

第 1 章 绪 论

1.1 智能检测系统的发展、作用及特点

检测是人类认识物质世界、改造物质世界的重要手段。远古时代，人类就知道用自身的指幅、臂长为标准确定其他物体的长度，后来又发明了观察时间的“日晷”和测定方向的指南针。检测技术的发展标志着人类的进步和人类社会的繁荣。在现代工业、农业、国防、交通、医疗、科研等各行业，检测技术的作用越来越大，检测设备就像神经和感官，源源不断地向人们传输各种有用的信息。

检测的智能化归功于计算机技术的发展。1946年，美国宾夕法尼亚大学在美籍匈牙利数学家冯·纽曼的设计思想指导下研制出世界上第一台电子计算机，为现代智能检测系统的发展提供了有效的手段。1971年，美国 Intel 公司研究出 4004 型 4 位微处理芯片，使传统的检测仪器采用计算机进行数据分析处理成为现实。微电子技术，特别是微计算机技术的迅猛发展，使检测仪器在测量过程自动化、测量结果的智能化处理和仪器功能仿人化等方面都有了巨大的进展。从广义上说，智能检测系统 (Intelligent Measuring System) 包括以单片机为核心的智能仪器、以 PC 机为核心的自动测试系统和目前发展势头迅猛的专家系统。

所谓智能检测，应当包含测量、检验、故障诊断、信息处理和决策输出等多种内容，具有比传统的“测量”远远丰富的范畴，是检测设备模仿人类专家信息综合处理能力的结晶。

智能检测系统充分开发利用计算机资源，在人工最少参与的前提下尽量以软件实现系统功能。因此，智能检测系统具有以下特点：

(1) 测量过程软件控制

智能检测系统可实现自稳零放大、自动极性判断、自动量程切换、自动报警、过载保护、非线性补偿、多功能测试和自动巡回检测。由于有了计算机，上述过程可采用软件控制。测量过程的软件控制可以简化系统的硬件结构，缩小体积，降低功耗，提高检测系统的可靠性和自动化程度。

(2) 智能化数据处理

智能化数据处理是智能检测系统最突出的特点。计算机可以方便、快捷地实现各种算法。因此，智能检测系统可用软件对测量结果进行及时、在线处理，提高测量精度。另一方面，智能检测系统可以对测量结果进行再加工，获得并提供更多更可靠的高质量信息。

智能检测系统中的计算机可以方便地用软件实现线性化处理、算术平均值处理、数据融合计算、快速傅立叶变换（FFT）、相关分析等各种信息处理功能。

(3) 高度的灵活性

智能检测系统以软件为工作核心，生产、修改、复制都较容易，功能和性能指标更改方便。而传统的硬件检测系统，生产工艺复杂，参数分散性较大，每次更改都牵涉到元器件和仪器结构的改变。

(4) 实现多参数检测与信息融合

智能检测系统配备多个测量通道，可以由计算机对多路测量通道进行高速扫描采样。因此，智能检测系统可以对多种测量参数进行检测。在进行多参数检测的基础上，依据各路信息的相关特性，可以实现智能检测系统的多传感器信息融合，从而提高检测系统的准确性、可靠性和容错性。

(5) 测量速度快

高速测量是智能检测系统追求的目标之一。所谓检测速度，是指从测量开始，经过信号放大、整流滤波、非线性补偿、A/D转换、数据处理和结果输出的全过程所需的时间。目前，高速

A/D 转换的采样速度在 200MHz 以上，32 位 PC 机的时钟频率也在 500MHz 以上。随着电子技术的迅猛发展，高速显示、高速打印、高速绘图设备也日臻完善。这些都为智能检测系统的快速检测提供了条件。

