FRANKA ROBOTICS



硬件手册

FRANKA RESEARCH 3

© 版权所有 2025 Franka Robotics
GmbH 弗莱-奥托街20号
80797 慕尼黑 德国

本文件中的信息（包括任何摘录）仅可在获得 Franka Robotics GmbH 明确授权的情况下进行复制或与第三方共享。

本文件内容已严格核对所描述硬件与软件的兼容性。但仍无法完全排除差异，故本公司不承担完全兼容性的责任。

为保障客户权益，我们保留随时对硬件、软件及文档进行改进与修正的权利，恕不另行通知。

我们始终感谢您通过documentation@franka.de 提供的反馈意见。

英文文档为原始文档。其他语言版本均为原始文档的译本。

本硬件手册的补充文件包括：

- 数据手册 Franka Research 3 with Arm v2.1（文档编号：R02212）
- ESD测量FR3 Arm v2（文档编号：R02015）
- FR3安装快速指南（文档编号：R02040）
- 操作手册 Franka Research 3 (文档编号：R02216)

文档名称：硬件手册 Franka Research 3 文档编号：R02210

硬件版本：Franka Research 3 搭载 Arm v2.1型号编号：Arm (309969)

变更日志：

内容迭代	发布日期	发布说明/变更
1.0	2025年11月	Franka Research 3搭载Arm v2.1系统，具备更新的重量参数、修订的标签标识以及优化后的停止时间与距离规格。





请访问www.franka.de/documents 获取英文版及其他语言版本的手册和补充资料。

目录

1 硬件手册说明 6

1.1 软件与硬件版本 6

1.2 适用文档 6

1.3 开始前 6

2 使用权与财产权 7

2.1 一般条款 7

2.2 身份识别 7

3 公司注册声明与证书 8

3.1 公司注册声明 8

3.2 补充声明 10

3.2.1 RoHS/REACH/WEEE/电池指令 10

3.2.2 中国RoHS 2 11

3.3 设备上的标签 12

3.3.1 臂 12

3.3.2 外部启用装置 13

3.3.3 紧急停止装置 14

4 安全 14

4.1 安全说明和一般说明 14

4.2 责任声明 15

4.3 预期用途 15

4.4 不当使用 15

4.5 操作机器人时可能存在的危险及安全措施 16

4.6 应用相关的潜在危险与安全措施 19

4.7 安全外围设备的安装 21

4.8 故障安全锁定系统 22

4.9 手动移动机械臂 23

4.10 安全功能 25

4.11 机器人系统规划与初始安装的补充信息 29

5 设备概述 33

5.1 手臂 34

5.2 控制 42

6 供货范围和附加设备 43

6.1 包装盒内含 43

6.2 包装盒内不含 45

6.3 可用的备件和配件 45
7 安装与配置 46
7.1 拆箱 47
7.2 正确安装位置 52
7.2.1 最大安全空间 52
7.2.2 环境条件：臂 53
7.2.3 环境条件：控制 55
7.3 准备安装场地 56
7.3.1 臂 56
7.3.2 控制 58
7.4 安装臂 59
7.5 控制装置定位 61
7.6 接线与电气安装 62
7.7 连接机器人接口 63
7.7.1 连接图 63
7.7.2 接口 63
7.7.3 接线 66
7.8 安装末端执行器 71
7.9 Franka Research 3 的使用和定位实用技巧 73
7.9.1 能耗 73
7.9.2 ESD 限制 73
7.9.3 工作空间设计 75
7.9.4 个人安全与人体工学 76
8 使用 78
8.1 电源开启 78
8.2 Franka Research 3的安全相关测试 80
8.2.1 机器人系统的自检 80
8.2.2 安全功能的定期测试 81
8.2.3 紧急停止测试 81
8.3 关闭与重启 83
9 机器人LED指示系统 84
9.1 状态指示灯概述 84
9.2 LED 激活行为 85
9.3 闪烁模式 85
9.4 LED优先级逻辑 86
9.5 LED 颜色参考表 86

10 维护与处置 88
10.1 维护 88
10.2 清洁 89
10.3 废弃处理 90
10.4 机械控制交换 90
11 故障排除 90
12 技术数据 91
12.1 技术规格 91
12.1.1 交付与运输的环境条件 92
13 运输与搬运 92
13.1 操作规程 92
13.1.1 步骤1. 臂的运输姿势 93
13.1.2 步骤2. 搬运与举升 93
13.1.3 步骤3. 重新包装手臂 95
14 附录 97
14.1 停车时间与距离 97
14.2 停车类别 1 98
14.2.1 接头1 100
14.2.2 接头2 101
14.2.3 接头3 102
14.2.4 接头4 103
14.3 停止类别 2 103
14.3.1 接头 1 104
14.3.2 接头 2 105
14.3.1 接头 3 106
14.3.2 时间接头4 107
14.4 响应时间 108
14.5 安全定位精度 108
15 术语表 109
16 索引 114
17 图示目录 116

1 关于硬件手册

本硬件手册提供确保Franka机器人安全正确使用的重要信息。其中包含识别机器人组件、执行常规维护、理解内置安全功能的详细指导，以及初始设置和使用的分步说明。

所有操作人员在开始任何机器人工作前，必须通读并充分理解本手册。安全操作要求严格遵守手册中所有安全准则和操作说明。

1.1 软件与硬件版本

本硬件手册适用于搭载Arm版本v2.1的Franka Research 3机器人。该Arm版本兼容系统镜像版本5.8及以上版本

。

1.2 适用文档

除本手册外，下列文档同样适用：

- **操作手册：**搭载系统映像版本5.8的Franka Research 3机器人
- **文档编号：**R02216

重要提示

硬件手册Arm v2.1随系统映像5.8发布。自系统映像版本5.9起，Arm
v2.1版本同样获得支持。自系统映像版本5.9.1起，可实现完整功能且性能无损。

1.3 开始前须知

1.3.1 适用对象与培训要求

本手册适用于负责安装、操作和维护Franka Research 3系统的合格技术人员。
用户必须：

- 接受过工业机器人操作培训，并熟悉相关安全规范（例如EN ISO 10218-2）。
- 掌握基础机械与电气安全原理。
- 获得雇主授权执行本手册所述任务。

未经培训或未获授权者严禁安装、操作或维修本产品。

2 使用权与财产权

2.1 一般条款

受保护的商标

本手册涉及未在正文明确标注的受保护商标。未作此类标注并不意味着相应产品名称不涉及第三方权利。下列商标均为受保护商标：

Franka及Franka Robotics均为注册商标。

Microsoft为注册商标，Windows系微软公司在美国及其他国家/地区的标识。

GOOGLE、Mozilla、Firefox、CHROME、ITEM均为注册商标。

商标权

责任方对Franka Robotics的商标、标识或商号不享有任何权利或主张。

2.2 标识

标识移除

版权声明、序列号以及任何其他标识产品或操作软件的标签均不得移除或修改。

3 公司注册声明与证书

3.1 符合性声明

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

Description of the partly completed machinery:

Product identification: Franka Research 3 components: *Control, Arm*
Model/Type:
Control (#295341) in combination with *Arm FR3* (#309969).

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

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

Machinery safety

Standard	Name
EN ISO 10218-1:2011 ISO 10218-1:2011	Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Robots
EN ISO 12100:2010 ISO 12100:2010	Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction

Document No.: R02011 Page 1/2

EN ISO 13B49-1:2015 ISO 13849-1:2015	机械安全——控制系统安全相关部件 - 第1部分：设计通用原则
EN ISO 13B49-2:2012 ISO13849-2:2012 EMlSOl38E0:2015	机械安全——控制系统安全相关部件 - 第2部分：验证
ISO 13850:2015	机械安全——紧急停止功能 - 设计原则
EN ISO 14118:2018 ISO 14118:20J7	机械安全 ——防止意外启动
EN 61310-1:2008 IEC 61310-1:2007	机械安全 - 指示、标记和操作
EN 61310-2:2008 IEC 61310-2:2007	- 第一部分：视觉、听觉和触觉信号的要求机械安全——指示、标记和操作 - 第2部分：标识要求

EMC

标准	Nama
EN IEC 61000-6-1:2019 IEC 61000-6-1:2016 EN IEC 61000-6-2:2019	电气兼容性（EMC）——第6-1部分：通用标准 - 住宅、商业和轻工业环境的抗扰度标准
IEC 61000-6-2:2016	电气兼容性（EMC）- 第 6-2 部分：通用标准 - 工业环境的抗扰度标准
EN 6100D—6—3-2007 /A1:2011/AC:2012-08 IEC 6L000-G-3:2020	电气兼容性（EMC）- 第6-3部分：通用标准 — 住宅、商业和轻工业环境的发射标准
EN IEC 6tIX I-6-4:2019 IEC 6LIXI0—6—4:2O1B	
EN 6100D-6-7:2015 IEC 61000-6-7:2014	电气兼容性（EMC）- 第6-4部分：通用标准 - 工业环境电磁兼容标准
EN 61326-3-1-2017 IEC 61326-3-1:2017	电气兼容性（EMC）- 第6-7部分：通用标准 — 工业场所中用于执行安全相关系统功能（功能安全）的设备抗扰度要求
CISPR 11:2015+AMO1:2016 *AMD2:20L9 CSV	测量、控制和实验室用电气设备——EMC要求——第3-1部分：安全相关系统和用于执行安全相关功能（功能安全）的设备的抗扰度要求 — 工业通用设备 工业、科学和医疗设备 - 射频干扰特性——测量限值和方法

我们承诺在市场监督机构提出合理要求时，提交关于完全组装机械的相关文件。工业产权不受影响。

Important note!

在最终安装该部件的机械设备被宣布符合《2006/49/EC机械指令》规定（如适用）并签发附件II A规定的CE符合性声明之前，不得将未完成的机械部件投入使用。

欧盟境内代表，获授权编制

相关技术文件：

弗兰卡机器人有限公司弗赖-奥

托街20号80797 慕尼黑 德国

制造商：Franka Robotics

GmbH Frei-Otto-Straße 2D 80797
München Germany

金正勋，首席执行官

日期、地点

2025年9月26日

德国慕尼黑

Document No.: R02011

Page 2/2

3.2 补充声明

3.2.1 RoHS / REACH / WEEE / 电池指令

更多信息

状态：2022年4月1日 Franka Research 3

有害物质限制指令（RoHS）：

*控制组件和臂部*组件虽不属于欧盟RoHS指令2011/65/EU的适用范围，但仍符合均质材料中限制物质及最高浓度值的要求：

- 铅（0.1%）
- 汞（0.1%）
- 镉（0.01%）
- 六价铬（0.1%）
- 多溴联苯（PBB）（0.1%）
- 多溴二苯醚（PBDE）（0.1%）

以下例外情况同样适用：

6a：铅作为合金元素用于加工钢材，以及含铅量不超过0.35%的镀锌钢材

%的含铅量

6b：作为铝合金元素的铅，其含量不超过0.4%（按重量计）6c：含铅量不超过4%（按重量计）的铜合金

7a：高熔点焊料中的铅（即铅含量达85%及以上的铅基合金）

7c-I：电气和电子元件中玻璃或陶瓷（介电陶瓷除外）所含的铅

在电容器中，例如压电电子器件，或在玻璃或陶瓷基复合材料中

REACH法规：

FRANKA ROBOTICS GmbH 属于REACH法规定义的"下游用户"。本公司产品均为非化学品（制造成品），且在正常使用条件及合理可预见条件下不会释放任何物质（REACH第7条）。

我们确认，除非符合RoHS豁免条款（见上文），否则我们的产品中任何一种物质的含量均不超过欧洲化学品管理局候选清单（SVHC）所列物质的0.1%（按质量计）。欧洲化学品管理局候选清单的扩展内容均与我们的产品进行比对，若发现产品含有新添加的物质，我们将立即通知您。

本确认书基于供应商当前提供的信息编制而成。

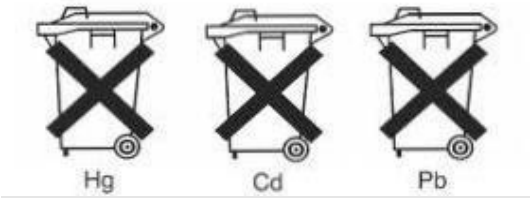
《废弃电子电气设备指令》：

*控制组件与臂组件*不受《2002/96/EC废弃电子电气设备指令》关于电子产品回收、再利用及资源化处理的约束。

电池指令：

Control产品内含BIOS电池。

电池处置：
根据《2006/66/EC电池指令》，用户有义务回收可充电及不可充电电池；请勿将其作为生活垃圾丢弃。请遵循法定要求进行处置，将电池送至回收商处。
电池将被回收利用。
带斜杠垃圾桶图标下方标识的物质为铅（Pb）、镉（Cd）或汞（Hg）。



3.2.2 中国RoHS 2



部件名称 部件名称	有毒和有害物质和元素					
	铅 铅 **(Pb)**	**汞** 汞 **(Hg)**	**镉** 镉 **(Cd)**	**六价铬** 六价铬 **(Cr (VI))**	**多溴联苯** 多溴联苯 **(PBB)**	**多溴联苯醚** 多溴二苯醚 **(PBDE)**
控制 控制器	X	O	O	O	O	O
臂 FP3 臂 架 FP3	X	O	O	O	O	O
机器人连接线 连接线 2.5米/5米/10米	O	O	O	O	O	O
紧急停止装置 紧急停止装置	O	O	O	O	O	O
外部启用设备 外部支持设备	O	O	O	O	O	O

本表根据SJ/T 11364-2006的规定编制。

本表根据SJ/T 11364-2006的规定编制。

O: 表示该部件所有均质材料中所含的该有害物质低于GB/T 26572-2011的限量要求。

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：表示该部件所用至少一种均质材料中的所述有害物质超过GB/T 26572-2011的限量要求。

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。

（企业可根据实际情况在此框中进一步提供标示"X"的技术说明）

3.3 设备标识

3.3.1 臂

类型标签

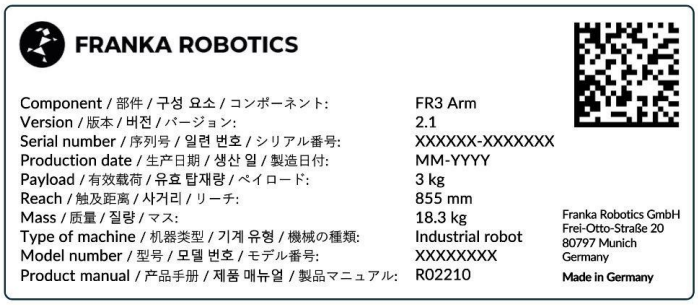


图3.1：类型标签

紧急解锁标签

紧急情况下，武装点设有三个紧急解锁标签，标示出需插入紧急解锁工具的手动解锁点，以解除故障安全锁定系统。



图3.2：紧急解锁标签

警告

使用紧急解锁工具时手臂可能坠落

解锁关节时存在被臂体夹住的风险

- 解锁前及解锁过程中请务必支撑机械臂。
- 请勿将头部或其他身体部位置于臂的连接件之间或下方。
- 请勿将身体部位（尤其是手、手指）置于机械臂关节、末端执行器或固定物体之间。
- 在机械臂通电时，请勿使用紧急解锁工具。
- 仅使用随附的紧急解锁工具。
- 将紧急解锁工具存放在机械臂附近。

高温表面警示标签



图3.3：高温表面警示标识

警告

高温表面和导轨

当环境温度超过30°C时，机器人表面可能变得过热而无法触摸。因此，在30°C以上环境中禁止使用执行模式下的辅助功能。

功能接地标识

功能接地标识指示可将功能接地连接至机械臂的位置。



图3.4：功能接地标识

起吊位置标识

起吊位置标识标明了可对机械臂进行起吊的具体点位。

图3.5：起吊位置标识

3.3.2 外部启用装置

类型标签



图3.6：类型标签外部设备

3.3.3 紧急停止装置

类型标签



图 3.7：类型标签紧急停止装置

4 安全

4.1 安全说明和一般说明

警告标识

在安装、启动和操作设备前，请仔细阅读本手册及所有附加文件。请注意安全说明以及一般指示。

警告标识按以下方式标注：

注意

注意表示存在危险情况，若不加以避免，可能导致轻微或中度伤害。

本手册中使用的警告标识如下：

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

警告表示若未避免，可能导致死亡或严重伤害的危险情况。

注意

提示标识表示重要但与危险无关的信息。

安全说明

安全说明指示必须严格遵守的流程。

说明



标示可获取更多信息的位置。

4.2 责任声明

Franka Research 3的研发遵循相关质量标准。开发过程中已依据EN ISO 12100标准完成危害与风险评估，该评估构成Franka Research 3及本手册的基础依据。

本文件包含作为半成品机械的Franka Research 3组装说明。其中描述了为确保最终机械安全可靠而必须满足的条件（例如《机械指令2006/42/EC》附件I）。

4.3 预期用途

Franka Research 3专用于学术及工业环境中的研发活动。系统仅可在技术状态良好、符合预期用途、遵守技术规格与运行条件的前提下使用，且操作者须充分知晓安全规范及潜在风险。

本版Franka Research 3系统仅限按本手册所述方式使用。***关于机器人正常及扩展工作条件，请参阅第12章"技术参数"及第7.2章。***

"正确安装位置"。

4.4 误用

危险

Franka Research 3的误用

危及生命和造成伤害的风险，以及导致功能障碍、机器人损坏及其他财产损失的风险。

- 仅在技术状态良好的情况下使用 Franka Research 3。
- 仅在本文件所述的环境和操作条件下使用Franka Research 3。

滥用Franka Research 3将导致制造商保修失效且不承担责任。任何偏离预期用途的使用均视为滥用，严禁实施。

误用指任何偏离本手册及《入门指南》中警告、提示和说明的使用方式，尤其包括但不限于以下用途：

- 运输人员或动物
- 未按包装姿势及原包装运输
- 作为攀爬辅助工具使用
- 倚靠扶手

- 在潜在爆炸性区域使用
- 地下使用
- 用于放射性物体的处理
- 户外使用
- 作为医疗产品使用
- 作为服务臂使用，例如用于老年人护理
- 儿童附近使用
- 液体处理
- 在非直立状态下的任意安装位置使用
- 超出规定操作范围使用

未经Franka Robotics明确许可的Franka Research 3改装行为均属禁止，此类行为将导致保修失效及责任索赔权丧失。禁止的改装行为包括但不限于以下内容：

- 任何机械结构的改造
- 上漆处理
- 除非使用FE认证设备，否则禁止包裹机器人结构Franka Robotics仅允许对Franka Research 3进行以

下改装：

- 安装外部电缆引导系统（可能影响系统运动与控制行为）
- 在法兰上安装设备
- 覆盖螺丝孔

严禁打开机械臂、控制箱及其他设备。

机器人仅可在确保充足空间及安全使用的前提下使用。

弗兰卡机器人公司对因安装设备造成的损坏或误用造成的损坏不承担责任。

4.5 操作机器人时可能存在的危险及安全措施

潜在危险摘要

机器人系统可能引发的危险清单详见EN ISO 10218-1:2011附件A，该清单内容全面但非穷尽性。

在此特别提醒注意Franka Research 3可能带来的以下危险：

危险

电气或火灾风险及有害烟雾

火灾和烟雾可能导致呼吸困难、眼睛刺激、肺部损伤、中毒，甚至致命。

- 请勿在超出指定规格范围内使用 Franka Research 3。

危险

电线损坏或电气安装不当

存在触电致人身伤害及财产损失风险。

- 仅使用技术状态良好的Franka Research 3机器人。
- 紧急停止系统必须由合格人员安装。
- 检查电缆和电气装置。

危险

阴燃火灾风险

电源系统连接的设备过多可能导致电气装置过载，从而引发阴燃火灾，造成人员死亡或严重伤害。

- 请正确连接 Franka Research 3，避免电气装置过载。
- 请按要求安装过载保护装置。

警告

因电源中断导致末端执行器掉落物体

夹具掉落的物体可能导致手、手指、脚和脚趾受伤。

- 请始终佩戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 使用适当类型的抓取器以防止物体坠落。

警告

机器人坠落及意外动作，尤其在地震多发区域

存在严重伤害风险，如挤压、皮肤撕裂和穿刺。

- 平台必须保持水平。
- 仅可在平坦、静止且稳定的平台上安装机械臂。禁止存在加速度和振动。
- 请勿将机械臂安装在悬挂式、倾斜式或不平整的平台上。
- 将平台置于垂直位置并保持水平。
- 确保螺钉连接布局正确且紧固。
- 运行100小时后，使用正确扭矩拧紧螺丝。
- 若在地震多发区运行，请考虑相应的灾害和风险评估。

警告

机械臂的危险且不受控的运动

存在严重伤害风险，例如被机械臂及末端执行器挤压、撕裂皮肤或刺穿。

- 确保末端执行器和/或被抓取物体的质量与质心（CoM）参数设置正确。
- 操作期间请远离工作区域。

注意

损坏的电缆、插头、机械外壳或漏油情况。接触泄漏的油液可能导致眼睛或皮肤刺激。

电气风险可能导致严重伤害。

- 仅使用技术状态良好的Franka Research 3机器人。
- 禁止使用损坏的电缆、插头及机械外壳进行操作。如有疑问，请联系Franka Robotics。

良好状态

注意

机器人结构元件空隙处渗出润滑脂或油液

皮肤和眼睛受到刺激。

- 停止操作机器。
- 联系制造商。
- 使用手套。
- 若接触眼睛或皮肤，请立即就医。

干扰

注意

操作员将通过控制台获悉可能出现的故障。必须在排除故障后才能继续操作。

- 为排除潜在故障，请遵循Franka用户界面中的操作指引。系统可能需要重启。

关节过载

注意

机器人所有关节的离线过载可能导致设备损坏。

- 进行风险评估时需考虑可预见的误用情况。
- 必要时请遵从系统警告，立即停止机器人运行。

4.6 应用相关潜在危险及安全措施

在规划和设计应用程序以及对已完成的机械设备进行危害与风险评估时，需考虑以下可能涉及安全的方面。集成商有义务进行风险分析。

不同安全等级的功能特性

Franka Research 3 具备不同安全等级的功能特性。所有安全功能及其对应的安全等级均在第4.10章“安全功能”的“安全功能”部分中描述。本章所述的其他所有功能均未按EN ISO 13849-1或EN 62061标准进行安全等级分类。因此，您不可依赖这些功能的可用性。

请注意，集成商有义务执行风险分析。

意外运动

警告

机械臂意外移动

使用各种应用程序、操作末端执行器及周边物体时，可能导致机械臂各段之间发生挤压、碰撞及冲击。

- 确保末端执行器和/或物体的质量与质心（CoM）参数设置正确。
- 操作期间请远离最大工作空间。

在已完成的机械装置内发生夹困

警告

身体部位或人员被夹风险

存在严重伤害风险，例如被机械臂及末端执行器挤压、撕裂皮肤或刺穿。

- 请勿将身体部位置于机械臂关节之间。
- 遇严重致命危险时：
  1. 按下紧急停止装置停止机器人运行。
  2. 手动将机械臂拉出或推离危险位置。

更多信息请参阅主题4.9“手动移动机械臂”。

末端执行器的布线

注意

如果 Franka Research 3 使用末端执行器，则最大可安装负载将减少末端执行器及其外部接线重量。

注意

外部布线会给机械臂增加额外负载和扭矩，可能影响Franka Research 3的控制性能。

外部接线末端执行器及相关设备的启动

注意

由于配置差异、已安装的应用程序及服务不同，Franka Research 3可能向连接设备（包括启动运动）、外部接线末端执行器及其他关联设备发送协议。请注意使用外部设备可能带来的相关风险。

单点控制

Franka Research 3 可通过单一 Franka UI 连接或现场总线进行控制。单点控制（SPoC）机制确保仅由单一来源进行控制。现场总线同样受 SPoC 机制覆盖。***有关 SPoC 的更多信息，请参阅对应系统版本（例如 5.8.0）的操作手册中第 4.2 章：单点控制（SPoC）。***

SPoC的详细信息，请参阅您系统版本（例如5.8.0）对应操作手册中的第4.2章：单点控制（SPoC）。

警告

机械臂意外移动

存在严重伤害风险，例如被机械臂及末端执行器挤压、撕裂皮肤或刺穿。

- 确保末端执行器和/或物体的质量与质心（CoM）参数设置正确。
- 运行期间请远离工作区域。
- 遇致命危险时：
  1. 按下紧急停止装置停止机器人运行。
  2. 手动将机械臂拉出或推离危险位置。
- 在非危及生命的危险情况下：
  1. 使用紧急解锁工具移动机械臂。

机械臂表面温度（从基座至轴7，不含法兰）

警告

高温表面

在执行高强度任务后，长时间接触机械臂的金属或塑料部件可能导致热灼伤。

- 在 Franka Research 3 以最大负载和高温执行高强度任务后停止运行时，请勿触摸机械臂部件超过 60 秒。

警告

高温表面与引导

当环境温度超过30°C时，机器人表面可能变得过热而无法触摸。因此，在30°C以上环境中禁止使用执行模式下的辅助功能。

具体影响取决于任务类型和环境条件。

所需安全指示取决于风险评估（涉及高温表面）

安全说明

在25°C至45°C的扩展环境温度范围内（执行高强度任务后且Franka Research 3进入"监控停止"状态时），集成商需采取措施并评估长时间接触机械臂（< 60秒）时避免热灼伤的风险（EN ISO 13732-1:2006）。措施包括但不限于以下内容：

- 机器人冷却时间。
- 关闭机器人运行一段时间。
- 向操作员发出警示。
- 标记最易发热区域。
- 禁止人员靠近机器人。

安全操作指南

集成商需针对可能导致热灼伤的加热情况（EN ISO 13732-1:2006），实施触碰机械臂表面、末端执行器及末端执行器法兰的防护措施。措施包括但不限于以下内容：

