JAKA

硬件用户手册



JAKA A 系列

翻译版本（zh）

文档版本：V10

机器人：A5, A12, A20

控制柜：CAB2.1

本手册是节卡机器人股份有限公司（后文统称为“节卡”或“JAKA”）的专有财产，其版权及解释权归 JAKA 及其关联公司所有。未经 JAKA 的书面同意，其他任何方不得以任何形式使用其内容。

JAKA 会定期对手册进行修正和完善，其内容可能会更新，恕不另行通知。使用本手册前请认真核对实际产品信息。

本手册适用于 JAKA 推出的全部产品和/或服务（后文统称为“产品”），手册所包含的信息按产品“现状”提供，受中华人民共和国法律（不包括香港、澳门与台湾地区法律）的约束并依据其解释，在法律允许的最大范围内，本手册不构成 JAKA 任何形式的明示或暗示的陈述或保证，亦不构成对 JAKA 有关产品的适销性、适用于特定目的、达到预期效果以及不侵权的保证。JAKA 对本手册中仍然可能出现的任何错误、遗漏以及对使用本手册及其所介绍产品而引起的意外或间接伤害概不负责。安装、使用产品前，请仔细阅读本手册。

本手册图片仅供参考，请以实物为准。

若 JAKA 产品出现被改造或者拆卸的情况，JAKA 不负责无偿售后工作。

JAKA 提醒用户在使用、维修 JAKA 机器人时必须使用安全设备，必须遵守安全条款。

JAKA 的程序设计者、机器人系统的设计和调试者，必须熟悉 JAKA 机器人的编程方式和系统应用安装。

更多信息

如果您还想了解更多的产品信息，请扫描右侧二维码访问我们的官网 www.jaka.com。

目录

前言 **6**

产品清单 **6**

重要安全说明 **6**

1 手册概述 **7**

1.1 关于本手册 7
1.2 手册阅读对象 7
1.3 参考信息 7
1.4 人员要求 7

2 安全规范 **8**

2.1 简介 8
2.2 安全警告标志说明 8
2.3 警告及提醒 8
2.4 拟定用途 10
2.5 责任与风险 11
2.6 防护措施要求 12
2.7 风险评估 13
2.8 使用前评估 14
2.9 紧急停止 14
2.10 紧急驱动 15
2.11 标签及位置 16

3 系统概述 **19**

3.1 机器人系统概览 19
3.2 部件概览 19

4 安全相关功能 **22**

4.1 安全功能概览 22
4.1.1 安全要求 22
4.1.2 限制性 22
4.1.3 停止类别 22
4.1.4 安全功能概述 22
4.2 安全功能说明 24
4.2.1 紧急停止安全功能 24
4.2.2 保护性停止安全功能 26

4.2.3 运动状态安全功能 29
4.2.4 手动模式安全功能 30
4.2.5 速度监控安全功能 32
4.2.6 扭矩和功率限制安全功能 35
4.2.7 碰撞保护安全功能 36
4.2.8 位置监控安全功能 39
4.3 输入信号冗余说明 43
5 技术规格 44
5.1 机械及电气规格 44
5.1.1 机器人技术规格 44
5.1.2 控制柜技术规格 45
5.1.3 机器人按钮及接口 46
5.1.4 机器人旋转方向 47
5.1.5 机器人奇异点 48
5.1.6 IPC 配置 52
5.1.7 手柄说明 52
5.2 机械尺寸 53
5.2.1 机器人尺寸 53
5.2.2 控制柜尺寸 57
5.3 性能规格 58
5.3.1 机器人有效负载 58
5.3.2 安全停止时间和停止距离 59
5.3.3 机器人基座可承受力和转矩 61
5.3.4 机器人法兰可承受扭矩 62
6 运输及调试 63
6.1 快速入门 63
6.2 运输及保存 64
6.2.1 运输条件 64
6.2.2 保存条件 64
6.3 拆包 65
6.4 搬运 65
6.5 吊起 66
6.6 组装与安装 68
6.6.1 重要安全说明 68
6.6.2 机器人本体安装 69
6.6.3 控制柜安装 73

6.7 机器人电气连接 73
6.7.1 机器人连接线接口 73
6.7.2 工具 I/O 接口 76
6.8 控制器电气连接 81
6.8.1 电气警告和注意事项 81
6.8.2 控制柜底面板接口 82
6.8.3 控制柜前面板接口 87
6.9 首次启动 98
6.9.1 机器人上下使能 98
6.9.2 启动前准备 99
6.9.3 启动机器人 99
6.10 末端执行器安装 100
6.10.1 安装前准备 100
6.10.2 机器人法兰尺寸 100
6.10.3 安装末端执行器 102
7 选配设备 103
7.1 三位置使能设备 103
8 维护 104
8.1 安全指示 104
9 故障排查 105
10 回收处理 106
11 质量保证 108
11.1 产品质量保证 108
11.2 免责声明 108
附 录 109
附录 一：停止时间及停止距离 109
A5 停止时间及停止距离 109
A12 停止时间及停止距离 113
A20 停止时间及停止距离 115
附录 二：图目录 117
附录 三：表目录 120

前言

JAKA A 系列机器人将竭诚为您服务。想你所想，及你所及。

JAKA 开创性地采用了移动智能终端加 App 的控制模式与机器人本体进行连接，一台移动终端可以对应数台机器人本体。操作人员无需掌握专业编程语言，只需手动引导机器人即可完成编程，人机协作更加从容，极大地提高了生产效率。

JAKA A 系列是 JAKA 推出的智能轻型 6 自由度模块化协作机器人，属于 JAKA 模块化协作机器人系列。

产品清单

当您购买一台完整的 JAKA A 系列机器人时，您收到的包装清单明细如下表所示：

表 0-1：产品清单

序号	名称	数量
1	机器人本体	1
2	控制柜及其钥匙	1
3	手柄	1
4	控制柜电源线	1
5	机器人连接线	1
6	TIO 线	1
7	JAKA 合格证	1
8	售后服务保修卡	1
9	安全折页	1

重要安全说明

根据 2006/42/EC 欧盟机械指令，JAKA 机器人属于**半成品机械**，每次安装机器人后都必须执行风险评估。请必须遵守第二章中的所有安全规范。

1 手册概述

1.1 关于本手册

本手册包含以下内容：

- JAKA A 系列机器人的使用注意事项
- JAKA A 系列机器人的安装与调试
- JAKA A 系列机器人的清洁与维护

1.2 手册阅读对象

本手册面向：

- 安装人员
- 调试人员
- 维护人员
- 集成商

1.3 参考信息

本手册中引用的文档：

- JAKA App 软件用户手册
- JAKA MiniCab 硬件用户手册
- JAKA 机器人服务手册
- JAKA Touch I 用户手册
- JAKA Touch II 用户手册



注：

以上文档可从 JAKA 官网 www.jaka.com 获得。

1.4 人员要求

本手册面向用户应：

- 接受过 JAKA 的培训并具备机械、了解电子安装/维修/维护工作所需的知识。
- 接受过应对紧急情况或和异常情况的培训。

2 安全规范

2.1 简介

本章主要介绍了使用机器人或机器人系统时应遵守的安全原则和规范。用户应仔细阅读本手册的安全方面相关内容，并严格遵守。操作人员应充分认识到机器人系统的复杂性和危险性，应特别注意与警告标志相关的内容。

2.2 安全警告标志说明

本手册的危险等级规定使用如下警示标志进行说明，有关安全的内容，请严格遵守。

表 2-1：手册安全标识

标识	说明
	**警告：带电** 这个标志表示可能引发危险的用电情况，若不避免，可导致人员伤害或设备严重损坏。
	**警告** 这个标志表示可能引发危险的情况，若不避免，可导致人员伤害或设备严重损坏。
	**警告：热表面** 这个标志表示可能引发危险的热表面，若接触，可造成人员伤害。
	**注意** 这个标志表示重要事实和状况。
	**注** 此标志用于说明附加信息。

2.3 警告及提醒

本节主要为保护操作人员以及在第一次安装时需要注意的相关事项。用户需要仔细阅读本手册的安全警告事项，但是有很多的可能性存在，很多事项描述不可能面面俱到，我们尽可能描述各种情况。

表 2-2：通用警告标识

标识	说明
	**警告：带电** • 必须按照本手册中的说明和警告安装机器人和所有电气设备。 • 电源切断开关的安装高度为 0.6～1.9 m（23.622~74.803 in），确保在出现意外的情况下，能够及时方便地切断电源。 • 初次使用时，需要对机器人的防护系统、设备和系统的完整性，以及操作的安全性进行检查，以确保没有任何损伤。 • 需要具有机器人操作资格的人员检查每个安全功能，并确保参数和程序是正确的，才能启动机器人。
	**警告：** • 需要专业调试人员对机器人按照规范进行安装和调试。 • 机器人参数的设置和更改须由有许可的人员进行，并防止未授权的人员更改参数。 • 切勿频繁地开关供电系统，JAKA 机器人的每个关节模块内都有刹车装置，断电时能够保持姿态。意外的断电可能会导致刹车装置损坏。 • 当机器人设置受力超过一定范围时，机器人将会停止运动，以防止机器人损坏或操作人员受伤，这是由于 JAKA A 系列具有碰撞检测功能。如果操作人员使用自己的控制柜，带来的危险需要自己承担。
	**警告：** • 保证机器人的手臂和工具都正确安装。 • 保证机器人的手臂有足够的自由活动空间。 • 不要将安全设备连接到正常的 I/O 接口上，以免造成伤害；将其连接到安全的 I/O 接口上。 • 确保进行正确的安装设置（例如机器人的安装角度、TCP 位置、工具质量、TCP 偏移、安全相关配置）。 • 工具及障碍物不得有尖角或尖点。确保所有人员在机器人可触及的范围之外。 • 将机器人与不同的机械连接起来可能加重危险或引发新的危险。始终对整个安装进行全面的风险评估。 • 切勿改动机器人。对机器人的改动有可能造成集成商无法预测的危险。如果机器人以任何方式被改变或改动，JAKA 不承担任何责任。
	**警告：热表面** • 机器人和控制柜在工作时会产生热量，机器人刚停止工作时不要触碰，断电 1 小时左右才可触碰。

标识	说明
	**警告：** • 当能够造成机器人损坏的机械和机器人连接在一起时，推荐单独对机器人的所有功能以及机器人程序进行检查。推荐使用其他机械工作空间以外的临时路点来检测机器人程序。 • 强磁场可损坏机器人，不要将机器人一直暴露在永久性磁场中。 • 使用机器人系统的作业人员严禁穿宽松的衣服，严禁佩戴珠宝，头发较长的作业人员请确保长头发被束在脑后。 • 在设备运转的过程中，即使机器人看上去已经停止，也有可能是因为机器人在等待启动信号而处在即将动作的状态。即使在这样的状态下，也应该将机器人视为正在动作中。 • 在机器人运转过程中，保证控制柜电源线和机器人电源线可靠连接。严禁在工作模式下带电插拔电源线及端子。 • 应在地面上画出警示线来标识机器人的运动范围，使操作者了解机器人包含握持工具（机械手、工具等）的动作范围。 • 确保在机器人操作区域附近建立安全措施（例如，护栏、绳索、或防护屏幕），保护操作者及周边人群。应根据需要设置锁具，使得负责操作的作业人员以外者不能接触机器人电源。 • 在人员被机器人夹住或围困等紧急或异常情况下，按下急停按钮后，可以通过用力推动或拉动机器人手臂的方式迫使关节移动。无电力驱动情况下手动移动机器人手臂仅限于紧急情况，并且可能会导致关节损坏。

2.4 拟定用途

JAKA 机器人既可以集成至生产线中，也可以与其他部件组合，共同构成机器或工艺，为民用终端客户提供工业场景的解决方案。JAKA 机器人既可以作为开放式机器人使用，即安装在防护栏内使用，也可以人机协作，即操作员与经过专门设计的机器人系统在同一工作空间内共同工作。

JAKA 机器人的适用场景包括：

- 上下料
- 包装
- 纸箱成型
- 分拣
- 码垛
- 组装
- 检测
- 机加工
- 材料加工
- 涂胶与贴胶
- 抛光
- 焊接

JAKA 机器人配备了专门设计的安全功能，旨在支持无防护栏环境下的操作以及机器人与操作员协同作业等场景。就 JAKA 机器人而言，以下术语适用于不同的交互类型：

1. **并存**：操作员和机器人在相邻区域同时或分时段工作，但各自拥有独立的工作空间，且分开完成同一目标。操作员和机器人之间不存在直接接触。
2. **合作**：操作员和机器人在同一工作空间内分时段工作，以实现共同目标。操作员和机器人之间不存在直接交互。
3. **协作**：操作员和机器人在同一工作空间内同时工作，以实现共同目标，例如产品的组装。操作员和机器人之间存在直接交互。

并存、合作和协作操作仅适用于非危险性应用，即根据特定应用的风险评估，整个应用（包括工具、工件、障碍物及其他机器）不存在任何重大危险。

任何其他用途均不属于预定用途。

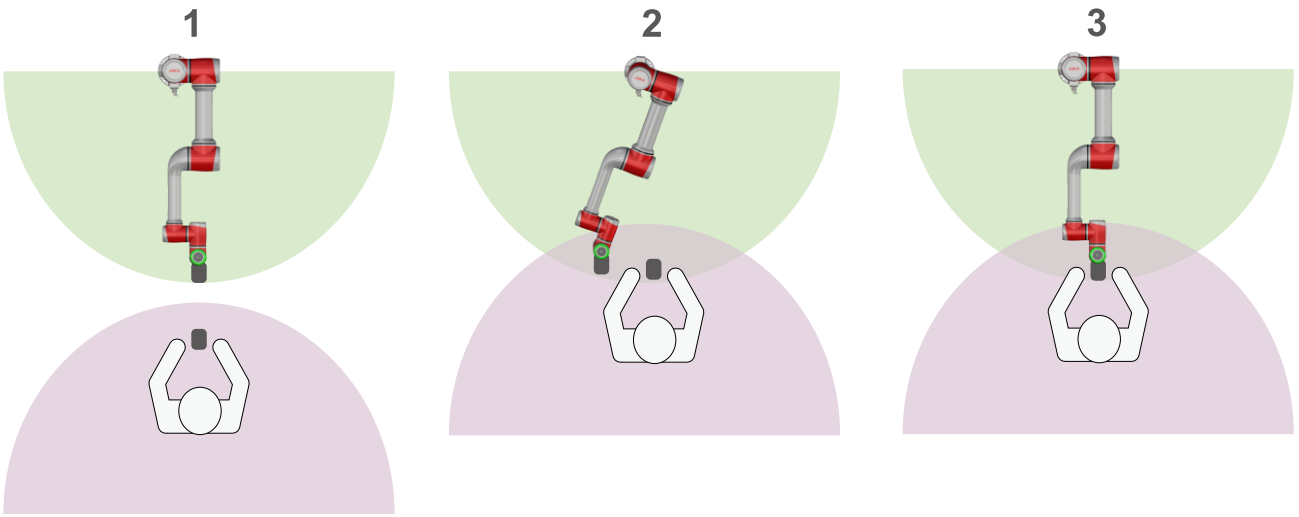


图 2-1：机器人交互类型

警告：

人身伤害：

- 若根据风险分析，应用存在导致人身伤害的风险，则不得在并存、合作或协作场景中使用 JAKA 机器人。
- 请按照手册的要求操作机器人。如果机器人以协作方式运行，必须使用额外的安全输入检测单元（例如扫描仪、光栅、相机等，性能等级为 PLr=d 或 PLr=e），并进行风险评估。

未遵循上述要求可能导致人员死亡、重伤或设备损坏。

2.5 责任与风险

责任

该手册信息不涉及如何设计、安装及操作机器人的所有应用，也不涉及所有可能对机器人系统的安全造成影响的周边设备。

JAKA 机器人的使用者有责任确保遵循相关的切实可行的国家法律法规，确保完整的机器人应用中不存在任何重大危险。

该手册包含的所有安全方面的信息都不得视为 JAKA 的保证，即使遵守所有的安全指示，操作人员所造成的伤害或损害依然有可能发生。

JAKA 会不断致力于提升本公司机器人的性能以及可靠性，本公司对本手册中存在的错误或者遗漏的信息概不负责，并且保留对本手册的最终解释权。

风险

在操作人员与机器人之间存在交互关系时就必然存在直接或者间接的肢体接触关系。接触时必须有足够的自我保护意识，使用者在使用本公司机器人时需要谨慎考虑使用工况。以下为可能出现的危险情况：

- 搬运时机器人掉落砸伤人员的情况；
- 由于机器人固定螺钉或螺栓松动导致伤人的情况；
- 机器人工作时出现夹伤手指、碰撞伤人的情况；
- 机器人出现故障没有及时修理而出现的伤人情况；
- 使用尖锐末端执行器或工具连接端时可能存在危险的情况；
- 机器人在有毒或者腐蚀性的环境中运转时存在伤人的情况；
- 机器人在强磁场环境中的情况。

2.6 防护措施要求

在安装 JAKA 机器人前，应根据当地及国家标准配置适当的防护装置。禁止在未安装适当防护装置的情况下启用各组件。安装、调试或维修后，须对防护装置进行功能测试。

集成 JAKA 机器人至设备时，以下标准可作为参考（未穷举）：

- 2006/42/EC 机械指令
- 2014/30/EU 电磁兼容指令
- ISO 10218-1 工业机器人安全要求 第 1 部分：机器人
- ISO 10218-2 工业机器人安全要求 第 2 部分：机器人系统与集成
- 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/TS 15066 协作机器人安全要求
- ISO 13857 机械安全 防止上下肢触及危险区域的安全距离
- ISO 14120 机械安全 防护装置 固定与可移动防护装置的设计及构造通用要求
- EN ISO 13854 机械安全 避免人体部位被挤压的最小间距
- ISO 13855 机械安全 防护装置定位与人体部位接近速度的关系
- NFPA 79 工业机械电气标准
- NFPA 70 国家电气规范
- UL 1740 机器人及设备安全标准
- UL 2011 工厂自动化设备标准

操作 JAKA 机器人前，需针对具体应用进行风险评估并采取相应安全措施。

警告：

设备意外运行风险：

- 必须配置符合当地及国家标准的功能性安全防护装置。
- 确保依据 EN/ISO 12100 标准在设计阶段完成并落实风险评估。
- 系统首次运行前，需执行所有基于危害与风险分析的安全措施。

未遵循上述要求可能导致人员死亡、重伤或设备损坏。

2.7 风险评估

机器人为半成品机械，而机器人的集成方式对机器人安装是否安全起决定性作用（如末端执行器、通讯设备等）。风险评估为集成商应务必执行的一个重要事项。许多国家法律对此有强制要求。JAKA 建议集成商依据 ISO 12100 和 ISO 10218-2 进行风险评估，此外，集成商还可以选择使用 ISO/TS 15066 作为额外指导。集成商进行的风险评估应考虑机器人生命周期内的所有事项，包括但不限于：

- 在机器人安装调试和开发过程中对机器人进行示教；
- 机器人安装所涉及的操作；
- 故障排查和维护；

风险评估必须在机器人首次上电前进行。由集成商进行的风险评估主要为：确定安全配置设置、评估是否需要增加额外的紧急停止按钮或特定机器人应用所需的其他防护措施。

合理进行安全配置对机器人的使用尤为重要。协作机器人有其特定的安全功能，可通过设置配置这些安全功能，集成商进行风险评估时，这些功能尤为重要：

1. 力限制：指机器人在与外界环境发生接触时，机器人发出碰撞报警所需的力大小，以百分比表示，百分比越高，机器人停止所需要的力越大；
2. 动量限制：指限制机器人运动过程中的动量，该限制将直接影响机器人的速度，当机器人动量超过限制时，机器人将降速；
3. TCP 速度限制：指限制机器人运动过程中末端 TCP 点的绝对速度，控制器在规划路径时，会将路径速度保持在 TCP 速度限制内；
4. 功率限制：指限制机器人运动过程中的机械功率，该限制将直接影响机器人的速度，当机器人机械功率超过限制时，机器人将降速。

集成商必须防止未授权人员更改安全配置。

进行风险评估时，集成商应将因潜在的误操作而产生的接触考虑在内，即：

- 潜在碰撞发生的可能性；
- 避免潜在碰撞的可能性；
- 潜在碰撞的严重程度；

如果机器人安装在非协作机器人应用中，且无法通过配置机器人的安全功能消除风险。在进行风险评估时，集成商应考虑增加额外保护措施。

JAKA 明确如下集成商必须要考虑的重大危险。

- 末端执行器或末端执行器连接器上的锐边和尖点刺伤皮肤。

- 机器人工作空间内及附近障碍物上的锐边和尖点刺伤皮肤。
- 由于接触机器人而被擦伤。
- 因机器人末端较重负载与坚硬表面之间的撞击而导致扭伤或骨折。
- 因用于固定机器人或末端执行器的螺栓松动而导致的后果。
- 物品从末端执行器上掉落而导致的后果。
- 因不同机器上紧急停止按钮不同而出现的误操作。
- 因对安全配置参数的未授权更改而出现的错误。

注意：
特定机器人设备可能还存在其他重大危险。

2.8 使用前评估

首次使用机器人或进行任何修改之后，必须进行以下测试：

- 确保所有安全输入和输出正确，且连接正确；
- 测试所有已连接的安全输入和输出功能是否正常；
- 确保负载配置正确。

需进行以下测试：

- 测试紧急停止按钮和输入是否可以停止机器人并启动刹车。
- 测试防护输入是否可以使机器人运动停止。如果配置了防护重置，请在恢复运动之前检查是否需要激活。
- 检查减速模式输入是否可以将运动模式切换到减速模式。
- 测试 3 位置使能装置是否必须按下才能在手动模式下启动动作，并且机器人处于减速控制下。
- 测试系统紧急停止输出实际上是否能够使整个系统进入安全状态。
- 测试连接到机器人移动输出、机器人不停止输出、减速模式输出或非减速模式输出的系统是否能够实际检测到输出变化。
- 测试负载配置是否与机器人当前实际负载相匹配。

2.9 紧急停止

当发生紧急情况时，按下急停按钮，可以立即停止机器人的一切运动。紧急停机不可用作风险降低措施，但可视为次级保护设备，仅供危急情况下使用。正常情况下如需停止机器人运动，请使用其他方式。经过风险评估后，如需加装急停按钮，急停按钮必须符合 IEC-60947-5-5 的要求。JAKA 对紧急停止时间及停止距离进行了测试，测试数据见附录 一：停止时间及停止距离。

警告：
当按下紧急停止按钮时，机器人系统将切断机器人电源，在此情况下，虽然各关节之间的刹车装置会自动锁定关节，但在重力作用下，机器人本体仍会存在向下轻微幅度的移动，此时存在夹伤或碰撞人体的风险。

2.10 紧急驱动

警告：

- 手动释放制动器时，机器人的关节可能会在重力作用下发生移动，因此在手动释放制动器前务必对机器人本体及安装在机器人上的工具或工件进行有效支撑。
- 释放制动器时应至少有两人在场。

在机器人处于急停状态、电源失效等紧急状况下，可以通过下图方式强制移动关节。

1. 卸下用于固定关节闷盖的几颗螺钉
2. 取下关节闷盖
3. 按下小型电磁铁中的滑杆，手动释放制动器

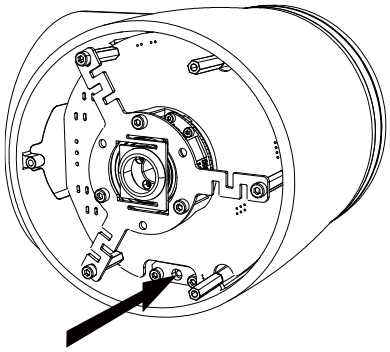


图 2-2：释放制动器

机器人电源未断开时，制动器释放步骤如下：

1. 确认机器人处于上电、下使能状态。
2. 打开 JAKA App，进入手动操作界面。
3. 长按“反向驱动”按钮。

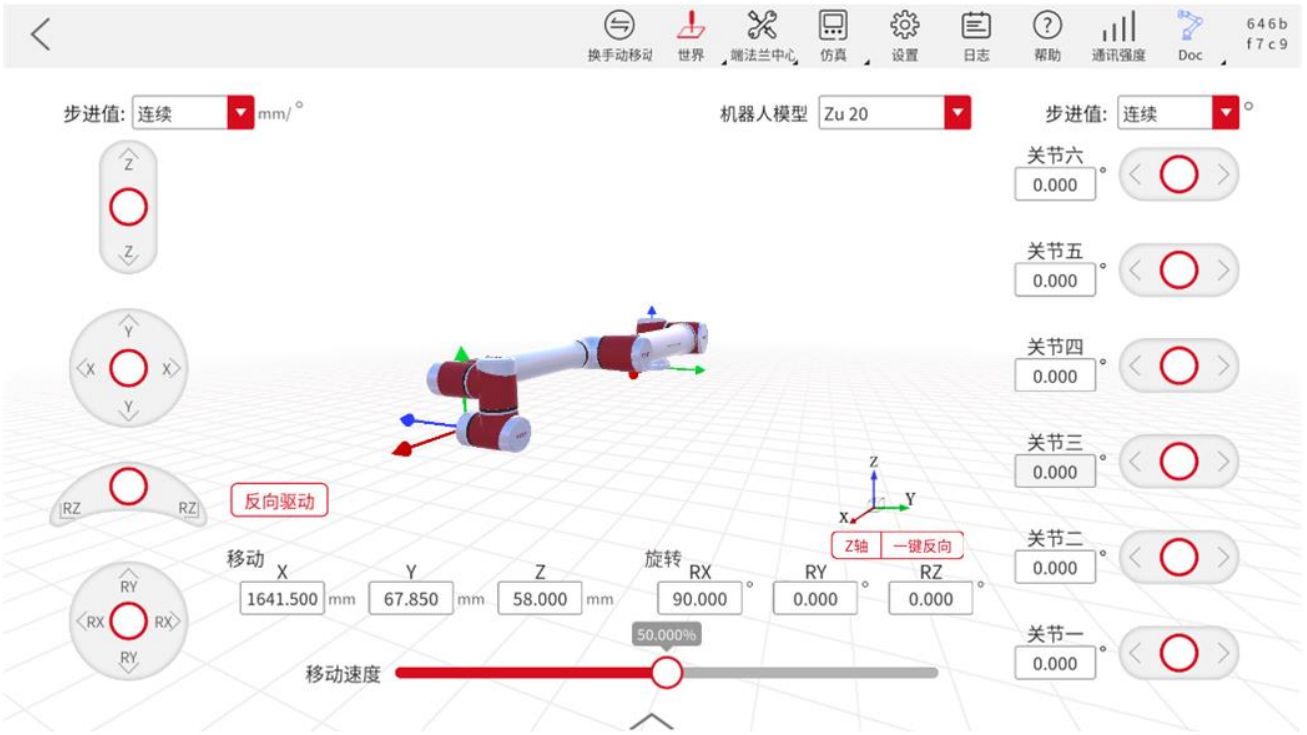


图 2-3：反向驱动按钮界面

4. 按住机器人末端法兰处的暂停/恢复按钮（按钮位置见 5.1.3.1 机器人末端灯），同时拖动关节释放当前被拖动关节的制动器。

> **注：**
> 此功能仅支持 1.7.2 及以上软件版本，R2214 及以上伺服版本。

2.11 标签及位置

下列标签为机器人本体及控制柜上的安全警示标签及铭牌。操作时请务必遵守标签上的说明和警告，以确保安全。请不要随意撕毁标签，小心处理贴有标签的部件或装置以及附近区域，以免损坏标签。标签仅作为示意。

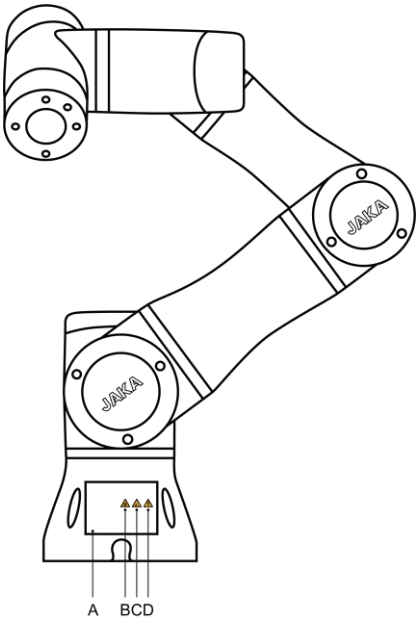


图 2-4：机器人铭牌及标签

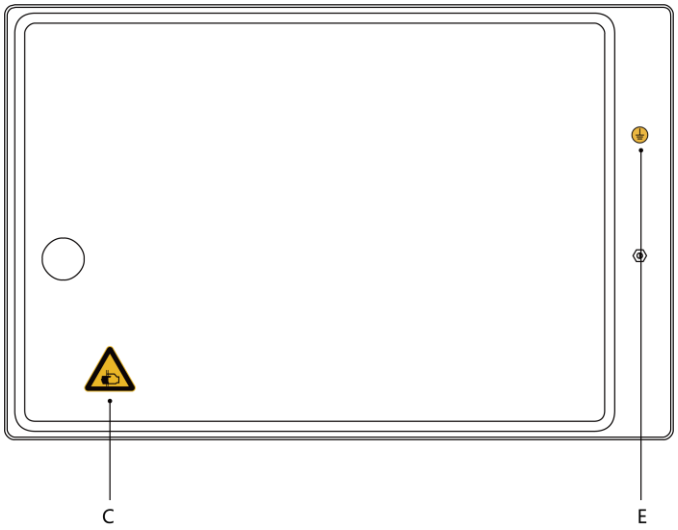


图 2-5：控制柜铭牌及标签

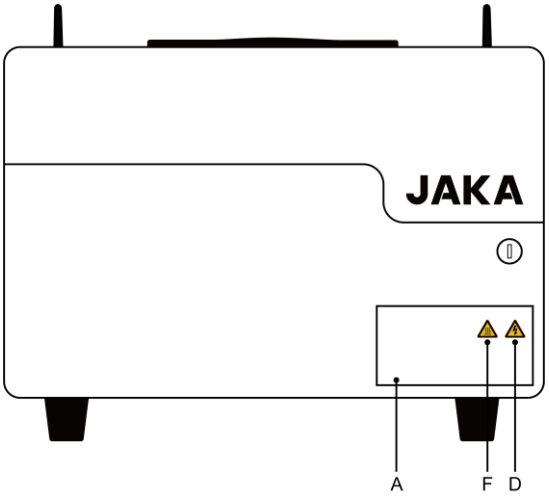


图 2-6：控制柜安全标签（正面）

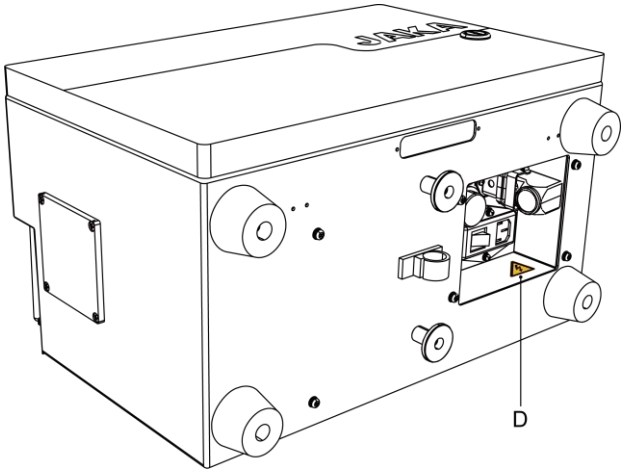
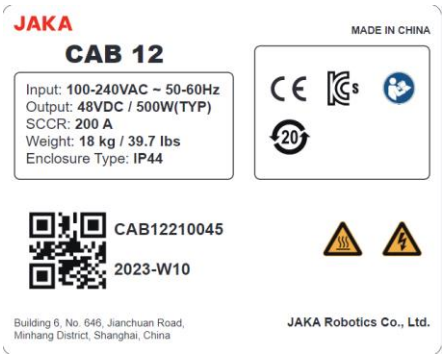


图 2-7：控制柜安全标签（底面）

表 2-3：铭牌及标签描述

	标签	解释
A		机器人铭牌
		控制柜铭牌
B		当心撞击
C		当心夹手
D		当心触电
E		接地
F		当心高温表面

注：

- 机器人及控制柜序列号可通过查看铭牌获取，机器人铭牌位于机器人大臂，控制柜铭牌位于控制柜门上。
- 铭牌及机器人图片仅作为示意，实际因机器人型号而异。

3 系统概述

3.1 机器人系统概览

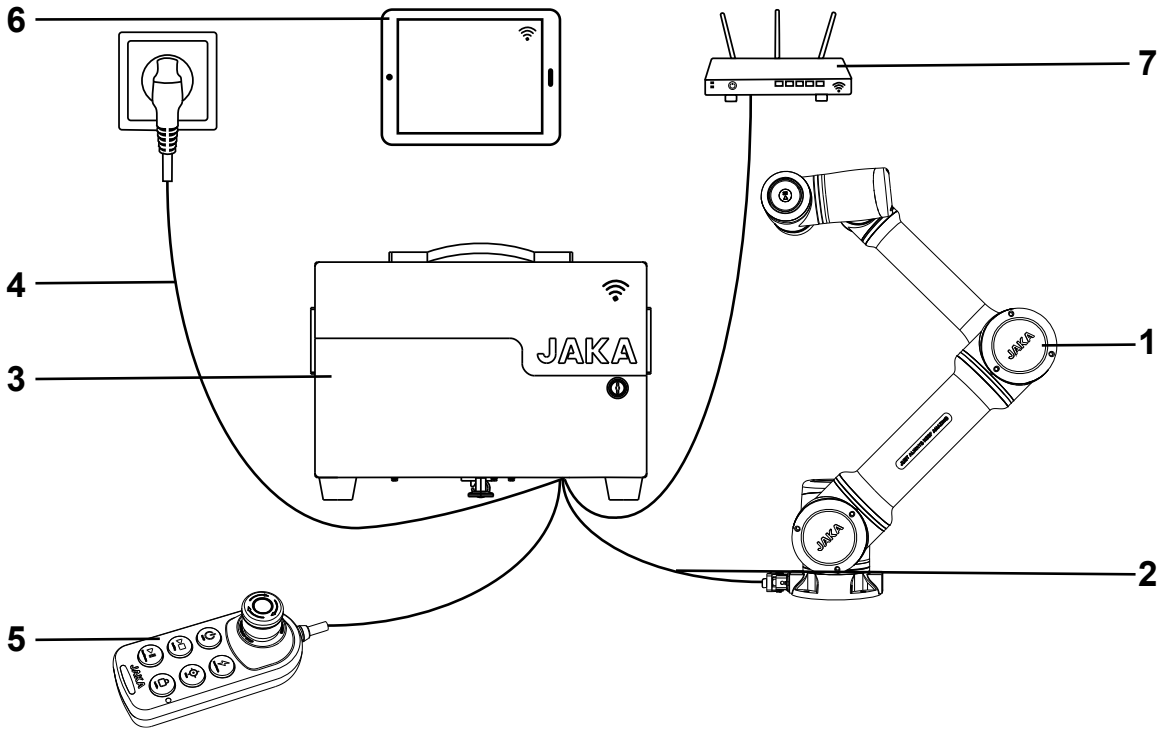


图 3-1：机器人系统组成部件

如上图所示，JAKA 机器人使用时需要包括以下几个部件：

1 机器人本体：主要运动部件，实现用户期望的动作。同时本体末端布置有指示机器人状态的环形指示灯、用于拖拽和编程的按钮、以及连接工具 I/O 接口。

2 机器人连接线：连接机器人与控制柜。

3 控制柜：包括核心运算部件，以及多种电气接口。

4 控制柜电源线：用于控制柜的供电。

5 手柄：控制机器人及控制柜开关等。

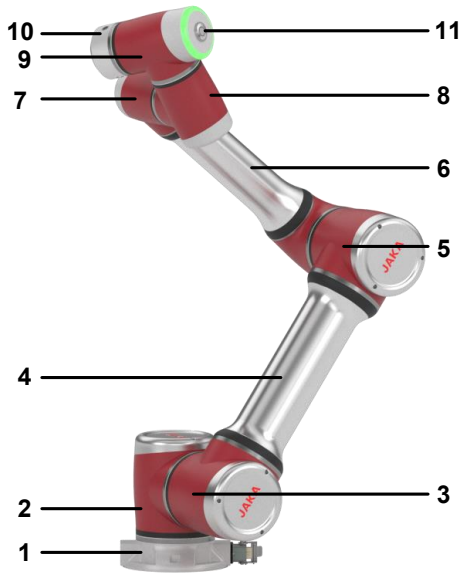
6 操作终端：用户进行编程、设置等操作的设备。

7 路由器与网线：控制柜自带无线模块，可以将操作终端连入控制柜无线局域网内（无线网络名称为控制柜编号），进行操作控制机器人。也可将控制柜的网口连接至路由器上，操作终端同时也连接至此路由器的无线网内。推荐为机器人单独配置路由器以防止与其它设备冲突。

3.2 部件概览

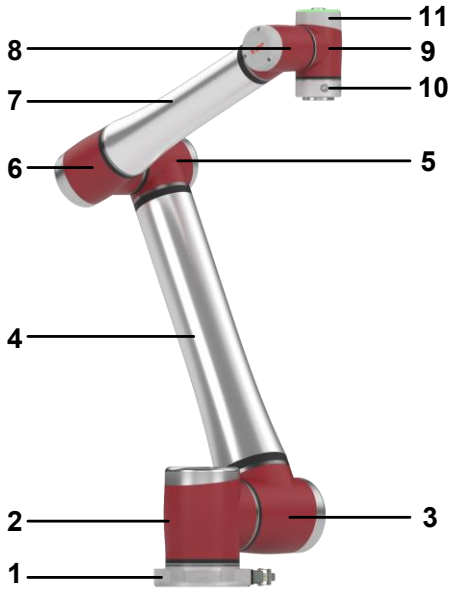
机器人主要由六个关节和两个铝制臂杆组成，基座用于机器人本体和基座连接，工具端用于机器人与末端执行器连接。末端执行器可在机器人的工作空间内做平移和旋转运动。此章节将介绍安装机器人系统的各个部件时应注意的基本事项。

