

JAKA[®] | 节卡

节卡机器人

力控产品

JAKA Se、JAKA Sp

JAKA® | 节卡

节卡机器人

力控产品使用手册

JAKA Se、JAKA Sp

文档版本：3.1.0
适用于 1.5.13.32/1.7.0.38 及以上控制器版本

i 注意:

协作机器人的定义遵循国际 ISO 标准及国标相关规定来保护作业者的安全，我们不推荐直接将机器人本体应用于作业对象为人体的场合。但机器人应用者或应用开发者确有需要涉及机器人作业对象为人体时，需要在应用者或应用开发者充分评估在人员安全得到保障的前提下，为机器人本体配置安全可靠、经过充分测试及认证的安全防护系统，以保护人员安全。

此用户手册所包含的内容是节卡机器人股份有限公司（后文统称为节卡）的专有财产，未经节卡的书面同意，不得以任何形式使用其内容。

节卡会定期对用户手册进行修正和完善，其内容可能会更改，恕不另行通知。使用本手册前请认真核对实际产品信息。

用户手册所包含的信息不是节卡的承诺，节卡对本手册中可能出现的任何错误以及对使用本手册及其所介绍产品而引起的意外或间接伤害概不负责。安装、使用产品前，请仔细阅读本手册。

本手册图片仅供参考，请以实物为准。

若机器人和配件产品出现被改造或者拆卸的情况，节卡不负责售后工作。

节卡提醒用户在使用、维修 JAKA 机器人时必须使用安全设备，必须遵守安全条款。

节卡机器人的程序设计者、机器人系统的设计和调试者，必须熟悉 JAKA 机器人的编程方式和系统应用安装。

手册使用说明

本手册主要包含力控产品的安全使用注意事项、安装维护和软件使用等部分。

本手册面向的用户应接受过基本的机械与电气培训，这将更加有助于力控产品的安装与使用。

更多信息

如果您还想了解更多的产品信息，请扫描右侧二维码访问我们的官网

www.jaka.com。



目录

手册使用说明.....	1
目录.....	2
前言.....	5
产品清单.....	5
第 1 章 欢迎使用节卡力控产品.....	6
1.1. 简介.....	6
1.2. 产品类型.....	6
1.3. 安全规范.....	8
1.3.1. 安全警告标志说明.....	8
1.3.2. 安全事项.....	8
1.3.3. 责任与风险.....	8
第 2 章 硬件安装.....	10
2.1. JAKA ZU SE 硬件安装.....	10
2.1.1. 力觉传感器 I 型.....	10
2.1.1.1 概述.....	10
2.1.1.2 传感器安装.....	10
2.1.1.3 传感器接线方式.....	12
2.1.1.4 传感器基本参数.....	12
2.1.1.5 使用注意事项.....	12
2.1.1.6 传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值.....	12
2.1.2. 力觉传感器 II 型.....	14
2.1.2.1 概述.....	14
2.1.2.2 传感器安装.....	15
2.1.2.3 传感器接线方式.....	17
2.1.2.4 传感器基本参数.....	18
2.1.2.5 使用注意事项.....	18
2.1.2.6 传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值.....	18
2.1.3. 力觉传感器 III 型.....	20
2.1.3.1 概述.....	20
2.1.3.2 传感器安装.....	20
2.1.3.3 传感器接线方式.....	22
2.1.3.4 传感器基本参数.....	23

2.1.3.5	使用注意事项	23
2.1.3.6	传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值	23
2.1.4.	力觉传感器 V 型	24
2.1.4.1	概述	24
2.1.4.2	传感器安装	25
2.1.4.3	传感器接线方式	26
2.1.4.4	传感器基本参数	27
2.1.4.5	使用注意事项	28
2.1.4.6	传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值	28
2.1.5.	力觉传感器 VI 型	29
2.1.5.1	概述	29
2.1.5.2	传感器安装（JK-SE-VI-200、JK-SE-VI-400、JK-SE-VI-H 型号）	30
2.1.5.3	传感器安装（JK-SE-VI-400S 型号）	33
2.1.5.4	传感器安装（JK-SE-VI-200N、JK-SE-VI-400N、JK-SE-VI-800N、JK-SE-VI-400NS、JK-SE-VI-1200NS）	35
2.1.5.5	传感器基本参数	37
2.1.5.6	使用注意事项	37
2.1.5.7	传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值	38
2.1.6.	力觉传感器 VII 型	39
2.1.6.1	概述	39
2.1.6.2	传感器安装	39
2.1.6.3	传感器接线方式	41
2.1.6.4	传感器基本参数	42
2.1.6.5	使用注意事项	42
2.1.6.6	传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值	43
2.2.	JAKA ZU SP 硬件安装	44
2.2.1.	力觉传感器 IV 型	44
2.2.1.1	概述	44
2.2.1.2	传感器安装	44
2.2.1.3	传感器接线方式	45
2.2.1.4	传感器基本参数	45
2.2.1.5	注意事项	45
2.2.1.6	安装螺栓拧紧扭矩参考值	46
第 3 章	软件使用	47
3.1.	JAKA ZU SE 软件使用	47
3.1.1.	JAKA Zu Se 系统搭建	47
3.1.1.1	I、III 型传感器系统搭建	47
3.1.1.2	II、V 型传感器系统搭建	49
3.1.1.3	VI 型传感器系统搭建	51

3.1.2. JAKA Zu Se 使用方法	54
3.1.2.1 实时显示外力功能	54
3.1.2.2 自动负载辨识功能	56
3.1.2.3 安全保护功能	57
3.1.2.4 牵引示教功能	57
3.1.2.5 恒力柔顺功能	59
3.1.2.6 速度柔顺功能	61
3.1.2.7 运动终止条件功能	62
3.2. JAKA ZU SP 软件使用	64
3.2.1. JAKA Zu Sp 系统搭建	64
3.2.2. JAKA Zu Sp 使用方法	67
3.2.2.1 实时显示外力功能	67
3.2.2.2 牵引示教功能	69
3.2.2.3 碰撞检测功能	70

前言

节卡协作机器人将竭诚为您服务。想你所想，及你所及。



JAKA Zu s 系列协作机器人力控产品配置工业级的力觉传感器，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和安全保障，可以实现：

- 更好的人机交互体验和安全保障
- 软件界面实时显示机器人与外界接触力
- 软件界面设置安全接触力和力控参数
- 基于末端传感器的 Se 系列，可实现机器人末端恒力控制和末端柔顺牵引示教
- 基于底座传感器的 Sp 系列，可实现机器人全臂碰撞检测和全臂柔顺牵引示教

注：JAKA Zu s 系列协作机器人暂不支持同时搭配末端传感器和底座传感器使用

产品清单

JAKA Zu s 系列协作机器人产品包含 JAKA Zu 系列标准机器人产品包以及力控产品包，其中力控产品包装清单明细如下表所示：

名称	数量
力觉传感器	1 个
连接电缆及安装配件	1 套

第 1 章 欢迎使用节卡力控产品

1.1. 简介

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。

本产品采用工业级的力觉传感器，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，为您提供更好的人机交互体验。如图 1-1 所示的 Se 系列产品，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，机器人将调整末端的位姿来适应外力。同时，您可以在机器人末端更加柔顺和直观地拖拽机器人，以改变其位置和姿态。



图 1-1 JAKA 力控功能示意图

1.2. 产品类型

JAKA Zu s 系列协作机器人力控产品包含 Se 和 Sp 两个子系列：

Se 系列：末端力控产品，如图 1-2 所示。

- 六维/一维力觉传感器安装在机器人末端
- 实时感知外界的接触力
 - 六维力觉传感器：Fx、Fy、Fz 三维力和 Mx、My、Mz 三维力矩
 - 一维力觉传感器：Fz 一维力
- 末端柔顺牵引示教
- 恒力、速度多种力控模式
- 易配置、易调试、易编程



图 1-2 Se 系列示意图

Sp 系列：底座力控产品，如图 1-3 所示。

- 六维力觉传感器安装在机器人底座
- 实时感知外界的接触力（ F_x 、 F_y 、 F_z 三维力和 M_x 、 M_y 、 M_z 三维力矩）
- 全臂三个方向的位置牵引示教
- 全臂碰撞检测，更好的安全保障
- 易配置、易调试、易编程



图 1-3 Sp 系列示意图

1.3. 安全规范

节卡 Zu 系列机器人标准版本体的所有安全规范均适用于力控产品，用户应确保仔细阅读，并严格遵守。本节主要介绍使用力控产品时应额外遵守的安全原则和规范。用户应仔细阅读本手册的安全方面相关内容，并严格遵守。操作人员应充分认识到机器人系统的复杂性和危险性，应特别注意与警告标志相关的内容。

1.3.1. 安全警告标志说明

本手册的危险等级规定使用如下警示标志进行说明，有关安全的内容，请严格遵守。



警告：

这个标志表示可能引发危险的情况，若不避免，可导致人员伤亡或设备严重损坏。

1.3.2. 安全事项



1. 必须按照本手册中的说明和警告安装和使用力觉传感器。
2. 请避免对力觉传感器本身或安装在其上的工具的撞击，即使力觉传感器处于未通电的状态下。
3. 使用机器人时，请确保急停按钮在明显、可触及的范围内。
4. 首次安装并配置完成传感器硬件，或重新拆装，从故障中恢复后，在使用力控功能前，应检查力觉传感器读数是否正常，并正确进行初始化。
5. 尽量避免无缓冲装置情况下在高刚性表面之间使用力控功能。

1.3.3. 责任与风险

责任

该手册信息不涉及如何设计、安装及操作机器人的所有应用，也不涉及所有可能对机器人系统的安全造成影响的周边设备。

节卡的集成商有责任确保遵循相关的切实可行的国家法律法规，确保完整的机器人应用中不存在任何重大危险。

该手册包含的所有安全方面的信息都不得视为节卡的保证，即使遵守所有的安全指示，操作人员所造成的伤害或损害依然有可能发生。

节卡会不断致力于提升本公司机器人的性能以及可靠性，本公司对本手册中存在的错误或者遗漏的信息概不负责，并且保留对本手册的最终解释权。

风险

在操作人员与机器人之间存在交互关系时就必然存在直接或者间接的肢体接触关系。接触时必须有足够的自我保护意识，集成商在对客户使用本公司机器人时需要谨慎考虑使用工况。以下为可能出现的危险情况：

力觉传感器损坏造成机器人末端不受控运动的情况；

力觉传感器安装不正确或初始化不正确造成读数不正确导致机器人不受控运动的情况；

机器人与外界发生剧烈碰撞造成传感器损坏的情况。

第 2 章 硬件安装

2.1. JAKA Zu Se 硬件安装

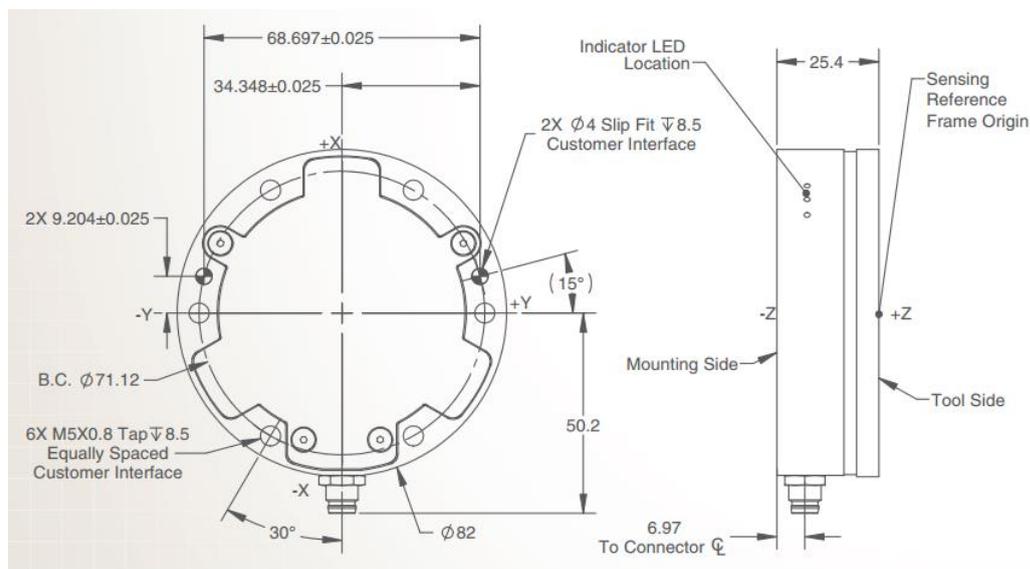
2.1.1. 力觉传感器 I 型

2.1.1.1 概述

本款应变式六轴力觉传感器，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。

2.1.1.2 传感器安装

传感器安装孔位和安装尺寸如下图 2-1 所示。



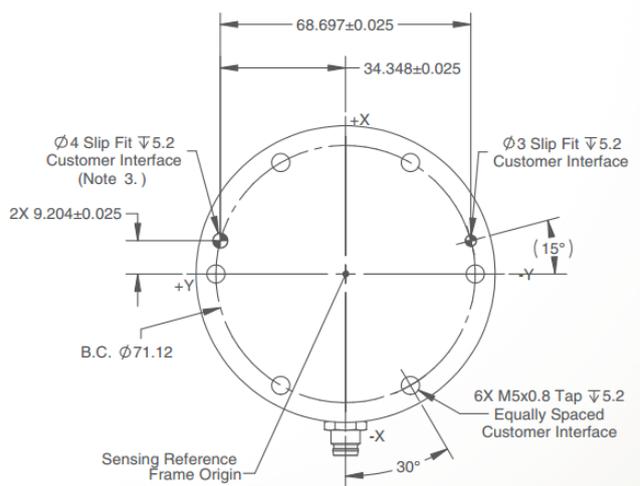


图 2-1 传感器尺寸图

- a. 安装前请检查机器人末端、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，则机器人、适配板或传感器之间会形成间隙，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 TIO 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。
- 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。

传感器与机器人末端连接安装如图 2-2 所示。

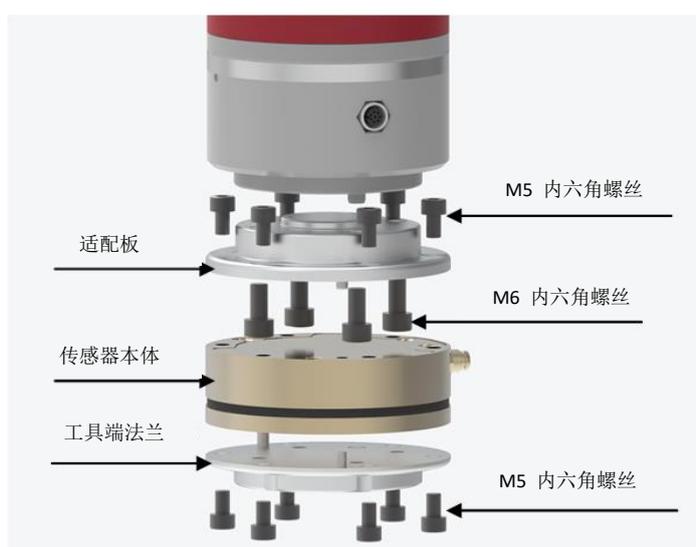


图 2-2 传感器安装图



警告：

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

2.1.1.3 传感器接线方式

此款传感器采用网线连接方式，需要保证机器人和传感器在同一个网段，建议采用独立千兆路由器，保证信号传输质量，也可以设置控制柜底部网口 IP 和传感器 IP 保持一致，具体配置方式请参考第三章 JAKA Zu Se 系统搭建部分说明。

注：此传感器需要 24V 直流电供电，可以使用电控柜内部电源或另配电源进行供电。



警告：

传感器线束在用扎带固定前，请务必确认机器人的工作运动轨迹以及外设的布置，确保机器人运行中不会对线束造成拉扯，以免对传感器造成不可逆的损毁！

2.1.1.4 传感器基本参数

I 型传感器基本参数如下表：

表 2-1 I 型传感器参数表

Fx/Fy(N)	200	Fz(N)	360
Mx/My(Nm)	8	Mz(Nm)	8
过载水平(%F. S.)	500	准度(%F. S.)	0.5
供电电压(V)	12~24	防护等级	IP64
工作温度(°C)	5~80	通讯接口	网口

2.1.1.5 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。

2.1.1.6 传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值

传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值如下表：

表 2-2 传感器安装螺栓拧紧扭矩表

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

2.1.2. 力觉传感器 II 型

2.1.2.1 概述

本款应变式六轴力觉矩传感器，可同时检测 3 个力和 3 个力矩。该传感器检测由施加载荷引起的“工具端法兰”和“主体”之间的相对变形，并基于应变电测原理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。

