

- 中国高等职业技术教育研究会推荐
- 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

传感器及实用检测技术

主编 程 军
主审 王煜东



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

传感器及实用检测技术

主 编 程 军

副主编 石建华

参 编 彭朝晖 熊小倩 胡 璞

主 审 王煜东

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书构建了传感器及检测的基础知识平台,重点突出了传感器的实用技术,具体对温度、力敏、湿度和气敏、磁敏、流量、光电及物位检测用传感器的敏感材料及机理、测量电路、应用实例作了系统全面的介绍。

本书可作为高职高专院校电类专业学生用书,也可供其他相关专业学生使用,同时也可供广大工程、维修技术人员学习、参考。

★ 本书配有电子教案,有需要者可在出版社网站内免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

传感器及实用检测技术/程军主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2008.8

中国高等职业技术教育研究会推荐. 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2091-6

I. 传… II. 程… III. 传感器—高等学校:技术学校—教材

IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108190 号

策 划 马乐惠

责任编辑 马晓娟 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 16.25

字 数 376千字

印 数 1~4000册

定 价 23.00元

ISBN 978-7-5606-2091-6/TN·0448

XDUP 2383001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

目 录

绪论	1
0.1 传感器的应用领域	1
0.2 传感器的发展概述	2
思考题及习题	5
第1章 传感器基础知识	6
1.1 传感器的概念	6
1.2 传感器的分类	7
1.3 传感器与检测系统	9
1.4 传感器技术	12
1.4.1 传感器技术学科特点	12
1.4.2 传感器的材料	12
1.4.3 检测技术	13
1.4.4 工艺加工技术	13
1.5 传感器的基本特性	14
1.5.1 静态特性	15
1.5.2 动态特性	21
思考题及习题	22
第2章 温度传感器及检测	23
2.1 温度检测的概述	23
2.1.1 温度	23
2.1.2 温标	23
2.1.3 温度的标定	24
2.1.4 温度的检测方法	25
2.1.5 温度传感器的分类及合理选用	25
2.2 热电阻测温传感器	28
2.2.1 金属热电阻	28
2.2.2 热敏电阻	32
2.2.3 热电阻的合理选择及命名	36
2.2.4 热电阻的应用实例	38
2.3 热电偶温度传感器	40
2.3.1 热电偶测温原理	41
2.3.2 热电回路的基本定律	43
2.3.3 热电偶材料及结构	44
2.3.4 热电偶参考端温度补偿	46
2.3.5 热电偶的应用及测温线路	49

2.4 集成温度传感器	51
2.5 温度传感器的工程设计实例	54
思考题及习题	58
第3章 力敏传感器及检测	59
3.1 力学传感器中的弹性元件	59
3.1.1 变换力的弹性元件	59
3.1.2 变换压力的弹性元件	60
3.2 电阻应变式传感器	62
3.2.1 电阻应变片的工作原理	63
3.2.2 电阻应变片的结构和特性	64
3.2.3 电阻应变式传感器的信号调理电路	66
3.2.4 电阻应变片的温度误差及补偿方法	68
3.2.5 应变式传感器的用途	69
3.3 压阻式压力传感器	70
3.3.1 压阻式压力传感器的工作原理与主要特点	70
3.3.2 温度补偿	71
3.3.3 压阻式压力传感器的应用	71
3.4 压电式传感器	72
3.4.1 压电效应	73
3.4.2 压电材料	73
3.4.3 压电元件的应用特点	74
3.4.4 压电式传感器的应用	76
3.5 电容式传感器	77
3.5.1 电容式传感器的工作原理及结构形式	77
3.5.2 变间隙式电容式传感器	79
3.5.3 变面积式电容式传感器	81
3.5.4 变介电常数式电容式传感器	81
3.5.5 电容式传感器的信号调理电路	83
3.5.6 电容式传感器的应用	83
3.6 力敏传感器的应用实例	85
3.6.1 压电引信	85
3.6.2 泥浆材料测重仪	85
3.6.3 电子皮带秤	87
3.6.4 千斤顶荷重测试	88
3.6.5 续航发动机燃烧室压力及推力测试	88
3.6.6 指套式电子血压计	89
3.6.7 开关式加速度传感器在汽车安全气囊系统上的应用	90
思考题及习题	91
第4章 湿度传感器和气敏传感器	92
4.1 湿度传感器	92
4.1.1 湿度的概念	92
4.1.2 湿度传感器的种类	93
4.1.3 湿度传感器的应用实例	95

