

# 帕西尼 PX-6AX GEN 3 系列

## 多维触觉传感器

### 用户手册

#### Model

DP -S1813-Elite PXSR-STDDP03F

DP -S2015-Elite PXSR-STDDP03G

IP -S1610-Elite PXSR-STDIP03B

MC -M2020-Elite PXSR-STDMC03A

DP -S1813-Core PXSR-STDDP03D

DP -S2716-Core PXSR-STDDP03C

DP -S3013-Core PXSR-STDDP03E

IP -M2324-Core PXSR-STDIP03A

CP -M3025-Core PXSR-STDCP03B

DP -M2826-Omega PXSR-STDDP03B

DP -L3530-Omega PXSR-STDDP03A

CP -L5325-Omega PXSR-STDCP03A

帕西尼感知科技

PaXini Technology

Paxini

# 目录

<b>一 . 产品概述</b>	1
1.1 产品介绍	1
1.2 产品规格	1
<b>二 . 使用前检查</b>	3
2.1 注意事项	3
2.2 防范事项	3
2.3 免责声明	3
2.4 开箱检查	4
<b>三 . 尺寸与安装</b>	4
3.1 外观与尺寸	4
3.2 传感器测点说明	6
3.3 设备连接	8
<b>四 . 上位机软件</b>	8
4.1 数据可视化	8
4.2 数据采集	9
4.3 固件升级	9
<b>五 . 通信协议</b>	9
5.1 引脚定义	9
5.2 通讯协议选择	11
5.2.1 协议初始化	11
5.2.2 协议选择	11
5.3 SPI 通讯协议	12
5.3.1 SPI 片选定义	12
5.3.2 SPI 配置需求	12
5.3.3 SPI 读写时序要求	12

5.3.4 协议格式	12
5.3.5 说明	13
<b>5.4 UART 通讯协议</b>	14
5.4.1 UART 设置要求	14
5.4.2 UART 串口协议格式	14
5.4.3 UART 串口指令示例	14
<b>5.5 IIC 通讯协议</b>	15
5.5.1 IIC 设置要求	15
5.5.2 IIC 协议格式	15
5.5.3 IIC 指令示例	15
<b>5.6 地址说明</b>	16
5.6.1 用户配置区：(功能码: 0x79) (支持连续读, 不支持连续写操作)	16
5.6.2 应用区: (功能码: 0x7B) (只读区域, 支持连续读)	16
<b>六 . 维护和常见问题</b>	17
6.1 日常维护和表面清洁	17
6.2 常见问题	17
<b>七 . 技术支持</b>	17

# 一. 产品概述

## 1.1 产品介绍

帕西尼 PX-6AX GEN3 系列多维触觉传感器是一种高度集成的传感器，具备三维触觉功能，在一个紧凑的单元内集成了多项关键功能，包括传感器信号采样、信号处理、多维触觉算法和通信传输等。

**主要功能：**实现触觉信号的采样和读取，使得机器人在接触物体和操控物体时，可以通过触觉传感器获得更全面的信息。例如，机器人可以感知物体的表面特征以及与其它物体的接触力情况，从而更好地理解其环境，采取更精确的操控和交互。触觉传感器模组使机器人能够适应不同类型的任务和工作环境。通过传感器硬体和多维触觉算法，实现更灵活、智能的操作策略。

**产品名称：**帕西尼 PX-6AX GEN3 系列多维触觉传感器

产品型号 : DP-S1813-Elite PXSR-STDDP03F	DP-S1813-Core PXSR-STDDP03D	DP-M2826-Omega PXSR-STDDP03B
DP-S2015-Elite PXSR-STDDP03G	DP-S2716-Core PXSR-STDDP03C	DP-L3530-Omega PXSR-STDDP03A
IP -S1610-Elite PXSR-STDIP03B	DP-S3013-Core PXSR-STDDP03E	CP-L5325-Omega PXSR-STDCP03A
MC-M2020-Elite PXSR-STDMC03A	IP -M2324-Core PXSR-STDIP03A	CP-M3025-Core PXSR-STDCP03B

**工作原理：**帕西尼 PX-6AX GEN3 系列多维触觉传感器采用半柔性结构设计，利用霍尔效应进行精确的力分布测量和多维力数据获取，内置的硬件和算法能保障获取的多维力数据最大限度地不受外部杂散磁场、强光等干扰。传感器的多层结构包括弹性层和硬质传感层，以实现高精度的力和触觉信息捕捉。柔性形变层在接触物体后产生形变，进而改变磁性测点位置；刚性传感层负责将磁性测点位置改变激发的信号进行记录，并通过集成算法处理数据。

## 1.2 产品规格

型号	DP-S1813-Elite PXSR-STDDP03F	DP-S2015-Elite PXSR-STDDP03G	IP -S1610-Elite PXSR-STDIP03B	MC-M2020-Elite PXSR-STDMC03A
测量输出	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力
尺寸 (mm)	18x13x10	20x15x10	16x10x8	20x20x8
阵列测点数量	31	52	25	9
测量量程	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz: 0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N
测量精度	1% FS	1% FS	1% FS	1% FS
最小识别力	0.1 N	0.1 N	0.1 N	0.1 N
空间分辨率	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
抗磁	是 *	是 *	是 *	是 *
输出频率	83.3 Hz	83.3 Hz	83.3 Hz	83.3 Hz
安全负载	200%	200%	200%	200%
冲击过载	300%	300%	300%	300%
寿命	1000 万次 *	1000 万次 *	1000 万次 *	1000 万次 *
工作电压范围	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V
最大工作电流	150 mA	150 mA	150 mA	100 mA

\* 请参阅帕西尼官方实验规范

型号	DP-S1813-Core PXSR-STDDP03D	DP-S2716-Core PXSR-STDDP03C	DP-S3013-Core PXSR-STDDP03E	IP-M2324-Core PXSR-STDIP03A
测量输出	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力
尺寸 (mm)	18x13x10	27x16x13	30x13x10	23x24x8
阵列测点数量	51	116	96	68
测量量程	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz: 0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N
测量精度	1% FS	1% FS	1% FS	1% FS
最小识别力	0.1 N	0.1 N	0.1 N	0.1 N
空间分辨率	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
抗磁	是 *	是 *	是 *	是 *
输出频率	83.3 Hz	83.3 Hz	83.3 Hz	83.3 Hz
安全负载	200%	200%	200%	200%
冲击过载	300%	300%	300%	300%
寿命	1000 万次 *	1000 万次 *	1000 万次 *	1000 万次 *
工作电压范围	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V
最大工作电流	200 mA	300 mA	300 mA	350 mA

