

Ti5用户手册

Arm系列机器人

版本号：V1.1

使用产品前请仔细阅读本手册

编写时间：2023 年 12 月

前言

感谢您购买和使用本公司研发的轻型 6 自由度协作机器人 Arm。



Arm本体外形结构示意图

Arm系列机器人采用关节模块化设计，使用面向开发者层面的机器人系统。用户可根据Arm平台提供的应用程序接口，开发属于自己的机器人控制系统；此外，Arm 机器人配有专用的可编程操作界面，用户可通过此界面实时观察机器人的运行状态，对机器人进行诸多控制设置，也可脱机进行离线仿真，极大地提升了实际应用的工作效率。

Arm系列为钛虎机器人科技（上海）有限公司推出的第一代智能轻型6自由度模块化协作机器人，为 Arm 系列模块化协作机器人之一。

版权说明

用户手册会定期进行检查和修正，更新后的内容将出现在新版本中。本手册中的内容或信息如有变更，恕不另行通知，使用本手册前请认真核对实际产品信息。对本手册中可能出现的任何错误或遗漏，或因使用本手册及其中所述产品而引起的意外或间接伤害，钛虎机器人科技（上海）有限公司概不负责。安装、使用产品前，请阅读本手册。请保管好本手册，以便可以随时阅读和参考。本手册中所有图片仅供示意参考，请以收到的实物为准。本手册为钛虎机器人科技（上海）有限公司专有财产，非经钛虎机器人科技（上海）有限公司书面许可，不得复印、全部或部分复制或转变为任何其他形式使用。

Copyright © 2020-2022钛虎机器人科技（上海）有限公司保留所有权利。

免责声明

若设备缺陷是由处理不当或未遵循用户手册中所述的相关信息所致，则“产品质量保证”即告失效。

以下情况导致的故障不在本保修范围内：

1. 不符合工业标准或未按用户手册要求安装、接线、连接其他控制设备；
2. 使用时超出用户手册所示规格或标准；
3. 将本产品用于指定以外用途；
4. 存放方式、工作环境超出用户手册的指定范围（如污染、盐害、结露等）；
5. 由于运输不当导致的产品损坏；
6. 事故或碰撞导致的损坏；
7. 安装非原装正品零部件、附件；
8. 由钛虎机器人科技（上海）有限公司或其指定集成商以外的第三方对原装零部件进行改造、调试或维修导致的损坏；
9. 火灾、地震、海啸、雷击、大风和洪水等自然灾害；
10. 上述情况以外非钛虎机器人科技（上海）有限公司责任导致的故障；
11. 以下情况不属于保修范围：
 - ◆ 无法识别生产日期或保修起始日期。
 - ◆ 对软件或内部数据的更改。
 - ◆ 无法再现故障或者故障无法由钛虎机器人科技（上海）有限公司识别。
 - ◆ 在放射性设备、生物试验设备或钛虎机器人科技（上海）有限公司判断为危险用途中使用本产品。

根据产品质量保证书，钛虎机器人科技（上海）有限公司只对向经销商出售的产品和零部件中出现的瑕疵和缺陷进行质保承诺。

任何其他明示或暗示的担保或责任，包括但不限于任何对适销性或特定用途的默示担保，钛虎机器人科技（上海）有限公司不承担相关担保责任。此外，钛虎机器人科技（上海）有限公司对由相关产品产生的任何形式的间接损害或后果不承担相关责任。本手册包含的信息不是我司的承诺，我司对本手册中可能出现的任何问题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。

产品质量保证书

Arm 机器人具有 12 个月有限保修期。

若新设备及其组件在投入使用后 12 个月内（如包括运输时间则最长不超过 15 个月），出现因制造或材料不良所致的缺陷，钛虎机器人科技（上海）有限公司应提供必要的备用部件予以更换或维修相关部件。

被更换或返至钛虎机器人科技（上海）有限公司的设备或组件的所有权归钛虎机器人科技（上海）有限公司所有。

如果产品已经不在保修期内，钛虎机器人科技（上海）有限公司保留向客户收取更换或维修费用的权利。

在保修期外，如果设备呈现缺陷，钛虎机器人科技（上海）有限公司不承担由此引起的任何损害或损失，例如生产损失或对其他生产设备造成的损坏。

目录

前言	2
版权说明	3
免责声明	4
产品质量保证书	5
一、安全	7
1.1 简介	7
1.2 安全警示标志	7
1.3 安全注意事项	8
1.3.1 概述	8
1.3.2 使用须知	8
1.3.3 人员安全	10
1.4 责任及规范	11
1.5 危险识别	11
1.6 预定用途	12
1.7 紧急情况处理	13
1.7.1 紧急停止装置	13
1.7.2 从紧急状态恢复	13
1.7.3 强制关节的紧急移动	13
1.7.4 机器人本体过大力安全保护	13
1.7.5 碰撞防护	14
二、产品介绍	14
2.1 产品概述	14
2.2 产品组成	15
2.3 型号	16
2.4 工作范围	16
2.5 有效负载	19
2.6 技术参数表	19
2.7 末端关节和底座安装孔位图	21
2.8 开机指南	23
2.8.1 操作方法	23
2.8.2 A-B点移动SDK	27
2.8.3 A-B点移动实例	29
2.8.4 电气接口	30
三、维护维修	33
3.1 关于维护时的安全	33
3.2 可以联系的人	34
3.3 维护计划	34
3.4 维修	35

一、安全

1.1 简介





本章介绍了操作机器人或机器人系统时应该遵守的安全原则和规范。集成商及用户必须认真阅读本手册，带有警示标识的内容需要重点掌握并严格遵守。由于机器人系统复杂且危险性较大，使用人员需要充分认识操作的风险性，严格遵守并执行本手册中的规范及要求。用户及集成商需要具备充分的安全意识并且遵守工业机器人安全规范 ISO 10218。

1.2 安全警示标志

本手册中有关安全的内容，使用如下警示标志进行说明，手册中有关警示标志的说明，表示重要内容，请务必遵守。

表格 2 警示标示说明

标志	说明
	即将引发危险的用电情况，如果不避免，可导致人员伤亡或设备严重伤害。
	可能引发危险的热表面，如果接触了，可造成人员伤害。
	即将引发危险的情况，如果不避免，可导致人员死亡或严重伤害。
	可能引发危险的用电情况，如果不避免，可导致人员伤害或设备严重损坏。

 注意!	<p>可能引发危险的情况，如果不避免，可导致人员伤害或设备严重损坏。</p> <p>标记有此种符号的事项，根据具体情况，有时会有发生重大后果的可能性。</p>
 小心!	<p>一种情况，如果不避免，可导致人员伤害或设备损坏。</p> <p>标记有此种符号的事项，根据具体情况，有时会有发生重大后果的可能性。</p>


1.3 安全注意事项

1.3.1 概述


本手册包含保护使用人员及预防机器损坏的安全措施。用户需要阅读说明书里的 所有相关描述并且完全熟知安全事项。本手册中，我们尽量描述各种情况，但是由于有太多的可能性，所有不能做或者不可以做的情况不可能都被记录下来。

1.3.2 使用须知

在首次启动机器人或机器人系统时需要理解并遵循以下基本信息，其他安全相关信息在手册的其他部分予以介绍。不过，也不可能面面俱到，在实际应用中，需要具体问题具体分析。


 危险!	<p>请务必按照本说明书中的要求和规范安装机器人及所有电气设备。</p> <p>在第一次使用机器人及投入生产前需要对机器人及其防护系统进行初步测试和检查。</p> <p>首次启动系统和设备前，必须检查设备和系统是否完整、操作是否安全、是否检测到任何损坏。本次检测中需观察到是否符合国家或地区有效的安全生产规章制度，必须测试所有的安全功能。</p> <p>用户必须检查并确保所有的安全参数和用户程序是正确的，并且所有的安全功能工作正常。需要具有操作机器人资格的人员来检查每个安全功能。只有通过全面且仔细的安全测试且到达安全级别后才能启动机器人。</p> <p>有专业人员按照安装标准对机器人进行安装和调试。</p> <p>当机器人安装完成和构建完成后，需再次进行全面的风险评估并保留文件记录。</p>
---	---

	<p>由具有授权许可的人员来设置和更改安全参数，使用密码或者隔离措施来防止未被授权的人员更改或设置安全参数。安全系数修改后，相关的安全功能需要被分析。</p> <p>机器人在发生意外或者运行不正常等情况下，可以按下急停开关，停止机器人动作。</p> <p>Arm 系列机器人关节模块内安装有刹车，断电时保持机器人姿态，切勿人为频繁开断供电系统，建议每次开关机时间间隔应大于 10s。</p> <p>Arm 系列机器人具备碰撞检测功能，当机器人上电外力超过用户安全设置的正常受力范围时，机器人自动停止，以防机器人或操作人员碰撞受伤。此功能是 Arm 系列机器人特别为人机协同工作安全性而设定，但要求机器人系统必须在正常运作范围内，且使用 Arm 系列的控制柜。如果使用者自己开发控制器，机器人就不具备以上功能。由此带来的危险后果由使用者自己承担。</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机器人本体和控制柜在运作的过程中会产生热量。机器人正在工作时或刚停止工作时，请不要操作或触摸机器人。 2. 切断电源并等待一小时，机器人才可冷却下来。 3. 切勿将手指伸到控制柜发热处。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 确保机器人的手臂和工具都正确并安全地安装到位。 2. 确保机器人的手臂有足够的空间来自由活动。 3. 如果机器人已损坏，请勿使用。 4. 不要将安全设备连接到正常的 I/O 接口上，只能使用安全型接口。 5. 确保进行正确的安装设置（例如机器人本体的安装角度、TCP 中的重量、TCP 偏移、安全配置）。将安装文件保存并载入程序内。 6. 工具及障碍物不得有尖角或扭点。确保所有人的头和脸在机器人可触及的范围之外。 7. 注意使用示教器时机器人的运动。 8. 任何撞击将释放大量的动能，这些动能比高速和高有效负载的情况下

	<p>的高得多。</p> <p>9. 将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。当需要不同的安全和紧急停机性能等级时，始终选择最高的性能等级。始终都要阅读和理解安装中使用到的所有设备的手册。</p> <p>10. 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。机器人授权重组需依照最新版的所有相关服务手册。如果机器人以任何方式被改变或改动，钛虎机器人科技（上海）有限公司拒绝承担一切责任。</p> <p>11. 在运输机器人之前，用户需要检查绝缘情况及保护措施。</p> <p>12. 搬运机器人时要遵守运输要求，小心搬运，避免磕碰</p>
 <p>注意！</p>	<p>1. 当机器人与能够造成机器人损坏的机械连接在一起或是在一起工作时，强烈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。</p> <p>2. 钛虎机器人科技（上海）有限公司对由于程序出错或机器人的不当操作而对机器人造成的损坏或人员伤害概不承担责任。</p> <p>3. 不要将机器人一直暴露在永久性磁场。强磁场可损坏机器人。</p>

1.3.3 人员安全

在运行机器人系统时，首先必须要确保作业人员的安全，下面列出一般性的注意事项，请妥善采取确保作业人员安全的相应措施。

 <p>注意！</p>	<p>1. 使用机器人系统的各作业人员请不要穿宽松的衣服，不要佩戴首饰。操作机器人时请确保长头发束在脑后。</p> <p>2. 在设备运转之中，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。</p> <p>3. 应在地板上画上线条来标清机器人的动作范围，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。</p> <p>4. 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。</p>
--	---

	<p>5. 在使用操作面板和示教器时，由于戴上手套可能会出现操作上的失误，务必在摘下手套后进行作业。</p> <p>6. 在人被机器人夹住或围在里面等紧急和异常情况下，通过用力（至少 700 N）推动或拉动机器人手臂，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，并且可能会损坏关节。</p>
--	---

