

费斯托电子式传感器选型调试常见问题



秦绪前
Festo 技术支持
2020 年 4 月 25 日

关键词:

压力传感器，流量传感器，传感器参数设置

摘要:

对费斯托传感器操作手册中的常见名词作详细解释，对操作中的注意事项作更深入的解释。

目标群体:

针对原来没有接触过费斯托电子式传感器，对电子式传感器缺乏了解和应用经验的选型，调试人员。

声明:

本文档为技术工程师根据官方资料和测试结果编写，旨在指导用户快速上手使用 Festo 产品，如果发现描述与官方正式出版物冲突，请以正式出版物为准。

我们尽量罗列了实验室测试的软、硬件环境，但现场设备型号可能不同，软件/固件版本可能有差异，请务必在理解文档内容和确保安全的前提下执行测试。

我们会持续更正和更新文档内容，恕不另行通知。

目录

- 1 费斯托电子式传感器选型的常见问题
 - 1.1 传感器的精度问题 4
 - 1.2 流量检测需要注意的一些问题..... 5
 - 1.3 电子式传感器的输出信号 6
 - 1.4 电子式传感器的通讯功能 7
- 2 费斯托电子式传感器调试的常见问题
 - 2.1 费斯托电子式传感器的设置操作 7
 - 2.2 费斯托电子式传感器常见参数和设置方法..... 8
 - 2.3 费斯托电子式传感器参数复制功能 10

1 费斯托电子式传感器选型的常见问题

电子式传感器是随着半导体技术的发展而出现的传感器产品。早期的压力，温度，位移传感器，基本都是采用机械传动的方式，诸如采用盘簧，膜盒检测压力，用双金属片或液体膨胀的原理来检测温度。信号远传则采用滑动电阻和感应线圈来完成。随着半导体压敏，光敏材料的出现以及小信号放大，信号处理技术的发展，大量的电子式传感器开始进入市场。它们具有体积小、功能强、精度高、可靠性好等诸多优点，从而得到广泛的应用。与早期的电子式传感器相比，现在的电子式传感器具有了智能化，信息化的特点。既可以通过参数设置满足各种测量和输出信号要求，也可以通过通讯的方式远程实现参数设置，现场数据采集，设备故障诊断等功能。功能的增加，在传感器的选型使用中，就会遇到更多的技术问题。下面就电子式传感器在选型使用中遇到的常见问题，技术名词作详细介绍。

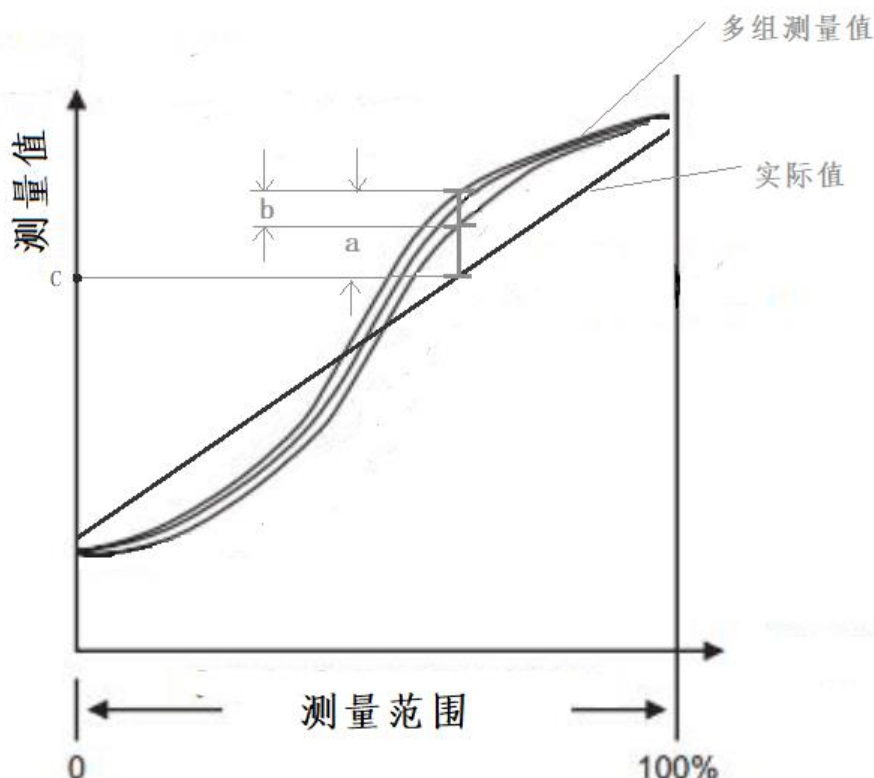
1.1 传感器的精度问题

传感器精度是选型时的一个重要指标。精度的高低会直接决定选型的方向和传感器价格，合理的精度选择，是合理方案的一个重要因素。

常见的精度指标有%FS，量程检测精度，其值为： $(\text{测量值}-\text{实际值})/\text{传感器量程}\times 100\%$ 。产品参数表中标称值是可能的最大误差的百分比。从这里不难看出，选择的传感器量程越接近实际检测范围，则可获得更高的检测精度。我国仪表专业习惯将仪表精度分为0.1，0.2，0.5，1.0，1.5，2.0等精度等级，0.5级精度的意思是测量精度为 $\text{FS}\pm 0.5\%$ 。

