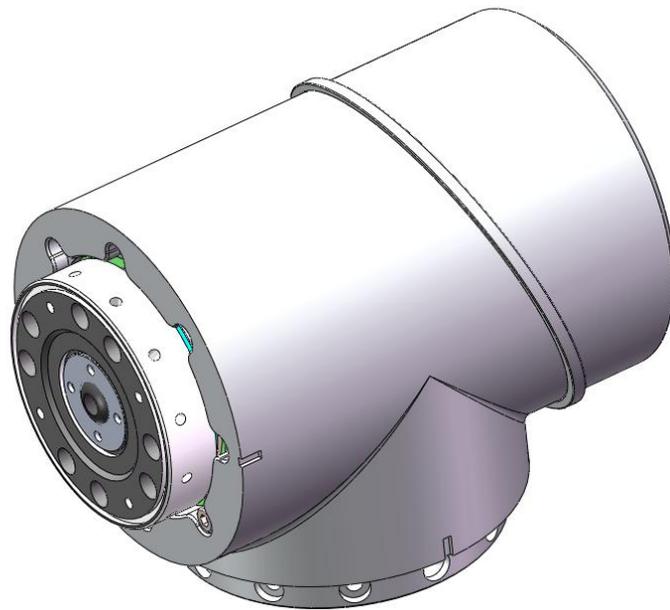


大象机器人用户手册

Elephant Robotics®MS 模组系列



版本 1.1

语言：中文

版权声明

未经深圳市大象机器人科技有限公司（余下全文简称“大象机器人”）的书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、撰写、转译、复制本手册中的任何内容，不得以任何形式（包括但不限于资料和出版物）进行传播。

除此以外，本手册提到的产品信息及其相关资源仅供参考，内容如有更新，恕不另行通知。

除本手册中有明确陈述之外，本手册中的任何内容不应解释为大象机器人对个人损失、财产损害和具体适用性等做出的任何担保或保证。

版权所有，侵权必究。

目录

关于手册	5
手册的阅读对象	5
手册用法	5
手册主要内容	6
在正式阅读手册之前	6
1. 安全信息	7
1.1 简介	7
1.2 安全警示符号说明	8
2. 产品质保	9
2.1 产品质保条款	9
2.2 免责声明	9
3. 包装检查	10
3.1 发货清单	10
3.2 实物图	10
4. 产品说明	11
4.1 谐波减速机	11
4.2 无框力矩电机	11
4.3 伺服驱动器	12
4.4 驱动器接口说明	13
4.5 编码器	15
4.6 制动器	16
5. 关节模组规格和使用要求	17

5.1	关节参数	17
5.2	关节配置	18
5.3	关节电源和电流	19
5.4	关节电源和通讯线	19
5.5	环境要求	20
5.6	再生警告	21
5.7	关节安装	21
5.8	安装流程	25
5.9	关节旋转限制	25
5.10	CAN 终端	25
6.	软件调试	26
7.	关节常见问题及处理	27
8.	尺寸图	28

关于手册

欢迎您使用 MS 系列关节模组，并感谢您的购买。

本手册记载了正确安装和使用 MS 关节模组需要注意的相关事项。

使用 MS 关节模组前，请仔细阅读本手册与其他相关手册。阅读之后，请妥善保管，以便随时取阅。

手册的阅读对象

本手册面向：

- 使用人员。
- 调试人员。
- 维修人员。



注意

对 MS 关节模组进行安装/调试/维修工作的人员必须了解产品电气接线定义，机械特性，调试方法。

手册用法

本手册应在进行以下作业时使用：

- 安装工作：将模组按照接线要求规范接线，通电 48V。
- 调试工作：用网线将模组调试到工作状态。
- 维修工作：定期对模组进行维护，以确保其功能正常发挥；当由于环境影响或使用人员的不当操作、模组中某个零部件超过正常使用年限等诸多原因而导致发生故障时，需要联系技术人员进行维修工作。

手册主要内容

- MS 关节模组安全使用注意事项。
- MS 关节模组的机械、电气安装和调试。
- MS 关节模组的维护和保养。

在正式阅读手册之前

在正式阅读手册之前，需要了解一些相关事项：

1) 关于 MS 关节模组

MS 关节模组适用于协作机器人。它可以通过多关节组装成多轴机械臂，与工人安全协同工作，完成工业生产制造中上下料、测试、检测以及包装等工序。

2) 关于帮助

对于手册内容有任何疑问和建议，可以到登录大象机器人官方网站提交相关信息：

<https://www.elephantrobotics.cn>。

3) 联系信息

A. 公司全称：深圳市大象机器人科技有限公司

B. 地 址：深圳市南山区桃源街道留仙大道南山云谷创新产业园二期 7 栋 2 楼
205

C. 邮 箱：

【销 售】：sales@elephantrobotics.com

【市 场】：marketing@elephantrobotics.com

【服 务】：service@elephantrobotics.com

【技术支持】：support@elephantrobotics.com

D. 电 话：+86 (0755) 8696 8565

1. 安全信息

1.1 简介

本章详细介绍了有关对 MS 关节模组执行安装、维护和维修工作的人员的常规安全信息。请在搬运、安装和使用前，先充分阅读和理解本章节的内容与注意事项。

根据《GB 11291.1-2011》文中所述，无论是机器人制造厂家、系统集成商，还是个人使用者，均须在使用机器人前进行危险识别和风险评估。进行危险分析，可以确定可能出现的任何危险；而针对危险识别中确定的危险，应该进行风险评估，以便最大程度地保证人身安全和财产安全。

