



www.flexiv.com

RIZON

自适应机器人

柔性 通用

非夕拂晓 用户手册

拂晓 10
版本 1.0
介绍 (中文)

在产品安装和使用前，请仔细阅读说明书

1	前言	1
1.1	装箱物品	1
1.2	重要安全须知	3
1.3	手册阅读指南	3
1.4	查找更多信息	3
2	安全	5
2.1	简介	5
2.2	验证与责任	5
2.3	责任范围	6
2.4	手册所用警告标识	6
2.5	通用警告和注意事项	8
2.6	标签	10
2.7	预期用途	11
2.8	风险评估	12
2.9	使用前功能评估	13
2.10	紧急停止	13
2.11	无电力驱动的移动	13
3	安全相关功能和接口	16
3.1	简介	16
3.2	故障处理与停止类别	16
3.3	安全功能	17
3.3.1	运动相关检测	17
3.3.2	安全输入	19
3.3.3	安全输出	20
3.4	工作区、安全区和危险区	20
3.5	机械限位 (机械急停)	23

3.6	机器人状态	23
3.6.1	系统恢复状态	23
3.6.2	在正常状态和减速状态之间切换	23
3.6.3	平面约束	24
4	运输	26
5	安装	29
5.1	机械要求	29
5.2	电气要求	31
5.3	环境要求	32
6	机械接口	34
6.1	简介	34
6.2	机器人工作区	34
6.3	机械臂底座安装	35
6.4	末端工具的安装	36
6.5	控制箱、操作手柄和示教器	37
6.6	最大负载	37
6.7	接地	38
7	电气接口	41
7.1	简介	41
7.1.1	控制箱接口	41
7.2	工业通信	43
7.3	控制箱数字输入/输出	43
7.3.1	适用于所有数字输入/输出的规范	44
7.3.2	安全输入/输出	45
7.3.3	默认安全配置	47

7.3.4	安全输入/输出引脚定义	48
7.3.5	系统急停输入	48
7.3.6	保护性停止输入	49
7.3.7	保护性重置输入	50
7.3.8	系统急停输出	50
7.3.9	移动、未停止、减速状态、非减速状态输出	50
7.3.10	动力指示灯输出	50
7.3.11	通用数字输入/输出	51
7.4	工具连接	52
8	维护与修理	55
8.1	安全说明	55
8.2	验证安全功能	56
8.3	维护计划	56
8.4	熔断器规范	56
9	软件	58
9.1	简介	58
9.2	操作手柄	58
9.3	模式	59
9.3.1	手动模式	59
9.3.2	自动模式	59
9.4	状态	60
9.5	运行	60
9.6	工作流程	61
9.6.1	执行	61
9.6.2	停止与重启	62
9.6.3	故障清除	62

9.6.4 避开障碍物	63
A 技术规格	65
A.1 系统示意图	65
A.2 机械臂	66
A.3 控制箱	67
A.4 操作手柄	68
A.5 示教器	68
B 停止距离与停止时间	69
C 声明与认证	71

此页无正文

前言

第 1 章

本手册是您新购入的非夕拂晓机器人不可或缺的一部分。您可以对本款机器人进行编程，使其移动工具并通过电气信号与其他机器通信。非夕拂晓机器人是一款关节机器人，由多个以关节相连的铝制连杆组成。

拂晓设有七个由扭矩控制的关节，执行起任务来更为灵活，并且对末端力/力矩的控制非常精确。借助操作软件上基于工作流的编程界面，用户可以轻松地通过可重复使用的元操作控制机器人实现复杂的任务。适用范围广泛的输入/输出接口和工业现场总线通信技术也为完成整体集成工作创造了有利条件。

1.1 装箱物品

包装清单：

- 机械臂
- 控制箱
- 操作手柄
- 机器人-控制箱连接线缆

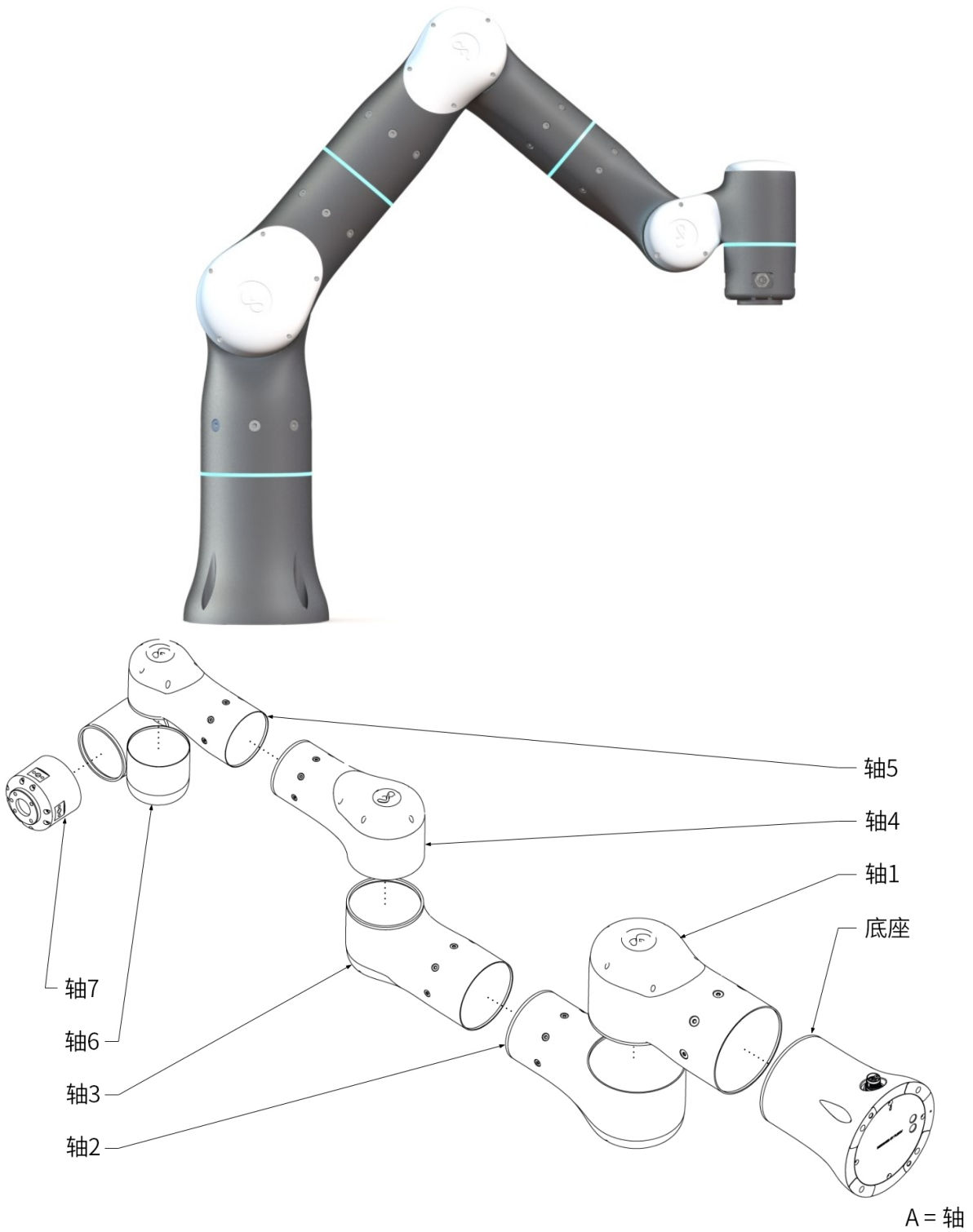


图 1.1: 拂晓 10 机械臂爆炸图

1.2 重要安全须知

本款机器人为半成品机械，因此，每次安装本机器人时必须进行风险评估。
注意：您必须按照第 2 章列出的所有安全说明进行操作。

1.3 手册阅读指南

本手册包含非夕拂晓机器人的安装和编程说明。本手册的内容包括：

- 安全相关设置
- 硬件安装指南
- 软件指南

本手册适用于经过培训的机器人集成商。

1.4 查找更多信息

www.flexiv.com

TEL: +86 4008 888 105

此页无正文

安全

第 2 章

2.1 简介

本章节介绍了在操作非夕拂晓机器人系统时必须遵守的安全要求。集成商和用户在首次操作拂晓机器人之前，必须仔细阅读本手册，全面了解相关安全功能及潜在危险。

本章节先对本手册所用的警告标识简单加以介绍，然后详细阐明关于拂晓机器人系统的设置和编程的重要信息。第 3 章将对本系统涵盖的安全功能进行介绍和定义。

相关人员必须遵守本手册中的所有说明和指导信息，并特别注意警告标识附带的文字信息。



若机器人系统（机械臂、控制箱、操作手柄和/或示教器）因任何形式的误用、修改或更改而遭到损害，非夕机器人科技有限公司拒绝承担任何责任。对于因机器人的编程错误或故障而对机器人或任何其他设备造成的任何损害，非夕机器人科技有限公司概不负责。

2.2 验证与责任

本手册中的信息不包含如何设计、安装、设置和运行一个完整的机器人应用，也不包含可能会影响完整拂晓系统安全等级的周边设备。用户和集成商有责任确保整个系统的设计和安装符合机器人安装所在国家/地区的标准和法规中规定的安全要求。此外，集成

商有责任确保充分遵守有关国家/地区的适用安全法律和法规，并确保消除整个系统中的任何潜在危害或将其减轻到所要求的水平。这些责任包括但不限于：

- 针对整个机器人系统进行一次全面的风险评估
- 在风险评估的要求下连接其他机器人和/或附加安全设备
- 在软件中进行对应的安全设置
- 确保用户不会在未经适当授权的情况下修改任何安全措施
- 验证系统的设计和安装是否正确无误
- 明确详细的使用说明
- 在机器人上标明集成商的相关标志和联系信息
- 将所有相关文档（包括风险评估和本手册）汇总为一份技术文档

2.3 责任范围

本手册中提供的安全信息并不构成非夕对机器人系统不会造成损害或伤害的保证，即使系统遵守了所有的安全说明。



2.4 手册所用警告标识



下表界定了本手册中所用的警告标识，并对相关风险进行了介绍。用户必须遵守这些安全相关警告信息。

标识	说明
 <p data-bbox="300 629 384 663">危险</p>	<p data-bbox="491 483 1378 555">这一标识表示存在紧迫的电气危害，如果不加以避免，可能会导致死亡或重伤。</p>
 <p data-bbox="300 864 384 898">危险</p>	<p data-bbox="491 745 1378 817">这一标识表示存在紧迫的危害，如果不加以避免，可能会导致死亡或重伤。</p>
 <p data-bbox="300 1106 384 1140">警告</p>	<p data-bbox="491 981 1378 1052">这一标识表示存在潜在的电气危害，如果不加以避免，可能会导致死亡或重伤。</p>
 <p data-bbox="300 1341 384 1375">警告</p>	<p data-bbox="491 1216 1378 1288">这一标识表示存在潜在的危害，如果不加以避免，可能会导致死亡或重伤。</p>
 <p data-bbox="300 1576 384 1610">警告</p>	<p data-bbox="491 1451 1378 1523">这一标识表示存在某种情况，如果不加以避免，可能会导致设备受损。</p>
 <p data-bbox="276 1812 413 1845">注意事项</p>	<p data-bbox="491 1686 1378 1758">这一标识表示存在某种情况，如果不加以避免，可能会导致设备受损。</p>

2.5 通用警告和注意事项

本手册涵盖旨在保护用户人身安全和防止机器受到损害的通用安全注意事项。我们会在本手册的各个部分重申这些注意事项。

标识	说明
 <p>危险</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 请确保按照本机器人的技术规范安装机器人和所有电气设备。 ▪ 安装完毕后进行彻查，确定所有零部件的安装正确无误。 ▪ 请在所有塑料罩壳已安装到位后再接通机器人的电源。
 <p>危险</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 请确保机械臂和末端工具安装得当，且机械臂有足够的工作空间。 ▪ 请根据风险评估中的定义确保安全配置参数的设置（仅可由获得授权的人员进行设置）正确无误，以便保护所有操作人员。 ▪ 请勿穿着宽松的服饰或佩戴容易在使用机器人时四处摇荡的物品。确保将长发束在脑后。 ▪ 使用前请先对机器人进行检查。如果机器人已损坏，请勿操作机器人。 ▪ 如果软件提示存在错误，请立即按下紧急停止按钮。请记住错误码，然后联系供应商。 ▪ 请不要将任何安全设备连接到通用输入/输出接口。仅使用专用安全输入/输出接口。 ▪ 请确保使用正确的安装参数。这包括但不限于：底座安装角度、负载、工具中心点 (TCP) 偏移量和安全配置。 ▪ 机器人末端工具不得有锐边和尖点。 ▪ 使用示教器时，应记住机器人的动作。请务必同时通过程序性警告和口头警告通知协作工作区内的其他人员，然后再执行示教器和操作手柄上的动作命令。 ▪ 切勿更改机器人。更改可能会导致集成商不可预见的危害。 ▪ 将不同的机械连接起来可能加重危险或引发新的危险。因此，请务必针对整个安装装置进行全方位的风险评估。

标识	说明
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 请注意，在自动模式下，机器人工具中心点速度最高可达 2000 毫米/秒。进入协作区后，请小心不要被机器人挤压，即使是在装有安全光栅的情况下。选择自动模式之前，应重置所有暂停的保护性安全功能或光栅，并全面恢复其功能。 ▪ 机器人过载可能会导致机械零部件受损并造成人身伤害。 ▪ 操作和急停时需要考虑停止距离。需要针对机器人的装配展开相关风险评估。 ▪ 如果维护期间需要接触带电零件和连接件，请小心不要触电。 ▪ 请注意机器人手臂和示教器相关的发光颜色和指示灯，因为它们表明了机器人当前所处的模式。如果对指示灯理解有误，可能会导致人身伤害。
 <p style="text-align: center;">警告</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 机器人及其控制箱均会在运行期间产生热量。请勿在机器人运行期间或运行结束后立即触摸机器人。此类触摸可能会令人不适。 ▪ 机器人可能会在运行期间产生噪音。虽然噪音相对较小，但长期接触仍然可能损害听力。在恶劣的工作环境下（例如抛光和打磨时），必须使用耳塞。
 <p style="text-align: center;">注意事项</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 请勿将本机器人系统暴露在强电场和强磁场中，因为这样可能会损害本系统。 ▪ 如果本机器人系统集成了其他机器，我们强烈建议您先对所有功能进行一次综合测试，然后再运行本系统。 ▪ 当本机器人断电后，请等待至少五秒钟，然后再启动，以避免本机器人系统中存在多余的电荷。 ▪ 无论是机器人或机器人系统的编程人员、教学人员、操作人员、维护人员还是修理人员，均应接受培训并能够展现出必要的能力，安全稳妥地执行分配到的任务。这些人员应接受有关如何处理紧急情况或异常情况的培训。 ▪ 在安装机器人系统时，应避开可能会产生碰撞的建筑物、结构体、公共设施和其他机器设备。 ▪ 如果用户安装了辅助声音装置来操作机器人，在最终使用时，该装置的音量应超过环境噪音。

