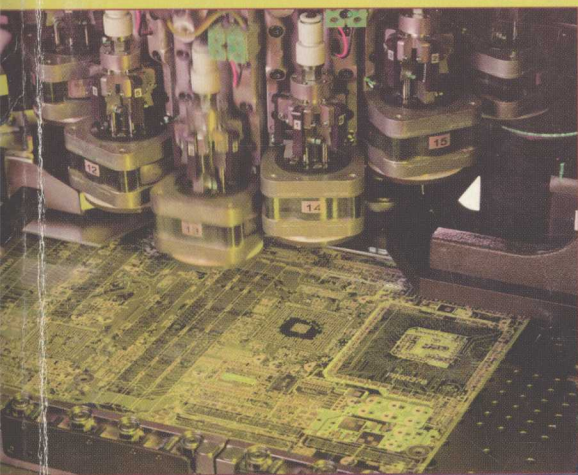


高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

传感技术及其应用

谢文和 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

传感技术及其应用

谢文和 主编

高等教育出版社

内容简介

本书为高等职业技术教育专业课程教学用书,根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,为满足高职高专“电子技术应用”、“电子与信息技术”、“机电技术应用”、“表面组装技术(SMT)”等有关专业教学基本建设的需要,依照“传感技术及其应用”课程教学的基本要求编写。

本书主要包括传感技术基础知识、常用被测量测量控制技术、典型传感器件(含新型传感器件)选用、传感检测系统及接口技术、传感技术教学实验指导等内容。考虑到高职高专类相关专业教学的实际需要,本书采取基础知识介绍、分析,传感器件选用,检测系统及接口技术并重的原则,重点突出常用被测量的实际测量与控制技术,以使学生的学习达到良好的效果,为其分析、运用传感技术为实际工程服务打好基础。

本书可作为电子信息类专业教学用书,亦可供相关岗位技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

传感技术及其应用/谢文和主编. —北京:高等教育出版社,2004.7

ISBN 7-04-014930-3

I. 传… II. 谢… III. ①传感器-高等学校 ②技术学校-教材 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 062172 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李葛平	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	王艳红	责任校对	康晓燕	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 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 河北省财政厅印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 21.5
字 数 520 000

版 次 2004 年 7 月第 1 版
印 次 2004 年 7 月第 1 次印刷
定 价 26.50 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

前 言

根据教育部 1999 制定的《高职高专教育专门课程基本要求》及《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，结合电子信息类有关专业的实际需要，在高教出版社指导下，承接编写了这本教材。

本书在编写时尽力体现高等职业教育特色，体现新世纪高职层次人才培养必须具备的科学技术知识，突出人才培养中创新意识和创新能力的培养，特别强调增强实际运用能力的高职教育要求。本着教材编写“够用、实用”的原则，从基础知识到测控系统构成，从原理到应用，逐级展开，深入浅出。本着高级应用技术专业人才培养的实际需要，加大实际应用的内容，强化对以传感器为核心的实际测控技术应用的掌握及实践能力的训练。

本书编写时，尽力体现以下特点：

1. 注意编写内容的适用性。考虑到教材的使用对象，既要具备必要的理论基础知识，又要满足高职高专层次人才的实际需求。因此，教材编写时尽可能减少复杂的理论叙述及定量分析，简明扼要，尽可能采用定性分析的原则加以处理。

2. 尽力拓宽基础知识，强化对实际被测量测控技术内容的介绍、理解和掌握。

3. 为加强实践能力的训练，教材中选编了八个实验内容，供授课时选用。

4. 与时俱进，教材编写时尽力引用新知识、新技术，以保证教材的内容新颖。

为学好这门专业课程，选修前应具备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。

除上述特点外，考虑到模块化教学和适应弹性学制的需要，本教材编写时，除基础知识、检测系统与接口技术外，采用了按被测量不同进行专项测控技术介绍的方式。授课时可根据各自专业的需要，自行选用。实验亦是如此。

