

intera™

Intera 5 - 用户指南/入门

原始说明

请访问 mfg.rethinkrobotics.com/intera 获取用户指南译文版本。另外，您还可以获取更多详细信息以及更详细教程的链接。

Rethink Robotics 支持页面网址: [Rethink 支持](#)。



欢迎使用！

感谢您购买 Intera 5 软件和我们革命性的全新高性能协作机器人 Sawyer。本用户指南介绍了软件概况和 Sawyer 机器人的设置方法说明，旨在帮助您学会使用 Intera 和 Sawyer。

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

安全声明

遵从 ISO 10218-2 的要求对每个应用实施风险评估，以确定必要的安全性能和安全措施。

ANSI RIA R15.06-2012 是美国国家采用的 ISO 10218-1 & 2。

用户在训练机器人和练习动作时应谨慎操作。使用定制末端执行器时，末端执行器导致的移动和具有安全隐患的工件会增加受伤风险。

Rethink Robotics 建议在与机器人进行互动时佩戴护目镜，与工业环境中使用的其他设备的做法相同。

对于整合有 Sawyer 的系统，其安全性将由装配者负责。

如需了解其他信息，请参阅 [Rethink Robotics 的安全文档](#)。

基本信息



小心：此符号表示设备可能存在危险。此文档提供关于潜在危险的性质信息和为避免这些危险必须采取的任何措施的相关信息。

预期用途：

Sawyer 合作机器人用于制造业中的机器管护应用环境。



警告



Rethink Robotics 的协同机器人作为半成品机械装置提供。机器人并非针对特定用途而设计。集成商和/或最终用户负责确保符合应用部署所在的相关国家或地区的所有相关法规，包括但不限于安全、电气和环境法规。



此机器人随附以及在线提供的信息不包括如何设计、制造、安装以及调试完整的机器人应用程序。如果 Rethink Robotics 的协同机器人用于制作协同机器人工作单元，则集成商和/或最终用户有责任遵守机器人工作单元部署所在地区适用的相关工业机器人安全标准。此类标准包括 EN ISO 10218:2011、ANSI/RIA R15.06:2012、CSA Z434:2014 和 JIS B 8433:2015。



根据这些标准，必须执行风险评估以识别和消除、替代或将与应用中存在的危害相关的风险降至可接受的水平。有关更多信息，请参阅所在地区的相关标准及相关文档。



请注意，在 Rethink Robotics 的协同机器人集成和使用过程中，如果与人员发生接触，可能导致人员伤害。集成商和/或最终用户负责评估机器人应用的安全性，并确定和实施任何降低风险的措施，以消除、替代或将与危害有关的风险降至可接受的水平。集成商和/或最终用户对以危险方式使用机器人造成的损害和/或伤害承担全部责任，并同意 Rethink Robotics 免受与此类损害或伤害相关的责任。



Rethink Robotics 的协同机器人未附带安全承载启动装置。机器人旨在用于以下应用环境，即本质安全设计措施和/或主动安全承载限制功能足以充分降低与工作单元危险相关的风险。如果集成商和/或最终用户通过风险评估确定其特定应用需要使用启动装置来将风险降低至可接受的水平，请参阅用户指南或联系经销商，获取如何连接安全承载启动装置的信息。



Rethink Robotics 的协同机器人未随附安全承载模式选择开关和模式指示灯，因为此机器人可以在不带非协同模式的情况下始终协同作用。如果机器人安装所在的机器人系统的应用需要机器人在两种模式下运行，请参阅用户指南或联系经销商，获取如何安装安全承载模式选择开关和模式指示灯的信息。

注意：在某些应用中，机器人集成灯可能符合模式指示灯的要求。



Rethink Robotics 的协同机器人不可用于爆炸环境或任何要求采用本质安全设备的环境。



Rethink Robotics 的协同机器人随附紧急停机装置，在紧急情况下可用于关闭制动机的电源和使机械臂静止不动。紧急停机装置通过一条电线与控制器箱体相连，可在定位过程中灵活调整。确保紧急停机装置布置合理，以便于操作人员在运行期间使用。



与其他工业设备的通用做法一样，Rethink Robotics 建议人员在操作 Rethink Robotics 的协同机器人时佩戴适当的个人保护装置，如护目镜。



最终用户不可维护或维修 Rethink Robotics 的协同机器人。如需机器人售后服务或维修，请联系经销商或 Rethink Robotics 获取技术协助。



在机器人移动较重的部件（大于 2.5 千克）时，如果用户从夹具拿下部件或部件意外掉落（未训练处理此类问题的逻辑操作），机械臂仍将试图平衡已移除的部件的质量，机械臂可能意外移动。这还会导致机械臂点朝上。为减少类似行为的发生，请相应地训练任务，以便机器人可以处理类似错误情况。此处，请始终执行风险评估，以便了解风险等级和如何降低风险。



维护机器人工作单元时请务必小心，根据应用安全评估建议执行 OSHA 上锁挂牌流程 1910.147 等操作。



如果需要加装机器人运行报警装置，它应超过最终用户应用的环境噪音水平。



如果机器人工作区安装有控制器，训练任务时注意不要与其发生接触。



在欧洲，根据 EC 机械指令 (EC Machinery Directive) 附录 IIB，Rethink Robotics 的协同机器人附带公司声明 (DoI)。机械指令要求集成商和/或最终用户必须确保将所有不完整的机械设备并入完整机器并获得机械指令要求认证，从而生成 EC 符合性声明证书并使机器获得 CE 标志。只有这样才能操作机器。系统集成商和/或最终用户负责以下任务：

- o 安装工业机器人
- o 连接工业机器人
- o 执行风险评估
- o 实施必要的安全功能和保障措施
- o 发布一致性声明
- o 附上 CE 标志
- o 创建完整系统的操作说明

制造商地址：

如需技术协助，请联系：

Rethink Robotics, Inc.
27-43 Wormwood St
Boston, MA 02210

网址：<http://www.rethinkrobotics.com>

客户支持中心：[Rethink 支持](#)。

免责声明

我们竭力确保本手册中的信息准确无误。本刊物可能包含技术错误、排版错误或其他不准确之处。Rethink Robotics, Inc.[®] 可能会对本刊物或本刊物中所描述的产品随时进行修改，恕不另行通知。

Rethink Robotics、Sawyer 和 Intera 是 Rethink Robotics, Inc. 的商标
以太网/IP 是 ODVA, Inc. 的商标
PROFINET 是 PROFINET International (PI) 的注册商标



目录

欢迎使用！ 3

警告 4

目录 1

了解 Sawyer 7

机器人硬件概览 8

尺寸 9

Sawyer 可及范围 10

Sawyer 命名法 11

工作区和机器人关节限制 12

头部 12

控制器 13

导航器 16

训练腕套 17

制动器 18

主动防碰撞功能 19

随附配件 19

工具板 19

可选配件 20

安全标识 20

Sawyer 入门 22

设置 Sawyer 22

电源 22

断开电源 22

开启 Sawyer 23

移动机械臂 24



Intera 5 入门 26

- 一些 Intera 术语 30
- Intera Studio 屏幕组件 31
 - 顶栏 32
 - Studio 菜单 32
 - 节点样式 36
- 行为编辑器 37
 - 节点颜色 - 含义 37
- 3D 视图 48
 - 如何更改模拟机器人机械臂视图 49
 - 如何移动模拟机器人机械臂 50

机械臂末端工具 52

- 连接机械臂末端工具 52
- 如何配置末端执行器 52
 - 添加 CLICKSMART 夹具 54
 - 在任务中使用夹具 60
 - 如何校准 Rethink 电动平行夹具 63
 - 添加带双重工具的机械臂末端工具 64
 - 如何启动第三方末端执行器的中心点 69
 - 分配信号 70

在头部屏幕上训练简单的拾取和放置 71

在头部屏幕上训练拾取和放置阵列 79

- 训练拾取阵列 80
- 训练放置阵列 95

Intera Insights 97

- Intera Insights 概览 97
 - Intera Insights 面板 98
 - 跟踪周期时间 102
 - 在 Intera Insights 中跟踪周期时间 102
 - 在任务暂停时查看机器人数据 102
 - 设置头部角度 103



作用力感应和选择机械臂刚度 104

- 使用作用力感应、选择刚度和作用力限制的实际应用 104
- 如何访问和修改 Intera Studio 中的作用力数据 106
- 相容性、阻抗模式和作用力模式 106

I/O 设备 109

- 控制器 I/O 109
- I/O 布线图 112
- 外部 I/O 114
- 安全承载控制器 117

TCP/IP 122

- 定义 122
- Intera TCP/IP 通信 122
- 为 TCP/IP 创建设备 124

现场总线装置 127

- 设置注释 127
- 启用现场总线协议 128

Sawyer 和安全 133

- 安全声明 133
- 这些独特的协作机器人如何安全地管理运营风险 134
 - Rethink 的协作机器人安全装置 134
 - Rethink 的协作机器人法规认证 136
 - IEC 6100-4-2 136
 - 北美洲 137
 - 加拿大 137
 - 墨西哥 137
 - 欧盟 137
 - 中国 138
 - 日本 138



维护和支持 Sawyer 139

正确关闭 Sawyer 电源 139

维护 Sawyer 139

清洁 Sawyer 139

校准 Sawyer 140

附录 A: 术语 141

术语 141

附录 B: 支持和保修 143

附录 C: 集成商认证信息 144

第三方认证 144

公司声明 147

EC 公司声明 (原始) 147

集成商信息 148

风险评估 148

使用注意事项 149

末端执行器 149

安装 149

个人防护设备 149

一般安全准则 150

标准操作规程和培训 150

安全意识 150

实用参考资料 151

附录 D: 额定值和性能规格 152

电源额定值 152

I/O 额定值 152

环境额定值 153

工具中心点速度 154

紧急停机性能 156

有效负载和可及范围 157

高级末端执行器性能 160



附录 E：警告和注意 164

警告和注意 164

附录 F：安全子系统 166

安全子系统 166

Banner 安全控制器 167

附录 G1：Intera PROFINET 参考 173

概览 173

默认连接 - 标准模块 173

设置资源 173

模块概览 175

机器人中的模块汇总 175

向机器人安装的模块汇总 176

模块数据表 177

机器人中的固定数据 112 178

标准布尔值 (113：至机器人 | 114：来自机器人) 179

标准整数 (115：至机器人 | 116：来自机器人) 179

标准浮点数 (117：至机器人 | 118：来自机器人) 180

小型布尔值 (119：至机器人 | 120：来自机器人) 180

小型整数 (121：至机器人 | 122：来自机器人) 181

小型浮点数 (123：至机器人 | 124：来自机器人) 181

小型字符串 (125：至机器人 | 126：来自机器人) 182

大型布尔工具类 (127：至机器人 | 128：来自机器人) 182

大型整数 (129：至机器人 | 130：来自机器人) 182

大型浮点数 (131：至机器人 | 132：来自机器人) 183

大型字符串 (133：至机器人 | 134：来自机器人) 183

状态标志定义 184

状态标志的位定义 184

机器人状态标志含义 185

数据寻址和格式 186

附录 G2：Intera 以太网 /IP 参考 188

概览 188

默认连接 - 标准装配 188



设置资源	188
装配概览	190
机器人中的装配汇总	190
向机器人安装的装配汇总	191
装配数据表	192
机器人中的标准装配 (112)	192
向机器人安装的标准装配 (113)	193
小型装配 (114: 来自机器人 | 115: 至机器人)	194
大型装配 (116: 来自机器人 | 117: 至机器人)	195
浮点数+ (118: 来自机器人 | 119: 至机器人)	196
字符串+ (120: 来自机器人 | 121: 至机器人)	197
状态标志定义	198
状态标志的位定义	198
机器人状态标志含义	199
数据寻址和格式	200

索引 201

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：
mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。



了解 Sawyer

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，请参阅在线用户指南，网址为：
mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

搬运：

请使用托盘搬运车运输托盘。

机器人机械臂：

尺寸：35x20x20 英寸（89x51x51 厘米）

重量：总重：58 磅（26 千克），净重：48 磅（22 千克）

控制器：

尺寸：27x13x20 英寸（69x33x51 厘米）

重量：总重：55 磅（25 千克），净重：45 磅（20 千克）

配件箱（不带夹具）：

尺寸：23x26x20 英寸（58x66x51 厘米）

重量：总重：13 磅（6 千克），净重：10 磅（4.5 千克）

基座：

尺寸：48x39x19 英寸（122x99x48 厘米）

重量：总重：240 磅（109 千克），净重：220 磅（100 千克）

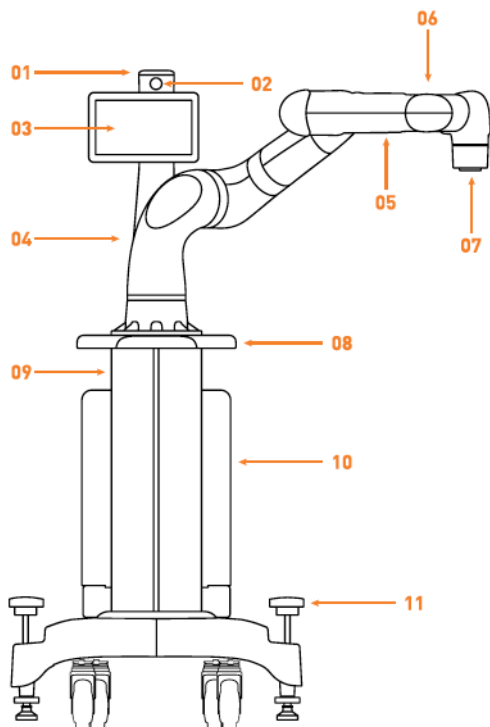
整个套件（基座板条箱中包含机器人、控制器和配件箱。不含夹具）：

尺寸：48x39x39 英寸（122x99x99 厘米）

重量：总重：365 磅（166 千克），323 磅（146.5 千克）



机器人硬件概览

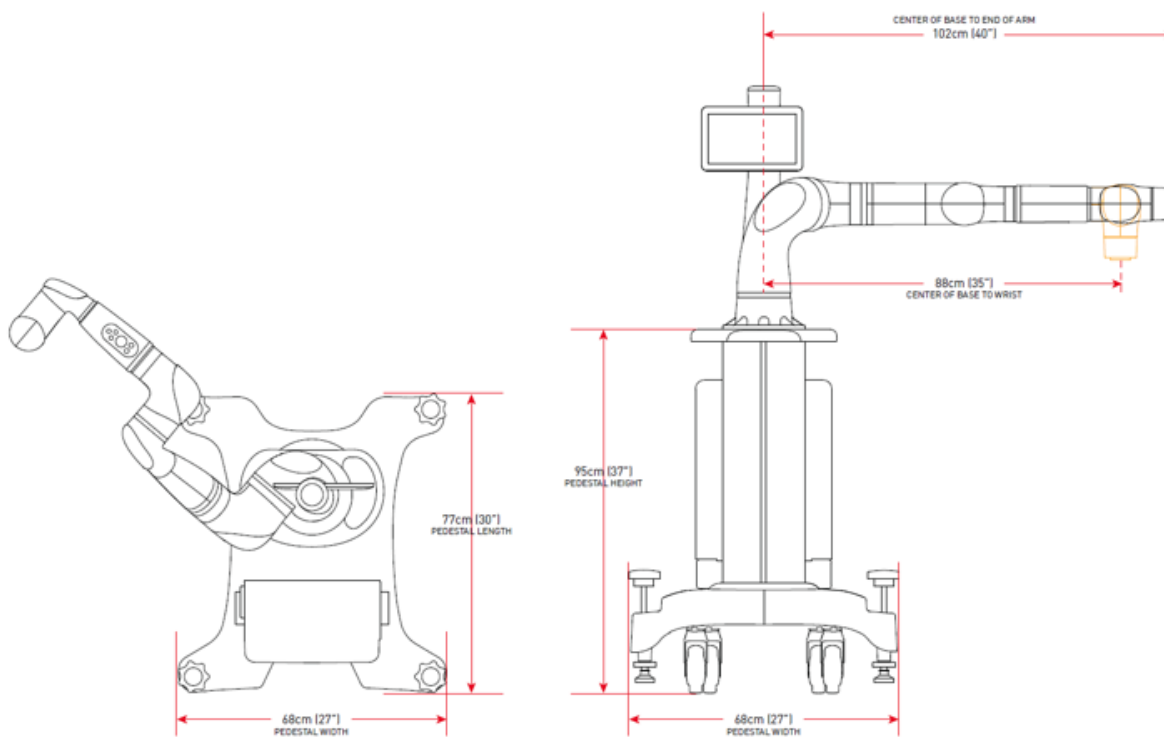


Meet Sawyer

- 01 Condition Light
- 02 Head Camera
- 03 Display
- 04 Navigator (Base)
- 05 Navigator (Arm)
- 06 Camera
- 07 Training Cuff with Light
- 08 Pedestal Handle
- 09 Pedestal
- 10 Controller
- 11 Leveling Feet

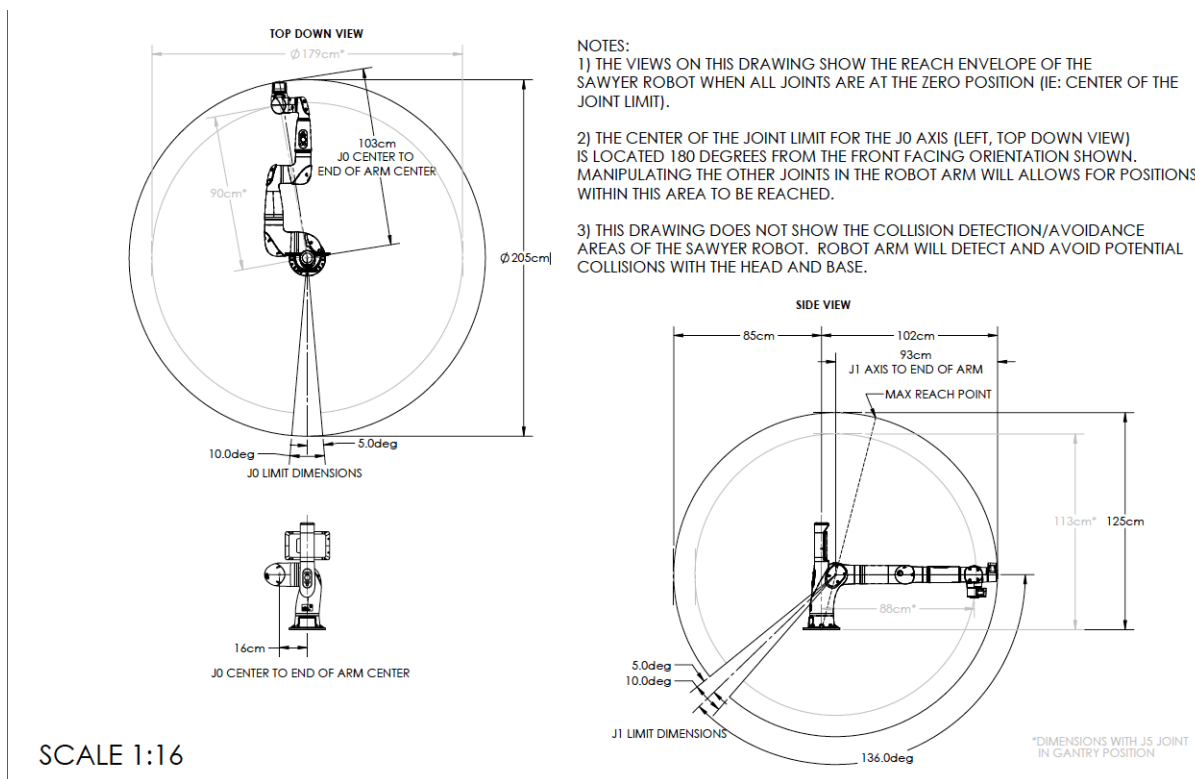


尺寸



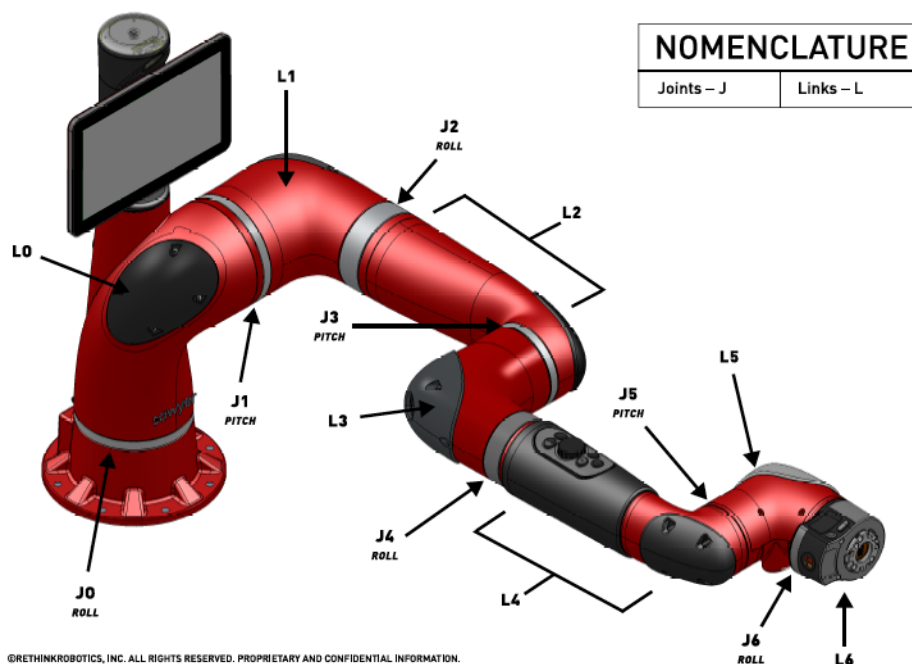


Sawyer 可及范围





Sawyer 命名法



	基准	头部	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	总计
装配质量 (千克)	2.07	1.58	5.32	4.50	1.74	2.51	1.11	1.56	0.33	20.73



工作区和机器人关节限制

Sawyer 在任意给定位置执行操作的能力受到机械臂物理限制的影响。在训练某项操作时，请考虑以下内容：

- 机器人关节 J0 至 J3 的最大旋转范围为 350 度。关节 J4 和 J5 可旋转 341 度，而 J6、腕关节/训练腕套可旋转 540 度。越接近限制的极限，机器人越有可能无法完成训练的操作。
- 如发现 Sawyer 无法触及某个位置，可以尝试移动到与机器人更近的距离，或重新针对该位置训练。
- 训练腕套可旋转 540 度。如果在训练过程中，训练腕套的旋转范围已接近其极限，则机器人可能会在运行任务时出现问题。

越是接近机器人可用工作区的极限，操作可达到的垂直范围越小。

包含防碰撞功能的机器人软件也可能限制机械臂的移动及其功能的发挥。例如，不能错误地训练机器人，导致机械臂撞击自身。

在 Intera Studio 中，用户可单击“关节”标签，以查看 Sawyer 各个关节的旋转范围。如果滑块接近滑块范围的两端，则表示接近关节限制。还可以查看机器人显示屏右侧的关节位置指示器。

头部

Sawyer 的“头部”是位于机器人顶部的 LCD 显示器。装有图形用户界面 (GUI)。头部同时包含摄像头和指示灯，用于传达机器人的状态。

头部可反转。内置电机，因此无论是否连接电源，机器人的头部均可移动。用户可沿机器人头部自行移动时所沿着的关节/轴移动其头部。总体可旋转约 350 度。

头部移动有两种模式：被动和主动。在被动模式下，可手动移动头部。在主动模式下，头部可自动跟随训练腕套移动。

重要提示：移动头部相对容易。手指轻触就可以移动，因此移动头部时毋须用力。如果感觉到阻力，请停止操作。



控制器

控制器中装有计算机（运行用于控制 Sawyer 的 Intera 软件）、I/O、真空连接以及墙壁插座的电源。可将控制器置于 Rethink Robotics Sawyer 基座或附近的架子上。

安装 Sawyer 时，请确保控制器空气进气扇与出气扇的端口畅通，且无障碍物。端口必须清洁畅通，控制器才能正常通风。

右侧：

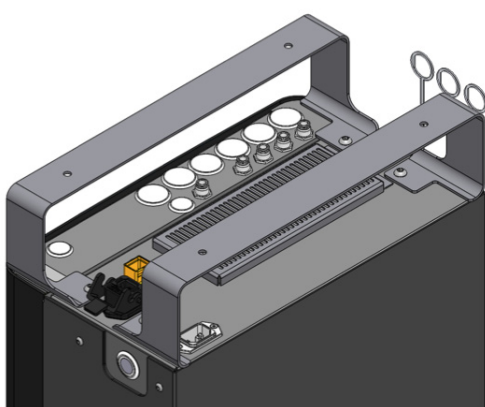
- 1 以太网端口（无法用于行业现场总线网络）
- 2 USB 端口



左侧：

- 电源按钮
- 输出空气过滤器





输入

- 电源
- 输入空气



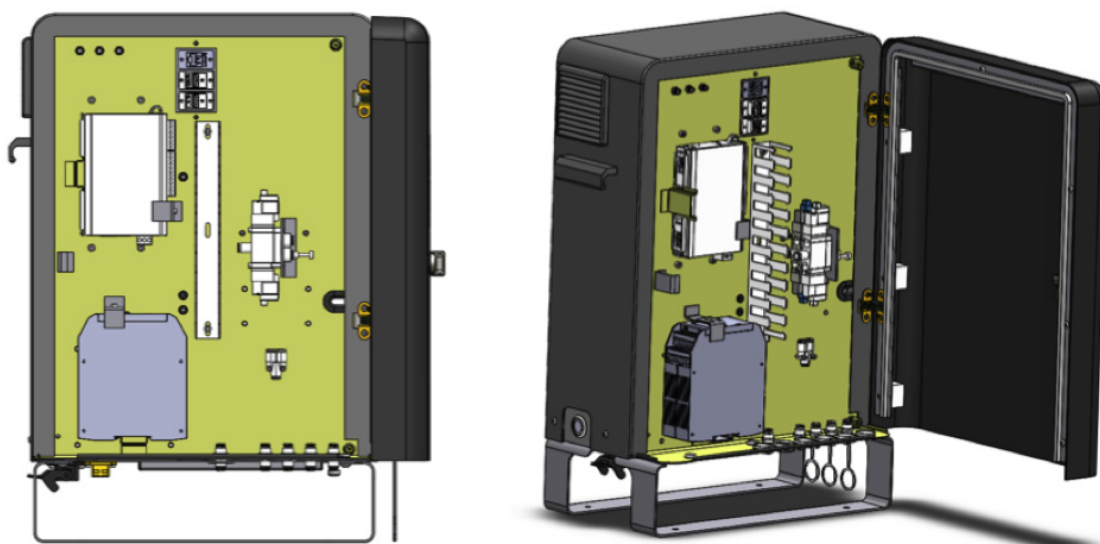
输出

- (4x) 空气
- 电源和数据
- 视频

按钮视图



内部视图

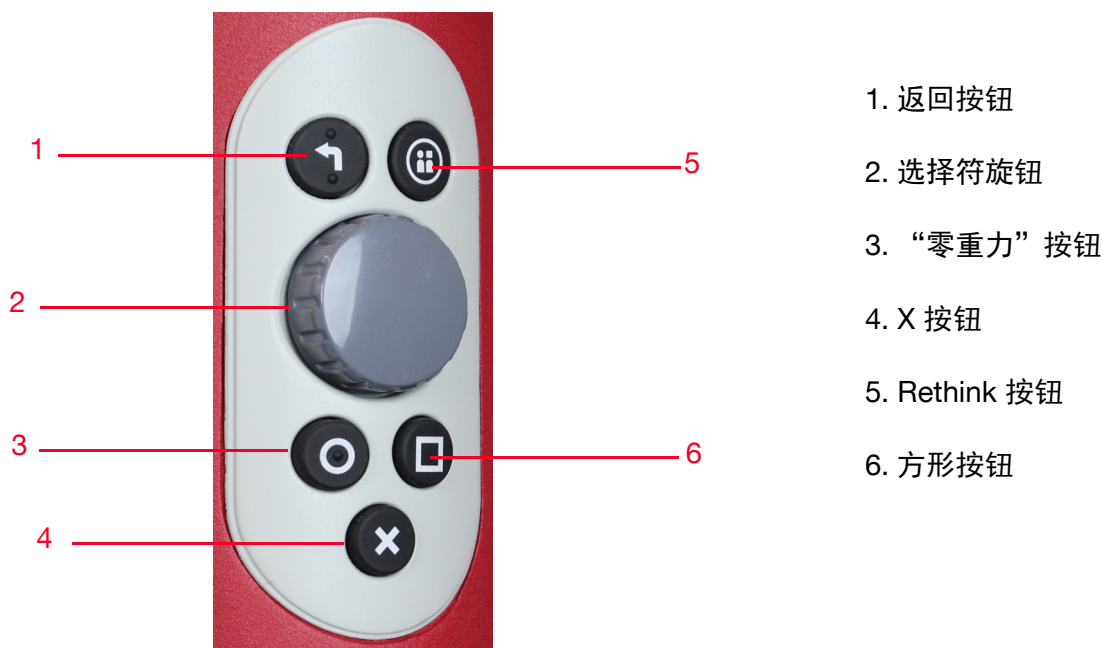


- 终端部件（8 个数字输入，8 个数字输出）
- 安全承载控制器
- (2x) 电磁阀
- (1) 用于现场总线网络的以太网端口
- (2) USB 端口
- Wifi 天线（供将来使用）



导航器

导航器指的是机器人上的两个物理用户界面，其中一个位于机器人前臂，另一个则位于机身背部。每个导航器均由若干指示灯、一组五个按钮和一个选择符旋钮组成。使用导航器滚动至屏幕上的各个选项，并与之进行交互。当按下选择符旋钮的“确定”按钮时（或腕套的操作按钮），导航器指示灯亮起。



1. 返回按钮：按下此按钮，退出当前屏幕，并返回到上一屏幕。同时取消上一操作。

2. 选择符旋钮：滚动旋钮可在屏幕的各选项之间移动。按下旋钮（确定）以选择某个选项。在某个节点上单击“确定”，向下钻取到下一个节点或显示包含其他选项的菜单。

3. 零重力模式按钮：长按此按钮将机械臂置于“零重力”模式（与抓住训练腕套相似），使机械臂更易移动。

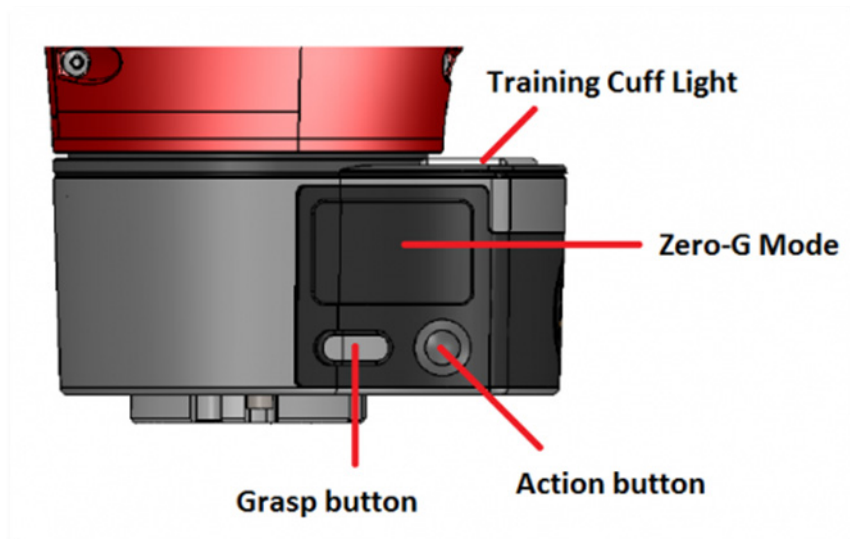
4. X 按钮：按住此按钮以显示快速更换末端执行器菜单。

5. Rethink 按钮：按下此按钮以显示“头部屏幕”菜单。

6. 方形按钮：按住此按钮以将“头部屏幕”菜单切换至跟随机器人机械臂。还可用于根据显示屏提示选择功能。



训练腕套



训练腕套指的是机器人的腕关节和物理界面，包括“零重力模式”按钮、“抓取”按钮和操作按钮。训练腕套可用于移动机械臂、更改安装夹具的状态和选择屏幕选项。

- “零重力”按钮 - 按住此按钮以启用零重力模式。
- “抓取”按钮 - 按下此按钮以显示“Train by demonstration”（按演示训练）菜单。另外，“长按”（按下“抓取”按钮两秒钟）也可打开和关闭夹具。
- 操作按钮 - 按下此按钮以显示“插入操作”菜单，其中包含用于创建移动节点、序列节点或循环节点的选项。您还可以使用此按钮在屏幕上进行选择。



制动器

机器人的 J1、J2 和 J3 关节处装有制动器，以防止机械臂滑落到工作区的固定装置。制动器激活条件:

- 机械臂电机关闭
- 触发紧急停机
- 机器人断电或关机

J3 松开制动器



无需使用驱动电源即可移动每个机器人轴。在某些情况下，要使轴移动，可能需要啮合松开的制动器。如果手动松开任何制动器，引力作用可能导致臂掉落。



主动防碰撞功能

Rethink 机器人能够 “感知” 任意给定时间下机械臂关节、头部和机身的所在位置，以免与自身的任何部分发生碰撞。

随附配件

- ClickSmart 机器人侧适配器
- 电源线
- 紧急停机按钮和 10 英尺线
- 机器人定位系统所使用的定位标志 #1-4。

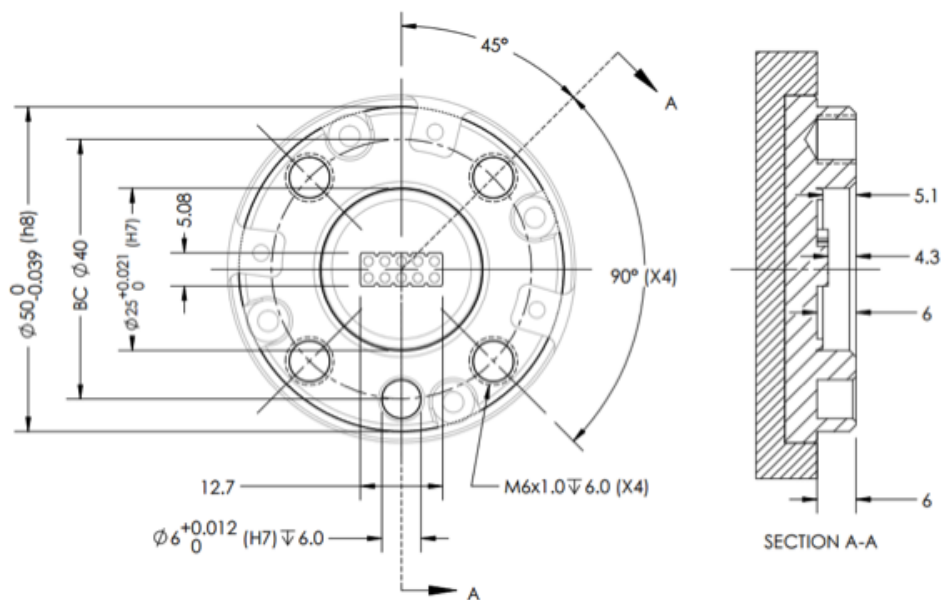
工具板

Sawyer 机器人手臂上的工具板是根据 ISO 9409-1-40-4-M6 标准而设计。

机器人工具板具有四个 M6 螺纹孔，连接机器人与机械臂末端工具。螺纹孔须拧紧至 9 牛米。如果要求非常精确地重新定位机械臂末端工具，则可提供用于引脚的 Ø6 毫米孔。

小心：

- 请确保使用螺栓将机械臂末端工具正确安全地固定到位。
- 请恰当构建并配置机械臂末端工具，确保部件不会意外坠落造成危险情况。
- 如果在最终安装时 Sawyer 配备真空夹具，请确保为 Sawyer 气动系统连接提供干净的气源，并确保最大气压不超过 90 PSI。



可选配件

- [Rethink Robotics ClickSmart 夹具套件系列](#)
- Sawyer 基座
- 定位标志 #5-20 - 适用于机器人定位系统
- 机器人安装板 - 适用于无基座准确定位 Sawyer

安全标识



小心：设备可能存在机械和电气危险，在使用期间工作人员必须遵照注意事项，使用标准安全惯例。此文档提供关于潜在危险的性质信息和为避免这些危险必须采取的任何措施的相关信息。操作设备前，请完整阅读本文档。有关具体安全信息，请参阅“Sawyer 和安全”、“集成商信息”和“警告和注意”的部分内容。



电压危险：控制器箱体中存在危险工作电压。控制器箱中不包含最终用户可维修的部件。如需售后服务或维修，请联系经销商或 Rethink Robotics。



Sawyer 入门

设置 Sawyer

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。



安装和操作机器人之前，请务必首先阅读本文档中所提供的安全指南。

要设置 Sawyer，请执行以下操作：

- 找到随机器人随附的安装卡片。按照说明组装基座（根据订单配送），将 Sawyer 连接到基座或其他工作表面上。
- 按照夹具套件的内附说明安装夹具。

电源

Sawyer 附送可拆卸的电源线，该电源线具备集成化接地终端。Sawyer 的电源线必须与接地的主电源插座相连，要求安装在设备附近，便于在机器人操作过程中使用。仅可使用 Rethink 提供的电源线。Sawyer 可连接 100VAC - 240VAC 的单向主电源。

断开电源

正常情况下，应使用导航器控制，选择电源选项来关闭 Sawyer 电源。

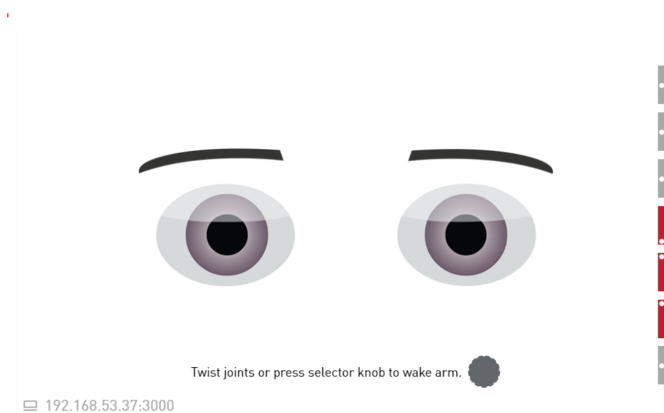
Sawyer 随附紧急停机设备，在紧急情况下可用于关闭 Sawyer 制动机的电源。紧急停机设备通过一条电线与 Sawyer 控制器箱体相连，可在定位过程中灵活调整。在 Sawyer 操作期间，切勿将紧急停机设备置于不方便操作人员使用的位置。



在紧急情况下，可从电源插座上拔掉 Sawyer 电源线，切断整体系统的电源。请确保电源插头连接的插座在 Sawyer 操作期间方便使用。

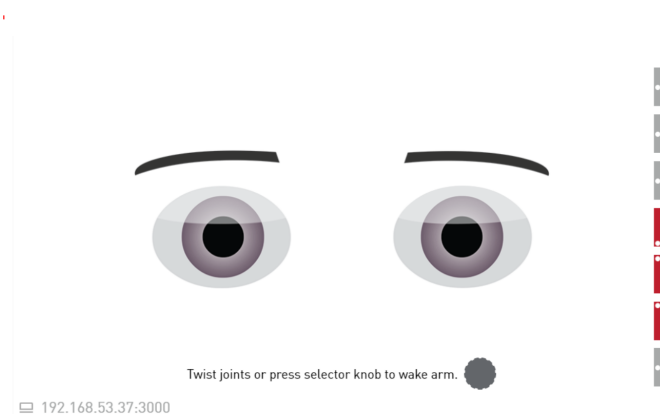
开启 Sawyer

按下，然后松开控制器上的电源按钮。头部指示灯亮起，Sawyer 显示器显示主屏幕，机器人开始启动序列。





为了让机器人了解并识别出各个关节的实际位置，机械臂将执行复位序列。在此序列中，各关节移动约五度。要启动复位序列，请按下机器人机械臂上的选择符旋钮。机械臂将移动各个关节。



