

微机自动检测 与系统设计

雷 霖 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

微机自动检测与系统设计

Microcomputer Automatic Measurement
and System Design

雷霖 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 提 要

本书为高等工科院校“测控技术与仪器”专业规划教材之一。全书从理论与实践两个方面系统地介绍了微机自动检测系统的典型结构、系统集成设计技术等内容。全书分8章,重点介绍检测理论、微机自动检测核心技术,对数据采集、数据通信和总线技术、自动检测算法、抗干扰与可靠性、系统故障检测与诊断、系统集成等技术做了全面的论述,并特别增加了近年来检测领域中的热点技术问题,如虚拟仪器、VXI总线、现场总线等内容。本书注重系统性,强调实用技术和共性技术,并列举了大量实例。

本书适合作为检测技术、机电一体化、自动化、应用电子技术、环境监测与保护、电气工程及测控技术与仪器专业本科生和研究生教材或教学参考书,并可供微机应用、智能仪器仪表、检测技术、应用电子技术等专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微机自动检测与系统设计/雷霖编著. —北京:电子工业出版社,2003.4

ISBN 7-5053-8578-X

I. 微… II. 雷… III. ①微型计算机—自动检测系统—高等学校—教材②微型计算机—自动检测系统—系统设计—高等学校—教材 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 016810 号

责任编辑:童占梅

印 刷:北京兴华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:24.25 字数:522 千字

版 次:2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

前 言

检测问题广泛存在于各行各业,随着科学技术的发展和生产力水平的不断提高,检测技术的重要性和必要性日益显现,自动检测技术这门新兴的交叉学科也应运而生。微机自动检测是检测技术发展的高级形式和高级实现,有非常好的发展前景和广泛的适用性。

微机自动检测技术结合了两大类通用的共性技术,即检测技术和微机应用技术。本书以国内微机应用领域中广泛使用的单片微控制器、工控机、PC 为主要机型,以信息检测中的信息获取、处理、传输、利用为主线,紧紧围绕微机自动检测的核心技术展开讨论。尤其对当今世界的技术热点,如虚拟仪器、VXI 总线、现场总线等内容进行重点论述,使读者在较短时间内,迅速掌握微机在检测与控制领域中的应用规律和设计技术等知识。

本书为高等工科院校“测控技术与仪器”专业规划教材之一。在作者近几年教学实践和科研工作的积累,以及国内第一部系统论述微机自动检测技术的教材《微机自动检测》的基础上,增补新的技术内容和材料,形成了本书新的体系结构。全书共分为 8 章。

第 1 章检测理论基础。主要介绍检测、自动检测、微机自动检测的基本概念、典型系统结构及检测系统特性与测定等内容。

第 2 章数据采集。详细介绍数据采集的实现原理与实现技术,涉及数据采集系统结构原理、时序控制、主要构件及集成数据采集系统芯片实例。

第 3 章总线技术与数据通信。重点论述微机自动检测系统与其他系统或仪器之间进行互连和通信所涉及的总线与数据通信技术。其中重点是 STD 总线、VXI 总线、PCI 总线及现场总线技术。

第 4 章虚拟仪器。介绍虚拟仪器概念、构成及基本结构和特点,虚拟仪器的开发工具及开发方法,虚拟仪器应用。其中重点内容是 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 两种开发工具及其用法,结合具体实例分析了虚拟仪器的开发过程与具体技术。

第 5 章自动检测算法。主要就自动检测技术中较为重要的算法问题,如数字滤波(克服随

机误差的数字算法)、系统误差的消除、量程自动切换及工程量变换等进行详细讨论。

第6章检测系统的抗干扰与可靠性技术。详细论述了系统抗干扰能力、可靠性及故障的自动检测与诊断是关系到系统能否长期稳定、可靠工作的重要技术性能,也是系统设计的关键技术内容之一。尤其注重介绍了检测系统的硬件抗干扰性能设计、提高系统可靠性技术及故障自诊断与检测技术等重点内容。