1.4 责任及规范

Arm 系列机器人可以与其他设备组成完整的机器，其本身并不完整。因此本手册信息中并不包含如何全面的设计、安装和操作一个完整的机器人，也不包含所有对这一完整的系统的周边设备的安全造成影响的可能性。完整机器人安装的安全性取决于该机器人是如何集成的。集成商需要遵循所在国的法律法规及安全规范和标准对该完整的设计和安装进行风险评估。风险评估是集成商务必完成的最重要任务之一，集成商可参考以下标准执行风险评估流程。

- ◆ ISO 12100:2010 机械安全-设计通则-风险评估与风险降低。
- ◆ ISO 10218-2:2011 机器人与机器人设备-安全要求-第2部分：工业机器人系统与集成。
- ◆ RIA TR R15.306-2014 工业机器人与机器人系统的技术报告-安全要求、任务型风险评估方法。
- ◆ ANSI B11.0-2010 机械安全；一般要求与风险评估。
- ◆ Arm 机器人的集成商需要履行但不限于以下责任：
- ◆ 对完整的机器人系统做全面的风险评估；
- ◆ 确认整个系统的设计安装准确无误；
- ◆ 向用户及工作人员提供培训；
- ◆ 创建完整系统的操作规范，明确使用流程说明；
- ◆ 建立适当的安全措施；
- ◆ 将剩余风险传达给最终用户；
- ◆ 在机器人上标示集成商的标志和联系信息；
- ◆ 存档相关技术文件。

该手册所包含的所有安全方面的信息均不得视为钛虎机器人科技（上海）有限公司的保证，即使遵守所有的安全指示，操作人员造成的人员伤害或设备损坏依然有可能发生。钛虎机器人科技（上海）有限公司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，恕不另行通知。钛虎机器人科技（上海）有限公司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。

1.5 危险识别

风险评估应考虑正常使用期间操作人员与机器人之间所有潜在的接触以及可预见的误操作。操作人员的颈部、脸部和头部不应暴露，以免发生碰触。在不使用外围安全防护装置的情况下使用机器人需要首先进行风险评估，以判断相关危险是否会构成不可接受的风险，例如

- ◆ 使用尖锐的末端执行器或工具连接器可能存在危险；
- ◆ 处理毒性或其他有害物质可能存在危险；
- ◆ 操作人员手指有被机器人底座或关节夹住的危险；
- ◆ 被机器人碰撞发生的危险；
- ◆ 机器人或连接到末端的工具固定不到位存在的危险；
- ◆ 机器人有效负载与坚固表面之间的冲击造成的危险。

集成商必须通过风险评估来衡量此类危险及其相关的风险等级，并且确定和实施相应的措施，以将风险降低至可接受的水平。请注意，特定机器人设备可能还存在其他重大危险。

通过将 Arm 机器人所应用的固有安全设计措施与集成商和最终用户所实施的安全规范或风险评估相结合，将与 Arm 系列机器人协作性操作相关的风险尽可能降低至合理可行的水平。通过此文档可将机器人在安装前存在的任何剩余风险传达给集成商和最终用户。如果集成商的风险评估测定其特定应用中存在可能对用户构成不可接受风险的危险，集成商必须采取适当的风险降低措施，以消除或最大限度降低这些危险，直至将风险降低至可接受的水平为止。在采取适当的风险降低措施（如有需要）之前使用是不安全的。

如果对机器人进行非协同性安装（例如，当使用危险工具时），风险评估可能推断集成商需要在其编程时连接额外的安全设备（例如，安全启动设备）确保人员及设备安全。

1.6 预定用途

Arm 机器人只限于一般工业设备使用，如用作操作或固定工具、设备，加工或传递零件、产品。Arm 机器人仅允许在规定的的环境条件下使用，有关操作环境及操作条件的具体信息，请参阅附录部分。

Arm 机器人具有特殊的安全等级特性，可进行协作性操作，即在不设置外围安全防护装置的情况使用，但仅限于经过风险评估无危险的情况，即在不使用任何安全防护装置和现场感应装置的前提下，工作人员与 Arm 机器人或其末端执行器或部件之间的预期或意外接触不会构成不可接受的风险，与工作区内其他物体（工具、设备、表面等）的预期或意外接触也不会构成不可接受的风险。

机器人控制器以及机器人只限于一般工业设备使用，不可用于与预定用途违背的应用，禁止用途包括但不限于以下情况：

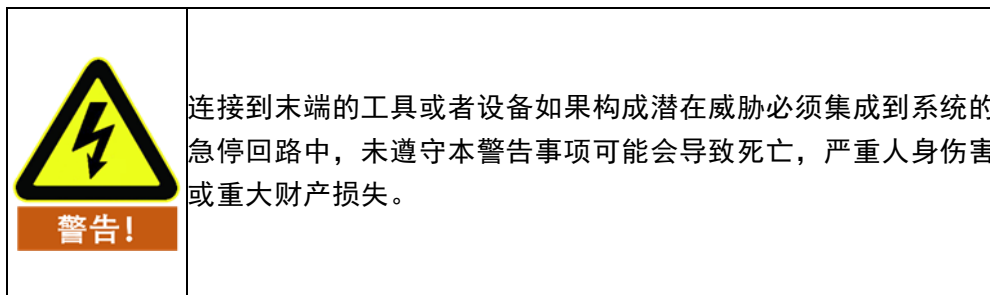
- ◆ 用于易燃易爆等危险环境中；
- ◆ 用于移动或搬运人或其他动物的装置；
- ◆ 用于涉及人命的医疗设备等装置；
- ◆ 用于对社会性及公共性有重大影响的装置；
- ◆ 用于车载、船舶等受到振动环境；
- ◆ 用于攀爬工具使用。

1.7 紧急情况处理

1.7.1 紧急停止装置

按下紧急停止按钮，会停止机器人的一切运动。紧急停机不可用作风险降低措施，但是可作为次级保护设备。如果须连接多个紧急停止按钮，必须纳入机器人应用的风险评估。紧急停止按钮符合 IEC 60947-5-5 的要求。

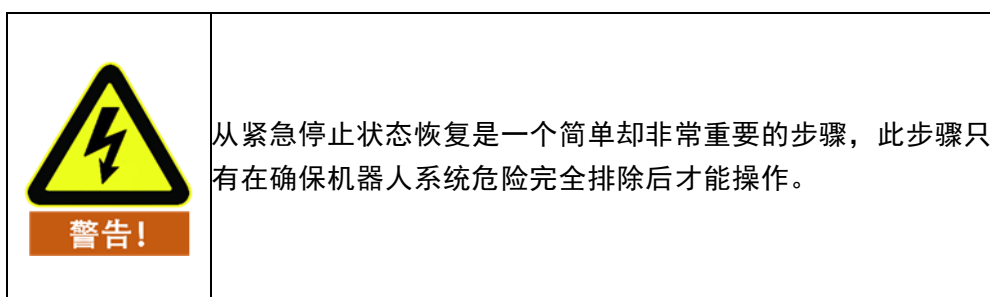
Arm系列机器人在示教器上置有紧急停止按钮，如下图所示，该按钮须在危险情况或紧急情况时按下。控制柜上配有外接紧急停止按钮端口，集成商或用户可根据实际情况使用。



1.7.2 从紧急状态恢复

所有按键形式的紧急停止设备都有“上锁”功能。这个“锁”必须打开，才能结束设备的紧急停止状态。

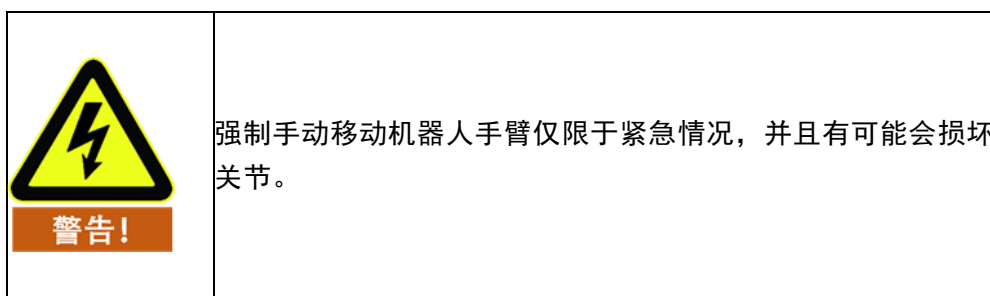
旋转紧急停止按钮可以打开“锁”。



1.7.3 强制关节的紧急移动

在极少数情况下，可能需要在机器人电源失效或不想使用电源的紧急状况下移动一个或多个机器人关节，这可以通过以下方法来迫使机器人关节移动：

强制反向驱动：用力推动或拉动机器人手臂，迫使关节移动。

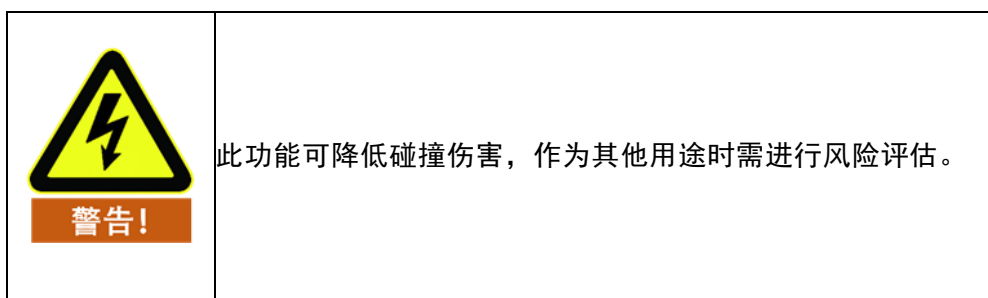


1.7.4 机器人本体过大力安全保护

机器人本体具备过大力安全保护功能。机器人本体上电静止状态下，当操作人员或其他物体误碰机器人本体，且碰撞力超过安全阀值时，机器人本体会顺着碰撞力的方向被动移动。

此功能可以保证操作人员或其他物体与机器人本体发生碰撞时，减少对人员、其他物体以及机

器人本体的伤害。



1.7.5 碰撞防护

机器人本体具备碰撞防护功能。机器人本体运行过程中，当操作人员或其他物体误碰机器人本体，且碰撞力超过安全阈值时，机器人本体会进入 2 类停机状态，同时进入拖动示教模式，此时，可拖动机器人本体到达一个相对安全的位置后，通过操作示教器，令机器人本体继续运行。此功能可以保证操作人员或其他物体与机器人本体发生碰撞时，减少对人员、其他物体以及机器人本体的伤害，同时，节省重新启动程序的时间，提高工作效率。

二、产品介绍

2.1 产品概述

机器人本体是用于完成机器人系统各种作业任务的机械主体，主要包括机器人外壳、驱动装置、传动单元以及内部传感器等部分。

同传统工业机器人粗重且多芯的线缆相比，由于Arm系列的驱动装置、制动器等都集成到本体中，大大减少了从本体连接到控制器的线缆芯数，也提高了线缆传递数据的稳定性和抗干扰能力，同时降低了该项成本。

本体外壳的主要材料为铝合金。机器人的运动原理是六个关节的旋转运动组合，利用运动学和动力学分析，求解算法，完成机器人末端的期望运动。

控制柜为完成机器人控制功能的结构实现，是决定机器人功能和水平的关键部分。里面装载有电源，计算机等，可以控制机器人的整体运动。

控制器为人机交互的主要接口，其内部由一个触摸屏显示器、控制电路板和一些元器件组成。可以通过使用控制器对机器人进行编程和操作。

Arm系列具有部署时间短、易于操作，使用安全以及方便扩展周边设备等优势，可以极大的缩短工厂对于自动化项目改造的部署时间，降低部署的总成本。具体优点如下：

◆ 快速部署

为了缩短自动化产线改造成本与部署时间，不同于传统的机器人对整条自动化产线改造的部署方式，钛虎机器人的产品主要面向独立工位的升级与改造。客户或系统集成商可以自主选择已适配好的末端执行器、雷达或摄像头，与机器人配合使用。