2.6 标签

有关产品标签和警示标签请见下文。



图 2.1: 拂晓 10 机器人产品标签

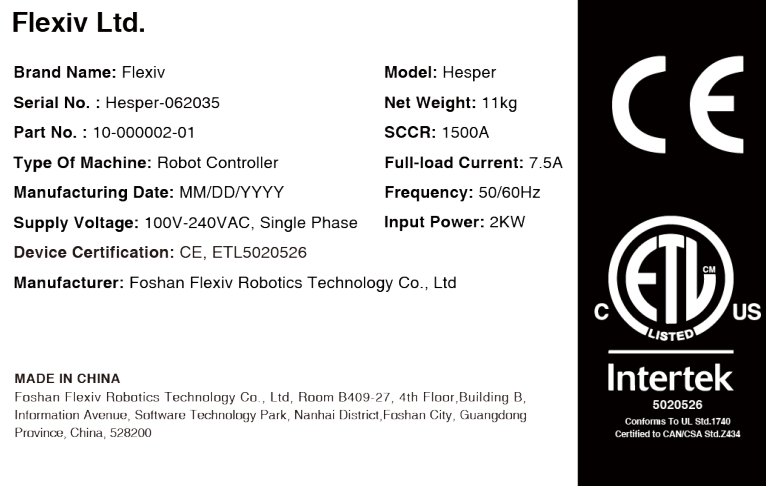


图 2.2: 启明星控制箱产品标签



图 2.3: 警示标签

图 2.4 列出了操作手柄按钮上各图标的含义。

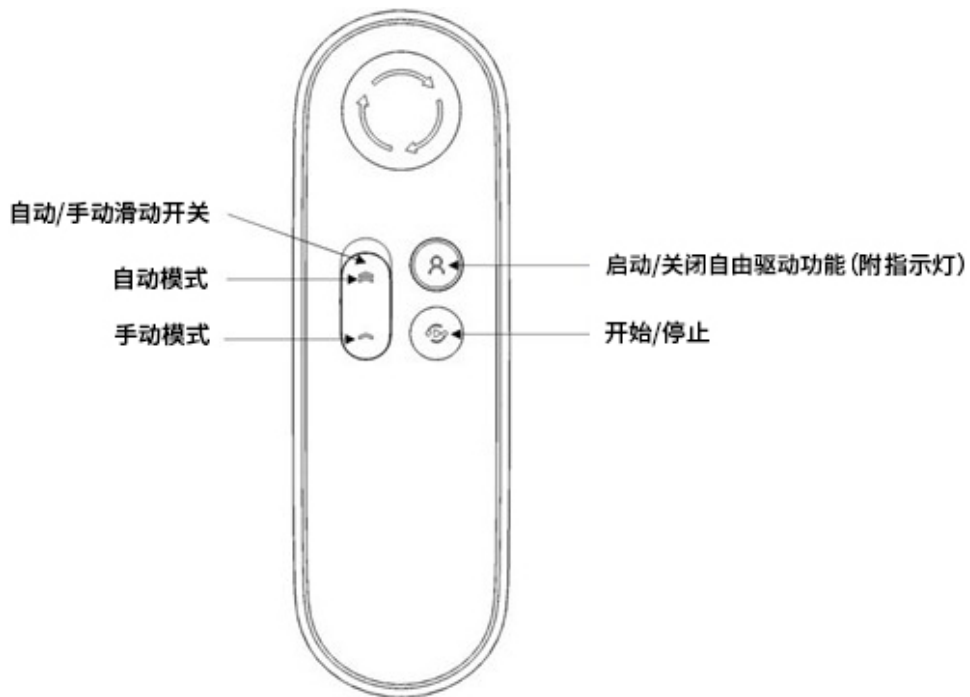


图 2.4: 操作手柄图标的含义

2.7 预期用途

非夕拂晓机械臂适用于操纵物体、搬运零部件和装配零件。如需了解机器人应当在哪些环境条件下运行，请查阅附录 C 和附录 A，分别了解相关认证和相关技术规范。

本机械臂设有安全相关功能，旨在实现人机协作，让机器人系统能够在没有围栏的情况下和/或在有人的情况下工作。

协作式运行仅适用于无危险应用，即根据已展开的风险评估，整个应用设置（含末端工具、工件和其他相关机器）不会造成严重危害。

不得背离预期用途，背离预期用途的行为均视为存在危险。这些行为包括但不限于：

- 将机器人置于可能易燃易爆的环境
- 将机器人置于涉及人类的医疗环境
- 将机器人用在易于振动的环境中
- 将机器人用于技术规范允许范围之外的操作
- 不展开风险评估便使用机器人

2.8 风险评估

机器人本身为半成品机械，因为其安装安全与否取决于机器人的集成方式。

建议集成商根据 ISO 12100 和 ISO 10218-2 标准展开风险评估。

集成商在展开风险评估时，应考虑到在机器人整个应用生命周期内执行的所有作业任务，包括但不限于：

- 在安装机器人期间为其编程
- 清除故障和维护
- 正常操作机器人

在第一次接通机械臂的电源之前，必须先展开风险评估。在风险评估期间，集成商需要确定合适的安全配置设置，并鉴别是否需要针对具体的机器人应用增设急停按钮和/或其他防护性措施。

潜在危害清单：

- 机械危害：因接触机器人或其尖锐工具而导致压伤、撞伤或擦伤。
- 电气危害：因接触带电零件而导致电烧伤或触电。
- 高温危害：因长时间接触机器人高温表面而导致热辐射伤或皮肤烧伤。
- 噪音危害：因长时间处在高负载高速机器人噪音环境下而导致对声学信号的感知能力下降。
- 振动危害：无。
- 辐射危害：无。
- 材料/物质危害：无。
- 人体工程学危害：因长时间操作各种机器人配件而导致疲劳、精神压力或身体不适。
- 环境危害：无。
- 危害组合：因多位操作员协调不当或系统故障而导致上述危害组合出现。

2.9 使用前功能评估

在开始任何操作之前，用户有责任核实是否已根据情况正确连接所有安全输入和输出。用户还需进行测试，进一步确保这些安全输入和输出的相关安全功能按计划发挥作用。必须特别注意那些需要将机器人的安全功能连接到其他机器的测试。这类测试可能包括：

- 测试能否通过机器人本身及系统急停输入接口让机器人断电并触发刹车。
- 测试能否借助保护输入停止功能让机器人停止动作。然后，如果已对保护重置功能进行配置，则请核实在触发重置后机器人能否恢复动作。
- 测试能否通过减速模式输入将机器人切换到减速模式。
- 测试能否通过运行模式开关来切换机器人的运行模式。测试能否通过示教器读取机器人的运行模式。
- 测试是否必须将三位使能开关按到中间位置，才能够让机器人在手动模式下运动起来。
- 测试能否通过系统急停输出接口让包括互连机器在内的整个系统进入安全状态。
- 测试与安全输出接口相连的各系统的表现。

2.10 紧急停止

拂晓机械臂的操作手柄上附带了一个一体式机器人急停按钮。激活急停按钮后，各关节将断电，然后刹车将立即启动。

注意：根据 IEC 60204-1 和 ISO 13850 标准，急停按钮并非安全保护，其作用不是防止人员受伤。机器人应用风险评估最终应表明是否需要增设急停按钮。急停按钮必须符合 IEC 60947 5-5 标准。

2.11 无电力驱动的移动

如果发生紧急情况，需要在无电力驱动的情况下移动机器人（例如人类操作员意外被机器人夹住时需要松开机器人，救出操作员），可以执行以下操作：

- 强制反向驱动：在无电力驱动的情况下，可以对第一轴和第二轴施加 350 Nm 以上的扭矩、对第三轴和第四轴施加 135 Nm 以上的扭矩并对第五轴、第六轴和第七轴施加 80 Nm 以上的扭矩来实现反向驱动。关节的刹车系统设有摩擦离合器，能够以较大的反向驱动扭矩进行移动。
- 手动释放刹车：对于 A2、A4、A6 和 A7 轴，可以取下机器人外的塑料罩壳并拔出刹车插销，从而手动脱开刹车（请见图 2.5）。考虑到机械臂的重力问题，如果没有外部支撑，脱开的关节预计会加速下坠。因此，脱开刹车时应当寻求其他人员的帮助。



请注意，在手动释放刹车时，机械臂可能会因为重力而下坠并击中操作员。释放刹车时，应当由至少两人进行操作。

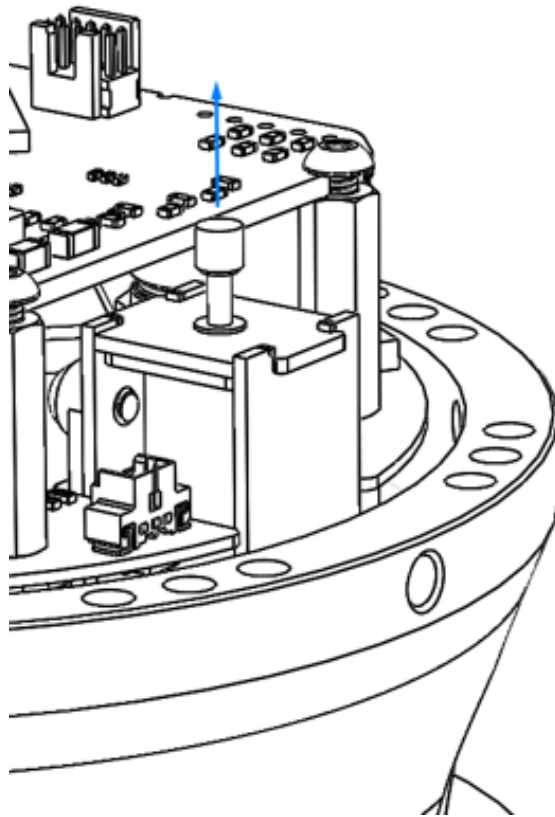


图 2.5: 拔出刹车插销以手动释放刹车

此页无正文

安全相关功能和接口

第 3 章

3.1 简介

拂晓机械臂具备内置安全相关功能，并配备安全相关电气接口，可连接其他机器人和附加安全设备。这些安全相关功能符合 ISO 13849-1 标准，性能等级为 3 类（即性能等级为 d）。

请查阅第 9 章，了解如何在用户界面中配置这些安全功能、输入和输出接口。有关如何连接安全输入接口的说明，请参见第 7 章。



1. 在配置安全设置时，必须严格遵守每个应用的风险评估最终得出的结论。
2. 如果安全系统检测到重大故障或违规情况，将触发类型为 0 的停止。请注意，由于断电存在延时，因此在风险评估时需要考虑机器人停止所需的时间。

3.2 故障处理与停止类别

在机器人运行期间，控制系统会定期执行安全相关检查。这些检查包括评估安全功能、系统运行状况和安全输入接口的状态。根据检查结果，可将机器人的停止分为三种类型。停止类别是按照 IEC 60204-1 标准划分的，具体总结请见表 3.1。

停止类别	说明
0	机器人立即断电停止。
1	机器人以可控方式放慢速度。当机器人停止时，断开电源。
2	机器人以可控方式放慢速度并停在原位，并保持电机驱动。

表 3.1: 拂晓机械臂的停止类别

3.3 安全功能

机械臂的安全功能分为三种类型，即运动相关监测、安全输入和安全输出。这些功能确保了机器人及其附属工具在安全限制范围内移动，并可用于减少风险评估时发现的危险。

3.3.1 运动相关检测

运动相关监测功能通过机器人接收传感器反馈，可确保机器人正常运行。用户只有在示教器上输入安全访问代码后才能对这些安全功能的配置进行编辑。表 3.2 列出了所有可用的监测功能。

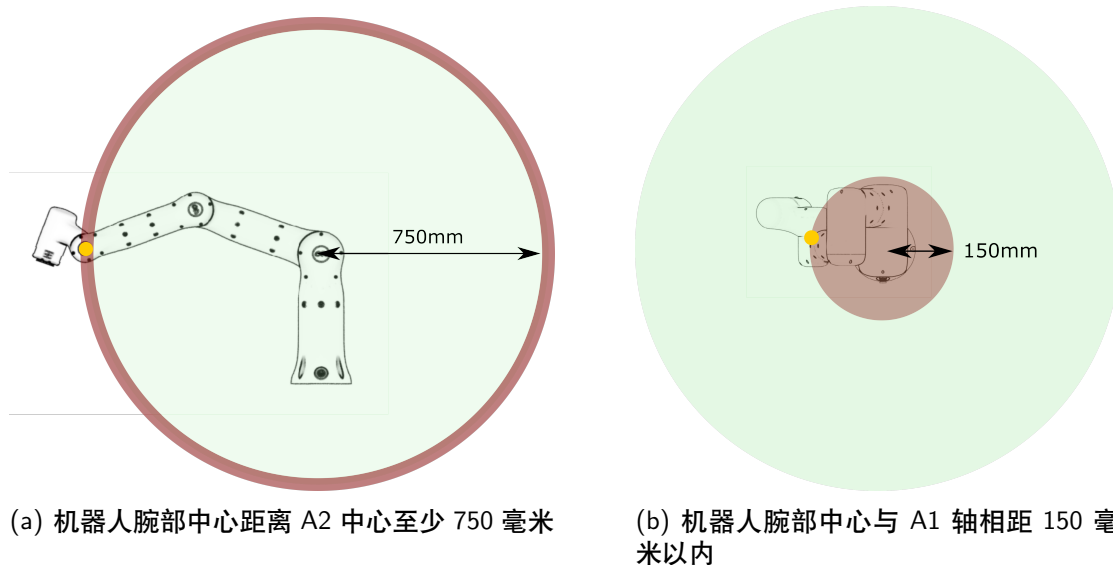


图 3.1: 拂晓 10: (a) 如果腕部中心 (A5 轴和 A6 轴的交点, 以黄点表示) 距离 A2 关节较远, 则可以以较低的速度生成较大的径向力。由于机器人的奇异点配置, 工具中心点力度限制已禁用。(b) 如果腕部中心紧邻 A2 轴, 则机器人可以生成较大的切向力。工具中心点力度限制已禁用。在这两种情况下, 建议组合使用安全平面或关节限制, 以防机器人移动到其工作区的相应区域内。