第7章微机自动检测系统设计技术。阐述组合化与开放式系统设计思想,并在此基础上介绍了自动检测系统的设计方法。结合微机自动检测系统,重点介绍微机自动检测系统的硬件设计和监控程序设计方法。

第8章微机自动检测系统设计实例。以智能温度检测控制仪设计为例,详细分析其设计过程及设计方法。

由于作者水平有限,错误和不妥之处敬请读者和同行、专家批评指正。

作 者

2003年2月

目 录

第 1 章 检测理论基础	(1)
1.1 检测与自动检测	(2)
1.2 基本检测方法	(4)
1.2.1 直接按照物理定律检测法	(4)
1.2.2 探查型检测法	(5)
1.2.3 比较型检测法	(6)
1.2.4 信息处理型检测法	(8)
1.3 常规检测系统基本结构	(8)
1.3.1 重复(串联)结构	(8)
1.3.2 反馈结构	(9)
1.3.3 差动结构	(10)
1.3.4 扫描结构	(11)
1.3.5 多次测量操作结构	(11)
1.4 检测系统的特性	(11)
1.4.1 检测系统的数学模型	(11)
1.4.2 检测系统的静态特性	(13)
1.4.3 检测系统的动态特性	(15)
1.5 检测系统的特性测定	(17)
1.5.1 一阶检测系统特性确定	(18)
1.5.2 具有衰减振荡特性的二阶检测系统特性的确定	(19)
1.5.3 二阶非周期检测系统特性的确定	(20)
1.6 检测系统的统计参数估值方法	(21)
1.6.1 检测技术中传统的参数计算方法	(21)
1.6.2 观测值的统计模型及其应用	(23)
1.6.3 检测参数精确估值方法的选择	(26)
1.6.4 检测系统参数估值的数学模型	(28)
1.6.5 检测系统参数估值的最优化方法	(31)
1.6.6 仿真实例	(33)
1.7 微机自动检测技术	(35)
1.7.1 智能仪器仪表	(36)
1.7.2 自动测试系统	(38)
1.7.3 计算机辅助测试	(40)
1.7.4 微机自动检测	(47)

思考练习题	(49)
第2章 数据采集	(50)
2.1 数据采集技术	(50)
2.1.1 数据采集系统的应用	(50)
2.1.2 典型的数据采集系统结构	(51)
2.1.3 模拟信号的数字化	(52)
2.2 数据采集系统的结构原理	(55)
2.2.1 数据采集系统的分类	(56)
2.2.2 数据采集系统的结构形式	(57)
2.3 数据采集系统的控制结构原理	(62)
2.3.1 接口寻址技术	(62)
2.3.2 数据采集的时序控制方法	(64)
2.4 数据采集系统的主要构件	(75)
2.4.1 模拟多路转换器	(75)
2.4.2 采样保持电路	(76)
2.4.3 A/D 转换器	(78)
2.4.4 D/A 转换器	(84)
2.5 AD μ C8XX 集成数据采集系统	(89)
2.5.1 AD μ C812 主要性能	(90)
2.5.2 AD μ C812 的 ADC 工作模式	(95)
2.5.3 ADC 应用举例	(98)
思考练习题	(104)
第3章 总线技术与数据通信	(105)
3.1 PC 系列总线	(105)
3.1.1 PC/XT 总线(PC-XT 总线)	(105)
3.1.2 ISA 总线(PC-AT 总线)	(107)
3.1.3 EISA 总线	(110)
3.1.4 PCI 总线	(112)
3.2 STD 总线(IEEE961)	(121)
3.2.1 STD 总线的技术特点	(121)
3.2.2 STD 总线引脚定义	(122)
3.2.3 STD 总线的应用系统模式	(127)
3.2.4 STD 总线应用	(129)
3.3 数据通信基础	(131)
3.3.1 数据通信方式	(131)
3.3.2 串行通信基础	(132)
3.3.3 串行通信中的技术问题	(135)
3.4 RS-232C 总线	(136)
3.4.1 RS-232C 标准	(136)

