

两指平行夹爪产品设计说明书

1、用户场景分析

1.1 目标用户

核心用户：睿尔曼集成中心、睿尔曼客户成功部、睿尔曼机械臂的用户

1.2 用户需求

- 负载自重比高：小自重，大抓重，充分发挥机械臂的末端负载；
- 高跟随性：充分体现 ALoha 系统等要操作系统的轨迹跟随性，从而提升易用性；
- 接口通用：通讯接口和通信协议可以满足市场上大多数机械臂的接入接入需求，方便集成；
- 安装方便：可以方便快速的安装在机械臂末端、产线工作单元上；
- 维护简单：手爪的故障检测、故障排除、功能升级等操作简单方便；
- 操作容易：控制逻辑和模式简单实用；
- 安全性：确保手爪在使用过程中的安全性；
- 可靠性：保证手爪的稳定运行和长期可靠性；
- 性价比高：产品价格比市场优势明显。

1.3 场景应用

睿尔曼两指平行夹爪配合 RM 机械臂使用，主要应用在如下场景：

- 工业类：工业产线的零件抓取；
- 服务类：商服等场景下抓取快递、包裹等；
- 新餐饮：奶茶、咖啡、汉堡等目标的抓取转运；
- 新零售：超市、药店等场景中的商品和药盒的抓取转运；
- 农业场景：农林果园进行果实抓取；
- 自动化实验室：试管配液、搅拌、拧盖子、夹取等操作；
- 教育场景：进行拧瓶盖、叠衣服等创新性操作；
- 巡检运维：开关、刀闸的旋转。

具体应用方式包括以下 3 种：

- 1) 配合机械臂或复合机器人应用，受机械臂控制器、复合机械臂主控直接控制，通过 Modus-RTU 直接控制；
- 2) 在工业自动化中，直接受 PLC 控制，包括 IO 控制、Modus-RTU 控制；
- 3) PC 上位机直接控制，通过 RS485 转 USB 直接调参和控制。

2、产品概述

2.1 产品名称

产品名称：睿尔曼两指平行夹爪
产品型号：RMG24

2.2 产品定义

一款具备开合功能的两指平行夹爪，旨在为用户解决目标的夹取操作。

2.3 产品特点

易用性强：接口通用，适配主流通信协议；多种控制模式，容易操控，适合多种场景；
结构性能优异：负载自重比大；
控制性能优异：高跟随性，完美复现要操作，提升机器人易用性，推动机械臂走入生活；
整体外观简约流畅，
稳定可靠，容易维护。
软件适配性好，机械臂的控制器和末端程序不需要修改，可直接应用。

2.4 产品目标

睿尔曼的应用	客户的应用
1、与 RM 机械臂应用，充分释放负载； 2、满足机械臂的操作需求； 3、改善睿尔曼 Aloha 的夹爪应用，提高开合速度、抓取负载。 4、满足睿尔曼集成部门的开发应用	1、满足集成类用户的开发应用 2、满足客户的场景化应用 3、满足睿尔曼教育用户的研发应用

3、产品设计

3.1 设计原则

- 适用性：尤其适合 RM 机械臂的应用，包括负载自重、整机风格、控制方式、走线连接等
- 易用性：强调机器人的操作简便性和用户体验
- 操作性：具备接近工业级的性能，负载、精度、开口、工作方式等方面，能够解决生活中大部分操作问题；
- 低成本：解决通用性问题；
- 安全性原则：确保机器人在使用过程中的安全性
- 可靠性原则：保证机器人的稳定运行和长期可靠性
- 高效性原则：优化机器人的工作效率和性能
- 可维护性原则：便于机器人的维护和保养

3.2 系统设计



3.3 夹爪设计

(1) 整机参数



类别	参数	设计说明
整机尺寸	112 (L) *60 (W) *137 (H) mm	三维尺寸尽量小，增大负载密度； 高度尺寸尽量小，从而充分发挥机械臂的负载。 外形包络尺寸与整机协调
行程	65mm	外观协调，开口尺寸尽量大 能够抓取矿泉水、红酒瓶等操作。
指高	50mm	指高大于行程/2，能够抓取圆形；
本体重量	550g	
额定/最大负载	4kg/5kg	5min 静态负载
负载自重比	10 左右	
夹持力	最大 127N	

