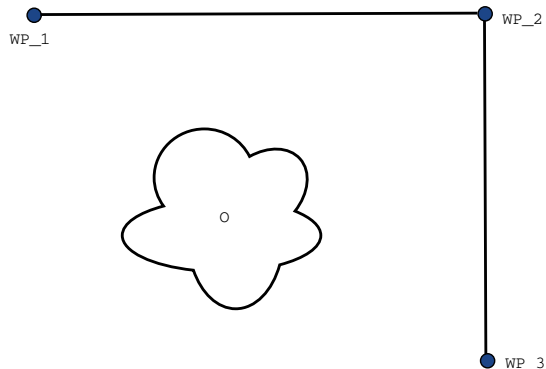


图 15.2: WP\_1: 初始位置, WP\_2: 通过点, WP\_3: 拾取位置, O: 障碍物。

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，机器人手臂轨迹即会绕过路点从其周围经过，以使机器人手臂不会停在该点。

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），当机器人手臂停在该路点时执行该表达式。

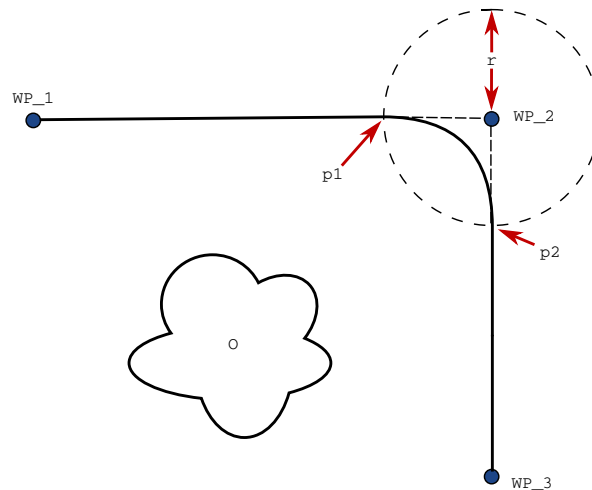


图 15.3: 与半径  $r$  在 WP\_2 上方交融, 初始交融位置位于  $p1$ , 最后交融位置位于  $p2$ 。O 为障碍物。

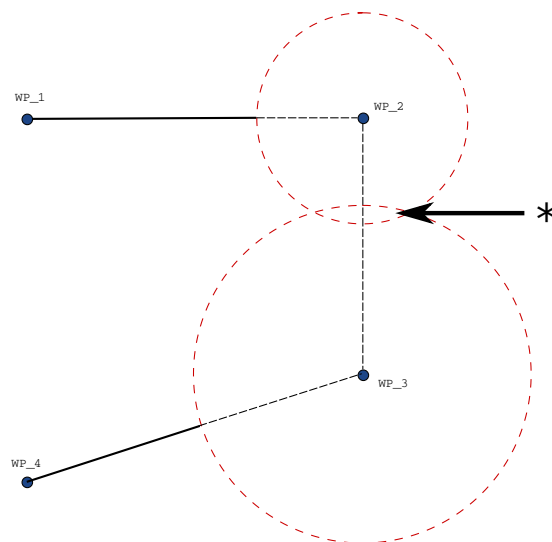


图 15.4: 不允许交融半径重叠 (\*)。

**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
    
```

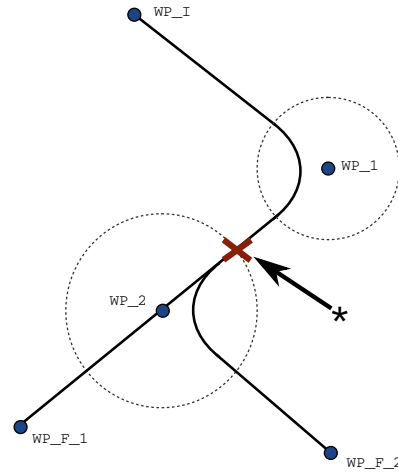


图 15.5: WP\_I 为初始路点, 有两个潜在最终路点 WP\_F\_1 和 WP\_F\_2, 取决于条件表达式。当机器人手臂进入第二个交融时, 条件 if 表达式被评估 (\*)。

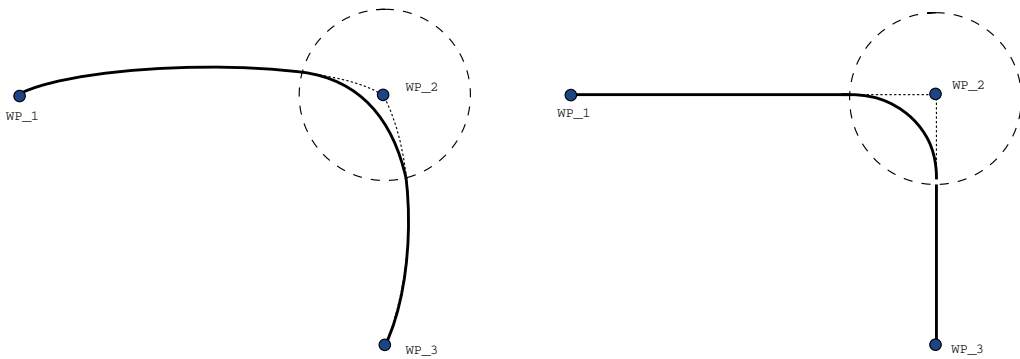


图 15.6: 关节空间 (MoveJ) 与笛卡尔空间 (MoveL) 移动和交融。

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, 则交融轨迹遵循原始 MoveJ 的轨迹。如果两个运动的时间受限, 则使用交融不会节约时间。

- **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

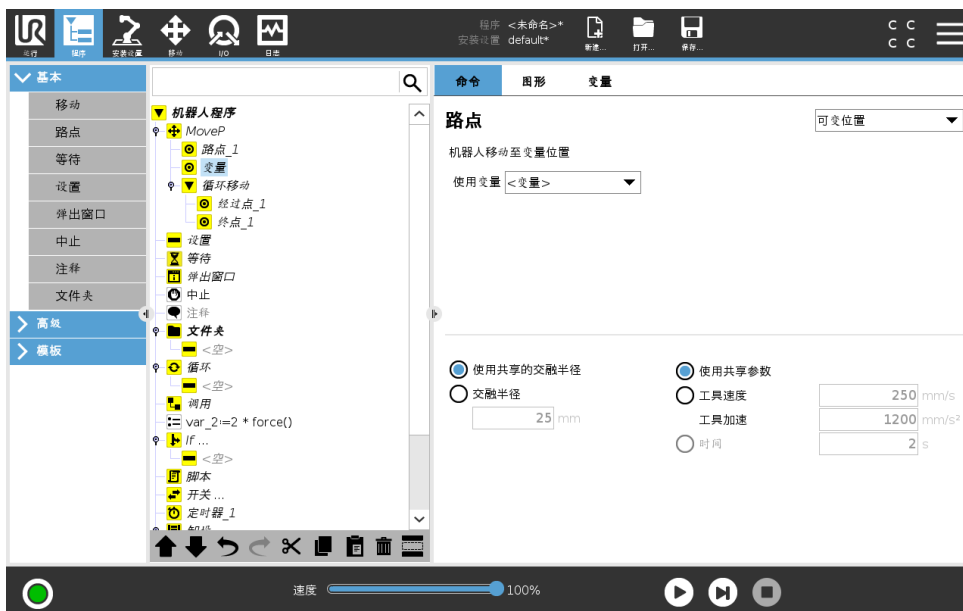


相对路点是指该路点的位置是以相对于机器人手臂上一个位置的位置差的方式给出的，例如“偏左两厘米”。相对位置是根据两个给定位置（从左至右）之间的差距而定义。

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

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

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下一个路点。

例如，将机器人沿着工具的 z 轴移动 20mm:

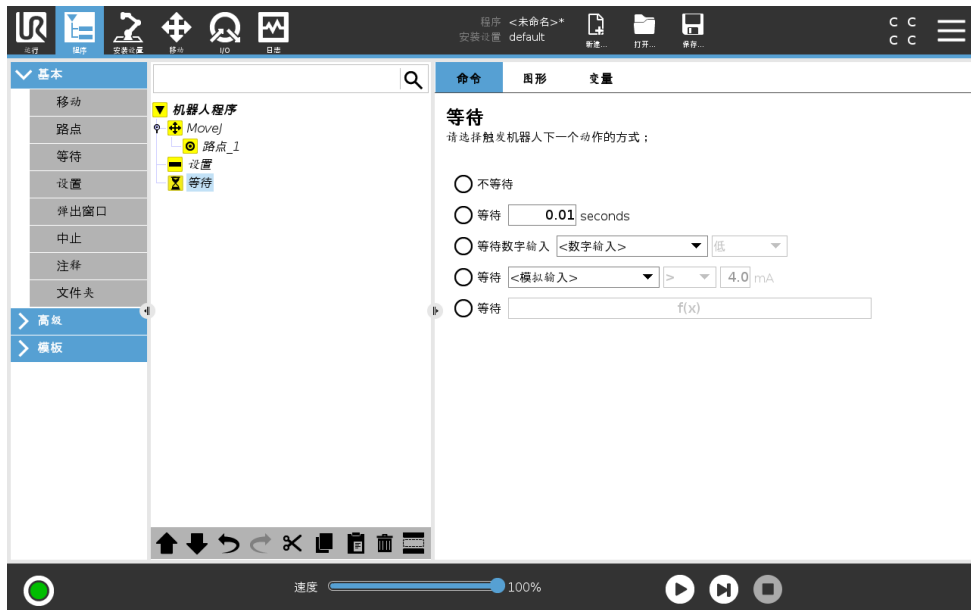
```
var_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
```