复位时，出现沿显示屏右侧垂直运行的关节限制指示器。若关节有效扭转，则指示器变为绿色。若关节未扭转，则指示器为灰色。

注意：还可以通过实际触碰将各个关节移动五度，从而手动复位机械臂。

移动机械臂

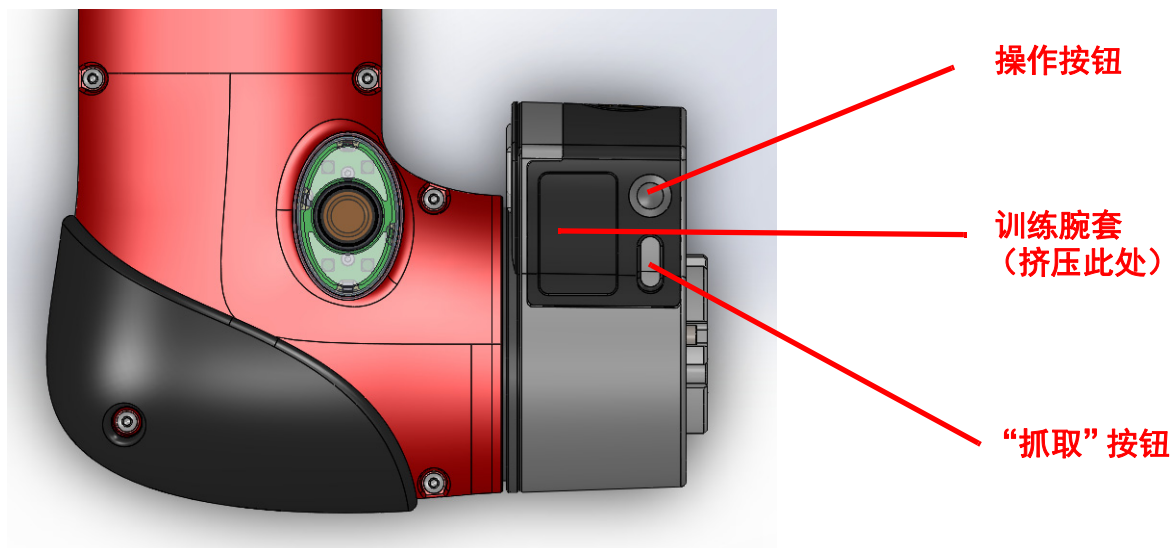
机器人具有三个物理界面，即两个导航器和一个训练腕套，用于操控机器人和训练任务。

其中一个导航器位于 Sawyer 的机械臂中。另一个位于机身。导航器由一组按钮和一个旋钮组成，可用于在 Sawyer 进行选择。各选项均在 Sawyer 显示屏上显示。

训练腕套位于 Sawyer 机械臂末端，在腕关节与机械臂末端工具之间。

抓住 Sawyer 机械臂的任意位置，轻轻推拉，体会感受到的阻力。注意机械臂紧固，但仍可操控。现在，抓握训练腕套按钮上方的下凹部分，并挤压。注意，机械臂变得松弛且易于操控。这就是我们所说的“零重力”模式。在此模式下训练 Sawyer 执行任务。当机械臂进入零重力模式后，电机启动，用于抵消机器人所受的重力。

也可以长按导航器上的 **O** 按钮以启用零重力模式。



松开训练腕套，机械臂再次变为（半）紧固状态。注意，机械臂将保持在停止挤压训练腕套时的位置和方向上。机械臂（肩部、肘部、腕部等）的位置和方向称为机械臂的**姿势**。



Intera 5 入门

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为 mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

在开始学习本章之前，请将 Sawyer 机器人连接至您的计算机：

1. 将直通 CAT5 或 CAT6 网络电缆的一端插入至 Sawyer 控制器外部的 RJ-45 端口。

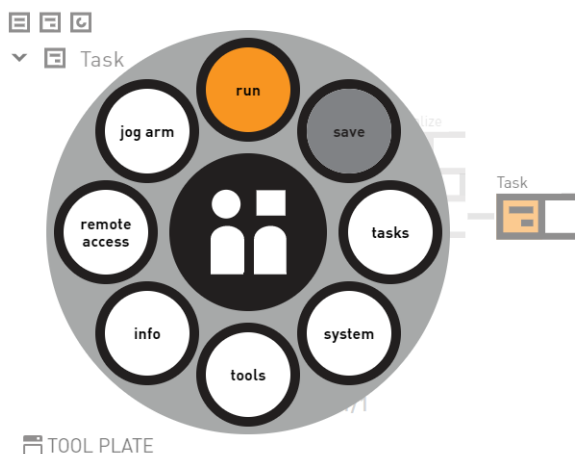


2. 将电缆的另一端插入至您的计算机。

注意：或者，可以通过网络连接至机器人。要执行此操作，机器人和 PC 需要连接至工厂内部网络。网络中的 DHCP 服务器将自动为机器人分配一个 IP 地址。必须将您的 PC 配置为接受来自网络服务器的 IP 地址，如果这不是当前设置的话。



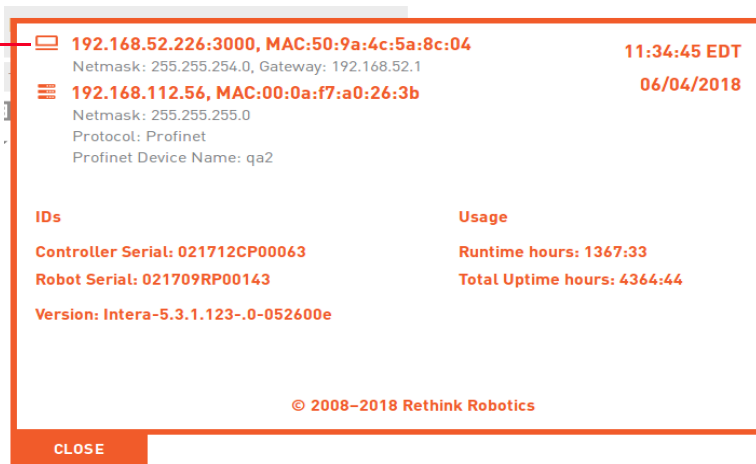
3. 按下其中一个 Sawyer 导航器上面  的 Rethink 按钮以显示“头部屏幕”菜单。



4. 使用导航器滚动旋钮选择“信息”菜单选项。请注意“关于”窗格中 Sawyer 的 IP 地址。

注意： IP 地址可能需要 30 到 60 秒的时间才会显示在“关于”窗口中。您可能需要选择几次“信息”菜单选项，IP 地址才会显示。

IP
地址





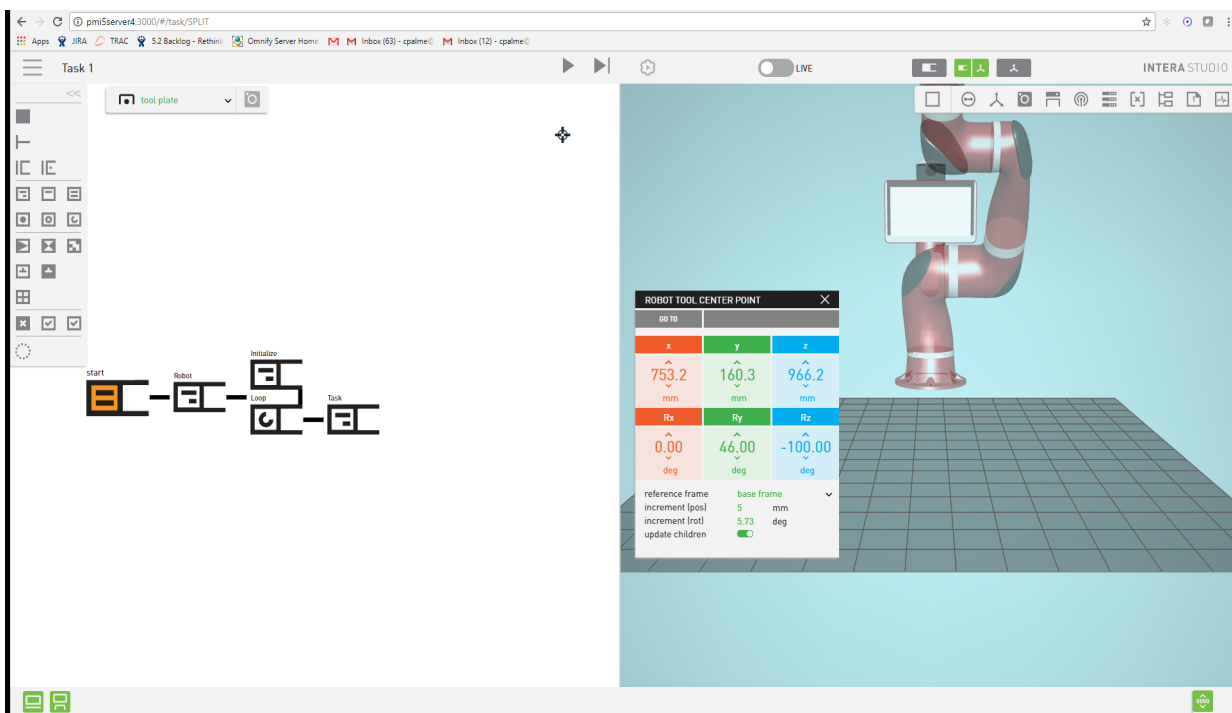
5. 打开 Google Chrome，在浏览器地址窗口中输入 Sawyer 的 IP 地址，此地址后接冒号 (:) 3000，然后按下 Enter 键。

使用最新版本的 Chrome 浏览器访问 Intera Studio。

注意：要建立有效连接，您可能需要更改某些设置。例如，如果您的 PC 或 Sawyer 设置为某个静态 IP 地址，您需要将它们更改为 DHCP。您可能还需要确保已在 PC 上禁用 WiFi，因为它可能导致出现寻址问题。



6. Intera Studio 显示在一个拆分的屏幕视图中，行为编辑器位于左侧，而 3D 视图位于右侧。





7. 要连接 Sawyer 和 Intera Studio，请单击下方栏中的 Sawyer 图标。连接后它将由灰色变为绿色。

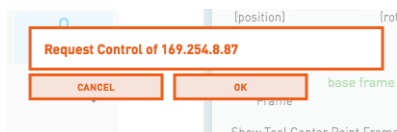


8. 您还需要请求控制 Sawyer，因为其他人可能正在使用此机器人。



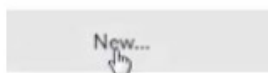
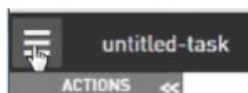
9. 单击“授权”后，将建立连接，图标变为绿色（如上所示）。

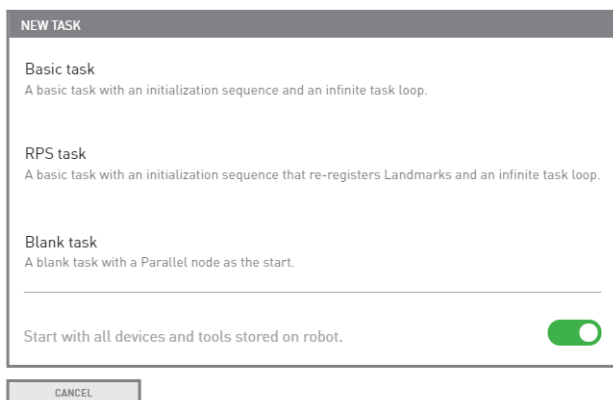
注意：如果您在 Intera Studio 连接前尝试使用它移动机器人机械臂，将显示以下内容：



在 Intera 中单击“确定”以请求控制，然后在 Sawyer 的“头部屏幕”中单击“授权”。

10. Sawyer 现已连接至 Intera Studio 并准备开始执行新任务。
11. 要开始执行新任务，请选择 Intera Studio 菜单并选择“新建”，然后选择“基本任务”。





最佳实践

- Sawyer 与您的计算机直接连接时无需切换网络。
- 使用直通电缆将 Sawyer 连接至您的计算机。

故障排除

- 您可能需要选择几次“信息”菜单选项，IP 地址才会显示在 Sawyer 的“关于”窗口中。
- 如果您的计算机未与 Intera Studio 连接，请检查：
 - 使用直通电缆而非交叉电缆。
 - 您需要使用 Chrome，这是唯一一个经过充分测试且兼容的浏览器。
 - 如果将 Studio 与机器人直接连接，请确保同时未建立其他任何网络连接，例如，通过 WiFi 连接企业网络。
 - 清空浏览器历史记录，关闭浏览器并重试。

一些 Intera 术语

要启用 Intera，首先需要了解它所使用的一些术语。

“头部屏幕”指的是 Sawyer 机器人身上的头部显示屏“用户界面”。

Intera Studio 指的是通过 Google Chrome 浏览器进行访问的 Intera 软件，它包含任务行为编辑器和模拟 Sawyer 机器人。此外，Intera Studio 还可以连接到真正的 Sawyer 机器人并与其进行通信。



Sawyer 任务逻辑的大多数编程都是在 Intera Studio 上实现的。

节点是行为编辑器的基本构建块。每个节点根据节点类型及该节点的属性值执行特定功能。节点功能示例：移动机器人；与信号交互；使用影像；等待外部机器指令。

行为编辑器是节点的集合，这些节点组织于树状结构（尽管在软件中显示于该结构的一侧）中，并共同完成一项任务。构成该树的节点和构建该树的方式决定着接下来要完成的任务。行为编辑器逐渐扩展并从屏幕左侧生成分支，由父节点和子节点组成。

任务是对机器人完成工作所使用工具的完整描述。任务是与所有资源相结合的行为编辑器，行为编辑器中的节点依靠这些资源来完成所需工作。资源示例：连接的末端执行器种类、坐标系、定位标志、空间点的位置、配置设备。

当行为树的一个分支激活时，即认为它正在运行。它将返回状态，指示分支结果是成功、失败还是出现错误。（可以向分支施加其他状态，例如：暂停、结束、中止、禁用。）

Intera Studio 屏幕组件





顶栏



顶栏包含创建任务、更改 Studio 显示方式和运行 Sawyer 三大主要功能。

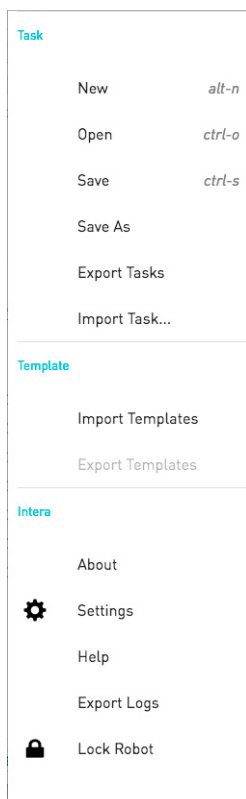


Studio 菜单按钮显示包含任务、模板和 Intera 选项的菜单（如下所述）。

*Task 16

任务名称显示在左上角。如果显示 *（如本例所示），则表明有任务更改需要保存。请注意，退出浏览器或断开 Internet 连接不会丢失这些更改，但会切断机器人电源。

Studio 菜单





任务

- 新建 ... - 创建一个新任务。
- 打开 - 打开现有任务列表中的任务。还可通过单击删除图标删除突出显示的任务，然后确认删除。通过在搜索行上输入任务的首字母来搜索列表。
- 保存 - 在机器人中保存当前任务。
- 另存为 ... - 输入任务的不同名称；单击“保存”。
- 导出任务 - 将当前任务或所有任务下载至计算机。
- 导入任务 ... - 在存储文件夹、文件等所在的计算机上打开浏览器。

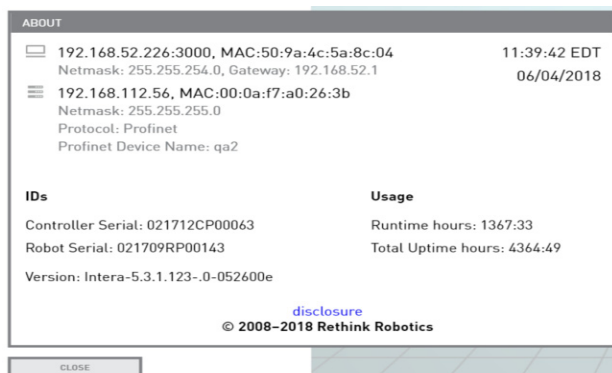
模板

注意：模板是可根据需要插入到任务中的基本或“框架”子树行为。模板不包含节点特有的属性，例如对姿势、信号或其他变量的参考。

- 导入模板 - 打开计算机上存储模板的浏览器。
- 导出模板 - 将模板文件下载至计算机（文件扩展名 .json）。

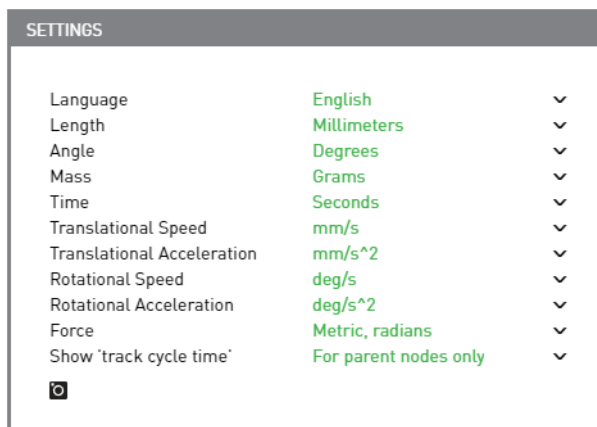
INTERA

- 关于 - 显示机器人信息、IP 地址、Intera 软件版本号、序列号和使用计数器、运行时间和总启动时间。





- 设置 - 使用此对话框可更改 Intera 的基本设置，包括使用的语言、计量单位、时间和速度等。



注意：请慎重更改为其他语言，因为您将需要懂得新语言，以在需要恢复使用初始语言时恢复至原来的设置。

- 帮助 - 提供 Intera 在线用户指南链接，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera，包括下载此 PDF 的选项。（要访问此指南，您需要连接至 Internet。）
- 导出日志 - 将日志数据从机器人下载至计算机。
- 锁定机器人 - 在锁定和解锁 Sawyer 之间切换。此功能可帮助避免未经授权人员篡改机器人中存储的任务。如果它被锁定，用户仅可以运行、重置、清除错误/混淆或关闭/打开机器人电源。无法创建、修改或更改任务。

运行按钮图标



重新启动、运行和步进 - 运行行为编辑器定义的任务。可从头开始运行整个任务，也可通过一次一个节点逐步运行任务，然后停止任务。（任务运行时显示方形停止按钮。）



显示选项

在此处选择是按所示顺序仅显示行为编辑器、包含行为编辑器和机器人机械臂的 3D 视图（默认视图）的拆分屏幕还是仅显示机器人机械臂 3D 视图。



SAWYER 连接



屏幕左下角的这些图标显示计算机上的 Intera 软件是否已与 Sawyer 机器人连接。

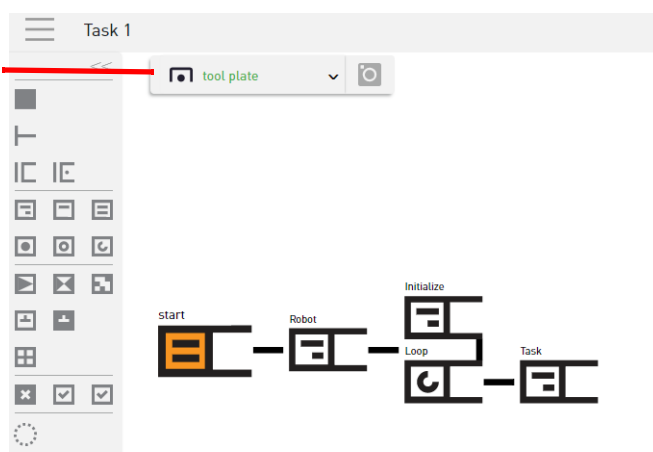


A collection of 25 icons arranged in a grid, representing various symbols and characters. The icons include: a solid black square, a T-shaped symbol, a square with a vertical line, a square with a horizontal line, a square with a diagonal line, a square with a circle, a square with a triangle, a square with a cross, a square with a plus sign, a square with a minus sign, a square with a multiplication sign, a square with a division sign, a square with a percent sign, a square with a hash sign, a square with a dollar sign, a square with a pound sign, a square with a yen sign, a square with a euro sign, a square with a dollar sign, a square with a pound sign, a square with a yen sign, a square with a euro sign, a square with a dollar sign, a square with a pound sign, a square with a yen sign, a square with a euro sign, a square with a dollar sign, a square with a pound sign, a square with a yen sign, a square with a euro sign.



行为编辑器

工具选择面板



“行为编辑器”用于创建、查看和编辑所有任务节点。

任务构建用于激活父节点和子节点之间自左向右以及同级节点之间自上而下的节点分支。

工具选择面板显示当前正在使用的工具。

节点颜色 - 含义

橙色（金色） - 已选中：节点已被选中，其属性显示在“节点检查器”中。

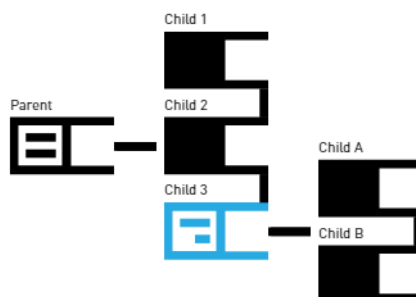
蓝色 - 不完整：尚未输入此节点所需的信息。

黑色 - 未激活：未激活节点未在运行，但如果父节点让其有机会开始运行，其可以被激活。

灰色 - 禁用：已禁用的节点及其子节点（如有）被其父节点忽略，因此始终不会运行。



绿色 - 运行：当前正在任务运行中执行节点。在运行成功、失败或遇到错误前始终保持激活状态。

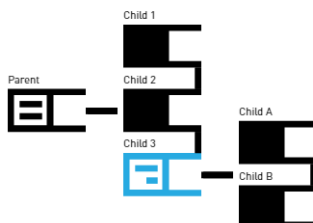


行为编辑器导航

- 左击 - 选择节点。节点将显示在“节点检查器”中。
- 右击 - 显示修改选项。（查看下面的右击菜单。）
- 双击节点 - 打开节点检查器
- Shift + 单击节点 - 选择节点及其所有子节点
- 单击并拖动 - 移动视图的中心
- 放大 - 向上滚动
- 缩小 - 向下滚动
- 箭头键 - 选择邻近节点
- Shift + 箭头键 - 按指定方向移动所选节点，它将移动到上方节点的下面
- 删除 - 将删除所选节点或节点。
- CTRL + 单击 - 启用节点的多重选择
- 单击“节点样式”中的节点，将此节点添加为所选节点的子节点。如果所选节点为原始节点（即它不接受子节点），则此节点将被添加为同级节点。
- 可以展开行为编辑器以填充整个 Studio 屏幕或拆分以显示行为编辑器和 3D 视图。请参阅第 35 页的“显示选项”。
- CTRL + X - 剪切
- CTRL + C - 复制
- CTRL + V - 粘贴

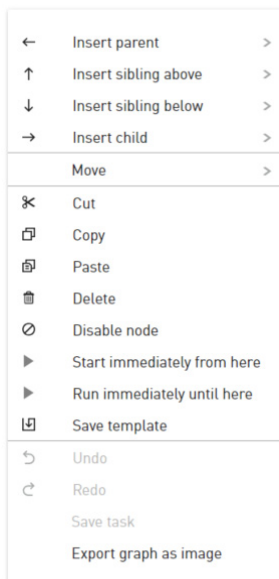


右击菜单



在上例中，“子节点 3”有“A”和“B”两个孙节点，它是“父节点”的一个子节点。子节点 1 在子节点 2 之前出现。子节点 3 在子节点 2 之后出现。

右击所选节点或多个节点可打开右击菜单。



- 添加子节点 - 打开将所选节点添加为某个父节点的子节点的选项。在上例中，“子节点 3”有“A”和“B”两个孙节点，它是“父节点”的一个子节点。
- 插入父节点 - 打开将某个节点添加为所选节点的父节点的选项。
- 在之前插入 - 打开在所选节点上方插入同级节点的选项。



- 在之后插入 - 打开所选节点下方插入同级节点的选项。
- 移动节点 - 您可以选择所选节点的移动方向。作用与 Shift + 箭头键相同。
- 复制
- 粘贴
- 剪切
- 删除
- 撤销 - 撤销上一操作（键盘快捷键 - Ctrl + Z）
- 重做 - 重做上一操作（键盘快捷键 - Shift + Ctrl + Z）
- 禁用节点 - 禁用所选节点及其子节点，会导致其被父节点忽略，从而始终不会运行。
- 保存模板 - 将所选节点及其子节点（“整个分支”）的结构保存为一个模板。然后将节点的此结构，即模板添加到此任务或其他任务的其他位置。节点特有的属性不会转移。
- 保存 - 保存任务
- 导出图形至 SVG - 将整个行为树另存为 SVG 文件，此文件可在浏览器中打开和作为图像进行查看。



重置缩放 - 放大行为编辑器节点有时会导致难以查看屏幕上的整个树。当这种情况发生时，请单击此图标以重置中心并缩放其视图。



节点移动快捷键 - 单击 以显示在行为编辑器中移动节点的快捷键。使用这些键盘键可以更加轻松地通过行为编辑器节点进行移动。





任务栏



节点检查器 - 节点检查器显示与行为编辑器中所选节点相关的属性。例如，“移动至”节点的节点检查器将显示其 ID、为其提供的名称、运动类型等。您也可以为每个节点添加自己的注释。

MOVE TO

TEST

+ ARM POSE

ID

MOVE_TO_1

name

move to-1

timed move

☐

number of retries

1

MOTION

move type

Joint

motion preset

fast

ARM POSE

+ ARM POSE

select arm pose

ENDPOINT

endpoint

select endpoint

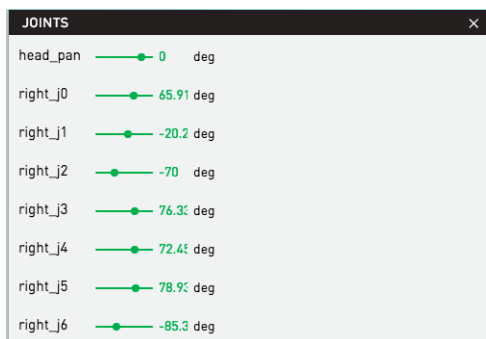
Comments

Enter comments here.

切换节点检查器按钮，以打开或关闭其显示。还可通过单击其右上角的 x 将其隐藏。

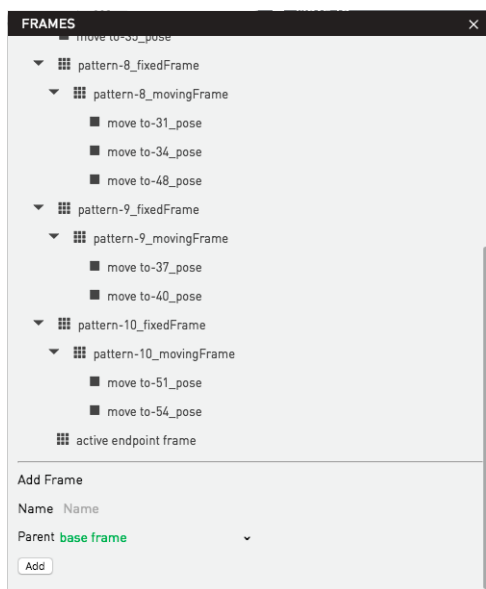


关节 - 使用滑动条或以度为单位输入特定数字来控制每个 Sawyer 关节。如果滑块接近滑块范围的两端，则表示接近关节限制。



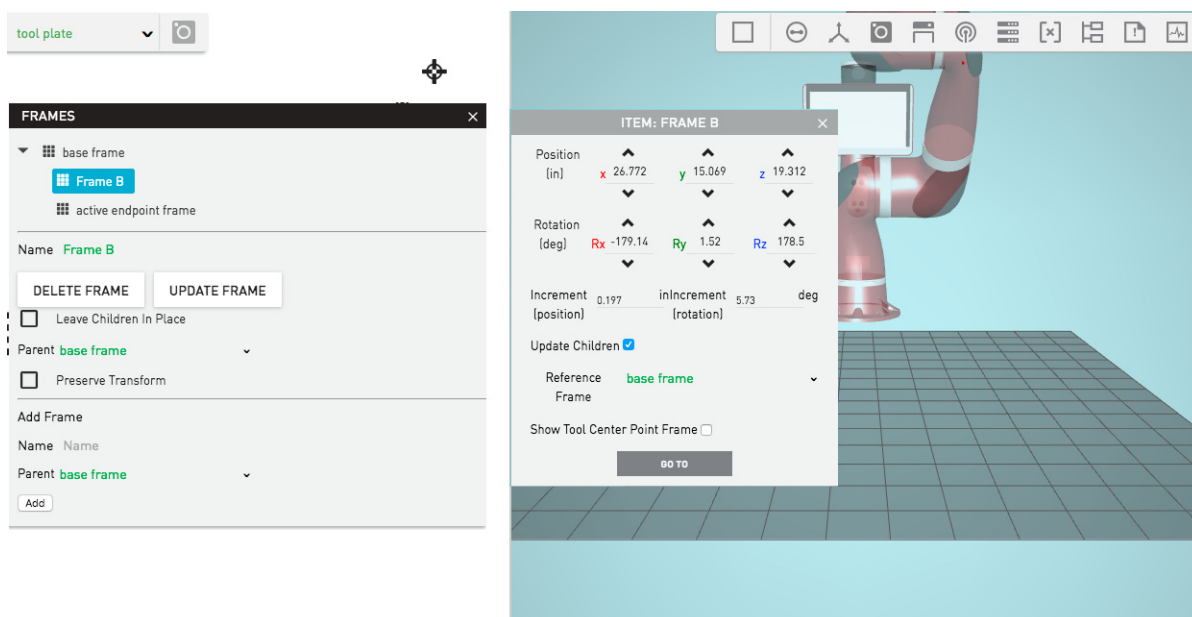
坐标系 - 显示创建的所有坐标系。坐标系可以与末端执行器、样式、地标或用户定义相关联。

在到达基准坐标系前坐标系参考父坐标系。每个子系统缩进显示。



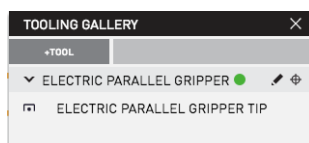


在本例中，坐标系 B 和当前选定端点坐标系为基准坐标系的子系。



快照编辑器 - 快照编辑器让您可以轻松：训练任务使用的快照，包括机械臂摄像机定位和检查；添加地标；向机器人的基准坐标系交叉注册外部视觉系统。

工具库 - 使用工具库创建和编辑机械臂末端工具及其他各种工具。可以保存和存储几乎任意数量的工具数据。



信号 - “信号”标签用于编辑与 Sawyer 连接的设备的输入和输出信号。

设备 - 设备面板用于设置 Modbus、TCP/IP 以及 现场总线 (PROFINET®, EtherNet/IP™) 设备。



Sawyer 的内部 Moxa I/O 单元自动显示为设备 “机器人 IO”。

DEVICE EDITOR			✕
Name		Status	+ ✕
<input type="checkbox"/>	TCP OUT	●	
<input type="checkbox"/>	TCP IN	●	
<input checked="" type="checkbox"/>	Robot IO	●	

绿色状态灯表示设备通信正常。红色表示未进行通信。橙色表示尝试建立通信。

要删除设备，请选中其绿色方框，然后选择删除图标。（您无法删除内部 Moxa I/O。）

您可以单击铅笔图标以显示机器人 IO 设备详情。此设备有 8 个输入和 8 个输出，它们显示为端口，与设备上的物理连接相对应。DI 对应的是 8 个输入 0-7，而 DO 对应的是 8 个输出 0-7。您也可以编辑设备的名称前缀和信号范围。

DEVICE EDITOR		✕
GALLERY	SAVE	
type	modbus	
ID	IO	
name	Robot IO	
ip/hostname	203.0.113.129	
INPUT PORTS		
name prefix	DI_	
signal ranges	0-7	
OUTPUT PORTS		
name prefix	DO_	
signal ranges	0-7	



要创建设备，请返回设备库（如有必要）并单击 + 图标。将显示以下面板。

选择 Modbus 或 TCP/IP。

上图是 modbus 设备的设备编辑器面板。新设备需要用户指定的名称和 IP 地址。要进行通信，必须正确配置设备和机器人的 IP 地址。输入和输出端口信号范围与用于和设备特定端口或寄存器通信的 Modbus 线路相对应。完成后单击“保存”。

程序和创建 TCP/IP 设备基本相同。

有关现场总线的附加信息，请参阅第 127 页的“现场总线装置”。



DEVICE EDITOR

← GALLE...

NAME + IP : NULL, :4000

SAVE CANCEL

ID
name Device Name
INVALID DEVICE NAME

Sawyer will connect to a device
ip/hostname IP/hostname
ENTER A VALID IP ADDRESS [E.G. 192.168.1.1] OR HOST
port 4000

UNPACK DATA - IN

DEFINE DATA - IN

PACK DATA - OUT

DEFINE DATA - OUT

变量 - 创建可在条件中使用的用户定义的变量。

USER VARIABLES

+ Variable

GO BACK SAVE

Name Name *Invalid Variable Name

Data Type Integer

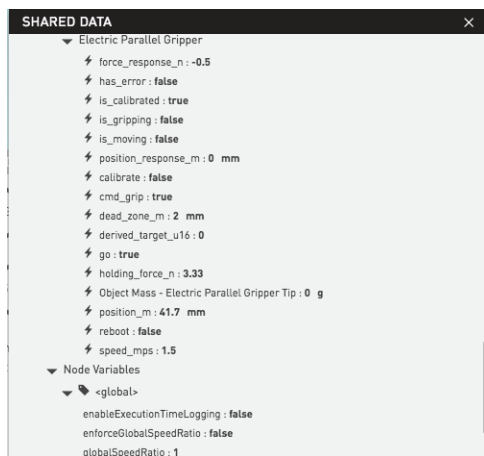
Data Source ☒ Value ☐ Reference Another Item

Default value Default value Value Required

Can be modified? Read write, task can change value



共享数据 - 存储工作区中每个项目的所有数据。显示变量和信号的当前状态，由系统或用户创建。如果想要独立执行行为编辑器，则可以查看并设置这些直接来源于“共享数据”的变量中某些变量的值。变量可在用户添加信号、创建端点或创建循环节点时自动添加到“共享数据”中。

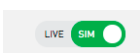
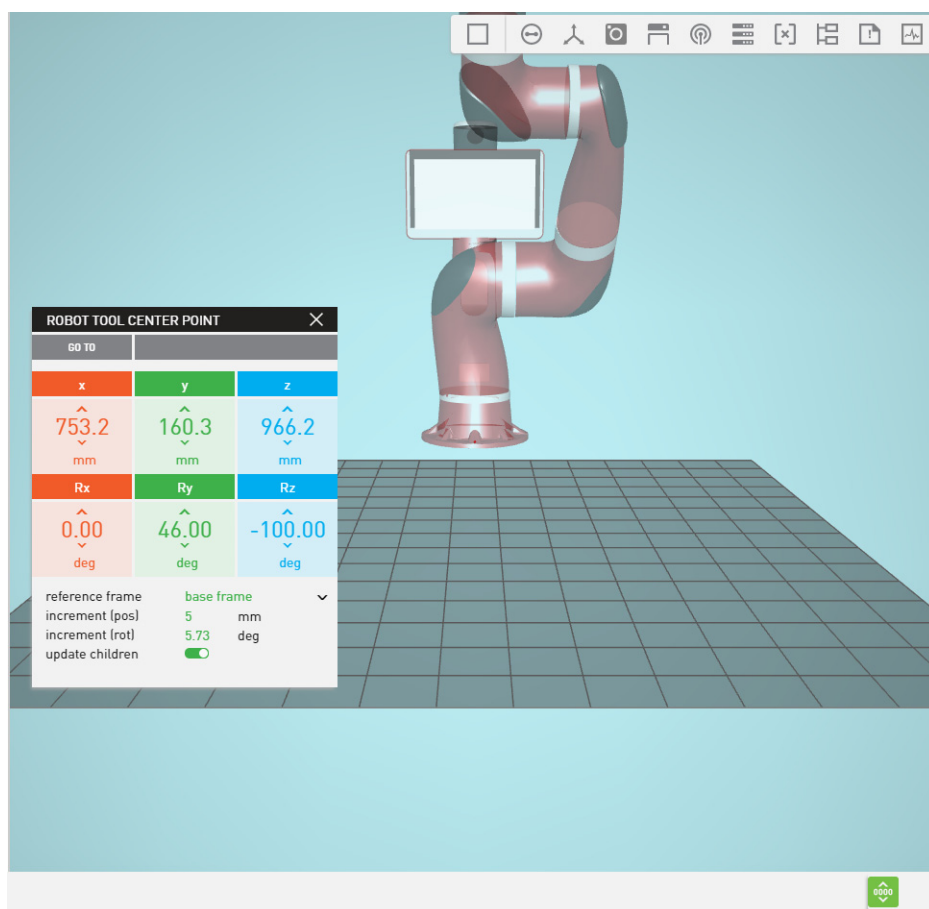


错误日志 - 显示错误消息和其他错误信息，最新错误信息位于最上面。



3D 视图

屏幕右侧的 3D 视图将执行您通过节点创建的操作。机器人机械臂模拟器还可与 Itera Studio 软件控制的实际 Sawyer 并行运行。

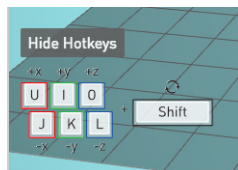




实时和 SIM 切换 - 在实时（对于机器人）和 SIM（虚拟模拟）模式之间切换。仅在连接机器人时才能在软件中运行虚拟模拟。但是，机器人将无法移动。



单击显示模拟器的 Jog 快捷键。



U、I 和 O 以及 J、K、L 键可移动轴上的端点。按住这些键的同时按住 Shift 键以围绕轴移动端点。

如何更改模拟机器人机械臂视图

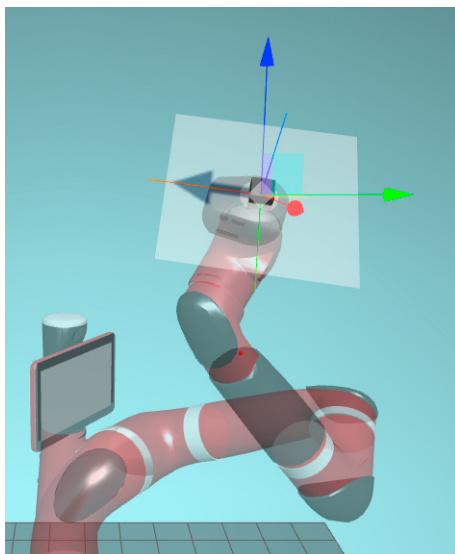
可使用多种方法更改模拟机器人机械臂图像视图。

- 要“平移”（左右、上下平移图像），请先按住鼠标右键，然后按住左键并拖动。还可以按住空格键，单击并拖动。
- 要旋转图像，请按住鼠标右键并拖动。
- 使用滚轮进行放大和缩小。



如何移动模拟机器人机械臂

单击模拟机器人将其选中。随即显示 3D 控制器。



3D 控制器在功能和操作方面与 3D 计算机图形程序中使用的控制器类似。

请注意，单击机器人图像的位置十分重要。例如，如果您靠近机械臂末端单击，则您可能会单击已创建的构型（由蓝点表示）。如果您进一步单击机械臂，则会突出显示机械臂，而不会创建构型。