型号	CP-M3025-Core PXSR-STDCP03B	DP-M2826-Omega PXSR-STDDP03B	DP-L3530-Omega PXSR-STDDP03A	CP-L5325-Omega PXSR-STDCP03A
测量输出	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力	表面三轴分布力与合力
尺寸 (mm)	30x25x8	28x26x14	35x30x15	53x25x8
阵列测点数量	77	127	135	239
测量量程	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz: 0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N	法向 Fz:0 ~ 25 N 切向 Fxy:± 10 N
测量精度	1% FS	1% FS	1% FS	1% FS
最小识别力	0.1 N	0.1 N	0.1 N	0.1 N
空间分辨率	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
抗磁	是 *	是 *	是 *	是 *
输出频率	83.3 Hz	83.3 Hz	83.3 Hz	83.3 Hz
安全负载	200%	200%	200%	200%
冲击过载	300%	300%	300%	300%
寿命	1000 万次 *	1000 万次 *	1000 万次 *	1000 万次 *
工作电压范围	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V	3 ~ 5 V
最大工作电流	350 mA	400 mA	400 mA	700 mA

## 二. 使用前检查

### 2.1 注意事项

在使用触觉传感器时，以下是一些注意事项：

- 1. 清洁保养：**定期清洁触觉传感器以去除灰尘、油脂或污渍。遵循制造商提供的清洁指南，使用合适的清洁剂和工具进行清洁。避免使用过于侵蚀性的清洁剂，以免损坏传感器。
- 2. 环境适应：**触觉传感器可能对环境条件敏感。确保将传感器使用在适宜的温度、湿度和其他环境条件下。避免暴露在过高或过低的温度、潮湿度或其他不利的环境因素下。
- 3. 防水保护：**如果触觉传感器在潮湿或液体环境中使用，请确保传感器具有适当的防水保护。检查传感器的密封件和连接线是否完好，并采取必要的防护措施，如使用防水套或密封胶。
- 4. 注意电源和电气连接：**在连接触觉传感器的电源和电气线路时，确保正确连接，并遵循相关的安全标准和规定。避免电源过载、短路或其他电气问题。
- 5. 遵循制造商指南：**遵循制造商提供的操作手册、安全指南和维护建议。不同型号的触觉传感器可能具有不同的要求和特性，因此始终参考相关的制造商指南以确保正确使用和维护传感器。
- 6. 储存和运输：**如果需要储存或运输触觉传感器，应注意避免剧烈震动、挤压或其他可能导致传感器损坏的情况。在使用触觉传感器之前，请务必详细阅读相关的产品文档和指南，并遵循制造商的建议和指示。

### 2.2 防范事项



注意避免儿童误食



注意避免产品泡水



注意避免产品接触火源



注意避免产品  
碎屑飞溅入眼

### 2.3 免责声明

本产品是一种触觉传感器，能够在正常环境内使用，如触摸、抓握、挤压等。本产品不适用于极端场景下，如戳、烧、敲等。这些行为可能会损坏本产品的功能和性能，甚至造成危险。如果客户在使用本产品时遇到了这些极端场景，应立即停止使用，并联系我们的客服人员。我们将尽力为您提供解决方案和服务。

除此之外，本产品还不适用于以下极端场景：

1. 将触觉传感器浸泡在水、油、酸、碱等液体中，可能会导致电路短路、腐蚀或氧化
2. 将触觉传感器暴露在高温、低温、高湿度、强光或强磁场等环境中，可能会导致材料变形、老化或失效
3. 将触觉传感器连接到不匹配的电源、信号源或设备上，可能会导致电压过高、电流过大或干扰过强
4. 将触觉传感器剪切、划伤、撕裂或折叠，可能会导致结构破坏、电极断裂或信号丢失
5. 将触觉传感器用于不适合的应用场景，如医疗、军事、航空等领域，可能会导致安全风险或法律责任

本公司对于因客户违反本免责声明而造成的任何损失或伤害，不承担任何责任。请客户在购买和使用本产品前，仔细阅读并同意本免责声明。

本公司对产品规格参数保留最终解释权，如有任何疑问或异议，请及时与我们联系，感谢您对我们的支持和信任。

## 2.4 开箱检查

当您收到新产品并进行开箱检查时，以下是一些建议的步骤：

**检查外包装：**检查产品的外包装是否完好无损。如果外包装有明显的破损或变形，可能意味着产品在运输过程中受到了损坏。在签收之前，您可以拍照记录外包装的状况，以备日后需要向供应商或物流公司提供证据。

**验证配件：**核对产品包装清单或说明书上列出的配件，确保所有配件都在包装中，并且没有遗漏或损坏。如果有任何配件缺失或损坏，及时与供应商联系以解决问题。

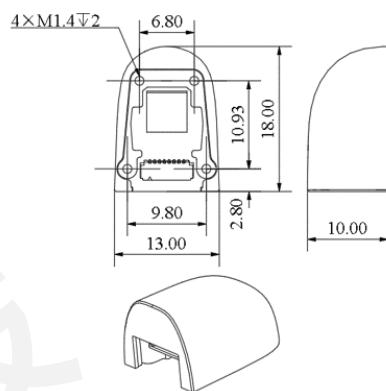
**检查产品外观：**仔细检查产品的外观，确保没有明显的划痕、凹陷、变形或其他损坏。如果发现任何问题，请立即与供应商联系，并记录下损坏的情况和照片作为证据。

**注意安全事项：**在进行任何测试或操作时，请务必注意安全事项。遵循用户手册中的警示和安全指南，确保操作过程安全可靠。

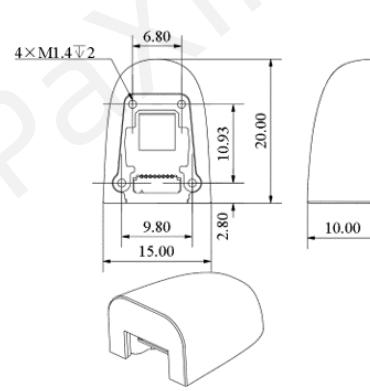
如果您在开箱检查过程中发现任何问题、损坏或异常情况，最好立即与供应商或销售商联系，向其报告问题并寻求解决方案。保留好相关的照片、文件和通信记录，以备后续需要使用。