机器人主体包括 6 个旋转运动关节，以及大臂与小臂两个连接臂杆。在机器人末端配有指示机器人状态的指示灯以及暂停/恢复按钮，在工具法兰外侧配有两个按钮。



1 基座
2 关节 1
3 关节 2
4 大臂
5 关节 3
6 小臂
7 关节 4
8 关节 5
9 关节 6
10 末端法兰
11 末端灯

图 3-2：A5, A20 机器人



1 基座
2 关节 1
3 关节 2
4 大臂
5 关节 3
6 关节 4
7 小臂
8 关节 5
9 关节 6
10 末端法兰
11 末端灯

图 3-3：A12 机器人

JAKA 控制柜具有以下功能：

- 为机器人供电
- 提供手柄连接接口
- 提供通过网线或 Wi-Fi 连接操作终端的网口
- 提供多种不同类型输入和输出接口

手柄随控制柜发货，并具有多种功能。完成调试后，手柄可用于控制机器人。



图 3-4：控制柜

4 安全相关功能

JAKA 机器人具有一系列安全相关的功能，以保证人机协作安全。本章介绍了这些安全功能，用户应严格遵守其中的要求及注意事项。

4.1 安全功能概览

4.1.1 安全要求

安全功能总体上符合 EN ISO 10218-1 标准，具体符合以下要求。

当需要安全相关的控制系统时，安全相关部件的设计应做到：

- 任何一个部件的单一故障都不会导致安全功能的丧失。
- 在合理可行的情况下，单一故障应在下一次对安全功能提出要求时或之前被检测出来。
- 当单一故障发生时，安全功能始终处于执行状态，并且应在检测到的故障被修复前始终保持安全状态。
- 应检测出所有可合理预见的故障。

该要求被视为等同于 ISO 13849-1 中所述的第 3 类结构。第 3 类通常由冗余电路来完成，例如双通道。安全功能和机器人控制器符合 ISO 13849-1 规定的性能等级 (PL) d。

> **注意**
> 集成商负责对最终应用和协作应用进行风险评估。需根据应用进行安全配置，满足 ISO/TS 15066 标准的要求。

4.1.2 限制性

1.5 版本 JAKA App 仅支持部分安全功能，且部分安全功能规格与 1.7 安全功能规格略有差异。1.7 及以上版本支持全部安全功能。本手册中的安全功能为 1.7 软件版本所支持的安全功能，其他版本安全功能描述请参阅相应版本软件用户手册。

4.1.3 停止类别

根据 IEC 60204-1 标准，JAKA 机器人设置了三种停止类型，分别为停止类别 0（Cat. 0）、停止类别 1（Cat. 1）和停止类别 2（Cat. 2）。其中，停止类别 0 为不可控停止，停止类别 1 和停止类别 2 为可控性停止。

触发停止类别 0，机器人电源立即被切断，机器人立刻停止运行。

触发停止类别 1，机器人立即减速至停止，当机器人停止后，机器人供电断开。

触发停止类别 2，机器人沿程序轨迹减速至停止，机器人停止后仍保持使能。

4.1.4 安全功能概述

JAKA 机器人系统具有 28 项安全功能，其设计和测试参考以下标准：

- IEC 60204-1: 2016
- ISO 13849-1: 2023
- ISO 10281-1: 2020

这些安全功能可分为以下 8 类：

- 紧急停止安全功能
- 保护性停止安全功能
- 运动状态安全功能
- 手动模式安全功能
- 速度监控安全功能
- 扭矩和功率限制安全功能
- 碰撞保护安全功能
- 位置监控安全功能

下表为每类安全功能的简介。具体功能描述、功能时序、故障回退等详细信息，请参阅每个安全功能的详细说明。

表 4-1：安全功能表

	SF	名称	PLr	评估结果	反应时间	停止类别
紧急停止安全功能	SF1	紧急停止	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF2	外部紧急停止	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF15	附加急停输入	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF19	急停按钮状态输出	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	双路输出“低电平”或“高阻抗”
	SF20	系统急停状态输出	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	双路输出“低电平”或“高阻抗”
保护性停止安全功能	SF3	保护性停止	PLr d	PL d/Cat. 3	350ms	Cat. 2 Stop
	SF16	附加保护性停止输入	PLr d	PL d/Cat. 3	350ms	Cat. 2 Stop
	SF17	保护性停止复位输入	PLr d	PL d/Cat. 3	350ms	Cat. 2 Stop
	SF21	系统保护性停止状态输出	PLr d	PL d/Cat. 3	350ms	双路输出“低电平”或“高阻抗”
运动状态安全功能	SF22	机器人运动输出	PLr d	PL d/Cat. 3	100ms	双路输出“低电平”或“高阻抗”
	SF23	机器人非停止状态输出	PLr d	PL d/Cat. 3	100ms	双路输出“低电平”或“高阻抗”

手动模式安全功能	SF13	手动模式 TCP 速度限制	PLr d	PL d/Cat. 3	350ms	Cat. 2 Stop
	SF27	三位置使能输入	PLr d	PL d/Cat. 3	350ms	Cat. 2 Stop
速度监控安全功能	SF5	关节速度限制	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF9	TCP 速度限制	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF18	缩减模式输入	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF24	机器人缩减模式输出	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	双路输出“低电平”或“高阻抗”
	SF25	机器人非缩减模式输出	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	双路输出“低电平”或“高阻抗”
扭矩和功率限制安全功能	SF6	关节扭矩限制	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF7	关节功率限制	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF8	功率限制	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
碰撞保护安全功能	SF12	TCP 位置不匹配限制	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF14	碰撞保护	PLr d	PL d/Cat. 3	350ms	Cat. 2 Stop
	SF26	TCP 力限制	PLr d	PL d/Cat. 3	350ms	Cat. 2 Stop
	SF28	动量限制	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
位置监控安全功能	SF4	关节位置限制（软限位）	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF10	工具姿态限制	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop
	SF11	TCP 位置限制（安全平面）	PLr d	PL d/Cat. 3	250ms	Cat. 1 Stop

注意

安全功能只是机器人系统的一部分，用户有责任对机器人系统进行风险评估。此外，使用安全功能的用户还有责任确保按照机器人安装地所在国家/地区的标准和法规中所规定的安全要求设计和安装机器人系统。

4.2 安全功能说明

4.2.1 紧急停止安全功能

JAKA 机器人系统提供以下几种安全功能实现机器人紧急停止：

- 通过手柄上的急停按钮实现急停（SF1）
- 通过在控制柜 P8 上的 EI 接口连接外部急停设备（如安全光幕、安全门、急停按钮等）实现急停（SF2）

- 通过 JAKA App 配置启用专用安全 I/O 中的“附加急停输入”功能，并在控制柜 P1 和 P3 上的相应接口连接外部安全设备提供急停输入，以实现急停（SF15）

安全数字输入为低电平时，触发急停功能，机器人运动停止，并下电下使能，同时运行程序停止。机器人处于急停状态时，禁止对机器人本体上电。当急停按钮被复位，安全数字输入为高电平，机器人自动退出急停状态。

> 注：
> 在 JAKA App 附加程序界面可开启急停程序暂停功能，开启此功能后，触发急停时，运行程序暂停。机器人退出急停状态后，若重新对机器人上电、上使能，机器人继续执行程序，并回到急停发生位置继续沿程序轨迹运动。

急停触发的 Cat.1 Stop 符合 IEC 60204-1:2009 标准。

最大停止时间为 250 ms，如果在此期间内机器人没有减速至停止，则认为机器人减速失败，执行 Cat. 0 Stop。

当安全数字输入信号的不一致保持超过 1s，App 提示安全 DI 出现故障，手柄指示灯变为红色，激活安全 DI 故障回退功能。故障修复后需使机器人重新上电才能退出故障状态。

> 注：
> 安全信号为双路冗余设计，因此成对的两路输入端口的输入信号应一致，如 CAB2.1 的 DI1 和 DI9。配对关系参考硬件用户手册。

也可以通过以下急停相关输出功能控制其他系统：

- 通过 JAKA App 配置启用专用安全 I/O 中的“急停按钮状态输出”功能，当手柄急停按钮被按下，双路数字输出信号告知其他设备机器人进入急停状态（SF19）

> 注：
> 外部急停按钮的急停功能和附加急停输入不影响此输出。

- 通过 JAKA App 配置启用专用安全 I/O 中的“系统急停状态输出”功能，当手柄急停按钮被按下、外部急停设备被触发或输入外部急停信号时，双路数字输出信号告知其他设备机器人进入急停状态（SF20）

机器人进入急停状态时，双路数字输出低电平信号，安全数字输出信号均为双路冗余设计。

下图为紧急停止功能的时序图。

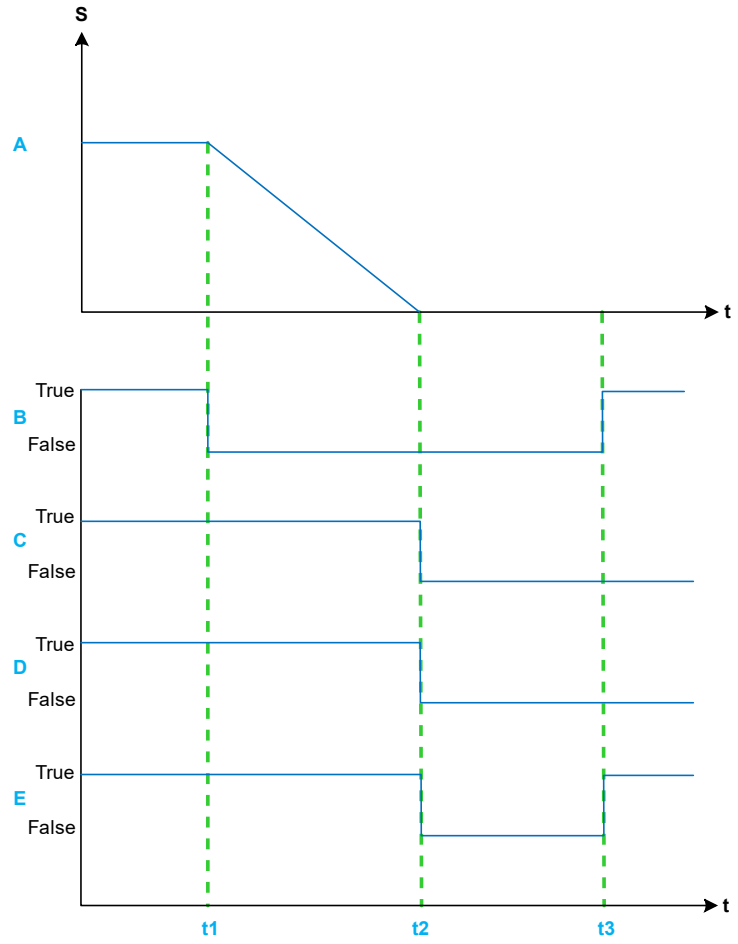


图 4-1：紧急停止功能时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：紧急停止信号输入

C：机器人上使能（True）或下使能（False）

D：机器人上电（True）或下电（False）

E：紧急停止信号输出

t1：按下紧急停止按钮

t2：最大停止时间（250 ms）

t3：释放紧急停止按钮

4.2.2 保护性停止安全功能

JAKA 机器人系统提供以下几种安全功能实现机器人保护性停止：

- 通过在控制柜 P8 上的 SI 接口连接外部保护性停止设备实现保护性停止（SF3）
- 通过 JAKA App 配置启用专用安全 I/O 中的“附加保护性停止输入”功能，并在控制柜 P1 和 P3 上的相应

接口连接外部安全设备提供保护性停止输入，以实现保护性停止（SF16）

安全数字输入为低电平时，触发保护性停止功能，机器人沿程序轨迹减速至停止，并保持上使能状态，运行程序暂停。当没有在“专用安全 I/O”界面配置“保护性停止复位”时（自动复位模式），安全数字输入为高电平，机器人自动退出保护性停止状态，机器人恢复原速度继续执行程序。

保护性停止触发的 Cat. 2 Stop 符合 IEC 60204-1:2009 标准。

最大停止时间为 350 ms，如果在此期间内机器人没有减速至停止，则认为机器人减速失败，根据 IEC 60204-1:2009 标准，机器人执行 Cat. 1 Stop。

当两路保护性停止安全数字输入信号不一致，机器人执行 Cat. 1 Stop。

控制柜也可以通过以下保护性停止相关输出控制其他系统：

- 通过 JAKA App 配置启用专用安全 I/O 中的“系统保护性停止状态输出”功能，当触发保护性停止功能时，双路数字输出信号告知其他设备机器人进入保护性停止状态（SF21）

机器人进入保护性停止状态时，双路数字输出低电平信号，安全数字输出信号均为双路冗余设计。

下图为自动复位情况下的保护性停止功能的时序图。

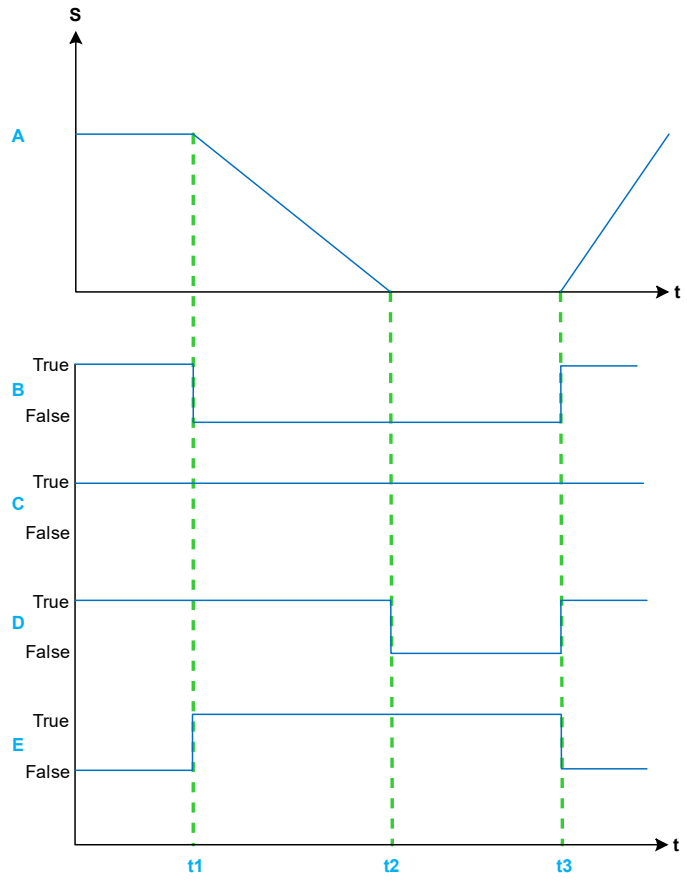


图 4-2：保护性停止功能时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：保护性停止信号输入

C：机器人上电上使能

D：保护性停止信号输出

E：程序暂停（True）和恢复（False）

t1：触发保护性停止

t2：最大停止时间（350 ms）

t3：保护性停止复位

保护性停止功能默认状态下自动复位，但当在 JAKA App 专用安全 I/O 界面配置“保护性停止复位输入”（SF17）后，保护性停止复位从自动复位模式切换为手动复位模式。手动复位模式下，退出保护性停止需要保护性停止安全数字输入信号处于高电平，保护性停止复位安全数字输入由低电平变为高电平。退出保护性停止状态后机器人恢复原速度继续执行程序。

如果安全数字输入的信号出现不一致，保护性停止复位功能激活失败，机器人执行 Cat. 1 Stop。

下图为保护性停止手动复位模式下的时序图。

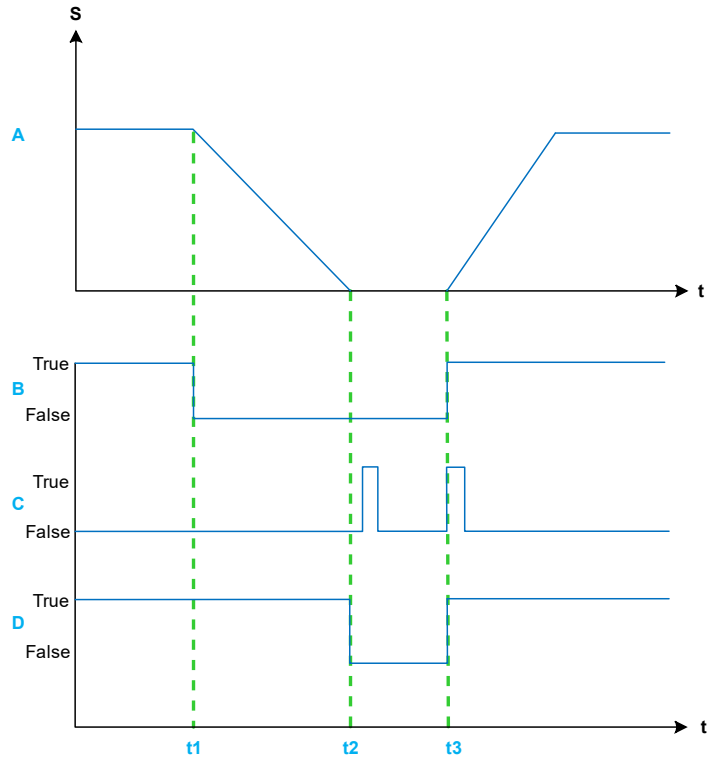


图 4-3：保护性停止手动复位模式下时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：保护性停止信号输入

C：保护性停止手动复位信号输入

D：保护性停止信号输出

t1：触发保护性停止

t2：最大停止时间（350 ms）

t3：保护性停止复位

4.2.3 运动状态安全功能

机器人系统具有以下几种方式监控机器人运动状态：

- 通过 JAKA App 配置启用专用安全 I/O 中的“机器人运动状态输出”功能，当机器人处于运动状态时，双路数字输出低电平信号告知其他设备机器人处于运动状态（SF22）

> 注：
> 只有机器人 TCP 速度大于 10 mm/s 时，控制系统才会认为机器人处于运动状态。

- 通过 JAKA App 配置启用专用安全 I/O 中的“机器人非停止状态输出”功能，在机器人上电上使能状态下，当机器人已停止或正在停止时，双路数字输出高电平信号告知其他设备机器人处于停止状态（SF23）

下图为运动状态安全功能的时序图。

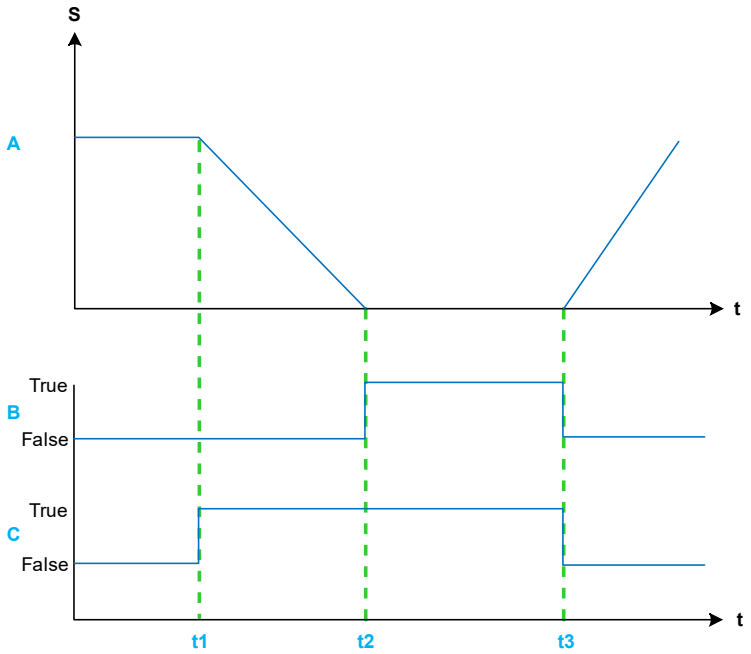


图 4-4：运动状态安全功能时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：机器人运动状态信号

C：机器人非停止状态信号

t1：急停或保护性停止导致机器人开始减速

t2：最大停止时间（100 ms）

t3：机器人恢复运动

4.2.4 手动模式安全功能

4.2.4.1 拖拽模式 TCP 速度限制

拖拽模式包括通过以下方式控制机器人运动：

- 长按机器人末端的 FREE 按钮
- 按下机器人末端的暂停/恢复按钮
- 配置并开启“进入拖拽模式”功能 DI

若想开启拖拽速度限制，需在 JAKA App 的“拖拽限速”界面设置 TCP 拖拽速度限制，具体操作步骤参考软件用户手册安全设置章节。机器人在手动模式下 TCP 最大速度限制为 1500 mm/s，默认值为 1000 mm/s。如果 TCP 速度超过限制值，触发 Cat.2 Stop，退出拖拽模式，且保持上电上使能状态。

> 注：
> TCP 速度一般为工具坐标系原点在空间中的速度。

下图为拖拽模式 TCP 速度限制功能的时序图。

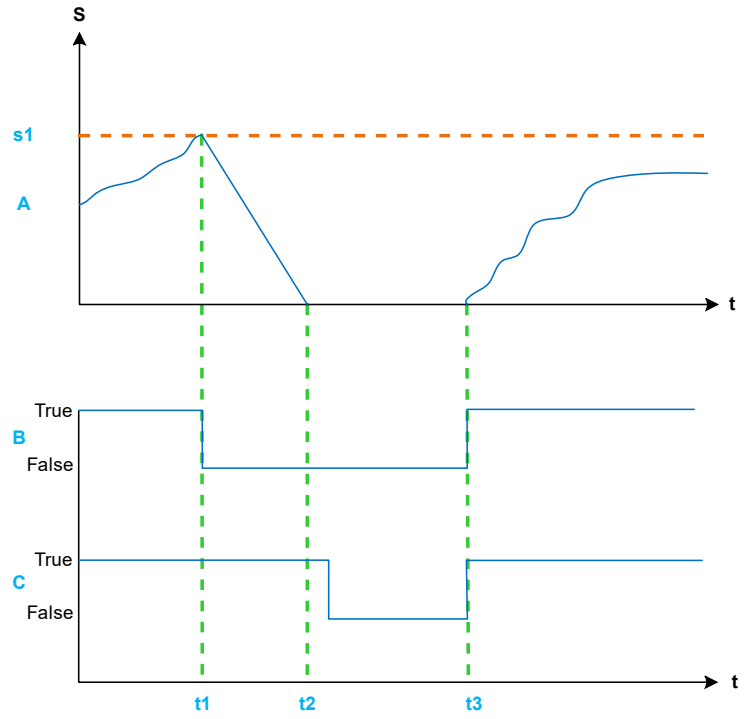


图 4-5：拖拽模式 TCP 速度限制功能时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：拖拽模式开启（True）和关闭（False）

C：FREE 和暂停/恢复按钮（True=按下，False=释放）

s1： 250mm/s TCP 速度限制

t1：达到最大 TCP 速度限制

t2：最大停止时间（350 ms）

t3：再次按下 FREE 和暂停/恢复按钮

4.2.4.2 三位置使能

在 JAKA App 专用安全 I/O 界面开启“三位置使能输入”功能，具体设置步骤参考软件用户手册的安全设置章节。当安全数字输入信号为低电平时（三位置开关处于位置 1 或位置 3），三位置使能功能被激活，此时有如下限制：

- 限制 JOG 机器人，即限制在 App“手动操作界”面控制机器人运动，如果机器人正在处于 JOG 模式，机器人将停止运动。
- 限制程序控制界面的程序调试，如果处于程序调试状态，程序调试终止，程序停止。

> 注：
> 三位置使能功能在自动模式不生效，当在程序控制界面执行程序后，机器人自动切换至自动模式，此时三位置使能功能不会被触发。

当安全数字输入信号为高电平时（三位置开关处于位置 2），三位置使能功能关闭，此时解除以上限制。
如果出现安全数字输入信号不一致，三位置使能功能被激活，App 提示安全数字输入信号异常。如果两路安全输入信号不一致，且不一致时间超过 1 s，触发 Cat. 1 Stop。
三位置使能按键功说明如下图：

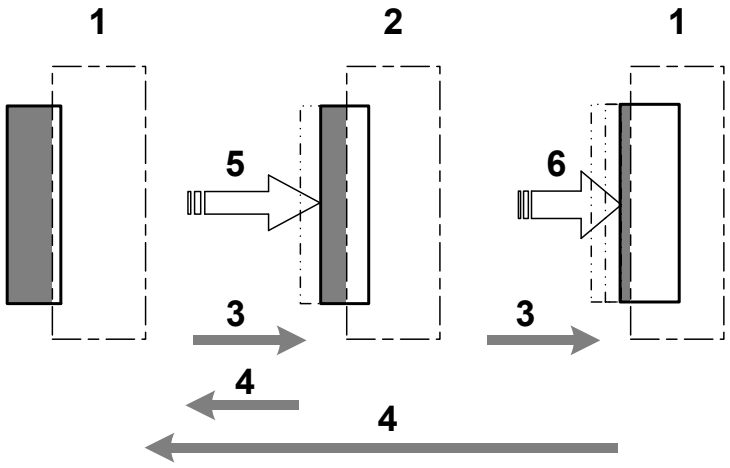


图 4-6：三位置使能按钮状态

1：三位置使能开启

2：三位置使能关闭

3：按下

4：释放

5：轻按

6：重按

下图为手动模式下三位置使能功能的时序图。

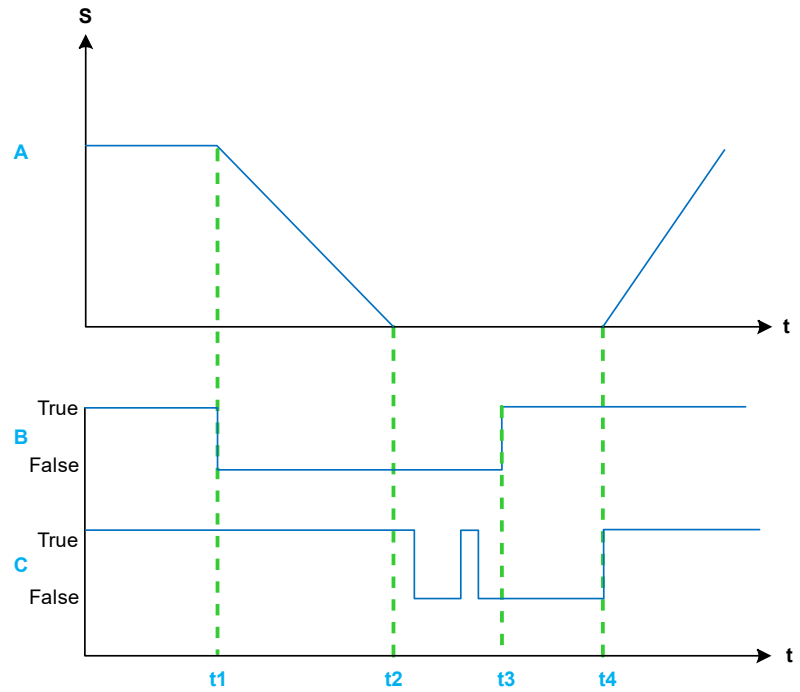


图 4-7：手动模式下三位置使能功能时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：三位置使能限制（True=关闭，False=开启）

C：手动控制机器人（True=开启，False=关闭）

t1：触发三位置使能限制

t2：最大停止时间（350 ms）

t3：三位置使能限制解除

t4：开启手动控制机器人

4.2.5 速度监控安全功能

4.2.5.1 速度限制

机器人各关节速度和 TCP 速度存在限制，需在 JAKA App 的“关节限制”界面配置关节速度限制（SF5），在“运动限制”界面配置 TCP 速度限制（SF9），具体配置步骤参考软件用户手册安全设置章节。机器人系统会监测机器人速度，当运动速度超过设置的限制值后，机器人减速直至速度降至限制值内。若机器人的速度没有在 250 ms 内降至限制值，根据 IEC 60204-1:2009，机器人执行 Cat. 1 Stop。

当两路安全数字输入信号不一致，机器人执行 Cat. 1 Stop。

下图为速度监控安全功能的时序图。

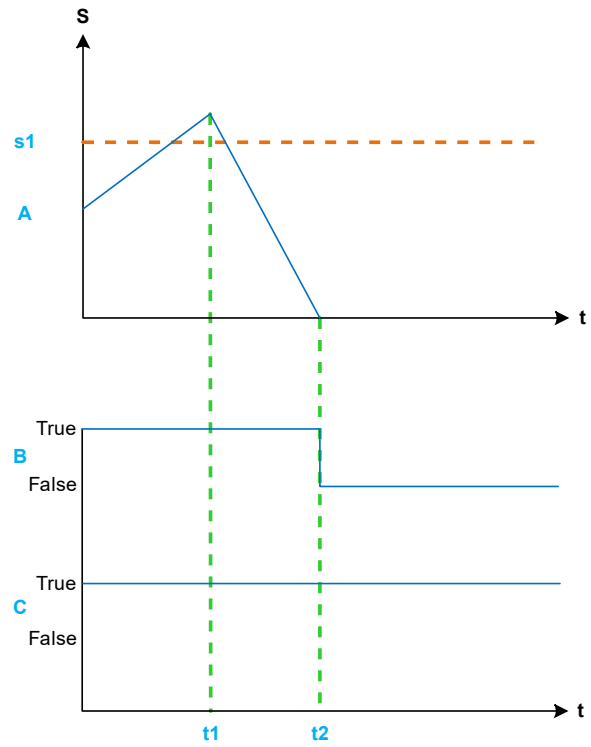


图 4-8：速度监控安全功能时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人关节速度/TCP 速度

B：机器人上使能（True）或下使能（False）

C：机器人上电（True）或下电（False）

s1：关节限制速度/TCP 限制速度

t1：超出关节速度限制/TCP 速度限制

t2：最大停止时间（250 ms）

4.2.5.2 缩减模式

可通过以下方式进入缩减模式：

在 JAKA App 中的“专用安全 I/O”界面配置“缩减模式输入”功能，并在控制柜 P1 和 P3 上的相应接口连接外部安全设备提供输入信号（SF18）

安全数字输入为双路冗余设计。当安全数字输入信号为低电平时，触发缩减模式，此时机器人的 TCP 速度、肘部速度、动量和功率、停止时间、停止距离限制为配置值，配置以上限制值步骤参考软件用户手册。

各机型限制数据见下表。

表 4-2：缩减模式下机器人参数限制

机型	名称	值		单位
		Min.	Max.	
A5	TCP 速度限制	50（1.97）	250 (9.84)	mm/s (in/s)
	肘部速度限制	50（1.97）	250 (9)	mm/s (in/s)
	动量限制	0.1	2.4	kg*m/s
	功率限制	0.1	50	W
	停止时间	0.015	0.1	s
	停止距离	0.35（0.01）	15（0.59）	mm（in）
A12	TCP 速度限制	50（1.97）	250 (9.84)	mm/s (in/s)
	肘部速度限制	50（1.97）	250 (9)	mm/s (in/s)
	动量限制	0	20	kg*m/s
	功率限制	0	150	W
	停止时间	0.015	0.1	s
	停止距离	0.35（0.01）	15（0.59）	mm（in）
A20	TCP 速度限制	50（1.97）	250 (9.84)	mm/s (in/s)
	肘部速度限制	50（1.97）	250 (9)	mm/s (in/s)
	动量限制	0.1	45	kg*m/s
	功率限制	0.1	100	W
	停止时间	0.015	0.1	s
	停止距离	0.35（0.01）	15（0.59）	mm（in）

在 JAKA App 中的“专用安全 I/O”界面配置“缩减模式输出”功能（SF24），在触发 SF11 或 SF18 的安全功能后，机器人进入缩减状态，缩减状态安全数字输出信号为低电平。

同理，在 JAKA App 中的“专用安全 I/O”界面配置“非缩减模式输出”功能（SF25），在未触发 SF11 或 SF18 的安全功能时，机器人处于非缩减状态，非缩减状态安全数字输出信号为低电平。安全数字输出信号均为双路冗余设计。

下图为缩减模式安全功能的时序图。

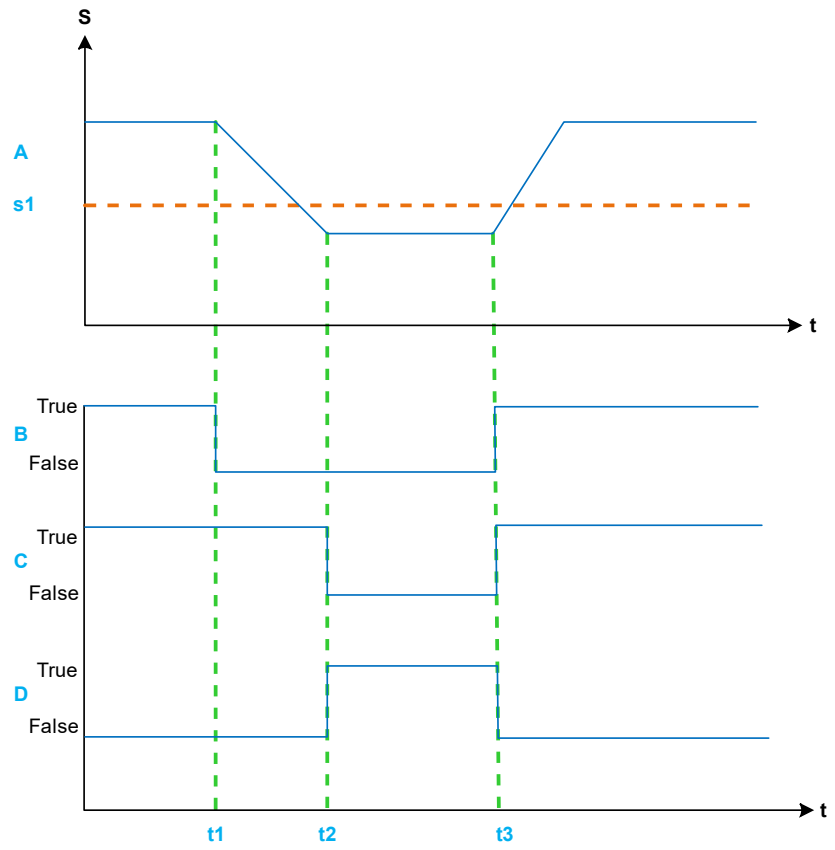


图 4-9：缩减模式安全功能时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：缩减模式输入信号

C：缩减模式输出信号

D：非缩减模式输出信号

s1：关节限制速度/TCP 限制速度

t1：开启缩减模式

t2：机器人进入缩减状态

t3：关闭缩减模式

4.2.6 扭矩和功率限制安全功能

机器人系统会监控机器人功率并对其进行限制。机器人功率用于限制机器人总功率（SF8），可在 JAKA App 的“运动限制”界面设置其功率限制值，具体设置方式参考软件用户手册。此外，机器人系统也会监测各个关节扭矩（SF6）和功率（SF7），但关节扭矩和功率限制为出厂设置值，不可配置和修改。当实际值超出限制值时，根据 IEC 60204-1:2009，机器人执行 Cat. 1 Stop。

下图为扭矩和功率限制安全功能的时序图。

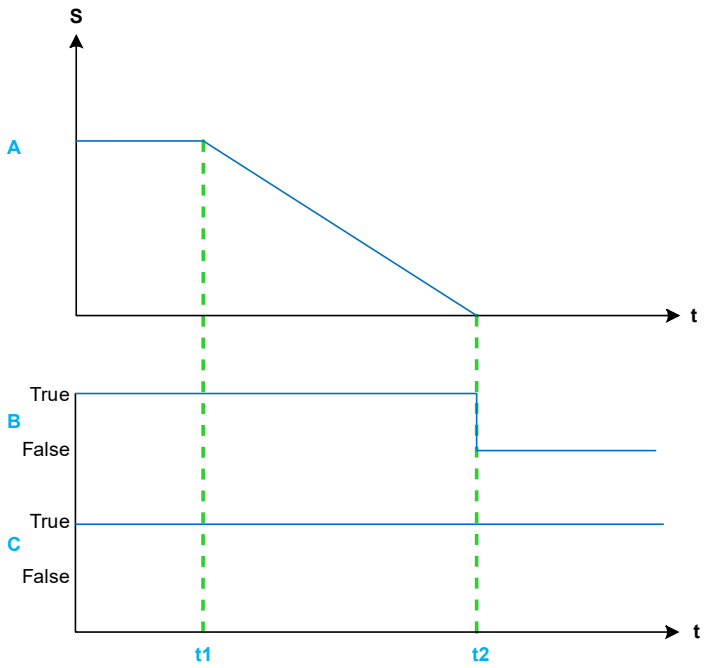


图 4-10：扭矩和功率限制安全功能时序图

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：机器人上使能（True）或下使能（False）

C：机器人上电（True）或下电（False）

t1：达到或超过机器人功率，关节功率或关节扭矩

t2：最大停止时间（250 ms）

4.2.7 碰撞保护安全功能

机器人系统具有以下几种检测碰撞的方式：

- 监控机器人各关节实际位置偏离情况（SF12）。当超出限制，机器人执行 Cat. 1 Stop。
- 监测机器人各项参数，检测机器人是否发生碰撞（SF14）。当超出限制，机器人执行 Cat. 2 Stop。
- 通过监测机器人关节角度和关节扭矩估算 TCP 力，将估算力值与 TCP 力限制值对比，判定机器人是否发生碰撞（SF26）。当扭矩超出限制，机器人沿程序轨迹减速至停止，然后沿原运动轨迹反弹直至停止。
- 监测机器人运动时的动量，限制机器人的动量可以减少碰撞时的碰撞力，同时会对机器人的运动速度产生影响（SF28）。当超出动量限制，机器人执行 Cat. 1 Stop。

根据风险评估结果，在 JAKA App“专用安全 I/O”界面配置“碰撞灵敏度”，开启碰撞检测。数值越小，灵敏度越高。也可以在 JAKA App 的“运动限制”界面配置碰撞检测相关参数，开启碰撞检测。具体操作步骤参考软件用户手册安全设置章节。

