

中等职业教育电子信息类专业
“双证课程”培养方案配套教材

国家信息化
计算机教育认证

CEAC

指定教材

传感器 及其应用

主编 谢文和
指导 中国职业技术教育学会
审定 CEAC 信息化培训认证管理办公室



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

中等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材

传感器及其应用

主 编 谢文和

指 导 中国职业技术教育学会

审 定 CEAC 信息化培训认证管理办公室

高等教育出版社

内容提要

本书是 CEAC 认证教材,由高等教育出版社和信息产业部 CEAC 信息化培训认证管理办公室联合推出。本书参照了全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”成果之一——中等职业教育电子信息类“双证课程”培养方案,及教育部颁布的电子技术应用专业教学指导方案编写,同时参考了相关行业职业资格标准或行业职业技能鉴定标准。

本书主要内容包括传感技术基础知识、常用典型传感器及其应用、传感器实验等内容。

本书采用由总体到局部,逐级展开、延伸的编写方式,将传感技术的基础知识与常用的典型传感器件相结合,并通过必要的实验分析相贯通;对传统内容进行必要的压缩,加强应用内容的介绍,注重提高学生的应用能力与分析能力。

本书可作为参加 CEAC 认证考试人员的复习考试用书,也可作为中等职业学校电子信息类专业教材及相关岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器及其应用/谢文和主编. —北京:高等教育出版社,2006.7

ISBN 7-04-019754-5

I. 传... II. 谢... III. 传感器-资格考核-教材
IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 059578 号

策划编辑 王卫民 责任编辑 王卫民 封面设计 于涛
版式设计 王艳红 责任校对 姜国萍 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京鑫海金澳胶印有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 9.25
字 数 220 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 7 月第 1 版
印 次 2006 年 7 月第 1 次印刷
定 价 14.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 19754-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

中等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材

编 审 委 员 会

顾 问	黄 尧	陈 伟	刘来泉	李怀康	马叔平	余祖光
	王军伟	姜大源	高 林	刘 杰	周 明	王文瑾
主 任	吕忠民	邹德林	张 方			
	和 枫	鲍 涌				
课程审定	程 周	贾长云	赵佩华	谭建伟		
行业审定	洪京一	许 远				
秘 书 长	马 旭	曹洪波	杨春慧			
编 委	张百章	杨元挺	李明生	王廷才	戎 磊	钟名湖
	陈振源	曹德跃	林理明	耿德普	章 夔	史新人
	谢文和	谭建伟	虞 勤	田文雅	谢 川	吴 伟
	赵佩华	韩希义	张凌杰	王协瑞	郑 宇	成宏超
	陈海斌	耿 骞	江林升	贾长云	张荣胜	

出版说明

中等职业教育肩负着为社会主义建设培养数以亿计的高素质劳动者的历史任务。要完成这个历史重任,职业教育应增强服务于社会经济发展的意识,要从学科本位向就业与职业技能为本位转变。职业学校要坚持以服务为宗旨,以就业为导向,面向社会、面向市场办学,深化办学模式和人才培养模式改革,努力提高职业教育的质量和效益。

在职业教育中,国家提倡学历证书、培训证书或职业资格证书并举的双证书制度。双证书制度作为沟通职业教育与行业用人需求,联系职业教育与劳动就业制度的桥梁,起到越来越重要的作用,是促进职业学校学生就业的重要举措之一。

《中华人民共和国职业教育法》中明确规定了“在我国实行学历证书、培训证书和职业资格证书制度”。“证书标准”有助于推动职业学校人才培养模式的转变,起到促进就业作用,职业教育工作者、行业企业专家、相关政府部门或行业组织需要共同努力,科学、理智地选择各类职业认证及培训教学资源。

全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”课题组在中国职业技术教育学会、信息产业部信息化培训认证管理办公室的指导下,在教育行政部门、劳动和社会保障行政部门有关领导和学者的支持下,研发成功了中等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案,该方案于2005年通过中国职业技术教育学会、信息产业部信息化培训认证管理办公室组织的专家鉴定。根据该方案,我们共同组织编写了中等职业教育电子信息类专业“双证课程”唯一配套教材,并列入劳动和社会保障部全国职业培训与技能鉴定教材。

