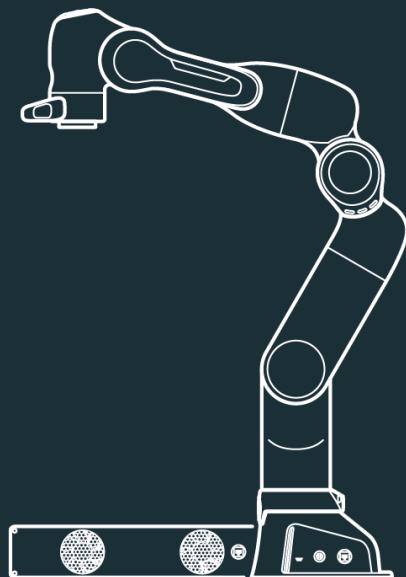




# FRANKA PRODUCTION 3

---

产品手册



## 原版产品手册

© Copyright 2023  
Franka Emika GmbH  
Frei-Otto-Straße 20  
80797 Munich  
Germany

只有经 Franka Emika GmbH 明确授权，才能复制和摘录本文档或将其提供给第三方。

我们已参考所述的软硬件对本文档的内容进行细致的合规检查。但是，不能完全排除差异，因此不能保证完全合规；如发现不符之处，概不负责。

为维护客户利益，我们保留随时对硬件、软件和文档做出改进和更正的权利，恕不另行通知。

欢迎大家发送邮件至 [documentation@franka.de](mailto:documentation@franka.de) 提出意见和批评，我们将不胜感激。

德文文件是原始文。其他语言版本是原版文档的翻译版本。

此产品手册的补充文档为：

- Franka Production 3 数据表（文档编号：110020）
- 入门指南（文档编号：110030）
- 集成商标签材料（文档编号：110040）
- 钻孔模板（文档编号：110050）

文件名称：产品手册，Franka Production 3

文档编号：110010

发行版本：1.6（2023 年 6 月），对具备系统版本 5.3.1 的 Franka Production 3 有效

修改清单：

发行版本	发行日期	修改
1.0	2022 年 4 月	首次发行
1.1	2022 年 4 月	插入来自 TÜV 的反馈
1.2	2022 年 5 月	新数据表 (r 1.1)，轻微拼写错误
1.3	2022 年 7 月	升级版数据表
1.4	2022 年 7 月	升级版数据表 9.4
1.5	2022 年 8 月	新格式、修订第 11 章、新数据表 (1.3 版)，第 9 章中的捆扎式布线信息
1.6	2023 年 6 月	新章节大纲；修改第 4、8、10、11、13、14、15、16、17 章；新的第 12 章



如要获取英语和其他语言版本的手册和其他支持材料，请访问 [www.franka.de/documents](http://www.franka.de/documents)。

# 目录

1	关于 FRANKA EMIKA	7
2	使用权和财产权	8
2.1	总则	8
2.2	标识	8
3	公司声明和证书	9
3.1	公司声明	9
3.2	证书	11
3.3	进一步声明	11
3.3.1	RoHS / REACH / WEEE / 电池指令	11
3.3.2	<b>China RoHS 2</b>	12
3.4	设备上的标签	12
4	安全	15
4.1	安全指示和一般提示	15
4.2	责任通知	16
4.3	预期用途	16
4.4	误用	16
4.5	操作机器人时可能存在的一般危险和安全措施	17
4.6	与应用相关的可能存在的危险和安全措施	20
4.7	安全外围设备安装	22
4.8	故障保护锁止系统	23
4.9	手动移动机械臂	24
4.10	安全理念	26
4.11	安全功能	29
4.12	为机器人系统规划和调试提供帮助	32
5	人物角色	36
6	标准配置及附件	39
6.1	机械臂	40
6.2	控制器	46
7	标准配置及附加设备	48
7.1	箱中包含	48
7.2	箱中未包含	49
7.3	可用备件和附件	49
8	技术规格	50
9	运输和搬运	54
9.1	交付及运输的环境条件	55
10	固定和安装	56
10.1	拆开设备包装	57

10.2	正确的安装场所	61
10.2.1	最大且安全防护空间	61
10.2.2	环境条件: 机械臂	62
10.2.3	环境条件: 控制器	63
10.3	安装场所准备	64
10.3.1	机械臂	65
10.3.2	控制器	66
10.4	安装机械臂	67
10.5	控制器定位	69
10.6	布线和电气安装	70
10.6.1	布线图	71
10.6.2	界面	71
10.6.3	连接功能接地	73
10.6.4	布线	74
10.7	安装末端执行器	79
10.8	Franka Production 3 的使用与定位实用提示	81
10.8.1	能耗	81
10.8.2	ESD 限值	81
10.8.3	工作空间设计	82
10.8.4	个人防护和人体工程学	83
10.9	机械臂重新包装	85
11	操作	88
11.1	启动	88
11.2	Franka Production 3 安全相关测试	91
11.2.1	机器人系统自测	91
11.2.2	安全功能定期测试	91
11.2.3	测试紧急停止	92
11.3	连接用户接口设备	93
11.4	“First Start (首次启动) ” 初始配置	94
11.5	关机和重启	98
12	安全设置 / Watchman	100
12.1	Watchman	100
12.2	概览	100
12.3	编辑安全设置	101
12.4	Safety Setup (安全设置)	103
12.4.1	General Safety Settings (常规安全设置)	104
12.4.2	Safe Input Configuration (安全输入端配置)	104
12.4.3	终端执行器配置	104
12.4.4	创建终端执行器外壳建模用球体	105

12.5	创建和编辑规则	106
12.5.1	规则结构	107
12.6	验证	110
13	与 FRANKA PRODUCTION 3 一起工作	113
13.1	机器人基础知识	113
13.2	Franka UI	114
13.3	App	120
13.4	操作模式	120
13.4.1	编程	122
13.4.2	执行	122
13.4.3	状态指示灯概述	123
13.4.4	操作模式分步概览及相应状态指示灯	123
13.5	单点控制	125
13.6	示教任务	128
13.6.1	创建任务	128
13.6.2	任务设置	128
13.6.3	App 参数设置	129
13.6.4	位姿示教	130
13.6.5	位姿微调	131
13.6.6	引导配置	131
13.6.7	引导	134
13.6.8	编辑末端执行器设置	135
13.7	测试和点动	136
13.8	工作	138
13.9	Assist (辅助)	140
13.10	故障排除	142
14	管理 FRANKA PRODUCTION 3	149
14.1	Franka World	149
14.2	管理 APP 和功能	149
14.3	Hub (枢纽)	150
14.4	更新	151
14.5	Backup (备份)	152
14.5.1	安全设置	152
14.5.2	Network Setting (网络设置)	152
14.5.3	Modbus 配置	153
14.5.4	终端执行器配置	153
14.5.5	备份已创建的任务	153
15	保养和弃置	155
15.1	保养	155

15.2	清洁	155
15.3	弃置	156
16	维修和支持	157
16.1	Rescue System (救援系统)	157
16.2	硬件更换	160
16.2.1	控制器更换	160
17	附录	164
17.1	制动时间和制动距离	164
17.2	类别 1 停止	165
17.2.1	轴 1	165
17.2.2	轴 2	167
17.2.3	轴 3	169
17.2.4	轴 4	171
17.3	类别 2 停止	173
17.3.1	轴 1	173
17.3.2	轴 2	175
17.3.3	轴 3	177
17.3.4	轴 4	179
17.4	响应时间	181
17.5	安全位置准确度	181
18	术语表	182
19	索引	186
20	插图目录	189

# 1 关于 FRANKA EMIKA



## 工业自动化

Franka Emika (FE) 是一家德国触觉机器人和机器人平台的供应商

我们的目标是提供能在生产和研究中轻松使用的机器人技术、产品和解决方案，并使其成为人人都可使用的直观型常用工具。基于此目标，我们用独特且操作极其简单的机器人重新定义了机器人技术，并可为工业自动化和机器人/人工智能研究提供最快的投资回报和最低的总运营成本。

我们的技术基于以人为本的设计理念，具有七个经过触觉和安全认证的轴，使机器人本身适用于所有类型工业应用情形——包括那些以前根本无法实现自动化的应用情形。

我们的人工智能驱动的集体学习平台支持可扩展的软件解决方案，并通过直观和简单的编程将学习时间和资源降到最低程度。

我们提供一个全面的机器人平台，其硬件和软件在一个生态系统中工作。

在德国设计、开发、制造和维护<sup>1</sup>

## Franka World – 一个面向数字机器人的平台

重新定义机器人技术并建立社区之后，我们推出了一个新的数字机器人平台，其将数字世界与物理世界联系起来。

Franka World 实现了研究人员、合作伙伴、客户、开发商、供应商和机器人之间的相互作用。此外，所有用户都可以轻松集成访问产品和服务，并独立于其物理地点管理他们的整个机器人车队。Franka World 可轻松部署和更新机器人。

我们希望建立一个人人都能使用机器人的世界，可通过全球联网实现这一目标。我们高度重视我们的机器人专家、学者和爱好者社区，且每天都在向他们学习。

作为社区的成员，我们承诺相互支持、共同前进。Franka Emika - 一个具有触觉智能的经认证机器人平台。

## 2 使用权和财产权

### 2.1 总则

#### 受保护商标

本产品手册涉及下文未明确指出的受保护商标。未进行此类标示并不意味着相应的产品名称不涉及第三方权利。以下商标为受保护商标：

- Franka 和 Franka Emika 是注册商标。
- Microsoft 是注册商标，Windows 是 Microsoft Corporation 在美国及其他国家/地区的标志。
- GOOGLE、Mozilla、Firefox、CHROME、ITEM 是注册商标。

#### 商标权

负责人不享有 Franka Emika 商标、徽标或商品名称的任何权利或索赔权利。

#### 开源代码使用

可通过 Franka UI 的“Settings”（设置）菜单访问 Franka Production 3 使用的所有开源许可证的完整列表。

### 2.2 标识

#### 撕毁标识

不得撕毁或改动用于识别产品或操作软件的版权声明、序列号及其他任何标签。

## 3 公司声明和证书

### 3.1 公司声明

<b>Declaration of Incorporation</b> according to directive 2006/42/EC on machinery (Annex II B) for partly completed machinery	

**Description of the partly completed machinery:**

**Product identification:** Franka Emika Production components: Control, Arm

**Model/Type:**

Control (#295341) in combination with Arm (#290101 and #290102)

**We declare that the product complies with the following essential safety and health requirements set out in Annex I of the Machinery Directive 2006/42/EC:**

1.1.2; 1.1.3; 1.1.5; 1.1.6; 1.2.1; 1.2.2; 1.2.3; 1.2.4.1; 1.2.4.2; 1.2.4.3; 1.2.4.4; 1.2.5; 1.2.6; 1.3.1; 1.3.2; 1.3.3; 1.3.4; 1.3.6; 1.3.7; 1.3.8; 1.3.8.1; 1.3.8.2; 1.3.9; 1.4.1; 1.4.2.1; 1.4.2.2; 1.4.3; 1.5.1; 1.5.2; 1.5.3; 1.5.4; 1.5.5; 1.5.6; 1.5.8; 1.5.9; 1.5.10; 1.5.11; 1.5.13; 1.5.14; 1.6.1; 1.6.3; 1.6.4; 1.7.1; 1.7.1.1; 1.7.1.2; 1.7.2; 1.7.3; 1.7.4; 1.7.4.1; 1.7.4.2; 2; 2.2.1; 2.2.1.1; 4; 4.1.2.3; 4.2.1; 4.3.3; 4.4.2

**In addition, the partly complete machinery is in conformity with the following EU Directives:**

Directive 2014/35/EU relating to electrical equipment (LVD)

Directive 2014/30/EU relating to electromagnetic compatibility (EMC)

Directive 2011/65/EU relating to hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS)

Directive 94/62/EC relating to packaging and packaging waste

**We declare that the relevant technical documentation is compiled in accordance with part B of Annex VII.**

**Applied harmonized standards**

**Electrical safety**

<b>Standard</b>	<b>Name</b>
EN 60204-1:2018	Safety of machinery – Electrical equipment of machines
IEC 60204-1:2016	– Part 1: General requirements
EN 60664-1:2007	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –
IEC 60664-1:2007	Part 1: Principles, requirements and tests
EN 60664-4:2006	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –
IEC 60664-4:2005	Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress
EN 60529:1991/A1:2000/A2:2013	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
IEC 60529:1989/AMD1:1999/A2:2013	
EN 61010-1:2010/A1:2019/AC:2019-04	Safety requirements for electrical equipment for measurement,
IEC 61010-1:2010/AMD1:2016/COR1:2019	control, and laboratory use – Part 1: General requirements
EN IEC 61010-2-201:2018	Safety requirements for electrical equipment for measurement,
IEC 61010-2-201:2017	control, and laboratory use – Part 2-201: Particular requirements for control equipment
EN 61800-5-1:2007/A1:2017-04	Adjustable Speed Electrical Power Drive Systems
IEC 61800-5-1:2007	– Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy
/AMD1:2016	

**Machinery safety**

<b>Standard</b>	<b>Name</b>
EN ISO 10218-1:2011	Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots
ISO 10218-1:2011	– Part 1: Robots
EN ISO 12100:2010	Safety of machinery – General principles for design
ISO 12100:2010	– Risk assessment and risk reduction
EN ISO 13849-1:2015	Safety of machinery – Safety-related parts of control systems
ISO 13849-1:2015	– Part 1: General principles for design

EN ISO 13849-2:2012	Safety of machinery - Safety-related parts of control systems
ISO 13849-2:2012	- Part 2: Validation
EN ISO 13850:2015	Safety of machinery - Emergency stop function
ISO 13850:2015	- Principles for design
EN ISO 14118:2018	Safety of machinery
ISO 14118:2017	- Prevention of unexpected start-up
EN 61310-1:2008	Safety of machinery - Indication, marking and actuation
IEC 61310-1:2007	- Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals
EN 61310-2:2008	Safety of machinery - Indication, marking and actuation
IEC 61310-2:2007	- Part 2: Requirements for marking

#### EMC

##### Standard

EN IEC 61000-6-1:2019	Electrical compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards
IEC 61000-6-1:2016	- Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments
EN IEC 61000-6-2:2019	Electrical compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards
IEC 61000-6-2:2016	- Immunity standard for industrial environments
EN 61000-6-3:2007 /A1:2011/AC:2012-08	Electrical compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards
IEC 61000-6-3:2020	- Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments
EN IEC 61000-6-4:2019	Electrical compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards
IEC 61000-6-4:2018	- Emission standard for industrial environments
EN 61000-6-7:2015	Electrical compatibility (EMC) - Part 6-7: Generic standards
IEC 61000-6-7:2014	- Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations
EN 61326-3-1:2017	Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements
IEC 61326-3-1:2017	- Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety)
CISPR 11:2015+AMD1:2016 +AMD2:2019 CSV	Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement

We commit to transmit, in response to a reasoned request by the market surveillance authorities, relevant documents on the partly completed machinery. The industrial property rights remain unaffected!

#### Important note!

The partly completed machinery must not be put into service until the final machinery into which it is to be incorporated has been declared in conformity with the provisions of Directive 2006/42/EC on Machinery, where appropriate, and until the EC Declaration of Conformity according to Annex II A is issued.

#### Representative in EU, authorized to compile

##### the relevant technical documentation:

Dr. Patrick Pfaff  
Franka Emika GmbH  
Frei-Otto-Straße 20  
80797 München  
Deutschland

##### Manufacturer:

Franka Emika GmbH  
Frei-Otto-Straße 20  
80797 München  
Deutschland

##### Date, location

01.04.2022

Munich, Germany



Franka Emika GmbH  
Frei-Otto-Straße 20  
80797 München  
Tel.: +49 (0) 89 200 60 69 - 20  
Fax: +49 (0) 89 200 60 69 - 21

Dr. Alwin Mahler, CEO

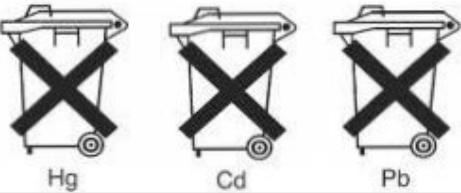
Dr. Patrick Pfaff, CTO

## 3.2 证书

TÜV SÜD RAIL 和 TÜV SÜD PS 证书链接如下: [www.franka.de/documents](http://www.franka.de/documents)

## 3.3 进一步声明

### 3.3.1 RoHS / REACH / WEEE / 电池指令

<p>更多信息 状态: 01.04.2022 Franka Production 3</p>
<p><b>危害性物质限制 (RoHS):</b></p> <p>部件控制器和机械臂并不在欧盟 RoHS 指令 2011/65/EU 的范围内，但仍满足在均质材料中所允许的受限物质和最大含量值要求:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 铅 (0.1 %)</li><li>• 汞 (0.1 %)</li><li>• 镉 (0.01 %)</li><li>• 六价铬 (0.1 %)</li><li>• 多溴联苯 (PBB) (0.1 %)</li><li>• 多溴二苯醚 (PBDE) (0.1 %)</li></ul> <p>下列例外情况同样适用:</p> <p>6a: 铅作为合金元素，在机械加工用途的钢和镀锌钢中的含量不超过重量的 0.35%</p> <p>6b: 铝合金中的铅含量不超过重量的 0.4%</p> <p>6c: 铜合金中的铅含量不超过重量的 4%</p> <p>7a: 高熔点型焊料中的铅（也就是铅基合金，铅含量不低于重量的 85%）</p> <p>7c-l: 除介电陶瓷电容器外，其他电子电气零部件的玻璃或陶瓷中的铅（例如压电装置或者玻璃或陶瓷复合材料中的铅）</p>
<p><b>REACH:</b></p> <p>按照 REACH 中的定义, FRANKA EMIKA GmbH 是“下游用户”。我们的产品纯属非化学品（制造件）。此外，在正常使用条件以及可合理预见的条件下，不会释放任何物质（REACH 第七条）。</p> <p>特此确认，对于已公布的 ECHA 候选列表 (SVHC) 中所列的任何物质，除非 RoHS 例外情况（如上）有所说明，否则我们的产品所含质量的百分比不超过 0.1。ECHA 候选列表所公布的扩展部分与我们的产品相符，而且，若得知我们的产品中含有这些新增物质中的一种，我们就会立即告知。</p> <p>基于当前从供应商处可获得的信息而做出此确认。</p>
<p><b>WEEE 指令:</b></p> <p>部件控制器和机械臂不受电气产品收集、循环利用和回收 WEEE 指令 2002/96/EC 的约束。</p>
<p><b>电池指令:</b></p> <p>该产品控制器含有一个 BIOS 电池。</p> <p><b>电池弃置:</b></p> <p>根据电池指令 2006/66/EC，返还充电和非充电电池是应尽义务；请勿将其与生活垃圾一同弃置。遵照法律指令弃置并将其交给循环利用人员。电池将被循环利用。</p> <p>带叉垃圾桶下方的符号代表物质铅 (Pb)、镉 (Cd) 或汞 (Hg)。</p> 

### 3.3.2 China RoHS 2



Part Name 部件名称	Toxic and Hazardous Substances and Elements / 有毒和有害的物质和元素					
	Lead 铅 (Pb)	Mercury 汞 (Hg)	Cadmium 镉 (Cd)	Hexavalent Chromium 六价铬 (Cr (VI))	Polybrominated biphenyls 多溴联苯 (PBB)	Polybrominated diphenyl ethers 多溴二苯醚 (PBDE)
Control 控制器	X	O	O	O	O	O
Arm FP3 臂架 FP3	X	O	O	O	O	O
Robot Connecting Cable 连接线 2,5m / 5m /10m	O	O	O	O	O	O
Emergency Stop Device 紧急停止装置	O	O	O	O	O	O
External Enabling Device 外部支持设备	O	O	O	O	O	O

This Table is prepared in accordance with the provisions of SJ/T 11364-2006.  
本表根据 SJ/T 11364-2006 的规定编制。

O: Indicates that said hazardous substance contained in all of the homogeneous materials for this part is below the limit requirement of GB/T 26572-2011.  
O: 表示该部分所有均质材料中的所述有害物质低于 GB/T 26572-2011 的限量要求。

X: indicates that said hazardous substance contained in at least one of the homogenous materials used for this part is above the limit requirement of GB/T 26572-2011.  
X: 表示本试验用同质材料中至少有一种所含的有害物质高于 GB/T 26572-2011 的限量要求。

(Enterprises may further provide in this box technical explanation for marking "X" based on their actual circumstances)  
(企业可根据自己的实际情况，在此框中进一步提供标示 "X" 的技术解释)

## 3.4 设备上的标签

机械臂

类型标签



图 3.1 臂架铭牌

### 紧急解锁标签

机械臂上的三个紧急解锁标签表明需要插入紧急解锁工具，以便在遇到紧急情况时可手动解锁故障保护锁止系统的位置。



图 3.2 紧急解锁标签

#### ⚠ 警告

##### 使用紧急解锁工具时沉重的机械臂掉落

解锁各关节时被机械臂卡住的风险

- 确保解锁时机械臂不会掉落。
- 请勿将头部或其他身体部位置于机械臂各部位之间或下方。
- 请勿将身体部位（特别是手、手指）置于机械臂、末端执行器或固定物体之间。
- 机械臂通电时请勿使用紧急解锁工具。
- 在机器人基座处插入紧急解锁工具。
- 将紧急解锁工具存放在机械臂附近。

### 高温表面标签



图 3.3 “高温表面” 标签

#### ⚠ 警告

##### 高温表面和手动引导

在超过 30 °C 的环境温度下，机器人表面可能会太烫而不能触摸。因此，超过 30 °C 时，不允许在自动模式下使用辅助功能。

### 功能接地标签

功能接地标签表明功能接地能连接至机械臂基座的位置。



图 3.4 功能性接地标签

### 抓握位置标签



图 3.5 抓取位置标签

## 控制器

### 类型标签

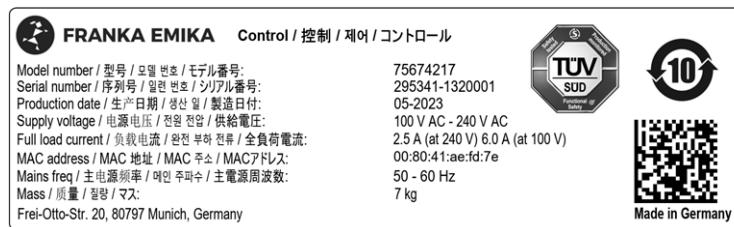


图 3.6 控制器铭牌

## 外部支持设备

### 类型标签



图 3.7 外部支持设备铭牌

## 紧急停止装置

### 类型标签



图 3.8 紧急停止装置

## 4 安全

### 4.1 安全指示和一般提示

#### 警告通知

安装、启动及操作设备前，请仔细阅读本手册及任何其他文档。注意安全指示以及一般提示。

警告通知公布如下：



小心

危险类型

危险的潜在后果

应采取的规避/避免措施

本手册使用以下警告通知：



危险

“危险”表示若不避免将导致死亡或严重伤害的危险情况。



警告

“警告”表示若不避免可能导致死亡或严重伤害的危险情况。



小心

“小心”表示若不避免可能导致轻微或中度伤害的危险情况。



注意

“注意”表示被视为重要但与危险无关的信息。



安全指示

“安全指示”表示需要严格遵守的流程。

#### 提示



提示何处可以获得更多信息。

## 4.2 责任通知

Franka Production 3 开发已遵照相关质量标准。开发期间全程遵循 EN ISO 12100 进行危害和风险评估，而且 Franka Production 3 及本手册同样以该标准作为理论依据。

机械臂遵照 DIN ISO 9409-1-A50 配备了一个 ISO 末端执行器法兰。

当前文档包含了作为半成品机械的 Franka Production 3 装配说明。其包含了必须满足的条件描述，以便在不损害安全和健康的情况下正确并入成品机械（如机械指令 2006/42/EC 附录 I）。

## 4.3 预期用途

Franka Production 3 为工业专用机器人。仅限在本文档所述的环境和操作条件下，使用系统完成测试和检查、搬运或安装等任务。

仅可在良好技术条件下，出于预期目的使用 Franka Production 3，并严格遵循技术规范和操作条件，树立安全意识并防范可能面临的危险。

当前 Franka Production 3 系统仅限于本手册所述之用途。

对于机器人操作应有的正常及扩展工作条件，请参见技术规格章节。

## 4.4 误用



危险

### 误用 Franka Production 3

威胁生命、生理缺陷、损坏机器人以及其他重要资产的风险。

- 仅在良好技术条件下使用 Franka Production 3。
- 仅在本文档所述环境和操作条件下使用 Franka Production 3。

误用 Franka Production 3 会导致制造商的保修和责任无效。任何不同于预期用途的应用均视为误用且明令禁止。

误用是指违背本手册以及入门指南中的警告、注意和指示的任何使用行为，尤其包含但不限于下列使用行为：

- 人畜运载
- 未采用包装位姿和原始包装进行运输
- 用作攀爬支撑
- 倚靠机械臂
- 在潜在爆炸风险区中使用
- 地下使用
- 用于搬运放射性物体
- 户外使用
- 用作医疗产品
- 用作服务型机械臂，例如老年人护理
- 靠近儿童使用
- 处理液体
- 以非竖直位姿使用

- 超出规定操作限制使用

禁止未经 Franka Emika 明确同意改造 Franka Production 3，否则会导致丧失保修和责任索赔。禁止改造包括但不限于下列情形：

- 对机械结构的任何改动
- 涂清漆
- 除非使用 FE 认证设备，否则不得包覆机器人结构

Franka Emika 只同意对 Franka Production 3 的下列改造：

- 安装电缆引导系统（可能影响系统运动和控制行为）
- 将设备安装至法兰
- 盖住螺钉孔

严禁打开机械臂和控制器外壳及其他设备。

只能在可保证充分空间和安全使用的地方使用机器人。

对于所安装设备或误用导致的损坏，Franka Emika 概不负责。

## 4.5 操作机器人时可能存在的一般危险和安全措施

### 可能存在的危险概览

在 EN ISO 10218-1:2011 附录 A 中可找到机器人系统通常可能带来的危险列表，该列表涉及广泛但并不明确。

请特别注意 Franka Production 3 可能产生的下列危险：



危险

#### 电气或火灾危害以及危险烟雾

火灾和烟雾可能导致呼吸困难、眼部刺激、肺受损、中毒并可能导致死亡。

- 请勿超出指定规范使用 Franka Production 3。



危险

#### 受损电线或电气安装不充分

材料损坏以及触电造成的人身伤害风险。

- 仅在良好技术条件下使用 Franka Production 3。
- 紧急停止系统只能由有资质的人员安装。
- 检查电缆和电气安装。



危险

#### 阴燃火灾风险

过多装置连至电源系统可能导致电气安装过载并可能导致阴燃火灾，造成人员死亡或重伤。

- 应相应连接 Franka Production 3 以避免电气安装过载。
- 相应地安装过载保护装置。

### ⚠ 警告

#### 由于断电，物体从末端执行器上掉落

从夹爪上掉落的物体会导致手、手指、脚和脚趾受伤。

- 务必穿戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 使用合适类型的夹爪以防物体掉落。

### ⚠ 警告

#### 机器人掉落和意外移动，尤其在地震多发地区

重伤风险，如皮肤压伤撕裂和刺伤。

- 将平台调平。
- 只能将机械臂安装在水平、静止和稳固的平台上。禁止加速和震动。
- 请勿将机械臂安装在悬挂、倾斜或不平整的平台上。
- 以竖直位姿将平台调平。
- 确保螺钉连接正确分布且紧固。
- 操作 100 小时之后，用正确的拧紧扭矩拧紧螺钉。
- 如果在地震多发地区操作，则需考量相应的危害和风险评估。

### ⚠ 警告

#### 机械臂危险且不受控的移动

重伤风险，如机械臂和末端执行器造成的皮肤压伤撕裂和刺伤。

- 确保末端执行器和/或物体质量以及质心 (CoM) 参数设置正确。
- 在操作期间需远离工作空间。

### ⚠ 小心

#### 电缆、插头、机械外壳受损或漏油

接触漏出的油可能导致眼部或皮肤刺激。

电气风险可能导致重伤。

- 仅在良好技术条件下使用 Franka Production 3。
- 请勿将受损电缆、插头和机械外壳用于操作。如有疑问，请联系 Franka Emika。

## 良好条件



小心

### 通过机器人结构元件空隙漏脂漏油

皮肤和眼部刺激。

- 停止操作机器。
- 联系制造商。
- 配戴手套。
- 接触眼部或皮肤之后就医。

## 中断



注意

会通过 Desk 告知操作人员可能的故障。在继续操作之前需纠正故障。

- 遵照 Franka UI 中的说明来纠正可能的故障。可能需要重启系统。

## 关节过载



注意

机器人的所有关节离线过载可能导致机器人重大损坏。

- 进行风险评估时，应考虑到可预见的误用情况。
- 遵照系统警告停止机器人操作。

## 4.6 与应用相关的可能存在的危险和安全措施

在规划和设计应用及对成品机械进行危害和风险评估时，需考虑以下可能出现的安全相关方面。集成商有责任进行风险分析。

### 各种安全级别的功能和特性

Franka Production 3 提供各种安全级别的功能和特性。所有安全功能及其相应的安全等级在章节安全功能安全功能部分均有描述。根据 EN ISO 13849-1 或 EN 62061，此章通篇所述的所有其他功能均不归于已安全评估的一类。因此，不能指望这些功能的可用性。

请注意，集成商有责任进行风险分析。

### 意外移动



小心

#### 机械臂意外移动

使用各种应用、处理的末端执行器和周围物体可能导致机械臂各部位之间的压伤以及冲击和碰撞。

- 确保末端执行器和/或物体质量以及质心 (CoM) 参数设置正确。
- 操作期间需远离最大空间。

### 卡在成品机械内



警告

#### 身体部位或人员卡住风险

重伤风险，如机械臂和末端执行器造成的皮肤压伤撕裂和刺伤。

- 请勿将身体部位置于机械臂各部位之间。
- 若出现严重致命危险，则：
  1. 按下紧急停止装置以停止机器人操作。
  2. 手动将机械臂拉出或推出危险位置。

有关更多信息，请参见手动移动机械臂章节的紧急解锁部分。

### 末端执行器布线

注意

如果 Franka Production 3 使用了末端执行器，则末端执行器及其外部布线会降低可承载的最大有效载荷。

注意

外部布线增加了机械臂的额外载荷和扭矩，可能会影响 Franka Production 3 的控制性能。

## 外部布线的末端执行器及相关设备初始移动

### 注意

由于配置、所安装的 App 和服务不同，Franka Production 3 能够发送协议至可能已连接的机器（包括开始移动）、外部布线的末端执行器及其他相关设备。请注意，使用外部设备可能存在的相关风险。

有关更多信息，请参见测试和点动章节的开始移动部分。

### 单点控制

可通过单个 Franka UI 连接或现场总线控制 Franka Production 3。单点控制 (SPoC) 机制确保仅用一个源进行控制。有关更多信息，请参见单点控制章节。

### ⚠ 警告

#### 机械臂意外移动

重伤风险，如机械臂和末端执行器造成的皮肤压伤撕裂和刺伤。

- 确保末端执行器和/或物体质量以及质心 (CoM) 参数设置正确。
- 在操作期间需远离工作空间。
- 若出现严重致命危险，则：
  1. 按下紧急停止装置以停止机器人操作。
  2. 手动将机械臂拉出或推出危险位置。
- 若出现不威胁生命的危险，则：
  1. 用紧急解锁工具来移动机械臂。

SPoC 也涵盖现场总线。更多关于 SPoC 的信息，请参阅章节单点控制。

### 任务环境 - 相关影响：

### 安全指示

（高强度任务执行之后以及 Franka Production 3 被设为“监控停止”状态后）在扩展环境温度介于 25 °C 和 45 °C 之间时，集成商需采取措施并评估长时间 (< 60 s) 触摸机械臂而不被热灼伤的风险 (EN ISO 13732-1:2006)。包括但不限于下列措施：

- 机器人冷却时间。
- 关闭机器人一段时间。
- 告知操作人员。
- 标记最有可能发烫的位置。
- 禁止接触机器人。

机械臂表面温度（从基座到第 7 轴，不包括法兰）

**⚠ 警告**

**高温表面**

在高强度任务执行之后，长时间触碰机械臂金属或塑料部位可能会导致热灼伤。

- 在最大有效载荷及扩展温度下高强度任务执行之后，在 Franka Production 3 停机之后最少 60 秒内，请勿触摸机械臂各部位。

**⚠ 警告**

**高温表面和手动引导**

在超过 30 °C 的环境温度下，机器人表面可能会太烫而不能触摸。因此，超过 30 °C 时，不允许在自动模式下使用辅助功能。

**任务环境 - 相关影响：**

安全指示取决于（关于高温表面）风险评估。

将末端执行器安装至机械臂之后，集成商需评估关于末端执行器可能存在的风险。

**安全指示**

集成商需要针对触摸机械臂、末端执行器及末端执行器法兰高温表面可能导致热灼伤，采取相关措施 (EN ISO 13732-1:2006)。包括但不限于下列措施：

- 机器人冷却时间。
- 关闭机器人一段时间。
- 告知操作人员。
- 标记最有可能发烫的位置。
- 禁止接触机器人。

## 4.7 安全外围设备安装

**安装紧急停止装置**

需根据普遍有效且公认的工程标准安装紧急停止装置，例如 EN 60204 和相关欧洲标准。

Franka Emika 所提供的紧急停止装置需连接至 X3.1 端口。除了紧急停止装置，Franka Emika 所提供的其他装置也可连接至 X3 端口。

连接至紧急停止信号的装置必须遵守 EN 60947-5-5 或 EN 62061。

将已拆下且不再执行安全功能的装置远离设备存储，以防误激活。

**注意**

紧急停止装置的存放位置需保证在紧急情况下，始终能够触及且能防止意外使用。

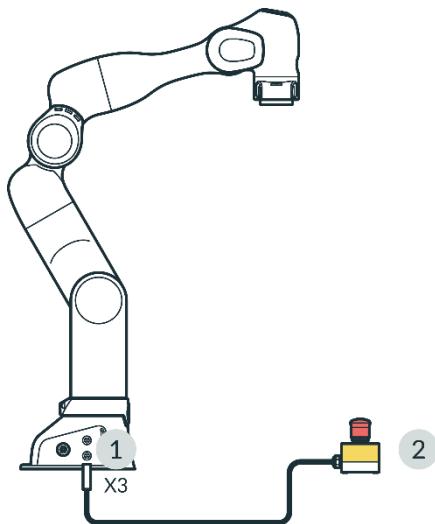


图 4.1 紧急停止装置接口

1 X3 - 安全输入连接器	2 紧急停止装置
----------------	----------

#### 制动时间和制动距离

依据 EN ISO 10218-1 附录 B 来测量制动时间（即从发出紧急停止请求到机械臂完全停止所经历的时间）和制动距离（即激活紧急停止装置之后到完全停止机械臂所移动的距离）。制动时间和制动距离可在附录中找到。

## 4.8 故障保护锁止系统

#### 故障保护锁止系统

当机械臂断电时，锁止螺栓会自动锁止全部七个关节。锁止螺栓以机械方式锁止关节的任何运动，从而确保即便没有电源，机械臂也会停在原位。

由于这些锁止螺栓技术，断电时，无法保持精确的位置。能听到锁止螺栓咔嗒一声锁止，导致机械臂下降几厘米，特别是在受重力影响的关节中。

#### 解锁安全锁止系统

一旦安全锁止系统解锁，每一轴都会稍微移动。

## 4.9 手动移动机械臂

在无电力的情况下移动机械臂



小心

### 移动机械臂

重伤风险，如皮肤压伤撕裂和刺伤

- 务必穿戴个人防护装备（例如防护眼镜）。
- 集成商需为所有已连接的末端执行器进行风险分析。
- 在操作期间请勿站在最大空间之内。

若有人被机械臂卡住，则遵照下列三种松开方法进行解救，即便是在断电时。

- 在对应位置使用紧急解锁工具来手动解锁并移动机器人。
- 从机械臂基座安装位置处将其拧下。
- 手动移动机械臂。

如果机械臂非严重危险并卡滞，则使用紧急解锁工具。



警告

### 使用紧急解锁工具时沉重的机械臂掉落

解锁各关节时被机械臂卡住的风险

- 确保解锁时机械臂不会掉落。
- 请勿将头部或其他身体部位置于机械臂各部位之间或下方。
- 请勿将身体部位（特别是手、手指）置于机械臂、末端执行器或固定物体之间。
- 机械臂通电时请勿使用紧急解锁工具。
- 在机器人基座处插入紧急解锁工具。
- 将紧急解锁工具存放在机械臂附近。

### 操作：紧急解锁

#### 安全指示

1. 按下紧急停止装置以停止机器人操作。
2. 从 Pilot 基座上拿取解锁工具。
3. 扶住机械臂各部位。
4. 将解锁工具插入相应的梯形孔并逐一解锁一个或解锁多个关节。  
这些孔已用“紧急解锁”标签标记。

现在可以手动移动机械臂部位了。

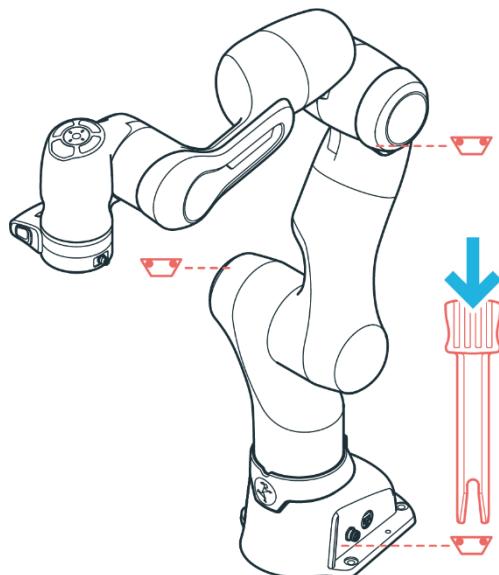


图 4.2 紧急解锁装置

**注意**

请注意，一旦插入解锁工具，朝向机械臂腕部的机械臂部位就会因重力而掉落。

**注意**

- 集成商需确保解锁工具存放在机器人基座处的托架中。
- 非紧急情况不得拿走解锁工具。
- 解锁工具必须始终能够触及。
- 只能使用原装解锁工具。
- 解锁工具只用于紧急情况。

**注意**

手动推拉机械臂会损坏机械臂，因为关节会过载。

- 仅应在安全攸关的情况下手动推拉机械臂。

**安全指示**

若出现严重致命危险，则：

1. 按下紧急停止装置以停止机器人操作。
2. 手动将机械臂拉出或推出危险位置。
3. 固定机器人机械臂以免掉落。

**操作：手动推开**

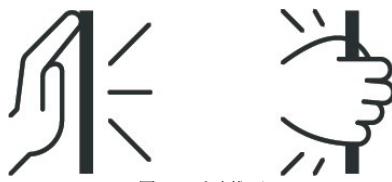


图 4.3 手动推开

**注意**

集成商必须评估人被卡住的风险。使用之后，需拆下紧急解锁工具。

**注意**

手动推拉机械臂会损坏机械臂，因为关节会过载。

- 仅应在安全攸关的情况下手动推拉机械臂。

## 4.10 安全理念

Franka Production 3 的安全理念是为使机器人系统在其目标应用范围内安全可靠提供简便方法。该系统提供了一套符合 EN ISO 13849-1 的安全功能。更多关于安全功能的信息，请参见安全功能章节。

利用 Franka UI 工具 Watchman，安全操作人员能够将那些安全功能用于所谓的安全规则与情景中，以涵盖为机器人单元和应用执行的风险分析中所确定的风险。

通过 Watchman 配置安全系统可分成两部分：

- 一般安全相关设置在安全设定中配置（例如，定义安全输入行为）。
- 安全情景能够实现采用合适的安全措施涵盖不同的情境。

每个安全情景均能定义一个或多个安全规则以涵盖机器人可能所处的特定情境/状态。

每个安全规则均包括一种安全功能、备选条件（定义规则何时激活）以及在违反安全功能时触发的反应。

利用安全设定和安全情景，安全操作人员能按照风险分析表明的需求来设定安全系统。Franka Production 3 自带已预定义且预验证的一套情景。如果它们适用于涵盖风险分析表明的需求，则可直接使用此设定。

如需更多具体的安全规则和情景，则安全操作人员可用 Watchman 来调整预定义的情景和规则。有些安全情景为只读或者包含固定规则，以保证以最少量的安全措施通用于大多数应用。通常，这些预设置由 ISO 10218-1 定义。

在机器人上加以确认和激活之前，安全操作人员必须验证所有自定义的安全设置和情景。

预定义安全情景涵盖系统可能存在的操作状态。

**注意**

在恢复违反的安全功能过程中，系统切换至预定义恢复情景以提供安全恢复。出现违规的原始情景（例如工作），其规则，特别是违反的安全功能，在恢复过程中不会激活。一旦恢复完成，系统就会切回至原始情景。在进行成品机械具体应用的危害和风险评估时，集成商必须考虑预定义恢复情景。

## 编程模式下的情景状态

### 闲置（只读）

- 用户可能在机器人附近，但未与其互动。机器人处于安全监控的静止状态。
- 如果没有激活其他模式，或者如果存在冲突输入，那么这就是编程模式下的默认状态。

### 示教（可自定义）

- 用户可手动引导机器人。
- 安全激活信号：按下位于 Pilot 手柄上的启用按钮。
- 安全操作人员可自定义预定义的速度限值。

### 测试和点动（可自定义）

- 用户观察并确认执行已创建的任务，并通过 Franka UI 缓慢移动机器人。
- 安全激活信号：外部支持设备 (X4)。
- 安全操作人员可自定义预定义的速度限值。

## 执行模式下的情景状态

### 工作（可自定义）

- 机器人通过执行一项任务独立工作。
- 此情景预设有可激活具备安全限制的监控静止状态 (SMSS) 安全功能的规则 (SMSS)，在输入 X3.2 或 X3.3 打开时停止机器人。必须设置一个规则，在“Work”（工作）中触发“Safely Monitored Standstill”（具备安全限制的监控静止状态），从而能切换至“Assist”（辅助）模式。
- 安全操作人员能在此情景内自定义所有规则。

### 辅助（可自定义）

- 执行模式下协同操作“手动引导”，如 ISO 10218-1 所定义。
- 安全激活信号：当机器人处于具备安全限制的监控静止状态时，按下位于 Pilot 手柄上的启用按钮。
- 安全操作人员能为此模式和/或添加自定义规则自定义速度限值。

### 打开/关闭制动器（只读）

- 当打开或关闭制动器时激活。
- 移动和速度范围已安全限制。

## 错误/违规状态

下列状态在机器人正常操作中不激活。它们仅在违反处于其他状态下的安全功能时，或在出现安全相关错误时才会激活。

### 工作无效（只读）

如果工作模式下无有效的安全情景可用，则会激活“工作无效”情景作为备用，以防机器人移动。

### 违规闲置（只读）

违反任何安全功能且已完成相应的反应措施之后，此状态激活。

### 恢复（位置错误、关节限值违规或空间违规）（只读）

当机器人正在从违反的安全功能或错误中恢复时，此状态激活。

安全激活信号：取决于违规或错误类型。

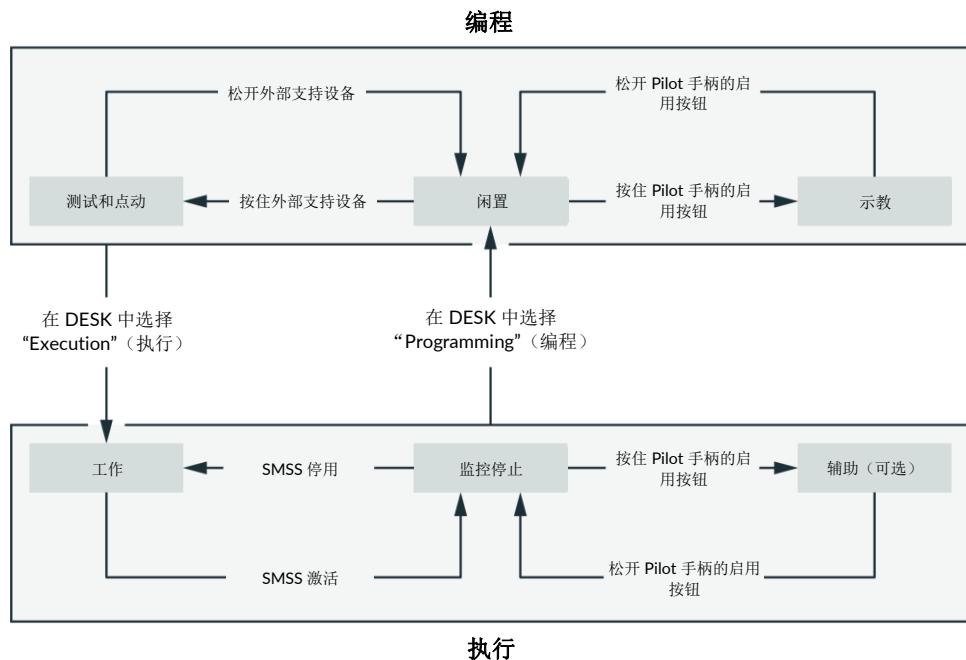


图 4.4 正常运行模式下的状态

## 4.11 安全功能

### ⚠ 警告

#### 恢复期间的高温表面和手动引导

在超过 30 °C 的环境温度下，机器人表面可能会太烫而不能触摸。因此，如果出现需要在恢复期间手动引导的违反安全功能的情况，则必须遵守以下要求：

- 只能由针对此类情况专门经过培训的人员执行恢复。
- 恢复前，必须评估以确保表面温度低于可接触极限值。冷却时间取决于之前执行的移动和环境温度。
- 针对此程序，建议配戴耐热安全手套。

### 注意

Franka Production 3 区分两种安全功能：限制功能和监控功能。

限制功能保证限值不被违犯，例如制动时间、制动距离和公差。

监控功能仅在违规时被触发。安全集成商负责考量制动时间、制动距离和公差。

### 注意

如果不遵守电气等级，则连接具备独立电源的外部装置可能会危及系统的安全功能。

此外，所连装置中的电压必须是 SELV（安全特低电压）或与系统连接信号合理隔离开来。

### 安全输入

名称	描述	安全等级	停止反应措施
紧急停止 (X3.1)	机器人基座中的 X3 连接器提供一个安全输入以连接紧急停止。	PL d/类别 3	停止类别 1
外部支持设备 (X4)	机器人基座中的 X4 连接器提供一个安全输入，专用于三位外部支持设备。	PL d/类别 3	松开或完全按下启用按钮会激活 SMSS 安全功能。违反 SMSS 时的反应措施取决于激活的安全情景。
启用按钮	在法兰旁的机器人 Pilot 手柄上提供了一个三位启用按钮。	PL d/类别 3	操作模式 “Programming”（编程）：停止类别 1（请参见预定义的情景“闲置”） 操作模式 “Execution”（执行）：反应措施取决于“工作”情景中的 SMSS 配置。 在安全功能违规或错误恢复过程中，完全按下或松开启用按钮会触发停止类别 1。
两个可配置安全输入 (X3.2、X3.3)	机器人基座上的 X3 连接器提供了两个额外的安全输入。可在安全设置中配置这两个输入的行为。	PL d/类别 3	取决于安全情景中的配置。

### 安全功能

名称	缩写	描述	安全等级	违规时的恢复  备注：操作人员可恢复所有违规。
安全受限的笛卡尔位置	SLP-C	监控机器人上特定点的笛卡尔位置。参照用户定义的笛卡尔空间来检查该位置。	PL d/类别 3	被违反的位置或定向限值会显示在 Desk 中。

名称	缩写	描述	安全等级	违规时的恢复
				备注：操作人员可恢复所有违规。
		<p>下列点受监控：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 法兰</li> <li>• 肘部</li> <li>• 腕部</li> <li>• 客户定义的工具活动范围</li> </ul> <p>当一个或多个点位于定义的空间内时或当一个或多个点位于定义的限值之外时，均可配置监控以提示违规。</p> <p>参数设置：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 工具模型（多达五个活动范围）           <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 每个活动范围的半径</li> <li>◦ 每个活动范围中心点相对于法兰的位置</li> </ul> </li> </ul> <p>提示：这是通用设置，会影响使用此工具模型的所有安全功能。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 受监控的笛卡尔空间（箱式）</li> <li>• 若在范围内/范围外则违规</li> </ul> <p>此为监控功能。</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 解锁机器人制动器。</li> <li>• 将机器人引导出笛卡尔位置限值。Desk 显示是否不再违反位置限值。</li> <li>• 通过按下 Desk 中的 Confirm（确认）来结束恢复。</li> </ul>
具备安全限制的末端执行器的方向	SLO	<p>监控法兰坐标系统的方向。基准方向在基座坐标系统中定义。</p> <p>SLO 监控法兰方向与基准方向间的差异。如果差异大于所定义的限值，则违反安全功能。</p> <p>当方向位于所定义的限值内或超出所定义的限值时，均可配置监控以提示违规。</p> <p>参数设置：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 基准方向的所有三个方向上所允许的法兰方向</li> <li>• 相对于基座框架的基准方向</li> <li>• 相对于法兰框架的工具方向</li> </ul> <p>此为监控功能。</p>	PL d/ 类别 3	
安全限制的笛卡尔速度	SLS-C	<p>监控机器人结构上特定点的笛卡尔速度。下列点受监控：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 法兰</li> <li>• 肘部</li> <li>• 腕部</li> <li>• 客户定义的工具活动范围中心点</li> </ul> <p>参数设置：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 笛卡尔速度限值</li> </ul> <p>此为监控功能。</p>	PL d/ 类别 3	<p>在 Franka UI 的对话框中显示违反速度限值。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 通过按下该按钮以确认违规。</li> </ul> <p>无需更多恢复程序。</p>
具备安全限制的监控静止状态	SMSS	<p>监控机器人结构中特定点的笛卡尔空间中的静止状态。下列点受监控：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 法兰</li> <li>• 肘部</li> <li>• 腕部</li> <li>• 客户定义的工具活动范围中心点</li> </ul> <p>用户无法更改这一安全功能的参数。</p> <p>此为监控功能。</p>	PL d/ 类别 3	<p>在 Franka UI 中显示违规对话框。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 通过按下该按钮以确认违规。</li> </ul> <p>无需更多恢复程序。</p>
末端执行器安全关机	SEEPO	<p>安全关闭供给末端执行器（48 V 电源线）的电源。可在安全设定中配置 SEEPO 的行为。例如，可配置为当触发紧急停止时 SEEPO 关闭电源。</p>	PL b / 类别 b	<p>可在设置或 Desk 侧边栏中再次打开末端执行器电源。</p>

## 安全

名称	缩写	描述	安全等级	违规时的恢复
		参数设置： • 通用设置，无论 SEEPO 是否激活。 • SEEPO 关闭触发器		备注：操作人员可恢复所有违规。

### 内部安全功能（在安全规则中不可参数化和配置）

名称	缩写	描述	安全等级	反应措施	违规时的恢复
					备注：操作人员可恢复所有违规。
安全限制的关节角度	SLP-J	监控关节空间中每个关节的位置。 此安全功能仅内部用于保护机器人关节限值，防止自我碰撞和局部夹住。在用户定义的情景中不可用。 此为限制功能。	PL d/ 类别 3	-	Desk 中的对话框将违规告知用户并允许恢复。 • 按下外部支持设备以启用恢复移动。 • 通过在恢复对话框中点击解锁图标来解锁需移动的关节。 • 通过按下恢复对话框中的 +/- 按钮来移动关节。 提示：处于违规状态的关节只能朝未违规的方向移动。所有其他关节均能朝两个方向移动，以将机器人移动到一个更便利的位姿。
安全限制的关节速度	SLS-J	监控关节空间中单个关节的速度。 此内部安全功能用于在关节位置恢复过程中防止快速移动。 此为监控功能。	PL d, 类别 3	类别 1 停止	在 Franka UI 中显示违规对话框。 1. 通过按下该按钮以确认违规。 无需更多恢复程序。
安全限制的距离	SLD	SLD 监控单个关节以保持在允许的位置窗口内。 此内部安全功能用于防止制动器打开程序过程中移动过度。 此为监控功能。	PL d, 类别 3	类别 1 停止	在 Franka UI 中显示违规对话框。 1. 通过按下该按钮以确认违规。 无需更多恢复程序。

### 停止功能

名称	描述	安全等级
停止类别 0	通过断开电机电源并启动制动器立即停止机器人。	PL d/类别 3
停止类别 1	使用电机正常控制，以受控的方式停止机器人，直至每个关节静止。一经静止，就安全启动制动器，并安全断开逆变器电源。 监控笛卡尔减速。	PL d/类别 3
类别 2 停止	使用正常控制器和电机以受控的方式停止机器人，直至每个关节静止。一经静止，静止就会受安全监控。 监控笛卡尔减速。	PL d/类别 3

### 安全输出

名称	描述	安全等级
末端执行器安全开关	关闭供给末端执行器（48 V 电源线）的电源。	PL b/类别 b

### 更多安全等级

- 机器人法兰附近的三位启用按钮的制作符合 IEC 60204-1:2016 和 IEC 60947-5-8:2006 标准。
- Franka Emika 所提供的三位外部支持设备的制作符合 IEC 60204-1:2016 和 [60947-5-8] 标准。
- Franka Emika 所提供的紧急停止符合 IEC 60204-1:2016 和 EN ISO 13850:2015 标准。

## 其他安全相关恢复（出现安全错误时）

### 关节位置错误恢复

仅安全操作人员能恢复关节位置传感器错误。

Desk 中的对话框将错误告知用户并允许恢复。

关于纠正错误的详细说明可参阅 13.10 “故障排除” 章节。

### 安全输入错误恢复

如果已在 Watchman 中为那些输入配置确认，则可通过在 Franka UI 中确认对应的对话框来恢复安全输入错误。

### 其他安全错误

其他安全错误通常不可恢复。请试着重启系统以从此类错误中恢复。如果错误仍然存在，则请联系供应商或 Franka Emika。

### 所有情况的通用信息

若有安全违规，则机器人不允许移动，直至恢复已完成。

若有安全违规，则基座慢闪红色。

Desk 会显示恢复向导以执行恢复程序。

仅安全操作人员能恢复关节位置错误。

操作人员能执行所有其他恢复。

关于可能的故障排除的进一步措施，请见故障排除

## 4.12 为机器人系统规划和调试提供帮助

根据 EN ISO 10218-2 和 EN ISO 8373 标准，将机器人视为一个机器人系统，其与外围设备一起，例如机器人工具、工件、输送系统以及所有涉及的装置和保护设备，被设置成一个连贯的系统。由于可能的动作和集成应用，对那些参与系统运行、装配或维护生命周期的人员来说，会构成潜在危险。机器人系统的创建者/分销商的任务是分析和评估这些危险，并确保采取适当的防护措施。

本规范基于特定国家的法律、法规和准则，因此取决于机器人系统各自的地点（运行地点）。

在欧洲经济区 (EEA) 适用的是总体性法规，其可由特定国家的立法、特定行业的法规和公司内部的法规加以补充。

因此，关于机器人的规划，必须了解架设地点的法规，并对这些规定适当的考虑。

行业种类也可能导致不同的规定。例如，该机器人系统将用于工业生产还是研究？

如之前所述，机器人系统所在地点决定了必须遵守哪些法规、条例和法律。在欧洲经济区 (EEA)，机械指令和统一的欧洲标准适用于所有国家。此外，还必须考虑到当地立法，例如，德国《产品安全法》(ProdSG)、《产品责任法》(ProdHaftG) 和《工业安全与健康条例》。

