

传感器——信息时代的电子感官

李秀娟



在传感器产生之前，人是通过五官（视、听、嗅、味、触）来获取信息的。

人体五官确实是很

敏感的“传感器”，但所起作用有限，对很多信息（如电场、磁场、高温等）无法或不能直接感受，而且这些对信息亦不能精确量化。比如，双手可以区分两个物体的轻重，但却无法精确判断其差别。而传感器能将被测信息转换成可精确测量的信号，可以说它是人类五官的补充和扩展。传感器与人的感官一一对应。举例来说，相当于视觉的传感器是光敏传感器，如 CCD 传感器、光敏晶体管、光电倍增管等；相当于听觉的是力敏传感器，如电容式话筒、陶瓷传感器等；相当于触觉的是力敏传感器和温度传感器，力敏传感器有应变仪、半导体传感器等，温敏传感器有热敏电阻、半导体传感器、热电偶等；相当于嗅觉的是气敏传感器，如电子鼻等；相当于味觉的是味觉传感器，如离子传感器。当今是信息技术的时代，信息技术包括计算机技术、通信技术和传感器技术，如果说计算机相当于大脑、通信相当于神经，则传感器就相当于人的感官。

现代电子技术和计算机为信息转换与处理提供了十分完善的手段，使检测与控制技术发展到一个崭新阶段，而处于系统前端的传感器，其性能将直接影响系统的工作状态与质量。故传感器在信息社会中的作用得到了相当高的评价。目前传感器在军事国防、航空航天、海洋开发、生物工程、医疗保健、商检质检、环境保护、安全防范、家用电器等领域应用广泛，年需求量呈指数规律增长。各领域的发展离不开传感器的支持，这种需求也成为其发展的强大动力。

传感器就是能够感受规定的被测量，并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。传感器通常由敏感元件、转换元件和测量（转换）电路组成（图 1）。敏感元件直接感受被测量并输出一定的物理量；转换元件将敏感元件输出的物理量转化为可以直接利用的电参量，如电阻值、电容量、电感

量等；测量（转换）电路将电参量转换为适于传输和测量的电信号，如电压、电流、频率。需要说明的是，并不是所有传感器都能明显区分敏感元件和转换元件，有时二者也可能合二为一。

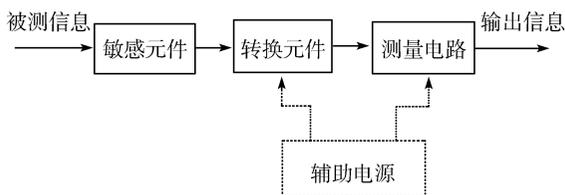


图 1 传感器构成框图

传感器的分类

传感器的种类繁多，不胜枚举。为了便于研究、使用，通常有四种分类方法。

按输入量分类 以被测物理量命名，如位移传感器、速度传感器、压力传感器、温度传感器等。现举两例加以说明。集成温度传感器是目前常用的测温传感器。对于半导体 PN 结，温度每升高 1°C ，其正向电压下降 2mV ，将 PN 结及辅助电路集成在同一芯片上形成的就是集成温度传感器，其输出电压或电流与温度成正比。市场上的集成温度传感器有多种，AD590 是较常用的一种，其测温范围为 $-55\sim+150^{\circ}\text{C}$ ，属于电流输出型（输出电流与绝对温度成正比），灵敏度为 $1\mu\text{A}/\text{K}$ ，通过外接电阻就可将输出电流转化为电压，其特点是灵敏度较高、价格低廉、测温范围小。测量微小位移的传感器很多，光纤位移传感器是其中一例。它由两束光纤构成，两束光纤各出一端混合形成双 D 端面的探头，另两端为自由端。某一自由端与光源相接，另一自由端与光电元件相连，探头端面与被测移动物体的距离为 x 。经入射光纤传输到探头端部的光出射后被物体反射回来，而进入另一束光纤。距离 x 越大，反射光越弱，光电元件输出的电量就越小。在一定的距离范围内，电量的大小与 x 成反比。

按输出信号分类 以模拟量输出的为模拟式传感器，以数字量输出的为数字式传感器。现各举一例加以说明。将具有霍尔效应的霍尔元件和放大器集成在一块半导体芯片上构成的霍尔传感器，其输

