



# eRob 机器人关节



**快速组建机器人**  
**Build Robot Fast**

手册版本: 3.14  
资料获取:



## 目 录

一、 eRob 简介 .....	4
1.1. 关于本手册 .....	4
1.2. eRob 产品简介 .....	4
1.3. 注意事项 .....	5
二、 包装及配件 .....	6
2.1. 产品包装 .....	6
2.2. 包装清单 .....	6
三、 关节基本参数 .....	7
四、 eRob 输入电源说明 .....	9
4.1. 电源电压和电流额定值 .....	9
4.2. eRob 能容许的最高输入电压 .....	9
4.3. eRob 能容许的最低输入电压 .....	10
五、 关节正转方向 .....	11
六、 电气接口和指示灯说明 .....	12
6.1. 指示灯功能 .....	12
6.2. CAN 通信接口 .....	12
6.3. EtherCAT 通信接口 .....	13
6.4. 多圈供电电池接口 .....	14
6.5. 48V 供电电源接口 .....	14
6.6. I/O 信号端子 .....	15
6.7. 连接器受力说明 .....	16
6.8. 电源端子受力说明 .....	17
七、 多关节模组间线缆连接 .....	18
7.1. 电源接线方式说明 .....	18
7.2. CAN/CANopen 通信接线图 .....	20
7.3. EtherCAT 通信接线图 .....	21
7.4. I/O 信号端子接线图 .....	22
7.5. 线缆规格说明 .....	24
八、 重要的制动器使用说明 .....	25
8.1. 使用说明及注意事项 .....	25
8.2. 制动器操作方法 .....	25

---

8.2.1. 上位机软件操作 .....	25
8.2.2. EtherCAT 操作 .....	27
8.2.3. CANopen 操作 .....	27
8.3. 制动器异常判断方法 .....	28
<b>九、 回收动能的处理 .....</b>	<b>29</b>
9.1. 回收动能产生原因分析 .....	29
9.2. 处理方法 .....	29
9.2.1. 加泄放电阻 .....	29
9.2.2. 加超级电容 .....	30
9.2.3. 加蓄电池 .....	30
<b>十、 编码器和位置反馈 .....</b>	<b>31</b>
10.1. 编码器分辨率和单圈位置反馈 .....	31
10.2. 关节的位置反馈 .....	31
10.3. 使用单圈功能的关节位置和注意事项 .....	32
10.4. 使用多圈功能的关节位置和注意事项 .....	32
10.5. 限位保护设置 .....	32
<b>十一、 多圈供电电池说明 .....</b>	<b>34</b>
11.1. 电池作用 .....	34
11.2. 电池使用注意事项 .....	34
11.3. 多圈功耗 .....	34
11.4. 电池相关报错处理 .....	35
<b>十二、 多圈编码器电池欠压报警功能说明（带多圈版本） .....</b>	<b>36</b>
12.1. 48V 电源从关闭到已启动时的状态（0→1） .....	36
12.2. 48V 电源已启动时的状态（1） .....	36
12.3. 48V 电源启动到关闭再启动时的状态（1→0→1） .....	37
<b>十三、 减速比的解析 .....</b>	<b>38</b>
<b>十四、 连接调试上位机 .....</b>	<b>39</b>
<b>十五、 关节试运行 .....</b>	<b>40</b>
<b>十六、 带负载后的 PID 整定 .....</b>	<b>41</b>
16.1. 速度环调节 .....	41
16.2. 位置环调节 .....	42
16.3. EtherCAT 动态修改 PID 功能 .....	43



---

十七、 报错处理 .....	44
十八、 特殊功能说明 .....	45
18.1. PDO 动态配置功能 .....	45
18.2. 可变积分上限的 PID 控制功能 .....	45
十九、 各方向受力允许值 .....	46
19.1. 弯矩受力计算 .....	46
19.2. eRob 关节承载能力值 .....	47
19.3. 减速机棘爪扭矩 .....	47
二十、 关节安装要求 .....	49
20.1. 连接法兰止口要求 .....	49
20.2. 螺丝锁紧手法 .....	49
20.3. 螺丝扭矩标准 .....	49
20.4. 常见的非正常安装 .....	50
20.5. 严格清洁安装表面 .....	51
二十一、 固件版本升级 .....	51
21.1. CANopen 固件升级 .....	51
21.2. EtherCAT 固件升级 .....	53
二十二、 恢复出厂参数功能 .....	53
二十三、 故障排查说明 .....	54
二十四、 扭矩传感器 .....	55
附录 1 多圈供电电池相关安全注意事项 .....	57

## 一、eRob 简介

### 1.1.关于本手册

本手册介绍深圳市零差云控科技有限公司研发、设计、生产的 eRob 系列机器人关节使用参数、安全范围、使用方法、注意事项等信息，请务必仔细阅读后再上手操作。

### 1.2.eRob 产品简介

eRob 系列是零差云控在多年为客户服务经验前提下，以自有的伺服驱动器和绝对值编码器基础上进行延伸，推出的标准化关节模组产品，让机器人开发更简单、更快捷、更安全。

eRob 系列有 eRob70、eRob80、eRob90、eRob110、eRob142 等型号，设计精巧、结构紧凑，小巧体积中包含伺服驱动器、电机端绝对值编码器、输出端绝对值编码器、无框力矩电机、制动器、精密谐波减速机等主要部件（如图 1-1），为客户省去上百种机械电子器件选型、设计、采购、组装的人力和时间成本。

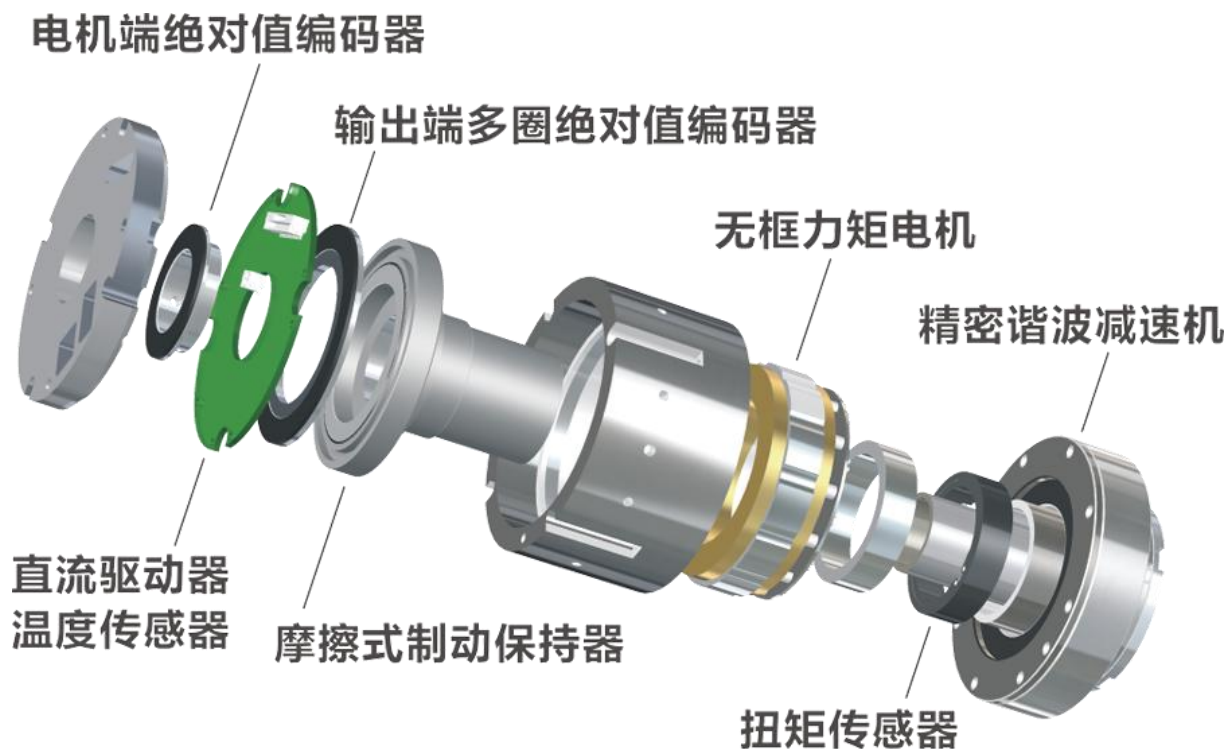


图 1-1 eRob 爆炸图

## 1.3. 注意事项

■ **本产品为高精度设备，必须由专业人员进行安装、调试，请勿自行拆解本产品，非正常使用本产品导致产品故障将失去该产品保修权利。**

安装和调试前请完整仔细阅读本文档。错误处理关节模组会对人员造成伤害或损坏财产。因此，操作人员必须确保已阅读并理解本手册，遵守本手册中的安全事项。

### ■ **揭取本产品防撕保修标签将失去该产品保修权利**

### ■ **注意技术数据**

遵守有关连接条件的技术数据和规格( 铭牌和文档) 。如果超过允许的电压值或电流值，则会损坏电机，比如出现过热。

### ■ **执行风险评估**

机器制造商必须对机器进行风险评估，并采取适当措施来确保意外的移动不会造成任何人身伤害或财产损失。通过风险评估，可能还会对专业人员提出更多要求。

### ■ **安全使用环境**

本公司产品防护等级为 IP54，适宜工作环境温度范围为-30~60°C，请勿在高温高湿环境中或直接投入液体环境中使用本公司产品。

### ■ **当心高温表面**

电机在操作过程中，根据它们的防护类别，表面可能会非常烫。当心轻度烧伤，表面温度会超过 85° C。测量温度并等待，直到电机冷却到 40° C 以下再去触碰。

### ■ **软件操作风险**

参数保存时，在提示保存完成前不可执行断电操作，否则会导致参数存储丢失造成关节无法运行。

### ■ **注意外壳接地防护**

eRob 关节外壳如不进行合理的接地处理，可能导致外壳积累电荷而带电，应对外壳进行合理的接地处理，详见本文档第七章《多关节模组间线缆连接》接线图。

### ■ **悬空空载运行**

eRob 关节在空载运行也会产生发热，未完成实际安装的模组会因热量无处扩散导致温度逐渐上升，直至触发温度保护，请谨慎测试。悬空高速连续运行，在该场景下的过热并非模组故障。模组正常安装即可，无需加装额外散热的部件。

## ■运行效果

每个 eRob 关节在出厂时都经历了严格的抖动和噪声测试，如未能达到运行效果预期，请严格按照第二十章《关节安装要求》进行装配。

## ■搅油噪音提示

eRob 关节会在轴向水平静置一段时间后，在以 80%额定速度以上运行时，因油脂沉降分布不均，出现轻微搅油噪声，该声音会在运行约 5 分钟左右后随运转后油脂逐渐均匀分布自然消失。该噪声特点是：①静置至冷机后以高速运行时出现；②竖直状态噪声小于水平状态；③高温时噪声小于温度低时；④低速噪声小于高速时；⑤该声音在运行约 5 分钟后会自然消失。该噪声并非关节故障，请放心使用。

## ■多圈电池

带有多圈计数功能的关节，包装内附有电池，该电池具有稳定的电压，-55℃~85℃的温度使用范围以及十年以上的正常工作寿命。该电池缺失时请至 [www.zeroerr.cn](http://www.zeroerr.cn) 购买，请勿使用其它型号电池，其它电池可能导致关节故障，我司不对其它型号电池使用提供技术支持。

## ■保存参数

通过总线或上位机软件等方式进行参数保存操作时，过程中切勿断电，写入保存命令后需等待 3s 后才能进行断电，否则易导致参数丢失。

## 二、包装及配件

### 2.1.产品包装

本产品发货均为快递，采用纸盒包装，内有按产品尺寸定制泡沫防护，保证产品安全。

### 2.2.包装清单

- 1、eRob 关节\*1 台
- 2、48V 电源接插件（2Pin）\*2 个
- 3、CANopen 接插件及配线（3 Pin）\*2 条
- 4、EtherCAT 接插件及配线（4Pin）\*2 条
- 5、I/O 接插件及配线（12Pin）\*1 条（选配）

## 三、关节基本参数

eRob 系列关节型号说明如图 3-1。

关节系列	关节外径	长度和承载	减速比	安装类型	制动器	输出端编码器	通孔直径	通信类型	扭矩传感器									
eRob	70	F	100	I - B	M - 18	E	N											
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓									
零差云控 关节系列	70	Φ70mm	F	扁平型	50	50速比	I	直筒型	F	无制动器	S	无多圈记忆	18	18mm	C	CANopen	N	无扭矩传感器
	80	Φ80mm	H	长筒型	80	80速比	T	转角型	B	带制动器	M	有多圈记忆			E	EtherCAT	T	Torque Sensor
	90	Φ90mm			100	100速比					HS	高精度校准 无多圈记忆						
	110	Φ110mm			120	120速比					HM	高精度校准 有多圈记忆						
	142	Φ142mm																
	170	Φ170mm																

关节型号:

eRob70F100I-BM-18EN

图 3-1 关节型号说明

eRob 系列关节模组规格参数如表 3-1 至表 3-2。

表 3-1 eRob 关节参数表 (A)

eRob关节参数表 (A)												
关节型号		eRob70F		eRob70H			eRob80H			eRob90H		
谐波减速机-速比		SHD 14-50	SHD 14-100	SHG 14-50	SHG 14-80	SHG 14-100	SHG 17-50	SHG 17-80	SHG 17-100	SHG 20-50	SHG 20-80	SHG 20-100
启停峰值扭矩(Nm)		12	19	23	30	36	44	56	70	73	96	107
额定扭矩(Nm)		3.7	5.4	7	10	10	21	29	31	33	44	52
瞬间容许最大扭矩(Nm)		23	35	46	61	70	91	113	143	127	165	191
输出端峰值转速(RPM)		60	30	60	37.5	30	60	37.5	30	60	37.5	30
电机功率(W)		75		100			200			400		
额定电流(A)		1.9		3.3			6.9			11		
峰值电流(A)		5.9		11			16.8			29		
不含 制动器 版	转子惯量 (g·mm <sup>2</sup> )	43656		45940			46055			119904		
	外径x长度(mm)	70x61.4		70x78.3			80x92.3			90x98.9		
	重量(KG)	0.77		0.92			1.34			1.98		
含 制动器 版	转子惯量 (g·mm <sup>2</sup> )	46885		49169			49284			127872		
	外径x长度(mm)	70x67.7		70x78.3			80x92.3			90x98.9		
	重量(KG)	0.83		0.98			1.4			2.1		
共同参数		供电电压: 48V (±10%) ; 通孔直径: 18mm; IP等级: IP54; 制动器类型: 摩擦式阻尼制动器										
选装配置		通信方式: EtherCAT/CANopen/Modbus; 输出端编码器分辨率: 19/20Bit, 重复/绝对定位精度: ±7/±15角秒或±10/±25角秒										

表 3-2 eRob 关节参数表 (B)

eRob关节参数表 (B)													
关节型号	eRob110H				eRob142H				eRob170H				
谐波减速机-速比	SHG 25-50	SHG 25-80	SHG 25-100	SHG 25-120	SHG 32-50	SHG 32-80	SHG 32-100	SHG 32-120	SHF 40-50	SHF 40-80	SHF 40-100	SHF 40-120	
启停峰值扭矩(Nm)	127	178	204	217	281	395	433	459	402	519	568	617	
额定扭矩(Nm)	51	82	87	87	99	153	178	178	137	206	265	294	
瞬间容许最大扭矩(Nm)	242	332	369	395	497	738	841	892	686	980	1080	1180	
输出端峰值转速(RPM)	40	25	20	16.7	40	25	20	16.7	40	25	20	16.7	
电机功率(W)	750				1000								
额定电流(A)	20				26								
峰值电流(A)	40				56								
不含制动器版	转子惯量 (g·mm <sup>2</sup> )	183797				757374				1517148			
	外径x长度(mm)	110x123.9				142x133.9				170x144.9			
	重量(KG)	3.18				6.49				9.29			
含制动器版	转子惯量 (g·mm <sup>2</sup> )	191765				785767				1545541			
	外径x长度(mm)	110x123.9				142x133.9				170x144.9			
	重量(KG)	3.3				6.7				9.5			
共同参数	供电电压: 48V (±10%) ; 通孔直径: 18mm; IP等级: IP54; 制动器类型: 摩擦式阻尼制动器												
选装配置	通信方式: EtherCAT/CANopen/Modbus; 输出端编码器分辨率: 19/20Bit, 重复/绝对定位精度: ±7/±15角秒或±10/±25角秒												

更多详情及 2D 图纸、3D 模型请访问零差云控官网 <https://www.zeroerr.cn> 了解下载。

关于 eRob 关节模组输出端编码器有无多圈记忆功能说明:

多圈 (有多圈记忆功能) 模组需要安装电池, 并且可断电保存多圈, 单圈 (无多圈记忆功能) 模组不具备此功能。识别单圈与多圈可以在驱动器上位机 “编码器设置” 界面中查看负载端编码器是否勾选 “使用多圈绝对位置”。单圈与多圈的硬件以及软件都有差异。

eRob 关节模组支持的通信类型说明:

(1) EtherCAT 版本 (型号 eRobxxxxxxxx-xx-18Ex) 支持: EtherCAT, CAN Bus, Modbus (RTU/ASCII)。

(2) CANopen 版本 (型号 eRobxxxxxxxx-xx-18Cx) 支持: CANopen, CAN Bus, Modbus (RTU/ASCII)。