构建机器人的最重要的规则和规定如下。

标准/指南	描述
RL 2006/42/EG	欧洲议会和欧洲理事会的机械指令
DIN EN ISO 12100	机械安全——常规设计通则——风险评估和减少风险

DIN EN ISO 10218-2	机器人技术——工业环境中机器人系统的安全要求 第 2 部分：机器人系统、机器人应用和机器人单元集成
DIN ISO/TS 15066	机器人和机器人设备——协作型机器人
DIN EN ISO 13854	机械安全——避免挤压身体部位的最小距离
DIN EN ISO 13855	机械安全——与人体接触有关的保护装置的布置
DIN EN ISO 13850	机械安全——紧急停止功能——设计通则
DIN EN ISO 11161	机械安全——已集成的制造系统——基本要求
DIN EN ISO 60204-1	机械安全——机器的电气配备—— 第 1 部分：常规要求
DIN EN ISO 13849-1	机械安全——控制器中的安全相关部件—— 第 1 部分：常规设计通则
DIN EN ISO 13849-2	机械安全——控制器中的安全相关部件—— 第 2 部分：验证
ISO 13482	机器人和机器人设备——对个人辅助机器人的安全要求

基本上，始终适用相同的目标规定：

减少人员的受伤风险。

因此，可以说如果没有适当的防护措施，任何机器人系统都不允许运行。

例如，防护措施可能是：

- 分体式保护装置
- 非接触式保护装置
- 栅栏和/或物理屏障
- 标记的区域
- 提示牌
- 急停按钮
- 显示元件
- 控制技术保护装置
- 机器人内部的安全功能（参见章节 4.11 “安全功能”）

由于机器人的使用方式不同，Franka Emika 无法提供一个统一准则来规定集成机器人系统时所需的保护装置。机器人系统的安全实现由集成商/负责人负责。

在 DGUV（德国社会意外保险）网页上描述了一个非常好且详细的机器人系统构建指南 => [DGUV 信息 209-074](#)

以下解释中描述了作为机器人系统规划重要组成部分的措施。然后，必须用该应用情形法规和规定中的必要细节来补充这些措施。

## I. 分析：

该分析包括对自动化解决方案的描述，同时还包括对规划系统功能的界定。这一部分被称为合规使用。必须记录非合规使用，即不可使用该系统执行的状态和作业任务。对任务的详细描述是后续风险评估的一部分，并简化了在后续规划过程中对各危险的风险测定。

创建方案布局有利于为规划的系统提供概览。所有组件，包括所属外围设备，都应在此显示。

下一步是分析机器人系统的危险来源。如果列出哪个部件导致哪种危险，会使随后的风险评估更加清晰。这也允许在必要时将危险带来的影响进行分组总结。要考虑将机器人系统的所有部件都作为可能的危险源。除机器人外，这还包括所有要集成的部件，如工具、工装、输送系统、开关柜和保护装置，还包括部件之间相互组合可能产生的危险。

**II.** 风险评估:

风险评估用于分析和评价危险源及由此产生的人身伤害风险等级，并确定必要的降低风险措施。

DIN EN ISO 12100 标准中描述了根据机械指令进行所需风险评估的程序。提供进行结构化实施的各种表格和工具（参见上方列项）。风险评估的基本结构由以下要素组成：

- 用于规划系统的数据（机器名称、序列号等）
- 机器人系统的极限
- 确定所需的法规和标准
- 机器人系统的布局
- 标记布局中的危险源
- 根据相应生命周期和运行模式，对危险源进行评估。为此，可能使用各种评估方法。该方法在标准中已详细说明。

确定降低风险措施的方法也在标准或指南和文献参考中有所描述。

原则上，以下措施优先适用于减少风险：

- 避免危险
- 通过固有安全设计降低风险
- 通过机械保护装置降低风险
- 通过控制技术保护装置降低风险
- 通过组织措施降低风险

选择措施时，应始终考虑到协调标准中的规范。由于基于标准的符合性推测，这就减少了举证责任。

**III.** 布局:

最终的机器人系统布局中，所有防护措施都按比例绘制。对于风险评估中确定的防护措施应有明确的分配。

**IV.** 实现阶段:

系统的构建和已确定防护措施的实施。

**V.** 验证测试:

在构建系统包括所有的防护措施后，必须根据各标准执行对防护措施的验证测试。例如在标准 13849-2 中，控制技术相关防护措施的测试被称为“功能安全测试”，其中对验证的要求也有规定。该验证测试的报告是机器人系统验收的一个重要部分。

**VI.** 验收:

机器人系统的最终验收包括对上述所有单个步骤的详细记录。根据机械指令，在工业领域应用中需要经销商提供符合性声明 (CE)。即使机器人系统的构建是为了在内部生产中“自身需要”，也需要

有符合性声明 (CE)。对于研究和实验室中的机器人系统来说，机器人的运行应以人身安全的方式设计，并实施相应的防护措施。机械指令将用于研究用途的机器人系统定义为设计用于特殊研究用途、且仅临时使用的系统。因此，重要的是该系统是否用于临时使用（一次性实验，然后拆除——不需要 CE，还是作为实验室的设备永久使用，还是作为实验室的设备永久使用——需要 CE）。

## 5 人物角色

### ⚠ 警告

#### 资质不足的人员

资质不足的人员可能导致自身或他人重伤。

- 认真阅读手册并解决所有疑问。
- 所有进入最大空间的人员均必须运用其知识与经验，注意机器人系统相关潜在风险，并充分谨慎行事。
- 负责人必须将关于 Franka Production 3 的局限和限制明确告知用户。

### 注意

#### 麻醉人员

麻醉人员可能对机械和设备造成重大损坏。

- 请勿在毒品、酒精或药物作用反应的影响下操作 Franka Production 3。

### 注意

用户角色只应由有资质或经充分培训的人员担任。他们应已接受关于紧急或异常情况下行为的教育。运营实体必须以机器人学、自动化、安全或受伤风险等领域的经验、培训或类似现行职责为基础来选择人员。

## 创建用户角色

### 创建管理员

第一次登录时，必须创建一个管理员用户。

- 输入用户名。
- 输入密码。
- 确认密码。

应安全严密地保存管理员登录信息。唯一无密码访问该角色的方法就是执行删除之前所有信息的恢复出厂设置。

### 注意

仅允许有资质或经充分培训具备足够技术能力的人员操作机器人。上述人员的资质包括但不限于专业技术教育、大学工程专业学位或机器人学或自动化领域的专业经验。

FE 建议由 FE、合作伙伴和附属机构进行产品专门培训。

### 注意

务必使用安全密码以防未经授权人员访问系统。

## 创建和编辑用户

### 程序

1. 登录 Franka UI。关于 Franka UI 的信息，请参见 Franka UI 章节。
2. 转到 **Settings**（设置）。
3. 点击 **Users**（用户）选项卡。
4. 添加新用户或编辑现有用户。

必须始终定义一个管理员。这意味着无法删除最新的管理员。必须为每一位用户分配一个角色，且多位用户可具有相同角色。Franka Production 3 当前版本支持下列段落所述的角色。

## 负责人

负责人负责对职业健康法规和操作安全条例的遵守。Franka Production 3 负责人包括但不限于企业家、机构负责人、雇主或负责 Franka Production 3 使用的代表。

负责人负责下列事项：

- 负责人必须履行监督义务。
- 负责人必须确保操作 Franka Production 3 的全体人员均具备相应资质，而且知晓 Franka Production 3 可能带来的危险。
- 负责人必须按约定的间隔提供培训和指导，以便树立并巩固风险意识。

## 管理员

管理员拥有操作人员所拥有的所有权限。管理员是负责人授权的代表，负责设定和访问机器人系统并按如下所述使用用户界面 Franka UI：

- 设置和更改角色、访问权限和密码
- 设置和更改系统的非安全相关参数（例如，更改末端执行器设置）
- 编程及示教机器人系统
- 安装系统更新、功能和 App
- 编辑系统配置
- 创建、编辑和设置任务参数

## 安全操作人员

安全操作人员拥有与操作人员相同的权限，外加设定和确认安全设置的权限。安全操作人员可按如下所述使用用户界面 Franka UI：

- 编辑安全配置
- 编程及示教机器人系统
- 创建、编辑和设置任务参数

## 操作人员

操作人员能访问 **Franka Production 3** 并在负责人、管理员及安全操作人员所定义的范围内利用用户界面 **Franka UI** 使用 **Franka Production 3**。操作人员能按如下所述使用用户界面 **Franka UI**:

- 启动、监控和停止所计划的 **Franka Production 3** 操作
- 下载和选择任务
- 查看任务和 **App** 设置
- 查看系统状态（网络、机器人、末端执行器）
- 查看安全设置
- 锁定/解锁关节
- 启动/停止任务
- 引导（无法保存位姿）
- 切换 **Pilot** 模式按钮
- 移至运输位姿以供打包
- 从系统下载日志文件
- 关机并重新启动系统

操作人员仅能受限访问 **Franka UI**。

## 集成商

集成商负责通过将机器人与其他设备或包括其他机器人在内的另一台机器组合到一起，将半成品机械装配到成品机械中，以形成一个机器系统。

集成商还需进行适当的风险评估以识别残留风险并将其清除和最小化。

集成商对最终应用的安全性负责。

更多责任相关话题的信息，请参见责任通知章节。

## 6 标准配置及附件

下图展示了一种示例布线方法并提供了设备概述。

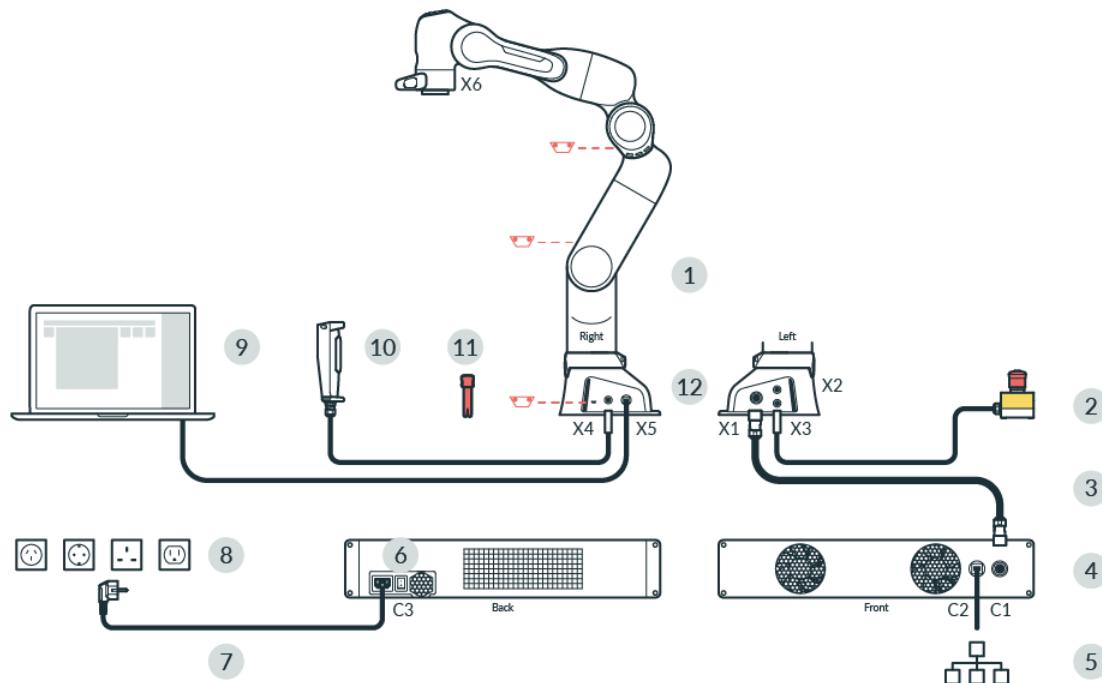


图 6.1 设备概览

1	机械臂	7	电源线
2	紧急停止装置	8	主电源插座
3	连接线	9	带 Franka UI 的接口设备 (不含)
4	控制器	10	外部支持设备
5	以太网 (网络)	11	紧急解锁系统
6	电源开关	12	连接功能接地

## 6.1 机械臂

机械臂包含以下部件：

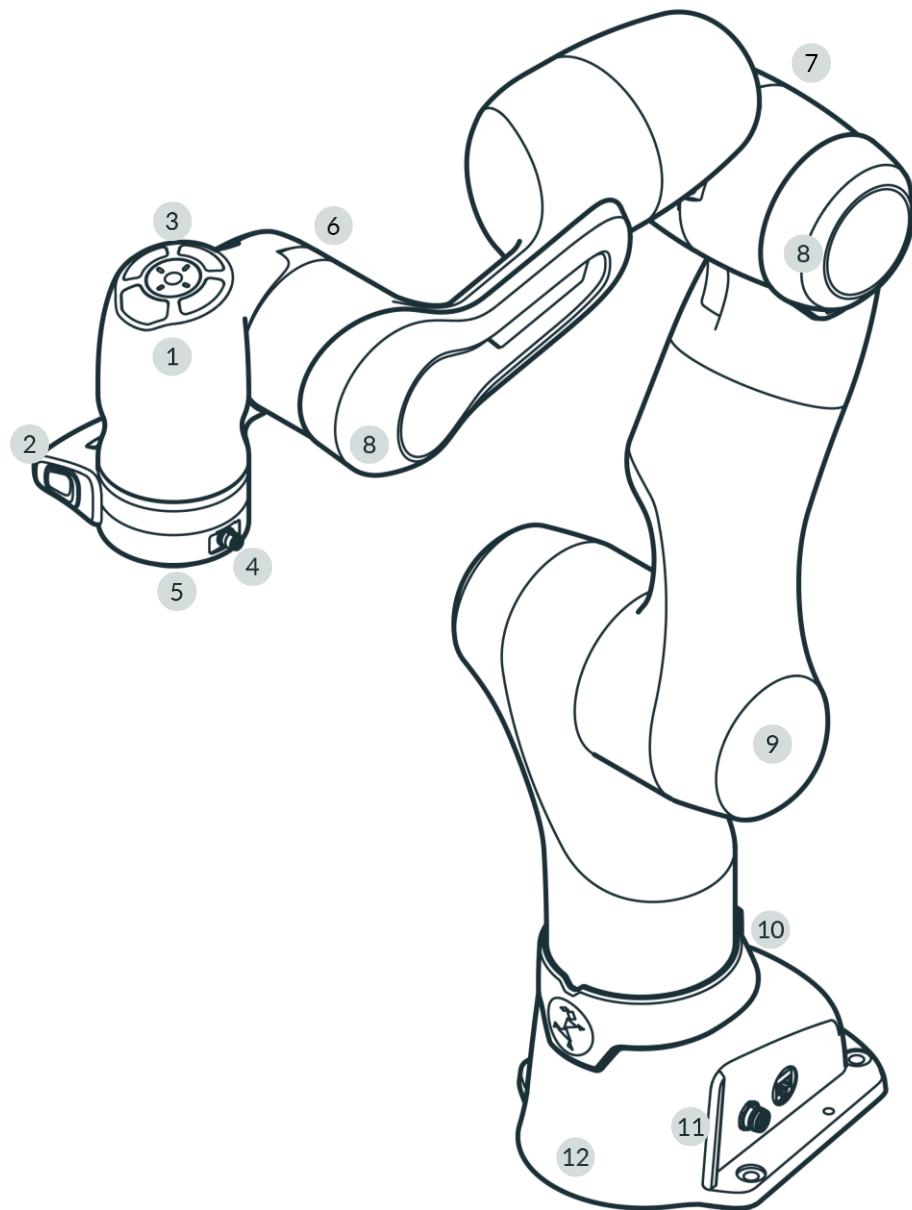


图 6.2 臂架概览

1	Pilot	7	肘部
2	Pilot 手柄	8	冲击保护
3	Pilot 盘	9	轴肩
4	X6 - 末端执行器连接器	10	紧急解锁工具支架
5	末端执行器法兰	11	状态灯
6	腕部	12	基座

### Pilot 俯视图

用户界面 Desk 及已集成的末端执行器可通过 Pilot 盘直接在机器人机械臂上操作。

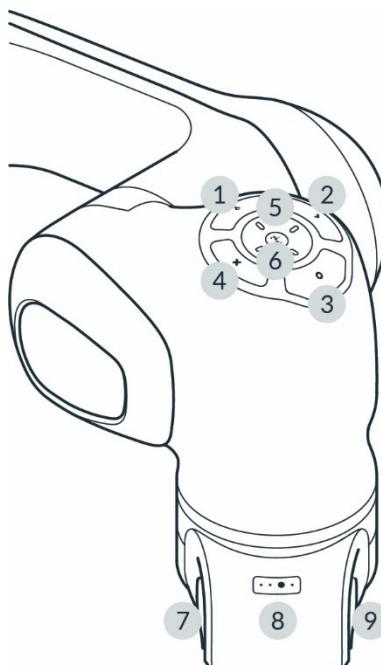


图 6.3 Pilot

1	Pilot 模式按钮	6	状态灯
2	确认按钮	7	启用按钮
3	示教按钮	8	引导模式按钮
4	删除按钮	9	引导按钮
5	箭头键		

### Pilot

Pilot 是直接集成到机械臂的用户界面，用于引导（又称为手动引导）机器人并实现与末端执行器和 Desk 之间的顺畅互动。Pilot 由 Pilot 盘 (1-6) 和 Pilot 手柄 (7-9) 组成。

更多关于 Desk 的信息，请参见 Franka UI 章节 Desk 部分。

#### Pilot 盘 (1-6)

Pilot 盘位于 Pilot 顶部，用于与机器人系统互动。通过按下 Pilot 盘上的 Pilot 模式按钮 (1) 来导航至 Desk。选择单个 App，为其设置参数或通过手动引导机械臂至所需位置并按下示教按钮 (3) 来输入位姿。

#### Pilot 手柄 (7-9)

作为机器人结构组成部分，Pilot 手柄位于机器人端部附近。Pilot 手柄配备了引导按钮、启用按钮和引导模式按钮。

#### Pilot 模式按钮 (1)

用户可通过按下 Pilot 模式按钮 (1)，在 Pilot 盘的箭头键之间切换，以导航 Desk 或控制已集成的末端执行器（如 Franka 抓手）。

#### 确认按钮 (2)

若亮起，则按下确认按钮会确认在上下文菜单部分所做的所有更改并跳转至下一部分。确认按钮会保存所做的所有选择。

### 示教按钮 (3)

通过将系统调整至所需配置并按下示教按钮来示教组件值（即，机器人位姿或夹爪宽度）。

### 删除按钮 (4)

若亮起，则按下删除按钮删除所选的组件值或部分。

### 箭头键 (5)

取决于 Pilot 模式，箭头键能在 Desk 导航或控制已集成的末端执行器。在末端执行器模式下，按键分配取决于所选的末端执行器。

### 启用按钮 (7)

启用按钮位于 Pilot 手柄左侧，若按至中间位置则会启用机器人移动。在半按启用按钮的同时按下引导按钮以移动机器人。已遵照 EN ISO 10218-1 中的要求对启用按钮进行安全评估。启用按钮的三个位置用于停止、重新启用或移动机器人。松开或完全按下启用按钮以立即停止机器人。停止之后，先将其完全松开然后再次按至中间位置以重新启用机器人。



图 6.4 启用按钮的切换状态

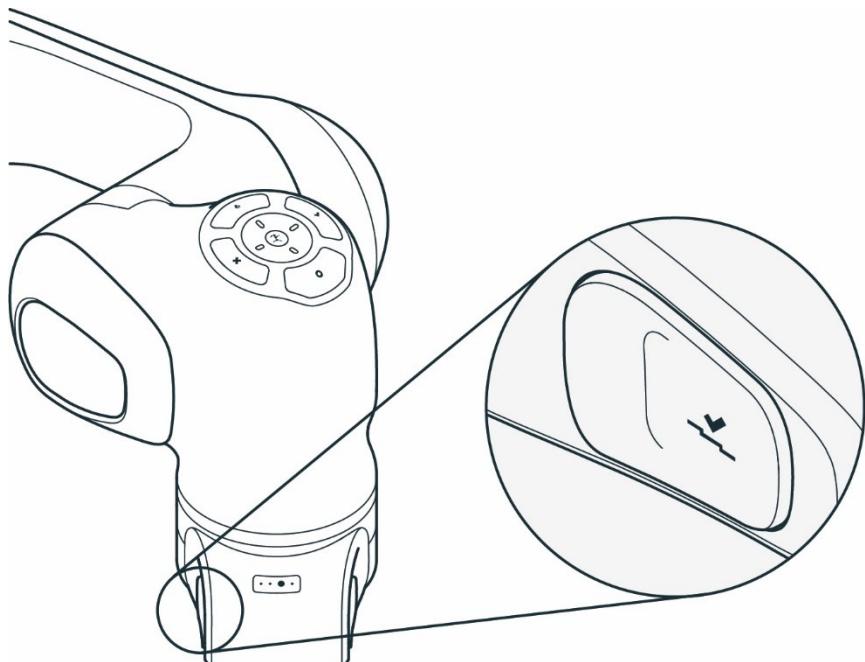


图 6.5 启用按钮

**引导模式按钮 (8)**



图 6.6 引导模式按钮

引导模式按钮在机器人不同手动引导模态之间切换：仅平移、仅旋转、自由移动和用户定义的移动。引导模式按钮位于 Pilot 手柄顶部，能让用户在不同的引导模式之间切换。通过两次或多次按下引导模式按钮，您能在不同的机器人手动引导模式之间切换。

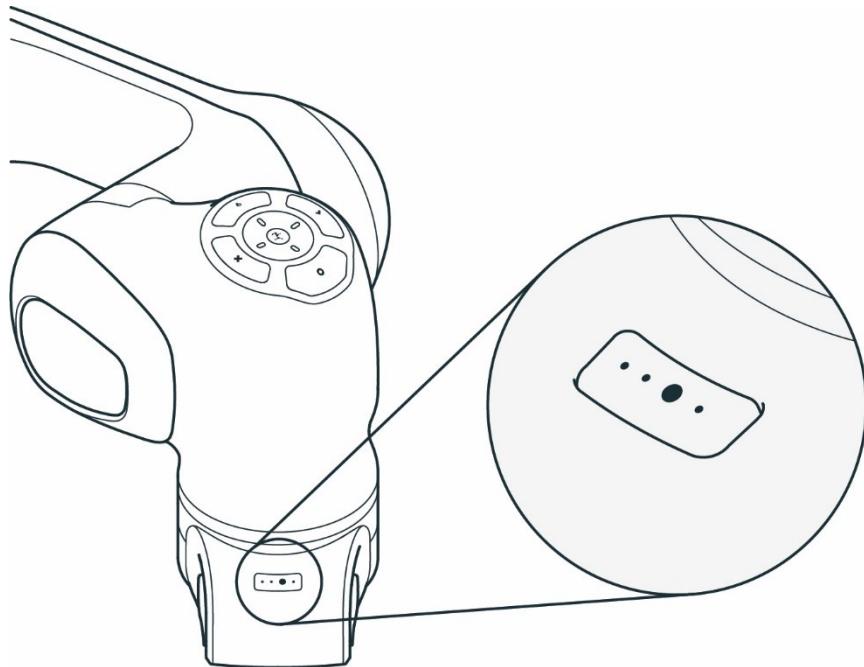


图 6.7 引导模式按钮

**引导按钮 (9)**



图 6.8 引导按钮

引导按钮位于 Pilot 手柄右侧。在按下引导按钮的同时半按启用按钮 (7) 以移动机器人。

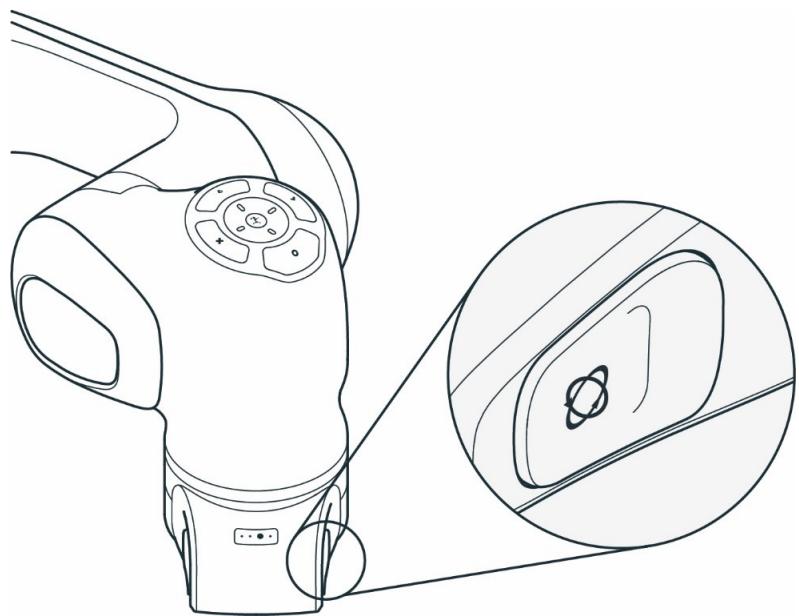


图 6.9 引导按钮

### 机械臂基座

左

右

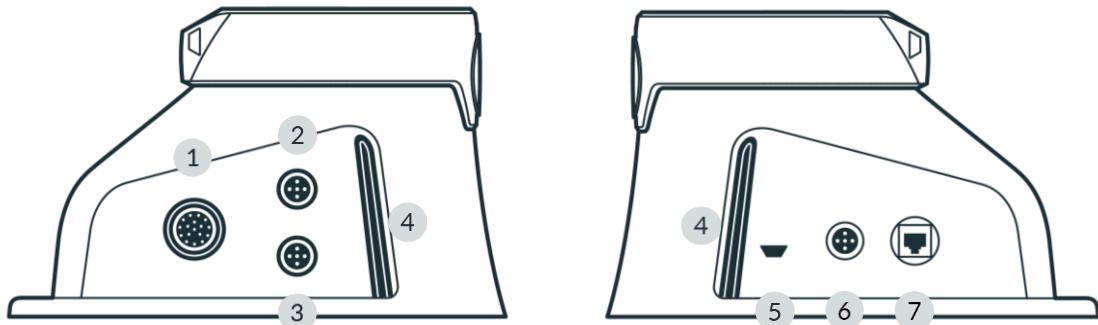


图 6.10 机器人基座上的接口

1	X1 - 连接至控制连接器	5	紧急解锁工具插入位置
2	X2 - 数字 IO 连接器	6	X4 - 外部使动连接器
3	X3 - 安全输入连接器	7	X5 - 机器人网络连接器
4	状态灯		

机器人基座有数个端口以连接并支持各种设备。

- X1 - 连接至控制器
- X2 - 数字 IO  
数据输入输出各传递两个非安全性数字输入和输出。输入和输出以及 24 V 电源与机器人系统以及机器人其他各接口电气隔离。物理端口的功能取决于特定软件版本。

- X3 - 安全输入
  - X3.1 - 紧急停止：将会触发一个停止类别 1 指令以停止机器人并通过按下紧急停止装置选择性切断至末端执行器的电源。此行为可在 Watchman 中配置。Watchman 是可通过 Web 浏览器访问的用户界面，用于设置并视觉验证 Franka Production 3 的安全相关参数，例如，安全相关的受监控速度或安全相关的受监控空间。它是 Franka UI 的组成部分。更多关于 Watchman 的信息，请参见 Franka UI 章节的 Watchman 部分。
  - X3.2、X3.3 - (可配置的) 安全输入：X3 端口提供两个额外安全输入。其行为可在 Watchman 中配置。更多关于 Watchman 的信息，请参见 Franka UI 章节 Watchman 部分。X3.2 和 X3.3 默认配置成安全限制的监控静止状态和停止类别 1。默认配置仅适用于“Work”(工作) 情景。
- X4 - 外部支持  
三位外部支持设备会在系统处于编程模式下时启用“Test & Jog”(测试和点动)。它能使 Franka Production 3 移动。能通过 Desk 启动程序。
- X5 - 机器人网络  
运行基于浏览器的 Franka UI 的接口设备，连至 X5 以太网端口。

#### 注意

必须装配具备相应安全信号的自定义连接器以利用可配置的安全输入(X3.2、X3.3)。如此则现有紧急停止不再可用。因此，必须在自定义连接器中为通道 X3.1 集成紧急停止功能。

#### 注意

安全输入通道 X3.2 和 X3.3 默认分配给 Watchman “Work”(工作) 情景中的 SMSS 安全功能。假设没有外部安全装置连至 X3.2 和 X3.3(仅 Franka Emika 紧急停止已连至 X3.1)。那些输入将视为“activated”(已激活)，意即，不能用默认“Work”(工作) 来移动机器人。取决于具体应用的风险和危害评估，可不理会 X3.2 和 X3.3，更改默认规则以允许机器人移动。

### 末端执行器法兰

末端执行器，诸如 Franka 抓手，可通过末端执行器法兰来连接。末端执行器法兰依照 DIN ISO 9409-1-A50 相关质量标准而开发。更多信息，请参见安装末端执行器章节。

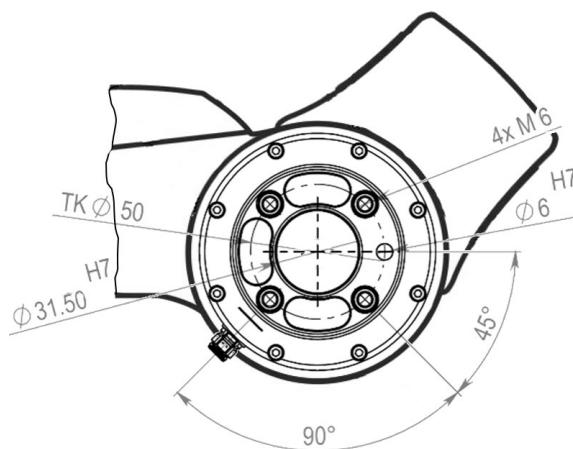


图 6.11 终端执行器法兰

#### 注意

Franka 抓手并非认证机械的组成部分。

## 6.2 控制器

#### 注意

只能用 Franka Emika 提供的控制器操作机械臂。

控制器是主控单元，是 Franka Production 3 的组成部分。该主控单元能实现机器人机械结构的监视和控制。

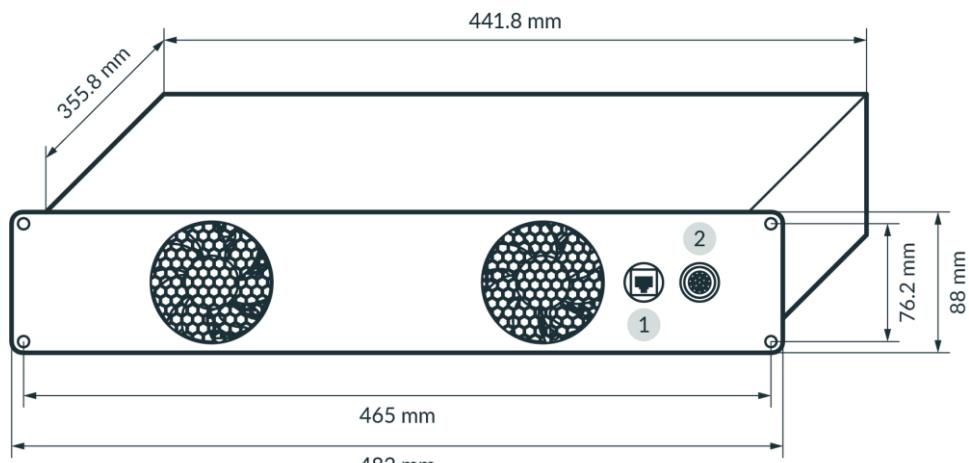


图 6.12 控制器的尺寸和接口

1 C2 - 工作场所网络连接器

2 C1 - 连接至机械臂连接器

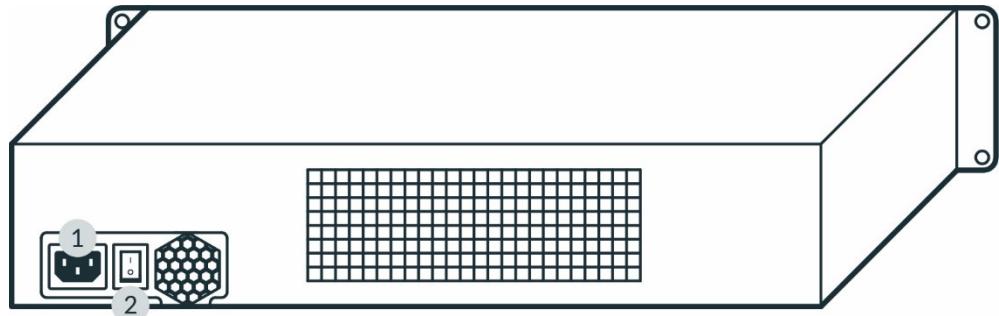


图 6.13 背面接口

1 C3 - 电源连接器

2 电源开关

## 安装

控制器安装在一个 2RU 19” 机架上。

## 7 标准配置及附加设备

### 7.1 箱中包含

#### 机械臂

- 1x 机械臂
- 1x 紧急解锁工具
- 4x 螺钉 (ISO 4762、M8x20、ST 10.9 A2K)
- 4x 垫圈 (ISO 7089、M8、ST HV300 A2K)
- 1x 螺钉 (ISO 4762、M5x8、ST 8.8 A2K)
- 1x 带齿垫圈 (DIN 6797-A、M5、ST A2K)
- 1x 入门指南 (文档编号: 110030)
- 1x 集成商标标签材料 (文档编号: 110040)
- 1x 钻孔模板 (文档编号: 110050)
- 1x 多语种文档参考文献 (文档编号: 110060)



图 7.1 臂架供货范围

#### 控制器

- 1x 控制器
- 1x 各国专用电源线



图 7.2 控制器供货范围

#### 装置

- 1x 外部支持设备
- 1x 紧急停止装置



图 7.3 附加装置供货范围

附件

- 1x 连接线



图 7.4 连接线供货范围

## 7.2 箱中未包含

有关其他附件，如协作机器人泵，请访问 <https://franka.world/>。

未包含下列设备：

- 接口设备
  - 平板电脑/笔记本电脑/个人电脑
- 接口设备应配备一个浏览器（**Chrome**、**Chromium** 或 **Firefox**）、一个以太网端口并最好具备触摸功能。
- 材料
  - 带 **RJ 45** 连接器的以太网电缆，用于连接接口设备与机械臂
  - 带 **RJ 45** 连接器的以太网电缆，用于控制器至公司网络或个人电脑工作站的备选连接
  - （**Franka Emika** 推荐的）安装用附件：2x 6 mm h8 销，用于机械臂精准安装，如适用
  - 安装机械臂的基板（取决于基板，可能需要不同的螺钉和垫圈，请参见第 9.4 章 **Mounting the Arm**（安装机械臂））
  - 带眼功能地线电缆
  - 螺纹
- 工具
  - 六角扳手，用于将机械臂安装到基板
  - 螺丝刀，用于连接功能地线电缆
  - 水准仪，用于确保水平安装机械臂
  - 扭力扳手，用 30 Nm 的力拧紧螺钉

## 7.3 可用备件和附件

**Franka Production 3** 的备件包括但不限于：

- 机械臂
- 控制器，包括各国专用电源线
- 外部支持设备
- 紧急停止装置
- 连接线（2.5 m、5 m 或 10 m）
- 紧急解锁工具
- **Franka** 抓手（并非认证机械的组成部分）
- 协作机器人泵（并非认证机械的组成部分）

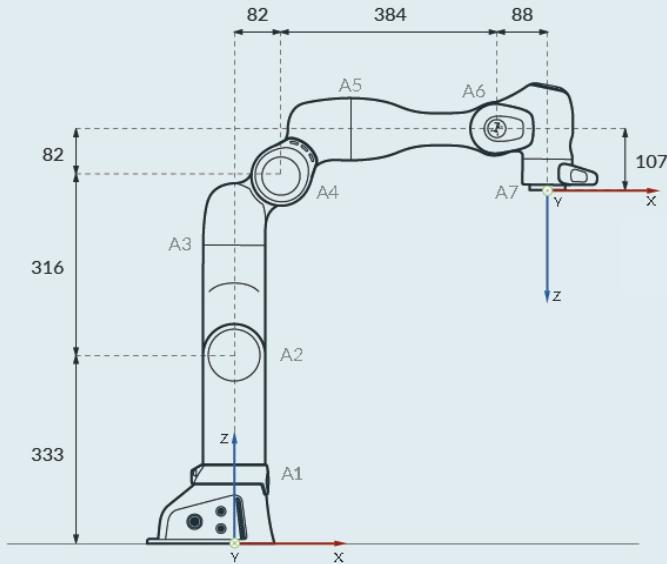
## 8 技术规格

臂架			
轴	7	界面	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 以太网 (TCP/IP), 用于带 DESK 的直观可视化编程</li> </ul>
净载重	3 kg		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 经过安全性评估的外部支持装置用输入端</li> </ul>
最大范围	855 mm		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 个可配置并经安全性评估的输入端, 用于紧急停止装置、安全防护或其他保护装置 ( 可通过外部 OSSD 转换器连接 OSSD 装置)</li> </ul>
力/扭矩测量	所有 7 个轴中关节侧的扭矩传感器		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 为 2 个 DI 和 2 个 DO 准备的硬件 ( 24V, 绝缘, 根据 EN61161 标准的 3 类特性, 采样率 100Hz)</li> </ul>
关节位置限制	A1, A3 A2 A4 A5 A6 A7	-166° / 166° -105°/105° -176°/-7° -165°/165° 25°/265° -175°/175°	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 控制器接口</li> </ul>
安装法兰	DIN ISO 9409-1-A50		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 终端执行器接口</li> </ul>
安装位置	竖直	臂架 Pilot 操作面板上的用户界面	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 经安全性评估的集成启用按钮</li> </ul>
重量	大约 17.8 kg		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 引导按钮</li> </ul>
保护类型	IP40		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 引导模式按钮</li> </ul>
环境温度	+5° C 到 +45° C	臂架 Pilot 操作面板上的用户界面	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 状态灯</li> </ul>
空气湿度	20-80%, 非冷凝		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilot 模式按钮</li> </ul>
控制器		性能	
控制器尺寸 (19 英寸)	483 x 355 x 89 mm (宽 x 深 x 高)	动作	
电源电压	100-240 V AC	关节速度限制	A1-A4 : 150°/s
电网频率	50-60 Hz		A5-A7 : 301°/s
功耗	约 80 W	笛卡尔速度限制	最大 2 m/s (终端执行器速度)
有源功率因数校正滤波器 (PFC)	是	点重复精度 <sup>1</sup>	< ±0.1 mm (ISO9283)
重量	大约 7kg	相互作用	
保护类型	IP20	手动引导力	大约 2.5N
环境温度	+5° C 到 +45° C	可调节的平移刚度	10-3000 N/m
空气湿度	20-80%, 非冷凝	可调节的旋转刚度	1-300 Nm/rad
允许的安装位置	水平	监控的信号	关节位置、速度、扭矩、笛卡尔位置、力

<sup>1</sup> 上述值指的是 0.4 x 0.4 x 0.4 m 的作业空间, 以 [0.498/0.0/0.226]m 为重心点测量, 法兰的 Z 轴平行于地球重力, 朝上 (基于 ISO 9283, 附录 A)。

界面	<ul style="list-style-type: none"> <li>以太网 (TCP/IP) 用于连接互联网或工作场所网络连接器</li> <li>IEC 60320 C14 冷设备插头 (V型锁)</li> <li>连接至臂架连接器</li> </ul>	配件	<ul style="list-style-type: none"> <li>已完全集成的终端执行器</li> <li>2 指抓手</li> <li>真空抓手</li> </ul>
		现场总线	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modbus/TCP</li> <li>OPC UA</li> </ul>
<b>安全性</b>			
<b>认证</b>			
EN ISO 10218-1: 2011 机器人技术——安全要求——第 1 部分：工业机器人		通过 TÜV SÜD 产品服务认证	
EN ISO 13849-1:2015 机械安全——控制器的安全相关部件		通过 TÜV SÜD RAIL 认证	
<b>协作运行模式</b>			
经安全性评估的监控式停止		完全集成在 PL d / 类别 3 中	
手动引导		完全集成在 PL d / 类别 3 中	
经安全性评估的速度和距离监控		可与外部保护装置结合落实，最高可达 PL d / 类别 3	
<b>安全参数化和验证</b>			
Watchman		用于设置和验证安全相关参数的用户界面	
用户管理		基于角色的访问管理	
<b>安全功能</b>			
紧急停止 (x3.1)		PL d / 类别 3	
外部支持设备 (x4)		PL d / 类别 3	
启用按钮		PL d / 类别 3	
两个可配置的安全输入端 (x3.2 和 x3.3)		PL d / 类别 3	
SLP-C : 具备安全限制的笛卡尔坐标系位置		PL d / 类别 3	
SLS-C : 具备安全限制的笛卡尔坐标系速度		PL d / 类别 3	
SLP-J : 具备安全限制的角接头		PL d / 类别 3	
SLS-J : 具备安全限制的接头速度		PL d / 类别 3	
SLD : 具备安全限制的距离		PL d / 类别 3	
SEEPO : 安全末端执行器断电		PL b / 类别 b	
<b>保持功能</b>			
0 类停止		PL d / 类别 3	
类别 1 停止		PL d / 类别 3	
类别 2 停止		PL d / 类别 3	
停止功能中最坏情况下的安全笛卡尔位置精度		50 mm	
<b>符合 EN ISO 13849-1 的安全说明</b>			
PL d / 类别 3 安全功能的 PFH (每小时跳机概率 )		< 1 x 10 <sup>-7</sup>	
PL b / 类别 b 安全功能的 PFH (每小时跳机概率 )		< 1 x 10 <sup>-7</sup>	

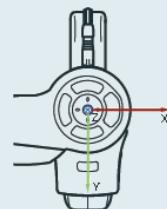
## 尺寸和作业空间



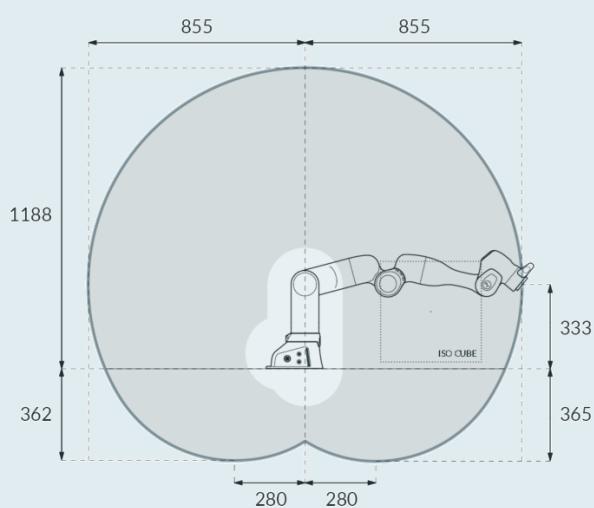
带关节长度的轴名称 [mm]



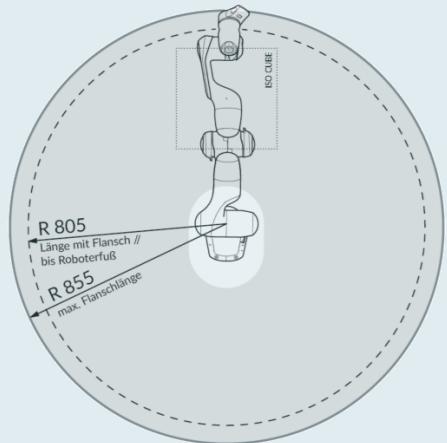
无终端执行器的轴对齐



有 Franka Hand 情况下的轴对齐



作业空间侧视图 [mm]



作业空间俯视图 [mm]

**注意**

每小时失效概率是在 40 °C 时评审的。然而，在温度范围内，包括扩展温度范围，安全等级对所有功能有效。

如果将系统每小时失效概率用于计算，则需将温度考虑进去。

更多关于每小时失效概率的信息，请通过 [support@franka.de](mailto:support@franka.de) 联系 Franka Emika。

## 9 运输和搬运

### ⚠ 警告

#### 重型设备

受静重及几何设计影响，抬放和搬运设备可能导致背部受伤，而且，如果跌落，就会导致手指、手部、脚趾和脚部严重受伤。

- 运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护装备（例如，安全鞋）。
- 设备必须放置在平整表面上以防倾斜或滑动。
- 遵守关于抬放重物和个人防护装备的公司规定。

### ⚠ 警告

#### 受损部件

电气风险可能导致重伤。

- 检查包装是否完好无损且能实现其保护功能。
- 检查电缆、插头和机械外壳是否有裂缝和破损绝缘层。
- 请勿将受损电缆、插头和机械外壳用于操作。如有疑问，请联系 Franka Emika。

### 注意

#### 对机械臂和控制器的物质损坏。

机械冲击可能导致机械臂和控制器中敏感机电部件的校准受损或失效。

- 避免冲击。
- 小心放下装置。
- 即使是短途运输，也务必用原始包装存储及运输装置。

### 注意

#### 对机械臂、末端执行器和最大空间中的物体造成财产损失

如果将机械臂调至运输位置时末端执行器还连在机械臂上，则机械臂及末端执行器中的敏感机电部件可能受损。

- 在将机械臂调至运输位置之前，请拆下所有末端执行器。
- 请勿将松散物体留在最大空间中。

## 9.1 交付及运输的环境条件

系统可在 -25 °C 至 +70 °C 温度范围内存储和运输。

### 搬运和挪动

务必在专门用于抬放的位置抬放机械臂（请参看下图），以免在搬运和抬放过程中机械臂关节过度受力。特别注意，切勿在机械臂处于展开位置的情况下一人一头抬着机械臂！

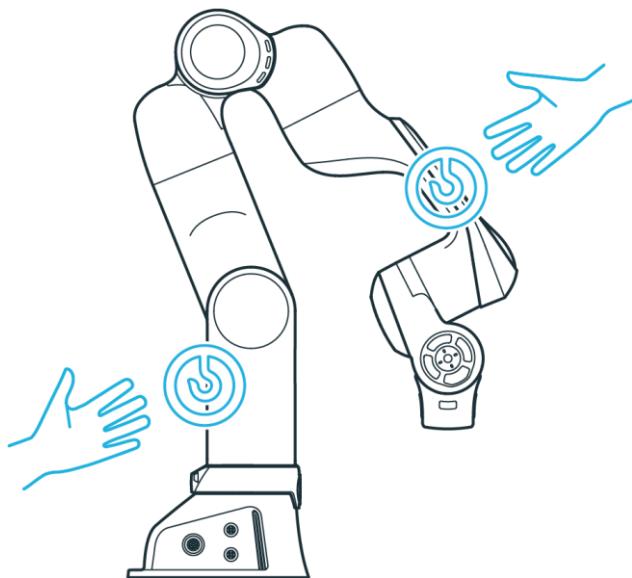


图 9.1 起吊位置

### 注意

#### 机械臂物质损坏

强制移动锁定状态下的机械臂会导致内部零件瞬时滑移，造成机械臂校准失效和受损。

- 仅在此手册所示各点处搬运、抬放和运输机械臂，以免机械臂关节过度受力。
- 即使在机械臂安装和开关机时，也要轻拿轻放。

### 注意

请勿踩踏或倚靠机械臂。

### 注意

#### 关注重量

臂架的重量约 17.8 kg

# 10 固定和安装

## ⚠ 警告

### 重型设备

受静重及几何设计影响，搬运和抬放设备可能导致背部受伤，而且，如果跌落，就会导致手指、手部、脚趾和脚部严重受伤。

- 运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护装备（例如，安全鞋）。
- 务必在有另一个人帮忙的情况下才去抬放设备。
- 设备必须放置在平整表面上以防倾斜或滑动。
- 遵守关于抬放重物和个人防护用品的公司规定。

## 注意

在固定和安装系统之前，请仔细阅读安全和运输和搬运章节。

## 注意

机械臂基座未用螺钉拧紧则无法站稳。

### 控制器及机械臂所提供的界面概览

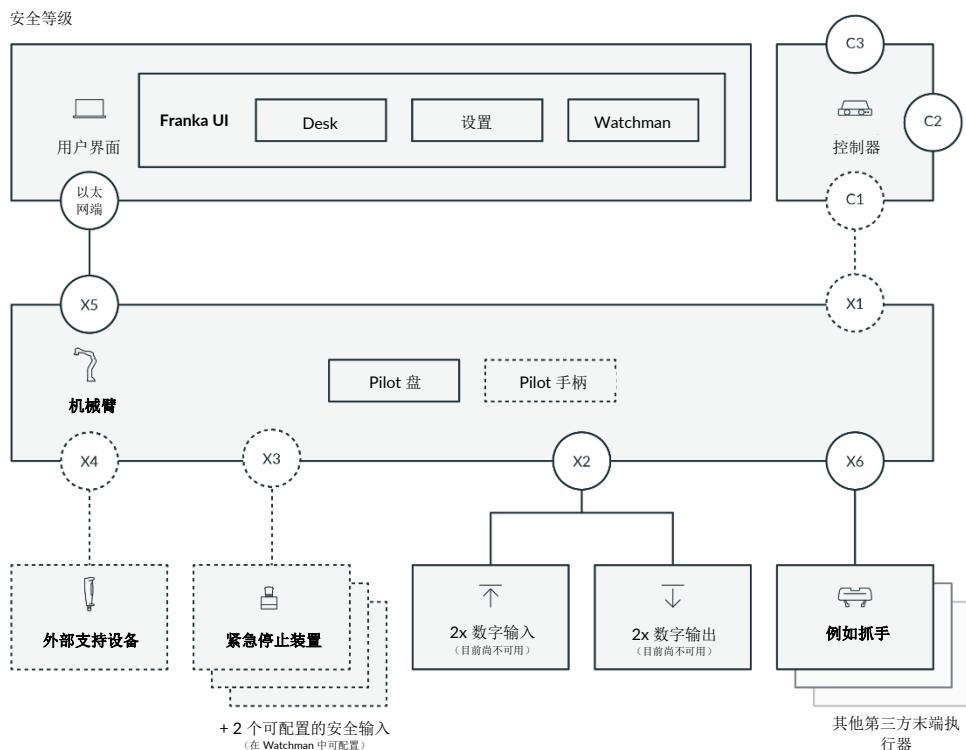


图 10.1 界面概览

## 10.1 拆开设备包装

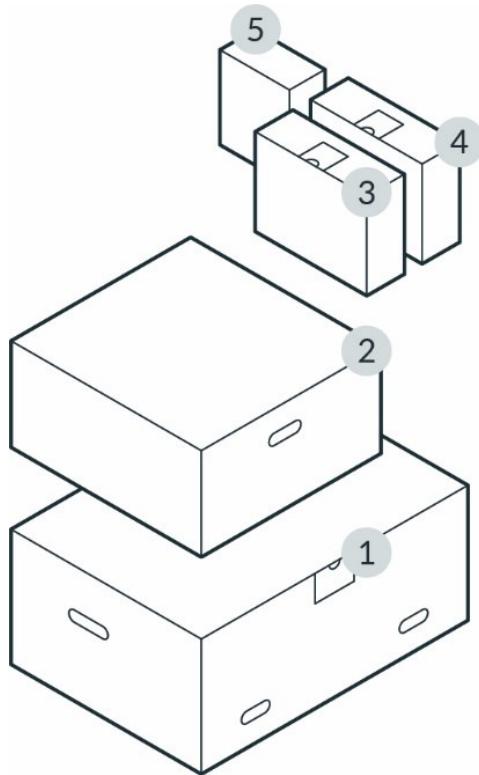


图 10.2 包装

1	机械臂	4	紧急停止装置和外部支持设备
2	控制器	5	备选（如 Franka 抓手）
3	连接线		

### 注意

务必保留原始包装，以备搬移机器人。

### 注意

Franka 抓手并非认证机械的组成部分。

**拆箱**

程序

1. 取走外箱顶盖。

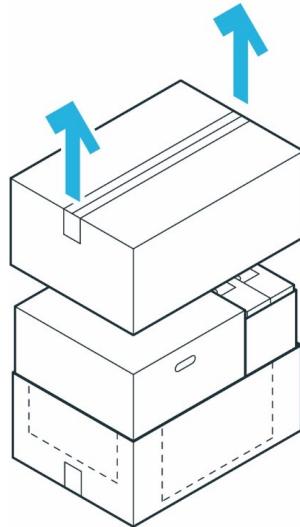


图 10.3 主纸箱开箱

2. 提起顶部内箱并将其放在一旁。

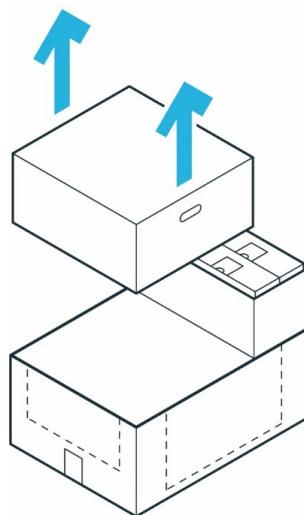


图 10.4 取出单个纸箱

3. 拆散外箱以够到底部内箱。

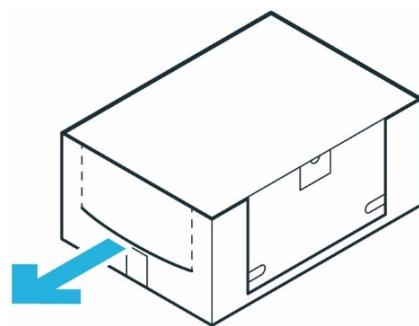


图 10.5 内部纸箱

### 机械臂拆包装

#### 程序

1. 通过移除纸板箱顶部的封箱胶带，小心地打开包装箱。
2. 打开箔纸外包装。
3. 移除顶部防护层。

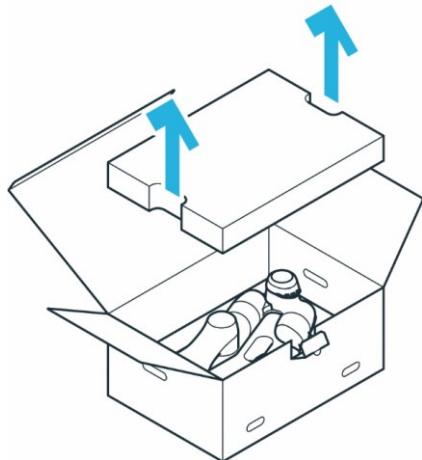


图 10.6 打开臂架的纸箱

4. 移除中间防护层。

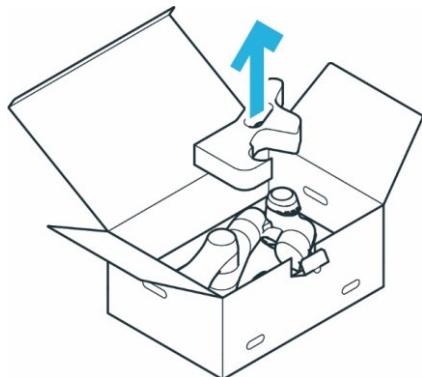


图 10.7 打开臂架

5. 在所示抓握位置处小心抓住机械臂，将其小心搬出底部防护层并放在一旁。

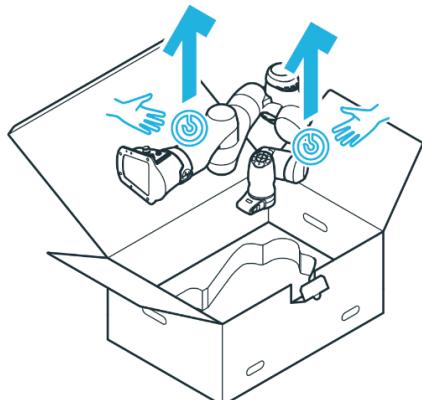


图 10.8 吊出臂架

### 控制器拆箱

#### 程序

1. 通过移除纸板箱顶部的封箱胶带，小心地打开包装箱。
2. 打开箔纸外包装。
3. 移除电源线和顶盖。

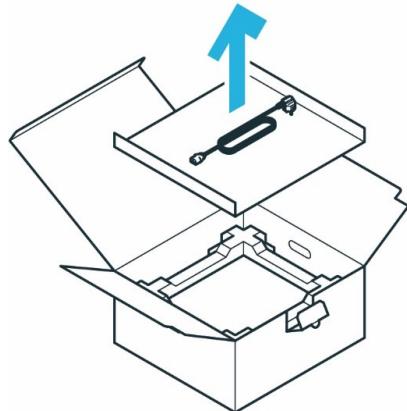


图 10.9 打开控制器纸箱

4. 移除顶部防护层。

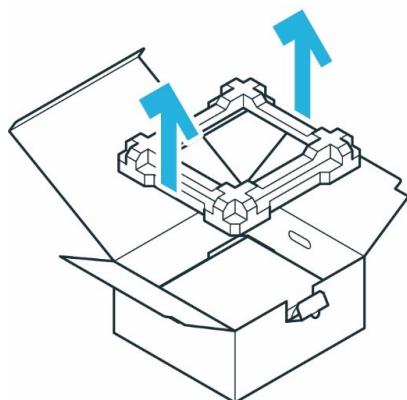


图 10.10 移除包装

5. 在所示抓握位置处抓住控制器，将其小心搬出底部防护层并放在一旁。

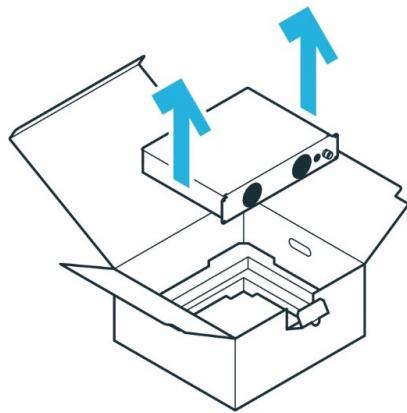


图 10.11 吊出控制器

## 10.2 正确的安装场所

### 10.2.1 最大且安全防护空间

空间分类

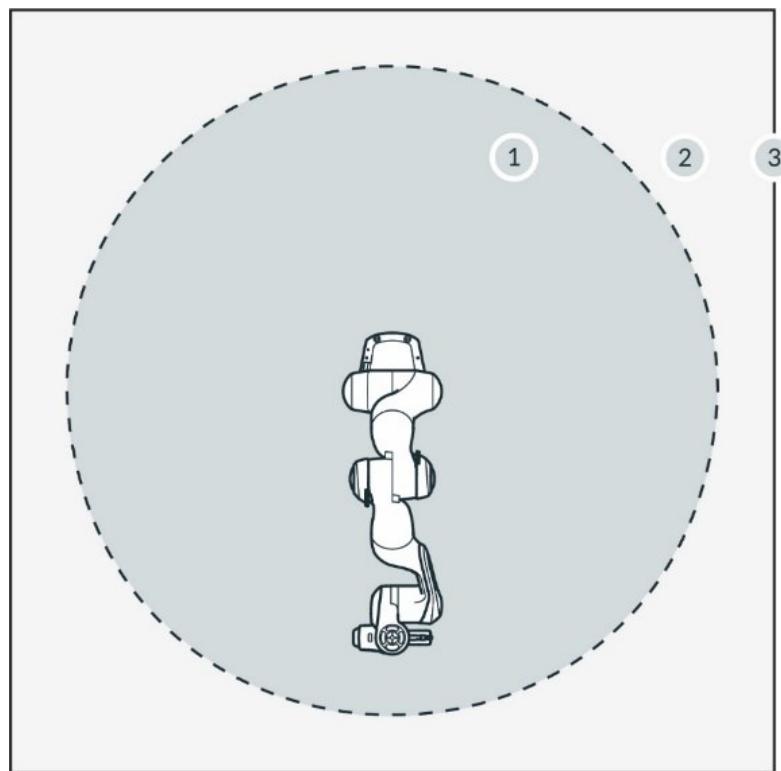


图 10.12 区域划分

1	最大空间	3	周边安全防护
2	安全防护空间		

- 最大空间  
机器人移动部位可能扫过的空间外加末端执行器及工件可能扫过的空间。
- 安全防护空间  
由周边安全防护定义（如图所示）

#### 注意

利用所提供的安全功能来降低意外移动的机械臂所造成的的任何意外碰撞风险。监控功能仅在违规时被触发。安全集成商必须考量制动时间、距离和公差。

#### 注意

在某些应用中，具体应用的风险分析会定义一个大于最大空间的危险区域。

## 10.2.2 环境条件：机械臂

### 安装场所条件要求

#### 环境温度

- +15 °C 至 +25 °C (正常)
- +5 °C 至 +45 °C (扩展)

