

仪器仪表工程中的传感器技术与测量方法研究

乔海洋

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 751400

摘要：传感器技术是仪器仪表工程基石，能将非电物理量转为电信号，从被测物理量和工作原理角度分类多样，性能指标影响其适用性。常见传感器中，电阻式结构简单但易受温度干扰；电容式灵敏度高但有边缘效应；压电式适用于动态测量但信号微弱。测量方法有直接、间接和动态测量法，各有实施要点。传感器技术与测量方法协同应用可优化性能，当下正朝着智能化、微型化与集成化发展，提升了仪器仪表性能，拓展了应用场景，为多领域发展提供有力支撑。

关键词：仪器仪表工程；传感器技术；测量方法；研究

引言：在仪器仪表工程领域，传感器技术与测量方法占据着核心地位，是推动行业发展的关键力量。传感器技术作为基石，能将非电物理量精准转换为电信号，为后续分析决策提供依据，且类型多样、性能指标丰富。测量方法则涵盖直接、间接、动态测量等多种类型，各有其适用场景与实施要点。二者并非孤立存在，而是协同应用、相互促进。当下，它们正朝着智能化、微型化与集成化方向发展，深刻影响着工业生产、科学的研究等诸多领域，值得深入探究。

1 传感器技术概述

传感器技术作为仪器仪表工程领域不可或缺的基石，在整个工业生产、科学研究以及日常生活等诸多方面都发挥着至关重要的作用，其核心本质在于实现信号的精准转换与有效感知。通过传感器，我们能够将各种非电物理量，如温度、压力、流量等，转换为便于测量、传输和处理的电信号，从而为后续的数据分析、控制决策等提供可靠依据。（1）从被测物理量的角度进行分类，传感器呈现出多样化的类型。温度传感器能够敏锐感知环境或物体温度的变化，并将其转化为电信号输出，广泛应用于气象监测、工业炉温控制以及医疗设备等领域；压力传感器则可对气体或液体的压力进行精确测量，在汽车发动机管理、航空航天以及石油化工等行业发挥着关键作用；流量传感器用于测量流体（液体或气体）的流量，在水资源管理、暖通空调系统以及食品加工等场景中不可或缺。（2）若依据工作原理来划分，传感器同样具有丰富的类别。电阻式传感器是利用电阻值随被测物理量变化的特性来实现测量的。例如，热电阻温度传感器，其电阻值会随着温度的升高而增大，通过测量电阻值的变化就能准确得知温度信息。电容式传感器则是基于电容值的变化进行工作，当被测物理量引

起电容极板间距、极板面积或介电常数发生变化时，电容值也会相应改变，进而实现对位移、压力等物理量的测量。电感式传感器利用电磁感应原理，通过检测电感量的变化来感知被测物体的位置、振动等信息。压电式传感器则是基于压电效应，某些晶体材料在受到外力作用时会产生电荷，通过测量这些电荷量就能确定压力或加速度等物理量的大小。（3）传感器的性能指标是衡量其优劣的关键因素，主要包括灵敏度、线性度、精度、响应时间和稳定性等。灵敏度反映了传感器对被测物理量变化的敏感程度，灵敏度越高，传感器能够检测到的微小变化就越明显。线性度表示传感器输出与输入之间的线性关系程度，良好的线性度有助于简化数据处理过程。精度则体现了传感器测量结果与真实值之间的接近程度，是衡量传感器测量准确性的重要指标。响应时间是指传感器从感受到被测物理量变化到输出稳定信号所需的时间，快速的响应时间对于实时监测和控制至关重要。稳定性则反映了传感器在长时间使用过程中性能的可靠程度，稳定的传感器能够保证测量结果的持续准确性。这些性能指标相互关联，共同决定了传感器在不同测量场景中的适用性和可靠性^[1]。

2 常见传感器技术原理与特性

2.1 电阻式传感器

电阻式传感器作为一种常见的测量装置，其工作原理建立在导体或半导体的电阻值会随被测物理量的变化而改变这一特性之上。在实际应用中，当温度、应变、压力等被测物理量施加于传感器时，其内部的敏感元件会因这些物理量的作用而发生物理或化学性质的变化，进而导致电阻值产生相应改变。通过精准测量这种电阻的变化情况，并依据预先标定的关系曲线或数学模型，就能够间接地获取被测物理量的具体数值。这类传感器

