

在易爆环境中校准压力变送器和开关

技术应用文章



- 高温表面
- 静电
- 电磁辐射
- 化学反应
- 机械冲击
- 机械摩擦
- 压缩点火
- 声能
- 电离辐射

对于工作在石油化工和制药、散装材料（比如谷物）周围、采矿等行业或任何存在易爆气体环境中的技术人员而言，本质安全尤其重要。

在这些环境中安全的重要性怎样强调都不过分。少量的能量就会导致引燃；例如，空气与氢气的混合物只需要20μJ能量。适当的作法和工具会使在这些危险周围从事的工作所涉及的固有危险最小化。

本质安全压力校准

在易爆环境中进行压力校准，你需要一只通过本质安全认证的的压力校准器。本安型压力校准器，比如Fluke 718Ex，在欧洲使用时必须按照欧洲 ATEX（“Atmosphère Explosibles,” 法语“易爆气体环境”）规程（Ex II 1 GEx ia IIC T4）认证，在美国使用应按照 NEC 500: I.S.1 Class 1, Division 1 区 Group A-D T4。用户心得除了本安型压力校准器以外，建议严格遵守校准程序，包括：

锁定：确保系统已关闭，并且已通知其他工人会进行可能危险的作业。

警戒区：用警戒线围住工作区，防止工人携带可能危险的电气装置（手机、笔记本电脑、非本安型工具）进入。

在最佳环境中进行压力校准即已是一项困难的事情，在易爆区域中从事这项工作将是难上加难——在这种环境中技术人员不但需要进行适当的培训，而且还要有相应的装备。本文将演示在易爆环境中校准压力校准器的实际应用。

什么是“本质安全？”

本质安全是在易爆环境中应用的保护方法。通过“本质安全”认证的装置用热力或电气方法，设计为不能释放导致易燃材料（气体或灰尘/微粒）点燃的足够能量。

本质安全标准适用于能够形成一个或多个规定的潜在爆炸源的所有设备：

- 电火花
- 电弧
- 火焰

吹洗系统或放气

安全地吹洗系统或放气以清除可能残存的气体。

使用气体检测器：在可能存在易爆气体的环境中，在开始压力校准之前使用气体检测器是谨慎的步骤。气体“检漏器”应用范围很广，从手提式到更大的车载型号。

校准：使用本安型压力校准器进行校准。

清洁并重新激活：在校准结束时，使过程相反并重新激活系统。

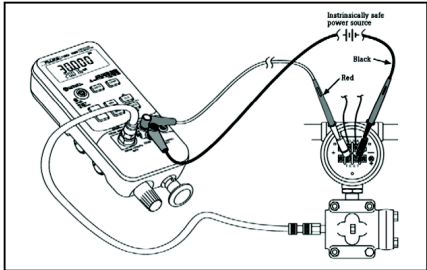
压力校准

718Ex压力校准器能够向压力变送器或压力开关施加压力，同时测量 mA 信号或开关触点。

典型的压力应用

如何在分级场所校准 P/I 变送器

（参考英文原文中图）



在可能存在易爆气体的分级区域中进行任何维护作业之前，熟悉本安工作惯例是很重要的。在继续进行前，务必采取妥善的预防措施并查阅 718Ex 用户手册和 Fluke 718Ex CCD。

配备内置的手动泵，精密测量压力和电流，Fluke 718Ex 压力校准器是完备、独立的 P/I 变送器校准工具。使用 Fluke 718Ex 30G 压力校准器校准 3-15psi/4-20mA 变送器：