◆ 简单操作

Arm机器人以及解决方案可以帮助客户尽快尽早设计一个独立的工作站，安装末端执行系统、机座、摄像头以及其他配套设备。并且，拖动示教功能可以帮助用户缩短示教时间，简化调试步骤。

◆ 安全可靠

Arm系列协作机器人除配备常见安全碰撞检测外，还可配备安全视觉、激光雷达、光栅

等安全设备，以确保稳定可靠的安全工作环境。

2.2 产品组成

如图 2-1 所示，Arm系列中，每一个机器人系统包括两个主要 组成部分：机器人本体和控制柜。



1-机器人本体



2-控制柜

图 2- 1 机器人系统

一套完整的Arm机器人系统产品组成如下表所示。

表2-1 产品组成

名 称	数 量
机器人本体	1
控制器	1
控制器连接线	1
控制柜	1
机器人本体连接电缆	1
电源连接线	1
底座（选配）	1

Ti5 Robot Eblm-1是一款负载为1kg,活动范围380mm的机器人。

Ti5 Robot Eblm-2是一款负载为2kg,活动范围520mm的机器人。

Ti5 Robot Arm-3是一款负载为3kg,活动范围600mm的机器人。

Ti5 Robot Arm-5是一款负载为5kg,活动范围900mm的机器人。

机器人本体示意图如图 2-1所示。

Arm系列的机械本体可看作是一个开链式多连杆机构，始端连杆就是机器人的基座，末端连杆与末端执行器相连，相邻连杆之间用一个关节连接在一起。Arm系列机器人是一个6自由度工业机器人，它由6个杆和6个关节组成。编号时，基座称为杆0，不包含在这6个杆内，杆1与基座由关节1相连，杆2通过关节2与杆1相连，依此类推。

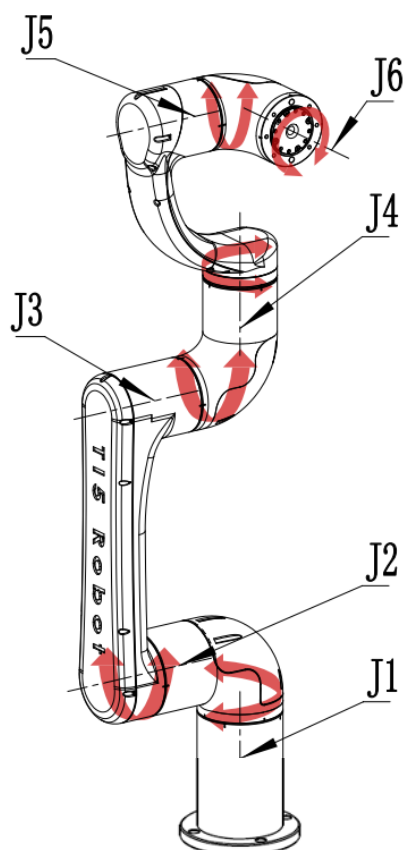


图 2- 1 机器人本体示意图

末端法兰盘可用于连接末端执行器，例如电动夹爪或气动吸盘等末端执行器。

2.3 型号

Arm系列中共有三款机器人,分别是Ti5 Robot Eblm-1、Ti5 Robot Eblm-2、Ti5 Robot Arm-3和Ti5 Robot Arm-5,其型号名称解析如表 2-1 所示。

表 2- 1 型号说明表

Arm	1/2/3/5
系列名称	负载能力1kg/2kg /3kg/5kg

2.4 工作范围

Eblm-1、Eblm-2、Arm-3和Arm-5 机器人的工作空间如图 2-3~4所示。机器人有效工作范围分别为 380mm、520mm、600mm和900mm。请在使用机器人前根据机器人的运动范围限制测量实际的范围，以免造成臂长不够或碰撞的后果。选择机器人安装位置时，务必考虑机器人正上方和正下方的圆柱体空间。尽可能避免将工具移向圆柱体空间，因为这样会造成工具慢速运动时关节却运动过快，从而导致机器人工作效率低下，风险评估难以进行。

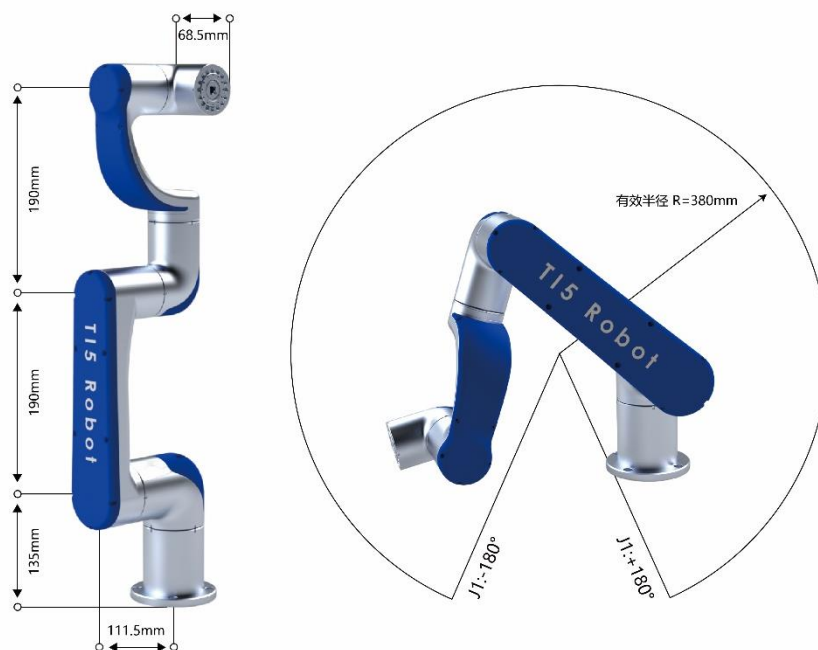
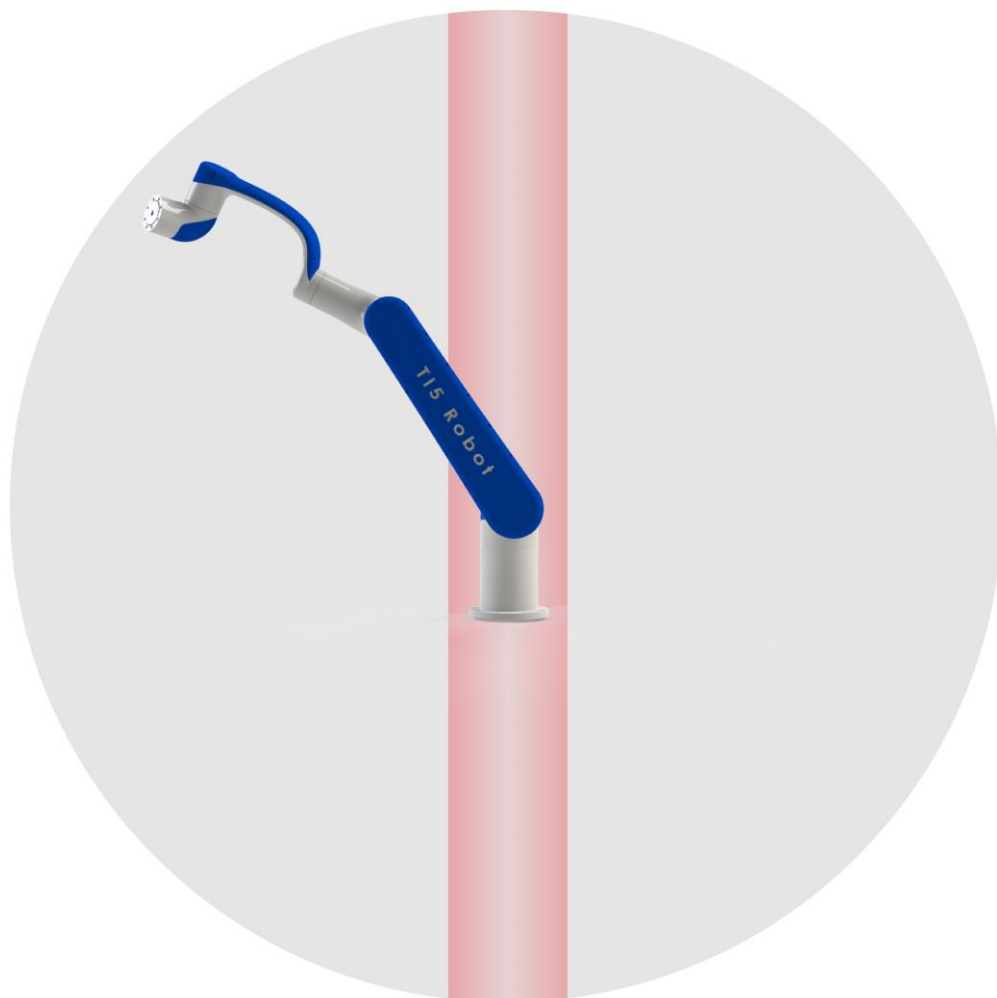