4.1.4 湿度传感器的合理选用	97
4.1.5 湿度传感器的实训设计	102
4.2 气敏传感器	103
4.2.1 气敏检测方法	104
4.2.2 气敏检测应用实例	105
思考题及习题	107
第5章 磁敏传感器及检测	109
5.1 概述	109
5.2 磁敏检测方法	109
5.2.1 磁电感应法测磁场	109
5.2.2 磁通门磁强计测磁场	110
5.2.3 磁阻效应测磁场	112
5.2.4 PN结效应测磁场	113
5.2.5 磁敏检测应用领域	114
5.3 霍尔传感器	115
5.3.1 霍尔传感器的工作原理	115
5.3.2 霍尔元件及材料	118
5.3.3 霍尔集成电路	119
5.3.4 霍尔传感器应用实例	123
5.3.5 霍尔传感器产品选型	127
思考题及习题	130
第6章 流量传感器及检测	131
6.1 概述	131
6.1.1 流量测量的意义	131
6.1.2 流量的相关概念	132
6.1.3 流量的测量方法	133
6.1.4 流量计的分类	134
6.2 电磁流量计	137
6.2.1 电磁流量计的测量原理	137
6.2.2 电磁流量计的结构	138
6.2.3 电磁流量计的特点	140
6.2.4 电磁流量计的合理使用	141
6.3 涡街流量计	142
6.3.1 涡街流量计的测量原理及结构	142
6.3.2 涡街流量计的特点	146
6.3.3 涡街流量计的合理使用	146
6.4 超声波流量计	147
6.4.1 超声波的概念	147
6.4.2 超声波流量计的测量原理及结构	148
6.4.3 超声波流量计的特点	150
6.4.4 超声波流量计的合理使用	151
6.5 流量标准装置	151
6.5.1 液体流量标准装置	152

6.5.2 气体流量标准装置	154
6.6 实用流量传感器产品选型	155
思考题及习题	157
第7章 光电传感器	158
7.1 光电转换系统的构成	158
7.2 光电效应	159
7.2.1 外光电效应	159
7.2.2 光导效应	159
7.2.3 光生伏特效应	160
7.3 主要光电器件	160
7.3.1 光电管	160
7.3.2 光敏电阻	162
7.3.3 光敏二极管和三极管	164
7.3.4 光电池	168
7.3.5 光电耦合器	170
7.4 光电传感器应用实例	171
7.4.1 光控路灯控制器	171
7.4.2 光电转速测量装置	171
7.4.3 测光文具盒电路	172
7.5 光纤传感器	173
7.5.1 光纤的结构与传光原理	173
7.5.2 光纤传感器的原理与分类	174
7.5.3 光纤传感器的应用实例	176
7.6 红外传感器	177
7.6.1 红外辐射知识	177
7.6.2 热释电传感器	178
7.6.3 红外传感器应用实例	179
7.7 CCD 图像传感器	180
7.7.1 CCD 图像传感器的工作原理	180
7.7.2 CCD 图像传感器的应用	182
7.8 光电传感器设计实例	183
7.8.1 设计思路	183
7.8.2 设计要求	184
7.8.3 设计过程	184
7.9 光电传感器的选择	185
思考题及习题	186
第8章 物位的检测	188
8.1 概述	188
8.1.1 物位的测量对象	188
8.1.2 物位的测量方法及分类	188
8.2 静压式液位检测	189
8.2.1 差压液位计	189
8.2.2 浮子式液位计	190

