

PIPER 机械臂用户手册

1 安全须知

2 产品概览

2.1 产品列表

2.2 整机性能参数

2.2.1 结构与电气

2.3 选配件参数

3 快速部署

3.1 机械安装

3.1.1 底座安装

3.1.2 桌面安装模块（选配）

3.1.3 末端工具安装

3.2 电气安装

3.2.1 接线

3.2.2 航插使用说明

3.2.3 航插CAN接线规范

3.3 J6零点设置安装

4 硬件参考

4.1 机械臂电气面板指示灯

4.2 末端接口定义

4.3 主控CAN电阻设置

4.4 坐标系与零点

4.4.1 原点坐标系

4.4.2 关节零点

4.5 奇异位姿

4.6 工作空间与负载曲线

5 ArmRobotTool

5.1 软件简介

5.2 机械臂反馈

5.2.1机械臂整体状态反馈区

5.2.2 夹爪信息反馈区

5.3.3 关节信息反馈区

5.3机械臂控制

5.3.1 联动状态控制切换

5.3.2 操作模式切换

5.3.3 机械臂关节控制

5.3.4 夹爪控制

5.5 零点设置

5.4 固件升级

6 拖动示教

6.1 示教按钮灯光说明

6.2 示教操作方式

7 维护与故障处理

7.1 存放

7.2 定期保养

7.3 紧急处理

8 尺寸图纸

8.1 机械臂本体

8.2 机械臂带示教器

8.3 机械臂带夹爪

8.4 底座

8.5 末端安装面

8.6 法兰尺寸

8.7 夹爪尺寸图

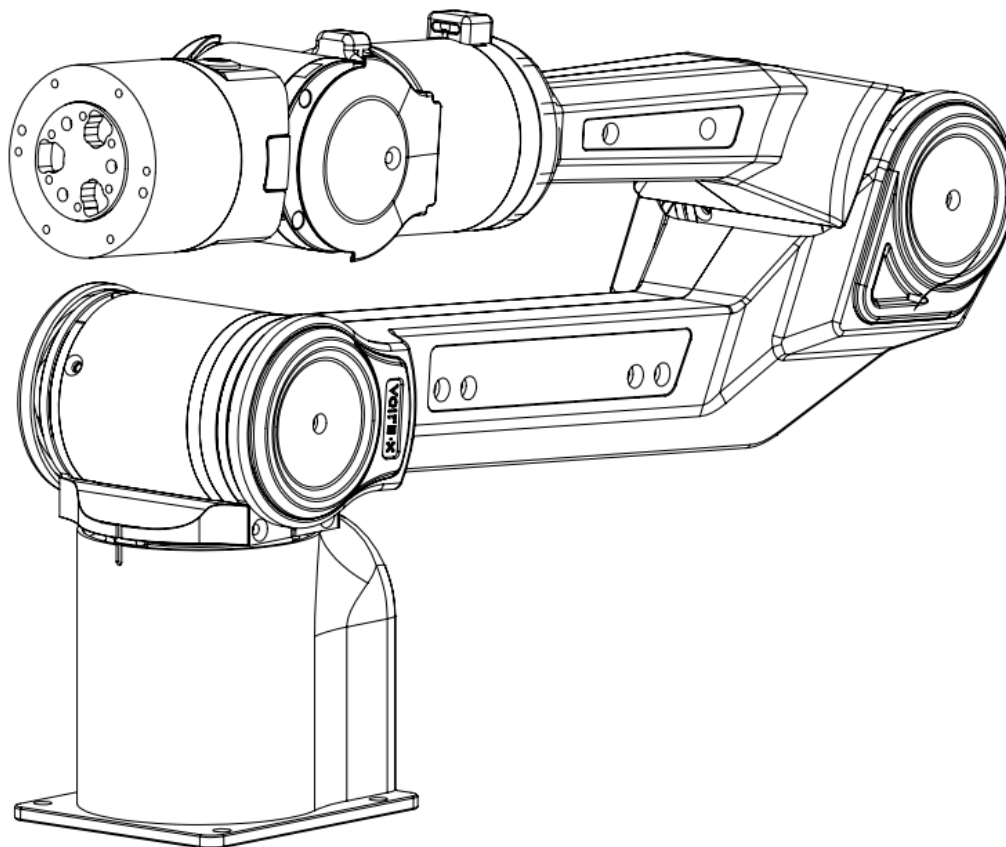
8.8 示教器尺寸

8.9 G型木工夹尺寸：

8.10 100mm夹爪爆炸图：

附录：完整安全条款

AGILE·X



文档版本：V2.0.0

版本	日期	修改人	备注
V1.0.0	2024/09	Dennis	文件创建
V1.0.1	2024/11	Dennis	初版内容核定
V1.1.0	2024/12/10	Dennis	更新上位机版本至V1.0.1.250103_release
V1.1.1	2025/4/2	Dennis	更新上位机版本至V1.1.0
v2.0.0	2026/5/8	Marvin	文档重构，内容精简

V2.0.1	2026/5/12	王量	文档重构，内容复核
--------	-----------	----	-----------

1 安全须知

⚠️注意：本节为关键安全信息精简版，完整安全条款详见**附录**，任何因违反安全规范导致的人身伤害、财产损失，东莞松灵科技有限公司及其分公司均不承担法律责任。

关键安全规则

使用环境：温度 -20℃~50℃，相对湿度 25%~85%（非冷凝），防护等级 IP22。

电源：标准 DC 24V，严禁超过 26V。使用电池/底盘等宽压设备供电时必须加装稳压模块，电流不大于 10A。

载荷：末端有效负载 ≤ 1.5 kg。

空间：使用前确保机械臂周围有足够自由活动空间，操作时人员保持在工作范围之外。

着装：操作时不穿宽松衣物，长发束于脑后，进入工作区域佩戴护目镜。

温度：运行中或刚停机的机械臂会发热，建议断电冷却 1 小时后再触碰。

磁场：禁止长时间暴露在强磁场环境中。

改装：禁止对机械臂进行任何改动；末端 CAN 接口仅可连接松灵自有设备。

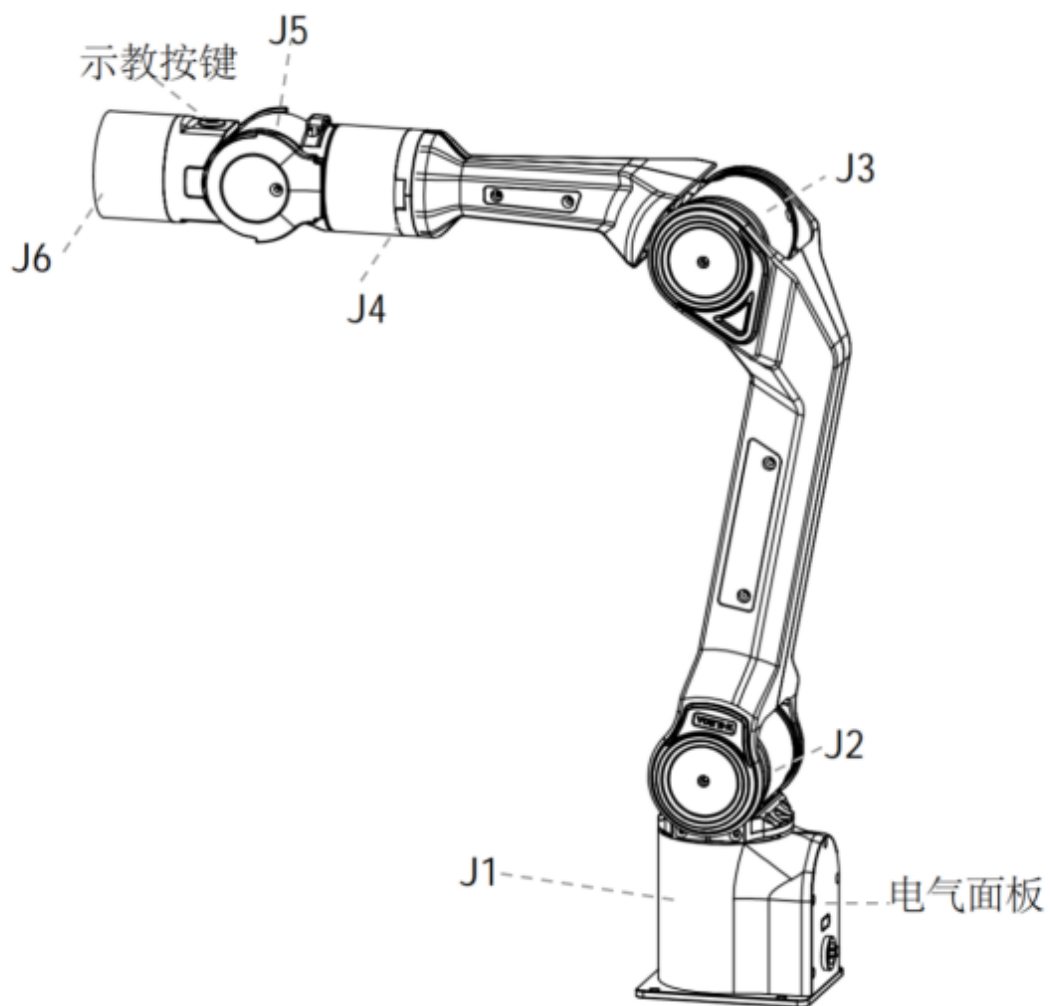
使用人群：禁止未满 18 周岁或不具备完全民事行为能力的人士使用。

异常处理：出现异常立即停止使用并联系技术支持，请勿擅自处理。

任何相关使用的疑问均可以联系我们：**support@agilex.ai**

2 产品概览

PiPER 是一款 6 自由度桌面级机械臂，末端有效负载 1.5 kg，工作半径 626.75 mm，重复定位精度 ±0.1 mm，整机采用模块化设计，集成控制器，通过 CAN 总线通讯，支持拖动示教、离线轨迹、上位机控制等使用方式。适用场景：教育科研、人形机器人、具身智能数据采集、自动装配、轻量搬运等。



2.1 产品列表



2.2 整机性能参数

2.2.1 结构与电气

项目	指标
自由度	6
有效负载	1.5 kg
本体重量	4.2 kg
工作半径	626.75 mm
重复定位精度	±0.1 mm
标准供电电压	DC 24 V (最小 24 V, 最大 26 V)

功耗	最大 ≤ 120 W, 综合 ≤ 40 W
材质	铝合金骨架 + 塑料外壳
通讯方式	CAN 2.0B, 1 Mbps
控制方式	拖动示教 / 离线轨迹 / 上位机
外部接口	电源接口 $\times 1$, CAN 接口 $\times 1$
底座安装尺寸	70 $\times$ 70 mm, M5 $\times$ 4
安装方式	台面安装
防护等级	IP22
工作环境	-20~50°C, 25%~85% RH (非冷凝)
噪音	< 60 dB

关节运动范围

关节	运动范围	最大速度
J1	$\pm 154^\circ$	180°/s
J2	0°~195°	195°/s
J3	-175°~0°	180°/s
J4	-100°~112°	225°/s
J5	-75°~75°	225°/s
J6	$\pm 170^\circ$	225°/s

Modified DH 参数

Link	d	a	α (alpha)	θ (offset)
1	123	0	0	0
2	0.0	0.0	$-\pi/2$	$-172.22/180 \times \pi$
3	0.0	285.03	0	$-102.78/180 \times \pi$
4	250.75	-21.98	$\pi/2$	0

5	0	0	$-\pi/2$	0
6	91	0.0	$\pi/2$	0

2.3 选配件参数

两指夹爪（选配）

项目	指标
本体重量	500 g
精度	± 0.5 mm
开合间距	0~100 mm（历史版本 0~70 mm）
额定 / 最大夹合力	40 N / 50 N（电流估算力矩反馈）
供电电压	DC 24 V
功耗	最大 ≤ 50 W，综合 ≤ 30 W
接触面材质	橡胶
安装方式	法兰安装
通讯方式	CAN

示教器

项目	指标
本体重量	550 g
精度	± 0.5 mm
开合间距	0~100 mm（历史版本 0~70 mm）
额定 / 最大夹合力	40 N / 50 N（电流估算力矩反馈）
供电电压	DC 24 V
功耗	最大 ≤ 50 W，综合 ≤ 30 W
接触面材质	橡胶