具备诸多显著优势，其结构通常较为简单，由少量的基本元件构成，这不仅降低了制造成本，还使得生产过程相对容易实现规模化。然而，电阻式传感器也存在一定的局限性，其电阻值容易受到环境温度的干扰，在复杂多变的测量环境中，温度波动可能会引入额外的误差，从而在一定程度上限制了测量精度的提升。因此，它更适用于对测量精度要求并非极高的场景。

2.2 电容式传感器

电容式传感器作为一种重要的测量元件，其工作原理紧密依托电容公式。在实际应用中，它巧妙地通过改变极板间距、极板面积或者介质介电常数等关键参数，来实现对各类被测物理量的精准测量。这类传感器具备众多突出优点，其灵敏度极高，哪怕是微小的物理量变化，也能引起电容值的显著改变，从而被精确检测到；动态响应速度极快，能够迅速捕捉到被测物理量的动态变化过程；温度稳定性良好，在温度发生一定波动时，仍能保持相对稳定的测量性能。因此，它广泛应用于位移、厚度、湿度等参数的测量领域。然而，电容式传感器也存在一些不可忽视的缺点。其边缘效应较为明显，会对测量精度产生一定影响；并且容易受到外界电磁场等干扰。此外，它的输出具有非线性特性，通常需要借助专门的电路补偿技术或者软件修正算法来加以改善，以确保测量结果的准确性和可靠性。

2.3 压电式传感器

压电式传感器是依据特定晶体材料所具有的压电效应来工作的。当某些晶体材料，如石英、压电陶瓷等，受到外力作用时，其内部会发生极化现象，进而在材料的两个相对表面上产生数量相等、符号相反的电荷，而且电荷的多少与所施加外力的大小成正比关系。这种传感器在动态测量领域展现出独特的优势，特别适用于动态力、振动、加速度等参数的精准测量。它具有响应速度极快的特性，能够在瞬间捕捉到外力的变化情况；同时频带宽，可测量的频率范围广，能满足多种复杂动态信号的测量需求。不过，压电式传感器也存在一些局限性。由于其产生的输出信号十分微弱，为了能够准确获取和处理这些信号，必须配备高灵敏度的放大电路。此外，它不能用于静态量的长期测量，因为在静态力作用下，电荷会逐渐泄漏，导致测量结果不准确，限制了其在静态测量场景中的应用。

3 测量方法分类与实施要点

3.1 直接测量法

直接测量法作为测量领域中一种基础且常用的方法，其核心在于借助专门的测量仪器，直接、迅速地获

取被测物理量的具体数值，整个测量过程简洁明了、直观易懂。（1）在实际应用中，有着诸多典型的例子，像使用温度计来测量温度，温度计内的感温物质会随着环境温度的变化而发生相应的物理变化，通过刻度可直接读出温度数值；用压力表测量压力，压力表内的弹性元件在压力作用下产生形变，进而带动指针转动指示压力大小。（2）在实施直接测量法时，有一些关键要点需特别注意。要确保所使用的测量仪器的量程与被测物理量的实际范围相匹配，避免因量程过大或过小导致测量不准确甚至损坏仪器。同时，仪器必须经过严格的校准，以消除系统误差，保证测量结果的精度。不过，直接测量法也存在一定的局限性，当被测物理量难以直接获取，或者测量环境复杂恶劣时，其适用性就会受到较大限制。

3.2 间接测量法

间接测量法是测量领域中一种极具实用价值的方法，它并非直接获取被测物理量的数值，而是先测量与被测物理量存在确定函数关系的其他物理量，随后依据这一既定的函数关系进行计算，从而得出被测物理量的具体数值。以测量物体密度为例，我们无法直接“读取”物体的密度，但可以通过分别测量物体的质量和体积这两个中间量，再利用密度等于质量除以体积的函数关系来计算得出。在实施间接测量法时，明确各物理量间的函数关系是首要前提，这是确保计算结果准确的基础。同时，由于误差会在计算过程中传递，所以对中间量的测量精度有着较高要求，只有保证中间量测量精准，才能尽可能减少误差传递对最终结果的影响。该方法尤其适用于那些直接测量难度极大或者根本无法直接测量的场景，不过，其计算过程相对复杂，需要严谨的数学运算和数据处理^[2]。

3.3 动态测量法

动态测量法是一种专门针对随时间快速变化的物理量而设计的测量手段。在诸多实际场景中，物理量并非静止不变，而是处于动态变化之中，此时动态测量法便发挥着关键作用。由于被测物理量处于动态过程，测量时必须充分考虑测量系统的动态响应特性，这是确保测量结果准确可靠的核心要点。在具体实施过程中，传感器的响应速度至关重要，必须能够紧密跟上被测物理量的变化速率，否则会导致测量数据失真。同时，要采用恰当的数据采集与处理方法，像快速傅里叶变换，它能将时域信号转换为频域信号，从而精准地捕捉动态信号的频率、幅值等关键特征。动态测量法在振动测试、动态压力测量等众多领域有着广泛应用，不过，这些领域

