

有助于提升成套设备监控系统先进性的 差压、压力变送器

Differential and Gauge Pressure Transmitters That Sophisticate Plant Monitoring and Control Systems

山下 真一郎 YAMASHITA, Shinichiro

坂上 智 SAKAUE, Satoru

富士电机的差压、压力变送器“FCX 系列”自 1989 年发售以来，一直被用于监控各行业的成套设备。为满足客户的新需求，富士电机开发了最新型号“FCX-A IV 系列”，该系列应用了静电容量式压力传感器，在确保高测量精度和长期稳定性的同时，实现了高速响应性、高可视性和易操作性。本系列产品凭借其独特的结构，适用于耐氢渗透应用。同时，通过选择适当的隔膜材料，也可用于耐腐蚀应用。此外，使用压电式压力传感器，可以在超出电容式压力传感器适用范围的应用中实现超高耐压性。

Since its release in 1989, Fuji Electric's FCX Series of pressure transmitters have been used to monitor and control plants in various industries. The FCX-A IV Series, the latest model developed to meet new needs, utilizes a capacitive pressure sensor to achieve high measurement accuracy and long-term stability, as well as fast response, high visibility, and better operability. Its unique structure allows this series to be used for hydrogen permeation resistance applications, and its use of optimal materials enables it to be utilized for corrosion resistance applications. Furthermore, the series uses piezo pressure sensors for applications that require ultra-high pressure resistance beyond the application range of capacitive pressure sensors.

1 引言

富士电机的差压、压力变送器“FCX 系列”自 1989 年发售以来，一直在不断提升功能和性能的基础上，被应用于化工、钢铁、垃圾处理、石油等各个行业的成套设备监控。⁽¹⁾本文将介绍为了满足客户新需求，进一步追求可靠性和易用性的最新型号差压、压力变送器“FCX-A IV 系列”。

2 “FCX-A IV 系列”的概要

在 FCX-A IV 系列中，关键的压力检测部分采用了拥有丰富实绩的电容式压力传感器，实现了高测量精度，并且通过优化结构实现了长期稳定性。此外，该系列还通过加强信号处理部分，缩短了测量周期。同时，为适应广泛的应用需求，提供了丰富的产品种类。例如，针对要求功能安全的作业现场，已获得国际标准 IEC61508 安全完整性等级 (SIL) 2 级认证。此外，除了适用于氢气制造装置等所需的耐氢渗

透型号和适用于处理各种酸、碱的设备的耐腐蚀性型号外，还提供了适用于高温、高真空环境下的系列产品。此外，还为海底油田等要求超高耐压的用途提供了检测部分采用压电式压力传感器的型号。图 1 所示为差压、压力变送器 FCX-A IV 系列外观。

3 “FCX-A IV 系列”的特点

3.1 高精度与长期稳定性

电容式压力传感器作为压力检测部分所采用的技术，与其他测量方式相比具有更高的灵敏度。由于它由单晶硅材料制成，磁滞损耗小，从而具备出色的稳定性和重复性。同时，通过结构的最优化实现了输出的长期稳定性。此外，通过采用高级浮动单元结构，将传感器浮动于非压缩性流体中，可有效保护传感器免受各种恶劣环境的影响，确保了传感器的稳定性。通过上述特点，实现了以下所述的性能：

(a) 高精度测量： $\pm 0.065\%$ (标准)

(b) 长期稳定性： $\pm 0.1\%/5$ 年

图 2 所示为 FCX-A IV 系列的零点波动数据。

3.2 高速响应性

在 DX (数字化转型：Digital Transformation) 的不断发展中，用于控制成套设备运行的 DCS (分散控制系统：Distributed Control System) 已经实现了高速化和高可靠性。同时，对于变送器等现场设备也要求更高的精度和速度。FCX-A IV 系列通过采用高速 CPU 和优化软件处理，相比旧系列提高了性能，实现了作为压力和差压变送器的最高级别响应性 (更新周期 40 ms、空转时间 60 ms)。特别适用于燃气轮机蒸汽流量测量等要求高速响应的过程。图 3 所示为 FCX-A IV 系列的输出响应特性。



图 1 差压、压力变送器“FCX-A IV 系列”

