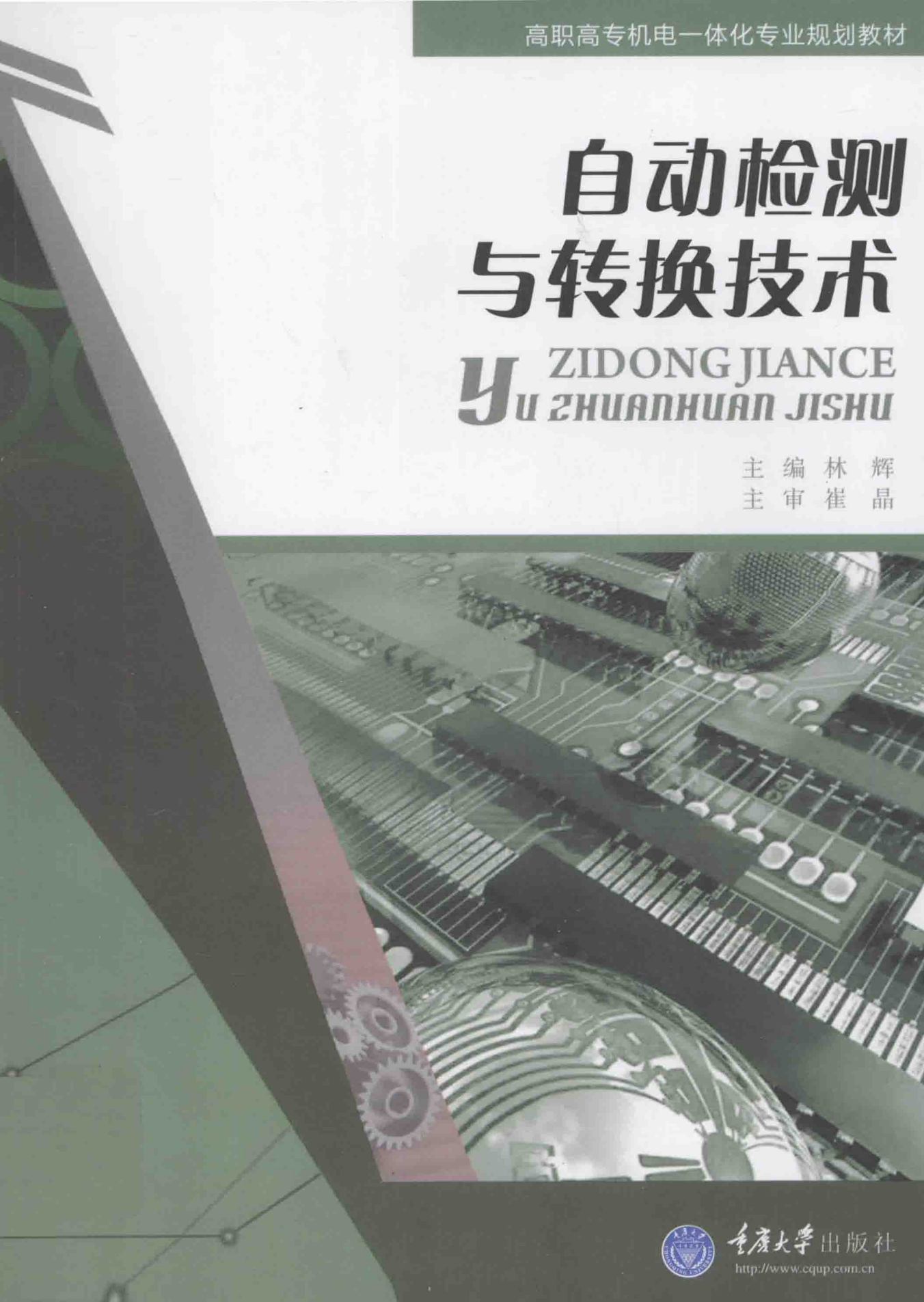


高职高专机电一体化专业规划教材

自动检测 与转换技术

YU ZIDONG JIANCE
YU ZHUANHUAN JISHU

主 编 林 辉
主 审 崔 晶



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>



高职高专机电一体化专业规划教材

电工技术

电子技术应用设计

单片机原理与接口技术


液压与气压传动应用

机电设备管理与维修

变频器基础与技能

▶ 自动检测与转换技术

电机与机床电气控制



ISBN 978-7-5624-6791-5



9 787562 467915 >

定价:25.00元

自动检测与转换技术

主 编 林 辉
主 审 崔 晶

重庆大学出版社

内容提要

本书共有9个项目。其主要内容包括:传感器与检测技术的基础知识、电阻式传感器及应用、电容式传感器及应用、电感式传感器及应用、热电偶、光电传感器、数字式传感器及应用、其他类型的传感器及现代检测技术。本书内容丰富,全面反映了自动检测技术的新动向,并注重工作过程的完整性和可操作性,突出了技能训练,以提高学生的实际操作能力。