单击轴箭头并拖动，即可将移动范围限定在所选坐标轴。

- x 轴 - 红色
- y 轴 - 绿色
- z 轴 - 蓝色

GO TO

要更新机器人机械臂的位置，请单击“转到”按钮。模拟机器人机械臂随后将移动到该位置。如果存在与 Intera Studio 连接的活动 Sawyer 机器人，则其机械臂将随着模拟机器人机械臂缓慢移动。



ROBOT TOOL CENTER POINT		
GO TO		
x	y	z
753.2 mm	160.3 mm	966.2 mm
Rx	Ry	Rz
0.00 deg	46.00 deg	-100.00 deg
reference frame		base frame
increment (pos)		5 mm
increment (rot)		5.73 deg
update children		<input checked="" type="checkbox"/>

“直角坐标视图” - 是 3D 视图的界面，二者均显示与 3D 空间中所选项目相关的信息，并允许您对其进行编辑。本例显示了路径点的属性：其位置、旋转数据等。可通过输入新数值或单击向上和向下箭头来更改路径点的数据。这将会更改所选路径点在 x、y 和 z 方向的位置和/或旋转数据。



机械臂末端工具

如需了解关于 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽的信息，请参阅在线用户指南，网址为 mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

“机械臂末端工具”指的是连接在机器人机械臂末端的工具，机器人通过此工具与环境中的各个部件进行互动。Rethink 提供 Sawyer 使用的可选配件，即 ClickSmart 系列夹具套件。有关上述配件与 Sawyer 进行连接的说明，请参阅 Rethink Robotics 相应指南。

连接机械臂末端工具

Sawyer 末端板根据 ISO 9409-1-40-4-M6 标准螺栓样式的 M6 螺栓而设计。

要使用 ClickSmart 板和/或夹具套件，必须首先连接 Sawyer 配件箱中随附的 ClickSmart 板（机器人侧）。然后将每个 ClickSmart 夹具套件中随附的 ClickSmart 板（工具侧）连接至系统的机器人侧。

如何配置末端执行器

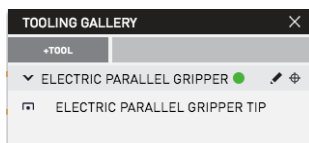
在根据夹具套件所附说明连接末端执行器之后，必须配置夹具方可使用。

单击顶部工具栏中的“工具库”图标：





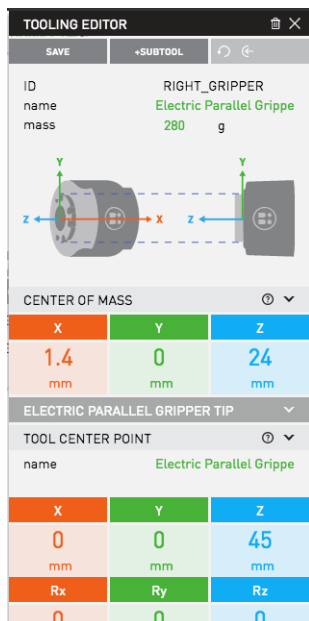
将显示工具库信息：



注意：工具名称旁边的绿点表示工具已校准。请参阅第 63 页的“如何校准 Rethink 电动平行夹具”。

本例中 Intera Studio 识别并显示了 Rethink 的电动平行夹具及其中心点。（Intera 5 暂时无法识别第三方末端执行器，因而其配置与启动过程有所不同。）请参阅第 69 页的“如何启动第三方末端执行器的中心点”。）

选择电动平行夹具，然后单击铅笔（编辑）图标可显示夹具的详细信息，编辑夹具特征。



确保质量、质心（您可以将其保留为默认值）和位置 Z 正确无误。之所以插入夹具质量，是为了让 Sawyer 了解估计的质量大小和臂移动时它的位置。

请[访问此网址](#)（仅供参考），了解如何计算质心。



注意： 请注意，应从与腕套接触的适配器工具板的顶部到指尖末端测量工具中心点位置 Z。

TOOLING EDITOR

SAVE SUBTOOL

ID RIGHT_GRIPPER

name Electric Parallel Grippe

mass 280 g

CENTER OF MASS

X	Y	Z
1.4 mm	0 mm	24 mm

ELECTRIC PARALLEL GRIPPER TIP

TOOL CENTER POINT

name Electric Parallel Grippe

X	Y	Z
0 mm	0 mm	140 mm
Rx	Ry	Rz
0	0	0

更新后单击保存。

添加 CLICKSMART 夹具

注意： 有关最新信息，请参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。

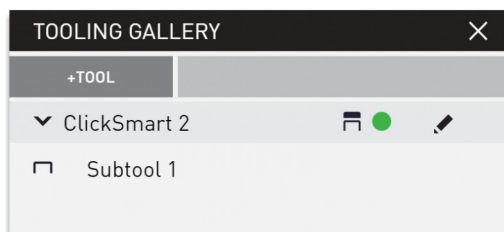
步骤概览

- 设置夹具名称。
- 设置质量和质心。请注意，设置质量、COM 和工具中心点对于发挥机器人的最大功效至关重要。
- 设置 TCP。
- 选择夹具类型。
- 测试抓取、打开和关闭信号。根据需要反转信号和调整传感器位置。
- 保存设置并退出。



详细步骤

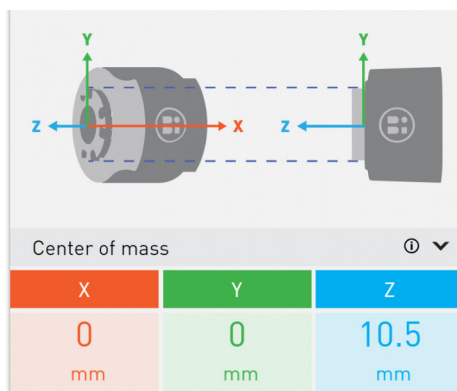
1. 按照最新用户指南中的说明装配此夹具并将其连接到机器人上。
2. ClickSmart 夹具将被软件识别出来并显示在工具库中。



3. 选择铅笔图标以展开智能板的工具编辑器。
4. 在面板的顶部，对夹具进行重命名并输入夹具与 ClickSmart 板的质量之和。



5. 根据夹具的 CAD 图纸或测量值输入质心的坐标。按照图示的 x、y 和 z 轴的定义进行操作。





6. 编辑工具中心点 (TCP), 以提供指尖的最精确表示。例如, 如果夹具居于 ClickSmart 板的中心, 提供训练腕套到夹具指尖的 Z 方向距离。应从与腕套接触的 ClickSmart 板机器人侧的顶部到指尖末端测量 TCP 位置 Z。
7. 设置方向预设和扭转, 以匹配夹具的实际配置。请注意, 这将更改当前选定端点的 x、y 和 z 方位。如果按照用户指南构建 PLG, 请选择 z+ 和 2。

SUBTOOL_X

Tool center point

name SUBTOOL_X

X	Y	Z
0	0	150
mm	mm	mm
Rx	Ry	Rz
0	0	90
deg	deg	deg

orientation preset z+

twist 2



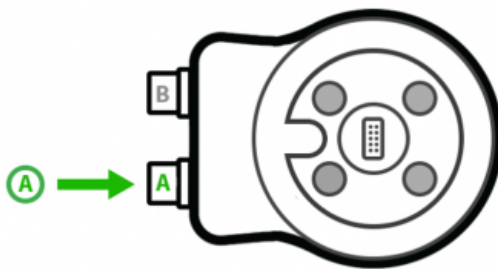
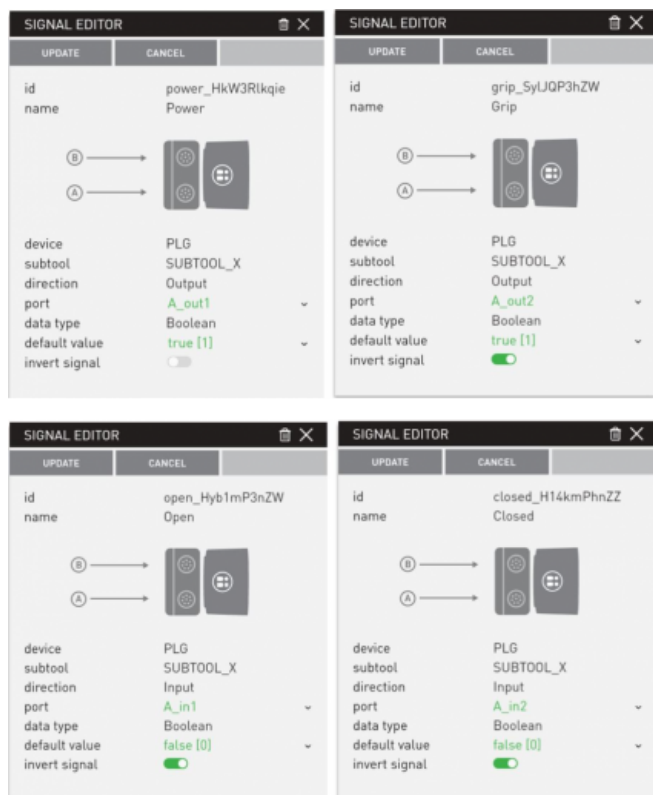
8. 缓慢向下移动工具编辑器，选择工具类型。对于气动夹具，请选择“夹具”。对于真空夹具，请选择“真空”。选择一种夹具类型后，将自动映射信号。

Signals		▼
tool type	Gripper	▼
actuation time	0.4 s	
Outputs		
POWER		✎
GRIP		✎
+ SIGNAL		
Inputs		
OPEN		✎
CLOSED		✎

9. 动作时间是指夹具闭合或真空吸盘紧紧抓取物体所需的时间。可以指定一个默认时间并可根据需要更改该时间。



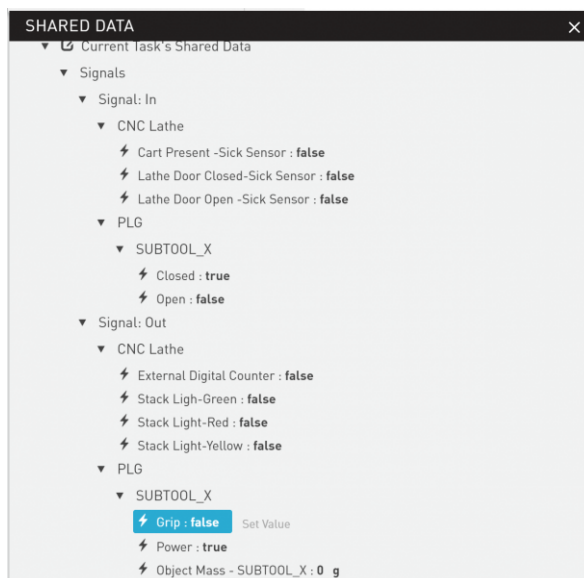
10. 配置夹具时使用的通道取决于夹具与 ClickSmart 板上的哪个端口连接。如果仅使用一个气动制动机，请使用端口 A。Intera 软件将自动填充四个信号。选择铅笔图标可检验信号是否正确配置，但在使用 ClickSmart 夹具套件时不必进行此操作。



11. 可以更改除“电源”信号以外的任何信号。可以根据设置和任务定义抓取信号、打开信号和关闭信号。例如，从外部抓取物体和从内部抓取物体，打开信号和关闭信号将不同。打开信号和关闭信号由传感器在夹具中的位置确定。关于默认信号设置的说明，请见本部分末尾。
注意：如果按照用户指南构建 PLG，请关闭抓取信号的“反转信号”。



12. 要测试信号，请打开共享数据，如果打开信号和关闭信号按预期响应，将抓取信号切换为测试。



注意：对于 PLG 和 PSG，“打开输入”和“关闭输入”来自两个在气动夹具任一侧滑动的磁性传感器。可能需要使用夹具套件中的最小六角板手来调整传感器位置。请按照在线用户指南中以下页面中的说明调整传感器位置。

[大气动夹具 \(PLG\)](#)

[小气动夹具 \(PSG\)](#)

13. 选择工具编辑器面板顶部的“保存”按钮，将所有配置设置保存至 ClickSmart 板。
现在，可以在任务中使用夹具。



在任务中使用夹具

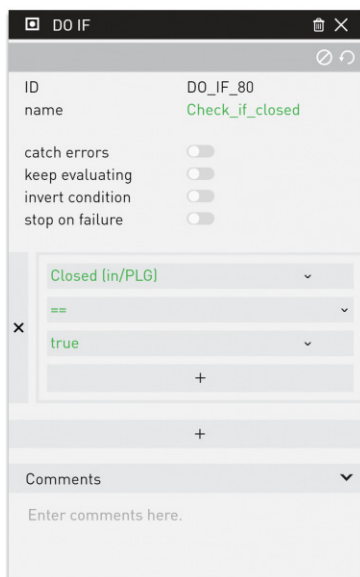
要打开或关闭气动夹具，请按照如下所示使用 SET TO 节点将“抓取”分别设置为假/0 或真/1。

The screenshot shows a configuration window titled "SET TO". It contains the following fields and options:

- ID**: SET_TO_79
- name**: Grip_Part
- Grip (out/PLG)**: A dropdown menu with a downward arrow.
- set to**: A dropdown menu with a downward arrow.
- true**: A dropdown menu with a downward arrow.
- A plus sign (+) button for adding more nodes.
- Comments**: A dropdown menu with a downward arrow.
- Enter comments here.**: A text input field.



要检查夹具是打开还是关闭，请使用 DO IF 节点。检查状态打开 == 真或关闭 == 假。



Intera 中 ClickSmart 夹具的默认信号设置：

对于气动夹具：

I/O	信号	默认值	反转信号
输出	电源	真	关闭
输出	电源	真	开启
输入	打开	假	开启
输入	已关闭	假	开启

- 需要反转抓取信号，以便在气动阀电源关闭时，平行制动机处于关闭状态，以保持抓取部件，使部件不致意外坠落。
- 首次将夹具插入到机器人中时不应启动夹具，以便将默认的抓取值设置为真，此值在反转后将变成假。



- 应反转“打开”和“关闭”输入信号，因为用于检测打开和关闭状态的磁性传感器是 PNP 传感器。这意味着，当此传感器开启时，它会发送关闭信号；而当其关闭时，会发送打开信号。必须反转“打开”和“关闭”信号，以便在此传感器开启时相应的信号也打开。
- 在使用小气动夹具时，端口 A 和端口 B 的信号设置应相同。
- 更改空气软管连接可能会影响抓取信号的设置。

对于真空夹具：

I/O	信号	默认值	反转信号
输出	电源	真	关闭
输出	真空开启	真	开启
输入	真空传感器	传感器电压 = 5 伏	不适用
输入	真空阈值	50	不适用

- 需要反转“真空开启”信号，以便在气动阀电源关闭时，真空发生器仍然开启，以保持抓取部件，避免部件意外坠落。
- 首次将夹具插入到机器人中时不应启动夹具（打开气源），以便将默认的“真空开启”值设置为真，此值在反转后将变成假。
- 当此阀电源开启时（阀上的橙色灯点亮），应关闭真空。当此阀电源关闭时（无灯点亮），应打开真空。
- 调整真空阈值，以便在夹具拾取感兴趣的物体时，共享数据中的传感器值超过此阈值。
- 在使用小真空夹具时，端口 A 和端口 B 的信号设置应相同。

设置注释

请按照以下说明在 Intera Studio 中设置 ClickSmart 夹具：

- 设置夹具名称。
- 设置质量和质心。
- 设置 TCP。
- 选择夹具类型。
- 测试抓取、打开和关闭信号。根据需要反转信号和调整传感器位置。
- 保存设置并退出。



最佳实践

- 在共享数据中切换抓取信号，根据实际夹具动作验证抓取信号、打开信号和关闭信号是否正确设置。
- 将夹具套件中附带的盖添加到 ClickSmart 板中未与夹具连接的通道端口。
- 保存配置时请勿拆卸 ClickSmart 板。

故障排除

- 如果机械臂始终移动到遗漏拾取位置，请检查确保已关闭的传感器在夹具夹紧部件时未开启，而在夹具闭合和未能拾取部件时开启。

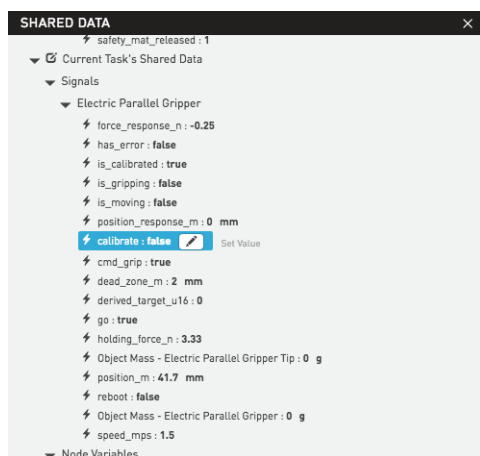
如何校准 Rethink 电动平行夹具

Rethink 电动平行夹具必须经过校准才能使用。在校准过程中会打开、关闭夹具，因而校准期间夹具不应持有对象。

1. 将夹具插入 Sawyer 中后，单击顶部工具栏中的“共享数据”图标：



2. 将显示“共享数据”面板。在“电动平行夹具”下，校准被设置为“假”：





3. 单击 “calibrate: false”（校准：假）以突出显示。

注意：请勿将 “calibrate” 与 “is_calibrated” 混淆。

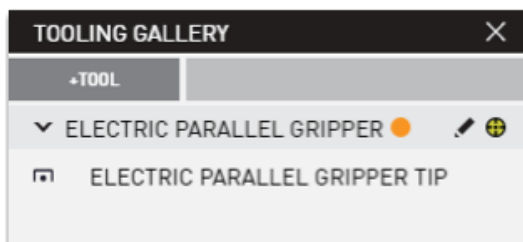
4. 在 **True**（真）中单击 “设置值” 和类型或单击数字 **1**，然后按下 Enter。

可以看到共享数据窗格中的部分数字在夹具校准期间迅速更改。is_calibrated 和 calibrate 的值从假变为真。

如果夹具中存在对象，is_gripping 的值也将变为真。

要打开和关闭夹具，请更改 cmd_grp 的设置值。输入值 0 以打开夹具。输入值 1 以关闭夹具。

您也可以在工具库中单击夹具名称旁边的黄点来校准夹具。当此点变成绿色时，即表明工具已校准。

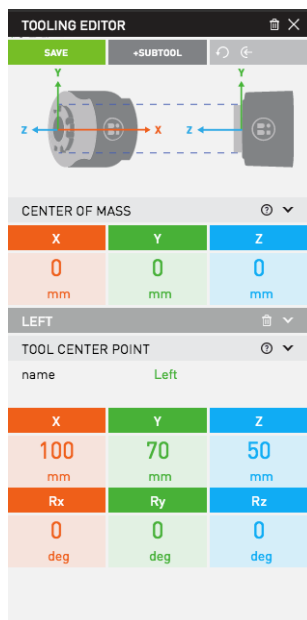


添加带双重工具的机械臂末端工具

1. 单击工具库图标以显示工具库。
2. 单击 **+ 工具** 图标。
3. 添加末端执行器的名称、质量和质心。

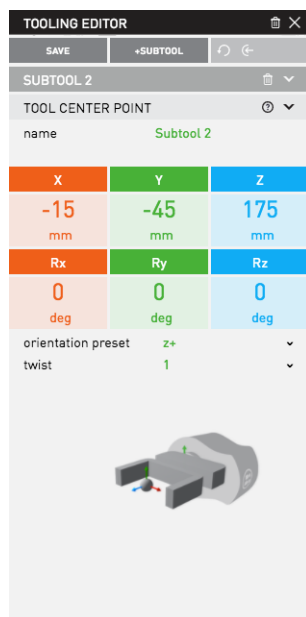


4. 添加第一个中心点的名称，其 X、Y 和 Z 的位置及其在相应位置的方向。例如：



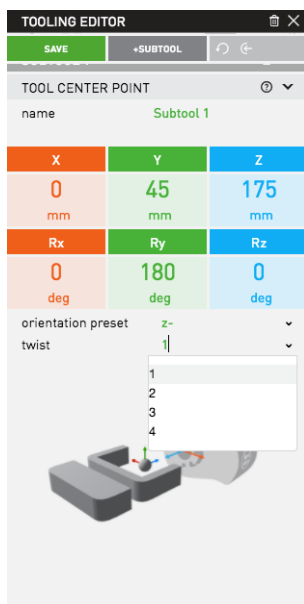


5. 要添加第二个工具，请单击 **+ 子工具**。



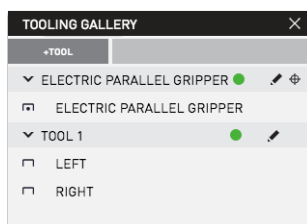


6. 根据需要，命名第二个工具并提供其位置和方向。您可以从下拉菜单中选择一个新方向，例如：



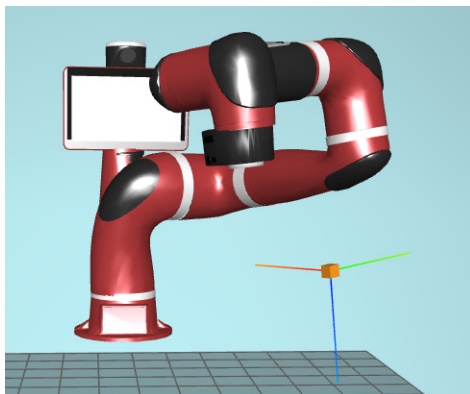
7. 单击**保存**。

以下是带“左”和“右”两个工具的机械臂末端工具的工具库面板：



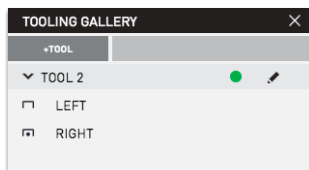
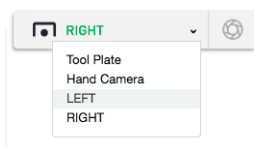


新工具在机器人 3D 视图中显示为橙色块。



本例中共显示三个立方体。位于机械臂末端的黑色立方体代表工具板。其他两个绿色立方体代表“左”和“右”两个端点，用于显示机器人在 3D 空间中执行操作的位置。已选择“右”工具作为当前工具中心点，并显示其轴。


您可以从窗口左上角的“工具”下拉菜单中进行选择或从工具库中选择工具，以选择要激活的端点。每次只能激活一个中心点。

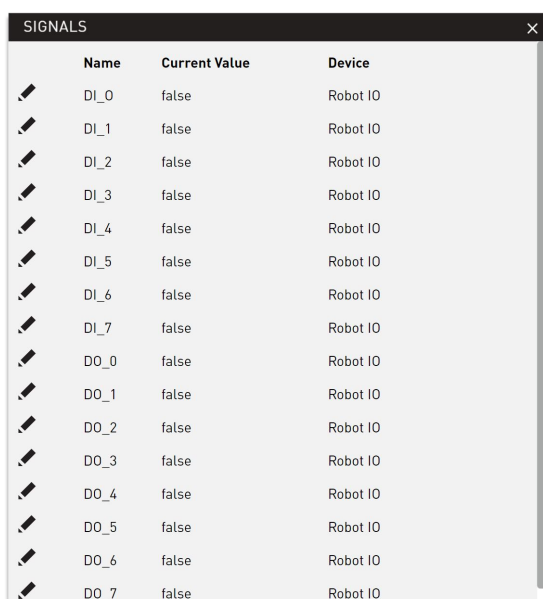




















如何启动第三方末端执行器的中心点

要在不使用 ClickSmart 板的情况下启动第三方末端执行器，必须使用机器人控制器内的 Moxa I/O 设备创建信号。

1. 单击顶部工具栏中的信号图标  以显示“信号”面板。



The image shows a screenshot of the 'SIGNALS' panel in a software interface. The panel has a title bar with 'SIGNALS' and a close button. It contains a table with three columns: 'Name', 'Current Value', and 'Device'. The table lists 16 digital I/O signals, all with a 'false' current value and 'Robot IO' device. Each row has a small edit icon (a pencil) to the left of the 'Name' column.

	Name	Current Value	Device
	DI_0	false	Robot IO
	DI_1	false	Robot IO
	DI_2	false	Robot IO
	DI_3	false	Robot IO
	DI_4	false	Robot IO
	DI_5	false	Robot IO
	DI_6	false	Robot IO
	DI_7	false	Robot IO
	DO_0	false	Robot IO
	DO_1	false	Robot IO
	DO_2	false	Robot IO
	DO_3	false	Robot IO
	DO_4	false	Robot IO
	DO_5	false	Robot IO
	DO_6	false	Robot IO
	DO_7	false	Robot IO

2. 选择与您的硬件配置相对应的信号。例如，如果您将 MOXA I/O 设备中的数字输出 1 连接至末端执行器中的数字输入引脚，您需要选择 DO_1。您将需要对其进行重命名，并根据应用更改其默认状态。



3. 为此，请单击铅笔图标以显示“编辑信号”面板。

SIGNALS

Edit Signal

GO BACK

SAVE

ID	PORT_SOURCE_0
Name	DI_0
Device	Robot IO
Direction	Input
Port	DI_0
Data Type	bool
Default value	false

4. 选择信号名称。
5. 选择“保存”。

信号已编辑。

分配信号

编辑信号后，在行为编辑器中创建一个包含“设置值”节点的任务，并将已编辑的信号分配至此节点。然后根据是要打开还是要关闭工具，将信号值设置为 1 或 0。

最后，在“设置值”节点的 out/Object Mass（机械臂末端工具的名称）中添加末端执行器的重量。



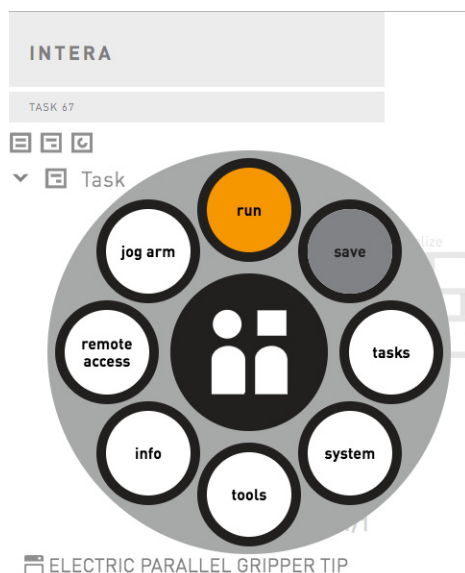
在头部屏幕上训练简单的拾取和放置

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

本教程向您演示如何使用机器人的按演示训练功能创建简单的拾取和放置任务，此任务可以完全在 Sawyer 的头部屏幕上完成。仅 Rethink 夹具和 ClickSmart 夹具支持按演示训练。

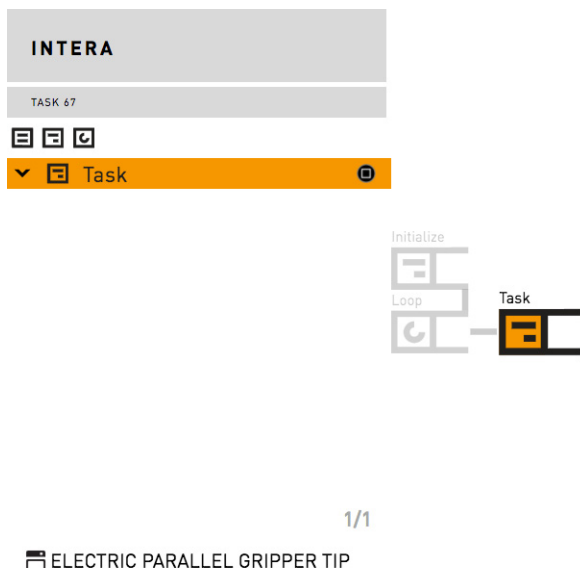
要完成本教程，您需要配备夹具适配器板和适当配置的 Rethink 电动平行夹具或 Rethink 真空夹具的机器人。夹具必须经过校准。如有必要请参阅第 63 页的“如何校准 Rethink 电动平行夹具”。

1. 启动机器人。
2. 按下导航器上面的 Rethink 按钮以显示“头部屏幕”菜单。





3. 使用选择符旋钮滚动并选择**任务**（按下此旋钮），然后滚动并选择**新建**。

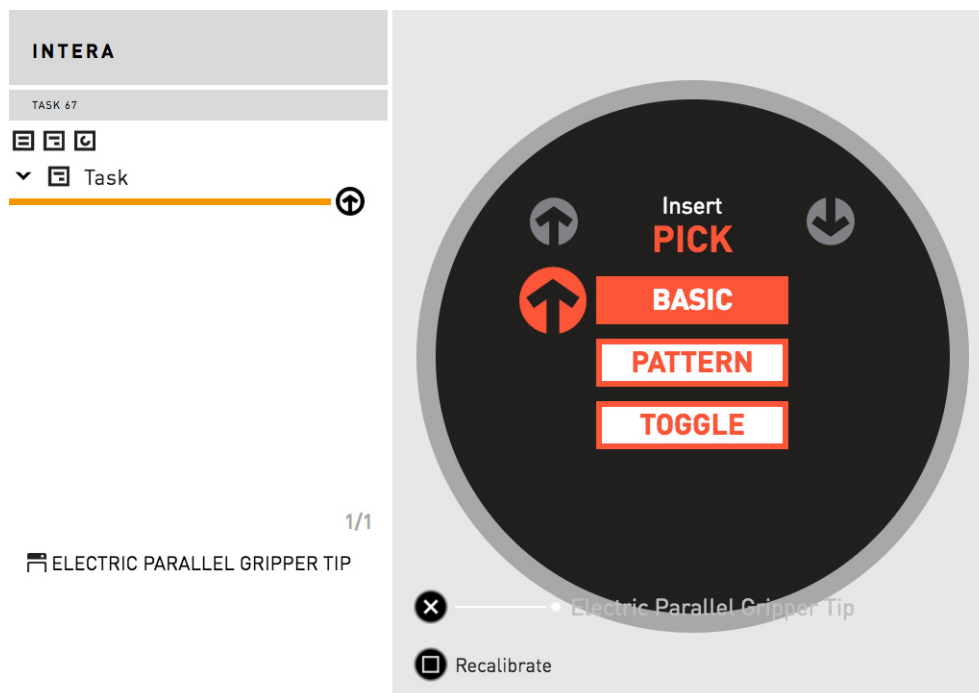


屏幕的左侧显示任务的列表视图，当前所选的工具显示在左下角（电动平行夹具中心点）。右侧显示树视图。请注意，任务节点已被选中。



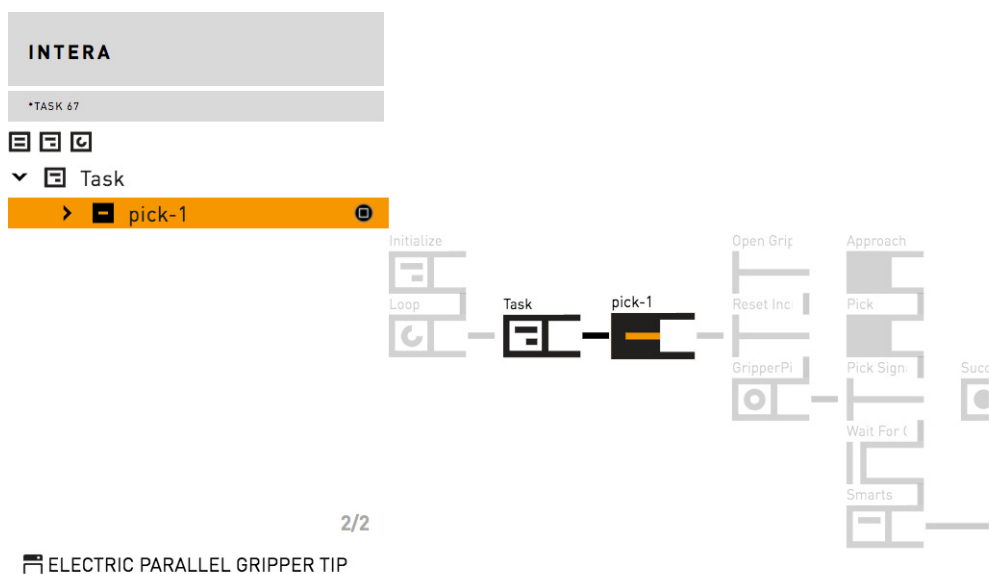
4. 在零重力模式下将机器人机械臂移动至拾取位置，即夹具位于拾取物体的位置，然后按下“抓取”按钮（腕套上的长按钮）。

将显示拾取选项菜单。默认选择为“基本”。

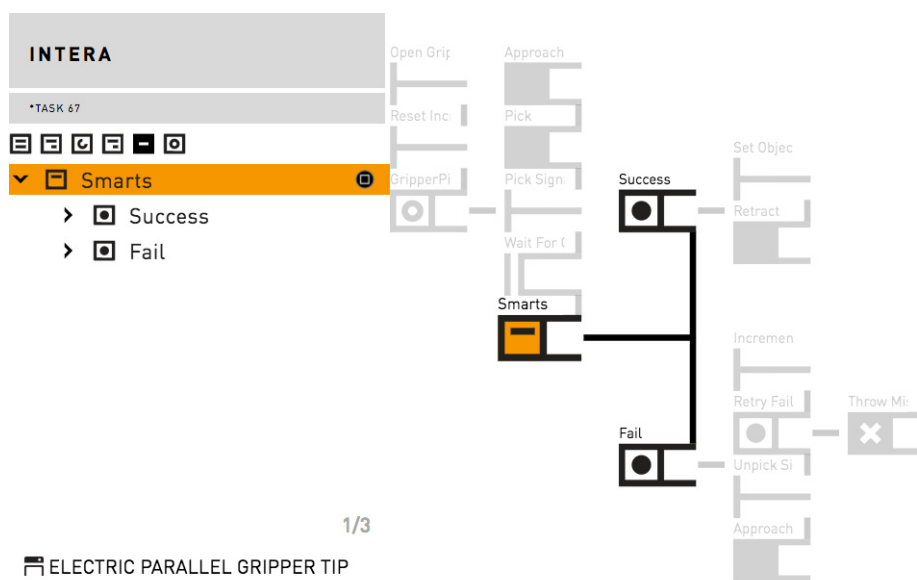




5. 按下“抓取”按钮以接受“基本拾取”选项。夹具将闭合并创建拾取分支。

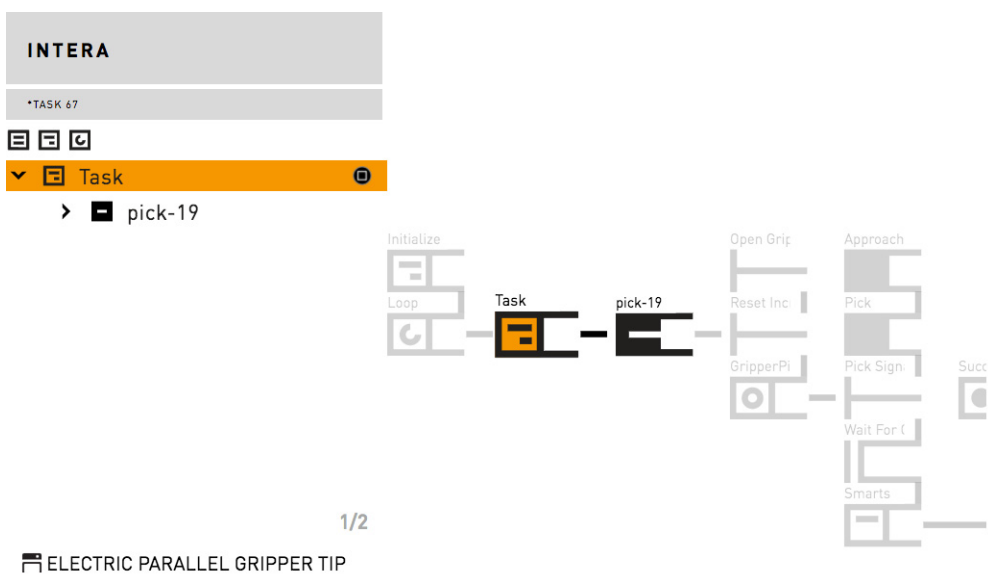


如果您要滚动至树上的“智能”节点，以显示其更多详情，您会看到以下分支，其中已定义“成功”和“失败”节点的操作（仅供参考）。（“成功”意味着夹具在抓取时感受到物体的作用力；“失败”意味着未感受到物体的作用力。）





