智元OmniHand Pro 2025 产品使用说明书

1. 安全须知

1.1 使用注意事项

严禁将OmniHand灵巧手置于高温、高湿的环境中。

请勿让OmniHand灵巧手承受过大的负载和冲击。

严禁在指尖施加过大的力。

严禁用力拉扯OmniHand灵巧手手指。

严禁将OmniHand灵巧手靠近火源。

严禁将OmniHand灵巧手置于易燃、易爆环境中。

严禁在强电磁场环境中使用，如高压电线附近、大功率机器附近等。

严禁用OmniHand灵巧手去抓取过重、过热、尖锐、表面粗糙、有腐蚀性的物体。

在没有保护的情况下，严禁让OmniHand灵巧手接触液体（酒、水、饮料等）和沙尘，如不慎接触，请立即关闭，并联系售后维修人员。

严禁私自拆解OmniHand灵巧手，否则将导致《售后服务承诺书》中保修相关条款失效。发生任何故障，请及时联系售后维修人员。

严禁用OmniHand灵巧手操作危险机械。由于此类行为导致的人身伤害及财产损失，我司不承担任何责任。

1.2 售后服务承诺书

OmniHand灵巧手具有 12 个月有限保修期。若在投入使用后，出现因制造或材料不良所致的缺陷，公司提供必要的备用部件予以更换或维修。若设备缺陷是由处理不当或未遵循用户指南中所述的相关信息或私自拆卸产品所致，则本产品质量保证即告失效。在不违背本产品质量保证的原则下，若产品已经超出保修期，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，公司不承担由此引起的任何损害或损失，包括但不仅限于生产损失或对其他生产设备造成的损坏。

1.3 免责声明

公司致力于不断提高产品可靠性和性能，并因此保留升级产品的权利，恕不另行通知。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。以下情况导致的故障不在本保修范围内：

1）未按用户手册要求安装、接线、连接其他控制设备；

2）未经允许，私自拆装灵巧手；

3）使用时超出用户手册所示规格或标准；

4）由于运输不当导致的产品损坏；

5）事故或碰撞导致的损坏；

6）火灾、地震、海啸、雷击、大风和洪水等自然灾害。

本公司对于因客户违反本章节内的免责声明而造成的任何损失或伤害不承担任何责任。请客户在购买和使用本产品前，仔细阅读并同意本免责声明。

2. 产品简介

2.1 产品概述

OmniHand Pro 2025是一款高集成度全能作业灵巧手，强感知，更有料。

OmniHand Pro 2025支持全部Feix典型动作抓握（33种），应对各种复杂操作和工具使用。有多模态感知能力（位置、法向力、切向力、接近觉等），尺寸拟人，重量轻，可广泛应用于科研教育、数据采集、任务作业等不同场景。

2.2 主要特性

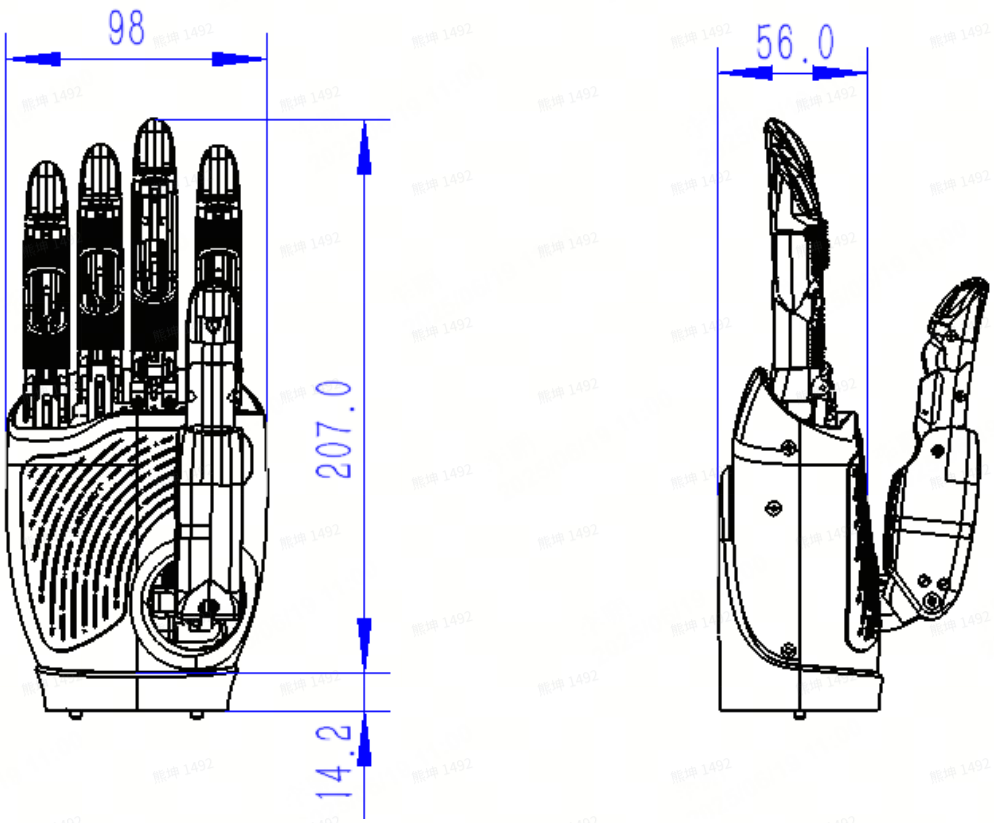
- **拟人尺寸：**19自由度，仅重750g，同配置灵巧手中最小、最轻、最拟人

- **全能作业：**优化构型设计，轻松操作专业工具，单手指尖最大20N出力
- **超强感知：**多模态感知（位置、法向力、切向力、接近觉），最高0.01N级灵敏度，搭配智能算法

2.3 产品参数

技术指标	数据
主动自由度	12
关节数	19
产品重量	⩽750g
产品尺寸	207*98*56mm
工作电压	12~24V
通讯协议	CAN-FD
最大抓取负载	5kg
最大静态载荷	35kg
最大指尖力（典型值）	20N
指尖重复定位精度（典型值）	0.3mm
最小开合时间（典型值）	0.7s
活动范围	四指弯曲：80°；四指侧摆：+-10°；大拇指弯曲：50°；大拇指侧摆：90°；大拇指自旋：50°
触觉传感器	指尖三维力，手掌一维力

2.4 产品尺寸

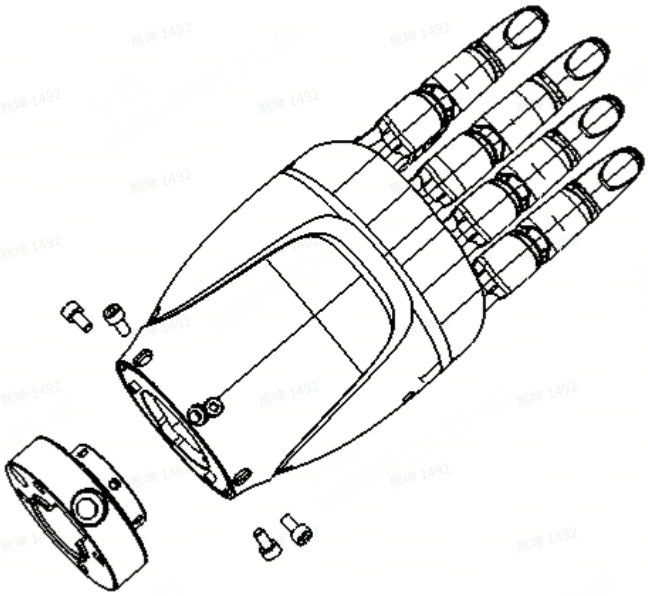


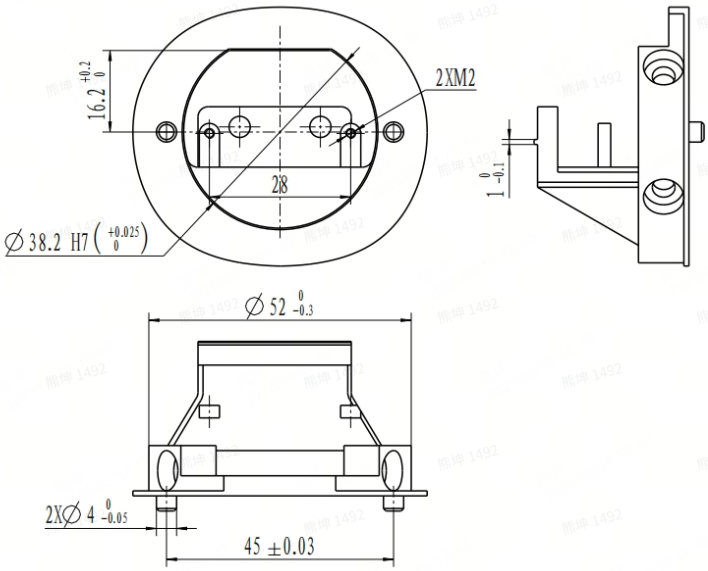
3. 产品安装说明

3.1 装箱清单

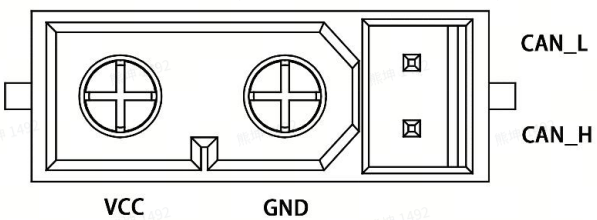
- OmniHand Pro × 1
- USB转CAN-FD通讯线 × 1
- 电源适配器 × 1
- 产品合格证 × 1

3.2 机械接口





3.3 电气和通讯接口

具体名称-序号	接口标注	说明
电源接口-1 （含 CAN 通信端子）		1、通过 XT30(2+2)-F 插头的电源连接线连接电源，额定电压为 24V，为灵巧手供电。 2、通过 CAN 通信端子连接外部控制设备，可接收 CAN 控制命令，反馈灵巧手状态信息。
电源接口-2 （含 CAN 通信端子）		

4. 通讯协议说明

4.1 通讯接口

- CAN FD接口，默认1Mbps 80% + 5Mbps 80% 扩展标识符(29bit) 数据帧格式。禁用标准标识符和远程帧格式；
- 控制命令采用一问一答的机制，部分状态信息可配为主动上报，应答超时时间50ms；
  - 发送标识符和应答标识符相同，返回读写数据；
- 扩展帧定义：
  - Bit0 ~ Bit6：设备ID；
  - Bit7：读写标志位，0表示读寄存器操作，1表示写寄存器操作；
  - Bit8 ~ Bit14：产品ID；
  - Bit15：保留；
  - Bit16 ~ Bit23：寄存器地址；
  - Bit24 ~ Bit28：子寄存器地址；

Byte3							
bit31	bit30	bit29	bit28	bit27	bit26	bit25	bit24
x	x	x	子寄存器地址：0x0 ~ 0x1F				

Byte2							
bit23	bit22	bit21	bit20	bit19	bit18	bit17	bit16
寄存器地址：0x00 ~ 0xFF							

Byte1							
bit15	bit14	bit13	bit12	bit11	bit10	bit9	bit8
保留	产品ID：0x01 ~ 0x7F						

Byte0							
bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
R/W	设备ID：0x01 ~ 0x7F						

- 设备ID定义：
  - 广播地址：0x00；
  - 默认地址：0x01；
  - 设备地址：0x01 ~ 0x7F；
- 产品ID定义：
  - 根据产品定义，固定且不可修改；
- 数据定义：**小端格式**；

4.2 寄存器地址及其子地址定义

- 读寄存器将读写标志位Bit7置0，写寄存器将读写标志位Bit7置1；
- 配置信息寄存器写入会自动保存，重启之后生效；
- 读寄存器发送的长度不做限制，数据不做限制，默认数据长度为0，不发送数据内容；
- 写寄存器必须符合寄存器长度，数据必须合法，否则不会应答；
- 受限于子寄存器长度，最大支持一次性配置自由度为32自由度；

4.3 通用寄存器定义

编号	寄存器地址	寄存器名称	子寄存器	子寄存器名称	寄存器内容	寄存器长度	读写权限
Pn1	0x01	厂家信息	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	48Byte(41Byte)	只读
			0x01	产品型号	ASCII字符串，剩余的长度补0x00； 示例："SkillHand S6"	16Byte	只读
			0x02	产品序列号	ASCII字符串，固定长度； "SSCMMVVYMXXXXX" SS：产品系列，共2位，首位采用26进制(A~Z)编码，次位采用10进行(0~9)编码； C：产品配置，共1位，采用32进制(0~Z)编码； MM：组件号，共2位，采用10进制(0~9)编码；	14Byte	只读

					VV：BOM版本，共2位，采用10进制(0~9)编码； Y：生产年份，共1位，采用26进制(A~Z)编码； M：生产月份，共1位，采用12进制(1~C)编码； XXXXX：流水号，共5位，采用10进制(0~9)编码；		
			0x03	硬件版本信息	硬件版本信息； Byte 0：Major 主版本号； Byte 1：Minor 次版本号； Byte 2：Patch 修订版本号； Byte 3：Reserve 保留； Hardware Version：'Major.Minor.Patch'；	4Byte	只读
			0x04	软件版本信息	软件版本信息； Byte 0：Major 主版本号； Byte 1：Minor 次版本号； Byte 2：Patch 修订版本号； Byte 3：Reserve 保留； Software Version：'Major.Minor.Patch'；	4Byte	只读
			0x05	供电电压	32位无符号整型数据；默认值12500(12.5V)；单位mV； 有效值【8000，24000】调节单位500mV；	2Byte	只读
			0x06	主动自由度	示例：0x0C，主动自由度数量；取值范围【1，32】	1Byte	只读
Pn2	0x02	设备信息	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	5Byte	读写
			0x01	设备ID	默认设备ID：0x01； 设备ID地址：0x01 ~ 0x7F；	1Byte	读写
			0x02	通讯参数配置	Byte[0] - CAN FD 仲裁域通讯波特率设置：	4Byte	读写