3.4.2 串行通信接口电路	(140)
3.4.3 RS-422, RS-423 标准	(151)
3.5 IEEE-488 总线	(152)
3.5.1 IEEE-488 标准	(152)
3.5.2 IEEE-488 总线结构和接口信号	(153)
3.5.3 并行通信接口器件	(159)
3.6 VXI 总线	(162)
3.6.1 VXI 总线的技术优势	(162)
3.6.2 VXI 总线系统结构	(162)
3.6.3 VXI 总线接口方案	(172)
3.6.4 VXI 总线系统集成设计	(176)
3.7 现场总线	(180)
3.7.1 现场总线概述	(180)
3.7.2 现场总线技术特点	(183)
3.7.3 现场总线结构	(184)
3.7.4 LON 总线	(186)
3.7.5 PROFIBUS 总线	(197)
思考练习题	(210)
第 4 章 虚拟仪器	(212)
4.1 虚拟仪器基础	(212)
4.1.1 虚拟仪器的发展历程	(212)
4.1.2 虚拟仪器的构成	(213)
4.1.3 虚拟仪器的特点	(215)
4.2 虚拟仪器开发工具及方法	(216)
4.2.1 图形化编程开发平台——LabVIEW	(216)
4.2.2 LabWindows/CVI	(220)
4.3 虚拟仪器应用	(224)
4.3.1 基于 Internet 的远程虚拟仪器	(224)
4.3.2 虚拟相位差计	(226)
思考练习题	(237)
第 5 章 自动检测算法	(238)
5.1 数字滤波技术	(238)
5.1.1 程序判断法	(238)
5.1.2 中位值滤波法	(239)
5.1.3 算术平均滤波法	(240)
5.1.4 递推平均滤波法	(241)
5.1.5 加权递推平均滤波法	(242)
5.1.6 一阶惯性滤波法	(243)
5.1.7 复合滤波法	(245)

5.2 消除系统误差的软件算法	(245)
5.2.1 系统误差的模型校正法(非线性校正)	(246)
5.2.2 系统误差的标准数据校正法	(259)
5.2.3 系统零位误差和增益误差的校正方法	(260)
5.2.4 传感器温度误差的校正方法	(261)
5.3 量程自动切换及标度变换	(262)
5.3.1 量程自动切换	(262)
5.3.2 标度变换	(264)
思考练习题	(268)
第6章 检测系统的抗干扰与可靠性技术	(269)
6.1 检测系统的抗干扰技术	(269)
6.1.1 干扰和噪声源	(269)
6.1.2 抗干扰措施和方法	(274)
6.2 检测系统的可靠性技术	(294)
6.2.1 单机系统的可靠性和偶然出错分类	(295)
6.2.2 排除偶然出错的方法	(295)
6.2.3 系统的可靠度和失效率	(296)
6.2.4 系统可靠性设计基础	(297)
6.2.5 提高系统可靠性的设计方法	(299)
6.2.6 检测系统的可靠度计算	(300)
6.3 系统故障检测与诊断技术	(303)
6.3.1 故障检测与诊断基础	(303)
6.3.2 故障检测与诊断原理	(305)
6.3.3 故障检测与诊断的数学方法	(310)
思考练习题	(315)
第7章 微机自动检测系统设计技术	(316)
7.1 组合化与开放式系统设计思想	(316)
7.2 自动检测系统的设计方法	(318)
7.2.1 系统分析	(318)
7.2.2 系统设计	(319)
7.3 微机自动检测系统硬件设计	(320)
7.3.1 微处理机系统及其性能的确定	(320)
7.3.2 系统外部特性对微机系统的要求	(322)
7.3.3 硬件接口设计	(324)
7.4 微机自动检测系统监控程序设计	(331)
7.4.1 监控程序的内容	(331)
7.4.2 监控主程序设计	(332)
7.4.3 初始化管理	(335)
7.4.4 键盘管理	(335)