还有一种精度指标是%o.m.v，其值为： $(\text{测量值}-\text{实际值})/\text{实际值}\times 100\%$ ，当实际值接近零时，该值会很大，不能准确表达传感器的检测精度，因此这个值一般用来标示50%FS到100%FS的精度。由于这个精度值与量程无关，可以更准确的体现传感器的测量范围中段和高段测量精度。

另外还有一个常见的精度值为重复精度，它表示的是在实际值不变的情况下，测量值的波动范围，如图（1）的b值，技术参数中标称的重复精度是最大的b值与传感器量程的百分比。图中的a值就是检测误差的绝对值，它与测量范围的百分比就是前面提到的测量精度%FS。一般来说，重复精度会高于检测精度%FS。图中a值与c值（实际值）的百分比就是%o.m.v精度，一般来说这个精度会低于检测精度%FS。另外，在位移检测时，检测精度和重复精度不再用百分比来表达，而是直接用长度值来表达，如毫米，微米，纳米等，其值就是图中的a或b值，a表示绝对精度，b表示重复精度



图（1）

半导体材料的电特性会受温度影响，导致输出值变化，这种现象称为温漂。有的传感器会提供这个温度系数，单位是[%FS/K]。单位中的 K（开尔文）为绝对温标，作为温度的变化量，1 开尔文和 1 摄氏度是等价的。温度系数分为零位温度系数和满量程温度系数，零位温度系数表示在规定的间隔及室内温度条件下，零点随着温度变化而变化的量与量程的百分比。满量程温度系数表示在规定的间隔及室内温度条件下，满量程值随着温度变化而变化的量与量程的百分比。现在的电子式传感器大都会对温漂作补偿，与早期的传感器比温漂都会小很多，基本可以忽略。

传感器都有其工作环境和工作条件的要求，只有在满足相应的温度，湿度，海拔，震动等条件下，传感器才能达到标称的精度。因此，对传感器的检验和校验，也必须在满足相关外部条件的情况下进行。用于检验和校验的标准表的精度至少要比被检测仪表高一个精度等级。

1.2 流量检测需要注意的一些问题

流量一般分体积流量和质量流量。体积流量是单位时间里通过过流断面的流体体积值，常用单位如 l/min，m³/h；质量流量是指单位时间里流体通过过流断面的流体质量值，常见单位如 Kg/s，T/h。

根据流体的不同分为气体流量检测和液体流量检测，因为这两种流体特性有很大的差异，因此检测方式和需要注意的问题也是不同的，由于费斯托主要服务于气动产品，因此下面就气体流量的检测作介绍。

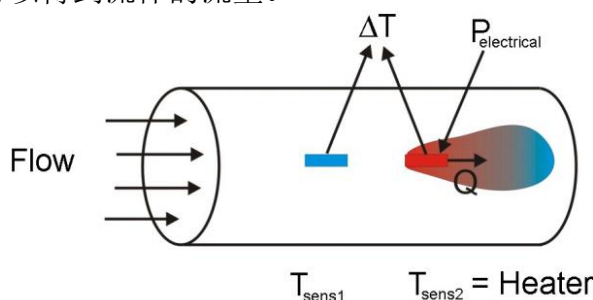
成分相同的均质气体，工程上可以近似认为质量相等的气体的体积，温度，压力关系为： $(P_1 \cdot V_1) / T_1 = (P_2 \cdot V_2) / T_2$ 其中，P 为气体压力，V 为气体体积，T 为气体温度。

需要注意的是，公式中的压力是以 Pa 为单位的绝压值。在压力检测中，压力分为表压和绝压两种。表压是介质压力相对于大气压的压力差值；而绝压是介质压力相对于绝对真空的压力差值。也就是说，在绝压相同的情况下，在不同海拔的位置，因为大气压不同，其测量的表压是不同的。真空压力则是因为其介质压力小于大气压，因此呈现负值。目前费斯托压力传感器都是检测表压的传感器，而在计算气体体积流量时，需要使用绝压值，因此计算时需要将检测到的表压值加上当地的大气压值，得到绝压值后再作相关计算。公式中的体积单位为 m³，温度单位为 K（开尔文）。开氏温度被称为绝对温度，它与常用的摄氏温度的关系是：开氏温度值=273.15+摄氏温度值。