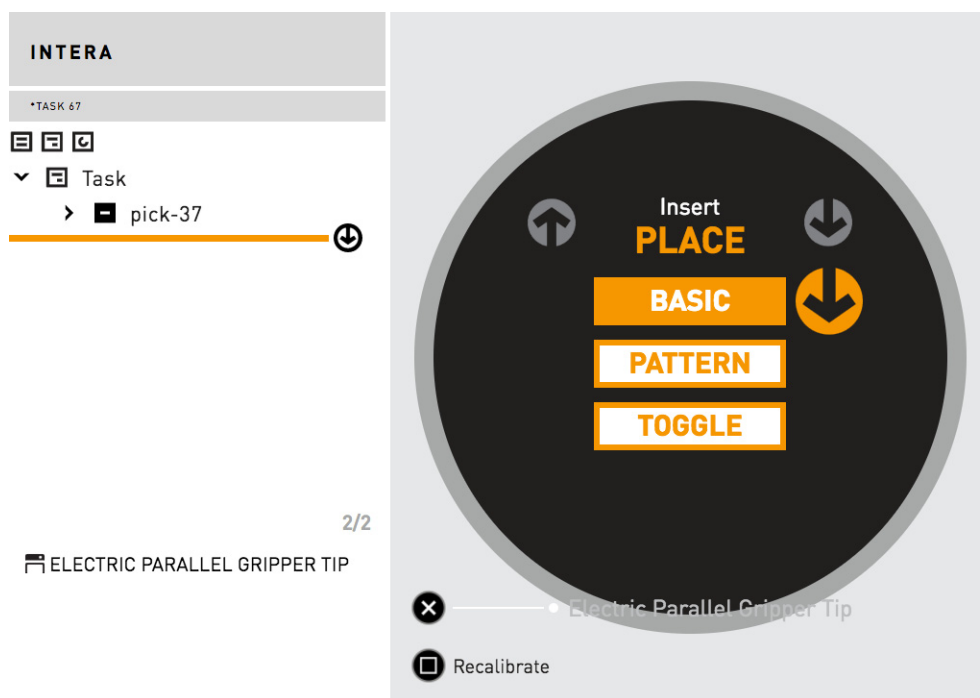
6. 返回到列表视图中的任务。



7. 在零重力模式下将机械臂移动到放置位置。

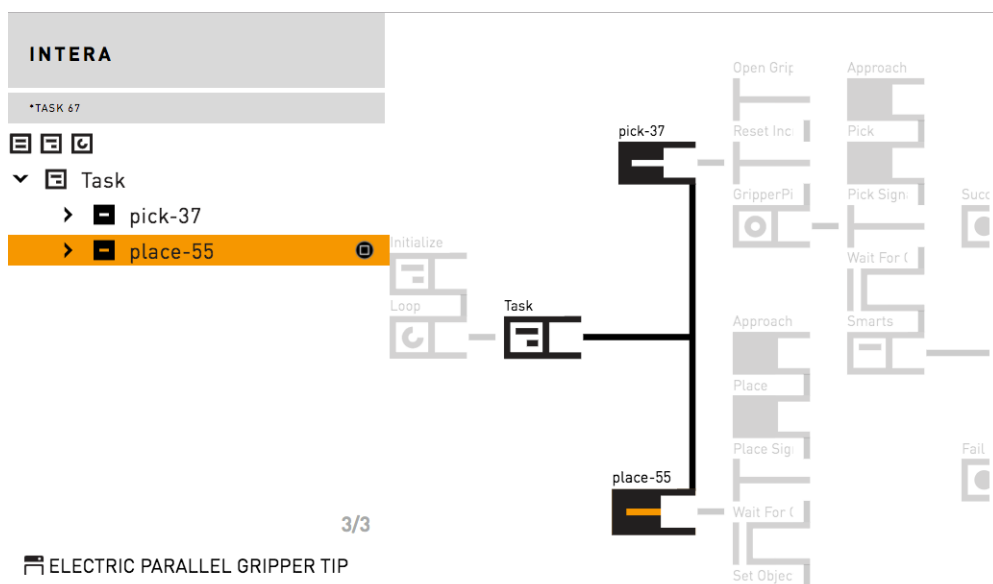


8. 按下“抓取”按钮以显示“放置”选项。

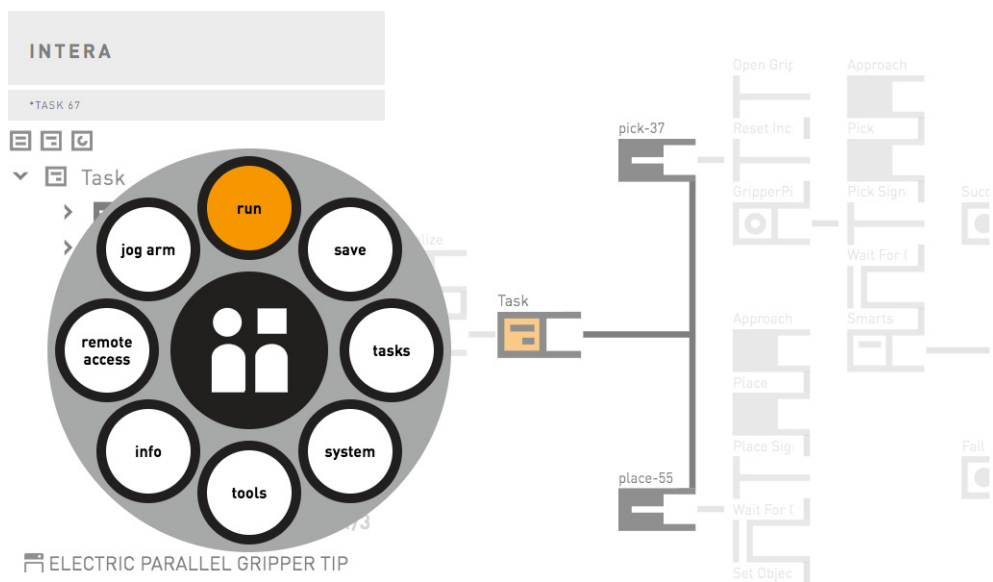




9. 按下“抓取”按钮以选择“基本拾取”选项。已创建“放置”分支。



10. 按下 Rethink 按钮以显示“头部屏幕”菜单。

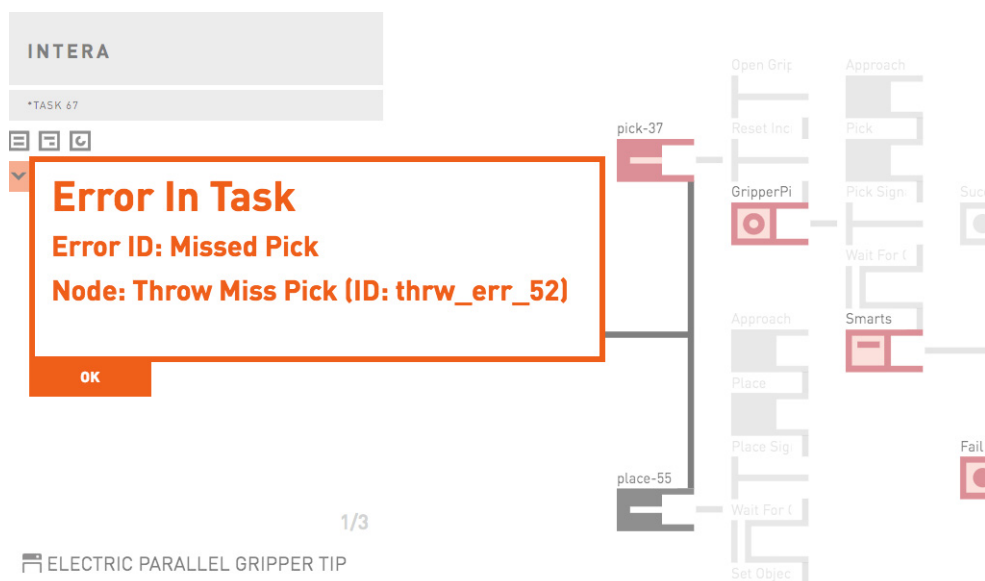




11. 选择**运行**，然后选择**重新启动**以运行任务。

基本拾取和放置任务应按照培训方式运行。

Sawyer 将识别拾取失败情况，如果出现两次拾取失败情况，将显示错误消息。





在头部屏幕上训练拾取和放置阵列

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

本教程向您演示如何使用机器人的按演示训练功能和阵列创建拾取和放置任务。

在 Intera 中，阵列是一个明显规则的模板。另外，阵列元素以可预见的方式重复。

换言之，在 Intera 中，阵列让您指定任务的边界，然后使用结构化的方式，并借助机器人机械臂姿势填充定义的此区域。

阵列可以是一维（例如，一排五个部件）、二维（例如一个 5x4 的网格）或三维的（例如一个 5x4 的 3 层网格，例如一个方框）。

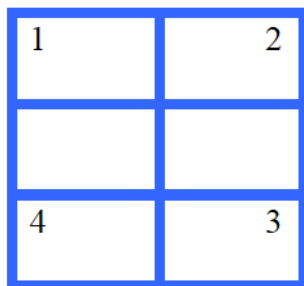
与之前的按演示拾取和放置训练一样，此任务可以完全在 Sawyer 的头部屏幕上创建。请记住，在 Intera 版本 5.1 中，仅对 Rethink 电动平行夹具支持按演示训练。

如果您尚未这么做的话，我们建议您阅读和完成上一章的学习后第 71 页的“在头部屏幕上训练简单的拾取和放置”再继续学习本章。

要完成本教程，您需要 Rethink 夹具或 ClickSmart 夹具。

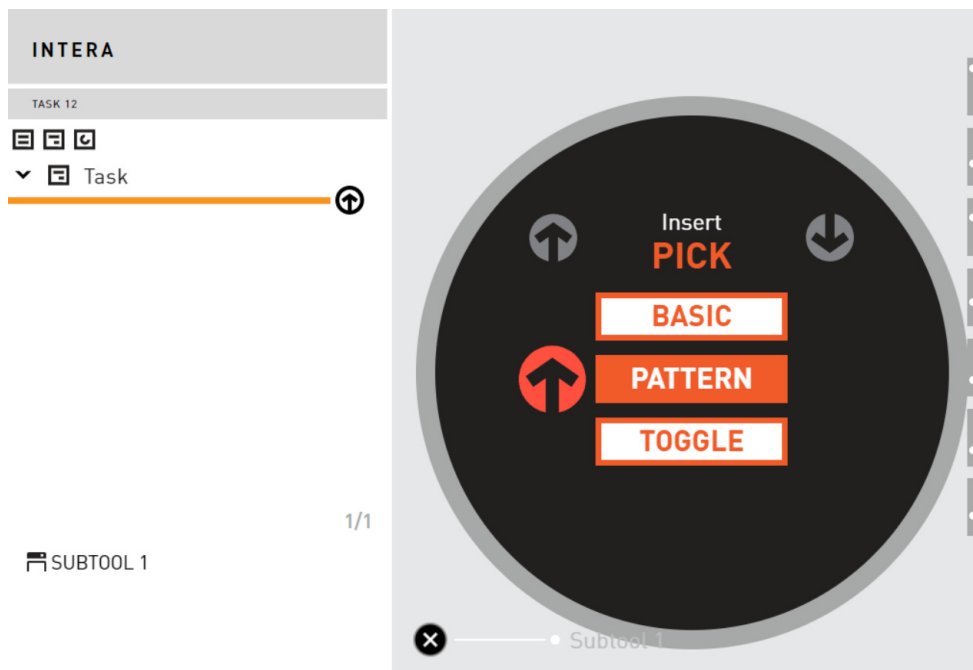


我们将使用以下 2x3 网格阵列表示拾取位置和边界：



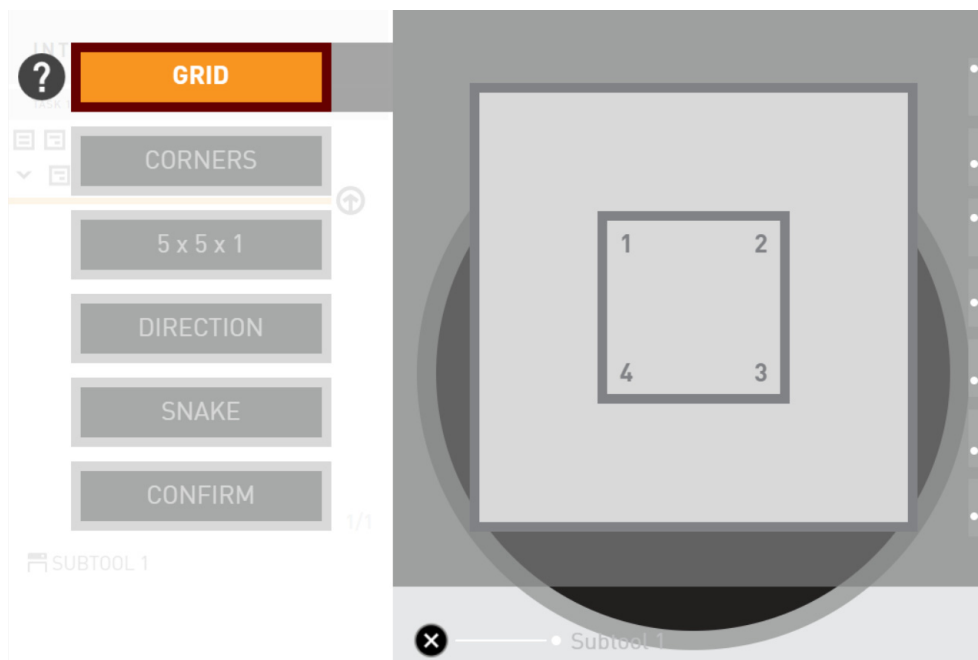
训练拾取阵列

1. 开始新任务。
2. 在零重力模式下将机器人机械臂移动至拾取位置的第一个点，在本例中，此点为 #1。这将是阵列的此角的外边界。
3. 按下“抓取”按钮。头部屏幕显示“插入拾取”菜单。



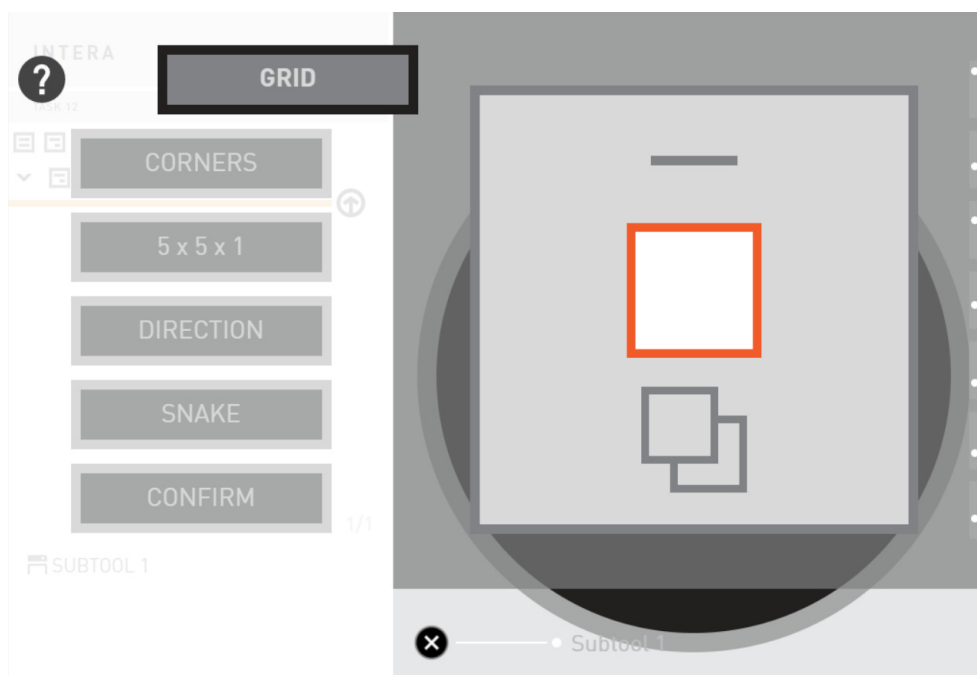


4. 滚动至**阵列**并按下“抓取”按钮以选择它。夹具将夹紧您要拾取的部件。现在，头部屏幕的左侧显示创建阵列需要执行的步骤。第一步是定义阵列的类型。





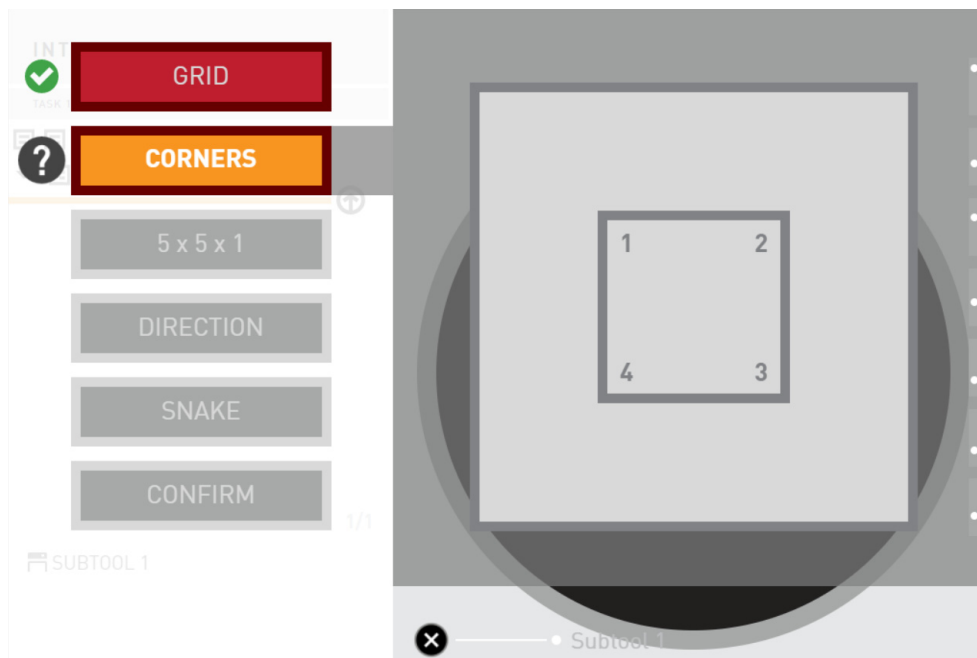
5. 按下导航器上的**确定**按钮。这将显示阵列选项类型：线条、网格和方框。



注意：当前正在执行的步骤在阵列创建步骤列表中缩进。



6. 如图所示，选择“网格”选项。

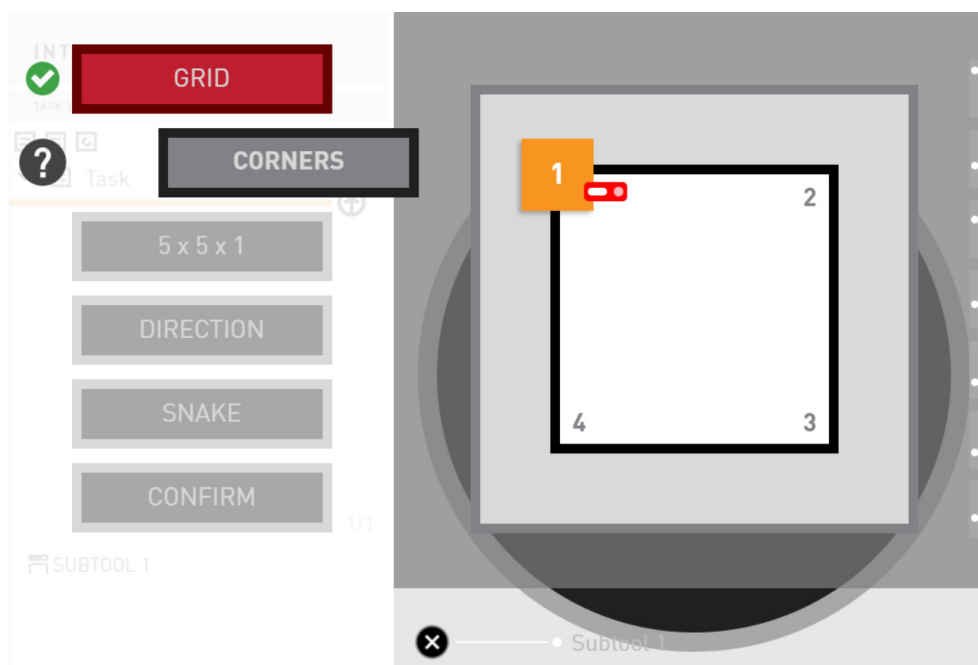


注意：在步骤列表中，现在“网格”有一个绿色勾号，表示已确认选中它。

由于您选择创建网格，下一步是定义它的四个角。



7. 按下“确定”开始定义角。

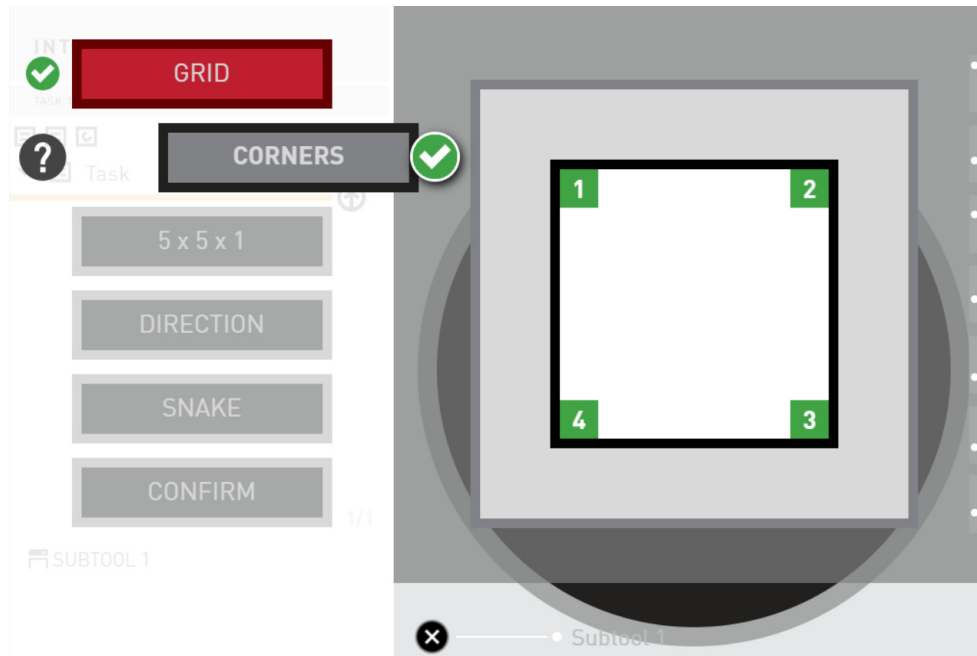


您现在将定义网格中第一个角的外角，即第一个部件的外部拾取位置。

8. 如果机器人机械臂尚未到达此处，在零重力模式下将它移动至第一个角，即 2x3 网格示例中的 #1。
9. 按下导航器上的确定按钮。（也可以使用“抓取”按钮或腕套上的圆形操作按钮。）
10. 对第 2、第 3 和第 4 个角重复以上步骤。务必按所示顺序定义角。

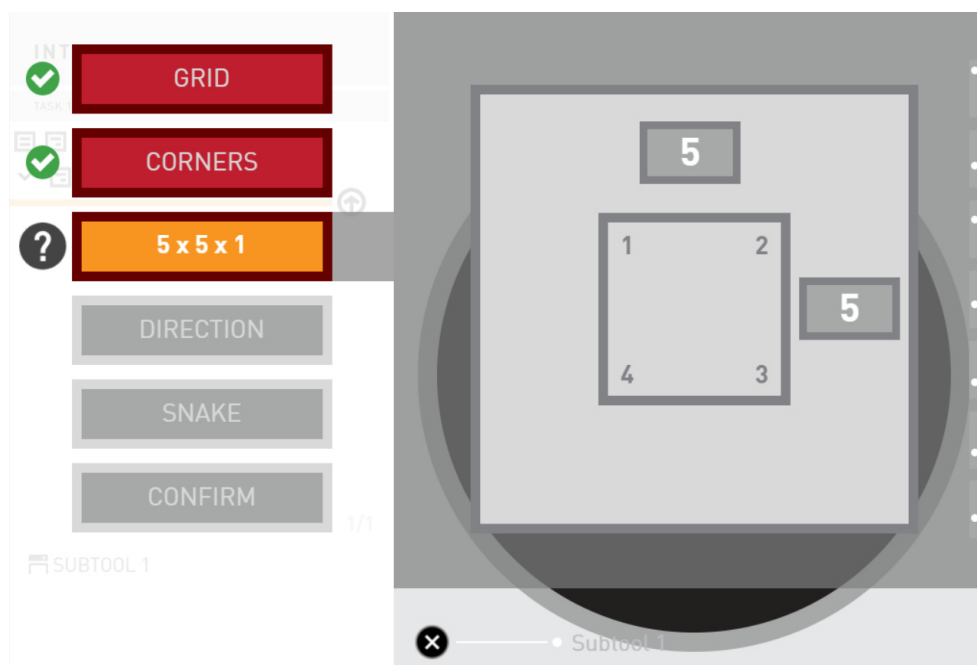


定义所有角后，您将看到以下显示内容：





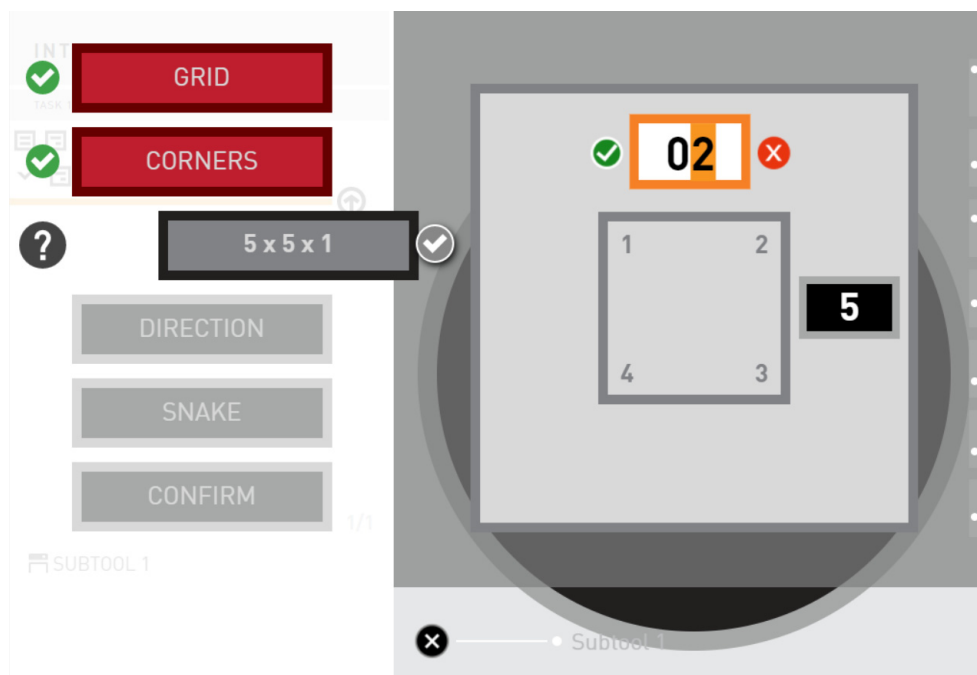
11. 按下“确定”前往下一步。



请记住，在我们的示例中，网格顶部 #1 角到 #2 角有 2 行，从 #2 角往下到 #3 角有 3 行。

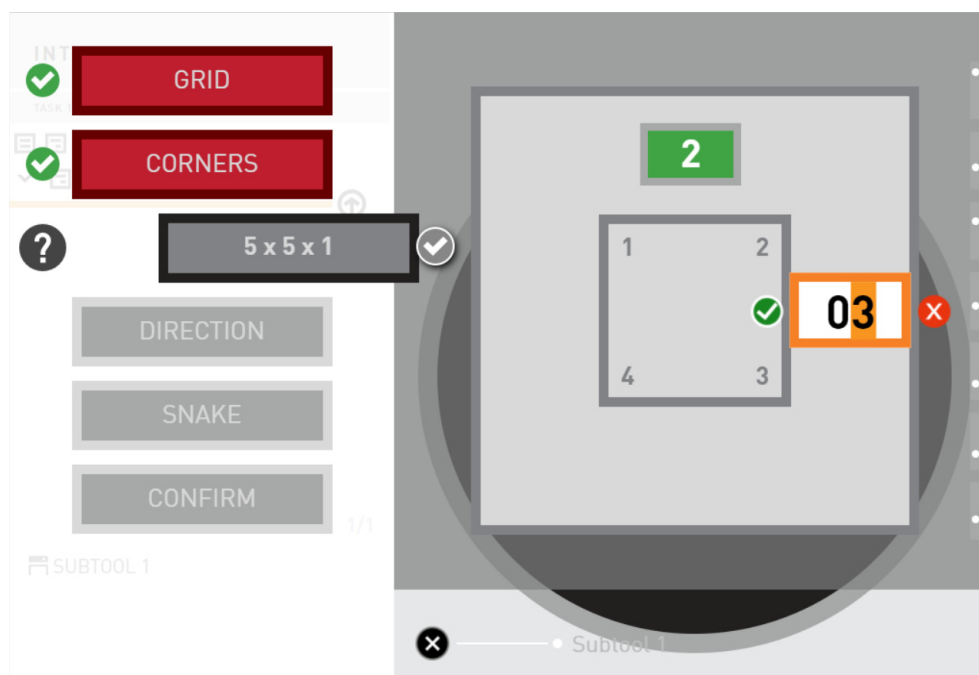


12. 滚动以显示屏幕顶部的方框中的 2，使用“确定”按钮选中它。



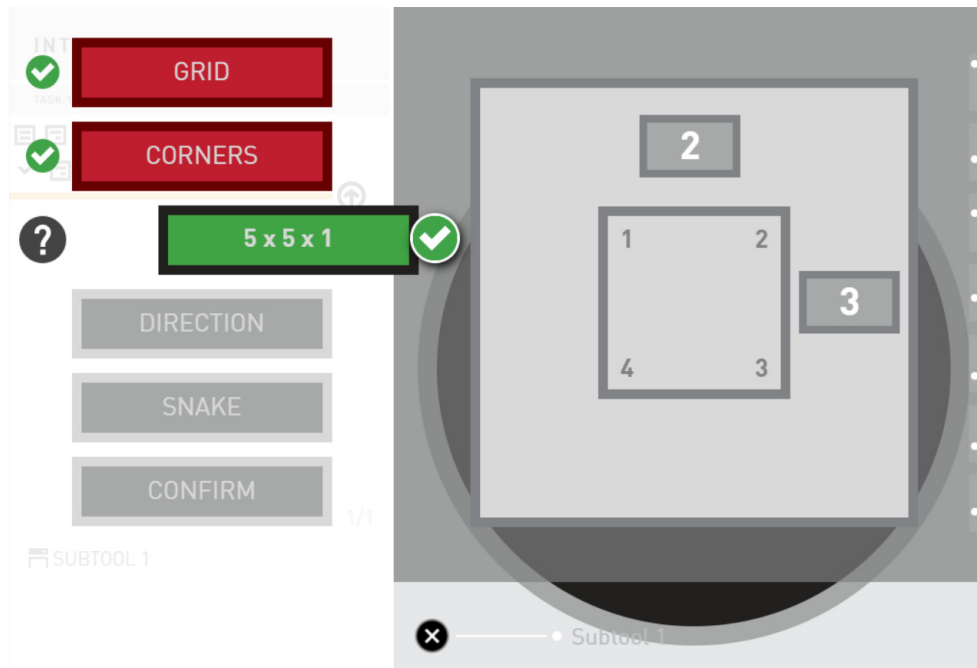


13. 从 #2 角到 #3 角有三行，因此滚动至屏幕右侧的小方框，将数字更改为 3，然后按下“确定”（如下所示）。



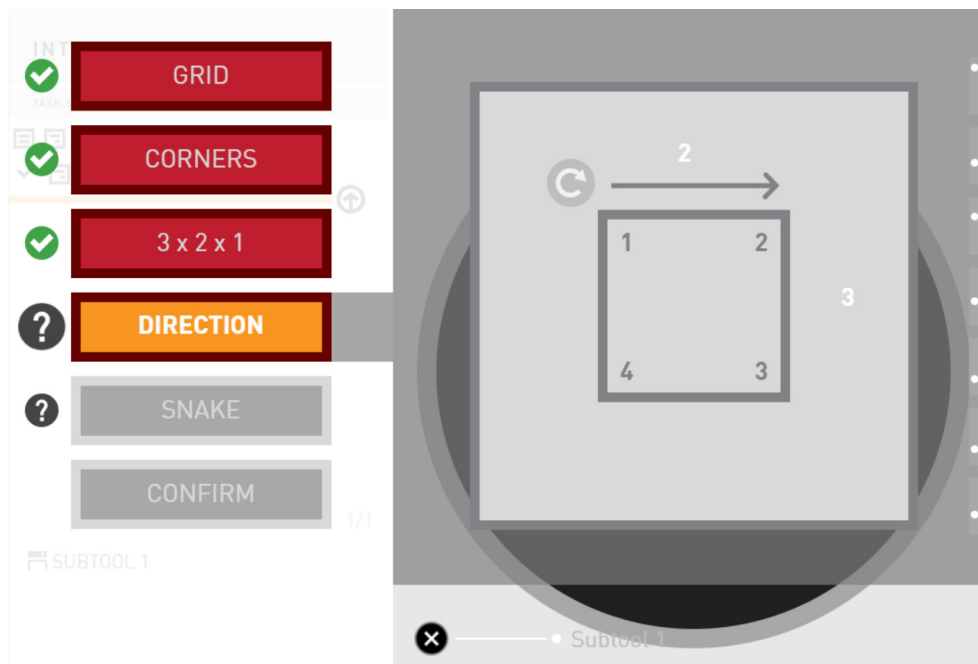


14. 滚动至 5x5x1 复选框，然后按下“确定”。行设置如下所示：



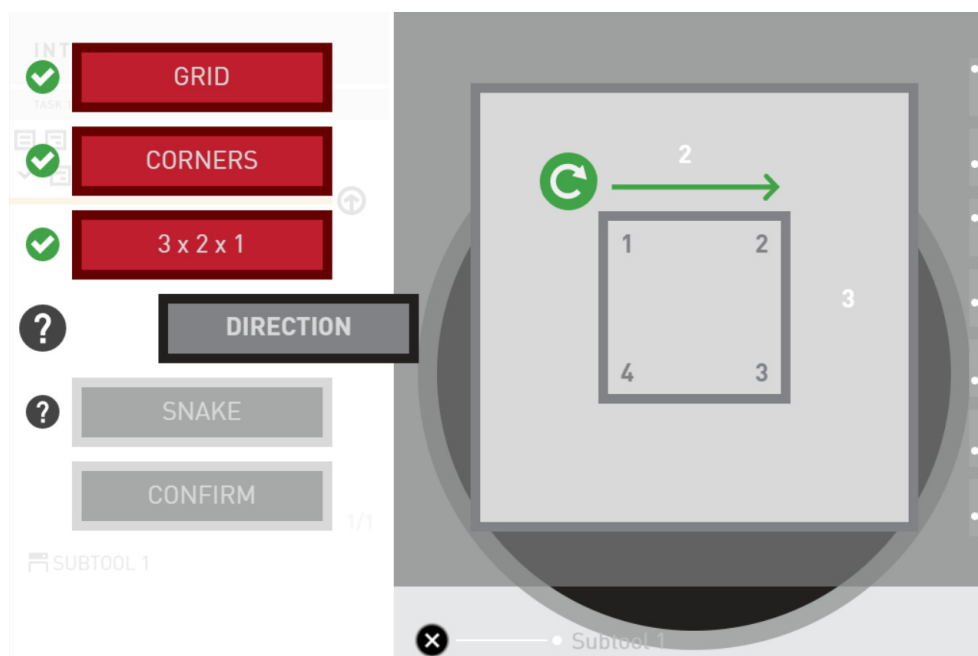


15. 按下“确定”前往下一步，定义方向。





16. 按下“确定”以便修改方向。

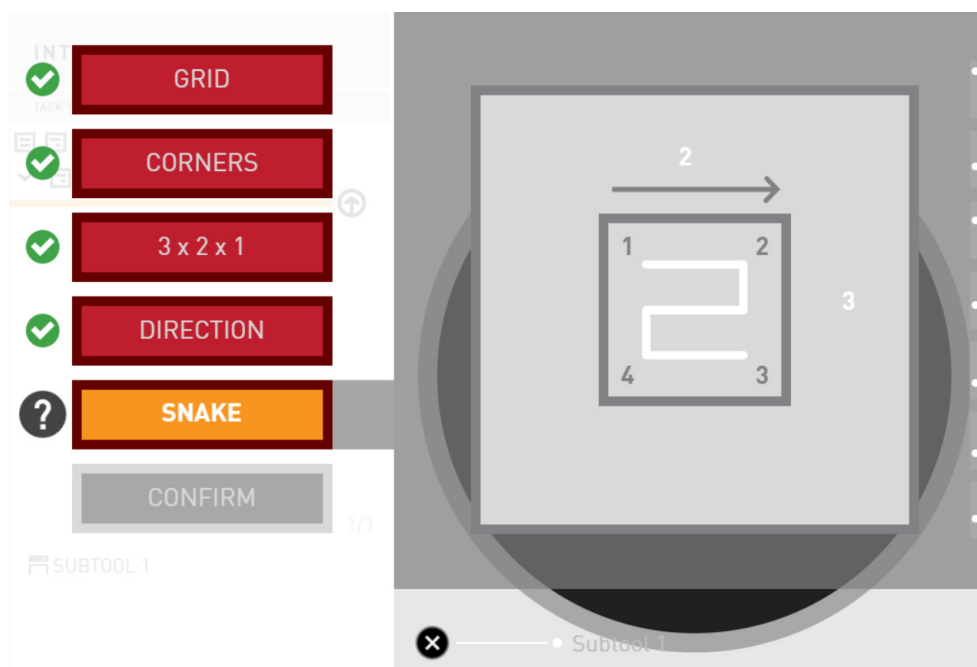


17. 滚动以选择机械臂移动方向，即前两次拾取沿哪个方向前进。

本例显示机械臂将从 1 移动到 2。

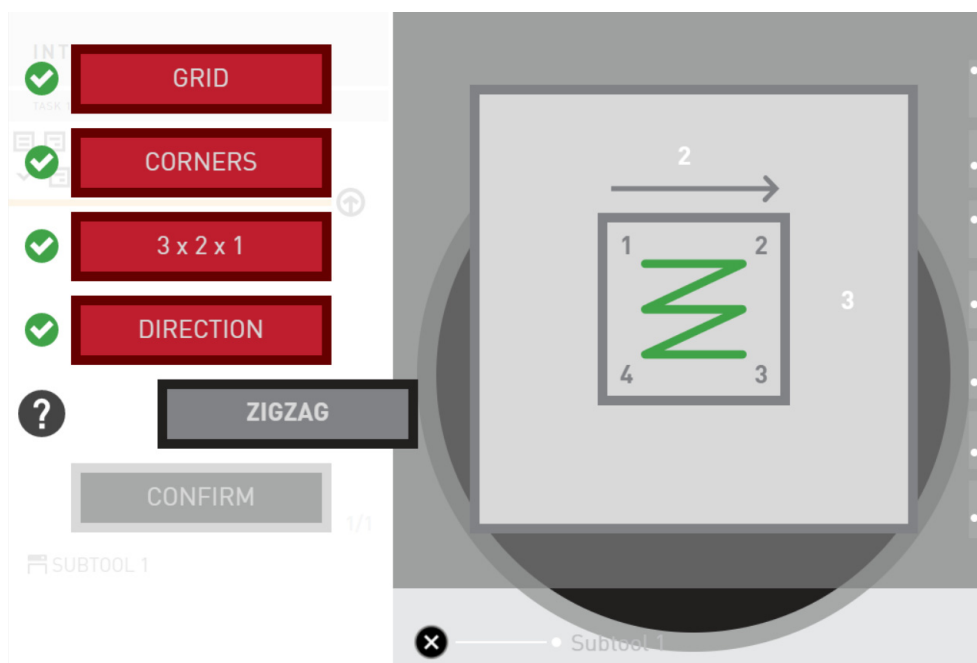


18. 按下“确定”确认选择。



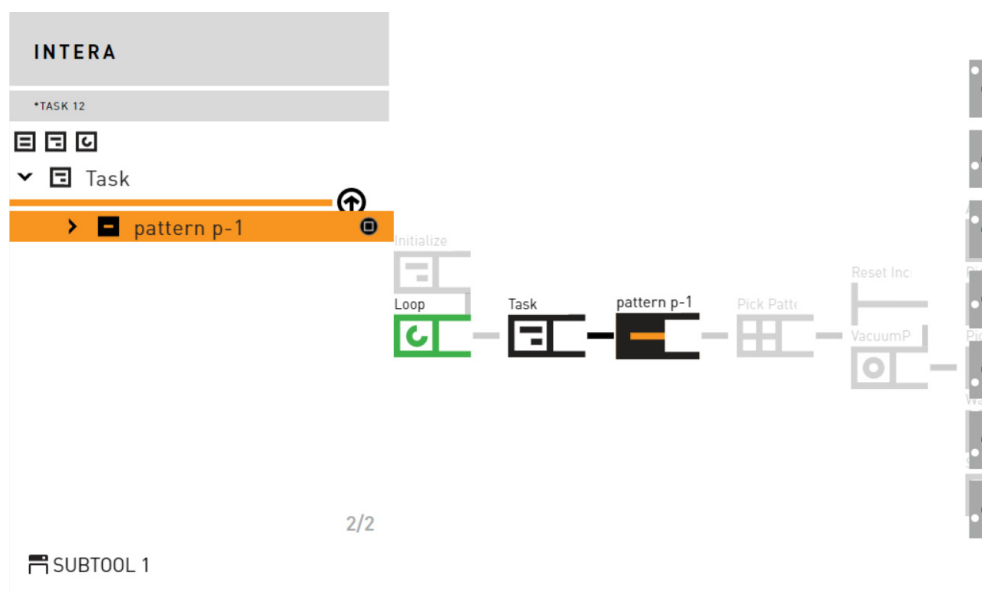


19. 为拾取选择所需的机械臂移动类型：蛇形或曲折。





20. 最后一步是确认您的阵列训练设置。按下“确定”确认阵列并创建行为树。



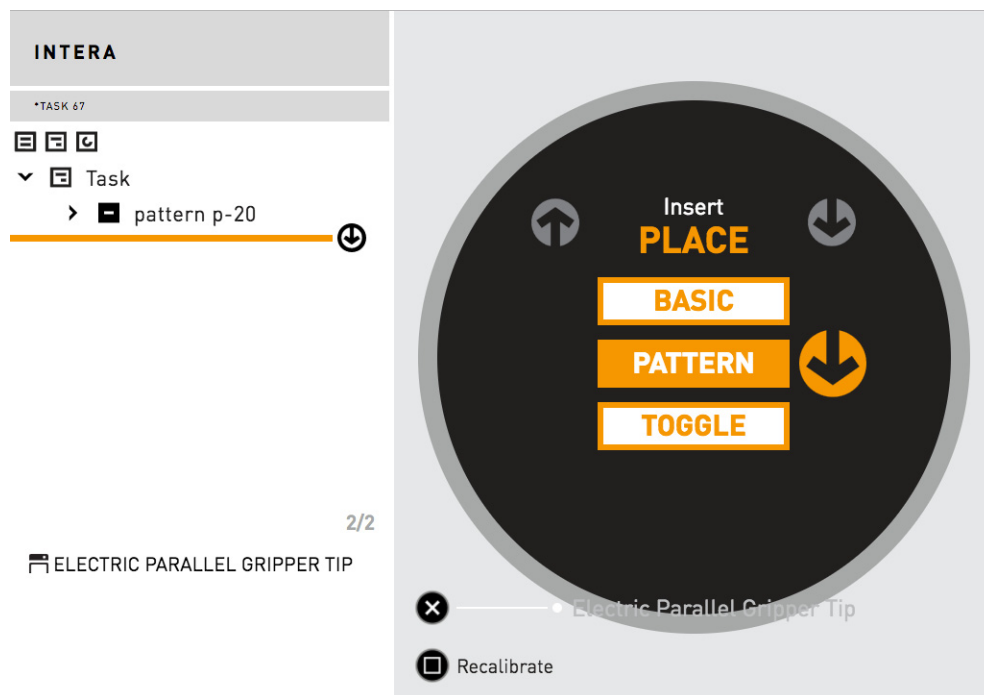
注意拾取的父节点为何是阵列节点。



训练放置阵列

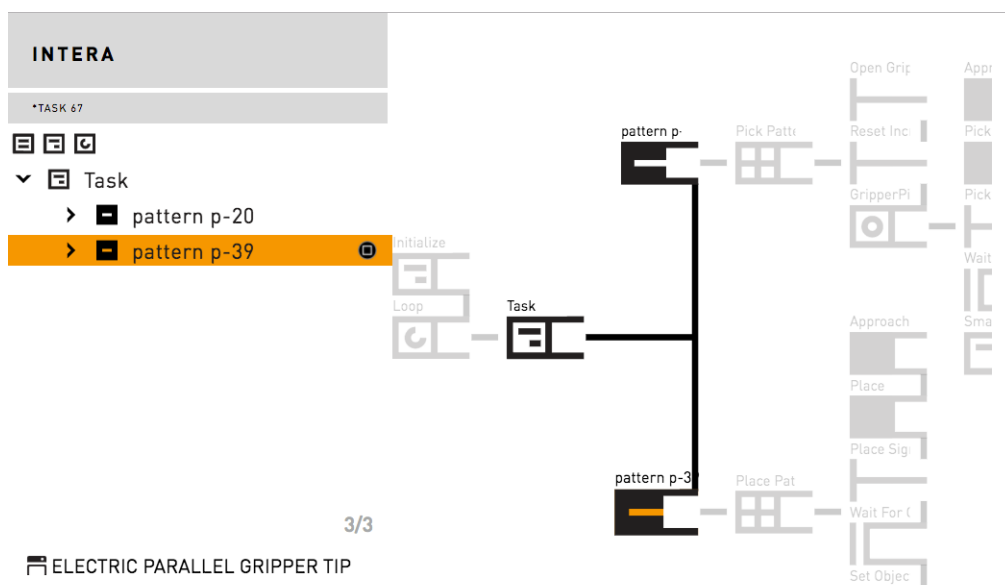
现在您可以对放置阵列进行同样的操作！

21. 按下“抓取”按钮并选择“阵列”。





按照与执行创建拾取阵列相同的步骤。完成后，头部屏幕应基本如下所示：



您现在可以运行任务。



Intera Insights

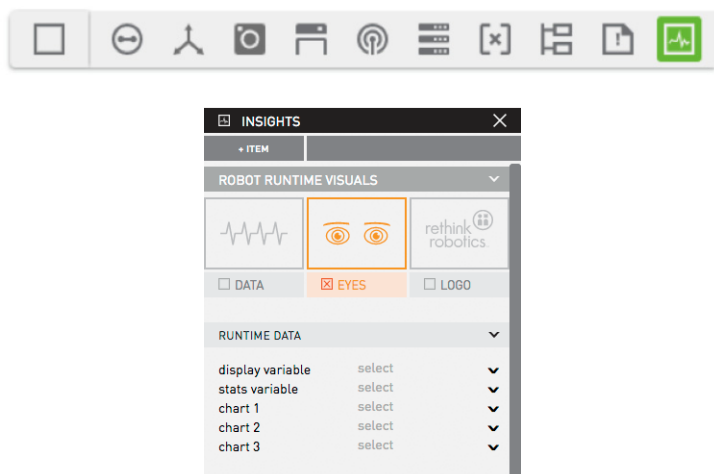
如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