					8位无符号整型数据，默认值：0x02(1Mbps)； 0：125Kbps； 1：500Kbps； 2：1Mbps； Byte[1] - CAN FD 仲裁域采样点设置： 8位无符号整型数据，默认值：0x01(80%); 0：75.0%； 1：80.0% 2：87.5%； Byte[2] - CAN FD 数据域通讯波特率设置： 8位无符号整型数据，默认值：0x03(5Mbps); 0 - 125Kbps； 1 - 500Kbps； 2 - 1Mbps； 3 - 5Mbps； Byte[3] - CAN FD 数据域采样点设置： 8位无符号整型数据，默认值：0x01(80%); 0：75.0%； 1：80.0% 2：87.5%；		
Pn3	0x03	电流阈值	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	读写
			0x01	#1关节电机电流阈值	16位无符号整型数据；默认值：1500；单位：mA； 2Byte表示一个关节电机；有效值【0，65535】	2Byte	读写
			0x02	#2关节电机电流阈值		2Byte	读写
			...	... ...		...	读写

Pn4	0x04	温度阈值	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	读写
			0x01	#1关节电机回温启动阈值	回温启动阈值 - 8位无符号整型数据；默认值60；单位 °C； 1Byte表示一个关节电机；有效值【50， 过温保护阈值 - 5】	2Byte	读写
				#1关节电机过温保护阈值	过温保护阈值 - 8位无符号整型数据；默认值 80；单位 °C； 1Byte表示一个关节电机；有效值【回温启动阈值 + 5， 80】		
			0x02	#2关节电机回温启动阈值		2Byte	读写
				#2关节电机过温保护阈值			
			…	… …		… …	…
				… …			
Pn5	0x05	预留	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	预留
…	…	…	…	…	… …	… …	…
Pn15	0x0F	预留	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	预留
Pn16	0x10	控制模式	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	读写
			0x01	#1关节电机控制模式	8位无符号整型数据；根据产品形态定义针对控制模式进行对应的扩展，默认值0； 低3bit有效 xxxx x111 0 - 位置模式；	1Byte	读写
			0x02	#2关节电机控		1Byte	读写

				制模式	1 - 速度模式； 2 - 力控模式； 3 - 位置力控模式；（建议增加用户控制周期配置） 4 - 速度力控模式； 5 - 位置速度力控模式；		
			…	……		……	…
Pn17	0x11	力矩控制	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	读写
			0x01	#1关节电机目标力控	16位有符号整型数据；默认值5700；单位：g； 2Byte表示一个关节电机；有效值【0，65535】	2Byte	读写
			0x02	#2关节电机目标力控	写寄存器，设置目标力矩，返回当前的实际力矩； 读寄存器，获取当前的实际力矩； > 实际关节关节电机可能达不到最大值，以对应产品为主；	2Byte	读写
			…	……		……	…
Pn18	0x12	速度控制	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	读写
			0x01	#1关节电机目标速度	16位有符号整型数据；默认值1000；单位：1/65535最大速度； 2Byte表示一个关节电机；有效值【0，1000】	2Byte	读写
			0x02	#2关节电机目标速度	写寄存器，设置目标速度，返回当前的实际速度； 读寄存器，获取当前的实际速度； > 速度单位为千分之一最大速度；默认值1000即最大速度；	2Byte	读写
			…	……		……	…
Pn19	0x13	位置控制	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	读写

			0x01	#1关节电机目标位置	16位有符号整型数据；默认值0；单位：1/65535最大位置； 2Byte表示一个关节电机；有效值根据产品进行定义； 写寄存器，设置目标位置，返回当前的实际位置； 读寄存器，获取当前的实际位置；	2Byte	读写
			0x02	#2关节电机目标位置		2Byte	读写
			...	... ...		... ...	...
Pn20	0x14	混合控制	0x00	子寄存器操作	0 - 关节ID + 控制模式：高3bit表示控制模式，低5bit表示关节ID； 根据第一个Byte下发的关节ID和控制模式确定配置数据信息； > 多关节依次排布，根据关节ID进行解析，解析失败没有应答帧； 通用控制示例	bag大小×主动自由度	只写
Pn21	0x15	手势控制	0x00	数字1	子寄存器【0x00 ～ 0x09】为固定手势寄存器，不支持用户自定义配置； 子寄存器【0x0A ～ 0x1D】为自定义手势寄存器，可以通过下述规则进行配置： 通过写寄存器2Byte表示一个手指关节的目标位置，根据ID依次排列，必须一次性下发所有主动自由度的关节位置配置信息； 通过读寄存器来执行某一个手势控制； > 默认自动保存，重启后配置信息保留； 手势动作编排示例	64Byte	读写
			0x01	数字2		64Byte	读写
			0x02	数字3		64Byte	读写
			0x03	数字4		64Byte	读写
			0x04	数字5		64Byte	读写
			0x05	数字6		64Byte	读写
			0x06	数字7		64Byte	读写
			0x07	数字8		64Byte	读写
			0x08	数字9		64Byte	读写
			0x09	OK		64Byte	读写
			0x0A	用户自定义手势1		64Byte	读写
			... ...	... ...		...	...
			0x1F	用户自定义手势22		64Byte	读写

Pn22	0x16	循环控制序列	0x0	用户自定义手势序列1	通过2个Byte表示一个自定义手势序列; Bit00 ~ Bit10：表示手势执行后的延时时间，单位ms; Bit11 ~ Bit15：表示执行的手势动作; 最多支持32个动作编排，需一次性下发所有的动作序列，不支持追加配置，仅支持覆盖; 默认自动保存，重启后配置信息保留; 循环控制序列示例	64Byte	读写
			…	……		……	…
			0x1F	用户自定义手势序列32		64Byte	读写
Pn23	0x17	预留	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器;	单个子寄存长度×主动自由度	预留
…	…	…	…	…	……	……	…
Pn31	0x1F	预留	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器;	单个子寄存长度×主动自由度	预留
Pn32	0x20	错误上报	0x0	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器;	单个子寄存长度×主动自由度	只读
			0x1	#1关节电机错误信息	在发生错误时主动上报当前电机的错误信息；16位无符号整型数据；错误信息定义如下： Bit0：堵转保护; Bit1：过温保护; Bit2：过流保护; Bit3：电机异常; Bit4：通讯异常; Bit5 ～ Bit15：保留; 根据产品信息定义可以进行补充 对该寄存器写0x0000主动清除当前的错误信息;	2Byte	读写
			0x2	#2关节电机错误信息		2Byte	读写
			…	……		……	…
Pn33	0x21	温度上报	0x0	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器;	单个子寄存长度×主动自由度	只读
			0x1			2Byte	读写

				#1关节电机温度信息	写该寄存器配置主动上报周期时间，单位：ms； 16位无符号整型数据；默认值：0，不主动上报； 示例：以1Hz频率主动上报关节温度，下发：0x03E8; 读该寄存器主动获取当前温度信息，单位：°C； 16位有符号整型数据； 示例：当前关节温度为50°C，上报：0x0032； 大于1Byte按照小端模式发送		
			0x2	#2关节电机温度信息		2Byte	读写
			…	… …		… …	…
Pn34	0x22	电流上报	0x0	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	只读
			0x1	#1关节电机温度信息	写该寄存器配置主动上报周期时间，单位：ms； 16位无符号整型数据；默认值：0，不主动上报； 示例：以1Hz频率主动上报关节电流，下发：0x03E8; 读该寄存器主动获取当前电流，单位：mA； 16位有符号整型数据； 示例：当前关节电流为1500mA，上报：0x05DC; 大于1Byte按照小段模式发送	2Byte	读写
			0x2	#2关节电机温度信息		2Byte	读写
			…	… …		… …	…
Pn35	0x23	预留	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	预留
…	…	…	…	…	… …	…	…
Pn47	0x2F	预留	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	预留

4.4 厂家配置寄存器定义

不同的产品特殊配置参数，如传感器校准标定，手指关节SN等等信息；

编号	寄存器地址	寄存器名称	子寄存器	子寄存器名称	寄存器内容	寄存器长度	读写权限
Pn48	0x30	预留	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	预留
…	…	…	…	…	… …	…	…
Pn127	0x7F	预留	0x00	子寄存器操作	读写该寄存器下所有的子寄存器；	单个子寄存长度×主动自由度	预留

4.5 固件升级寄存器(预留)

Host: 上位机

Device：灵巧手

Byte								Byte						
bit31	bit30	bit29	bit28	bit27	bit26	bit25	bit24	bit23	bit22	bit21	bit20	bit19	bit18	b
x	x	x	R/W	子寄存器地址：0x0 ~ 0xF				寄存器地址：0x00 ~ 0xFF						

Byte								Byte						
bit15	bit14	bit13	bit12	bit11	bit10	bit9	bit8	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	b
保留	产品ID：0x01 ~ 0x7F							保留	设备ID：0x01 ~ 0x7F					

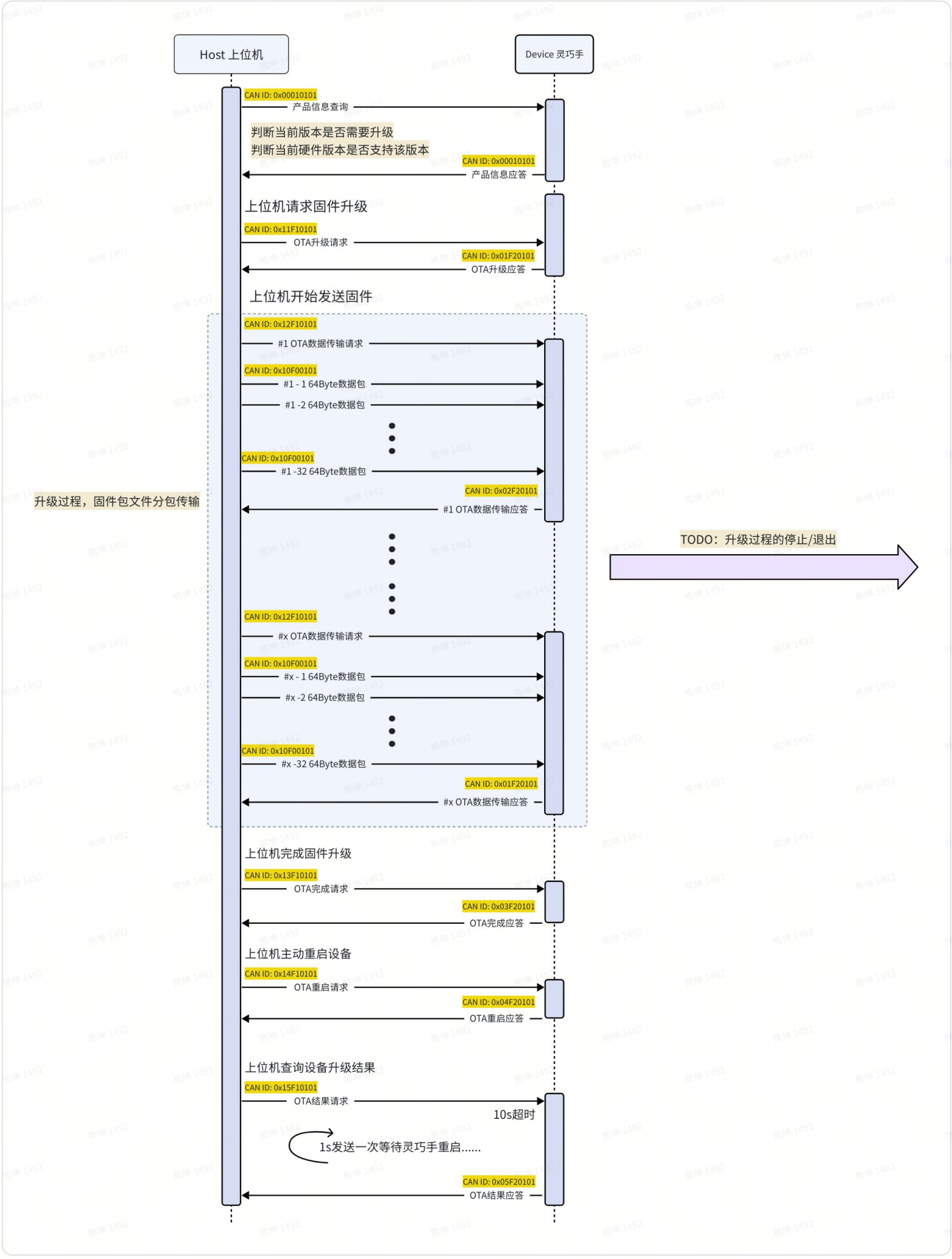
参数编号	读写标志位	寄存器地址	寄存器名称	子寄存器	子寄存器名称	寄存器内容	寄存器长度	数据流
Pn1	1	0xF0	OTA数据包	0x00	数据包	数据包内容	64Byte	Host -> Device
Pn2	1	0xF1	OTA相关请求命令	0x00	N/C	不响应		
				0x01			16Byte	

					OTA升级请求	0 - 无符号32位整型数据，固件长度； 注：固件长度需要发送2K对齐的固件长度； 1 - 无符号16位整型数据，固件分包个数；（2K为一个分包） 2 - 无符号16位整型数据，预留默认为0； 3 - 无符号32位整型数据，预留默认为0； 4 - 无符号32位整型数据，预留默认为0；		Host -> Device
				0x02	OTA数据传输请求	0 - 无符号16位整型数据，固件分包索引； 1 - 无符号16位整型数据，固件分包CRC校验值；(CRC16-Modbus) 注：数据包长度默认2K，不足2K的分包使用0xFF补齐；	4Byte	Host -> Device
				0x03	OTA完成请求	无符号32位整型数据；预留默认为0；	4Byte	Host -> Device
				0x04	OTA重启请求	无符号32位整型数据；延迟x时间后重启，0立即重启；	4Byte	Host -> Device
				0x05	OTA结果请求	无符号32位整型数据；预留默认为0；	4Byte	Host -> Device
				0x06	OTA退出请求	无符号32位整型数据； TODO：异常退出码定义	4Byte	Host -> Device
Pn3	0	0xF2	OTA相关应答命令	0x00	N/C	不响应		
				0x01	OTA升级应答	无符号32位整型数据； 0x00000000: 正常应答； 0x00000001：Flash分区表获取失败； 0x00000002：Download分区擦除失败；	4Byte	Device -> Host