(6) 智能化功能强

以计算机为信息处理核心的智能检测系统具有较强的智能功能，可以满足各类用户的需要。典型的智能功能有：

1) 测量选择功能 智能检测系统能够实现量程转换、信号通道和采样方式的自动选择，使系统具有对被测对象的最优化跟踪检测能力。

2) 故障诊断功能 智能检测系统结构复杂，功能较多，系统本身的故障诊断尤为重要。系统可以根据检测通道的特性和计算机本身的自诊断能力，检查各单元故障，显示故障部位、故障原因和应采取的故障排除方法。

3) 其他智能功能 智能检测系统还可以具备人机对话、自校准、打印、绘图、通信、专家知识查询和控制输出等智能功能。

1.2 智能检测系统的基本结构

1.2.1 智能检测系统的结构框图与设计原则

智能检测系统和所有的计算机系统一样，由硬件、软件两大部分组成。

智能检测系统的硬件基本结构如图 1-1 所示。图中不同种类的被测信号由各种传感器转换成相应的电信号，这是任何检测系统都必不可少的环节。传感器输出的电信号经调节放大（包括交直流放大、整流滤波和线性化处理）后，变成 0~5V 直流电压信号，经 A/D 转换后送单片机进行初步数据处理。单片机通过通信电路将数据传输到主机，实现检测系统的数据分析和测量结果的存储、显示、打印、绘图、以及与其他计算机系统的联网通信。

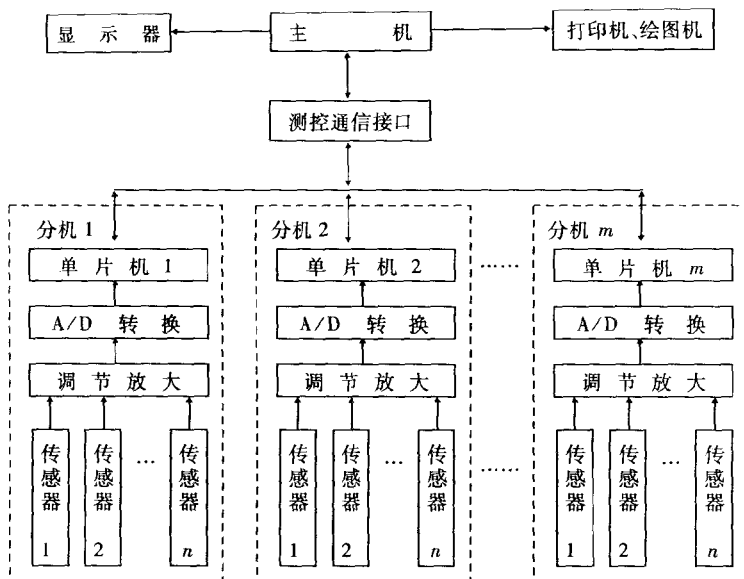


图 1-1 智能检测系统硬件构成框图

对于直流输出的传感器信号，则不需要交流放大和整流滤波等环节。

典型的智能检测系统由主机（PC 机、工控机）、分机（以单片机为核心、带有标准接口的仪器）和相应的软件组成。分机根据主机命令，实现传感器测量采样、初级数据处理以及数据传送。主机负责系统的工作协调，输出对分机的命令，对分机传送的测量数据进行分析处理，输出智能检测系统的测量、控制和故障检测结果，供显示、打印、绘图和通信。

1.2.1.1 硬件设计原则

智能检测系统的硬件包括主机硬件、分机硬件（包括传感器）和接口系统三大部分。硬件组成决定一个系统的主要技术与经济指标。智能检测系统的硬件系统设计应遵循下列原则：

(1) 简化电路设计

以最简单的电路实现最完善的功能始终是电路设计者应当遵循的设计原则。硬件电路越简单，可靠性越高，功耗越低。

(2) 低功耗设计

低功耗设计对于降低系统的功耗与干扰有积极意义。

(3) 通用化、标准化设计

一个智能检测系统，可能包括多种测量参数，设计中采用通用化、标准化硬件电路，有利于系统的商品化生产和现场安装、调试、维护；也有利于降低系统的生产成本，缩短加工周期。