#### 相对空气湿度

- 20 % 至 80 %, 无冷凝

#### 安装场所

- 室内，封闭式建筑内
- 避免阳光直射
- 无振动，无加速基础
- 仅允许所述规格范围的磁场。请参见 责任通知章节

#### 安装方向

- 机械臂只能垂直安装（基座与地面持平，不能悬挂机器人）

#### 环境介质

- 空气
- 远离易燃物质（灰尘、气体、液体）
- 远离侵蚀性介质
- 远离腐蚀性物质
- 无漂浮物
- 无飞溅液体
- 无高压气流

#### 污染等级

- 2 级（参照 EN 60664 标准）
- 仅产生干燥、不导电的污染；偶尔可能出现冷凝所导致的短暂导电性

#### 设定海拔

- 海拔 ≤ 2,000 m

#### 电磁兼容性

- 由于系统专为 EN 61000-6-2 标准对应排放公差而设计，所以环境条件必须符合 EN 61000-6-4 标准的通用工业设备要求。

### 注意

需保证 EN 60664 标准 2 级污染，以免危及系统安全功能。

### 充分通风

#### 注意

机械臂内部电力电子元件和模块所产生的热量通过机械臂表面散热。

- 将机械臂安装在充分通风之地。
- 请勿将机械臂暴露在阳光直射之下。
- 请勿对机械臂进行重新喷漆、粘贴或包覆。

### 人机工程考量

#### 注意

当系统超过扩展温度范围时，就必须停止工作以免过热。将会通过 Desk 告知用户。

遵守 Desk 中的进一步指示。

#### 注意

如果内部传感器检测到线圈温度过高，则系统会停止工作，以免电机过热。将会通过 Desk 告知用户。

遵守 Desk 中的进一步指示。

#### 注意

将机械臂安装在一个符合人机工程要求的示教位置。

## 10.2.3 环境条件：控制器

### 安装场所的条件要求

#### 环境温度

- +15 °C 至 +25 °C (正常)
- +5 °C 至 +45 °C (扩展)

#### 相对空气湿度

- 20 % 至 80 %, 无冷凝

#### 安装场所

- 室内，封闭式建筑内
- 避免阳光直射
- 无振动
- 仅允许所述规格范围的磁场。请参见 责任通知章节
- 如果位于一个对所有人开放的位置，则外壳需要相当于 IP4X 或 IPXXD 的最低防护等级。

### 安装方向

- 设备只能水平安装在地面上。
- 安装在角支架中，例如，台面下方
- 安装在控制柜中（2U、4HP）

### 电源

- 当集成到一个系统中时，应确保电源稳定，使控制器在电源关断时能够关机。

### 环境介质

- 空气
- 远离易燃物质（灰尘、气体、液体）
- 远离侵蚀性介质
- 远离腐蚀性物质
- 无漂浮物
- 无飞溅液体
- 无高压气流

### 污染等级

- 2 级（参照 EN 60664 标准）
- 仅产生干燥、不导电的污染；偶尔可能出现冷凝所导致的短暂导电性

### 设定海拔：

- 海拔  $\leq 2,000 \text{ m}$

#### 注意

如果不对所有人开放，则只需考虑并保证 2 级污染。

#### 注意

根据 EN 60664 标准确保 2 级污染，以免危及系统安全功能。

上述外壳不适用于更高污染等级的防护。此处，需要更改的 IP 防护等级。

## 10.3 安装场所准备

### 正确的安装场所

安装前，需准备好安装场所。请参见正确的安装章节。

#### ⚠ 警告

### 安装不当所导致的故障和意外移动

重伤风险，如手指、手、上躯、头部压伤。

- 仅当机械臂已正确安装到平台上时才启动机器人。
- 只能将机械臂安装在水平、静止和稳固的平台上。禁止平台产生加速度或震动。
- 请勿悬挂安装机械臂，或安装在倾斜或不平整的平台上。
- 将平台调平并将机器人竖直安装。

- 操作 100 小时之后，用正确的拧紧扭矩拧紧螺钉。

### 10.3.1 机械臂

#### 降额

当在扩展温度范围内操作 Franka Production 3 时，用户可能需要降低动力参数（加速度、最大速度等）以免系统机器部件过热。否则，Franka Production 3 会停止其操作。

#### 稳固平台

机器人机械臂配备了高灵敏度传感器技术和微调控制算法。控制算法要求在稳固、水平、不移动且不震动的平台上竖直安装。最大许可倾角为 0.1°。

在静态和动态操作中都必须支持下列最大作用力：

- 倾动扭矩： 280 Nm
- 绕轴扭矩： 190 Nm
- 水平力： 300 N
- 垂直作用力： 410 N

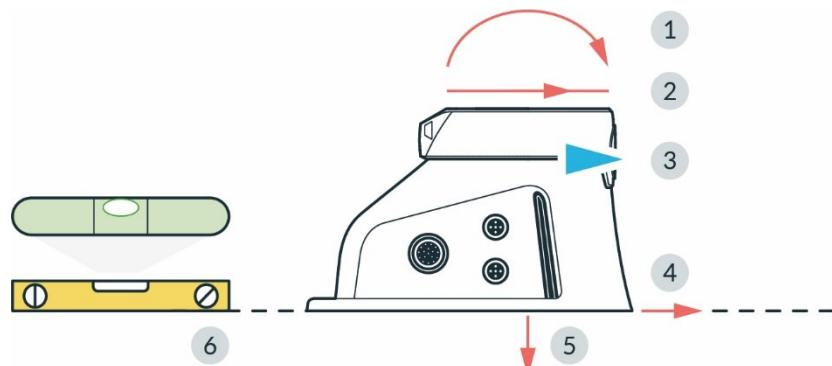


图 10.13 臂架固定装置的准备

1	倾动扭矩	4	水平作用力
2	绕轴扭矩	5	垂直作用力
3	正面	6	已平整表面

#### 准备基板：

所需材料

- 详细的基板安装布局

#### 程序

- 用技术图纸来定位孔。

**注意**

注意技术图纸中的机械臂位置并据此将其在基板上对齐。

孔间距专为与 ITEM 的柔性装配件兼容而设计。安装法兰中的两个定位销孔 ( $\varnothing 6 \text{ mm H7}$ ) 能实现用 2 个  $6 \text{ mm H8}$  销准确重复装配机械臂（请参见第 10.4 章安装机械臂中的表格）。

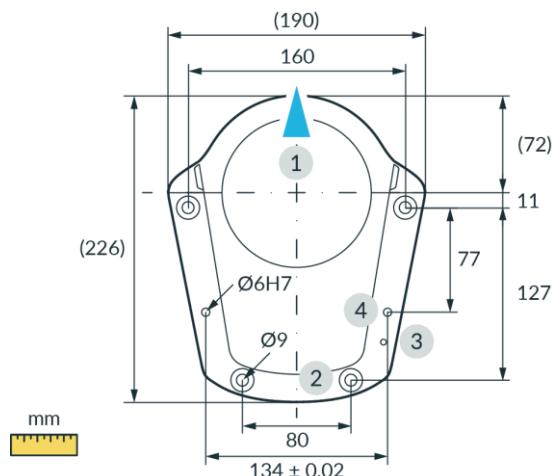


图 10.14 钻孔图

1	正面	3	功能地线螺纹 M5
2	M8 螺钉孔	4	定位销孔 $\varnothing 6\text{H7}$

### 10.3.2 控制器

#### 架设地点

将控制器水平放在其指定位置。

备选：将控制器安装在专为 19 英寸设备设计的机架中。更多信息请参阅章节 10.2 “正确的安装场所”。

**注意**

电源连接必须通过适当设备来建立，例如，使用随附的各国专用电源线。

确保主电源和主开关容易够到。

**充分通风****注意**

控制器内部的电力电子元件和模块所产生的热量通过内部通风系统散热。

- 将控制器安装在充分通风之地。
- 请勿将控制器暴露在阳光直射之下。
- 将控制器置于与前/后风扇及覆盖部件之间保持足够距离的位置（两侧均为 40 mm）。
- 确保控制器风扇未被灰尘覆盖。

**⚠ 警告****重型设备**

受静重以及一定程度上受几何设计的影响，搬运和抬放设备可能导致背部受伤，而且，如果跌落，就会导致手指、手部、脚趾和脚部严重受伤。

- 运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护装备（例如，安全鞋）。
- 务必在有另一个人帮忙的情况下才去抬放设备。
- 设备必须放置在平整表面上以防倾斜或滑动。
- 遵守关于抬放重物和个人防护装备的公司规定。

## 10.4 安装机械臂

必须将机械臂用四颗尺寸合适的螺钉牢固连接到基板上。为此，机械臂基座法兰上设有四个直径 9 mm 的钻孔。

只能用指定搬动点来抬放机械臂。

**所需工具和材料**

- 垫圈和螺钉，取决于机器人安装表面状况。详情请查看下表。
- 1 颗 M5x8 内六角圆柱头螺钉（强度等级 8.8 A2K）
- 1 个 M5 带齿垫圈（强度等级 A2K）
- 扭力扳手，用 30 Nm 的力拧紧螺钉

	机器人安装在铝材台面上	机器人安装在钢材台上	机器人安装在 ITEM 铝型材台上
螺钉	ISO 4762 - M8x25 - 10.9	ISO 4762 - M8x20 - 10.9 (包含在标准配置中)	
垫圈	ISO 7089-8,4-HV300 垫圈 (包含在标准配置中)		
最小螺纹长度	16 mm	11 mm	系列 8 建筑型材
拧紧扭矩	30 Nm		
其他			只能使用 ITEM 0.0.420.83 重载 T 形槽 M8 螺母。

**注意**

**机械臂物质损坏**

强制移动锁定状态下的机械臂会导致内部零件瞬时滑移，造成机械臂校准失效和受损。

- 仅在此手册所示各点处搬运、抬放和运输机械臂，以免机械臂关节过度受力。
- 即使在机械臂安装和开关机时，也要轻拿轻放。

**注意**

确保在静态和动态操作过程中都支持最大作用力和扭矩。更多信息，请参见安装场所准备中的稳固平台部分。

先决条件：

- 安装机械臂需要两个人。
- 预制基板。请参见安装场所准备章节的制作基板部分。

程序

1. 搬起机械臂。
2. 将机械臂抬至其指定位置。
3. 参照基板上的预固定孔对齐机械臂。
4. 人员 1：扶住机械臂。  
人员 2：以 30 Nm 的拧紧扭矩，用四颗螺钉将其安装在基板上。

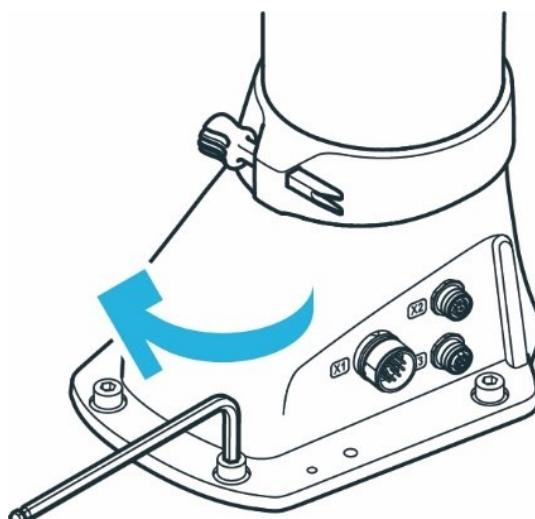


图 10.15 臂架的固定

5. 将功能地线连至机械臂基座。

机械臂已成功安装至基板。

**注意**

机械臂不应通电，除非已确认正确安装。

## 10.5 控制器定位

### ⚠ 警告

#### 重型设备

受静重以及一定程度上受几何设计的影响，搬运和抬放设备可能导致背部受伤，而且，如果跌落，就会导致手指、手部、脚趾和脚部严重受伤。

- 运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护用品（例如，安全鞋）。
- 设备必须放置在平整表面上以防倾斜或滑动。
- 遵守关于抬放重物和个人防护装备的公司规定。

### 注意

#### 对机械臂和控制器的物质损坏。

强制移动锁定状态下的机械臂会导致内部零件瞬时滑移，造成机械臂校准失效和受损。

- 避免冲击。
- 小心放下装置。
- 即使在建筑内，也务必使用原始包装存储及运输装置。

### 定位

#### 程序

1. 人员 1：在指定抓握位置抓住控制器。
2. 人员 2：移除控制器上的泡沫包材。
3. 将控制器水平放置在其指定位置，并确保已提供适当通风。

#### 备选项：

将控制器固定在专为 19 英寸单元设计的机加上。更多信息，请参见 10 正确的安装章节。

## 10.6 布线和电气安装

### 良好条件

#### ⚠ 危险

##### 受损电线或电气安装不充分

材料损坏以及触电造成的人身伤害风险

- 仅在良好技术条件下使用 Franka Production 3。
- 紧急停止系统和保护装置只能由具备资质的人员安装。
- 检查电缆和电气安装。

#### ⚠ 小心

##### 外露电线和电缆

操作人员可能会因为最大空间中的外露电线和电缆而绊倒和摔跤。因此：

- 务必安全地铺设电缆。

#### 注意

只有具备高达 60 V 电气隔离的以太网端口才可连接至系统。

#### 注意

当控制器已开机时，请勿更换所连接的机械臂。

### 10.6.1 布线图

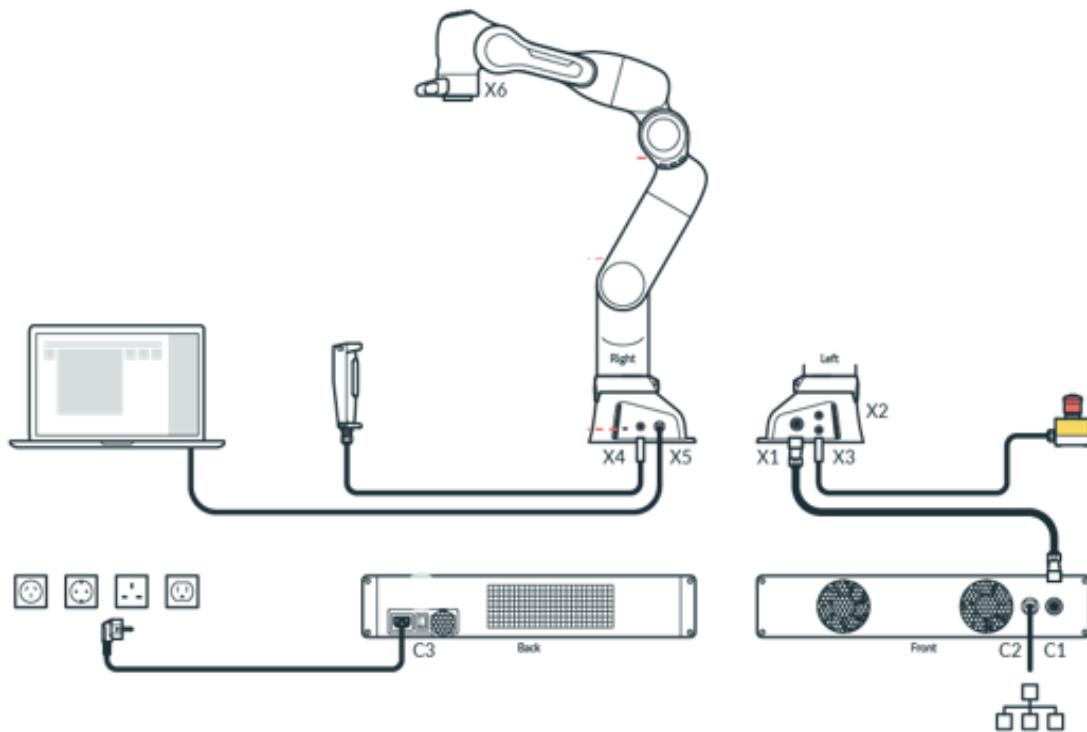


图 10.16 布线概览

### 10.6.2 界面

#### X2 - 数字 IO

接口 X2 位于机器人基座上。这为非安全数字 IO 提供了一个硬件界面。该界面并不是在所有的——特别是旧软件版本——中都可被启用。

接口 X2 位于机器人基座处，传递数字输入和输出。X2 上所提供的输入和输出以及 24 V 电源与机器人系统以及机器人其他各接口电气隔离。

连接器为带 A 编码的 8 引脚 M12 母连接器。

24 V 电源由机器人驱动。这些引脚不需要也不允许供给电源。24 V 引脚和数字输出的最大总输出电流为 500 mA。

#### 输入特性

- 24 V 输入参考 IEC 61131-2 标准类型 3
- 15 kHz 低通输入滤波
- 抽样频率 1 kHz

#### 输出

- 输出高电平 24 V DC, 每个输出的输出电流最大 250 mA
- 更新频率 1 kHz

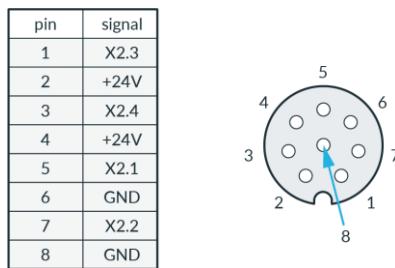


图 10.17 X2 接口

**X3 - 安全输入**

安全输入端 (X3.n) 始终具有两个独立的通道，其标志分别为 A 和 B。每个通道通过其 p 和 n 引脚实现，必须通过一个无电位开关将其连接。常规运行期间，两个通道必须处于相同状态（开/关），且不能连接；任何其他状态都将被安全系统视为错误状态。

安全输入端与机器人系统和机器人上的其他均实现电气隔离，尽管所有安全输入端独立于接口连接，但都处于一个共同的电气区域内。

接口 X3 位于机器人基座上，提供三个安全输入信号。X3.1 提供机器人的紧急停止集成，X3.2 和 X3.3 提供两个可自由配置的安全输入端。该插塞连接器是一个带有 A 编码的 12 针 M12 插口。

**X3 的安全输入电气域特性：**

- 信号电压 24 V, 信号电流 30mA

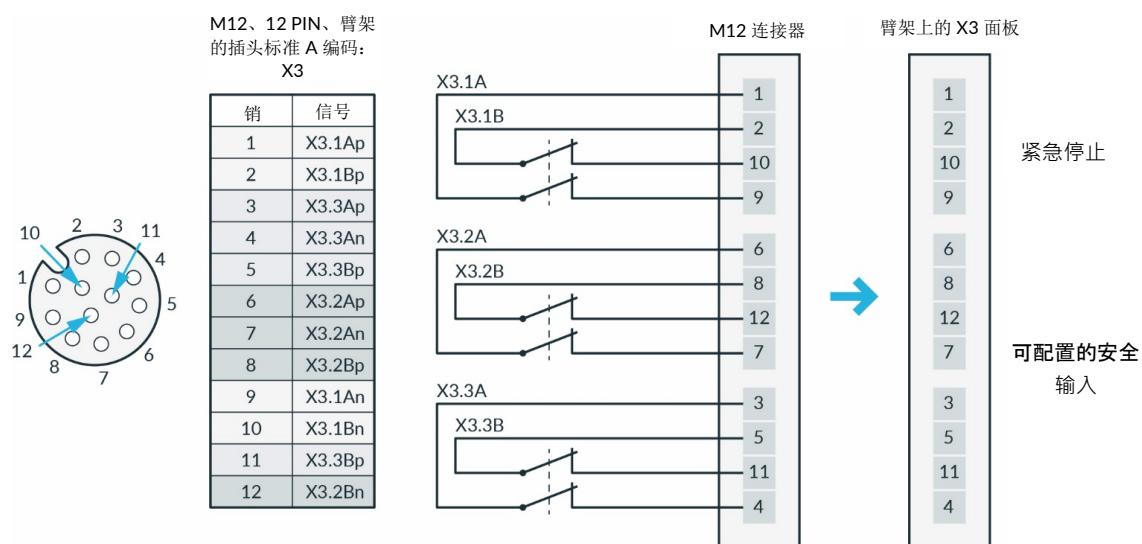


图 10.18 X3 接口

**X4 - 外部支持**

接口 X4 位于机械臂基座处，传递一个安全输入型号。连接器为带 A 编码的 4 引脚 M12 母连接器。当有需要时，此连接器专门用于在操作阶段过程中临时连接外部支持设备。因此，安全输入 1 永久分配给外部支持功能。

如果可能，始终使用随供的外部支持设备。

**提示**

如果要使用单独的外部支持装置，则该外部支持设备必须符合 IEC 60204-1 和 DIN EN 60947-5-8 标准。

**X5 - 机器人网络**

以太网电缆引脚与金属部分隔离且由一个气隙屏蔽。环绕以太网连接的金属表面通过盖板间接连至屏蔽层。屏蔽层继而连至壳体。

**X6 - 末端执行器**

接口 X6 位于机械臂腕部处，传递来自连至末端执行器的机器人信号。连接器为 Binder 8 引脚 IP67 620 系列卡入式母连接器。

销	信号
1	48V
2	CAN_H
3	CAN_L
4	预留
5	预留
6	预留
7	预留
8	GND

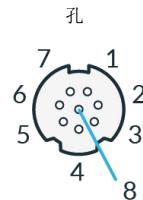


图 10.19 X6 接口

标称电压 48 ± 3 VDC。

25°C 时标称保持电流 0.5 A。

最大电容负载 220 μF。

末端执行器接口不交换任何安全相关信息。未提供离散或基于协议的安全数据传输方式。若 SEEPO 激活，则此接口上无 48 V 电源可用。末端执行器电源中未提供接地。

如果连接了额外装置，则请测试是否实现预期的设计功能。

### 10.6.3 连接功能接地

**注意**

要求连接功能地线以满足所述 EMC（电磁兼容性）级别。

所需材料

- M5 螺钉螺纹
- 1x 带齿垫圈 M5
- 功能地线电缆

我们建议使用最长 5 m 横截面最小 1.5 mm<sup>2</sup> 的铜线。

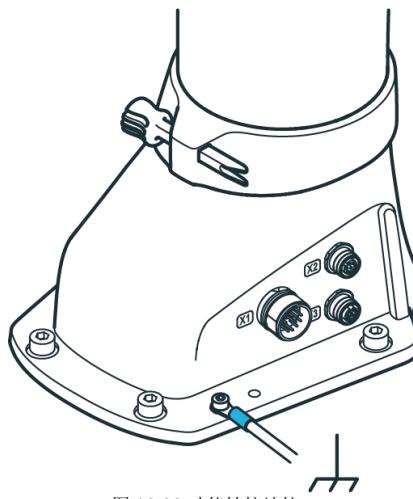


图 10.20 功能性接地接口

#### 程序

1. 功能接地的一端连接机械臂基座的 M5 螺纹（位于指定位置），另一端连接邻近的良好接地部件（例如，牢固的金属接地排）。
2. 为功能地线将 M5 带齿垫圈定位在机械臂基座指定位置处。
3. 用 M5 螺钉固定功能地线电缆的线耳。
4. 将电缆另一侧连至附近牢固接地的零件（如实心金属接地棒）。

#### 注意

系统电气安全不依赖功能地线连接。功能地线连接不适用于传导连至末端执行器之类设备的保护搭接。机器人附近的所有设备都必须按照其对应电气要求来安装，包括保护搭接，如适用。

#### 10.6.4 布线

#### 注意

机械臂连接线、紧急停止电缆、外部支持设备电缆及用户专用布线，均不应过分受下列行为影响：

- 在粗糙表面机械搬运和拖动（磨损）
- 无导向的操作（扭结）
- 导向辊和强制引导，反复缠绕在电缆卷筒上。
- 高拉伸应力，小半径，弯折到另一个平面和/或频繁工作周期

#### 将机械臂连至控制器

所需材料：

- 连接线

#### 注意

机械臂和控制器之间的电气连接只能使用 Franka Emika 所提供的连接线。

程序

1. 小心地将连接器端口插入连接器 X1，并确保三角形标记朝上。

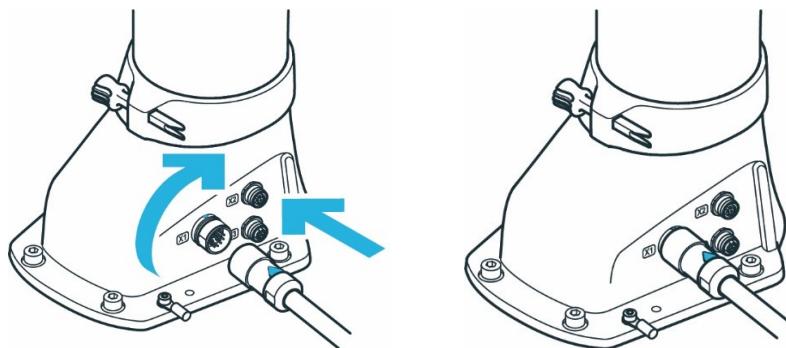


图 10.21 臂架上的连接线接口

2. 通过转动连接器前端活动部位将插头自身拉入连接器端口。
3. 用手拧紧并通过轻轻拉动插头来测试是否正确安装。
4. 按照相同的原理，连接连接线的另一端与控制器正面的连接器 C1。

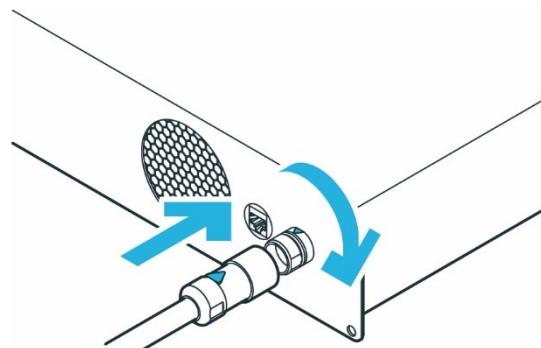


图 10.22 控制器上的连接线接口

**连接外部支持设备**

所需材料：

- 外部支持设备

程序

1. 确保导销指向正确方向。
2. 外部支持设备连至 X4 连接器。

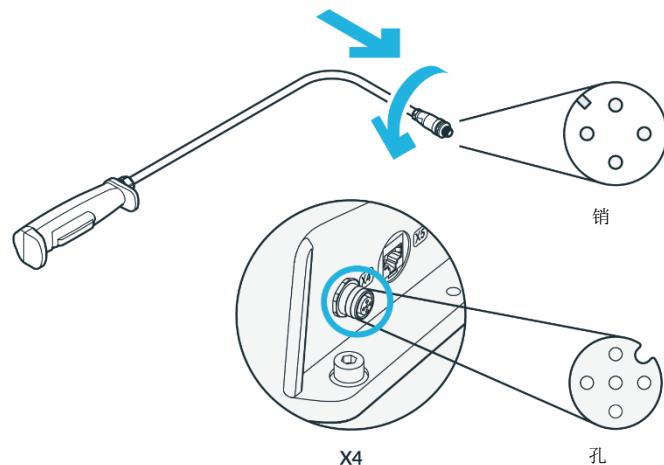


图 10.23 支持装置接口

3. 通过转动连接器前端活动部位将插头自身拉入连接器端口。
4. 用手拧紧。

#### 连接操作装置（用于通过 Desk 操作）

所需材料：

- 接口设备
- 以太网电缆，带 RJ 45 连接器（不含）

程序

1. 用以太网电缆连接接口设备和机械臂基座处的连接器 X5。

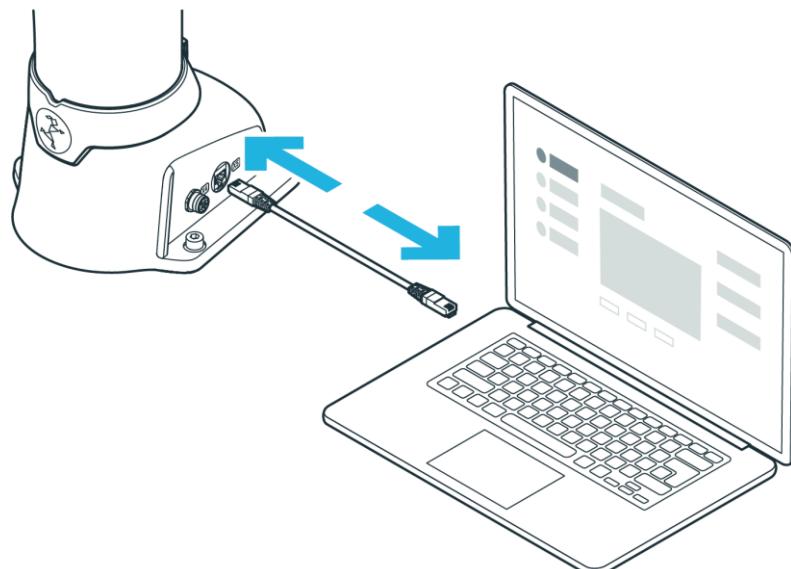


图 10.24 接口设备接口

### 连接控制器和电源

#### 注意

确保将强制锁定机构连至电源线上的 C14 连接器。

#### 注意

允许的电源频率: 50 – 60 Hz

电源电压: 100 - 240 VAC

对地泄漏: < 10 mA

所需材料:

- 各国专用电源线

程序

1. 将电源线连至控制器。
2. 将电源线连至电源。

### 连接防护装置

如果想要连接外部保护装置，以通过 1 类或 2 类停止（根据 IEC 60204-1）来减缓臂架的速度并使其静止，请阅读章节“安全外围设备安装”。

#### ⚠ 警告

#### 受伤风险

连接具备独立电源的外部装置可能危及系统安全功能。

重伤风险，如机械臂和末端执行器造成的皮肤压伤撕裂和刺伤。

- 确保所连接装置中的电压为 SELV（安全特低电压）或与系统连接信号合理隔离开来。

#### 注意

#### 物质损坏

如果不遵守电气等级，则连接具备独立电源的外部装置可能导致系统受损。

- 所连接装置中的电压必须是 SELV（安全特低电压）或与系统连接信号合理隔离开来。

#### 注意

#### 电缆物质损坏

电缆搬运不当会导致电缆受损。

- 请勿弯曲、折叠或扭转连接线。
- 铺设连接线时应做到不会使其过分受力。

**注意**

**机械臂或末端执行器物质损坏**

不安全的连接，或在操作过程中断开带电电缆或末端执行器，会导致设备受损。

- 当 Franka Production 3 已连至电源时，请勿连接或断开电缆。
- 当 Franka Production 3 已连至电源时，请勿连接或断开末端执行器。

**使用随供的紧急停止命令设备**

所需材料：

- ✓ 随供的紧急停止命令设备或客户提供的保护装置（不包含在供货范围内）
- ✓ 当使用客户提供的保护装置时：电缆（不包含在交货范围内）

操作方式

1. 将随供的紧急停止命令设备连接到接口 X3 上。

或

将定制配置的匹配连接器连接到端口 X3 和要连接的保护装置（不包括在交货范围内）。

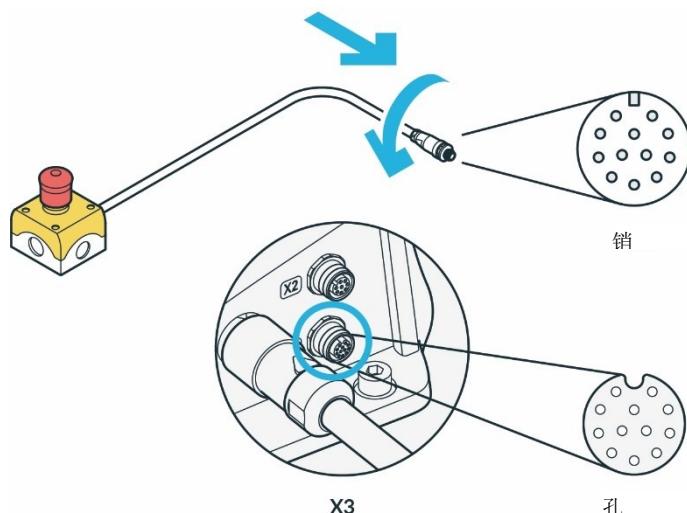


图 10.25 保护装置的接口（这里指紧急停止命令设备）

1. 通过转动连接器前端活动部位将插头自身拉入连接器端口。
2. 用手拧紧

如需更多关于安全输入的信息，请参见安全功能章节的安全输入部分。

更多关于安全功能的信息，请参见安全功能章节。

更多关于安全设置的信息，请参见 12 “安全设置 / Watchman”章节。

更多关于设备的信息，请参见 4.7 “安全外围设备安装”章节。

**注意**

需在初次操作之前并定期检查安全装置是否正常运行。

## 10.7 安装末端执行器

**⚠ 警告**

**从末端执行器掉落和/或飞出模具**

一直插在末端执行器中的模具在机械臂后续运动过程中可能变成投射物并导致受伤。

- 请勿将任何模具留在机器人内部。

**⚠ 小心**

**锐边、尖头设计和移动零件**

已连接的末端执行器可能导致手、手指、上躯和头部受伤。

- 务必穿戴个人防护装备（例如防护眼镜）。
- 集成商需为所有已连接的末端执行器执行风险评估。
- 在操作期间请勿站在最大空间之内。

**注意**

如果不遵守电气等级，则连接具备独立电源的外部装置可能会危及系统安全功能。

此外，所连接装置中的电压必须是 SELV（安全特低电压）或与系统连接信号合理隔离开来。

机械臂提供了一个机械连接末端执行器的法兰。此外，电气接口 X6 能视需要为末端执行器提供电源和通信。应注意，X6 接口连接器专为 Franka 抓手配置，其他装置可能会与此连接器不兼容。假设有不能直接连至此连接器的末端执行器已连接，那么，可合理设计外部布线并用于电源及末端执行器。

### 接口 X6 - 末端执行器

接口 X6 位于机械臂法兰头部。

有关接口 X6 布线的详细说明, 请参见第 9.6 章布线和电气安装.

末端执行器接口不交换任何安全相关信息。未提供离散或基于协议的安全数据传输方式。若 SEEPO 激活, 则此接口上无 48 V 电源可用。末端执行器电源中未提供接地。



#### 打开和闭合末端执行器

控制器故障可能会导致末端执行器意外打开和闭合。

- 务必穿戴个人防护装备（例如防护眼镜）。
- 集成商必须为所有已连接的末端执行器执行风险评估。
- 在操作期间请勿站在最大空间之内。



#### 移动机械臂

重伤风险, 如皮肤压伤撕裂和刺伤

- 务必穿戴个人防护装备（例如防护眼镜）。
- 集成商必须为所有已连接的末端执行器执行风险评估。
- 在操作期间请勿站在最大空间之内。



连接末端执行器之后, 需进行风险评估。风险评估取决于末端执行器, 包括但不限于下列内容:

- 锐边或尖头执行器
- 旋转式尖锐末端执行器的移动或旋转
- 机械臂意外移动, 导致末端执行器撞击或压伤人

对于可能的末端执行器失效风险, 需进行额外风险评估。失效风险评估取决于末端执行器, 包括但不限于下列内容:

- 导致末端执行器无法停止打开/闭合的保护性停止信号故障
- 评估末端执行器功率损耗及其功能
- 控制器失效导致末端执行器意外打开/关闭



更多关于末端执行器拆装的信息, 请参见对应的末端执行器手册。

## 10.8 Franka Production 3 的使用与定位实用提示

### 10.8.1 能耗

Franka Production 3 标准操作需要 140 – 350 W 的平均电功率。可临时性从电源获取高达 600 W 的电功率。

#### 注意

若出现意外功率损耗，Franka Production 3 则会尝试停止类别 1。如果存储能量不够，则会进行 停止类别 0。

紧急停止之后，机械臂可能会校准失效或受损。如果在下一次启动时检测到故障，则会告知用户，且用户应遵照 Desk 中的指示。

### 10.8.2 ESD 限值

#### 注意

要求连接功能地线以满足所述 EMC 级别。

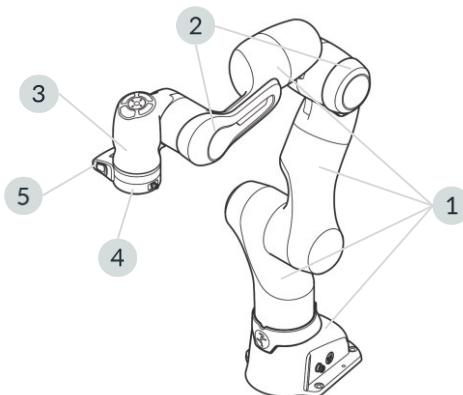


图 10.26 ESD 测量的测量点

表中值在 24.2 °C 温度及 44 % 相对湿度下测得。

	至接地的阻值 $R_C$ [Ohm]	表面电压 [V]	距 ESDS 的距离 [mm]
喷涂机器人 (1)	$15,5 \times 10^9$	13	0
前臂减震器 (2)	$20,3 \times 10^9$	30	0
腕部壳体含减震器 (3)	$24,3 \times 10^9$	850	25
法兰 (4)	$50,0 \times 10^3$	0	0
Pilot 手柄 (5)	$25,7 \times 10^9$	279	25
Franka 抓手 (无爪尖) (6)	$38,1 \times 10^9$	615	25

指定距离符合 DIN EN 61340-5-1 标准。125 V 以上至 2,000 V 需要 25mm 的间距。

#### 注意

建议根据应用要求和 DIN EN 61340-5-1 标准检查距离。

### 10.8.3 工作空间设计

#### ⚠ 警告

##### 机械臂意外移动

重伤风险，如手指、手、上躯、头部压伤。

- 请勿在最大空间中放置锐边物体。
- 请勿在最大空间中存放任何尖头物体。
- 将机械臂安装在一个符合人机工程要求的示教位置。



图 10.27 作业区域的设计

计划架设时，应确保机器人周围具有足够的自由作业空间。

#### 提示

为了在出现错误时执行恢复程序，可能需要将关节移动到臂架的基准位置。因此，建议在安装规划中考虑到如下所示的位置

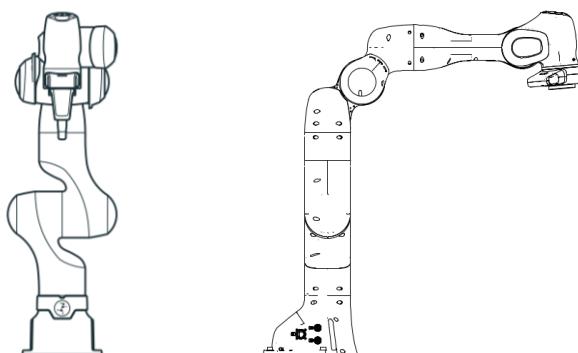


图 10.28 臂架的关节基准位置

## 10.8.4 个人防护和人体工程学

### 自由躲避空间

#### 注意

以下关于机械臂使用和放置的信息属于实用提示，但在具体应用方面可能并非详尽无遗。不能代替危害和风险评估，但可以作为建议布局方案。

人会本能地躲避意外移动。因此，操作人员或其他人员站立区域应提供足够的躲避和退缩空间。

此外，确保此空间无障碍物（如电缆、物体），以防人们被其绊倒并伤到自己。

### 尽量保持到机械臂最大距离

#### ⚠ 警告

##### 移动机械臂

被机械臂卡住的风险。

- 任何时候均需尽量与机械臂保持最大距离，以便操作人员做出反应和躲避。
- 在抱着机械臂时请勿操作机械臂。
- 请勿将头部或其他身体部位置于机械臂各部位之间或下方。
- 请勿将身体部位（特别是手、手指）置于机械臂、末端执行器或固定物体之间。
- 若出现严重致命危险，则：
  1. 按下紧急停止装置以停止机器人操作。
  2. 手动将机械臂拉出或推出危险位置。



图 10.29 头部碰撞时与臂架的距离



图 10.30 碰撞时与臂架的距离



图 10.31 手部挤压时与臂架的距离

### 眼部保护

#### ⚠ 警告

##### 机械臂意外移动和漏油

接触漏出的油可能导致眼部或皮肤刺激。

各种应用的使用、所控制的末端执行器以及周围物体可能导致皮肤压伤撕裂和刺伤。

- 务必穿戴防护眼镜。

### 衣服和首饰

#### ⚠ 小心

##### 宽松衣服或首饰被卡在机械臂中

被卡住的衣服或首饰可能造成失衡和人员跌倒风险。

- 请勿穿戴宽松或有饰带的衣服。
- 请勿佩戴晃动的首饰，如项链或手链。



图 10.32 劳保用品 不要戴首饰

### 更多信息

外观表面可能会出现腐蚀。这不影响机器人功能。

#### 注意

以下为实用信息，但在防锈方面可能并非详尽无遗。若有锈蚀，Franka Emika 概不负责或保修，因其不损害功能。

- 在使用、运输和存储过程中，确保遵守温湿度范围要求。
- 用防潮材料存储机器人，例如，防水袋。
- 只能用干净干燥的手工作，尤其在搬运、安装和示教任务过程中。

## 10.9 机械臂重新包装

### ⚠ 警告

#### 重型设备

受静重以及一定程度上受几何设计的影响，搬运和抬放设备可能导致背部受伤，而且，如果跌落，就会导致手指、手部、脚趾和脚部严重受伤。

- 运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护装备（例如，安全鞋）。
- 务必在有另一个人帮忙的情况下才去抬放设备。
- 设备必须放置在平整表面上以防倾斜或滑动。
- 遵守关于抬放重物和个人防护装备的现有公司规定。

### 注意

#### 对机械臂、末端执行器和最大空间中的物体造成财产损失

如果将机械臂调至运输位置时末端执行器还连在机械臂上，则机械臂及末端执行器中的敏感机电部件可能受损。

- 在将机械臂调至运输位置之前，请拆下所有末端执行器。
- 请勿将松散物体留在最大空间中。

### 注意

#### 对机械臂和控制器的物质损坏。

机械冲击可能导致机械臂和控制器中敏感机电部件的校准受损或失效。避免冲击。

- 请勿重重地放下装置。
- 即使在建筑内，也务必使用原始包装存储及运输装置。

#### 机械臂的运输位姿

要让 FRANKA PRODUCTION 3 进入运输模式，请使用 DESK 中“设置”下的“移动到包装姿势”功能。

先决条件：

- ✓ 必须将末端执行器从机械臂上拆下。
- ✓ 机器人需要无障碍自由移动才能采用运输位姿。机器人单元中若有障碍物，则可考虑通过手动引导移动机器人，使其更接近运输位姿。



请参见末端执行器产品手册中的说明以将末端执行器从机械臂上拆下。

#### 程序

1. 登录到操作设备上的 DESK
2. 点击 **Settings**（设置）。
3. 导航至 **System**（系统）。
4. 长按“**Move to pack pose**”（移至打包位姿）按钮。

当按下该按钮时，机械臂会自动移至运输位姿。如果机器人处于编程模式，则还须按下启用装置以移动机器人。

### 注意

系统用最长 1 秒的超时监控 Franka UI “长按以运行控件”的连接。如果在按下“长按以运行控件”时检测到失去连接，则系统停止。

## 机械臂重新包装

先决条件：

- 机器人需处于运输位姿。

程序

1. 打开包装箱。
2. 两人在所示抓握位置抓住机械臂，并小心将其放入底部防护层。

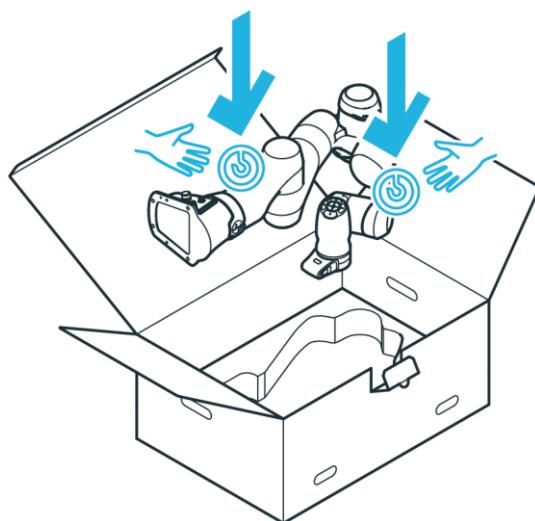


图 10.33 插入手臂

3. 插入中间防护层。

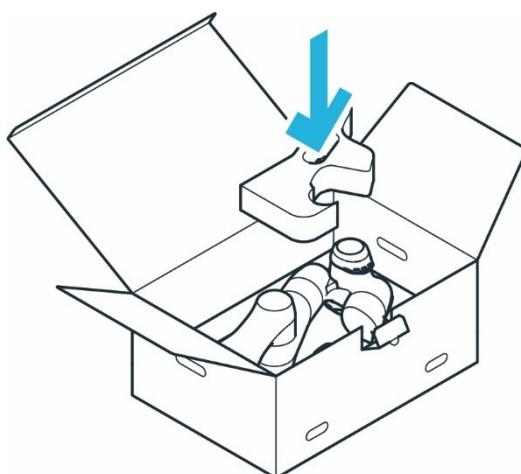


图 10.34 包装手臂

4. 插入顶部防护层。

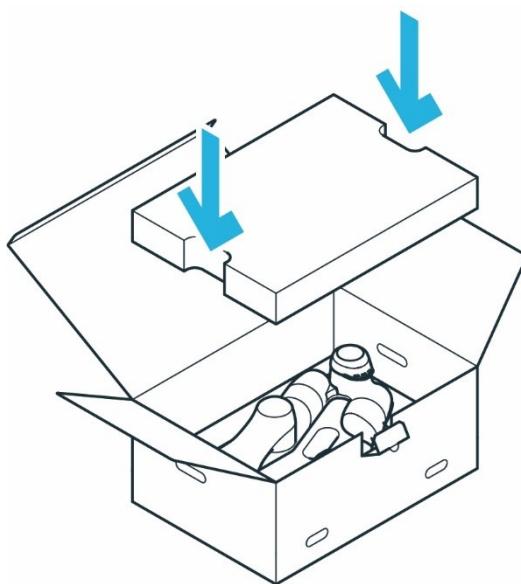


图 10.35 封住纸箱

5. 合上箔纸外包装。
6. 用胶带封箱。

## 11 操作

### 11.1 启动

#### ⚠ 危险

当装置从较寒冷环境运输到较温暖潮湿环境中时，所形成的冷凝水所导致的短路  
触电所致威胁生命的伤害风险。

- 完成运输后，静置设备以适应新环境。
- 请勿打开潮湿设备

先决条件：

- 需正确插接电缆。
- 必须连接外部电源。
- 留出最大空间。

程序

1. 启动控制器。

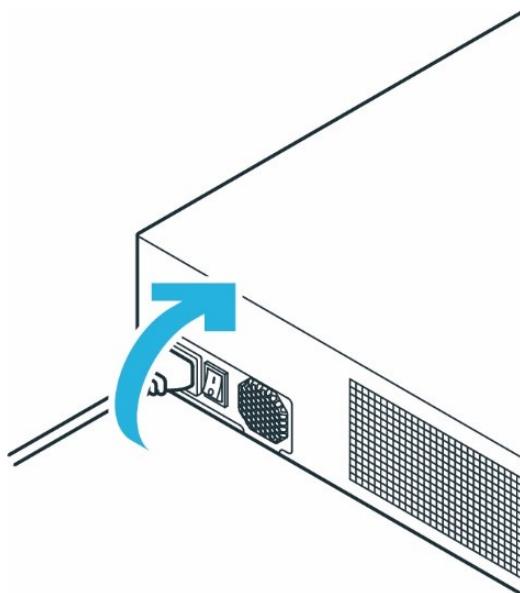


图 11.1 接通控制器

控制器现已启动。

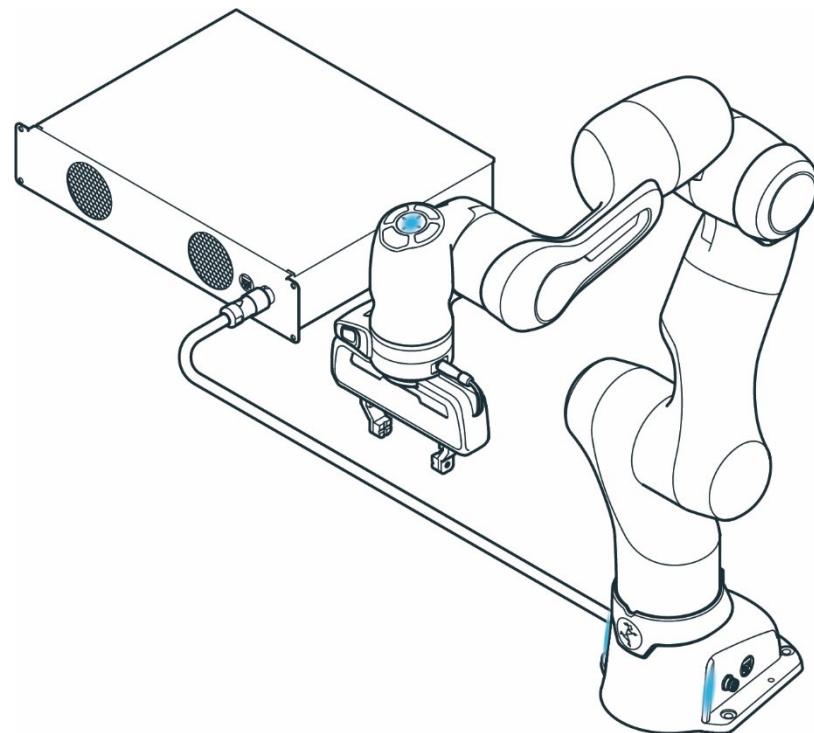


图 11.2 臂架上的蓝色状态灯

可能出现下列情景：

- 通风可见可闻。
- Pilot 和基座两侧上的状态灯开始闪烁。
- 启动可能会花费约 1 分钟。
- 一旦状态灯常亮脸色，则启动完成。
- 故障保护锁止系统激活。各轴仍机械锁止。关于解锁故障保护锁止系统的信息，请参见 13.6 章节的预引导部分。
- 章节。如果出现错误，请遵守章节 15.1 “保养”，16 “维修和支持” 和 13.10 “故障排除。”

## 状态指示灯概述

视觉指示灯指示机器人当前状态。基座 LED 始终激活，而 Pilot 上的 LED 只在编程过程中激活。

启动机器人时，务必检查指示灯功能及其从操作人员角度的可见性。下列颜色方案代表下列状态：

颜色	类别	解释	接近机器人*
白色	未激活：开始执行准备就绪	Franka Production 3 正在运行但不处于激活状态（处于 TEACH（示教）或 IDLE（闲置）状态）。开始执行或互动准备就绪。	机器人未激活且能接近。
白色（慢闪）	未激活：正在启动或关机	Franka Production 3 正在启动或关机。请勿中断该过程。	
白色（快闪）	未激活：正在更新	Franka Production 3 正在更新。请勿中断该过程或将 Franka Production 3 从其电源上断开。	
蓝色	制动器已接合	Franka Production 3 的制动器已锁止。	机器人处于停止状态，但安全系统允许随时启动运动。小心接近。
蓝色	执行任务准备就绪	操作人员现在可在 Execution（执行）或 Test & Jog（测试和点动）模式下启动任务。	
蓝色（慢闪）	松开制动器	Franka Production 3 正在松开制动器。松开制动器时机器人可能会动作缓慢。	
蓝色（快闪）	协同操作（无激活任务）	Franka Production 3 处于协作模式，同时无激活任务。	
绿色	自动执行	Franka Production 3 当前正在运行一个自动程序且正在独立移动。	机器人正在执行一个任务。请勿接近。
绿色（慢闪）	协同操作（任务激活）	Franka Production 3 处于协作模式，同时一个任务激活（如，Assist（辅助）模式下手动引导）。	机器人正在执行一个任务，但已为 ASSIST（辅助）模式下的协作做好准备。小心接近并遵守专为 ASSIST（辅助）模式定义的具体应用安全措施。
绿色（快闪）	注意：正在开始自动执行	在“work execution wait time”（工作执行等待时间）倒计时（如已配置）结束后，Franka Production 3 将开始任务执行。	机器人马上将执行一个任务。请勿接近。
黄色	警告	Franka Production 3 处于警告状态。如果存在安全违规或错误，则状态灯将变成红色。	系统处于警告状态。请勿接近机器人。
黄色（慢闪）	警告：需要用户互动	Franka Production 3 处于警告状态，需要用户确认。如果存在安全违规或错误，则状态灯将变成红色。	
粉色（慢闪）	输入冲突	Franka Production 3 遇到相互冲突的输入信号。	请勿接近机器人。
红色	错误	已发生错误（如，安全错误、系统错误或通信断开）。	请勿接近机器人。
红色（慢闪）	安全违规/应用错误	一个安全违规或应用错误正在阻碍任务执行。	可接近机器人，取决于 Franka UI 中所示违规/错误以及恢复安全违规所需步骤。小心接近，取决于情境和实际违规。