本书参考学时数为 80 学时（理论教学 64 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 5 学分（按 16 学时为 1 学分计算）。

本书由南京信息职业技术学院谢文和主编并统稿，福州信息职业技术学院李瑜芳、湖南铁道职业技术学院曹卫权、严俊参编。其中：谢文和编写了前言、绪论、第 1 章、第 4 章；李瑜芳编写了第 2 章、第 3 章；第 5、6、7、8、9 章由曹卫权、严俊编写。第 10 章中的实验指导分属相关章节，由四位老师根据教材内容要求选编而成。本书由南京信息职业技术学院施泽波副教授审阅，提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心感谢。

由于编者学识水平有限，错漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

学时分配表

序 号	课 程 内 容	课 时 数			
		讲 课	实 验	机 动	合 计
1	绪 论	2			2
2	第 1 章 传感技术基础知识	8			8
3	第 2 章 力学量的测控	6	2		8
4	第 3 章 光学量的测控	10	2		12
5	第 4 章 温度量的测控	6	4		10
6	第 5 章 几何量的测控	12	2		14
7	第 6 章 磁学量的测控	4	4		8
8	第 7 章 气体量、湿度量的测控	4	2		6
9	第 8 章 新型传感器及其应用	4			4
10	第 9 章 检测系统与接口技术	8			8
11	第 10 章 实验指导		16		
12	总 计	64	16		80

编 者

2004 年 2 月

目 录

绪 论	1	4.2 测温器件及其选用	115
第 1 章 传感技术基础知识	5	4.3 热电阻、热敏电阻传感器及其应用	117
1.1 传感技术及传感器的基本概念	5	4.4 热电偶传感器及其应用	122
1.2 传感器的作用、组成与分类	6	4.5 集成温度传感器及其应用	137
1.3 传感器的命名及代号	8	4.6 其他测温传感器及其应用	138
1.4 传感器的基本特性及分析	9	本章小结	140
1.5 传感器的材料、制造与标定	14	思考题与习题	140
1.6 传感器测量电路	19	第 5 章 几何量的测控	142
1.7 传感器检测系统的基本组成 及信号流程	23	5.1 电阻式传感器	142
本章小结	25	5.2 电容式传感器	148
思考题与习题	25	5.3 电感式传感器	156
第 2 章 力学量的测控	27	5.4 角度传感器	164
2.1 弹性敏感元件	27	5.5 光栅传感器	168
2.2 电阻应变计	34	5.6 感应同步器	174
2.3 应变式力传感器	40	5.7 磁栅传感器	181
2.4 压电传感器	48	5.8 液位传感器	187
本章小结	56	5.9 超声波传感器	194
思考题与习题	57	本章小结	204
第 3 章 光学量的测控	60	思考题与习题	204
3.1 光电转换元件	60	第 6 章 磁学量的测控	206
3.2 光电传感器的应用	75	6.1 霍尔传感器及其应用	206
3.3 红外光辐射传感器	81	6.2 新型磁学量传感器及其应用	216
3.4 光纤传感器	94	本章小结	224
3.5 激光传感器	101	思考题与习题	225
3.6 固体成像传感器	105	第 7 章 气体量、湿度量的测控	226
本章小结	110	7.1 气敏传感器及其应用	226
思考题与习题	110	7.2 湿敏传感器及其应用	231
第 4 章 温度量的测控	112	本章小结	240
4.1 温度量测控的基础知识	112	思考题与习题	240

第 8 章 新型传感器及其应用	242	思考题与习题	318
8.1 生物传感器	242		
8.2 机器人传感器	249		
8.3 微波传感器	253		
8.4 智能传感器	260		
本章小结	263		
思考题与习题	263		
第 9 章 检测系统与接口技术	264	第 10 章 实验指导	319
9.1 传感器信号处理电路	264	10.1 实验一 应变式力传感器实验	319
9.2 传感器输出信号的检测与转换	272	10.2 实验二 光电传感器实验	321
9.3 检测系统的噪声与抗干扰技术	282	10.3 实验三 热电偶传感器制作与 标定实验	322
9.4 检测技术中的电磁兼容性	287	10.4 实验四 温度场检测实验	325
9.5 传感器与计算机接口技术	299	10.5 实验五 电容式传感器实验	326
9.6 接口技术应用实例与分析	312	10.6 实验六 电感式传感器实验	328
本章小结	317	10.7 实验七 霍尔传感器特性 (直流激励)实验	330
		10.8 实验八 气敏传感器应用实验	332
		参考文献	334