打开/闭合时间	0.4s	单行程开/合时间(不含安全缓冲)
位置重复精度	±0.05mm	
指示灯	3 色变换	启动中常蓝色 4-5s; 启动后常绿显示功能正常; 红色常亮显示功能故障;
使用环境	0~50℃, 85% RH 以下	与 RM 机械臂的使用环境保持一致
运行噪音	/	高速的运行噪音问题
IP 等级	/	
指尖可换	扩展夹指: 行程为 35-100mm, 夹指长度为 60mm 固定方式, 螺纹固定,	满足更多的目标抓取的需要
安装角度	手爪的开口平面与视觉平行	1、Aloha 的从臂为视觉臂, 视觉与 6 轴刚性固定; 2、手爪的的开合不能影响视角, 手爪平面要与水平视角平行;
航插的位置	在夹爪台阶下面	整体便捷, 方便安装
掉电缓冲	掉电后手爪受载荷重力影响, 缓慢张开	关节软抱闸、结构不自锁
材料	铝合金外壳为主、ABS 为辅	
外观	外观简约、流畅、圆润, 与 RM 机械臂风格相近, 颜色为黑白相间	黑色可以从视觉效果上隐藏螺钉, 提升整体效果
表面工艺	喷漆: 喷砂氧化	质感高档、清洁方便
额定电压	24V	1、睿尔曼和市场上的协作臂末端都支持 24V 供电 2、03 关节支持 24V 供电
额定电流	1.9A	
最大电流	5.7A	
额定功率	45.6W	
最大功率	136.8W	

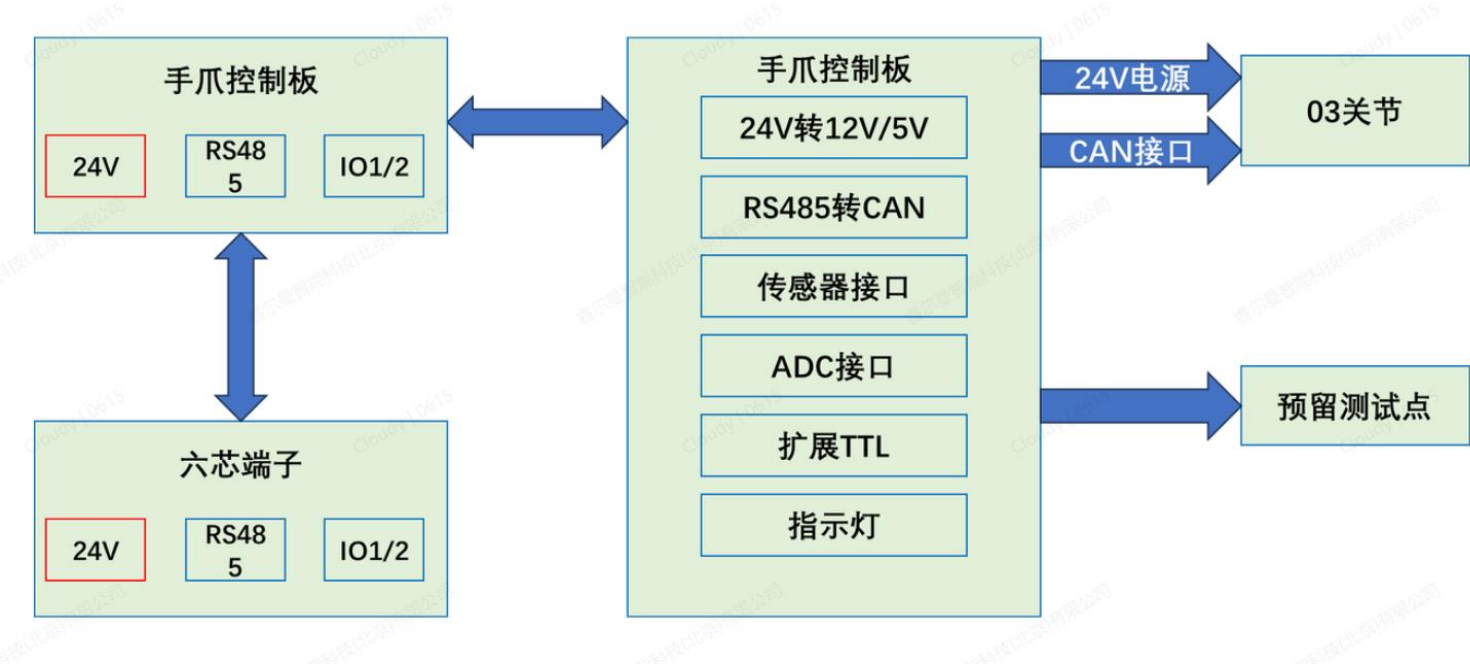
(2) 嵌入式硬件参数

类别	参数	设计说明
手爪控制板	为 03 关节提供 20-30V、0.8-2.4A 的供电;	为 03 关节供电
	03 关节的控制功能, 关节温度、电流、电压等数据采集功能;	用于关节的健康监测、和功能控制
	通信链路转换: CAN 转 RS485	通过 RS485 可以控制 03 关节