(4) 可扩展性设计

智能检测系统是大型关键设备，因此，设计组建时要结合系统使用部门的发展，充分考虑系统的可扩展性，为系统的升级和扩展奠定基础。

(5) 采用通用化接口

智能检测系统的设计者应当根据用户单位的其他设备情况和发展意向，选用通用化的接口与总线系统，以方便用户。

为降低成本，减少体积，功能较为简单的智能检测系统也可只采用一个 A/D 转换和一台计算机（或单片机）。各路检测信号可以通过多路切换电子开关共用一个 A/D 转换器。多路切换电子开关相当于一个单刀多掷开关，能够将多路信号按预定时序分时接通。

1.2.1.2 软件设计原则

智能检测系统的软件包括应用软件和系统软件。应用软件与被测对象直接有关，贯穿整个测试过程，由智能检测系统研究人员根据系统的功能和技术要求编写，它包括测试程序、控制程序、数据处理程序、系统界面生成程序等。系统软件是计算机实现其运行的软件，如 DOS6.0、WINDOWS95、WINDOWS98 等。

智能检测系统的软件设计应遵循下列设计原则：

(1) 优化界面设计，方便用户使用

界面是智能检测系统的“造型”，是系统显示功能信息的主要表现。美观、大方且使用方便的界面反映了系统设计者的技术水平和审美观。

(2) 使用编制、修改、调试、运行和升级方便的应用软件

软件是实现、完善和提高智能检测系统功能的重要手段。软件设计人员应充分考虑应用软件在编制、修改、调试、运行和升级方面的方便，为智能检测系统的后续升级、换代设计做好准备。近年来发展较快的虚拟仪器技术也为智能检测系统的软件化设计提供了诸多方便。

(3) 丰富软件功能

无论智能仪器、自动测试系统，还是专家系统，设计时都应在程序运行速度和存储容量许可的情况下，尽量用软件实现设备的功能，简化硬件设计。事实上，利用软件设计，可以很方便地实现测量量程转换、数字滤波、FFT变换、数据融合、故障诊断、逻辑推理、知识查询、通信、报警等多种功能，大大提高设备的智能化程度。

1.2.2 分机间的联接

分机由传感器、调节放大电路、A/D转换、单片机等部分组成，将它们联接成智能检测系统的基本单元，是决定系统检测性能的重要环节。各分机满足下列条件，才能联接起来组成智能检测系统。

(1) 统一的电气规格

各分机的输入输出信号应符合统一的规定，包括输入输出信号线的数目、信号的定义、信号的传输方式、信号的传输速度、信号的波形、信号的逻辑电平、信号线的输入阻抗与驱动能力等。

(2) 统一的机械特性

各分机的机械联接应符合统一的规定，包括接插件的结构与尺寸、引脚的定义和数目、插件板的结构与尺寸等。

(3) 统一的命令系统

各分机应具有统一或兼容的命令系统，包括命令功能、编码格式等。

(4) 统一的编码格式

各分机的输入输出数据应符合统一的编码格式和定义。

在智能检测系统中，各分机的作用与功能不同，传感器和电路结构各不相同。系统设计时，不可能设计通用的电路，但各个分机必须设计符合智能检测系统规定的统一的接口电路。通过接口电路，可以实现分机与主机、分机与其他分机的联接。因此，接口的电气性能、机械结构、命令与数据格式应当是完全一致的。

1.2.3 标准接口系统

各分机之间的联接方式是组建智能检测系统的关键。目前，全世界广泛采用的标准接口系统有 IEC-625 系统、CAMAC 系统、HP-IL 系统、CAN 总线、I²C 总线系统等。联接线、接口、控制器及硬件构成的整体简称为接口系统或总线系统。配有标准接口的仪器可单独使用，也可作为智能检测系统的分机使用。利用标准接口和分机，可以大大简化智能检测系统的设计与实现，使智能检测系统在结构上通用化、积木化，增强可扩展性与可缩小性，方便用户更改系统的功能与要求。