绪 论

20 世纪后半叶以来,随着信息技术、新材料、新能源、生物工程、航天技术、海洋开发等高新技术的出现,世界经济发展与社会进步的步伐大大加快。科学技术的飞速发展冲击着现代社会的方方面面。高新技术涉及诸多学科,毫无疑问,也必将对信号检测及自动控制技术提出更高的要求。在这一领域里,传感技术已成为必不可少的关键技术之一,而且已逐步形成了专门的学科。在这一学科的带动下所引发出来的一系列课题(如传感器的微型化、智能化研究,传感器的仿生学研究等)及技术应用问题(如自动化生产加工系统、交通安全保障系统、灾害预测系统、安全防卫系统等),越来越引起人们和各国科技界的重视。因此,加强对传感技术及其应用的学习与研究具有重要意义。

一、传感技术与传感器

传感技术在现代科学技术中、尤其是在信息技术领域占据着十分重要的地位,是其不可缺少的重要组成部分。这是因为传感技术与通信技术、计算机技术共同构成了现代信息技术系统中的“感官、神经和大脑”,它们是现代信息产业的三大支柱。这三者之间的相互协调、共同促进与发展的程度,将直接关系到整个信息技术发展的进程和走向。

以传感器为核心的传感技术,是涉及传感器原理、传感器件研发、设计、制造、应用的一门专门用于信息检测与转换的应用技术,其中传感器是核心器件,这种器件是一种能把被测量(如物理量、化学量、生物学量等)按要求转换成可用信号输出的装置。从字面上来看,传感器不仅应对被测信号(即被测量)敏感,而且还应具有把获得的信号(即被测信号)传送出去的功能。这就是说,传感器不单单只是一般的敏感元件,它们的输出响应信号还应是易于传送的物理量。从目前情况来看,这种易于传送的物理量基本上是以电量的形式(如电压、电流、电阻、电容、电感、频率等)出现的。其原因是电信号一方面便于检测,另一方面便于远距离传递。

传感技术从研究传感器原理开始,到传感器材料研究,传感器件设计、制作,传感器电路、接口与通信设计,传感器实际应用、推广,在历经半个多世纪的研制、更新和开发后,至今已形成了一个独特的领域。在这个领域中不仅有许多知识(如电学、磁学、光学、声学、力学、热学、机械学等)需要学习,还有许多课题(如传感原理、材料学、物理化学反应、信号传递过程、制造加工过程、实际应用等)需要研究,更有许多未知的领域(如生物工程、信息工程、航空航天、海洋开发等)需要探索。尤其是在微型计算机广为普及的今天,如果没有各种类型的传感器提供大量准确可靠的信息,那么要实现计算机的有效控制就难以做到。因此,有关传感技术及其应用的研究在许多发达国家已得到了普遍的重视。

二、传感技术的现状与发展

随着信息时代的到来,信息技术的相关行业正如雨后春笋破土而出,蒸蒸日上。“传感技术”

正是在这一背景下孕育产生,不断壮大,成为一门新兴学科。当前,从茫茫太空到浩瀚大海,从各种尖端、复杂的系统工程到人们的日常生活,几乎每一个带有“现代化”内容的项目都离不开各种各样的传感器。近 20 年来,当传感技术在工业自动化、国防军事及以宇宙、海洋开发为代表的尖端科学技术领域广泛应用的同时,又以它巨大的潜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、灾害预测、医疗卫生、生物工程、环境保护、家用电器、网络家居等。21 世纪将是充满传感器和大规模应用传感器的时代。