代码	安全功能	说明
SF3	关节位置限制	超出关节位置许可限值会触发类型 0 停止。
SF4	关节速度限制	超出关节速度许可限值会触发类型 0 停止。
SF5	关节扭矩限制	超出关节扭矩许可限值会触发类型 0 停止。
SF6	工具中心点位置限制	监测工具中心点位置并检查其是否符合安全平面约束。根据已激活平面的配置，超出约束范围会触发类型 0 停止或进入减速状态。
SF7	工具中心点速度限制	超出工具中心点速度许可限值会触发类型 0 停止。
SF8	工具中心点力度限制	超出工具中心点力度或扭矩许可限值会触发类型 0 停止。请参见下文中的警告了解例外情况。
SF9	动量限制	超出机械臂动量许可限值会触发类型 0 停止。 本功能可监测机器人的总动量，总动量需使用质量矩阵和关节角速度进行计算。
SF10	功率限制	超出机械臂功率许可限值会触发类型 0 停止。 本功能可监测机器人的总工作输出，此输出为关节扭矩之和与所有关节的关节角速度相乘得出的结果。

表 3.2: 拂晓机械臂的运动相关监测



当机器人处于图 3.1 所示的姿势时，“工具中心点力度限制”安全功能被禁用。在这些姿势下，机器人邻近奇异点，能够朝特定方向生成较大的力或扭矩。请采取预防措施来防止压伤风险，例如，可以移除相应区域内的物品、重新摆放机器人的位置或使用工具中心点或关节位置限制功能。如果无法阻止某些轨迹产生奇异点，则无论是在自动还是在手动模式下，软件都会内置奇异点保护功能来使奇异点附近的轨迹变得平滑。尤其是在手动自由驱动模式下，机器人会在操作人员将机器人移向奇异点时提供额外的阻力。

3.3.2 安全输入

从物理上看，安全输入接口由双通道输入接口组成。这些接口将由控制箱上的安全软件处理。完整的安全输入接口列表分为两类，即可以连接到外部安全设备的安全输入接口，以及操作手柄上的安全输入接口。相关输入接口的信息分别请见表 3.3 和表 3.4。工具中心点 (TCP) 相关信息请见《Elements 用户手册》。

代码	安全功能	说明
SF0	紧急停止 (类型 0 停止)	按下操作手柄上的机器人急停按钮或外部系统急停按钮，会导致类型 0 停止。 此功能会在机器人出现 SF1 故障时启用， SF1 故障表示机器人未能在按下急停按钮后 700 毫秒内停止。此功能启用后，动力立即被切断。
SF1	紧急停止 (类型 1 停止)	按下操作手柄上的机器人急停按钮或外部系统急停按钮，会导致类型 1 停止。 按下急停按钮后，系统便会在出现 SF0 故障之前启用此功能。启用此功能后，机器人需要在 700 毫秒内减速并完全停止，之后再切断动力。

表 3.3: 机器人操作手柄上的安全输入功能

代码	安全功能	说明
SF2	保障停止 (保护性停止)	外部防护设备连接控制箱的安全输入接口后，一经启用，便会触发类型 2 停止。
SF11	保护性重置 输入	如果安全控制系统检测到保护性重置输入接口存在信号下降沿，则应重置保护性停止安全功能 SF2 。
SF12	减速状态输入	当减速状态输入信号为低电平时，进入减速状态。 在减速状态下，多个安全功能的限制设置均会受到影响。

表 3.4: 控制箱上可供用户使用的安全输入功能

3.3.3 安全输出

本机器人配备安全输出接口，是为了通过接口将机器人手臂的安全功能扩展到其他机器上。这些输出均为双通道输出，目的是在其中一个通道发生故障时提供冗余性。表 3.5 列出了所有可用的安全输出。

代码	安全功能	说明
SF13	急停输出	紧急停止时，此数字输出信号为低电平，非紧急停止时，此数字输出信号为高电平。
SF14	机器人移动输出	机器人移动时，此数字输出信号为低电平，机器人不移动时，此数字输出信号为高电平。
SF15	机器人未停机输出	当机器人不在停止过程中或处于停止状态时，此数字输出信号为低电平。
SF16	机器人减速状态输出	机器人处于减速状态时，此数字输出信号为低电平。
SF17	机器人未减速状态输出	机器人未处于减速状态时，此数字输出信号为低电平。

表 3.5: 控制箱上可供用户使用的安全输出功能

3.4 工作区、安全区和危险区

为了防止伤害人类或损坏材料，需要将工作区限制在必要的最小范围内。

工作区和人类操作员臂展范围内均为危险区。操作员可以在危险区与处于减速状态的机器人互动。停止时，机械臂将减速并在危险区内停止运行。安全区为危险区之外的区域。图 3.2 显示了工作区、危险区和安全区。图 3.3 显示的是人类操作员和机械臂之间的位置关系。

必须通过物理安全设施（例如光障、光栅或安全围栏）对危险区加以保护。此类安全设施的评级至少应当达到 ISO 13849-1 标准中规定的 3 类（即性能等级为 d）要求，且安全设施的结构应符合 ISO 13849-2 标准。此类安全设施的电气连接规定请见第 7.3.6 节。如果现场没有物理安全设施，则必须达到 EN ISO 10218 标准规定的协作式操作要求。装载区和中转区不得存在剪切或挤压风险。

下面列出了一些场景来展示常规设置和机器人状态：

场景 A：人类操作员在危险区外作业时，物理安全设施必须如图 3.3 所示。机械臂可以在正常状态下运行。

场景 B：人类操作员进入危险区，安全设施检测到人类操作员的的存在后，让机器人在减速状态下运行。

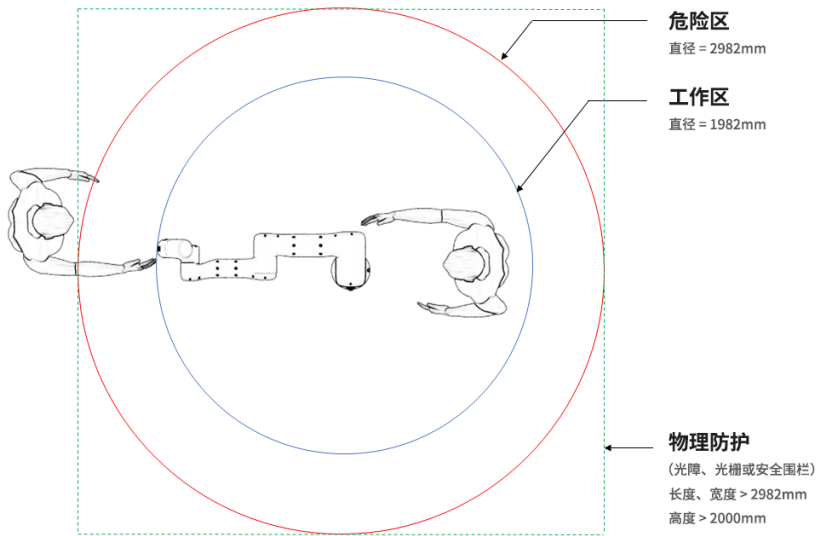


图 3.2: 拂晓 10 工作区、危险区和安全区



危险

即使是在减速状态下，如果人类操作员在危险区内与机械臂互动，机械臂仍然可能会对人类操作员构成危险。通过避免以脆弱的人体部位（例如头部、面部和眼部）直接接触机械臂，即可降低此风险。

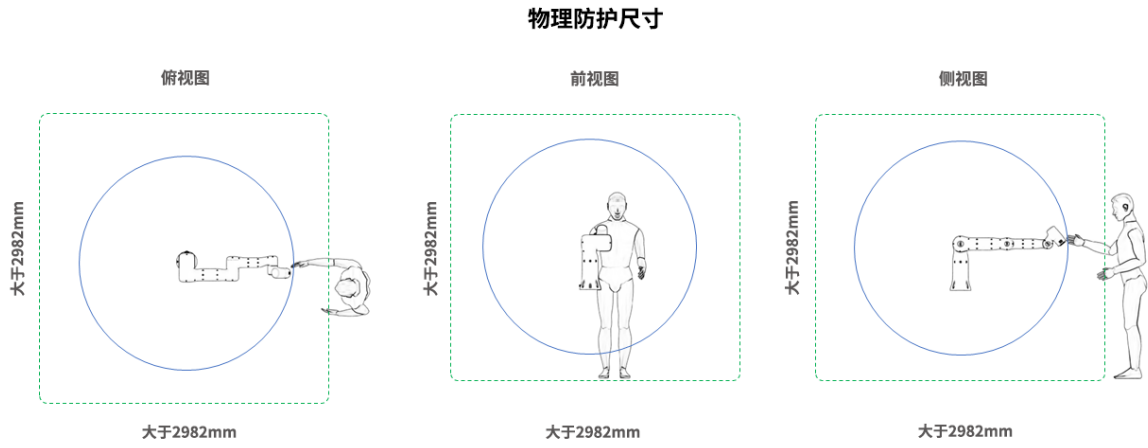


图 3.3: 人类操作员和拂晓 10 机械臂

3.5 机械限位 (机械急停)

除了根据安全功能和关节运动的有效范围 (附录 A) 界定的安全工作区之外, 每一个接口上的机械限位装置也能够在发生故障和断电时为用户提供更进一步的保护。机械限位范围如下。

轴	机械限位范围
A1	-165° 到 +165°
A2	-158° 到 +158°
A3	-165° 到 +165°
A4	-160° 到 +160°
A5	-175° 到 +175°
A6	-85° 到 +265°
A7	-175° 到 +175°

表 3.6: 拂晓 10 每个轴的机械限位范围 (0° 表示完全展开的姿势)

3.6 机器人状态

机器人可在正常状态、减速状态和系统恢复状态下运行。可在示教器上分别设置正常状态和减速状态的安全限值。系统恢复状态的限值固定不变。各状态之间的切换由安全控制系统自动执行。

3.6.1 系统恢复状态

如果超出安全限值, 安全系统将触发停止类型 0。之后必须重启系统, 才能继续操作。启动时, 如果系统不在安全限值范围内 (例如超出关节限值), 则系统将进入系统恢复状态。在这一状态下, 不得进行编程。但可以使用示教器将机器人手动移回限值范围内。为这一状态配置的安全限值如下表 3.7 所示。如果在系统恢复状态下存在任何超出限值的现象, 则触发停止类别 0。

3.6.2 在正常状态和减速状态之间切换

可以通过两种方法触发正常状态和减速状态之间的切换:

- 减速状态输入: 减速状态输入信号变弱时, 安全控制系统切换至减速状态。
- 平面约束: 通过平面约束来指定工具中心点位置限值。可以对这些约束进行配置, 从而在工具中心点穿过平面时自动切换到任一状态。请查阅第 3.6.3 节了解更多信息。

安全功能	限值
关节速度限制	30 °/秒
工具中心点速度限制	250 毫米/秒
动量限制	5 千克米/秒
功率限制	80 瓦特

表 3.7: 拂晓 10 为恢复状态配置的安全限值



警告

在系统恢复状态下，关节位置限制和工具中心点位置限制等安全功能被禁用。移动机器人时请务必小心。

3.6.3 平面约束

一共可以通过示教器配置八个平面约束。可以将这些平面约束配置为以下行为：

- 空间限制触发：使用这一特性配置的平面约束将被视为硬性空间约束。当机器人的工具中心点进入平面的硬性空间约束侧时，将触发类型 0 停止。
- 状态开关触发：一旦工具中心点穿过使用此特性配置的平面约束，运行状态将从当前正常/减速状态切换到减速/正常状态。

可以在示教器上启用或禁用平面约束。已禁用的平面约束不会触发上述任何功能。

此页无正文

运输

第 4 章

机器人和控制箱装在两个包装箱内，两者构成一个经过校准的组合套装。请勿拆分，否则机器人无法正常运转。

请将包装材料放在干燥之处，切勿按压、折叠包装材料或将其展平。机器人和包装箱均经过设计，相互匹配。请勿使用其他任何包装设计来运输机器人。

拆开机器人的包装时，请将包装箱底面稳稳地放在地面上。抓住机器人手臂的底座（A1 与 A2）和弯头（A4 与 A5），慢慢地从包装箱中取出机器人手臂。搬运机器人和控制箱时一定要小心。切勿撬开、抖动、拖拽机器人和控制箱或使其掉落、弯曲变形。几个人一起轻轻地托住机器人，直到机器人底座的所有装配螺栓都牢牢地固定到位为止。

在运送机器人之前，必须先将调整为运输状态。请勿用力将机器人塞进包装。运输时，机器人的姿势和包装布置应如图 4.1 和图 4.2 所示。包装箱外尺寸如下，供参考：

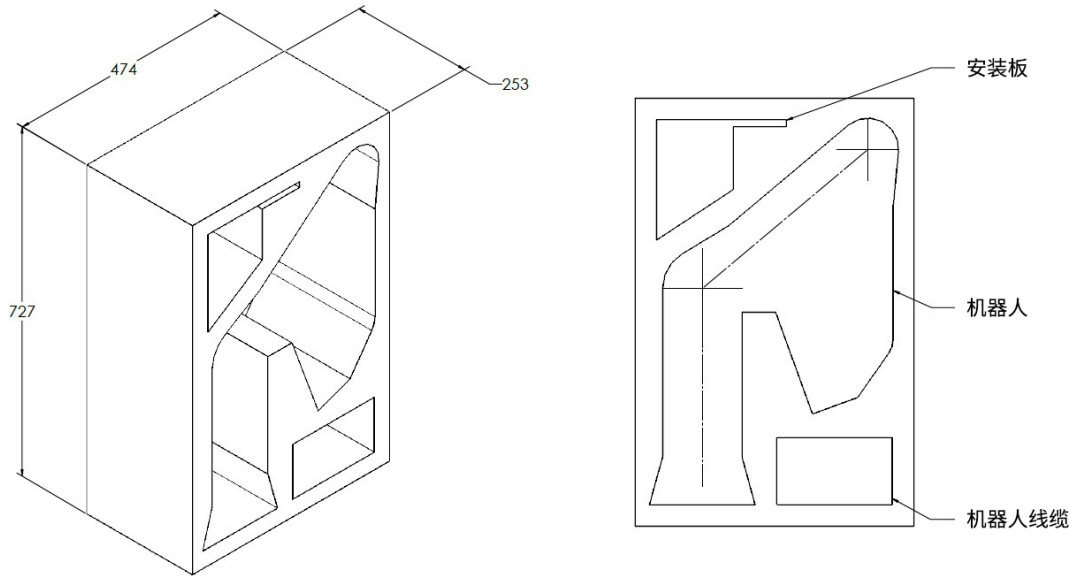


图 4.1: 拂晓 10 机械臂外包装

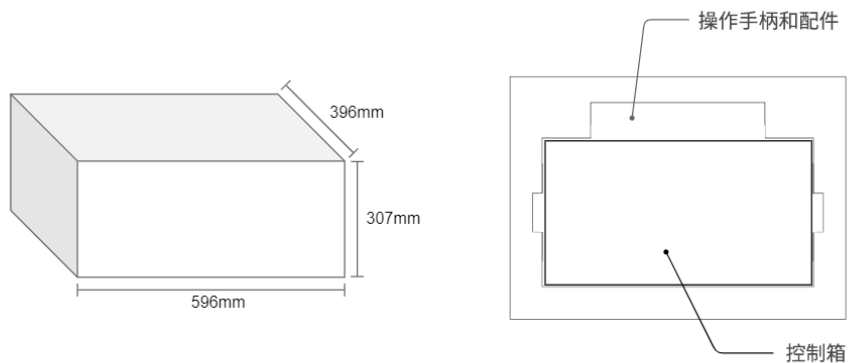


图 4.2: 启明星控制箱外包装



警告

1. 搬运前请咨询医师，任何时候都不要让身体承受太重的负担。请借助适当的工具移动和安装零件。对于因运输和安装操作而导致的任何财产损害或人身伤害，非夕概不负责。
2. 请确保根据本章说明安置机器人。请采取所有安全措施，包括但不限于使用护目镜、防护手套和劳保鞋等。
3. 切勿摇晃、敲击外包装、使其掉落或将其底面以外的面放在地上。