- 机器人冷却时间。
- 关闭机器人并保持一段时间。
- 向操作员发出警示。
- 标记最易发热区域。
- 禁止人员接近机器人。

4.7 安装安全外围设备

安装紧急停止装置

紧急停止装置需按照普遍适用且公认的工程标准进行安装，例如欧洲标准EN 60204及相关标准。

Franka Robotics提供的紧急停止装置需连接至X3.1端口。除Franka Robotics提供的紧急停止装置外，其他设备也可连接至X3端口。

连接至紧急停止信号的设备必须符合EN 60947-5-5或EN 62061标准。

请将不再具备安全功能的分离设备存放在远离主机的位置，以防止误触发。

注意

将连接的紧急停止装置放置在紧急情况下始终可触及的位置，同时需防止意外操作。

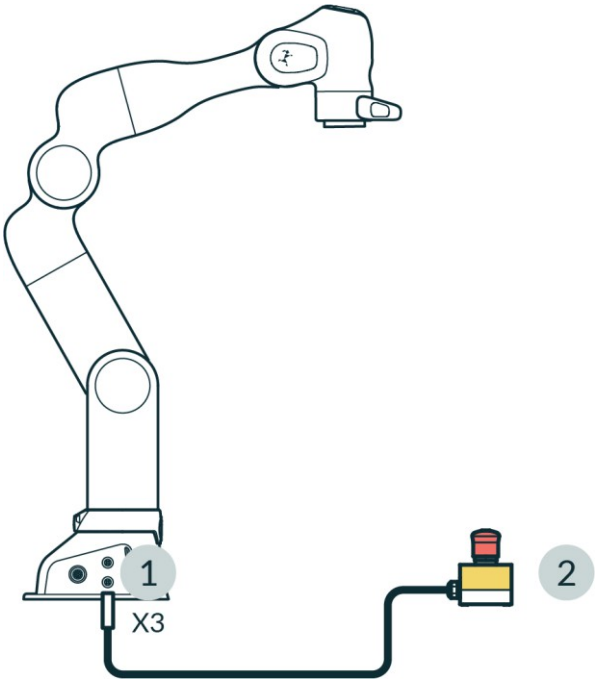


图4.1：连接紧急停止装置

1	X3 - 安全输入接口	2	紧急停止装置

制动时间与制动距离

根据EN ISO 10218-1标准附录B测得：- 制动时间（即从发出紧急制动指令至机械臂完全停止所需的时间）- 制动距离（即紧急制动启动后机械臂完全停止前移动的距离）具体数值详见本文件附录。

4.8 故障安全锁定系统

故障安全锁定系统

当机械臂断开电源时，锁定螺栓会自动锁住所有七个关节。这些锁定螺栓通过机械方式锁定关节的任何运动，确保机械臂即使在断电状态下也能保持原位。

由于这些锁定螺栓的技术特性，断电时无法保持精确位置。锁定螺栓锁定时会发出咔嗒声，并使臂架下降几厘米。尤其在关节部位，由于其对齐方式和位置，特别容易受到重力影响。

安全锁定系统解锁

安全锁定系统解锁后，各轴将立即产生轻微位移。

4.9 手动移动机械臂

在无电力供应的情况下移动手臂

警告

移动臂

存在严重伤害风险，如挤压、皮肤撕裂及穿刺

- 务必佩戴个人防护装备（如安全护目镜）。
- 集成商需对所有连接的末端执行器进行风险分析。
- 操作时请勿站在最大工作空间内

注意

集成商必须评估人员可能被夹住的风险。

若人员被机械臂夹住，即使电源已切断，仍需遵循以下三种释放方案之一进行解救。

- 将应急解锁工具插入待解锁关节的对应开口处，解锁机器人后用手移动。
- 从安装位置拧下机械臂底座。
- 手动移动机械臂。

若发生非紧急危险且机械臂卡滞时，请使用紧急解锁工具。

警告

使用紧急解锁工具时重臂坠落风险

解锁关节时存在被臂夹住的风险

- 解锁前后请务必支撑手臂。
- 请勿将头部或其他身体部位置于机械臂的关节之间或下方。
- 请勿将身体部位（特别是手、手指）置于机械臂关节、末端执行器或固定物体之间。
- 当机械臂通电时，请勿使用紧急解锁工具。
- 仅使用随附的紧急解锁工具。
- 将紧急解锁工具存放在机械臂附近。

操作：紧急解锁

安全指令

1. 按下紧急停止装置，停止机器人的运行。
2. 从飞行员基座取下解锁工具。
3. 握住手臂的各节段。

4. 将解锁工具插入相应的梯形开口，依次解锁一个或多个关节。

开口处标有“紧急解锁”标签。

此时可手动移动机械臂段。若解锁失败，操作员应重新尝试，确保紧急解锁工具垂直插入开口。

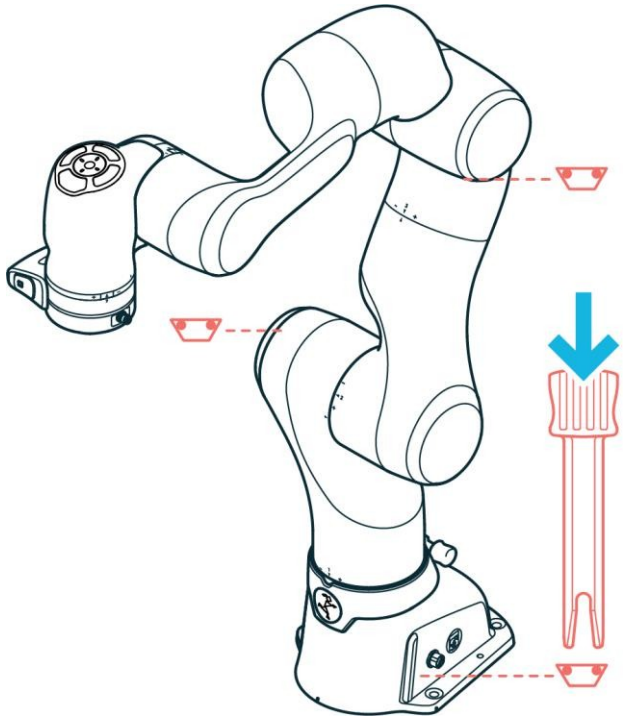


图4.2：紧急解锁

注意

请注意，一旦插入解锁工具，手臂腕部方向的手臂段就会因重力而下坠。

注意

- 集成商需确保解锁工具存放于机器人底座的专用支架内。
- 除非紧急情况，否则请勿移除解锁工具。
- 解锁工具必须始终放在触手可及之处。
- 仅使用原装解锁工具。
- 解锁工具仅适用于紧急情况。

操作：手动推离

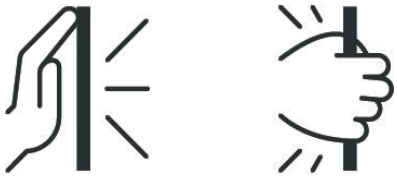


图4.3：手动推离

安全说明

遇致命危险时：

1. 按下紧急停止装置停止机器人运行。
2. 手动将机械臂拉出或推离危险位置。
3. 确保机械臂不会坠落。

注意

手动拉扯或推动机械臂会导致关节过载而损坏机械臂。

- 仅在安全关键情况下才可手动拉动或推开机械臂。

4.10 安全功能

警告

高温表面与恢复过程中的引导

当环境温度超过30°C时，机器人表面可能高温无法触碰。因此，若发生安全功能故障需在恢复过程中进行手动引导时，必须遵守以下规定：

- 恢复操作仅限经此类情况专项培训的人员执行。
- 在恢复操作前，必须评估表面温度是否处于可触摸范围内。冷却时间取决于先前操作及环境温度。
- 建议操作时佩戴耐热安全手套。

注意

Franka Research 3区分两种安全功能：监控功能与停止功能。

监控功能确保限值不被突破，例如速度（SLS-J）、位置（SLP-C）等。

停止功能在监测违规或安全输入触发时启动。安全操作员在配置限值时
在配置限值时必须考虑停车时间和停车距离。

注意

若外部设备的独立电源供电不符合电气额定值，连接时可能危及系统安全功能。
电气额定值不符合要求。

此外，连接设备的电压必须为安全低电压（SELV），或与系统连接信号进行适当隔离。

安全输入

名称	描述	安全等级	停止反应
X3.1 - 紧急停止	机器人底座上的X3连接器提供一个安全输入接口，用于连接紧急停止装置。	PL d / 类别3	类别1停止
X4 - 外部使能	机器人底座上的 X4 连接器提供一个安全输入端口，专用于三位置外部启用装置。	PL d / Cat.3	释放或完全按下使能按钮将激活SMSS安全功能。当SMSS被违反时，其反应取决于当前激活的安全场景。 运行模式"编程"：类别1停止（参见预定义场景"空闲"） 运行模式"执行"：根据场景"工作"中的SMSS配置触发响应 在安全功能违规或错误恢复期间，完全按下或释放使能按钮将触发类别1停止。
使能按钮	机器人操纵柄法兰附近设有3档启用按钮。	PL d / Cat.3	
X3.2 - 安全输入1 X3.3 - 安全输入2	机器人底座上的X3连接器提供两个额外的安全输入。这两个输入的行为可在安全设置中进行配置。	PL d / Cat.3	取决于安全场景中的配置。

监控功能

名称	缩写	描述	安全等级	违规情况下的恢复 注意：操作员可恢复所有违规状态。
⚠ 当SLP-C激活时，机器人无法通过FCI控制！				
安全限定笛卡尔位置	SLP-C	监测机械臂上特定点的笛卡尔坐标位置。该位置将与用户定义的笛卡尔区域进行比对。 监测以下点位： • 法兰盘 • 肘部 • 腕关节 • 客户定义的工具球体监测可配置为当单个或多个点超出时发出违规信号 或多个点位于定义空间内 空间时发出违规信号，或当一个或多个点超出限定范围时发出违规信号。 参数化：	PL d / Cat.3	超出位置或姿态限值的情况将在Franka控制台界面显示。 • 解除机器人制动。 • 引导机器人驶离笛卡尔位置限制区域。 Franka UI将显示位置限制是否已恢复正常。 • 在Desk中按下确认完成恢复。

		• 末端执行器模型（最多五个球体）
		  ○ 每个球体的半径
		  ○ 每个球体中心相对于法兰的位置
		提示：此为通用设置，将影响使用该工具模型的所有安全功能。
		• 监控的笛卡尔空间（盒形区域）
		• 若位于内部/外部则视为违规		

	当SLS-C激活时，机器人无法通过FCI控制！			
安全限定笛卡尔速度	SLS-C	对机械臂结构特定点的笛卡尔速度监控。监控点包括： • 法兰盘 • 肘关节 • 腕关节 • 客户定义工具球心 参数化： • 笛卡尔速度限制	PLd/ Cat.3	速度限制违规将在Franka UI的对话框中显示。 • 通过点击弹出消息中的按钮确认违规。 无需执行进一步恢复程序。
安全监控静止状态	SMSS	对机械臂结构特定点的笛卡尔空间静止状态进行监控。监控点包括： • 法兰 • 肘关节 • 腕关节 • 用户自定义工具球心 用户无法更改此安全功能的参数。	PLd/ Cat.3	Franka UI 中显示违规对话框。 • 按下按钮确认违规。 无需执行进一步的恢复程序。
安全末端执行器断电	SEEPO	安全关闭末端执行器供电（48V电源线）。可在安全设置中配置SEEPO的行为模式。例如可配置为：当紧急停止触发时，SEEPO自动切断电源。 参数化设置： • 通用配置：是否启用SEEPO功能 • SEEPO断电触发条件	PLb/ Cat. b	可在设置界面或Desk侧边栏重新开启末端执行器的电源。

内部监控功能（不可参数化且需在安全规则中配置）

名称	缩写	描述	安全等级	反应	违规情况下的恢复 注意：操作员可恢复所有违规记录。
	当SLP-J激活时，机器人无法通过FCI控制！				
关节安全限位位置	SLP-J	监控关节空间中每个关节的位置。 此安全功能仅用于内部保护机械臂的关节限位，防止自碰撞和局部	PLd/ Cat.3	-	Franka UI中的对话框将通知用户违规情况并允许恢复操作。 • 点击恢复对话框中的解锁图标，即可解锁需移动的关节。 • 按下外部启用装置以启动恢复动作。

		夹紧功能。该功能在用户自定义场景中不可用。 这是一个限制函数。			• 在恢复对话框中按下 +/- 按钮移动关节。 提示：处于违规状态的关节只能远离违规限位移动。其余所有关节均可双向移动，以便将机器人调整至更便捷的姿态。
关节安全限速	SLS-J	在关节空间中监控单个关节的速度。 此内部安全功能用于防止关节位置恢复过程中的快速运动。	PL d, 类别3	类别1 停止	Franka UI中将显示违规对话框。 1. 按下按钮确认违规行为。无需执行进一步的恢复程序。
安全限距	SLD	SLD监控单个关节，确保其保持在允许的位置范围内。 此内部安全功能用于防止制动器开启过程中发生过度运动。	PL d级 类别3	类别1 停止	Franka UI将显示安全错误对话框。 1. 按下按钮确认错误。无需执行进一步恢复程序。

停止功能

名称	描述	安全等级
类别0停止	通过切断电机电源并启动制动装置，立即停止机械臂运行。	PL d / 类别3
类别1停止	通过常规电机控制使机械臂以受控方式停止，直至每个关节完全静止。制动器启动，并在静止状态下切断电机电源。 监测笛卡尔坐标系减速过程。	PL d / Cat.3
类别2停止	通过常规电机控制使机械臂以受控方式停止，直至每个关节完全静止。静止状态下需安全监控停机状态。 监测笛卡尔速度减速过程。	PL d / Cat.3

安全输出

名称	描述	安全等级
安全末端执行器断电	切断末端执行器（48V电源线）的供电。	PL b / Cat.b

其他安全等级

机器人法兰附近的三级启用按钮符合 IEC 60204-1:2016 和 IEC 60947-5-8:2006 标准要求。

Franka Robotics提供的三级外部启用装置符合IEC 60204-1:2016和IEC 60947-5-8标准。

Franka Robotics提供的紧急停止装置符合IEC 60204-1:2016和EN ISO 13850:2015标准。

4.10.1 其他安全相关恢复（发生安全错误时）

关节位置误差恢复

仅安全操作员可恢复关节位置误差。

Franka UI中的对话框将向用户提示错误并允许执行恢复操作。

有关如何纠正错误的详细说明，请参阅您系统版本（例如 5.8.0）对应的操作手册第 8 章"故障排除"。

安全输入错误恢复

若Watchman中已配置相关输入的确认机制，则可通过确认Franka UI中的相应对话框来恢复安全输入错误。

其他安全错误

其他安全错误通常无法恢复。请尝试重启系统以恢复此类错误。若错误持续存在，请联系您的供应商或Franka Robotics。

所有情况的通用信息

- 发生安全违规时，机器人将禁止所有动作直至恢复完成。
- 发生安全违规时，底座将缓慢闪烁红色警示灯。
- 必要时，Franka UI将显示恢复向导以执行恢复程序。
- 只有安全操作员才能恢复接头位置误差。
- 操作员可执行所有其他恢复操作。

针对可能出现的故障排除措施，请参阅与您系统版本（例如5.8.0）对应的操作手册中第8章《故障排除》章节的详细说明。

4.11 机器人系统规划与初始安装的补充信息

根据EN ISO 10218-2和EN ISO 8373标准，机器人系统被定义为由机器人本体与外围设备（如机器人工具、工件、输送技术及所有相关装置和防护设备）组成的完整系统。由于机器人的运动特性及集成应用，该系统对参与操作、装配或维护活动的人员构成潜在危险。机器人系统的制造商和安装商均有责任分析评估这些风险，并确保采取适当的防护措施。

本规范基于各国特定的法律法规和指导方针，因此取决于机器人的具体运行地点。

在欧洲经济区（EEA）范围内适用统一法规，该法规可能由各国特定立法、行业专项法规及企业内部规章予以补充。

因此在规划机器人系统时，必须了解安装地点的法规并据此予以考虑。

不同行业类型亦可能导致规范差异。例如：该机器人系统将用于工业研究还是科研领域?

如前所述，机器人系统的部署地点决定了必须遵守哪些法规和法律。在欧洲经济区（EEA）范围内，《机械指令》及协调的欧洲标准适用于所有国家。此外，还需考虑德国《产品安全法》、《产品责任法》和《工业安全与健康条例》等地方性法规。

构建机器人系统时需遵循的核心法规如下：

标准/指令	描述
RL 2006/42/EG	欧洲议会和欧洲理事会《机械指令》
ISO 12100	机械安全——设计通用原则——风险评估与风险降低
ISO 10218-2	机器人和机器人装置——工业机器人安全要求——第2部分：机器人系统和集成
ISO/TS 15066	机器人和机器人装置——协作机器人
ISO 13854	机械安全——避免人体部位被挤压的最小间隙
ISO 13855	机械安全——人体部位接近速度与防护装置定位
ISO 13850	机械安全——紧急停止功能——设计原则
ISO 11161	机械安全——集成制造系统——基本要求
IEC 60204-1	机械安全——机械电气设备——第1部分：通用要求
ISO 13849-1	机械安全——控制系统安全相关部件——第1部分：设计通用原则
ISO 13849-2	机械安全——控制系统安全相关部分——第2部分：验证
ISO 13482	机器人和机器人装置——个人护理机器人安全要求

基本目标始终如一：=>降低人员受伤风险。

因此可以明确指出：任何机器人系统在未采取适当防护措施的情况下均不得运行。防护措施可包括：

- 安全防护装置
- 电敏感防护装置
- 围栏和/或物理屏障
- 标记区域
- 警示标识
- 紧急停止按钮
- 指示元件
- 控制系统安全装置
- 机器人内部安全功能（***详情请参阅本手册第4.10节***）

鉴于机器人可能涉及多种应用场景，Franka Robotics无法为集成机器人系统时所需防护装置的确定提供统一指导方针。机器人系统安全实施的责任由集成商/操作者承担。

德国社会事故保险（DGUV）网站上还提供了关于机器人系统设计的极佳详尽指南→DGUV信息209-074。

以下说明阐述了规划机器人系统时不可或缺的措施。这些措施必须结合应用场景的法规和规范要求补充必要细节。

I. 分析：

该分析既包含自动化解决方案的描述，同时也对计划系统的功能范围进行了限定。此部分称为预期用途。非预期用途——即该系统不得执行的条件和活动——也必须予以记录。任务的详细描述是后续风险评估的组成部分，可简化规划过程中对相应危害的风险判定流程。

创建概念布局有助于全面了解规划中的系统。该布局应展示所有组件及其相关外围设备。

下一步是分析机器人系统的潜在危险源。明确列出各组件对应的具体危害，将为后续风险评估提供清晰依据。必要时，此步骤还可实现危害影响的归类整合。

所有待集成的机器人系统组件均应视为潜在危险源。除机器人本体外，这包括所有待集成组件，如工具、装置、输送系统、控制柜及防护装置，同时还需考虑组件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估危险源及其导致人身伤害的风险程度，并确定必要的风险降低措施。

根据《机械指令》要求进行风险评估的程序详见DIN EN ISO 12100标准。该标准提供了多种表格和工具以实现结构化实施（参见上述列表中的参考文献）。风险评估的基本结构包含以下要素：

- 计划系统数据（设备型号、序列号等）
- 机器人系统的限制条件
- 确定所需法规与标准
- 机器人系统布局
- 布局中危险源的标识
- 针对不同作业活动及运行模式的危险源评估。为此可采用多种评估方法，具体流程详见标准规范。

确定风险降低措施的程序也在标准、指南和文献参考中有所描述。

原则上，风险降低措施应遵循以下优先级排序：

- 危害规避
- 通过固有安全设计降低风险
- 机械防护装置减损
- 控制相关防护装置减灾

- 通过组织措施降低风险

在确定措施时，应始终满足协调标准中的规范要求。这通过标准规定的符合性推定，减轻了举证责任。

III. 布局：

在机器人系统的最终布局中，所有防护措施均应按比例绘制。需明确对应风险评估中确定的防护措施。

IV. 实施阶段：

系统安装及既定防护措施的实施。

V. 验证：

系统设置完成后（包括所有防护措施），必须依据相关标准对防护措施进行验证。例如，控制技术防护措施的测试在13849-2标准中称为"功能安全验证"，该标准对验证要求进行了规范。

该验证协议是机器人系统验收的关键组成部分。

VI. 验收：

机器人系统的最终验收需详细记录上述所有步骤。在工业应用领域，根据《机械指令》要求，分销商必须提供符合性声明（CE）。即使机器人系统仅用于内部研究的"自用"场景，同样需要符合性声明（CE）。针对研究及实验室环境中的机器人系统，还需确保机器人操作对人员安全无害，并实施相应防护措施。《机械指令》将研究用途机器人系统定义为：专为特定研究目的设计且仅限临时使用的系统。因此关键判断标准在于系统是否具有临时性使用特征（例如：仅进行一次实验后即拆除的系统——无需CE认证；或作为实验室设备长期使用的系统——需CE认证）。

5 设备概述

下图展示了系统的最低配置要求，并示例了布线方式。

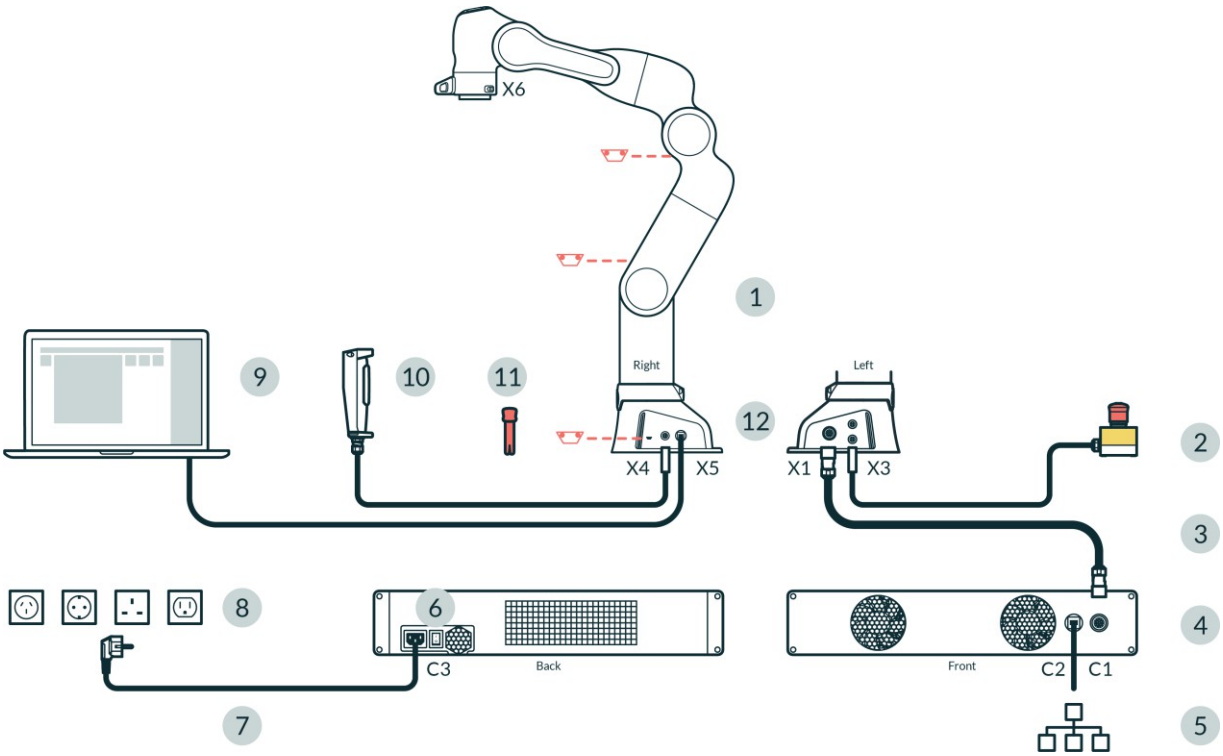


图5.1：设备概览

1	臂	7	电源线
2	紧急停止装置	8	主电源插座
3	连接电缆	9	接口设备（未包含）与Franka UI
4	控制	10	外部启用装置
5	以太网（网络）	11	紧急解锁工具
6	电源开关	12	功能接地连接

5.1 机械臂

臂部包含以下组件：

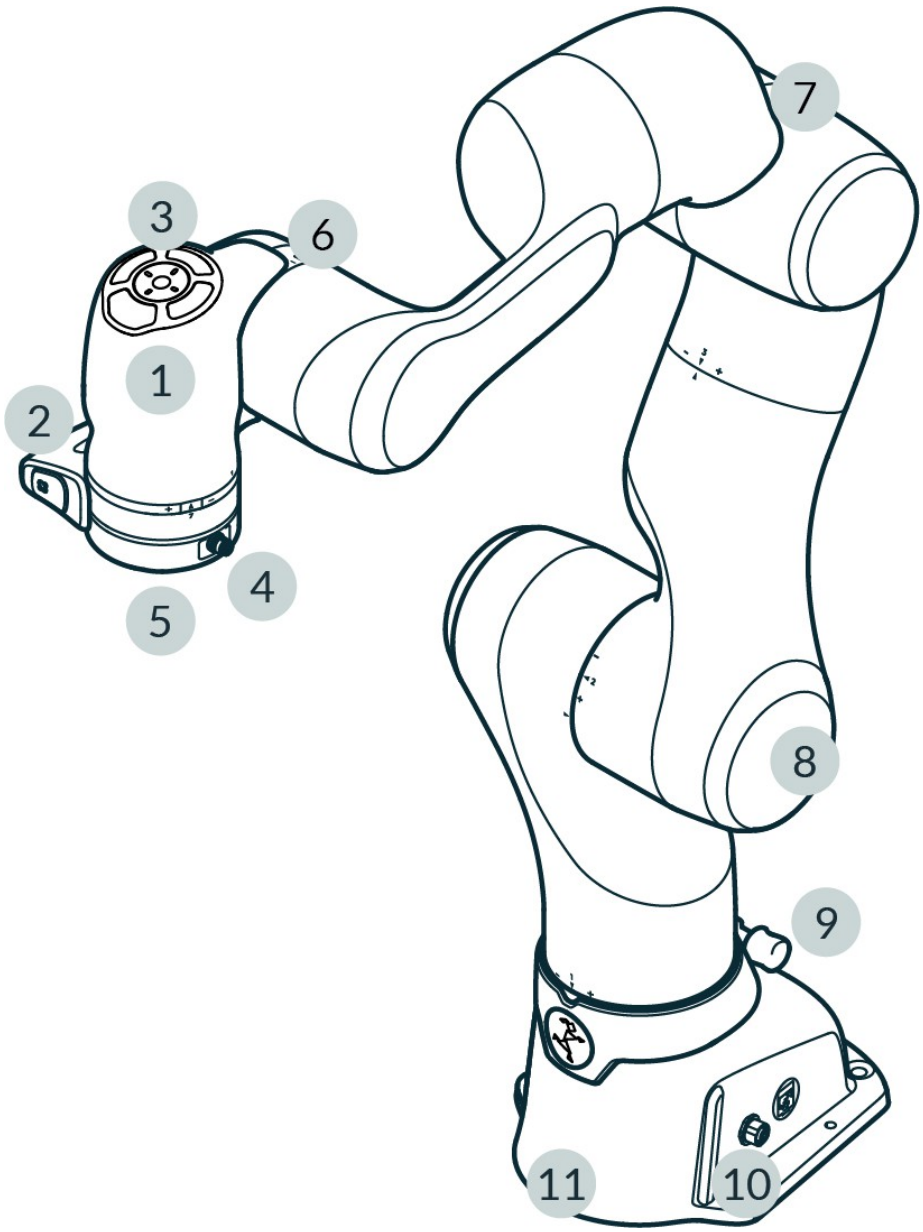


图5.2：机械臂概览

1	先导	7	肘关节
2	Pilot-Grip	8	肩部
3	Pilot-Disc	9	紧急解锁工具支架
4	X6 - 末端执行器连接器	10	状态指示灯
5	末端执行器法兰	11	底座
6	腕部		

