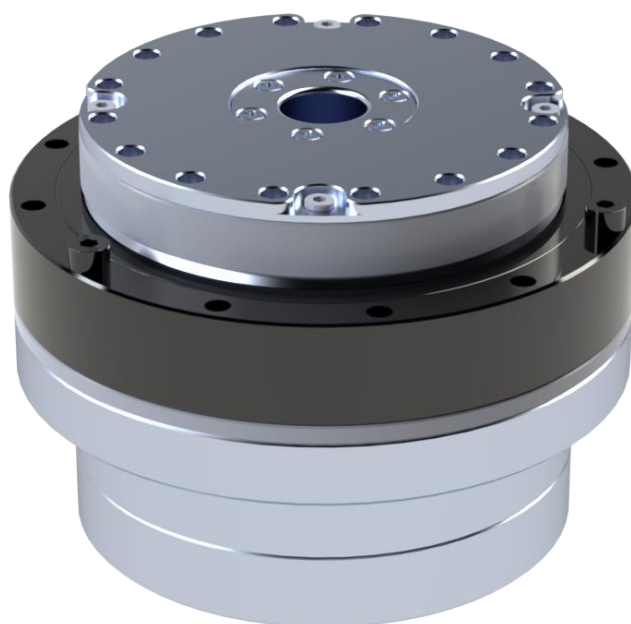




# CRA 系列一体化关节模组用户手册

-2E-EC 系列



使用产品前请仔细阅读本手册

版本号: V1.0

## 前言

感谢您购买和使用本公司CRA系列一体化关节模组，我们将为您提供优质的产品服务。本手册介绍了一体化关节模组电气特性、使用方法和注意事项，请仔细阅读后再操作。

CRA系列一体化关节模组源于公司技术团队多年在人形机器人和协作机器人的研发成果，在转矩密度等关键参数方面做到了业界领先水平，相比于传统的伺服电机，同转矩下重量约为其1/10，特定型号下相比同类产品转矩密度提高了一倍有余，使得人形机器人与外骨骼的实用化成为可能。

CRA系列一体化关节模组是基于模块化理念设计、轻巧、高精度的协作机器人电机；一体化集成的CRA不仅结构紧凑、安装简便、高性价比，节约您在协作机器人的设计、组装等多个环节投入的成本，同时我们不断的对产品进行升级、优化和定制化服务，提供更丰富的产品选择，方便您更加自由灵活的设计自己的机器人。

## 版权说明

本文档仅供用户参考，文档中的内容力图精确和可靠，但错误和疏忽之处在所难免，如果您发现错误，请不吝赐教。保留随时修改和完善本文档的权利，有疑问请咨询我们，谢谢。

## 版本变更记录

修订日期	发布版本	变更内容
2025. 12	V1. 0	首次发布

## 目录

前言.....	I
版权说明 .....	I
版本变更记录.....	I
1. 安全注意事项.....	1
1.1. 安全声明 .....	1
1.2. 安全等级定义.....	1
1.3. 安全注意事项.....	1
1.4. 产品质保 .....	3
1.5. 免责声明 .....	4
2. 产品简介 .....	5
3. 电机参数.....	6
3.1. 电机型号说明.....	6
3.2. 电机正转方向.....	6
3.3. 电机承载能力值 .....	6
3.4. 电气参数 .....	8
4. 电机安装.....	9
4.1. 螺栓锁紧手法.....	9
4.2. 螺栓扭矩标准.....	9
4.3. 建议安装方式和安装面精度 .....	10
4.4. 常见的非正常安装.....	10
5. 电气接口及接线说明.....	12
5.1. EtherCAT通讯接口 .....	14
5.2. CAN通讯接口 .....	14
6. 电机试运行 .....	15
6.1. 上电前的准备.....	15
6.2. EtherCAT测试环境 .....	15
7. EtherCAT通讯使用说明 .....	16
7.1. 简介 .....	16
7.2. 配置PDO与SDO参数说明 .....	19
7.3. 控制模式 .....	28
7.4. 报警代码与处理方法.....	34
7.5. FAQ常见问题.....	35
8. 常见问题及回答 .....	38
9. 选型和安装尺寸参考图纸（更新版本） .....	39

## 1. 安全注意事项

### 1.1. 安全声明

- 本章对正确使用本产品所需关注的安全注意事项进行说明。在使用本产品之前，请先阅读使用说明书并正确理解安全注意事项的相关信息。如果不遵守安全注意事项中约定的事项，可能导致人员死亡、重伤，或设备损坏。
- 手册中的“危险”、“警告”和“注意”事项，并不代表所应遵守的所有安全事项，只作为所有安全注意事项的补充。
- 本产品应在符合设计规格要求的环境下使用，否则可能造成故障，因未遵守相关规定引发的功能异常或部件损坏等不在产品质量保证范围之内。

### 1.2. 安全等级定义



危险

表示如果不按规定操作，则导致死亡或严重身体伤害。



警告

表示如果不按规定操作，则可能导致死亡或严重身体伤害。



注意

表示如果不按规定操作，则可能导致轻微身体伤害或设备损坏。

### 1.3. 安全注意事项

- 本说明书中的产品图示仅为示例，可能与您订购的产品略有差异，请以实际订购产品为准。

开箱验收	
	<p>警告</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 开箱时发现产品及产品附件有损伤、锈蚀等问题，请勿安装！</li> <li>● 开箱时发现产品内部进水、部件缺少或有部件损坏时，请勿安装！</li> <li>● 请仔细对照装箱单，发现装箱单与产品名称不符时，请勿安装！</li> </ul>
	<p>注意</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 开箱前请检查设备的外包装是否完好，有无破损、浸湿、受潮、变形等情况。</li> <li>● 请按照层次顺序打开包装，严禁猛烈敲打！</li> <li>● 开箱时请检查设备及附件表面有无残损、锈蚀、碰伤等情况。</li> <li>● 开箱后请仔细对照装箱清单，查验设备及附件数量、资料是否齐全。</li> </ul>
储存与运输	
	<p>警告</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 运输：只能由具备处理静电敏感部件相关知识的人员执行。否则有导致受伤或产品损坏的危险！</li> </ul>

**注意**

- 搬运产品时请务必轻抬轻放，随时注意脚下物体，防止绊倒或坠落，否则有导致受伤或产品损坏的危险！徒手搬运产品时，请务必抓牢产品壳体，避免产品部件掉落，否则有导致受伤的危险！
- 请严格按照产品要求的储存与运输条件进行储存与运输，否则有导致产品损坏的危险。
- 避免在水溅雨淋、阳光直射、强电场、强磁场、强烈振动等场所储存与运输。
- 请将产品进行严格包装后再进行车辆运输，长途运输时必须使用封闭的箱体。
- 严禁将本产品与可能对本产品构成影响或损害的设备或物品一起混装运输。
- 只能使用起重工具升降和移动重量超过 20kg 的设备。无辅助的升降会导致背部受伤。

**安装时****危险**

- 只有受过电气设备相关培训，具有电气知识的专业人员才能操作。严禁非专业人员操作！

**警告**

- 安装前请务必仔细阅读产品使用说明书和安全注意事项！
- 进行安装作业前，请确保安装位置的机械强度足以支撑设备重量，否则会导致机械危险。
- 严禁改装本产品！
- 严禁拧动产品零部件及元器件的固定螺栓。
- 请将产品安装在金属等阻燃物体上，勿使易燃物接触产品或将易燃物附着在产品上，否则会有引发火灾的危险。

**接线时****危险**

- 严禁非专业人员进行设备安装、接线、保养维护、检查或部件更换！
- 接线前，请切断所有设备的电源。

**警告**

- 接线完成后，请确保所有线缆接线正确，产品内部没有掉落的螺钉、垫片或裸露线缆，否则可能损坏产品。

**上电时****危险**

- 上电前，请确认产品安装完好，接线牢固，电机装置允许重新启动。
- 上电前，请确认电源符合产品要求，避免造成产品损坏或引发火灾！
- 严禁在通电状态下打开产品外壳、触摸产品的任何接线端子、拆卸产品的任何装置或零部件。

**警告**

- 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。

- 接线作业和参数设定完成后，请进行机器试运行，确认机器能够安全动作，否则可能导致人员受伤或设备损坏。
- 通电前，请确保产品的额定电压与电源电压匹配。如果电源电压使用有误，会有引发火灾的危险。通电前，请确保产品、电机以及机械的周围没有人员，否则可能导致人员受伤。

**运行时****危险**

- 严禁非专业人员进行产品运行，否则会有导致人员受伤或死亡危险！
- 严禁在运行状态下触摸设备的任何接线端子、拆卸设备和产品的任何装置或零部件。

**警告**

- 运行中，避免其他物品或金属物体等掉入设备中，否则可能引起火灾或产品损坏！
- 严禁触摸设备外壳以试探温度，否则可能引起灼伤！

**保养时****危险**

- 严禁非专业人员进行设备安装、接线、保养维护、检查或部件更换！
- 严禁在通电状态下进行设备保养。

**维修时****危险**

- 严禁非专业人员进行设备安装、接线、保养维护、检查或部件更换！
- 严禁在通电状态下进行设备维修。

**警告**

- 设备出现故障或损坏时，务必由专业人员按照维修指导对设备和产品进行故障排除和维修，并做好维修记录。
- 请勿继续使用已经损坏的机器，否则可能会造成人员伤亡或产品更大程度的损坏。
- 更换设备后，请务必重新进行设备接线检查与参数设置。

**报废时****警告**

- 请按照国家有关规定与标准进行设备、产品的报废，以免造成财产损失或人员伤亡！
- 报废的设备与产品请按照工业废弃物处理标准进行处理回收，避免污染环境。

**1.4. 产品质保**

CRA 系列一体化关节模组具有 12 个月有限保修期。

若一体化关节模组在投入使用后 12 个月内，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相关部件。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，包括但不限于生产损失或对其他生产设备造成的损坏。

### **1.5. 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. 使用时超出用户手册所示规格或标准；
3. 由于运输不当导致的产品损坏；
4. 事故或碰撞导致的损坏；
5. 火灾、地震、海啸、雷击、大风和洪水等自然灾害。

## 2. 产品简介

CRA系列是公司团队在多年为客户服务经验前提下，以FOC控制板和高精度多圈绝对值编码器基础上进行延伸，推出的一体化关节模组产品，让机器人开发更简单、更快捷、更安全。

CRA系列有外径40mm的CRA-RI30-40-PRO到外径170mm的CRA-RI110-170-PRO，设计精巧、结构紧凑，小巧体积中包含FOC控制板、高精度多圈绝对值编码器、无框力矩电机、精密谐波减速机等主要部件，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。

为了适应更多客户的要求，在CRA-PRO系列标准款一体化关节模组的基础上，优化了编码器及通讯方式，推出2E-EC系列产品，与标准版产品的区别在于：

- 使用了双编码器，包含一个电机端绝对值编码器和一个输出端绝对值编码器。80-110及以下电机编码器精度为24bit+24bit，实际使用时通常采用18bit+18bit，80-110以上电机编码器精度为20bit+20bit。双编码器使用时可以直接判断输出盘位置，无需外接电池。
- 使用Ethercat通讯接口，在速度、效率、灵活性和扩展性方面相比CANopen具有明显的优势。