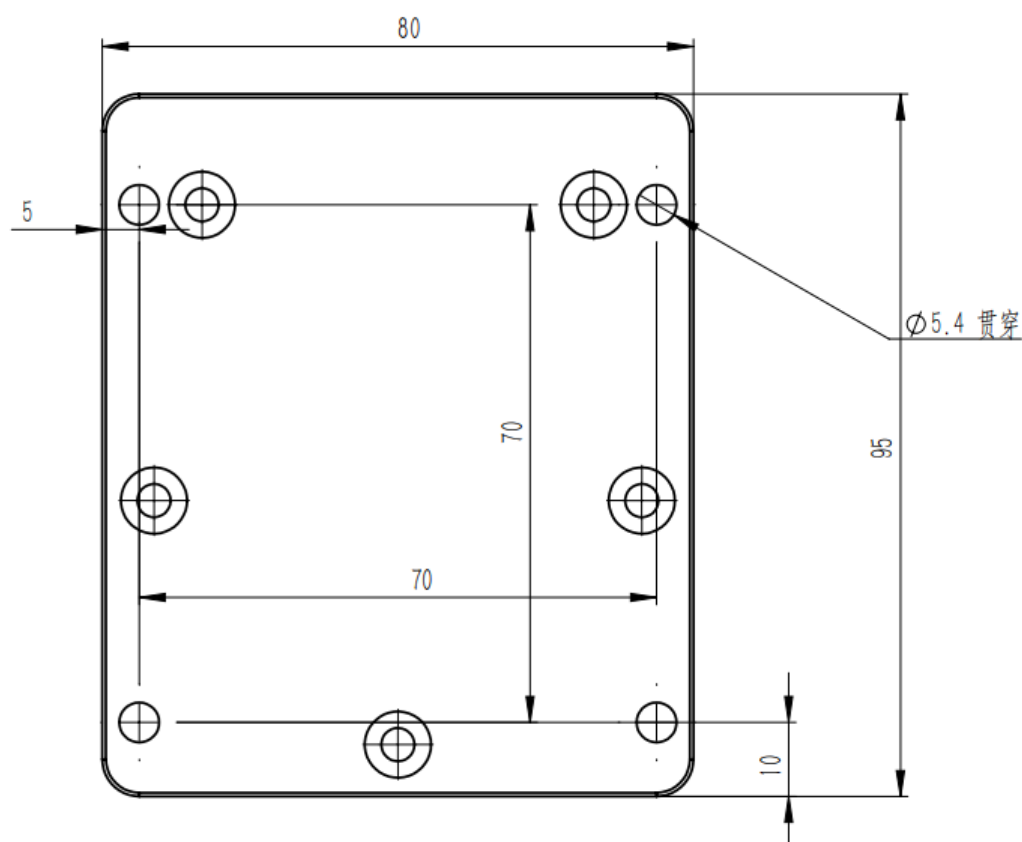
安装方式	法兰安装
通讯方式	CAN

3 快速部署

3.1 机械安装

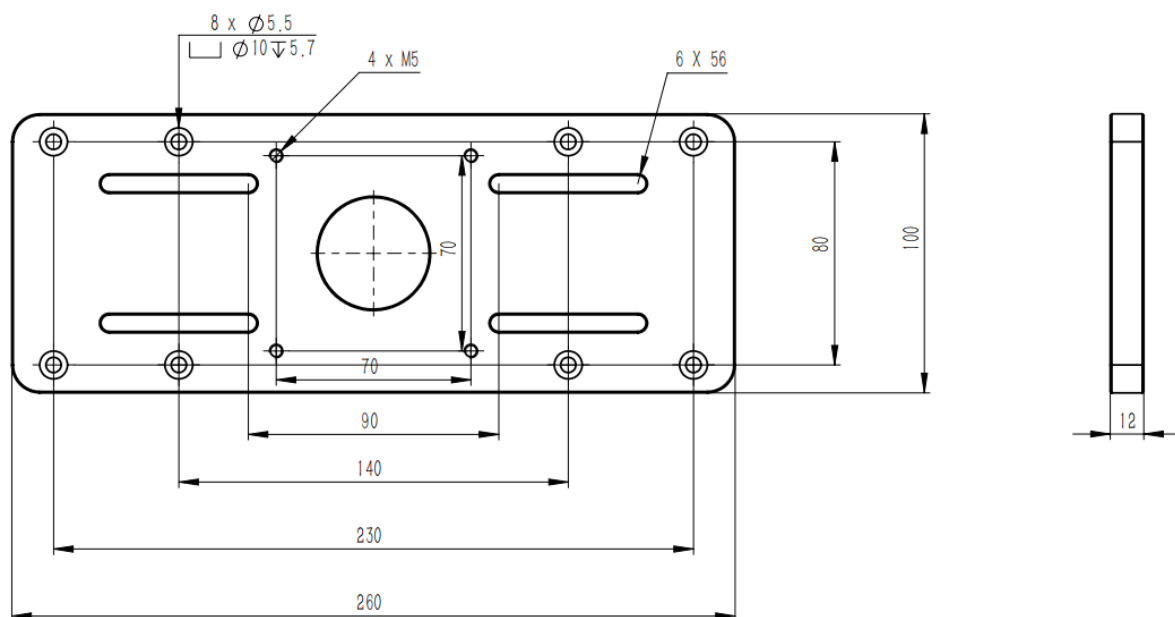
3.1.1 底座安装

机械臂底座预留 4 个 M5 螺纹通孔，孔位间距 70 mm。可使用配件包内的 4 颗 M5 螺丝及附带六角扳手固定。如需在移动平台或固定台面设计转接结构，请按70mm孔间距设计。