图 2- 3 Eb1m-1工作空间示意图

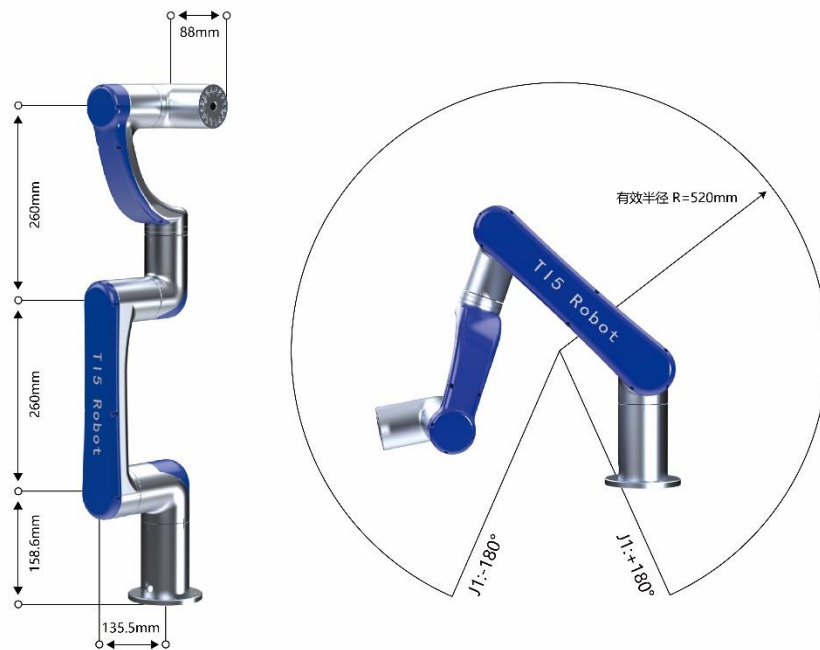


图 2- 4 Eb1m-2工作空间示意图

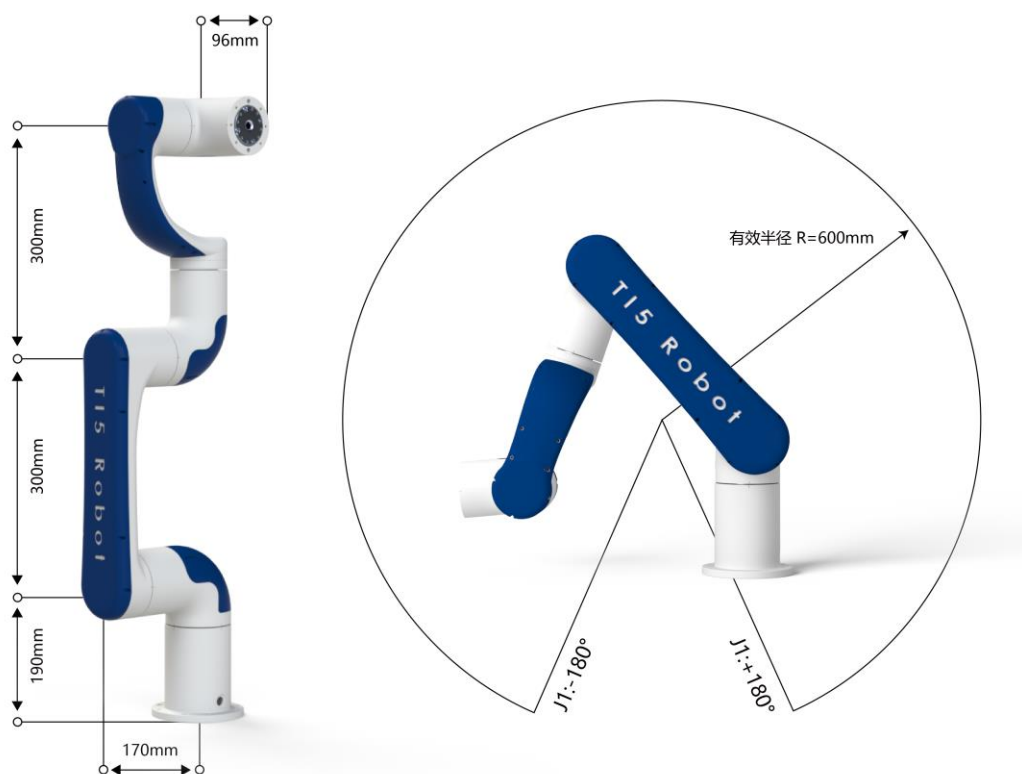


图 2- 5 Arm-3工作空间示意图

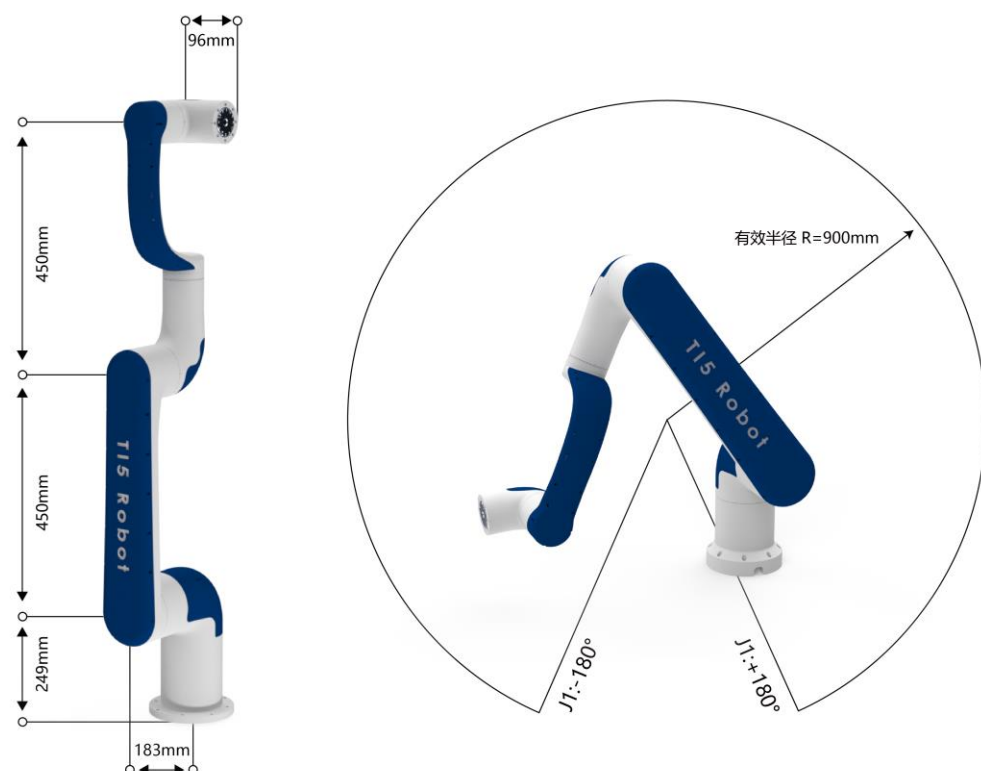


图 2-4 Arm-5工作空间示意图

2.5 有效负载

Eblm-1机器人的额定负载为1kg ,可以在1kg及以下负载情况下正常工作。

Eblm-1机器人的额定负载为2kg ,可以在2kg及以下负载情况下正常工作。

Arm-3机器人的额定负载为3kg ,可以在3kg及以下负载情况下正常工作。

Arm-5机器人的额定负载为5kg ,可以在5kg及以下负载情况下正常工作。

随着负载与J6法兰盘位置的距离越来越远,其有效负载也会越来越小。

2.6 技术参数表

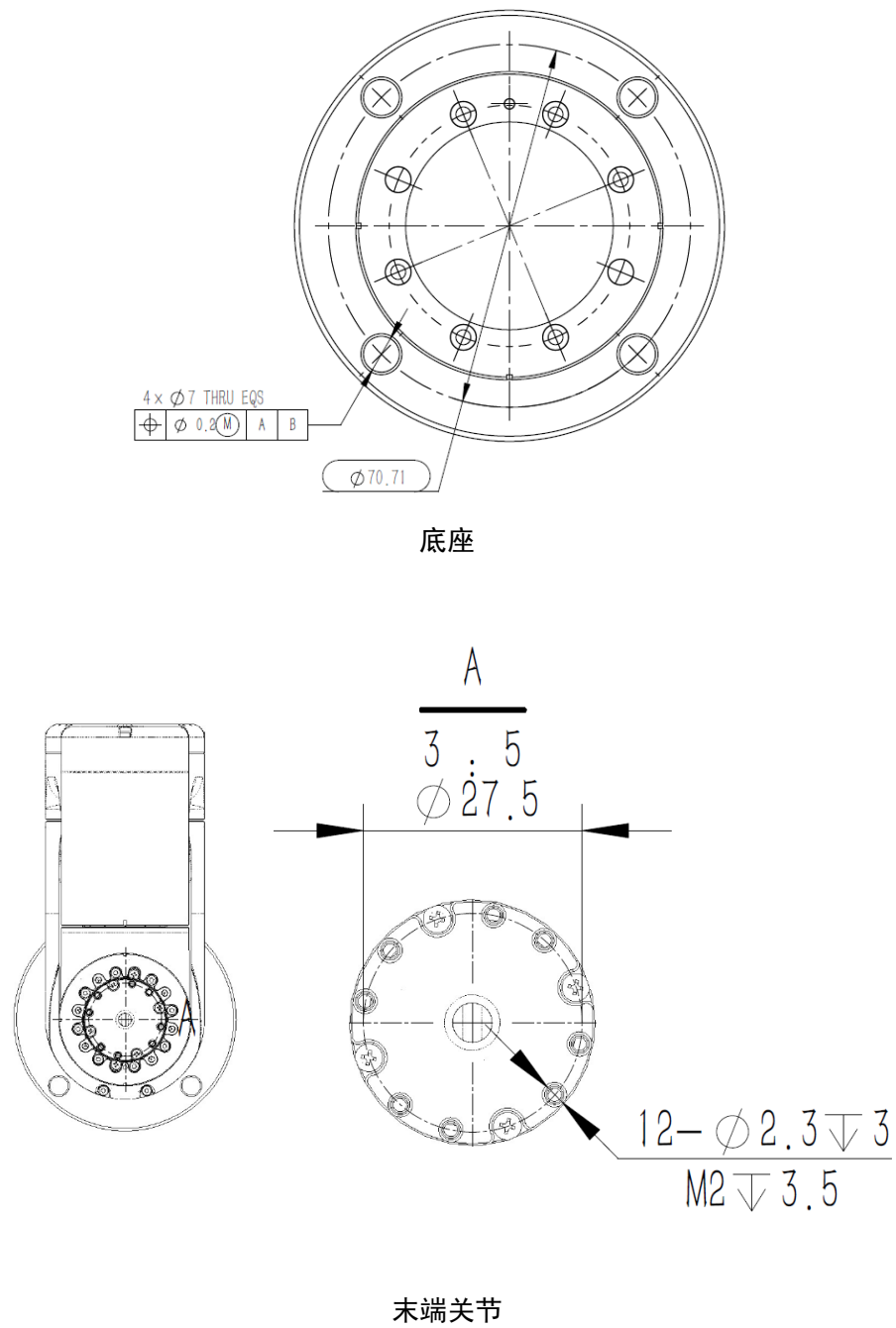
Arm系列的各项规格参数如表2-2所示。

名称	Ti5 Robot Eblm-1	Ti5 Robot Eblm-2	Ti5 Robot Arm-3	Ti5 Robot Arm-5
重量	2.6kg	4.5kg	9.7kg	18kg
有效负载	1kg	2kg	3kg	5kg
工作半径	380mm	520mm	600mm	900mm
自由度	6			
重复定位精度	±0.05mm	±0.05mm	±0.05mm	±0.05mm
功耗	50W	100w	200W	500W
推荐电源盒子	150W	300W	600W	1500W
接口与开放性	ROS、PYTHON、C++			
电机参数	中空谐波机器人一体化关节			
电源	28V-48V			
关节范围	J1 ±180° J2 -265 ~ 85° J3 ±150° J4 ±180°			

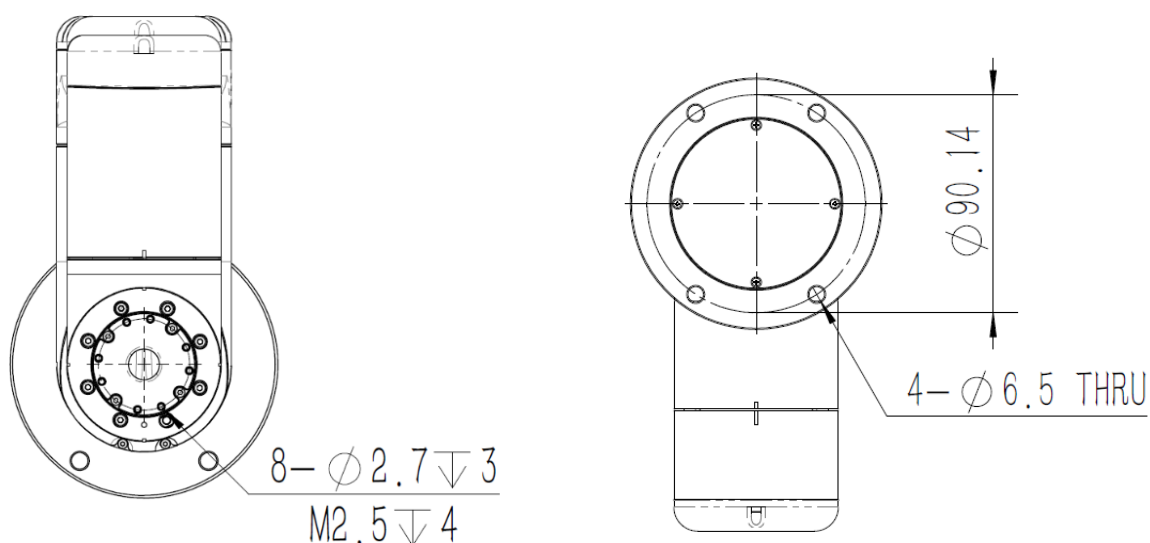
	J5 $\pm 175^{\circ}$ J6 $\pm 175^{\circ}$
材料	铝合金、树脂
工作环境	0-50°C
供电	DC 48V, 5A; DC 28V 5A
USB	USB3.0*4
HDMI	HDMI2.0*1
I/O接口	SPI/I2C/GPIO/UART
紧急开关	0
关节最大速度	J1/J2/J3 : 35.6° /sec
	J4/J5/J6 : 35.6° /sec
IP 等级	IP50
噪声	<70dB
机器人安装方式	任意角度
工作环境湿度	5%-95%
控制柜	
尺寸（长×宽×高）	100mm×80mm×30mm, 97mm×100mm×48mm
重量	140g, 150g
供电	AC 110-240V , 50-60Hz
IP 等级	IP40
认证标准	CE 认证
接口与开放性	SDK (Python, C++, JAVA), API, ROS
I/O 端口	数字量输入: 16 个
	数字量输出: 16 个
I/O 电源	24V 2A
通信方式	TCP/ IP