信息技术的关键在于信息的采集、信息的传输和信息的处理,其中信息的采集就是由传感器来完成的。因此,传感器又被人们称为“电五官”,它应具有人的眼、耳、鼻、口和皮肤的功能。

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,也就谈不上从信号的提取、变换、处理到生产过程的自动化。一个复杂的系统工程如此,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范围普及,传感器在新技术中的地位和作用将更为突出。当前,竞相开发和应用传感器的热潮已在世界范围内掀起,这是因为目前传感器的开发与应用速度落后于计算机开发与应用的现状已成为微型计算机进一步发展和应用的一大障碍,许许多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,加强对传感器件的研制,尽快开发出一大批急需的传感器件;加大对传感技术研究的力度,尽快研究出更多、更适用的测控系统,以适应当今科技发展的要求已是大势所趋。

随着科学技术的不断进步,特别是自动化技术的广泛应用,传感技术与相应的检测控制技术也必将得到更大的发展。其发展趋势包括以下几个方面:

1. 集成化

集成化就是利用集成加工技术,把敏感元件、放大电路、运算电路、补偿电路等集成于一块芯片中;或是在同一块芯片上,将众多同类型的单个传感器件集成为一维、二维或三维阵列型的传感器件,使它们成为一体化的装置。集成化后的传感器件,好处是可简化电路设计的内容,节省安装和调试的时间,增加可靠性。不利的是一旦坏了就得更换整个器件。随着传感技术应用领域的不断扩大,借助于半导体的蒸镀技术、扩散技术、光刻技术、精细加工技术、微组装技术等,使传感器从过去的单个元件、单一功能向集成化、多功能化转变成为可能。

2. 微型化

微型化就是利用微型加工技术,尽可能地使传感器的体积和重量最小。微米、纳米技术的问世和微机械加工技术的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微米级,它是由微加工技术(即通过光刻、蚀刻、淀积、键合等工艺)制作而成。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 10 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,最引人关注的还是在航空航天领域,比如一架波音飞机上要装近千个传感器,而在一艘发往太空的飞行器上要装三四千个传感器。因此,体积小、重量轻、高可靠性的微型传感器就成为核心技术。

3. 数字化

在人类进入信息时代的同时,也进入了数字化时代,因为数字化技术是信息技术的基础。所

谓数字化传感器,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和技术关键所在。

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、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,同时还具有信息存储、记忆、识别、自补偿、自诊断等多种功能。有人称这种传感器是带微型计算机的传感器。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、人造卫星等领域都必将发挥重要作用。

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,狗的嗅觉,鸟的视觉,蝙蝠、海豚的听觉,等等。研究它们的机理,掌握其内在特征,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,传感器仿生化的程度会越来越高。

三、传感技术的主要特点

传感技术的特点集中体现在它是集知识密集性、功能智能性、测试精确性、品种庞杂性、内容离散性、工艺复杂性、应用广泛性为一体的综合型技术。

知识密集性 传感技术几乎涉及到支撑现代文明社会的绝大多数科学技术。目前所发明的各类传感器,其机理各异,与许多学科有关。从理论上讲,有的以物理学中的现象、效应,化学中的反应,生物学中的机理等作为基础;从工程技术的角度看,它涉及到电子工程、机械制造工程、化学工程、生物工程等许多学科。因此,传感技术是多学科技术相互渗透的知识密集性的产物。

功能智能性 目前所发明的各类传感器具有多种功能,它不但具有人类五官感觉的功能,而且还扩展了人的五官功能。例如,它可检测人类五官不能感触到的信息,如超声波、红外线、紫外线、 α 、 β 、 γ 射线、电磁干扰等;还能在人类无法忍受的条件下,如高温、高压等恶劣环境下工作;此外,传感器还具有记忆、存储、分析、数据处理、自校准、自适应等功能,所以称之为智能性。

