## 传感器：智能时代的“慧眼”

如果把智能系统比作“人”，那么传感器就是“人”的感觉器官。不同类型的传感器，感知周围环境并把数据传递给系统进行计算，对情况进行实时分析、判断和应对。随着数字化智能化不断深入，各式各样传感器的用武之地大为拓宽，为人类创造美好生活发挥着巨大作用。

一部智能手机里有上百个传感器：有用于摄像的CMOS图像传感器，有用于检查环境明暗的环境光传感器，还有用于导航的地磁传感器、陀螺仪，等等。正是基于这些传感器，手机里的各种应用软件才能流畅工作，手机才能成为集工作、生活、娱乐于一体的便携式智能设备，带来人们生活方式的巨大变化。风云卫星上的可见和红外光电传感器，能够不分昼夜地获取大气信息，精准预测天气，甚至在月球上、火星上都有传感器工作，帮助人类探索宇宙奥秘。

**比人的感官更敏锐、更强大**

传感器是信息系统的“慧眼”。它就像人类的眼睛、耳朵、皮肤等器官一样，感知周围环境，帮助我们认识多姿多彩的世界。不同之处在于，传感器比人的感官更敏锐、更强大。客观世界所包含的信息多样程度，远远超出我们感官的能力范围。人的眼睛无法观察红外辐射和紫外辐射，耳朵听不见次声波和超声波，对于“不见踪影”却时刻产生影响的磁场也无法感知。这些超出感官范围的信息，传感器都能“感受”到。

随着生产力发展，人类越来越需要全方位地感知世界。1821年，科学家利用材料因温差产生电压的原理，研制出世界上第一个传感器——温度传感器。最初，人们直接利用光、热、电、力、磁等物理效应制备各种传感器，这些传感器尺寸大、灵敏度低、使用不方便。上世纪70年代，出现了将敏感元件与信号电路进行一体化设计的集成传感器，如热电偶传感器、霍尔传感器、光敏传感器等。这类传感器由半导体、电介质、磁性材料等固体元件构成，输出模拟信号。上世纪末开始，数字化传感器快速发展，通过“模拟/数字”转换模块，实现数字信号输出。数字化传感器集成智能化处理单元，可以自动采集、处理数据，并能根据环境自动调整工作参数，数码相机中的光敏元件就是其代表产品。

总的来说，传感器的工作原理是某些物质的电学特性会随环境因素变化。例如铂在不同温度下电阻率不同，硅在可见光照射下电阻会减小，石英受到压力后表面会产生电荷，等等。利用电阻与温度的对应关系，可以制成温度传感器，进一步给敏感元件添加隔热结构，依据敏感元件温度变化与红外辐射能量之间的关系，可以制成红外传感器。在此基础上，还可以根据目标温度与红外辐射能量之间的关系，制造出非接触测温传感器。人们熟悉的用来测量体温的额温枪就利用了这一原理。借助丰富的物理和化学效应，人们制备出灵敏度比狗鼻子高1000倍、可以“闻到”气体分子的“电子鼻”，以及可以在黑夜中观察物体的红外相机等种类丰富、功能强大的传感器。

**没有传感器就没有数字化、智能化**

数字化是对事物属性的量化，并用数字将其表达为抽象结果。借助现代信息技术，人们可以存储、处理、传播各种数字化信息。传感器可以将事物蕴含的各种信息转换成电信号，并利用数模转换电路将电信号用数字表达，是数字化的有效工具。当你拿出手机拍照片或视频时，光敏传感器会将接收的光强度信号转换成电信号，再按一定的规则用数字表达、存储，最终形成手机屏幕上的影像。

数字化基于传感器获取信息。数字化系统需要处理的信息量非常庞大，仅靠人工或者传统设备无法获取，凭借传感器则能够实时、高效、精准、快速地获取，于是有了城市大数据、天气大数据、医疗大数据、农业大数据等。利用各类传感器，人们可以召开远程会议、学习网络课程、扫码支付甚至直播带货，由此发展出数字经济业态。数字经济涉及的云计算、物联网、人工智能、5G通信等各类技术，都与传感器息息相关。

