

## 六轴力传感器使用参考

本文件介绍南宁宇立仪器有限公司（SRI，[www.srisensor.com](http://www.srisensor.com)）六轴力传感器的使用参考，包括力传感器的原理、性能指标的定义、安装及使用。

本文件所有权和最终解释权归 SRI 所有，请务必与 SRI 保持联系以确保使用最新版本的文件。

## Contents

1. 简介.....	3
2. 传感器原理.....	3
2.1 原理.....	3
2.2 解耦方法 .....	4
3. 术语定义 .....	5
3.1 满量程 CAPACITY .....	5
3.2 满量程输出 OUTPUT@CAPACITY .....	5
3.3 灵敏度 SENSITIVITY .....	5
3.4 解耦矩阵 NONLINEARITY .....	5
3.5 非线性 NONLINEARITY .....	5
3.6 迟滞 HYSTERESIS.....	5
3.7 串扰 CROSSTALK .....	5
3.8 零点 ZERO OFFSET .....	5
3.9 精度 ACCURACY .....	5
3.10 分辨率 RESOLUTION .....	6
3.11 过载能力 OVERLOAD CAPACITY .....	6
4. 机械安装 .....	7
5. 电气接口 .....	8
5.1 小信号输出型 .....	8
5.2 内置放大器型 .....	9
5.3 数字通信型.....	10

## 1. 简介

SRI 是全球领先的六轴力传感器供应商，产品大部分出口到欧、美地区。全球大多数汽车企业都在使用 SRI 生产的六轴力传感器，SRI 是 ABB、富士康的长期供应商。SRI 的产品无论在研发还是生产领域都得到了良好的应用。

SRI 拥有国际领先的 6 轴力传感器生产线和检测实验室，从机械加工到贴片、焊接、标定，所有的生产工艺和质量控制系统都和美国相同。SRI 的检测实验室通过了 ISO17025(CNAS)认证，客户购买的每个传感器都符合国际规范。

SRI 品牌涵盖 12 个产品系列，近 200 个产品型号，包括 iGrinder 智能浮动磨头、1 至 6 轴力传感器、扭矩传感器和数据采集系统。

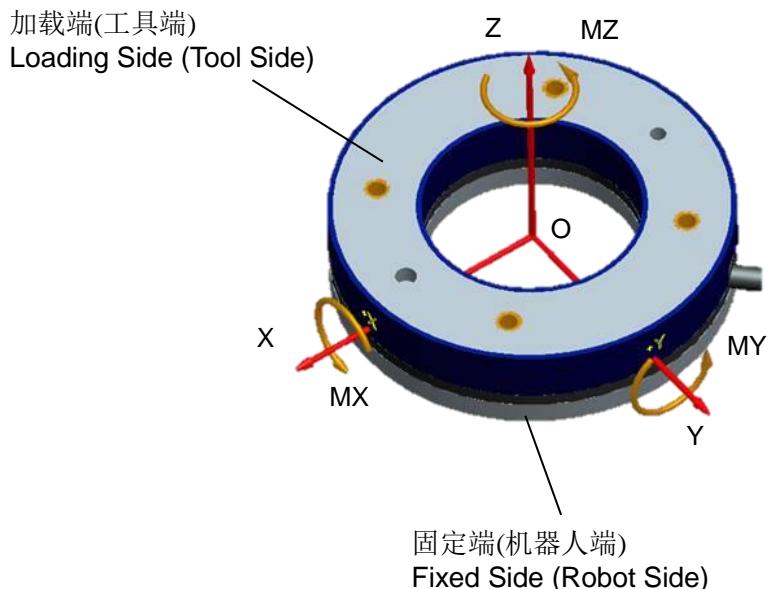
## 2. 传感器原理

### 2.1 原理

六轴力传感器是一种特殊的力传感器，能够同时测量中性坐标系 (OXYZ) 内的三个力 (FX、FY、FZ) 和三个矩 (MX、MY、MZ)。

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，具体坐标位置参考传感器的技术资料。SRI 六轴力传感器的技术资料可以在网址 [www.srisensor.com](http://www.srisensor.com) 中下载，[也可发邮件至 sri@srisensor.com](mailto:sri@srisensor.com) 索取。



## 2.2 解耦方法

SRI 六轴力传感器有两种解耦方法：矩阵解耦和结构解耦。

### 矩阵解耦型：

矩阵解耦型六轴力传感器有 6 到 12 个通道输出，各路输出相互耦合(如加载 FZ 时所有通道都有输出)。采集到所有通道的信号后，和解耦矩阵做运算即可得到三个力 (FX、FY、FZ) 和三个矩 (MX、MY、MZ)。