Intera Insights 概览

Intera Insights 是一套旨在方便实时监控任务数据的工具。这包括所有机械臂数据（包括位置、旋转和作用力）、EOAT 传感器数据和周期时间等。数据可以显示在 Sawyer 的头部屏幕上，或通过 Studio 在 Intera Insights 面板中进行跟踪。



Intera Insights 面板

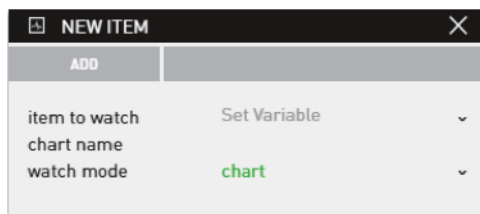


机器人运行时视觉资料

选择一个机器人运行时视觉资料，控制 Sawyer 运行任务时头部屏幕中显示的信息。如果选择“眼睛”，Intera 将显示 Sawyer 的眼睛。如果选择“徽标”，任务期间屏幕上将显示 Rethink Robotics 徽标。如果选择“数据”，头部屏幕将显示与“运行时数据”中的数据相对应图表和变量。

图表列表

“图表列表”用于创建和监控图表，进而跟踪运行时数据。要创建新图表，请按下“添加图表项”按钮。这将打开以下界面：





观察项

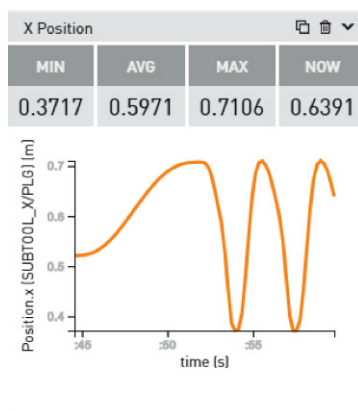
使用“观察项”下拉菜单选择要添加到图表中的特定变量。这可以包括“共享数据”面板中的任何变量。

图表名称

使用“图表名称”命名图表。这将默认设置为与正在绘制图表的变量相同的名称；用户可以将此名称更改为任何有效的字符串。

俯仰模式

用于选择是将变量添加为图表还是将变量添加为“我的值列表”中的一个值。要添加图表，请将此值保留为“图表”。



对于将添加到“我的图表列表”中的每个图表，将生成以上界面。任务运行时，此面板显示包含所选变量和任务运行时间以及最小值、最大值、平均值和当前值的图表。将鼠标悬停在以上任何一个值上，将显示特定事件的时间和日期。

按下“弹出”按钮（在界面右上角显示为两个叠加的方形），在 Studio 中将图表扩展为一个较大的面板。

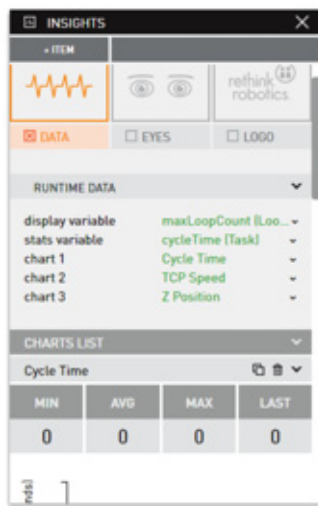


值列表

“值列表”可用于在整个任务过程中跟踪特定变量的值。要添加变量，请按照与添加图表相同的流程；但不是在俯仰模式下选择“图表”，而是选择“值”。无法为值命名。

运行时数据

Intera Insights 面板的“运行时数据”部分用于控制在“机器人运行时视觉资料”中选择“数据”时在头部屏幕上监控的变量和图表。



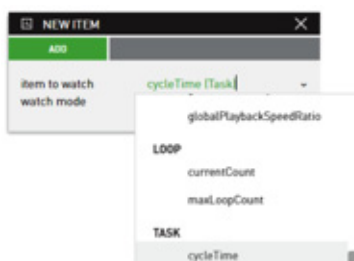
如果采用以下配置，头部屏幕上显示的界面如下：





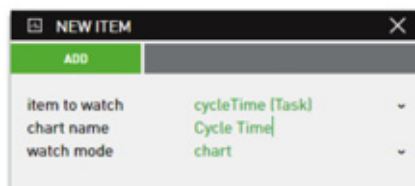
添加变量

可以在头部屏幕上监控任何变量。要添加变量，请在“显示变量”或“统计变量”中选择要跟踪的变量。显示变量将把所选值打印在头部屏幕上。统计变量将把所选值以及变量的最小值、最大值和平均值打印在头部屏幕上。



添加图表

必须首先在“图表列表”中创建一个图表，然后才能将该图表添加到运行时数据面板中。最多可向头部屏幕添加 3 个图表。创建一个图表后，在“图表 1”、“图表 2”或“图表 3”下拉菜单中选中该图表，即可将其添加到头部屏幕。然后，该图表将在任务期间与当前值、最大值、最小值及平均值一起显示在 Sawyer 的头部屏幕上。





跟踪周期时间

可以使用 Intera Insights 监控任何指定任务的周期时间。

定义周期

用户必须告诉 Intera 周期的定义，然后才可以跟踪周期。可以跟踪任何循环、序列、优先、并行、执行条件、循环条件、视觉检查器、视觉定位器、接触模式或样式的周期时间。要对上述任何节点启用周期时间跟踪，请在节点检查器中启用“跟踪周期时间”。这将创建一个变量，可在“当前任务的共享数据” > “节点名称” > “周期时间”中找到该变量。

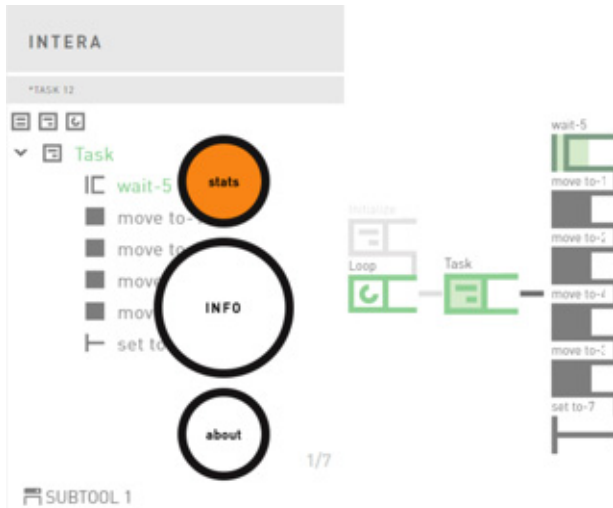
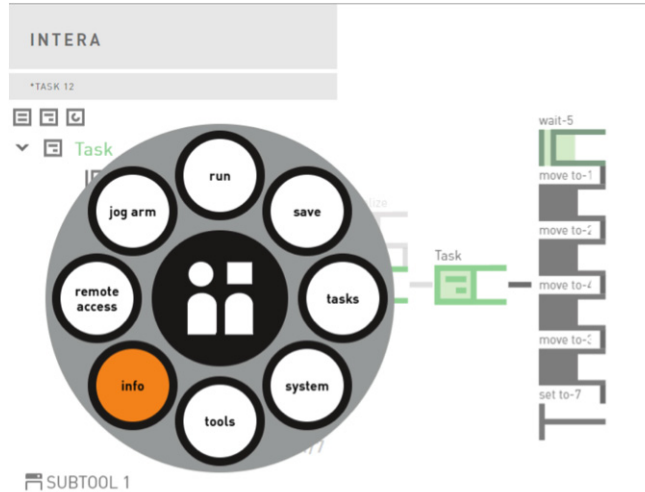


在 Intera Insights 中跟踪周期时间

要在 Intera Insights 中跟踪周期时间，只需选择与您要跟踪周期时间的节点相对应的 cycleTime 变量即可。

在任务暂停时查看机器人数据

在机器人暂停工作时，您可以按下 Rethink 按钮 > “选择信息” > “选择统计数据”，查看存储的 Intera Insights 数据



设置头部角度

启动、继续或重新启动任务时，不论机械臂如何移动，头部将尽可能保持相同角度（相对基座而言）。要更改角度，请暂停任务并将头部移动至所需角度。然后继续或重新启动任务。



作用力感应和选择机械臂刚度

如需了解关于 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽的信息，请参阅在线用户指南，网址为：
mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

从 Intera 5 开始，Sawyer 可以感应和测量作用于机器人端点的力。因此，它可以根据外部环境作出反应，并在执行任务时利用自身测量的作用力。此外，现在它可以根据轴选择机械臂的刚度，以及在尝试到达空间中的某个点时机器人可以使用的最大作用力。

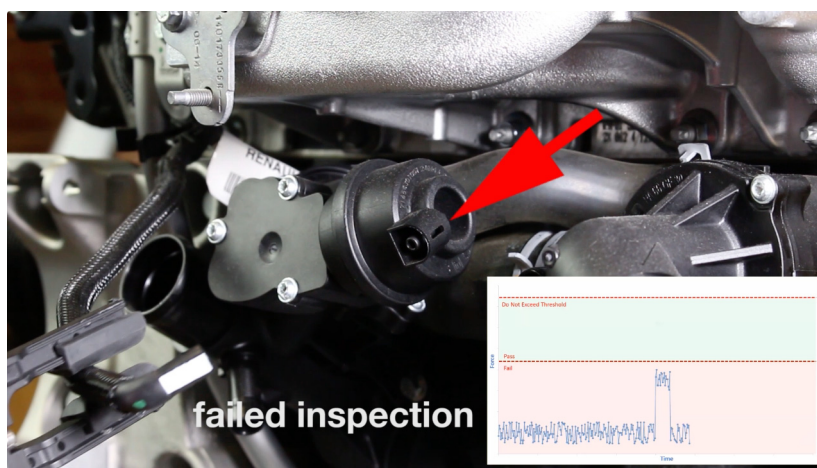
通过作用力感应，Sawyer 可以根据所承受的作用力类型（例如，来自哪个方向的作用力和/或作用力的大小），有效切换它将执行的任务部分。例如，您可以训练 Sawyer 在将部件插入固定装置中时，根据发送作用力的时间以及作用力的种类采取不同的策略。这将使机器人可以更好地应对部件和流程变化。选择刚度也将有助于完成此流程。

使用作用力感应、选择刚度和作用力限制的实际应用

Sawyer 经过训练，可以检查导线与引擎连接的紧固性。Sawyer 使用在任务中定义的作用力抓取和拉动导线（使用选择刚度处理如何在空间中布线和限制施加的作用力，以便机器人不会意外拉动导线）。如果使用此大小的作用力不会拉出导线（感应所需的作用力），则检查合格。



如果拉出导线（未感应到作用力阻力），则检查失败。

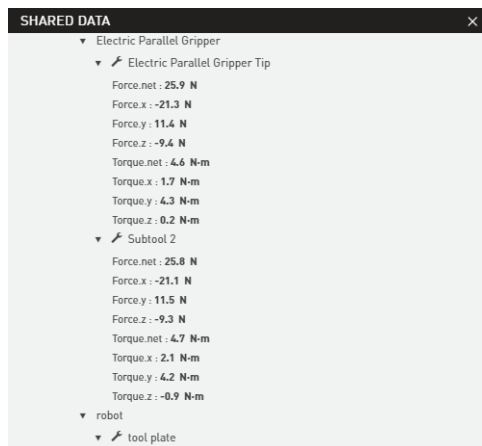


Sawyer 还可以感应、测量和施加旋转作用力（转矩）。示例：训练机器人通过施加特定大小的作用力，使引擎上的滚轮旋转。如果施加此作用力时滚轮正常旋转，则检查合格。否则，检查失败。另外，由于 Sawyer 是一种非刚性机器人，无需像刚性机器人那样定位在与滚轮中心完全同心的位置。相反，执行任务时它只需要较为接近滚轮中心即可。当它旋转滚轮时，Sawyer 将吸收环境中的部分冲击力来执行任务。



如何访问和修改 Intera Studio 中的作用力数据

要显示当前作用力信息，请选择任务栏中的“共享数据”按钮。实时作用力数据显示在“机器人数据”中。



机械臂当前承受的作用力以平移（force. x、y 和 z）和旋转（torque. x、y 和 z）形式显示。用户可以在“设置”中选择所需的测量单位。在本例中，单位为牛顿 (N)。

相容性、阻抗模式和作用力模式

为了更好地理解阻抗的概念，想象一下，一个虚拟弹簧与指定位置及实际位置连接。在涉及接触的移动过程中，连接指定位置和实际位置的虚拟弹簧同时拉动这两个位置。当实际位置与指定位置相同时，虚拟弹簧产生的作用力接近于零。但是，随着两个位置之间的距离加大，作用力与弹簧的刚度和距离成比例增加。当使用阻抗模式执行涉及及接触的移动时，此作用力与当前选定端点向与其接触的表面施加的作用力相同。

在阻抗模式下，机械臂移动至您设置的位置。您可以通过指定机器人沿哪些轴的刚度，定义相容性。刚度水平（阻抗）越低，机械臂与所在环境的相容性越高。作用力或转矩限值定义端点可以使用多大推力以到达设定位置。

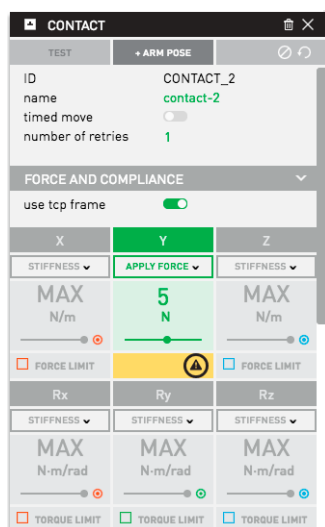
定义相容性：

1. 添加指示 Intera 5 进入交互控制模式的作用力父节点，此模式可同时控制机器人位置和作用力。
2. 添加“接触”节点。
3. 在节点检查器中单击“+ 机械臂姿势”，设置一种姿势。



4. 在设置为刚度模式的 x、y 和/或 z 框中输入一个值，指定与基准坐标系或当前选定端点坐标系有关的 Sawyer 刚度。（任何轴中的最大刚度值为 1300。）

例如，如果您希望沿 z 轴的机械臂相对于末端执行器极为相容，应选择“当前选定端点坐标系”作为相对坐标系，并对 z 平移输入 0（如下所示）。



当轴为灰色时作用力/刚度设置为默认值。一旦修改值，轴单元将改变颜色。

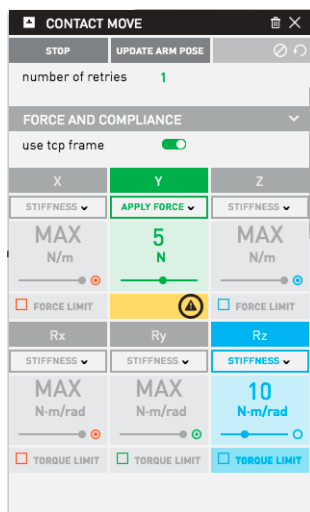
5. 单击节点检查器顶部的“转到”。

现在，当您在零重力模式下移动机械臂时，您将会看到 Sawyer 沿 z 轴（在 z 中相容）的移动相对于末端执行器而言受到限制，而沿 x 和 y 轴的移动则保持不变。

要限制 Sawyer 使用多大的作用力推动物体，检查相关轴的作用力或转矩限制框或旋转，然后输入一个值。Sawyer 的机械臂推动的作用力将不会超过定义值。这方面的一个实例将是训练 Sawyer 使用不超过特定大小的作用力抛光一个曲面。



在作用力模式下，端点对接触的物体施加方向作用力，而不是移动至设定位置。端点将沿作用力方向加速移动，直到它接触物体。作用力值可以为正值，也可以为负值（推或拉）。



如果实际位置与指定接触节点的目标位置相同，将不会产生作用力。因此，如果您正使用刚度，而您希望在当前选定端点接触表面时施加作用力，则需要将接触节点的位置更改至表面以下。

如果当前选定端点未接触表面，则无需施加任何作用力，因为指定位置与实际位置基本相同。如果您使用纯阻抗模式，将不会遇到作用力模式可能出现的加速情况，因为机械臂位于自由空间中。两种模式均会向接触的表面施加作用力，但阻抗模式可预测性更强。



I/O 设备

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

本部分描述可用于 Sawyer 机器人的电接口。包含以下不同接口：

- 控制器 I/O
- 外部 I/O
- 安全承载控制器 I/O

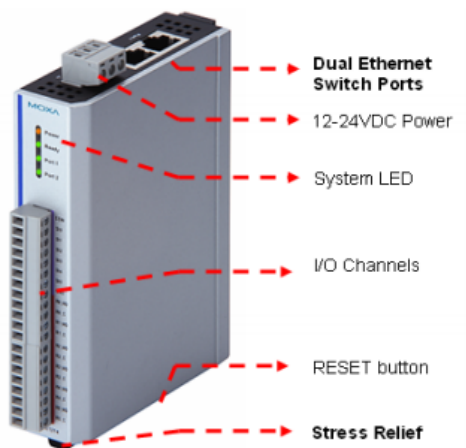
免责声明

向您提供的任何与将 Rethink Robotics 产品与任何第三方产品集成到您的设施中有关的建议按“原样”提供。鉴于 Rethink Robotics 无法访问您使用的系统，Rethink Robotics 也无从控制您实施与第三方产品集成的方式，Rethink Robotics 对此有限建议不承担任何责任。

控制器 I/O

Sawyer 机器人控制器通过 Moxa ioLogik E1212 远程终端单元与外部世界交互。此装置已进行预配置，开箱即可与 Intera 软件配合使用，在配置任务信号时显示为“机器人”设备。

有关开关的额定值和规格的详情，请参阅 ioLogik E1200 系列用户手册，网址：<http://www.moxa.com>



ioLogik E1212
(Top to Bottom)

1	COM 0	
2	DI0	
3	DI1	
4	DI2	
5	DI3	
6	GND	
7	DI4	
8	DI5	
9	DI6	
10	DI7	
11	COM1	
12	DI00	
13	DI01	
14	DI02	
15	DI03	
16	GND	
17	DI04	
18	DI05	
19	DI06	
20	DI07	

Moxa ioLogik E1212 硬件

规格

数字输入（8 个通道）

传感器类型：湿接点（NPN 或 PNP），干接点

I/O 模式：DI 或事件计数器

干接点：

- 打开：接地短路
- 关闭：开路

湿接点（DI 至 COM）：

- 打开：10 至 30 VDC
- 关闭：0 至 3 VDC

数字输出（8 个通道）

- 类型：信宿
- I/O 模式：DO 或脉冲输出



- 脉冲输出频率：500 Hz
- 过电压保护：45 VDC
- 过电流保护：2.6 A（4 个通道，650 mA）
- 过热关机：175 °C（正常），150 °C（最低）
- 额定电流：每个通道 200 mA

物理特性

- 布线：I/O 电缆最大值 14 AWG

环境限制

- 工作温度：-10 至 60°C（14 至 140°F）
- 储存温度：-40 至 85°C（-40 至 185°F）
- 环境相对湿度：5% 至 95%（不凝结）
- 海拔：最高 2000 米

标准和认证

- 安全：UL508
- EMI：
 - EN 55022；EN 61000-3-2；EN 61000-3-3；FCC 第 15 部分 B 子部分 A 类
- EMS：
 - EN 55024，EN 61000-4-2，EN 61000-4-3，EN 61000-4-4，EN 61000-4-5，EN 61000-4-6，EN 61000-4-8，EN 61000-4-11
- 冲击：IEC 60068-2-27
- 自由落体：IEC 60068-2-32
- 振动：IEC 60068-2-6
- 绿色产品：RoHS、CRoHS 和 WEEE
- 危险场所：UL/cUL I 类 2 分类，ATEX 2 区



LED 指示器

LED	State	Description
Power	Amber	System power is ON
	OFF	System power is OFF
Ready	Green	System is ready
	Flashing	Flashes every 1 second when the "Locate" function is triggered
	Flashing	Flashes every 0.5 second when the firmware is being upgraded
	Flashing	ON/OFF cycle period of 0.5 second represents "Safe Mode"
	OFF	System is not ready
Port 1	Green	Ethernet connection enabled
	Flashing	Transmitting or receiving data
Port 2	Green	Ethernet connection enabled
	Flashing	Transmitting or receiving data
EXT	Green	EXT field power input is connected
	Off	EXT field power input is disconnected

I/O 布线图

注意

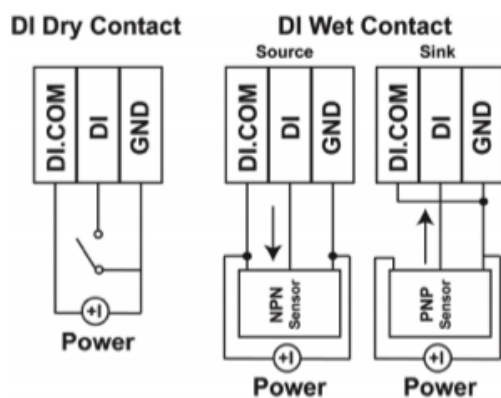


确定每条电源线和公共导线的最大电流。遵守所有规定每种导线尺寸最大允许电流的电气规范。如果电流超过最大额定值，导线可能过热，造成设备严重损坏。出于安全考虑，我们建议平均电缆尺寸为 22 AWG。但是，您可以根据电流负荷调整电缆尺寸（电源接头的最大导线尺寸为 2 毫米）。



输入

输入应置于通道 DI0-DI7。请按照下图操作，以了解如何将输入装置连接至 Moxa ioLogik E1212 设备中：



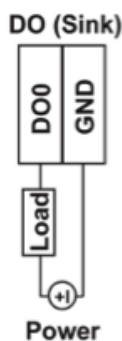
干接点是不提供电压的接点。

湿接点是闭合后会提供电压的接点。



输出

输出应置于通道 DIO0-DIO7。请按照下图操作，以了解如何将输出装置连接至 Moxa ioLogik E1212 设备中：



注意：电流示意图中的“负载”是指消耗电能的组件或电路一部分。对于本文中所示的图表，“负载”是指与 I/O 单元连接的装置或系统。

重要提示：向 I/O 设备布线之前断开机器人电源（拔掉电源）。

外部 I/O

Sawyer 控制器附带 8 个数字输入和 8 个数字输出。如果需要更多 I/O，Sawyer 可以通过添加与外部以太网连接的 Modbus TCP/IP 远程终端单元 (RTU) 与外部机器通信。

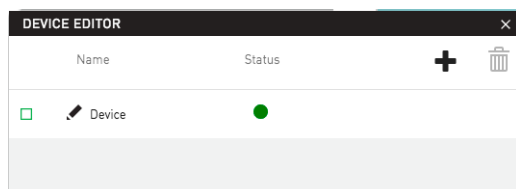
连接 MODBUS 远程终端单元 (RTU) 与 SAWYER

将 Modbus 装置的 IP 地址设置为：169.254.##，其中 # 是 1 到 254 之间的任何数字（含 1 和 254），子网掩码是 255.255.0.0。（请参阅 RTU 制造商说明分配 IP 地址。）

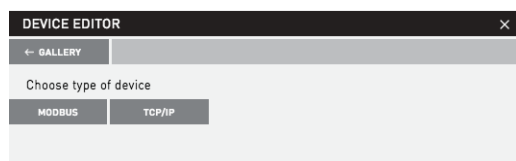
1. Sawyer 断电后，使用外部网络开关，将控制器、PC 和装置连接至此开关，以便它们可以相互通信。重要提示：使用控制器表面塑料盖下方的一个以太网端口。请勿使用控制器门中的以太网端口或 Moxa 上的端口。这些端口无法通信。
2. 打开设备。



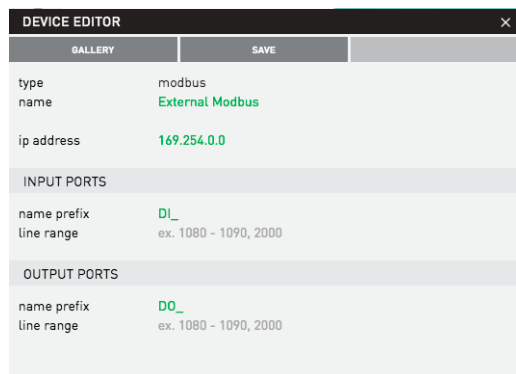
3. 开启 Sawyer 电源。
4. 按照第 26 页的 “Intera 5 入门” 所述将 Sawyer 连接至 PC。
5. 在 Intera Studio 中，选择任务栏中的 “设备” 图标，显示设备编辑器。



6. 单击 + 图标以添加设备。



7. 选择 Modbus，然后根据需要配置 Modbus 设备。





了解 MODBUS TCP 协议

本部分将描述：Modbus TCP 协议；如何正确配置或联网外部设备以与 Sawyer 通信；以及通过 Modbus TCP 发送或接收哪些信息。Sawyer 配置为 Modbus TCP 客户端（主机），外部设备必须配置为 Modbus 服务器（从机）和使用 Modbus TCP 通信，以便与 Sawyer 进行通信。

Modbus TCP

INTERA 可以配置为从属设备，通过 Modbus TCP 协议与外部设备通信。INTERA 使用 FieldTalk Modbus Master 库进行 modbus 通信，仅限于使用以下两个 modbus 功能码的离散输入和输出：

- 02 - 读取离散输入（读取输入状态）
- 15 - 强制多个线圈

Intera 行和 Modbus 地址

以下信息适用于连接至 PLC 等设备进行 Modbus 通信。远程终端单元（不包括 Moxa E1212）等设备可能无需其他配置，即可使用对应的地址。Intera 软件使用行与外部设备通信，这些行与用于和 Modbus 地址通信的地址相对应。行以 0 为基准，即 Sawyer 中 8 个已配置的行对应的是行 0-7。对应的 Modbus 地址以 1 为基准，即 Sawyer 中 8 个已配置的行对应的是 Modbus 地址 1-8。（然而，无需担心此问题，因为 Intera Studio 会从每一行减去 1，以消除此问题。）

下文适用于已在设备上预配置地址的 Modbus TCP 设备。如果设备需要配置为向特定地址分配变量，则必须在 Intera 中配置此设备之前在设备上配置这些地址和变量。

注意：此指导原则适用于部分设备，而并非所有设备，请参阅设备制造商文档。

如需设备或 Intera 配置的进一步协助，请通过以下方式联系 Rethink Robotics 支持部门：

866-704-7400（美国）

support@rethinkrobotics.com 或

访问 [Rethink 支持](#)。

在配置 Modbus 设备时，可以通过更改输入和输出基本地址，偏置配置的 Modbus 设备行/Modbus 地址，以获得必要的地址。



在 Intera 5 中，您可以直接在 modbus 设备编辑器中直接设置行号（如上所示）。Intera 5 消除了“mobus=address+1”问题，因此，如果您需要行 0 以及 1024-1028，您可以使用文本字符串“0,1024-1028”，在软件中配置行。

联网和配置

Sawyer 默认配置为 DHCP 寻址。如果 Sawyer 未与 DHCP 网络连接，IP 地址将默认为链接本地地址。

注意：链接本地 IP 地址范围是 169.254.#.#，其中“#”是 1 到 254 之间的任何数字（含 1 和 254）。链接本地地址的子网掩码是 255.255.0.0。

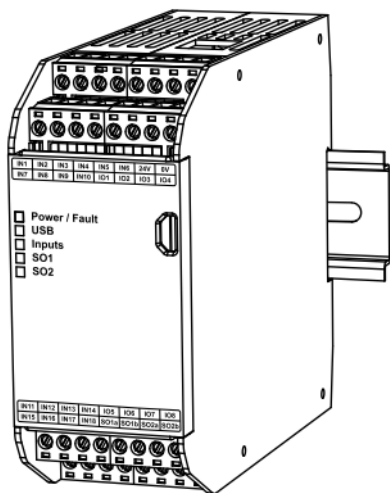
如果 Sawyer 已与 DHCP 网络连接，将分配 IP 地址和子网掩码，以显示连接的网络。

注意：如果未如预期配置 IP 地址和子网掩码，请联系 IT 管理员。

安全承载控制器

Sawyer 机器人控制器由安全系统进行监控，此系统由定制和预先配置的 Banner 安全控制器及相关线路组成。安全控制器提供安全承载紧急停机功能，并为需要安全承载保护解决方案的应用提供这方面的支持。控制系统监控各种输入装置，例如紧急停机按钮、安全地垫和互锁保护装置等，可限制或切断向机器人电机提供电压。

请参阅 Banner 安全控制器安装手册，获得有关此安全控制器额定值和规格的更多详情：
<http://www.bannerengineering.com/>



- 具有模拟电压监控功能的不可扩展的 SC26-2evm。
- 总线监控器输入监控冗余模拟 DC 电压输入，确定电压是大于还是小于预设水平。
- 可在 7 V dc 至 14 V dc 之间分别选择上限和下限阈值，以 0.25 V dc 递增。
- 总线监控器输入可用于最高 Cat 4/PLe 和/或 SIL3 的应用。
- 可通过以太网界面获取监控的电压值。

警告

- 将以冗余的方式（即两个独立的通道）构建所有与安全有关的信号。为防止单一故障导致丧失安全功能，两个通道必须始终分隔开。
- 始终将与安全有关的信号连接至与具有适当的功能安全性能水平的安全相关装置。未按照此规程操作，将导致安全系统受损，无法根据风险评估获得应用所需的保护水平。



执行风险评估

RIA TR R15.306:2014 详细列出执行风险评估的方法。对于功率和作用力限制协作机器人，ISO TS 15066 和 ANSI R15.06/ISO 10218-2 提供相关评估方面的指南。必须评估整个机器人应用，不仅包括机器人本身，还包括机器人单元中的所有工具、固定装置、部件、末端执行器、机械部件等。对于正常运行时出现的所有危险，包括记录按预期运行和交互情况以及非预期、可预见的滥用情况，应根据出现的可能性、伤害危险的严重性、出现的频率及可避免性对危险进行评估。

确定危险及其风险后，标准要求用户采取措施消除风险或将其降至可接受的水平。考虑采取不同层级的措施，首先应考虑消除最严重的威胁，最后才是使用个人保护装置。对工作单元进行任何更改以消除或降低危险，然后对每种潜在风险进行重新评估，确定最终风险水平，证明工作单元达到所要求的风险水平。

如果缺少具体限制措施或标准化、可重复、精确的作用力/压力测量技术，客户可测试机器人在应对这些危险时的表现，利用常识确定伤害严重性风险。在加工部件存在风险或协作工作单元中的某个装置存在危险的情况下，某些客户选择加装保护装置，在机器人或其处理的机械装置附近检测到某个物体时减速、暂停或停止机器人运行。

布线示例：

有关布线示例，请参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。



规格

安全

4 类, PL e (EN ISO 13849)

SIL CL3 (IEC62061, IEC61508)

产品性能标准

参阅安装手册的“标准和法规”部分, 获取美国 and 全球安全相关标准列表。

EMC

达到或超过 IEC 61131-2、IEC 62061 附录 E 表 E.1 (提高了抗扰度水平)、IEC 61326-1:2006 和 IEC 61326-3-1:2008 中的所有 EMC 要求

可转换 I/O

- 拉电流: 最高 80 mA (过电流保护)

试验脉冲

- 宽度: 200 微秒 (最大值)
- 速度: 200 毫秒 (正常值)

认证

- 待认证

可拆卸螺丝接线端

- 线规: 24 至 12 AWG (0.2 至 3.31 mm²)
- 剥线长度: 7 至 8 毫米 (0.275 英寸至 0.315 英寸)
- 拉紧转矩: 0.565 牛·米 (5.0 英寸-磅)

可拆卸线夹端子

- **重要提示:** 线夹端子仅设计用于连接 1 条导线。如果多条导线与端子连接, 导线可能松动或完全与端子断开连接, 导致短路。
- 线规: 24 至 16 AWG (0.20 至 1.31 mm²)
- 剥线长度: 8.00 毫米 (0.315 英寸)

安全输入 (以及可转换 I/O, 当用作输入时)

- 输入开启阈值: > 15 V dc (确保开启), 最大 30 V dc
- 输入关闭阈值: < 5 V dc 和 < 2 mA, 最小 -3 V dc
- 输入开启电流: 在 24 V dc 时通常为 5 毫安, 在 24 Vdc 时峰值触点清洗电流 50 毫安
- 输入导线阻抗: 300 欧 (最大值) (每根导线 150 欧)
- 4 线安全地垫的输入要求:
 - o 板之间的最大电容量: 0.22 微法
 - o 底板和地之间的最大电容量: 0.22 微法
 - o 一个板的 2 个输入端子之间的最大阻抗: 20 欧

固态安全输出

在 24 V dc 时最大 0.5 安 (1.0 V dc 最大压降), 1 安最大涌浪电流

- 输出关闭阈值: 正常 1.7 V dc (最大 2.0 V dc)
- 输出泄漏电流: 开路电压 0 V 时最大 50 微安
- 负载: 最大 0.1 微法, 最大 1 H, 每个导线最大 10 欧

响应和恢复时间

- 输入至输出响应时间 (输入停止至输出关闭): 参阅 PC 接口中的“配置概览”, 它可能改变
- 输入恢复时间 (停止至运行): 取决于配置。
- 安全输出 SO..a 与 SO..b 开启时差 (成对使用, 而非分开使用): 6 至 14 微秒 (典型), ±25 毫秒 (最大值)
- 输出 SOx 至输出 SOy 开启时差 (相同输入, 相同延时): 3 扫描时间 +25 毫秒 (最大值)
- 安全输出开启/关闭延时公差: ±3%



输出保护

- 防止所有固态输出（安全和非安全）因短路而出现电压为 0 V 或 +24 V 的情况，包括过电流情况

当前功能 ID

- SC26-2evm



TCP/IP

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

传输控制协议/Internet 协议，即众所周知的 TCP/IP，是一套用于通过以太网或 WiFi 连接 Internet 上的主机的通信协议。该协议内置到 UNIX 操作系统中，在 Intera 5 中用于使 Sawyer 可以与 PLC、条码扫描器和摄像机等工作单元设备进行通信。

通过 TCP/IP 可以与 Modbus 设备更加灵活地进行通信，因为它使 Sawyer 可以发送和接收任意消息。

定义

IP 地址 - 全球每个工作站的唯一标识符。此地址是一个由四个字节组成的值，例如 192.168.1.52。

TCP - 负责验证是否正确将数据从客户端传输至服务器。可以检测错误或数据丢失，触发重新传输，直到正确、完整地接收数据。

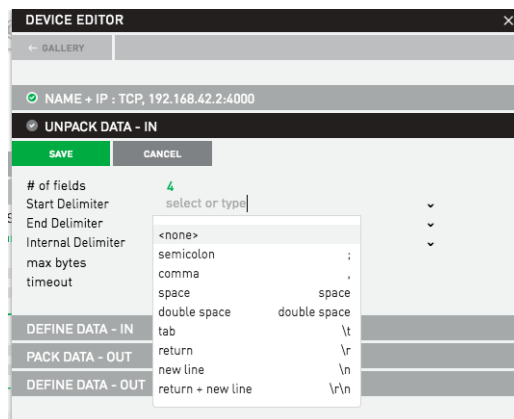
TCP 套接字 - 套接字是 TCP 连接的端点，用 IP 地址和端口号标识。端口号是将不同连接分配到相同 IP 地址的一种半随机方式。有用的类推法：如果 IP 地址类似于电话号码，则端口号就是电话的分机。

Intera TCP/IP 通信

使用 TCP/IP 连接的方式有两种：将 Sawyer 作为服务器，其他设备作为客户端，反之亦然。

注意：服务器无需提供 IP 地址，但它必须提供设备连接至的端口号。

在 Intera 中 TCP 套接字仅与文本字符串通信。文本可以是任何有效的字符。文本字符串用特殊字符或分隔符分隔。



分隔符类型

- Internal 分隔符 - 分隔符文本字符串中的字段。示例：逗号。
- 结束分隔符 - 标记要发送的数据的末尾。示例：/r/n（回车或换行）
- 开始分隔符 - 指示消息的开始。示例：RETHINK。开始分隔符为可选。

