

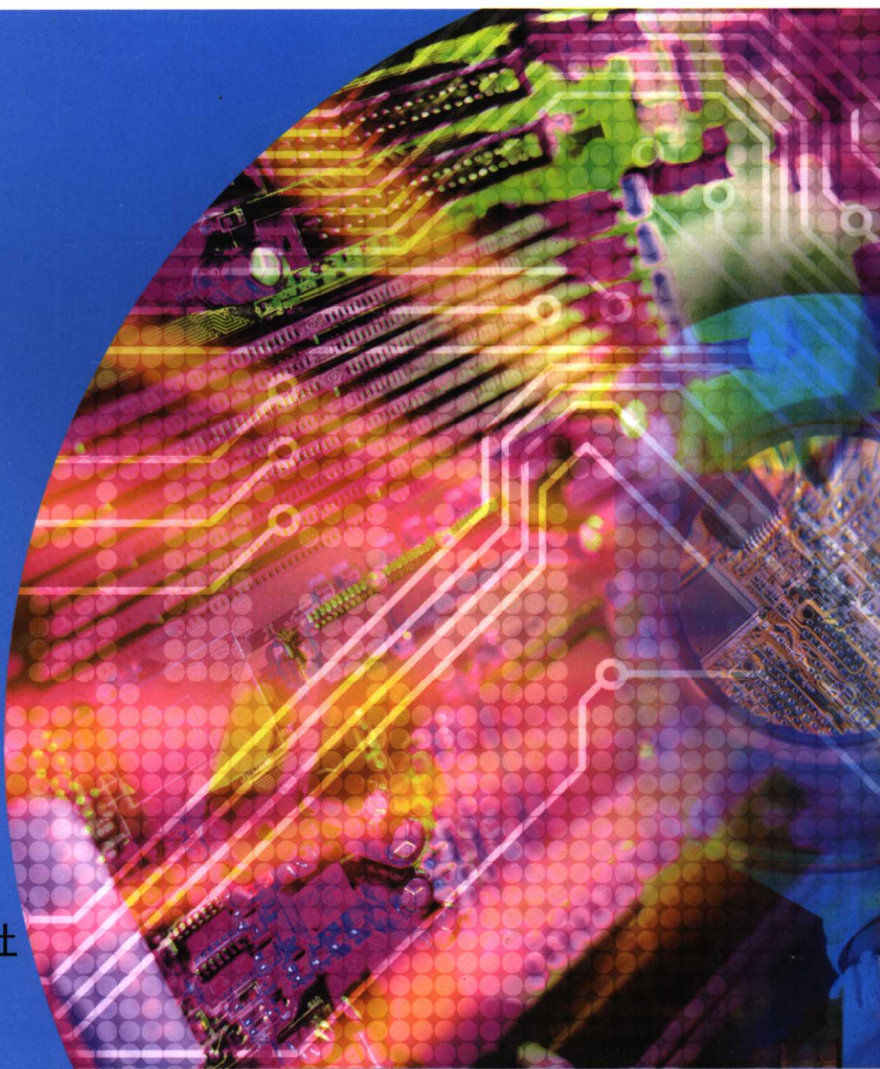
高职高专机电专业规划教材



检测技术

●主编 梁南丁

河南科学技术出版社



高职高专机电专业规划教材

检测技术

主编 梁南丁

江苏工业学院图书馆
藏书章

河南科学技术出版社

· 郑州 ·



内 容 简 介

本书是高职高专机电专业的规划教材。全书共 14 章, 内容包括: 检测技术基础, 传感器技术基础, 电感式、电容式、压电式、光电式、磁电式、半导体式、热电式传感器的结构、工作原理及应用, 以及新型传感器、传感器信号处理技术、典型物理量的检测技术和计算机辅助检测技术等。内容丰富、结构新颖, 突出技能培养和实际应用, 充分体现了高等职业技术教育的特色。

本书可作为高职高专院校、成人高等教育机电专业的教材, 也可供从事检测技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

检测技术/梁南丁主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2006. 9

(高职高专机电专业规划教材)