关节指示器

箭头位于关节两侧，用于指示机器人的恢复姿势。每个关节的编号均清晰标注。正负符号指示关节正向与反向旋转的方向。

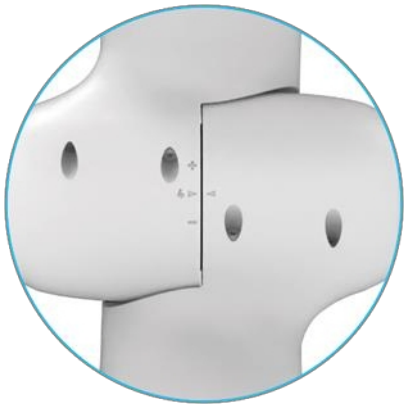


图5.3：参考三角形

世界坐标系指示器

基座上的指示器提供世界坐标系信息。X轴和Y轴清晰标示，由此暗示Z轴的存在。



图5.4：世界坐标系指示标记

对齐标记

为便于在销钉不足时重新定位机器人，底座上设有对准标记。



图5.5：底座对准标记

Pilot - 俯视图

通过飞行员盘，可直接从机械臂操作桌面部件和集成末端执行器。

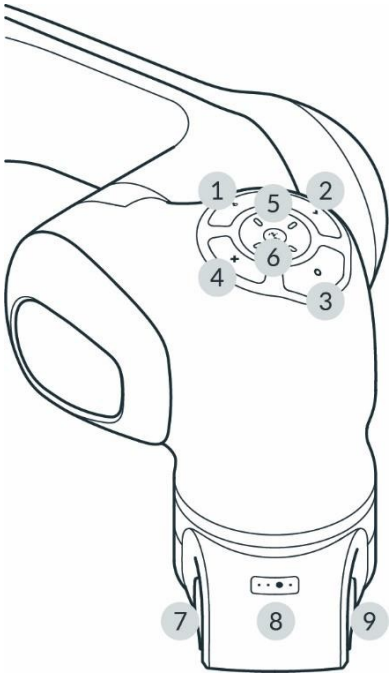


图5.6：Pilot

1	Pilot-Mode 按钮	6	状态指示灯
2	确认按钮	7	启用按钮
3	教导按钮	8	引导模式按钮
4	删除按钮	9	引导按钮
5	方向键		

飞行员

Pilot是直接集成于机械臂的用户界面，用于引导机器人并实现与末端执行器及控制台的便捷交互。Pilot由Pilot-Disc（1-6）和Pilot-Grip（7-9）组成。

有关工作台的更多信息，请参阅操作手册中的工作台章节。

飞行员盘（1-6）

Pilot-Disc位于Pilot顶部，用于与机器人系统交互。按下Pilot-Disc上的Pilot模式按钮(1)可在机械臂与末端执行器的控制模式间切换。可选择单个应用程序、对其进行参数设置，或通过手动引导机械臂至目标姿态并按下示教按钮(3)来输入姿态。

Pilot-Grip（7-9）

Pilot-Grip作为机器人结构的一部分，位于机器人末端附近。该装置配备引导按钮、启用按钮及引导模式按钮。

Pilot模式按钮（1）

按下飞行员模式按钮（1），用户可在使用飞行员盘方向键导航工作台与控制集成末端执行器（如Franka Hand）之间切换。

确认按钮（2）

当确认按钮亮起时，上下文菜单中的所有修改将自动确认并跳转至下一部分。该按钮可保存所有已选项。

示教按钮（3）

通过移动机械臂或末端执行器至目标配置，按下示教按钮即可保存机械臂姿态或末端执行器姿态。

删除按钮 (4)

若指示灯亮起，按下删除按钮将删除选定的姿势或片段。

方向键（5）

根据飞行员模式的不同，箭头键可用于导航工作台或控制集成末端执行器。在末端执行器模式下，键位分配取决于当前活动的末端执行器。

启用按钮（7）

启用按钮位于操纵手柄左侧，按压至中间位置即可启用机器人动作。移动机器人时，需半按启用按钮并同时按下引导按钮。该按钮符合EN ISO 10218-1标准的安全要求。启用按钮的三种状态分别对应停止、重新启用及移动机器人。若需立即停止机器人，请松开或完全按下启用按钮。停止后，需先完全松开按钮，再将其按至中间位置以重新启用机器人。



图5.7：启用按钮状态切换示意图

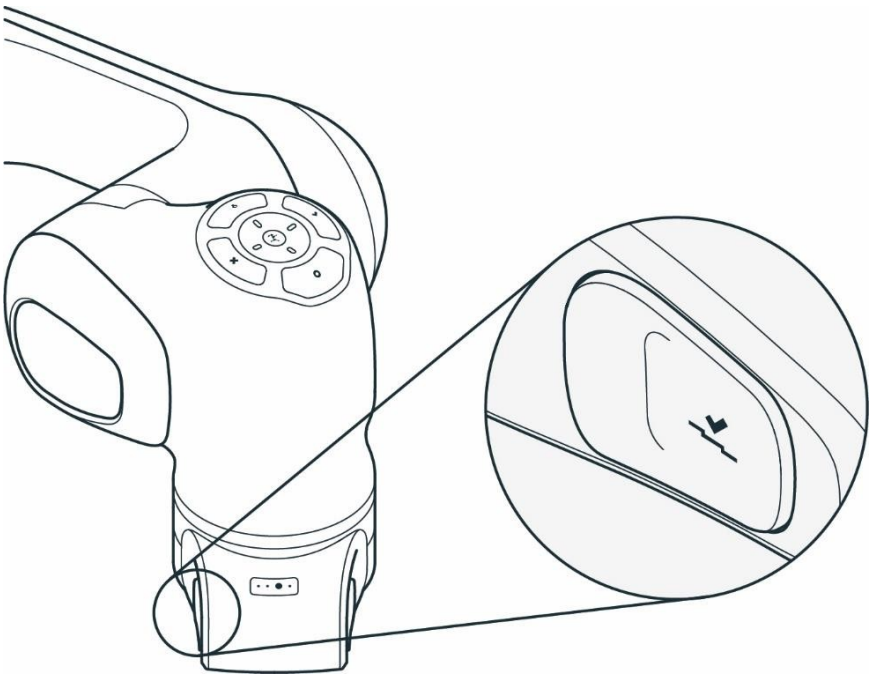


图5.8：启用按钮

引导模式按钮 (8)



图5.9：引导模式按钮

引导模式按钮位于操作手柄顶部，用户按下该按钮即可在不同引导模式间切换。可选引导模式包括：仅平移、仅旋转、自由移动和用户自定义移动。

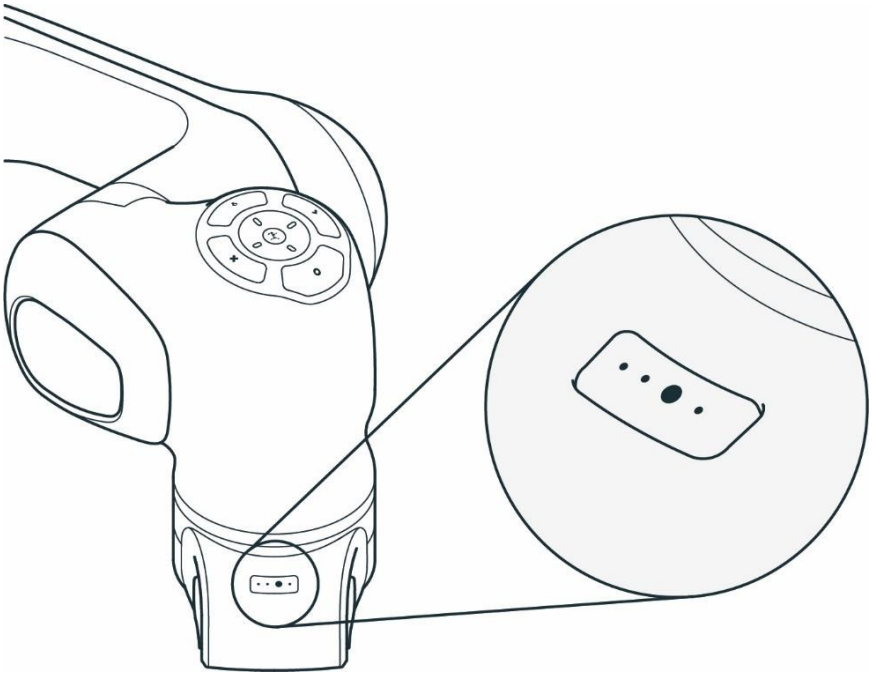


图5.10：引导模式按钮

引导按钮 (9)



图5.11：引导按钮

引导按钮位于飞行员握把的右侧。按下引导按钮的同时半按启用按钮（7），即可移动机器人。

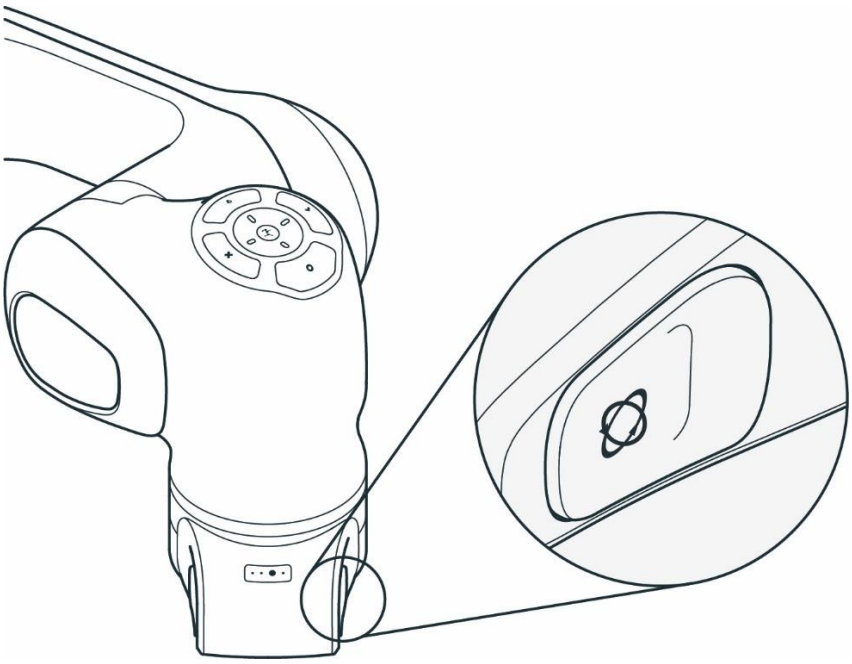


图5.12：引导按钮

机械臂底座

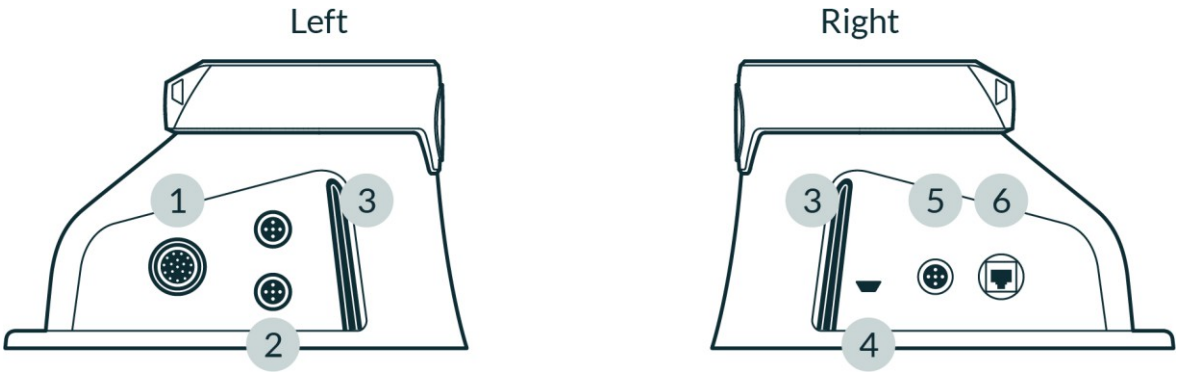


图5.13：机器人底座连接端口

1	X1 - 连接控制接口
2	X3 - 安全输入接口
3	状态指示灯
4	紧急解锁工具插入点
5	X4 - 外部使能连接器
6	X5 - 机器人网络连接器

机器人底座设有若干端口，用于连接和支持各类设备：

- X1 - 控制连接

- X3 - 安全信号接口
  - X3.1 - 紧急停止：按下紧急停止装置将触发1类停止指令，使机器人停止运行，并可选地切断末端执行器的电源。此行为可在Watchman软件中进行配置。
  - X3.2, X3.3 - 安全输入：X3端口支持两个额外的安全输入。其行为可在Watchman中配置。有关Watchman的更多信息，请参阅操作手册第5.3章。
  - X4 - 外部使能

  三档位外部使能装置可在系统编程模式下启用"测试与点动"功能。
  使Franka Research 3能够移动。程序可通过控制台启动。

- X5 - 机器人网络

  运行基于浏览器的 Franka UI 的接口设备可连接至 X5 以太网端口。

注意

要使用可配置的安全输入（X3.2、X3.3），必须组装带相应安全信号的定制连接器。此时，原有的紧急停止功能将无法使用。因此，必须在定制连接器的X3.1通道中集成紧急停止功能。

注意

默认情况下，安全输入通道X3.2和X3.3在Watchman的"工作"场景中被分配给SMSS安全功能。若X3.2和X3.3未连接外部安全装置（仅X3.1连接Franka Robotics紧急停止装置），则这些输入将被视为"激活"状态。这意味着无法通过默认"工作"场景规则移动机器人。根据应用特定的风险与危害分析，可修改默认规则以允许机器人移动。这些输入将被视为"激活"状态，意味着默认"工作"场景规则下无法移动机器人。根据应用特定的风险与危害分析，可修改默认规则允许机器人在X3.2和X3.3状态下移动。

末端执行器法兰

末端执行器（如Franka Hand）可通过末端执行器法兰连接。该法兰的开发符合DIN ISO 9409-1-A50的相关质量标准。更多信息请参阅章节7.8“安装末端执行器”。

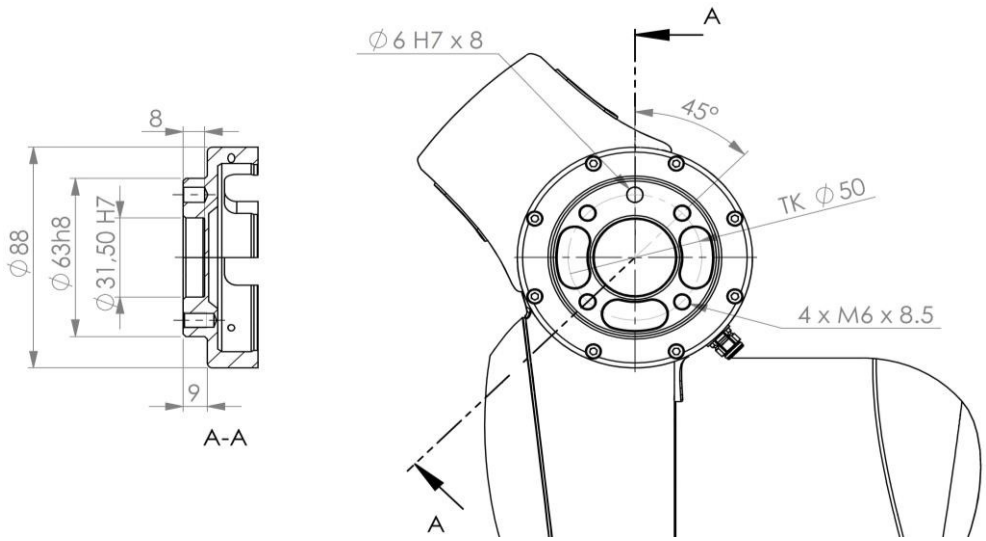


图5.14：末端执行器法兰

注意

Franka Hand不属于认证机械设备的一部分。

5.2 控制

注意

手臂的操作仅限于使用Franka Robotics提供的控制系统。

该控制器作为主控制单元，隶属于Franka Research 3系统。主控制单元负责实现对机器人机械结构的监控与控制。

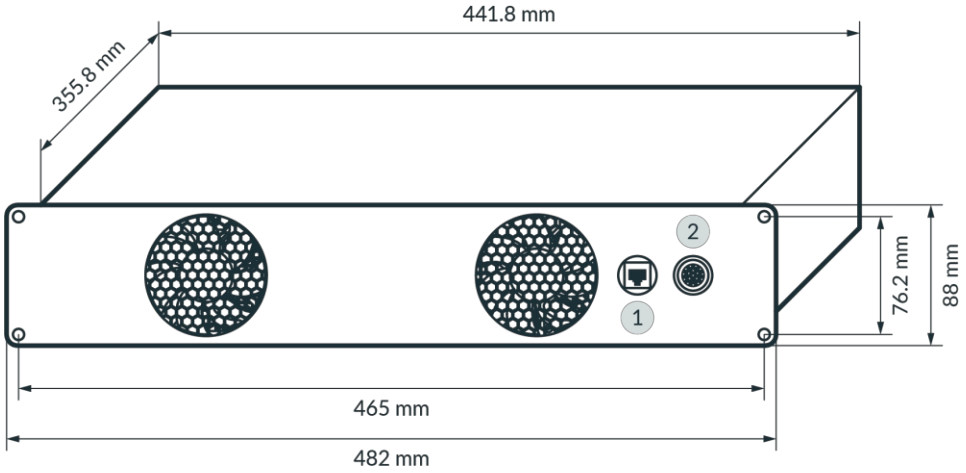


图5.15：控制单元尺寸与连接端口

C2 - 车间网络连接器

2 C1 - 机械臂连接器接口



图5.16：连接端口

C3 – 电源连接器

2 电源开关

安装

该控制器可安装于2RU 19英寸机架中。

6 供货范围与附加设备

6.1 包装盒内含

臂

- 1x 支架
- 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 齿形垫圈（DIN 6797-A，M5，ST A2K）
- 1x FR3安装快速指南（文档编号：R02040）

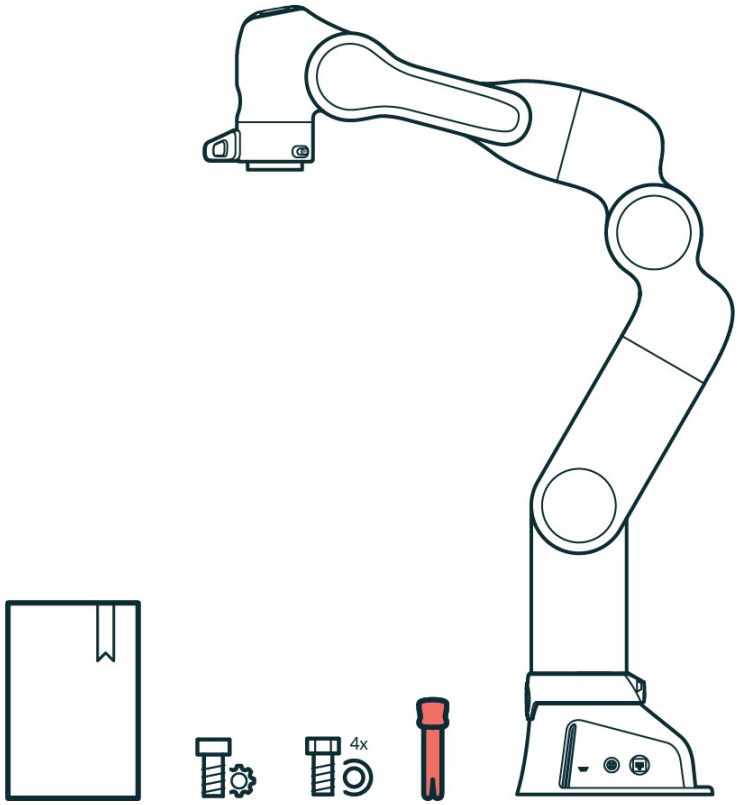


图 6.1：供货范围 臂

控制

- 1x 控制
- 1x 特定国家电源线



图 6.2：控制装置的供货范围

设备

- 1x 外部启用装置
- 1x 紧急停止装置



图 6.3：设备供货范围

附件

- 1x 连接电缆



图 6.4：供货范围 连接电缆

6.2 未包含在包装内

更多配件（如协作机器人泵）请访问 https://franka.world/。以下设备不包含在内：

- 接口设备
  - 平板电脑/笔记本电脑/台式电脑
    接口设备需配备浏览器（Chrome、Chromium或Firefox）、以太网端口，并建议具备触控功能。
- 材料
  - 带RJ45连接器的以太网电缆，用于将接口设备连接至Arm
  - 带RJ45接口的以太网电缆，用于将控制单元选配连接至公司网络或PC工作站
  - 安装配件（Franka Robotics推荐）：2个6毫米h8销钉，用于精确安装机械臂（如适用）
  - 用于安装机械臂的底板（根据底板类型，可能需要不同规格的螺钉和垫圈，详见第7.4章"机械臂安装"中的表格）
  - 带环形接头的功能接地线
- 工具
  - 用于将臂安装在底板上的六角扳手
  - 用于连接功能接地线的螺丝刀
  - 水平仪，用于确保臂架水平安装
  - 扭矩扳手，用于以30牛米扭矩拧紧螺丝

6.3 可用备件及配件

Franka Research 3的备件包括但不限于：

- 机械臂
- 控制单元（含国家专用电源线）
- 外部启用装置
- 紧急停止装置
- 连接电缆（2.5米、5米或10米）
- 紧急解锁工具

- Franka Hand（非认证机械部件）
- 协作机器人泵（非认证机械设备组成部分）

7 安装与配置

警告

重型设备

因设备自重及几何结构设计，吊装搬运时可能导致背部受伤，若设备坠落则会造成手指、手掌、脚趾及脚部严重伤害。

- 在运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 请务必由两人协同操作设备吊装作业。
- 设备必须放置在平坦的表面上，以防止倾斜或滑动。
- 遵守公司关于起重作业和个人防护装备的规定。