此页无正文

安装

第 5 章

5.1 机械要求

应当根据机器人底座法兰的朝向安装机器人。任何朝向均可。图 5.1 举例说明了垂直安装的情况。建议至少两人一同安装，其中一人固定住机器人的整个机体并与目标安装法兰相对齐，另一人在机器人底座法兰和目标安装法兰之间装上 4 颗 M6 螺栓，所有螺栓的长度至少为 16 毫米。详细安装图请见第 6 章。请注意，为确保机器人能够在自动模式下安全高速地运行，必须额外配备物理安全设施装置。安全设施装置的位置应根据第 3 章图 3.3 加以确定。

可以使用固定在侧面的手柄拎起控制箱，以便移动或安装。手柄可以拉出，也可以收起，如图 5.2 所示。



注意事项

- 请务必拔下所有接头后再移动机器人或控制箱。
- 抬举机器人或控制箱时，建议佩戴手套。
- 注意不要接触尖锐物品，以免破坏机器人表面。

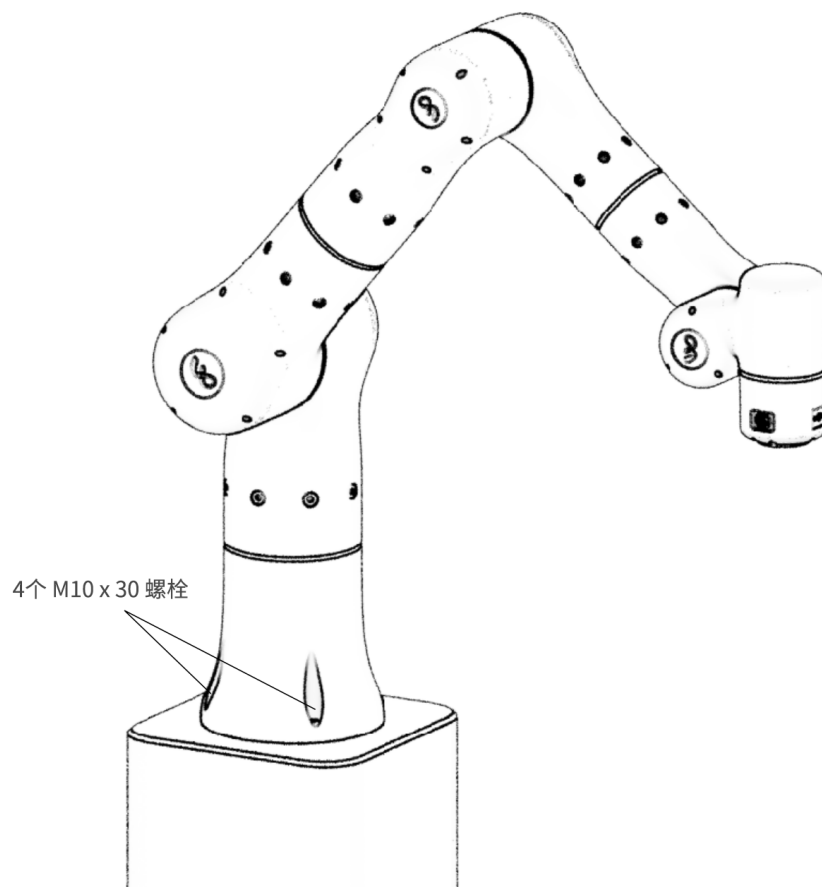


图 5.1: 拂晓 10 机械臂垂直安装示例图示

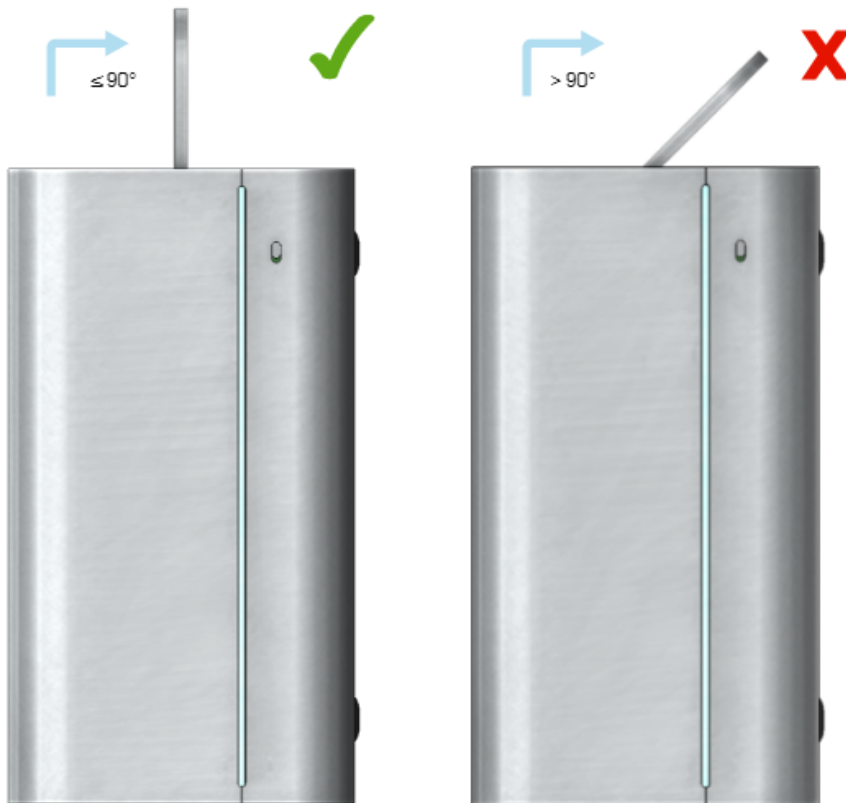


图 5.2: 控制箱手柄位置指南

5.2 电气要求

为了能够在安全状态下操作机器人，应正确完成电气安装，并考虑到电气规范（附录 A）中的注意事项、相应功耗和电力稳定性。用户应了解电气系统的共用功率，降低电气危害的风险。



注意事项

- 用户必须遵守控制箱标签上的功率要求。
- 请确保电源能够为拂晓机器人提供足够的功率。
- 根据 IEC 60947-2 标准的规定，电源需要配备剩余电流保护装置和现场过电流保护装置。断电装置与电气控制箱之间的距离应在 6 米以内。
- 请确保电源线已正确连接，然后再接通系统电源。

5.3 环境要求

机器人已通过第三方公司组织的电磁兼容性 (EMC) 测试。为了减少操作的不确定性，应当将机器人安装到电磁噪音极少的环境中。



注意事项

- 请避免将机器人安装到具有强烈电磁干扰 (EMI) 和射频干扰 (RFI) 的工作环境中。
- 机器人安装人员应佩戴防静电手环，以防静电电击对系统造成永久伤害。

此页无正文

机械接口

第 6 章

6.1 简介

本章介绍了有关安装机器人和控制箱的基本信息。

6.2 机器人工作区

区域	数值
1	1405 毫米
2	1295 毫米
3	450 毫米
4	450 毫米
5	395 毫米
6	346 毫米
7	845 毫米

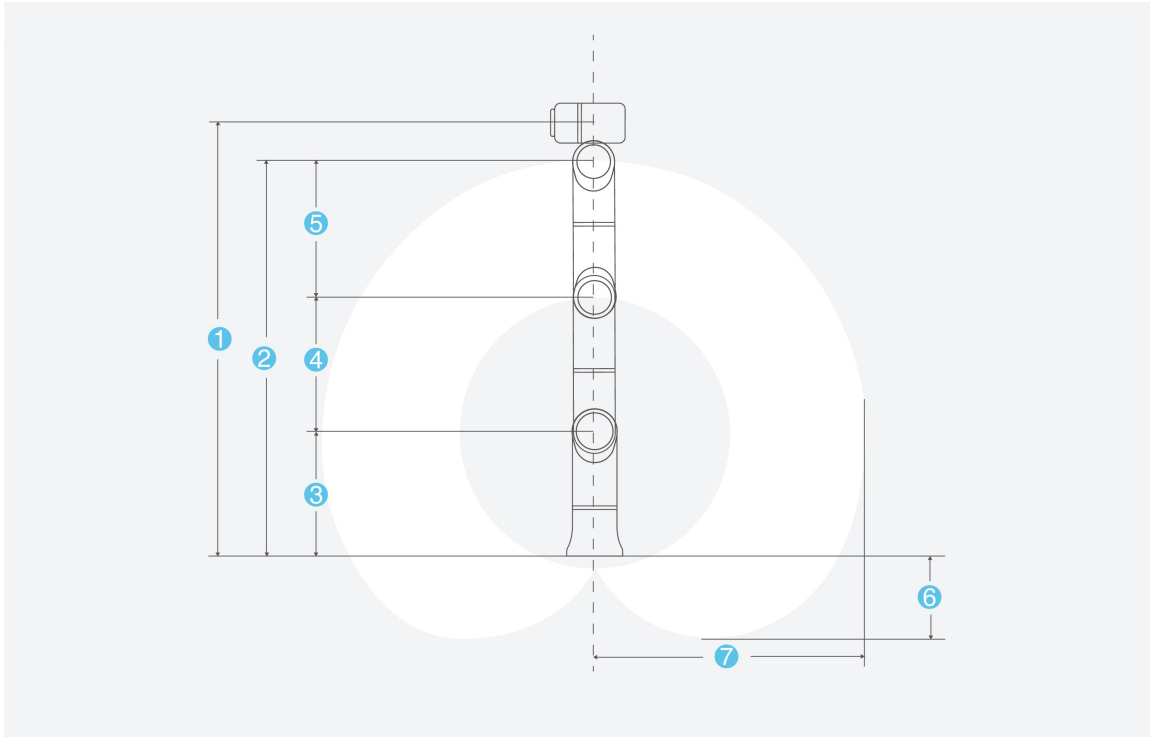


图 6.1: 拂晓机械臂的工作区

6.3 机械臂底座安装

底座所在表面应当是水平的，平面度不应超过 0.05 毫米。四个孔径为 11 毫米的通孔用于固定 M10 螺栓，另外还有一个孔径为 8 毫米的定位销孔和一个孔径为 8 毫米的定位销，用于定位。建议安装条件如下：