2.7 末端关节和底座安装孔位图

Ti5 Robot Eblm-1:



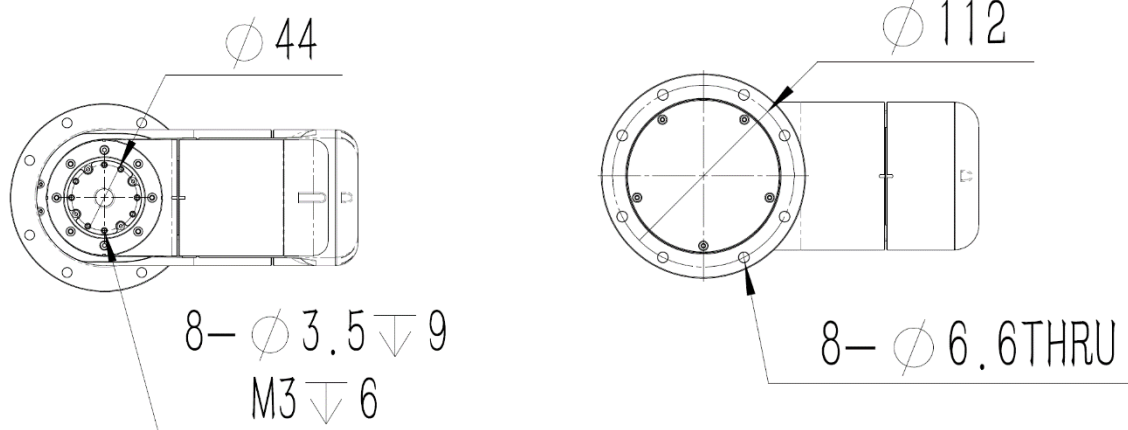
Ti5 Robot Eblm-2:



底座

末端关节

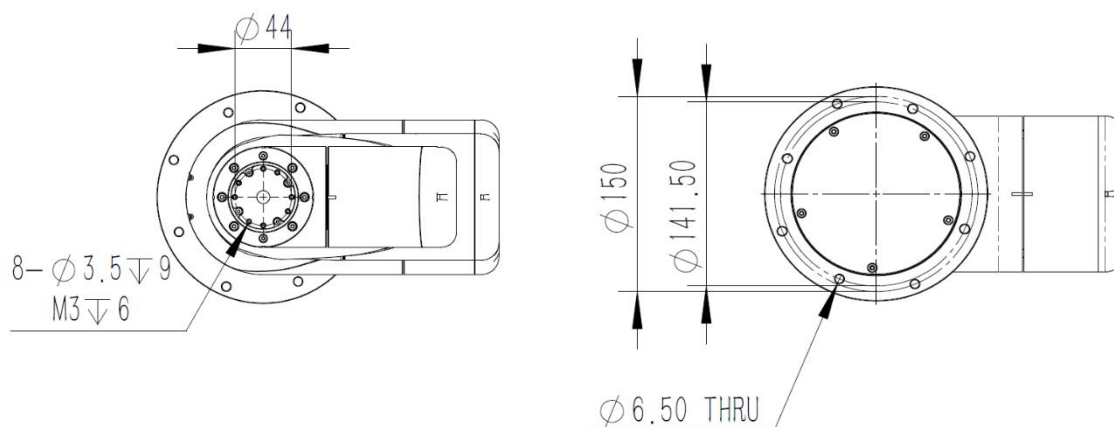
Ti5 Robot Arm-3:



底座

末端关节

Ti5 Robot Arm-5:



底座

末端关节

2.8 开机指南

2.8.1 操作方法

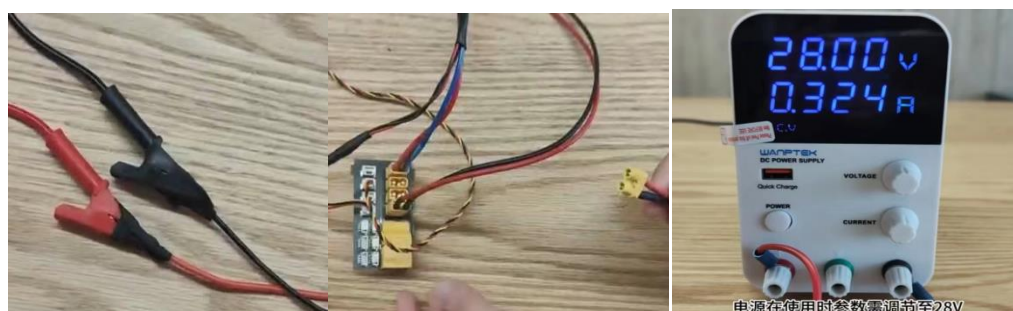
具体操作可见连线视频，连线时请不要带电插拔，请先将所有连线工作完成后在再插电源。
下面简要介绍如何快速连线。



CAN分析仪



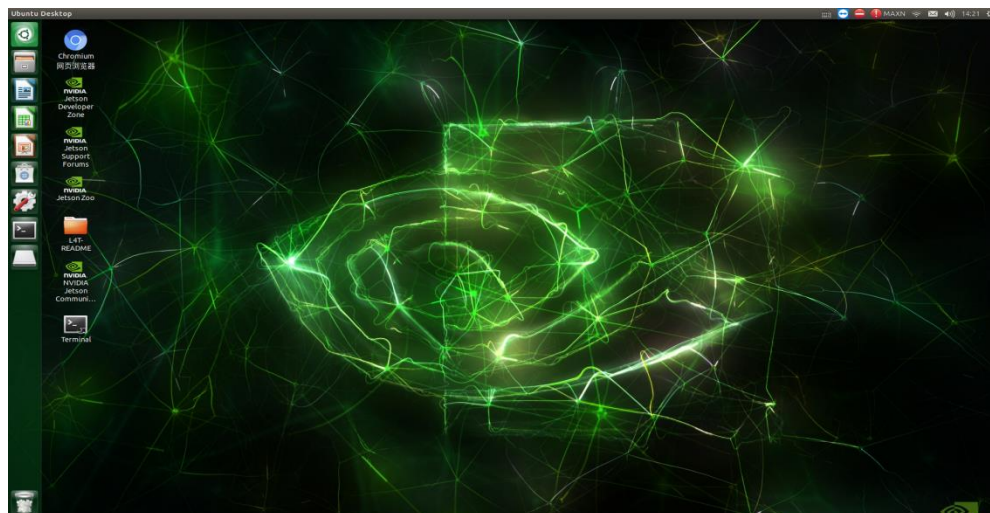
可调电源



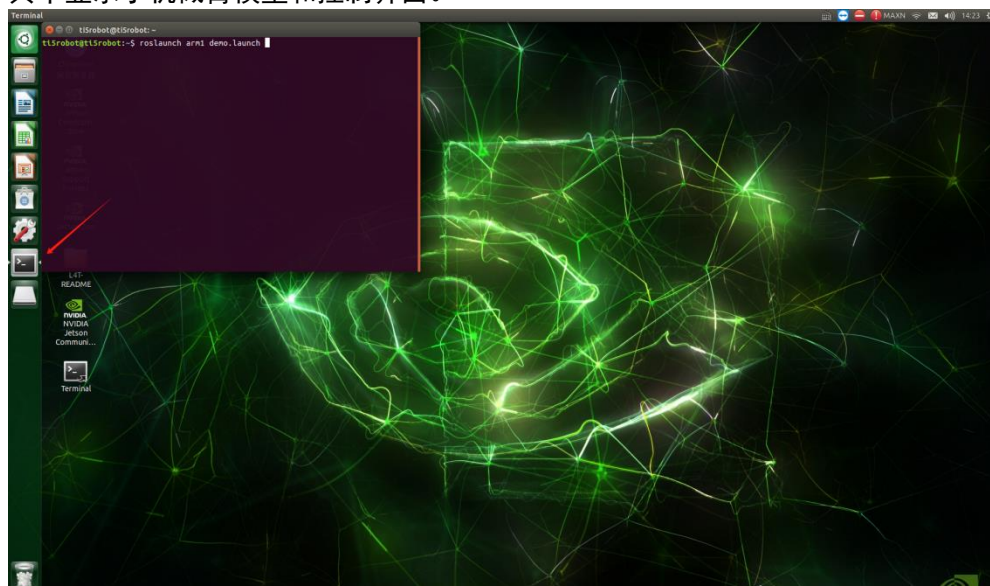
机械臂和jetson nano

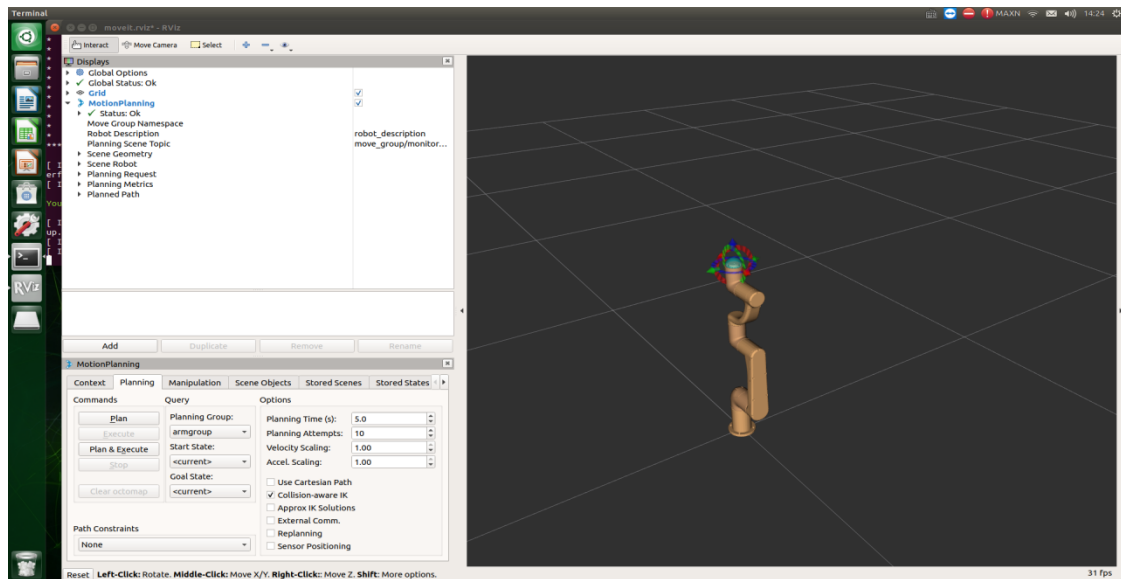


连线工作完成后，将微型电脑插电，启动可调电源，电源在使用时参数调节到24-40V。
连接显示器输入密码（dongguan）之后，会看到如下屏幕



打开第一个终端，输入
`roslaunch arm1 demo.launch`（以下仅以 1 公斤机械臂为例，如果是 arm3，则输入
`roslaunch arm3 demo.launch`）
该命令是用于启动 arm1 软件包中的 demo.launch。运行该命令之后会启动一个 RViz 窗口，
其中显示了机械臂模型和控制界面。





