

适用于医用泵应用的传感器

随着对医学进步的需求增加，传感技术将继续作为医学行业发展的基础，使其变得互联性能更好、更可靠且更安全。医疗设备、器械和探针中的电子系统依靠传感器信号进行控制操作、准确诊断和治疗。这些系统不断发展，可提供更复杂的功能，同时保持或提高可靠性。它们的使用越来越直观，更具移动性且互联性能更好的医疗产品仍是当前的趋势。此外，尽管医疗保健行业采用物联网（IoT）技术的速度比其他行业要慢，但医疗物联网（IoMT）有望改变我们保障人们安全和健康的方式，尤其是在降低医疗保健成本需求增加的情况下。

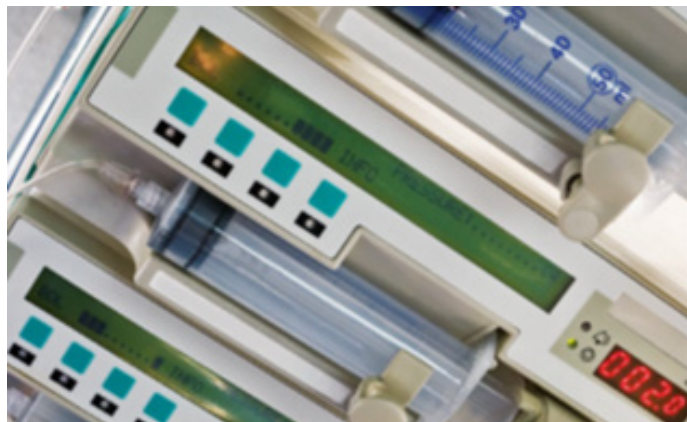


图 1：在输液期间监测流速和 / 或潜在的阻塞是低量程压缩力传感器的一个应用领域

这些趋势增加了对医疗产品和设备中的传感器的总体需求，但同时也推动这些传感器变得更小、更快、更准确和更可靠。对于大多数制造商来说，预算是有限的，这意味着低成本元件是理想的选择。因此，进入市场的创新传感器需要采用较小的外形尺寸，同时功能丰富且经济实惠。

传感器在各种医疗功能（包括各种医用泵和流量应用）中扮演着至关重要的角色。输液泵是一种医用泵设备，可以在指定的时间内将规定的精确容量的液体（如维生素和药物）输送到患者体内。由于这种类型的医用泵相比手动输液具有明显的优势，因此它广泛用于临床环境（例如医院、疗养院）和家庭环境。这些优势包括能够管理非常小的剂量，确认已安排的容量以及由于自动管理而减少员工工作量。

由于输液泵经常用于管理包括高风险药物在内的重要液体，因此泵故障会对患者安全产生重大影响。许多输液泵都配备了安全功能，例如警报或其他操作员提醒，可在出现问题时启动。例如，在某些泵的设计中，如果管道中检测到空气或其他堵塞，则会提醒患者和医护人员。对于某些较新的输液泵（通常称为智能泵），如果存在不利的药物相互作用风险或用户设置的泵参数超出指定的安全限制，则会提醒用户。

在传统和智能泵应用中，传感器是控制和监控输液泵的关键元件。它们旨在提供阻塞检测，监控注射液的流动，为电机控制提供反馈，在某些情况下还可以感测所管理的静脉注射液的温度。下图显示了典型输液泵中使用的传感器的可能位置。