7.4.5 显示管理.....	(348)
7.4.6 时钟管理.....	(349)
7.4.7 中断管理.....	(350)
7.4.8 自诊断处理.....	(350)
思考练习题	(356)
第 8 章 微机自动检测系统设计实例	(357)
8.1 智能温度检测控制仪的设计.....	(357)
8.1.1 设计要求.....	(357)
8.1.2 系统组成和工作原理.....	(358)
8.1.3 硬件结构和电路设计.....	(359)
8.1.4 软件结构与程序框图.....	(367)
参考文献	(374)

第1章 检测理论基础

人类在观察和测量自然界各种现象时,需要借助于仪器仪表以及由仪器仪表组成的检测系统,它们是人类感官极其重要的扩展和延伸。曾有学者这样认为:“仪器仪表是对测量方法和仪器仪表设计的共同理论进行研究的一门科学。”自动检测或称仪器仪表学,是自动化科学技术的一个重要分支学科,是在仪器仪表的研制、生产、使用的基础上发展起来的一门综合性技术科学。

测量和检测问题广泛存在于各行各业,存在于生产、生活等领域,而且随着生产力水平与人类生活水平的不断提高,对测量和检测问题提出了越来越高的要求。除了要求能准确、迅速、可靠地完成检测任务之外,还要求能实现自动与智能化的检测,即如何使用各种先进技术、现代化的检测工具和手段来组建先进的自动检测系统,因此自动检测已越来越显示出它的重要性。

检测技术的发展,即仪器仪表的发展大致经历了三个重要的时期。

(1) 手工艺时期

20世纪以前,搞科学研究的人多数是个体脑力劳动者。理论研究常常需要实验研究,大多数科学家是自己设计实验,自己动手制作测试仪器。工业生产上使用的仪表大多数属于机械指示式的仪表,主要作为主机的配套设备来使用。因此,这个时期的仪器仪表功能较简单,用途专一,仪器仪表间的互相联系很少。

(2) 仪器工程时期

随着电子技术的发展,由于晶体管、电子管的应用,以及光电、压电、热电等效应的广泛应用,出现了大量的电测仪表和自动记录仪表,在科研、生产上逐步形成了一个由测量点到记录仪表的检测系统。由各种电测仪表、自动记录仪表、自动显示仪表、自动调节仪表等组合而成的自动检测系统,能实现对被控对象的监测、控制等目标。

(3) 仪器科学时期

近年来,因各种新理论、新技术、新材料、新器材和新工艺的不断出现及微机的广泛应用,使仪器仪表及相关的检测技术得到飞速发展,设计和制造仪器仪表已不再是一门工艺而是一门综合技术。正确应用各种仪器仪表,根据检测对象的特性和检测的具体问题来组建科学的检测系统,是获得有关被测对象信息的基本前提。在仪器仪表的设计、制造和使用过程中,需要涉及众多的知识领域和先进技术,包括物理学、化学、精密机械设计、电子技术、微机技术、信息处理技术、数据通信技术、自动控制技术等。科学技术的发展又不断地对检测技术的发展提出了更严格的要求,比如需要不断地发现和研究新的和不易觉察到的物理、化学、生物等现象和效应,要求进行更快、更准、更灵敏、更可靠的检测和测量,要求研制和设计智能化、多功能化、数字化、集成化、微型或小型化的智能仪器仪表、智能检测系统等等。

因此,作为一门综合性技术科学的检测技术(或仪器仪表学),有众多的技术问题需要研究,有广泛的应用前景。随着现代科学技术的发展,其重要作用和地位会越来越突出。

1.1 检测与自动检测

测量是人类认识事物本质所必不可少的手段和方法。通过测量和试验能使人们对事物获得定性或定量的概念,并发现客观事物的规律性。科学发展史充分说明,实验(或试验)是人类认识客观世界、改造客观世界的必然途径,而实验(或试验)离不开测量。因此,可以毫不夸张地说,人类的一切活动领域都离不开测量。例如,用游标卡尺测工件的长度或直径;用体温表测量人体的体温;在商场用电子秤称量顾客所购买商品的重量;在加油站用自动加油机为各种机动车辆自动加油,自动记录并显示加油的数量和金额;卫星测控站对所观察的卫星的飞行高度、速度、方位、轨道等大量的信息进行遥测并施以遥控等等。