8.3 电容式料位计	193
8.4 物位测量中应注意的问题	194
8.4.1 物位计的选型	195
8.4.2 测量电路	196
8.4.3 系统安装	197
8.4.4 传感器的标定、保养与校验	199
思考题及习题	200
第9章 传感器实用技术	202
9.1 信号调理	202
9.1.1 电平调整	203
9.1.2 线性化	208
9.1.3 信号形式变换	212
9.1.4 滤波及阻抗转换	227
9.2 驱动电路分析	230
9.2.1 恒压源驱动电路分析	230
9.2.2 恒流源驱动电路分析	231
9.3 抗干扰技术	232
9.3.1 噪声及防护	233
9.3.2 电磁干扰的传播路径	234
9.3.3 抗电磁干扰技术	235
9.4 传感器的工程应用思路	243
9.4.1 传感器的设计思路	243
9.4.2 传感器的合理选择	244
思考题及习题	246
参考文献	247

绪 论

传感器(sensor)作为信息的采集者,直接面向被测对象,将被测对象的有关参量转换为电信号,是现代信息技术的重要基础部件。从日常生活到工业自动化、国防工程、航天航空、石油化工、生物工程、环境检测、交通控制等方方面面,传感器获得了越来越广泛的应用。

0.1 传感器的应用领域

在日常生活中,从楼道的节能声光感应灯到空调、冰箱等家电设备的智能化控制都有传感器的身影。

在工业过程控制中,传感器有着“工业耳目”、“前沿哨兵”的美喻。它能替代人类五官感知外在信息。例如在离子成分分析、磁场强弱、高温高压强腐蚀等环境下的参数,都是人类无法直接感知的。传感器将自动化生产过程中的各种控制参量进行精确的测量,为系统采集原始信息,保证工业生产的自动化、智能化。例如,在化工产品自动生产过程中,首先,进料时要自动对原料称重,分析原料成分或浓度,使它们按比例混合;混合后,在反应容器中自动反应,又必须测定容器中的压力或体积,如果是液体,还要测液位;然后在半成品生产线的传输中,需要自动控制传输的速度或流量,以及推动的压力或压强;最后成品自动分装时还要称重。所有这些环节均需要各种传感器对相应的非电量进行检测和控制,使设备或系统自动、正常地运行在最佳状态,保证生产的高效率和高质量。

在国防工程中,传感器应用在武器装备、军事监测、辅助决策、航天器等方面,大大地提高了武器的命中率和部队的快速响应能力,成为现代化装备部队的标志。

传感器又是典型的机电结合部或综合体,因此,在机电一体化产品中,传感器的应用对产品性能的开发有着重要作用。智能机器人就是典型的例子。日本在机器人上安装了位移、速度、加速度、视觉、听觉、触觉、味觉等大量的高品质的传感器,其花费是研制成本的一大半。而民用化产业中,汽车对传感器的需求正呈现上升态势。为了节能,各国都开展了汽车电子化运动,在汽车上安装了大量传感器,一辆普通轿车大约要安 90 多个传感器,而豪华轿车中传感器的数量多达 200 余只,主要用于汽车发动机控制系统、底盘控制系统、车身控制系统和导航系统中。

为迎接 2008 北京奥运会,国家追加大量投资来发展我国的能源与环境检测技术。航空航天飞行器更是一个高性能传感器的集合体。医疗诊断的智能化与准确性等方面都反映出了传感器的普及性、专业性和重要性。

0.2 传感器的发展概述

1. 世界各国对传感器发展的重视

世界性“传感器热潮”始于 20 世纪 80 年代初期。随后美、日、英、法、德和独联体等发达国家都把传感器技术列为国家重点开发关键技术之一。

美国列出的国家长期安全和经济繁荣至关重要的 22 项技术中有 6 项与传感器信息处理技术直接相关。

日本将传感器技术列为国家重点发展的 6 大核心技术之一，并声称“支配了传感器技术就能够支配新时代”。日本科学技术厅制定的 20 世纪 90 年代重点科研项目中有 70 项重点课题，其中有 18 项是与传感器技术密切相关的。