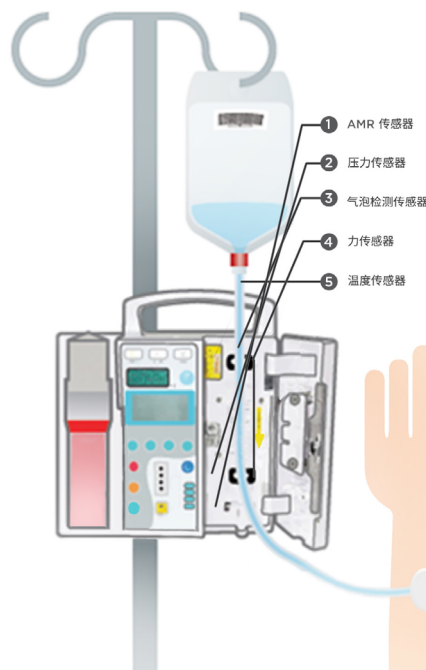


图 2：显示了典型输液泵应用中传感器的可能位置

医用泵应用中需要考虑许多泵变量。这些变量不仅包括输液量，还包括输液方式，后者可以是连续的、间歇的或由患者控制的。为了提供正确的液体流量，泵集成了力传感器，以检测可能的阻塞情况。力传感器通常安装在输送静脉注射液的管道的下方。当泵发生堵塞时，管道会膨胀。放置在管道与外壳相交处的力传感器可以监测管道部分施加到传感器上的力，以检测此类膨胀。如果检测到此类膨胀，那么传感器会触发警报以警告用户。相同的工作原理可以应用于专为医疗专业人员在医院、收容所和家庭护理等场所的操作而设计的输液泵和设备。

尽管用于外部使用情景（例如输液泵）的医用传感器往往比植入式传感器面临的技术挑战少，但它们仍必须满足严格的要求。即使为了提高便携性而将设备变得更小，用户仍然希望这些系统保持原有的功能和精确度。为了设计小巧且精确的医疗设备，传感器等元件还必须以低成本提供强大的功能。此外，可靠性对于大多数医用泵应用至关重要，尤其是输入重要液体的情况。

力传感器技术和工作原理

力传感器是在受到力、压力或机械应力时性质会改变的传感器。多种技术可用于力传感器的设计和制造。TE Connectivity (TE) 可针对需要高性能或独特封装的应用设计和制造力传感器，其中包括医疗设备和器械。TE 的力传感器基于专有的硅压阻应变片 (Microfused) 技术，在极低成本的封装中整合了耐用性和长期稳定性。力传感器用于包括输液泵在内的各种医疗应用。医疗市场上的其他应用包括物理治疗、医院病床（患者体重）、吻合器、用于急救的心肺复苏 (CPR) 辅助，以及氧气罐监测。

工作原理

压阻效应被广泛应用于传感器技术中。压阻效应是指当施加机械应变时半导体或金属的电阻系数的变化。压阻式力传感器包含多个嵌入保护表面之间的薄硅晶片。这些表面连接到惠斯通电桥，惠斯通电桥是一种用于检测电阻微小差异的设备。惠斯通电桥会向传感器传递少量电流。当电阻改变时，流经传感器的电流也会改变。惠斯通电桥可检测到这种变化并报告压力变化。我们专有的 TE Microfused 制造技术采用微机械加工硅压阻式应变片，并通过高温玻璃粘合工艺将其融合到高性能不锈钢基质上。这一成熟而可靠的工艺已交付了数百万个力传感器，并且在各种医疗应用中都是一项经过验证的技术。Microfused 技术彻底摆脱了传统力传感器中使用的容易老化的有机环氧树脂，从而具有极好的量程和零点稳定性。竞争对手常使用的充硅胶压力腔设计会出现芯片引脚疲劳故障，但这种力传感器直接测量力，因而避免了这种问题。Microfused 技术可确保极小的形变、不受限的产品生命周期、卓越的高分辨率、高频响应和优异的过载能力。总体而言，Microfused 力传感器已在各种医疗设备中证明了其耐用性和可靠性。

