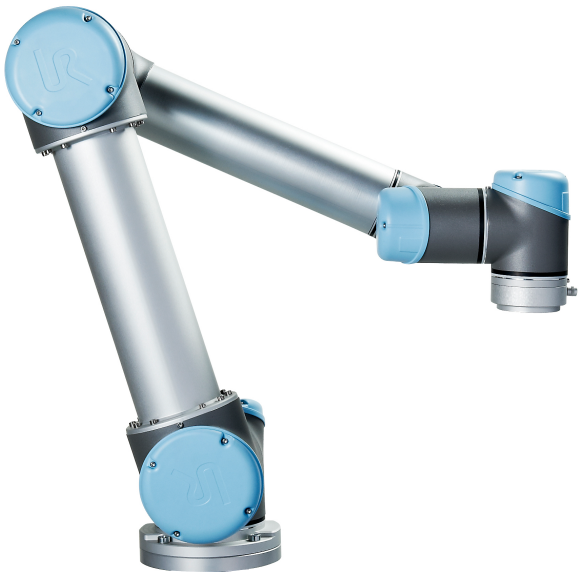
UNIVERSAL ROBOTS

用户手册



UR5/CB3

翻译自原有指示 (zh)

UNIVERSAL ROBOTS

用户手册

UR5/CB3

版本 3.2 (rev. 18629)

翻译自原有指示 (zh)

序列号 UR5/CB3: _____

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 ©2009–2015 by Universal Robots A/S

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

目录

前言 ix

这些箱子里装的是什么 . . . ix

重要安全说明 . . . ix

如何使用本手册 . . . x

哪里可以找到更多信息 . . . x

I 硬件安装手册 I-1

1 安全 I-3

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-7

1.7 风险评估 . . . I-7

1.8 紧急停机 . . . I-9

1.9 无电力驱动的移动 . . . I-9

2 安全相关的功能和接口 I-11

2.1 简介 . . . I-11

2.2 安全系统的停止时间 . . . I-11

2.3 限制安全相关功能 . . . I-12

2.4 安全模式 . . . I-13

2.5 安全相关的电气接口 . . . I-14

2.5.1 安全相关的电气输入 . . . I-14

2.5.2 安全相关的电气输出 . . . I-15

3 运输 I-17

4 机械接口 I-19

4.1 简介 . . . I-19

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

4.2 机器人工作空间 I-19
4.3 安装 I-19

5 电气接口 I-23
5.1 简介 I-23
5.2 电气警告和小心事项 I-23
5.3 控制器 I/O. I-24
5.3.1 所有数字 I/O 的通用规范. I-25
5.3.2 安全 I/O I-26
5.3.3 通用数字 I/O I-29
5.3.4 从按钮进行的数字输入. I-30
5.3.5 与其他机器或 PLC 通信 I-30
5.3.6 通用模拟 I/O I-30
5.3.7 远程 ON/OFF 控制. I-32
5.4 工具 I/O I-33
5.4.1 工具数字输出 I-34
5.4.2 工具数字输入端 I-35
5.4.3 工具模拟输入 I-35
5.5 以太网 I-36
5.6 电源连接 I-36
5.7 机器人连接. I-37

6 维护和维修 I-39
6.1 安全指示 I-39

7 处理和环境 I-41

8 认证 I-43
8.1 第三方认证. I-43
8.2 根据欧盟指令发布的声明. I-43

9 质保 I-45
9.1 产品质量保证. I-45
9.2 免责声明 I-45

A 制动时间和制动距离 I-47
A.1 0 类停机的停止距离和停止时间 I-47

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

B 声明和认证 I-49
B.1 CE Declaration of Incorporation (original) . . . I-49
B.2 CE 公司声明 . . . I-50
B.3 安全系统证书 . . . I-51
B.4 环境测试证书 . . . I-52
B.5 EMC 测试证书 . . . I-53

C 应用标准 I-55

D 技术规格 I-61

II PolyScope 手册 II-1

10 安全配置 II-3
10.1 简介 . . . II-3
10.2 更改安全配置 . . . II-4
10.3 安全同步和错误 . . . II-4
10.4 公差 . . . II-5
10.5 安全校验和 . . . II-5
10.6 安全模式 . . . II-5
10.7 自由驱动模式 . . . II-6
10.8 密码锁 . . . II-6
10.9 应用 . . . II-6
10.10 一般限制 . . . II-7
10.11 关节限制 . . . II-9
10.12 边界 . . . II-10
10.12.1 选择一个边界进行配置 . . . II-11
10.12.2 3D 可视化效果 . . . II-11
10.12.3 安全板配置 . . . II-11
10.12.4 工具边界属性 . . . II-14
10.13 安全 I/O . . . II-15
10.13.1 输入信号 . . . II-15
10.13.2 输出信号 . . . II-17

11 开始编程 II-19
11.1 简介 . . . II-19

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

11.2 使用入门 II-19
11.2.1 安装机器人手臂和控制箱 II-19
11.2.2 开/关控制箱 II-20
11.2.3 开/关机器人手臂 II-20
11.2.4 快速启动 II-20
11.2.5 第一个程序 II-21
11.3 PolyScope 程序界面 II-22
11.4 欢迎屏幕 II-23
11.5 初始化屏幕 II-24

12 屏幕编辑器 II-27
12.1 屏幕键盘 II-27
12.2 屏幕键盘 II-28
12.3 屏幕表达式编辑器 II-28
12.4 位姿编辑器屏幕 II-29

13 机器人控制 II-31
13.1 移动选项卡 II-31
13.1.1 机器人 II-31
13.1.2 特征和工具位置 II-31
13.1.3 移动工具 II-32
13.1.4 移动关节 II-32
13.1.5 自由驱动 II-32
13.2 I/O 选项卡 II-33
13.3 MODBUS 客户端 I/O II-33
13.4 自动移动选项卡 II-34
13.5 安装设置 → 加载/保存 II-36
13.6 安装设置 → TCP 配置 II-37
13.6.1 添加、修改和删除 TCP II-37
13.6.2 默认和激活的 TCP II-37
13.6.3 示教 TCP 位置 II-38
13.6.4 示教 TCP 方向 II-39
13.6.5 负载 II-39
13.6.6 重心 II-39
13.7 安装设置 → 安装 II-40
13.8 安装设置 → I/O 设置 II-41

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.9 安装设置 → 安全 II-41
13.10 安装设置 → 变量 II-42
13.11 安装 → MODBUS 客户端 I/O 设置 II-43
13.12 安装 → 特征 II-45
13.13 输送机跟踪设置 II-48
13.14 安装设置 → 默认程序 II-49
13.14.1 加载默认程序 II-49
13.14.2 开启默认程序 II-49
13.14.3 自动初始化 II-50
13.15 日志选项卡 II-50
13.16 加载屏幕 II-51
13.17 运行选项卡 II-52

14 编程 II-55
14.1 新建程序 II-55
14.2 程序选项卡 II-56
14.2.1 程序树 II-56
14.2.2 程序执行指示 II-57
14.2.3 搜索按钮 II-57
14.2.4 撤销/重做按钮 II-57
14.2.5 程序仪表板 II-57
14.3 变量 II-58
14.4 命令：空 II-59
14.5 命令：移动 II-59
14.6 命令：固定路点 II-61
14.7 命令：相对路点 II-63
14.8 命令：可变路点 II-64
14.9 命令：等待 II-65
14.10 命令：设置 II-65
14.11 命令：弹出窗口 II-66
14.12 命令：中止 II-67
14.13 命令：注释 II-67
14.14 命令：文件夹 II-68
14.15 命令：循环 II-68
14.16 命令：SubProgram II-69

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.17 命令：赋值. II-70
14.18 命令：If. II-71
14.19 命令：脚本. II-72
14.20 命令：事件. II-73
14.21 命令：线程. II-74
14.22 命令：开关. II-74
14.23 命令：模式. II-75
14.24 命令：力 II-76
14.25 命令：托盘. II-79
14.26 命令：探寻. II-80
14.27 命令：正在跟踪输送机 II-82
14.28 命令：抑制. II-83
14.29 图形选项卡. II-83
14.30 结构选项卡. II-84
14.31 变量选项卡. II-85
14.32 命令：变量初始化 II-85

15 设置屏幕 II-87
15.1 语言和单位. II-88
15.2 更新机器人. II-89
15.3 设置密码 II-90
15.4 校准屏幕 II-91
15.5 设置网络 II-91
15.6 设置时间 II-92

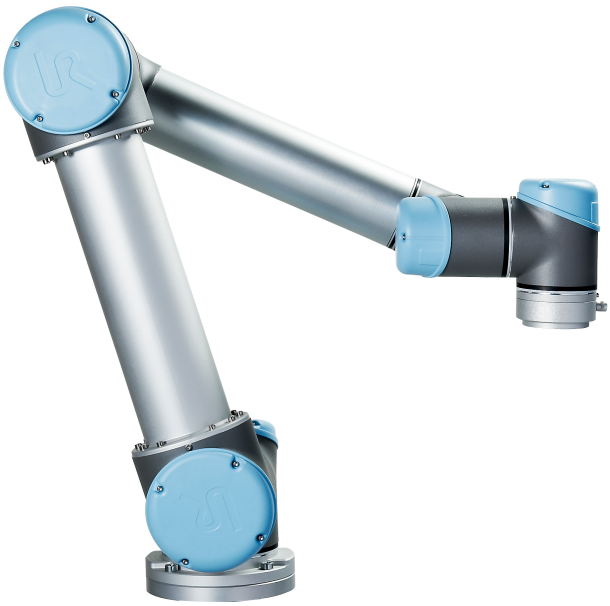
术语 II-93

索引 II-95

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

前言

恭喜您购买我司研发的通用型机器人，UR5。



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。

这些箱子里装的是什么

当你预订一个完整的机器人时，你会收到两个箱子。一个装着机器人手臂，一个装着下述这些东西：

- 控制箱，带 Teach Pendant；
- 控制箱的安装支架；
- Teach Pendan t 的安装支架；
- 开控制箱的钥匙；
- 主电缆，与你所在地区兼容；
- 工具电缆；
- 激光触摸笔；
- UR 生产检测证书；
- 本手册。

重要安全说明

机器人是一种部分完成的机器 (参见 8.2)，因此每次安装机器人后都必须执行安全评估。严格遵守第 1章中的所有安全指示，这点很重要。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

如何使用本手册

本手册包含机器人安装使用的指示信息。它包含以下部分：

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。

本手册面向的集成商应接受过基本的机械电气培训。如果同时了解基本的编程概念那会更有帮助，但这不是必须的。读者无需具备一般机器人或通用机器人的专门知识。

哪里可以找到更多信息

本支持网站 (http://support.universal-robots.com/) 面向所有 UR 经销商，还提供下述信息：

- 本手册的其他语言版本；
- PolyScope 升级到新版本后，PolyScope 手册也跟着更新。
- 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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

部分 I

硬件安装手册

1 安全

1.1 简介

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

本章的第一小节是一个概述，后续小节包含更多具体的工程数据方面的机器人安装和编程信息。

必须遵守并执行其他章节中的组装指示和指南，以及该手册中部分内容，这一点非常重要。

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。该章和第 1.7 节中提供的说明和指南尤为重要。

应特别注意与警告标志相关的文本。

1.2 有效性和责任

该信息不包含如何设计、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安全设置；
- 确保用户不会对任何安全措施加以修改；
- 确认整个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。

有关如何查找和阅读适用的标准和法律的指南，请参见http://support.universal-robots.com/

1.3 责任限制

该手册所包含的所有安全方面的信息都不得视为 UR 的保证，即使遵守所有的安全指示，工业操作者所造成的伤害或损害依然有可能发生。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

1.4 该手册中的警告标志

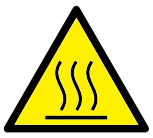
下表定义了该手册中所包含的危险等级规定说明。产品上也使用了同样的警告标志。

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

该节包含一些一般的警告和提醒。有的是重复的，有的在手册的其他部分加以介绍。其他警告和提醒贯穿在该手册中。

危险:
请务必按照 4和5这两个章节中的说明和警告安装机器人及所有电气设备。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

警告:

1. 确保机器人的手臂和工具都正确并安全地安装到位。
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。
6. 如果软件跳出一个致命错误信息，请迅速激活紧急停机，写下导致该错误的情况，在代码页面找出相关的错误代码，并联系你的供应商。
7. 不要将安全设备连接到正常的 I/O 接口上。只能使用安全型接口。
8. 确保进行正确的安装设置（例如机器人的安装角度、TCP 中的重量、TCP 偏移、安全配置）。将安装文件保存并载入程序内。
9. 只有通过风险评估，才允许在安装过程中使用自由驱动功能（阻抗/逆向驱动）。工具及障碍物不得有尖角或扭点。确保所有人的头和脸在机器人可触及的范围之外。
10. 注意使用示教盒时机器人的运动。
11. 不要进入机器人的安全范围，或在系统运转时触碰机器人。

11. 任何撞击将释放大量的动能，这些动能比高速和高有效负载情况下的高得多。(动能 $= \frac{1}{2}$质量 $\cdot$ 速度^2)
12. 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。当需要不同的安全和紧急停机性能等级时，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。
13. 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。如果机器人以任何方式被改变或改动，UNIVERSAL ROBOTS 拒绝承担一切责任。
14. 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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

警告:

1. 机器人和控制箱在运作的过程中会产生热量。机器人正在工作时或刚停止工作时，请不要操作或触摸机器人。切断电源并等待一小时，机器人才可冷却下来。
2. 切勿将手指伸到控制箱内罩后面。

小心:

1. 当机器人与能够造成机器人损坏的机械连接在一起或是在一起工作时，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查。推荐使用其他机械工作空间以外的临时路点来检测机器人程序。Universal Robots 对由于程序出错或机器人的不当操作而对机器人造成的损坏概不承担责任。
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 机器人是工业化的，拟用作操纵设备和固定设备，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，请参阅附录 B和D。

UR 机器人具备特殊的安全评级特征，这些特征是特地为协同操作而设计的，也就是说机器人何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、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重大危险的完整应用。

任何与拟定用途相违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中;
- 用于医疗和生命攸关的应用中;
- 未作风险评估就使用的;
- 评估的性能等级上不合格就使用的;
- 安全功能的表现不充分就使用的;
- 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、障碍物及其他机械）。

建议集成商使用 ISO 12100 和 ISO 10218-2 中的指南执行风险评估。

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程序，包括但不限于:

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

- 在机器人安装的设置和开发过程中示教机器人；
- 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 部分了解详情。

一些安全相关功能专门设计用于合作机器人应用。这些功能可通过安全配置设置进行配置，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。
- *关节和 TCP 位置限制*：专门用于减少与某些身体部位相关的风险。如：避免在设置和编程过程中向头部和颈部的运动。
- *TCP 和工具方向限制*：专门用于减少与工具和工件的某些区域和特点相关的风险。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。如：让操作员有时间避免接触机器人手臂。

应用正确的安全配置设置被认为相当于用螺栓将机器人固定在位并连接安全相关设备至安全相关的 I/O 接口。集成商必须防止未授权人员更改安全配置，比如通过使用密码保护。

当评估合作机器人应用中的风险时，覆盖以下几点尤为重要：

- 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合作机器人应用中（比如： 当使用危险工具时），那么集成商执行的风险评估必须判定集成商需要增加额外的防护措施（比如： 一台在设置和编程过程中对集成商提供保护的有利装置）。

Universal Robots 已经明确了如下集成商必须要考虑的重大危险。请注意，特定机器人设备可能还存在其他重大危险。

1. 手指被夹在机器人支脚和机座之间（关节 0）。
2. 手指被夹在手腕 1 和手腕 2（关节 3 和关节 4）之间。
3. 工具或工具连接器上的锐边和尖点刺伤皮肤。
4. 机器人轨迹附近障碍物上的锐边和尖点刺伤皮肤。
5. 被机器人碰撞而受伤。
6. 因机器人有效负载与坚固表面之间的冲击而导致扭伤或骨折。
7. 因用于固定机器人手臂或工具的螺栓松动而导致的后果。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

8. 物品从工具上掉落，例如因夹持不到位或断电。
9. 因不同机器上紧急停机按钮不同而出现的操作错误。
10. 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 紧急停机

激活紧急停机按钮，立即停止机器人的一切运动。

紧急停机不可用作风险降低措施，但是可作为次级保护设备。

如果必须连接多个紧急停止按钮，必须纳入机器人应用的风险评估。紧急停止按钮应符合 IEC 60947-5-5 的要求，详情请参见第 5.3.2 节。

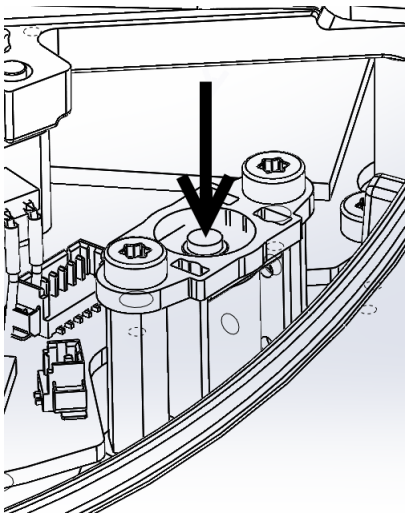
1.9 无电力驱动的移动

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

1. 强制反向驱动：用力（500 N）推动或拉动机器人手臂，迫使关节移动。每个关节制动器均有一个摩擦离合器，可使关节在承受高强度扭矩的情况下移动。
2. 手动松开制动器：卸下用于固定关节盖的几颗 M3 螺丝，拆卸关节盖。按小型电磁铁（如下图所示）中的活塞，松开制动器。

警告:

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



版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

2 安全相关的功能和接口

2.1 简介

UR 机器人搭载多种安全级功能和用于连接其他机器及附加保护装置的安全级电气接口。每项安全功能和每个接口都根据 ISO13849-1:2008 进行监控（认证请参见第 8 章），并具有 d 性能等级 (PLd)。

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

参见第 II 部分第 10 章了解用户界面中的安全相关功能、输入和输出的配置。有关安全设备与电气接口的连接方式，请参见第 5 章。

注意:

1. 安全相关功能和界面的使用和配置必须根据集成商针对特定机器人应用而执行的风险评估来完成，参见第 1 章中的第 1.7 节。
2. 如果机器人发现安全系统中存在故障或违例，例如紧急停机电路中的一条线被切断，或位置传感器损坏，或安全相关功能的限制被违反，将启动 0 类停机。最坏情况下从错误出现到机器人停止所需的时间列在本章的最后部分。这个时间应被考虑为集成商执行的风险评估的一部分。

机器人配备众多安全相关功能，透过这些功能可限制机器人关节及机器人工具中心点 (TCP) 的运动。TCP 即纳入了 TCP 偏移的输出法兰的中心点。

限制安全相关的功能有：

限制级安全功能	描述
关节位置	关节的最小 和最大 角位置
关节速度	关节 最大角速度
TCP 位置	笛卡尔空间中限制机器人 TCP 位置的平面
TCP 速度	机器人 TCP 的 最大速度
TCP 力	机器人 TCP 的 最大推力
动量	机器人手臂的 最大动量
功率	机器人手臂施加的 最大功率

2.2 安全系统的停止时间

安全系统的停止时间是指从安全相关功能出现故障或违例到机器人完全停止且机械制动器发生制动的时间。执行测量时机器人采用以下配置：

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

- 延伸：100%（机器人手臂完全水平展开）
- 速度：安全系统的 TCP 速度限制被设为所描述的限制。
- 有效负载：连接 TCP 的机器人处理的最大有效负载 (5 kg)。

最坏情况下，如果违反安全限制或接口，0 类停机[1]的停止时间可在下表中查到。

TCP 速度极限	最大停机时间
1.0 m/s	450 ms
1.5 m/s	500 ms
2.0 m/s	550 ms
1.5 m/s	600 ms
3.0 m/s	650 ms

2.3 限制安全相关功能

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

	最坏情况			
限制级安全功能	准确度	检测时间	断电时间	反应时间
关节位置	1.15°	100 ms	1000 ms	1100 ms
关节速度	1.15°/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
TCP 位置	20 mm	100 ms	1000 ms	1100 ms
TCP 方向	1.15°	100 ms	1000 ms	1100 ms
TCP 速度	50 mm/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
TCP 力	25 N	250 ms	1000 ms	1250 ms
动量	3 kg m/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
功率	10 W	250 ms	1000 ms	1250 ms

当 48 V 的总线电压达到 7.3 V 以下的电势时，即视为系统断电。断电时间即检测到事件直至系统断电的这段时间。

警告:
在设计机器人的作业单元时，关于力的限制功能有两种例外情况需要留意。参见图2.1。在机器人向外伸展时，膝 -关节效应可能导致径向（远离底座）产生较高的力，同时速度较低。同样，短杠杆臂在工具靠近底座和沿切线（周围）方向移动底座时，可能产生较高的力，但同样速度较低。通过清除这些区域的障碍物、将机器人放在其他位置，或结合利用安全平面与关节限制等措施，防止机器人进入工作区的此区域，可规避夹伤风险。

警告:
如果存在与肘部快速运动相关的危险（例如：当在奇点附近运动时），用户可通过利用关节速度限制安全功能限制基座和肩部关节的速度来减少危险。

[1]停机类别根据 IEC 60204-1 划分，参见术语表了解详情。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

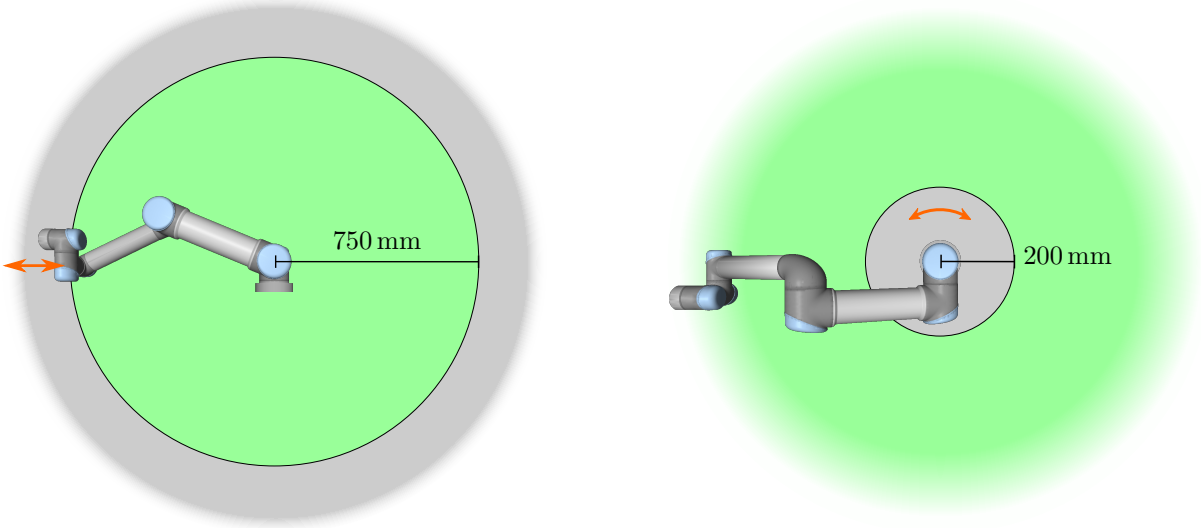


图 2.1: 鉴于机器人手臂的物理性质，在工作区的某些区域应留意夹伤风险。其中一个区域是定义的径向运动区域，即手腕 1 关节至少与机器人底座相距 750 mm 的区域。另一个区域是在机器人底座 200 mm 范围内的区域（机器人按正切方向移动时）。

2.4 安全模式

标准模式和缩减模式 安全系统有两种可配置的安全模式：标准模式和缩减模式。每种模式均可配置安全极限。机器人 TCP 的位置超出触发器缩减模式平面，或利用安全输入触发时，将激活缩减模式。

在定义了标准模式极限设置的触发器缩减模式平面的边上，缩减模式极限设置可接受的区域为 20 mm。当安全输入触发缩减模式时，二者的极限设置均为 500 ms。

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部分 “PolyScope 手册”），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：

限制级安全功能	限制
关节速度	30 °/s
TCP 速度	250 mm/s
TCP 力	100 N
动量	10 kg m/s
功率	80 W

如果违反这些限制，安全系统发出 0 类停机。

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

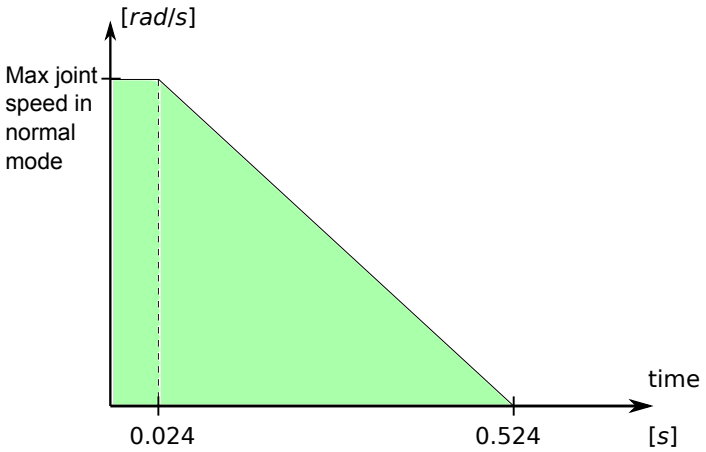


图 2.2: 斜坡下面的绿色区域即制动过程中允许的关节速度。在 0 点处，安全处理器检测到一个事件（紧急停止或防护停止）。减速从 24 ms 后开始。

2.5 安全相关的电气接口

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

2.5.1 安全相关的电气输入

下表概述了安全相关的电气输入。

安全输入	描述
机器人紧急停止	执行 1 类停机，利用*系统紧急停止*输出通知其他机器。
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。
系统紧急停止	执行 1 类停机。
防护停止	执行 2 类停机。
防护重置输入	当遇到防护重置输入的边缘时，从*防护停止*状态恢复机器人。
缩减模式	安全系统转换为*缩减*模式限制。
3 档位开关	当操作模式输入为高电平时，功能为防护停止。
操作模式	当 3 档位启用设备配置时，使用操作模式。

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

监控安全输入 1 类和 2 类停机由安全系统按照以下方式进行监控:

1. 安全系统监控是否在 24 ms 内启动制动，参阅图 2.2。
2. 如果关节移动，将监控其速度，使其速度不超过*标准*模式下通过持续减慢最大关节速度极限所获得的速度（即 500 ms 内移动 0 rad/s）。
3. 如果关节静止（关节速度低于 0.2 rad/s），将对其进行监控，使其在测得的速度低于 0.2 rad/s 时与其位置的移动不超过 0.05 rad。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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

监控到缩减模式输入将触发向缩减模式的转变，如下所示：

1. 触发缩减模式输入后，安全系统接受 500 ms 标准和缩减模式限制设置。
2. 在 500 ms 后，只有缩减模式限制生效。

如果不满足上述任何情况，安全系统将发出 0 类停机。

0 类停机由安全系统执行，其表现如下表中所示。最坏情况下的反应时间即停止全速和满负载下运行的机器人并对其断电的时间（放电到电势低于 7.3 V）。

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

2.5.2 安全相关的电气输出

下表概述了安全相关的电气输出。

安全输出	描述
系统紧急停止	当机器人紧急停止输入为逻辑低电平或紧急停止按钮按下时。
机器人运动	当此信号为逻辑高电平时，没有机器人手臂的单一关节移动超过 0.1 rad。
机器人未停止	当由于紧急停止或防护停止而使机器人停止或处于停止过程中时为逻辑高电平。否则将为逻辑低电平。
缩减模式	当安全系统处于缩减模式时为逻辑低电平。
非缩减模式	缩减模式输出无效。

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

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

3 运输

运输时保持好原包装。将包装材料保存在干燥处；稍后可能需要包装并移动机器人。

从机器人的包装材料中将机器人移至安装位置时，同时抬升机器人手臂管。扶住机器人直至机器人机座的所有螺栓全部紧固好。

控制箱应使用手柄抬升。

警告:

1. 确保抬升设备时你的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指南。Universal Robots 不对设备运输过程中产生的损害负责。
2. 确确保安装机器人时严格遵守第 4章中的安装指示。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

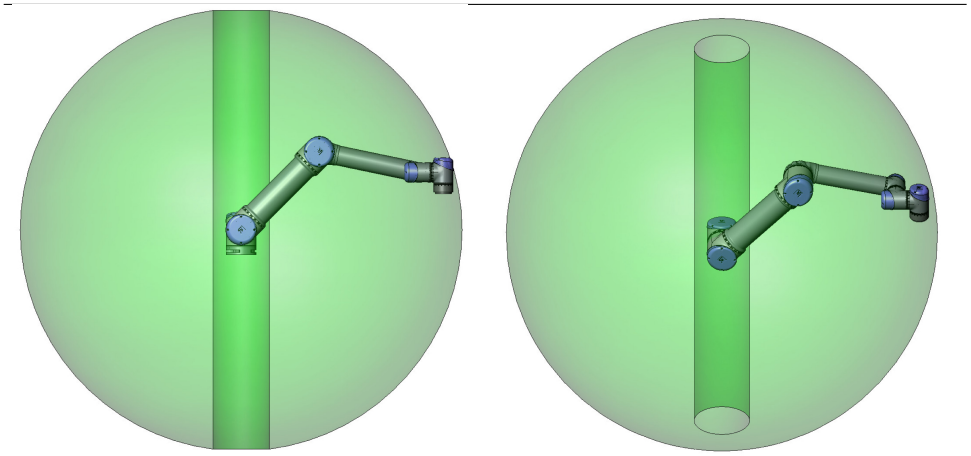
4 机械接口

4.1 简介

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

4.2 机器人工作空间

UR5 机器人的工作空间是指机座关节周围 850 mm 范围内的区域。选择机器人安装位置时，务必考虑机器人正上方和正下方的圆柱体空间。尽可能避免将工具移向圆柱体空间，因为这样会造成工具慢速运动时关节却运动过快，从而导致机器人工作效率低下，风险评估难以进行。



正面　　倾斜

4.3 安装

机器人手臂　使用 4 颗 M8 螺栓，通过机器人机座上的 4 个 8。5 mm 孔来安装机器人手臂。建议以 20 N m 扭矩紧固这些螺栓。如果需要非常准确地调整机器人手臂位置，还可以钻 2 个 Ø8 的孔，用销加以固定。也可采购精确的机座作为附件来使用。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的表面，该表面应当足以承受至少 10 倍的机座关节的完全扭转力，以及至少 5 倍的机器人手臂的重量。此外，该表面应没有震动。

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

危险:
确保机器人手臂正确并安全地安装到位。安装表面必须是防震的。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

小心:
如果机器人泡在水中超过一定时间，则可能会遭受损害。机器人不应安装在水中或潮湿环境中。

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。这些孔需要以 9 N m 的力紧固。如果需要非常准确地调整工具位置，还可以钻 Ø6 孔，用销加以固定。图 4.2显示了钻孔位置和螺丝安装位置。

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。额外安装支架可购买。

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

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死亡。
2. 控制箱和示教盒不得暴露在灰尘或超出 IP20 等级的潮湿环境下。密切注意存在传导性灰尘的环境。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

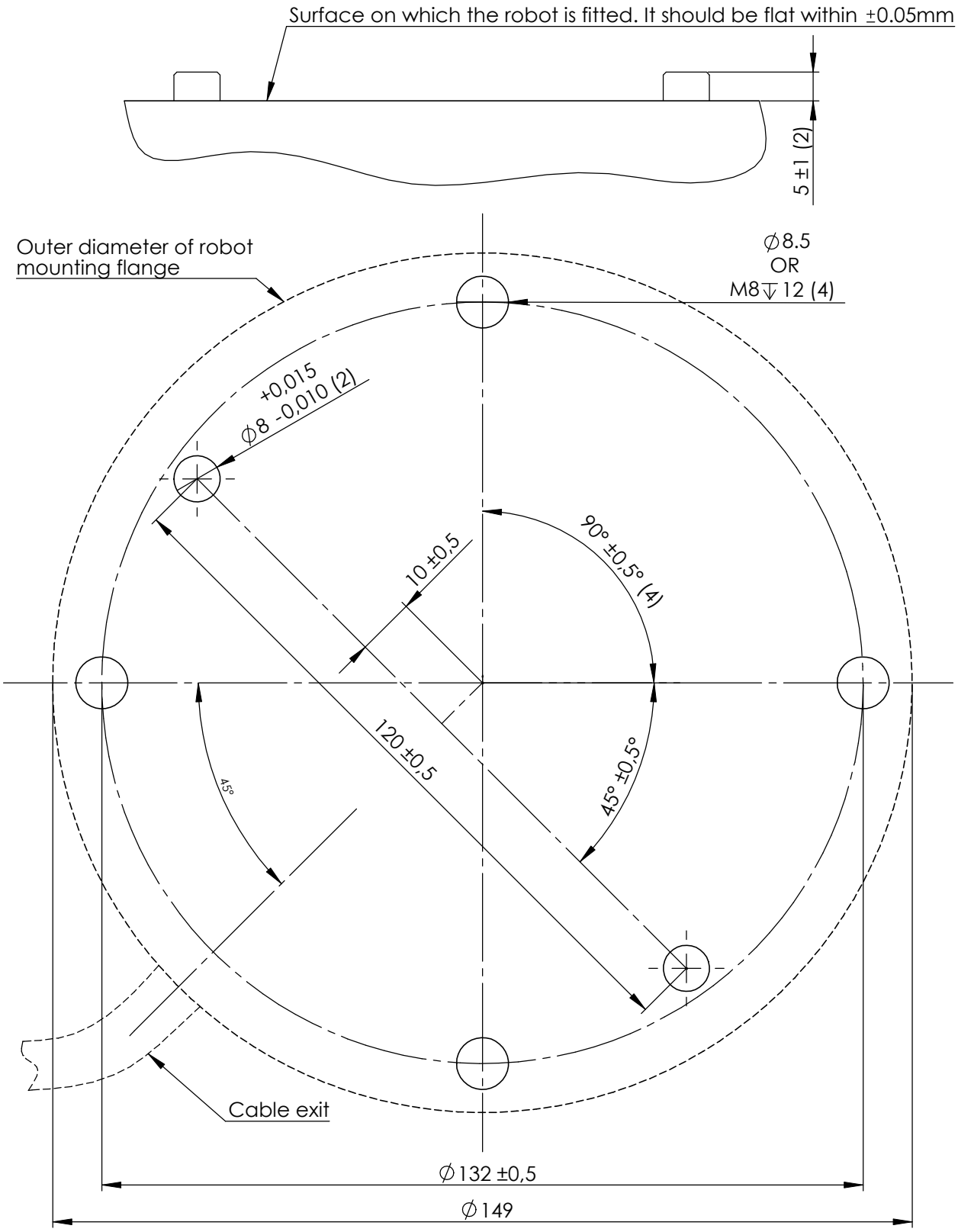


图 4.1: 机器人安装孔。使用 4 颗 M8 螺栓。所有测量值均以 mm 为单位。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