注意

未在底座处拧紧螺丝时，机械臂无法保持稳定。

控制装置与机械臂提供的接口概述

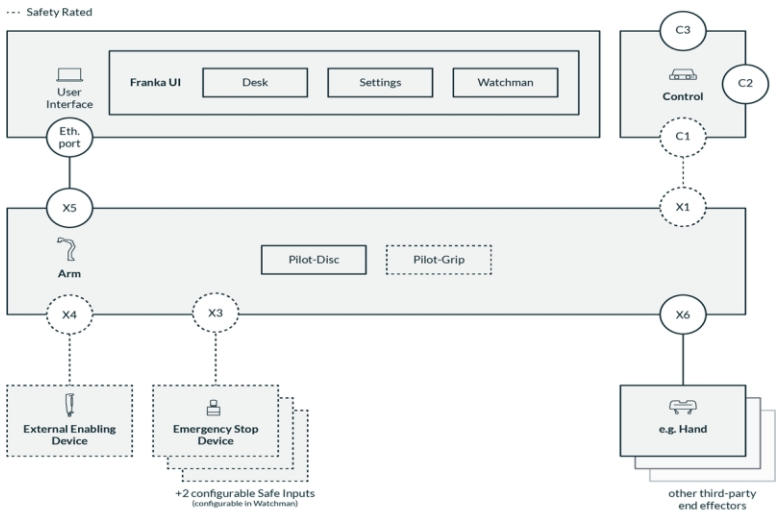


图7.1：接口概览

7.1 设备开箱说明

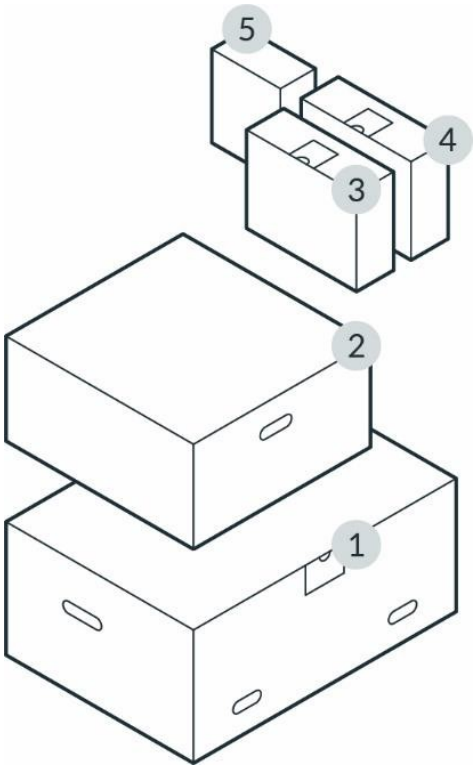


图7.2：包装示意图

1	Arm	4	紧急停止装置和外部启用装置
2	控制	5	可选（例如 Franka Hand）
3	连接电缆		

注意

请务必保留原始包装，以备机器人搬迁之需。

开箱说明

操作步骤

1. 取下外箱的顶盖。

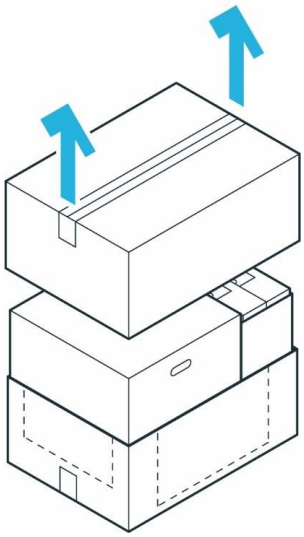


图 7.3：拆开主纸箱

2. 提起顶部内盒并将其放在一旁。

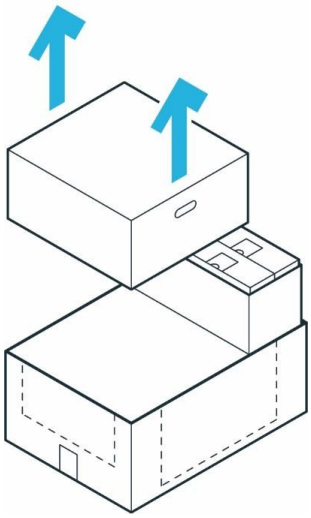


图7.4：取出单个纸箱

3. 拆开外箱以取用底部内箱。

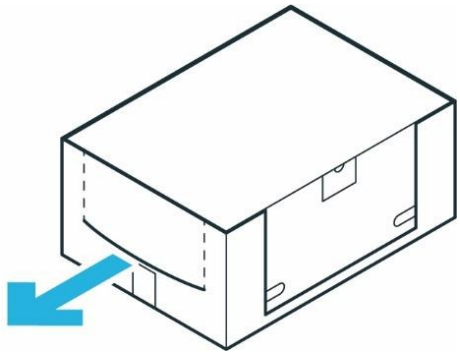


图7.5：内层纸箱

拆卸手臂

操作步骤

1. 请小心撕开纸箱顶部的密封胶带，打开包装盒。
2. 撕开铝箔涂层。
3. 取下顶部保护层。

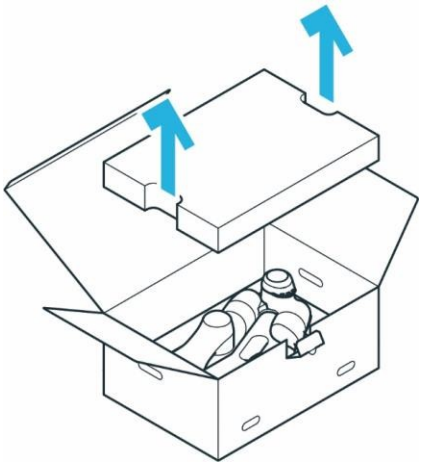


图7.6：从Arm打开包装盒

4. 取下中间保护层。

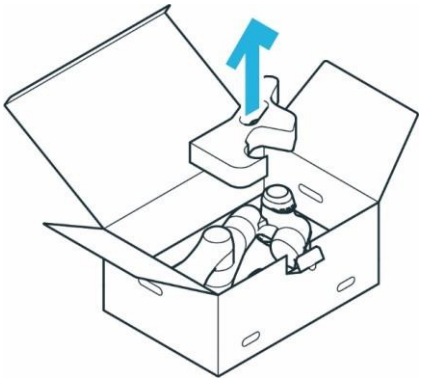


图7.7：拆卸臂体

5. 请在标示的提手位置小心提起臂体，将其从底部保护层中取出并置于一旁。

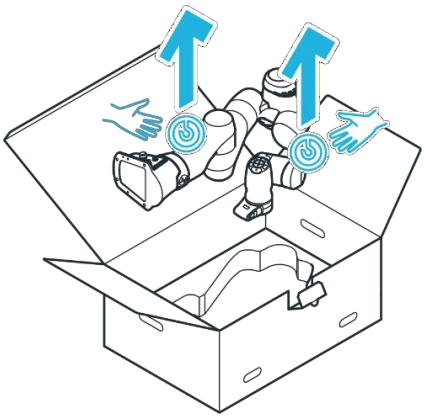


图7.8：取出臂体

拆卸控制装置

操作步骤

1. 请小心撕开纸箱顶部的密封胶带，打开包装盒。
2. 撕开铝箔包装。

3. 取出电源线和顶盖。

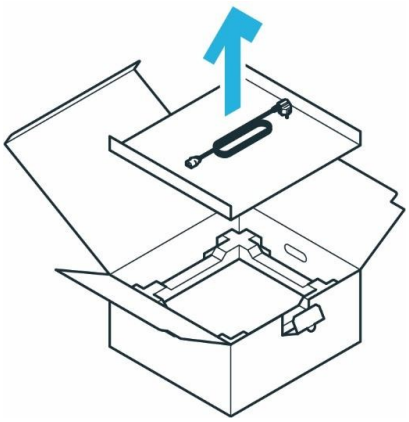


图7.9：控制盒开箱示意图

4. 取下顶部保护层。

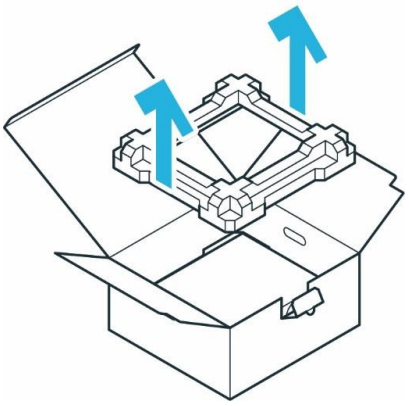


图7.10：拆卸包装

5. 在指示的提手位置握住控制装置，小心地将其从底部保护层中取出，并将其放在一旁。

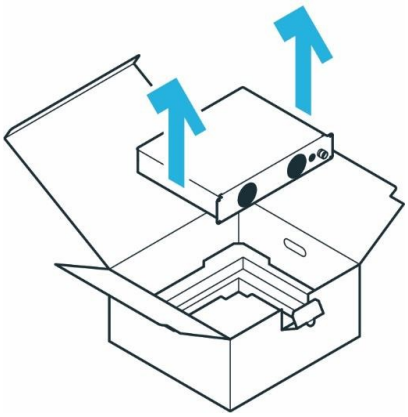


图7.11：取出控制装置

7.2 正确安装位置

7.2.1 最大安全空间

空间分类

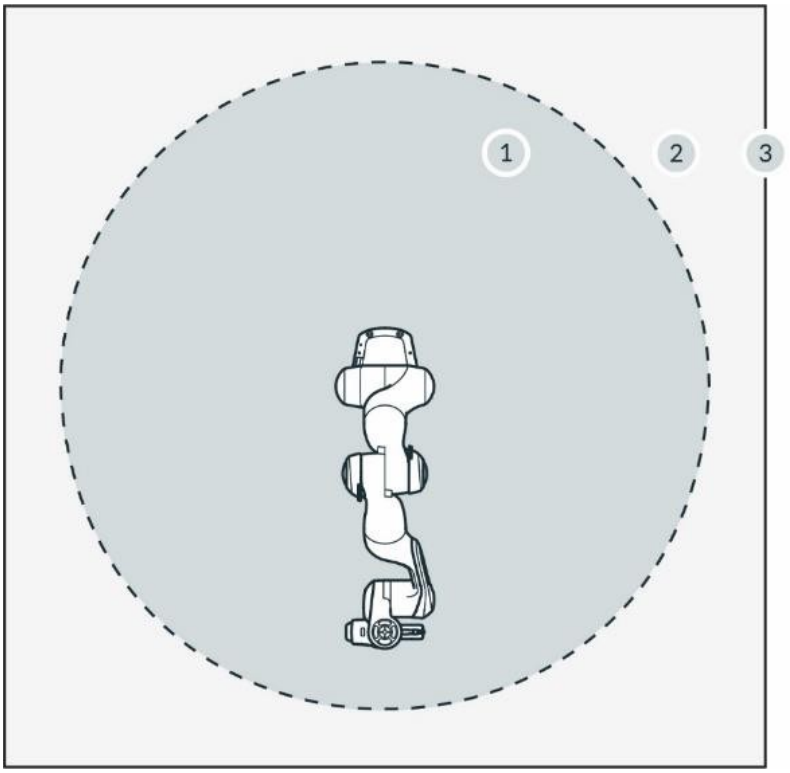


图7.12：空间分类

1 最大工作空间

2 受保护空间

3 周边防护

- 最大工作空间
  机器人运动部件可扫掠的空间，加上末端执行器与工件可扫掠的空间。
- 安全保护空间
  由周界防护系统定义（见示意图）

注意

请使用提供的安全功能来降低因机械臂意外移动而导致意外碰撞的风险。监控功能仅在违规时触发。安全集成商必须考虑停止时间、距离和公差。

注意

特定应用的风险分析可能定义出比最大工作空间更大的危险区域。

7.2.2 环境条件：臂

安装地点的允许条件

环境温度

- +15 °C 至 +25 °C（正常）
- +5 °C 至 +45 °C（扩展）
- IP 20
- 正常运行（无降额）：+15°C 至 +25°C，60% 无凝结湿度
- 扩展运行（安全系统不降额，性能可降额）：+5°C 至 +45°C，90% 无凝结湿度
- 储存与运输：-10°C 至 +60°C 相对空气湿度
- 20% 至 80%，无冷凝安装地点
- 室内，封闭建筑内
- 避免阳光直射
- 无振动，无加速基础
- 磁场仅允许在规定规格范围内存在。

请参阅本手册第 4.2 节“责任声明”。

安装方向

- 臂架只能垂直安装（底座与地面水平，不可悬挂臂架）环境介质
- 空气
- 无易燃物质（粉尘、气体、液体）
- 无腐蚀性介质

- 无腐蚀性物质
- 无飞溅物
- 无喷溅液体
- 无加压气流污染等级
- 2级（依据EN 60664标准）
- 仅存在干燥、非导电性污染；偶尔可能因冷凝导致暂时性导电性

安装海拔高度

- ≤ 2,000 米海拔高度

电磁兼容性

- 环境条件必须符合EN 61000-6-4标准中对通用工业设备的要求，因本系统设计符合EN 61000-6-2标准规定的相应辐射耐受性

注意

为确保系统安全功能不受影响，请确保符合EN 60664规定的污染等级2。

充足的通风

注意

臂内部的电力电子元件和模块产生的热量通过臂的表面散发。
表面散发。

- 请将手臂安装在通风良好的位置。
- 避免手臂直接暴露在阳光下。
- 请勿对机械臂进行重新喷漆、粘贴或包裹处理。

人体工学考量

注意

为避免过热，当温度超出扩展范围时系统将停止工作。用户将通过Franka UI收到通知。

请遵循 Franka UI 中的进一步指示。

注意

为避免电机过热，当内部传感器检测到绕组温度过高时，系统将停止运行。用户将通过Franka UI收到通知。

请遵循Franka UI中的后续指示。

注意

请将机械臂安装在符合人体工学的示教位置。

7.2.3 环境条件：控制

安装现场允许条件

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%，无凝结安装地点
- 室内，封闭建筑内
- 避免阳光直射
- 无振动
- 磁场仅允许在规定的规格范围内。

请参阅本手册第 4.2 节"责任声明"。

- 外壳需达到最低防护等级，若位于所有人可进入的场所，则需达到 IP4X 或 IPXXD 等级。

安装方向

- 设备仅可水平安装于地面
- 安装在角铁支架上，例如桌下
- 安装在控制柜中（2U，4HP）电源
- 为确保系统稳定与安全，需提供稳定的电源供应，在电源关闭时仍能维持足够电力使控制系统进行受控关机。

环境介质

- 空气
- 无易燃物质（粉尘、气体、液体）
- 无腐蚀性介质
- 无腐蚀性物质
- 无飞溅物
- 无喷溅液体
- 无加压气流污染等级
- 2级（根据EN 60664标准）
- 仅存在干燥、非导电性污染；偶尔可能因冷凝导致暂时性导电性

安装海拔：

- ≤ 2,000 米海拔高度

通知

若非对所有人开放，则仅需确保符合污染等级2的要求。

注意

为避免危及系统安全功能，请确保符合EN 60664标准规定的污染等级2。

上述防护外壳不适用于更高污染等级的防护，此类场景需采用更高等级的IP防护等级。

7.3 安装现场准备

正确安装场地

安装前，请准备安装场地。*请参阅本章后文第7.7节"正确安装场地"*。

警告

安装不当导致的故障及意外动作

存在严重伤害风险，如手指、手部、上身、头部被挤压。

- 仅当机械臂正确安装在平台上时才可启动机器人。
- 仅允许将机械臂安装在平整、固定且稳定的平台上。平台产生的加速度和振动不可接受。
- 禁止悬挂安装机械臂，或将其安装于倾斜或不平整的平台上。
- 将平台调平，并将机器人安装在垂直位置。
- 运行100小时后，使用正确的扭矩拧紧螺丝。

7.3.1 机械臂

降额

当 Franka Research 3 在扩展温度范围内运行时，用户可能需要降低动态参数（加速度、最高速度等），以避免系统及其组件过热。否则，Franka Research 3 将停止运行。

稳定平台

该机械臂配备高灵敏度传感器技术与精密调校的控制算法。控制系统需安装于稳定、水平、无移动及无振动的垂直平台上，最大允许倾斜角度为0.1°。

在静态和动态运行期间，安装基座必须承受以下最大力：

- 倾斜扭矩：280 牛米

- 轴向扭矩：190 牛米
- 水平方向力：300 N
- 垂直力：410 N

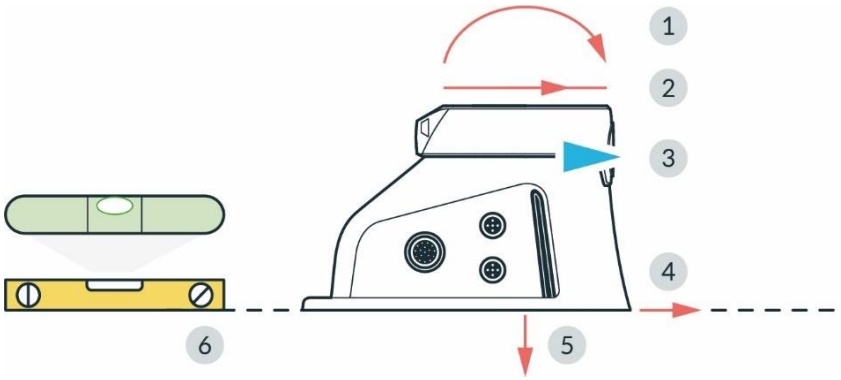


图7.13：底板准备

1	倾斜扭矩	4	水平力
2	绕轴扭矩	5	垂直力
3	前部	6	水平表面

准备底板

所需材料

- 底板详细安装布局步骤
- 使用技术图纸定位孔位。

注意

请注意技术图纸中机械臂的位置，并据此将其对准底板。

孔距设计兼容ITEM柔性装配部件。安装法兰上的两个定位销孔（Ø 6 mm H7）可配合2根Ø6 h8销钉实现机械臂的精确可重复装配（详见第7.4章"机械臂安装"中的表格）。

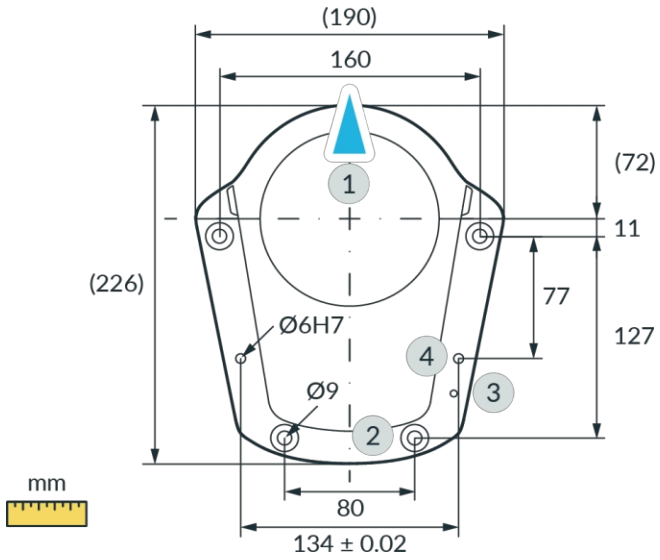


图7.14：钻孔模板

1	正面	3	功能接地螺纹孔 M5
2	M8螺钉孔	4	用于定位销的孔 Ø6H7

7.3.2 控制

安装位置

将控制装置水平放置于指定位置。

替代方案：

将控制装置安装在专为19英寸设备设计的机架中。

更多信息请参阅本手册第7.2章"正确安装位置"。

注意

电源连接必须通过合适的设备建立，例如使用随附的特定国家电源线。

确保主电源和主开关易于操作。

充足通风

注意

控制柜内电力电子元件和模块产生的热量通过内部通风系统散发。

- 请将控制器安装在通风良好的位置。
- 请勿将控制器置于阳光直射处。
- 控制装置前后风扇与覆盖部件之间需保持足够距离（两侧各40毫米）。
- 确保控制器的风扇未被污垢覆盖。

警告

重型设备

由于设备自重及部分几何结构设计，搬运操作可能导致背部受伤，若设备坠落则会造成手指、手掌、脚趾及脚部严重损伤。

- 在运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护装备（如安全鞋）。
- 设备必须放置在平坦表面上，以防止倾斜或滑动。
- 请遵守公司关于起重作业及个人防护装备的规定。

7.4 安装臂架

必须使用四颗尺寸合适的螺钉将臂牢固地连接至底板。为此，臂的底法兰上预留了四个直径为9毫米的钻孔。

仅可使用指定吊点吊装机械臂。所需工具与材料

- 垫圈和螺钉的选择取决于机器人安装表面。具体规格请参见下表。
- 1x 六角内六角圆柱头螺钉 M5x8（强度等级 8.8 A2K）
- 1x 齿形垫圈 M5（强度等级A2K）
- 扭矩扳手，用于拧紧螺丝，扭矩30牛米

	铝制工作台上的机器人	钢制工作台上的机器人	ITEM铝型材上的机器人
螺钉	ISO 4762 - M8x25 - 10.9级	ISO 4762 - M8x20 - 10.9（随附）	
垫圈	ISO 7089-8,4-HV300 垫圈（随附）		
最小螺纹长度	16 mm	最小螺纹长度	第8行结构型材
紧固扭矩	30 牛米		
其他			仅使用 ITEM 0.0.420.83 重型 T 型槽 M8 螺母。

注意

臂部材料损伤

在锁定状态下强行移动机械臂将导致内部部件瞬间滑动，从而造成校准丢失并损坏机械臂。

- 请仅在本手册标示的指定位置操作、抬举及搬运机械臂，以避免过度拉伸机械臂关节。
- 即使在安装和开关机时，也需轻柔操作机械臂。

注意

确保静态和动态操作期间最大力矩与扭矩得到支撑。更多信息。

请参阅本手册第7.5章《准备安装站点》。

安装前提

- 安装臂架需两人协作。
- 已准备好的底板。参见第7.3章“安装场地准备”中的底板准备部分。操作步骤

1. 抬起机械臂。
2. 将机械臂搬运至指定位置。
3. 根据底板预设孔位对齐机械臂。
4. 操作员1：扶稳机械臂。
   第二人：使用四颗螺钉将其固定在底板上，拧紧扭矩为30牛米。

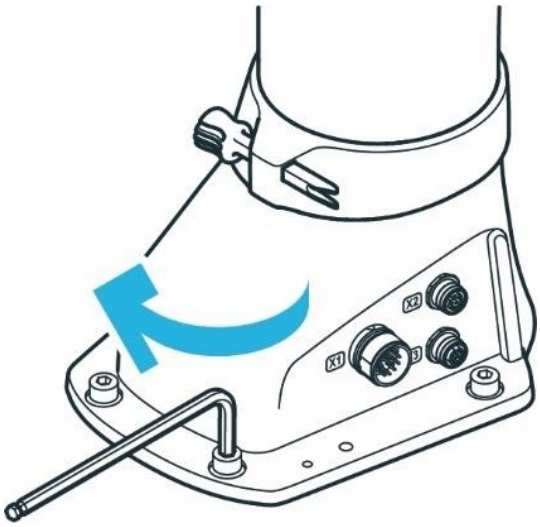


图7.15：手臂安装示意图

5. 将功能接地线连接至机械臂底座。

机械臂已成功安装至底板。

注意

在再次验证正确安装前，请勿为机械臂供电。

7.5 控制装置定位

警告

重型设备

由于设备自重及部分几何结构设计，搬运操作可能导致背部损伤，若设备坠落则会造成手指、手掌、脚趾及脚部严重伤害。

- 在运输、安装或拆卸设备时，务必佩戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 控制装置必须放置在平坦表面上，以防止倾斜或滑动。
- 遵守公司关于起重作业及个人防护装备的规定。

注意

机械臂和控制装置的材料损坏

在锁定状态下强行移动机械臂会导致内部零件短暂滑动，从而造成校准丢失和机械臂损坏。

- 避免碰撞。
- 小心放置设备。
- 始终使用原始包装存放和运输设备，即使在建筑物内也是如此。

定位

操作步骤

1. 人员1：在指定吊装位置抓握控制装置。
2. 操作员2：从控制器上取下泡沫包装。
3. 将控制装置水平放置于指定位置，确保通风良好。替代方案：

   将控制器安装在专为19英寸设备设计的机架中。

请参阅本章第7.2节"正确安装位置"。

7.6 布线与电气安装

良好状态

危险

电线损坏或电气安装不当

存在触电致人身伤害及财产损失风险

- 仅在技术状态良好的情况下使用Franka Research 3。
- 紧急停止装置及安全外围系统必须由合格人员安装。
- 检查电缆和电气装置。

注意

裸露的电线和电缆

操作人员可能因最大工作区域内的裸露电线和电缆而绊倒摔伤。因此：

- 请始终安全铺设电缆。

注意

仅允许将以太网端口具有高达 60 V 电隔离的设备连接到系统。

注意

控制装置通电时，请勿更换或拔出已连接的机械臂。

7.7 连接机器人接口

7.7.1 连接示意图

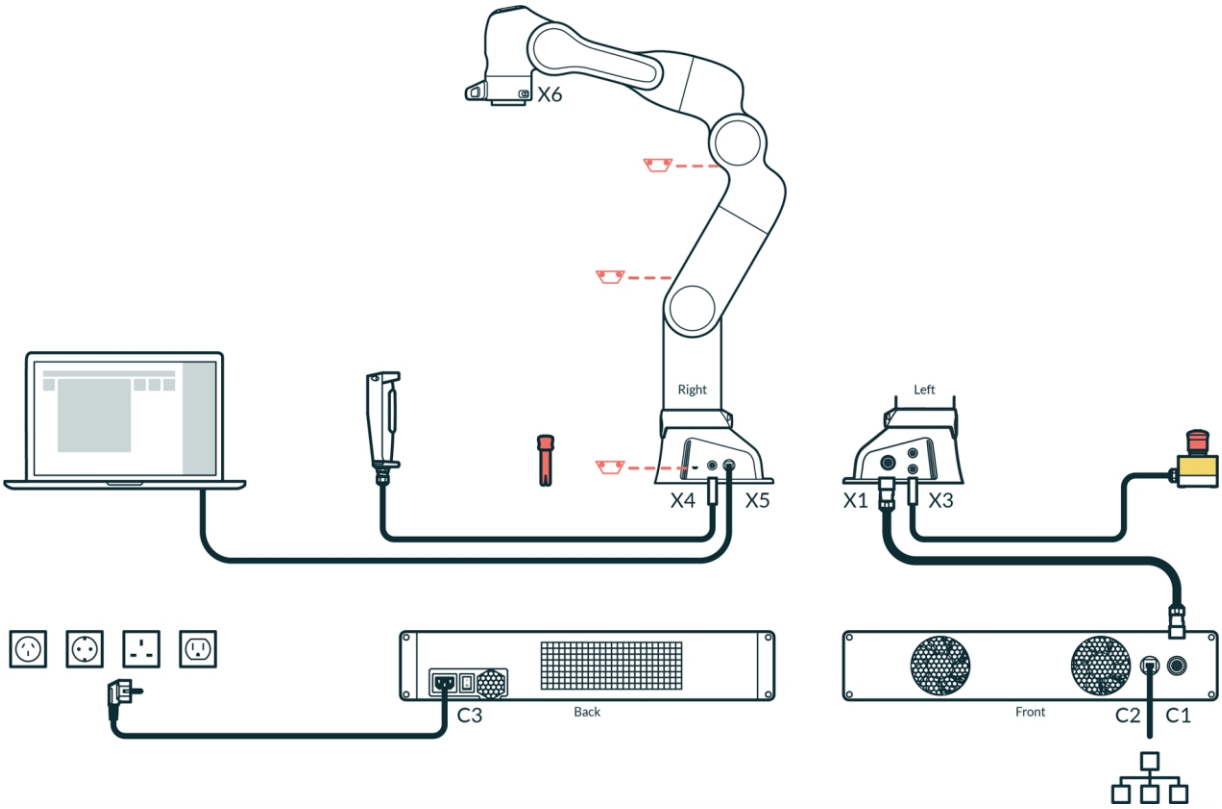


图 7.16：连接图概览

7.7.2 接口

X3 - 安全输入

安全输入（X3.n）始终包含两个独立通道，分别标记为A和B。每个通道通过其p和n引脚实现，这些引脚必须通过浮动开关连接。在常规运行期间，两个通道必须处于相同状态（开/关）且未连接；任何其他状态都将触发安全系统故障。

安全输入与机器人系统及其他接口均采用电隔离设计，但所有安全输入共享同一电气域，其接口连接器类型不影响此特性。

接口X3位于机械臂底部，承载三个安全输入信号。X3.1提供机械臂的紧急停止集成功能，X3.2和X3.3提供两个可自由配置的安全输入。该连接器为12针M12母头连接器，采用A型编码。