我国也把传感器技术列为国家八五重点攻关项目及中长期科技发展重点新技术之一。20 世纪 80 年代后我国在黑龙江(气敏)、安徽(力敏)、陕西(电压敏)组建了三个产业基地与企业集团，现在又建立了昆山光电传感器基地。

“九五”国家重点科技攻关项目中又将传感器技术研究立项，希望在传感器的关键制造工艺、新产品开发、科技成果的工程化等方面提高我国传感器的技术水平，促进我国传感器产业的形成，缩小与世界先进水平的差距。

2. 传感器的发展方向和新技术的应用

随着各种控制系统对自动化程度、复杂性以及环境适应性(如高温、高速、野外、地下、高空等)要求越来越高，需要获取的信息量也越来越多，这不仅对传感器测量精度、响应速度、可靠性提出了很高的要求，而且需要信号远距离传输。显然，传统的传感器已很难满足要求，集成化、微型化、智能化、网络化传感器将成为传感器的主流和方向，纳米、仿生等新技术的应用也使传感器走在了科技前沿。

1) 传感器的集成化

集成传感器是利用半导体的真空镀膜技术、扩散技术、光刻技术、精密加工技术和密封技术等将单个或多个敏感元件、信息转换单元、调理单元和电源等电路制作在同一个芯片上，实现多功能化发展的传感器。如集成温度传感器、多功能气体传感器等。

2) 传感器的微型化

微传感器是在一种具有重大影响的核心技术——微电子机械加工技术(MEMT, Micro Electro Mechanical Technology)的支撑下提出的。它具有微小体积、低成本、高可靠等独特的优点。微传感器系统具有数字接口、自检、EPROM (CPU)、数字补偿和总线兼容等功能，系统各部件的组装工艺均采用 MEMT。例如，一个压力成像微系统含有 1024 个微型压力传感器；传感器之间的距离为 250 μm ，每个压力膜片尺寸为 50 μm ×50 μm ，整个膜片尺寸仅为 10 mm×10 mm。信号处理单元提供信号放大、零点校正功能。所有这些部件均采用 CMOS 工艺集成在同一芯片上。

世界各国对微型电子机械系统(MEMS)(见图 0-1、0-2)给予了极高的重视。据报道，微型惯性、微型流量控制传感器和微型生态芯片、微型挡板、微型阀门和微型泵等微

型制动器等都将进入市场。相信随着传感器技术、固态技术、微电子技术、计算技术等学科的飞速发展,一种高精度、低驱动、高可靠性、低功耗、占用空间小、重量轻和快速响应的崭新的微型电子机械系统的传感器即将面世。

