

JAKA® | 节卡

Zu se 使用手册

JAKA Zu se

目录

第 1 章 概述	4
1.1 背景.....	4
1.2 目的.....	4
第 2 章 产品描述	5
第 3 章 JAKA ZU SE 系统搭建	6
第 4 章 JAKA ZU SE 使用	6
第 5 章 JAKA ZU SE 使用注意事项	9
第 6 章 附录	10
6.1 传感器 I 型说明.....	10
6.2 传感器 II 型说明.....	12
6.2 传感器 III 型说明.....	18

第 1 章 概述

1.1 背景

随着人力成本的不断攀升，3C、医药、食品、物流等行业开始寻求机器人自动化解决方案。这些新兴行业中的特点是产品种类多，更新迭代快、对操作人员的柔性要求高。为了实现机器人与人类一起并肩工作，需要提升机器人本体的感知能力，机器人力觉便应运而生了。

1.2 目的

本产品旨在采用工业级的力觉传感器，并集成自主知识产权的力控算法，提高协作机器人本体的感知能力，为客户提供更好的人机交互体验。如图 1 所示，将力觉传感器安装在机器人的末端法兰，实时将力值传给控制器，当机器人末端执行器受到外力时，可以调整末端的位姿来适应外力值。同时，客户可以在机器人末端更加柔顺地拖拽机器人的位置和姿态。

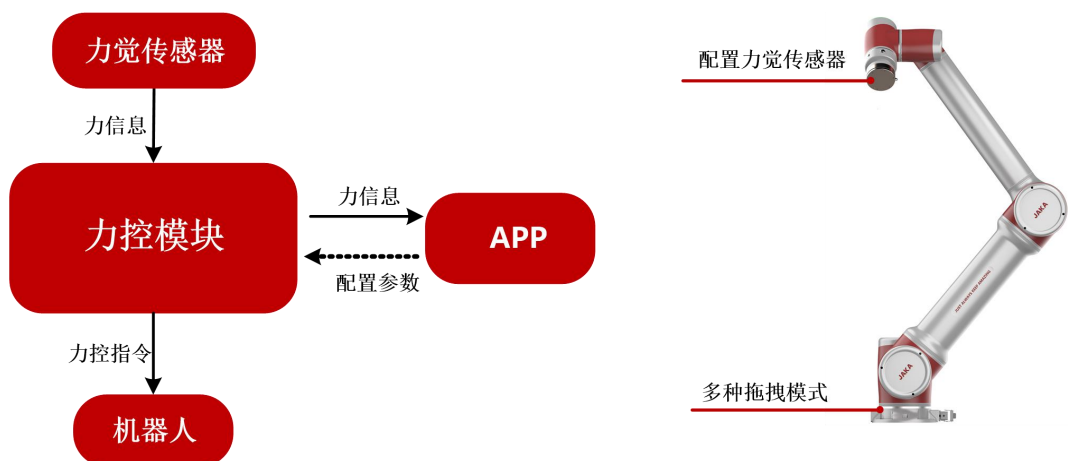


图 1. JAKA Zu se 功能示意图

第 2 章 产品描述

JAKA Zu se 系统包含 APP、机器人、控制柜和力觉传感器设备。如图 2 所示，力觉传感器和机器人末端法兰通过机械连接。软件上的操作通过节卡小助 APP 中的力传感器模块来实现，如图 3 所示。

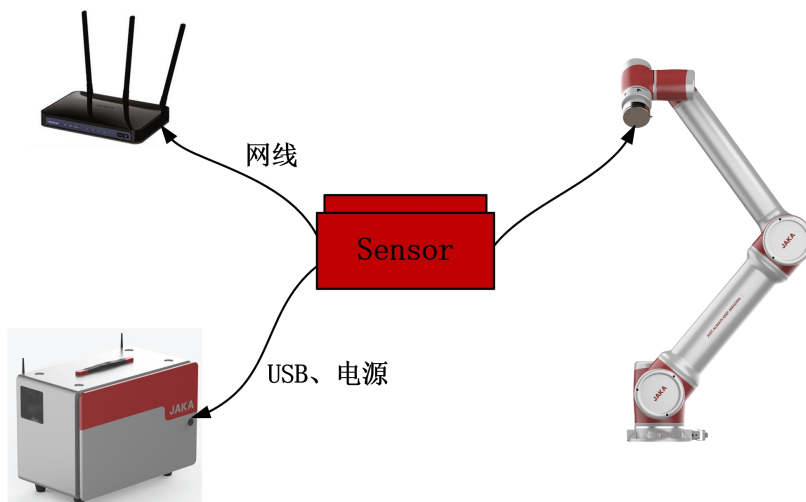


图 2. JAKA Zu se 系统示意图



图 3. 力传感器模块 APP 设置界面

第 3 章 JAKA Zu se 系统搭建

如图 2、3 所示，用户需要简单地硬件连接和软件设置，就可以实现 JAKA Zu se 系统的搭建，具体搭建流程：

a. 用户根据实际需求设计力觉传感器与末端法兰之间的连接件，通过连接件或者设置工具坐标系，保证传感器的 X+方向与机器人法兰的 X+方向一致；

b. 力觉传感器可以采用机器人控制器或者用户额外的 24V 直流供电。根据传感器通信方式的不同，传感器可以通过连接控制柜的 USB 接口进行串口通信，或者通过网口进行 TCP 通信；

c. 如果选用传感器 I 或 III，需要在 APP 中进行 IP 和端口号设置，具体设置方法见相关传感器配置附录。如果选用传感器 II，则不需要进行 IP 和端口号设置。

