

产品使用说明书

适用系列：X 系列

版本：V1.0

日期：2025.01

前言

感谢您购买和使用脉塔智能 X 系列关节模组。

X 系列关节模组是本公司在多年为客户服务的经验积累前提下，为用户提供的高度集成一体化的关节模组，其传动速比大、承载能力强、精准控制、便于携带，为开发者节省大量时间。

本手册介绍 X 系列一体化行星模组使用参数、使用方法、注意事项等信息，请相关使用人员、调试人员及维修人员务必仔细阅读后再上手操作。

如您还需了解本公司的其他产品信息，欢迎联系我们。



中文网站



EN WEB

公司全称：苏州脉塔智能科技有限公司

热线电话：400-998-9592

地址：江苏省昆山市花桥镇远创路 599 号二栋



版权说明

本手册的版权归苏州脉塔智能科技有限公司（简称“脉塔智能”）所有。未经本公司许可，不得以任何方式复制和抄袭本手册的内容。产品手册仅作为用户使用的参考资料，不作为满足用户整体使用要求的依据，请务必结合用户整体系统进行评价。手册内容力求详细与精确，但疏忽之处在所难免，如果您发现错误，请不吝赐教。

本公司拥有随时修改和完善本手册的权利，恕不另行通知，如需最新版手册，请自行前往官网（www.myactuator.cn）下载，或联系本公司获取。

表 I 版本更新说明

版次	更新内容
V1.0	初版

目录

前言	I
版权说明	II
1. 安全注意事项	1
2. 质量保证	4
2.1. 售后政策	4
2.2. 免责声明	5
3. 模组基本参数	5
3.1. 模组铭牌与型号	5
3.2. 模组外观尺寸	7
3.3. 模组参数	9
3.4. 模组堵转特性	10
4. 机械安装要求	11
5. 电气安装要求	12
5.1. 输入电源说明	12
5.2. 接口说明	13
5.3. 指示灯说明	15
6. 多关节模组间线缆连接	15
6.1. 电源接线方式说明	15
6.2. CAN 通信接线说明	16
6.3. EtherCAT 通信接线说明	16
7. 动能回收	16
7.1. 动能回收的原因	16
7.2. 处理方法	17
8. 编码器说明	18
8.1. 分辨率与位置反馈	18
8.2. 机械零点标定功能使用说明	18
9. 连接调试上位机	19
10. 通信指令说明	19

1. 安全注意事项

本产品为高精密产品，只有具备相应资质的专业人员才能进行安装、调试和维护等任务，相应的人员必须了解并遵守 IEC60364/IEC60664 和国家事故预防条例。对本产品进行安装、操作、维修之前，请仔细阅读手册，错误的操作处理方式可能会损坏模组甚至造成人员伤亡，务必遵守本手册中的安全注意事项。

本手册有以下安全标志：



警告！可能会损害人身安全





注意！可能会损坏产品甚至整个设备



小心！当心表面高温




在本手册中，我们尽可能地记录危险状况，详情见表 1-1，请相关人员理解并遵循以下注意事项，此外，有太多不确定性因素无法考量记录在内，在实际应用过程中需结合实际情况自行预防和处理。

表 1-1 安全注意事项

开 箱		请检查设备外包装是否完好 开箱前请检查设备外包装是否完好，有无破损、受潮、变形等情况。
		请勿暴力拆箱 请按照层次顺序拆箱，严禁猛烈敲击拆箱。
		请检查模组及其附件是否齐全 请对照清单检查模组名称是否正确、附件是否齐全，设备及其附件表面是否有损伤等情况，如有问题请勿安装，及时联系本司。

安 装 维 护 阶 段		请将模组组装到位 组装模组时按照螺丝扭矩标准组装到位，确保不会出现意外坠落造成危险。
		请勿带电插拔电源线 确保电源指示灯熄灭后，再进行设备的接线和维护。
		请勿带电插拔通讯线 控制端与模组两者的 GND 未接线时电平不一致，接通瞬间两者之间的压差可能损坏通讯接口。
		请勿带电拆卸模组及其联动设备 严禁在通电状态下拆卸设备的任何装置或者附件，否则有触电危险。
		请保持模组外壳接地防护并规范使用屏蔽层 模组外壳不接地可能会导致外壳电荷积累带电，影响电机的正常运行，甚至对人体造成伤害；接线线缆必须符合相应线径和屏蔽要求，屏蔽线缆的屏蔽层需要可靠接地。
		请使用符合规格的多圈编码器供电电池 为防止电源掉电导致多圈值丢失，多圈编码器由特定电池供电，所需规格为 2.7~3.6V，请勿使用其它型号的电池，如造成模组损坏，本司不对其提供技术支持。
		严禁将电源连接到设备输出端 严禁将电源连接到设备输出端，避免引起设备损坏，甚至造成火灾。
		请进行风险评估 使用前请进行风险评估，采取适当的措施确保人身安全与设备安全。
		请遵守技术数据和规格 请参照手册中各型号的参数设置合理的参数，防止损坏模组。