```
Move1
```

路点\_1（可变位置）：

使用变量=var\_1，特征=工具

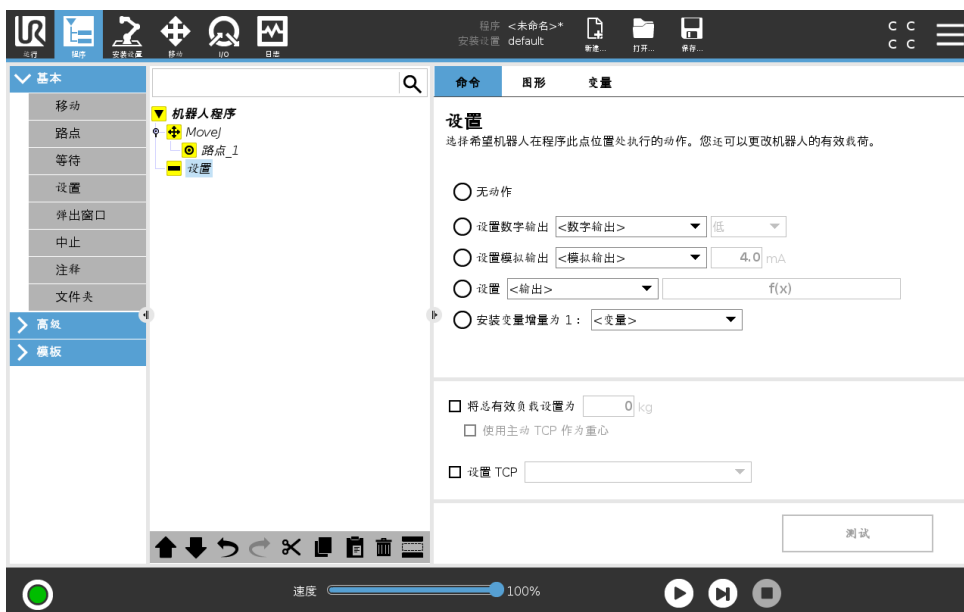
### 15.5.2 等待



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。

### 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。如果激活的 TCP 不能用作重心，可以取消选中复选框。如果未在程序中设置重心，则使用安装时的重心。您可以使用文本字段（Cx、Cy、Cz）或者有效负载向导来设置重心。如果程序版本早于 5.2，您可以将重心设置为 TCP。但是，如果手动设置重心，则无法将重心重新设置为 TCP。

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。如果在写入程序时为特定运动指定的激活 TCP 已知，您可以点击左侧基本菜单中的移动来使用该 TCP 选择（请参见 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



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

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。

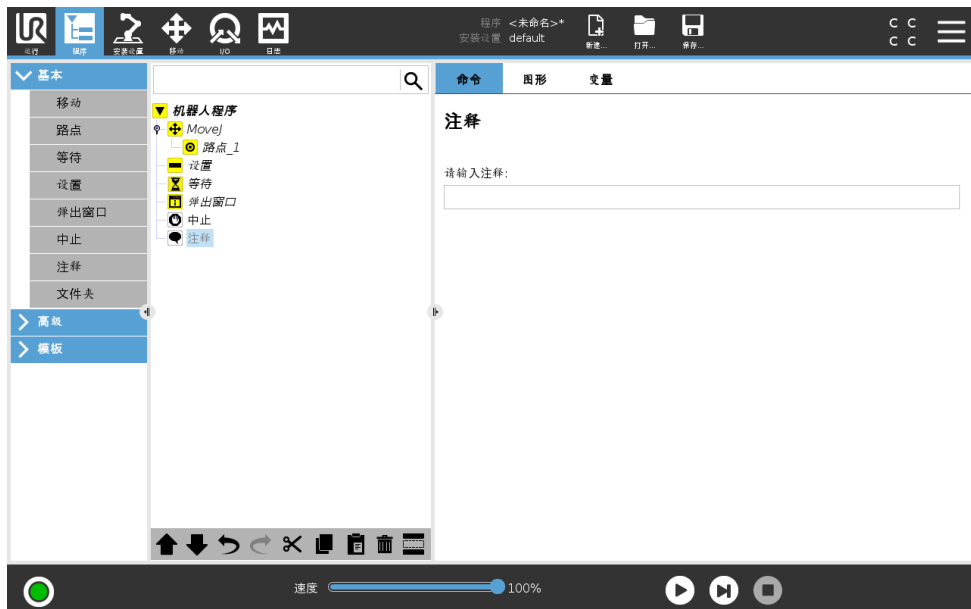
注意：消息被限制为最多 255 个字符。

### 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



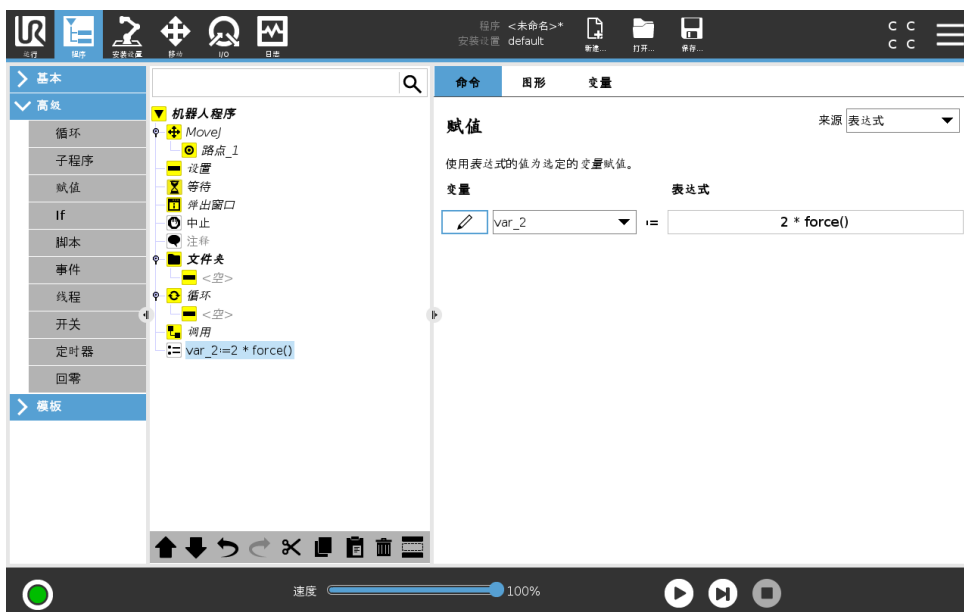
“子程序”命令可以将所需的程序部分存放在多个位置。子程序可以是磁盘上的独立文件，也可以隐藏以免被意外修改。

### 调用 SubProgram



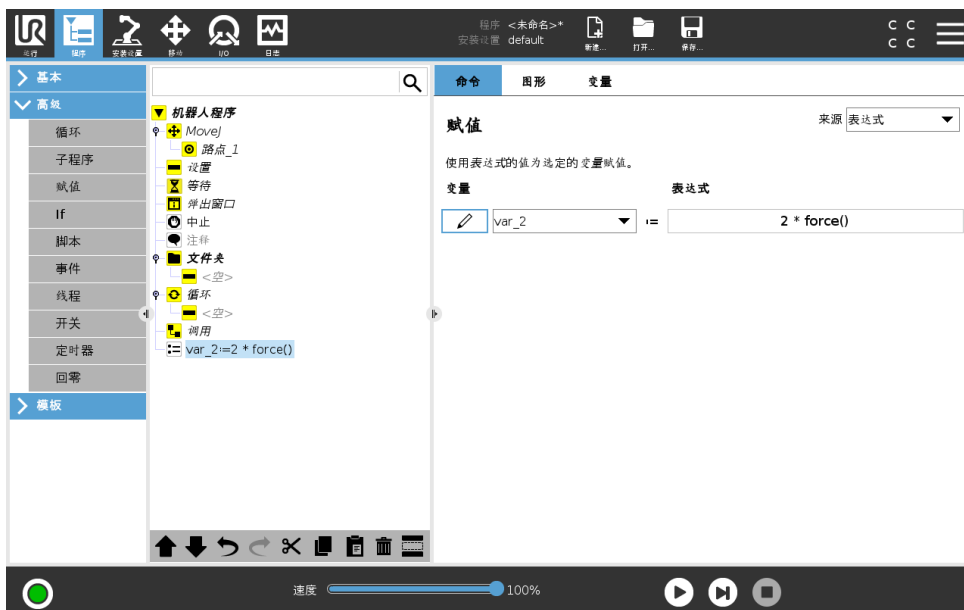
调用子程序时将运行子程序中的程序行，运行完子程序中的程序行后再返回到程序的下一行继续运行。

### 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



命令的下拉列表提供以下选项:

- 行用于使用表达式编辑器 ( 15.1.4) 编写一行 Urscript 代码
- 文件用于编写、编辑或载入 Urscript 文件。

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

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

### 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

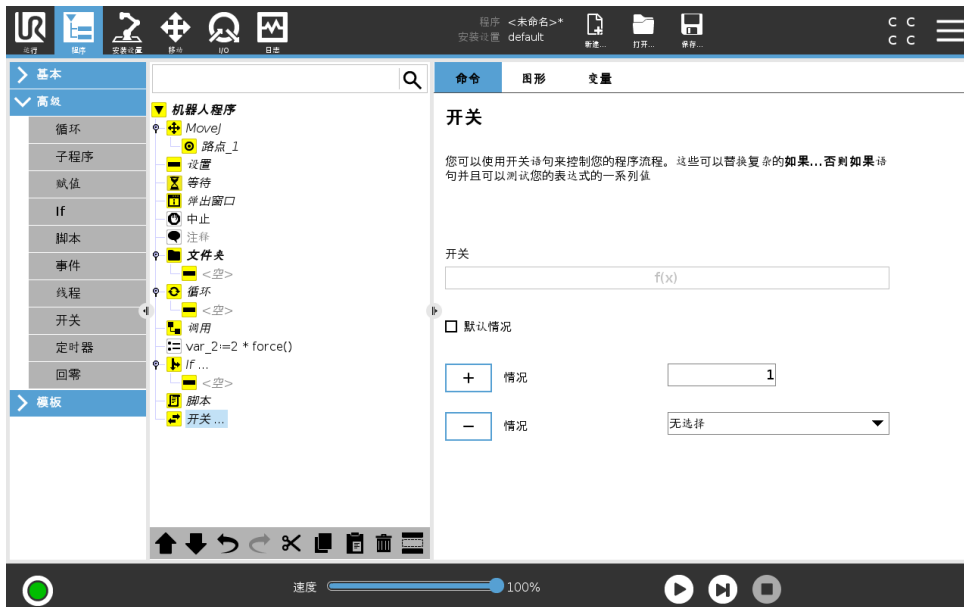
部机器上的触发机制是上升沿而非高输入电平时，主程序代码要简单得多。每个控制循环 (2ms) 对事件进行一次检查。

### 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。

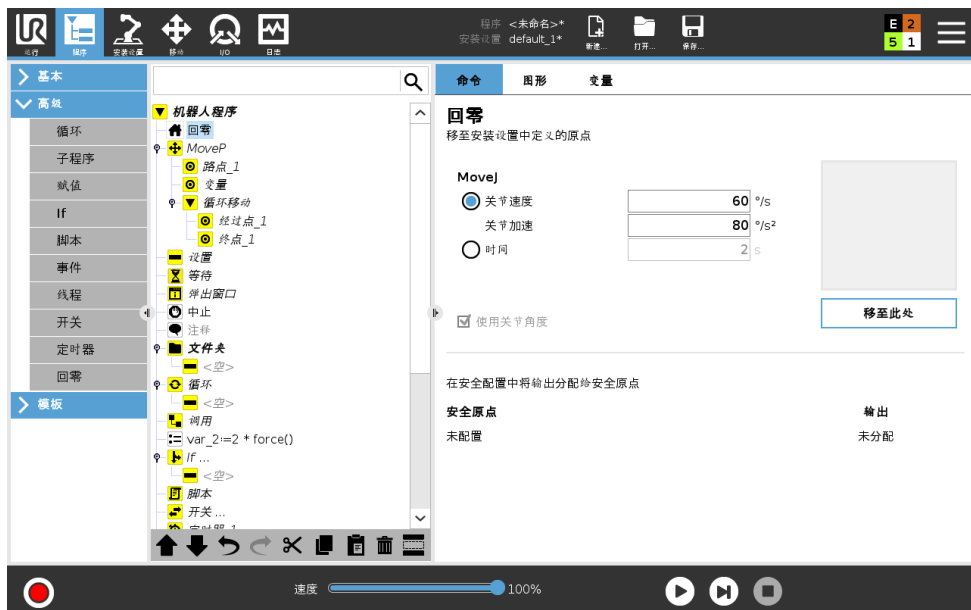
版权所有 © 2009–2018 Universal Robots A/S. 保留所有权利。

### 15.6.9 定时器



定时器测量程序特定部件运行所需的时间长度。程序变量包含定时器启动后经过的时间，可在变量选项卡和运行选项卡查看。

### 15.6.10 回零



回零节点使用关节角度将机器人移动至预先定义的原点。如果被指定为安全原点，那么回零节点在程序树中显示为回零（安全）。如果原点与安全不同步，则表示节点未定义。

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

## 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

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. 使用序列命令页面的选择器来定义序列中的哪些路点与模式位置相对应。

#### 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。

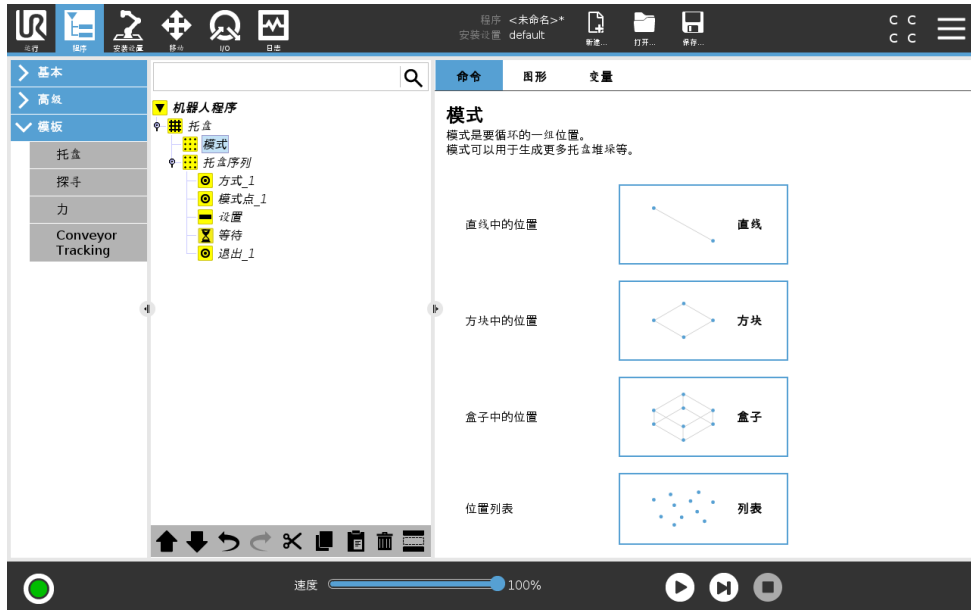
#### “BeforeStart”

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



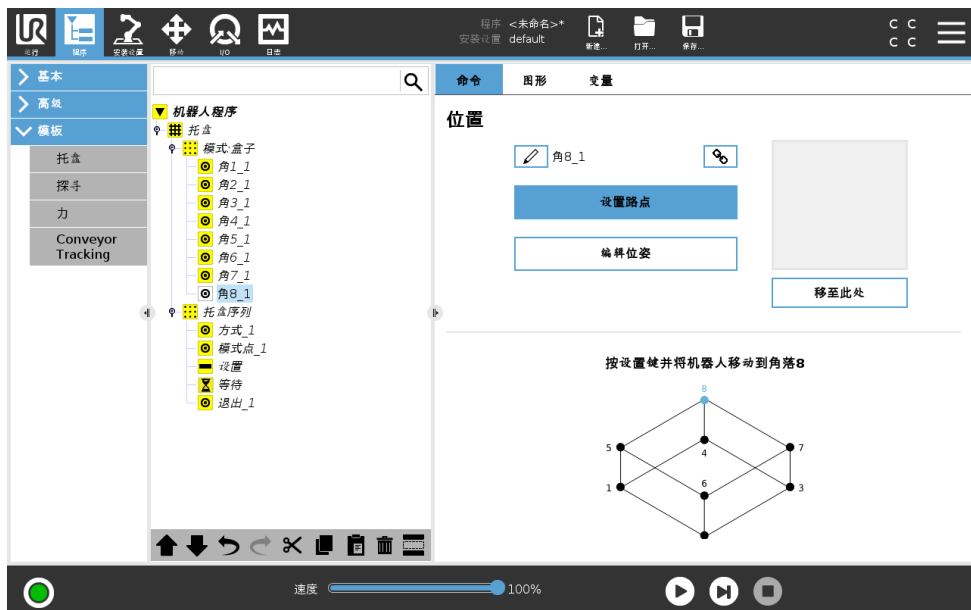