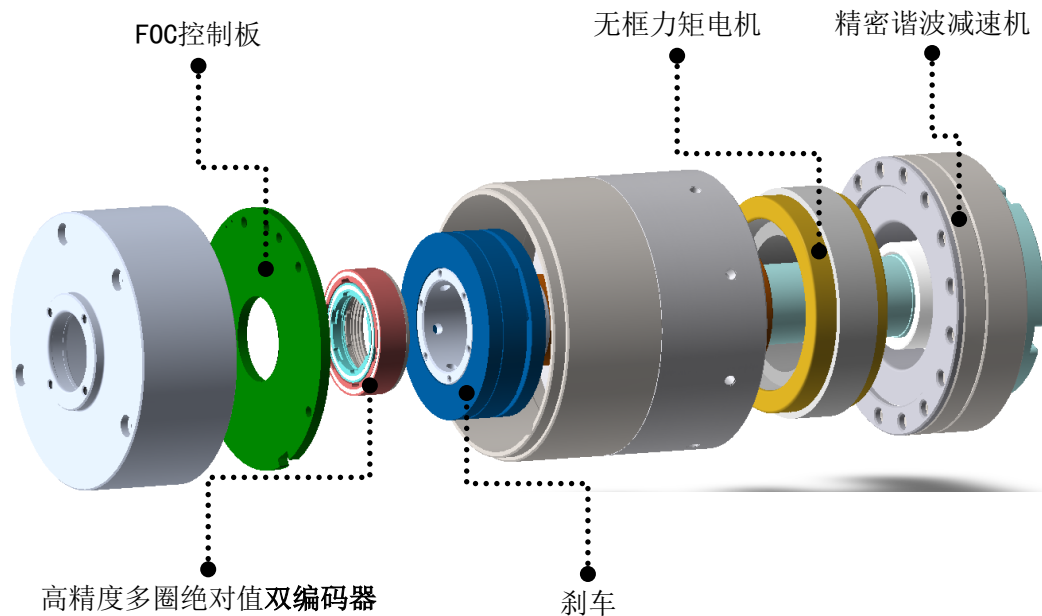


图 2-1 一体化关节模组剖面图

### 3. 电机参数

#### 3.1. 电机型号说明

表 3-1电机型号说明表

CRA-Rlxx-xx-PRO-xxx-B-2E-EC		
CRA	产品前缀	一体化关节模组
Rlxx-xx	电机型号	无框力矩电机直径-模组最大直径
PRO	产品系列	中空谐波减速一体化关节模组
3	产品代系	第三代产品
Xxx	减速比	常见有51/101/81/121/161等减速比
B	功能特性	刹车款
2E		双编码器款
EC		EtherCAT通讯协议款

#### 3.2. 电机正转方向

面对减速机输出端，电机正转方向如图，为逆时针旋转。



图 3-1电机正转方向示意图

#### 3.3. 电机承载能力值

2E-EC系列电机承载能力与标准款的电机一致。具体参数见下表：

表 3-2 电机承载能力值 (表中参数基于电压48V时)

关节型号	减速比	启停峰值扭矩 (N·m)	平均负载转矩 容许最大值 (N·m)	2000rpm/(减速比)时 额定转矩(N·m)	输出端峰值转速 (RPM)	额定转速 (RPM) (1/2额定转矩)
CRA-R130-40-PRO-3-xxx	51/101	3.3/4.8	2.3/3.3	1.8/2.4	118/59	90/45
CRA-R140-52-PRO-3-xxx	51/101	8.3/11	5.5/8.9	3.5/5	118/59	80/40
CRA-R150-60-PRO-3-xxx	51/81/101	23/29/34	8.6/13.5/13.5	6.6/9.6/9.6	97/61/49	75/46/37
CRA-R150-70-PRO-3-xxx	51/81/101	23/29/34	8.6/13.5/13.5	6.6/9.6/9.6	97/61/49	75/46/37
CRA-R160-70-PRO-3-xxx	51/81/101/121	42/53/66/66	32/33/49/49	19.8/27.5/30/30	82/51/41/32	68/43/34/24
CRA-R160-80-PRO-3-xxx	51/81/101/121	42/53/66/66	32/33/49/49	19.8/27.5/30/30	82/51/41/32	68/43/34/24
CRA-R170-80-PRO-3-xxx	51/81/101/121	69/91/102/108	42/58/61/61	32/42/50/50	77/48/40/30	61/38/30/25
CRA-R170-90-PRO-3-xxx	51/81/101/121	69/91/102/108	42/58/61/61	32/42/50/50	77/48/40/30	61/38/30/25
CRA-R180-97-PRO-3-xxx	51/81/101/121/161	121/169/194/207/217	68.5/107/133/133/133	48/78/84/84/84	65/43/36/30/22	54/35/27/23/17
CRA-R180-110-PRO-3-xxx	51/81/101/121/161	121/169/194/207/217	68.5/107/133/133/133	48/78/84/84/84	65/43/36/30/22	54/35/27/23/17
CRA-R100-120-PRO-3-xxx	51/81/101/121/161	267/376/411/436/459	133/206/267/267/267	94/146/169/169/169	55/37/29/24/18	44/29/22/18/12
CRA-R100-142-PRO-3-xxx	51/81/101/121/161	267/376/411/436/459	133/206/267/267/267	94/146/169/169/169	55/37/29/24/18	44/29/22/18/12
CRA-R110-170-PRO-3-xxx	51/81/101/121/161	497/641/702/762/800	242/351/460/557/557	169/255/328/363/363	32/21/16/14/10	22/15/12/10/7

### 3.4. 电气参数

- (1) 额定工作电压为24V~48V，低于24V或高于48V，一体化关节模组将不能正常工作。电源反接或电压超过60V，将会对一体化关节模组造成损害。



- (2) 如果用户自行外接锂电池的额定电压在48V时，充满电的情况下，连接一体化关节模组，启动时电源瞬间电压会52V以上，一体化关节模组将不能正常工作。建议增加稳压电容和制动电阻。
- (3) 极限工作温度：-40~70℃（温度过低时关节摩擦力将明显增大，进而导致运行电流增大，温度过高时易触发过温报警保护和停机动作）
- (4) 一般使用温度：0~60℃；一般保存温度：-30~60℃；
- (5) 电机正常工作时外部温度可能较高，请勿触碰。

表 3-3 极限电流值

型号	电源电压 (VDC)	电机功率 (W)	额定电流 (A)	最大持续电流 (A)
CRA-R130-40-PRO-XX	24-48	36	1	2
CRA-R140-52-PRO-XX		90	2	3
CRA-R150-60-PRO-XX		150	3.6	5
CRA-R150-70-PRO-XX		150	3.6	5
CRA-R160-70-PRO-XX		300	5	6.7
CRA-R160-80-PRO-XX		300	5	6.7
CRA-R170-80-PRO-XX		500	6.1	8.4
CRA-R170-90-PRO-XX		500	6.1	8.4
CRA-R180-97-PRO-XX		750	9.6	11.1
CRA-R180-110-PRO-XX		750	9	10.4
CRA-R1100-120-PRO-XX		1000	15.8	20.2
CRA-R1100-142-PRO-XX		1000	15.8	16.9
CRA-R1110-170-PRO-XX		1500	14.1	30.2

注：以上表格列出的参数基于试验室环境，是单独电机在启停峰值转矩所能达到的最高转速条件下的极限电流值。

## 4. 电机安装

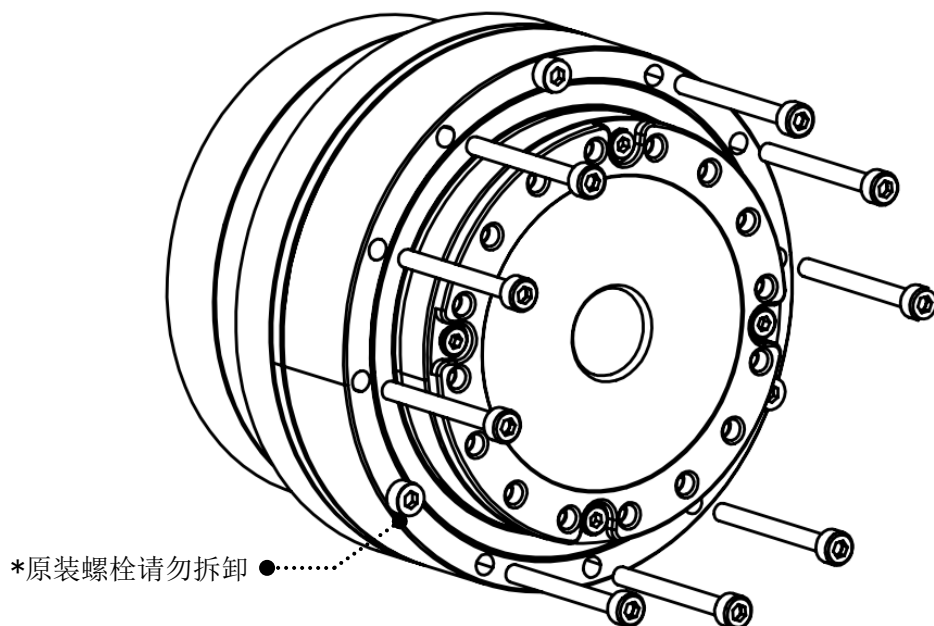


图 4-1电机安装示意图

### 4.1. 螺栓锁紧手法

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

螺栓安装时建议使用中强度螺纹胶。

### 4.2. 螺栓扭矩标准

表 4-1 螺栓扭矩标准

螺栓型号	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6
锁紧扭矩	0.45N·m	0.9N·m	1.8N·m	5.1N·m	10N·m	16~21N·m
特别说明	前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧扭矩。螺栓强度等级12.9级。					