安装	建议值
螺钉长度	30 毫米
平台	金属找平平台



警告

- 确保用螺栓将机器人牢牢地固定到固定装置上。紧固装置松动可能会导致机械伤害。
- 本机器人只能用在与其 IP 等级 (IP54/IP65) 相应的环境中。

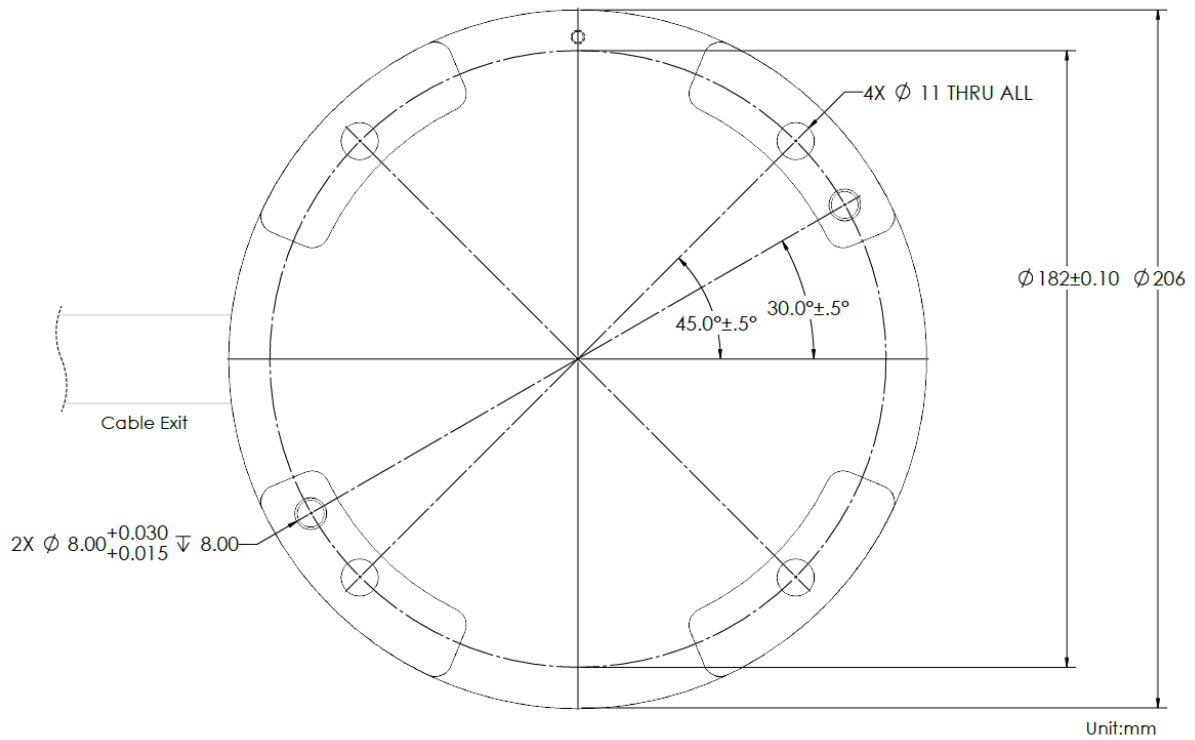


图 6.2: 拂晓 10 机械臂底座的安装

6.4 末端工具的安装

本机器人的输出法兰应符合 ISO 9409-1-50-4-M6 标准对于螺钉孔眼分布的规定。相关尺寸如下图 6.3 所示。



确保用螺栓将工具牢牢地固定到机器人的末端执行器上。紧固装置松动可能会导致工具掉落并造成机械伤害。

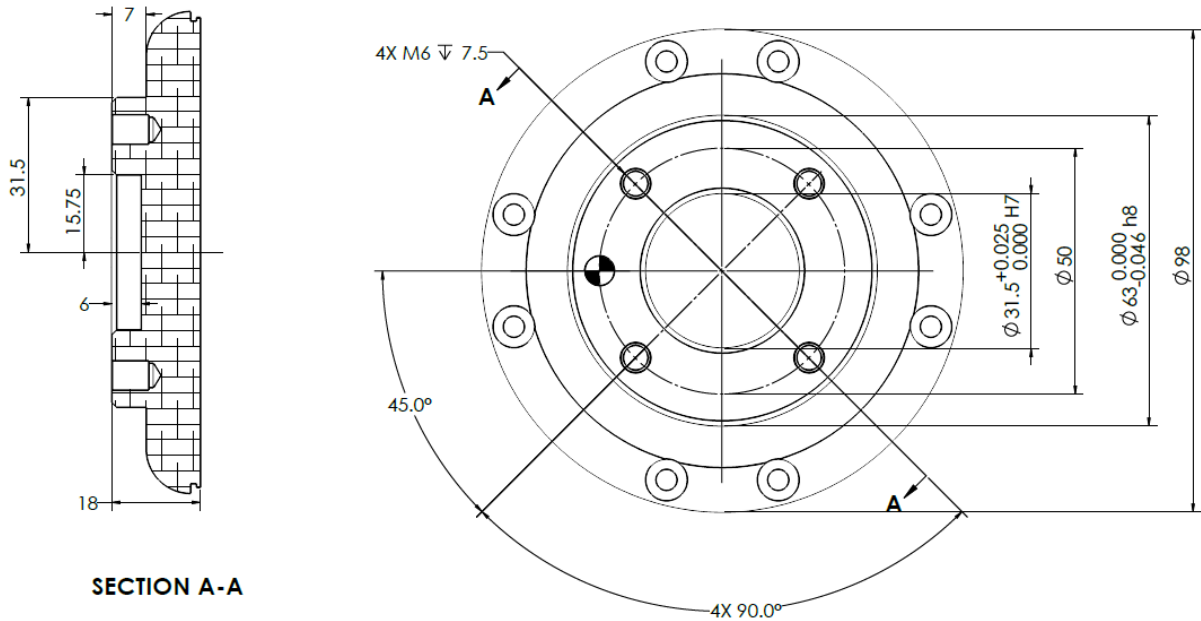


图 6.3: 拂晓 10 机械臂末端执行器的安装

6.5 控制箱、操作手柄和示教器



- 确保机械臂、控制箱、操作手柄和示教器之间的所有接口都不会接触任何液体。
- 所有零件只能用在与其 IP 等级（控制箱为 IP20，操作手柄为 IP40，示教器为 IP 20）相应的环境中。

6.6 最大负载

负载: 水平放置机器人手臂并使其完全伸展开来时，机器人工具中心点可处理的最大有效载荷为 10 千克。最大有效荷载会随着重心位置的变化而变化，两者的关系如图 6.4 所示。

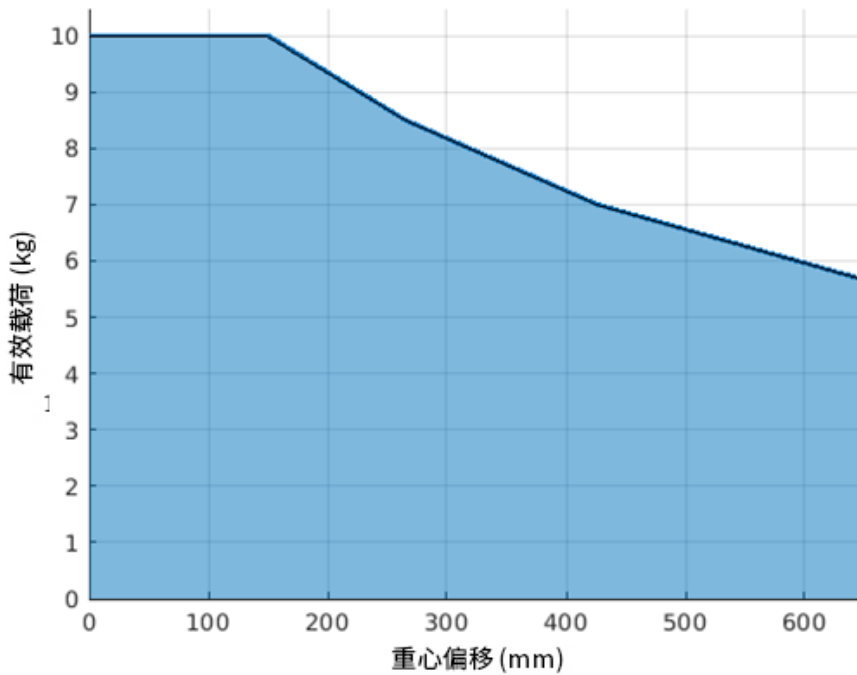


图 6.4: 最大有效荷载和重心偏移之间的关系

6.7 接地

如果在没有接地线的情况下将机器人控制箱连接到电源系统，可能会导致机器人控制箱发生故障并对供电单元造成实质性破坏。电压可能会造成伤害。只能在电源系统设有接地线的情况下操作机器人控制箱。

如果机器人系统需要使用外部接地，相关外部接地位置（螺钉孔眼）请见图 6.5。用户可能需要使用外接线缆将控制箱和/或机械臂接地。

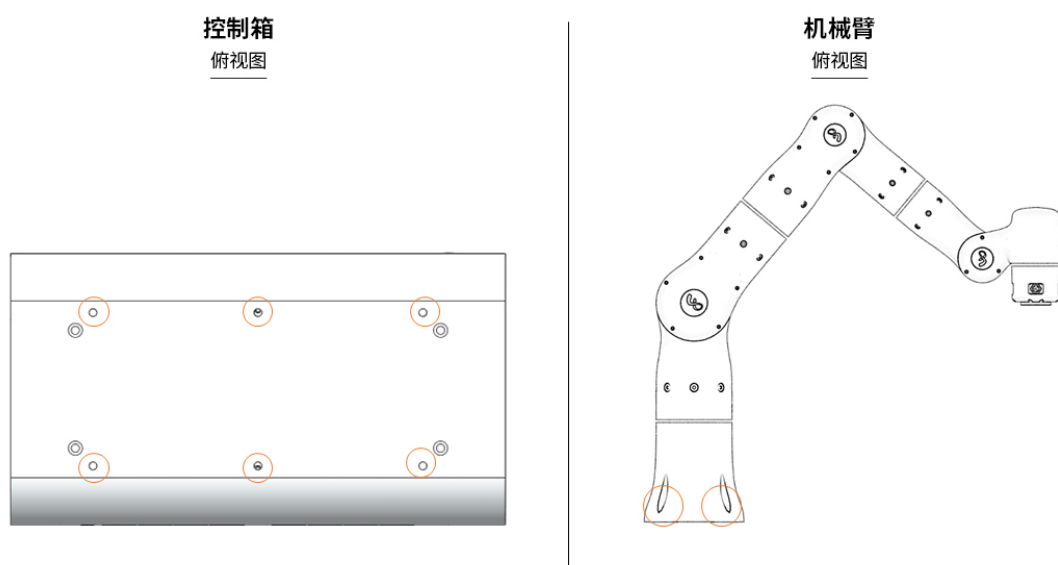


图 6.5: 控制箱和机械臂的可选外部接地位置 (以橙色圆圈表示)

此页无正文

电气接口

第 7 章

7.1 简介

本章介绍了控制箱上的电气接口，并给出了通用数字输入/输出的典型用法。另外，本章还提供了通信接口相关信息。

7.1.1 控制箱接口

控制箱正面设有通用 24V 数字输入/输出接口和多个通用通信接口。除了这些接口之外，控制箱还设有一个 Wi-Fi 开关。图 7.1、图 7.2 和表 7.1 介绍了所有这些接口的详细信息。

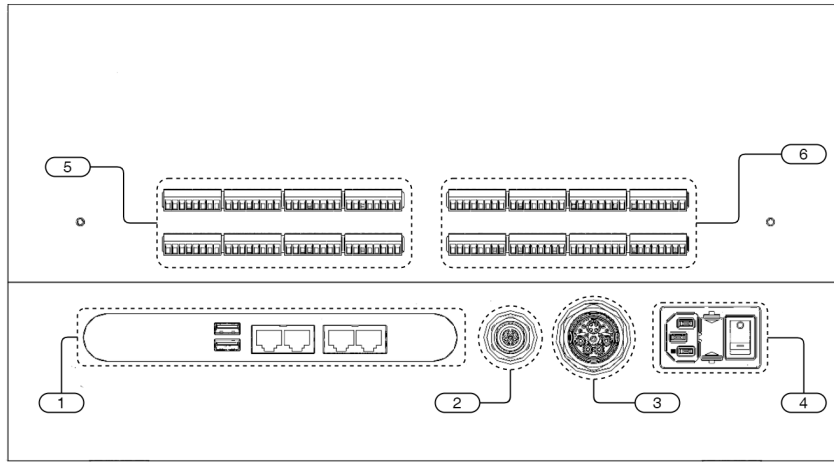


图 7.1: 控制箱上的接口

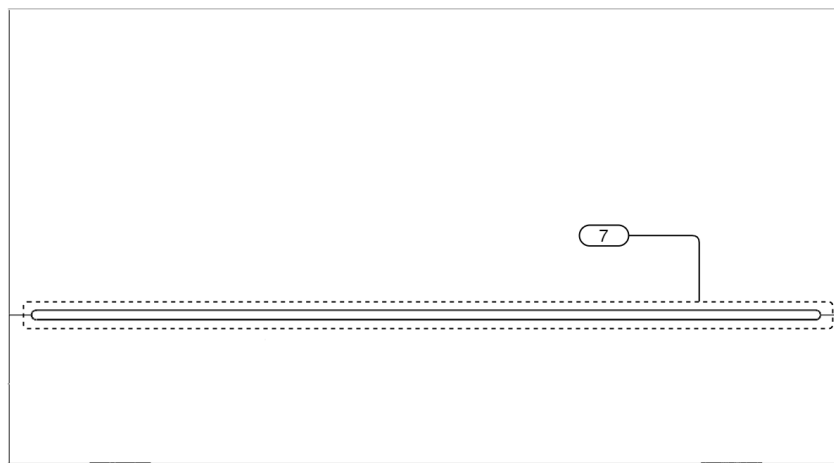


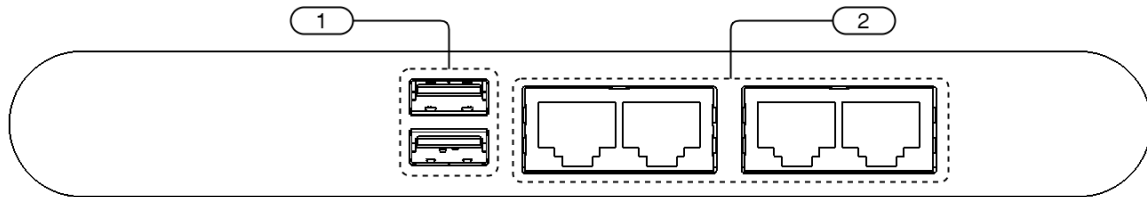
图 7.2: 控制箱上的接口

项目	说明
1	显示和通信接口
2	操作手柄连接接口
3	机器人连接接口
4	交流电接口 *
5	通用 24 伏特数字输入/输出
6	安全输入/输出
7	LED 指示灯带

表 7.1: 控制箱电气接口

* 两次系统重启操作之间必须间隔 10 秒以上。否则系统可能无法正常启动。

显示和通信接口配有 USB 和以太网接口，可分别用于通过 U 盘传送文件和建立实时工业通信。图 7.3 介绍了每个端口的具体用途。由于控制箱设有选配人工智能计算机以便用于计算机视觉应用，因此部分附带的 USB 端口专用于外接摄像头和其他相关配件。以太网端口可用于设备维护，为本地计算机提供 TCP/IP 服务，以及工业通信。



项目	1	2			
类型	USB Type A	RJ45 (8位接口)			
功能	USB 1	Ethernet 1	Ethernet 2	NC	NC
	USB 2				

图 7.3: 控制箱 USB 和以太网接口

7.2 工业通信

机器人控制箱采用基于以太网的可配置实时协议，包括 Profinet 输入输出设备、Modbus TCP 和 EtherNet/IP 协议。默认情况下，这些协议是不可用的，需要作为选配服务单独购买。安装成功后，用户即可通过示教器选择所需协议（请参见第 9 章）。选完后，需要重启系统以生效。工业通信接口将使用相应的通信驱动程序加载。

7.3 控制箱数字输入/输出

控制箱附带 24 伏特数字输入/输出，可支持包括可编程逻辑控制器、继电器、气动阀和液压阀在内的众多设备。图 7.4 为通用数字输入/输出的布局。

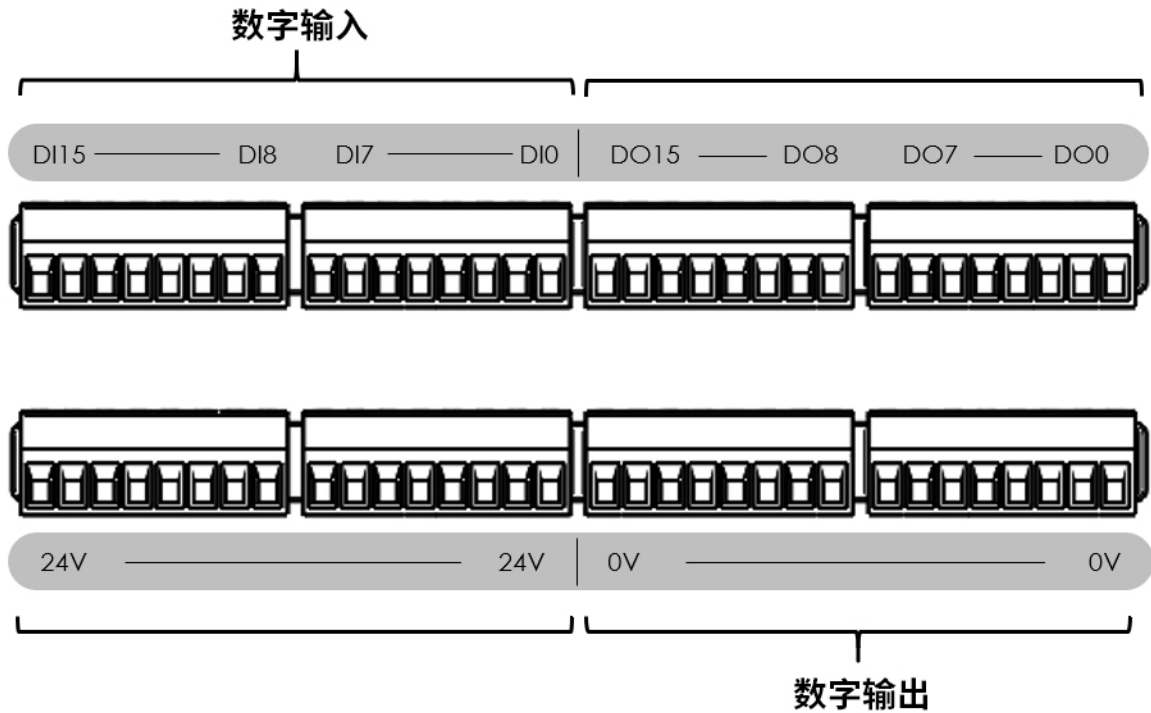


图 7.4: 控制箱上的通用数字输入/输出

7.3.1 适用于所有数字输入/输出的规范

控制箱数字输入/输出规范适用于通用和安全输入/输出。24 伏特内部电源的电气特性如表 7.2 所示。

项目	最小值	典型值	最大值
电压 (单位: 伏特)	23	24	25
电流 (单位: 安培)	0	-	2
输入类型		PNP	

表 7.2: 24 伏特内部电源规范

数字输入/输出根据 IEC 61131-2 标准进行设计。电气规范如表 7.3 所示。

项目	最小值	典型值	最大值
数字输出			
压降（单位：伏特）	0	-	0.5
电流（单位：安培）	0	-	0.625
数字输入			
电压（单位：伏特）	-3	-	30
高压区（单位：伏特）	11	-	30
低压区（单位：伏特）	-3	-	5
电流（单位：毫安）	2	-	15
输出类型		PNP	
IEC 61131-2 型		3	