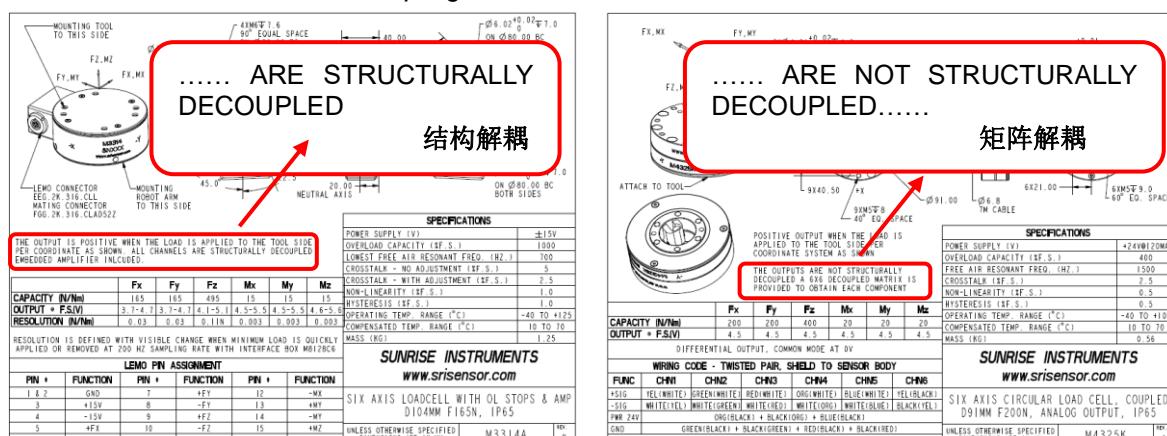
如 M37XX 系列、M38XX 系列和 M35XX 系列都是矩阵解耦型六轴力传感器。

### 结构解耦型：

结构解耦型六轴力传感器只有 6 个通道输出，各路输出相互独立。(如加载 FZ 时只有 FZ 通道有输出)。采集到各通道的信号后，除以灵敏度系数即可得到三个力 (FX、FY、FZ) 和三个矩 (MX、MY、MZ)。M33XX 系列和 M39XX 系列都是结构解耦型六轴力传感器。

具体解耦方法请参考传感器的技术资料。

也可从标定报告中明显区分，若标定报告显示的是灵敏度系数 (Sensitivity) 则是结构解耦型，若标定报告显示的是解耦矩阵 (Decoupling Matrix) 则是矩阵解耦型。

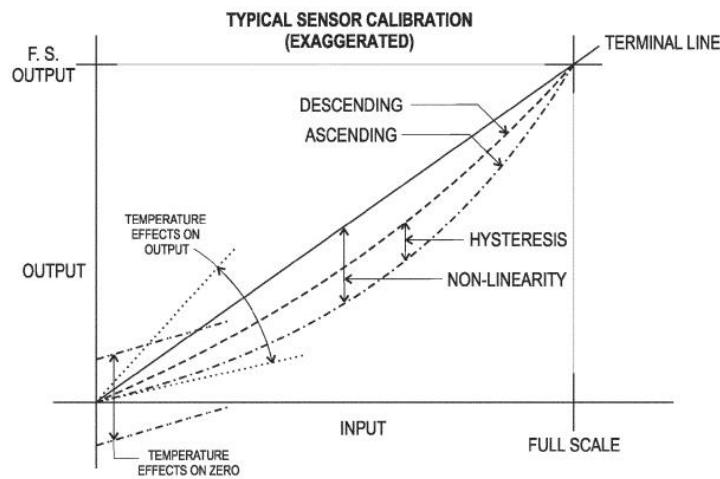


### 3. 术语定义

SRI 六轴力传感器的术语及定义采用美国汽车工程师协会 SAE J2570-2001 的规定, SRI 的检测实验室通过了 ISO17025(CNAS)认证, 如下图所示。