模式命令可用于在机器人程序中指示机器人循环通过各个位置。每次执行模式命令时，其均与一个位置相对应。

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。



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

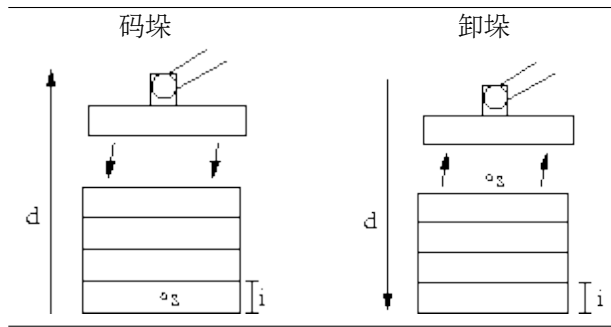
盒子模式使用三个矢量定义盒子的边。这三个矢量由四个点确定，第一个矢量从点一至点二，第二个矢量从点二至点三，第三个矢量从点三至点四。每个矢量按输入的间隔计数进行划分。模式中的具体位置只需按比例添加间隔矢量即可计算得出。

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

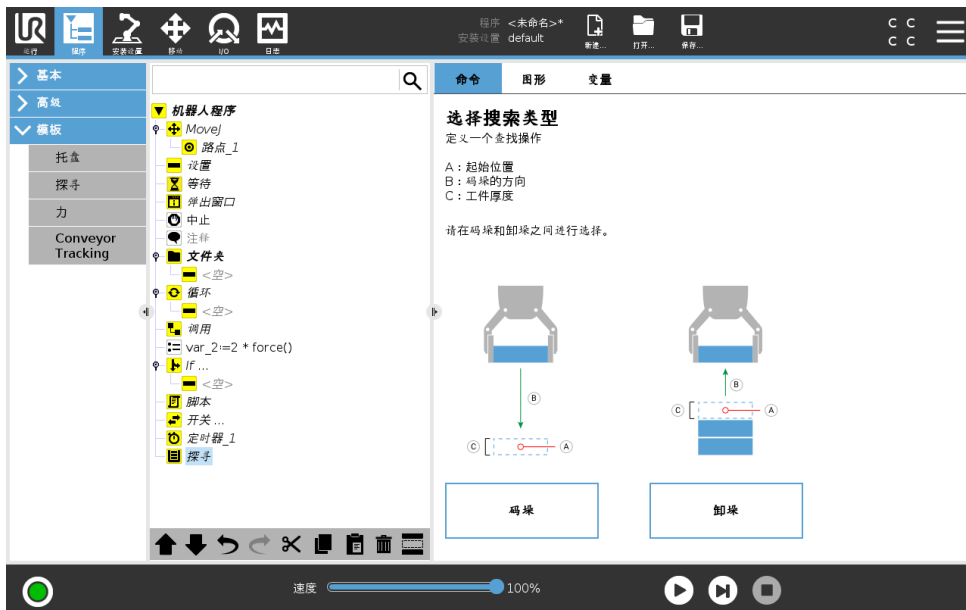
探寻命令使用传感器确定机器人工具何时抵达可以抓取或放下工件的正确位置。传感器可以是按钮开关、压力传感器或电容传感器。此功能适用于处理厚度不一的工件堆垛或工件的精确位置无从知晓或难以编程的情况。



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

拾取/放置序列是在每一个堆垛位置执行的一个特殊程序序列，与托盘操作类似。

### 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

输送机跟踪可让机器人手臂跟踪最多两台输送机的移动。输送机跟踪在安装选项卡中定义(参见16.1.9部分)。



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。退出输送机跟踪时不允许交融, 因此机器人会在进行下一个动作之前完全停止。

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

**跟踪一台输送机**

1. 点击页眉的**程序**。
2. 点击**模板**并选择**输送机跟踪**即可向程序树添加一个输送机跟踪节点。输送机跟踪节点之下列出的任何移动都会跟踪输送机的移动。
3. 从输送机跟踪之下的选择输送机下拉菜单中选择**输送机 1** 或**输送机 2**，定义必须跟踪哪一台输送机。

## 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，教导机器人手臂如何移动。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人手臂遵循的路径。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）将机器人手臂移动到所需的位置，或者通过将机器人手臂拉到就位来示教位置，同时按住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人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人手臂。  
您也可以通过按住自由驱动按钮并将机器人手臂拉到所需的位置来移动机器人手臂。
5. 一旦机器人手臂就位，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，按住机器人手臂的**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，该程序可指示机器人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。

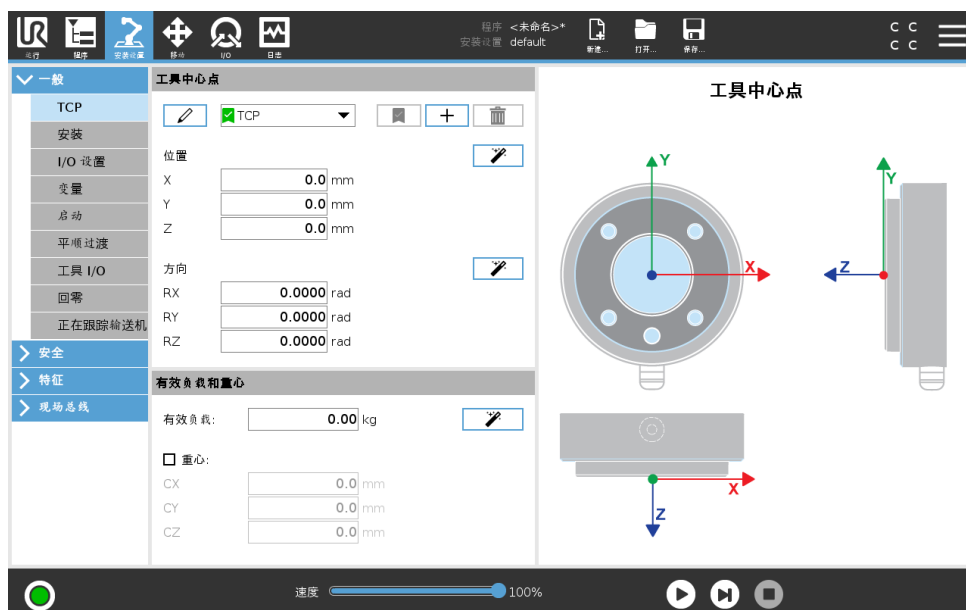


# 16 安装设置选项卡

## 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) 既机器人工具的点。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、重命名、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。要重命名 TCP，请点击 TCP 下拉菜单旁边的**铅笔**按钮。要删除所选的 TCP，请点击**删除**按钮。最后一个 TCP 无法删除。

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。

#### 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



## 16.1 通用

1. 点击 **TCP 方向向导**。