(\*) 通常，具体情境或状态下接近机器人是否安全取决于具体应用的危害和风险评估以及安全情景的具体配置。视觉颜色指示灯有助于识别系统所处情境或状态。然而，视觉指示灯并非安全功能，所以用户在基于此类信息接近机器人时必须始终小心。若有疑虑，则在接近机器人之前利用适当安全措施以防受伤（如，按下紧急停止或激活保护性停止）。

通常，慢闪（0.6 Hz，每 3 秒两次）提示系统正在不同状态之间转换，或者用于引起注意以获得支持。快闪方案（2 Hz，每秒两次）警告用户正在启动运动，机器人正在非常缓慢地移动，或系统正在更新。

如果状态灯或对其进行控制的设备发现通信中断，会将其作为一个错误通过红灯报告。

视觉指示灯始终会提示最重要的事件或状态。会提示重要性更高的颜色方案。同一重要性级别中，只会显示一种颜色方案。

## 11.2 Franka Production 3 安全相关测试

### 11.2.1 机器人系统自测

当系统正在运行时执行控制器自测。机械臂关机一次以执行机械臂自测。

#### ⚠ 警告

##### 因坠物受伤风险

在机械臂关机过程中，至末端执行器的电源已断开。物体可能从末端执行器上掉落，可能导致受伤。

- 将所有物体从末端执行器上拆下。
- 移除危险区域。

#### 注意

每 24 小时，用户都必须启动一个在线安全诊断以检测操作过程中的潜在危险失效。在侧边栏中，系统会提前 2 小时警告用户。如果超过时限，则机器人会停止所有操作并要求用户启动自测。

## 程序

1. 转到 Franka UI。
2. 转到 **Settings**（设置）。
3. 点击按钮“EXECUTE”（执行）

#### ⚠ 警告

##### SEEPO 配置激活时电源断开所导致的来自末端执行器的坠物

重伤风险，如机械臂和末端执行器造成的皮肤压伤撕裂和刺伤。

- 务必穿戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 使用合适类型的末端执行器以防物体掉落。
- 在遵照 10218-2 标准风险评估过程中需考量所抓取物体的形状、质地和重量。使用轻型和/或圆形物体能极大减小风险。

### 11.2.2 安全功能定期测试

一些安全功能的功能必须定期测试。这适用于下列安全功能：

安全功能	测试
紧急停止装置	1. 在机器人未激活时按下紧急停止装置。 2. 检查制动器是否锁止。
引导支持设备	1. 在引导时，松开 Pilot 手柄的启用按钮。 <b>机器人必须停止。</b> 2. 在引导时完全按下 Pilot 手柄的启用按钮。 <b>机器人必须停止。</b>
外部支持设备	1. 在测试一项任务时，松开外部支持设备的启用按钮。 <b>机器人必须停止。</b> 2. 在测试一个任务时完全按下外部支持设备的启用按钮。

	机器人必须停止。
任何连至 X3.2 或 X3.3 的开关	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 激活开关。</li><li>2. 检查是否相应触发已配置的安全功能。</li></ol>

**注意**

- 每 12 个月在启动过程中激活紧急停止系统。
- 每 12 个月在启动过程中重新连接紧急停止系统。
- 每 12 个月检查所有安全安装功能，如，紧急停止系统。
- 检查所有已用于保障安全操作的额外安全措施。



更多关于紧急停止系统的信息，请参见安全外围设备安装章节。

### 11.2.3 测试紧急停止

**⚠ 警告**

**紧急停止装置不工作所导致的重伤风险**

若出现紧急情况，可能导致长时间卡住，继而导致重伤，诸如机械臂和末端执行器造成的皮肤压伤撕裂和刺伤，则用未使用的紧急停止装置来停止操作。

- 将紧急停止装置存储在安全位置。

**注意**

**物质损坏**

在过程中当装置停在一个不利位置时，末端执行器、工件或周围物体可能会受损。

- 仅在安全攸关情境下使用紧急停止。

**注意**

按下紧急停止时对机械臂造成的任何损坏都不会伤到人，因为机械臂会不顾损害而安全停止。

**注意**

紧急停止之后，机械臂可能会校准失效或受损。如果在下一次启动时检测到故障，则会告知用户。

**注意**

将除 Franka Production 3 外其他由紧急停止关机的已安装装置也考虑在内。

**安全指示**

先决条件:

- 没有任务运行时, Franka Production 3 必须处于静止状态。
- 故障保护锁止系统的锁止螺栓必须打开。
- 机械臂可能不移动。

程序

1. 清空机械臂周围的空间, 以免所抓取物体或周围物体受损。
2. 使用引导将机械臂调至无障碍位置, 例如静止物体上方 200 mm。
3. 激活紧急停止。

当落入机械锁止螺栓时, 机械臂将咔嗒一声略微降低。

## 11.3 连接用户接口设备

需要一个 PC、笔记本电脑或平板电脑形式的外部接口设备来操作和控制机器人。

硬件推荐:

- 商业通用 PC、笔记本电脑或平板电脑
- 以太网接口
- 分辨率最低为 1280x720px, 推荐全高清 (1920x1080 px)
- 使用平板电脑时的多点触控功能
- 推荐浏览器: Chrome、Edge、Safari 或 Firefox

程序

将接口设备通过以太网电缆连至机械臂基座上的 X5 连接器, 以打开初始配置界面。更多信息, 请参见固定和安装章节。

1. 配置接口设备以通过 DHCP 自动获取 IP 地址。  
一旦 Franka Production 3 开机, 就会自动分配 IP 地址。
2. 转到您喜欢的 Web 浏览器。
3. 输入以下 URL: [robot.franka.de](http://robot.franka.de)
4. 按下 Enter (回车)。

打开显示 Franka UI 的网站。

## 11.4 “First Start (首次启动) ” 初始配置

首次启动控制器后，需要在系统中进行基本设置。初始配置会显示在 Web 浏览器中。将控制器重置为出厂设置后，也会显示该初始配置。

为了进行初始配置，首先要执行第 11.3 „连接用户接口设备“ 章中的程序，然后按以下步骤进行：

1. 启动 Franka Production 3。
2. 输入以下 URL: `robot.franka.de`
  - ⇒ 含系统界面语言选择的 Franka UI “First Start (首次启动) ” 网页界面自行打开。

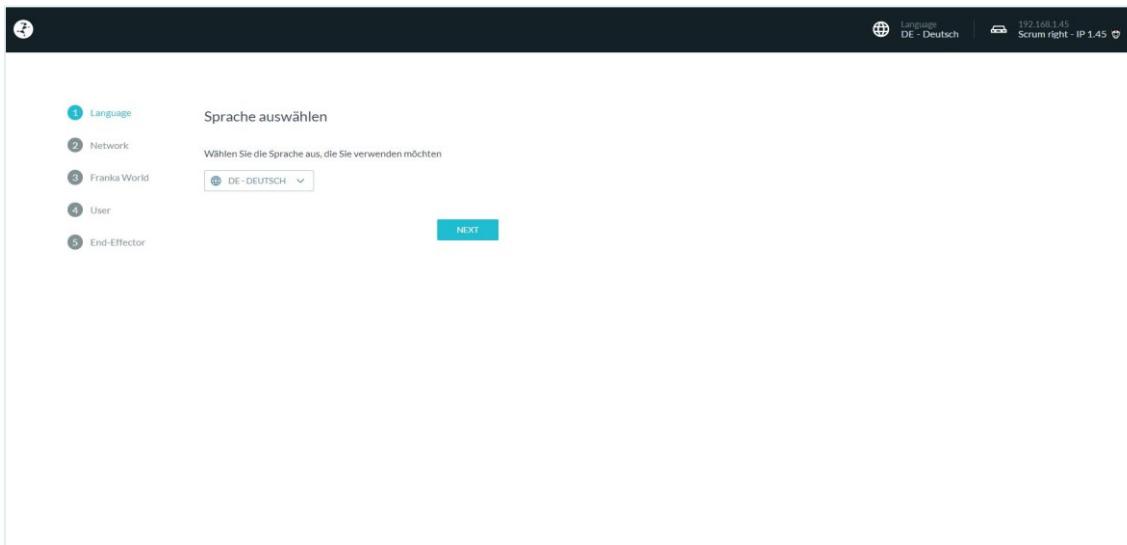


图 11.3 语言选择初始设置

3. 点击菜单栏中机器人的 IP 地址字段。在那里下载用户手册，并仔细阅读。
  4. 选择 DESK 界面所需的语言。点击“NEXT (下一步) ”。
- ⇒ 打开设置网络配置的页面。

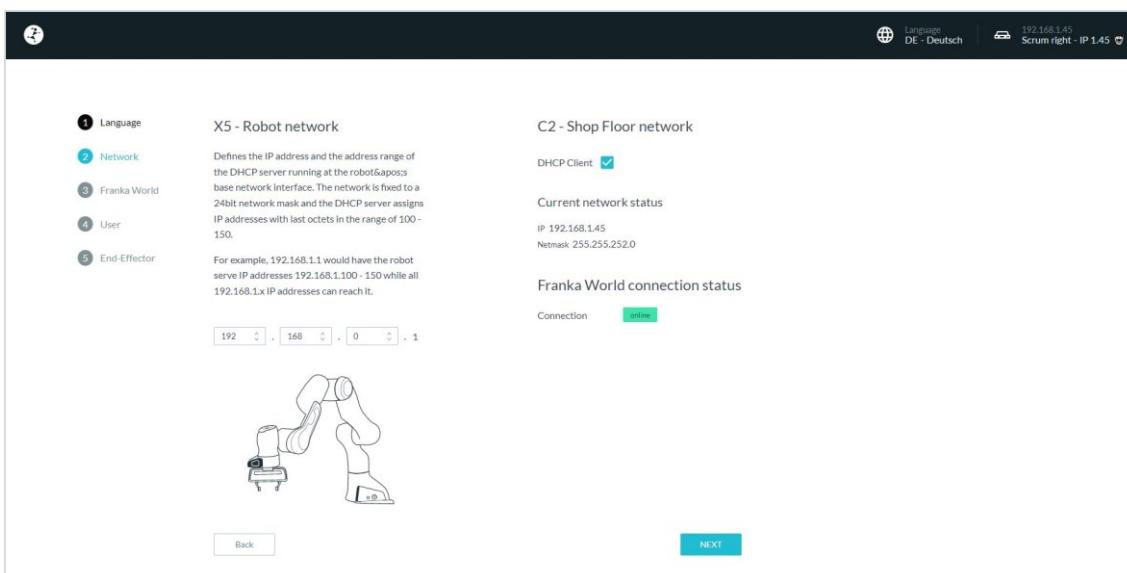


图 11.4 网络初始设置

可在该页面上配置机器人内部网络连接和互联网连接以及与公司网络的连接。

必要时可调整机器人网络的子地址。默认设置为 192.168.0.1，地址范围为 100-150。

为了访问公司网络或互联网，可以使用 DHCP 客户端，也可以进行手动配置。

Franka World 的当前连接状态以图形方式显示。

5. 可通过点击“NEXT（下一步）”确认设置。

⇒ 通过 Franka World 打开配置/机器人管理的网页界面。

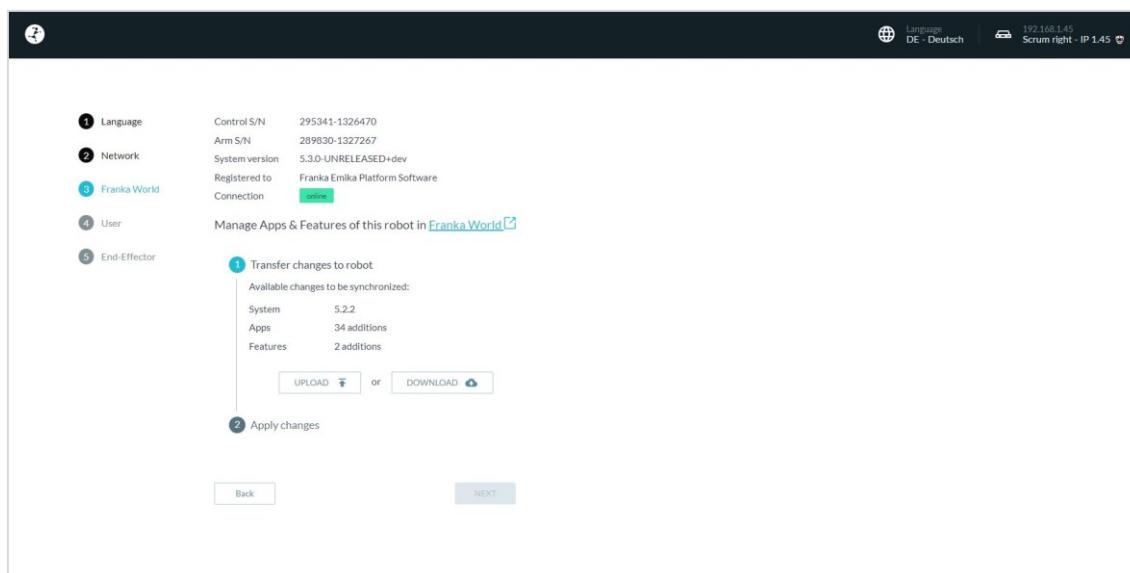


图 11.5 Franka World 注册

该页面用于在 Franka World 中注册机器人，并管理更新和 APP。

当控制器连接到互联网时，机器人会自动登录到 Franka World 中，并检查是否有最新系统更新或应用软件 (App) 可用。

在 Franka World 中配置机器人。可通过点击链接将其打开。

安装系统更新和 APP 需要一个 Franka World 账户（参见章节 14.2 “管理 APP 和功能”）。



有关 Franka World 的更多信息，请参阅章节 14.1 “Franka World”。

6. 为了传输可用更改，请点击“Download（下载）”

如果无法建立互联网连接，您也可以“离线”更新设备。为此，请从 Franka World 下载更新或状态文件，并通过点击“Upload（上传）”按钮将其传输到机器人。

7. 数据传输完成后，需要确认才能执行安装。为此，点击“Next（下一步）”。



有关系统更新和 APP 的信息请参阅章节（参见章节 14.2 “管理 APP 和功能”）。

⇒ 打开用于创建 Administrator（管理员）的网络界面。

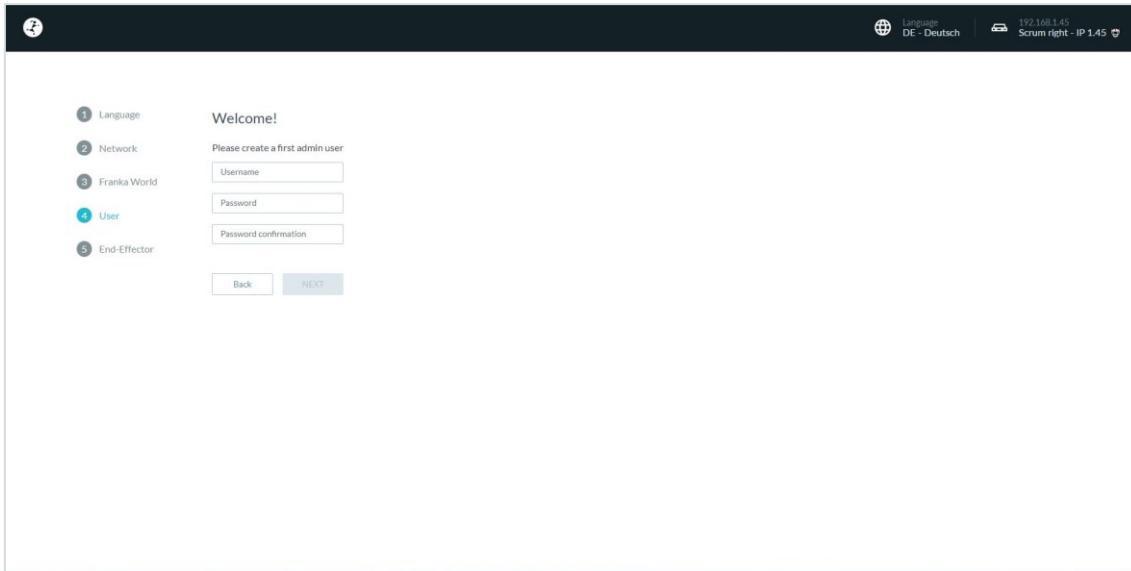


图 11.6 管理员创建

8. 创建“Administrator（管理员）”类型的初始用户。
9. 更多信息请参阅章节 5 “人物角色”中的“创建 Administrator（管理员）”小节。
10. 通过点击“Next（下一步）”，确认输入。  
⇒ 打开配置终端执行器的网络界面。

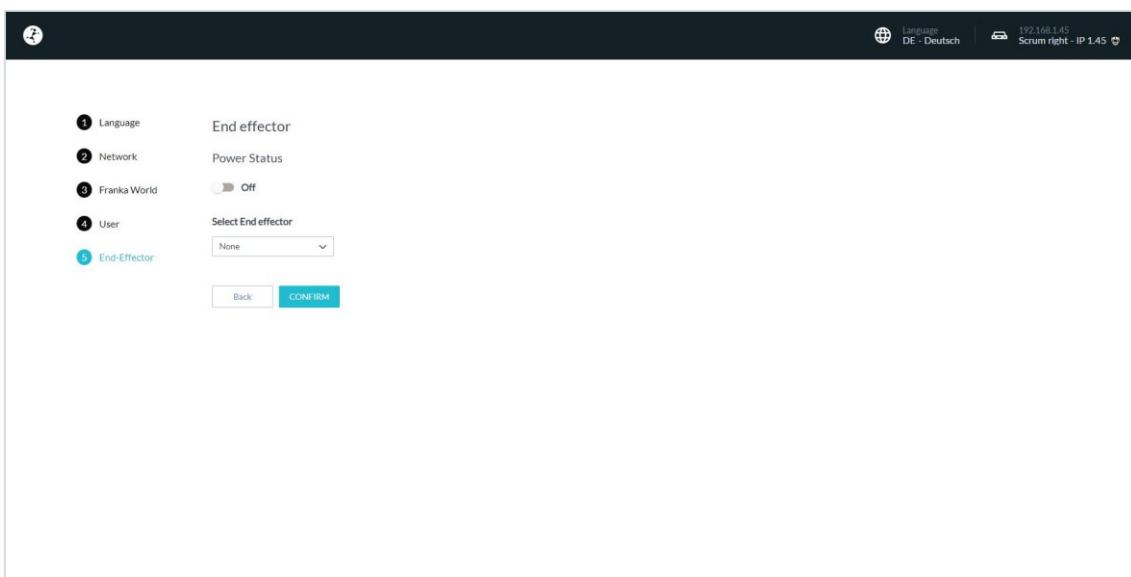


图 11.7 终端执行器设置

### ⚠ 警告

#### 末端执行器配置不正确会导致在引导过程中出现意外动作

错误配置的末端执行器质量和惯性可能会导致未完整补偿的引力。包括末端执行器的机器人因之而生的意外行为可能造成诸如皮肤压伤撕裂和刺伤的伤害。

- 随时检查末端执行器的配置
- 将已设置参数的 App 或任务复制到另一个 Franka Production 3 系统时，请确保末端执行器配置与原始配置保持相同。

 小心

**初始安装过程中来自末端执行器的坠物**

从夹爪上掉落的物体会导致手、手指、脚和脚趾受伤。

- 务必穿戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 使用合适类型的夹爪以防物体掉落。
- 在遵照 10218-2 标准风险评估过程中需考量所抓取物体的形状、质地和重量。使用轻型和/或圆形物体能极大减小风险。
- 请勿将手伸到所抓取物体和与固体（如，桌子）之间。
- 启动之前请勿装载末端执行器，因为取决于所安装的末端执行器，“homing”（归位）运动可能一恢复通电就自动执行。

11. 配置在机器人上使用哪一个末端执行器。

如果没安装末端执行器，则从下拉菜单中选择“None”（无）。

如果已安装 Franka 抓手作为末端执行器，则从下拉菜单中选择“Hand”（抓手）。

 提示

Franka 抓手并非认证机械的组成部分。

如果想要使用其他末端执行器或调整抓手配置，则从下拉菜单中选择“User Defined”（用户定义）并在文本字段中输入相应的值。通常能在末端执行器手册中找到相应的值。

 提示

后续能重新编辑末端执行器设置。

12. 通过点击“Confirm（确认）”，确认输入。由此，初始配置已完成且得到确认，并执行最后的准备步骤。

⇒ DESK 编程界面显示在 Web 浏览器中，臂架上的状态灯持续亮起并显示为蓝色，表示制动器仍处于吸合状态。

## 11.5 关机和重启

### ⚠ 警告

#### 电源断开所导致的来自末端执行器的坠物

从夹爪上掉落的物体会导致手、手指、脚和脚趾受伤。

- 务必穿戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 使用合适类型的夹爪以防物体掉落。
- 在遵照 10218-2 标准风险评估过程中需考量所抓取物体的形状、质地和重量。使用轻型和/或圆形物体能极大减小风险。

### 关机

#### 注意

仅当风扇停止运行系统才算完全关机。

仍然运行的风扇表明 Franka Production 3 尚未完全关机。

- 重复 Shutting down Franka Production 3 (Franka Production 3 关机) 的安全指示。

#### 安全指示

##### 程序

1. 移除危险区域。
2. 在 Desk 中，导航至侧边栏中的“Shut-down”（关机）并点击。

故障保护锁止系统已激活。

Franka Production 3 将会关机。

### 重新启动

在 Desk 中关闭系统并等风扇关闭电源。关闭控制器上的电源开关。再次重启 Franka Production 3 之前需等待一分钟。打开控制器背面的电源开关以重启 Franka Production 3。Franka Production 3 将启动以再次重新启动。

#### 将 Franka Production 3 从电源上断开。

##### 程序

#### 注意

为了隔离（安全断开）电气能量源，要么断开/安全切断至控制器的电源，要么断开/安全切断控制器与机械臂之间的连接线。

1. 移出最大空间。
2. 转到 Desk。
3. 点击“Shut-down”（关机）。

系统关机。

## 操作

---

4. 关闭控制器背面的电源开关。
5. 将电缆从控制器背面拔出。

**注意**

将连接线固定在一个安全位置，以免系统非故意重新上电。

*Franka Production 3 已从电源上断开。*

**注意**

控制器再次开机之前需等待一分钟。

## 12 安全设置 / WATCHMAN

如章节 4.12 “为机器人系统规划和调试提供帮” 中所述，原则上机器人必须始终被保护装置包围，以阻止人员进入危险区域，或者在协作型机器人中，一旦人员逗留在危险区域内，立即启动并监控机器人的人员安全状态。

执行风险评估后，机器人的安全情景必须根据系统确定的必要安全功能进行调整。

根据 ISO 10218-1 标准的要求，Franka Production 3 配备了一套预定义和预先验证的安全情景。

如果风险分析显示这些已足够，则 Franka Production 3 可以在适当的电气集成后，集成并用于机器人的规划工作环境中，而无需继续更改安全设置。但是如果风险分析显示还需要额外的安全功能，则必须通过适用于某些机器人状态或场景的规则在 Watchman 中实现这些功能。

### 12.1 Watchman

Watchman 是 Franka Web 用户界面 (Franka WebUI) 中的界面，用于在 Franka Production 3 上显示、创建和编辑安全功能。安全功能可以通过规则来定义。反过来对于机器人的两种运行状态（“Programming（编程）” 和 “Execution（执行）”），这些规则可以调整各场景的行为，如 “Teach（教授）” 和 “Work（工作）”，以适应风险识别所要求的防护措施。

安全设置只能由 Safety Operator（安全操作员）执行。Safety Operator（安全操作员）是 FRANKA PRODUCTION 3 上的三个用户级别之一。用户级别有 Administrator（管理员）、Safety Operator（安全操作员）和 Operator（操作员）。请参见章节 5 “人物角色”。拥有 Administrator（管理员）角色的用户可以创建一个 Safety Operator（安全操作员），但不能自己编辑安全功能。拥有 Safety Operator（安全操作员）用户级别，才可在 Watchman 中进行设置。Safety Operator（安全操作员）负责正确执行安全设置和记录安全功能。

### 12.2 概览

在 Watchman 中，安全情景通过直观的图形界面显示。

界面的结构如下图所示。

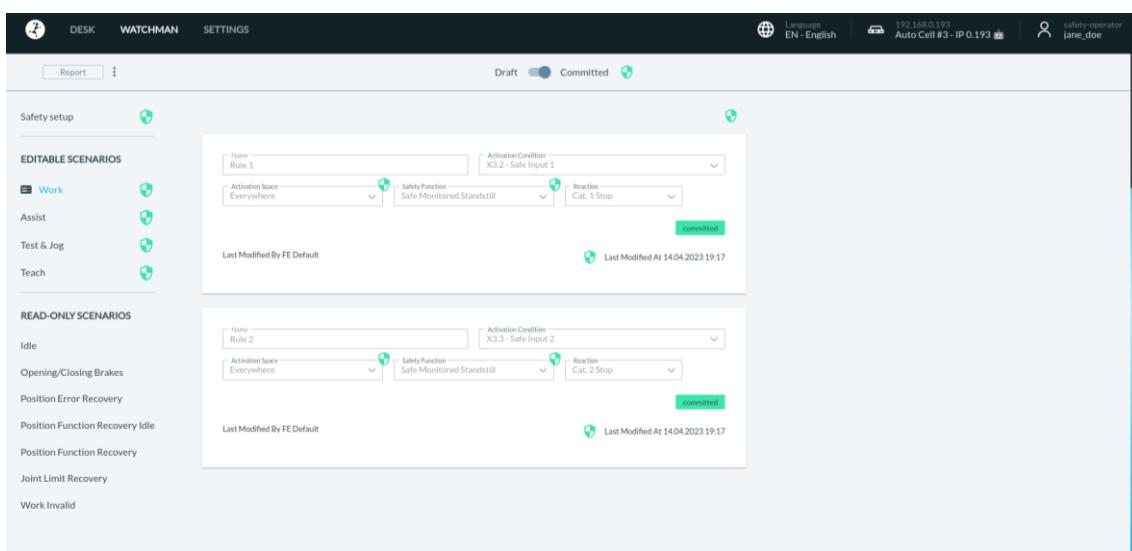


图 12.1 Watchman

在 Watchman 视图的页头标题中，可以在左边打开当前有效的安全设置报告。通过带 3 个点的按钮，可将安全设置重置为出厂设置。中间的滑动开关用于在编辑模式和当前验证的配置视图之间进行切换。滑动开关旁显示安全设置的当前验证状态。绿色表示已验证，橙色表示需要验证。

通过点击滑动开关旁边的验证图标，将显示当前已验证安全设置的校验和。

视图左侧已集成一个结构概述，以此显示基本安全设置的验证状态以及各种安全情景的验证状态。编辑区中显示基本设置或安全情景的规则。

安全情景分为可编辑和不可编辑的安全情景。

对安全情景的详细描述可参阅产品手册的 4.10 “安全理念” 章节。

可编辑场景用于使机器人的控制器适应先前风险分析所确定的安全措施。有以下场景：

- **Work** (工作)
- **Assist** (辅助)
- **Test & Jog** (测试和点动)
- **Teach** (教授)

对于 “Work (工作)” 和 “Assist (辅助)” 场景，最多可以创建和配置 16 个单独的安全规则。“Test & Jog (测试和点动)” 和 “Teach (教授)” 场景中，只能对现有规则进行调整。

FRANKA PRODUCTION 3 的出厂设置有一套预定义和验证的场景。如果这些符合由集成商风险分析所确定的要求，则可以立即使用。

#### 提示

安全输入通道 X3.2 和 X3.3 在 Watchman 中默认被分配给 “Work (工作)” 场景中的具备安全限制的监控静止状态 (SMSS) 安全功能。如果在 X3.2 和 X3.3 上没有连接外部安全装置（只有 Franka Emika 的紧急停止装置连接到 X3.1），则这些输入被视为“已启用”，即不可按照 “Work (工作)” 场景的标准规则移动机器人。根据具体应用的风险和危险分析，可以修改标准规则，以允许独立于 X3.2 和 X3.3 的机器人动作。

不可编辑的安全情景 Read Only Szenarios (只读场景) 是固定集成在机器人控制器中的安全功能，可确保机器人的运行安全、符合标准，且无法更改。其中包括：

- **Idle** (闲置)
- **Opening/Closing Breakes** (打开/关闭制动器)
- **Position Error Recovery** (位置错误恢复)
- **Position Function Recovery IDLE** (位置功能恢复闲置)
- **Position Function Recovery** (位置功能恢复)
- **Joint Limit Recovery** (接点限制恢复)
- **Work Invalid** (工作无效)

所有的 Recovery (恢复) 场景以及 “Work Invalid (工作无效)” 场景都是只有在 “error/violation (错误/违规)” 机器人状态下才会启用的场景。机器人的 “error/violation (错误/违规)” 状态是由于违反了 “Execution (执行)” 和 “Programming (编程)” 机器人状态中的安全情景，或者存在与安全相关的基本错误所引起的。

“Work (工作)”、“Assist (辅助)” 和 “Opening/Closing brakes (打开/关闭制动器)” 场景属于 “Execution (执行)” 机器人状态。机器人 “Programming (编程)” 状态包括 “Idle (闲置)”、“Teach (教授)” 和 “Test&Jog (测试和点动)” 场景。

## 12.3 编辑安全设置

为执行以下步骤，用户必须以 “Safety Operator (安全操作员)” 的角色登录。

## 安全设置 / Watchman

通过 DESK 侧边栏上的菜单打开 Watchman 界面。此时 Watchman 界面上显示活动的已确认规则以及场景的验证状态。

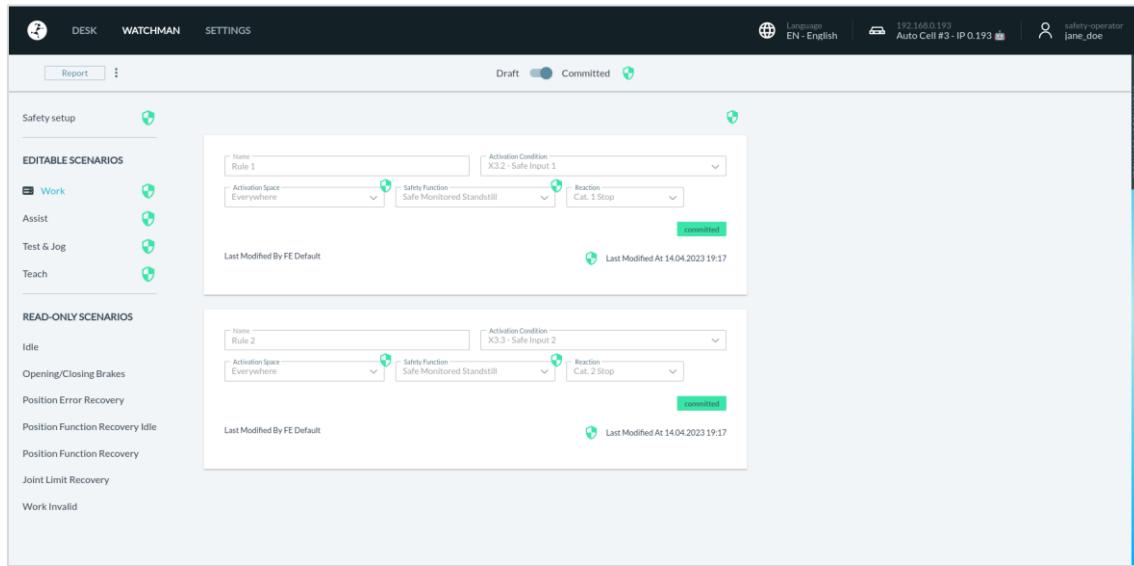


图 12.2 经过验证的规则

切换到“Draft（草稿）”模式并开始编辑。

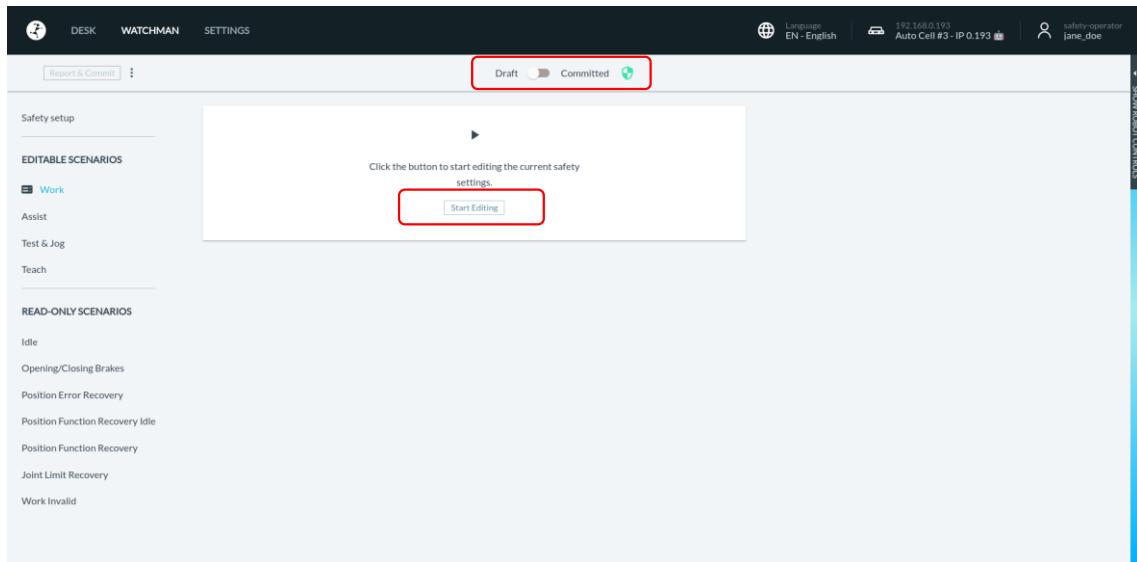


图 12.3 切换到 Draft（草稿）模式

在“Draft（草稿）”模式下打开经过验证的安全方案后，所有的验证标记都显示为绿色。

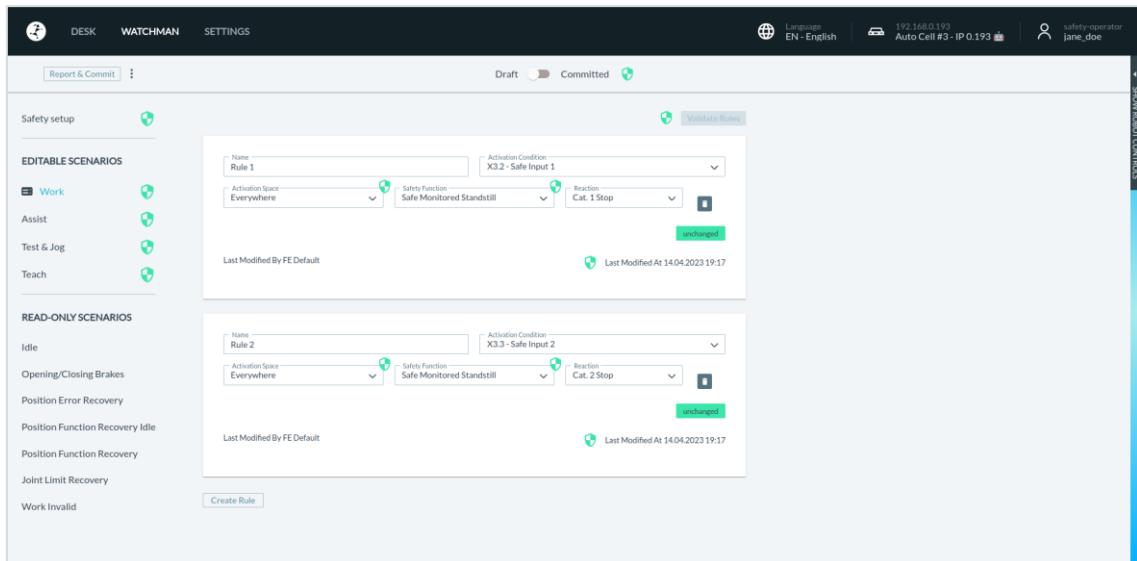


图 12.4 Draft (草稿) 模式

如果此时进行了更改，则更改后的安全功能的验证标记和所有与此更改相关的参数、规则和场景，以及整体安全性，都显示为橙色。不涉及的参数、规则和场景保持经验证状态，因此为绿色。

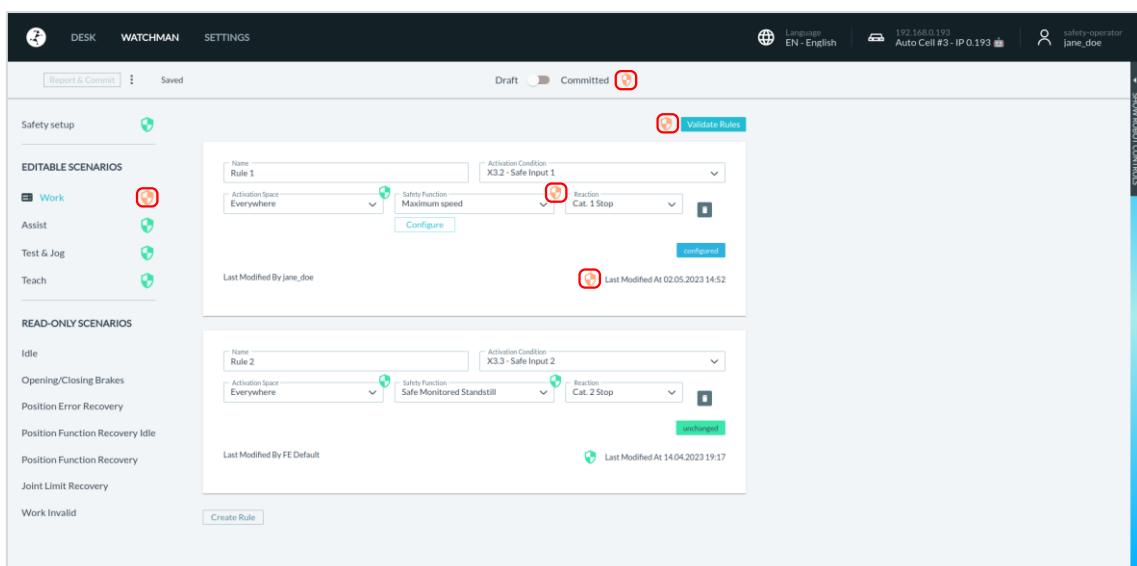


图 12.5 验证标记

完成安全设置后，必须对整个方案进行验证。该程序在章节 12.6 “验证”中已有描述。

## 12.4 Safety Setup (安全设置)

在 Safety Setup (安全设置) 中将描绘机器人可配置的上级基本设置。包括“General Safety Settings (常规安全设置)”、“Safe Input Configuration (安全输入端配置)”和“End Effector Configuration (终端执行器配置)”等区域。

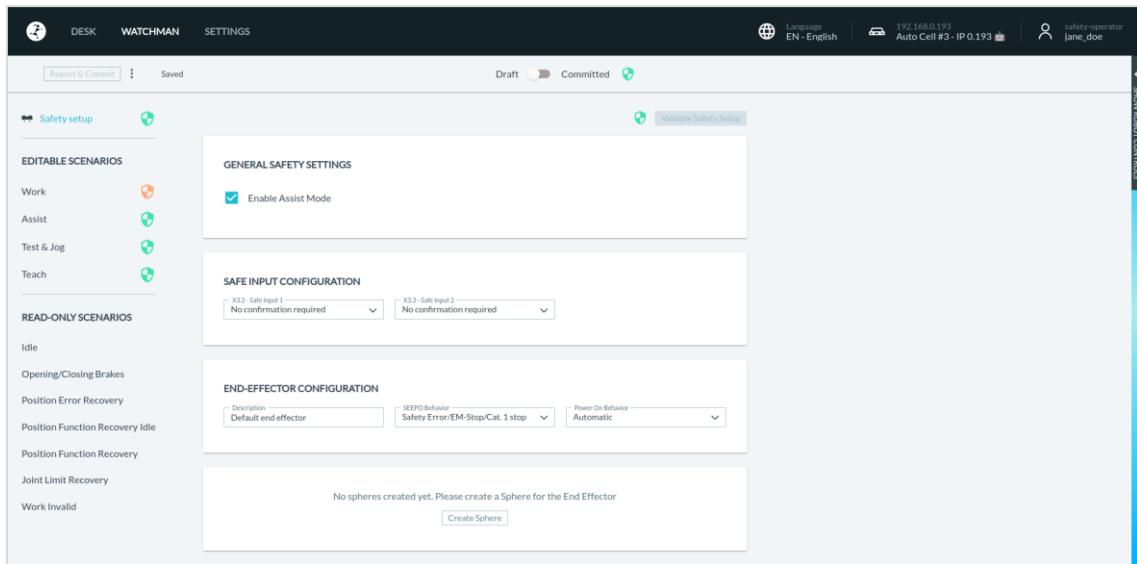


图 12.6 Safety Setup (安全设置)

### 12.4.1 General Safety Settings (常规安全设置)

为了在辅助模式下运行机器人，必须设有“**Enable Assist Mode**（放行辅助模式）”复选框。有关 **Assist**（辅助）模式的说明请参阅章节 13.9 „**Assist**（辅助）“。如果禁用该功能，则 **Assist**（辅助）功能在机器人控制器的任何其他子菜单中都不可用。之后功能菜单显示为灰色。

该功能在机器人的默认设置中被启用。

### 12.4.2 Safe Input Configuration (安全输入端配置)

可以通过 **Safe Input Configuration**（安全输入端配置）配置对安全输入端 X3.2 和 X3.3 进行配置。

输入端 X3.2 和 X3.3 的分配请参阅章节 10.6 “布线和电气安装”。

当设置为“**No confirmation required**（不需要确认）”时，可直接对信号进行处理。控制器立即对输入端作出反应。

如果设置为“**Confirmation required**（需要确认）”，当触点被断开时，信号会被直接处理，但当输入端被闭合时，DESK 上会出现一个查询消息。若要在内部进一步处理输入信号，则必须确认该消息。

机器人默认设置中，预选了“**No confirmation required**（不需要确认）”的设置。

### 12.4.3 终端执行器配置

已连接的终端执行器的安全行为，通过“**End Effector Configuration**（终端执行器配置）”来定义。可以设置以下字段：

- **Description (描述) :** 可自由编辑的终端执行器名称
- **SIEPO Behavior (SIEPO 表现) :** 定义终端执行器应在何时以及以何种方式安全关闭。

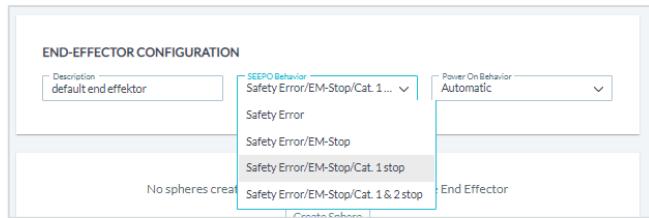


图 12.7 终端执行器配置

- **Safety Error** (安全错误) : 机器人安全错误
- **Safety Error /EM-Stop** (安全错误/紧急停止) : 机器人安全错误或紧急停止
- **Safety Error (安全错误) /EM-Stop (紧急停止) /Cat. 1 stop (类别 1 停止)** : 机器人安全错误或紧急停止或类别 1 停止
- **Safety Error (安全错误) /EM-Stop (紧急停止) /Cat. 1&2 stop (类别 1 & 2 停止)** : 机器人安全错误或紧急停止或类别 1 & 2

停止默认设置中，设为“**Safety Error (安全错误) /EM-Stop (紧急停止) /Cat. 1 stop (类别 1 停止)**”。

**Power ON Behavior (电源接通表现)** : 设置终端执行器应何时接通。

- **Manual (手动)** 每次接通终端执行器时都必须在 DESK 中手动启用。
- **Automatic (自动)** 当关节被解锁时，终端执行器会自动启用。

默认设置中，设为“**Automatic (自动)**”模式。

#### 12.4.4 创建终端执行器外壳建模用球体

如果安装了一个终端执行器，则需要对应其尺寸的控制器的信息，以便能够在空间和动力学上监控终端执行器。为此，最多可创建五个球体，并按照其大小和位置布置，布置时确保整个球体类似于终端执行器的轮廓。

关于空间上的监控，应考虑球体外壳，关于速度监控，应考虑球体中心。应该注意的是，考虑到杠杆原理，距离离终端执行器法兰较远的球体可能对速度监控非常敏感。

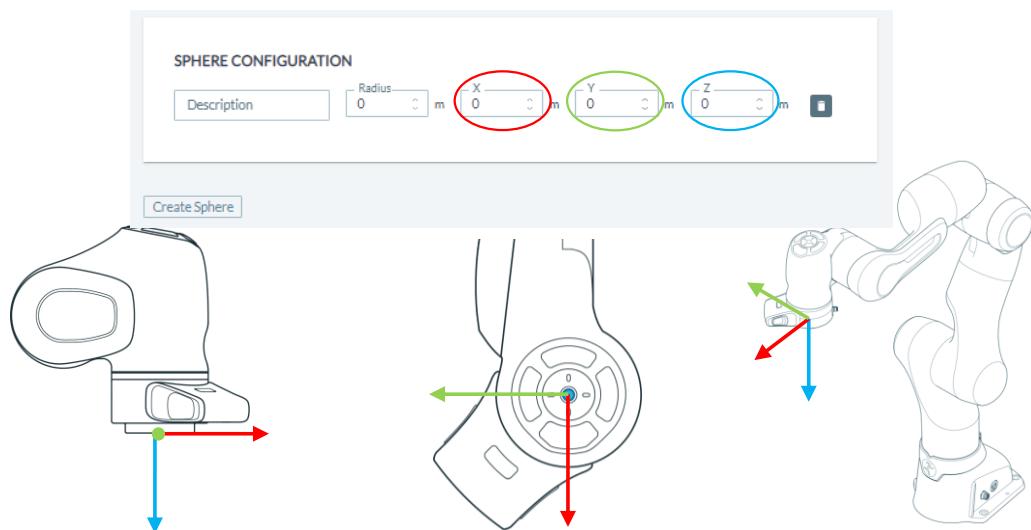


图 12.8 球体配置

Franka Hand 的球体配置示例如下所示。

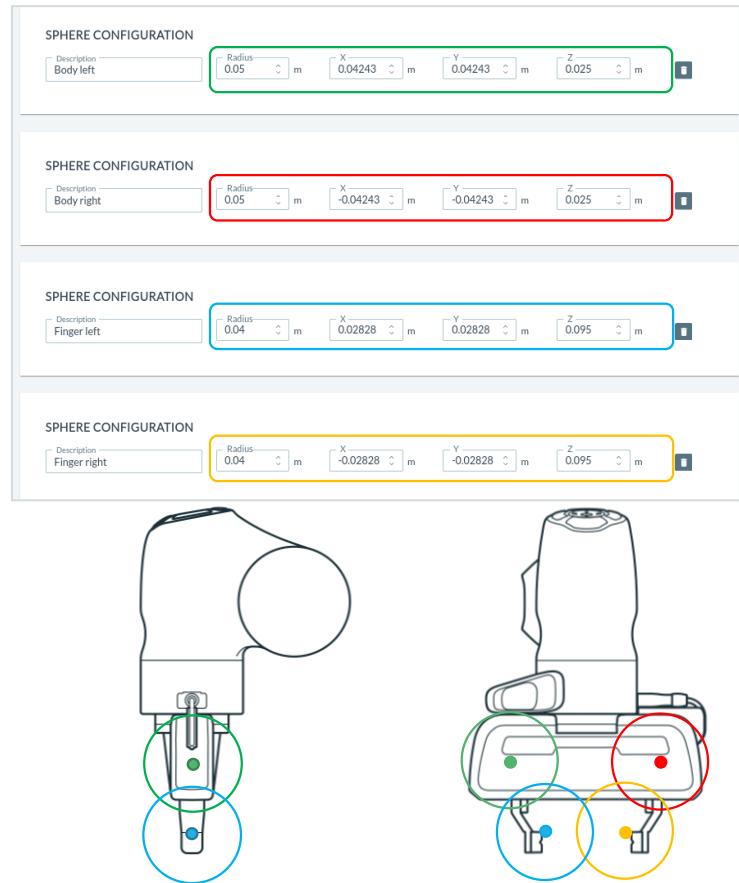


图 12.9 Franka Hand 的球体配置示例

显示的值是示例值。为了适应终端执行器配置，最多必须放五个球体，以覆盖终端执行器和被拾取的部件。应该注意的是，速度监控在球体中心进行。

## 12.5 创建和编辑规则

对于“Work（工作）”和“Assist（辅助）”场景，最多可以创建 16 个规则。点击显示的最后一条规则下面的“Create Rule（创建规则）”，即可插入一条新规则。点击规则内的“Delete（删除）”图标，可以将其删除。

The screenshot shows the Watchman software interface under the 'Safety setup' tab. It displays two existing safety rules and a 'Create Rule' button.

Name	Activation Condition	Safety Function	Reaction	Status
Rule 1	X3.2 - Safe Input 1	Maximum speed	Cat. 1 Stop	Configured
Rule 2	X3.3 - Safe Input 2	Safe Monitored Standstill	Cat. 2 Stop	Configured

A red box highlights the 'Create Rule' button at the bottom of the list.