其中 CAN Bus 和 Modbus-ASCII 为我司自定义通信协议, 我司上位机调试软件与关节的通信方式即为 CAN Bus。EtherCAT、CANopen 遵循标准 CiA402 控制协议, 但两者通信物理层接口不一样。

## 四、eRob 输入电源说明

### 4.1. 电源电压和电流额定值

电源使用 48VDC 供电（出厂设定最小允许母线电压为 44V，最大允许母线电压为 55V），驱动器在检测到超过 55V 时会触发过电压故障，在检测到低于 44V 时出现电压过低报警。

单关节电流额定值如下表 4-1 列出。

表 4-1 各型号关节额定电流

型号	电压 (单位: V)	电流 (单位: A)
eRob70	48 +/-10%	3.3
eRob80	48 +/-10%	6.9
eRob90	48 +/-10%	11
eRob110	48 +/-10%	20
eRob142	48 +/-10%	26

### 4.2. eRob 能容许的最高输入电压

关节电源接口最大承受电压为 DC60V，输入电压超过 60V 易导致驱动器故障。关节正常供电的输入电压波形如图 4-1 所示，关节异常供电的输入电压波形如图 4-2 所示。

注意当使用开关电源或蓄电池（电源输出接空气开关再连接到关节电源接口）给关节供电时，开关开启上电瞬间可能存在过压冲击（>60V 的情况），此种供电方式需在空气开关后、关节电源输入前并联一个电解电容（参考规格：1000uF，100V），以抑制上电瞬间输入电压的过冲现象。

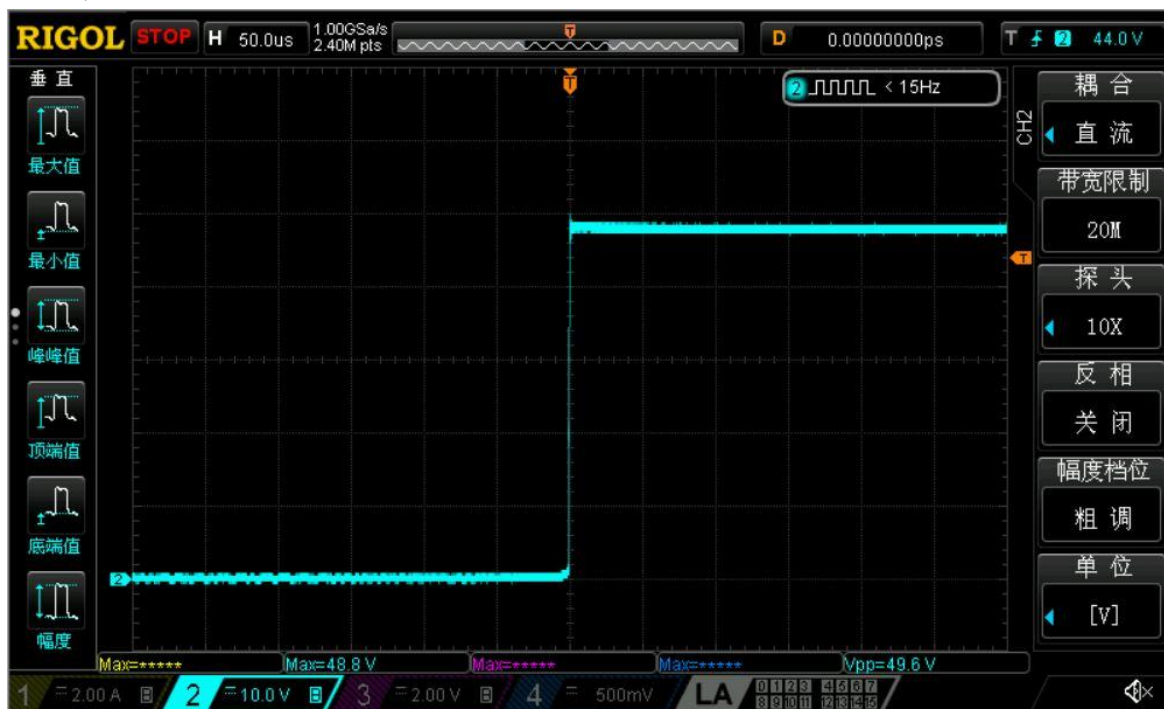


图 4-1 关节正常供电的输入电压波形 (Max=48.8V<60V)



图 4-2 关节异常供电的输入电压波形（Max=63.2V&gt;60V）

### 4.3.eRob 能容许的最低输入电压

带制动器的 eRob 关节能容许最低输入电压如下表 4-2 列出。

表 4-2 带制动器的关节容许最低输入电压

型号	电压（单位：V）
eRob70	24
eRob80	24
eRob90	38.4
eRob110	38.4
eRob142	38.4

不带制动器的 eRob 关节能容许最低输入电压为 19.5V。

当电压低于容许最低输入电压时，eRob 关节将无法正常工作。

eRob 关节实际能达到的最高转速与输入电压的关系如下计算公式：

$$\text{实际最高转速} = \text{输入电压 48V 下最高转速} \times \frac{\text{当前输入电压}}{48\text{V}}$$

由于出厂设定最小允许母线电压为 44V，当使用低于 44V 的电压时，需手工修改最小允许母线电压设定（位于上位机安全电源界面）。例如使用 DC24V 供电，则修改最小允许母线电压设定为 21.6V（24V×90%，百分比可根据实际测试情况调整），修改最大允许母线电压设定为 26.4V（24V×110%，百分比可根据实际测试情况调整），修改完后应用并保存，如图 4-3 所示。当检测到电压低于最小允许母线电压设定的 21.6V 时，将无法使能 eRob 关节，会报错（母线电压欠压）停机，如图 4-4 所示（检测当前电压为 20.962V）。

注：eRob 关节内部并没有 eDriver 的再生制动电路，因此再生制动相关参数对 eRob 没有影响。



图 4-3 使用 DC24V 供电电源设定举例



图 4-4 母线电压欠压

## 五、关节正转方向

面对减速机输出端，关节正转方向如图，为逆时针旋转。

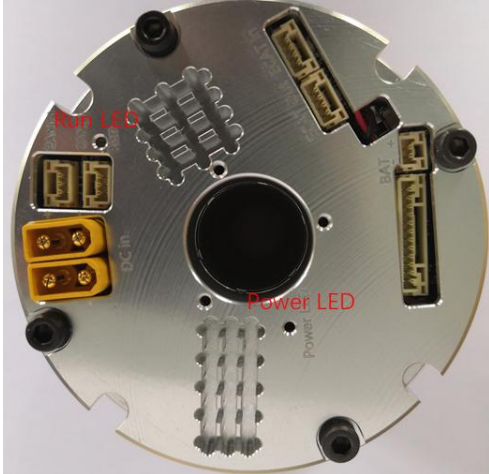


图 5-1 关节正转方向

## 六、电气接口和指示灯说明

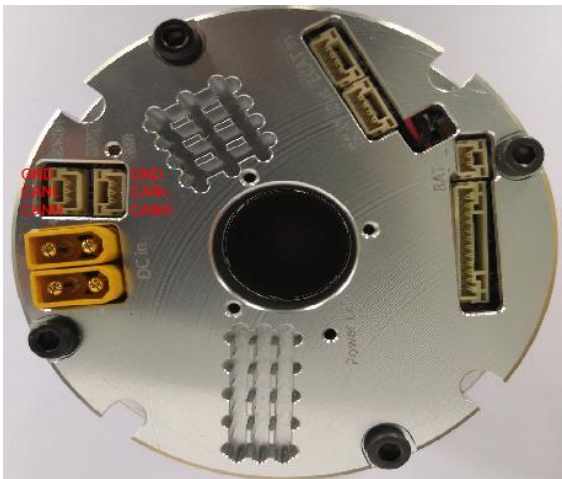

### 6.1. 指示灯功能

	LED 标识	LED 功能
1	RUN_LED	系统正常运行时是呼吸状态
2	POWER_LED	母线电源接入指示

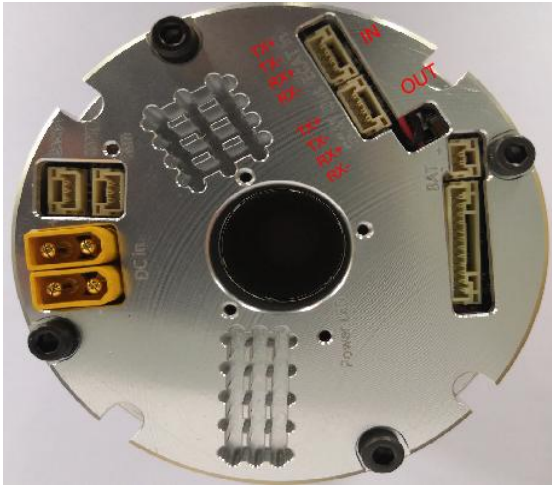



### 6.2. CAN 通信接口

Pin	端子标记	端子功能
1	CAN_H	CAN 网络信号线
2	CAN_L	
3	GND	GND

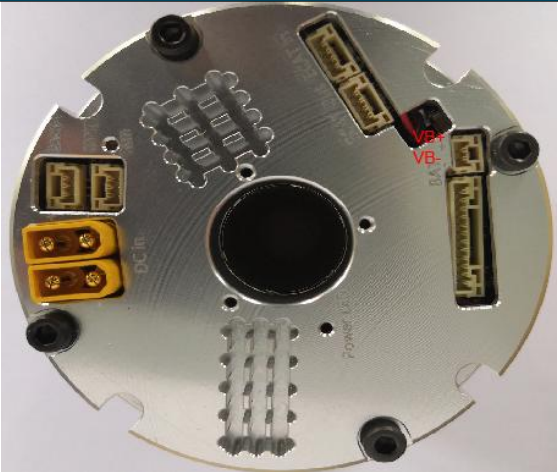

引脚位置	接线端子
	
接插件信息	配线端子信息
型号: BM03B-GHS-TBT	型号: GHR-03V-S
规格: 单排, 间距 1.25mm 3Pin	规格: JST 单头端子, 间距 1.25mm 3Pin

### 6.3.EtherCAT 通信接口

Pin	ECAT In		ECAT Out	
	端子标记	端子功能	端子标记	端子功能
1	ECAT In_RX-	EtherCAT 输入信号接收-	ECAT Out_RX-	EtherCAT 输出信号接收-
2	ECAT In_RX+	EtherCAT 输入信号接收+	ECAT Out_RX+	EtherCAT 输出信号接收+
3	ECAT In_TX-	EtherCAT 输入信号发送-	ECAT Out_TX-	EtherCAT 输出信号发送-
4	ECAT In_TX+	EtherCAT 输入信号发送+	ECAT Out_TX+	EtherCAT 输出信号发送+
引脚位置			接线端子	
				
接插件信息			配线端子信息	
型号：BM04B-GHS-TBT			型号：GHR-04V-S	
规格：单排，间距 1.25mm 4Pin			规格：JST 单头端子，间距 1.25mm 4Pin	

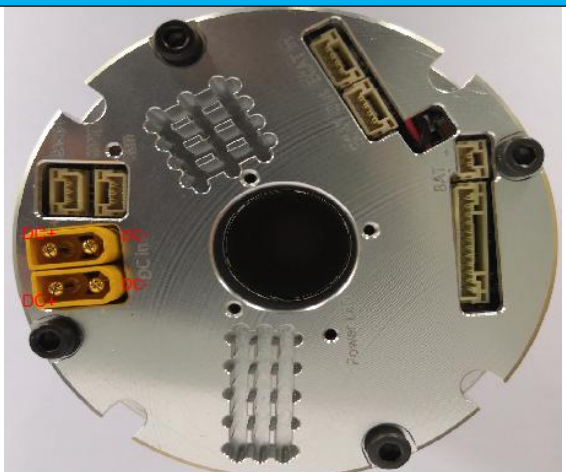

注：CANopen 版本关节(型号 eRobxxxxxxxx-xx-18Cx)无此接口。

## 6.4.多圈供电电池接口

Pin	端子标记	端子功能
1	VB+	电池正极
2	VB-	电池负极
引脚位置		接线端子
		
接插件信息		配线端子信息
型号: BM02B-GHS-TBT		型号: GHR-02V-S
规格: 单排, 间距 1.25mm 2Pin		规格: JST 单头端子, 间距 1.25mm 2Pin

注: 单圈关节(型号 eRobxxxxxxxx-xS-18xx)无此接口, 多圈供电电池说明详见第十一章《多圈供电电池说明》。

## 6.5.48V 供电电源接口

Pin	端子标记	端子功能
1	DC+	电源正极
2	DC-	电源负极
引脚位置		接线端子
		
接插件信息		配线端子信息
型号: XT30UPB-M		型号: XT30U-F
规格: 直脚, 脚间距 5mm, 脚长 2mm 2Pin		规格: 脚间距 5mm 2Pin

## 6.6.I/O 信号端子

Pin	端子标记	端子功能
1	RS485-A	485 通讯接口 DATA+
2	RS485-B	485 通讯接口 DATA-
3	IN1- / Pulse- /STOA-	数字输入 DIIn1 /脉冲指令信号/安全转矩关断 A
4	IN1+ / Pulse+ /STOA+	
5	IN2- /Dir- /STOB-	数字输入 DIIn2 /脉冲指令方向/安全转矩关断 B
6	IN2+ /Dir+ /STOB+	
7	OUT_COM	可编程输出信号地
8	OUT_1	可编程数字输出 1
9	OUT_2	可编程数字输出 2
10	GND	模拟量地
11	ANALOG1+	模拟信号输入+ (输入范围-10V ~ +10V)
12	ANALOG1-	模拟信号输入- (输入范围-10V ~ +10V)
引脚位置		接线端子
接插件信息		配线端子信息
型号: BM12B-GHS-TBT		型号: GHR-12V-S
规格: 单排, 间距 1.25mm, 立式 180° 12Pin		规格: JST 单头端子, 间距 1.25mm 12Pin

注: CANopen 版本关节(型号 eRobxxxxxxxx-xx-18Cx)无 Pin3~Pin12 接口。

## 6.7. 连接器受力说明

1、JST 端子与线材连接拉力允许值如表 6-1, JST 端子与线材连接拉力测试示意图如图 6-1。

表 6-1 JST 端子与线材连接拉力允许值

线号	标准值 (N)	实际值 (N)
AWG #26	$\geq 20$	33~39
AWG #28	$\geq 10$	21~26
AWG #30	$\geq 5$	14~18

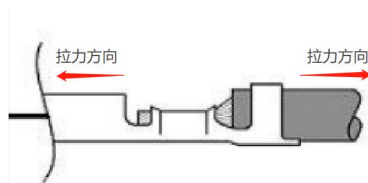


图 6-1 JST 端子与线材连接拉力测试示意图

2、连接器公母头连接卡扣允许拉力值如表 6-2, JST 连接器公母头连接卡扣拉力测试示意图如图 6-2。注意从接口处拔出接线端子时请勿直接拔出, 需先扣动端子前端卡扣使卡扣松脱后再轻轻拔出即可, 直接拔出端子易使卡扣断裂导致连接不稳定。

表 6-2 连接器公母头连接卡扣允许拉力值

针脚数	最低值 (N)
2~3	10
4~6	12
7~9	15
10~15	20

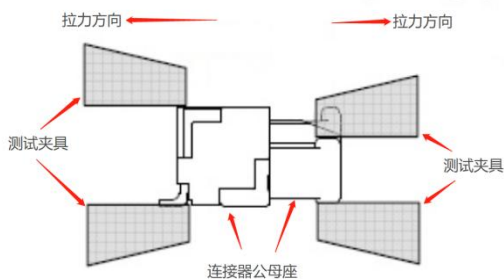


图 6-2 连接器公母头连接卡扣拉力测试示意图

3、四款连接器底座均是 GHS-TBT 类型, 焊盘大小一样, 因此, A 向能承受的推力不大于 3N, B 向能承受的推力不大于 4.2N。

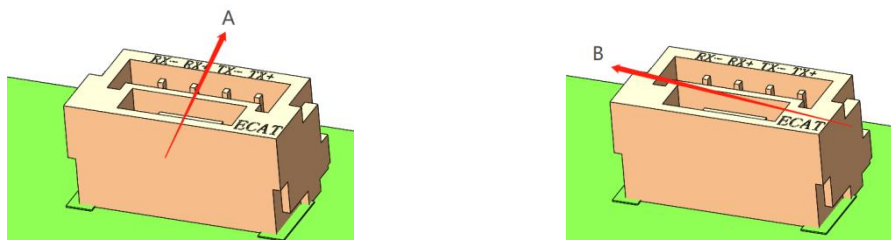


图 6-3 GHS-TBT 连接器底座 A 向受力

图 6-4 GHS-TBT 连接器底座 B 向受力

## 6.8.电源端子受力说明

1、在连接或拔出电源插头时，请在垂直方向对电源端子母头进行插拔（如图 6-5 所示）。电源端子公头能承受的垂直方向拉力极限约为 170N，能承受的水平方向拉力极限约为 0.4Nm。任何时候请勿左右摇晃电源端子（如图 6-6 所示），晃动容易导致电源端子脱落。

