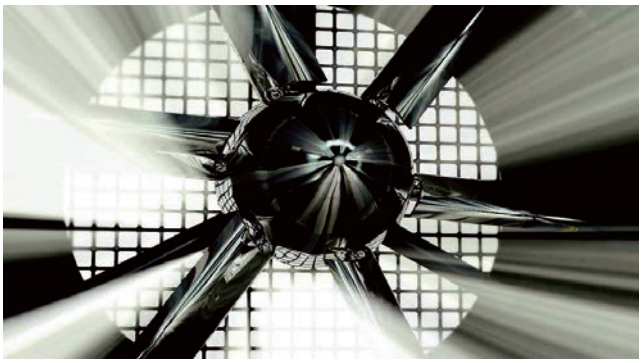
如何选择差压传感器

面向微压差、关键环境压力应用（一）



系统制造商正在提供有史以来最优质、最可靠和最节能的汽车、飞机、汽轮机和燃气发动机以及相关部件。这在很大程度上是因为制造商对这些产品日益增长的严格测试和测量要求。差压传感器是要求高可靠性、可重复性和高精度的应用工艺中不可或缺的一部分。

差压传感器通常被用于试验台、风洞、泄漏检测系统和其他应用中。每种应用的工程师都在寻求对他们所在行业十分重要的传感器改进。

当今差压传感器的性能已经提高到可为严苛应用提供解决方案。本文说明了如何在关键压力应用中使用差压传感器，差压传感器的两个性能特性，以及这两个参数的重要意义。

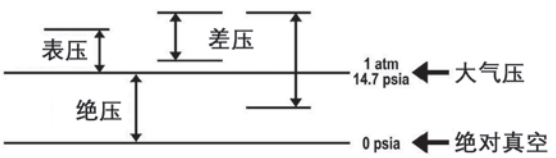


图 1. 不同的压力测量类型。

差压（DP）传感器测量两点间的压力差，通常使用参考压力（基准压力），而不是大气压力（见图 1）。为此，传感器有两个端口，使得压力可以施加在感测元件的两侧。其中，一个端口用于试样（过程端口），另一个则用于参考（参考端口）。DP 传感器检测到的压力差异会生成一个高精度读数，该读数与测量的压差成正比。

1. 微压差传感器应用

差压传感器通常被用于试验台、风洞、泄漏检测系统和其他应用中。每种应用的工程师都在寻求对他们所在行业十分重要的传感器改进。例如，设计和使用试验台的工程师希望测量仪器具有非常高的精度，因为计算系统性能需要精确的空气流量测量。试验台可能会使用微压传感器来测量进入柴油发动机的燃气流量，从而确定性能，或者测量非公路车辆发动机的效率。

另一方面，风洞工程师对具有高精度和快速响应时间的传感器非常感兴趣。低速风洞应用需要测量不断变化的气流速度。因此，传感器可能会用于计算飞机的风速、测量空气如何流过汽车，或者帮助确定风力涡轮机叶片的最佳曲率和间距。这些应用依靠差压传感器与皮托管共同使用，来进行精确可靠的局部气流速度测量。

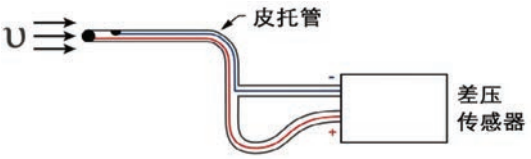


图 2. 差压传感器用于计算风洞中的气流速度。

$$v = \sqrt{\frac{2*\Delta P}{\rho}}$$

v = 气流速度
ΔP = 压差
ρ = 空气密度

相反，基于差压降低测量的泄漏检测系统的工程师更重视过压保护，因为施加高压时很容易发生意外过载。这些泄漏检测系统使用差压传感器来计算泄漏速率（基于压力降低），从而确定小容积部件的密封完整性。