1. 将变送器降压并隔离。如果打开变送器会暴露出超过本质安全（I.S.）额定值

的电压，则应使用连续监测的气体检测器以监测易爆气体。

2. 使变送器垂直于 718Ex 的 1/8 英寸 NPT 压力端口。按照上图连接测试导线。
3. 开启校准器。使校准器排气，并按下归零使显示的压力归零。关闭排气控制。
4. 按下 UNITS（单位）键直到显示器上显示 PSI。
5. 在 718Ex 的放气阀向大气打开的情况下，按下 ZERO(归零)键，关闭放气阀。对于正压。把压力 / 真空阀设为 +。
6. 使用手动泵向变送器施加大约 3psi。分流量行程会施加较小的压力增量。使用微调旋钮合理地接近 3.00psi。
7. 按下 HOLD(保持)键，记录 psi 值和 mA 读数。按下 HOLD 键重新开始读数。
8. 计算并记录误差，使用：误差 = $\frac{(I(i-4) - 6) - [(P-3)/12]}{6} * 100$ ，其中误差以量程百分数表示，i 是你的实测电流，单位 mA，P 是你的实测压力，单位 psi。
9. 在中量程重复步骤 5 至 7，大约 9psi，以检查中量程的线性度。
10. 重复步骤 5 至 7，现在为 15psi，检查量程的 100%。

F718Ex，坚固紧凑，长度 216mm，重量 992g，您可以轻松地将他带入现场。718Ex 有 30psi 和 100psi 两种型号。介质兼容性是干燥空气和非腐蚀性气体。内置泵产生压力或真空。

提供有最小值、最大值和保持功能。使用任一种 Fluke 700PEX 压力模块时，718Ex 也可以测量压力，适用于 20.7MPa 以下。718Ex 随机配备护套、测试导线、测试夹、用户手册和一节 9V 电池（已安装）。

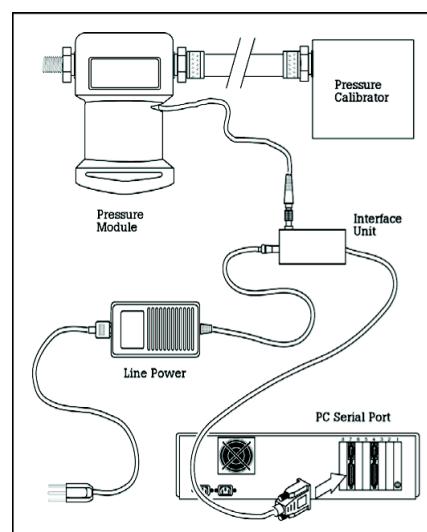


如何在分级区域中使用 718Ex 校准压力开关

在可能存在易爆气体的分级区域中进行任何维护作业之前，熟悉本安工作惯例是很重要的。在继续进行前，务必采取妥善的预防措施并查阅 718Ex 用户手册和 Fluke 718Ex CCD。

1. 从过程中减压并隔离压力开关。如果打开开关会暴露非本安电压或能量，则应使用一台连续监测的气体检测器以监测易爆气体的存在。
2. 使 718Ex 垂直，按照图示接线。
3. 开启 718Ex 并打开排气阀。按下归零按钮以清除零点漂移。关闭排气。
4. 按下开关测试按钮进入开关测试模式。
5. 用手动泵缓慢加压直到达到设定点。使用微调游标尺调节压力直到开关打开并且在 718Ex 上显示出 OPEN（打开）。
6. 使用微调游标尺缓慢释放压力直到显示 RCL。

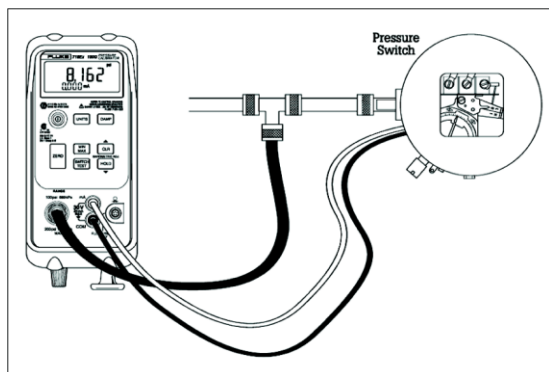
7. 按下开关测试按钮一次以读取开关打开时的压力值，并再做一次以查看开关闭合时的压力。
8. 按下开关测试按钮并持续 3 秒钟以清除试验结果，再次开始。
9. 调节压力开关设定点直到开关触点在预期的压力下打开及闭合。
10. 继续监测易爆气体直到开关返回工作而且所有非本安电压或能源都被隔离，不会暴露在分级环境中。