第 4 章 JAKA Zu se 使用

a. 自动负载辨识功能

使用力控相关功能时，首先需要设置准确的负载参数，可以在【负载设置】中选择手动输入；也可以使用自动辨识功能，过程如下：

- 【设置开始位置】进入手动界面，将机器人运动到合适的位置，确认退出；
- 【设置结束位置】进入手动界面，只允许运动 4、5、6 关节，运动范围在初始位置的 $\pm 90^\circ$ 之内（在保证机器人运动不干涉的情况下，运动范围越大，辨识结果越准确），确认退出；
- 【试点运行】，长按【设置开始位置】回到初始位置，长按【试点运行】，确认辨识轨迹没有干涉；
- 【开始辨识】，长按【设置开始位置】回到初始位置，点击【开始辨识】，等待几秒，APP 会显示辨识结果，结果无误确认；如有问题，可以重新进行辨识。

b. 安全保护功能

在【传感器限位】中设置安全力值，机器人在运动过程中，如果传感器末端受力大于设定阈值，机器人会立即停止运动，避免造成危险或财产损失。



图 4. JAKA Zu se 安全保护功能设置

c. 牵引示教功能

- 如图 3 所示，选择传感器类型，设置 IP、端口号、滤波和负载等之后，【确定】后【运行】，控制器开始从传感器接收数据；
- 如图 4，进入【手动操作】，首先进入【配置】界面，其中 F_x 、 F_y 、 F_z 对应 X、Y、Z 三个方向的位移， M_x 、 M_y 、 M_z 对应 X、Y、Z 三个方向的旋转；通过勾选【方向】前面的 ，使能某个或某几个方向，即打开拖拽后，可以在使能的方向上拖拽机器人；【阻尼力】设置越小，用户就需要越小的力拖拽，但并不是【阻尼力】设置越小越好，建议 F 大于 10N，M 大于 0.2Nm，设置值不能为 0；【回弹】可以让机器人回到拖拽之前的最初位置，设置值越大，需要越大的力拖拽机器人；
- 力控坐标系，勾选【工具坐标系】，则在设置的工具坐标系中拖拽机器人；勾选【世界坐标系】，则在机器人底座坐标系中拖拽机器人；
- 是否初始化，控制器运行后，第一次进入拖拽模式，需要勾选【初始化】，对传感器的偏置和负载等进行补偿，并且在进入拖拽的过程中保证机器人末端没有外力接触，否则会影响补偿精度；
- 配置好参数后，点击【确定】，再点击【退出】即进入【拖拽】模式，在进入拖拽模式之前，机器人末端不应受到外力，否则会引起传感器补偿误差，造成危险。
- 由于传感器存在温漂等原因，如果在拖拽模式中，机器人位置出现漂移，请【退出】再进入【拖拽】，重新进行传感器补偿；不使用牵引示教功能，请及时【退出】。

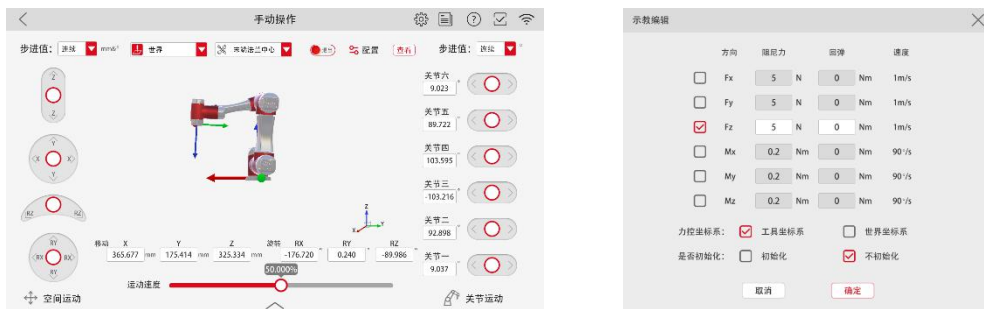


图 5. JAKA Zu se 牵引示教功能设置

d. 恒力模式

恒力模式，可以保证机器人末端与外界环境之间的接触力在设定恒力值的范围之内。如图 5 所示，恒力模式包括【开启恒力柔顺控制】、【设置力控坐标系】、【恒力柔顺参数设置】和【关闭恒力柔顺控制】。在【恒力柔顺参数设置】界面，配置参数和牵引示教参数一致，用户可以根据希望接触力值来设定【恒力】值，【阻尼力】的大小需要匹配外界的环境刚度，一般而言，环境刚度越大，需要的【阻尼力】值越大。由于传感器存在温漂，建议机器人在跑一段时间后，确保机器人末端没有外力接触时，选择【初始化】，对传感器重新进行补偿。

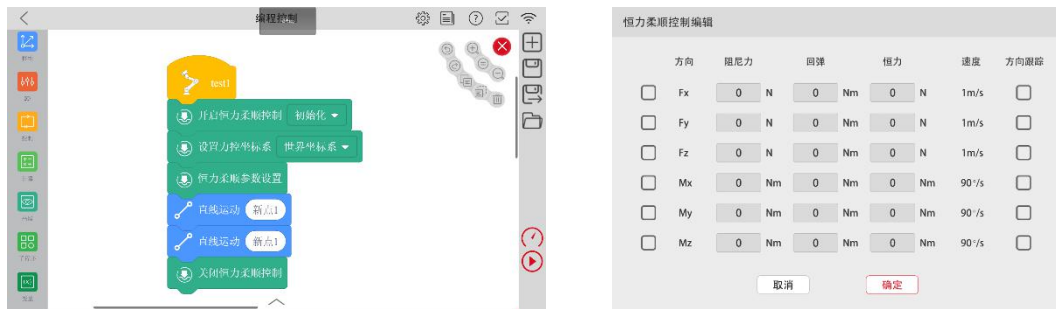


图 6. JAKA Zu se 恒力模式编程

e. 速度模式

速度模式，当机器人末端受力大于控制力设定值时，机器人会进行减速，直至传感器检测值小于控制力设定值。如图 6 所示，速度模式包括【开启速度柔顺控制】、【速度柔顺参数设置】、【柔顺控制力】和【关闭速度柔顺控制】。在【速度柔顺参数设置】界面，配置速度阶梯，在【柔顺控制力】界面选择控制力的大小。