从上面气体的体积，温度，压力关系可以看出，气体体积是和其压力，温度相关的，因此在实际的气体流量检测中，都是需要作温压补偿的。流量传感器输出的体积流量值也需要折算为标准状态值，才能实际应用。目前不同国家地区组织对气体标态的定义略有差异，GB 气体标态体积值是，气体在温度为 293.15K（20℃），压力为 101.325Kpa（绝压）时的体积值。

目前，流量检测的方式非常多，如涡轮，转子流量计这类机械式流量检测装置；孔板，机翼式装置等通过差压进行流量检测的流量计；还有通过流体声波，电磁特性作测量的超声波，电磁流量计；通过涡流原理作流量检测的涡街流量计；通过热耗散速度检测流量的热式流量计。不同的检测方式适用于不同的介质和工况。目前费斯托流量计有两种检测原理，一种是用于液体流量检测的涡街流量计 SFAW，其他的流量计都为热式流量计，只能用于气体流量检测。

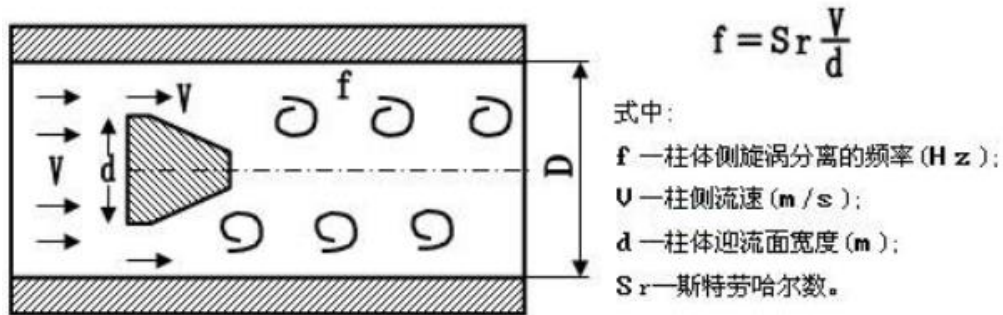
热式流量计的工作原理是利用加热测速法原则进行测量。加热测速法是通过检测流体介质中加热体表面热量的耗散速度，再根据介质的热容特性来折算流体的摩尔数，从而得到流体的质量流量。如图（2），加热器 对发热体加热，使发热体温度 TSens2 保持与介质温度 TSens1 具有一个恒定的温差，使其适用数学公式： $T_{sens2} - T_{sens1} = \Delta T$ 为常数，则加热的电流值与气体流量和热容特性正相关。通过折算就可以得到流体的流量。



图（2）

热式流量计一般用于均质气体流量的测量，属于质量流量计。费斯托热式流量计的体积流量值是折算为温度为 0℃，大气绝对压力为 1013 mbar 的标态体积流量。当气体密度发生变化时，折算值也会发生变化。因此费斯托热式流量计只能用于空气和氮气的测量，无法用于其他气体及液体的流量测量。目前费斯托的热式流量计的介质气体带水或其他液体时，会导致传感器损坏。

涡街流量计的工作原理是应用流体振荡原理来测量流量，流体在管道中经过三角柱的旋涡发生体后上下交替产生正比于流速的两列旋涡，称为涡街效应。旋涡的释放频率与流过旋涡发生体的流体平均速度及旋涡发生体特征宽度有关。如图（3）：



图（3）

其中斯特劳哈尔系数与流体通过的管道，密度和粘度相关。对特定流体特定管道可视为常数。从上式可以看出，对于特定管道中的特定流体，旋涡的释放频率与流速成正比。通过检测涡街体的震动频率，就可以对流体的流速作测量。流速乘以通径就可以得到流体的体积流量，因此涡街流量计属于体积流量计。因为气体和液体的斯特劳哈尔系数差异很大，很难同时兼容。这也是费斯托 SFAW 流量计只能用于液体检测的原因。

1.3 电子式传感器的输出信号

电子式传感器的输出信号分为开关量信号和模拟量信号两大类。开关量信号分为 PNP 和 NPN 两种信号类型，PNP 为高电平有效，电流流向为流出，日系控制产品称之为源型；NPN 为低电平有效，电流流向为流入，日系控制产品称之为漏型。模拟量信号分为电压和电流两种类型，常见的电压信号有 0-5V，1-5V，0-10V，常见的电流信号有 0-20mA，4-20mA。因为 1-5V 信号和 4-20mA 信号可以提供断线检测功能，因此目前普遍采用模拟量输出信号。习惯上称开关量输出的压力，流量，温度，位置检测元件为压力开关，流量开关，温度开关，位置开关；把模拟量输出的压力，流量，温度，位置检测元件称为压力传感器，流量传感器，温度传感器，位置传感器。部分费斯托电子式传感器可以同时输出这两种信号。另外，费斯托还有机械式的压力开关 PEV，磁性开关 SME，其输出信号为无源的机械触点信号，无极性，其特性与电子式压力开关完全不同。