图 12.10 编辑规则

### 12.5.1 规则结构

一条规则包括以下部分：

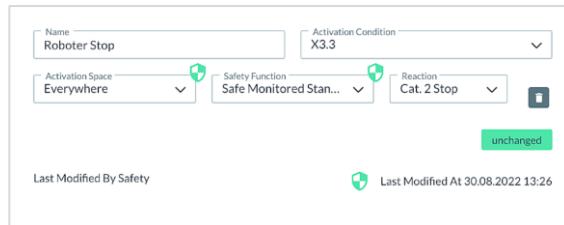


图 12.11 规则结构

- **Name (名称) :** 可自由编辑的规则名称
- **Activation Condition (启用条件) :** 规则被启用的条件。可以进行以下选择：
  - Always (始终) 该规则一直适用
  - X3.2 当打开双通道触点 X3.2 时，该规则被启用。
  - X3.3 当打开双通道触点 X3.3 时，该规则被启用。
- **Activation Space (启用空间) :** 规则内外适用的空间区域。可进行以下选择：
  - Everywhere (任何地方) 该规则适用于整个机器人工作区域。
  - Inside / Outside Area (内部/外部区域) 该规则适用于可自由定义的立方体空间的内部或外部。定义空间时将指定规则是适用于内部还是外部。根据具体选择，退出或驶入时执行选定的安全功能。
- **Safety Function (安全功能) :** 规则处于活动状态时要执行的安全功能。可以进行以下选择：
  - Always violated (始终违规) 将不执行任何安全功能。当选择了“Always violated (始终违规)”时，则持续违反该规则。
  - Inside/Outside Area (内部/外部区域) 创建一个可自由定义的立方体安全空间的。当机器人离开或进入此空间时，根据选择“stay inside (留在内部)”还是“stay outside (留在外部)”确定其是否违反规则。违规时会立即触发所选择的“Reaction (反应)”。
  - Maximum Velocity (最大速度) 在规则适用的空间范围内，监控其最大速度。如果机器人的速度超过了所允许的最大速度，则会在监控下降低到允许的速度。如果速度没有按预期降低，则会执行预选的反应(Cat.1Stop / Cat.2 Stop (类别 1 停止/类别 2 停止))。
  - Safe Monitored Stand Still (具备安全限制的监控静止状态 (SMSS)) 在该规则适用的空间范围机器人被安全地监控是否处于静止状态。任何动作都将导致违反该规则。
- **Reaction (反应) :** 当违反规则时，所执行的机器人的反应。

- Cat.1 Stop (类别 1 停止) 符合 EN ISO 13849-1 标准的 1 类停止  
(达到静止状态时, 受控的停机和关断电源)。
- Cat.2 Stop (类别 2 停止) 符合 EN ISO 13849-1 标准的 1 类停止  
(保持电源接通时, 受控的停机)。

机器人控制器在做动作时已经考虑到了这些规则, 因此总是尝试避免违反它们。发生不可避免的违规时, 可通过 Safety-Function (安全功能) 会启动安全反应。

必须验证的功能和参数将显示在含验证图标的规定窗口中。如果该规则已验证, 则该图标是绿色。如果必须执行验证, 则该图标为橙色。

如果在规定的“Activation Space (启用空间)”或“Safety Function (安全功能)”字段中选择了“Inside/Outside area (内部/外部区域)”, 则必须通过点击出现的“ConFigure (配置)”按钮来配置此区域。将打开以下视图。

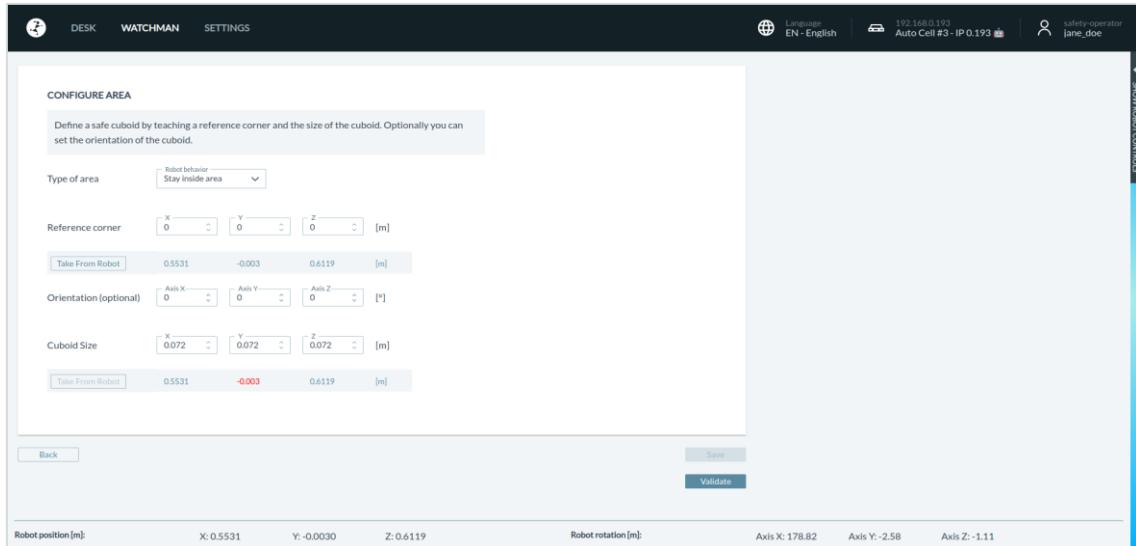


图 12.12 “Activation Space (启用空间)” 配置

通过“Type of area (区域类型)”选择字段, 可决定机器人是不允许离开空间 (stay inside area 留在内部区域) 还是不允许进入空间 (stay outside 留在外部区域)。监控工具、法兰、腕部和肘关节。



图 12.13 监控

为了定义空间, 必须首先确定空间的基准角。为此, 可将机器人的 TCP 引至基准角, 通过点击“Take from Robot (取自机器人)”, 应用或手动录入位置值。适用机器人的坐标系。选择基准角应确保只能用正值生成对角。然后必须通过输入 XYZ 值来定义空间范围。为此, 也可以将机器人 TCP 引导至对面的角点, 以对空间进行教授。

已定义的空间还可以借助“Orientation (定向)”围绕三个轴旋转。旋转点是所设的基准角。

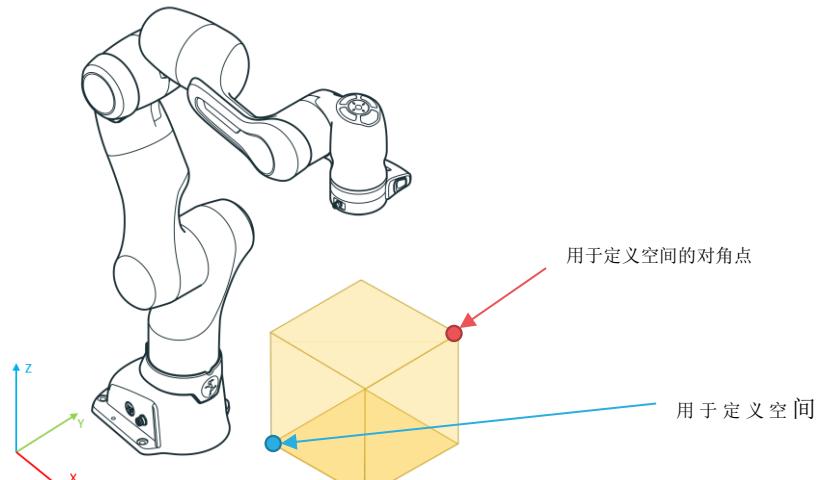


图 12.14 空间的创建

空间完成定义后，必须保存设置。然后验证按钮变为活动状态。点击“Validate（验证）”后，验证规范和输入的值会被比较。现在，机器人必须在所有 3 个方向上移动，进入和离开创建的空间。根据具体选择，是否“Stay inside area（留在内部区域）”或“Stay outside area（留在外部区域）”，当违反“Violated（违规）”功能时，将弹出一个红点。这可用来检查空间的边界是否符合其规定。

执行检查后，点击“Confirm Validation（确认验证）”对该空间进行确认。然后，用该按钮旁边的绿色按钮确认验证，返回规则后规则参数的验证图标显示为绿色。

如果在规则的“Safety Function（安全功能）”字段中选择了“Maximum Velocity（最大速度）”，则必须通过点击弹出的“ConFigure（配置）”按钮来配置此区域。将打开以下视图。

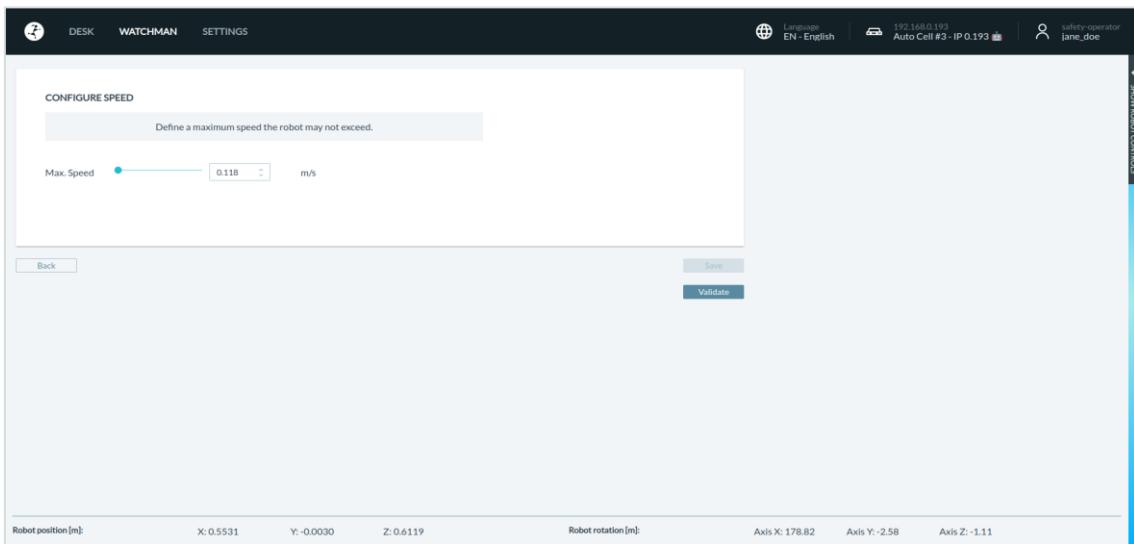


图 12.15 设置速度

必须设置风险评估中测定的最大允许速度，并点击“Save”按钮进行确认。然后，必须点击“Validate（验证）”验证该输入。

验证了所设速度后，必须点击“Confirm Validation（确认验证）”完成该验证。

用该按钮旁边的绿色图标确认验证，返回规则后规则参数的验证图标显示为绿色。

## 12.6 验证

在 Watchman 中更改设置后，必须进行一次验证。构建 Watchman 的结构时必须确保只有在所包含的参数更改时才需要验证规则，并且只有在所包含的规则更改时才需要验证场景。

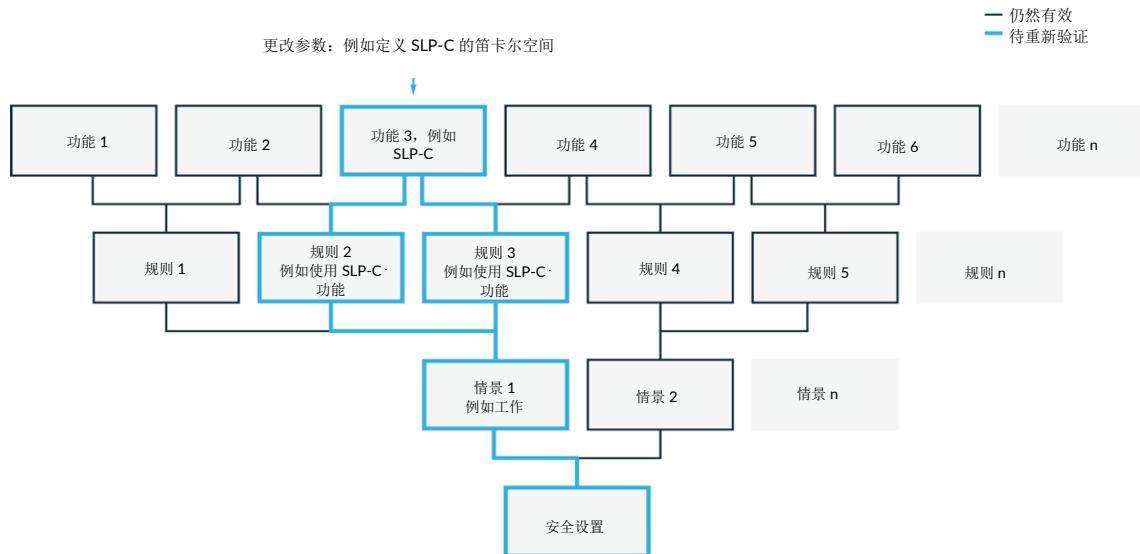


图 12.16 验证结构

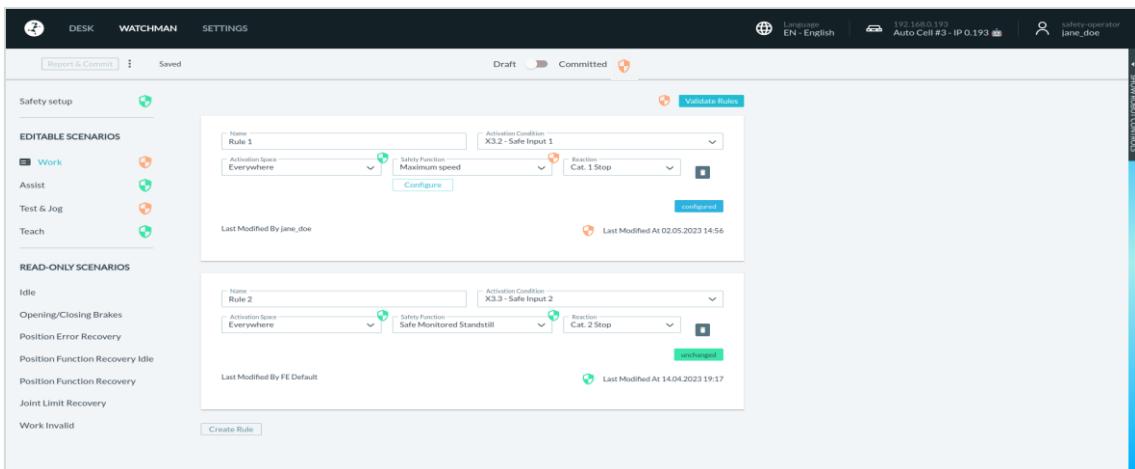


图 12.17 验证

未经验证的规则由右下角的橙色验证图标显示。为了验证一个场景，请点击所列规则上方的“Validate Rules（验证规则）”。

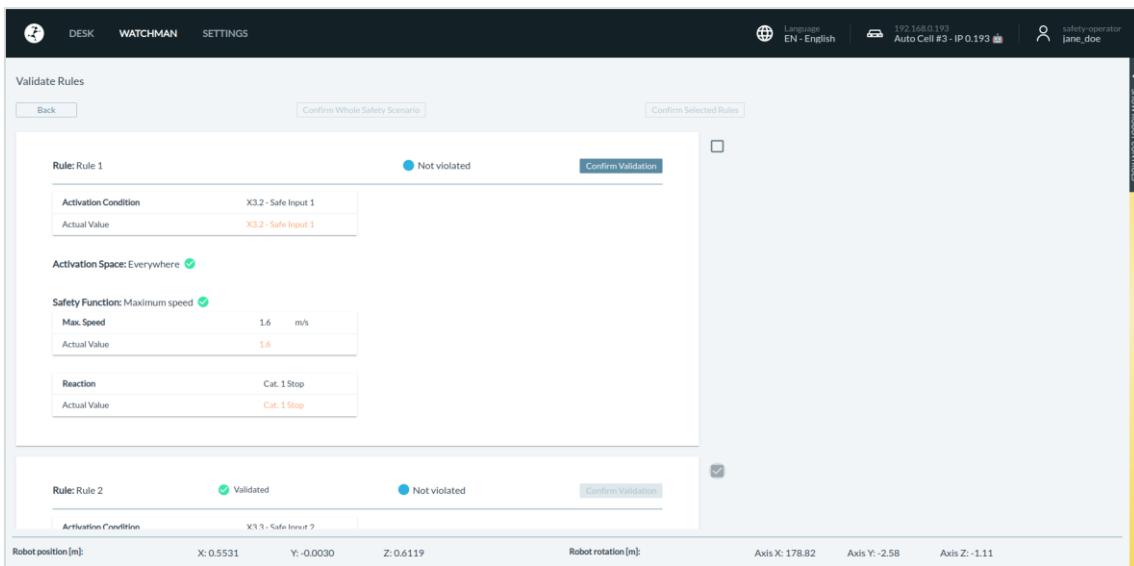


图 12.18 验证规则

现在，场景的所有规则都与相应参数一起列出。第一步必须在上述未经确认的规则中验证规则参数，然后验证规则本身。验证各种不同安全功能的方式描述如下：

#### 验证安全输入端

- 检查启用条件是否与风险分析中所定义的安全方案一致。
- 将外围设备连接到安全输入端上。
- 检查当输入端被触发时 Franka UI 中显示的状态是否发生变化。

#### SLP-C 和 SLO 的验证

- 检查安全功能的参数是否与风险分析中所定义的安全方案一致。

#### SLS-C 的验证

- 在“Programming（编程）”（编程）模式下引导机器人，引导时使其违反定义的规则。
- 检查当规则在预期的位置/方向上被违反时，Franka UI 中安全功能旁边显示的违反状态是否会改变。

#### SEEPO 的验证

- 检查所有预期情况下终端执行器的电源是否关闭。

#### 验证所有规则、场景和总配置

- 检查安全功能的参数是否与风险分析中所定义的安全方案一致。
- 在每个级别上检查组合启用触发器、安全功能、反应、规则和场景时，是否符合风险分析所定义的安全方案。

为了验证规则，请点击“Confirm Validation（确认验证）”或在待确认规则旁边打勾，然后点击规则上方的“Confirm Selected Rules（确认所选规则）”。

此时，所有规则都显示为已验证。

下一步点击“Confirm Whole Safety Scenario（确认整个安全场景）”，确认安全情景。现在，将再次显示 Watchman 概览，刚确认的安全情景现在显示为已验证。

所有未经验证的场景必须以上述方式处理。

验证完所有场景后，左上角会弹出“Report & Commit（报告和提交）”按钮。

## 安全设置 / Watchman

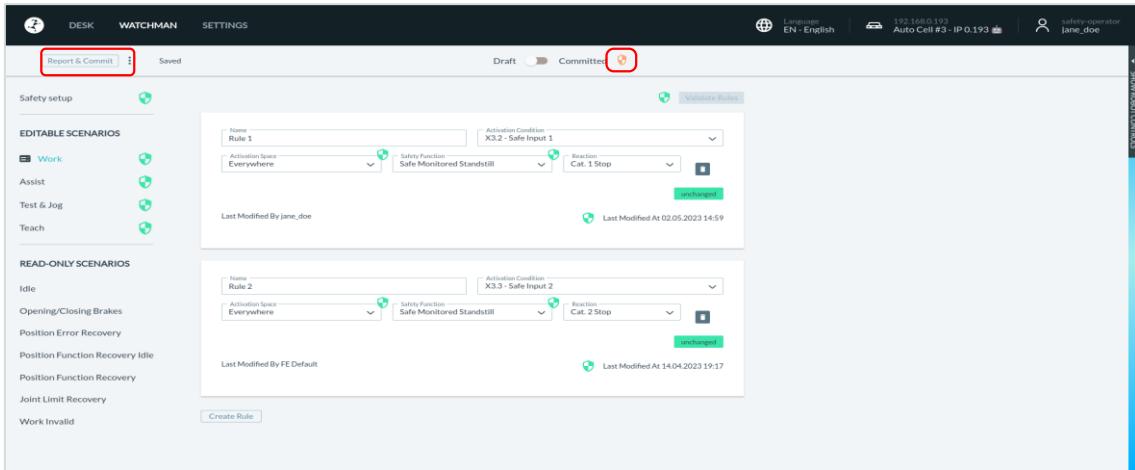


图 12.19 验证 Watchman

点击“Report & Commit（报告和提交）”按钮。打开由 Watchman 设置生成的安全报告。

该报告包含安全功能文件的所有相关说明，包括生成的校验和。

现在，必须将该报告打印出来，并签字。

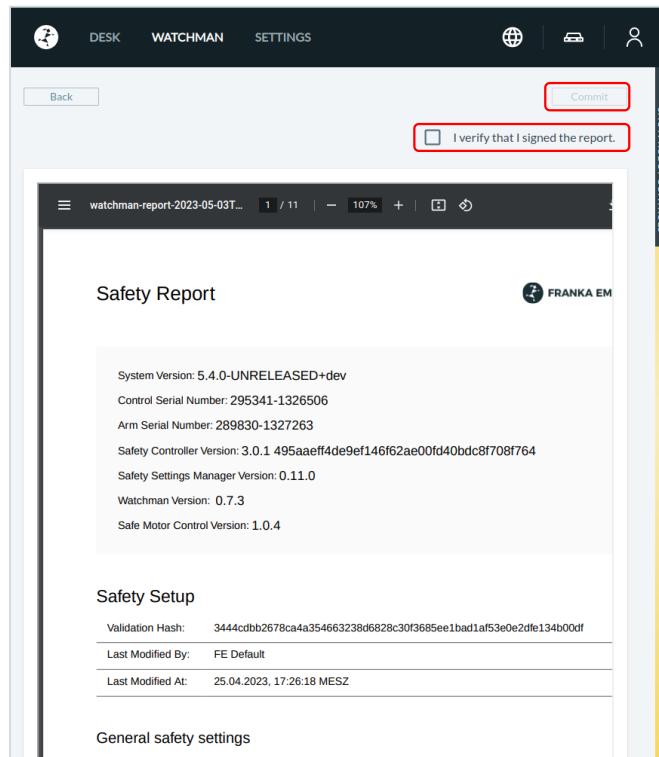


图 12.20 安全报告

勾选“*I verify that I signed the report*（我确认已在报告上签字）”，然后点击“Commit（提交）”，确认该报告已被打印和签字。

安全设置现在已被保存并在系统中应用。滑动开关旁边的验证图标现在为绿色，并显示为已验证状态。

通过点击滑动开关旁边的验证图标，将显示安全设置当前的校验和。

## 13 与 FRANKA PRODUCTION 3 一起工作

### 13.1 机器人基础知识

#### 关节空间

在关节空间中，用每个机器人关节的旋转角度来描述机器人位姿。大多数工业机器人有六个关节，相比之下，Franka Production 3 有七个关节。这能实现极高的灵活度。关节空间中的移动将所有关节从当前位置同时移至所定义的目标关节位姿。末端执行器的运动为关节旋转所致，不遵循特定路径（如，笛卡尔空间中的一条线）。

#### 笛卡尔空间

在笛卡尔空间中，用每个机器人关节的备选旋转角度来描述机器人位姿。此处，末端执行器的位置和定向是主要关注点。笛卡尔位姿的三维空间描述通常由三个确定末端执行器位置的长度值（以米为单位）和三个用于将末端执行器定向的值（以度为单位）组成。

更多关于机器人位姿的信息，请参见此章中的 **Redundancy**（冗余）部分。

笛卡尔空间中的移动能实现精准跟踪预定义的空间路径，如直线。位置变化称为平移，定向变化称为旋转。机器人的笛卡尔运动始终取决于基准坐标系，可通过 Desk “administration”（管理）部分中的末端执行器配置来为 Franka Production 3 配置。

#### 冗余

由于 Franka Production 3 有七个关节，机械臂可利用各种关节配置达到特定笛卡尔位姿。此功能被称为“冗余”。当末端执行器保持位姿不变时机器人仍可活动的部位通常称之为“肘部”，因其与人类手臂中手肘的运动能力相匹配。在示教或执行任务时，如用其绕开障碍物以抓取位于其后的物体，机械臂冗余能实现更大的灵活度。机器人肘部的行为可针对每种情境进行更改和调整。既可设置为自由移动，又可设置为固定。

#### 灵敏度

机械臂在所有七个关节均有扭矩传感器。其中，即便是作用在机械臂上最小的力，扭矩传感器也能识别并做出反应。此敏感度成就了多种功能和能力，诸如阻抗或灵敏碰撞检测。为实现最高灵敏度，须尽量对作用在机器人上的额外力提供最佳补偿，如，已安装的末端执行器。出于此原因，必须在 Franka UI 中尽量精确地配置末端执行器。

#### 阻抗

阻抗是一种机器人行为，效仿器械弹簧的能力。阻抗能与环境轻柔互动，如，不损坏易碎物体。改变阻抗的能力类似于人类手臂，通过绷紧肌肉来改变硬度，并能在执行任务时根据情况调整以增加强度。

#### 碰撞检测和反应

所有七个轴均已配备扭矩传感器。它们能随时提供当前作用在每个轴上的扭矩信息。结合 Franka Production 3 基于模型的控制器，可识别预期扭矩与实际扭矩之间的偏差。例如，如果机械臂在移动时意外触碰到一个物体，则一个或多个扭矩传感器将实时识别该接触。此类扭矩放大被界定为碰撞，并能停止机器人停止运动。

**注意**

机器人对碰撞的反应取决于用户编程，且并非安全特性。

**生成力**

机械臂正与其周围物体进行所预期的接触。在扭矩传感器信号的帮助下，电机可生成接触点上所定义的力。需要适当的 App 或编程以实现此目的。

**注意**

外部布线增加了机械臂的额外负载和扭矩，可能会影响 Franka Production 3 的控制性能。

## 13.2 Franka UI

### Login (登录)

调用 URL <https://robot.franka.de> 后，显示用户界面的登录界面。

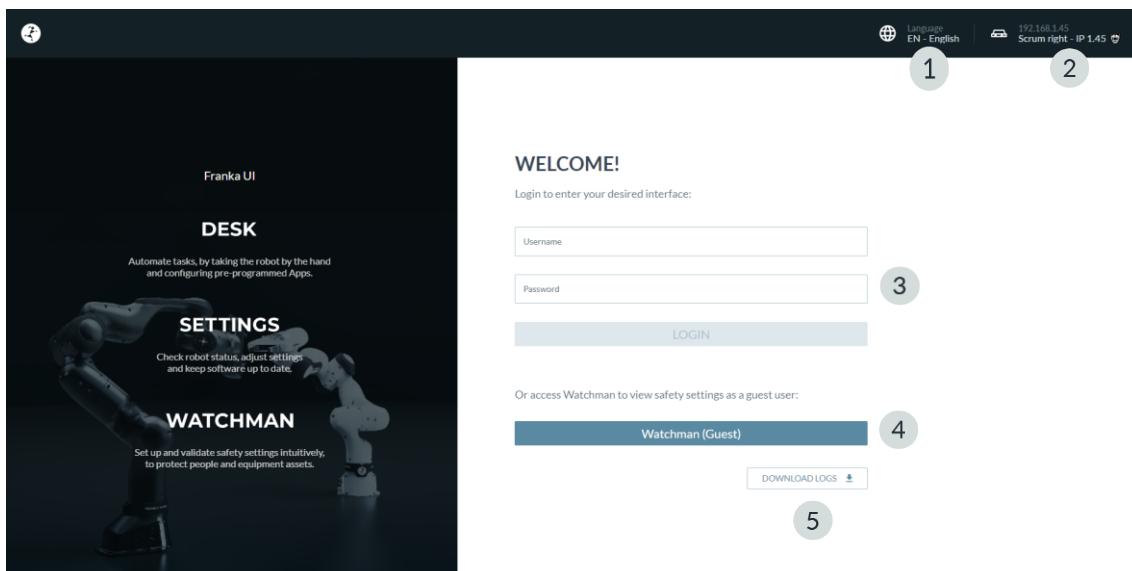


图 13.1 登录 Franka 用户界面

1	语言选择	4	Watchman
2	网络状态	5	Download (下载) 日志文件
3	Login (登录)		

#### 1 语言选择

点击选择用户界面的可用语言。

#### 2 网络状态

显示机器人的当前 IP 地址和机器人在 Franka World 中已注册的名称。

通过点击打开一个包含如下选择的菜单：

- [链接到 Franka World](#)，显示机器人是否连接到 Franka World (绿点或红点)。
- [Shut Down \(关机\)](#) 按钮，用于机器人关机。

- Manuals (手册) 按钮, 点击后将打开控制器的 Download (下载) 页面, 并可打开所有可用语言的用户手册。

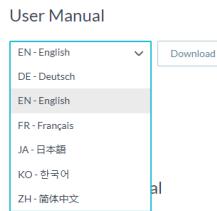


图 13.2 Download (下载) 用户手册

### 3 Login (登录)

登录输入界面; 用户登录后弹出 DESK 视图。

### 4 Watchman

在查看模式下直接进入 Watchman 用户界面。

### 5 Download Log (下载日志)

用于下载机器人日志文件的按钮。

## Desk

### 概览

Desk 是用于机器人任务配置的用户界面。为了打开 Desk, 在浏览器中输入以下 URL: <https://robot.franka.de>, 并登录。

可在 Desk 内创建任务。任务是按时间顺序排列的 APP。另一方面, APP 是一项任务的组成部分, 描述了 Franka Production 3 的基本技能, 例如“抓取”、“落放”或“按下按钮”。

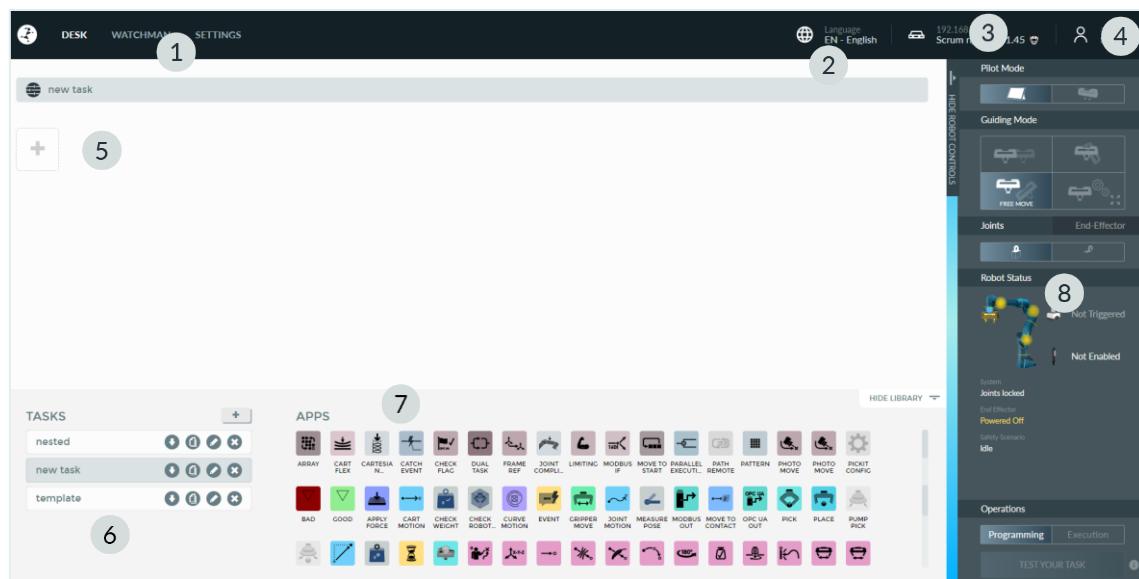


图 13.3 Desk

1	快速导航	5	时间线
2	语言选择	6	任务
3	网络状态	7	APP
4	Login Information (登录信息)	8	侧边栏

## 1 快速导航

用于在 DESK、WATCHMAN 和 SETTINGS（设置）视图之间快速切换。

## 2 语言选择

点击选择用户界面的可用语言。

## 3 网络状态

显示机器人的当前 IP 地址和机器人在 Franka World 中已注册的名称。通过点击打开一个包含如下选择的菜单：

- 链接到 Franka World； 显示机器人是否连接到 Franka World（绿点或红点）。
- Reboot 按钮； 用于重启机器人。
- Shut Down（关机）按钮； 用于机器人关机。
- Activate FCI（启用 FCI）按钮。
- Manuals（手册）按钮； 点击后将打开控制器的 Download（下载）页面，并可打开所有可用语言的用户手册。

## 4 Login Login Information（登录信息）

Login Information（登录信息）显示当前登录的用户及其角色。通过点击该按钮打开一个包含如下选择的菜单：

- Release Control（放行控制）； 解除对机器人的控制。
- Log Out（注销）； 将当前用户从用户界面上注销。

## 5 时间线

在时间线上布置您的 APP，以编程您的任务。时间线表示一项任务的时间顺序。

## 6 任务

机器人的所有已配置任务都列在“任务”区。您可在此处访问现有任务，并管理这些任务。此外，您可以选择创建、下载、克隆、重命名或删除任务。通过将当前或其他机器人下载的任务文件拖拽到“任务”区内，来导入任务。

其他 Franka Emika 机器人的任务不受 Franka Production 3 的支持。

### 提示

确保您始终为系统日志、安全日志和创建的任务创建了一个 Backup（备份）。

## 7 APP

Franka World 中所有已安装的 APP 均可在此处查看。DESK 区域的 APP 可以直接在“任务”区内使用。将所需的 APP 拖拽到时间线上，以供使用和配置。

## 8 侧边栏

用户可以在侧边栏通过选择 Pilot 模式 (1)、选择手动引导模式 (2)、锁定/解锁关节 (3) 或打开和关闭终端执行器 (4) 来控制机器人。其显示机器人的当前状态和重要信息 (5 和 6)。其还允许更改运行模式 (7) 和启动任务 (8)，以供运行或测试。

**1 Pilot 模式:**

在桌面控制和末端效应器控制之间进行切换 g

**2 引导模式:**

- 翻译
- 旋转
- 自由移动
- 自定义运动

**3 锁定接头:**

- 锁定
- 解锁

**4 激活终端效应器:**

- 通电
- 关掉

**5 状态显示机器人**

状态和信息

**6 状态栏**

用颜色表示机器人的状态, 见第 11.1 章"启动"中的颜色表。

**7 操作模式**

- 编程
- 执行

**8 开始执行**

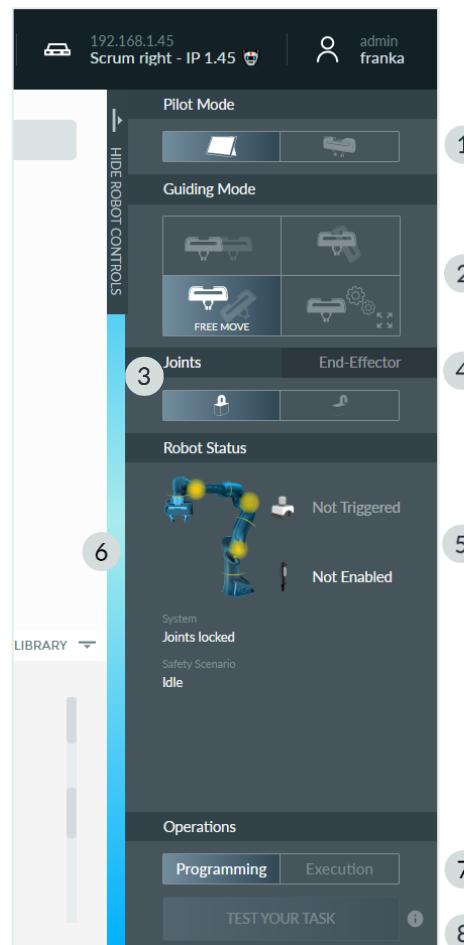


图 13.4 DESK 侧边栏

## Watchman

只有安全操作员可以通过 Watchman 网络应用程序编辑、验证和集成安全设置。但每个用户都有权查看 Watchman 中的当前安全设置。

为了查看 Watchman 的当前安全设置，请点击顶部菜单栏的“WATCHMAN”或在浏览器中调用 <https://robot.franka.de/watchman>。

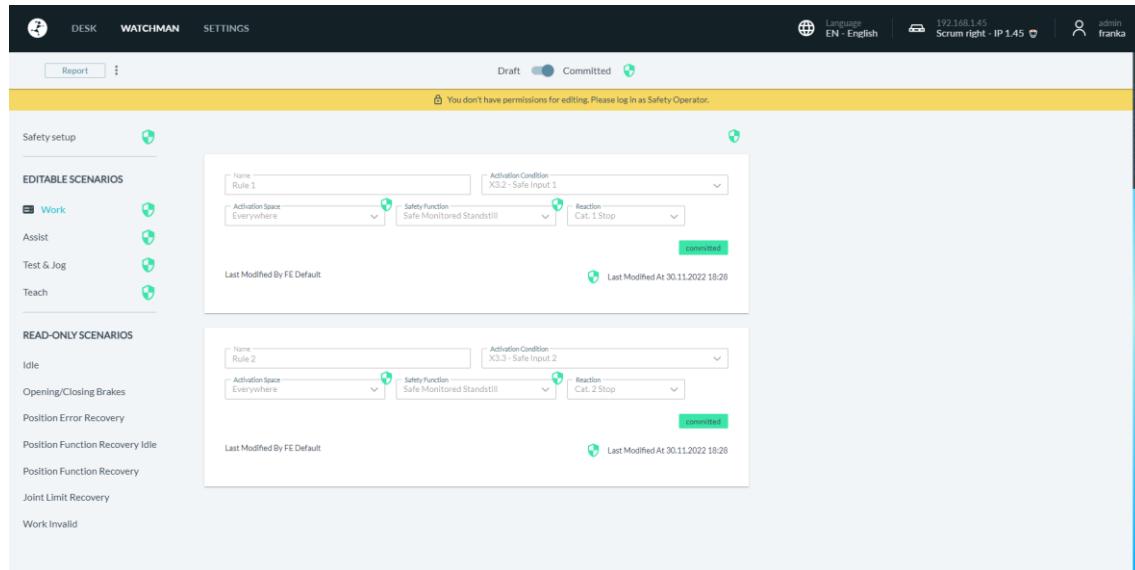


图 13.5 Watchman

有关用户界面的详细说明和机器人安全设置的配置方法，请参见章节 12 „安全设置 / Watchman“。

## (设置界面)

设置界面为管理员提供了配置机器人的各种功能。

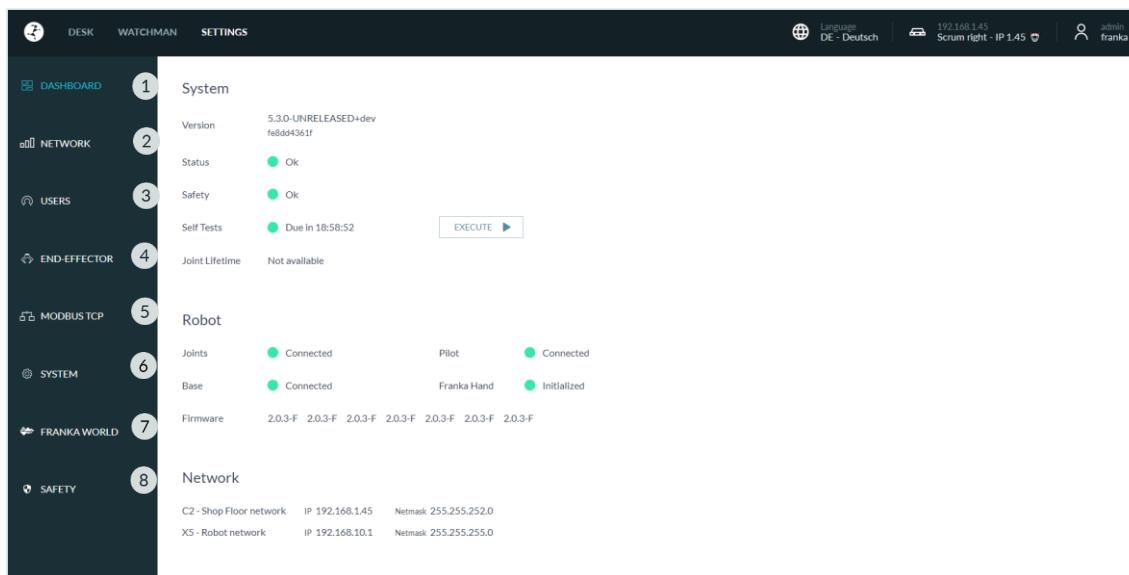


图 13.6 设置菜单

1	系统概览	5	Modbus TCP 设置
---	------	---	---------------

2	网络设置	6	系统设置
3	用户管理	7	Franka World 同步
4	终端执行器配置	8	Safety (安全性)

## 1 系统状态概览

- 控制器的系统信息
- 臂架的系统信息
- 所连接网络的信息

## 2 管理网络配置

- X5 机器人网络的地址配置
- 公司网络 C2 的配置

## 3 用户管理

- 创建、编辑和删除用户

## 4 终端执行器配置

- 启用终端执行器的电源
- 终端执行器选择
- 终端执行器参数配置

## 5 Modbus 配置

- Download Modbus Manual (下载 Modbus 手册)
- 启用 Modbus 功能
- Upload (上传) 和 Download (下载) Modbus 配置

## 6 系统设置

- 下载系统日志
- 恢复出厂设置
- 以包装位姿行驶

## 7 Franka World 同步

- 安装 APP 和功能
- Franka World 的软件更新

## 8 安全设置

- 下载安全日志
- 配置动作引导的等待时间
- 配置 SPoC(Single Point of Control) 单点控制) 令牌的强制超时

## 13.3 App

App 融合了 Franka Production 3 系统的所有复杂性，并代表了生产过程的模块化构造块，诸如抓取、插接、插入和拧紧。利用 Desk，可排列 App 以迅速创建完整任务。所创建的任务可以迅速调整、重复使用或运用到多个机器人中，以显著降低设定成本。通过演示功能展示 Franka Production 3 位姿，或添加诸如速度、时长、力和触发动作等上下文相关参数，可设置单个 App 和任务的参数。



请通过 <https://franka.world> 访问我们的商店，浏览不断增加的 App 和解决方案系列产品。

## 13.4 操作模式

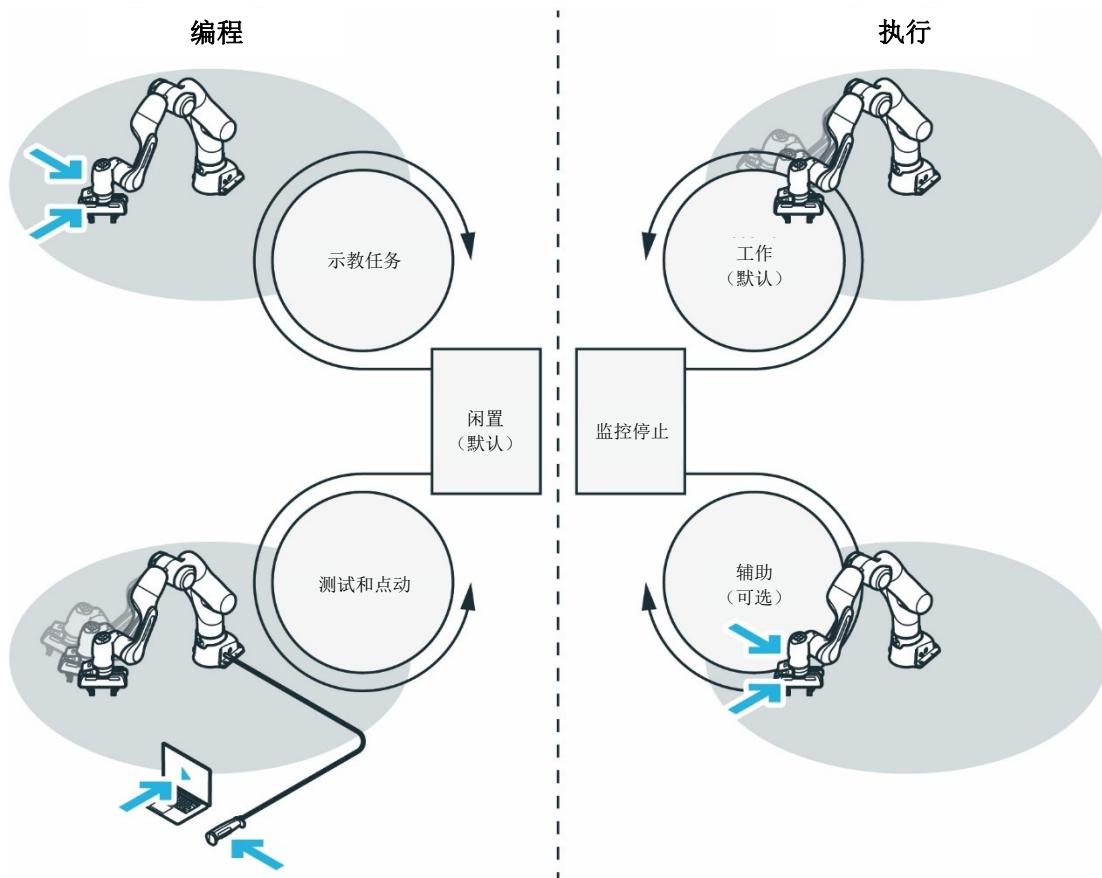


图 13.7 运行模式概览

Franka Production 3 提供了下列操作模式：

### 1. 编程

- 闲置（默认）
- 示教任务（启用按钮、引导按钮）
- 测试和点动（外部支持设备、Desk 中的长按以运行按钮）

### 2. 执行

- 工作（默认）
- 受监控的停止

- 辅助（启用按钮、引导按钮）

## 切换

使用 Desk 侧边栏中的切换开关在通用“Programming”（编程）和“Execution”（执行）模式之间切换。特定用户互动会在通用模式中默认选择所有其他模式，如，在“Programming”（编程）中按下外部支持设备。

通用操作模式也可通过现场总线控制来切换。

## 典型的编程方法

通过 Franka Production 3 编程时，请按以下步骤进行：

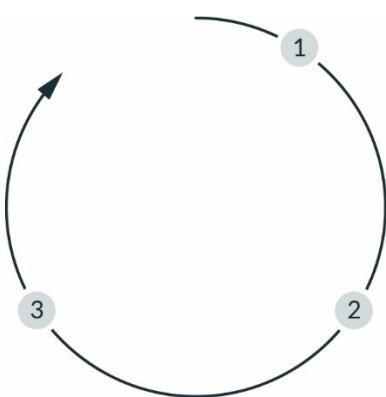


图 13.8 操作方式

## 操作步骤

1	示教任务	3	运行任务
2	测试和点动		

与 FRANKA PRODUCTION 3 一起工作时，请遵照下方流程：

### 示教任务 (1)

示教 Franka Production 3 任务

### 测试和点动 (2)

撤出最大空间并检查所示教任务是否被正确执行。为此，可限制速度，且可随时停止执行。

### 运行任务 (3)

任务一经示教，则 Franka Production 3 能自动执行任务。

### 13.4.1 编程

编程模式为可对机器人编程以执行特定任务的操作模式。

#### 示教任务（引导支持设备）

管理员通过为任务及其 App 设置参数来示教机器人。通过用 Pilot 手柄处的启用和引导按钮手动引导机器人来完成此事。请参见 13.6 „示教任务“章节。

#### 测试和点动（外部支持设备）

管理员在避开机器人的同时测试并监控执行。使用通过专用 X4 端口连至机器人的外部支持设备。更多信息，请参见测试和点动章节。

### 13.4.2 执行

执行模式为机器人执行之前已示教任务的操作模式。

#### 工作

工作模式下，自动执行任务而无需激活外部支持设备。更多信息，请参见工作章节。

#### 受监控的停止

机器人处于受监督的静止状态。此模式存在于下列情况中：

已连至用 SMSS 安全功能以专用安全规则配置的安全输入的安全传感器检测到人类存在。

一个过渡模式，用于为用户提供辅助模式。

#### 辅助

如果手动引导是应用的组成部分，则此模式可在执行过程中使用。只有在所定义的协作空间中才允许此模式。

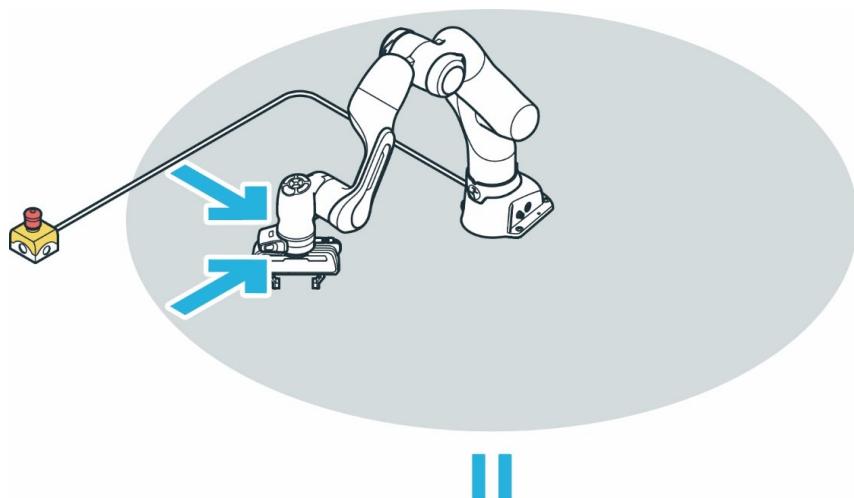


图 13.9 Assist (辅助) 操作

#### ⚠ 警告

##### 高温表面和手动引导

在高于 30 °C 的环境温度下，机器人表面可能会太烫而不能触摸。因此，高于 30 °C 时，不允许在自动模式下使用辅助功能。

### 13.4.3 状态指示灯概述

基座两侧的状态灯呈现相应的颜色，与交通信号灯类似。在启动过程中，当 Franka Production 3 要求关注时，或当用户输入了值时，状态灯会慢闪。在其他过程中，灯光点亮与 Franka Production 3 状态相应的颜色。Pilot 盘中间的一个圆形状态灯也会指示 Franka Production 3 的状态。

当操作人员正在与机械臂互动时，Pilot 盘上的状态灯关闭。

更多关于颜色行为的信息，请参见启动章节。

#### ⚠ 警告

##### 机械臂危险且不受控的运动

重伤风险，如机械臂和末端执行器造成的皮肤压伤撕裂和刺伤。

- 确保末端执行器和/或物体质量以及质心 (CoM) 参数设置正确。
- 在操作期间需远离工作空间。

#### 注意

示教或手动引导模式下的运动速度为预设速度。可根据机械臂风险评审来降低此应用中的速度。

### 13.4.4 操作模式分步概览及相应状态指示灯

#### 1. 启动控制器。

故障保护锁止系统已激活，且运动已机械锁止。

在启动过程中，灯慢闪白色。

启动时，灯常亮蓝色，指示制动器仍接合。

#### 2. 点击 Desk 侧边栏中的“unlock joints”（解锁关节），以打开故障保护锁止系统。

指示灯常亮白色。

在解锁过程中，灯慢闪蓝色。

解锁之后，灯又常亮蓝色。

Desk 侧边栏显示“joints unlocked”（关节已解锁）。

Franka Production 3 处于工作模式。

#### 3. 在 Desk 中切换至“Programming”（编程）模式。

Franka Production 3 处于“idle”（闲置）模式。

指示灯常亮白色。

4. 半按启用按钮的同时，按下引导按钮以手动引导机械臂以用于示教。

指示灯常亮白色。

5. 松开按钮。

Franka Production 3 处于“idle”（闲置）状态。

指示灯常亮白色。

6. 离开最大空间并带好外部支持设备和紧急停止装置以执行测试和点动。

7. 按下外部支持设备。

Franka Production 3 处于“Test & Jog”（测试和点动）模式。

灯常亮蓝色。

8. 按下 Desk 中的“Play”（开始操作）按钮。

如果已配置倒计时（请参见 Franka UI 章节的启动动作部分），则机器人的指示灯将快闪绿色，直至倒计时完成。

而后，开始执行任务。

在执行过程中，机器人灯点亮绿色。

若出现错误或安全违规，则灯变成红色。

如果存在相互冲突的安全输入，则灯变成粉色（慢闪）。

9. 在 Desk 中切换至“Execution”（执行）模式。

Franka Production 3 进入“Work”（工作）模式。

灯点亮蓝色。

可在没有外部支持设备的情况下执行任务。

在执行过程中，灯点亮绿色。

通过从安全配置（如，从安全输入）触发一个安全监控的静止，Franka Production 3 进入“monitored stop mode”（受监控的停止模式）。

10. 按下引导按钮和启用按钮。

Franka Production 3 进入“Assist”（辅助）模式并能作为任务的组成部分接受引导。

## 13.5 单点控制

系统提供单点控制 (SPoC) 功能以遵守法规。这意味着每次只有一位用户能触发关键动作，即，编辑系统设置和任务，或触发类似解锁关节和运行任务的激活的机器人动作。正在控制的用户会获得所分配的 SPoC 软件令牌。

SPoC 同意适用于现场总线。请参见此章 **Fieldbus control** (现场总线控制) 部分。

### 注意

即使没有 SPoC 令牌，也能触发非关键动作，诸如停止正在运行的任务或锁定机器人制动器。

### 获取控制权

当用可用令牌连至机器人时，通过在登录后接受显示的对话框即可获取控制权。令牌现已分配给您。其他用户未经您同意无法控制机器人。

### 请求控制权

当通过其他用户持有的令牌连至机器人时，可通过在登录后接受显示的对话框来请求控制权。会在屏幕上为控制用户显示一个控制请求对话框。如果控制用户授予访问权，则令牌会被重新分配给请求用户。如果控制用户拒绝授予访问权，则令牌仍归控制用户所有。

### 注意

建议在系统设置中为每个用户设定带姓名的简介以提高可追溯性。那样一来，系统就能告知新连接的用户当前正在控制机器人的人。

用户请求控制权：

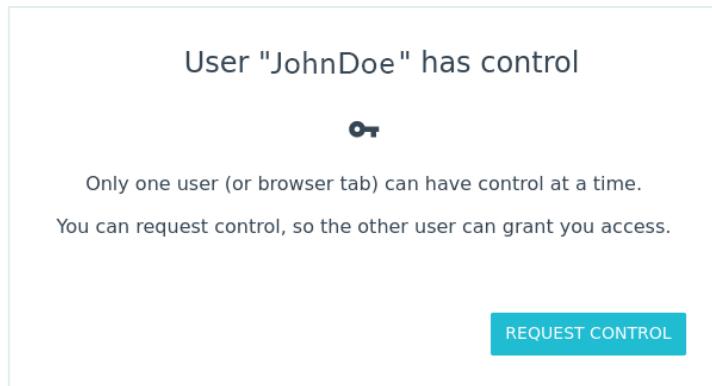


图 13.10 用户要求

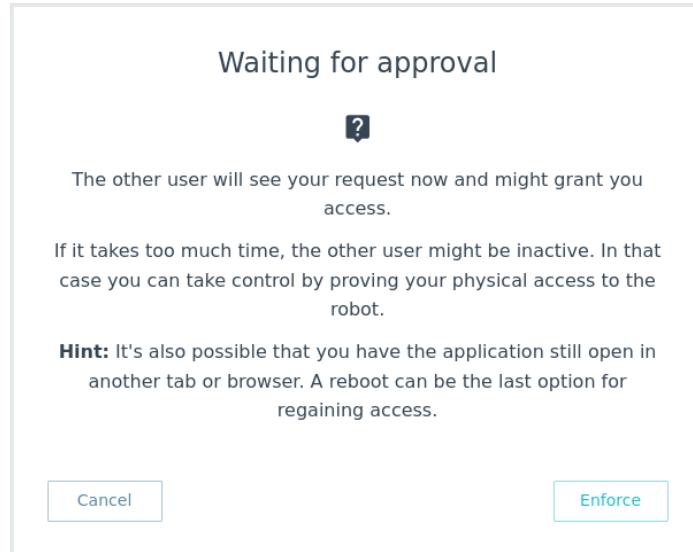


图 13.11 用户管理：等待确认

拥有 SPoC 令牌的用户会收到控制权请求：

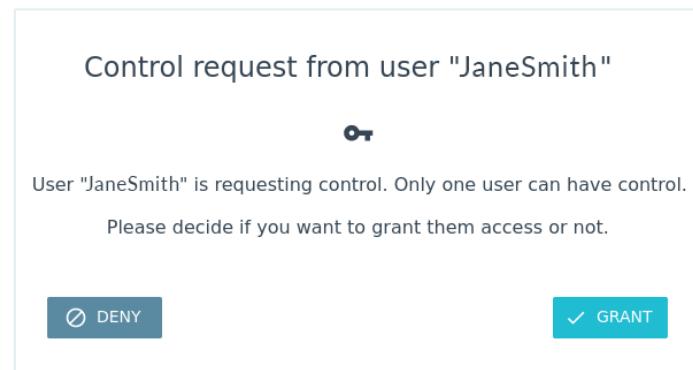


图 13.12 用户请求

### 强制获取控制权

如果用户拥有机器人物理访问权，则能强制获取控制权。该用户可在登录后显示的对话框中选择强制获取控制权，而非请求控制权。选择强制获取控制权之后，请求用户会拥有一个时间范围，其间可按下机器人 Pilot 上的蓝色圆圈以获取控制权。会在此时间范围内将强制尝试告知控制用户。然后控制用户就能同意或拒绝控制权。

#### 注意

在系统设置中调整控制权强制获取的时间窗口。时间窗口默认设置为 30 秒。

新用户强制获取控制权

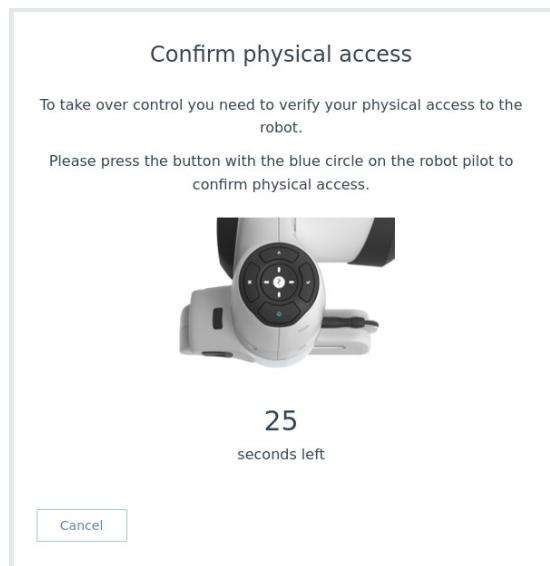


图 13.13 强制解除控制

### 释放控制权

在控制用户完成与机器人工作之后，控制用户可在机器人菜单中释放控制权。这将冻结控制用户的访问权并释放令牌。其他用户现在可以接连至机器人并获取控制权。如果控制用户注销，也会释放控制权。

### 现场总线控制

能通过现场总线接口控制机器人。单点控制也适用于现场总线接口。已为受支持的现场总线协议提供所需的功能，但在连接实施过程中必须加以考量。数据访问和非关键动作能通过现场总线实现，无需考虑令牌状态。

Franka Production 3 执行 OPC UA 服务器功能。

#### 注意

所有现场总线拥有与操作人员角色相同的权限。

#### 注意

如果通过现场总线协议控制机器人，则尝试通过 Desk 获取控制权的其他用户无请求程序可用。当 Desk 用户获取控制权时，会自动将令牌从现场总线协议重新分配给该用户。



更多关于使用 Modbus OPC UA 的方法，请参见 Franka World 处对应的手册。

## 13.6 示教任务



警告

### 引导过程中的受伤风险

引导过程中的皮肤撕裂或刺伤风险。

- 请勿在最大空间中放置锐边物体。
- 请勿在最大空间中存放任何尖头物体。
- 更多信息，请参阅 Franka Production 3 使用与定位实用提示章节。



注意

在用 Franka Production 3 执行任何任务之前，确保先阅读启动章节。

### 13.6.1 创建任务

程序

1. 点击任务中的“+”号，以创建和选择一项新任务。

用空白时间线创建一项新任务。

2. 从 App 中拖放相关 App 至时间线以编程一项单个任务。  
或者，双击相关 App。
3. 通过拖放 App 将其按所需序列排列。  
从左到右执行已编程的任务。
4. 从时间线拖放相关 App 至 App，以从任务中移除 App。
5. 或者，右键单击 App 以打开一个下拉菜单，您从中可激活、停用或删除单个 App。
6. 点击时间线中的任务名称，以更改任务级别设置，如，执行速度。

### 13.6.2 任务设置

程序

1. 点击 Desk 左上角的任务名称。
2. 设置机器人速度参数、柔度/刚度和敏感度阈值。



注意

导航和参数设置也能通过 Pilot 上的按钮完成。

### 13.6.3 App 参数设置

#### ⚠ 警告

##### 初始安装过程中来自末端执行器的坠物

从夹爪上掉落的物体会导致手、手指、脚和脚趾受伤。

- 务必穿戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 使用合适类型的夹爪以防物体掉落。
- 在遵照 10218-2 标准风险评估过程中需考量所抓取物体的形状、质地和重量。使用轻型和/或圆形物体能极大减小风险。
- 请勿将手伸到所抓取物体和与固体（如，桌子）之间。
- 请勿在启动前加载末端执行器，因为每次通电时制动器解锁后都可能“homing”（归位）。

在管理员创建一个任务并添加至少一个 App 之后，就可配置 App 参数。

先决条件：

- 已创建并选择在时间线中显示一个任务。
- 已添加一个 App 至任务。

程序

1. 若要在已创建任务中打开 App，请单击此 App  
相应的上下文菜单出现以便设置参数。
2. 遵照 App 上下文菜单中的指示来示教位姿。
3. 手动引导机器人至所需位姿。
4. 按下 Pilot 盘上的示教按钮以确认位姿。