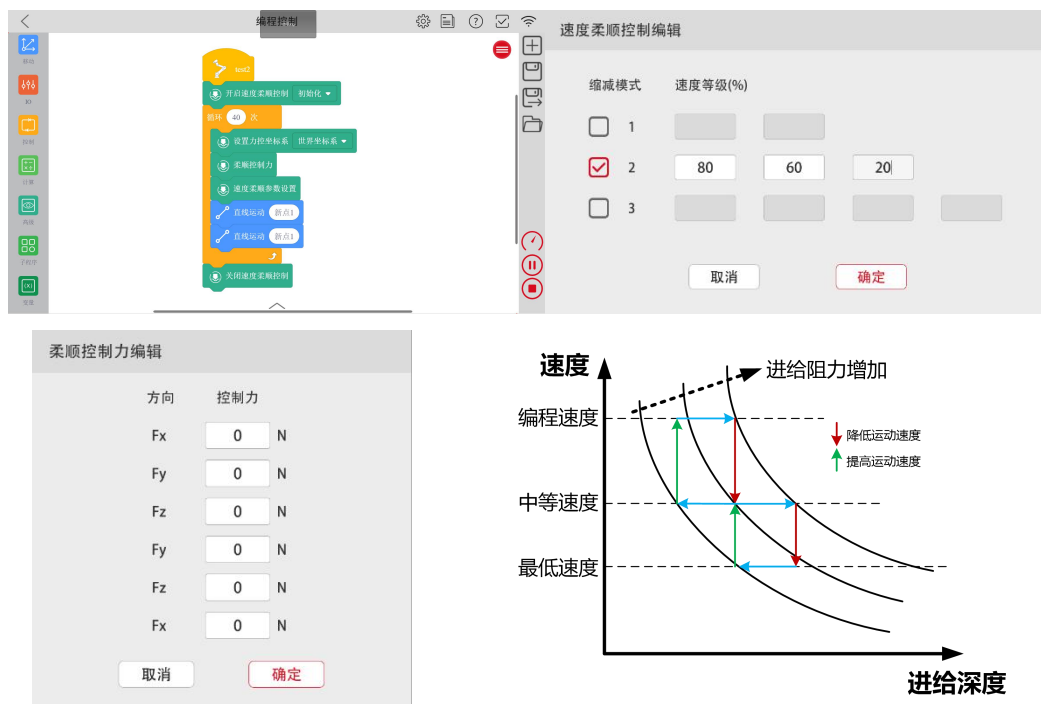


图 7. JAKA Zu se 速度模式编程

f. 运动终止条件

在运动终止条件设置界面，勾选需要监测的方向，设定上限值或者下限值；当接触外力值小于下限值时或者大于上限值时，触发运动终止条件。【运动终止条件】监测紧邻的下一条运动指令，如果触发运动终止条件，机器人会立刻从当前位置运动到下一条运动指令的结束位置。值得注意的是，必须在【恒力柔顺参数设置】中将所有参数设置为 0，且不勾选任何方向。

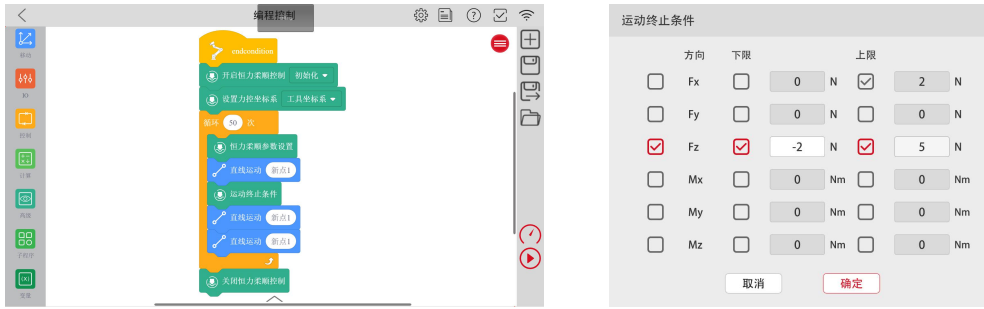


图 8. JAKA Zu se 运动终止编程

g. 实时显示外力

在手动界面选择【查看】，可以实时显示接触外力值。值得注意的是，在手动模式，需要在力控【拖拽】模式下，才能显示接触外力值。

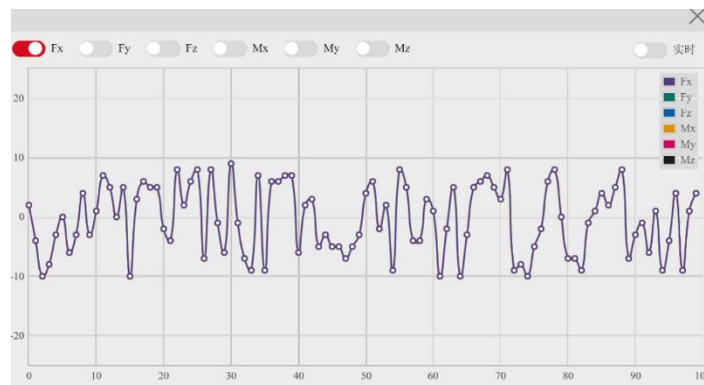


图 9. APP 显示力界面

第 5 章 JAKA Zu se 使用注意事项

- a. 集成的力觉传感器是精密仪器，请务必在手册指定的规格范围内使用本产品，特别是负载大于额定负载的使用工况可能会导致产品故障，请确保力觉传感器的各个方向均在负载范围内；
- b. 保证机器人传感器末端负载设置准确；
- c. 保证传感器的 X+方向与机器人法兰的 X+方向一致；或者设置工具坐标系保证方向一致；
- d. 保证进入力控之前，机器人的末端与外界环境没有接触力。