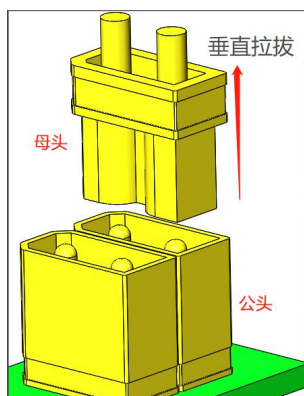


图 6-5 正确插拔方向为垂直方向

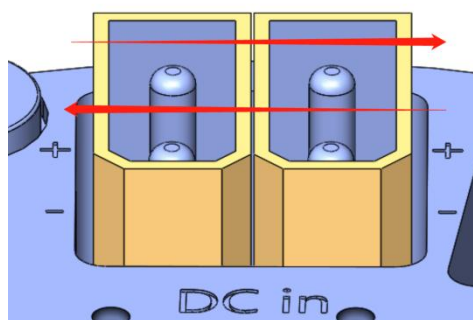


图 6-6 请勿左右摇晃电源端子

2、为避免关节模组在使用过程中受到振动、拉扯等因素造成电源端子松脱以及接触不良，连接电源端子后需要安装插头固定件，安装步骤为：1）电源端子母头焊接好电源线；2）插入电源端子母头（如图 6-7 所示）；3）安装插头固定件并锁紧固定（如图 6-8 所示）。

注：插头固定件锁紧螺钉为 M1.6\*4，插头固定件和锁紧螺钉均包含在关节配件包内。

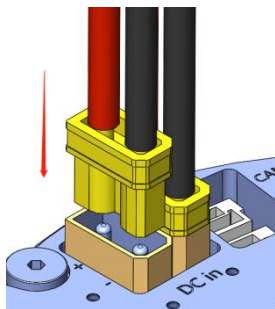


图 6-7 插入电源端子母头

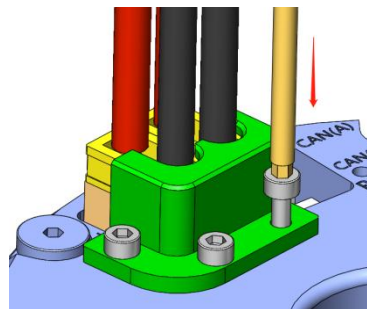


图 6-8 安装插头固定件

## 七、多关节模组间线缆连接

多关节模组间线缆连接示意图如图 7-1。EtherCAT 组网部分采用直连方式，主站控制器 RJ45 网口连接第一个模组 (slave1) ECAT In 口，第一个模组 (slave1) ECAT Out 口连接下一个模组 ECAT In 口，依次类推。RJ45 网口对应关节模组网口引脚线序示意图如图 7-2 所示。CAN 组网部分线缆按端口定义连接即可，前后模组的 CAN 接口可无顺序连接。电源部分接线方式参考第 7.1 节说明，CAN/CANopen 通信接线图参考第 7.2 节，EtherCAT 通信接线图参考第 7.3 节。

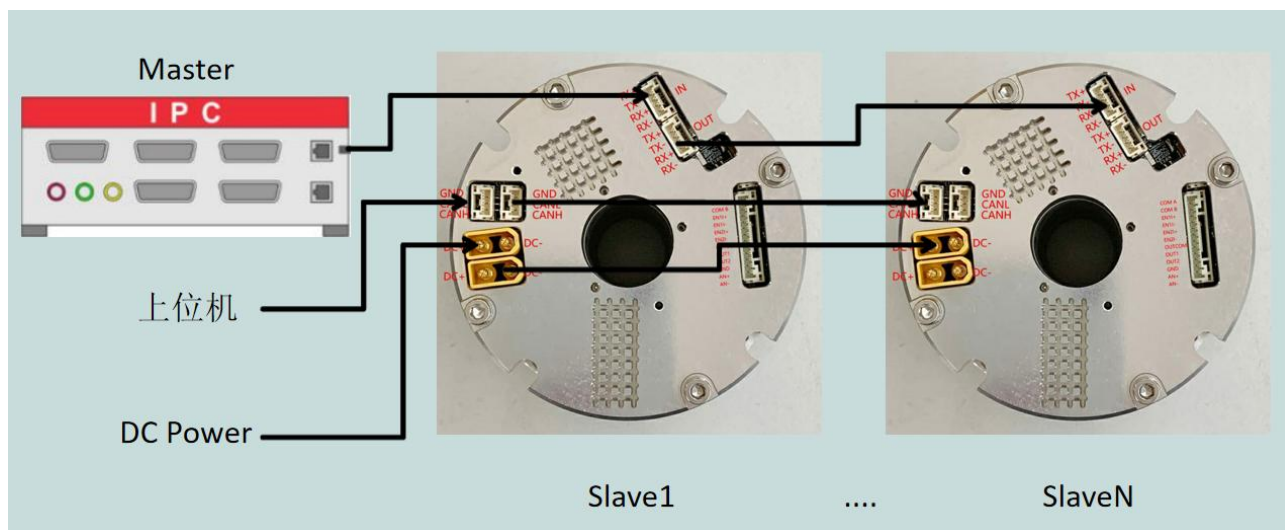


图 7-1 多关节模组间线缆连接示意图

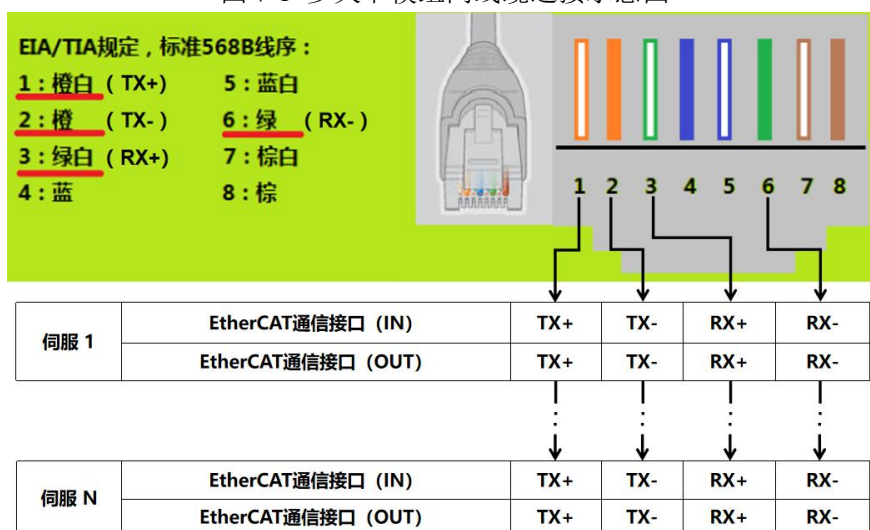


图 7-2 EtherCAT 组网连接方式

### 7.1.电源接线方式说明

本公司关节模组电源接线方式有三种：单轴直连、树型拓扑连接、链型拓扑连接，三种接线方式示意图如图 7-3 至图 7-5。按多轴协作应用场景中使用 48V 开关电源供电工作时，各轴压降的实际测试结果，三种接线方式推荐顺序为：1) 单轴直连 (最优，接线电阻最小，线损

耗压降最小，适用于大功率模组）；2）树形拓扑连接（较优）；3）链型拓扑连接（较差，接线电阻较大，线损耗压降较大，适用于小功率模组）。

使用 eRob90/110/142 时，请使用单轴直连的方式，否则使用中易出现母线电压过低和过高的报错。

## 1、单轴直连

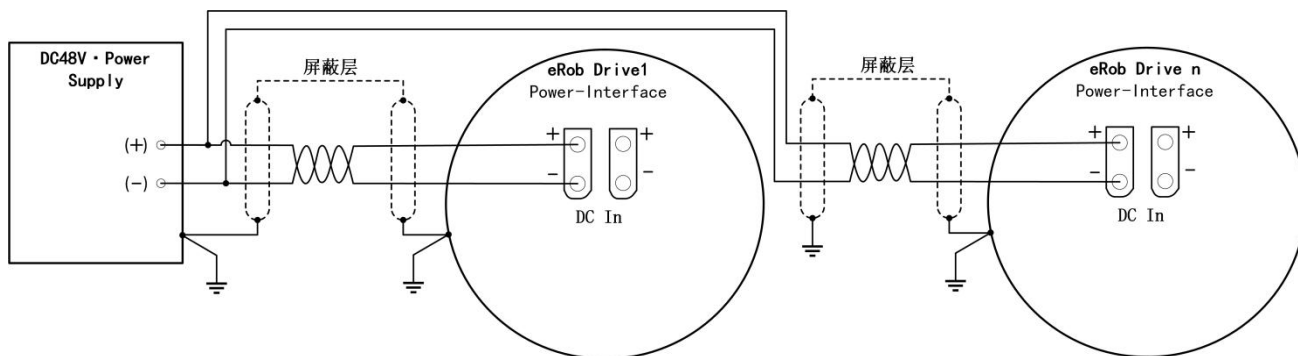


图 7-3 单轴直连示意图

## 2、树形拓扑连接

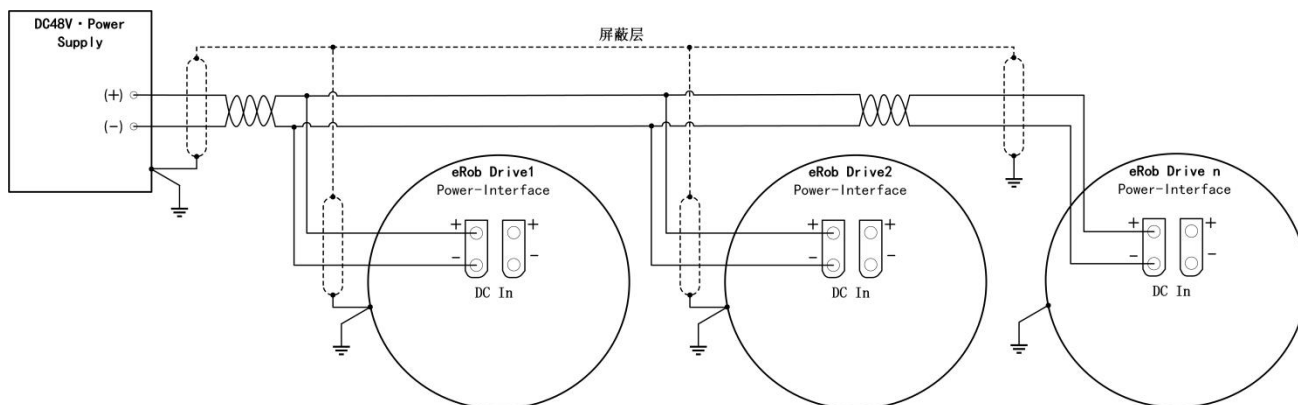


图 7-4 树形拓扑连接示意图

## 3、链型拓扑连接

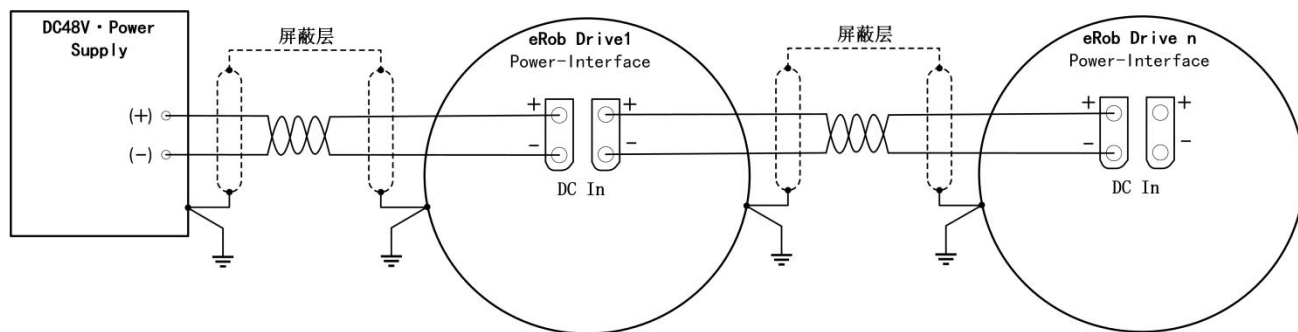
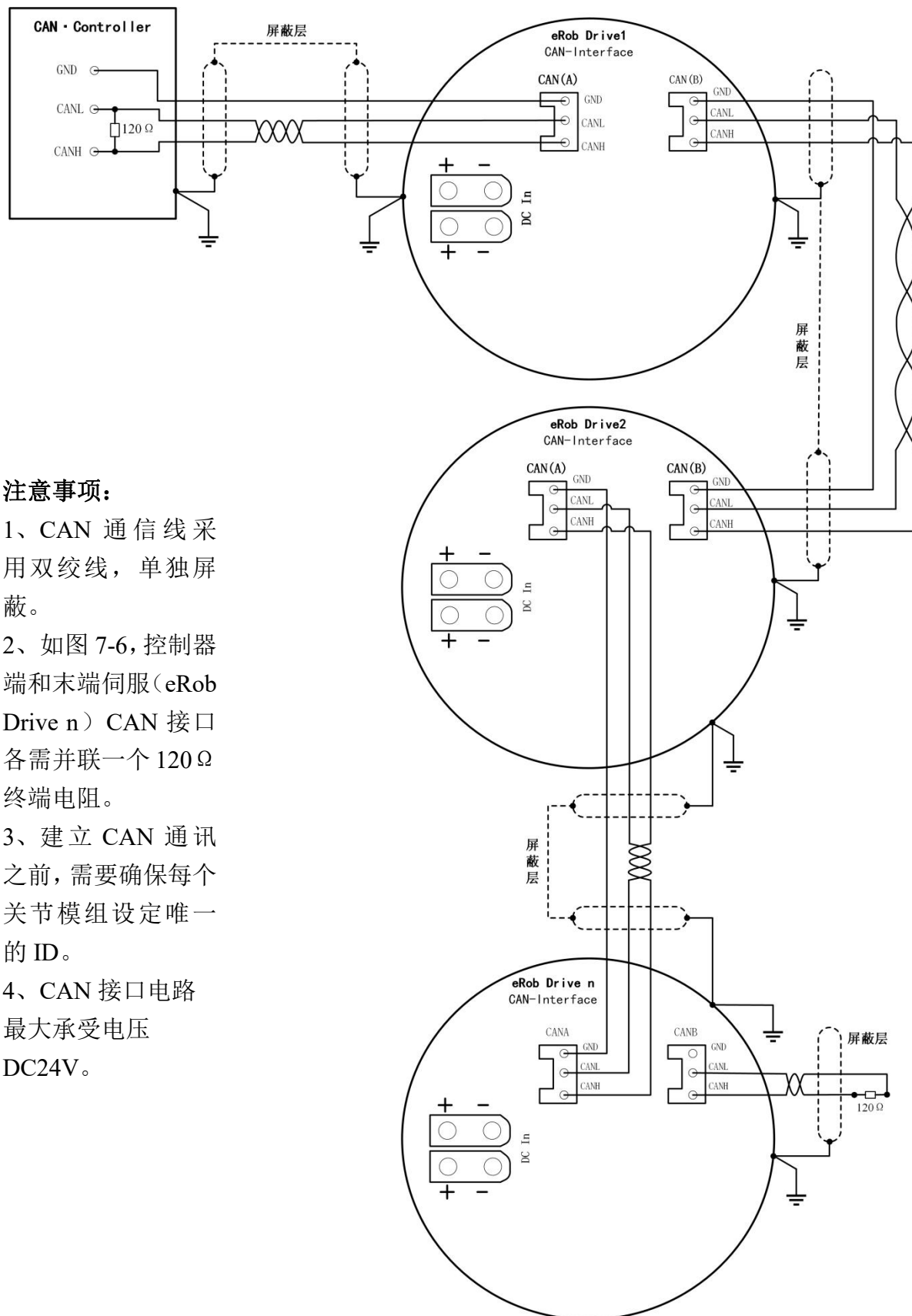