对测量系统的实时性要求极为严苛，只有满足实时性要求，才能及时、准确地获取动态物理量的变化信息。

4 传感器技术与测量方法的协同应用及发展

4.1 协同应用优化

在仪器仪表领域，传感器技术与测量方法的协同应用优化是提升其性能的核心环节。传感器作为获取物理量信息的源头，测量方法则是处理和解读这些信息的手段，二者相辅相成。在传感器的选型阶段，必须紧密结合测量方法的特点。以动态测量为例，被测物理量随时间快速变化，这就要求所搭配的传感器具备高频响应能力，能够及时捕捉到动态信号的每一个细节，否则会导致测量数据滞后或失真。而在测量方法的设计方面，要充分考虑传感器的输出特性。对于存在非线性输出特性的传感器，若直接使用其原始数据，会引入较大误差，此时可采用分段线性化处理方法，将非线性区域划分为多个小段，在每一段内近似为线性关系，从而提高测量的准确性。通过传感器技术与测量方法的深度适配，能够有效降低测量误差，显著提升仪器仪表的整体性能。

4.2 智能化发展

在科技飞速发展的当下，人工智能与物联网技术的深度融合正推动传感器与测量方法迈向智能化发展的新阶段。传感器不再仅仅是简单的物理量感知元件，而是逐渐具备了自校准和自诊断功能。借助内置的智能算法，传感器能够自动检测自身的性能参数，根据预设标准进行校准调整，还能及时发现并诊断潜在的故障，确保测量数据的准确性和稳定性。与此同时，测量方法也朝着自动化、数字化方向加速演进。通过先进的计算机算法，测量系统可对采集到的数据进行实时处理与分析，无需人工过多干预，大大提高了测量效率。智能化的协同应用使得仪器仪表具备了更强的环境适应能力，即便在复杂多变的测量场景中，也能精准、可靠地完成测量任务。这种智能化的发展趋势不仅提升了仪器仪表的性能，更为工业生产、科学研究等众多领域的高质量发展提供了有力支撑^[3]。

4.3 微型化与集成化趋势

在科技持续进步的浪潮下，传感器呈现出显著的微型化与集成化发展趋势，为仪器仪表领域带来了深刻的变革。传感器的微型化是技术突破的重要体现，它让仪器仪表的体积大幅缩小，变得更加便携轻巧。这种特性使得仪器仪表能够轻松进入狭小空间进行测量，极大地拓展了测量的范围和场景。例如在一些精密机械的内部结构检测中，微型传感器可以深入其中，获取关键数据。而将传感器与测量电路集成于一体，形成集成化测量模块，则是提升测量性能的关键举措。集成化设计有效减少了信号在传输过程中的损耗，降低了外界干扰对测量结果的影响，从而显著提高了测量精度。这种微型化与集成化的趋势，有力地推动了仪器仪表在医疗微创检测、工业在线监测等新兴领域的广泛应用，为这些领域的发展提供了精准、可靠的测量支持，展现出广阔的发展前景。

结束语

传感器技术作为仪器仪表工程的核心支撑，与多样的测量方法紧密交织，共同推动着测量领域的发展。从传感器按被测物理量和工作原理的分类，到电阻式、电容式、压电式等常见传感器特性剖析，再到直接、间接、动态测量方法的实施要点，我们看到了测量体系的丰富与复杂。而传感器技术与测量方法的协同应用优化、智能化发展以及微型化与集成化趋势，更是为仪器仪表性能提升、功能拓展带来新契机。未来，随着科技持续创新，传感器技术与测量方法将不断融合升级，为工业生产、科学研究、日常生活等提供更精准、高效、智能的测量解决方案，开启测量领域的新篇章。

参考文献

- [1] 陆国军.智能仪器仪表技术的运用及发展[J].化工设计通讯,2021,47(11):61-62.
- [2] 刘连城.智能仪器仪表技术的运用及发展探讨[J].大众标准化,2020(02):92+94.
- [3] 冉启枫,丁亮,苏成勇,陈赋文,向均浩.智能仪器仪表发展的主要技术与展望[J].科技创新与应用,2019(25):149-150.