2. 从下拉列表中选择一特征。（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人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。这些设置适用于所有定义的 TCP。版本 5.2 之前创建的安装支持将重心设置为 TCP，如果之前已经设置。如果在版本 5.2 或更高版本中手动设置重心，则永远无法将重心设置为 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



指定机器人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人手臂的安装，这将导致频繁的安全停止，和/或机器人手臂在自由驱动按钮按下时会活动。

如果机器人手臂安装在平稳的台面或地面上，无需对此屏幕进行任何更改。但是，如果机器人手臂采用吊顶式、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人手臂的安装角度。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。

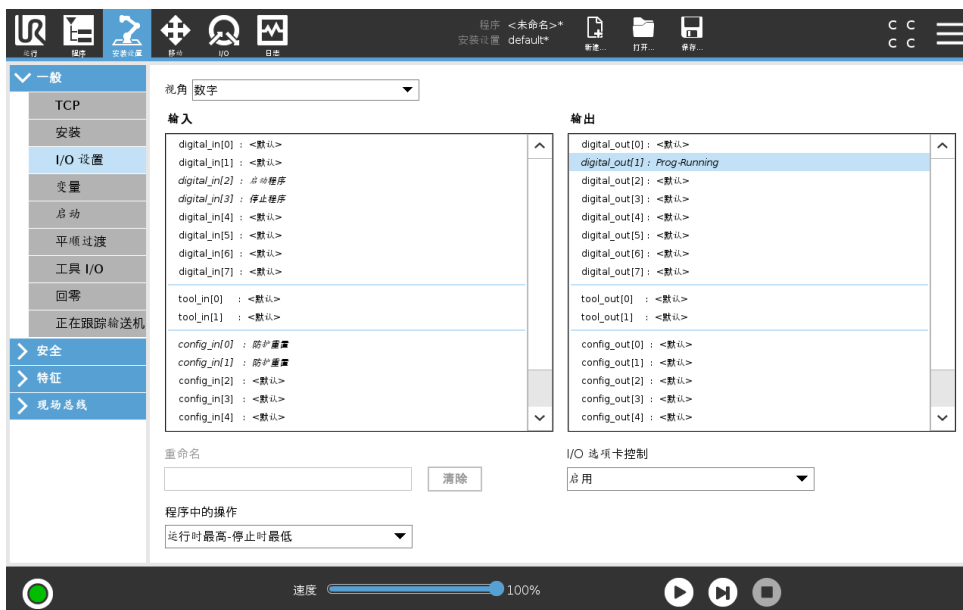
屏幕底部的按钮用于旋转机器人手臂的安装角度，以与实际安装角度保持一致。



**警告:**

使用正确的安装设置。用程序保存并加载安装文件。

### 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：当工具通信接口被启用时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）。

#### 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。

#### 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。

#### I/O 操作和 I/O 选项卡控件

输入和输出操作 物理和现场总线数字 I/O 可用于触发操作或者对程序状态作出反应。

可用的输入操作：

- 启动当前程序

- 停止当前程序
- 暂停当前程序
- 自由驱动模式（与在教导器中使用自由驱动按钮类似）

可用的输出操作：

- 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。
- 未运行时为高，停止时为低：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** 指定输出是否在 I/O 选项卡中控制（由任一程序员控制，或由操作员和程序员控制），或者是否由机器人程序控制。

### 16.1.4 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又重新启动，以及当机器人手臂和/或控制箱断电而后又重新上电，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**确定**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。

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。

### 16.1.5 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，自动对机器人手臂进行初始化。



#### 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。

### 16.1.6 工具 I/O



#### 工具模拟输入

##### 工具通信接口

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。

##### 设置工具通信接口 (TCI)

1. 点击安装选项卡，然后点击通用之下的工具 I/O。
2. 选择通信接口即可编辑 TCI 设置。  
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。
3. 从通信接口的下拉菜单中选择所需的数值。  
值的任何变化都会立即发送到该工具。如果有任何安装数值不同于工具使用的值，会出现警告。

#### 数字输出模式

工具通信接口可以单独设置两个数字输出。在 PolyScope 中，每一针都有一个用于设置输出模式的下拉菜单。可选择的选项包括：

- 下沉：用于设置针的 NPN 或下沉设置。输出关闭时，针允许电流流向地面。与 PWR 针结合使用时可创建完整的电路 (参见 ??)。
- 来源：用于设置针的 PNP 或来源设置。输出开启时，针提供正电压来源 (可在 IO 选项卡中设置)。与 GND 针结合使用时可创建完整的电路 (参见 ??)。