					0x00000003：固件长度不合法 TODO: 拒绝OTA升级错误码定义；		
				0x02	OTA数据传输应答	无符号32位整型数据； 0x00000000: 正常应答； 0x00000001：CRC校验失败； TODO: 拒绝OTA数据包错误码定义；	4Byte	Device -> Host
				0x03	OTA完成应答	无符号32位整型数据； 0x00000000: 正常应答； 0x00000001：没有OTA请求； 0x00000002：固件不完整； 0x00000003：Flash分区表获取失败； 0x00000004：升级标志位设置失败；	4Byte	Device -> Host
				0x04	OTA重启应答	无符号32位整型数据； 0x00000000: 正常应答； TODO: 拒绝OTA重启错误码定义；	4Byte	Device -> Host
				0x05	OTA结果应答	无符号32位整型数据； 0x00000000: 正常应答； 0x00000001：未知错误； 0x00000002：数据读取错误； 0x00000003：数据写入错误； 0x00000004：固件损坏； 0x00000005：没有足够的更新空间； 0x00000006：不支持的压缩算法；	4Byte	Device -> Host

						0x00000007：不支持的加密类型； 0x00000008：不支持的差分算法； 0x00000009：不支持的数字签名； 0x0000000A：内存不足； 0x0000000B：不支持的容器类型； 0x0000000C：目标分区不存在； 0x0000000D：Flash擦除失败；		
				0x06	OTA退出应答	无符号32位整型数据； 0x00000000: 正常应答； TODO: 拒绝OTA退出错误码定义；	4Byte	Device -> Host

4.5.1 升级流程



4.5.2 固件数据包CRC16校验示例

```cpp
class ModbusCRC16 {
public:
    static uint16_t Calculate(const std::vector<uint8_t> &buffer) {
        uint16_t crc = 0xFFFF;
        for (auto data : buffer) {
            crc = (crc >> 8) ^ CRC_TABLE[(crc ^ data) & 0xFF];
        }
        return crc;
    }

private:
    static constexpr uint16_t CRC_TABLE[256] = {
        0x0000, 0xC0C1, 0xC181, 0x0140, 0xC301, 0x03C0, 0x0280, 0xC241,
        0xC601, 0x06C0, 0x0780, 0xC741, 0x0500, 0xC5C1, 0xC481, 0x0440,
        0xCC01, 0x0CC0, 0x0D80, 0xCD41, 0x0F00, 0xCFC1, 0xCE81, 0x0E40,
        0x0A00, 0xCAC1, 0xCB81, 0x0B40, 0xC901, 0x09C0, 0x0880, 0xC841,
        0xD801, 0x18C0, 0x1980, 0xD941, 0x1B00, 0xDBC1, 0xDA81, 0x1A40,
        0x1E00, 0xDEC1, 0xDF81, 0x1F40, 0xDD01, 0x1DC0, 0x1C80, 0xDC41,
        0x1400, 0xD4C1, 0xD581, 0x1540, 0xD701, 0x17C0, 0x1680, 0xD641,
        0xD201, 0x12C0, 0x1380, 0xD341, 0x1100, 0xD1C1, 0xD081, 0x1040,
        0xF001, 0x30C0, 0x3180, 0xF141, 0x3300, 0xF3C1, 0xF281, 0x3240,
        0x3600, 0xF6C1, 0xF781, 0x3740, 0xF501, 0x35C0, 0x3480, 0xF441,
        0x3C00, 0xFCC1, 0xFD81, 0x3D40, 0xFF01, 0x3FC0, 0x3E80, 0xFE41,
        0xFA01, 0x3AC0, 0x3B80, 0xFB41, 0x3900, 0xF9C1, 0xF881, 0x3840,
        0x2800, 0xE8C1, 0xE981, 0x2940, 0xEB01, 0x2BC0, 0x2A80, 0xEA41,
        0xEE01, 0x2EC0, 0x2F80, 0xEF41, 0x2D00, 0xEDC1, 0xEC81, 0x2C40,
        0xE401, 0x24C0, 0x2580, 0xE541, 0x2700, 0xE7C1, 0xE681, 0x2640,
        0x2200, 0xE2C1, 0xE381, 0x2340, 0xE101, 0x21C0, 0x2080, 0xE041,
        0xA001, 0x60C0, 0x6180, 0xA141, 0x6300, 0xA3C1, 0xA281, 0x6240,
        0x6600, 0xA6C1, 0xA781, 0x6740, 0xA501, 0x65C0, 0x6480, 0xA441,
        0x6C00, 0xACC1, 0xAD81, 0x6D40, 0xAF01, 0x6FC0, 0x6E80, 0xAE41,
        0xAA01, 0x6AC0, 0x6B80, 0xAB41, 0x6900, 0xA9C1, 0xA881, 0x6840,
        0x7800, 0xB8C1, 0xB981, 0x7940, 0xBB01, 0x7BC0, 0x7A80, 0xBA41,
        0xBE01, 0x7EC0, 0x7F80, 0xBF41, 0x7D00, 0xBDC1, 0xBC81, 0x7C40,
        0xB401, 0x74C0, 0x7580, 0xB541, 0x7700, 0xB7C1, 0xB681, 0x7640,
        0x7200, 0xB2C1, 0xB381, 0x7340, 0xB101, 0x71C0, 0x7080, 0xB041,
        0x5000, 0x90C1, 0x9181, 0x5140, 0x9301, 0x53C0, 0x5280, 0x9241,
        0x9601, 0x56C0, 0x5780, 0x9741, 0x5500, 0x95C1, 0x9481, 0x5440,
        0x9C01, 0x5CC0, 0x5D80, 0x9D41, 0x5F00, 0x9FC1, 0x9E81, 0x5E40,
        0x5A00, 0x9AC1, 0x9B81, 0x5B40, 0x9901, 0x59C0, 0x5880, 0x9841,
        0x8801, 0x48C0, 0x4980, 0x8941, 0x4B00, 0x8BC1, 0x8A81, 0x4A40,
        0x4E00, 0x8EC1, 0x8F81, 0x4F40, 0x8D01, 0x4DC0, 0x4C80, 0x8C41,
        0x4400, 0x84C1, 0x8581, 0x4540, 0x8701, 0x47C0, 0x4680, 0x8641,
        0x8201, 0x42C0, 0x4380, 0x8341, 0x4100, 0x81C1, 0x8081, 0x4040
    };
};
```

4.6 通用控制示例

混合控制示例1：

灵巧手设备ID为0x01，12个自由度，控制模式为位置力控模式，一次性可以下发12个关节的目标信息；

- 请求的每一个关节的bag组成为：关节ID + 控制模式 + 目标位置 + 目标力距共5Byte；
- 应答的每一个关节的bag组成为：关节ID + 控制模式 + 实际位置 + 实际力距共5Byte；
  - 请求当前所有的关节控制模式为位置力控模式，目标位置为1000，目标力距为1000；
  - 应答当前所有的关节控制模式为位置力控模式，实际位置为500，实际力距为500；

	CANFD ID	Length	Data(HEX)
请求	0x00140181	64Byte(60Byte有效)	60 E8 03 E8 03 61 E8 03 E8 03 62 E8 03 E8 03 63 E8 03 E8 03 64 E8 03 E8 03 65 E8 03 E8 03 66 E8 03 E8 03 67 E8 03 E8 03 68 E8 03 E8 03 69 E8 03 E8 03 6A E8 03 E8 03 6B E8 03 E8 03 00 00 00 00
应答	0x00140101	64Byte(60Byte有效)	60 F4 01 F4 01 61 F4 01 F4 01 62 F4 01 F4 01 63 F4 01 F4 01 64 F4 01 F4 01 65 F4 01 F4 01 66 F4 01 F4 01 67 F4 01 F4 01 68 F4 01 F4 01 69 F4 01 F4 01 6A F4 01 F4 01 6B F4 01 F4 01 00 00 00 00

混合控制示例2：

灵巧手设备ID为0x01，12个自由度，控制模式为速度力控模式，一次性可以下发12个关节的目标信息；

- 请求的每一个关节的bag组成为：关节ID + 控制模式 + 目标速度 + 目标力距共5Byte；
- 应答的每一个关节的bag组成为：关节ID + 控制模式 + 实际速度 + 实际力距共5Byte；
  - 请求当前所有的关节控制模式为速度力控模式，目标速度1000，目标力距1000；
  - 应答当前所有的关节控制模式为速度力控模式，实际速度1000，实际力距500；

	CANFD ID	Length	Data
请求	0x00140181	64Byte(60Byte有效)	80 E8 03 E8 03 81 E8 03 E8 03 82 E8 03 E8 03 83 E8 03 E8 03 84 E8 03 E8 03 85 E8 03 E8 03 86 E8 03 E8 03 87 E8 03 E8 03 88 E8 03 E8 03 89 E8 03 E8 03 8A E8 03 E8 03 8B E8 03 E8 03 00 00 00 00
应答			

	0x0014 0101	64Byte(60Byte有效)	80 E8 03 F4 01 81 E8 03 F4 01 82 E8 03 F4 01 83 E8 03 F4 01 84 E8 03 F4 01 85 E8 03 F4 01 86 E8 03 F4 01 87 E8 03 F4 01 88 E8 03 F4 01 89 E8 03 F4 01 8A E8 03 F4 01 8B E8 03 F4 01 00 00 00 00

混合控制示例3：

灵巧手设备ID为0x01，12个自由度，控制模式为位置速度力控模式，最多一次性可以下发8个关节的目标信息；

- 请求的每一个关节的bag组成为：关节ID + 控制模式 + 目标位置 + 目标速度 + 目标力距共7Byte；
- 应答的每一个关节的bag组成为：关节ID + 控制模式 + 实际位置 + 实际速度 + 实际力距共7Byte；
  - 请求当前所有的关节控制模式为位置速度力控模式，目标位置1000，目标速度1000，目标力距1000；
  - 应答当前所有的关节控制模式为位置速度力控模式，实际位置500，实际速度1000，实际力距500；

	CANFD ID	Length	Data
请求	0x0014 0181	64Byte(56Byte有效)	A0 E8 03 E8 03 E8 03 A1 E8 03 E8 03 E8 03 A2 E8 03 E8 03 E8 03 A3 E8 03 E8 03 E8 03 A4 E8 03 E8 03 E8 03 A5 E8 03 E8 03 E8 03 A6 E8 03 E8 03 E8 03 A7 E8 03 E8 03 E8 03 00 00 00 00 00 00 00 00
应答	0x0014 0101	64Byte(56Byte有效)	A0 F4 01 E8 03 F4 01 A1 F4 01 E8 03 F4 01 A2 F4 01 E8 03 F4 01 A3 F4 01 E8 03 F4 01 A4 F4 01 E8 03 F4 01 A5 F4 01 E8 03 F4 01 A6 F4 01 E8 03 F4 01 A7 F4 01 E8 03 F4 01 00 00 00 00 00 00 00 00

手势控制动作编排示例：

灵巧手设备ID为0x01，12自由度，设定用户自定义手势1的动作为所有的关节都运动到1000位置；

	CANFD ID	Length	Data(HEX)
请求	0x0A150 181	24Byte	E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03
应答	0x0A150 101	24Byte	E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03

手势控制动作执行示例：

灵巧手设备ID为0x01，12自由度，执行用户自定义手势1预设动作；

	CANFD ID	Length	Data(HEX)
请求	0x0A150101	0Byte	
应答	0x0A150101	24Byte	E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03 E8 03

循环控制序列编排示例：

灵巧手设备ID为0x01，设定用户自定义手势序列为执行数字1->延迟1s->执行数字2->延迟1s->执行数字3->延迟1s；

	CANFD ID	Length	Data(HEX)
请求	0x00160181	6Byte	00 7D 01 7D 02 7D
应答	0x00160101	6Byte	00 7D 01 7D 02 7D

循环控制序列执行示例：

灵巧手设备ID为0x01，执行用户自定义手势序列；

	CANFD ID	Length	Data(HEX)
请求	0x00160101	0Byte	
应答	0x00160101	6Byte	00 7D 01 7D 02 7D