更多关于 Pilot 盘及其按钮的信息，请参见 6.1 „机械臂“ 章节。

更多关于引导的信息，请参见 13.6 示教任务“ 章节的引导配置部分。

该 App 的上下文菜单可变，且包含一个或多个用于输入参数的步骤，如示教位姿或输入执行速度。

或者，右键单击 App 以打开一个下拉菜单，您从中可激活、停用或删除单个 App。

只有已激活的 App 才会被执行并需示教。

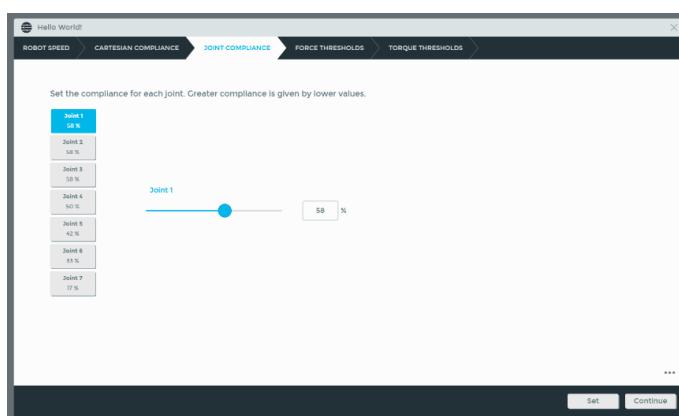


图 13.14 APP 参数化

### 注意

Pilot (按钮) 亦可用于导航和设置参数。

#### 13.6.4 位姿示教

##### ⚠ 小心

###### 机械臂意外移动

错误设置的质量和重心值可能导致受伤，如压伤。

- 检查所有末端执行器及其所抓取物体的质量和重心。
- 如必要则纠正这些值。

先决条件：

已添加一个具备位姿参数的 App 至任务。

程序

1. 通过点击来打开 App。

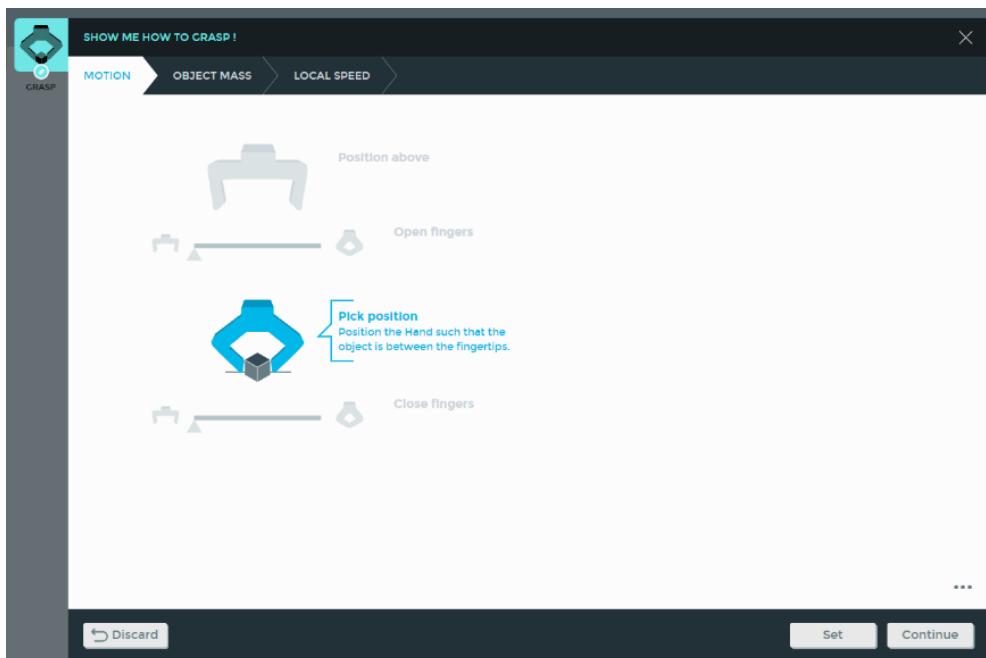


图 13.15 APP 的界面

2. 点击 App 中的必要步骤。

按照章节所述的说明引导臂架 13.6.7 引导。

3. 停止引导臂架。
4. 在达到正确位姿时松开按钮。
5. 通过按下示教按钮按钮以确认位姿。

现已完成在 App 中示教位姿。

### 13.6.5 位姿微调

程序

1. 点击应调整位姿的 APP。  
弹出上下文菜单。
2. 在上下文菜单中右键点击应调整的位姿。
3. 通过加/减按钮 (2), 单步调整终端执行器在平移和/或旋转中的笛卡尔位姿。调整位姿后, 可以使用“HOLD TO MOVE (保持动作)”按钮 (3) 将臂架移动到重新调整的位姿。  
通过“TAKE LIVE POS (接管实时位姿)”按钮 (4) 可以应用之前利用手动引导实现的位姿, 而通过“TAKE STORED POSE (接管保存的位姿)”按钮 (5) 可以再次将当前存储在控制器中的位姿作为当前配置应用。
4. 为了保存该位姿, 请点击“SAVE (保存)”按钮 (1)。  
该位姿被调整。

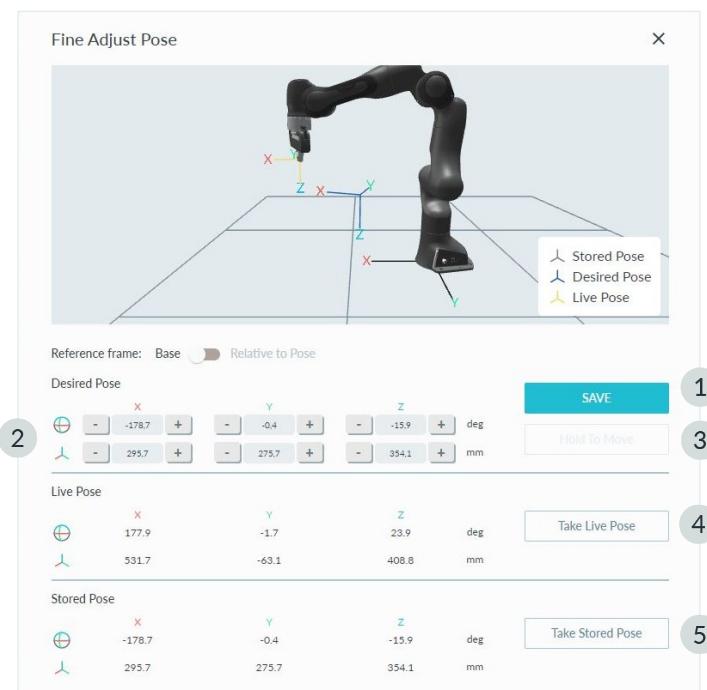


图 13.16 位姿微调 APP

### 13.6.6 引导配置

在引导模式下, 机械臂移动遵循侧边栏显示的相应引导配置。可通过按下 Pilot 手柄顶端的引导模式按钮来更改引导配置。也能从侧边栏中选择所需配置。下列配置可选:

- 平移模式  
机械臂移动只能用于更改末端执行器的笛卡尔位置。在进入引导模式之前, 定向保持原状态。
- 旋转模式  
机械臂移动只能用于更改末端执行器的笛卡尔定向。在进入引导模式之前, 位置保持原状态。基准坐标系为末端执行器的预定义坐标系。
- 自由模式  
可自由移动机械臂。所有七个关节均能移动。
- 用户模式  
用户能为每个笛卡尔平移和旋转轴定义引导行为。肘部可活动也可固定。

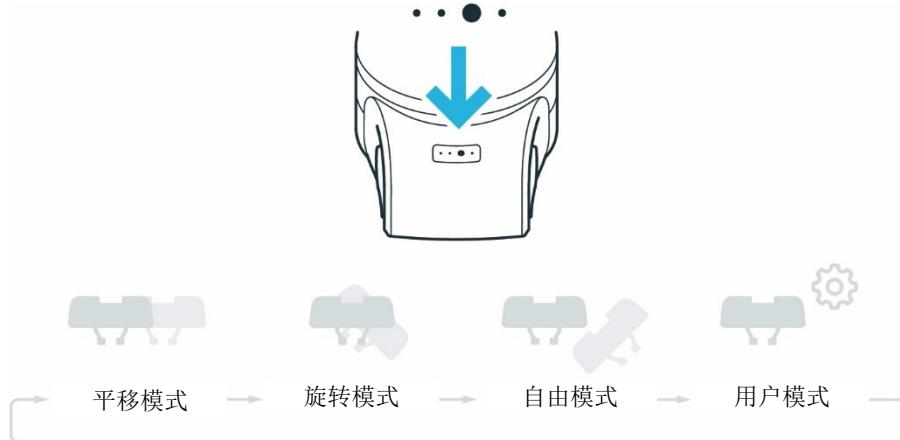


图 13.17 手动引导模式之间的切换概览



图 13.18 显示手动引导

如果选择“User mode”（用户模式），则用户能选择引导限制条件。



图 13.19 设置用户自定义的手动引导

#### 必要引导部件

用 Pilot 来引导机械臂。

#### 注意

直接通过触摸屏或使用鼠标/键盘操作 Desk。

#### 注意

示教或手动引导模式下的运动速度为预设速度。可根据机械臂风险评审来降低此应用中的速度。

## 安全指示

先决条件:

1. 必须打开并启动控制器。
2. 所有连至 X3 的外部装置都必须允许移动。
3. 紧急停止已松开。

程序

- 离开最大空间并确保最大空间内无其他人。
- 在 Desk 上, 点击 “Unlock joints” (解锁关节)。  
七个轴每一个均进行一次小幅移动且能听到七个咔哒声。  
机械臂现处于闲置模式或受监控的停止。
- 回到最大空间内并启动引导。



更多关于 Pilot 的信息, 请参见 6.1 „机械臂“ 章节。



更多信息, 请参见 Franka Production 3 的使用与定位实用提示章节。

### 13.6.7 引导

#### ⚠ 小心

##### 机械臂意外移动

错误设置的质量和重心值可能导致受伤，如压伤。

- 检查所有末端执行器及其所抓取物体的质量和重心。
- 如必要则纠正这些值。

#### 程序

1. 按下引导按钮并半按启用按钮。

现已启用引导。

机器人基座变成白灯。

2. 手动引导臂架。
3. 结束臂架的手动引导。
4. 当达到正确的位姿时，松开该按钮。
5. 按下教授按钮后确认该位姿。

此时 APP 中的位姿教学已完成。

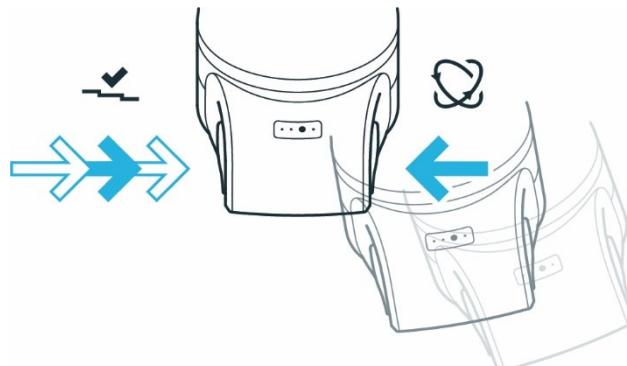


图 13.20 手动引导的确认

#### 注意

请勿用外部启用按钮来引导机器人，因其会导致错误。

#### 注意

锁止时请勿引导机械臂。

#### 注意

手动引导过程中所传递的震动低于  $2.5 \text{ m/s}^2$ 。已遵照 DIN EN 1032:2009-02 标准中所定义的测试方法进行测试。

## 13.6.8 编辑末端执行器设置

正确配置对于操作 Franka Production 3 至关重要。如果配置不正确，则无法完全补偿引力，且机械臂会操纵至错误的目标值。

程序

1. 转到 Desk。
2. 点击 **Settings**（设置）。
3. 选择末端执行器子菜单。  
*打开输入掩码。*
4. 输入对应技术数据，如，质量或质量惯性矩阵。

若出现错误配置，则可能发生下列行为：

- 在引导模式下，机械臂朝特定方向拉动。
- 操作模式的控制可能受影响，以至于机械臂碰撞检测的预期灵敏度下降。
- 跟踪行为可能会受到影响。

任务一经示教且已设置正确的末端执行器设置，就切换至测试和点动，以合理执行速度测试任务。确保没有碰撞且一切工作良好，同时能通过松开外部支持设备来随时停止。

## 13.7 测试和点动

### 注意

在用 Franka Production 3 执行任何任务之前，确保先阅读第 11 章内容。

### 开始运动

用于任务执行的备选倒计时，可在设置中配置和编辑。

在测试和点动模式或工作模式下启动一个任务时，会在执行任务之前显示倒计时。在倒计时过程中，机器人基座上的 LED 通过快闪绿色提示已启动的任务。

### 注意

重新启动系统之后，令牌将被重置。

### 注意

在系统设置中调整等待时间。等待时间默认设置为 0 秒。

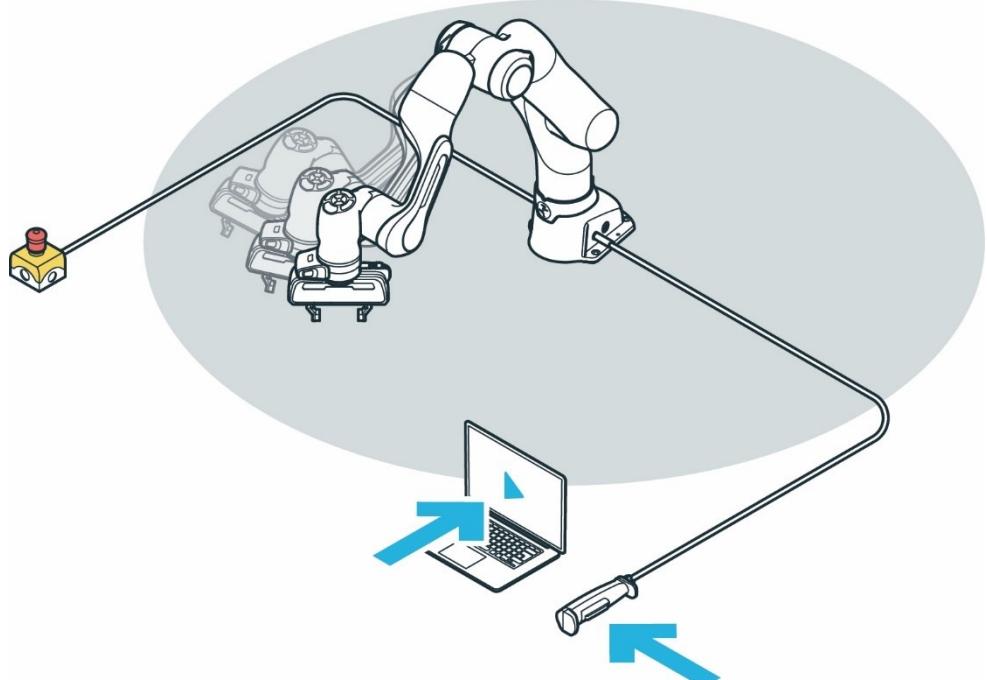


图 13.21 测试和点动模式

## 测试

### 安全指示

先决条件:

- 机器人已学会一个任务。
- 外部支持设备必须连至 X4。
- 操作人员必须已离开最大空间。
- 操作人员必须检查所有其他人员是否已离开安全区。
- 操作人员必须全神贯注地观察即将进行的机器人运动。

### 程序

按下外部支持设备上的按钮以启用机器人。备选: 在侧边栏“Operation”(操作)部分选择合适的执行速度。

默认速度为  $0.25m/s$ 。

长按侧边栏“Operation”(操作)部分中的测试和点动开始操作按钮。

如果松开开始操作按钮或外部支持设备，则会终结任务执行。

如果已配置一个倒计时或任务执行，则也会显示一个确认对话框。在倒计时过程中，仍可取消执行。在倒计时过程中机器人指示灯快闪绿色。

如果机器人按计划执行任务，则继续执行工作章节。

如需调整，则返回 **13.6 „示教任务“ 章节**。

### 注意

系统用最长 1 秒的超时监控 Franka UI “长按以运行控件”的连接。如果在按下“长按以运行控件”时检测到失去连接，则系统停止。。

## 13.8 工作

在工作模式下，机器人自动执行其任务。相对于测试和点动，没有外部支持设备作为安全防护，即需将操作人员与机械臂所产生的危险（参照 EN ISO 10218-1:2011 和 ISO 10218-2 标准）安全隔离开来。

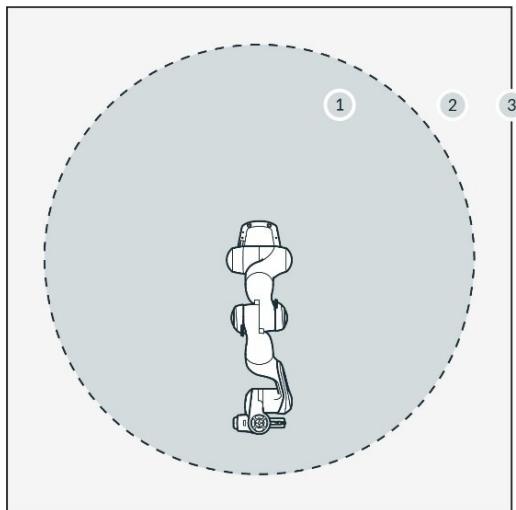


图 13.22 区域分配

1	最大空间	3	周边安全防护
2	安全防护空间		

先决条件：

- 已在“教授任务”中创建任务
- 已成功在“测试和点动”中测试任务。
- 安全系统正在无违规无错误运行

### 注意

务必评审执行的远程启动，并在安全设计（如，外部安全方法）以及机器人系统安全设置范围内实现安全理念。

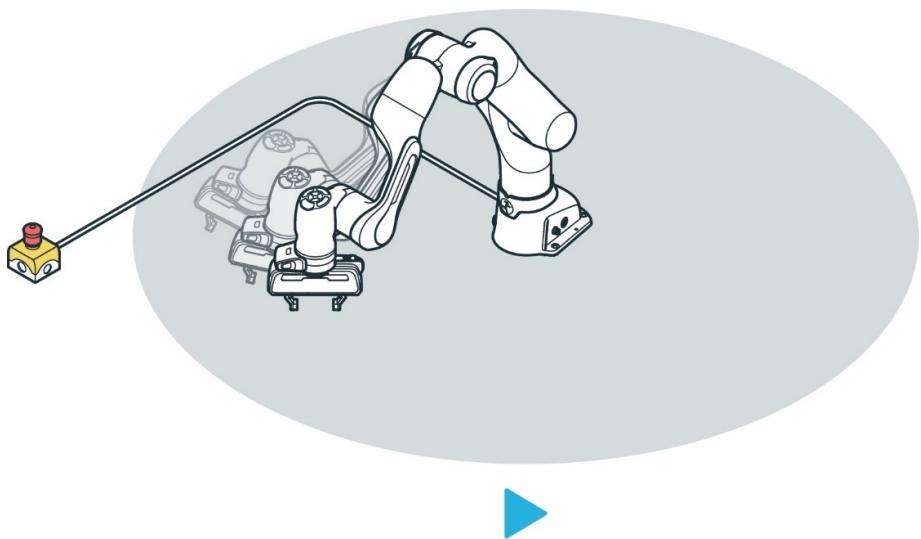


图 13.23 Work (工作) 模式

**注意**

操作过程中的噪音等级 < 70 dB (A)

程序

1. 切换到“Execution (执行)”运行模式
2. 按下 Desk 中的“Play”(开始操作)按钮。

会显示一个确认对话框。

3. 确认该对话框。

机器人执行所学会的任务。

**注意**

如果发生碰撞，则停止执行。会突出显示失效的 App，并显示错误描述。在此模式下，可用引导来移动机械臂，且可消除所有错误原因。

**注意**

所有错误消息都显示在侧边栏上。彼处，可查看关于错误的信息及其消除方法。

1. 若要继续执行，请为其中一个 App 按下开始操作按钮。
2. 按下停止按钮以结束任务。

**注意**

在实现特定单元安全性过程中必须评审远程执行启动。

## 13.9 Assist (辅助)

Assist (辅助) 模式是 Execution (执行) 运行模式的一种状态。根据 ISO 10218-1 标准，该模式可通过手动引导实现协作运行。该模式必须由 Watchman 中的安全调试工程师明确启用。

如果在执行任务期间机器人被带到 (Save Monitored Stand Still (具备安全限制的监控静止状态) (SMSS))，则在按下使能和手动引导按钮时，机器人会自动切换到 Assist (辅助) 模式。该状态显示在 DESK 内机器人的状态消息中。

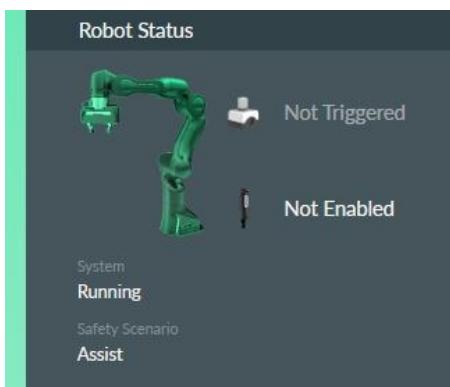
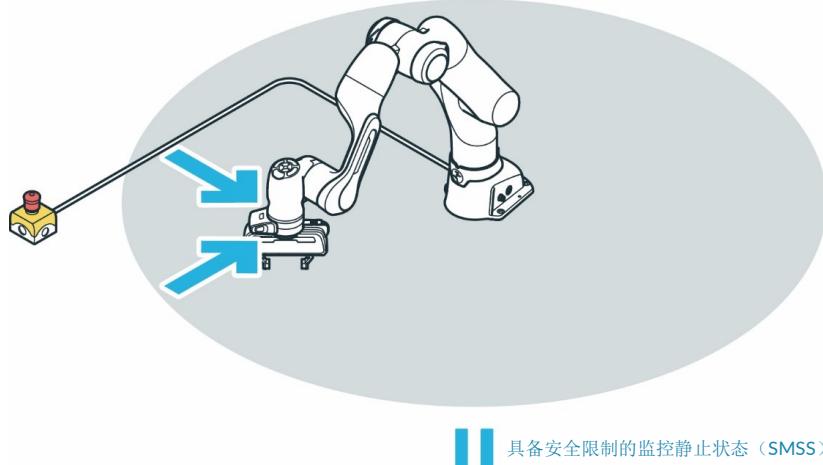


图 13.24 Assist (辅助) 模式提示

操作人员可在该模式下通过按下机器人 Pilot 手柄上的启用按钮在手动引导的情况下让机器人做动作。



具备安全限制的监控静止状态 (SMSS)

图 13.25 在 Assist (辅助) 模式下放行动作的条件

### ⚠ 警告

#### 高温表面和手动引导

当环境温度超过 30° C 时，表面可能会变得太烫而无法触摸。因此，当温度超过 30°C 时，不允许在自动模式下使用“Assist”（辅助）功能。

如果具备安全限制的监控静止状态 (SMSS) 的条件再次解除，机器人将继续执行已停止的任务，并移动到下一个位姿。

#### 启动 Assist (辅助) 模式的条件：

- 在 Watchman 的安全设置中启用的 Assist (辅助) 模式。该启用操作只能由安全调试工程师进行。
- 机器人必须处于已安全监控的静止状态 (SMSS)。为此，必须在 Watchman 的 Work (工作) 场景中创建一条规则，使机器人处于已安全监控的状态 (Save Monitored Stand Still (保存监控的静止状态))。

该规则的触发方式可能是处理一个安全输入信号（X3.2 或 X3.3）或进入一个已定义的安全空间。我们建议通过安全输入信号来触发已安全监控的静止状态。

- 按下使能和手动引导按钮。

**Assist（辅助）模式下的动作可能性：**

- 通过按下 Pilot 手柄上的使能和手动引导按钮，机器人可以在手动引导模式下自由移动。
- 在 Assist（辅助）模式下，已安装终端执行器的动作不会被放行。

**退出 Assist（辅助）模式：**

当松开启用按钮或手动引导按钮时，Assist（辅助）模式将自动退出。



小心

如果是通过被监控的空间触发已安全监控的静止状态，当松开被监控空间外的启用按钮或手动引导按钮时，机器人会立即移动至下一个位姿。因此，需计划一个安全输入端（X3.2 或 X3.3），以使用 Assist（辅助）模式启动具备安全限制的监控静止状态 (SMSS)。

## 13.10 故障排除

### 可恢复的错误

可恢复的安全错误列表，请参见安全功能章节。

错误	解决方案
Franka Production 3 指示灯点亮白色	可能未正确按下 Pilot 手柄上两个按钮其中一个。松开两个按钮，并在半按启用按钮的同时再次按下引导按钮。 切勿完全按下启用按钮，否则机械臂将停止运动。
Franka Production 3 指示灯变成粉色	系统正收到相互冲突的启用信号。 再次移动机械臂之前请关闭所有输入。已打开的 X3.1（紧急停止）和 X4（外部支持设备）在 Desk 中以粉色突出显示。
Franka Production 3 指示灯点亮或闪烁黄色	系统已识别系统中的一个警告。 在有激活的警告的情况下系统是否工作取决于警告类型。
Franka Production 3 指示灯闪烁红色	已出现应用错误或安全违规。 在系统的故障保护锁止系统能从 Desk 再次解锁之前，必须解决错误或违规。
Franka Production 3 指示灯点亮红色	存在问题。 如果重启系统无法纠正此问题，则请联系合作伙伴、服务供应商或直接联系我们，邮箱地址： <a href="mailto:support@franka.de">support@franka.de</a> 。

### 机械臂在示教过程中朝一个方向大力拉动

立即检查末端执行器设置，并确保已选择和配置正确的末端执行器。确保 Franka Production 3 安装在处于允许倾斜公差范围内的平坦表面上。

如果连至第三方或量身定制末端执行器，则需确保已通过更新转换矩阵为其正确补偿。若要设置正确的模具中心点，请调整重量，相对于法兰设置质心。

#### 注意

如果已安装第三方或量身定制末端执行器，则检查下列内容：

1. 更新转换矩阵以设置正确的模具中心点。
2. 调整末端执行器重量。
3. 相对于法兰设置质心。
4. 更新惯性矩阵。

如果问题仍然存在，则请联系服务合作伙伴或客户支持，邮箱地址为 [support@franka.de](mailto:support@franka.de)。问题解决之前请勿操作系统。

若有重型外部布线，则偏移不可避免，因其不能为所有位姿用 Franka Production 3 设置来补偿。

### 关机时巨大咔哒声

咔嗒声为故障保护锁止系统动作所致，属于正常现象。锁止销锁入关节以将其机械所致。

## 关节极限错误

如果发生关节极限错误，机器人的一个关节被移出了允许的运动范围。出现以下错误信息：



图 13.26 消息 "A Joint limit has been violated (违反了一个联合限制)"

这个错误只能由安全操作员来纠正。如果安全操作人员已经登录，会出现 "START RECOVERY" 按钮。

点击 "START RECOVERY" 开始恢复接头错误的程序。一个对话框打开，显示受影响的关节的表示。

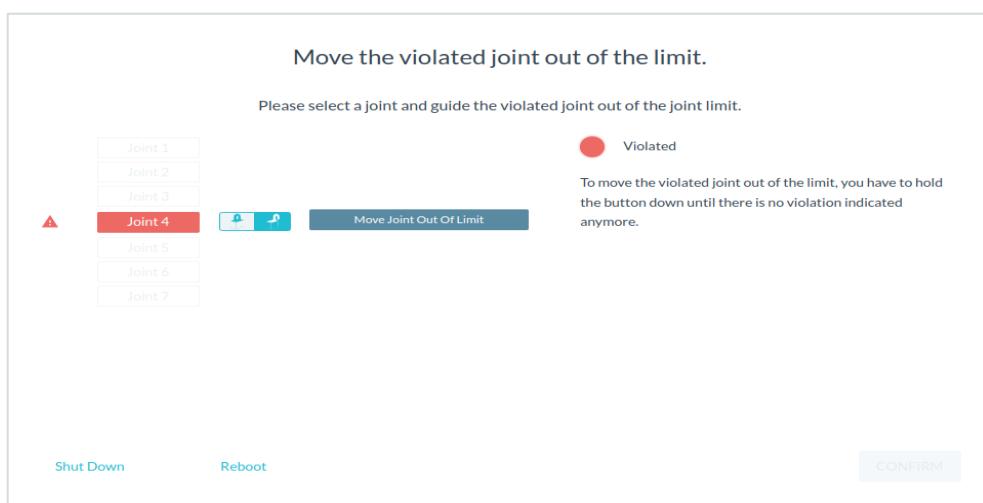


图 13.27 显示错误关节的消息

现在操作外部同意设备，并点击 "将关节移出极限"。按住两者，直到出现以下信息：

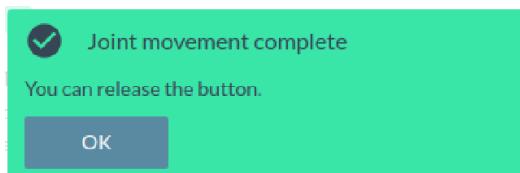


图 13.28 确认关节恢复到了极限范围内

关节现在又在运动限制之内了。现在点击 "确认"，从而完成修复过程。

## 关节位置错误

当发生关节位置错误的情况时，关节的位置数据在控制器中已经丢失。例如，制动器打开时跳电将引发这种情况。为了排除该错误，需要一个恢复位置分配或关节校准的程序。该错误在 DESK 上由以下消息显示。



图 13.29 消息“Joint position error detected（探测到关节位置错误）”

错误排除只能由安全调试工程师进行。当安全调试工程师登录时，会弹出一个“START RECOVERY（开始恢复）”按钮。

点击“START RECOVERY（开始恢复）”按钮之后，会弹出一条显示错误关节的消息。

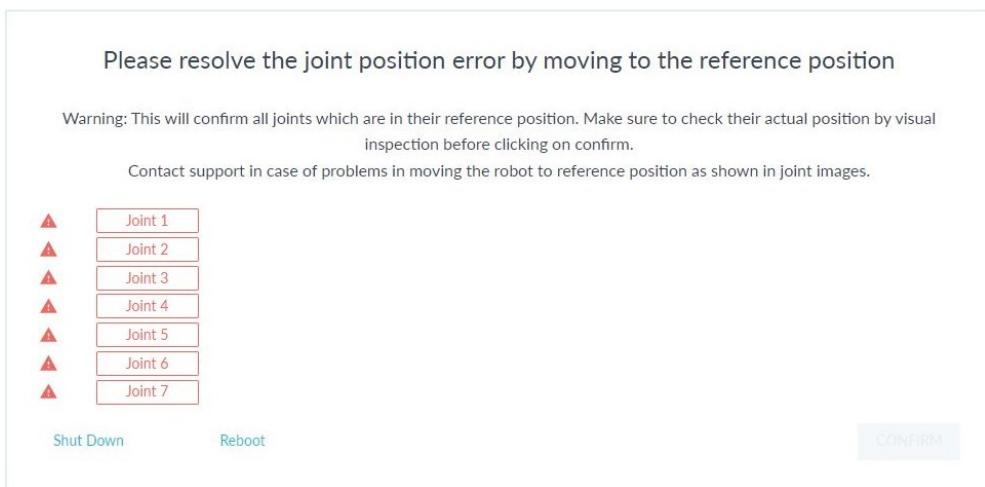


图 13.30 显示错误关节的消息

点击任意一个被报告有错误的关节。显示恢复关节的视图。

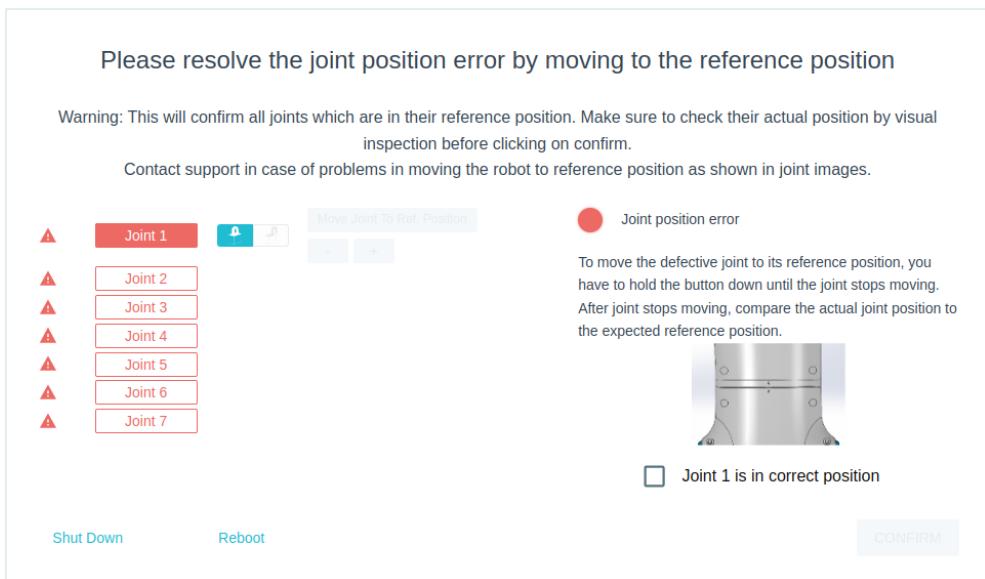


图 13.31 锁定关节恢复

现在，按下外部支持设备并按住不放，直至关节恢复完成。点击关节的解锁图标。

提示

当操作外部启用设备时，确保你在危险区域之外，从安全距离检查恢复的执行情况。.

机器人现在将该关节解锁。

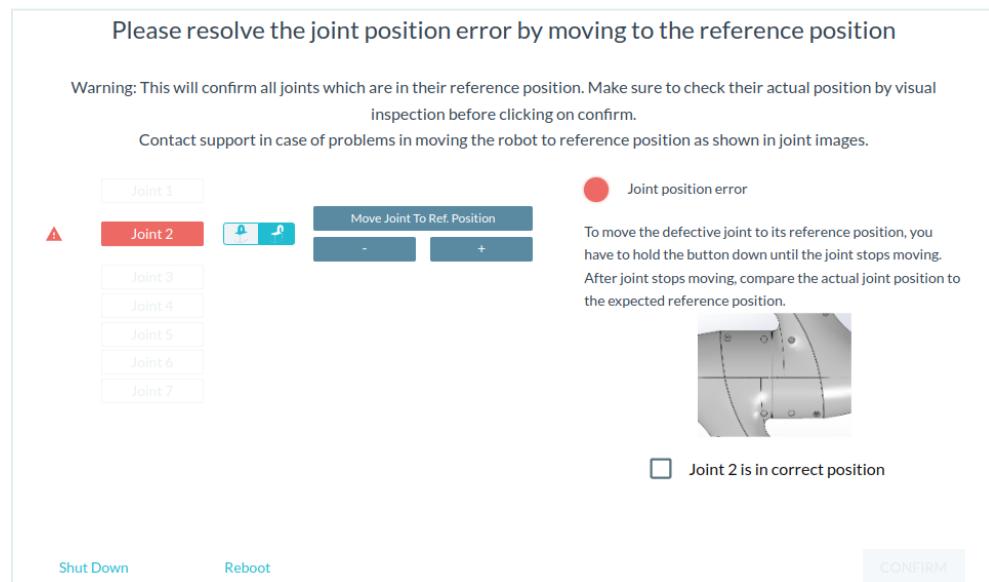


图 13.32 关节恢复准备就绪

然后点击“Move Joint To Ref. Position（移动关节至基准位置）”按钮，并按住不放，直到到达机器人上的基准位置标记。也可使用“+ / -”按钮移动机器人。

当关节达到正确位置时，会出现以下信息：

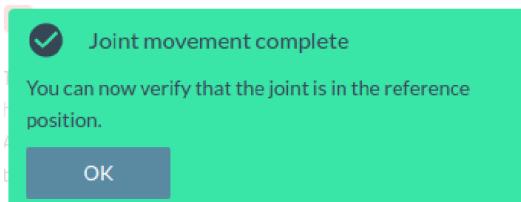


图 13.33 达到确认位置

目视检查所涉及的关节已移动到基准位置。如果关节没有移动到正确的基准位置，请联系技术支持人员。

当关节位置到达基准位置时，可以松开外部支持设备。现在，勾选用于确认关节的正确基准位置，并点击“CONFIRM（确认）”按钮。关节位置现已被重新基准化。

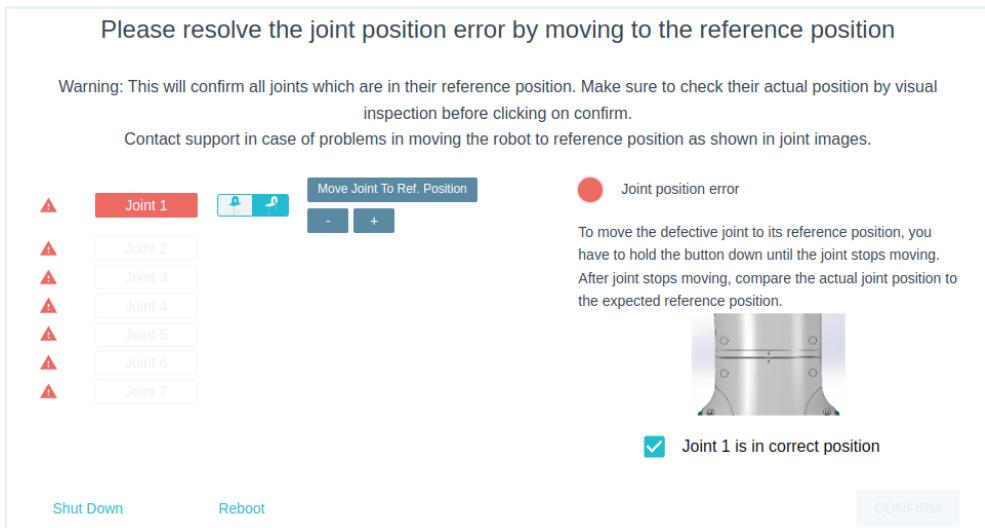


图 13.34 关节恢复已确认

现在，对仍显示有错误的所有其他关节执行上述过程。

如果你不按住按钮移动，会出现以下信息：



图 13.35 信息按钮未保持

如果你在到达参考位置之前停止程序，会出现以下信息：

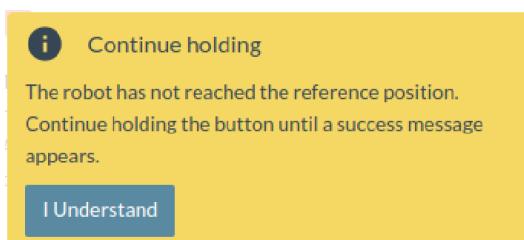


图 13.36 信息 参考位置尚未达到

如果机器人不移动，会出现以下信息：

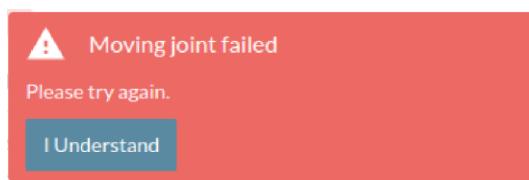


图 13.37 运动错误信息

如果由于几何干涉而无法移动到关节位置，则可以使用“+/-”按钮随意移动机器人的其他关节，从而达到关节的基准位置。

在所有错误报告的关节都被基准化后，机器人基准位置的恢复已完成。点击 "CONFIRM"，确认恢复工作。

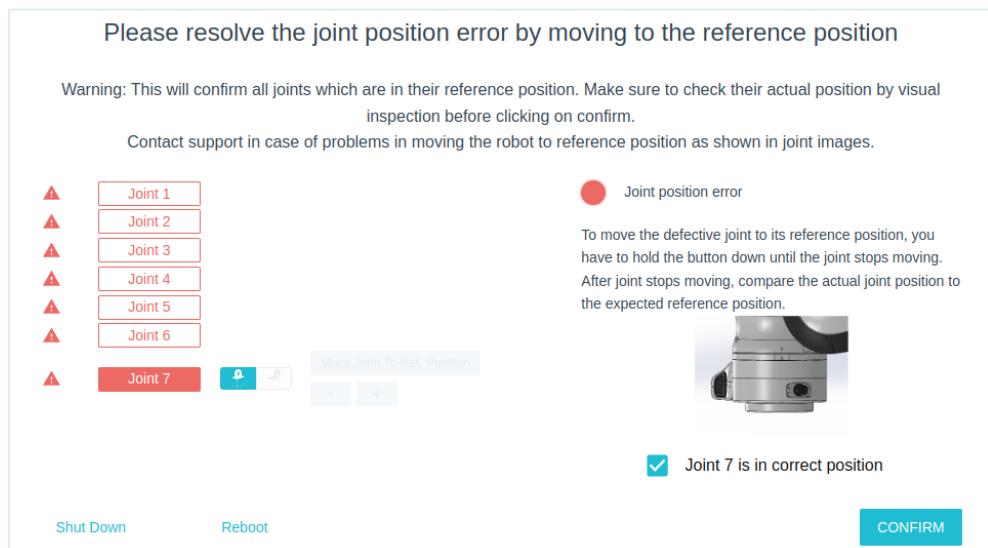


图 13.38 确认恢复

机器人现在可再次使用。

### 提示

恢复关节位置错误后，不能保证之前教授的位姿仍可正确驶近。因此，开始执行任务之前请检查任务的位姿。

如果无法成功完成恢复，机器人硬件可能已经损坏或存在软件错误。这种情况下，请将系统关机，将机器人停止运行，并联系技术支持人员。

### 未能解锁关节

如果关节解锁过程失败，则遵照下列步骤：

1. 将机器人关机，从其电源上拔出，并拆下机械臂与控制器之间的连接线。关于 Franka Production 3 安全关机的信息，请参见安装场所准备章节的将 Franka Production 3 从电源断开部分。
2. 检查销的潜在损坏。  
如果未发现损坏，则小心牢固地重新固定电缆并确保其紧紧就位。将机器人开机并试着解锁关节。
3. 如果问题仍然存在，则请通过提供机械臂序列号及机器人日志文件来联系服务合作伙伴或客户支持，邮箱地址为 [support@franka.de](mailto:support@franka.de)。您可在 Desk - Settings (设置) - System (系统) - Download log files (下载日志文件) 中找到日志文件。

### 机器人不结束启动

程序

1. 关闭控制器。
2. 将系统从其电源上拔出。  
关于 Franka Production 3 安全关机的信息，请参见安装场所准备章节的将 Franka Production 3 从电源断开部分。
3. 拆下机械臂与控制器之间的连接线。
4. 检查销的潜在损坏。
5. 如果未发现损坏，则小心牢固地重新固定电缆并确保其紧紧就位。
6. 机器人开机。

如果问题仍然存在，则请通过提供机械臂序列号来联系服务合作伙伴或邮箱地址 [support@franka.de](mailto:support@franka.de)。

### Desk 持续显示 “Shutting down the system”（系统正在关机）

您已将系统关机。一旦控制器前部的风扇停止转动，就可用后侧的开关来关闭控制器。然后可关闭 Desk 的浏览器窗口。

### 在打开控制器之后机器人不启动

在系统已通过 Desk 关机但控制器电源按钮尚未关闭时出现。解决方案：关闭控制器并等待数秒。再次打开。控制器现在应该能启动了。

### 意外停止之后重启

意外停止之后重启，请参考关机和重启一章中的重启分章。

## 14 管理 FRANKA PRODUCTION 3

### 14.1 Franka World



Franka World 是一款在线平台，与客户、合作伙伴以及软硬件开发商互联，他们的活动围绕 Franka Emika 的产品和服务而展开。Franka World 提供了管理 Franka Production 3 的工具，而且借助该平台可以访问软硬件产品系列仍在不断增加的在线商店，并且可以成为积极活跃、充满热情的社区成员之一。

访问 <https://franka.world/> 以使用所有这些权益。



访问 Franka World 用户手册以大概了解 Franka World 所有功能以及如何从中受益：  
<https://download.franka.de/franka-world-manual/>

### 14.2 管理 APP 和功能

通过 Franka World 商店购买的 APP 和功能可通过设置界面的“Franka World”选项卡检索，并安装在机器人上。当机器人处于在线状态时，机器人与 Franka World 账户之间的同步非常简单迅速。但如果机器人处于离线状态，操作人员也可以在同一界面上手动执行同步。根据机器人处于在线还是离线状态，该视图会自动调整。

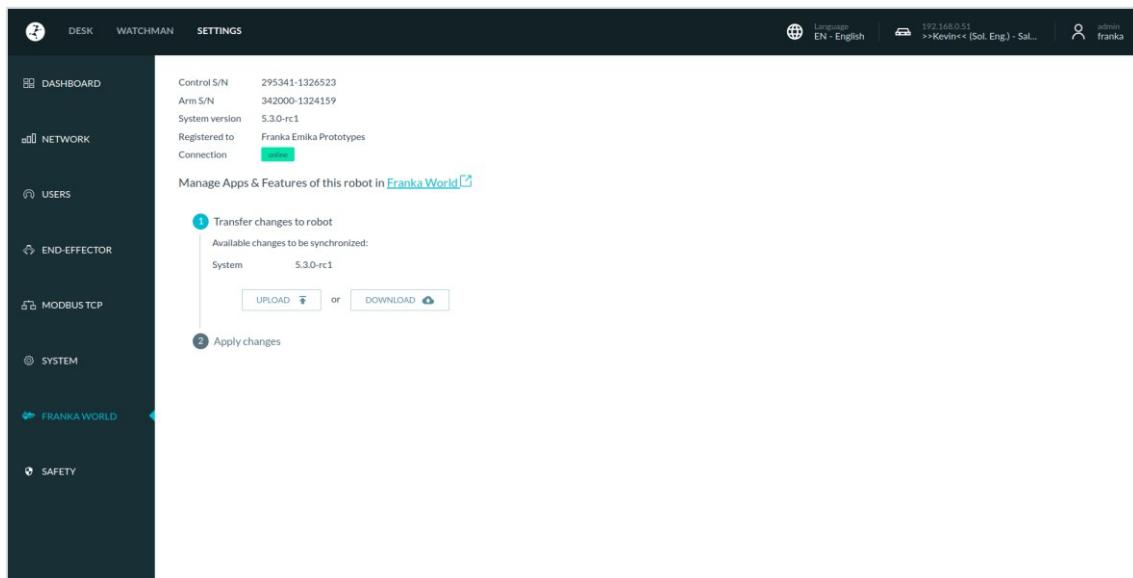


图 14.1 通过 Franka World 管理 APP 和功能

提示

若要安装 Franka World 的新 APP 或功能，操作系统也会根据需要进行更新。

## 机器人的注册

### 注册

先决条件：

- 机器人必须联网。
- 您必须登录到 Franka World。

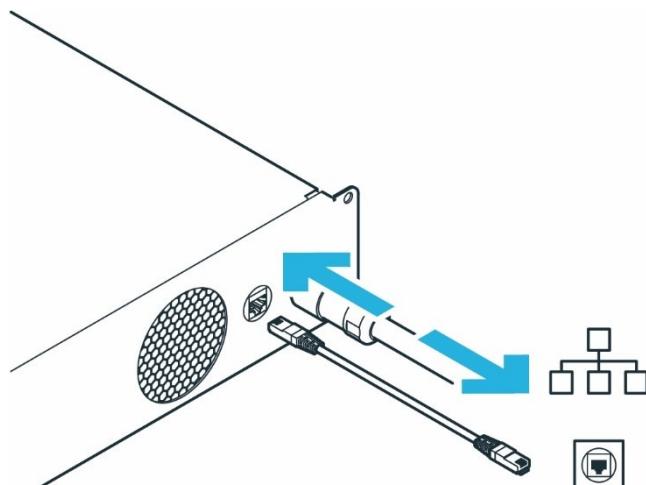


图 14.2 控制器的网络连接

### 程序

1. 导航至设置。
  2. 点击 REGISTER DEVICE（注册装置）。
- 将会转至另一个网站，显示您的机器人序列号及其他所有权证据。
3. 如需要，输入您的电子邮箱和密码并登录。
- 将会转至另一个网站。
4. 选择一个用于注册机器人的账号。
  5. 点击 REGISTER（注册）。

机器人现在已注册。

6. 导航至管理。
7. 点击装置，以查看所有已注册的机器人。

## 14.3 Hub（枢纽）

Hub（枢纽）是 Franka World 中的核心知识部分。它提供了关于 Franka Emika 机器人及其界面文档、教程、代码和更新的访问权。请在 <https://franka.world/> 上了解更多信息。

## 14.4 更新

### 系统更新

操作系统的更新可以通过 **Settings** (设置) 视图中的“**Franka World**”选项卡下载。因此，机器人必须能在线访问 **Franka World**。

控制器会定期检查操作系统的可用更新，并将它们显示在设置界面的“**Franka World**”选项卡中。

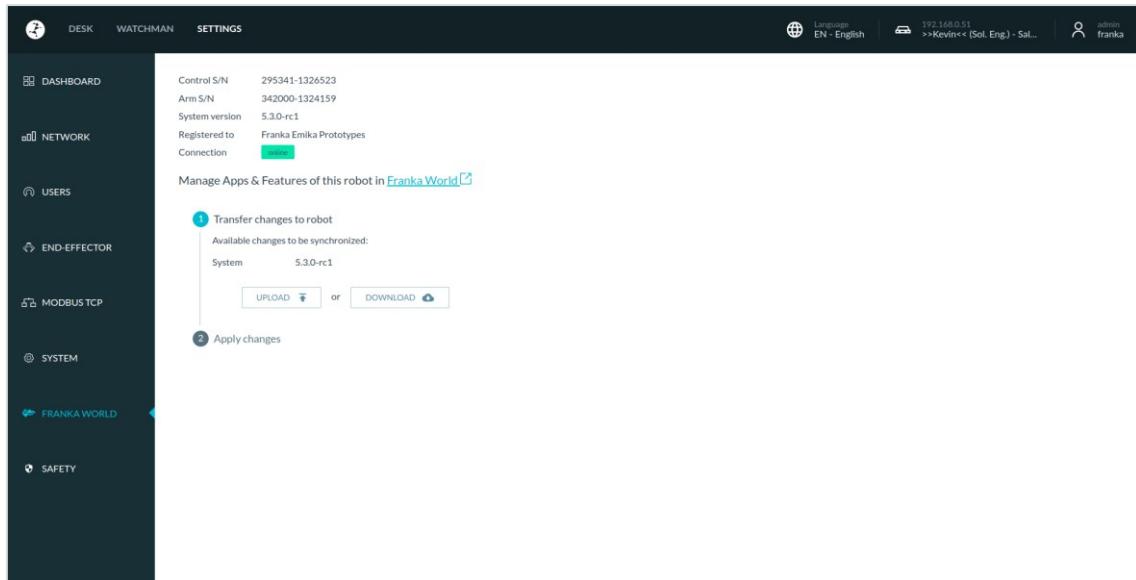


图 14.3 通过 Franka World 管理更新

若要应用这些更新，请点击“**DOWNLOAD**（下载）”。更新文件被下载。下载完成后，“**Apply changes**（应用修改）”将高亮显示。此时，点击“**NEXT**（下一步）”进行安装。

更新后，操作系统要重启。机器人的供电在这期间不能中断。

如果您的机器人无法在线访问 **Franka World**，也可以手动开始更新。为此，可以从 **Franka World** 网站下载更新文件，并通过与机器人相连的接口设备上传到机器人上。在 **Settings-Schnittstelle**（设置界面）的“**Franka World**”选项卡中点击“**UPLOAD**（上传）”，然后选择之前下载的 **Download**（下载）文件。将更新文件手动上传到机器人后，需要确认安装，即类似于在线版本。

手动安装 **Updates**（更新）后，将弹出一个用于已执行 **Updates**（更新）状态文件的 **Download**（下载）按钮。下载该文件，并再次上传至您的 **Franka World** 账户。该状态文件将您机器人的更新状态与 **Franka World** 同步。

#### 注意

如果需要，操作系统会在需要从 **Franka World** 安装新的 App 和功能的时候更新。

## 14.5 Backup (备份)

控制器的 Backup (备份) 由多个相关类的控制数据组成。通常包括：

- 系统的安全设置、
- 网络设置、
- Modbus 配置、
- 终端执行器配置、
- 用户配置、
- 已创建的任务。

对于最新固件或以前版本的控制器，必须通过五个单独步骤手动进行系统 Backup (备份)。这些步骤包括：

- ✓ 备份安全设置
- ✓ 备份网络设置
- ✓ 备份 Modbus 配置
- ✓ 备份终端执行器配置
- ✓ 备份已创建的任务

用户管理当前无法备份。为此，我们建议将所创建的用户及其配置好的权限屏幕截图备份，并将其与其他 Backup (备份) 数据一起作为文件保存。如果是最新固件，用户管理只能通过重新创建用户来恢复。

连接到用户界面的适用存储设备上，为 Backup (备份) 文件创建备份目录。创建 Backup (备份) 数据所需步骤说明如下。

### 14.5.1 安全设置

如果是最新固件，安全设置 (Safety Configuration) 不能作为备份文件保存。为了备份已创建的配置，必须在 Watchman 中打开报告，并在备份目录中保存为 PDF 格式。为此，请遵循以下步骤：

- ✓ 在 DESK Watchman 菜单中选择。
- ✓ 点击 Watchman 用户界面左上角的“Report (报告)”。
- ✓ 将报告保存为 PDF 格式，保存在备份目录中。

还有两个安全设置参数可以保存在 Watchman 之外。为此，按照下列方法操作：

- ✓ 在 Desk “Settings (设置)” 菜单中选择。
- ✓ 打开“SAFETY (安全性)”视图。
- ✓ 创建视图的屏幕截图，并将其保存在备份目录中。

此视图中的相关参数包括：

- Work Execution Wait Time (作业执行的等待时间)
- Token Force Timeout (令牌强制超时)

对于恢复的情况，必须在 Watchman 或“Settings/SAFETY (设置/安全性)”界面中手动录入和验证参数和规则。

### 14.5.2 Network Setting (网络设置)

若要保存网络设置，请遵循以下步骤：

- ✓ 打开 Desk 上的 Setting (设置)
- ✓ 选择“NETWORK (网络)”视图

- ✓ 创建此视图的屏幕截图，并将其保存在创建的备份目录中。

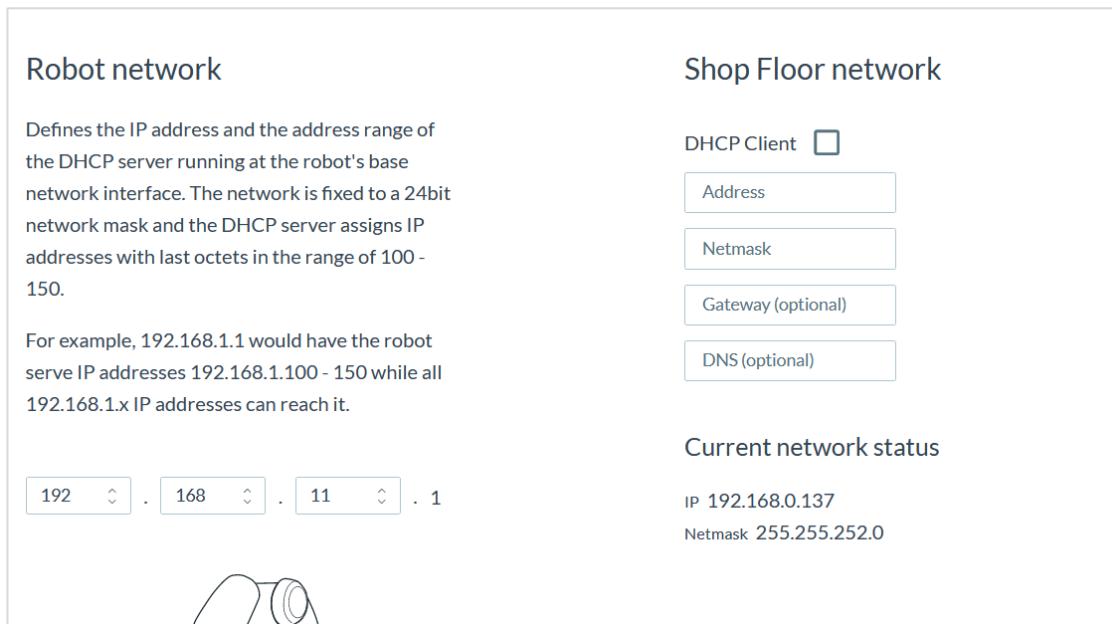


图 14.4 Network Settings (网络设置)

对于恢复配置的情况，必须手动输入屏幕截图中显示的参数。

### 14.5.3 Modbus 配置

若要保存 Modbus 配置，请遵循以下步骤：

- ✓ 打开 Desk 上的 Setting (设置)
- ✓ 选择“MODBUS TCP (MOD 总线 TCP)”视图
- ✓ 点击“DOWNLOAD (下载)”，可将 Modbus 配置在连接的用户界面上使用以下文件名保存：“modbus.json”