费斯托的电子式传感器输出的开关信号大部分都是 PNP 和 NPN 信号，其中又以 PNP 居多。这是因为传统上，欧系控制产品晶体管输入输出信号多采用 PNP 类型，日系控制产品晶体管输入输出信号多采用 NPN 类型。因此在选型时要注意接收端的信号类型，有可能接收端的 PLC 或其他控制器只能接收 PNP 或 NPN 信号，需要注意匹配。而机械触点信号则没有这个问题。同样，模拟量信号也需要确认信号类型是否匹配。

开关量信号输出一般会提供最大输出电流这个参数。如果开关量信号是直接进入 PLC 或其他控制器，一般不会有什问题。但如果在传感器和控制器间加了隔离继电器，如果是固态继电器或专用的隔离继电器，二次侧有光耦隔离，一般不会有问题。但如果用的是普通继电器，二次侧未隔离，虽然继电器的线圈电流标称值低于开关信号最大电流输出值，但其启动电流可能远大于标称值，再加上由于继电器线圈为感性负载，在断开时会产生瞬态高压，所有的这些因素都可能会导致传感器输出端寿命缩短，甚至损坏。如果直接用传感器开关信号输出去驱动电磁阀或接触器等元件的线圈，则出现上述问题的概率更高。因此最好不要直接用传感器的开关量输出去带感性负载。

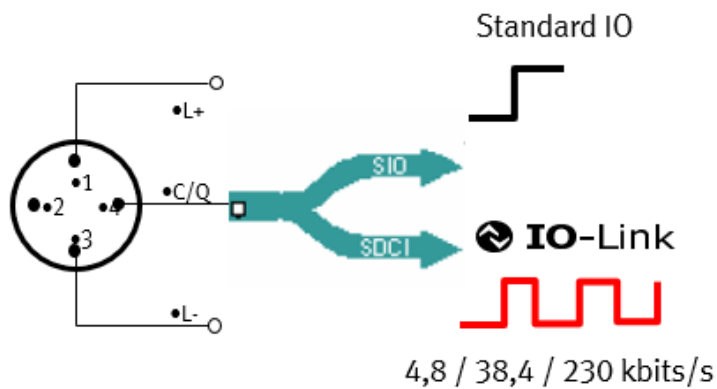
PNP 和 NPN 开关信号有较长的寿命，动态响应速度快，可提供短路保护功能，但对电压波动敏感，许用电压范围小，当出现超过许用电压时会被击穿而损坏。而机械式开关量输出动态响应慢，寿命较短，但许用电压范围大，短时间的小能量的高电压不会导致触点损坏。电压和电流这两种模

拟量输出信号都很常用，电流信号有更好的抗干扰能力。但因为恒流源电路成本会高于恒压源电路，因此一般电流输出的成本会略高于电压输出的成本。

1.4 电子式传感器的通讯功能

上个世纪 80 年代，电子式传感器开始出现通讯功能。较有影响力的是美国 Rosemount 公司推出的 HART 协议，它是采用基于 Be11202 标准的 FSK 频移键控信号，在 4-20mA 模拟信号上叠加通讯信号进行双向数字通讯，也就是在两根信号线上同时传输模拟量信号和通讯信号，使传感器具有了远程维护和数据采集功能。

目前费斯托的传感器的通讯是采用 IO-Link 协议，它是西门子推出的一种点对点的、串行数字通信协议。除去电源线，只有一根通讯信号线，在传感器中电源和传感器共用，通讯线同传感器的一个开关量输出线共用。IO-Link 的针脚分布分为 A 型和 B 型，B 型比 A 型多一组供电，目前费斯托的 IO-Link 产品均采用 A 型，其连接如图（4）：



图（4）

点对点意味着，带这种通讯协议的传感器是不能连接为总线形式的，必须是每个传感器都直接连接到 IO-Link 主站，通过 IO-Link 主站实现同主站 PLC 的数据交换。最大电缆连接长度为 20 米。IO-Link 协议 V1.1 版中规定了三种波特率，COM1 为 4.8kb/s，COM2 为 38.4kb/s，COM3 为 230.4kb/s。这是一种高性价比的通讯协议，它虽不具备大的数据容量和高的传输速率，但简单易用，性能可靠，成本低廉，属于现场设备数据传输协议。

2 费斯托电子式传感器调试常见问题

费斯托电子式传感器的实际应用基本会涉及到调试问题。费斯托传感器都有对应的调试手册，对产品的调试使用都有详细的描述。但对初次接触传感器的调试人员，会对手册中有一些术语和名词产生疑惑。如下对相关术语和名词作更详细的解释。