图 7-5 链型拓扑连接示意图

## 7.2.CAN/CANopen 通信接线图

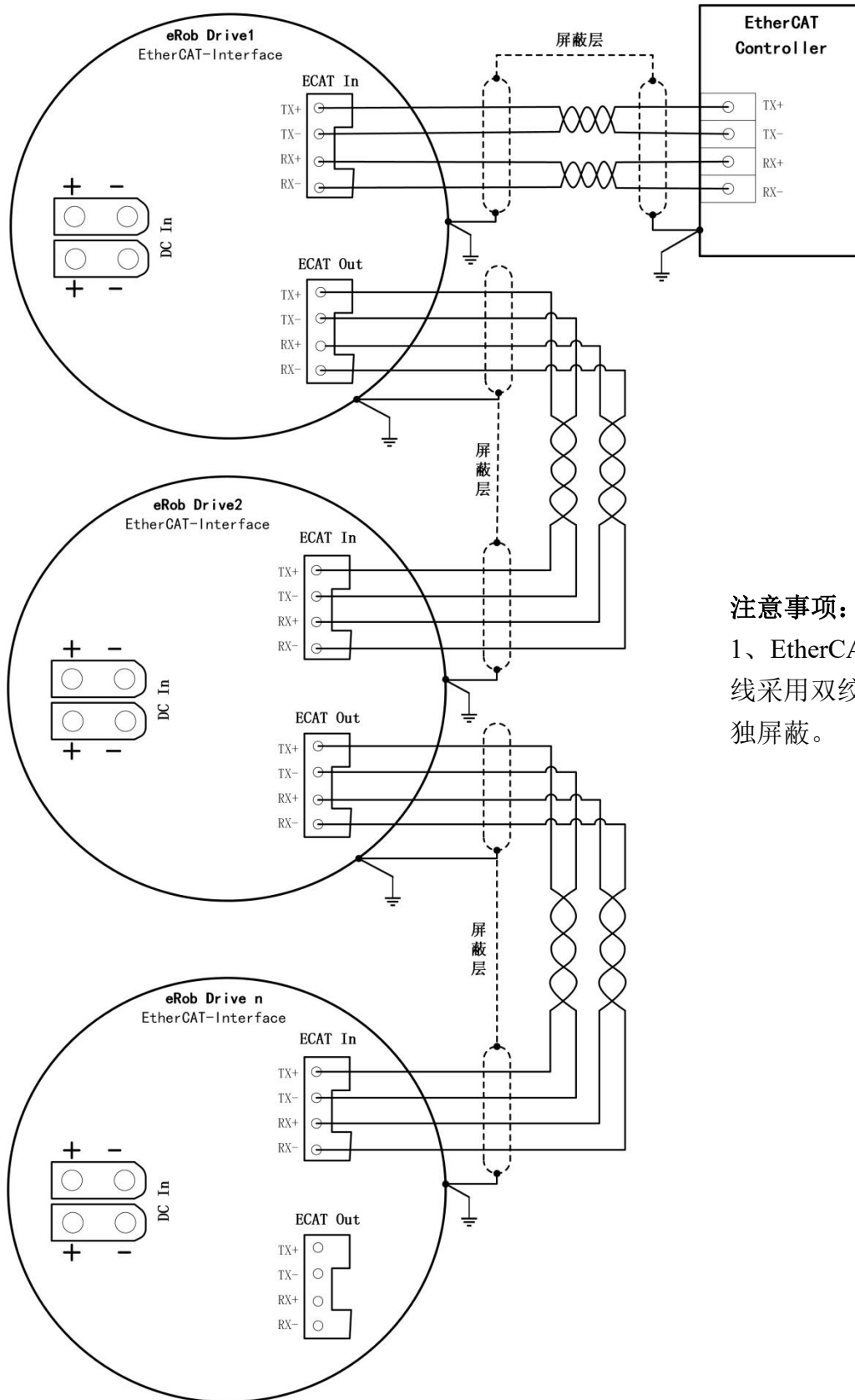


### 注意事项:

- 1、CAN 通信线采用双绞线，单独屏蔽。
- 2、如图 7-6，控制器端和末端伺服(eRob Drive n) CAN 接口各需并联一个  $120\ \Omega$  终端电阻。
- 3、建立 CAN 通讯之前，需要确保每个关节模组设定唯一的 ID。
- 4、CAN 接口电路最大承受电压 DC24V。

图 7-6 CAN/CANopen 通信接线图

### 7.3.EtherCAT 通信接线图



**注意事项:**  
 1、EtherCAT 通信线采用双绞线，单独屏蔽。

图 7-7 EtherCAT 通信接线图

## 7.4.I/O 信号端子接线图

### 1.通用数字输入 DI 端子

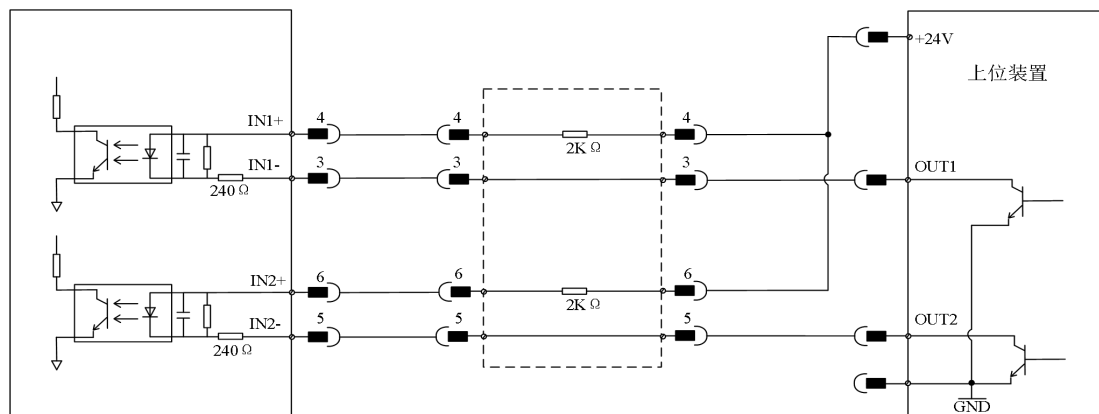


图 7-8 通用数字输入 DI 端子连接图

### 2.安全转矩关断(STO)功能端子

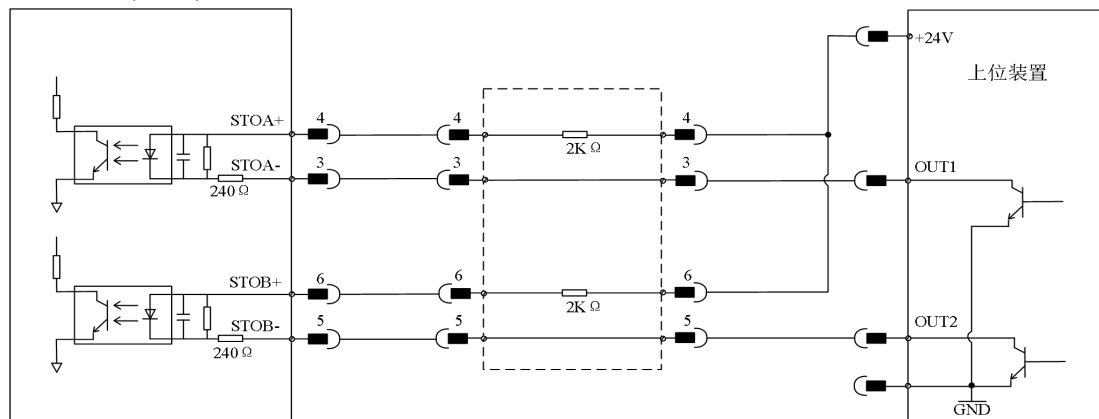


图 7-9 安全转矩关闭(STO)端子连接图

### 3.脉冲方向控制端子

#### (1)当为 5V 差分方式时

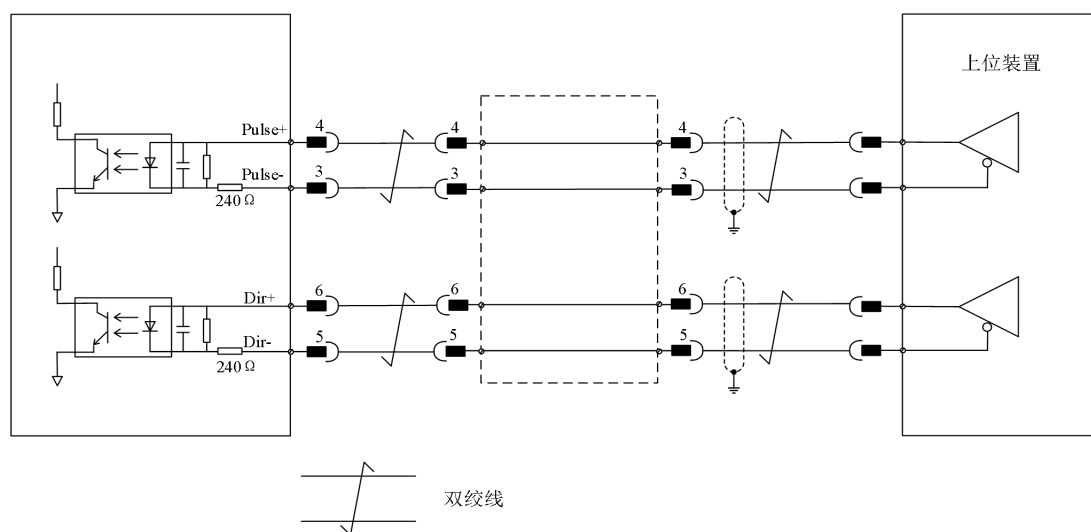


图 7-10 5V 差分脉冲指令输入端子连接图

(2) 当为集电极开路方式时

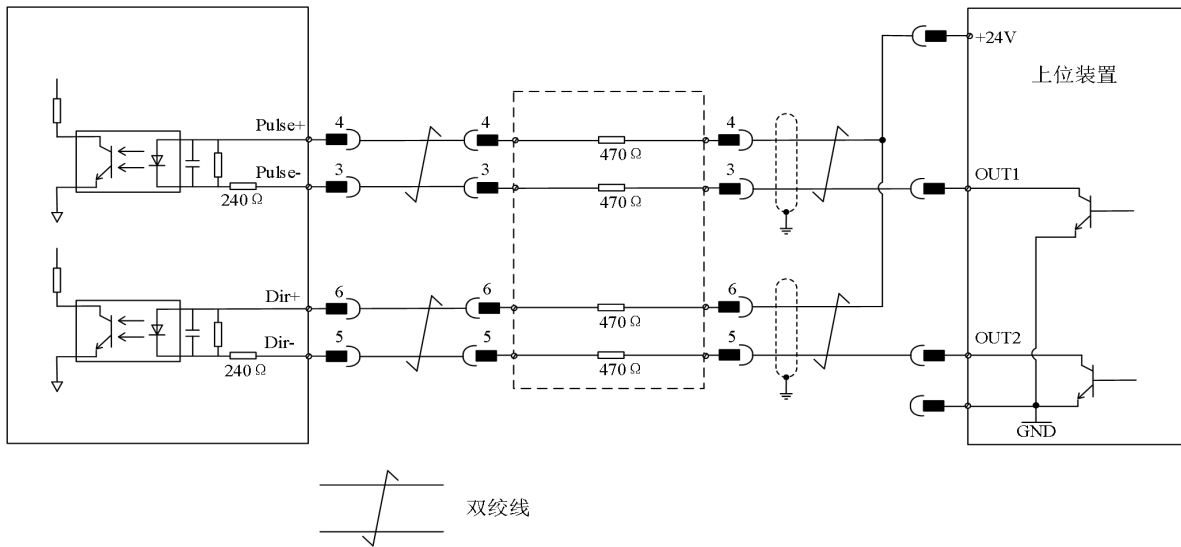


图 7-11 集电极开路脉冲指令输入端子连接图

## 4. 数字输出 DO 端子

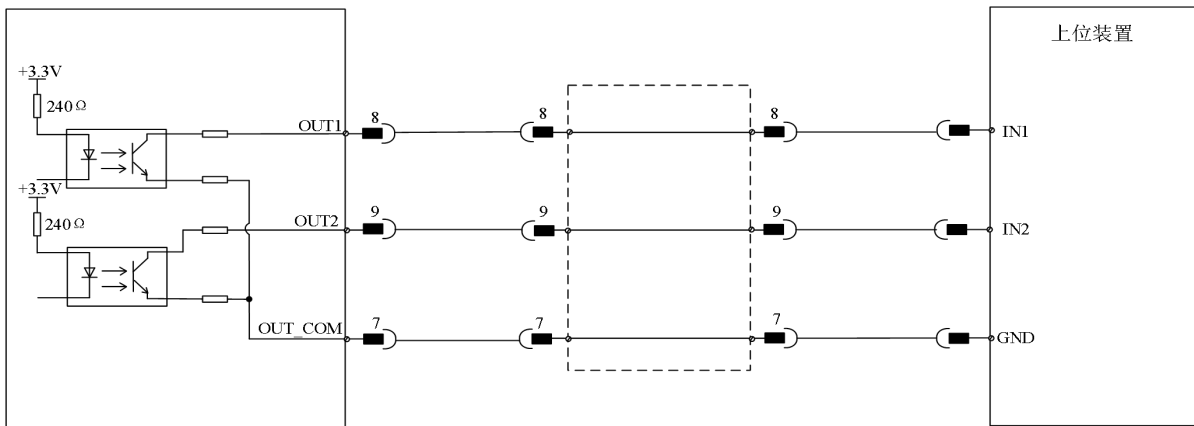


图 7-12 数字输出 DO 端子连接图

模组内部光耦输出电路最大允许电压、电流容量如下：

- 电压：DC30V(最大)
- 电流：DC50mA(最大)

## 7.5. 线缆规格说明

eRob 关节各信号接口线缆选型规格详见表 7-1。

表 7-1 eRob 关节线缆规格

模组型号	信号接口	线路数* 接口数	适用线规格		配线规格		接线预留 高度
			mm <sup>2</sup>	AWG#	mm <sup>2</sup>	AWG#	mm
全系列	CAN 通信接口: CAN(A)、CAN(B)	3P*2	0.05~0.13	30~26	0.081	28	10
	EtherCAT 通信接口: ECAT In、ECAT Out	4P*2	0.05~0.13	30~26	0.081	28	10
	I/O 接口	12P*1	0.05~0.13	30~26	0.081	28	10
	多圈供电电池接口: BAT	2P*1	0.05~0.13	30~26	0.081	28	10
eRob70	48V 供电电源接口: DC in	2P*2	0.811	18	-	-	30
eRob80		2P*2	1.026	17	-	-	30
eRob90		2P*2	1.318	16	-	-	30
eRob110		2P*2	1.646	15	-	-	30
eRob142		2P*2	2.627	13	-	-	30
eRob170		2P*2	2.627	13	-	-	30

## 八、重要的制动器使用说明

### 8.1. 使用说明及注意事项

(1) 制动器不需要额外单独供电，只需连接 eRob 的 DC 电源接口供电即可。eRob 电源供电电压参考本手册《第四章.eRob 输入电源说明》。

(2) eRob 制动器可作为静态保持制动器。

(3) eRob 制动器可承受低负载 (<10%最大转矩)、低转速 (<10%最大转速) 运行条件下的动态制动冲击，但应避免频繁作为动态制动器使用。

(4) 高转速、重载荷下触发故障、意外、急停事件会导致制动器闭合，并对运动组件造成永久性损坏。eRob 在应用开发或调试过程中应避免高转速运动加过重的载荷的条件下使用。

(5) 若 eRob 裸露在强磁工作环境下使用，则存在刹车无法正常工作的风险，需对 eRob 本体采取磁屏蔽措施。

(6) 极少数情况下，在电源失效或不想使用电源的紧急状况下需要转动机器人关节时，可以通过外力迫使机器人关节转动，每种型号所需力矩如表 8-1。

表 8-1 机器人关节转动所需外力扭矩值 (Nm)

型号 速比	eRob70	eRob80	eRob90	eRob110	eRob142	eRob170
50	35	65	100	100	200	200
80	56	104	160	160	320	320
100	70	130	200	200	400	400
120	84	156	240	240	480	480

**警告：**外力强制转动机器人关节仅限于紧急情况，并且有可能会损坏机器人关节。

### 8.2. 制动器操作方法

#### 8.2.1. 上位机软件操作

Step1: 如图 8-1，安装有上位机软件 (ZeroErrServo.exe) 的电脑，通过调试器 (USBtoCAN) 连接 eRob 的 CAN 通信接口，然后给 eRob 提供正确电源。



图 8-1 CAN 接线

Step2: 打开上位机软件（ZeroErrServo.exe），进入上位机主界面，点击“设置马达”，弹出“设置马达”界面，如图 8-2。

释放刹车：点击“释放刹车”按钮，则制动器处于释放（非制动）状态。

启用刹车：点击“启用刹车”按钮，则制动器处于闭合（制动）状态。



图 8-2 连接上位机释放刹车

注：上位机与伺服通讯为 CAN 通讯，因此也可通过发送 CAN 报文指令的方式来操作制动器，报文协议请阅读我司《CAN 通信手册 V\_1.3》。

释放刹车发送报文：01 4F

启用刹车发送报文：01 00 00 00 00 00

## 8.2.2. EtherCAT 操作

Step1: 如图 8-3, 安装有主站软件 (TwinCAT3) 的电脑或者其他具备 EtherCAT 通信的主站控制器, 通过网线连接 eRob 的 ECAT 通信接口 (TwinCAT 连接模组操作方法详见《eDriver EtherCAT 通信应用手册第 4 章 TwinCAT 主站控制》), 然后给 eRob 提供正确电源。

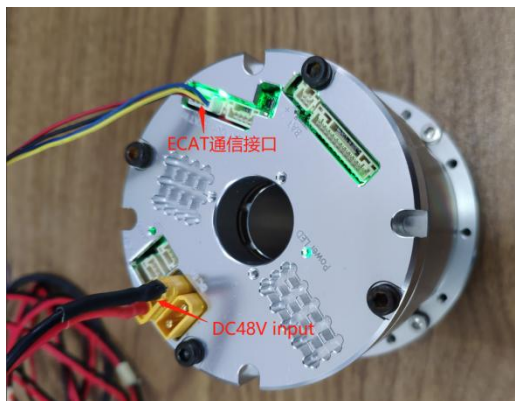


图 8-3 EtherCAT 接线

Step2: 以 TwinCAT3 主站为例, 通过 SDO 访问释放刹车参数对象 4602h (Release Brake) 写入值 1, 操作方法如图 8-4, 点击 “Device 2(EtherCAT)”, 点击 “Drive1(zeroErr Driver)”, 点击 “CoE-Online”, 下拉找到对象 “4602”, 左键双击此参数对象, 弹出 “Set Value Dialog” 界面, 在 “Dec” 值输入 1, 最后点击 “OK”, 则制动器处于释放 (非制动) 状态, 写入值 0, 则制动器处于闭合 (制动) 状态。

