

传感器应用技能实训



彭学勤 周志文 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

世纪英才模块式技能实训·中职系列教材(电工电子类专业)

传感器应用技能实训

彭学勤 周志文 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

传感器应用技能实训 / 彭学勤, 周志文编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010. 9
(世纪英才模块式技能实训中职系列教材)
电工电子类专业
ISBN 978-7-115-23058-4

I. ①传… II. ①彭… ②周… III. ①传感器—专业学校—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第097331号

内 容 提 要

本书作为传感器理论与实践技能结合的教材, 突出教、学、做合一, 强调在实践中学。书中依据对工农业领域传感器典型应用的分析和描述, 通过具体实例来阐述传感器的工作原理、功能及作用, 具体包括认知传感器、应变式电阻传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、超声波传感器、霍尔传感器、温度传感器、湿度传感器、光电式传感器和气敏传感器等 11 个技能训练。本书内容丰富、取材新颖, 讲解深入浅出、简练实用; 文字叙述通俗易懂, 条理清晰, 教材中配有大量实物照片, 直观、可读性强。为使学生灵活掌握所学的知识, 在每个技能训练的最后设置了大量与其他教材所不同的复习思考题。

本书可供中等职业学校电子技术应用、电子信息技术、电气运行与控制、机电一体化、仪表类等相关专业作为教材使用, 也可以作为从事传感器应用的工程技术人员的自学和参考用书。

世纪英才模块式技能实训·中职系列教材(电工电子类专业)

传感器应用技能实训

- ◆ 编 著 彭学勤 周志文
责任编辑 丁金炎
执行编辑 郑奎国
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 10.75
字数: 249 千字 2010 年 9 月第 1 版
印数: 1—3 500 册 2010 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-23058-4

定价: 21.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前 言

本书为中等职业学校专业课程教学用书,编者在深刻理解了教育部《教育部关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见》(教职成[2008]8号)和《教育部关于制定中等职业学校教学计划的原则意见》的精神之后,根据国家劳动和社会保障部颁发的《传感器应用专项职业能力考核规范》中的能力标准与鉴定内容,本着以就业为导向,以能力为本位,以培养学生实践技能为目的的指导思想,运用理论与实践一体化的方式,精心编写了本教材。这本书从应用的角度出发,围绕着传感器在工业领域检测、控制系统中的作用,全面介绍了传感器的工作原理、结构特征以及使用场合;同时,教材紧跟时代步伐,与时俱进,有针对性地融合了全国中等职业学校职业技能竞赛的内容,对各个学校应对技能竞赛具有较高的参考价值。

传感器的种类繁多,分类方法也不尽相同,为使学生易于理解和掌握传感器的功能及应用,本书按照传感器的工作原理进行编排。其内容包括:认知传感器、应变式电阻传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、超声波传感器、霍尔传感器、温度传感器、湿度传感器、光电式传感器、气敏传感器 11 个技能训练。

为帮助学生理解、巩固和掌握所学知识,在每个技能训练之后,由学生自己对所学知识进行复习总结,同时还可以通过做思考题检验自己对基本知识的掌握情况。

本书由河南信息工程学校高级工程师、高级讲师、河南省学术技术带头人、河南省文明教师彭学勤主编,负责设计本书的结构框架、统稿、编写组织等工作,同时编写了技能训练一、技能训练二,河南信息工程学校工程师李峡编写了技能训练三、技能训练四和技能训练十,武汉机电工程学校高级讲师周志文编写了技能训练五和技能训练六,青岛飞洋职业技术学院讲师刘晓昱编写了技能训练七,郑州工业贸易学校高级讲师张皓明编写了技能训练八、技能训练九和技能训练十一,最后全书由河南信息工程学校高级工程师、河南省学术技术带头人王国玉审定。

本书在写作过程中得到了人民邮电出版社丁金炎、杨承毅老师的大力支持和帮助,在此,对他们表示衷心的感谢!限于编者水平,书中难免存在疏漏与不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