## 三. 尺寸与安装

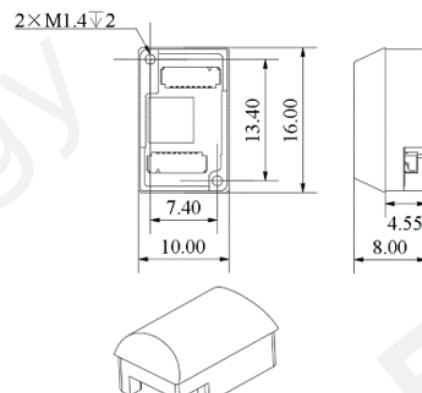
### 3.1 外观与尺寸



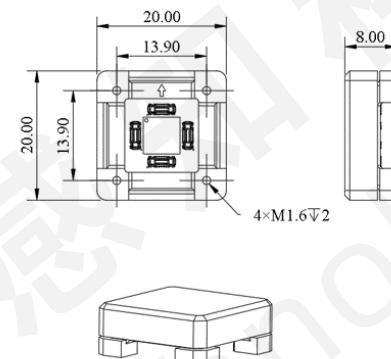
DP-S1813-Elite PXSR-STDDP03F



DP-S2015-Elite PXSR-STDDP03G

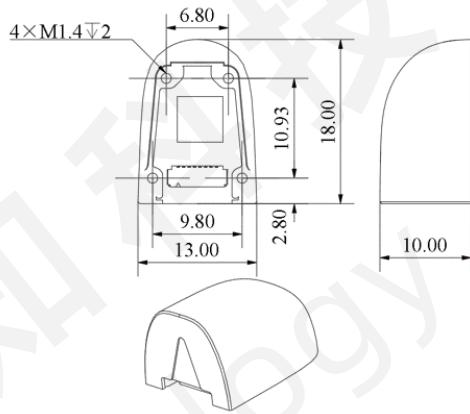


IP -S1610-Elite PXSR-STDIP03B

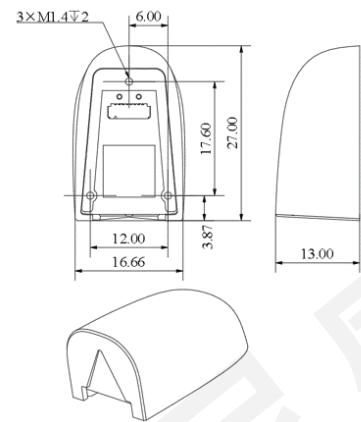


MC-M2020-Elite PXSR-STDMC03A

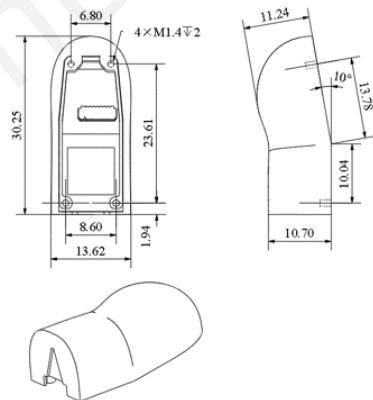
\* 定位孔的线性尺寸公差为  $\pm 0.05$  mm，其他未注尺寸公差  $\pm 0.1$  mm



