

# 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；<br>2、满足机械臂的操作需求；<br>3、改善睿尔曼 Aloha 的夹爪应用，提高开合速度、抓取负载。<br>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<br>2、满足客户的场景化应用<br>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；<br>高度尺寸尽量小，从而充分发挥机械臂的负载。<br>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<br>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;<br>启动后常绿显示功能正常;<br>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,<br>夹指长度为 60mm<br>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;<br>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<br>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   |  |
|         |  |  |

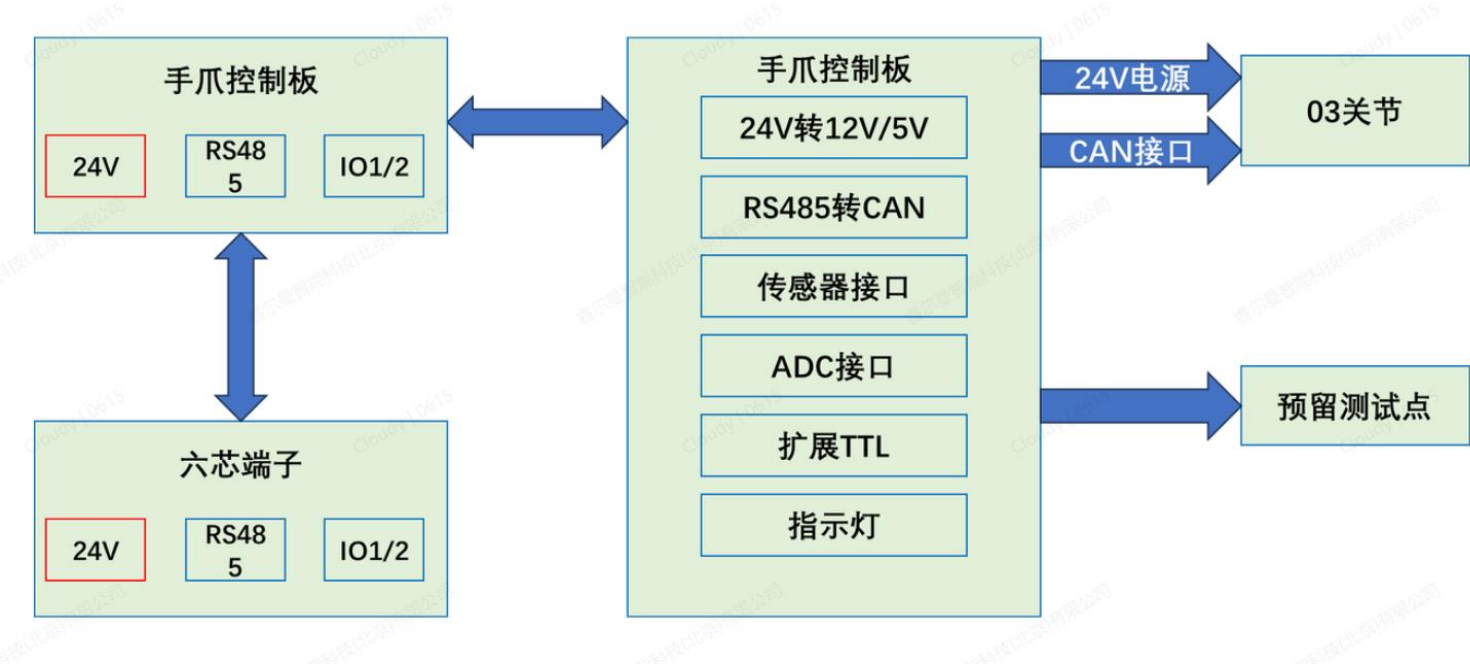
## (2) 嵌入式硬件参数

| 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<br>输出电流：1A<br>扩展接口：排针<br>配备 3 色灯珠   | 1 个灯珠，支持红绿亮色变换<br>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<br>端子型号为 XT30U  | 03 关节的标准产品   |
|                  | CAN_H、CAN_L<br>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；<br>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；<br>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。<br><a href="#">请至钉钉文档查看附件《机械臂末端连接插头调研》</a> |
| 通信接口 2           | 6 芯端子，母头<br>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，避免手爪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<br><a href="#">请至钉钉文档查看附件《机械臂末端连接插头调研》</a>  |
| 六芯航插线序及功能        | <br>1      黄      RS485_A<br>2      白      RS485_B<br>3      红      DI1/DO1<br>4      黑      DI2/DO2<br>5      绿      电源 GND<br>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 | <br>1      黄      RS485_A<br>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；<br>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；<br>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，输出对应的检测和数据处理结果； |
|        | 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；<br>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。<br>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。<br>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<br>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；<br>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；<br>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。<br>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。<br>1、485 串口通讯协议：<br>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；<br>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。<br>2、Modus-RTU 协议：<br>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。<br>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，<br>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；<br>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。<br>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，<br>当夹持力超过设定的力控阈值后，夹爪停止运动；<br>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，<br>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。<br>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<br>RMG24         |    | 1  | 标配 |
| 2  | 扩展指                     |   | 1  | 选配 |
| 3  | 航空插头线束<br>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：<br>1) 设备 ID 为 1；<br>2) 波特率为 9600；<br>3) 大小限位为 0<br>4) 最大限位为 1000<br>5) 夹持速度 500<br>6) 夹持力度 500<br>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