本章通过介绍不同的安全警示符号和注意事项，提供一个基础的安全使用指南。

1.2 安全警示符号说明

如表 1-1 所示，本节介绍了本手册中使用的安全警示符号。你可以在其他章节里找到和本章中对应的符号，请注意这些符号与其所代表的含义。

表 1-1 安全警示符号表

 危险	危险：即将引发危险的情况，如果不避免，可导致人员死亡或严重伤害。
 警告	警告：有可能引发危险的情况，如果不避免，可导致人员伤害或设备严重损害。
 小心触电	小心触电：有可能引发危险的用电情况，如果不避免可导致人员伤害或设备严重损害。
 禁止	禁止：不允许做的事情。



注意

注意：需要注意的重要事项。

2. 产品质保

2.1 产品质保条款

MC 关节模组具有 12 个月有限保修期。

若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，大象机器人应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，大象机器人保留向客户收取更换或维修费用的权利。

被更换或返至大象机器人的设备或组件的所有权归大象机器人有限公司所有。

在保修期外，如果设备呈现缺陷，大象机器人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。

2.2 免责声明

大象机器人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。大象机器人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；
6. 上述情况以外非深圳市大象机器人有限公司责任导致的故障。

3. 包装检查

3.1 发货清单

序号	发货清单	数量
1	MS 模组 (带纸盒海绵包装)	1
2	使用说明	1
3	出厂检测报告	1
4	合格证	1
5	保修卡	1

3.2 实物图



MS20 关节模组

4. 产品说明

MS 关节模组集谐波减速器、无框力矩电机、电磁摩擦片式制动器、增量编码器、绝对值编码器、伺服驱动器于一体，结构紧凑，便于安装。

4.1 谐波减速机

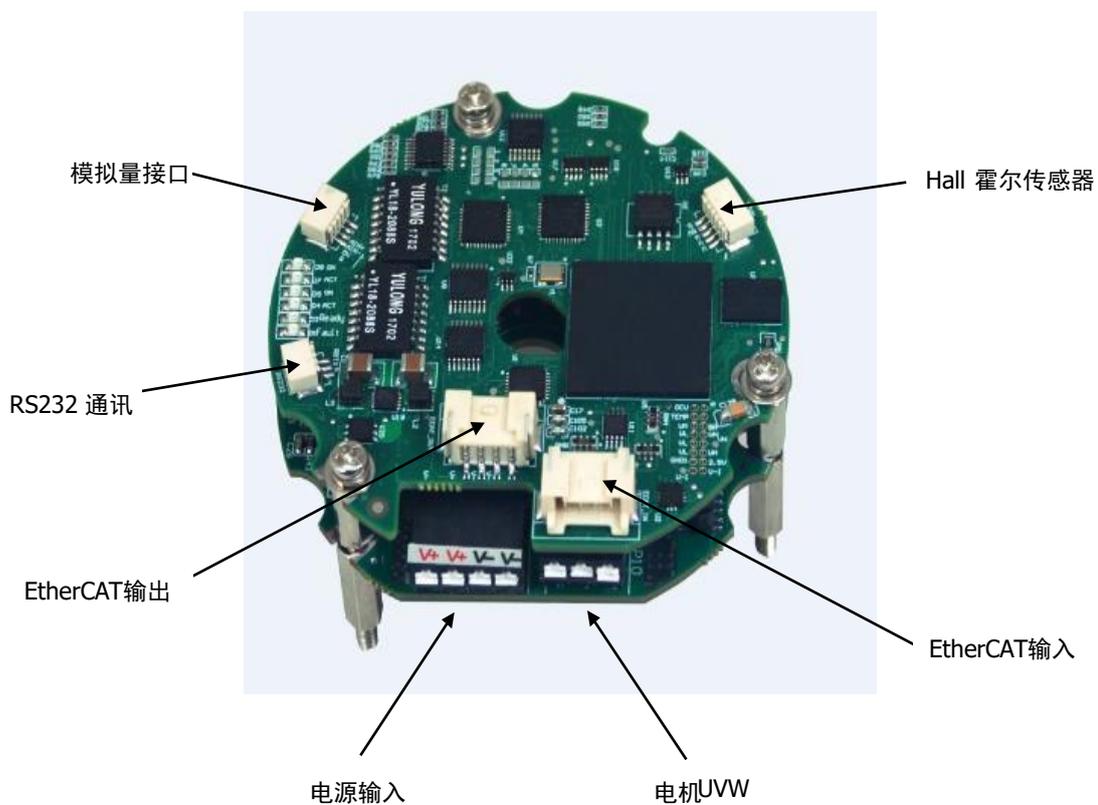
参数类型	名称	单位	MS14	MS17	MS20	MS25	MS32
减速器参数	减速比（可选，此处列出默认配置）	----	101	101	101	101	161
	减速器背隙	arcsec	10	10	10	10	10
	转动精度	arcmin	1	1	1	1	1

4.2 无框力矩电机

参数类型	名称	单位	MS14	MS17	MS20	MS25	MS32
电机电气参数	电机极对数	-----	8	8	8	14	14
	电机额定功率	W	32	73	160	323	589
	电机额定电压	V	48	48	48	48	48
	电机额定电流	A	1.15	2.6	5.7	12	21
	电机额定转速	rpm	2800	2800	2800	2500	3200
	电机额定转矩	Nm	0.197	0.4	0.83	1.86	2.7
	电机转矩常数	Nm/A	0.176	0.153	0.144	0.16	0.13
	反电动势系数	V/krpm	0.0198	0.0173	0.0158	0.02	0.01