测试精确性 传感技术所牵涉到的各类信息的检测,相对于一般的信号检测精度要高得多,范围也要广得多。例如,传感器的精度一般应在 $(0.1 \sim 0.01)\%$,可靠度应在8~9级以上,测温的范围可在 $-273 \sim 1000^\circ\text{C}$ 以上,湿度在几个 $10^{-4} \times 100\% \sim 100\% \text{RH}$,压力可达 $0.01 \sim 1000 \text{ Pa}$ 。

品种庞杂性 在自然界中,由于各类信息千差万别,因而要想有效地采集这些信息,就必须有针对性地设计制造出专用的传感器件及设置专门的测控系统。这就使得传感器的门类十分庞杂繁多,仅用于线位移信号检测的传感器就有近20种。随着科技发展速度的加快和实际工程检测的需要,传感器件及其测控手段更新换代的速度也越来越快,这就使得传感器的门类、型号、品种等更加庞杂、多元化。

内容离散性 从目前传感技术的有关期刊、杂志、教材等来看,传感技术不仅涉及的门类众多,而且往往彼此独立,甚至互不相干,这就造成了其内容上的离散性。这一特点从某个角度告

诉人们,传感技术所要研究的课题非常之广,只要有兴趣就可大有作为。

工艺复杂性 传感器的制作及其测控手段牵涉到许多高新技术,如精密加工技术、特种加工技术、数控技术、微电子技术、集成技术、薄膜技术、超导技术、键合技术、封装技术、智能化技术等。这类加工相对而言工艺复杂,难度大,要求高。例如厚度为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下的硅片超薄加工,直径为 1 mm 以下的微型传感器件的精加工,耐压为几百兆帕的大气压力传感器的封装加工技术等,都表明传感器加工工艺的复杂性和实现的艰难性。

应用广泛性 从目前传感器的使用范围来看,机械、电子、化工、冶金、航空、航天、宇宙开发、深海探测、船舶、交通、兵器、能源、煤炭、石油、轻工、医疗卫生、生物工程以及人们日常生活的方方面面几乎到处可见,这足以说明传感技术应用的广泛性。

四、课程性质、主要任务及要求

本课程是一门专业课程,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. 基本了解传感技术是怎样一门学科,对其有一个整体的认识;了解传感技术与传感器技术及传感器件之间的相互关系;掌握常用传感器件的工作原理及在检测与控制系统中的作用和地位;对传感技术在信息技术应用中的重要性有一个较为系统的认识。

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,并能构建相应的测控系统;了解和掌握常用物理量(位移、速度、力、温度等)的检测方法,并能分析典型测控系统中传感器的结构组成、应用电路、系统构成方法、检测效果等。

3. 了解传感技术与计算机技术、通信技术及微电子技术等相关技术结合的现状与发展趋势,从而提高对引进设备的自动化检测技术和智能化仪器、仪表的消化和吸收能力。

4. 在课堂教学的基础上具备一定的自学能力。

此外,在学习这门课程的过程中应努力掌握其基本规律。首先对教材中提出的一些概念、定理等应搞懂和理解它;对传感器、应用电路、测控手段等的学习,应从工作原理入手,搞清其原理、主要功能、应用场合、条件、要求等;还应对传感器及其测控系统的结构组成、接口方式、信号传递的路径、提取的方法等进行分析和掌握。在实验或实践性教学中,应多动手,多动脑,努力掌握相应的技能。

第 1 章 传感技术基础知识

本章内容学习目的

通过本章学习,要求达到:

1. 了解和掌握传感技术、传感器的基本概念。
2. 了解和掌握传感技术中的核心器件——传感器的作用、组成、分类和基本特性。
3. 了解和掌握典型电路和测量系统的基本组成、信号流程与分析等知识,为学习掌握后续知识打好基础。