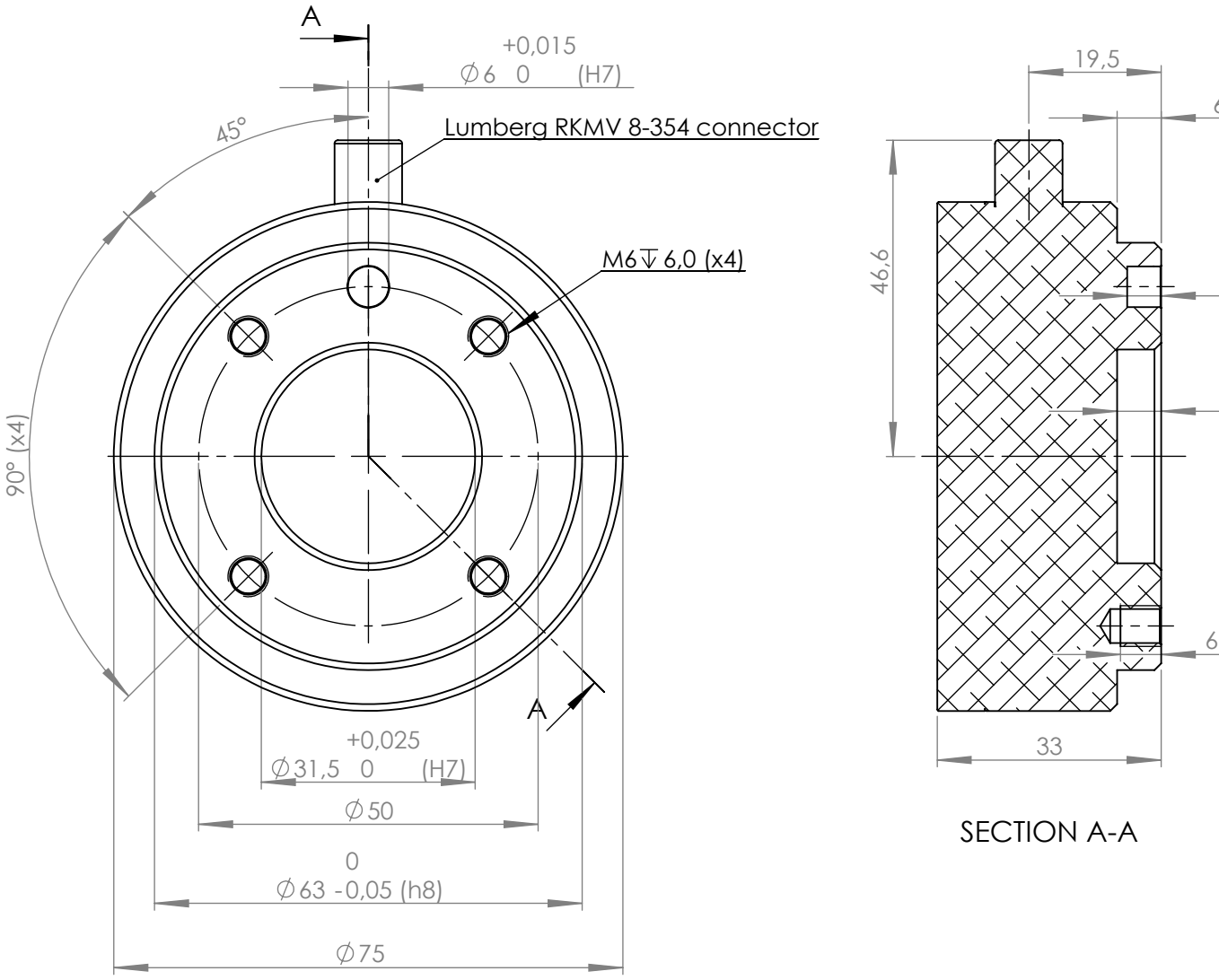


图 4.2: 工具输出法兰（符合 ISO 9409-1-50-4-M6 标准）。此处显示的是机器人顶端的工具安装位置。所有测量值均以 mm 为单位。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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。

这些接口分为五类，每类接口有不同的用途和属性：

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

“I/O” 一词是指进出接口的数字及模拟控制信号。

下文对这五类接口进行了说明，大部分类型的 I/O 都提供有示例。

下一节的警告和小心事项与这五组接口均有关，请务必遵守这些事项。

5.2 电气警告和小心事项

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

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。如不遵守该警告，可能会因某项安全停止功能失效而导致严重受伤乃至死亡。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 5.3节。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

危险:

1. 请确保所有不得沾水的设备都保持干燥。如果有水进入产品，请切断电源并上锁挂牌，然后联系您的供应商。
2. 仅使用该机器人的原装电缆。请不要在那些电缆需要弯折的应用中使用机器人。如果需要更长的电缆或柔性电缆，可以联系您的供应商。
3. 负接头指接地 “GND” 接头，且与机器人和控制箱的防护罩相连。本文提到的所有 GND 接头只适用于供电和传送信号。对于保护性接地 (PE)，请使用控制箱中标记接地标志的 M6 螺丝接头。接地连接器应至少有该系统内最高电流的额定电流。
4. 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. 该机器人已通过国际 IEC 标准中规定的电磁兼容性检测。高于 IEC 标准中规定电平的干扰信号将会造成机器人的异常行为。信号电平极高或过度暴露将会对机器人造成永久性的损害。EMC 问题通常发生在焊接过程中，通常由日志中的错误消息提示。由 EMC 问题造成的任何损失，Universal Robots 概不负责。
2. 用于连接控制箱与其他机械和工厂设备的 I/O 电缆长度不得超过 30 米，除非进行延长测试后表明可行。

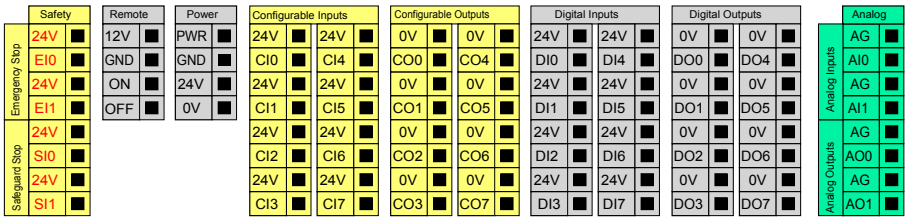
注意:
所有电压和电流均为 DC（直流），除非另有规定。

5.3 控制器 I/O

本章说明了如何连接设备与控制箱内部的 I/O。此 I/O 极其灵活，可用于多种不同的设备，其中包括气动继电器、PLC 和紧急停止按钮。

下图显示了控制箱内部的电气接口布局。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。



不同颜色的含义如下，请务必遵循。

黄色，含红色文本	专用安全信号
黄色，含黑色文本	可进行安全配置
灰色，含黑色文本	通用数字 I/O
绿色，含黑色文本	通用模拟 I/O

“可配置” 型 I/O 可配置为安全型 I/O 或 GUI 中的通用 I/O。详细信息请参见第 II部分。

以下章节对如何使用数字 I/O 进行了说明。本节描述了必须遵循的通用规范。

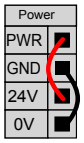
5.3.1 所有数字 I/O 的通用规范

本节阐述了控制箱的下列 24V 数字 I/O 的电气规范。

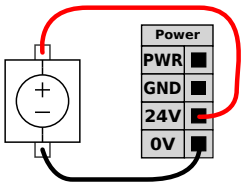
- 安全 I/O。
- 可配置 I/O。
- 通用 I/O。

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

数字 I/O 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。



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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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

数字 I/O 的构建遵循 IEC 61131-2。电气规范如下所示。

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

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

5.3.2 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）。务必遵循第 5.3.1节的通用规范。

安全装置和设备必须按照安全说明和风险评估安装，请参见第 1章。

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

固定的输入有两个：紧急停止和防护停止。紧急停止输入仅用于紧急停止设备。防护停止输入用于所有类型的安全型保护设备。功能差异如下所示。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

	紧急停机	防护停止
机器人停止运动	是	是
程序执行	停止	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

可以使用可配置的 I/O 设置紧急停止输出等其他安全 I/O 功能。针对安全功能配置一组可配置的 I/O 是通过 GUI 进行的，请参阅第 II部分。

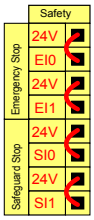
下面的章节中举出了一些关于如何使用安全 I/O 的示例。

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。如不遵守该警告，可能会因某项安全停止功能失效而导致严重受伤乃至死亡。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，因为安全停机装置有可能失效。

5.3.2.1 默认安全配置

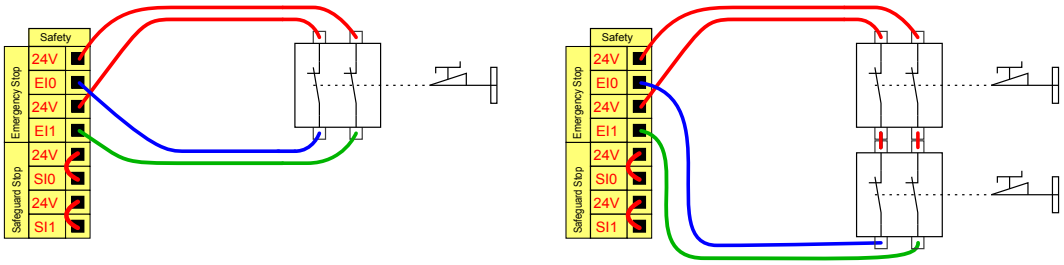
所交付的机器人进行了默认配置，可在没有任何附加安全设备的情况下进行操作，请参阅下图。



5.3.2.2 连接紧急停止按钮

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。



5.3.2.3 与其他机器共享紧急停止

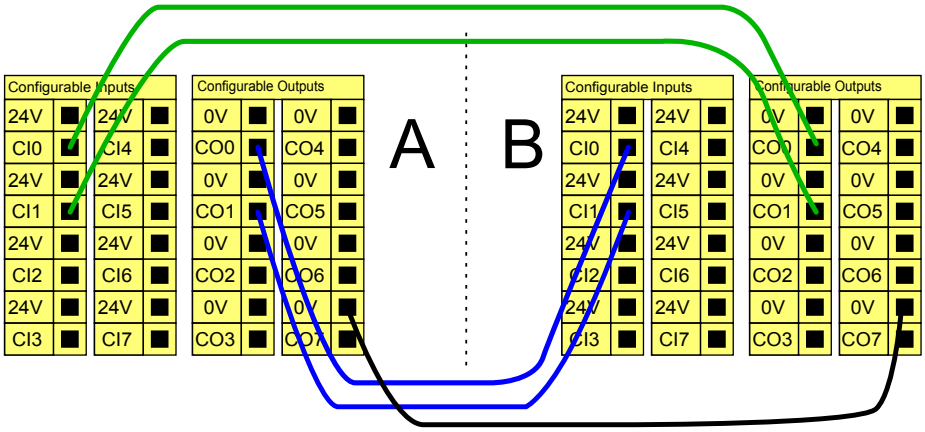
当机器人与其他机器搭配使用时，往往需要设置一条公共的紧急停止电路。通过设置一条公共线路，操作员就不必思考要使用哪一个紧急停止按钮。

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

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

- 可配置的输入对：外部紧急停止。
- 可配置的输出对：系统紧急停止。

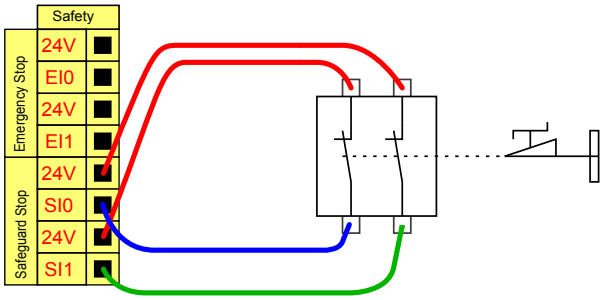
下图显示了 UR 机器人如何共享紧急停止功能。在本例中，使用的配置 I/O 为“CI0-CI1”和“CO0-CO1”。



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

5.3.2.4 可自动恢复的防护停止

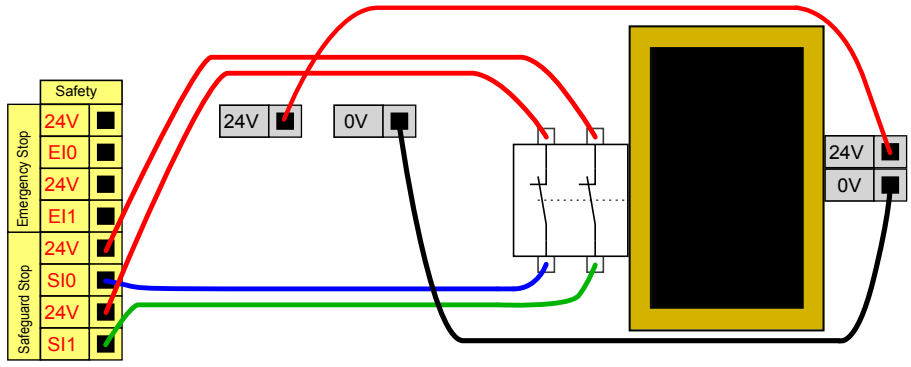
门开关就是基本防护停止设备的一个例子，门打开时，机器人停止，请参见下图。



版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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

适合进行自动恢复的另外一个例子是使用安全垫或安全型激光扫描仪，参见下图。

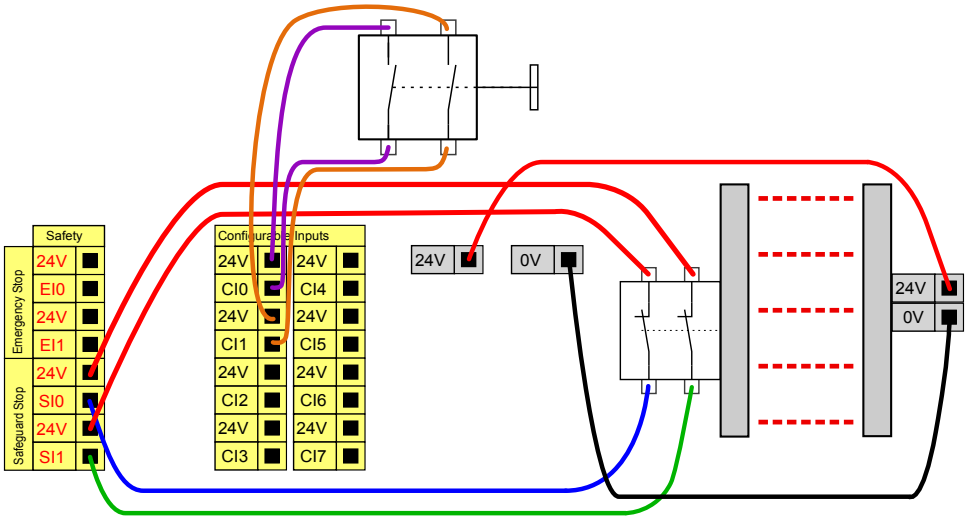


危险:

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

5.3.2.5 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。



5.3.3 通用数字 I/O

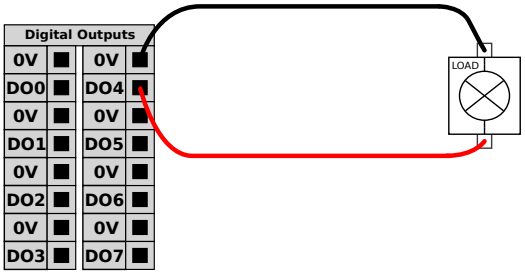
本节介绍了通用 24V I/O（灰色终端）和未配置为安全 I/O 时的可配置 I/O（带黑色文本的黄色终端）。务必遵循第 5.3.1节的通用规范。

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，详情参阅第 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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

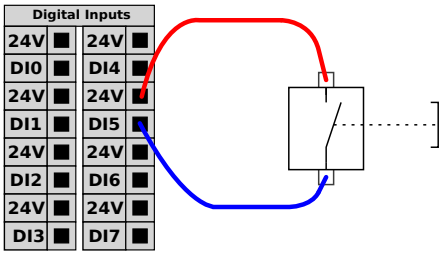
5.3.3.1 由数字输出控制的负载

本例显示了由数字输出控制的负载的连接方式，参见下图。



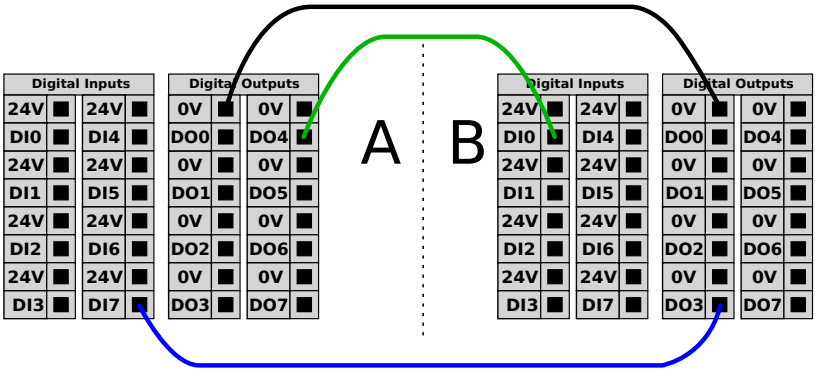
5.3.4 从按钮进行的数字输入

本例显示了简单按钮与数字输入的连接方式。



5.3.5 与其他机器或 PLC 通信

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



5.3.6 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 对共享同一个滤模器。
- 设备和控制箱使用相同的接地 (0V)。模拟 I/O 与控制箱不进行电位隔离。
- 使用屏蔽电缆或双绞线。将屏蔽线与 “电源” 端子上的 “GND” 终端相连。
- 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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

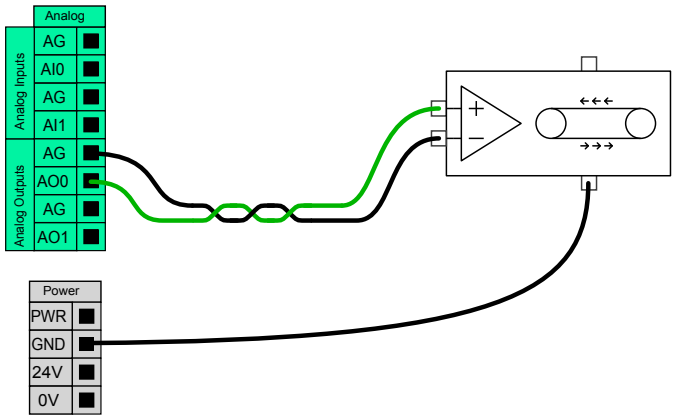
输入模式可在 GUI 中选择，请参阅第 II部分。电气规范如下所示。

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	-	10	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

下面的例子显示了模拟 I/O 的使用方式。

5.3.6.1 使用模拟输出

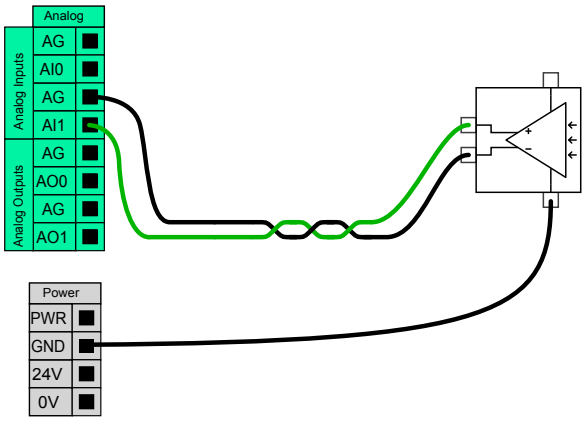
下例说明了如何利用模拟速度控制输入来控制传送带。



5.3.6.2 使用模拟输入

下例说明了如何连接模拟传感器。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。



5.3.7 远程 ON/OFF 控制

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

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

远程 ON/OF 控制提供有 12V 的小型辅助电源，控制箱关闭时此电源将保持活动状态。“ON” 和 “OFF” 输入只能用于短时间激活。“on” 输入与电源按钮的工作原理相同。务必对远程关闭控制使用 “OFF” 输入，因此此信号允许控制箱保存文件和正常关闭。

电气规范如下所示。

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

下面的例子显示了远程 ON/OFF 的使用方式。

注意:
可以利用软件中的专门功能来自动加载和启动程序，请参见第 II部分。

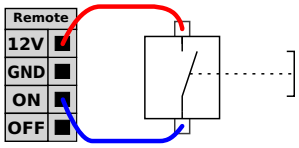
小心:

1. 禁止使用 “ON” 输入或电源按钮关闭控制箱。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

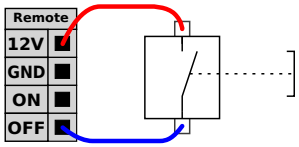
5.3.7.1 远程 ON 按钮

下图说明了远程 ON 按钮的连接方法。



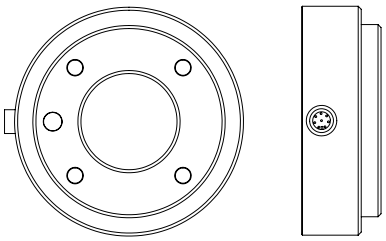
5.3.7.2 远程 OFF 按钮

下图说明了远程 OFF 按钮的连接方法。



5.4 工具 I/O

在机器人的工具端，有一个 8 引脚的小型连接器，请参见下图。



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

- Lumberg RKMV 8-354。

电缆内部的八条线有不同颜色，不同颜色代表不同功能，请参见下表：

颜色	信号
红色	0V (GND)
灰色	0V/+12V/+24V（电源）
蓝色	数字输出 8 (DO8)
粉红色	数字输出 9 (DO9)
黄色	数字输入 8 (DI8)
绿色	数字输入 9 (DI9)
白色	模拟输入 2 (AI2)
棕色	模拟输入 3 (AI3)

在 GUI 的 I/O 选项卡中，可将内部电源设置为 0V、12V 或 24V II。电气规范如下所示：

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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

后续章节介绍工具的各种不同的 I/O。

危险:

1. 连接工具和夹持器保证中断电源时不会导致任何危险，例如工件从工具上掉落。
2. 使用 12V 电源时要特别小心，因为编程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。

注意:
工具法兰 GND 相连通（与红线相同）。

5.4.1 工具数字输出

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

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

下一小节中的示例显示了如何使用数字输出。

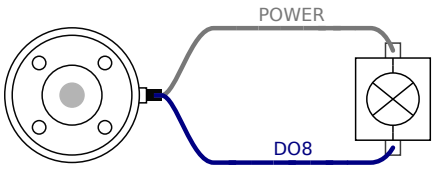
小心:

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

5.4.1.1 使用工具数字输出

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。



5.4.2 工具数字输入端

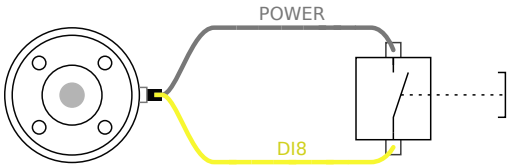
数字输入以配有弱下拉电阻器的 PNP 的形式实现。这意味着浮置输入的读数始终为低。电气规范如下所示。

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

下一小节中的示例显示了如何使用数字输入。

5.4.2.1 使用工具数字输入

下例显示了简单按钮的连接方法。



5.4.3 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和电流，请参见第 II部分。电气规范如下所示。

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

下面的章节中举出了两个关于如何使用模拟输入的示例。

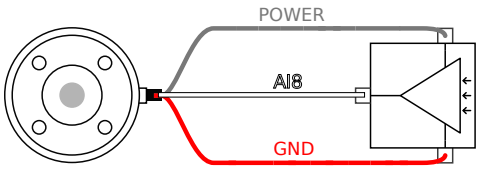
小心:

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

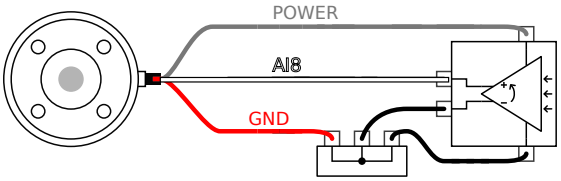
5.4.3.1 使用工具模拟输入，非差分

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



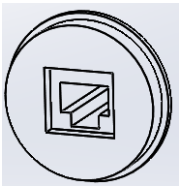
5.4.3.2 使用工具模拟输入，差分

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



5.5 以太网

控制箱底部提供有以太网接口，请参见下图。



以太网接口可用于以下应用：

- MODBUS I/O 扩展模块。详细信息请参见第 II部分。
- 远程访问和控制。

电气规范如下所示。

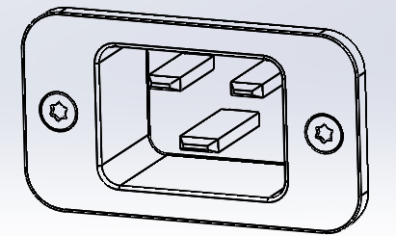
参数	最小值	典型值	最大值	单位
通信速度	10	-	100	Mb/s

5.6 电源连接

控制箱市电电缆末端有一个标准 IEC 插头。将当地专用的市电插座或电缆连接到 IEC 插头。

要使机器人通电，控制箱必须与电源相连。这个过程必须使用相应的 IEC C19 电线连接控制箱底部的标准 IEC C20 插头来完成，请参见下图。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。



电源至少应配备以下附件：

- 接地。
- 市电保险丝。
- 剩余电流断路器。

建议对机器人应用中的所有设备的电源安装电源开关，以便于在维修时上锁挂牌。

电气规范如下表所示。

参数	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	100	-	240	VAC
外部市电保险丝（100-200V 时）	8	-	16	A
外部市电保险丝（200-240V 时）	8	-	16	A
输入频率	47	-	63	Hz
备用电源	-	-	0.5	W
额定工作功率	90	150	325	W

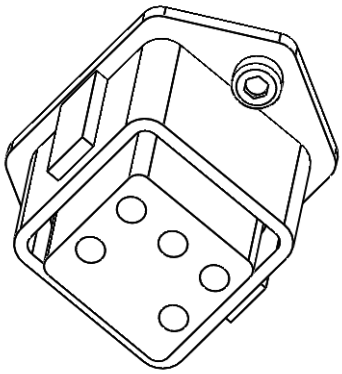
危险:

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

5.7 机器人连接

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



小心:

1. 切勿在机器人手臂开启时断开机器人电缆。
2. 切勿延长或改装原电缆。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

6 维护和维修

维护维修工作务必严格遵守本手册的所有安全指示。

维护、校准、维修工作必须根据最新的服务手册进行操作，服务手册可以在支持网站http://support.universal-robots.com上找到。所有 UR 经销商都可以访问本支持网站。

维修必须由授权的系统集成商或 Universal Robots 进行。

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。核对时必须遵守有效的国家或地方性安全法律法规。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。

操作机器人手臂或控制箱时必须遵循以下安全程序和警告事项:

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

7 处理和环境

UR 机器人必须根据适用的国家法律法规及国家标准处置。

UR 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。

UR 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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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其机器人：

TÜV NORD	UR 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。TÜV NORD 安全认证的证书副本见附录 B。
DELTA	UR 机器人通过了 DELTA 机构的安全和性能检测。电磁兼容性 (EMC) 证书详见附录。 B 环保检测证书详见附录。 B

8.2 根据欧盟指令发布的声明

欧盟声明主要适用于欧盟国家。不过，一些非欧盟国家也认可，甚或要求这些声明。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)**

根据欧盟机械指令 2006/42/EC，UR 机器人属于部分完成的机器。注意，根据该指令部分完成的机器不能贴上 CE 标识。如果 UR 机器人用于杀虫，请注意参考指令 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里的整合声明中。 B

根据上述 CE 标识指令贴上 CE 标识。关于电气电子设备废弃物，详见第 7章。

有关在机器人开发过程中应用的标准的信息，请参阅附录 C。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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，包括但不仅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，例如生产损失或对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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

A 制动时间和制动距离

有关 0 类停机和 1 类停机[1]的停止时间和距离的信息均可查阅到。本附录涵盖 0 类停机的相关信息。有关 1 类停机的信息，请访问 http://support.universal-robots.com/。

A.1 0 类停机的停止距离和停止时间

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

- 延伸：100%（机器人手臂完全水平展开）
- 速度：100%（机器人的一般速度设为 100%，以 183°/s 的关节速度执行移动）。
- 有效负载：连接 TCP 的机器人处理的最大有效负载 (5 kg)。

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，并在机器人向下移时动停止。

	停止距离 (rad)	停止时间 (ms)
关节 0（底座）	0。31	244
关节 1（肩部）	0。70	530
关节 2（肘部）	0。22	164

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

[1]根据 IEC 60204-1，参见术语表了解详情

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

B 声明和认证

B.1 CE Declaration of Incorporation (original)

According to European directive 2006/42/EC annex II 1.B.

The manufacturer Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark
+45 8993 8989

hereby declares that the product described below

Industrial robot UR5/CB3
Serial number _____

may not be put into service before the machinery in which it will be incorporated is declared in conformity with the provisions of Directive 2006/42/EC, as amended by Directive 2009/127/EC, and with the regulations transposing it into national law.

The safety features of the product are prepared for compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC under the correct incorporation conditions, see product manual. Compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC relies on the specific robot installation and the final risk assessment.

Relevant technical documentation is compiled according to Directive 2006/42/EC annex VII part B and available in electronic form to national authorities upon legitimate request. Undersigned is based on the manufacturer address and authorised to compile this documentation.

Additionally the product declares in conformity with the following directives, according to which the product is CE marked:

2006/95/EC — Low Voltage Directive (LVD)
2004/108/EC — Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)
2011/65/EU — Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)

A complete list of applied harmonized standards, including associated specifications, is provided in the product manual. This list is valid for the product manual with the same serial numbers as this document and the product.

Odense, May 1st, 2015

R&D

Lasse Kieffer
Global Compliance Officer

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

B.2 CE 公司声明

根据欧洲指令 2006/42/EC 附件 II 1.B.

制造商 Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark
+45 8993 8989

兹声明所有下述产品

工业机器人 UR5
序列号 （参见原文）

整合进的机器必须声明符合指令 2006/42/EC（由指令 2009/127/EC 修订）的规定，也必须符合相关的国家法规，否则不得整合进该机器。

该产品的安全特征在正确整合的情况下满足指令 2006/42/EC 的所有要求，详见产品手册。是否符合指令 2006/42/EC 的所有要求取决于具体的机器人安装设置和最终风险评估。

相关技术文档根据指令 2006/42/EC 附件 VII B 部分编撰，在合理要求下可向国家有关当局提供电子版本。下述签名者在制造商的地址经授权编撰本文档。

此外，产品声明符合下述指令，产品根据这些指令贴上 CE 标识:

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)

所有参照的协调标准的清单，包括相关的规定，请详见产品手册。该清单适用于所有序列号与本文档及本产品相同的产品手册。

Odense, 2015 年 5 月 1 日

R&D
Lasse Kieffer
全球合规官

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

B.3 安全系统证书

TÜV NORD

ZERTIFIKAT
CERTIFICATE

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)
Universal Robots Safety System URSafety 3.1
for **UR10, UR5** *and* **UR3 robots**

TÜV NORD
TÜV NORD CERT GmbH
Approved Safety Function
EN ISO 13849-1
PL 'd'

Geprüft nach:
Tested in accordance with:
EN ISO 13849-1:2008, PL d

Registrier-Nr. / *Registration No.* 44 207 14097602
Prüfbericht Nr. / *Test Report No.* 3515 4327
Aktenzeichen / *File reference* 8000443298

Gültigkeit / *Validity*
von / *from* 2015-06-02
bis / *until* 2020-06-01

Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH

Essen, 2015-06-02

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

B.4 环境测试证书

Climatic and mechanical assessment sheet no. 1275

DELTA client Universal Robots A/S Energivej 25 5260 Odense S Denmark	**DELTA project no.** T207415-1
Product identification UR5 robot arm: UR5 AE/CB3, 0A-series UR5 control box: AE/CB3, 0A-series UR5 teach pendant: AE/CB3, 0A-series UR10 robot arm: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 control box: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 teach pendant: AE/CB3, 0A-series	
DELTA report(s) DELTA project no. T207415-1, DANAK-19/13752 Revision 1	
Other document(s)	
Conclusion The two robot arms UR5 and UR10 including their control box and teach pendant have been tested according to the below listed standards. The test results are given in the DELTA report listed above. The tests were carried out as specified and the test criteria for environmental tests as specified in Annex 1 of the report were fulfilled. IEC 60068-2-1, Test Ae; -5 ºC, 16 h IEC 60068-2-2, Test Be; +50 ºC, 16 h IEC 60068-2-64, Test Fh; 5 – 20 Hz: 0.05 g²/Hz, 20 – 150 Hz: -3 dB/octave, 1.66 grms, 3 x 1½ h IEC 60068-2-27, Test Ea, Shock; 160 g, 1 ms, 3 x 6 shocks	
Date Hørsholm, 14 March 2014	**Assessor** Susanne Otto B.Sc.E.E., B.Com (Org)

20ass-sheet-j

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

B.5 EMC 测试证书

We help ideas meet the real world

Attestation of Conformity

EMC assessment - Certificate no. 1351

From 29 June 2007 DELTA has been designated as Notified Body by the notified authority National Telecom Agency in Denmark to carry out tasks referred to in Annex III of the European Council EMC Directive 2004/108/EC. The attestation of conformity is in accordance with Article 5 and refers to the essential requirements set out in Annex I.
.