4.3 伺服驱动器

- 1) 集成于关节模组内部，采用 48V 直流动力电源和 CANopen /EtherCAT 总线控制。
- 2) 如下图所示，关节模组驱动器是一款基于当前最先进的 FPGA 技术开发而成的高性能、高精度、多功能的低压直流全数字伺服驱动器。
- 3) 具有驱动器过流、过温、过压欠压、超速、堵转、位置超差、短路、I2t、控制错误等全面的安全保护设计。
- 4) 采用双编码器反馈输入实现全闭环控制，很方便的实现关节模组的位置、速度和电流的控制。
- 5) 关节模组驱动器具有高动态响应、速度响应频率高达 4KHz、运行稳定可靠，支持 EtherCAT 和 CANopen 总线控制，具有良好的兼容性。
- 6) 通过驱动器调试软件，客户可以方便的设置驱动器和电机参数，调节位置、速度和电流的 PID，发挥出关节模组的良好性能。



4.4 驱动器接口说明

1) 电源接口

管脚	名称	功能说明
V+	供电 48V 电源+	电源输入正端
V-	供电 48V 电源-	电源输入负端

2) 电机接口

管脚	名称	功能说明
U	电机 U 相	三相电机 U 相
V	电机 V 相	三相电机 V 相
W	电机 W 相	三相电机 W 相

3) 制动器接口（接口处有 Brack 标志，此处切勿接电阻等导致烧坏驱动器）

管脚	名称	功能说明
1	+	连接电机电磁摩擦片式制动器+
2	-	连接电机电磁摩擦片式制动器-

4) 增量编码器接口

管脚	名称	功能说明
1	GND	信号地
2	5V	5v 逻辑电源（内部提供）
3	Z-	差分编码器 Z-
4	Z+	单端编码器 Z;差分编码器 Z+
5	B-	差分编码器 B-
6	B+	单端编码器 B;差分编码器 B+
7	A-	差分编码器 A-
8	A+	单端编码器 A;差分编码器 A+

5) 绝对编码器接口

管脚	名称	功能说明
1	5V	5V 逻辑电源 (内部提供)
2	GND	信号地
3	SL+	绝对值编码器数据信号
4	SL-	绝对值编码器数据信号
5	MA+	绝对值编码器时钟信号
6	MA-	绝对值编码器时钟信号

6) Hall 霍尔信号接口

管脚	名称	功能说明
1	GND	信号地
2	5V	5V 逻辑电源 (内部提供)
3	HW	数字霍尔信号 Hall3
4	HV	数字霍尔信号 Hall2
5	HU	数字霍尔信号 Hall1

7) EtherCAT 通讯接口

管脚	名称	功能说明
1	RX+	EtherCAT 数据接收+
2	RX-	EtherCAT 数据接收-
3	TX+	EtherCAT 数据发送+
4	TX-	EtherCAT 数据发送-

8) RS232 通讯接口

管脚	名称	功能说明
1	GND	信号地
2	RX	RS232 数据接收
3	TX	RS232 数据发送

9) 模拟量输入接口

管脚	名称	功能说明
1	GND	信号地
2	5V	5v 逻辑电源 (内部提供)
3	ANI-	+/-10V 模拟量-
4	ANI+	+/-10V 模拟量+

10) 数字量输入接口

管脚	名称	功能说明
1	IN2	IN2 输入口
2	OUT6	OUT6 输出口
3	GND	信号地

11) 再生电阻接口 (接口处有 Resistor 标志)

管脚	名称	功能说明
1	R+	再生电阻-
2	R-	再生电阻+

4.5 编码器

- 1) MS 关节模组采用了 16 位/19 位 Biss 反馈, 可以达到 0.001° 的重复定位精度。
- 2) MS 关节模组内部在输入端和输出端分别各有一个编码器, 通过比较两个编码器的位置和速度反馈, 参照驱动电流和电机扭矩的输出, 可以判断出模组所在关节受到外界作用力的大小, 将这一系列数据信息反馈给控制器, 就能够在不额外增加辅助传感器的情况下, 很方便的实现对机器人的安全控制。

参数类型	名称	单位	MS14	MS17	MS20	MS25	MS32
编码器	增量编码器	P/R	20000	20000	20000	20000	20000
	绝对值编码器	Bit	16/19	16/19	16/19	16/19	16/19

4.6 制动器

- 1) MS 关节模组配有断电停放电磁摩擦片式制动器，这意味着，未加电时，制动器处于机械闭合状态，可防止输出盘旋转；
- 2) 在正常操作情况下，当 MS 关节模组驱动器被用户控制器使用后，加电的制动器线圈将吸住顶着刹车片的衔铁，同时伴随发出“嗒”一声。在制动器释放后，可执行正常运动命令。同样，当 MS 关节模组驱动器被用户控制器禁用后，线圈将断电，制动器的机械装置将闭合并发出“嗒”一声；
注：用户控制器中只需发送 IO 信号即可释放关闭抱闸；
- 3) 在未加电的情况下，MS 关节模组无法转动；在驱动器故障无法通过 IO 控制释放制动器，或者用户无法给驱动器上电时，若要旋转 MS 关节模组的输出盘，则用户需要拆下驱动器上的制动器接头，用上限 48V 的可调电源从 0V 开始往上调，当伴随着“嗒”一声释放后，再把可调电源调回 10V 左右即可，用户便可将输出盘旋转目标位置。