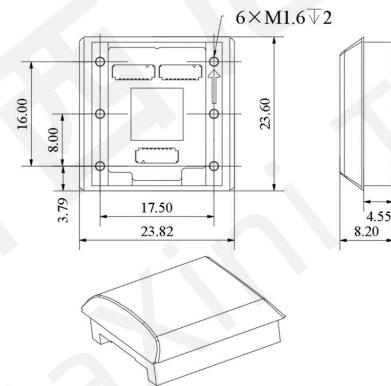
DP-S1813-Core PXSR-STDDP03D



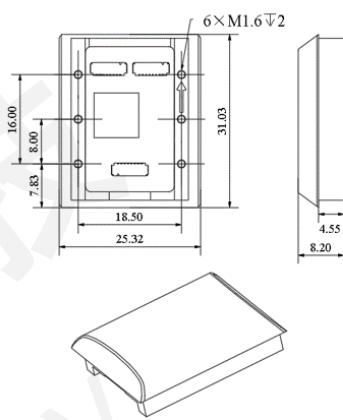
DP-S2716-Core PXSR-STDDP03C



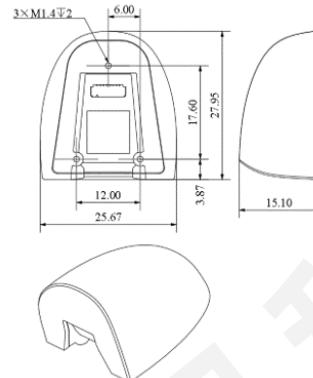
DP-S3013-Core PXSR-STDDP03E



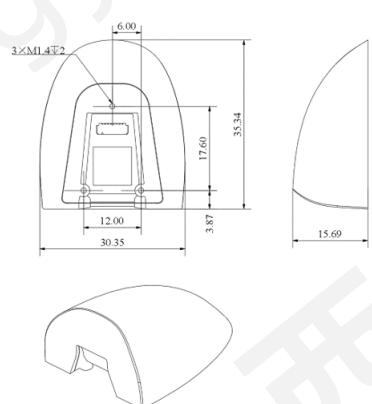
IP-M2324-Core PXSR-STDIP03A



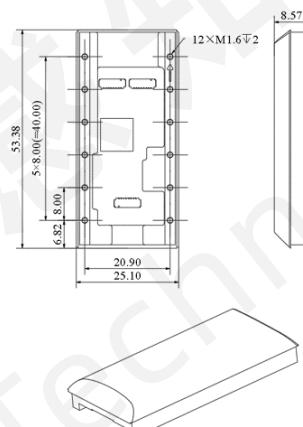
CP-M3025-Core PXSR-STDCP03B



DP-M2826-Omega PXSR-STDDP03B



DP-L3530-Omega PXSR-STDDP03A



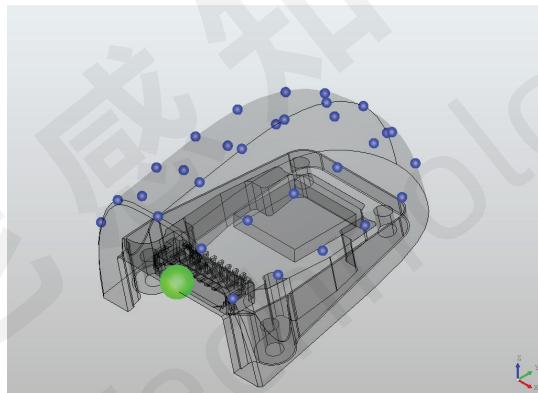
CP-L5325-Omega PXSR-STDCP03A

\* 定位孔的线性尺寸公差为  $\pm 0.05$  mm, 其他未注尺寸公差  $\pm 0.1$  mm

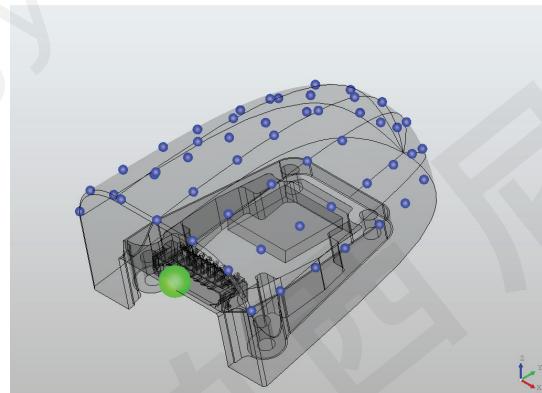
### 3.2 传感器测点说明

#### 测点阵列坐标

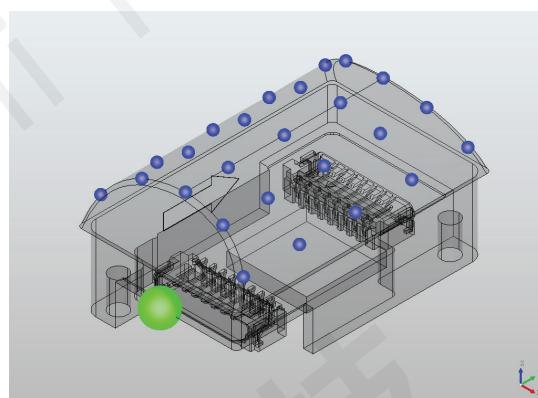
传感器支架尾部的绿点是全局的坐标系原点 (0,0,0) , 方便确定阵列内各个测点的空间位置。  
传感器全局坐标位置与测点如下所示。