ISO17025 证书



典型检测数据曲线（源于 SAE J2570-2001 FIGURE1）

#### 3.1 满量程 Capacity

传感器能有效测量的最大加载力(转矩)。

#### 3.2 满量程输出 Output@Capacity

在受到最大规定加载的力(转矩)时, 传感器各通道输出的电信号值即为满量程输出。

#### 3.3 灵敏度 Sensitivity

传感器灵敏度等于满量程输出除以传感器的满量程力（扭矩）值。

#### 3.4 解耦矩阵 Nonlinearity

解耦矩阵是矩阵解耦型传感器的专用术语, 用于将相互耦合的输出计算能力和扭矩的值。一般是一个 6X6 的矩阵或者是一个 6X12 的矩阵。

#### 3.5 非线性 Nonlinearity

传感器输出量与参考直线（连接零点和满量程输出点的直线）的最大偏差除以满量程的百分比。

#### 3.6 迟滞 Hysteresis

在同一个负载下, 加载和卸载时的信号输出在相等加载点上的最大偏差除以满量程的百分比。

#### 3.7 串扰 Crosstalk

当在传感器其它轴加载力（扭矩）至满量程时, 当前轴的输出除以当前轴的满量程的百分比。

#### 3.8 零点 Zero offset

在“零状态”时传感器的输出。零状态由客户定义, 如可定义为传感器水平放置时为零状态, 也可定义为传感器竖直放置时为零状态。

#### 3.9 精度 Accuracy

传感器输出值的准确程度, 通常用非线性、迟滞和串扰指标衡量。



### 3.10 分辨率 Resolution

传感器能分辨的最小信号，通常分辨率要比精度高很多。该指标只表征传感器能敏感多小的信号，但并不代表能精确测量。

分辨率概念和精度概念不能等同。

分辨率主要受传感器自身性能和测量系统噪声影响，噪声又和采样率密切相关。

**SRI** 六轴力传感器的分辨率是指在 100HZ 采样率下，用 **SRI** 数据采集卡 M8128 测试时，传感器能分辨的最小力（力矩）信号。

### 3.11 过载能力 Overload Capacity

传感器抵抗过载的能力，一般是传感器额定量程的 1.5 倍至 10 倍，可在传感器技术资料中查阅。

**SRI** 建议客户选择合适量程的传感器。

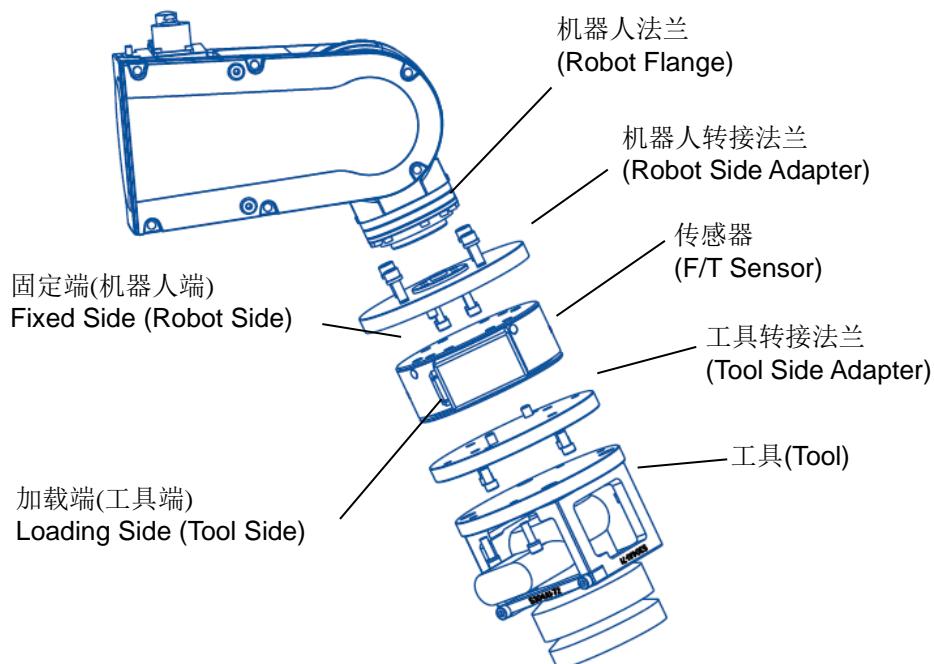
一般而言，最大外力加载在传感器满量程的 50% - 80% 比较合适。

尽管传感器有一定的过载能力，不建议客户使用传感器的过载范围。

#### 4. 机械安装

传感器的技术手册详细标注了传感器的尺寸、固定端(机器人端 / Fixed Side / Robot Side)位置和加载端(工具端/ Loading Side / Tool Side)位置，安装方法如下图所示。

需要说明的是，电线或接头都是固定于固定端(机器人端 / Fixed Side / Robot Side)。为力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(机器人端 / Fixed Side / Robot Side)一定要固定，外力从加载端(工具端/ Loading Side / Tool Side)加载。



注：有销钉孔的地方都要用销钉。

Note: All pin should be installed if it is required.