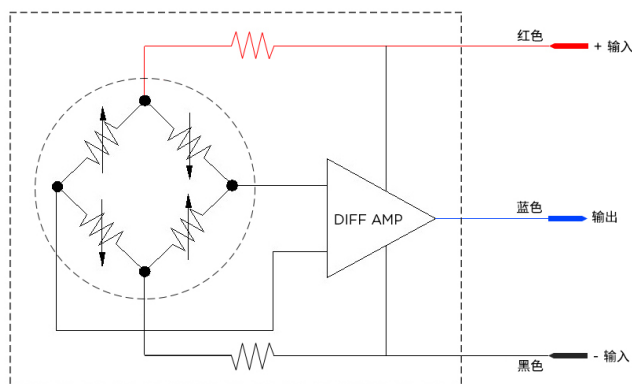


图 3：带有惠斯通电桥和放大器的压阻式力传感器的示意图

产品示例

我们给出了一些产品示例来说明工作原理：在 FS20 力传感器（图 4）中，传感器顶部的圆片状负载收集器承受由泵中的液体压力引起的机械应力。金属的负载收集器充当作用点。在额定负载下它会偏转约 0.05 毫米。硅压阻式应变片固定在负载收集器下方。当应变片由于负载收集器的弹性弯曲而承受应力时，应变片结构的电阻会发生变化。这种变化会在集成电路 (IC) 中进行处理，并反馈到输出引线。传感器的零位和变化范围经过规范化，以确认传感器的可互换性。FS20 型微型力传感器充分组合了机电功能和经济性，具有显著优势。

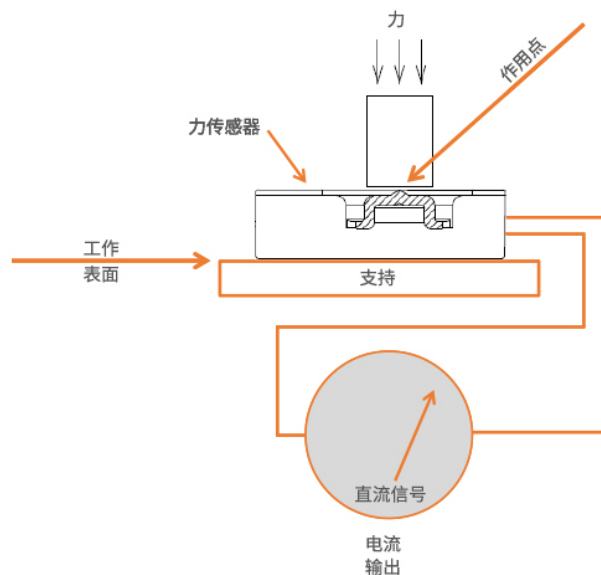


图 4：带有压阻式应变片的压缩力传感器的工作原理

符合 RoHS 的 FS20 传感器有两种版本，力量程分别高达 750 克和 1500 克。该传感器具有标准大信号输出、低噪声、低偏心误差和高超量程功能（高达 2.5 倍）特性，结合快速准确的结果（量程的 $\pm 1\%$ ）以及 0°C 至 50°C 的温度补偿范围，它是泵监测的理想选择。由于负载收集器的偏移非常小，因此该传感器的生命周期基本不受限制。该传感器的紧凑设计（ $25.1 \times 17.27 \times 8.26$ 毫米）使其可用于空间受限的各种应用，例如输液泵和其他便携式医疗应用。

FC22 微型力传感器（图 5）基于相同的工作原理；但它的工作区域较小，可为点负载的测量提供方便。该传感器的外形规格和电缆连接可提供不同的集成选项。FC22 传感器还有毫伏桥版本。



图 5：FC22 微型低力量程压缩力传感器

符合 RoHS 的 FX1901 压缩传感器可用于物理治疗、测量患者体重（体重秤）以及脊椎按摩疗法和训练设备等。五个测量范围涵盖了从 10 lbf 到 200 lbf (约 5kg 到 100kg) 的最大负载。与输入电压对应的模拟输出信号为 20mV/V（每 1V 输入电压对应 20mV 输出电压）。这种精确度为 1% 的力传感器基于具有成本效益的设计（图 7）。



图 6：FX29 压缩力传感器

FX29 是 TE 的全新创新型力传感器产品，具有多项新功能和改进功能，由于其设计经过大量更改，因此其价格将大大低于以前的力传感器型号。FX29 是为嵌入式力测量应用而设计的微型压缩力传感器。该传感器的力元件采用了高可靠性 Microfuse 技术，并且适用范围覆盖了 10lbf 到 100lbf。FX29 扩展了可用的输出类型，包括 mV、放大和数字输出选项。集成的数字电路带来了更高的整体系统精确度，而可用的低测量范围使其可以在更广泛的应用中使用。较高的超量程保护可使传感器免受系统中的浪涌和冲击电压的影响，而且搭配高输出灵敏度的低偏移意味着传感隔离膜上的应力较小，这使得 FX29 适用于要求苛刻的医疗应用。