传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值

公制	参考拧紧扭矩 (Nm)
M2	0.4
M3	2.0
M4	4.0
M5	8.0
M6	13.0
M8	35.0

第 6 章 附录

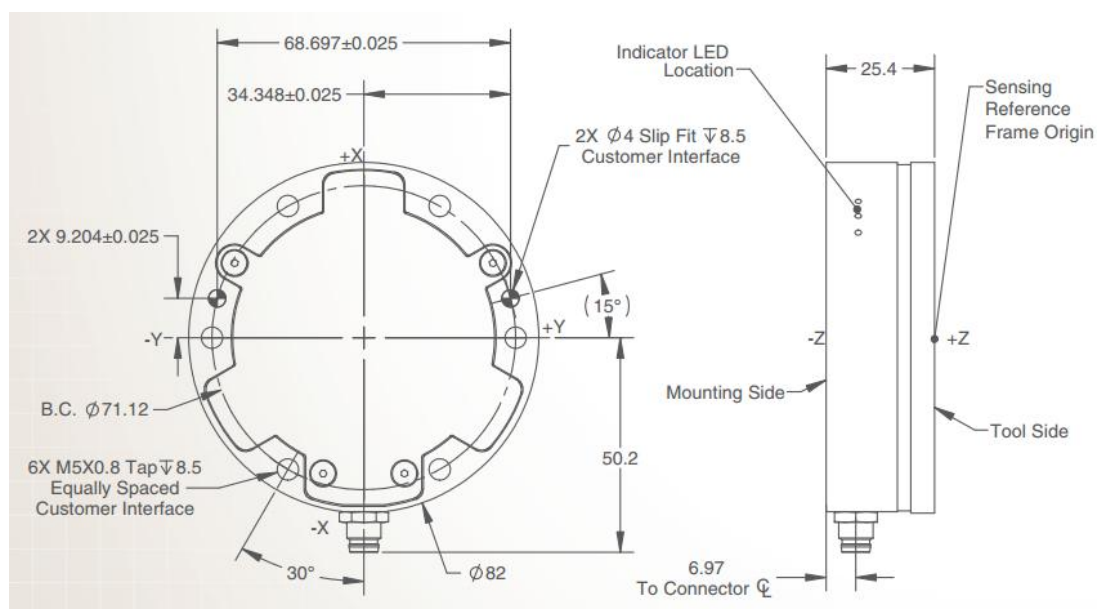
6.1 传感器 I 型说明

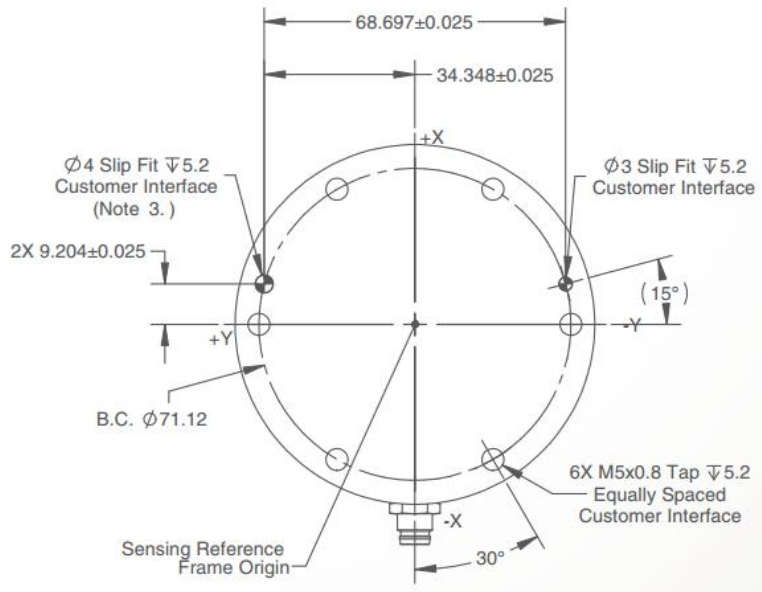
6.1.1 概述

本款应变式六轴力/力矩传感器，可同时检测 3 个力和 3 个力矩。该传感器检测由施加力引起的“工具端法兰”和“主体”之间的相对变形，并使用电阻应变片测量传感器弹性单元的变化。该传感器内含嵌入式系统，可以实时采集并处理电阻应变片的信号变化，实时输出施加力的大小和方向，具有高精度和高响应能力。使用传感器时，请正确安装以免对输出效果产生干扰。

6.1.2 传感器安装

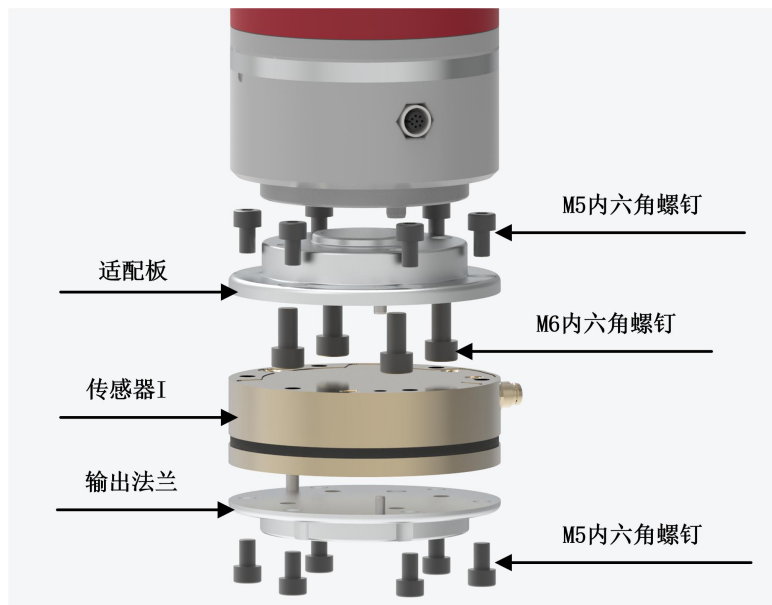
传感器安装孔位和安装尺寸如下。





传感器尺寸

- a. 安装前请检查安装设备、适配板、和传感器表面无损坏或异物。若由于夹杂异物等因素导致接触不均匀，则待安装设备（或适配板）之间会形成间隙，无法保证产品的 IP64 性能，对实际传感器的输出效果也存在影响。
- b. 将传感器与适配板进行分离，并将适配板安装于机器人末端法兰。值得注意的是，在安装传感器前，通过预安装，保证传感器坐标系的 XY 方向与机器人末端法兰坐标系的 XY 方向保证一致，即机器人末端法兰中心指向 T10 方向与传感器的 -Y 方向一致。如果安装方向不一致，会影响后续使用。
- c. 将传感器与适配板进行紧固连接。6 颗 M5 内六角螺钉采用对角线逐渐拧紧螺钉，使传感器与适配板能够均匀接触。



传感器与设备连接安装示意图

d. 将输出法兰与传感器输出端连接。输出法兰的机械接口与机器人末端法兰的机械接口一致。

6.1.3 传感器基本参数

Fx/Fy(N)	200	Fz(N)	360
Mx/My(Nm)	8	Mz(Nm)	8
过载水平(%)	500	准度(%)	0.5
精度(%)	0.1	防护等级	IP64
工作温度(°C)	5~80	供电电压(V)	12~24
通讯接口	Ethernet	系统分辨率(Bit)	16