出信号是模拟量，属于模拟传感器。利用它可以测量很多物理量，诸如测量磁感应强度、在不破坏线路情况下测量导线中的电流、在外加一定的磁装置基础上测量物体的位移等。而编码器属于数字式传感器，它能将转轴的角度转化为数字量输出。编码器主要由码盘、光电器件和译码器构成。码盘上有 n 个环形码道，码道上按一定规律分布着透光区和不透光区；每个码道对应设置一个光电元件，当光电元件分别对准透光区和不透光区时，输出开关信号（高或低电平）。因此码盘转到任何位置，这些光电元件都会输出与该位置相对应的 n 位二进制码；再由译码器将 n 位二进制码转化为二进制码输出。

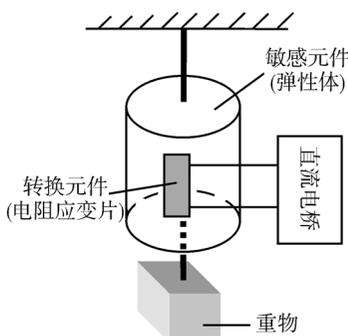


图 2

按工作原理分类 以工作原理命名，如应变式传感器、电容式传感器、电感式传感器、热释电传感器、压电式传感器、光电传感器等。图 2 为测量拉力的应变式传感器示意图。圆柱体为弹性材料制作的敏感元件，在其轴向施加拉力后，圆柱体发生形变：轴向长度增加，而半径减小。把尺寸的相对变化定义为应变（轴向长度的相对变化被称为轴向应变，半径的相对变化被称为径向应变），这些应变相当于该敏感元件输出的物理量。圆柱体上粘贴的电阻应变片作为转换元件。电阻应变片是由金属丝或金属箔片按一定方向排布在绝缘基板上形成的电阻元件，其工作原理是基于电阻应变效应，即在导体产生机械形变（应变）时，其电阻值发生变化。可见应变片的输入量是弹性体的应变，而输出量则是电阻的变化量。当重物作用于弹性圆柱体时，圆柱体产生应变；贴在其上的电阻应变片也随之产生应变，因此应变片的电阻发生相应的变化；将应变片电阻接入直流电桥中，便在电桥的输出端产生与电阻变化量成正比的电压，该电压的大小反映了重物的质量，该传感器的名字就源于其工作原理。再如电容传感器，其核心元件是可变电容。当被测量作用于其上时，导致极间距或介质发生变化，从而引起电容量的变化，通过特定的测量电路将电容的

变化量转化为电量，该电量的值反映了被测量的大小。利用电容传感器可以测量很多物理量，如位移、厚度、高度、角度、介质特性等。

按能量关系分类 分为能量转换型和能量控制型传感器。辐射式红外传感器属于能量转换型的，它将被测红外能量转化为电能；热电偶也属于能量转换型的，它将热能转换为电能。上述二传感器均可用于测温。而文中介绍的测量微位移的光纤传感器属于能量控制型的，其出射光纤输出的光能取决于距离 x ， x 越大，输出的光能越少。

传感器的未来发展方向

传感器的发展日新月异，特别是 20 世纪 80 年代人类社会进入信息时代以来，传感器技术向更新、更高的方向发展。一些发达国家的传感器技术发展最快，如美国、日本。我国由于基础薄弱、投资不足、半导体集成工艺水平有限、科研与生产脱节等因素的影响，传感器技术与发达国家相比差距较大，因此亟待加大前进步伐、赶超世界先进水平，目前主要发展方向如下。

发展多传感器信息融合技术 20 世纪 90 年代，当信息处理技术从单个传感器处理演变为多个传感器处理时，传感器信息融合技术开始成为传感技术发展的一个重要方向。多传感器信息融合技术是利用计算机技术对按时序获得的传感器的观测信息在一定准则下加以自动分析、优化综合，以完成所需决策和估计任务而进行的信息处理过程。信息融合的硬件基础是多传感器，加工对象是多信息，信息融合的核心是协调优化和综合处理。信息融合技术的理论和应用涉及信息电子学、计算机和自动化等多个学科，是一门应用广泛的综合性高新技术，它的进步必将推动多传感器系统的应用，必将提高多传感器系统的稳定性、准确性和可靠性。

发现新现象、开发新材料 利用物理现象、化学反应和生物效应是各种传感器工作的基本原理，所以发现新现象和新效应是发展传感器技术的重要工作，是研究新型传感器的重要理论基础。如 CCD 图像传感器是在光电效应的基础上利用先进的大规模集成电路工艺而制成的图像传感器，它是组成数码相机和摄像机的重要器件；再如压电传感器，它是利用压电效应制成的用于测量动态压力的传感器。随着人们对自然认识的不断深化，将不断发现一些新的现象和效应。利用这些新的现象和效应可