本套教材贯彻了课题改革的成果,突出行业需求、符合教学管理要求,力图体现当前中等职业教育教学改革与创新思想。主要特点有:

(1) 依据行业企业需求开发。配套教材根据信息产业发展对复合型高技能人才需求的特点,结合信息产业部最新推出的“CEAC——院校IT职业认证证书”标准要求,通过认证表明了持证人具备了相应认证的技术水平和应用能力,可以作为相关岗位选聘人员、技术水平鉴定的参考依据。将其引入学历教育,可以使中职学生在不延长学制的情况下,同时获得职业证书,提高就业的竞争力。

(2) 依据最新专业目录开发。配套教材以教育部最新制定的《中等职业教育专业目录》中的电子信息类专业设置情况为依据,进行专业课程建设。根据行业的职业认证的要求,每个专业的培养方案中,有3~5门课程与相应的职业认证要求直接对应。

通过对电子信息行业的职业分析,我们重点开发了一系列职业专项能力教材。因为职业专项能力采用循序渐进的方式进行培养,反映了某项职业专门技术从易到难的训练过程,也是理论学习从简到难的过程,故又称为“链式课程”(Chain Curriculum)教材。同时将努力配套立体化教学资源,以保证这些课程的授课质量。

本套教材包括“电子与信息技术专业”(电子测量技术方向、电子电路CAD/CAM方向、电子

声像设备方向、电子产品营销方向)和“通信技术专业”(无线电通信设备方向、通信用户终端维护技术方向)的 13 门认证课程教材。

教材根据教育部“技能型紧缺人才培养方案”和中等职业教育电子信息类“企业技能型人才培养方案”编写,运用以就业为导向的职业能力系统化的开发方法开发而成。教材注重对学生职业技能的培养,使认证考试和中职学校日常教学紧密结合。教材出版的同时,将为教师提供可供教学使用的电子演示文稿和考证复习题,以帮助学生顺利取得“国家信息化计算机教育认证——院校 IT 职业认证证书”。

由于时间仓促,本套教材还不可避免地存在这样那样的不足,甚至由于学识水平所限,虽竭智尽力,仍难免谬误,希望专家、同行、学者给予批评指正。

高等教育出版社
CEAC 信息化培训认证管理办公室
2006 年 4 月

序

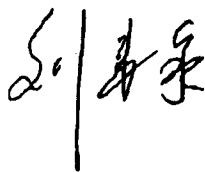
我很高兴看到,根据全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”成果之一的“中等职业教育‘双证课程’培养方案”,编制出了“中等职业教育电子信息类专业‘双证课程’培养方案”。该培养方案的系列配套教材,将由高等教育出版社出版。

中等职业教育肩负着为社会主义建设培养数以亿计的高素质劳动者的历史任务。全面建设小康社会,走新型工业化道路,提高产业竞争力,推进城镇化,解决“三农”问题,促进就业和再就业,对提高劳动者素质、加快技能型人才培养提出了迫切要求。

为适应经济社会迅速变革的需要,职业教育应坚持以学生为中心、以能力为本位的原则,增强服务经济社会发展和人的发展的能力。以服务为宗旨,以就业为导向,面向社会和市场办学,深化办学模式和人才培养模式改革,提高教育教学质量,是职业教育一项长期的任务。中等职业教育要根据行业企业需求,设置专业、开发课程,推进精品课程和精品教材建设。紧跟当今世界行业企业生产和技术进步的要求,不断更新教材和教学内容,增强职业教育的适应性和针对性。实行产教结合,加强校企合作,积极开展“订单式”培养。优化课堂教学和实训环节,强化就业技能和综合职业能力培养,大力推行学历证书和职业资格证书教育。

“中等职业教育电子信息类专业‘双证课程’培养方案”及其系列配套教材,是国家信息化培训认证管理办公室和中国职业技术教育学会合作的结果,是进行电子信息类专业建设和课程改革的有益探索。这种由电子信息领域教育专家和信息产业行业部门合作,在对信息产业人才需求进行分析基础上,有针对性地设计出符合产业发展需求的技能型人才培养方案,编写出配套教材并由行业部门颁发相应的职业资格证书,将有利于提高学生的职业能力,有利于职业学校人才培养“供需对路”,有利于教育更好地为行业企业服务。在国内还少有成套方案、成熟经验的情况下,能在较短的时间内编写出系列教材及相应的数字化教学资源,实属难能可贵。