- 推 / 拉用于设置针的推 / 拉设置。输出开启时，针提供正电压来源 (可在 IO 选项卡中设置)。与 GND 针结合使用时可创建完整的电路 (参见 ??)。输出关闭时，针允许电流流向地面。

选择一个新的输出设置后，变更立即生效。当前加载的安装也相应修改，以反映新的设置。验证工具输出符合预期之后，务必保存安装以避免变更丢失。

## 双针电源

双针电源用于为工具供电。启用双针电源即禁用默认的工具数字输出。

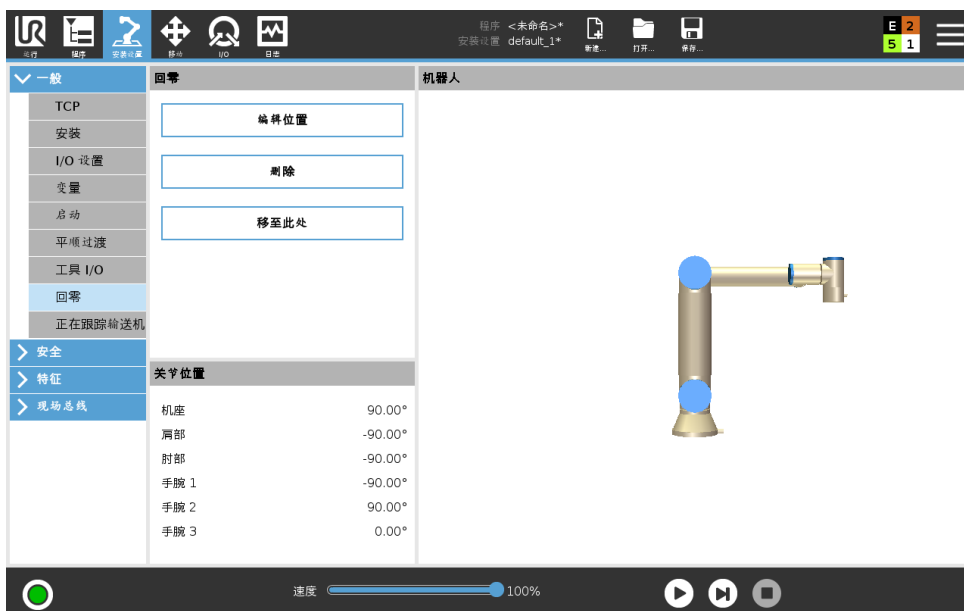
### 16.1.7 安全模式之间的平顺过渡

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。

### 16.1.8 回零



回零是用户定义的机器人手臂的返回位置。定义之后，回零位置在创建机器人程序时可用。您可以使用回零位置来定义安全回零位置。（见 13.2.10）

#### 定义回零

1. 点击页眉的**安装**。
2. 在**通用**之下选择**回零**。
3. 点击**设置位置**。
4. 使用**自由驱动**或**转换按钮**教导机器人。

### 16.1.9 输送机跟踪设置

输送机跟踪设置用于设置最多 2 台输送机的移动。输送机跟踪设置提供配置机器人的选项，使其与绝对或增量式编码器以及线性或圆形输送机一起工作。

### 定义输送机

1. 点击页眉的安装。
2. 在通用之下选择**输送机跟踪**。
3. 在输送机跟踪设置之下的下拉菜单中选择**输送机 1** 或**输送机 2**。  
一次只能定义一台输送机。
4. 选择**启用输送机跟踪**
5. 设置**输送机参数**（第 16.1.9 节）和**跟踪参数**（第 16.1.9 节）。

---

### 输送机参数

**增量式** 编码器可连接数字输入端 8 ~ 11。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 输出寄存器。

---

### 跟踪参数

**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。使线性特征与输送机的方向平行可确保精度，定义线性特征的两点之间距离要长。在示教两点时将工具牢牢地顶着输送机的侧面放置来配置直线特征。如果直线特征的方向与输送机的移动方向相反，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。

**圆形输送机** 在跟踪圆形输送机时，必须定义输送机中心点。

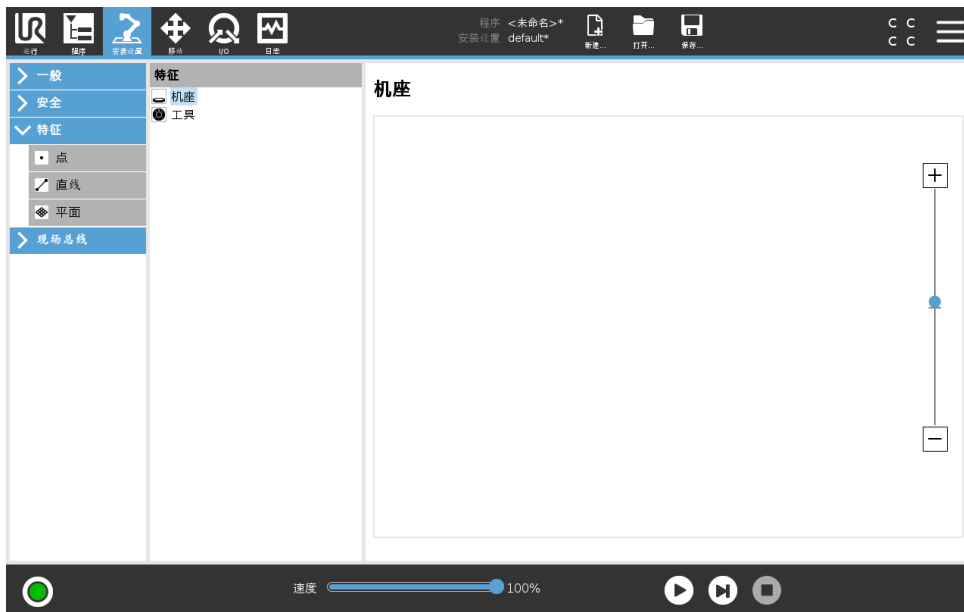
1. 在安装的**特征**部分中定义中心点。**每转勾号数量**必须是当输送机旋转一整圈时编码器生成的勾号数量。
2. 勾选**工具随输送机旋转**复选框可使工具跟踪输送机的旋转方向。

---

## 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人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）

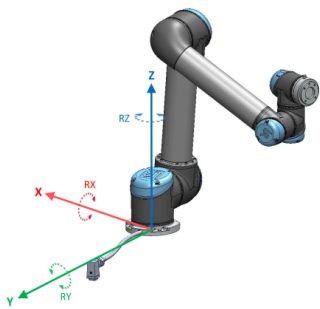


图 16.1: 基本特征

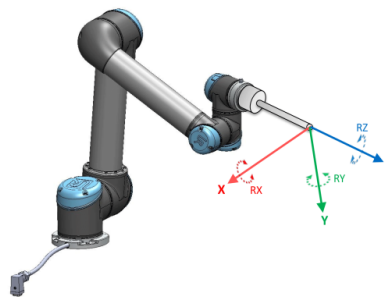


图 16.2: 工具 (TCP) 特征

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。

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

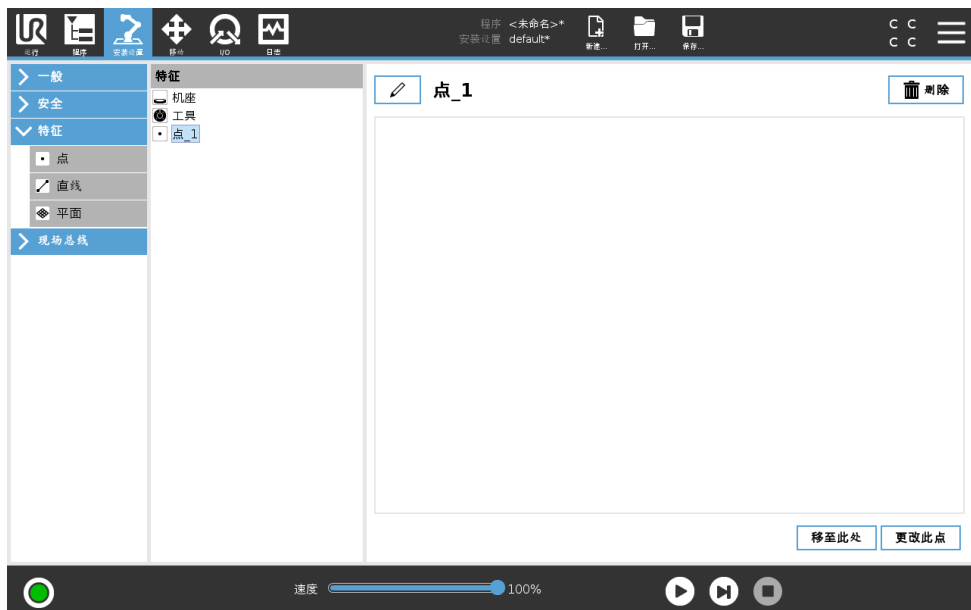
选择所选特征是否将可唤醒。这确定该特征是否将显示在移动屏幕的特征菜单中。

### 使用将机器人移至此处

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

### 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。

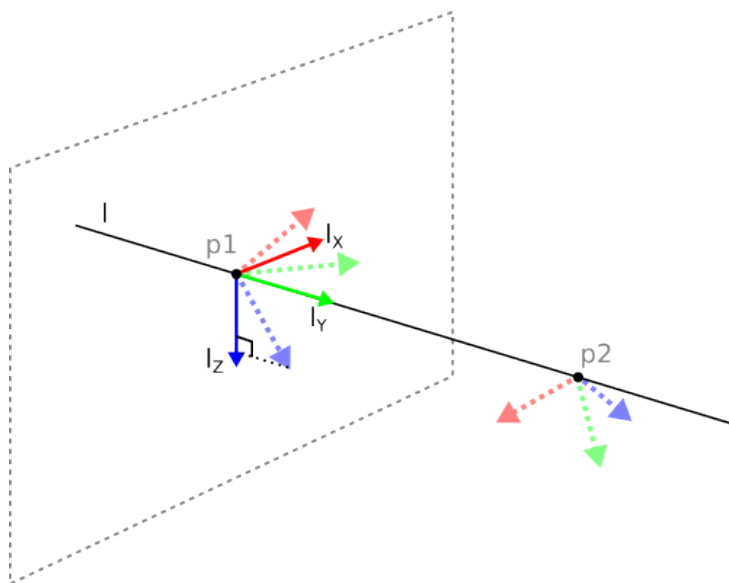
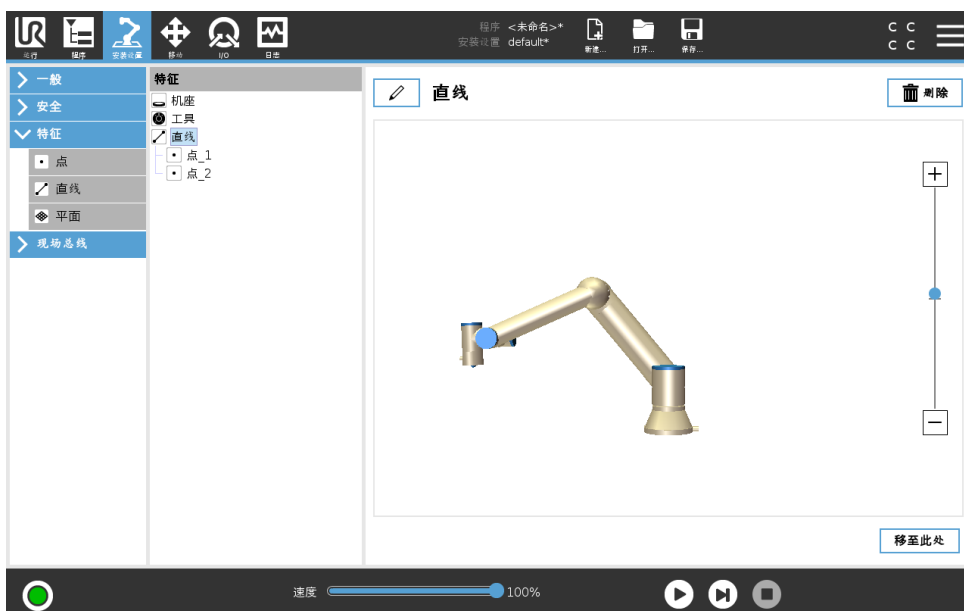


图 16.3: 直线特征的定义

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

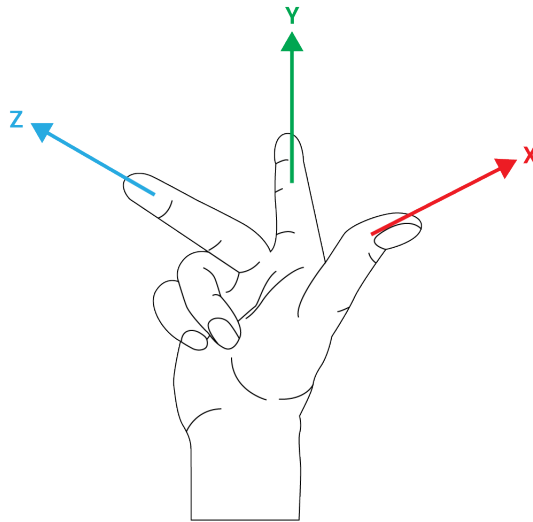
1. 在安装中，选择**特征**。
2. 在特征下选择**平面**。

### 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。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。

机器人程序