表 4-3：碰撞保护状态机器人参数限制

机型	名称	值		单位
		Min.	Max.	
A5	TCP 速度限制	50（1.97）	250 (9.84)	mm/s (in/s)
	肘部速度限制	50（1.97）	250 (9)	mm/s (in/s)
	动量限制	0.1	2.4	kg*m/s
	功率限制	0.1	50	W
	停止时间	0.015	5	s
	停止距离	0.35（0.01）	4000（157.48）	mm（in）
A12	TCP 速度限制	50（1.97）	250 (9.84)	mm/s (in/s)
	肘部速度限制	50（1.97）	250 (9)	mm/s (in/s)
	动量限制	0	20	kg*m/s
	功率限制	0	150	W
	停止时间	0.015	5	s
	停止距离	0.35（0.01）	4000（157.48）	mm（in）
A20	TCP 速度限制	50（1.97）	250 (9.84)	mm/s (in/s)
	肘部速度限制	50（1.97）	250 (9)	mm/s (in/s)
	动量限制	0.1	45	kg*m/s
	功率限制	0.1	100	W
	停止时间	0.015	5	s
	停止距离	0.35（0.01）	4000（157.48）	mm（in）

可在 JAKA App 的“碰撞设置”界面设置碰撞反弹角度，若配置此角度后，机器人系统检测到碰撞后，机器人减速至停止，随后沿原路径反弹。

下图为碰撞保护安全功能的时序图（非严重碰撞）。

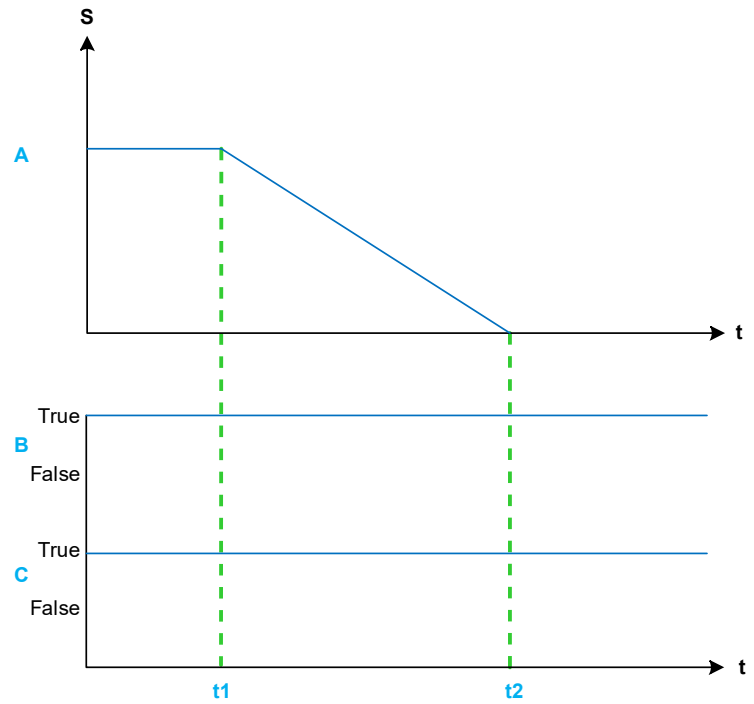


图 4-11：碰撞保护安全功能时序图（非严重碰撞）

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：机器人上使能（True）或下使能（False）

C：机器人上电（True）或下电（False）

t1：检测到碰撞

t2：最大停止时间（350 ms）

若机器人系统检测到实际关节位置与目标关节位置偏差大于偏差限制（SF12），则判定发生严重碰撞，根据 IEC 60204-1:2009，机器人执行 Cat. 1 Stop。

注：

关节位置偏差值为出厂值，不可配置和修改。

下图为碰撞保护安全功能的时序图（严重碰撞）。

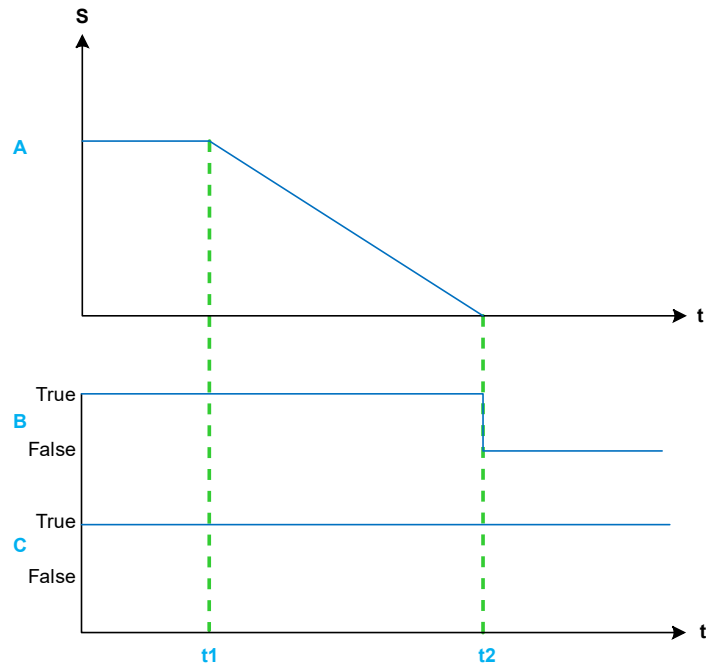


图 4-12：碰撞保护安全功能时序图（严重碰撞）

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：机器人上使能（True）或下使能（False）

C：机器人上电（True）或下电（False）

t1：检测到碰撞

t2：最大停止时间（250 ms）

4.2.8 位置监控安全功能

机器人系统具有以下几种方式限制机器人运动：

- 监测机器人各关节位置是否超过位置限制（SF4）
- 监测机器人工具姿态是否在设定的限制范围内（SF10）
- 监测机器人位置是否在设定的安全平面范围内（SF11）

以上几种限制功能可同时启用，可在 JAKA App 中配置以上安全限制，具体操作参考软件用户手册的安全设置章节。

如果机器人关节位置达到或超过关节位置限制（SF4）或机器人工具姿态达到或超过工具姿态限制（SF10），App 弹窗提示，根据 IEC 60204-1:2009，机器人执行 Cat. 1 Stop。

如果机器人位置达到或超过 TCP 位置限制（SF11），机器人根据 JAKA App 中配置的触发状态执行相应操作。

- 若配置为停止，触发安全平面后，机器人运动停止、程序终止且机器人下使能。机器人在安全区域内可以重新使能。
- 若配置为保护性停止，触发安全平面后，机器人减速直至停止，程序暂停，App 弹窗显示“安全平面保护性停止”，点击“确定”后，机器人退出保护性停止并穿过安全平面继续运动。机器人再次触发安全平面

时，再次执行保护性停止。除通过点击“确定”外，也可以通过触发安全 DI 中的“保护性停止复位输入”使机器人退出保护性停止并穿过安全平面继续运动。

- 若配置为缩减模式，触发安全平面后，机器人进入缩减模式（TCP 速度≤250 mm/s），App 弹窗提示“机器人进入缩减模式”，点击“确定”后，机器人仍处于缩减模式，待机器人返回安全平面内后退出缩减模式。

下图为位置监控安全功能的时序图（SF4，SF10，SF11 触发方式配置为停止）。

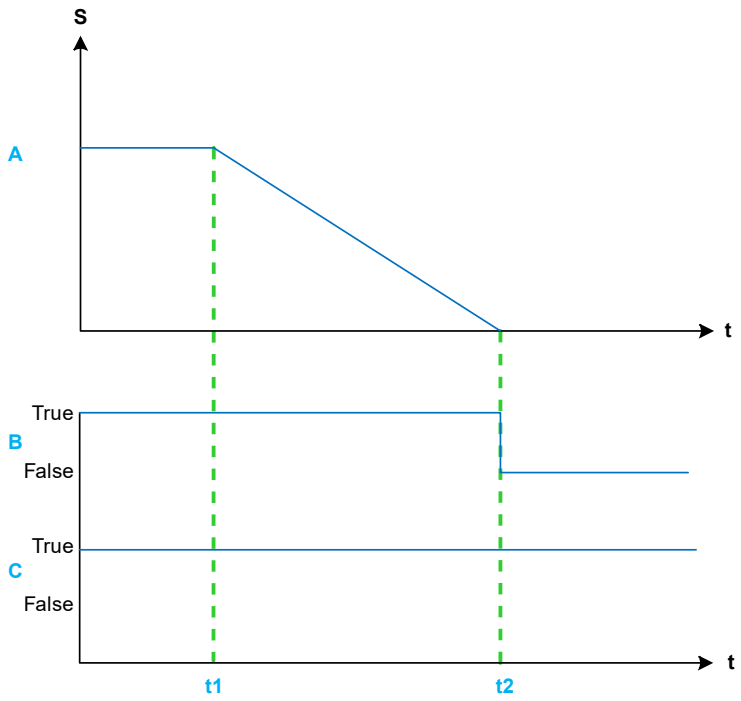


图 4-13：位置监控安全功能时序图（SF4，SF10，SF11 触发方式配置为停止）

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：机器人上使能（True）或下使能（False）

C：机器人上电（True）或下电（False）

t1：到达或超出位置限制

t2：最大停止时间（250 ms）

下图为位置监控安全功能的时序图（SF11 触发方式配置为保护性停止）。

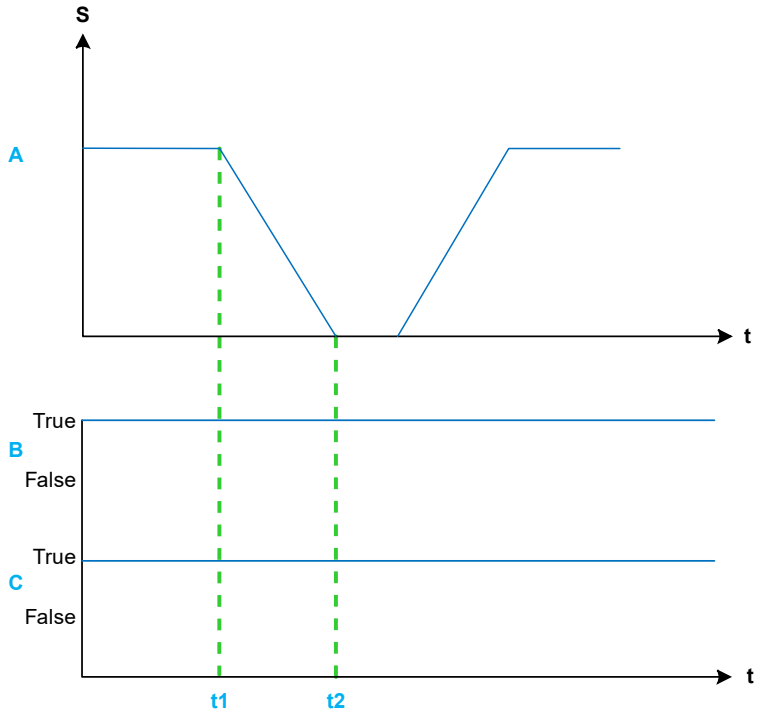


图 4-14：位置监控安全功能时序图（SF11 触发方式配置为保护性停止）

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：机器人上使能（True）或下使能（False）

C：机器人上电（True）或下电（False）

t1：到达或超出位置限制

t2：最大停止时间（250 ms）

下图为位置监控安全功能的时序图（SF11 触发方式配置为缩减模式）。

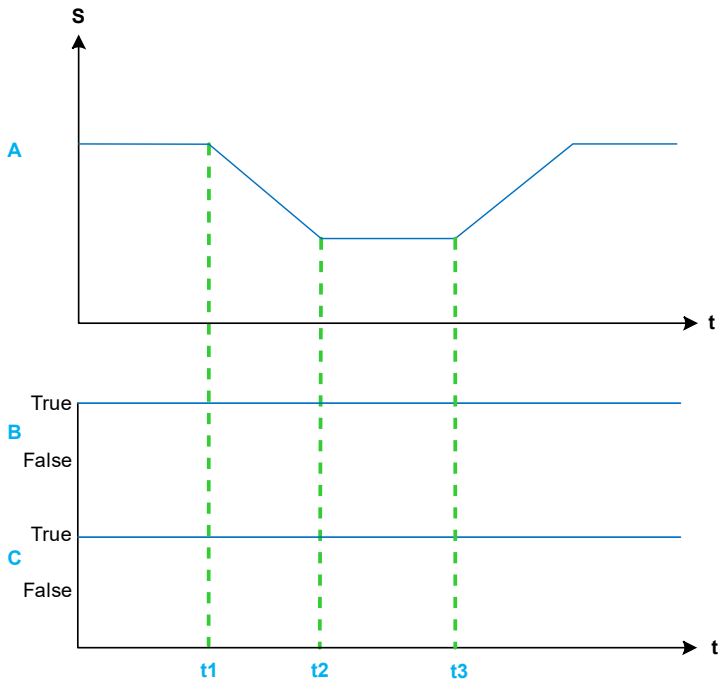


图 4-15：位置监控安全功能时序图（SF11 触发方式配置为缩减模式）

S：运动速度

t：时间

A：机器人运动速度

B：机器人上使能（True）或下使能（False）

C：机器人上电（True）或下电（False）

t1：到达或超出位置限制

t2：机器人处于缩减模式

t3：机器人退出缩减模式

4.3 输入信号冗余说明

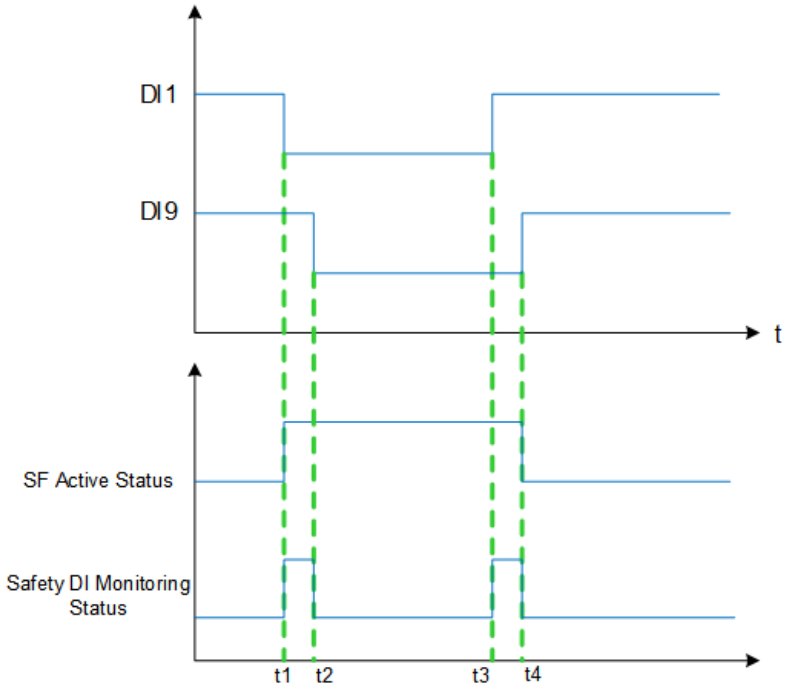


图 4-16：输入信号冗余时序图

安全数字输入信号通道均为冗余的等效输入信号，如果安全信号（以 CAB2.1 的 DI1 和 DI9 为例）中其中一路处于低电平时，安全功能被激活（t1）。

安全功能关闭退出安全状态，需要 DI1 和 DI9 在信号容差时间内皆由低电平变为高电平（上升沿）。如果 DI1 和 DI9 的信号出现差异，并且存在差异时间超过容差时间 1s，即如上图所示 t2-t1 或 t4-t3 时间超过 1s，SCB 判定安全 DI 出现故障，执行安全 DI 故障回退功能。安全 DI 故障需要在修复后通过对本体重新上电才能消除，如果故障未被清除则禁止上电。用于激活安全功能的信号必须是稳定的，否则会导致机器停止，需要重新启动。

安全 DI 故障回退功能：

- 机器人受控减速停止，停止后机器人本体下电，程序停止。
- 将出现故障的两路 DI 进行故障处理，使用低电平信号代替端口的实际输入信号，这个故障状态一直持续到用户下一次上电并且检查确认故障已经被清除后。

App 提示安全 DI 出现故障，故障修复后需重新启动机器人才能退出故障状态。

5 技术规格

5.1 机械及电气规格

5.1.1 机器人技术规格

表 5-1：机器人技术规格

型号	A5		A12		A20	
额定负载	5 kg (11 lb) / 7 kg (15.4 lb) [i]		12 kg (26.4 lb)		20 kg (44.1 lb)	
重量（含电缆）	23 kg (50.7 lb)		41 kg (90.4 lb)		68 kg (149.9 lb)	
臂展	954 mm (37.5 in)		1425 mm (55.7 in)		1780 mm (70.1 in)	
重复定位精度	±0.02 mm (±0.00079 in)		±0.03 mm (±0.00118 in)		±0.05 mm (±0.00120 in)	
自由度	6					
编程	图形化编程、拖拽编程					
示教器类型	移动终端（电脑/平板/手机）					
协作操作	根据 GB 11291.1-2011 进行协同操作					
动作范围						
关节 1	±360°				±360°	
关节 2	±360°				-85°~+265°	
关节 3	±360°				±175°	
关节 4	±360°				-85°~+265°	
关节 5	±360°				±360°	
关节 6	±360°				±360°	
关节速度						
关节 1	210 °/s		150 °/s		120 °/s	
关节 2	210 °/s		150 °/s		120 °/s	
关节 3	210 °/s		210 °/s		120 °/s	
关节 4	265 °/s [i]		210 °/s		265 °/s [i]	
关节 5	265 °/s [i]		265 °/s [i]		265 °/s [i]	
关节 6	265 °/s [i]		265 °/s [i]		265 °/s [i]	
工具端最大速度	3.5 m/s (11.5 ft/s)		4 m/s (13.1 ft/s)		5 m/s (16.4 ft/s)	
平均功率	350 W		500 W		750 W	
峰值功率	2000 W		3000 W		4000 W	
温度范围	0~50°C (32~122°F) [ii]					
湿度范围	0~90% RH，非冷凝					
IP 等级	关节 1/2/3	关节 4/5/6	关节 1/2/3/4	关节 5/6	关节 1/2/3	关节 4/5/6

型号	A5		A12		A20	
	IP54	IP67	IP54	IP67	IP54	IP67
机器人安装	任意角度安装					
工具 I/O 端口	数字输入 2 数字输出 2 模拟输入 2					
工具 I/O 电源	12/24V					
工具 I/O 尺寸	M8					
工具 I/O 线长度	400 mm (15.748 in)					
基座直径	158 mm (6.2 in)		188 mm (7.4 in)		246 mm (9.7 in)	
材质	铝合金，PC					
机器人连接线长度	6 m (236 in)					
手柄线缆长度	6 m (236 in)					

注：

i：此性能可通过软件升级实现。

ii：环境温度低于 10℃时，使用机器人前请预热，否则机器人可能会停止或运行速率较低。

5.1.2 控制柜技术规格

表 5-2：控制柜技术规格

型号	CAB7	CAB12	CAB16
搭配机型	**A5**	**A12**	**A20**
重量	15.4 kg (33.951 lb)	18 kg (39.7 lb)	
IP 等级	IP44		
控制柜 I/O 端口	16 个数字输入，16 个数字输出，2 个模拟输入或输出		
控制柜 I/O 电源	24V DC		
通信方式	TCP/IP，Modbus TCP，Modbus RTU，PROFINET（1.7 版本软件），Ethernet/IP（1.7 版本软件）		
电源	100~240VAC，50~60Hz		
控制柜电源线长度	3 m (118.1 in)		
控制柜尺寸	410*235*307 mm (W*D*H) 16.142*9.252*12.087 in (W*D*H)		
材质	喷塑碳钢板		
温度范围	0-50°C (32-122°F)		

注：

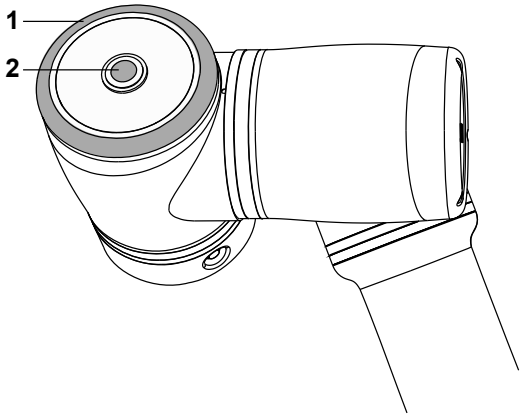
A 系列机器人默认搭配 CAB2.1 使用，MiniCab 技术规格见 JAKA MiniCab 硬件用户手册。

5.1.3 机器人按钮及接口

5.1.3.1 机器人末端灯

机器人在末端配有指示灯和暂停/恢复按钮。

环形指示灯与按钮的位置如下图所示，其颜色指示含义如下表所示。在机器人运行程序时，按下机器人末端按钮可以暂停机器人的运动，再次按下可以恢复运动。



1 环形指示灯

2 暂停/恢复按钮

图 5-1：环形指示灯

表 5-3：环形指示灯颜色定义

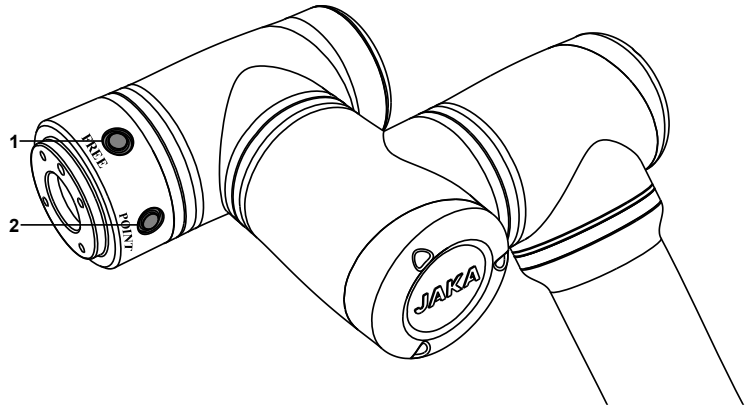
颜色	工作状态
蓝色	上电未使能
绿色	使能完成
红色	故障/保护性停止
黄色	拖拽模式
黄色快闪	暂停
黄色快闪	单步调试

警告：

末端暂停/恢复按钮的使用，需要用户充分评估可能存在的风险，机器人的突然启动和停止，可能会造成人身伤害或设备损毁。

5.1.3.2 末端法兰按钮

机器人在末端法兰侧边配有工具 I/O 接口及两个按钮，按钮分别为拖拽按钮（FREE），与记录点位按钮（POINT），如下图所示。



1 拖拽按钮

2 记录点位按钮

图 5-2：末端法兰按钮

当拖拽按钮按下，机器人进入拖拽示教模式，在此模式下，用户可以直接拖动机器人至期望点。

记录点位按钮需配合机器人操作软件 JAKA App 使用，当记录点位按钮按下时，操作软件会记录相应的位置（具体操作见 JAKA App 软件用户手册）。

警告：

拖拽按钮的使用，需要用户充分评估可能存在的风险，必须确保正确地设置了机器人的安装姿态、末端负载与 TCP 等参数，否则可能造成人身伤害或设备损毁。

5.1.4 机器人旋转方向

机器人旋转角度见 5.1.1 机器人技术规格，旋转方向如下图。

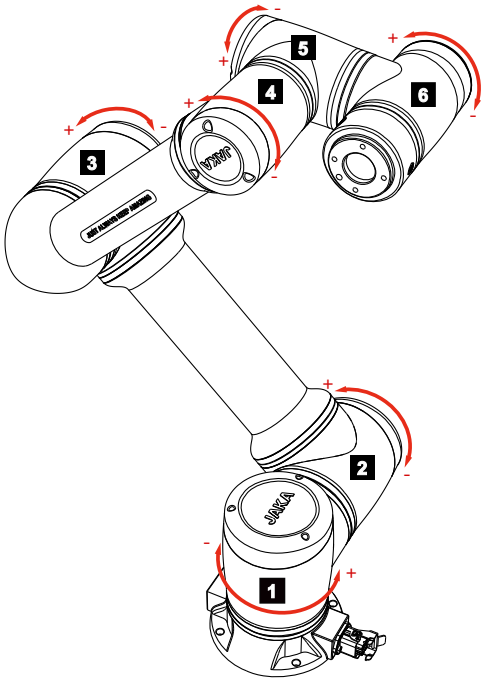


图 5-3：A5, A20 机器人旋转方向

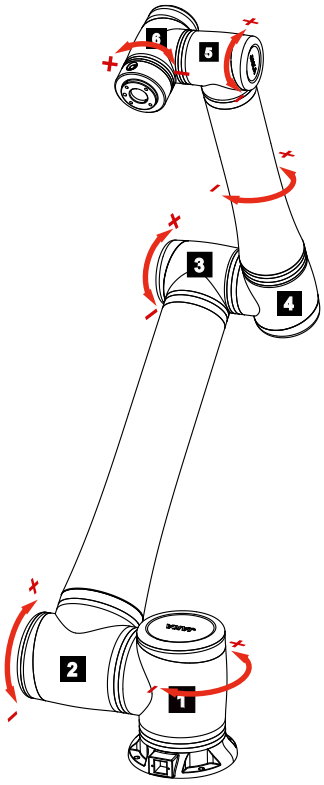


图 5-4：A12 机器人旋转方向

5.1.5 机器人奇异点

奇异点是以笛卡尔空间描述机器人位置的一些固有点位，对关节运动无影响。遇到奇异点时，首先考虑该运动是否可以使用关节运动。其次，若在机器人运动路径中间遇到奇异点，可以修改机器人运动路径以绕过奇异点。此外，也可以通过改变机器人安装位置或末端工具安装尺寸的方式，改变笛卡尔点位在机器人关节空间下的描述。

当机器人处于奇异点时，会产生以下影响：

- 在奇异点，机器人会缺失一个或多个方向的运动能力。
- 在奇异点附近，机器人无法找到一组合适的关节角度使 TCP 到达期望位置。
- 在奇异点附近，机器人需要较大的关节速度以达到期望的 TCP 速度。
- 奇异点附近的剧烈运动容易引发意外状况并缩短机器人关节寿命。

A5 和 A20 存在三种类型的奇异点，分别为肩部奇异、肘部奇异和腕部奇异。奇异点描述及避免方式如下：

肩部奇异：5、6 关节轴线交点位于 1、2 关节轴线所在平面上时，机器人处于肩部奇异。

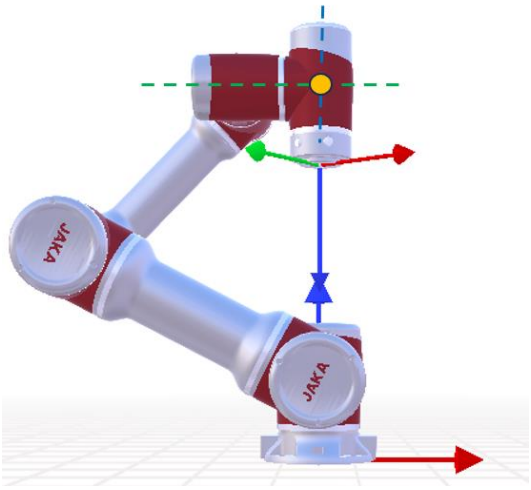


图 5-5：A5, A20 肩部奇异姿态

避免肩部奇异方式：

- 避免机器人末端法兰中心点位于机器人基座正上方。机器人正上方存在末端法兰中心无法到达的位置，且在靠近过程中易出现肩部奇异。
- 避免两个点的 1 关节相差 180°左右时使用直线运动。两个点的 1 关节值相差 180°左右时，有较大概率出现肩部奇异。此时需要使用关节运动，或在肩部奇异范围之外设置中间过渡点。

肘部奇异：2、3、4 关节共面时或关节 3 为 0°时，机器人处于肘部奇异。

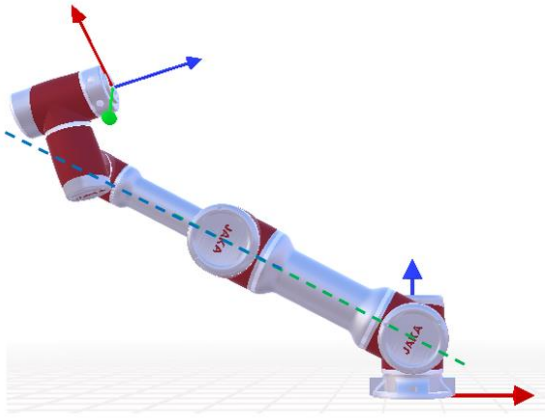


图 5-6：A5, A20 肘部奇异姿态

避免肘部奇异方式：

- 机器人出现肘部奇异时说明目标位置已经接近机器人工作范围极限。此时需调整机器人安装位置或延长末端工具长度。

腕部奇异：4、6 关节共线时或者当关节 5 为 0°时，机器人处于腕部奇异。

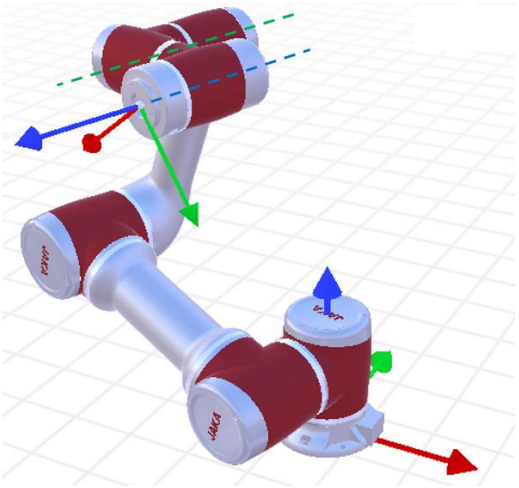


图 5-7：A5, A20 腕部奇异姿态

避免腕部奇异方式：

- 机器人腕部奇异通常出现在有姿态变化的运动中，因此在姿态变化较大的情况下应优先使用关节运动，尽量避免使用直线运动、圆弧运动等笛卡尔运动。

由于构型的差异，A12 的奇异点不同于 A5 和 A20。由于 A12 奇异点位置分散，无法一一列举，下图为典型的奇异点姿态，具体姿态以 JAKA App 上的奇异点提示为准。

1. 5、6 关节临近 1、2 关节轴线所在平面上时，机器人接近奇异点。

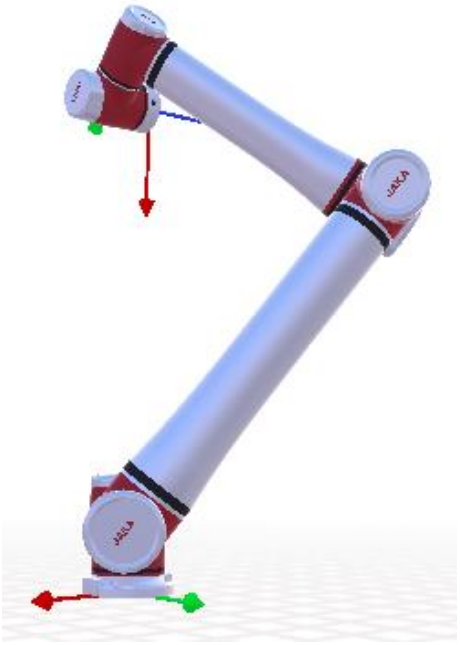


图 5-8：A12 一类奇异姿态

避免方式：

- 避免机器人末端法兰中心点位于机器人基座正上方附近。机器人正上方存在末端法兰中心无法到达的位置，且在靠近过程中易出现奇异。
- 避免两个点的 1 关节相差 180°左右时使用直线运动。两个点的 1 关节值相差 180°左右时，有较大概率出现奇异。此时需要使用关节运动，或在奇异范围之外设置中间过渡点。

2. 2、3、4 关节轴线临近共面时，机器人接近奇异点。

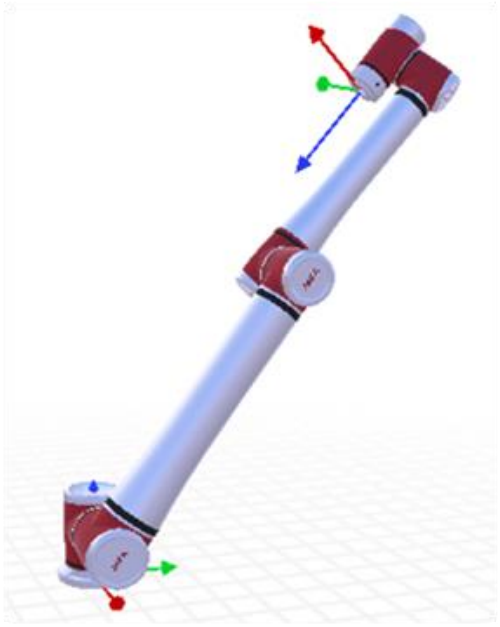


图 5-9：A12 二类奇异姿态

避免方式：

- 机器人出现奇异时说明目标位置已经接近机器人工作范围极限。此时需调整机器人安装位置或延长末端工具长度。

3. 4、6 关节临近共面时，机器人接近奇异点。

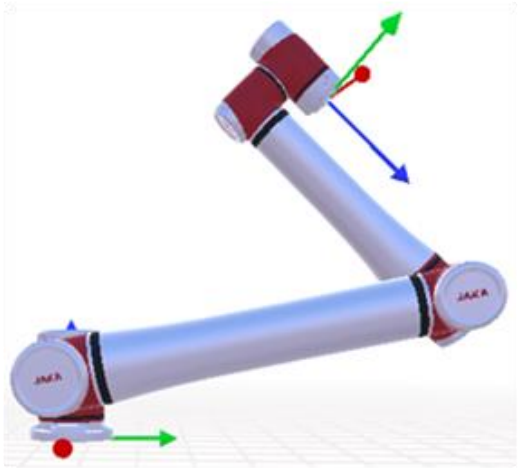


图 5-10：A12 三类奇异姿态

避免方式：

- 机器人奇异通常出现在有姿态变化的运动中，因此在姿态变化较大的情况下应优先使用关节运动，尽量避免使用直线运动、圆弧运动等笛卡尔运动。

5.1.6 IPC 配置

控制柜内有一 IPC 板，其规格如下表。

表 5-4：IPC 板规格

CPU	Intel(R) Celeron(R) CPU J1900 1.99GHz
内存	DDR3L 2G
硬盘	64G
计算机接口	USB3.0*1、USB2.0*3、Ethernet*2、VGA*1、HDMI*1

5.1.7 手柄说明

JAKA 机器人配备按键手柄，可以控制机器人及控制柜。手柄按键功能描述如下：

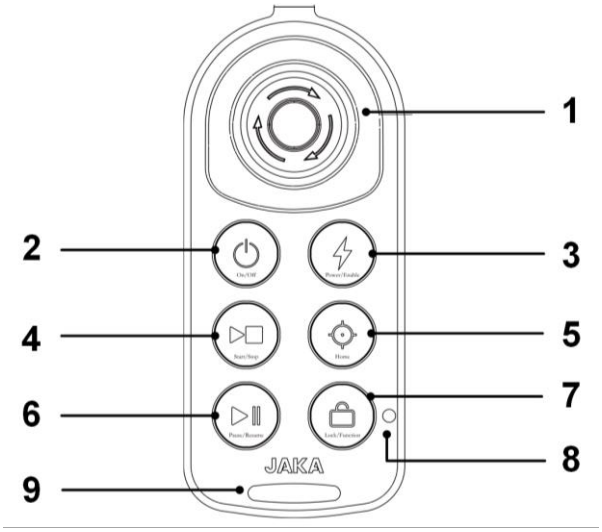


图 5-11：手柄按钮

表 5-5：手柄功能描述

	名称	描述
1	**急停按钮**	**急停用**。注意：急停按钮仅作为紧急情况下使用，不可作为一般的关电设备使用。
2	**开关按钮**	**开机：**短按 1s 开关按钮后松开，蜂鸣器响，控制柜开机。 **关机：**长按开关按钮 3s 以上，手柄蜂鸣 6~7 次，控制柜关机。
3	**使能按钮**	**机器人上电：**机器人电源未打开情况下，短按使能按钮，等待机器人末端指示灯变为蓝色，机器人上电。 **机器人下电：**机器人电源打开情况下，短按使能按钮，等待机器人末端指示灯熄灭，机器人下电。

	名称	描述
		机器人上使能：电源打开情况下，先按住锁定按钮，再同时按使能按钮，机器人末端指示灯变为绿色，机器人上使能。 **机器人下使能：**机器人使能情况下，先按住锁定按钮，再同时按使能按钮。机器人末端指示灯变为蓝色，机器人下使能。
4	启动/停止按钮	**开始程序运行：**短按按钮，启动加载的默认程序，运行到程序的初始位置后，执行默认程序。 **终止程序运行：**机器人运行程序中，短按终止程序运行。
5	复位按钮	**复位：**机器人使能后，在非运行程序过程时，长按控制机器人运行到 JAKA App 设置的初始姿态。当程序运行到此位置时，再次按住按钮，锁定提示灯为蓝色呼吸。
6	暂停/恢复按钮	**暂停：**机器人自动运行过程中，按下暂停程序执行。 **恢复：**机器处于暂停状态，按下恢复程序执行。
7	锁定按钮	**锁定手柄：**长按锁定按钮 3s，锁定提示灯为橙色呼吸。 **解锁手柄：**长按锁定按钮 3s，锁定提示灯熄灭。 **组合功能：**其它按按钮与锁定按钮可搭配使用。
8	锁定提示灯	**锁定状态：**处于锁定状态时，锁定提示灯橙色呼吸。手柄处于锁定状态时，除锁定与开关按钮之外，其它按钮无效。可以通过 App 对机器人进行控制。 **解锁状态：**处于解锁状态时，灯熄灭，可使用手柄。App 界面灰色，不能使用 App 再对机器人进行任何控制。
9	手柄指示灯	控制柜上电过程中，手柄上的指示灯会以红、蓝、绿三种颜色交替闪烁，并发出三声蜂鸣提示，随后指示灯变为橙色，等待工控机启动。启动后，手柄指示灯呈现蓝色闪烁。 机器人上电后，手柄指示灯呈现蓝色闪烁。 机器人上使能后，手柄指示灯呈现绿色闪烁。 机器人处于急停和保护性停止状态时，手柄指示灯呈现红色闪烁。

注：

- 当控制柜完成上电后，按下任何按键，手柄会以每秒 2 次的频率蜂鸣。
- 使用手柄操作机器人时，请确保所操作的机器人在视线范围之内，并遵循相关安全守则，防止对机器人周边人员或设备造成伤害。