技能训练一 认知传感器	1	一、复习总结	28
第一部分 教学要求	1	二、思考题	28
一、目的要求	1	技能训练三 电容式传感器	31
二、教学节奏与方式	1	第一部分 教学要求	31
第二部分 教学内容	1	一、目的要求	31
一、认识传感器	1	二、工具器材	31
二、传感器的概念与定义	5	三、教学节奏与方式	31
三、传感器的作用、组成及		四、成绩评定	31
分类	6	第二部分 教学内容	32
四、传感器的基本特性	8	一、电容式传感器的组成	32
五、传感器的发展方向	11	二、电容式传感器的结构及	
第三部分 复习与思考	12	工作原理	33
一、复习总结	12	三、电容式传感器的测量	
二、思考题	12	电路	35
技能训练二 应变式电阻传感器	15	四、电容式传感器的应用	38
第一部分 教学要求	15	第三部分 技能训练	42
一、目的要求	15	电容式接近开关的识别和	
二、工具器材	15	检测	42
三、教学节奏与方式	15	第四部分 复习与思考	44
四、成绩评定	15	一、复习总结	44
第二部分 教学内容	16	二、思考题	44
一、应变式电阻传感器的		技能训练四 电感式传感器	47
组成	16	第一部分 教学要求	47
二、电阻应变片的结构及工作		一、目的要求	47
原理	17	二、工具器材	47
三、弹性敏感元件	19	三、教学节奏与方式	47
四、应变式电阻传感器的测量		四、成绩评定	47
电路	20	第二部分 教学内容	48
五、应变式电阻传感器的		一、电感式传感器的组成	49
应用	21	二、自感式电感传感器	49
第三部分 技能训练	24	三、差动变压器	59
一、应变片特性的测试	24	四、电涡流式传感器	64
二、应变片的粘贴	25	第三部分 技能训练	69
第四部分 复习与思考	28	电感式接近开关的识别和	

检测	69	第四部分 复习与思考	101
第四部分 复习与思考	72	一、复习总结	101
一、复习总结	72	二、思考题	101
二、思考题	72	技能训练七 霍尔传感器	103
技能训练五 压电式传感器	75	第一部分 教学要求	103
第一部分 教学要求	75	一、目的要求	103
一、目的要求	75	二、工具器材	103
二、工具器材	75	三、教学节奏与方式	103
三、教学节奏与方式	75	四、成绩评定	103
四、成绩评定	75	第二部分 教学内容	103
第二部分 教学内容	75	一、霍尔传感器的组成	105
一、压电式传感器的组成	76	二、霍尔传感器的结构及	
二、压电式传感器的结构及		工作原理	105
工作原理	77	三、霍尔传感器的测量电路	107
三、压电式传感器的测量		四、霍尔传感器的应用	108
电路	79	第三部分 技能训练	110
四、压电式传感器的应用	82	一、霍尔传感器的功能测试	110
第三部分 技能训练	84	二、简易高斯计的制作	111
压电陶瓷的识别和检测	84	第四部分 复习与思考	111
一、压电陶瓷片的识别	84	一、复习总结	111
二、压电陶瓷片的检测	84	二、思考题	112
第四部分 复习与思考	85	技能训练八 温度传感器	113
一、复习总结	85	第一部分 教学要求	113
二、思考题	85	一、目的要求	113
技能训练六 超声波传感器	87	二、工具器材	113
第一部分 教学要求	87	三、教学节奏与方式	113
一、目的要求	87	四、成绩评定	113
二、工具器材	87	第二部分 教学内容	114
三、教学节奏与方式	87	一、温度传感器的组成	114
四、成绩评定	87	二、热电偶	115
第二部分 教学内容	87	三、热电阻	118
一、超声波传感器的组成	88	四、热敏电阻	121
二、超声波传感器的结构及		第三部分 技能训练	125
工作原理	89	一、简易热电偶的制作	125
三、超声波传感器的测量		二、热敏电阻温度特性的	
电路	91	测试	125
四、超声波传感器的应用	93	第四部分 复习与思考	126
第三部分 技能训练	100	一、复习总结	126
学会使用超声波传感器	100	二、思考题	127

技能训练九 湿度传感器	129	光敏电阻)	141
第一部分 教学要求	129	三、光敏晶体管传感器	144
一、目的要求	129	第三部分 技能训练	151
二、工具器材	129	一、光敏电阻的特性测试	151
三、教学节奏与方式	129	二、光敏晶体管的特性测试	151
四、成绩评定	129	第四部分 复习与思考	152
第二部分 教学内容	129	一、复习总结	152
一、湿度传感器的组成	130	二、思考题	153
二、湿度传感器的结构及工作		技能训练十一 气敏传感器	155
原理	130	第一部分 教学要求	155
三、湿度传感器的测量电路	132	一、目的要求	155
四、湿度传感器的应用	133	二、工具器材	155
第三部分 技能训练	136	三、教学节奏与方式	155
湿度传感器的特性检测	136	四、成绩评定	155
第四部分 复习与思考	137	第二部分 教学内容	155
一、复习总结	137	一、气敏传感器的组成	156
二、思考题	137	二、气敏传感器的结构及工作	
技能训练十 光电传感器	139	原理	157
第一部分 教学要求	139	三、气敏传感器的测量电路	158
一、目的要求	139	四、气敏传感器的应用	159
二、工具器材	139	第三部分 技能训练	161
三、教学节奏与方式	139	气敏传感器的特性测试	161
四、成绩评定	139	第四部分 复习与思考	162
第二部分 教学内容	140	一、复习总结	162
一、光电传感器的组成	140	二、思考题	162
二、光敏电阻传感器(又称为			