以相应开发出新型传感器，从而为拓展传感器的应用范围提供可能。

材料是传感器技术的重要物资基础，随着科学的进步，人们可控制材料的成分，生产出新材料，进而用其制造出性能更好的传感器。光纤纤维应用于传感器是传感器材料的重大突破。当温度、压力、电场、磁场等环境条件发生变化时，光纤传输的光波强度、相位、频率、偏振发生变化，测量光波量的变化就可知道导致光波量变化的温度、压力、电场、磁场等物理量的大小，利用这一原理可研制出多种光纤传感器。光纤传感器与传统传感器相比有许多优点：灵敏度高、结构简单、体积小、耐腐蚀、电绝缘性好、抗弯性好。目前日本光纤传感器技术处于世界先进水平。近年来纳米技术有了重大突破，纳米材料应运而生，并显示出与众不同的特性。利用其特性制作的纳米传感器尺寸大幅降低，而敏感性大幅提高，因此纳米传感器必将受到检测领域的青睐。21世纪有机材料作为传感器材料的研究，已引起国内外学者的极大兴趣。相信不久的将来，有机材料传感器必将在生物监测领域中起到不可估量的作用。

利用微加工技术研制微型传感器 随着微加工技术和纳米技术的进步，传感器将不断地向微型化发展。目前开发成功并形成产品的有压力传感器、加速度传感器、微型陀螺及各种微执行器、微电机、微流量计、军用微传感器。半导体中的微加工技术（如氧化、光刻、扩散、沉积、平面电子工艺、各项异性腐蚀及蒸镀、溅射薄膜等技术）已引入传感器制造，因而产生了很多新型传感器，如利用薄膜工艺制造的快速响应气敏、湿敏传感器，利用溅射工艺制造的压力传感器，都有体积小、性能优的特点。但目前使用的工艺设备大部分依靠进口，投资和运行成本高，为此必须重视国内工艺设备的开发。

传感器向集成化和智能化发展 集成化有两种定义，一是多个同一类型的传感元件用集成工艺在同一平面排列起来，例如国外研制的压力成像器，其膜片二维尺寸为 $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ ，其中集成了1024个微型压力传感器，传感器的间距为 $250\ \mu\text{m}$ ，每个压力膜片尺寸为 $50\ \mu\text{m}\times 50\ \mu\text{m}$ 。二是传感器与放大、运算等处理电路多环节一体化组成一个器件，如将霍尔元件和处理电路集成在一个芯片上的霍尔传感器即是其中一种。智能传感器指的是传感器与微处

理器相结合，兼有检测、判断和信息处理功能，如美国 HONY WELL 生产的 ST-3000 型智能传感器，其芯片尺寸只有 $3\text{mm}\times 4\text{mm}\times 2\text{mm}$ ，芯片中含 CPU、EPROM 及静压、压差、温度敏感元件，其优点是体积小、测量精度高、可靠性好、使用方便。集成电路的进一步发展，可使硅微传感器和微执行器制造在一个芯片上，构成一个闭环工作系统，它必将在工业过程控制、航空航天、生物医学等领域发挥巨大作用。

研究仿生传感器 在机器人技术飞速发展的今天，仿生传感器的研究是传感器的发展方向之一。仿生传感器就是模拟人的感觉器官的传感器，包括视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉传感器。目前视觉和触觉传感器发展得比较好，其他几种远不能满足机器人发展的需要。因此需要加速其研究进程。

研究生物传感器 生物传感器是由生物学、医学、电化学、光学、热学及电子技术等多学科相互渗透而产生的检测装置。目前生物传感器在临床医学、军事及军事医学、环境检测、发酵工艺、食品工程等方面得到了高度重视。在 21 世纪知识经济的发展中，生物传感器必将是介于信息和生物技术的新增长点。

（江苏省南京市晓庄学院物理与电子工程学院 210017）



科苑快讯

海参与聚合物研究

很多生物（比如海参）能以非同寻常的方式改变自身的硬度。最近有工程师提出一类能够改变硬度的聚合物纳米复合材料。美国俄亥俄州西储大学（Case Western Reserve University）的魏德尔（Christoph Weder）与同事研究了各种材料，其中一种是在橡胶样的聚合物中添加坚硬的纤维素纳米纤维。

这种材料在化学变化下能够可逆地伸缩，其抗拉模量可达 40 甚至更高。目前的研究重点是使其在光刺激和电刺激下也能出现相同的变化，从而实现多种用途。研究者将突破重点用于生物医学领域，特别是植入体内记录大脑活动，有助于研究疑难病症（如帕金森症）的治疗方法。

（高凌云编译自 2008 年第 4 期《欧洲核子研究中心快报》）