



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

检测技术

◎主编 王海文 王虹元 尚靖函

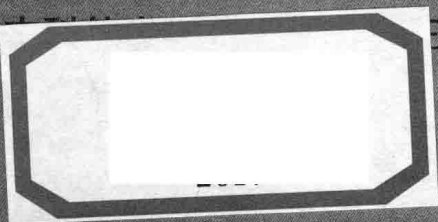


华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



应用型本科“十三五”规划教材



检测技术



主 编 王海文 王虹元 尚靖函
副主编 李富强 黄梅志 于 智 冯家乐
肖 杨 罗文军
参 编 李政莹 王 兴 叶沛鑫 王艺菲



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

检测技术是一门集通信技术、仪表技术、计算机技术,以及误差理论、信号处理、信号与系统等于一体的跨学科的专业技术课程。本书以注重学科基础为宗旨,系统地介绍了检测技术方面的知识。全书分为9章,主要内容包括绪论、检测系统基本特性、信号及其描述、无源传感器、有源传感器、数字式传感器与新型传感器、测量误差、测量信号调理、现代测试系统,目的是使读者了解检测技术相关知识。

本书注重理论和实际应用相结合,内容由浅入深,通俗易懂,各章配有适量的习题,既便于教学又利于自学,可作为高等院校本科自动化专业、机械类各专业的教材,也可作为各类院校专科层次相关专业类似课程的选用教材,并可作为从事自动化、机械工程等工程技术人员的参考书。

为了方便教学,本书配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发送邮件至 hustpeit@163.com 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

检测技术/王海文,王虹元,尚靖函主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.6
应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-2856-1

I. ①检… II. ①王… ②王… ③尚… III. ①技术测量-高等学校-教材 IV. ①TG806

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 108364 号

检测技术

Jiance Jishu

王海文 王虹元 尚靖函 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:段亚萍

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:仙桃市新华印务有限责任公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.25

字 数:371千字

版 次:2017年6月第1版第1次印刷

定 价:35.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

人类经历了千百年的探索与奋斗,陆续发明了各种各样的传感器、探测器及检测装置和监控系统等,逐步实现了人类对感觉器官的能力扩展。检测技术是信息技术的核心技术之一。随着微型计算机技术的发展及其在工业和控制中的广泛应用,检测技术发生了深刻的变化,目前已经进入智能化阶段。在当今信息化时代,人们所从事的生产和科研活动可归纳为对信息资源的开发、传输、处理和获取。作为信息技术三大支柱之一的检测技术,越来越被人们所重视,并深深地渗透到人类的科学研究、工程实践和日常生活的各个方面。“科学是从测量开始的”“没有检测技术就没有现代科学技术”已成为人们的共识,检测技术与系统的研究已成为工程界和科学界所普遍关注的重要问题。因此,了解和熟悉检测技术与系统的工作原理、设计方法、发展方向等都是十分重要和必要的。

检测技术的应用领域十分广泛,科学技术与生产力水平的高度发达,要求有更先进的检测技术与测量仪器作为基础。检测技术与工程实践密切联系,科学技术的发展促进了检测技术的进步,检测技术的进步又促进了科学技术水平的提高,二者相互促进,推动社会生产力不断进步。

本书以注重学科基础为宗旨,系统地介绍了检测技术方面的知识,主要内容包括绪论、检测系统基本特性、信号及其描述、无源传感器、有源传感器、数字式传感器与新型传感器、测量误差、测量信号调理、现代测试系统等。

本书注重理论和实际应用相结合,内容由浅入深,通俗易懂,各章配有适量的习题,既便于教学又利于自学。本书可作为高等院校本科自动化专业、机械类各专业的教材,也可作为各类院校专科层次相关专业类似课程的选用教材,并可作为从事自动化、机械工程等工程技术人员的参考书。本书在教学使用过程中,可根据专业特点和课时安排选取教学内容。

全书由大连工业大学王海文、大连工业大学艺术与信息工程学院王虹元、尚靖函担任主编,中国矿业大学徐海学院李富强、武汉华夏理工学院黄梅志、辽宁轻工职业学院于智、南宁学院冯家乐、大连工业大学艺术与信息工程学院肖杨、桂林航天工业学院罗文军担任副主编,共9章:王海文编写第4章,王虹元编写第2章,尚靖函编写第1章,李富强编写第5章,黄梅志编写第3章,于智编写第