灵巧手设备ID为0x01，设定用户自定义手势序列为执行数字1->延迟1s->执行数字2->延迟1s->执行数字3->延迟1s；

	CANFD ID	Length	Data(HEX)
请求		6Byte	00 7D 01 7D 02 7D

	0x00160181		
应答	0x00160101	6Byte	00 7D 01 7D 02 7D

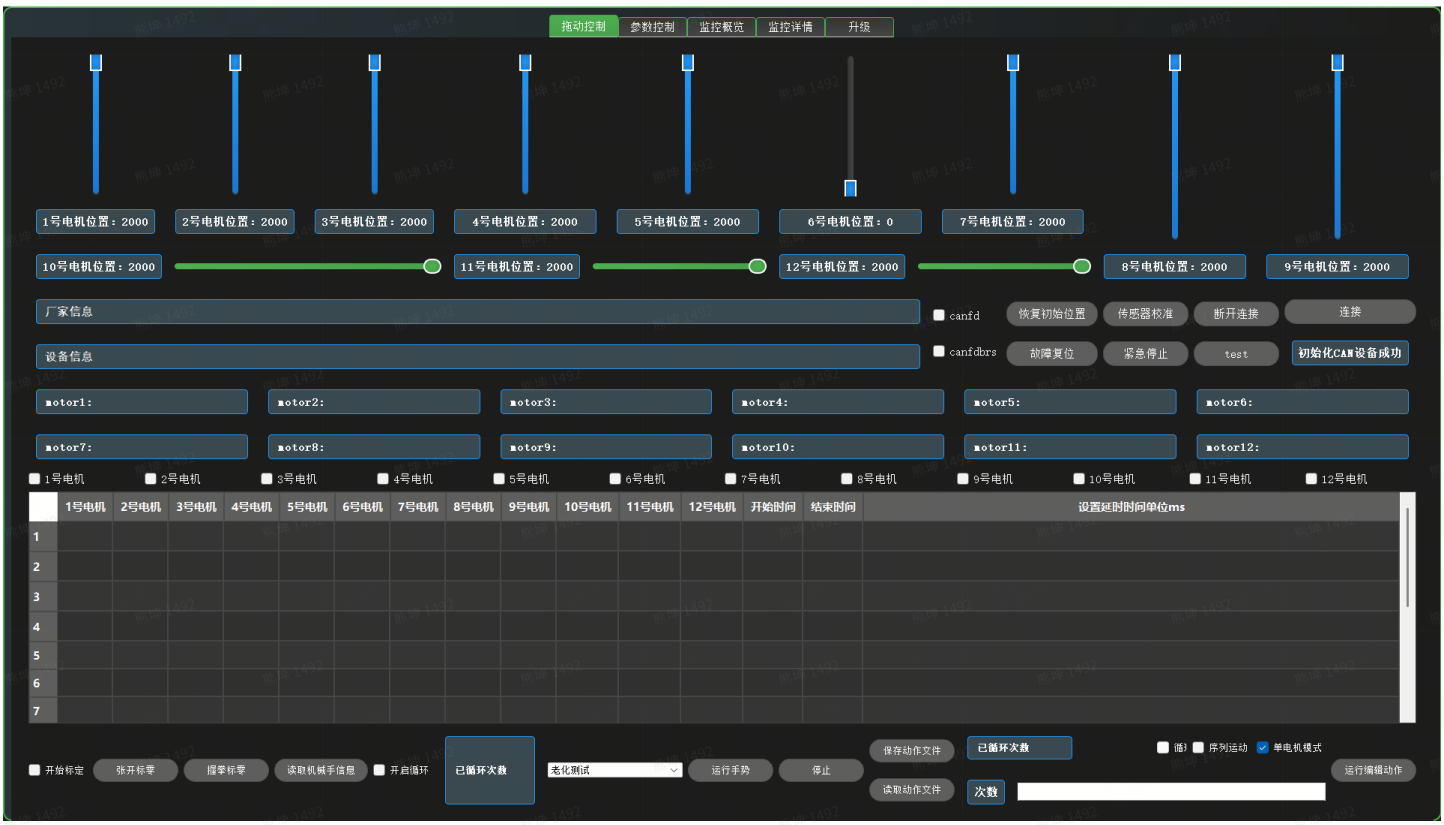
循环控制序列执行示例：

灵巧手设备ID为0x01，执行用户自定义手势序列；

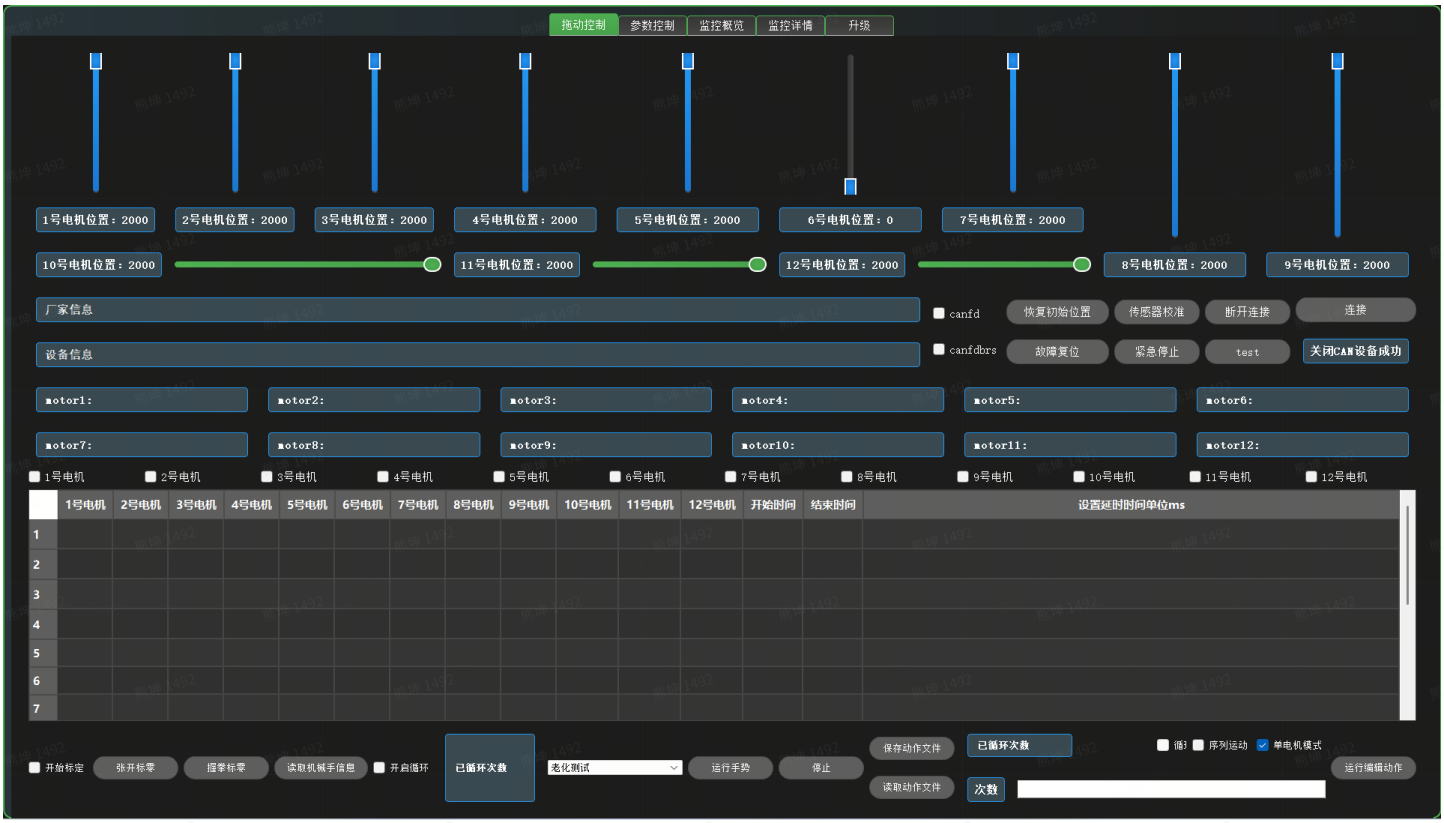
	CANFD ID	Length	Data(HEX)
请求	0x00160101	0Byte	
应答	0x00160101	6Byte	00 7D 01 7D 02 7D