2.1 费斯托电子式传感器的设置操作

费斯托电子式传感器在使用前一般都要做相关的设置。其中一些传感器只有指示灯，或数码管显示，不带液晶显示，一般只有一个设置键，通过按键的时间长短，进入不同的状态，根据指示灯的闪烁状态确定进入的状态，对传感器进行设置。如图（5）的传感器：



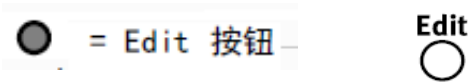
图（5）

而带有液晶显示的传感器，一般有 3 个按键，可以更方便进行模式和参数设置，如图（6）的传感器：

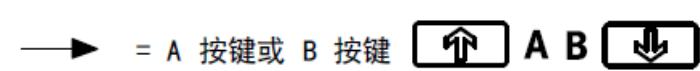


图（6）

中间的圆形键为编辑键，无法用手指直接按压，需要借助圆头的小棒。如果用尖锐的物体按压，容易导致损坏。在操作流程图里一般用一个圆点，或圆点加英文表示。

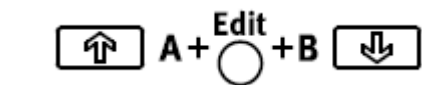


两侧的为 A, B 键，可以直接用手指按压操作。一般用于显示内容的切换以及在参数设置时的数字设置。在操作流程图里一般用箭头，或箭头加字母表示。



带液晶显示屏的传感器一般都具有密码设置功能。新的传感器初始状态时没有密码的，当按压 Edit 键进入设置状态时，会进入密码设置状态，Lock 指示闪烁。此时按 A, B 键，就会给传感器加上密码。客户有时会因为误操作或人员更换的原因无法知道设置的 密码，不能进入参数设置。可以通过将传感器恢复出厂设置，消除密码锁定。操作步骤如下：

- 1. 关闭传感器电源 ；
- 2. 同时按住三个设定按钮（向上 A 键、向下 B 键及 EDIT 键）；
- 3. 按住上述三个键的同时给传感器上电。Reset 指示灯闪烁，传感器恢复出厂设置进入 run 模式。



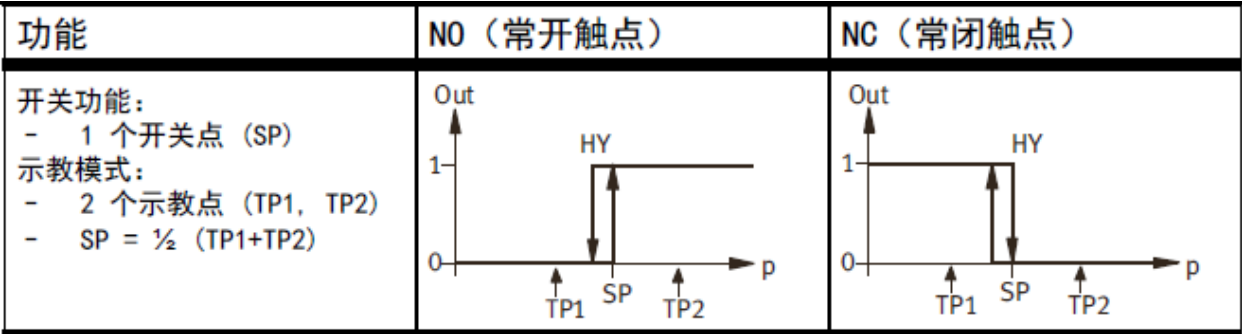
- 4. 这样传感器原有的参数都会恢复为出厂值，需要重新设置。

2.2 费斯托电子式传感器常见参数和设置方法

电子式传感器的参数设置，主要是针对开关量输出的相关属性进行设置。开关量的特性主要包括工作模式，切换值，输出类型（常开或常闭）的设置。模拟量输出一般不需要作特别的设置，部分传感器具有零点校正功能，但一般不需要做。可编程的传感器还可以通过设置来改变模拟量的输出类型。另外对于带液晶显示的传感器还可以对显示值的单位，显示状态，报警时是否变色等特性进行设置。

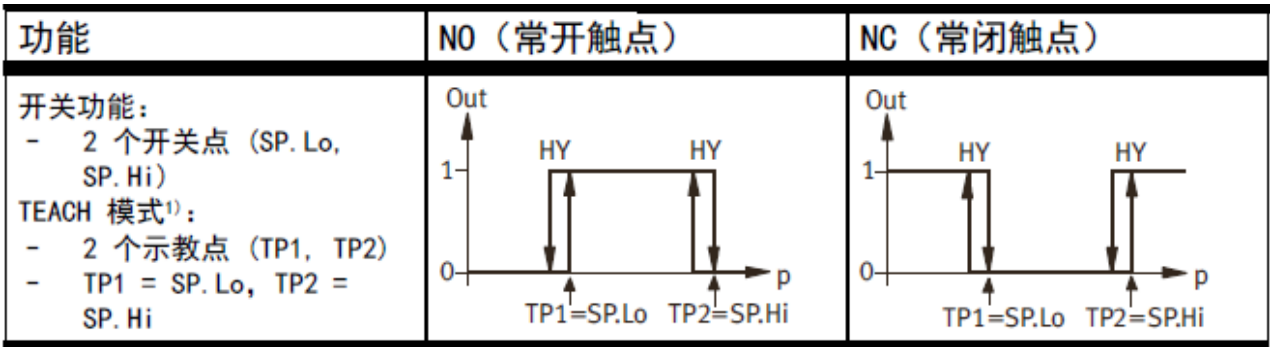
不带液晶屏的电子式传感器一般是通过按键时间的不同，进入不同的设置状态，并循环选择工作模式。通过示教的方式来设置切换点。传感器需要安装到设备上，根据实际需要的气压，流量或位置检测值来作为切换点的值。

