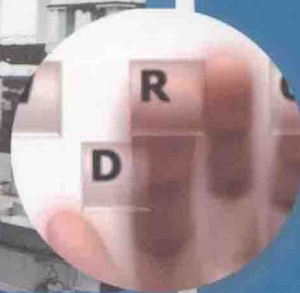




21世纪高职高专**电子信息类**实用规划教材

自动检测技术

刘小波 主 编
刘泓滨 邓利军 副主编



 免费赠送电子课件

- 采用任务引领的项目课程教学模式，以传感器与检测技术的典型项目为载体。
- 突出传感器与检测技术应用的技能知识，具有较强的实用性和可操作性。
- 书中采用了丰富的传感器实物图片，增强了内容的直观性和真实感。



清华大学出版社

21 世纪高职高专电子信息类实用规划教材

自动检测技术

刘小波 主 编

刘泓滨 邓利军 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据高职高专教育的特点,以职业岗位的核心能力培养为目标,充分体现“以应用技术为目标”的主导思想,重点突出职业特色。全书本着理论知识以必需、够用为度,少而精的原则,注重知识的基础性、实用性和针对性,结构紧凑合理,便于根据需要实施项目教学。

本书首先介绍了检测技术的基本知识;然后介绍了当前使用较多的几类传感器,如电阻式、电感式、电容式、磁电式、压电式、光电式、热电式、波式和射线式以及数字式传感器的结构、工作原理、转换电路及其典型应用;最后介绍了检测装置的信号处理技术及检测装置的干扰抑制技术。

本书实用性强,可以作为高职高专院校和成人高校的电气自动化技术、生产过程自动化技术、应用电子技术、机电一体化技术、电子信息技术、楼宇智能化技术以及相关专业的教材,也可以供自动化技术相关领域的从业人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

自动检测技术/刘小波主编;刘泓滨,邓利军副主编. —北京:清华大学出版社,2012.2
(21世纪高职高专电子信息类实用规划教材)
ISBN 978-7-302-27908-2

I. ①自… II. ①刘… ②刘… ③邓… III. ①自动检测—高等职业教育—教材 IV. ①TP274
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 008918 号

责任编辑:李春明 郑期彤

装帧设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16.5 字 数:395千字

版 次:2012年2月第1版 印 次:2012年2月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00元

产品编号:043379-01

前 言

高职高专教育是以培养高技能应用型人才为主要目标的高等教育，本书根据高职高专教育培养目标的要求，本着“以就业为导向、以能力为本位”的指导思想，力图使学生掌握传感器与检测技术等方面的基本知识和基本技能。

本书不再用以前的“知识点”为线索，而是由实例引入，改用以“任务”为线索，精心组织内容，采用任务引领的项目课程教学模式，以传感器与检测技术的典型项目为载体，突出其应用的技能知识，具有较强的实用性和可操作性。书中采用了丰富的传感器实物图片，增加了内容的直观性和真实感。此外，书中穿插一些“提示”，突出了实际工作中的重点，并使全书形式活泼多样。

本书主编在科研院所从事科研工作 20 余年，高校教学 7 年，积累了丰富的传感器与检测技术的教学、科研和生产实践经验。在编写本书时，结合多年来的科研、教学工作体会，吸收、借鉴了大量国内外文献资料的精华，教材内容紧密结合生产实践和日常生活。在编写过程中，编者深入相关企业调研，了解最新应用动态，收集了大量先进的产品技术资料、图片，通过整理、绘制穿插于书中，丰富了教材内容。

全书由昆明冶金高等专科学校副教授、高级工程师刘小波担任主编并负责统稿，昆明理工大学教授刘泓滨、昆明学院讲师邓利军担任副主编。本书的编写分工为：绪论、第 1、3、4、11 章由刘小波编写，第 2、6、9、12 章由刘泓滨编写，第 5 章由邓利军编写；第 7、10 章由刘小波、邓利军共同编写，第 8 章由昆明冶金高等专科学校实验师杨颖编写。此外，昆明学院讲师李祥德参与了第 2、6 章的资料收集及部分内容编写工作。

书中引用了国内外许多专家学者的书籍和最新研究资料以及企业的产品资料，在此对所引用书籍和资料的作者表示衷心感谢！

全书内容虽经反复推敲和修改，但由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请广大读者及同行批评、指正。

编 者



绪 论



检测技术是以研究自动检测系统中的信息提取、信息转换以及信息处理的理论和技术为主要内容的一门应用技术学科。

随着现代科学技术的飞速发展,人类已进入了瞬息万变的信息时代,人们的社会活动主要依靠对信息资源的开发、获取、传输与处理。如何迅速获取信息、正确处理信息和充分利用信息,直接影响到科学技术和国民经济的发展,因此世界各国纷纷加快了信息化建设步伐。检测与传感技术是信息技术三大支柱之一。这三大支柱包括检测与传感技术、通信技术和计算机技术,其中检测与传感技术实现信息的采集,是信息系统的“感官”;通信技术实现信息的传输,是信息系统的“神经”;计算机技术实现信息的处理,是信息系统的“大脑”。