	电源扩展：24-12，24-5 输出电流：1A 扩展接口：排针 配备 3 色灯珠	1 个灯珠，支持红绿亮色变换 空余一路变色作为扩展。
	传感接口：数据采集预留	
	扩展 ADC：模数转换器	将模拟信号转换为数字信号
	扩展 TTL：晶体管-晶体管逻辑电平，	用于手爪内部的数据传输
03 关节	DC24V、GND 端子型号为 XT30U	03 关节的标准产品
	CAN_H、CAN_L 端子型号为 PH2.0-2A	03 关节的标准产品
通讯接口 1	6 芯航插	1、因为自己定制的航插，体积小，可以与 RM 机械臂直接对接，在前期自己用的阶段非常方便； 2、面向其他机械臂厂家的用户，不管是 8 芯还是 12 芯，各厂家的线序都不一样，都需要左线； 3、IO 的数量有 2 个即可，因为我们的手爪主要用于机械臂，只要有 RS485 和 Modus-RTU，能够满足大多数需求。 请至钉钉文档查看附件《机械臂末端连接插头调研》
通信接口 2	6 芯端子，母头 固定在手爪安装座底端	机械臂端盖输出 6 芯端子公头，从而实现内走线，避免手抓在抓取过程中外走线造成的干涉。
通讯链路及协议	RS485、Modus-RTU	睿尔曼和市场上的协作臂末端的通信链路及协议均支持 RS485、Modus-RTU 请至钉钉文档查看附件《机械臂末端连接插头调研》
六芯航插线序及功能	 1 黄 RS485_A 2 白 RS485_B 3 红 DI1/DO1 4 黑 DI2/DO2 5 绿 电源 GND 6 蓝 电源输入 24V	线序与 RM 机械臂的线序保持一致
六芯 PH2.0 端子线序及功能	 1 黄 RS485_A 2 白 RS485_B	线序与 RM 机械臂的线序保持一致

	3	红	DI1/DO1	
	4	黑	DI2/DO2	
	5	绿	电源 GND	
	6	蓝	电源输入 24V	
扩展接口		/		

(3) 硬件系统



(4) 嵌入式软件功能

类别	名称	功能描述
固件查询		查询固件版本，包括软件版本、硬件版本
连接		夹爪通过 RS485 转 USB 连接到主控单元，在主控单元打开上位机软件，软件能自动识别串口，自动识别夹爪的波特率、ID 号等信息进行自动连接；
数据处理	数据采集	关节的电流、温度、电压、编码器等数据采集； 扩展的数据采集；
	数据处理	1、根据电流计算扭矩，根据关节等来获取速度、开口尺寸等，输出对应结果； 2、故障判断：内部通信故障、关节驱动器故障、过流故障、过温故障、堵转故障等，输出对应的检测 and 数据处理结果；
	数据传输	传输手爪在线/掉线状态、电流、电压、温度、开口尺寸、故障信息等用于上位机状态监测
状态显示功能		所有功能正常，状态指示灯常绿状态； 出现故障，状态指示灯出现红色频闪，进行提醒。
控制功能	打开	执行上位机的指令，控制夹爪以输入的速度参数将夹爪松开到最大开口位置；