5.2 机械尺寸

5.2.1 机器人尺寸

5.2.1.1 机器人外形尺寸

A 系列机器人的外形尺寸如下图所示。在安装时务必考虑到机器人的运动范围，以免伤害周围人员和设备。

1. A5 外形尺寸图

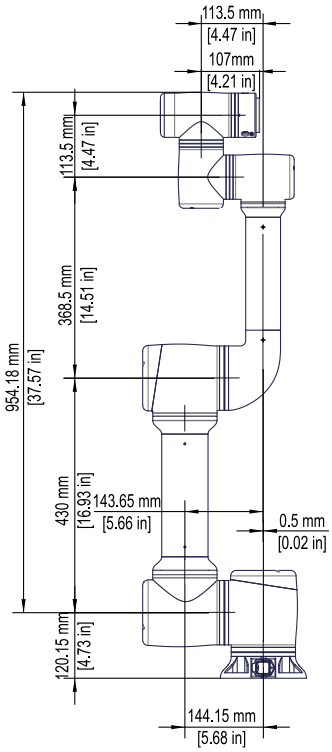


图 5-12：A5 外形尺寸图

2. A12 外形尺寸图

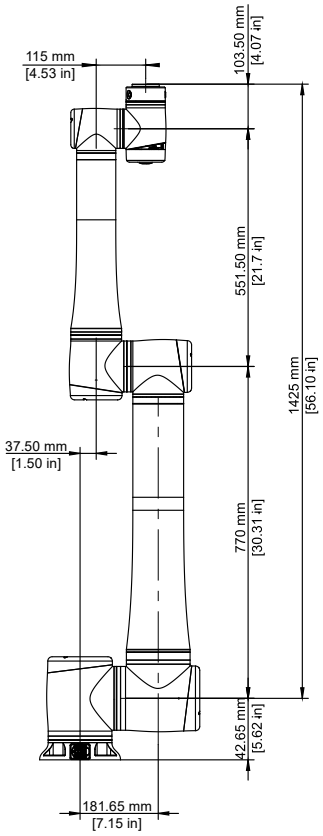


图 5-13：A12 外形尺寸图

3. A20 外形尺寸图

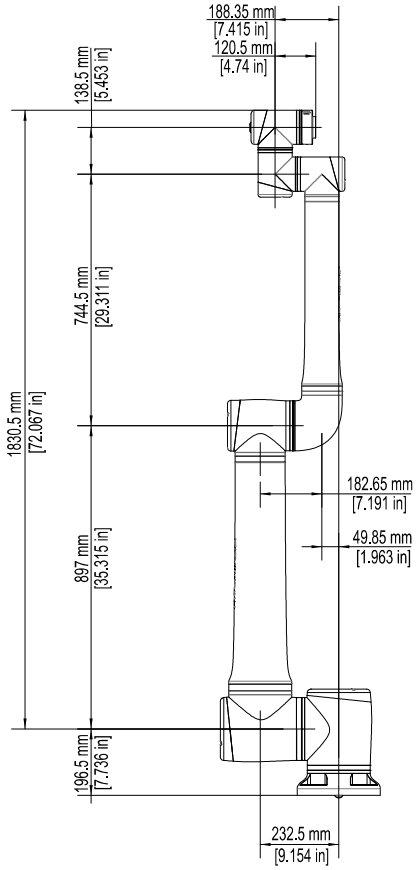


图 5-14：A20 外形尺寸图

5.2.1.2 机器人工作空间

A系列机器人的工作空间如下图所示，选择机器人安装位置时，必须考虑机器人正上方和正下方的圆柱体空间，尽可能避免机器人末端移动到此空间内。因为在此区域内，机器人临近奇异点，此时即使机器人末端笛卡尔空间运动较慢，也会导致关节运动过快。从而导致机器人工作效率低下，风险评估难以进行。

1. A5 工作空间

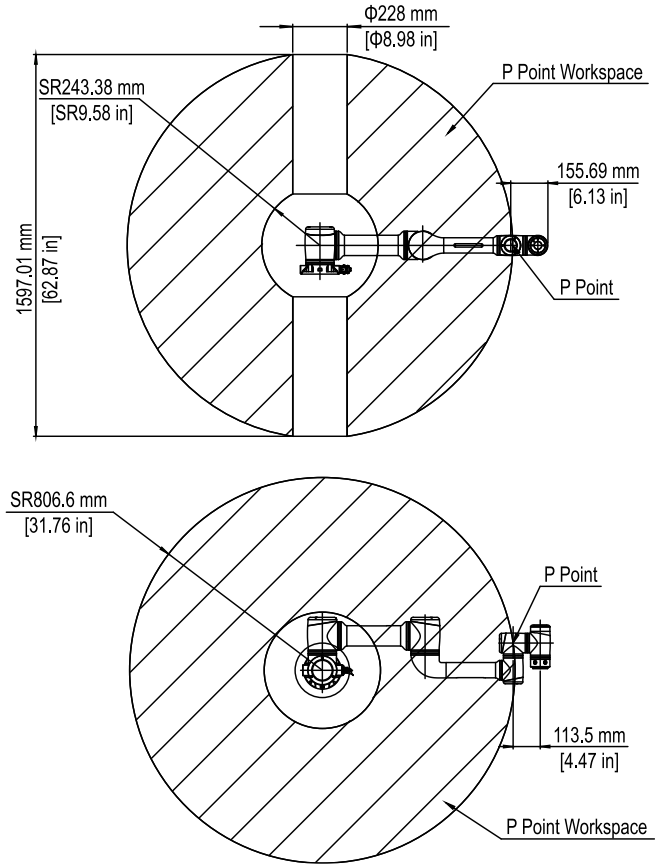


图 5-15：A5 工作空间

2. A12 工作空间

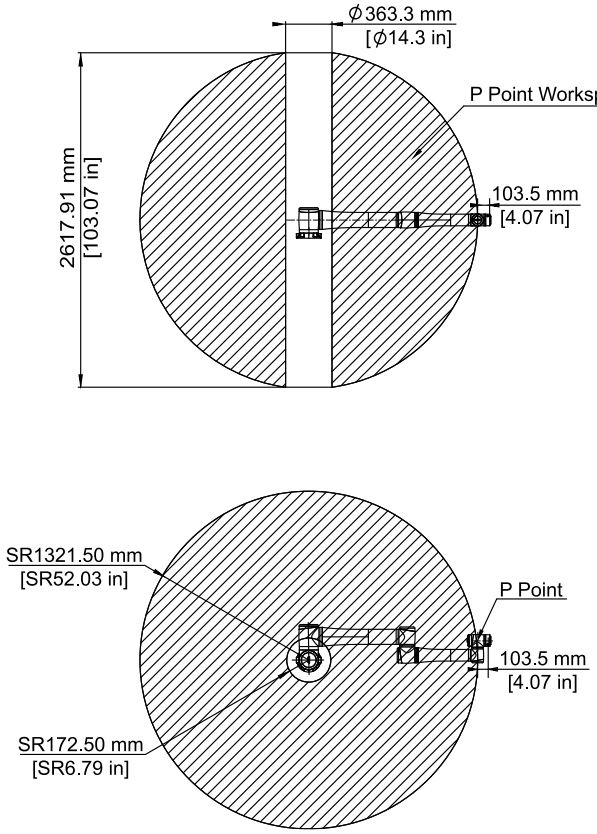


图 5-16：A12 工作空间

3. A20 工作空间

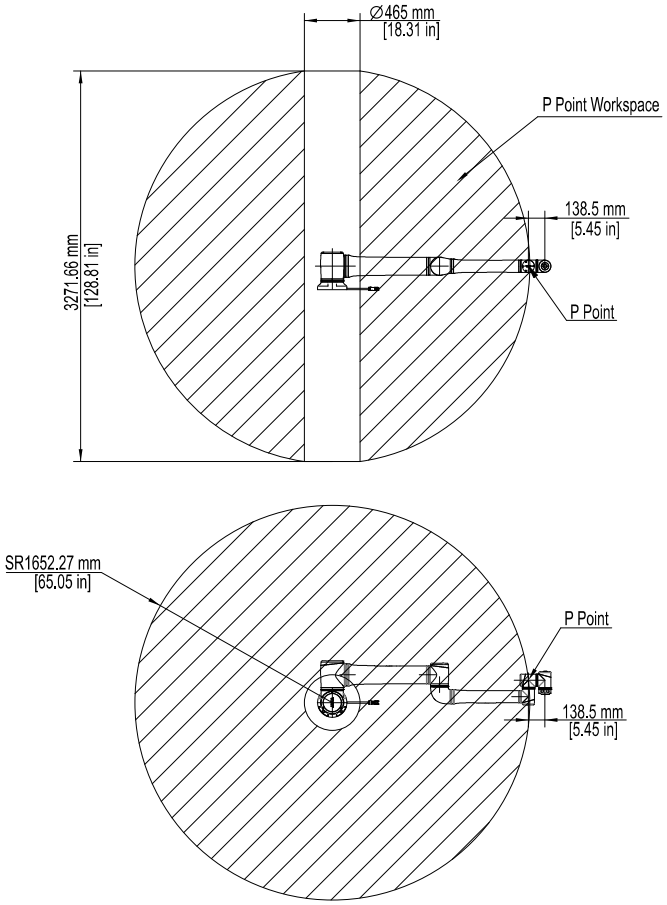


图 5-17：A20 工作空间

5.2.2 控制柜尺寸

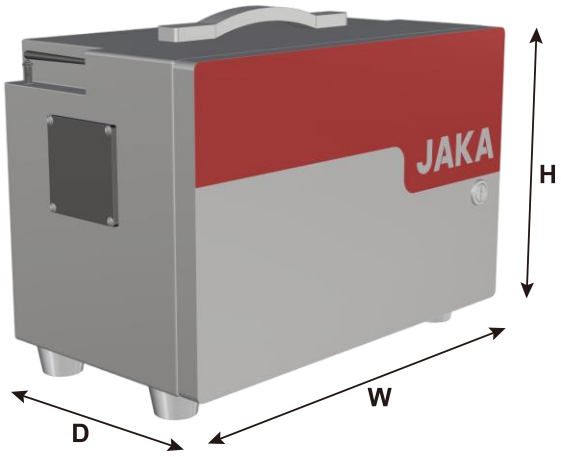


图 5-18：控制柜长宽高图示

表 5-6：控制柜长宽高数据

尺寸	描述	数据	单位
W	宽度	410 (16.14)	mm (in)

尺寸	描述	数据	单位
H	高度	307 (12.09)	mm (in)
D	深度	235 (9.25)	mm (in)

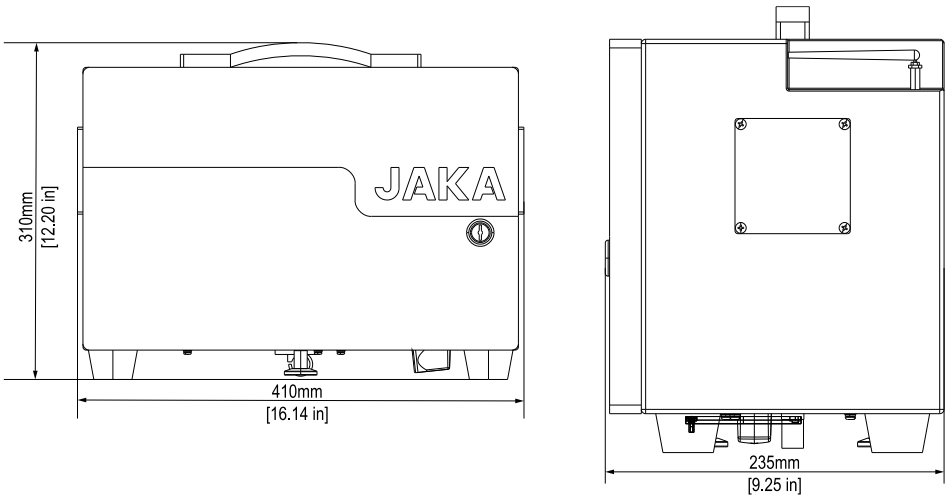


图 5-19：控制柜外形尺寸

5.3 性能规格

5.3.1 机器人有效负载

机器人最大有效负载与重心偏置有关，重心偏置的多少受机器人末端法兰中心到负载质心的距离影响。下图为负载与重心偏置的关系图：

- X 轴：负载偏置距离
- Y 轴：负载

1. A5 负载偏心图

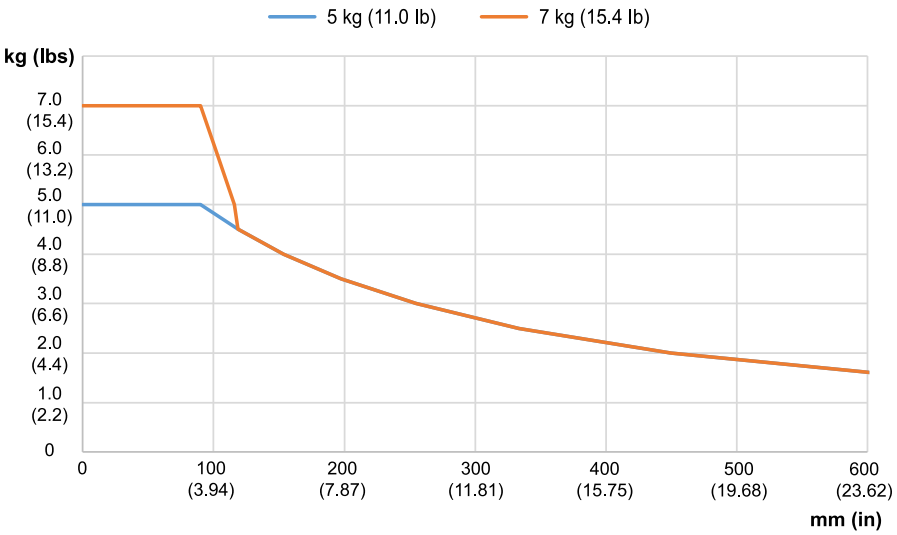


图 5-20：A5 负载偏心图

2. A12 负载偏心图

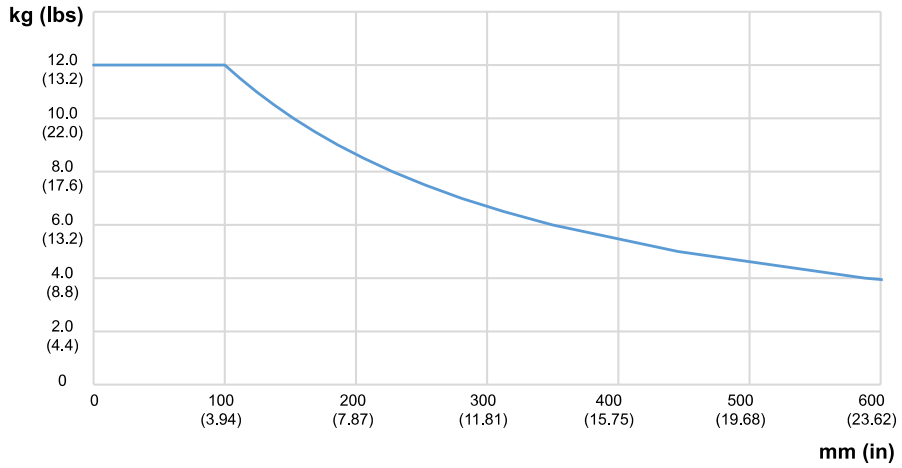


图 5-21：A12 负载偏心图

3. A20 负载偏心图

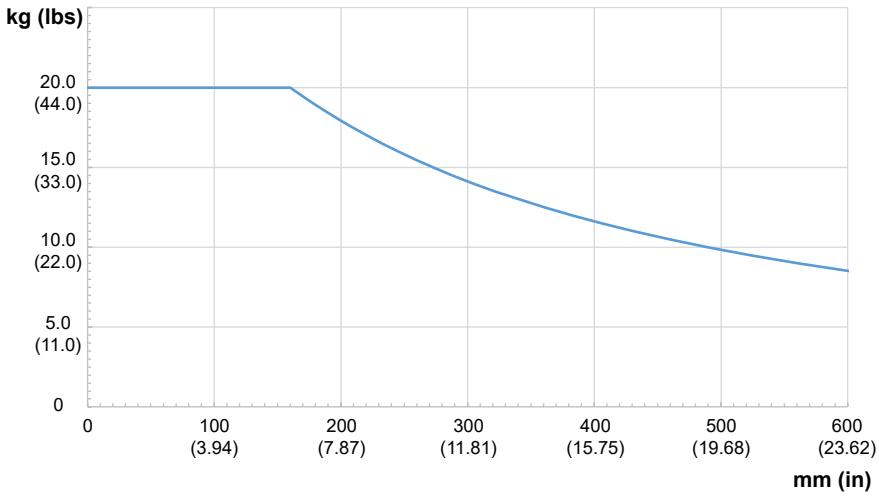


图 5-22：A20 负载偏心图

注：

偏置距离指负载质心到机器人末端法兰面中心点的距离。

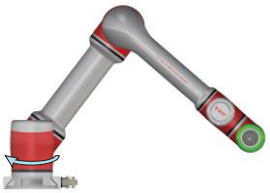
5.3.2 安全停止时间和停止距离

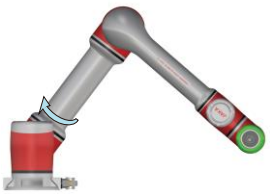
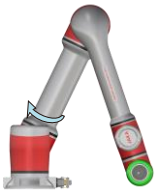
JAKA 机器人测试了自接收停止信号至完全停止的时间，包括不同臂展及运行速度下的数据（依据 ISO 10218-1 标准执行测试）。

安全停止时间是指从紧急停止按钮被按下或某一安全防护功能被触发到机器人运动停止所需的时间；停止距离则指在安全停止时间内机器人末端移动的距离。其中，紧急停止按钮被按下属于停止类别 1（Cat. 1），触发安全防护功能属于停止类别 2（Cat. 2）。在此时间段内，机器人仍在运动，具有对人体或其他设备造成伤害的可能性，因此使用人员、集成商在风险评估时应将此时间和距离考虑在内。

测试条件如下：

- 速度：100%，66%，33%；
- 臂展：100%，66%，33%；

	100%臂展	66%臂展	33%臂展
关节 1			

	100%臂展	66%臂展	33%臂展
关节 2			

	100%臂展
关节 3	

- 负载：见表 5-7。

表 5-7：停止时间和距离测试负载

型号	负载
A5	5 kg (11 lb)，7 kg (15.4 lb)
A12	12 kg (26.4 lb)
A20	20 kg (44.1 lb)

触发停止类别 1 和停止类别 2 的距离和时间见附录 一：停止时间及停止距离。

警告：

关节内部制动器失效风险：

- 进行风险评估时，需考虑关节内部制动器可能发生故障。
- 需注意，JAKA 机器人关节内部制动器仅能承受有限次数的制动操作。

未遵循上述说明可能导致人员死亡、重伤或设备损坏。

若控制系统发生供电中断，制动器将启动，但机器人机械装置可能偏离预定轨迹。

警告：

机器人偏离预定轨迹的风险：

- 使用 24V 电源缓冲装置（UPS），通过利用存储的残余机械能与电能，实现符合停止类别 1 的受控停止。
- 机器人沿运动轨迹同步停止，避免与障碍物发生碰撞。
- 执行风险评估时，需评估机器人运行路径的周边区域。

未遵循上述说明可能导致人员死亡、重伤或设备损坏。

5.3.3 机器人基座可承受力和转矩

下图为机器人基座应力的方向。

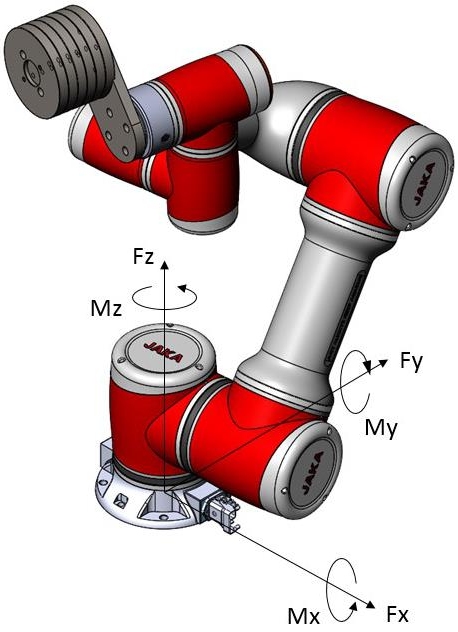


图 5-23：机器人基座力和转矩方向

Fx：X 方向上的力　　Mx：X 方向上的弯曲转矩

Fy：Y 方向上的力　　My：Y 方向上的弯曲转矩

Fz：Z 方向上的力　　Mz：Z 方向上的弯曲转矩

下表为机器人基座各方向可承受的最大力和转矩。

表 5-8：机器人基座可承受最大力和转矩

	A5	A12	A20
Fx	470 N（105.7 lbf）	1300 N（292.3 lbf）	1600 N（359.7 lbf）
Fy	470 N（105.7 lbf）	1300 N（292.3 lbf）	1600 N（359.7 lbf）

	A5	A12	A20
Fz	490 N（110.2 lbf）	1100 N（247.3 lbf）	1600 N（359.7 lbf）
Mx	490 Nm（4336.9 lbf·in）	1700 Nm（15046.3 lbf·in）	2000 Nm（17701.5 lbf·in）
My	490 Nm（4336.9 lbf·in）	1700 Nm（15046.3 lbf·in）	2000 Nm（17701.5 lbf·in）
Mz	400 Nm（3540.3 lbf·in）	1500 Nm（13276.1 lbf·in）	2000 Nm（17701.5 lbf·in）

注意：

上表中的力和转矩为机器人可承受的最大值。这些值无法在同时达到最大！

5.3.4 机器人法兰可承受扭矩

下表为机器人末端法兰可承受最大扭矩。

表 5-9：机器人末端法兰可承受最大扭矩

机型	A5	A12	A20
扭矩	34 Nm（300.9 lbf·in）	66 Nm（584.1 lbf·in）	102 Nm（902.8 lbf·in）

6 运输及调试

在阅读本章前，请确保您已经详细阅读并充分理解 2 安全规范。

本章将快速介绍 JAKA 机器人的基本组件与使用方法，作为对机器人的初步了解。详细的机械电气规格请参考其它章节。

在使用过程中，如果您需要快速帮助，请拨打我们的快速咨询热线：**400-006-2665**。

6.1 快速入门

下表为机器人使用步骤简述：

表 6-1：快速入门操作步骤

序号	分类	操作	参考
1	机器人安装	拆开机器人包装 **注：** 如后续有再次运输需求，请务必保存好原包装。	
2		将机器人从包装中取出	请参阅 6.3 拆包
3		将机器人运送至安装位置	请参阅 6.4 搬运
4		将其固定在平台或基座上	请参阅 6.6.2 机器人本体安装
5		将工具固定在机器人末端（如有）	请参阅 6.10.3 安装末端执行器
6	控制柜安装	拆开控制柜包装	请参阅 6.3 拆包
7		将控制柜从包装取出，并运送到机器人安装位置附近 **注：** 机器人连接线为 6 m（236.220 in），控制柜与机器人距离应小于此长度。	请参阅 6.6.3 控制柜安装
8	线缆连接	依次连接机器人连接线、控制柜电源线、手柄线、网线（如需）、TIO 线（如需）	请参阅 • 6.7.1 机器人连接线接口 • 6.8.2 控制柜底面板接口 • 6.7.2 工具 I/O 接口
9		拨动控制柜底部船型开关，打开电源开关	请参阅 6.8.2 控制柜底面板接口
10		默认状态下，手柄急停按钮处于松开状态，如果手柄急停按钮被按下，松开急停按钮。	请参阅 5.1.7 手柄说明
11	连接机器人	使用手柄开启控制柜、机器人	请参阅 6.9.1 机器人上下使能
12		使用移动设备连接机器人	请参阅 JAKA App 软件用户手册

13	供电电压配置	若控制柜的供电环境非 220V，在连接机器人后，请立即在 JAKA App 中将控制柜供电选项配置为“其他”。	请参阅 JAKA App 软件用户手册
14	配置机器人	在软件上设置机器人安装姿态、负载、碰撞灵敏度	请参阅 JAKA App 软件用户手册
15	控制机器人	按住机器人末端 FREE 按钮或在 JAKA App 手动控制界面或编程控制界面控制机器人运动	请参阅 • 5.1.3.2 末端法兰按钮 • JAKA App 软件用户手册

6.2 运输及保存

6.2.1 运输条件

机器人运输时需要使用原包装，因此如果有运输需求，请务必保存好原包装。

机器人吊装时，应采取相应措施进行定位，避免产生意外运动造成损伤。操作步骤参考 6.5 吊起。

从机器人的包装中将机器人移至安装位置时，应由至少 2 人同时扶住机器人直至机器人基座的所有螺钉全部紧固完成。

警告：

- 确保抬升设备时作业人员背部或身体其他部位不会过分负重。使用适当的抬升设备。JAKA 不对设备运输过程中产生的损害负责。
- 请遵守各地区及国家有关搬运法规。
- 确保安装机器人时严格遵守安装指示。

注意：

如果运输机器人时未使用其原始包装，所有保修都将失效。

6.2.2 保存条件

1. 保存温度：-10~50℃（14~122℉）

长期保存时，为了维持其可靠性，建议将温度维持在 25±10℃（59~95℉）内。请避免急剧的温度变化（10℃/h（50℉/h）以上）。

2. 保存湿度：20~85% RH

长期保存时，为了维持其可靠性，建议将湿度维持在 45~65%内。保存时避免结露或发霉。

3. 防静电

保存在极端干燥的状况下容易产生静电，静电放电时的冲击可能破坏半导体。请放入防静电袋中保存。

4. 其他环境条件

请保存在不会产生有毒气体、污垢、尘埃较少的环境中。保存期间请勿在其上面放置重物。

6.3 拆包

下图为 JAKA 机器人和控制柜的包装箱示意图。



图 6-1：机器人或控制柜外包装箱

1. 打开机器人最外层的包装箱上盖。
2. 取出包装箱内部的上层打包材料。
3. 检查机器人和控制柜有无运输损坏。

6.4 搬运

下表为机器人的打包姿态关节角度值，可在 JAKA App 中将机器人一键恢复至此姿态。推荐在此姿态下运输机器人。

表 6-2：A5，A20 搬运姿态关节角度

关节一	关节二	关节三	关节四	关节五	关节六
-90°	0°	152°	120°	0°	0°

表 6-3：A12 搬运姿态关节角度

关节一	关节二	关节三	关节四	关节五	关节六
0°	90°	180°	–180°	180°	90°

搬运机器人时，至少需要两人提起和固定机器人。一人双手抱住机器人关节二与大臂连接处，另外一人一手托住关节三与大臂连接处，一手托住关节三与小管壁连接处，如下图所示。

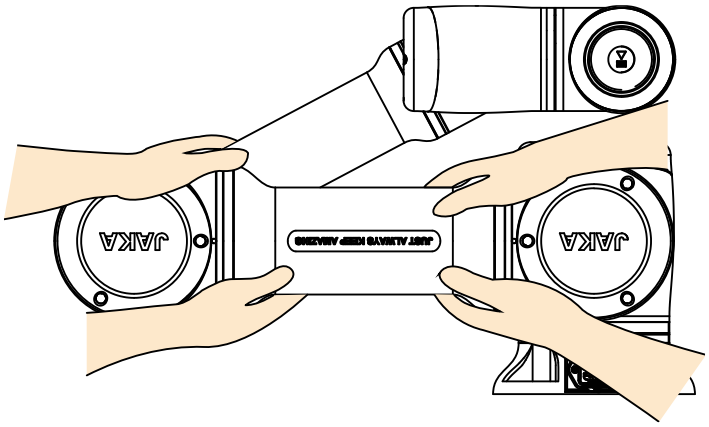


图 6-2：正确搬运方式

严禁通过抓住机器人小臂或关节四、五、六将机器人提起，如下图所示。机器人内部结构会因此受损。

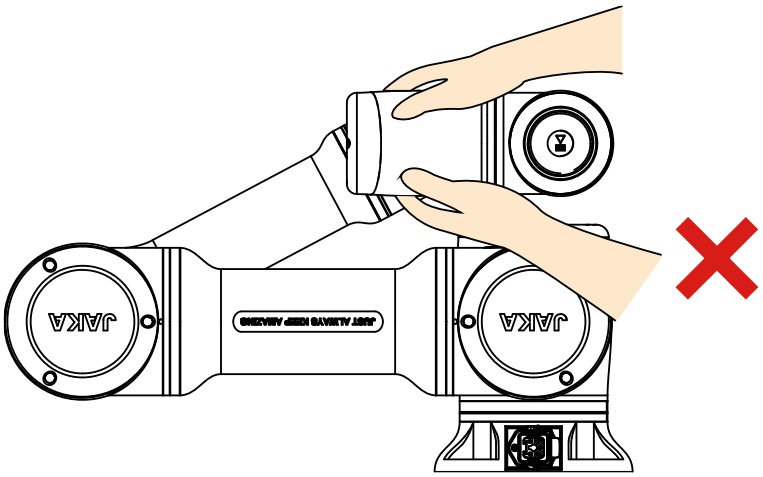


图 6-3：错误搬运方式

控制柜上方有一黑色提手，握住此提手搬运控制柜即可。

6.5 吊起

固定机器人前，需将其移动至合适的位置，对于 A12 和 A20 质量较大的机器人，应使用吊起设备。下图为不同安装方式对应的机器人吊起姿态，请按下图示意吊起机器人。

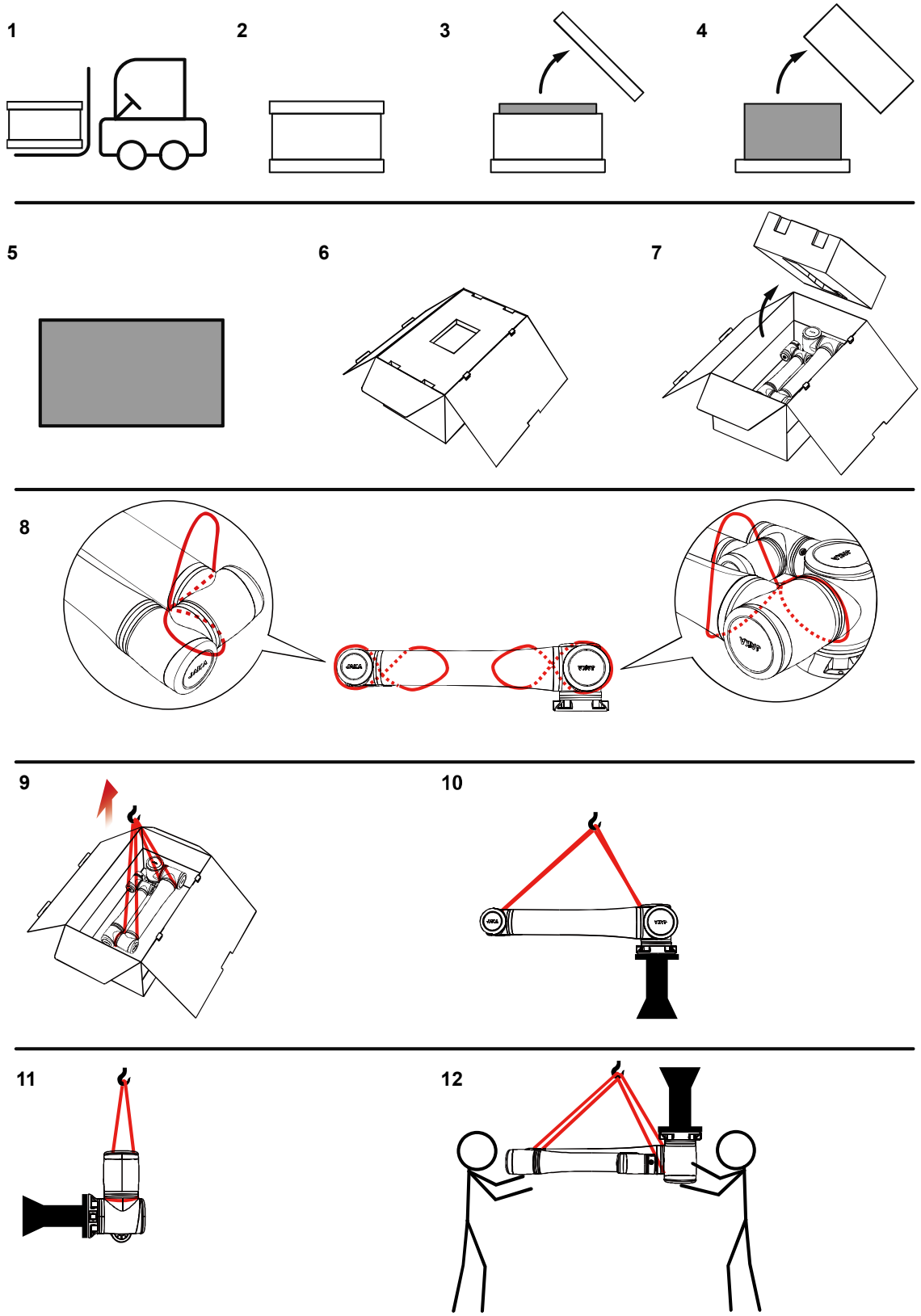


图 6-4：吊装步骤图示

表 6-4：吊装步骤描述

	描述	操作	参考
1	运输		6.2.1 运输
2-7	开箱	取下外部泡棉，拆开纸箱，取出内部泡棉。	
8-9	使用吊索从包装箱中取出机器人	机器人保持打包姿态，取 2 根吊绳，一根吊绳一端位于关节三和小臂连接处，并在此位置交叉吊绳，另一端位于关节三和大臂连接处。另外一根吊绳一端位于关节一和关节二连接处，并在此位置交叉吊绳，另一端位于关节二和大臂连接处。 放置好吊绳后，使用吊索提起 2 根吊绳。	图 6-4
10	正装	将机器人固定至安装平面。	6.6.2 机器人本体安装
11	侧装	调整机器人位置，并将机器人固定至安装平面。	
12	倒装	将机器人固定至安装平面。	

使用的吊索应满足以下标准：

BS EN 1492-1 :2000+A1 :2008 纺织吊索 - 安全 - 扁平织带吊索，由人造纤维制成，用于一般用途。

BS EN 1492-2 :2000+A1 :2008 纺织吊索 - 安全 - 圆形吊索，由人造纤维制成，用于一般用途。

吊索承重能力不低于 800 kg（1763.70 lb），长度不短于 2 m（78.74 in）。

警告：

- 每次使用吊索前后请仔细检查吊索以确保安全。
- 如果吊索破裂、撕裂或缝线松动，请勿使用。
- 如果吊索有热损坏的迹象，请勿使用。
- 使用吊索时，避免吊索与锋利的边缘接触。
- 吊起机器人时，人员不得处于吊索和机器人下方。

6.6 组装与安装

6.6.1 重要安全说明

警告：

- 确保机器人本体正确并安全地安装到位。
- 安装表面必须是防震的，并有足够的承载能力。

警告：

- 确保末端执行器正确并安全地安装到位。
- 确保工具安全，不会有零件意外坠落造成危险。

警告：

- 确保控制柜和线缆不接触液体，潮湿的控制柜可导致人员触电危险甚至死亡。
- 控制柜不得暴露在灰尘或潮湿程度超出 IP44 等级的环境下，密切注意存在导电灰尘的环境。

警告：

如果机器人泡在水中超过一定时间，则可能会被损坏。机器人不应安装在水中或潮湿环境中。

6.6.2 机器人本体安装

机器人可以 360°任意位姿安装，支持吊装、侧装等多种安装方式。几种典型的安装方式如下图所示：

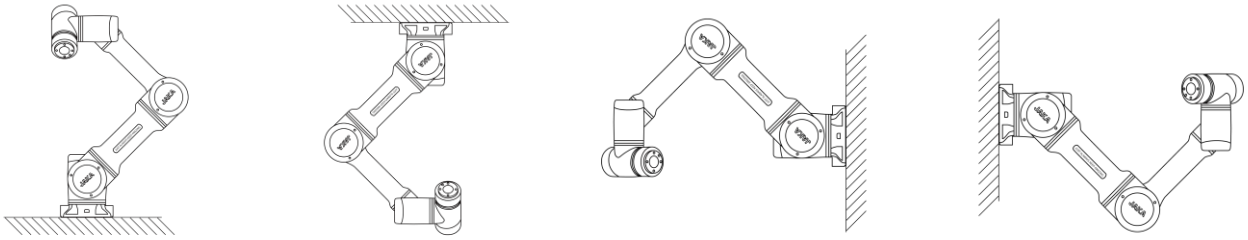


图 6-5：机器人安装方式

1. 正装
2. 倒装

3-4. 侧装

6.6.2.1 安装平面要求

机器人应安装在坚固的安装平面上。该平面不仅需要承受下表所述的扭矩，还应具备足够的刚度，以防止因形变或振动导致工具中心点（TCP）出现显著偏差，建议机器人的安装平面厚度至少为 20 mm（0.787 in），且材质为钢。此外，尽量避免将机器人本体直接安装在空箱上，这样容易引起共振，发出异响。如果机器人安装在线性轴或活动的平台上，则安装基座的加速度应很低，因为高加速度会导致机器人误报碰撞而停止运行。
请注意机器人在正常运行时安装平面需承受的扭矩。

表 6-5：安装平面可承受扭矩

机型	安装平面可承受扭矩
A5	3000 Nm (26552.2 lbf·in)
A12	3800 Nm (33632.8 lbf·in)
A20	10400 Nm (92047.7 lbf·in)

警告：

在安装机器人过程中，不可连接电源。

注意：

- 不同角度安装机器人时，必须在软件中更新安装角度，具体操作见 JAKA App 软件用户手册。
- 机器人本体的安装孔有生锈或有痕迹为正常现象，JAKA 机器人本体在出厂前需要进行一系列性能测试，因此安装孔内会有痕迹，此现象非质量问题，不影响使用。
- 如果未牢固地将机器人固定在基座上，则机器人的机械结构可能不稳定，而且可能会造成翻倒。
- 倒装或侧装时，应保证安装平面的刚性和稳定性，将机器人安装在强度和刚性不足的墙面或天花板上非常危险，可能会由于机器人振动或跌落导致重伤或机器人系统重大损害。
- 机器人要使用在与其 IP 等级相匹配的环境中，有助于减少故障且延长机器人的使用寿命。