DELTA client
Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

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

Manufacturer
Universal Robots A/S

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

Standards/Normative documents
EMC Directive 2004/108/EC, Article 5
EN/(IEC) 61326-3-1:2008, Industrial locations, SIL 2 applications
EN/(IEC) 61000-6-2:2005
EN/(IEC) 61000-6-4:2007+A1

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

DELTA
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Denmark

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

Hørsholm, 20 November 2014

Jakob Steensen
Principal Consultant

20aocass-uk-j

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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。

标准类型缩写的含义如下：

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 13849-2:2012
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]
EN ISO 13850:2008 (E) [**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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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。

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

如果在危险的应用中使用 UR 机器人，可能需要采取另外的安全措施，请参阅本手册第 1章。

说明：

- “3.24.3 防护空间” 定义为周围防护。防护空间通常是指护栏后面的空间，通过护栏可防止人员接触到危险的传统机器人。UR 机器人设计为在无护栏的情况下工作，它具备限制功率和力的内置安全功能，因此不存在护栏所规定的危险防护空间。
- “5.4.2 性能需求”。所有安全功能根据 ISO 13849-1:2006 达到 PLd。机器人的每个关节都有冗余编码器系统，并且额定安全的 I/O 都有一个 ISO 13849-1 [1] 3 类结构。额定安全的 I/O 必须根据本手册与 3 类安全额定设备相连，以构成完整安全功能的 PLd 结构。
- “5.7 操作模式”。由于 UR 机器人没有不同的操作模式，因此没有提供模式选择器。
- “5.8 悬吊控制”。本节定义了示教盒在危险防护空间使用时的保护功能。由于 UR 机器人可限制功率和力，因此没有像传统机器人一样的危险防护空间。相比传统机器人，UR 机器人示教更安全。操作员不必释放启用了三重定位的设备，只需要用手便可停止机器人。
- “5.10 协同操作要求”。UR 机器人限制功率和力的功能始终处于活动状态。UR 机器人的视觉设计表明机器人能够用于协同操作。限制功率和力的功能根据 5.10.5 条设计。
- “5.12.3 额定安全的软轴和空间限制”。此安全功能是可通过软件配置的多项安全功能之一。通过设置所有安全功能可生成哈希代码，哈希代码表示 GUI 中的安全检查标识符。

ISO/DTS 15066 **(草案)**

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Collaborative operation

该项技术规范 (TS) 正在编写中。TS 并非标准，TS 的目的是提出一套尚不成熟的要求，判断这些要求对于特定的行业是否有用。

该项 TS 提出了针对协作（即机器人与人类共同完成某项工作任务）机器人的与技术和力有关的安全限制。

Universal Robots 是开发该项 TS (ISO/TC 184/SC 2) 的国际委员会的活跃成员。预计 2016 年将发布最终版本。

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（见上文）与 ISO 10218-2 综合在一个文件中。其语言由英式英

[1] 类结构，参见术语了解更多详情。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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 [2006/95/EC]

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

EUROMAP 67:2015, V1.10

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

D 技术规格

机器人类型	UR5
重量	18。4 kg / 40。6 lb
负载	5 kg / 11 lb
延伸	850 mm / 33。5 in
关节范围	± 360 ° 为所有关节
速度	关节：最大 180 °/s。 工具：大约 1 m/s / 大约 39。4 in/s。
可重复性	± 0。1 mm / ± 0。0039 in (4 mils)
足迹	Ø149 mm / 5。9 in
自由度	6 个旋转关节
控制箱尺寸 (宽 × 高 × 深)	475 mm × 423 mm × 268 mm / 18。7 in × 16。7 in × 10。6 in
控制箱 I/O 端口	16 个数字输入，16 个数字输出，2 个模拟输入，2 个模拟输出
工具 I/O 端口	2 个数字输入，2 个数字输出，2 个模拟输入
I/O 电源	控制箱中为 24 V 2 A，工具中为 12 V/24 V 600 mA
通信	TCP/IP 100 Mbit:IEEE 802.3u，100BASE-TX 以太网接口，Modbus TCP & EtherNet/IP 适配器
编程	在 12” 触摸屏的 PolyScope 图形用户界面上进行
噪声	噪声小
IP 等级	IP54
功耗	运行典型的程序时大约为 200 W
协同操作	15 个高级安全功能。按照： EN ISO 13849-1:2008、PLd 和 EN ISO 10218-1:2011，条款 5.10.5
温度	机器人可在 0-50 °C 的温度范围内工作
电源	100-240 VAC, 50-60 Hz
预计操作寿命	35，000 hours
布线	连接机器人和控制箱的电缆 (6 m / 236 in) 连接触摸屏和控制箱的电缆 (4。5 m / 177 in)

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

部分 II

PolyScope 手册

10 安全配置

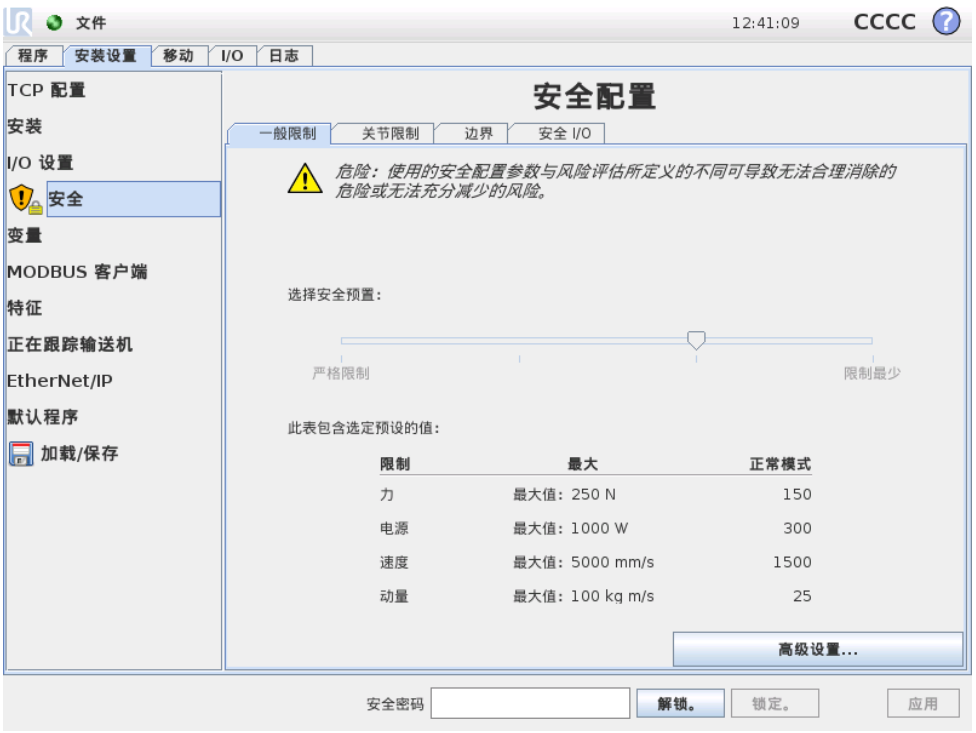
10.1 简介

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

危险:

1. 安全相关功能和界面的使用和配置必须根据集成商针对特定机器人应用而执行的风险评估来完成，参见 硬件安装手册。
2. 设置和示教的安全配置设置必须根据集成商执行的风险评估来应用，应在机器人手臂第一次通电之前进行。
3. 所有可以在屏幕及其子选项卡上访问的安全配置设置都必须根据集成商执行的风险评估进行。
4. 集成商需确保所有安全配置设置的更改都是依据集成商自己的风险评估进行的。
5. 集成商必须防止未授权人员更改安全配置，比如通过使用密码保护。

按*机器人编程*按钮，选择*安装*选项卡，并按一下*安全*，即可从*欢迎*屏幕（参见 11.4）访问*安全配置*屏幕。安全配置有密码保护，请参见 10.8。



版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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

- 一般限制子选项卡定义了机器人手臂的最大力、功率、速度以及动量 。当机器人手臂击中人或与环境的某一部分互撞的风险非常高时，这些设置需设置为低值。如果风险较低，更高的一般限制可使机器人活动得更快，对环境施加更大的力。了解更多详情，请参阅 10.10 。
- 关节限制子选项卡包括关节速度和关节位置限制。关节速度限制指的是每个关节的最大角速度，这一限制用于进一步限制机器人手臂的速度。关节位置限制指的是每个关节允许的位置范围（在接点空间内）。了解更多详情，请参阅 10.11 。
- 边界子选项卡指的是机器人 TCP 的安全板（在科特尔空间内）和工具方向边界。安全平面既可以配置为机器人 TCP 位置的硬限制，也可以配置为用于激活缩减模式安全限制的触发器（参见 10.6）。工具方向边界为机器人 TCP 的方向设定了一个硬限制。了解更多详情，请参阅 10.12 。
- 安全 I/O 子选项卡指的是可配置输入和输出的安全功能（请参阅 13.2）。例如，紧急停机可配置为一个输入端。了解更多详情，请参阅 10.13 。

10.2 更改安全配置

安全配置设置只能根据集成商执行的风险评估来更改。

建议的安全配置更改程序如下：

1. 确保更改符合集成商执行的风险评估。
2. 将安全设置调整到集成商执行的风险评估所定义的适当水平。
3. 确认安全设置已应用。
4. 将下面这段话记录在操作员的手册中：“在靠近机器人作业前，确保安全配置符合预期。这可以通过 检查 PolyScope 右上角的校验和等方式进行验证（参见 PolyScope 手册中的 10.5）。”

10.3 安全同步和错误

所应用的安全配置的状态与 GUI 加载的机器人安装的比较，通过屏幕左侧安全文本旁边的盾形图标表示。这些图标便于快速指示当前状态。图标的定义如下：

配置已同步：表明 GUI 安装与当前应用的安全配置相同。没有进行过任何更改。

配置已更改：表明 GUI 安装与当前应用的安全配置不同。

在编辑安全配置时，盾形图标将指示您是否应用了当前设置。

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

1. 屏幕左侧的安全文本旁边显示红色错误图标。
2. 包含有错误的子选项卡的顶部标有红色错误图标。
3. 包含有错误的文本字段标记为红色背景。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

如果在有错误的情况下尝试退出安装选项卡，将显示提供有如下选项的对话框：

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

如果在没有错误的情况下退出该选项卡，将显示提供有以下选项的不同对话框：

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

10.4 公差

在安全配置中设置了物理限制。这些限制的输入字段不含公差：公差显示在字段旁边（如适用）。安全系统接收输入字段的值，并检测这些值是否存在违例。机器人手臂将力求防止安全系统违例的情况，并在发生限值减去公差的情况时停止执行程序，以提供保护性停止。请注意，这表明程序可能无法执行极其接近极限的运动，例如机器人可能无法达到关节速度极限或 TCP 速度极限中指定的最高速度。

警告:
务必利用限值（不含公差）执行风险评估。

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

10.5 安全校验和

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

10.6 安全模式

在正常条件（即 没有实施保护性停止）下，安全系统将在如下的一种安全模式下操作，每种模式都有关联的安全极限设置：

正常模式: 默认为激活的安全模式；

缩减模式: 机器人 TCP 的位置超出触发器缩减模式平面（参见 10.12），或使用可配置的输入触发（参见 10.13）时，将激活此模式。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

恢复模式: 当机器人手臂与其他某种模式（如标准或缩减模式）冲突并且发生了 0 类停机时，[1]机器人手臂将在恢复模式下启动。此模式允许在解决所有冲突前手动调整机器人手臂。机器人程序不能在此模式下运行。

警告:
请注意，关节位置、TCP 位置和 TCP 方向的极限在恢复模式下被禁用，因此在极限范围内移回机器人手臂时应小心。

用户在安全配置屏幕的子选项卡上可独立设置标准和缩减模式的安全极限。对于工具和关节，缩减模式下对于速度和动量的限制要求比标准模式下的更严格。

如果活动的限制设置中的安全极限违例，机器人手臂将实施 0 类停机。如果在机器人手臂通电时活动的安全极限（例如关节位置极限或安全界限）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极限范围内。在恢复模式下，机器人手臂的运动受固定极限设置（非用户自定义）的限制。有关恢复模式限制的详细信息，请参见硬件安装手册。

10.7 自由驱动模式

当处于自由驱动模式（请参阅 13.1.5）时，机器人手臂的运动接近某一限制，用户会感受到一股反抗力。该力量是由机器人 TCP 的位置、方向和速度，以及关节的位置和速度引起的。

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

10.8 密码锁

在屏幕下方的空白文本字段输入正确的密码，并按解锁按钮前，此屏幕上的所有设置均被锁定（请参阅 15.3）。可通过点击锁定按钮再次锁住屏幕。当离开安全配置屏幕时，安全控件可自动锁定。设置被锁定时，屏幕左侧的安全文本旁边会显示锁定图标。对设置解锁后，则显示解锁图标。

注意:
请注意，安全配置屏幕解锁后，机器人手臂将被切断电源。

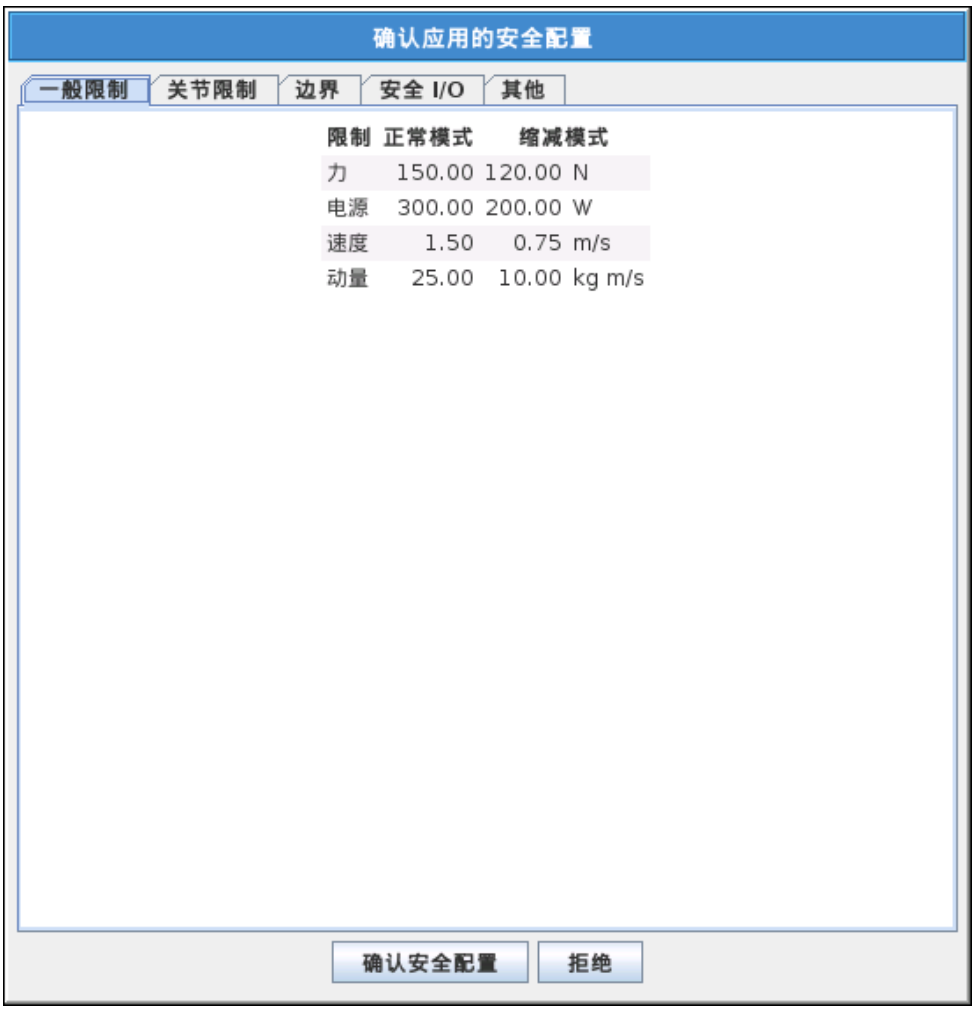
10.9 应用

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

[1]根据 IEC 60204-1，参见术语了解详情。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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



此外，通过确认，这些更改将被自动保存在当前机器人安装中。请参阅 13.5了解保存机器人安装的更多信息。

10.10 一般限制

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

力: 限制机器人 TCP 对环境施加的最大力。

功率: 限制机器人对环境做的最大机械功，将负载视为机器人的一部分，而非环境的一部分。

速度: 限制机器人 TCP 的最大线性速度。

动量: 限制机器人 TCP 的最大动量。

有两种方法可以在安装设置中配置一般安全限制；基本设置和高级设置，下文详述。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

在定义一般安全限制时，只定义工具的限制，不定义机器人手臂的整体限制。这意味着虽然规定了速度限制，但是机器人手臂的其他部分不一定也会遵守同样的限制。

在自由驱动模式下（详见 13.1.5），且机器人 TCP 的当前速度接近速度限制时，用户会感觉到一股反抗力，该反抗力随着速度接近限制值而增大。当前速度在 250 mm/s 左右的限制内时，就会产生该力。

基本设置 初始一般限制次面板以默认屏幕显示，上面有滑块，滑块中有四组正常模式和缩减模式的力、功率、速度和动量限制预定义值。

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

切换至高级设置 如果预定义值都不满足要求，可以按下高级设置... 按钮，进入一般限制高级设置屏幕。

高级设置

10.10中的每一个一般限制都可以独立设置。方法是点击文本域，然后输入一个新的值。每个限制的最大可接受值列于最大一栏中。 力的限制可设置为介于 100 N 和 250 N 之间的值， 功率限制可设置为介于 80 W 和 1000 W 之间的值。

注意如果安全板和可配置输入都没有设置触发缩减模式，则缩减模式中的限制字段会被禁用（详见 10.12和10.13)。此外，缩减模式下的 速度和动量 限制值不得高于对应的正常模式限制值。

每个限制的公差和单位列于对应的行末。在运行程序时，机器人手臂的速度将自动调整，以避免超过所输入的值减去公差之值（参见 10.4）。请注意，公差值所示的

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。如果机器人手臂超过限制（无公差），安全系统将实施 0 类停机。

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

切换至基本设置 按下基本设置... 按钮，切换至一般限制基本设置屏幕，此时所有一般限制都会重置为默认值。如果该操作会导致定制数值丢失，则会跳出对话框要求确认。

10.11 关节限制

关节限制对每个关节在关节空间的运动进行限制，即关节限制指的不是笛卡尔空间，而是关节内部（旋转）位置和旋转速度。次面板上部的无线电按钮实现了对最大速度和位置范围的独立设置。

在自由驱动模式下（详见 13.1.5），且某一关节的当前位置或速度接近限制时，用户会感觉到一股反抗力，该反抗力随着关节接近限制值而增大。关节速度约在速度限制的 20 °/s 以内时或是关节位置约在位置限制的 8° 以内时。

最大速度 本选项定义了每个关节的最大角速度。方法是点击文本域，然后输入一个新的值。最大可接受值列于最大一栏中。所有值都不得小于公差值。

注意如果安全板和可配置输入都没有设置触发缩减模式，则缩减模式中的限制字段会被禁用（详见 10.12和10.13)。此外，缩减模式的限制值不得高于对应的正常模式限制值。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

每个限制的公差和单位列于对应的行末。在运行程序时，机器人手臂的速度将自动调整，以避免超过所输入的值减去公差之值（参见 10.4）。请注意，公差值所示的负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。但是，如果某些关节的角速度超过输入的值（无公差），安全系统将实施 0 类停机。

位置范围 本屏幕定义了每个关节的位置范围。方法是点击对应的文本域并输入新的关节位置上下限。输入的区间必须在范围这一栏以内，且下限不得大于上限。

注意如果安全板和可配置输入都没有设置触发缩减模式，则缩减模式中的限制字段会被禁用（详见 10.12和10.13）。

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

10.12 边界

你可以在该选项卡中对边界限制进行配置。边界限制由安全板及机器人工具方向的最大允许偏离限制组成。还可以定义用于触发转化为缩减模式的平面。

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

警告:
定义安全平面只限制 TCP，对机器人手臂的整体限制无影响。这意味着虽然指定了安全平面，但并不保证机器人手臂的其他部分也遵循该限制。

每一个边界限制都是根据当前机器人安装定义的属性之一进行配置的（请参阅 13.12）。

注意:
强烈建议在编辑安全配置前，先创建配置所需的所有边界限制的所有特征，并为其指定适当的名称。请注意，由于安全选项卡解锁后将切断机器人手臂的电源，因此工具特征（包含机器人 TCP 的当前位置和方向）以及自由驱动模式（参见 13.1.5）将不可用。

当机器人 TCP 处于 自由驱动 模式时（请参阅 13.1.5），其当前位置接近安全板，或者机器人的方向与理想的方向之间的偏差接近某一指定的最大偏离值，那么随着 TCP 越来越接近该极限，用户会感受到一股不断增加的排斥力。这股力量在 TCP 位于安全板大约 5 厘米时产生，或者在工具方向的偏离值与指定的最大偏离值相差大约 3° 时产生。

当一个平面被定义为触发器缩减模式平面，并且 TCP 超出此边界，安全系统将转换为缩减模式，并应用缩减模式的安全设置。触发板与一般的安全板所遵循的规则是相同的，只不过一般的安全板允许机器人手臂超出板子。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

10.12.1 选择一个边界进行配置

安全边界控件位于选项卡左边，它是用来选择一个边界限制进行配置的。

按下控件中列出的 8 个条目之一就可对安全板进行设置。如果所选的安全平面已进行配置，此平面相应的 3D 展示将在此面板右侧的 3D 视图（请参阅 10.12.2）中突出显示。可在选项卡底部安全板属性这一部分对安全板进行设置（请参阅 10.12.3）。

按下工具边界条目对机器人工具边界限制方向进行配置。该边界可在选项卡底部的安全边界属性这一部分加以说明（请参阅 10.12.4）。

按下 / 按钮来触发边界限制开/关的 3D 可视化效果。如果边界限制为活动状态，安全模式（参见 10.12.3 和 10.12.4）将由以下的一个图标 / / / 指示。

10.12.2 3D 可视化效果

3D View 显示被配置的安全板，以及与机器人手臂当前位置相配的机器人工具的方向边界限制。所有已配置的边界记录，包括在安全边界部分被选中可视化触发器（即，有 标志），全都与当前所选的边界限制配合显示。

（激活）安全板是黄色和黑色的，且有一个小小的箭头表示该板子出于正常状态，这表明机器人 TCP 允许放置在板子的这一边。触发器平面显示为蓝色和绿色。平面一侧的小箭头表明不会触发向缩减模式的转变。如果位于选项卡左边控件中的安全板被选中，那么相对应的 3D 展示会被高亮。

工具方向边界极限以锥体呈现，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）。

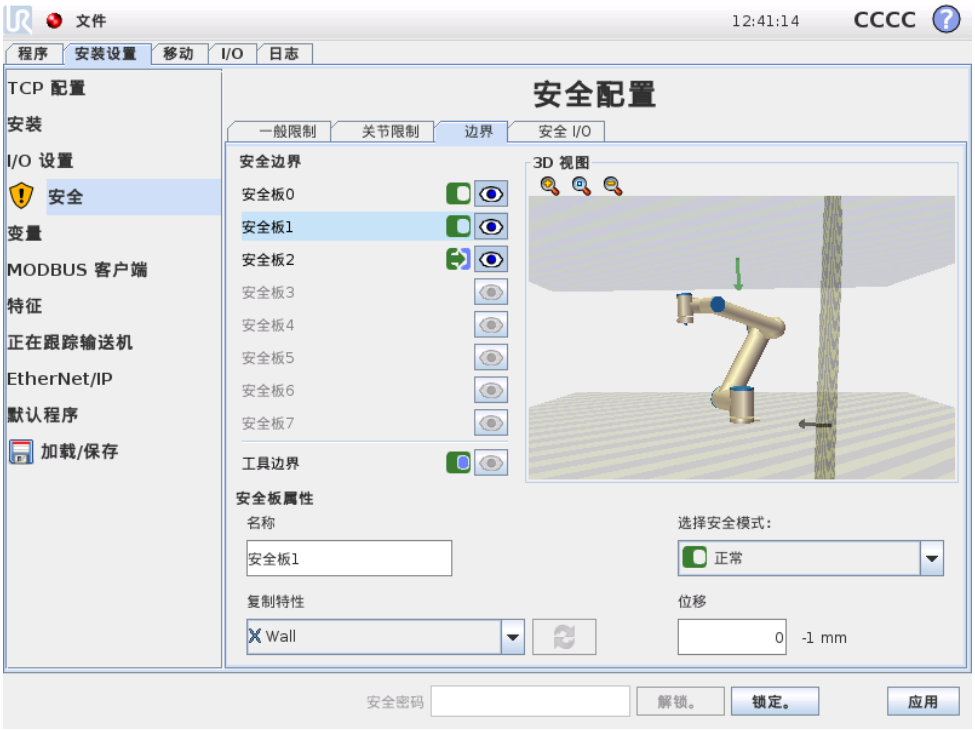
当板子或者工具方向边界限制已配置但未被激活，可视化显示为灰色。

按放大镜图标可缩放视角，拖动手指图标可更改视角。

10.12.3 安全板配置

通过选项卡底部的安全板属性部分定义所选安全板的配置。选中的安全板位于选项卡左上方的安全边界控件中。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。



名称 *名称*文本域允许用户为所选安全板指定一个名称。更改名称的方法是，点击文本域，然后输入一个新的名称。

复制特性 当前机器人安装的一种属性规定安全板的位置和常态（请参见 13.12）。请使用*安全板属性*部分左下方的下拉列表框选择一种属性。只能使用点和平面类型的特征。选择 <Undefined> 选项来明确安全板的配置。

被选特性的 z-轴将指向不被允许的区域，板常态会指向相反的方向，除非当*基数*选中，板常态将指向相同的方向。如果此平面被配置为*触发器缩减模式*平面（参见 10.12.3），平面法线指示*不会*触发转换为*缩减*模式的平面边。

需注意当选择一种属性对安全板进行配置之后，位置信息只是*复制*到安全板；安全板*没有*与该属性相连。这就是说如果用于配置安全板的属性的位置或方向发生变化，该安全板并不会自动更新。如果属性发生变化，属性选择器上方就会显示 ⚠ 图标。点击选择器旁边的 🔄 按钮，更新安全板当前位置及属性方向。如果所选特征从安装中删除，⚠ 图标也会显示。

安全模式 *安全平面属性*面板右侧的下拉菜单用于选择此安全平面的*安全模式*，可用的模式有：

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

禁用	安全平面从不激活。
标准	如果安全系统处于标准模式，标准模式平面将处于活动状态，并严格限制机器人 TCP 的位置。
缩减	如果安全系统处于缩减模式，缩减模式平面将处于活动状态，并严格限制机器人 TCP 的位置。
标准和缩减	如果安全系统处于标准或缩减模式，标准和缩减模式平面将处于活动状态，并严格限制机器人 TCP 的位置。
触发器缩减模式	安全系统处于标准或缩减模式下时，触发器缩减模式平面将处于活动状态，并在机器人 TCP 超出此平面时使安全系统切换为缩减模式。

被选的安全模式由安全边界 控件的相应的条目里的图标表明。如果安全模式 被设置为禁用，没有任何图标显示。

位移 如果位于安全板属性 控件左下角的下拉列表框中的一种属性被选中，可通过点击该控件右下方的位移文本域，然后输入一个值，平移安全板。输入一个正值，将板子移向板常态的反方向，从而增加机器人的工作空间，而输入一个负值，将板子向板常态这一方向移动，可减少机器人的工作空间。

边界平面位移的公差和单位显示在文本字段的右侧。

严格限制平面的效果 TCP 位置即将穿过严格限制的活动安全平面时，如果继续沿预测的轨迹移动，则公差为负（参阅 10.4）。请注意，公差值所示的负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。如果 TCP 位置超过规定极限的安全平面（无公差），安全系统将实施 0 类停机。

触发器缩减模式平面的效果 如果没有实施保护性停止，并且安全系统没有处于特殊恢复模式（参阅 10.6），将会在标准或缩减模式下操作，并且机器人手臂的运动受限于相应的限制设置。

安全系统默认为处于标准模式。只要出现以下情况，安全系统将转变为缩减模式：

a) 机器人 TCP 的位置超出某些触发器缩减模式平面，即 位于与平面可视化中的小箭头方向相对的平面的边上。

b) 配置了缩减模式安全输入功能，并且输入信号低（详情参见 10.13）。

如果不再出现以上任何一种情况，安全系统将重新转换为标准模式。

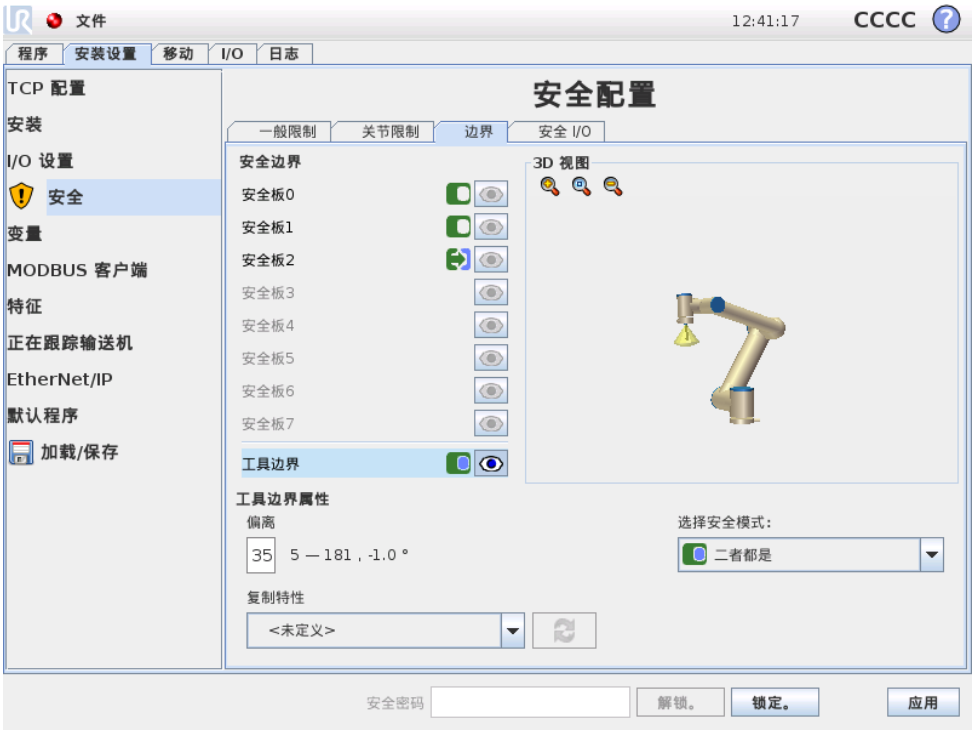
由于穿过触发器缩减模式平面导致从标准转换为缩减模式时，标准模式限制设置将转换为缩减。只要机器人 TCP 位于触发器缩减模式平面的 20 mm 处或靠近此平面（但仍在标准模式的一边），将对每个限制值应用更随意的标准和缩减模式限制。一旦机器人 TCP 穿过触发器缩减模式平面，标准模式限制设置不再处于活动状态，而是强制应用缩减模式限制设置。

由于穿过触发器缩减模式平面导致从缩减转换为标准模式时，缩减模式限制设置将转换为标准。只要机器人 TCP 穿过触发器缩减模式平面，将对每个限制值应用更随意的标准和缩减模式限制。一旦机器人 TCP 位于触发器缩减模式平面的 20 mm 处或更远的位置（在标准模式的一边），缩减模式限制设置不再处于活动状态，而是强制应用标准模式限制设置。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