X3安全输入电气特性：

- 信号电压 24 V；信号电流 30mA

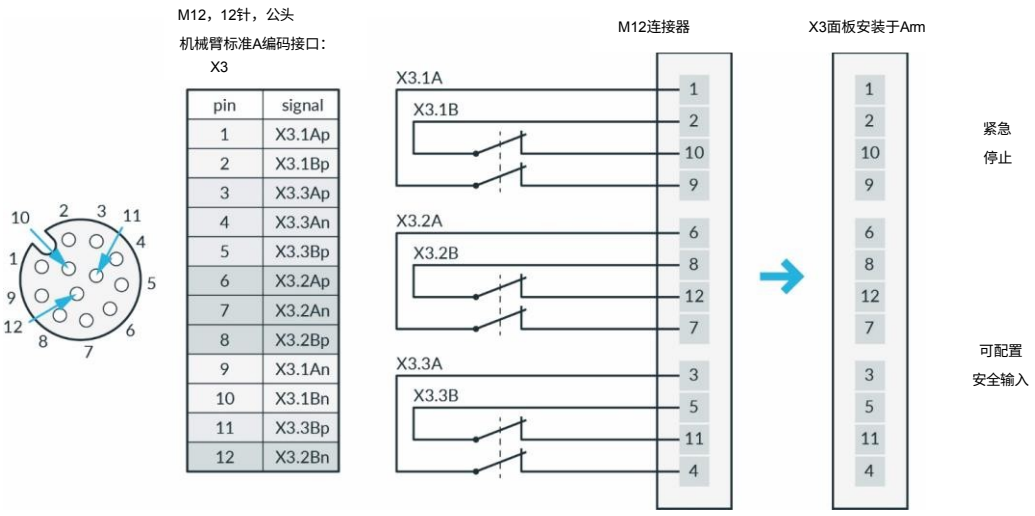


图7.17：X3 - 安全输入

X4 - 外部使能

接口X4位于机械臂底部，承载一个安全输入信号。该连接器为A型编码的4针M12母头连接器。此接口专用于在运行阶段需要时临时连接外部使能装置。

建议优先使用随附的外部使能装置。

注意

若需使用独立的外部使能装置，该装置必须符合IEC 60204-1和DIN EN 60947-5-8标准。

X5 - 机器人网络

X5连接器位于机器人底座上，通过以太网接口提供内部机器人网络。该网络集成DHCP服务器。操作设备可连接至X5接口。输入网址robot.franka.de即可访问机器人的Franka UI网页界面。X5接口的IP地址可在设置中配置。

默认设置存储的IP地址为192.168.0/24。此时可通过IP地址192.168.0.1访问机器人。DHCP服务器为客户端分配100至150范围内的地址，即默认设置为192.168.0.100至192.168.0.150。

X6 - 末端执行器

接口X6位于机械臂腕部，负责传输连接末端执行器的机器人信号。该连接器采用Binder 8针母头卡扣式IP67防护等级620系列。

pin	signal
1	48V
2	CAN_H
3	CAN_L
4	reserved
5	reserved
6	reserved
7	reserved
8	GND

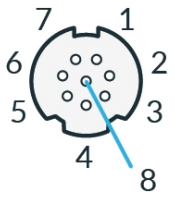


图7.18：X6接口

- 标称电压 48 ± 3 VDC。
- 标称保持电流：25°C时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。未提供基于离散信号或协议的安全数据传输方式。当SEEPO激活时，该接口不提供48V电源。末端执行器供电系统未配备接地装置。

若连接附加设备，请测试预期功能是否正常运行。

C2 网络连接

C2接口位于控制单元正面。该接口提供以太网连接，可将控制单元接入系统/公司网络及互联网。

网络连接可在设置中进行配置。默认情况下该接口已激活DHCP客户端功能。用户亦可手动配置网络连接以集成至现有网络。请注意：机器人网络与公司网络的IP地址范围不得相同。连接功能接地端

注意

为满足规定的电磁兼容性（EMC）等级要求，必须连接功能接地。

所需材料

- M5螺纹螺钉
- 1个M5齿形垫圈
- 功能接地线

我们建议使用最小截面积为1.5平方^{毫米的}铜缆，最大长度为5米。

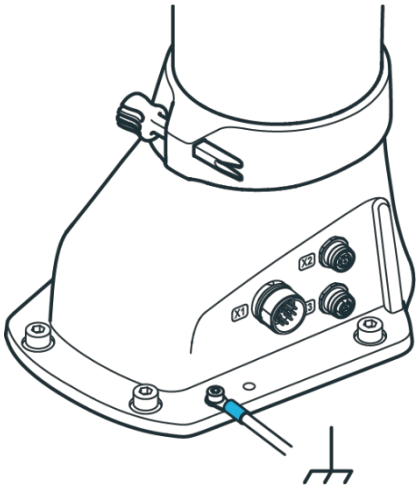


图7.19：功能接地连接

操作步骤

1. 将功能接地线的一端连接至臂座基座标示位置的M5螺纹接口，另一端连接至
   另一端连接至附近良好接地的部件（例如实心金属接地条）。
2. 将齿形垫圈 M5 放置在臂基座上所示位置，用于功能接地。
3. 用M5螺钉固定功能接地电缆的电缆接线片。
4. 将电缆另一端连接至附近接地良好的部件（例如实心金属接地条）。

注意

系统的电气安全性不依赖于功能接地连接。功能接地连接不适用于将保护性接地扩展至末端执行器等连接设备。机器人周边的所有设备均须按其各自的电气要求安装，包括适用情况下的保护性接地。

7.7.3 接线

注意

机械臂连接线缆、紧急停止线缆、外部启用装置线缆及用户定制线缆不得遭受以下异常情况：

- 机械搬运及在粗糙表面拖拽（磨损）
- 无导轨操作（扭结）
- 导向滚轮与强制导向，在电缆卷筒上进行缠绕与复卷（应力）
- 高拉伸应力、小半径弯曲、跨平面弯曲及/或频繁工作循环

连接臂至控制装置

所需材料：

- 连接电缆

注意

机械臂与控制单元之间的电气连接必须使用Franka Robotics提供的连接电缆。

操作步骤

1. 将连接器端口（母头）小心放置于连接器X1上，确保三角形标记朝上。

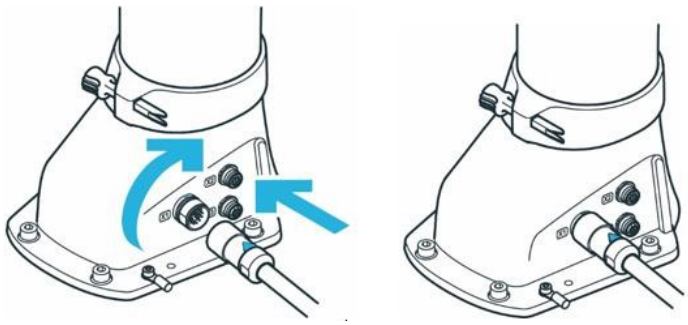


图7.20：机械臂连接电缆接线示意图

2. 通过旋转连接器可移动的前部，将插头本身拉入连接器端口。
3. 用手拧紧后，轻拉插头测试是否正确连接。
4. 采用相同原理将连接电缆的另一端（公头端）与控制面板前部的C1连接器对接。

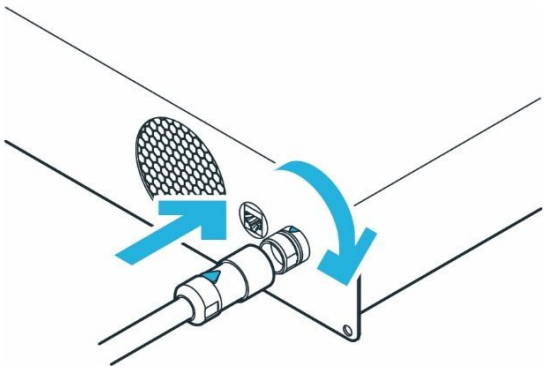


图 7.21：连接电缆与控制器的连接

外部使能装置连接

所需材料：

- 随附外部使能装置操作步骤

1. 确保导向销指向正确方向。
2. 外部使能装置连接至X4连接器。

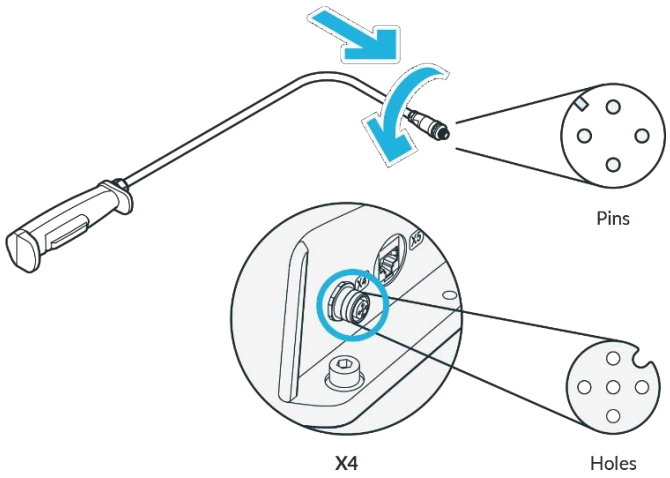


图7.22：外部使能装置的连接

3. 通过旋转连接器可移动的前部将插头拉入连接器端口。
4. 用手拧紧。

连接操作设备（通过Franka UI操作）

所需材料：

- 接口设备

请参阅对应系统版本（例如5.8.0）的操作手册中第2.1.1章《连接用户界面设备》。

- 带 RJ 45 连接器的以太网电缆（未随附） 步骤
- 使用以太网电缆将您的接口设备与臂基座上的连接器 X5 连接起来。

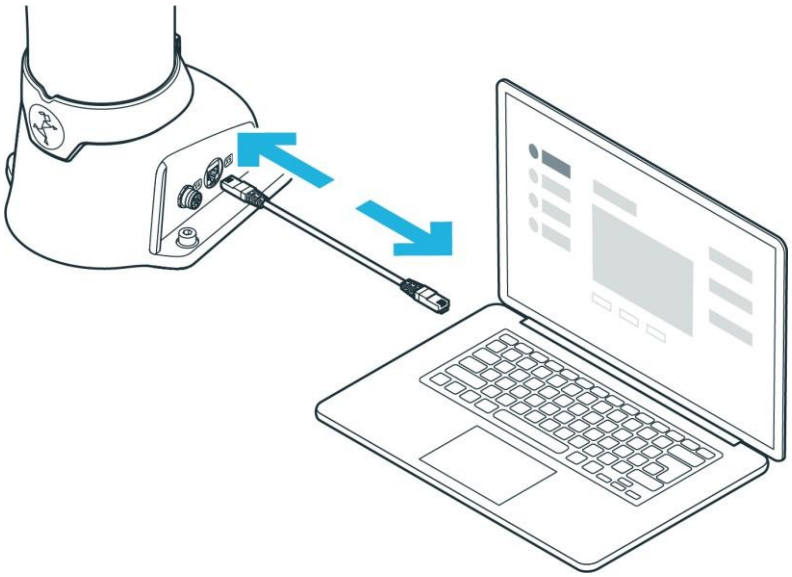


图 7.23：操作设备的连接

将控制装置连接至电源

注意

确保将强制锁定装置连接至电源线上的 C14 连接器。

注意

允许供电频率：50 - 60 Hz

供电电压：100 - 240 VAC漏电电流：< 10 mA

所需材料：

- 国家专用电源线操作步骤

1. 将电源线连接至控制装置。
2. 将电源线连接至电源。

连接保护装置

若需连接外部安全装置，通过1类或2类停机装置（依据IEC 60204-1标准）实现减速停机或完全停止功能。

请参阅本手册第4.7节“安全外围设备的安装”。

警告

受伤风险

连接具有独立电源的外部设备可能危及系统安全功能。存在严重伤害风险，例如被机械臂和末端执行器挤压、撕裂皮肤或刺穿。

- 确保所连接设备的电压为安全低电压（SELV）或与系统连接信号充分隔离。

注意

财产损失

连接具有独立电源的外部设备时，若未遵守电气额定值，可能导致系统损坏。

- 连接设备的电压必须为安全低电压（SELV）或与系统连接信号适当隔离。

注意

电缆的物理损坏

不当操作电缆会导致电缆损坏。

- 请勿弯曲、折叠或卷绕连接电缆。
- 请将连接电缆铺设在不会受到过度应力的位置。

注意

机械臂或末端执行器的材料损坏

运行过程中不安全地连接或断开带电电缆或末端执行器将导致设备损坏。

- 当Franka Research 3连接电源时，请勿连接或断开电缆。
- 当 Franka Research 3 连接电源时，请勿连接或断开末端执行器。

使用随附的紧急停止装置

所需材料

- 随附的紧急停止装置或客户提供的防护装置（不包含在供货范围内）
- 使用客户提供的保护装置时：需额外连接电缆（不包含在供货范围内）

操作步骤

1. 将随附的紧急停止装置连接至X3端子。或

   将客户定制的匹配连接器连接至X3接口，并将待连接的防护装置（不包含在供货范围内）接入。将防护装置连接至X3连接器。

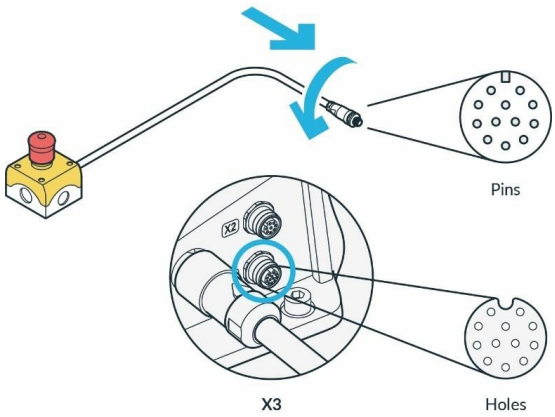


图 7.24：防护装置的连接（此处为紧急停止命令装置

2. 通过旋转连接器可移动的前部将插头本身插入连接器端口。

3. 用手拧紧

有关安全输入的更多信息，请参阅本手册第4.10章安全输入。

更多信息请参阅本手册第4.7章安全外围设备的安装。

注意

在首次操作前及定期检查安全装置是否正常运作。

7.8 安装末端执行器

警告

末端执行器上掉落和/或飞溅的工具

插入末端执行器中的工具在机械臂后续动作中可能变成抛射物，导致人员受伤。

- 请勿将任何工具留在机器人内部。

注意

锋利边缘、尖锐结构及运动部件

连接的末端执行器可能导致手部、手指、上身及头部受伤。

- 务必佩戴个人防护装备（例如安全护目镜）。
- 集成商需对任何安装的末端执行器进行风险评估。
- 操作期间请勿站在最大工作空间内。

注意

若外部设备采用独立电源供电，其连接方式可能危及系统安全功能。
不符合电气额定值。

此外，连接设备的电压必须为安全低电压（SELV），或与系统连接信号进行适当隔离。

有关末端执行器法兰的信息，请参阅本手册第 7.3.1 章“机械臂”。

注意

请注意，先导夹具相对于末端执行器法兰旋转了 45°。

接口 X6 - 末端执行器

末端执行器法兰上的X6电气连接可用于为末端执行器供电（如需）并通过CAN总线与控制器通信。请注意，X6连接已专门配置用于Franka Hand及其他设备，可能与本接口不兼容。若需连接无法直接接入此端口的末端执行器，则需为末端执行器的供电与控制进行外部布线。

专为Franka Hand设计，其他设备可能无法兼容此接口。若需连接无法直接接入该端口的末端执行器，可相应设计并实施外部布线方案以实现末端执行器的供电与控制。

有关接口X6接线方案的详细说明，请参阅本手册第7.6章《接线与电气安装》。

末端执行器接口不交换任何安全相关信息。该接口未提供基于离散信号或协议的安全数据传输方式。当SEEPO功能激活时，该接口不提供48V电源。

注意

末端执行器的开启与关闭

控制装置的故障可能导致末端执行器的意外开闭。

- 务必佩戴个人防护装备（例如安全护目镜）。
- 集成商必须对任何连接的末端执行器进行风险评估。
- 操作期间请勿站在最大工作空间内。

注意

移动臂

存在严重伤害风险，如挤压、皮肤撕裂和穿刺

- 请务必佩戴个人防护装备（例如安全护目镜）。
- 集成商必须对任何连接的末端执行器进行风险评估。
- 操作期间请勿站在最大工作空间内。

连接末端执行器后，需进行风险评估。风险评估取决于具体执行器类型，内容包括但不限于以下方面：

- 锐利边缘或尖端末端执行器
- 锐利旋转末端执行器的运动或旋转
- 机械臂意外移动导致末端执行器撞击或挤压人员

注意

针对末端执行器可能失效的风险，需进行额外风险评估。失效风险评估取决于末端执行器类型，包括但不限于以下方面：

- 保护性停止信号失效导致末端执行器开合动作无法停止
- 末端执行器及其功能的断电评估

控制失效导致末端执行器意外开合



有关末端执行器的安装与拆卸信息，请参阅相应的末端执行器手册。

7.9 Franka Research 3 实用操作与定位技巧

7.9.1 能耗

标准运行时，Franka Research 3 平均耗电量为 140-350 瓦。临时情况下，电源可提供高达 600 瓦的电力。

注意

若发生意外断电，Franka Research 3将尝试执行类别1停止。若储存能量不足，则执行类别0停止。

紧急停止后，机械臂可能出现校准丢失或损坏情况。若下次启动时检测到故障，系统将通知用户并要求其遵循Desk平台中的操作指引。

7.9.2 静电放电防护等级

注意

必须连接功能接地以满足规定的电磁兼容性（EMC）等级要求。

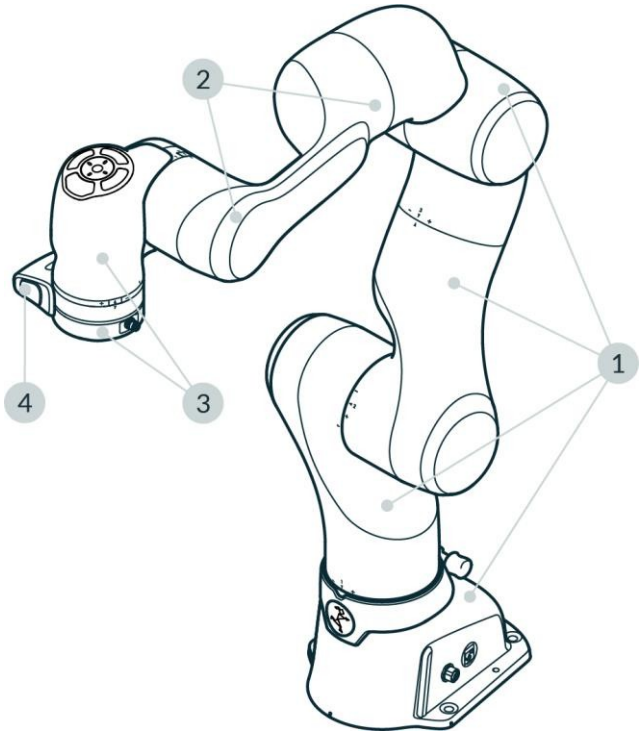


图7.25：测量点静电放电测量

表中数值在温度24.2°C、相对湿度44%条件下测得。

	接地电阻 R_G [欧姆]	表面电压 [V]	距ESDS距离[毫米]
涂层机器人 (1)	15.5×10^{9}	13	0
前臂缓冲器 (2)	20.3×10^{9}	30	0
腕部外壳含护垫 (3)	24.3×10^{9}	850	25
法兰盘 (4)	50.0×10^{3}	0	0
导向夹具 (5)	25.7×10^{9}	279	25
弗兰卡·汉德（无指尖） (6)	38.1×10^{9}	615	25

指定距离符合DIN EN 61340-5-1标准。125伏至2000伏电压范围需保持25毫米间距。

注意

建议根据应用要求及DIN EN 61340-5-1标准核查间距。

7.9.3 工作区域设计

警告

意外移动的机械臂

存在严重伤害风险，如手指、手部、上身、头部被挤压。

- 最大工作空间内不得存在锐利边缘。
- 请勿在最大工作区域内放置任何尖锐物体。
- 将机械臂安装在符合人体工程学的教学位置。



图7.26：工作区域设计

规划安装时，确保机器人周围有足够的自由工作空间。

注意

在发生故障时的恢复操作中，可能需要将关节移动至机械臂的基准位置。因此建议在布局规划中考虑下图所示位置，确保机器人在必要时能够到达基准位置。

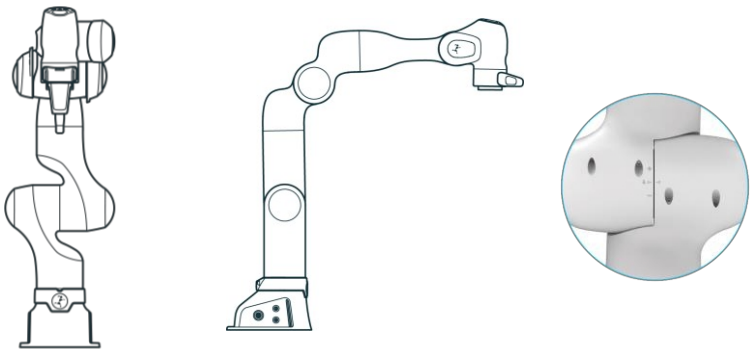


图7.27：机械臂关节参考位置

注意

若出现关节位置误差，请参照您所安装系统对应版本（例如v5.8）的操作手册中第8.1.4节和8.1.5节的故障排除指南。

7.9.4 人身安全与人体工学

收缩自由空间

注意

以下关于手臂装置的使用与安装信息仅为实用建议，针对具体应用场景可能不够全面。这些建议不能替代危险与风险评估，但可提供布局方案参考。

人类会本能地避开突发性动作。因此，操作员或其他人员站立区域应预留足够的闪避空间。

此外，确保该区域无障碍物（如电缆、物品等），防止人员绊倒受伤。

与机械臂的最大安全距离

警告

移动机械臂

存在被机械臂夹伤的风险。

- 操作时应始终将机械臂保持在最大可能距离，以便操作员及时反应并收回。
- 请勿在环抱机械臂时操作。
- 请勿将头部或其他身体部位置于机械臂各段之间或下方。
- 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。
- 遇致命性紧急危险时：
  1. 按下紧急停止装置以停止机器人的运行。
  2. 手动拉出或推出机械臂使其脱离危险位置。

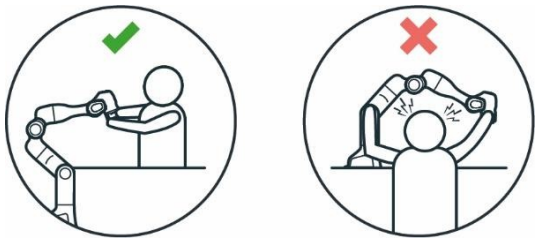


图7.28：机械臂与头部碰撞距离示意图

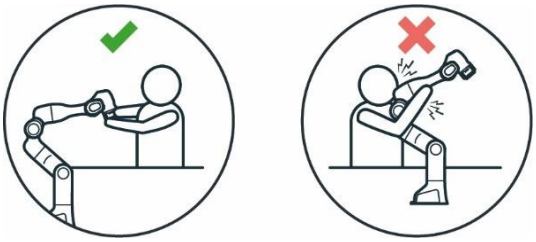


图7.29：手臂碰撞距离



图7.30：手臂挤压手部的距离

眼睛防护

警告

手臂意外移动和漏油

接触泄漏的油液可能会刺激眼睛或皮肤。

使用各类应用程序、操作末端执行器及接触周边物体时，可能导致挤压、皮肤撕裂及穿刺伤害。

- 请务必佩戴防护护目镜。

服装和首饰

注意

宽松的衣物或首饰可能被机械臂卷入

被卷入的衣物或首饰可能导致失衡，造成人员坠落风险。

- 请勿穿着宽松衣物或系有缎带的衣物
- 请勿佩戴项链、手镯等松散首饰。



图7.31：防护装备（请勿佩戴首饰）

更多信息

腐蚀可能出现在可见表面。这不会影响机器人的功能。

注意事项

以下防锈措施具有实用性，但可能并非详尽无遗。若发生锈蚀，Franka Robotics不承担任何保修或责任，因锈蚀不影响设备功能。

- 使用、运输及存储期间请确保环境湿度与温度符合规定范围。
- 请使用防潮材料（如干袋）储存机器人。
- 操作、安装及任务教学过程中，务必保持双手清洁干燥。
- 用胶带密封