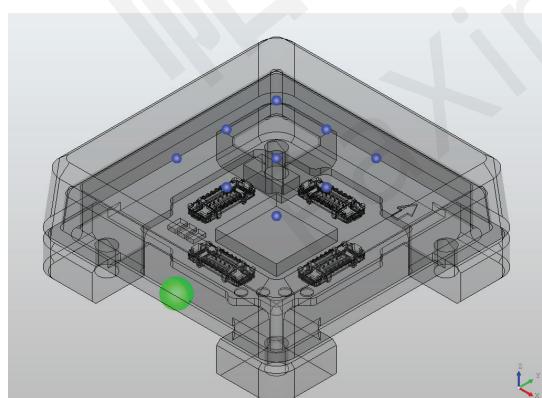
DP-S1813-Elite PXSR-STDDP03F



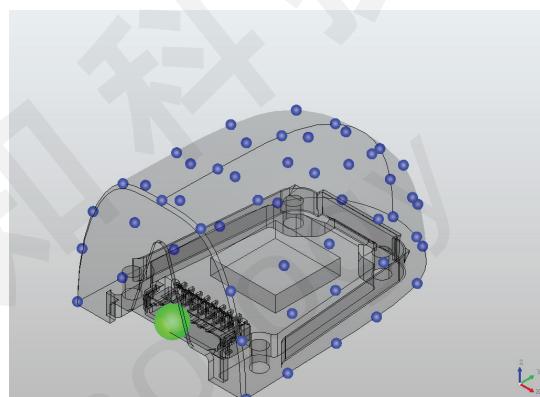
DP-S2015-Elite PXSR-STDDP03G



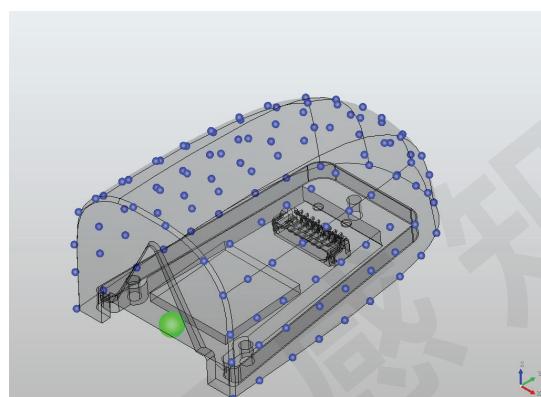
IP-S1610-Elite PXSR-STDIP03B



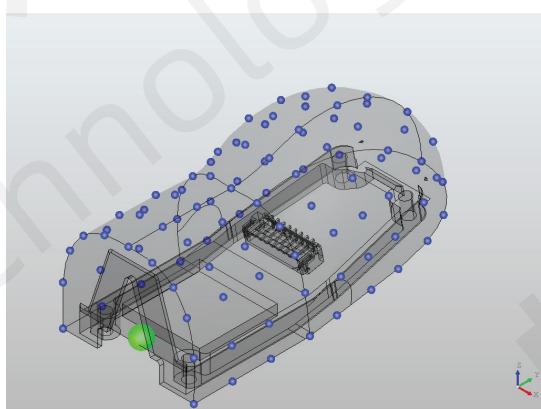
MC-M2020-Elite PXSR-STDMC03A



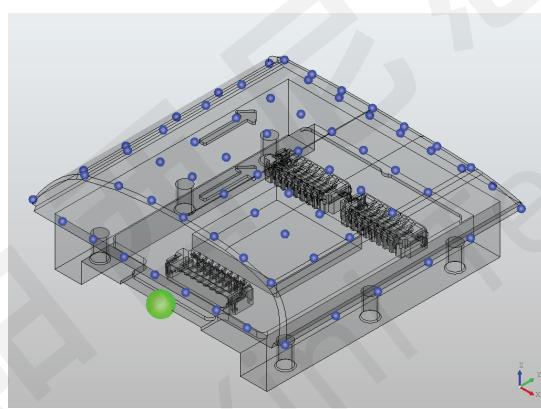
DP-S1813-Core PXSR-STDDP03D



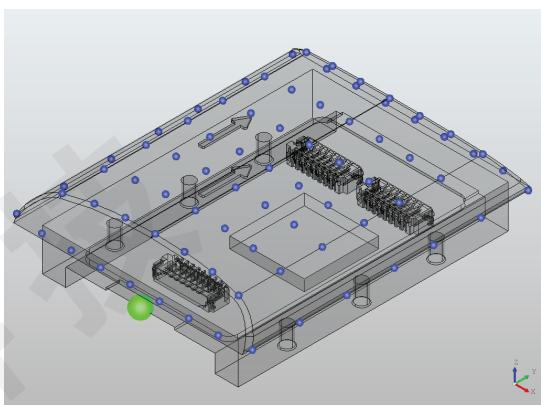
DP-S2716-Core PXSR-STDDP03C



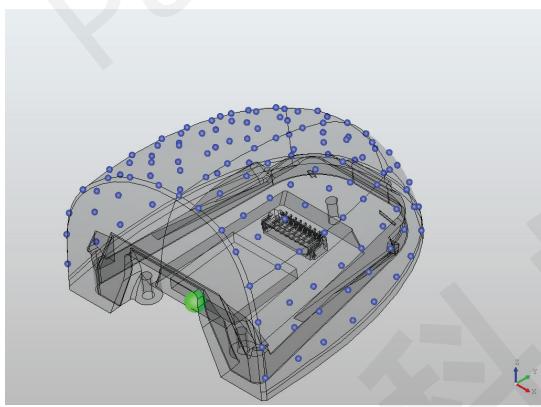
DP-S3013-Core PXSR-STDDP03E



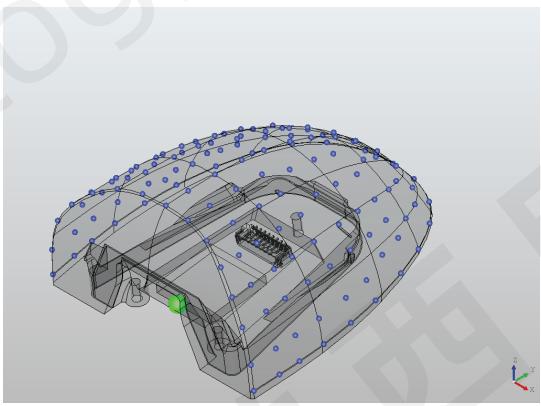
IP-M2324-Core PXSR-STDIP03A



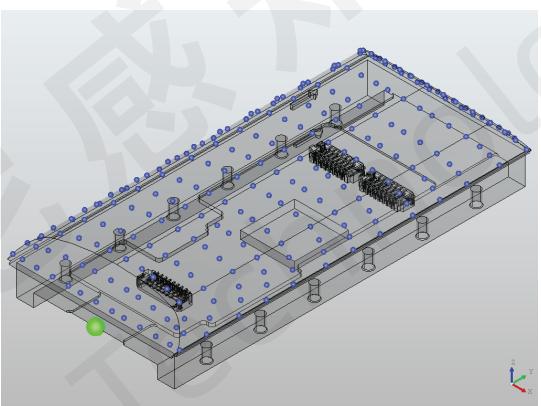
CP-M3025-Core PXSR-STDCP03B



DP-M2826-Omega PXSR-STDDP03B



DP-L3530-Omega PXSR-STDDP03A



CP-L5325-Omega PXSR-STDCP03A

### 3.3 设备连接

当使用上位机 (Host Computer Software) 时, 确保传感器与配套的通信板已连接, 通信板 (选配) 通过 USB 线与 PC 端相连。如需更新传感器固件, 有三种方式: 1. 使用 SPI 十路转接盒烧录, 注意传感器需要接入 CN1 端口; 2. 使用单路串口转接板烧录; 3. 使用高速通信集成板烧录。

## 四 . 上位机软件

### 4.1 数据可视化

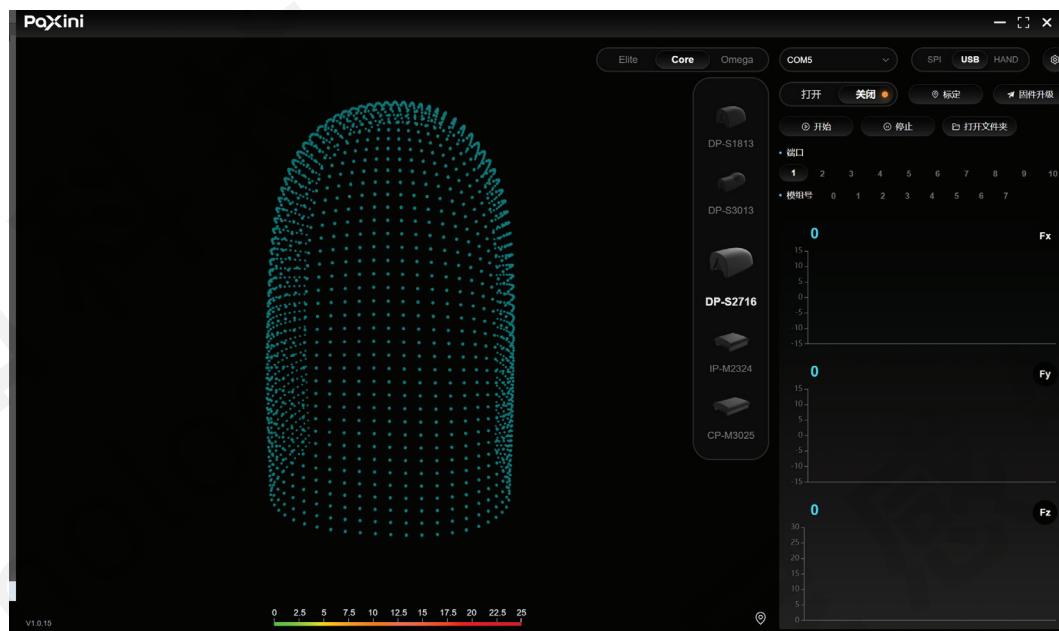
确保 3.3 设备连接中的步骤已经完成后, 启动 pxsr-gen3 程序。单传感器连接: 1. 上位机右上角选择通信板 (SPI: SPI 十路转接盒; USB: 单路串口转接板; HAND: 高速通信集成板); 2. 选择 COM 口号; 3. 点击【打开】，上位机会自动识别传感器型号并开始连接传感器。