### 4.3. 建议安装方式和安装面精度

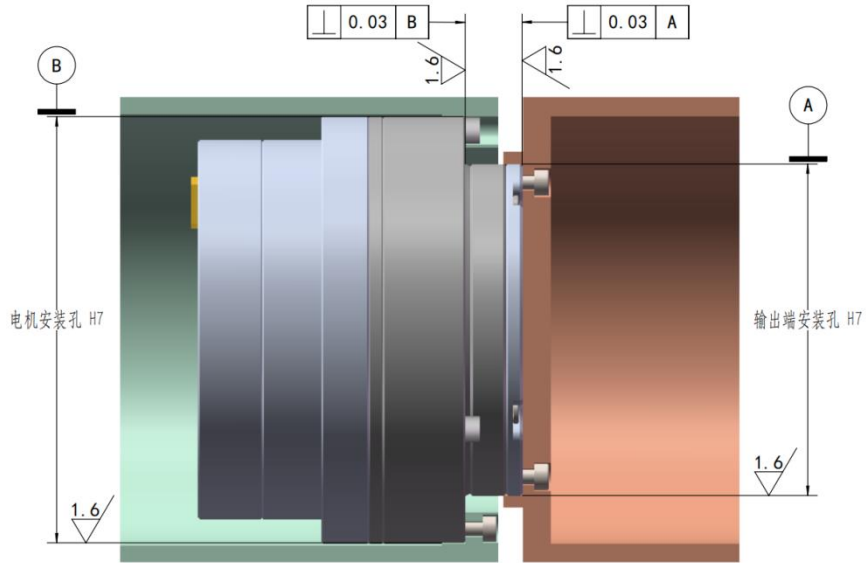


图 4-2 建议安装面精度

### 4.4. 常见的非正常安装

(1) 仅有平面安装，定位不足，如图4-3。

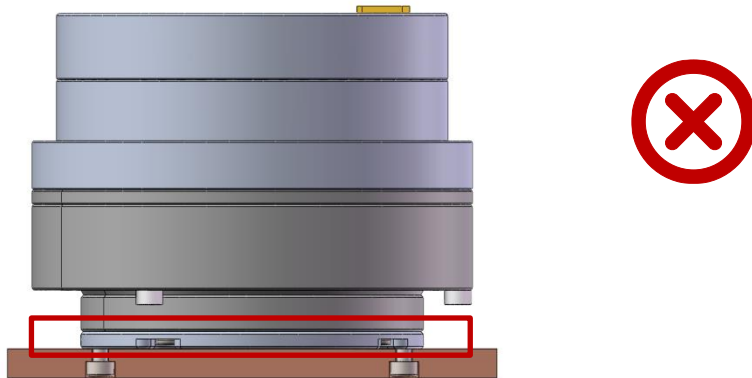


图 4-3 缺少定位止口

(2) 定位深度不够，达不到有效定位，如图4-4。

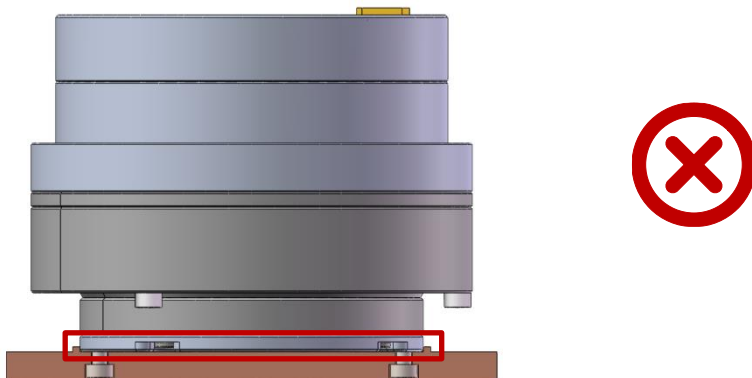


图 4-4 定位止口深度不足

(3) 由于钻孔引起翻边凸起，如图4-5，4-6。

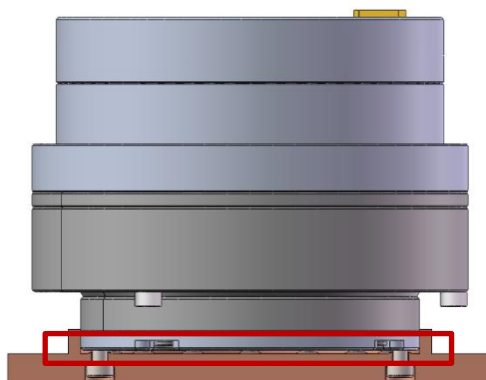


图 4-5 螺丝过孔翻边凸起

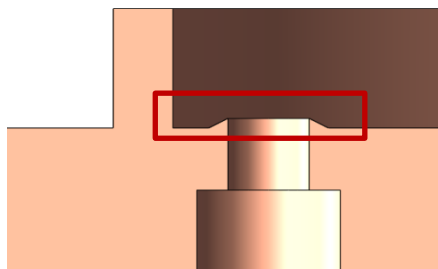


图 4-6 螺丝过孔翻边凸起



(4) 由于加工不良，平面度超差，如图4-7。

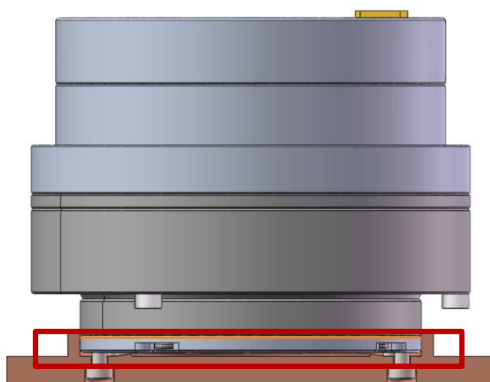


图 4-7 加工平面度不足



**注意：每个一体化关节模组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，因客户安装问题导致电机抖动、噪音等异常不允退货。**

## 5. 电气接口及接线说明

不同型号的接口有些许差异，详细尺寸及端口定义请以单独型号产品图纸为准。

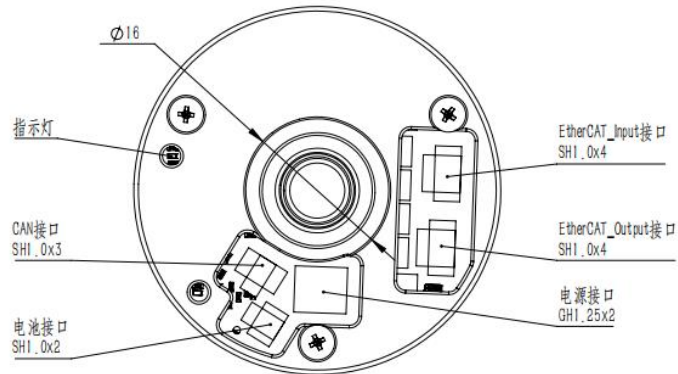


图 5-1 30-40型号电机

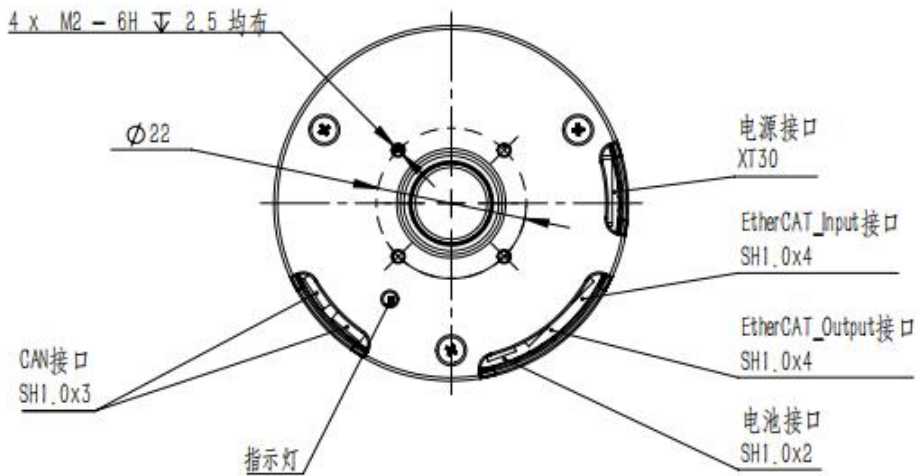


图 5-2 40-52型号电机

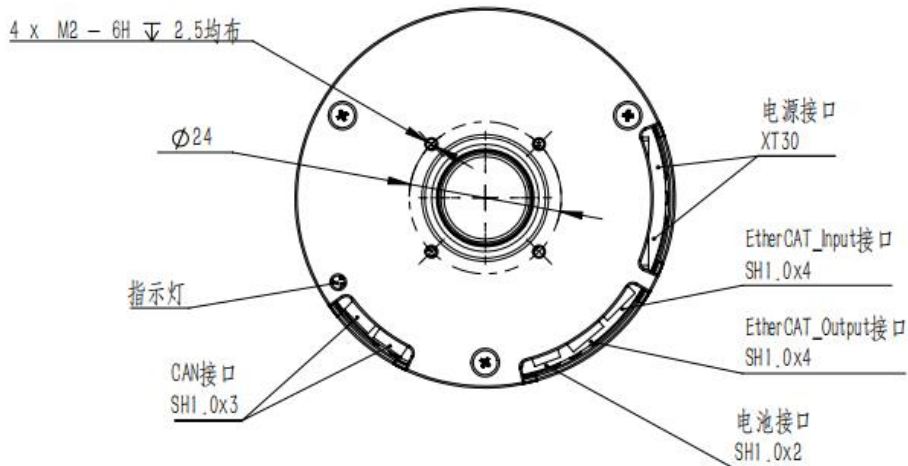


图 5-3 50-60/50-70/60-70型号电机

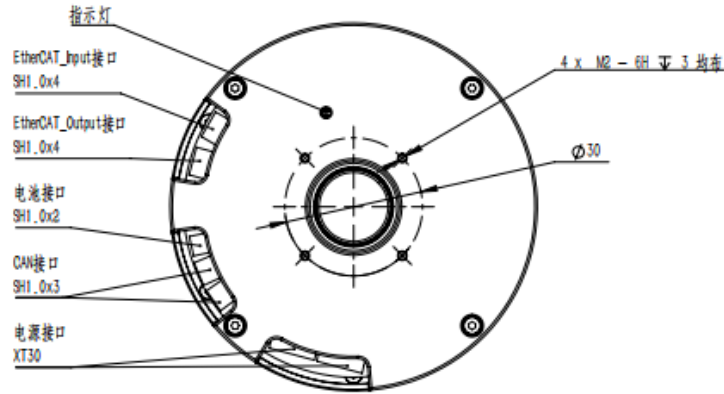


图 5-4 60-80、70-80/70-90、80-97/80-110型号电机

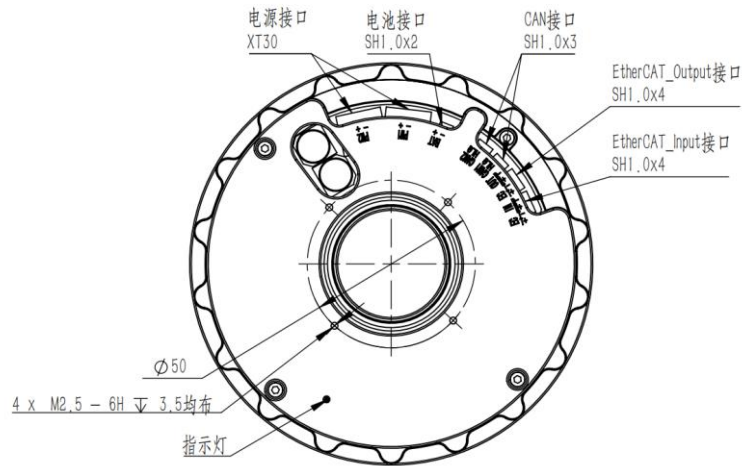


图 5-5 100-120、100-142、110-170型号电机

## 端子接口型号映射

序号	接口类型	通用名称	钛虎使用端子型号(推荐)	对应模组型号
1	EtherCAT_Input接口1	SH1.0x4立贴	X1002WVS-04L-HF-LPSW	30-40
2	EtherCAT_Output接口1	SH1.0x4立贴	X1002WVS-04L-HF-LPSW	30-40
3	EtherCAT_Input接口2	SH1.0x4卧贴	X1002WRS-04L-HF-LPSW	40-52及以上型号
4	EtherCAT_Output接口2	SH1.0x4卧贴	X1002WRS-04L-HF-LPSW	40-52及以上型号
5	CAN接口1	SH1.0x3立贴	X1002WVS-03L-HF-LPSW	30-40及以上型号
6	CAN接口2	SH1.0x3卧贴	X1002WRS-03L-HF-LPSW	40-52—110-170
7	电池接口1	SH1.0x2立贴	X1002WVS-02L-HF-LPSW	30-40
8	电池接口2	SH1.0x2卧贴	X1002WRS-02L-HF-LPSW	40-52及以上型号
9	电源接口1	XT30卧贴	XT30PW-M36	30-40及以上型号
10	电源接口2	XT30卧贴	XT30PW-M30. G. Y	100-120及以上型号
11	电源接口3	GH1.25x2立贴	A1257WV-S-2P-LCP	30-40

## 供电电源接口

表 5-1 供电电源接口

Pin	端子标记	端子功能
1	VCC	电源正极
2	GND	电池负极

引脚定义

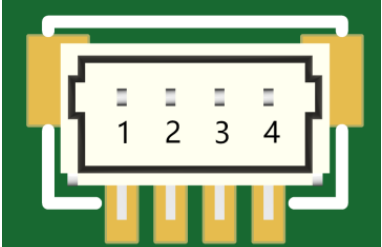


## 5.1. EtherCAT通讯接口

表 5-2 EtherCAT通讯接口

Pin	端子标记	端子功能	对应网线序号	对应网线颜色
1	Tx+	发送信号正	1	白橙
2	Tx-	发送信号负	2	橙
3	Rx+	接收信号正	3	白绿
4	Rx-	接收信号负	6	绿

引脚定义



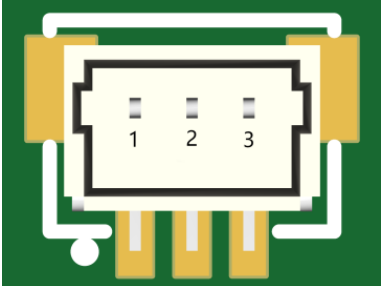
## 5.2. CAN通讯接口

该系列产品也兼容了CAN通讯协议，保留了CAN通讯接口。

表 5-3 CAN通讯接口

Pin	端子标记	端子功能
1	H	CAN信号高
2	L	CAN信号低
3	G	接地

引脚定义



## 6. 电机试运行

### 6.1. 上电前的准备

#### 6.1.1. 接线

EtherCAT线缆按端口定义连接即可，in/out口参考产品图纸。



多个关节电机组网运行时注意要严格按照网口IN和OUT的顺序连接EtherCAT通讯线，连接通讯线的顺序就是从站地址递增的顺序(使用自动分配站号的情况)。如果不使用自动分配地址功能则需要设置SDO索引0x2002的值。

对于一些型号的一体化关节模组，有两个CAN和两个电源接口，相同型号的接口，内部是连通的，可以实现多电机级联。实际使用时可以接任意一个CAN和电源接口。

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。

如果使用附带的USB转CAN分析仪，需要将CAN通讯线接到USB转CAN分析仪的CAN1通道，并将CAN1的终端电阻拨码开关的其中一个拨至ON。

#### 6.1.2. 关于制动

对于开关电源供电系统，当一体化关节模组带负载减速过快或负载因重力等因素对电机做功时，一体化关节模组将会起发电作用，电流倒灌到电源并推高母线电压，严重时会导致一体化关节模组过压报错并停止运行，可以通过增加制动电阻等方式以降低电压冲击。

对于电池供电系统，可以利用电池吸收反向电流，以避免电压超过额定值。



- (6) 如果用户自行外接锂电池的额定电压在48V时，充满电的情况下，连接一体化关节模组，启动时电源瞬间电压会52V以上，一体化关节模组将不能正常工作。建议增加稳压电容和制动电阻。

### 6.2. EtherCAT测试环境

- 1、具备EtherCAT通讯协议的电机
  - 2、直流稳压电源
  - 3、PC端安装TWinCAT软件
  - 4、检查测试电脑是否具有Intel网卡
  - 5、连接的电源线和通讯线
- 具体操作请参考TwinCAT教程。