技能训练一 认知传感器

第一部分 教学要求

一、目的要求

- (1) 掌握传感器的定义、组成和应用。
- (2) 了解传感器的分类。
- (3) 掌握自动控制系统的组成。
- (4) 了解传感器的特性。
- (5) 了解传感器的发展方向。

二、教学节奏与方式

项 目		时间安排	教 学 方 式
1	课前准备	课余	阅读教材
2	教师讲授	4 课时	重点讲授（传感器的定义、组成和作用）

第二部分 教学内容

一、认识传感器

“传感器”最早来自“感觉”一词，人们用眼睛看，可以感觉到物体的形状、大小和颜色；用耳朵听，可以感觉到外界的声音；用鼻子嗅，可以感觉到气味；用舌头尝，能感觉到物体的味道；用手触摸物体，能感觉到物体的软硬、冷暖。视觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉器官是人感觉外界刺激所必须具备的感官，称为“五官”，它们就是天然的传感器。

传感器是人类通过仪器探知自然界的触角，它的作用与人的感官相类似。如果将计算机视为识别和处理信息的“大脑”，将通信系统比作传递信息的“神经系统”，将执行器比作人的肌体的话，那么传感器就相当于人的五官。

从字面上来看，传感器不但要对被测量的对象敏感，即“感”，而且还具有把传感器对被测量对象的响应传送出去的功能，即“传”，因此传感器通常又被称为变换器、转换器、检测

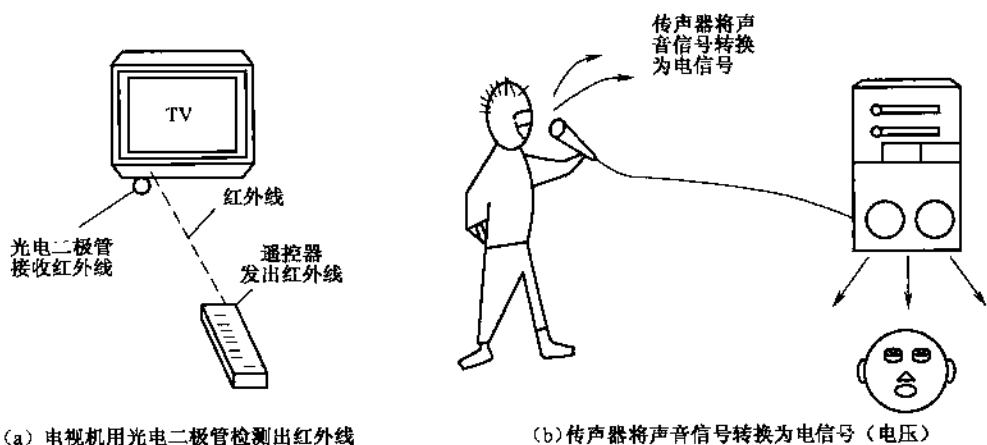
器、敏感元件、换能器和一次仪表等。如果没有传感器对原始信息进行有效地转换，那么一切准确的测量将无法实现。

传感器技术、通信技术、计算机技术构成了信息产业的三大支柱。随着科学技术的迅速发展和生产过程的高度自动化，传感器不仅充当着计算机、机器人、自动化设备的感觉器官及机电结合的接口，而且已渗透到人类生产、生活的各个领域。

1. 日常生活中使用的传感器

在日常生活中，各种家用电器的自动化离不开传感器的应用技术，空调的制冷、制热，电饭煲的加热、保温等都是温度的控制，都要先通过传感器进行检测才能实现控制的。

传声筒和光电二极管都是日常生活中常见传感器的例子。彩色电视机中的光电二极管则是检测遥控器发出的红外线并将其转换成电信号以控制相应元器件通断的装置，如图 1-1 (a) 所示。如图 1-1 (b) 所示，传声器（俗称话筒、麦克风）是将声音转换成相应电信号的装置。



(a) 电视机用光电二极管检测出红外线

(b) 传声器将声音信号转换为电信号（电压）

图 1-1 家电中使用的传感器

我们有这样的经历：当走近自动门时，门会自动打开；运离门时门会自动关闭；当我们洗手时，手一旦靠近水龙头，水龙头会自动出水，这都是传感器在起作用，自动门和水龙头分别如图 1-2 和图 1-3 所示。