开关信号的工作模式一般有三种：阈值比较模式，窗口比较模式和自动压差监控模式。不同的工作模式，需要设置的参数也略有不同，传感器会屏蔽无需设置的参数。下面以最常用的阈值比较模式作说明。



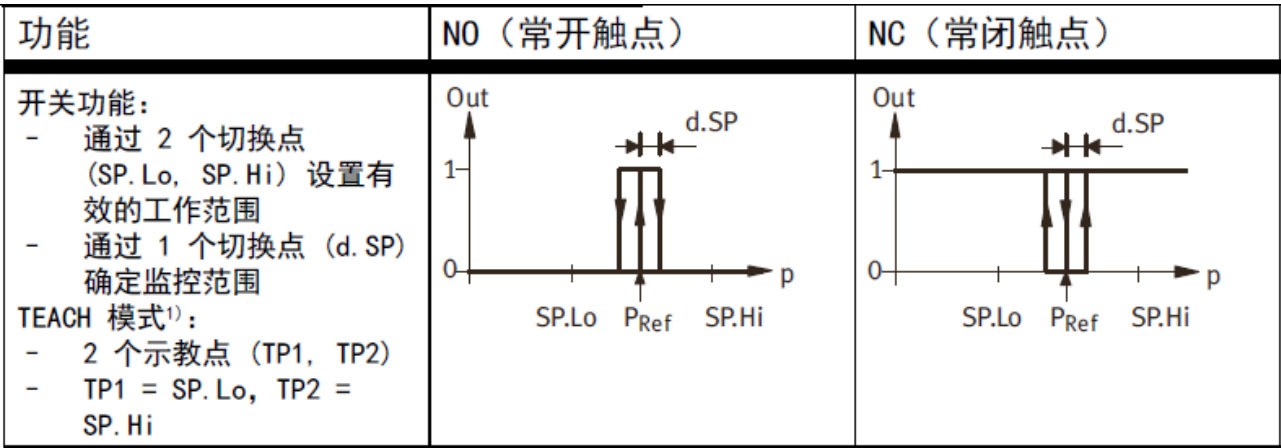
图（7）

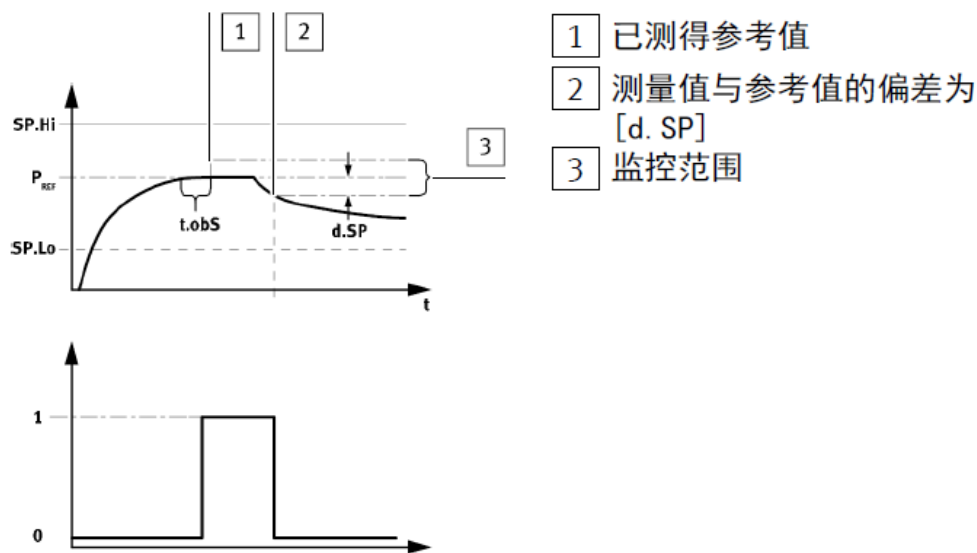
图（7）是 SPAU 的阈值开关模式，用两个示教点的平均值作为切换值 SP。一般压力开关只示教一个点作为 SP 值，这里略有不同。不带液晶显示屏的传感器，示教方式一般是加上需要的压力后，长按设置键，等相应的指示灯闪烁时，则表面示教点已保存。而带液晶显示的传感器，一般有 3 个按键，加上需要的压力后，同时按下 A 键和 Edit 键，待相关指示闪烁，示教值被保存。对于带液晶屏的传感器，更常用的方式是直接在参数里设置 SP 值。在传感器工作于阈值比较模式，当开关输出为 NO(常开)时，当输入压力低于 SP 值，输出信号为 OFF，当输入压力高于 SP 值，输出信号为 ON。当输入压力从高于 SP 值下降到等于 SP 值时，输出信号并不会 OFF，而需要压力降低到（SP-HY）值后，输出信号才会 OFF，这个 HY 值称为迟滞值。加入迟滞的目的是为防止当输入压力在 SP 值附近时，传感器输出的开关信号出现频繁切换，导致系统不稳定。当检测信号波动较大时，需要增大 HY 值，防止输出的开关信号震荡。但 HY 值太大，会使开关信号切换的精度变差。因此 HY 值一般不小于该传感器重复精度值，不大于系统要求的检测精度值。