如果预测的轨迹将是使机器人 TCP 穿过触发器缩减模式平面，在即将超过关节速度、工具速度或新限制设置中动量极限的情况下，机器人手臂将在穿过此平面前就开始减速。请注意，由于这些限制在缩减模式限制设置中需要提供更严格的限制，因此只有在从标准模式向缩减模式转换时才发生过早减速的情况。

10.12.4 工具边界属性



位于选项卡底部的*工具边界属性*面板定义了机器人工具方向的限度，该限度由理想的工具方向和该方向的最大允许偏离值组成。

偏离 *偏离*文本域表示机器人工具的最大允许偏离与理想的方向的偏差值。更改偏差值的方法是点击文本域，然后输入一个新的值。

可接受的数值范围以及偏离量的公差和单位在文本域旁边列出。

复制特性 使用当前机器人安装的一种属性来（请参见 13.12）规定机器人工具理想的方向。被选属性的 z-轴会作为该极限的理想的工具方向矢量。

请使用*工具边界属性*控件左下部的下拉列表框选择一种属性。只能使用点和平面类型的特征。选择 <Undefined> 选项来明确安全板的配置。

需注意当选择一种属性对安全板进行配置之后，方向信息只是*复制*到该极限；该极限*没有*与该属性相连。这就是说如果用于配置安全板的属性的的位置或方向发生变化，该安全板并不会自动更新。如果属性发生变化，属性选择器上方就会显示 ⚠ 图标。点击选择器旁边的 🔄 按钮，更新安全板当前的方向属性。如果将被选属性从配置中删除，就会显示 ⚠ 图标。

安全模式 *工具边界属性*面板右侧的下拉菜单用于选择此工具方向边界的*安全模式*。可选项如下：

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

禁用	工具边界限制从不激活。
标准	安全系统位于标准模式下时，工具边界限制激活。
缩减	安全系统位于缩减模式下时，工具边界限制激活。
标准和缩减	安全系统位于标准或缩减模式下时，工具边界限制激活。

被选的安全模式由安全边界 控件的相应的条目里的图标表明。如果安全模式 被设置为禁用，没有任何图标显示。

效果 工具方向的偏差即将超过输入的最大偏差时，如果继续沿预测的轨迹移动，则公差为负（参阅 10.4）。请注意，公差值所示的负号只是用于表明要从实际输入的值中减去公差。如果工具方向的偏差超过限制（无公差），安全系统将实施 0 类停机。

10.13 安全 I/O

此屏幕定义了可配置输入和输出 (I/O) 的安全功能 。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类别[2] 3 和 PLd I/O。

每项安全功能只能控制一对 I/O。尝试再次选择相同的安全功能会将其从之前定义的第一对 I/O 中移除。输入信号有 5 种安全功能，输出信号有 4 种。

10.13.1 输入信号

对于输入信号，可以选择下述安全功能：紧急停机、缩减模式、防护重置、3 档位开关和操作模式。

[2]根据 ISO 13849-1，参见术语表了解详情。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

紧急停机 当选定时，除示教盒上的紧急停机按钮外会增加一个紧急停机按钮。只要与符合 ISO 13850:2006 标准的设备相连接，便可以提供与示教盒上的紧急停止按钮相同的功能。

缩减模式 所有安全限制有两种可以应用的模式：标准模式，此模式指定默认的安全配置；和缩减模式（详情参见 10.6）。如选择此项输入安全功能，向输入提供的低信号将导致安全系统转变为缩减模式。必要时，机器人手臂将减速，以符合缩减模式限制设置。如果机器人手臂仍然违反任何缩减模式限制，将实施 0 类停机。向标准模式转换的方式与此相同。请注意，安全平面同样可能导致向缩减模式转换（详情参见 10.12.3）。

防护重置 如果在安全 I/O 中进行了防护停止的布线，将利用此输入以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:
默认为对引脚 0 和引脚 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” 变高，机器人手臂将停止在 “防护停止” 位置。换言之，防护重置输入、防护停止输入 SI0 和 SI1（参见硬件安装手册）充分确定了防护停止状态是否激活。

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

- 运行模式：机器人只能执行预定义的任务。“移动” 选项卡和 “自由驱动” 模式不可用。
- 编程模式：运行模式中提出的限制出现。但是，当 3 档位开关输入为低信号时，机器人处于防护停止状态。此外，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 档位开关输入信号由低变高时，速度滑块被重置为低值。

配置操作模式选择有两种方法：：

1. 要使用外部模式选择设备选择操作模式，配置操作模式输入。一旦配置了 3 档位开关输入，配置选项将出现在下拉菜单中。当操作模式输入信号较低时，机器人将处于运行模式，当较高时，机器人处于编程模式。
2. 要从 Polyscope 选择操作模式，只有 3 档位开关输入必须配置并应用到安全配置。在这种情况下，默认模式为运行。如要切换到编程模式，在欢迎屏幕上选择 “给机器人编程” 按钮。如要回到运行模式，只需退出 “给机器人编程” 屏幕。

注意:
当安全 I/O 配置及 3 档位开关启用被确认后，欢迎屏幕自动显示。当操作模式从编程变为运行时，欢迎屏幕也会自动显示。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

10.13.2 输出信号

对于输出信号，可以选择下述安全功能：触发强信号的状态结束时，所有信号回复弱状态：

系统紧急停止　如果安全系统触发进入紧急停止状态，则给出弱信号。否则就给出强信号。

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

机器人未停止　如果机器人手臂被要求停止，指令发出到手臂停止需要一定时间。这期间信号将处于强状态。机器人手臂在移动状态，且没有被要求停止，又或者机器人手臂处于停止状态，信号将处于弱状态。

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。否则信号处于强状态。

未缩减模式　这是上述缩减模式的相反状态。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

11 开始编程

11.1 简介

UR 机器人手臂由挤压铝管和关节组成。这些关节及其通用的名字如表格 11.1所示。 机座是机器人的安装位置，机器人的另一端（手腕 3）与机器人的工具相连。通过协调每一个关节的活动，除了机座正上方及正下方的区域以外，机器人可以自由地移动工具。

PolyScope 是一个图形用户界面（GUI），你可以操作机器人手臂和控制箱，执行机器人程序，也可以很轻松地创建一个新的程序。

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

危险:

1. 硬件安装手册包含重要的安全信息，在机器人第一次通电前，UR 机器人的集成商必须阅读并理解这些信息。
2. 在机器人手臂第一次通电前，集成商必须设置风险评估定义的安全配置参数，参见 10。

11.2 使用入门

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

11.2.1 安装机器人手臂和控制箱

请按照以下步骤安装机器人手臂和控制箱:

1. 开箱取出机器人手臂和控制箱。

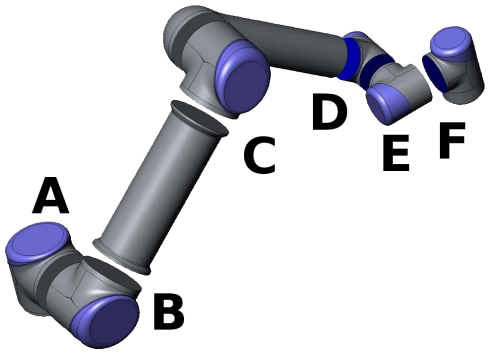


图 11.1: 机器人关节 A：机座，B：肩膀，C：手肘 和 D、E、F：手腕 1、2、3

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

2. 将机器人安装在坚固的防震的表面上。
3. 将控制箱放置在其支脚上。
4. 将机器人和控制箱之间的机器人电缆插上电源。
5. 插入控制箱的市电插头。

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

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

11.2.2 开/关控制箱

按带触摸屏的控制板前侧的电源按钮即可打开控制箱。该控制板通常被称为示教板。接通控制箱后，来自隐藏的操作系统的文本就会出现在触摸屏上。约一分钟后，屏幕上将显示一些按钮，并弹出一个窗口，引导用户转至初始化屏幕（请参阅 11.5）。

按屏幕上的绿色电源按钮或使用欢迎屏幕上的关闭按钮可关闭控制箱（请参阅 11.4）。

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

11.2.3 开/关机器人手臂

如果控制箱已打开且所有紧急停机按钮都未激活，即可开启机器人手臂。开启方法是，在初始化屏幕中（请参阅 11.5），触摸屏幕上的开 按钮，然后按启动。当启动机器人后，制动器被解锁，机器人发出噪音并移动少许位置。

触摸 “初始化” 屏幕上的关 按钮可关闭机器人手臂的电源。关闭控制箱也可自动关闭机器人手臂的电源。

11.2.4 快速启动

为了快速启动已安装好的机器人，请进行如下操作:

1. 按示教盒前侧的 “紧急停机” 按钮。
2. 按示教盒上的电源按钮。
3. 等待一分钟，系统会启动，触摸屏上将显示文字。
4. 系统就绪后，触摸屏上将弹出一个窗口，提示机器人需要进行初始化。
5. 触摸弹出窗口上的按钮。你将会被转至初始化屏幕。
6. 等待出现确认应用的安全配置对话框，按下确认安全配置按钮。这适用于需要根据风险评估进行调节的初始参数集。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

7. 解锁紧急停机按钮。机器人状态从紧急停机变成关闭电源。
8. 请站在机器人可触及的范围（工作空间）之外。
9. 触摸触摸屏上的开按钮。等待几秒钟，直至机器人状态变成空闲。
10. 请确认有效荷载和所选的安装正确。如果基于传感数据的安装与所选的安装不一致，将有提示出现。
11. 触摸触摸屏上的启动按钮。此时，制动器即会解锁，机器人会发出噪音并移动少许位置。
12. 触摸确定按钮，转至欢迎屏幕。

11.2.5 第一个程序

程序是指示机器人操作的一系列命令。借助于 PolyScope 软件，操作人员只需具备少量编程经验即可对机器人进行编程。对于大多数任务，整个编程过程使用触摸屏即可完成，无需键入任何晦涩难懂的命令。

因为工具运动是机器人程序中非常重要的一部分，因此，机器人运动示教方式必不可少。在 PolyScope 软件中，工具运动由一系列路点，即机器人工作空间内的 点确定。路点可通过将机器人移至某个具体位置来确定，或由软件计算得出。为了将机器人手臂移至某个具体位置，既可以使用移动按钮（请参阅 13.1），也可以简单地在按住示教板后侧的自由驱动按钮的同时，将机器人手臂拉到该具体位置。

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。

在机器人上创建一个已启动的简单程序，请按如下操作:

1. 触摸机器人程序按钮，选择清空程序按钮。
2. 触摸下一步按钮（右下角），屏幕左侧树结构中 <empty> 行将被选中。
3. 转至结构选项卡。
4. 触摸移动按钮。
5. 转至命令选项卡。
6. 按下一步按钮，转至路点设置。
7. 按 “?” 图片旁的设置此路点按钮。
8. 在移动屏幕上，按各个蓝色箭头以移动机器人，或者在按住位于示教盒背面的自由驱动按钮的同时拉动机器人手臂。
9. 按确定。
10. 按在其前添加路点。
11. 按 “?” 图片旁的设置此路点按钮。
12. 在移动屏幕上，按各个蓝色箭头以移动机器人，或者在按住自由驱动按钮的同时拉动机器人手臂。
13. 按确定。
14. 您的程序已就绪。按 “播放” 符号后，机器人将在两点之间移动。站在离开机器人的位置，按住紧急停机按钮并按 “播放”。
15. 恭喜！您现已编完了您的第一个机器人程序，该程序可指示机器人在给定的两点之间移动。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

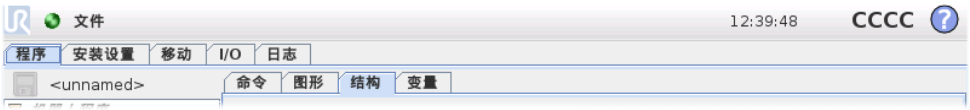
警告:

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。

11.3 PolyScope 程序界面

PolyScope 在连接到控制箱的触摸屏上运行。

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



在上图的示例中，用户选择了顶层的*程序*选项卡以及位于其下一层的*结构*选项卡。*程序*选项卡显示与当前加载程序相关的信息。若选择*移动*选项卡，屏幕将切换为移

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

动屏幕，在此屏幕中可以移动机器人手臂。同理，若选择 I/O 选项卡，可以监控和更改电气 I/O 的当前状态。

控制箱或示教盒也可以连接鼠标和键盘，不过，实际上无此必要。几乎所有文本字段都启用了触控功能，因此触摸它们可以打开一个屏幕小键盘或键盘。不可触控的文本字段旁会有一个编辑器图标，可以打开相关的输入编辑器。

屏幕小键盘、键盘和表达式编辑器图标如上图所示。

有关 PolyScope 的各个屏幕，将在后续章节详细介绍。

11.4 欢迎屏幕

启动控制器 PC 后，将显示欢迎屏幕。此屏幕提供以下选项：

- **运行程序**：选择并运行已有程序。这是操作机器人手臂和控制箱最便捷的方式。
- **为机器人编程**：修改程序或创建新程序。
- **设置机器人**：更改语言、设置密码、升级软件等
- **关闭机器人**：关闭机器人手臂的电源，关闭控制箱。
- **关于**：提供有关软件版本的详情、主机名、IP 地址、序列号和法律信息。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

11.5 初始化屏幕

在此屏幕上，您可以控制机器人手臂的初始化。

机器人手臂状态指示

状态 LED 指示机器人手臂的运动状态:

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

LED 旁的文字进一步说明了机器人手臂的当前状态。

有效负载和安装设置

机器人手臂开启时，控制器控制机器人手臂的有效负载显示在白色小文本字段中。更改值的方法是，点击文本域，然后输入一个新的值。请注意，设置该值不会变更机器人手臂安装设置中的负载（详见 13.6），只会变更控制器使用的有效负载。

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

在启动机器人手臂之前，务必验证有效负载和有效安装设置与机器人手臂的当前状态匹配。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

初始化机器人手臂

危险:
启动机器人手臂时，总是验证实际负载和实际安装设置正确。如果设置错误，机器人手臂和控制箱将无法正常工作，并会对周围的人或设备造成危险。

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

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

- 控制器 PC 启动后，按下该按钮一次以启动机器人手臂。机器人手臂状态会显示*开启*，随后显示*空闲*。请注意，如果遇到紧急停止，机器人手臂不会启动，因此该按钮也被禁用。
- 如果机器人手臂状态是*空闲*，需再次点击该按钮以启动机器人手臂。在此，感应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°), 则该按钮会被禁用，按钮下方会显示错误信息。

  通过安装验证后，点击该按钮将释放所有关节制动器，之后机器人手臂就准备好进行正常操作。注意，释放制动器时，机器人会发出声音并移动少许位置。
- 如果机器人手臂启动后违反了某一安全限制，则会进入*恢复模式*。在该模式下，点击该按钮将切换至恢复移动屏幕，在该屏幕可以将机器人手臂移动至安全限制内。
- 如果出现故障，可以使用该按钮重启控制器。
- 如果控制器当前未运行，点击该按钮启动控制器。

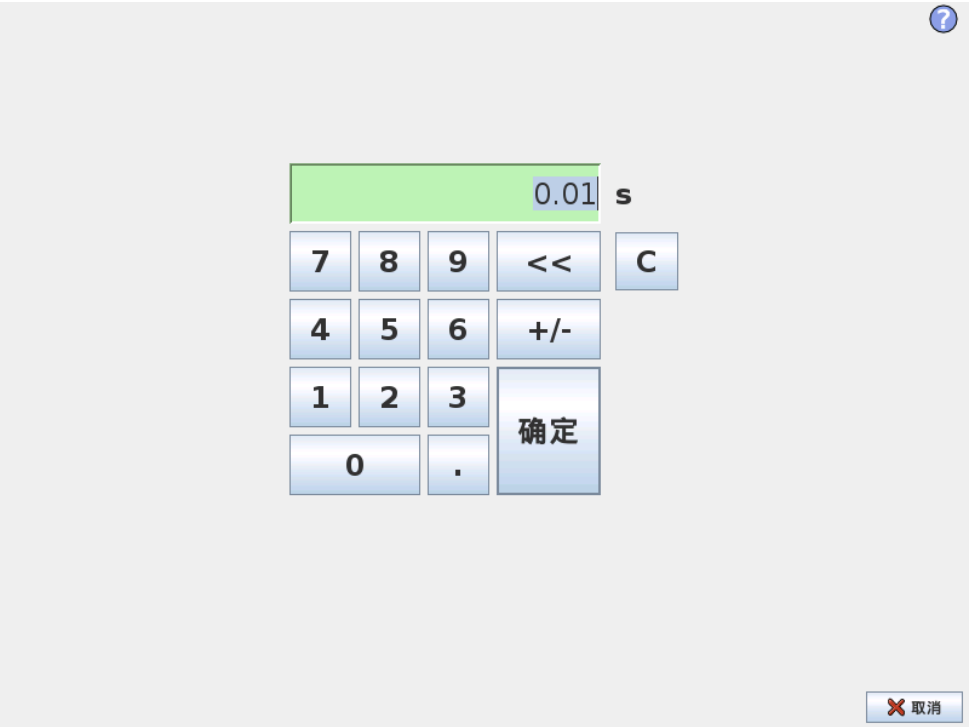
最后，带红色图标的较小按钮用于关闭机器人手臂。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

12 屏幕编辑器

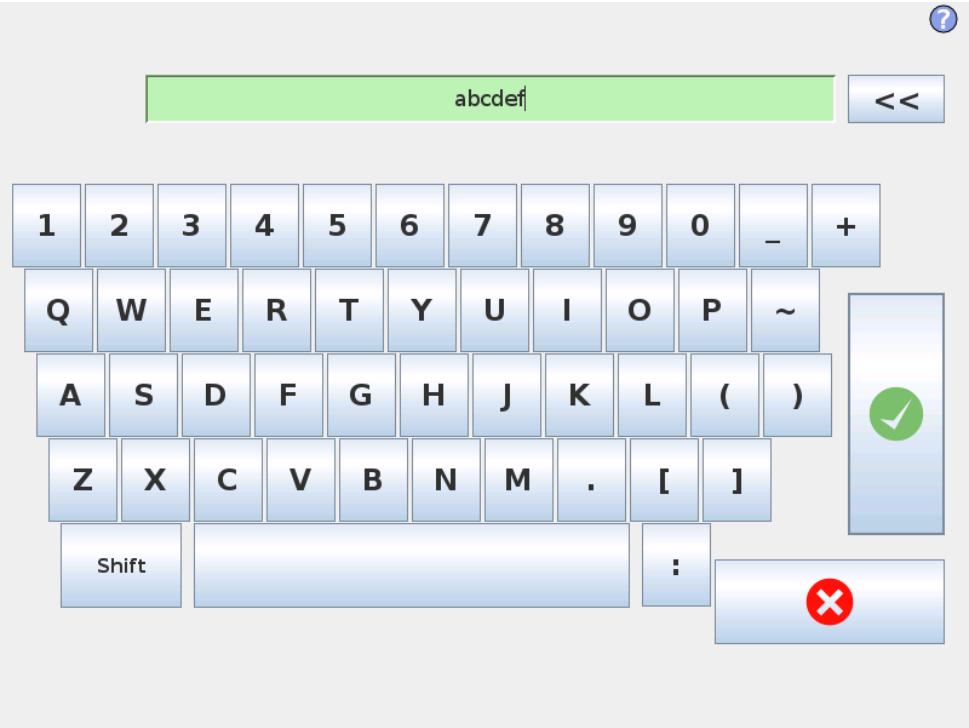
12.1 屏幕键盘



简单的数字输入和编辑功能。大部分情况下，数字旁边会显示输入值的单位。

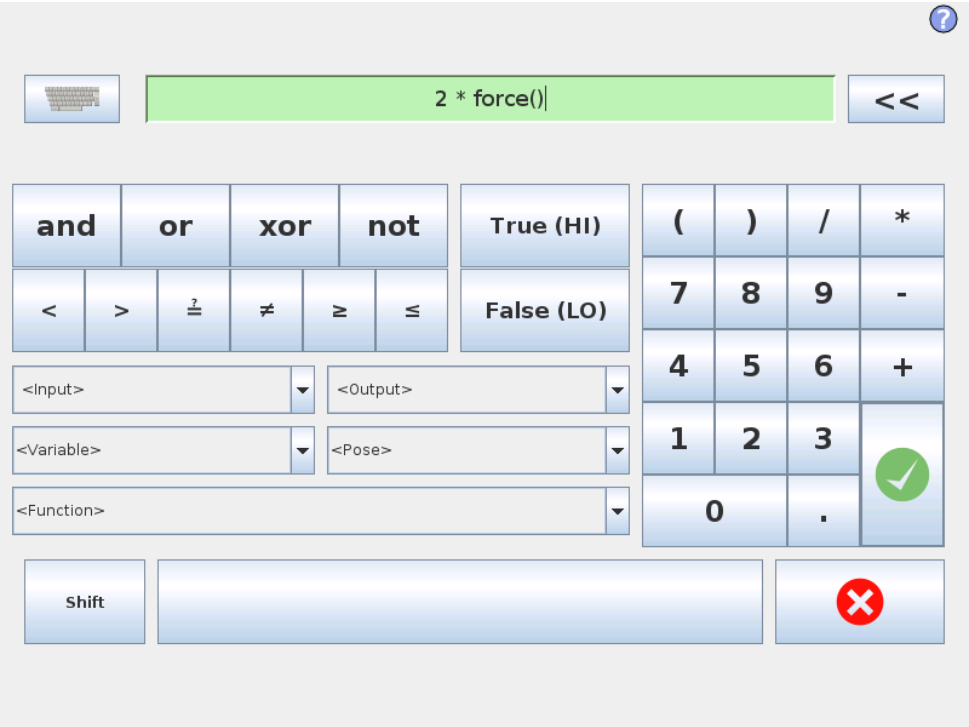
版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

12.2 屏幕键盘



简单的文本输入和编辑功能。Shift 键可用于输入一些其他特殊字符。

12.3 屏幕表达式编辑器



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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

号和表示小于等于的 $\leq$ 符号。使用屏幕右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。

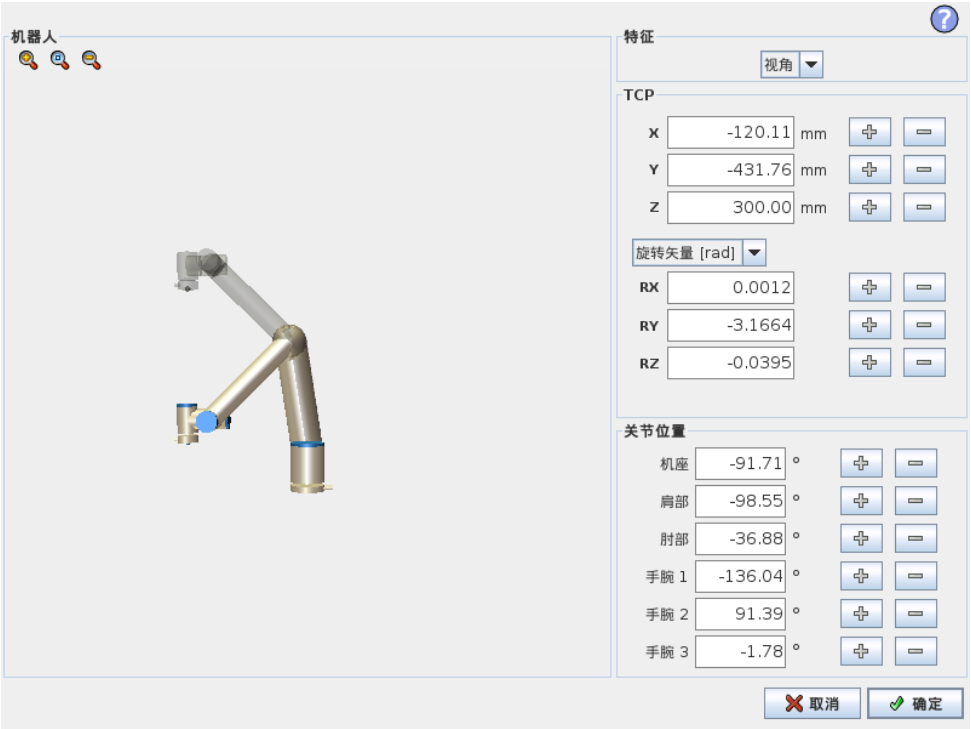
按确定按钮时，系统将检查表达式有无语法错误。单击取消按钮可离开此屏幕，放弃所有更改。

表达式类似如下形式：

digital_in[1]$\stackrel{?}{=}$True and analog_in[0]<0.5

12.4 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。



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 10.12），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 10.6）。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）。

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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 13.6。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。

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° 和 +360° 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。

"确定" 按钮

如果该屏幕是从*移动*选项卡激活的（请参见 13.1），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 14.5所述。

取消按钮

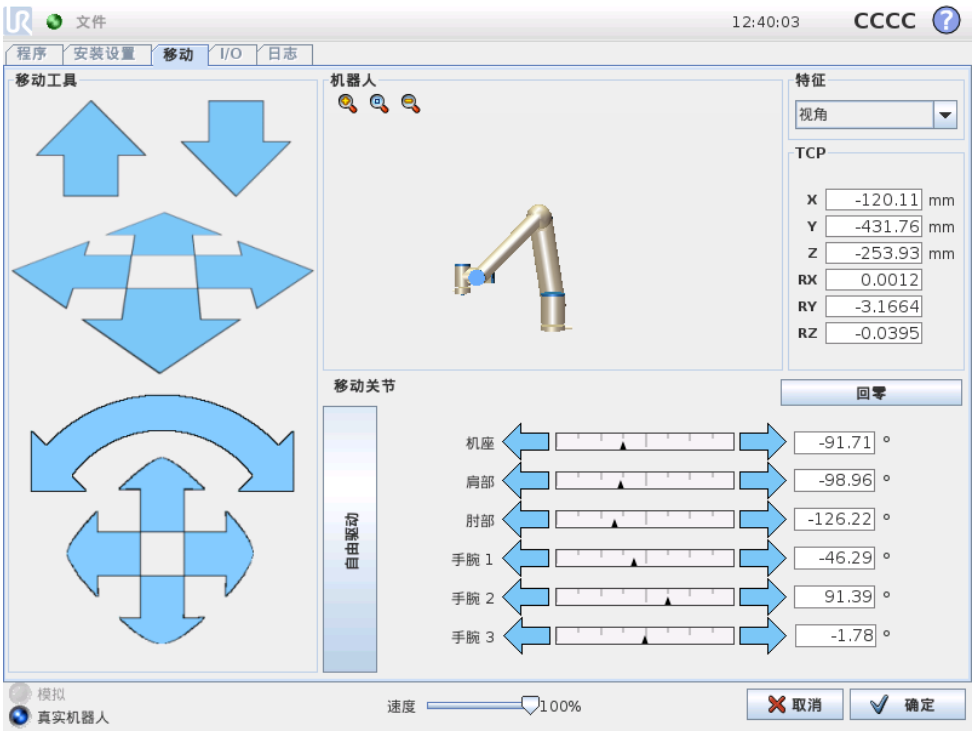
单击*取消*按钮可离开此屏幕，放弃所有更改。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13 机器人控制

13.1 移动选项卡

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



13.1.1 机器人

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

如果机器人 TCP 的当前位置距离安全板或触发板很近，又或者机器人工具的方向接近工具方向边界极限（详见 10.12），则会显示相邻边界的 3D 成像。请注意，如果机器人在运行程序，边界限制可视化将被禁用。

安全板以黄黑色呈现，带小箭头指示安全板正常，显示安全板上允许放置机器人 TCP 的位置。触发板以蓝绿色呈现，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 10.6）。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）。

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

13.1.2 特征和工具位置

在屏幕右上角可找到特征选择器。它定义了用于控制机器人手臂相对应的特征。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

当前激活的工具中心点 (TCP) 的名称显示在特征选择器下方。文本框显示了 TCP 相对于所选特征的完整坐标值。关于配置多个指定 TCP 的更多信息，请参见 13.6。

单击坐标或关节位置可手动编辑坐标值。这将转至位姿编辑器屏幕（请参见 12.4 ），您可以在该屏幕上为工具指定目标位置和方向或者目标关节位置。

13.1.3 移动工具

- 按住*平移箭头*（上部），将按所指示的方向移动机器人的工具提示。
- 按住*旋转箭头*（按钮），将按所指示的方向移动机器人工具的方向。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。

注意：*可随时释放该按钮，使机器人停止运动！*

13.1.4 移动关节

允许直接控制各关节。每个关节都可从 −360° 移至 +360°，这两个角度即是每个关节水平条所示的默认*关节极限角*。如果关节达到其关节极限角，则无法再移离一步。如果一个关节的位置范围配置与默认情况 (参见 10.11) 不同，该范围在水平条中以红色显示。

13.1.5 自由驱动

按住*自由驱动*按钮时，可真正抓取机器人并将其拉至所需位置。如果*设置*选项卡中的重力设置（请参见 13.7）错误，或者机器人手臂承受重载时，若按放*自由驱动*按钮，机器人可能开始运动（下降）。此情况下，只需再次释放*自由驱动*按钮即可。

警告:

1. 确保使用正确的安装设定（例如，机器人的安放角、TCP 的轻量级、TCP 偏移）。与程序一起保存并加载安装设置文件。
2. 在按下*自由驱动*按钮之前，确保 TCP 设置和机器人安装设置都正确。如果这些设置不正确，机器人手臂会在*自由驱动*按钮激活时运动。
3. 只有通过风险评估，才允许在安装过程中使用自由驱动功能（阻抗/逆向驱动）。工具及障碍物不得有尖角或扭点。确保所有人员都在机器人手臂工作范围之外。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.2 I/O 选项卡

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 10.13) 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。

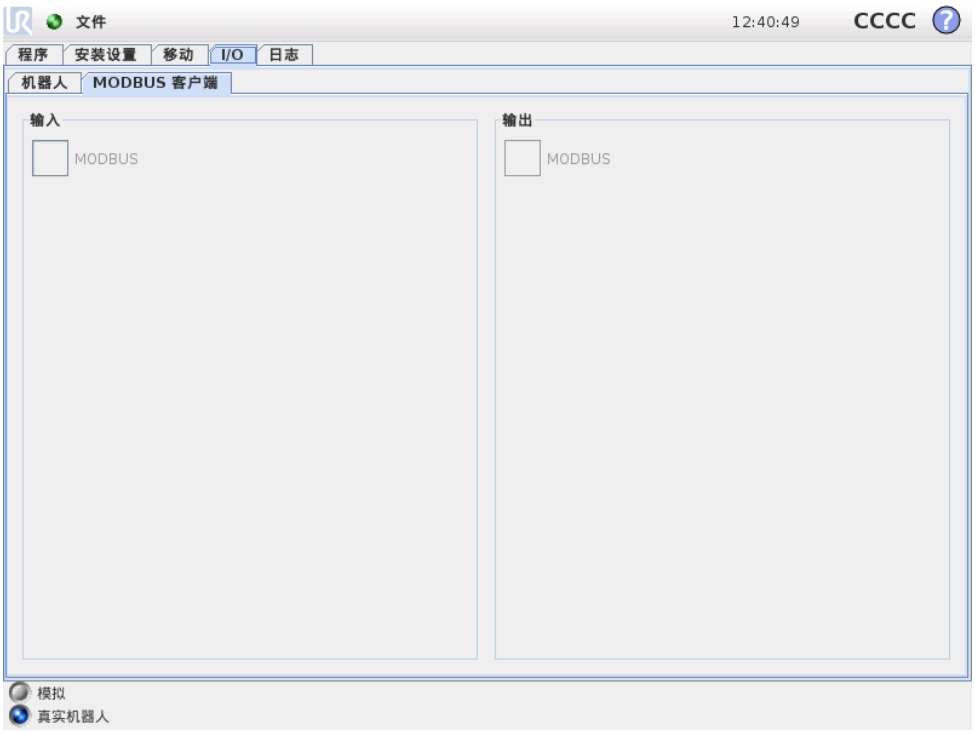
信号的电气细节请参见用户手册。

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。

13.3 MODBUS 客户端 I/O

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。



输入

查看 MODBUS 客户端数字输入的状态。

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（请参见 13.8）。

13.4 自动移动选项卡

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

动画

动画显示机器人手臂将要进行的动作。

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

小心:
自动移动功能使机器人沿着阴影区轨道移动。碰撞可能会损坏机器人或其他设备。

自动

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

手动

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.5 安装设置 → 加载/保存

机器人安装设置涵盖了机器人在工作环境中设置的方方面面。包括机器人手臂的机械安装、与其他设备的电气连接，以及机器人程序依赖的所有其他选项。不包括程序本身。

这些设置可使用 *安装设置* 选项卡下的各个屏幕进行设置，有一个例外就是 I/O 域在 I/O 选项卡中进行设置 (请查阅 13.2)。

可以为机器人保存多份安装设置文件。所创建的程序将使用当前处于激活状态的安装设置，在使用程序时会自动加载此安装设置。

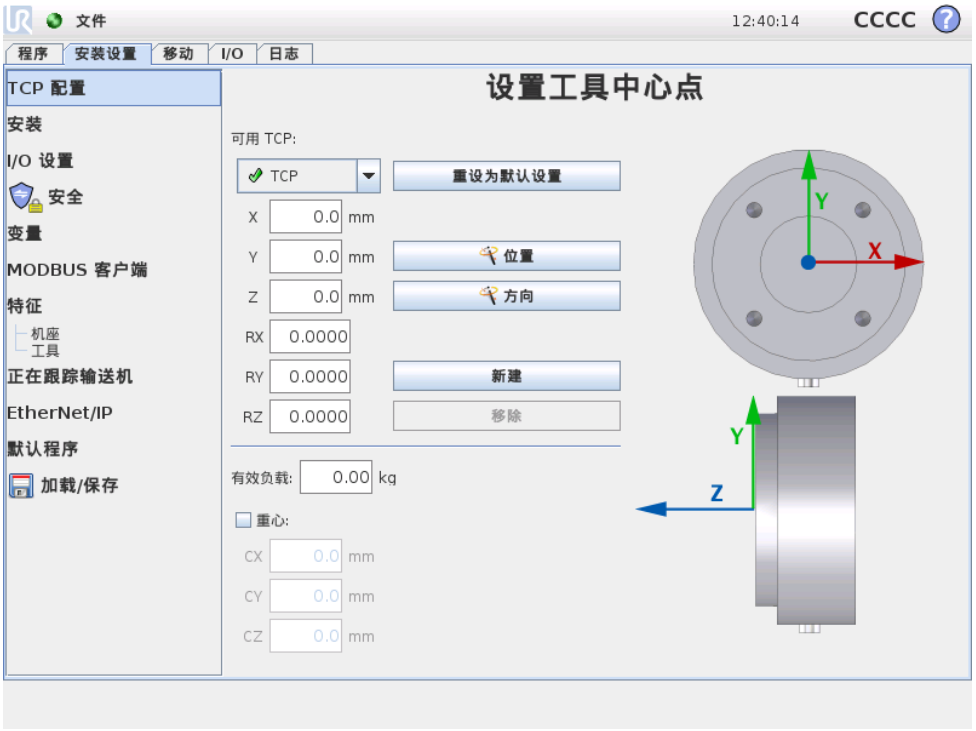
对安装设置所做的任何更改均需要进行保存，以备断电后能够得以保留。如果安装设置中有未保存的更改， *安装设置* 选项卡左边的*加载/保存*文本附件会出现一个软盘图标。