		<p>请设置适当的保护限制</p> <p>设置恰当的位置限制、速度限制、电流限制等，超出限制可能会损坏电机甚至威胁人身安全。</p>
		<p>请在使用模组前进行空载试运行</p> <p>为预防意外事故的发生，请对模组进行空载试运行。</p>
		<p>请勿自行拆解或者更换部件</p> <p>非正常使用导致产品故障失去该产品保修权利。</p>
		<p>请勿重力敲击、挤压模组及其部件</p> <p>模组为精密器件，请勿使用锤子等用力敲击模组，请小心放置，防止出现模组从台面掉落导致裂纹等受损情况。</p>
		<p>使用环境符合规范</p> <p>模组的工作环境温度 为 0~50℃，温度较低时推荐使用低温油脂改善模组的运行阻力，请保持环境中无粉尘、腐蚀性气体、易燃性气体等。</p>
		<p>小心高温烫伤</p> <p>模组运行过程中，表面可能会非常烫，请注意防护。表面温度超过 40℃ 时请避免长时间接触引起低温烫伤，当表面温度超过 85℃ 时更要避免触碰造成轻度烧伤。</p>
存 储		<p>存储环境符合标准</p> <p>请参照手册严格要求运输及存储温度、湿度，并且避免阳光直射、强磁场、强电场、强振动等场所。</p>
		<p>存储时间不宜过长</p> <p>避免模组存放时间超过 3 个月，若存放时间过长请采取更加严密的防护措施和必要的检查维护。</p>
		<p>请勿与可能造成损害的设备混装运输</p> <p>请将模组进行严格包装后再进行运输，严禁将其与可能会对其造成影响的设备混装运输。</p>

		定期检查与保养 请对模组进行日常和定期检查与保养，并做好保养记录。
其他		请勿揭取防撕保修标签 请勿揭取防撕保修标签，否则失去保修权利。
		请按照工业废弃物处理 模组及其配件废弃时请按照工业废弃物处理。

2. 质量保证

2.1. 售后政策

本产品依据《中华人民共和国消费者权益保护法》、《中华人民共和国产品质量法》严格实行以下售后服务：

①凡购买本产品的用户，7天之内出现产品质量问题，可享受退换服务。退换时，应提供有效购买凭证、退回发票，并保证退回的功能完好、外观无损坏、配件齐全；

②凡购买本产品的用户，自签收次日起一年内享受免费保修服务，如发生人为损坏、人为拆机等情况，不予提供保修服务；若经检测后，确认电机需要更换配件，则需商家和客户协商是否额外购买维修配件；

③自签收次日起，7到15天内，产品出现质量问题，经确认后，可享受换货服务。换货时，应提供有效购买凭证、退回发票，并保证退回的功能完好、外观无损坏、配件齐全；

④发现以下情况不属于保修范围：

● 未按用户手册要求安装连接其它控制设备导致电机烧毁；
● 使用时超出用户手册所示规格或标准（如电机参数设置错误）；
● 存放方式、工作环境超出用户手册的指定范围（如污染、盐害、结露等）；
● 非正常工况（如跌落、撞击、液体侵入、剧烈撞击等）造成产品损坏；
● 不可抗力因素（天灾、火灾、水灾等）造成的产品损坏；
● 用户自行拆解产品对电机造成损坏损毁；
● 超出售后政策所提供的保修期限；

- 无法提供有效购买凭证;
- 上述情况以外非苏州脉塔智能科技有限公司责任导致的故障。

在关节模组发生故障情况下, 需第一时间与苏州脉塔智能科技有限公司取得联系, 获取解决办法, 用户不得以任何理由进行关节模组拆装维护, 否则将终止保修服务。

2.2. 免责声明

在使用之前, 请仔细阅读本声明, 一旦使用, 即被视为对本声明全部内容的认可和接受。请严格遵守手册、产品说明和相关的法律法规、政策、准则安装和使用该产品。在使用产品过程中, 用户承诺对自己的行为及因此而产生的所有后果负责。因用户不当使用、安装、改装造成的任何损失, 脉塔智能将不承担法律责任。关于免责声明的最终解释权, 归脉塔智能所有。

3. 模组基本参数

X 系列关节模组集无框力矩电机、绝对值编码器、伺服驱动器、行星减速机于一体, 结构紧凑, 集成性强, 便于安装。X 系列模组目前有 X2、X4、X6、X8、X12、X15 等型号可供选择, 让机器人开发更便捷、更灵活。

3.1. 模组铭牌与型号

<u>RMD</u>	-	<u>X2</u>	-	<u>P28</u>	-	<u>7</u>	-	<u>C</u>
品牌名		基座号		减速比		峰值扭矩		通信类型
		↓		↓		↓		↓
		2 基座号2		28 28速比		7 7N.m		C CANBUS
		4 基座号4			E EtherCAT
		6 基座号6						
		8 基座号8						
		15 基座号15						

以 RMD-X2-P28-7-C 为例, 模组产品型号参数解释说明如表 3-1 所示。

表 3-1 产品型号参数解释说明

参数	解释说明
RMD	脉塔智能子品牌名称 Reducer Motor Drive。
X2	基座号，有 X2、X4、X6、X8、X12 和 X15 六种型号。
P28	减速比取整，具体减速比见模组参数表。
7	峰值扭矩，表示此型号的峰值扭矩为 7N.m。
C	表示模组的通讯接口类型，有 ETHERCAT 和 CANBUS 两种。