传感器处于研究对象与检测系统的接口位置,即检测与控制系统之首。因此,传感器成为感知、获取与检测信息的窗口,一切科学研究与自动化生产过程要获取的信息,都要通过传感器获取并通过它转换为容易传输与处理的电信号。提高检测技术与传感器的性能、质量和水平,直接决定着信息系统的功能和质量,是实现信息化、自动化的重要条件。“没有传感器就没有现代科学技术”的观点已被全世界所公认。目前,以传感器为核心的检测系统已成为人们认识自然、改造自然的有力工具。

1. 自动检测技术的作用和地位

自动检测技术是科学研究与生产实践的必要手段,它的水平高低是科学技术现代化的一个重要标志。如图 0-1 所示,若将计算机比喻为人的大脑,那么传感器则可以比喻为人的感觉器官,执行器比作人的四肢。如果没有功能正常而灵敏的感觉器官,就不能迅速而准确地采集外界信息,即使再好的大脑也无法发挥作用。来自生产过程和自然界的各种信息是通过传感器进行采集的,因此,传感器是检测系统从外界获取信息的窗口。随着科学和工业技术的发展,检测技术与传感器已广泛应用于工业、农业、国防、航空、航天、医疗卫生和生物工程等各个领域。

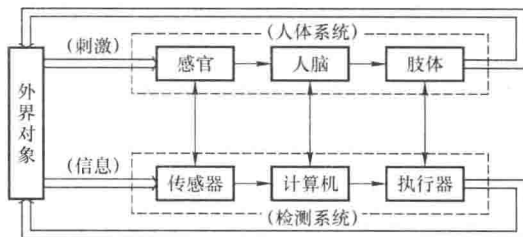


图 0-1 检测系统与人体系统对应图

2009年10月6日,为了奖励华人科学家高锟以及两名美国科学家韦拉德·博伊尔和乔治·史密斯在光纤和半导体领域上的开创性研究,瑞典皇家科学院在斯德哥尔摩将2009年诺贝尔物理学奖授予了这三个人。科学家高锟的获奖理由为“在光学通信领域,光在光纤中传输方面所取得的开创性成就”。两位美国科学家因“发明了一种成像半导体电路,即CCD(电荷耦合器件)传感器”而获此殊荣。

工业生产中常采用各种检测技术与传感器对生产过程某些重要工艺参数(如温度、压力、流量等)进行实时检测与自动化控制,如热电式温度传感器、切削力传感器、超声波测距传

感器、红外接近开关传感器等。这是安全生产、节能降耗、保证产品质量、提高劳动生产力和经济效益的重要手段。

在自动控制系统中,传感器是不可缺少的组成部分。要实现自动化,只有通过传感器精确检测出被控对象的参数并转换成易于处理的信号,控制系统才能正常地工作。

一部现代高级轿车装有50~60个传感器,多的则达百个,这些传感器用于对温度、压力、位置、距离、车速、加速度、流量、湿度、电磁、光电、气体及振动等各种信息进行实时、准确的测量和控制,以保证行车安全。

对于现代装备系统来说,检测技术与传感器是其安全经济运行的重要保证,是其先进性和实用性的重要标志。检测技术水平越高,其性能就越好。如京沪高铁CRH380型高速列车的智能化程度非常高,车上设置的各种检测传感器有1000多个,当列车检测到故障信号后,会立即启动应急响应,自动降速直至停车。

现代国防工业更离不开现代检测技术。飞机、潜艇、火箭、导弹等都装备了大量的传感器。新型武器、装备的研制,从设计到零部件制造、装配到样机试验,都要经过成百上千次严格的试验,每次试验都需要高速、高精度地同时检测多种物理参量,测量点经常多达上千个。至于飞机、潜艇等在正常使用时都装备了上百个各种检测传感器,组成十几至几十种检测仪表,实时监测和指示各部位的工作状况。在新机型设计、试验过程中需要检测的物理量更多,而检测点通常在5000点以上。在火箭、导弹和卫星的研制过程中,需动态高速检测的参量很多,要求也更高。没有精确、可靠的检测手段,要使导弹准确地命中目标和使卫星准确地入轨是根本不可能的。

检测技术与人们日常生活和工作的关系越来越密切。自动洗衣机、冰箱、空调、复印机等都离不开检测技术与传感器。在楼宇自动化系统中的闯入监测、空气监测、温度监测、停车监测、电梯监控等方面,检测技术都具有重要的地位与作用。