图（8）

图（8）是窗口比较模式，检测值在一定的范围内，才输出开关信号。当输出信号为NO（常开）时，检测值在SPL到SPH间时，输出开关信号为ON。不在该范围内均为OFF。示教值或切换点都有高低两个值。两个切换点的HY值应用同一个值。





用户可配置参数 [SP.Lo]、[SP.Hi]、[t.obS] 和 [d.SP]。[t.obS] 设定得越大，压力信号就必须越持久，以便确定参考值 P_{Ref} 。

图 (9)

图 (9) 是自动压差监控模式，用来监控测量值的稳定性。在压力检测时，如果压力在 [SP.Lo] 和 [SP.Hi] 范围内恒定，则自动确定参考压力 P_{Ref} 。当输出信号为NO (常开) 时，如果压力在监控范围 [d.SP] 内，输出开关信号为ON，表示压力稳定。当压力变化超过监控范围 [d.SP]，例如因系统内漏气，则输出信号OFF。

传感器显示属性的设置一般在Spec菜单中。设置菜单的选择，一般是按压Edit键后，用A,B键作选择。相应的菜单符号会闪烁，表明被选中，再按Edit键进入。Spec菜单中可以设置的内容不同的传感器会有较大的差异，常见可以设置的内容有显示值的单位，是否打开密码保护，背光显示状态，输出信号是NO或NC，PNP或NPN。部分传感器还可以在这个菜单设置信号的滤波常数，零点校正，参数复制功能。一般滤波常数设置越小，则波动会变大，但动态响应更快；如果设置越大，则信号更稳定，但动态响应会变慢。

2.3 费斯托传感器的参数复制功能

目前具有参数复制功能的费斯托传感器有SPAB, SPAU, SPAE和SPAN，这几种传感器带IO-Link通讯功能时，可以通过IO-Link端口将一台传感器中的设置值复制到另一台同型号的传感器中。复制需要专用的电缆，因为这几种传感器的信号接口不同，针脚定义也有差异，因此需要的电缆也不同。