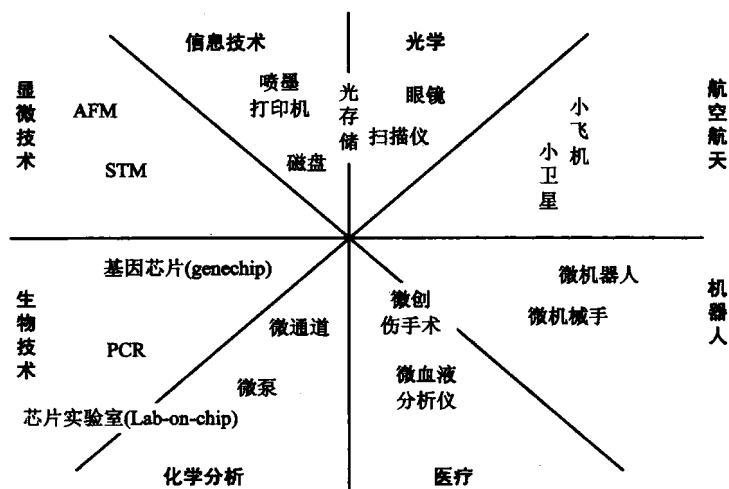


图 0-1 MEMS 的应用

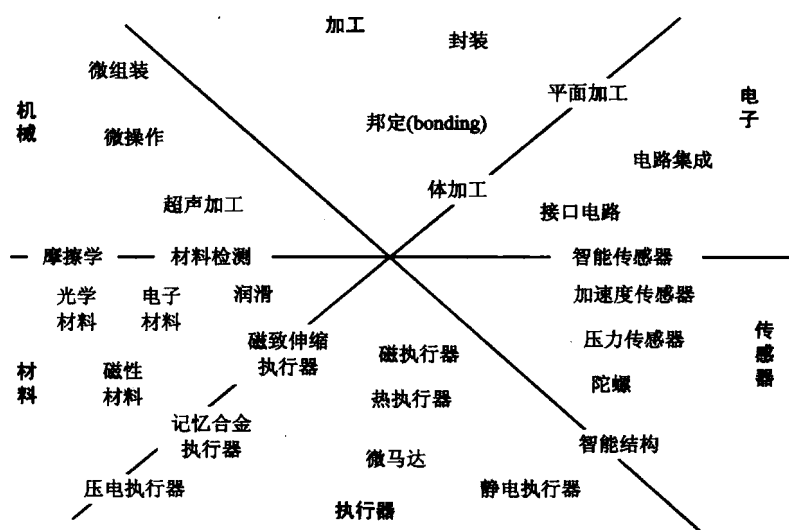


图 0-2 MEMS 所涉及的技术领域

3) 传感器的智能化、网络化

智能传感器系统是具有微处理器单元的集成芯片,它具有自检测、自补偿、自校正、自诊断、远程设定、状态组令、信息储存和记忆等功能。随着信息技术的发展,特别是计算机网络技术的不断进步,对智能传感器的通信功能提出了新的要求。

为了实现信息的采集、处理和传输的协同和统一,将计算机网络技术和智能传感器技术有机结合成为必要。

智能传感器网络发展大致经历了三个阶段:

第一代传感器网络是由传统传感器组成的点到点输出的测控系统,它采用二线制 4~20 mA 电流和 1~5 V 电压标准,其缺点是布线复杂、抗干扰性差,虽然目前仍广泛应用,但最终将被淘汰。

第二代传感器网络是基于智能传感器的测控网络,它的信号传输方式与第一代基本相同,随着现场采集的信息量不断增加,在 DCS(Discrete Control System)中,数据通信标准 RS-232, RS-485 等被广泛应用。但智能传感器与控制设备之间仍然采用传统的模拟电流或电压信号通信。

第三代智能传感器网络即基于现场总线(Field Bus)的智能传感器网络。现场总线是连接智能化现场设备和控制室之间全数字式、开放式、双向的通信网络,现场总线的不断发展和基于现场总线通信协议的智能传感器的广泛应用,使智能传感器的通信技术进入局部测控网络阶段,其局部测控网络通过网关和路由器可以实现与 Internet 相连。现场总线技术的发展最终将导致现场总线控制系统(FCS)取代传统的分散控制系统(DCS)。

4) 传感器信息融合技术

美国空军技术学院在利用信息融合方法检验运动目标的研究工作中选用了前视红外传感器和距离传感器,将近 100 幅的视红外图像和数十幅距离图像进行信息融合和比较分析,采用特征级融合分析方法和贝叶斯最小误差分类准则,使运动目标检测准确率大大提高。

5) 纳米技术

对于先进的纳米级技术的研究可能导致纳米机械装置和传感器的产生,而纳米技术的发展,可能导致许多领域产生突破性进展。纳米材料是由纳米级的超细微粒经压制烧结而成的,被认为是完全纯净、结构上没有缺陷的;具有抗紫外线、抗红外线、抗可见光、抗电磁干扰等奇异功能。纳米电子技术和纳米制造技术的发展,促进了纳米传感器的诞生,它必将极大地丰富传感器的理论,推动传感器的制造水平,拓宽传感器的应用领域。

6) 仿生传感器

仿生学、传感器学、计算科学的联合应用使得仿生传感器取得了重大进展。仿生传感器是跨学科的科学,它着眼于保健、环境、农业和食品工业的检测的需求。将微电子、光电子、生物化学、信息处理等各学科及各种新技术互相渗透和综合利用,人类研制出了一批新颖、先进的传感器,如光纤传感器、超导传感器、焦平面阵列红外探测器、生物传感器、诊断传感器、智能传感器、基因传感器以及模糊传感器等。