目前我司 X 系列具体型号如表 3-2 所示。

表 3-2 X 系列具体型号

简称	具体型号
X2-P28	RMD-X2-P28-7-C
	RMD-X2-P28-7-E
X4-P36	RMD-X4-P36-36-C
	RMD-X4-P36-36-E
X6-P20	RMD-X6-P20-60-C
	RMD-X6-P20-60-E
X8-P20	RMD-X8-P20-120-C
	RMD-X8-P20-120-E
X8-P33	RMD-X8-P33-150-C
	RMD-X8-P33-150-E
X12-P20	RMD-X12-P20-320-C
	RMD-X12-P20-320-E
X15-P20	RMD-X15-P20-450-C
	RMD-X15-P20-450-E

3.2. 模组外观尺寸

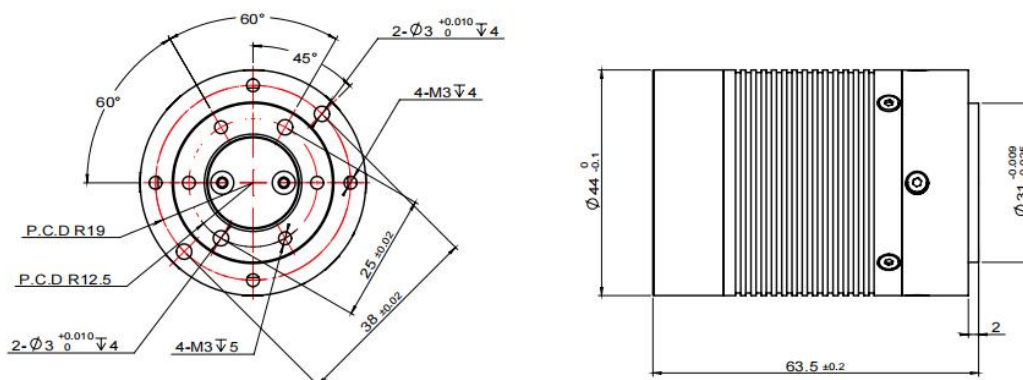


图 3-1 X2-P28 外观尺寸图

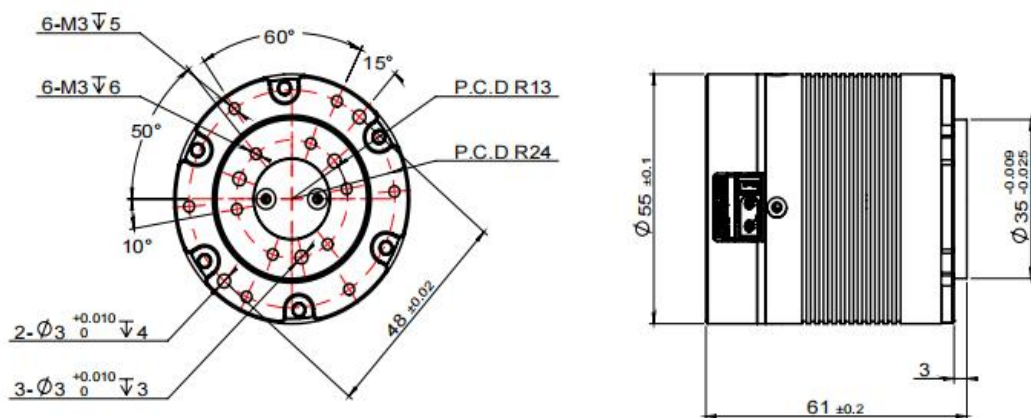


图 3-2 X4-P36 外观尺寸图

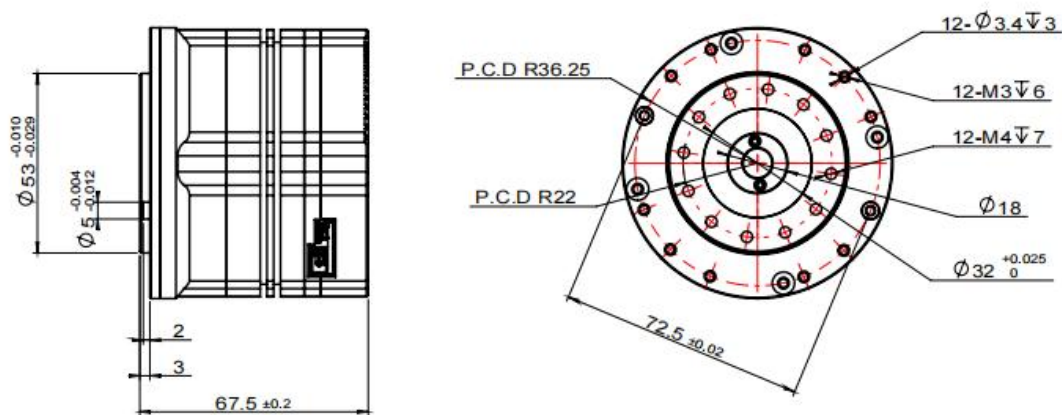


图 3-3 X6-P20 外观尺寸图

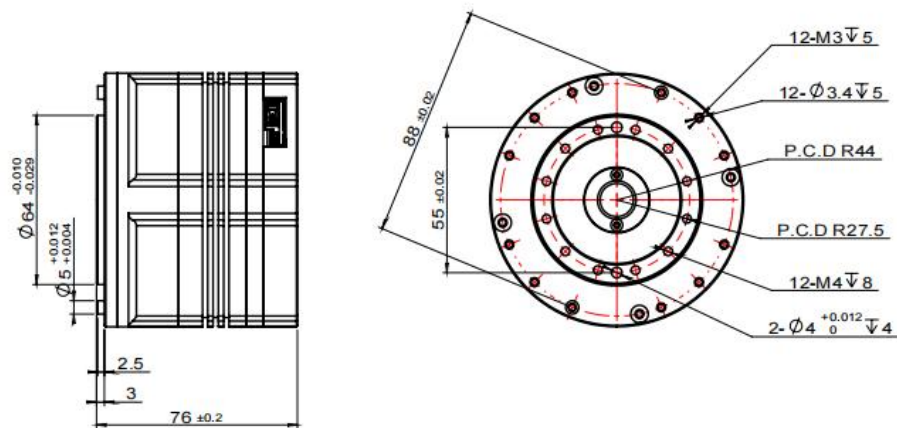


图 3-4 X8-P20 外观尺寸图

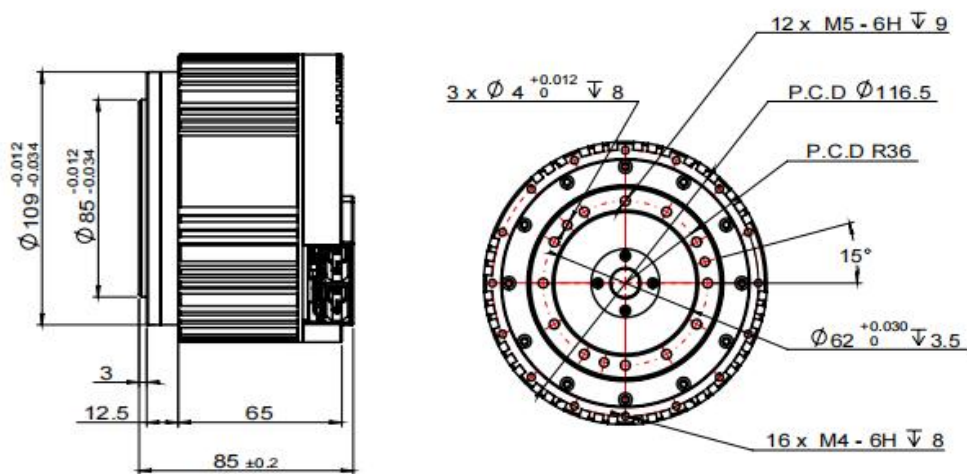


图 3-5 X12-P20 外观尺寸图

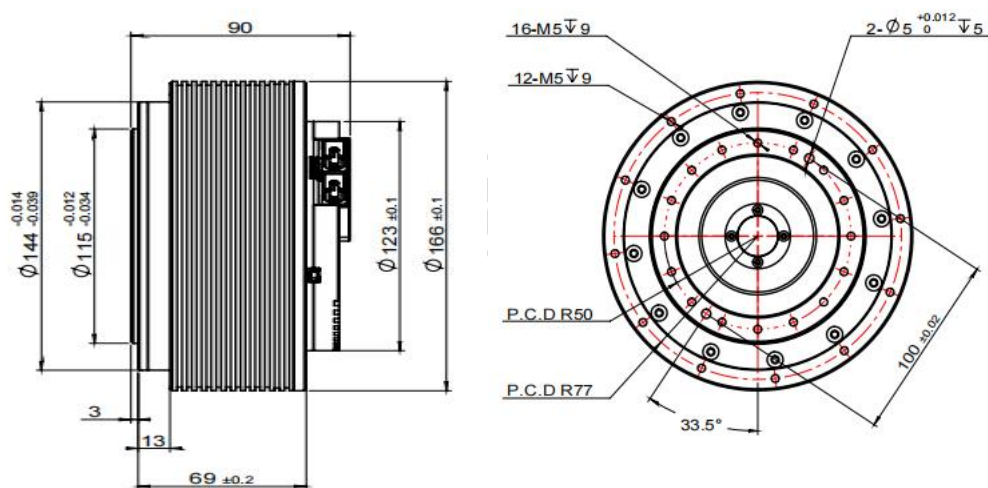


图 3-6 X15-P20 外观尺寸图

3.3. 模组参数

表 3-3 模组参数一览表

参数		X2-P28	X4-P36	X6-P20	X8-P20	X12-P20	X15-P20
减速机速比		28.17	36	19.612	19.612	20	20.25
输入电压 (VDC)		48				72	
空载转速 (RPM)		178	111	176	158	125	93
空载输入电流 (A)		1.0	0.9	0.9	1.6	2.7	3.5
额定转速 (RPM)		142	83	153	127	100	74
额定扭矩 (N.m)		2.5	11.5	20.0	43.0	100.0	145.0
额定功率 (W)		37	100	320	574	1000	1124
额定电流 (Arms)		3.0	6.1	9.5	17.6	30.0	25.0