图 1-2 自动门

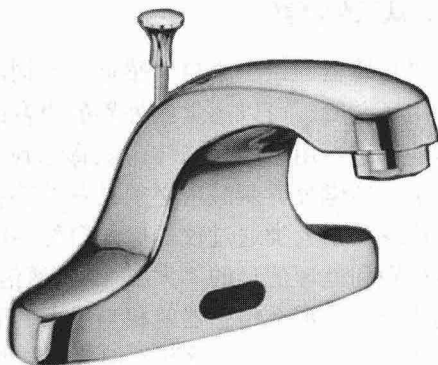


图 1-3 自动水龙头

2. 工业生产中使用的传感器

图 1-4 所示为食用油的自动化生产线。自动化生产线要保证食用油能准确地注入油桶，并能控制一定的重量，装完后能拧好顶盖，然后在合适的位置贴好商标，整个过程都需要通过仪器检测出油桶的位置，注油量、油桶盖的安装位置以及商标粘贴位置，以达到自动化控制的目的。

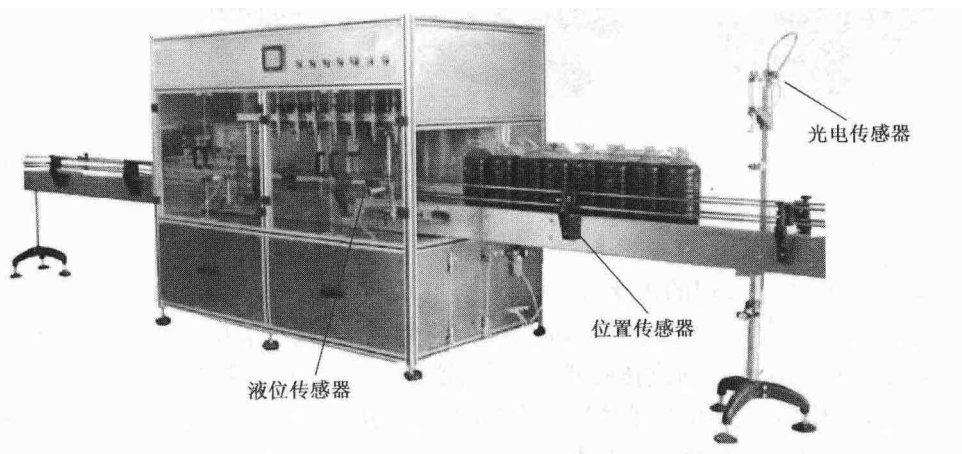


图 1-4 食用油的自动化生产线

现代化的生产过程大都采用了自动计数系统，它轻而易举地解决了生产中工件数目繁多、难以计数的问题，图 1-5 所示为光电计数机，它运用了光电传感器，可实现自动计数、缺料报警及剔除不良计数工件的功能。