ISBN 7-5349-3467-2

I. 检… II. 梁… III. 技术测量 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TG806

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 076215 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

责任编辑: 刘 嘉

责任校对: 王艳红

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

印 刷: 黄委会设计院印刷厂

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm 印张: 13.25 字数: 303 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1—1 500

定 价: 20.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

《高职高专机电专业规划教材》编审委员会名单

主 任 李 华

副主任 (按姓氏笔画排序)

王林鸿	王朝庄	田 坤	苏海青	李学雷
杨星钊	张 勤	郝小会	侯继红	顾文明
陶 昆	彭志宏	薛培军		

委 员 (按姓氏笔画排序)

王玉中	王丽霞	王林鸿	王朝庄	田 坤
史艳红	宁玉伟	刘好增	刘静香	苏海青
李 华	李传军	李学雷	杨星钊	肖 珑
吴振亭	张 勤	张洪峰	张淑贤	苗志毅
郝小会	侯继红	顾文明	陶 昆	常家东
康宝来	梁南丁	彭志宏	熊运昌	薛培军

《检测技术》编委名单

主 编 梁南丁

副主编 叶予光 徐春华

编 委 (按姓氏笔画排序)

叶予光 宋海军 赵 静 徐春华 梁南丁

主 审 仵自连

序

高等职业技术教育是我国高等教育体系的重要组成部分。从 20 世纪 90 年代末开始, 伴随我国高等教育的快速发展, 高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内, 我国高等职业技术教育的规模, 无论是在校生数量还是院校的数量, 都接近于占高等教育总规模的半壁江山。自 2002 年 10 月以后, 教育部连续召开了三次全国高等职业教育产学研合作研讨会, 明确指出高等职业技术教育要“以服务为宗旨, 以就业为导向, 走产学研结合的发展道路”, 为高等职业技术教育的发展指明了方向。2005 年 11 月, 全国职业教育工作会议召开, 会议提出要大力发展中国特色的职业教育, 国务院印发了《关于大力发展职业教育的决定》。根据会议的精神, 到 2010 年, 我国高等职业教育招生规模要占高等教育招生规模的一半以上。

高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路, 调整经济结构和转变增长方式, 提供高素质技能型人才的任务。随着我国经济建设步伐的加快, 特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变, 现代制造业急需高素质高技能的专业人才。面对这一形势, 高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要, 不断更新教学内容, 改进教学方法; 大力推进精品专业、精品课程和教材建设; 高度重视实践和实训环节教学; 与企业紧密联系, 加强学生的生产实习和社会实践, 取得了许多成功的经验。近几年来, 河南省的高职高专院校抓住机遇, 主动面向社会, 服务经济建设与社会发展, 积极推进教学改革, 加强教学基本建设, 探索新的人才培养模式, 形成了许多在全国具有重要影响的高等职业技术教育教学成果, 许多高职高专院校在全国具有较高的知名度。

但是高等职业技术教育的发展并不平衡。由于发展速度快, 一部分新创办的院校对高等职业技术教育的本质规律仍在认识过程中, 对专业建设、教学内容改革还在逐步探索之中。因此, 总结成功的经验, 把高等职业技术教育发展的成果以教材的形式固化, 在更多的院校得以推广, 无疑是一件非常有意义的事情。服务于地方经济建设, 人才培养模式多样化是高等职业技术教育的特征之一, 编写符合地方人才培养特色要求的高职高专教材也是高等职业技术教育发展的需要。教育部在《关于申报“普通高等教育‘十一五’国家级教材规划”选题的通知》中也明确提出了教材规划制定的四个原则: (1) 坚持分类指导的原则。编写适应不同层次、不同类型院校的教材。(2) 坚持多样性的原则。鼓励编写具有不同风格和特色的教材。(3) 坚持新编与修订相结合的原则。鼓励根据学科的发展、社会对人才的需要和人才培养的实践编写新教材。(4) 坚持突

出重点的原则。基础课、专业基础课是提高质量的关键，应当加强教材建设。根据这一精神，河南科学技术出版社抓住这一时机，组织编写高职高专机电类教材，对于高等职业技术教育将起到展示成果和实力，推动教学改革与教学基本建设，促进发展的重要作用。