5. 上位机使用说明

5.1 上位机连接



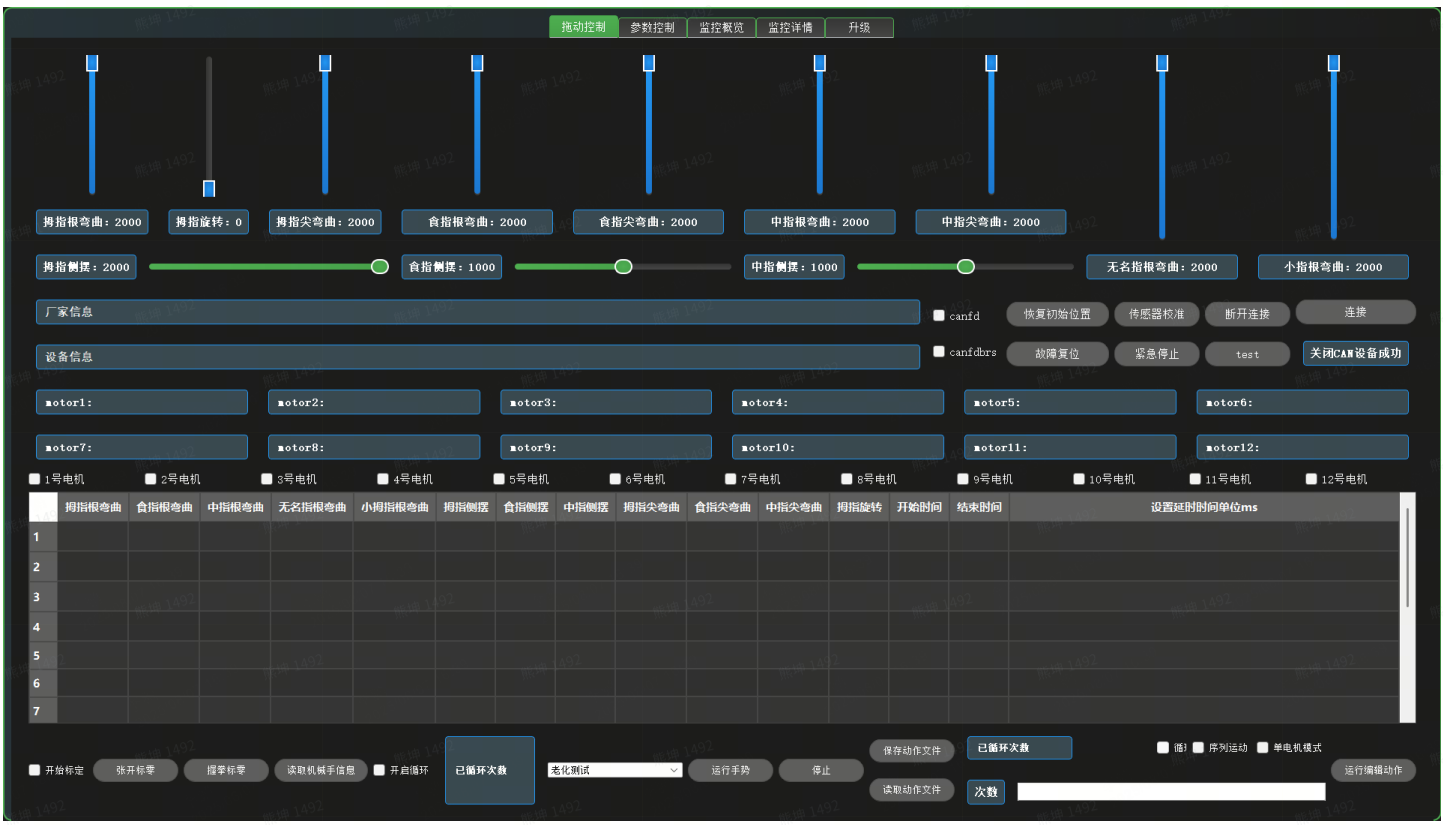
点击连接按钮，连接状态栏显示初始化CAN设备成功。



点击断开连接，连接状态栏显示关闭CAN设备成功。

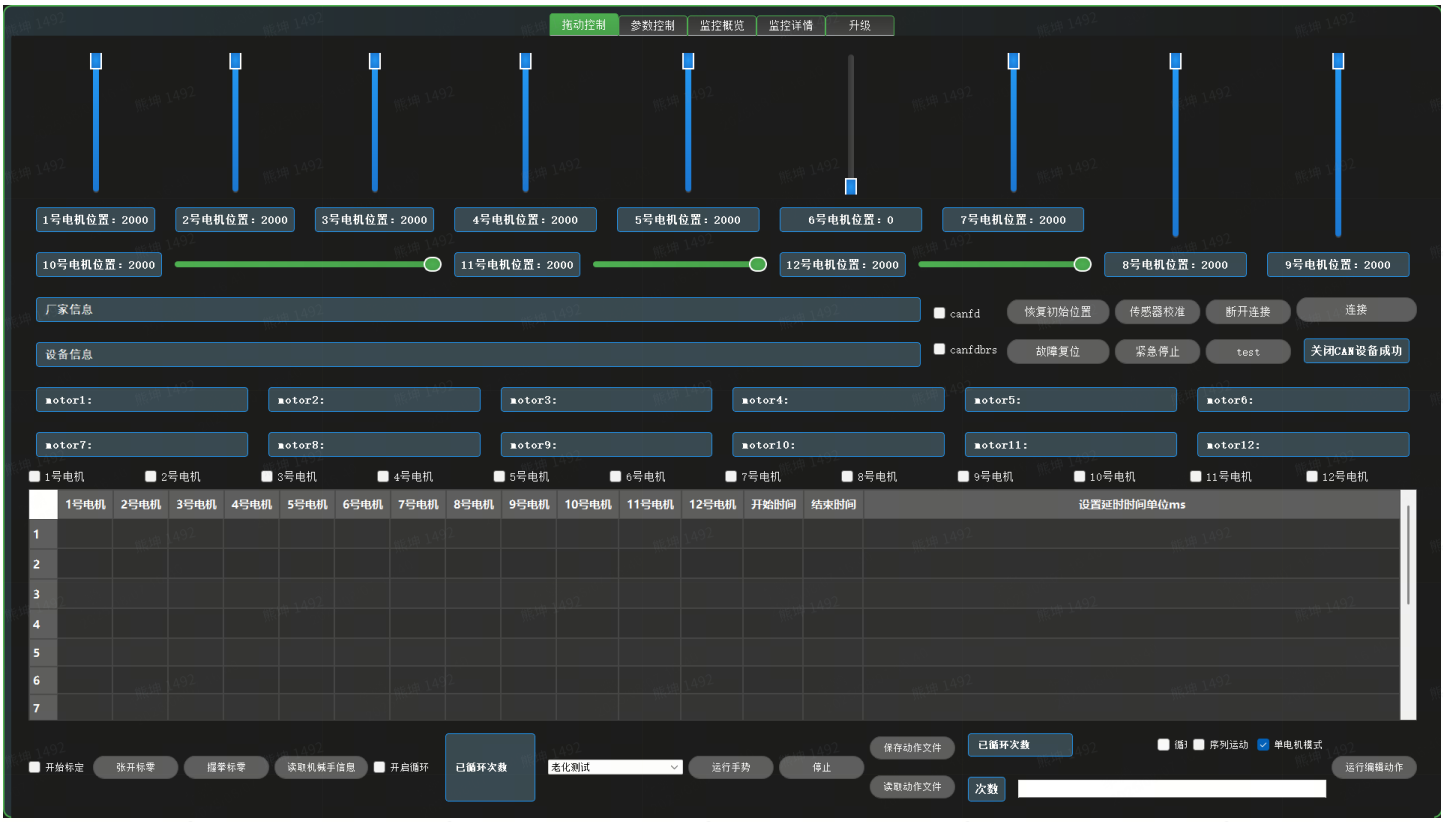
5.2 上位机滑动条控制

5.2.1 关节控制



连接灵巧手后，可以通过滑动条控制对应关节。

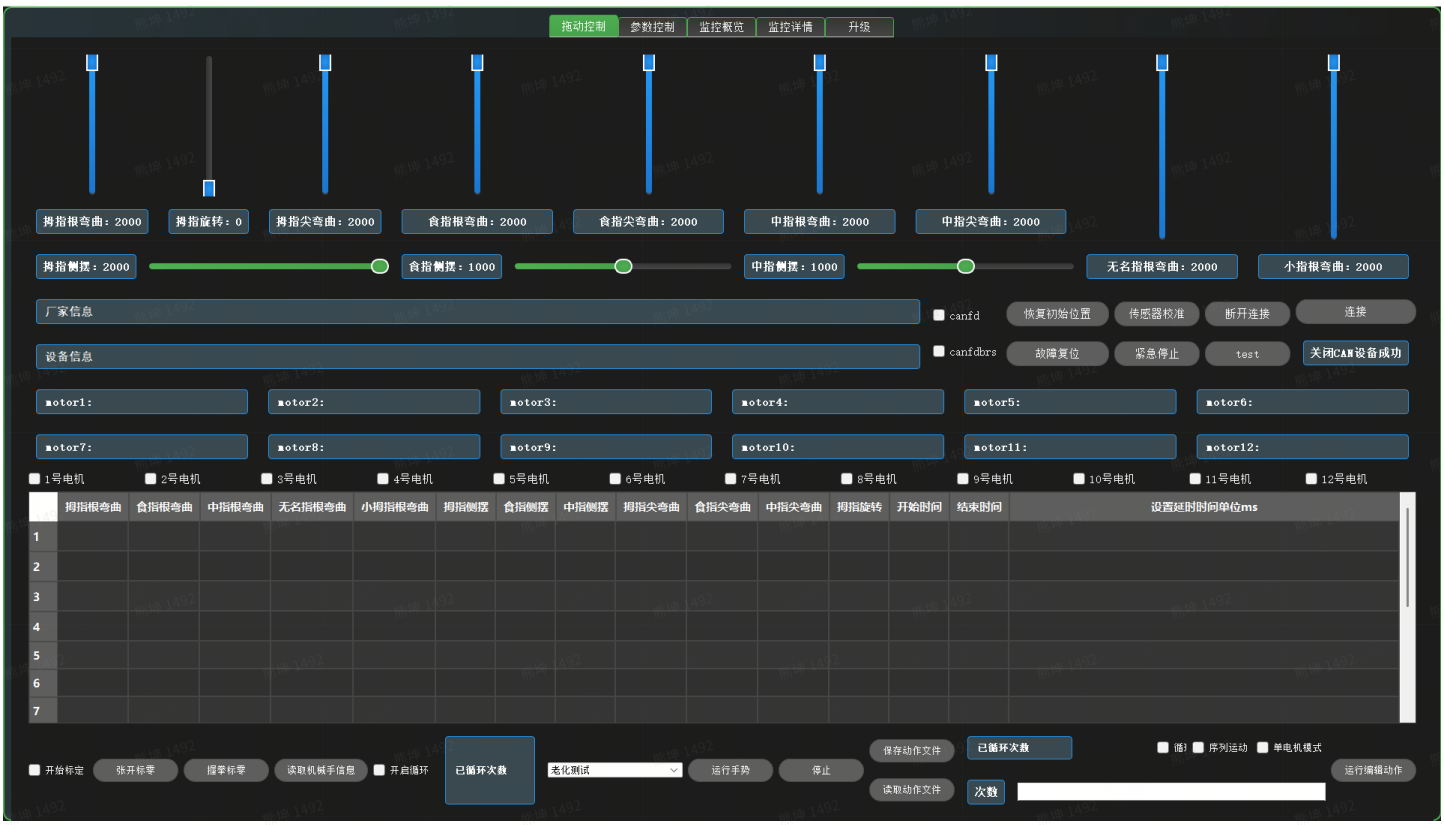
5.2.2 单电机控制

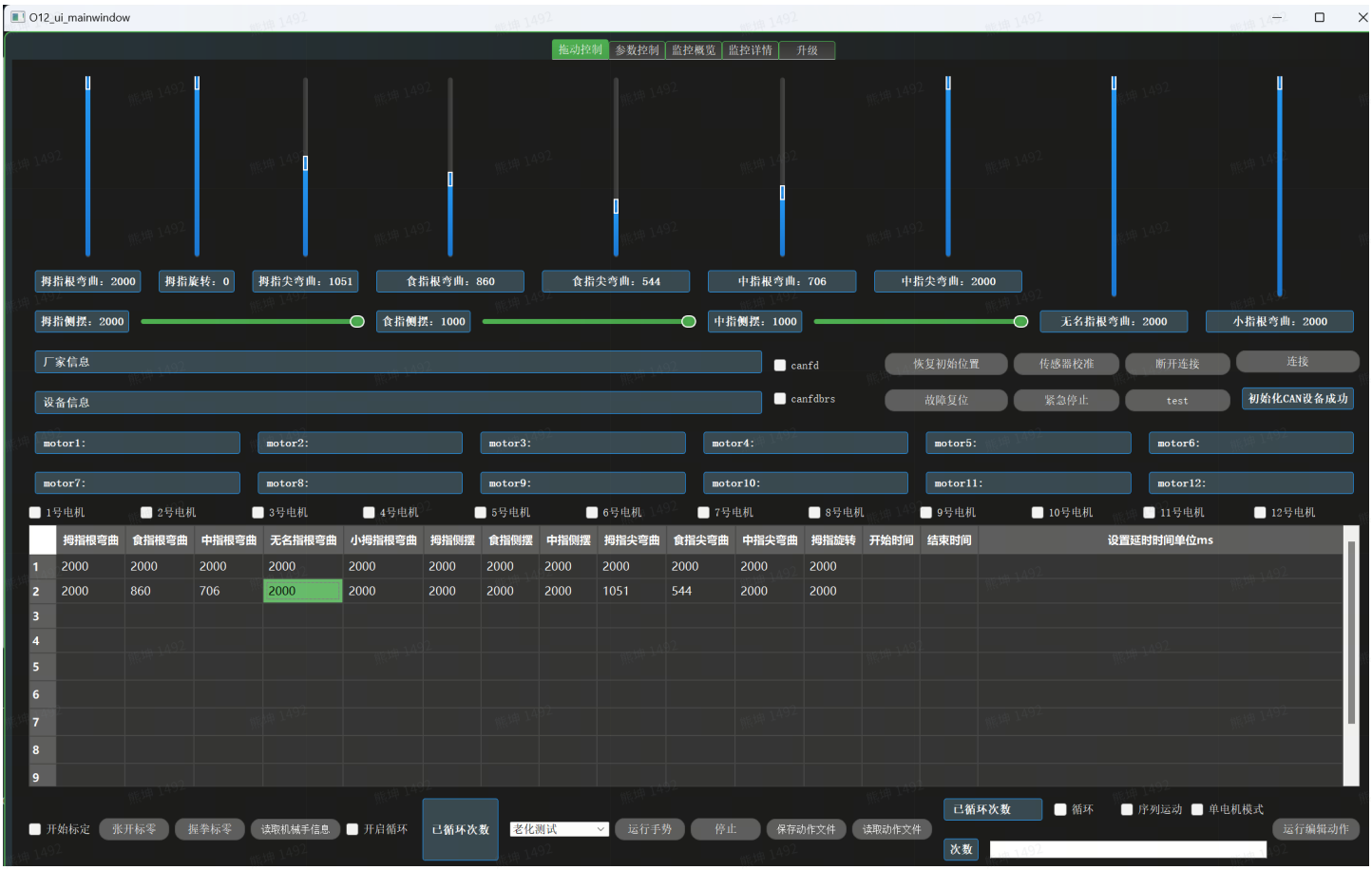


勾选单电机模式，可以改成单控个别电机。

5.3 表格控制

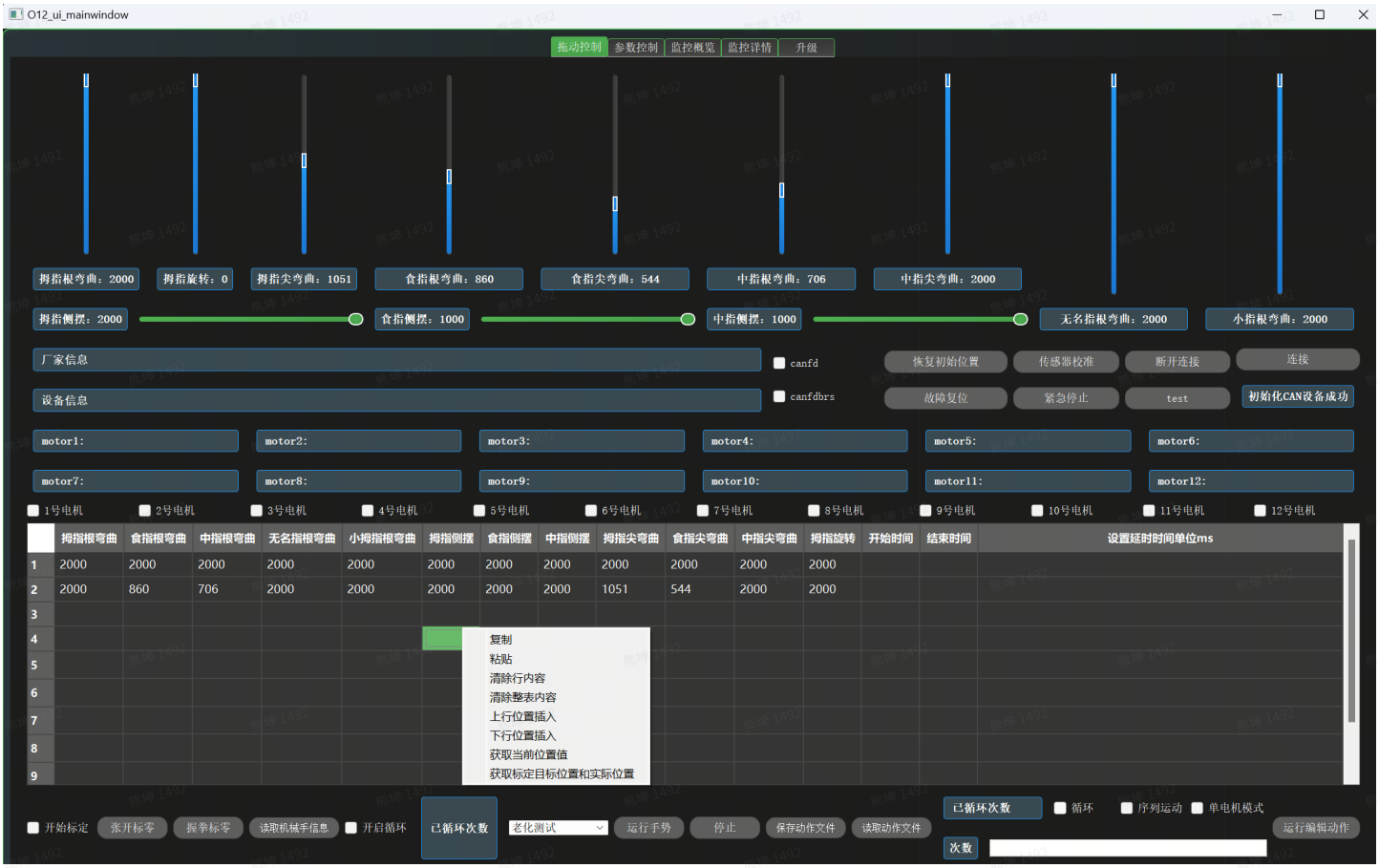
5.3.1 关节控制





表格的每一行代表代表一个动作，需要将第一个到第十二个这12单元格填写0~2000的数字，第十三个单元格和第十四个单元格显示的是动作运行的开始和结束时间，第十五个单元格用于设置延时时间，不填写情况下默认1000毫秒。

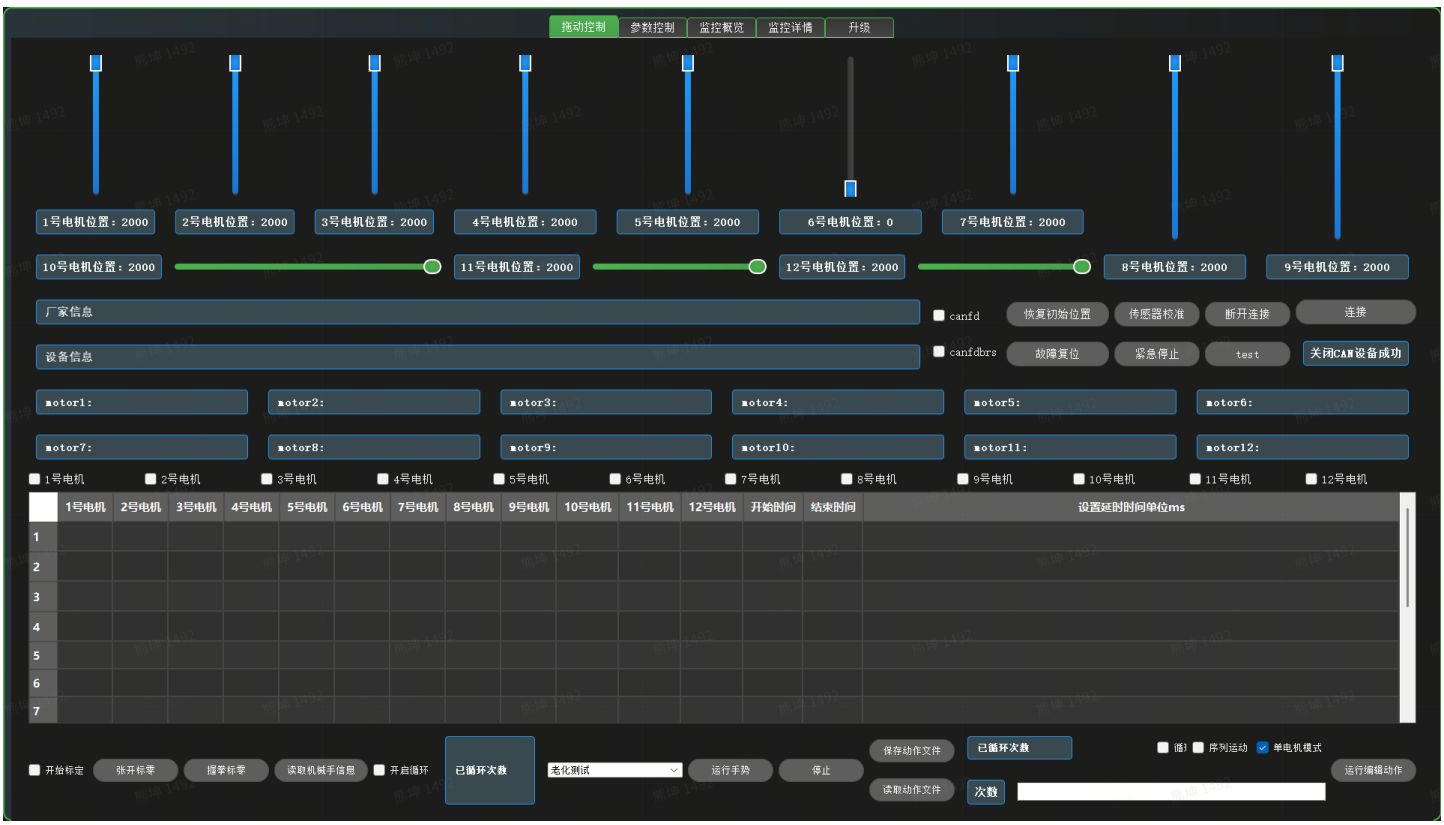
鼠标左键选中要填写的行，点击鼠标右键，出现按钮菜单，选择获取当前位置值，即可将滑动条当前位置输入到对应的行中的单元格。点击运行动作按钮，即可执行选中行的动作。