8 使用方法

8.1 开启

危险

设备从较冷环境转移至较暖湿环境时，因凝结水导致的短路

可能因触电导致危及生命的伤害。

- 运输后请让设备适应环境温度。
- 切勿开启潮湿设备。

前提条件

- 电缆需正确插入。
- 外部电源必须连接。
- 保留最大工作空间。操作步骤

1. 开启控制装置。

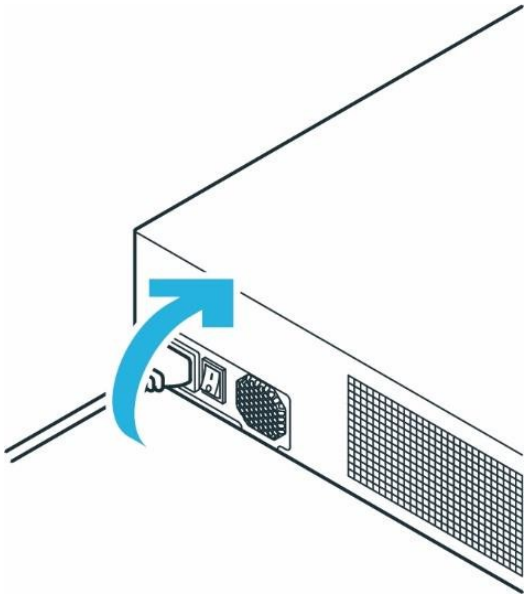


图 8.1：开启控制装置

控制功能现已开启。

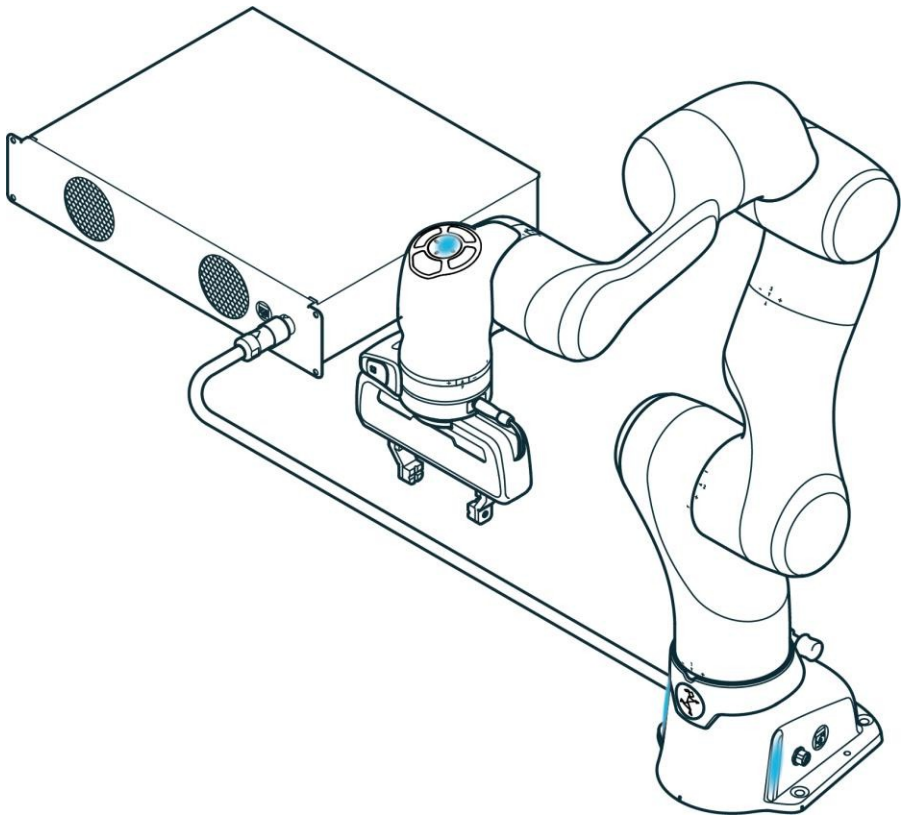


图8.2：Arm模块上的蓝色状态指示灯

您将观察到以下操作流程：

- 冷却系统将启动，并伴随可见及可听的运行状态。
- 启动过程约需1分钟。

- Pilot及底座两侧的状态指示灯开始闪烁。
- 启动完成后，状态指示灯将持续显示蓝色，表明机器人处于执行模式的静止状态。
  若状态指示灯闪烁红色，则存在安全故障。此时请检查紧急停止功能是否被激活，或紧急停止装置是否已正确连接至输入端X3。
- 故障安全锁定系统处于激活状态。关节仍处于机械锁定状态。有关解锁故障安全锁定系统的信息，*请参阅本手册第10章《维护与处置》中的*"故障情况下的预引导操作"章节。

8.2 Franka Research 3的安全相关测试

8.2.1 机器人系统的自检

控制系统的自检在系统运行期间执行。机械臂将进行一次电源循环以执行其自检。

警告

坠落物体导致受伤的风险

在机械臂电源循环过程中，末端执行器的电源将被切断。末端执行器上的物体可能坠落，导致受伤。

- 请移除末端执行器上的所有物品。
- 请立即撤离危险区域。

注意

每24小时，用户必须启动安全诊断程序，以检测运行过程中可能出现的危险故障。系统将在超时前2小时通过侧边栏向用户发出警告。

若超时，机器人将停止所有操作并要求用户启动自检。此时将弹出提示信息，可由此开始自检流程。

您也可随时手动启动自检。操作步骤如下：

1. 在您的接口设备上启动Franka UI。
2. 进入“设置”菜单。
3. 切换至“仪表盘”
4. 点击自检倒计时显示框旁的“执行”按钮

警告

当SEEPO配置激活时，因电源中断导致末端执行器坠落物体

存在严重伤害风险，例如被机械臂及末端执行器挤压、撕裂皮肤或刺穿。

- 务必穿戴个人防护装备（如安全鞋）。

- 使用适当类型的末端执行器以防止物体坠落。
- 在风险评估中，需根据10218标准考虑被抓握物体的形状、质地和重量。
  2标准进行风险评估时，需考量被抓取物体的形状、质地及重量。使用轻质和/或圆形物体可显著降低风险。

8.2.2 定期测试安全功能

某些安全功能必须定期进行测试。这适用于以下安全功能：

安全功能	测试
紧急停止装置	1. 在机器人未运行时按下紧急停止装置。 2. 检查制动器是否锁定。
引导启用装置	1. 在引导过程中松开Pilot-Grip的启用按钮。 *机器人必须停止。* 2. 引导过程中完全按下Pilot-Grip的启用按钮。 *机器人必须停止。*
外部启用装置	1. 在测试任务时，请释放外部使能装置的使能按钮。 *机器人必须停止。* 2. 在测试任务时，请完全按下外部使能装置的使能按钮。 *机器人必须停止。*
连接至X3.2或X3.3的任何开关	1. 激活开关。 2. 检查配置的安全功能是否相应触发。

注意

- 启动时每12个月激活紧急停止系统。
- 每12个月启动时重新连接紧急停止系统。
- 每12个月检查所有安全装置（例如紧急停止系统）的功能。
- 检查为确保安全运行而采取的任何额外安全措施。

有关紧急停止系统的更多信息，***请参阅本手册第4.7章安全外围设备的安装。***

8.2.3 紧急停止测试

警告

紧急停止装置失效导致严重伤害的风险

在紧急情况下使用失效的紧急停止装置停止操作可能导致人员被困，从而引发严重伤害，例如被手臂和末端执行器挤压、撕裂皮肤或刺穿。

- 将紧急停止装置存放在安全位置。

注意

物质损坏

当设备在工艺流程中的不利位置停止时，末端执行器、工件或周边环境可能遭受损坏。

- 仅在危及安全的紧急情况下使用紧急停止装置。

注意

按下紧急停止按钮时，即使机械臂发生损坏，也不会对人员造成伤害，因为无论损坏程度如何，机械臂都会安全停止。

注意

紧急停止后，机械臂可能出现校准丢失或损坏情况。若下次启动时检测到故障，系统将通知用户。

注意

请注意除Franka Research 3机器人外，其他已安装设备同样会因紧急停止而断电。

前提条件

- Franka Research 3必须处于静止状态且无任务运行。
- 故障安全锁定系统的锁定螺栓必须处于打开状态。
- 机械臂不得移动。

操作步骤

1. 清理机械臂周围的空间，避免夹持物体或周边环境受损。
2. 使用引导装置将机械臂移至无障碍位置，例如距静止物体上方200毫米处。
3. 启动紧急停止装置。

机械锁定销落入时，机械臂将伴随咔嗒声轻微下移。

注意

详细说明请参阅操作手册第 2.1 章"初始连接"，该章节位于与您的系统版本（例如 5.8）相对应的操作手册中。

8.3 关闭电源与重新启动

警告

末端执行器因电源中断导致物体坠落

夹具掉落的物体可能导致手部、手指、脚部及脚趾受伤。

- 务必穿戴个人防护装备（如安全鞋）。
- 选用合适类型的夹具以防止物体坠落。
- 根据ISO 10218-1标准进行风险评估时，需考量被抓取物体的形状、质地及重量
  2标准进行风险评估。使用轻质和/或圆形物体可显著降低风险。

关闭

通知

系统仅在风扇停止运转时才算完全关闭。

仍在运转的风扇表明Franka Research 3尚未完全关闭。请重复执行Franka Research 3关闭的安全操作步骤。

安全操作指南

操作步骤

1. 请立即撤离危险区域。
2. 在 Franka UI 中，在用户菜单中导航至“关闭”并点击它。

故障安全锁定系统已启动。Franka Research 3将进入关机状态。

重新启动

在控制台关闭系统并等待风扇停止运转。关闭控制面板上的电源开关。等待一分钟后重新启动Franka Research 3。要重新启动Franka Research 3，请打开控制面板背面的电源开关。Franka Research 3将开始重新启动。

注意

为避免系统意外重新通电，请将连接线缆固定在安全位置。

断开Franka Research 3与电源的连接

操作步骤

1. 移出最大工作区域。
2. 进入Franka用户界面。
3. 在用户菜单中选择“关机”。

系统将关闭。

4. 关闭控制单元背面的电源开关。

5. 从控制台背面拔出电缆。

注意

为避免系统意外重启，请将电源线妥善收纳于安全位置。

Franka Research 3 已断开电源。

9 机器人 LED 指示灯系统

9.1 状态指示灯概述

底座两侧的状态指示灯会像交通信号灯般亮起对应颜色。在启动过程中、Franka Research 3需要操作员干预时，或用户输入数值时，状态指示灯将缓慢闪烁。其他运行状态下，指示灯将持续显示Franka Research 3当前状态的对应颜色。Pilot-Disc中央的环形状态指示灯同样显示Franka Research 3的工作状态。

当操作员与机械臂交互时，Pilot-Disc上的状态指示灯将关闭。

有关颜色行为的更多信息，请参阅本手册第8.1章"开启"。

警告

机械臂可能发生危险且失控的运动

存在严重伤害风险，例如被机械臂及末端执行器挤压、撕裂皮肤或刺穿。

- 确保末端执行器和/或物体质量与质心 (CoM) 的参数设置正确。
- 操作期间请远离工作区域。

注意事项

在示教或手动引导模式下，运动速度为预设值。可根据机械臂在应用场景中的风险评估结果降低速度。

机器人通过六种不同LED颜色显示运行状态。这些指示灯呈现两种模式：

- **常亮（静态）**——表示稳定状态
- **闪烁（闪动）**——表示过渡状态或需注意状态LED指示灯位于三个关键位置：
- 桌面接口
- 机器人底座
- 导航盘

每种颜色与图案组合均提供关于机器人当前状态的关键信息，包括其是否处于
安全交互。这些视觉提示旨在增强操作员的警觉性与安全性。

9.2 LED激活行为

- **底座LED灯**：
  始终处于激活状态。持续反映机器人运行状态，是系统状态的主要参考指标。
  系统状态的核心依据。
- **导航LED**：
  仅在编程或手动引导模式下激活。它们在这些模式下提供与用户交互相关的特定反馈。

操作员启动检查清单

启动机器人电源时，务必：

1. 确认所有指示灯均正常工作。
2. 确保从工作位置能清晰看到LED指示灯。
3. 正确解读指示灯状态以判断机器人当前处于：
   - 空闲状态或处于示教模式
   - 执行任务
   - 处于错误或警告状态
   - 等待用户输入

重要安全注意事项

在每种状态下是否安全接近机器人，取决于应用特定的风险与危害分析以及配置的安全场景。虽然LED指示灯有助于识别机器人的状态，但它们并非经过认证的安全功能
。

如有疑问，在接近机器人前务必采取适当的安全措施：

- 按下紧急停止按钮
- 启动保护性停止
- 通过用户界面确认机器人处于安全状态

9.3 闪烁模式

模式	频率	含义
慢闪	~0.6 Hz（约每3秒闪烁2次）	表示状态转换或需要用户注意
快速闪烁	~2 Hz（约每秒2次闪烁）	警示动作即将启动、机器人缓慢移动或系统正在更新

错误及通信中断

若视觉指示器或其控制装置检测到通信中断，将通过红色常亮指示灯发出错误信号。

9.4 LED优先级逻辑

- LED系统始终显示最关键的状态。
- 若多个事件同时发生，则显示最高优先级的颜色。
- 在同一优先级范围内，每次仅显示单一颜色方案以避免混淆。

9.5 LED 颜色参考表

类别	LED 颜色	LED 模式	状态含义	用户操作
机器人系统状态	白色	静态	系统空闲或处于示教模式。	✓■ 可安全接近。准备启动。
	白色	慢闪	启动或关闭中。	—● 请勿中断。请等待直至完成。
	白色	快速闪烁	系统正在更新。	●— 请勿拔掉电源或中断。请等待直至完成。
制动	黄色	静态	制动器锁定/解锁。	▮ 用于制动操作期间。
	黄	慢闪	等待启动完成。	≒T_ 等待黄色常亮或下一个指令指令。
	黄	静态	警告状态。	● 勿靠近。检查UI。

类别	LED 颜色	LED 模式	状态含义	用户操作
警告	黄色	慢闪	警告：用户需要交互操作。	检查用户界面并确认警告。
安全错误	红色	静态	严重错误（例如：安全、系统、通信）。	不要接近。通过UI进行调查。
	红	慢闪	安全违规或应用程序错误。	检查用户界面。仅在安全且受过培训时操作。
	红色	快速闪烁	正在进行错误恢复。	请等待或通过用户界面重置。
	红色	慢闪	需用户输入以恢复错误。错误恢复需用户操作（例如手动引导时超出关节限制）	解锁关节或重置以恢复运行。
执行	绿	静态	任务正在自主执行。	请勿靠近。机器人正在移动。
	绿色	快速闪烁	执行即将开始（例如：FCI倒计时）。	切勿靠近。行刑在即。
合作	绿色	慢闪	任务处于协助模式。	采取谨慎操作。遵循安全规程。

类别	LED 颜色	LED 模式	状态含义	用户操作
执行模式	蓝色	静态	执行阶段就绪。制动器已接合。	接近时需谨慎操作。机器人可能开始移动。
	蓝色	慢闪	制动器释放或协作模式（无活动任务）。	机器人可能轻微移动。可安全接近。
	蓝色	慢闪	执行中断。等待反馈。	提供反馈以继续。机器人暂停。
冲突	洋红色	静态	检测到冲突输入（例如手动引导与自动化冲突）。	不要接近。解决输入冲突。
	洋红色	慢闪	需要输入以解决冲突。	提供输入或指导以继续操作。

10 维护与处置

10.1 维护

Franka Research 3 机器人的机械臂与控制系统设计可在常规运行条件下实现约 20,000 小时的免维护运行。该常规运行条件基于机器人系统的多种典型应用场景推导得出，并通过分析与测试验证。若客户应用场景与这些基础运行条件存在显著差异，实际运行时长可能相应延长或缩短。

当系统接近此运行时长时，建议联系Franka Robotics技术支持（(support@franke.de ）。支持团队将通过评估系统日志数据，确定是否需要采取后续措施。

注意

若在目视检查中发现机器人结构受损，则必须立即停止使用该机器人，无论其当前运行时间长短。

注意

- 启动时每12个月激活一次紧急停止系统。
- 启动时每12个月重新连接紧急停止系统。
- 每12个月检查所有安全装置（如紧急停止系统）的功能状态。
- 检查为确保安全运行而采取的任何额外安全措施。

10.2 清洁

危险

触电风险

不正确使用液体清洁剂，以及未正确断开电源的设备，可能导致致命事故。

- 请勿清洁尚未安全断开电源的设备。
- 请勿使用液体清洁剂清洁设备。

清洁时需注意以下事项：

- 仅限合格人员进行清洁操作。
- 仅当Franka Research 3安全停机并断开电源后方可进行清洁。
- 关闭设备电源及断开连接操作必须由合格人员执行。
- 请勿使用任何液体清洁设备。
- 请勿使用任何清洁化学品。
- 组件只能用干布清洁。
- 严禁水分进入设备内部。
- 请勿对机械臂施加过大外力。清洁部件时需手动支撑，避免机械臂超负荷运行导致损坏。

注意

设备材料损坏

- 请勿使用液体清洁剂清洁设备。

10.3 废弃处理

废弃处理

弗兰卡研究3号的处置必须符合相关国家特定的法律、标准和法规。

电池

控制器内含一枚纽扣电池。该纽扣电池必须根据相关国家/地区的法律、标准和法规进行单独处理。

要取出电池，请打开控制器。

注意

仅允许在处理纽扣电池时打开控制器以取出电池。

包装废弃物回收

请联系Franka Robotics退回任何使用过的包装。

10.4 控制装置机械更换

进行机械式控制单元更换时，请按以下步骤操作：

- 执行备份操作，如果故障控制装置仍允许执行此操作。
- 关闭机器人。
- 通过主开关关闭控制装置。
- 将控制器从电源断开。
- 断开控制装置上的插头连接 C1（连接机器人的连接电缆）以及网络连接 C2。
- 用备用控制器替换故障控制器。请遵守控制器的环境要求（参见第 10 章“组装与安装”）。
- 将机器人的连接电缆连接至控制装置上的C1插头连接。
- 建立网络连接C2。
- 将控制器连接至电源。
- 使用以太网电缆将操作设备连接至机器人底座的X5接口。
- 通过主开关开启控制装置。

11 故障排除

故障排除与安全错误参考

有关可恢复的安全错误列表，*请参阅本手册第4.10章——安全功能。*

针对下列问题的故障排除，*请参阅与您系统版本（例如5.8）对应的操作手册中“故障排除”章节。*

- 关机时发出响亮的咔嗒声

- 关节限位错误。
- 关节位置错误。
- 关节解锁失败。
- 机器人未完成启动。
- 控制台持续显示“正在关闭系统”。
- 控制台开启后机器人未启动。
- 意外停止后自动重启。

若恢复失败，问题可能源于硬件损坏或软件故障。此类情况请执行：

1. 立即关闭系统。
2. 停止机器人运行。
3. 联系您的服务合作伙伴或Franka客户支持。联系方式：support@franka.de 。

注意

联系支持时，请提供机械臂的序列号和机器人的日志文件。
日志文件可通过Desk下载。详细操作指南***请参阅相应操作手册（即5.8版或5.9版）第13.2章——日志下载。***

12 技术参数

12.1 技术规格

获取 Franka Research 3 最新数据表（文档编号：**R02212**），请访问：

- 链接 https://franka.de/documents
- 您将找到标题为：
  “FR3 Arm v2.1”英文版与德文版均可获取

重要提示

每小时故障概率是在40°C条件下测定的。但该安全评级适用于整个温度范围内的所有功能，包括扩展温度范围。

若采用系统每小时故障概率值进行计算，请考虑温度因素。有关每小时故障概率的更多信息，请联系Franka Robotics：support@franka.de 。

12.1.1 运输与储存环境条件

系统可在-25°C至+70°C温度范围内进行存储和运输。

13 运输与搬运

警告

重型设备

由于设备自重及部分几何结构设计，搬运操作可能导致背部受伤，若设备坠落则会造成手指、手掌、脚趾及脚部严重损伤。

- 在运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护装备（如安全鞋）。
- 操作时需两人协同搬运设备。
- 设备必须放置在平坦表面上，以防止倾斜或滑动。
- 遵守公司现行关于起重作业和个人防护装备的规定。

注意

在最大工作空间内，机械臂、末端执行器及物体可能遭受的物质损坏

若在将机械臂移至运输位置时末端执行器仍连接于机械臂，可能损坏机械臂及末端执行器内的精密机电元件。

- 在将机械臂移至运输位置前，请卸下所有末端执行器及附件。最大工作空间内不得留有松散物品。

危险

机械臂及控制系统可能遭受物质损坏

机械冲击可能导致机械臂和控制装置中的敏感机电元件损坏或校准失效。请避免冲击。

- 请勿粗暴放置设备。
- 请始终使用原包装存放和运输设备，即使在室内也应如此。

13.1 操作流程

为确保Franka Research 3机器人的安全移动，用户必须遵循三步操作流程。此流程对于防止机器人在搬运、运输或存储过程中受损至关重要。

前提条件

- 必须从机械臂上拆卸末端执行器及所有附件。

- 机器人需自由移动且不受障碍物阻碍，以实现运输姿势。若机器人单元内存在障碍物，可考虑通过手动引导将机器人移近运输姿势。

该流程包含以下步骤：

13.1.1 步骤1. 机械臂运输姿势

在操作或运输机器人前，必须先将其移动至称为运输模式的安全紧凑配置。
为此，请使用Franka UI设置菜单中的“移至包装姿势”功能。该功能可确保所有
关节正确定位，最大限度降低搬运或包装过程中的损伤风险。

有关如何在Franka UI的编程与执行模式设置中使用"移至包装姿势"功能将机器人准备至运输模式的图文详解，***请参阅对应系统版本（如5.8版）操作手册第13.5章《机械臂运输姿势》章节。***

随后请遵循本手册第13.1.2节和13.1.3节所述的机械臂搬运、吊装及重新包装操作指南。

13.1.2 步骤2. 搬运与吊装

搬运时务必在预设的起吊位置（见下图）吊起机械臂，避免关节承受过大应力。尤其禁止以单人分别握持机械臂两端的方式在伸展状态下搬运。

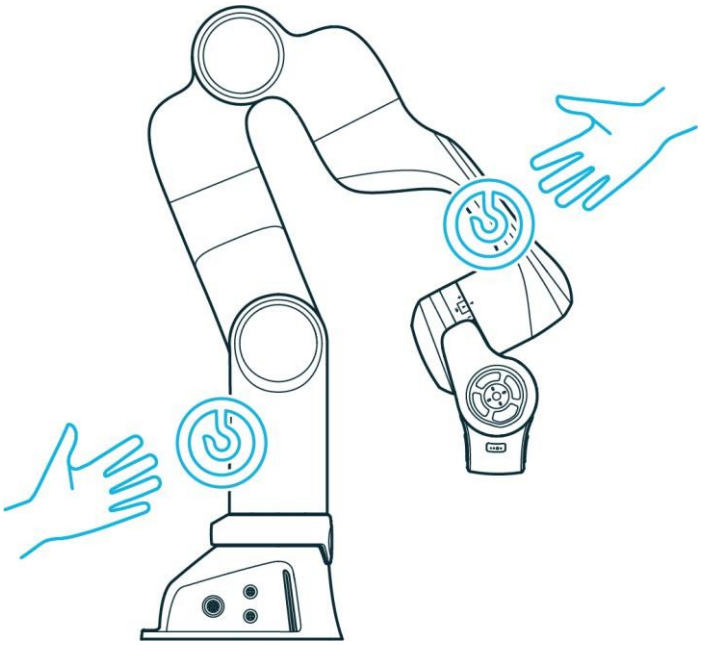


图13.1：起吊位置

注意

机械臂的物理损伤

在锁定状态下强行移动机械臂将导致内部部件瞬间滑动，从而造成校准丢失并损坏机械臂。

- 请仅在本手册标示的指定点位操作、吊运及搬运机械臂，避免过度拉伸机械臂关节。
- 即使在安装和开关机时，也请轻柔操作机械臂。

注意

请勿踩踏或倚靠机械臂。

注意

请注意重量限制。

手臂重量约为18.2千克

警告

重型设备

因设备自重及几何结构设计，搬运操作可能导致背部损伤，若设备坠落，将造成手指、手掌、脚趾及脚部严重伤害。

- 在运输、安装或拆卸设备时，务必穿戴个人防护装备（例如安全鞋）。
- 设备必须放置在平坦表面上，以防止倾斜或滑动。
- 遵守公司关于起重作业和个人防护装备的规定。

警告

损坏部件

电气风险可能导致严重伤害。

- 检查包装是否完好无损且能发挥保护功能。
- 检查电缆、插头和机械外壳是否有裂纹和绝缘层破损。
- 请勿使用损坏的电缆、插头和机械外壳进行操作。如有疑问，请联系Franka Robotics。

注意

机械臂与控制系统物理损伤

机械冲击可能导致机械臂及控制装置内精密机电元件损坏或校准失效。

- 避免冲击。
- 请小心放置设备。
- 请始终将设备存放于原包装内运输，即使短途运输亦然。

注意

最大工作空间内机械臂、末端执行器及物体的物理损伤

若在将机械臂移至运输位置时末端执行器仍连接于机械臂，可能导致机械臂及末端执行器内精密机电元件受损。

- 在将机械臂移至运输位置前，请卸下所有末端执行器。
- 最大工作空间内不得留有松散物品。

13.1.3 步骤3. 重新包装机械臂

前提条件

- 机器人需要处于运输姿势。操作步骤

1. 打开箱体。
2. 在指定的吊装位置成对抓握机械臂，并将其小心放入底部保护层内。

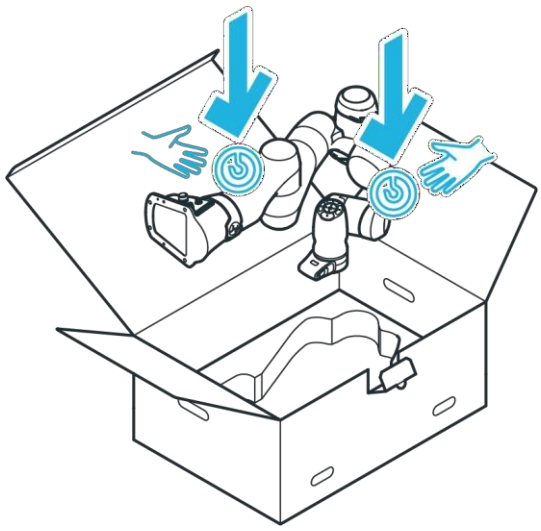


图13.2：吊装机械臂

3. 放入中间保护层。

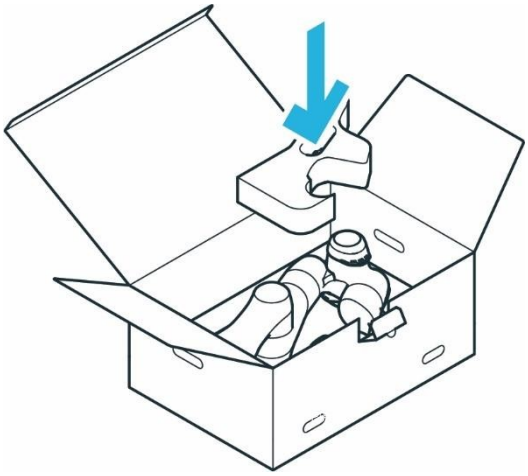


图13.3：包装手臂

4. 插入顶部保护层。

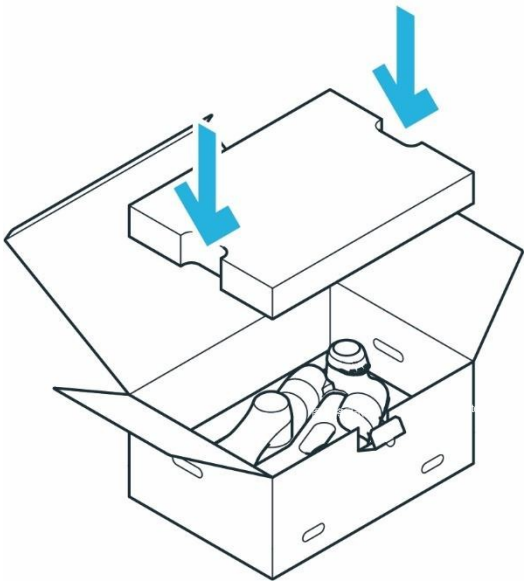


图13.4：关闭盒子

5. 关闭箔层。
6. 关闭盒子。

14 附录

14.1 停车时间与停车距离

下图显示了根据EN ISO 10218-1标准要求，轴1至轴4的制动时间与制动距离。

该 下图 表格 说明 了 联合 职位 用于 的 不同 扩展 状态 的 弗兰卡研究3号

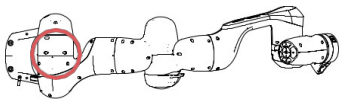
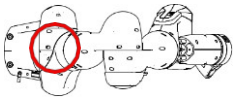
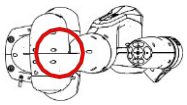
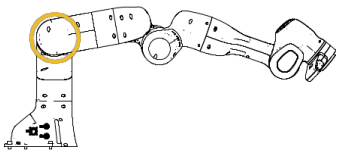
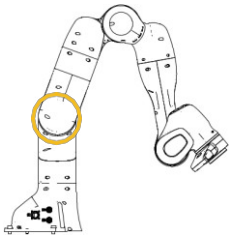
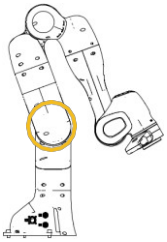
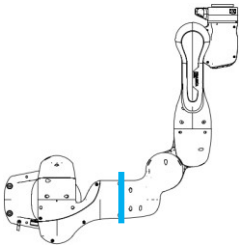
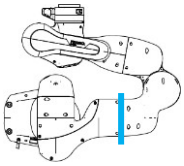
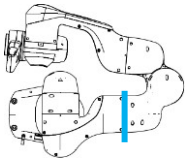
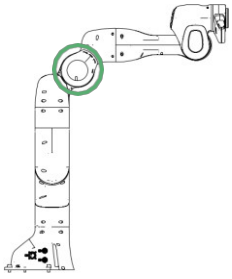
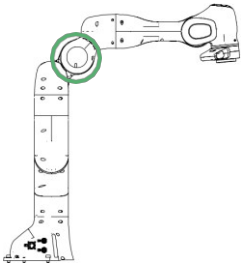
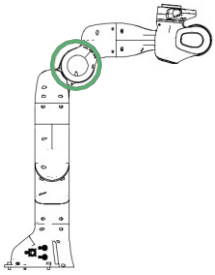
	扩展 100%	扩展 66%	延伸 33%
接头 1			
连接 2			
接头 3			
接头 4			