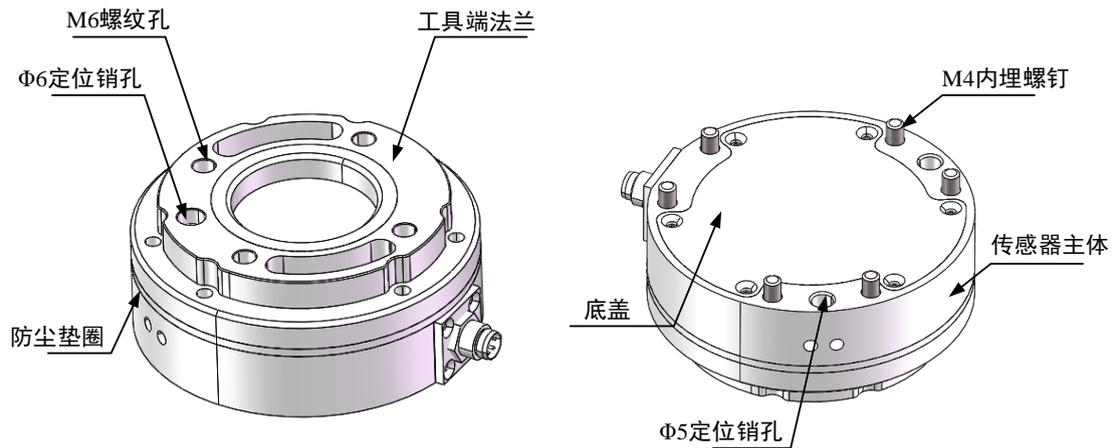


图 2-3 传感器外观图

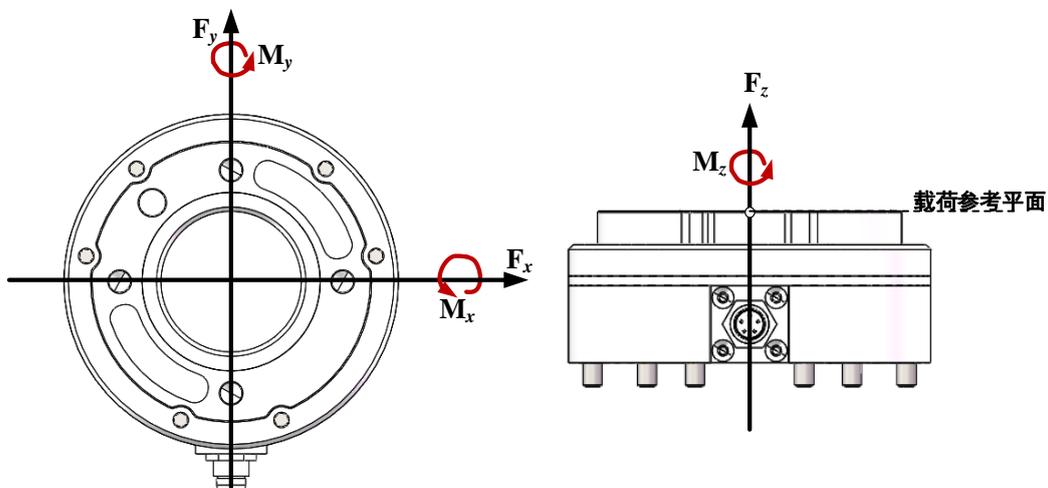


图 2-4 传感器坐标系定义图

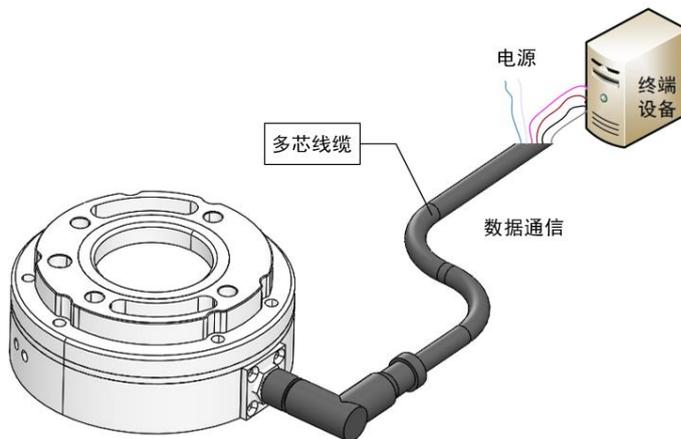


图 2-5 传感器的电气连接示意图

2.1.2.2 传感器安装

传感器安装孔位和安装尺寸如下图 2-6 所示。

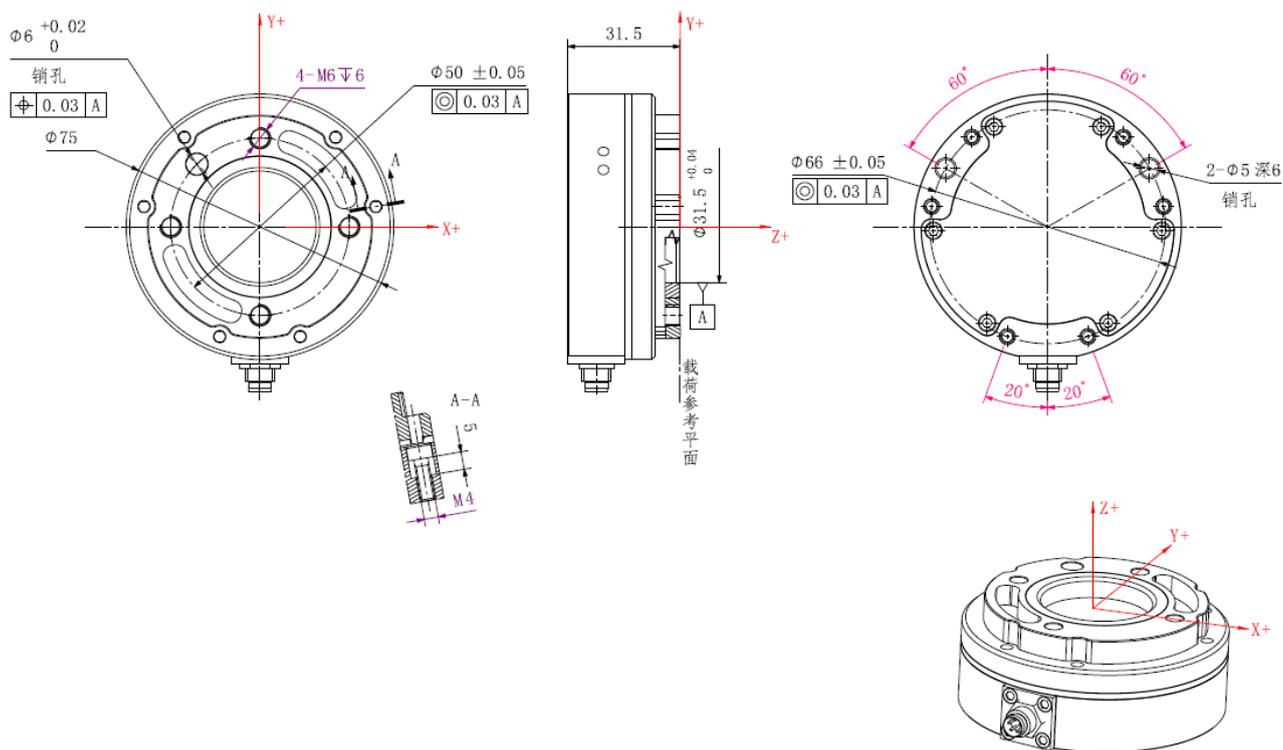


图 2-6 传感器尺寸图

传感器安装步骤如下：

- 安装前请检查机器人末端、安装法兰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，则机器人、安装法兰或传感器之间会形成间隙，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。
- 将传感器与安装法兰进行分离。传感器出厂时，安装法兰与传感器本体通过 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，分离安装法兰与传感器本体，如图 2-8 所示。

- c. 将安装法兰安装于机械臂上：通过 $\phi 5$ 定位销将安装法兰与机械臂进行定位，使用 4 颗 M6 内六角螺钉将安装法兰与机器人完成固定。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。拧紧螺钉的过程，请按照下图 2-7 所示的对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与机器人或转接工装能够均匀接触。

⚠注意：

在安装前，请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 TIO 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。

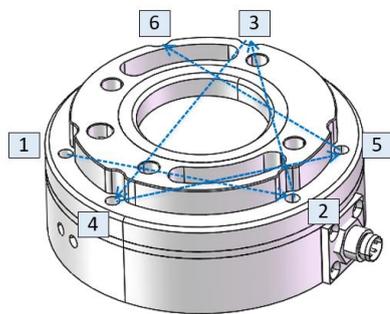


图 2-7 螺钉拧紧顺序

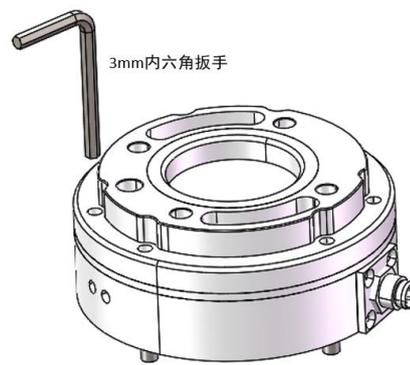


图 2-8 3mm 内六角扳手旋松内埋式螺钉

- d. 将传感器与安装法兰进行紧固连接。使用定位销将传感器与安装法兰进行定位配合，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。

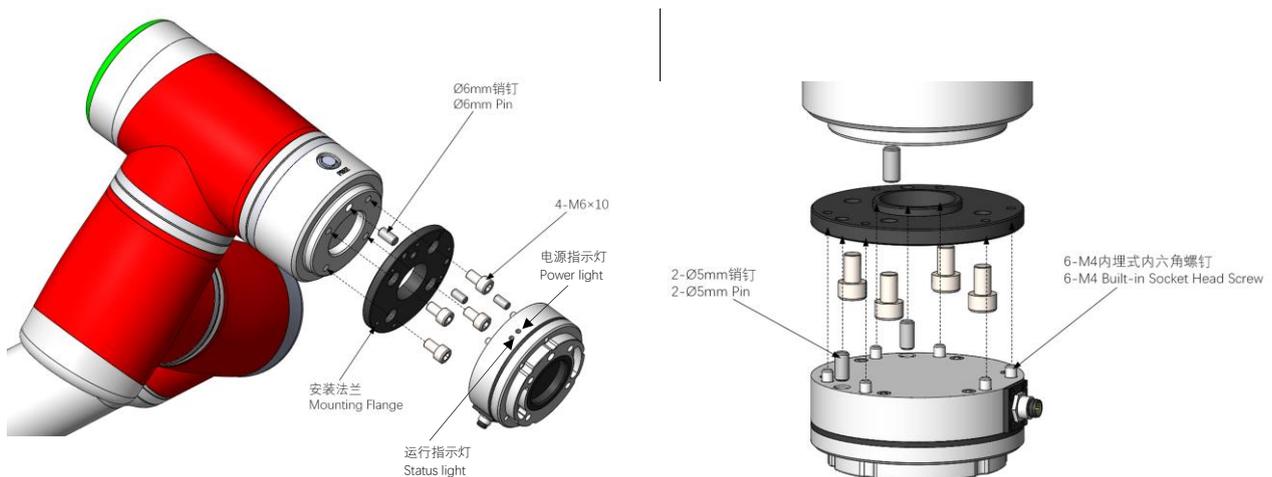


图 2-9 传感器与机器人连接安装示意图

- e. 将机械臂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 颗 M6 螺钉孔以及 $\phi 6$ 销孔形式的接口，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。



警告:

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

2.1.2.3 传感器接线方式

此款传感器采用 USB 连接方式，将传感器的 USB 连接到控制器面板上的 USB 插口。

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 2-10 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。注意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（接线示意图如图 2-11 所示），电源的正和负如果反向连接，传感器会损坏，请务必小心。



图 2-10 线缆连接操作

表 2-3 II 型传感器连接线缆说明表

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 总线传感器发送+
6	灰	422 总线传感器发送-
7	屏蔽	

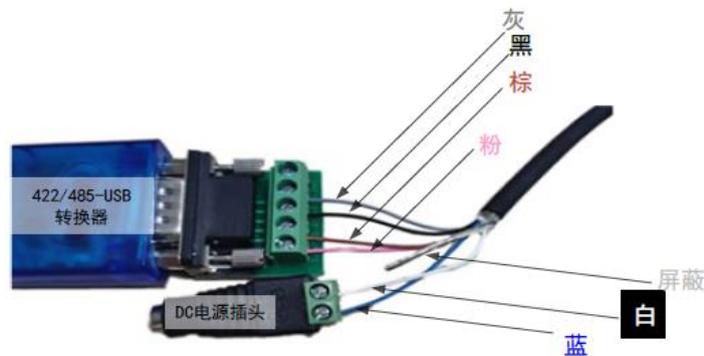


图 2-11 422/485-USB 转换器和电源插头接线示意图

注：此传感器需要 24V 直流电供电，可以使用电控柜内部电源或另配电源进行供电。图 2-11 中的 DC 电源

接头仅作示意，并非产品的一部分，需要自行准备。

指示灯含义：

电源指示灯		运行指示灯	
常亮	传感器通电	闪烁	传感器运行
熄灭	传感器未通电	熄灭	传感器未运行



警告：

传感器线束在用扎带固定前，请务必确认机器人的工作运动轨迹以及外设的布置，确保机器人运行中不会对线束造成拉扯，以免对传感器造成不可逆的损毁！

2.1.2.4 传感器基本参数

II 型传感器基本参数如下表：

表 2-4 II 型传感器基本参数表

型号	JK-SE-II-200		JK-SE-II-400N		JK-SE-II-H		
方向	F _x , F _y , F _z	M _x , M _y , M _z	F _x , F _y , F _z	M _x , M _y , M _z	F _x , F _y	F _z	M _x , M _y , M _z
量程	200N	8Nm	400N	12Nm	800N	1200N	40Nm
过载	不小于 300% F. S.			防护等级		IP64	
工作温度	5-80°C			供电电压		9-24V	
准度	0.5% F. S.			通讯接口		USB	

2.1.2.5 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。特别是与安装法兰配合时，如因安装法兰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。

2.1.2.6 传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值

传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值如下表：

表 2-5 传感器安装螺栓拧紧扭矩表

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

2.1.3. 力觉传感器 III 型

2.1.3.1 概述

本款应变式六轴力觉传感器，可同时检测 3 个力和 3 个力矩。六轴力觉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。

六轴力觉传感器的输出力和力矩都是相对于力参考坐标系而言的，力参考坐标系一般位于传感器的几何中心。传感器坐标系定义如图 2-12 所示。

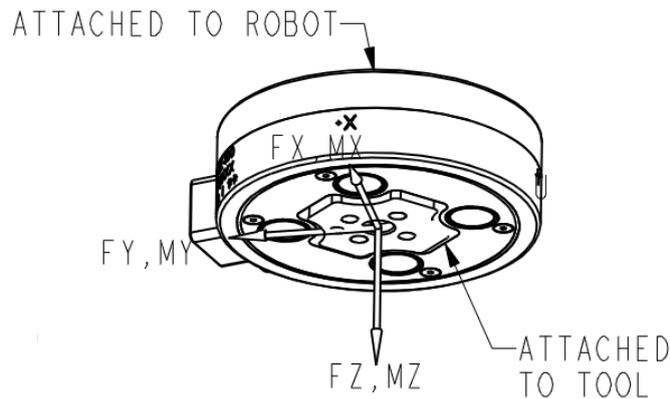


图 2-12 传感器坐标系定义图

2.1.3.2 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，安装方法如图 2-13 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觉传感器的测量造成影响，安装时机器人应固定，螺栓应从工具端方向安装。

拧紧螺钉的过程，请按照对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与机器人或转接工装能够均匀接触。

- a. 安装前请检查机器人末端、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，则机器人、适配板或传感器之间会形成间隙，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。

注意:

在安装前，请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 TIO 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。

警告:

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

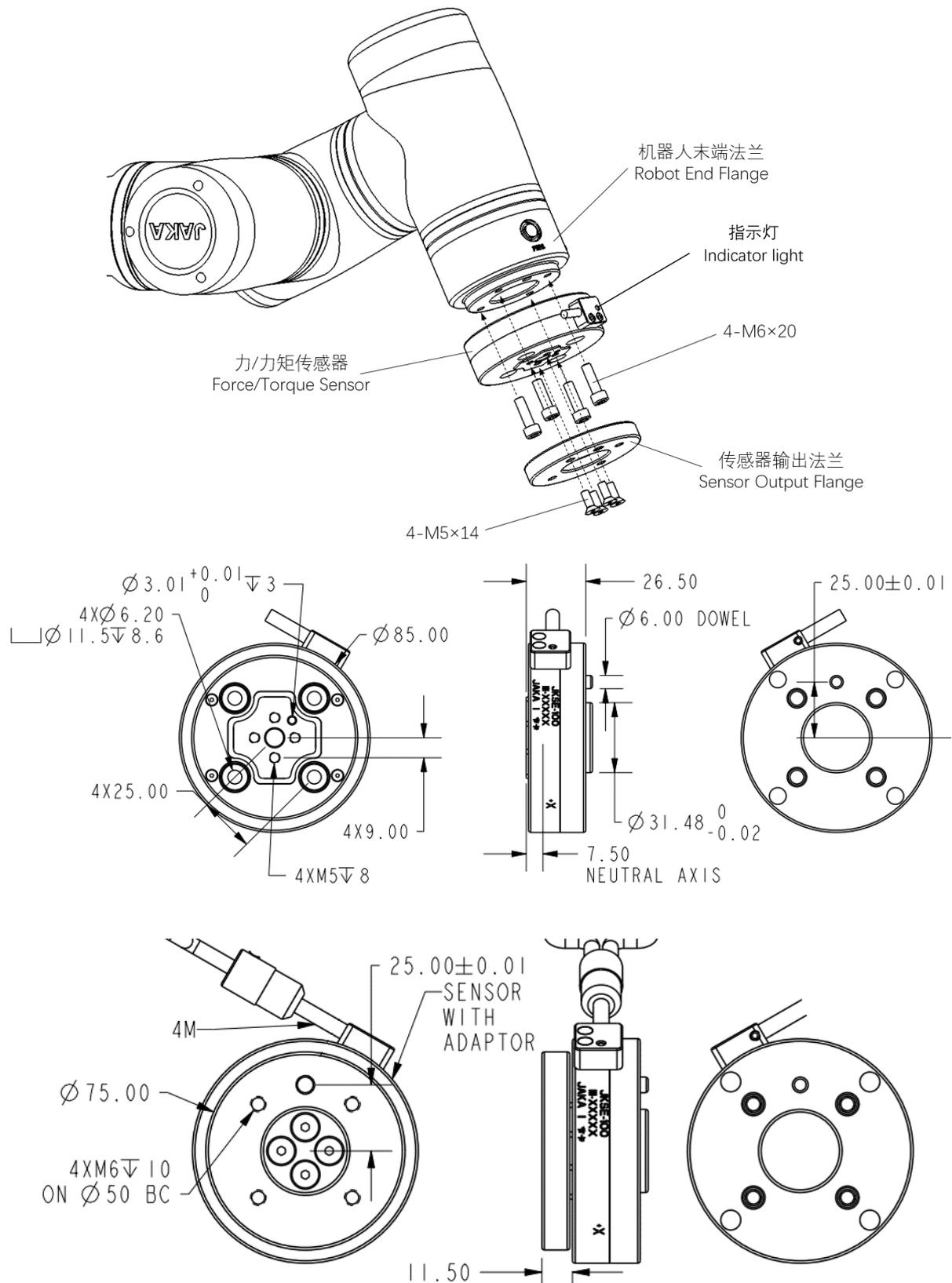


图 2-13 力觉传感器安装与尺寸图

2.1.3.3 传感器接线方式

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，另一端网口头可以接入路由器或者直接接入机器人控制柜底部网口，连接完成后需要保证机器人和传感器在同一个网段，建议采用独立路由器，保证信号传输质量，也可以设置控制柜底部网口 IP 和传感器 IP 保持一致网段，具体配置方式请参考第三章 JAKA Zu Se 系统搭建，初次使用传感器默认 IP 为 192.168.2.108。传感器电源由直流 24V 供电，可以使用电控柜内部电源或另配电源进行供电，电源的正和负如果反向连接，传感器会损坏，请务必小心（参考表 2-6 进行电源接线，其中，电源线必须连接，屏蔽线可以依据传感器信号好坏按需接地，表中未列出的引线，均无需连接）。



图 2-14 传感器与线缆图

表 2-6 III 型传感器连接线缆说明表

序号	芯线颜色	定义
1	蓝	电源+
2	白蓝	电源-
3	黑	屏蔽线

注：此传感器需要 24V 直流电供电，可以使用电控柜内部电源或另配电源进行供电。

指示灯含义：

闪烁	传感器通电/传感器运行
熄灭	传感器未通电

警告：

传感器线束在用扎带固定前，请务必确认机器人的工作运动轨迹以及外设的布置，确保机器人运行中不会对线束造成拉扯，以免对传感器造成不可逆的损毁！

2.1.3.4 传感器基本参数

III 型传感器基本参数如下表：

表 2-7 III 型传感器基本参数表

型号	JK-SE-III-100		JK-SE-III-300	
方向	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz
量程	100N	8Nm	250N	24Nm
过载	200% F. S.		防护等级	IP64
工作温度	-40-100°C		供电电压	24V
准度	0.5% F. S.		通讯接口	网口

2.1.3.5 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。

2.1.3.6 传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值

传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值如下表：

表 2-8 传感器安装螺栓拧紧扭矩表

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

2.1.4. 力觉传感器 V 型

2.1.4.1 概述

本款应变式一维力觉传感器，适用于只对 F_z 力控有要求的应用场景。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。

