

机械臂控制接口文档 v1.0.6

文档修订信息

修订版本	修订时间	更新内容	修订人
V1.0.0	/	初始文档创建，完成机械臂核心接口说明	/
V1.0.4	2026.03.13	新增关节温度等状态上报 新增软限位相关功能	/
V1.0.5	2026.04.30	新增位姿透传等功能 支持 R20 灵巧手的 16 自由度位置控制	/
V1.0.6	2026.09.11	新增单臂控制说明	/

1. 平台支持

- 仅支持 Ubuntu 系统平台（建议使用 Ubuntu 18.04 及以上版本）

2. 硬件准备

2.1 支持的机械臂型号

支持 A7 lite、A7 V1、A7 V2，H75 V1 等多款机械臂

2.2 硬件连接配置

机械臂与树莓派连接，机器人出厂默认配置为双臂+树莓派：

支持左/右机械臂一键切换控制(如果使用单臂控制，默认为右机械臂)。

双臂通过 USB 转 CAN 模块与树莓派连接

CAN 总线通信，支持实时控制指令传输

树莓派与笔记本连接，需要用户自行配置网络：

使用网线直接连接

树莓派作为中间控制器，转发控制指令

网络配置：

机器人控制器默认 IP 地址：192.168.10.21

笔记本需要配置为 192.168.10.x 网段（如192.168.10.100）

子网掩码：255.255.255.0

控制平台访问：

等待机器人系统完全启动

在浏览器中输入：<http://192.168.10.21:8000>

打开机器人控制平台网页界面

可通过网页界面进行基础控制和状态监控

2.3 连接验证步骤

确认所有硬件设备已正确连接并上电

检查笔记本网络配置是否正确

使用 ping 命令测试连通性：

Bash

```
ping 192.168.10.21
```

如能 ping 通，在浏览器中访问控制平台

通过网页界面确认机械臂状态正常

3. 坐标系说明

3.1 机器人基坐标系（base_link）

- **原点位置：**两个臂肩部的中心点
- **X 轴正方向：**朝前（机械臂前方）
- **Z 轴正方向：**朝上（与重力方向相反）
- **Y 轴正方向：**根据右手定则确定（ $X \times Z = Y$ ）
- **备注：**该坐标系与世界坐标系方向一致

3.2 法兰末端坐标系 (Arm_Tip)

- 坐标系名称: Arm_Tip
- 位置: 机械臂法兰末端中心点
- 方向: 默认与基坐标系方向一致, 可通过工具坐标系进行偏移
- 用途: 表示机械臂末端执行器的安装位置

4. 目录结构

```
├── C/ # C 语言控制接口
|   ├── include/ # 头文件目录
|   └── libs/ # 库文件目录
├── C++/ # C++语言控制接口
|   ├── include/ # 头文件目录
|   └── libs/ # 库文件目录
├── Demo/ # 示例程序
|   ├── C/ # C 语言示例
|   ├── C++/ # C++语言示例
|   └── Python/ # Python 语言示例
└── Python/ # Python 语言控制接口
```

5. 功能接口描述

5.1 控制器信息获取

- 功能: 获取控制器版本号和型号信息
- 返回: 控制器硬件型号、固件版本、软件版本等信息

5.2 状态监控

- 实时数据获取:
 - 通信频率: 50Hz
 - 机械臂末端位姿 (基于 Arm_Tip 坐标系)

- 各关节角度（单位：弧度）
- 各关节扭矩/电流
- 运行状态（空闲、运动中、错误等）

5.3 基础运动控制

5.3.1 关节空间运动

- **控制方式：**通过关节角度控制
- **参数设置：**
 - 目标关节角度（数组，长度=关节数）
 - 运动速度（0.0~20.0 rad/s）
 - 加速度（0.0~20.0 rad/s²）
 - 阻塞标志（是否等待运动完成）
- **特点：**机械臂平滑执行关节空间轨迹

5.3.2 笛卡尔空间运动

- **控制方式：**通过末端位姿控制
- **参数设置：**
 - 目标位姿（基于 base_link 坐标系或工作坐标系）
 - 运动速度
 - 加速度
 - 阻塞标志
- **特点：**末端沿直线运动到目标位置

5.3.3 直线运动

- **控制方式：**通过末端位姿控制
- **运动特征：**严格保持末端沿直线路径运动
- **参数设置：**同笛卡尔空间运动

5.3.4 关节跟随接口

- **用途：**遥操作、高频轨迹跟踪

- 通信频率：50~200Hz

5.3.5 位姿跟随接口

- 用途：遥操作、高频轨迹跟踪
- 通信频率：50~200Hz

5.4 运动学计算

5.4.1 正向运动学

- 输入：关节角度（各关节值）
- 输出：
 - 末端位姿（基于 base_link 坐标系）
 - 欧拉角（RPY 或 ZYX 表示法）
 - 齐次变换矩阵

5.4.2 逆向运动学

- 输入：末端目标位姿
- 输出：对应的关节角度解（可能存在多解）

5.5 工具坐标系管理

- 功能：
 - 设置/修改工具坐标系（相对于 Arm_Tip 的偏移）
 - 获取已配置的工具坐标系列表
 - 切换当前使用的工具坐标系
- 应用：适配不同末端执行器（夹爪、焊枪等）

5.6 工作坐标系管理

- 当前状态：此接口暂不支持
- 规划功能：
 - 设置用户自定义工作坐标系
 - 在工作坐标系内进行运动规划

- 多坐标系切换

5.7 系统功能

5.7.1 零点校准

- **应用场景：**机械臂关节丢零后重新标定
- **操作流程：**
 - a. 手动将机械臂各关节移动到零位
 - b. 调用零点设置接口
 - c. 系统记录当前位置为关节零位
- **注意：**需在机械臂使能状态下谨慎操作

5.7.2 其他系统功能

- 机械臂使能与掉使能
- 机械臂急停

5.7.3 软限位设置

- **应用场景：**
 - 防止机械臂超出安全工作范围
 - 限制机械臂运动范围，避免碰撞
- **功能：**设置机械臂关节的运动范围（软限位）
- **参数设置：**
 - 每个关节的最大/最小角度（弧度）

5.8 灵巧手控制功能

5.8.1 L6 系列（6 自由度）

- **接口说明：**
 - 设置 L6 手的位置控制
 - 设置 L6 手的速度控制
 - 设置 L6 手的力矩控制

5.8.2 L10 系列（10 自由度）

- 接口说明：
 - 设置 L10 手的位置控制
 - 设置 L10 手的速度控制
 - 设置 L10 手的力矩控制

5.8.3 R20 系列

- 设置 R20 手的位置控制

6. 使用说明

6.1 环境要求

- 操作系统：Ubuntu Linux
- 依赖库：根据具体接口语言可能需要的运行时库
- 权限：需要 USB 或网络访问权限（根据连接方式）

6.2 快速开始

1. 根据开发语言选择对应的接口目录
2. 参考 Demo 中的示例程序
3. 连接机械臂硬件
4. 初始化控制接口
5. 调用相应功能函数

6.3 注意事项

- 首次使用前请确保机械臂工作空间无障碍
- 运动控制前建议先获取当前状态
- 紧急情况下使用急停按钮
- 零点校准需由专业人员操作

更新日期：2026 年 4 月 30 日

版权所有 © 灵心巧手科技有限公司