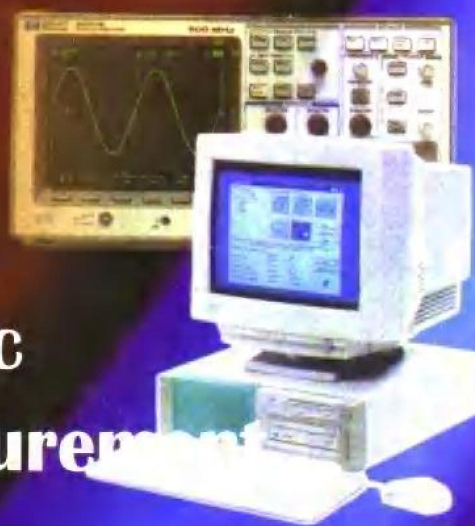


COMPUTER

微机自动检测

雷霖 主编

Automatic
Measurement



电子科技大学出版社



UESTC PUBLISHING HOUSE

微机自动检测

雷 霖 主编
谢文楷 主审

电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书从理论与实践两个方面系统性地介绍了微机自动检测系统的典型结构和系统设计技术。全书共分八章,重点介绍了检测理论和微机自动检测的核心技术、对数据采集、数据通信和总线技术、检测算法、抗干扰与可靠性、系统故障检测与诊断、系统硬软件设计等技术作了全面系统地论述。

本书的特点是少而精的理论内容,强调组合化与开放式系统设计思想,注意用系统的观点对系统分析与设计,突出重点和实用技术,给出了实例和大量程序,适用于自动化仪表、检测技术与仪器、测量与控制类、应用电子类、机电一体化类本科生、专科生的教材和参考书,并可供微机测控、智能仪器仪表、应用电子技术等广大技术人员参考。

声 明

本书无四川省版权防盗标识,不得销售;版权所有,违者必究,举报有奖,举报电话:(028)6636481 6241146 3201496

微机自动检测

雷 霖 主编

谢文楷 主审

出 版:电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号,邮编:610054)

责任编辑:谢晓辉

发 行:电子科技大学出版社

印 刷:成都理工学院印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张 18.375 字数 450 千字

版 次:1998 年 3 月第一版

印 次:1998 年 3 月第一次印刷

书 号:ISBN 7—81043—929—4/TP·408

印 数:1—4000 册

定 价:21.00 元

前 言

测量、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提高,检测技术的重要性和必要性日益体现出来,自动检测技术这门新兴的边沿学科便应运而生。微机自动检测作为检测技术发展的高级形式,必然会有良好的发展前景和广泛的适用性。

本书共分八章和一个附录,首次提出了“微机自动检测”概念,全面系统地介绍微机自动检测系统的结构、核心技术、系统分析和设计技术等内容。经过近年的教学实验和科研工作积累的经验,我们确定了本书的编写宗旨:注重理论基础,突出实用技术,以在我国微机应用领域中广泛流行的单片机、个人计算机(IBM PC 系列及兼容机)、工控机为主要机型,以检测中信息的获取、处理、传输等为主线安排全书的内容,紧密围绕微机自动检测的核心技术和相关技术展开,着力介绍系统设计思路和方法。让读者能在短时间内获得微机自动检测方面的知识和技术,并可将这些技术应用到智能仪器仪表、个人仪器、微机测控系统、CAT(计算机辅助测试)系统、自动测试仪器与系统、机电一体化设备等方面。

本书大部分内容曾在电子科技大学检测技术及仪器专业本科生、应用电子技术专业大专生以及四川工业学院的相关专业学生中多次使用,并在原《微机自动检测》讲义的基础上增补一些新的内容和材料而形成本书新的体系结构。

本书由雷霖主编,钱光弟、何幼愚(四川工业学院)、董秀成(四川工业学院)任副主编。电子科技大学高能所谢文楷教授对全书进行了审定。

由于作者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者

1998 年 1 月

目 录

概述	(1)
----------	-----

第一章 检测理论基础

§ 1-1 检测与自动检测	(3)
§ 1-2 基本检测方法	(5)
§ 1-3 常规检测系统基本结构	(9)
§ 1-4 检测系统的特性	(12)
§ 1-5 检测系统的特性测定	(18)
§ 1-6 检测系统的统计参数估值方法	(22)
§ 1-7 微机自动检测	(35)