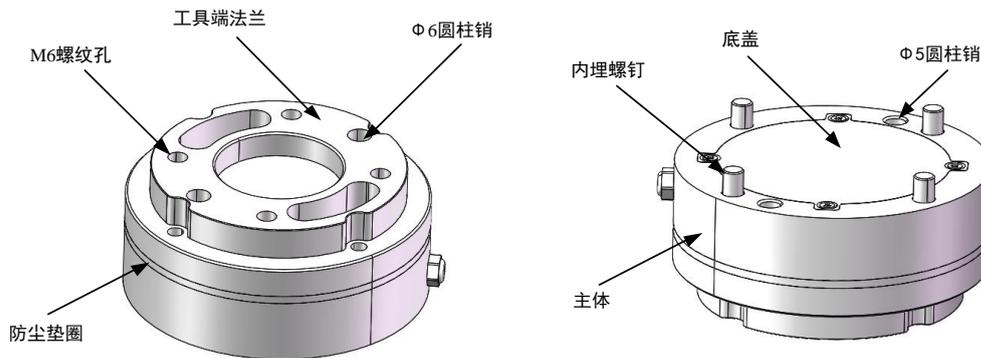


图 2-15 传感器外观图

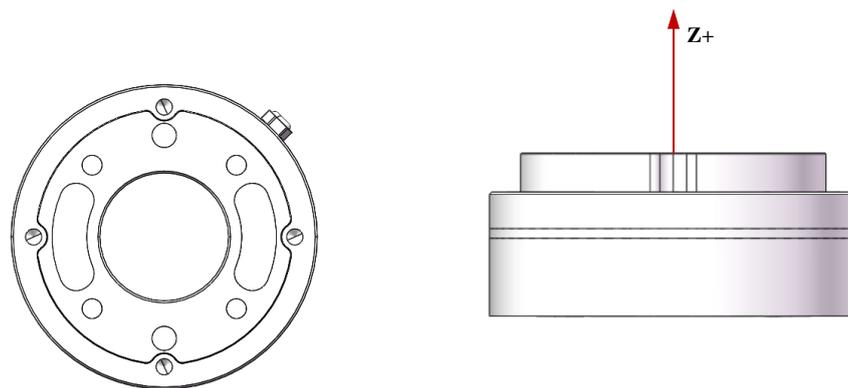


图 2-16 传感器坐标系定义图

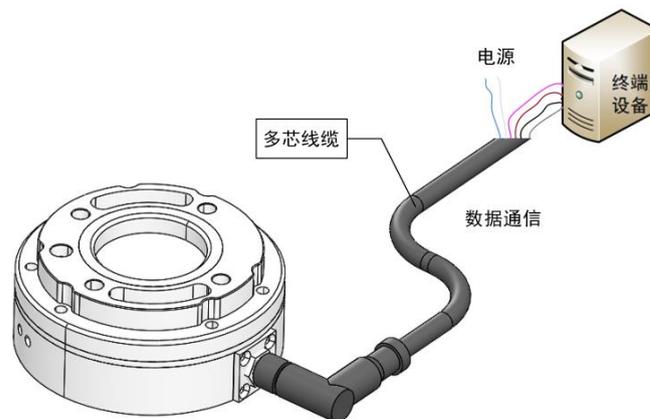


图 2-17 传感器的电气连接示意图

2.1.4.2 传感器安装

传感器安装孔位和安装尺寸如下图 2-18 所示。

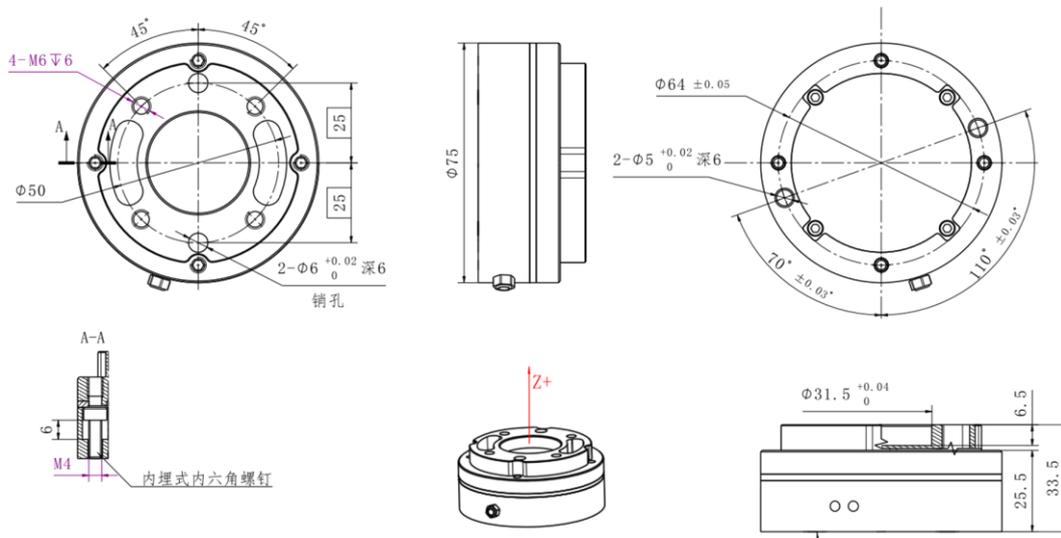


图 2-18 传感器尺寸图

传感器安装步骤如下：

- a. 安装前请检查机器人末端、安装法兰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，则机器人、安装法兰或传感器之间会形成间隙，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. 将传感器与安装法兰进行分离。传感器出厂时，安装法兰与传感器本体通过 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，分离安装法兰与传感器本体，如图 2-8 所示。
- c. 将安装法兰安装于机械臂上：通过 $\Phi 5$ 定位销将安装法兰与机械臂进行定位，使用 4 颗 M6 内六角螺钉将安装法兰与机器人完成固定。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。拧紧螺钉的过程，请按照下图 2-19 所示的对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与机器人或转接工装能够均匀接触。

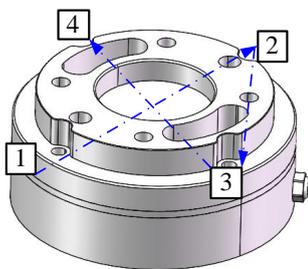


图 2-19 螺钉拧紧顺序

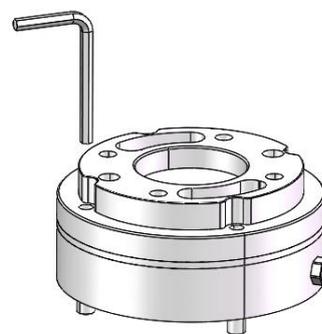


图 2-20 3mm 内六角扳手旋松内埋式螺钉

- d. 将传感器与安装法兰进行紧固连接。使用定位销将传感器与安装法兰进行定位配合，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。

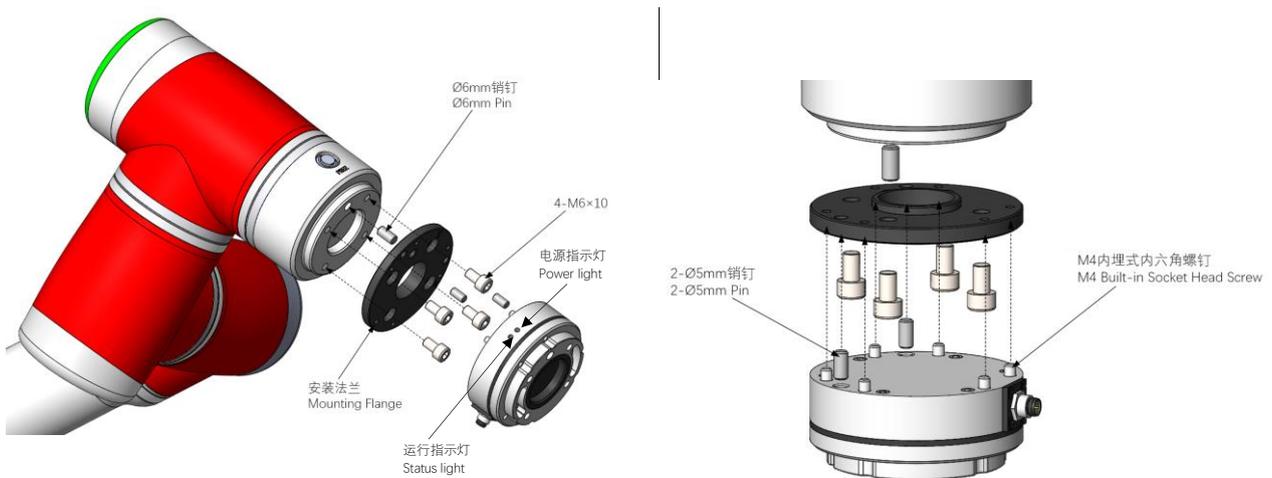


图 2-21 传感器与机器人连接安装示意图

- e. 将机械臂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 颗 M6 螺钉孔以及 $\phi 6$ 销孔形式的接口，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。

⚠警告:

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

2.1.4.3 传感器接线方式

此款传感器采用 USB 连接方式，将传感器的 USB 连接到控制器面板上的 USB 插口。

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 2-22 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。注意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（接线示意图如图 2-23 所示），电源的正和负如果反向连接，传感器会损坏，请务必小心。



图 2-22 线缆连接操作

表 2-9 II 型传感器连接线缆说明表

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 总线传感器发送+
6	灰	422 总线传感器发送-
7	屏蔽	

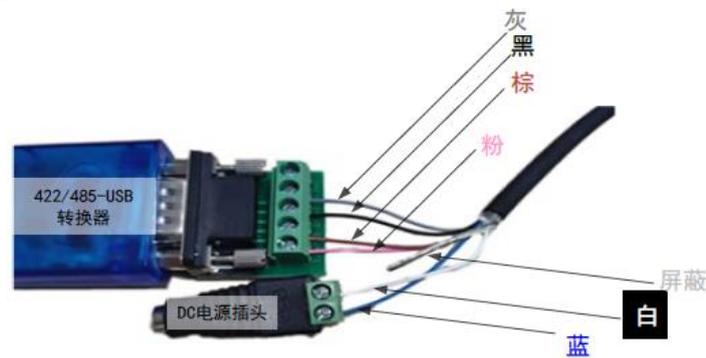


图 2-23 422/485-USB 转换器和电源插头接线示意图

注：此传感器需要 24V 直流电供电，可以使用电控柜内部电源或另配电源进行供电。图 2-40 中的 DC 电源接头仅作示意，并非产品的一部分，需要自行准备。

指示灯含义：

电源指示灯		运行指示灯	
常亮	传感器通电	闪烁	传感器运行
熄灭	传感器未通电	熄灭	传感器未运行

警告：

传感器线束在用扎带固定前，请务必确认机器人的工作运动轨迹以及外设的布置，确保机器人运行中不会对线束造成拉扯，以免对传感器造成不可逆的损毁！

2.1.4.4 传感器基本参数

V 型传感器基本参数如下表：

表 2-10 V 型传感器基本参数表

型号	JK-SE-V-400S	量程 Fz(N)	400
过载	300% F. S.	准度	0.5 F. S.
工作温度(°C)	5~80	防护等级	IP64
供电电压(V)	9~24	通讯接口	USB

2.1.4.5 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。

2.1.4.6 传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值

传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值如下表：

表 2-11 V 型传感器安装螺栓拧紧扭矩表

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

2.1.5. 力觉传感器 VI 型

2.1.5.1 概述

本款 VI 型力觉传感器，包含多种量程型号。该 VI 型传感器均为应变式力觉传感器，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。

六轴力觉传感器的输出力和力矩都是相对于力参考坐标系而言的，力参考坐标系一般位于传感器的几何中心。JK-SE-VI-200、JK-SE-VI-400 (s) 型号坐标示意图如图 2-24 所示。JK-SE-VI-100、JK-SE-VI-300 型号坐标示意如图 2-25 所示。

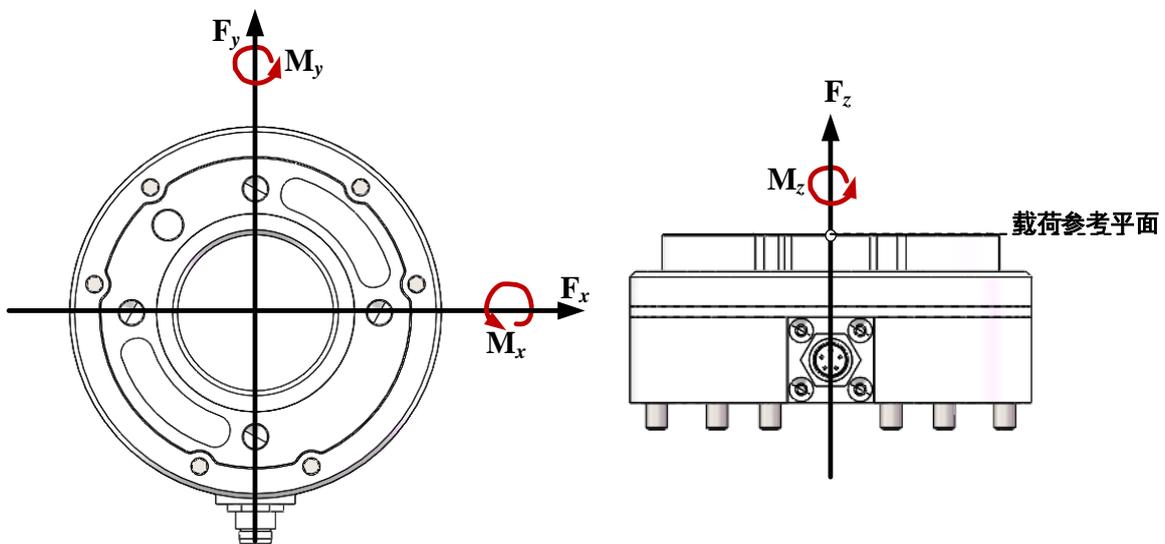


图 2-24 传感器坐标系定义

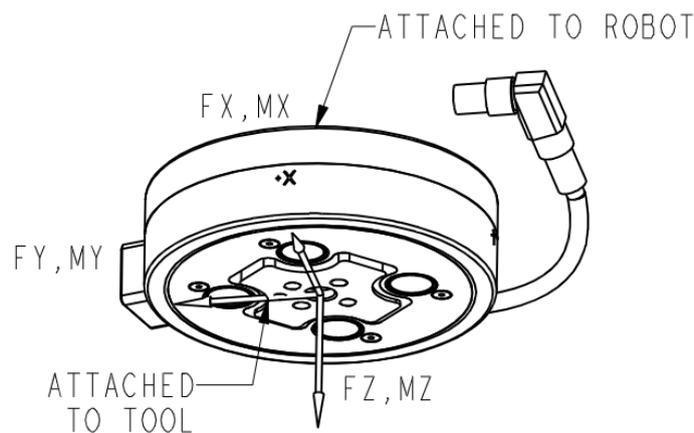


图 2-25 传感器坐标系定义

2.1.5.2 传感器安装 (JK-SE-VI-200、JK-SE-VI-400、JK-SE-VI-H 型号)

传感器安装孔位和安装尺寸如下图 2-26 所示。

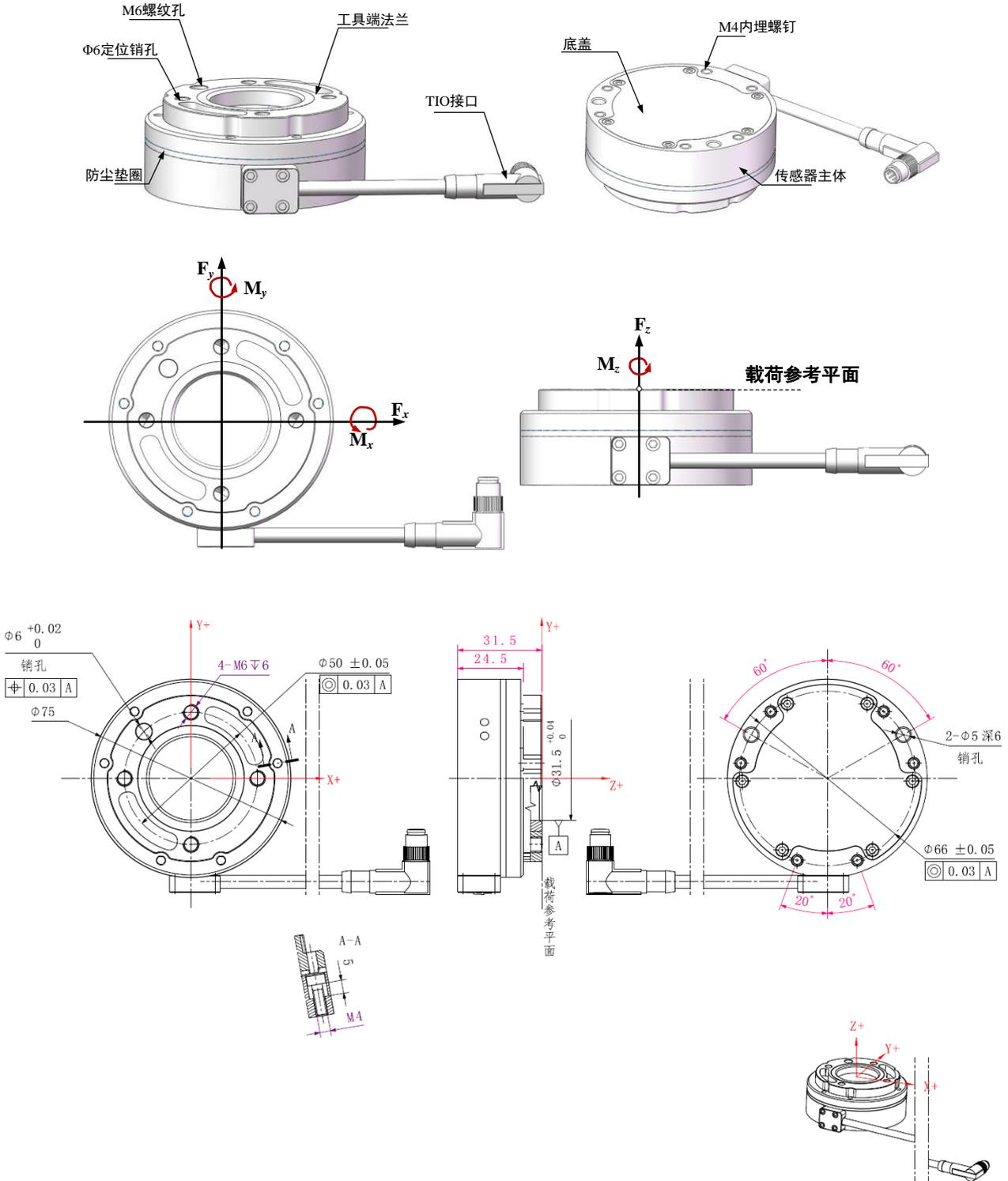


图 2-26 传感器外观及尺寸图

传感器安装步骤如下：

- a. 安装前请检查机器人末端、安装法兰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，则机器人、安装法兰或传感器之间会形成间隙，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. 将传感器与安装法兰进行分离。传感器出厂时，安装法兰与传感器本体通过 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，分离安装法兰与传感器本体，如图 2-28 所示。
- c. 将安装法兰安装于机械臂上：通过 $\phi 5$ 定位销将安装法兰与机械臂进行定位，使用 4 颗 M6 内六角螺钉将安装法兰与机器人完成固定。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。拧紧螺钉的过程，请按照下图 2-27 所示的对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与机器人或转接工装能够均匀接触。

⚠注意：

在安装前，请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 TIO 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。

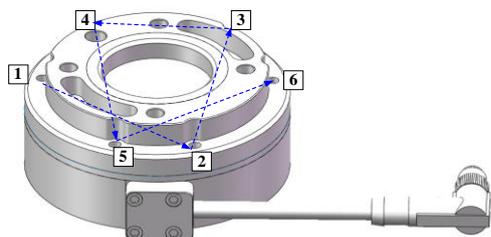


图 2-27 螺钉拧紧顺序



图 2-28 3mm 内六角扳手旋松内埋式螺钉

- d. 将传感器与安装法兰进行紧固连接。使用定位销将传感器与安装法兰进行定位配合，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。
- e. 将机械臂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 颗 M6 螺钉孔以及 $\phi 6$ 销孔形式的接口，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。