按下*保存*或*另存为...*按钮可保存安装设置。此外，保存程序也会保存处于激活状态的安装设置。请使用*加载*按钮来加载另一个安装设置文件。*新建*按钮重置机器人安装设置中的所有设置，使其恢复出厂设置。

小心:
不推荐使用 USB 驱动器加载机器人安装设置。要使用 USB 驱动器里面存储的安装设置，需首先加载该安装设置，然后使用 *另存为...* 按钮将其保存在本地*程序*文件夹中。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.6 安装设置 → TCP 配置



工具中心点（TCP）既机器人工具的特征点。多个指定的 TCP 可在此屏幕上定义。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，如屏幕上的图形所示。位置坐标 X、Y 和 Z 决定了 TCP 的位置，而 RX、RY 和 RZ 决定了其方向。当指定的值均为零时，TCP 与工具输出法兰的中心点重合，并应用屏幕右侧显示的坐标体系。

13.6.1 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。

13.6.2 默认和激活的 TCP

严格来说，所配置的 TCP 中有一个是默认 TCP。在 TCP 下拉菜单中，默认 TCP 的名称左侧有一个绿色图标。要将当前所选的 TCP 设为默认 TCP，点击设为默认按钮。

总有一个 TCP 偏移用作激活的 TCP 偏移，来决定笛卡尔空间中的所有线性运动。此外，用户可在“图形”选项卡（参见 14.29）上观看激活 TCP 的运动。在程序运行前，以及在程序启动前，先将默认 TCP 设为激活的 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 14.5和14.10）。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.6.3 示教 TCP 位置

TCP 位置坐标可通过以下步骤自动计算：

1. 点击 位置 按钮。
2. 在机器人工作空间中选择一个固定的点。
3. 使用屏幕右侧的按钮将 TCP 从至少三个不同角度移至所选的点上，并保存工具输出法兰的相应位置。
4. 验证计算所得的 TCP 坐标，并使用 设置 按钮将其设定到所选的 TCP 上。

请注意，这些位置必须足够多样化，以确保计算结果正确。否则，按钮上方的状态 LED 将变为红色。

此外，即使通常只要三个位置便足可确定正确的 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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.6.4 示教 TCP 方向

TCP 方向可通过以下步骤自动计算:

1. 点击 方向按钮。
2. 从下拉列表中选择一个特征。关于如何定义新特征的详细信息，请参见 13.12。
3. 使用下面的按钮移至工具相对于 TCP 的方向与所选特征的坐标体系一致的点上。
4. 验证计算所得的 TCP 方向，并使用设置按钮将其设定到所选的 TCP 上。

13.6.5 负载

机器人工具重量在屏幕的下半部分指定。要更改此设置，只需点击空白文字字段并输入新值。所作设置将应用于所有指定的 TCP。

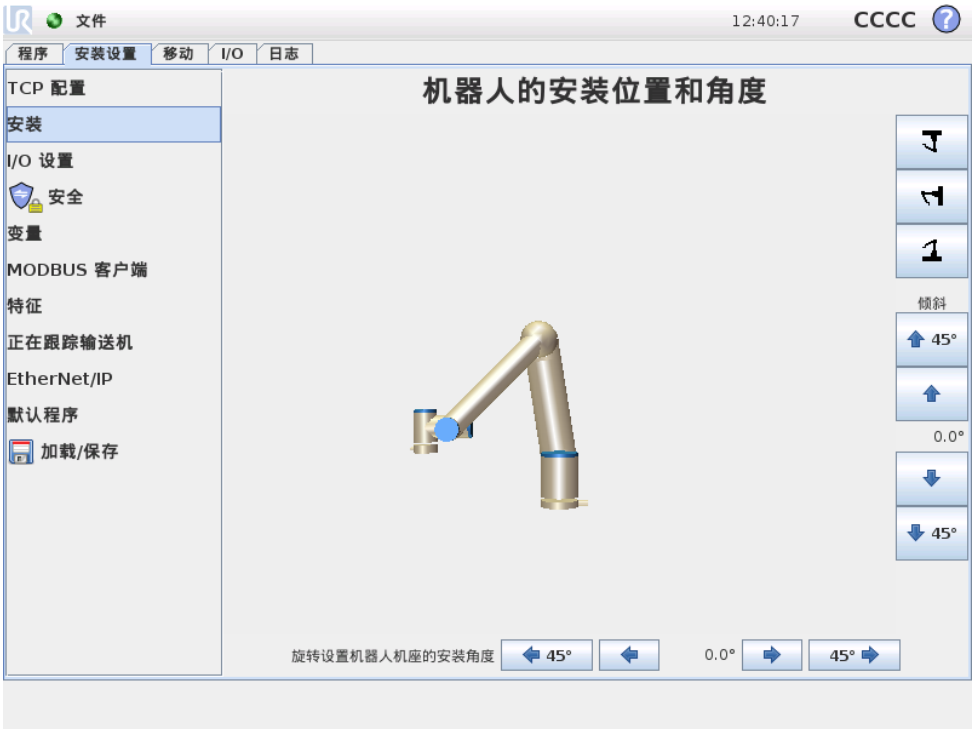
13.6.6 重心

工具重心可以使用字段 CX、CY 和 CZ 来指定。如果未进行指定，工具中心点将被指定为工具的重心。所作设置将应用于所有指定的 TCP。

警告:
务必使用正确的安装设置。与程序一起保存并加载安装设置文件。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.7 安装设置 → 安装



此处可指定机器人手臂的安装。这有两个作用：

1. 在屏幕上正确显示机器人手臂。
2. 告知控制器重力方向。

控制器运用高级动力学模型确保机器人手臂平稳精确地运动，并使机器人手臂处于*自由驱动*模式时能够自我支撑。为此，机器人手臂的安装务必设置正确，这一点至关重要。

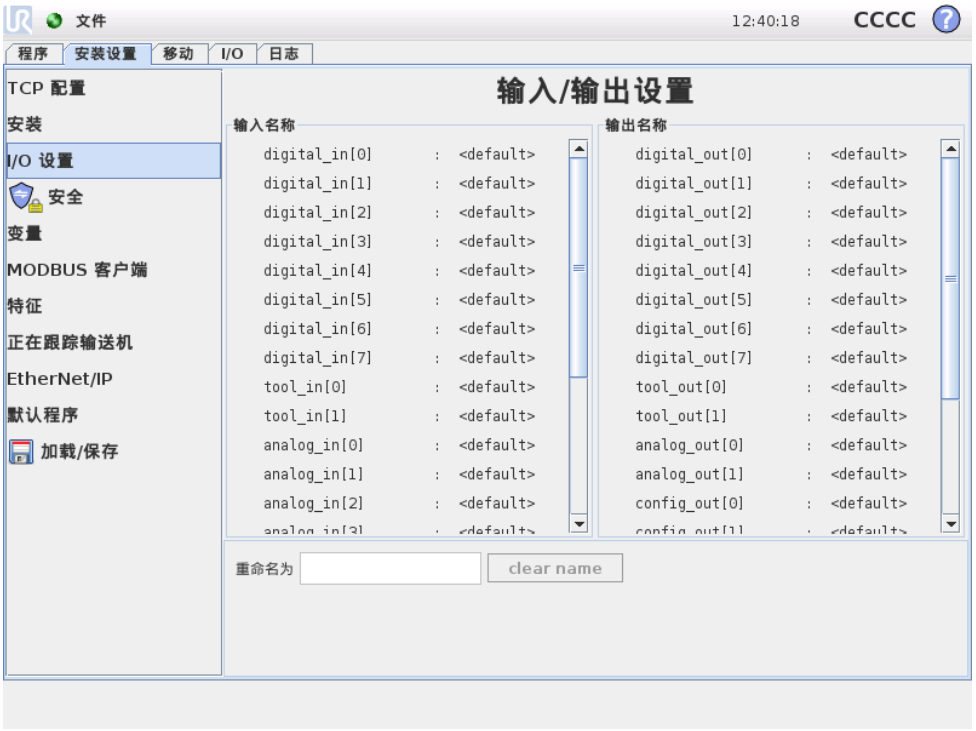
警告:
如果没有正确地设置机器人手臂的安装，这将导致频繁的安全停止，和/或机器人手臂在自由驱动按钮按下时会活动的这一可能。

系统默认机器人手臂安装在平稳的台面或地面上，此情况下，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*按钮可用于设置任意角度。 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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

警告:
务必使用正确的安装设置。与程序一起保存并加载安装设置文件。

13.8 安装设置 → I/O 设置



可为输入和输出信号指定名称。这样更便于记住操作机器人时信号的作用。单击选择相应的 I/O 并使用屏幕键盘设置信号名称。通过将名称设置为空字符串，可以还原名称。

可配置八个标准数字输入和两个工具来触发动作。可用动作包括启动当前程序、停止当前程序、暂停当前程序以及在输入高/低时进入/离开*自动驱动*模式的功能（就像 “示教盒” 背面的*自动驱动*按钮）。

默认的输出行为就是，它们的值在程序停止运行时得以保留。还可以配置一个只要没有程序运行时便采用的默认输出值。

此外，还可以配置八个标准数字输出和两个工具输出来反映当前是否有程序在运行，以便在有程序运行时输入为高，反之为低。

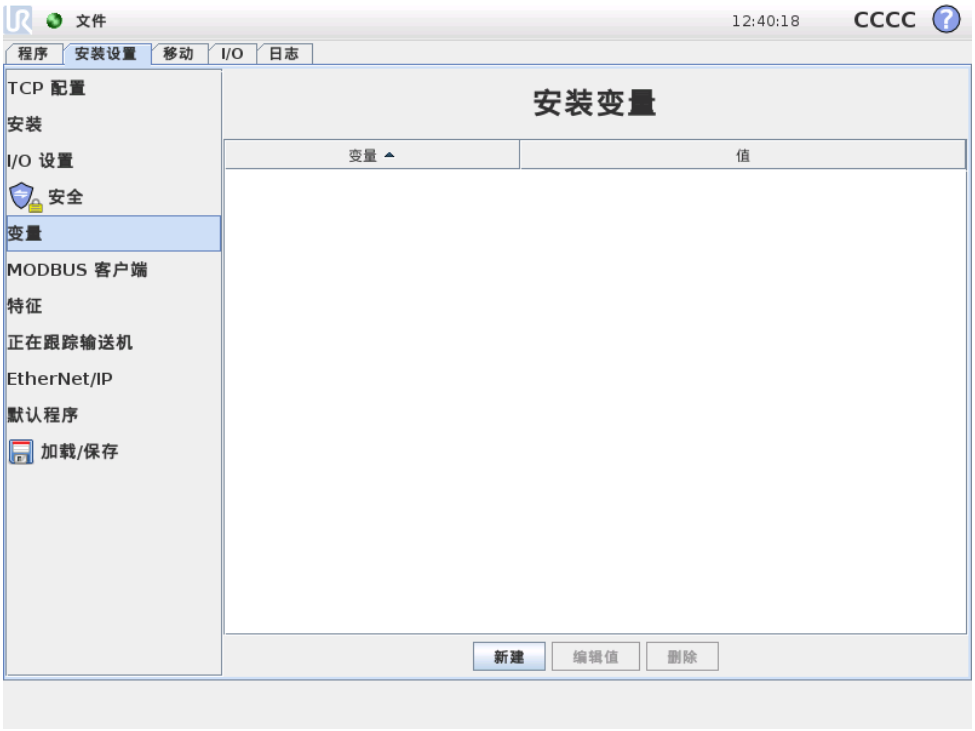
最后，也可指定是否可（由编程员或操作员和编程员合作）通过 I/O 选项卡控制输出，或指定是否只有机器人程序可更改输出值。

13.9 安装设置 → 安全

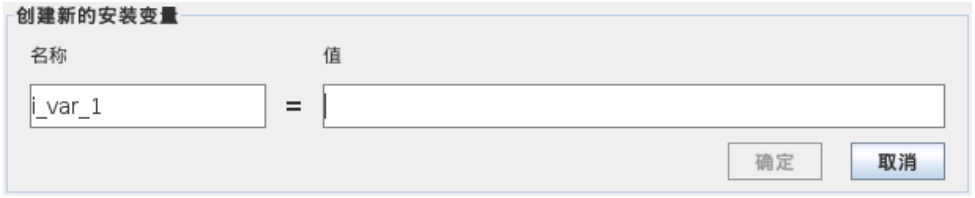
参见第 10章。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.10 安装设置 → 变量



此处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。



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。

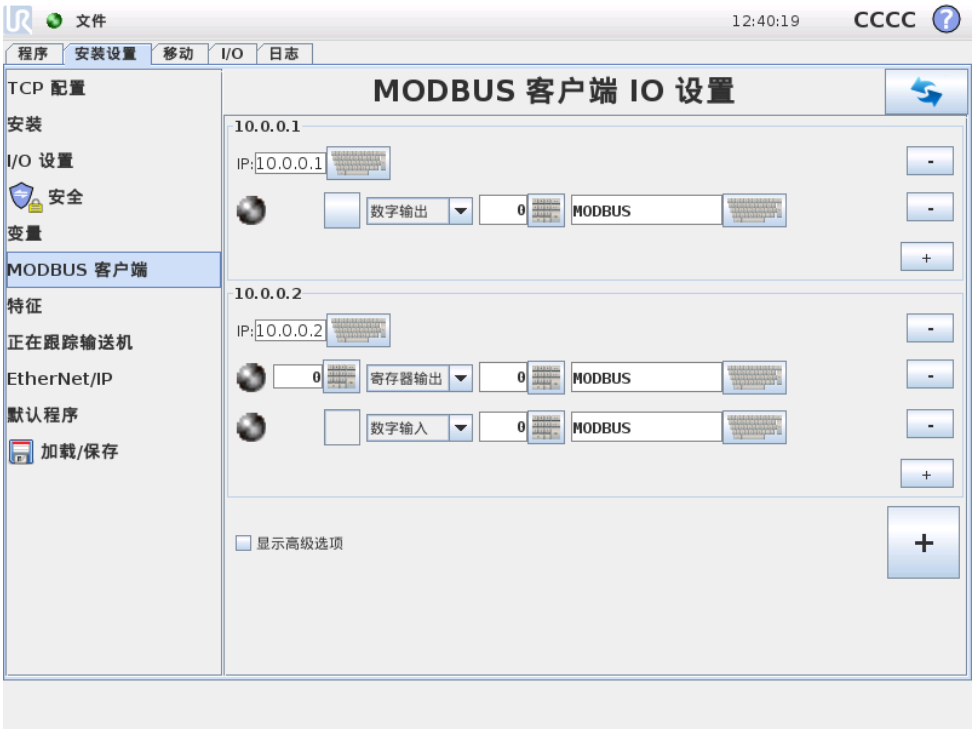
要删除变量，在列表中选中它，然后单击*删除*。

安装设置变量配置结束后，需保存安装设置本身，从而保存这些配置，请参阅 13.5。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，用户将有两种选择来解决这一问题：要么选用名称相同的安装设置变量而不是程序变量，要么对相冲突的变量进行自动更名。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.11 安装 → 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。

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。

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

- 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。

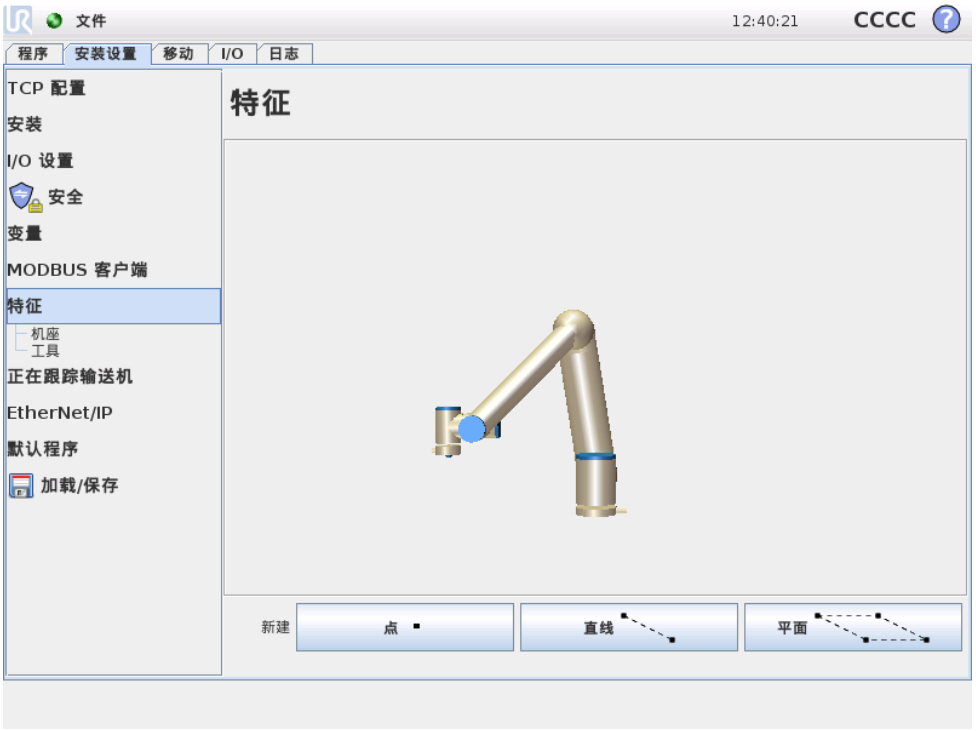
显示高级选项

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。
- **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。

13.12 安装 → 特征



购买工业机器人的客户通常都希望能够相对于机器人手臂周边各种物体和边界（例如机器、工件或坯料、夹具、输送机、托盘或观察系统），来控制或操作机器人手臂以及对机器人手臂进行编程。传统的实现方式是定义“框架”（坐标系），将机器人手臂内部坐标系（机座坐标系）和相关对象的坐标系相关联。机器人的内部坐标可根据机器人的“工具坐标”和“机座坐标”来确定。

采用此类框架有一个问题：人员需要具备一定的数学知识才能定义此类坐标系，而且即使是非常擅长机器人编程和安装的人员，要定义此类坐标系也需要花费大量时间。该任务通常涉及 4x4 矩阵计算。特别是，对于缺乏必要经验的人员而言，方位的表示过程非常复杂，很难理解。

客户会提出一些常见问题，例如：

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

- 是否可以将机器人向远离我的数控（computerised numerically controlled，CNC）机床方向移动 4 cm?
- 是否可以将机器人工具旋转至与机床呈 45 度角?
- 我们是否可以让机器人手臂携带工件垂直向下运动，然后松开工件，再垂直向上运动?

对于想要在生产车间各种工位上使用机器人手臂的一般客户而言，此种问题的意义不言而喻，因此在告知客户此类相关问题没有一蹴而就的简单答案时，客户会显得懊恼和难以理解。此情况的出现有若干复杂原因，针对这些问题，Universal Robots 开发了一些独特而又简单的方法，让客户可以指定各对象相对于机器人手臂的位置。因此，客户只需执行几个步骤，即可完美解决上述问题。

重命名

使用此按钮可对特征进行重命名。

删除

使用此按钮可删除所选特征及存在的任何子特征。

显示坐标轴

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

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。

变量

选择所选特征是否可用作变量。如果选中此选项，编辑机器人程序时，将可使用以特征名称后面加 “_var” 命名的变量，而且可以在程序中为此变量分配一个新值，然后可用其控制依赖于特征值的路点。

设置或更改位置

使用此按钮可设置或更改所选特征。单击按钮后将显示 “移动” 屏幕，可在其中设置特征的新位置。

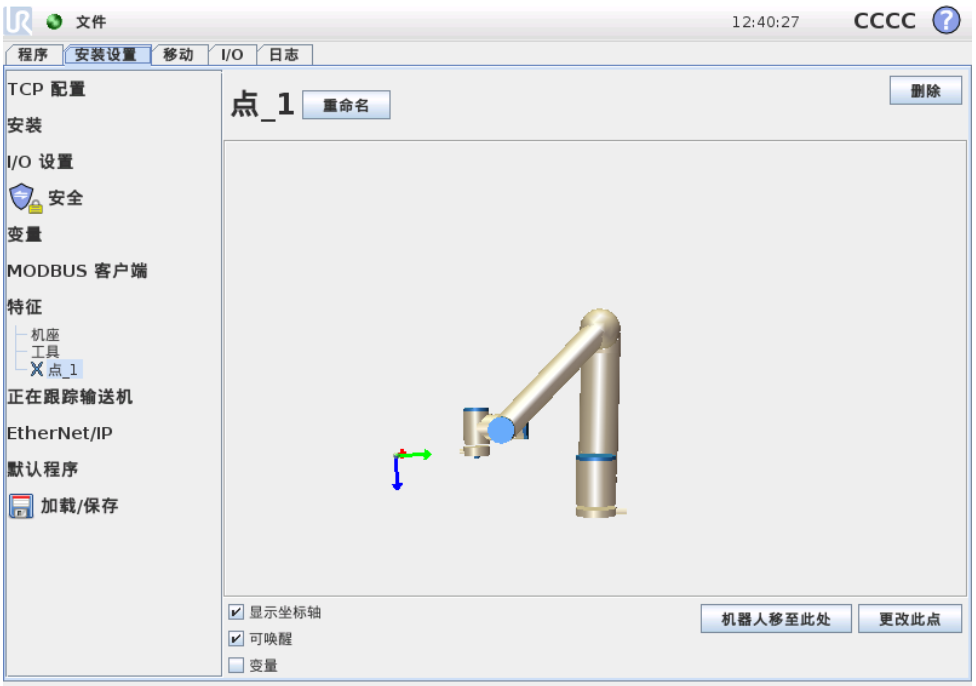
将机器人移至特征位置

按此按钮可将机器人手臂移向所选特征。移动结束后，特征的坐标系和 TCP 的坐标系将重合，差异是 x 轴有 180 度的旋转。

添加点

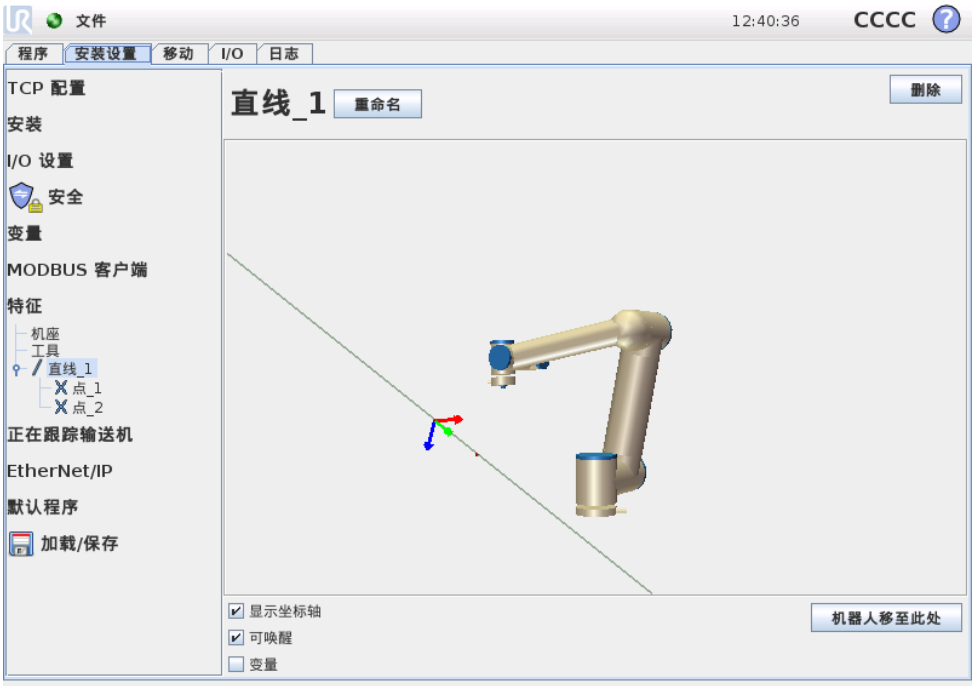
按此按钮可在安装设置中添加点特征。点特征的位置由 TCP 在该点的位置来定义。点特征的方向与 TCP 方向相同，只不过特征坐标系是绕其 x 轴旋转 180 度。这使得点特征的 z 轴与该点 TCP 的 z 轴相反。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。



添加直线

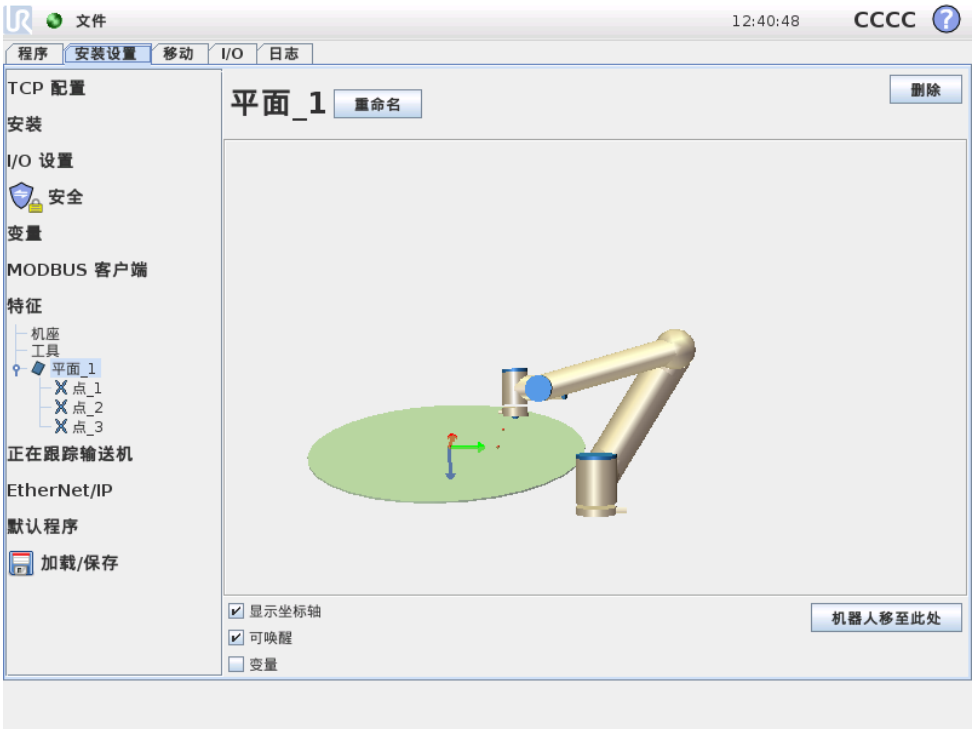
按此按钮可在安装设置中添加直线特征。直线由两个点特征之间的轴来定义。此轴由第一个点指向第二个点，将构成直线坐标系的 y 轴。直线坐标系的 z 轴由第一个子点的 z 轴投射到线段垂面上的投影来定义。直线坐标系的位置与第一个子点的位置相同。



版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

添加平面

按此按钮可在安装设置中添加平面特征。平面由三个子点特征来定义。坐标系的位置与第一个子点的位置相同。z 轴为平面法线，从第一个点指向第二个点的轴为 y 轴。z 轴的正方向设置要使平面的 z 轴与第一点的 z 轴之间夹角小于 180 度。



13.13 输送机跟踪设置

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，可将其配置为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），机器人可以判断速度以及输送机的方向。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。

当通过 MODBUS 信号连接时，绝对编码器可以使用。这需要在 13.11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，必须配置直线特征以确定输送机的方向。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。建议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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

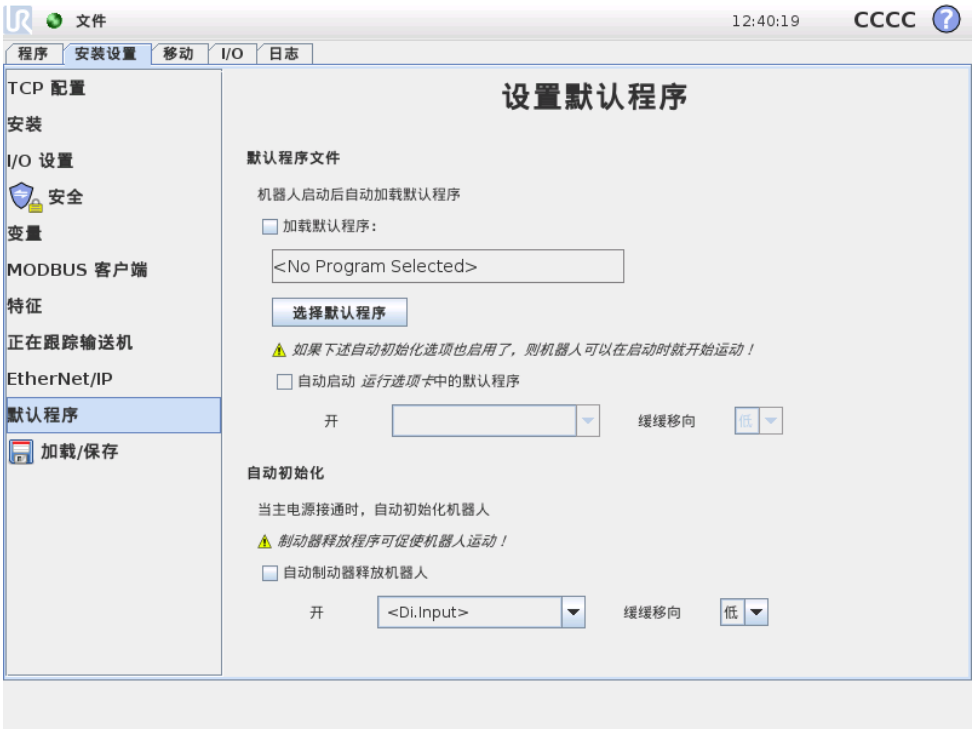
字段每米勾号数量表示当输送机移动一米时编码器生成的勾号的数量。

$$\text{每米勾号数量} = \frac{\text{编码器每转的勾数}}{2\pi \cdot \text{编码器圆盘半径 [m]}} \tag{13.1}$$

圆形输送机

当跟踪圆形输送机时，必须定义输送机（圆）的中心点。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。

13.14 安装设置 → 默认程序



该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:
如果自动加载、自动启动、自动初始化三个选项都启用，控制箱一接通电源，机器人就开始运行被选的程序。

13.14.1 加载默认程序

控制箱接通电源后，可选择加载默认程序。此外，当输入运行程序屏幕（请参阅 11.4）被输入，且不加载任何程序时，默认程序依然会自动加载。

13.14.2 开启默认程序

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

请注意，启动电流输入信号等级未被定义，选择一个与信号等级启动相匹配的过渡将立即启动程序。此外，离开*运行程序*屏幕或按压*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。