## 7. EtherCAT通讯使用说明

### 7.1. 简介

#### 7.1.1. EtherCAT概述

EtherCAT是一项高性能、低成本、应用简易、拓扑灵活的工业以太网技术，广泛应用于机器人控制、自动化生产线、运动控制等领域，使用标准的以太网物理层传输EtherCAT数据，传输媒介选择为双绞线(100Base-TX)或光纤(100Base-FX)。

##### (1) 系统构成：

EtherCAT系统由主站、从站组成。主站由普通的网卡实现，从站需要通过ESC(EtherCAT Slave Controller, EtherCAT从站控制器)实现，例如ET1100或其他授权的ASIC或FPGA软核等。在运动控制系统中，EtherCAT主站用作控制中枢，根据加工/工艺要求以及现场数字/模拟量信号对各个执行单元发出控制指令，EtherCAT从站作为执行单元接收主站的指令并实时反馈当前状态。只有主站能主动发送EtherCAT数据帧，通过这种方式避免了以太网的帧冲突等问题，提高网络的实时性。

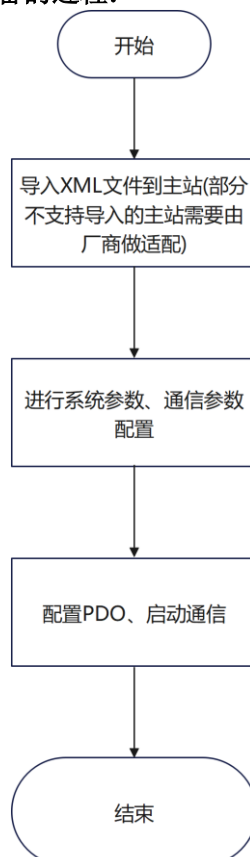
##### (2) 传输特点：

EtherCAT的特点是数据在传输过程会高速动态地读写(On the Fly)，一个EtherCAT报文就可以包含所有从站需要的控制信息和状态反馈信息。主站发出一个报文之后，报文依次经过所有节点，每经过一个节点的时候从站都会读取属于自己的控制信息、插入自己需要上传的数据并继续向下一个节点发送，直到检测到最后一个开放的端口后将报文发回主站。因为采用这样高效的传输机制，数据刷新速度很快，同时对从站微控制器的负担较小。

##### (3) 分布式时钟：

EtherCAT主站会周期性的将第一个从站（具有分布时钟功能）的时间发送给系统中的其他从站，通过这样的方式使得整个系统的时间保持同步，同步抖动为纳秒级，对于运动控制系统而言这相当有益。由于整个系统的时间全程保持一致，系统动作的精度会得到较好的保障。

##### (4) 通常开始使用全新EtherCAT设备的过程：



## 7.1.2. 参数概览

项目		描述
从站基本参数	协议关键字	EtherCAT、CoE、CiA402
	标准	IEC 61800-7
	同步方式	DC分布式同步时钟
	物理层	全双工100BASE-TX以太网
	拓扑结构	线形、环形
	通信线缆	定制的带屏蔽的网线/带屏蔽的超5类或6类以上网线(需更换插头)
	接口	线对板连接器x2(IN、OUT)
	传输距离	两个节点之间网线小于100米
	并网从站数	协议支持65535, 实际在100个以内
	EtherCAT数据帧长度	44到1498字节
	PDO(过程数据)长度	单个以太网帧最大1486字节
从站同步抖动	小于1us	
EtherCAT配置单元	FMMU现场总线存储器管理单元	8
	同步管理器	8
	DPRAM过程数据内存	8KB
	DC时钟位数	64位
	eeeprom	64kbit
应用层	SDO	SDO读取和写入
	PDO	PDO映射可配置修改, 最小通讯周期为250us(同步模式), 4KHz
	CiA402	CSP(周期同步位置)模式, 最大4KHz
		CSV(周期同步速度)模式, 最大4KHz
		CST(同步周期转矩)模式, 最大4KHz
		轮廓位置模式(PP), 最大1KHz
		轮廓速度模式(PV), 最大1KHz
		轮廓转矩模式(PT), 最大1KHz
		原点回归模式(HM), 当前仅支持部分回原模式
Torque Limiting转矩限制功能		
Touch Probe探针功能		

## 7.1.3. EtherCAT状态机

EtherCAT从站需要实现四种基本状态以便于主站和从站之间安全有序的数据交换：  
 INIT: 初始化状态。Pre-OP: 预运行状态。Safe-OP: 安全运行状态。OP: 运行状态。  
 各状态的说明如下表所示

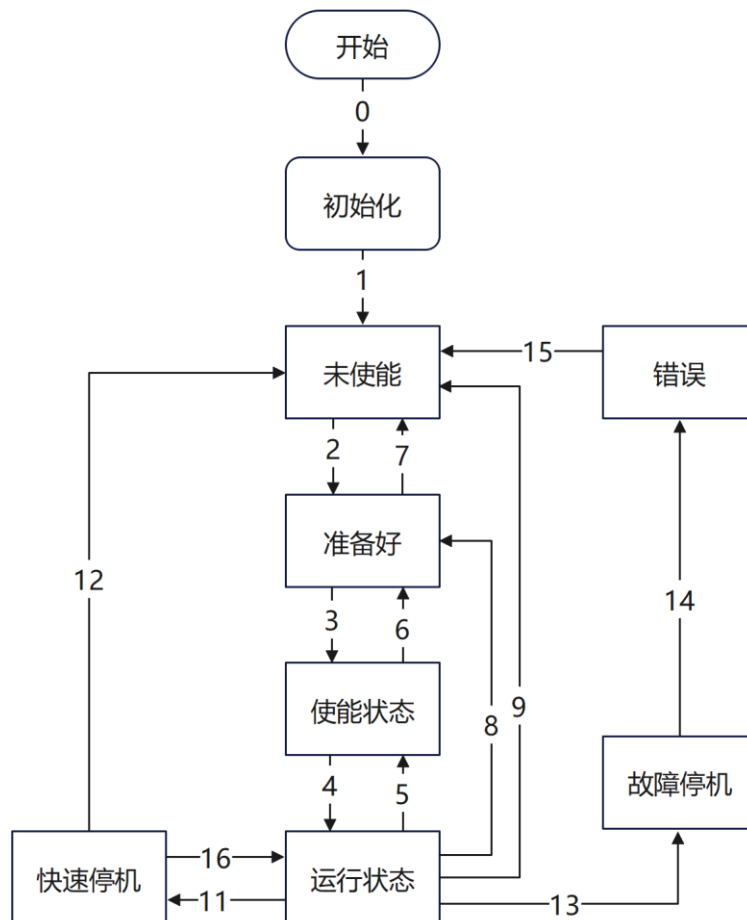
	状态	说明
INIT	初始化	应用层没有数据交换
Pre-OP	预运行	应用层只有邮箱通讯
Safe-OP	安全运行	应用层有邮箱通讯 允许主站获取过程数据, 不允许主站发送过程数据
OP	运行	所有数据的输入输出均允许

状态机的转换此处暂时不做描述, 需要特别注意的重点内容是: 仅在预运行状态可以进行PDO的配置; 仅在运行状态可以进行所有PDO数据的输入和输出。

**7.1.4. CiA402状态机**

由于钛虎关节电机应用的是IEC61800-7标准，内部有实现一个CiA402标准的状态机，控制器必须按照402协议规定的流程下达指令。以下为内部状态的描述。

状态	描述
初始化	正在建立通讯连接
未使能	通讯已连接，未使能，无故障
准备好	已经准备好，未使能
使能状态	电机使能，但不输出转矩
运行状态	电机使能，可以输出转矩
快速停机	在执行快速停机功能
故障停机	在执行故障停机功能
故障	有故障，已去使能



## 7.2. 配置PDO与SDO参数说明

EtherCAT上实现了CANopen Over EtherCAT(CoE)，由此引入了PDO和SDO的概念，将数据分类有助于数据的高效低延时的传输，用户在轴数多的场景下可以精简PDO传输数据量以达到最佳性能。

PDO(Process Data Object，过程数据对象)是周期性传输的，一般用于传输需要实时更新的控制字、状态字、位置指令、实际位置等，固定每个周期分别进行一次输入输出。

SDO(Service Data Object，服务数据对象)是不固定传输周期的，如果主站不发起传输请求则一直不会传输，需要传输时由主站发起SDO读取/写入请求，由从站反馈读取/写入操作的结果。

### 7.2.1. PDO的选择与配置

对象字典中0x1C12用于管理RxPDO(或称OutputPDO，数据流向是由主站到从站)配置，可选范围为0x1600到0x17FF。0x1C13用于管理TxPDO(或称InputPDO，数据流向是由从站到主站)配置，可选范围为0x1A00到0x1BFF。钛虎关节电机支持三组PDO映射，其中0x1600和0x1A00支持动态映射(主站通过下发新的PDO配置的方式修改实际映射的PDO对象)，最大可映射64个对象，其余两组为固定映射，默认选择使用0x1600和0x1A00。下表给出这三组PDO的默认值。

PDO配置	映射对象	配置	支持的控制模式
0x1600	0x6040 (控制字)	0x60400010	全部支持的模式
	0x607A (目标位置)	0x607A0020	
	0x60FF (目标速度)	0x60FF0020	
	0x6071 (目标转矩)	0x60710010	
	0x6060 (控制模式)	0x60600008	
	0x0000 (用于占位对齐)	0x00000008	
0x1A00	0x6041 (状态字)	0x60410010	全部支持的模式
	0x6064 (当前实际位置)	0x60640020	
	0x606C (当前实际速度)	0x606C0020	
	0x6077 (当前实际转矩)	0x60770010	
	0x6061 (当前控制模式)	0x60610008	
	0x0000 (用于占位对齐)	0x00000008	

修改PDO映射仅可在Pre-OP状态进行，规则是先将子索引0修改为0，待其余子索引配置全部修改完成之后将子索引修改成需要映射的对象的索引，之后PDO就是新修改的映射了，注意每次开机都会恢复成默认配置，因此主站必须每次启动都重新进行配置过程。配置全部由32位组成，其中高16位由要配置的对象索引组成，低8位为要配置的子索引的长度，其余8位为子索引的序号(配置VARIABLE类型的对象时都填0)。

位数	31	...	16	15	...	8	7	...	0
内容	对象的索引			对象的子索引			数据的位长度		

### 7.2.2. 详细SDO参数说明

#### (1) 参数0x2000区域

索引	0x2000	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Custom Save
详细说明	用于参数断电保存。所有参数通过SDO写入后均不会掉电保存，这个参数写1之后主控才会尝试保存参数到Flash，执行保存动作后将这个参数值清零。在电机使能状态和报警状态会拒绝执行保存动作（这个参数读取的值一直是1不清零）		

索引	0x2002	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Station Alias
详细说明	用于设置从站地址声明，一般情况下推荐按网络接口顺序自动指定从站地址。		

	若需要手动指定从站地址就给这个参数写非零值，之后如果在主站中选择使用从站地址声明即可。		
--	---	--	--

索引	0x2003	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	CST Mode Use Speed Limit Switch
详细说明	CST模式是否使用速度限制。0关闭，1开启。推荐保持默认值0，关闭这个功能。		

索引	0x2004	子索引	1
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Position PID range function Enable
详细说明	用于控制位置环PID分段功能开关，0关闭，1开启。		

索引	0x2004	子索引	2
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Position PID range function Min
详细说明	用于控制位置环PID分段功能下限值。		

索引	0x2004	子索引	3
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Position PID range function Max
详细说明	用于控制位置环PID分段功能上限值。		

索引	0x200A	子索引	1
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	只读	名称	Motor Bus Voltage
详细说明	用于读取当前电机的供电直流母线电压。单位伏特。		

索引	0x200A	子索引	2
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Motor Max Protect Bus Voltage
详细说明	用于设置直流母线电压过高报警的保护值。单位伏特。		

索引	0x200A	子索引	3
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	只读	名称	Motor Board Temperature
详细说明	用于读取当前电机驱动板温度。单位摄氏度。		

索引	0x200A	子索引	4
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Motor Max Protect Board Temperature
详细说明	用于设置电机驱动板温度过高报警的保护值。单位摄氏度。		

索引	0x200A	子索引	5
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	只读	名称	Motor Coil Temperature
详细说明	用于读取当前电机的线圈温度。单位摄氏度。		

索引	0x200A	子索引	6
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Motor Max Protect Coil Temperature

详细说明	用于设置电机线圈温度过高报警的保护值。单位摄氏度。		
------	---------------------------	--	--

索引	0x200A	子索引	7
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	只读	名称	Motor Battery Voltage
详细说明	用于读取当前编码器电池电压。		