#### 安装螺栓拧紧扭矩参考值

公制	英制	参考拧紧扭矩 (Nm)
M1.6	—	0.30
M2	—	0.40
M2.5	—	1.00
M3	#6	2.00
M4	#8	4.00
M5	#10	8.00
M6	1/4"	13.00
M8	5/16"	35.00
M10	3/8"	45.00
M12	1/2"	60.00

## 5. 电气接口

SRI 六轴力传感器包括如下几种配置，具体配置可在传感器技术资料中查阅。

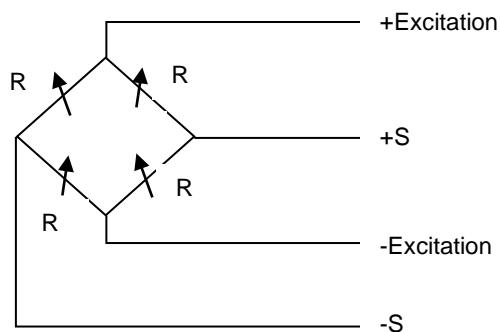
小信号输出型：应变计桥路直接输出至外部，如 M35XX 系列

内置放大器型：应变计桥路连接至传感器内部放大器，信号放大后再输出至外部，如 M33XX 系列

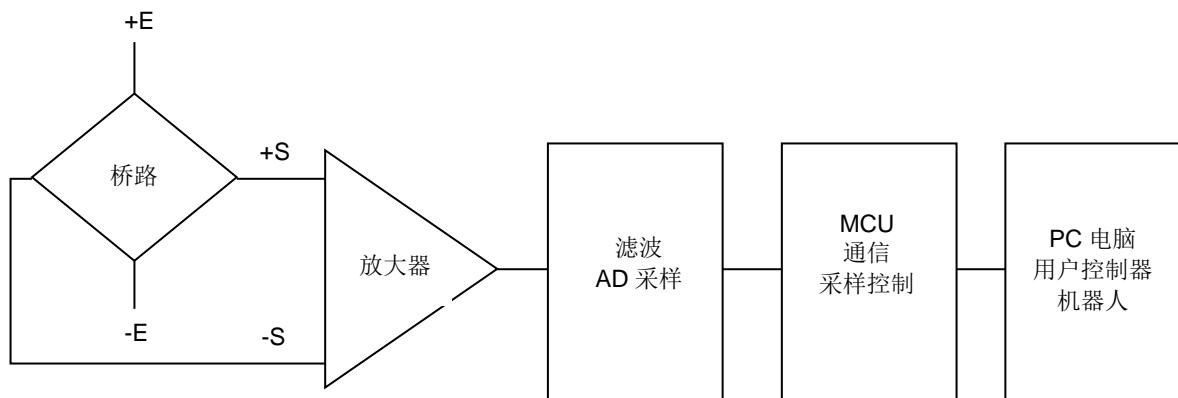
数字通信型：应变计桥路连接至传感器内部信号采集卡，采集卡以数字总线方式(如 RS232、CAN、Ethernet、EtherCAT) 输出至外部，如 M4325N。

### 5.1 小信号输出型

小信号输出型传感器采用全桥模式，应变计桥路直接输出至外部，如下图所示：



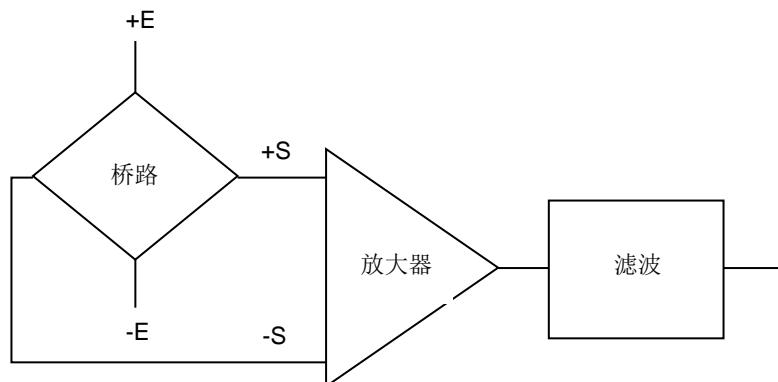
外部完整测量电路如下图：



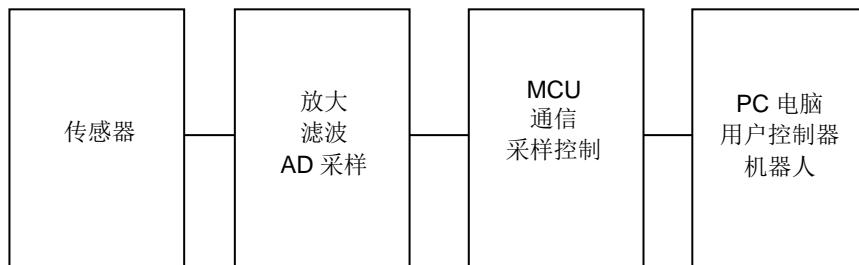
为方便使用，小信号输出型传感器可以选配 SRI 信号放大器(M830X)或数据采集卡(M812X)。