这一系列教材共 16 种，涵盖了机电类专业的专业基础课和主干课，在编写过程中，贯彻了高等职业技术人才培养的基本要求，对传统的课程体系进行了有效的整合，突出了技能培养和理论知识的应用能力培养，精简了理论内容；对专业技术内容进行了及时的更新，反映了技术发展的水平，同时结合行业的特色，缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离，具有鲜明的高等职业技术教育人才培养特色。参加系列教材编写的各位作者都是长期从事高职高专教学工作的教师，在教学实践中积累了丰富的经验，对高等职业技术人才的培养和机电类专业的课程体系、教学内容的改革具有深刻的理解，形成了自己的特色。这些经验和成果必定能在教材中得到反映。我们期待着有特色、高质量的高职高专机电类系列教材的诞生。相信经过不断的完善，这一系列教材将能够成为高职高专教材的精品。

李 华

2006 年 1 月 6 日

前 言

根据教育部《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设》的通知和2005年7月河南省高职高专机电类专业教材编审委员会主编会议精神,为满足河南省高职高专“培养高等技术应用性人才”培养目标和要求,我们以高职高专机电专业人才培养计划为依据,编写了这套河南省高职高专机电专业规划教材。

本书在编写过程中,始终坚持“以应用为目的,以必需够用为度,以讲清概念、突出实际应用、强化技能培养为重点”的编写原则,同时注意吸收同类教材的优点,尽量反映检测技术和传感器技术领域的新技术、新成果、新工艺、新方向。编写中尽量减少不必要的理论推导,突出各类传感器及相关检测技术的应用实例。在结构上,全书每章都设置了学习指导和小结,应用实例及思考与练习,使教材内容具有较强的实用性和可操作性,符合高等职业技术教育的要求。

全书共14章。第1章检测技术基础;第2章传感器技术基础;第3~10章分别介绍电阻应变式、电感式、电容式、压电式、光电式、磁电式、半导体式、热电式传感器的基本工作原理、测量电路及应用;第11章新型传感器;第12章传感器信号处理技术;第13章典型物理量的检测技术;第14章计算机辅助检测技术基础。

本书由梁南丁任主编,叶予光、徐春华任副主编。绪论、第1~3章和第14章由平顶山工业职业技术学院梁南丁编写,第4~6章由平顶山学院叶予光编写,第7~9章由中州大学宋海军编写,第10~12章由中州大学赵静编写,第13章由郑州华信职业技术学院徐春华编写。全书由梁南丁统稿。

全书由仵自连教授主审,主审人对全书进行了认真的审阅并提出了许多宝贵意见。

本书在编写过程中,参阅了许多专家、学者的著作,得到了平顶山工业职业技术学院、平顶山学院、中州大学、郑州华信职业技术学院等单位领导的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免会有不当和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

绪论	1
第1章 检测技术基础	5
1.1 测量的基本概念	5
1.2 检测系统及其特性	7
1.3 检测系统的测量误差	9
本章小结	11
思考与练习	11
第2章 传感器技术基础	13
2.1 传感器概述	13
2.2 传感器的选用原则	16
2.3 现代传感器技术的发展方向	18
本章小结	19
思考与练习	19
第3章 电阻应变式传感器	20
3.1 电阻应变式传感器的工作原理	20
3.2 电阻应变片的分类	22
3.3 电阻应变片的测量电路	24
3.4 电阻应变式传感器的应用	28
本章小结	32
思考与练习	33
第4章 电感式传感器	34
4.1 变磁阻式传感器	34
4.2 互感式传感器（差动变压器）	39
4.3 电涡流式传感器	42
4.4 电感式传感器的应用	44

