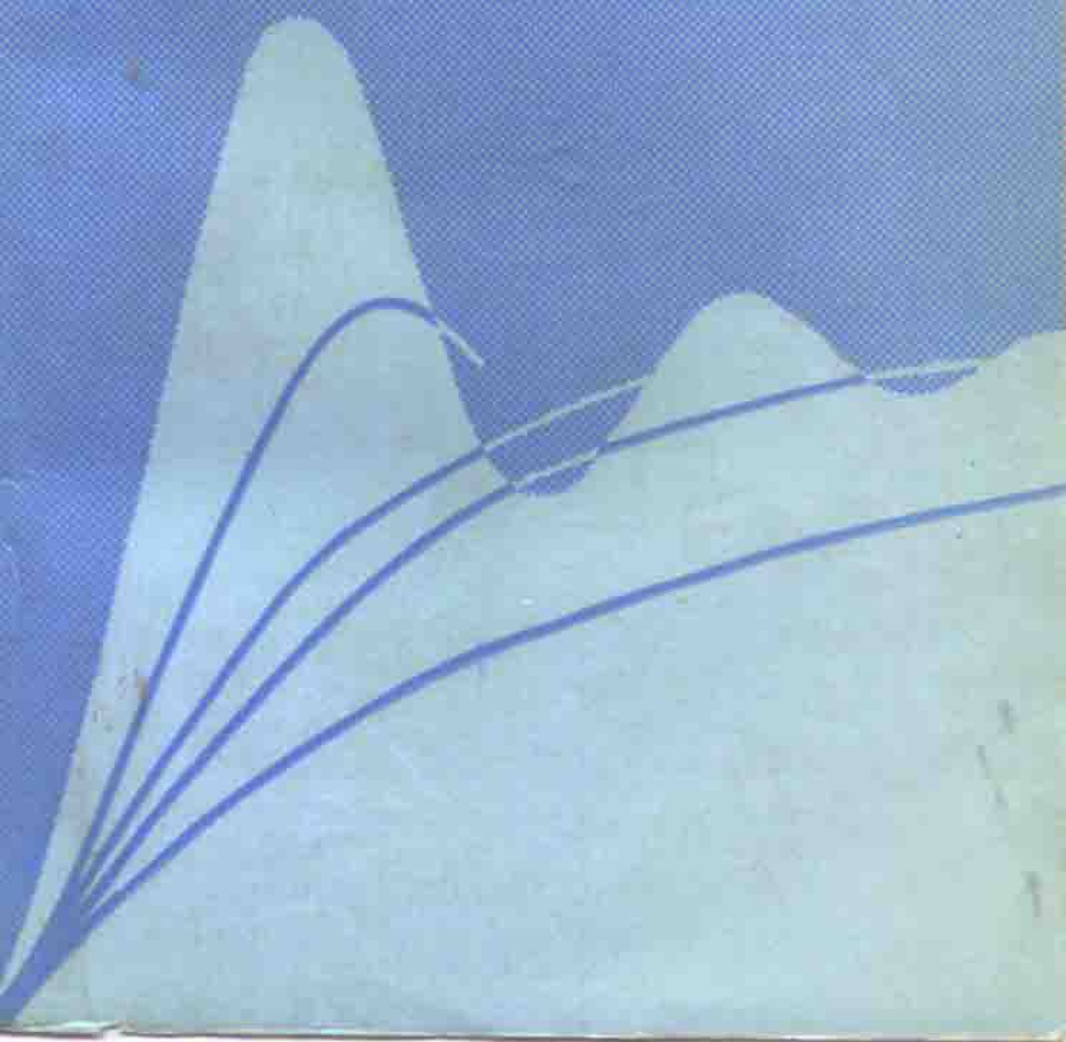


工程检测技术 及模拟信号变换

赵家贵 林克真 编著



工程检测技术及模拟信号变换

赵家贵 林克真 编著

轻工业出版社

内 容 简 介

本书共七章。较全面地介绍了常用的基本检测方法。过程参数检测原理，抗热、电磁干扰措施，信号变换与处理，检测系统的构成及其特性分析和提高检测系统测量精度的方法等内容。

全书从被检测对象到微机输入接口或显示装置之间整个检测系统诸环节的原理、方法都进行了论述，并在系统介绍原理的基础上，举出大量实用电路或应用实例，并突出了与微机的联系，以飨读者。

本书可供从事工业自动化和工程参数检测及仪表等专业技术人员阅读，也可供有关大专院校师生参考。

工程检测技术及模拟信号变换

赵家贵 林克真 编著

轻工业出版社出版

(北京广安门内大街路25号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米^{1/32} 印 张16^{24/32}；字数：366 千字

1989年12月 第一版第一次印刷

印数：1—2,600 定价：10.95元

ISBN7-5019-0700-5/TP·012

前 言

随着工业企业改革的深入发展,在生产过程中,为了提高生产力、提高产品质量、节约能耗、增加经济效益,正在大量采用以微机为核心的自动控制和相应的检测手段,来实现生产过程自动化和过程参数检测及产品质量检验、物性分析等。从生产过程、产品及样品中获取反应这些量的可信赖的信号,已成为达到上述目的的基础和前提,有的甚至成为关键所在。从生产过程中获取信号,它涉及检测方法、原理、手段、微电子和计算技术等多方面知识的综合运用,难度较大。因此,它越来越受到人们的重视和探索。