峰值扭矩 (N.m)		7	34	60	110	320	450
峰值相电流 (Arms)		8.1	21.5	29.1	43.8	100.0	69.2
效率 (%)		63	63.1	72.7	79.0	75	82.4
电机反电势常数 (Vdc/Krpm)		4.3	6.0	16.0	19.2	17.9	29.9
模组扭矩常数 (N.m/A)		0.8	1.9	2.1	2.4	3.3	5.8
线电阻 (Ω)		0.61	0.35	0.41	0.18	0.12	0.08
线电感 (mH)		0.13	0.17	0.51	0.31	0.05	0.14
极对数		13	13	10	10	20	20
齿槽转矩 (mN.m)		20	50	30	50	1420	1480
接线方式		Y	Y	Y	Y	Y	Y
背隙 (Arcmin)		12	10	10	10	10	10
径向载荷 (KN)		1	1.5	2	4.5	5	6
轴向载荷 (KN)	受拉	0.25	1.3	1.8	4	4.5	5.4
	受压	0.25	1.3	0.8	1	4.5	5.4
转动惯量 (Kg.m^2)		0.17	0.3	0.66	1.5	12.9	31.6
编码器类型		Dual Encoder ABS-17BIT/ABS-18BIT		Dual Encoder ABS-17BIT/ABS-17BIT			

重复定位精度 (Degree)	< 0.01					
通信方式	EtherCAT/CAN					
长度 (mm)	63.5	61	67.5	75	85	90
外径 (mm)	44	55	80	98	124	166
过线孔直径 (mm)	/	/	8.5	12.6	12.6	21.5
重量 (Kg)	0.25	0.36	0.82	1.4	2.6	3.6
绝缘等级	F					

3.4. 模组堵转特性

当模组由静止状态切换为启动工作时，由于受到较大的初始静摩擦力影响，需要较大的扭矩才能使其运转，这会导致转速降至 0rpm，电流增加，并且温度上升过快，以下是模组在超过额定负载时的温度升高情况。

表 3-4 X2-P28 堵转数据

扭矩(Nm)	温升 (°C)	堵转时间 (s)	相电流 (Arms)
3.75	20	15	4.3
5	48	10	5.7
6.25	31	8	7.4
7.5	59	5	8.6

表 3-5 X4-P36 堵转数据

扭矩(Nm)	温升 (°C)	堵转时间 (s)	相电流 (Arms)
17.25	30	15	9.2