本书可作为高职高专院校机电一体化、电气自动化、数控技术和电子信息等专业传感器与自动检测技术项目教学课程的教材,也可供相关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动检测与转换技术/林辉主编. —重庆:重庆大学出版社,2012.7

高职高专机电一体化专业规划教材

ISBN 978-7-5624-6791-5

I. ①自… II. ①林… III. ①自动检测—高等职业教育—教材 ②传感器—高等职业教育—教材 IV. ①TP274②TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第121851号

自动检测与转换技术

主 编 林 辉

主 审 崔 晶

策划编辑:周 立

责任编辑:文 鹏 姜 凤 版式设计:周 立

责任校对:谢 芳 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617183 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:275千

2012年7月第1版 2012年7月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6791-5 定价:25.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

随着现代工业的发展,生产过程自动化已成为必不可少的重要部分,其中各种常见物理量的检测方法是自动化类专业学生必须掌握的一门专业技能。在此背景下,目前各个高职院校电气自动化、机电一体化、数控技术等专业都把检测技术作为其专业基础课。作者根据我国高职高专电类专业的培养目标和要求,结合多年的教学经验和工作经验,编写了本书,旨在满足当前高职教育的需要。

本书是根据高职高专电类专业国家教学改革的需要,按照突出应用性、实际性和针对性的原则编写并重组系列课程教材结构。其特点是以项目驱动、任务导入的方式反映高职高专课程和教学内容体系的改革方向及当前教学的新内容;突出基础理论知识的应用和实践技术的培养,以适应实践的要求和岗位的需要。本书力图使高职高专电类专业学生在学完本课程后能获得具有从事生产一线的技术和运行人员所必须掌握的传感器、自动检测技术和抗干扰技术等方面的基本知识和基本应用技能。

本书着重于介绍常用传感器的工作原理、测量转换电路及其应用。在取材方面,既考虑了检测技术日新月异的发展趋势,也考虑到高职高专教育对象的实际基础水平,既有深度又有广度。因此,本书主要着眼点在于结合实际来提高高职高专学生的工艺知识水平和解决实际问题的能力,压缩了大量的理论推导,突出了高职高专教材的实用性。

本书参考学时数为60学时,各项目相对独立,不同的学校和专业使用本书时,可根据实际情况对内容进行取舍。实验和实训是本课程不可缺少的重要组成部分,使用本书时,可根据各校具体的仪器设备情况,结合教材内容弹性选择开设,以提高学生分析问题和解决问题的综合能力。

本书共有9个项目。项目1对传感器与检测技术的基础知识作了较详细的介绍;项目2~8按工作原理分类介绍各种类型传感器的基本原理、转换电路及其典型应用;项目9简单介绍现代检测技术知识。

本书由西安铁路职业技术学院林辉担任主编,并编写了绪论、项目1~4及附录,项目5由西安铁路职业技术学院武军编写,项目6由西安铁路职业技术学院张华编写,项目7由西安铁路职业技术学院王易平编写,项目8~9由西安铁路职业技术学院王安明编写,全书由林辉负责统稿。

西安铁路职业技术学院崔晶担任本书的主审,她对书稿进行了认真、负责、全面的审阅。在本书的编写过程中,还参考了部分书刊内容,并引用了一些技术资料,在此向有关作者表示衷心感谢!

由于传感器与自动检测技术发展快且更新快,加之作者水平有限,时间仓促,书中难免有不足之处,希望读者在使用本书的过程中提出宝贵意见,编者将在今后不断更新和充实本书。

编 者
2012年3月

绪 论

检测包括检查和测量两方面,是利用各种物理、化学效应,选择合适的方法与装置,将生产、科研、生活等各方面的有关信息通过检查的方法赋予定性或定量结果的过程。在自动化系统中,人们为了有目的地进行控制,首先需要通过检测获取生产流程中的各种有关信息,然后对它们进行分析、判断,以便进行自动控制。