注意: 使用 SPI 十路转接盒时, 若连接 MC-M2020-Elite, 在上位机界面需要提前选择 MC-M2020 型号, 然后再点击打开; 若接入其它型号传感器, 只需确认当前所选型号不是 MC-M2020 即可。



上位机右侧为合力  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  随时间的变化。

注: 传感器成功连接后, 右上角会显示传感器版本信息并且右侧也会显示合力曲线。



确保传感器空载时, 点击【标定】，将传感器标定归零。



按压物体表面, 力的大小和合力方向会在 UI 中对应位置显示, 力的越大, 点阵中的点越大。



## 4.2 数据采集

点击【开始】，记录整个传感器的受力数据，点击【结束】后停止记录。点击【打开文件夹】，会打开记录所在的文件夹。



## 4.3 固件升级

点击【控制升级】，进入固件升级窗口。请再次确认传感器连接了 SPI 十路转接盒的 CN1 端口，或连接了单路串口转接板 \ 高速通信集成板。



点击【上传】按钮选择固件，点击【开始升级】启动固件烧录程序。

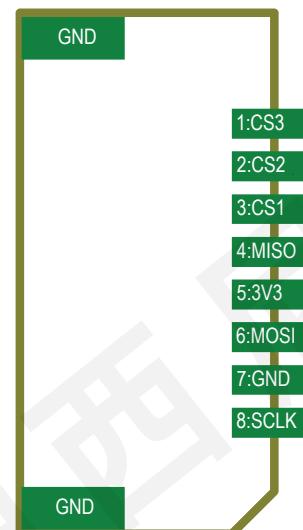


# 五 . 通信协议

## 5.1 引脚定义

DP-S1813-Elite	PXSR-STDDP03F
DP-S2015-Elite	PXSR-STDDP03G
DP-S1813-Core	PXSR-STDDP03D
DP-S2716-Core	PXSR-STDDP03C
DP-S3013-Core	PXSR-STDDP03E
DP-M2826-Omega	PXSR-STDDP03B
DP-L3530-Omega	PXSR-STDDP03A

端子规格  
DF53-8S-0.6H  
8pin 间距 0.6mm  
1P=CS3  
2P=CS2  
3P=CS1  
4P=MISO  
5P=3V3  
6P=MOSI  
7P=GND  
8P=SCLK



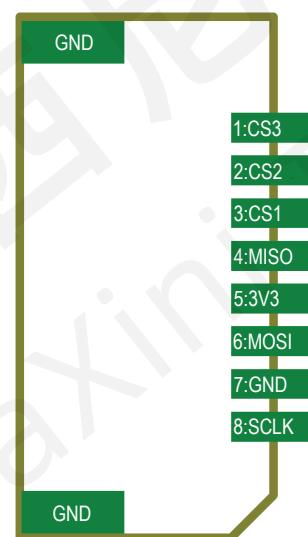
**IP -S1610-Elite**    **PXSR-STDIP03B**  
**IP -M2324-Core**    **PXSR-STDIP03A**  
**CP-M3025-Core**    **PXSR-STDCP03B**  
**CP-L5325-Omega**    **PXSR-STDCP03A**

← 传感器支架上箭头方向

**OUT**  
 端子规格  
 DF53-8S-0.6H  
 8pin 间距 0.6mm  
  
 8P=CS3  
 7P=CS2  
 6P=CS1  
 5P=MISO  
 4P=3V3  
 3P=MOSI  
 2P=GND  
 1P=SCLK



**IN**  
 端子规格  
 DF53-8S-0.6H  
 8pin 间距 0.6mm  
  
 1P=CS3  
 2P=CS2  
 3P=CS1  
 4P=MISO  
 5P=3V3  
 6P=MOSI  
 7P=GND  
 8P=SCLK



### MC-M2020-Elite PXSR-STDMC03A

端子规格  
 BM28B0.6-10DS  
 10pin 间距 0.6mm  
  
 1P=CS1  
 2P=CS2  
 3P=CS3  
 4P=CS4  
 5P=CS5  
 6P=MISO  
 7P=GDN  
 8P=MOSI  
 9P=GND  
 10P=SCLK  
 11P=GND  
 12P=GND  
 13P=3V3  
 14P=3V3



端子 TOP 层视图

## 5.2 通讯协议选择

### 5.2.1 协议初始化

只在模组上电时候，才会进行协议选择和初始化，一旦上电成功，并完成初始化，协议不再改变。

### 5.2.2 协议选择

对应协议	管脚定义			CS3	CS2	CS1
SPI	SPI_CLK	SPI_MISO	SPI_MOSI	连接	连接	连接
UART	UART_TX(从)	UART_RX(从)		不接	不接	不接
IIC			SCL			SDA

其中地址编码值顺序为 CS3\CS2\CS1，比如 IIC 连接方式，上电时候的地址编码为 001  
从机根据连接情况，自动选择相应的协议

使用 UART 协议时，需要按照表格接线，其中 CS3、CS2、CS1 不连接，该片选管脚状态自动低状态，即 CS3、CS2、CS1 不连接，上电自动切换到 UART 协议，设置请参考 "5.4 UART 通讯协议 "。