精度：精度是多个测量值之间一致程度的评价指标，即传感器在输入量按统一方向做全程多次测试时，所得的输出曲线一致性程度。重复性精度是输出误差的标准差与额定输出的百分比（%FS）。

准度：准度是测量值与真实值偏差程度的评价指标。准度是输出量与理论真值之间偏差量的标准差与额定输出的百分比（%FS）。

6.1.4 使用注意事项

a. 请勿在规格允许范围外的温度、湿度环境下使用。

b. 接线必须完全正确。开启电源时请注意核对连接线缆的颜色是否按照本手册提供的形式进行一一对应连接。如果在连接端子上出现错误，传感器的内部电路可能会短路并可能损坏，请务必注意并检查。

c. 传感器中内置嵌入式系统等精密部件，本公司已进行相关的振动和冲击测试，但请注意产品跌落，过度震动将会导致故障。

d. 安装传感器过程中严禁敲打。特别是与适配板配合时，如因适配板加工等因素造成间隙配合较紧，请勿敲打传感器，否则会对传感器性能造成损伤。

e. 传感器安装完成通电后，建议预热一小时后进行工作。

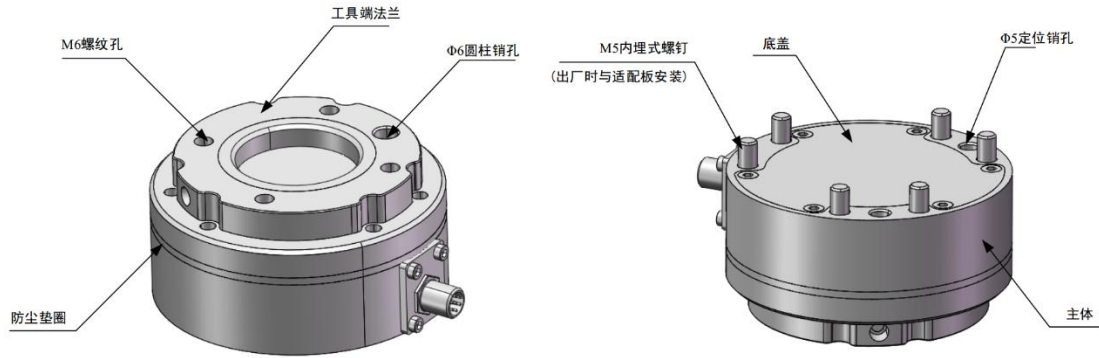
f. 传感器实际使用过程中，需考虑其上挂载设备的质量，以免超载。

g. 使用过程中有任何疑问或故障，请勿擅自进行尝试性操作，请直接联系本公司。

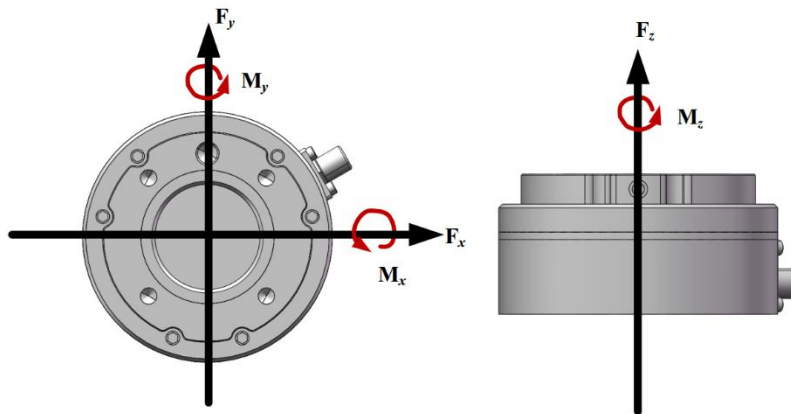
6.2 传感器 II 型说明

6.2.1 概述

本款应变式六轴力/力矩传感器，可同时检测 3 个力和 3 个力矩。该传感器检测由施加力引起的“工具端法兰”和“主体”之间的相对变形，并使用电阻应变片测量传感器弹性单元的变化。该传感器内含嵌入式系统，可以实时采集并处理电阻应变片的信号变化，实时输出施加力的大小和方向，具有高精度和高响应能力。使用传感器时，请正确安装以免对输出效果产生干扰。