第二章 数据采集

§ 2-1 数据采集技术	(52)
§ 2-2 数据采集系统的结构原理	(57)
§ 2-3 数据采集系统的控制结构原理	(65)
§ 2-4 数据采集系统的主要构件	(77)

第三章 数据通信和总线技术

§ 3-1 IBM PC 系列总线	(94)
§ 3-2 STD 总线(IEEE 961)	(101)
§ 3-3 数据通信基础	(111)
§ 3-4 RS-232C 总线	(117)
§ 3-5 IEEE-488(或 GP-IB)总线	(133)

第四章 检测系统的抗干扰与可靠性技术

§ 4-1 检测系统的抗干扰技术	(143)
------------------------	-------

§ 4-2 检测系统的可靠性技术	(170)
§ 4-3 系统故障检测与诊断技术	(179)
第五章 检测算法	
§ 5-1 数字滤波技术	(190)
§ 5-2 克服系统误差的软件算法	(197)
§ 5-3 量程自动切换及标度变换	(212)
第六章 微机自动检测系统设计	
§ 6-1 组合化与开放式系统的设计思想	(219)
§ 6-2 自动检测系统设计方法	(220)
§ 6-3 微机自动检测系统设计	(222)
第七章 微机自动检测系统软件设计	
§ 7-1 问题定义	(236)
§ 7-2 软件设计与测试方法	(238)
§ 7-3 监控程度设计	(243)
第八章 微机自动检测系统设计实例	
§ 8-1 智能温度控制仪设计	(268)
附录 思考题与习题	(285)
参考文献	(287)

概 述

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,是在仪器仪表的使用、研制、生产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地存在于各行各业,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、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) 手工艺时代

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。工业生产上应用的仪表大多数属于机械指示式的仪表,生产过程中使用仪表主要作为主机的配套设备而使用。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) 仪器工程时代

随着电子技术的发展,由于晶体管、电子管的放大作用,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,并且在科研、生产上逐步形成了一个由测量点到记录仪表的检测系统,选用各种电测仪表、自动记录仪表、自动显示仪表、自动调节仪表等组合成自动检测系统开始较多地应用于各行各业,以实现对被控对象的监测、控制等目的。

(3) 仪器科学时代

近年来,因各种新技术、新材料、新器件、新工艺、新理论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的信息的基本前提。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。而且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、更可靠地检测和测量;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。

第一章 检测理论基础

§ 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。纵观科学发展史,更充分说明实验(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;用体温表量人体的体温;商场用电子秤称量顾客所购买商品的重量;加油站用自动加油机为各种机动车辆自动加油,并自动记录、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、监督和控制某生产过程或某对象,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,为此首先必须对这些参数的大小、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”即指物理量。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,而且还有它的定量性质,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 ——比值,无量纲;

x ——被测量;

V ——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而数值不同。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:

$$1p_a = 1N/m^2 = 1kg/m \cdot s^2 \approx 0.1mm \text{ 水柱高}$$

整个测量过程包括对比、示差、平衡和读数四个基本动作,这贯穿于一切测量过程中。要改进测量,就应简化和完善这些比较动作。

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。国际 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。

整个测量过程中的对比、示差、平衡和读数四个基本动作,以及检验过程完全不需要或仅需要很少的人工干预,是自动进行并完成的,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);二是用作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,在机械加工工业中的自动检测任务,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和自动化的内容是: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,则通过反馈控制进行自动调节。机械运行过程中的自动检测,即为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率,用于设备的运行管理、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),专门用作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,参数范围也在不断地延伸,另外,很多情况下需要测试的信息又往往与其他一些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。因此,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四大部分: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

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检测基本方法。

一、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不应影响被测对象的物理状态。

这种检测方法,根据是否需要外加辅助能源,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,从检测元件得到反应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,其值大小可表为

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

式中 $E_{AB}(T, T_0)$ ——热电偶输出热电势;

$e_{AB}(T)$ ——被测温度产生的热电势;

$e_{AB}(T_0)$ ——热电偶冷端温度产生的热电势。

检测系统如图 1-2 所示。

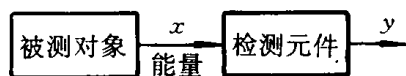


图 1-1 直接变换式

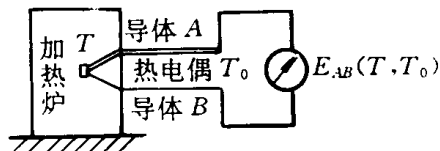


图 1-2 热电偶测量系统

2. 需要辅助能源的调制变换式

这种检测形式是反应被测对象的输出值 y 的能量由两部分组成,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 ——霍尔电势;