## 5.3 SPI 通讯协议

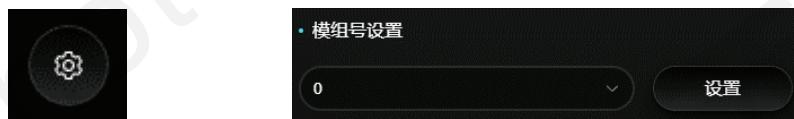
### 5.3.1 SPI 片选定义

CS3\CS2\CS1 为地址译码引脚，可用片选号范围为 001 ~ 110，以下为出厂默认片选号。

	CS3	CS2	CS1
DP (指尖)	0	1	1
IP (中节)	0	1	0
CP (近节)	0	0	1

MC-M2020, CS5\CS4\CS3\CS2\CS1 为地址译码引脚，默认 00001，当前可用片选号范围为 00001~00110。

\* 在配套上位机中，点击【设置】，可更改传感器的模组号，**模组号 = 片选号 - 1**。



### 5.3.2 SPI 配置需求

`SPI_InitStructure.SPI_CPOL = SPI_CPOL_High;` // 串行同步时钟的空闲状态为高电平  
`SPI_InitStructure.SPI_CPHA = SPI_CPHA_2Edge;` // 串行同步时钟的第二个跳变沿（上升或下降）数据被采样

数据传输顺序：高位在前（即每个 byte 的 bit7 先传输）

建议在主机端的时钟信号串联 51Ω 电阻，提高信号传输稳定性

### 5.3.3 SPI 读写时序要求

写模组：

CS 拉低	延时 wd1	功能码 + 数据等	延时 wd2	全部 CS 拉高	延时 wd3
	<code>&gt;=8us</code>		<code>&gt;=25us</code>		<code>&gt;=8us</code>

读模组：

CS 拉低	延时 rd1	功能码 + 地址 + 长度	延时 rd2	数据等	延时 rd3	全部 CS 拉高	延时 rd4
	<code>&gt;=8us</code>		<code>&gt;=25us</code>		<code>&gt;=25us</code>		<code>&gt;=8us</code>

### 5.3.4 协议格式

SPI 读：

0x80 + 功能码	起始地址	读取数据字节长度	状态	数据	CRC8 校验
0xFB	2 字节，小端	2 字节，小端	1 字节		1 字节

CRC8 校验：前面所有字节做 CRC 校验

0xFB：功能码 0x7B 的最高位置 1 后得到

SPI 写：

0x00 + 功能码	起始地址	写入数据字节长度	数据	CRC8 校验
0x79	2 字节，小端	2 字节，小端		1 字节

CRC8 校验：前面所有字节做 CRC 校验

### 5.3.5 说明

写模组的功能码 + 数据等含义：

位置	含义	说明
字节 1	功能码	0x79 (用户配置区)
字节 2~3	起始地址	小端字节序
字节 4~5	写入数据字节长度	小端字节序
字节 6	数据	参考 5.6 节
字节 7	CRC8 校验	前面所有字节做 CRC8 校验

读模组的功能码 + 地址 + 长度含义：

位置	含义	说明
字节 1	功能码	0x7B (应用区)
字节 2~3	起始地址	小端字节序
字节 4~5	读取数据字节长度	小端字节序, 参考 5.6 节, 例如读取 3 个测点的 (Fx、Fy、Fz), 数据长度 = 3*3

读模组的数据含义：

位置	含义	说明
字节 6	状态	内部调试用, 从机返回, 无需关注
字节 7~...	数据	从机返回
最后 1 字节	CRC8 校验	前面所有字节做 CRC8 校验, 从机返回

## 5.4 UART 通讯协议

### 5.4.1 UART 设置要求

波特率: 921600

数据位: 8bit

停止位: 1 位

奇偶校验: NONE

控制流: NONE

主机 Tx 建议用户把该引脚设置成推挽模式，以增强总线的驱动能力

主机 Rx 建议用户把该引脚设置成开漏模式，同时建议用户使用 1k-1.5k 的电阻上拉该总线

该协议只能通过请求 -> 回传的方式进行

**设备地址 = 模组号 +1**，参考 5.3 节

### 5.4.2 UART 串口协议格式

串口读操作 - 请求帧

帧头		帧长度	设备地址	预留	0x80 + 功能码	起始地址	读取数据长度	LRC 校验
data[0-1]		data[2-3]	data[4]	data[5]	data[6]	data[7-10]	data[11-12]	data[13]
0x55	0xAA	2 字节, 小端	1 字节	1 字节	0xFB	4 字节, 小端	2 字节, 小端	1 字节

串口读操作 - 应答帧

帧头		帧长度	设备地址	预留	0x80 + 功能码	起始地址	返回字节数	状态	读取数据	LRC 校验
data[0-1]		data[2-3]	data[4]	data[5]	data[6]	data[7-10]	data[11-12]	data[13]		data[N+14]
0xAA	0x55	2 字节, 小端	1 字节	1 字节	0xFB	4 字节, 小端	2 字节, 小端	1 字节	N 字节	1 字节

LRC 校验：前面所有字节做 LRC 校验

串口写操作 - 请求帧

帧头		帧长度	设备地址	预留	0x00 + 功能码	起始地址	读取数据长度	写入数据	LRC 校验
data[0-1]	data[2-3]	data[4]	data[5]	data[6]	data[7-10]	data[11-12]			data[N+14]
0x55	0xAA	2 字节, 小端	1 字节	1 字节	0x79	4 字节, 小端	2 字节, 小端	N 字节	1 字节

串口写操作 - 应答帧

帧头		帧长度	设备地址	预留	0x00 + 功能码	写指令的地址	字节长度	状态	LRC 校验
data[0-1]	data[2-3]	data[4]	data[5]	data[6]	data[7-10]	data[11-12]		data[13]	data[14]
0xAA	0x55	2 字节, 小端	1 字节	1 字节	0x79	4 字节, 小端	2 字节, 小端	0- 成功 ; 非 0- 失败	1 字节

状态：

0x00: 写成功

LRC 校验：前面所有字节做 LRC 校验

帧长度：从 data[4]，到 data[N+13]