自动检测就是在测量和检验过程中完全不需要或仅需要很少的人工干预而自动完成的检测。实现自动检测可以提高自动化的水平和程度,减少人为干扰因素或人为差错,提高生产过程或设备的可靠性和运行效率。

(1) 检测技术的地位与作用

在工程技术领域中,工程研究、产品开发、生产监督、质量控制和性能试验等,都离不开检测技术。在机械制造行业中,通过对机床的许多静态、动态参数,如工件的加工精度、切削速度、床身振动等进行在线检测,从而控制加工质量。在化工、电力等生产过程中,温度、压力、流量、液位等过程参数的检测是实现生产过程自动化的基础。在工业机器人中,自动检测技术应用于手臂的位置和角度;传感器应用于视觉和触觉,机器人成本的 1/2 是耗费在高性能的传感器上。

在国防领域,检测技术应用得更多,例如,利用红外探测可以发现地形、地物及敌方各种军事目标,若研究飞机的强度,就要在机身、机翼上贴上几百片应变片进行动态测量;在交通领域,例如,汽车的行驶速度、行驶距离、发动机旋转速度以及燃料剩余量等有关参数都需要自动检测,汽车防滑控制、防盗、防抱死、排气循环、电子变速控制等装置都应用了检测技术;在日常生活中,家用电器都离不开检测技术,例如,自动洗衣机、空调机、电子热水器、吸尘器、照相机、音像设备等都应用了检测技术。

总之,自动检测技术已广泛应用于工业、国防、交通、生活等各个方面,成为国民经济发展和进步的一项必不可少的重要基础技术,也可以说自动检测技术直接影响着人类文明发展和进步。

(2) 自动检测系统的组成

自动检测系统需要若干仪器仪表以及附加设备构成一个有机整体,完成检测任务。自动检测系统应能完成对被测对象进行变换、分析、处理、判断、比较、存储、控制及显示等功能。一个完整的自动检测系统如图 0.1 所示,它包括传感器、测量电路、记录仪、显示器、数据处理装置和执行机构。

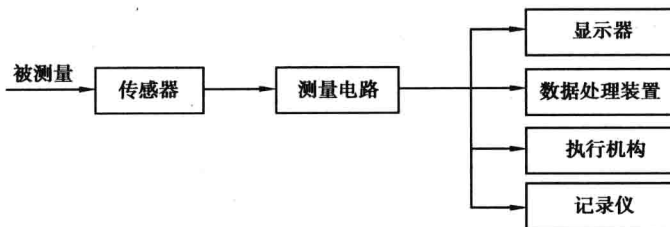
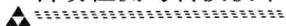


图 0.1 自动检测系统组成框图

①传感器:传感器是能感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。因此传感器是一种获得信息的手段,它在自动检测系统中占有重要的位置。它获得信息正确与否,关系到整个测量系统的精度,如果传感器的误差很大,后面的测量电路、放大器、指示仪等的精度再高也难以提高测量系统的精度。

②测量电路:测量电路要实现的功能是把传感器的输出信号转换成电压或电流信号,使其能在指示仪上指示或在记录仪中记录。测量电路的种类常由传感器的类型而定,如电阻式传感器采用一个电桥电路把电阻值转换成电流或电压输出,因此它属于信号的转换部分。由于测量电路的输出信号一般比较小,为了能使指示仪工作或记录机构运动,常常要将信号加以放大,所以在测量电路中一般还带有放大器。

③显示器:目前常用的显示器有 4 类,包括模拟显示、数字显示、图像显示及记录仪。模拟量是连续变化的量,模拟显示是利用指针对标尺的相对位置来表示读数的,常见的有指针表、模拟光柱等。

数字显示目前多采用发光二极管 LED 和液晶显示器 LCD 等,以数字的形式来显示读数。前者亮度高、耐振动,可适应较宽的温度范围;后者耗电小、集成度高。目前还研制出了带背光板的 LCD,便于在夜间观看。

图像显示是用 CRT 或彩色 LCD 来显示读数或被测参数的变化曲线,有时还可以用图表或彩色图等形式来反映整个生产线上的多组数据。

④记录仪:主要是用来记录被检测对象的动态变化过程。常用的记录仪有笔式记录仪、高速打印机、绘图仪、数字存储器、磁带记录仪、无纸记录仪等。

⑤数据处理装置:用来对测试所得的实验数据进行处理运算、逻辑判断、线性变换。对动态测试结果做频谱分析(幅值谱分析、功率谱分析)、相关分析等,完成这些工作必须采用计算机技术。