索引	0x200A	子索引	8
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Motor NTC Type
详细说明	用于设置电机温度传感器类型。出厂前设定好，类型1或2。1代表10K的NTC，2代表100K的NTC。		

索引	0x200B	子索引	1
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	CAN ID
详细说明	用于设置CAN通信ID。		

索引	0x200B	子索引	2
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	CAN Baudrate
详细说明	用于设置CAN通信波特率。		

索引	0x200C	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Motor Bus Voltage
详细说明	用于读取当前目标电流值。单位毫安		

索引	0x200D	子索引	1
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Motor Side Single turn Data
详细说明	用于读取当前电机端编码器单圈值。		

索引	0x200D	子索引	2
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Motor Side Multi turn Data
详细说明	用于读取当前电机端编码器多圈值。		

索引	0x200D	子索引	3
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Reducer Side Single turn Data
详细说明	用于读取当前减速器端编码器单圈值。		

索引	0x200D	子索引	4
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Reducer Side Multi turn Data
详细说明	用于读取当前减速器端编码器多圈值。		

**(2) 参数0x6000区域**

索引	0x603F	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	只读	名称	Error Code

详细说明	错误代码。含义见错误代码表。		
------	----------------	--	--

索引	0x6040	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Control Word
详细说明	用于控制402状态机。		

索引	0x6041	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	只读	名称	Status Word
详细说明	用于读取402状态机状态信息。		

索引	0x6060	子索引	0
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Modes of Operation
详细说明	控制电机运行模式。1为轮廓位置模式，3为轮廓速度模式，4为轮廓转矩模式，6为回原模式，8为周期同步位置模式，9为周期同步速度模式，10为周期同步转矩模式。		

索引	0x6061	子索引	0
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	只读	名称	Modes of Operation Display
详细说明	电机运行模式显示。含义同0x6060。		

索引	0x6062	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Position Demand Value
详细说明	当前实际生效的目标位置。以编码器脉冲数计数。		

索引	0x6064	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Position Actual Value
详细说明	当前实际位置值。		

索引	0x6065	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	读写	名称	Following Error Window
详细说明	实际跟随误差报警窗口。以编码器脉冲数计数。当目标位置0x6062与实际位置0x6064之差的绝对值大于这个值的时候会开始计时，持续0x6066设置的时间会报警位置误差过大。		

索引	0x6066	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Following Error Time Out
详细说明	跟随误差超时时间。单位250us。		

索引	0x606B	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Velocity Demand Value
详细说明	实际速度指令值。单位编码器脉冲数每秒cnt/s。		

索引	0x606C	子索引	0
----	--------	-----	---

比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Velocity Actual Value
详细说明	实际速度反馈值。单位编码器脉冲数每秒cnt/s。		

索引	0x6071	子索引	0
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Target Torque
详细说明	目标转矩。千分之一最大转矩为单位。		

索引	0x6074	子索引	0
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	只读	名称	Torque Demand Value
详细说明	实际生效的目标转矩。千分之一最大转矩为单位。		

索引	0x6075	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Motor Rated Current
详细说明	电机最大电流。单位毫安。		

索引	0x6077	子索引	0
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	只读	名称	Torque Actual Value
详细说明	转矩反馈值。千分之一最大转矩为单位。		

索引	0x6078	子索引	0
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	只读	名称	Current Actual Value
详细说明	电流反馈值。千分之一最大电流为单位。		

索引	0x6079	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	DC Link Circuit Voltage
详细说明	直流母线电压。单位伏特。		

索引	0x607A	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Target Position
详细说明	目标位置值。以编码器脉冲数计数。		

索引	0x607C	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Home Offset
详细说明	原点位置。以编码器脉冲数计数。回原点模式使用。		

索引	0x607D	子索引	1
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Software Position limit Min
详细说明	软件位置限制，最小值。以编码器脉冲数计数。在所有模式下均生效，设定为有符号整数最小值等于解除限制。		

索引	0x607D	子索引	2
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型

读写权限	读写	名称	Software Position limit Max
详细说明	软件位置限制，最大值。以编码器脉冲数计数。在所有模式下均生效，设定为有符号整数最大值等于解除限制。		

索引	0x607E	子索引	0
比特长度	8	数据类型	无符号8位整型
读写权限	读写	名称	Polarity
详细说明	极性设置。最高位bit7置一取反位置正方向，bit6置一取反速度正方向，bit5置一取反转矩正方向。使能状态慎重修改，会导致位置、速度、转矩的反馈取反突变，可能导致不预期的电机运动。		

索引	0x607F	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	读写	名称	Max Profile Velocity
详细说明	电机端最大轮廓速度。单位编码器脉冲数每秒cnt/s。		

索引	0x6080	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	读写	名称	Max Motor Speed
详细说明	电机端最大输出速度。单位圈每分RPM。		

索引	0x6081	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	读写	名称	Profile Velocity
详细说明	电机端轮廓速度。单位编码器脉冲数每秒cnt/s。轮廓位置模式生效。		

索引	0x6083	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	读写	名称	Profile Acceleration
详细说明	电机端轮廓加速度。单位编码器脉冲数每平方秒cnt/s <sup>2</sup> 。轮廓位置模式和轮廓速度模式生效。		

索引	0x6084	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	读写	名称	Profile Declaration
详细说明	电机端轮廓减速度。单位编码器脉冲数每平方秒cnt/s <sup>2</sup> 。目前电机内置的轨迹规划算法不支持单独设置减速度，减速度强制等于加速度。		

索引	0x6087	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	读写	名称	Torque Slope
详细说明	转矩斜坡。单位千分之一最大转矩每秒。仅轮廓转矩模式生效。		

索引	0x60B0	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Position Offset
详细说明	位置偏置。会与目标位置0x607A叠加。		

索引	0x60B1	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Velocity Offset
详细说明	速度偏置。会与目标速度0x60FF叠加。		

索引	0x60B2	子索引	0
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Torque Offset
详细说明	转矩偏置。会与目标转矩0x6071叠加。		

索引	0x60B8	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Touch Probe function
详细说明	探针功能控制。		

索引	0x60B9	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Touch Probe status
详细说明	探针状态。		

索引	0x60BA	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Touch Probe position 1 positive value
详细说明	探针1上升沿位置值。		

索引	0x60BB	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Touch Probe position 1 negative value
详细说明	探针1下降沿位置值。		

索引	0x60BC	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Touch Probe position 2 positive value
详细说明	探针2上升沿位置值。		

索引	0x60BD	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Touch Probe position 2 negative value
详细说明	探针2下降沿位置值。		

索引	0x60C5	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Max Acceleration
详细说明	最大加速度。设置轮廓位置模式、轮廓速度模式、原点回零模式下加速段的最大允许加速度。		

索引	0x60D0	子索引	1
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Touch Probe 1 Source
详细说明	探针1触发源选择。		

索引	0x60D0	子索引	2
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Touch Probe 2 Source
详细说明	探针2触发源选择。		

索引	0x60D1	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Touch Probe time stamp 1 positive value
详细说明	探针1上升沿触发时间戳。记录触发采样时DC时钟值。		

索引	0x60D2	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Touch Probe time stamp 1 negative value
详细说明	探针1下降沿触发时间戳。记录触发采样时DC时钟值。		

索引	0x60D3	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Touch Probe time stamp 2 positive value
详细说明	探针2上升沿触发时间戳。记录触发采样时DC时钟值。		

索引	0x60D4	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Touch Probe time stamp 2 negative value
详细说明	探针2下降沿触发时间戳。记录触发采样时DC时钟值。		

索引	0x60D5	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Touch Probe 1 positive edge counter
详细说明	探针1上升沿触发计数器。记录触发次数。		

索引	0x60D6	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Touch Probe 1 negative edge counter
详细说明	探针1下降沿触发计数器。记录触发次数。		

索引	0x60D7	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Touch Probe 2 positive edge counter
详细说明	探针2上升沿触发计数器。记录触发次数。		

索引	0x60D8	子索引	0
比特长度	32	数据类型	无符号32位整型
读写权限	只读	名称	Touch Probe 2 negative edge counter
详细说明	探针2下降沿触发计数器。记录触发次数。		

索引	0x60E0	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Torque Limit Positive Value
详细说明	正方向转矩限制值。单位千分之一最大转矩，取值范围0-1000。		

索引	0x60E1	子索引	0
比特长度	16	数据类型	无符号16位整型
读写权限	读写	名称	Torque Limit Negative Value
详细说明	反方向转矩限制值。单位千分之一最大转矩，取值范围0-1000。		

索引	0x60E3	子索引	1
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型

读写权限	只读	名称	Supported Homing Methods 1
详细说明	支持的回原模式1。		

索引	0x60F4	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	只读	名称	Following Error Actual Value
详细说明	跟随误差。目标位置与反馈位置的差值。		

索引	0x60F6	子索引	1
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Current PID Regulator Gain P
详细说明	电流环PID参数P系数。		

索引	0x60F6	子索引	2
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Current PID Regulator Gain I
详细说明	电流环PID参数I系数。		

索引	0x60F9	子索引	1
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Velocity PID Regulator Gain P
详细说明	速度环PID参数P系数。		

索引	0x60F9	子索引	2
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Velocity PID Regulator Gain I
详细说明	速度环PID参数I系数。		

索引	0x60FB	子索引	1
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Position PID Regulator Gain P
详细说明	位置环PID参数P系数。		

索引	0x60FB	子索引	2
比特长度	16	数据类型	有符号16位整型
读写权限	读写	名称	Position PID Regulator Gain D
详细说明	位置环PID参数D系数。		

索引	0x60FF	子索引	0
比特长度	32	数据类型	有符号32位整型
读写权限	读写	名称	Target Velocity
详细说明	目标速度。单位编码器脉冲数每秒cnt/s。		

### 7.3. 控制模式

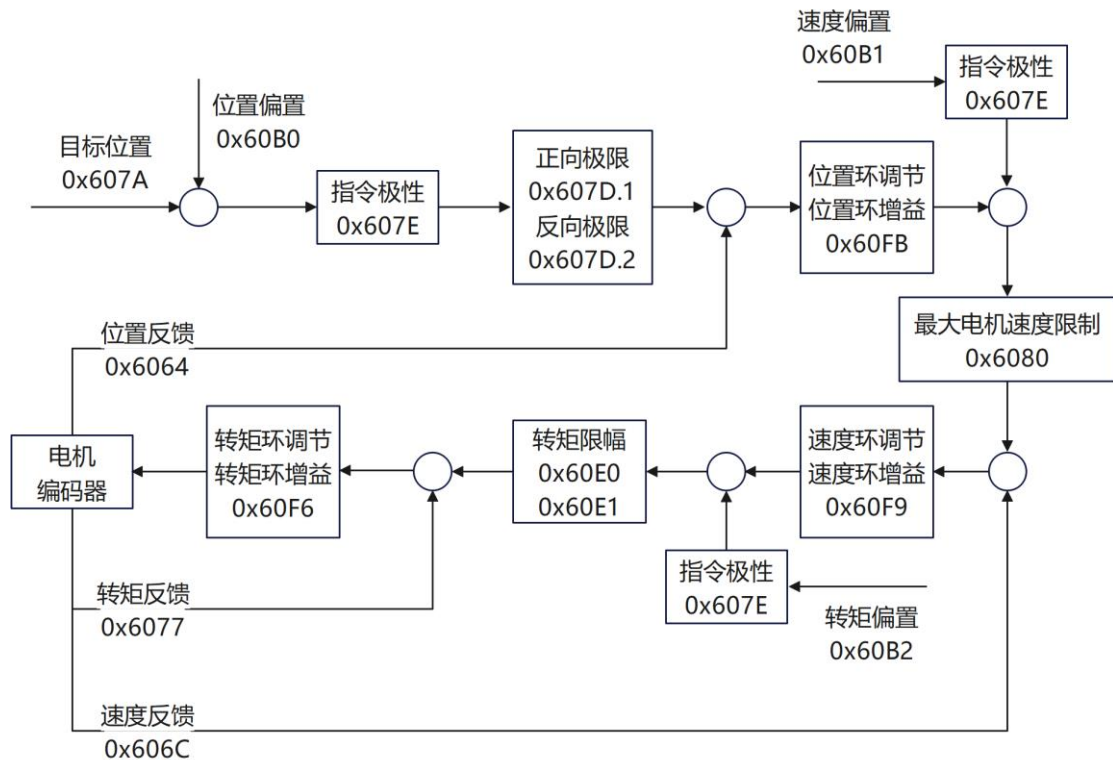
下表为钛虎关节电机支持的控制模式。

模式	简介
周期同步位置模式 (CSP)	控制器生成位置规划，并通过EtherCAT总线周期性下达指令，关节电机进行位置控制
周期同步速度模式 (CSV)	控制器生成速度规划，并通过EtherCAT总线周期性下达指令，关节电机进行速度控制
周期同步转矩模式 (CST)	控制器生成转矩规划，并通过EtherCAT总线周期性下达指令，关节电机进行转矩控制
轮廓位置模式 (PP)	关节电机生成位置规划，控制器通过EtherCAT总线设置参数，关节电机进行位置控制
轮廓速度模式 (PV)	关节电机生成速度规划，控制器通过EtherCAT总线设置参数，关节电机进行速度控制
轮廓位置模式 (PT)	关节电机生成转矩规划，控制器通过EtherCAT总线设置参数，关节电机进行转矩控制
原点回归模式	控制器通过EtherCAT总线设置参数，关节电机执行自动原点回归