输液泵中的气泡检测

气泡检测在输液泵、血液透析和血流监测等应用中至关重要，这些应用中的性能中断可能会危及生命。超声波气泡检测传感器是非接触式的气泡和液体声波检测传感器，用于发现输液管中的气泡和液体。它们被广泛用于医用泵、制药、工业和科学研究中的液体输送和输注。TE 的 AD-101 气泡检测传感器可对液体进行非侵入式持续监测以监测气泡，它利用超声技术来积极识别所有类型的液体中是否存在流动中断。凭借持续的自诊断和包装的灵活性，这些传感器可为关键应用（例如输液泵）提供可靠和准确的气泡检测。



图 7：AD-101 气泡检测传感器

气泡检测技术

如图 2 所示，气泡检测传感器（例如 TE 的 AD-101）将直接安装在用于将液体注入患者体内的管道上。气泡检测传感器包含一个嵌入式压电传感器，该传感器会发出声脉冲超声信号。信号会经过管道及其内容物。压电接收器会监听超声波信号。液体可有效地传输超声波，因此当管道中仅存在液体时，传输的信号很强。气泡不能有效地传输超声波，因此液体中的气泡会削弱信号。内部电路会测量接收器信号的振幅并提供适当的输出。

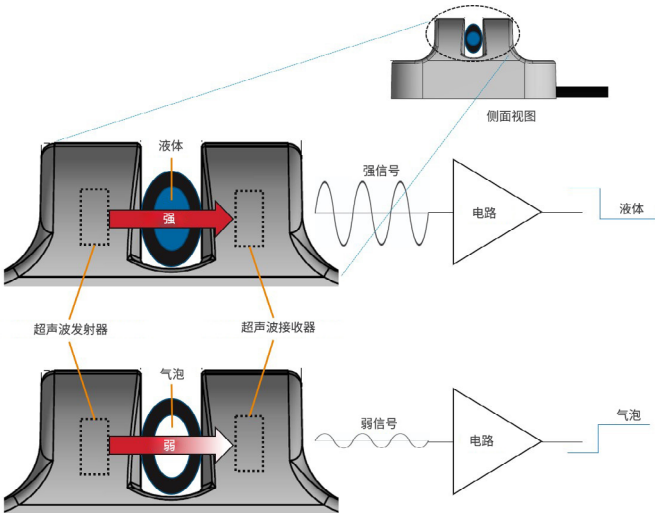


图 8：超声波气泡检测传感器 - 工作原理

超声波气泡检测传感器是非侵入性的，不与液体直接接触。AD-101 适用于 3mm 至 10mm 的管道尺寸，而且可以进行定制以适应非常用的管道尺寸。响应时间小于 2ms，可提供 3.3V TTL 输出逻辑电平，而且它集成了 LED，如果检测到气泡，则提供可见信号。AD-101 还具有内置的自诊断功能，可以持续监测传感器的运行情况。该传感器可在任意位置使用，液体向上、向下或以任何角度流动均可。重力对检测能力没有影响。

输液泵中的其他传感器

输液泵的设计正变得越来越复杂，并增加了其他功能和诊断。这将需要使用其他传感器以及性能更高的传感器。医用泵中使用传感器的其他两个领域包括：用于电机反馈和诊断的位移传感器，以及用于监视和控制输液的温度传感器。

各向异性磁阻（AMR）传感器是精确的非接触式设备，可对传感器感测到的磁场角度变化进行测量。TE 的磁传感器可在严苛环境中提供可靠的非接触式位移测量。例如，AMR 效应的独特功能可实现在精密线性编码器中测量亚微米级位移。AMR 技术还成功用于存在状态检测，例如气缸中的终点检测。这种 AMR 技术为监测线性或旋转运动提供了一种低成本的强大技术，并且可以为驱动大多数输液泵的各种电机提供精确的位置反馈。这些耐用的产品旨在提供更高的输出精确度，以实现平稳的电机控制，它们较小的尺寸通常可以降低更换成本，并使其设计适用于许多紧凑、自动化的低成本组件。