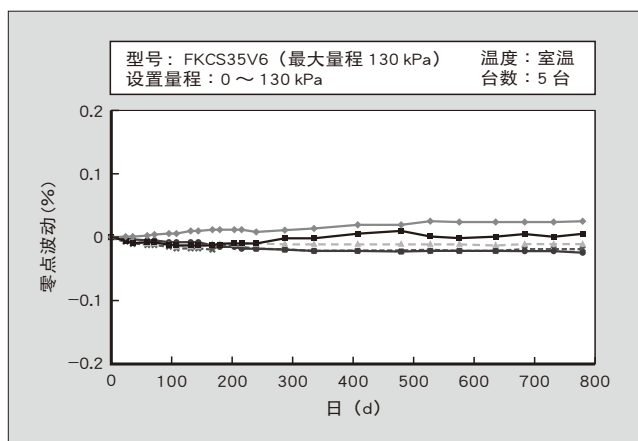


图2 “FCX-A IV系列”的零点波动数据

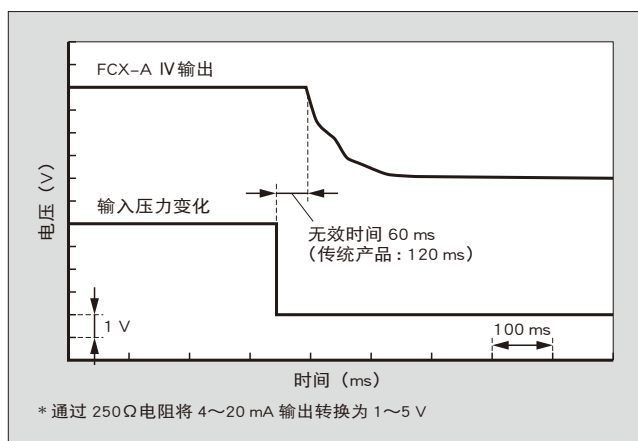


图3 “FCX-A IV系列”的输出响应特性

3.3 高可视性和易操作性

由于主机的数字显示器同时显示数字测量值和单位，因此可以轻松准确地掌握数据。发生异常时，显示器上会显示错误代码，因此可以快速了解情况和应对异常。同时，FCX-A IV系列增加了条形图显示功能，了解情况更直观。数字显示器内置的所有参数的设置和调整都可以在不打开显示器盖子的情况下，通过外部的非接触开关进行操作。图4所示为FCX-A IV系列数字显示器的外观。

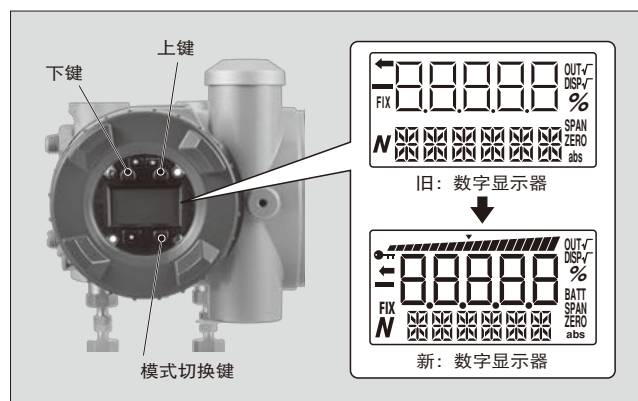


图4 “FCX-A IV系列”的数字显示器

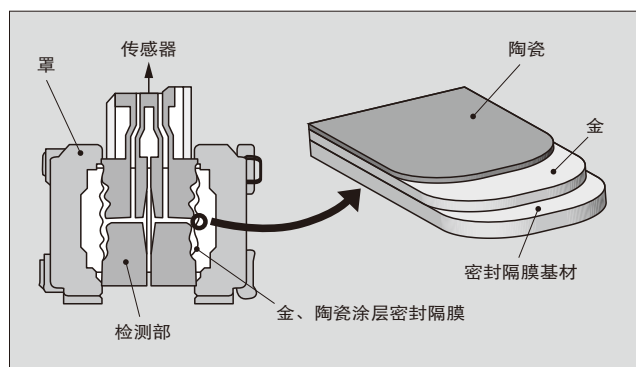


图5 金、陶瓷涂层密封隔膜的结构

3.4 获得 SIL2 认证

符合安全标准 IEC 61508，并获得了 SIL (Safety Integrity Level, 安全完整性等级) 2 的认证。可用于对功能安全有相应要求的领域。此外，通过 2 台变送器的冗余（组合）配置，也可以实现 SIL3 认证等级标准。

3.5 支持 HART 通信^(注)

标配了 HART 协议输出，支持易于在海外现场水平推广的 HART 通信（最新版 Revision7）。可与上位控制器联动，支持工程设计、监视、设备管理等，适用于 HART 系统。