希望这套教材的出版,对中等职业教育电子信息类专业建设有所裨益和推动,并再接再厉,在不断借鉴国内外经验的基础上,在教育教学中不断改革和实践,以期该套教材日臻完善。



2006年4月10日

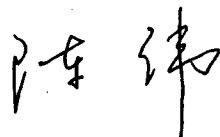
序

党的十六大、十六届五中全会和《2006—2020 年国家信息化发展战略》对推进信息化建设提出了更新、更高的要求。要完成好信息化推进的各项任务,人才是关键。培养大批既有专业技术,又能熟练运用电子信息技术的人才,已成为加快经济社会发展的迫切任务之一。

马叔平同志牵头研究的全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”取得了一系列成果,其中之一“中等职业教育电子信息类专业‘双证课程’培养方案”已通过评审。本课题以信息产业和信息化的需求为导向,研究如何培养急需的信息化人才和信息产业一线技术工人,我感到非常及时。

我非常欣慰地看到,该课题在研究中很好地体现了“坚持以就业为导向,增强职业教育主动服务经济社会发展的能力”的原则。在对信息产业行业的人才需求进行调查分析的基础上,结合国家有关的职业标准、行业认证标准,制定符合信息产业发展的和信息化建设需要的“人才培养”方案,既有利于培养符合需求、供需对路的人才,促进信息产业和信息化的发展,同时也有利于教育部门深化教育改革,提高办学质量和效益,实在是值得肯定的。

信息化推进司作为信息产业部负责推进信息化工作的职能部门,肩负着推动信息化人才培养的职责。该方案符合推进信息化建设、促进信息化人才培训的工作目标。期待该方案在推动信息产业人才培养方面能够发挥积极作用,为我国信息化建设做出应有的贡献。



2006 年 4 月 6 日

前 言

本书根据教育部颁发的《中等职业学校电子技术应用专业教学指导方案》中“传感技术及应用教学基本要求”编写。本书主编在电子行业已工作了三十多年,从事中等职业教育二十余年,在长期从事理论与实践教学的过程中,深切感受到目前这一学科现有的有关教材,大多数不太适合中等职业教育教学的需要,与新的教学基本要求存在一定的差距。为了及时提供与新教学基本要求配套的教材,尽快培养一大批能够适应现代化工业生产,具备高素质的操作、维护、保养现代化生产加工设备的技术工人,满足当今工业自动化生产的迫切需要,本书主编在两位有着丰富教学经验的老师配合下,着手编写了本教材。本书为 CEAC 认证指定教材。

本书在编写时,尽力体现以下特点:

1. 考虑到使用对象,故特别注意编写内容的适应性和适用性,尽可能地降低理论难度,简单、明了,分析中尽可能采用定性分析的原则加以处理,删除复杂的理论叙述及定量分析。
2. 各类传感器的介绍,遵循从原理到应用、逐段展开、深入浅出、图文并茂的原则。
3. 尽力拓宽基本知识、基本技能的理解和掌握。教材中加大了实际应用的内容。
4. 为加强实践能力的培养,教材中同时编写了实验内容(在教材编写中,实验内容过去绝大多数是另外处理的)。本书根据教材编写内容选编了八个实验,供授课时选用。
5. 为了学好这门课程,在选修该课程之前,应具有相应的专业基础课程(如:电工、电子线路、模拟电路、数字电路、工程制图、机械基础等)知识及必要的分析能力。
6. 与时俱进,编写时尽力引进新知识、新技术、新产品、新工艺。例如:一些新型号的传感器件,新的标准、新的电路等,以保证教材的新颖。
7. 考虑到模块化教学和适应弹性学制的要求,在教材处理时,除基础知识外,均采用了单个传感器件介绍的原则,授课时可根据主干课的需要,自行选用。实验亦是如此。

本书参考学时数为 64 学时(其中:理论教学 46 学时,实验教学 16 学时),学时分配建议按下表进行(仅供参考),学分数为 4 学分(按 16 学时为 1 学分计算)。