本章小结	46
思考与练习	46
第5章 电容式传感器	47
5.1 电容式传感器的工作原理及类型	47
5.2 电容式传感器的性能及改善措施	51
5.3 电容式传感器的测量电路	52
5.4 电容式传感器的应用	56
本章小结	57
思考与练习	57
第6章 压电式传感器	59
6.1 压电效应与压电材料	59
6.2 压电式传感器测量电路	63
6.3 压电式传感器的应用	66
本章小结	68
思考与练习	68
第7章 光电式传感器	69
7.1 光电效应	69
7.2 光电器件	70
7.3 光电传感器	76
7.4 光电传感器的应用	77
本章小结	80
思考与练习	80
第8章 磁电式传感器	81
8.1 磁电感应式传感器	81
8.2 霍尔式传感器	85
8.3 磁栅式传感器	91
8.4 磁电式传感器的应用	94
本章小结	96
思考与练习	97
第9章 半导体式传感器	98
9.1 气敏传感器	98
9.2 湿敏传感器	101
9.3 磁敏传感器	104



9.4 色敏传感器	107
9.5 半导体式传感器的应用	108
本章小结	110
思考与练习	110
第10章 热电式传感器	112
10.1 热电偶	112
10.2 热电阻	121
10.3 半导体温度传感器	129
10.4 热电式传感器的应用	133
本章小结	134
思考与练习	135
第11章 新型传感器	136
11.1 光纤传感器	136
11.2 超声波传感器	138
11.3 微波传感器	139
11.4 辐射式传感器	141
11.5 其他新型传感器	143
11.6 各种新型传感器的应用	147
本章小结	149
思考与练习	149
第12章 传感器信号处理技术	150
12.1 传感器输出信号的特点	150
12.2 阻抗匹配器	151
12.3 信号放大器	152
12.4 噪声及其抑制	154
12.5 传感器信号的数字化处理	155
本章小结	159
思考与练习	159
第13章 典型物理量的检测技术	161
13.1 温度测量	161
13.2 压力测量	168
13.3 流量测量	172
13.4 物位测量	178
13.5 速度的测量	182

本章小结	186
思考与练习	186
第 14 章 计算机辅助检测技术基础	188
14.1 计算机辅助检测技术	188
14.2 计算机检测系统的组成	189
14.3 计算机检测系统的应用	194
本章小结	196
思考与练习	196
参考文献	197

绪 论

一、检测技术

在科学技术飞速发展的信息时代,人类的各项生产活动和科学研究,主要基于对信息资源的开发、获取、传输和处理。检测技术就是利用传感器将生产、科研、生活中需要获取的电量或非电量信息,转换成为易于测量、传输、显示和处理的电信号的过程。自动完成该过程的技术则称为自动检测技术。

二、检测技术的地位和作用

1. 检测技术是产品检验和质量控制的重要手段 例如,在机械制造行业,人们通过对机床的静、动态参数,如工件的加工精度、切削力、切削速度、位移、振动等机械量参数进行在线检测和自动调整,使检测和生产加工同时进行,及时、主动地用检测结果对生产过程进行调节和控制,使其达到最佳运行状态,生产出合格产品,达到产品质量控制的目的。

2. 检测技术在大型设备安全经济运行监测中得到广泛应用 在化工、机械、电力、石油、煤炭、交通等行业中,一些大型设备通常在高温、高压、高速和大功率状态下运行,为了保证这些设备的安全运行,通常设有故障监测系统对温度、压力、流量、转速、振动和噪声等多种参数进行长期动态监测,对故障进行早期诊断,避免突发事件,保证设备和人员的安全,提高经济效益。随着计算机技术的发展,这类监测系统已经发展为故障自诊断系统,可以采用计算机来处理检测信息,进行分析、判断,及时诊断出设备故障并自动报警或采取相应的对策。

3. 检测技术是自动化技术中不可缺少的组成部分 在实现自动化的过程中,信息的获取与转换是极其重要的组成环节,只有精确及时地将被控对象的各项参数检测出来并转换成易于传送和处理的信号,整个系统才能正常地工作。因此,自动检测与转换是自动化技术中不可缺少的组成部分。

4. 检测技术的发展推动着现代科学技术的进步 人们在从事科学研究工作时,一般都是利用已知的规律对观测、试验的结果进行概括、推理,从而对所研究的对象取得定量的概念并发现它的规律性,然后上升到理论,进而形成研究成果。这一过程离不开现代化的检测手段。因此说,检测技术的水平在很大程度上决定了科学研究的深度和广度。检测技术的水平愈高,所提供的信息愈丰富、愈可靠,科学研究取得突破性进展的可能性就愈大。