6 章,冯家乐编写第 8 章,肖杨编写第 9 章,罗文军编写第 7 章。李政莹、于佳兴、叶沛鑫、王艺菲协助进行了资料编写的整理工作。

在本书编写的过程中,参考了兄弟院校的相关资料及其他相关教材,并得到了许多同人的关心和帮助,在此谨致谢意。

为了方便教学,本书配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发送邮件至 hust-peiiit@163.com 免费索取。

限于篇幅及编者的业务水平,本书在内容上若有疏漏和欠妥之处,竭诚希望同行和读者赐予宝贵的意见。

编 者

2017 年 5 月

目 录

CONTENTS

第1章 绪论	(1)
1.1 检测的基本概念	(1)
1.2 检测技术研究的主要内容	(1)
1.3 检测技术与检测系统的发展趋势	(2)
第2章 检测系统的基本特性	(5)
2.1 检测系统概述	(5)
2.2 检测系统的组成	(6)
2.3 检测系统的静态特性	(8)
2.3.1 静态特性的性能指标	(8)
2.3.2 检测系统的静态标定	(11)
2.3.3 静态特性的测试	(11)
2.4 检测系统的动态特性	(12)
2.4.1 微分方程	(12)
2.4.2 传递函数	(12)
2.4.3 频率响应函数	(13)
2.4.4 动态特性的测试	(16)
2.5 检测系统不失真测量条件	(18)
第3章 信号及其描述	(21)
3.1 信号的分类与描述	(21)
3.1.1 确定性信号	(21)
3.1.2 随机信号	(22)
3.1.3 连续信号与离散信号	(22)
3.1.4 信号的描述和评价	(23)
3.2 周期信号与离散频谱	(25)
3.2.1 傅里叶级数的三角函数展开式	(25)
3.2.2 傅里叶级数的复指数函数展开式	(26)
3.2.3 周期信号的强度表述	(29)
3.3 瞬变信号与连续频谱	(31)
3.3.1 傅里叶变换	(31)

3.3.2	傅里叶变换的主要性质	(34)
3.3.3	几种典型瞬变信号的频谱	(37)
第4章	无源传感器	(43)
4.1	无源传感器概述	(43)
4.1.1	传感器的定义与组成	(43)
4.1.2	传感器的地位和作用	(44)
4.1.3	传感器的分类	(44)
4.1.4	传感器的发展方向	(46)
4.2	电阻式传感器	(47)
4.2.1	电阻应变式传感器	(47)
4.2.2	压阻式传感器	(57)
4.2.3	热电阻式传感器	(59)
4.2.4	光敏电阻	(64)
4.2.5	气敏电阻	(68)
4.2.6	湿敏传感器	(69)
4.3	电容式传感器	(74)
4.3.1	电容式传感器的工作原理及分类	(74)
4.3.2	电容式传感器的等效电路	(76)
4.3.3	电容式传感器的测量电路	(77)
4.3.4	电容式传感器的应用	(78)
4.4	电感式传感器	(81)
4.4.1	自感式传感器	(81)
4.4.2	互感式传感器	(88)
4.4.3	电涡流式传感器	(91)
第5章	有源传感器	(100)
5.1	热电偶温度传感器	(100)
5.1.1	热电效应	(100)
5.1.2	热电偶的基本定律	(102)
5.1.3	热电偶冷端温度误差及补偿	(102)
5.1.4	热电偶的分类	(105)
5.1.5	热电偶测温电路	(106)
5.2	压电式传感器	(107)
5.2.1	压电式传感器的工作原理	(107)
5.2.2	压电式传感器的等效电路和测量电路	(109)
5.2.3	压电式传感器的应用	(113)
5.3	磁电感应式传感器	(115)
5.3.1	恒磁通磁电式传感器	(115)
5.3.2	变磁通磁电式传感器	(116)
5.3.3	磁电式传感器的动态特性	(117)
5.4	光电式传感器	(118)
5.4.1	光电效应	(118)
5.4.2	光电元件	(119)
5.4.3	光电式传感器的应用	(124)