目前，输液泵采用了一系列电机技术，而精确的电机反馈对于系统的精确度和可靠性至关重要。对于所有利用旋转的电机技术，都可以在旋转部件上放置一个小磁铁，并使用 AMR 传感器提供准确的旋转角度信息，从而实现精确、即时的电机反馈和控制。AMR 传感器还可用于提供有关注射器柱塞位置以及注射器针筒尺寸的直接反馈。

在体温方面，事实证明术中静脉输液和输血对体温有着相当大的影响。因此，监测和控制液体的温度很重要。当向静脉内输注液体时，经常使用各种医用液体加热器，并且温度传感器将集成成为这些系统的一部分，以监测和控制液体的温度。尽管许多加温部件是独立的，并且位于输液泵外部，但现在的趋势是将此选项集成到新的输液泵设计中。TE 设计和制造各种温度元件和组件，它们已广泛用于侵入式和非侵入式医疗应用，以监测从核心体温到用于血管修复球囊的低温气体的各种温度。



图 9：医疗应用中使用的温度组件

总结

TE 利用许多不同的技术设计和制造各种传感器，这些技术对于监测和控制医疗系统中各种应用的电子系统至关重要。患者治疗的其中一个主要领域是医用泵，更具体地说是输液泵。TE 传感器应用于输液泵的以下领域：

- 力传感器可检测阻塞，以确认将药物输送给患者的管道内没有阻塞。
- 气泡检测传感器能够积极识别各种类型液体中是否存在流动中断。
- 各向异性磁阻（AMR）位移传感器可监测医用泵电机的角度或线性位移。
- 温度传感器用于监测和控制输送到患者体内的注射液体的温度。

力传感的应用领域

医疗设备 OEM 正在寻求具备可靠性、合适尺寸（小型化）、更低成本和更好整体性能的产品。力传感的诸多医疗应用领域包括：

- 许多动态药物分配系统依赖于力传感作为反馈控制的主要传感器技术。
- 由于低成本、高可靠性的力 / 扭矩传感可以实现精确的测量，因此手术治疗也在迅速发展。装订机和眼科手术设备均配备了力传感器，以实现更快、更精确的手术治疗。
- 用于在膝盖和肩部手术中冲洗和盐水冲洗部位的泵越来越多地使用力感应来优化流速。
- 力传感器现已广泛用于盐水注射的重量测量。

气泡检测传感器的应用

气泡检测在输液泵、血液透析和血流监测等应用中非常重要。TE 的 AD-101 气泡检测传感器提供：

- 自诊断功能，包括开机和持续自诊断
- 可以灵活定制，以适应各种管道或导管

- 集成式电子设备，可通过简单的集成实现紧凑型产品设计
- 20 年久经验证的性能，传感器销往世界各地

TE 设计和制造的传感器适用于各种医疗应用，根据不同需求，部分产品已经通过 ISO 13485 认证和美国 FDA 注册。我们的全球工程师网络可提供特定于各种应用的传感器设计，贯通从产品概念到制造的整个过程。TE 的专业医疗传感器团队可在产品的整个生命周期内针对快速产品开发和需求提供快速制样服务。

联系我们



te.com/sensorsolutions

TE Connectivity、TE Connectivity (徽标) 和 EVERY CONNECTION COUNTS 为商标。此处提及的所有其他徽标、产品和 / 或公司名称是其各自所有者的商标。本文档所提供的信息, 包括图纸、插图和原理图等, 仅用于说明性之目的, 均被认为是可靠的。但是, TE Connectivity 对其准确性或完整性不作任何担保, 也不承担与其使用有关的任何责任。TE Connectivity 仅履行 TE Connectivity 针对本产品制定的标准销售条款和条件中提出的相关义务, 对于因销售、转售、使用或滥用产品而造成的任何偶然的、间接的或相应的损害, TE Connectivity 概不负责。TE Connectivity 产品的用户应自行评估, 以确定每种产品是否适用于特定应用。

©2018-2020 TE Connectivity 保留所有权利