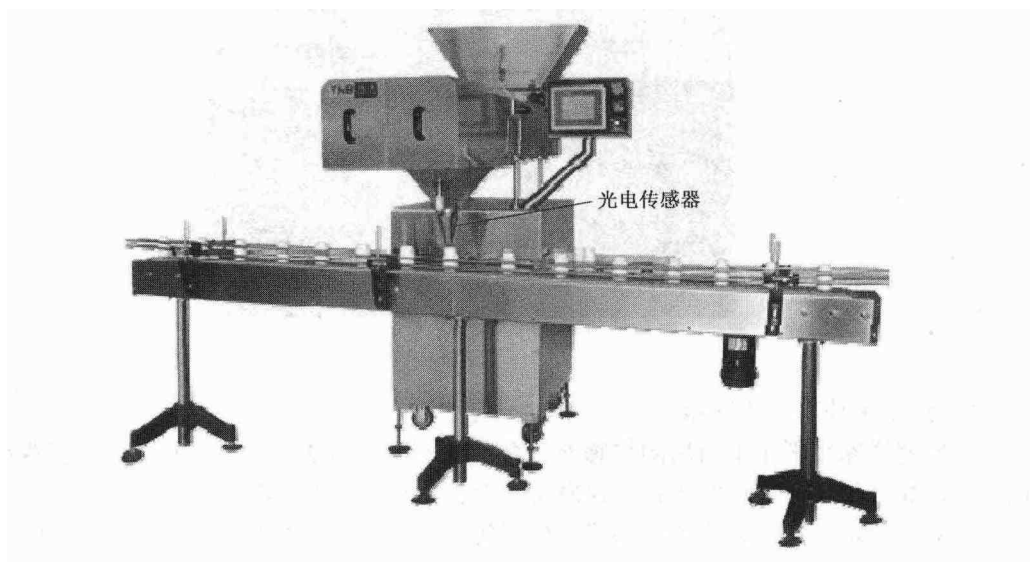


图 1-5 光电计数机

3. 地震救助中使用的传感器

地震之后须寻找生命迹象，及时、准确地将压在废墟下的伤员救出是当务之急。使用先进的探测设备可以圆满完成搜救任务，生命探测设备如图 1-6 所示。



(a) 雷达波探测器

(b) 视频探测器

(c) 音频探测器

(d) 红外热成像生命探测仪

图 1-6 生命探测设备

4. 农业生产中使用的传感器

在农作物生长的整个过程中,可以利用各种传感器收集信息,以便及时采取相应的措施完成科学种植。例如,通过传感器测量土壤的成分以确定土壤应施肥的种类和数量;在植物的生长过程中还可以利用各种传感器来监测农作物的成熟程度,以便适时采摘和收获;可以利用气敏传感器进行植物生长的人工环境的监控,以促进光合作用;在蔬菜种植环境的监测中可以利用传感器进行灭鼠、灭虫等;还可以利用传感器自动控制农田水利灌溉,塑料大棚如图 1-7 所示,棚中种植操作就可多处使用传感器。



图 1-7 塑料大棚

5. 汽车中使用的传感器

一辆普通家用轿车上所用的传感器有百余种之多,而豪华轿车上所用的传感器数量有二百余种,显示仪表可多达数十台,仅发动机上就有很多种,如温度传感器、压力传感器、旋转传感器、流量传感器、位置传感器、浓度传感器、爆震传感器等。在汽车轮胎内嵌入微型传感器将压力传感器和微型温度传感器集成在一起,同时测出压力和温度。微型传感器可以保证轮胎适当充气,避免充气过量或不足,从而可节约 10% 的燃油;再如,汽车上的雨量传感器隐藏在前挡风玻璃后面,它可以根据落在玻璃上雨水量的大小来调整雨刷的动作,因而大大减少了开车人的烦恼。汽车中使用的部分传感器如图 1-8 所示。

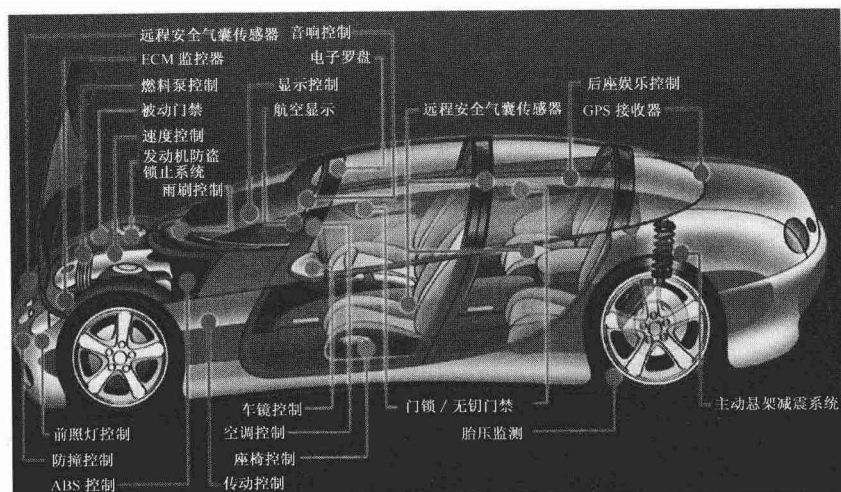


图 1-8 汽车中使用的部分传感器

综上所述，传感器的应用技术在发展经济、推动社会进步方面起着非常重要的作用。显然，系统自动化程度越高，对传感器的依赖性就越大。传感器对系统的功能起决定性的作用，它的发展水平、生产能力和应用领域已成为一个国家科学技术进步的重要标志，如果没有传感器对原始数据进行准确、可靠地采集、检测，那么系统信息的转换、处理、传输和显示，乃至对被控制对象的控制都将失去意义。

二、传感器的概念与定义

1. 传感器的概念

传感器是一种能把特定被测量的信息按一定规律转换成某种可用信号并输出的器件或装置，以满足信息的传输、处理、记录、显示和控制等要求。应当指出的是，这里所谓的“可用信号”是指便于处理、传输的信号，一般为电信号，如电压、电流、电阻、电容、频率等。在家用电器中，电冰箱、微波炉、空调机有温度传感器；电视机有红外传感器；录像机、摄像机有光电传感器；液化气灶有气敏传感器；汽车有速度传感器、压力传感器、湿度传感器、流量传感器、氧气传感器等。这些传感器的共同特点是利用各种物理、化学、生物效应等实现对被检测量的测量。由此可见，在传感器中包含两个必不可少的概念，一是检测信号；二是能把检测的信息转换成一种与被测量有确定函数关系，而且便于传输和处理的量。例如，传声器（话筒）就是这种传感器，它感受声音的强弱并将其转换成相应的电信号；又如，电感式位移传感器能感受位移量的变化，并把它转换成相应的电信号。