课时分配表

序号	课 程 内 容	课 时 数			
		讲课	实训与实验	机 动	合 计
1	绪 论	1			1
2	第一章 传感器简论	3			3
3	第二章 传感器测量电路	4			4
4	第三章 电阻式传感器	4	2		6
5	第四章 电容式传感器	4	2		6
6	第五章 电感式传感器	4	2		6
7	第六章 霍尔式传感器	4	2		6

续表

序号	课 程 内 容	课 时 数			
		讲课	实训与实验	机 动	合 计
8	第七章 压电式传感器	4	2		6
9	第八章 热电式传感器	6	2		8
10	第九章 光电式传感器	6	2		8
11	第十章 数字式传感器	6	2		8
12	第十一章 传感器实验				
13	机 动			2	2
14	总 计	46	16	2	64

本书由南京信息职业技术学院谢文和主编,湖南铁道职业技术学院严俊、曹卫权参编。其中:谢文和编写了绪论及第一、二、三、四章等;第五、六、八章由严俊编写;第七、九、十章由曹卫权编写。第十一章中的实验分属相关章节,由三位老师根据教材内容要求选编而成。全书由南京信息职业技术学院谢文和统稿。本书由东南大学吴宗汉教授担任主审,审稿期间提出了许多宝贵的修改意见,为提高本书的质量起到了很好的作用,在此表示衷心感谢。

由于编者学识和水平有限,错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年4月

目 录

绪论	(1)	第一节 霍尔式传感器的工作原理	(57)
第一章 传感器简论	(3)	第二节 霍尔元件及主要技术参数	(58)
第一节 传感器的基本概念	(3)	第三节 霍尔式传感器的集成与应用	(64)
第二节 传感器的组成与分类	(3)	思考题与习题	(66)
第三节 传感器的基本特性	(4)	第七章 压电式传感器	(67)
第四节 传感器检测系统的基本组成	(8)	第一节 压电式传感器的工作原理	(67)
思考题与习题	(9)	第二节 压电式传感器的测量电路	(70)
第二章 传感器测量电路	(10)	第三节 压电式传感器的结构与应用	(71)
第一节 传感器测量电路的作用与 要求	(10)	思考题与习题	(73)
第二节 传感器测量电路的类型、 特点与组成	(11)	第八章 热电式传感器	(74)
第三节 噪声与抗干扰技术	(14)	第一节 热电阻、热敏电阻传感器	(74)
思考题与习题	(20)	第二节 热电偶传感器	(77)
第三章 电阻式传感器	(21)	思考题与习题	(85)
第一节 电阻应变片式传感器	(21)	第九章 光电式传感器	(86)
第二节 气敏与湿敏电阻传感器	(31)	第一节 光电式传感器的基本知识	(86)
思考题与习题	(38)	第二节 光电式传感器及其基本特性	(87)
第四章 电容式传感器	(39)	第三节 光电式传感器的应用	(97)
第一节 电容式传感器的基本概念 及主要特点	(39)	思考题与习题	(102)
第二节 电容式传感器的工作原理 及结构形式	(40)	第十章 数字式传感器	(103)
第三节 电容式传感器典型测量电 路及分析	(43)	第一节 光栅传感器	(103)
第四节 电容式传感器的应用	(45)	第二节 光电式脉冲传感器	(109)
思考题与习题	(48)	第三节 感应同步器	(111)
第五章 电感式传感器	(49)	思考题与习题	(118)
第一节 自感式电感传感器	(49)	第十一章 传感器实验	(119)
第二节 互感式电感传感器	(52)	第一节 电阻式传感器实验	(119)
第三节 电感式传感器的应用	(54)	第二节 电容式传感器实验	(121)
思考题与习题	(56)	第三节 电感式传感器实验	(122)
第六章 霍尔式传感器	(57)	第四节 霍尔式传感器实验	(125)
		第五节 压电式传感器实验	(126)
		第六节 热电式传感器实验	(127)
		第七节 光电式传感器实验	(129)
		第八节 数字式传感器实验	(131)
		参考文献	(133)