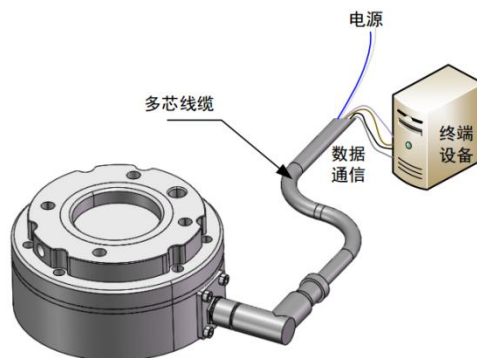


传感器外观



传感器坐标系定义

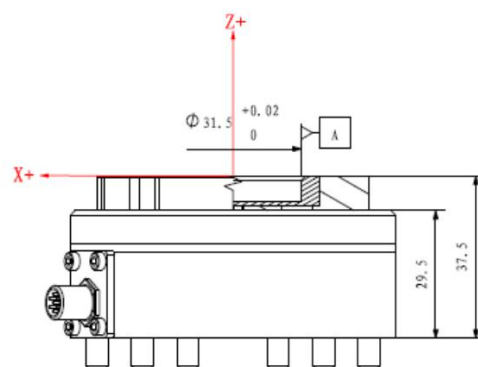
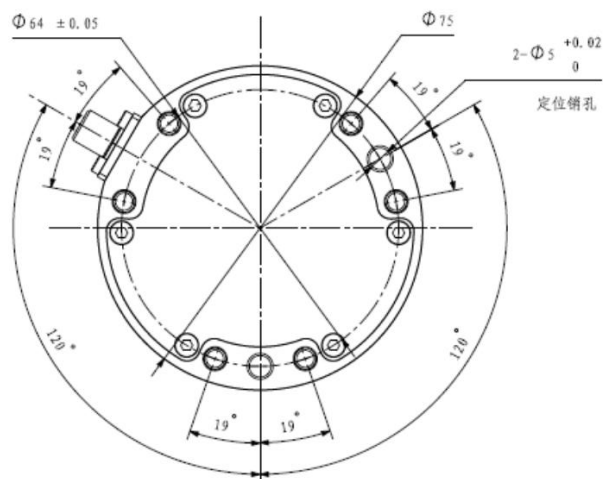
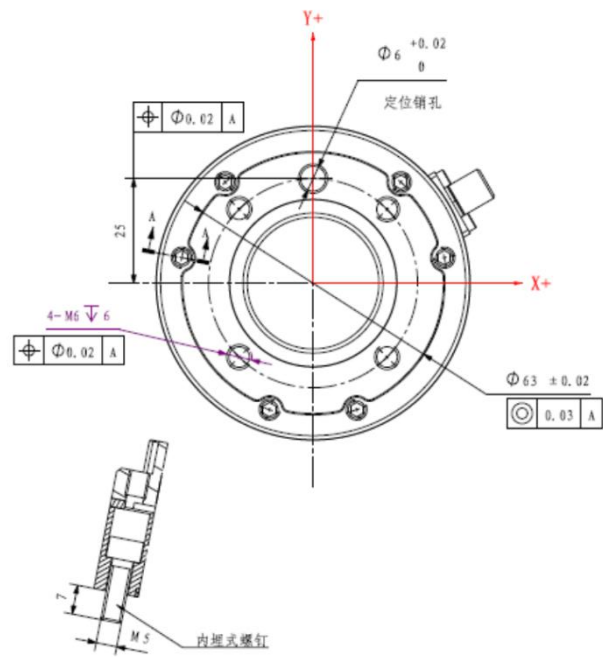
传感器主体内置嵌入式采集系统对应变片的电压信号进行实时处理，转换为实际承受的载荷值，以数字信号形式进行输出。



传感器的电气连接示意图

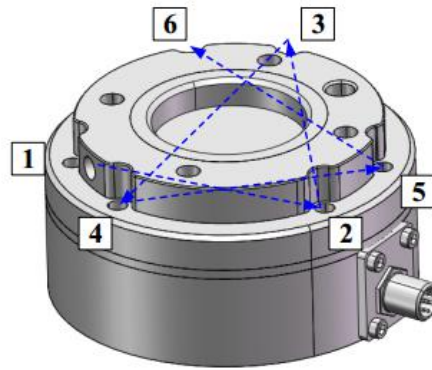
6.2.2 传感器安装

传感器安装孔位和安装尺寸如下。



传感器尺寸

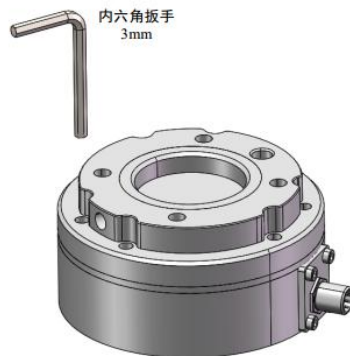
拧紧螺钉的过程，请按照图示的对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与待安装设备或转接工装能够均匀接触。



螺钉拧紧顺序

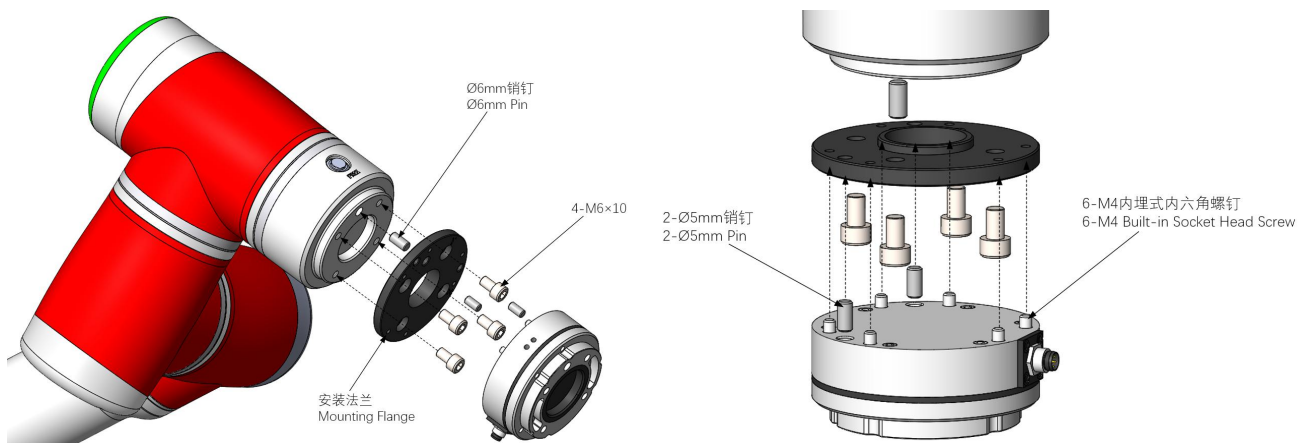
a. 安装前请检查安装设备、适配板、和传感器表面无损坏或异物。若由于夹杂异物等因素导致接触不均匀，则待安装设备（或适配板）之间会形成间隙，无法保证产品的 IP64 性能，对实际传感器的输出效果也存在影响。

b. 将传感器与适配板进行分离，并将适配板安装于待安装设备上。传感器出厂时，适配板与传感器本体通过 6 颗内埋式内六角螺钉连接。使用 3mm 内六角扳手将 6 颗内埋式内六角螺钉旋松，分离适配板与传感器本体。通过 $\phi 6$ 定位销将机械臂端适配板与待安装设备进行定位，使用本产品包装配件中的 2 颗 M6 标准内六角螺钉和 2 颗 M6 非标内六角螺钉，将适配板与待安装设备完成固定。定位销是为了获得设备安装连接的重复性，如果不使用定位销，传感器性能不受影响。



使用 3mm 内六角扳手旋松内埋式螺钉

c. 将传感器与适配板进行紧固连接。使用定位销将传感器与适配板进行定位配合，确认传感器安装方向与设备使用方向一致。使用传感器的 6 颗内埋式螺钉进行紧固。从传感器工具端法兰的安装孔中插入内六角扳手（宽度 3mm），然后沿右旋螺钉方向转动以固定。螺钉拧紧顺序按下图顺序进行操作。为更好的保证传感器的 IP64 防护水平，完成传感器安装后，可以将 6 颗 M5 堵头螺钉拧入工具端法兰上 6 个相应的螺纹孔中，保证传感器内部腔体与外界环境有一定程度的隔离。