那么,什么是测量呢? 广义而言,测量就是使用专门的技术工具,依靠实验和计算,找到被测量值(包括大小和正负)的过程。通过测量,人们能在限定的时间内,尽可能正确、可靠地收集到被测对象的未知信息,以便及时掌握被测对象的参数和变化情况,便于及时控制其变化过程。为了检查、监督和控制某一生产过程或某一对象,使其处于预定的最佳运行状态,也必须掌握描述这些特性的各种参数变化,为此必须对这些参数,如大小、方向、变化速度等进行测量。

“测量是以确定量值为目的的一组操作”。所谓“量值”,即物理量。对于每一种物理量,它不仅具有一些物理对象共有的定性性质,如温度、质量、长度等,还有它的定量性质,如温度的高低、质量的大小、长度的长短等。日本标准 JISZ9001《抽样检测通则》中对测量(Measurement)的定义为:“按某种方法用量来表示其性质的一种操作。”为了确定某一物理量的大小,就要进行比较,因此,有人把测量定义为“实验比较过程”,即“用同性质的标准量与被测量比较,并确定被测量对标准量的倍数”(标准量应是国际上或国家所公认的、性能稳定的量)。这一定义可用数学公式表示为

$$g = \frac{x}{V} \quad (1-1)$$

式中, g 为比值,无量纲; x 为被测量; V 为标准量。

从这个式子可以看出,同一物理量测量的结果,因所选用的单位不同其数值会不同。所以在给出测量值大小时,一定要同时给出所用的测量单位。比如,

$$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2 \approx 0.1\text{mm 水柱高}$$

整个测量过程包括对比、示差、平衡和读数 4 个基本动作,它贯穿于一切测量过程中。要改进测量,就应简化和完善这些基本动作。

与测量概念相近的一个概念是测试(Test and Measurement),它是测量和试验的合称,有时把比较复杂的测量称为测试。国标 GB6583《质量—术语》中对试验(Test)的定义是:“对产

品、过程或服务的特性进行的实验和测定。”试验一词常用于对产品的额定值(极限值)验证的场合。

在生产过程中还常用到另一个与测量概念相近的术语——检验。检验常常不需要被测参数的准确值,但要分辨参数所在的某一范围。例如,机械加工中,检验某零件尺寸是否在公差带之内,此时并不要求确知各零件尺寸值;又如电子工业中对电器元件虚焊的检验,这里只要求发现有无虚焊点的存在等等。检验在生产过程中与测量有着同样重要的作用,除了可单独离线在实验室检验外,在生产过程中也常采用在线检验。为了概括这一工作,人们常把检验和测量结合在一起,统称为检测。