标准接口系统应包括下列内容：

- 1) 接口的联接线及其传送信号的各种规定。
- 2) 接口电路的工作原理与实现方法。
- 3) 机械结构方面的规定。
- 4) 数据格式和编码方式。
- 5) 控制器的组成及其命令系统。

1.2.3.1 通用总线系统

通用总线系统主要用来联接计算机及其常规外部设备或 I/O 器件，组成计算机系统。近年来，随着以计算机为数据处理核心的智能检测系统的用量剧增，利用通用总线构成的智能测控系统越来越多。通用总线在信号级水平上作了统一的规定，带有通用总线接口的仪器或组件在信号级水平上是兼容的。目前常用的通用总线系统有 RS-232、STD、CAN、I²C、S-100、MULTIBUS 等。

1.2.3.2 测试用标准接口系统

测试用标准接口系统主要用来组建智能检测系统和控制系

统。带有标准接口的仪器与组件，在命令级甚至程序水平上都互相兼容。

测试用标准接口系统按照数据传送方式可分为两类：

1) 串行数据传送接口系统，如 HP-IL、RS-232C、串行分支 CAMAC 系统等；

2) 并行数据传送接口系统，如 IEC-625、单机箱 CAMAC、并行分支 CAMAC 系统等。

本文第 4 章将介绍 IEC-625、CAMAC、HP-IL、CAN、I²C、VXI 等接口和总线系统，它们是目前组建智能检测系统使用较多的标准接口与总线系统。

1.3 智能检测系统的分类

智能检测系统的分类，目前没有统一的标准，可以根据被测对象分类，也可以根据智能检测系统所采用的标准接口总线分类。

(1) 按被测对象分类

按被测对象的不同，可将智能检测系统分为在线实时智能检测系统和离线智能检测系统。在线实时智能检测系统主要用于生产与试验现场，如粮食烘干系统的水分检测控制、热力参数运行的测量控制、病人的医疗诊断、武器的性能测试等。离线智能检测系统主要用来对非运行状态的对象进行测试，如集成电路参数测试、仪器产品质量检验、地形勘探系统等。

(2) 按采用的标准接口总线分类

根据所采用的标准接口总线系统的不同，智能检测系统可以分为计算机通用总线系统、IEC-625 系统、CAMAC 系统、HP-IL 系统、RS-232C 系统、CAN 系统、I²C 系统等。随着新的接口与总线系统的诞生，必将有新类型的智能检测系统问世。

第 2 章 智能检测系统的信号获取与处理

智能检测系统的主要功能是信号的检测与处理，因此，传感器的信号获取与计算机信息处理是智能检测系统设计中的重要内容。本章介绍传感器的基本知识，重点介绍符合正态分布的检测信号的数据处理以及检测信号的非线性补偿方法。

2.1 智能检测系统的传感器

2.1.1 概述

传感器在智能检测系统中的作用是将各种非电量信号转换成电信号，实现系统对测量对象的识别。因此，传感器是智能检测系统的主要信息来源，其性能决定了智能检测系统的检测性能。

传感器是人类用敏感材料模仿自身功能的产物。人和其他生物体的感官就是天然的传感器，如“五官”——眼、耳、鼻、舌、皮肤分别具有视、听、嗅、味、触觉功能，大脑通过五官可以感知外界的信息。

能把特定的被测量信息（包括物理量、化学量、生物量等）按一定规律转换成某种可用信号输出的器件或装置，统统称为传感器。

所谓可用信号，是指便于处理与传输的信号。目前，传感器的可用信号主要是电信号，即把外界非电信息转换成电信号输出。人类跨入光子时代后，传感器的输出信号将是光信号。光信号更便于快速、高效地处理与传输。

当今世界，传感器种类不下十万种，而且还在不断地产生着新的传感器。传感器技术已成为一门独立的新型学科，它涉及测量原理、传感器件设计及传感器开发和应用，是敏感功能材料科学、传感器技术、微细加工技术等多学科技术互相交叉、渗透的