#### 7.3.1. 周期同步位置模式(CSP)

周期同步位置模式下，控制器生成位置指令规划，将规划好的目标位置周期性的发送到关节电机，之后由关节电机进行位置控制。使用此模式需确保0x6060等于8。注意，如果要通过SDO写入的方式改写0x6060，需要确保PDO内容中没有配置0x6060，否则PDO中0x6060的值会覆盖SDO写入的值（实际生效的是最后一次写入的值）。

##### (1) 功能框图



##### (2) 推荐PDO配置

推荐至少配置下表中的参数到PDO，以正常使用CSP模式，其他参数按需配置。

RxPDO	TxPDO
0x6040: 控制字	0x6041: 状态字
0x607A: 目标位置	0x6064: 实际位置

##### (3) 相关参数说明

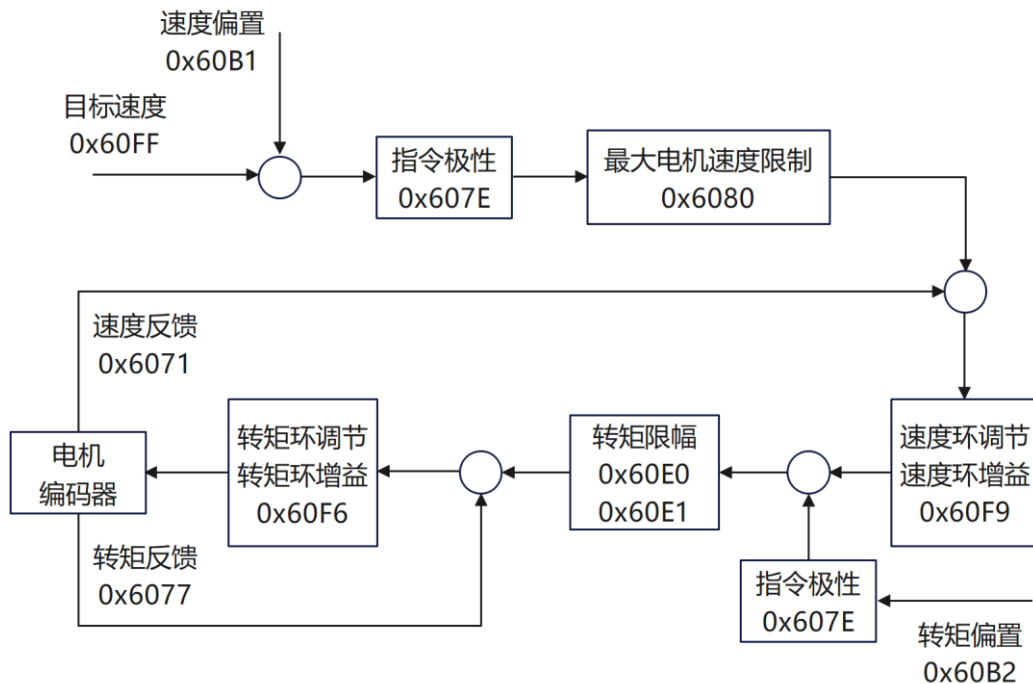
下表汇总了CSP控制模式相关的参数PDO配置信息，参数具体功能和用法可参考CSP模式功能框图以及SDO参数说明章节的描述。

名称	索引	子索引	位长度	类型	配置PDO类型
实际位置	0x6064	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
位置偏差过大阈值	0x6065	0	32bit	无符号	可配置RxPDO
位置偏差过大超时时间	0x6066	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
实际速度	0x606C	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩指令	0x6074	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩	0x6077	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
目标位置	0x607A	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
位置软限位正向极限	0x607D	1	32bit	有符号	不可配置
位置软限位负向极限	0x607D	2	32bit	有符号	不可配置
指令极性	0x607E	0	8bit	无符号	可配置RxPDO
电机最大速度	0x6080	0	32bit	无符号	不可配置
位置偏置	0x60B0	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
速度偏置	0x60B1	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
转矩偏置	0x60B2	0	16bit	有符号	可配置RxPDO
正向转矩输出限制	0x60E0	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
反向转矩输出限制	0x60E1	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
实际跟随误差	0x60F4	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
转矩控制比例增益	0x60F6	1	16bit	有符号	不可配置
转矩控制积分增益	0x60F6	2	16bit	有符号	不可配置
速度控制比例增益	0x60F9	1	16bit	有符号	不可配置
速度控制积分增益	0x60F9	2	16bit	有符号	不可配置
位置控制比例增益	0x60FB	1	16bit	有符号	不可配置
位置控制微分增益	0x60FB	2	16bit	有符号	不可配置

### 7.3.2. 周期同步速度模式(CSV)

周期同步速度模式下，控制器生成速度指令规划，将规划好的目标速度周期性的发送到关节电机，之后由关节电机进行速度控制。

#### (1) 功能框图



#### (2) 推荐PDO配置

推荐至少配置下表中的参数到PDO，以正常使用CSV模式，其他参数按需配置。

RxPDO	TxPDO
0x6040: 控制字	0x6041: 状态字

0x60FF: 目标速度

0x6064: 实际位置

### (3) 相关参数说明

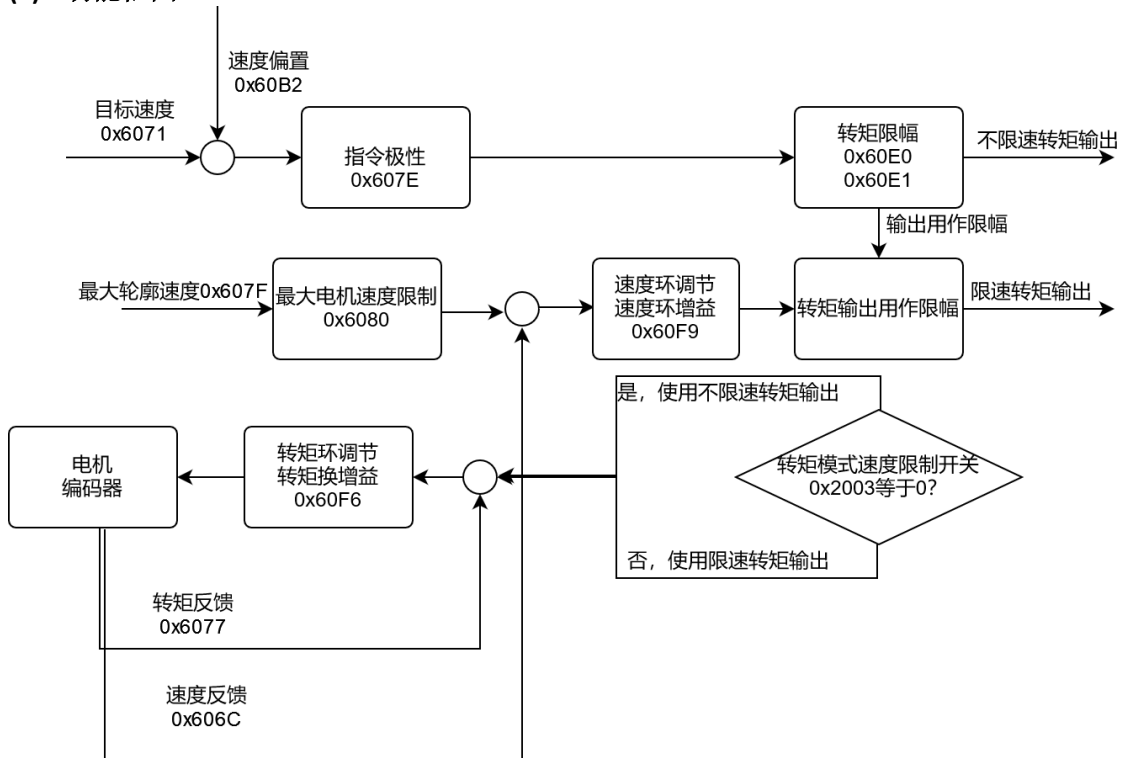
下表汇总了CSV控制模式相关的参数PDO配置信息，参数具体功能和用法可参考CSV模式功能框图以及SDO参数说明章节的描述

名称	索引	子索引	位长度	类型	配置PDO类型
实际位置	0x6064	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
实际速度	0x606C	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩指令	0x6074	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩	0x6077	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
位置软限位正向极限	0x607D	1	32bit	有符号	不可配置
位置软限位负向极限	0x607D	2	32bit	有符号	不可配置
指令极性	0x607E	0	8bit	无符号	可配置RxPDO
电机最大速度	0x6080	0	32bit	无符号	不可配置
速度偏置	0x60B1	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
转矩偏置	0x60B2	0	16bit	有符号	可配置RxPDO
正向转矩输出限制	0x60E0	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
反向转矩输出限制	0x60E1	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
转矩控制比例增益	0x60F6	1	16bit	有符号	不可配置
转矩控制积分增益	0x60F6	2	16bit	有符号	不可配置
速度控制比例增益	0x60F9	1	16bit	有符号	不可配置
速度控制积分增益	0x60F9	2	16bit	有符号	不可配置
目标速度	0x60FF	0	32bit	有符号	可配置RxPDO

### 7.3.3. 周期同步转矩模式(CST)

周期同步位置模式下，控制器生成转矩指令规划，将规划好的目标转矩周期性的发送到关节电机，之后由关节电机进行转矩控制。

#### (1) 功能框图



#### (2) 推荐PDO配置

推荐至少配置下表中的参数到PDO，以正常使用CST模式，其他参数按需配置。

RxPDO	TxPDO
0x6040: 控制字	0x6041: 状态字

0x6071: 目标转矩

0x6077: 实际转矩

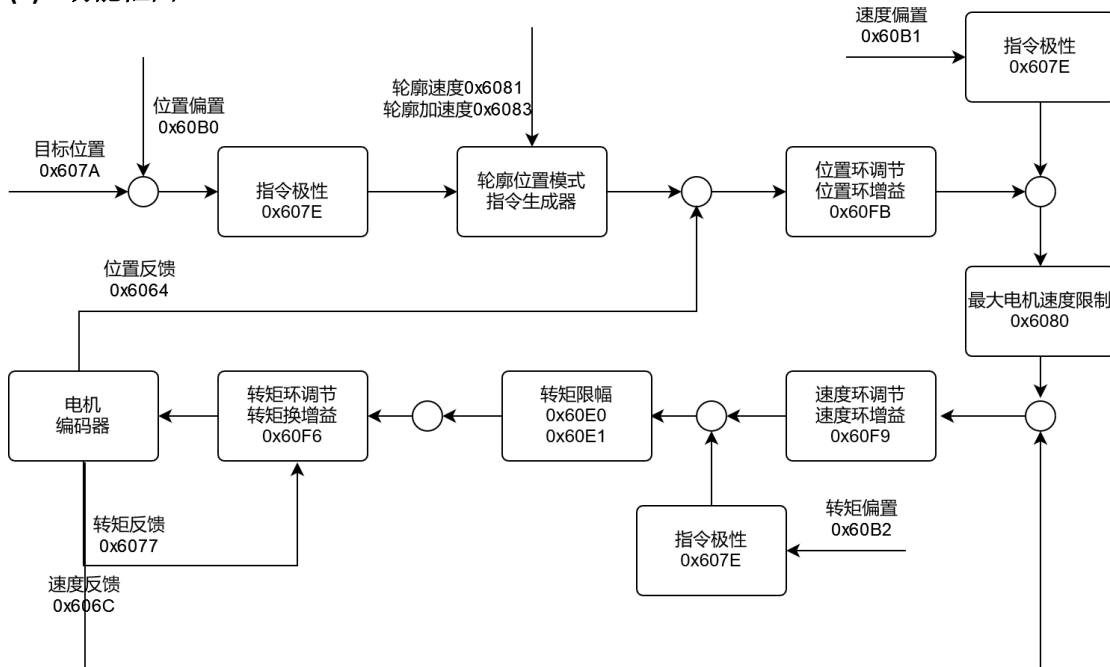
**(3) 相关参数说明**

下表汇总了CST控制模式相关的参数PDO配置信息，参数具体功能和用法可参考CST模式功能框图以及SDO参数说明章节的描述。

名称	索引	子索引	位长度	类型	配置PDO类型
实际速度	0x606C	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
目标转矩	0x6071	0	16bit	有符号	可配置RxPDO
实际转矩指令	0x6074	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩	0x6077	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
位置软限位正向极限	0x607D	1	32bit	有符号	不可配置
位置软限位负向极限	0x607D	2	32bit	有符号	不可配置
指令极性	0x607E	0	8bit	无符号	可配置RxPDO
最大速度限制	0x607F	0	32bit	无符号	可配置RxPDO
电机最大速度	0x6080	0	32bit	无符号	不可配置
转矩偏置	0x60B2	0	16bit	有符号	可配置RxPDO
正向转矩输出限制	0x60E0	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
反向转矩输出限制	0x60E1	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
转矩控制比例增益	0x60F6	1	16bit	有符号	不可配置
转矩控制积分增益	0x60F6	2	16bit	有符号	不可配置
速度控制比例增益	0x60F9	1	16bit	有符号	不可配置
速度控制积分增益	0x60F9	2	16bit	有符号	不可配置