23	58	10	12.7
28.75	41	5	16.3
34.5	50	3	21.2

表 3-6 X6-P20 堵转数据

扭矩(Nm)	温升 (°C)	堵转时间 (s)	相电流 (Arms)
30	17	15	12.7
40	29	10	17.7
50	37	8	22.6
60	24	5	28.3

表 3-7 X8-P20 堵转数据

扭矩(Nm)	温升 (°C)	堵转时间 (s)	相电流 (Arms)
64.5	7	15	23.3
86	10	10	31.1
107.5	26	8	38.9
129	30	5	43.8

表 3-8 X15-P20 堵转数据

扭矩(Nm)	温升 (°C)	堵转时间 (s)	相电流 (Arms)
217.5	15	15	31.1
290	15	10	41
362.5	20	8	51.6
435	25	5	67.2

4. 机械安装要求

请结合本司给出的各型号模组的图纸进行结构与装配，装配所需螺丝型号及手法详见本章节内容。装配过程中所有固定的螺丝必须打螺纹胶，并且打螺纹胶的位置保持一致，螺纹胶的用量保持一致。使用对角的方法锁紧螺丝，具体锁紧步骤如下：

1. 将螺丝拧到底但是不拧紧；
2. 按照对角的步骤稍微拧紧螺丝；

3. 按照对角的步骤用扭矩扳手拧紧螺丝。

螺丝锁紧力参考表 4-1。

表 4-1 螺丝锁紧扭矩表

螺丝规格(mm)	紧固扭矩(kgf.cm)	螺丝规格(mm)	紧固扭矩(kgf.cm)
M3	17	M14	1840
M4	40	M16	2870
M5	81	M18	3950
M6	138	M20	5600
M8	334	M22	7620
M10	663	M24	9680

安装表面可能会粘有金属屑、颗粒粉尘、各类密封胶等异物，导致安装面之间无法实现可靠的配合，进一步引发模组的抖动和噪声，因此安装前请严格清理安装表面。

5. 电气安装要求

5.1. 输入电源说明

电源使用 48VDC 或 72VDC 供电，不同型号模组的输入电压规格不同，详见 3.3 模组参数表，输入电压 48VDC 的模组电源接口最大承受电压为 55VDC，输入电压 72VDC 的模组电源接口最大承受电压为 90VDC，输入电压超过最大承受电压易导致驱动器故障。当使用开关控制关节供电时，上电瞬间可能存在过压冲击，此种供电方式需在开关后、关节电源输入前并联一个电解电容（参考规格：1000uF/100V，具体规格选择以实际滤波效果为准），如图 5-1 所示，以抑制上电瞬间输入电压的过冲现象。