传感器与设备连接安装示意图

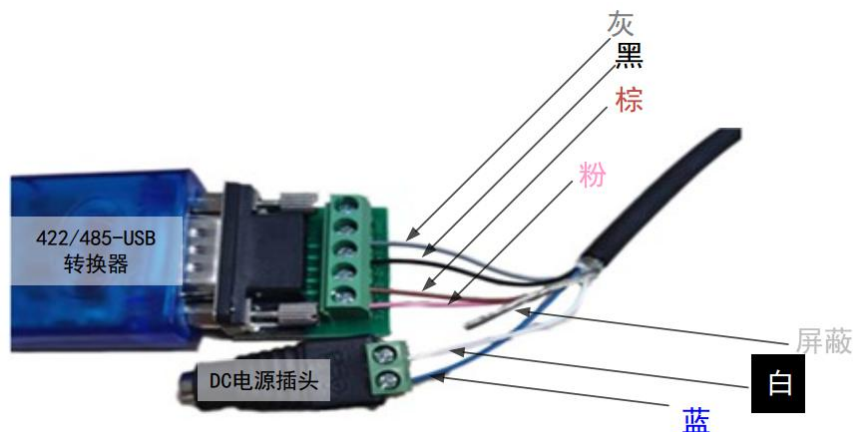
d. 将设备的工具接口与传感器工具端法兰连接。传感器工具端法兰提供 4 个 M6 螺钉孔以及 $\phi 6$ 销孔形式的通用接口，用于设备工具的连接。传感器工具端法兰定位销是为了获得设备工具安装的重复性，如果不使用定位销，传感器性能不受影响。

e. 连接线缆随产品一同交付使用。连接线缆为多芯线缆，其接口与传感器上的线缆接口匹配。如下图所示，将多芯线缆的接口与传感器的线缆接口对齐并推入。当推入后需将多芯线缆接口出的螺纹连接壳旋紧，避免线缆松动，以达到 IP64 的使用性能。需要注意的就是安装过程中各线缆芯线接线严格按照给定芯线的颜色定义来操作，电源的正和负如果反向连接，传感器会损坏，请务必小心。



线缆连接操作

序号	芯线颜色	定义
1	蓝	电源+
2	白	电源-
3	粉	422 总线传感器接收+
4	棕	422 总线传感器接收-
5	黑	422 或 485 总线传感器发送+
6	灰	422 或 485 总线传感器发送-
7	屏蔽	



422/485-USB 转换器和电源插头接线示意图

6.2.3 传感器基本参数

Fx/Fy(N)	200	Fz(N)	200
Mx/My(Nm)	8	Mz(Nm)	8
过载水平(%)	300	准度(%)	0.5
精度(%)	0.1	防护等级	IP64
工作温度(°C)	5~80	供电电压(V)	9~24
通讯接口	RS485	采样分辨率(Bit)	24

精度：精度是多个测量值之间一致程度的评价指标，即传感器在输入量按统一方向做全程多次测试时，所得的输出曲线一致性程度。重复性精度是输出误差的标准差与额定输出的百分比（%FS）。

准度：准度是测量值与真实值偏差程度的评价指标。准度是输出量与理论真值之间偏差量的标准差与额定输出的百分比（%FS）

6.2.4 使用注意事项

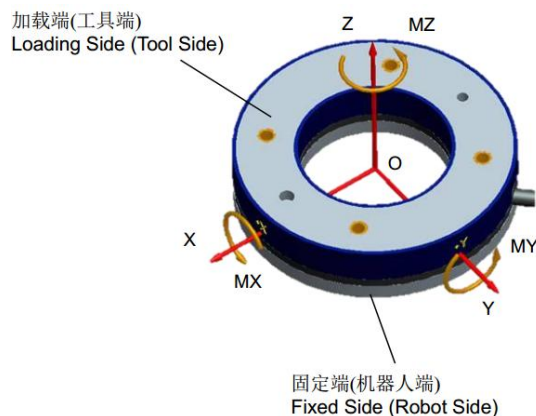
- a. 请勿在规格允许范围外的温度、湿度环境下使用。
- b. 接线必须完全正确。开启电源时请注意核对连接线缆的颜色是否按照本手册提供的形式进行一一对应连接。如果在连接端子上出现错误，传感器的内部电路可能会短路并可能损坏，请务必注意并检查。
- c. 传感器中内置嵌入式系统等精密部件，本公司已进行相关的振动和冲击测试，但请注意产品跌落，过度震动将会导致故障。
- d. 安装传感器过程中严禁敲打。特别是与适配板配合时，如因适配板加工等因素造成间隙配合较紧，请勿敲打传感器，否则会对传感器性能造成损伤。
- e. 传感器安装完成通电后，建议预热一小时后进行工作。
- f. 传感器实际使用过程中，需考虑其上挂载设备的质量，以免超载。
- g. 使用过程中有任何疑惑或故障，请勿擅自进行尝试性操作，请直接联系本公司。

6.2 传感器 III 型说明

6.3.1 概述

本款应变式六轴力/力矩传感器，可同时检测 3 个力和 3 个力矩。六轴力传感器一般分成固定端（机器人端）和加载端（工具端）。两端相对受力时，传感器发生弹性变形，传感器内部的应变计电阻发生变化，进而转换成电压信号输出。

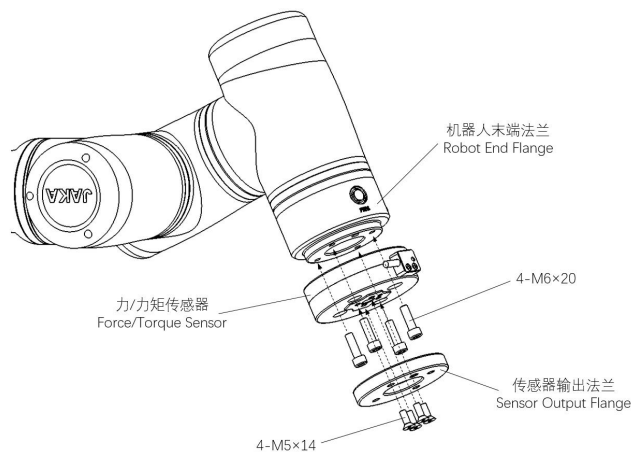
六轴力传感器的输出力和力矩都是相对于中性坐标系而言的，中性坐标系一般位于传感器的几何中心。