3.6 支持多种用途

(a) 耐氢渗透用途

当测量对象中含有氢时，由不同金属构成的变送器受压隔膜部位会产生微小的电动势，氢离子会在此排列并渗透进隔膜内。这种现象被称为氢渗透现象，当氢渗透进隔膜时，将无法进行准确测量。作为应对措施，对密封隔膜基材进行金镀层处理，并形成绝缘体的陶瓷膜，制成金-陶瓷涂层密封隔膜，从而能够长期抑制氢渗透。这种结构采用了富士电机的独创技术，有助于水素精制成套设备等准确氢气测量。图5所示为金-陶瓷涂层密封隔膜的结构。

(b) 耐腐蚀用途

除了传统材料中使用的哈氏合金 C、蒙乃尔合金、钽之外，还将钛和锆纳入了密封隔膜材料的选项中。通过从众多耐腐蚀材料中选择最佳材料，可以降低应对腐蚀的维护频率。

4 支持超高压应用

4.1 电容式压力传感器的极限

在使用压力变送器的海底油田中，压力多在 100 MPa 左右，但随着油田开采深度的增加，近年来出现了超过 130 MPa 的情况。在这种超高压环境下，使用电容式压力传感器变得困难。检测出的静电容量取决于电极面积、电极间距离以及电极间填充油的介电常数。但是，填充油的介电常数会随着压力的变化而变化，越是高压区域，传感器高压

〈注〉HART：FieldComm Group Inc. 的商标或注册商标

为超高压应用开发了使用压电式压力传感器的型号。图



图6 支持超高压的压力变送器(内置压电式压力传感器)

在压电式压力传感器中, 通过检测压力在隔膜上产生的应力引起的压敏电阻的变化来进行检测。压电式压力传感器是通过在表面形成电阻和配线图案, 在背面利用干蚀刻技术形成隔膜的硅基板和玻璃基板经表面活性化结合后, 切割成芯片形状制成的。该芯片的结构非常简单, 如图 7 所示。此外, 由于表面活性化结合是一种在常温下直接对基板进行结合的方法, 因此不像常用的阳极结合那样需要施加高温和高电压, 不会导致基板形变和残余应力。与电容式压力传感器

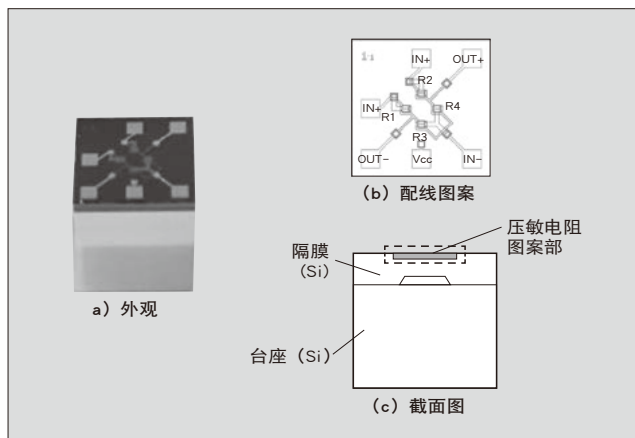


图 7 压电式压力传感器的结构

[illegible]

* 3 FKR : 氟气测量选项不可用

相比，由于变形引起误差的部分较少，因此即使在超高压下，也能在保持测量精度的同时检测压力。

此外，与具有腐蚀性的高压测量流体接触的密封隔膜采用了具有高机械强度和良好耐腐蚀性的铬镍铁合金，耐腐蚀性更强。

表 1 所示为具备上述特点的 FCX-A IV 系列的产品阵容。

5 后记

以上内容，介绍了有助于提升成套设备监控系统先进性的差压、压力变送器“FCX-A IV 系列”。今后，为了实现更高级的节能控制和促进自动化，富士电机将继续努力扩展其产品线，以满足客户的多样化需求。

参考文献

(1) 木代雅巳等. 新型差压、压力变送器“FCX-A III 系列”. 富士

时报. 2008, vol.81, no.2, p.162-165.



山下 真一郎

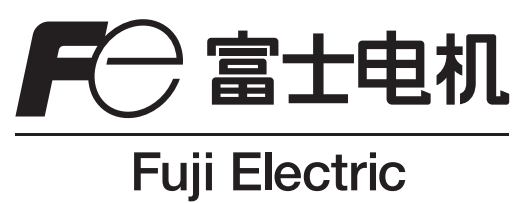
从事测量仪器的业务支持。现为富士电机株式会社电力电子 产业应用事业本部工厂自动化事业部测量仪器部主任。



坂上 智

从事测量仪器的开发业务。现为富士电机株式会社电力电子 产业应用事业本部开发统括部测量仪器开发部主任。





*本刊记载的公司名称及产品,有可能是各相关公司的商标或注册商标。