```

MoveJ
  S1
MoveL # 特征 : P1_var
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4

```

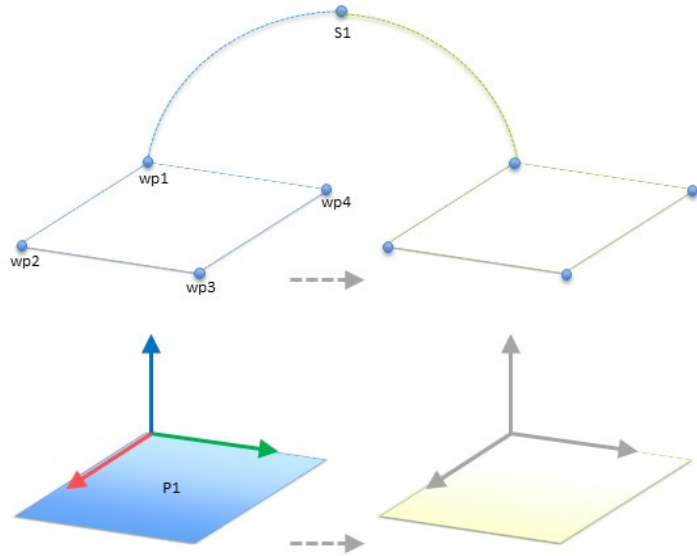


图 16.4: 通过更改特征手动更新与某个平面特征相关的四个路点的简单程序

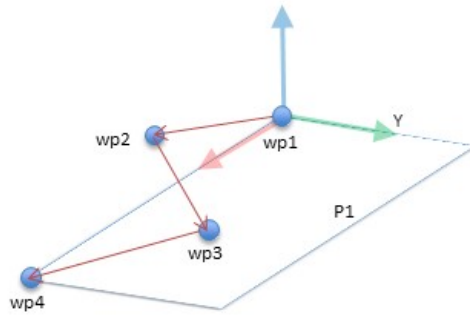


图 16.5: 具有与某个平面特征相关的 4 个路点的 MoveL 命令

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