在医学方面,各种先进的医疗检测仪器用于疾病诊断、显微外科、人体内部拍摄等,大大提高了疾病的检查、诊断速度和准确性。

在现代农业生产中,随着温室产业的不断发展,利用计算机视觉系统对植物进行无损实时监测,利用图像处理技术实现对植物的叶冠投影面积和株高的自动测量,正成为提高农业产量的一种新方法。

可见,检测技术与传感器已渗透到社会的各个领域,它推动现代科学技术的进步,促进生产自动化水平的提高,促进人们生活水平的改善。它不仅起到基础和支柱的作用,同时也被世界各国列为关键技术之一。

2. 检测的基本概念

检测是借助专门的设备、仪器,通过合理的方法和必需的信号分析及数据处理,获得被测对象定性或定量结果的过程。这些仪器和设备的核心部件就是传感器,传感器是感知被测量(多为非电量),并把它转化为电量的一种器件或装置。检测就是检查与测量。检查获取定性信息,测量获取定量信息。

3. 自动检测系统

自动检测系统是自动测量、自动计量、自动保护、自动诊断、自动信号处理等诸系统的通称,通常由传感器、信号处理电路和输出单元组成,分别完成信息获取、转换、显示

和处理等功能。自动检测系统的组成如图 0-2 所示。



图 0-2 自动检测系统的组成

1) 传感器

传感器是检测系统的第一个环节，用来感受被测信号，并将被测信号转换为便于处理的电信号。它获得信息的正确与否，决定了检测系统的精度。因此，传感器在测试系统中占有重要的位置。

2) 信号处理电路

信号处理电路是将传感器提取出的有用电信号进行加工和处理，如放大、调制、解调、滤波、运算以及数字化等。它的主要作用是把传感器输出的电学量变成具有一定功率的模拟电压(电流)信号或数字信号，以推动后级的输出显示或记录设备、数据处理装置及执行机构。

3) 输出单元

输出单元包括显示装置、打印装置、记录装置、数据处理装置、数据通信接口和执行机构等。它使人们了解检测数值的大小和变化，供人们观察和分析，并能完成控制和保护操作等功能。传感器输出信号有很多形式，如电压、电流、频率、脉冲等，输出信号的形式由传感器的原理确定。

4. 检测技术的发展趋势

随着世界各国现代化步伐的加快，人们对检测技术的需求与日俱增。而科学技术，尤其是大规模集成电路技术、微型计算机技术、机电一体化技术、微机电技术和新材料技术的不断进步，则大大促进了检测技术的发展，主要表现在以下几方面。

1) 重视基础研究及开发新产品

新产品是指利用新材料(半导体、陶瓷、有机材料等)、新原理(生物、物理、化学效应等)、新工艺开发出的新型传感器。

(1) 发现新效应。传感器的工作原理是基于各种物理、化学和生物的现象和效应，所以发现新现象与新效应是发展传感器技术的一项重要工作，是研究新型传感器的重要基础，它为提高传感器的性能、扩大传感器的检测极限和拓展传感器的应用领域提供了新的可能。

(2) 开发新材料。传感器材料是传感器发展的重要基础。随着物理学和材料学的发展，人们可以根据所需材料功能的要求来控制材料的成分，制造出各种新型传感器的功能材料。如控制半导体氧化物的成分，可以制造出多种气体传感器；光导纤维的应用是传感器功能材料的一个重大发现；有机材料作为功能材料，正受到国内外学者的极大关注。

(3) 采用新技术、新工艺。这是指将现代先进制造技术引入传感器制造技术。如利用半导体技术制造出压阻式传感器，利用薄膜工艺制造出快速响应的气敏、湿敏传感器；将硅

集成电路技术加以移植并发展,形成传感器的微细加工技术。采用新技术、新工艺可极大地提高传感器的性能指标,实现传感器的微型化。

2) 提高测量精度及可靠性

随着科学技术的发展,人们对检测系统的性能要求,特别是精度、测量范围和可靠性指标的要求越来越高。例如,在尺寸测量范畴,从绝对量来讲已提出了纳米与亚纳米的要求,纳米测量已经不仅是单一方向的测量,而是要求实现空间坐标测量。在时间测量上,相对精度为 10^{-14} ,目前国际上的光钟时间基准研究,相对精度为 10^{-19} ,即3000亿年不差1s。