将下载的文件保存在先前创建的备份目录中。

可通过“UPLOAD (上传)”按钮，将 Modbus 配置上传回系统。

### 14.5.4 终端执行器配置

为了备份终端执行器配置，请遵循以下步骤：

- ✓ 打开 Desk 上的 Setting (设置)
- ✓ 选择“END\_EFFECTOR (终端\_执行器)”视图
- ✓ 点击“Mechanical Data (机械数据)”旁边的编辑图标
- ✓ 点击“DOWNLOAD (下载)”，将终端执行器配置在连接的用户界面上使用以下文件名保存：“endeffector-config.json”

将下载的文件保存在先前创建的备份目录中。

可通过“UPLOAD (上传)”按钮，将终端执行器配置上传回系统。

### 14.5.5 备份已创建的任务

已创建的任务可以在 DESK 视图中单独下载。

为了下载任务，请遵循以下步骤：

- ✓ 打开 Desk 视图
- ✓ 选择所需的任务
- ✓ 点击下载图标，开始下载过程。

将下载的任务保存在安全目录中。

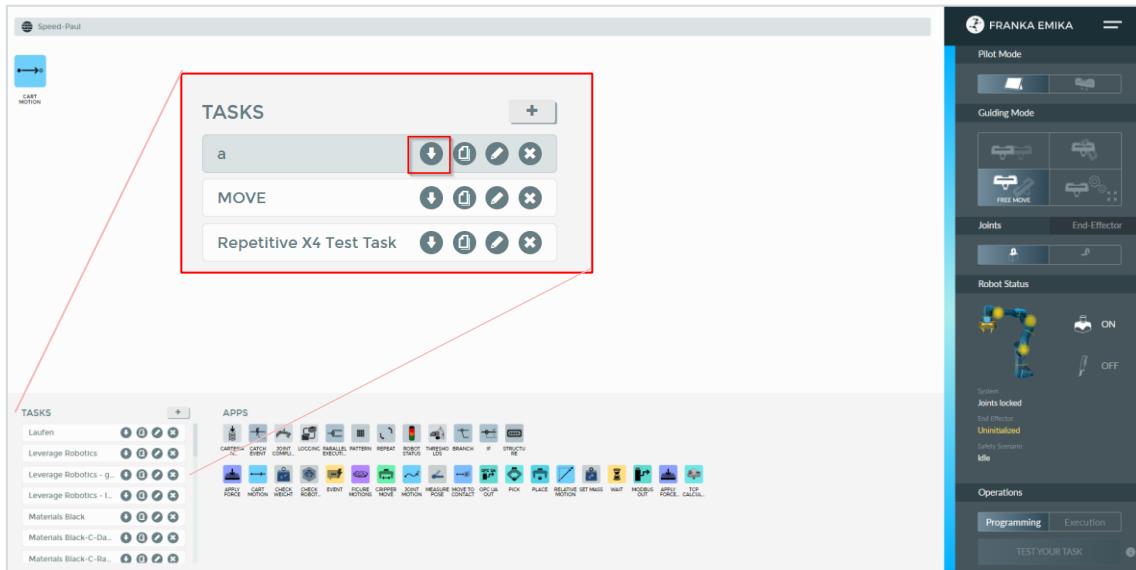


图 14.5 备份任务

为了恢复任务，请将下载的任务文件从文件目录拖拽到 DESK 的任务列表中。

## 15 保养和弃置

### 15.1 保养

Franka Production 3 的臂架和控制器的设计目标是，在正常工况条件下实现约 20,000 小时的免维护运行。基本的正常工况条件源自机器人系统的各种代表性用例，并通过分析和测试已得到验证。如果客户应用与这些基本工况条件存在较大排查，某些情况下该时长可能会延长或缩短。如果系统接近此运行时长，我们建议联系 Franka Emika 的技术支持部门（[support@franka.de](mailto:support@franka.de)）。通过技术支持团队对系统日志文件的评估，确定采取何种必要措施。

#### 提示

如果目视检查时发现机器人的结构损坏，无论当前的运行时长如何都必须将机器人停止运行。

#### 注意

- 每 12 个月在启动过程中激活紧急停止系统。
- 每 12 个月在启动过程中重新连接紧急停止系统。
- 每 12 个月检查所有安全安装功能，如，紧急停止系统。
- 检查所有已用于保障安全操作的额外安全措施。

### 15.2 清洁

#### ⚠ 危险

##### 触电危险

装置从电源不正确断开以及液体清洁剂的不当使用可能导致致命事故。

- 切勿清洁尚未从电源安全断开的装置。
- 切勿用液体清洁剂来清洁设备。

清理时需牢记下列事项：

- 只有有资质人员才能进行清洁。
- 只有当 Franka Production 3 已安全停止并从电源断开时才允许清洁。
- 关闭电源并断开装置必须仅由有资质人员来完成。
- 请勿用任何液体来清洁装置。
- 请勿使用任何化学清洗剂。
- 只能用干布清洁部件。
- 禁止水汽进入装置。
- 请勿对机械臂施加强力。必须用手托起待清洁零件，以免过载和损坏机械臂。

#### 注意

#### 装置物质损坏

- 切勿用液体清洁剂来清洁设备。

## 15.3 弃置

### 弃置

必须遵守相关国家/地区的特定法律、标准和法规来弃置 Franka Production 3。

#### 蓄电池

控制器内含一块纽扣电池。必须遵照相关国家/地区的特定法律、标准和规定来单独弃置单体电池。

打开控制器以拆下电池。

#### 注意

只有在弃置机器人时为了拆下纽扣电池才能打开控制器。

#### 返还包装废弃物

返还任何旧包装，请联系 Franka Emika。

## 16 维修和支持

### 注意

如果您已在我们的销售伙伴处购买 Franka Production 3，或您已与服务供应商合作，则请先与他们联系。为了故障排除以及进一步支持，我们的合作伙伴能确认信息并寻求 Franka Emika 帮助。

关于机器人的补充材料和其他信息，请访问 [www.franka.world](http://www.franka.world)。

关于服务和支持的任何其他请求，请联系我们，邮件地址为 [support@franka.de](mailto:support@franka.de)。针对服务和支持中心的请求，我们会开单，并且我们的专家将尽快回复。

如果要联系我们的服务部门，请提供以下信息：

- ✓ 客户编号
- ✓ 控制器的序列号
- ✓ 臂架的序列号
- ✓ 系统的日志文件

### 16.1 Rescue System（救援系统）

如果是控制器无法启动或 Administrator（管理员）无法登录的情况，则需在控制器中植入 Rescue System（救援系统）。

Rescue System（救援系统）仅支持访问控制器的基本功能。这些功能包括：

- 检索系统日志，以便与客户进一步分析错误、
- 检索 Rescue System（救援系统）的网络设置的配置、
- 通过与 Franka World 同步来重新安装系统版本、
- 将主系统重置为出厂设置。

不支持机器人动作或与臂架或终端执行器的其他互动。

为了访问 Rescue System（救援系统）的用户界面，请将访问浏览器的接口设备通过以太网电缆连接到臂架底座的 X5 接口上。

为了手动引导将控制器引导至 Rescue System（救援系统），请遵循以下步骤：

- ✓ 将控制器关机，并在关断风扇后立即关闭主开关。
- ✓ 等待大约 10 秒后，再打开主开关重新启动控制器。
- ✓ 至少等待 20 秒，并不要少于 40 秒。
- ✓ 通过主开关将控制器关闭。
- ✓ 等待 10 秒。
- ✓ 打开主开关，重新启动控制器。

在已连接的用户设备上调用网络界面 [robot.franka.de](http://robot.franka.de) 后，浏览器中会显示以下用户界面。

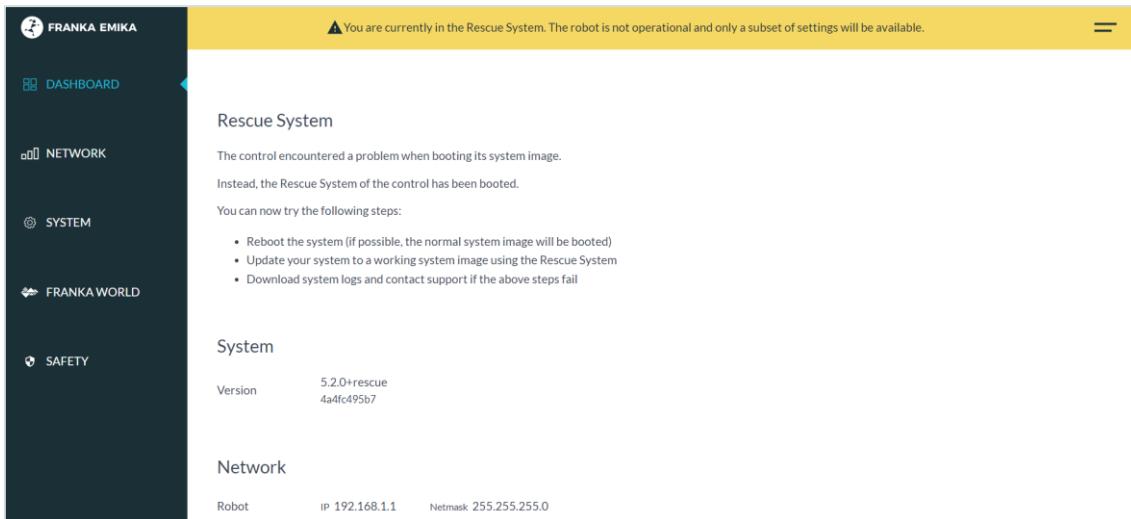


图 16.1 Rescue System (救援系统)

## Network (网络)

Rescue System (救援系统) 尝试使用主系统中存储的网络设置。如果未成功，则使用默认设置。

可在该页面上临时调整控制器的网络设置。这些设置只在 Rescue System (救援系统) 内暂时适用，重启后不会应用到主系统中。

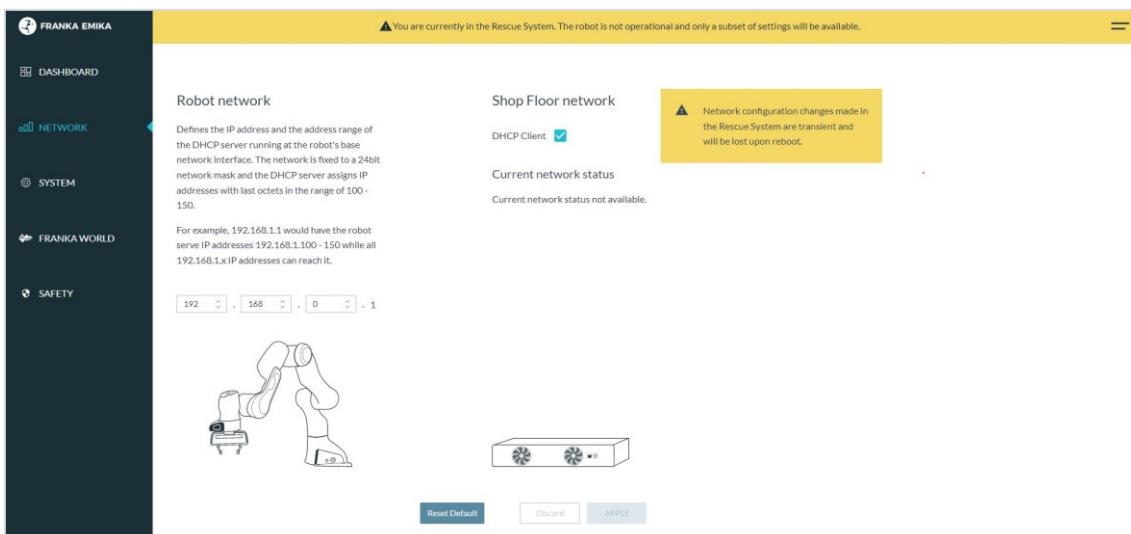


图 16.2 网络

## System (系统)

可在该页面上开始 Download (下载) 日志文件或引导出厂重置。

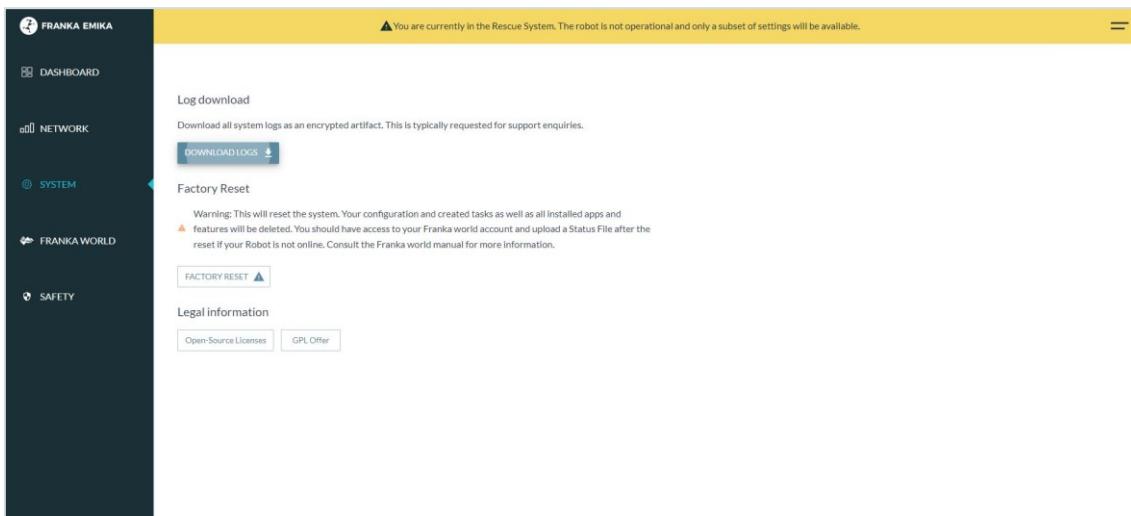


图 16.3 Log Download (日志下载) 和 Factory Reset (出厂重置)

- **Log Download (日志下载)**

下载日志时, **Rescue System** (救援系统) 会收集主系统的日志文件。如果主系统文件系统损坏, 则该过程可能失败。

- **Factory Reset (出厂重置)**

通过重置为出厂设置的功能可以重置**主系统**。所有已配置和已创建的任务以及所有已安装的 APP 和功能都会被删除。这对 **Rescue System** (救援系统) 本身没有影响。重置之后, 系统必须由用户重新启动。

### Franka World

可通过该功能重新安装或更新主系统的系统软件。不可在 **Rescue System** (救援系统) 中安装 APP 和功能。为了确保系统软件的无错安装, 此类安装过程中, 所有的 APP 和功能都会被删除。

成功安装并引导主系统后, 所有 APP 和功能都可以通过 **Franka World** 网页在主系统中重新安装。但之前创建的任务只有在事先保存的情况下才能被恢复。

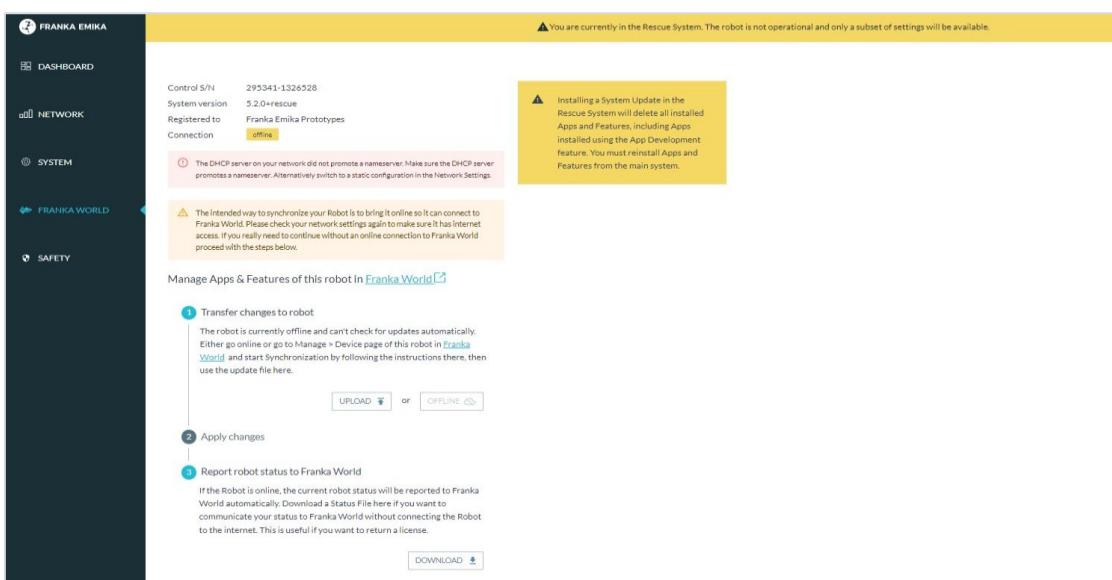


图 16.4 Franka World

## Safety (安全性)

可在此页面下载“Safety Log（安全日志）”。

安全日志包括自机器人首次启动以来发生的所有与安全有关的事件。

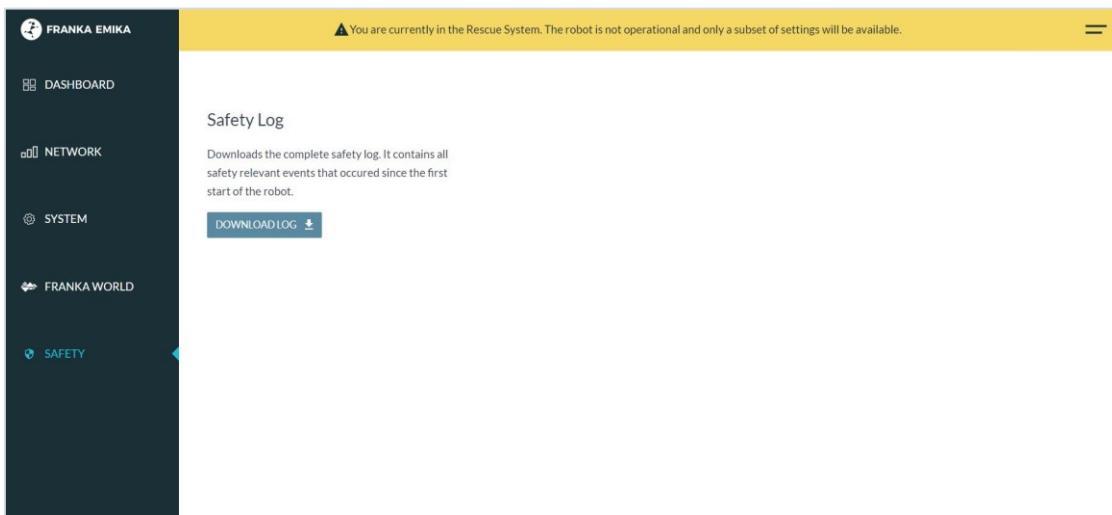


图 16.5 Safety Log（安全日志）

## 退出 Rescue System（救援系统）

为了退出 Rescue System（救援系统），必须重启控制器。然后，控制器在常规系统中再次启动。

## 16.2 硬件更换

如果控制器或臂架出现损坏，可能需要更换相应的缺陷部件。

### 16.2.1 控制器更换

如果控制器有缺陷，必须考虑两种情况。

1. 控制器仍然可以启动，并可连接到 Franka World。
2. 控制器无法再启动和/或与 Franka World 同步。

对于控制器仍可启动并能连接到 Franka World 的情况，可以通过 Franka World 从缺陷控制器中删除所有已安装的功能和 APP，并在 Franka World 中提供给新控制器。为此，请遵循以下步骤：

- 1 按照 14.5 “BACKUP（备份）”章节中所述对控制器进行备份。
- 2 可通过 URL <https://franka.world> 调用 Franka World。
- 3 切换到菜单栏的“MANAGE”视图。现在，所有在您那里或在您公司已注册的控制器都列在这里。
- 4 选择涉及的控制器。将显示机器人的所有系统信息以及控制器上已安装的功能。

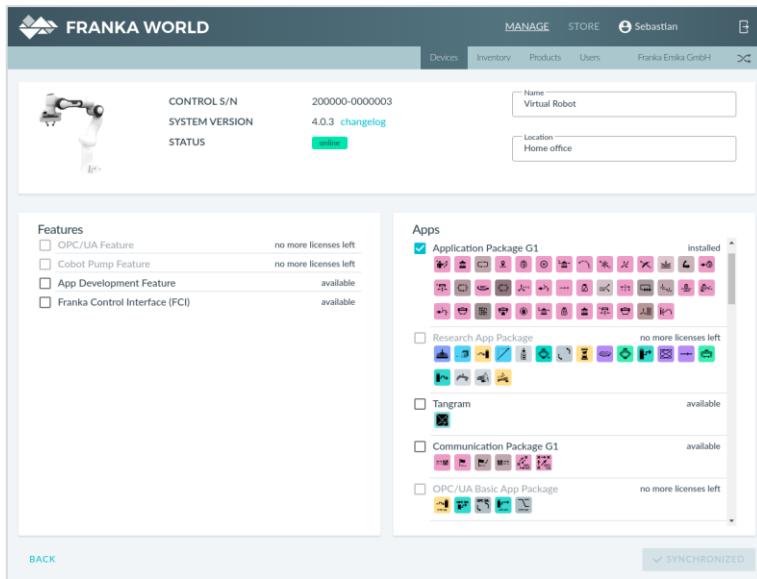


图 16.6 设备详细视图

- 5 通过移除蓝色对勾，与控制器分离的各功能被标记。移除所有蓝色对勾之前，先屏幕截图或记下哪些功能被安装在控制器上。
- 6 移除蓝色对勾后，会弹出一个带蓝色对勾的“Synchronized（已同步）”按钮。点击后会初始化与控制器解除关联，并在下次同步控制器时执行。
- 7 通过浏览器中的 URL <https://franka.robot.de> 调用，并在 DESK “设置（Settings）” 菜单中选择。
- 8 打开 Franka World 视图。现在，将向您显示应对机器人进行的更改。点击“Download（下载）”，以下载这些更改。也可以手动将更新文件导入系统。

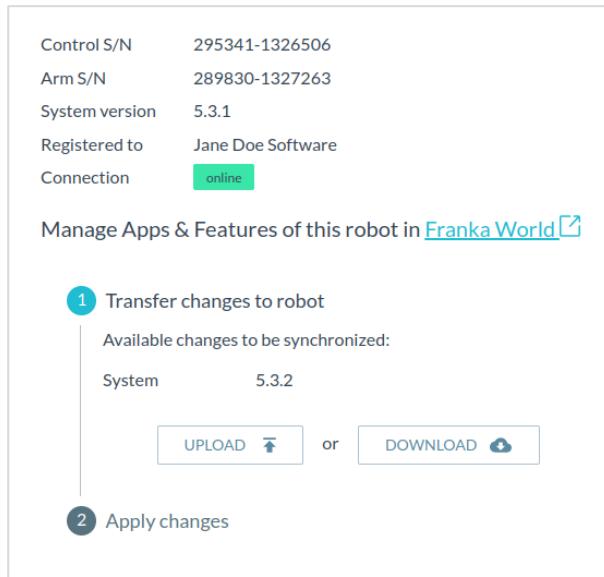


图 16.7 同步提示

- 9 读入更新数据后，会弹出“DISCARD（丢弃）”和“APPLY（应用）”按钮。为了应用，请点击“APPLY（应用）”按钮。
- 10 根据更改，系统可能会重新启动。完成后，此视图中会弹出“Everything up-to-Date（一切都更新）”选项。

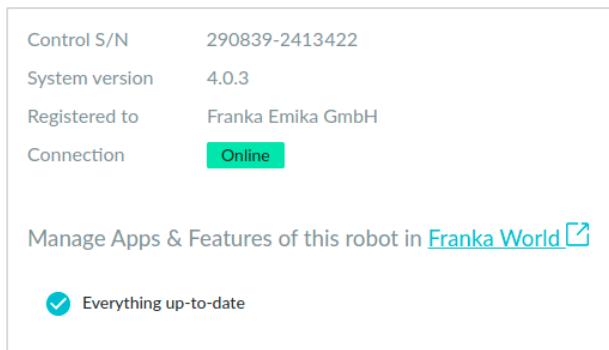


图 16.8 Everything up-to-date (更新至最新版本)

您的功能和 APP 的许可证从属关系现在已经与旧控制器解除关联，并可以在 **Franka World** 中进行关联。

- 11 现在，用新控制器代替旧控制器。为此，请遵循章节 **16.2.1 “控制器更换”** 中描述的步骤。
- 12 打开新的控制器，启动系统后通过 URL <https://franka.robot.de> 调用 DESK 界面。
- 13 切换至 “Settings (设置) /Franka World” 视图，点击 “REGISTER (注册)” 按钮进行注册。成功注册后，可在 **Franka World** 中配置此控制器。

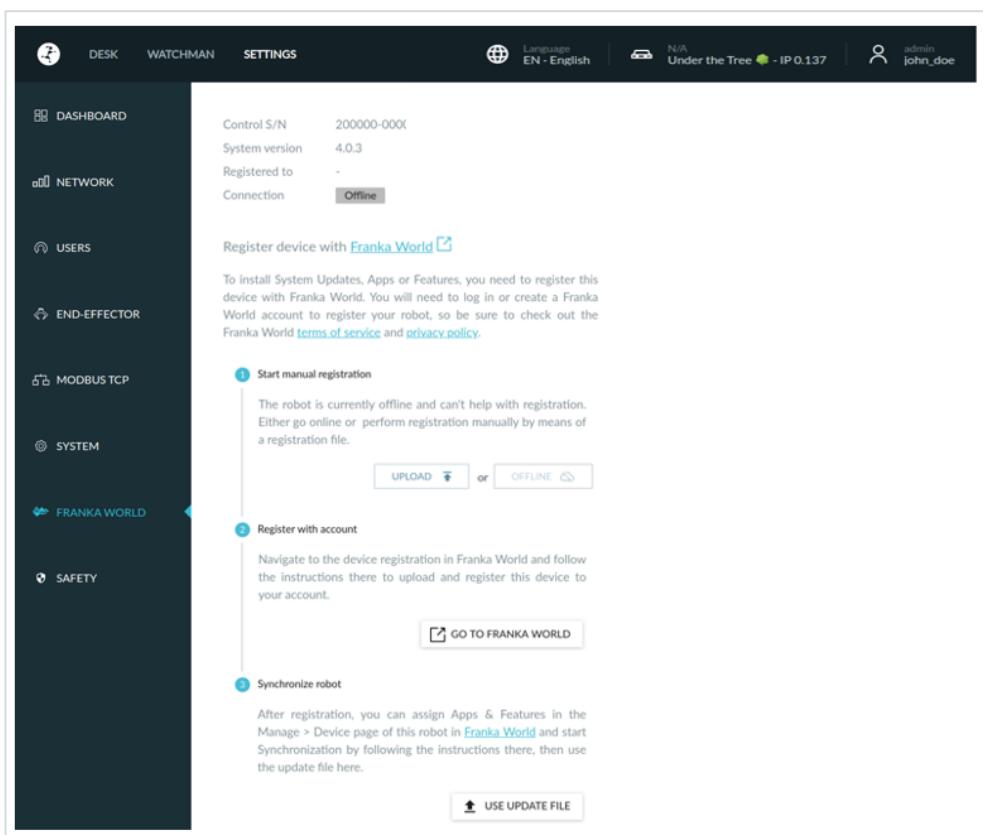


图 16.9 控制器注册

- 14 在浏览器中打开 URL: <https://franka.world> 并登录。
- 15 切换到管理视图，检查是否显示新控制器。
- 16 选择新控制器，通过点击打开此视图。
- 17 现在，将显示新控制器的数据和您账户中的可用功能。
- 18 根据对旧控制器的屏幕截图和记录的所有信息字段，通过勾选相关选项来选择功能。
- 19 通过点击 “SYNCHRONIZED (已同步)” 按钮应用数据。

- 20 在浏览器中通过输入 URL <https://franka.robot.de> 和调用“Settings（设置）/Franka World”视图，切换至机器人的 DESK 视图。
- 21 现在将显示 Franka World 中已启用的更改。点击“DOWNLOAD（下载）”。
- 22 下载完所有数据后，点击“APPLY（应用）”进行应用。现在，控制器安装所有更改，并在必要时重新启动
- 23 为了与旧控制器状态同步，可从旧控制器的备份数据中恢复系统。为此，请遵循章节“BACKUP（备份）”中描述的步骤。

对于控制器不能再启动而无法与 Franka World 同步的情况，必须由 Franka Emika GmbH 的技术支持部门从缺陷控制器上删除旧控制器的许可证。

为此，请将具有以下信息的邮件发送至技术支持部门：[support@franka.de](mailto:support@franka.de):

- 账户名称（Franka World）
- 账户编号（Franka World）
- 缺陷控制器的序列号
- 新控制器的序列号（可选）
- 平台（FP3/FR3）

技术支持部门删除许可证后，其可在 Franka World 中再次与控制器关联。

现在，将新控制器与臂架连接，然后将其接通。为了传递这些功能和 APP，请按照步骤 13 至 22 进行操作。如果还存在旧控制器的更新，可以根据章节 14.4 “更新” 描述的方法将数据导入到新控制器中。

## 控制器的机械更换

为了机械更换控制器，请遵循以下步骤：

- ✓ 进行一次 Backup（备份），如果缺陷控制器允许的话
- ✓ 将机器人关机（Shut down）
- ✓ 通过主开关将控制器关闭
- ✓ 将控制器与电源断开
- ✓ 断开插塞连接 C1（与机器人的连接线）以及控制器上的网络连接 C2
- ✓ 用备用控制器代替旧控制器。遵循控制器所需的环境条件（参见章节 10 “固定和安装”）
- ✓ 将机器人的连接线与控制器上的插塞连接 C1 相连
- ✓ 建立网络连接 C2
- ✓ 将控制器连接到电源
- ✓ 借助以太网电缆将接口设备连接到机器人支脚的 X5 接口上
- ✓ 通过主开关将控制器接通

## 17 附录

### 17.1 制动时间和制动距离

下图显示根据 EN ISO 10218-1 的要求，轴 1 至轴 4 的停止时间和停止距离。

下表显示 Franka Production 3 不同卸载状态下的轴位置。

	100% 卸载	66% 卸载	33% 卸载
轴 1			
轴 2			
轴 3			
轴 4			

图 17.1 卸载状态显示

## 17.2 类别 1 停止

下表总结了 1 类停止时轴 1-4 的最大值。

轴	最大制动距离 [rad]	最大制动时间 [s]
1	0.803	0.735
2	0.798	0.682
3	0.684	0.534
4	0.455	0.418

### 17.2.1 轴 1



图 17.2 距离：1 类停止；轴 1, 33%

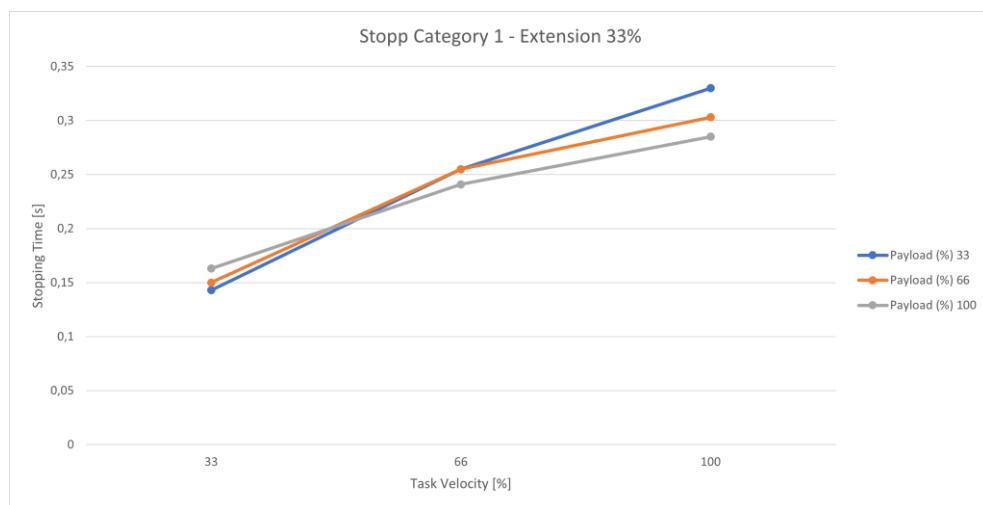


图 17.3 时间：1 类停止；轴 1, 33%

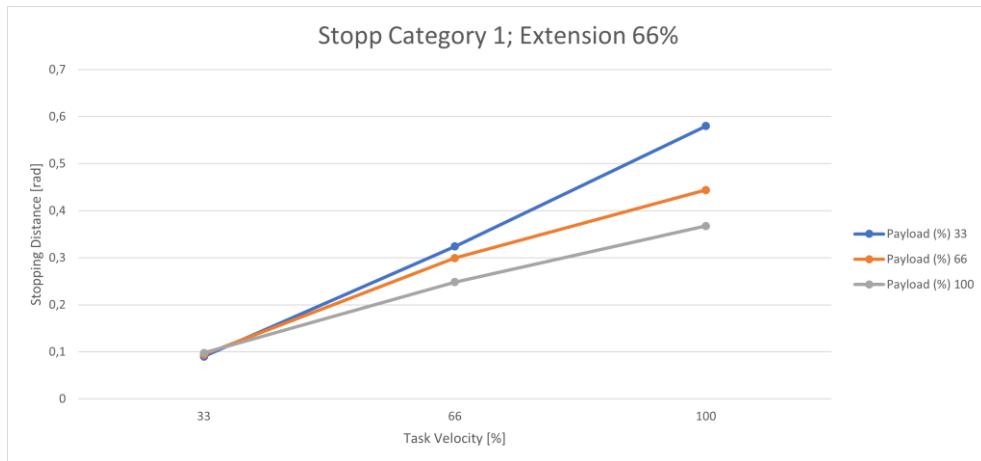


图 17.4 距离；1 类停止；轴 1, 66%

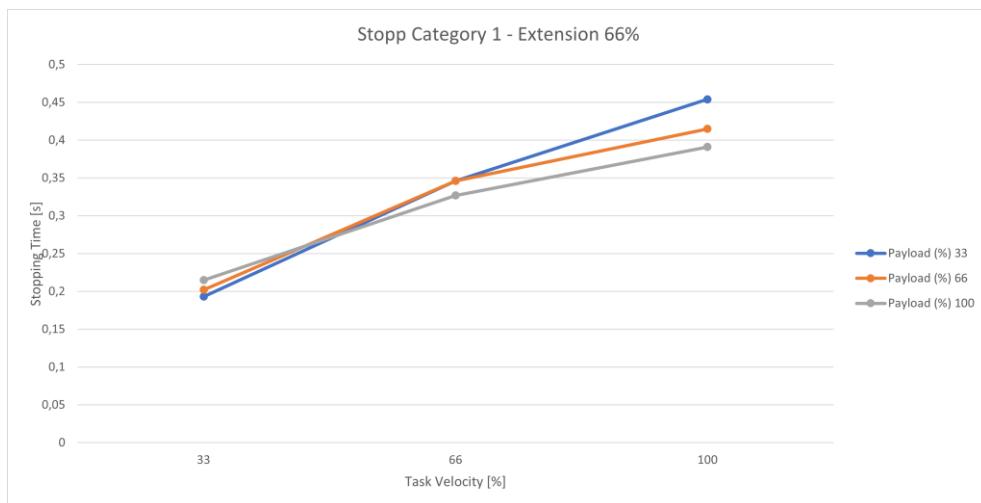


图 17.5 时间；1 类停止；轴 1, 66%



图 17.6 距离；1 类停止；轴 1, 100%

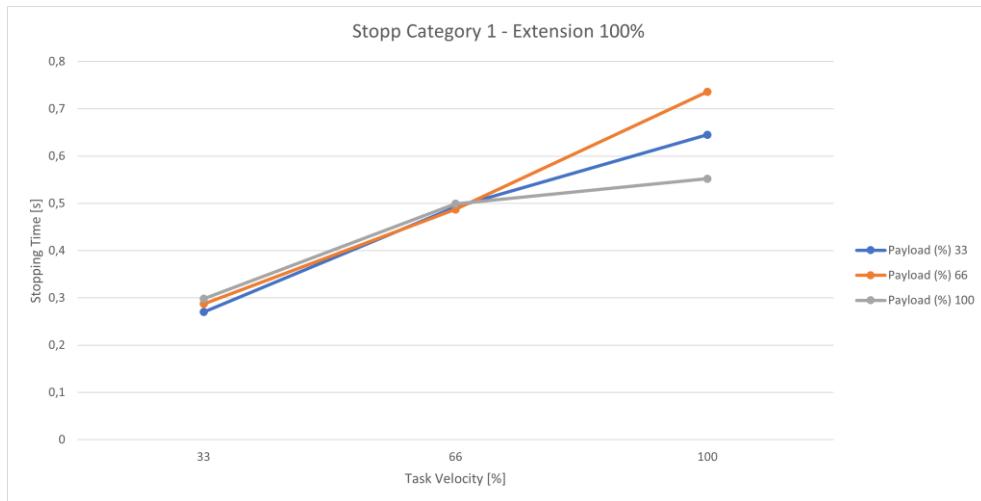


图 17.7 时间；1 类停止；轴 1, 100%

## 17.2.2 轴 2



图 17.8 距离；1 类停止；轴 2, 33%

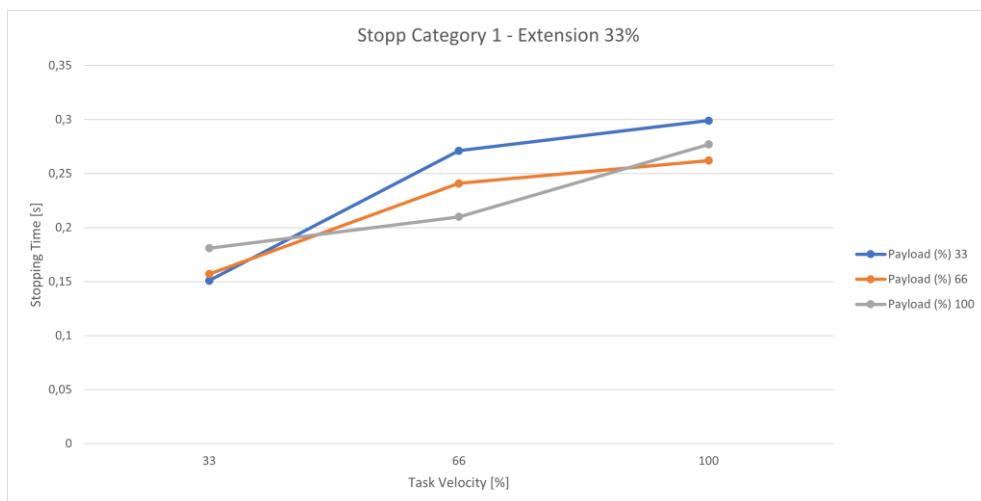


图 17.9 时间；1 类停止；轴 2, 33%

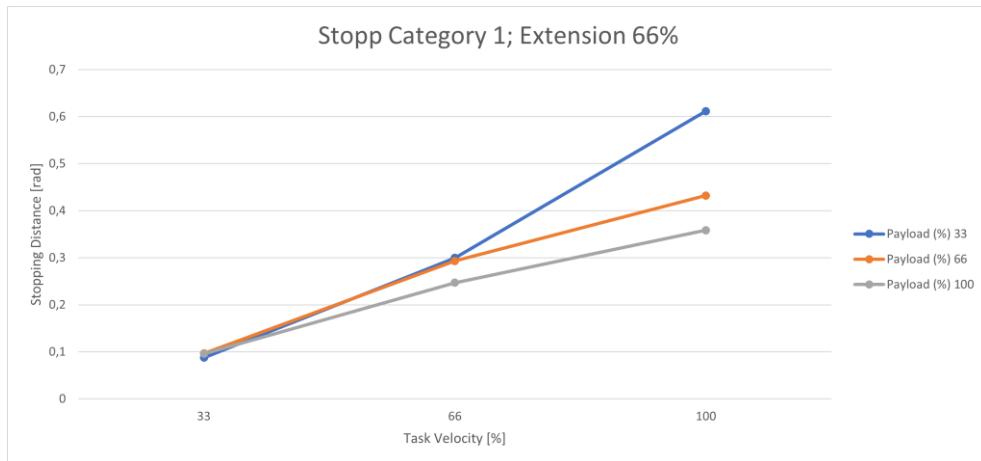


图 17.10 距离; 1 类停止; 轴 2, 66%

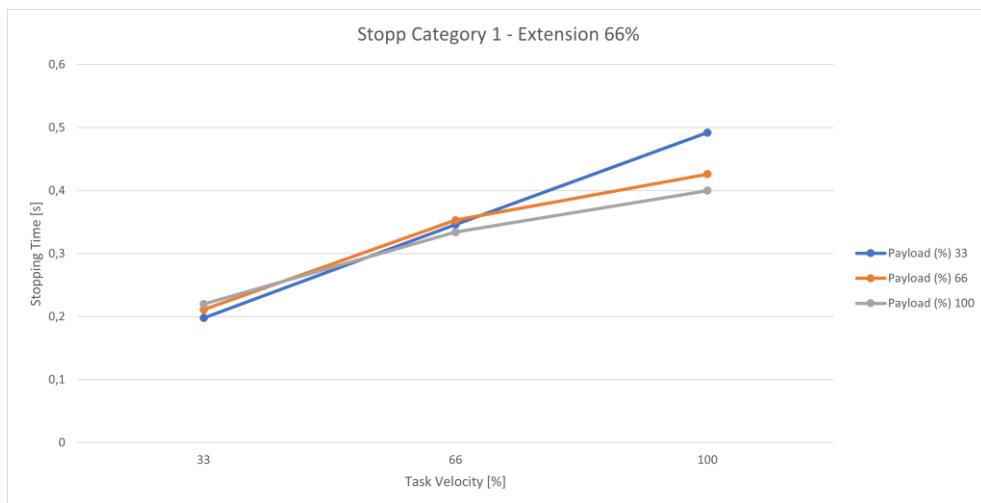


图 17.11 时间; 1 类停止; 轴 2, 66%



图 17.12 距离; 1 类停止; 轴 2, 100%

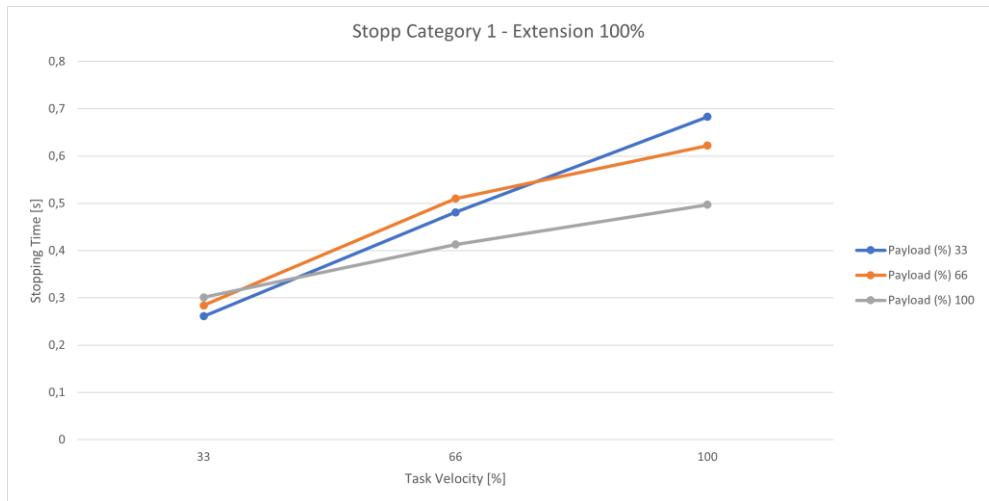


图 17.13 时间; 1 类停止; 轴 2, 100%

### 17.2.3 轴 3

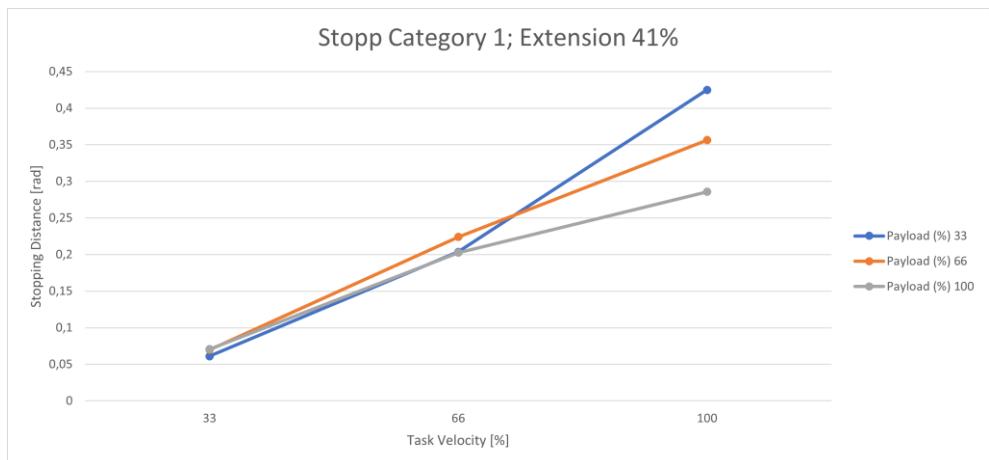


图 17.14 距离; 1 类停止; 轴 3, 33%

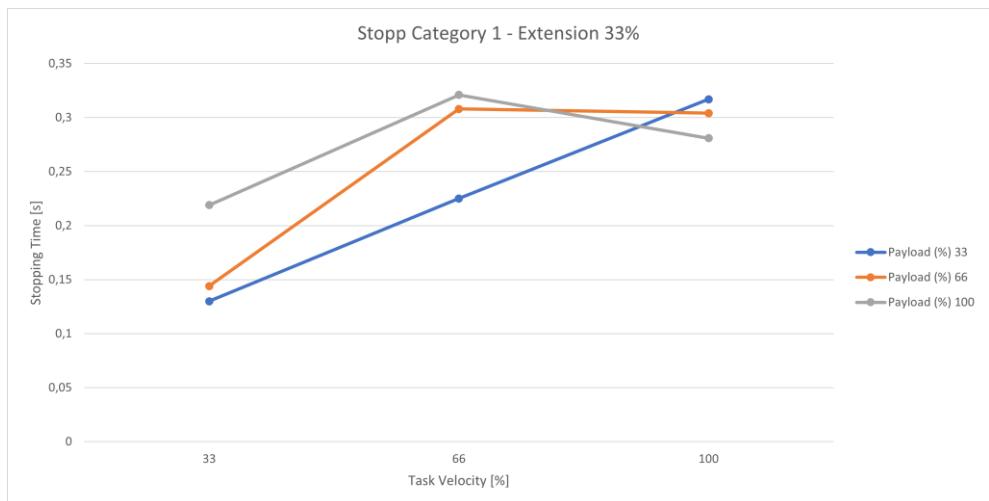


图 17.15 时间; 1 类停止; 轴 3, 33%

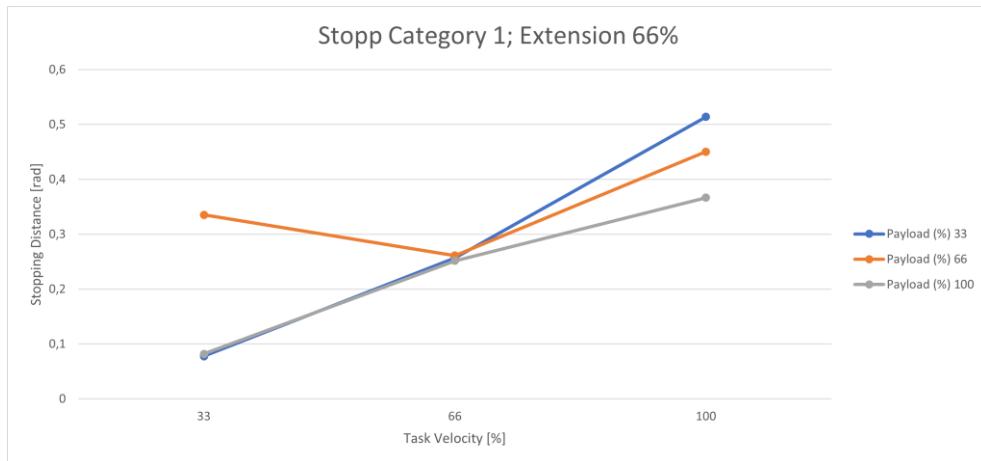


图 17.16 距离; 1 类停止; 轴 3, 66%

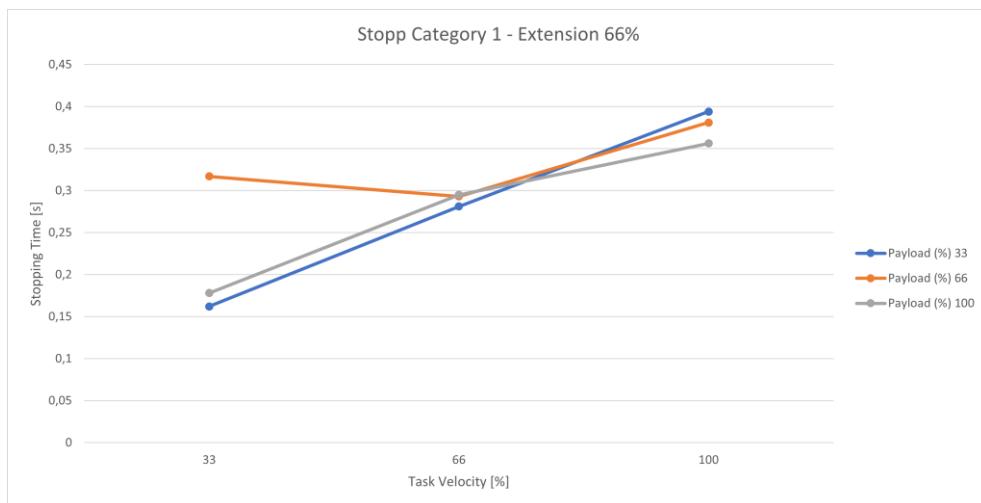


图 17.17 时间; 1 类停止; 轴 3, 66%



图 17.18 距离; 1 类停止; 轴 3, 100%

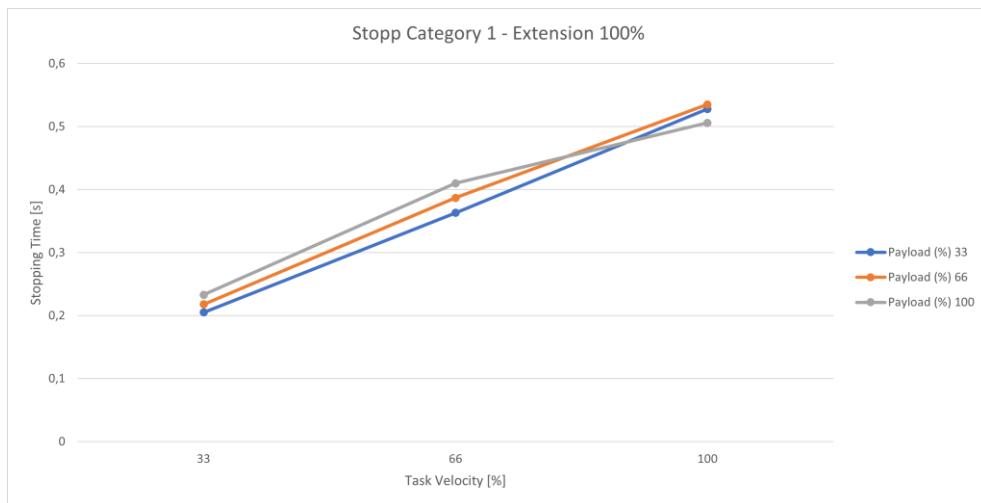


图 17.19 时间; 1 类停止; 轴 3, 100%

#### 17.2.4 轴 4



图 17.20 距离; 1 类停止; 轴 4, 66%

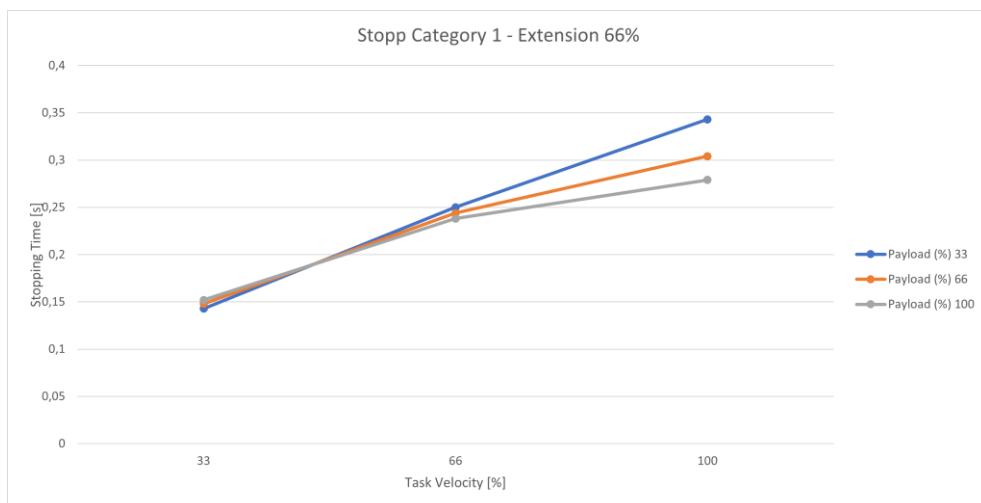


图 17.21 时间; 1 类停止; 轴 4, 66%



图 17.22 距离; 1 类停止; 轴 4, 100%

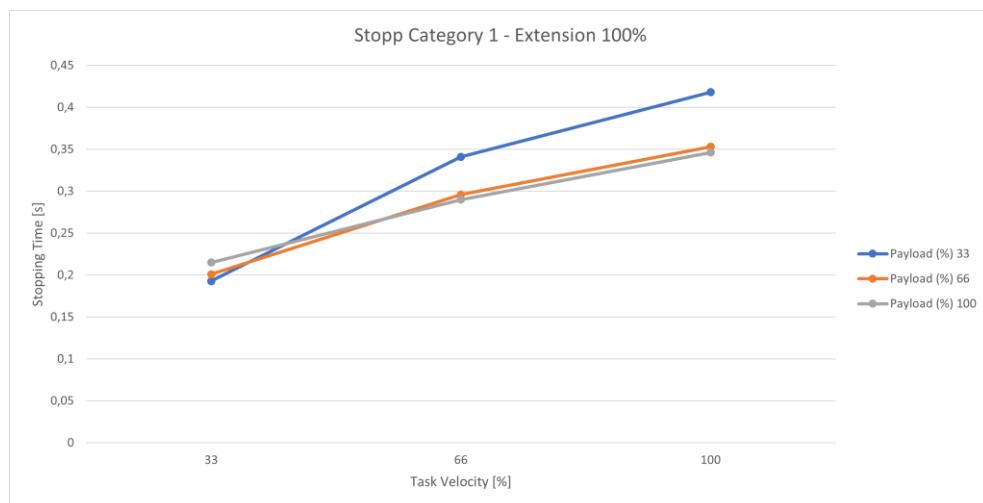


图 17.23 时间; 1 类停止; 轴 4, 100%

## 17.3 类别 2 停止

下表总结了 2 类停止时轴 1-4 的最大值。

轴	最大制动距离 [rad]	最大制动时间 [s]
1	0.806	0.743
2	0.805	0.684
3	0.695	0.542
4	0.455	0.417