在整个测量过程中,对比、示差、平衡和读数4个基本动作以及检验过程完全不需要或仅需要很少的人工干预,由系统自动完成,这就是自动检测。实现自动检测可以提高自动化水平和程度,减少人为的干扰因素和人为的差错,提高生产过程或设备的可靠性及运行效率。自动检测的任务主要分为两种:一是将被测参数直接测量并显示出来,以告诉人们或其他系统有关被测对象的变化情况,即通常而言的自动检测或自动测试(又称自动监测等);二是用做自动控制系统的前端系统,以便根据参数的变化情况作出相应的控制决策,实施自动控制。例如,在机械加工中的自动检测任务,主要分为机械加工过程中的自动检测和机器运行过程中的自动检测两方面。机械加工过程中的自动检测与自动化的内容是:加工准备阶段的自动检测,如加工前对坯件、所使用的加工设备进行各种自动检查,加工设备是否正常,刀具、坯件是否已准备好等;对工作状况的自动检测及检验,对工件尺寸、加工粗糙度、形状、位置公差等的自动测量和检验,由结果判定是否是合格产品;对加工条件(包括加工规范和环境条件)的自动检测,比如加工中经常对切削速度、切削力、进给速度、温度、压力、振动等参数进行自动检测,以便及时确认变化情况,将测量信息反馈给加工机械进行及时调整;控制加工机械自身运动的自动控制。精密机床、数控机床的定位和位移动作,都需要通过一定的检测系统检测其运动部件的位置及动作情况,如转速、刀具位移、方向夹角、转矩、尺寸等,并将测量结果和给定值进行比较,若有偏差,则通过反馈控制自动调节。机械运行过程中的自动检测系统,是故障监测和故障诊断系统,其目的是提高设备运行的可靠性和安全性,用于设备的运行管理和长期的状态监测,及时发现异常情况,对故障进行预防和早期诊断。例如,美国K&T公司的“机床诊断通信系统”(DCS),专门用做小型数控加工中心的遥控诊断设备。

由于测量领域不断扩大,参数范围也在不断延伸。另外,很多情况下需要测试的信息往往与其他背景物理量掺杂在一起,用简单的测量很难完成任务,这时需要用若干测量仪器或仪表,以及附加设备来构成一个有机的整体,才能完成检测任务,这就是检测系统。检测系统应能完成对被测对象进行检测、变换、分析、处理、判断、比较、存储、控制、显示等功能,即一个完整的检测系统包括4大部分:信息的获取部分;信息的变换、处理部分;信息的传输、记录或显示部分;附加设备(如电源、控制部分等)。检测系统是检测技术发展 to 一定阶段的必然产物,特别是在自动化生产过程中,要求过程参数的检测能自动地进行,这就产生了自动检测系统。

1.2 基本检测方法

为了获得被测对象的真实值(真实信息),需要对被测对象进行检测。为了达到上述目的,要采用适当的变换原理,选用合适的测量工具或设备,设计合理的测量方案,即要选择合理的检测方法。检测方法的选择是信号检测中的重要问题。如果检测方法选择不当,即使选用了高精度的仪器仪表也不一定能获得满意的测量结果,甚至不能把被测信号检测出来。

检测方法的分类方法很多,从不同的角度出发,有不同的分类方法。下面介绍一些常用的基本检测方法。

1.2.1 直接按照物理定律检测法

直接按照物理定律检测法是把从被测对象中取得的一部分能量作用到检测元件上,在检测元件上使其按照一定的物理定律转换为易于测量和传输的量,再对这一经变换所得的量进行直接测量,其大小就代表了被测对象的值。采用这种检测方法时,从被测对象中取得能量时不应影响被测对象的物理状态。

根据是否需要外加辅助能源,这种检测方法又可分为两种形式。

1. 无需辅助能源的直接变换式

这种检测形式是从被测对象取得一部分能量作用到检测元件上,从检测元件得到反映被测量大小的输出值。如图 1-1 所示,设被测量为 x ,输出值为 y ,则有 $y = f(x)$ 。例如,用热电偶测量加热炉的炉膛温度,将热电偶插入炉膛内,使它感受到炉膛温度,热电偶从炉内取得能量后经金属导体(热电偶)的热电效应转换为热电势,其值大小可表示为

$$E_{AB}(T, T_0) = e_{AB}(T) - e_{AB}(T_0) \quad (1-2)$$

式中, $E_{AB}(T, T_0)$ 为热电偶输出热电势; $e_{AB}(T)$ 为被测温度产生的热电势; $e_{AB}(T_0)$ 为热电偶冷端温度产生的热电势。