3) 研究多功能集成化传感器

多功能集成化传感器是指利用集成加工技术,在同一芯片上集成多种功能的敏感元件或同一功能的敏感元件,进行适当的排列和组合,构成一个传感器阵列。它使传感器具有高可靠性、高稳定性、体积小、成本低、电路设计简单、安装调试方便等优点。如电荷耦合元件(CCD)是由很多个光电二极管组成,集成压力传感器是将硅膜片、压阻电桥、放电器和温度补偿电阻集成为一个器件。

4) 研究智能化传感器,实现检测系统智能化

智能化传感器是一种带微处理器的传感器,将传感器与微处理器集成在同一芯片上,使它不仅具有信号检测与转换的功能,而且还具有记忆、存储、处理、自诊断、自校正和自适应等功能,实现传感器的智能化。其典型产品如美国霍尼韦尔公司的ST-3000型智能传感器,其芯片尺寸为 $3\times 4\times 2\text{ mm}^3$,采用半导体工艺,在同一芯片上制作CPU、EPROM和静压、压差、温度等三种敏感元件。

智能化检测系统是以单片机、微处理器或微型计算机为核心,兼有检测、判断和信息处理功能,进行电量、非电量的多种测量,多输入通道的多点测量,在线动态实时测量。它具有信号的分析处理、强大的数据处理和统计功能,以及远距离数据通信和输入、输出功能,可配置各种数字通信接口,方便地接入不同规模的自动检测、控制与管理信息网络系统,以实现测量结果的高准确度和对被测信号的高分辨率。与传统检测系统相比,智能化的现代检测系统具有更高的检测精度和性价比。

5) 推进非接触式检测技术研究

在检测过程中,把传感器置于被测对象上,可灵敏地测量被测参量的变化,这种接触式检测方法直接、可靠,测量精度较高;但有些被测对象不具备传感器安装条件,只能用非接触式检测技术进行检测。例如,冶金工业中连续铸造生产过程中的钢包液位测量、高炉铁水硫磷含量分析等方面就需要多种多样的传感器为操作人员提供可靠的数据。目前,广泛应用的非接触式传感器有光电式传感器、电涡流式传感器、超声波检测仪表、核辐射检测仪表等。

非接触式检测不影响被测物的运行工况;不产生机械磨损和疲劳损伤,工作寿命长;无触点、无火花、体积小,安装、调试方便。今后将加快发展非接触式检测技术,开发更多品类,同时改进和克服非接触式检测易受外界干扰及检测绝对精度较低等问题。

6) 实现检测系统自动化、网络化

传感器技术的网络化主要是将传感器技术、通信技术以及计算机技术相结合,从而构成网络传感器,实现信息采集、传输和处理的一体化。它综合了微传感器、微机电、通信和人工智能等技术,通过自组织的方式构成无线网络,给人们的生活带来了深刻的变化。

例如,采用虚拟仪器技术,用PC机和仪器板卡代替传统板卡;用计算机软件代替硬件分析电路。

传感网络的首要环节就是借助节点中内置的传感器来测量周围环境中的热、红外、声呐、雷达和地震波信号,从而探测包括温度、湿度、噪声、光强度、压力、土壤成分、移动物体的大小、速度和方向等物质现象。无线网络可极大地增强传感器的探测能力,其应用前景是十分广泛的。网络化自动检测系统如图0-3所示。

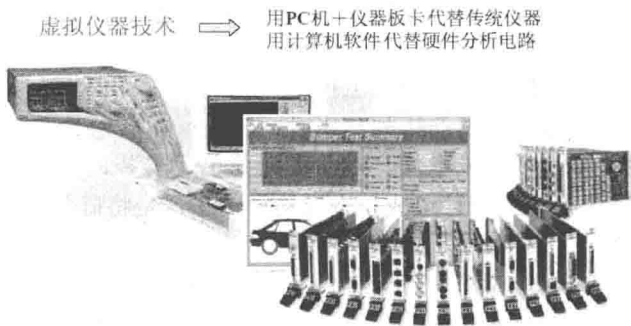


图 0-3 网络化自动检测系统

5. 本课程的内容、任务和学习方法

本课程是机电一体化、自动控制、电气自动化、应用电子等专业的一门专业基础课程。检测技术涉及的内容比较广,包括信息的获取、测量方法、信号的变换、处理和显示、误差的分析以及干扰的抑制、可靠性问题等。因此本课程首先介绍传感器与自动检测技术的基本概念,然后较详细地叙述各类常用的传感器、测量转换电路、信号处理及其应用。

通过本课程的学习,要求学生能认识各种常用传感器的基本概念、特性、作用以及发展趋势;掌握各类常用传感器的基本结构、主要性能和工作原理;了解传感器的测量电路是如何将非电量转换为电量的,能分析相应的测量转换电路、信号处理电路及各种传感器在工业中的应用电路,并能通过典型应用实例正确使用常用传感器。