综合性学科。

2.1.2 传感器的工作机理

传感器的工作机理基于各种物理、化学和生物效应，并受相应的定律和法则所支配。传感器工作的基本定律主要有以下四种：

1) 守恒定律 包括能量、动量、电荷量等守恒定律。

2) 场的定律 包括动力场的运动定律、电磁场的感应定律等，其作用与物体在空间的位置及分布状态有关。例如：利用静电场定律研制的电容式传感器、利用电磁感应定律研制的电感（自感或互感）式传感器、利用运动定律与电磁感应定律研制的电动式传感器等等。利用场的定律构成的传感器，可统称为“结构型传感器”。

3) 物质定律 基于各种物质本身内在性质的定律（如虎克定律、欧姆定律等），以这种物质所固有的物理常数加以描述，可以实现测量信号的转换。这些常数的大小决定着传感器的主要性能。例如：利用半导体物质法则——压阻、热阻、光阻、湿阻等效应，可分别做成压敏、热敏、光敏、湿敏等传感器件；利用压电晶体物质法则——压电效应，可制成压电传感器等。这种基于物质定律的传感器，可统称为“物性型传感器”。这是当代传感器技术领域中具有广阔发展前景的传感器。

4) 统计法则 它是把微观系统与宏观系统联系起来的物理法则。这些法则，常常与传感的工作状态有关，它是分析某些传感器的理论基础。

2.1.3 传感器的构成

传感器作为一种把非电输入信息转换成电信号输出的器件或装置，其构成核心是能把非电信息转换成电信号的转换元件。这种转换功能，物性型传感器可一次完成，实现“被测非电量→有用电量”的直接转换；而结构型传感器必须通过前置敏感元件预转换后才能完成，即实现“被测非电量→有用非电量→有用电量”的间接转换。此时，传感器就由敏感元件、转换元件和其他

辅助元件组成。

图 2-1a、b、c 给出了典型的传感器构成方法。实际上，传感器的具体构成方法，视被测对象、转换原理、使用环境及性能要求等具体情况的不同而有很大差异。

图 a 自源型 是仅含有转换元件的最简单、最基本的传感器构成形式。这种形式的传感器的特点是不需要外加能源，其转换元件具有从被测对象直接吸取能量，并转换成电量的电效应。但这种传感器的输出能量较弱，如热电偶、压电器件等。

图 b 带激励源型 是转换元件外加辅助能源构成的形式。辅助能源起激励作用，可以是电源，也可以是磁源。如某些磁电式和霍尔等电磁感应式传感器等。这种传感器的特点是需要外加能源，但不需要变换（测量）电路即可有较大的电量输出。

在以上两种形式中，转换元件起着能量转换的作用，故称为“能量转换型传感器”。

图 c 外源型 由利用被测量实现阻抗变换的转换元件构成，它必须通过带外电源的变换（测量）电路，才能获得电量输出。变换（测量）电路把转换元件输出的电信号，调理成便于显示、记录、处理和控制的可用信号，实现信号调理与转换。常用的有电桥、放大器、振荡器、阻抗变换器和脉冲调宽电路等。

传感器在实际应用中，要受到使用环境的影响，图 2-1d、e、f 是目前传感器消除环境干扰影响而广泛采用的补偿形式。

图 d 相同传感器的补偿型 采用两个原理和特性完全相同的转换元件，并置于同一环境中，其中一个接受输入信号和环境影响，另一个只接受环境影响，通过后续电路的运算处理，利用后者消除前者的环境干扰影响。这种构成法在应变式、固态压阻式等传感器中应用较多。

图 e 差动结构补偿型 采用两个原理和特性完全相同的转换元件，同时接收被测输入量，置于同一环境中。两个转换元件对被测输入量作反向转换，对环境干扰量作同向转换，通过变换（测量）电路，使有用输出量增加、干扰量抵消。