没有传感器就没有数字化和智能化。传感器是智能化系统的第一关，它的水平决定了智能化系统及其仪器设备的水平。传感器技术已经成为国际上信息高端器件领域的研究前沿，在人工智能、智慧城市、5G通信、航空航天、生命健康等领域均发挥着不可替代的作用。比如一辆汽车会安装压力、温度、位置、声音、光、电等超过100种传感器，由车载电脑进行处理，帮助驾驶员作出判断。对数据的智能化分析降低了驾驶汽车的难度，让汽车变得更安全、更好开。更进一步，无人驾驶汽车通过传感器实时获取道路信息，一旦发现障碍物，便通过智慧分析及时避让。城市中高楼大厦、桥梁、隧道等建筑，也需要通过视频、温度、压力和烟雾等传感器实时监控安全状况，当数据汇总到一起，智能化系统便会及时分析，凝练出少量关键信息供使用者作出决策。甚至在未来，人类的感官也可以借助传感器变得更加强大，构建起智能化系统。

**智能传感器开拓新应用场景**

当前，各类传感器都处在进一步提升性能、降低成本，向数字化、智能化、小型化微型化、绿色低碳、可穿戴等方向进化，呈现出蓬勃发展态势。其中，智能传感器、柔性传感器、新原理传感器的研发具有代表性意义，有望塑造新的工作生活方式。

发展智能传感器是重要趋势。借助智能传感技术，人们设计制造出具备获取、存储、分析信息功能的各种传感单元及微系统，实现低成本、高精度信息采集。智能传感器广泛应用在机器人、无人驾驶、智能制造、运动定量监测等方面，还可用于开发无创或微创健康监测器件等。近年来流行的动态血糖仪是个很好的例子。糖尿病患者将柔性传感器无痛置入身体，传感器每5分钟测一次血糖值，并传送到手机应用中。患者可以观察血糖曲线变化，及时通过饮食和运动等方法调节血糖，有的患者甚至由此告别了药物和胰岛素治疗。此外，人们还在研发可降解电子器件，让智能传感器更好助力低碳环保生活。

发展柔性传感器是另一趋势。许多应用场景要求传感器制备在柔性基质材料上，并具有透明、柔韧、延展、可自由弯曲甚至折叠、便于携带、可穿戴等特点。目前制备柔性传感器的常用传感材料有碳基材料（炭黑、碳纳米管和石墨烯等）、金属纳米材料（金属纳米线、金属纳米颗粒等）、高分子聚合物和蛋白纤维等。例如一种具有可拉伸、抗撕裂和自我修复能力的交联超分子聚合物薄膜电极材料，可用于制造下一代可穿戴和植入式柔性电子器件。将集成多功能的柔性传感器与柔性印制电路结合，可以制成“智能带”，把它穿戴在身体的不同部位，可实时监测与分析生理信息，帮助人们特别是感官退化的群体了解自身健康状况。

新原理传感器也在不断出现。在基础研究领域，新的规律陆续被发现，人们正利用这些科学新认知制备传感器。同时，技术进步也对基础研究提出新要求。在生活中，人们希望提高相机的像素、灵敏度、速度等性能参数；在高速实验中，需要可以记录飞秒尺度信息的条纹相机；在量子通信中，需要灵敏度达到单光子的光电探测器；在空天科技中，需要实现对高速运动物体和冷目标的探测，等等。这就要求科学家们进一步探索物理世界，发现新现象新规律，提升传感器性能。

随着科技快速发展，新材料新工艺不断投入应用，性能更强、种类更丰富、智能化水平更高的传感器将创造更多工作生活新场景，帮助人们“感受”美好生活。