本课程涉及机、电、光等多方面知识,学科面广,因此需要有较广泛的基础知识和专业知识。学好这门课程,不仅要弄懂基本原理,做到理论联系实际,举一反三,还要善于观察,富于联想和借鉴,重视实验和实训。本课程的研究对象主要是机电工程中动态物理量的检测原理、方法及常用的检测装置。通过本课程的学习,学生应能正确地选用检测装置和初步掌握进行动态测试所需要的基本理论、基本知识和基本技能,提高今后解决实际问题的能力。

思考与练习

1. 简述传感器的重要性。
2. 描述检测系统的组成,说出各部分的作用,并举例说明。
3. 说出日常生活中见到的、用过的传感器,它们检测的各是什么非电量?
4. 简述检测技术和传感器的发展趋势。

目 录

绪论	1	本章小结	43
第 1 章 检测技术的基本知识	7	思考与练习	43
任务一 传感器的认知	8	第 3 章 电感式传感器	45
任务二 测量误差的分析及处理	10	任务一 轴承滚柱直径检测	46
1.1 测量方法	10	3.1 自感式传感器	47
1.1.1 测量的概念	10	3.1.1 自感式电感传感器的结构 及工作原理	47
1.1.2 测量的分类方法	11	3.1.2 自感式传感器的测量转换 电路	51
1.2 误差的概念	12	3.2 差动变压器	53
1.2.1 测量误差的定义及表示法	12	3.2.1 差动变压器的组成及工作 原理	54
1.2.2 测量误差的分类	15	3.2.2 零点残余电压	54
1.3 测量误差的处理方法	15	3.2.3 差动变压器的测量电路	55
1.3.1 系统误差的分析与处理	15	3.2.4 电感式传感器的应用	57
1.3.2 随机误差的分析与处理	18	任务二 转速检测	59
1.3.3 粗大误差的分析与处理	20	3.3 电涡流式传感器	61
1.4 检测系统的基本特性	21	3.3.1 电涡流式传感器的结构形式	61
1.4.1 静态特性	21	3.3.2 工作原理	62
1.4.2 动态特性	24	3.3.3 转换电路	63
1.5 传感器的选用原则	25	3.3.4 电涡流式传感器的应用	65
1.5.1 传感器应用中的基本要求	25	本章小结	69
1.5.2 传感器的选用	25	思考与练习	69
本章小结	26	第 4 章 电容式传感器	71
思考与练习	26	任务 液位检测	72
第 2 章 电阻式传感器	29	4.1 电容式传感器的结构及工作原理	73
任务 电子台秤的重量检测	30	4.1.1 结构	73
2.1 应变式传感器	31	4.1.2 工作原理	74
2.1.1 弹性敏感元件	31	4.2 电容式传感器的类型及特性	74
2.1.2 电阻应变式传感器	33	4.2.1 变极距型电容式传感器	74
2.1.3 测量电路	37	4.2.2 变面积型电容式传感器	75
2.2 压阻式传感器	39	4.2.3 变介电常数型电容式传感器	76
2.2.1 压阻式压力传感器的工作 原理与结构	39	4.3 电容式传感器的测量电路	77
2.2.2 压阻式压力传感器的特点	40		
2.3 电阻式传感器的应用	41		