随着信息科学与微电子技术特别是微型计算机与通信技术的迅猛发展，近年来传感器的发展走上了与微处理器、微型计算机相结合的道路，传感器的概念得到了进一步的扩充。如智能传感器，它是一种（通过信号处理电路）由微处理器、微型计算机所赋予的智慧的、兼有检测信息和信息处理等多功能的传感器。可以预见，当人类跨入光子时代，光信息成为更便于高效处理与传输的可用信号时，传感器的概念将随之发展，并成为能把外界信息或能量转换成为光信号或能量的元器件。

目前，传感器的含义在不断扩充与发展，它已经与测量科学、现代电子技术、微电子技

术、生物技术、材料科学、化学科学、光电技术、精密机械技术、微细加工技术、信息处理技术以及计算机技术相互交叉渗透而成为了一门高度综合性、知识密集型的科学。区分各种高技术的智能武器、机器及家用电器的标准就在于其传感器的数量和它所包含的技术水平，所以传感器是智能高技术的前驱与标志，是现代科学技术发展的基础，也是衡量一个国家科技水平的重要标志。

2. 传感器的定义

传感器的定义至今在国内、国外尚无统一的规定。原机械工业部在所制定的《过程检测控制仪表术语》中对传感器的定义是“借助于检测元件接受物理量形式的信息，并按一定规律将它转换成同样或别种物理量形式的信息仪表”。在新韦氏大词典中定义：“传感器是从一个系统接受功率，通常以另一种形式将功率送到第二个系统中的器件”。

根据国家标准（GB/T 7665—1987），《传感器通用术语》中对传感器的定义：“能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。其中，敏感元件是指传感器中能直接感受或响应被测量的部分；转换元件是指传感器中将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输或测量的电信号部分。”由于电信号是易于传输、检测 and 处理的物理量，所以过去也常把将非电量转换成电量的器件或装置称为传感器。由上述的定义可以看出，传感器的定义中包含以下信息。

- (1) 它是由敏感元件和转换元件构成的一种检测装置，能感受到被测的量的信息，并能检测感受到的信息。
- (2) 能按一定规律将被测的量转换成电信号输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。
- (3) 传感器的输出与输入之间存在确定的关系。对传感器的要求：高精度；信号（或能量）无失真转换；反映被测的量的原始特征。

三、传感器的作用、组成及分类

1. 传感器的作用

在自动控制系统中，传感器是首要部件，是实现现代化测量和自动控制（包括遥感、遥测、遥控）的主要环节，它对于决定自动控制系统的性能起着重要作用。自动控制系统通常由传感器、测量电路、通信设备和输出单元等部分组成，如图 1-9 所示。

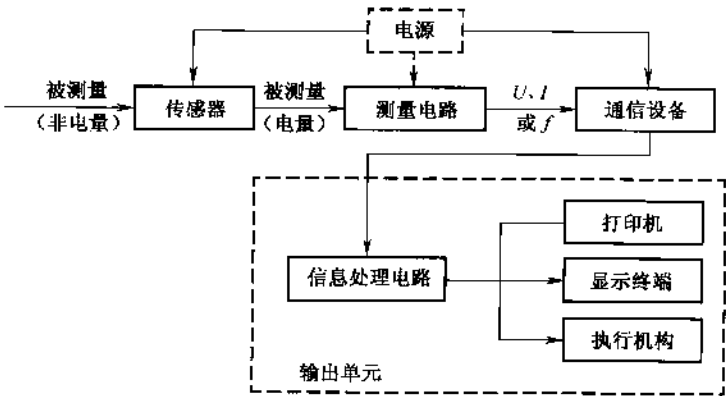


图 1-9 自动控制系统的组成框图

自动控制系统中传感器的主要作用是将被测非电量转换成与其成一定关系的电量。但是，传感器的输出信号一般很弱且伴有各种噪声，因此需要通过测量电路将它放大，剔除噪声，选取有用信号并进行运算、处理与转换，并通过通信设备及传输通道将输出信号送到信息处理电路中。信号经处理后，再发出控制信号，驱动执行机构，然后对被控对象实现某种操作或显示输出，从而达到对系统进行控制的目的。

2. 传感器组成

传感器一般是利用物理、化学和生物等学科的某些效应或机理，按照一定的工艺和结构研制出来的，因此，传感器的组成细节有较大差异，但是，总体来说，传感器的作用是把被测的非电量转换成电量输出，传感器的功能是“一感二传”，即感受被测信息，并按照一定的规律转换成可用输出信号传出去，传感器通常由敏感元件、转换元件两部分组成，如图 1-10 所示。传感器的核心部件是敏感元件，它是传感器中用来感知外界信息并转换成有用信息的元件。