### 17.3.1 轴 1

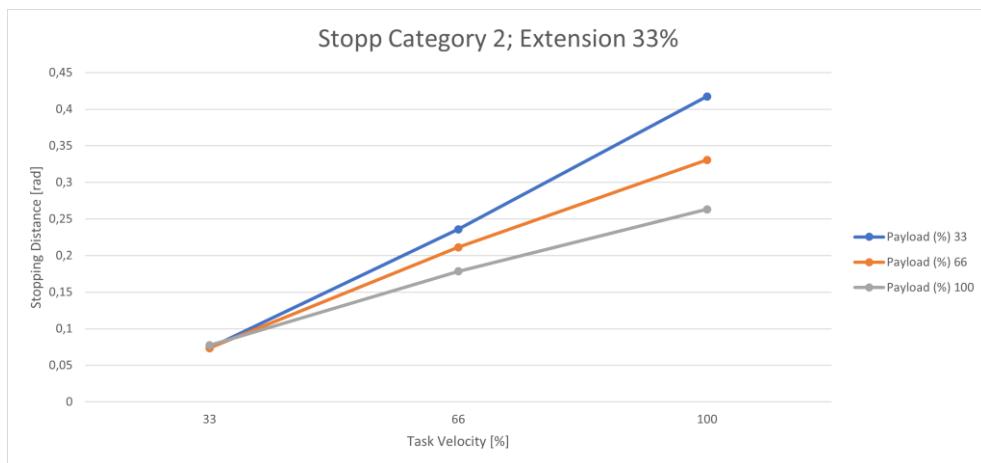


图 17.24 距离：2 类停止；轴 1, 33%

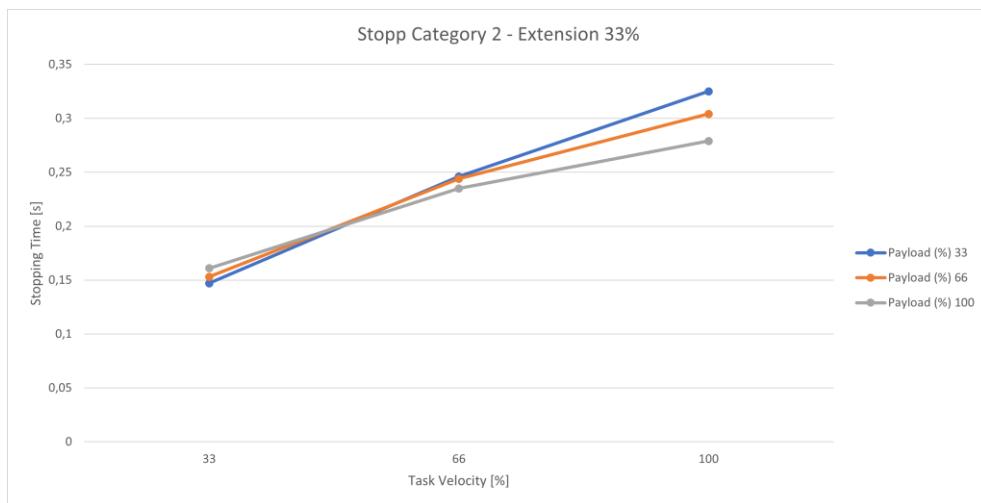


图 17.25 时间：2 类停止；轴 1, 33%

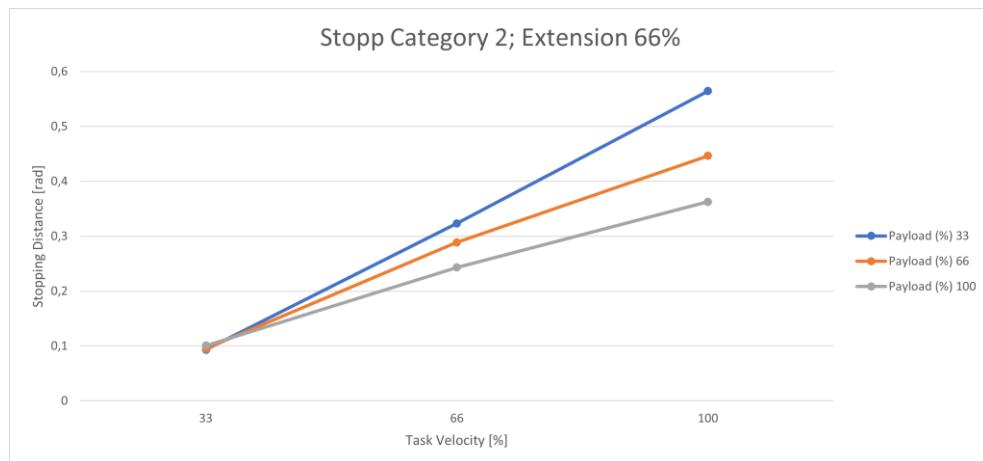


图 17.26 距离; 2 类停止; 轴 1, 66%

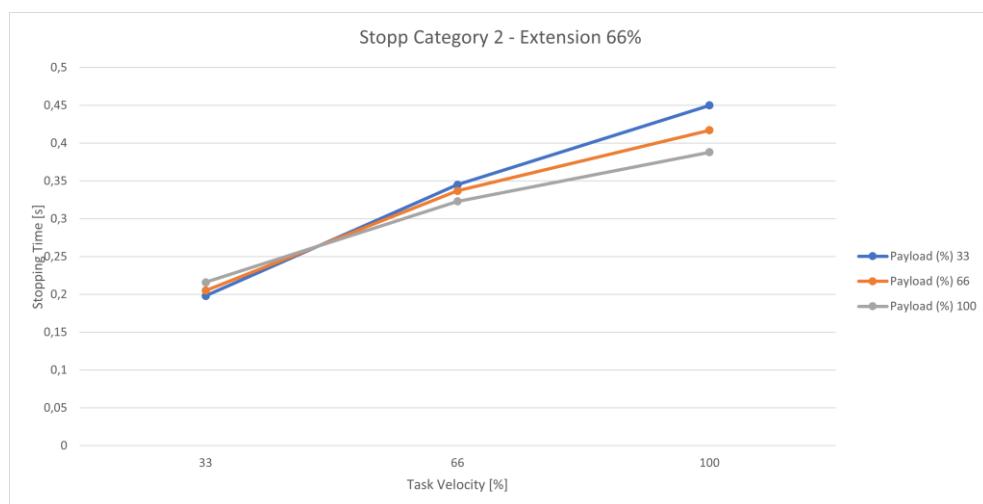


图 17.27 时间; 2 类停止; 轴 1, 66%



图 17.28 距离; 2 类停止; 轴 1, 100%

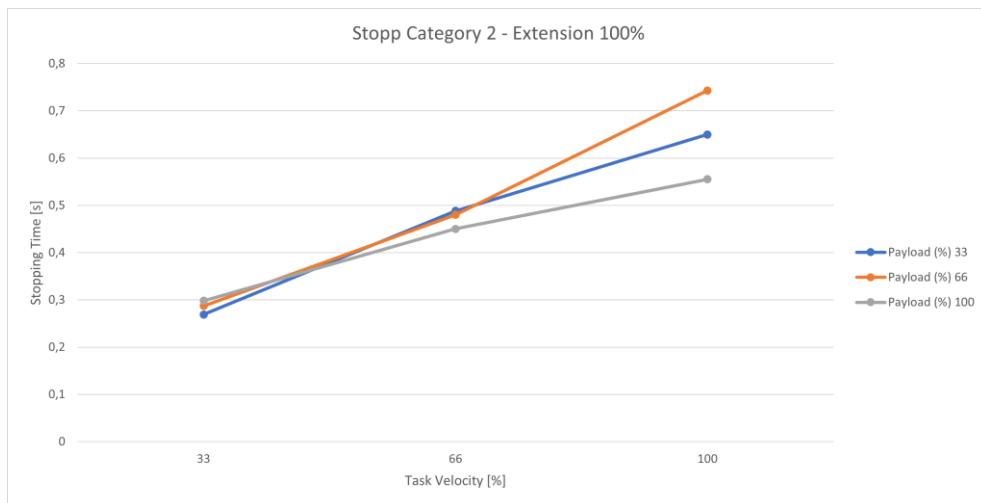


图 17.29 时间; 2 类停止; 轴 1, 100%

### 17.3.2 轴 2

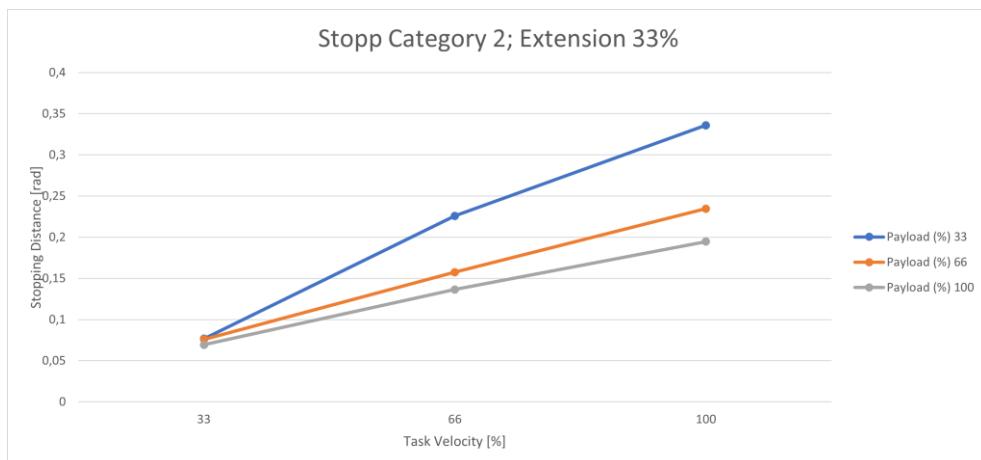


图 17.30 距离; 2 类停止; 轴 2, 33%

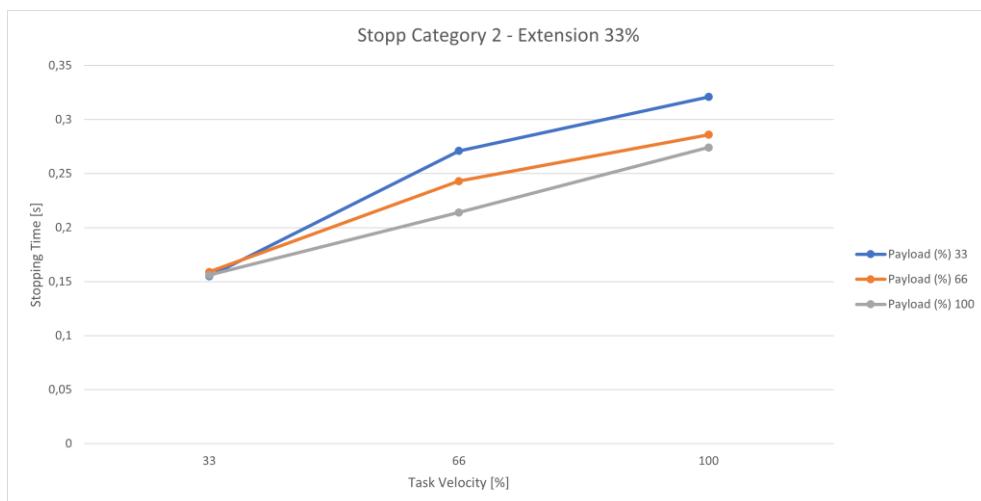


图 17.31 时间; 2 类停止; 轴 2, 33%

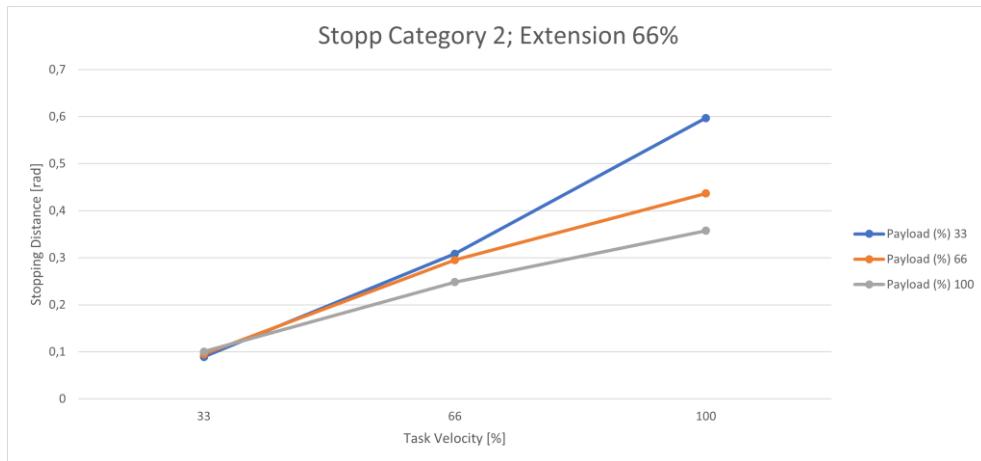


图 17.32 距离; 2 类停止; 轴 2, 66%

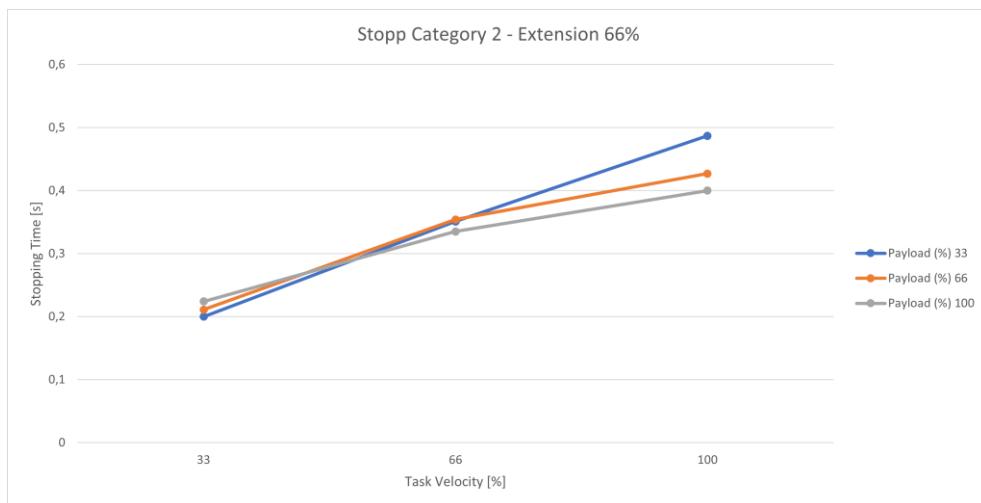


图 17.33 时间; 2 类停止; 轴 2, 66%



图 17.34 距离; 2 类停止; 轴 2, 100%

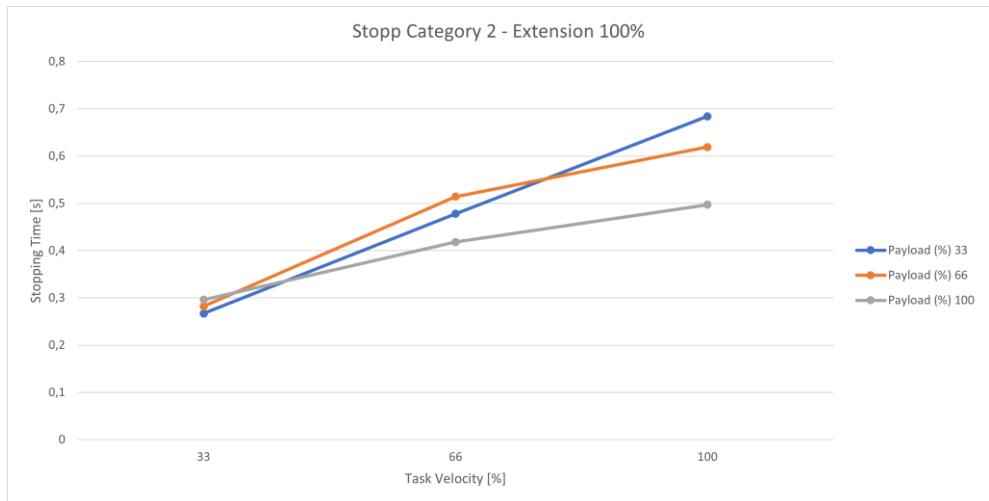


图 17.35 时间; 2 类停止; 轴 2, 100%

### 17.3.3 轴 3



图 17.36 距离; 2 类停止; 轴 3, 41%

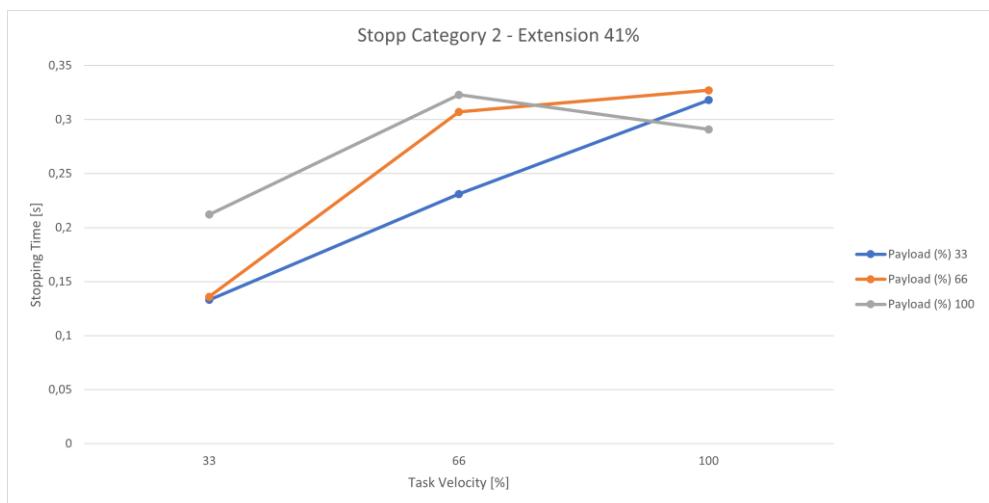


图 17.37 时间; 2 类停止; 轴 3, 41%

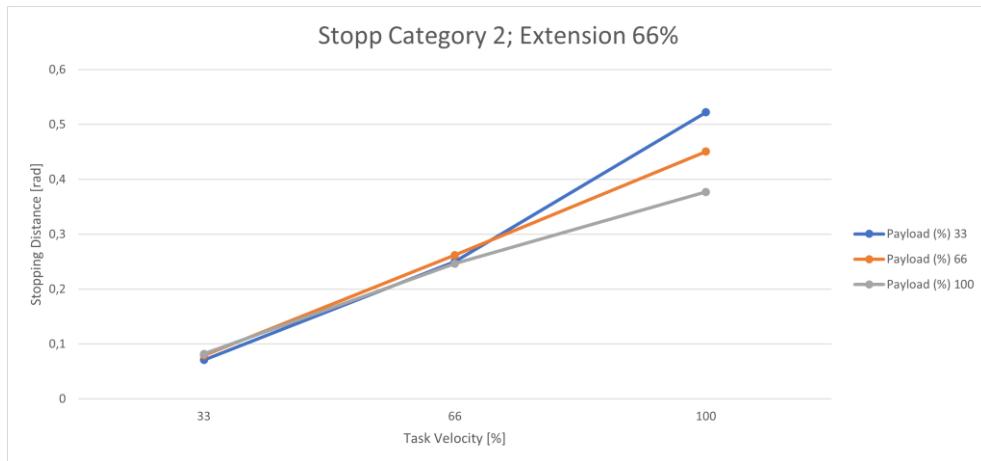


图 17.38 距离; 2 类停止; 轴 3, 66%

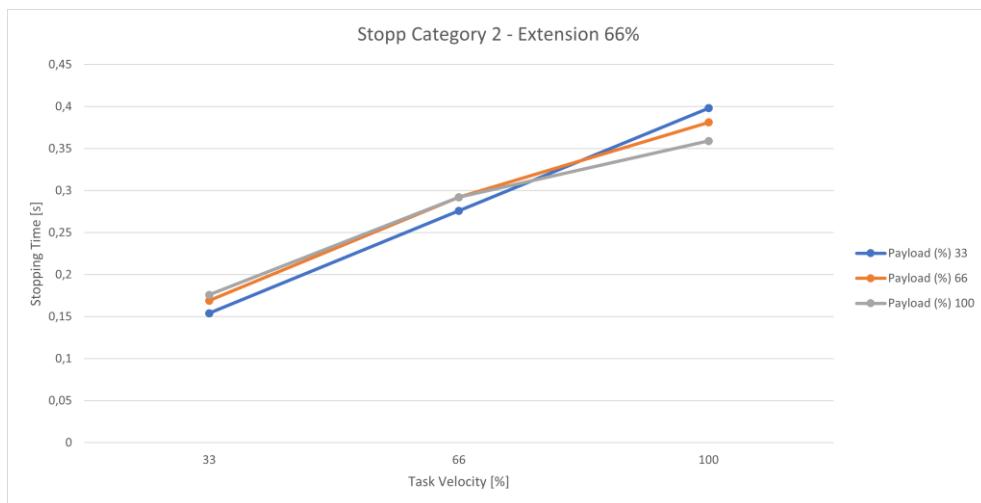


图 17.39 时间; 2 类停止; 轴 3, 66%

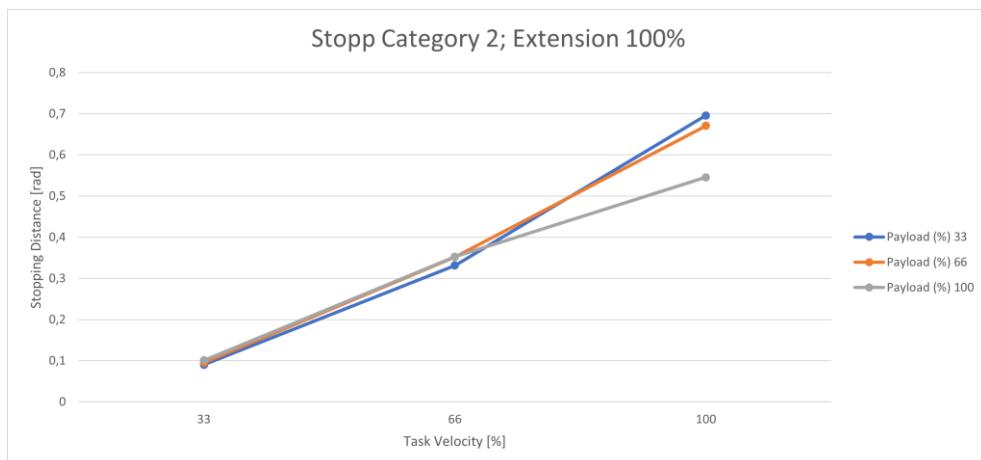


图 17.40 距离; 2 类停止; 轴 3, 100%

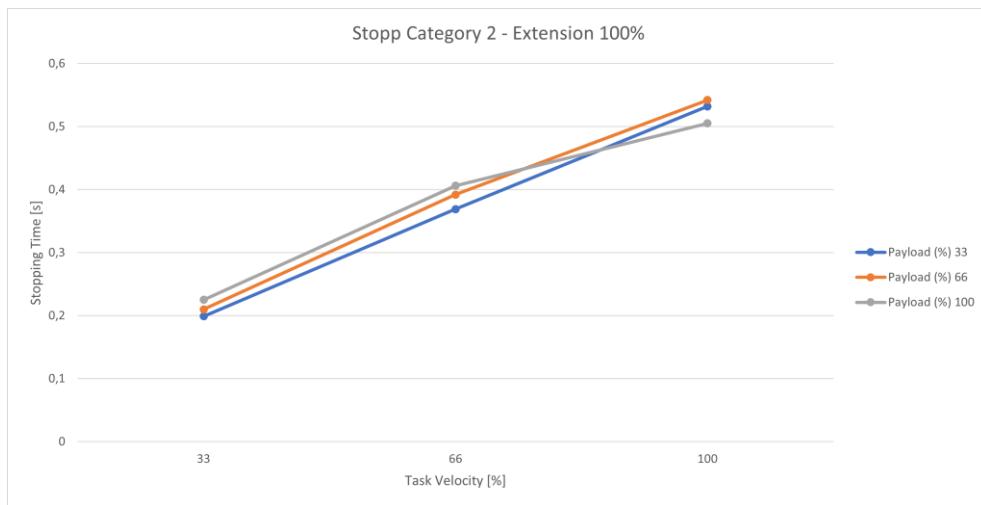


图 17.41 时间; 2 类停止; 轴 3, 100%

#### 17.3.4 轴 4



图 17.42 距离; 2 类停止; 轴 4, 66%

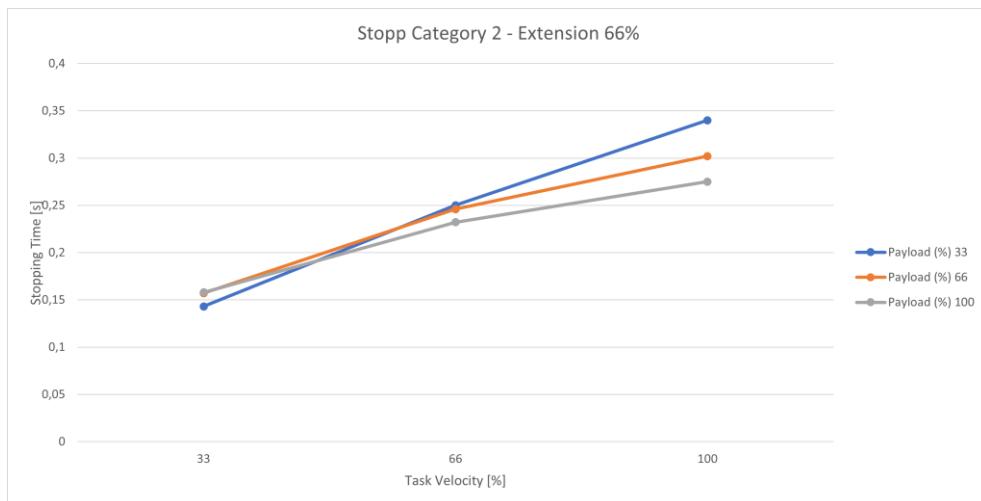


图 17.43 时间; 2 类停止; 轴 4, 66%

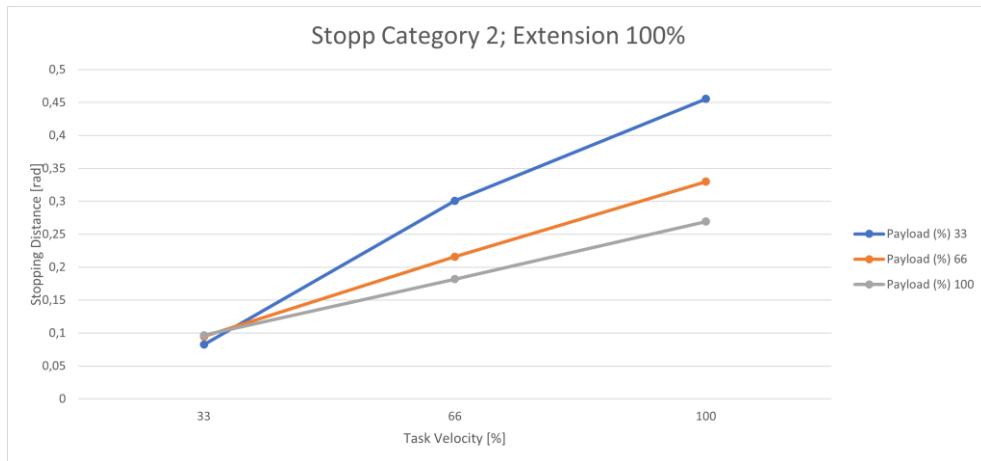


图 17.44 距离; 2 类停止; 轴 4, 100%

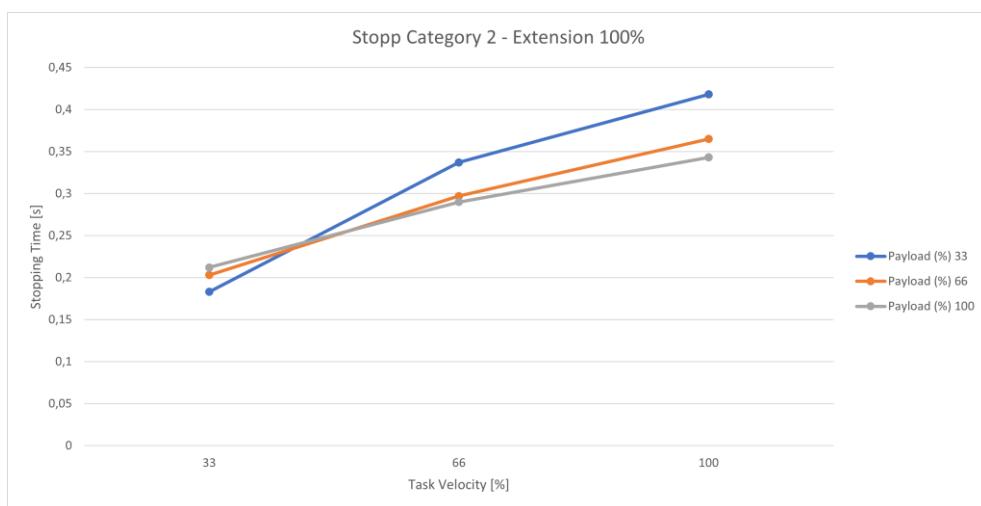


图 17.45 时间; 2 类停止; 轴 4, 100%

## 17.4 响应时间

输入	运动反应时间	反应时间安全输出控制
用户输入	42 ms	48 ms
安全功能违规	36 ms	42 ms
中心反应 - 关节错误	42 ms	48 ms
中心反应 - 次要错误	42 ms	48 ms
局部反应 - 关节错误	10 ms	-
局部反应 - 次要错误	10 ms	-
反应 - 主控制器错误	30 ms	36 ms

## 17.5 安全位置准确度

如果使用基于安全位置测量的任何安全功能，则需考虑受限的准确度。

需考量的主要影响因素包括但不限于结构弹性、机械公差、装配公差、信号处理、传感器准确度。

对这些因素准确度的影响受到外力、有效载荷、类似速度和运动配置（位姿）的动力状态的强烈影响。

在为将在应用中使用的安全功能配置参数时，需考量安全位置准确度。需使用的幅度大小与上述因素高度相关，因此需要逐一评估和验证。

## 18 术语表

名称	描述
App	App 是模块化机器人程序，每个 App 均代表机器人任务的部分步骤。可在 Franka Store 中购买并在 Desk 中设置应用参数，以形成完整的自动化任务。
Desk	Desk 是 Franka Emika 基于网络的直观图形化程序以及用于交换信息和发出指令的用户界面。它是 Franka UI 的组成部分。
EMI 指令 2014/30/EU	EMI 指令 (2014/30/EC) 是指在欧洲经济区、瑞士和土耳其范围内规范装置电磁兼容性的 EMI 指令。
FCC 认证 47 CFR 第 15 部分	FCC 是指美国联邦通信委员会。它是规范无线电、卫星和电缆通信的独立美国机构，规范装置电磁兼容性问题。
Franka Emika GmbH	Franka Emika GmbH (简称 FE) 是公司名称。我们已开发且现在生产 Franka Production 3。
Franka Production 3/  Franka Production 3 系统	机械臂和控制器系统部件构成 Franka Production 3 系统，简称为 Franka Production 3。
Franka Store	Franka Store 是 Franka Emika 的网上商店，提供 App、软件包和硬件，以便轻松在线订购。它是 Franka World 的组成部分： <a href="https://franka.world/">https://franka.world/</a>
Franka UI	Franka UI 是 Franka Production 3 可用 Web 浏览器访问的用户界面软件框架。它包含“Desk”、“Watchman”和“Settings”（设置）界面。
Franka World	Franka World 是一款在线平台，与客户、合作伙伴以及软硬件开发商互联，他们的活动围绕 Franka Emika 的产品和服务而展开。Franka World 提供了管理 Franka Production 3 的工具，而且借助该平台可以访问软硬件产品系列仍在不断增加的在线商店，并且可以成为积极活跃、充满热情的社区成员之一。  访问 <a href="https://franka.world/">https://franka.world/</a> 以使用所有这些权益。
Pilot	Pilot 是机械臂上的用户界面，用于引导和操作机械臂和/或 Desk。它包含 Pilot 手柄和 Pilot 盘。
Pilot 盘	Pilot 盘是 Pilot 的一部分，用于与机械臂和/或 Desk 互动。
Pilot 手柄	Pilot 手柄是 Pilot 的一部分，用于手动引导。
RoHS 指令 2011/65/EU	RoHS 指令 2011/65/EU，以下称为 RoHS 指令，在欧洲经济区、瑞士和土耳其范围内限制在电子电气设备中使用某些有害成分。
SEEPO	“Safe End Effector Power Off”（末端执行器安全关机）安全功能。详情请参见“安全功能”章节。
SLD	“Safely limited distance”（安全限制的距离）安全功能。详情请参见“安全功能”章节。

名称	描述
SLO	“Safely limited end-effector orientation”（安全限制的末端执行器定向）安全功能。详情请参见“安全功能”章节。
SLP-C	“Safely limited Cartesian Position”（安全限制的笛卡尔位置）安全功能。详情请参见“安全功能”章节。
SLP-J	“Safely limited joint angle”（安全限制的关节角度）安全功能。详情请参见“安全功能”章节。
SLS-C	“Safely limited Cartesian speed”（安全限制的笛卡尔速度）安全功能。详情请参见“安全功能”章节。
SLS-J	“Safely limited joint speed”（安全限制的关节角度）安全功能。详情请参见“安全功能”章节。
SMSS	安全功能“Safely monitored standstill”（安全监控的静止）。详情请参见“安全功能”章节。
Watchman	Watchman 是可通过 Web 浏览器访问的用户界面，用于设置并视觉验证 Franka Production 3 的安全相关参数，例如，安全相关的受监控速度或安全相关的受监控空间。它是 Franka UI 的组成部分。
Web 浏览器	在接口设备上运行的一款软件应用，用作 Franka UI 连接。Web 浏览器为 Desk、Watchman 和设置界面提供了运行环境。包括如下示例：Chrome、Edge 和 Firefox。
安全防护空间	周边安全防护定义安全防护空间。 更多信息，请参见正确的安装章节空间分类部分。
安全规则	一个安全规则由一个已设置参数的安全功能、备选激活条件以及违反安全功能时需完成的反应措施组成。
安全情景	Watchman 中所定义的涵盖特定风险情境的一组安全规则，如，涵盖所有测试和点动模式规则的“Teach & Jog”（测试和点动）情景。
安全设置	通用安全相关设置的定义，诸如安全输入行为或末端执行器碰撞模型。
机械臂	机械臂为七轴触觉机器人手臂。它是 Franka Production 3 的组成部分。
操作人员	操作人员是指经授权在负责人及管理员所定义的范围内访问 Franka Production 3 并利用用户界面 Desk 来使用 Franka Production 3 的人。允许操作人员启动、监控和停止 Franka Production 3 所计划的操作。可在 Desk 中将“operator”（操作人员）角色分配给用户。操作人员只有有限的 Desk 访问权。
单点控制 (SPoC)	单点控制 (SPoC) 是一个功能，每次只允许一位用户触发关键动作，即，编辑系统设置和任务，或触发类似解锁关节和运行任务的激活的机器人动作。
低电压指令 2014/35/EC	低电压指令 (2014/35/EC)，（以下称为低电压指令 (LVD)），用于在欧洲经济区、瑞士和土耳其范围内规范电子操作装置的安全性。
笛卡尔	笛卡尔空间是所有轴 (X、Y 和 Z) 互相垂直的三维空间。
防护措施	防护措施遵照 ISO 12100 3.19 部分实现风险降低。由下列人员实施和评估：

## 术语表

名称	描述
	设计者和/或集成商（固有安全设计、安全防护和补充防护措施，共使用的信息） 负责人/集成商（组织：安全工作程序、监督、工作许可系统；提供并使用其他安全装置；使用个人防护装备；培训）
负责人	负责人负责对职业健康法规和作业安全的遵守。 <b>Franka Production 3</b> 负责人包括但不限于企业家、机构负责人、雇主或负责 <b>Franka Production 3</b> 使用的代表。
跟踪误差	所谓跟踪误差，是指机械臂沿着目标运动轨迹完成的实际移动存在小偏差。
故障保护锁止系统	故障保护锁止系统锁止机械臂的所有七个轴。即便断开电源，机械臂也会保持不动。
管理员	管理员是经负责人授权访问机器人系统并如下所述运用用户界面 <b>Desk</b> 的人： 管理员设置及更改角色、访问权限和密码。 管理员设置和更改系统的非安全相关参数（如，在更改末端执行器设置时）。 管理员编程并训练机器人系统。
互动	<b>Franka Production 3</b> 专为轻松编程和操作以及快速学习和重新学习新任务而设计。当 <b>Franka Production 3</b> 处于“monitored stop”（受监控的停止）模式或正在接受引导（示教模式）时， <b>Franka Production 3</b> 基座亮白光，表示机械臂准备就绪，可以互动。
机械指令 (2006/42/EU)	机械指令 (2006/42/EG)，以下称为机械指令或 MD，用于在欧洲经济区、瑞士和土耳其范围内规范标准化防护等级，以防范机械或半成品机械事故。
集成商	集成商负责通过将机器人与其他设备或包括其他机器人在内的另一台机器组合到一起，将半成品机械装配到成品机械中，以形成一个机器系统。 集成商还需参照 ISO 12100 标准进行适当的风险评估以识别残留风险并将其清除和最小化。 集成商对最终应用的安全性负责。
接口设备	接口设备，具备 Web 浏览器商业可售的个人电脑、平板电脑或笔记本电脑，通过以太网电缆连至机械臂基座。可通过接口设备在 Web 浏览器中访问 <b>Franka UI</b> 。
紧急解锁	用紧急解锁工具来解锁故障保护锁止系统以手动移动机械臂，是为紧急解锁。
紧急解锁标签	可在机械臂三个不同区域找到紧急解锁标签。它们指示出现紧急情况时用紧急解锁工具来手动移动机器人的位置。
紧急解锁工具	紧急解锁工具是在出现紧急情况时用于手动解锁故障保护锁止系统的工具。使用该工具，即便机械臂未通电也能移动机械臂。
紧急停止装置	紧急停止装置必须连至系统以在紧急情况下停止 <b>Franka Production 3</b> 并执行停止类别 1。这会导致 <b>Franka Production 3</b> 以最大力制动且锁止螺栓机械锁止机械臂。 紧急停止装置连至机械臂基座处的 X3 连接器。
控制器	控制器是主控单元，是 <b>Franka Production 3</b> 的组成部分。该主控单元能实现机器人机械结构的监视和控制。

## 术语表

名称	描述
停止类别 0	停止类别 0 是指通过立即断开机器驱动器电源实现的停止（参照 EN 60204:2019 标准）。
停止类别 1	停止类别 1 是受控停止，机器驱动器电源可用，以实现停止，然后在实现停止后断开电源（参照 EN 60204:2019 标准）。
类别 2 停止	类别 2 停止是受控停止，机器驱动器电源可用（参照 EN 60204:2019 标准）。
连接线	连接线用于连接机械臂与控制器。
启用按钮	启用按钮是 Pilot 手柄与 Pilot 的组成部分。它能激活机械臂的运动。
任务	Desk 中的任务代表一个完整的自动化例程。任务由一个或多个 App 组成。
设置界面	设置界面是可通过 Web 浏览器访问的用户界面，用于设置 Franka Production 3 的非安全相关参数，如，网络设置、用户角色或密码。它是软件框架 Franka UI 的组成部分。
示教	示教是指通过手动引导机器人或末端执行器为任务和所含 App 设置参数的过程。这其中包括“poses”（位姿）示教，即通过引导机器人至该位姿。
外部支持设备	外部支持设备连至机械臂基座处的 X4 连接器。半按外部支持设备时，只要保持半按即可测试并运行自动机器人程序。
位姿	位姿是空间中位置和定向的组合。
协作空间	在执行任务过程中操作人员和机器人都可进入的空间。
引导/手动引导	引导是指通过触觉互动来移动机器人，如示教新位姿。
引导按钮	引导按钮位于 Pilot 手柄前部。按下引导按钮并半按启用按钮可移动机械臂。
引导模式	引导模式通过锁止或解锁空间中的不同方向或旋转来使引导更轻松，例如向三个方向移动机械臂。可使用 Pilot 手柄上的引导模式按钮或直接从 Desk 在各引导模式之间切换。
制动距离	制动距离是指收到停止指令之后直到完全停止机械臂所移动的距离。
制动时间	制动时间是指收到（如紧急装置所发出的）停止指令之后直到机械臂完全停止所经历的时间。
质心 (CoM)	质心是物体的重心。此时，引力生效。
轴	机械臂由七条连续轴组成。运动因轴而生。
抓手 / Franka 抓手	抓手是一个电动二指平行夹爪，选配。根据 ISO 法兰设计，抓手可用于 Franka Emika Robot、Franka Production 3 和搭载件。抓手属于末端执行器。它并非认证机械的组成部分。
最大空间	机器人移动部位可能扫过的空间外加末端执行器及工件可能扫过的空间。 更多信息，请参见正确的安装章节的最大且安全防护空间部分。

## 19 索引

App.....	121, 130
Desk.....	32, 41, 76, 116
EMI 指令 2014/30/EU .....	183
FCC 认证 47 CFR 第 15 部分.....	183
Franka.....	8, 183
Franka Emika GmbH.....	7
Franka Store.....	183
Franka UI .....	8, 21, 27, 115
Desk.....	116
设置界面 .....	119
终端执行器配置.....	120
登录.....	115
Franka World .....	120, 150, 160
机器人的注册.....	151
更新.....	152
维修和支持 .....	150
Hand .....	46, 49, 79
Pilot.....	40, 41
Pilot 手柄 .....	41
Pilot 盘 .....	41
Pilot 模式 .....	41
RoHS 指令 2011/65/EU.....	11
SEEPO .....	30
SLD.....	31
SLO .....	30
SLP-J.....	31
SLS-C.....	30
SLS-J .....	31
SMSS .....	30
Software-Einrichtung.....	94
Watchman .....	26, 45, 100, 119
SEEPO.....	112
SLO .....	111
SLP-C.....	111
SLS-C.....	111
内部/外部区域.....	107
反应.....	108
安全设置.....	100, 103
安全输入端配置 .....	104
规则结构.....	107
具备安全限制的监控静止状态 ( <u>SMSS</u> ) .....	108
终端执行器配置 .....	104
验证 .....	110
常规安全设置 .....	104
编辑安全设置 .....	101
Web 浏览器.....	45
人物角色.....	36
创建用户角色 .....	36
负责人 .....	37
安全操作人员 .....	37
集成商 .....	38
管理员 .....	37
操作人员 .....	38
车桥 .....	7
互动 .....	41, 90
引导/手动引导 .....	27
引导按钮 .....	43, 122, 143
引导模式 .....	132
引导模式按钮 .....	43
末端执行器.....	46, 79, 85, 114, 143
示教 .....	123, 125, 129, 130, 138, 143
示教任务 .....	123, 129, 130, 138
术语表 .....	183
用户界面 .....	37, 41, 93, 94
外部支持设备 .....	14, 29, 48, 72, 91
机械指令 2006/42/EC .....	16
机械臂 .....	12, 16, 40, 48, 56, 65
手动移动机械臂 .....	24
拆开设备包装 .....	57
协作空间 .....	123
任务 .....	91, 96, 114, 129
自测 .....	91
负责人 .....	8, 37, 38

关闭电源 .....	98	Backup (备份) .....	153
安全 .....	15	Modbus 配置 .....	154
安全功能 .....	29	网络设置 .....	153
安全外围设备安装 .....	22	安全设置 .....	153
安全防护空间 .....	61	备份已创建的任务 .....	154
安全规则 .....	26	终端执行器配置 .....	154
安全理念 .....	26	单点控制 (SPoC) .....	21, 126
安全输入 .....	29	故障保护锁止系统 .....	23, 124, 143
安全输出 .....	31	故障排除 .....	143
安装 .....	17, 47, 49, 56	标准配置 .....	39
布线和电气安装 .....	70	轴 .....	114
安装场所准备 .....	64	重新启动 .....	98
安装场所 .....	62, 63	保养 .....	156
安装紧急停止装置 .....	22	误用 .....	16, 19
设备上的标签 .....	12	紧急 .....	14, 17
功能接地标签 .....	13	紧急停止装置 .....	14
抓握位置标签 .....	14	紧急解锁 .....	13
防护措施 .....	17	紧急解锁工具 .....	24
运输 .....	54, 56, 88	紧急解锁标签 .....	13
机械臂重新包装 .....	85	预期用途 .....	16
拆开包装 .....	58	接口设备 .....	39, 49, 93
技术规格 .....	50	控制器 .....	14, 17, 39, 48, 56, 66
抓手 .....	41	辅助 .....	141
连接线 .....	57, 74	笛卡尔 .....	29
低电压指令 2014/35/EC .....	184	笛卡尔空间 .....	114
位姿 .....	114	停止功能 .....	31
弃置 .....	11, 156, 157	类别 2 停止 .....	31
闲置 .....	27, 121	停止类别 0 .....	31
证书 .....	11	停止类别 1 .....	31
启用按钮 .....	27, 91, 135, 143	清洁 .....	156
启动 .....	88	维修 .....	143
附加设备 .....	48	维修和支持 .....	158
现场总线 .....	122, 128	日志下载 .....	160
制动时间 .....	23	出厂重置 .....	160
制动时间和制动距离 .....	165, 182	救援系统 .....	158
制动距离 .....	23	硬件更换 .....	161
使用和定位的实用提示 .....	81, 134	最大空间 .....	54, 61, 80, 88
质心 (CoM) .....	18, 124, 143	集成商 .....	20, 38
备份 .....	153	搬运 .....	54, 55, 85

## 索引

---

跟踪误差 .....	136	X4 .....	72
管理员 .....	36, 96	X5 .....	73
Administrator (管理员) .....	96	X6 .....	73
端口 .....	71	操作人员 .....	26, 27, 29, 38
X1 .....	44	操作模式 .....	121
X2 .....	71	臂架的关节基准位置 .....	82
X3 .....	72		

## 20 插图目录

图 3.1 臂架铭牌 .....	12
图 3.2 紧急解锁标签 .....	13
图 3.3 “高温表面” 标签 .....	13
图 3.4 功能性接地标签 .....	13
图 3.5 抓取位置标签 .....	14
图 3.6 控制器铭牌 .....	14
图 3.7 外部支持设备铭牌 .....	14
图 3.8 紧急停止装置 .....	14
图 4.1 紧急停止装置接口 .....	23
图 4.2 紧急解锁装置 .....	25
图 4.3 手动推开 .....	26
图 4.4 正常运行模式下的状态 .....	28
图 6.1 设备概览 .....	39
图 6.2 臂架概览 .....	40
图 6.3 Pilot .....	41
图 6.4 启用按钮的切换状态 .....	42
图 6.5 启用按钮 .....	42
图 6.6 引导模式按钮 .....	43
图 6.7 引导模式按钮 .....	43
图 6.8 引导按钮 .....	43
图 6.9 引导按钮 .....	44
图 6.10 机器人基座上的接口 .....	44
图 6.11 终端执行器法兰 .....	46
图 6.12 控制器的尺寸和接口 .....	46
图 6.13 背面接口 .....	47
图 7.1 臂架供货范围 .....	48
图 7.2 控制器供货范围 .....	48
图 7.3 附加装置供货范围 .....	48
图 7.4 连接线供货范围 .....	49
图 9.1 起吊位置 .....	55
图 10.1 界面概览 .....	56
图 10.2 包装 .....	57
图 10.3 主纸箱开箱 .....	58
图 10.4 取出单个纸箱 .....	58
图 10.5 内部纸箱 .....	58
图 10.6 打开臂架的纸箱 .....	59
图 10.7 打开臂架 .....	59
图 10.8 吊出臂架 .....	59
图 10.9 打开控制器纸箱 .....	60
图 10.10 移除包装 .....	60
图 10.11 吊出控制器 .....	60
图 10.12 区域划分 .....	61
图 10.13 臂架固定装置的准备 .....	65
图 10.14 钻孔图 .....	66
图 10.15 臂架的固定 .....	68
图 10.16 布线概览 .....	71
图 10.17 X2 接口 .....	72
图 10.18 X3 接口 .....	72
图 10.19 X6 接口 .....	73
图 10.20 功能性接地接口 .....	74
图 10.21 臂架上的连接线接口 .....	75
图 10.22 控制器上的连接线接口 .....	75
图 10.23 支持装置接口 .....	76
图 10.24 接口设备接口 .....	76
图 10.25 保护装置的接口（这里指紧急停止命令设备） .....	78
图 10.26 ESD 测量的测量点 .....	81
图 10.27 作业区域的设计 .....	82
图 10.28 臂架的关节基准位置 .....	82
图 10.29 头部碰撞时与臂架的距离 .....	83
图 10.30 碰撞时与臂架的距离 .....	83
图 10.31 手部挤压时与臂架的距离 .....	84
图 10.32 劳保用品 不要戴首饰 .....	84
图 10.33 插入手臂 .....	86
图 10.34 包装手臂 .....	86
图 10.35 封住纸箱 .....	87
图 11.1 接通控制器 .....	88
图 11.2 臂架上的蓝色状态灯 .....	89
图 11.3 语言选择初始设置 .....	94
图 11.4 网络初始设置 .....	94
图 11.5 Franka World 注册 .....	95
图 11.6 管理员创建 .....	96

## 插图目录

---

图 11.7 终端执行器设置 .....	96
图 12.1 Watchman.....	100
图 12.2 经过验证的规则 .....	102
图 12.3 切换到 Draft (草稿) 模式 .....	102
图 12.4 Draft (草稿) 模式.....	103
图 12.5 验证标记.....	103
图 12.6 Safety Setup (安全设置) .....	104
图 12.7 终端执行器配置 .....	105
图 12.8 球体配置 .....	105
图 12.9 Franka Hand 的球体配置示例 .....	106
图 12.10 编辑规则.....	107
图 12.11 规则结构.....	107
图 12.12 “Activation Space (启用空间)” 配置 .....	108
图 12.13 监控 .....	108
图 12.14 空间的创建 .....	109
图 12.15 设置速度.....	109
图 12.16 验证结构.....	110
图 12.17 验证 .....	110
图 12.18 验证规则.....	111
图 12.19 验证 Watchman.....	112
图 12.20 安全报告.....	112
图 13.1 登录 Franka 用户界面 .....	114
图 13.2 Download (下载) 用户手册 .....	115
图 13.3 Desk .....	115
图 13.4 DESK 侧边栏 .....	117
图 13.5 Watchman.....	118
图 13.6 设置菜单 .....	118
图 13.7 运行模式概览.....	120
图 13.8 操作方式 .....	121
图 13.9 Assist (辅助) 操作 .....	122
图 13.10 用户要求.....	125
图 13.11 用户管理: 等待确认.....	126
图 13.12 用户请求.....	126
图 13.13 强制解除控制 .....	127
图 13.14 APP 参数化.....	129
图 13.15 APP 的界面 .....	130
图 13.16 位姿微调 APP.....	131
图 13.17 手动引导模式之间的切换概览 .....	132
图 13.18 显示手动引导.....	132
图 13.19 设置用户自定义的手动引导 .....	132
图 13.20 手动引导的确认 .....	134
图 13.21 测试和点动模式 .....	136
图 13.22 区域分配.....	138
图 13.23 Work (工作) 模式 .....	138
图 13.24 Assist (辅助) 模式提示.....	140
图 13.25 在 Assist (辅助) 模式下放行动作的条件 .....	140
图 13.26 消息 “A Joint limit has been violated (违反了一个联合限制) ” .....	143
图 13.27 显示错误关节的消息 .....	143
图 13.28 确认关节恢复到了极限范围内 .....	143
图 13.29 消息 “Joint position error detected (探测到关节位置错误) ” .....	144
图 13.30 显示错误关节的消息 .....	144
图 13.31 锁定关节恢复 .....	144
图 13.32 关节恢复准备就绪 .....	145
图 13.33 达到确认位置 .....	145
图 13.34 关节恢复已确认 .....	146
图 13.35 信息按钮未保持 .....	146
图 13.36 信息 参考位置尚未达到 .....	146
图 13.37 运动错误信息 .....	146
图 13.38 确认恢复 .....	147
图 14.1 通过 Franka World 管理 APP 和功能.	149
图 14.2 控制器的网络连接 .....	150
图 14.3 通过 Franka World 管理更新 .....	151
图 14.4 Network Settings (网络设置) .....	153
图 14.5 备份任务 .....	154
图 16.1 Rescue System (救援系统) .....	158
图 16.2 网络 .....	158
图 16.3 Log Download (日志下载) 和 Factory Reset (出厂重置) .....	159
图 16.4 Franka World .....	159
图 16.5 Safety Log (安全日志) .....	160
图 16.6 设备详细视图 .....	161
图 16.7 同步提示 .....	161
图 16.8 Everything up-to-date (更新至最新版本) .....	162
图 16.9 控制器注册 .....	162

## 插图目录

---

图 17.1 卸载状态显示.....	164
图 17.2 距离; 1 类停止; 轴 1, 33%.....	165
图 17.3 时间; 1 类停止; 轴 1, 33%.....	165
图 17.4 距离; 1 类停止; 轴 1, 66%.....	166
图 17.5 时间; 1 类停止; 轴 1, 66%.....	166
图 17.6 距离; 1 类停止; 轴 1, 100%.....	166
图 17.7 时间; 1 类停止; 轴 1, 100%.....	167
图 17.8 距离; 1 类停止; 轴 2, 33%.....	167
图 17.9 时间; 1 类停止; 轴 2, 33%.....	167
图 17.10 距离; 1 类停止; 轴 2, 66%.....	168
图 17.11 时间; 1 类停止; 轴 2, 66%.....	168
图 17.12 距离; 1 类停止; 轴 2, 100%.....	168
图 17.13 时间; 1 类停止; 轴 2, 100%.....	169
图 17.14 距离; 1 类停止; 轴 3, 33%.....	169
图 17.15 时间; 1 类停止; 轴 3, 33%.....	169
图 17.16 距离; 1 类停止; 轴 3, 66%.....	170
图 17.17 时间; 1 类停止; 轴 3, 66%.....	170
图 17.18 距离; 1 类停止; 轴 3, 100%.....	170
图 17.19 时间; 1 类停止; 轴 3, 100%.....	171
图 17.20 距离; 1 类停止; 轴 4, 66%.....	171
图 17.21 时间; 1 类停止; 轴 4, 66%.....	171
图 17.22 距离; 1 类停止; 轴 4, 100%.....	172
图 17.23 时间; 1 类停止; 轴 4, 100%.....	172
图 17.24 距离; 2 类停止; 轴 1, 33%.....	173
图 17.25 时间; 2 类停止; 轴 1, 33%.....	173
图 17.26 距离; 2 类停止; 轴 1, 66%.....	174
图 17.27 时间; 2 类停止; 轴 1, 66%.....	174
图 17.28 距离; 2 类停止; 轴 1, 100%.....	174
图 17.29 时间; 2 类停止; 轴 1, 100%.....	175
图 17.30 距离; 2 类停止; 轴 2, 33%.....	175
图 17.31 时间; 2 类停止; 轴 2, 33%.....	175
图 17.32 距离; 2 类停止; 轴 2, 66%.....	176
图 17.33 时间; 2 类停止; 轴 2, 66%.....	176
图 17.34 距离; 2 类停止; 轴 2, 100%.....	176
图 17.35 时间; 2 类停止; 轴 2, 100%.....	177
图 17.36 距离; 2 类停止; 轴 3, 41%.....	177
图 17.37 时间; 2 类停止; 轴 3, 41%.....	177
图 17.38 距离; 2 类停止; 轴 3, 66%.....	178
图 17.39 时间; 2 类停止; 轴 3, 66%.....	178
图 17.40 距离; 2 类停止; 轴 3, 100%.....	178
图 17.41 时间; 2 类停止; 轴 3, 100%.....	179
图 17.42 距离; 2 类停止; 轴 4, 66%.....	179
图 17.43 时间; 2 类停止; 轴 4, 66%.....	179
图 17.44 距离; 2 类停止; 轴 4, 100%.....	180
图 17.45 时间; 2 类停止; 轴 4, 100%.....	180

Franka Emika GmbH  
Frei-Otto-Straße 20  
80797 Munich  
Germany