5.5	超声波传感器	(125)
5.6	红外探测器及其应用	(127)
5.6.1	热探测器	(127)
5.6.2	光子探测器	(128)
5.6.3	红外探测器的应用	(129)
第6章	数字式传感器与新型传感器	(132)
6.1	数字式传感器概述	(132)
6.2	编码器	(133)
6.2.1	光电式编码器的结构与分类	(133)
6.2.2	光电式编码器的工作原理	(134)
6.3	光栅式传感器	(135)
6.3.1	光栅的结构和类型	(135)
6.3.2	光栅式传感器的工作原理	(136)
6.4	感应同步器	(139)
6.4.1	感应同步器的类型及其结构	(139)
6.4.2	感应同步器的工作原理	(141)
6.4.3	输出信号处理	(143)
6.4.4	感应同步器的应用	(143)
6.5	磁栅式传感器	(144)
6.5.1	磁栅式传感器的工作原理	(144)
6.5.2	信号处理	(145)
6.5.3	磁栅式传感器的应用	(147)
6.6	容栅式传感器	(147)
6.6.1	容栅式传感器的基本结构及工作原理	(147)
6.6.2	容栅式传感器的特点	(148)
6.6.3	容栅式传感器的信号处理方式	(148)
6.6.4	容栅式传感器的应用	(151)
6.7	光纤传感器	(151)
6.7.1	光纤传感器的分类	(151)
6.7.2	光纤导光原理	(152)
6.7.3	光纤传感器的应用	(153)
6.7.4	光纤传感器的特点	(154)
第7章	测量误差	(156)
7.1	误差概述	(156)
7.1.1	误差的基本概念	(156)
7.1.2	误差的表示方法	(157)
7.1.3	误差的来源	(158)
7.1.4	测量误差的分类	(159)
7.2	系统误差	(160)
7.2.1	系统误差的特点及变化规律	(160)
7.2.2	系统误差的判别	(160)
7.2.3	系统误差的消除	(162)
7.3	随机误差	(163)

7.3.1	随机误差的特征和概率分布	(163)
7.3.2	等精度测量随机误差的数据处理	(164)
7.3.3	不等精度测量随机误差的数据处理	(167)
7.4	粗大误差	(168)
7.4.1	莱以特准则	(168)
7.4.2	格拉布斯准则	(168)
7.5	测量误差的合成	(169)
7.5.1	系统误差的合成	(170)
7.5.2	随机误差的合成	(172)
7.5.3	系统误差与随机误差的合成	(172)
第8章	测量信号调理	(174)
8.1	电桥	(174)
8.1.1	直流电桥	(174)
8.1.2	交流电桥	(177)
8.1.3	带感应耦合臂的电桥	(179)
8.2	信号放大电路	(179)
8.2.1	测量放大器	(179)
8.2.2	程控增益放大器	(181)
8.2.3	隔离放大器	(184)
8.3	滤波器	(185)
8.3.1	滤波器概述	(185)
8.3.2	滤波器性能分析	(186)
8.3.3	实际滤波电路	(187)
8.3.4	带通滤波器在信号频率分析中的应用	(189)
8.4	调制与解调	(192)
8.4.1	幅度调制与解调	(192)
8.4.2	频率调制与解调	(194)
第9章	现代测试系统	(197)
9.1	现代测试系统概述	(197)
9.2	智能仪器	(197)
9.3	虚拟仪器	(198)
9.3.1	虚拟仪器概述	(198)
9.3.2	硬件构成	(201)
9.3.3	虚拟仪器的软件实现	(202)
9.3.4	虚拟仪器的应用	(204)
9.4	无线传感器网络	(205)
9.4.1	无线传感器网络的发展历程	(205)
9.4.2	ZigBee 技术	(209)
9.4.3	ZigBee 技术在无线传感器网络中的应用	(212)
9.4.4	无线传感器网络的应用	(215)
9.5	微型仪器	(217)
参考文献		(219)

第1章 绪论

1.1 检测的基本概念

1. 检测的定义

检测(detection)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与测量的方法赋予定性或定量结果的过程。能够自动地完成整个检测处理过程的技术称为自动检测与转换技术。

在信息社会的一切活动领域中,从日常生活、生产活动到科学实验,时时处处都离不开检测。现代化的检测手段在很大程度上决定了生产、科学技术的发展水平,而科学技术的发展又为检测技术提供了新的理论基础和制造工艺,同时对检测技术提出了更高的要求。