3.1.2 桌面安装模块（选配）

桌面安装模块为选配件，标准产品不附带，如需选购可在[官方淘宝店铺](#)购买，务必安装牢固后再使用机械臂。

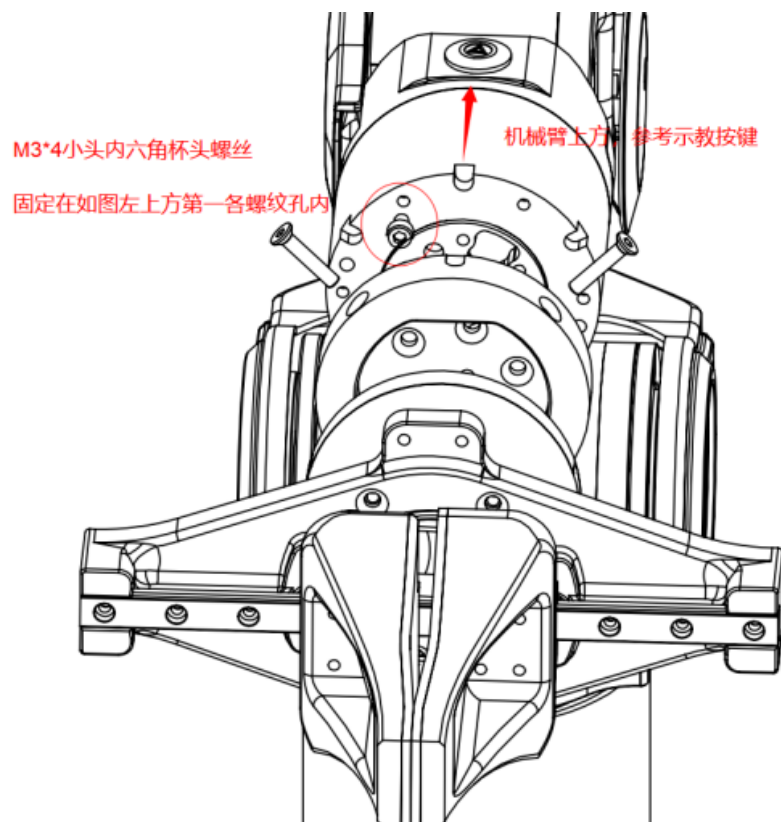


3.1.3 末端工具安装

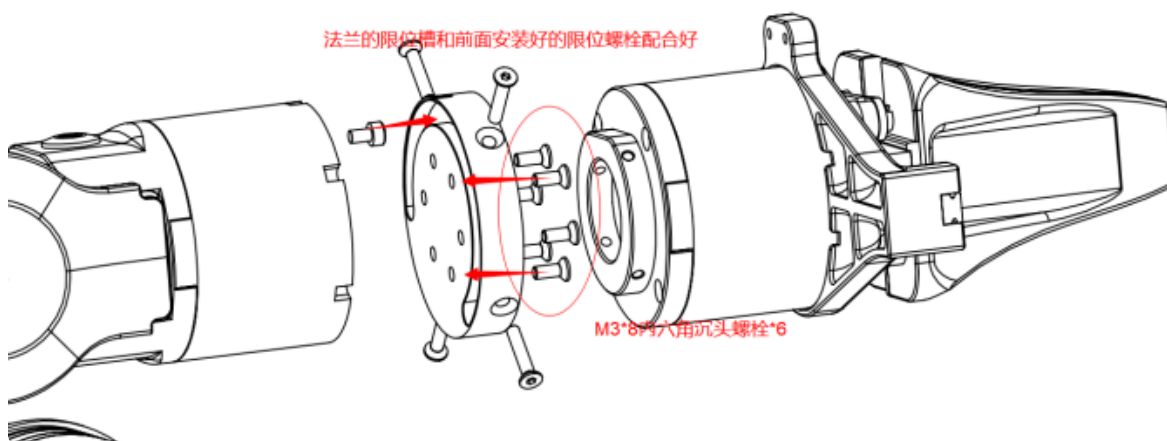
末端通过法兰可选配两指夹爪或示教器。

安装步骤：

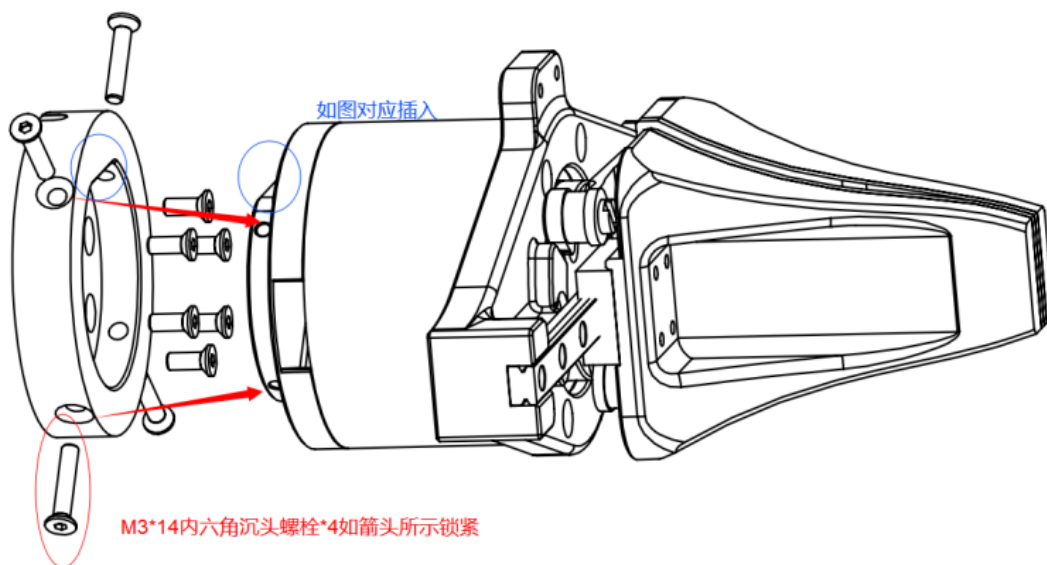
1. 将限位螺栓（M3×4，头径 4.5）安装在 J6 电机左上角对应位置；



2.法兰限位槽对准限位螺栓，用 6 颗 M3×8 内六角沉头螺栓锁紧；



3.夹爪/示教器背盖有防呆结构，对位插入后用 M3×14 内六角沉头螺栓锁紧；

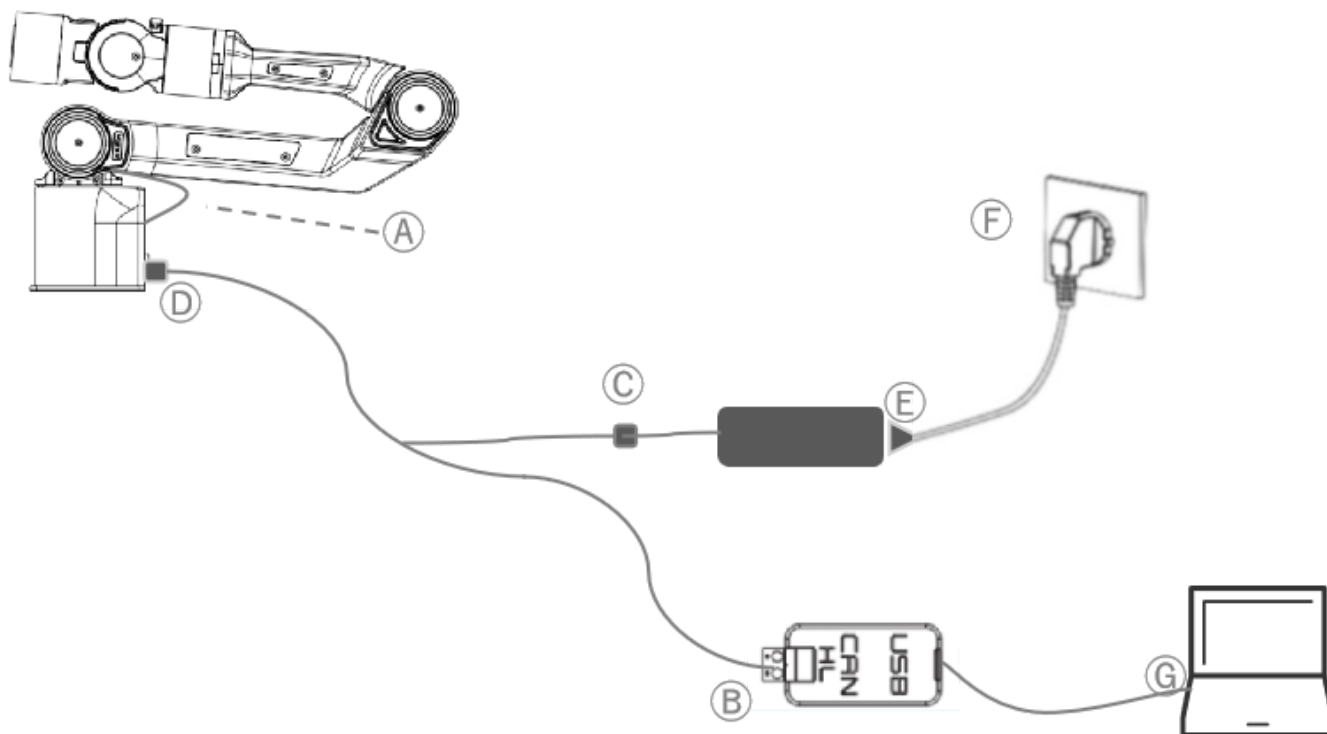


4.将供电通讯线插入 J6 与夹爪/示教器。

3.2 电气安装

3.2.1 接线

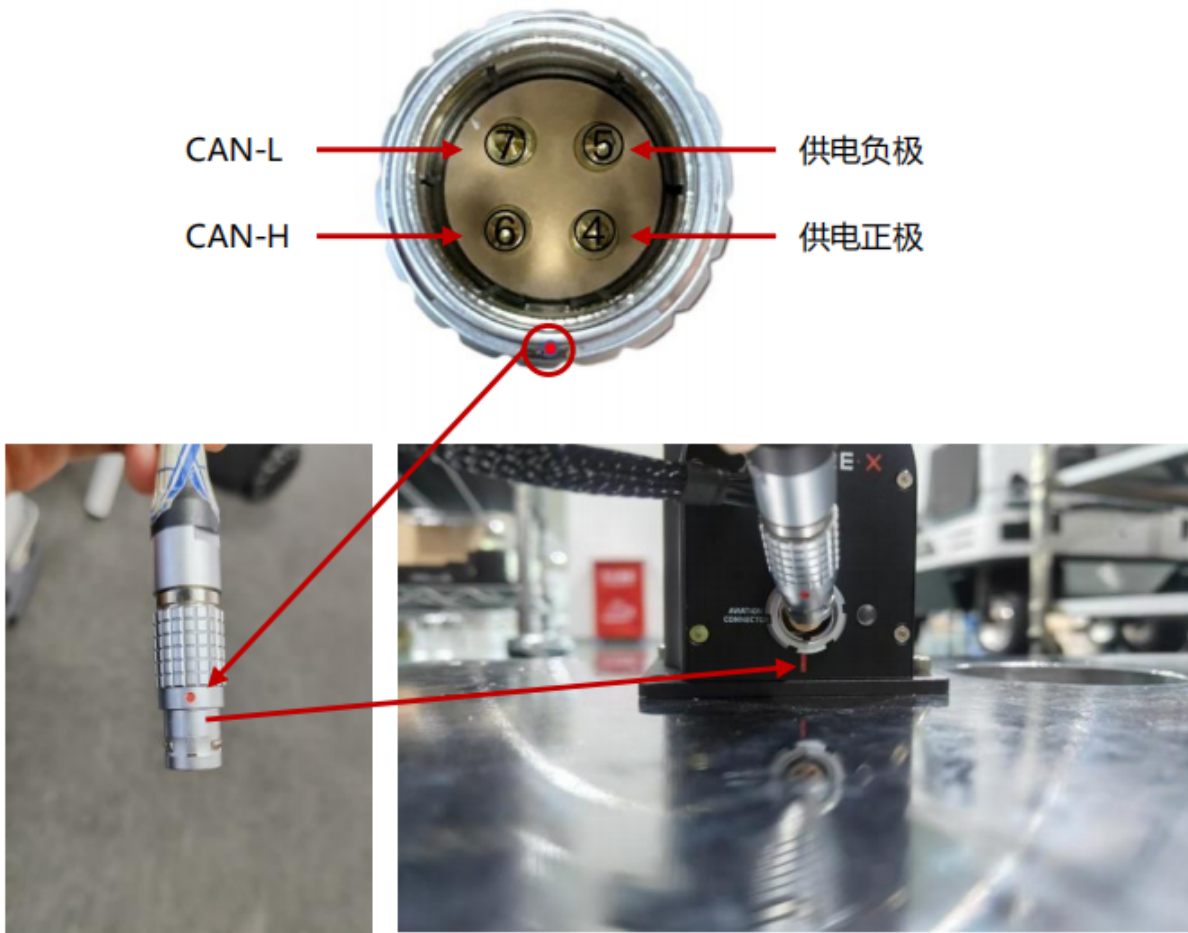
⚠ 注意：首次上电务必按下图及下表的 A→G 顺序操作。



步骤	操作
1	确认A 处 J1- J2 的CAN线连接
2	按3.2.3节方法接入 B 处USB转CAN模块的 CAN 线
3	接入 C 处的 XT30 接头电源接口
4	按3.2.2节方法插入 D 处航空插头
5	插入电源适配器 E 的 DC 端
6	将电源适配器F的 AC 端接入市电，并等待机械臂底座的面板指示灯绿色闪烁
7	将G处的 USB 线连接至电脑