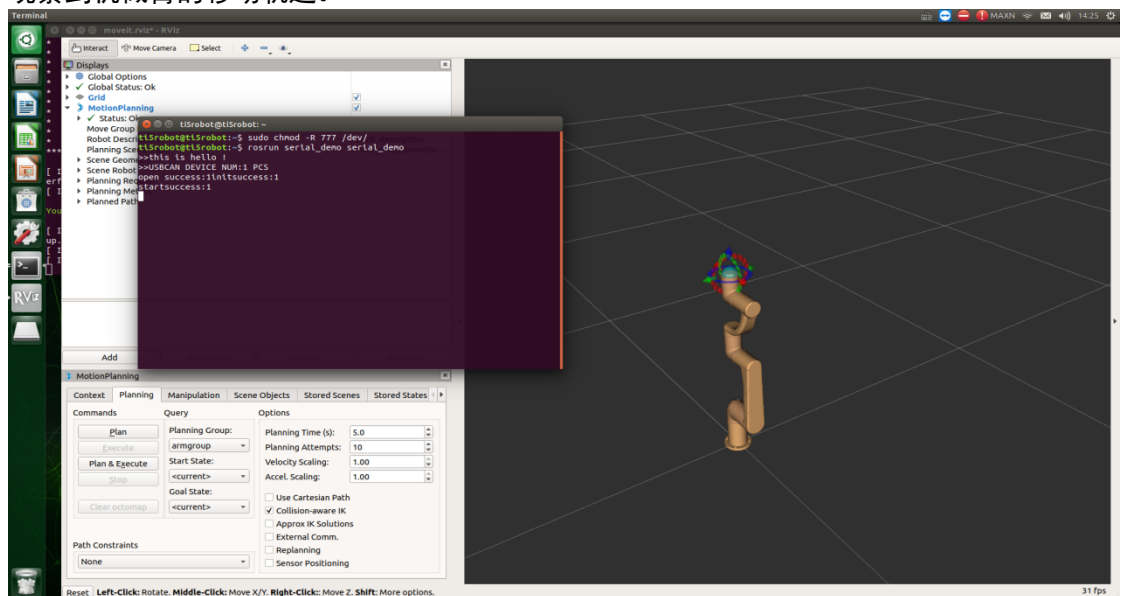
再打开第二个终端，输入

```
sudo chmod -R 777 /dev/
```

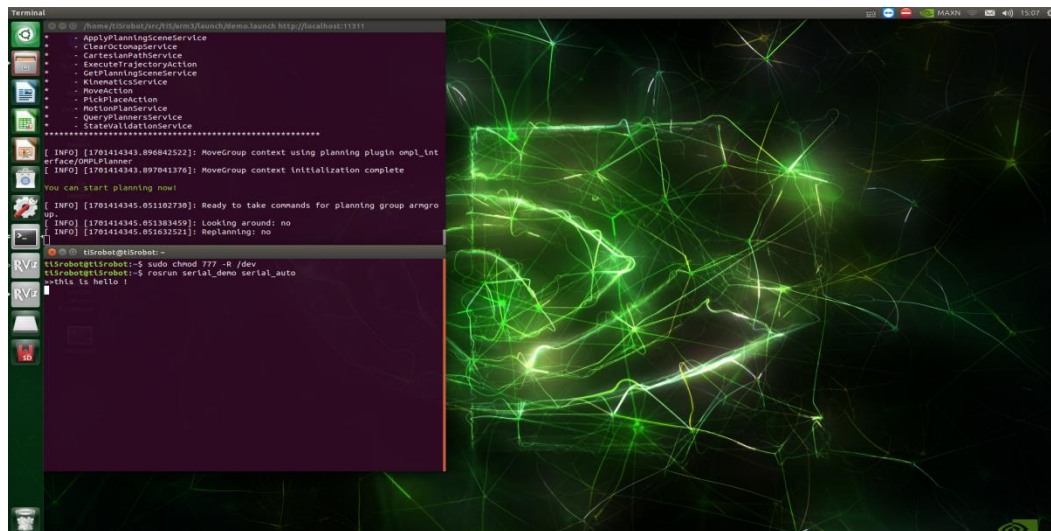
工作模式下输入 `roslaunch serial_demo serial_demo`

该命令实现启动机械臂并将机械臂回到零位，零位即机械臂相邻关节之间的矩形缺口位置对齐，同时打开串口以便传输数据。

在 RVIZ 中可以通过拖动机械臂末端的球上的箭头来选择一个合适的位置，然后点击左下方的 plan&Execute 来让机械臂到达 RVIZ 中的位置，同时可以在 RVIZ 中观察到机械臂的移动轨迹。



演示模式下输入 `sudo chmod -R 777 /dev/` 之后，也可以输入 `roslaunch serial_demo serial_demo`，该命令为自动运行一个机械臂运动的实例程序，可以通过该程序观察机械臂运动时的各个关节状况。该命令和上面命令的区别为上面为手动操作模式，该命令可自动运行示例程序，两种方式进行二选一即可。请确保已固定好机械臂底座并保持机械臂周围没有障碍物，以免造成人员或者财产损失。

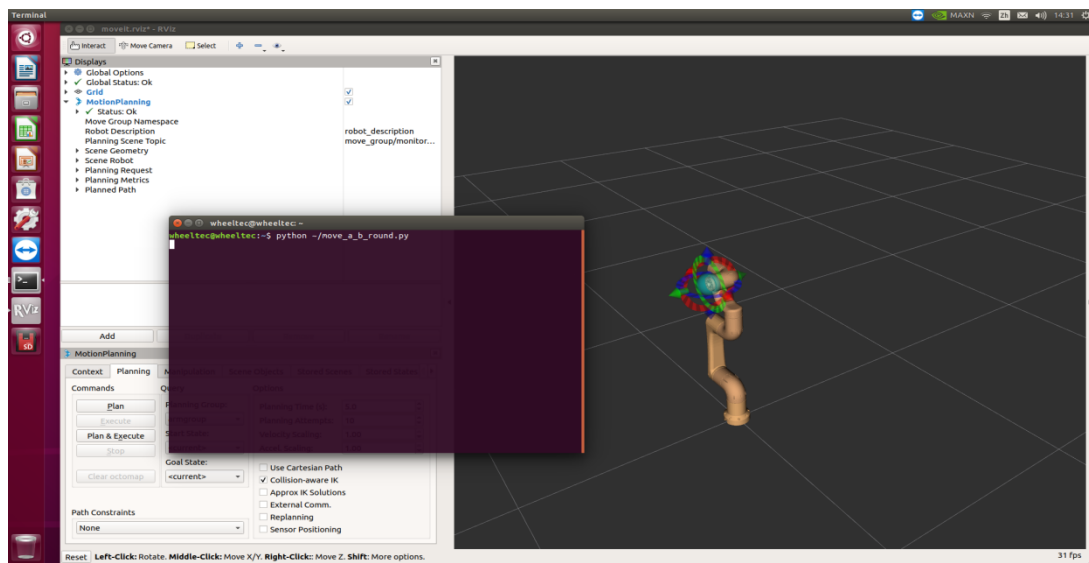


打开第三个终端，输入

```
python ~/move_a_b_round.py
```

该命令为运行~目录下的 move_a_b_round.py 的 Python 程序。该程序可以实现机械臂从一个位置移动到另一个位置。

如果想要结束程序，按 `ctrl+c` 即可



打开第四个终端，依次输入

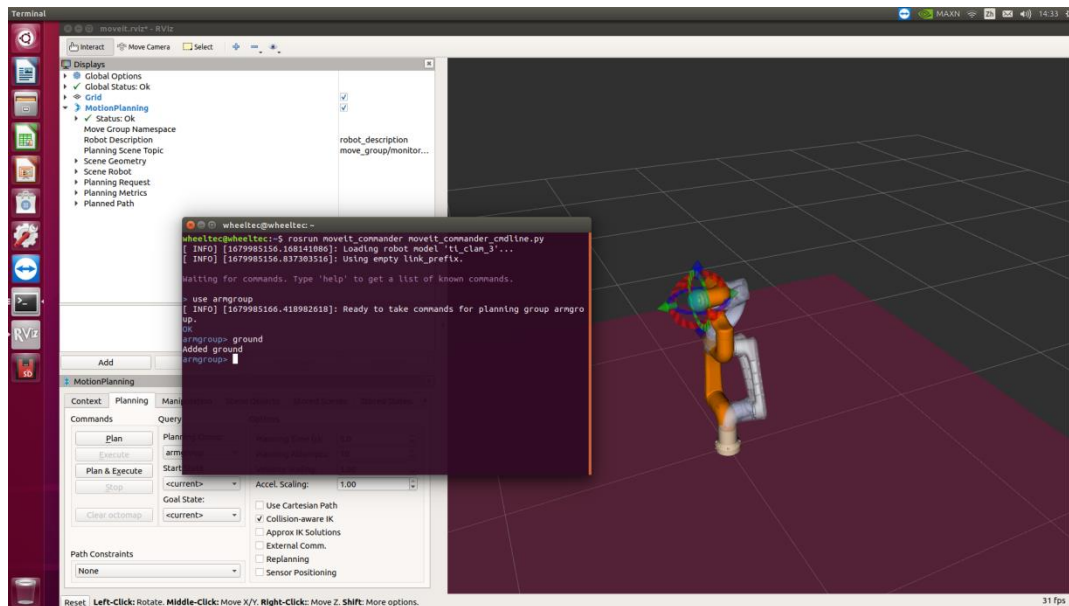
```
roslaunch moveit_commander moveit_commander_cmdline.py
```

```
use armgroup
```

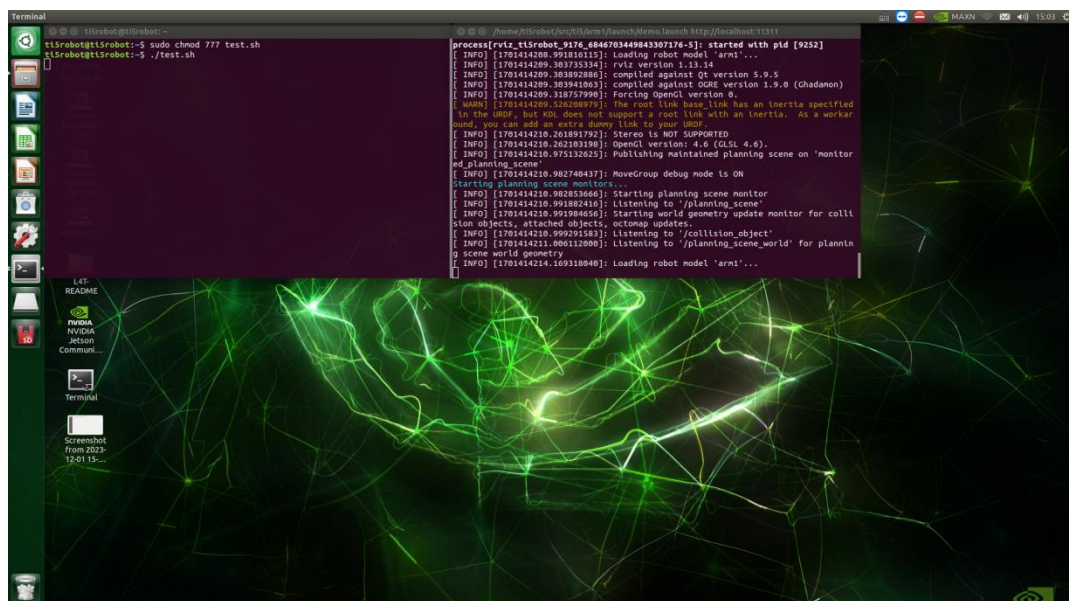
```
ground
```

该组命令是为机械臂增加一个 ground，来保证运动轨迹保持在水平线以上。在有些时候机械臂可能会移动到水平线以下，这种情况在 Rviz 中表现为机械臂的某些部分出现在了黑色方格水平线的下方。在实际应用中，这种情况可能会损坏机械臂或者造成其他意外事件，所以通过该组命令来保证机械臂运动轨迹保持在水平线以上。如果在使用过程中发生了机械臂运动到了水平线下方，请及时关闭机械臂。