其检测系统如图 1-2 所示。

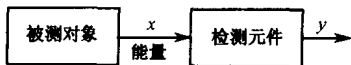


图 1-1 直接变换式

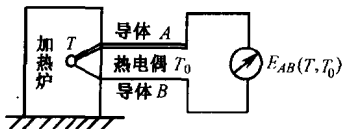


图 1-2 热电偶测量系统

2. 需要辅助能源的调制变换式

这种检测形式反映出被测对象的输出值 y 的能量,它由两部分组成:一部分从被测对象取得,另一部分由辅助能源供给。输出值 y 由被测量决定,辅助能源是为了便于检测而加入的,其结构形式如图 1-3 所示。例如,用霍尔元件测量磁场,将用半导体材料制成的片状霍尔元件垂直置于被测磁场中,给霍尔元件通以电流(辅助能源)。霍尔元件在垂直于电流方向和磁场方向的端面上出现电位差,即半导体材料的霍尔效应,这个电位差称为霍尔电势 U_H ,它的大小由下式决定

$$U_H = K_H IB \quad (1-3)$$

式中, U_H 为霍尔电势; K_H 为霍尔系数; I 为辅助能源所供给的电流; B 为被测磁场的磁感应强度。

当霍尔元件选定后, K_H 为确定的数值。当辅助能源所供给的电流 I 不变时,霍尔电势 U_H 只取决于被测磁场 B ,从而实现了磁场的测量。其检测系统结构如图 1-4 所示。

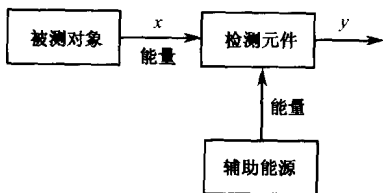


图 1-3 调制变换式

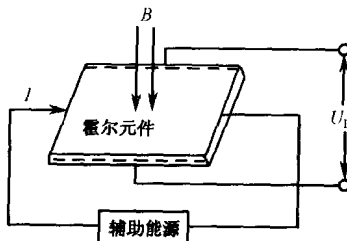


图 1-4 霍尔元件测量磁场系统

1.2.2 探查型检测法

应用这种检测方法的检测系统的输入信号,是由探查部件发出的探查信号与被测物体的被测量以某种规律变换而成的,如图 1-5 所示。例如,用超声波法探测密闭容器的液位,如图 1-6 所示。超声波发生器发出的超声波从容器底部发射,经被测液体至其上表面,再由被测液体上表面反射回来,被超声波探测器所接收。设超声波在被测液体中的传播速度为 v ,被测液体的液位高度为 H ,超声波从发射到接收所经历的时间为 t ,则有

$$H = \frac{t}{2} v \quad (1-4)$$

式中, t 为测量所得值。

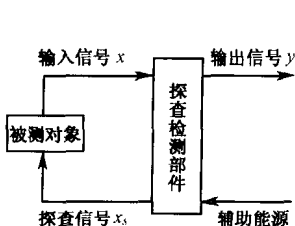


图 1-5 探查型检测系统

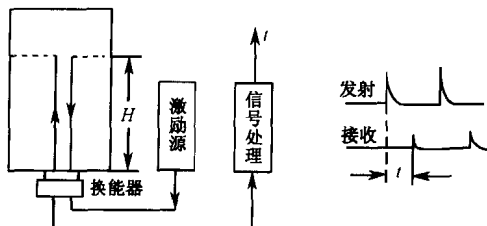


图 1-6 超声波液位检测系统

1.2.3 比较型检测法

这种检测方法是将被测量 x 与标准量 N 进行比较而实现对被测量进行测量的方法,如图 1-7 所示,具体实施方案有三种。

1. 平衡法

所谓平衡法,就是把被测量与标准量进行直接比较。若有差值,则调整标准量,使标准量与被测量达到平衡,即两者相等,这时标准量的示值,就代表被测量的大小。例如,用平衡电桥测电阻,如图 1-8 所示。电桥由被测电阻 R_x 、可调的标准电阻 R_N 及桥臂电阻 R_1, R_2 组成。检流计 G 用以指示电桥平衡状态。测量时,在电桥上接入 R_x ,看检流计是否指零。若不指零,说明电桥不平衡,需调整 R_N ,使检流计指零,即电桥平衡。这时有