图 f 不同传感器的补偿型 采用两个原理和性质不相同的转换元件，且不一定置于同一环境处。其中一个接受输入信号，并已知其受环境影响的特性；另一个接受环境影响量，并通过电路向前者提供等效的抵消环境影响的补偿信号。如采用热敏元件的温度补偿，采用压电补偿片的温度和加速度干扰补偿等。

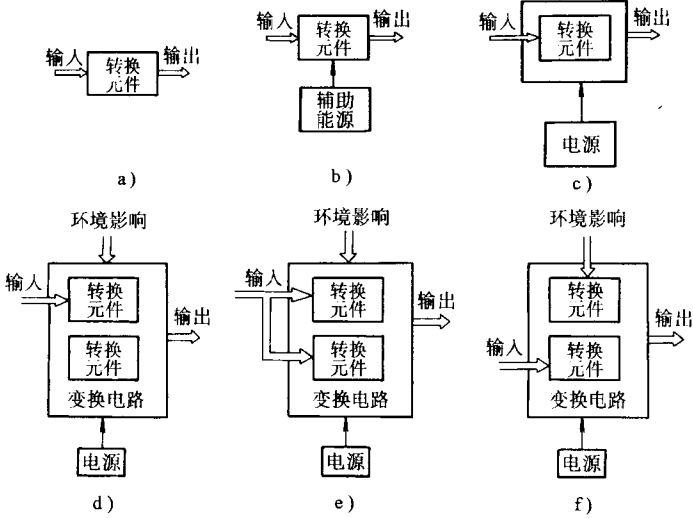


图 2-1 传感器的构成形式与补偿方法

此外，还可根据需要，把上述各种基本形式的传感器作选择组合，构成各种各样的复合型传感器。

2.1.4 传感器的分类与要求

用于智能检测系统的传感器种类繁多：一种被测量，可以用不同的传感器来测量；而同一原理的传感器，通常又可测量多种非电量。国内外关于传感器分类的方法很多，表 2-1 列出了目前一些流行的分类方法。

除表 2-1 所列的分类方法外，还有按构成转换元件的功能材料分类的，如半导体传感器、陶瓷传感器、光纤传感器、高分子薄膜传感器等；或与某种高技术、新技术相结合而得名的，如集成传感器、智能传感器、机器人传感器、仿生传感器等等。

表 2-1 传感器的分类

分类法	型 式	说 明
按基本效应分	物理型、化学型、生物型等	分别以转换中的物理效应、化学效应等命名
按构成原理分	结构型 物性型	以转换元件结构参数变化实现信号转换 以转换元件物理特性变化实现信号转换
按能量关系分	能量转换型（自源型） 能量转换型（外源型）	传感器输出量直接由被测量能量转换而得 传感器输出量能量由外源供给，但受被测输入量控制
按作用原理分	应变式、电容式、压电式、热电式	以传感器对信号转换的作用原理命名
按输入量分	位移、压力、温度、流量、湿度、水分、气体等	以被测量命名（即按用途分类法）
按输出量分	模拟式 数字式	输出量为模拟信号 输出量为数字信号

无论何种传感器，作为智能检测系统的首要环节，通常都必须具有快速、准确、可靠而又经济地实现信息转换的基本要求，即：

1) 足够的容量——传感器的工作范围或量程足够大，且具有一定的过载能力。

2) 与检测、控制系统的匹配性好，转换灵敏度高，其输出信号与被测输入信号成确定关系（通常为线性），且比值较大。

3) 精度适当，且稳定性高——传感器的静态响应与动态响应的准确度能满足要求，并能长期稳定地工作。

4) 反应速度快，工作可靠性好。

5) 适用性和适应性强——动作能量小，对被测对象的状态影响小；内部噪声小而又不易受外界干扰的影响，使用安全。

6) 使用经济，成本低，寿命长，且易于使用、维修和校准。

事实上，能完全满足上述性能要求的传感器是很少的。设计人员可根据传感器应用的目的、使用环境、被测对象状况、精度

要求和信号处理等具体条件作全面综合考虑，选定适当的传感器。

2.1.5 传感器的作用

人类超越动物的本领在于生产和使用劳动工具。从生产技术的角度看，人类社会已经或正在经历着手工化→机械化→自动化→信息化→.....的发展历程。在每一个历史时期，都有其代表性的生产方式作为标志，如图 2-2 所示。