现代化生产和科学技术的发展也不断地对检测技术提出新的要求和课题,成为促进检测技术向前发展的动力。科学技术的新发现和新成果不断应用于检测技术中,也有有力地促进了检测技术自身的现代化。

三、现代检测技术

用现代测试技术测量非电量的方法主要是电测法,即将非电量先转换为电量,然后用各种电测仪表和装置乃至电子计算机对电信号进行处理和分析。随着微电子技术、计算机技术、通信技术及网络技术的迅速发展,对电量的测量技术也相应地得到提高,如准确度高、灵敏度高、反应速度快、能够连续进行测量、自动记录、远距离传输和组成控制网络等。可是,在工程上所要测量的参数大多数为非电量,如机械量(位移、应力、力矩、振动、速度、质量等)、热工量(温度、压强、流量、物位、液面等)、成分量(气体、液体、固体的化学成分、浓度、湿度、酸碱度等)和几何量(长度、厚度、直径、硬度、表面粗糙度等),因而促使人们研究用电测的方法测量非电量的仪器仪表,研究如何能正确和快速地测得非电量的技术。

电测法的主要优点如下:

- (1) 能够连续、自动地对被测量进行测量和记录。
- (2) 不仅能用于静态测量,还能用于动态测量和瞬态测量。
- (3) 电信号可以远距离传输,便于实现远距离测量和集中控制。
- (4) 电子测量装置能方便地改变量程,因此测量的范围广。
- (5) 可以方便地与计算机相连,进行数据的自动运算、分析和处理。

四、检测系统的组成

一个完整的检测系统或检测装置通常是由传感器、测量电路和显示记录装置等部分组成,分别完成信息获取、转换、显示和处理等功能。当然,其中还包括电源和传输通道等不可缺少的部分。图0.1所示为检测系统的组成框图。

1. 传感器 传感器是把被测量(一般是指非电量)变换为另一种与之有确定对应关系,并且便于测量的量(一般为电量)的器件。

传感器处于被测对象与检测系统的接口位置,是信息输入的主要窗口,为检测系统提供必需的原始信息。它是整个检测系统最重要的环节,其获得的信息质量关系到整个检测系统的精度。

2. 测量电路 测量电路的作用是将传感器输出的微弱信号转换成便于测量并具有一定功率的电压、电流或频率等的信号。根据需求和传感器的类型,测量电路还能进行阻抗匹配、微分、积分、线性化补偿等信号处理工作。

3. 显示记录装置 显示记录装置的作用是将测量电路输出的被测信号转换成人们可以用来观测、分析和记录的形式,如指针的偏转、数码管的显示、荧光屏上的图像、磁带、记录纸等。目前常用的显示器有四类:模拟显示器、数字显示器、图像显示器及记录仪等。

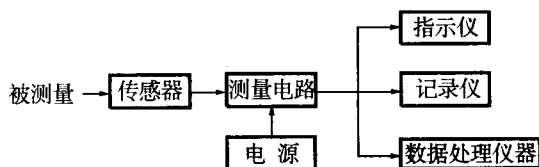


图0.1 检测系统的组成框图



(1) 模拟显示器:是利用指针对标尺的相对位置表示被测量数值的大小,如各种指针式电气测量仪表、模拟光标等。

(2) 数字显示器:是用发光二极管(LED)和液晶显示器(LCD)等以数字的形式来显示读数。

(3) 图像显示器:是采用示波器(CRT)或液晶显示器屏幕来显示被测参数的变化曲线,有时还可用图表、彩色图等形式来反映被测量的多组数据。

(4) 记录仪:主要用来记录被测量随时间变化的动态过程,常用的记录仪有笔式记录仪、光线示波器、磁带记录仪、快速打印机等。

五、检测技术的发展方向

现代科学技术的发展对检测技术提出了更新更高的要求,使检测技术达到了一个新的水平,其发展趋势主要表现在以下几个方面:

1. 向着高精度、高可靠性、小型化和集成化的方向发展 随着科学技术的不断发展,对检测系统测量精度也提出更高的要求。近年来,人们已研制出许多高精度的检测仪器以满足这种要求。例如,人们已研制出能测量小至几十帕的微压力传感器和大到几千兆帕的高压力传感器,开发出了能够测出极微弱磁场的磁敏传感器及测量范围可达二三十米而分辨率可达几十微米的测量位移的光栅传感器等,检测超高温、超高压、超低温和超真空的新型传感器是今后检测技术研究和发展的方向。

随着半导体集成电路技术的发展,传感器的微型化使检测装置小型化,目前已经研制出了装在注射针头上的压力传感器、成分传感器等。

传感器集成化的一个方向是将具有同功能的传感器集成化,如利用电荷耦合器件(CCD)形成的固体图像传感器来进行文字、图形的识别。传感器集成化的另一个方向是将不同功能的传感器集成化,从而使一个传感器可同时测量不同种类的多个物理量,如测量血液中各种成分的多功能传感器等。今后,还将在光、磁、温度、压力等领域开发新型的集成化、功能化的传感器。

2. 新技术、新材料和新工艺的应用,产生新型传感器,从而不断扩大检测领域 以半导体敏感材料、陶瓷敏感材料和有机敏感材料为代表的新型敏感材料已应用于传感器件的研制与生产中,改变了以传统结构型为主的局面;人们根据新原理、新材料和新工艺研究所取得的成果,研制出更多品质优良的新型传感器,如光纤传感器、液晶传感器、以高分子有机材料为敏感元件的压敏传感器、微生物传感器等。近代物理学的成果如激光、红外、超声、微波、光纤、放射性同位素等的应用,都为检测技术的发展提供了更多的途径,如激光测距、红外测温、超声波无损探伤、放射性测厚等非接触测量的迅速发展。另外,代替视觉、嗅觉、味觉和听觉的各种仿生传感器和检测超高温、超高压、超低温和超高真空等极端参数的新型传感器,将是今后传感器技术研究和发展的方向。

3. 采用计算机技术,使检测技术由模拟式、数字式向智能化方向发展 计算机技术应用到检测系统中,使检测仪器智能化,从而扩展了功能,提高了精度和可靠性。目前新研制的检测系统大都带有微处理器。

六、本课程的特点和学习要求

本课程是一门专业技术基础课,主要讲授检测技术的基本概念,各种传感器及相应

的信号处理电路以及自动检测技术的应用等。

通过本课程的学习，要求学生掌握常用的各种传感器的结构、工作原理、特性、应用及使用中的注意事项，掌握各种典型非电量的转换原理、测量方法，具有分析、处理测量过程中出现的各种问题的能力。

第 1 章

检测技术基础

学习指导

测量是检测技术的基础。通过测量,可以在限定时间内准确地收集被测量对象的有关信息,掌握被测对象的参数,以便用来控制生产过程。本章主要学习:测量的基本概念、测量方法与分类、检测系统的组成与基本特性、测量误差的概念与分类、减少误差的方法等。

1.1 测量的基本概念

1.1.1 测量的定义

测量是指人们借助专门的技术工具和设备,通过实验和运算找到测量值的过程。测量就是将同性质的被测量与标准量进行比较,并确定被测量对标准量的倍数。其表达式如下:

$$X = AX_0 \quad (1.1)$$

式中 X ——被测量;

X_0 ——测量单位(标准量);

A ——被测量与标准量的比值(无量纲数值)。

式(1.1)称为测量的基本方程式。由该式可知,测量过程包括三个要素:一是测量单位,采用国际单位制(SI);二是测量方法(实验方法),是将被测量与其单位进行比较的方法;三是测量仪器与设备,它是测量过程的具体体现与实施者,是为了求取比值而实际使用的一些仪器与设备。

1.1.2 测量方法

测量方法是指实现被测量与标准量比较得出比值的方法。根据被测量的性质、特点和测量任务的要求来选择适当的测量方法。