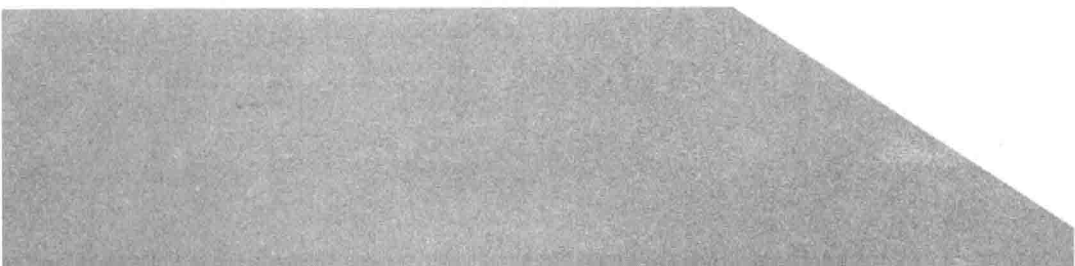
4.3.1 调频电路	77	思考与练习	107
4.3.2 运算放大器式电路	78	第6章 压电式传感器	109
4.3.3 交流电桥电路	78	任务 压电式金属加工切削力测量	110
4.3.4 脉冲宽度调制电路	79	6.1 压电式传感器的工作原理	111
4.4 电容式传感器的应用	81	6.1.1 压电效应	111
4.4.1 电容式压力传感器	81	6.1.2 石英晶体的压电效应	112
4.4.2 电容式振动位移传感器	82	6.1.3 压电陶瓷的压电效应	114
4.4.3 电容式加速度传感器	83	6.2 压电材料及压电元件的结构	115
4.4.4 电容式荷重传感器	83	6.2.1 压电材料	115
4.4.5 电容式厚度传感器	84	6.2.2 压电元件常用的结构形式	117
4.4.6 电容式接近开关	84	6.3 压电式传感器的测量电路	117
4.4.7 电容式油量表	85	6.3.1 压电式传感器的等效电路	117
4.4.8 电容式传声器	86	6.3.2 应用压电式传感器的测量 电路	118
4.4.9 电容式料位传感器	86	6.4 压电式传感器的应用	119
本章小结	87	6.4.1 压电式加速度传感器	119
思考与练习	87	6.4.2 压电式力传感器	120
第5章 磁电式传感器	89	6.4.3 煤气灶电子点火器	121
任务一 柴油机转向机构扭矩测量	90	6.4.4 压电式玻璃破碎报警器	121
5.1 磁电感应式传感器	91	本章小结	122
5.1.1 基本概念和工作原理	91	思考与练习	122
5.1.2 变磁通式磁电感应传感器	91	第7章 光电式传感器	125
5.1.3 恒磁通式磁电感应传感器	93	任务一 电机转速测量	126
5.1.4 磁电感应式传感器的应用	94	7.1 光电效应	128
任务二 山地车的速度监测	95	7.1.1 光电效应的概念	128
5.2 霍尔传感器	96	7.1.2 外光电效应	128
5.2.1 霍尔传感器的外形和结构	96	7.1.3 内光电效应	129
5.2.2 工作原理	96	7.2 光电器件及其特征	129
5.2.3 霍尔传感器的分类	97	7.2.1 基于外光电效应的 光电器件	129
5.2.4 霍尔传感器应用实例	98	7.2.2 基于内光电效应的 光电器件	131
任务三 小型镗床位移量的精确控制	101	任务二 油库油罐液位信号的监测	137
5.3 磁栅式传感器	103	7.3 光纤传感器	138
5.3.1 磁栅式传感器的外形	103	7.3.1 光纤传感器的工作原理 与分类	138
5.3.2 磁栅	103	7.3.2 光纤传感器的应用	140
5.3.3 磁头结构和原理	104		
5.3.4 磁栅式传感器的组成 和测量原理	106		
5.3.5 磁栅式传感器的应用	106		
本章小结	107		

7.4 激光式传感器.....142	8.3.5 热电偶测温电路.....174
7.4.1 激光原理.....142	本章小结.....175
7.4.2 激光式传感器的工作原理.....142	思考与练习.....176
7.4.3 激光式传感器的应用.....143	第9章 波式和射线式传感器.....177
7.5 红外传感器.....144	任务 超声波金属材料探伤.....178
7.5.1 红外辐射的基本知识.....144	9.1 超声波传感器.....179
7.5.2 红外传感器的工作原理.....145	9.1.1 超声波的基本概念.....179
7.5.3 常见红外传感器.....146	9.1.2 超声波传感器的外形、结构 和特性.....181
7.5.4 红外传感器的应用.....147	9.1.3 超声波传感器的工作原理 与结构.....184
7.6 CCD 图像传感器.....148	9.1.4 超声波探头及耦合技术.....185
7.6.1 CCD 图像传感器的基本 原理.....148	9.1.5 超声波传感器的应用.....186
7.6.2 CCD 图像传感器的特点.....149	9.2 微波式传感器.....188
7.6.3 CCD 图像传感器的分类.....149	9.2.1 微波的性质与特点.....188
7.6.4 CCD 图像传感器的应用.....150	9.2.2 微波式传感器的原理 及其分类.....188
本章小结.....151	9.2.3 微波式传感器的组成、特点 及检测方法.....188
思考与练习.....152	9.2.4 微波式传感器的应用.....190
第8章 热电式传感器.....153	9.3 射线式传感器.....192
任务一 工业锅炉蒸汽温度检测.....154	9.3.1 核辐射的特性.....192
8.1 热电阻传感器.....155	9.3.2 测量中常用的同位素.....193
8.1.1 热电阻的外形和结构.....155	9.3.3 射线式传感器的组成及工作 原理.....193
8.1.2 热电阻的性能.....156	9.3.4 射线式传感器的应用.....196
8.1.3 热电阻传感器的工作原理 及测量电路.....158	本章小结.....197
8.1.4 热电阻式流量计.....159	思考与练习.....198
任务二 电动机的过热保护.....160	第10章 数字式传感器.....199
8.2 热敏电阻.....161	任务一 加工中心位移量的检测.....200
8.2.1 热敏电阻的外形及结构.....161	10.1 光栅式传感器.....201
8.2.2 热敏电阻的工作原理.....162	10.1.1 光栅式传感器的外形 与光栅的分类及结构.....202
8.2.3 热敏电阻的分类.....162	10.1.2 莫尔条纹.....203
8.2.4 热敏电阻传感器的应用.....163	10.1.3 光栅式传感器的组成.....204
任务三 热电偶测量炉温.....165	10.1.4 光栅式传感器测量位移的 原理.....205
8.3 热电偶传感器.....166	
8.3.1 热电偶的外形、结构、分类 和特性.....166	
8.3.2 热电偶的工作原理.....168	
8.3.3 热电偶的基本定律.....171	
8.3.4 热电偶的冷端补偿.....172	

