

文号: 2001

文目: 新型传感器

原作: 盐田 健

译编: 宋尔 纯

审校: 施 锡 昌

合肥立达信息技术研究所
《国外科技文献》编译部

1992年2月·合肥

本文稿共 22 页 (约 9000 字)

《国外传感器》编译部

新 型 传 感 器

宋书纯译 施锡昌校

一、前 言

小型低量程传感器，已被广泛应用于土木、建筑、水文地理的各种模型实验以及飞机的风洞实验等领域，同时，各种新型传感器也相继开发出来，以满足原子能、宇宙、海洋开发等领域及特殊环境的需要。

就一般的传感器来说，往往有好几种结构形式，例如，加速度计多用压电式，而位移计则多用差动变压器式。各种形式都各具特色，但总的说来，目前应变计式传感器在传感器领域中占有重要的地位，不仅欧美一些国家是这样，日本也是如此。

这是因为，应变计式传感器具有下列一般性的优点：

- (1) 精度高；
- (2) 动态响应性能好；
- (3) 测量系统简单；

《国外传感器》编译部

(4) 可靠性高。

应变计式传感器，一般多用应变片，而现代新技术领域使用的传感器，则要求以新式应变计取代老式应变片。

由于IC技术的飞跃发展，各种IC化新型传感器相继问世，就这个领域而言，欧美一些国家居于领先地位，日本次之。

下面仅就日本产的新型传感器作一简单介绍。

二、超小型传感器

随着造船业、土木建筑业的模型实验及ME(机电)仪器的发展，越发需要超小型传感器。

应变片的出现虽有助于传感器的小型化，但遗憾的是，崭露头角后就再也没有什么新发展。而采用IC技术的应变计对传感器的小型化却起了重要作用。最初研制出半导体应变计式传感器，随后又推出应用真空镀膜和扩散技术的传感器。现在，无论是西欧或东亚，在整个工业检测领域内，这类传感器业已成为一般化的产品了。

超小型传感器要求的条件：

《国外传感器》编译部

(1) 性能应不低于大型传感器;

(2) 操作和安装方法要简便;

(3) 引线要结实, 结构须防水。

可是, 早期的超小型传感器, 在温度特性等方面都存在一些问题。由于材料更新和补偿方法的改进, 有的问题已得到解决, 但在操作和安装方法及软件技术方面仍存在一些问题。

1. 超小型压力计

模型实验中检验水压力和土压力用的直径只有几毫米的针式压力计现已研制成功。其传感器须具有长期的防水性和良好的瞬态温度响应性。此外, 额定量程为 0.1 kg/cm^2 的 $\phi 10 \text{ mm}$ 盘式压力计也在研制中。

用于解析高速流体的空穴现象的超小型压力计已研制成功。在 $\phi 2$ 毛细管顶端, 有一 $\phi 1$ 受压部, 侧压式具有不受流体流动影响、插入时不会损坏等优点。如此小的压力计却具有前所未有的灵敏度和稳定性, 可用以检测翼面的压力分布。

此外, 还推出将 5 个超小型压力计组合在一起, 内设

《国外传感器》编译部

5 孔皮托管的 PM3 型产品。

采用电子计算机解析，对流速的大小和方向可作三维测量，与原有的外部压力计式相比，具有响应频率高、操作简便等优点。

2. 超小型加速度计

超小型加速度计是为适应复杂建筑物的内部振动检测和有关土木建筑的模型实验的需要而研制的。

应变计式加速度计早在 20 年前就问世了，这对加速度计的超小型化是有利的，可是后来却没有新发展，直到几年前，应变计用上了 IC 技术，超小型加速度计才得以告成。

ST 研究所研制的 AL2 型和 AL5 型超小型加速度计，是举世少有的一类加速度计（ $\phi 2 \times 5$ ），适于核反应堆内部的振动检测和坝堤模型的振动实验使用。AL10 型（单向）和 AL10T 型（三向）加速度计具有超小型、低量程的优点，可用于检测人体功能，还可用于机电设备。