Fluke 700 PCK 校准工具箱
Fluke 700 PCK 压力校准工具箱使你可以用自己的精密压力标准在自己的场地上校准你的压力模块。工具箱由电源、接口适配器、适当的电缆以及 Fluke 700PC：压力模块校准软件组成。安装到你的 PC 机上时，基于 Windows(r) 的软件使你能够轻松地进行调整前验证、校准调整和调整后验证。校准数据被收集并输入到你的数据库中。需要一台 386 以上计算机，运行 Windows 3.1 或更新版本，连同精密压力标准，不确定度小于经验证的压力模块不确定度的 1/4。

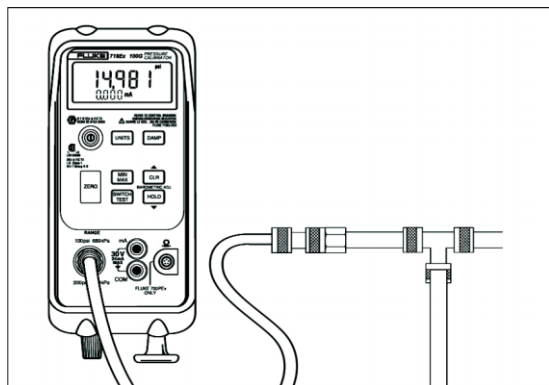
	压力			mA		
型号	量程	分辨率	准确度	量程	分辨率	准确度
Fluke 718Ex 30G	-12 to 30 psi	0.001 psi	0.05%FS	0-24 mA	0-24 mA	0.02 % + 2 个字
Fluke 718Ex 100G	-12 to 100 psi	0.01 psi	0.05%FS	0-24 mA	0.001 mA	0.02 % + 2 个字

如果你计算的误差在公差范围内，则变送器通过了你的调整前测试，可以结束工作。必要时，进行归零和量程调整，然后重复步骤 5 至 9 进行调整后测试。使线路减压，并断开 718Ex。继续监测易爆气体直到变送器恢复工作而且所有非本安电压或能源均隔离不会暴露于分级环境中。



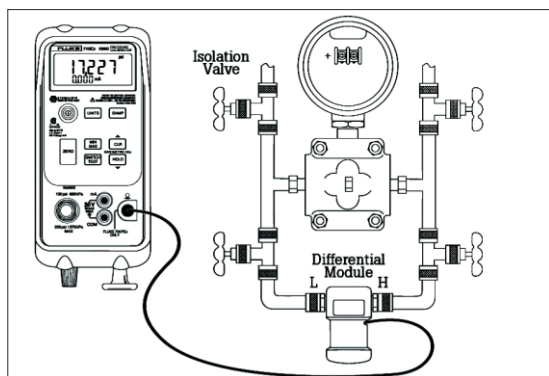
压力开关校准

使用718Ex压力校准器验证压力开关的设定点和死区。



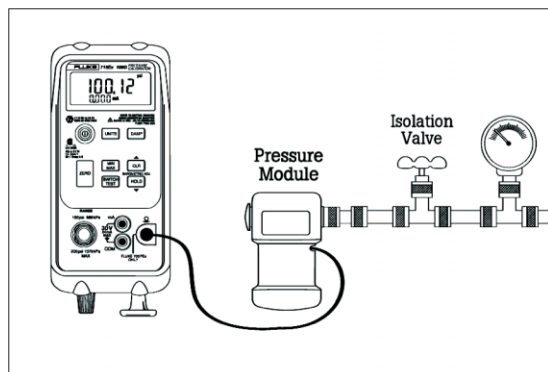
源压力

用压力输入校准仪器时，可以使用车载泵的压力。内部泵可以产生 -12 至 30psi 或 -12 至 100psi 压力。一体化的微调游标尺允许精密调节压力。在此展示 Fluke 718Ex 压力校准器。