表 7.3: 24 伏特数字输入/输出电源规范

7.3.2 安全输入/输出

本节介绍了控制箱上的专用安全输入/输出接口。相关电气规范请见上一章节。必须按照第 2 章介绍的安全说明和风险评估要求来安装与这些安全输入/输出接口相连的安全设备。这些安全输入/输出接口结构为双通道输入/输出，在控制箱上标志为“安全输入 A”和“安全输入 B”。因此，互连设备必须将其作为两个独立的通道。这样一来，单一故障才不会导致安全功能失效。

安全功能通过内部接线的方式与控制箱的专用安全输入/输出相连接。安全输入/输出接口的完整布局如图 7.5 所示。请注意，目前仅使用了安全输入/输出接口的一个子集，剩余留待未来开发之用。未使用的输入/输出接口必须保持未连接状态。

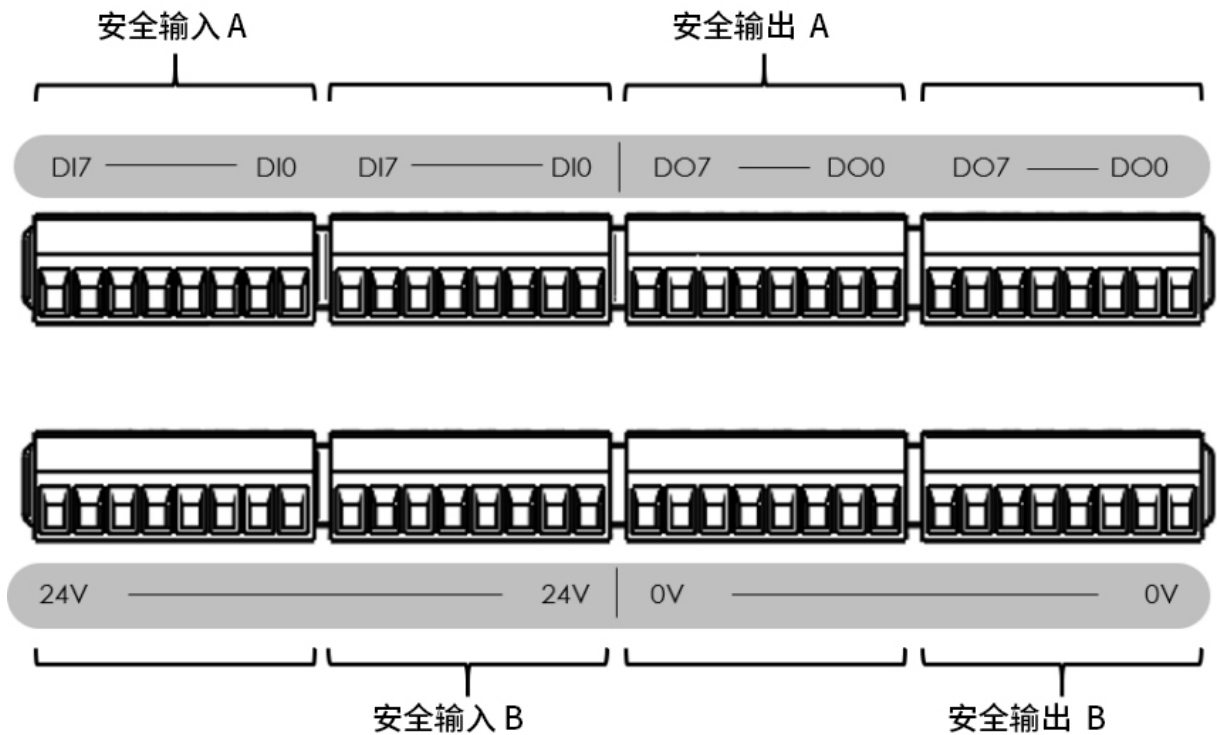


图 7.5: 控制箱上的安全输入/输出

三个专用安全输入接口与操作手柄相连接。用户可借助操作模式输入接口在手动和自动模式之间切换。机器人急停和使能设备的输入接口请见表 7.4。

	机器人急停	使能设备
触发器	按下	不在中间位置
机器人运动	停止	停止
程序	暂停	暂停
使用频率	不频繁	编程期间频繁
恢复运行	刹车松开	无
停止类别	1	2
性能等级	PLd	PLd

表 7.4: 安全输入设备简介



1. 仅可将具有安全等级的设备连接到安全输入/输出接口，同时确保安全等级与风险评估结果相匹配。
2. 一定要将安全信号与常规输入/输出信号分离开来。
3. 所有安全输入/输出接口都被构造为双通道信号。因此，这些通道必须分离开来，以免单一故障导致安全功能失效。
4. 所有安全输入/输出通道在控制箱上都标为 A 和 B。
5. 目前仅使用了安全输入/输出接口的一个子集，映射到特定的安全功能。所有未使用的安全输入/输出接口必须保持未连接状态。
6. 机器人的安装应符合本手册中的安全规范。如果不遵守这些规范，有可能会造成严重的人员伤亡，因为安全功能有可能失效。

7.3.3 默认安全配置

机器人出厂时的默认配置如图 7.6 所示，可在没有安装任何附加安全设备的情况下进行操作。请查阅第 9 章，了解如何将外部安全设备连接到安全输入接口。

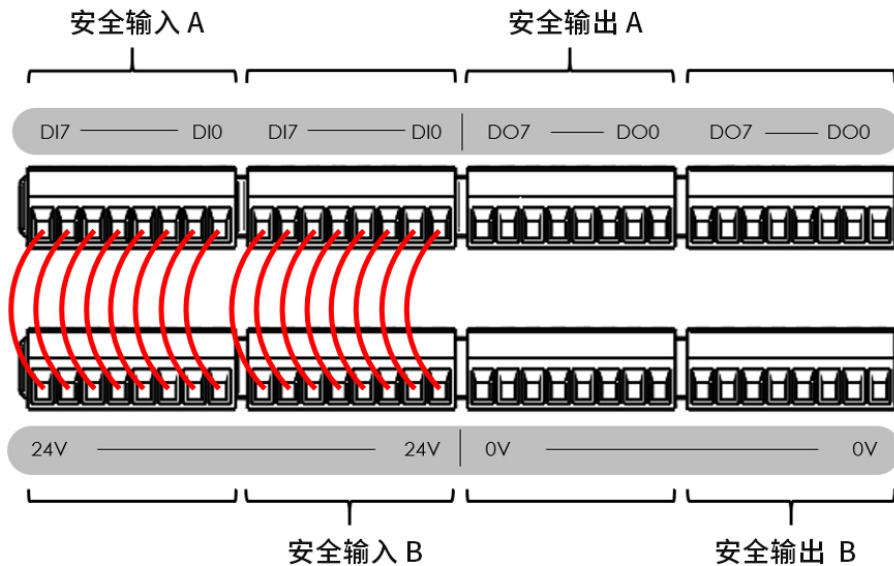


图 7.6: 默认安全输入/输出接口布局

7.3.4 安全输入/输出引脚定义

如第 7.3.2 节所述，所有安全输入/输出接口必须为双通道连接，以满足安全功能的要求，这意味着安全设备必须连接两个通道才能与拂晓的安全控制系统协同合作。然而，并非所有安全输入/输出接口都用于安全功能，其中一些也用于非安全功能，如表 7.5 所示。

数字输入接口	安全功能
DI0	紧急停止
DI1	减速状态输入
DI2	保护性重置输入
DI3	保护性停止
DI4-DI7	已预留
数字输出接口	安全功能
DO0	急停输出
DO1	机器人移动输出
DO2	机器人未停机输出
DO3	机器人减速状态输出
DO4	机器人未减速状态输出
DO6-DO7	已预留
数字输出接口	非安全功能
DO5	动力指示灯输出

表 7.5: 安全输入设备简介

7.3.5 系统急停输入

系统急停输入接口的构造设计为允许将额外的急停装置连接到机器人控制箱上，这样就可以通过任何一个连通的急停装置让机器人停止。图 7.7 提供了一个示例。请注意，可以通过串联安装来增加更多急停装置。

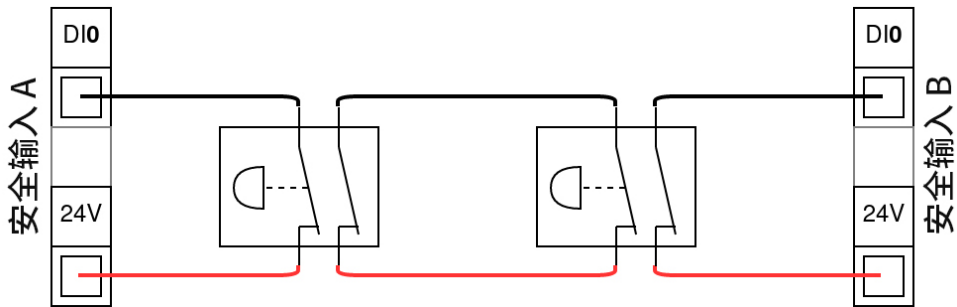


图 7.7: 串联额外的急停装置

7.3.6 保护性停止输入

保护性停止输入的作用是让用户能够在不断电的情况下让机器人停止运动。保护性停止输入是一种水平触发功能。这样便能够在停止后自动恢复。图 7.8 和 7.9 分别给出了两个常用的示例。

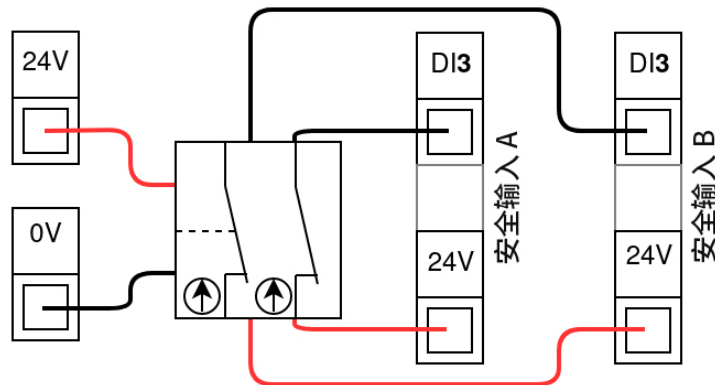


图 7.8: 将安全门开关连接至保护性输入接口

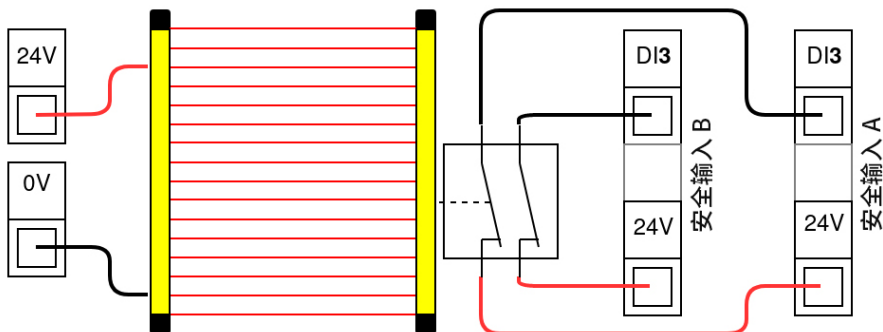


图 7.9: 将安全光栅连接至保护性输入接口



危险

- 在保护性停止装置停用后，机器人会自动恢复运动。因此，如果保护性装置可以在安全范围内停用，请勿使用此配置。

7.3.7 保护性重置输入

如果不允许在诸如安全光栅等范围内自动恢复保护性停止，则必须在该范围外进行重置。借助保护性重置按钮即可实现此操作。

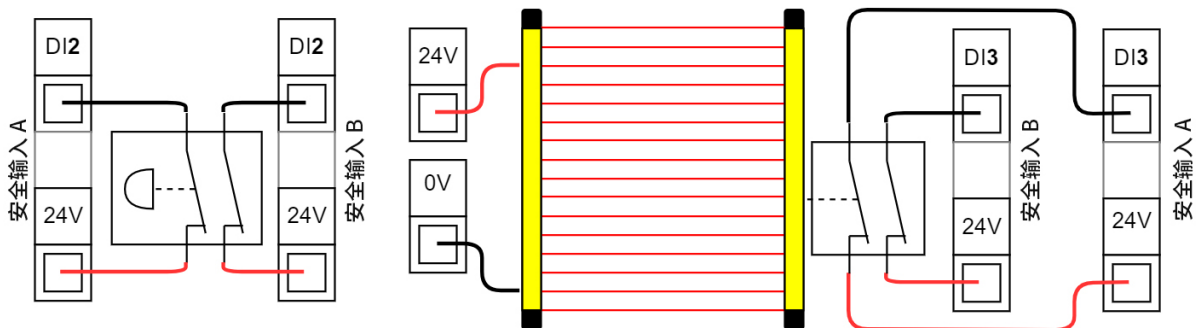


图 7.10: 使用安全重置功能重置安全光栅后，触发了保护状态

7.3.8 系统急停输出

系统急停输出接口为双通道数字输出接口，可连接其他机器以触发该机器停止。请先为整个应用进行一次风险评估，然后再使用系统急停输出接口。系统急停输出对由安全输出接口 A 和 B 上的 DO0 提供。