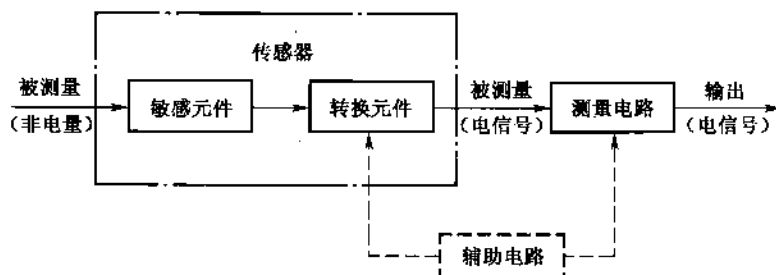


图 1-10 传感器的组成框图

(1) 敏感元件

敏感元件直接感受非电量，并按一定规律转换成与被测的量有确定关系的其他量（一般仍为非电量）的元件，例如应变式压力传感器的弹性膜片就是敏感元件，它的作用是将压力转换成膜片的变形。

(2) 转换元件

转换元件又称为变换器。在一般情况下，它不直接感受被测的量，而是将敏感元件输出的量转换成为电量输出的元件。如应力式压力传感器的应变片的作用是将弹性膜片的变形转换成电阻值的变化，电阻应变片就是转换元件。

并不是所有的传感器都必须包括敏感元件和转换元件。如果敏感元件直接输出的是电量，它就同时兼为转换元件；如果转换元件能直接感受被测非电量并输出与之成确定关系的电量，此时，传感器就是敏感元件。敏感元件和转换元件两者合一的传感器是很多的。例如，压电晶体、热电偶、热敏电阻、光电器件等都是这种类型的传感器。

传感器输出的电信号通过测量电路将电信号放大，并转换成为便于显示、记录、处理和控制的有用电信号。测量电路的选择要视转换元件的类型而定，常用的测量电路有弱信号放大器、电桥、振荡器、阻抗变换器等。

随着科学技术的发展，传感器向小型化、集成化方向发展。利用先进的制作工艺，特别是微/纳米加工技术，传感器向超小型化方向发展。同时，它还向功能集成（多种传感检测功能的结合）、结构集成（把传感器同其预处理电路集成起来，甚至将 A/D 转换器件与发射装

置等也集成在一起)和技术集成(多种技术的集成)方向发展,这样,传感器的各组成部分就不能明确地分为以上三个部分,可能是三者合为一体。

3. 传感器的分类

由于传感器应用领域多、应用面广且品种和规格繁多,因此其构成相当复杂,为了很好地掌握、应用传感器,对其进行科学的分类必不可少。目前,传感器主要有4种分类方法,即根据传感器工作原理、被测的量、传感器的能量关系以及传感器输出信号分类。下表给出了分类方法。

尽管下表列出的传感器分类有较大的概括性,但由于传感器的分类不统一,因此表中所列的分类很难完备,例如,传感器还有按用途分类、科目分类、功能分类、输出信号的性质分类等方法。

分类方法	传感器的种类		说 明
按工作原理分类	应变式、电容式、电感式、电磁式、压电式、热电式、光电式等		传感器按工作原理,将物理和化学等学科的原理、规律和效应作为分类依据
按被测量分类	压力式、位移式、温度式、速度式、加速度式、负荷式、扭矩式、光式、放射线式、气体成分式、液体成分式、离子式和真空式等		传感器以输入物理量的性质命名
按能量关系分类	能量转换型(有源传感器)	压电式、热电式(热电偶)、电磁式、电动式、压阻式等	传感器直接将被测量的能量转换为输出量的能量,通常配合有电压测量电路和放大器,用于动态测量
	能量控制型(无源传感器)	电阻式、电容式、电感式、微波式、激光式等	传感器本身不是换能器,被测非电量仅对传感器中的能量起控制或调节作用,必须有辅助电源供给传感器能量,而由被测量来控制输出的能量,用于静态和动态测量及非接触的测量场合
按输出信号分类	模拟式		传感器的输出为模拟量,要通过A/D转换器才能运用电子计算机进行信号分析加工与处理
	数字式		传感器的输出为数字量,可直接送到计算机进行处理

四、传感器的基本特性

在生产过程和科学实验中,传感器要对各种各样的参数进行检测和控制,就要求它能感受被测非电量的变化不失真地转换成相应的电量,这取决于传感器的基本特性,即输出输入特性,传感器的基本特性通常可以分为静态特性和动态特性。