2. 检测的地位与作用

世上万物千差万别,含有大量的信息。无论是现代化大生产、科学研究,还是人们的日常生活、医疗保健、所处环境,无不包含着大量的有用信息。正像物质和能源是人类生存和发展所必需的资源一样,信息也是一种不可缺少的资源。物质提供各种各样有用的材料,能源提供各种形式的动力,而信息向人类所提供的则是无穷无尽的知识与智慧。信息化是当今社会的一大特征,检测技术作为信息科学的一个分支起着越来越重要的作用。我国著名科学家钱学森院士指出:新技术革命的关键技术是信息技术,信息技术由测量技术、计算机技术、通信技术三部分组成,测量技术是关键和基础。因为检测技术除了能为相关学科分支提供所需的信息原材料外,它本身也将信息的采集、调理、处理、控制与输出融为一体,形成完整的测控系统及仪器设备,以满足越来越多和越来越高的需求。例如,在工业生产中对产品质量的控制,在人类赖以生存的外部世界内对环境和各类设施的监测和控制,以及在对航天飞机、飞船、人造卫星、导弹等技术领域的开发利用方面,都离不开检测技术。信息工业的要素包括信息的获取、存储、传输、处理和利用,而信息的获取主要是靠仪器仪表来实现的。检测技术是信息工业的基础。如果获取的信息是错误的,那么对其后续的存储、传输、处理等进一步操作都是毫无意义的。没有现代化的检测技术,也就没有现代化的生产和现代化的社会生活。检测和控制更是密不可分的,检测是控制的前提条件,而控制又是检测的目的之一。所以,仪器仪表是信息产业的一个重要组成部分,是信息工业的源头,被誉为工业生产的“倍增器”、科学研究的“先行官”、军事上的“战斗力”、社会上的“物化法官”,遍及“农轻重、海陆空、吃穿用”各个领域,是一个国家科技水平和综合国力的重要体现,应予以高度重视和大力发展。

1.2 检测技术研究的主要内容

为实现对某一特定量的检测,需要涉及测量原理、测量方法、测量系统和测量数据处理等。测量原理是指实现测量所依据的物理、化学、生物等现象与有关定律的总体,例如热电

偶测温时所依据的热电效应,压电晶体测力时所依据的压电效应,激光测速时所依据的多普勒效应等。一般来说,对应于任何一个信息,总可以找到多个与其对应的信号;反之,一个信号中往往也包含着许多信息。这种信息、信号表现形式的多样化给检测技术的发展提供了广阔的天地。对于一个量的测量,可通过若干种不同的测量原理来实现。发现与应用新的测量原理,从事相应传感器的开发研究是检测工程技术人员最富有创造性的工作,选择合适的、性价比高的测量原理也是检测工程技术人员最为日常的工作。要选择好的测量原理,必须充分了解被测量的物理化学特性、变化范围、性能要求、测量成本、设备条件和外界环境等,这要求检测工程技术人员知识面广,有扎实的基础理论、专业知识和优良的实践动手能力及创新意识。

测量方法是指测量原理确定后,根据测量任务的具体要求所采用的不同策略,有电测法和非电测法、模拟量测量法和数字量测量法、单次测量法和多次测量法、等精度测量法和不等精度测量法、直接测量法和非直接测量法、偏差测量法和零位测量法等。确定了测量原理和测量方法,便可着手设计或选用各类装置组成测量系统,并对测量数据进行必要的整理加工、分析处理,得出符合客观实际的结论。



1.3 检测技术与检测系统的发展趋势

1. 检测技术的发展趋势

随着微电子技术、微处理器技术、信息处理技术、DSP 技术、通信技术、计算机科学技术和材料技术的飞速发展和不断变革,检测技术呈现出下列几种发展态势。

1) 高度集成化

传感器与测量电路互相分开,传输过程中电缆时常会受到干扰信号的影响,因此人们希望能把传感器与测量电路合并在一起。随着半导体技术的发展,硅压阻传感器在这方面已开始实现,近年来正在研究的一种物性型传感器,就是在半导体技术的基础上,进一步实现“材料、器件、电路、系统一体化”的新型仪表。物性型传感器利用某些固体材料的物性(机械特性、电特性、磁特性、热特性、光特性、化学特性)变化来实现信息的直接变换,也就是说,利用不同材料的物理、化学、生物效应做成器件,直接测量被测对象的信息。而且物性型传感器与电路制成一体,这样它与一般传感器相比,具有构造简单、体积小、无可动部件、反应快、灵敏度高、稳定性好等优点。