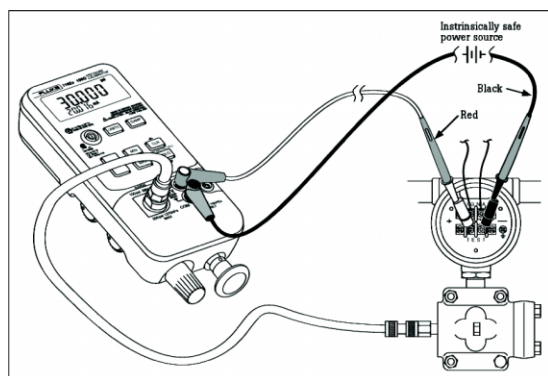
差压测量

差压模块有着广泛的用途，例如，测量罐中液位或校准差压变送器。在此显示了使用 700PEX 辅助压力模块之一的 Fluke 718Ex 压力校准器。



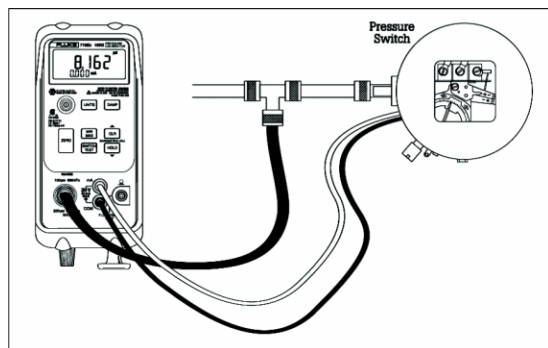
测量压力

为了测量压力，将测试压力的适当压力模块附加到校准器上。实测压力可以用各种工程单位显示。在此展示 Fluke 718Ex 压力校准器。



P 至 I 装置校准

P至I装置用于将3psi至15psi的气动模拟回路控制信号转换为4 mA至20 mA 电气回路模拟控制信号。在此使用 Fluke 718Ex 压力校准器。



压力开关校准

使用 718Ex 压力校准器验证压力开关的设定点和死区。

规格

压力规格（内部传感器）

（18℃到28℃，一年）

压力输入		
量程	分辨率	准确度
-12-30 psi (207 kPa)	0.001 psi (0.01 kPa)	0.05 % FS
-12-100 psi (690 kPa)	0.01 psi (0.1 kPa)	0.05 % FS
温度系数 -10 至 18℃，28 至 55℃	每摄氏度变化量程的 +0.1 %	
PSI,in.H ₂ O (4℃),in.H ₂ O (20℃),kPa,cm H ₂ O (4℃),cm H ₂ O (20℃),BAR,mBAR,kg/cm ² ,mmHg,in Hg		
气体（非腐蚀性）		
3 × F.S.on 30G 2 × F.S. on 100G		

电流规格

18℃至28℃，一年

电流测量	
量程	0 to 24 mA
分辨率	0.001 mA
mA ± 5℃	0.02% Rdg ± 2 个字
温度系数至 18℃，至 55℃	每摄氏度变化量程的 ± 0.005%

调零模式

模式	
表压和差压	按 Zero（归零）按钮将当前压力值贮存为偏移，并从显示值中减去它
绝对	按 Zero（归零）按钮显示标称大气压。用户可以使用上/下键校正为实际大气压。差异用作归零偏移校准。