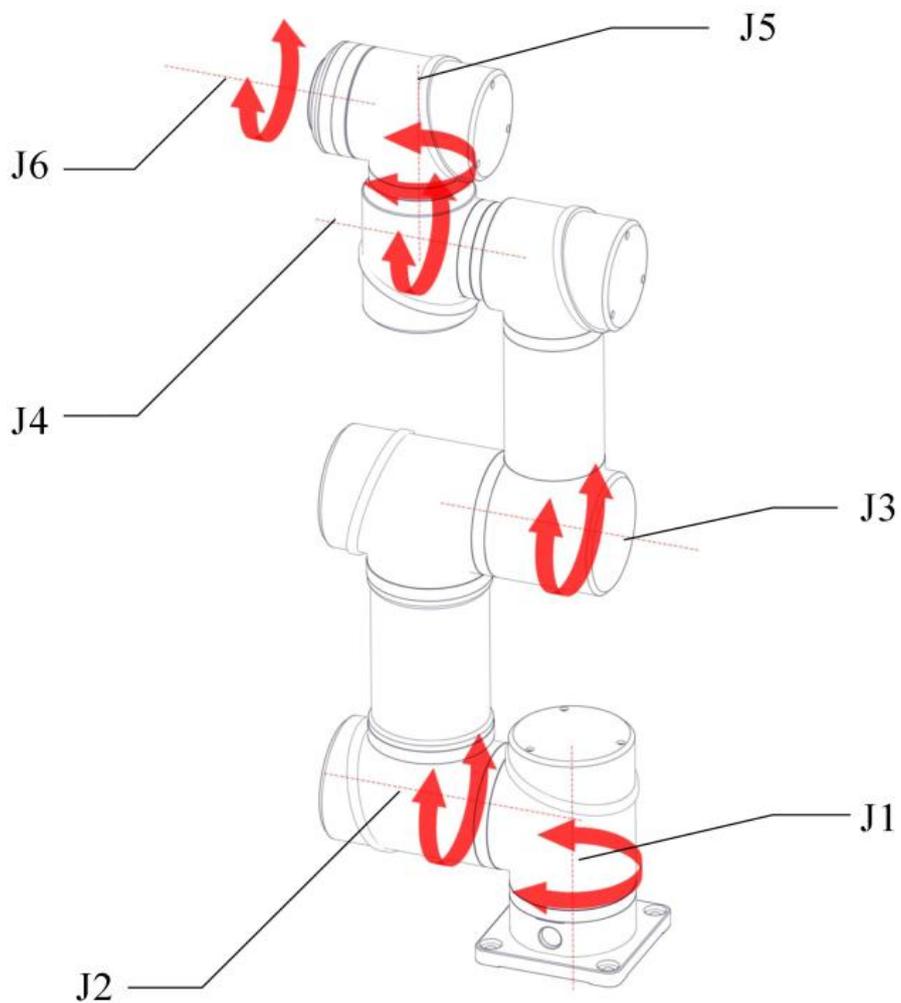
5. 关节模组规格和使用要求

5.1 关节参数

参数类型	名称	单位	MS14	MS17	MS20	MS25	MS32
关节尺寸	关节直径	mm	80	86	100	125	158
	关节高度	mm	96	98.5	114.5	144.5	176
	关节长度	mm	116.74	137.57	148.05	157.97	188.47
关节输出能力	许用负载转矩	Nm	28	54	82	157	333
	平均负载转矩	Nm	13.5	39	49	108	216
	最大瞬时转矩	Nm	54	86	147	284	647
	额定转速	rpm	25	25	25	22	18
	最大转速	rpm	28	28	28	25	20
	负载周期（见附表 1）： 基于关节尺寸和负载周期百分比(%) 的旋转速度下的连续转矩能力						
关节重量		kg	1.7	2.2	2.9	4.8	8.1
关节精度	±0.025°						

5.2 关节配置

机器人额定负载	基座 (J1)	肩部 (J2)	肘部 (J3)	腕部 1 (J4)	腕部 2 (J5)	腕部 3 (J6)
3KG	MS20	MS20	MS20	MS14	MS14	MS14
5KG	MS25	MS25	MS25	MS14	MS14	MS14
10KG	MS32	MS32	MS25	MS17	MS17	MS17



机器人推荐构型

5.3 关节电源和电流

MS 关节模组额定工作电压 48VDC（最小为 40VDC，最大为 56VDC）。母线电压超过 56VDC 时会出现电压故障。建议电源处可以加泄放电路（比如在电源处添加再生电阻和电容，可参照 5.5 再生警告）

根据六轴整机加标准负载测试，以下表格列出了 MS 关节模组各型号的电流：

型号	电源电压 (VDC)	平均电流 (A)	峰值电流 (A)
MS14	48 (±10%)	0.5- 0.8	1.1
MS17	48 (±10%)	1-1.5	2.6
MS20	48 (±10%)	1.5-3.2	5.8
MS25	48 (±10%)	5-6	12.5
MS32	48 (±10%)	7-9	15.2

注：以上表格列出的均是单独关节在最大负载最高转速条件下的极限电流值，但在正常的机器人运动期间，不是所有关节都会同时消耗这些电流值。作为参照，以下列出了标准负载下 6 轴机器人使用的电源规格：