10.1.5 辨向原理.....	206	11.3.2 软件补偿法.....	229
10.1.6 细分技术.....	207	本章小结.....	231
任务二 数控机床位移量检测.....	208	思考与练习.....	231
10.2 光电编码器.....	209	第 12 章 检测装置的干扰抑制技术	233
10.2.1 光电编码器外形图.....	210	任务 检测装置的干扰抑制技术.....	234
10.2.2 绝对式光电编码器.....	210	12.1 干扰的来源.....	235
10.2.3 增量式光电编码器.....	211	12.1.1 常见的干扰类型.....	235
10.3 感应同步器.....	212	12.1.2 信噪比.....	236
10.3.1 直线感应同步器的结构.....	212	12.2 干扰的耦合方式及传输途径.....	236
10.3.2 感应同步器的工作原理.....	213	12.2.1 耦合方式.....	237
10.3.3 直线感应同步器的信号 检测.....	214	12.2.2 传输途径.....	239
本章小结.....	215	12.3 差模干扰和共模干扰.....	240
思考与练习.....	216	12.3.1 差模干扰.....	240
第 11 章 检测装置的信号处理技术	217	12.3.2 共模干扰.....	241
任务一 传感器信号放大电路设计.....	218	12.4 干扰抑制技术.....	242
11.1 信号放大电路.....	218	12.4.1 抑制干扰的方法.....	242
11.1.1 测量放大器.....	218	12.4.2 屏蔽技术.....	242
11.1.2 可编程增益放大器.....	220	12.4.3 接地.....	243
11.1.3 隔离放大器.....	221	12.4.4 浮置.....	244
任务二 信号变换技术.....	225	12.4.5 隔离.....	245
11.2 信号在传输过程中的变换技术.....	226	12.4.6 滤波.....	246
11.2.1 电压/频率(V/f)变换电路.....	226	本章小结.....	246
11.2.2 电压/电流(V/I)变换电路.....	227	思考与练习.....	247
11.2.3 电流/电压(I/V)变换电路.....	227	附录 标准化热电偶分度表	248
任务三 传感器信号的线性化.....	228	参考文献	252
11.3 信号的非线性补偿技术.....	229		
11.3.1 硬件补偿法.....	229		



绪 论



检测技术是以研究自动检测系统中的信息提取、信息转换以及信息处理的理论和技术为主要内容的一门应用技术学科。

随着现代科学技术的飞速发展,人类已进入了瞬息万变的信息时代,人们的社会活动主要依靠对信息资源的开发、获取、传输与处理。如何迅速获取信息、正确处理信息和充分利用信息,直接影响到科学技术和国民经济的发展,因此世界各国纷纷加快了信息化建设步伐。检测与传感技术是信息技术三大支柱之一。这三大支柱包括检测与传感技术、通信技术和计算机技术,其中检测与传感技术实现信息的采集,是信息系统的“感官”;通信技术实现信息的传输,是信息系统的“神经”;计算机技术实现信息的处理,是信息系统的“大脑”。

传感器处于研究对象与检测系统的接口位置,即检测与控制系统之首。因此,传感器成为感知、获取与检测信息的窗口,一切科学研究与自动化生产过程要获取的信息,都要通过传感器获取并通过它转换为容易传输与处理的电信号。提高检测技术与传感器的性能、质量和水平,直接决定着信息系统的功能和质量,是实现信息化、自动化的重要条件。“没有传感器就没有现代科学技术”的观点已被全世界所公认。目前,以传感器为核心的检测系统已成为人们认识自然、改造自然的有力工具。

1. 自动检测技术的作用和地位

自动检测技术是科学研究与生产实践的必要手段,它的水平高低是科学技术现代化的一个重要标志。如图 0-1 所示,若将计算机比喻为人的大脑,那么传感器则可以比喻为人的感觉器官,执行器比作人的四肢。如果没有功能正常而灵敏的感觉器官,就不能迅速而准确地采集外界信息,即使再好的大脑也无法发挥作用。来自生产过程和自然界的各种信息是通过传感器进行采集的,因此,传感器是检测系统从外界获取信息的窗口。随着科学和工业技术的发展,检测技术与传感器已广泛应用于工业、农业、国防、航空、航天、医疗卫生和生物工程等各个领域。