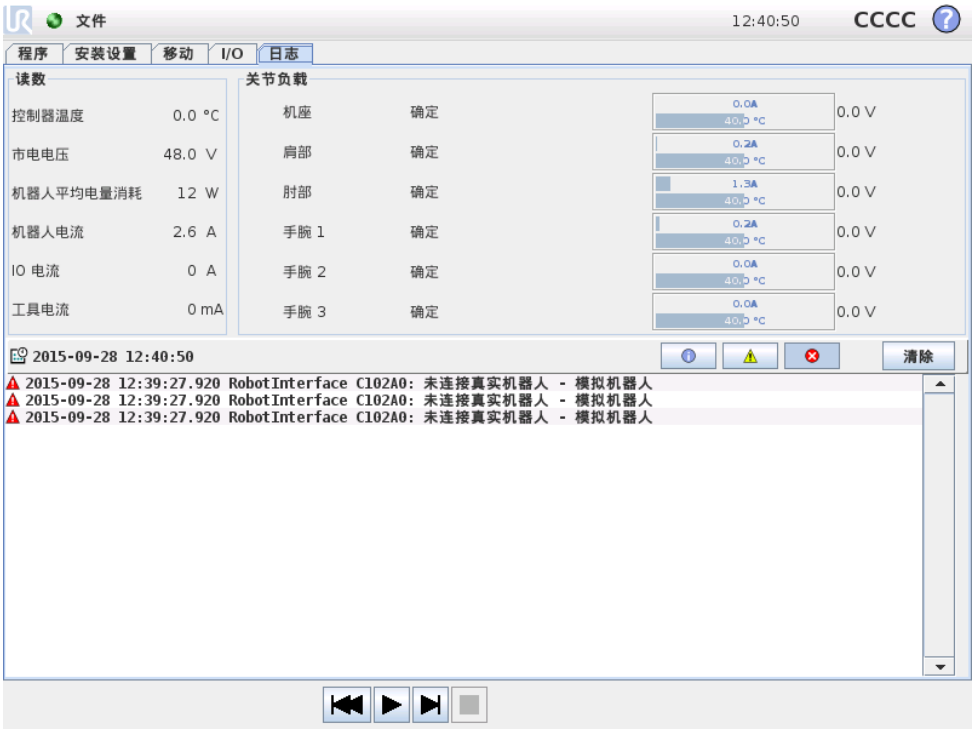
13.14.3 自动初始化

机器人手臂可自动初始化，例如，当控制箱接通电源时。对于特定的外部输入信号边缘过渡，机器人手臂将完全被初始化，而不考虑可见屏幕。

初始化的最后一步是*制动器释放*。当机器人释放制动器后，它会移动一小步，并且发出声音。另外，如果配置的安装角度与基于传感器数据而得到的安装角度不相符，数据制动器将不能自动释放。在这种情况下，就需要在初始化屏幕（请参阅 11.5）中对机器人进行手动初始化。

请注意，启动电流输入信号等级未被定义，选择一个与信号等级启动相匹配的过渡将立即初始化机器人手臂。

13.15 日志选项卡



机器人状况 屏幕上半部分显示机器人手臂和控制箱状况。左侧显示机器人控制箱的相关信息，右侧显示机器人每个关节的相关信息。机器人每个关节相关信息包括电机和电子设备的温度、关节负载以及关节处的电压。

机器人日志 屏幕下半部分显示日志消息。第一列将日志记录的严重性分类。第二列显示消息到达时间。下一列显示消息发送人。最后一列显示具体消息。消息可以通过切换按钮（与严重性相对应）进行过滤。上图显示错误会被显示，而信息和警告消息会被过滤。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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

13.16 加载屏幕

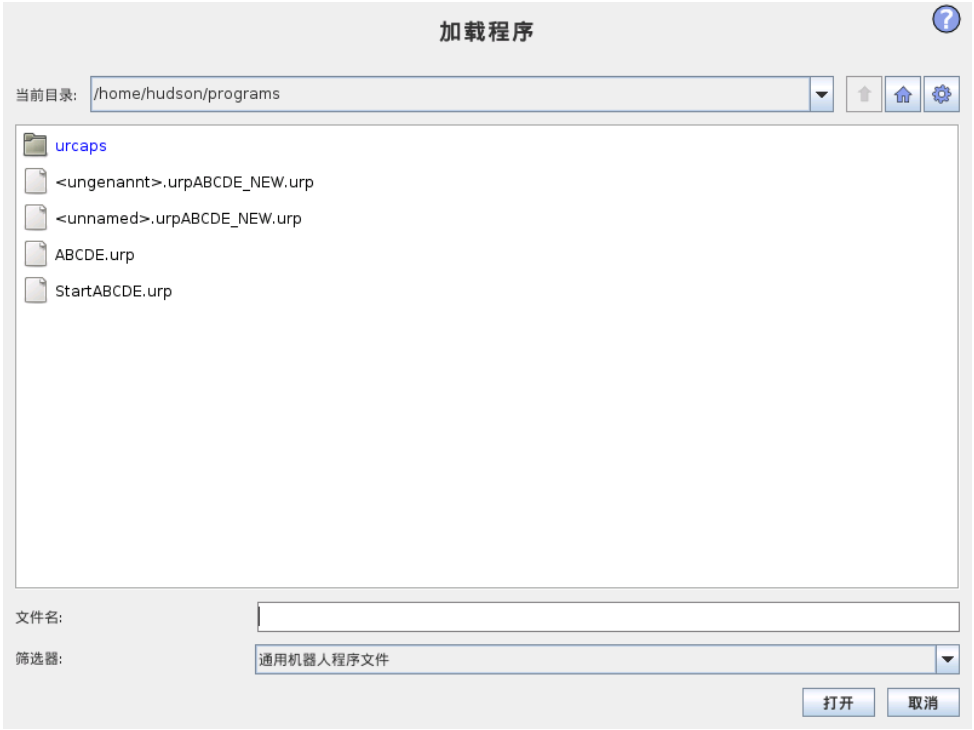
在此屏幕，您可选择要加载的程序。此屏幕有两个版本：一个用于加载程序和执行程序，一个用于编辑程序。

注意:
不建议从 USB 设备运行程序。若要运行 USB 驱动上的程序，先通过文件菜单下的另存为...将其加载并保存到本地程序文件夹下。

主要差异在于用户可执行的是哪个。在基本加载屏幕中，用户只能访问文件 - 不能修改或删除文件。此外，用户不允许离开程序文件夹下的目录结构。用户可以向下访问子目录，但不能访问程序文件夹上一级目录。

因此，所有程序都应放在程序文件夹和/或程序文件夹下的子文件夹。

屏幕布局



上图显示的是实际的加载屏幕。包含下述重要区域和按钮:

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

选定列表中的文件夹名称，而将对话变更加载到该目录，并显示在文件选择区 13.16。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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

如果用户双击目录，则对话框会显示文件夹内容。

文件筛选器 使用文件筛选器，用户可设定仅显示自己想要显示的文件类型。选择“备份文件”时，文件选择区域将显示每个程序最近保存的 10 个版本，其中，.old0 为最新的版本，.old9 为最老的版本。

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

打开按钮 单击“打开”按钮可打开当前所选文件并返回上一个屏幕。

取消按钮 单击“取消”按钮可终止当前的加载进程，并促使屏幕跳回前一页面。

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

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

13.17 运行选项卡

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

此选项卡提供了一种非常简便的机器人手臂和控制箱操作方法，使用尽可能少的几个按钮和选项即可完成操作，再结合对 PolyScope 编程部分的密码保护功能（请参见 15.3 ），使机器人成为可以独占运行预先编好的程序的一种工具，这样更为实用。

此外，在该选项卡中一个默认程序会自动加载并启动，基于外部输入信号边缘过渡（详见 13.14）。自动加载启动默认程序，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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

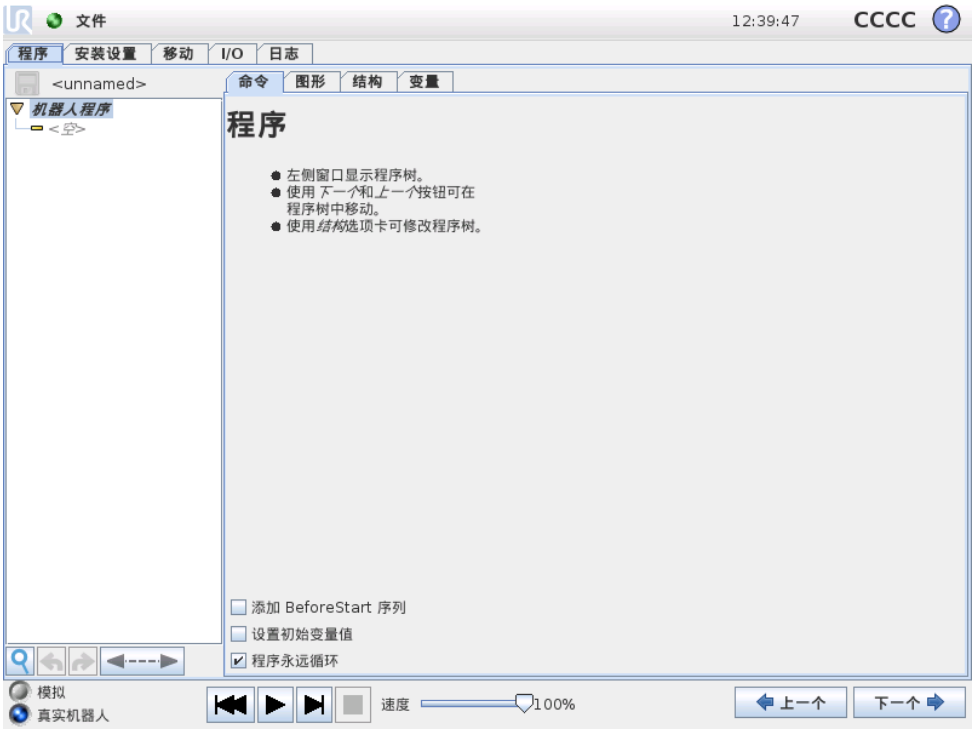
14 编程

14.1 新建程序

新机器人程序可以通过套用模板或参照现有（已保存）机器人程序来创建。模板提供整个程序结构，只需填写程序的细节内容即可。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.2 程序选项卡



“程序” 选项卡显示要编辑的当前程序。

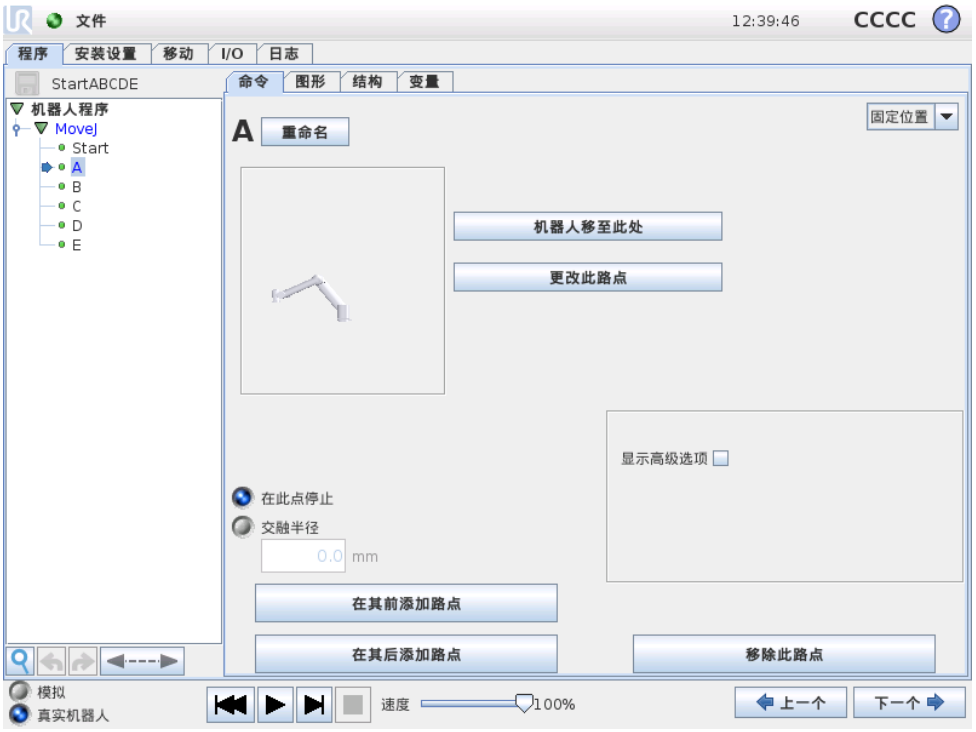
14.2.1 程序树

屏幕左侧的*程序树*以命令列表形式显示该程序，屏幕右侧区域显示与当前命令相关的信息。当前命令可通过单击命令列表来选择，或使用屏幕右底部的上一个和下一个按钮来选择。可使用*结构*选项卡来插入或移除命令（如 14.30所述）。程序名称显示在命令列表正上方，旁边有一个小的磁盘图标，单击此图标可快速保存程序。

在程序树中，当前正在执行的命令高亮显示，如 14.2.2 中所示。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.2.2 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，如果机器人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 14.5）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直显示当前正在执行的命令的信息。

14.2.3 搜索按钮

带有图标 的按钮可用于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。按图标 退出搜索模式。

14.2.4 撤销/重做按钮

程序树下方标有 和 图标的按钮用于撤销和重做在程序树及其所含命令中所做的更改。

14.2.5 程序仪表板

屏幕最底部是仪表板。仪表板上有一组类似于老式磁带录音机按键的按钮，使用这些按钮可以启动、停止、单步调试和重新启动程序。速度滑块让您可以随时调节程序速度，程序速度直接影响着机器人的运动速度。此外，速度滑块可以实时显示机

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

器人手臂移动的相对速度，并将安全设置考虑在内。显示的百分比是该运行程序在不触犯安全限值的情况下可实现的最大速度。

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

危险:

1. 按下播放按钮后，确保置身在机器人工作空间外。你设定的运动可能不同于预期的运动。
2. 按下步进按钮后，确保置身在机器人工作空间外。步进按钮的功能可能较难理解。仅在非使用不可的情况下才使用。
3. 确保始终通过速度滑块降低程序速度的方式来测试程序。集成商造成的逻辑编程错误可能导致机器人手臂的意外运动。
4. 当紧急停止或保护停止出现时，机器人程序将停止。只要关节移动不超过 10°，则可以恢复。当按播放时，机器人将慢慢移回到轨迹上，然后继续执行程序。

编写程序时，可以使用图形选项卡上的 3D 视角演示机器人的运动效果（如 14.29所述）。

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

14.3 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（详见 13.10）。安装变量在机器人和控制箱重启后保持它们的值。

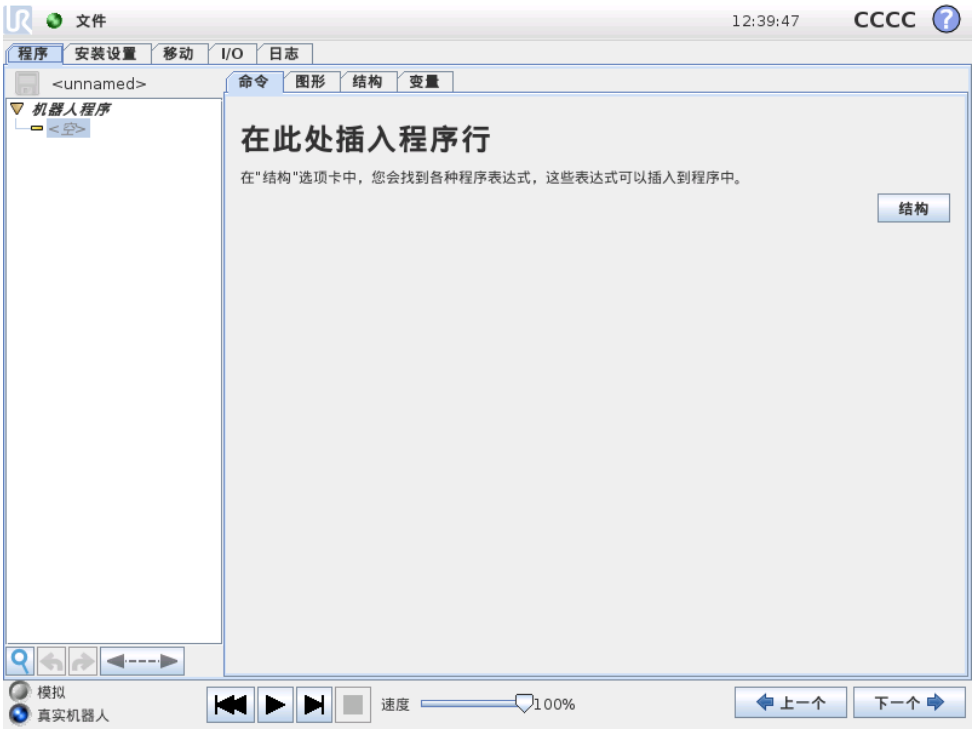
常规程序变量: 这些变量仅适用于运行程序，且变量值在程序关闭后即丢失。

变量有下述类型:

布尔值	布尔变量，值为真或假。
整数值	整数，范围是 −2147483648 - 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) 的集合，表示方向，书写形式 p[x, y, z, rx, ry, rz]。
列表	变量序列。

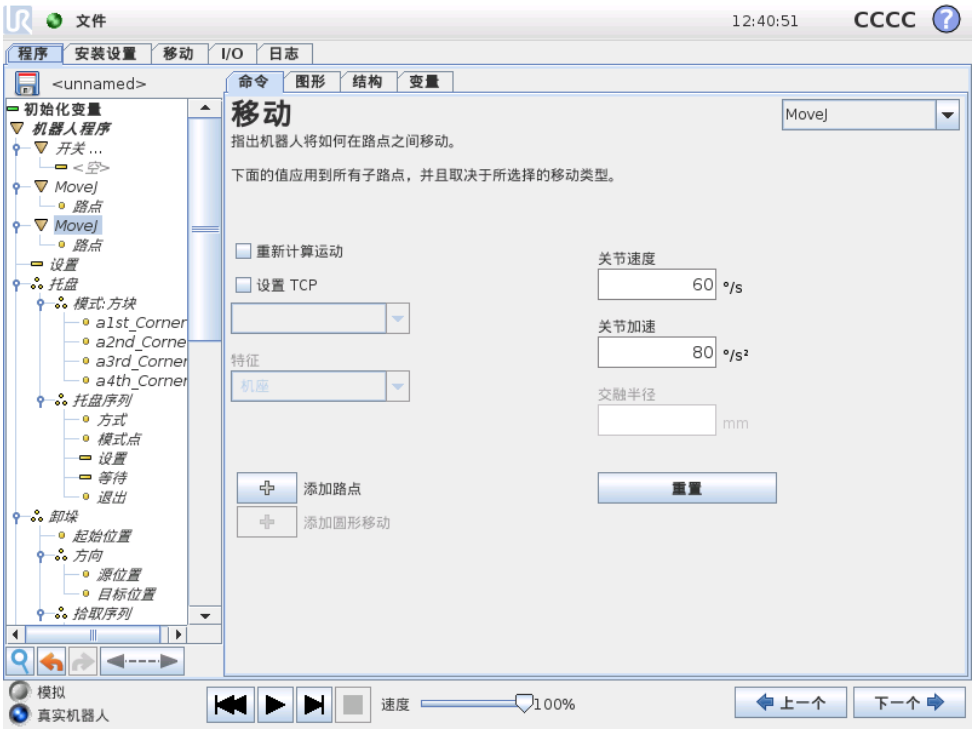
版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.4 命令：空



“程序”命令需从此处插入。按*结构*按钮转至“结构”选项卡，在此选项卡中可找到各种可选用的程序行。指定并定义所有程序行后，程序方可运行。

14.5 命令：移动



版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

“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

可从以下三种移动方式进行选择：下文分别对 MoveJ、MoveL 和 MoveP 进行了说明。

- moveJ 将在机器人手臂关节区内执行所计算的移动。系统同时控制每个关节运动至所需的终点位置。此移动类型将为工具提供一个曲线路径。适用于此移动类型的共用参数包括用于进行移动计算的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，此移动类型是个不错的选择。
- moveL 将使工具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。所选特征将确定使用哪个特征空间表示工具位置路点。与特征空间相关的具体影响参数包括可变特征和可变路点。如果路点的工具位置需要由机器人程序运行时可变特征的实际值来确定，则可使用可变特征。
- moveP 将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，包含两个路点：第一个路点规定圆弧上的一个经过点，第二个路点即移动的终点。机器人将从当前位置开始做圆形移动，然后通过两个规定的路点。工具在整个圆形移动期间的方向变化仅由起始方向和终点方向决定，因此经过点的方向不会影响圆形移动。圆形移动前必须始终有一个相同 MoveP 下的路点。

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。

重新计算运动

如果要使该移动命令中的位置根据激活的 TCP 进行调整，请勾选此复选框。

TCP 选择

该 “移动” 命令下路点所用的 TCP 可通过勾选复选框选中，然后从下拉菜单中选择 TCP。每当机器人手臂移至该 “移动” 命令下的每个路点时，选中的 TCP 便被设为激活状态。如果未勾选该复选框，激活的 TCP 便不会以任何方式修改。如果此运动所用的激活 TCP 是在程序运行时设定的，则需要使用 “设置” 命令（参见 14.10）或使用脚本命令进行动态设定。关于配置指定 TCP 的更多信息，请参见 13.6。

特征选择

对于 MoveL 和 MoveP，指定 “移动” 命令中的路点时可以选择使用哪个特征空间表示路点。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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

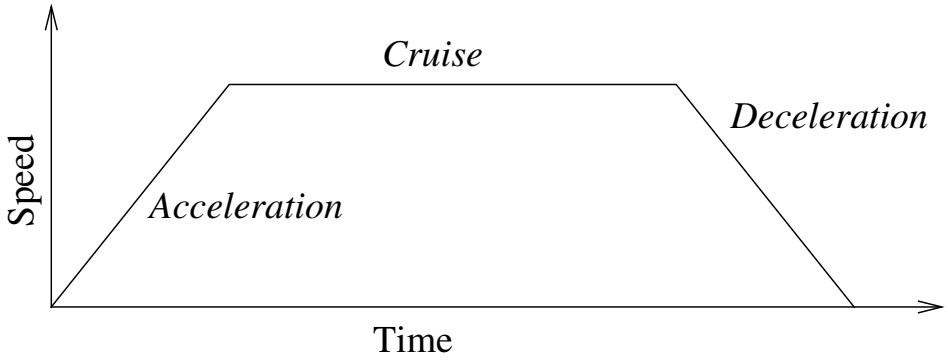


图 14.1: 运动的速度曲线。速度曲线分为三段：加速、稳速和减速。稳速阶段的速度水平由运动的速度设置而定，加速和减速阶段的陡度则由加速参数而定。

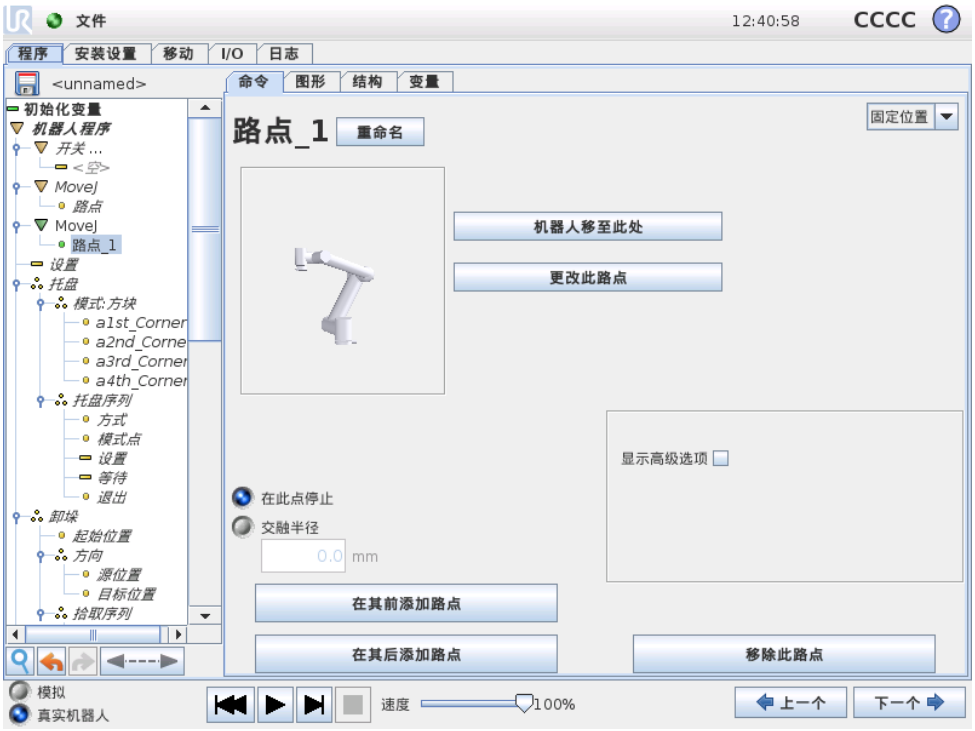
值。以下几种情况需要详细解释：

相对路点：所选特征对相对路点无影响。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，系统会将工具目标位置计算为所选特征的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。

可变特征：如果在当前加载的安装设置中选择的任何特征是可变特征，那么这些相应的变量在特征选择菜单中也将是可选的。如果选择特征变量（根据特征名称命名且后面带有“_var”），那么机器人手臂的移动（除了移至相对路点）将取决于程序运行时变量的实际值。特征变量的初始值是安装时配置的实际特征值。如果该值被修改，则机器人的激动将改变。

14.6 命令：固定路点



版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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确定。

设置路点

按此按钮可进入 “移动” 屏幕，您可在屏幕中指定该路点对应的机器人手臂位置。如果在 “移动” 命令屏幕中按线性移动（moveL 或 moveP）形式放置路点，则在该 “移动” 命令处需要选择一个有效的特征，方可使用此按钮。

路点名称

路点名称可以更改。名称相同的两个路点属于同一路点。路点在指定时即被编号。

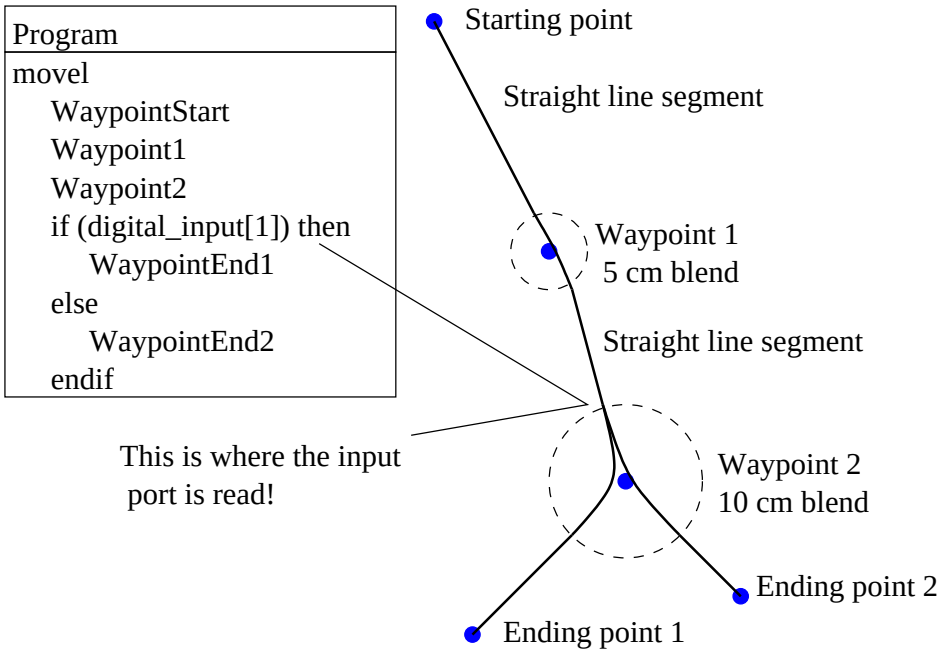
交融半径

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。混合区不能重叠，因此为当前路点设置的交融半径不能与上一路点或下一路点的交融半径重叠。停止点是指交融半径为 $0.0mm$ 的路点。

有关 I/O 命令执行时间的说明

如果某个路点是停止点且下一个要执行的命令是 I/O 命令，则会在机器人手臂停在此路点时执行 I/O 命令。如果该路点有交融半径，则在机器人手臂进入混合区时执行这个 I/O 命令。

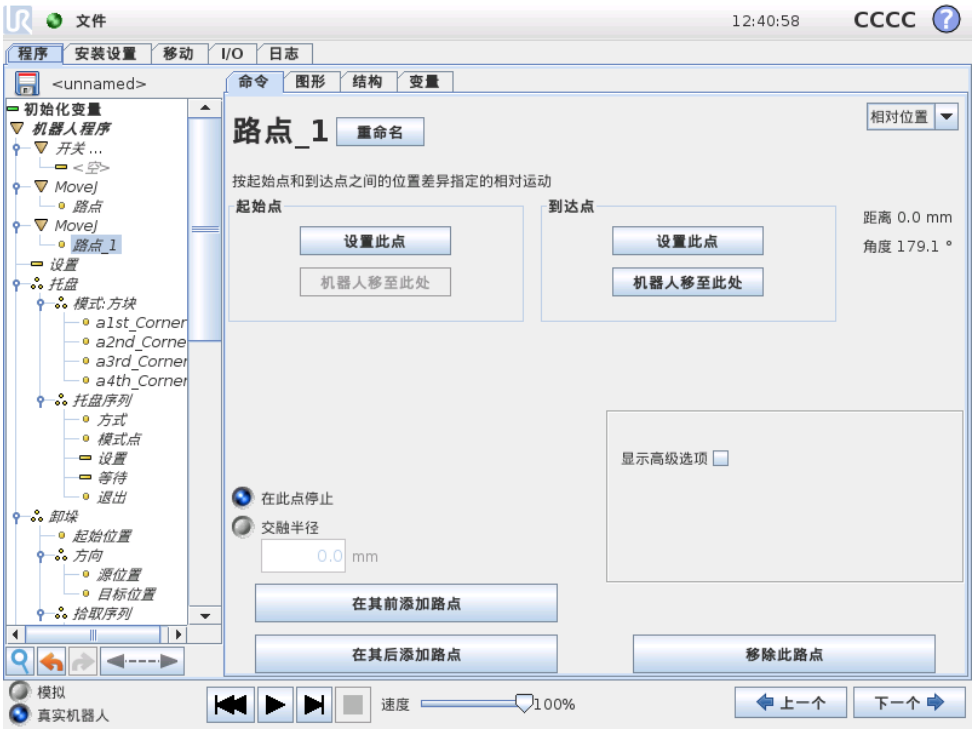
示例



上图示例中，机器人程序将工具从起始位置移至两个终点位置之一，具体移到哪个位置取决于 digital_input[1] 的状态。请注意，在交融区域（虚线圆圈）之外，工具轨迹（粗黑线段）是以直线运动，而在混合区域以内，工具轨迹则会偏离直线路径。另请注意，程序恰好是在机器人手臂将要进入路点 2 的混合区域时读取 digital_input[1] 传感器的状态，即便程序序列中的 if...then 命令是位于路点 2 之后。这似乎与我们的直觉判断相违，但必须选择正确的交融路径。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.7 命令：相对路点

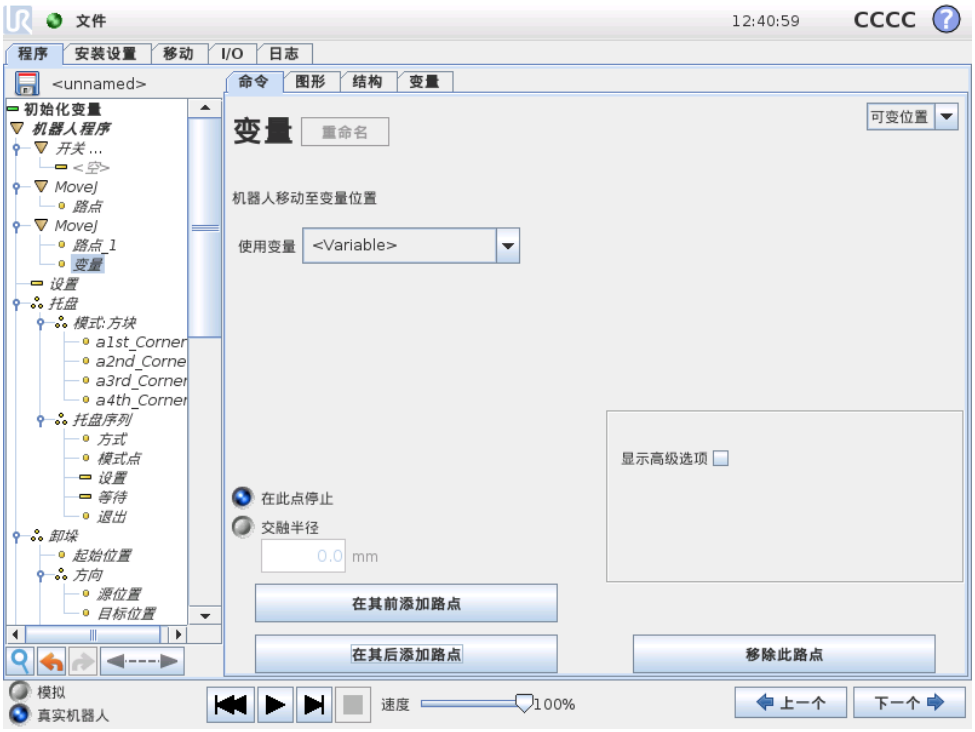


相对路点系指该路点的位置是以相对于机器人手臂上一个位置的位置差的方式给出的，例如“偏左两厘米”。相对位置是根据两个给定位置（从左至右）之间的差距而定义。请注意，重复的相对位置可能会将机器人手臂移出其工作空间。