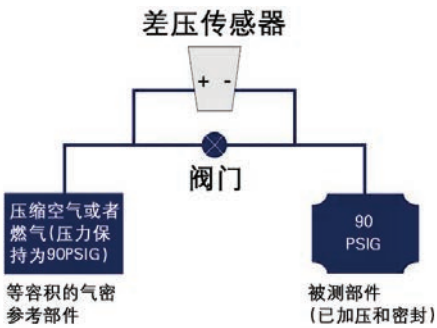


图 3. 使用差压传感器进行泄漏检测。

$$Q_{Leak\ Rate} = \frac{V * \Delta P}{\Delta t * P_S}$$

ΔP =差压压降
P_S =静态管路压力
Δt =ΔP的测量持续时间
V =部件容积

例如，可以对燃气发动机进行测试来确定其密封件是否气密、监测正在使用的高压过 程管道来检测泄漏，或者单独密封机加工铸件的各个通道，并按照 90 PSIG 下 3 sec/m 的测试规范进行检查。施加的静态管路压力越高，可分辨的压差越小，则可检测的泄 漏速率就越低。（见图 3）

2. 精度

输出读数极其精确，小于等于＋ 0 07% FS RSS（满量程，方和根法），因为电容传感 器降低了噪声影响并且使用了数字线性化处理。这些传感器使用频率信号输出替代了 模拟信号，20-40 MHz 的频率范围可减少进入电路的传导噪声。这些高频信号易于被 精确测量，并且已经为通过数字信号处理进行调节做好”数字化准备”。

压力传感器的精度一般通过方和根（RSS）法量化：

$$\%精度_{RSS} = \sqrt{非线性^2 + 非线性^2 + 滞后^2}$$

当这三个误差值尽可能小时，可以获得更高的精度（更低的 % FS）。精度计算的三个 特性如图 4-6 所示。非重复性和滞后是感测元件设计的固有特性，在制造过程中难以 补偿。通常这些值是传感器质量和稳定性的基本指标。在校准过程中可以补偿的特性 是非线性。计算非线性的最佳拟合直线（BFSL 或 BSL）方法通过实际曲线拟合一条直 线，以便最大限度降低实际曲线与直线 之间的相对误差。这种情况下，曲线的终点与 最佳拟合直线间没有关联。

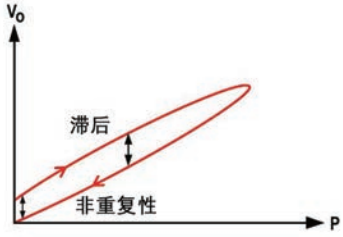


图 4. 非重复性和滞后对压力传感器输出的影响。

计算非线性的最佳拟合直线（BFSL 或 BSL）方法通过实际曲线拟合一条直线，以便最 大限度降低实际曲线

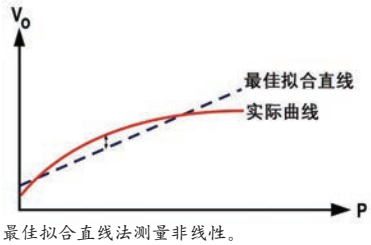


图 5. 如何使用最佳拟合直线法测量非线性。

与直线之间的相对误差。这种情况下，曲线的终点与最佳拟合直 线没有关联。

计算非线性的更精确和更严格的方法是终点法（图 6），该方法测量在绘制连接终点 P0（零差压）IPFS（满量程）的直线时的非线性。这种情况下，对零点偏移 或者量 程进行校准调整后，可以保持终点精度。测量非线性的不同方法会影响 RSS 传感器精 度的报告方式。例如，采用终点法具有士 0.03% 非线性的传感器，使用最佳拟合直线法时非线性可能为士 0.015%。BSFL 方法的非线性数值更低，但是这并不会提高精度。