环境 and 安全要求

操作温度	-10℃至55℃
非操作温度	-40℃至60℃
相对湿度（%RH 工作无冷凝）	95 %（10 至 30° C）75 %（30 至 40° C）45 %（40 至 50° C）35 %（50 至 55° C）
尺寸	8.50 英寸长 x 3.72 英寸宽 x 2.60 英寸厚（216 毫米长 x 94 毫米宽 x 66 毫米厚）
重量	35 盎司（992 克）
振动	随机，2g，5-500 Hz
冲击	1 米下落测试
安全性	 I.S. Class I Div 1 Groups A-D T4 AEx ia IIC T4 II 1 G EEx ia IIC T4 KEMA 04 ATEX 1061 Ta = -10° C 至 +55° C
电磁兼容性	EN61326 2002-02，规范 C



压力模块

压力模块的本安系列

8 种本安型压力模块系列包括最常用的从 0-10” H₂O（0-2.5kPa）至 0-3,000 psi（0-20,000 kPa）压力校准。

表压模块有一个压力接口，测量相对于大气压的过程压力。差压模块有两个压力接口，测量在高接口和低接口之间施加的压力差。每个模块清楚地标明量程、过压规格以及介质兼容性。除了 P29Ex 高压 Ex 模块外，均配有公制适配器。

测量压力（使用内部传感器）
显示压力模块读数（连接压力模块时，自动选择）
测量电流

输入 / 输出

压力输入	1/8 英寸 NPT 压力装配
压力模块输入	LEMO 连接器
电流输入	密封式香蕉形插头

电池

电源	一节 9V 碱性电池 ANSI/NEDA 1604A 或 IEC 6LR619V
电池寿命	4 至 20 小时，视使用的功能而定

快速、轻松地测量

Fluke 700PEx 系列压力模块易于操作。测量压力时，技术人员使压力模块垂直于压力源，把压力模块电缆连接到校准器。施加压力，通过压力模块测量，并在校准器上以数字显示。通过触摸按钮，可以用多达 11 个不同的工程单位显示压力。

压力模块性能

Fluke 700PEx 系列压力模块是高度精确的，有适用于 0% 至 100% 全量程和 0℃ 至 50℃ (32°F 至 122°F) 的全部规格 - 这个特点使它们区别于其它压力校准器。许多量程有总不确定度 0.05%，全量程和参考不确定度 0.025% 量程（参见下表）。

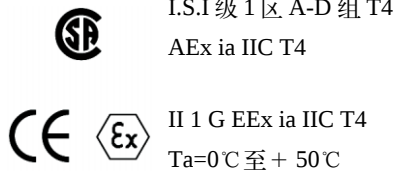
坚固结构

氨基甲酸乙酯重叠注塑在模块意外掉落时能够防冲击，而且密封防污垢、灰尘和潮湿。压力接头为 1/47 NPT。除了 P29Ex 外，均提供 BSP/ISO 适配器。

便于设置

压力模块和校准器之间的一米电缆减少了到压力源的连接管道长度。通过使校准器和操作员离开压力源，远距离压头还提供额外的安全裕度和便利。

700PEx:



压力附件



Fluke 700PTP 气压试验泵

配合使用：Fluke 700 系列压力模块和 Fluke 710 系列压力校准器。

说明：Fluke 700PTP 是手提式压力泵，设计为产生真空 -11.6psi/-0.8 bar 或压力 600psi/40 bar。Fluke 700PTP 有两个压力端口：

- 3/8-BSP(ISO228)平行母螺纹接口，用于标准真空计或压力模块
- 1/8-BSP (ISO228)平行母螺纹接口，用于被测单元

应用：Fluke 700PTP 具有一体化的压力调节游标尺，游标尺旋钮旋转大约 11 圈，增压容积变化 2.0 cc。用游标尺获得的压力变化取决于标称压力和总增压容积，但是在最小容积和最大压力下，游标尺提供 600 ± 20psi 调节范围。在最小容积不加压情况下，游标尺也可以用于提供 0 至 70" H2O 量程。较大的容积将提供较小的调节范围，但更高的分辨率。行程的长度可以调节以限制最高输出压力。最高输出压力从 2.5psi 至 600psi 可调。