**7.3.4. 轮廓位置模式(PP)**

轮廓位置模式下控制器设定目标位置、运行速度、加减速，由关节电机内部实时生成位置指令进行位置控制。

**(1) 功能框图****(2) 最小PDO配置**

至少配置下表中的参数到PDO才可正常使用PP模式，其他参数按需配置。

RxPDO	TxPDO
0x6040: 控制字	0x6041: 状态字
0x607A: 目标位置	0x6064: 实际位置

**(3) 相关参数说明**

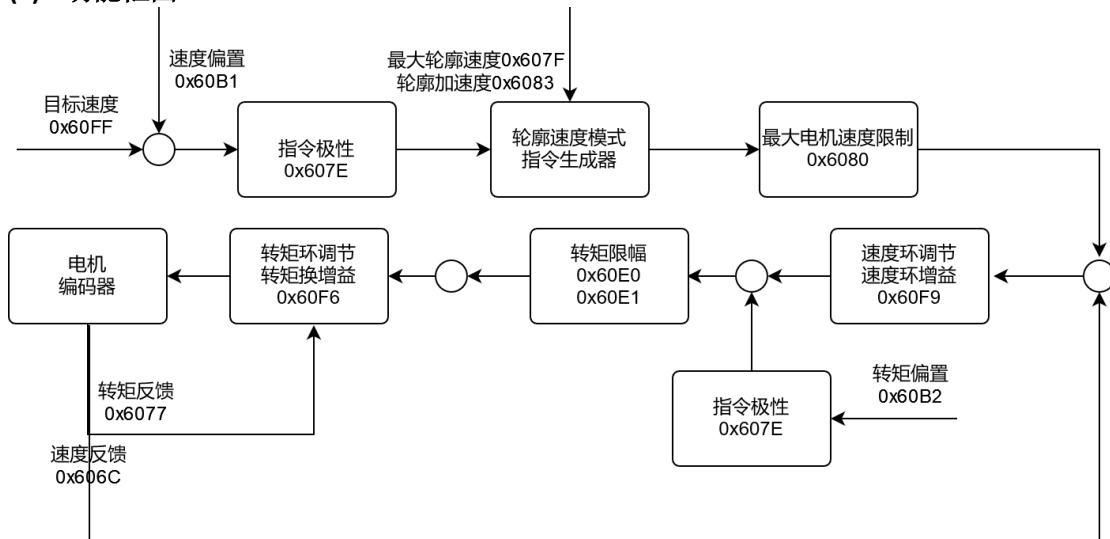
下表汇总了PP控制模式相关的参数PDO配置信息，参数具体功能和用法可参考PP模式功能框图以及SDO参数说明章节的描述。

名称	索引	子索引	位长度	类型	配置PDO类型
实际位置	0x6064	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
位置偏差过大阈值	0x6065	0	32bit	无符号	可配置RxPDO
位置偏差过大超时时间	0x6066	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
实际速度	0x606C	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩指令	0x6074	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩	0x6077	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
目标位置	0x607A	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
位置软限位正向极限	0x607D	1	32bit	有符号	不可配置
位置软限位负向极限	0x607D	2	32bit	有符号	不可配置
指令极性	0x607E	0	8bit	无符号	可配置RxPDO
电机最大速度	0x6080	0	32bit	无符号	不可配置
轮廓运行速度	0x6081	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
轮廓加速度	0x6083	0	32bit	无符号	可配置RxPDO
位置偏置	0x60B0	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
速度偏置	0x60B1	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
转矩偏置	0x60B2	0	16bit	有符号	可配置RxPDO
正向转矩输出限制	0x60E0	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
反向转矩输出限制	0x60E1	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
实际跟随误差	0x60F4	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
转矩控制比例增益	0x60F6	1	16bit	有符号	不可配置
转矩控制积分增益	0x60F6	2	16bit	有符号	不可配置
速度控制比例增益	0x60F9	1	16bit	有符号	不可配置
速度控制积分增益	0x60F9	2	16bit	有符号	不可配置
位置控制比例增益	0x60FB	1	16bit	有符号	不可配置
位置控制微分增益	0x60FB	2	16bit	有符号	不可配置

### 7.3.5. 轮廓速度模式(PV)

轮廓速度模式下控制器设定目标速度、加速度、减速度，由关节电机内部实时生成速度指令进行速度控制。

#### (1) 功能框图



#### (2) 最小PDO配置

至少配置下表中的参数到PDO才可正常使用PV模式，其他参数按需配置。

RxPDO	TxPDO
0x6040: 控制字	0x6041: 状态字
0x60FF: 目标速度	0x606C: 实际速度

#### (3) 相关参数说明

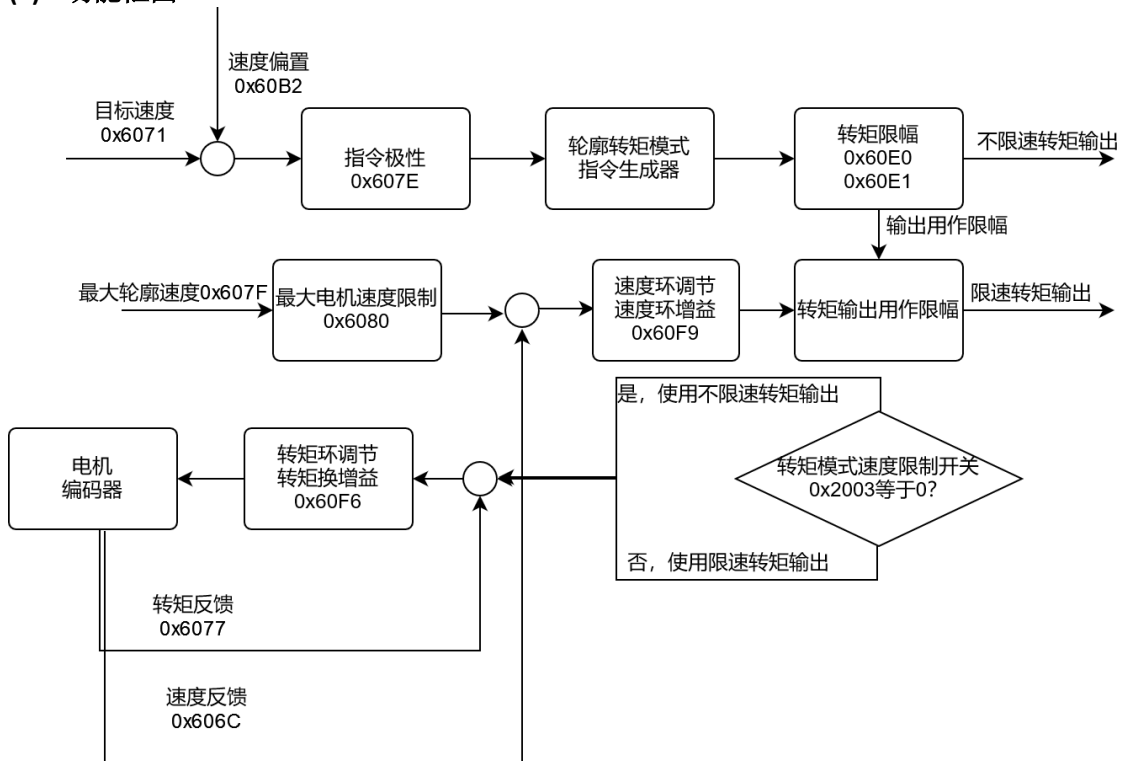
下表汇总了PV控制模式相关的参数PDO配置信息，参数具体功能和用法可参考PV模式功能框图以及SDO参数说明章节的描述。

名称	索引	子索引	位长度	类型	配置PDO类型
实际位置	0x6064	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
实际速度	0x606C	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩指令	0x6074	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩	0x6077	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
位置软限位正向极限	0x607D	1	32bit	有符号	不可配置
位置软限位负向极限	0x607D	2	32bit	有符号	不可配置
指令极性	0x607E	0	8bit	无符号	可配置RxPDO
电机最大速度	0x6080	0	32bit	无符号	不可配置
轮廓加速度	0x6083	0	32bit	无符号	不可配置
速度偏置	0x60B1	0	32bit	有符号	可配置RxPDO
转矩偏置	0x60B2	0	16bit	有符号	可配置RxPDO
正向转矩输出限制	0x60E0	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
反向转矩输出限制	0x60E1	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
转矩控制比例增益	0x60F6	1	16bit	有符号	不可配置
转矩控制积分增益	0x60F6	2	16bit	有符号	不可配置
速度控制比例增益	0x60F9	1	16bit	有符号	不可配置
速度控制积分增益	0x60F9	2	16bit	有符号	不可配置
目标速度	0x60FF	0	32bit	有符号	可配置RxPDO

### 7.3.6. 轮廓转矩模式(PT)

轮廓速度模式下控制器设定目标转矩、转矩斜坡常数，由关节电机内部实时生成转矩指令进行转矩控制。

#### (1) 功能框图



#### (2) 最小PDO配置

至少配置下表中的参数到PDO才可正常使用PT模式，其他参数按需配置。

RxPDO	TxPDO
0x6040: 控制字	0x6041: 状态字
0x6071: 目标转矩	0x6077: 实际转矩

#### (3) 相关参数说明

下表汇总了PT控制模式相关的参数PDO配置信息，参数具体功能和用法可参考PT模式功能框图以及SDO参数说明章节的描述。

名称	索引	子索引	位长度	类型	配置PDO类型
实际速度	0x606C	0	32bit	有符号	可配置TxPDO
实际转矩指令	0x6074	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
目标转矩	0x6071	0	16bit	有符号	可配置RxPDO
实际转矩	0x6077	0	16bit	有符号	可配置TxPDO
位置软限位正向极限	0x607D	1	32bit	有符号	不可配置
位置软限位负向极限	0x607D	2	32bit	有符号	不可配置
指令极性	0x607E	0	8bit	无符号	可配置RxPDO
最大速度限制	0x607F	0	32bit	无符号	可配置RxPDO
电机最大速度	0x6080	0	32bit	无符号	不可配置
转矩斜坡	0x6087	0	32bit	无符号	可配置RxPDO
转矩偏置	0x60B2	0	16bit	有符号	可配置RxPDO
正向转矩输出限制	0x60E0	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
反向转矩输出限制	0x60E1	0	16bit	无符号	可配置RxPDO
转矩控制比例增益	0x60F6	1	16bit	有符号	不可配置
转矩控制积分增益	0x60F6	2	16bit	有符号	不可配置
速度控制比例增益	0x60F9	1	16bit	有符号	不可配置
速度控制积分增益	0x60F9	2	16bit	有符号	不可配置



注意

软件位置限制功能在所有模式都生效。

默认追随误差过大报警是配置为关闭的，通过SDO改写参数可以开启。

## 7.4. 报警代码与处理方法

### (1) 0x1001 错误寄存器

位定义	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
含义	编码器报警	0	0	通讯错误	温度超范围	电压超范围	电流过大	一般错误