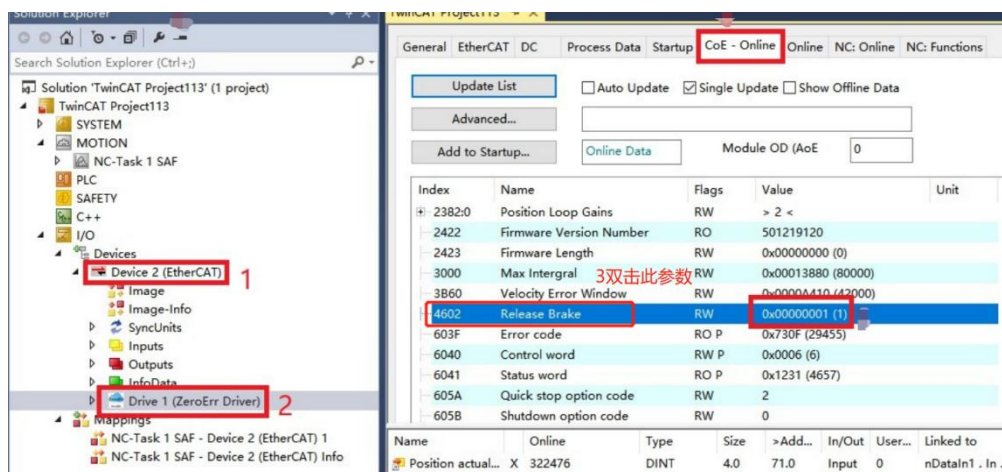


图 8-4 TwinCAT 操作释放刹车

## 8.2.3. CANopen 操作

Step1: 如图 8-5, 具备 CANopen 通信的主站控制器连接 eRob 的 CANopen 通信接口 (与 CAN 通信同一硬件接口), 然后给 eRob 提供正确电源。



图 8-5 CANopen 接线

Step2: 主站控制器发送 CANopen 报文指令的方式来操作制动器，报文协议请阅读我司《eDriver CANopen 通信应用手册 V1.1》。

释放刹车发送报文: 23 02 46 00 01 00 00 00

启用刹车发送报文: 23 02 46 00 00 00 00 00

### 8.3. 制动器异常判断方法

出现以下情况之一时则刹车出现异常:

- (1) eRob 关节在失电、并带额定负载情况下出现下滑无法保持。
- (2) eRob 关节采用 DC48V 电源供电，用上位机单独释放刹车时有连续两声“嗒”的声音，正常只有一声。

(3) 单独给一个 eRob 关节采用 DC48V 电源供电，eRob 关节空载静止，用上位机单独释放刹车后，电源输出电流超出正常值（参考表 8-2）。

表 8-2 eRob 关节空载静止单独供电释放刹车后电源电流

型号	电源电流 (单位: mA)
eRob70	110~130
eRob80	110~130
eRob90	110~130
eRob110	180~200
eRob142	170~190

## 九、回收动能的处理

### 9.1.回收动能产生原因分析

当模组使用 48V 开关电源供电时，其简化电路回路等效于图 9-1 和图 9-2 所示。

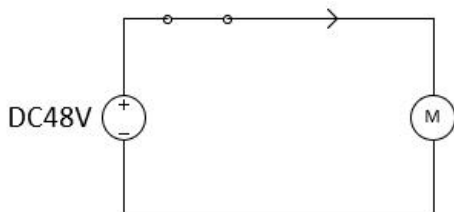


图 9-1 正常工作时

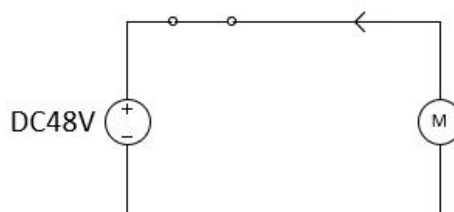


图 9-2 减速工作时

如图 9-1 正常工作时，电源向负载（电机）供电，输出电能。如图 9-2 当负载处于减速工作时，电路回路处于回收动能的过程，即此时电机相当于发电机工作，动能转换为电能回馈，反向电流向电源端电容不断充电使电压升高。由于回收动能（功率） $\propto T \cdot n$ （扭矩\*转速），因此速度越快，负载越大，回收动能（功率）越高，当电源电压升高到大于驱动设置的最高允许母线电压时，伺服会发生母线电压过高报错而停止。

### 9.2.处理方法

针对动能回收处理有三种处理方法：1) 加泄放电阻；2) 加超级电容；3) 加蓄电池。

#### 9.2.1.加泄放电阻

当模组使用 48V 开关电源供电，增加泄放电阻的工作电路可简化等效于图 9-3 和图 9-4 所示。

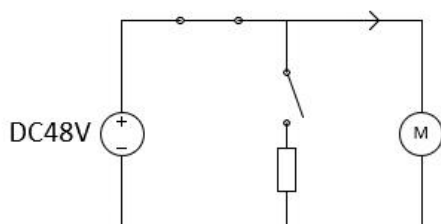


图 9-3 当  $V_{dc} < 51V$  时电阻断开

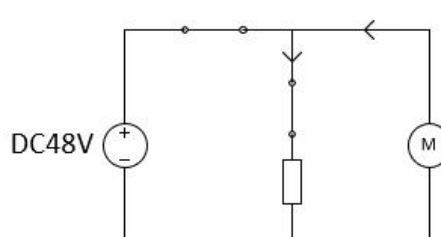


图 9-4 当  $V_{dc} > 53V$  时电阻接通

加泄放电阻作用在于当电路回路处于回收动能的过程时，多余能量通过电阻消耗，从而避免动能回馈导致的电源电压冲高。但是泄放电阻不能长时接入电路，否则会持续产生较多热量导致器件损伤或电路故障以及不必要的电能消耗。因此建议有必要设计可靠的泄放电阻接通控制逻辑。例如当驱动最高允许母线电压设定值为 55V，最低允许母线电压设定值为 44V，则泄放电阻接通控制逻辑可设计为：当  $V_{dc} > 53V$  时接通（如图 9-4，此时多余电能通过电阻消耗），当  $V_{dc} < 51V$  时断开（如图 9-3，此时电源仅向电机输出电能）。

### 9.2.2.加超级电容

利用超级电容的超大电容量和快速充电特性，可采用超级电容来吸收回收动能，其工作电路可简化等效于图 9-5 和图 9-6 所示。

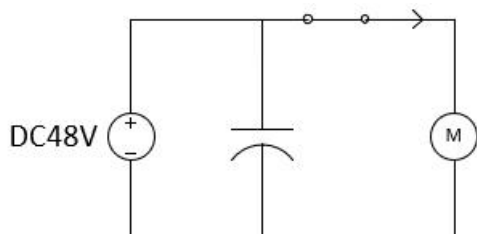


图 9-5 超级电容放电

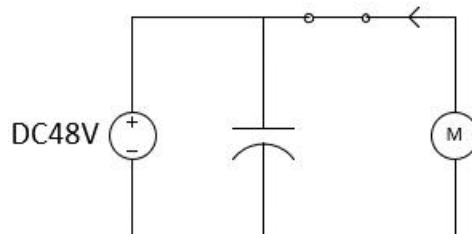


图 9-6 超级电容充电

如图 9-5 正常工作时，开关电源和超级电容同时向负载（电机）供电，输出电能。如图 9-6 当负载处于减速工作时，动能转换为电能回馈，超级电容快速充电回收部分动能，从而避免电源电压快速冲高，实现电源电压在安全电压范围内波动的效果。

### 9.2.3.加蓄电池

利用蓄电池充电吸收回收动能，其工作电路可简化等效于图 9-7 和图 9-8 所示。

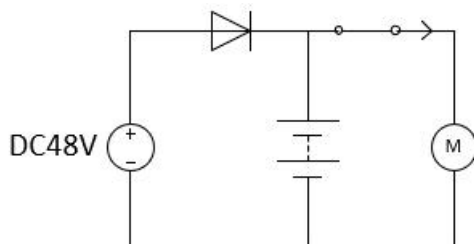


图 9-7 开关电源加蓄电池供电

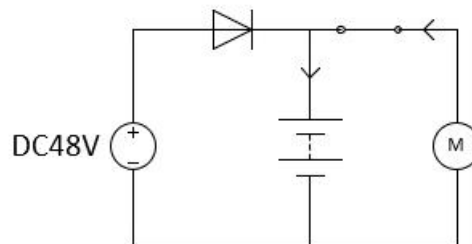


图 9-8 蓄电池充电

与超级电容作用原理类似，在正常工作时，开关电源和蓄电池可同时向负载（电机）供电，输出电能（如图 9-7 所示）。如图 9-8 当负载处于减速工作时，动能转换为电能回馈，利用蓄电池充电回收动能。

## 十、 编码器和位置反馈

### 10.1.编码器分辨率和单圈位置反馈

关节模组采用双编码器实现全闭环控制，包含一个电机端绝对值单圈编码器，分辨率为17bit，一个输出端（负载端）绝对值单圈编码器，分辨率19bit（如为带多圈功能的关节型号，多圈位数16Bit）。

编码器分辨率是指轴转一圈所输出的位置数。例如关节的输出端（负载端）编码器分辨率为19Bit，即一圈输出的位置数是 $2^{19}$ ；19Bit分辨率的单圈位置反馈是0~524287，在0的位置往反方向运动会从0跳变到524287，在524287位置往正方向运动会从524287跳变到0。

计算单圈角度对应编码器位置（19Bit）：角度  $\div$  360  $\times$  524288

例如：20° 的位置对应编码器位置为  $20 \div 360 \times 524288$ 。

### 10.2.关节的位置反馈

当编码器单圈位置在边界位置发生跳变时关节会进行多圈圈数计数。如图10-1所示，19Bit分辨率的编码器边界位置为0和524287，正转是从524287跳变到0，多圈圈数+1，反转是从0跳变到524287，多圈圈数-1。

当前位置计算公式：位置 = 圈数  $\times$  分辨率 + 单圈位置。

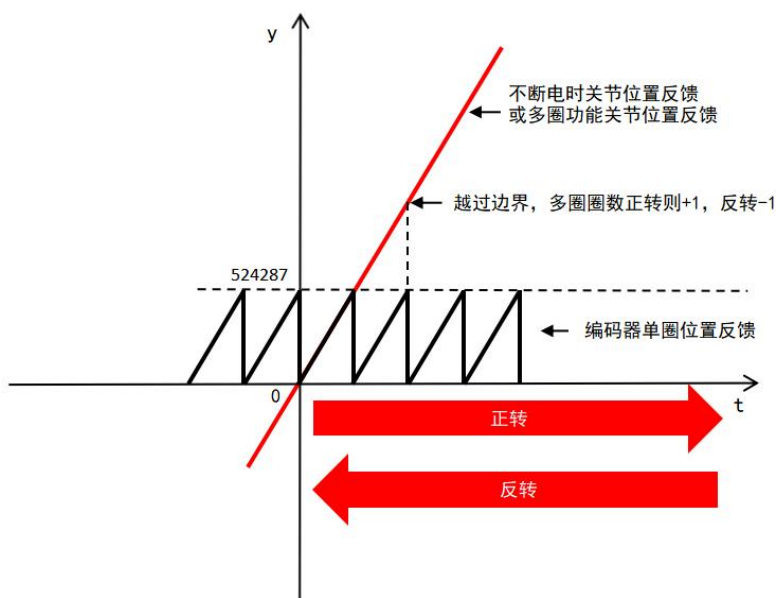


图 10-1 位置反馈示意图

关节位置反馈获取方式：

(1) 通过 EtherCAT 或 CANopen 总线读取对象索引 6064<sub>h</sub>（实际位置，单位：脉冲），由上述位置计算公式可知，6064<sub>h</sub> 值=圈数  $\times$  分辨率 + 单圈位置。

(2) 在我司驱动器调试上位机软件中，通过“状态监控”界面中显示的“位置”读取关节的位置反馈，单圈位置反馈对应“编码器”界面中的“编码器读数”，如图10-2所示。

电机端编码器读数:	14,379
负载端编码器读数:	164,202

位置:	164,202	cnt
速度:	0	cnt/s
脉冲:	0	cnt

图 10-2 上位机读取位置反馈

### 10.3.使用单圈功能的关节位置和注意事项

配置单圈编码器的关节模组在安装前需要调整模组减速机输出端位置,确保设备运行范围内不会出现越过输出端单圈编码器边界位置(0 和 524287),否则将会出现断电重启丢失多圈计数,关节位置反馈变为输出端编码器单圈位置。

### 10.4.使用多圈功能的关节位置和注意事项

配置多圈编码器的关节模组则不需要在安装前调整模组减速机输出端位置来配合机械零位。但需注意多圈关节使用前需要安装 3.6V 多圈供电电池,然后点击上位机编码器界面的重置负载端编码器按钮清除多圈电池错误(操作方法如图 10-3 所示)。若多圈关节不接电池使用,在下次断电重启后依然会报错,且会丢失多圈计数(即位置反馈变为输出端编码器单圈位置)。



图 10-3 负载端编码器复位操作

### 10.5.限位保护设置

根据设备运行范围限制可设置关节限位保护,例如运行范围为 $\pm 15^\circ$ ,机械零位( $0^\circ$ )对应的编码器位置为 262144,则:

下限位设定值： $262144 - 21846 = 240298$

上限位设定值： $262144 + 21846 = 283990$

通过上位机设置方法如图 10-4 所示，打开“位置及保护”界面，设置位置限制：从（下限位设定值）到（上限位设定值），然后点击应用、保存。



图 10-4 限位保护设置

通过 EtherCAT 或 CANopen 总线也可设置限位保护参数。限位保护参数对象索引为  $607D_h$ ，将下限位设定值写入  $607D_h: 01_h$ ，上限位设定值写入  $607D_h: 02_h$ ，然后对  $1010_h: 01_h$  写入保存指令  $65766173_h$ （写入其他值无效，回读值为 0；回读值为 1 时表示正在执行保存；回读值为 2 时表示保存完成）。

## 十一、多圈供电电池说明

### 11.1. 电池作用

在带多圈版本的关节模组掉电时为负载端多圈编码器提供工作电源，以记忆多圈位置值，避免机器人等设备丢失零点。

### 11.2. 电池使用注意事项

使用我司多圈供电电池的注意事项：

- (1) 不得更改原电池接线线序，请勿使用过大力拉扯电池线；
- (2) 不得使用导线或其他具有导电性的介质直接短接在电池的正负极两端；
- (3) 原电池接线端子只适用于我司关节多圈供电电池接口，接入时注意插入方向正确，插入后电池本体要固定，避免接线端子受到拉扯晃动；
- (4) 首次安装电池或更换新电池后需复位负载端编码器（复位操作方法如图 11-2）。更换电池时拔出接线端子请勿直接拔出，需先扣动端子前端卡扣使卡扣松脱后再轻轻拔出即可。

更多安全注意事项见附录 1。

### 11.3. 多圈功耗

经测试（环境温度：25°C），单个多圈电池（初始电压 3.67V）给单个关节模组（带多圈功能）供电，在关节 48V 输入电源不上电时功耗为 4uA，在关节 48V 输入电源上电时功耗为 0uA。如图 11-1 为多圈电池 25°C 放电特性曲线，按照 1mA 放电曲线计算，1 个电池可以供电 250 个模组，电压降低到 3.2V 需要持续放电至少 1000h；按照 25uA 放电曲线计算，1 个电池可以供电 6 个模组，电压降低到 3.2V 需要持续放电至少 50000h，约 5.7 年；由此推算 1 个电池供电 1 个模组（即 4uA 放电），电压降低到 3.2V 需要持续放电至少 300000h，约 34.2 年。

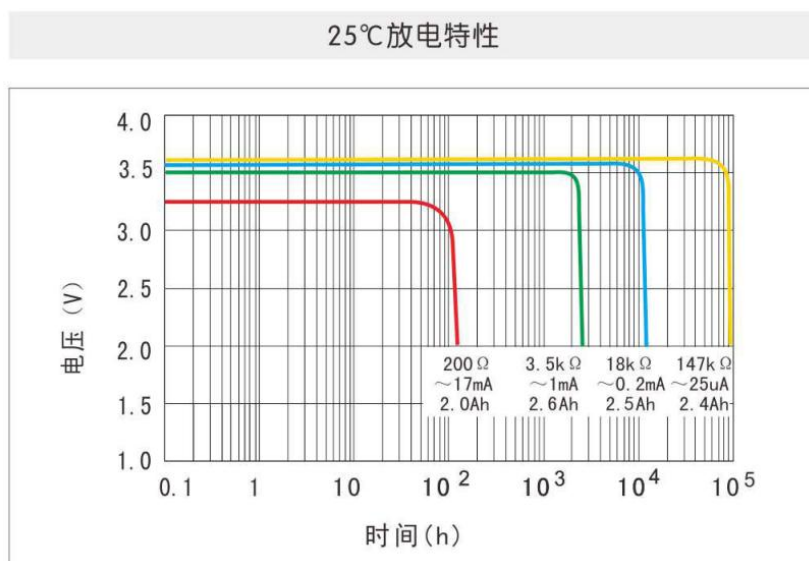


图 11-1 多圈电池 25°C 放电特性曲线

## 11.4. 电池相关报错处理

电池相关报错处理见下表 11-1。

表 11-1 电池相关报错处理查询表

0x603F 上报的错误代码	提示信息	直接原因	可能问题原因	排查处理
0x730D	电池警告错误 (*1)	负载编码器多圈保持用电池电压低于警告电压 3.15V	1. 电池正常消耗至低压报警 2. 使用了错误的电池 3. 电池线路异常导致过快的损耗	1. 更换新电池并执行正确的复位操作 (*2) 2. 更换正确的电池并执行正确的复位操作 3. 检查线缆, 更换新电池并执行正确的复位操作
0x730F	电池电压低	负载编码器多圈保持用电池电压低于工作电压 3.05V	1. 电池消耗至低压报警后并继续使用消耗至错误报警电压 2. 使用了错误的电池 3. 电池线路接触不良 4. 未连接电池	1. 更换新电池并执行正确的复位操作 2. 更换正确的电池并执行正确的复位操作 3. 检查线缆, 更换新电池并执行正确的复位操作 4. 安装电池并执行正确的复位操作
0x7314	检测到掉电状态信息	负载编码器多圈保持用电池电压高于工作电压 3.05V 以上情况下负载编码器经历过电池更换	1. 负载编码器经历过电池更换操作 2. 负载编码器电池接线松动	1. 执行正确的复位操作 2. 检查负载编码器连线, 执行正确的复位操作
0x7374	多圈位置错误			