3. 小型发动机压力计

发动机压力计是用于检测发动机的爆发压力的压力计

《国外传感器》编译部

，多使用压电式和应变式。压电式虽小型，但有静态误差不好校正的缺点。而应变式又有体积小、输出小、信/噪比不佳、使用寿命短的缺点。

ST研究所研制的PHW 14型发动机压力计，基本上克服了上述缺点。

三、超低量程式传感器

超灵敏敏感度的压力传感器采用电容式或可变电容式，其结构与话筒相似。这类低量程传感器存在如下共同问题：

- (1) 体积小；
- (2) 受姿势和加速度影响较大；
- (3) 频率响应低；
- (4) 瞬态温度响应特性不佳。

1. 风压计

超高层大楼和长大桥之类大型建筑物以及高速公路、高速铁路线上运行的车辆，迫切需要检测风压。

风压 P (g/cm^2) 与风速 V (m) 的平方成正比，一般

《国外传感器》编译部

来说，风压可用下式表示：

$$P = CV^2 / 16 \quad (C = \pm 0.5 - \pm 1.5)$$

因此，就需要有额定量程为10g的高灵敏度压力计。

就风压计来说，不仅要解决低量程传感器问题，而且还要满足能防水、能随意进行背压处理、能检测负压等要求。

ST研究所研制的PM25型风压计，具有体积小、重量轻的优点（ $\phi 25$ 或 $\phi 15 \times 2.5$ ，约2g），适于现场实验（风洞实验）使用。输出电压为5g FS 100mV，姿势影响为1% F/G。由动压校正盖实验确认，200 Hz 以内频率特性很平稳。

2. 超小型差压计

就风速和流速的检测来说，采用液柱式压力计检测皮托管所发生的微差压，是沿用已久的手段方法。它根本就不可能作多美同时检测和动态检测。

采用超灵敏敏感差压计取代液柱式压力计，具有精度高、省力节省等优点。新开发的PD80A型差压计，额定量程只有5mm H₂O，既小又轻。此种超小型差压计，内部设有调节盖，分辨率达1 μ H₂O，姿势影响小，动态响应特

《国外传感器》编译部

性也好。

将超小型差压计的标准结构置于真空状态下封闭，便构成绝对压力计，可作气压力计和高度计使用。

四、调节器式传感器

阻式应变计传感器的测量系统存在如下问题：

- (1) 由于输入和校正值等的范围宽，因而调整和操作较复杂，并且，还易于发生误动作；
- (2) 既大又重，价格高昂，这对多路计测是个大问题；
- (3) 主要电路虽有载频放大器结构，但其动态响应范围窄，并且，载波本身及负载引起的噪声也大。

另一方面，已集成化的传感器正在向小型化和低量程化方向发展，并且，高输出化也给测量系统带来简单化。

传感器的最大输出为100 mV，因此就能采用仅放大10倍的、全IC化的直接耦合式直流放大器。放大器可组装在比火柴盒还小的盒内，50 KHz以下具有十分平稳的动态特性，几乎就没有噪声，并且价格低廉。

调节器式传感器的使用日益广泛，已不再使用那种大

《国外传感器》编译部

型、操作复杂的放大器；标准化的传感器输出可直接引入电子计算机或最终处理装置。

调节式传感器的优点：

- (1) 内设IC化放大器，可自变输出；
- (2) 互换性好；
- (3) 内设调节器，引线延长无影响；
- (4) 既小又轻；
- (5) 从DC到高频响应，频率宽。

1. 调节式压力计

调节式压力计最早叫“机载式”压力计，原开发的目的是供飞机使用，后来取代布尔登（Bourdon）弹簧管，从一般性用途到各种伺服系统都广泛应用。

PGA型压力计，额定量程为 $1-100\text{ kg/cm}^2$ ，外形尺寸 $\phi 25 \times 50$ ，既小又轻，可作为工业仪表使用。基本结构由膜片及与其相连的荷重变换部构成。按压力的作用方式可分为下列三类：