⑥执行机构:所谓执行机构通常是指各种继电器、电磁铁、电磁阀、电磁调节阀、伺服电动机等,它们在电路中起通断、控制、调节、保护等作用。许多检测系统能输出与被测量有关的电流或电压信号,从而驱动这些执行机构。

(3) 检测与转换技术的发展方向

检测技术所涉及的知识非常广泛,渗透到各个学科领域。由于科学和技术的发展,自动化程度越来越高,因而对自动检测系统的要求越来越高,促使自动检测系统的研究向着研制“在线”监测和控制,检测系统小型化、一体化及智能化,以及研究故障检测系统的方向发展。当前,检测技术的发展主要表现在以下几个方面。

①不断提高监测系统的测量精度、可靠性、稳定性、抗干扰性及使用寿命。近年来,随着

科学技术的不断发展,要求测量精度、可靠性和稳定性等尽可能的高。为了使自动检测装置适应在各种复杂条件下可靠工作,要求研制的检测系统具有较高的抗干扰能力和适应生产要求较长的使用寿命。

②发展小型化、集成化、多功能化、多维化、智能化和高性能、扩大量程范围的检测装置。随着半导体材料的研究和新工艺的进展,已研制出了一批新型半导体传感器;同时将传感器、放大器、温度补偿电路等集成于同一芯片上,构成“材料—器件—电路—系统”一体化,进一步增加检测系统的抗干扰能力。

自微处理器问世并迅速应用以来,测量系统、控制技术、显示和记录装置也在向数字化、智能化方向发展,使得自动检测技术须具有精确检测及数据处理等功能,以提高检测精度和可靠性,从而扩展检测功能。另外,监测系统趋于多维化,对于测量信息的采集不是局限于某一点,而是能在较宽范围内立体获得信息且具有较高的空间分辨率,即从“计量”向状态识别靠近。

③应用新技术和新物理效应,扩大检测领域的应用。检测原理大多以各种物理效应为基础。近代物理学的进展,对仿生学的研究,仿造生物感觉功能的新型传感器的开发应用,使得检测技术的应用领域更广阔。如今的检测领域正向着整个社会需要的各个方面扩展,不仅用在工业部门,而且也涉及工程、海洋开发、宇宙航行等尖端科学技术和新能源等新型工业领域,生物、医疗、环境检测、危险品和毒品的侦查、安全检测方面,同时也已渗入人类日常生活的方方面面。

④网络化传感器及检测系统逐步发展。在“信息时代”社会里,本着资源共享的原则,信息网络化蓬勃发展。为了能随时随地浏览和控制现场工况,要求传感器及检测系统具有能符合某种协议格式的信息采集及传输功能。即通过局域网、互联网等实现异地的数据交换和共享,从而实现远程调试、远程故障诊断、远程数据采集和实时操作,构成网络化的检测系统。

总之,检测与转换技术的不断发展是为了适应国民经济发展的需要,取得的进展十分引人注目,未来将会有更大的发展。

(4)课程的任务和学习方法

本课程的任务是:在研究各种传感器基本原理的基础上,逐一分析各种传感器是如何将非电量转换为电学量,培养学生具备常用传感器及测量电路的基本知识和基本技能,具有使用和调整电气设备控制系统中传感器及测量电路的能力,培养辩证思维的方法,增强职业素养,使之成为机电技术应用专业的高素质技能型专门人才。

本课程涉及的学科面广,要求学生既要有广博的基础知识,又要有较深入的专业知识,同时还应具备电子电路制作的基本技能和制作技巧。学好这门课程的关键在于理论联系实际,要举一反三,富于联想,善于借鉴,关心和观察周围的各种机械、电气、家用电器等设备,重视实验和实训。这样才能学得活、学得好,才有利于提高解决实际问题的能力。

目 录

绪 论	1
项目 1 传感器与检测技术的基础知识	4
任务 1.1 测量的基本概念	4
任务 1.2 测量误差及分类	6
任务 1.3 传感器及其基本特性	9
任务 1.4 传感器信号处理电路	12
任务 1.5 抗干扰技术	19
项目小结	22
知识拓展	23
思考与练习	25
项目 2 电阻式传感器及应用	26
任务 2.1 电阻应变片传感器	26
任务 2.2 电位器式传感器	32
任务 2.3 热电阻式传感器	36
项目小结	41
知识拓展	41
思考与练习	46
项目 3 电容式传感器及应用	48
任务 3.1 电容式传感器的工作原理及其结构形式	48
任务 3.2 电容式传感器测量转换电路	54
项目小结	57
知识拓展	58
思考与练习	59
项目 4 电感式传感器及应用	60
任务 4.1 自感式传感器	60
任务 4.2 差动变压器式传感器	66
任务 4.3 电涡流式传感器	70
项目小结	73
知识拓展	74
思考与练习	75
项目 5 热电偶	76
项目小结	83