3. 传感器市场的发展趋势

半导体传感器市场份额从 1998 年的 38.9% 增长到 2008 年的 43%,预计以 MEMS 为基础的智能化传感器和具有总线能力的传感器有强劲的增长。

市场上增长最快的是汽车市场的需求,占第二位的是过程控制市场,前景看好的是通信市场,位于汽车工业之后的是家居类和消费类电子产品领域。信息技术促进了消费类传感器产品的批量生产,应用于集团电话和无绳电话的超声传感器,用于磁存储介质的磁场传感器等都将出现强势增长,特别是用于局域网的便携式光探测器将以更快的速度增长。

世界传感器市场在不断的变化创新中呈现快速增长之势。传感器领域的主要技术将在

现有基础上延伸和提高,各国竞相加速新一代传感器的开发和产业化,竞争将日益激烈。

思考题及习题

1. 通过网络检索成文“我感兴趣的××传感器”。
2. 查阅资料了解目前汽车上传感器的应用情况。
3. 聊聊身边的传感器。

第 1 章 传感器基础知识

1.1 传感器的概念

1. 传感器

所谓传感器(sensor),是指将感受到的物理量、化学量等信息,按照一定规律,转换成便于测量和传输的信号装置。由于电信号易于传输和处理,因此一般概念上的传感器是指将非电量转换成电信号输出的装置。

传感器一般由敏感元件、转换元件和测量电路三部分组成,有时还需要加辅助电源,用方块图表示,如图 1-1 所示。

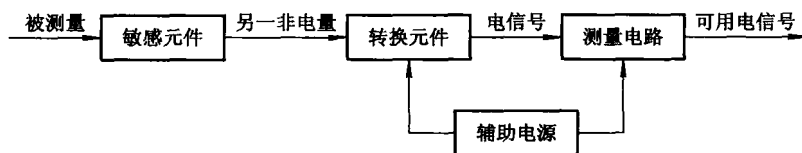


图 1-1 传感器的组成示意图

敏感元件(预变换器):能够完成预变换的器件称为敏感元件,又称预变换器。如在传感器中各种类型的弹性元件常被称为敏感元件,并统称为弹性敏感元件。完成非电量到电量的变换时,并非所有的非电量都能利用现有手段直接变换为电量,往往是将被测非电量预先变换为另一种易于变换成电量的非电量,然后再变换为电量。为了获取被测变量的精确数值,不仅要求敏感元件对所测变量的响应足够灵敏,还希望它不受或少受环境因素的影响。敏感元件与传感器的区别在于,传感器不但对被测变量敏感,而且能相应地以电信号,如电压、电流、频率等形式将其传送出去。

转换元件:将敏感元件输出的非电量直接转换为电量的器件称为转换元件。例如应变压力传感器中,弹性膜片是敏感元件,它将压力的变化转换成应变输出,而弹性膜片的应变施于电阻应变片上,电阻应变片将应变变量转换为电量输出,因此电阻应变片才是转换元件。

需要指出的是,一般的传感器都包括敏感元件和转换元件,但有一类传感器,其敏感元件和转换元件可合二为一,如压电晶体、热电偶等。

测量电路:将转换元件输出的电量变成便于显示、记录、控制和处理的有用电信号的电路,称为测量电路。测量电路的类型视转换元件的分类而定,经常采用的有电桥电路及其他特殊电路,如高阻抗输入电路、脉冲调宽电路、振荡回路等。