勾选序列运动，点击运动编辑动作按钮，可以执行第一行到最后一行的所有动作。

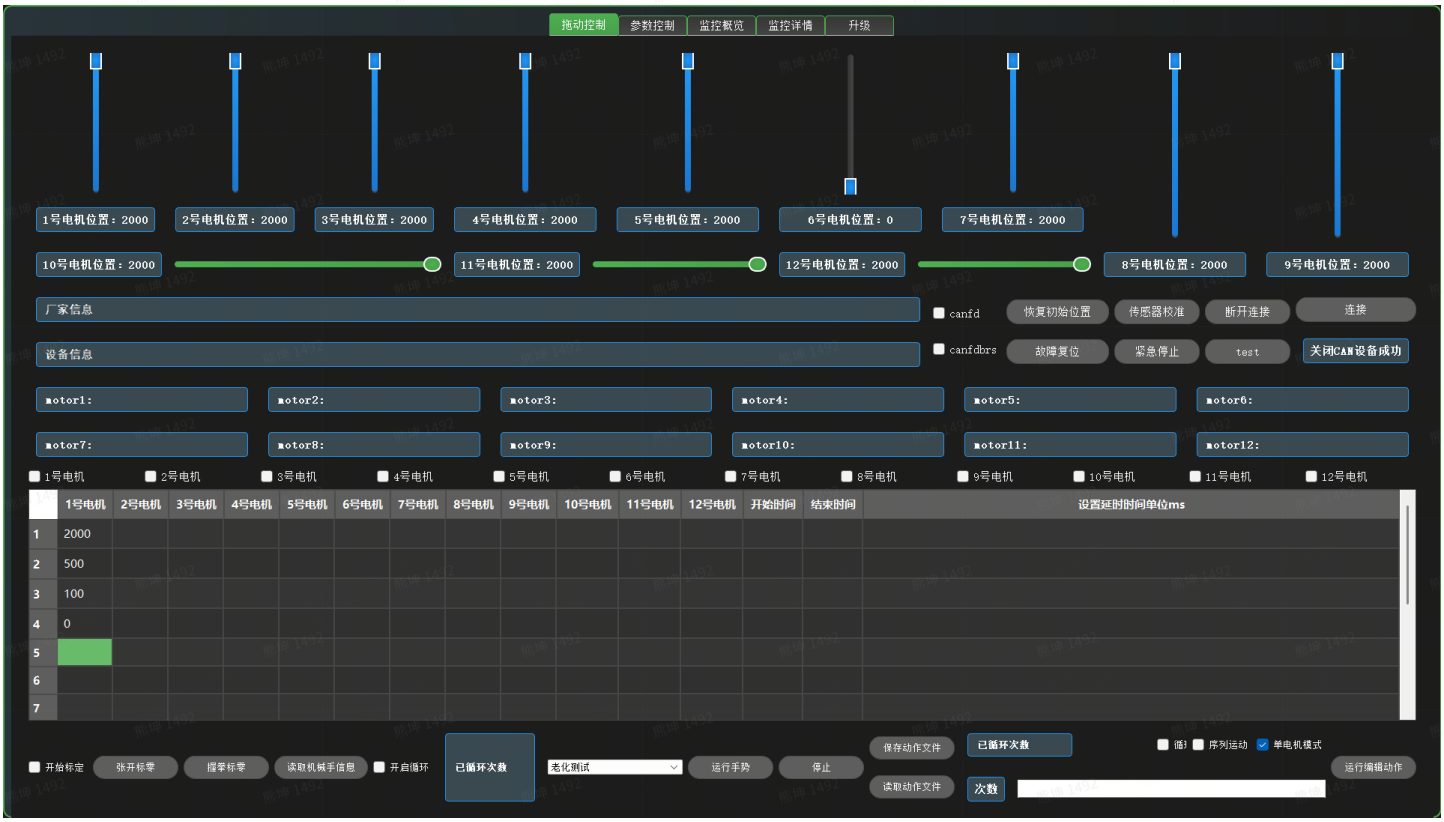
勾选循环，并在次数输入栏输入大于0的数字，点击运动编辑动作按钮，可以按输入次数，循环执行第一行到最后一行的所有动作。

5.3.2 单电机控制



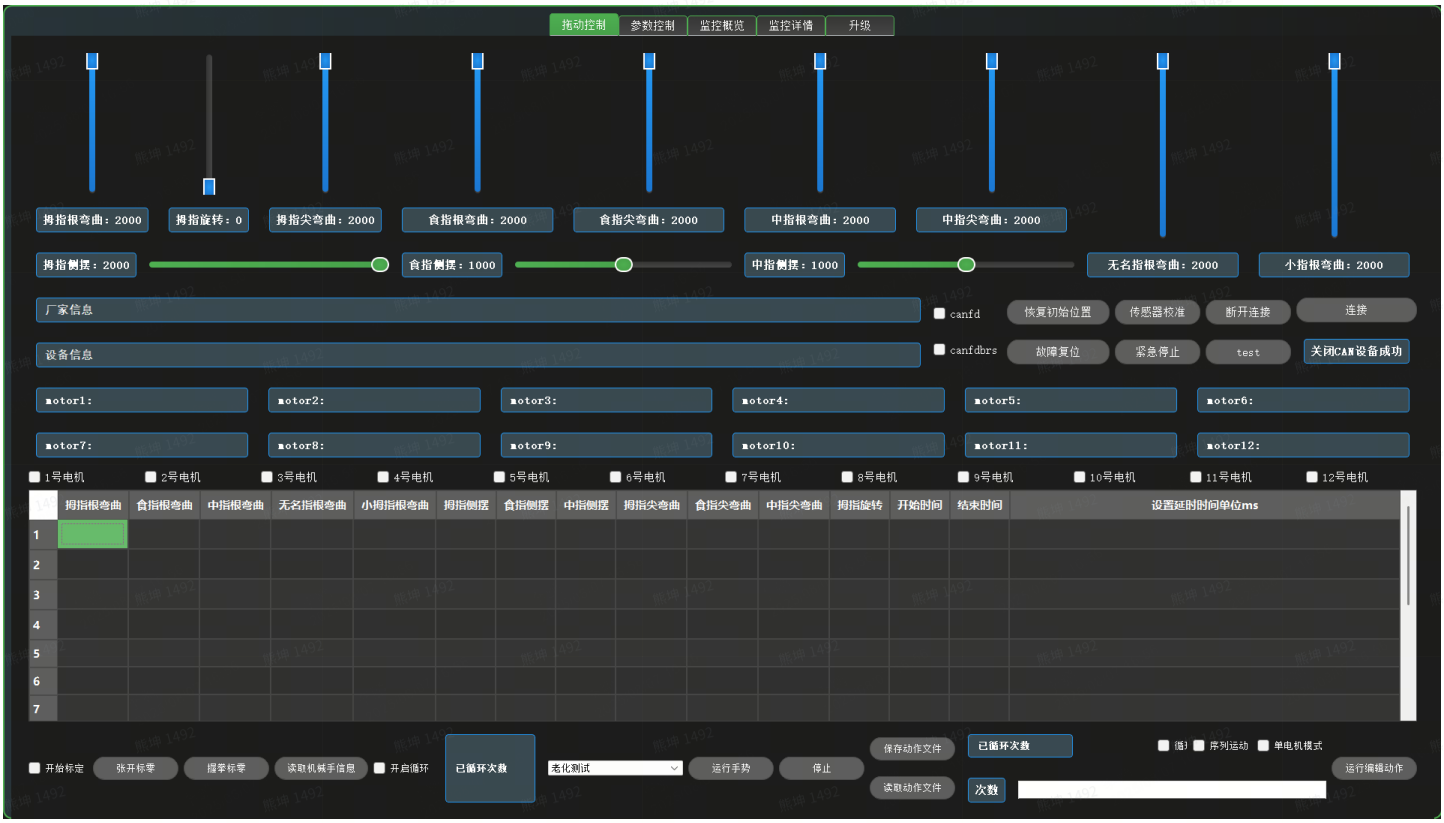
勾选单电机模式，表格切换到对应的电机标题。

首先勾选要控制电机的勾选框，比如1号电机。在表格对应的1号电机列输入要控制的0~2000的位置值，选中要运动的位置行，点击运行编辑动作按钮，对应电机运动到输入目标位置。比如鼠标左键选择第一行，点击运行编辑动作按钮，一号电机运行到2000位置。