关闭之后如果发现机械臂不在零位，如果想要让机械臂回到初始位置可以拖拽上方的小球直到机械臂回到零位，也可以进行重启，按照前面所写的打开第一个第二个终端，运行第二个终端的命令，机械臂就会恢复到零位



上述为依次打开每一个终端来实现机械臂的运动，也可以通过运行 test.sh 脚本文件来实现自动运行机械臂的运动 demo。打开一个新的终端，输入 `sudo chmod 777 test.sh` 然后输入 `./test.sh` 该组命令可以让机械臂实现几个位置的自动运行，不需要像前面介绍的那样打开多个终端。同样的，在运行该程序时请固定好机械臂底座同时不要有障碍物。



2.8.2 A-B点移动SDK

文件位置: `~/move_a_b_round.py`

初始化节点

`MoveGroupPythonIntefaceTutorial`

初始化 `moveit_commander` 和 `rospy`

`moveit_commander.roscpp_initialize(sys.argv)`

`moveit_commander.roscpp_initialize(sys.argv)`

`rospy.init_node("listener_joy", anonymous=True)`

实例化 `RobotCommander` 对象，这个接口是机器人总入口

`robot = moveit_commander.RobotCommander()`

实例化 PlanningSceneInterface 对象

```
scene = moveit_commander.PlanningSceneInterface()
```

实例化 MoveGroupCommander 对象，这个接口应用与一组关节。这里使用左臂，使用左臂来规划和执行动作。

```
group = moveit_commander.MoveGroupCommander("armgroup")
```

创建 DisplayTrajectory 发布者，可以得到轨迹在 Rviz 中实现可视化。

```
display_trajectory_publisher = rospy.Publisher(
    '/move_group/display_planned_path',
    moveit_msgs.msg.DisplayTrajectory)
```

获得基本信息

打印参考系的名称

```
print "===== Reference frame: %s" % group.get_planning_frame()
```

打印这个组的末端执行器的连接名称

```
print "===== Reference frame: %s" % group.get_end_effector_link()
```

获得机器人的所有组

```
print "===== Robot Groups:"
```

```
print robot.get_group_names()
```

用于调试，打印机器人的状态

```
print "===== Printing robot state"
```

```
print robot.get_current_state()
```

```
print "=====
```

规划姿态目标

为这个组规划动作，实现末端执行器到达期望的姿态目标。 pose_target = geometry_msgs.msg.Pose()

```
pose_target.orientation.w = 1.0
```

```
pose_target.position.x = 0.7 pose_target.position.y = -0.05
```

```
pose_target.position.z = 1.1 group.set_pose_target(pose_target)
```

调用规划器计算规划并在 Rviz 里显示，注意：这里只是规划，不是实际执行。

```
plan1 = group.plan()
```

移动到姿态目标

移动到一个姿势的目标是类似于上述步骤除了我们现在使用的 go() 功能。

请注意，我们已经设置了前面的姿势目标仍然是有效的，所以机器人将尝试移动到那个目标。我们不会在本教程中使用该函数，因为它是一个阻塞函数，需要一个控制器是激活，执行后报告成功的轨迹。

Uncomment below line when working with a real robot

```
# group.go(wait=True)
```

笛卡尔路径

你可以计划一个笛卡尔路径通过直接为末端执行器指定航点列表。 waypoints = []

```
# start with the current pose waypoints.append(group.get_current_pose().pose)
```

```
# first orient gripper and move forward (+x) wpose = geometry_msgs.msg.Pose()
```

```
wpose.orientation.w = 1.0
```

```
wpose.position.x = waypoints[0].position.x + 0.1 wpose.position.y =
```

```
waypoints[0].position.y wpose.position.z = waypoints[0].position.z
```

```
waypoints.append(copy.deepcopy(wpose))
```

```
# second move down wpose.position.z -= 0.10
```

```
waypoints.append(copy.deepcopy(wpose))
```

```
# third move to the side
```

```
wpose.position.y += 0.05 waypoints.append(copy.deepcopy(wpose))
```

我们希望笛卡尔路径被内插在一个分辨率为 1 厘米，这就是为何在笛卡尔转换指定 0.01 作为最大值。我们指定阈值为 0，实际上是禁用它。

We want the cartesian path to be interpolated at a resolution of 1 cm which is why we will specify 0.01 as the max step in cartesian translation. We will specify the jump threshold as 0.0, effectively disabling it.

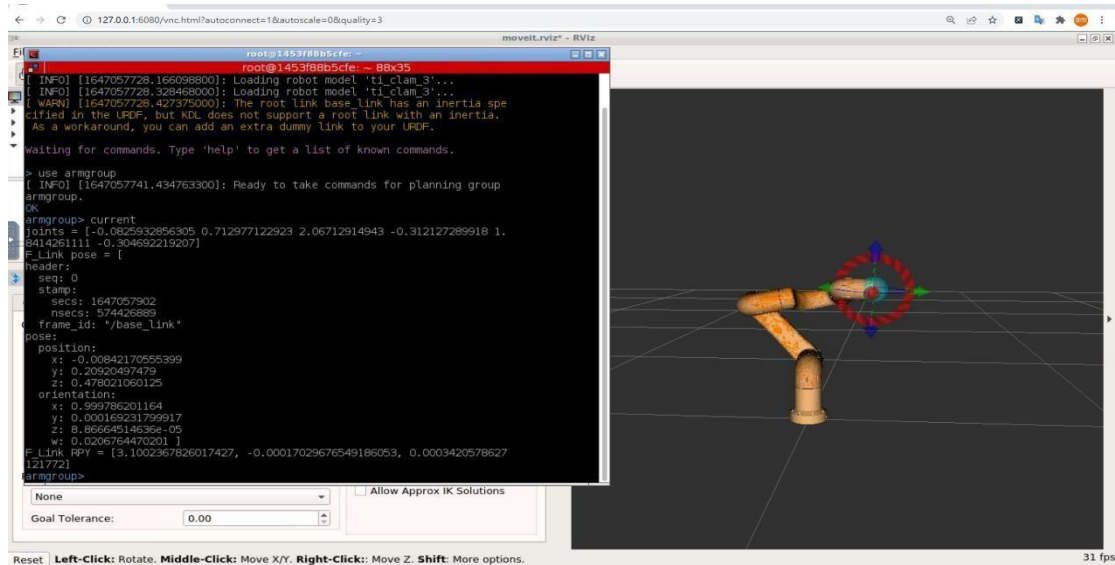
```
(plan3, fraction) = group.compute_cartesian_path(
    waypoints, # waypoints to follow
    0.01, # eef_step
    0.0) # jump_threshold
```

2.8.3 A-B点移动实例

打开新终端 `roslaunch moveit_commander moveit_commander_cmdline.py`

use `armgroup` 连接机器人

current 查看各关节当前位置及俯仰角



Joints 各关节当前位置

Pose-position 、pose-orientation 是控制机械臂 a-b 点移动的重要信息

第三个终端

`vim ~/move_a_b_round.py`

`move_a_b_round.py` 中 `go_to_pose_goal2` 函数如下:

```
rpulist=[-5.42079777694599e-05, 0.00020787699155017496, 3.823067437933508e-05]
pose_goal = geometry_msgs.msg.Pose()

quaternion = quaternion_from_euler(rpulist[0], rpulist[1], rpulist[2])
#quaternion = quaternion_from_euler(self.roll, self.pitch, self.yaw)
pose_goal.orientation.x = 0.0
pose_goal.orientation.y = 0.0001
pose_goal.orientation.z = -0.0
pose_goal.orientation.w = 0.9999

pose_goal.position.x = -0.0
pose_goal.position.y = -0.144
pose_goal.position.z = 0.5763
```