6.6.2.2 机器人基座尺寸

下图为机器人基座的安装尺寸图。

1. A5 基座安装尺寸图

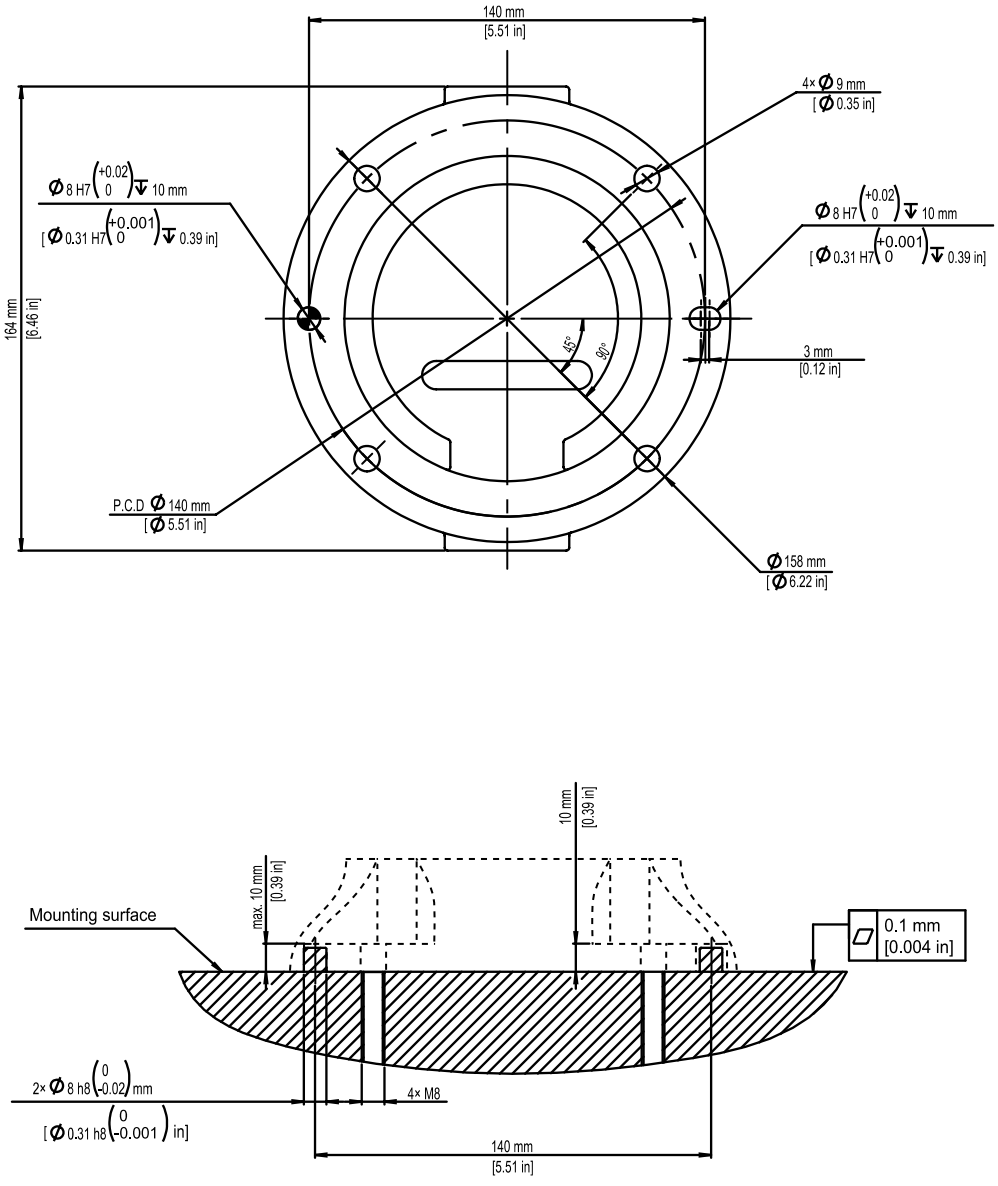


图 6-6：A5 基座安装尺寸图

2. A12 基座安装尺寸图

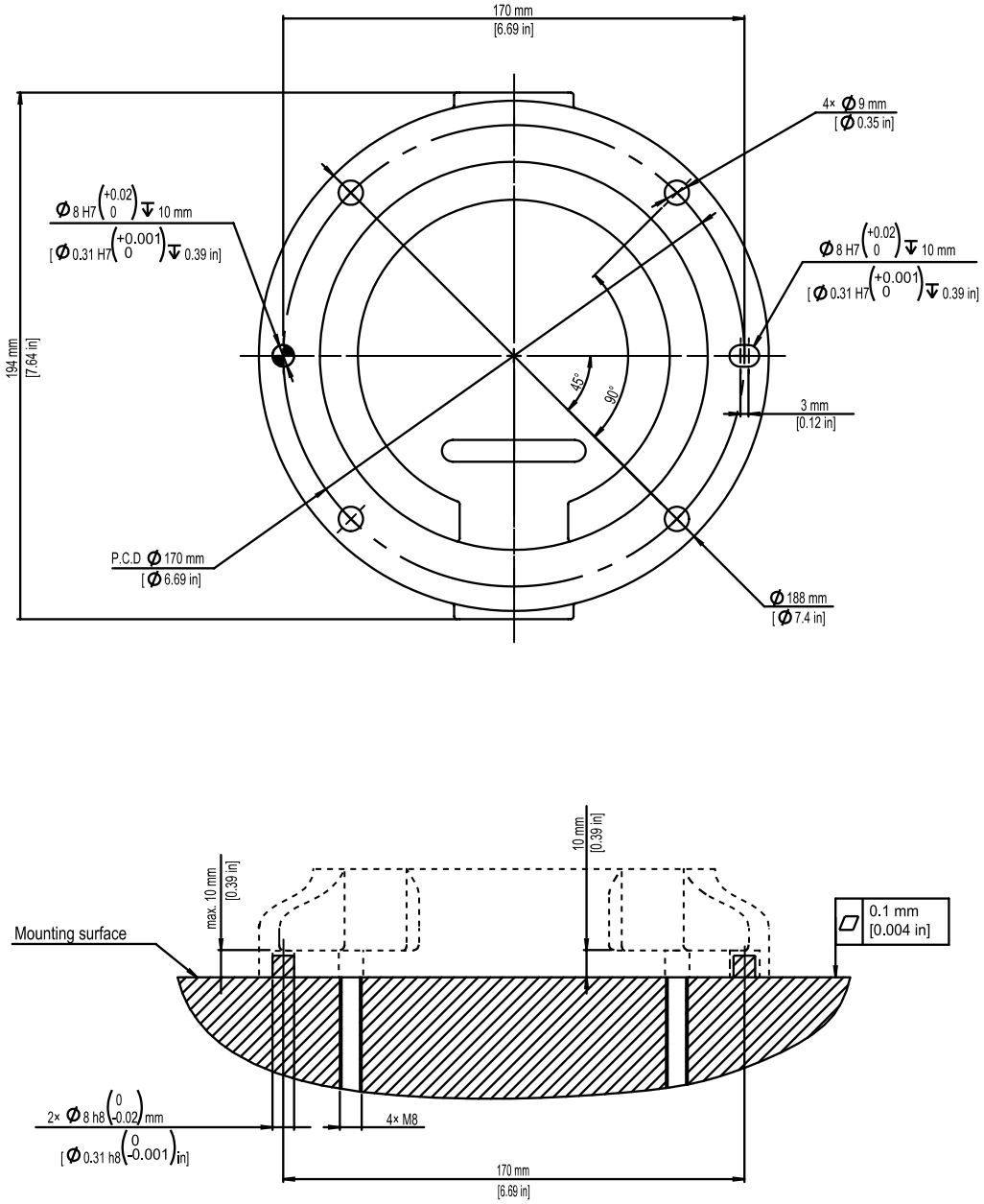
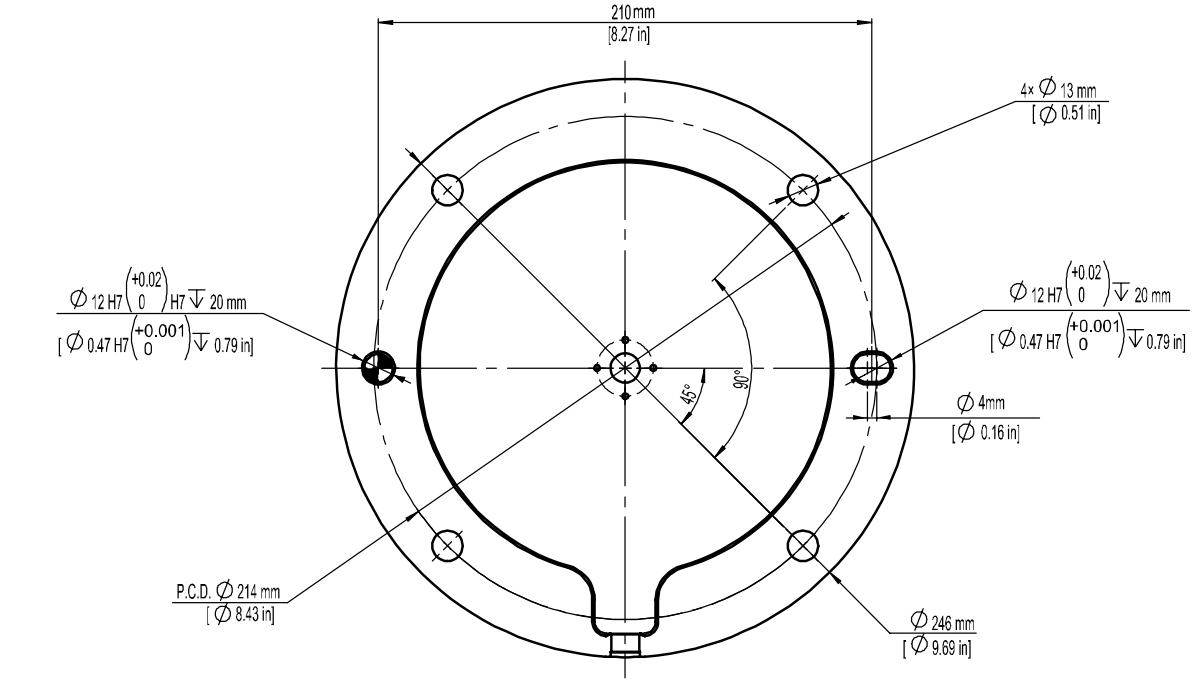


图 6-7：A12 基座安装尺寸图

3. A20 基座安装尺寸图



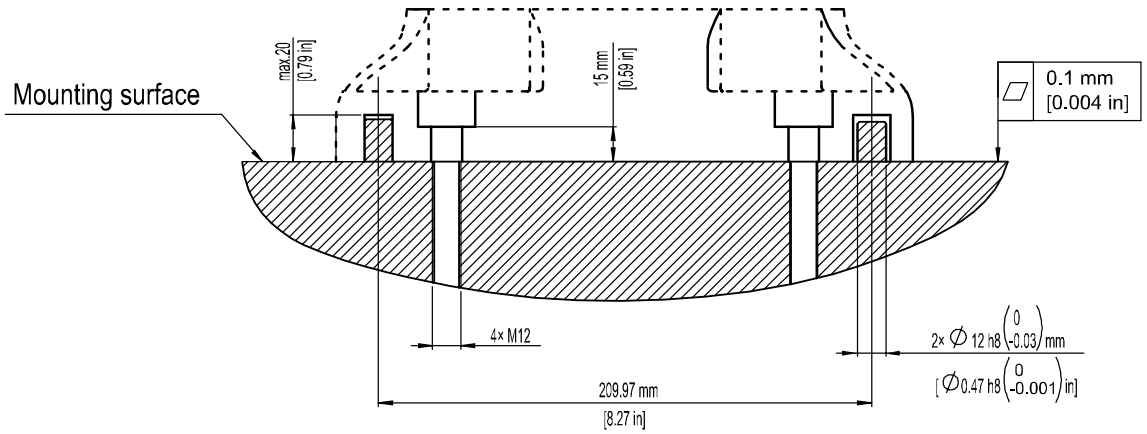


图 6-8：A20 基座安装尺寸图

6.6.2.3 安装机器人

1. 在必要时，使用起重设备将机器人从运输包装中吊起。
2. 将机器人放置在安装平面上，并通过步骤 3 将其固定在合适的位置。

3. 使用四个通孔将机器人基座固定到安装表面。如需额外固定，可增加定位销。下表列出了拧紧扭矩和尺寸。

表 6-6：机器人安装数据

型号	螺钉型号 i	螺钉数量	推荐拧紧扭矩	基座通孔	销钉孔
A5	M8	4 pcs	40 Nm（354.030 lbf·in）	Φ9 mm（Φ0.354 in）	Φ8 mm（Φ0.315 in）
A12	M8		40 Nm（354.030 lbf·in）	Φ9 mm（Φ0.354 in）	Φ8 mm（Φ0.315 in）
A20	M12		130 Nm（1150.596 lbf·in）	Φ13 mm（Φ0.512 in）	Φ12 mm（Φ0.472 in）

i：推荐使用 12.9 级内六角圆柱头螺钉，其拧入深度宜为螺纹公称直径的 1.5~2 倍。

6.6.3 控制柜安装

JAKA 控制柜可安装于平整的表面。下图为控制柜安装的最小空间。

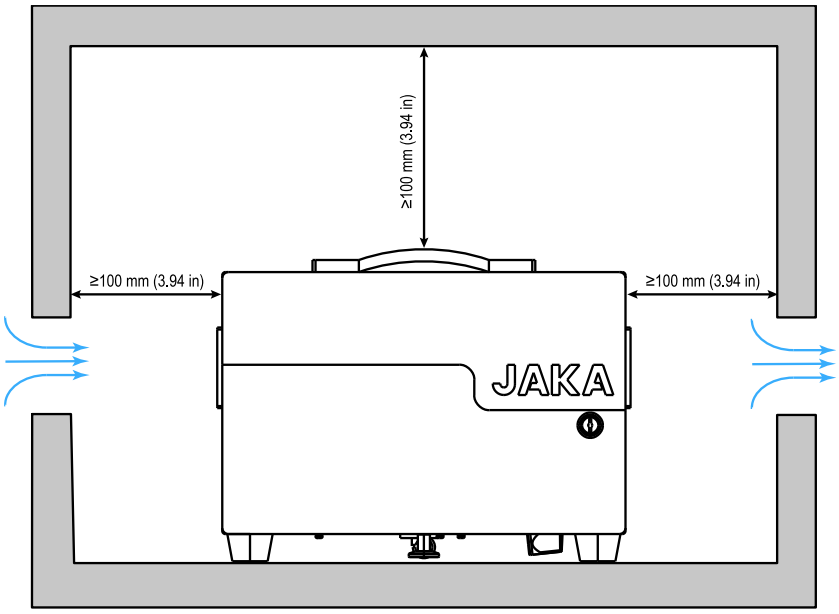


图 6-9：控制柜安装空间

注意：

设备无法运行或使用寿命缩短风险：

确保控制柜周围留有充足的散热空间，尤其是在设备安装在机柜内时。

未遵循上述说明，可能导致设备损坏。

6.7 机器人电气连接

6.7.1 机器人连接线接口

使用 JAKA 提供的机器人连接电缆连接机器人与控制柜。启动机器人时，务必锁紧连接器。断开机器人连接电缆时，必须先切断机器人电源。重载连接器接口位置及定义，如下图。

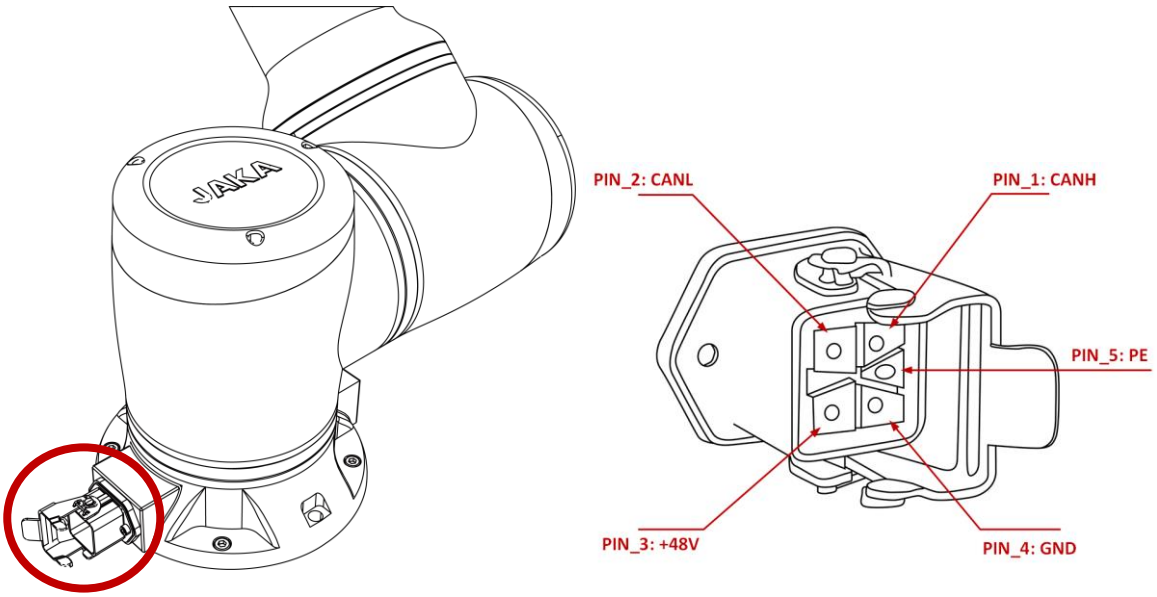


图 6-10：A5，A12 机器人连接线接口

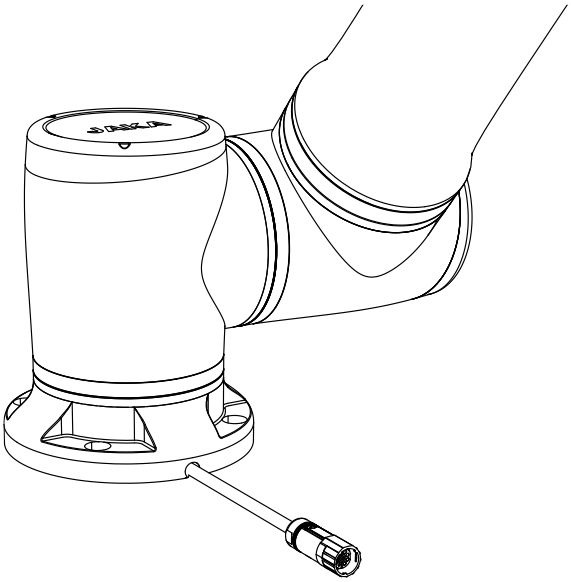


图 6-11：A20 机器人连接线接口

A20 机器人连接线及连接器尺寸如下图。

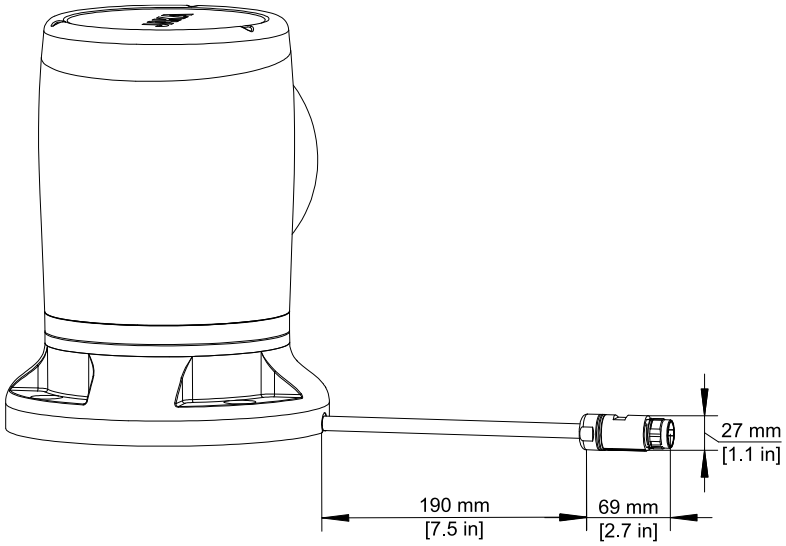


图 6-12：机器人连接线及连接器尺寸

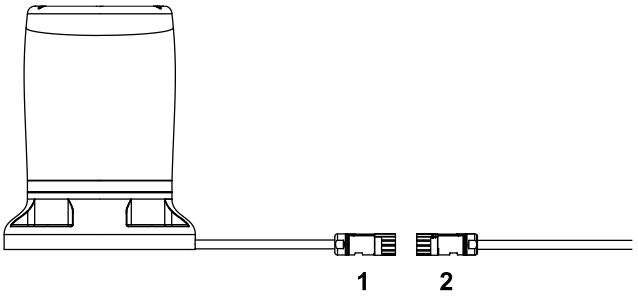
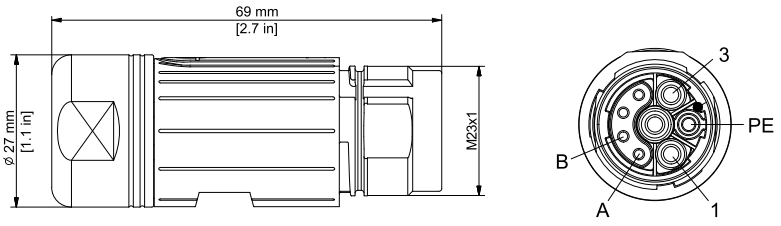
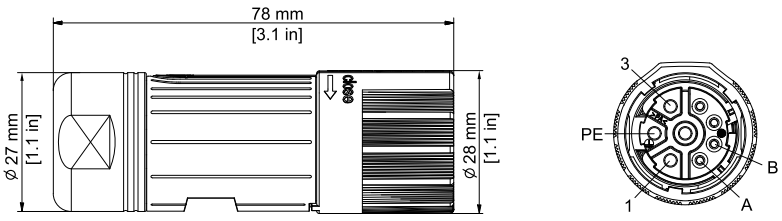


图 6-13：机器人连接线及连接器

表 6-7：机器人连接器规格

位置	连接器描述	图示	针脚定义
1	带外螺纹连接器的插头，包括外壳和插芯。		1 DC+ 3 DC− PE A CAN_H B CAN_L
2	带内螺纹连接器的插头，包括外壳和插芯。		1 DC+ 3 DC− PE A CAN_H B CAN_L

警告：

- 禁止在机器人未完全断电时，断开机器人电缆。
- 禁止延长或改装原电缆。

6.7.1.1 机器人连接线弯折半径

机器人连接线搭配拖链使用时，为减少线束损耗，需注意拖链的弯折半径、速度和加速度。各机型机器人连接线的直径（OD）和最小弯折半径，以及拖链的最大速度和加速度如下表。

表 6-8：机器人连接线规格

机型	线缆直径（OD）	最小弯折半径	最大速度	最大加速度
A5	10.2 mm (0.40 in)	81.6 mm (3.21 in)	2 m/s	5 m/s^2
A12				
A20	11 mm (0.43 in)	88 mm (3.46 in)		

6.7.2 工具 I/O 接口

工具端输入输出接口简称 TIO（Tool Input and Output），在机器人末端法兰侧面，包括两个数字量输入，两个数字量输出与两个模拟量输入，同时可以复用两路 RS485 信号，其接口定义请参考 6.7.2.1 连接工具端接口定义。

TIO 线束有防呆设计，将 TIO 连接器突起与机器人末端法兰侧 TIO 连接器凹槽对齐后，插入线束即可，TIO 位置如下图。

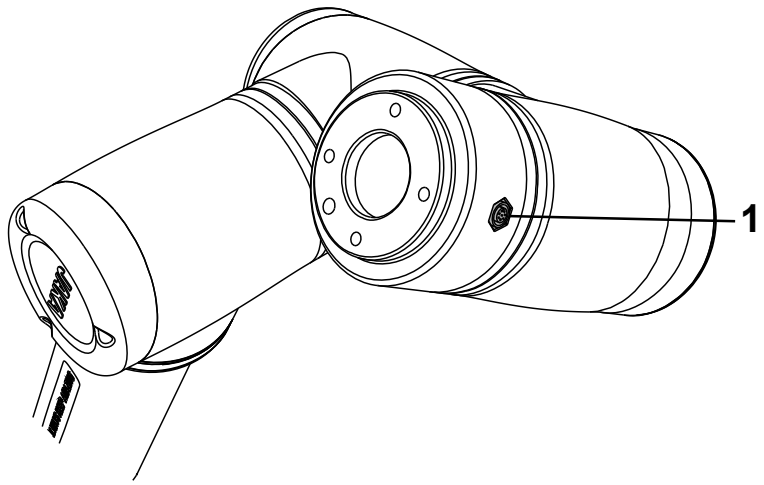


图 6-14：机器人工具 I/O

1 TIO

该连接线的线束定义与规格如下图。

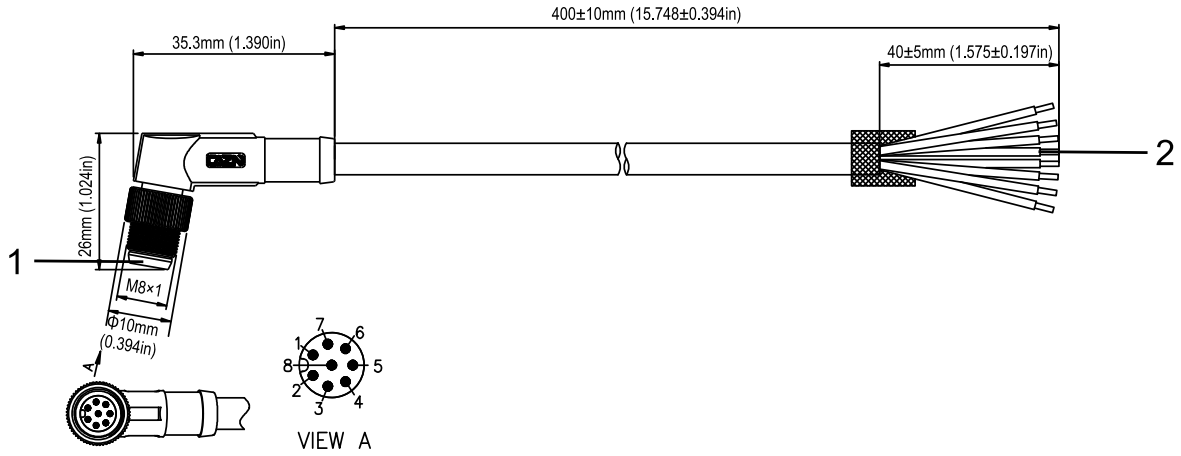


图 6-15：TIO 线尺寸图

1 连接到机器人

2 连接到工具/末端执行器

6.7.2.1 连接工具端接口定义

工具端 3.0 版 TIO 对外接口定义表如下：

表 6-9：TIO 引脚定义

引脚	定义	I/O	线的颜色	描述
1	+24V	-	红色	电源正极，24V/12V 可切换，可配置使能或关闭，连续电流能力 1A，峰值输出电流可达 2A
2	DI1	I	蓝色	数字输入 1：可以配置为 PNP 或 NPN 输入
3	DI2	I	绿色	数字输入 2：可以配置为 PNP 或 NPN 输入
4	DO1/RS485A_1	O	黄色	数字输出 1：可以配置为 PNP 或 NPN 或推挽输出，电流输出能力≤1A 复用为 RS485-1 通信 A+
5	DO2/RS485B_1	O	粉色	数字输出 2：可以配置为 PNP 或 NPN 或推挽输出，电流输出能力≤1A 复用为 RS485-1 通信 B-
6	AIN1/RS485A_2	I	棕色	模拟输入 1：检测范围支持 0~10V 复用为 RS485-2 通信 A+
7	AIN2/RS485B_2	I	白色	模拟输入 2：检测范围支持 0~10V 复用为 RS485-2 通信 B-
8	GND	-	灰色	电源负极

6.7.2.2 工具端接线说明

6.7.2.2.1. 数字输入

TIO 支持 2 路用户 DI 数字输入接口，NPN、PNP 型兼容，可在 App 中进行配置，具体操作见 JAKA App 软件用户手册。

1. 干接点型输入

当将 DI 输入配置成 NPN 型时：

干接点型输入（即开关型输入）一端连接 TIO 中 GND（灰色线），另一端连接 DI 数字输入（蓝色或绿色线）。

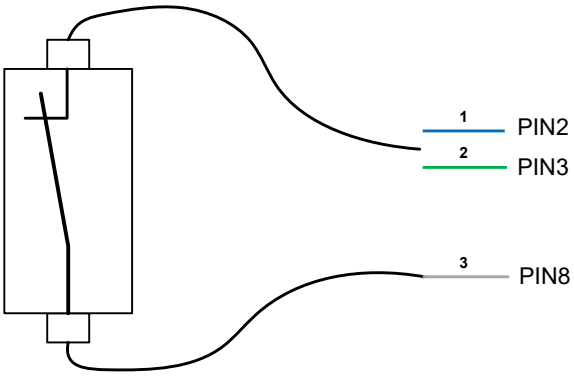


图 6-16：NPN 型干接点输入接线

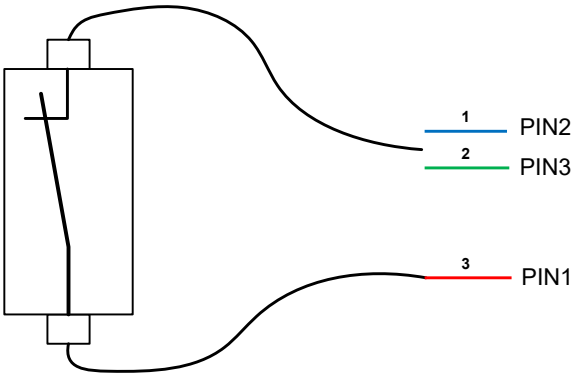
1 蓝色

2 绿色

3 灰色

当将 DI 输入配置成 PNP 型时：

干接点型输入（即开关型输入）一端连接 TIO 中 24V（红色线），另一端连接 DI 数字输入（蓝色或绿色线）。



1. 蓝色
2. 绿色
3. 红色

图 6-17：PNP 型干接点输入接线

2. 连接 NPN/PNP 型设备

连接 NPN/PNP 型数字量输入设备时，接线方式：V+连接 TIO 中的 24V（红色线），0V 连接 TIO 中的 GND

（灰色线），信号线连接 TIO 中的数字输入（蓝色或绿色线）。

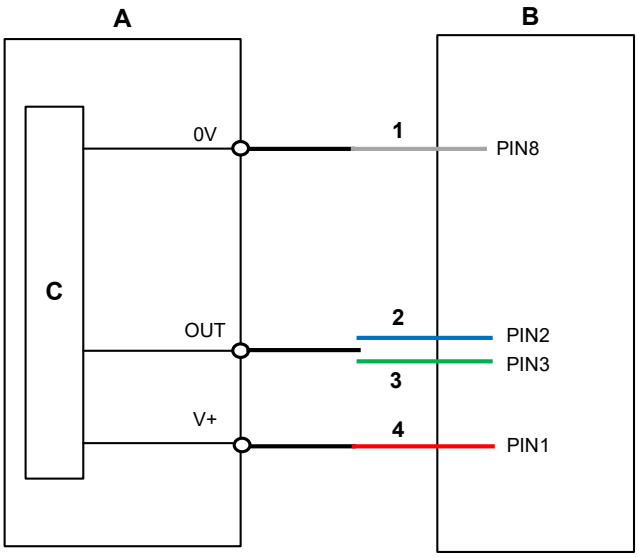


图 6-18：连接外部 NPN 设备接线

A 外部 NPN 设备
B TIO V3
C 主电路
1 灰色
2 蓝色
3 绿色
4 红色

6.7.2.2.2. 数字输出

数字输出接口为 NPN/PNP 型输出时，采用开漏输出，最高支持连续 1A 电流能力输出。接线方式：外部输入端口连接 TIO 中的数字输出（黄色或粉色线），外部 V+连接 TIO 中的 24V（红色线），外部 0V 连接 TIO 中的 GND（灰色线）。

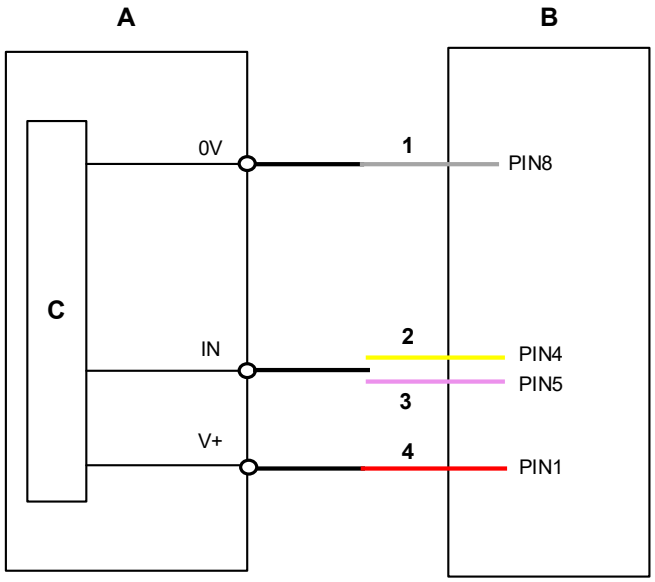


图 6-19：连接外部 NPN 设备接线

A 外部 NPN 设备
B TIO V3
C 主电路
1 灰色
2 黄色
3 粉色
4 红色

6.7.2.2.3. RS485

使用 RS485 功能时，接线方式：外部 RS485+接 TIO 中的 RS485+（黄色或者棕色线），外部 RS485-接 TIO 中的 RS485-（粉色或者白色线），外部 V+连接 TIO 中的 24V（红色线），外部 0V 连接 TIO 中的 GND（灰色线）。

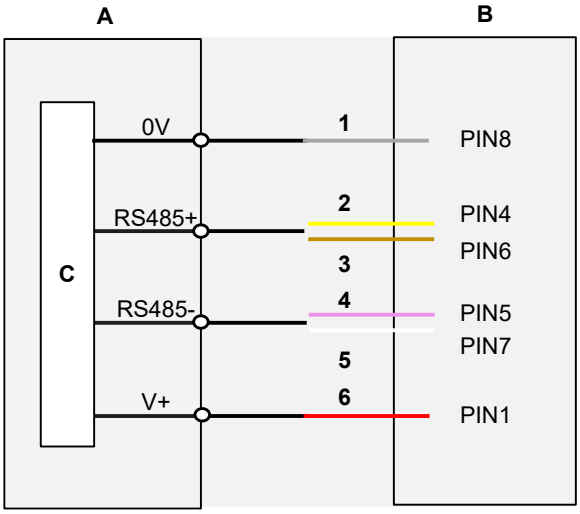


图 6-20：RS485 接线

A 外部设备
B TIO V3
C 主电路
1 灰色
2 黄色
3 棕色
4 粉色
5 白色
6 红色

6.7.2.2.4. 模拟输入

TIO 支持 2 路模拟电压输入接口，其电压输入范围为 0~10V。接线方式：外部模拟电压正端接入 TIO 中的 AIN1/AIN2（白色或棕色线），负端在 TIO 板内部电路已经接地，外部 V+连接 TIO 中的 24V（红色线），外部 0V 连接 TIO 中的 GND（灰色线）。

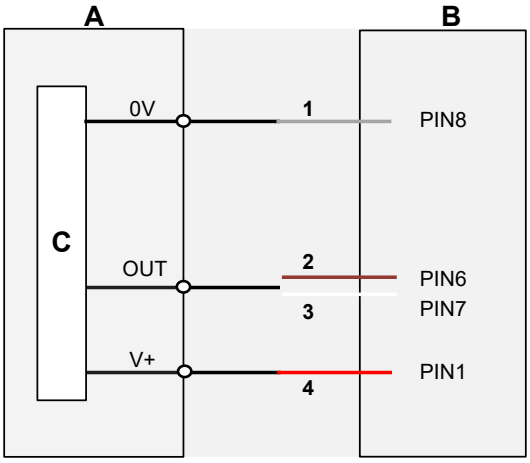


图 6-21：模拟输入接线

A 外部设备
B TIO V3
C 主电路
1 灰色
2 棕色
3 白色
4 红色

6.8 控制器电气连接

6.8.1 电气警告和注意事项

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

警告：

- 切勿将安全信号连接到安全等级不合适的非安全型 PLC。如不遵守该警告，可能会因某项安全停止功能失效而导致严重受伤乃至死亡。务必将安全接口信号与普通 I/O 接口信号分开。
- 所有安全信号均具备冗余性（两个独立通道）。保持两个通道独立，可确保在发生单一故障时不会丧失安全功能。
- 控制柜内部的 I/O 功能介绍，请参考 6.8.3 控制柜前面板接口。

警告：带电

- 请确保所有严禁沾水的设备都保持干燥。如果有水进入产品，请及时切断电源，并联系 JAKA 授权的集成商。
- 仅使用该机器人的原装线缆。请不要在那些线缆需要弯折的应用中使用机器人。如果需要更长的线缆，或者适用于频繁弯折场景的柔性电缆，请联系 JAKA 授权的集成商。
- 对于保护性接地（PE），请使用控制柜中标记接地标志的螺钉接头。接地连接器的额定电流至少应能够承受机器人系统内的最大电流。
- 当向控制柜的 I/O 接口安装线缆的时候，打开柜门，去掉出线孔金属板，并保证 I/O 线缆避免与出线孔边缘摩擦。

警告：

- 机器人已通过相关标准规定的电磁兼容性检测，超过标准的干扰信号将会造成机器人的异常行为，信号电平极高或过度暴露将会对机器人造成永久性的损害。由超出范围的 EMC 问题造成的任何损失，JAKA 概不负责。
- 用于连接控制柜与其他机械或工厂设备的 I/O 线缆长度不得超过 30 米，除非进行延长测试后表明可行，且必要时需使用屏蔽线缆。