2) 非接触化

在检测过程中,把传感器置于被测对象上,就相当于在被测对象上加了负载,这样会影响测量的精度。此外,在进行某些检测时,例如测量高速旋转轴的振动、转矩等,很难在被测对象上安装传感器。因此,国际上都在研究非接触式测试技术,光电式传感器、电涡流式传感器、超声波仪表及同位素仪表都是在这个要求下发展起来的。微波技术原来是用于通信的,现在也被用来作为非接触式检测技术的一种手段。有关其他原理与方法的非接触式测量技术目前还在不断探索中。

3) 多参数融合化

随着检测技术的发展,人们对检测系统不再满足于对单一参数的测量,而是希望能实现对被测系统中的多个参数进行融合测量。即利用先进的测量技术,对被测系统中的多个参数进行单次测量,然后通过一定的算法对数据进行处理,分别得到各个参数。多传感器信息融合技术就因其立体化的多参数测量性能而广泛应用于军事、地质科学、机器人、智能交通、

医学、工业等众多领域。

2. 检测系统的发展趋势

伴随着各种新技术的出现,在现代工业生产、仪器仪表高度自动化和信息管理现代化的过程中,大量以计算机为核心的、信息处理与过程检测相结合的实用检测系统相继问世。检测系统的发展趋势大致有下列几个特征。

1) 综合化

电子测量仪器、自动化仪表、自动化检测系统、数据采集系统在过去分别属于不同的应用领域,并各自独立发展。然而,由于生产自动化的需求,它们在发展中相互靠近,功能相互覆盖,差异逐渐缩小,体现出一种信息流综合管理的特点。其综合的目的是提高人们对生产过程全面监视、检测、控制与管理等多方面的能力。与此同时,对检测技术本身提出了更高的技术要求,如高灵敏度、高精度、高分辨率、高响应性、高可靠性、高稳定性及高自动化性等,这就要求提高检测系统的综合设计性能,综合利用其内在规律,使其向功能更强和层次更高的方向发展。

2) 智能化

现代检测系统或多或少地趋于智能化这个特点。所谓智能,是指随外界条件的变化具有确定正确行动的能力,即具有人的思维能力以及推理并做出决策的能力。智能化检测仪表或检测系统,可以在个别部件、局部或整体上具有智能特征。例如智能化检测仪表,它能在被检测参数变化时自动选择测量方案,进行自校正、自补偿、自检测、自诊断,还能进行远程设定、状态组合、信息存储、网络接入等,以获取最佳测试结果。为了更有效地利用被测量,在检测时往往需要附加一些分析与控制功能,如采用实时动态建模技术、在线辨识技术等,以获得实时最优和自适应特性。

3) 系统化及标准化

现代检测任务更多地涉及系统的特征。所谓系统,是指相互间具有内在关联的若干个要素构成的一个整体,由系统来完成规定的功能,以达到某一特定的目的。因而在系统内部需要设立多台计算机,它们之间不是互不相干的,而是要构成相互联系的整体,这就形成了各种多计算机系统。多计算机系统即使是利用单台计算机进行集中管理,也要通过标准总线和各个部件发生联络。例如作为数据采集检测用的前端机或仪表,它需要与生产设备的主机、辅机合成一体,相互建立通信联系,有时还需要以一个车间、一个工厂作为系统的整体。由此形成了各种集散式、分布式数据采集系统,以适应系统开发、复杂工程及大系统的需要。在研究集散式与分布式系统时,要设计数据通信。在计算机网络技术及系统分层递阶控制技术等知识向系统化发展的同时,还涉及系统部件接口的标准化、系列化与模块化,以便搭建通用系统。

4) 虚拟化

虚拟仪器(virtual instrument, VI)是随着计算机技术和现代测量技术的发展而产生的一种新型高科技产品,代表着当今仪器发展的新方向。虚拟仪器的概念是由美国国家仪器公司(National Instruments, NI)首先提出的,它是对传统仪器的重大突破。VI是利用现有的计算机,加上特殊设计的仪器硬件和专用软件,形成的既有普通仪器的基本功能,又有一般仪器所没有的特殊功能的新型计算机仪器系统。VI的主要工作是把传统仪器的控制面板移植到普通计算机上,利用计算机的资源实现相关的测控需求。由于VI技术给用户提供了一个充分发挥自己才能和想象力的空间,用户可以根据自己的需求来设计自己的仪器系统,从而满足了多种多样的应用要求。虚拟仪器具有极高的性价比,可广泛应用于试验、科