7.3.9 移动、未停止、减速状态、非减速状态输出

除了安全急停输出接口之外，还设有多个其他安全输出接口。有关这些输出的详细信息请见第 3.3.3 节。“移动”和“未停止”输出表示系统的运动状态，分别通过安全输出接口 A 和 B 上的 DO1 和 DO2 提供。“减速”和“非减速”状态输出表示系统是否处于减速状态。这些输出接口由 DO3 和 DO4 提供。

7.3.10 动力指示灯输出

为指示机器人是否正在接收驱动装置的电源，系统还通过安全输出 A 和 B 上的 DO5 提供了一个双通道安全输出接口。此类输出通常连接至琥珀色信号灯。该信号灯不得为旋入式或灯丝型，避免由于机械臂震动而失效。根据风险评估结果，可以采用单通道接线。请见图 7.11 所示。

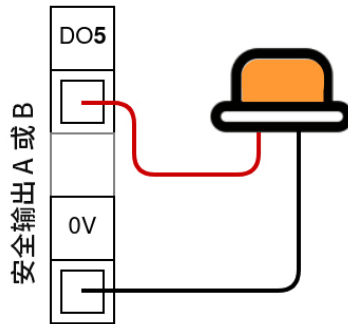


图 7.11: 将动力指示灯输出接口连接到琥珀色指示灯

7.3.11 通用数字输入/输出

本节介绍了控制箱上的 24 伏特通用数字输入/输出接口。在设置输入/输出接口时，必须遵守第 7.3.1 节中介绍的通用规范。

这些输入/输出可以用来驱动继电器、气动阀和液压阀等外部设备。程序停止执行时，这些数字输入/输出将进入被动状态（即低位）。图 7.12 介绍了这些输入/输出的若干用法示例。

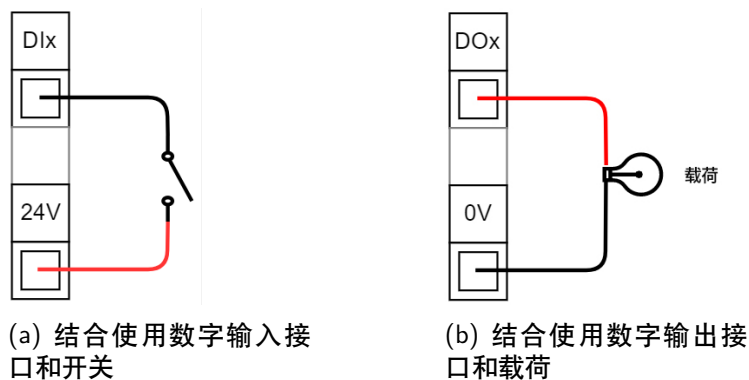


图 7.12: 数字输入/输出用法示例

这些输入/输出也可以用来与其他设备进行通信，只要有共同的接地并且设备有 PNP 型输入/输出。图 7.13 介绍了将输入/输出与可编程逻辑控制器相连的用法示例。

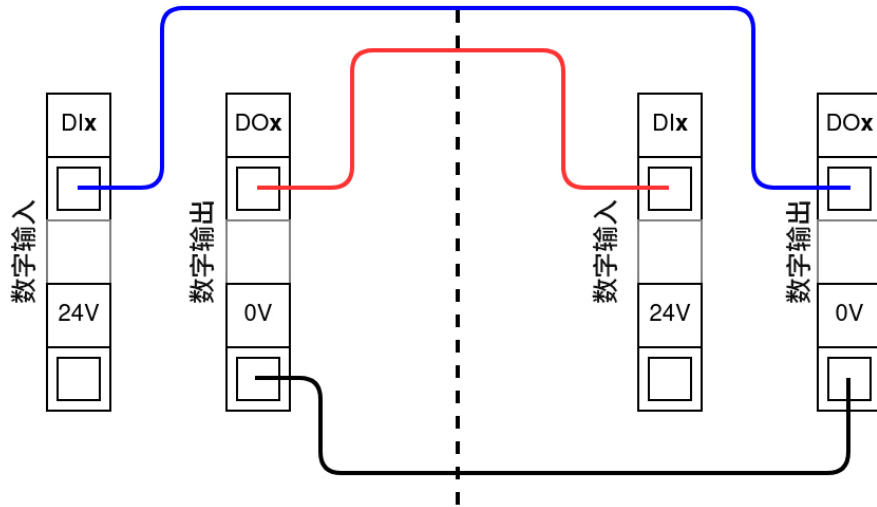


图 7.13: 将数字输入/输出与可编程逻辑控制器相连

7.4 工具连接

如图 7.14 所示，在机器人腕部端有一个 M8 平头型连接器。该连接器为安装在机器人末端法兰盘上的工具提供电源和工业通信信号。推荐使用菲尼克斯电气 (Phoenix Contact) 1407487 电缆连接机器人和工具。电缆中的不同颜色代表机器人提供的不同功能。

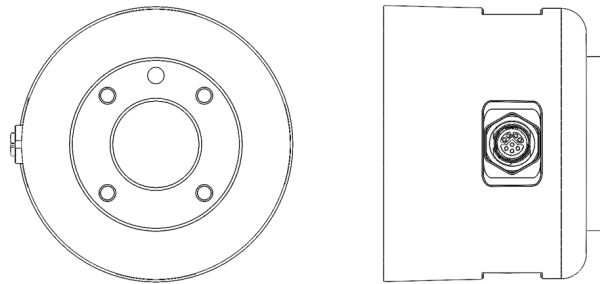


图 7.14: 机器人腕部连接器视图

颜色和功能之间的关系如表 7.6 所示。所有颜色信息均基于菲尼克斯电气 1407487 电缆的规格表。

颜色	说明
白色/绿色	RS485+
绿色	RS485-
蓝色	接地
白色	48 伏特
棕色	24 伏特
黑色	接地

表 7.6: 电缆导线颜色与对应功能的说明

工具的电气规格如表 7.7 所示。

项目	最小值	典型值	最大值
电源电压 (单位: 伏特)	23.7	24	24.3
电源电流 (单位: 安培)	0	-	1.0

表 7.7: 工具电气规格

此页无正文

维护与修理

第 8 章

8.1 安全说明

为确保机器人符合所有安全要求，用户必须严格按照安全规定进行操作。使用不当或调整不当会造成危险或对机器人造成永久性损害。下面的警告和规程介绍了可启用/禁用安全功能的指令。用户应在使用机器人前仔细阅读和查看这些指令。

1. 请勿拆除机器人上的任何零部件，包括电线、电路板、电源、罩盖、螺丝和机械零件。
2. 请勿更改软件的任何安全配置。一旦任何安全参数发生变化，整个机器人系统都应视为新系统。
3. 如需维护或清洁机器人，请确保切断系统电源。为确保机器人安全断电，请先将电源开关转至“OFF”（关）位，然后再拔掉墙上的交流电源线插头。在接通电源和使用机器人之前，请确保所有设置与之前的状态保持一致。
4. 当用户需要拆卸机器人或控制箱时，应考虑遵守静电放电法规并确保环境干燥。适当的静电放电保护或佩戴静电放电保护腕带可以防止静电放电造成的永久性损害。
5. 请先确保所有连接正确无误，然后再接通系统电源。
6. 请先确保交流电源输出电压正确无误，然后再接通系统电源。
7. 请先确保接地连接正确无误，然后再重新接通系统电源。
8. 应防止水和灰尘进入机器人操纵臂或控制箱。
9. 每周必须至少重启一次机器人，确保机器人系统正常运转。

8.2 验证安全功能

为确保安全功能的可靠性，建议每周根据第 2.9 节详述的规程核验一次安全功能。

8.3 维护计划

建议请专业技术人员每年为机械臂、控制箱、操作手柄和相关零部件进行一次维护。机器人所用润滑脂的额定寿命为在额定载荷下完成 300 万次循环或使用 10 年，以两者中时间较短者为准。应按照以下要求正确保养润滑脂。

- 非夕机器人使用量身定制的应变波传动润滑脂，该润滑脂不相容于标准谐波传动润滑脂。如需为机器人进行润滑脂保养，请联系非夕。
- 请勿对机器人施以高负载或冲击扭矩/冲击力。超出额定负载的高冲击载荷可能会导致轴承受损。润滑脂仅供预防磨损之用，无法阻止这种误用导致的后果。
- 润滑脂适用于室温（25 摄氏度）。温度过高或过低都容易缩短润滑脂的使用寿命。请查阅附录A，了解额定工作温度范围。

8.4 熔断器规范

如需更换交流电源磁头上的熔断器，请务必先关闭控制箱电源。必须使用带有 UL 标志的筒式熔断器。下面列出了熔断器必须达到的规格。

- 额定电流：10 安培
- 额定电压：250 伏特交流电
- 分断能力：250 伏特交流电时为 1500 安培

下面给出了交流电熔断器及其盒筒的示例图片。



图 8.1: 交流电筒式熔断器拉出以供维护时的示例图片

此页无正文

软件

第 9 章

9.1 简介

本章介绍了机器人操作系统 Flexiv Elements 的基本操作和使用。Elements 为安装在示教器上的软件，与操作手柄一起使用，用于控制和操作机器人。用户可在 Elements 界面上查看详细的机器人状态，调整高级设置和实施操作。在 Elements 的图形化编程界面，用户可以通过拖放功能模块、点按、连线等方式构建任务，创造理想的机器人工作流程。借助 Elements 的无线通信功能，用户可以通过 Wi-Fi 轻松连接不同的机器人。由于 Elements 主要用于信息可视化并支持离线编程等操作，它可以随时与机器人断开连接而不影响机器人运动。您可以联系非夕获取最新版的《Flexiv Elements 用户手册》。

操作手柄与控制箱通过线缆连接，用于执行安全相关的操作，例如切换自动/手动模式、执行任务、启用自由驱动等。操作手柄需要始终保持与机器人系统的连接。

9.2 操作手柄

操作手柄上设有 5 个功能按钮和一个机器人状态指示灯。基本功能概括如下。

机器人状态指示灯：分布在操作手柄边沿的 LED 灯环。指示灯通过不同颜色来表示机器人当前所处状态。

急停按钮：用于在运行时切断电源并立即停止机器人的动作。按下急停按钮时，系统将切换到“停止类别 1”。

使能按钮：此三位按钮主要用于手动模式。如果使能按钮为半按住状态，系统启用并可在手动模式下移动。否则系统将一直处于“停止类别 2”。

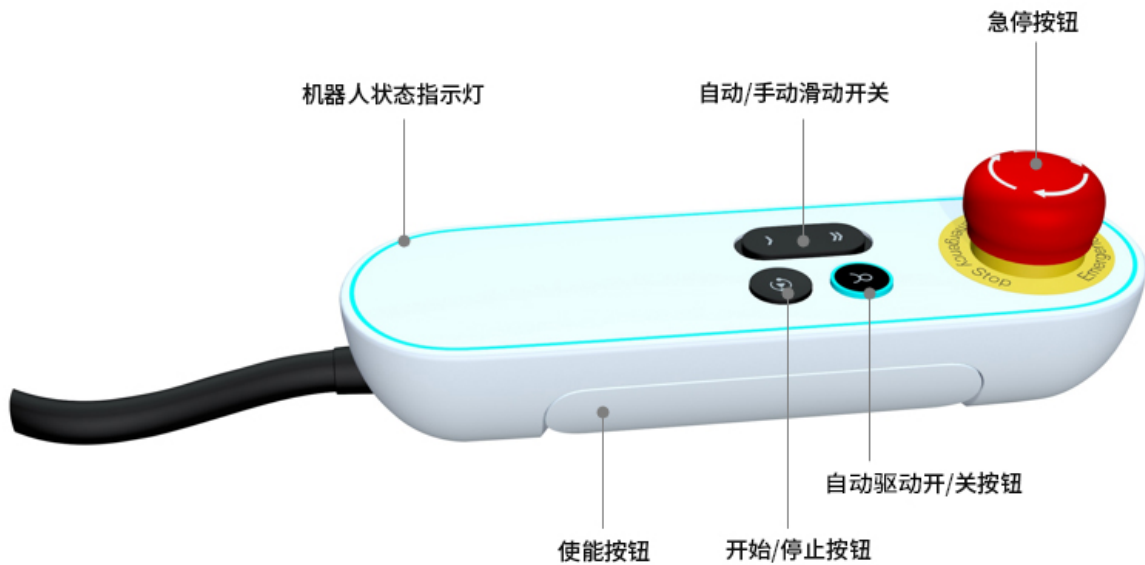


图 9.1: 操作手柄

自动/手动滑动开关：滑动开关有两种状态。使用滑动开关可在自动和手动模式之间切换。

开始/停止按钮：用于在运行期间启动或（软）停止机器人。

自由驱动开/关按钮：用于启用或禁用自由驱动功能。内置 LED 灯环，用于指示自由驱动状态。在手动模式和自动模式下皆可使用自由驱动功能。

9.3 模式

有两种运行模式：手动模式和自动模式。

9.3.1 手动模式

在手动模式下，机器人动作受到的限制较多。在此模式下，人类操作员仅可在危险区内与机器人互动。因此，在人机交互期间，执行工程时必须始终按住操作手柄上的使能按钮。如果松开使能按钮，机器人将立即停止并切换到“停止类别 1”。

9.3.2 自动模式

在自动模式下，机器人能够全速运行，人类操作员必须留在危险区外。必须通过光障等安全设施对危险区加以保护。如果在自动模式下，安全系统检测到危险区有人类存在，则安全系统将自动放慢机器人的动作。在自动模式下，操作手柄上的使能按钮处于禁用状态。

	手动	自动
动作设置	受限	正常
速度限制	低	高
运行	必须按住使能按钮	使能按钮被禁用
自由驱动	允许	允许
有人在危险区	允许	不允许

表 9.1: 自动模式和手动模式的对比

用户可以使用操作手柄上的“自动/手动”滑动开关切换模式。要从自动模式切换到手动模式，用户只需将开关滑动到手动模式即可；而要从手动模式切换到自动模式，用户需要将开关滑动到自动模式并在 Elements 上加以确认。必须由知悉安全访问代码且已获授权的人员在安全空间范围外在 Elements 上进行确认。

9.4 状态

本机器人共有 5 个状态。每个状态都对应一种 LED 指示灯颜色。LED 指示灯位于操作手柄上。

黄色	已锁定	机器人关节已锁定
白色	已停止	机器人在休眠中，但不在开始位置上
绿色	工作中	机器人正在执行任务（手动和自动模式）
红色	故障	发生错误
蓝色	自由驱动	自由驱动模式已启用

表 9.2: 机器人状态及其相应的 LED 指示灯颜色

9.5 运行

自由驱动

如需使用自由驱动功能，请先确保机器人处于“已停止”状态，并检查机器人是在手动还是自动模式下。在手动模式下自由驱动：自由驱动时阻力较大，在自动模式下自由驱动：自由驱动时较为顺畅。然后用户需要按下自由驱动按钮，以便启用此功能。之后机器人将进入自由驱动状态，围绕在自由驱动按钮四周的 LED 指示灯环将亮起。现在用户可以按住操作手柄上的使能按钮，将机器人自由驱动至所需位置。如果松开使能按钮，机器人将继续处于“停止类别 2”，只有再次触发使能按钮，机器人才会进入自由驱动状态。如需终止自由驱动功能，用户只需再次按下自由驱动按钮即可。