### (2) 0x603F 错误代码

错误代码	名称	含义	原因	处置方法
0x2310	Continuous Over Current	电机过载	电机侧持续大电流输出	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 排查是否有机构卡住的情况</li> <li>● 选用更大功率型号的电机</li> </ul>
0x3120	Mains Under Voltage	供电电压过低	瞬时或长时间供电电压过低	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 检查供电电压是否正常</li> <li>● 在电源输入上并接大电容</li> <li>● 选用更大电流输出能力的电源</li> <li>● 选用更大电压输出电源(必须在额定电压范围内)</li> <li>● 减小电机运行加速度</li> </ul>
0x3110	Mains Over Voltage	供电电压过高	瞬时或长时间供电电压过高	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 检查供电电压是否正常</li> <li>● 在电源输入上并接大电容</li> <li>● 在电源输入上并接能量泄放模块</li> <li>● 选用更小电压输出的电源(必须在额定电压范围内)</li> <li>● 减小电机运行减速度</li> </ul>
0x4200	Temperature Device	电机温度报警	电机温度过高或过低	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 检查电机温度是否正常</li> <li>● 检查环境温度是否正常</li> <li>● 考虑是否需要加散热或保温措施</li> </ul>

0x4300	Temperature Drive	驱动器温度报警	驱动器温度过高或过低	<ul style="list-style-type: none"> <li>●检查电机温度是否正常</li> <li>●检查环境温度是否正常</li> <li>●考虑是否需要加散热或保温措施</li> </ul>
0x7300	Sensor Error	编码器报警	编码器数据读取错误	<ul style="list-style-type: none"> <li>●检查编码器通讯线</li> </ul>
0x5220	Control Computing Circuit	控制电路CPU错误	CPU运行负载过高	<ul style="list-style-type: none"> <li>●检查通讯周期是否可以调整</li> <li>●检查PDO内容是否可以精减掉不必要的内容</li> <li>●记录详细的运行工况信息，联系厂家技术人员</li> </ul>
0x2320	Short Circuit Earth Leakage Motor Side	输出短路报警	电机侧瞬时输出电流过大	<ul style="list-style-type: none"> <li>●检查是否有电机侧短路的情况</li> <li>●检查电机是否有损坏的情况</li> </ul>
0x6100	Internal Software	内部软件错误	内部软件错误	<ul style="list-style-type: none"> <li>●收集详细的运行工况信息，联系厂家技术人员</li> </ul>
0x7500	Communication	通讯错误	异常的从OP状态切换到非OP状态	<ul style="list-style-type: none"> <li>●检查通讯线是否有正确连接屏蔽线</li> <li>●检查设备是否有正确接地</li> <li>●检查通讯线是否有破损、接触不良等</li> <li>●检查通讯接头处是否有松动、接触不良等</li> <li>●考虑是否有必要加磁环</li> <li>●检查是否有EtherCAT通讯ALStatusCode报错</li> </ul>
0x8611	Following Error	跟随误差过大	位置指令与实际位置只差大于设定的跟随误差范围，并持续设定的跟随误差时间	<ul style="list-style-type: none"> <li>●检查跟随误差范围和时间设定是否合理</li> <li>●检查是否是转矩、速度、位置三环控制增益参数设定不合适</li> <li>●检查是否是机械限制无法到达指定的位置</li> <li>●检查是否设定了不合适的电子齿轮比</li> <li>●检查编码器分辨率设定是否正确</li> </ul>

## 7.5. FAQ常见问题

### (1) 参数断电保存的方法

通过EtherCAT通讯时，所有参数写入后都是默认不断电保存的，如果需要断电保存，SDO写入参数0x2000，写1之后再读一遍，值变成0代表写入完成。注意在电机使能状态和错误状态无法保存参数。

### (2) 设置最大电流限制的方法

驱动器软件版本号大于1.7.0.0及以上，SDO参数0x60E0或0x60E1，单位为千分之一最大电流，默认值750，代表限制电流为最大电流的75%，例如修改为912代表限制电流为最大电流的91.2%。最大电流值可以在SDO参数0x6075处读取到，单位为毫安。

### (3) 输出扭矩计算方法

驱动器软件版本号大于1.7.0.0及以上。给定扭矩0x6071实际扭矩0x6077的单位都是千分之一启停峰值扭矩，例如100对应扭矩为10%的峰值扭矩，751对应75.1%的峰值扭矩。具体型号的启停峰值扭矩参考选型表格。

### (4) 什么是单编电机、什么是双编电机

根据所用编码器不同，电机分单编版本和双编版本。单编就是在关节电机内部的电机

侧集成了一个编码器，减速机侧也就是输出端没有编码器。双编就是在关节电机内部电机侧和减速机侧各有一个编码器。

#### (5) 单编电机和双编电机的差异

单编电机可以通过连接电池的方式断电保存当前的绝对值位置。双编电机目前不支持连接电池保存当前的绝对值位置，支持在不连接电池的情况下断电保存电机输出端的当前角度。也就是说单编在连接电池的情况下可以支持需要电机多圈旋转的应用，双编电机无法支持需要电机多圈旋转的应用，只能支持电机在±180度之内旋转的应用。

#### (6) 位置模式下相关计算

单编电机位置计算使用16bit分辨率和实际的减速比计算。例如65536个脉冲代表电机旋转一圈，再乘一个电机的减速比就是输出端旋转一圈，如果电机是121减速比的就是 $65536 * 121 = 7929856$ 个脉冲电机输出端会旋转一圈。

双编电机位置计算使用20bit分辨率计算，不需要考虑减速比。例如1048576个脉冲代表电机输出端旋转一圈。

注意位置控制模式下速度按位置指令的位置差和时间差计算，内部仅限制电机最大转速，通过SDO参数0x6080可修改，默认为1200，单位RPM（圈每分），如需换算成电机输出端速度需搭配电机实际减速比换算。

#### (7) 速度模式下相关计算

单编电机和双编电机速度计算都使用16bit分辨率和实际的减速比计算。例如65536个脉冲每秒代表电机每秒旋转一圈，再考虑电机实际减速比，如果电机是101减速比的就是输出端101秒旋转一圈。

#### (8) 速度单位转换问题

电机速度实际上是电机的角速度，物理意义为单位时间的角位移，因此根据所使用的单位时间的不同位移单位的不同有多种常用的单位。电机的转速常用的单位有圈每分钟、脉冲每秒、度每秒、弧度每秒、零点零一赫兹等。下面列出互相的转换公式，未列出的部分可以依据其实际物理含义和已有的公式推导。

$$\begin{aligned} & 1 \text{ 弧度每秒 (rad/s)} \\ & = (1/2\text{PI}) * 360 \text{ 度每秒 (}^\circ / \text{s)} \\ & = (1/2\text{PI}) \text{ 赫兹 (Hz)} = (1/2\text{PI}) * 100 \text{ 零点零一赫兹 (0.01Hz)} \\ & = (1/2\text{PI}) * 60 \text{ 圈每分钟 (rpm)} \\ & \text{注: PI 为 } 3.1415926\dots \end{aligned}$$

实际电机角度值获取往往通过编码器取得，编码器通过把一圈划分为多个脉冲来反馈当前角度值，因此需要一个编码器分辨率参数。下面的公式以16位(即单圈65536个脉冲)为例。

$$1 \text{ 圈每分钟 (rpm)} = 65536 / 60 \text{ 脉冲每秒 (pulse/s 或 cnt/s)}$$

将脉冲每秒转换成圈每分钟后可根据上面的公式转换到需要的单位。

#### (9) 我需要电机输出端以xx RPM转速运行，指令给出来后速度达不到该怎么设置

需要检查供电电压和电机端限速。

供电电压不足情况下无法达到较高的速度，可尝试使用48V电压重试。

xx RPM乘以电机减速比得到一个电机端速度，要检查电机端速度是否受SDO参数0x6080限制。例如想要30RPM，电机减速比为101，那么需要电机端速度3030RPM，需设置0x6080为3030。

#### (10) EtherCAT从站地址是多少

一般场景下都是通过网线连接顺序自动确定从站地址，所以一定要确保网线的IN和OUT顺序不能错误，否则会导致从站地址顺序错误。如果确实需要手动指定EtherCAT从站地址，写入SDO参数0x2002即可修改当前电机的EtherCAT从站地址。重启生效。

#### (11) 如何检查电机软件版本号

查看SDO参数0x100A的内容即可。

#### (12) 同时支持EtherCAT和CAN吗？

这里分两种情况讨论：

- 单独连接EtherCAT和单独连接CAN的情况，两者都能正常控制。
- EtherCAT和CAN同时连接的情况，只能EtherCAT控制，CAN只能用于监控电机状态之类的。

#### (13) EtherCAT和CAN通信差异

CAN通信速率1Mbps，20个电机的应用通讯周期在1KHz左右。

EtherCAT通信速率100Mbps，通讯周期最高支持到4KHz（csp/csv/cst模式），不随从站数量增多影响通讯周期。

**(14) PID参数调节相关。**

A. P是比例增益，I是积分增益，D是微分增益。

B. P参数越大响应速度越快，太小响应速度慢，太大会震荡；I参数消除偏差，提高响应速度，太大会产生震荡；D参数抑制过冲和振荡，过小会有过冲，过大影响响应速度甚至引发噪声问题。

C. 控制环路分为三个环路，从内而外分别是电流环、速度环、位置环，一般从内环开始调。

衡量环路参数调整效果的指标有静态误差(稳定后实际值和目标值的误差)、动态跟随误差(运行中实际值和目标值的误差)、过冲量(稳定之前实际值超出目标值的量)等。

## 8. 常见问题及回答

序号	问题	回答
1	关节模组工作的电压范围是多少?	工作电压范围为24V-48V, 建议使用36V以上的电压。
2	速度和加速度的单位是什么?	电机端的速度单位是0.01赫兹 (Hz), 即0.01转每秒 (rps)。加速度单位是0.01Hz/ms, 即10Hz/s。
3	哪些型号的电机需要使用转接板来实现连接?	目前只有30-40型号才需要配转接板, 大型号的电机都是有预留好转接口的。
4	终端电阻的作用及连接	这是120Ω的终端电阻, 单台电机不需要接, 如果多台电机级连, 终端电阻接在最远端的关节模组上, 用于吸收信号反射、确保信号质量及正确传输。
5	电容的作用和连接	电容的作用是启动瞬间吸收大电压, 稳定电压, 防止电压过高导致控制板损坏。如果电源输出非常稳定, 可以不用接电容。电压32V以上的, 建议加上电容。电容可以接在关节模组的电源接口上, 也可以并联在电源输出端。
6	稳压模块的作用和连接	稳压模块即制动电阻, 当电压达到一定值时, 制动电阻投入运行, 将电能转化为热能消耗掉, 从而维持直流母线电压在一个安全范围内。 稳压模块是并联接在电池输出端的。
7	稳压模块的电压设定	稳压的电压需要大于供电电压, 不能设置的比实际电压低。建议将稳压模块的电压设置成比实际的电源电压高2V。
8	双编码器的分辨率是多少?	双编码器是绝对值编码器, 80-110及以下规格的电机的编码器分辨率是24bit+24bit, 使用时通常采用20bit+20bit; 80-110以上规格的电机编码器分辨率为20bit+20bit。
9	双编码器怎么读取位置?	双编码器就是高精度集成的编码器采集模块, 有2个位置寄存器, 内圈记输出端的位置, 外圈记电机端的位置, 可以单独读取内外环位置信息, 也可以同时读取内外环位置信息。
10	双编电机现在有电池吗?	双编码器电机的输出轴如果不超过一圈, 可以不用电池。
11	双编码器的精度是多少?	双编码器的定位精度相较于单编码器精度提高大概一倍以上, 双编码器的绝对定位精度为0.03度以上。

**9. 选型和安装尺寸参考图纸（更新版本）**

关节型号	图纸版本
CRA-R130-40-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R130-40-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R140-52-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R140-52-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R150-60-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R150-60-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R150-70-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R150-70-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R160-70-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R160-70-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R160-80-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R160-80-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R170-80-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R170-80-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R170-90-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R170-90-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R180-97-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R180-97-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R180-110-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R180-110-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R1100-120-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R1100-120-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R1100-142-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R1100-142-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0
CRA-R1110-170-PRO-3-xxx-2E-EC	A. 0
CRA-R1110-170-PRO-3-xxx-B-2E-EC	A. 0

如需要产品三维模型，请与我司销售人员联系。