图 2-2 人类各时期的生产方式

人类的每一种生产方式，都以相应的科学技术水平为支柱。科技进步的重要作用在于不断用机（仪）器来代替和扩充体力劳动（第一次产业革命）与脑力劳动（第二次产业革命），以提高社会生产力。为此目的，人们在不懈地探索着机器与人之间的机能模拟——人工智能，并不断地创制出模拟人的装置——自动化机械和智能机器人（第三次产业革命的象征）。

检测设备是科学研究和工业技术的“耳目”和“神经”。在基础学科和尖端技术的研究中，大到上千光年的茫茫宇宙，小到 10^{-13}cm 的粒子世界；长到数十亿年的天体演化，短到 10^{-24}s 的瞬间反应；高达 $5 \times 10^4 \sim 10^8\text{°C}$ 的超高温，或 $3 \times 10^8\text{Pa}$ 的超高压，低到 0.01K 的超低温、或 10^{-13}Pa 的超真空；强到 25T 以上的超磁场，弱到 10^{-11}T 的超弱磁场.....，要测量如此极端的巨大或微小的信息，单靠人的感官或一般电子设备已无能为力，必须借助于配备了相应传感器的高精度测试仪器的大型检测系统才能奏效。因此，传感器的发展，是边缘科学研究和高新技术开发的先驱，是人类认识宏观世界和微观世界的重要工具。

在国防与民用工业领域，传感器获得了广泛的应用。自动化设备、装置或系统，是传感器应用的大集合。例如：柔性制造系

统 (FMS)、计算机集成制造系统 (CIMS)、无人值守电站、轧钢生产线、无人驾驶汽车、宇宙或海洋探测器、战场态势估计、数字化部队等等, 均需要配置成千上万的传感器, 用以检测各种各样的参数, 以达到运行、监测、控制、决策的目的。

2.1.6 传感器的发展方向

传感器的发展是为了满足社会生产与人们生活的发展需要, 其发展包含了社会需求的发展和传感器技术的进步。

(1) 社会需求

社会需求是传感器技术发展的强大动力。随着现代化科学技术, 特别是大规模集成电路技术的飞速发展和计算机的普及应用, 传感器在新技术革命中的地位和作用越来越突出, 竞相开发和应用传感器的热潮已在世界范围内掀起。这是因为:

1) 传感器技术落后于计算机技术的现状, 已成为微型计算机进一步开发和应用的障碍。

2) 许多有竞争力的新产品开发和卓有成效的技术改造, 都离不开传感器。

3) 传感器的应用直接带来了明显的经济效应和社会效益。

4) 传感器普及于社会各个领域, 具有良好的销售前景。

图 2-3 列出了一些国家对传感器的应用领域及需要量, 可作为智能检测系统产品开发的参考。

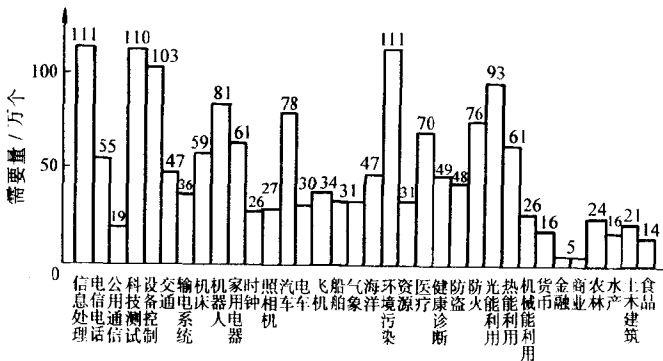


图 2-3 各应用领域的传感器需求量

(2) 传感器的发展方向

目前的传感器，无论在数量上、质量上和功能上，都远远不能适应社会发展的需要。当前，人们充分利用先进的电子技术，研究和采用合适的外部电路，以求最大限度地提高现有传感器的性能价格比。同时，人们也正在寻求传感器技术发展的新途径。