SPAB的端口，和电缆如图 (10)：

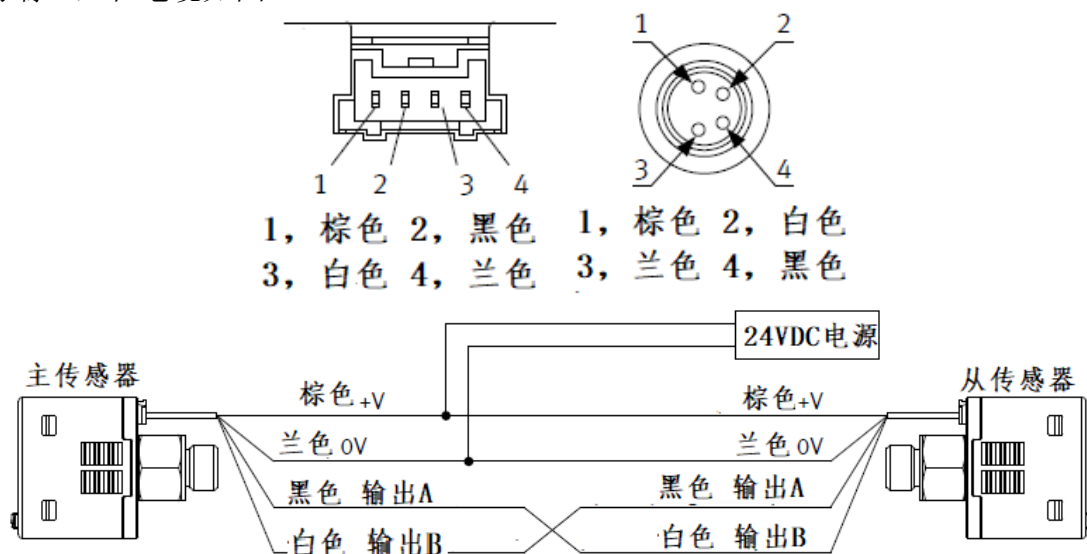
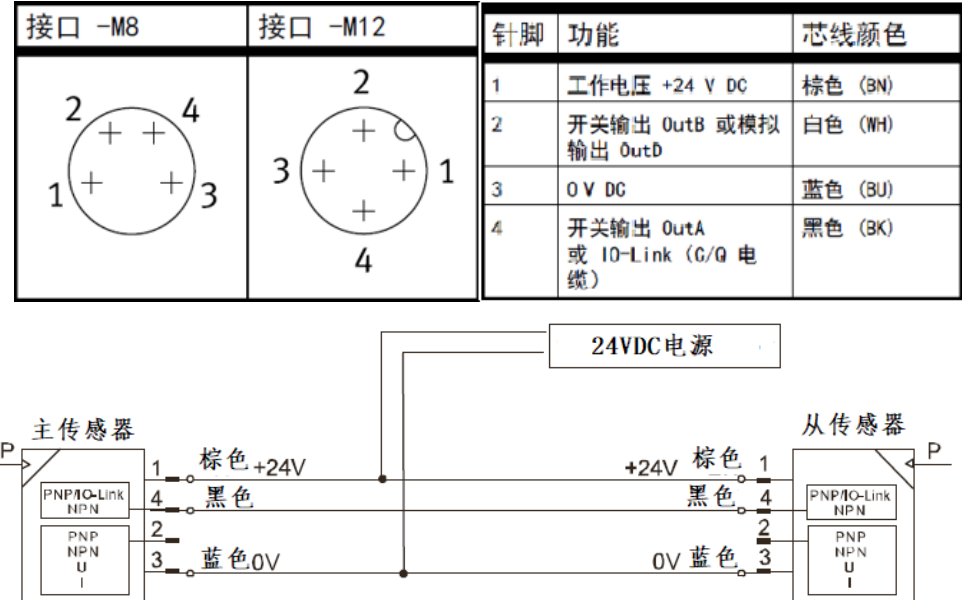


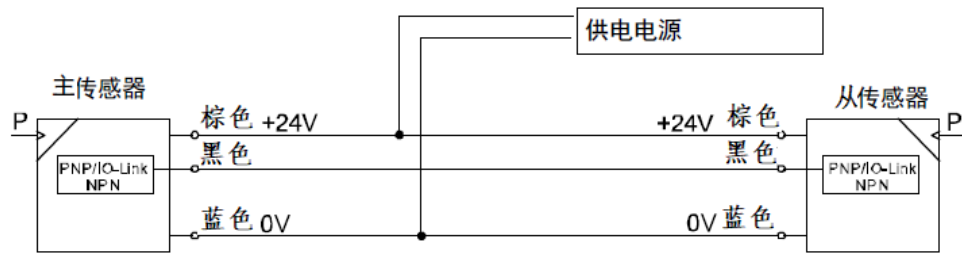
图 (10)

SPAU 的端口，和电缆如图（11）：



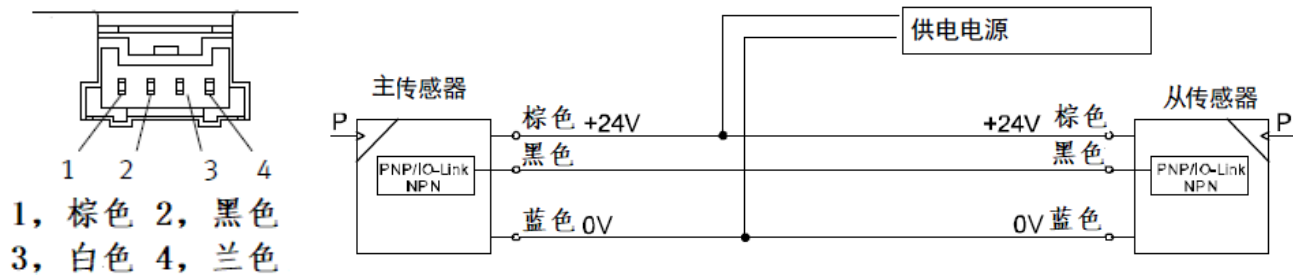
图（11）

SPAE 的连接为三芯电缆，分别为棕色，蓝色，黑色。参数复制电缆连接如图（12）：



图（12）

SPAN 的端口，和电缆如图（13）：



图（13）

这四种传感器通过 IO-Link 做参数复制的操作和相关的显示都有一定的差异，其操作手册都有详细的描述，此处不再作详细说明。