序列运动，循环同表格关节控制。

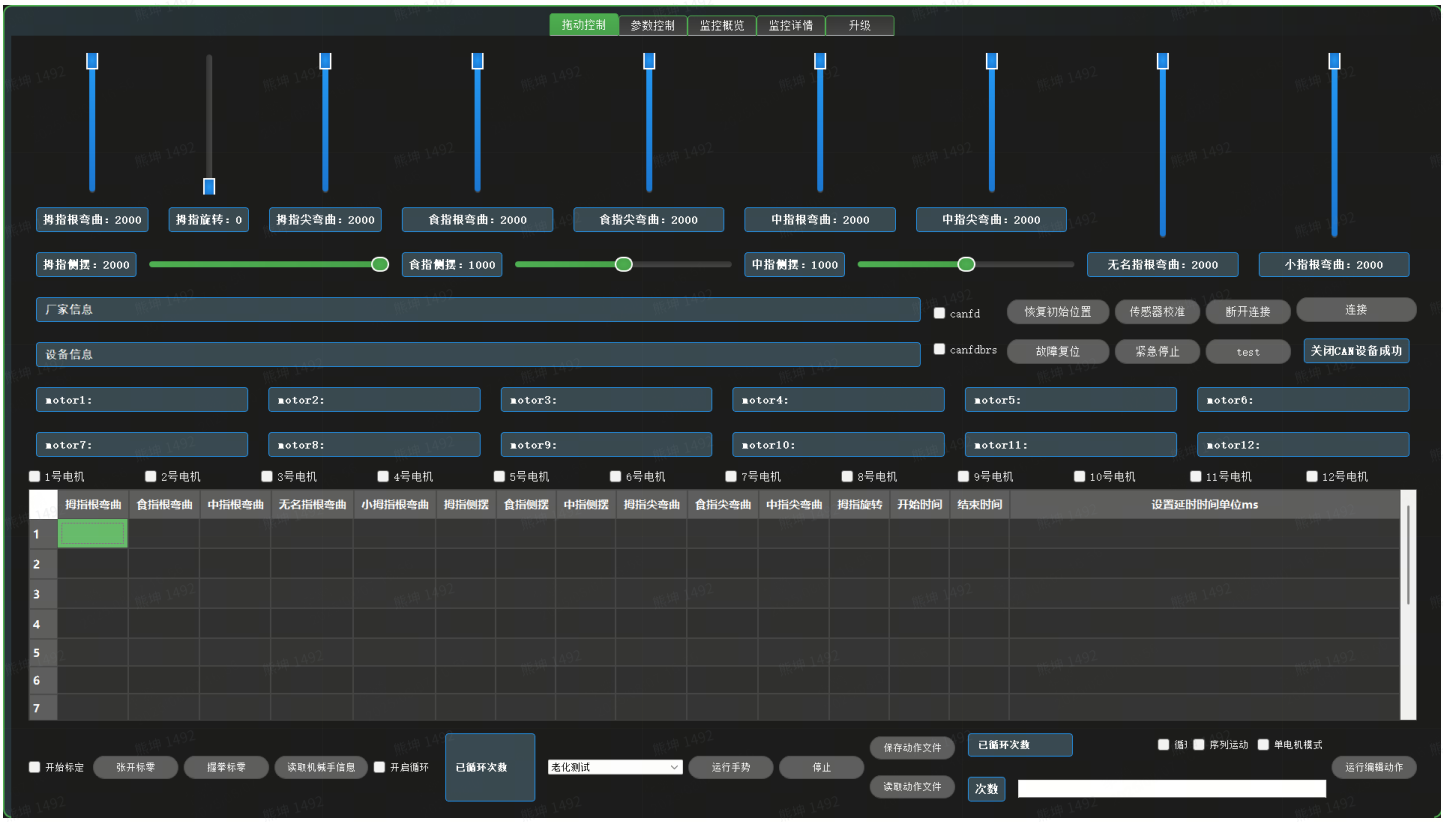
5.3.3 动作记录



点击保存动作按钮，可以将表格里的位置数据保存到txt文件里。

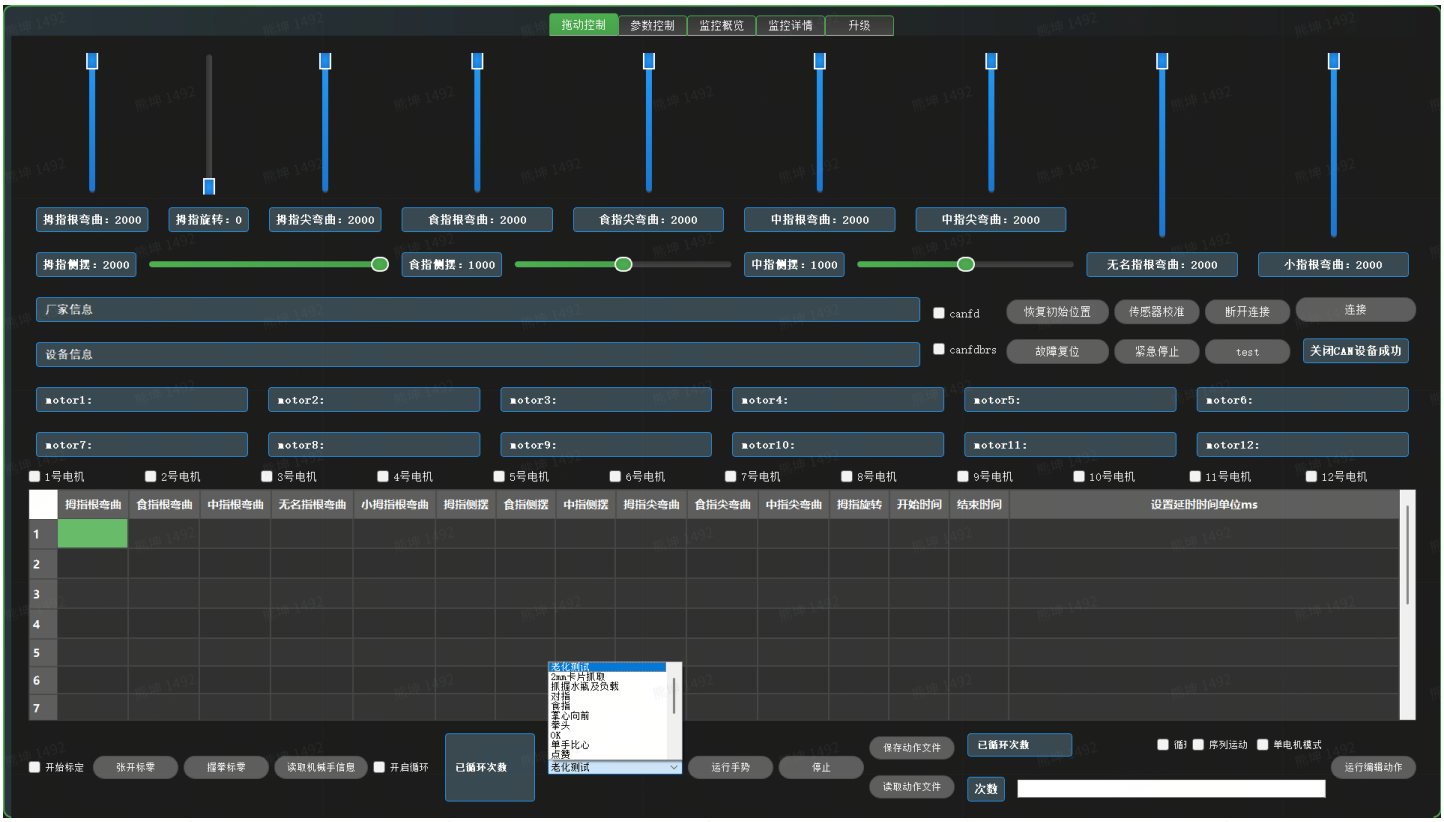
点击读取动作按钮，可以将保存的动作文件在表格里显示并运行。

5.3.4 紧急停止



循环过程中，可以点击紧急停止按钮停止循环。恢复初始位置按钮会让手张开，故障复位会发送故障复位命令，并解除紧急停止的停止锁。

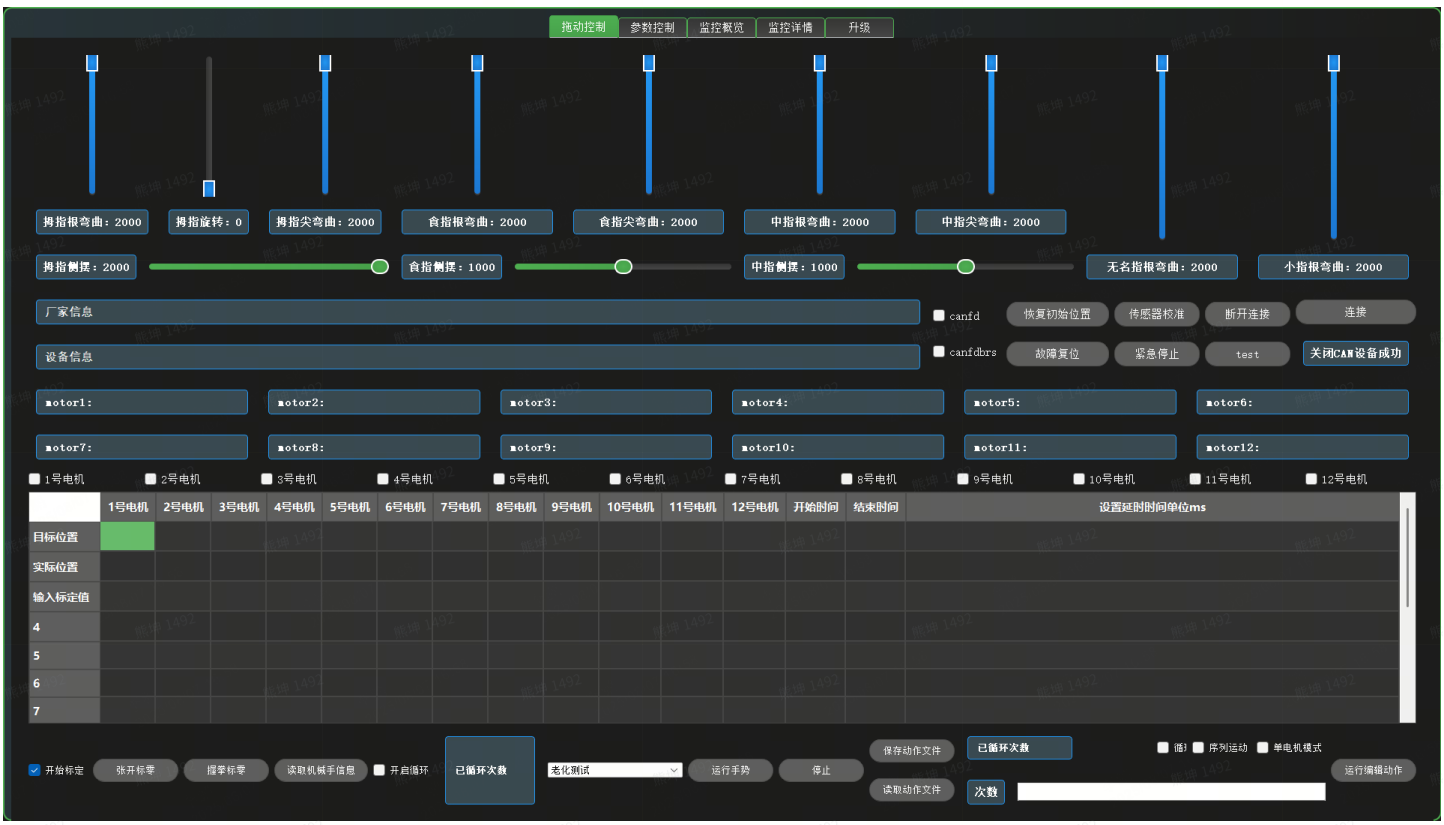
5.4 预设动作



点击运行手势按钮，可以运行预设的某一个手势。

勾选循环，输入次数，点击运行手势按钮，会循环所有预设手势。点击停止按钮可以停止循环。

5.5 标零

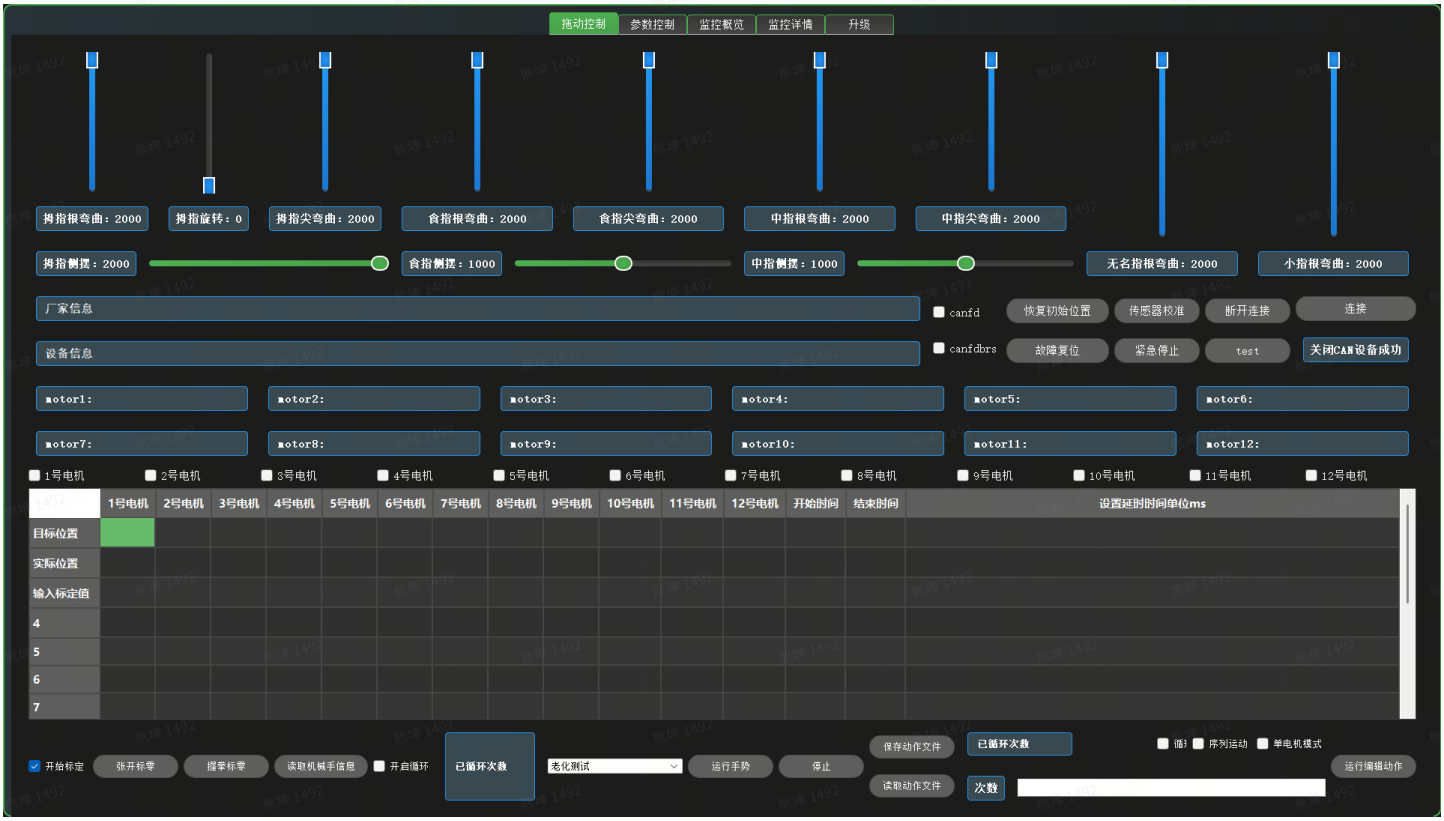


勾选左下角的开始标定，鼠标右键点击获取标定目标位置和实际位置，在输入标定值行输入对应电机的标定值，并勾选对应的电机勾选框。

点击张开标零，设置张开零点。

点击握拳标零，设置握拳零点。

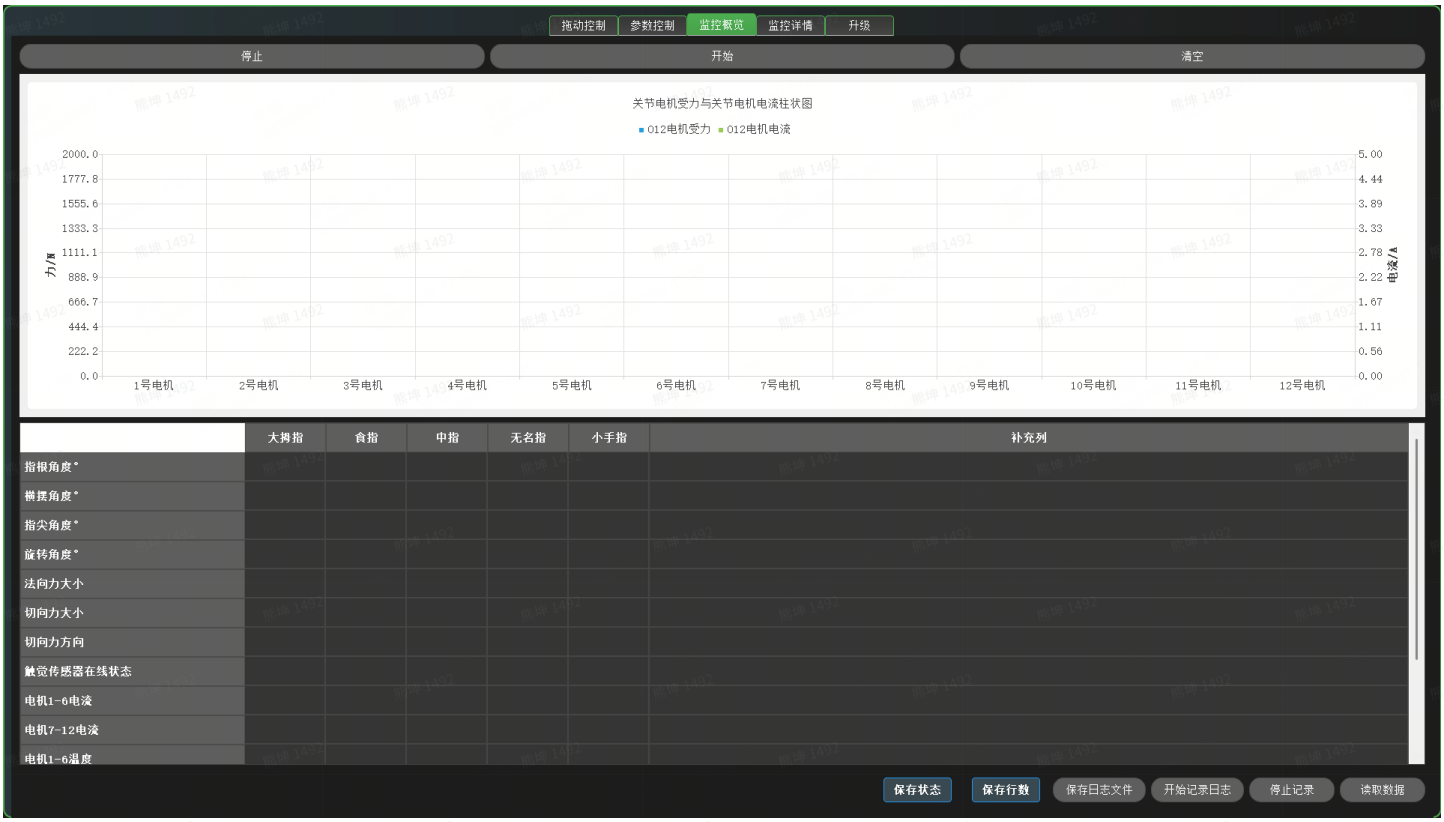