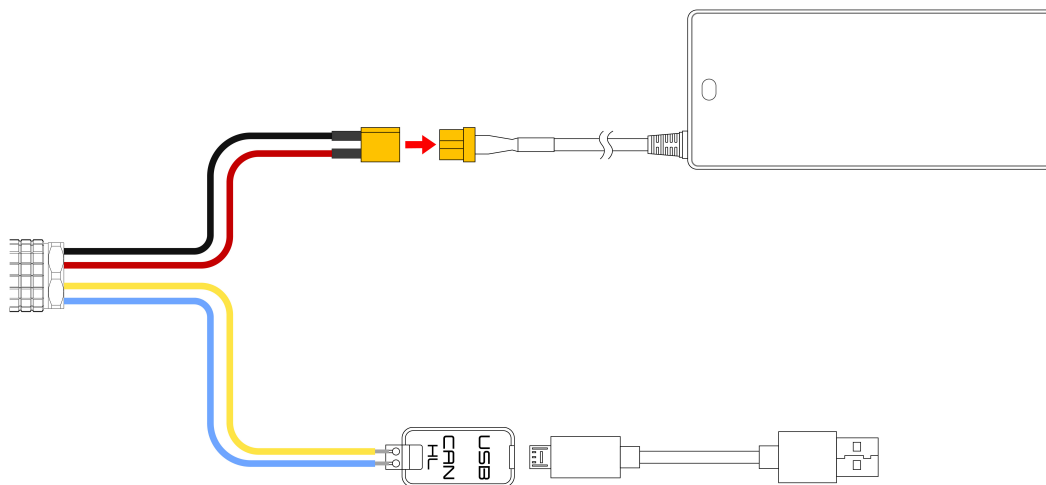
3.2.2航插使用说明

红点朝向与线缆红点对应，带纹路部位为受力可收缩区。安装时红点向下对准凸点直接插入；拔出时按下纹路部分后拔出。

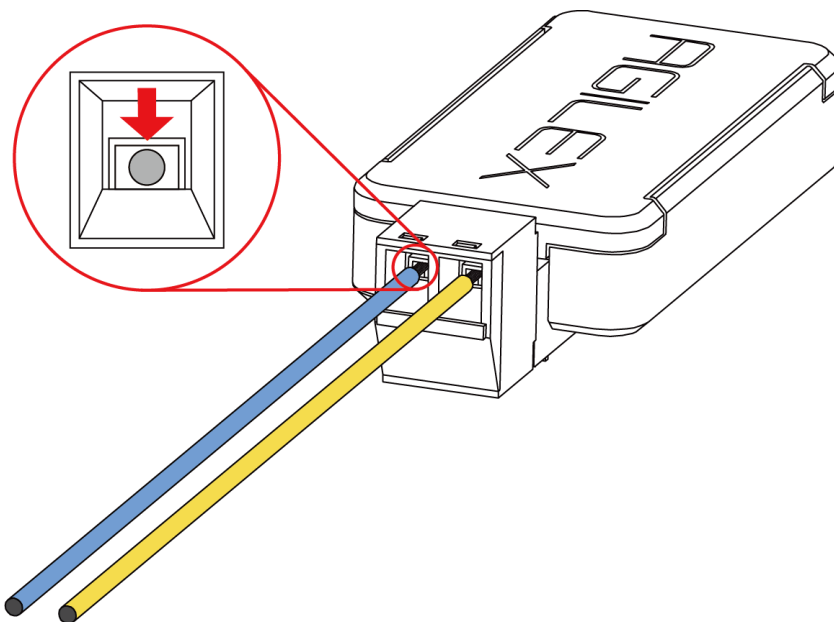


3.2.3 航插CAN接线规范

将航空线中的 CAN_H （黄线）与 CAN_L （蓝线） 剥去绝缘皮，并分别压接至 USB-CAN 适配器对应端子，USB 端连接电脑。



CAN线芯应压接方向需严格对齐，转动螺丝压紧后用力拉动线束不应脱落。



3.3 J6零点设置安装

新机械臂安装法兰后，必须[设置J6零点](#)。

4 硬件参考

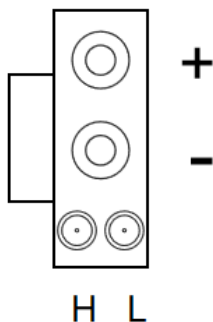
4.1 机械臂电气面板指示灯

颜色	状态
绿灯闪烁	运行正常
绿灯常亮	主控上电异常，需重新拔插上电
红灯闪烁	机械臂关节通讯异常（需排查故障） / 进入固件查看或升级状态

4.2 末端接口定义

末关节预留 XT30 2+2 接口：电压为DC 24 V，最大电流为 2 A。CAN_H位于左侧，CAN_L位于右侧。

⚠ **注意：**末端 CAN 通讯仅适配松灵自有设备，**严禁接入其他 CAN 设备**，否则可能造成不可控破坏。

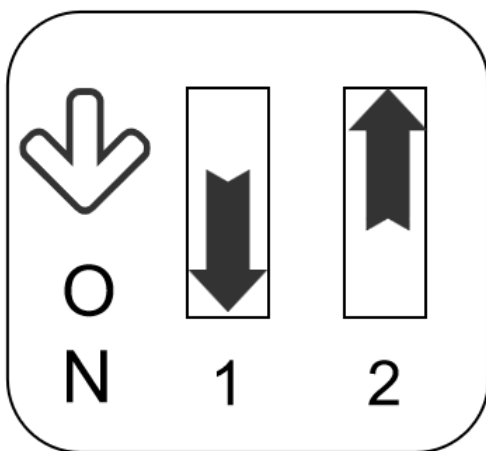


4.3 主控CAN电阻设置

出厂默认：1 拨向下（开），2 拨向上（关），匹配电阻为 60 Ω 。

单臂使用：无需调节。

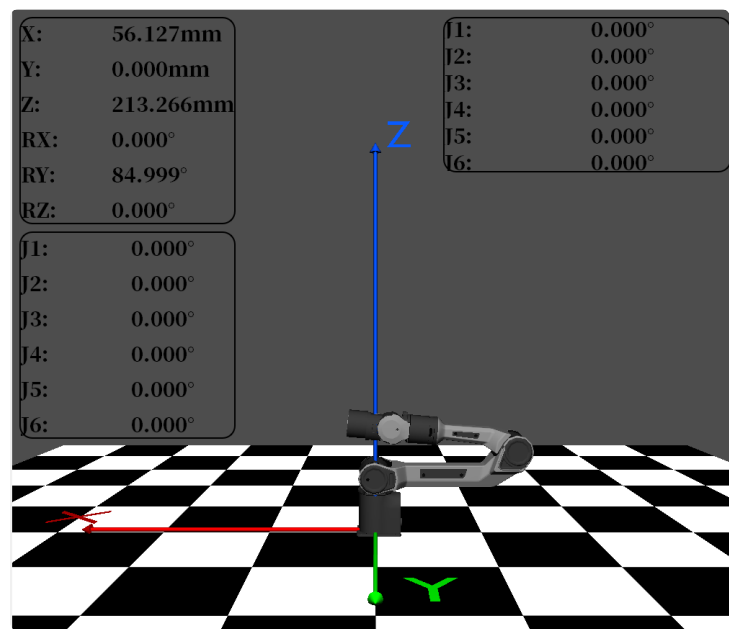
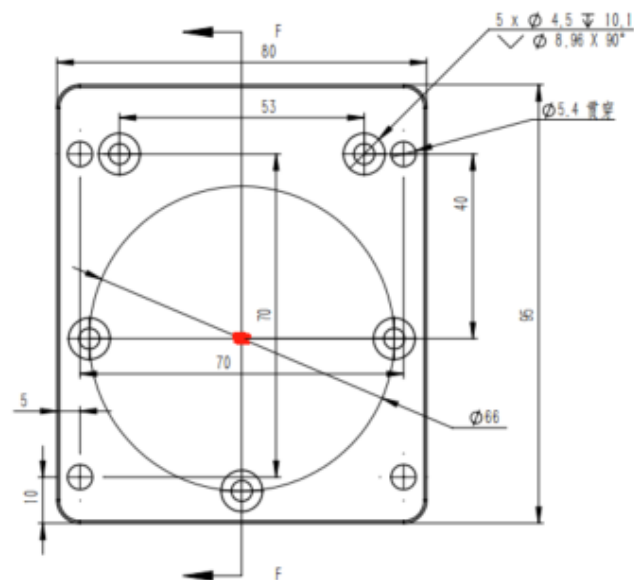
多从臂场景（ ≥ 2 条从臂）：保留其中一条从臂为出厂状态（1 开 2 关），其余所有臂的拨片全部拨向上（关）。



4.4 坐标系与零点

4.4.1 原点坐标系

Piper的坐标系原点位于底座正中心。



Piper的末端和RX、RY、RZ的定义详见： [《厘清使用点位模式控制PiPER臂运动的一些问题》](#)。

4.4.2 关节零点

J1: 零点校准刻度对齐；

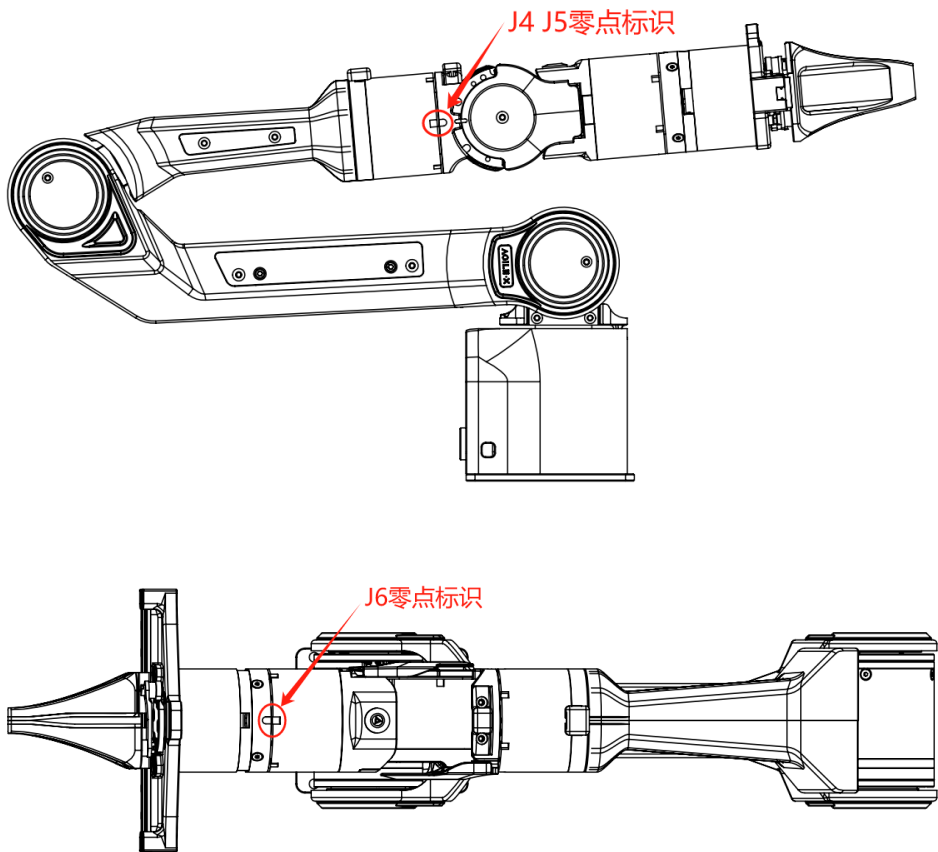
J2 、 J3: 失能后自然垂下位置即为零点；

J5: J6 轴线与 J4 共线时所处位置为零点;

J4、J6: 如下图所示。

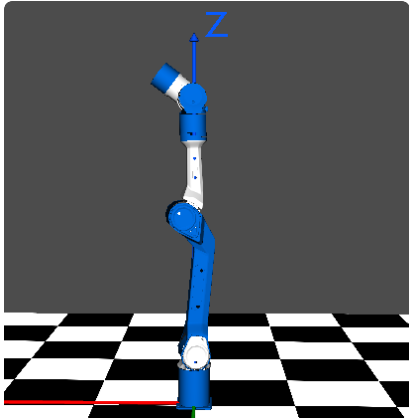
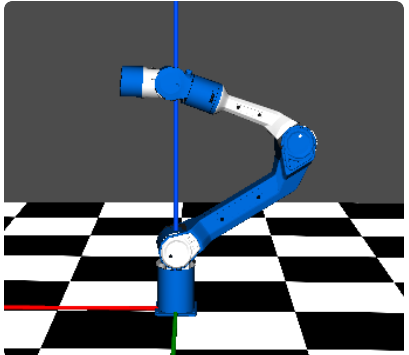
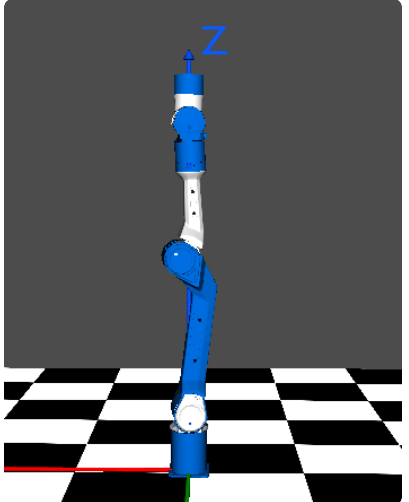
所有关节回零时，末端位姿坐标图同4.4.1节： $X = 56.128\text{mm}$ ， $Y = 0\text{mm}$ ， $Z = 213.266\text{mm}$ ， $RX = 0^\circ$ ， $RY = 85.0^\circ$ ， $RZ = 0^\circ$ 。

缺一张J1零点标识

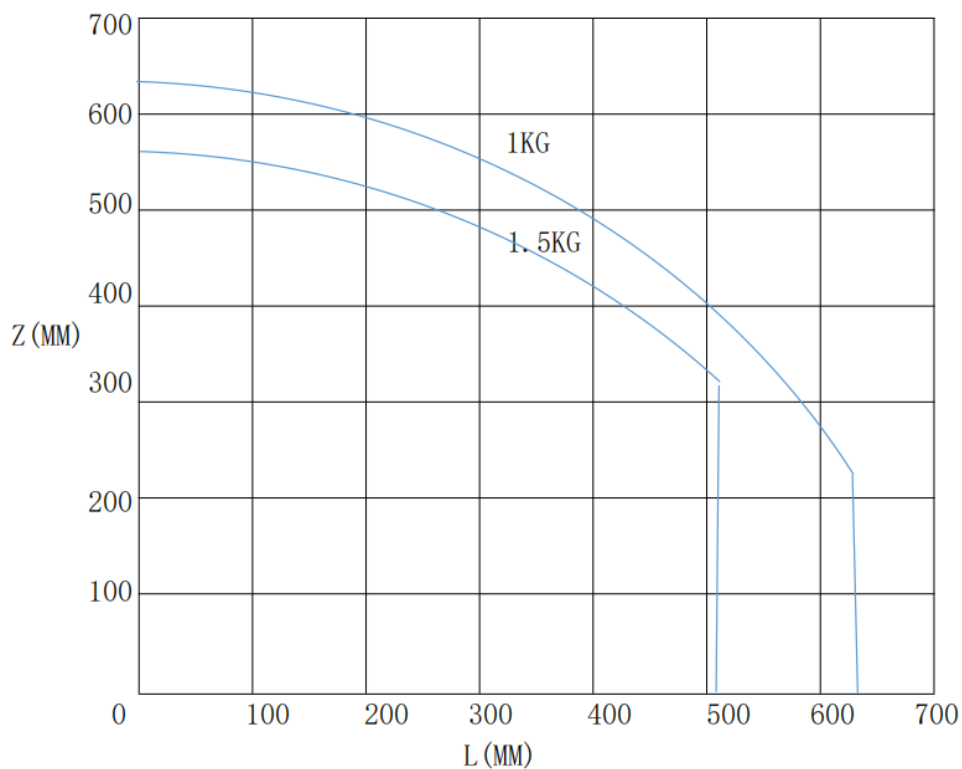
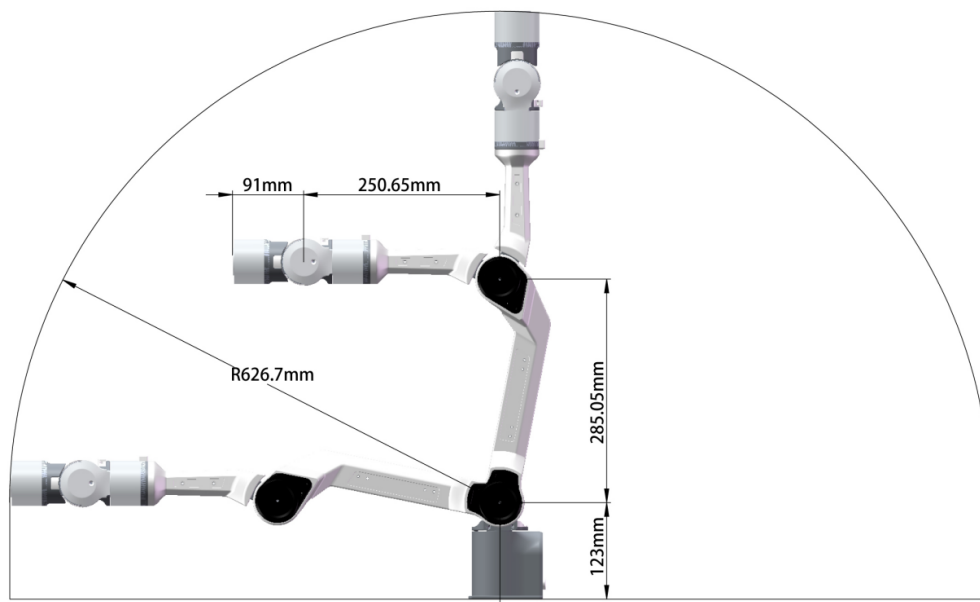