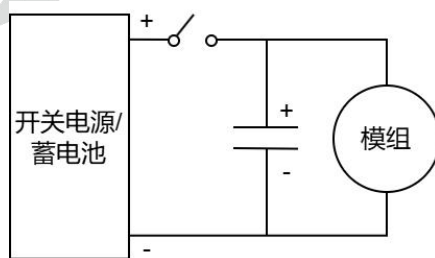


图 5-1 使用开关电源情况下的保护电路

使用电池供电时不需要考虑反电动势的影响，因为模组的反电动势直接会对电池进行充电。为使系统更加安全可靠，可以根据实际测试情况修改模组的过压/欠压保护电压，修改方法如下：调试上位机-高级参数-保护参数-过压/欠压保护电压，如图 5-2 所示。



图 5-2 过压/欠压保护电压修改示意图

5.2. 接口说明

本系列模组接口说明如下。

表 5-1 X2-P28/X4-P36 接口说明

<div> <div>OUT</div> <div>T+ T- R+ R-</div> <div>VCC</div> <div>GND</div> <div>CANH</div> <div>CANL</div> </div>				端口定义	端口说明
				VCC	电源正极
				GND	电源负极
				CAN_L	CAN_L 网络信号端
				CAN_H	CAN_H 网络信号端
				EtherCAT_IN	EtherCAT 输入端
				EtherCAT_OUT	EtherCAT 输出端
T+	T-	R+	R-		
主站发送控制命令到模组	模组发送状态反馈到主站	主站反射模组的状态数据	模组反射主站的控制命令		

表 5-2 X6-P20 接口说明

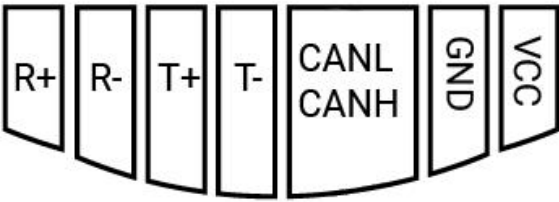
				端口定义	端口说明
				VCC	电源正极
				GND	电源负极
				CAN_L	CAN_L 网络信号端
				CAN_H	CAN_H 网络信号端
				EtherCAT_IN	EtherCAT 输入端
				EtherCAT_OUT	EtherCAT 输出端
R+	R-	T+	T-		
主站反射模组的状态数据	模组反射主站的控制命令	主站发送控制命令到模组	模组发送状态反馈到主站		

表 5-3 X8-P20 接口说明

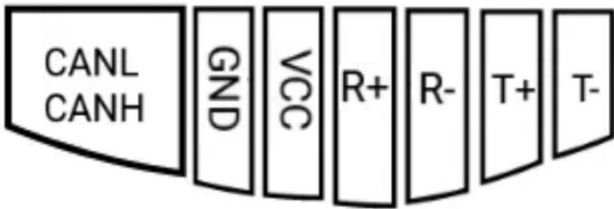
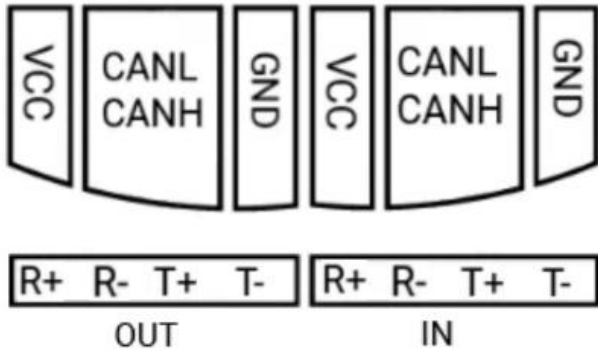
				端口定义	端口说明
				VCC	电源正极
				GND	电源负极
				CAN_L	CAN_L 网络信号端
				CAN_H	CAN_H 网络信号端
				EtherCAT_IN	EtherCAT 输入端
				EtherCAT_OUT	EtherCAT 输出端
R+	R-	T+	T-		
主站反射模组的状态数据	模组反射主站的控制命令	主站发送控制命令到模组	模组发送状态反馈到主站		

表 5-4 X12-P20/X15-P20 接口说明

				端口定义	端口说明
				VCC	电源正极
				GND	电源负极
				CAN_L	CAN_L 网络信号端
				CAN_H	CAN_H 网络信号端
				EtherCAT_IN	EtherCAT 输入端
				EtherCAT_OUT	EtherCAT 输出端
R+	R-	T+	T-		
主站反射模组的状态数据	模组反射主站的控制命令	主站发送控制命令到模组	模组发送状态反馈到主站		

5.3. 指示灯说明

表 5-5 指示灯状态解释说明

标识	状态
绿灯常亮	电机正常运行
绿灯快速闪烁	电机出现一级错误
绿灯缓慢闪烁	电机出现二级错误

若电机运行出现错误，请从上位机或者 CAN 指令读取具体错误信息，具体错误原因参考《上位机使用说明书》和《伺服电机控制协议》。

6. 多关节模组间线缆连接

6.1. 电源接线方式说明

本系列关节模组的电源接线方式有两种：单轴直连和链型拓扑连接，接线方式示意图如图 6-1 所示。将其应用于多模组协同工作时，两种接线方式的表现不同，单轴直连的接线电阻小，线损耗压降小；链型拓扑结构的接线电阻较大，线损耗压降较大，因此针对大功率模组推荐使用单轴直连，小功率模组推荐使用链型拓扑连接。注意请勿串联接入其他用电设备，可能会造成不可预知的压降或升压导致模组故障。