6.8.2 控制柜底面板接口

控制柜底面板接口如下：

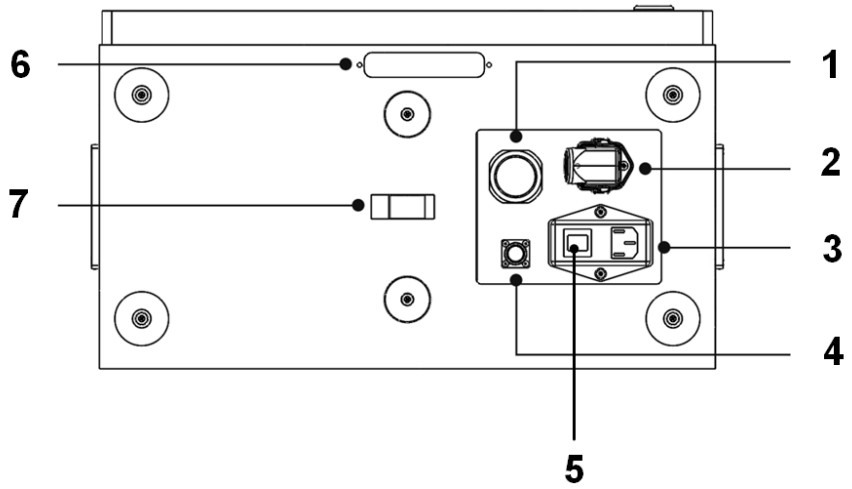


图 6-22：CAB7，CAB12 底面板接口

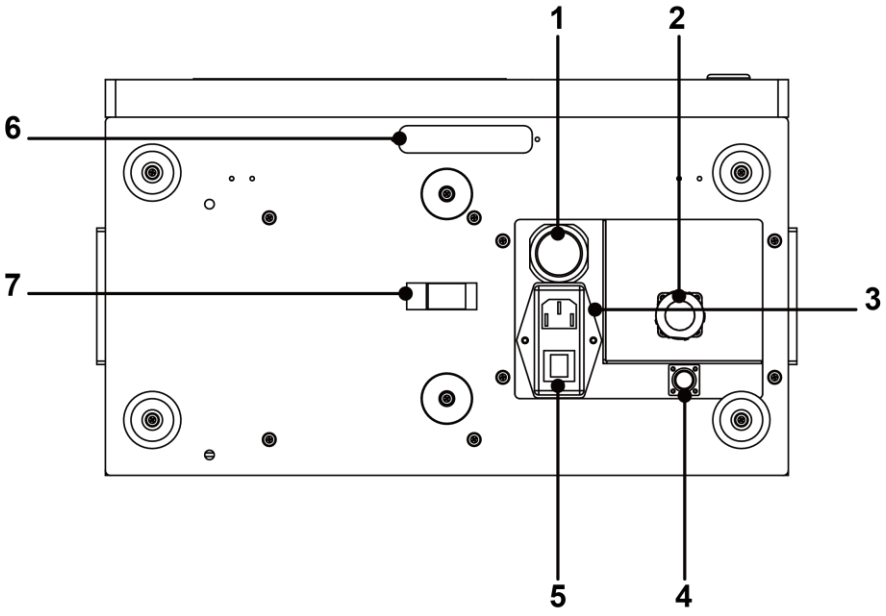


图 6-23：CAB16 底面板接口

1 以太网接口：千兆网口，使用动态 IP。

2 机器人连接线接口：连接机器人本体的连接线接口；

3 电源接口：连接外部交流电源接口；

4 手柄线接口：连接有线手柄使用；

5 船型开关：控制交流电源的输入，拨动开关即可控制控制柜电源供给；

6 出线口：控制柜内部线缆从此口引出；

7 绑线口：固定线束。

6.8.2.1 电源连接

控制柜电源线随机器人提供，电源线一端为 C13 品字插头插在控制柜底面板的品字插座上，另一端为三角插头，根据安全评估规范，插到相应的市电插座上。品字插座带有开关和保险丝，开关仅限于在控制柜关机状态下使用，以将控制柜电源彻底断开。开关内配备的保险丝型号，出厂时配置为 16A。

为防止电源线松脱，控制柜底面板设有一个插头防脱扣，出厂时，防脱扣默认安装在防脱螺钉的第三个孔位，您可根据电源线插头的实际长度调整其位置。具体步骤如下：

- **取下防脱扣：**同时按压防脱扣两端，将其从当前安装孔中取出。

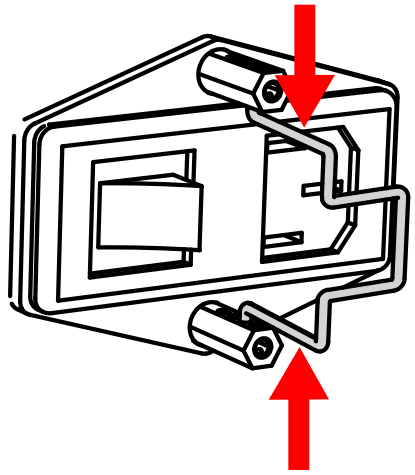


图 6-24：按压防脱扣

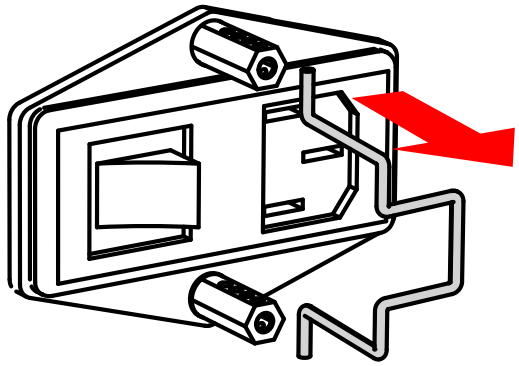


图 6-25：取下防脱扣

- **调整安装位置：**根据电源线插头长度，将防脱扣卡入防脱螺钉上合适的安装孔。

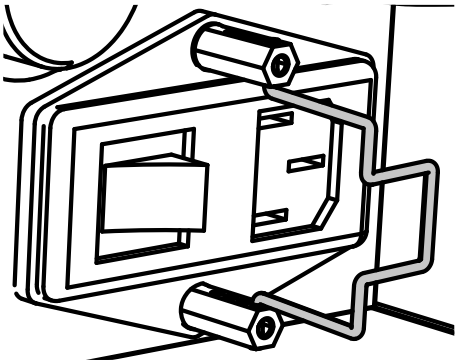


图 6-26：安装防脱扣

- **连接电源线：**连接控制柜电源线。

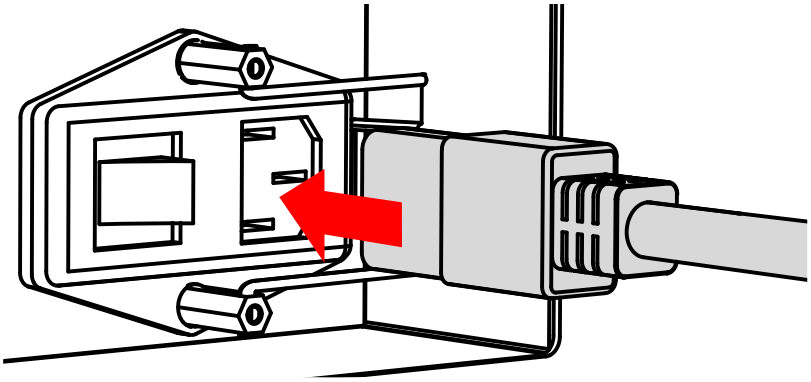


图 6-27：连接电源线

- **锁定电源线：**拨动防脱扣，使其扣紧电源线插头，确保固定到位。

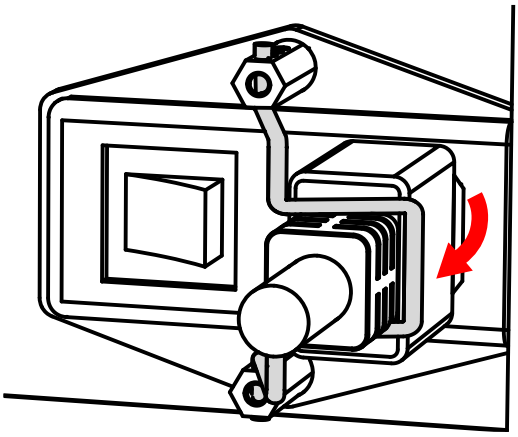


图 6-28：扣紧插头

电源至少应配备：

- 接地；
- 市电保险丝；
- 剩余电流断路器；
- 电源插头锁具。

参考《IEC 60204-1：2006 机械安全 机械电气设备》和《UL508A 工业控制柜安全标准》相关条款要求，为防止由于危险能源意外释放而造成的人员伤害或财产损失，建议对机器人应用中的所有设备的电源插头配备电源插头锁具，以便在维修时上锁挂牌。

警告：

- 请确保机器人以正确的方式接地（电气接地）。
- 请确保控制柜电源的输入电流受到剩余电流装置（RCD）和适当的保险丝的保护。
- 完成所有服务所需的机器人安装设置后，所有的电源都需上锁挂牌。当系统上锁后，其他设备都不可给机器人任何部分供电。
- 请确保所有的电缆在控制柜通电前都正确连接，始终正确使用原装的电源线。
- 请确保维修时使用电源插头锁具进行上锁挂牌。

6.8.2.2 电源线类型

不同国家及地区的插头标准不相同，JAKA 机器人出口海外时会配备相应的插头，具体标准如下：

1. 中国标准插头（国标）：I 型三扁头

表 6-10：国标控制柜电源线

线缆标准	线芯尺寸	全长	线缆外径	额定值	频率	线缆材质	LN 绝缘等级
RW	3×1.0mm² 3×0.002in²	3000±50mm 118.11±1.97in	6.9mm 0.27in	10A 250V	50Hz	PVC	2kV 1min 50Hz

2. 欧洲标准插头（欧标、德标）：F/E 通用型插头

表 6-11：欧标控制柜电源线

线缆标准	线芯尺寸	全长	线缆外径	额定值	频率	线缆材质	LN 绝缘等级
H05W-F	3×1.0mm² 3×0.002in²	3000±50mm 118.11±1.97in	7.2mm 0.28in	10A 250V	50Hz	PVC	2kV 1min 50Hz

3. 英国标准插头（英标）：G 型插头

表 6-12：英标控制柜电源线

线缆标准	线芯尺寸	全长	线缆外径	额定值	频率	线缆材质	LN 绝缘等级
H05W-F	3×1.0mm² 3×0.002in²	3000±50mm 118.11±1.97in	6.8mm 0.27in	10A 250V	50Hz	PVC	2kV 1min 50Hz

4. 美国标准插头（美标）：B 型标准插头

表 6-13：美标控制柜电源线

线缆标准	线芯尺寸	全长	线缆外径	额定值	频率	线缆材质	LN 绝缘等级
SJT	3×1.0mm² 3×0.002in²	3000±50mm 118.11±1.97in	7.8mm 0.31in	10A 250V	60 Hz	PVC	2 kV 1 min 50 Hz

5. 日本标准插头（日标）：B 型标准插头

表 6-14：日标控制柜电源线

线缆标准	线芯尺寸	全长	线缆外径	额定值	频率	线缆材质	LN 绝缘等级
VCTF	3×2.0mm² 3×0.004in²	3000±50mm 118.11±1.97in	8.8mm 0.35in	15A 125V	50/60 Hz	PVC	2 kV 1 min 50 Hz

6.8.3 控制柜前面板接口

控制柜前面板接口布置在控制柜门打开后的第一层，包括 16 个数字输入（P1 与 P3）、16 个数字输出（P2 与 P4）、模拟接口（P5）、编码器接口（P6）、RS485 串口线接口和控制柜远程开/关（P7）、控制电源与安全功能接口（P8）、USB3.0 接口（P9）与以太网接口（P10），USB 接口（P9）保留为内部使用，如有需要可联系 JAKA 技术服务人员。

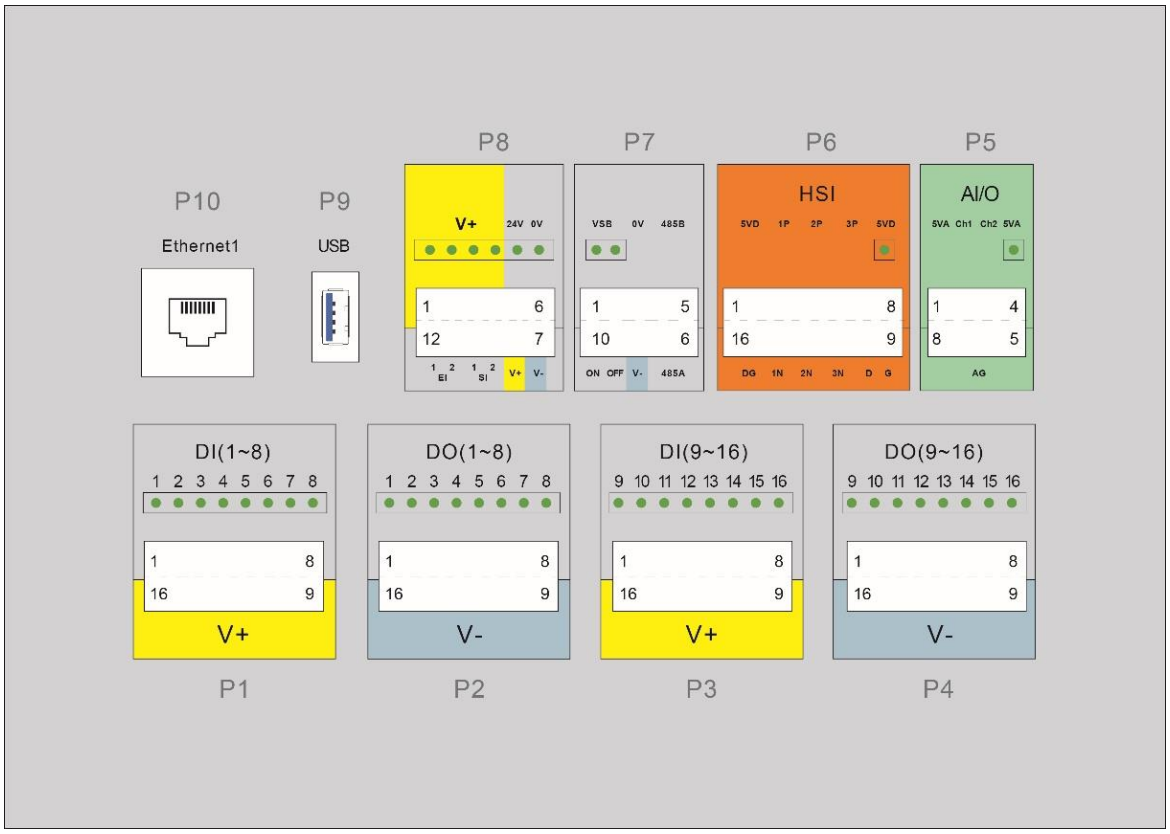


图 6-29：控制柜前面板

6.8.3.1 控制柜前面板接口定义

表 6-15：前面板接口定义

序号	名称	PIN	接线端	功能
P1	DI (1~8) 8 路数字输入	1	DI1	第 1 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		2	DI2	第 2 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		3	DI3	第 3 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		4	DI4	第 4 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		5	DI5	第 5 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		6	DI6	第 6 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		7	DI7	第 7 路数字输入，PNP 型，高电平有效

序号	名称	PIN	接线端	功能
		8	DI8	第 8 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		9~16	V+	隔离电源输入正，默认短接片接内部 24V
P2	DO (1~8) 8 路数字输出	1	DO1	第 1 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		2	DO2	第 2 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		3	DO3	第 3 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		4	DO4	第 4 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		5	DO5	第 5 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		6	DO6	第 6 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		7	DO7	第 7 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		8	DO8	第 8 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		9~16	V-	隔离电源输入负，默认短接片接内部 GND
P3	DI (9~16) 8 路数字输入	1	DI9	第 9 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		2	DI10	第 10 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		3	DI11	第 11 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		4	DI12	第 12 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		5	DI13	第 13 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		6	DI14	第 14 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		7	DI15	第 15 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		8	DI16	第 16 路数字输入，PNP 型，高电平有效
		9~16	V+	隔离电源输入正，默认短接片接内部 24V
P4	DO (9~16) 8 路数字输出	1	DO9	第 9 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		2	DO10	第 10 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		3	DO11	第 11 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		4	DO12	第 12 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		5	DO13	第 13 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		6	DO14	第 14 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		7	DO15	第 15 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		8	DO16	第 16 路数字输出，PNP 型，≤1A 持续电流输出能力
		9~16	V-	隔离电源输入负，默认短接片接内部 GND
P5	AI/O	1、4	5VA	模拟电源 5V 输出，100mA（max）
		2	Ch1	模拟输入/输出通道 1，功能可配置

序号	名称	PIN	接线端	功能
		3	Ch2	模拟输入/输出通道 2，功能可配置
		5~8	AG	模拟电源 AGND
P6	HSI	1、8	5VD	数字电源 5V 输出，100mA（max）
		2、3	1P	差分信号 1 输入正端/编码器 A+
		14、15	1N	差分信号 1 输入负端/编码器 A-
		4、5	2P	差分信号 2 输入正端/编码器 B+
		12、13	2N	差分信号 2 输入负端/编码器 B-
		6、7	3P	差分信号 3 输入正端/编码器 Z+
		10、11	3N	差分信号 3 输入负端/编码器 Z-
		9、16	DG	数字电源 GND，与内部 GND 隔离
P7	-	1、2	VSB	内部电源 5V，100mA（max），可用于远程开关机
		3	0V	内部 GND（内部 24V，12V，5V 参考地）
		4、5	485B	RS485 通信 485B
		6、7	485A	RS485 通信 485A
		8	V-	隔离电源输入负，默认短接片接内部 GND
		9	OFF	远程关机信号输入，高电平（5~24V）有效
		10	ON	远程开机信号输入，高电平（5~24V）有效
P8	-	1~4、8	V+	隔离电源输入正，默认短接片接内部 24V
		5	24V	内部 24V 输出正极，1.5A（max）
		6	0V	内部 24V 输出负极
		7	V-	隔离电源输入负，默认短接片接内部 GND
		9	SI2	保护性停止功能输入 2，默认短接片接 V+
		10	SI1	保护性停止功能输入 1，默认短接片接 V+
		11	EI2	紧急停止功能输入 2，默认短接片接 V+
		12	EI1	紧急停止功能输入 1，默认短接片接 V+
P9	-	-	USB	内部调试接口
P10	-	-	EtherNet1	三位置使能设备网络接口

6.8.3.2 线束规格

使用控制柜前面板接口接线时，应选择符合以下规范的线束。

表 6-16：前面板线束规格

接口	端子型号	推荐压接端子	线束
P1_16PIN	DEGSON：15EDGKNHB-3.5-16P-14-10A (H)	国内：E0512 海外：PHOENIX AI 1-12 RD-冷压头	UL1007#20AWG 长度< 30 m (1181 in)
P2_16PIN			
P3_16PIN			
P4_16PIN			
P5_8PIN	DEGSON：15EDGKNHB-3.5-8P-14-10A (H)		
P6_16PIN	DEGSON：15EDGKNHB-3.5-16P-14-10A (H)		
P7_10PIN	DEGSON：15EDGKNHB-3.5-10P-14-10A (H)		
P8_12PIN	DEGSON：15EDGKNHB-3.5-12P-14-10A (H)		

6.8.3.3 数字 I/O 接口

以下为控制柜 24V 数字 I/O 的电气规范。数字 I/O 的设计遵循 IEC 61131-2。该控制柜支持 16 路的数字输入和 16 路的数字输出。

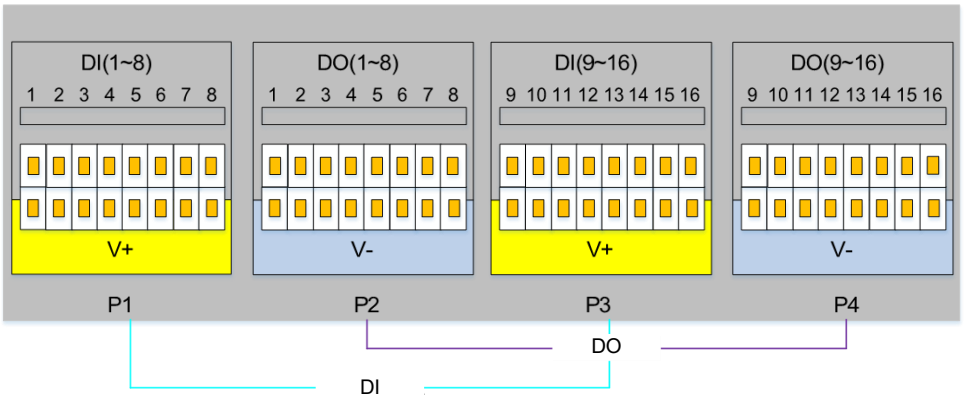


图 6-30：数字输入和输出接口

数字 I/O 可由控制柜内部提供的 24V 电源供电，其峰值输出为 1.5A（过载时关闭输出，建议输出小于等于 1A），当用户需要更大功率输出时，可通过外接“电源”来给 V+电源供电，每个通道支持最大电流为 1.2A，使用外接 24V 电源时，需拔掉 P8 接口 0V、24V 默认的短接片和 P7 接口 0V 短接片。24V 为内部电源正，0V 为内部地。V+为所有数字 I/O 接口的正极，V-为所有数字 I/O 接口的负极。出厂默认配置为接内部电源。

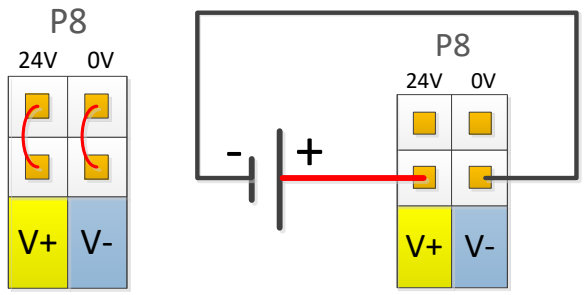


图 6-31：数字输入和输出接口连接电源

接内部电源　　接外部电源

6.8.3.3.1. 数字输入（DI）

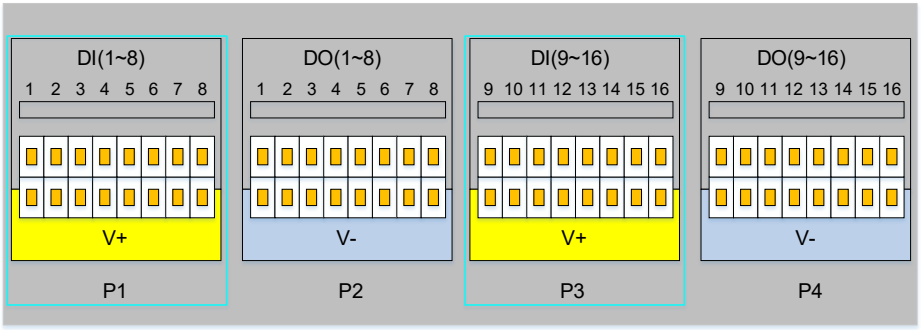


图 6-32：数字输入接口

控制柜配备有 16 路数字量 PNP 型输入（即高电平有效）（DI1~DI16），支持隔离信号输入。电平信号满足 IEC61131-2（Type1/2/3）标准，用于检测输入信号电平状态。

表 6-17：高低电平范围

V+电压	低电平范围	高电平范围
24V	0~11V	15~30V

V+支持外部 10~35V 电源输入，出厂时默认短接内部 24V 电源。使用外部电源时，需拔掉短接片。

用户也可通过简单按钮或者开关短接至 V+等。

不同类型输入信号的接线方式不同，具体连接方式如下方法如下（以配置 DI1 为例，DI2~DI16 同理）：

1. 干接点信号作为输入

干接点输入时，一根线连接至 V+，另一根线连接至 DI 指定通道，回路导通时（如图开关或继电器闭合），面板上对应的指示灯亮起。在 JAKA App 上也可以看到对应的指示灯亮起。

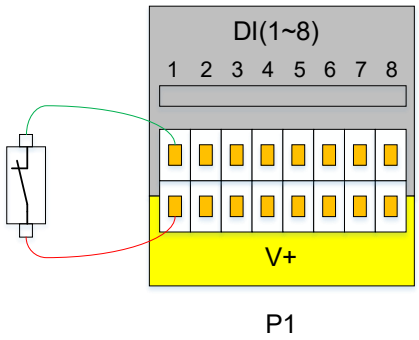


图 6-33：干接点信号作为输入接线

2. PNP 型信号作为输入

PNP 型输入接线方式如下图所示（以 DI1 为例，DI2~DI16 同理），电源线 V+连接至端口 V+，信号线 OUT 连接至指定 DI 通道，0V 线接面板上 V-。当有信号触发时，面板上对应指示灯亮起，同时在 JAKA App 界面上可以看到对应指示灯亮起。

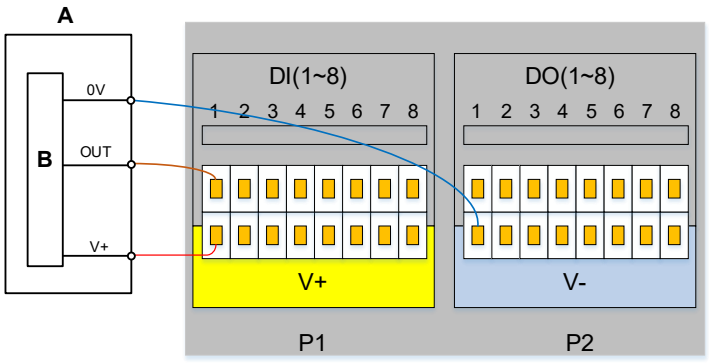


图 6-34：PNP 信号作为输入接线

A PNP 型外部设备

B 主电路

6.8.3.3.2. 数字输出（DO）

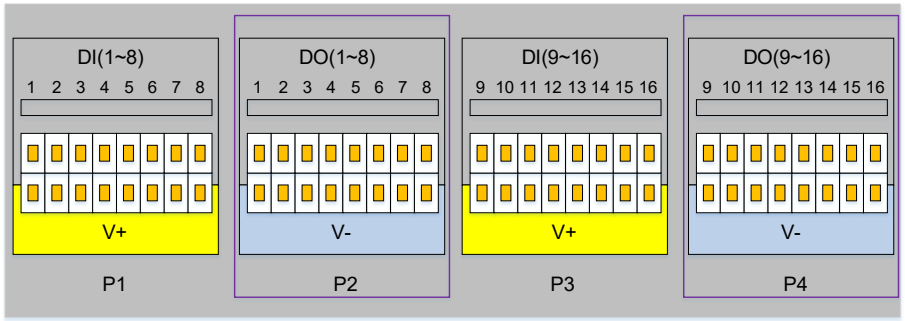


图 6-35：数字输出接口

控制柜配备有 16 路数字量 PNP 型信号输出（DO1~DO16），支持隔离信号输出。

内部采用高边（High-side）输出，单路最大持续电流可达 1A。但当 V+默认短接内部 24V 电源时，24V 电源总

电流被限制在 1.5A。

数字输出模块接线如下图所示（以 DO8 为例，其他 DO 接线方式同理）：

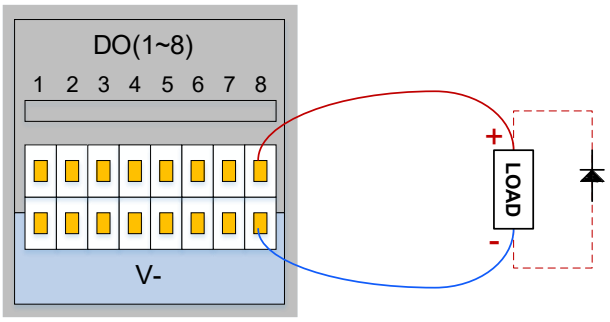


图 6-36：数字输出接口接线

数字输出模块可以通过 App 的 DO 功能进行控制。单通道最大输出电流 1A，总体不能超过 1.5A。

注意：

强烈推荐为电感性负载使用保护二极管（如继电器、电磁铁、直流电机等）。

6.8.3.4 安全 I/O 接口

为保障机器人安全功能配置，控制柜 P1 至 P4 的数字 I/O 接口可配置为专用安全 I/O，电气规范参考 6.8.3.3 数字 I/O 接口。

安全 I/O 为双路冗余设计，其中一路发生故障不会使安全功能失效。因此，接线时应同时连接两个成对的安全 I/O，例连接 DI1 时，必须同时连接 DI9。安全 I/O 配对关系如下表：

表 6-18：安全 I/O 配对关系

DI	DO
DI1 & DI9	DO1 & DO9
DI2 & DI10	DO2 & DO10
DI3 & DI11	DO3 & DO11
DI4 & DI12	DO4 & DO12
DI5 & DI13	DO5 & DO13
DI6 & DI14	DO6 & DO14
DI7 & DI15	DO7 & DO15
DI8 & DI16	DO8 & DO16

例如，配置三位置使能功能时（配置方式见 JAKA App 软件用户手册），接线方式如下图（以配置为 DI1&DI9 为例，其他 DI、DO 同理）：

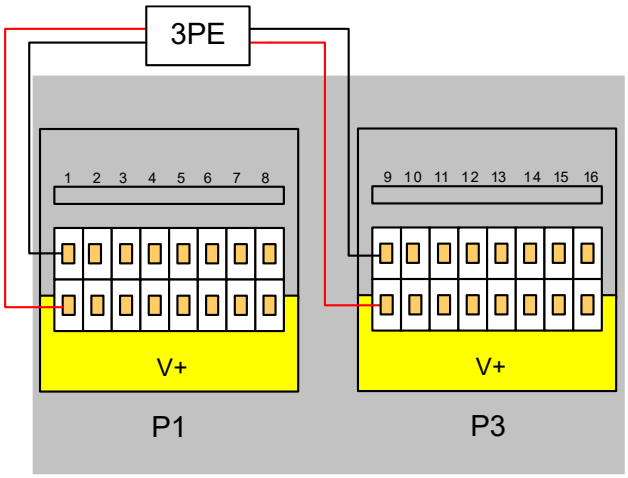


图 6-37：三位置使能功能接线

其他安全功能接线方式与三位置使能功能同理。

6.8.3.5 安全接口

控制柜提供两个固定的安全功能输入接口，用户可通过配置接口实现紧急停止和保护性停止功能。EI 和 SI 分别为紧急停止和保护性停止，且都有两路冗余设计，任何一个信号有效时，都可启用该功能。紧急停止和保护性停止均为双通道设计，如需使用外部安全设备请选择支持双通道设计的设备。

用户可根据实际安全要求，接入安全门、安全光幕、传感器等。

1. 默认出厂安全配置

用户可在没有任何附加安全设备的情况下进行操作机器人，EI1~2、SI1~2 分别短接到 V+。V+短接到 24V，V-短接到 0V，表明由控制柜内部提供 24V 电源。

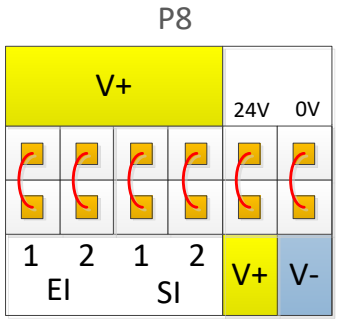


图 6-38：安全接口出厂接线

2. 连接紧急停止开关

在大多数应用中，为了便于安全操作，需要使用一个或多个额外的紧急停止或者防护停止开关，下图展示了一个或者多个紧急停止开关的工作原理。其中 V+、V-也可外接外部 24V 电源。

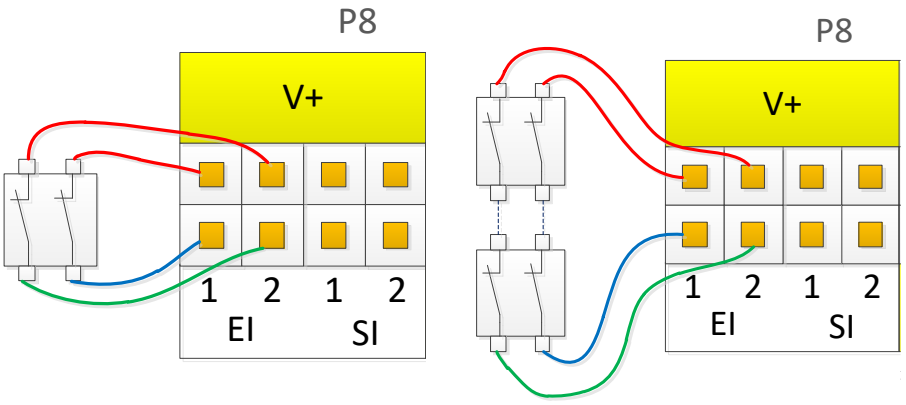


图 6-39：连接紧急停止开关

可在不使用手柄的情况下使用机器人，此时需要连接额外的急停装置，可使用控制柜前面板紧急停止接口连接紧急停止开关以确保安全。

> **警告：**
> 如果手柄与机器人断开连接，手柄上的紧急停止按钮则不再有效。必须将断连手柄从机器人附近移走。

3. 连接保护性停止开关

保护性停止功能，支持自动恢复。门开关就是保护性停止设备的一个应用案例，门打开时，机器人停止。

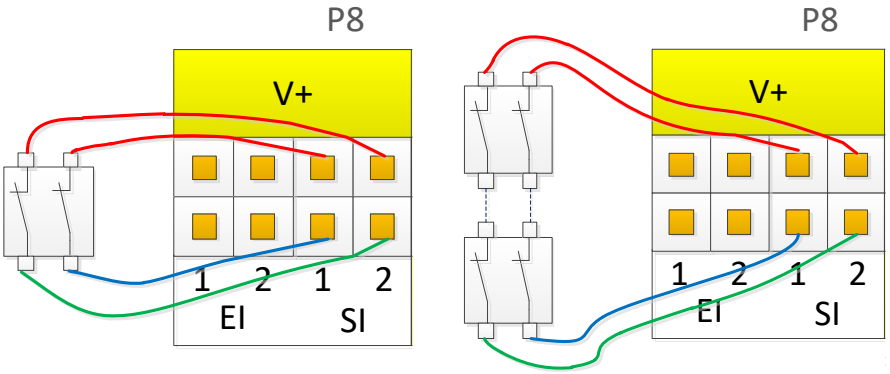


图 6-40：连接保护性停止开关

6.8.3.6 模拟量接口

具有 2 路模拟量输入输出接口（Ch1，Ch2），模式可配置：

- 电流信号输入：4~20mA；
- 电流信号输出：0~20mA；
- 电压信号输入与输出：0~10V。

接线方法（以 Ch1 为例，Ch2 同理）：

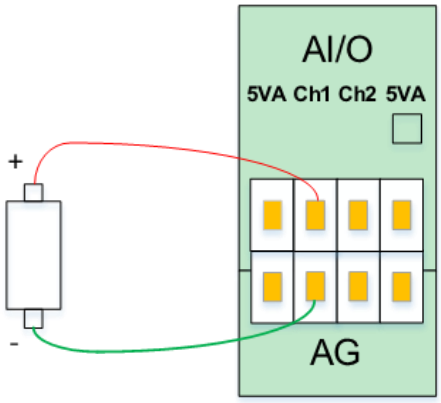


图 6-41：模拟量接口接线

JAKA 控制柜模拟 I/O 接口通过 JAKA App 可配置成不同工作模式（出厂默认为 0~10V 输入）。为提高准确度，建议遵循以下说明：

- 使用最靠近此模拟 I/O 的 AG 终端。
- 设备和控制柜使用相同的接地，模拟 I/O 与控制柜不进行电位隔离。
- 使用屏蔽电缆或双绞线，将屏蔽层与“电源”端子上的“AG”终端相连。
- 使用在电流模式下工作的设备，电流信号的敏感度低于接口。

6.8.3.7 高速接口

P6 高速接口（HSI：High Speed Interface）可以外接编码器，用于传送带跟踪等场合。详细使用方法可联系 JAKA 技术服务人员获取支持。

6.8.3.8 RS485 接口

RS485 接口可实现设备间的通讯，位于 P7 上的 4、5、6 和 7 接口。其中，4、5 为 RS485B，6、7 为 RS485A，连接方式为 4、5 接口连接外部设备的 RS485B 接口，6、7 接口连接外部设备的 RS485A 接口，下图以其中一种接线方式为例。