```

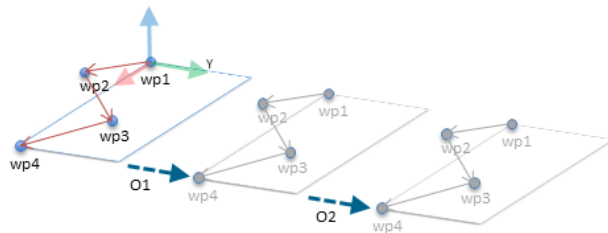


图 16.6: 对该平面特征应用偏移

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

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
    
```

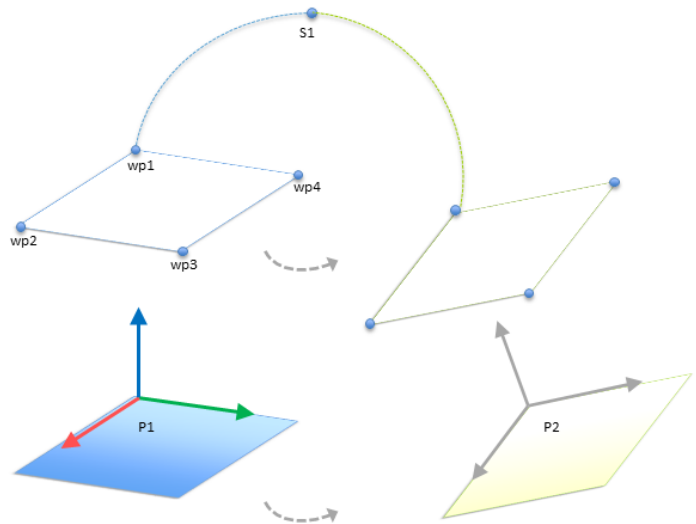


图 16.7: 从一个平面特征切换到另一个平面特征

### 16.4.1 MODBUS 客户端 I/O 设置



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。

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

### 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  
信号地址是否对应远程 MODBUS 服务器的设置。
- E3** 非法数据值 (0x03) 询问所包含的值是服务器（或从设备）不允许的动作，检查输入的信号值  
对于远程 MODBUS 服务器上的指定地址是否有效。
- E4** 从设备故障 (0x04) 服务器（或从设备）在尝试执行所请求的动作时发生不可恢复的错误。
- E5** 应答 (0x05) 专用信息已与编程命令一起发送至远程 MODBUS 设备。
- E6** 从设备忙 (0x06) 专用信息已与编程命令一起发送至远程 MODBUS 设备，从设备（服务器）  
现在无法响应。

---

#### 显示高级选项

此复选框可显示/隐藏每个信号对应的高级选项。

---

#### 高级选项

**更新频率** 此菜单可用于更改信号的更新频率。更新频率是指向远程 MODBUS 设备发送请求来读取或写入信号值的请求频率。当频率设置为 0 时，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：

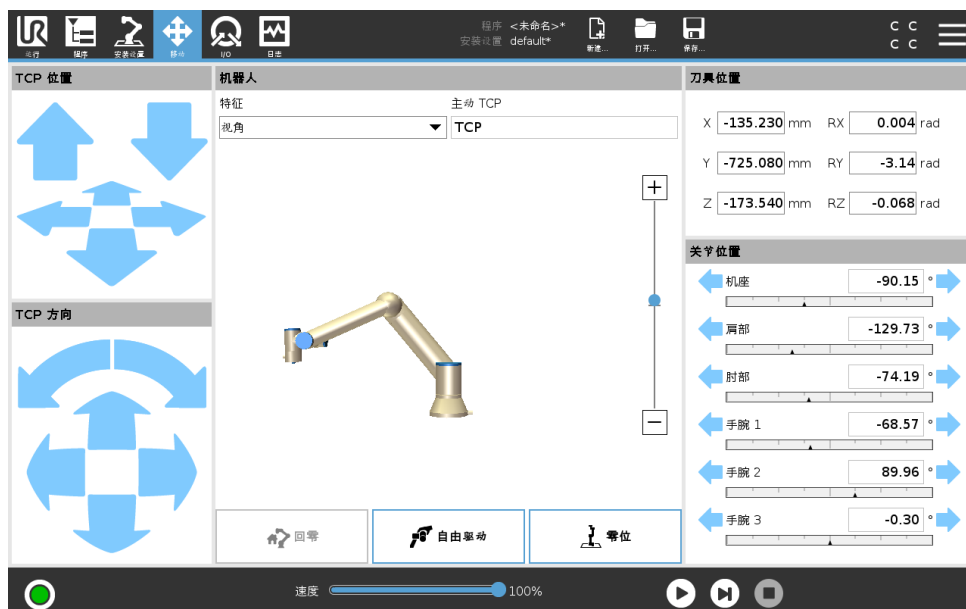
**无**：PolyScope 将忽略 EtherNet/IP 连接丢失的情况，程序正常继续。

**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，正常模式限值（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。

## 回零

**回零**按钮用于访问**移动机器人入位**页面，在该页面可以按住**自动**按钮（参见 14.4）将机器人移入之前在安装时定义的位置（参见 16.1.8）。

## 自由驱动

页面上的**自由驱动**按钮可将机器人手臂拉到理想的位置/位姿。

## 零位

**零位**按钮可将机器人手臂返回直立位置。

# 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。按放大镜图标可缩放视角，拖动手指图标可更改视角。

如果机器人 TCP 的指定目标位置距离安全平面或触发平面很近，又或者机器人工具的方向接近工具方向边界极限（参见 13.2.5），则会显示相邻边界的 3D 成像。

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，正常模式限值（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。



### 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 ?? 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，工具模拟输入将变得不可用。在 I/O 屏幕上，工具输入字段如下所示更改。

Tool Analog Input	
Baud Rate	115200
Parity	None
Stop Bits	One
RX Idle Chars	1.50
TX Idle Chars	3.50

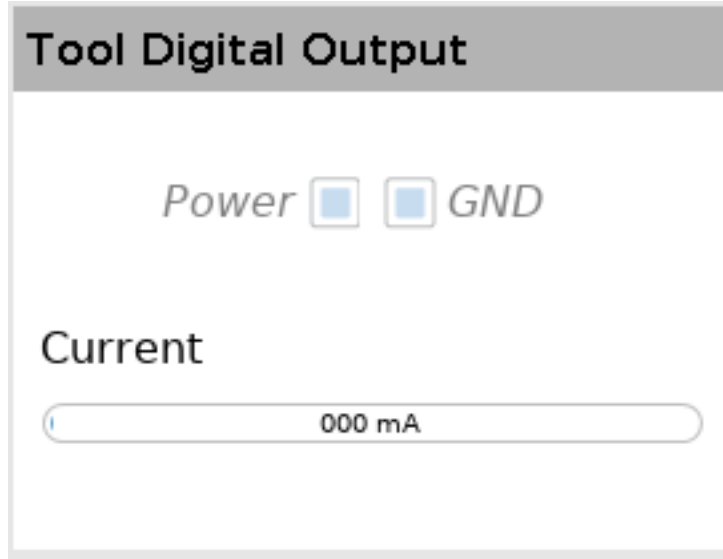


**注意:**

当双针电源被启用时，工具数字输出必须按照以下方式命名：

- 工具\_输出 [0] (电源)