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_N \quad (1-5)$$

式中, $\frac{R_1}{R_2}$ 为已知, R_N 从标准电位器读出,被测电阻 R_x 的值即可测得。

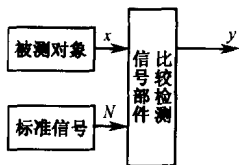


图 1-7 比较型检测系统

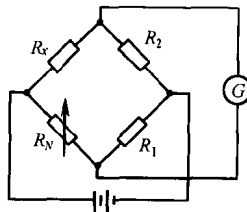


图 1-8 平衡电桥

用电位差计测量未知电压也是应用平衡法。图 1-9 是其原理示意图,图中 E 为工作电源,测量前调节 R_s ,以便校准工作电流 I_s ,使其达到标准值,在电位器 R_s 上将产生标准电压降 U_{s0} ($U_{s0} = R_s I_s$)。接入被测电压后调节电位器的动触点,使检流计 G (指零机构) 的示值返回零点,这时 A, B 两点间产生标准电压降 U_s ,检流计 G 指零表明 AC 支路中没有电流流过,从而

精确地保证 A 点和 C 点等电位,则有 $U_x = U_s$ 。从图中可知 $U_s = \frac{R_2}{R_s} U_{s0}$, 所以标准电压降 U_s 随动触点的位置而变。平衡法仪表中必须有一个可变化的标准量,指零机构(G)检查标准值 s 和待求量 x 对它的正、反作用是否相等,指零机构愈灵敏,这两个作用相等的判断愈准确,愈有利于提高测量精度。

采用平衡法测量时,必须执行调节标准量(在本例中调节工作电流 I_s 和电位器动触点得到一个精确的 U_s) 的操作,这就需要一个时间历程,因而平衡法仪表就难以测量变化较快的被测量,即使做成自动平衡式仪表,其测量速度也受到一定限制。

2. 偏差法

当测量仪表用指针相对于刻度线的位移(偏差)来直接表示被测量大小时,这种方法就是偏差式测量法(简称偏差法)。在使用偏差法测量时,指针式仪表内没有标准量具,而只有经过标准量具标定过的刻度尺。由于刻度尺的精确度不能做得很高,所以这种测量方法的测量精度一般不高于 0.5%,经过特殊设计时可达 0.1%。

在偏差法测量仪表中,被测量的作用为仪表中某个元件的反作用(这个反作用常与指针位移或偏转角度成线性关系)所平衡。被测量增大,所需平衡的反作用相应增大,因此指针的偏转随之按比较增大。最常见的例子是动圈毫伏表。

3. 微差法

微差法是偏差法和平衡法的组合,被测量 x 的大部分作用先与已知标准量 s 的作用相抵消,剩余部分即两者的差值 $d = x - s$ 再用偏差法测量。微差法总使差值 d 很小(微差之名由此而得),因此,即使差值测量的精度不高,但是最终结果仍可达到较高精度。 d 愈小,它的测量误差对总的误差影响就愈小。微差法的另一个优点是不需要可调节的标准量具,也无需平衡操作。这样,标准量的精度容易做得高,对被测量的反应也可以快,比较适用于工程测试。

例如,检测标准电池时,用一具有标准电势 U_N 的标准电池、电位差计及被测电池组成检测系统,如图 1-10 所示。

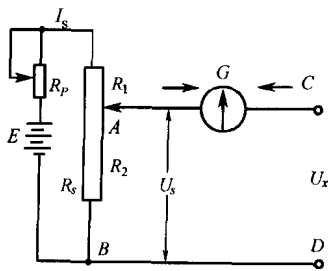


图 1-9 电位差计原理示意图

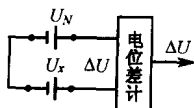


图 1-10 微差法检定标准电池

用被检电池与标准电池直接进行比较,即两者相减,取得差值 $\Delta U = U_x - U_N$,用电位差计测量出 ΔU 的数值,则被检电池的电动势为