图14.1：延伸状态示意图

14.2 停止类别 0

下表总结了停止类别0中轴1-4的最大值。

关节	最大制动距离 [rad]	最大制动时间 [s]
1	0.674	0.655
2	0.670	0.561
3	0.532	0.445
4	0.360	0.306

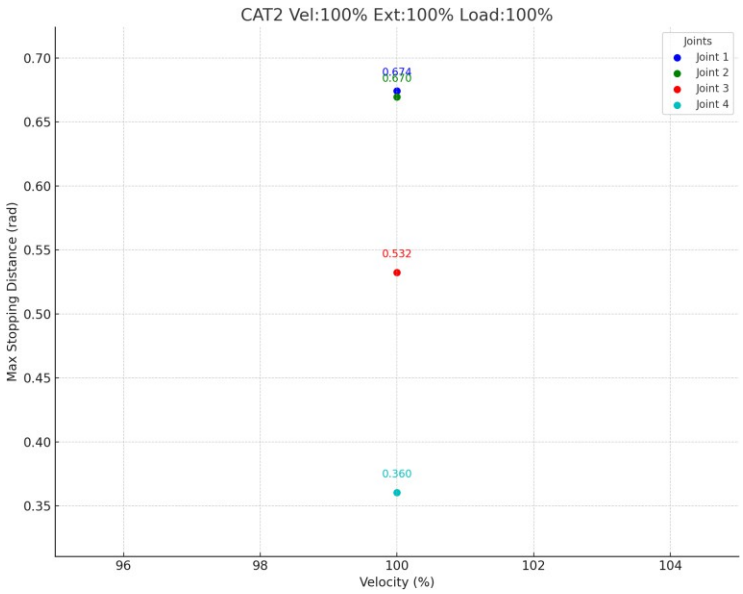


图14.2：距离，停止类别0

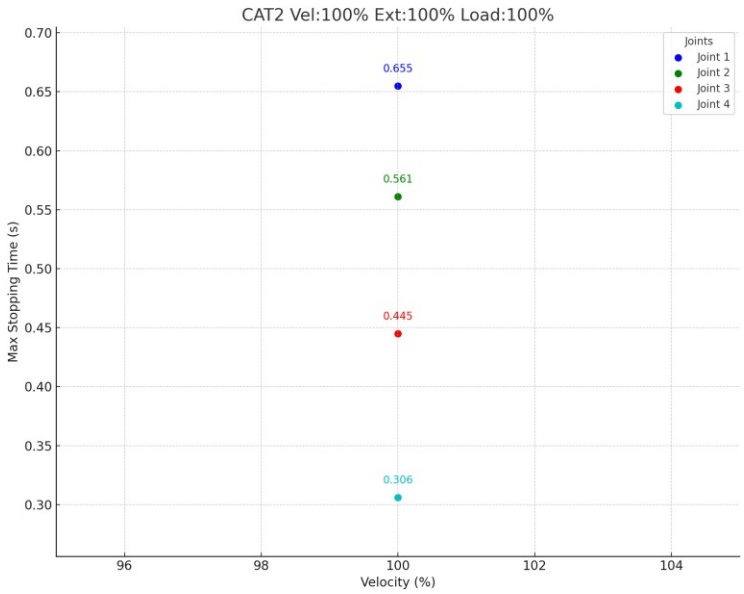


图14.3：时间，停止类别0

14.3 停止类别 1

下表总结了停止类别 1 中轴 1-4 的最大值。

关节	最大制动距离 [rad]	最大制动时间 [s]
1	0.675	0.625
2	0.667	0.561
3	0.538	0.794
4	0.354	0.313

14.3.1 接头1

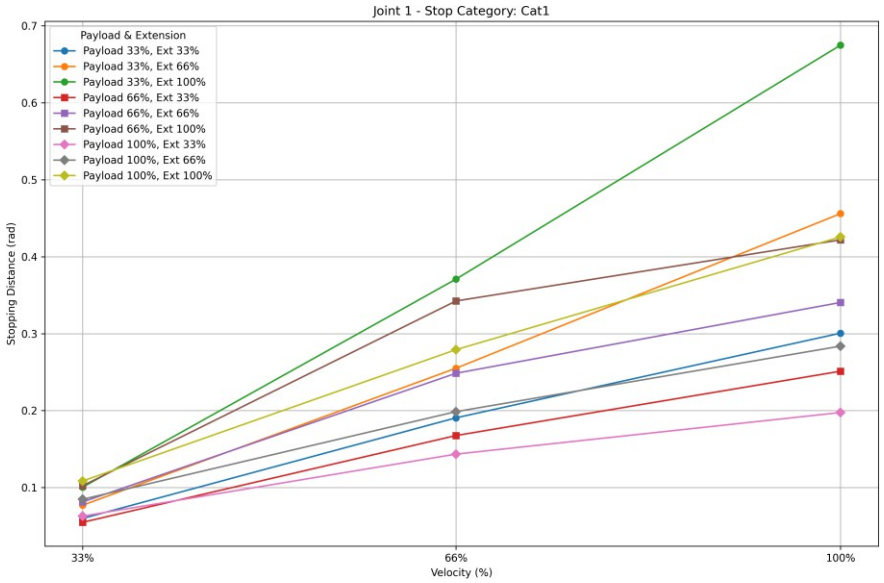


图14.4：距离，停止类别1，关节1

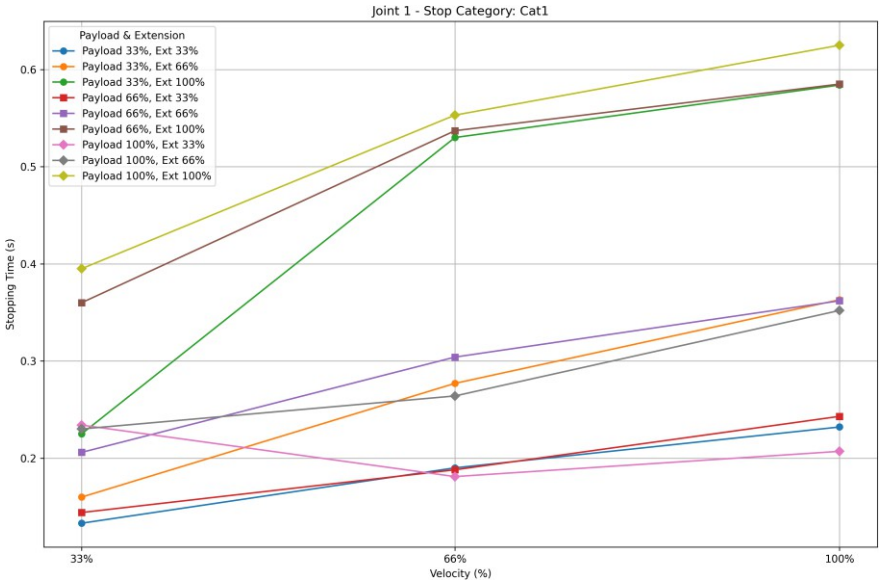


图14.5：时间，停止类别1，关节1

14.3.2 关节2

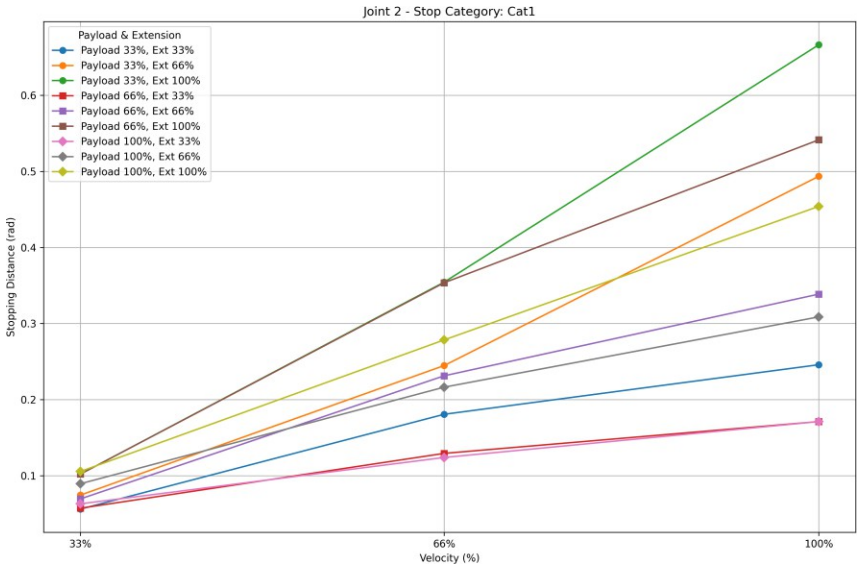


图14.6：距离，Stopp Cat1，关节

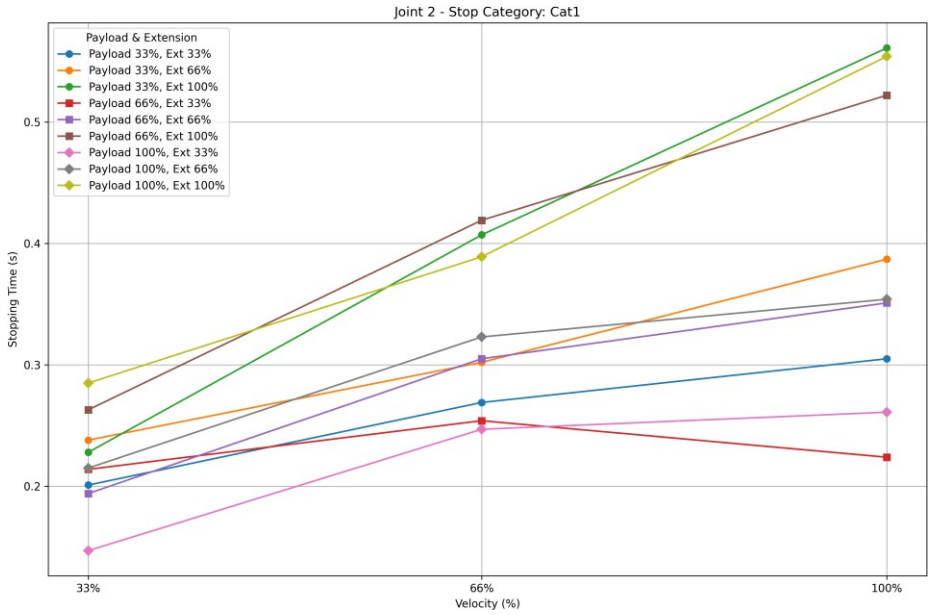


图14.7：时间，停止类别1，关节2

14.3.3 关节3

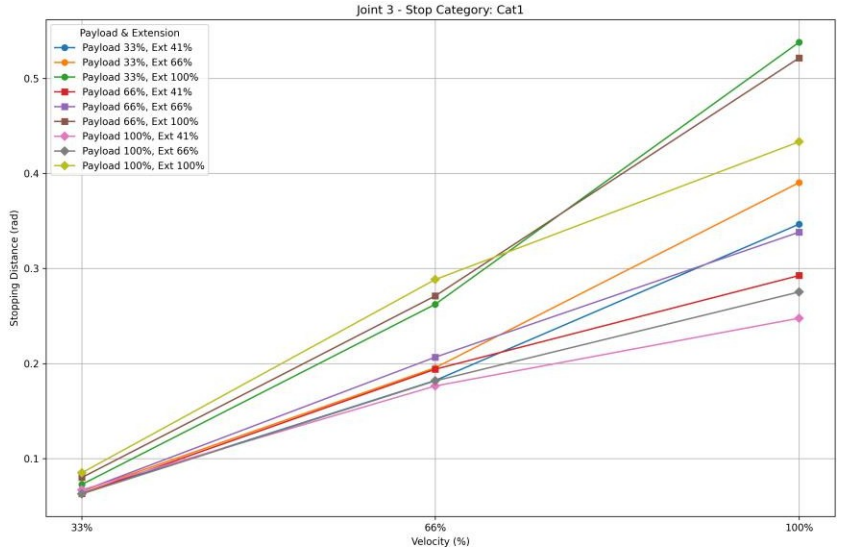


图14.8：距离，停止类别1，关节3

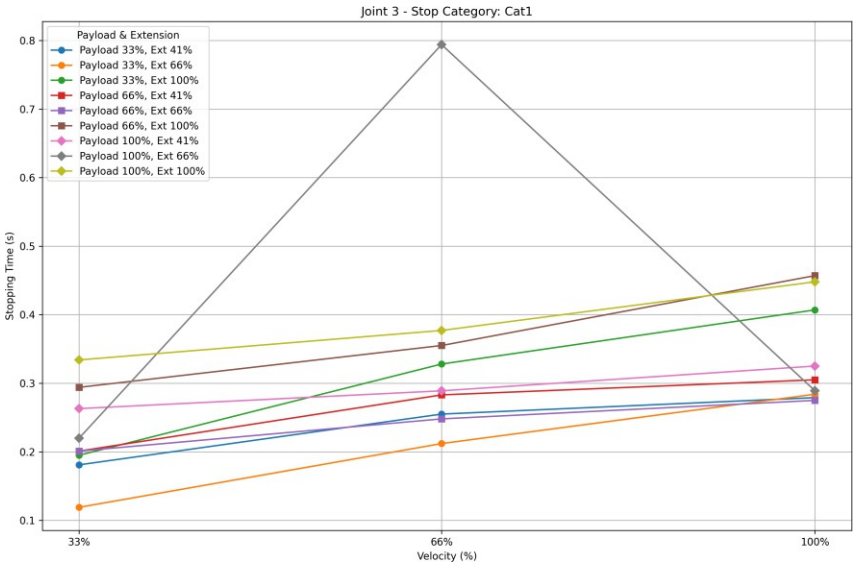


图14.9：时间，停止Cat1，接头3

14.3.4 关节4

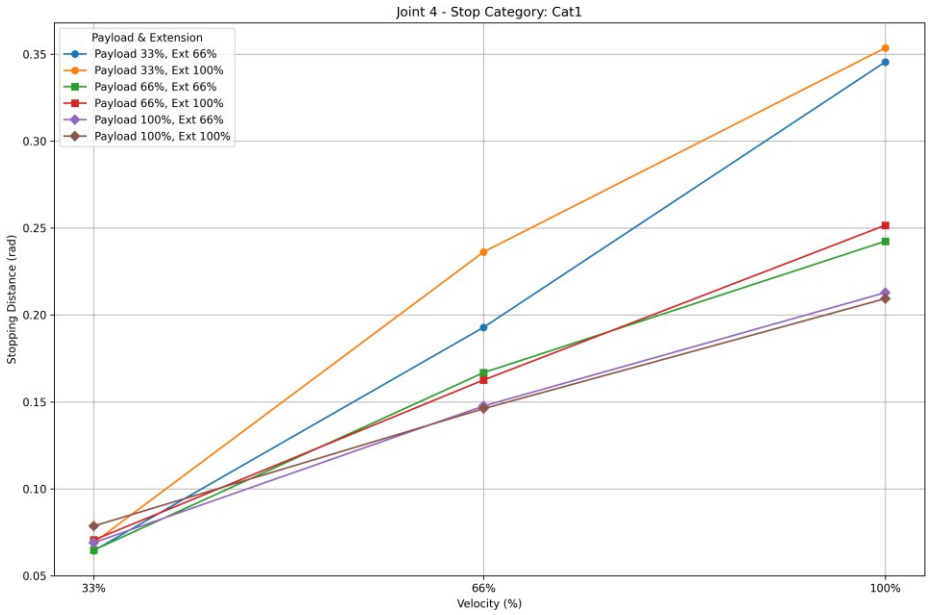


图14.10：距离，停止Cat1，关节4

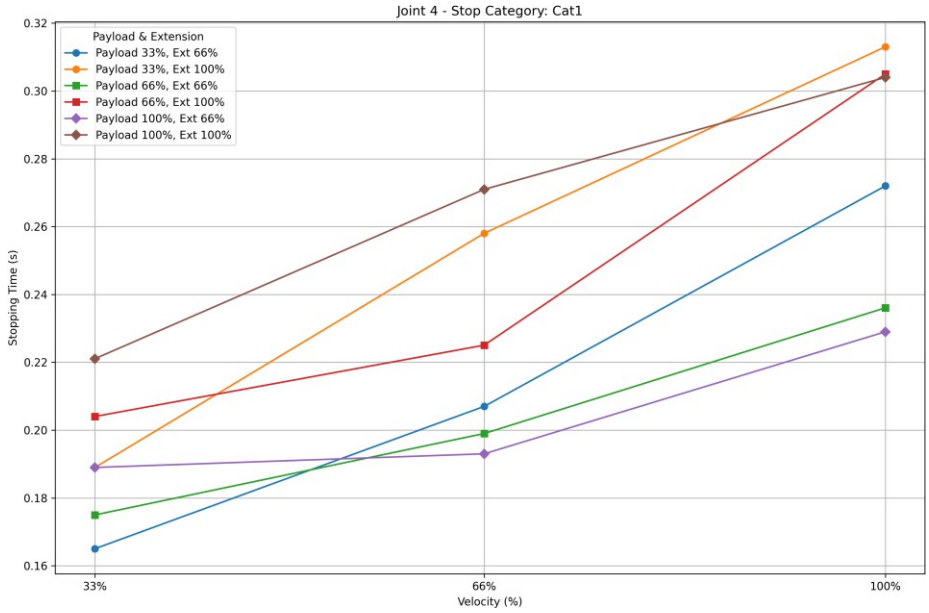


图14.11：时间，停止类别1，接头4

14.4 停止类别 2

下表总结了停止类别2中轴1-4的最大值。

关节	最大制动距离 [rad]	最大制动时间 [s]
1	0.674	0.655
2	0.670	0.561
3	0.532	0.445
4	0.360	0.306