注意：接收消息后，消息中的所有分隔符将被删除，因此不会显示在数据中。

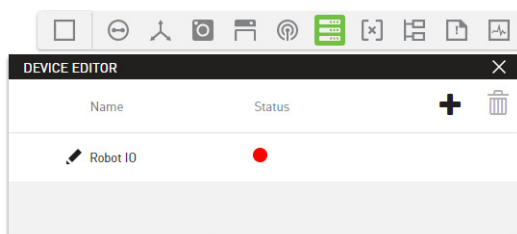
数据类型

- 浮点数 - 带小数点的数字。（示例：5.5）
- 整数 - 一个数字，与浮点数相同，但没有小数点。（示例：10）
- 布尔型 - 真/假或 1/0。（Intera 可识别这两者。）
- 最大字节数 - 定义构成接收的消息的最大字节数，即，当接收到 7 个字节时，即视为接收到完整的消息。
- 超时 - 如果在 x 秒内未接收到完整消息，将放弃此消息；等待接收其他消息。

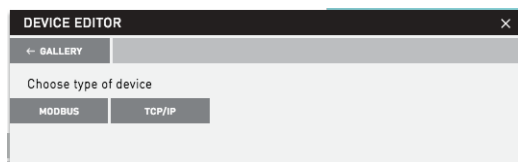


为 TCP/IP 创建设备

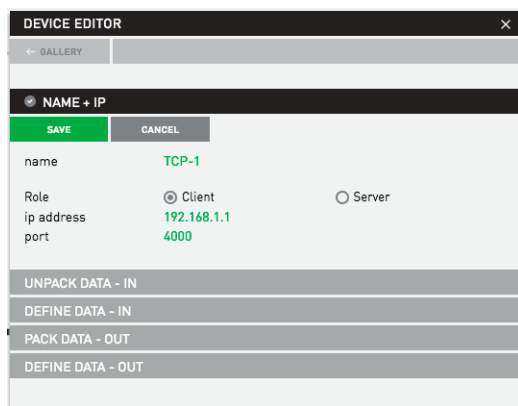
1. 从任务栏中选择“设备”图标，显示设备编辑器面板。

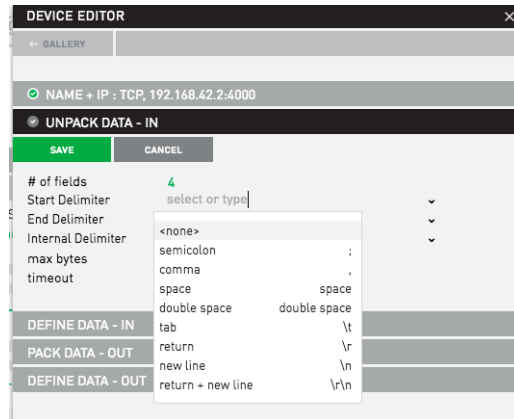


2. 单击 +。

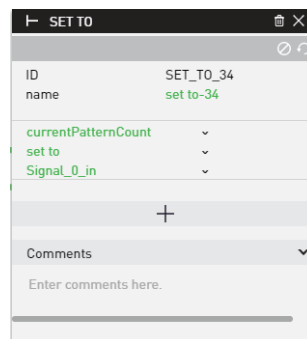


3. 选择 TCP/IP 选项将显示一个面板，您可以在其中输入以下示例中的连接参数。





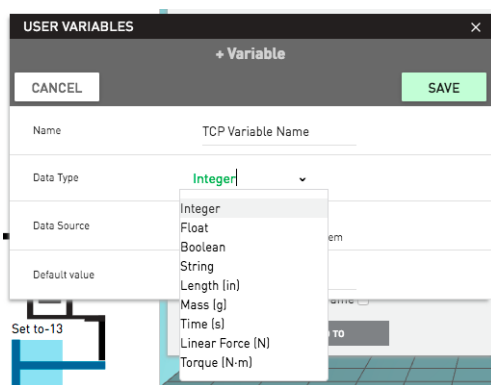
“行为编辑器” 中的 SET TO 节点用于输出信息：



注意：您无法通过 Sawyer 发送任何 “带单位的” 数据，即使用单位定义的任何数据。因此，对于力、牛顿、牛顿米、毫米、一定时间内的位置等数据均无法通过 TCP 进行发送。



通过“变量”面板输入信息：





现场总线装置

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，请参阅在线用户指南，网址为：
mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

Sawyer 机器人上的工业现场总线协议包括：

- PROFINET
- 以太网/IP

免责声明

向您提供的任何与将 Rethink Robotics 产品与任何第三方产品集成到您的设施中有关的建议按“原样”提供。鉴于 Rethink Robotics 无法访问您使用的系统，Rethink Robotics 也无从控制您实施与第三方产品集成的方式，Rethink Robotics 对此有限建议不承担任何责任。

设置注释

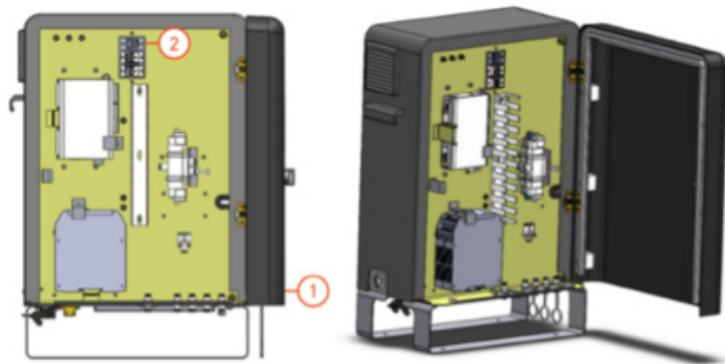
根据所使用的现场总线协议，可能需要其他用于主要装置的文件。请参阅以下信息：

- 第 173 页的“附录 G1：Intera PROFINET 参考”
- 第 188 页的“附录 G2：Intera 以太网/IP 参考”

应在通过机器人上的现场服务菜单 (FSM) 进行正确配置的控制器上启用现场总线协议。

现场总线网络电缆**必须**连接至图表中使用数字 2 标识的控制器内部端口。

- **内部端口 (2)** 可用于现场总线协议、TCP/IP、Modbus 和 Studio 访问。
- **外部端口 (1)** 不支持访问行业现场总线网络，但可用于所有其他目的。



注意：两个端口**不能**同时连接至一个相同网络。

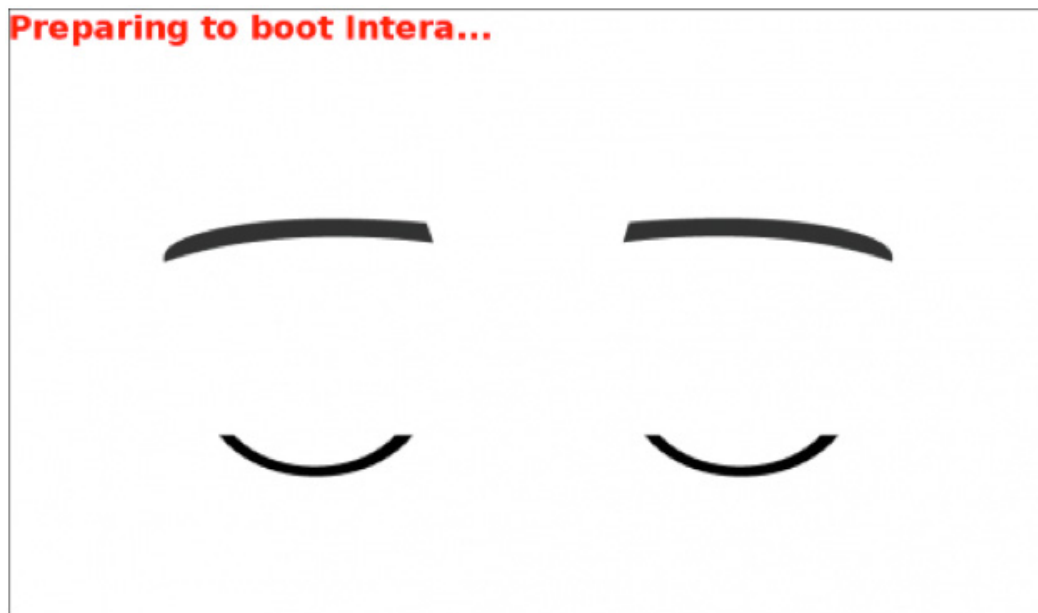
启用现场总线协议

所需工具

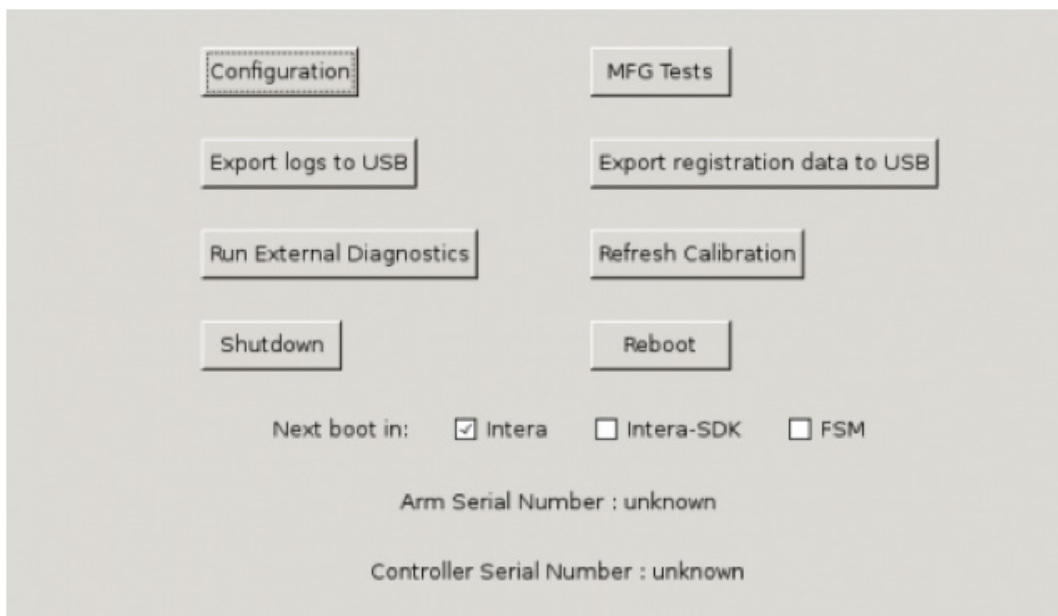
USB 键盘

1. 切断机器人电源后，将 USB 键盘连接至控制器内部或外部的 USB 端口，然后连接机器人电源。
2. 首次出现 Sawyer 的眼睛后，继续按，然后松开键盘上的“F”键，直到出现 FSM 菜单（该过程最多大约需要 4 分钟）。Sawyer 的眼睛出现在屏幕上即表明已启动机器人的 GUI。

如需了解 FSM 的最新、最详尽信息，请参阅在线用户指南，网址为：http://mfg.rethinkrobotics.com/intera/Field_Service_Menu



3. 使用键盘导航至“配置”并按 ENTER。





4. 在“配置”菜单中，启用内部端口并选择要使用的行业现场总线协议。

Hostname:

Outside Port ☒ enabled

Inside Port ☒ enabled

Industrial Protocol Enabled Inside Port

Profinet Name:

DNS

NTP Servers

ROS Naming Type: ☐ ROS_IP ☐ ROS_HOSTNAME ☒ ROS_HOSTNAME.local

Timezone

Industrial Protocol Enabled

Enable protocol

5. 然后按内部端口的“配置”按钮，以配置网络参数。

Inside Port

Used for Industrial Ethernet, located on inside of control box

IP Type

MAC Address

Current IP Address

IP Address*

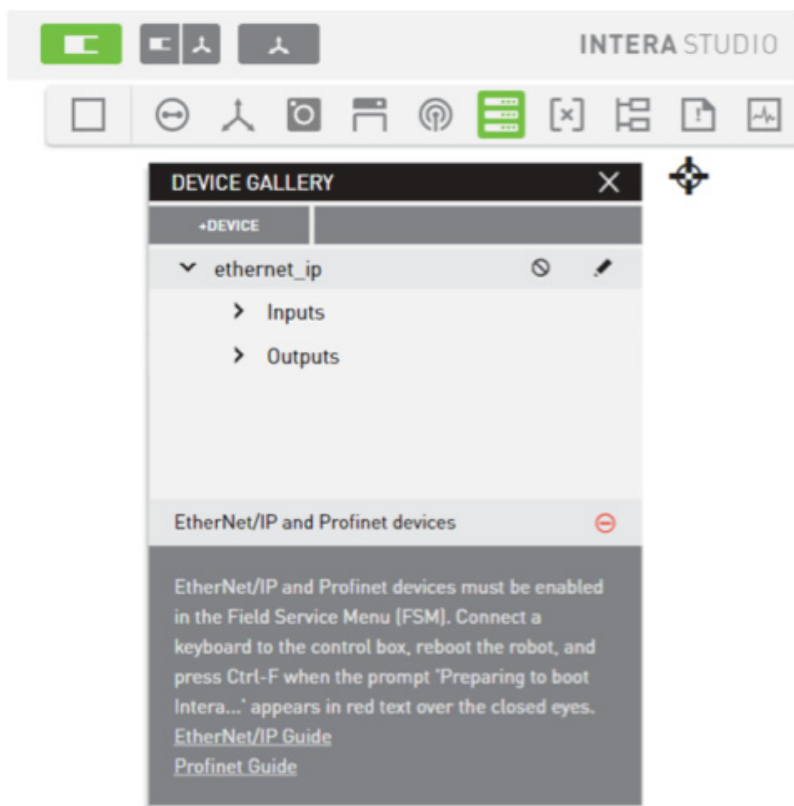
IP Netmask*

IP Gateway*

Route + Bit Prefix /

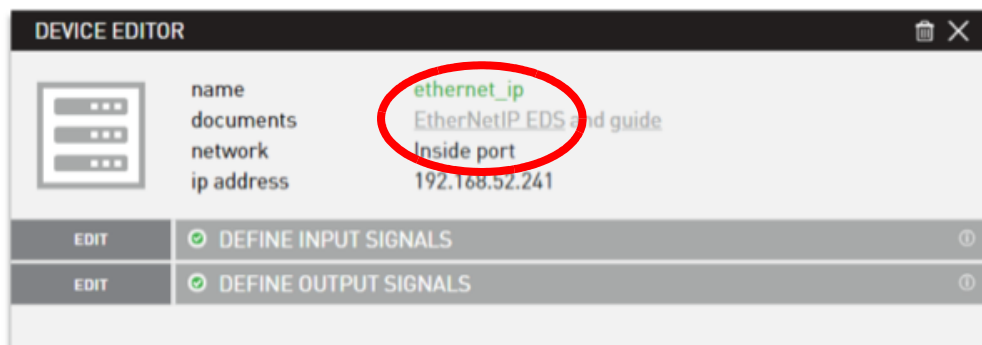


6. 保存设置并重新启动以进入 Intera。
7. 在 Intera Studio 的任务栏中，行业网络装置位于装置编辑器面板中。



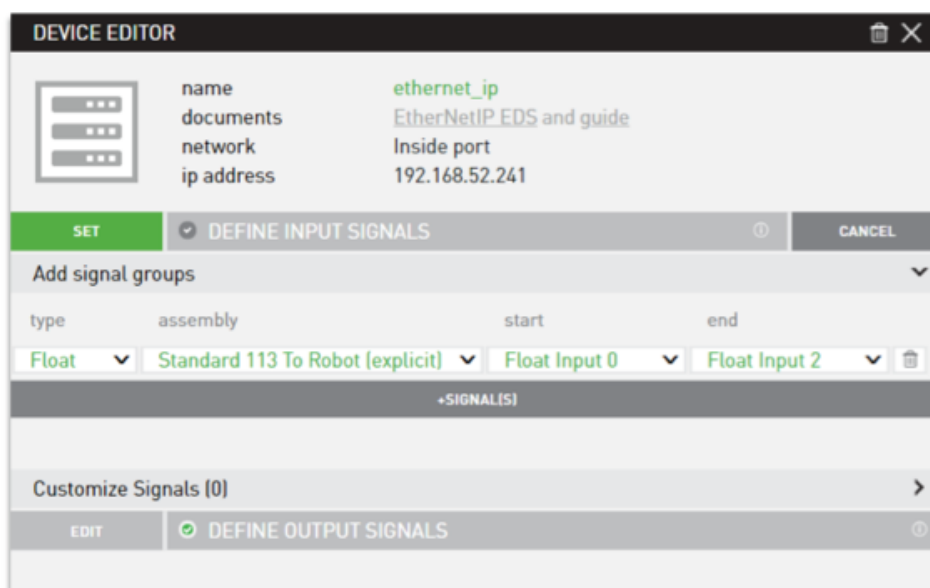
8. 配置主要装置（如 PLC）以查找 Sawyer 装置。
9. 在主要装置上安装相关文件 (EDS/GSDML)。

可直接通过 Intera 下载文件。



10. 确认 Sawyer 显示在行业主要装置上。

11. 在 Intera 中，通过在装置编辑器上选择响应模块/装配来配置符号。



12. 已设置现场总线且已完成装置配置。机器人应能够与装置进行通信。



Sawyer 和安全

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

安全声明

遵从 ISO 10218-2 的要求对每个应用实施风险评估，以确定必要的安全性能和安全措施。
ANSI RIA R15.06-2012 即为美国所采用的 ISO 10218-1 和 2。

用户在训练机器人和练习动作时应谨慎操作。使用定制末端执行器时，末端执行器导致的移动和具有安全隐患的工件会增加受伤风险。

Rethink Robotics 建议在与机器人进行互动时佩戴护目镜，与工业环境中使用的其他设备的做法相同。

对于整合有 Sawyer 的系统，其安全性将由装配者负责。

重要提示：在使用 Sawyer 之前客户应执行风险评估。

尽管 Rethink Robotics 相信无需采取其他安全措施即可安全使用 Sawyer，但客户有责任执行风险评估，以确定预期 Sawyer 应用环境是否符合安全要求。

风险评估应识别所有潜在危险以及与这些危险有关的风险。然后客户应采取适当措施消除或降低风险，以符合总体剩余风险目标要求。

有关更多信息，请参阅第 144 页的“附录 C：集成商认证信息”和第 166 页的“附录 F：安全子系统”。

另请参阅 Banner 安全控制器文档 (SC26-2evm)，如需执行协作机器人应用风险评估方面的指引，请参阅 ISO TS 15066:2016。



这些独特的协作机器人如何安全地管理运营风险

不同于需要安全隔离的一般工业机器人，Rethink Robotics 的 Sawyer(TM) 协作机器人旨在工厂环境中直接与人类一起高效地运行，可以部署在过去一直无法实施机器人自动化的环境。Rethink 的协作机器人集多项独有技术于一身，可根据应用风险评估进行部署，而无需采用 ANSI、ISO 或其他安全标准所规定的传统保护装置。Sawyer(TM) 旨在：

- 操作人员与机器人之间实际交互。
- 避免意外接触。
- 最大限度减少作用力，当与人接触时立即停止。

Rethink 的协作机器人符合 ISO 10218-1:2011 第 5.10.5 部分规定的协作机器人要求，此类机器人通过本质安全设计来限制动力和作用力 2011，部分 5.10.5。最新版 ISO 10218-1 未纳入这些动力和作用力限制协作要求，但加入了 ISO 10218-2 中有关要求对整个机器人应用进行风险评估的要求，并指出如需进一步指引，读者可参阅技术规范 ISO TS 15066:2016。ANSI RIA R15.06-2012 即为美国所采用的 ISO 10218-1 和 2。

Rethink 的协作机器人安全装置

1. 安全设计：机械设计和类人语调，本身具有降低风险和减少伤害的作用。

- 串联弹性驱动器 (SEA)：所有关节处的固定装置提供被动柔顺性，最大限度减少任何接触或冲击作用力。
- 可吸收冲击力的光滑表面：Sawyer 光滑的圆形机构臂的关键部位（例如肘部和腕部）装有衬垫。
- 反转关节：Sawyer 的反转关节可用于手动调整机械臂位置，避免出现传统工业机器人所常见的夹伤危险，不论机械臂制动机是否带电。
- 中速：Sawyer 的运行速度与人类相当，本质安全设计的动力限制对其速度进行了限制，附近人员可以更方便地避免与机器人发生任何意外接触。



2. 机械安全: Rethink 的协作机器人设计配备多种保护装置, 用于控制运行和保护周围工作人员。

- 紧急停机: 紧急停机功能启动后将直接切断制动机电源和实施制动 (0 类保护停机, 根据 IEC 60204-1)。
- 断电时在关节处实施制动: 断电时 Sawyer 将制动, 利用残余功率减速直至停止运行。Sawyer 的小关节将缓慢返回至重力中性位置。Sawyer 还配备物理制动器, 用于将肩部和肘部关节固定到位, 按下一个按钮即可轻松将其松开, 以便手动调整机器人机械臂位置。
- 过热关机: 在内部监控工作温度, 如果检测到过热情况, Sawyer(TM) 将关闭。

3. 接触检测: Sawyer 配备串联弹性驱动器, 直接测量每个关节的转矩, 机器人可检测接触并作出反应。

- 夹紧检测: 监控每个关节的转矩是否持续受到阻碍或阻力, 必要时暂停机器人运动, 防止 Sawyer 施加持续或过大的作用力。
- 冲击检测: 监控每个关节的转矩, 检测是否与坚硬表面剧烈接触, 必要时暂停运动。
- 末端执行器作用力/转矩检测: 如果在工具中心点检测到过大的作用力和转矩, 机器人将暂停运动。
- 过转矩检测: 如果检测到转矩超过关节限值, 机械臂禁用并施加制动, 防止出现损坏。

4. 多种检查子系统: 多种子系统利用和控制 “心跳” 信号, 以启动关节制动器, 如果检测到控制错误或故障, 则切断电机电源。

- 心跳:
 - 通过 “心跳” 信号发出停止命令: 硬件 “心跳” 信号可能因外部控制、内部故障或任何内部子系统而中断, 导致停止所有关节, 启动制动和切断电机电源。
 - 通信心跳: 检测到内部通信问题时会立即作出反应, 发送第二次 “心跳” 信号以停止所有关节, 启动制动和切断电机电源。
- 子系统:
 - 分布式关节控制器: 在每个关节提供本地 “心跳” 监控、本地关节禁用的制动功能。
 - 全局关节禁用/制动: 通过中断心跳信号来实施。
 - 关节位置和作用力感应冗余: 每个关节有多种传感器和反馈机制, 以便修正检测故障的结果。
 - 关节控制器监视计时器: 如果检测到任何关节或传感器存在内部问题, 自动监控禁用电机和实施制动。



5. 感应和行为

- 头部运动和屏幕：Sawyer 提供状态和意图反馈，在运行过程中眼睛朝向下一个运动的方向，发出意图信号。附近操作人员可以很方便地获取此信号，指示机器人下一步操作。
- 取消运动：按下按钮即可简便快捷地停止 Sawyer，就如同拍拍同事肩膀一样简单。
- 安装在头部的灯：Sawyer 配置多种指示灯，可即时发送状态信号。

Rethink 的协作机器人法规认证

集成商和/或最终用户需要执行应用风险评估，这对于确保 Rethink 协作机器人正常运行和机器人应用相关人员安全至关重要。在基于任务的应用风险评估中，必须评估末端执行器和部件。如果任一项存在危险，可能需要安装保护装置。例如，在 Sawyer 处理“刀具”或和锐边物体的应用中，风险评估将会造成阻止进行协同作业，而将 Sawyer 作为一般保护装置。

Sawyer 符合 ISO 10218-1:2011（ISO/TS 15066 是对其的一个补充）中适用于协作机器人的要求，提供紧急停机和保护停机功能，符合 ISO 13849-1:2006, Cat.3/PL d 中的要求。Sawyer 符合 IEC 61010-1:2010（包括 CB 体系中的所有国家差异）中有关电气、火灾、机械危险的相关要求以及 IEC 61326-1:2013 中的 EMC 要求。

IEC 6100-4-2

Sawyer 已通过 IEC 61000-4-2 进行静电放电抗干扰度测试，符合以下限制要求：空气放电 +/-8 千伏，接触放电 +/-4 千伏。参阅以下结果：

- CISPR 11 辐射发射 - 合格 - A 级
- CISPR 11 传导发射 - 合格 - A 级
- IEC 61000-4-2 静电放电抗干扰度 - 合格
- IEC 61000-4-3 辐射电场抗干扰度 - 合格 - 1 级、2 级和 3 级（10 伏/米）
- IEC 61000-4-4 电快速瞬变脉冲群抗干扰度 - 合格 - 2 级（1 千伏）和 3 级（2 千伏）
- IEC 61000-4-5 浪涌抗干扰度 - 合格 - 2 级（1 千伏）和 3 级（2 千伏）
- IEC 61000-4-6 射频共模抗干扰度 - 合格 - 150kHz - 80MHz（在 3V 时）
- IEC 61000-4-8 工频磁场抗干扰度 - 合格 - 0 安/米
- IEC 61000-4-11 中断抗干扰度 - 合格 - 压降 # 1、2、3 和 4



北美洲

美国

- 符合 ANSI/RIA R15.06-2012（等同于 ISO 10218:2011）中的相关要求
- 符合 FCC 第 15 部分辐射要求（A 类限制）
- 适用于根据 ANSI/NFPA 70 (NEC) 要求进行装置
- NRTL 认证 (UL 61010-1)

加拿大

- 符合第三版 CAN/CSA-Z434-14（等同于 ISO 10218:2011）中的相关要求
- 符合 ICES-003 辐射要求（A 类限制）
- 符合 CAN/CSA C22.2 编号 0 中针对根据加拿大电气规范 (CEC) 第 1 部分 CSA C22.1 安装的一般要求
- NRTL 认证（CAN/CSA-C22.2 编号 61010-1-12）

墨西哥

- 工业机器人无适用的强制性 NOM 标准或进口限制，但是，IEC 61010-1 CB 认证包含一般电气与火灾安全要求，而 ISO 10218-1:2011 合规性规定了根据墨西哥的职业健康与安全法规 [RFSHT] 使用机械设备方面的要求。

欧盟

概览

Sawyer 符合相关欧盟指令中的相关要求，包括机械、EMC、低压和 RoHS 等要求，根据公司声明在欧盟作为半成品机械装置投放市场。在声明最终装置符合机械指令前不得将机器人投入运行。

机械 (2006/42/EC)

- 符合 ISO 10218:2011 中的相关要求，ISO/TS 15066 是对此标准的补充
- 紧急停机和保护停机功能符合 ISO 13849-1:2006, Cat 3/PL d 要求
- 符合 IEC 61326-1:2013 中的抗干扰度要求（工业限制）
- 符合 IEC 60204-1 中的相关要求
- 根据 ISO 12100:2010 进行设计



EMC (2004/108/EC)

- 符合 IEC 61326-1:2013 中的辐射要求（根据 EN 55011:2009，A 类限制）
- 低压 (2006/95/EC)
- 符合 EN 61010-1:2010 中的要求
- 根据 IEC 61010-1:2010（包括欧盟成员国差异）进行 CB 认证。

ROHS (2011/65/EU)

- 符合有害物质限制要求。

中国

- 工业机器人无适用的 CCC 要求或进口限制

日本

- 符合 JIS B 8433-1:2015（等同于 ISO 10218-1:2011）相关要求
- DENAN 法规（电气安全）中未列出工业机器人，但 IEC 61010-1 CB 认证包含一般电气与火灾安全要求

了解更多

如需了解更多有关 Sawyer 安全与合规性的信息，请联系授权 Rethink Robotics 经销商合作伙伴或访问 www.rethinkrobotics.com。



维护和支持 Sawyer

正确关闭 Sawyer 电源

1. 清空机器人附近区域。
2. 如需进行维护，应抓住训练腕套或扭转旋钮以使头部移动到维护一侧。在机器人未连接电源的情况下，应手动谨慎移动头部。
3. 按下机器人基座上的白色电源按钮。

当所有指示灯和 LCD 屏幕完全熄灭，关机流程即宣告完成。

拔下墙壁插座/电源上的电源线。在卸下电源之前，确保控制箱未发出任何声响。

维护 Sawyer

应定期检查安装在控制器空气进/出气扇端口的粉尘过滤器，以确保控制器正常通风。

清洁 Sawyer

应定期使用干净、湿润的布料擦拭机器，清洁 Sawyer。请勿使用磨料或溶剂。

定期检查控制器箱中的风扇过滤器，根据需要加以清洁。

我们仅代表 Rethink Robotics 的全体团队祝您使用顺利，愿 Sawyer 机器人能够为您的业务提供优质解决方案。



校准 Sawyer

要校准 Sawyer，您必须在 Sawyer 头部屏幕上访问校准程序：

在主屏幕上按下 Rethink 按钮，然后转到“系统”并单击“校准”。

使用此功能校准 Sawyer 全部 7 个关节。校准程序大约持续 5 分钟。

- 在校准之前，请从机器人机械臂卸下任何外部有效负载（EOAT、工具板和第三方夹具）
- 清理机器人周围空间，以便校准期间机械臂可以不受阻碍地自由移动。
- 成功校准后重新启动机器人，以便保存校准参数。

实际上是对哪些方面进行校准？

此过程校准关节转矩传感器。更好地校准转矩传感器可能对位置准确性产生一些二次影响，尤其对于移动中重型有效负载的跟踪，但这只是一种二级效应。

校准机器人会带来不利影响吗？或者在哪些情况下不应进行校准？例如，如果任务运行正常，校准后端点会否发生位移？

- 对 SDS 传感器的任何调整可能会略微影响端点准确性。如果任务运行正常，请勿接触此传感器。

应何时执行校准？

- 在第一次设置时。
- 在机器人发货和开箱后的任何时间，建议在启动后立即运行校准。
- 在机器人升级时。
- 更新时无需进行重新校准，除非版本有相关特定要求（对校准或校准使用的模型进行错误修复）。如果需要校准，版本说明将注明校准要求。
- 当在零重力模式下一个或多个关节朝一个方向拉动时。这表明有部件可能未校准，应对机器人进行校准。



附录 A：术语

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

术语

- Intera Studio - 在 Chrome 浏览器中用于创建 Sawyer 任务的程序逻辑的 Intera 5 软件。具有任务行为编辑器和模拟 Sawyer 机器人的功能。第二个屏幕可与实际 Sawyer 机器人连接。
- IP 地址 - 全球每个工作站的唯一标识符。
- TCP 套接字 - TCP 连接的端点，用 IP 地址和端口号标识。
- TCP/IP - 传输控制协议 /Internet 协议。用于通过以太网或 WiFi 连接 Internet 上的主机的一套通信协议。
- UI - 用户界面。用户与机器人软件进行交互的方式，例如，通过输入值、屏幕滚动、进行选择等。
- 撤回点 - 紧随一种操作的姿势。
- 端口号 - 将不同连接分配到相同 IP 地址的一种半随机方式。
- 复位屏幕 - Sawyer 启动后显示的屏幕。机械臂随后执行复位序列，以使机器人识别出各个关节的实际位置。在此序列中，各关节将移动约 5 度。
- 工具中心点 - 由 Intera 软件识别的姿势的准确位置。也称为 TCP。对于重复动作，特别是围绕 TCP 的旋转相当重要。
- 行为编辑器 - 用于创建、查看和编辑任务中的所有节点。以树状结构组织，由父节点和子节点组成，从屏幕左侧展开分支。
- 接近点 - 操作前的准备姿势。
- 节点 - 行为编辑器的基本组件。是用于指示机器人执行特定功能的指令。
- 路径 - 机械臂在两次操作之间的移动过程。
- 路径点 - 机械臂沿某路径移动的目标空间位置。



- 模板 - 基本（框架）子树行为，可根据需要插入某任务。插入后，如复制粘贴一般成为任务的一部分。模板不包含节点特有的属性，例如对姿势、信号或其他变量的参考。
- 末端执行器 - 连接在 Sawyer 机械臂末端的外部设备，用于执行任务或与机器人环境系统开展交互。Rethink 真空夹具是一种末端执行器。同时也有针对具体任务设计和制造的第三方末端执行器。多数情况下，末端执行器根据输出信号采取行动。
- 条件节点 - 在您要执行一系列操作时使用，但某些条件必须为真，例如，信号为真。
- 头部屏幕 - Sawyer 机器人本身具有的头部显示用户界面。
- 信号变量 - 表示机器人发送至其他设备或其他设备发送至机器人的信号。输入为只读。输出可读写。
- 序列节点 - 如果要依次执行一系列操作，则应使用序列节点。
- 原始节点 - 不具有子节点的节点。类似行为编辑器一个分支的叶节点。可影响环境状态（与“合数”节点相反，“合数”节点确定何时以何顺序执行何种适合的操作）。原始节点示例：“移动至”、“等待”、“设置值”、“警报”、“摄像机”节点。
- 姿势 - 机器人机械臂在某处的位置和方向。
- 坐标系 - 工作环境的定向方式。坐标系是空间内的一个 3D 点，具有 x、y 和 z 坐标，以及 x、y 和 z 方向的旋转信息。旨在利用坐标系统，制作与机器人相关的其他 3D 对象。坐标系是一个容器，可具有子系，子系参考该坐标系作为其 0,0 点。随着坐标系的移动，参考该坐标系的子系也将移动。坐标系在 Intera 用户界面中显示为平面。
- 坐标系：基准坐标系 - 位于机器人基座的绝对 0,0 点。所有其他坐标系均不同程度地参考基准坐标系。基准坐标系从不移动，是任务中各项目的父坐标系。
- 坐标系：末端执行器坐标系 - 其 0,0 点位于机器人机械臂的末端。其准确位置取决于正在使用的特定末端执行器。



附录 B：支持和保修

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

Sawyer 机器人具有一 (1) 年有限保修期。

如果无法解决机器人出现的问题，请尝试关闭机器人并重新启动。如果问题仍然存在，请联系授权 Rethink Robotics 服务提供商以获得技术支持。您将需要提供出现问题的机器人的型号和序列号。可以在机器人背面的电源按钮附近找到这些信息。

如果产品已经不在保修期内，授权 Rethink Robotics 服务提供商会提供技术支持或维修费用的估算。



附录 C：集成商认证信息

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

第三方认证

为向客户提供最优质的服务，Rethink Robotics 选择以下知名检测机构对 Sawyer 机器人进行认证：



TUV Rheinland of North America
295 Foster Street, Suite 100
Boston, MA 01460

由 TUV Rheinland 按照 EN ISO 10218-1 表 F.1 对机器人风险评估结果进行验证，报告编号 31771701.001。

根据 EN ISO 13849-1:2006，安全系统达到 3 类 PLd 等级。

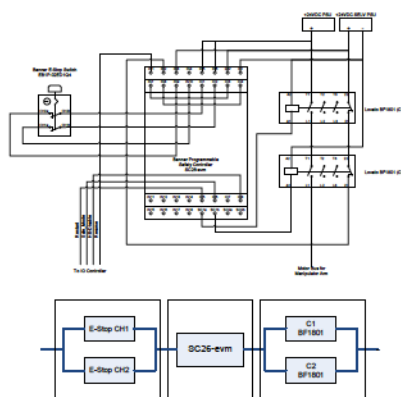
Letter of Attestation

Rethink Robotics, Inc.
27-43 Wormwood St
Boston, MA 02210

June 15, 2017

This letter serves to show that the Rethink Robotics, Inc. robot, model No. Sawyer has been investigated to determine the structure category and performance level for compliance with EN ISO 10218-1 (ANSI/RIA R15.06). Note that the standards require a design of PL=d with structure category 3 as described in ISO 13849-1:2006

The following circuit below was analyzed:



As a result of the investigation, the safety controller circuit provided can meet PLd Cat. 3 if a proper protective stop or E-Stop input device is used and implemented in accordance with EN ISO 13849. Both the logic and output devices of this circuit meet the requirements (The E-stop provided with Sawyer meets this requirement for a full circuit).

Test Engineer:

Jim Beaman

Ryan Braman
Senior Test Engineer
TUV Rheinland of North America
295 foster St., Suite 100
Littleton, MA 01460
Cell: 978-760-5262
rbraman@us.tuv.com



Certificate



Certificate no.

T 72172308 01

License Holder:

Rethink Robotics
27 Wormwood Street
Boston MA 02210
USA

Manufacturing Plant:

Benchmark Electronics, Inc
100 Innovative Way
Nashua NH 03062
USA

Test report no.: USA-RB 31771701 003

Client Reference: Paul Notari

Tested to: EN ISO 10218-1:2011

Certified Product: Robot Manipulator and Controller

License Fee - Units

Model Designation: Sawyer

7

Rated Voltage: AC 100-240V, 47-63Hz
Rated Current: 4A
Protection Class: I

Special Remarks: Solely assessed per standard listed above.
The robot is only a component in a final collaborative robot
system and alone is not sufficient for a safe collaborative
operation. The collaborative operation application shall be
determined by the risk assessment performed during the
application system design.

Appendix: 1, 1-5

7

Licensed Test mark:



Date of Issue
(day/mo/yr)

15/09/2017

TÜV Rheinland of North America, Inc., 12 Commerce Road, Newtown, CT 06470, Tel (203) 426-0886 Fax (203) 426-4009



公司声明



EC 公司声明（原始）

Rethink Robotics, Inc. of 27-43 Wormwood St, Boston, MA, U.S.A（本公司）声明仅对下述产品负责

类型：协作机器人

模型：Sawyer

机器人机械臂序列号 _____

控制器序列号 _____

本声明涉及的半成品机械符合指令 2006/42/EC（机械）的相关要求，同时符合相关指令 2014/30/EU (EMC)、2014/35/EU（低压）以及 2011/65/EU (RoHS) 的相关要求。

产品符合以下协调标准的相关要求，

EN 60204-1	机械安全 - 机械电气设备 - 第 1 部分：一般要求
EN 61010-1	用于测量、控制和实验室使用的电子设备的安全要求 - 第 1 部分：一般要求
EN ISO 10218-1	机器人及机器人设备 - 安全要求 - 第 1 部分：工业机器人 [通过 PFL 协作机器人的 ISO TS 15066 进行补充]
EN ISO 12100	机械安全 - 设计一般原则 - 风险评估与降低风险
EN ISO 13849-1	机械安全 - 控制系统的安全相关部分 - 第 1 部分：设计一般原则
EN 55011	工业、科学和医学设备。无线电频率干扰特征。测量的限制和方法
EN 61326-1	用于测量、控制和实验室使用的电子设备 - EMC 要求 - 第 1 部分：一般要求

在声明安装有此半成品机械的最终装置符合指令 2006/42/EC 的规定（如果适用）之前，不得将半成品机械投入运行。

Rethink Robotics, Inc. 同意传输半成品机械的相关信息，以回复国家当局的合理要求。有权编辑技术文档的人员为 Darius Wilke，位于德国施塔恩贝格的 Dalienweg 10, 82319。

依据附件 II 1 B，半成品机械适用且满足 2006/42/EC 的附件 I 中的基本要求，有关其描述，请参阅此文档的附件 A。

签发日期：2018 年 3 月 26 日

签发地点：Boston, Massachusetts, U.S.A.