1) 开发新型敏感器件 鉴于传感器的工作机理是基于各种效应和定律，由此启发人们进一步探索具有新效应的敏感功能材料，并以此研制出具有新原理的新型物性型传感器件，发展高性能、多功能、低成本和小型化传感器。其中利用量子力学诸效应研制的高灵敏阈传感器，用来检测极微弱信号，是传感器技术发展的新趋势之一。如磁敏传感器、化学传感器、生物传感器等等。

2) 集成传感器和多功能传感器 固态功能材料——半导体、电介质、强磁体的进一步开发和集成技术的不断发展，为传感器集成化开辟了广阔的前景。

所谓集成化，就是在同一芯片上，将众多同一类型的单个传感器件集成为一维线型、二维阵列（面）型传感器；或将传感器与调节、补偿等电路集成一体化。前一种集成化使传感器的检测参数由“点→线→面→体”多维图像化，甚至能加上时序，变单参数检测为多参数检测；后一种集成化使传感器由单一的信号变换功能，扩展为兼有信号放大、信息运算处理、抗干扰等多种功能，实现了横向和纵向的多功能化。

3) 智能传感器 传感器与计算机的结合，就形成了智能传感器。智能传感器不仅具有信号检测、转换和通信功能，同时还具有记忆、存储、解析、统计处理及自诊断、自校准、自适应等功能。如将传感器与计算机集成于同一芯片上，就成为了智能传感器。

智能传感器所使用的计算机主要是单片微型计算机。随着微电子技术、尤其是单片机技术的发展，各种低功耗器件不断问世，为传感器的智能化设计和低功耗设计提供了条件。

4) 仿生传感器 大自然汇集了多种生物传感器,漫长的岁月不仅造就了集多种感官于一身的人类本身,而且还造就了许多多功能奇特、性能高超的其他生物传感器。例如狗的嗅觉(灵敏阈为人的 10^6 倍)、鸟的视觉(视力为人的 $8\sim 50$ 倍)、蝙蝠和海豚的听觉(主动型生物雷达——超声波传感器)、蛇的接近觉(红外测温传感器分辨力达 0.001°C)等等,这些动物的感官性能,是当今传感器技术所望尘莫及的。研究它们的机理,开发仿生传感器,也是传感器技术发展的重要方向。

5) 大信号输出传感器 大信号输出传感器的输出电平能满足一般A/D变换器的直接输入要求,具有使用方便、抗干扰能力强等优点,因而越来越引起人们的重视。

6) 频率量输出传感器 频率量输出传感器也称数字传感器。频率量参数抗干扰强,接口简单,易于远距离传输,是许多检测控制系统优先选择的传感器,目前已开发出不少新型电阻 R 、电感 L 、电容 C 参量型频率传感器和温度传感器。

7) 与微机接口兼容的传感器 输出信号与微机接口兼容的传感器,如输出为TTL电平的传感器,这种传感器与单片机控制接口连接方便,易于推广使用。

2.2 智能检测系统的信号处理

智能检测系统通过各种传感器将被测量转变成电量后,必须对此电信号进行一系列的变换处理,显示测量信号量值,记录信号波形,分析检测结果,给出决策命令。信号分析处理的目的是:

- 1) 依据检测信号的变化规律,对信号进行必要的去误差处理。
- 2) 找出信号变化的统计规律,揭示检测信号的本质。
- 3) 依据信息的统计特征,找出故障诊断的依据。
- 4) 根据故障信号的统计特征,找出对产品进行例行试验的规律。