1.1 传感技术及传感器的基本概念

一、传感技术的基本概念

传感技术是一门集敏感材料科学、传感器技术及系统、微机电加工技术、微型计算机技术及通信技术等多学科相互交叉、相互渗透而形成的一门新型的工程技术,它是现代信息技术的重要组成部分。在对以传感器敏感材料的力学、电学、光学、声学、磁学、热学等物理学中所呈现的“现象”及“效应”,对化学、电化学中所呈现出的各种“反应”,对生物学中所显示的各种“机理”等基础理论的不断研究中,将其成果与电学、微电子学、精密机械、精细加工、试验检测及传感与检测应用中的软件技术等合成后形成这门综合技术。传感技术的研究、开发和应用,不仅仅要求其设计原理要正确,而且对其从器件选材、加工到整件装配、调试,再到整个实际应用系统的协调等都应是一系列先进技术的体现和完美的结合。

二、传感器的基本概念

在工程技术领域,人们通常将那些能够把被测量(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(transducer)。传感器又有变换器、换能器、探测器之称。

在国家标准(GB7665—87)中对传感器的定义是: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。为了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,就应有一种器件或装置来完成这一使命,这种器件或装置就叫做传感器。由于传感器基本上都是以各种物理效应、化学反应、生物机理等为依据,所以从某种意义上讲,传感器也就是能感知外界各种被测信号的某种功能材料。需要指出的是,定义中所谓的

可用信号,通常指的是那些便于处理、传输的信号。而当今信号处理技术中,电信号则是最易于处理又便于传输的信号,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。在用传感器进行信息采集时,被测信号绝大部分为非电量,即除电量以外的其他量。非电量的种类很多,归纳起来常见的非电量如表 1.1 所示。

表 1.1 常见的非电量

常见的非电量	机械量	位移量	位移、尺寸、厚度、转角、振幅等
		力学量	力、压力、重量、转矩、扭矩等
		速度量	速度、加速度、转速等
		光学量	光吸收、光反射、光密度等
		声学量	声压、声功率等
	热工量	温度、热量、热差、压力、压差、真空、流量、流速、物位、界面等	
	成分量	浓度、密度、湿度、酸碱度等	

1.2 传感器的作用、组成与分类

一、传感器的作用

在信号的提取与转换过程中,传感器起着十分重要的作用。换句话说就是,传感器的作用第一是对被测信号产生敏感并能把它提取出来;第二就是在信号提取的同时能把它转换成所需要的信号。在工业自动化生产与控制中,传感器必不可少,例如,电子产品生产加工中元器件的自动分检、输送、插装、贴装、焊接、检测、调试;化工产品自动化生产过程中,原料的称重、配比、成分或浓度的分析、自动反应中压力或压强的检测、控制等;交通运输领域,无论是现代化汽车还是高速列车、飞机或其他飞行器,其速度、应力、温度、耗油状态、发动机的转速、转矩、振动等,随时都应置于传感器的测控之下;机械手或机器人等柔性自动化制造系统,几乎是各种功能的传感器的天下;在人们的日常生活中所用的传感器也不少,如冰箱中的温控传感器,监视煤气泄漏的气敏传感器,防止火灾而设置的烟雾传感器,洗衣机、电视机、收录机中的时间传感器,电饭煲、空调机中的温度时间传感器等;还有许多用于军事领域、特殊场合的传感器件,举不胜举。应该讲,在现代化社会中传感器的使用和传感技术的应用程度,不仅对科学技术的发展起着推动作用,而且也是一项衡量一个国家现代化水平的标准。

二、传感器的组成

由传感器定义可知,传感器一般是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,这是因为,当今传感器件作为一个完整的整件,绝大多数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、转换元件一道做成

一体化的器件。如果是这样,其组成框图如图 1.1 所示。

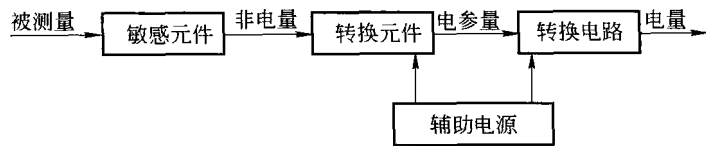


图 1.1 传感器组成框图

1. 敏感元件

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(其中也包括电量)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。