2. 换能器

与传感器相关的还有另外一个常见名词——换能器(transducer),在有些产品介绍甚至学术文献中,经常将它与传感器混同使用。顾名思义,换能器的功能在于将信号从一种物理形式变换为另一种不同物理形式的相应信号。一般地,自然界中信号的物理形式有六种,即机械、热、电、磁、化学以及辐射(包括光在内的微粒辐射和电磁辐射)。所以,将一类信号变换成另一类信号的任何装置都可称为换能器。从这一意义上讲,换能器可以说是传感器的另一种定义形式。不过,传感器的含义侧重于扩展人们获取那些感官所不能察觉的物理量信息的能力,而换能器则意味着输入量与输出量不一样。另外,执行器将电信号转换为机械量等其他形式的信号,也包括在换能器的范围内。因此,换能器实际上包括两种形式,即输入换能器(物理信号/电信号)与输出换能器(电信号/执行或显示)。前者一般称为传感器或探测器,专用于信息的采集;后者则以执行器为主,主要用于功率转换。

3. 变送器

变送器是从传感器发展而来的,凡能输出标准信号的传感器都称为变送器。常用标准信号为 $0\sim 5\text{ V}$ 的电压信号或 $4\sim 20\text{ mA}$ 的电流信号。此外,以输出数字量为特征的满足某种传输协议(如现场总线协议)的变送器,也逐步在各种工业测控领域得到推广应用。

有了统一的信号形式和数值范围,就便于把各种变送器和其他仪器组成检测系统。无论哪种仪器,只要有同样标准的输入电路或接口,就可以从各种变送器获得被测量的信息。这样大大提高了传感器应用的兼容性和互换性,仪器的配套也极为方便,因此,在实际应用中往往变送器的需求大过传感器的直接应用。不过,近几年随着采集卡的普遍应用,工程中直接使用传感器也变得方便了。

4. 转换器

输出为非标准信号的传感器,必须和特定的仪器或装置配套,才能实现检测或调节功能。为了加强通用性和灵活性,某些传感器的输出可以靠转换器将输出由非标准信号变成标准信号,使之与带有标准信号输入电路或接口的仪表配套,从而实现检测调节功能。

不同标准的信号可以借助转换器实现相互转换。例如,气/电转换、电/气转换,能把 $20\sim 100\text{ kPa}$ 的空气压力与 $0\sim 10\text{ mA}$ 的电流相互转换。

电/电转换也可以实现,如 $4\sim 20\text{ mA}$ 与 $0\sim 10\text{ mA}$ 电流之间的转换。这一类转换器也称电量传感器,它的出现顺应了现在信号调理电路设计中模块化的思路。

传感器输入量与输出量的外延正在不断丰富。

1.2 传感器的分类

一般来说,目前人类需要监测的被测量有多少,传感器就应该有多少种。并且对于同一种被测参量,可能采用的传感器有多种。同样,同一种传感器原理也可能被用于多种不同类型被测参量的检测。因此,传感器的种类繁多,分类的方法也不尽相同。

传感器通常有按用途和按工作原理两种分类思路,具体见表1-1。

表 1-1 传感器常用的两种分类方式

按传感器的用途	按传感器的工作原理
位移传感器	电阻式传感器
力传感器	电感式传感器
荷重传感器	电容式传感器
速度传感器	电涡流式传感器
振动传感器	磁电式传感器
压力传感器	压电式传感器
温度传感器	光电式传感器
...	...

1. 按被测量分类

如输入量分别为温度、压力、位移、速度、加速度、湿度等非电量时,则相应的传感器称为温度传感器、压力传感器、位移传感器、速度传感器、加速度传感器、湿度传感器等。这种分类方法给使用者提供了方便,容易根据测量对象选择所需要的传感器,也便于初学者应用。

2. 按测量原理分类

现有传感器的测量原理主要是基于电磁原理和固体物理学理论。如根据变电阻的原理,相应的有电位器式、应变式传感器;根据变磁阻的原理,相应的有电感式、差动变压器式、电涡流式传感器;根据半导体有关理论,相应的有半导体力敏、热敏、光敏、气敏等固态传感器。这是传感器研究人员所常用的分类方式。这种分类方式有助于减少传感器的类别数,并使传感器的研究与信号调理电路直接相关。