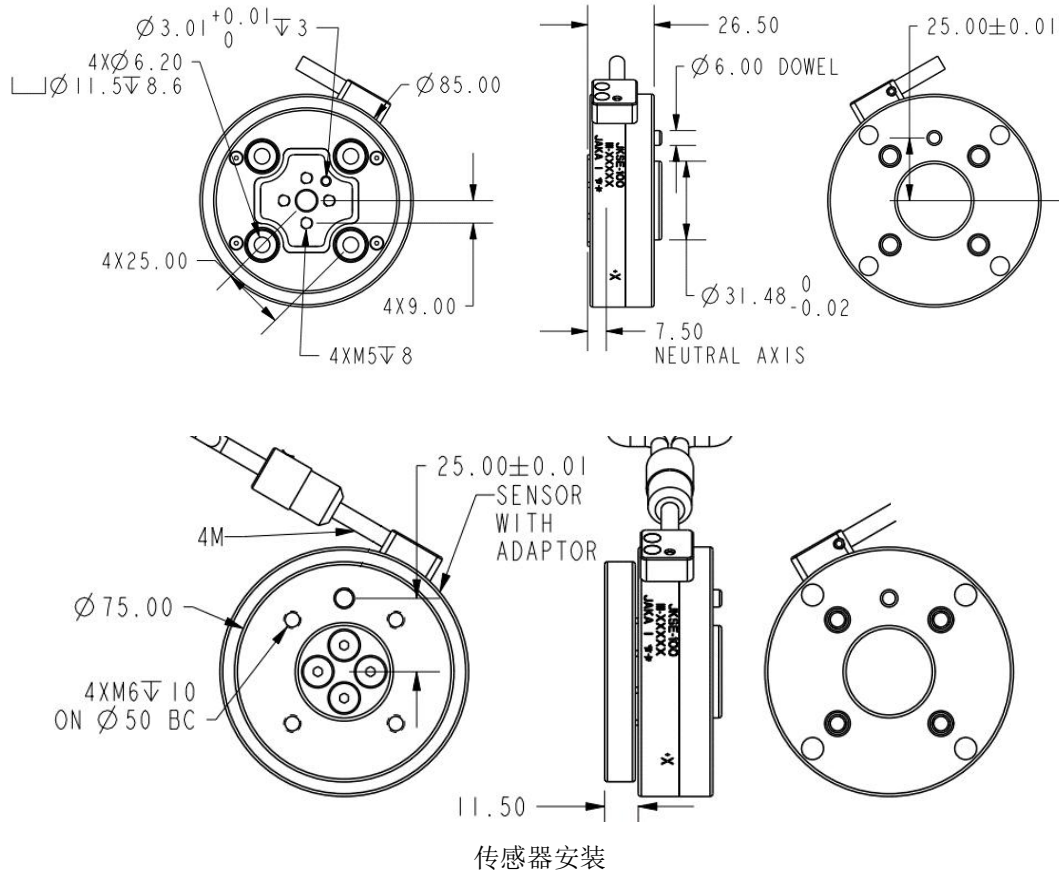


传感器坐标系定义

6.3.2 传感器安装

传感器尺寸、固定端（机器人端）位置和加载端（工具端）位置，安装方法如下图所示。电线或接头都是固定于固定端，为防止电线的摆动或拉扯对力传感器的测量造成影响，固定端一定要固定，外力从加载端加载。





拧紧螺钉的过程，请按照对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与待安装设备或转接工装能够均匀接触。

- a. 安装前请检查安装设备和传感器表面无损坏或异物。若由于夹杂异物等因素导致接触不均匀，则待安装设备（或适配板）之间会形成间隙，无法保证产品的 IP64 性能，对实际传感器的输出效果也存在影响。
- b. 定位销是为了获得设备安装连接的重复性，如果不使用定位销，传感器性能不受影响。
- c. 连接线缆随产品一同交付使用。连接线缆为多芯线缆，其接口与传感器上的线缆接口匹配。如下图所示，电源由直流 24V 供电，电源的正和负如果反向连接，传感器会损坏，请务必小心。传感器默认 IP 是 192.168.2.108，如果需要更改，请参考传感器 III 配置说明或者联系本公司处理。将网口接入机器人控制器同一网段下。



线缆连接操作

序号	芯线颜色	定义
1	蓝	电源+
2	白蓝	电源-
3	黑	屏蔽线

6.3.3 使用注意事项

- a. 请勿在规格允许范围外的温度、湿度环境下使用。
- b. 接线必须完全正确。开启电源时请注意核对连接线缆的颜色是否按照本手册提供的形式进行一一对应连接。如果在连接端子上出现错误，传感器的内部电路可能会短路并可能损坏，请务必注意并检查。
- c. 传感器中内置嵌入式系统等精密部件，本公司已进行相关的振动和冲击测试，但请注意产品跌落，过度震动将会导致故障。
- d. 安装传感器过程中严禁敲打。请勿敲打传感器，否则会对传感器性能造成损伤。
- e. 传感器安装完成通电后，建议预热一小时后进行工作。
- f. 传感器实际使用过程中，需考虑其上挂载设备的质量，以免超载。
- g. 使用过程中有任何疑问或故障，请勿擅自进行尝试性操作，请直接联系本公司。

6.3.4 传感器基本参数

Fx/Fy(N)	100	Fz(N)	100
Mx/My(Nm)	8	Mz(Nm)	8
过载水平(%)	200	准度(%)	0.5
精度(%)	0.5	防护等级	IP64
工作温度(°C)	-40~100	供电电压(V)	24
通讯接口	Ethernet	采样分辨率(Bit)	24

精度：精度是多个测量值之间一致程度的评价指标，即传感器在输入量按统一方向做全程多次测试时，所得的输出曲线一致性程度。重复性精度是输出误差的标准差与额定输出的百分比（%FS）。

准度：准度是测量值与真实值偏差程度的评价指标。准度是输出量与理论真值之间偏差量的标准差与额定输出的百分比（%FS）