知识拓展	83
思考与练习	84
项目 6 光电传感器	86
任务 6.1 光敏传感器	86
任务 6.2 光电池	92
任务 6.3 光电管	96
项目小结	98
知识拓展	99
思考与练习	102
项目 7 数字式传感器及应用	103
任务 7.1 角度编码器	103
任务 7.2 光栅传感器	106
任务 7.3 感应同步器	110
项目小结	115
知识拓展	116
思考与练习	118
项目 8 其他类型的传感器	119
任务 8.1 霍尔传感器	119
任务 8.2 压电传感器	125
任务 8.3 超声波传感器	130
项目小结	133
知识拓展	133
思考与练习	137
项目 9 现代检测技术	138
项目小结	153
知识拓展	153
思考与练习	159
附录	160
附录 1 几种常见传感器的性能比较	160
附录 2 工业热电阻分度表	162
附录 3 镍铬—镍硅热电偶分度表(自由端温度为 0 ℃)	164
附录 4 常用传感器中英文对照表	166
参考文献	167

绪 论

检测包括检查和测量两方面,是利用各种物理、化学效应,选择合适的方法与装置,将生产、科研、生活等各方面的有关信息通过检查的方法赋予定性或定量结果的过程。在自动化系统中,人们为了有目的地进行控制,首先需要通过检测获取生产流程中的各种有关信息,然后对它们进行分析、判断,以便进行自动控制。

自动检测就是在测量和检验过程中完全不需要或仅需要很少的人工干预而自动完成的检测。实现自动检测可以提高自动化的水平和程度,减少人为干扰因素或人为差错,提高生产过程或设备的可靠性和运行效率。

(1) 检测技术的地位与作用

在工程技术领域中,工程研究、产品开发、生产监督、质量控制和性能试验等,都离不开检测技术。在机械制造行业中,通过对机床的许多静态、动态参数,如工件的加工精度、切削速度、床身振动等进行在线检测,从而控制加工质量。在化工、电力等生产过程中,温度、压力、流量、液位等过程参数的检测是实现生产过程自动化的基础。在工业机器人中,自动检测技术应用于手臂的位置和角度;传感器应用于视觉和触觉,机器人成本的 1/2 是耗费在高性能的传感器上。

在国防领域,检测技术应用得更多,例如,利用红外探测可以发现地形、地物及敌方各种军事目标,若研究飞机的强度,就要在机身、机翼上贴上几百片应变片进行动态测量;在交通领域,例如,汽车的行驶速度、行驶距离、发动机旋转速度以及燃料剩余量等有关参数都需要自动检测,汽车防滑控制、防盗、防抱死、排气循环、电子变速控制等装置都应用了检测技术;在日常生活中,家用电器都离不开检测技术,例如,自动洗衣机、空调机、电子热水器、吸尘器、照相机、音像设备等都应用了检测技术。

总之,自动检测技术已广泛应用于工业、国防、交通、生活等各个方面,成为国民经济发展和社会进步的一项必不可少的重要基础技术,也可以说自动检测技术直接影响着人类文明发展和进步。

(2) 自动检测系统的组成

自动检测系统需要若干仪器仪表以及附加设备构成一个有机整体,完成检测任务。自动检测系统应能完成对被测对象进行变换、分析、处理、判断、比较、存储、控制及显示等功能。一个完整的自动检测系统如图 0.1 所示,它包括传感器、测量电路、记录仪、显示器、数据处理装置和执行机构。

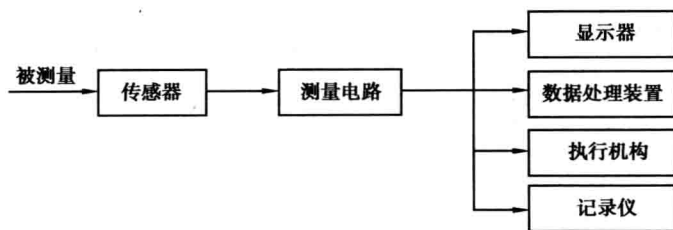
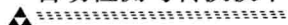