研、生产、军工等的检测。

5) 网络化

智能检测可以用一台计算机来实现,也可以由多台计算机来实现。尤其在计算机网络技术迅速发展和普及的今天,将一个智能检测系统接入计算机网络,无疑会进一步增强其功能和活力。检测系统网络通常包含两个层面:传感器网络与检测系统网络。前者是将现场总线系统技术和嵌入式技术应用到传感器当中,将众多的传感器组成一个局部网络;后者是将传统的以太网技术(或工业以太网技术)直接应用到检测系统中,实现批量数据的快速传递与共享。

习 题

1-1 什么是检测? 检测技术研究的主要内容有哪些?

1-2 谈谈检测技术未来的发展趋势。

第2章 检测系统的基本特性

检测的主要目的是获得被测物理量的真实可信的测量值。一方面,对所获得的测量值有一个客观的评价,往往需要了解检测装置或检测系统的一些特性,如线性度、精确度、分辨率等指标;另一方面,由于检测装置与检测系统本身的特性是固定的,而被测量是多种形式的,且频率范围可能很大,会遇到被测量频率与检测装置或检测系统不匹配的问题,此时就会出现测量值失真的情况。为此,本章将介绍检测装置与检测系统的基本特性及不失真测量的条件。

2.1 检测系统概述

在科学实验和工程实践中,经常会遇到如何正确选择检测装置与检测系统的问题。实际的检测装置与检测系统的组成在繁简程度和中间环节上的差别可能很大,有的可能是一个完整的小仪表(例如数字温度计),有的则可能是一个由多路传感器和庞大的数据采集系统组成的系统,后者一般简称为检测系统,有时也可以称为检测装置。

在选用检测系统时,要综合考虑多种因素,如被测量的变化特点、精度要求,以及检测系统的测量范围、性价比等。其中,最主要的一个因素是检测系统的基本特性要能使其输入的被测量在精度要求范围内真实地反映出来。这样,才具备完成预定测量任务的基本条件。

检测系统的基本特性一般分为两类:静态特性和动态特性。这是因为被测量的变化特点大致可以分为两种情况:一种是被测量不变或极缓慢变化的情况,此时可定义一系列静态参数来表征检测系统的静态特性;另一种是被测量快速变化的情况,它要求检测系统的响应速度必须极快,此时可定义一系列动态参数来表征检测系统的动态特性。

通常的过程检测问题总是处理输入量或被测量 $x(t)$ 、检测系统的传输或转换特性 $h(t)$ 和输出量 $y(t)$ 这三者之间的关系,如图 2-1 所示,即:

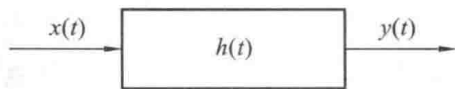


图 2-1 检测系统输入和输出

(1) 如果检测系统的特性已知,通过对输出信号的分析,就能推断其相应的输入信号或被测量,这就是通常的测量;

(2) 如果输入的信号已知,通过对输出信号的分析,就能推断出检测系统的特性,这就是通常的检测系统或检测仪器的标定过程;

(3) 如果输入信号和检测系统的特性已知,则可推断和估计检测系统的输出量。

理想的测量应该是不失真地传递检测信号的过程。理想的检测系统应该具有单值的、确定的输入输出关系,其中以呈线性关系为最佳。在静态测量中,检测系统的这种线性关系是所希望的,但不是必需的,因为在静态测量中可用曲线校正或输出补偿技术作为非线性校正;在动态测量中,测量工作本身应该力求的是线性系统,这不仅因为目前只有线性系统才能做比较完善的数学处理与分析,而且因为目前在动态测量中做非线性校正还相当困难。一些实际检测系统不可能在较大的工作范围内完全保持线性,因此,只能在一定的工作范围内和在一定的误差允许范围内作为线性系统处理。

一般情况下,检测系统的静态特性与动态特性并不是互不相关的,静态特性也会影响到动态条件下的检测。例如,如果考虑检测系统中的死区、滞后等静态参数的影响,则列出的动态微分方程就是非线性的,这样求解就复杂化了。为了使问题简化,便于分析,通常把静态特性与动态特性分开处理,把造成非线性的因素作为静态特性处理,而在列动态方程时,忽略非线性因素,将动态方程简化为线性微分方程。