4.5 奇异位姿

类型	触发条件	示意图
腕部奇异	J4 与 J6 共轴	

肘部奇异	J1 与 J4 共轴	
肩部奇异	J5 与 J6 轴交点位于 J1 轴线上	
边界奇异	末端处于最大工作范围	

4.6 工作空间与负载曲线



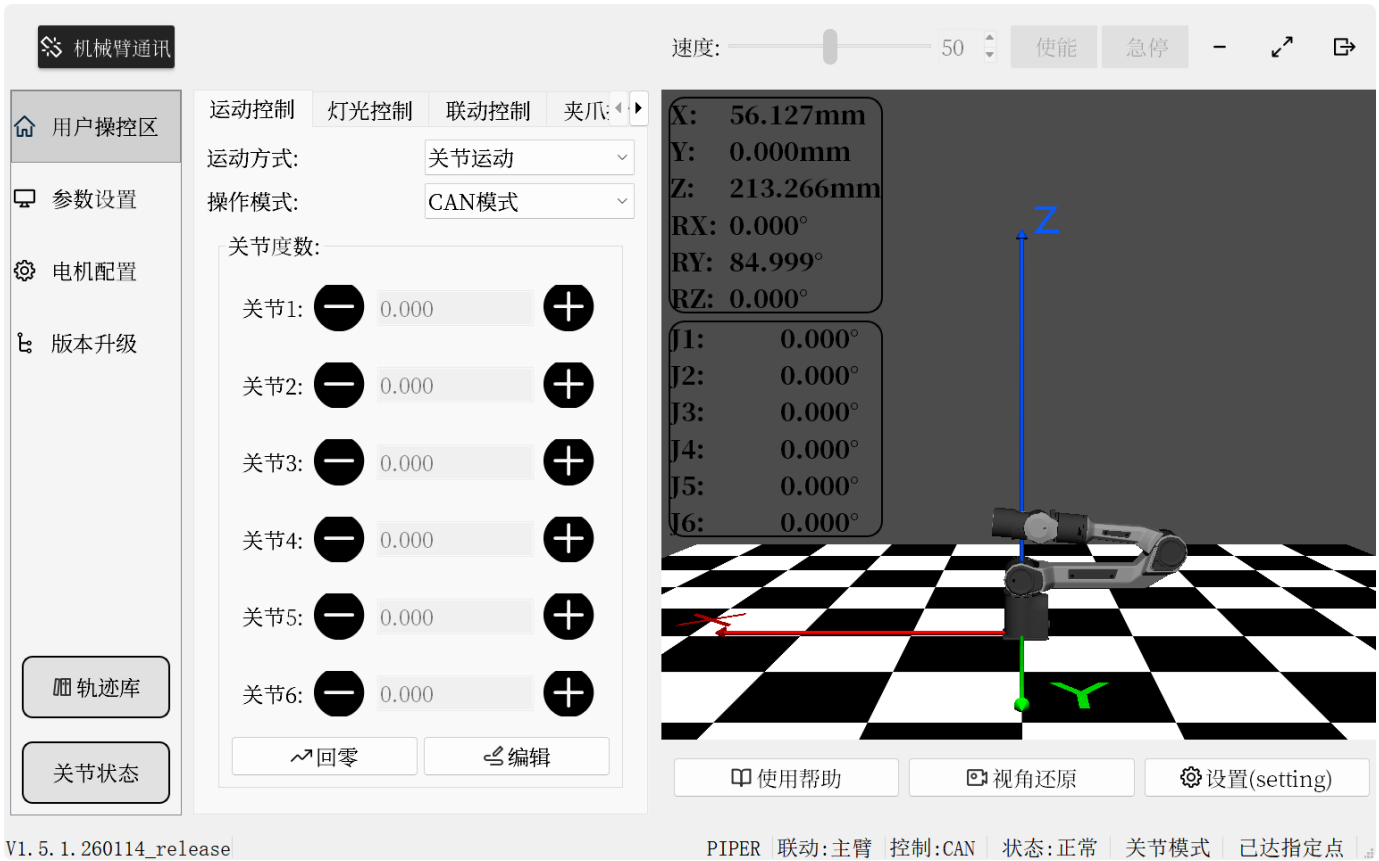
5 ArmRobotTool

因篇幅有限，本章仅介绍ArmRobotTool最重要的三类反馈、部分控制功能、零点设置功能和固件升级功能，其余内容详见 [《Piper上位机使用指南》](#)。

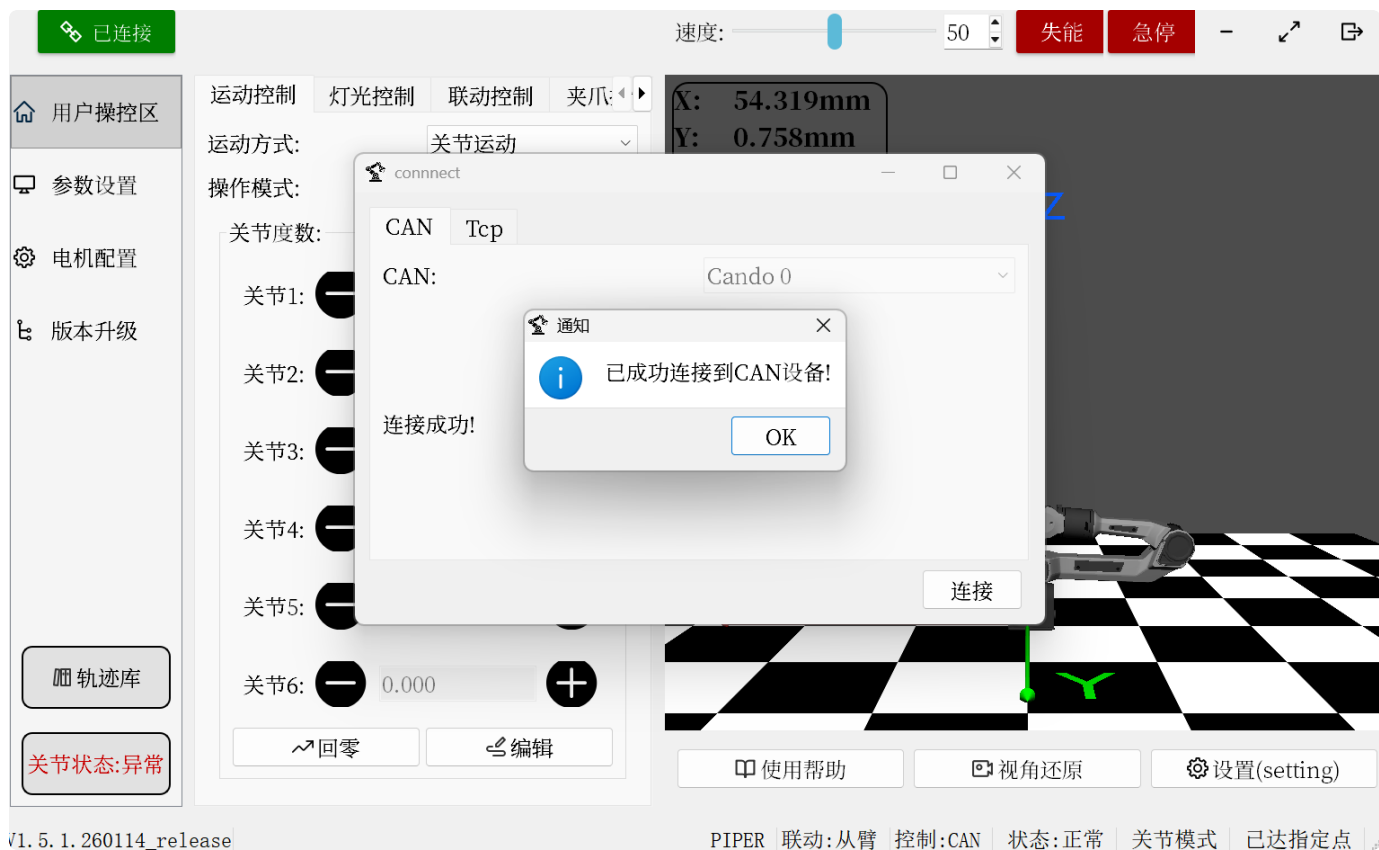
5.1 软件简介

软件下载：[ArmRobotTool_V1.5.4.260414_release.zip](#)

又称机械臂windows上位机程序，仅支持windows 7及以上版本。通过此人机交互软件，可以操作机械臂本体和读取机械臂外网反馈数据内容。windows上位机程序界面如下：



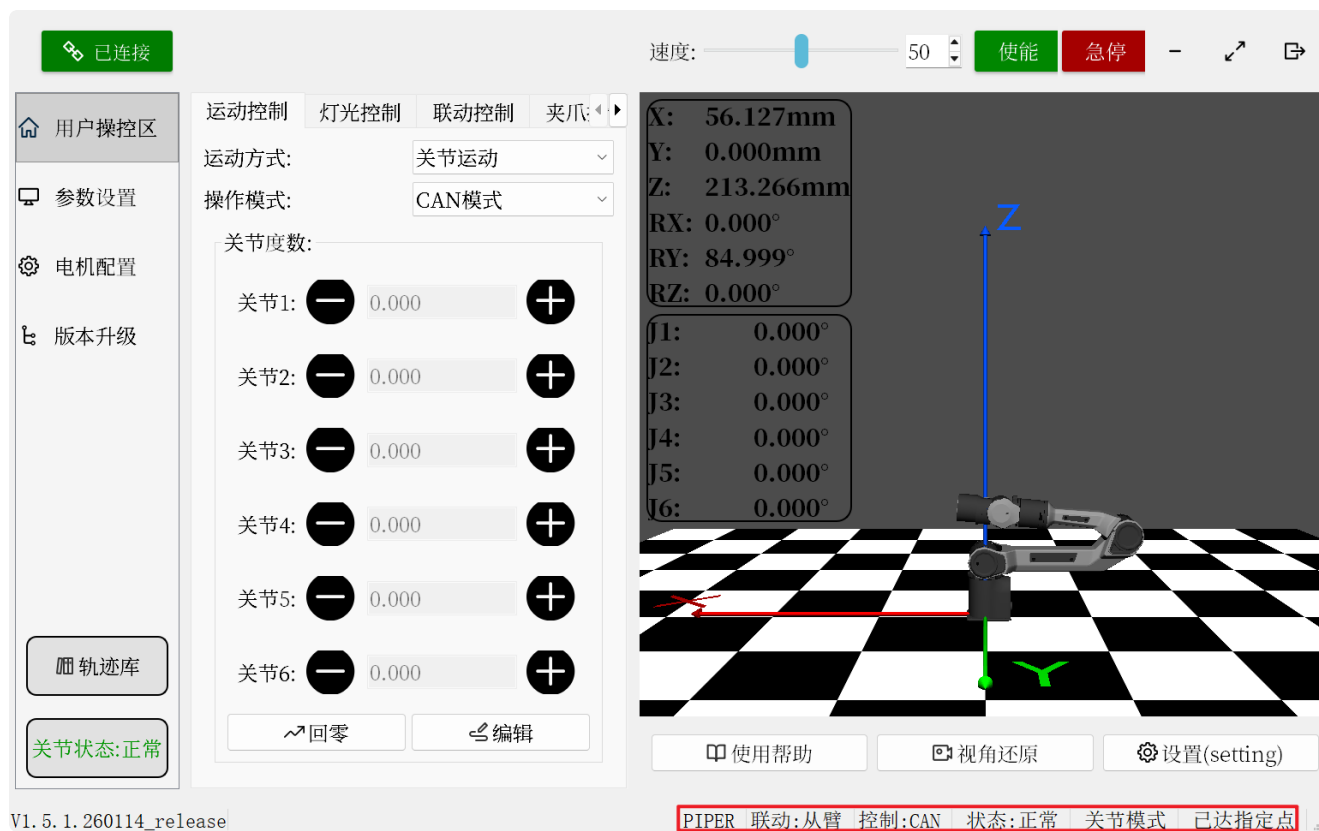
点击左上角**机械臂通讯**，弹出**连接机械臂**窗口，会自动识别pc设备接入的can设备并显示，用户可以手动连接和断开选中的can设备。若成功连接，会根据已连接的can设备在线情况，按钮实时监控反馈当前状态。



5.2 机械臂反馈

5.2.1机械臂整体状态反馈区

位于windows上位机程序的右下角，反馈了机械臂的联动控制状态、控制模式、运动模式等。



5.2.2 夹爪信息反馈区

位于仿真模型内，其中左侧为关节信息的初步反馈；右上角为夹爪信息反馈区，包含夹爪间距、夹爪力矩、助力等级（仅适用于主臂示教器）及夹爪状态码。夹爪状态码0x00为失能，0x40为使能。



5.3.3 关节信息反馈区

位于windows上位机程序左下角，点击即可看到Piper每个关节的详细信息。



5.3机械臂控制

5.3.1 联动状态控制切换

在使用win上位机控制Piper之前，需要确保机械臂处于从臂模式。点击联动控制，联动设置指令下拉选择从臂，直到机械臂整体状态反馈区中**联动控制反馈**为**从臂**。（注：如果是主臂，调整完相关设置后以同样的方法改机械臂为主臂模式。）