绪 论

一、传感器技术的由来、现状与发展

由探头技术发展而来的传感器技术历经半个多世纪的发展,至今已形成了一个独特的领域。随着信息时代的到来和不断推进,信息技术的相关行业正如雨后春笋,破土而出,蒸蒸日上。传感器技术正是在这一背景下孕育生成,不断壮大的。近几十年来,传感器技术在工业自动化、国防军事及以宇宙、海洋开发为代表的尖端科学技术等重要领域广泛应用的同时,正以它巨大的潜力和独特的魅力向着与人类生活息息相关的各个层面进行渗透,如交通运输、安全防范、医疗卫生、生物工程、环境保护、家用电器等。

信息技术的关键在于信息的采集和信息的处理。其中信息的采集是由传感器来完成的,而信息的处理则是由计算机去完成。因此,传感器又被人们称之为“电五官”(它应具有人的眼、耳、鼻、口和皮肤的功能)。传感器技术与计算机技术两者之间相互协调、共同促进与发展的程度,将直接导致整个信息技术发展的速度和走向。

传感器的重要性集中体现在它是实现自动检测与自动控制的首要环节。如果没有传感器对原始信息(信号或参数)进行精确、可靠的测量,就无法实现从信号的提取、转换、处理到生产过程的自动化。一个复杂的系统工程是如此,一台普通的家用电器也是如此。随着计算机技术的飞速发展和大面积普及,传感器在新技术中的地位和作用将更为突出。传感器的开发与应用速度落后于计算机开发与应用速度的现状已成为微型计算机进一步发展和应用的一大障碍;许多具有竞争力的产品的开发和技术改造,都离不开传感器技术的支持。因此,研制、开发大批急需的传感器件以适应当今科技发展和普及的要求,已成定局;科学、合理地应用传感器技术为人类服务,已刻不容缓。

随着科学技术的不断进步,特别是自动化技术的广泛应用,传感器技术与相应的检测技术必将得到更大的发展。其发展的趋势将向以下几个方面突破。

1. 集成化

集成化就是利用集成加工技术,将敏感元件、放大电路、运算电路、补偿电路等集成在一块芯片上;或是在同一个芯片上,将众多同类型的单个传感器件集成为一维、二维或三维阵列型传感器,使它们成为一体化装置或器件。集成化后的传感器件或装置的优点是可简化电路设计、节省安装和调试的时间,增加可靠性。不利的是一旦损坏就得更换整个器件(或装置)。

2. 微型化

微型化就是利用微型加工技术,尽可能使传感器的体积和重量做到最小。微米、纳米技术的问世以及微机械加工技术的不断实用化,为微型传感器的研制、加工提供了可能。微型传感器最显著的特征就是体积微小、重量很轻,其敏感元件的尺寸一般都为 μm 级。它是由微加工技术(即光刻、蚀刻、沉积、键合等工艺)制作而成的。近年来曾风靡一时的畅销书《数字化

生存》的作者预言，微型化电脑十年后将变得无所不在，在人们的日常生活中可能布满了各种电脑芯片，到那时，人类可以把一种含有微型传感器的微型电脑像吃药片一样吞下，从而可在人体内进行各种检测，帮助医生进行诊断。微型传感器的研制和应用，目前乃至今后一个时期，最引人关注的是在航空航天领域。

3. 数字化

在全球进入信息时代的同时，人类也进入了数字化时代，因为数字化技术是信息技术的基础。数字化传感器是指能把被测（模拟）量直接转换成数字量输出的传感器。因此，测量精度高、分辨率高、测量范围广、抗干扰能力强、稳定性好、自动控制程度高、便于动态和多路检测、性能可靠就是这类传感器的主要特点。

4. 智能化

智能化传感器是一种将普通传感器与专用微处理器一体化后，兼有检测与信息处理功能，具有双向通信功能的新型传感器系统。它不仅具有信号采集、转换和处理的功能，还同时具有信息存储、记忆、识别、自补偿、自诊断等多种功能。传感器智能化后，就具备了认识广阔空间状态的能力。在复杂的自动化系统中，在机器人、宇宙飞船、人造卫星等领域都发挥着重要作用。

5. 仿生化

大自然是生物传感器的优秀设计师，在漫长的岁月里，它不仅造就了集多种感官于一身的人类本身，还设计了许多多功能奇特、性能高超的生物传感器。仿生传感器就是人类在对生物界不断认识、不断研究的过程中发展起来的。例如，研究狗的嗅觉，鸟的视觉，蝙蝠、海豚的听觉等，分析它们的机理，利用生物效应和化学效应研制出可供实用的仿生传感器在国外已初具规模，国内还有待于开发。随着科技的发展，这种仿生化的程度会越来越强。