- 6 轴(3KG 载荷) 机器人建议电源规格：48V 500W ；
- 6 轴(5KG 载荷) 机器人建议电源规格：48V 1000W ；
- 6 轴(10KG 载荷) 机器人建议电源规格：48V 1600W 。

5.4 关节电源和通讯线

MS 关节模组附带有 6 或 4 芯（CANopen 为 4 芯，EtherCAT 为 6 芯）通过减速机输出盘中心的线缆，使用户能够轻松地使用“菊花链”形式连接并在机器人关节之间进行通信。12AWG /18AWG /20AWG 红色(+) 和 12AWG /18AWG /20AWG 黑色(-) 为下一关节提供 48VDC 电源。带有 28AWG 白色(高位) 和 28AWG 绿色(低位) 的双绞线实现了 CANopen 与下一关节之间的通信（28AWG 红，黑，绿，白 4 线实现 EtherCAT 与下一关节之间的通信）。

注意：在关节对关节的配置中，如果使用螺栓将两个 MS 关节模组连接到一起，则必须极其小心以避免损坏这些线缆。

菊花链式线缆的尺寸，颜色和功能表：

功能名称		线色	线规格				
			MS14	MS17	MS20	MS25	MS32
电源线	48VDC+	红色	(20AWG)0.5 平方 硅胶线			(18AWG)0.8 平方 硅胶线	(16AWG)1.3 平方 硅胶线
	48VDC-	黑色					
Ethercat	RX+	红色	(26AWG) 0.12 平方 铁氟龙镀银线				
	RX-	白色					
	TX+	黄色					
	TX-	黑色					
CANopen	CAN_H	白色					
	CAN_L	黄色					

5.5 环境要求

MS 关节模组的正常性能等级可在 25°C 的室温下实现。MS 关节模组可在温度不超过 50°C 的环境下使用，但是性能和负载周期能力都有所降低。在这些情况下，必须监视关节并相应调整运动周期来保护齿轮。MS 关节模组适合在一般室内工业环境中固定安装。不得在灰尘过多、高冲击和震动(车辆等)或存在腐蚀物质、爆炸材料或要求在真空中操作的应用中使用 MS 关节模组。若需要了解非标准应用方面的信息请咨询我司技术人员。

IP 等级：MS 关节模组针对 IP54 防护等级进行了特殊的设计。若用户将使用 MS 关节模组搭建 IP54 防护等级的机器人，请在机器人方案设计过程中与我司技术人员联系，了解设计相关注意事项。

5.6 再生警告

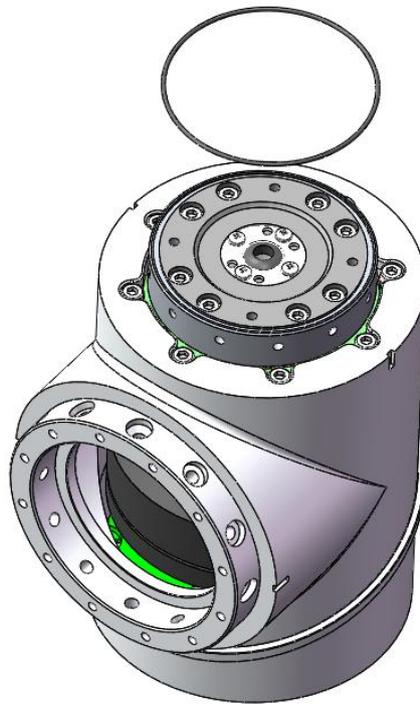
序号	警告	中文含义	解决方法
1	Short Circuit	驱动器短路保护	需要在 48V 电源的输出端和本体电源输入端之间加装泄放电路，把电机减速时产生的反向电动势泄放出去。
2	Voltage Limited	驱动器过压保护	

5.7 关节安装

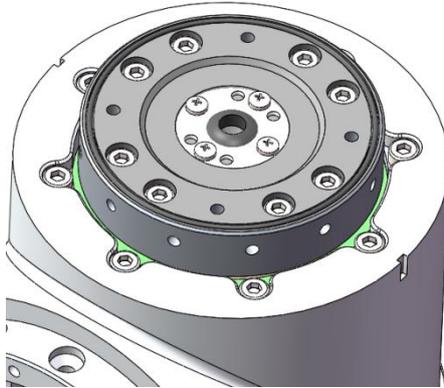
在关节对关节的配置中将多个 MS 关节模组组装到一起或在 MS 关节模组的输出盘上增加手臂时，所需的螺钉规格和拧紧转矩值在下表中列出。建议使用内六角钢制螺钉，带有诸如锌等耐腐蚀涂层。