K_H ——霍尔系数;

I ——辅助能源所供给的电流;

B ——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 ,从而实现了对其的测量。其检测系统结构如图 1-4 所示。

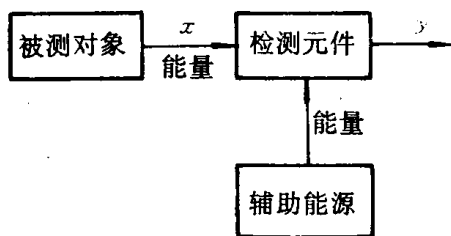


图 1-3 调制变换式

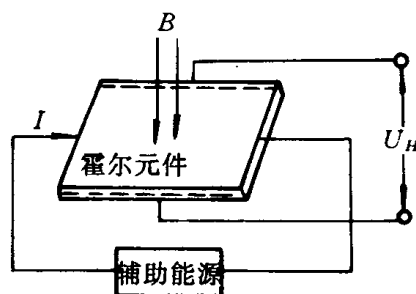


图 1-4 霍尔元件测磁场系统

二、探查型检测法

这种检测方法其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

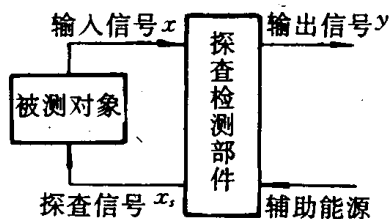


图 1-5 探查型检测系统

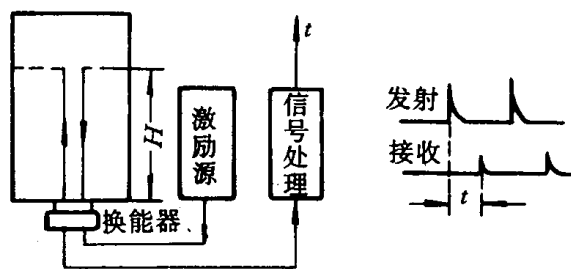


图 1-6 超声波液位检测系统

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。

三、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:

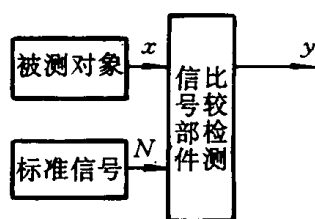


图 1-7 比较型检测系统

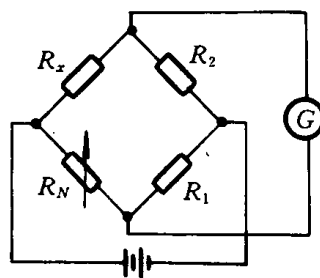


图 1-8 平衡电桥

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。这时则有

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

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

用电位差计测量未知电压就是应用平衡法。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,则所需平衡的反作用也要相应增大,因此指针的偏转也随之按比例增大。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。

例如检定标准电池时,用一具有标准电势 U_N 的标准电

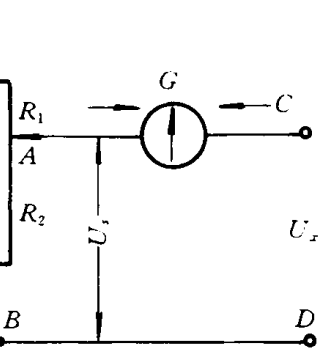


图 1-9 电位差计原理示意图

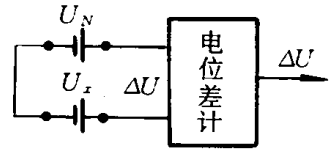


图 1-10 微差法检定标准电池

池、电位差计及被测电池组成检测系统,如图 1-10 所示。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

$$U_x = U_N + \Delta U \quad (1-6)$$

工业上使用的偏差指示仪表就属于这种类型。

四、信息处理型检测法

这种方法是对被测对象进行检测,检测量不是直接转换成所需的被测量,而是经过对检测所得信息进行处理分析后,才能得到所需的被测量的检测方法。其原理如图 1-11 所示。例如用相关法检测旋转体的转速,测量原理框图如图 1-12 所示。用检测器(如测振仪)收集被测旋转体的随机信号并转换成电压信号 $U(t)$ 。电压信号 $U(t)$ 中包括周期的转速信号 $N(t)$ 和噪声电信号 $S(t)$