本章主要就一般检测系统的静态特性与动态特性,以及检测系统动态特性参数的测定方法做介绍。

2.2 检测系统的组成

尽管检测仪器、检测系统种类、型号繁多,用途与性能也千差万别,但它们都是被用作参量检测,用来获取有关参量的信息的,所以其组成通常以信号的流程来划分,一般可分为以下几个部分。

(1) 信号的摄取——传感器(变送器)。

(2) 信号的调理、转换——信号放大电路,滤波电路,A/D 转换、D/A 转换及其他转换电路等。

(3) 信号的处理——微处理器、单片机、微机等。

(4) 信号的显示——模拟显示器、数字显示器、屏幕显示器等。

(5) 信号记录——打印机、磁带记录仪、绘图仪等。

以上部分加上系统所必需的交、直流稳压电源和必要的输入设备,如开关、按钮、拨盘、键盘等便组成了一个完整的检测系统,如图 2-2 所示。

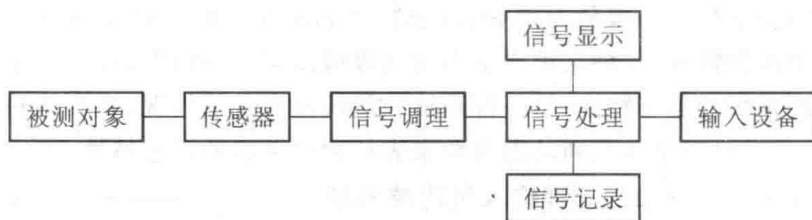


图 2-2 检测系统的组成

1. 传感器

传感器是检测系统与被测对象直接发生联系的部分,也被称为敏感元件、一次元件等。它的作用是感受被测量的变化,直接从被测对象中获取反映被测量变化的信息,并转换成一个相应的、便于显示或传递的输出信号。例如半导体应变片式传感器能把被测对象受力后微小的变形感应出来,通过一定的桥路转换成相应的电压信号输出,这样通过测量传感器输出电压便可知道被测对象的受力情况。传感器的输出是检测系统的信号源,它的质量直接影响检测系统的精度和其他指标,是检测系统中十分重要的环节。通常对传感器有如下要求。

1) 准确性

传感器的输出信号必须准确地反映其输入量,即被测量的变化。因此,传感器的输出与输入关系必须是严格的单值函数关系,即只有被测量的变化对传感器有作用,非被测量的变化对传感器则没有作用。真正做到这点十分困难,一般要求非被测参数对传感器的影响很小,可以忽略不计。

2) 稳定性

稳定性是指传感器的输入与输出的单值函数关系不随时间和温度变化,且受外界其他因素的干扰影响很小,工艺上可准确地复现。

3) 灵敏度

灵敏度即要求较小的输入量可得到较大的输出信号。

4) 其他要求

其他要求有经济性、耐腐蚀性、低能耗等。

2. 信号调理

信号调理在检测系统中的作用是对传感器输出的微弱信号进行滤波、放大、线性化、传递和转换,以便于显示或供进一步处理。例如工程中常见的热电偶温度检测系统(仪表),其传感器输出信号(即热电偶电势)仅为 mV 级,且信号中往往夹杂着 50 Hz 工频等噪声电压,故后续电路通常包括滤波、放大、冷端补偿、线性化等环节。若是数字显示器,还应加上 A/D 转换环节,把模拟电压转换成数字信号。需要远传的话,通常采取 D/A 转换后,再转换成标准的 4~20 mA 或 0~10 mA 信号远传。检测系统种类繁多,复杂程度差异很大,信号的形式也多种多样,各系统的精度、性能指标要求各不相同,它们所配置的信号调理电路也不尽一致。对信号调理电路的一般要求是:能准确、稳定、可靠地传输、放大和转换信号,抗干扰性能要好。