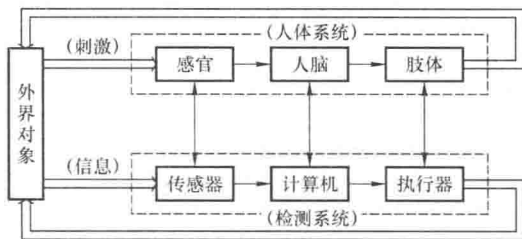


图 0-1 检测系统与人体系统对应图

2009年10月6日,为了奖励华人科学家高锟以及两名美国科学家韦拉德·博伊尔和乔治·史密斯在光纤和半导体领域上的开创性研究,瑞典皇家科学院在斯德哥尔摩将2009年诺贝尔物理学奖授予了这三个人。科学家高锟的获奖理由为“在光学通信领域,光在光纤中传输方面所取得的开创性成就”。两位美国科学家因“发明了一种成像半导体电路,即CCD(电荷耦合器件)传感器”而获此殊荣。

工业生产中常采用各种检测技术与传感器对生产过程某些重要工艺参数(如温度、压力、流量等)进行实时检测与自动化控制,如热电式温度传感器、切削力传感器、超声波测距传

传感器、红外接近开关传感器等。这是安全生产、节能降耗、保证产品质量、提高劳动生产力和经济效益的重要手段。

在自动控制系统中,传感器是不可缺少的组成部分。要实现自动化,只有通过传感器精确检测出被控对象的参数并转换成易于处理的信号,控制系统才能正常地工作。

一部现代高级轿车装有 50~60 个传感器,多的则达百个,这些传感器用于对温度、压力、位置、距离、车速、加速度、流量、湿度、电磁、光电、气体及振动等各种信息进行实时、准确的测量和控制,以保证行车安全。

对于现代装备系统来说,检测技术与传感器是其安全经济运行的重要保证,是其先进性和实用性的重要标志。检测技术水平越高,其性能就越好。如京沪高铁 CRH380 型高速列车的智能化程度非常高,车上设置的各种检测传感器有 1000 多个,当列车检测到故障信号后,会立即启动应急响应,自动降速直至停车。

现代国防工业更离不开现代检测技术。飞机、潜艇、火箭、导弹等都装备了大量的传感器。新型武器、装备的研制,从设计到零部件制造、装配到样机试验,都要经过成百上千次严格的试验,每次试验都需要高速、高精度地同时检测多种物理参量,测量点经常多达上千个。至于飞机、潜艇等在正常使用时都装备了上百个各种检测传感器,组成十几至几十种检测仪表,实时监测和指示各部位的工作状况。在新机型设计、试验过程中需要检测的物理量更多,而检测点通常在 5000 点以上。在火箭、导弹和卫星的研制过程中,需动态高速检测的参量很多,要求也更高。没有精确、可靠的检测手段,要使导弹准确地命中目标和使卫星准确地入轨是根本不可能的。

检测技术与人们日常生活和工作的关系越来越密切。自动洗衣机、冰箱、空调、复印机等都离不开检测技术与传感器。在楼宇自动化系统中的闯入监测、空气监测、温度监测、停车监测、电梯监控等方面,检测技术都具有重要的地位与作用。

在医学方面,各种先进的医疗检测仪器用于疾病诊断、显微外科、人体内部拍摄等,大大提高了疾病的检查、诊断速度和准确性。

在现代农业生产中,随着温室产业的不断发展,利用计算机视觉系统对植物进行无损实时监测,利用图像处理技术实现对植物的叶冠投影面积和株高的自动测量,正成为提高农业产量的一种新方法。

可见,检测技术与传感器已渗透到社会的各个领域,它推动现代科学技术的进步,促进生产自动化水平的提高,促进人们生活水平的改善。它不仅起到基础和支柱的作用,同时也被世界各国列为关键技术之一。

2. 检测的基本概念

检测是借助专门的设备、仪器,通过合理的方法和必需的信号分析及数据处理,获得被测对象定性或定量结果的过程。这些仪器和设备的核心部件就是传感器,传感器是感知被测量(多为非电量),并把它转化为电量的一种器件或装置。检测就是检查与测量。检查获取定性信息,测量获取定量信息。

3. 自动检测系统

自动检测系统是自动测量、自动计量、自动保护、自动诊断、自动信号处理等诸系统的通称,通常由传感器、信号处理电路和输出单元组成,分别完成信息获取、转换、显示