5.6 信息读取和故障上报



点击读取机械手信息，可以在厂家信息栏和设备信息栏显示具体信息。

motor1显示栏 至 motor12显示栏用于显示上位机主动上报的故障码。

5.7 监控概览

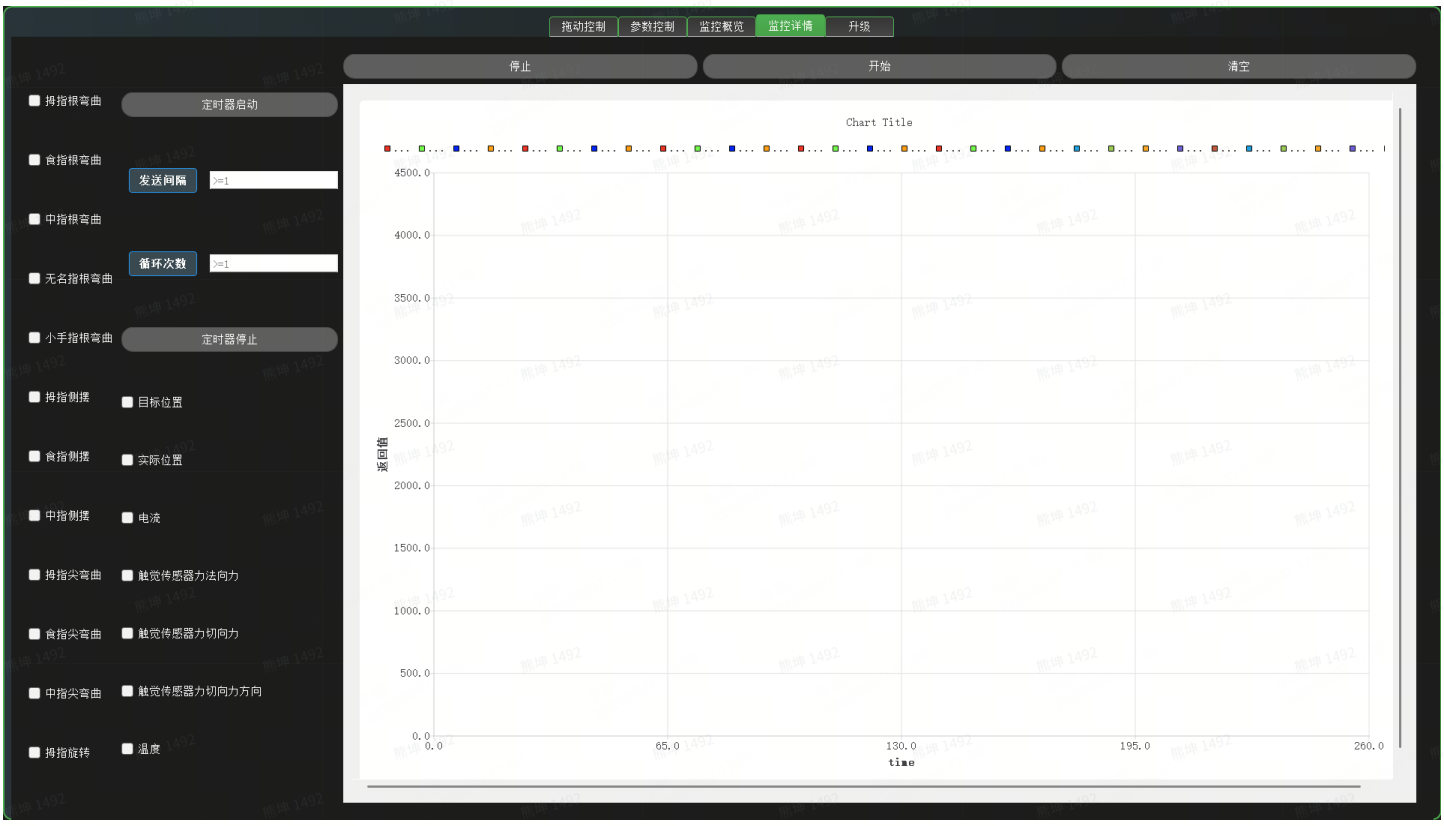


点击开始按钮，开始显示力和电流值。

点击读取数据按钮，可以在表格显示对应的数据。

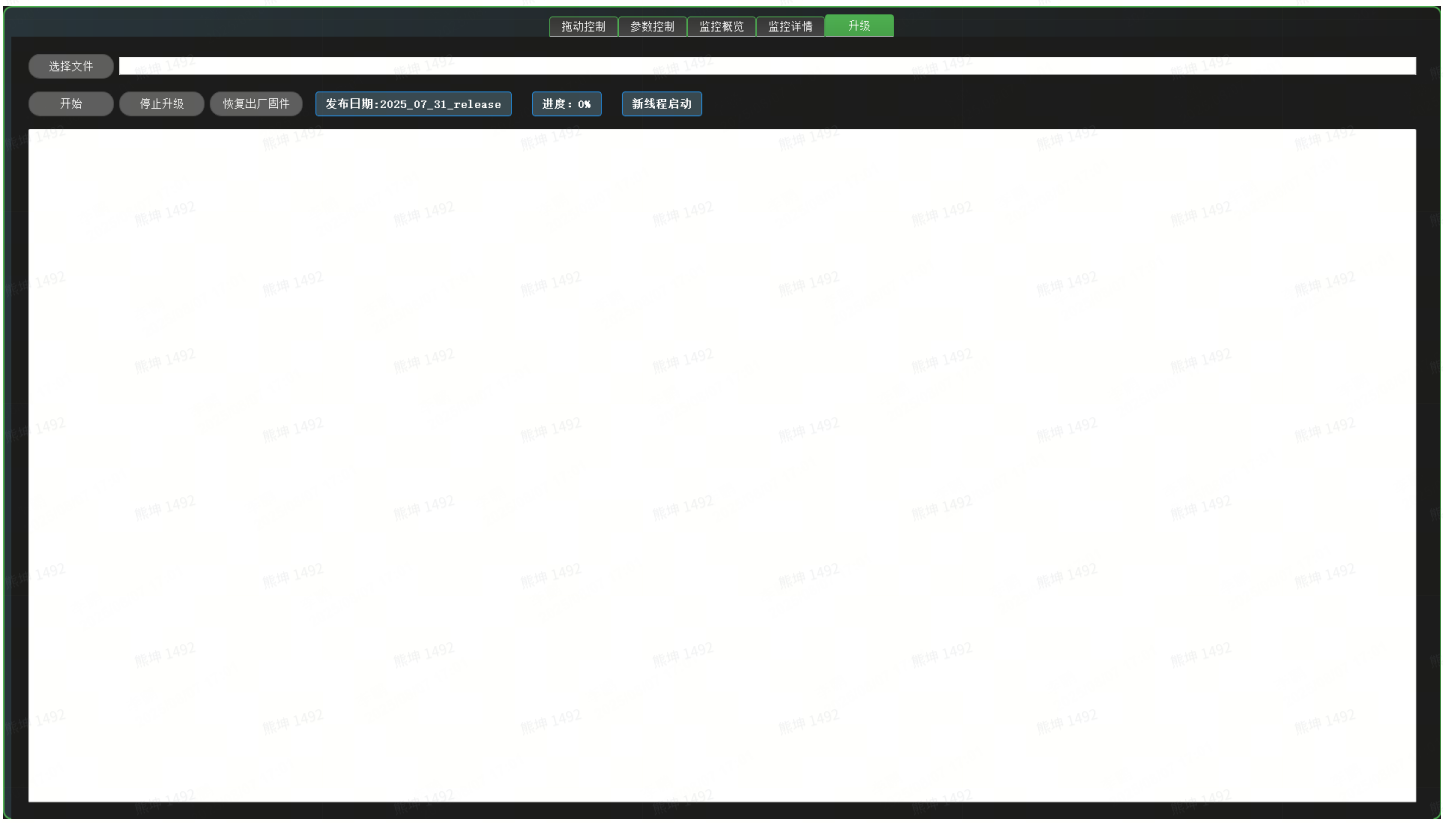
点击开始记录日志按钮，可以记录温度，电流，错误码，力矩的值，点击保存日志文件将保存记录的数据，如果不点击保存日志文件按钮，每5分钟，会自动保存一次，保存的文件会放置在上位机程序文件夹内。

5.8 监控详情



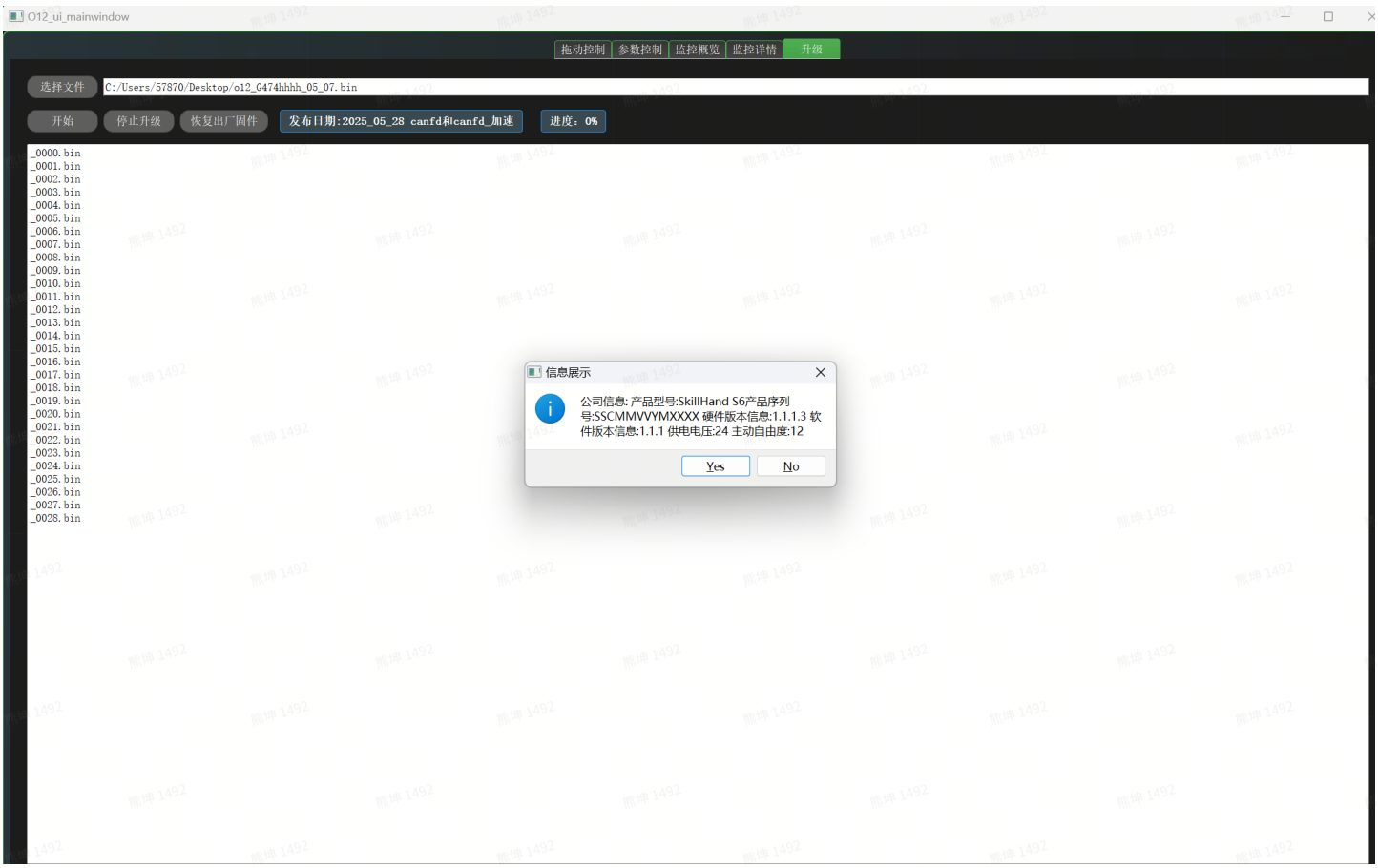
勾选要查看的信息类型，然后勾选对应的手指或电机，点击开始，显示曲线。

5.9 升级



点击选择文件按钮，选择要传输的bin文件。

点击开始按钮，会弹出软件和硬件信息。点击Yes按钮，开始传输固件。点击No按钮，取消升级。



停止升级和恢复出厂都能在升级过程中，和断电重连的情况下点击。

停止升级的作用是可以在中断升级过程，运行上一个应用程序。

恢复出厂固件是恢复出厂的固件。