$$U(t) = N(t) + S(t) \quad (1-7)$$

$N(t)$ 和 $S(t)$ 是两个互不相关的随机过程,当取延时时间 t 足够大时,因为 $N(t)$ 和 $S(t)$ 互相

关函数为零, $S(t)$ 的自相关函数因 τ 足够大而趋近于零, 所以 $U(t)$ 的自相关函数为

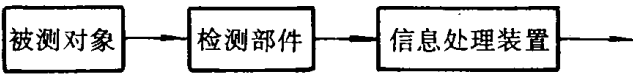
$$R_U(\tau) \approx R_N(\tau) \tag{1-8}$$


图 1-11 信息处理型检测系统

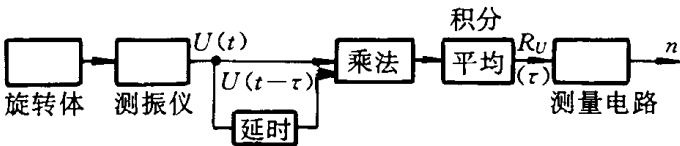


图 1-12 相关法转速检测系统

$R_U(\tau)$ 为 $U(t)$ 的自相关函数, $R_N(\tau)$ 为 $N(t)$ 的自相关函数, 经过信息处理系统对随机信号 $U(t)$ 进行自相关运算, 并测量出自相关函数 $R_U(\tau)$ 的频率 f , 就可得到被测旋转体的转速 n 。

$$n = 60f(\text{r/min})$$

检测方法的选择应根据被测量类型, 被测量的现场条件(如空间位置、机械振动、热辐射、电磁场等干扰)以及量程、精度、反应速度等方面的要求进行。以上介绍的只是检测方法中常用的几种基本类型, 在实际工作中, 应对被测对象做具体分析, 才能确定出合理的检测方法, 设计出合理的检测系统。

§ 1-3 常规检测系统基本结构

检测各种被测参数时, 为了实现检测的目的, 检测系统可以使用各种各样的结构型式。但归纳起来, 广泛采用的结构型式主要有以下几种。

一、重复(串联)结构

一般检测系统由传感器或敏感元件(或称检测元件)、信号处理装置和显示装置组成。为了提高检测系统的灵敏度和抗干扰能力, 常采用多个基本元件的串联(重复)结构型式。例如用热电堆检测温度。基本检测元件是热电偶, 热电堆是由多个单个热电偶串联而成, 它的输出是各单个热电偶输出热电势之和。对同一被测温度, 采用热电堆比采用单个热电偶输出电势提高了若干倍, 由于输出信号强了, 从而提高了抗干扰能力。

二、反馈结构

“反馈”, 主要是负反馈在放大器和自动控制系统中获得了广泛的应用。将反馈技术引入

到检测技术中,不仅可以提高测量精度,改善检测系统的性能,而且能使某些用传统检测系统无法解决的问题得以解决。

典型的反馈结构型检测系统方框原理图如图 1-13 所示。由图可以看出,反馈检测系统与一般检测系统的区别在于,它具有一个由“逆传感器”构成的反馈回路,由闭环系统的性质可知,反馈型检测系统的特性基本上是由逆传感器的特性所决定。

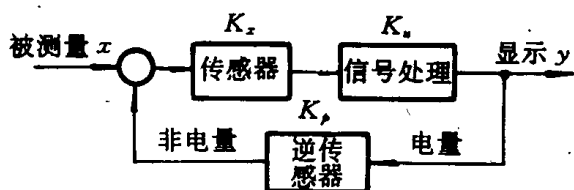


图 1-13 反馈型检测系统

所谓“逆传感器”可视为将电量转换为被测非电量的传感器。反馈型检测系统中所采用的比较和平衡方式有力和力矩平衡、电流平衡、电压平衡、热流平衡、温度平衡等。

反馈型检测系统的静态特性可由式(1-9)描述:

$$y = \frac{K_x \cdot K_u}{1 + K_x \cdot K_u \cdot K_F} x \quad (1-9)$$

当 $K_x \cdot K_u$ 足够大,使 $K_x \cdot K_u \cdot K_F \gg 1$ 时,则

$$y \approx \frac{1}{K_F} x \quad (1-10)$$

式中 K_x ——传感器的静态传递系数;