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.8 命令：可变路点



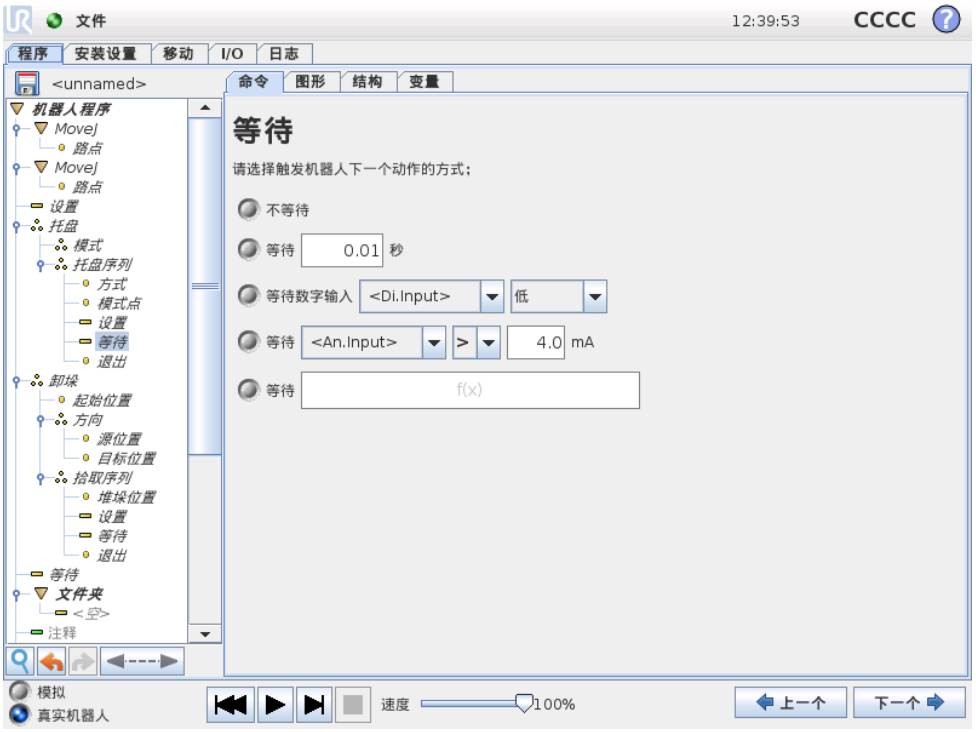
可变路点系指该路点的位置由变量给定，在此情况下，calculated_pos 即为变量。变量必须是一个位姿，例如 var=p[0.5,0.0,0.0,3.14,0.0,0.0]。前三个数字表示 x、y、z 坐标，后三个数字表示方向，以旋转矢量表示，由矢量 rx、ry、rz 给定。轴长是指要旋转的角度，以弧度表示，矢量本身给定了要绕之旋转的轴。位置始终是相对于参考框架或坐标系给定的，由所选特征定义。机器人手臂始终以线性方式移至可变路点。

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]
Movel
路点 _1 (可变位置)：
使用变量 =var_1, 特征 = 工具

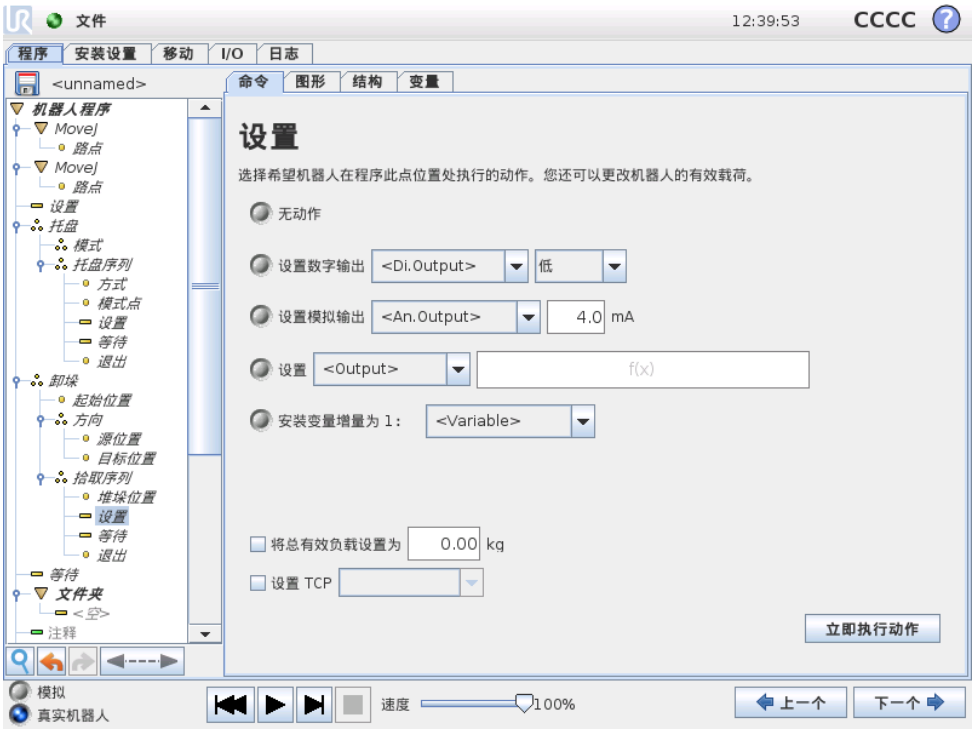
版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.9 命令：等待



“等待” 指定的时间或等待 I/O 信号。

14.10 命令：设置



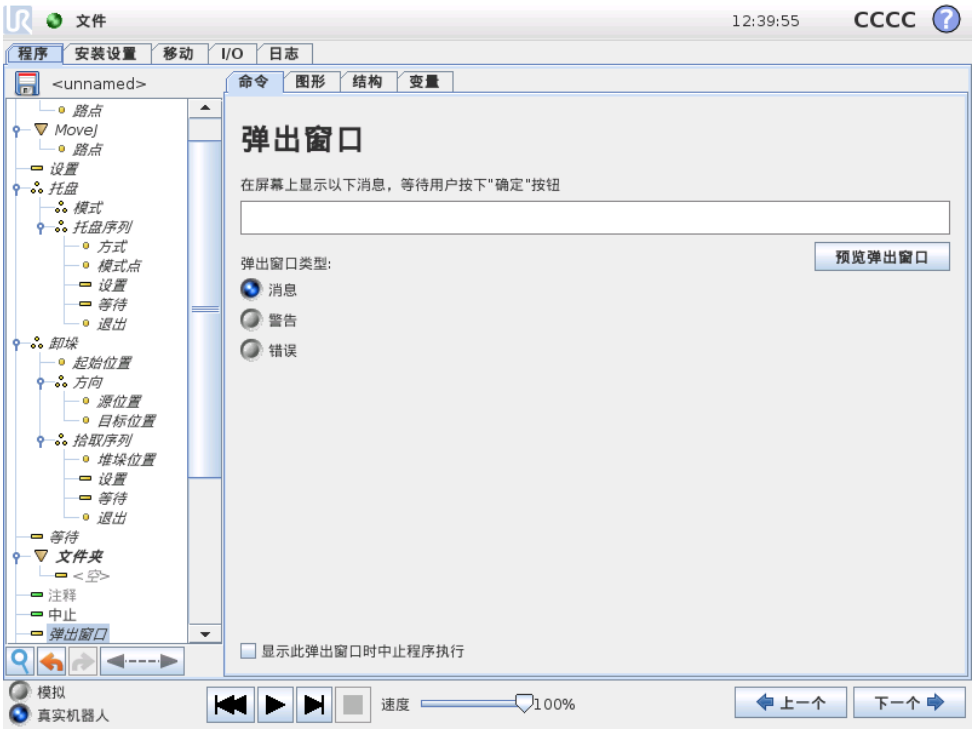
将数字输出或模拟输出设置为给定值。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

也可用于设置机器人手臂的有效负载，例如设置通过此动作抓取的工件的重量。如果工具处承受的重量与预期重量不同，可能需要调整重量，以避免触发机器人意外保护性停止。

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，那么请在“移动”卡上使用该 TCP 选择（请参见 14.5）。关于配置指定 TCP 的更多信息，请参见 13.6。

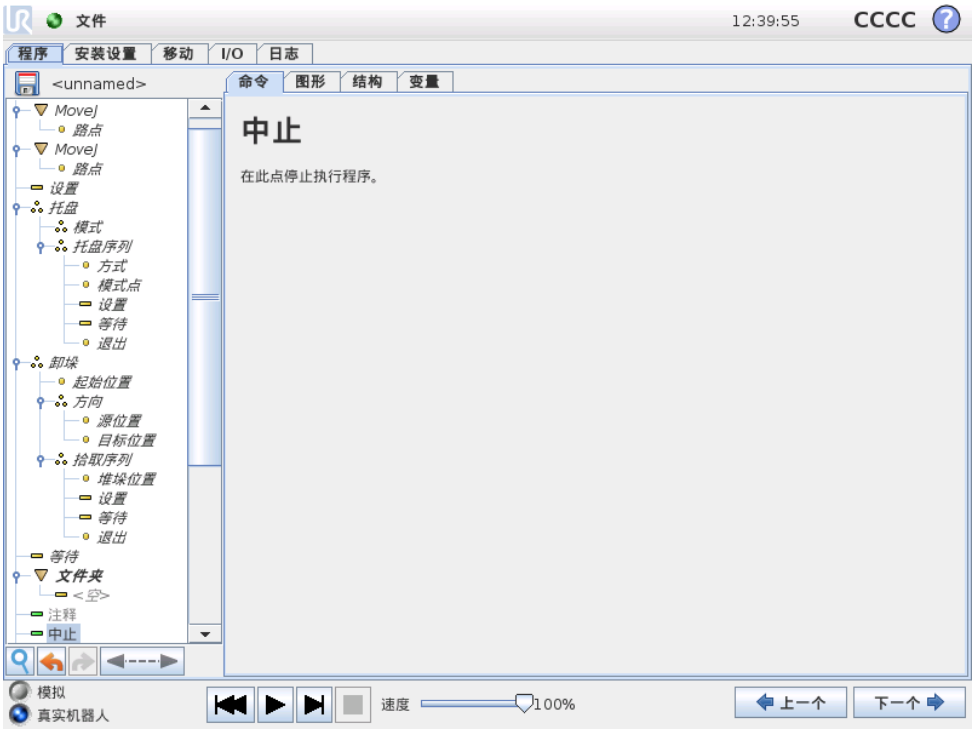
14.11 命令：弹出窗口



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。

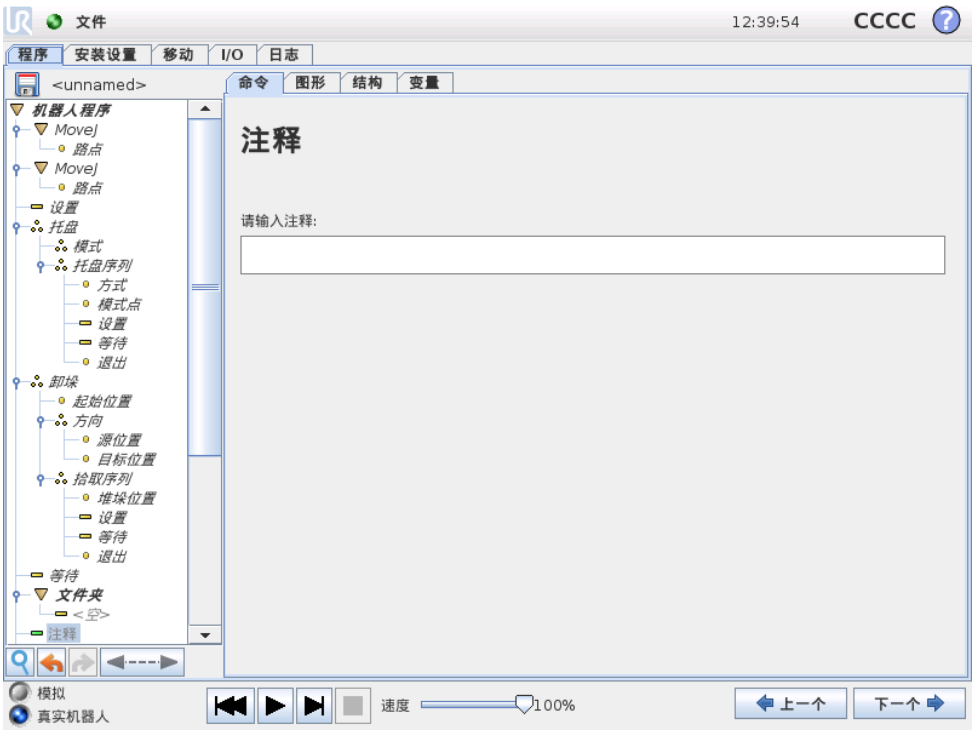
版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.12 命令：中止



程序将在该点停止运行。

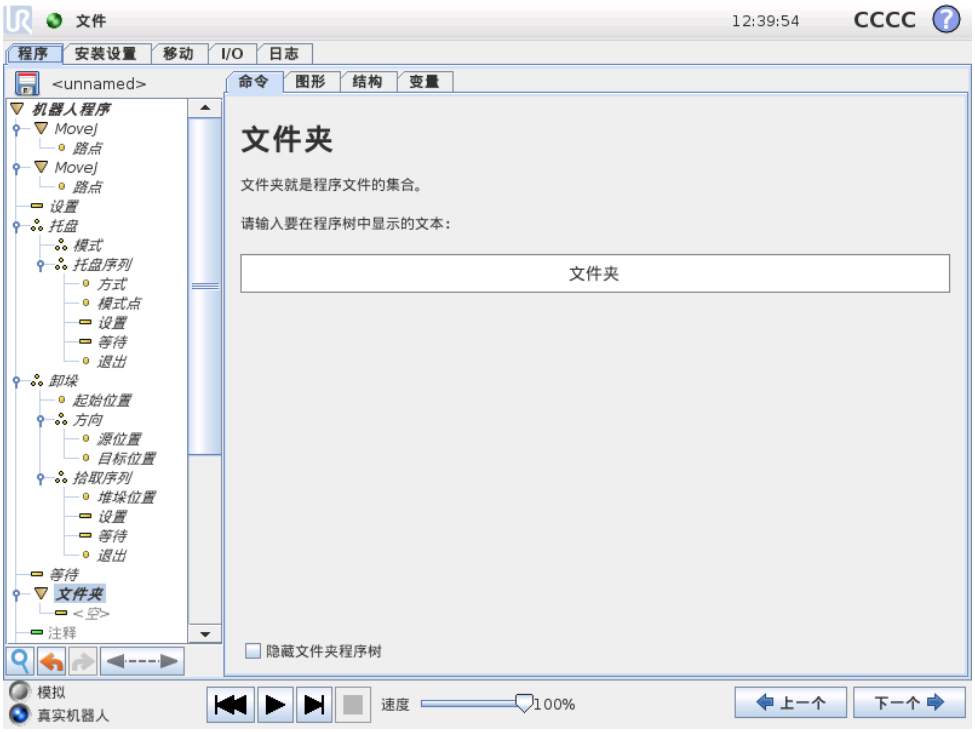
14.13 命令：注释



此命令允许编程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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

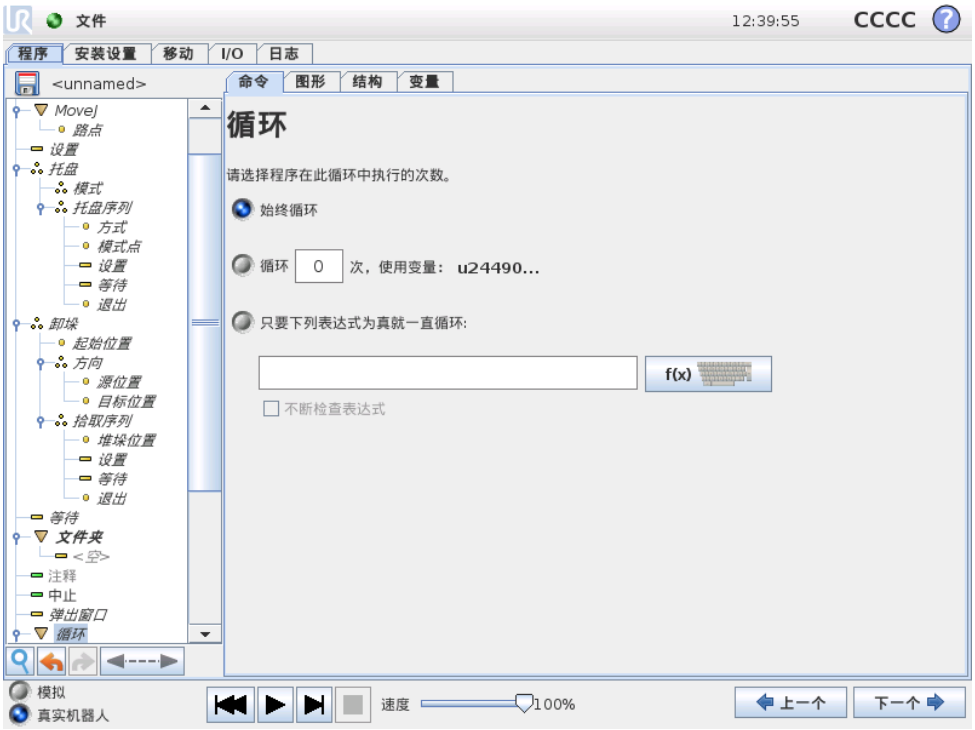
14.14 命令：文件夹



“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。

文件夹本身不执行任何操作。

14.15 命令：循环

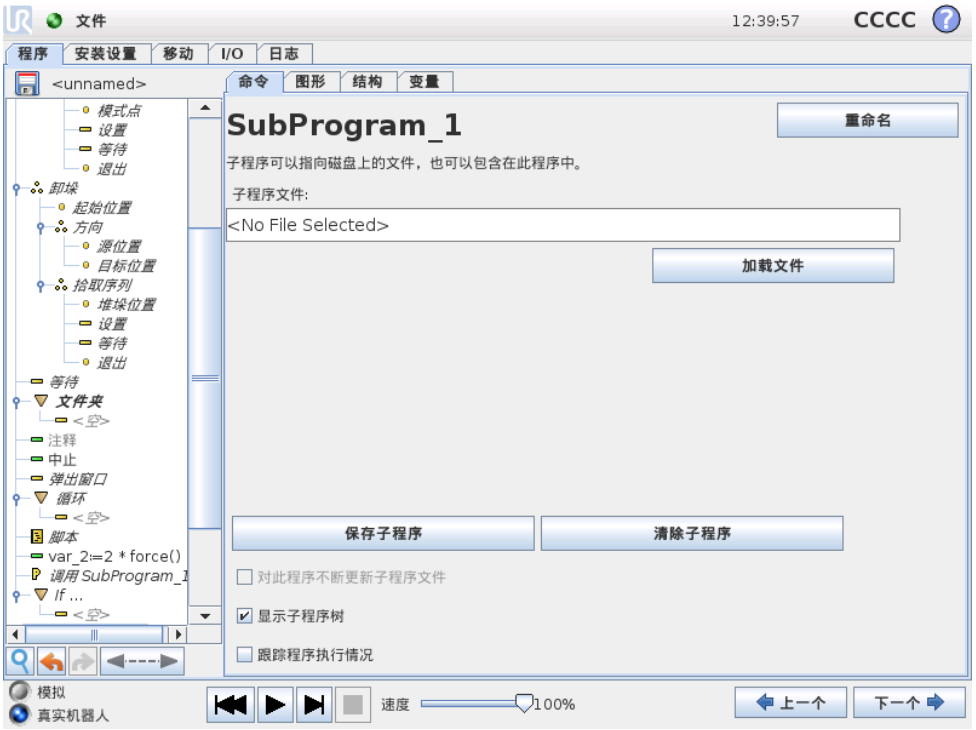


版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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。

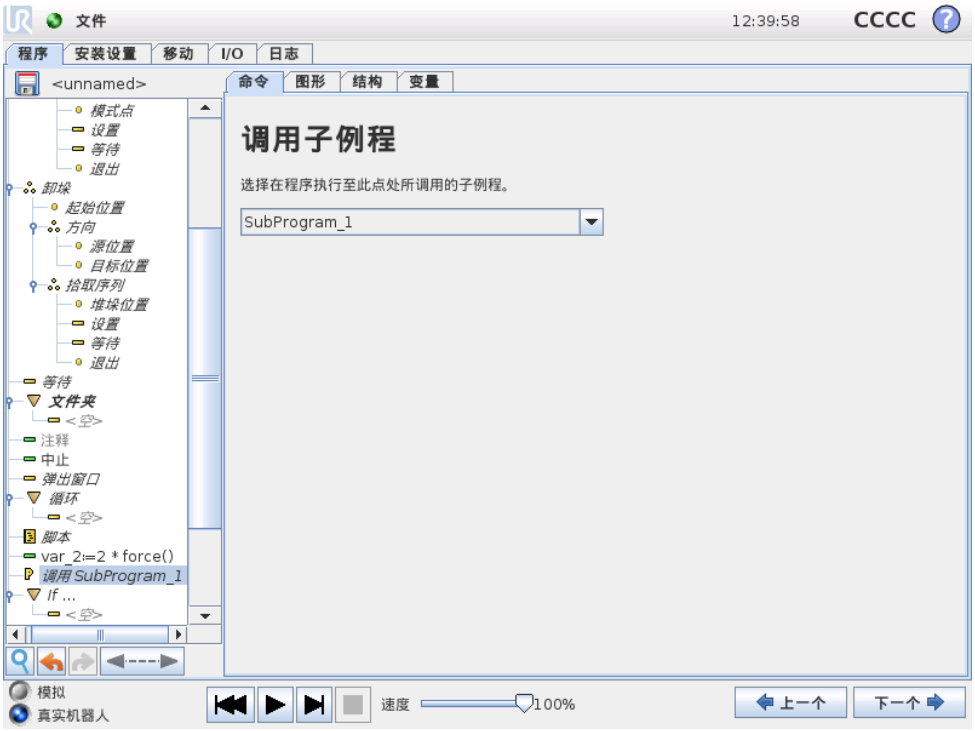
14.16 命令：SubProgram



“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。

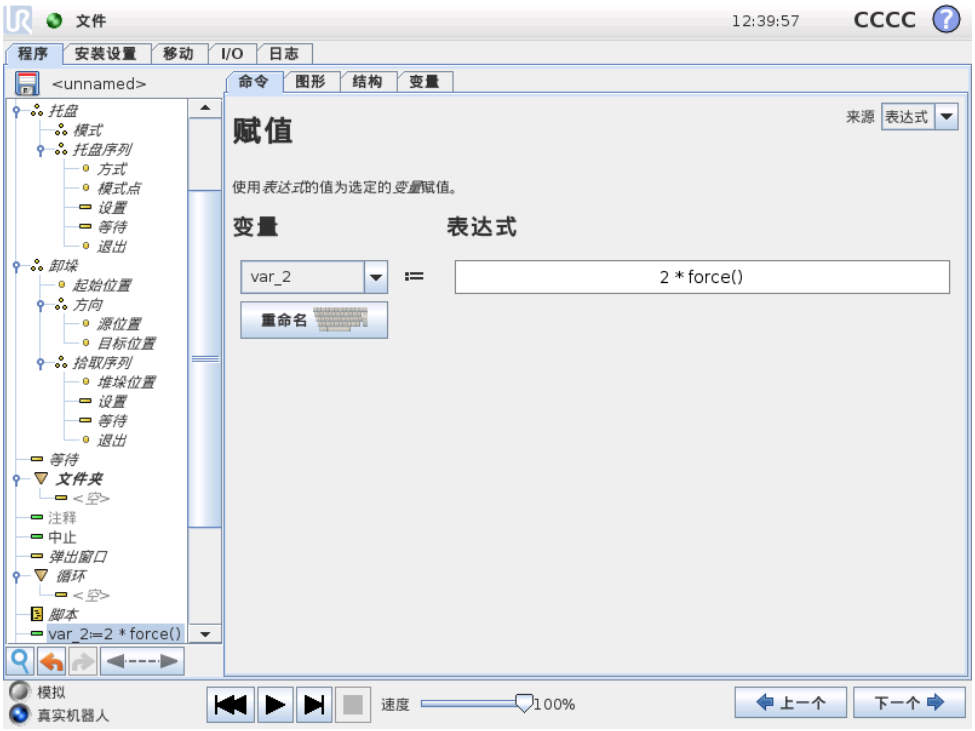
版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

命令：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。

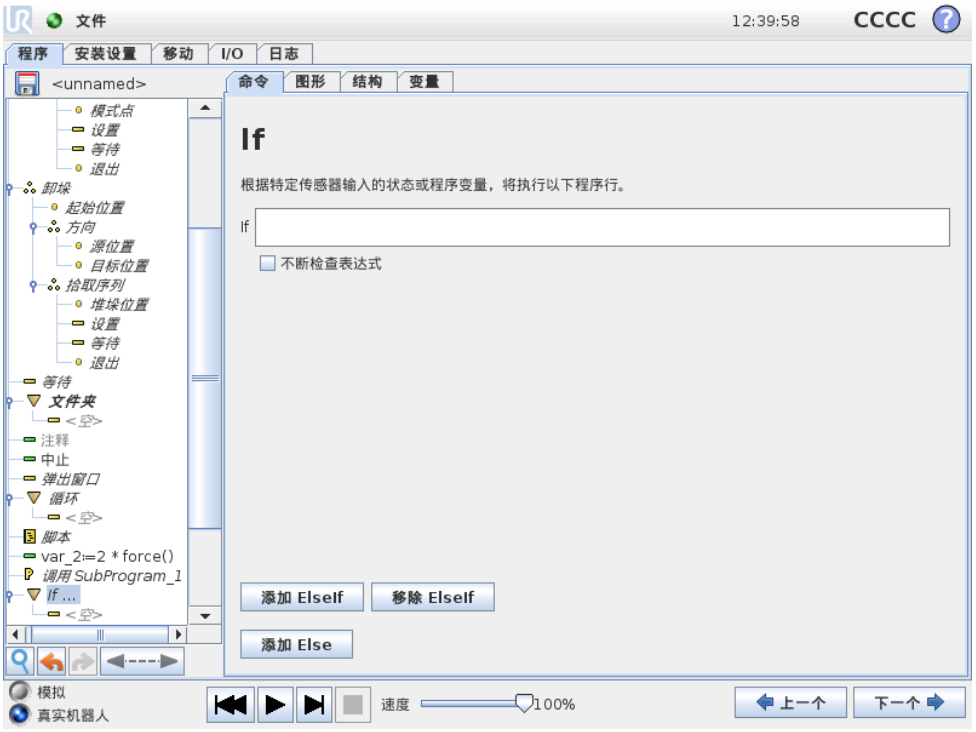
14.17 命令：赋值



版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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。

14.18 命令：If



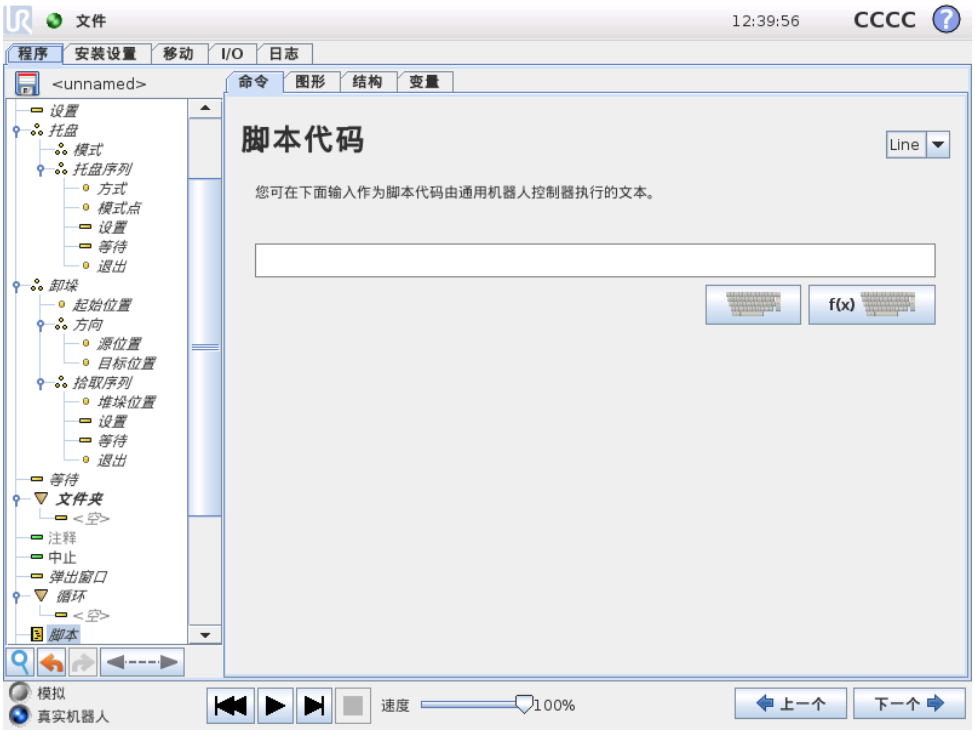
“if...else” 结构可以指示机器人根据传感器输入或变量值来改变其行为。使用表达式编辑器可描述指定机器人继续执行此 If 命令的子命令的条件。如果条件为真，则将执行此 If 命令内部的命令行。

每个 If 命令可以包含多个 ElseIf 和一个 Else 命令。可以使用屏幕上的按钮添加这些命令。ElseIf 命令可从该命令屏幕上删除。

开启不断检查表达式选项后，将在执行所含的命令行时，判断 If 和 ElseIf 语句的条件。如果在 If 部分执行过程中，表达式判断结果为 False（假），那么将转至运行后面的 ElseIf 或 Elseif 语句。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.19 命令：脚本

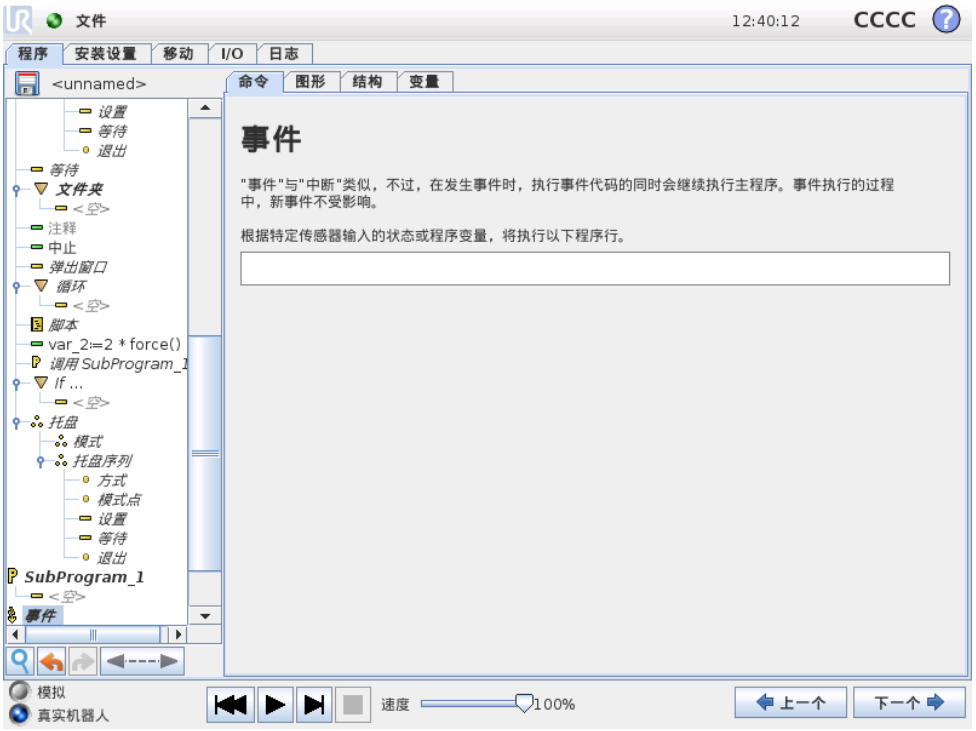


使用此命令可访问由机器人控制器执行的底层实时脚本语言。这是专门针对高级用户的，使用指南可以在支持网站上的脚本手册中中找到。(http://support.universal-robots.com/) 注意，只有 UR 分销商和 OEM 客户能够访问该网站。