	闭合	执行上位机的指令，控制夹爪以输入的速度参数将夹爪闭合到最小闭合位置；
	位置控制	执行上位机的指令，控制夹爪的目标开口尺寸。 在 Aloha 系统中，两指平行夹爪收到主动夹爪的位置指令，夹爪跟随主动爪的动作开合。
	透传控制	机械臂末端板通过末端 6 芯航插的 RS485 链路，直接透传控制两指平行夹爪
	电流保护	当夹爪抓取目标物后，主动爪开口尺寸变小，两指平行夹爪的开口则随目标物保持不变，而两指平行夹爪按照 03 关节的额定电流 0.8A 为上限电流输出夹持力；此时两指平行夹爪输出额定夹持力 3.5kg 左右。 电流达到 0.8A 后，切换到电流控制，保持 0.8A 输出，从而使夹爪保持位置 上限电流可以通过上位机软件进行设置，最大不超过 2.4A
	力矩控制	执行上位机的指令，控制夹爪以输入的速度和力控阈值去夹取， 当夹持力超过设定的力控阈值后，夹爪停止运动；
	速度调节	执行上位机的指令，控制夹爪开合速度值，控制夹爪在工作过程中的开合速度
	零位校准	手爪上电后，手爪位置保持在当前位置； 执行上位机的指令，手爪闭合，通过检测电流变化，确定手爪闭合，从而以闭合位置为零位；
	急停	执行上位机的指令，控制运动中的夹爪停止运动，保持在该位置不动。
	故障清除	执行上位机的指令，对夹爪的内部通信故障、关节驱动器故障、过流故障、过温故障、堵转故障等进行清除，来恢复夹爪的正常工作； 而过温故障（温度高于 90 摄氏度）只能等待温度降低到（低于 60 摄氏度）后自己恢复正常工作。 对于经过故障清除指令，而无法恢复故障，向上位机传输手爪故障状态。
通信协议	高跟随功能	机械臂末端控制程序向手爪下发的控制周期 10ms 以下，具体根据实际控制效果情况确定。
	手爪要支持机械臂、主控、工业模组等应用，因此兼容 485 串口协议和 Modus-RTU 协议。 1、485 串口通讯协议： 1) 延续 RM 机械臂+因时手爪的协议设计，减少 RM 机械臂控制器和末端的程序改动，对于已经从睿尔曼采购因时手爪的厂家，满足使用习惯，支持平替； 2) 协作机械臂末端航插、复合机器人的主控等基本支持 RS485 通信；485 串口协议方便用户调试应用。 2、Modus-RTU 协议： 1) Modus-RTU 协议在工业场景应用广泛；支持工业产品/模组的 PLC 的控制应用。	

3.4 上位机


上位机软件用于睿尔曼的研发、测试、生产等部门进行手爪的调试测试等作用。

类别	名称	功能描述
登录/退出	软件登录	绿色免安装版上位机软件。 用户将文件夹拷贝到电脑上，其中包含 exe 文件和相关的依赖文件。用户可以直接运行 exe 文件来启动程序，无需进行安装过程。
	软件退出	在主界面点击“X”，即完成软件退出
控制功能	连接/断开	夹爪通过 RS485 转 USB 连接到主控单元，在主控单元打开上位机软件，软件能自动识别串口，自动识别夹爪的波特率，ID 号等信息进行自动连接；连接后，上位机自动显示当前手爪的开口尺寸。
	打开	上位机设置夹爪以固定速度（最大速度）将夹爪松开到最大开口位置
	闭合	上位机设置夹爪以固定速度（最大速度）将夹爪松闭合最小闭合位置。
	位置控制	上位机设置夹爪的目标开口尺寸，夹爪接受到这条指令后， 如果当前开口尺寸与设定开口尺寸，以设定速度运动开口尺寸，达到目标开口尺寸后停止运动； 如果当前开口尺寸大于设定开口尺寸，以设定速度和力控阈值去夹取，当夹持力超过设定的力控阈值后，或者开口度达到目标开口尺寸后停止运动。 位置控制采用绝对值控制。
	力矩控制	上位机设置夹爪以输入的速度和力控阈值去夹取， 当夹持力超过设定的力控阈值后，夹爪停止运动； 当夹爪停止运动后，如果检测到夹持力小于力控阈值时，夹爪会继续夹取直到夹持力超过设定的力控阈值
	速度调节	调节设置夹爪开合速度值，控制夹爪在工作过程中的开合速度
	零位校准	上位机软件通过指令对手爪的位置进行标定校准
	急停	上位机通过该指令让运动中的夹爪停止运动，保持在该位置不动
	故障清除	对夹爪的内部通信故障、关节驱动器故障、过流故障、过温故障、堵转故障等，可通过故障清除指令来恢复夹爪的正常工作， 而过温故障（温度高于 90 摄氏度）只能等待温度降低到（低于 60 摄氏度）后自己恢复正常工作。 对于经过故障清除指令后仍然又出现的故障，说明该产品的故障不可被清除，该故障一直存在，需要进行工程师维修处理。
状态监测	在线状态监测	界面实时显示在线、掉线状态；
	设备信息显示	软件版本、硬件版本、固件版本
	开口监测	上位机实时显示夹爪的当前开口

	电流监测	上位机实时显示电流参数;
	温度监测	上位机实时显示温度参数;
	力矩监测	上位机实时显示力矩参数
	故障检测	上位机能够实时检测手爪的内部通信故障、关节驱动器故障、过流故障、过温故障、堵转故障等;
参数设置	硬件参数设置	出厂默认 ID 号, 是否允许用户分配 ID 号
	Modus 参数设置	波特率
	IO 参数设置	
升级功能		上位机对手爪进行功能升级