(\*1) 模组报电池警告错误时不会丢失多圈数据。

(\*2) 正确的复位操作方法如图 10-3 所示, 连接我司上位机软件, 打开编码器界面点击重置负载端编码器按钮。

## 十二、多圈编码器电池欠压报警功能说明（带多圈版本）

状态说明：

（1）电池状态：“0”为编码器电池供电电压低于 3.05V，“1”为编码器电池电压正常供电，“×”为任意状态。

（2）48V 状态：“0”为模组 48V 不供电，“1”为模组 48V 电源供电。

### 12.1.48V 电源从关闭到已启动时的状态（0→1）

情况 1：

	前一次状态	本次启动
电池	1	1
48V	0	0→1
状态	OK	OK

描述：前一次状态是不存在报错的情况，模组启动是正常的，本次启动 CAN 和 EtherCAT 不上报错误。

情况 2：

	前一次状态	本次启动
电池	×	0
48V	0	0→1
状态	×	NG

描述：前一次状态是任意状态，在模组启动时电池是没电的，本次启动 CAN 和 EtherCAT 上报错误“多圈掉电告警”，多圈丢失，但是伺服驱动器可使能。

情况 3：

	前一次状态	启动前	本次启动
电池	1	1→0→1	1
48V	0	0	0→1
状态	OK	OK	NG

描述：前一次状态是不存在报错的情况，在模组启动前执行拔出电池再插回电池，且拔出时间约 8S（电容放电需要时间，可通过短接两端进行快速放电），本次启动 CAN 和 EtherCAT 上报错误“多圈掉电告警”，多圈丢失，但是伺服驱动器可使能。

### 12.2.48V 电源已启动时的状态（1）

情况 1：

	当前状态	在启动的状态下
电池	1	×
48V	1	1
状态	OK	OK

描述：若启动时当前状态为正常的，在启动的状态下电池的任意状态都不会出现报错，CAN 和 EtherCAT 不上报任何错误，多圈值不会丢失。

### 12.3.48V 电源启动到关闭再启动时的状态（1→0→1）

#### 情况 1:

	当前状态	在启动的状态下	模组进行重启
电池	1	1→0	0
48V	1	1	1→0→1
状态	OK	OK	NG

描述：若启动时当前状态为正常的，在启动的状态下电池的电压降至 3.05V 以下，CAN 和 EtherCAT 不上报任何错误，多圈值不会丢失，当模组进行重启后，CAN 和 EtherCAT 上报错误“多圈掉电告警”，多圈丢失，但是伺服驱动器可使能。

#### 情况 2:

	当前状态	在启动的状态下	模组进行重启
电池	1	1→0→1	1
48V	1	1	1→0→1
状态	OK	OK	NG

描述：若启动时当前状态为正常的，在启动的状态下电池的电压降至 3.05V 以下，CAN 和 EtherCAT 不上报任何错误，多圈值不会丢失，当模组进行重启后，CAN 和 EtherCAT 上报错误“多圈电池欠压”，多圈丢失，但是伺服驱动器可使能。

### 十三、减速比的解析

关节模组中的输出端是电机是通过减速机后输出的，而电机端速度换算到输出端速度需要通过减速比计算，公式是：

$$RPM_{\text{输出端}} = RPM_{\text{电机端}} \div (X + 1)$$

$RPM_{\text{输出端}}$  是输出端速度，单位：转/分；

$RPM_{\text{电机端}}$  是电机端速度，单位：转/分；

X 是减速比，之所以要除以 (X+1) 是和减速机采用输入是波发生器，输出是钢轮，输入是柔轮的安装方式有关。

#### 关于速度设定和速度转换：

模组中有两个编码器，电机端编码器（17 位）和负载端编码器（19 位）。模组是开启全闭环运行，所以运行速度设定是直接设定输出端的转速。

运动		
位置:	164,205	
加速度:	<input type="text" value="262144"/>	Re
减速度:	<input type="text" value="262144"/>	Re
速度:	<input type="text" value="5242"/>	Re
停止时间:	<input type="text" value="500"/>	m:

图 13-1 速度设定界面

计算公式：

$$RPM_{\text{负载端}} = \frac{\text{速度设定数值}}{524288} \times 60 \quad (524288 \text{ 为负载端 } 19 \text{ 位编码器的分辨率})$$

## 十四、连接调试上位机

第一步：CAN 调试器接线，PE 不接，L 接 CAN\_L，G 接 GND,H 接 CAN\_H，R 拨码开关 1 或者 2 的其中一个拨到 ON，另一个不拨，然后将调试器与关节连接。



图 14-1 CAN 调试器接口图

第二步：USB 转 CAN 驱动安装，解压压缩包，按照内附的驱动安装说明安装驱动。



图 14-2 CAN 调试器驱动截图

第三步：打开软件，依照以下步骤连接关节。



图 14-3 软件开始界面

1. 点击连接设置，打开连接界面
  2. 点击连接测试，等待扫描结束
  3. 点击扫描到的设备
  4. 输入框输入名称，点击加入列表
  5. 点击列表中的已加入的设备，点击连接
  6. 连接成功，并显示当前 ID
- 注：设备已添加只需重复 1、5、6。

## 十五、关节试运行

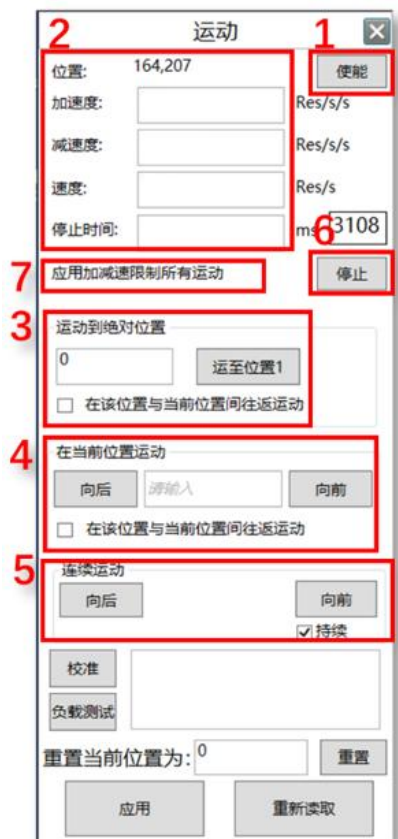


图 15-1 软件运动界面

### 界面介绍:

- 1、电机使能并打开刹车。
- 2、输出端的当前位置显示和速度参数设定，数值是分辨率为单位，停止时间是设置点对点往返运动折返时的停留时间。
- 3、设定目标位置，使电机运动至设定位置，勾选往返使电机在位置 1 和 2 之间往返运动。
- 4、设定位置位移值，使电机向前或向后移动一段设定的位移值，勾选往返，在当前位置以设定的位移做往返运动
- 5、向前向后持续运动
- 6、以当前设定减速度减速停止，但电机不失能，刹车不会制动。
- 7、限速功能：“应用加减速限制所有运动”勾选时，关节运动受限于运动界面设定的加减速限制以及安全速度界面设定的最大允许速度限制，当运动界面的“应用加减速限制所有运动”不勾选时，关节运动仅受限于安全速度界面设定的最大允许速度限制。

### 电机空载试运行步骤:

- 1、核对速度参数不超过最大允许速度，建议一开始请先设定低转速运行。
- 2、运动先点击使能，确认刹车已打开（刹车打开会有“哒”的一声）。
- 3、点击持续运动中的“向前”，电机向前运动，观察电机运行状态。
- 4、点击停止，电机减速停止（注：运行中不可以直接点击主界面的马达停止）。
- 5、点击软件主界面中的马达停止，电机失能刹车制动，试运行完毕。



图 15-2 软件主界面马达停止按钮

## 十六、带负载后的 PID 整定

带负载后只需要整定速度环和位置环的 PID，首先打开上位机主界面示波器和 PID 设置，点击如图 16-1 所示图标按钮。

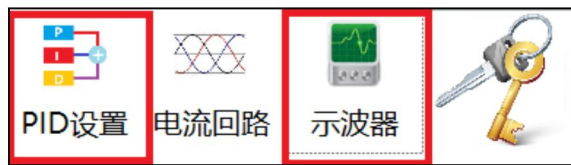


图 16-1 主界面 PID 设置和示波器

### 16.1.速度环调节

1. 首先在示波器界面选择目标速度（限幅）、实际速度为观察源，采样时长为 1s 或 2s，采样间隔为 500us，以目标速度（限幅）作为触发源，触发条件为不等于 0 且触发位置选择在 0%，并点击“单次”按钮，使示波器处于“等待触发”状态，如图 16-2 所示。

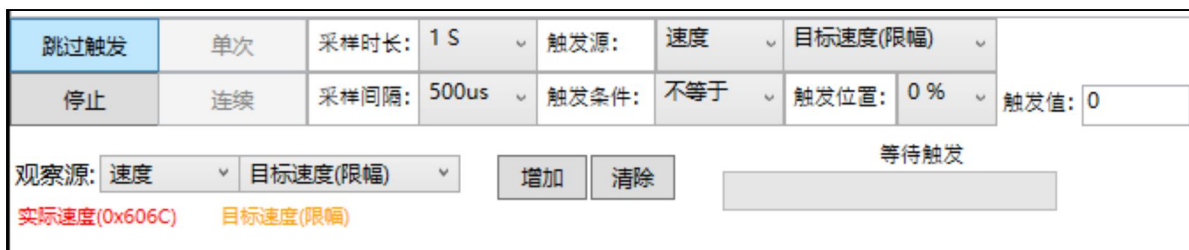


图 16-2 示波器设置

2. 在 PID 设置界面（如图 16-3）设置速度环激励频率，推荐使用 1Hz，激励速度一般设定为（524288/减速比），PID 在原有基础值上去调节，点击“激励速度”按钮；此时电机响应跟随激励速度且示波器会进行数据采集。



图 16-3 PID 设置界面激励速度

3. 先调整增益，波形在刚好超调一点，但是未出现过大的震荡即可。然后调节积分，积分数值一般不用给太高，适当消除震荡即可。最终波形应该接近图 16-4 的波形。

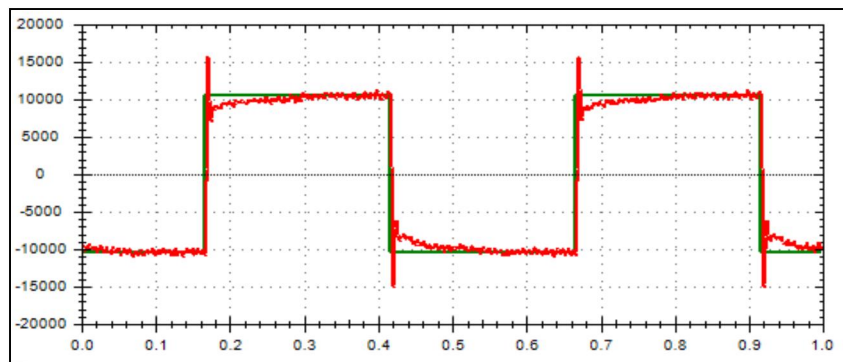


图 16-4 速度环激励响应波形

4. 调节完毕后，主界面点击“停止电机”按钮，然后在 PID 设置界面左下角点击“应用”按钮，并在主界面中点击“保存”按钮用于将参数进行保存（约 3s 后保存完成），以防止驱动器重启后还原为原来参数。

## 16.2. 位置环调节

1. 首先在示波器界面选择目标位置（限幅）、实际位置为观察源，采样时长为 1s 或 2s，采样间隔为 500us，以目标位置（限幅）作为触发源，触发条件为不等于 0 且触发位置选择在 0%，并点击“单次”按钮，使示波器处于“等待触发”状态，如图 16-5 所示：

跳过触发	单次	采样时长: 1 S	触发源: 位置	目标位置(限幅)
停止	连续	采样间隔: 500us	触发条件: 不等于	触发位置: 0 %
				触发值: 0
观察源: 位置		实际位置(0x6064)	增加	清除
目标位置(限幅)		实际位置(0x6064)	等待触发	

图 16-5 示波器设置

2. 在 PID 设置界面(如图 16-6)设置激励频率, 推荐使用 1Hz, 激励位置一般设置为(52428/减速比), PID 在原有基础值上去调节, 点击“激励位置”按钮; 此时电机响应跟随激励位置且示波器会进行数据采集。

PosErr: 0	
位置环增益: <input type="text"/>	速度环增益: <input type="text"/>
速度环积分: <input type="text"/>	速度前馈: <input type="text"/>
激励位置	
激励位移: <input type="text"/>	分辨率/s 低
激励频率: <input type="text"/>	Hz 2Hz
激励位置	

图 16-6 PID 设置界面激励位置

3. 调整增益，最终波形应该接近图 16-7 的波形

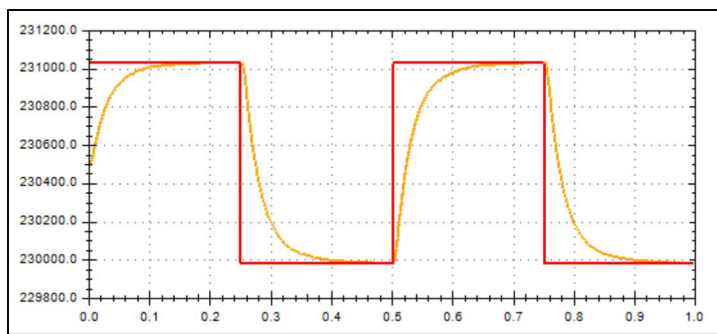


图 16-7 位置环激励响应波形

4. 调节完毕后，主界面点击“停止电机”按钮，然后在 PID 设置界面左下角点击“应用”按钮，并在主界面中点击“保存”按钮用于将参数进行保存（约 3s 后保存完成），以防止驱动器重启后还原为原来参数。

### 16.3.EtherCAT 动态修改 PID 功能

除了通过上位机可修改 PID 参数外，还可通过 EtherCAT 通信动态修改 PID 参数。首先需在上位机 PID 调节界面勾选“使用总线调节 PID”功能并应用保存（如图 16-8 所示），否则修改无效。然后通过 SDO 访问 2381h: 01h（速度环增益）、2381h: 02h 速度环积分）、2382h: 01h（位置环增益）即可动态修改 PID 参数（电流环参数未开放修改，出厂已设置好不需修改）。

使用总线调节 PID 注意事项：

当需要使用 EtherCAT 修改 PID 参数的时候，则需要使用上位机勾选“使用 EtherCAT 修改 PID”的选项，否则将无法使用 EtherCAT 修改 PID 参数。



图 16-8 勾选使用总线调节 PID

使用 EtherCAT 修改 PID 参数，之后若需要使用上位机对 PID 参数进行修改，则需要进行如下操作，避免上位机修改 PID 无法生效，变成介于原始值与目标值之间的值：

- ①先对“使用总线修改 PID”取消勾选；
- ②应用保存；
- ③重新进入 PID 调节界面进行修改 PID 参数。

EtherCAT 动态修改 PID 功能即其他功能描述详见《eDriver EtherCAT 应用手册》。

## 十七、报错处理

3108-负载多圈编码器电池报错，处理建议：1) 更换负载多圈编码器电池；2) 检查负载电池连线；3) 重置负载多圈编码器。

4001-EtherCAT 初始化错误，处理建议：EtherCAT 相关硬件故障或烧录了错误的 EtherCAT XML 文件或烧录了错误的程序版本。

5001-关节承力超限，处理建议：核对关节过矩保护限值，检查核对是否经历过大的撞击或载荷（不可修复），经历过非法拆装不可修复。

更多报错处理详见《Error Codes And Fixes》。

## 十八、特殊功能说明

### 18.1. PDO 动态配置功能

eDriver 系列 PDO 映射的预定义列表中，0x1A00/0x1600 映射 TxPDO/RxPDO 支持任意 mapping 配置（可配置 PDO 总字节数最大为 80 个字节），包括但不限于 TxPDO: 6041<sub>h</sub>、6064<sub>h</sub>、606C<sub>h</sub>、6061<sub>h</sub> 等，RxPDO: 6040<sub>h</sub>、607A<sub>h</sub>、6065<sub>h</sub>、6060<sub>h</sub> 等。

说明：因 ESC 芯片特性，若需配置一个 8 位长度对象索引（如 6060<sub>h</sub>/6061<sub>h</sub>），则需同时配置一个空 8 位（bit8）以 2 字节（16bit）对齐。