安装步骤：

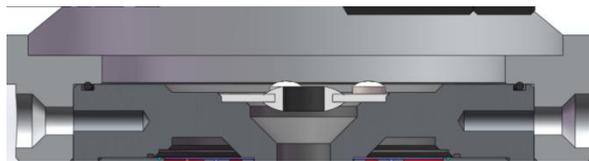
1. 将密封圈涂抹少量的润滑油脂。



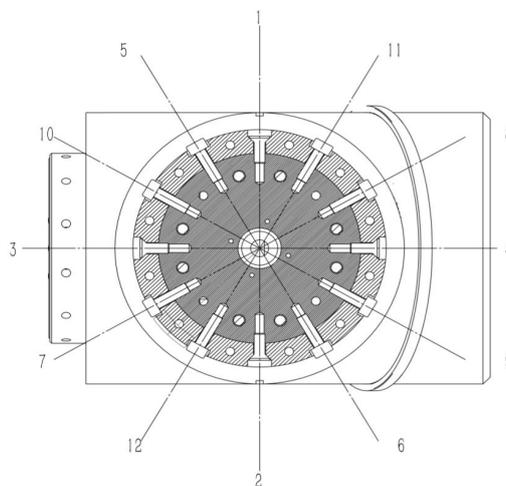
2. 然后将密封圈放入密封槽中。



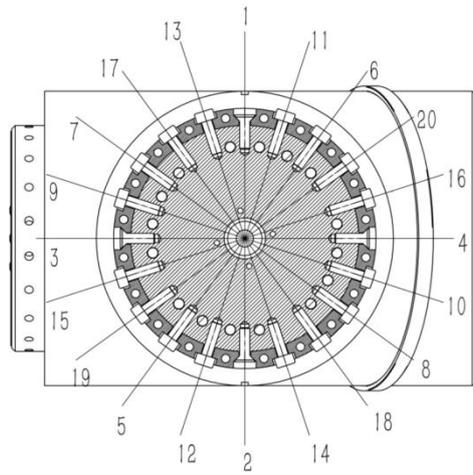
3. 将装好密封圈的模组输出法兰插入配合零件中，并沿法兰面法向方向加载作用力使法兰端面与配合面接触到位。



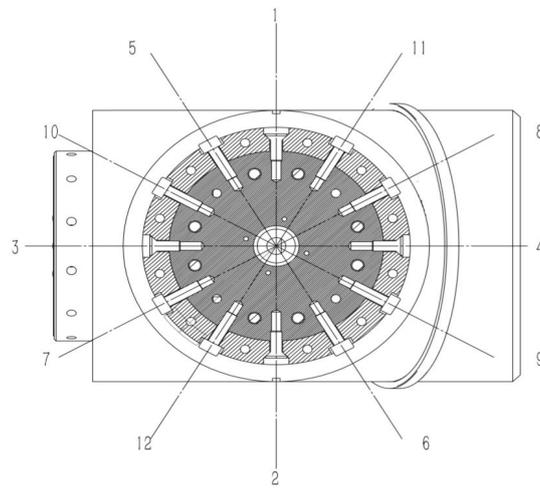
4. 在沉头孔处放置对应尺寸的沉头螺钉，并按图中的 1,2,3,4 的顺序初步锁紧螺钉，再放置杯头螺钉并按图纸所示的十字交叉的方式依次锁紧，以四次均等递增至螺丝对应的紧固扭矩值。



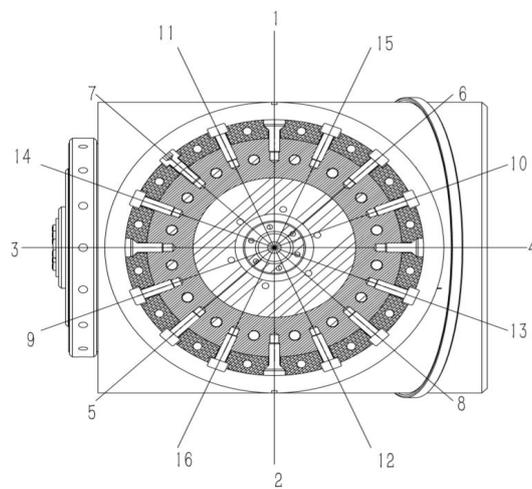
MS14 螺钉锁紧顺序图



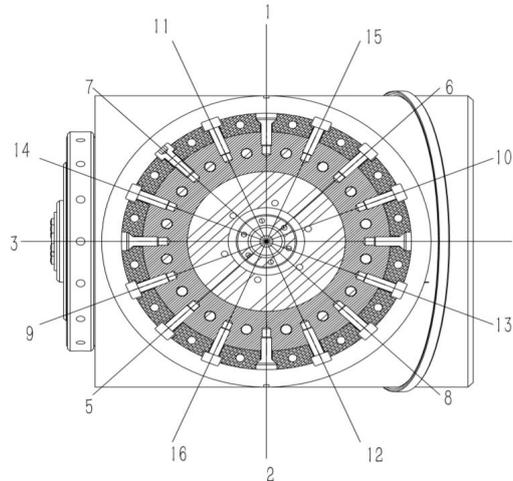
MS17 螺钉锁紧顺序图



MS20 螺钉锁紧顺序图



MS25 螺钉锁紧顺序图



MS32 螺钉锁紧顺序图

MS 关节模组安装螺钉:

型号	螺丝类型规格	螺丝等级	紧固扭矩	螺丝数量
MS14	杯头内六角 M3X10	12.9 级	2N.m	8
	平头内六角 M3X10		2N.m	4
MS17	杯头内六角 M3X10		2N.m	16
	平头内六角 M3X10		2N.m	4
MS20	杯头内六角 M3X10		2N.m	8
	平头内六角 M3X10		2N.m	4
MS25	杯头内六角 M4X12		4N.m	12
	平头内六角 M4X12		4N.m	4
MS32	杯头内六角 M5X15		9N.m	12
	平头内六角 M5X15		9N.m	4

注意: ① 建议在所有螺钉上涂抹乐泰 243 螺纹胶, 以防止螺丝因震动松脱;