- (1) 表压力式：内腔通大气；
- (2) 绝对压力式：内腔为真空状态；

《国外传感器》编译部

(3) 差压式：内腔也可加压力。

进入内腔的压力介质有两种：一种是干空气（湿/干），另一种是水之类的液体（湿/湿）。一般压力计属前者。

测量绝对压力时，一接真空，一连大气。

此外，土木、建筑现场用的传感器，特别是迫切需要的调节器式传感器，已刻出土压计、水压计、间隙水压计、倾斜计、振动计和载重计等。

2. 调节器式振动计

就振动计来说，如公害振动计，用以检测工厂机器和建筑施工作业所产生的振动；地震计，用以观测地震。

公害振动计由传感器和具有振敏修正特性的放大器构成，用以检测振动加速度、振动速度和振动位移。

地震计近年来已成为社会舆论的话题，因能预报较大的地震而引起各界人士的关注。因传感器与加速度计为一件，从检测1 Hz以下、100 Hz以上地震波的实际需要出发，多采用伺服式。

五、特殊环境(特种设备)使用的传感器

《国外传感器》编译部

开发新能源的重要性已不言而喻，从普通水炉，到高温气炉、高速增殖反应堆以及煤炭和太阳能应用技术等，各个领域的开发工作已蓬勃兴起，方兴未艾。

另一方面，随着石油化学工业的发展，兼有多种复杂的流伴特性及苛刻的环境条件的过程日益增多。

如同宇宙开发和海洋开发需要高技术一样，传感器已成为特殊设备不可缺少之器件。尤其需要开发满足下列条件要求的新型传感器：

(1) 无冷却式，要具有 500°C 以上的耐热性（具有耐放射性特性）。或者，反之，在超低温状态下要能使用。

(2) 要具有高频响特性。

(3) 体积小，重量轻。

(4) 安全措施要周密。

(5) 对高粘度、凝固性、泥浆、粉体、双相伴（气-液、固-液、气-固）等特殊流伴要能使用。

忽视上述条件，靠原有的工业仪表来执行特种设备的检测任务那是不能胜任的。并且，原有的一些水冷、压力输出或置换等应变措施也都不适用。

《国外传感器》编译部

1. 无冷却式高温压力计

就特种设备用的无冷却式高温压力计来说，高温应变计式压力计早在十年前就研制成功，在原子反应堆的安全实验等方面有众多实例，卓有成效。

无冷却式高温压力计由电缆、金属和无机材料构成，有标准型、挤压型、浸渍型、超小型（燃料棒组装用）等多种。具有规格的追加、变更、特种试验等任意选择功能。

安装压力计时，须注意紧固扭力要适度，扭力过大会引起漏泄，甚至会损坏压力计。最佳安装方法就是采用法兰盘和金属密封圈。

密封材料的选择是无冷却式高温压力计在使用方面存在的最大问题。要根据不同的介质、压力和温度认真进行选择。金属密封圈，随温度的升高密封特性会有所改善，多孔式密封金属圈随压力的增大也可获得同样的效果。

对于高温Na之类难密封的压力介质，已在开发一种组合的方法。

2. 无冷却式高温差压计

《国外传感器》编译部

特种设备检测用的差压计，存在如下缺点：

- (1) 内部使用硅油和密封圈，缺乏耐热性；
- (2) 动态响应特性不佳，受振动影响大；
- (3) 不能联机使用。

新型无冷却式高温差压计克服了上述缺点，基本结构为单芯式全焊接结构。除可检测流量外，还可检测高温高压下的差压。

3. 无冷却式高温位移计

ZHT型无冷却式高温位移计，不仅具有耐高温、高压特性，而且还有耐放射性特性，主要适用于反应堆内的自动控制。

该位移计原理上虽属差动变压器，但包括线圈和电缆在内，全由无机材料构成，外部采用TIG或EB焊接结构，在高温Na中也能使用。

结构简单是差动变压器的一大优点，不仅可检测位移，而且通过与弹簧系组合，还可检测称重和压力等。

4. 无冷却式高温加速度计

在原子能开发领域中使用的，有燃料棒插入式加速度

《国外传感器》编译部

计和无冷却式高温加速度计。

小型双轴加速度计可插入直径为几mm的燃料棒中，用弹簧及热焊式粘接剂固定。无冷却式高温加速度计安装在反应堆内部的结构体上，检测正常或异常用的振动，具有耐放射能特性，并可在500℃的Na中浸渍。