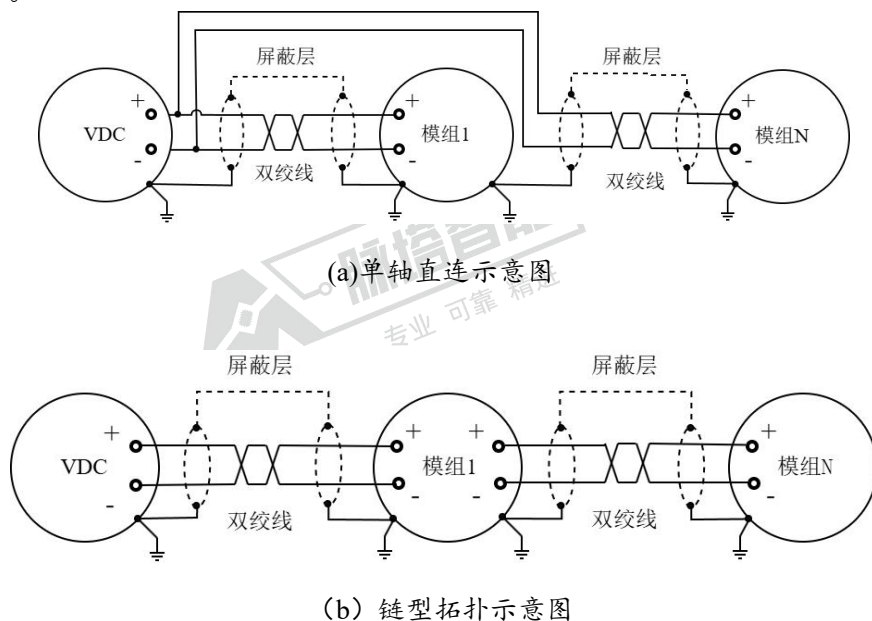


图 6-1 多模组电源接线示意图

6.2. CAN 通信接线说明

CAN 通信线采用双绞线，单独屏蔽，注意在建立 CAN 通讯之前，要确保每一个模组的 ID 是唯一的。另外，CAN 通讯控制器和模组供电使用供地接法，如图 6-2 所示，如对隔离有需求请自行增加隔离线路。为消除通信电缆中的信号反射，控制器端和末端模组的 CAN 通讯接口处均需要并联一个 120Ω 的终端电阻。

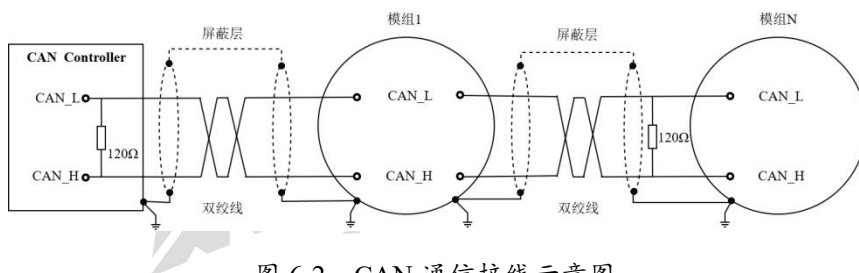


图 6-2 CAN 通信接线示意图

6.3. EtherCAT 通信接线说明

EtherCAT 通信线采用双绞线，单独屏蔽，如图 6-3 所示。若使用此通讯方式，建议在连接过程中保留 CAN 通信线，并设置好通信 ID，以便后续调试及故障排查等。

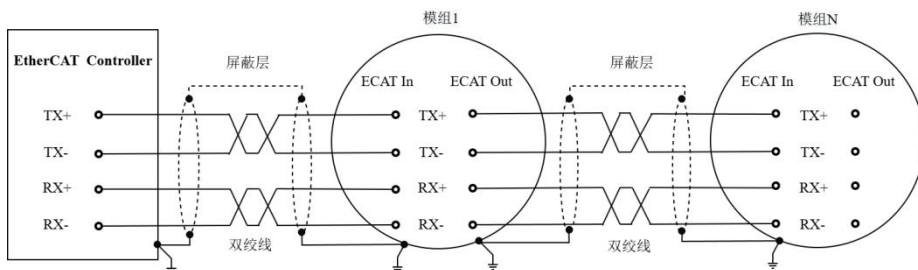


图 6-3 EtherCAT 通信接线示意图

7. 动能回收

7.1. 动能回收的原因

模组正常工作时，电源向其输出电能；当模组处于减速工作时，电路回路会处于动能回收的过程，图 7-1 为模组正常工作和减速工作时的简化电路示意图。因为回收动能的大小与扭矩、转速有关，其与扭矩和转速的乘积成正比，所以速度越快、负载越大时，回收的动能越大。若电源电压升高到大于驱动设置的最高允