② 螺丝以十字交叉的方式依次锁紧, 以四至五次均等递增至螺丝对应的紧固力矩。

5.8 安装流程

- 1) 拆除关节后盖的 3 颗带密封圈的平头螺钉；
- 2) 将关节电源线和通讯线穿过连接的下个关节，整理好线以免两个关节连接时压线；
- 3) 将两个关节靠近并确认没有挤压到线缆后均匀用力将关节安装到一起，使用上表中列出的螺钉进行固定；
- 4) 将红色和黑色电源线分别插入 V+ (48V+) 和 V- (48V-)，插入后轻拉线缆以确认插紧；将通讯线插入通讯 in (输入) 端口；
- 5) 关节拆除时先将电源线和通讯线拆下，拆除电源线时使用小螺丝刀按下连接器的白色弹簧然后轻轻拉出线缆，之后将关节固定螺钉拆除，最后均匀用力将关节拆出。

5.9 关节旋转限制

MS 关节模组在用作单轴时可在任一方向连续旋转。但是，将该装置组装到具有多轴自由度的机器人中且输出板中心的“菊花链”接线用于连接关节对关节或关节对手臂时，任一方向的最大旋转角是 $\pm 360^\circ$ (机械)。如果超过此角度限制，可能会损坏接线而使保修失效。

5.10 CANopen 终端

MS 关节模组驱动器 CAN 地址和通讯波特率可以通过串行端口(RS232 接头) 在调试过程中进行分配。

注意，CANopen 网络需要在源设备(主站) 处使用一个终端电阻，并在网络末端的最后驱动器处也使用一个终端电阻。MS 驱动器 PCB 上 JP1 短接时，将驱动上的 120 终端电阻接入使用，JP1 断开时，驱动器上 120 欧终端电阻被拆除。

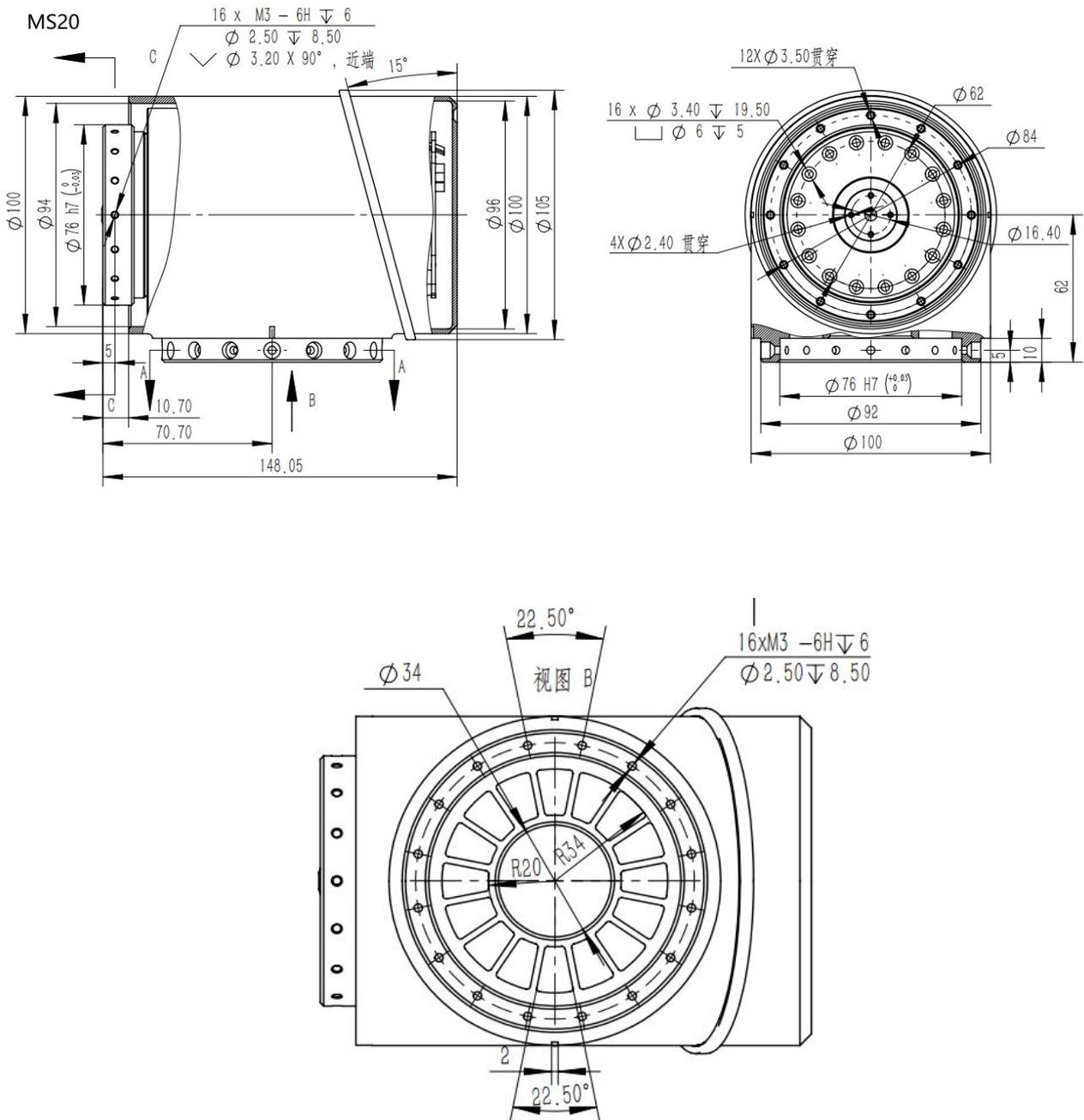
6. 软件调试

对于 CANopen 关节模组，我们将提供 CANopen 从站 EDS 文件供用户主站配置使用；EtherCAT 关节模组我们将提供 XML 格式的从站文件供用户主站配置使用。同时我们还提供调试上位软件，供用户通过串口对关节驱动器内的基本参数读取和设置，同时可示波器实时监控关节的运行数据。请参考我司提供的相关模组上位机调试说明手册，如有问题，与我司技术部门联系。