3.5 配件设计

序号	名称	示意图	数量	备注
1	两指平行夹爪 RMG24		1	标配
2	扩展指		1	选配
3	航空插头线束 6 芯航插+10cm 线束		1	标配
4	6 芯 PH2.0 端子线束		1	标配
5	电源适配器		1	选配

6	沉头十字螺钉 M4*6		6	标配
7	使用手册		1	标配
8	合格证		1	标配

4、控制命令说明

4.1 协议确定

夹爪的应用场景主要分为三类：

- 1) 用于协作臂末端，通过协作臂末端的航插进行控制，目前主流机械臂的末端航插均支持 RS485、I/O 等控制方式；
- 2) 在复合机器人场景中，由工控机/边缘计算机等直接进行控制，通过 RS485 转 USB 接口，均支持 RS485 串口协议和 Modus-RTU 协议的控制方式；
- 3) 在工业产线中，两指夹爪各类模组模组配合，可由 PLC 直接进行控制，支持 Modus-RTU 协议，也支持 I/O 控制。

当前睿尔曼以代理销售因时夹爪为主，并配合机械臂已实现批量销售，因时夹爪的通信协议为 485 串口协议，并且已与睿尔曼控制器、机械臂末端打通协议，在示教器上有独立的手爪控制模块。

随着睿尔曼两指夹爪的开发，将丰富睿尔曼对外销售的夹爪的品类，并成为主推夹爪；为了推动客户用睿尔曼夹爪替换因时夹爪，睿尔曼手爪在应用控制方面要通用，同时顺应用户的使用习惯，塑造产品应用一致性，因此需要睿尔曼两指夹爪沿用因时的 485 串口协议。为了更好的满足工业场景的用户应用，睿尔曼夹爪的协议需要兼容 Modus-RTU 协议，同时支持 I/O 控制。

4.2 485 串口/Modus-RTU 协议指令说明

指令类型		指令说明
参数保存到寄存器		波特率、ID、位置、力矩、速度等设置的参数保存到 Flash
恢复默认参数		恢复夹爪默认的设置参数： 1) 设备 ID 为 1； 2) 波特率为 9600； 3) 大小限位为 0 4) 最大限位为 1000 5) 夹持速度 500 6) 夹持力度 500 7) 夹持位置 500
读取夹爪系统参数		读取夹爪当前设置的参数，包括软件版本、波特率、ID、最小/最大限位、力度、速度
参数指令	读取夹爪 ID	读取夹爪 ID 号

	设置夹爪 ID	设置夹爪的 ID 号，范围为 1-256
	读取夹爪波特率	读取夹爪的波特率
	设置夹爪的波特率	设置夹爪的波特率，波特率值可设置为：9600、19200、38400、57600、115200
	设置最小限位	设置夹爪的最小开口限位，优先级高于开口尺寸
	设置最大限位	设置夹爪的最大开口限位，优先级高于开口尺寸
	读取最大/最小限位	读取夹爪当前的开口的最大、最小的限位值
	设置力度限位	设置夹爪的抓取力度限位，优先级高于力度设置
	读物力度限位	读取夹爪当前的力度限位值
状态指令	读取通信状态	读取夹爪的通讯状态，以显示夹爪的在线、离线状态
	读取软件版本	读取软件版本
	读取开口尺寸	读取夹爪当前的开口尺寸
	读取电流参数	读取夹爪当前的电流
	读取温度参数	读取夹爪当前的温度
	读取故障信息	读取夹爪当前的故障，包括内部通信故障、关节驱动器故障、过流故障、过温故障、堵转故障。
控制指令	设置夹爪的开合位置	设置夹爪的开合位置，用于确定夹爪工作的开合尺寸
	设置夹爪的夹持力	设置夹爪的夹持力，用于确定夹爪工作的夹持力
	设置夹爪的开合速度	设置夹爪的两指的开合速度，用于确定夹爪两指工作的开合速度
	控制夹爪打开	以设置的力、速度打开的设置位置
	控制夹爪关闭	以设置的力、速度关闭到设置位置
	急停	控制夹爪急停
	零位校准	重新标定夹爪和回零位
	故障清除	清除夹爪当前的所有报错
I/O 设置	设置 I/O 输出/输入模式	设置 I/O 的模式，分为输入和输出
	读取 I/O 的输入电平	读取 I/O 的输入的高电平、低电平
	读取 I/O 的输出电平	读取 I/O 的输出的高电平、低电平
	设置 I/O 输入电平	设置 I/O 的输入的高电平、低电平
	设置 I/O 输出电平	设置 I/O 的输出的高电平、低电平

5、包装设计

纸盒包装，平面上翻盖，内部泡沫盒，
制定夹爪的测试方案，包括功能测试、性能测试等