## 5.2 内置放大器型

内置放大器型传感器的信号放大器集成与传感器内部，应变计桥路连接至放大器，信号放大后再输出至外部。如下图所示：



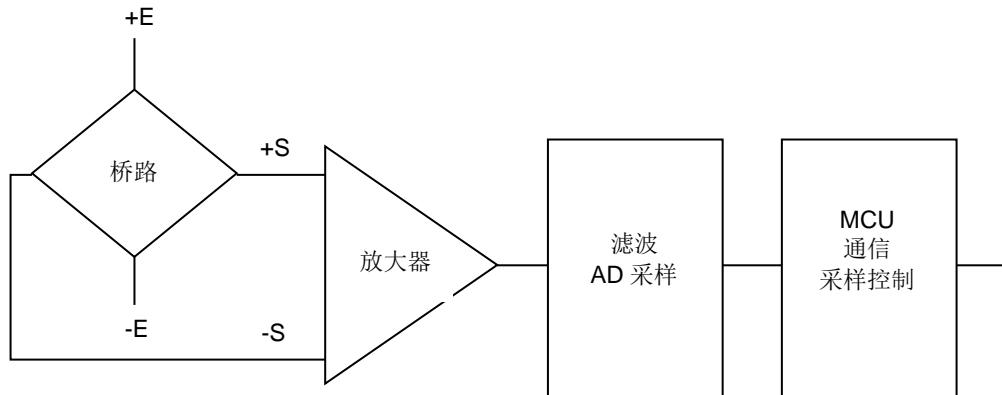
外部完整测量电路如下图：



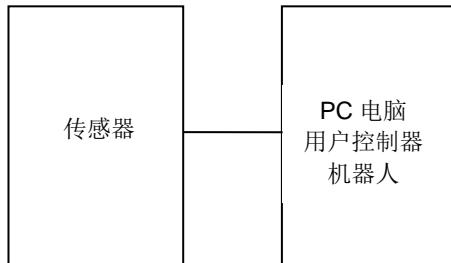
为方便使用，内置放大器型传感器可以选配 SRI 数据采集卡(M812X)，以直接获取传感器力和力矩信号。

### 5.3 数字通信型

数字通信型传感器集成了数据采集卡，以数字总线方式（如 RS232、CAN、Ethernet、EtherCAT）输出至外部。如下图所示：



外部完整测量电路如下图：



SRI 提供电脑端软件 iDAS RD 用于读取传感器数据，内置数据采集卡的通信指令也是开放的，用户也可以自己编写程序与传感器通信。

## 6. Q&A

编号	Q	A
1	如何选型？	考虑以下几个方面：量程范围、精度、电气接口和具体的应用场景（如打磨、装配）。最好直接咨询 SRI。
2	特殊量程和尺寸，能定制吗？	能，请与 SRI 联系。
3	最大外力大于传感器满量程，但在过载保护的范围内，是否允许？	不允许。 传感器仅能偶然过载。
4	传感器信号噪声大，如何解决？	1) 确保采集卡 M8128/M8126 的电源屏蔽线连接至大地 2) 降低采样频率
5	没加任何负载，为什么传感器读数不是 0，比如 18.6，这正常吗？	这是传感器的零点输出。 如果零点输出在满量程的 20% 以内，且能准确测量，则可以继续使用。 否则，请联系 SRI 处理。
6	传感器零点输出能否调成 0？	可采用软件调零。 在软件中记录当前零点，加载后的值减去当前零点。
7	加载值和传感器显示值不一样，超出了非线性、迟滞和串扰的范围，为什么？	可能有以下原因： 1) 传感器零点输出影响。请 在加载前读取一个数，加载后读取一个数，两者的差值就是加载值。 2) 接线错误、灵敏度系数（解耦矩阵）错误等原因。 3) 传感器损坏。请联系 SRI 处理。
8	机器人在不同姿态下，工具重力对传感器的加载不同。如何消除工具重量的这个影响？	采用传感器重力补偿方法，即事先测量出工具中心坐标、工具重量以及传感器零点，在实时运行中通过算法自动补偿。 可参考相关学术论文。
9	数据采集卡 iDAS R&D 调试软件可以和 CAN 通信吗？	不能。iDAS R&D 软件是在 WIN7 以上系统运行，只支持以太网和 RS232 通信。