Fluke 700LTP 低压试验泵

说明：Fluke 700LTP 是手动压力泵，设计为产生真空 -12psi/-0.85 bar 或者压力 20psi/

压力模块规格（所有规格按全量程 % 计算。规格反映置信区间的 95%。）

型号	量程 / 分辨率	量程 (大约) / 分辨率	参考不确定度 (23 ± 3℃)	稳定性 (1 年)	温度 (0 到 50℃)	总 1 ¹ 不确定度	高 2 端 介质	低 2 端 介质	接口 材料	最大过压 (x 额定)
差压										
FLUKE-700P01Ex	10 IN. H2O/0.01	2.5 kPa/0.002	0.20	0.30	0.30	0.300	干燥	干燥	316 SS	3x
FLUKE-700P24Ex	15 PSI/0.001	103 kPa/0.01	0.025	0.0	0.015	0.050	316 SS	干燥	316 SS	3x
Gage										
FLUKE-700P05Ex	30 PSI/0.001	207 kPa/0.01	0.025	0.0	0.015	0.050	316 SS	不适用	316 SS	3x
FLUKE-700P06Ex	100 PSI/0.01	690 kPa/0.07	0.025	0.0	0.015	0.050	316 SS	不适用	316 SS	3x
FLUKE-700P27Ex	300 PSI / 0.01	2070 kPa/0.1	0.025	0.0	0.015	0.050	316 SS	不适用	316 SS	3x
FLUKE-700P09Ex	1500 PSI/0.1	10 MPa/0.001	0.025	0.0	0.015	0.050	316 SS	不适用	316 SS	2x
绝对										
FLUKE-700PA4Ex	15 PSI/0.001	103 kPa/0.01	0.0100	00.0	00.0	0.070	316 SS	不适用	316 SS	3x
高压										
FLUKE-700P29Ex	3000 PSI/0.1	20.7 MPa/0.001	0.0200	00.0	0.020	0.080	C276	不适用	C276	2x

1 总不确定度，适用于一年时间，温度范围 0℃ 至 +50℃。总不确定度变化全量程 1.0%，温度范围在 -10℃ 至 0℃。

2 "干燥" 表示作为兼容介质的干燥空气或非腐蚀性气体。"316 SS" 表示与 316 型不锈钢兼容的介质。"C276" 表示与 Hastelloy C276 兼容的介质

2000 mbar。Fluke 700LTP 有两个压力端口，配备推入配合连接器。这些推入配合连接器，一个用于连接到 Fluke 700 系列压力模块的参考端口，一个用于连接被测单元，连接提供的测试软管。这些测试软管用 1/4-BSP(ISO228)平行母螺纹配件作终端，可以使用提供的配件进行配合。

应用：Fluke 700LTP 主要用于低压应用。它的特点是有一只低压下分辨率为 0.0145/PSI 的微调游标尺。用游标尺获得的压力变化取决于标称压力和总加压容积，但是在最小容积和最高压力下，游标尺提供 30psi ± 6psi。可调节的减压阀具有慢速放气的能力，允许用户以受控速度缓慢地释放压力以获得预期的压力。



Fluke 700HTP 液压试验泵

配合使用：Fluke 700 系列压力模块和 Fluke 710 系列压力校准器。

说明：Fluke 700HTP 设计产生压力达 10,000psi/700 bar。

Fluke 700HTP 有两个压力端口：

- 3/8-BSP (ISO228) 平行母螺纹接口，用于标准真空计或压力模块
- 1/8-BSP (ISO228) 平行母螺纹接口，用于被测单元

注：用户必须自己提供一条从该端口到被测单元的有适当接口的软管，比如 Fluke-700HIH 测试软管。

应用：这台泵用蒸馏水或基于矿物的液压油可以提供达 10,000psi。通过抽吸几个行

程操作泵向系统注水，然后当阻力增加时切换到高压模式。内部压力调节游标尺按钮使加压容积变化 0.6cc。游标尺获得的压力变化取决于标称压力和总加压容积，但在最小容积下，游标尺提供 150-3,000psi (标称 150psi) 和 3,000-10,000psi (标称 3,000psi) 调节范围。在最小容积并且不加压情况下，游标尺也可以用于提供 0 至 1.7psi 量程。较大的容积将提供较小的调节范围，但更高的分辨率。