PDO 映射列表描述详见《eDriver EtherCAT 通信应用手册》第二章。

### 18.2. 可变积分上限的 PID 控制功能

通过 CAN 访问参数 ID: 97（十进制）可对“速度环积分上限”参数（参数属性：INT32，不保存到 flash，可读写，单位为 mA）进行读写操作，也可在关节运行时修改。

功能使用说明：

1. 将积分上限设为 0 可消除累积的速度环积分值。
2. 恢复积分限制的值原来设定值的时候，会有冲击，建议平缓增加（每周期增加的合适值视实际运行平稳程度而定，建议从小到大给看实际效果）。
3. “可变积分上限的 PID 控制”除了可以消除积分为 0 外，合适的变积分上限会令伺服运行更稳定，容许更大的比例增益，更快的响应速度。

## 十九、各方向受力允许值

### 19.1. 弯矩受力计算

最大负载静力矩( $M_{max}$ )的计算方法如下:

请确认  $M_{max} \leq Mc$  (公式符号说明详见表 19-2)

$M_{max} = Fr_{max}(Lr+R) + Fa_{max} \cdot La$  (公式符号说明详见表 19-1)

表 19-1 公式符号说明

$Fr_{max}$	最大径向负载	N(kgf)	参照下图
$Fa_{max}$	最大轴向负载	N(kgf)	参照下图
$Lr$ 、 $La$	--	m	参照下图
$R$	偏置量	m	参照下图及各系列的规格表

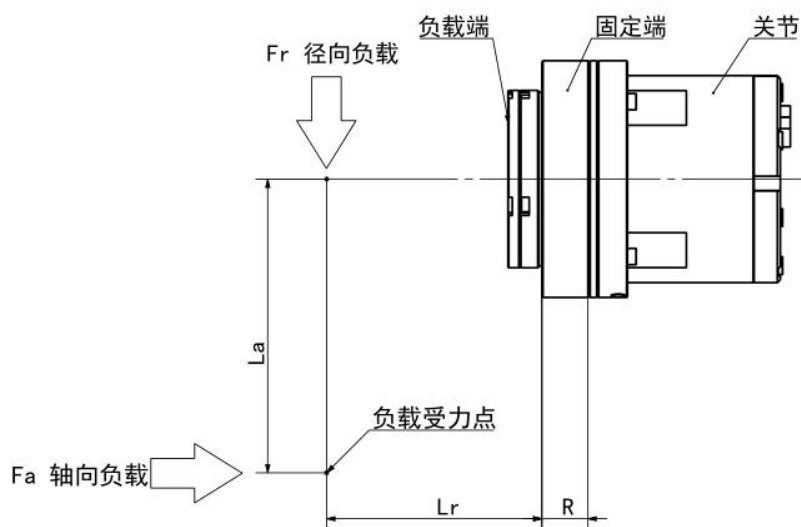


图 19-1 外部负载作用图

表 19-2 各关节型号容许力矩值

关节型号	偏置量	容许力矩负重 $Mc$	
	$R$	Nm	kgfm
型	m		
eRob70	0.0217	74	7.6
eRob80	0.0239	124	12.6
eRob90	0.0255	187	19.1
eRob110	0.0296	258	26.3
eRob142	0.0364	580	59.1
eRob170	0.044	849	86.6

例: 已知选用 eRob70H 型关节,  $La=0.2m, Lr=0.5m, Fr_{max}=50N, Fa_{max}=30N$ 。

查表 19-2 知:  $R=0.0217m, Mc=74Nm$ 。

带入公式  $M_{max} = Fr_{max}(Lr+R) + Fa_{max} \cdot La$

$$M_{max} = 50 \times (0.5 + 0.0217) + 30 \times 0.2$$

$$M_{\max}=32.085\text{Nm}$$

因为： $M_{\max}(32.085\text{Nm})\leq M_c(74\text{Nm})$ ，所以符合使用弯矩要求。

## 19.2.eRob 关节承载能力值

表 19-3 各关节型号承载能力值

关节型号	基本动额定负载 C		基本静额定负载 Co		容许力矩负重 Mc	
	$\times 10^2 \text{ N}$	kgf	$\times 10^2 \text{ N}$	kgf	$\text{N} \cdot \text{m}$	$\text{kgf} \cdot \text{m}$
eRob70	58	590	86	880	74	7.6
eRob80	104	1060	163	1670	124	12.6
eRob90	146	1490	220	2250	187	19.1
eRob110	218	2230	358	3660	258	26.3
eRob142	382	3900	654	6680	580	59.1
eRob170	433	4410	816	8330	849	86.6

## 19.3.减速机棘爪扭矩

机器人关节模组运转中受到过度的冲击转矩作用时，在减速机柔轮等未发生破损的状态下刚轮和柔轮齿轮的啮合会瞬间发生偏移，这种现象被称为棘爪。此时的转矩被称为棘爪扭矩(棘爪扭矩的数值参照下表 19-4)。如果发生棘爪现象仍继续使其运转，会由于棘爪发生时产生的磨损粉尘导致齿轮发生早期磨损，缩短波发生器轴承的使用寿命。

表 19-4 机器人关节发生棘爪的扭矩值（单位：Nm）

型号 速比	eRob70	eRob80	eRob90	eRob110	eRob142	eRob170
50	88	150	220	450	980	1800
80	110	200	350	680	1400	2800
100	84	160	260	500	1000	2100
120	-	120	240	470	980	1900

齿轮啮合正常形态如图 19-2 所示。当发生棘爪时可能会出现齿轮啮合不正常，如图 19-3 所示，呈单侧偏移的状态。此时继续运转会发生振动，引起柔轮破损。

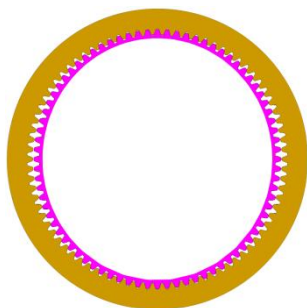


图 19-2 齿轮正常啮合示意图

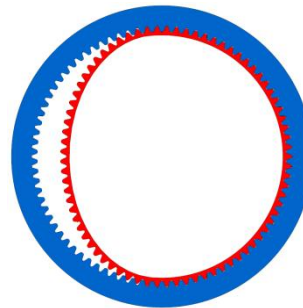


图 19-3 齿轮啮合偏移示意图

以 eRob90H100I 为例，当发生棘爪时继续以速度 5242cnt/s（此时电机端转速为 1r/s）运转（当严重棘爪时关节为空载状态运行也可能出现报警），用示波器采集电机电流波形（如图 19-4 所示，示波器设置观察源为：电机电流、电机转角，采样间隔 1ms，采样时长 4s），可以看出电机电流呈现电机端转一圈出现一次较大电流波动。当发生棘爪时，若关节带负载继续运行，将出现电流过大、电机堵转保护、位置误差超限、速度误差超限、功率温度过高等报警。发生棘爪后的关节不可继续使用。

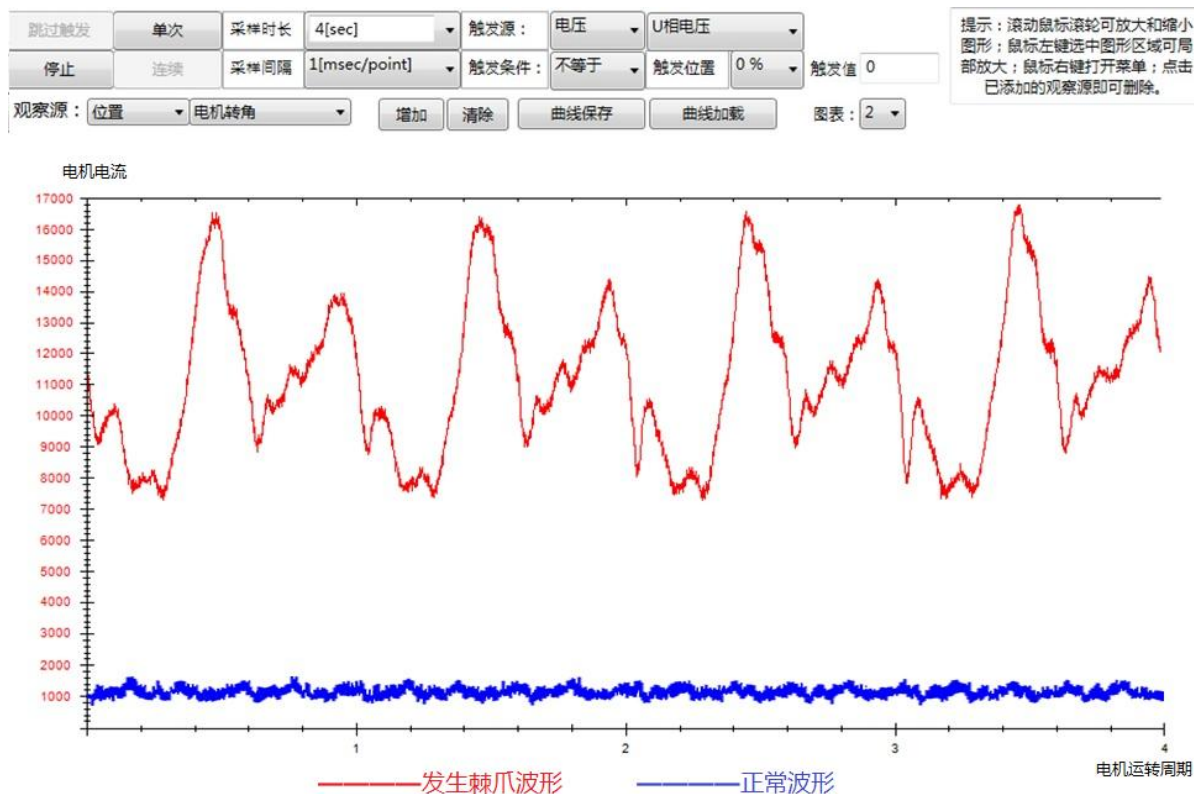


图 19-4 发生棘爪时电机电流波形

发生一次棘爪后齿顶会出现磨损，如图 19-5 所示，正常形态如图 19-6 所示。发生两次以上时棘爪的发生转矩值将会降低。

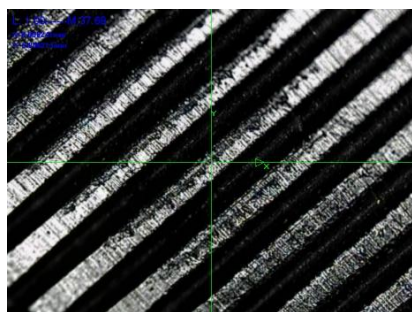


图 19-5 齿轮棘爪齿顶磨损图

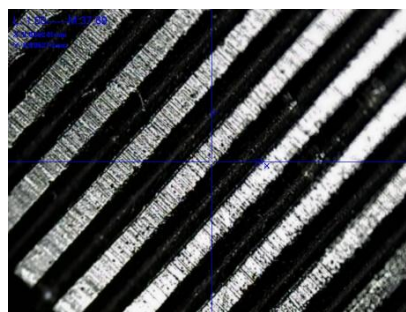


图 19-6 齿轮正常齿顶图

## 二十、关节安装要求

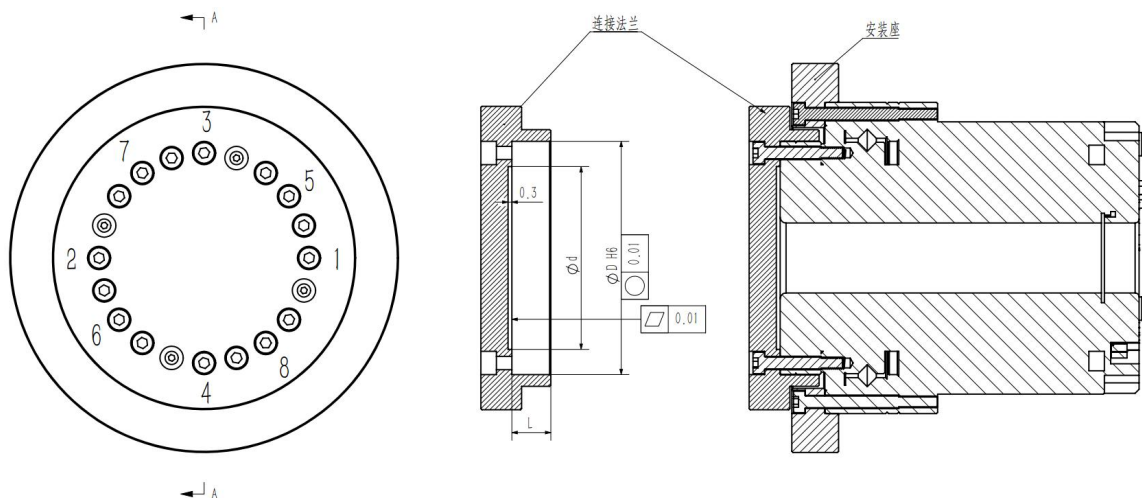


图 20-1 关节安装示意图

### 20.1.连接法兰止口要求

负载端止口的深度必须扣到图示位置，具体模组型号对应深度如表 20-1。连接法兰端面不允许有披锋等凸起；注意钻孔易引起的孔口凸起，批锋等。

表 20-1 安装尺寸要求

模组型号	D(mm)	L(mm)	d(mm)	止口圆度	止口平面度
eRob70	$\varnothing 50^{+0.016}_0$	6	39	0.01	0.01
eRob80	$\varnothing 60^{+0.019}_0$	7	49	0.01	0.01
eRob90	$\varnothing 70^{+0.019}_0$	7	56	0.01	0.01
eRob110	$\varnothing 85^{+0.022}_0$	7	70	0.01	0.01
eRob142	$\varnothing 110^{+0.022}_0$	9	91	0.01	0.01

### 20.2.螺丝锁紧手法

使用对角的方法对螺丝进行锁紧，第一步先将螺丝拧到底而不拧紧，第二步按对角的步骤将螺丝稍微拧紧，第三步按对角的步骤用扭矩扳手将螺丝拧紧。

### 20.3.螺丝扭矩标准

螺丝锁紧力参考表 20-2。

表 20-2 螺丝锁紧扭矩表

螺丝型号	M3	M4	M5	M6
锁紧扭矩	2 Nm	4 Nm	9 Nm	15 Nm
特别说明	前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧扭矩。			

螺钉强度等级 12.9 级

## 20.4. 常见的非正常安装

1. 仅有平面安装，定位不足，如图 20-2。

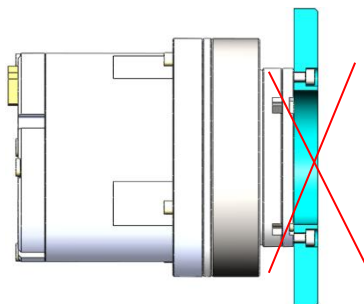


图 20-2 缺少定位止口

2. 定位深度不够，达不到有效定位，如图 20-3。

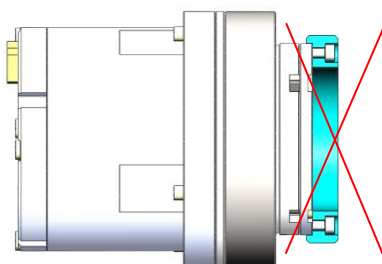


图 20-3 定位止口深度不足

3. 由于钻孔引起翻边凸起，如图 20-4

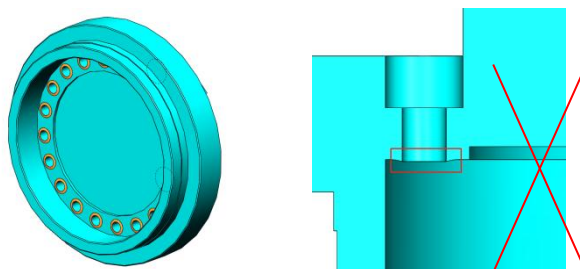


图 20-4 螺丝过孔翻边凸起

4. 由于加工不良，平面度超差，如图 20-5。

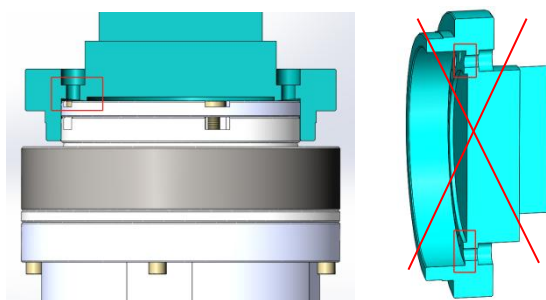


图 20-5 机加工平面度不足

每个 eRob 关节在出厂时都经历了严格的抖动和噪音测试，不能达到安装要求的，会出现抖动噪音等异常。

## 20.5.严格清洁安装表面

安装表面可能粘有金属屑、各类螺纹胶、密封胶、颗粒粉尘等，导致安装面未实现可靠的配合，进而引起抖动和噪音，安装前请严格清洁安装表面。

## 二十一、固件版本升级

模组固件版本定义规则如下图 21-1 所示。

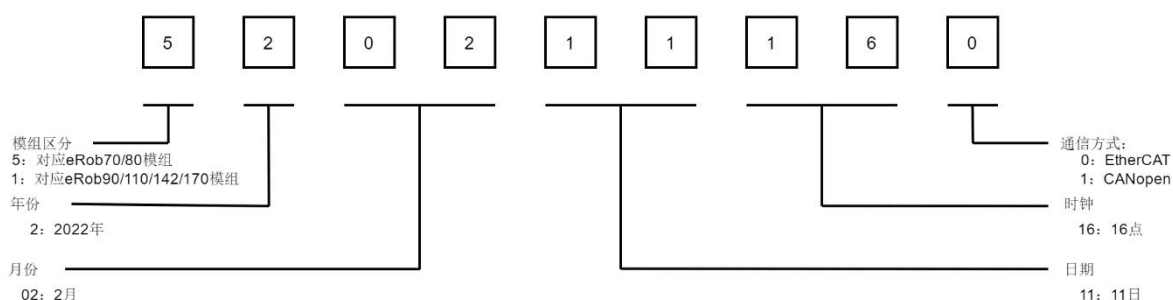


图 21-1 模组固件版本定义规则

目前 eRob 关节模组固件的分类以及固件更新方式如下表 21-1 所示。

表 21-1 固件版本类型以及升级说明

固件类型	固件文件	支持模组类型	固件在线升级方式
EtherCAT 版本	App_520211160_279408.bin	eRob70/eRob80	通过“TwinCAT 软件”进行升级
	App_120211160_279408.bin	eRob90/eRob110/eRob142/ eRob170	
CANopen 版本	CANopenApp_520216091.bin	eRob70/eRob80	通过“CANUpdateTool Ver1.0.1 版本软件”进行升级
	CANopenApp_120216091.bin	eRob90/eRob110/eRob142/ eRob170	