2. 转换元件

也称传感元件,通常它们直接(或不直接)感受被测量,而是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。

3. 转换电路

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。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

用于提供传感器正常工作的电源。主要是指那些需要电源才能工作的转换电路和转换元件。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。

需要说明的是:① 敏感元件与转换元件两者有时可合二为一,形成一次传感元件并能直接将已感受到的信号变成电信号输出。例如热敏电阻、热电偶、压电晶体、光电器件等均可直接感受被测量并输出与之有确定关系的电量。② 目前有不少新型的集成电路式传感器件已将敏感元件、转换元件和转换处理电路集成为一体化器件。

三、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,还没有一个统一的方法。目前比较常用的分类方法如表 1.2 所示。

表 1.2 传感器的分类

分类方法	主要名称
按被测物理量分	位移量传感器、力学量传感器、运动量传感器、热学量传感器、光学量传感器、磁学量传感器、流量传感器、气体量传感器、化学量传感器、生物学量传感器等
按工作原理分	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、热电式传感器、激光式传感器、红外式传感器、光纤式传感器、超声波传感器等
按输出信号的性质分	开关型传感器、模拟型传感器、数字式传感器等

1.3 传感器的命名及代号

在 GB7666—87 中,国家标准规定了传感器的命名方法和代号,作为统一传感器命名和代号的依据。它适用于传感器的研究、开发、生产、销售、教学等相关领域。

一、传感器的命名方法

1. 命名法的构成

任何一种传感器的名称,应由主题词加上四级修饰语构成。其中:

- (1) 主题词——传感器
- (2) 第一级修饰语——被测量(包括修饰被测量的定语)
- (3) 第二级修饰语——转换原理
- (4) 第三级修饰语——特征描述(指传感器或敏感元件的结构、性能、材料特征等)
- (5) 第四级修饰语——技术指标(指量程、精度、灵敏度范围等)

2. 命名法范例

(1) 在有关传感器统计表格、图书索引、检索及计算机汉字处理等标题中的用法

例 1:传感器、位移、应变式、80 mm

例 2:传感器、差压、电位器式、0~50 kPa

例 3:传感器、声压、电容式、100~150 dB

例 4:传感器、加速度、压电式、±25 g

(2) 在技术文件、产品样本、学术论文、教材及书刊等正文中的用法

例 1:80 mm 应变式位移传感器

例 2:0~50 kPa 电位器式差压传感器

例 3:100~150 dB 电容式声压传感器

例 4:±25 g 压电式加速度传感器

二、传感器的代号标记方法

1. 传感器代号的构成

在国家标准中规定,用大写汉语拼音字母和阿拉伯数字构成传感器完整的代号。它包括四个部分:(1)主称;(2)被测量;(3)转换原理;(4)序号,如图 1.2 所示。同时规定,在被测量、转换原理、序号三者之间用连字符号“-”连接。

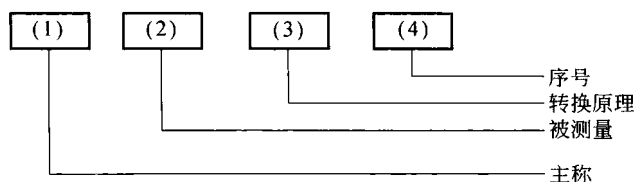


图 1.2 传感器代号构成示意图

2. 各部分代号的意义

(1) 主称(传感器):用汉语拼音字母“C”标记。

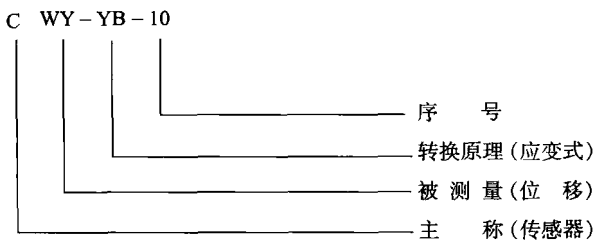
(2) 被测量:用其一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记,如电流用 A 标记,电压用 AD 标记,声压用 HP 标记,电场强度用 AA 标记。