姓名：Scott Eckert

总裁兼首席执行官

签名：

617.500.2487 MAN
617.812.0448 E FAX
27 WORMWOOD STREET
BOSTON, MA 02210



集成商信息

风险评估

Sawyer 用于与其他设备组装形成完整机器，自身并不是完整的机器。因此集成商须根据车间常规安全条例和安全标准，就安装、环境、人员培训及能力和一般安全素养等方面，对应用风险进行评估。风险评估的目的在于根据地方监管部门的职业健康与安全要求，确保消除对使用者构成的危险，或将危险程度降到最小。有关风险评估过程的指导，可参阅以下标准（仅列举部分）：

- ISO 10218-2:2011 机器人及机器人设备 - 安全要求 - 第 2 部分: 工业机器人系统与集成
- RIA TR R15.306-2014 工业机器人及机器人设备技术报告 - 安全要求，基于任务的风险评估方法。
- ISO 12100:2010 机械安全 - 设计一般原则 - 风险评估与降低风险
- ANSI B11.0-2010 机械安全；一般要求与风险评估。

风险评估应考虑正常使用以及在可预见的错误使用情形下，操作人员与机器人之间所有可能发生的接触。操作人员的脖颈、面部和头部不得接触机器人。

结合 Rethink Robotics 自身采取的安全设计措施以及集成商和最终用户进行的安全实践/风险评估，与 Sawyer 协作的风险将降至实际合理的最低水平。机器人在安装前仍存在的任何风险，均已通过本文档告知集成商和最终用户。如果集成商根据对某特定应用进行的风险评估确定存在不可接受的风险，则必须施加额外的降低风险措施。

Sawyer 提供进一步降低风险的附加功能，例如，降速操作、紧急停机类别 0 和保护性停止功能，同时，集成商应负责确保：

- 在最终安装时以恰当方式消除或最小化所有危险；
- 已将风险降低到实际合理的最低水平，以及
- 已将仍存在的风险告知最终用户。

以下部分将就风险评估与 Sawyer 使用的若干相关话题，提供最佳实践指南。



使用注意事项

Sawyer 的协作用途假设未使用安全措施或对象感应装置，因此工作人员与 Sawyer 或其末端执行器 / 部件之间预期或非预期的接触均不会产生任何不可接受的风险。与工作区内其他对象（设备、表面和传送带等）之间的预期或非预期接触同样不会产生任何不可接受的风险。如果集成商针对某特定应用存在的危险进行了风险评估，而结果判定对用户存在不可接受的风险，则集成商必须采取恰当的降低风险措施来消除或最小化存在的危险，直至将风险降低至可接受水平。在采取恰当的降低风险措施（根据需要）之前，任何对 Sawyer 的使用都将视为不安全操作。

安全使用 Sawyer 要求集成商和用户遵守 Rethink 提供的 Sawyer 安装和组成说明。

Sawyer 不可用于爆炸环境或任何相关电气规范中规定为危险场所的环境。

在不具备周边安全措施的情况下使用 Sawyer，则要求进行风险评估以判定相关危险是否可能产生不可接受的风险，例如，使用锋利末端执行器/部件，或处理有毒或其他危害物质所存在的危险。集成商必须通过风险评估来考量此类危险及相关风险的等级，确定并实施恰当措施，从而将风险降低到可接受的水平。

末端执行器

集成商应负责选择能够降低和/或消除危险的末端执行器与 Sawyer 共同使用。

安装

集成商必须遵照 ISO TS 15066 所述指南和 Rethink 安装资料来安装 Sawyer。

必须始终将 Sawyer 的机械臂竖直向上、牢固地安装在基座或适合的稳定表面上。

Sawyer 所处位置必须远离其他工作设备和通行通道（以降低来往人员进入工作区的几率）。

对于需要近距离操作 Sawyer 的工作人员，必须保证其观察 Sawyer 的视野始终畅通无障碍。

个人防护设备

与其他工业设备的操作惯例相同，工作人员在与 Sawyer 进行交互时必须佩戴护目镜（围绕型）。



一般安全准则

工作人员在与 Sawyer 进行交互时，禁止佩戴宽松的首饰或穿着宽松的衣服，长发必须束紧。

如 Sawyer 发生损坏或操作异常，必须停止操作。

标准操作规程和培训

集成商必须开发培训和程序内容，并管理 Sawyer 的使用。

集成商必须向操作人员提供关机说明和培训。

集成商必须开发标准操作规程，培训工作人员如何使用 Sawyer 并与 Sawyer 进行交互。直接使用机器人的工作人员和在机器人工作区周围区域工作的人员都必须接受培训。建议仅允许经过培训的人员进入工作单元。

集成商和用户必须根据说明提供电源，必须向将要操作并与 Sawyer 进行交互的工作人员提供培训。说明和培训内容应包括 Sawyer 开机时的行为描述。必须告知工作人员机械臂移动可能产生的危险，并指示工作人员在用户初始化序列期间远离 Sawyer。

集成商必须针对 Sawyer 制动松放功能操作，开发相应的培训和程序。

集成商必须遵守上锁挂牌 (LOTO) 指南，根据风险评估的判定结果，向将要操作并与 Sawyer 进行交互的工作人员提供 LOTO 培训。

在必要情况下，必须向工作人员提供打印或电子版的用户文档、手册和安全信息。

安全意识

集成商可以提供状态灯，用于指示工作人员 Sawyer 当前的操作速度正常。

必须告知用户，当第二连接件 (L1) 向上旋转，头部显示器的任一下方角接近机械臂时，存在潜在的夹伤危险，工作人员应避免将其手部或手指置于机械臂与显示器一角形成的狭缝中。

集成商与用户必须针对 Sawyer 使用中的潜在危险设立标志和警示设施，并培训工作人员其代表的含义。

集成商与用户必须针对来往人员设立标志和警示设施，说明工作区仅限授权人员进入，并培训工作人员其代表的含义。

集成商必须标记协作区域。



实用参考资料

ANSI B11.0:2010, 机械安全；一般要求与风险评估

EN 60204-1:2005, 机械安全 - 机械电气设备 - 第 1 部分：一般要求。

IEC 61010-1:2010, 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 - 第 1 部分：一般要求。

ISO 10218-1:2011, 机器人及机器人设备 - 第 1 部分：工业机器人。

ISO 10218-2:2011, 机器人及机器人设备 - 第 2 部分：工业机器人系统与集成。

ISO 12100:2010, 机械安全 - 设计一般原则 - 风险评估与降低风险。

ISO 13849-1:2006, 机械安全 - 控制系统的安全相关部件 - 第 1 部分：设计一般原则。

ISO 13849-1:2012, 机械安全 - 控制系统的安全相关部件 - 第 2 部分：验证。

RIA TR R15.306:2014, 工业机器人及机器人设备技术报告 - 安全要求，基于任务的风险评估方法。



附录 D：额定值和性能规格

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

电源额定值

电源	额定值
控制器箱	
电源输入	
电压	100 – 240 交流电压
频率	47 – 63 赫兹
电流	4 安

I/O 额定值

I/O	额定值	
SMC 系列 SY5000 电磁阀（控制器箱）		
最大压力	90 磅/平方英寸	
末端执行器连接		
电源输出		
电压	24 交流电压	5 交流电压
电流	最大 1 安	最大 1 安



环境额定值

参数	额定值
环境	室内使用
噪音	Sawyer 在工作站的加权排放声压级不超过 70 dB(A)
海拔	最高 2000 米
工作温度	5 到 40 摄氏度
相对湿度	若温度为 31 摄氏度以下，则相对湿度为 80%，当温度为 40 摄氏度时，相对湿度线性递减为 50%
主电源电压波动	最多 $\pm 10\%$ 小幅电压
瞬态过电压	过电压类别 II
污染等级	2



工具中心点速度

当工具中心点穿过工作区时在 Sawyer 的工具板测量中心点速度。影响测量的中心点速度的变量不计其数，包括机械臂的姿势、机械臂末端工具规格（重量、弯矩荷载、部件感测等）以及软件中的速度设置等。下面我们介绍在 3 种情况下测量的中心点速度。

任务 1：关节加速度设置为中速时的拾取和放置任务

我们模拟机器人的典型拾取和放置任务是从工作台上拾取一个物体，大约绕 J0 移动 120 度后放置物体，然后重复此过程。在软件中，将关节加速度设置为中速，将移动定义为关节移动。有效负载为 0。在此情况下，测量的最大中心点速度为 0.84 米/秒（如下图所示）。

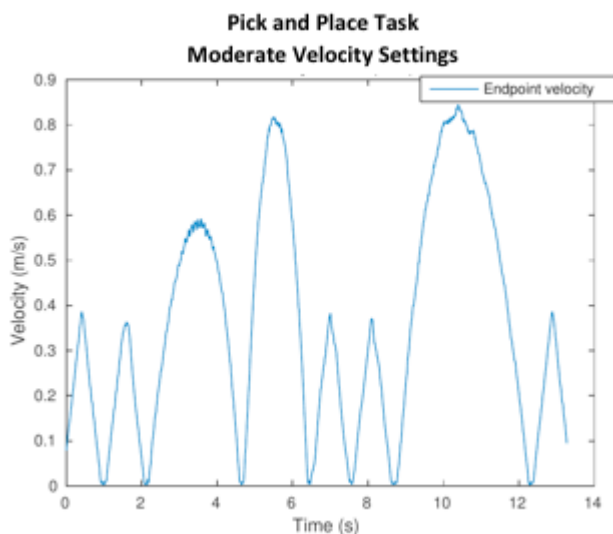


图 D-1：显示特定任务的端点速度的图表。此任务是一个标准的取和放置任务，其中机器人绕其基座旋转约 120 度。在 Intera 软件中将关节加速度设置为中速。



任务 2：关节加速度设置为高速时的拾取和放置任务

在一个典型的拾取和放置任务中，机器人从工作台拾取一个物体，大约绕 J0 移动 120 度后放置物体，然后重复此过程。在软件中，将关节加速度设置为*高速*，将移动定义为关节移动。有效负载为 0。在此情况下，测量的最大中心点速度为 1.46 米/秒（如下图所示）。

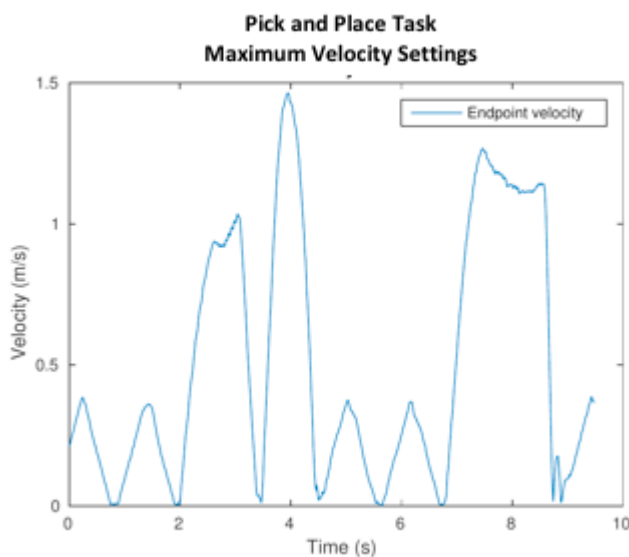


图 D-2: 显示特定任务的端点速度的图表。此任务是一个标准的取和放置任务，其中机器人绕其基座旋转约 120 度。在 Intera 软件中将关节加速度设置为*高速*。

任务 3：关节加速度设置为高速时的高难度任务

在高难度任务中，机器人沿垂直方向延伸，被训练为在 2 个姿势之间移动 180 度。机械臂被训练为以最快的工具中心点速度在 J0 和 J2 之间移动。在软件中，将关节加速度设置为*高速*，将移动定义为关节移动。有效负载为 0。在此情况下，测量的最大中心点速度为 2.82 米/秒（如下图所示）。

重要提示 - 此图仅显示工具中心点速度的理论最大值。在正常工作条件下，机器人在执行标准任务时设计的最大中心点速度通常介于 0.8 和 1.5 米/秒之间。也就是说，单次移动的速度可以在软件中设置，也可以根据特定任务进行调整。

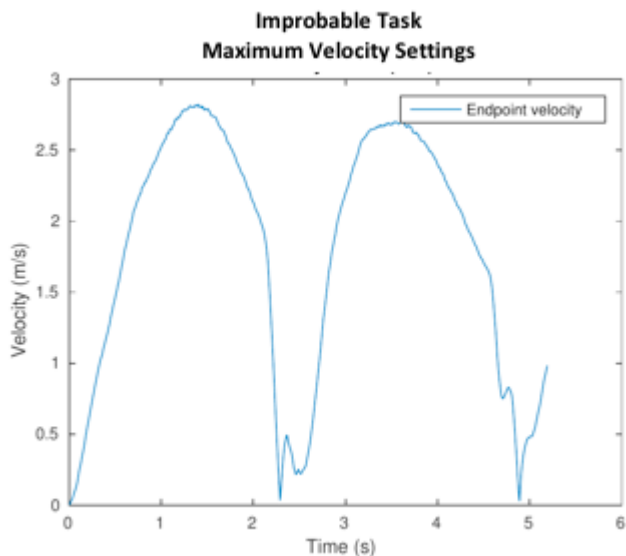


图 D-3: 显示特定任务的端点速度的图表。此任务旨在最大限度提高端点速度。将 J0 和 J2 设置为绕基座移动 180 度。在 Interact 软件中将关节加速度设置为 *高速*。

如需安全标准中有关速度的更多信息，参阅 *Sawyer 安全概览：安全设计*。

紧急停机性能

在执行紧急停机时，切断机械臂电机电源，不论机器人处在任务的任何阶段，都将停止运行。为评估紧急停机性能，对稳定时间和超程这两个指标进行了分析。

稳定时间 - 稳定时间的定义是稳态时间减去触发紧急停机的时间。

超程 - 超程是紧急停机时和稳态时测得的末端执行器位置之间计算出的差值。



我们还在多种情形下使用不同的有效负载和电压模式进行测试。下表汇总这些运行数据。

模式	稳定时间（秒）	超程（毫米）
低速模式/0 千克有效负载	0.3	50
低速模式/3.85 千克有效负载	0.5	80
正常速度模式/0 千克有效负载	0.2	80
正常速度模式/3.85 千克有效负载	0.2	110

表 D-1：8 种不同情况下使用不同的速度模式和有效负载时的紧急停机性能数据。在 Intera 软件中将关节加速度设置为 *高速*，速比设置为 1.0。

有关低速模式的更多信息，请见标题为 *Sawyer 安全概览：低电模式*。

有效负载和可及范围

根据 Sawyer 在工作区中的位置和末端执行器的设计方式，速度、加速度、可及范围和有效负载的组合可能会影响机器人的总体性能。我们可以利用图 D-4，从速比、速度、可及范围和有效负载四个角度描述工作区，除非满足以下一个条件：

- 任务期间机器人的可及范围大于 1 米；
- 有效负载的质心与 J6 轴偏移超过 10 厘米；
- J6 轴的偏移有效负载大于 2 千克。



可及范围是指 Sawyer 的中心点定位位置与有效负载质心之间的直线距离。有效负载包含末端执行器和物体质量。可以在软件中设置速比和加速度。

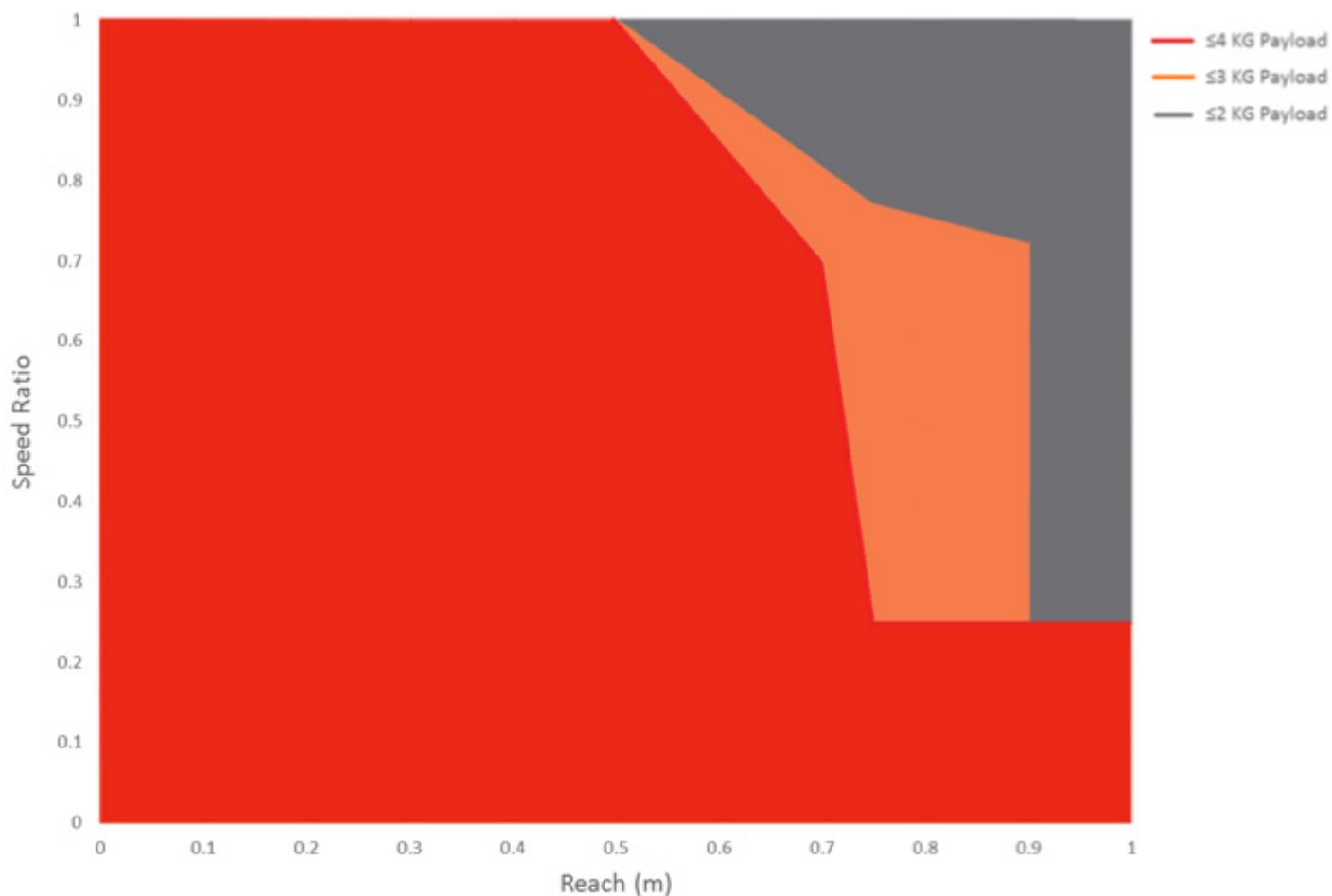


图 D-4：作为有效负载函数的推荐速比以及最佳性能的可及范围。

实验显示，如果不满足该部分开头列出的三个条件中的任何一个，则速比是影响机器人性能的主要因素。因此，图 D-4 中未显示加速度这一变量。

高速加速度设置不得用于任何大于 3 千克的有效负载。通常，快速是最大加速度设置，可应用于红色区域中的任何点。如果您要在红色区域使用高速，则有效负载不能超过 3 千克。对于任何少于 3 千克的有效负载，快速是最大加速度设置，可应用于图 4 中的任何点。



红色区域适用于所有有效负载，包括少于 2 或 3 千克的有效负载；橙色区域适用于所有少于 3 千克的有效负载，包括那些不足 2 千克的有效负载。如果有效负载少于 3 千克，有效工作区包括橙色区域和红色区域。两个区域互不排斥。

要了解数据含义，请查找所需的相关可及范围和有效负载。示例：

- 如果可及范围为 0.6 米，有效负载为 3.5 千克，则有效工作区为红色区域。最高速比不应超过 0.85。由于有效负载大于 3 千克，可以使用的最大加速度是快速。
- 如果可及范围为 0.8 米，有效负载为 2.5 千克，则有效工作区为橙色区域。最高速比不应超过 0.74。由于有效负载小于 3 千克，将不对加速度加以限制。

如果任务所要求的末端执行器或任务设置超出了我们的推荐，则请执行其他风险评估以确保机器人关节在运行期间不会扭矩过大。请注意，如果机器人的运行超出了推荐范围，则可能对机器人性能产生负面影响，同时还会增加硬件损坏的风险，且该情况并不属于担保范围。如果需要帮助，请咨询 Rethink Robotics 的支持团队或渠道合作伙伴。

执行风险评估时，请确保运行期间不会超出关节扭矩限制：

- J0 和 J1：85 Nm；
- J2 和 J3：40 Nm；
- J4、J5 和 J6：9 Nm。



高级末端执行器性能

如果满足上一节开头所述的三个条件之一，用户应在末端执行器设计时参阅另外的一组有效负载与加速度图表。如果可及范围少于 1 米，有效负载少于 2 千克，且与 J6 轴的偏移量少于 10 厘米，则用户无需按照图表操作。

首先，我们来根据图 D-5 定义相对于 Sawyer 的腕套的同轴和离轴距离。

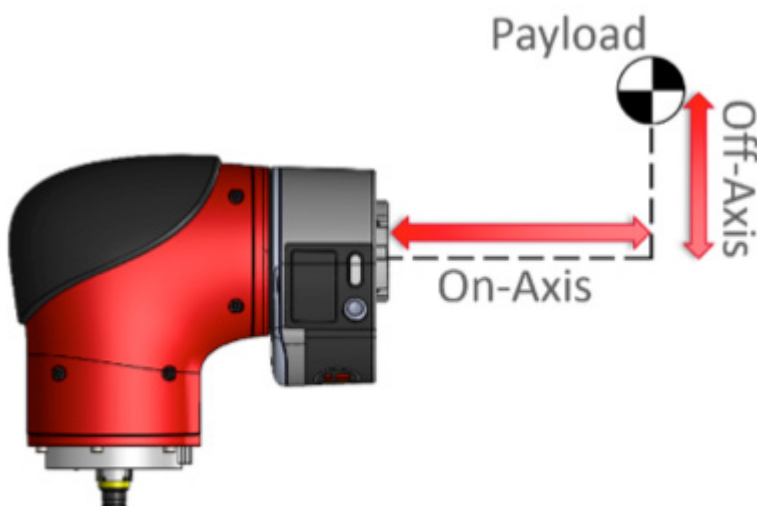


图 D-5: 同轴和离轴有效负载位置图。有效负载包含末端执行器和物体质量，用其质心的点质量表示。

图 D-6 和图 D-7 显示建议的有效负载、质心位置和关节加速度组合。

与图 D-4 类似，不同颜色的区域互不排斥。例如，当加速度设置设置为 *快速* 时，有效工作区包括深蓝区域和黄色区域。

与图 4 不同的是，图 D-6 和 D-7 中的 x 轴表示有效负载，而 y 轴表示偏移有效负载位置（而非 *可及范围*）。

任何末端执行器应在同轴和离轴边界内运行。如果在不建议使用 *高速* 的区域内机器人的最大可及范围大于 1 米，速比不应设置为大于 0.6。在其他任何区域，可以随意将速比设置为大于 1。在根据图 D-6 和 D-7 进行的实验中，加速度对机器人性能的影响要远大于速比。这就是不将速比作为变量的原因。



我们不建议用户在机械臂末端连接超长的末端执行器。如果偏距过大，当机器人断电或在运行任务时意外撞击障碍物，制动器更容易受到物理损坏。例如，如果您的末端执行器从 J6 轴延伸 50 厘米，向末端执行器的中心点施加 13 牛的作用力，可能向 J4 制动器施加过大转矩，导致它出现物理损坏。

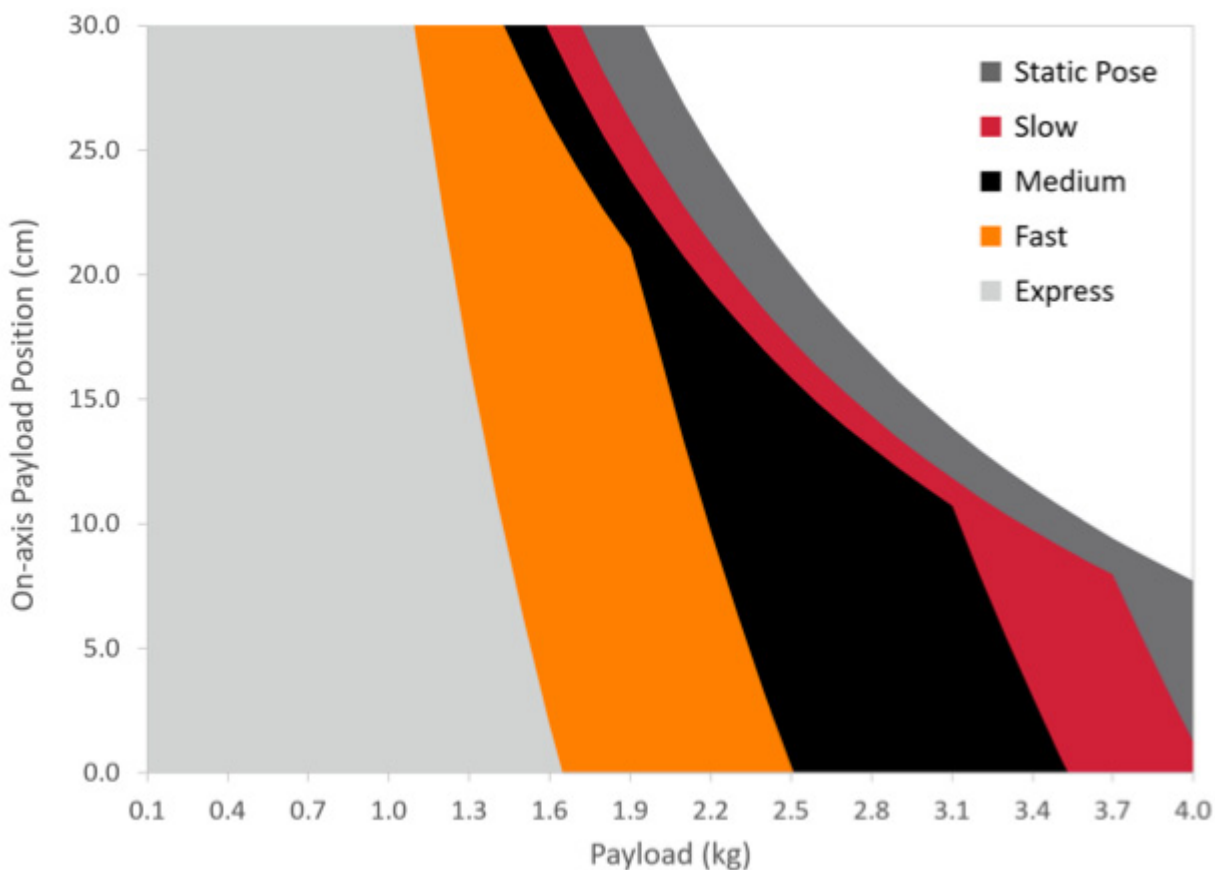




图 D-6: 作为同轴有效负载位置函数（在 D-5 图中定义）和有效负载的推荐加速度设置。

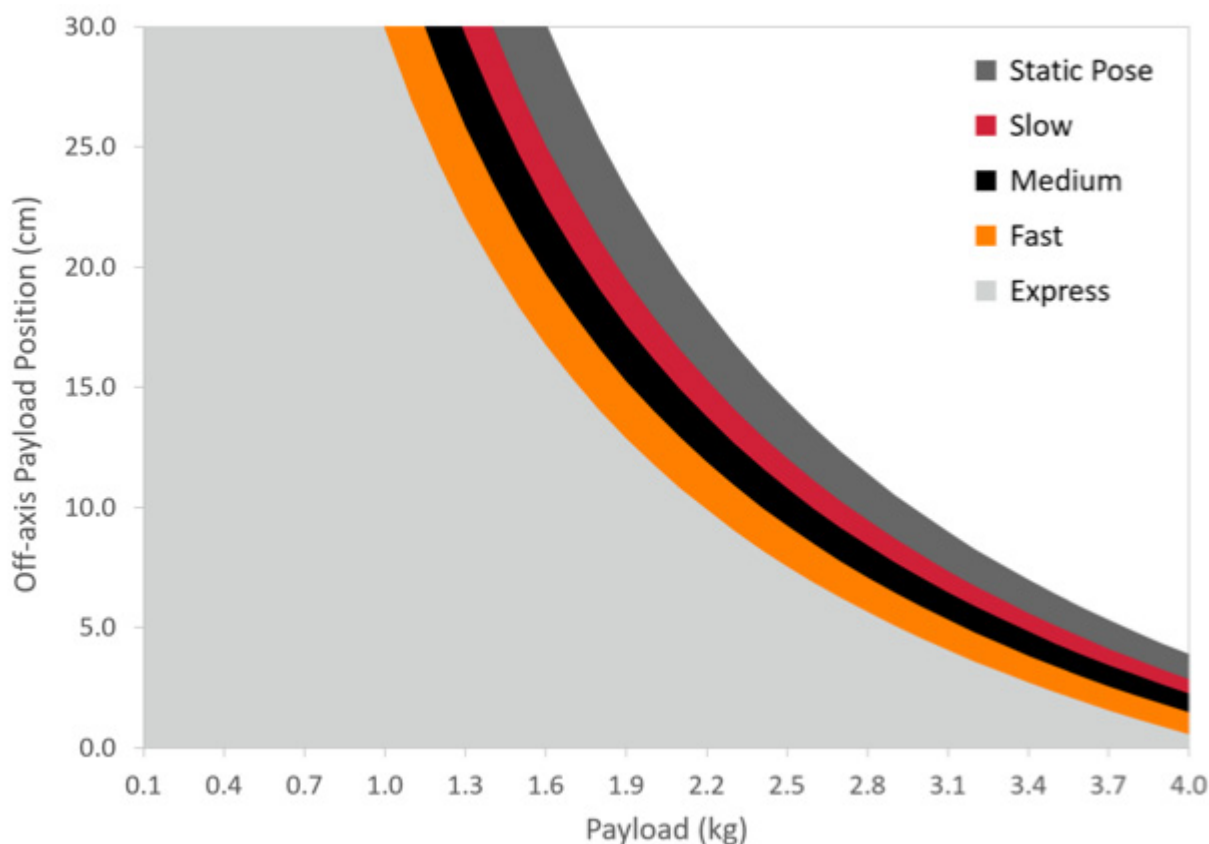


图 D-7: 作为离轴有效负载位置函数（在 D-5 图中定义）和有效负载的推荐加速度设置。

要了解数据含义，请查找所需的相关同轴和/或离轴距离及有效负载。例如，假设一个 1 千克的末端执行器需要拾取一个 1.5 千克重的物体。在此例中，总的有效负载为 2.5 千克。按照图 D-5 所示，在夹住物体的同时测量末端执行器的质心，获得同轴和离轴距离。假设同轴距离和离轴距离分别为 10 厘米和 6 厘米。根据图 D-6，有效工作区为黑色区域，对应的加速度设置为 *中速* 或以下。根据图 D-7，有效工作区为浅灰区域，对应的加速度设置为 *高速* 或以下。根据这两个结果，加速度设置不应超过 *中速*。假设最大可及范围为 0.8 米。最大推荐速比为 1。



但是，如果最大可及范围为 0.8 米，而有效负载下降至 1.5 千克，则应使用图 D-4。尽管存在离轴距离，它未超过 10 厘米，而有效负载少于 2 千克。上一节所述的两个条件都未满足。根据图 D-4，有效工作区为灰色区域。因此，最大速比为 1，最大加速度设置为*高速*。

如果任务所要求的末端执行器或任务设置超出了我们的推荐，则请执行其他风险评估以确保机器人关节在运行期间不会扭矩过大。请注意，如果机器人的运行超出了推荐范围，则可能对机器人性能产生负面影响，同时还会增加硬件损坏的风险，且该情况并不属于担保范围。如果需要帮助，请咨询 Rethink Robotics 的支持团队或渠道合作伙伴。

以下是您在决定要使用的图时可参考的流程图。

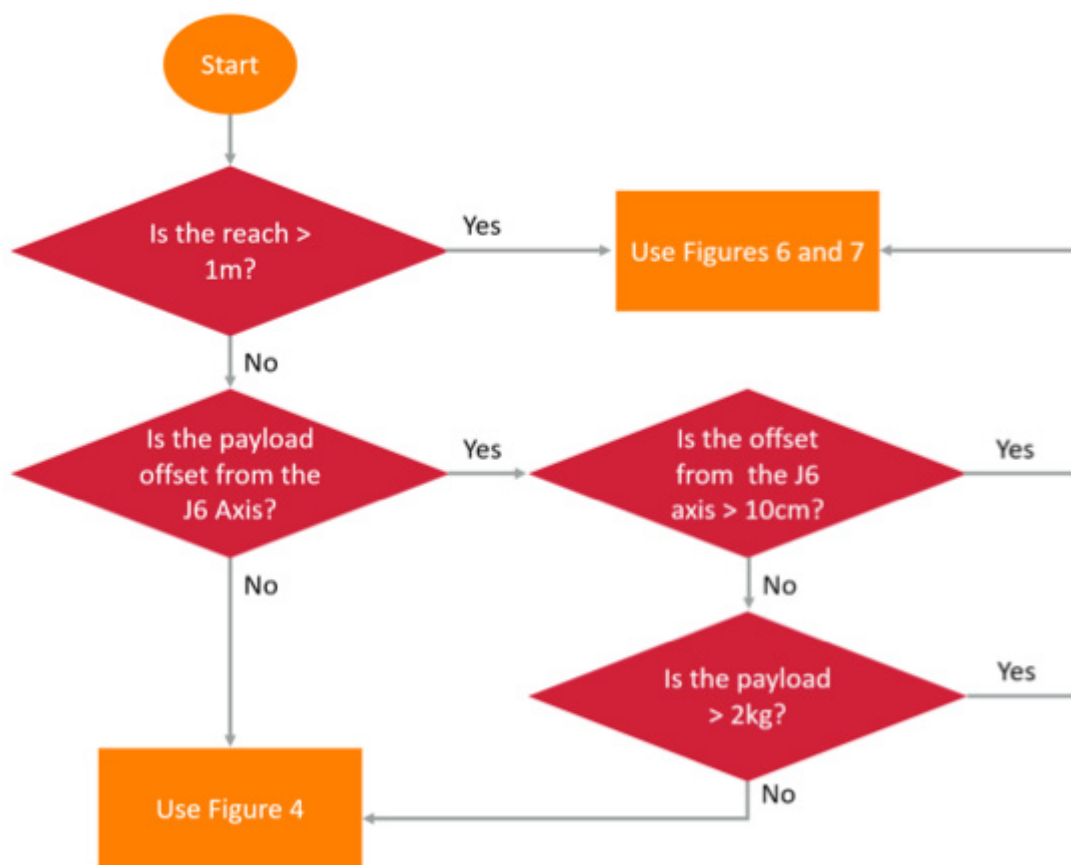


图 D-8：用于确定使用 (1) 图 D-4 或 (2) 图 D-6 和 D-7 的情况的流程图。



附录 E：警告和注意

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。



警告和注意

如违反 Rethink Robotics 指定方式使用 Sawyer，则设备提供的保护措施可能无效。



FCC 第 15 部分注意事项：

本设备符合美国联邦通信委员会 (FCC) 规则第 15 部分的内容。操作须满足以下两个条件：

- (1) 本设备不得产生有害干扰，以及
- (2) 本设备必须能够接受任何收到的干扰，包括可能导致意外操作的干扰。



本设备符合加拿大工业局 ICES-003 标准。操作须满足以下两个条件：

- (1) 本设备不得产生干扰，以及
- (2) 本设备必须能够接受任何干扰，包括可能导致设备意外操作的干扰。

CAN ICES-3 (A)/NMB-3(A)



根据欧盟理事会指令 2012/19/EU 关于电气电子产品废弃指令（修订版）(WEEE) 的相关内容，Sawyer 内部包含一次性纽扣电池，属于“电气和电子设备”(EEE)。在使用寿命结束后，请勿将设备与一般废弃物一同处置。建议用户将 WEEE 与其他废弃物区分后单独丢弃。有关处置指南，请咨询当地的电子设备废弃管理机构。



此图标指示控制器电缆插头的所在位置。控制器电缆同时具有电源线和 I/O。



附录 F：安全子系统

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

安全子系统

安全子系统的主要功能是控制电机总线功率继电器和报告安全子系统的状态。此功能性涉及：

- 电机总线功率继电器
- 交替继电器
- 紧急停机按钮
- 安全地垫
- 光学传感器
- 启动装置
- 软件输入开关
- 总线监控
- 进入开关
- I/O 控制器接口

以斜体显示的功能装置为可选功能装置，可通过第三方制造商购买这些装置。它们不和 Sawyer 机器人一起提供。

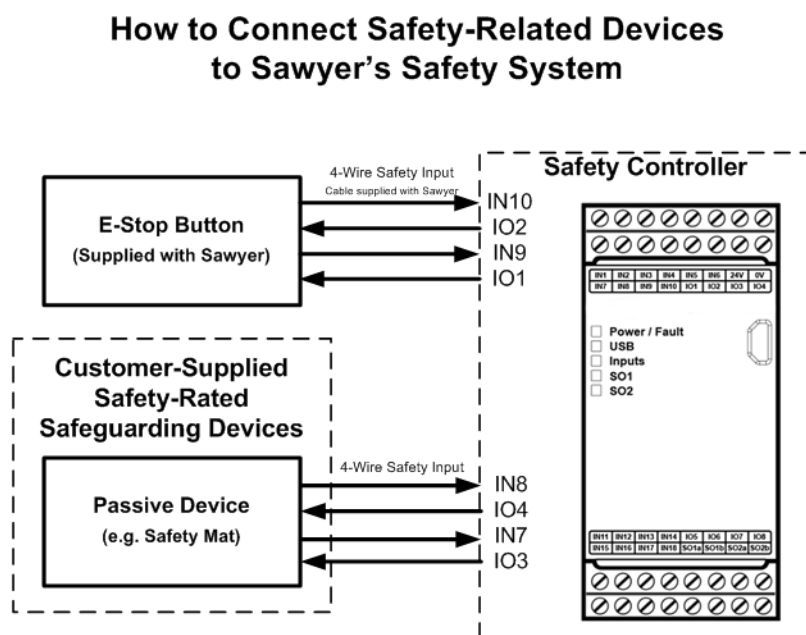
Banner 安全控制器达到基于 ISO 13849-1:2006 的 PLe CAT 4 等级，电机安全继电器则达到 PLd Cat 3 等级。由这些安全装置组成的综合安全功能元件达到 PLd Cat 3 等级。



Banner 安全控制器

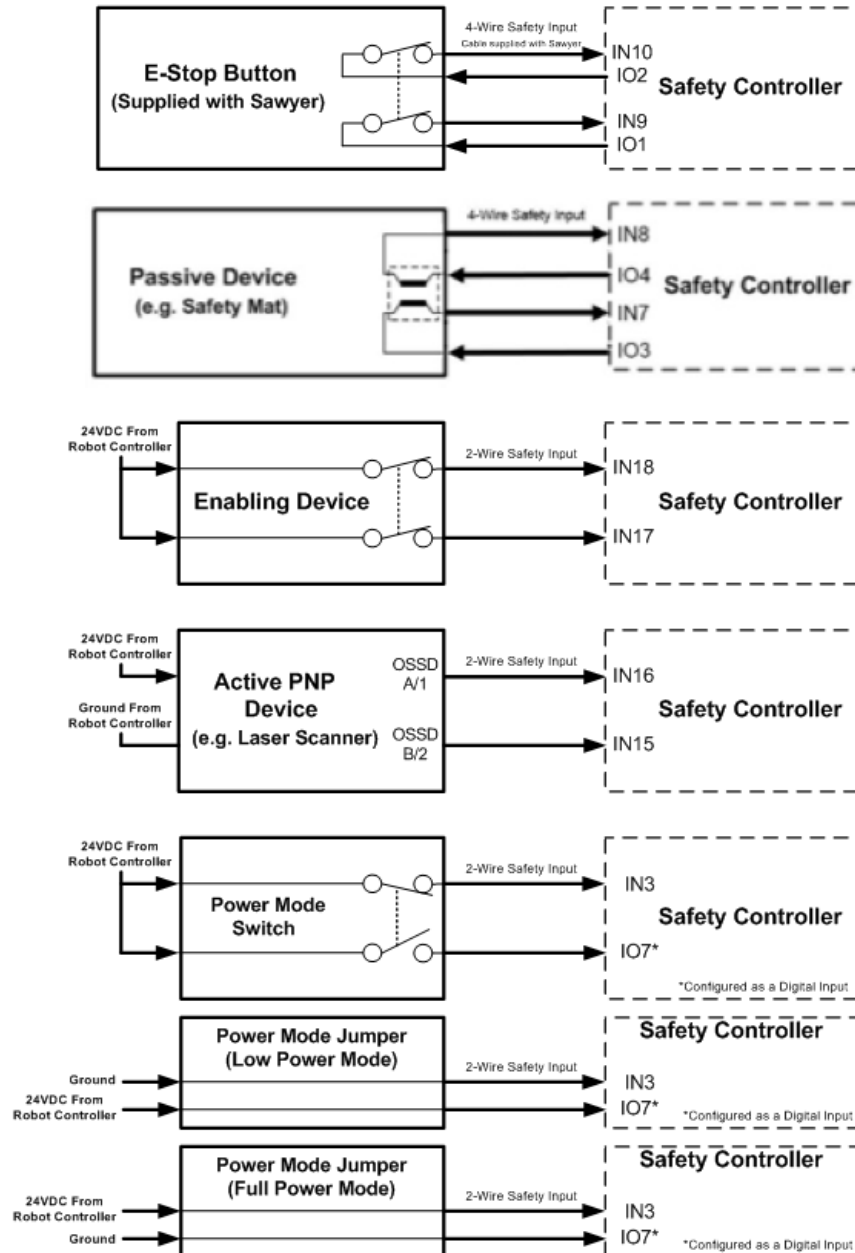
Sawyer 使用位于 Sawyer 控制器箱中的 Banner 安全控制器 (SC26-2evm), 作为其安全子系统的控制器。