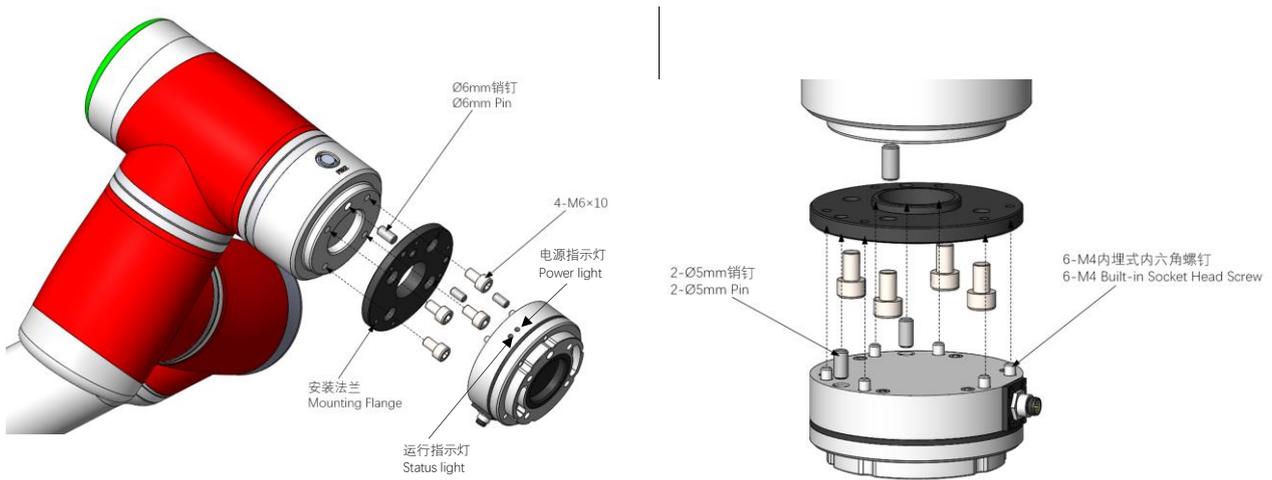


图 2-29 传感器与机器人连接安装示意图



警告:

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

传感器接线方式:

此款传感器直接连接机器人末端的 TIO 接口，线缆直接固连于传感器本体，连接线缆为多芯线缆，其接口与机器人末端 TIO 线缆接口匹配。如下图 2-30 所示，将多芯线缆的接口与机器人末端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。



图 2-30 线缆连接操作

指示灯含义:

电源指示灯		运行指示灯	
常亮	传感器通电	闪烁	传感器运行
熄灭	传感器未通电	熄灭	传感器未运行

2.1.5.3 传感器安装（JK-SE-VI-400S 型号）

传感器安装孔位和安装尺寸如下图 2-31 所示。

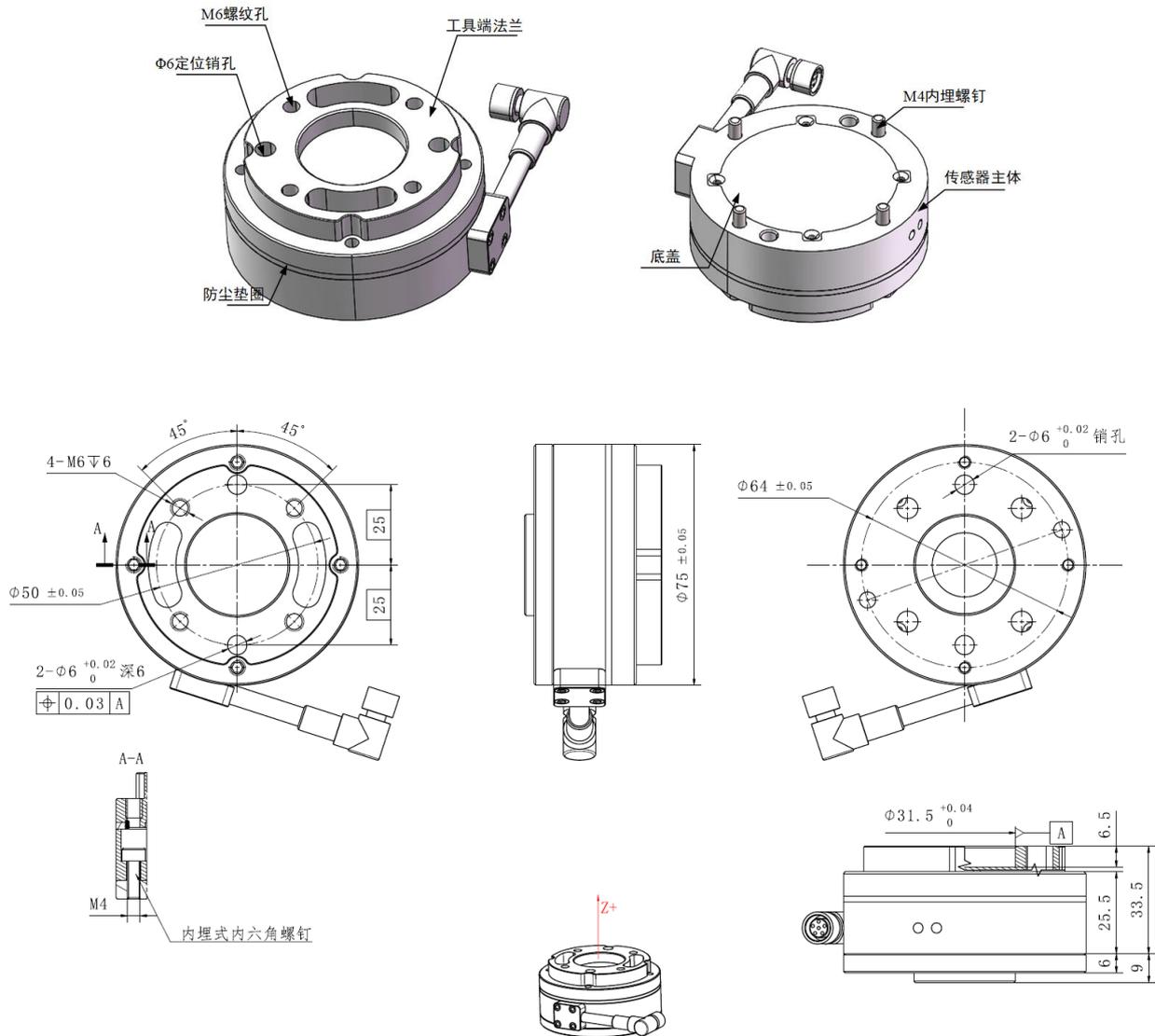


图 2-31 传感器尺寸图

传感器安装步骤如下：

- a. 安装前请检查机器人末端、安装法兰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，则机器人、安装法兰或传感器之间会形成间隙，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. 将传感器与安装法兰进行分离，并将安装法兰安装于机械臂上。传感器出厂时，安装法兰与传感器本体通过 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，分离安装法兰与传感器本体，如图 2-33 所示。通过 $\Phi 5$ 定位销将安装法兰与机械臂进行定位，使用 4 颗 M6 内六角螺钉将安装法兰与机器人完成固定。拧紧螺钉的过程，请按照对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与机器人或转接工装能够均匀接触。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。

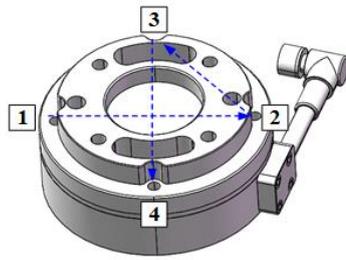


图 2-32 螺钉拧紧顺序

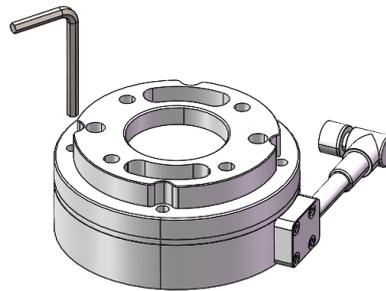


图 2-33 3mm 内六角扳手旋松内埋式螺钉

- c. 将传感器与安装法兰进行紧固连接。使用定位销将传感器与安装法兰进行定位配合，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。

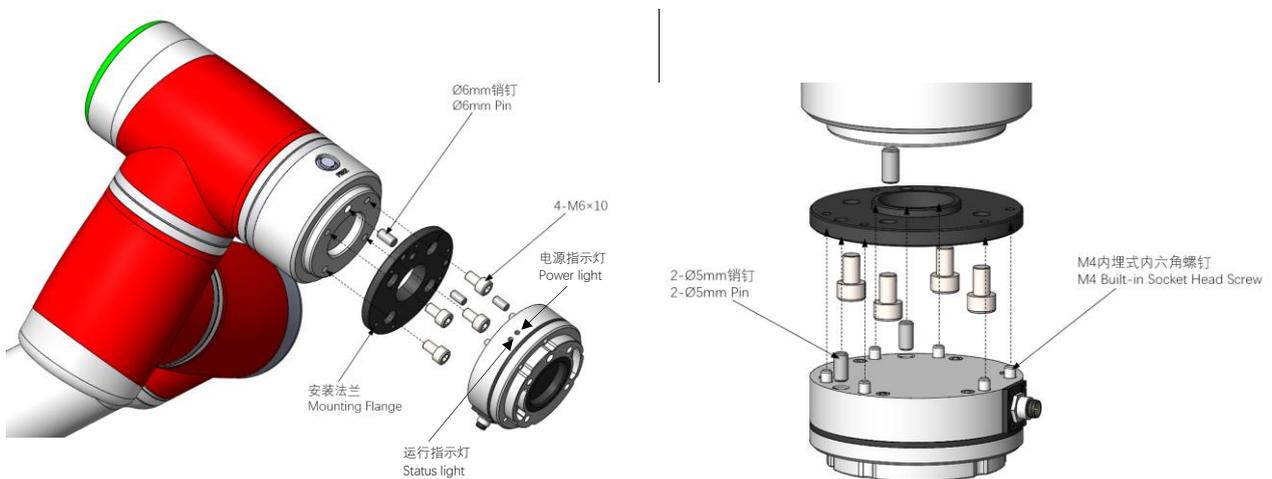


图 2-34 传感器与机器人连接安装示意图

- d. 将机械臂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 颗 M6 螺钉孔以及 $\phi 6$ 销孔形式的接口，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。

警告:

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

传感器接线方式:

此款传感器直接连接机器人末端的 TIO 接口，线缆直接固连于传感器本体，连接线缆为多芯线缆，其接口与机器人末端 TIO 线缆接口匹配。如下图 2-35 所示，将多芯线缆的接口与机器人末端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。



图 2-35 线缆连接操作

指示灯含义：

电源指示灯		运行指示灯	
常亮	传感器通电	闪烁	传感器运行
熄灭	传感器未通电	熄灭	传感器未运行

2.1.5.4 传感器安装（JK-SE-VI-200N、JK-SE-VI-400N、JK-SE-VI-800N、JK-SE-VI-400NS、JK-SE-VI-1200NS）

传感器尺寸、固定端（机器人端）位置和加载端（工具端）位置，安装方法如图 2-36 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觉传感器的测量造成影响，安装时机器人应固定，螺栓应从工具端方向安装。

- a. 安装前请检查机器人末端、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，则机器人、适配板或传感器之间会形成间隙，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。拧紧螺钉的过程，请按照对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与机器人或转接工装能够均匀接触。
- 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。

⚠️ 注意：

在安装前，请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 TIO 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。

⚠️ 警告：

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

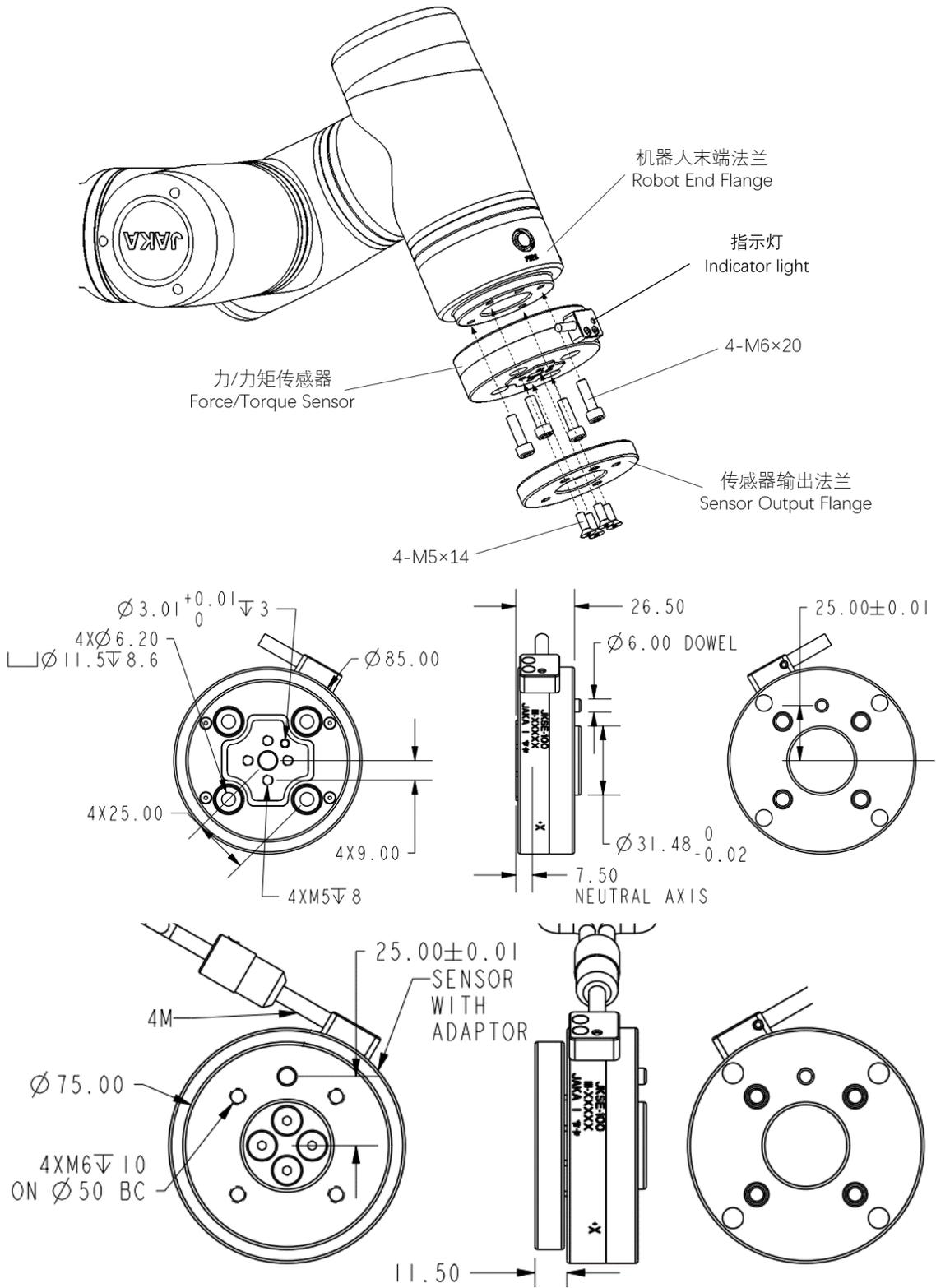


图 2-36 力觉传感器安装与尺寸图

传感器接线方式：

此款传感器直接连接机器人末端的 TIO 接口，线缆直接固连于传感器本体，连接线缆为多芯线缆，其接口与机器人末端 TIO 线缆接口匹配。将多芯线缆的接口与机器人末端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。

指示灯含义：

常亮	传感器通电/传感器运行
熄灭	传感器未通电

2.1.5.5 传感器基本参数

VI 型传感器基本参数如下表：

表 2-12 VI 型传感器基本参数表

型号	JK-SE-VI-200		JK-SE-VI-400		JK-SE-VI-H			JK-SE-VI-400S
方向	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz	Fx, Fy	Fz	Mx, My, Mz	Fz
量程	200N	8Nm	400N	12Nm	800N	1000N	40Nm	400N
过载	300% F. S.		300% F. S.		400% F. S.			300% F. S.
准度	0.5% F. S.		0.5% F. S.		0.5% F. S.			0.5% F. S.
工作温度	5-80℃		5-80℃		5-80℃			5-80℃
防护等级	IP64		IP64		IP64			IP64
供电电压	12V		12V		12V			12V

型号	JK-SE-VI-200N		JK-SE-VI-400N		JK-SE-VI-800N		JK-SE-VI-400NS	JK-SE-VI-1200NS
方向	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz	Fx, Fy, Fz	Fz
量程	200N	8Nm	400N	24Nm	800N	40Nm	400N	1200N
过载	200% F. S.		200% F. S.		400% F. S.		200% F. S.	570% F. S.
准度	0.5% F. S.		0.5% F. S.		0.5% F. S.		0.5% F. S.	0.5% F. S.
工作温度	-40-100℃		-40-100℃		-40-100℃		-40-100℃	-40-100℃
防护等级	IP64		IP64		IP64		IP64	IP64
供电电压	12V		12V		12V		12V	12V

2.1.5.6 使用注意事项

- 请勿在规格允许范围外的温度、湿度环境下使用。
- 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损坏，请务必注意并检查。
- 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。
- 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。
- 传感器安装完成通电后，建议预热一小时后进行工作。
- 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。
- 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。

2.1.5.7 传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值

VI 型传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值如下：

表 2-13 VI 型传感器安装螺栓拧紧扭矩表

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

2.1.6. 力觉传感器 VII 型

2.1.6.1 概述

本款应变式六轴力觉传感器，可同时检测 3 个力和 3 个力矩（VII-400NS 型号传感器为一维力觉传感器，仅可测量一个力）。六轴力觉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。

六轴力觉传感器的输出力和力矩都是相对于力参考坐标系而言的，力参考坐标系一般位于传感器的几何中心。传感器坐标系定义如图 2-37 所示。

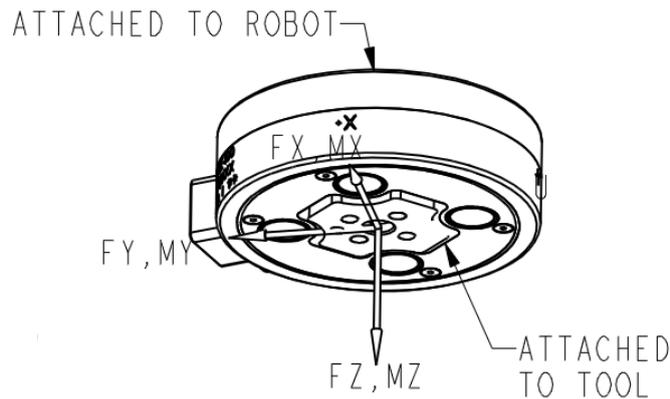


图 2-37 传感器坐标系定义图

2.1.6.2 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，安装方法如图 2-38 所示。因传感器子型号和批次不同，其实际尺寸可能与图 2-38 标注的有别，请联系本公司获得详细尺寸信息。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觉传感器的测量造成影响，安装时机器人应固定，螺栓应从工具端方向安装。

拧紧螺钉的过程，请按照对角线顺序逐渐拧紧螺钉。使传感器与机器人或转接工装能够均匀接触。

- a. 安装前请检查机器人末端、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，则机器人、适配板或传感器之间会形成间隙，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。