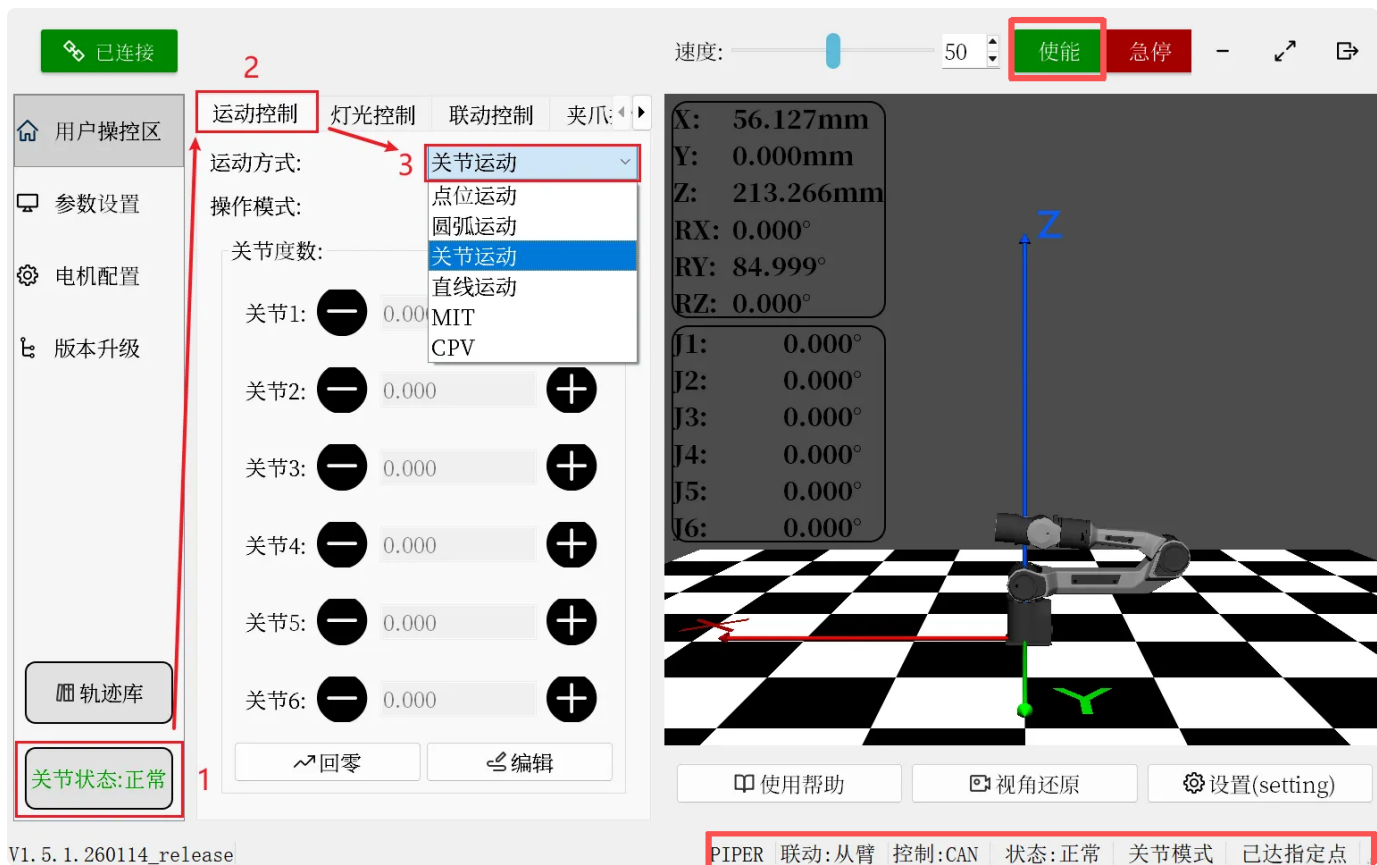
5.3.2 操作模式切换

确保联动控制反馈为从臂后，在运动控制，操作模式中下拉选择CAN模式，并确保机械臂整体状态反馈区中**控制反馈**为**CAN控制模式**。



5.3.3 机械臂关节控制

完成5.3.1、5.3.2节步骤后，点击windows上位机右上角的**使能切换**按钮，关节信息反馈区将反馈“**关节状态：正常**”。此时可点击各个关节的加减号实现单关节角度控制。点击**回零**机械臂将转动各个关节回到**零点**位置。



5.3.4 夹爪控制

完成5.3.1节、5.3.2节步骤后，点击windows上位机右上角的**使能切换**按钮，关节信息反馈区将反馈“**关节状态：正常**”且机械臂整体反馈区中为CAN控制模式。此时点击**夹爪控制**，将夹爪扭矩拉至最大，确保**夹爪行程限制值**反馈与**实际夹爪行程**一致；点击**夹爪状态使能切换**按钮使夹爪信息反馈区**状态码**为0X40，即可拖动**夹爪间距**控制夹爪张合。图同5.2.2中左侧控制区域，此处略。

5.5 零点设置

参考Piper和夹爪零点升级教程：[📎设置零点.mp4](#)

5.4 固件升级

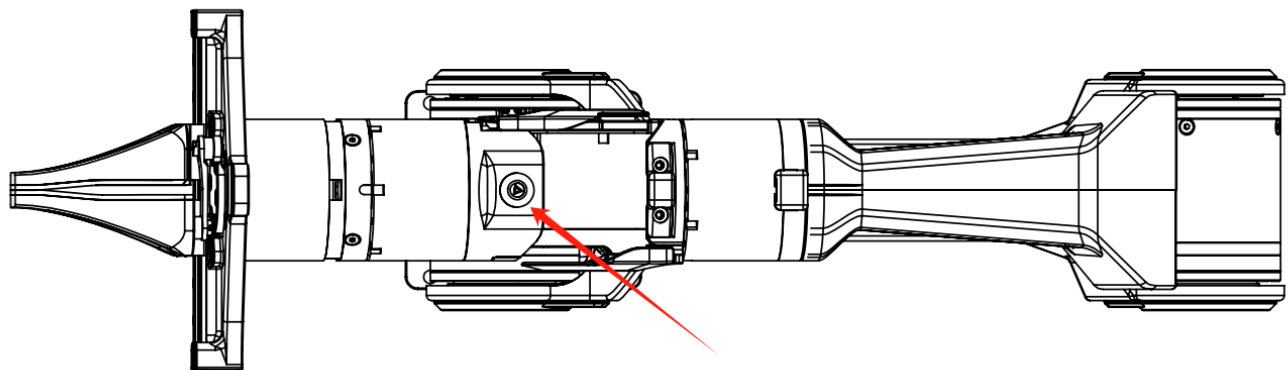
点击windows上位机左侧的“版本升级”，然后参考[Piper固件升级教程](#)。

6 拖动示教

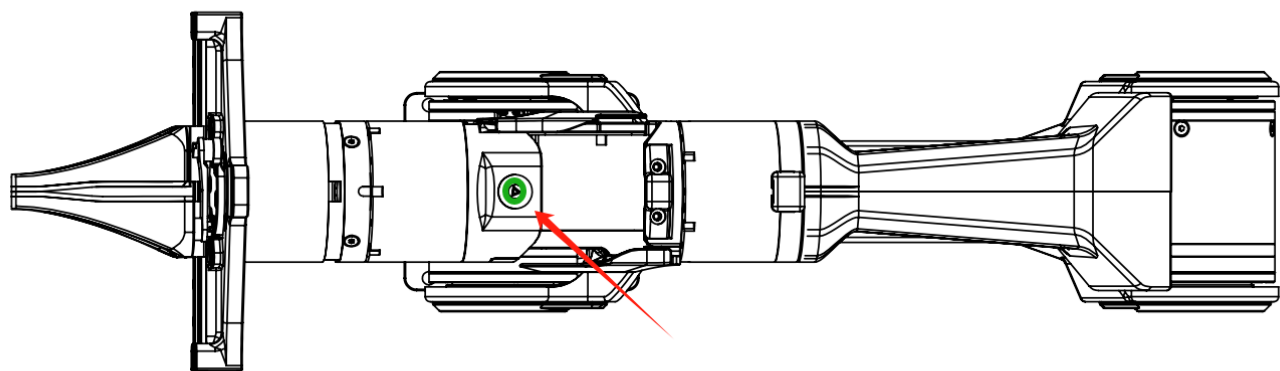
示教按钮位于 J5 与 J6 之间。一般用于检查机械臂功能是否异常或者记录轨迹。

6.1 示教按钮灯光说明

1. 无灯光显示：机械臂处于拖动示教停止状态/机械臂拖动记录结束状态。



2. 绿色灯光常亮：机械臂进入拖动示教轨迹记录状态。



J6关节示教按钮指示灯：

颜色	状态
无灯光	示教停止 / 记录结束
绿灯常亮	进入轨迹记录状态
绿灯闪烁	进入轨迹复现状态

6.2 示教操作方式

单击：在「记录」与「停止记录」之间切换。

双击：进入轨迹复现。

典型流程：

- 1. 灯灭状态下单击 → 灯常亮 → 拖动机械臂记录轨迹；
- 2. 单击 → 灯灭 → 结束记录；
- 3. 双击 → 灯闪烁 → 复现刚才记录的轨迹。

注意事项：

- 1. 复现过程中人员需与机械臂保持安全距离。
- 2. 每次进入记录状态会清除上一段记录的轨迹。
- 3. 单段轨迹最长记录时间为 3 分钟，超时无效。
- 4. 录制轨迹完毕后，单击示教按钮，指示灯熄灭，机械臂**仍然在示教模式**。需要退出示教模式可以拔插航插，或者使用windwos上位机切换（先重置为待机模式，再切 CAN 模式）以及 piper_sdk的指令控制（先运行piper_ctrl_reset.py，再运行其他demo）。

7 维护与故障处理

7.1 存放

使用完毕后将机械臂复位至零点，断电存放；

整理线束，避免缠绕或大力牵拉；

存储环境：温度 -20~50℃，湿度 25%~85%（非冷凝）。

7.2 定期保养

 **注意：**必须在零点位置且断电状态下进行。

项目	操作
机械臂清洁	用湿巾或拧干的湿抹布清理灰尘、污垢、油渍

螺丝紧固	检查所有外部螺丝是否松动
电机检查	检查电机及结构件有无破损或形变
线缆检查	检查电源线、CAN 线连接是否稳固，外皮是否破损

7.3 紧急处理

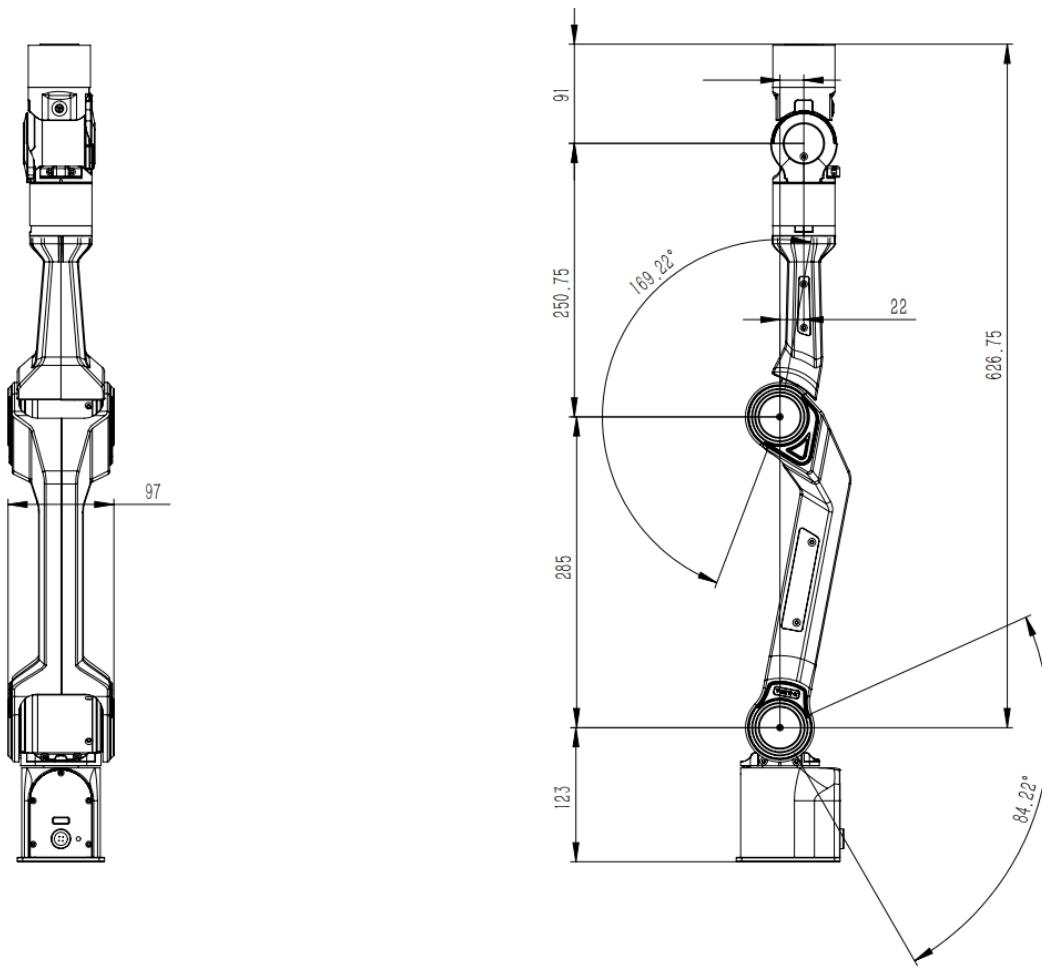
急停（推荐）：在连接windows上位机的情况下，使用**急停按钮**可缓慢暂停机械臂运动。