图 0.1 自动检测系统组成框图

①**传感器**:传感器是能感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。因此传感器是一种获得信息的手段,它在自动检测系统中占有重要的位置。它获得信息的正确与否,关系到整个测量系统的精度,如果传感器的误差很大,后面的测量电路、放大器、指示仪等的精度再高也难以提高测量系统的精度。

②**测量电路**:测量电路要实现的功能是把传感器的输出信号转换成电压或电流信号,使其能在指示仪上指示或在记录仪中记录。测量电路的种类常由传感器的类型而定,如电阻式传感器采用一个电桥电路把电阻值转换成电流或电压输出,因此它属于信号的转换部分。由于测量电路的输出信号一般比较小,为了能使指示仪工作或记录机构运动,常常要将信号加以放大,所以在测量电路中一般还带有放大器。

③**显示器**:目前常用的显示器有 4 类,包括模拟显示、数字显示、图像显示及记录仪。模拟量是连续变化的量,模拟显示是利用指针对标尺的相对位置来表示读数的,常见的有指针表、模拟光柱等。

数字显示目前多采用发光二极管 LED 和液晶显示器 LCD 等,以数字的形式来显示读数。前者亮度高、耐振动,可适应较宽的温度范围;后者耗电小、集成度高。目前还研制出了带背光板的 LCD,便于在夜间观看。

图像显示是用 CRT 或彩色 LCD 来显示读数或被测参数的变化曲线,有时还可以用图表或彩色图等形式来反映整个生产线上的多组数据。

④**记录仪**:主要是用来记录被检测对象的动态变化过程。常用的记录仪有笔式记录仪、高速打印机、绘图仪、数字存储器、磁带记录仪、无纸记录仪等。

⑤**数据处理装置**:用来对测试所得的实验数据进行处理运算、逻辑判断、线性变换。对动态测试结果做频谱分析(幅值谱分析、功率谱分析)、相关分析等,完成这些工作必须采用计算机技术。

⑥**执行机构**:所谓执行机构通常是指各种继电器、电磁铁、电磁阀、电磁调节阀、伺服电动机等,它们在电路中起通断、控制、调节、保护等作用。许多检测系统能输出与被测量有关的电流或电压信号,从而驱动这些执行机构。

(3) 检测与转换技术的发展方向

检测技术所涉及的知识非常广泛,渗透到各个学科领域。由于科学和技术的发展,自动化程度越来越高,因而对自动检测系统的要求越来越高,促使自动检测系统的研究向着研制“在线”监测和控制,检测系统小型化、一体化及智能化,以及研究故障检测系统的方向发展。当前,检测技术的发展主要表现在以下几个方面。

①**不断提高监测系统的测量精度、可靠性、稳定性、抗干扰性及使用寿命**。近年来,随着

科学技术的不断发展,要求测量精度、可靠性和稳定性等尽可能的高。为了使自动检测装置适应在各种复杂条件下可靠工作,要求研制的检测系统具有较高的抗干扰能力和适应生产要求较长的使用寿命。

②发展小型化、集成化、多功能化、多维化、智能化和高性能、扩大量程范围的检测装置。随着半导体材料的研究和新工艺的进展,已研制出了一批新型半导体传感器;同时将传感器、放大器、温度补偿电路等集成于同一芯片上,构成“材料—器件—电路—系统”一体化,进一步增加检测系统的抗干扰能力。

自微处理器问世并迅速应用以来,测量系统、控制技术、显示和记录装置也在向数字化、智能化方向发展,使得自动检测技术须具有精确检测及数据处理等功能,以提高检测精度和可靠性,从而扩展检测功能。另外,监测系统趋于多维化,对于测量信息的采集不是局限于某一点,而是能在较宽范围内立体获得信息且具有较高的空间分辨率,即从“计量”向状态识别靠近。

③应用新技术和新物理效应,扩大检测领域的应用。检测原理大多以各种物理效应为基础。近代物理学的进展,对仿生学的研究,仿造生物感觉功能的新型传感器的开发应用,使得检测技术的应用领域更广阔。如今的检测领域正向着整个社会需要的各个方面扩展,不仅用在工业部门,而且也涉及工程、海洋开发、宇宙航行等尖端科学技术和新能源等新型工业领域,生物、医疗、环境检测、危险品和毒品的侦查、安全检测方面,同时也已渗入人类日常生活的方方面面。