二、传感技术的基本概念

以传感器为核心的传感器技术是涉及传感器原理、传感器件设计、传感器件开发与应用的一门综合技术。而传感技术的含义则更为广泛，它是包括敏感材料科学、传感器技术及系统、微机电加工技术、微型计算机及通信技术等多学科相互交叉、相互渗透而形成的一门新的工程技术。

三、课程性质及主要任务

本课程是电子技术专业的一门重要的配套性专业课程。具有涉及知识面广，综合性、实践性强的特点。通过本课程的学习，应达到以下几点要求。

① 基本了解传感器的工作原理、传感器在检测与控制系统中的作用和地位，对传感器在现代化工业技术中的应用有一个较为系统的整体概念。

② 具有根据被测对象及测量要求合理选用传感器及相应测量电路的能力，并能构建简单的检测系统；了解和掌握常用物理量（位移、速度、力、温度等）的检测方法，并能分析典型传感器的应用电路。

③ 了解传感器与计算机技术、微电子技术等相关技术的结合与发展趋势，从而提高对引进设备的自动化检测技术和智能化仪器、仪表的理解和使用能力。

第一章 传感器简论

第一节 传感器的基本概念

在工程技术领域中，通常将能够把被测量（如被测物理量、化学量、生物量等）的信息转换成与之有确定关系的电量输出的装置，称为传感器。有些国家和有些学科领域将传感器称为变换器、检测器或探测器。

国家标准（GB7665—87）给出的传感器的定义是：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。由此定义可见，传感器是一种检测装置。它能感受到被测量的信息，并能把感受到的信息按一定的规律变换成为电信号或其他所需形式的信号输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录、控制等要求。需要指出的是，定义中的“可用信号”通常是指那些便于处理、传输的信号。而当今信号处理技术中，电信号最易于处理又便于传输，因此也可把传感器狭义地定义为能把外界非电信息量转换成电量输出的器件。而定义中的“被测量”就是被测的信号，它包括电量和非电量。一般使用传感器检测时，被测信号绝大部分为非电量。非电量的种类很多，常见的非电量如位移、力、速度、温度、浓度等。

第二节 传感器的组成与分类

一、传感器的组成

由传感器定义可知，传感器一般由敏感元件和转换元件两大部分组成。但很多时候也可将转换电路及辅助电源作为其组成部分，因为当今传感器件作为一个完整的器件，绝大多数都是把转换电路及必要的辅助电源单元（自发电型传感器除外）与敏感元件、转换元件一起做成一体化的器件。传感器组成框图如图 1-1 所示。

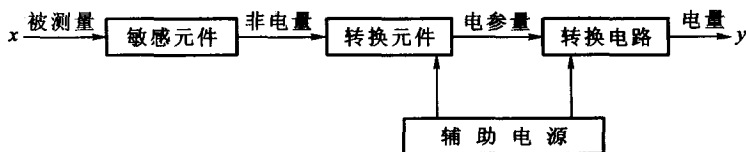


图 1-1 传感器组成框图

1. 敏感元件

敏感元件是能直接感受被测量（一般为非电量），并输出与被测量成确定关系的其他物理

量（其中包括电量）的元件（如对力敏感的电阻应变片，对光敏感的光敏电阻，对温度敏感的热敏电阻等）。

2. 转换元件

转换元件也称传感元件，其功能为将敏感元件的输出量转换成电量后再输出（如将光信号转换成电信号的光电管，把压力信号转换成电信号的压电晶体片等）。

需要指出的是，不是所有的传感器都有敏感元件与转换元件。例如，热电偶传感器，它既是直接感知温度变化的敏感元件，又能直接将温度转换成电压输出，两种元件合二为一。还有许多光电式传感器也是如此。

3. 转换电路

它是将转换元件输出的电参量转换成电压、电流或频率量的电路（注：若转换元件输出的已经是上述电参量，就不需要用转换电路了）。

4. 辅助电源

它是用于提供传感器正常工作能源的电源。主要是指那些需要电源才能工作的转换电路和转换元件（注：并不是所有的传感器件都需要辅助电源，例如压电式传感器就不需要辅助电源）。