Piper_sdk急停接口为**Piper_ctrl_stop.py**；Piper_ros急停接口为服务/**stop_srv**。

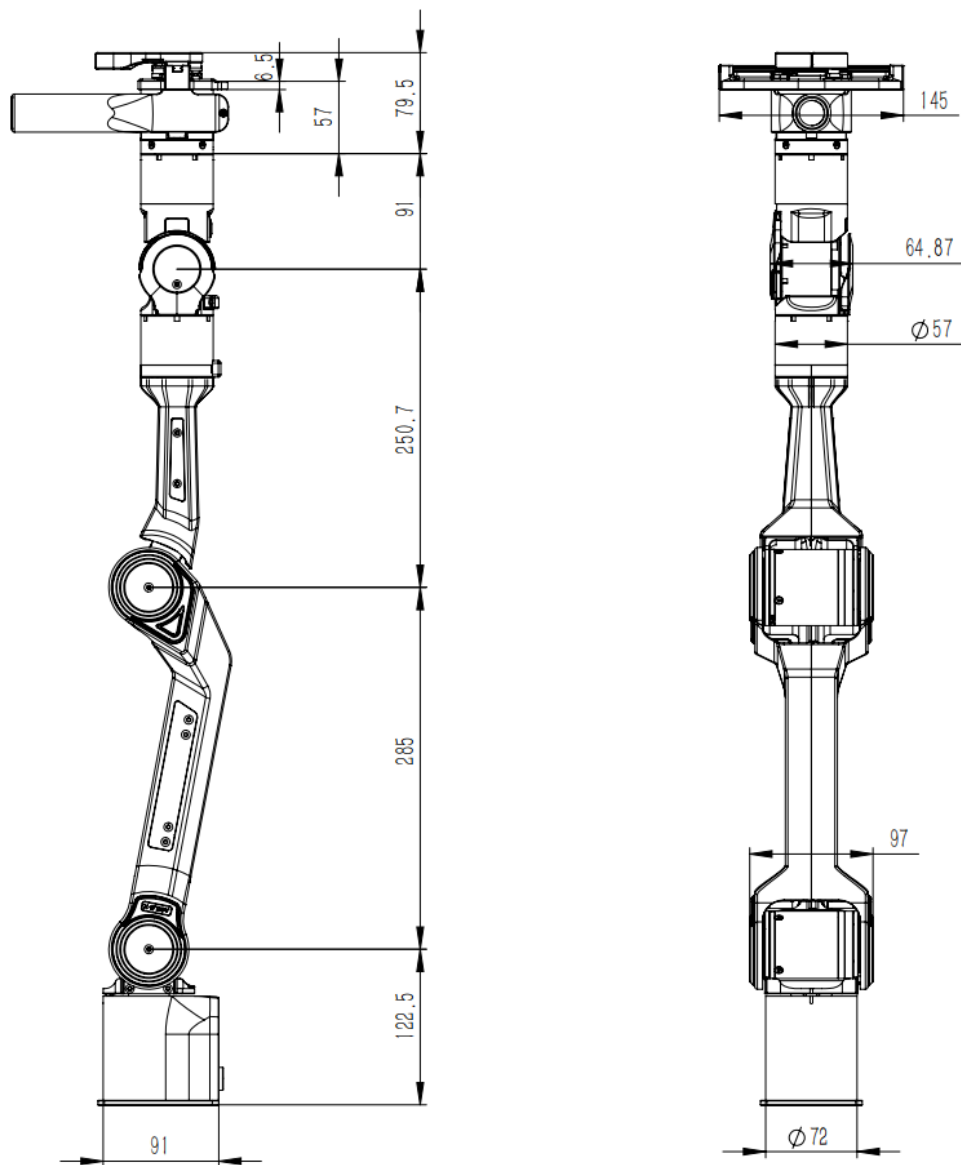
断电（应急）：拔出机械臂底座的航空插头或者断开电源适配器的AC接头即可断电。断电后机械臂会立即失能掉落，请注意机械臂自身和周围人员、物品的安全。