3. 其他分类

根据在检测过程中对外界激励的需要,可以将传感器分为无源传感器和有源传感器。

有源传感器也可称为能量转换型传感器或前文所述的换能器,其特点在于敏感元件本身能将非电量直接转换成电信号,例如超声波换能器(压/电转换)、热电偶(热/电转换)、光电池(光/电转换)等。与有源传感器相反,无源传感器的敏感元件本身无能量转换能力,而是随输入信号而改变本身的电特性,因此必须采用外加激励源对其进行激励,才能得到输出信号。大部分传感器,如湿敏电容、热敏电阻、压敏电阻等都属于这类传感器。由于被测量仅能在传感器中起能量控制作用,因此也称为能量控制型传感器。由于需要为敏感元件提供激励源,无源传感器通常需要比有源传感器用更多的引线。传感器的总体灵敏度也会受到激励信号幅度的影响。此外,激励源的存在可能增加在易燃易爆气体环境中引起爆炸的危险,在某些特殊场合需要引起足够的重视。

根据输出信号的类型,可以将传感器分为模拟传感器与数字传感器。模拟传感器将测量的非电量转换成模拟电信号,其输出信号中的信息一般由信号的幅度表达。输出为方波信号,其频率或占空比随被测参量变化而变化的传感器称为准数字传感器。由于这类信

号可直接输入到微处理器内,利用微处理器内的计数器即可获得相应的测量值,因此,准数字传感器与数字电路具有很好的兼容性。

1.3 传感器与检测系统

1. 测控系统框图

传感器能将被测物体的参量转换为电信号,从而成为检测系统的基础。在应用方面,传感器与检测系统也是密不可分的。

一个检测系统的首要任务就是测量,而测量的目的一般无外乎两个:其一是用于客体对象的监测,例如对室内环境温度/湿度的测量、环境中大气压力及空气污染物的测量、医院中病人状态的监测等;其二则是用于控制。

图1-2所示为一个典型的测控系统,主要包括测控对象(物理/化学参量)、传感器、信号调理(放大及线性化等)、信号转换与处理、执行器、显示/存储/传输等几个部分。

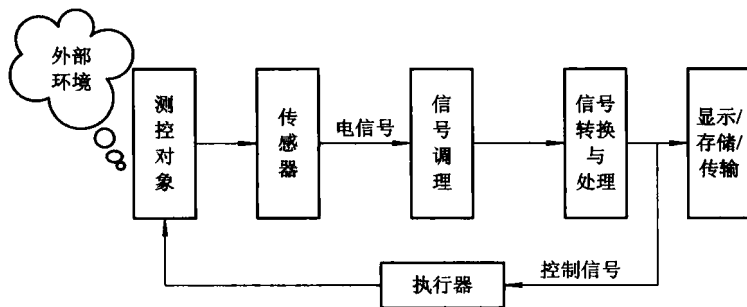


图 1-2 检测控制系统构成示意图

2. 传感器在系统中的作用

被测参量是指测控对象指定的物理/化学参量,如温度、湿度、压力等。

传感器一般处于测控系统的两个部分:一是位于输入端,与被测对象接触,采集系统监测信息;另一是位于输出端,采集输出量的变化并将之送回反馈通道,实现控制量的调节。

传感器的性能好坏直接影响系统性能。如果传感器不能灵敏地感受被测量,或者不能把感受到的被测量精确地转换成电信号,其他仪表和装置的精确度再高也无意义。这一点在现代仪器系统中表现尤其明显。计算机,尤其是单片机及嵌入式系统的快速发展,测量数据的智能化快速处理及显示存储早已经不是什么困难的事情,但前提是系统必须由传感器提供准确可靠的信息。如果传感器的水平与计算机的水平不相适应,计算机便不能充分发挥应有的作用和效益。

3. 信号调理

传感器所产生的电信号一般非常弱,必须经过放大处理后才能利用电缆线传输到数据获取(DAQ)模块进行进一步处理。有些传感器的输出信号虽然强,但许多DAQ部件的输入范围固定(如 $\pm 10\text{ V}$, $0\sim 5\text{ V}$ 等),与传感器的输出范围往往不符,因此必须对传感器的