⚠ 注意:

在安装前，请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 TIO 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。

⚠ 警告:

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

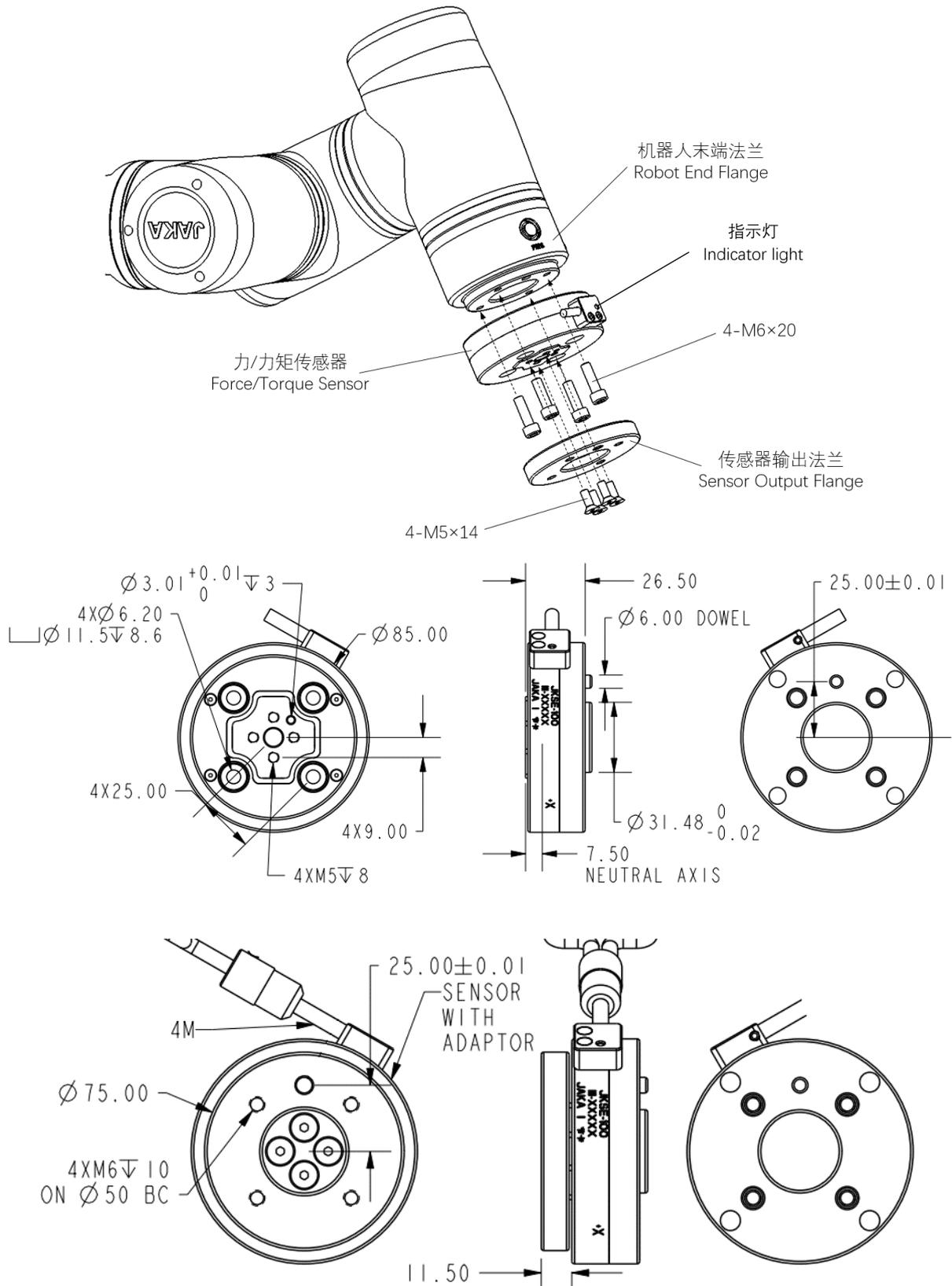


图 2-38 力觉传感器安装与尺寸图

2.1.6.3 传感器接线方式

此款传感器采用 USB 连接方式，将传感器的 USB 连接到控制器面板上的 USB 插口。

连接线缆随产品一同交付使用。连接线缆为多芯线缆，直接连接于传感器上，如下图 2-39 所示。注意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（接线示意图如图 2-40 所示）。其中，485-A 与 485-B 引线需要与 422/485-USB 转换器连接，电源+和电源-引线需要连接至 24V 直流电源，TX 和 RX 引线无需连接，屏蔽线可以依据传感器信号好坏按需接地。



图 2-39 线缆连接

表 2-14 II 型传感器连接线缆说明表

序号	芯线颜色	定义
1	蓝	电源+
2	蓝白	电源-
3	橙白	485-A
4	橙	485-B
5	棕	TX
6	棕白	RX
7	黑	屏蔽

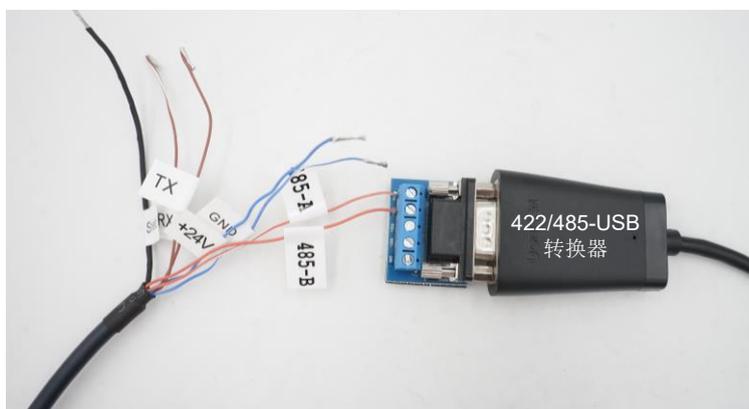


图 2-40 422/485-USB 转换器和电源插头接线示意图

注：此传感器需要 24V 直流电供电，可以使用电控柜内部电源或另配电源进行供电。电源的正和负如果反向连接，传感器会损坏，请务必小心。

指示灯含义：

闪烁	传感器通电/传感器运行
熄灭	传感器未通电/传感器损坏



警告：

传感器线束在用扎带固定前，请务必确认机器人的工作运动轨迹以及外设的布置，确保机器人运行中不会对线束造成拉扯，以免对传感器造成不可逆的损毁！

2.1.6.4 传感器基本参数

VII 型传感器基本参数如下表：

表 2-15 VII 型传感器基本参数表

型号	JK-SE-VII-200N		JK-SE-VII-400N		JK-SE-VII-800N	
方向	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz	Fx, Fy, Fz	Mx, My, Mz
量程	200N	8Nm	400N	24Nm	800N	40Nm
过载	不小于 200% F. S.			防护等级		IP64
工作温度	-40~100℃			供电电压		9~24V
准度	0.5% F. S.			通讯接口		USB

型号	JK-SE-VII-400NS	量程 Fz(N)	400
过载	200% F.S.	准度	0.5% F.S.
工作温度	-40~100℃	防护等级	IP64
供电电压	9~24V	通讯接口	USB

2.1.6.5 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。特别是与安装法兰配合时，如因安装法兰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。

2.1.6.6 传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值

传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值如下表：

表 2-16 传感器安装螺栓拧紧扭矩表

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

2.2. JAKA Zu Sp 硬件安装

2.2.1. 力觉传感器 IV 型

2.2.1.1 概述

本款应变式六轴力觉传感器，可同时检测 3 个力和 3 个力矩。底座六轴力觉传感器一般分成固定端（基座端）和加载端（机器人端）。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。

六轴力觉传感器的输出力和力矩都是相对于力参考坐标系而言的，力参考坐标系一般位于传感器的几何中心。传感器坐标系定义如图 2-41 所示。

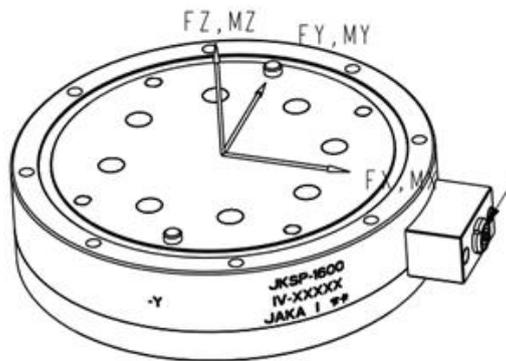


图 2-41 传感器坐标示意图

2.2.1.2 传感器安装

根据实际需求设计力觉传感器与底座的连接法兰，安装前请检查机器人、传感器、底座表面无损坏或异物。若由于夹杂异物等因素导致接触不均匀，则机器人、底座或传感器之间会形成间隙，对实际传感器的输出效果存在影响。安装时，保证机器人基座的航空插头方向与传感器标注的 X+方向一致（如图 2-41，图 2-42 所示），注意安装螺丝长度避免压坏力觉传感器。螺钉采用对角线逐渐拧紧方式，使传感器和转接板均匀接触。

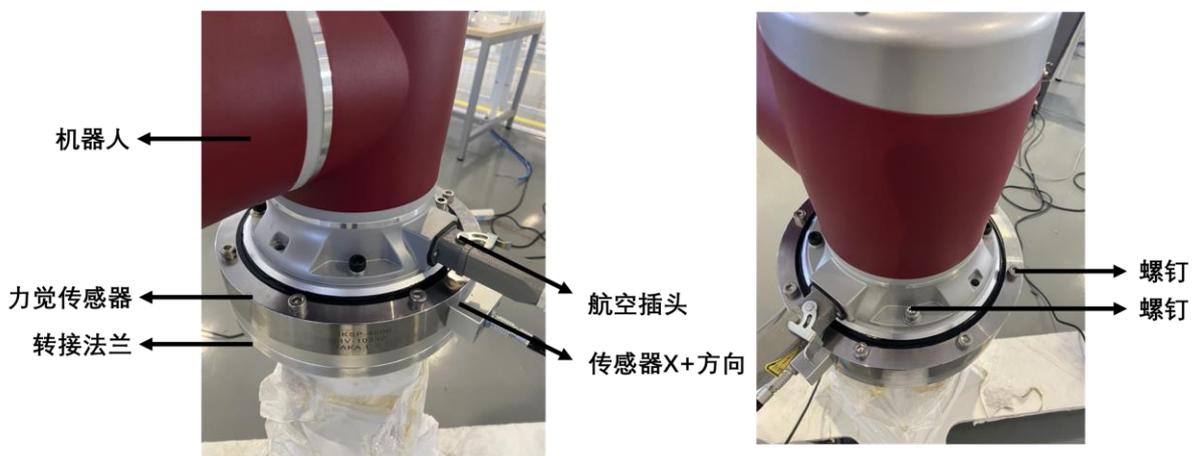


图 2-42 IV 型传感器安装示意图



警告:

请勿使用本产品原配螺钉以外的螺钉，否则可能对传感器造成不可逆的损毁或引起机械臂故障造成危险！

2.2.1.3 传感器接线方式

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，另一端网口头可以接入路由器或者直接接入机器人控制柜底部网口，连接完成后需要保证机器人和传感器在同一个网段，建议采用独立路由器，保证信号传输质量，也可以设置控制柜底部网口 IP 和传感器 IP 保持一致网段，具体配置方式请参考第三章 JAKA Zu Sp 系统搭建，初次使用传感器默认 IP 为 192.168.2.108。传感器电源由直流 24V 供电，可以使用电控柜内部电源或另配电源进行供电，电源的正和负如果反向连接，传感器会损坏，请务必小心（参考表 2-17 进行电源连接，其中，电源线必须连接，屏蔽线可以依据传感器信号好坏按需接地，表中未列出的引线，均无需连接）。

表 2-17 IV 型传感器连接线缆说明表

序号	芯线颜色	定义
1	蓝	电源+
2	白蓝	电源-
3	黑	屏蔽线

2.2.1.4 传感器基本参数

IV 型传感器基本参数如下表：

表 2-18 IV 型传感器基本参数表

型号	JK-SP-IV-500		JK-SP-IV-1600		JK-SP-IV-4000		JK-SP-IV-4000FT	
方向	Fxyz	Mxyz	Fxyz	Mxyz	Fxyz	Mxyz	Fxyz	Mxyz
量程	500N	120Nm	1600N	450Nm	4000N	1800Nm	4000N	3600Nm
过载	300% F. S.			防护等级			IP64	
工作温度	-40-90℃			供电电压			24V	
准度	1.0% F. S.			通讯接口			网口	

2.2.1.5 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。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。如因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。

2.2.1.6 安装螺栓拧紧扭矩参考值

IV 型传感器安装螺栓拧紧扭矩参考值如下表：

表 2-19 IV 型传感器安装螺栓拧紧扭矩表

公制	参考扭矩(Nm)
M3	2.00
M4	4.00
M5	8.00
M6	13.00
M8	35.00
M10	45.00

第 3 章 软件使用

3.1. JAKA Zu Se 软件使用

3.1.1. JAKA Zu Se 系统搭建

3.1.1.1 I、III 型传感器系统搭建

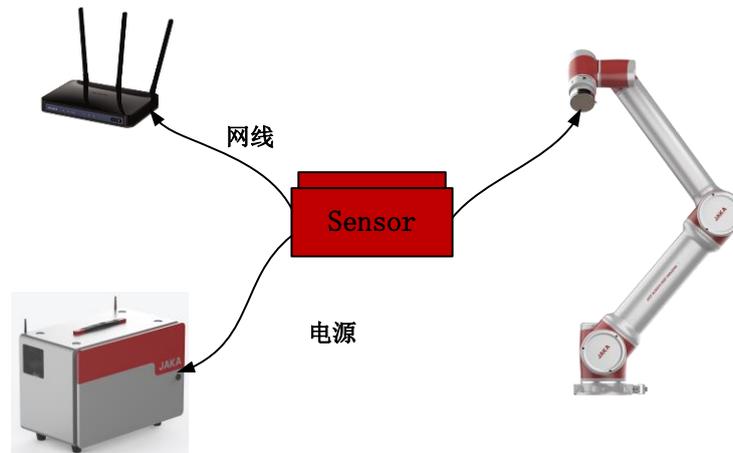


图 3-1 Se 系统示意图（网口型）

在使用 I 或 III 型力觉传感器时，需要进行的配置步骤如下：

- a. 正确进行硬件安装，保证传感器的 X 轴正方向与机器人末端法兰的 X 轴正方向一致；
- b. 将传感器线缆的网口头接入路由器或直接接入控制器底部网口；
- c. 连接传感器电源，可以采用机器人控制器内部电源或者用户自备的额外 24V 直流电源供电。
- d. 如果选择将线缆接入路由器，则需配置路由器 IP，将路由器设置为 192.168.2.x 网段；若选择直接接入控制器底部网口，则需要对 APP 中对控制器 IP 进行修改：

在主页右上角点击【设置】，然后点击【系统设置】→【网络设置】；

如图 3-2，选择“使用下面的 IP 地址”，将 IP 地址修改为“192.168.2.100”，子网掩码修改为“255.255.255.0”，默认网关修改为“192.168.2.1”；

注：如果您不想使用默认的传感器 IP 地址，可以咨询本公司，通过传感器上位机进行修改。

- e. 启动机器人控制柜，打开 JAKA Zu APP，连接机器人，并打开本体电源；
- f. 如图 3-2，在主页右上角点击【设置】，然后点击【硬件与通讯】→【末端传感器】进入传感器配置界面；
- g. 在传感器配置界面，选择正确的传感器类型，并指定 IP 和端口号（III 型传感器的默认 IP 为 192.168.2.108，端口号为 4008，I 型传感器已另行说明或与本公司联系查询），然后点击【确定】，待弹窗显示“设置成功”后，再点击右侧的拨钮开关使其由【编辑】状态变为【运行】；



图 3-2 Se 系统配置界面 (I/III 网口型)

h. 进入手动操作页面，点击【配置】，勾选【不初始化】，点击【确定】并关闭此配置页面，然后点击右侧的【查看】按钮，打开全部的拨钮开关（Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,实时），轻压传感器，如果图线出现波动，则传感器通讯正常（详见实时显示外力功能使用方法）；

注：如果无法正常进行通讯，请检查传感器硬件是否完好，接线以及此前的配置是否正确，然后重新启动传感器以及机器人，重启的步骤如下：断开传感器电源→拔出网线插头→关闭机器人本体电源并关闭机器人控制柜→将网线插头插入控制柜相应接口→连接传感器电源→启动机器人控制柜→重新进行此前的各项配置，若重启后仍无法解决问题，请与本公司联系，不要擅自尝试对传感器、机器人本体、电控柜或线缆进行拆解维修。

i. 传感器通讯正常后，需要进行负载参数设置：可以在【设置】→【硬件与通讯】→【末端传感器】→【负载设置】页签中点击左侧【工具（手动）】栏下的输入框进行手动输入连接在传感器上的末端工具的质量以及质心位置；也可以使用自动辨识功能（详见 JAKA Zu Se 使用方法小节）。确认负载辨识数据无误后（或者手动输入负载数据完成后），点击界面右上角拨钮开关使其由【运行】状态变为【编辑】，点击界面下方【确定】按钮，提示设置成功后再次点击界面右上角拨钮开关使其由【编辑】状态变为【运行】，至此传感器基础设置完成；

3.1.1.2 II、V 型传感器系统搭建

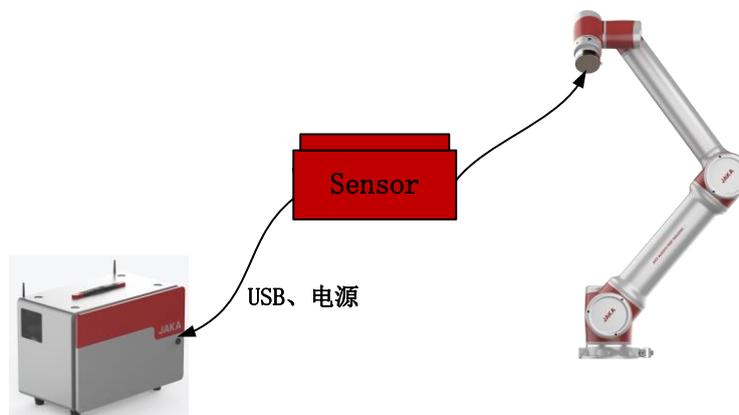


图 3-3 Se 系统示意图（USB 型）

在使用 II 或 V 型力觉传感器时，需要进行的配置步骤如下：

- 正确进行硬件安装，II 型传感器请保证传感器的 X 轴正方向与机器人末端法兰的 X 轴正方向一致；
- 将传感器线缆的 USB 插头接入控制器前面板 USB 接口；
- 连接传感器电源，可以采用机器人控制器内部电源或者用户自备的额外 24V 直流电源供电；
- 启动机器人控制柜，打开 JAKA Zu APP，连接机器人，并打开本体电源；
- 如图 3-4，在主页右上角点击【设置】，然后点击【硬件与通讯】→【末端传感器】进入传感器配置界面；
- 在传感器配置界面，选择正确的传感器类型，然后点击【确定】，再点击右侧的拨钮开关使其由【编辑】状态变为【运行】。

g. 进入手动操作页面，点击【配置】，勾选【不初始化】，点击【确定】并关闭此配置页面，然后点击右侧的【查看】按钮，打开全部的拨钮开关（Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,实时，若为V型传感器，则仅需打开Fz的拨钮开关即可），轻压传感器，如果图线出现波动，则传感器通讯正常（详见实时显示外力功能使用方法）；