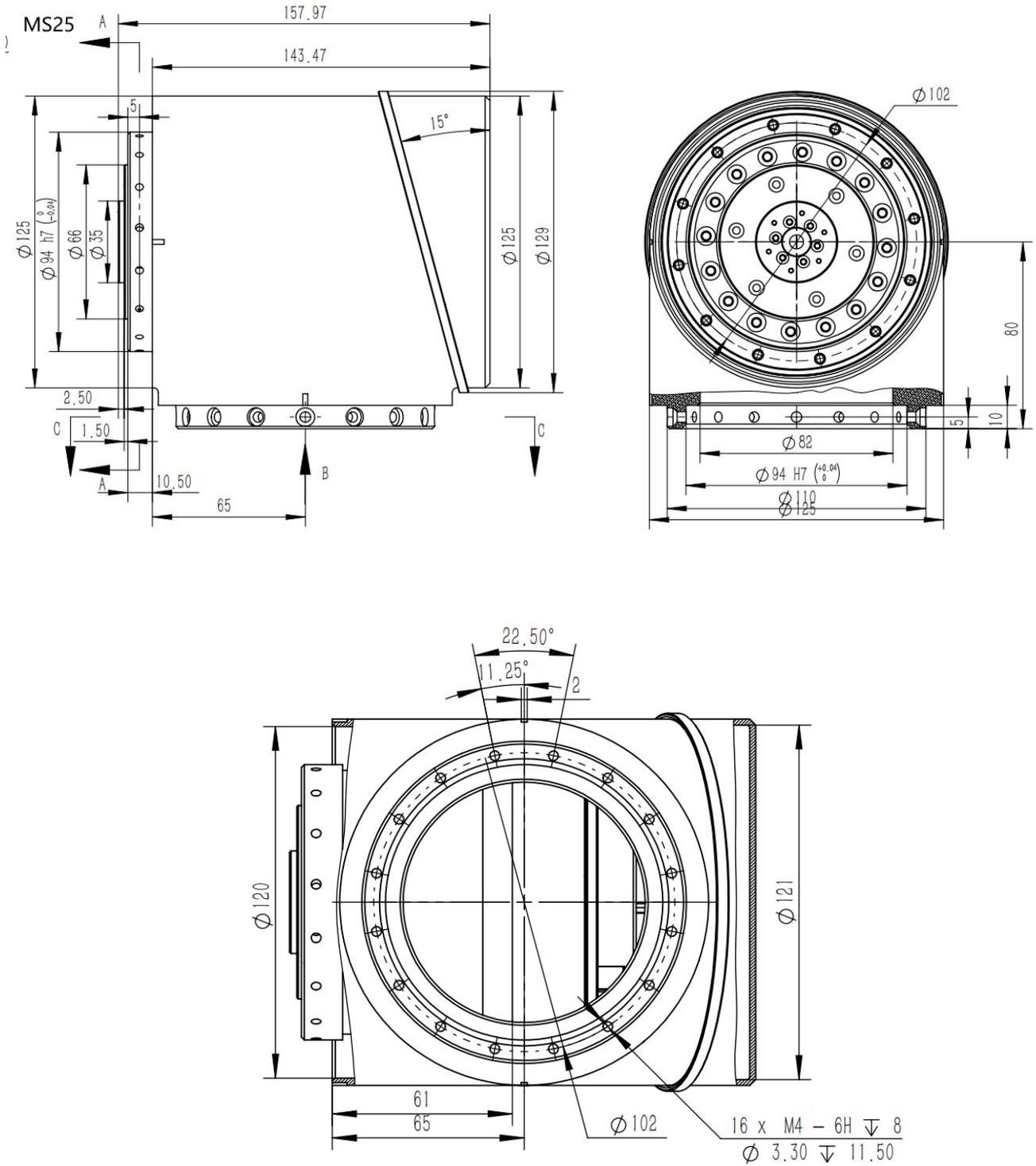
7. 关节常见问题及处理

序号	问题信息	可能原因	处理方法
1	通电前可以用手转动机器人关节	关节模组制动器故障	更换制动器
2	接通电源时关节模组没有正常通电	存在短路或 V+, V-接反	检查是否有短路检查关节模组电源 V+/V-是否接反
3	通讯异常	通讯线或者通讯端子接触不良	检查通讯端子是否有虚焊或重新插拔通讯线
4	跟随错误	超出用户设置的跟随误差	重新设置跟随误差
		用户整机使用时某些极限姿态速度和加速度设置过大	降低该姿态的使用速度和加速度
5	编码器读数异常	编码器接线松动编码器损坏	重新将编码器接线插牢更换编码器

8.3 MS20 关节尺寸图



8.4 MS25 关节尺寸图



8.5 MS32 关节尺寸图