④网络化传感器及检测系统逐步发展。在“信息时代”社会里,本着资源共享的原则,信息网络化蓬勃发展。为了能随时随地浏览和控制现场工况,要求传感器及检测系统具有能符合某种协议格式的信息采集及传输功能。即通过局域网、互联网等实现异地的数据交换和共享,从而实现远程调试、远程故障诊断、远程数据采集和实时操作,构成网络化的检测系统。

总之,检测与转换技术的不断发展是为了适应国民经济发展的需要,取得的进展十分引人注目,未来将会有更大的发展。

(4)课程的任务和学习方法

本课程的任务是:在研究各种传感器基本原理的基础上,逐一分析各种传感器是如何将非电量转换为电学量,培养学生具备常用传感器及测量电路的基本知识和基本技能,具有使用和调整电气设备控制系统中传感器及测量电路的能力,培养辩证思维的方法,增强职业素养,使之成为机电技术应用专业的高素质技能型专门人才。

本课程涉及的学科面广,要求学生既要有广博的基础知识,又要有较深入的专业知识,同时还应具备电子电路制作的基本技能和制作技巧。学好这门课程的关键在于理论联系实际,要举一反三,富于联想,善于借鉴,关心和观察周围的各种机械、电气、家用电器等设备,重视实验和实训。这样才能学得活、学得好,才有利于提高解决实际问题的能力。

项目 1

传感器与检测技术的基础知识

【项目描述】在生产过程中有各种各样的参数需要进行检测和控制,能从被检测的参量中提取有用信息(它往往是电学量),并且有时还将它转换成易于传递和处理的电信号,将其称为传感器。检测系统的主要组成部分之一是测量,人们常采用各种测量手段来获取所研究对象在数量上的信息。现代社会要求测量必须达到准确度高、误差极小、速度更快、可靠性更高等目标。为此要求测量的方法精益求精。

本项目含5个任务,即测量的基本概念,测量误差及分类,传感器及其基本特性,传感器信号处理电路和抗干扰技术。

【学习目标】了解测量的定义及内容;掌握直接测量和间接测量法;了解测量的误差及分类;掌握仪表精确度与分辨率的计算;了解测量结果的分析及处理;了解传感器的定义及组成;掌握传感器的基本特性;了解信号处理与变换的目的、基本方法;掌握常用的电桥测量电路;对信号放大电路、信号滤波电路、信号转换电路有一定的认识;掌握常用的抗干扰措施。

【技能目标】对自动检测系统有初步的认识,能根据实际检测装置的应用来掌握自动检测系统的组成;学会处理测量数据、计算误差,根据精度要求合理选用仪表;根据实际要求选择合适的传感器;根据实际要求、传感器输出信号的特性、工作方式及系统要求对传感器输出信号进行简单的处理和转换,会采取一定的抗干扰措施。

任务 1.1 测量的基本概念

【活动情景】人们在认识自然界的进程中,从各个不同方面采用各种不同的方法进行观察和研究自然界各种现象的发展变化规律。其中常用的方法是收集研究对象在数量上的信息,即对研究对象进行测量。通过测量取得被测对象某个量的大小和符号,或者取得一个变量与另一个变量之间的关系,如变化曲线、图表等,从而掌握被测对象的特性、规律或控制某个过程等。

【任务要求】通过对测量定义及内容的学习,建立测量的基本认识。

【基本活动】

1.1.1 测量的定义

测量就是借助于专门的技术工具或手段,通过实验的方法,把被测量与同性质的标准量进行比较,求取两者比值,从而得到被测量数值大小的过程。其数学表达式为

$$x = A_x A_e \quad (1.1)$$

式中 x ——被测量;

A_e ——测量的单位名称;

A_x ——被测量的数据。

式(1.1)称为测量的基本方程式。它说明被测量数值的大小与测量单位有关,单位愈小数值愈大。因此,一个完整的测量结果应包含测量值 A_x 和所选测量单位 A_e 两部分内容。

测量的目的是为了准确地获取表征被测对象特征的某些参数的定量信息。然而测量过程中难免要存在各种误差,因此测量结果不仅要能确定被测量的大小,或与另一变量的相互关系,而且要说明其误差的大小,给出可信程度。这就需要对实验结果进行数据处理与误差分析。只有如此,才能掌握被测对象的特性和规律,以控制某一过程,或对某事作出决策。

综上所述,测量技术的含义可包括下述全过程:按照被测对象的特点,选用合适的测量仪器与实验方法;通过测量数据的处理和误差分析,准确得到被测量的数值;为提高测量精度改进实验方法及测量仪器,从而为生产过程的自动化等提供可靠的依据。