注：如果无法正常进行通讯，请检查传感器硬件是否完好，接线以及此前的配置是否正确，然后重新启动传感器以及机器人，重启的步骤如下：断开传感器电源→拔出USB插头→关闭机器人本体电源并关闭机器人控制柜→将USB插头插入控制柜相应接口→连接传感器电源→启动机器人控制柜→重新进行此前的各项配置，若重启后仍无法解决问题，请与本公司联系，不要擅自尝试对传感器、机器人本体、电控柜或线缆进行拆解维修。

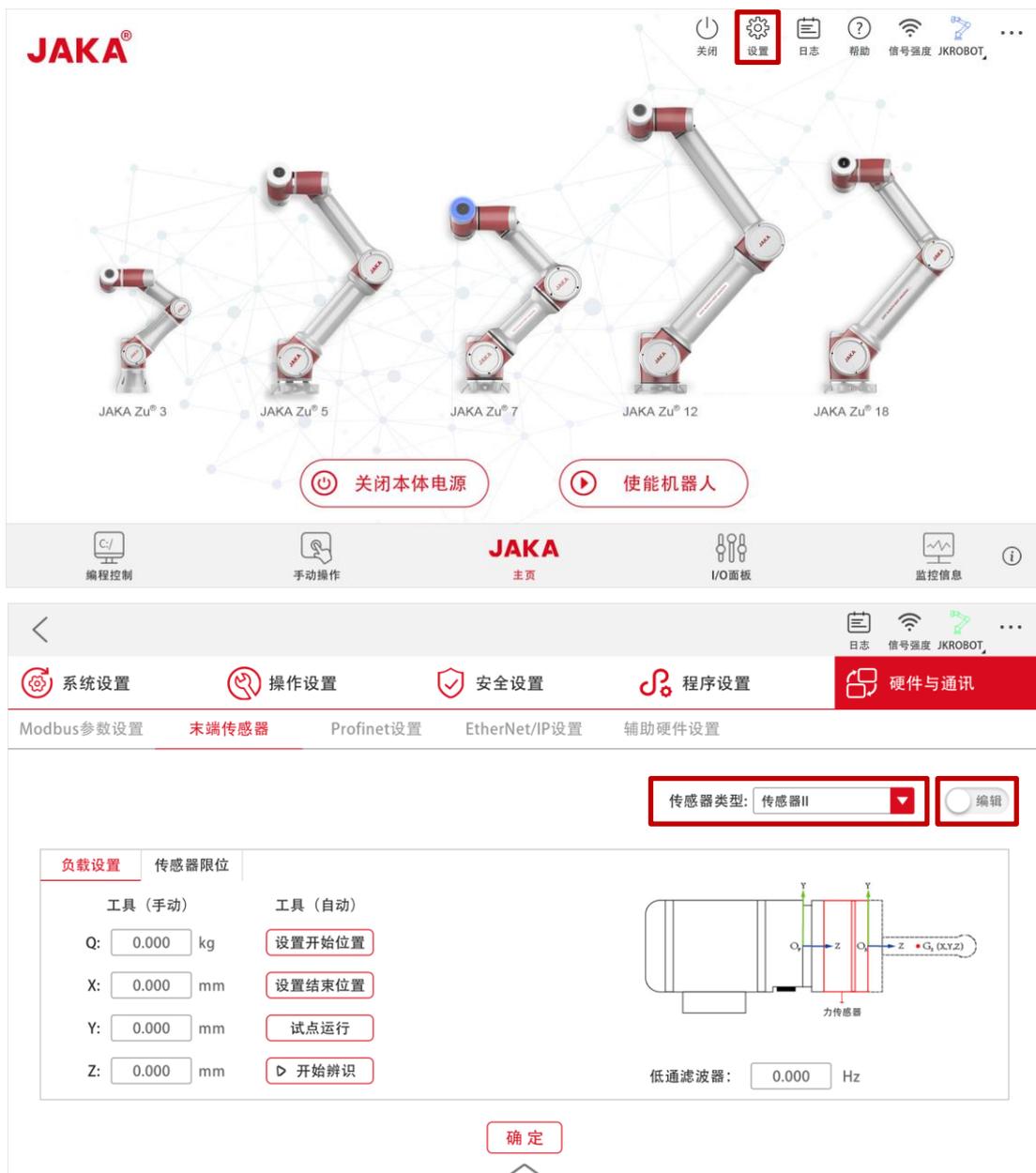


图 3-4 Se 系统配置界面（USB 型）

h. 传感器通讯正常后，需要进行负载参数设置：可以在【设置】→【硬件与通讯】→【末端传感器】→

【负载设置】页签中点击左侧【工具（手动）】栏下的输入框进行手动输入连接在传感器上的末端工具的质量以及质心位置；也可以使用自动辨识功能（详见 JAKA Zu Se 使用方法小节，V 型传感器不支持自动负载辨识功能）。确认负载辨识数据无误后（或者手动输入负载数据完成后），点击界面右上角拨钮开关使其由【运行】状态变为【编辑】，点击界面下方【确定】按钮，提示设置成功后再次点击界面右上角拨钮开关使其由【编辑】状态变为【运行】，至此传感器基础设置完成；

3.1.1.3 VI 型传感器系统搭建

在使用 VI 型力觉传感器时，需要进行的配置步骤如下：

- 正确安装力觉传感器硬件，将力觉传感器的连接端子接入到机器人末端 TIO 接口，传感器的 XY 方向与末端法兰的 XY 方向一致；
- 启动机器人控制柜，打开 JAKA Zu APP，连接机器人，并打开本体电源；
- 选择【设置】→【硬件与通讯】→【末端 IO】→【电压输出】，进行 TIO 电源输出配置，输出电压设置为 12V，并使能（见图 3-5），此时传感器指示灯亮，传感器通电完成；
- 如图 3-6，点击下方【IO 面板】→【工具端】，在【数字输出】子窗口中，点击“DO1”字样（注意：点击 DO1 字样而不是其上方的拨钮开关），弹出“IO 设置”窗口，在【模式设置】栏的下拉框中选择“复用为 RS485 通道 1”，点击【确定】退出，【数字输出】子窗口标题右侧出现【RS485 配置】；
- 点击【RS485 配置】弹出 RS485 通道的配置界面，包括通讯参数以及功能模式配置。如图 3-6，选择【力矩传感器】，设置波特率为 230400，数据位长度 8，停止位长度 1，校验方式无校验，设置完成后点击确定，TIO 与外部力觉传感器通讯配置完成；



图 3-5 VI 型力觉传感器通电配置界面

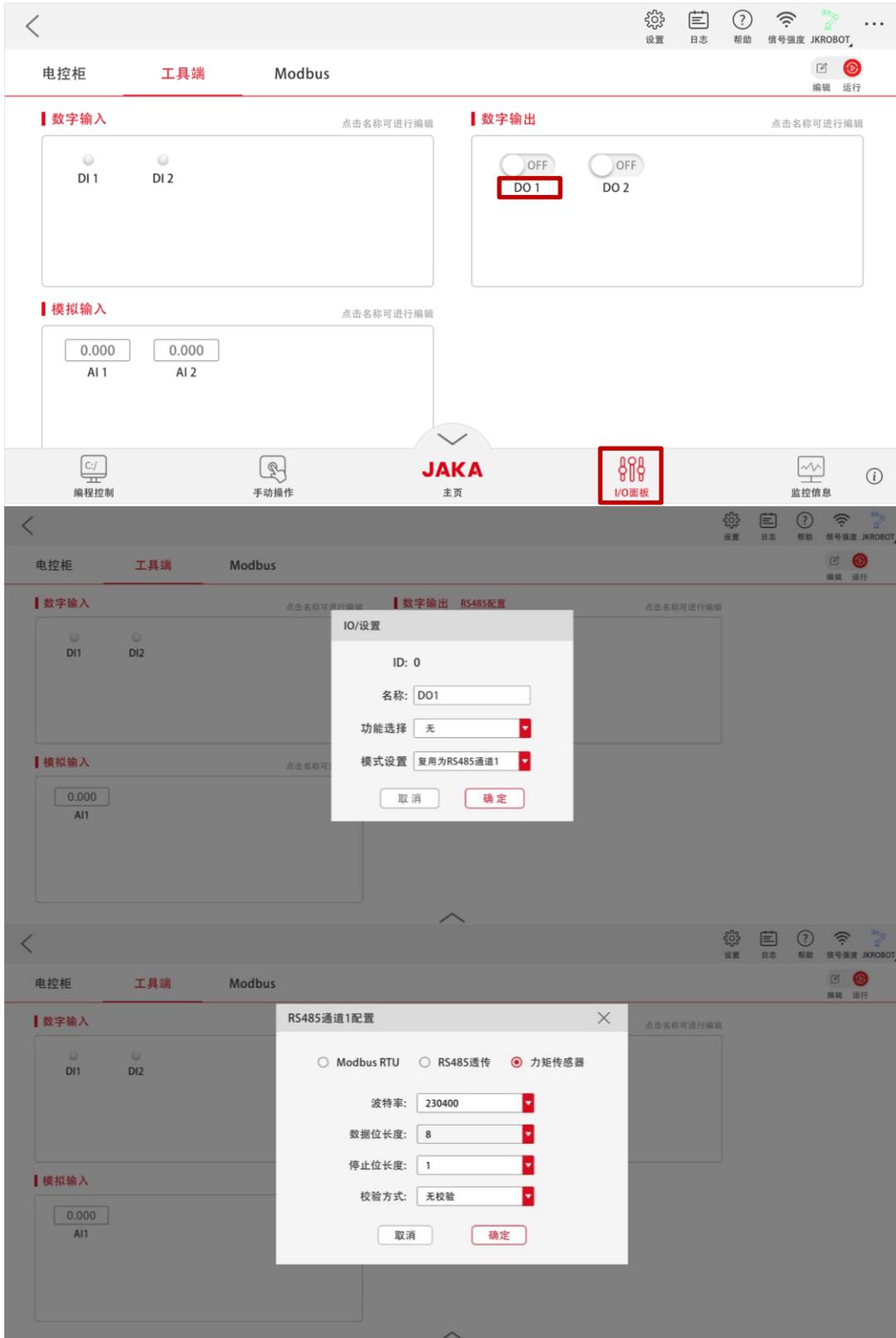


图 3-6 RS485 通道配置界面

- f. 如图 3-7，在主页右上角点击【设置】，然后点击【硬件与通讯】→【末端传感器】进入传感器配置界面，选择传感器类型 VI，然后点击【确定】保证传感器品牌设置成功，再点击右侧的拨钮开关使其由【编辑】状态变为【运行】，传感器应可正常通讯；

注 1：如果无法正常进行通讯，请检查传感器硬件是否完好，接线以及此前的配置是否正确，然后重新启动传感器以及机器人，重启的步骤如下：拔出传感器与机器人末端 TIO 之间的连接线缆→关闭机器人本体电源并关闭机器人控制柜→连接传感器与机器人末端 TIO 之间的连接线缆→启动机器人控制柜→重新进行此前的各项配置，若重启后仍无法解决问题，请与本公司联系，不要擅自尝试对传感器、机器人本体、电控柜或线缆进行拆解维修。

注 2：如果当前力觉传感器选用了 TIO 通道且此时正在进行通讯时，切换对应 TIO 的 RS485 通道配置或者引脚配置会提示错误，需将力觉传感器关闭方可进行。



图 3-7 Se 系统配置界面（TIO 型）

- g. 进入手动操作页面，点击【配置】，勾选【不初始化】，点击【确定】并关闭此配置页面，然后点击右侧的【查看】按钮，打开全部的拨钮开关（Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,实时，若为一维传感器，则仅需打开 Fz 的拨钮开关即可），轻压传感器，如果图线出现波动，则传感器通讯正常（详见实时显示外力功能使用方法）；
- h. 传感器通讯正常后，需要进行负载参数设置：可以在【设置】→【硬件与通讯】→【末端传感器】→【负载设置】页签中点击左侧【工具（手动）】栏下的输入框进行手动输入连接在传感器上的末端工具的质量以及质心位置；也可以使用自动辨识功能（详见 JAKA Zu Se 使用方法小节，一维传感器不支持自动负载辨识功能）。确认负载辨识数据无误后（或者手动输入负载数据完成后），点击界面右上角拨钮开关使其由【运行】状态变为【编辑】，点击界面下方【确定】按钮，提示设置成功后再次点击界面右上角拨钮开关使其由【编辑】状态变为【运行】，至此传感器基础设置完成；

3.1.2. JAKA Zu Se 使用方法

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 轴正方向与机器人法兰的 X 轴正方向一致；或者设置工具坐标系保证方向一致；
- d. 保证使用牵引示教、恒力柔顺等功能时，传感器初始化阶段，机器人的末端与外界环境没有接触力；
- e. 尽量避免在除力控终止条件、速度柔顺功能以外的力控功能中使机器人末端工具与环境之间发生高刚性接触或将机器人末端工具与外界进行刚性连接；
- f. 如果在使用过程中机器人发生抖动、晃动、失稳、漂移等现象，请立即关闭正在使用的力控模式或按下急停按钮，以免造成财产损失或人员受伤。

3.1.2.1 实时显示外力功能

在手动操作界面点击【查看】，可以实时显示接触外力值。可以通过开关 F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z 前的拨钮开关选择是否显示对应的力数据曲线，【实时】拨钮开关若置于开启状态，则会连续刷新实时显示力曲线，若置于关闭状态，则会停止刷新显示最后记录的一组力曲线数据，点击图线上的圆点可显示圆点处记录的力数据。

若【配置】界面内的【初始化】被勾选，此处显示的是经过传感器偏置、负载等补偿后的实际受力测量值，若勾选【不初始化】，则会显示传感器原始读数。

注意:

若在传感器进行初始化时（即勾选初始化并点击确定，或勾选初始化状态下打开拖拽拨钮开关的瞬间，或程序中设置的初始化被执行的瞬间），因系统对偏置、负载的采样，若机器人末端与外界之间存在接触力，则此接触力会被实时更新为传感器偏置，若不清除此偏置就直接继续使用力控功能，在机器人末端脱离接触后，系统误认为机器人末端受到了与此前的接触力等大反向的力，从而向原先的接触方向运动，造成危险！清除方法：使机器人末端与外界脱离接触，点击进入【配置】界面，勾选【初始化】并点击【确定】。

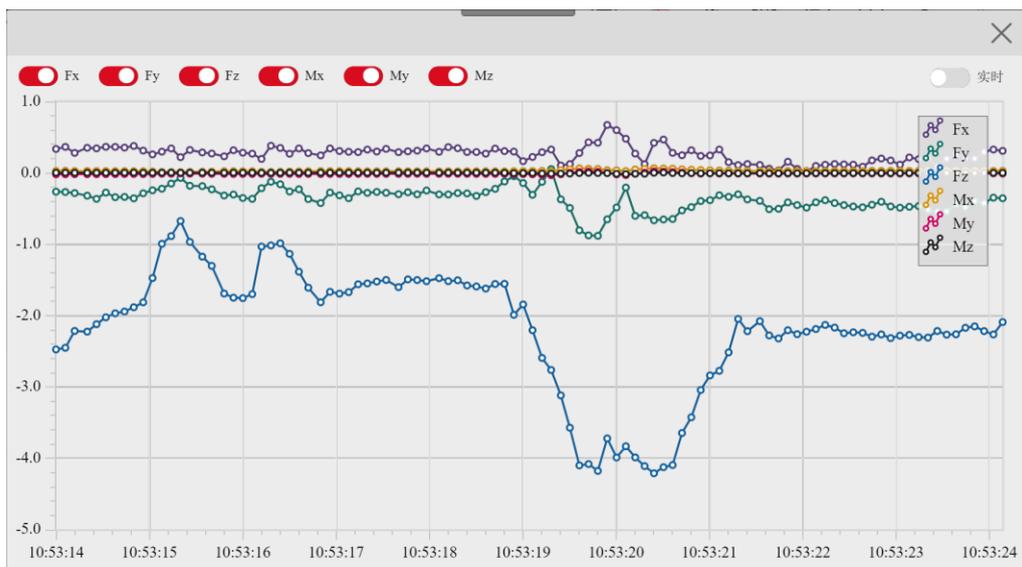
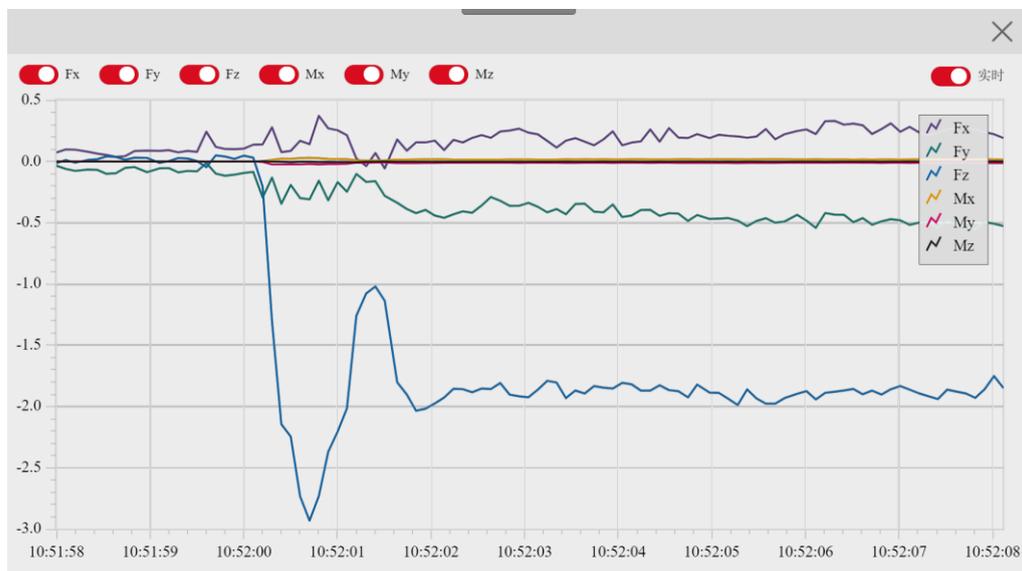
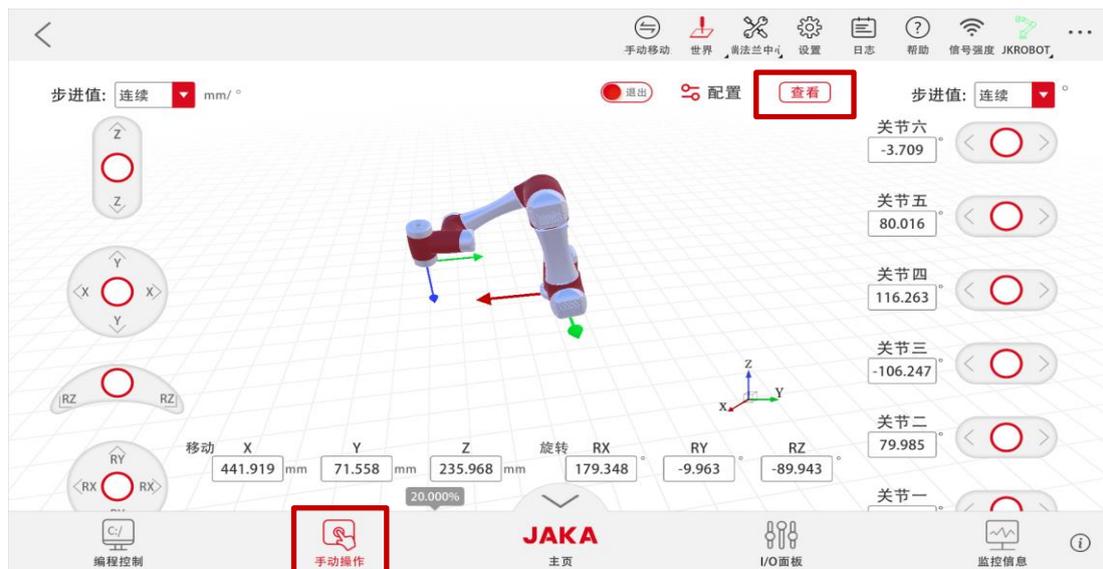