W = 0x00 ; R = 0x01

0xFB：功能码 0x7B 的最高位置 1 后得到

### 5.4.3 UART 串口指令示例

读取 7B 区域，1038 地址 ( 分布力 ) 前 32 个

55 AA 09 00 01 00 FB OE 04 00 00 20 00 CA

55 AA 09 00 02 00 FB OE 04 00 00 20 00 C9

55 AA 09 00 03 00 FB OE 04 00 00 20 00 C8

设备地址为 01

设备地址为 02

设备地址为 03

## 5.5 IIC 通讯协议

### 5.5.1 IIC 设置要求

IIC 速率暂定 200K 及以下

**设备地址 = 模组号 +1**, 模组号参考 5.3 节

所有数据, 采用小端模式

IIC SDA 和 SCL 需要设置为开漏模式, 硬件上需要强上拉建议使用 4.7K 以下电阻上拉

### 5.5.2 IIC 协议格式

IIC 读操作 - 请求帧

(设备地址 << 1)   W	0x80 + 功能码	起始地址	读取数据长度	LRC 校验
data[0]	data[1]	data[2-5]	data[6-7]	data[8]
1 字节	0xFB	4 字节, 小端	2 字节, 小端	1 字节

IIC 读操作 - 应答帧

(设备地址 << 1)   R	0x80 + 功能码	起始地址	返回字节数长度	状态	读取数据	LRC 校验
data[master]	data[0]	data[1-4]	data[5-6]	data[7]		data[N+8]
1 字节	0xFB	4 字节, 小端	2 字节, 小端	1 字节	N 字节	1 字节

读数据流程: 请求帧发送完 + 等待延时  $\geq 25\mu s$  + 应答帧回读数据

- 请求帧和应答帧都需要主机参与, 其中:
- **红色部分**是主机控制 SDA 线发数据, 从机接收数据;
- **蓝色部分**是从机控制 SDA 发数据, 主机接收数据

LRC 校验: 前面所有字节做 LRC 校验

IIC 写操作 - 请求帧

(设备地址 << 1)   W	0x00 + 功能码	起始地址	读取数据长度	写入数据	LRC 校验
data[0]	data[1]	data[2-5]	data[6-7]		data[N+8]
1 字节	0x79	4 字节, 小端	2 字节, 小端	N 字节	1 字节

IIC 写操作 - 应答帧

(设备地址 << 1)   R	0x00 + 功能码	起始地址	返回字节数长度	状态	LRC 校验
data[master]	data[0]	data[1-4]	data[5-6]	data[7]	data[N+8]
1 字节	0x79	4 字节, 小端	2 字节, 小端	1 字节	1 字节

读数据流程: 请求帧发送完 + 等待延时  $\geq 25\mu s$  + 应答帧回读数据

- 请求帧和应答帧都需要主机参与, 其中:
- **红色部分**是主机控制 SDA 线发数据, 从机接收数据;
- **蓝色部分**是从机控制 SDA 发数据, 主机接收数据

状态:

0x00: 写成功

LRC 校验: 前面所有字节做 LRC 校验

W = 0x00, R = 0x01

**0xFB**: 功能码 **0x7B** 的最高位置 1 后得到

### 5.5.3 IIC 指令示例

指尖模组号为 02: 读取 7B 区域, 1038 地址 (分布力) 前 32 字节

(请求帧) 主机发送 :06 FB 0E 04 00 00 20 00 E0      ((设备地址 3) << 1) | 0  
 (应答帧) 主机发送 :07      ((设备地址 3) << 1) | 1

## 5.6 地址说明

### 5.6.1 用户配置区：(功能码：0x79) (支持连续读，不支持连续写操作)

地址	寄存器说明	读写性	备注
1	保留		
2	保留		
3	重标定触发开关，置 1 有效，常态置 0	WR	只能写一个字节

### 5.6.2 应用区：(功能码：0x7B) (只读区域，支持连续读)

1008	合力值 FX	数据范围 Fx (-128 到 +127) , Fy (-128 到 127) , Fz (0 到 255) 1 个 LSB 代表一个单位数据分辨精度。 例：合力值 Fz 读取数据为 10 时，Fz 测量的力的大小为 $10 \times 0.1N = 1.0N$  单字节代表数据范围 Fx (-128 到 +127) , Fy (-128 到 127) , Fz (0 到 255)。
1009	合力值 FY	
1010	合力值 FZ	
1038	第 1 个传感器测点的力值 FX	
1039	第 1 个传感器测点的力值 FY	
1040	第 1 个传感器测点的力值 FZ	
1041	第 2 个传感器测点的力值 FX	
1042	第 2 个传感器测点的力值 FY	
1 ...	...	
1 ...	...	
1383*	第 116 个传感器测点的力值 FX	
1384*	第 116 个传感器测点的力值 FY	
1385*	第 116 个传感器测点的力值 FZ	
...	...	

## 六 . 维护和常见问题

### 6.1 日常维护和表面清洁

传感器的弹性体表面沾染灰尘时，建议使用透明胶带轻轻粘除。也可使用纸巾、擦镜布、水性湿巾或低浓度的酒精棉布清洁。传感器的外壳可使用纸巾、擦镜布或水性湿巾清洁，但不可接触酒精等有机溶剂、非极性溶剂。

### 6.2 常见问题

#### ●上位机软件显示传感器数值错乱

可通过轻轻按压电脑上连接的各个触觉传感器的弹性体，同时观察软件中展示的图像是否会随着按压变化来确认实际打开的传感器。检查触觉传感器周围干扰源，比如受力点，磁场等。如果读取数值趋于稳定不再波动，且传感器不受其他干扰源影响，点击【标定】调零。

#### ●打开传感器后，上位机软件无法接收到数据

请依次排查以下要素：

1. 传感器的端子线与数据处理盒子连接稳定。
2. 数据处理盒子与电脑连接正常，盒子上 LED 灯显示绿色。
3. COM 端口选择正确，无其他 COM 端口干扰。
4. 端口开关已调整至【打开】，可尝试切换【打开】【关闭】观察是否有效且传感器不受其他干扰源影响，点击【标定】调零。

#### ●提供的合力数据不准确

请依次排查以下要素：

1. 施力物体接触到了弹性体上感知表面范围以外的区域。
2. 触觉传感器的外壳（除安装连接件的位置）在工作中受力。
3. 在外部物体以较快速度接触弹性体时或外部尖锐物体深压弹性体。
4. 测量表面内受到大面积均匀分布的沿表面方向的力。
5. 局部受力超过量程。

## 七 . 技术支持

电子邮箱 : mkt@paxini.com

电话 : +86 0755-23574593

网站 : www.paxini.com

Paxini