二、传感器的分类

在实际工程应用中，用于信号测量与控制的传感器种类繁多。同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，通常又可以测量多种非电物理量。因此，传感器的分类方法也就五花八门，目前尚无一个统一的方法。比较常用的分类方法如表 1-1 所示。

表 1-1 传感器分类

分类方法	传感器名称
按被测物理量分类	位移传感器、力传感器、速度传感器、温度传感器、流量传感器、气体传感器等
按工作原理分类	电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、霍尔式传感器、光电式传感器、光栅式传感器、热电偶传感器等
按输出信号的性质分类	开关型传感器、模拟式传感器、数字式传感器等

第三节 传感器的基本特性

传感器是检测系统中与被测对象直接发生联系的部分，是信息输入的窗口，它为检测系统提供了必要的原始信息。检测系统获取信息的质量高低通常是由传感器的性能一次性确定的。为了能使传感器的输出在精度要求范围之内有效地反映被测量，传感器必须具备一定的基本特性，只有这样，传感器的输出才能作为其输入信号（被测物理量）的度量依据。

传感器的基本特性是指传感器的输出与输入之间的关系特性，分为静态特性和动态特性两类。

一、传感器的静态特性

传感器的静态特性是指当被测量为静态信号（即被测量不随时间变化或变化极其缓慢）时，传感器的输出量（ y ）与输入量（ x ）之间的相互关系。由于此时输入量和输出量都与时间无关，因此它们之间的关系（即传感器的静态特性）就可以用一个不含时间变量的代数方程式来表示，或以输入量为横坐标，以输出量为纵坐标所画出的特性曲线来描述。用于表征传感器静态特性的主要参数有线性度、灵敏度、分辨力、迟滞、重复性等。

1. 线性度（ E_f ）

传感器理想的线性特性应如图 1-2 所示。它是线性方程 $y = a_1 x$ 的直线（式中， y —输出量； x —输入量； a_1 —传感器的线性灵敏度），在这种情况下， $a_1 = \text{常数}$ 。但由于传感器在加工、装配、调试等过程中不可避免地要受到结构材料、元器件、加工设备、装配手段及操作人员技术水平诸方面的影响，所以通常情况下，传感器的输出不可能丝毫不差地反映出被测量的变化，总会存在一定的误差。因此它的实际特性曲线并不完全符合测量时所要求的线性关系，如图 1-3 所示。在实际工作中，为了读数方便，使仪表具有均匀刻度的标尺和便于分析、处理测量结果，常用一条拟合直线近似地代表实际的特性曲线。线性度就是用来表示实际特性曲线与拟合直线之间的一个性能指标，它采用实际特性曲线与拟合直线之间的最大偏差 Δy_m 与满量程输出 y_{FS} 的百分比来表示，即

$$E_f = \left(\frac{\Delta y_m}{y_{FS}} \right) \times 100\%$$

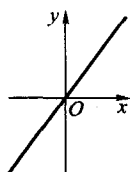


图 1-2 传感器理想线性特性图

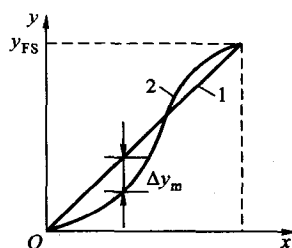


图 1-3 特性曲线与线性度关系曲线

1—拟合直线 2—实际特性曲线

2. 灵敏度（ S ）

灵敏度是指传感器在稳态工作情况下，传感器输出量增量 Δy 与被测量增量 Δx 的比值，即 $S = \Delta y / \Delta x$ 。它是输出—输入特性曲线的斜率。如果传感器的输出和输入之间呈线性关系，则灵敏度（ S ）是一个常数。否则，它将随输入量的变化而变化。

$$S = \frac{dy}{dx}$$

灵敏度的量纲是输出、输入量的量纲之比。例如，某位移传感器在位移变化 1 mm，输出电压变化为 50 mV 时，则其灵敏度应表示为 50 mV/mm。当传感器的输出、输入量的量纲相同时，灵敏度可理解为放大倍数。

3. 分辨力

分辨力是指传感器在规定测量范围内检测被测量的最小变化量的能力。也就是说，如果输