图 3-8 APP 显示力界面

3.1.2.2 自动负载辨识功能

使用自动负载辨识功能的步骤如下：

- a. 正确完成传感器系统搭建，确保传感器处于正常运行状态。
- b. 在主页右上角点击【设置】，然后点击【硬件与通讯】→【末端传感器】→【负载设置】进入负载设置界面（参考图 3-9）；
- c. 点击【设置开始位置】进入手动界面，将机器人运动到合适的位置（机器人需要上电并使能，并且务必确保机器人末端附近有足够的净空空间，4，5，6 三个关节运动时不会发生碰撞或者线缆拉扯），点击【确认】退出；

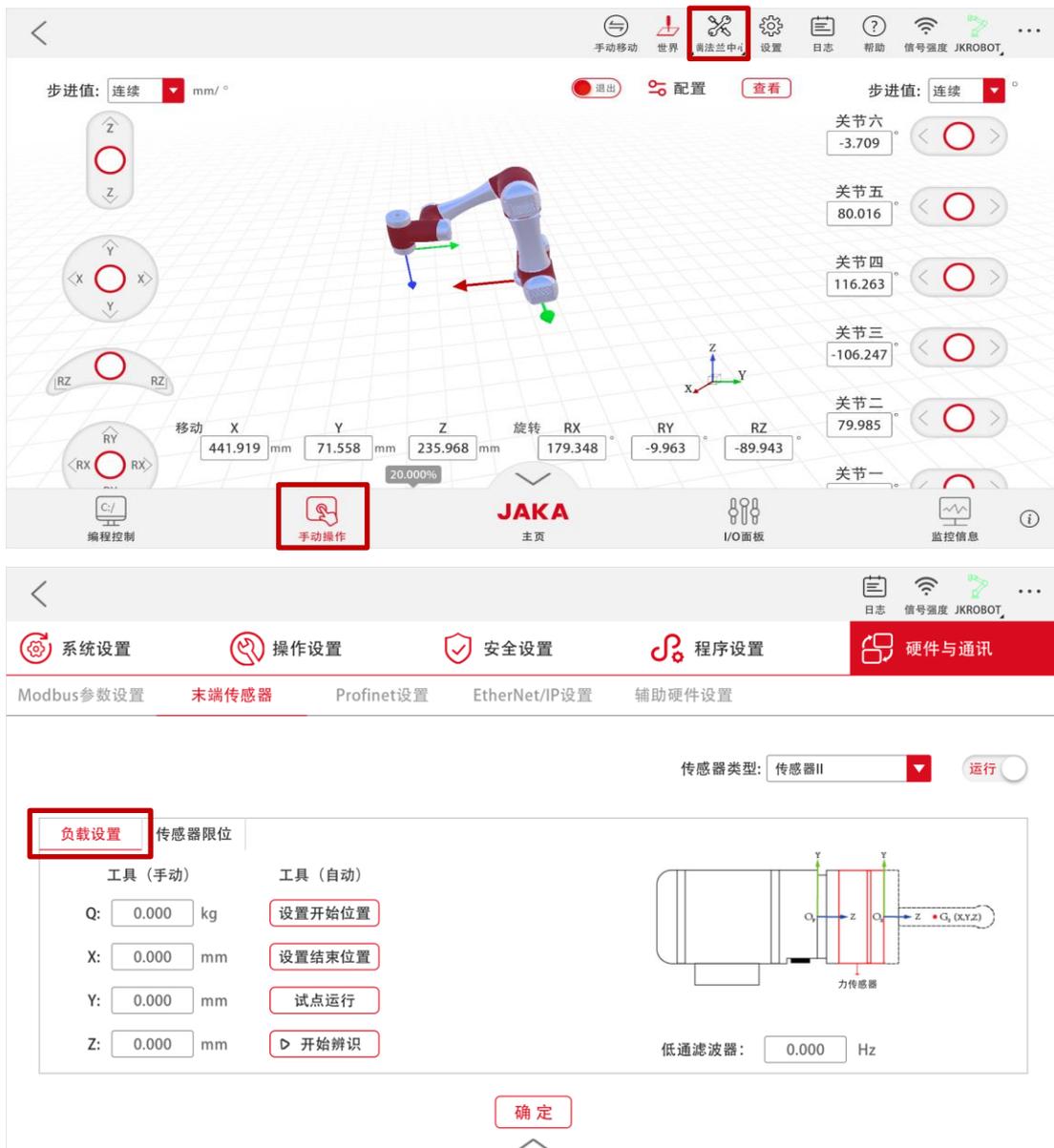


图 3-9 负载设置界面

- d. 点击【设置结束位置】进入手动界面，只允许运动 4、5、6 关节，必须确保关节 1-3 没有发生任何运动（即需要通过手动界面右侧分别控制 4、5、6 关节运动，禁止进行拖拽或通过左侧的 x/y/z/Rx/Ry/Rz 虚拟手柄控制机器人运动），运动范围在初始位置的 $\pm 90^\circ$ 之内（在保证机器人运动不发生碰撞或线缆拉扯

的情况下，运动范围越大，辨识结果越准确），点击确认退出；

- e. 长按【设置开始位置】使机器人回到初始位置，长按【试点运行】，确认辨识轨迹安全；
- f. 长按【设置开始位置】回到初始位置，点击【开始辨识】，等待约 1 分钟，APP 会显示辨识结果，结果无误点击确认，APP 将自动对负载数据进行更新；如有问题，可以退出，重新进入传感器配置界面进行辨识。

3.1.2.3 安全保护功能

使用安全保护功能的步骤如下：

- a. 正确完成传感器系统搭建，确保传感器可以正常运行；
- b. 在主页右上角点击【设置】，然后点击【硬件与通讯】→【末端传感器】→【传感器限位】进入负载设置界面，并将拨钮开关置于【编辑】状态（参考图 3-10）；
- c. 在【传感器限位】页签中设置最大允许的安全力值，机器人在运动过程中，如果传感器末端受力绝对值大于此设定阈值，机器人会立即停止运动，避免造成危险或财产损失。如果设置为 0，则代表没有限制。如无特殊需求，安全力值的推荐设置值为传感器量程的 80%；



图 3-10 JAKA Zu Se 安全保护功能设置

- d. 点击【确定】并将拨钮开关重新置为【运行】状态；

注意：

传感器限位不是机器人标准安全功能的一部分，此功能仅在基于末端传感器的牵引示教时、使用恒力柔顺空值功能时以及使用速度柔顺控制时生效。

3.1.2.4 牵引示教功能

使用牵引示教功能的步骤如下：

- a. 正确完成传感器系统搭建，确保传感器处于正常运行状态；
- b. 如图 3-11，进入【手动操作】页面，点击【配置】进入示教编辑界面，其中 Fx、Fy、Fz 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】前面的口，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_x 、 F_y 、 F_z 大于 15N， M_x 、 M_y 、 M_z 大于 0.3Nm，设置值不能为 0（开机后首次使用建议 F_x 、 F_y 、 F_z 大于 50N， M_x 、 M_y 、 M_z 大于 1Nm）；设置【回弹】可以使机器人模拟弹簧效果，即达到机器人离开起始点越远，拖拽机器人所需的拖拽力越大的效果，并让机器人在松手后回到拖拽之前的最初位置，此设置值越大，需要越大的力拖拽机器人，松手后机器人回弹也越快；

 **注意：**

【阻尼力】仅为手感软硬参数，并非精确数值。即，若【阻尼力】设置为 25N，并非指需要对机器人末端施加 25N 的力机器人才会开始运动，也并非指拖拽过程中机器人会对手施加 25N 的阻力。

 **注意：**

设备安装完成后，或机器人再次启动后，或从故障中恢复后，或传感器长时间通电后，首次使用牵引示教功能前，建议将阻尼力设置为较大的数值，建议 F_x 、 F_y 、 F_z 大于 50N， M_x 、 M_y 、 M_z 大于 1Nm，测试确认没有故障后，再调整为所需的数值。

- c. 力控坐标系选择：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】，则在机器人世界坐标系中拖拽机器人；
- d. 初始化：勾选【初始化】，在点击拨钮开关进入拖拽模式时，系统将自动对传感器的偏置和负载等进行补偿（此初始化过程耗时约 1 秒，初始化中必须保证机器人末端没有外力接触，否则会影响补偿精度），控制柜启动后首次使用牵引示教功能时必须勾选【初始化】；
- e. 上述各项配置完成后，点击【确定】，再点击【配置】左侧的拨钮开关使其由【退出】变为【拖拽】，此时进入拖拽模式，

 **注意：**

在一般应用中，建议在进入拖拽模式时始终勾选【初始化】以确保安全，机器人需要在使能状态才能进行拖拽。

 **警告：**

设备安装完成后，或机器人再次启动后，或从故障中恢复后，或传感器长时间通电后，首次使用此功能前，必须勾选【初始化】，否则可能造成机器人不受控运动，导致器械损毁或人员受伤！

 **警告：**

若勾选【初始化】，在进入拖拽模式之前，以及进入拖拽模式后 1 秒内，机器人末端不可受到任何外力，否则会引起传感器补偿误差，造成机器人不受控运动，导致器械损毁或人员受伤！

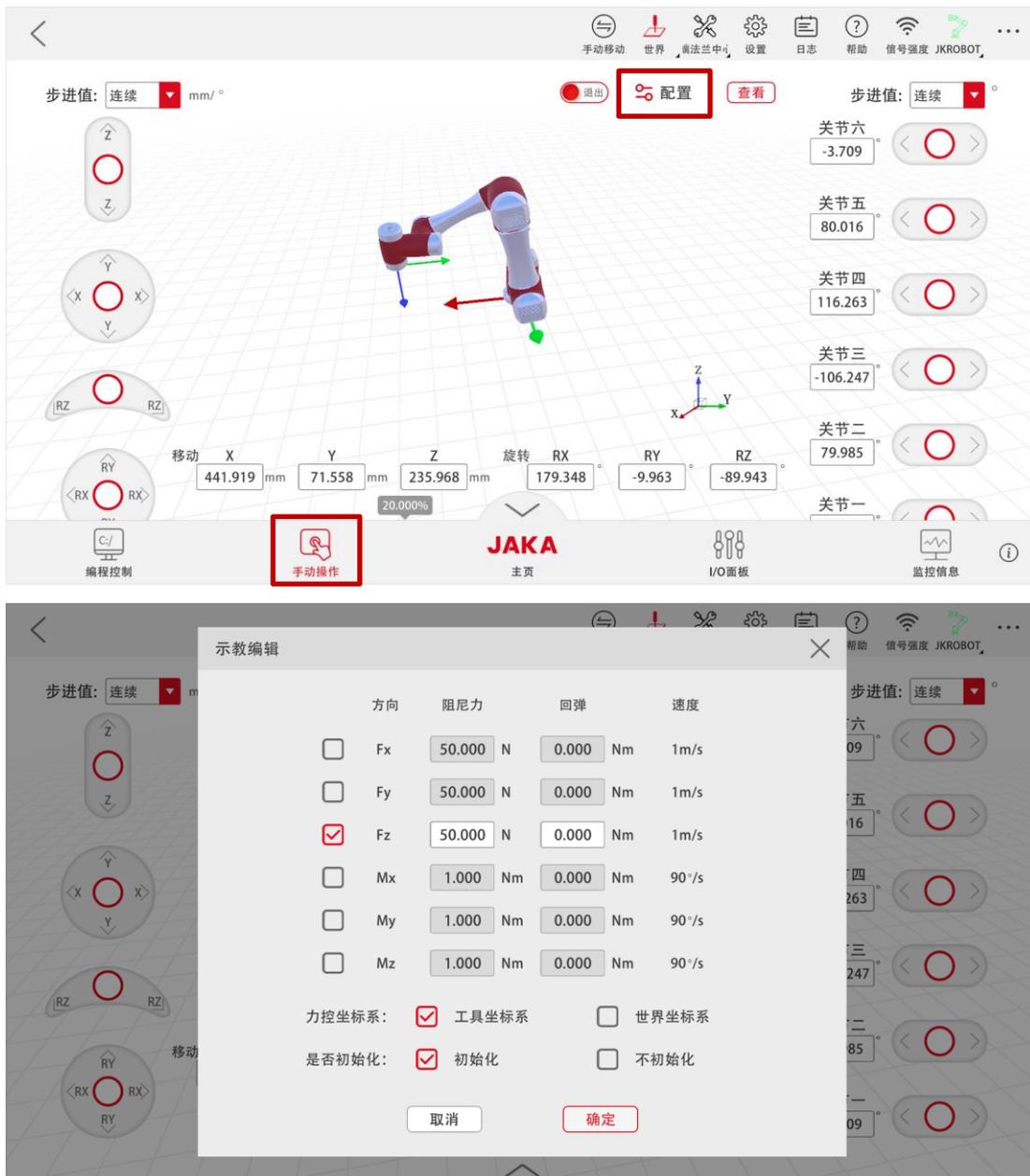


图 3-11 JAKA Zu Se 牵引示教功能设置

注：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，请点击按钮开关【退出】拖拽模式，在配置界面勾选初始化后再进入【拖拽】，重新进行一次传感器补偿；若不使用牵引示教功能，请及时点击按钮开关【退出】拖拽模式。

3.1.2.5 恒力柔顺功能

恒力柔顺功能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附近。使用恒力柔顺功能的步骤如下：

- a. 正确完成传感器系统搭建，确保传感器处于正常运行状态；
- b. 如图 3-12 编写程序，恒力模式所需的程序块包括【设置力控坐标系】、【恒力柔顺参数设置】、【开启

恒力柔顺控制】和【关闭恒力柔顺控制】，图 3-12 的示例程序场景为机器人在 xy 平面上（例如水平桌面）按压，控制 z 方向的接触力（即按压力）并同时贴合平面在 xy 方向进行直线运动（即“擦桌子”运动），其中点位“下落”与“起始点”相比仅在 z 方向降低，但此点位仍高于需要贴合的平面，不与其接触，点位“目标点”与点位“下落”相比，仅在 xy 方向上有变化，点位“抬起”与点位“目标点”设置为同一点位（因力控开启后，机器人自动对平面进行贴合，结束运动时其在 z 方向的高度实际上会低于目标点所设定的位置）；

 **注意：**

请正确设计机器人轨迹，并确保轨迹安全，机器人运动过程中不会发生力控方向以外的接触！

 **注意：**

在程序块“开启恒力柔顺控制”以及“关闭恒力柔顺控制”之间的所有运动指令，请选择直线运动模式，并且速度设置推荐小于 100mm/s 以达到较高的力控精度。

c. “设置力控坐标系”程序块的功能与手动操作界面的配置界面的坐标系选择作用相同；

d. 点击“恒力柔顺参数设置”程序块，进入“恒力柔顺控制编辑”界面，【阻尼力】、【回弹】参数的含义与手动操作界面的牵引示教配置参数一致，【阻尼力】的大小需要匹配外界的环境刚度（即接触表面的硬度），一般而言，环境刚度越大，需要的【阻尼力】值越大。此外，用户可以根据希望接触力值来设定【恒力】值；

 **注意：**

修改此处的【阻尼力】、【回弹】参数将同步修改手动操作界面示教编辑配置页面的同名参数，反之亦然。

 **注意：**

请将【设置力控坐标系】、【恒力柔顺参数设置】模块置于【开启恒力柔顺控制】模块之前，否则可能不会生效。此外，在力控使用结束后，务必添加【关闭恒力柔顺控制】模块，在没有执行过【关闭恒力柔顺控制】模块的情况下若再次执行【开启恒力柔顺控制】模块，可能引发机器人危险运动。

e. “开启恒力柔顺控制”程序块中【初始化】的选择与手动操作界面的牵引示教配置中的初始化复选框含义相同，首次使用此功能时，必须选择【初始化】，且务必确保在程序运行至此处时，机器人末端与外界没有任何接触。此外，由于传感器存在温漂，建议机器人在运行一段时间后，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。

 **警告：**

设备安装完成后，或机器人再次启动后，或从故障中恢复后，或传感器长时间通电后，首次使用此功能

前，请首先使用牵引示教功能确认没有故障（详见上一小节），以免造成意外。



图 3-12 JAKA Zu Se 恒力模式编程

3.1.2.6 速度柔顺功能

当机器人末端受力大于控制力设定值时，机器人会按照设定的速度阶梯连续进行阶梯式减速，直至传感器检测值小于控制力设定值或减速至 0。使用速度柔顺功能的步骤如下：

- a. 正确完成传感器系统搭建，确保传感器处于正常运行状态；
- b. 如图 3-13 编写程序，速度模式所需的程序块包括【设置力控坐标系】、【速度柔顺参数设置】、【柔顺控制力】、【开启速度柔顺控制】和【关闭速度柔顺控制】，图 3-13 的示例程序场景为机器人在 x 方向上往复运动，同时控制接触力；

⚠️ 注意：

请正确设计机器人轨迹及速度，并确保轨迹安全！

- c. “设置力控坐标系”程序块的功能与手动操作界面的配置界面的坐标系选择作用相同；
- d. 点击“柔顺控制力”程序块，进入“柔顺控制力编辑”界面，在需要进行力控制的方向上填写希望控制的力数值，0 代表在此方向上不进行力控制；
- e. 点击“速度柔顺参数设置”程序块，进入“速度柔顺控制编辑”界面，勾选所需的缩减模式并填写相应的速度等级；

⚠️ 注意：

请将【设置力控坐标系】、【速度柔顺参数设置】模块置于【开启速度柔顺控制】模块之前，否则可能不会生效。此外，在力控使用结束后，务必添加【关闭速度柔顺控制】模块，在没有执行过【关闭速度柔顺控制】模块的情况下若再次执行【开启速度柔顺控制】模块，可能引发机器人危险运动。

- f. “开启速度柔顺控制”程序块中【初始化】的选择与手动操作界面的牵引示教配置中的初始化复选框含义相同，首次使用此功能时，必须选择【初始化】，且务必确保在程序运行至此处时，机器人末端与外界没有任何接触。此外，由于传感器存在温漂，建议机器人在运行一段时间后，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。



警告:

设备安装完成后，或机器人再次启动后，或从故障中恢复后，或传感器长时间通电后，首次使用此功能前，请首先使用牵引示教功能确认没有故障（详见“牵引示教功能”小节），以免造成意外。