> **注：**
> 建议接线时终端连接 120Ω 电阻，推荐使用 YAGEO MF0207FTE52-120R 型号电阻。

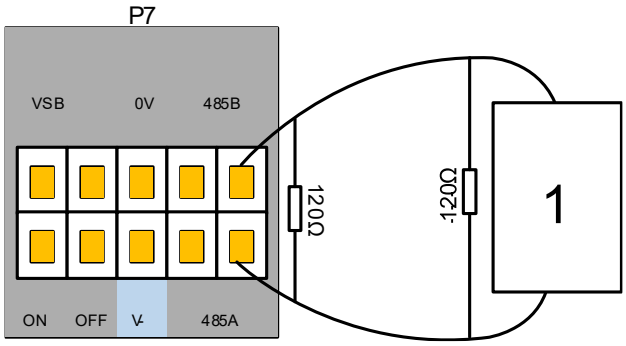


图 6-42：RS485 接口连接单个外部设备

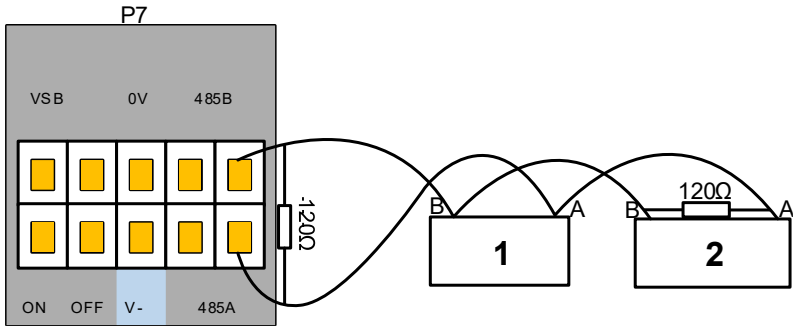


图 6-43：RS485 接口连接多个外部设备

1、2：外部设备

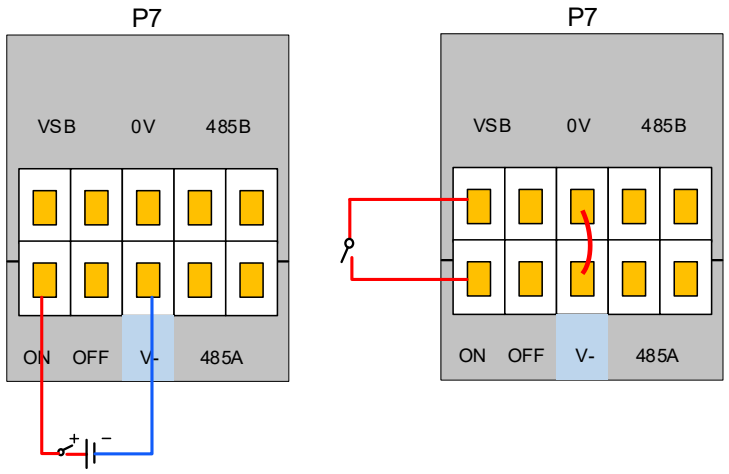
6.8.3.9 远程开关机接口

通过远程开关机接口，可在不使用 JAKA App 或手柄时开启/关闭控制柜。用户可以将此接口接入 PLC 系统，远程控制机器人控制柜的开关机。

当远程开关机接口接收到 5-24V 电源时（参考地为 V-）有效。远程开关机接口与手柄开关机按钮功能相同。

用户可通过开关短接远程开关机接口至 5-24V 电源或者 VSB 接口。

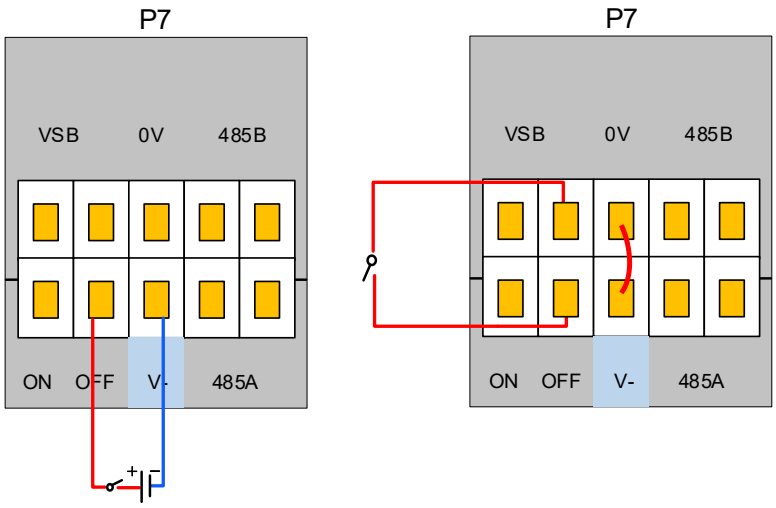
1. 远程开机接线方式如下：



连接外部电源　　连接内部电源

图 6-44：远程开机接线

2. 远程关机接线方式如下：



连接外部电源　　连接内部电源

图 6-45：远程关机接线

> **注意：**
> 远程开机和远程关机接口不可以同时短接。

6.9 首次启动

6.9.1 机器人上下使能

有以下两种方式控制机器人上电、上使能、下电和下使能。

- 通过手柄控制
- 通过 JAKA App 控制

通过手柄控制机器人的操作步骤如下：

使用手柄使能机器人流程如下：

1. **控制柜开机：**短按**开关**按钮，蜂鸣器响，控制柜开机。
2. **手柄解锁：**长按**锁定**按钮 3s，锁定提示灯熄灭，手柄解锁。
3. **机器人上电：**短按**使能**按钮，等待机器人末端指示灯变为蓝色，机器人上电。
4. **机器人上使能：**先按住**锁定**按钮，再同时按**使能**按钮，机器人末端指示灯变为绿色，机器人上使能。
5. **手柄锁定：**手柄解锁状态下无法通过 App 控制机器人，因此需将手柄锁定。长按**锁定**按钮 3s，锁定提示灯为橙色呼吸，手柄锁定。此时可使用 App 控制机器人。

使用手柄关闭控制柜流程如下：

1. **手柄解锁：**长按**锁定**按钮 3s，锁定提示灯熄灭，手柄解锁。
2. **机器人下使能：**先按住**锁定**按钮，再同时按**使能**按钮。机器人末端指示灯变为蓝色，机器人下使能。
3. **机器人下电：**短按**使能**按钮，等待机器人末端指示灯熄灭，机器人下电。
4. **控制柜关机：**长按**开关机**按钮 3s 以上，手柄蜂鸣 6~7 次，控制柜关机。关闭控制柜后，请勿立即断电，待手柄灯熄灭，并等待 5~10s 后，可断开电源。

注意：

非紧急状态下，必须严格遵循标准启停流程操作机器人系统。严禁强制断电，否则将导致数据丢失及系统可靠性风险。

6.9.2 启动前准备

在调试机器人之前，应验证以下项目：

- 验证紧急停止装置和操作员防护装置。
- 根据相关标准，设计防护装置以确保机器人在不偏离预定路径的情况下停止（停止类别 1）。
- 缓慢移动机器人超出预设工作空间的范围，以验证运动是否受限。
- 使机器人运动超出最大和最小角度，以验证运动是否受限。

6.9.3 启动机器人

机器人首次运行时，可能因接线错误、安装紧固不当或参数设置不匹配导致机器人做出预期之外的动作。

警告：

设备意外运行风险：

- 确认机器人已正确、牢固安装。
- 采取必要措施，确保机器人运动部件不会发生非预期运动。
- 确认急停装置功能正常且位于操作区域可触及范围内。
- 启动系统前，确认运动路径无障碍物且系统已就绪。
- 首次启动测试应以低速运行。

未遵循上述要求可能导致人员死亡、重伤或设备损坏。

若机器人电源因断电或故障意外中断，机器人将无法以受控方式减速停止。

警告：

设备意外运行风险：

需确保制动器失效状态下的运动不会造成人员伤害或设备损坏。

未遵循上述要求可能导致人员死亡、重伤或设备损坏。

警告：

高温表面风险：

- 禁止在高温表面附近放置易燃或热敏感部件。
- 通过满负荷条件下的试运行，验证系统散热性能是否符合要求。

未遵循上述要求可能导致人员死亡、重伤或设备损坏。

6.9.3.1 调试机器人

请按以下步骤调试机器人：

1. 遵守本手册中的所有操作说明。
2. 运行前确认负载符合机器人的额定载荷要求。
3. 通过 JAKA App 连接机器人，操作详情参见 JAKA App 软件用户手册。
4. 配置机器人安装参数，操作详情参见 JAKA App 软件用户手册。
5. 验证各关节校准状态及位置方向。
6. 在手动操作界面验证世界坐标系方向，操作详情参见 JAKA App 软件用户手册。

> **注：**
> 世界坐标系取决于安装方位。

7. 根据应用场景的安全要求配置碰撞保护参数，配置方法参见 JAKA App 软件用户手册。
8. 以低速执行初始测试，验证机器人功能正常。
9. 确认设定运行节拍低于最快节拍的 80%。

> **注：**
> 若最快节拍为 8s，需确保运行节拍不低于 10s，并保留 2s 等待间隔。若运行节拍超过总周期的 80%，可能导致关节减速器寿命缩短。

10. （可选）为手柄的“复位”按钮配置初始位置。手柄操作说明详见 5.1.7 手柄说明。初始位置配置方法参见 JAKA App 软件用户手册。
11. （可选）存在多套机器人系统时，可为机器人设置唯一名称以便识别，配置方法参见 JAKA App 软件用户手册。

6.9.3.2 运行默认程序

有以下两种运行默认程序的方式：

- 通过手柄运行
- 通过 JAKA App 软件运行

若通过手柄运行默认程序，需短按手柄上的**启动/停止**按钮。

若通过 JAKA App 设置并运行默认程序，请参见 JAKA App 软件用户手册。

6.10 末端执行器安装

6.10.1 安装前准备

为避免机器人运行异常，请遵循以下要求：

- 在操作机器人之前，验证负载是否符合机器人所规定的负载范围。
- 根据机器人的最大负载能力，限制最大负载。具体信息请参阅 5.3.1 机器人有效负载。

6.10.2 机器人法兰尺寸

1. A5 末端法兰尺寸图

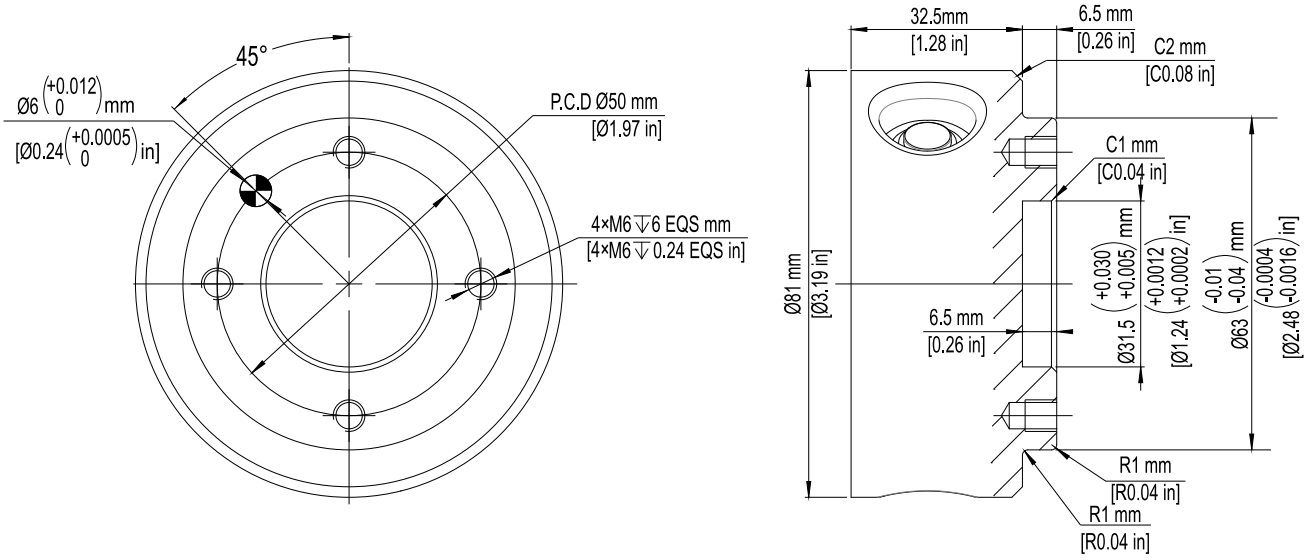


图 6-46：A5 末端法兰尺寸图

2. A12 末端法兰尺寸图

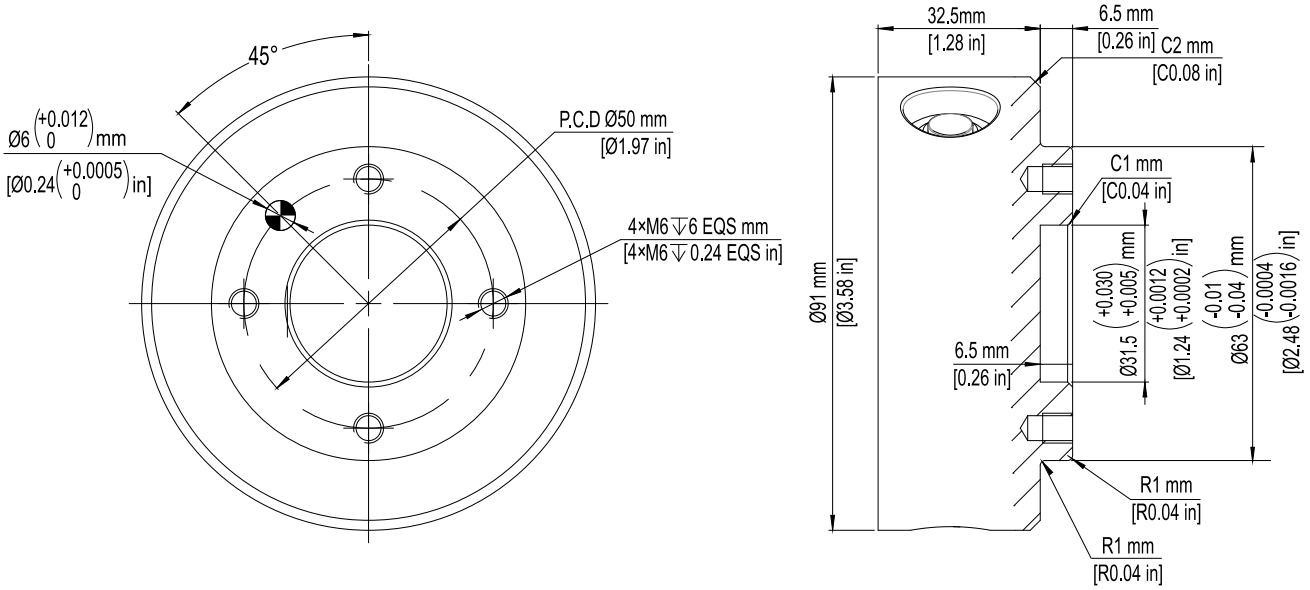


图 6-47：A12 末端法兰尺寸图

3. A20 末端法兰尺寸图

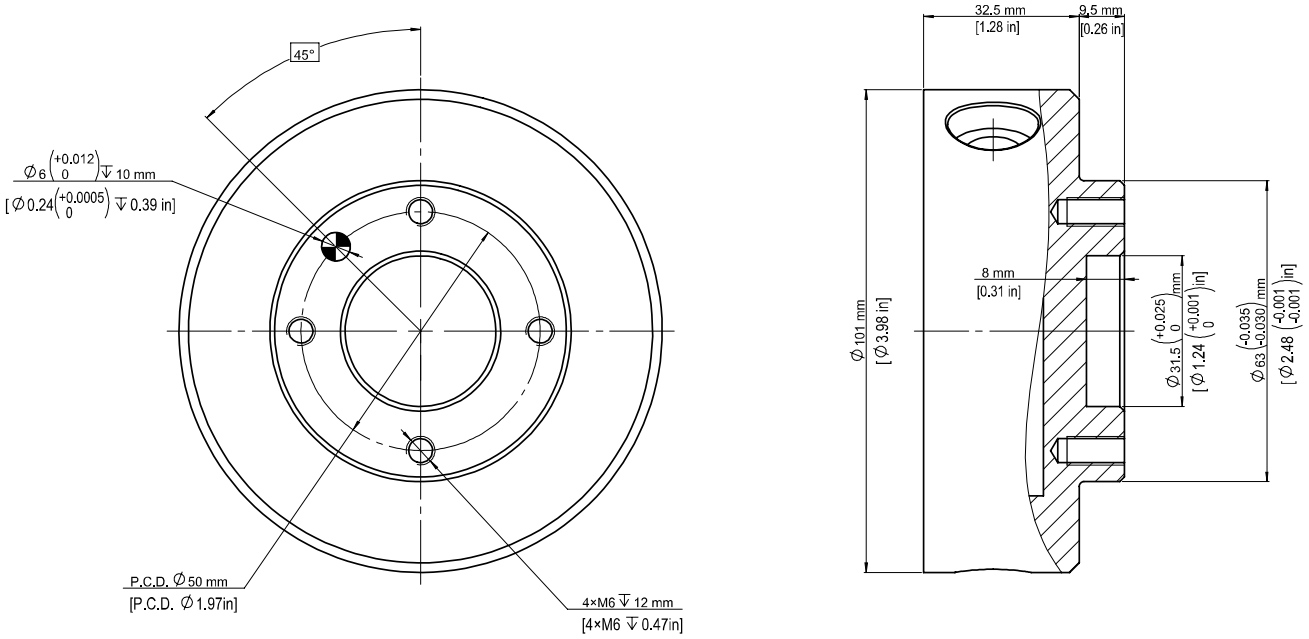
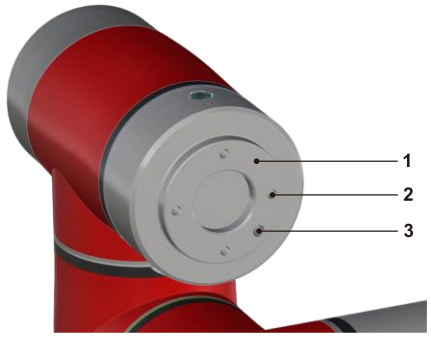


图 6-48：A20 末端法兰尺寸图

6.10.3 安装末端执行器

表 6-19：末端执行器安装步骤

步骤	操作
1	将末端执行器固定到机器人工具法兰安装孔位上 (1)
	• 节圆直径符合 DIN ISO 9409-1 标准，为 50 mm（1.97 in）：4 个 M6 螺纹孔（2），拧紧扭矩：13 Nm（115.05 lbf·in），螺钉性能等级不低于 12.9。 • 节圆直径为 50 mm（1.97 in）：1 个安装孔直径为 6 mm，公差等级 H7 (3)  图 6-49：末端法兰
	机器人末端法兰尺寸信息参考 6.10.2 机器人法兰尺寸。
2	在 JAKA App 中设置负载，设置负载步骤参考 JAKA App 软件用户手册。

7 选配设备

7.1 三位置使能设备

JAKA 机器人支持三位置使能开关功能，此功能需依托于外部配件进行联合使用。JAKA 机器人出货标配产品不包含三位置使能示教器，开放三位置使能安全输入接口供用户使用，支持三位置使能硬件用户选配，设计方案符合认证要求。如需选配此配件，请联系 JAKA 授权的集成商。

当使用外部配件并在软件中配置开启三位置使能功能时，只能在按下三位置开关后移动控制机器人。接线方式见 Touch I/Touch II 用户手册。

三位置使能开关示意图如下：

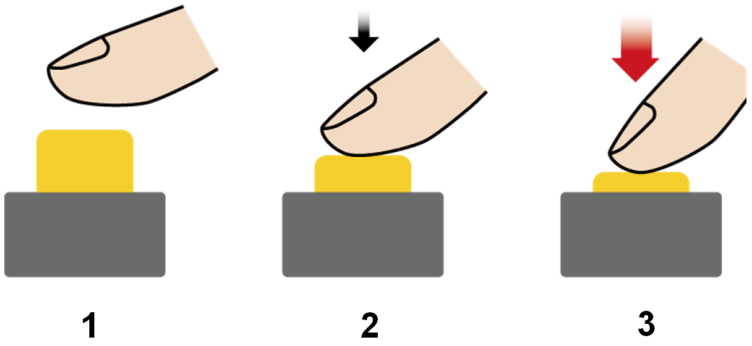


图 7-1：三位置使能按钮

三位置开关不同状态下对应机器人控制状态如下表所示：

表 7-1：三位置使能按钮与机器人状态对应关系

	开关状态	机器人状态	手动控制	自动控制（程序运行）
1	未按	保护性停止（Cat. 2）	禁止	当启动运行程序时，三位置使能功能处于禁用状态。
2	轻按	正常	启动	
3	重按	保护性停止（Cat. 2）	禁止	

注：

- 手动控制包括按住 FREE 按钮拖拽机器人，按住暂停/恢复按钮拖拽机器人，JOG 机器人，和编程界面中的调试功能。
- JOG 指在 JAKA App 手动操作界面控制机器人运动。

8 维护

维护工作务必严格遵守本手册的所有安全指示；更详细的维护工作指南请参见 JAKA 机器人服务手册。

维修必须由 JAKA 授权的系统集成商或 JAKA 的工作人员进行。

售后服务联系方式：邮件：support@jaka.com；电话：400-006-2665。

8.1 安全指示

维护后，必须进行核对以确保服务要求的安全级别。核对时必须遵守有效的国家或地方性安全法律法规。同时应检测所有安全功能是否都正常。

维护工作的目的是为了确保系统正常运转，或在故障状态时，帮助系统恢复正常运转状态。维护包括故障诊断和实际的维护。

操作机器人或控制柜时必须遵循以下安全程序和警告事项：

警告：

- 禁止改变软件安全配置中的任何信息。如果安全参数变更，整个机器人系统应被视为新系统，这就意味着所有安全审核过程，比如风险评估，都必须更新。
- 使用部件号相同的新部件或 JAKA 批准的相当部件替换故障部件。
- 该工作完成后立即重新激活所有被禁用的安全措施。
- 将所有维护操作记录下来，并保存在整个机器人系统相关的技术文档中。

警告：

- 从控制柜底部移除主输入电缆以确保其完全断电。断开机器人或控制柜连接的其他能源。采取必要的预防措施以避免其他人在维护期间重新接通系统能源。
- 重新开启系统前请检查接地连接。
- 拆解机器人或控制柜时请遵守 ESD 法规。
- 避免拆解控制柜内的供电系统。控制柜关闭后其供电系统仍可能残留高压达数小时。
- 避免水或粉尘进入机器人或控制柜。

维修与维护的具体信息，参阅 JAKA 服务手册。

9 故障排查

表 9-1：故障排查清单

故障描述	可能原因	解决方案
无法通过 JAKA App 连接机器人	控制柜未上电	使控制柜上电
	被防火墙阻止	检查防火墙设置
	未连接控制柜 Wi-Fi	连接控制柜 Wi-Fi
	未使用网线连接控制柜	检查是否使用网线连接控制柜
	机器人 IP 地址错误	根据需要配置 IP 地址
机器人无法使能	关节 x：自学习过流或伺服过流 关节 x 机械卡死	释放关节 x 制动器 联系 JAKA 技术服务人员
	急停按钮被按下	释放急停按钮
机器人无法上电	机器人处于仿真状态	切换回真机状态
	急停按钮被按下	释放急停按钮
紧急停止	急停按钮被按下	释放急停按钮
	未连接手柄	正确连接手柄
默认程序未执行	未设置默认程序	在 JAKA App 设置默认程序
初始位置不是预期位置	未在初次启动时设置初始位置	在 JAKA App 设置初始位置
机器人运动过程中意外停止	控制柜过热	检查控制柜有无足够的散热空间

10 回收处理

本节为处理具有潜在危险的组件和具有潜在危害的材料说明。

JAKA 机器人包含不同材料的组件。在退役期间，应根据相关法律和行业标准，对所有材料进行拆解、回收或重复使用。

欧盟 RoHS

JAKA 产品生产时限制使用有害物质以保护环境；符合欧盟 RoHS 指令 2011/65/EU 的定义。这些危险物质包括汞、镉、铅、六价铬、多溴联苯、多溴联苯醚。

欧盟 WEEE

德国市场上出售的所有 JAKA 的电子废弃物的处置处理费用已由 JAKA 预付给 DPA-system。在适用欧盟 WEEE 指令 2012/19/EU 的国家或地区，进口商必须向其本国 WEEE 注册机构登记。有关各个国家/地区注册机构的列表，请访问以下链接：https://www.ewrn.org/national-registers/national-registers。

标志：以下符号表示禁止把该产品当作普通垃圾来处置。按照相应的当地法规来处理每件产品。



图 10-1：回收标识

中国 RoHS

以下符号显示了危险物质的相关信息以及 JAKA 产品根据《电子电气产品有害物质 限制使用管理办法 (SJ/T 11364-2014)》规定的环保使用期限。



图 10-2：环保使用期限标识

橙色图标表示本产品含有某些有害物质，图标中的 20 为环保使用年限，在环保使用期限内可放心使用，超过环保使用期限应进入回收系统。

下表为产品中有害物质名称及含量：

表 10-1：有害物质表

部件名称	铅	汞	镉	六价铬	多溴联苯	多溴二苯醚
金属部件	x	o	o	o	o	o
塑料部件	o	o	o	o	o	o
电子件	x	o	o	o	o	o
触点	o	o	o	o	o	o
线缆和线缆附件	o	o	o	o	o	o

注：

- 上表依据 SJ/T11364 规定编制。
- o 表示该有害物质在该部件所有均质材料中的含量均在 GB/T 26572 规定的限量要求以下。
- x 表示该有害物质至少在该部件的某一均质材料中的含量超出 GB/T 26572 规定的限量要求。

11 质量保证

11.1 产品质量保证

在无损于用户（客户）可能与经销商或零售商达成的任何索赔协议的原则下，制造商应根据以下所列条款给予用户（客户）“产品质量保证”：若新设备及其组件在 JAKA 所签署合同下承诺的保修期内出现因制造和/或材料不良所致的缺陷，JAKA 应提供必要的备用部件，而用户（客户）应提供人工来更换备件，使用体现最新技术水平的另一部件予以更换或维修相关部件。若设备缺陷是由处理不当和/或未遵循用户手册中所述的相关信息所致，则本“产品质量保证”失效。本“产品质量保证”不适用于或并不延伸至由授权经销商或用户（客户）自行执行的维护（例如安装、配置、软件下载）。用户（客户）必须提供购买收据和购买日期作为享受“产品质量保证”的有效证据。根据本“产品质量保证”提出的索赔必须于“产品质量保证”明显未得以履行的两个月内提出。被更换或返至 JAKA 的设备或组件的所有权归 JAKA 所有。由设备引起或与设备相关的任何其他索赔不在本“产品质量保证”范围之列。本“产品质量保证”中的任何条款均不试图限制或排除用户（客户）的法定权利，也不试图限制或排除制造商对其疏忽而导致的人员伤亡所应承担的责任。本“产品质量保证”持续时期不得因根据“产品质量保证”条款所提供之服务而延展。在不违背本“产品质量保证”的原则下，JAKA 保留向用户（客户）收取更换或维修费用的权利。上述规定并非暗示改变举证的责任而有损用户（客户）利益。

11.2 免责声明

JAKA 致力于不断提高产品的可靠性和性能，并因此保留升级产品的权利，如有产品变更，恕不另行通知。JAKA 力求确保本手册内容的准确性和可靠性，但不对其中的任何错误或遗漏信息负责。