手动模式：执行和停止

执行方案前，机器人需要处于“已停止”状态，且用户应松开急停按钮，以便释放刹车，然后在 Elements 中单击“下发工程”键，将工程下发出去。要开始执行下发的工程（特定程序），用户需要半按住使能按钮，然后按下操作手柄上的“开始/停止”按钮，此时机器人将立即开始执行下发的工程。当机器人处于“工作中”状态时，用户应始终按住使能按钮。如果在“工作中”状态下松开使能按钮，机器人将立即停止执行工程（状态从“工作中”变为“已停止”。如需重新执行工程，用户需要重复上述步骤。如需终止执行工程，用户可松开使能按钮或按下“开始/停止”按钮。

自动模式：执行和停止

在自动模式下执行工程前，机器人需要处于“已停止”状态，且用户需要在操作手柄上切换到自动模式，然后在 Elements 中确认切换模式。在自动模式下，使能按钮自动禁用，且无需进行机器人安全检查。但是，在自动模式下，用户应先离开危险区并确认安全设施和光栅功能完整，然后再执行工程。通过 Elements 下发工程之后，用户可以按下“开始/停止”键来触发执行工程，然后即可开始执行工程。如需让机器人停止执行工程，用户只需再次按下“开始/停止”按钮即可。

手动模式	自由驱动	启动自由驱动按钮并一直按住使能按钮
	执行	按住使能按钮并按下“开始/停止”按钮
	停止	释放使能按钮或按下“开始/停止”按钮
切换模式	手动到自动	在操作手柄上切换到自动模式 & 并在 Elements 上予以确认
	自动到手动	在操作手柄上切换到手动模式
自动模式	执行	留在危险区外，然后按下“开始/停止”按钮
	停止	按下“开始/停止”按钮

表 9.3: 操作手柄操作

9.6 工作流程

9.6.1 执行

用户可以在 Elements 上选择要执行的工程，然后单击“编辑/执行”键，切换到执行页面。不得在执行页面编辑工程。请参见表 9.4 中的详细工作流程。

步骤	Elements	操作手柄	机器人的反应	状态	模式
1. 连接到 Elements	打开平板电脑。通过 Wi-Fi 连接机器人		连接到 Elements	已停止	手动
2. 打开工程	在文件列表中选择工程			已停止	手动
3. 下发工程	切换到执行页面，单击“下发工程”		工程下发到机器人	已停止	手动
4.4. 手动操作		确保滑动开关为手动模式		已停止	手动
		按住使能按钮，按下“开始/停止”按钮	机器人开始执行工程	工作中	手动
		工程执行完毕后松开使能按钮	执行完毕	已停止	手动
5. 切换模式		切换到自动模式并留在危险区外		已停止	手动
	确认切换		已切换到自动模式	已停止	自动
6. 自动执行		按下“开始/停止”按钮	机器人开始执行工程	工作中	自动
			执行完毕	已停止	自动

表 9.4: “执行工程” 工作流程

9.6.2 停止与重启

在机器人进入自动模式时停止，然后再重启。请参见表 9.5 中的详细工作流程。

步骤	Elements	操作手柄	机器人的反应	状态	模式
1. 让机器人停止			移动中	工作中	自动
		按下“开始/停止”按钮	停止工作	已停止	自动
2. 在自动模式下重启		按下“开始/停止”按钮	机器人开始执行工程	工作中	自动
			执行完毕	已停止	自动

表 9.5: “停止与重启” 工作流程

9.6.3 故障清除

如果机器人遭遇小故障，请在 Elements 上清除故障并重新在自动模式下执行工程。请参见表 9.6 中的详细工作流程。

步骤	Elements	操作手柄	机器人的反应	状态	模式
1. 机器人遭遇故障			机器人刹车已锁定，停止移动。	故障	自动
2. 查看故障	查看故障消息			故障	自动
3. 清除故障		如果处于自动模式，则切换至手动模式	切换至手动模式	故障	手动
		单击“清除故障”（必须在手动模式下）	故障已清除	已停止	手动
4. 切换模式		切换至自动模式并留在危险区外		已停止	手动
		确认切换	切换至自动模式	已停止	自动
5. 在自动模式下重启		按下“开始/停止”按钮	机器人开始执行工程	工作中	自动
			执行完毕	已停止	自动

表 9.6: “清除小故障” 工作流程

9.6.4 避开障碍物

如果机器人在执行工程期间遇到障碍物，请让机器人停止并自由驱动其离开障碍物。请参见表 9.7 中的详细工作流程。

步骤	Elements	操作手柄	机器人的反应	状态	模式
1. 机器人遇到障碍物			手动执行工程时遇到障碍物	工作中	手动
2. 避开障碍物		松开使能按钮以停止执行工程	停止移动	已停止	手动
		按下自由驱动按钮	启用自由驱动功能	自由驱动	手动
		触发使能按钮，将机器人手动驱动到一个没有障碍物的位置	自由驱动中	自由驱动	手动
		松开使能按钮	移动至安全位置	自由驱动	手动
		再次按下自由驱动按钮以关闭自由驱动功能	关闭自由驱动功能	已停止	手动
3. 切换模式		切换到自动模式并留在危险区外		已停止	手动
		确认切换	切换到自动模式	已停止	自动
4. 在自动模式下重启		按下“开始/停止”按钮	机器人开始执行工程	工作中	自动
			执行完毕	已停止	自动

表 9.7: “自由驱动机器人以避开障碍物” 工作流程

此页无正文

技术规格

第 A 章

A.1 系统示意图

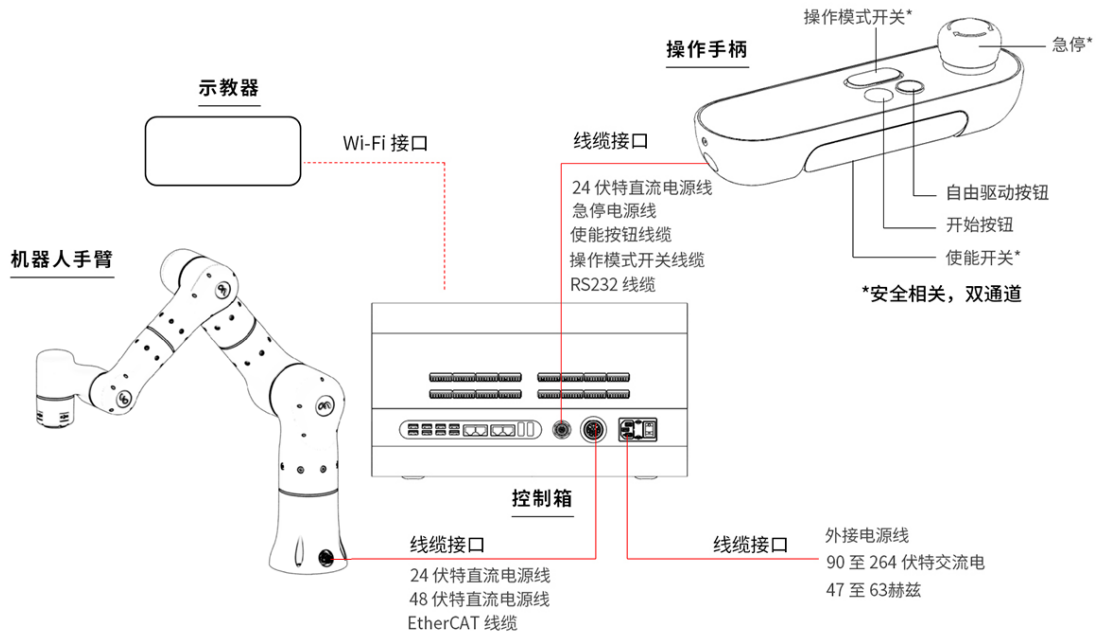
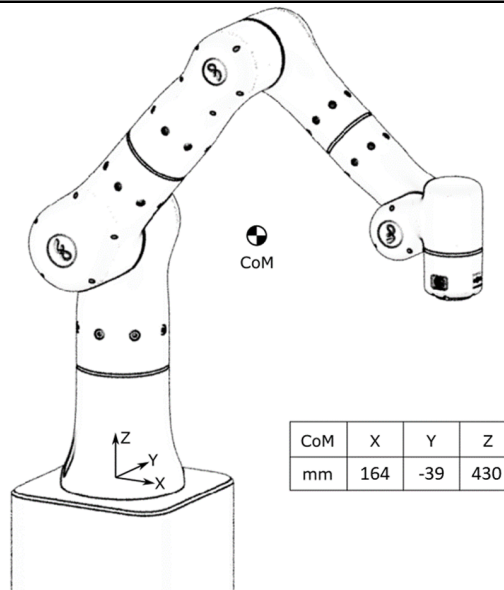


图 A.1: 拂晓 10 机器人示意图

A.2 机械臂

规格	值
机器人型号	拂晓 10
重量	38 千克
有效负载	10 千克
自由度	7 个旋转关节
臂展 (A2 至 A6, 工作范围)	845 毫米
最大臂展 (A2 至法兰中心, 完全展开)	991 毫米
重复定位精度	0.05 毫米 (ISO 9283)
关节范围	A1: -160 ° 至 +160 ° A2: -153° 至 +153 ° A3: -160 ° 至 +160 ° A4: -155 ° 至 +155 ° A5: -170 ° 至 +170 ° A6: -80 ° 至 +260 ° A7: -170 ° 至 +170 °
最大关节速度	A1 至 A2: 100 °/秒 A3 至 A4: 120 °/秒 A5 至 A7: 220 °/秒
最大关节扭矩	A1 至 A2: 261 牛米 A3 至 A4: 123 牛米 A5 至 A7: 57 牛米
工具中心点常规线速度	1 米/秒
功耗	通常 500 瓦
安装位置	任意
空气湿度	20 % 至 80 % 非凝结
IP 等级	IP54 / IP65
噪声	相对静音
运行温度	0 至 45 °C
存放温度	-10 至 60 °C
海拔	1000 米以内
末端工具安装法兰	ISO 9409-1-50-4-M6

拂晓 10 质心
(CoM: Center of Mass)



A.3 控制箱

规格	值
尺寸	423 毫米 x 230 毫米 x 230 毫米
重量	11 千克
电源	100-240 伏特交流电, 50-60 赫兹
通用输入输出	24 伏特数字输入: 16 24 伏特数字输出: 16
安全输入/输出 (双通道)	24 伏特数字输入: 4 个占用, 4 个预留 24 伏特数字输出: 5 个占用, 3 个预留
输入/输出电源	24 伏特 2 安培
通信接口	可配置 Profinet 或 Modbus TCP/IP
空气湿度	20 % 至 80 % 非凝结
IP 防护等级	IP 20
噪声	相对静音
运行温度	0 至 45 °C
存放温度	-10 至 60 °C
海拔	1000 米以内
线缆	机械臂和控制箱之间: 3 米 操作手柄和控制箱之间: 7 米

A.4 操作手柄

规格	值
尺寸	175 毫米 × 55 毫米 × 40 毫米
重量	0.15 千克
空气湿度	20 % 至 80 % 非凝结
IP 等级	IP 40
运行温度	0 至 45 °C
存放温度	-10 至 60 °C
海拔	1000 米以内



注意事项

如果将本产品从温度较低的地方拿到温暖潮湿的地方，或者观察到本产品上有任何凝结物，请至少等待 120 分钟后再接通电源，以降低因产品内部潜在的水凝结而导致电路短路的风险。



危险

用户必须确保机器人正确接地（直接物理接地）。



危险

用户必须确保控制箱的输入电流源受到剩余电流保护装置 (RCD) 的保护。

A.5 示教器

可以通过以太网电缆或 Wi-Fi 将轻型计算机或平板电脑连接到控制箱。如果通信中断达到 2 秒，示教器便将显示警告信息。

停止距离与停止时间

第 B 章

下表 B.1 列出了将急停开关作为停止类别 1 触发时测得的停止距离和停止时间。这些测量数据与机器人的以下配置相对应：

- 伸展度: 100% (机器人手臂完全伸展开来)。
- 速度: 100% (机器人的常规速度设为 100%)。
- 负载: 工具中心点的最大有效负载 (10 千克)。

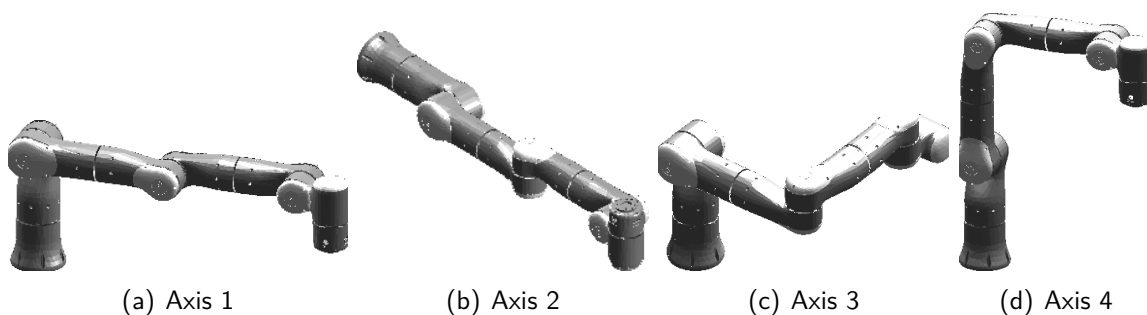


图 B.1: 100% 伸展, A1 - A4

正如轴 A1、A2、A3 和 A4 的数据所示，这些轴会导致工具中心点上的速度较高。请注意，运行期间经常会出现多轴同步移动的现象，如果它们都以峰值速度运行，可能会导致较长的停止距离。

轴	停止距离	停止时间
A1 (底座)	24.40 度	0.476 秒
A2 (肩部)	24.01 度	0.467 秒
A3	21.95 度	0.308 秒
A4 (弯头)	24.71 度	0.345 秒

表 B.1: 全速, 100% 伸展, 负载为 10 千克

声明与认证

第 C 章



关于非夕

Flexiv（非夕）是一家全球技术领先的通用智能机器人公司，专注于研发、生产集工业级力控、计算机视觉和人工智能技术于一体的自适应机器人产品，为不同行业的客户提供基于非夕机器人系统的整体、创新性的解决方案和服务。非夕于2016年成立，核心创始团队来自斯坦福大学机器人和人工智能实验室，在硅谷、上海、北京、深圳、佛山、台湾、新加坡等地区设有办公室。

Copyright © 2021 Flexiv Ltd.