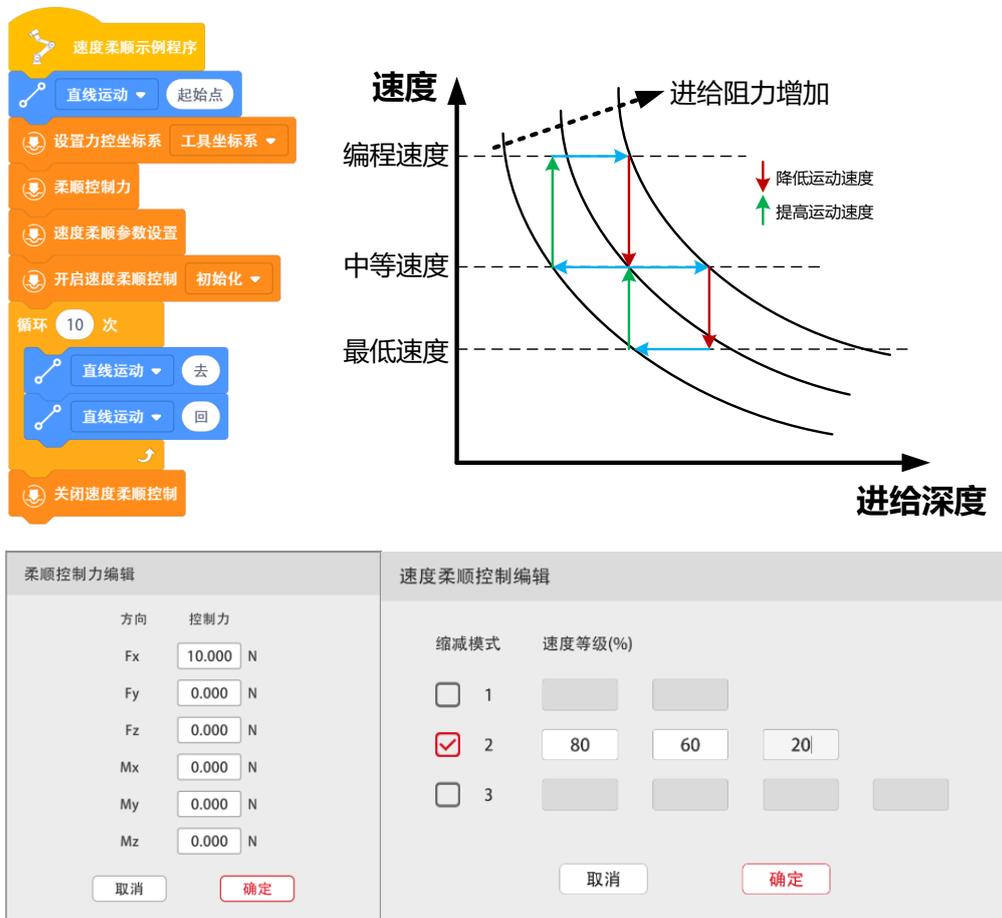


图 3-13 JAKA Zu Se 速度模式编程

3.1.2.7 运动终止条件功能

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，机器人会立刻停止当前执行的指令，并从当前位置直接开始执行下一条运动指令，运动到下一条运动指令的结束位置。

使用运动终止条件功能的步骤如下：

- a. 正确完成传感器系统搭建，确保传感器处于正常运行状态；
- b. 如图 3-14 编写程序，使用【运动终止条件】指令块，图 3-14 的示例程序场景为机器人在 z 方向上下往复运动，在下降过程中检测力，如果超过阈值则立即上升；

⚠️ 注意：

请正确设计机器人轨迹及速度，并确保轨迹安全！

⚠️ 警告：

配合力控终止条件使用时，机器人运动速度不可超过 **300mm/s**，加速度不可超过 **300mm/s²**，当机器人携带负载时，应设置更低的速度和加速度，此外，依据具体应用场景的变化，也需要设置更低的运动速度和加速度以确保机器人在检测到力后有足够的时间减速，否则可能造成硬件损毁。注意，即使程序在测试中看起来可以正常运行，传感器或其他硬件仍有可能在长时间反复的大力度拉、挤或弯折下疲劳损毁！因此在测试过程中必须注意检查整个运动过程中，特别是力控终止条件触发前后的瞬间，力和力矩是否超过了传感器量程！

- c. 点击“运动终止条件”程序块，在弹出的“运动终止条件”界面中勾选需要检测的方向并设置所需的阈值，注意如果同时勾选上限和下限，下限的数值必须严格小于上限的数值（一般而言下限应设置为负值）；

⚠️ 警告：

设备安装完成后，或机器人再次启动后，或从故障中恢复后，或传感器长时间通电后，首次使用此功能前，请首先使用牵引示教功能确认没有故障（详见“牵引示教功能”小节），以免造成意外。



图 3-14 JAKA Zu Se 运动终止条件编程

3.2. JAKA Zu Sp 软件使用

3.2.1. JAKA Zu Sp 系统搭建

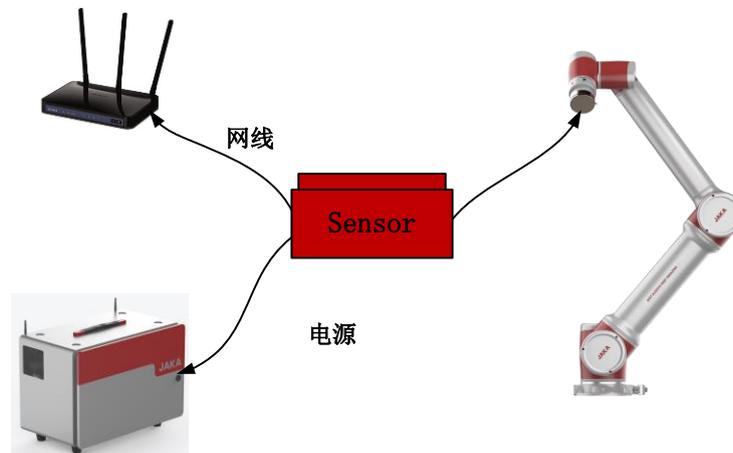


图 3-16 Se 系统示意图（网口型）

在使用底座型（IV 型）力觉传感器时，需要进行的配置步骤如下：

- 正确进行硬件安装，保证传感器的 X 轴正方向与机器人基座坐标系的 X 轴正方向一致；
- 将传感器线缆的网口头接入路由器或直接接入控制器底部网口；
- 连接传感器电源，可以采用机器人控制器内部电源或者用户自备的额外 24V 直流电源供电。
- 如果选择将线缆接入路由器，则需配置路由器 IP，将路由器设置为 192.168.2.x 网段；若选择直接接入控制器底部网口，则需要 APP 中对控制器 IP 进行修改：

在主页右上角点击【设置】，然后点击【系统设置】→【网络设置】；

如图 3-17，选择“使用下面的 IP 地址”，将 IP 地址修改为“192.168.2.100”，子网掩码修改为“255.255.255.0”，默认网关修改为“192.168.2.1”；



图 3-17 网络设置界面

注：如果您不想使用默认的传感器 IP 地址，可以咨询本公司，通过传感器上位机进行修改。



图 3-18 Sp 系统配置界面（IV 底座型）

- e. 启动机器人控制柜，打开 JAKA Zu APP，连接机器人，并打开本体电源；
- f. 如图 3-18，在主页右上角点击【设置】，然后点击【硬件与通讯】→【末端传感器】进入传感器配置界面；
- g. 在传感器配置界面，选择传感器类型 IV，并指定 IP 为 192.168.2.108，端口号为 4008，然后点击【确定】
- h. 进行负载参数设置：在【设置】→【硬件与通讯】→【末端传感器】→【负载设置】页签中点击左侧【工具（手动）】栏下的输入框进行手动输入连接在传感器上的末端工具的质量以及质心位置；
- i. 点击界面右上侧的拨钮开关使其由【编辑】状态变为【运行】，开启传感器，传感器应可正常开启；
- j. 进入手动操作页面，点击【配置】，勾选【不初始化】，点击【确定】并关闭此配置页面，然后点击右侧

的【查看】按钮，打开全部的拨钮开关（Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,实时），轻压传感器，如果图线出现波动，则传感器通讯正常，至此传感器基础设置完成。

注：如果无法正常进行通讯，请检查传感器硬件是否完好，接线以及此前的配置是否正确，然后重新启动传感器以及机器人，重启的步骤如下：断开传感器电源→拔出网线插头→关闭机器人本体电源并关闭机器人控制柜→将网线插头插入控制柜相应接口→连接传感器电源→启动机器人控制柜→重新进行此前的各项配置，若重启后仍无法解决问题，请与本公司联系，不要擅自尝试对传感器、机器人本体、电控柜或线缆进行拆解维修。

3.2.2. JAKA Zu Sp 使用方法

JAKA Zu Sp 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，机器人末端负载设置如果存在不精确的情况，机器人可能会出现误报碰撞的情况，如果难以获取精确负载，在条件允许的情况下，可以降低机器人的碰撞灵敏度；
- c. 保证传感器的 X 轴正方向与机器人基座坐标系的 X 轴正方向（航空插头方向）一致；或者设置用户坐标系保证方向一致；
- d. 保证力觉传感器与机器人控制器都配置在同一网段；
- e. 保证使用牵引示教、恒力柔顺等功能时，传感器初始化阶段，机器人的末端与外界环境没有接触力；
- f. 尽量避免在牵引示教过程中使机器人末端工具与环境之间发生高刚性接触或将机器人末端工具与外界进行刚性连接；
- g. 如果在使用过程中机器人发生抖动、晃动、失稳、漂移等现象，请立即关闭正在使用的力控模式或按下急停按钮，以免造成财产损失或人员受伤。

3.2.2.1 实时显示外力功能

在手动操作界面点击【查看】，可以实时显示接触外力值。可以通过开关 F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z 前的拨钮开关选择是否显示对应的力数据曲线，【实时】拨钮开关若置于开启状态，则会连续刷新实时显示力曲线，若置于关闭状态，则会停止刷新显示最后记录的一组力曲线数据。

注意:

在不处于拖拽模式时或退出拖拽模式的瞬间，若勾选【初始化】（请参阅 3.2.2.3 牵引示教功能小节），系统会实时对传感器偏置、负载等进行补偿，因此点击【查看】按钮实时查看力数据将发现力数据全部为 0，需要勾选【不初始化】并点击【确定】后方可查看。

注意:

在不处于拖拽模式时或退出拖拽模式的瞬间，若勾选了【初始化】，因系统偏置、负载的实时补偿，若机器人末端与外界之间存在接触力，则此接触力会被实时更新为传感器偏置，若在此接触力仍然存在时勾选【不初始化】并点击【确定】或进入拖拽模式，会导致在此接触力消失后系统内部存在与此接触力反向的力偏置，即在机器人末端真实不受力时，系统误认为机器人末端受到了与此前的接触力等大反向的力，请务必注意！

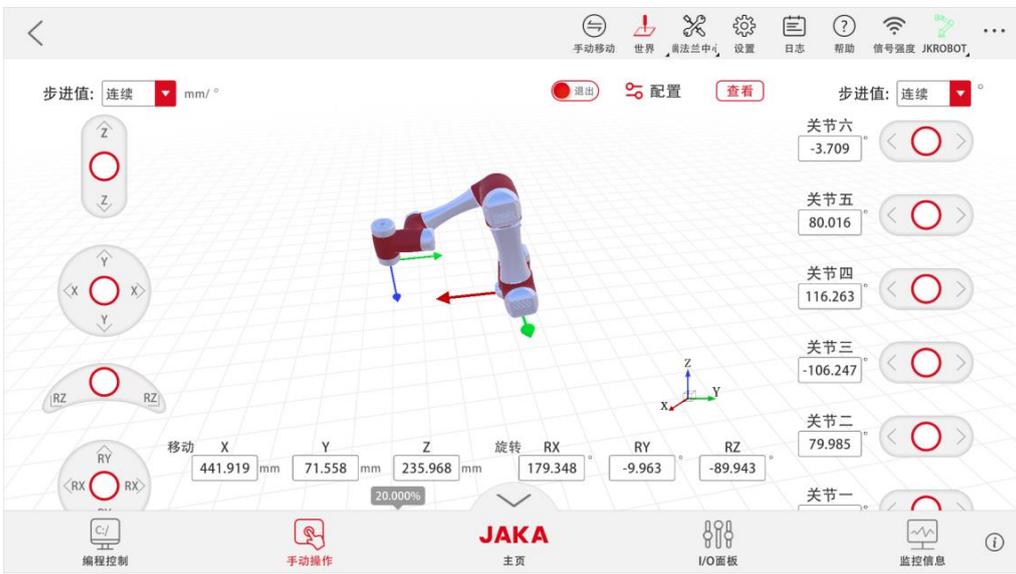
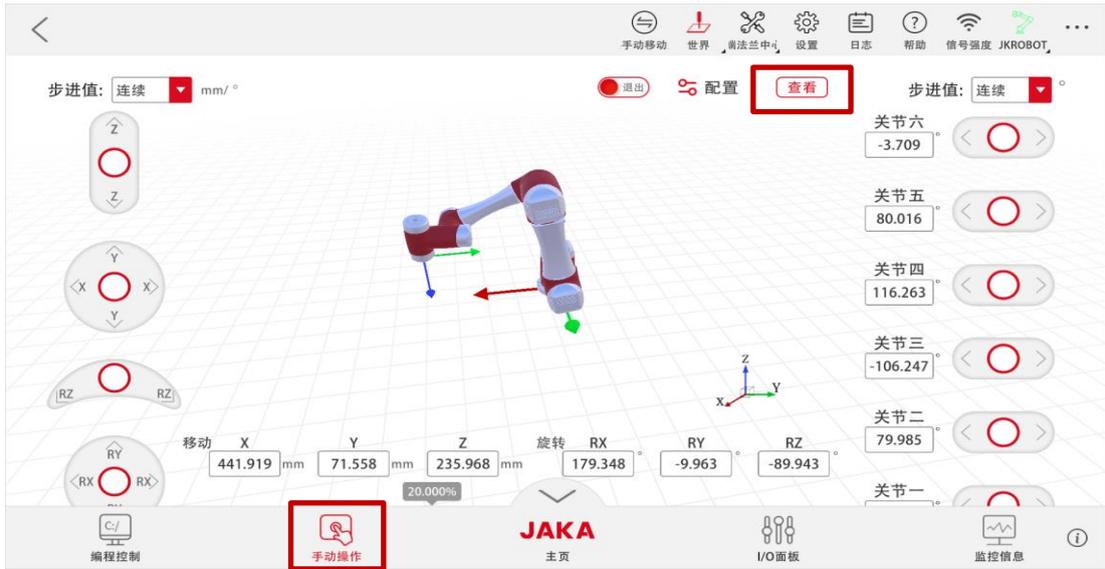


图 3-19 APP 显示力界面

3.2.2.2 牵引示教功能

使用牵引示教功能的步骤如下：

- a. 正确完成传感器系统搭建，确保传感器处于正常运行状态；
- b. 如图 3-20，进入【手动操作】页面，点击【配置】进入示教编辑界面，其中 F_x 、 F_y 、 F_z 对应 X、Y、Z 三个方向的位移；通过勾选【方向】前面的口，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，Sp 系列的阻尼力参数建议 F_x 、 F_y 、 F_z 大于 50N，设置值不能为 0；设置【回弹】可以达到机器人离开始拖拽的起始点越远，拖拽机器人所需的拖拽力越大的效果，并让机器人在松手后回到拖拽之前的最初位置，此设置值越大，需要越大的力拖拽机器人，松手后机器人回弹也越快；

注意：

【阻尼力】仅为手感软硬参数，并非精确数值。即，若【阻尼力】设置为 50N，并非指需要对机器人末端施加 50N 的力机器人才会开始运动，也并非指拖拽过程中机器人会对手施加 50N 的阻力。

注意：

设备安装完成后，或机器人再次启动后，或从故障中恢复后，或传感器长时间通电后，首次使用牵引示教功能前，建议将阻尼力设置为较大的数值，建议 F_x 、 F_y 、 F_z 大于 150N，测试确认没有故障后，再调整为所需的数值。

- c. 力控坐标系选择：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】，则在机器人世界坐标系中拖拽机器人；
- d. 初始化：勾选【初始化】，可以使进入拖拽模式时自动对传感器的偏置和负载等进行补偿（初始化过程中必须保证机器人及基座没有外力接触，否则会影响补偿精度），控制柜启动后首次使用牵引示教功能时必须勾选【初始化】；
- e. 上述各项配置完成后，点击【确定】，再点击【配置】左侧的拨钮开关使其由【退出】变为【拖拽】，此时进入拖拽模式，

注意：

在一般应用中，建议在进入拖拽模式时始终勾选【初始化】以确保安全，Sp 系列建议进行慢速牵引示教。

警告：

设备安装完成后，或机器人再次启动后，或从故障中恢复后，或传感器长时间通电后，首次使用此功能前，必须勾选【初始化】，否则可能造成机器人不受控运动，导致器械损毁或人员受伤！

警告：

若勾选【初始化】，在进入拖拽模式之前，以及进入拖拽模式后 1 秒内，机器人及基座不可受到任何外

力，否则会引起传感器补偿误差，造成机器人不受控运动，导致器械损毁或人员受伤！



图 3-20 JAKA Zu Se 牵引示教功能设置

注：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，请点击拨钮开关【退出】拖拽模式，在配置界面勾选初始化后再进入【拖拽】，重新进行一次传感器补偿；若不使用牵引示教功能，请及时点击拨钮开关【退出】拖拽模式。

3.2.2.3 碰撞检测功能

使用碰撞检测功能的步骤如下：

- 正确完成传感器系统搭建，确保传感器处于正常运行状态；
- 正确设置负载：在主页右上角点击【设置】，然后点击【操作设置】→【负载设置】，选择“手动输入模式”，输入正确的质量和质心位置；执行程序时，也可以调用“设置负载”程序块进行负载设置（如图 3-21）；
- 调整碰撞检测灵敏度：在主页右上角点击【设置】，然后点击【安全设置】→【碰撞保护】，点击【碰

撞设置】页签，设置希望的碰撞检测灵敏度，其中自定义模式下的所有参数，等级越高或数值设置越大，检测碰撞越不灵敏；执行程序时，也可以调用“设置碰撞灵敏度”程序块进行负载设置，其中等级1-5对应力限制等级的1-5（如图3-21）；

警告:

设备安装完成后，或机器人再次启动后，或从故障中恢复后，或传感器长时间通电后，首次使用此功能前，必须在手动操作界面点击【配置】，在弹出的编辑界面中勾选【不初始化】，点击【确定】，然后再勾选【初始化】，点击【确定】，等待1-2秒后方可使用，等待期间机器人及基座不可受到任何外力，否则可能造成初始化失败，机器人不受控运动，导致器械损毁或人员受伤！

注意:

由于传感器存在温漂等原因，建议在使用前对传感器进行1小时的预热，并在长时间循环运行的程序块中，每次循环开始前都添加“恒力柔顺参数设置”，“开启恒力柔顺控制（不初始化）”，“开启恒力柔顺控制（初始化）”，“等待1秒”，“关闭恒力柔顺控制”5个模块进行初始化补偿（如图3-21的示例程序）。其中“恒力柔顺参数设置”模块必须保证没有勾选任何方向，在程序执行这5个模块的过程中，机器人及基座不可受到任何外力。

注意:

使用此功能，必须保证手动操作界面中，点击【配置】后弹出的示教编辑页面中，以及编程控制界面中“恒力柔顺参数设置”程序块中，没有勾选任何方向。

注意:

如无特殊需要，请使用快速设置模式进行设置，并且尽量避免设置为无限制，自定义模式需要在理解各参数含义以及参考快速设置模式各级别对应数值的基础上由技术人员进行操作！

注意:

如果机器人末端负载需要变化，需要提前关闭碰撞，重新设置负载完成后，再打开碰撞并设置灵敏度。



图 3-21 JAKA Zu Sp 碰撞检测功能设置



节卡机器人股份有限公司
地址：上海市闵行区剑川路 610 号 33-35 幢
电话：400-006-2665
网址：www.jaka.com