把第二个终端中的信息输入到 `pose_goal`

current 中的 `pose.position` 对应 `move_a_b_round.py` 中的 `pose_goal.position`

current 中的 `pose.orientation` 对应 `move_a_b_round.py` 中的 `pose_goal.orientation`

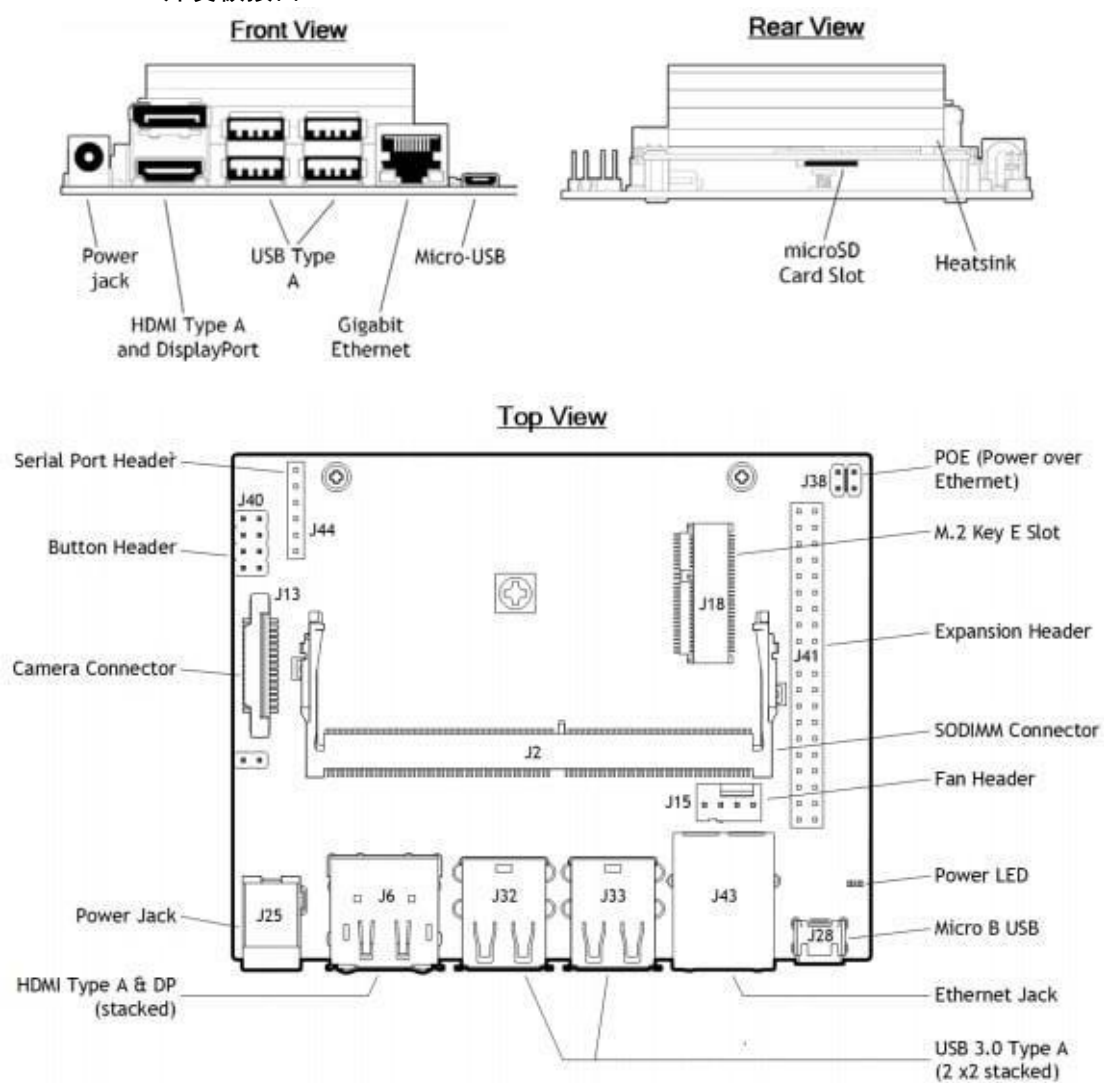
机械臂末端的移动的第二个点设置完毕

按照以上再次设定第二个第三个目标点

各个目标点设置完成后, 执行 `python move_a_b_round.py` 机械臂会按照之前设定的点, 依次移动到位

2.8.4 电气接口

Jetson NANO 开发板接口



Jetson Nano J41 Header					
Sysfs GPIO	Name	Pin	Pin	Name	Sysfs GPIO
	3.3 VDC Power	1	2	5.0 VDC Power	
	I2C_2_SDA I2C Bus 1	3	4	5.0 VDC Power	
	I2C_2_SCL I2C Bus 1	5	6	GND	
gpio216	AUDIO_MCLK	7	8	UART_2_TX /dev/ttyTHS1	
	GND	9	10	UART_2_RX /dev/ttyTHS1	
gpio50	UART_2_RTS	11	12	I2S_4_SCLK	gpio79
gpio14	SPI_2_SCK	13	14	GND	
gpio194	LCD_TE	15	16	SPI_2_CS1	gpio232
	3.3 VDC Power	17	18	SPI_2_CS0	gpio15
gpio16	SPI_1_MOSI	19	20	GND	
gpio17	SPI_1_MISO	21	22	SPI_2_MISO	gpio13
gpio18	SPI_1_SCK	23	24	SPI_1_CS0	gpio19
	GND	25	26	SPI_1_CS1	gpio20
	I2C_1_SDA I2C Bus 0	27	28	I2C_1_SCL I2C Bus 0	
gpio149	CAM_AF_EN	29	30	GND	
gpio200	GPIO_PZ0	31	32	LCD_BL_PWM	gpio168
gpio38	GPIO_PE6	33	34	GND	
gpio76	I2S_4_LRCK	35	36	UART_2_CTS	gpio51
gpio12	SPI_2_MOSI	37	38	I2S_4_SDIN	gpio77
	GND	39	40	I2S_4_SDOUT	gpio78

Jetson Nano 的 40 个 GPIO 引脚可用于数字和模拟输入/输出，支持 3.3V 和 5V 电平。以下是这些引脚的详细说明：

1. GPIO 0-27 这些引脚用于数字输入和输出，可用于控制 LED、电机、传感器等外部设备。

其中，GPIO2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27 引脚支持 PWM 输出。

2. GPIO 28-31 这些引脚用于 I2C 总线通信。GPIO28 和 GPIO29 是 I2C 总线的数据线，GPIO30 是 I2C 总线的时钟线。GPIO31 是可编程 GPIO，可以配置为 I2C 总线的中断输出或 电平检测输入。

3. GPIO 32-33 这些引脚用于 SPI 总线通信。GPIO32 是 SPI 总线的片选引脚，GPIO33 是 SPI 总线的的数据输入引脚。

4. GPIO 34-35 这些引脚用于 UART 通信。GPIO34 是 UART 的 RX 引脚，GPIO35 是 UART 的 TX 引脚。

5. GPIO 36-37 这些引脚用于 PWM 输出。GPIO36 和 GPIO37 支持 4 路 PWM 输出。

6. GPIO 38-40 这些引脚用于电源管理。GPIO38 是重启引脚，GPIO39 是关机引脚，GPIO40 是电源按钮引脚。

SPI 的使用

1. Jetson Nano SPI 硬件接口 Jetson Nano SPI 总线使用 GPIO32 作为片选引脚，GPIO33 作为数据输入引脚。Jetson Nano 的 SPI 总线支持标准 SPI 和高速 SPI，数据传输速率可达到 10MHz 或 40MHz。
2. Jetson Nano SPI 软件接口 Jetson Nano 的 Linux 内核已经内置了 SPI 设备驱动程序和相关 的工具。您可以使用 spidev 驱动程序来控制 SPI 总线，并使用 spi_transfer 函数来读写 SPI 设备的寄存器。
3. Jetson Nano SPI 应用 Jetson Nano 的 SPI 总线可用于连接各种 SPI 设备，如显示器、传感器、存储器等。例如，您可以使用 Jetson Nano 连接一个 SPI 显示屏，显示当前环境的温度值。

I2c的使用

1. Jetson Nano I2C 硬件接口 Jetson Nano I2C 总线使用 GPIO28 和 GPIO29 作为数据线，GPIO30 作为时钟线。Jetson Nano 的 I2C 总线支持标准 I2C 和快速 I2C，数据传输速率可达到 100kHz 或 400kHz。
2. Jetson Nano I2C 软件接口 Jetson Nano 的 Linux 内核已经内置了 I2C 设备驱动程序和相关 的工具。您可以使用 i2cdetect 命令来检测 I2C 设备是否连接到总线上，并使用 i2cget 和 i2cset 命令来读写 I2C 设备的寄存器。
3. Jetson Nano I2C 应用 Jetson Nano 的 I2C 总线可用于连接各种 I2C 设备，如传感器、显示 器、扩展模块等。例如，您可以使用 Jetson Nano 连接一个 I2C 温度传感器，读取当前环 境的温度值。

RS485 的使用

1. Jetson Nano RS485 硬件接口 Jetson Nano 的 RS485 通信需要使用一个外部 RS485 转换芯片，例如 MAX485。您需要将 Jetson Nano 的 TXD 和 RXD 信号连接到 MAX485 的 DI 和 RO 信号，将 DE 和 RE 信号连接到 GPIO 引脚上。
2. Jetson Nano RS485 软件接口 Jetson Nano 的 Linux 内核已经内置了 RS485 设备驱动程序和相关 的工具。您可以使用 rs485-ctl 命令来控制 RS485 总线，并使用 rs485_read 和 rs485_write 函数来读写 RS485 设备的寄存器。
3. Jetson Nano RS485 应用 Jetson Nano 的 RS485 总线可用于连接各种 RS485 设备，如 PLC、传感器、控制器等。例如，您可以使用 Jetson Nano 连接一个 RS485 温度传感器，读取当前环境的温度值。

RS232 的使用

Jetson Nano RS232 硬件接口 Jetson Nano 的 RS232 通信需要使用一个外部 RS232 转换芯片，例如 MAX232。您需要将 Jetson Nano 的 TXD 和 RXD 信号连接到 MAX232 的 T1 和 R1 信号，将 VCC 和 GND 信号连接到相应的引脚上。

2. Jetson Nano RS232 软件接口 Jetson Nano 的 Linux 内核已经内置了 RS232 设备驱动程序 和相关的工具。您可以使用 stty 命令来配置串口参数，例如波特率、数据位、停止位和校验位，并使用 echo 和 cat 命令来读写串口数据。

3. Jetson Nano RS232 应用 Jetson Nano 的 RS232 串口可用于连接各种 RS232 设备，如调试器、数据采集器、串口转网口等。例如，您可以使用 Jetson Nano 连接一个 RS232 数据采集器，读取当前环境的湿度值。

4. 网络接口 Jetson Nano 具有 10/100/1000Mbps 以太网接口和支持 802.11ac Wi-Fi 和蓝牙的 M.2 E-key 插槽，以提供快速的网络连接和通信功能。

5. USB 接口 Jetson Nano 具有多个 USB 接口，包括 USB 3.0 和 USB 2.0 接口，可用与连接外部设备，如鼠标、键盘、摄像头、传感器等。

三、维护维修

3.1 关于维护时的安全

当机器人运行了一段时间后，需要进行必要的维护，以确保机器人的 功能正常发挥，请联系专业人员：


请务必由经过安全方面培训的人员进行机器人的维护。


经过安全培训的人员是指接受过由各国法规与法令规定的。

旨在对从事工业机器人相关业务的劳动者进行的安全方面的培训（有关工业机器人的知识、操作、示教等知识、检查等业务作业相关知识、相关法令等的培训）的人员。

本公司进行培训的对象为已完成安装培训与维护培训的人员。

维护之前，请仔细阅读“关于维护时的安全”、本手册及相关手册，在充分理解安全维护方法的基础上进行维护。

	不要随意改变软件安全配置中的任何信息（比如力限制）。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。
	除非本手册另有说明，否则请勿拆下任何部件。根据所述内容严格遵守维护步骤。如果进行错误的拆卸或维护，不仅机器人系统会出现故障，还可能会造成严重的安全问题。另外，保修期内自行拆卸将失去保修资格。
	请务必在机器人动作区域之外确认更换部件后的机器人动作。否则，动作确认之前的机器人可能会进行意想不到的动作，并可能造成严重的安全问题。
	所有拆卸后的机器人需要重新进行校准。
	如果未接受过培训，请在电源接通时远离机器人。另外，请勿进入到动作区域内。即使看到机器人似乎停止了动作，但处于通电状态的机器人可能还会意外进行动作，并可能造成严重的安全问题。

	进入正规运转之前，请确认紧急停止开关与安全护板开关动作状态正常。如果在开关不能正常动作的状态下进行运转，发生紧急状况时则无法发挥安全功能，可能会导致重伤或重大损害，非常危险。
 危险！	请务必在关闭控制器与相关装置电源并拔出电源插头之后进行维护、更换及配线作业，否则可能会导致触电或故障。

3.2 可以联系的人

1、系统集成商

你可以直接联系负责安装和调试Arm系列的系统集成商。

2、供应商

你可以联系钛虎机器人在你所在地区的供应商。具体供应商信息请查看官网：

<https://www.ti5robot.com>。

3、官方网站

你可以查看钛虎机器人的官网（<https://www.ti5robot.com/>）以找寻更多的信息。

3.3 维护计划

为了使机器人能够长期保持高效的性能，必须定期进行维护。



- 保持产品清洁。
- 每三个月检查一次紧固件是否松动。

维修必须由授权服务商或本公司指定的专业技术人员进行。必须确保维护维修工作规定的安全级别，遵守有效的国家或地区的工作安全条例，同时应检测所有的安全功能是否正常。维护维修工作的目的是为了确保系统正常运行，或在系统故障时帮助其恢复正常状态。维修包括故障诊断和实际的维修。

操作机器人或控制箱时必须遵循以下安全程序和警告事项：

- 维修时需要采取必要的预防措施以避免其他人在维修期间重新接通系统电源。断电之后仍要重新检查系统，确保其确已断电。
- 重新开启系统前请检查电源插头接地连接。
- 严禁用户自行拆卸机器人或控制箱。
- 指定服务商或专业技术人员维修时请遵守ESD（静电释放）法规。
- 避免水或粉尘进入机器人或控制箱。

- 使用部件号相同的新部件或本公司批准的相当部件替换故障部件。
- 将所有维修操作记录下来，并保存在整个机器人系统相关的技术文档中。
- 控制箱没有最终用户可自行维修的零件。如果需要维护或维修服务，请联系您的经销商或本公司。

3.4 维修

当机器人发生故障时，请勿继续运转，应立即联系接受过规定培训的作业人员，进行实施故障分析，明确掌握现象，并判断什么部件出现异常。

有关机器人的修理、检查、调整等事项，必须由授权的系统集成商或代理商进行，请联系专业人员进行处理，切勿随意拆卸机器人。