14.4.1 接头 1

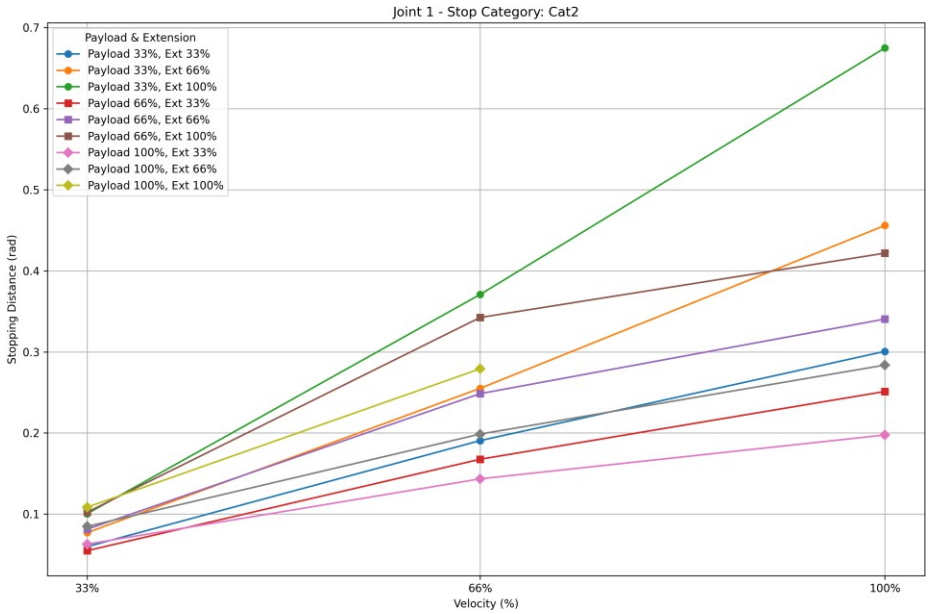


图14.12：距离，Stopp Cat2，接头1

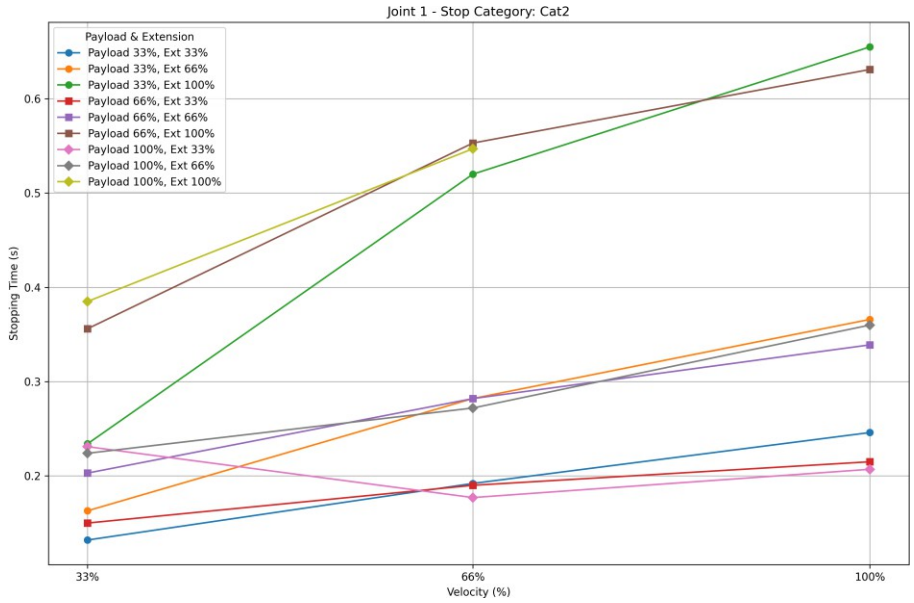


图14.13：时间，停止类别2，接头1

14.4.2 接头 2

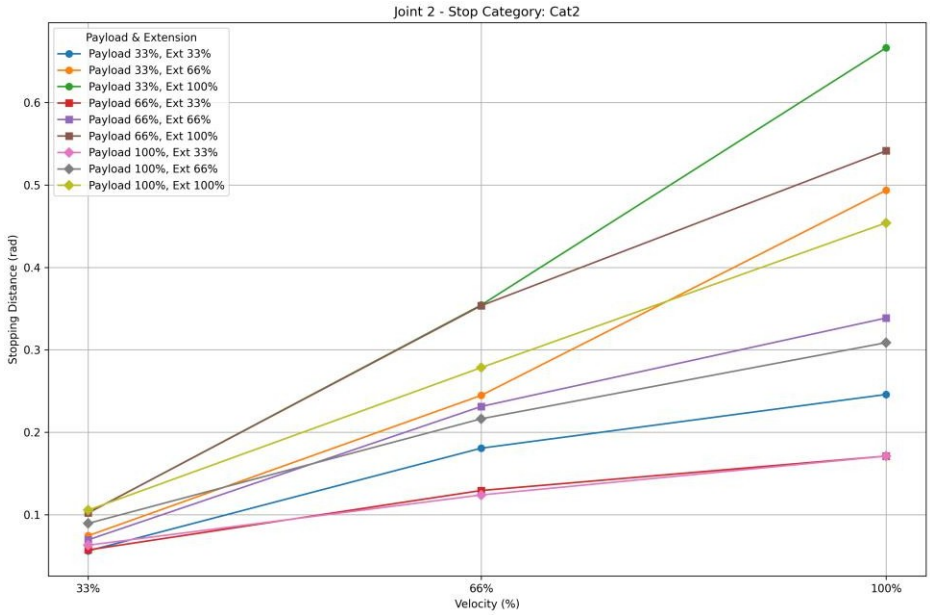


图14.14：距离，停靠类别2，接头2

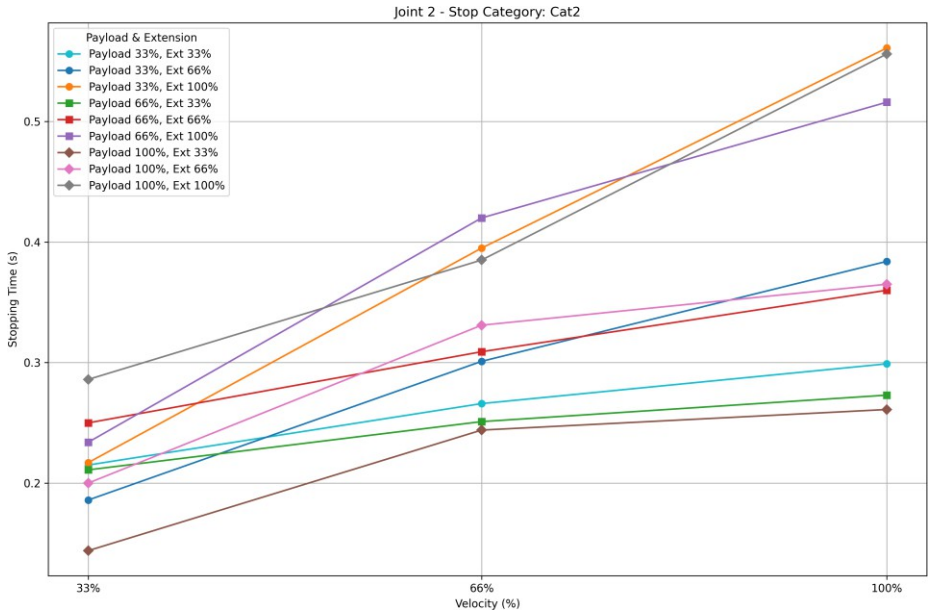


图14.15：时间，停止类别2，接头2

14.4.1 关节3

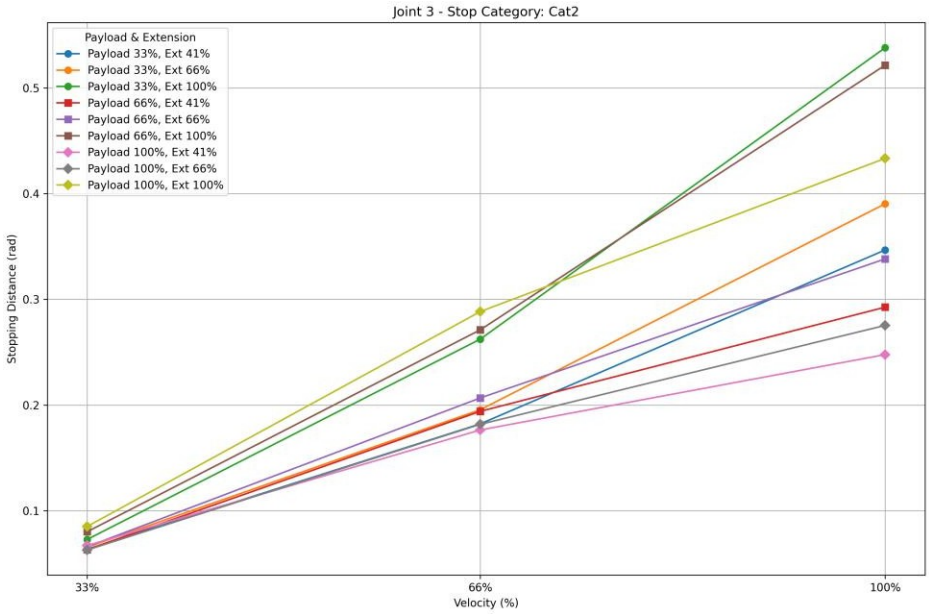


图14.16：距离，Stopp Cat2，接头3

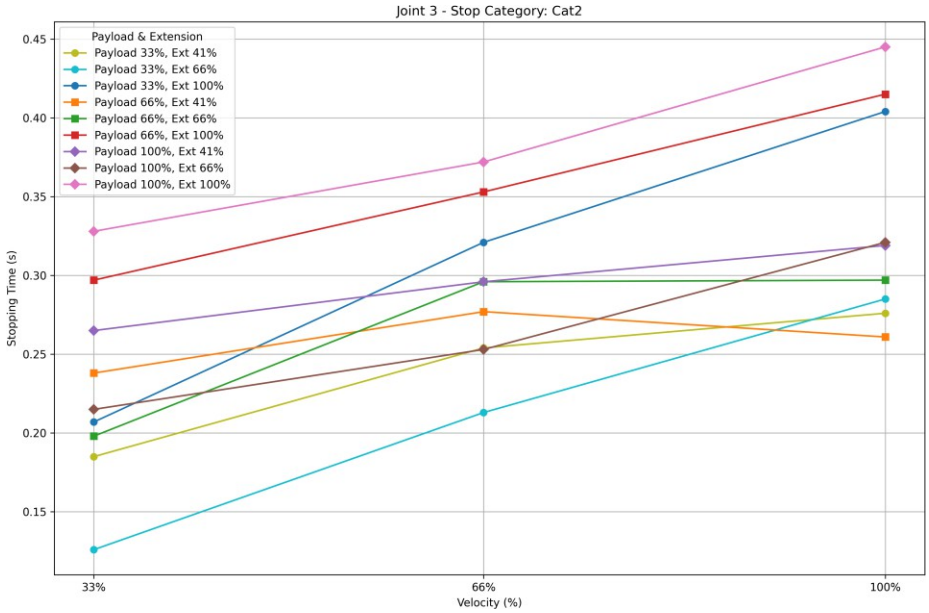


图14.17：时间，停机类别2，接头3

14.4.2 时间 关节4

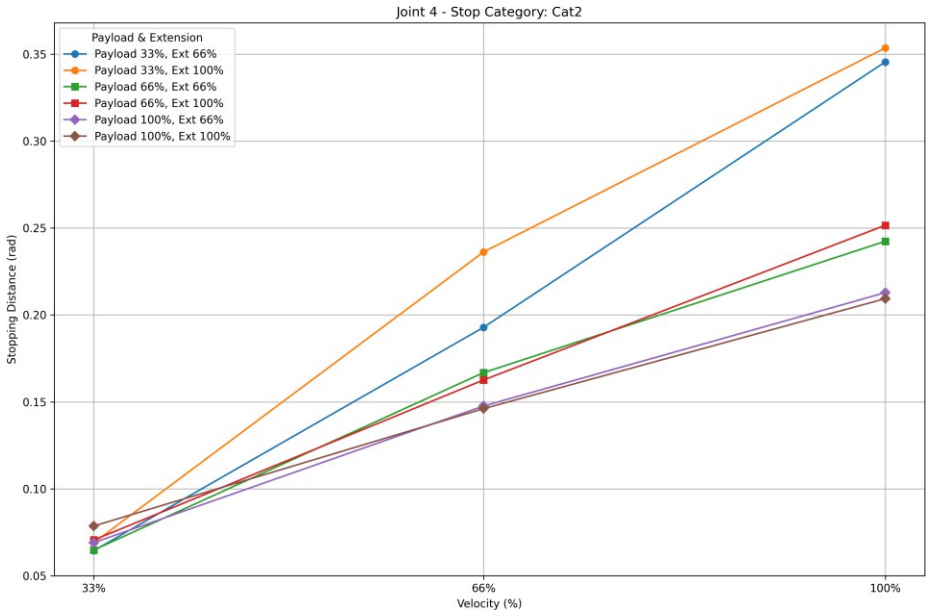


图14.18：距离，Stopp Cat2，接头4

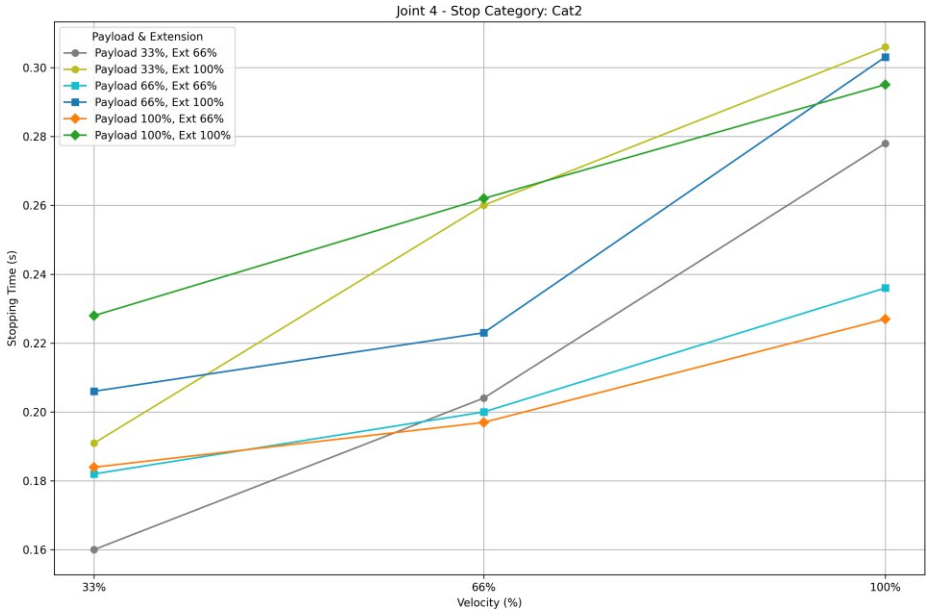


图14.19：时间，Stopp Cat2，关节4

14.5 响应时间

输入	反应时间 电机	反应时间安全输出夹具
用户输入	42 毫秒	48 毫秒
安全功能违规	36 毫秒	42 毫秒
	42 毫秒	48 毫秒
中心反应——关节误差	42 毫秒	48 毫秒
中枢反应——从属错误	10 毫秒	–
局部反应——关节误差	10 毫秒	–
局部反应 – 从属误差	30 毫秒	36 毫秒
反应——主控误差		

14.6 安全位置精度

若使用任何基于安全位置测量的安全功能，需考虑其精度限制。

主要需考虑的因素包括但不限于：结构弹性、机械公差、装配公差、信号处理及传感器精度。

这些因素对精度的影响受到外部力、载荷、动态状态（如速度）和运动学配置（姿态）的显著影响。

在为应用程序参数化安全功能时，需考虑安全位置精度要求。所需安全裕度的大小高度依赖于上述因素，因此必须进行单独评估与验证。

15 术语表

命名	描述
管理员	管理员是由负责人授权，可访问机器人系统并使用用户界面Desk的人员，其职责如下： 管理员负责设置和变更角色、访问权限及密码。 管理员设置并修改系统非安全相关参数（例如更换末端执行器设置时）。 管理员负责编程和示教机器人系统。
应用程序	应用程序是模块化机器人程序，每个程序代表机器人任务中的一个子步骤。用户可在Franka商店购买应用程序，并在Desk中进行参数化配置以构建完整的自动化任务。
机械臂	The Arm是一款具有七轴的触觉机械臂，属于Franka Research 3系列产品。
轴系	该机械臂由七个连续轴组成。运动在各轴上产生。
笛卡尔坐标系	笛卡尔空间是三维空间，其中所有轴（X、Y和Z）相互垂直。
0类停机	类别0停止是指通过立即切断机器执行器的电源实现的停止（依据EN 60204:2019标准）。
类别1停止	一类停止是指在实现停止过程中向机器执行器供电的受控停止，并在停止完成后切断电源（依据EN 60204:2019标准）。
2类停止	2类停止是一种受控停止，机器执行器在停止过程中保持供电状态（依据EN 60204:2019标准）。
质心（CoM）	质心即物体的重心，重力在此点产生作用。
协作空间	指任务执行过程中操作员与机器人均可进入的空间。
连接电缆	连接线将机械臂与控制单元相连。
控制单元	控制单元是主控制单元，属于Franka Research 3系统的一部分。该主控制单元可实现对机器人机械结构的监控与控制。
控制台	Desk是Franka Robotics基于网页的直观图形化编程及用户界面，用于信息交互与指令执行，属于Franka UI系统组成部分。
紧急停止装置	紧急停止装置必须连接至系统，以便在紧急情况下停止Franka Research 3并执行1类停止。这将使Franka Research 3以最大制动力制动，并通过锁定螺栓机械锁定机械臂。 紧急停止装置连接于机械臂底座的X3接口。

命名	描述
紧急解锁标签	紧急解锁标签位于机械臂的三个不同区域。它们标明了在紧急情况下使用紧急解锁工具手动移动机器人的位置。
紧急解锁	使用紧急解锁工具解除安全锁定系统以手动移动机械臂的行为称为紧急解锁。
紧急解锁工具	紧急解锁工具是用于在紧急情况下手动解除故障安全锁定系统的专用工具。即使机械臂断电时，使用该工具仍可实现机械臂的移动操作。
电磁兼容指令 2014/30/EU	电磁兼容指令（2014/30/EC）规范了欧洲经济区、瑞士及土耳其境内设备的电磁兼容性要求。
启用按钮	启用按钮是飞行员握把和飞行员装置的组成部分。它可激活 机械臂的运动。
外部启用装置	外部启用装置连接至机械臂底座的X4接口。当半按外部启用装置时，可测试并运行自动机器人程序，只要保持半按状态即可。
故障安全锁定系统	故障安全锁定系统可锁定机械臂全部七个轴。即使断电后，机械臂仍能保持其位置。
FCC规则47 联邦法规第15部分	FCC即联邦通信委员会，是美国负责监管无线电、卫星及有线通信的独立机构。该机构监管设备电磁兼容性相关事务。
Franka Robotics GmbH	弗兰卡机器人有限公司（简称FR）是公司名称。我们已开发并现正生产弗兰卡研究3号机器人。
弗兰卡研究3号/ 弗兰卡研究3号系统	Franka Research 3系统由机械臂与控制系统组件构成，简称Franka Research 3。
弗兰卡商店	Franka Store 是 Franka Robotics 的在线商店，提供应用程序、套装和硬件产品，支持便捷的在线订购。该商店隶属于 Franka World：https://franka.world/
Franka UI	Franka UI是Franka Research 3机器人专用的网页浏览器可访问用户界面软件框架，包含"控制台"、"监控器"及"设置"界面。
Franka World	Franka World是一个在线平台，将客户、合作伙伴以及围绕Franka Robotics产品与服务的软硬件开发者紧密联结。该平台提供Franka Research 3管理工具，接入持续扩充软硬件产品组合的在线商店，并为用户提供加入活跃而充满激情的社区的机会。 访问 https://franka.world/ 即可享受所有权益。

命名	描述
引导/手动引导	引导指通过触觉交互移动机器人，例如用于教授新姿势。
引导按钮	引导按钮位于飞行员握柄右侧。按下引导按钮并半按启用按钮即可移动机械臂。
引导模式	引导模式通过锁定或解锁空间中的不同方向或旋转来简化引导操作，例如使机械臂沿三个方向移动。用户可通过飞行员手柄上的引导模式按钮，或直接在控制台切换引导模式。
手部/Franka手部	手部为电动双指平行夹爪，可选配使用。该手部适用于Franka Production3、Franka Research 3及符合ISO法兰设计的安装结构。手部属于末端执行器，不属于认证机械设备范畴。
集成器	集成商负责将部分完成的机械设备组装成最终成品，具体包括将机器人与其他设备或另一台机器（包括额外机器人）组合，形成完整的机械系统。 集成商还需进行适当的风险评估，以识别残余风险，并根据ISO 12100标准消除或最小化这些风险。 集成商对最终应用的安全性负责。
交互	Franka Research 3 设计上易于编程和操作，能够快速学习和重新学习新任务。当 Franka Research 3 处于“监控停止”模式或正在引导（示教模式）时，其底座会显示白色，表明机械臂已准备好进行交互。
接口设备	接口设备（商用PC、平板电脑或配备网页浏览器的NOTICEbook）通过以太网电缆连接至机械臂底座。用户可通过接口设备在网页浏览器中访问Franka用户界面。
低压指令 2014/35/EC	《低压指令》(2014/35/EC)（以下简称LVD指令)规范了欧洲经济区、瑞士及土耳其境内电子设备的安全标准。
机械指令 (2006/42/EU)	《机械指令》（2006/42/EG），以下简称《机械指令》或MD，规定了欧洲经济区、瑞士和土耳其境内机械及部分完成机械的标准化防护水平，以预防事故发生。
最大工作空间	指机器人运动部件可扫掠的空间，加上末端执行器与工件可共同扫掠的空间。 更多信息请参阅"正确安装"章节中的最大安全空间部分。
操作员	操作员被授权访问Franka Research 3，并在负责人和管理员定义的权限范围内使用Desk用户界面操作该机器人。操作员可启动、监控及停止Franka Research 3的预定运行。在Desk系统中，可将"操作员"角色分配给用户。操作员仅拥有Desk的有限访问权限。
Pilot	飞行员是安装在机械臂上的用户界面，用于引导和操作机械臂及/或Desk。它包含飞行员握把和飞行员圆盘。

命名	描述
Pilot-Disc	飞行员盘是飞行员系统的一部分，用于与机械臂和/或控制台进行交互。
Pilot-Grip	Pilot-Grip是Pilot的一部分，用于手动引导。
姿态	姿态是空间中位置与方向的组合。
防护措施	防护措施依据ISO 12100标准3.19条款实现风险降低。其实施与评估由以下人员负责： 设计者和/或集成商（固有安全设计、安全防护装置、补充性防护措施、使用说明） 责任人/集成商（组织层面：安全作业规程、监督管理、工作许可制度；附加防护装置的配置与使用；个人防护装备的使用；培训）
责任人	责任人负责确保遵守职业健康法规及操作安全条例。Franka Research 3的责任人包括但不限于企业主、研究所所长、雇主或负责Franka Research 3使用的授权代表。
《RoHS指令》2011/65/EU	《RoHS指令》（2011/65/EU，以下简称RoHS指令）限制在欧洲经济区、瑞士和土耳其境内电气电子设备中使用特定有害物质。
受保护空间	周界防护系统界定了受保护区域。 有关详细信息，请参阅《正确安装》章节中的空间分类部分。
安全规则	安全规则由参数化安全功能、可选激活条件以及安全功能被违反时需执行的反应组成。
安全场景	Watchman 中定义的一组安全规则，涵盖特定风险情况，例如涵盖测试和点动模式所有规则的“测试和点动”场景。
安全设置	定义与安全相关的通用设置，例如安全输入行为或末端执行器碰撞模型。
SEEPO	安全功能“末端执行器安全断电”。详情请参阅安全功能章节。
设置界面	设置界面是通过网页浏览器访问的用户界面，用于设置Franka Research 3的非安全相关参数，例如网络设置、用户角色或密码。该界面属于Franka UI软件框架的一部分。
单点控制（SPoC）	单点控制（SPoC）功能确保每次仅允许一名用户触发关键操作，包括编辑系统设置与任务，或执行主动机器人操作（如解锁关节及运行任务）。
SLD	安全功能“安全限距”。详情请参阅安全功能章节。
SLP-C	安全功能“安全限定笛卡尔坐标位置”。详见安全功能章节。 。
SLP-J	安全功能“安全关节角度限制”。详见安全功能章节。

命名	描述
SLS-C	安全功能“安全限制笛卡尔速度”。详见安全功能章节。 。
SLS-J	安全功能“安全关节限速”。详见安全功能章节。
SMSS	安全功能“安全监控停机”。详情请参阅安全功能章节。
制动距离	制动距离是指机械臂在接收到停止指令后直至完全停止所覆盖的距离。
制动时间	制动时间是指从接收到停止指令（例如通过紧急装置）到机械臂完全停止所需的时间。
任务	Desk中的任务代表完整的自动化流程。每个任务由一个或多个应用程序构成。
示教	示教是指通过手动引导机器人或末端执行器来参数化任务及所含应用程序的过程。这包括引导机器人至特定姿势以示教"姿势"等操作。
跟踪误差	机械臂的实际运动会以微小偏差追随目标运动轨迹，这种偏差即为跟踪误差。
Watchman	守卫者是一款基于网页浏览器的用户界面，用于设置并可视化验证Franka Research 3的安全相关参数，例如安全监控速度或安全监控空间。它是Franka用户界面的一部分。
Web浏览器	运行于接口设备上的软件应用程序，作为Franka UI连接通道。网页浏览器为Desk、Watchman及设置界面提供运行环境。示例包括：Chrome、Edge和Firefox。

16 索引

附加设备 46
应用程序 98
臂 ..... 14、36、46、51、60
手动移动臂 25
拆卸设备 51
笛卡尔坐标 29
质心（CoM） 20, 91, 102
证书 11
清洁 100
连接电缆 51, 70
控制 ..... 15、19、35、46、50、62
桌面 38, 71
处置 ..... 12、100、101
紧急 16, 19
紧急停止装置 16
紧急停止装置 24
紧急解锁标签 14
紧急解锁 14
紧急解锁工具 26
电磁兼容指令 2014/30/EU 128
启用按钮 88, 102
末端执行器 44, 74, 81, 102
外部启用装置 ..... 16、47、67、88
故障安全锁定系统 25, 102
FCC规则47 CFR第15部分 128
Franka 7, 128
弗兰卡商店 128
弗兰卡 UI 23
词汇表 127
引导
引导按钮 ..... 41、102
引导模式按钮 41
手 ..... 39、44、48
操作 ..... 81、112、113
安装 ..... 19、45、48、49

安装站点准备 60
布线与电气安装 65
集成商 21
预期用途 18
交互 39
接口设备 35, 47
设备标识 14
功能接地标签 15
抓握位置标签 15
低压指令 2014/35/EC 129
机械指令 2006/42/EC 18
维护 100
最大空间 ..... 57、75、85、114
误用 18, 21
操作员 29
飞行员 36, 39
飞行员-光盘 39
Pilot-Grip 39
Pilot-Mode 39
端口 66
C2 68
X1 42
X3 67
X4 67
X5 67
X6 68
使用与定位实用技巧 76
防护措施 19
负责人 7
重启 90
RoHS指令2011/65/EU 11
安全 17
安全外围设备的安装 24
安全输入 29
安全输出 31

受保护空间 56

安全功能 28

SEEPO 30

自检 86

服务与支持 102

单点控制（SPoC） 23

安装地点 57, 59

SLD 31

SLP-J 30

SLS-C 29

SLS-J 30

SMSS 30

制动距离 25

制动功能 31

类别0制动 31

类别1停止 31

第二类停止 31

停止时间 25

停车时间与距离 114, 126

关闭 90, 108

开启 85

任务 88, 99

教学 86, 102

教学任务 86

运输 49, 82, 85, 112

重新装配手臂 81

拆包 51

故障排除 102

用户界面 39

17 图例表

图3.1：类型标签 12

图3.2：紧急解锁标签 12

图3.3：高温表面标签....13

图3.4：功能接地标签....13

图3.5：起吊位置标识....13

图3.6：类型标签外部设备 13

图3.7：类型标识紧急停止装置....14

图4.1：连接紧急停止装置 22

图4.2：紧急解锁装置....24

图4.3：手动推离 25

图5.1：设备概览 33

图5.2：概述臂 34

图5.3：参考三角形....35

图5.4：世界坐标系指示器 35

图5.5：基准对齐标记 36

图5.6：飞行员....37

图5.7：开关状态启用按钮 38

图5.8：启用按钮....38

图5.9：引导模式按钮 39

图5.10：引导模式按钮 39

图5.11：导引按钮 39

图5.12：导引按钮 40

图5.13：机器人底座连接端口....40

图5.14：末端执行器法兰....42

图5.15：控制装置的尺寸与连接端口 42

图5.16：连接端口....43

图6.1：供货范围 Arm 44

图 6.2：控制装置交付范围 44

图 6.3：交付范围设备 44

图 6.4：供货范围 连接电缆 45

图7.1：接口概览....46

图7.2：封装 47

图7.3：主纸箱拆包....48

图7.4：取出单个纸箱....48

图7.5：内层纸箱....49

图7.6：从Arm打开的盒子 49

图7.7：拆开Arm包装 50

图7.8：取出Arm....50

图7.9：打开控制盒 51

图7.10：拆卸包装 51

图7.11：取出控制装置....52

图7.12：空间分类....52

图7.13：底板准备 57

图7.14：钻孔模板....58

图7.15：手臂的安装 60

图7.16：连接示意图概览 63

图7.17：X3 - 安全输入 64

图7.18：X6接口....65

图7.19：功能接地连接....66

图7.20：连接臂的连接电缆
....67

图7.21：连接电缆与控制装置的连接 67

图7.22：外部使能装置连接示意图
....68

图7.23：操作装置连接....68

图7.24：保护装置的连接（此处为紧急停止命令装置） 70

图7.25：ESD测量点布局 74

图 7.26：工作区域设计....75

图7.27：机械臂的关节基准位置....75

图7.28：手臂撞击头部的距离 76

图7.29：手臂碰撞距离 77

图7.30：手臂挤压手部的距离 77

图7.31：防护装备（请勿佩戴首饰） 77

图8.1：控制开关开启状态 79

图8.2：机械臂上的蓝色状态指示灯 79

图13.1：起升位置....93

图13.2：提升臂体....95

图13.3：包装手臂 96

图13.4：关闭箱体 96

图例表

图14.1：伸展状态示意图.....97

图14.2：距离，停止Cat0.....98

图14.3：时间，停止Cat0.....99

图14.4：距离，停止Cat1，关节1.....100

图14.5：时间，停止Cat1，关节1.....100

图14.6：距离，停止类别1，关节.....101

图14.7：时间，停止Cat1，接头2.....101

图14.8：距离，Stopp Cat1，关节3.....102

图14.9：时间，停止类别1，关节3.....102

图14.10：距离，停止类别1，关节4.....103

图14.11：时间，停止类别1，关节4.....103

图14.12：距离，停止类别2，关节1.....104

图14.13：时间，停靠类别2，接头1.....104

图14.14：距离，Stopp Cat2，关节2.....105

图14.15：时间，Stopp Cat2，接头2.....105

图14.16：距离，Stopp Cat2，关节3.....106

图14.17：时间，停机类别2，接头3.....106

图14.18：距离，Stopp Cat2，接头4.....107

图14.19：时间，Stopp Cat2，接头4.....107

弗兰卡机器人有限公司 弗赖-
奥托街20号
80797 慕尼黑 德国

法兰克机器