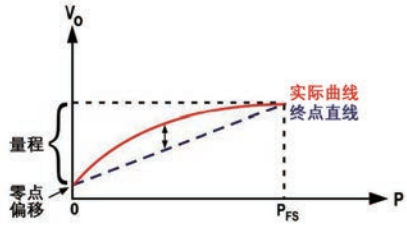


图 6. 如何使用更严格的终点法测量非线性。

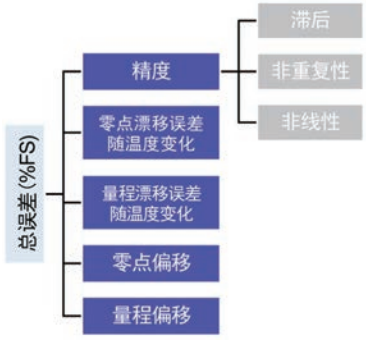


图 7. 总误差（TEB）。

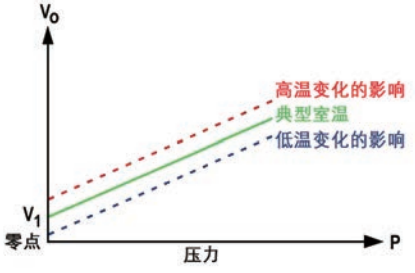


图 8. 温度对零点的影。

在制造过程中，传感器会进行全数字化处理来线性化输出信号。数字信号线性化相比 模拟信号线性化更加精确，因而可实现监控过程状态的实时、精确、可靠的数据。此 外，数字化处理可提供比模拟处理更高的抗电子躁声干扰性。

另一个显著的传感器改进是总误差。由于较新的传感器都经过热特性测量，它们被更 好地热补偿，这可提高总误差带。总误差带通常包括零点和量程偏移的最大不确定性 误差、零点和量程漂移、滞后、非线性和非重复性（见图 8）。

总误差是真值最大正偏差与最大负偏差之间的差值。

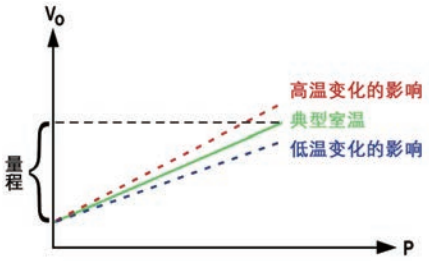


图 9. 温度对量程的影响示例。

它通过检查传感器在压力测量限 值和工作温度范围内的所有可能误差来确定。总误差值被用于确定传感器在其补偿温 度范围内的最差性能。

传感器在其校准温度范围（如 -20 到 + 60℃) 内被特性化。在该过程中，通过记录在自 动制造过程中不同温度时的零点偏移和量程，收集制造过程的数据。采用非线性曲 线拟合算法来特性化传感器的表现。通过该过程，补偿数据被永久性加载到各个传感 器中，以便有效地补偿热环境影响。获得在宽温度补偿范围内小 于 + 0.5% 满量程的 总误差结果。

在所有环境影响因素种，温度对信号输出的影响最大。因此，不要忽视选择具有低热 误差的压力传感器的重要性，这样可以实现工作温度范围内的最佳性能。CRC

Heipha 公司新型接触琼脂培养基用于难以中和的消毒剂

德国 Heipha Dr. Muller 公司推出新一代培养基，可使新一代难以中和的消毒剂的残留失活，用于表面或人员的环境监测，以检测隔离器和洁净室中的微生物。

基本培养基的配方与当前 EP、USP（欧洲和美国药典）推荐的胰酶大豆琼脂保持一致。为使残留的消毒剂失活，培养基中添加了活性成分称为中和剂 A 的混合物。

通常，为了中和残留的消毒剂、青霉素和其它内酰胺类抗生素，环境监测培养基辅以卵磷脂、聚山梨酸酯 80、组氨酸、硫代硫酸盐或酶（如 penase 或 cephase 等）。Heipha ICR 培养基由这些不同组合的中和剂制成。可问题是，新一代的季铵化合物和双胍类药物残留不能被可靠的中和。

“heipha 证明，当前用于环境监测的培养基和各种组合形式的中和剂，不能满足制药和生物制药行业目前的要求。而新型含中和剂 A 的胰酶大豆接触琼脂已在广泛应用的商业消毒剂中大量试用，我们可以证明含有中和剂 A 的 TSA 可有效中和消毒剂的残留，而传统的中和剂则无效。”英国 Biotest 公司的 Rob Nixon 表示。

含中和剂 A 胰蛋白酶大豆接触琼脂——“ICR+”适用于测定隔离器和洁净室里已消毒的干燥表面的总活菌数（ICR = 隔离器和洁净室），因此，该产品适用于所有卫生监测。

接触皿为三袋装，并且最终包装经伽玛照射。皿型为 Plus 或 „+“的带可上锁的盖子。采样后的安全运输以及有氧培养，接触皿可以被锁定在“CLOSED”位置。厌氧或微需氧培养，盖子可以锁定在“VENT”位置。

这些接触皿归属 ICR 产品范围，在室温下贮藏，目前的保质期定为 3 个月。CRC