以下是子系统布线方框图:



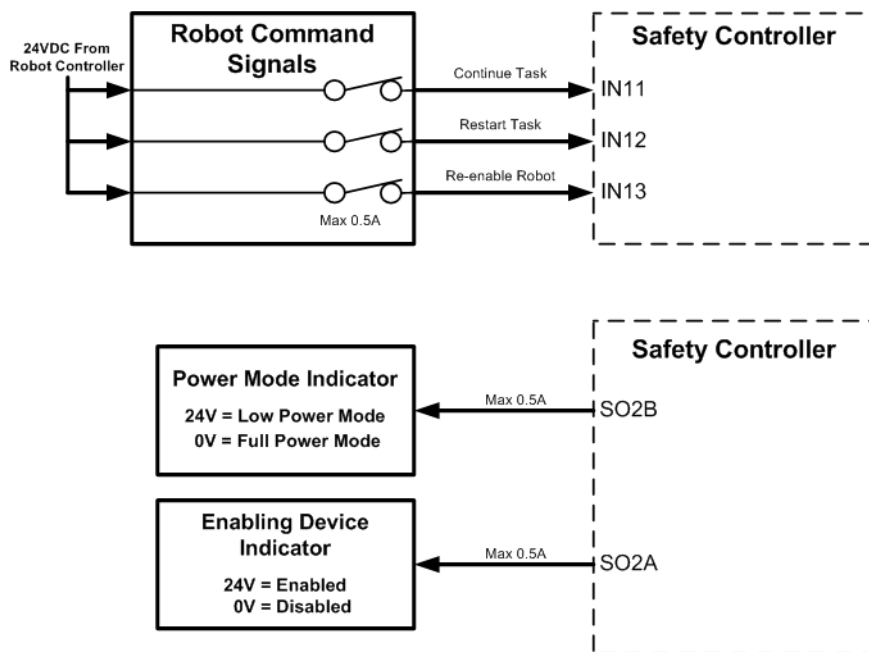


Safety-Related Device Connection Details





Non Safety-Related Device Connection Details



Banner 安全控制器是一种非常可靠的自监控冗余装置。它可监控所有安全状况，控制电机总线功率继电器（此继电器共有两个，构成故障保护结构）。如果 Banner 安全控制器检测到安全输入信号，则关闭电机电源。可以根据用户输入重新启动电机。如果此安全控制器在其安全功能元件中检测到内部或外部故障，则会自动关闭，并切断机器人电机电源。

客户如果需要连接其他安全装置，可以访问 Banner 安全控制器。还可以对其进行配置，以便配置所需的行为，如果尚不支持，则可以使用 Rethink Robotics 提供的标准配置，本文将介绍相关信息。

注意: 对于 Intera 3 软件，默认的 Banner 安全控制器配置仅支持紧急停机开关。对于 Intera 5 软件和默认的布线和配置设置，安全控制器还将支持激光扫描仪、光幕和安全地垫等常用保护装置。



低电模式

Sawyer 设计的初衷是作为功率和作用力限制机器人，但客户可以选择进一步限制机器人的功能，通过进一步限制机器人可用功率，从而限制它可以运行的最大速度。这可以通过在低电模式下运行 Sawyer 来实现。

对 Banner 安全控制器进行自定义，可监控向 Sawyer 机械臂供电的电压。要使 Sawyer 进入低电模式，请在启动机器人前跳接低电压启动信号。机器人的最大速度将限制在正常运行速度的一半左右。

如果，在某个时刻，Banner 安全控制器检测到机器人在正常供电模式下运行，而布线是针对低电模式进行配置，则电机功率继电器将断开，切断向机械臂电机的供电，并报告违反安全规定错误。

触发安全装置时将发生什么情况

当存在 0 类停止信号时，例如在按下紧急停机按钮或光幕被阻挡时，Banner 安全控制器接口向机器人的 I/O 控制器接口发送信号，通知机器人控制器它将被断电，并示意电机总线继电器断开开关，切断机械臂中的制动机的电源。

同时，机械臂中的关节控制器板接收 0 类停止通知，并使用再生制动使制动机减速，利用电机旋转产生的残余功率停止制动机。机械臂快速减速直至停止。三个大关节中的制动器锁定到位，避免机械臂在重力作用下掉落，同时机械臂末端的三个小关节缓慢滑行至重力中性位置。

紧急停机按钮

Sawyer 随附紧急停机装置（紧急停机按钮），在紧急情况下可用于关闭 Sawyer 机械臂的电源。紧急停机按钮是一种安全级安全装置，达到功能安全性能等级 PLd CAT3。

如果操作人员按下紧急停机按钮，Banner 安全控制器向机器人的 I/O 控制器接口发送发现紧急停机的信号。Banner 安全控制器示意电机总线继电器断开，切断电源。

紧急停机按钮锁定到位，必须旋转以释放此开关，结束紧急停机状态。但是，在操作人员恢复向机器人机械臂供电前，机器人将不可以重新启动，恢复供电的方式有两种：使用机器人中的导航器理用户界面，以及通过连接到安全控制器上的软件信号输入端的按钮。电机总线继电器保持断开状态，直至安全控制器接收到请求恢复供电的消息。此时，将恢复向机械臂供电，伺服系统将启动，接管使机械臂保持在适当位置的任务。机械制动随后释放。请注意，恢复供电时，由于通过机器人控制器保持机器人静止不动，机器人可能发出噪音，并稍稍出现移动。



可选的安全装置

客户可以根据不同的风险降低级别，添加一个或多个安全级保护装置，以监控机器人周围工作区。

例如，如果客户遇到以下情形，而不希望在 Sawyer 周围安装防护笼，则可以使用多种其他装置来代替：由于工作单元发生故障，需要有人进入机器人的可及范围内，而此时机器人不能移动。

光学传感器，比如激光扫描仪，通常置于踝关节高度，感应是否有人靠近，作用类似于紧急停机按钮。触发后此装置会向 Banner 安全控制器发送信号，触发 0 类别停机。

光幕和压敏安全地垫等也属于此类装置。

对于操作人员需要离开工作单元后再重置机器人前的情况，增加了对软件信号的支持。在安全工作区外部安装了一个三钮装置，它通过电缆与 Banner 安全控制器连接。它的按钮的接线与软件信号相对应：从此处运行、从开始运行和重新启动。

例如，当操作人员离开安全空间按下“重新启动”按钮，Banner 安全控制器会接收到该信号，关闭电机总线继电器，重新向 Sawyer 机械臂总线供电。（这与在 Sawyer 导航器上按下“确定”，从触发紧急停机中恢复效果相同。）操作人员也可以选择重新开始运行任务或从机器人停止位置处运行任务。

此安全配置确保完工作单元得到全方位的保护：如果机器人工作区内有人，机器人将无法运行；同时工作区外部人员可以安全地重新启动机器人。

在某些情况下，操作人员需要靠近机器人以便重新启动它。例如，操作人员可能需要重新向机械臂供电，以便调整其位置，然后离开工作区。或者，断电时操作人员可能需要重新供电，以便拿出仍在机器人夹具中的部件。这需要超驰已触发的安全装置（例如安全地垫或光学传感器）的输出。

在这种情况下，将手持式启动装置与 Banner 安全控制器连接。启动装置是一个三位开关，有时又称“关 - 开 - 关三位开关”。

这些位置为：

- 未按下
- 半按下（中间位置）
- 按下（应急位置）



处于未按下或按下位置时，输出电压为 0 VDC：不向机器人供电。处于半按下位置时，输出电压为 24 VDC，并旁路其他安全装置。换言之，操作人员控制自己的安全。如果机器人发生意外情况，操作人员按下此装置或停止其运行，切断机器人电源。

请注意，完全按下后（应急位置），需要完全释放此装置，以便重置。

进入开关 - 如果 Sawyer 被置于防护笼内或门后，门锁与 Banner 安全控制器相连，钥匙持有者将可以进入，超驰其他安全装置。当门锁被打开后，钥匙持有者可以进入工作区，停止机器人运行。

停止距离

机器人的停止距离取决于多个因素，包括应用环境、机器人载荷等。客户应在特定应用工作条件下研究机器人的行为，以确定停止距离。



附录 G1：Intera PROFINET 参考

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

本文档介绍了 Intera 的 PROFINET 实施以及 GSDML 的数据结构和连接。

概览

本文当中的数据用于介绍 Intera 的 GSDML（通用站描述标记语言）中定义的 PROFINET 模块的格式和字节寻址。可通过不同模块使用多个数据配置选项，每个选项均包含不同类型和数量的变量，这些变量可进行混合和匹配以最适合此应用程序。

默认连接 - 标准模块

默认 PROFINET 配置会加载一组用于输入和输出的标准模块，从而提供每种数据类型的固定数量的一般目的变量（布尔值、整数、浮点数和字符串）。存在一个通过机器人发送的附加模块（“固定数据”），该模块包含一组与机器人状态、任务状态和安全信号状态相关的自动填充字段。有关这些状态字段的详细信息，可在本文档的状态标志定义部分找到。

设置资源

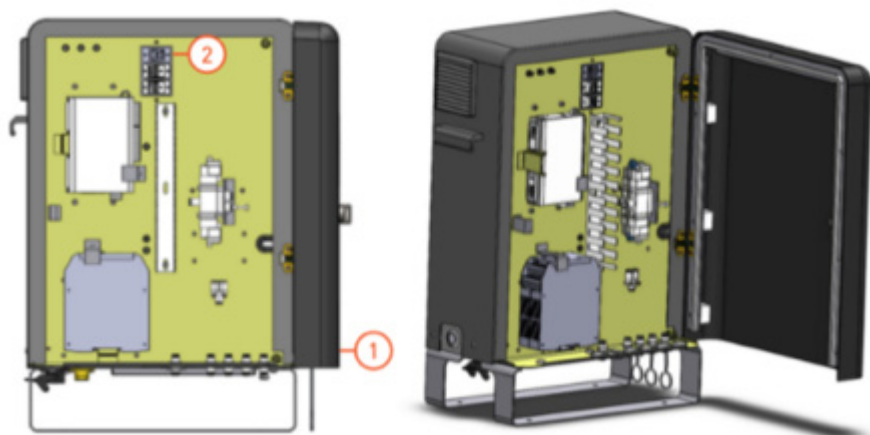
Rethink Intera GSDML 是在 PLC 上设置 Intera PROFINET IO 设备的必须条件。

- 可以从 Intera Studio 中“设备编辑器”窗口中的链接直接下载机器人中的 GSDML 和相应图像图标。
- “设备编辑器”还可以在创建信号时提供有用的地址查询。

还需要在通过机器人上的现场服务菜单 (FSM) 进行相应配置的控制器和网络上启用 PROFINET。



现场总线网络电缆**必须**连接至图表中使用数字 2 标识的控制器内部端口。





模块概览

机器人中的模块汇总

模块名称	ID	内容	尺寸 ** (字节)
* 机器人中的固定数据 112	112	机器人数据 版本 状态标志 {机器人、机械臂、任务与安全} 次数	40
* 机器人中的标准布尔工具类 114	114	64 个布尔值	8
* 机器人中的标准整数 116	116	24 个整数 (32 位)	96
* 机器人中的标准浮点数 118	118	24 个浮点数 (32 位)	96
针对机器人使用的小型布尔工具类 120	120	32 个布尔值	4
机器人中的小型整数 122	122	6 个整数	24
机器人中的小型浮点数 124	124	6 个浮点数	24
* 机器人中的小型字符串 126	126	1 个字符串 ***	88
机器人中的大型布尔工具类 128	128	1024 个布尔值	128
机器人中的大型整数 130	130	100 个整数	400
机器人中的大型浮点数 132	132	100 个浮点数	400
机器人中的大型字符串 134	134	4 个字符串 ***	352
机器人中的通用字节 136****	136	不适用	400

* 已在默认配置中加载。

** 所有大小均有字节表示。

*** “字符串”变量的格式为：4 字节长度的标题，后接 82 个字符的“数据”字符串（82 个字节），随后是 2 字节的间隔（共 88 个字节）。

**** 保留以供将来使用。



向机器人安装的模块汇总

模块名称	ID	内容	尺寸 ** (字节)
* 针对机器人使用的标准布尔工具类 113	113	64 个布尔值	8
* 针对机器人使用的标准整数 115	115	24 个整数 (32 位)	96
* 针对机器人使用的标准浮点数 117	117	24 个浮点数 (32 位)	96
针对机器人使用的小型布尔工具类 119	119	32 个布尔值	4
针对机器人使用的小型整数 121	121	6 个整数	24
针对机器人使用的小型浮点数 123	123	6 个浮点数	24
* 针对机器人使用的小型字符串 125	125	1 个字符串 ***	88
针对机器人使用的大型布尔工具类 127	127	1024 个布尔值	128
针对机器人使用的大型整数 129	129	100 个整数	400
针对机器人使用的大型浮点数 131	131	100 个浮点数	400
针对机器人使用的大型字符串 133	133	4 个字符串 ***	352
针对机器人使用的通用字节 135****	135	不适用	400

* 已在默认配置中加载。

** 所有大小均有字节表示。

*** “字符串”变量的格式为：4 字节长度的标题，后接 82 个字符的“数据”字符串（82 个字节），随后是 2 字节的间隔（共 88 个字节）。

**** 保留以供将来使用。



模块数据表

- 使用下表中（按表）显示的字节偏置对机器人输出数据模块（从机器人至 PLC）进行格式化。
- 机器人输入数据模型（从 PLC 至机器人）不包含“固定数据”模块，但同样已使用每个“至机器人”模块到相反方向的“来自机器人”模块的镜像进行了相同的格式化。

第一个模块中显示的状态标志定义字段位于本文档的“状态标志定义”部分下。



机器人中的固定数据 112

Labels		Data table (4 bytes in each row)			
	Byte #	+0	+1	+2	+3
Intera Version	0	Intera Major # (uint16)		Intera Minor # (uint16)	
	4	Intera Micro # (uint16)		Intera Build # (uint16)	
Robot State Flags, Arm State Flags	8	[Robot State Flags] (16 bits array)		[Arm State Flags] (16 bits array)	
Task State Flags, Safety Flags	12	[Task State Flags] (16 bits array)		[Safety Flags] (16 bits array)	
Controller Timestamp	16	Timestamp (s) (uint32)			
	20	Timestamp (ns) (uint32)			
Task Run Time	24	Total Task Time (s) (uint32)			
	28	Current Task Time (s) (uint32)			
Uptime	32	Total Uptime (s) (uint32)			
	36	Current Uptime (s) (uint32)			



标准布尔值（113：至机器人 | 114：来自机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
Booleans 0-63	0	[Booleans 0-7] (8 bits)	[Booleans 8-15] (8 bits)	[Booleans 16-23] (8 bits)	[Booleans 24-31] (8 bits)
	4	[Booleans 32-39] (8 bits)	[Booleans 40-47] (8 bits)	[Booleans 48-55] (8 bits)	[Booleans 56-63] (8 bits)

标准整数（115：至机器人 | 116：来自机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
Integers 0-23	0	Integer 0 (int32)			
	4	Integer 1 (int32)			
	8	Integer 2 (int32)			
	12	Integer 3 (int32)			
	16	Integer 4 (int32)			
	20	Integer 5 (int32)			
	24	Integer 6 (int32)			
			
	88	Integer 22 (int32)			
	92	Integer 23 (int32)			



标准浮点数（117：至机器人 | 118：来自机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
Floats 0-23	0	Float 0 (float32)			
	4	Float 1 (float32)			
	8	Float 2 (float32)			
	12	Float 3 (float32)			
	16	Float 4 (float32)			
	20	Float 5 (float32)			
	24	Float 6 (float32)			
			
	88	Float 22 (float32)			
	92	Float 23 (float32)			

小型布尔值（119：至机器人 | 120：来自机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
Booleans 64-95	0	[Booleans 64-71] (8 bits)	[Booleans 72-79] (8 bits)	[Booleans 80-87] (8 bits)	[Booleans 88-95] (8 bits)



小型整数（121：至机器人 | 122：来自机器人）

Labels		Data table (4 bytes in each row)			
	Byte #	+0	+1	+2	+3
Integers 24-29	0	Integer 24 (int32)			
	4	Integer 25 (int32)			
	8	Integer 26 (int32)			
	12	Integer 27 (int32)			
	16	Integer 28 (int32)			
	20	Integer 29 (int32)			

小型浮点数（123：至机器人 | 124：来自机器人）

Labels		Data table (4 bytes in each row)			
	Byte #	+0	+1	+2	+3
Floats 24-29	0	Float 24 (float32)			
	4	Float 25 (float32)			
	8	Float 26 (float32)			
	12	Float 27 (float32)			
	16	Float 28 (float32)			
	20	Float 29 (float32)			



小型字符串（125：至机器人 | 126：来自机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
String 0	0	String 0 Length (uint32)			
	4	String 0 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
	84	...			

大型布尔工具类（127：至机器人 | 128：来自机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
Booleans 96-1119	0	[Booleans 96-103] (8 bits)	[Booleans 104-111] (8 bits)	...	...

	124	...	...	...	[ Booleans 1112-1119] (8 bits)

大型整数 (129：至机器人 | 130：来自机器人)

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
Integers 30-129	0	Integer 30 (int32)			
	4	Integer 31 (int32)			
			
	396	Integer 129 (int32)			



大型浮点数（131：至机器人 | 132：来自机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
Floats 30-129	0	Float 30 (float32)			
	4	Float 31 (float32)			
			
	396	Float 129 (float32)			

大型字符串（133：至机器人 | 134：来自机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
String 1-4	0	String 1 Length (uint32)			
	4	String 1 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
	84	...			
	88	String 2 Length (uint32)			
	...	String 2 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
			
	176	String 3 Length (uint32)			
	...	String 3 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
			
	264	String 4 Length (uint32)			
	...	String 4 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
	348	...			



状态标志定义

状态标志的位定义

以下是机器人预定义数据中不同状态标志字段的位位置。

机器人状态标志	
0	就绪
1	已启用
2	错误
...	
15	

机械臂状态标志	
0	机械臂移动
1	零重力活动状态
...	
15	

任务状态标志	
0	运行的任务
1	任务已暂停
2	任务错误
...	
15	



安全标志	
0	安全接触器已关闭
1	低电模式
2	按下启动装置
3	松开紧急停机
4	松开安全地垫
5	松开保护停机
6	
7	
8	松开继续任务
9	松开重启任务
10	松开重新启用按钮
11	
12	
13	
14	
15	

机器人状态标志含义

就绪	已启用	错误	状态	操作
1	1	0	确定 - 就绪	无
0	1	0	未就绪 - 最有可能未恢复原位（例如，初始启动后）	机器人恢复原位
0	0	1	错误/已停止 - 硬件错误或安全停止	清除安全措施并重新启用；或使用 Intera 诊断机器人硬件错误
0	0	0	关闭	连接电源并启用机器人



数据寻址和格式

注释：

- 默认使用大端模式字节顺序发送/接收数字数据。
- 布尔值和字符串变量为字节数组，可按小端模式字节顺序处理。
- 但是，每个字节内部的位顺序仍是最大位排在第一位。

示例：布尔值变量寻址

使用示例偏置地址字节 40 - 字节 47

(调整 PLC 程序中 Intera 模块的内存偏置)。

“布尔值变量 10” == 字节 41, 位 2

== %IB41.2 (字节寻址)

== %IW40.2 (16 位的字寻址)

== %ID40.18 (32 位的双字寻址)

偏置地址字节 40 - 字节 43

字节 40								字节 41								字节 42								字节 43							
7	6	5	4	3	2	1	0	15	14	13	12	11	10	9	8	23	22	21	20	19	18	17	16	31	30	29	28	27	26	25	24

偏置地址字节 44 - 字节 47

字节 44				字节 45				字节 46				字节 47			
39	38	...	32	47	46	...	40	55	54	...	48	63	62	61	56

**地址，按字节（8 位）：**

%IB40.0= 布尔值变量 0

%IB40.1= 布尔值变量 1

%IB41.0= 布尔值变量 8

%IB41.1= 布尔值变量 9

%IB42.0= 布尔值变量 16

%IB43.0= 布尔值变量 24

按双字寻址（32 位）：

%ID40.0= 布尔值变量 24

%ID40.1= 布尔值变量 25

%ID40.2= 布尔值变量 26

%ID40.7= 布尔值变量 31

%ID40.8= 布尔值变量 16

%ID40.9= 布尔值变量 17



附录 G2：Intera 以太网/IP 参考

如需了解 Sawyer 和 Intera 5 的最新、最详尽信息，我们始终建议您参阅在线用户指南，网址为：mfg.rethinkrobotics.com/intera。Rethink Robotics 支持页面网址：[Rethink 支持](#)。

概览

本文档中的数据表用于介绍 Intera 的 EDS（电子数据表）中定义的以太网/IP 装配的格式和字节寻址。多个连接选项可与不同的装配结合使用（其中包括变量类型和数字的混合），以便为每个应用程序选择最佳选项。

默认连接 - 标准装配

默认以太网/IP 连接用于定义“向机器人安装的标准装配”以及“机器人中的标准装配”，其中每个标准均包括每种数据类型（布尔值、整数、浮点数和字符串）的固定数量的一般目的变量。对于通过机器人发送的装配，存在与机器人状态、任务状态以及安全信号状态相关的附加的、自动的填充数据字段。有关这些状态字段的详细信息，可在本文档的状态标志定义部分找到。

设置资源

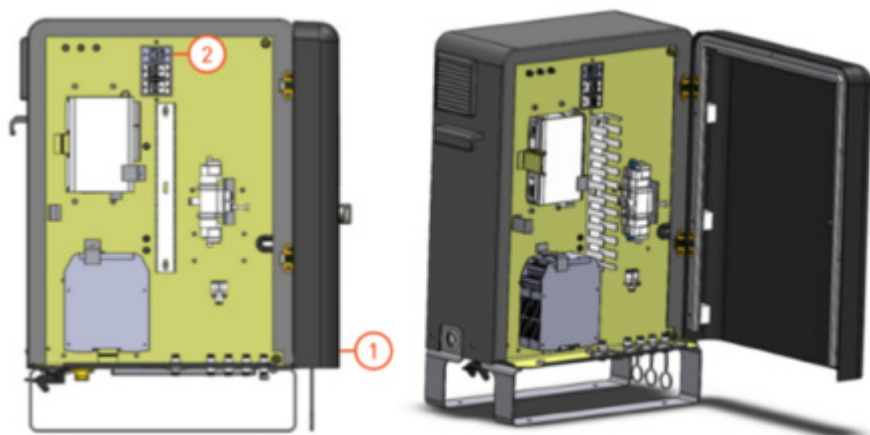
Rethink Intera EDS 是在 PLC 上设置 Intera 适配器设备的必要条件。

- 可以从 Intera Studio 中“设备编辑器”窗口中的链接直接下载机器人中的 EDS。
- “设备编辑，器”还可以在创建信号时提供有用的地址查询。

还需要在通过机器人上的现场服务菜单 (FSM) 进行相应配置的控制器和网络上启用以太网/IP。



现场总线网络电缆**必须**连接至图表中使用数字 2 标识的控制器内部端口。





装配概览

机器人中的装配汇总

装配名称	ID	尺寸 ** (字节)	内容	部件大小 **	偏置 **
* 机器人中的标准装配	112	328	机器人数据 版本 状态标志 {机器人、机械臂、任务 与安全} 次数	40	+0
			64 个布尔值	8	+40
			24 个整数 (32 位)	96	+48
			24 个浮点数 (32 位)	96	+144
			1 个字符串 ***	88	+240
小型装配	114	40	32 个布尔值	4	+0
			3 个整数	12	+4
			6 个浮点数	24	+16
大型装配	116	488	512 个布尔值	64	+0
			42 个整数	168	+64
			42 个浮点数	168	+232
			1 个字符串 ***	88	+400
浮点数 +	118	272	32 个布尔值	4	+0
			3 个整数	12	+4
			64 个浮点数	256	+16
字符串 +	120	368	32 个布尔值	4	+0
			3 个整数	12	+4
			4 个字符串 ***	352	+16

* 已在默认配置中加载。

** 所有大小均有字节表示。

*** “字符串”变量的格式为：4 字节长度的标题，后接 82 个字符的“数据”字符串（82 个字节），随后是 2 字节的间隔（共 88 个字节）。



向机器人安装的装配汇总

装配名称	ID	尺寸 ** (字节)	内容	部件大小 **	偏置 **
* 向机器人安装的标准 装配	113	288	64 个布尔值 24 个整数 (32 位) 24 个浮点数 (32 位) 1 个字符串 ***	8 96 96 88	+0 +8 +104 +200
小型装配	115	40	32 个布尔值 3 个整数 6 个浮点数	4 12 24	+0 +4 +16
大型装配	117	488	512 个布尔值 42 个整数 42 个浮点数 1 个字符串 ***	64 168 168 88	+0 +64 +232 +400
浮点数 +	119	272	32 个布尔值 3 个整数 64 个浮点数	4 12 256	+0 +4 +16
字符串 +	121	368	32 个布尔值 3 个整数 4 个字符串 ***	4 12 352	+0 +4 +16

* 已在默认配置中加载。

** 所有大小均有字节表示。

*** “字符串”变量的格式为：4 字节长度的标题，后接 82 个字符的“数据”字符串（82 个字节），随后是 2 字节的间隔（共 88 个字节）。



装配数据表

机器人中的标准装配 (112)

机器人输出数据（从 Intera 至 PLC）使用以下字节偏置进行格式化

Labels		Data table (4 bytes in each row)			
	Byte #	+0	+1	+2	+3
Intera Version	0	Intera Major # (uint16)		Intera Minor # (uint16)	
	4	Intera Micro # (uint16)		Intera Build # (uint16)	
Robot State Flags, Arm State Flags	8	[Robot State Flags] (16 bits array)		[Arm State Flags] (16 bits array)	
Task State Flags, Safety Flags	12	[Task State Flags] (16 bits array)		[Safety Flags] (16 bits array)	
Controller Timestamp	16	Timestamp (s) (uint32)			
	20	Timestamp (ns) (uint32)			
Task Run Time	24	Total Task Time (s) (uint32)			
	28	Current Task Time (s) (uint32)			
Uptime	32	Total Uptime (s) (uint32)			
	36	Current Uptime (s) (uint32)			
Booleans 0-63	40	[Booleans 0-7] (8 bits)	[Booleans 8-15] (8 bits)	[Booleans 16-23] (8 bits)	[Booleans 24-31] (8 bits)
	44	[Booleans 32-39] (8 bits)	[Booleans 40-47] (8 bits)	[Booleans 48-55] (8 bits)	[Booleans 56-63] (8 bits)
Integers 0-23	48	Integer 0 (int32)			
	52	Integer 1 (int32)			
			
	140	Integer 23 (int32)			
Floats 0-23	144	Float 0 (float32)			
	148	Float 1 (float32)			
			
	236	Float 23 (float32)			
String 0	240	String 0 Length (uint32)			
	244	String 0 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
	324	...			



向机器人安装的标准装配 (113)

机器人输入数据（从 PLC 到 Intera）使用以下字节偏置进行格式化

Labels		Data table (4 bytes in each row)			
	Byte #	+0	+1	+2	+3
Booleans 0-63	0	[Booleans 0-7] (8 bits)	[Booleans 8-15] (8 bits)	[Booleans 16-23] (8 bits)	[Booleans 24-31] (8 bits)
	4	[Booleans 32-39] (8 bits)	[Booleans 40-47] (8 bits)	[Booleans 48-55] (8 bits)	[Booleans 56-63] (8 bits)
Integers 0-23	8	Integer 0 (int32)			
	12	Integer 1 (int32)			
			
	100	Integer 23 (int32)			
Floats 0-23	104	Float 0 (float32)			
	108	Float 1 (float32)			
			
	196	Float 23 (float32)			
String 0	200	String 0 Length (uint32)			
	204	String 0 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
	384	...			



小型装配（114：来自机器人 | 115：至机器人）

Labels	Byte #	Data table (4 bytes in each row)			
		+0	+1	+2	+3
Booleans 64-95	0	[Booleans 64-71] (8 bits)	[Booleans 72-79] (8 bits)	[Booleans 80-87] (8 bits)	[Booleans 88-95] (8 bits)
Integers 24-26	4	Integer 24 (int32)			
	8	Integer 25 (int32)			
	12	Integer 26 (int32)			
Floats 24-29	16	Float 24 (float32)			
	20	Float 25 (float32)			
	24	Float 26 (float32)			
	28	Float 27 (float32)			
	32	Float 28 (float32)			
	36	Float 29 (float32)			



大型装配（116：来自机器人 | 117：至机器人）

Labels		Data table (4 bytes in each row)			
	Byte #	+0	+1	+2	+3
Booleans 96-607	0	[Booleans 96-103] (8 bits)	[Booleans 104-111] (8 bits)	...	...

	60	...	...	...	[ Booleans 600-607] (8 bits)
Integers 27-68	64	Integer 27 (int32)			
	68	Integer 28 (int32)			
			
	228	Integer 68 (int32)			
Floats 30-71	232	Float 30 (float32)			
	236	Float 31 (float32)			
			
	396	Float 71 (float32)			
String 1	400	String 1 Length (uint32)			
	404	String 1 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
	484	...			



浮点数 + （118: 来自机器人 | 119: 至机器人）

Labels		Data table (4 bytes in each row)			
	Byte #	+0	+1	+2	+3
Booleans 608-639	0	[Booleans 608-615] (8 bits)	[Booleans 616-623] (8 bits)	[Booleans 624-631] (8 bits)	[Booleans 632-639] (8 bits)
Integers 69-71	4	Integer 69 (int32)			
	8	Integer 70 (int32)			
	12	Integer 71 (int32)			
Floats 72-135	16	Float 72 (float32)			
	20	Float 73 (float32)			
			
	268	Float 135 (float32)			



字符串 + （120：来自机器人 | 121：至机器人）

Labels		Data table (4 bytes in each row)			
	Byte #	+0	+1	+2	+3
Booleans 640-671	0	[Booleans 640-647] (8 bits)	[Booleans 648-655] (8 bits)	[Booleans 656-663] (8 bits)	[Booleans 664-671] (8 bits)
Integers 72-74	4	Integer 72 (int32)			
	8	Integer 73 (int32)			
	12	Integer 74 (int32)			
String 2-5	16	String 2 Length (uint32)			
	20	String 2 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
	100	...			
	104	String 3 Length (uint32)			
	...	String 3 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
			
	192	String 4 Length (uint32)			
	...	String 4 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
			
	280	String 5 Length (uint32)			
	...	String 5 Data (82 bytes + 2 byte spacer)			
			
	364	...			



状态标志定义

状态标志的位定义

以下是机器人预定义数据中不同状态标志字段的位位置。

机器人状态标志	
0	就绪
1	已启用
2	错误
...	
15	

机械臂状态标志	
0	机械臂移动
1	零重力活动状态
...	
15	

任务状态标志	
0	运行的任务
1	任务已暂停
2	任务错误
...	
15	



安全标志	
0	安全接触器已关闭
1	低电模式
2	按下启动装置
3	松开紧急停机
4	松开安全地垫
5	松开保护停机
6	
7	
8	松开继续任务
9	松开重启任务
10	松开重新启用按钮
11	
12	
13	
14	
15	

机器人状态标志含义

就绪	已启用	错误	状态	操作
1	1	0	确定 - 就绪	无
0	1	0	未就绪 - 最有可能未恢复原位（例如，初始启动后）	机器人恢复原位
0	0	1	错误/已停止 - 硬件错误或安全停止	清除安全措施并重新启用；或使用 Intera 诊断机器人硬件错误
0	0	0	关闭	连接电源并启用机器人



数据寻址和格式

注释：

- 已在 Intera 和 PLC 之间使用小端模式字节顺序发送/接收数据。
- 将布尔值和字符串变量视为字节数组。

示例：布尔值变量寻址

使用示例偏置地址字节 40 - 字节 47

(调整 PLC 程序中 Intera 装配的内存偏置)。

“布尔值变量 10” == 字节 41，位 2

偏置地址字节 40 - 字节 43

字节 40								字节 41								字节 42								字节 43							
7	6	5	4	3	2	1	0	15	14	13	12	11	10	9	8	23	22	21	20	19	18	17	16	31	30	29	28	27	26	25	24

偏置地址字节 44 - 字节 47

字节 44				字节 45				字节 46				字节 47							
39	38	...	32	47	46	...	40	55	54	...	48	63	62	61	60	59	58	57	56

索引

符号

“共享数据” 标签 47
“关节” 标签 12, 42
“关于” 窗格 27
“零重力” 按钮 16, 17
“确定” 按钮 16
“头部屏幕” 菜单 27
“信号” 标签 43
“用户变量” 标签 46
“抓取” 按钮 17
“转到” 按钮 50

数值

3D 控制器 50
3D 视图 28, 48

A

按钮
 转到 50
安全 133
 一般 150
安全标识 20
安全承载控制器 15
安全控制器
 Banner 133, 167
安全声明 3, 133
安全意识 150
安全装置
 触发时 170
 可选 171
安全子系统 166
安装
 风险指南 149

B

Banner 安全控制器 15, 167
 当前配置 169
Banner 安全控制器文档 133
帮助 34
变量 46
标准操作规程和培训 150
布尔型 123

C

ClickSmart 机器人侧适配器 19
Clicksmart 夹具 54
菜单
 头部屏幕 27
操作按钮 16, 17
超时 123
撤回点 141

- 撤消 40
- 尺寸 9
- 重置缩放 40
- 重做 40
- 错误日志 47

D

- 导出当前任务 33
- 导出日志 34
- 导航器 16, 24
- 低电模式 170
- 第三方末端执行器 69
- 第三方认证 144
- 电机总线功率继电器 169
- 电缆
 - 网络 26
- 电源 22
- 顶栏 32
- 动作时间 57
- 断开电源 22
- 端口号 141

E

- 额定值 152

F

- 返回按钮 16
- 防碰撞功能 12
- 分隔符 123
- 分配信号 70
- 分支 31
- 风险
 - 末端执行器 149
- 风险评估
 - 必要性 133
 - 集成商负责执行 148
- 浮点数 123
- 复位屏幕 141
- 复位序列 24
- 服务
 - 如何获取 21

G

- Google Chrome 28
- Google Chrome 浏览器 30
- 刚度 108
 - 机械臂 104, 122
- 高级末端执行器 160
- 跟踪周期时间 102
- 工具板 19
- 工具库 43, 55
- 工具选择面板 37
- 工具中心点 56, 141
- 工具中心点速度 154
- 公司声明 147
- 共享数据 47
- 关节限制 12
- 关节限制指示器 24

H

护目镜 149

I

IEC 6100-4-2 136

Intera 5

入门 26

Intera 5 入门 26

Intera Insights 97

Intera Insights 面板 98

Intera Studio 30, 141

3D 视图 48

组件 31, 32

Intera 术语 30

Internet Explorer 28

IP 地址 27, 45, 141

J

集成商

风险评估 148

信息 144

机器人运行时视觉资料 98

机械臂

刚度 104, 122

机械臂末端工具 52

基准坐标系 142

将任务导入为 33

校准 63

校准 Sawyer 140

节点 141

定义 31

父节点和子节点 31

节点样式 36

禁用 40

同级 37

节点检查器 41

定义 41

节点颜色, 含义 37

节点样式 36, 38

节点移动快捷键 40

接近点 141

紧急停机 19, 156, 169

紧急停机按钮 169, 170

紧急停机设备 22

紧急停机性能 156

警告 4

警告和注意 164

K

可及范围 157, 158

控制器 13, 26

控制器箱 21

快捷键 40, 49

快照编辑器 43

L

Landmark 19

列表视图 72

零重力模式 17, 24

- 浏览器 28
 - Google Chrome 28, 30
- 路径 141
- 路径点 141

M

- Modbus 43
- Moxa I/O 设备 69
- 免责声明 6
- 命名法 11
- 模板 33, 142
- 末端执行器 142
 - 配置 52
- 末端执行器坐标系 142
- 模拟 Sawyer 机器人 30
- 模拟机器人
 - 更改视图 49
 - 如何移动 50

P

- PROFINET 127, 173
- 配置末端执行器 52

Q

- 清洁 Sawyer 139

R

- Rethink 按钮 16
- 任务 33, 37
 - 定义 31
- 任务栏 41
- 任务名称 32
- 仍存在的风险 148
- 入门 22, 26
- 入门，如何 26

S

- Sawyer
 - 开启 23
 - 模拟 30
- Sawyer 入门 22
- Square button 16
- Studio 菜单 32
- Studio 菜单按钮 32
- SVG 文件 40
- 设备面板 43
- 设置 34
- 设置 Sawyer 22
- 拾取和放置
 - 在没有 Studio 的情况下创建 71
- 使用注意事项 149
- 数据寻址 186
- 树视图 72
- 术语 141
 - Intera 30
- 双重工具 64
- 锁定机器人 34
- 缩放
 - 重置 40

T

- TCP 套接字 122, 141
- TCP/IP 43, 122, 141
- 条件节点 142
- 停止距离 172
- 同级节点 37
- 头部 12
 - Sawyer 12
- 头部屏幕 30, 142
- 图表列表 98
- 图形用户界面 (GUI) 12

U

- UI 141
- USB 端口 13, 15

W

- 网络电缆 26
- 维护 139
- 维修 21

X

- X 按钮 16
- 现场总线 43
- 现场总线协议 128
- 现场总线装置 127
- 显示选项 35
- 相容性 106
 - 如何定义 106
- 信号 43
- 信号变量 142
- 行为编辑器 28, 30, 37, 141
 - 定义 31
 - 分支 31
- 序列节点 142
- 选择符旋钮 16
- 选择机械臂刚度 104, 122
- 训练腕套 17, 24

Y

- 移动机械臂 24
- 以太网 /IP 127, 188
- 以太网端口 13, 15
- 有效负载 157
- 有效负载和可及范围 157
- 预期用途 3
- 原始节点 142
 - 定义 38

Z

- 阵列 79
- 整数 123
- 制动器 18
- 直角坐标视图 51
- 中断 Sawyer 电源
 - 如何 139
- 主动防碰撞功能 19
- 装配数据 192

- 状态标志 184, 198
- 姿势 25, 142
- 阻抗模式 106
- 最大字节数 123
- 坐标系 42, 142
- 作用力
 - 感应 104, 122
- 作用力感应 104, 122
- 作用力模式 106, 108
- 作用力数据
 - 如何访问和修改 106
- 作用力限值 107