5. 超低温用传感器

在磁悬浮列车、宇宙开发用火箭燃料、MHD（磁流体）发电等超低温技术领域，迫切需安装型传感器，要求条件是：

- (1) 包括封装在内全用无机材料；
- (2) 传感器为真空内腔；
- (3) 在超低温状态下原理上是可用的（包括温度补偿在内）。

PLT型超低温用压力计适于磁悬浮列车使用。在10°K状态下使用时，需用钽密封垫。

此外，还推出结构大致相同的差动变压器式超低温位移计和超低温流量计。

《国外传感器》编译部

六、新型流量计

在汽车、飞机、原子能等领域迫切需要开发出新型流量计。要求如下：

- (1) 能适用于一切流体（含混合物）；
- (2) 在气、低温等特殊环境下能使用；
- (3) 对汤膏之类高粘性物质的流量要能检测；
- (4) 要具有动态响应性，并且受振动和加速度的影响要少；
- (5) 量程要小，可检测微小流量（ CC/min 的分辨率）；
- (6) 幅度变化范围要大；
- (7) 成本要低。

1. 流量传感器（托盘式）

托盘式流量计由转矩管、圆盘、棒杆、引入管等组成。

面积 A 上的作用力 W 与流速 V 的关系如下式：

$$W = C_d \cdot A \cdot \frac{\rho V^2}{2G}$$

《国外传感器》编译部

式中 C_d — 阻力系数；

ρ — 密度；

$$G = \frac{980 \text{ cm}}{S^2}.$$

阻力系数 C_d 是一常数，取决于动压板的形状和雷诺 (Reynolds) 数；圆板的雷诺数为 $10^3 \sim 10^7$ 是恒定的 (≈ 1)。

流速在 $10^{-2} \text{ m/s} \sim 10^2 \text{ m/s}$ 范围内，作用在面积上的力 W 与流速 V 的平方成正比。

新研制的托盘式流量传感器具有：

- (1) 适用于一切流体 (含混合物)；
- (2) 能制作高温冷却式和超低温式；
- (3) 可检测高粘度之类高粘性物质的流量；
- (4) 具有动态响应性，受振动和加速度的影响小，响应频率高；
- (5) 容易校正；
- (6) 可检测双向流量；
- (7) 可检测微小流量 (0.01 mL/min 的分辨率)；
- (8) 体积小，重量轻；
- (9) 耐高压；

《国外传感器》编译部

(4) 价格低廉，可靠性高。

此外，还开发出可调节流孔式流量计，可检测泵式流量计无法检测的大范围变化的流量。

2. 无冷却式高温用流量计

检测高温之类高粘性物质的流量，目前尚无可供实用的产品。因为这不仅是要解决流量计本身的耐热问题，而且还要解决难对付的高粘性物质的凝固问题。

ST研究所最近研制出FT型防爆式中、高温用流量传感器，具有耐压、防爆结构，可用以检测高温流量。此外，还开发出不受粘性变化影响的FDDZ型高粘性流作用流量传感器和高温Na用流量计。

3. 超小型微小流量计和超微小流量计

托盘式流量计的一大优点就是体积小、灵敏度好，适宜检测微小流量。

FDM和FDMN型超小型微小流量计，可用以检测复杂配管狭窄部位的微小流量（额定量程 0.2 l/min 水）。

超小型流量计（额定量程 10.00 l/min 水）由集成化应变计构成，目前并是最小产品。