8 尺寸图纸

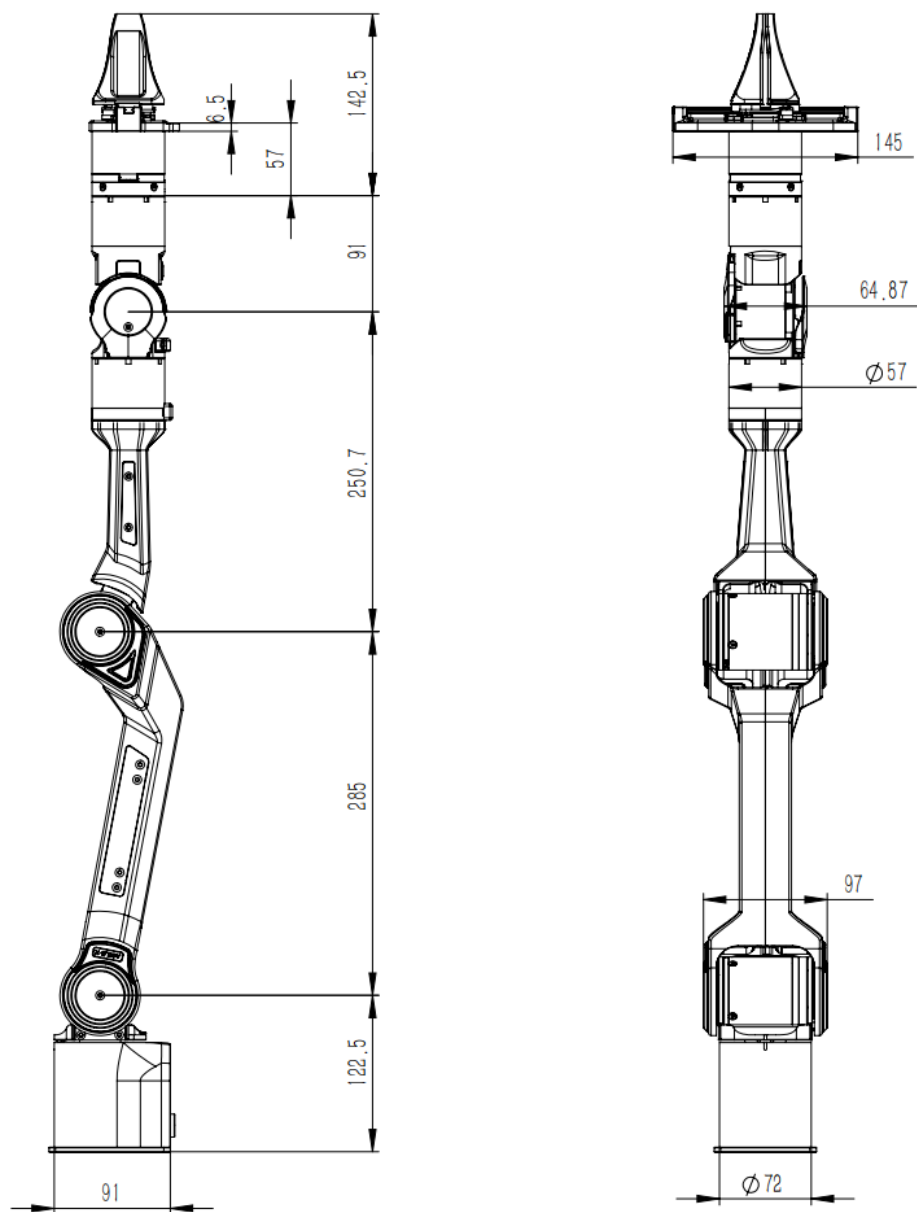
8.1 机械臂本体



8.2 机械臂带示教器

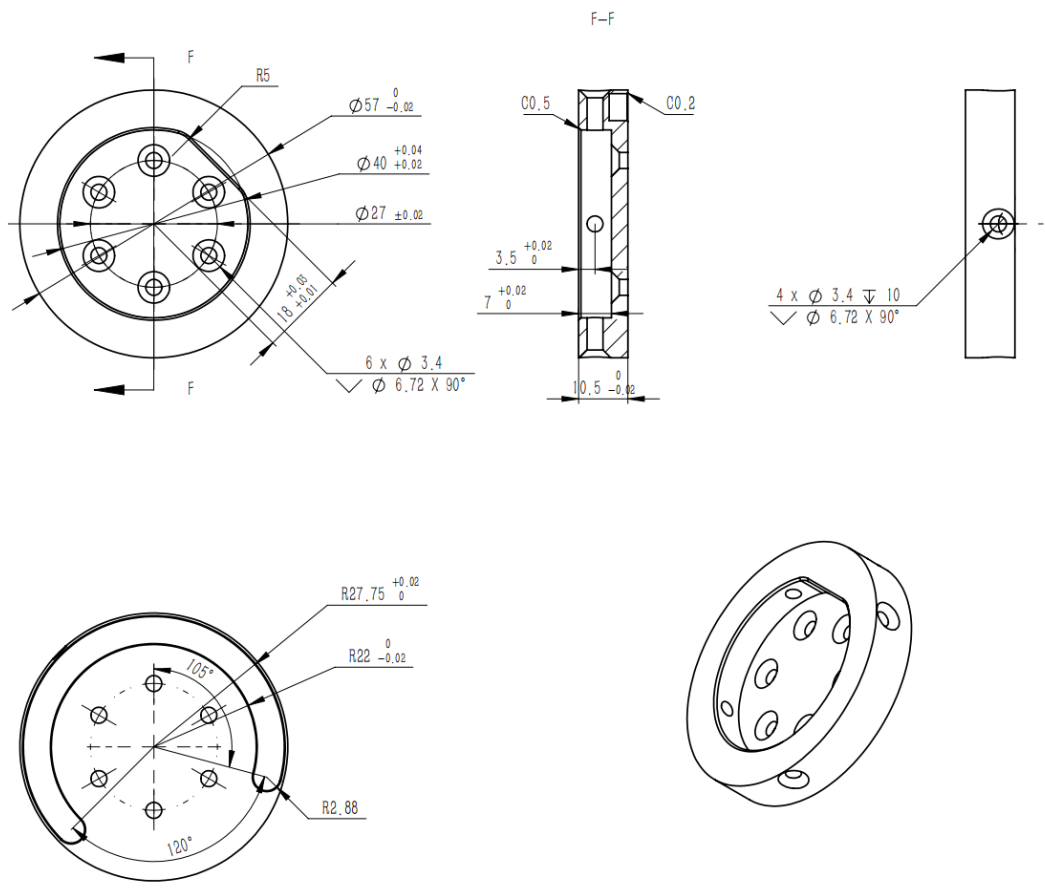


8.3 机械臂带夹爪

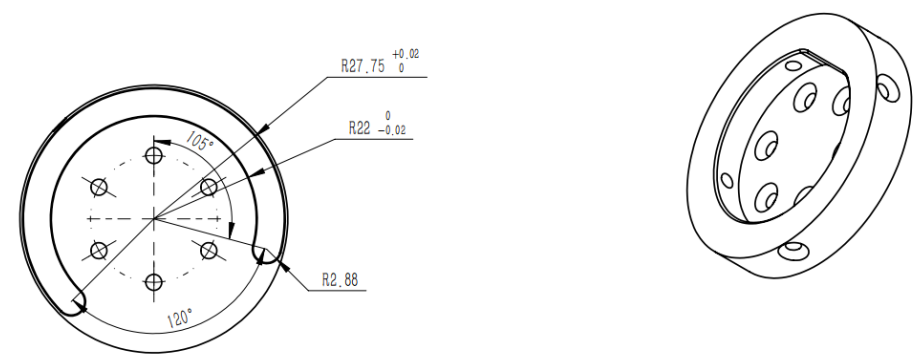


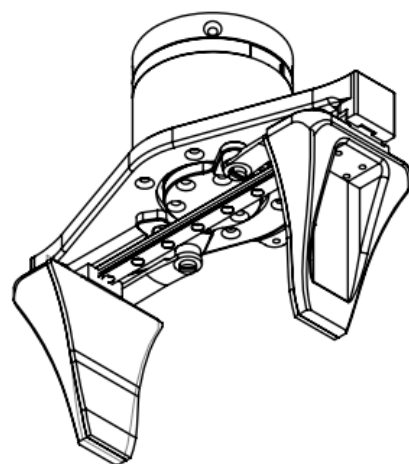
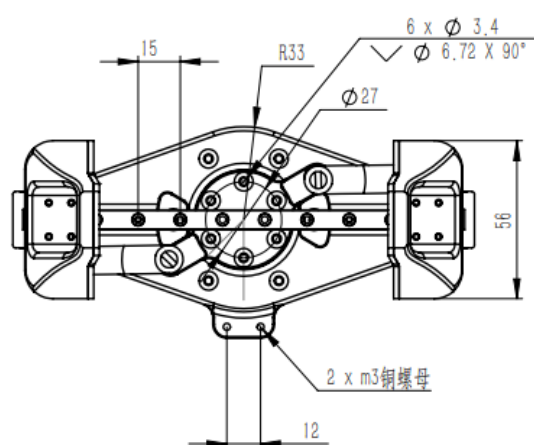
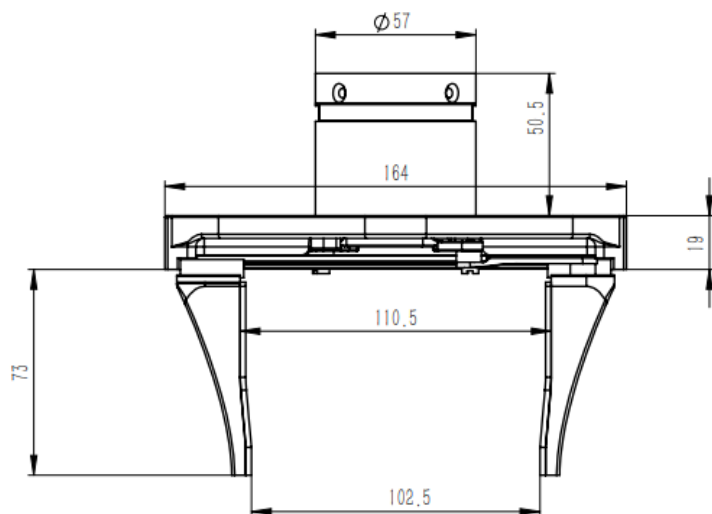
8.4 底座

8.6 法兰尺寸

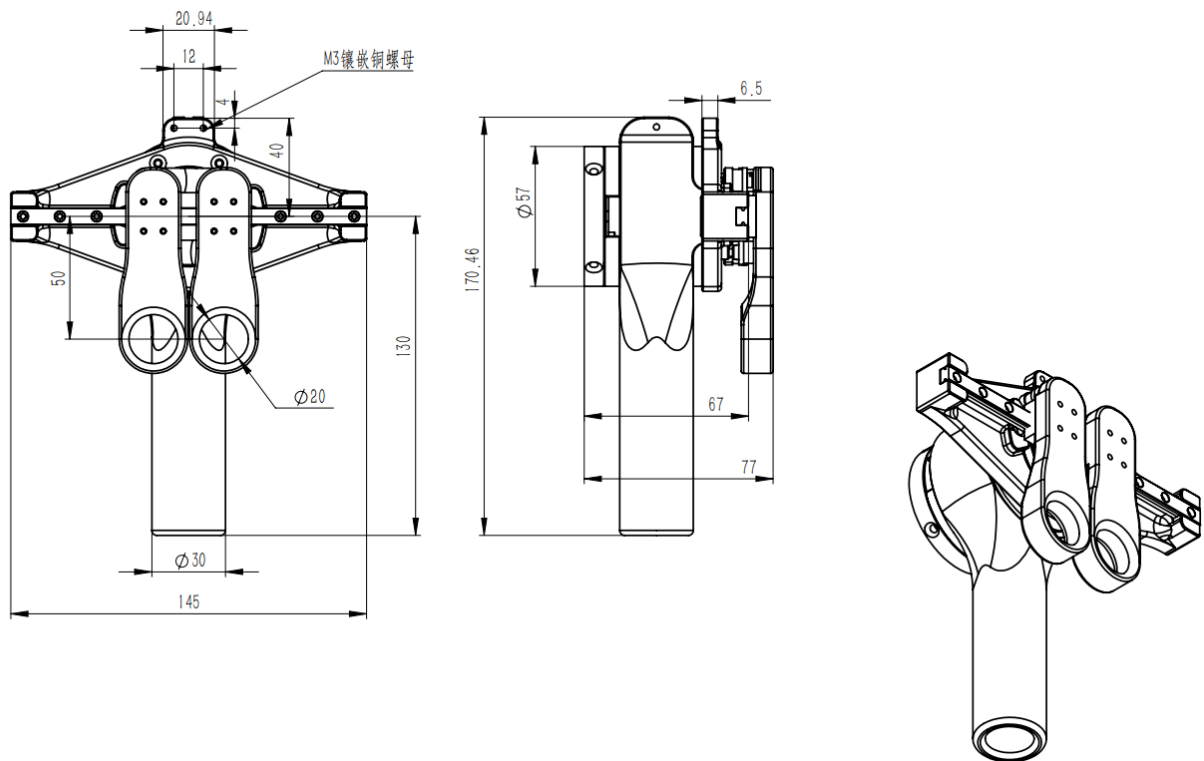


8.7 夹爪尺寸图

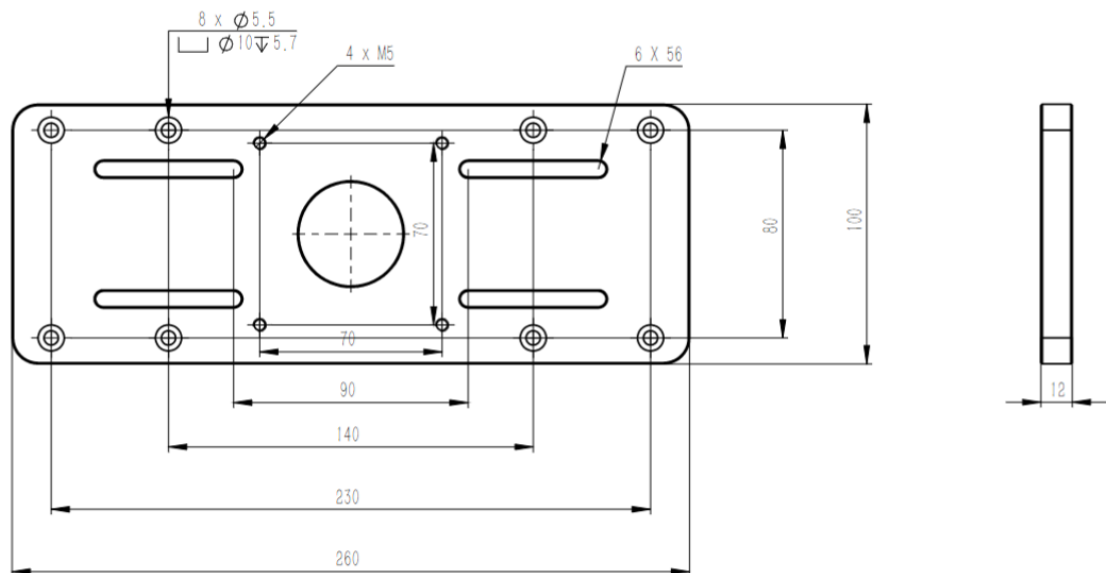




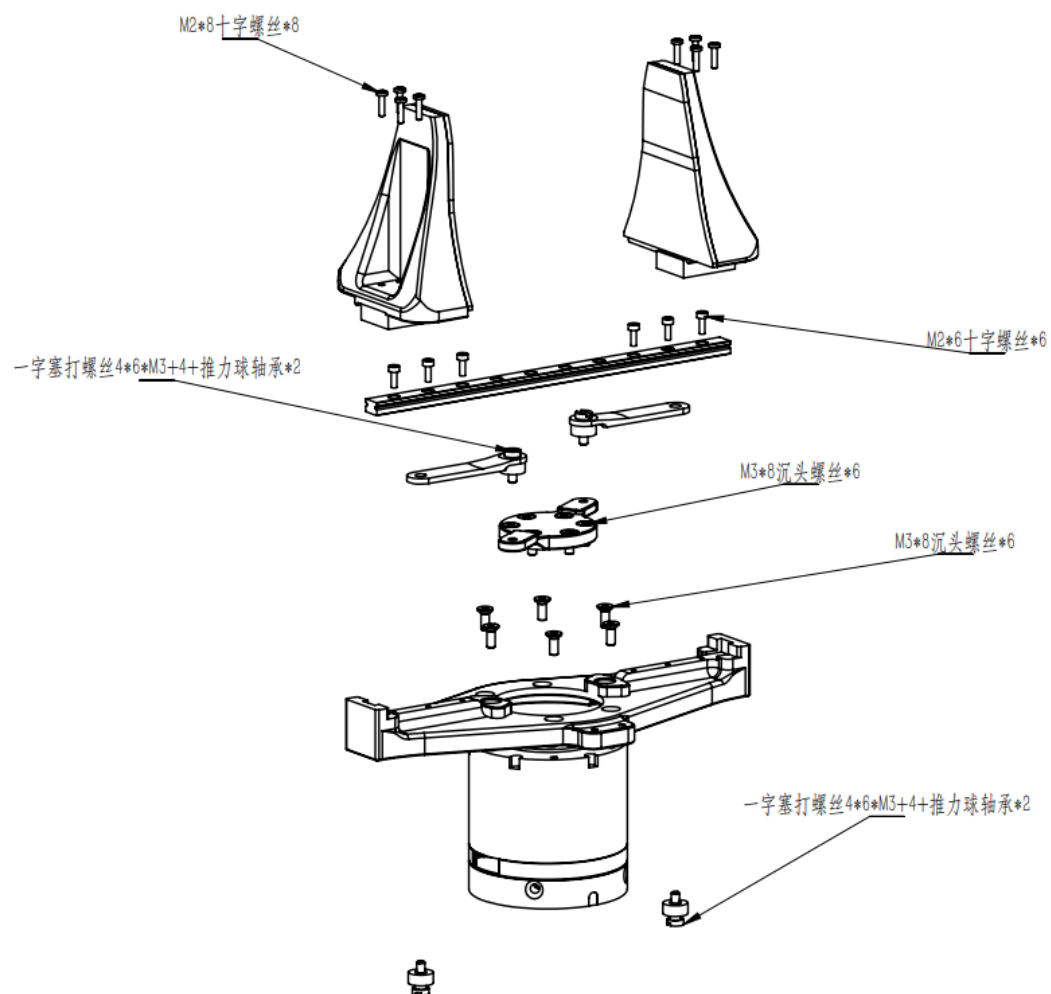
8.8 示教器尺寸



8.9 G型木工夹尺寸:



8.10 100mm夹爪爆炸图:



附录：完整安全条款

1 责任限制

一旦开始使用本机械臂，即视为您已阅读、理解、认可并接受本产品用户手册及安全信息的全部条款。使用者承诺对自身行为及由此产生的所有后果负责，并仅出于正当目的使用机械臂。

对于违反本手册使用规范或不可抗力因素导致的人身伤害、事故、财产损失、法律纠纷、利益冲突，松灵机器人不承担任何责任。

本手册不包含设计、安装和操作完整机械臂应用所需的全部信息，也不涵盖所有可能影响系统安全的周边设备。完整系统的设计与使用必须符合机械臂安装所在国的标准与规范。集成商和终端客户有责任确保完整应用不存在重大危险。

2 集成商与终端用户责任

对完整机械臂系统进行风险评估；

将风险评估中定义的附加安全设备连接到位；

确认整个系统（软硬件）的设计与安装无误；

确保用户不会对任何安全措施加以修改；

收集风险评估、本手册等全部技术文档。

环境

首次使用前必须完整阅读本手册；

在相对空旷区域使用（机械臂本体不带自动避障与感应传感器）；

工作温度 $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；

防护等级 IP22（除非单独定制）。

3 检查与操作

确保机械臂无明显异常，线束连接正常；

操作时周围区域相对空旷，操作者保持视距内观察；

末端有效负载不得超过 1.5 kg；

设备出现异常时立即停止使用并联系技术人员，请勿擅自处理；

使用环境必须满足机械臂的 IP 防护等级要求。

4 使用警告

确保机械臂和末端工具始终牢固固定；

进入机械臂工作空间时必须佩戴护目镜与防护设备；

确保机械臂周围有足够自由活动空间；

操作时不穿宽松衣物，长发束于脑后；

机械臂或上位机出现异常时立即急停并联系技术人员；

任何人员的头、脸或身体部位不得进入机械臂可触及范围；

严禁改装机械臂；

避免长时间暴露于强磁场环境；

机械臂运行中或刚停机时温度较高，建议断电冷却 1 小时后再触碰；

与其他机械组合可能产生新的风险，必须对完整系统重新进行风险评估，并选择最高的安全和急停性能等级；

禁止未满 18 周岁或不具备完全民事行为能力的人士使用本产品。