3. 信号处理

检测仪表与检测系统种类繁多,用户对仪表和系统的要求也各式各样,因此对于检测信号的处理环节来说,只要能满足用户对信号处理的要求,则是愈简单、愈可靠、成本愈低愈好。对一些简单的检测系统,用户只要求被测量不要超过某一上限值,一旦越限,送出声(扬声器或蜂鸣器)或光(指示灯)信号即可。这种系统的信号处理电路只需设置一个比较电路(也称比较器),一端为被测信号,另一端为表示上限值的固定电平。当被测信号电平小于设定的固定电平时,声或光报警器不动作;一旦被测信号电平大于设定的固定电平,比较器翻转,经功率放大器驱动扬声器或指示灯工作。这种信号处理电路很简单,只要一片集成比较器芯片和几个分立元件就可构成。但对于如加热处理炉的炉温检测控制系统来说,其信号处理电路将大大复杂化,因为用户不仅要求检测系统高精度地实时测量炉温,而且需要系统根据热处理工件的热处理工艺制订的时间-温度曲线进行实时控制(调节)。类似这种检测系统,其信号处理任务均需要有以单片机、微处理器为核心的处理功能板(模块)支持。

由于微处理器、单片机和大规模集成电路技术的迅速发展和这类芯片价格的不断降低,对稍微复杂一点的检测系统(仪器)都应采用微处理器或单片机,从而使所设计的检测系统具有较高的性能价格比。

4. 信号显示

通常人们都希望知道被测量的瞬时值、累积值或其随时间的变化情况。因此,一般的检测系统均有各种形式的显示器或记录设备,或两者兼而有之。显示器和记录设备是检测系统与人联系的主要环节之一。显示器一般可分为指示显示器、数字显示器和屏幕显示器三种。

1) 指示显示器

指示显示器又称模拟显示器,被测量数值大小由指示器或指针在标尺上的相对位置来表示。指示显示器结构简单、价格低廉、显示直观,一直被广泛应用。有的指示显示器还带记录机构,以曲线形式给出被测量随时间变化的数据,但这种指示显示器的读数精度和灵敏

度等受标尺分度值的限制,且读数会引入主观误差。

2) 数字显示器

数字显示器直接以数字形式给出被测量的数值大小,可以附加打印设备,打印出数据。数字显示器减少了读数的主观误差,提高了读数的精度,还能方便地与计算机连用。这种显示器正越来越多地被采用。

3) 屏幕显示器

屏幕显示器结合了上述两种显示器的优点,具有形象性和易于读数的优点,又能同时在屏幕上显示一个被测量或多个被测量的大量数据,有利于对它们进行比较分析。

5. 信号记录

检测系统常用的信号记录设备有以下几种。

1) 打印机

打印机型号繁多,体积和性能差异很大,通常根据需要选用定型的(作为产品批量生产的)打印机,作为检测系统的外部记录设备配合工作。检测系统安排有相应的硬件接口和软件驱动程序。

2) 磁带记录仪

用盒式录音机或磁带机作为检测系统外部记录设备,经转换的信息进入录音机或磁带机,存储在磁带上。

3) 绘图仪

绘图仪形式、型号多样,有的需要模拟信号驱动,有的只能接收数字信号,有的模拟信号和数字信号可任选,选用时要仔细阅读说明书。

6. 输入设备

输入设备是操作人员和检测系统联系的另一主要环节,用于输入参数、下达有关命令等。最常用的输入设备是各种键盘、拨码盘等,也有通过磁带机、录音机接口输入信息和数据的。最简单的输入设备是各种开关、按钮等。模拟量的输入控制往往需要借助电位器进行。

7. 电源

一个检测系统往往既有模拟电路部分又有数字电路部分,因此需要多组要求各异的稳定电源。这些电源在检测系统使用现场一般无法直接提供,现场一般只能提供 AC 220 V 工频电源或 DC 24 V 电源。检测系统的设计者需要根据使用现场的供电电源情况及检测系统内部的实际需要,统一设计各组电源,供系统各部分使用。

另外,在进行检测系统设计时,与以上各环节具体相连的传输通道的设计也很重要。传输通道的作用是联系系统的各环节,并给它们的输入、输出信号提供通路。传输通道可以是导线、管路(如光导纤维)及信号所通过的空间等。信号传输通道比较简单,易被人所忽视,如果不按规定的要求布置及选择,则易造成信号的损失、失真及引入干扰等。例如,微量成分分析时,如管路选择不当,会造成信号的大量损失。又如传输电信号时,若传输导线阻抗不匹配,则可能导致检测系统的灵敏度降低、电信号失真等。

2.3 检测系统的静态特性

2.3.1 静态特性的性能指标

静态检测是指测量时检测系统的输入、输出信号不随时间变化或变化很缓慢。静态检