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

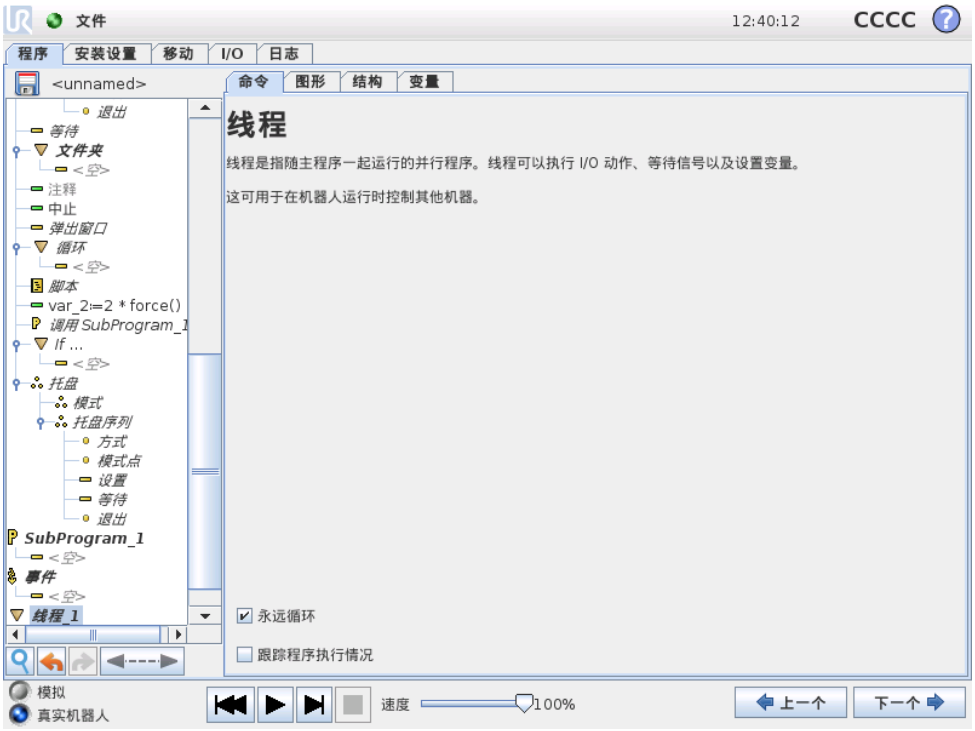
14.20 命令：事件



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

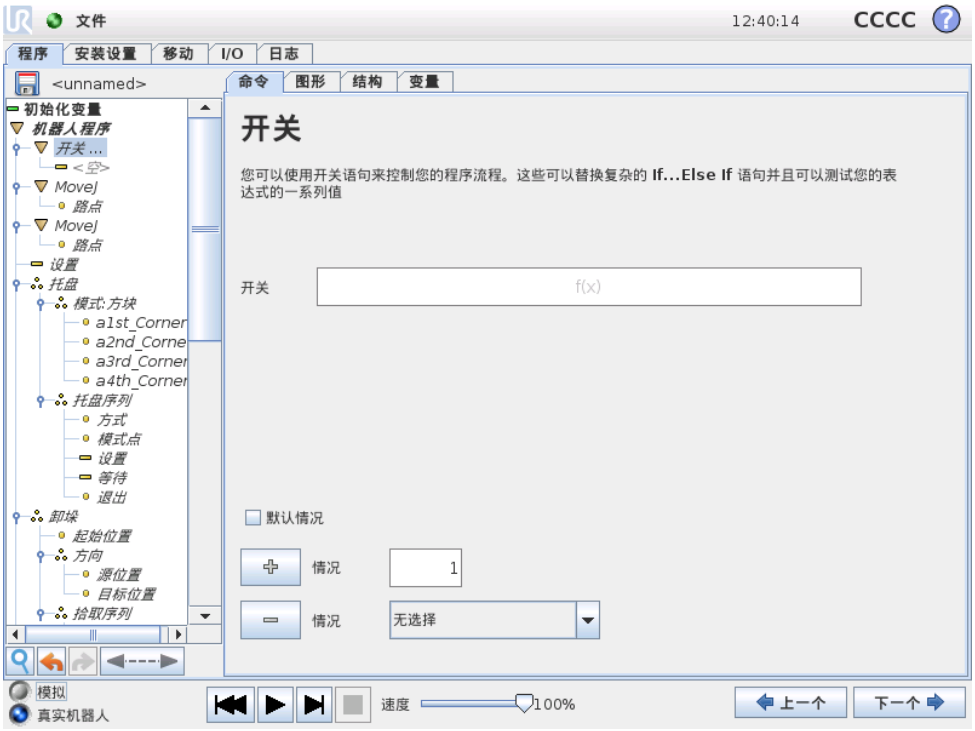
版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.21 命令：线程



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

14.22 命令：开关

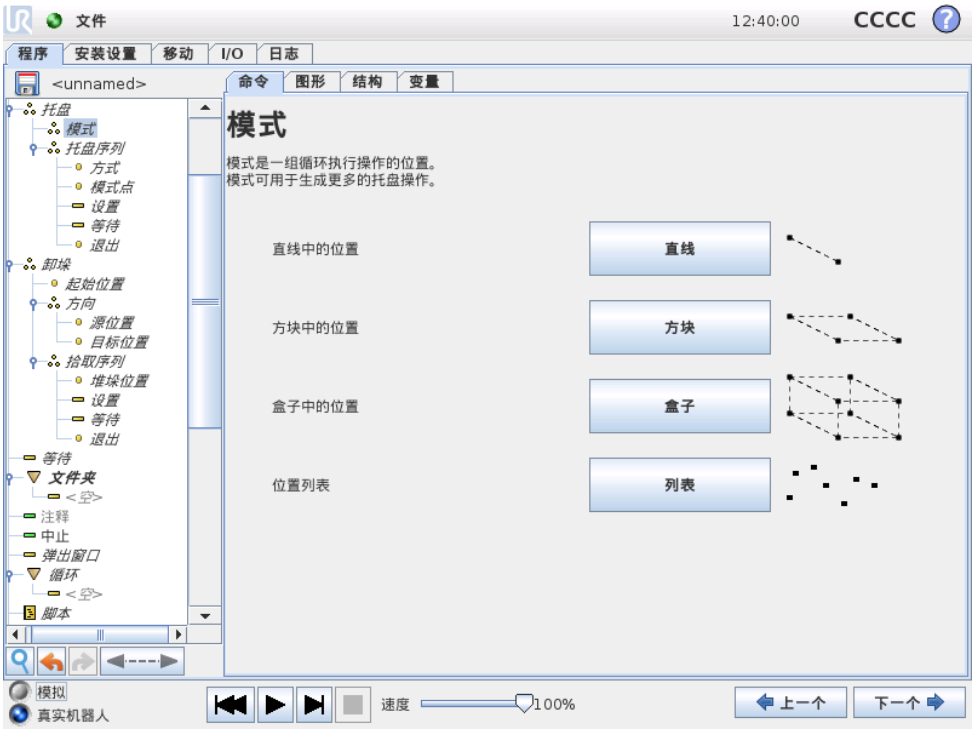


版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

“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。

14.23 命令：模式



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

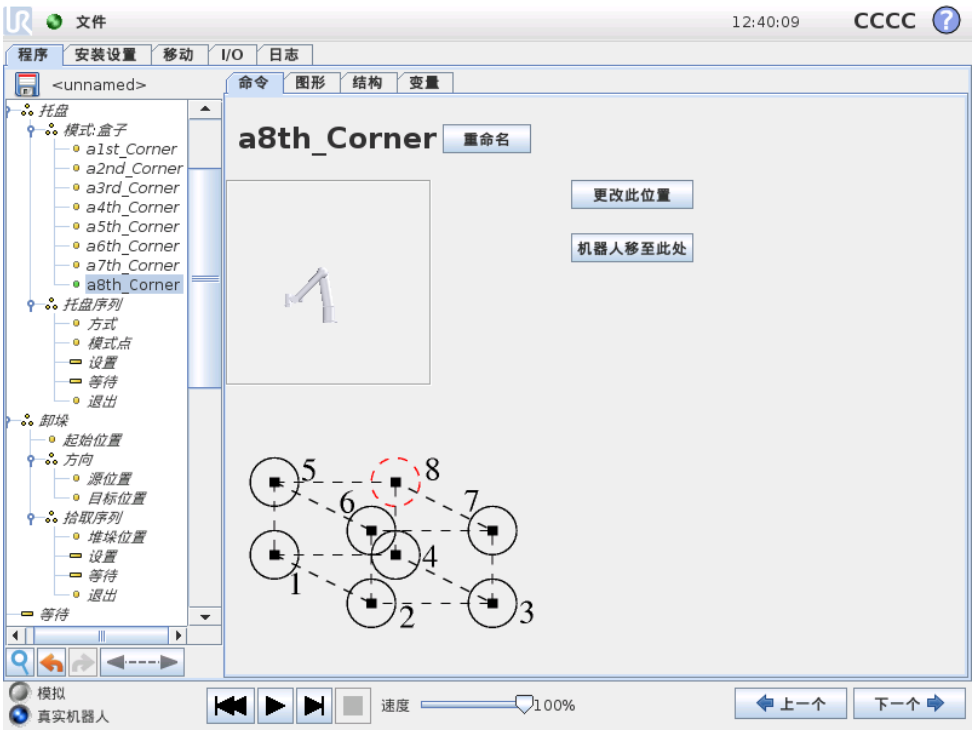
模式可分为四种类型。前三种分别是 “直线”、“方块” 和 “盒子”，这三种可用于表示符合正规模式的位置。正规模式通过定义模式各边的多个特征点来定义。“直线” 模式由两个端点来确定，“方块” 模式由四个角点中的三个角点来确定，“盒子” 由八个角点中的四个角点来确定。编程员输入沿模式每条边的位置数量。然后，机器人控制器通过按比例添加矢量来计算各个模式位置。

如果要经过的位置不属于正规模式，可以选择 “列表” 选项，编程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 ©2009-2015 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” 模式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。

14.24 命令：力

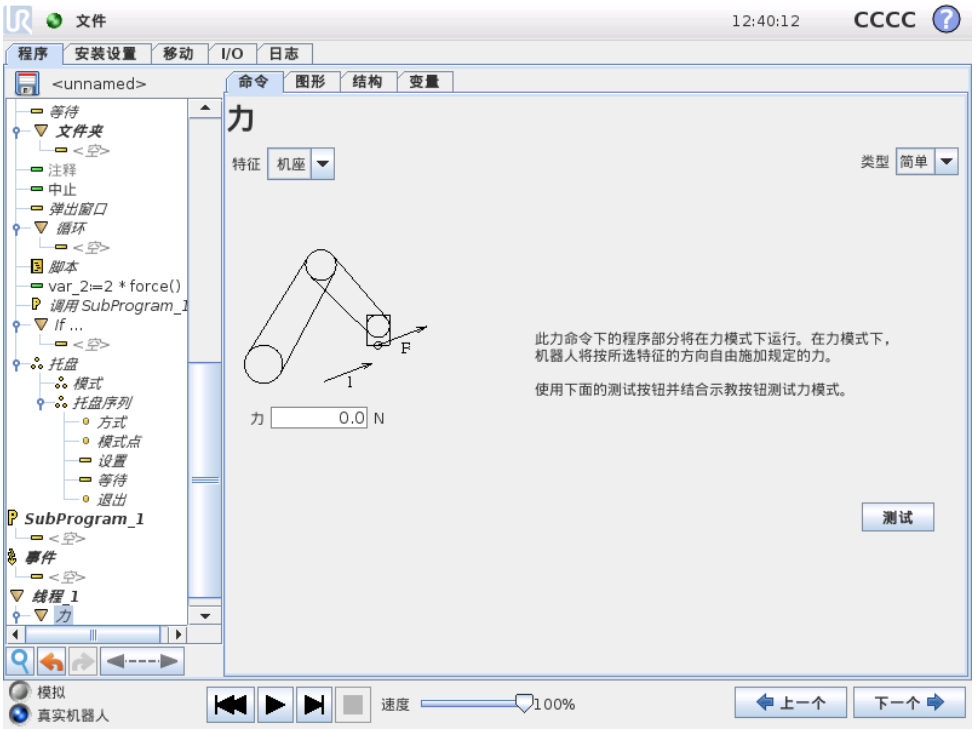
“力” 模式允许可选轴在机器人工作空间内具有柔顺性和力。在 “力” 命令下，机器人手臂的所有移动都处于 “力” 模式。机器人手臂在力模式下移动时，可以选择一个或多个轴为机器人手臂的柔性轴。机器人手臂将沿着/绕着柔性轴适应环境，也就是说它将自动调节自身的位置以达到所需的力。也可以让机器人手臂自身对其环境（如工件）施加一个力。

“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。例如当机器人 TCP 应该在曲面上滚动时，或者当推动或拉动工件时。“力” 模式还支持绕预定轴施加一定扭矩的情况。请注意，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/绕着该轴加速。

即使某个轴已被选为柔性轴，但机器人程序仍将试图沿着/绕着该轴移动机器人。但是，力控制会确保机器人手臂仍然施加接近规定的力值。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

警告:
如果力功能没有正确使用，会产生超过 150*N* 的力。风险评估时应将设定的力考虑在内。



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，请参阅 13.12。

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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 (14.29) 上查看。

力值选择

力既可以为柔性轴设置也可以为非柔性轴设置，但效果不同。

- **柔性**：机器人手臂将调节自身位置以达到所选的力。
- **非柔性**：机器人手臂将遵循程序设置的自身轨迹，同时达到在此设置的外力值。

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]。

限制选择

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

- **柔性**：限制为允许 TCP 沿/绕轴达到的最大速度。单位为 [mm/s] 和 [度/s]。
- **非柔性**：限制为在安全停机之前允许机器人从程序轨迹的最大偏离。单位为 [mm] 和 [度]。

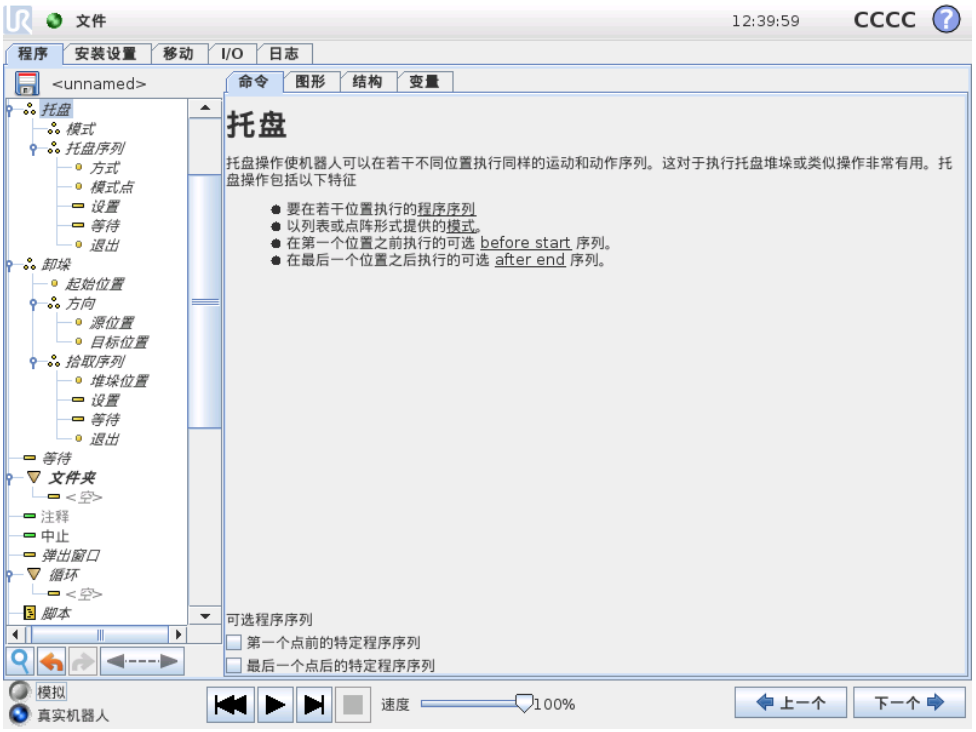
测试力设置

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.25 命令：托盘



托盘操作可以在以模式形式给定的一组位置（如 14.23所述）执行运动序列。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点。

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。

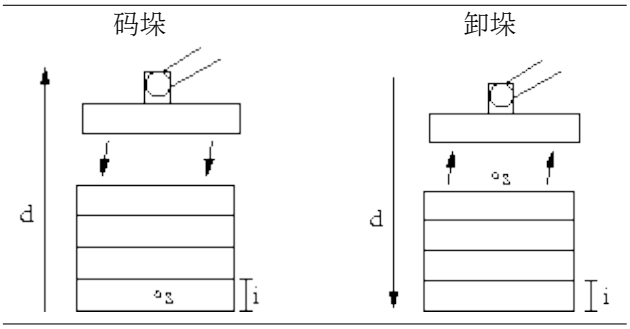
“AfterEnd”

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.26 命令：探寻

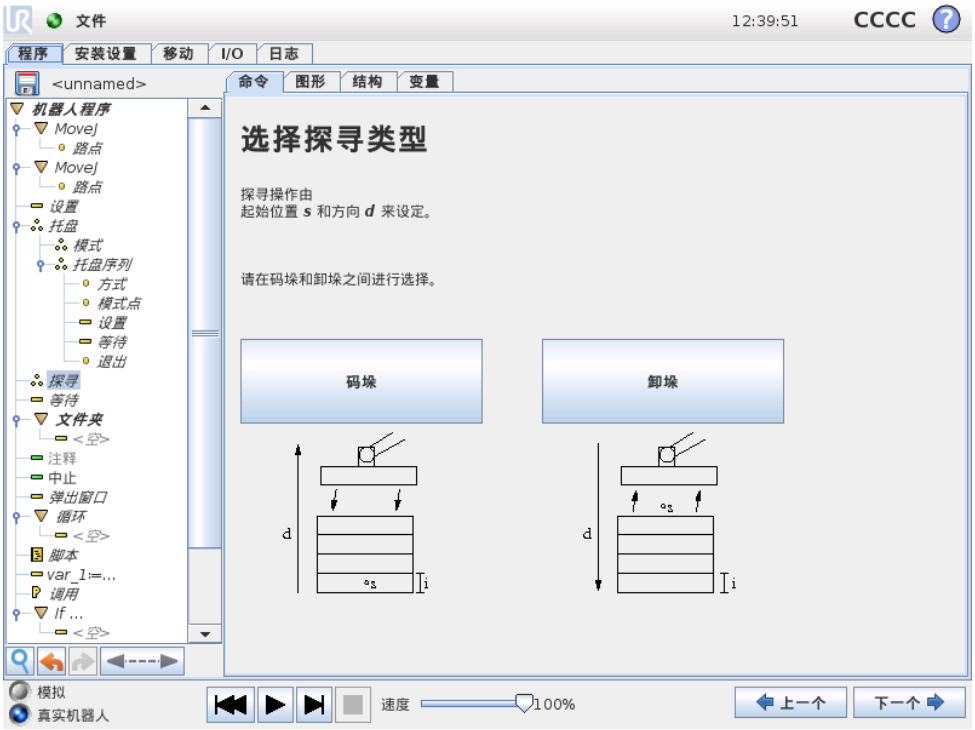
探寻命令使用传感器确定机器人工具何时抵达可以抓取或放下工件的正确位置。传感器可以是按钮开关、压力传感器或电容传感器。此功能适用于处理厚度不一的工件堆垛或工件的精确位置无从知晓或难以编程的情况。



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。

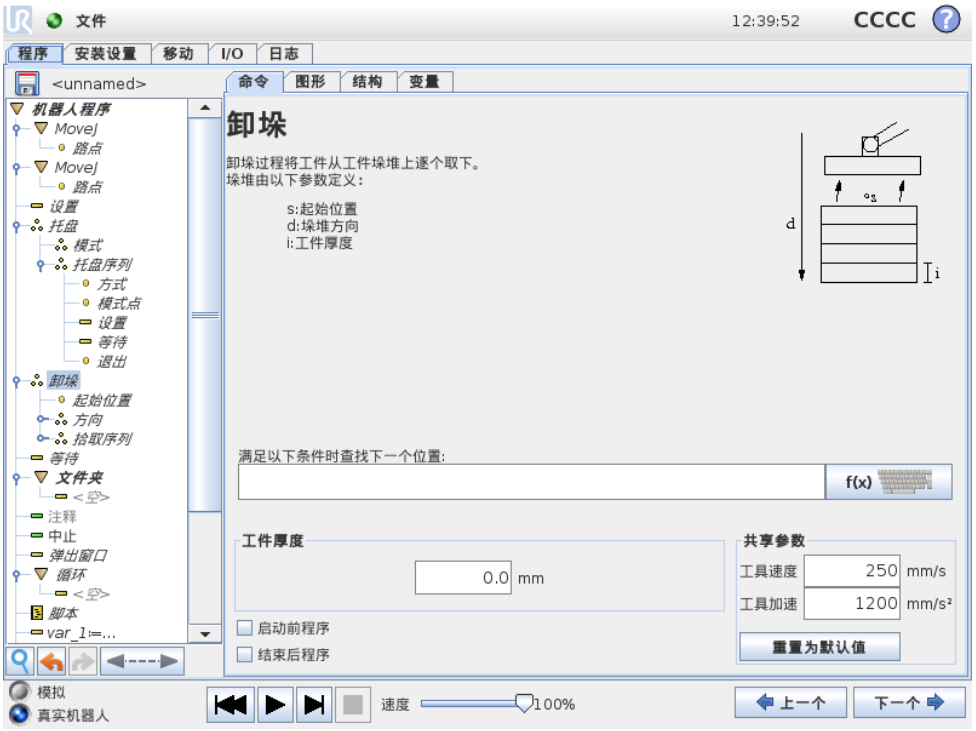
码垛



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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

卸垛



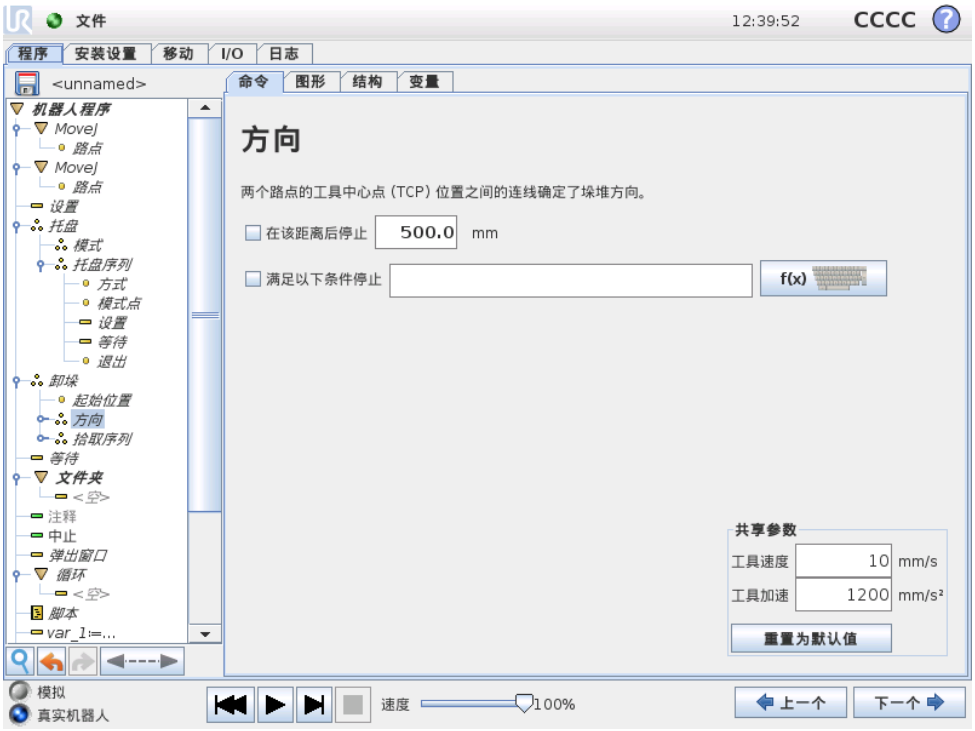
卸垛时，机器人手臂从起始位置沿着指定方向移动，搜索下一工件。屏幕上的条件决定何时到达下一工件。当条件满足时，机器人将记住此位置并执行特定序列。在下一轮，机器人将从所记住的位置开始以工件厚度为增量沿着卸垛方向搜索。

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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 (14.25) 类似，机器人在每个堆垛位置会执行一个特定程序序列。

14.27 命令：正在跟踪输送机

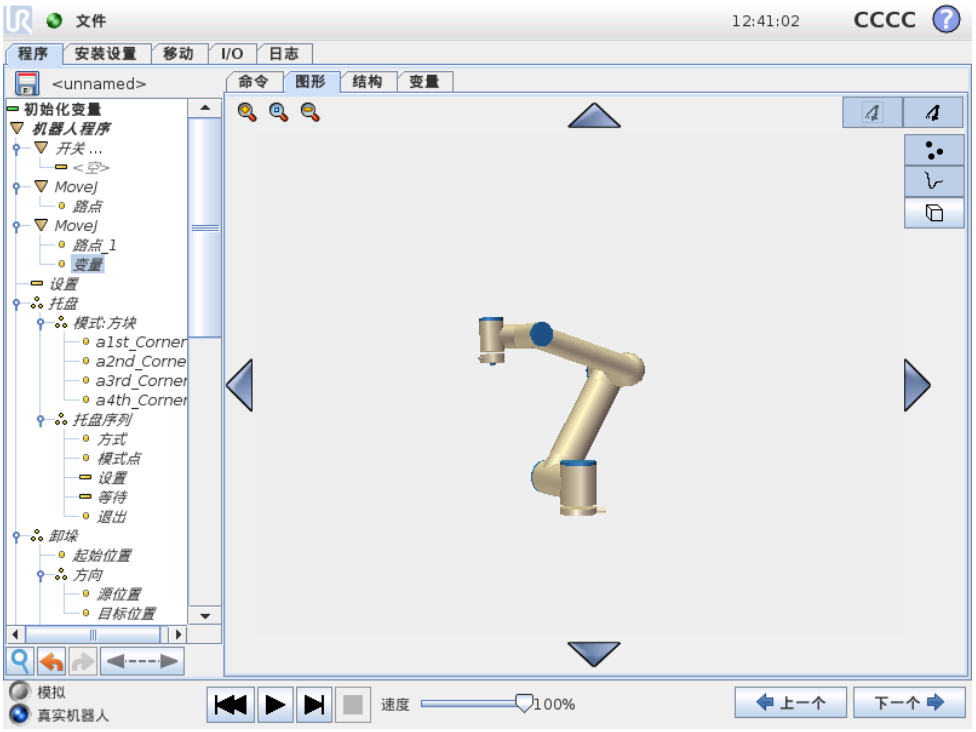
当使用输送机时，可对机器人进行配置以跟踪它的移动。程序节点可用于跟踪输送机，输送机跟踪。当安装中定义的输送机跟踪正确配置时，直线或环形输送机可被跟踪。节点可从 “结构” 选项卡下的 “向导程序” 节点添加。当程序在输送机跟踪节点下执行时，机器人将调节它的移动以跟上输送机。当跟踪输送机时，允许其它移动，但是要与输送机皮带的运动相关。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.28 命令：抑制

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

14.29 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 10.12），则会显示相邻边界的 3D 成像。请注意，如果机器人在运行程序，边界限制可视化将被禁用。

安全板以黄黑色呈现，带小箭头指示安全板正常，显示安全板上允许放置机器人 TCP 的位置。触发板以蓝绿色呈现，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 10.6）。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）。

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

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.30 结构选项卡

使用程序结构选项卡可以插入、移动、复制和移除各种命令。

要插入新命令，请执行以下步骤:

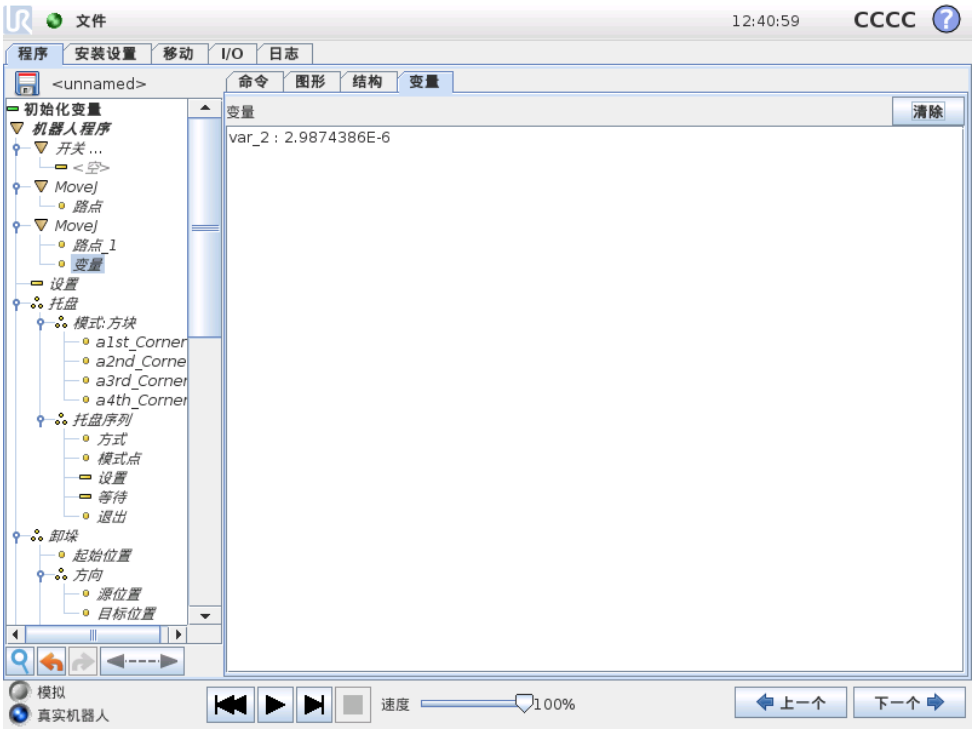
1) 选择现有程序命令。
2) 选择应将新命令插入所选命令的上方还是下方。
3) 按要插入的命令类型所对应的按钮。要调整新命令的具体内容，请转至命令选项卡。

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

并非所有命令都适合放在程序中的所有位置。路点必须包含（但不必直接包含）在“移动”命令之中。ElseIf 和 Else 命令必须位于 If 命令之后。通常，随意移动 ElseIf 命令可能会导致出现棘手问题。使用变量之前必须为其赋值。

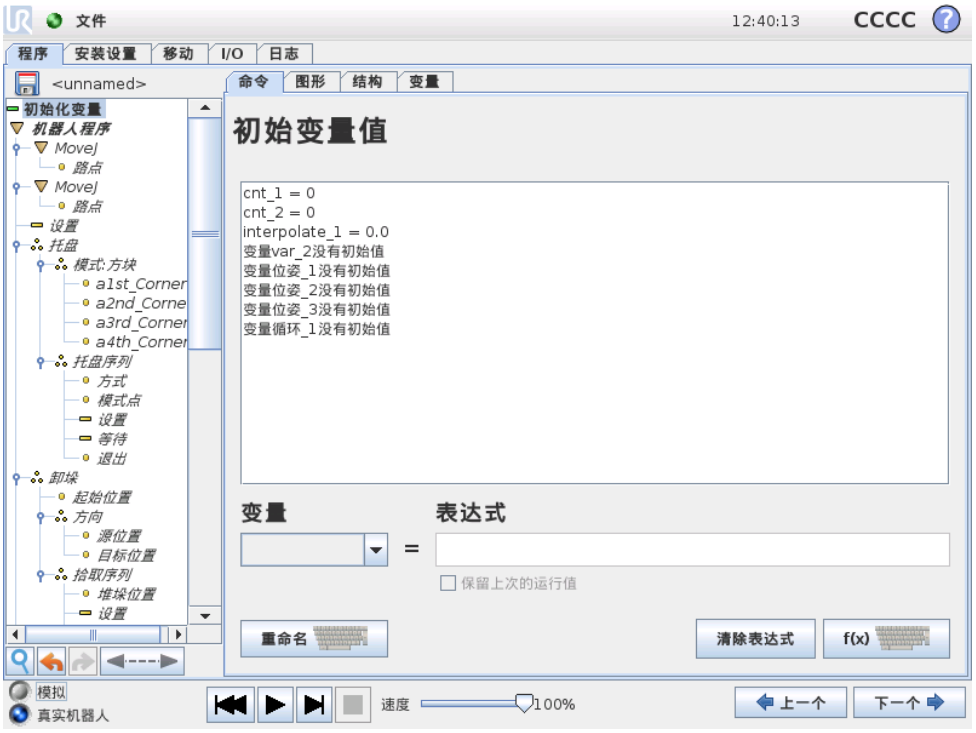
版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

14.31 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。

14.32 命令：变量初始化



版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

此屏幕允许在程序（和任何线程）开始执行之前设置变量值。

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

如果选中 “希望保留最后的运行值” 复选框，则变量将被初始化为变量选项卡上所显示的值（如 14.31所述）。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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

15 设置屏幕

- **初始化机器人**转至初始化屏幕，请参见 11.5 。
- **语言和单位**配置用户界面使用的语言和测量单位，请参见 15.1 。
- **更新机器人**将机器人软件升级到新版本，请参见 15.2 。
- **设置密码**提供相应机制来锁定机器人的编程部分，以避免无密码的人员执行修改操作，请参见 15.3 。
- **校准屏幕**校准触摸屏的 “触摸” 功能，请参见 15.4。
- **设置网络**打开用于设置机器人控制箱以太网的界面，请参见 15.5 。
- **设置时间**设置系统的时间和日期并配置时钟显示格式，请参见 15.6。
- **返回**返回欢迎屏幕。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

15.1 语言和单位

PolyScope 中使用的语言和单位可以在该屏幕设定。PolyScope 上不同屏幕显示的文本都将以选定的语言显示，内嵌的帮助文件也将以选定的语言显示。勾选 “英文编程”，以英文显示机器人程序内的命令名称。PolyScope 必须重新启动，所做更改方可生效。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

15.2 更新机器人

软件更新可以从 USB 闪存安装。插入 U 盘并单击**搜索**以列出其内容。要进行更新，请选择一个文件，点击**更新**，然后按屏幕说明进行操作。

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

15.3 设置密码

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

第二个密码是必填的安全密码，必须正确输入此密码才能修改安全配置。

注意:
要更改安全配置，必须设置安全密码。

警告:
添加系统密码可防止未授权的人员更改机器人安装。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

15.4 校准屏幕

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

15.5 设置网络

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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

15.6 设置时间

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

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

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。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。

索引

版权所有 ©2009-2015 Universal Robots A/S。保留所有权利。