1. 传感器的静态特性

静态特性是指输入的被测量不随时间变化或随时间缓慢变化时表现的特性。表征传感器静态特性的主要参数有线性度、灵敏度、分辨力和迟滞、重复性。

(1) 线性度

在通常情况下，传感器的静态特性输出是一条曲线。为简化传感器的理论分析和设计计算，传感器的标定、数据处理操作时很方便，仪表刻度盘均匀，制作、安装、调试容易，避免非线性补偿环节，常用一条拟合直线（有时也称理论直线）近似地代表实际的特性曲线。因此，在使用非线性传感器时，必须对传感器的输出特性进行线性处理，在小范围内用割线、切线近似代表实际曲线，使输入输出线性化，近似后的直线与实际曲线之间存在的最大偏差称传感器的非线性误差——线性度。线性度是传感器的输出与输入之间成线性关系的程度。以上的情况如图 1-11 所示。

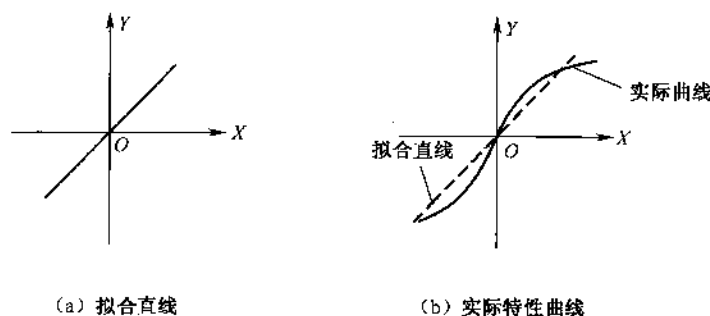


图 1-11 线性度

(2) 灵敏度

灵敏度是指传感器在稳态下的输出变化值与输入变化值之比，用 S 来表示：

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (1-1)$$

式 (1-1) 中： ΔY ——在稳态下传感器的输出变化量； ΔX ——在稳态下传感器的输入变化量。

(3) 分辨力

分辨力是指传感器在规定测量的范围内能检出被测的量的最小变化量的能力。当被测的量的变化小于分辨力时，传感器对输入量的变化无任何反应；只有当输入量的变化超过了分辨力的量值时，输出才有可能准确表现出来，因而，传感器就存在分辨力的问题。

分辨力越小，表明传感器检测非电量的能力越强，分辨力的高低从某个侧面反映了传感器的精度。

(4) 迟滞

迟滞反映传感器正向特性与反向特性不一致的程度。产生这种现象的原因是由于传感器的机械部分不可避免地存在间隙、摩擦及松动。例如用一个电子秤称重。

加砝码	10g	50g	100g	200g
电桥输出	0.5mV	2mV	4mV	10mV
减砝码输出	1mV	5mV	8mV	10mV

迟滞误差一般由满量程输出的百分数表示为正、反行程输出值间的最大差值。如图 1-12 所示，从特性曲线上反映出正向特性与反向特性的曲线不重合。

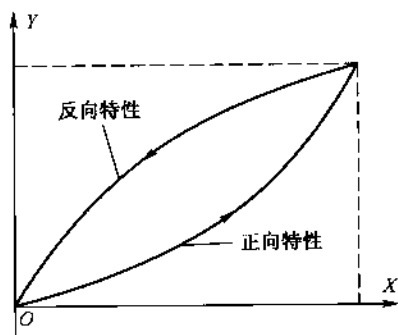


图 1-12 迟滞特性

(5) 重复性

重复性是指传感器输入量按同一方向作全量程连续多次测量时所得输出-输入特性曲线不重合的程度。它是反映传感器精密度的一个指标，产生的原因与迟滞性基本相同，重复性越好，误差越小。

如图 1-13 所示，正行程的最大重复性偏差为 Δm_1 ，反行程的最大重复性偏差为 Δm_2 。重复性误差取这两个最大偏差中之较大者 $\Delta m_{\max}$ 与满量程输出 Y_{FS} 的百分比表示为

$$\gamma_R = \pm \frac{\Delta m_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-2)$$

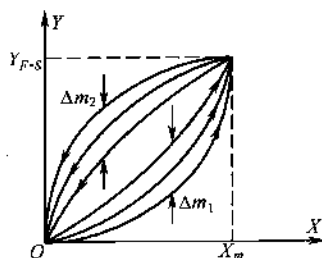


图 1-13 重复性

2. 传感器的动态特性

传感器要检测的输入信号是随时间而变化的。传感器应能跟踪输入信号的变化，这样才能获得正确的输出信号；如果输入信号变化太快，传感器就可能跟踪不上，这种跟踪输入信号的特性就是传感器的响应特性，即为动态特性。表征传感器动态特性的主要参数有响应速度、频率响应。

(1) 响应速度

响应速度是反映传感器动态特性的一项重要参数，是传感器在阶跃信号作用下的输出特性。它主要包括上升时间、峰值时间及响应时间等，反映了传感器的稳定输出信号（在规定误差范围内）随输入信号变化的快慢。

(2) 频率响应