F700PAK 压力连接管

F700PAK 压力连接管配件是一套选用美国 Swagelok 公司产品组成的压力连接管配件，主要与福禄克 F718 / 717 压力校准器相配合。它的一头与 F718/717 的内置模块接口相连，另一头提供 1/4 外锥螺纹接头，支持所有压力变送器的主流连接方式。由于用户的被校表的连接头种类不一，如果需要其他连接方式时，用户可以自行加工接头来解决。

压力术语

绝对压力—绝对压力测量参考零压力(完全真空)。

绝对压力传感器—配有在或接近零压力下密封的内部参考室(完全真空)的传感器，暴露于大气时，会产生大约 14.7psi 读数。

玻意耳定律—在温度不变的情况下，气体的体积与压强成反比： $V=1/P$ 。

查理定律—基本上说明在气体体积不变的情况下，如果温度升高，则压强会增加。 $P=$ 常数 $\times T$ 。

共模压力—系统中基本的共用压力(或静压)，由它进行差压测量。

D/P: 差压，(明确的 DP)—表示相同意思而使用的其他名称是 d/p 单元，d/p 变送器和 ΔP 变送器(其中 Δ 是变化的增量或差压)。这是在大多数过程工业中使用的最普通的变送器型号。它可以用来测量液位、流量、压力、差压和密度或比重。进行一些修改后，它可以测量温度和氧的纯度等。d/p 变送器可以是气动、电动机械式或固态。它也可以是智能变送器。典型的大型过程工厂会使用成百或上千 d/p 变送器。

表压—相对于大气压的压力。表压=绝对压力减去一个大气压。

表压传感器—测量相对于大气压的压力传感器。

理想气体定律—结合玻意耳定律和查理定律，产生理想气体定律： $PV=nRT$ ，其中 nR 是特定气体常数，类似于分子数量和分子的相对大小。

I/P(I 到 P)—电流到压力变送器。现代工业设备中常用的仪器。典型的大型造纸厂或炼油厂会使用 5,000 台 I/P。

管线压力—压力容器或管道差压测量的最大压力。

孔板—极低成本的普通主要传感元件(PSE)用于测量流量。它必须与 d/p 单元一起使用。它构成了文丘里管，产生的 P 跨越板形成，其平方根与流量成比例。

P/I(P 到 I)—压力到电流传感器。

气动继电器—指一种气动仪器，对其输入执行一个方程，并将结果作为输出(例如：开方器、加法器等)。

PSI—磅/每平方英寸(与 psig 相同)。

PSIA—每平方英寸磅绝对值。

PSID—每平方英寸差。

PSIG—每平方英寸磅表值(与 psi 相同)。

平方根计算器—一种仪器或软件程序取输入的平方根并把结果作为它的输出。线性化许多流量信号需要取平方根。例如：孔板、文丘里管、目标流量计和皮托管都需要变送器的输出信号线性化。Mag 流量计、涡轮流量计、多普勒流量计和涡流挡板流量计不需要取平方根。

静压—在系统内任一点零速度压力。

湿/干差压—差压传感器或变送器，在湿端口使用金属膜，可以用液体，干端口处无膜。干端口使传感器材料暴露于介质，因此只能对该端口用清洁、干燥的气体。

湿部件—膜和压力端口材料，与介质(气体、液体)直接接触。