K_u ——信号处理部分的静态变换系数;

K_F ——逆传感器的静态传递系数。

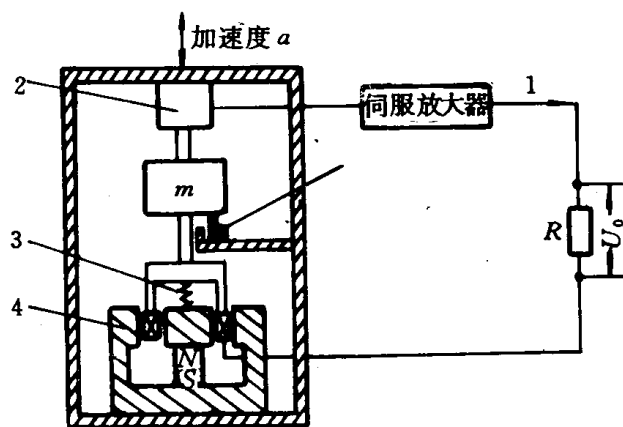
例如力平衡式加速度检测系统,如图 1-14 所示。它由惯性质量 m 、弹性支承 3、位移传感器 2、阻尼器 1、伺服放大器和磁电式力发生器(逆传感器)4 组成。

在检测加速度时,将力平衡式加速度传感器固定在被测物体上。在加速度 a 作用下,惯性质量 m 偏离零点位置,偏离量为 x 。用高灵敏度的位移传感器检测 x 值并送出与位移成正比的信号 u , u 经伺服放大器变换成电流 I , 送给磁电式力发生器。磁电式力发生器产生一个与位移方向相反的电磁力,力图使 m 趋向零点位置。当磁电式力发生器产生的力与作用在 m 上的加速度 a 所产生的力平衡时,这时伺服放大器输出电流 I , 经显示装置显示出来将代表被测加速度 a 。

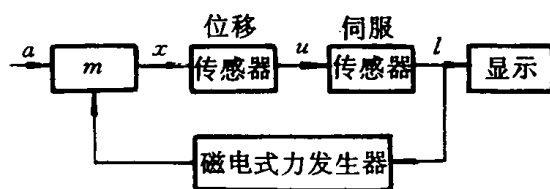
三、差动结构

差动结构的检测系统如图 1-15 所示。被测量为 u_1 , 干扰量(或称影响量)为 u_2 , 传感器(或称变换器)有 A、B 两个, 变换器 A 输出为 y_1 , 变换器 B 输出为 y_2 , 总的输出 $y = y_1 - y_2$, 这就是所谓的差动结构。

采用差动结构的目的是消除或减弱干扰量的影响,同时对有用信号即被测信号的灵敏度要有相应的提高。为此变换器 A 和 B 采用对称结构,被测量 u_1 反(负)对称地作用于变换



(a)结构示意图



(b)原理方框图

图 1-14 力平衡式加速度检测系统

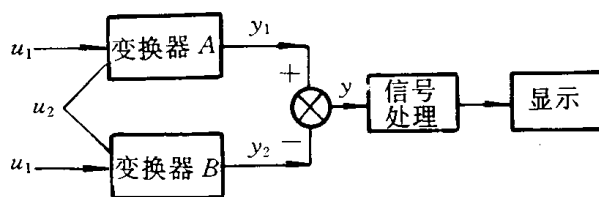


图 1-15 差动结构检测系统

器 A 和 B 。干扰量 u_2 对称地作用于变换器 A 和 B 。设 A 和 B 均为线性变换器, 则有静态关系式

$$y_1 = f(u_1, u_2) = K_A u_1 + K_A' u_2$$

$$y_2 = f'(u_1, u_2) = -K_B u_1 + K_B' u_2$$

$$y = y_1 - y_2 = (K_A + K_B) u_1 + (K_A' - K_B') u_2$$

因变换器 A 和 B 为对称结构, $K_A \approx K_B$, $K_A' \approx K_B'$, 这时,

$$y \approx 2K_A u_1 \quad (1-11)$$

从式(1-11)可见, 灵敏度提高了一倍, 同时克服了干扰量对测量值的影响。因此这种结构型式在工程检测中是广泛被采用的结构形式之一。例如位移检测系统的差动电感式、差动变压器式、差动电容式检测系统都是采用的差动结构。