附 录

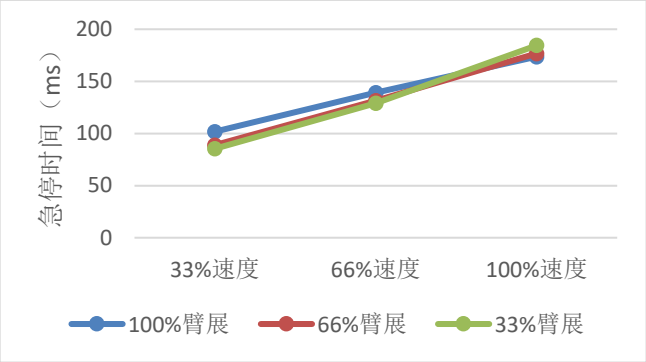
附录 一：停止时间及停止距离

A5 停止时间及停止距离

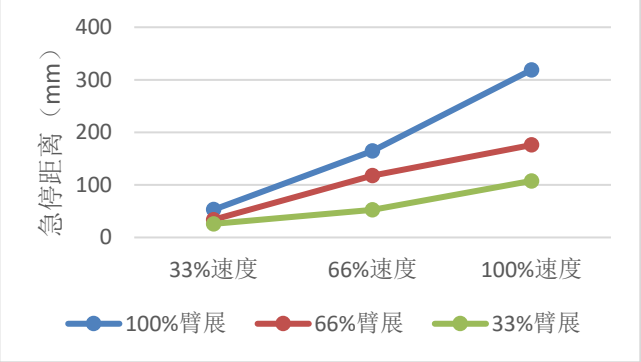
负载为 5 kg（11 lb）时，A5 停止时间与距离如下。

一类停止时间及停止距离

关节一：

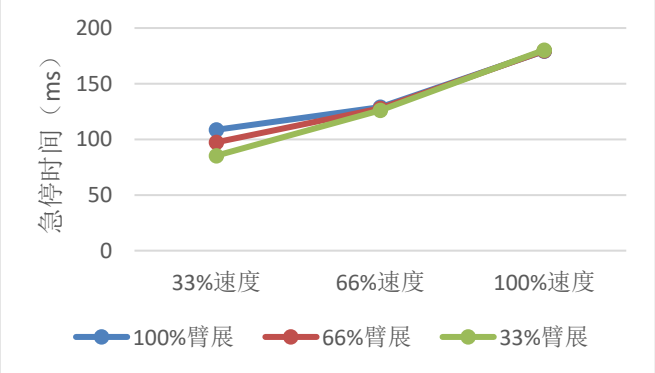


关节 1 一类停止时间

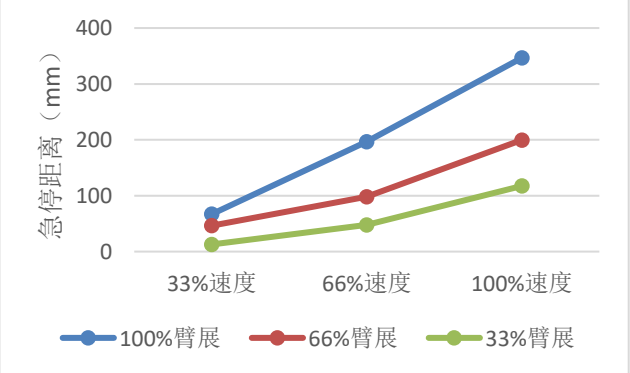


关节 1 一类停止距离

关节二：

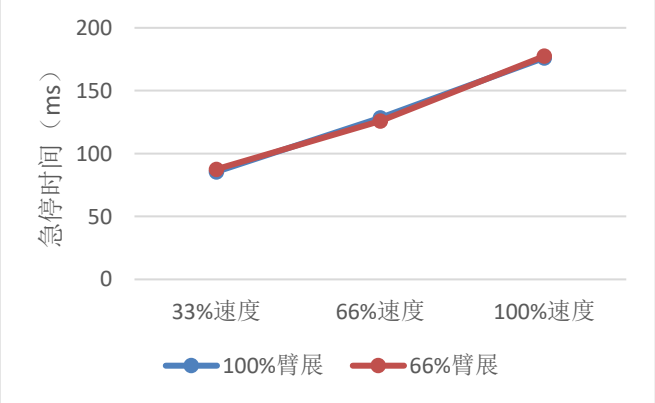


关节 2 一类停止时间

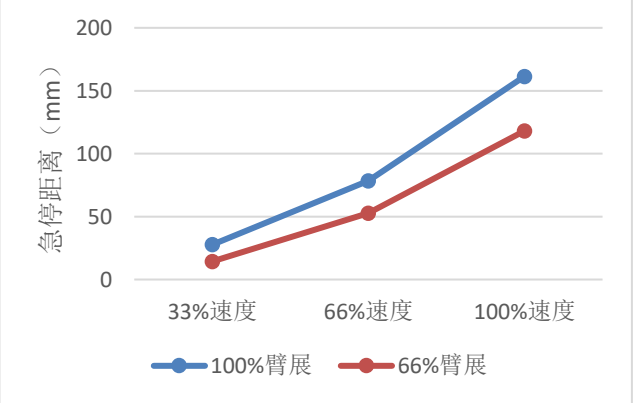


关节 2 一类停止距离

关节三：



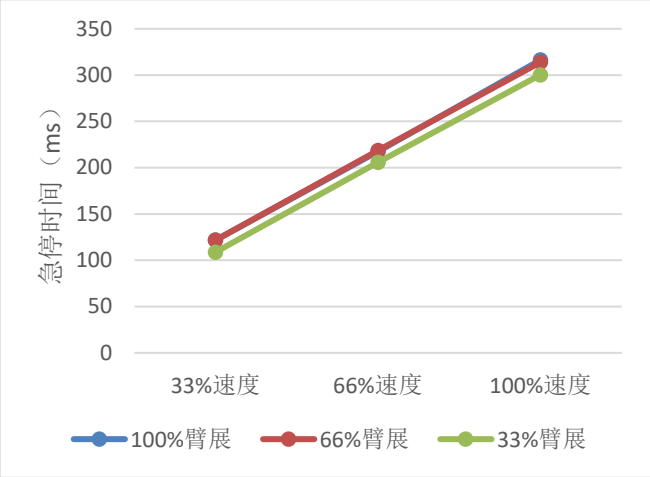
关节 3 一类停止时间



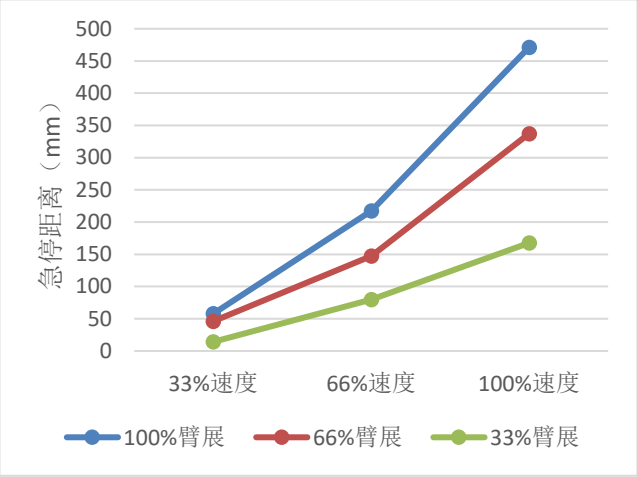
关节 3 一类停止距离

二类停止时间及停止距离

关节一：

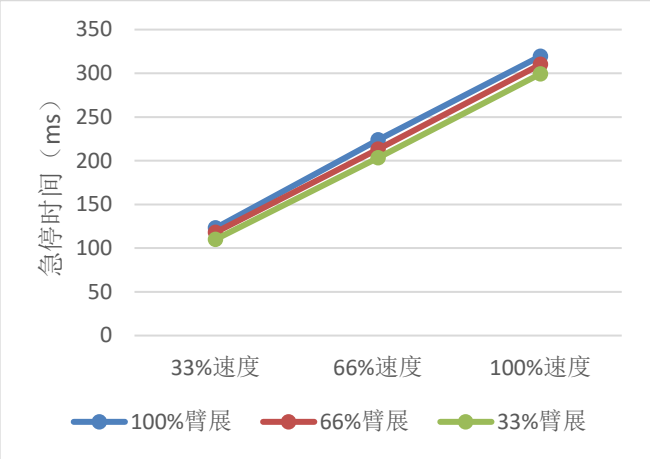


关节 1 二类停止时间

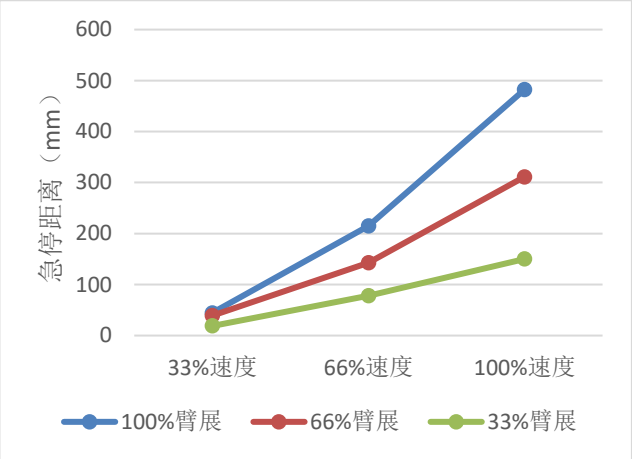


关节 1 二类停止距离

关节二：

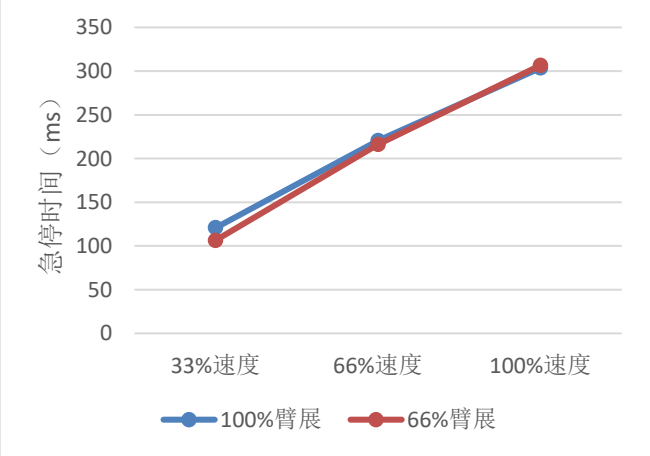


关节 2 二类停止时间

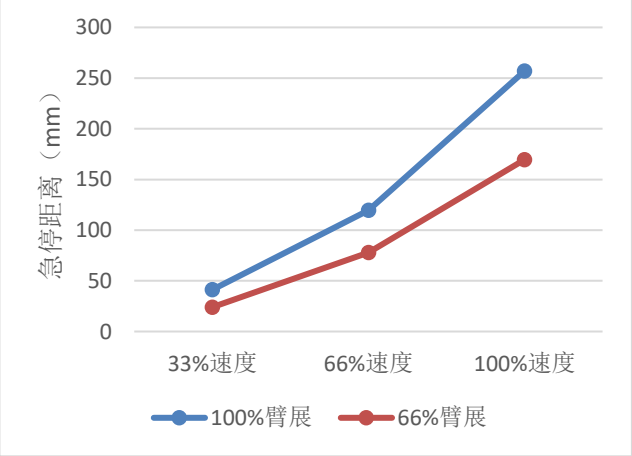


关节 2 二类停止距离

关节三：



关节 3 二类停止时间

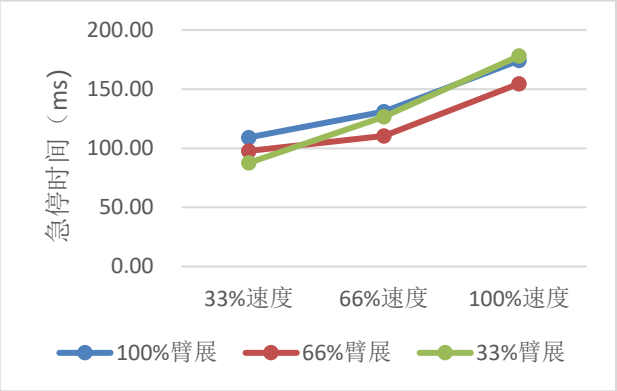


关节 3 二类停止距离

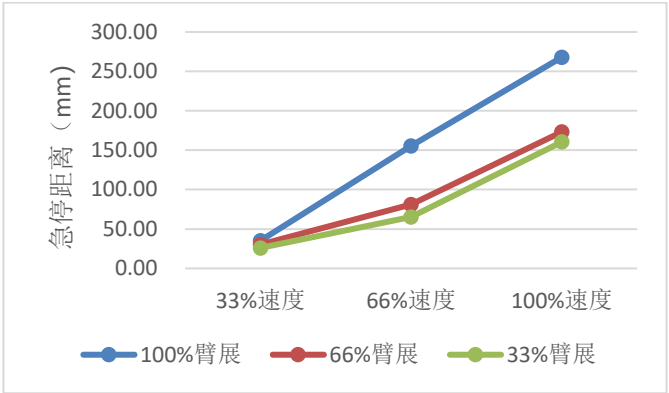
负载为 7 kg（15.4 lb）时，A5 停止时间与距离如下。

一类停止时间及停止距离

关节一：

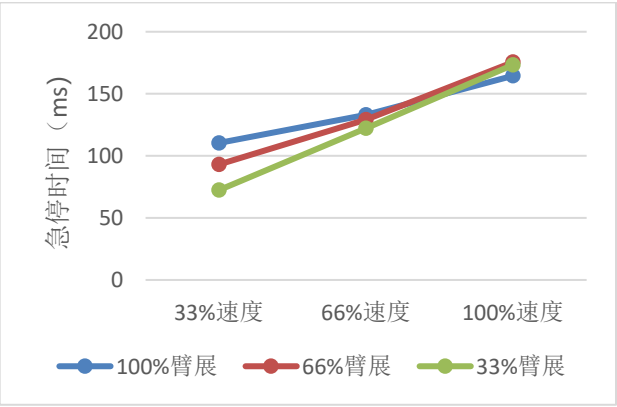


关节 1 一类停止时间

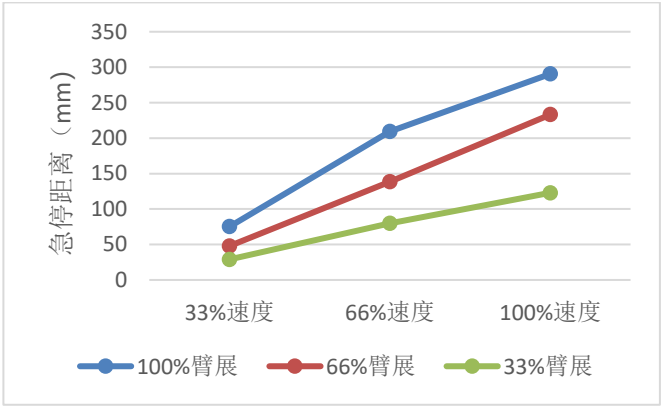


关节 1 一类停止距离

关节二：

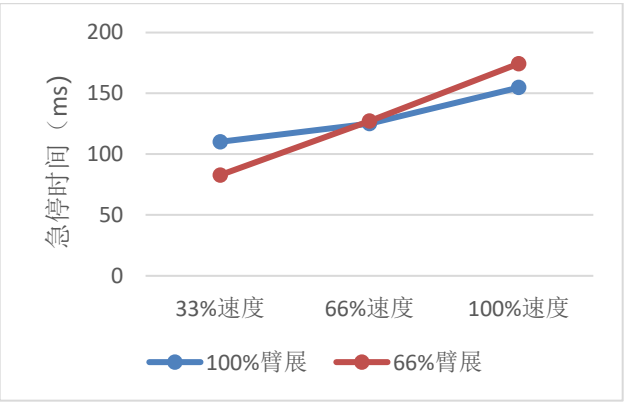


关节 2 一类停止时间

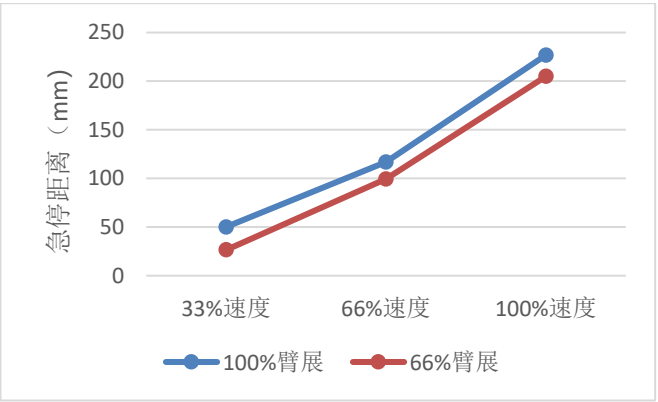


关节 2 一类停止距离

关节三：



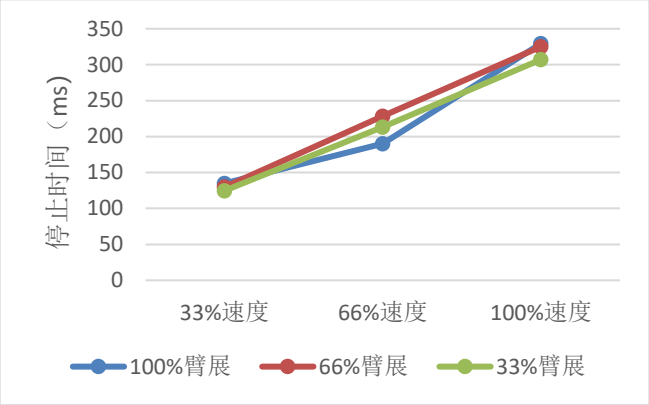
关节 3 一类停止时间



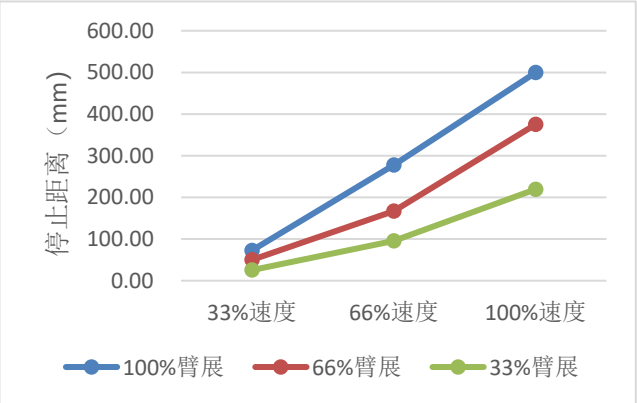
关节 3 一类停止距离

二类停止时间及停止距离

关节一：

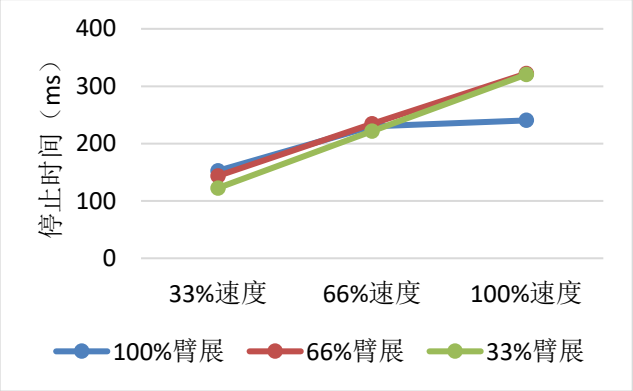


关节 1 二类停止时间

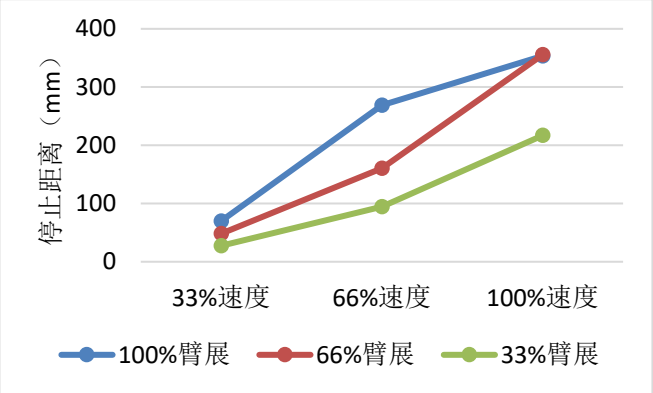


关节 1 二类停止距离

关节二：

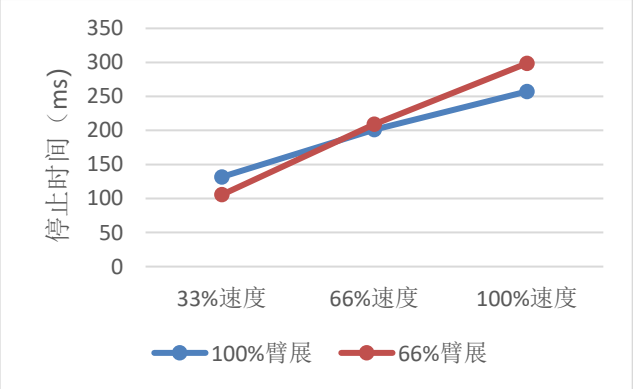


关节 2 二类停止时间

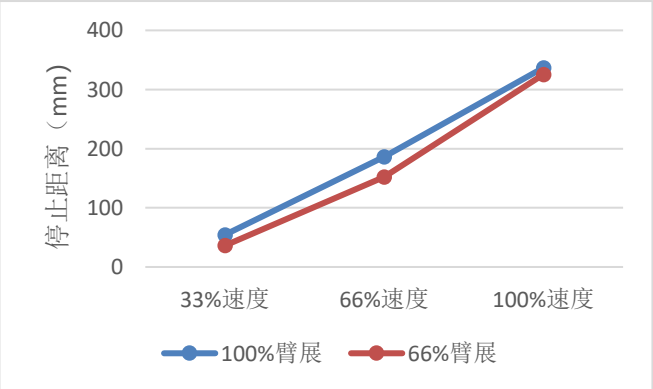


关节 2 二类停止距离

关节三：



关节 3 二类停止时间

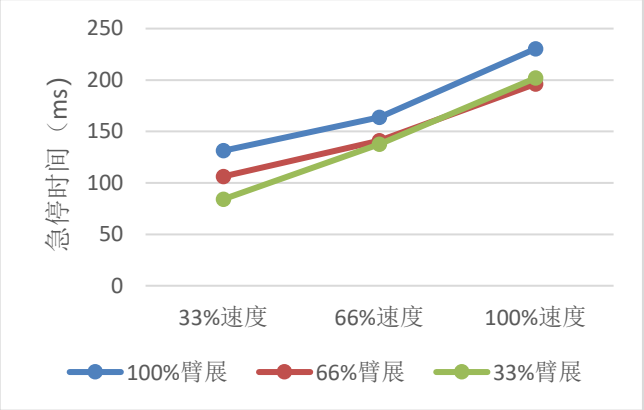


关节 3 二类停止距离

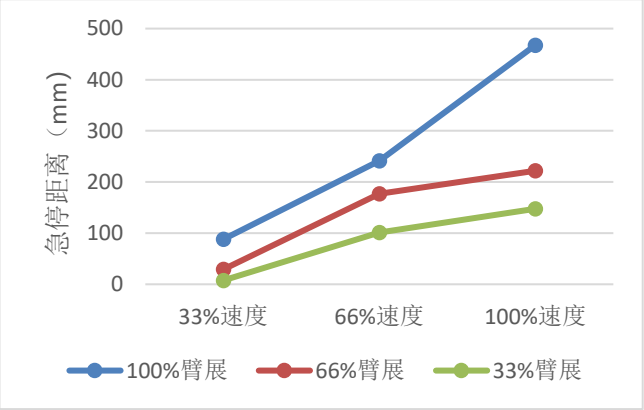
A12 停止时间及停止距离

一类停止时间及停止距离

关节一：

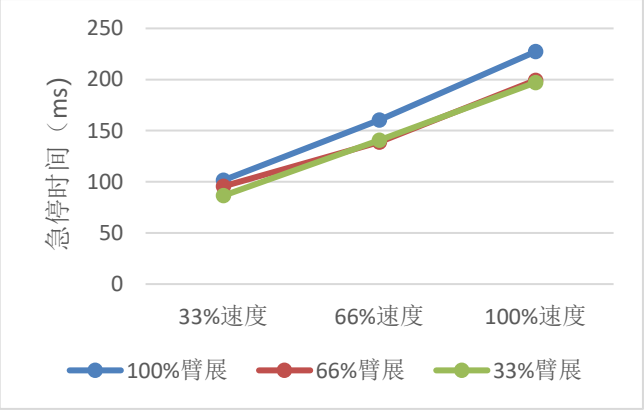


关节 1 一类停止时间

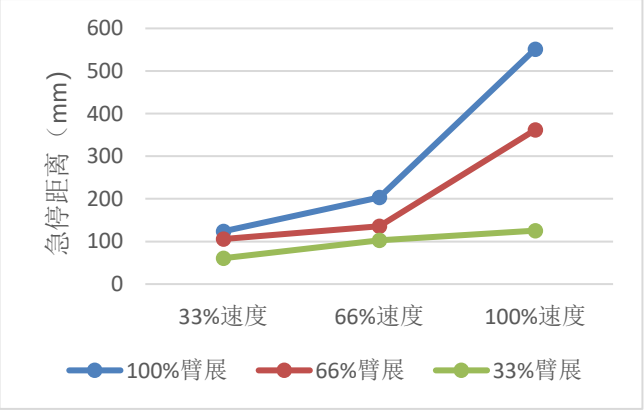


关节 1 一类停止距离

关节二：

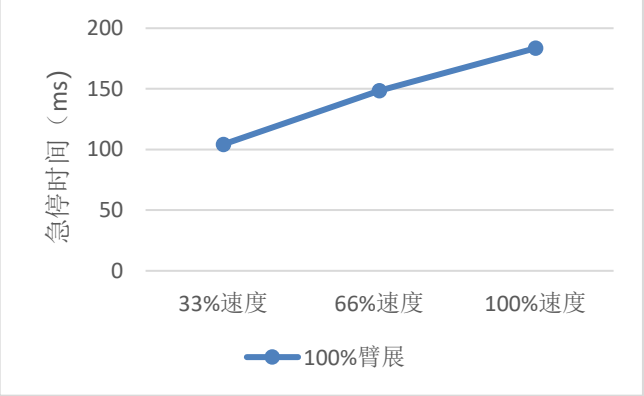


关节 2 一类停止时间

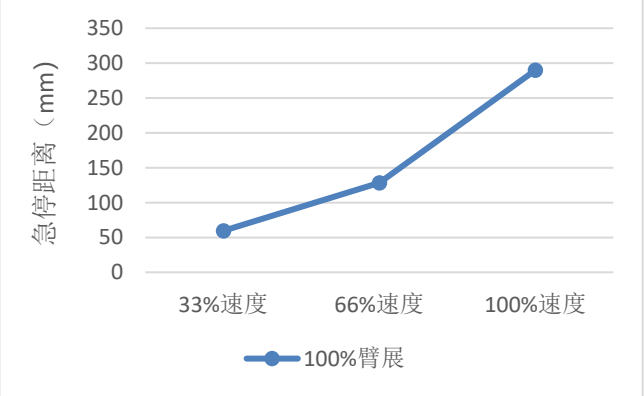


关节 2 一类停止距离

关节三：



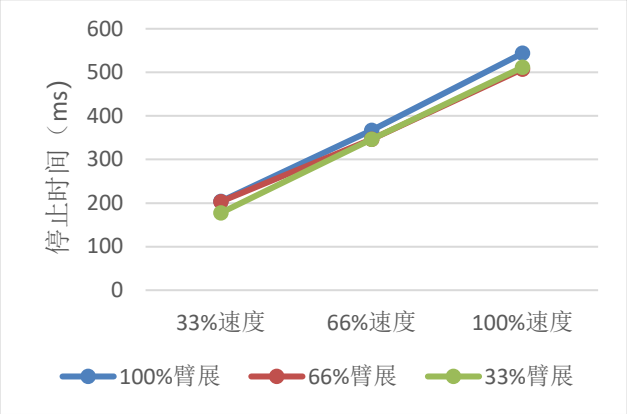
关节 3 一类停止时间



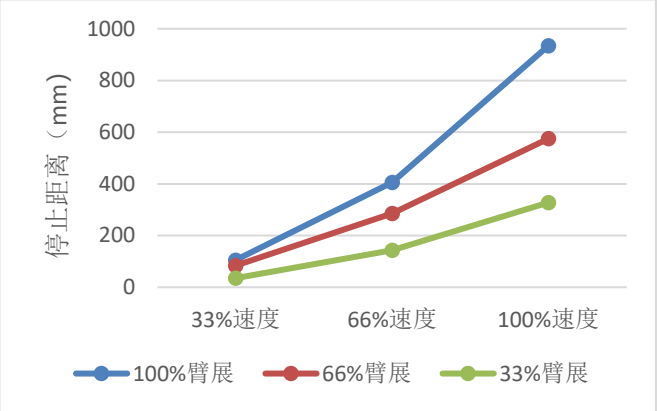
关节 3 一类停止距离

二类停止时间及停止距离

关节一：

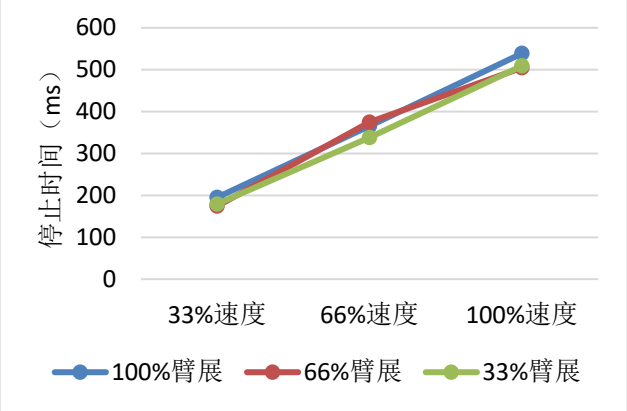


关节 1 二类停止时间

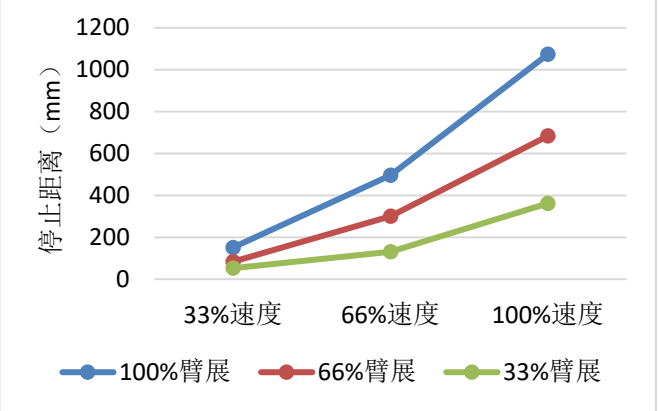


关节 1 二类停止距离

关节二：

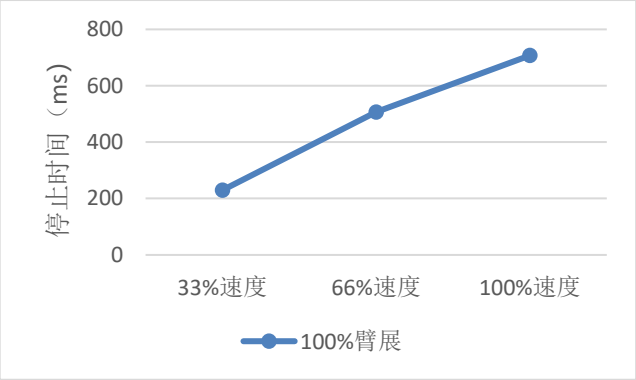


关节 2 二类停止时间

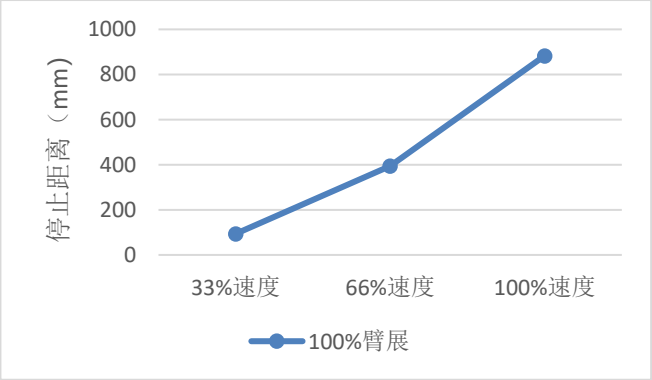


关节 2 二类停止距离

关节三：



关节 3 二类停止时间

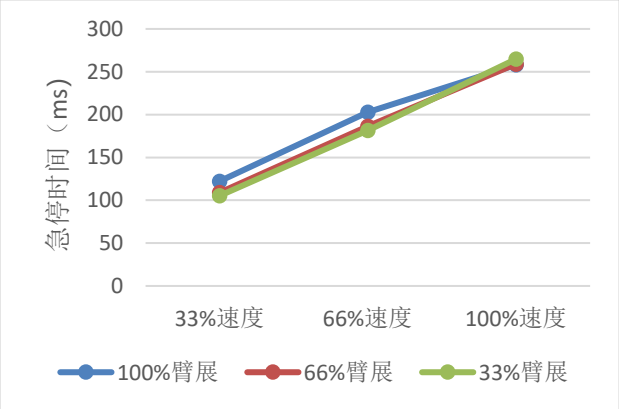


关节 3 二类停止距离

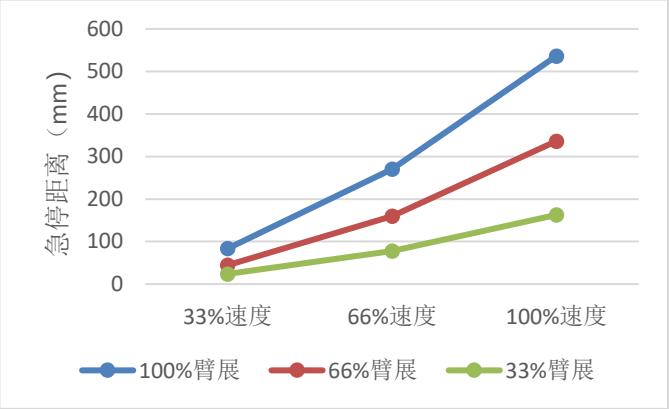
A20 停止时间及停止距离

一类停止时间及停止距离

关节一：

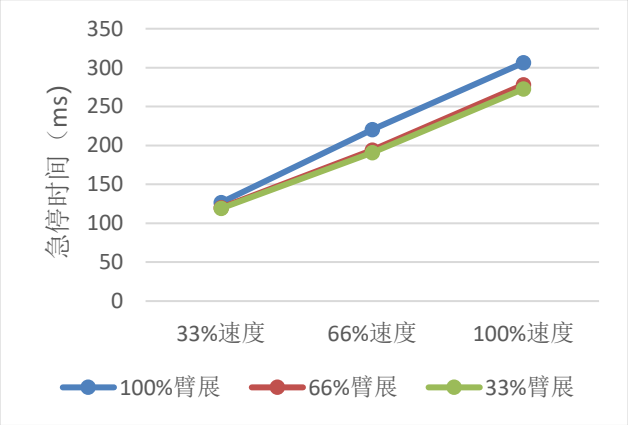


关节 1 一类停止时间

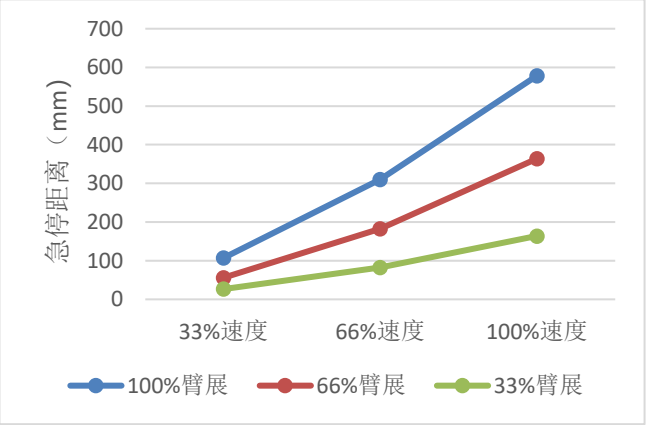


关节 1 一类停止距离

关节二：

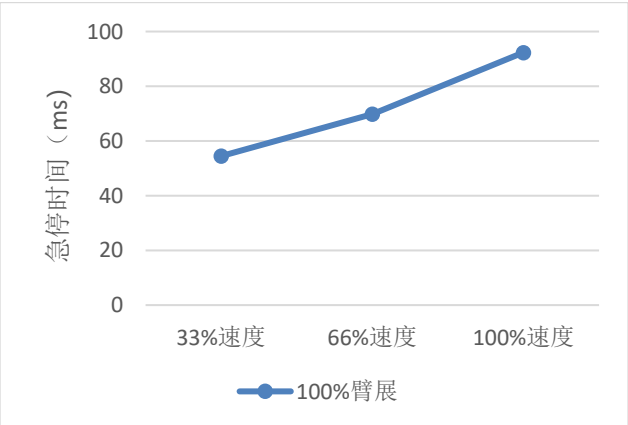


关节 2 一类停止时间

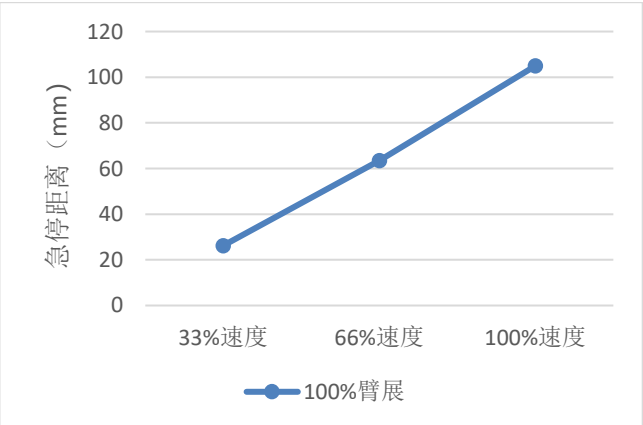


关节 2 一类停止距离

关节三：



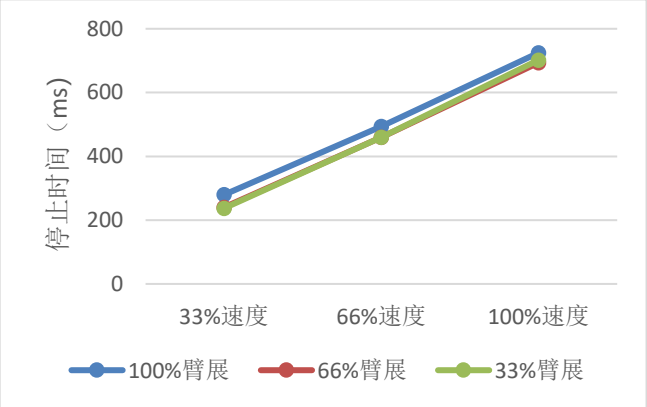
关节 3 一类停止时间



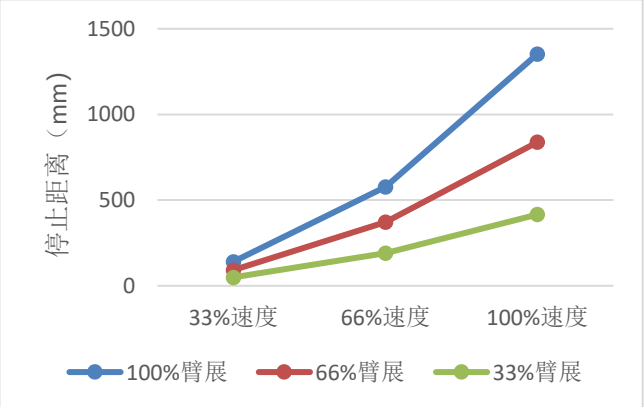
关节 3 一类停止距离

二类停止时间及停止距离

关节一：

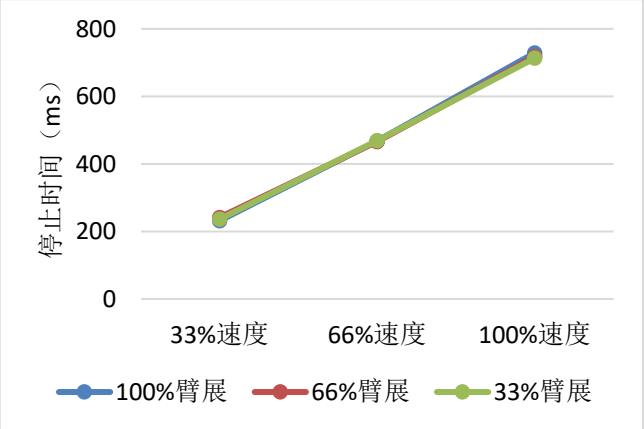


关节 1 二类停止时间

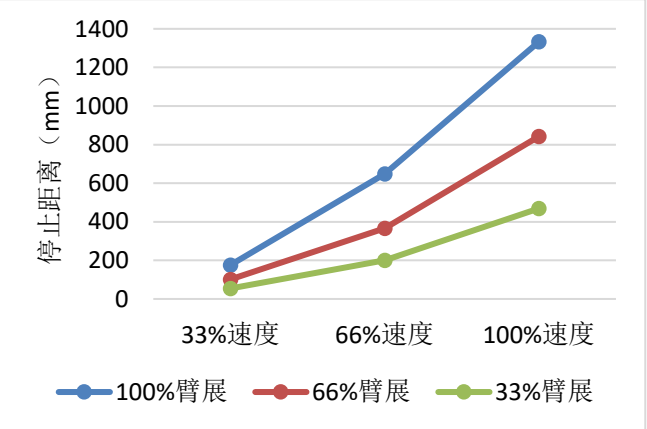


关节 1 二类停止距离

关节二：

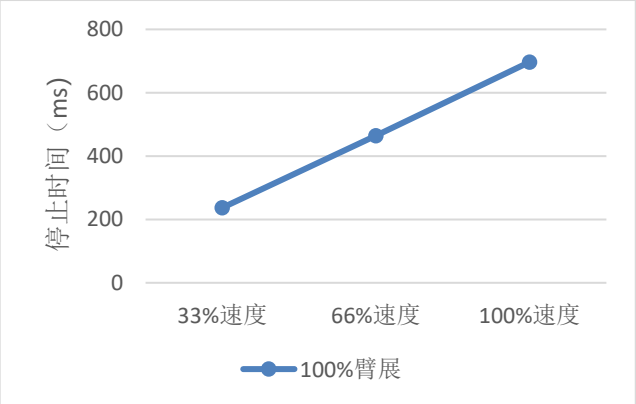


关节 2 二类停止时间

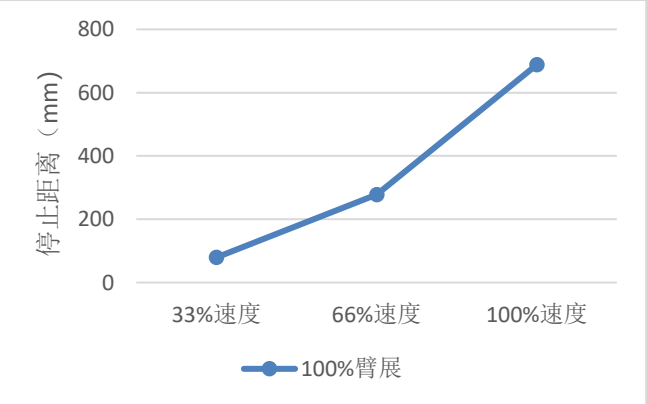


关节 2 二类停止距离

关节三：



关节 3 二类停止时间



关节 3 二类停止距离

注：

- 停止距离测量单位为 mm，1 inch 等于 25.4 mm。
- 此数据为测试数据，数据结果受版本影响。

附录 二：图目录

图 2-1：机器人交互类型 11
图 2-2：释放制动器 15
图 2-3：反向驱动按钮界面 16
图 2-4：机器人铭牌及标签 17
图 2-5：控制柜铭牌及标签 17
图 2-6：控制柜安全标签（正面） 17
图 2-7：控制柜安全标签（底面） 17
图 3-1：机器人系统组成部件 19
图 3-2：A5, A20 机器人 20
图 3-3：A12 机器人 20
图 3-4：控制柜 21
图 4-1：紧急停止功能时序图 26
图 4-2：保护性停止功能时序图 27
图 4-3：保护性停止手动复位模式下时序图 28
图 4-4：运动状态安全功能时序图 29
图 4-5：拖拽模式 TCP 速度限制功能时序图 30
图 4-6：三位置使能按钮状态 31
图 4-7：手动模式下三位置使能功能时序图 32
图 4-8：速度监控安全功能时序图 33
图 4-9：缩减模式安全功能时序图 35
图 4-10：扭矩和功率限制安全功能时序图 36
图 4-11：碰撞保护安全功能时序图（非严重碰撞） 38
图 4-12：碰撞保护安全功能时序图（严重碰撞） 39
图 4-13：位置监控安全功能时序图（SF4，SF10，SF11 触发方式配置为停止） 40
图 4-14：位置监控安全功能时序图（SF11 触发方式配置为保护性停止） 41
图 4-15：位置监控安全功能时序图（SF11 触发方式配置为缩减模式） 42
图 4-16：输入信号冗余时序图 43
图 5-1：环形指示灯 46
图 5-2：末端法兰按钮 47
图 5-3：A5, A20 机器人旋转方向 47
图 5-4：A12 机器人旋转方向 48
图 5-5：A5, A20 肩部奇异姿态 49
图 5-6：A5, A20 肘部奇异姿态 49
图 5-7：A5, A20 腕部奇异姿态 50
图 5-8：A12 一类奇异姿态 50

图 5-9：A12 二类奇异姿态.....51
图 5-10：A12 三类奇异姿态.....51
图 5-11：手柄按钮.....52
图 5-12：A5 外形尺寸图.....54
图 5-13：A12 外形尺寸图.....54
图 5-14：A20 外形尺寸图.....55
图 5-15：A5 工作空间.....56
图 5-16：A12 工作空间.....56
图 5-17：A20 工作空间.....57
图 5-18：控制柜长宽高图示.....57
图 5-19：控制柜外形尺寸.....58
图 5-20：A5 负载偏心图.....58
图 5-21：A12 负载偏心图.....59
图 5-22：A20 负载偏心图.....59
图 5-23：机器人基座力和转矩方向.....61
图 6-1：机器人或控制柜外包装箱.....65
图 6-2：正确搬运方式.....66
图 6-3：错误搬运方式.....66
图 6-4：吊装步骤图示.....67
图 6-5：机器人安装方式.....69
图 6-6：A5 基座安装尺寸图.....70
图 6-7：A12 基座安装尺寸图.....71
图 6-8：A20 基座安装尺寸图.....72
图 6-9：控制柜安装空间.....73
图 6-10：A5，A12 机器人连接线接口.....74
图 6-11：A20 机器人连接线接口.....74
图 6-12：机器人连接线及连接器尺寸.....75
图 6-13：机器人连接线及连接器.....75
图 6-14：机器人工具 I/O.....76
图 6-15：TIO 线尺寸图.....77
图 6-16：NPN 型干接点输入接线.....78
图 6-17：PNP 型干接点输入接线.....78
图 6-18：连接外部 NPN 设备接线.....79
图 6-19：连接外部 NPN 设备接线.....80
图 6-20：RS485 接线.....80
图 6-21：模拟输入接线.....81
图 6-22：CAB7，CAB12 底面板接口.....82

图 6-23：CAB16 底面板接口 83
图 6-24：按压防脱扣 84
图 6-25：取下防脱扣 84
图 6-26：安装防脱扣 84
图 6-27：连接电源线 85
图 6-28：扣紧插头 85
图 6-29：控制柜前面板 87
图 6-30：数字输入和输出接口 90
图 6-31：数字输入和输出接口连接电源 91
图 6-32：数字输入接口 91
图 6-33：干接点信号作为输入接线 92
图 6-34：PNP 信号作为输入接线 92
图 6-35：数字输出接口 92
图 6-36：数字输出接口接线 93
图 6-37：三位置使能功能接线 94
图 6-38：安全接口出厂接线 94
图 6-39：连接紧急停止开关 95
图 6-40：连接保护性停止开关 95
图 6-41：模拟量接口接线 96
图 6-42：RS485 接口连接单个外部设备 96
图 6-43：RS485 接口连接多个外部设备 97
图 6-44：远程开机接线 97
图 6-45：远程关机接线 98
图 6-46：A5 末端法兰尺寸图 101
图 6-47：A12 末端法兰尺寸图 101
图 6-48：A20 末端法兰尺寸图 102
图 6-49：末端法兰 102
图 7-1：三位置使能按钮 103
图 10-1：回收标识 106
图 10-2：环保使用期限标识 106

附录 三：表目录

表 0-1：产品清单 6
表 2-1：手册安全标识 8
表 2-2：通用警告标识 9
表 2-3：铭牌及标签描述 18
表 4-1：安全功能表 23
表 4-2：缩减模式下机器人参数限制 34
表 4-3：碰撞保护状态机器人参数限制 37
表 5-1：机器人技术规格 44
表 5-2：控制柜技术规格 45
表 5-3：环形指示灯颜色定义 46
表 5-4：IPC 板规格 52
表 5-5：手柄功能描述 52
表 5-6：控制柜长宽高数据 57
表 5-7：停止时间和距离测试负载 60
表 5-8：机器人基座可承受最大力和转矩 61
表 5-9：机器人末端法兰可承受最大扭矩 62
表 6-1：快速入门操作步骤 63
表 6-2：A5，A20 搬运姿态关节角度 65
表 6-3：A12 搬运姿态关节角度 65
表 6-4：吊装步骤描述 68
表 6-5：安装平面可承受扭矩 69
表 6-6：机器人安装数据 73
表 6-7：机器人连接器规格 75
表 6-8：机器人连接线规格 76
表 6-9：TIO 引脚定义 77
表 6-10：国标控制柜电源线 86
表 6-11：欧标控制柜电源线 86
表 6-12：英标控制柜电源线 86
表 6-13：美标控制柜电源线 86
表 6-14：日标控制柜电源线 86
表 6-15：前面板接口定义 87
表 6-16：前面板线束规格 90
表 6-17：高低电平范围 91
表 6-18：安全 I/O 配对关系 93
表 6-19：末端执行器安装步骤 102

表 7-1：三位置使能按钮与机器人状态对应关系 103
表 9-1：故障排查清单 105
表 10-1：有害物质表 107



节卡机器人股份有限公司

地址：上海市闵行区剑川路 646 号 6 号楼

邮箱：docs-support@jaka.com

网址：www.jaka.com