许母线电压时，模组会发生母线电压过高报错。

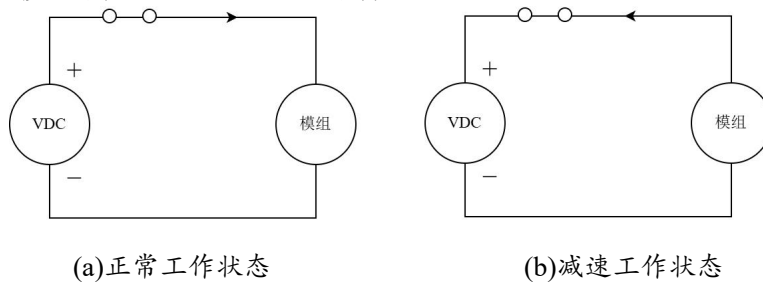


图 7-1 模组工作状态示意图

7.2. 处理方法

1. 加泄放电阻

并联一个电阻，当模组处于减速工作状态时，回收的动能通过电阻消耗，进而避免动能回收导致的电源电压过高，如图 7-2 所示，电阻的断开/接通可以通过逻辑控制电路操作。

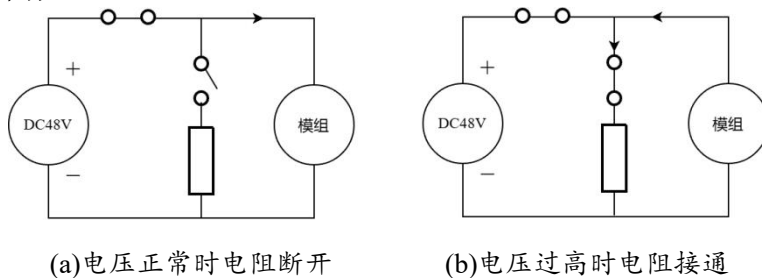


图 7-2 模组加泄放电阻工作状态示意图

2. 加超级电容

正常工作时，开关电源同时向超级电容和模组供电，当模组处于减速工作状态时，超级电容快速地回收部分动能，进而避免电源电压过高，如图 7-3 所示。

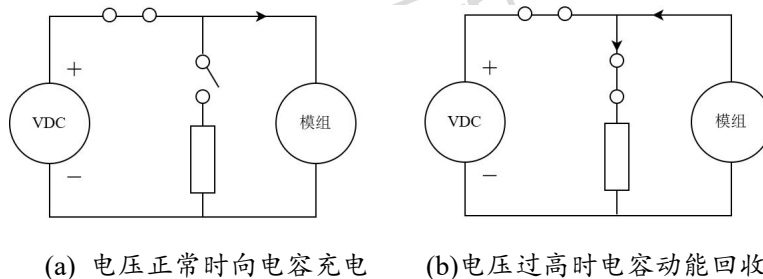
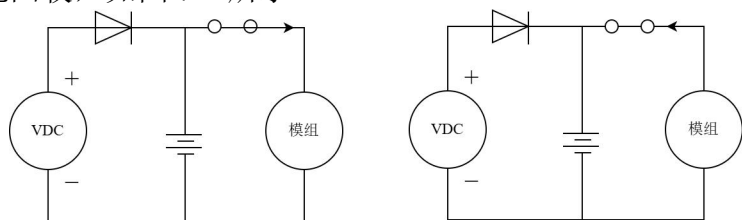


图 7-3 模组加超级电容工作状态示意图

3. 加蓄电池

正常工作时开关电源和蓄电池同时向模组供电，当模组处于减速工作时，蓄

电池实现动能回收，如图 7-4 所示。



(a)电压正常时蓄电池供电 (b)电压过高时蓄电池动能回收

图 7-4 模组加蓄电池工作状态示意图

8. 编码器说明

8.1. 分辨率与位置反馈

模组采用绝对值编码器进行控制，通过双编码器实现全闭环控制，不同型号的模组编码器分辨率略有不同，具体数值见 3.3 模组参数。当编码器的分辨率为 17bit 时，电机转轴旋转一圈所输出的位置数为 2^{17} ，单圈位置变化范围为 0~131071，角度与单圈位置的换算公式为：

$$\text{单圈位置} = \text{角度} \div 360 \times 131072$$

例如：单圈角度为 30° 时对应单圈位置为 $30 \div 360 \times 131072$ 。

编码器位置在边界发生跳变时会进行多圈圈数的计数，在 0 的位置向反方向运动时位置变化会从 0 跳变到 131071，圈数计数减 1；在 131071 的位置向正方向运动时会从 131071 跳变到 0，圈数计数加 1，所以编码器当前位置计算公式为：

$$\text{位置} = \text{圈数} \times 131072 + \text{单圈位置}$$

针对模组可以通过 CAN 总线或者调试上位机软件获取当前位置，调试上位机的电机运行界面状态显示栏会实时显示当前的电机角度，详细上位机功能及操作流程见本司的《上位机使用说明书》，CAN 通讯控制指令详见《伺服电机控制协议》。

8.2. 机械零点标定功能使用说明

用户可以使用机械零点标定功能，根据模组使用情况灵活地设置机械零点值，有两种设置方式：

1. 连接调试上位机，在基础参数界面进行零点的设置，详见本司的《上位机

使用说明书》；

2. CAN 指令设置，详见本司的《伺服电机控制协议》。

9. 连接调试上位机

请在本司官网下载最新调试上位机软件，安装调试方法详见《上位机使用说明书》。

10. 通信指令说明

X 系列模组采用本司自定义通讯指令，指令详见《伺服电机控制协议》。