- 工具\_输出 [1] (接地)

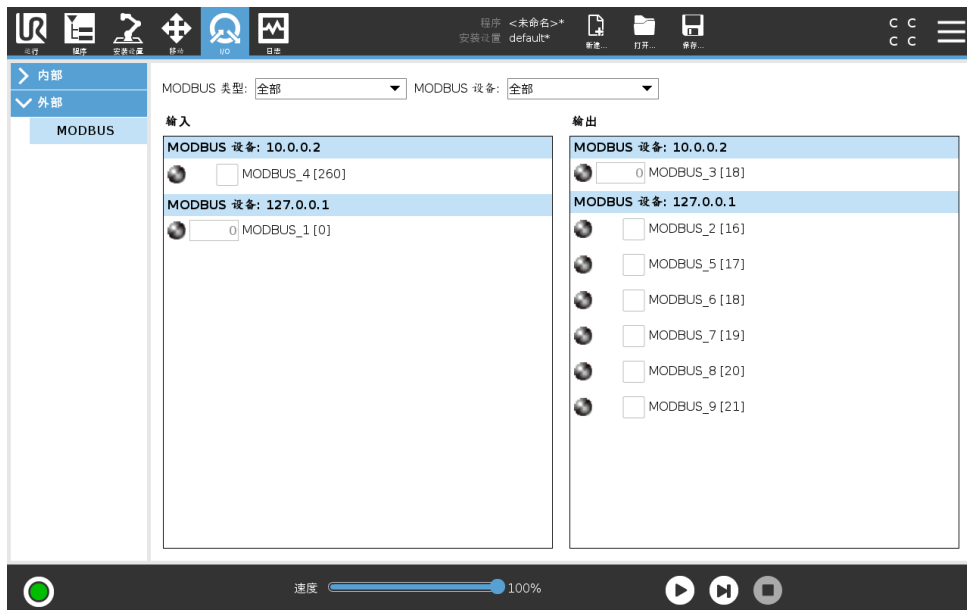
工具输出字段见下图。



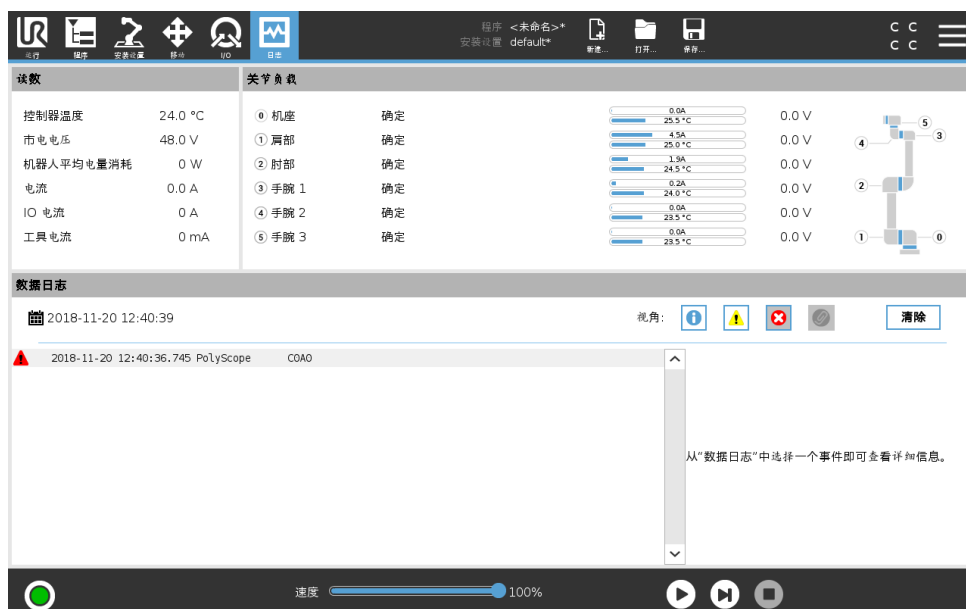
版权所有 © 2009–2018 Universal Robots A/S. 保留所有权利。

## 18.2 MODBUS

下面的截屏显示了在安装中设置的 MODBUS 客户端 I/O 信号。如果设置的数量不止一个，使用页面顶部的下拉菜单可以根据信号类型和 MODBUS 单元更改显示的内容。列表中的每一个信号都包含连接状态、数值、名称和信号地址。如果连接状态和 I/O 选项卡的控制选择允许，输出信号可以切换（参见16.1.3）。



## 19 日志选项卡



### 19.1 读数和关节负载

屏幕上半部分显示机器人手臂和控制箱状况。

屏幕左侧显示与控制器相关的信息，而屏幕右侧显示机器人关节信息。每个关节显示关节负载的温度以及关节处的电压。

### 19.2 数据日志

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，选定日志记录之后显示在右侧。

### 19.3 保存错误报告

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。

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。

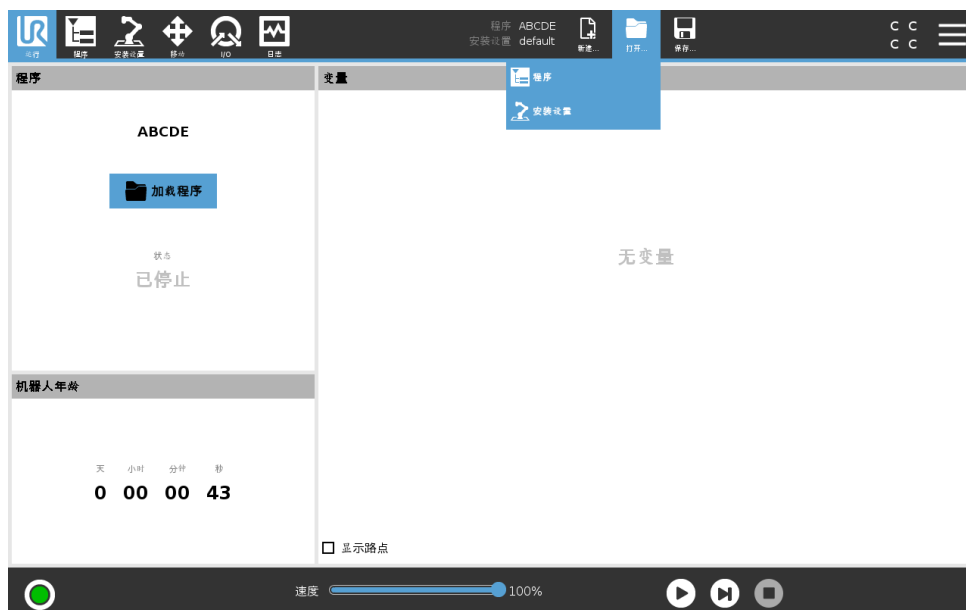
## 20 程序和安装管理器



程序和安装管理器涉及三个图标，通过它们可以创建、加载和配置程序和安装设置：**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。

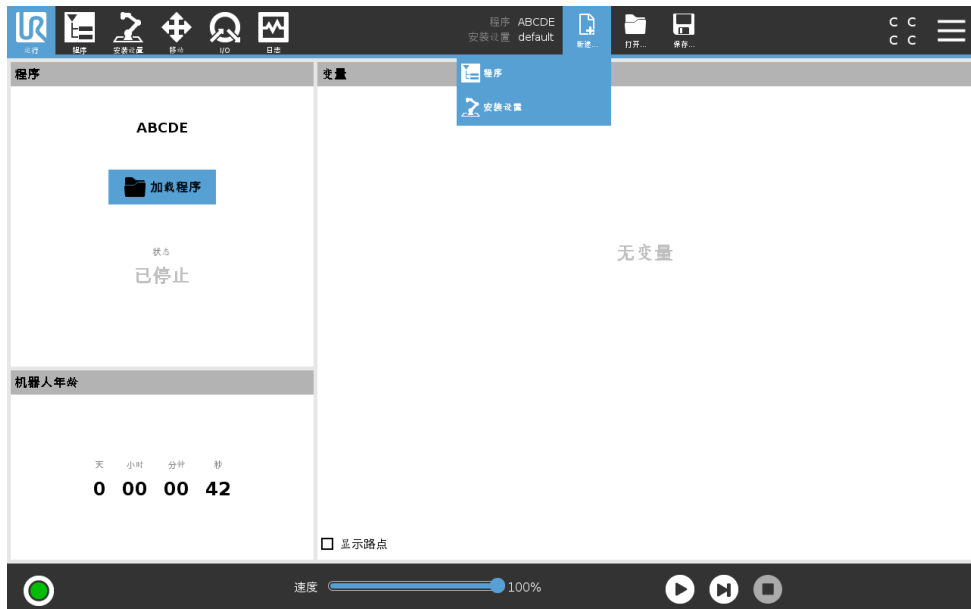
打开一个安装设置。

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

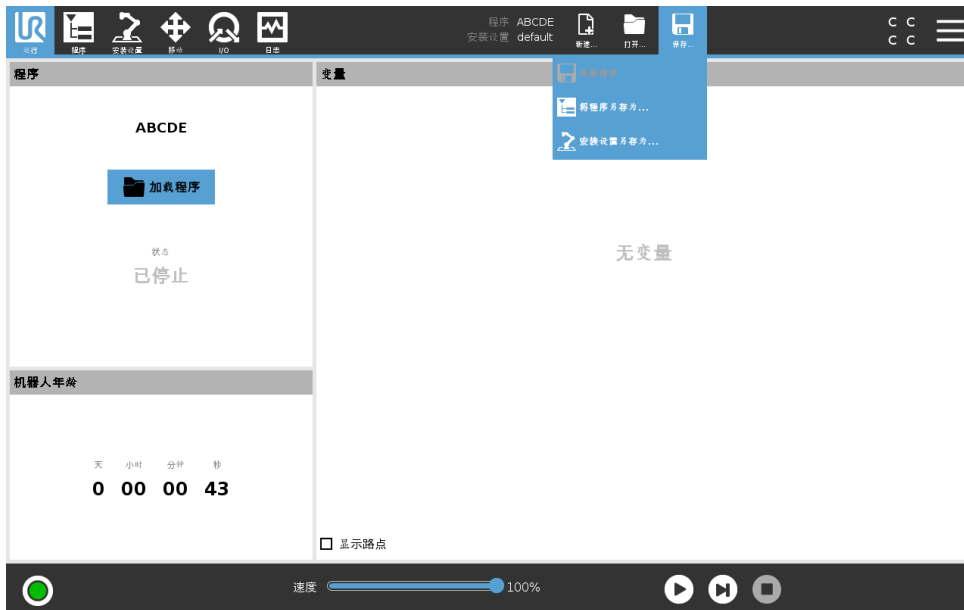
1. 在程序和安装管理器中，点击**新建...** 然后选择程序。
2. 在程序屏幕，根据需要配置新程序。
3. 在程序和安装管理器中，点击**保存...**，然后选择全部保存或将程序另存为...
4. 在“将程序另存为...”屏幕，指定一个文件名然后点击保存。
5. 在文件路径中，确认新程序名已显示。

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...



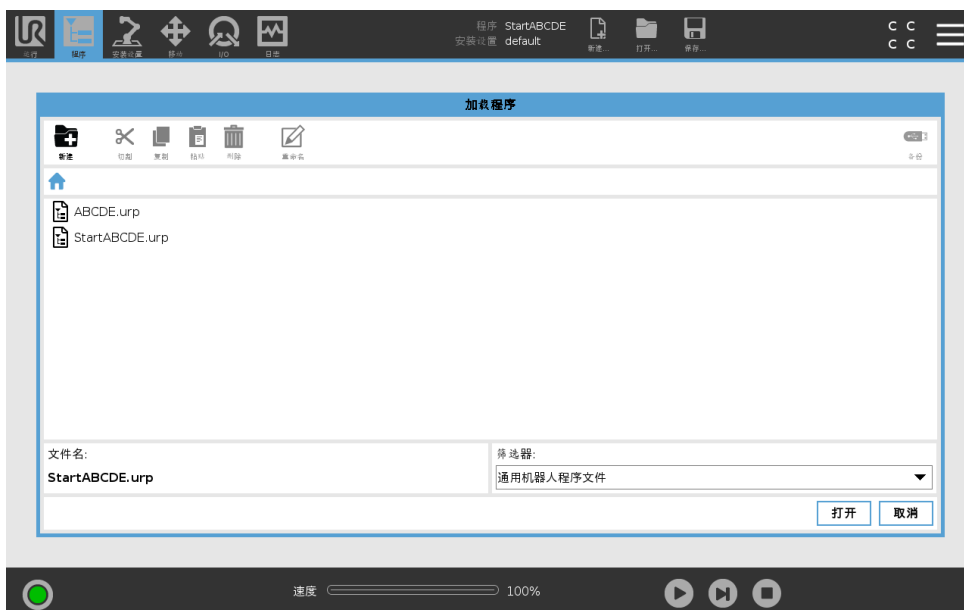
保存... 提供三个选项。根据加载-创建的程序/安装设置，可以：

**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。

---

### 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）。

---

#### 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**。

### 21.3.2 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

可以应用更新来确保机器人软件最新。

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 **+** 按钮，选择 **.urcap** 文件然后按下**打开**注意：可在**激活的 URCap** 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. 如要移除已安装的 URCap，从激活的 URCap 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	从教导器开始
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。

## 21.4 关闭机器人

关闭机器人按钮可让机器人断电或重启。

### 关闭机器人

1. 按下页眉中的汉堡菜单然后选择**关闭机器人**。
2. 出现关闭机器人对话框时点击 **关机**。