### 21.1.CANopen 固件升级

CANopen 升级步骤如下图 21-2 所示。

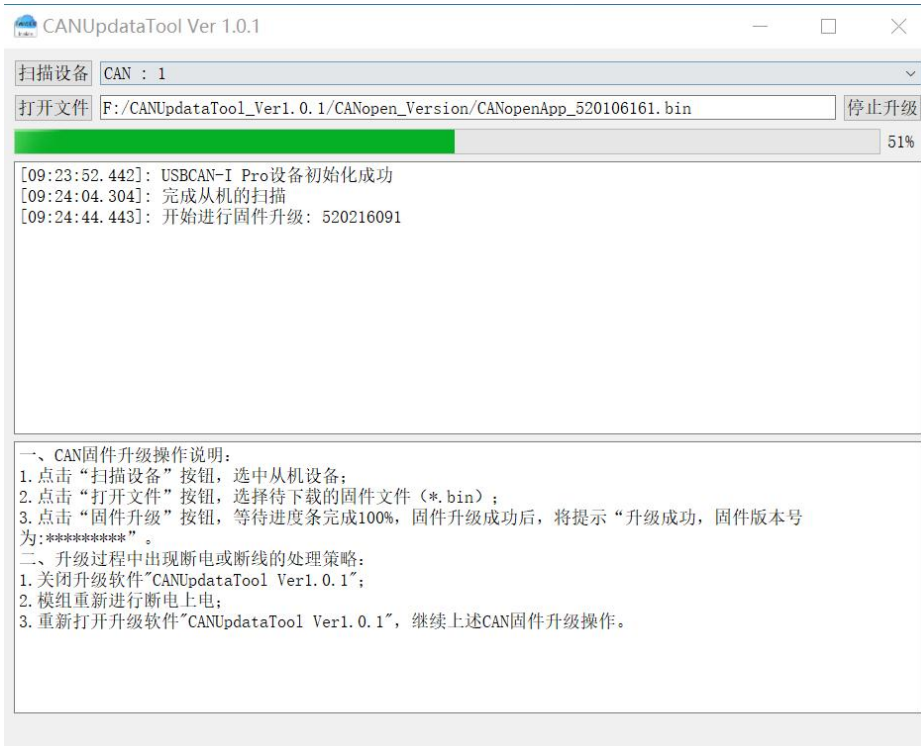


图 21-2 升级过程

等待升级完成, 当进度条完成 100%后, 表示升级完成, 模组将会自动复位, 复位成功后, 将会提示升级成功, 并读取当前的固件版本号, 如下图 21-3 所示。

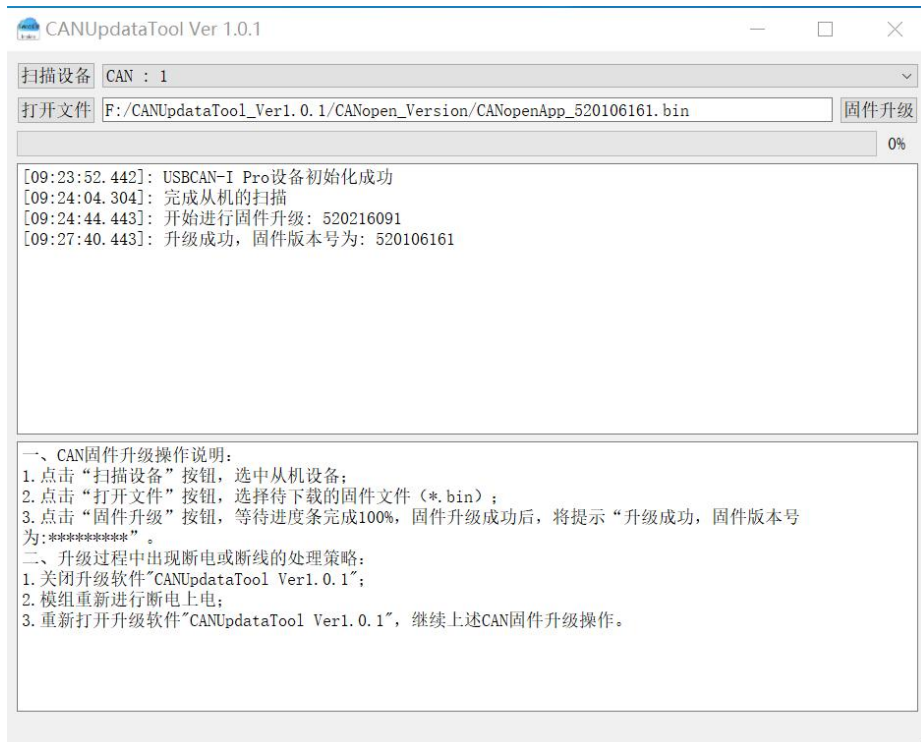


图 21-3 升级完成提示

如果多个模组的 CAN 接口进行了级联, 通过点击“扫描设备”按钮, 则可以将级联的设备都扫描出来, 通过下拉列表, 依次选择不同的模组的选项, 分别对每个模组进行单独升级。

## 21.2. EtherCAT 固件升级

目前 EtherCAT 版本固件需要借助支持 EtherCAT FoE 功能的第三方软件(比如倍福提供的 TwinCAT 软件)进行在线升级,具体的 EtherCAT 版本固件升级的操作步骤可参考另外一份文档:《基于 FoE 的在线固件升级操作说明\_Ver1.5.pdf》。

## 二十二、恢复出厂参数功能

如图 22-1 所示,恢复出厂参数操作步骤如下:

- 1、连接上位机软件,点击“参数存储”按钮,弹出“参数上传和下载”对话框;
- 2、点击“恢复出厂参数”按钮,等待进度条显示完成,弹出图 22-1 提示框,点击“确认”。
- 3、断电重启,再次连接上位机软件,确认参数已恢复,并点击“保存”按钮,将恢复的参数进行保存。

### 注意事项:

(1) 只有当保存参数过程中因意外断电,造成部分参数丢失或全部丢失时才可使用此功能恢复出厂参数。

(2) 应用此功能时,请确认该模组的固件版本是最新发布 of 正式版本(固件版本号为 X2040816X 及之后的固件版本,且是在 2022 年 4 月 8 日之后出货的模组)。在此之前出货的模组都不支持该功能。

(3) 在出现“注意事项(1)”的情况时,如果不满足“注意事项(2)”所述条件,请及时联系我司技术支持工程师确认,确认无法恢复时,可进行返厂检修。

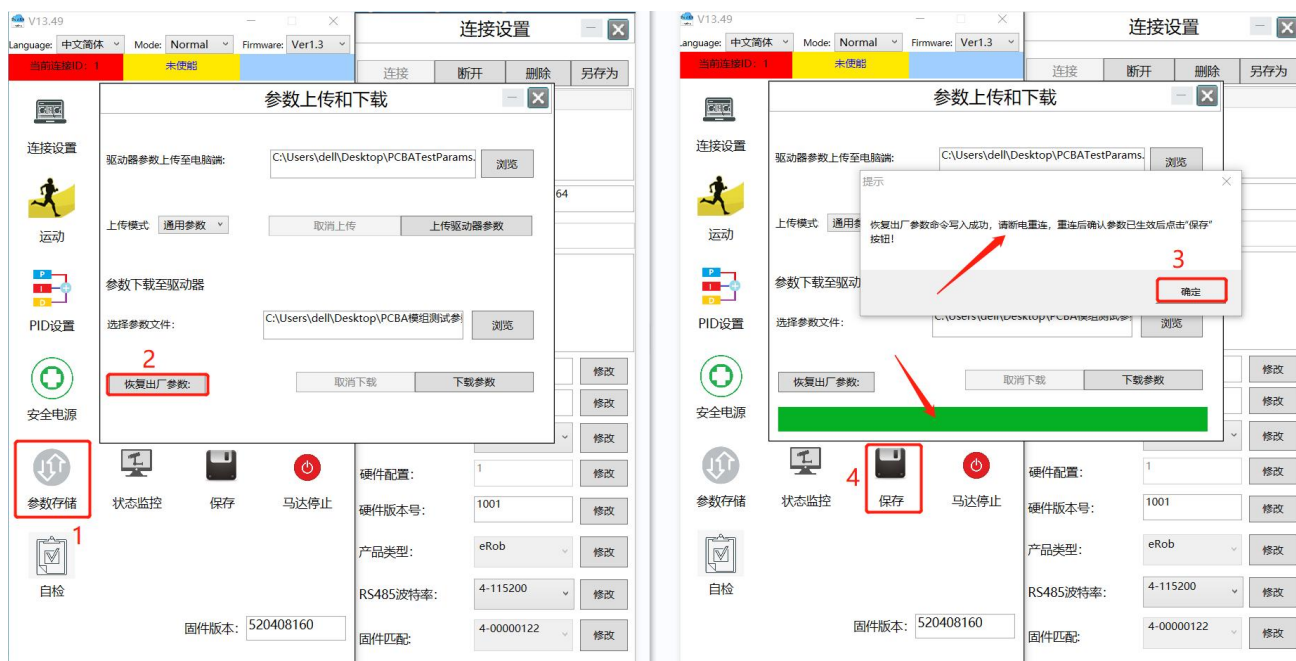


图 22-1 恢复出厂参数操作

## 二十三、故障排查说明

表 23-1 故障排查和解决

问题分类	现象	可能原因	解决措施
通信异常，无法连接	RUN LED 指示灯不亮	1.未使用正确供电电源	1.使用 48VDC 电源供电，注意电源正负极接线顺序
	上位机连接时提示：请检查驱动器是否上电	1.未使用正确供电电源 2.CAN 总线接线不良	1.使用 48VDC 电源供电，注意电源正负极接线顺序 2.检查 CAN 接线顺序，确保连接良好
	上位机连接时状态监控界面数据显示跳变异常	1.CAN 总线上设定了重复 CANID	1.单独连接各个轴，重新设置 CANID，确保 ID 唯一
	网口灯不亮	1.EtherCAT 总线接线不良 2.模组 PCB 硬件故障	1.检查网线接线顺序和连通情况，确保连接良好 2.返厂检测维修
	网口灯亮但是不闪	1.识别到的连接轴数与控制器控制轴数不匹配 2.CAN 总线上设定了重复 CANID（如果控制器使用了 CAN 总线）	1.连接正确轴数的模组 2.单独连接各个轴，重新设置 CANID，确保 ID 唯一
	网口灯闪一段时间后不闪	1.EtherCAT 总线接线不良	1.检查网线连通情况，确保连接良好

更多报错处理详见《Error Codes And Fixes》。

## 二十四、扭矩传感器

1、理想情况下的谐波减速机的传动方程：

$$\theta_{out} = \frac{\theta_{in}}{N}$$

其中， $\theta_{out}$  为柔轮输出端角度值， $\theta_{in}$  为波发生器输入端的角度值， $N$  代表的是减速机的齿轮比。

2、谐波减速机的实际传动方程：

$$\theta_{out} + E_{out} = \frac{\theta_{in}}{N} + E_{in}$$

其中， $E_{in}$  表示的是输入端的传动误差， $E_{out}$  表示的是由刚轮的弹性变形引起的误差，其数值十分微小，可忽略不计。

$$E_{in} = E_{\text{柔轮弹性变形}} + E_{\text{波发生器变形量}} + E_{\text{输入侧齿隙}} + E_{\text{制造误差}}$$

其中， $E_{\text{制造误差}}$  与  $E_{\text{柔轮弹性变形}}$ 、 $E_{\text{输入侧齿隙}}$ 、 $E_{\text{波发生器变形量}}$  相比，十分微小，可忽略不计。

定义变量  $\Delta\theta$ （令  $\Delta\theta = E_{in}$ ，用对象字典 0x2241 表示）来表示谐波减速机总的扭转角。

$$\Delta\theta = (\theta_{out} * N) - \theta_{in}$$

其中， $\theta_{in}$  通过电机端编码器测量，分辨率为 17 位， $\theta_{out}$  通过负载端编码器测量，分辨率为 19 位， $\theta_{in}$  与  $\theta_{out}$  的单位为分辨率。

表 24-1 双编码器差值

索引	0x2241	对象	变量	名称	双编码器差值 ( $\Delta\theta$ )
子索引	PDO 映射	读写操作	数据格式	单位	描述
0x00	TxPDO	只读	INT32	count	负载端折算至电机端的编码器反馈位置的差值。

表 24-2 扭矩值

索引	0x3B69	对象	变量	名称	扭矩值
子索引	PDO 映射	读写操作	数据格式	单位	描述
0x00	TxPDO	只读	INT32	mNm	基于双编码器方案估计的扭矩值。

双编码器差值 0x2241h 与扭矩值 0x3B69h 之间的关系可结合如下图 24-1 的谐波减速机的刚度与滞后曲线的特性而获得。

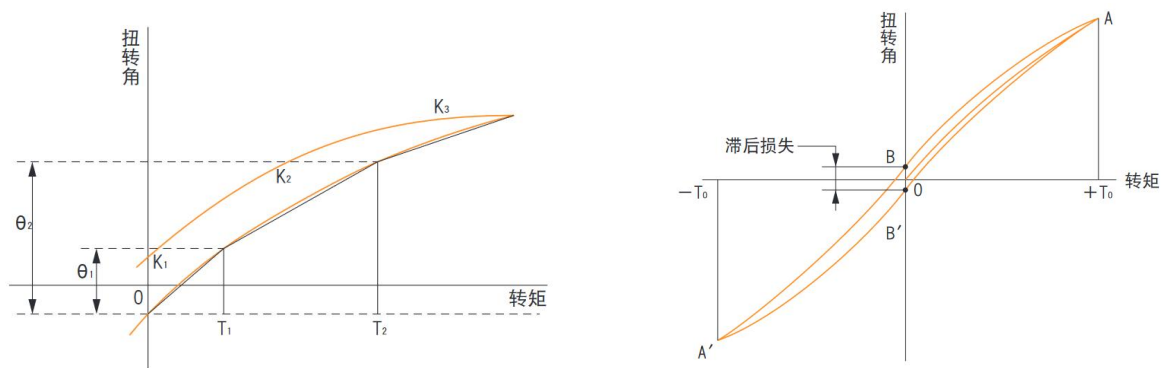


图 24-1 谐波减速机的滞后与刚度曲线

参考文献：《HarmonicDrive 组合型产品目录.pdf》

## 附录 1 多圈供电电池相关安全注意事项

- 1、不得随意放置电池，防止短路。
- 2、不要进行加热或放置于 100℃ 的环境中。
- 3、严禁对电池进行充电。
- 4、严禁拆卸和解剖电池。
- 5、严禁将正负极与用电设备反接使用。
- 6、严禁直接在电池表面使用烙铁焊接或接触其他高温物件。
- 7、严禁在没有任何防护条件下进行挤压、冲击等各项环境及安全性测试。
- 8、严禁将电池投入水中或未作防护的条件下在潮湿环境下使用或储存。
- 9、严禁电池在设备中使用时未设置截止电压点的情况下过度使用，达到截止电压点后需立即从设备中拆除，防止继续有电流工作深度放电。
- 10、在使用或储存期间如发现电池有发热、散发气味、变色、变形或其他异常之处请停止使用。
- 11、使用过的电池应按照当地环保规定处理，深埋于地下或投入盐水中。
- 12、如有电池内部液体溅到皮肤、眼睛及衣服上，立即用大量清水冲洗，再立即就医处理。
- 13、电池应在远离静电的场所使用和储存。
- 14、电池应储存在温度不超过 30℃、相对湿度 45%~ 75%的环境中。
- 15、电池储存时要远离热源，远离腐蚀性气体环境、避免阳光直射的地方，保证储存区域清洁、凉爽、干燥、通风。
- 16、电池不使用需保持原包装存放状态，去掉包装后电池不能乱堆放。
- 17、电池在运输过程中，应避免日晒、火烤、雨淋、水浸及与腐蚀性物质放在一起。
- 18、运输和装卸中的冲击、震动应限制在最小程度。
- 19、电池长途运输时，如是船运，应放在远离发动机的地方；夏季不应该长期滞留在不通风的环境内。