1.1.2 测量的单位

数值为1的某量,称为该量的测量单位或计量单位。由于测量单位是人为定义的,故带有任意性、地区性和习惯性。因此,单位的统一既是必要的又是艰巨的。统一的单位将给人们的生活、生产和科学技术的发展带来极大的方便。我国早在秦朝就有了“统一度量衡”的创举。1984年2月27日国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,并同时颁布了《中华人民共和国法定计量单位》,它以国际单位为基础并保留了一些暂时并用单位。

国际(SI)单位制是1960年第十一届国际计量大会通过的,它包括SI单位、SI词头和SI单位的十进制倍数单位。其中SI单位包括基本单位、辅助单位和导出单位。

基本单位有7个:长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量和光强度,它们都经过严格的定义,是SI单位制的基础。辅助单位有两个:平面角和立体角,是指尚未规定属于基本单位还是导出单位,可以用来构成导出单位。导出单位是由基本单位根据选定的、联系相应量的代数式组合起来的单位。此外,还有具有专门名称的单位,如牛[顿],以及用专门名称导出的单位。单位的符号用拉丁字母表示,一般用小写体,但具有专门名称的单位符号用大写体,符号后面都不加标点。

国际单位制规定了SI单位的十倍率倍数和分数单位的词冠和符号。

【技能训练】了解测量方法的分类,选用几种测量方法进行训练。

测量方法是指被测量与其单位进行比较的实验方法。按不同的分类方法进行分类可得到不同的分类结果。

①根据测量的手段分类,可分为直接测量与间接测量。

直接测量是指用仪表测量,测量值就是被测值。例如,用电流表测量电流,用电桥测量电阻等。这种方式简单方便,但它的准确程度受所用仪表误差的限制。如果被测量不能直接测量,或直接测量该被测量的仪器不够准确,那么利用被测量与某种中间量之间的函数关系,先测出中间量,然后通过计算公式,算出被测的值,这种方式称为间接测量。例如,用伏安法测电阻,就是利用测量出的电压与电流的值,通过欧姆定律间接算出电阻的值。

②根据被测量是否随时间变化,可分为静态测量和动态测量。

静态测量是指被测量是恒定的,如测物体的重量就属于静态测量。动态测量是指被测量随时间变化而变化,如用光导纤维陀螺仪测量火箭的飞行速度、方向就属于动态测量。

③根据被测量结果的显示方式,可分为模拟式测量和数字式测量。

被测量连续变化的量是模拟量,模拟式测量易受噪声和干扰的影响。数字式仪器用数码显示结果,读数方便,不易读错。要求精密测量时绝大多数采用数字式测量。

④根据测量时是否与被测对象接触,可分为接触式测量和非接触式测量。

例如,用热电偶插入液体测温度就是接触式测量,用红外线温度仪测食品的温度就是非接触式测量。

⑤根据是否在生产线上检测,可分为在线检测和离线检测。

在线检测即实时检测,如在加工过程中实时对刀具进行检测,并依据测量的结果作出相应的处理。离线检测无法实时监控生产质量。

任务 1.2 测量误差及分类

【活动情景】测量的目的是希望得到被测物的真实量值(真值),但是在测量中无论如何都不能绝对精确地测得被测量的真值,总会出现相应误差。这是因为检测系统(仪表)不可能绝对精确、测量原理的局限、测量方法的不尽完善、环境因素和外界干扰的存在以及测量过程可能会影响被测对象的原有状态等。

【任务要求】分析误差产生的原因,对测量仪表进行正确的选择。

【基本活动】

1.2.1 测量误差的定义

测量结果受到各种因素的影响,例如,在温度测量时,热量可以通过温度传感器从被测量物体上传导出来,从而使其温度下降,因而测量结果所反映的并不是被测对象的本来面貌,而只是一种近似,所以测量结果不可能准确地等于被测量的真值。任何一个量的绝对准确值只是一个理论概念,称为这个量的真值。所谓真值,是指在一定的时间及空间条件下,某物理量所体现的真实数值。真值在实际中永远无法测量出来,只能求得与被测量真值的逼近值,在合理的条件下,这个值越逼近真值越好。为了实际使用的方便,通常用“约定真值”来代替“真值”。所谓“约定真值”,指的是与真值的差可以忽略且可以代替真值的值。

在实际中,用测量仪表对被测量进行测量时,测量结果与被测量的约定真值之间的差值就称为测量误差。