(3) 转换原理:用其一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记,如霍尔用 HE 标记,磁电用 CD 标记,光纤用 GQ 标记,电涡流用 DO 标记。

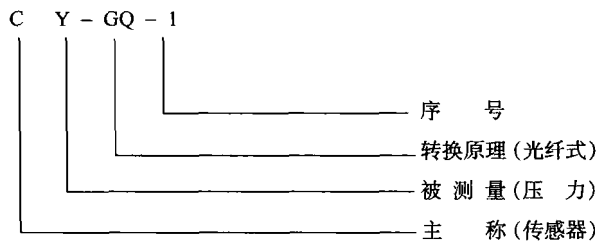
(4) 序号:用阿拉伯数字标记。

3. 传感器代号标记示例

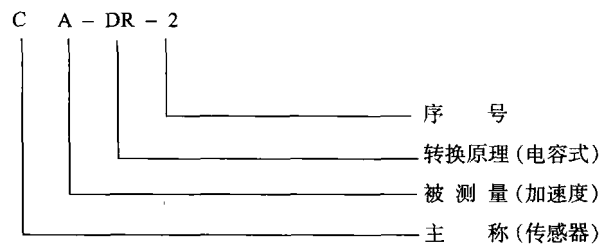
(1) 应变式位移传感器



(2) 光纤压力传感器



(3) 电容式加速度传感器



1.4 传感器的基本特性及分析

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。检测系统获取信息质量的高低,通常是由传感器的性能来确定的。为使

传感器的输出在精度要求范围内有效地反映被测量,传感器必须具备必要的基本特性,因为只有这样,传感器的输出才能做为其输入信号(被测物理量)的度量依据。因此,了解和掌握传感器的基本特性是正确选择和使用传感器的基本条件。

传感器的基本特性指的是传感器的输出与输入之间的关系特性,通常分静态特性和动态特性两类。当被测量不随时间变化或变化极其缓慢时,可用一系列静态参数来描述和表征传感器的静态特性;当被测量随时间变化很快时,可用一系列动态参数来描述和表征传感器的动态特性。

一、传感器的静态特性

传感器的静态特性指的是,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,或被测量处于稳态时,传感器的输出量(Y)与输入量(X)之间的相互关系。由于这时的输入量和输出量都与时间无关,因此它们之间的关系(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,即

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + \cdots + a_n X^n$$

式中, Y 为输出量; X 为输入量; a_0 为零位输出; a_1 为传感器灵敏度(通常用 K 表示); a_2 、 $\cdots$ 、 a_n 为非线性项(一般为待定的常数)。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、精确度、重复性、迟滞等。下面分别加以介绍。

1. 线性度(E_L)

传感器理想的线性特性如图 1.3 所示。它是线性方程 $y = ax$ 的直线部分(式中, y 为输出量; x 为输入量; a 为传感器线性灵敏度),在这种情况下, a 为常数。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、电子元器件、加工设备、装配手段及施工操作人员技术水平等诸多因素的影响,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状态,总会存在一定的误差。因此,它的实际特性曲线(如图 1.4 所示)并不完全符合理想的线性关系。

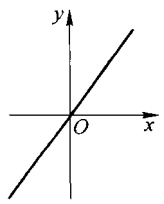


图 1.3 传感器理想特性曲线

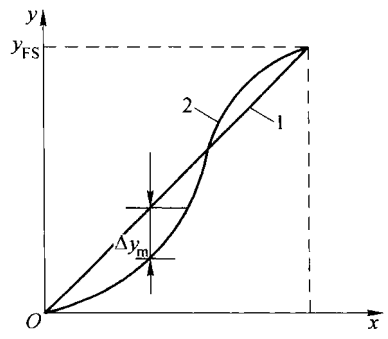


图 1.4 特性曲线与线性度关系曲线图

1—拟合直线 2—实际特性曲线