本书为适应从事工业自动化和工程参数检测及仪表方面工作的技术人员的需要所编写。从被检测对象到微机输入接口或显示器之间整个检测系统诸环节的原理、方法都进行了论述。它包括常用的基本检测方法,过程参数检测原理、抗热、电磁干扰措施,信号变换与处理,检测系统的构成及其特性分析和提高检测系统测量精度的方法等方面。在系统介绍原理的基础上,对过程信号检测、信号变换、抗热或电磁干扰措施、测量数据处理及提高检测系统精度的方法等举出大量应用实例或实用电路,并突出了与微机的联系,以供读者参考。

本书第一至第六章由赵家贵编写,第七章由林克真编写。书稿经王绍纯、刘国俊副教授审阅,并提出宝贵意见。对在编写本书中给予帮助的同志和所引参考书目的作者在此一

并致谢。

书中若有不妥，欢迎读者指正。

作者 1987年8月

目 录

第一章 检测的基本方法	(1)
一、直接按照物理定律进行检测	(1)
二、探查型检测法	(3)
三、比较型检测法	(4)
四、信息处理型检测法	(6)
第二章 检测系统	(8)
第一节 检测系统的基本功能	(8)
一、变换功能	(8)
二、选择功能	(9)
三、传输功能	(9)
四、显示功能	(10)
第二节 检测系统的基本结构	(10)
一、重复 (串联) 结构	(10)
二、反馈结构	(11)
三、差动结构	(13)
四、扫描结构	(14)
五、多次测量操作结构	(14)
第三节 检测系统的特性	(14)
一、检测系统的数学模型	(15)
二、检测系统的静特性	(18)
三、检测系统的动特性	(25)
第三章 测量误差与数据处理	(34)

第一节 误差的概念.....	(34)
一、研究误差的意义.....	(34)
二、误差的定义	(34)
三、误差的表示方法	(36)
四、误差分类	(40)
五、误差的来源	(42)
六、误差与精度评定.....	(43)
第二节 系统误差.....	(45)
一、系统误差产生的原因	(45)
二、系统误差的特点	(46)
三、发现系统误差的方法	(47)
四、消除或减小系统误差的方法	(52)
五、系统误差的消除准则.....	(55)
第三节 随机误差.....	(56)
一、随机误差产生的原因	(56)
二、随机误差的特点.....	(56)
三、随机误差的工程计算.....	(58)
第四节 粗大误差.....	(66)
一、粗大误差产生的原因	(66)
二、防止与消除粗大误差的方法.....	(67)
三、判断粗大误差的准则	(67)
第五节 测量结果的数据整理.....	(70)
一、测量结果的数据整理规程	(70)
二、举例.....	(71)
第六节 间接测量中的误差传递.....	(74)
一、系统误差的传递	(75)
二、随机误差的传递	(76)

第七节 误差的合成与分配.....	(78)
一、误差的合成	(78)
二、误差分配	(81)
第八节 有效数字及其运算规则.....	(85)
一、有效数字	(85)
二、有效数字的化整规则	(86)
三、有效数字的运算规则	(86)
第九节 回归分析.....	(87)
一、概述	(87)
二、直线拟合——一元线性回归	(88)
三、多元线性回归.....	(95)
第十节 测量数据的图解分析.....	(96)
一、图解分析的意义	(96)
二、作图的一般知识	(97)
三、修匀曲线及直线的工程方法	(98)
第十一节 动态测量误差分析.....	(103)
一、具有典型特性的检测系统的误差分析	(104)
二、一般检测系统的动态误差分析.....	(108)
第四章 过程参数检测原理和方法.....	(115)
第一节 温度的检测方法.....	(115)
一、热电偶	(117)
二、热电阻	(122)
三、半导体热敏电阻 (简称热敏电阻)	(128)
四、 P - n 结测温仪	(129)
五、膨胀式测温仪	(130)
六、辐射式温度计	(132)
七、温度标准传递	(136)

第二节 流量检测方法	(138)
一、容积法测量	(138)
二、节流差压法测量	(140)
三、涡轮式流量计	(141)
四、电磁流量计	(143)
五、激光式流量计	(144)
六、智能化流量仪	(145)
第三节 物位和相界面检测方法	(146)
一、液位的检测方法	(147)
二、料位的检测方法	(153)
三、相界面的检测方法	(155)
第四节 力的检测方法	(158)
一、利用电阻应变效应检测力	(158)
二、利用压磁效应检测力	(165)
三、利用压电效应检测力	(166)
四、电磁感应法检测扭矩	(168)
五、压阻法检测流体压力	(168)
六、利用差动电容检测差压 (微压)	(171)
七、利用弹性元件变形直接检测流体压力	(171)
第五节 位移的检测方法	(172)
一、利用电容式传感器检测位移	(173)
二、利用差动电感式传感器检测位移	(176)
三、利用差动变压器检测位移	(178)
四、利用电涡流式传感器检测位移	(179)
五、利用光电脉冲法检测位移	(181)
六、利用磁电转换法检测位移	(186)
七、利用多模光纤位移传感器检测位移	(189)

第六节 速度的检测方法	(190)
一、角速度检测方法	(190)
二、线速度检测方法	(195)
第七节 厚度的检测方法	(198)
一、射线式厚度检测	(198)
二、微波式厚度检测	(200)
三、激光厚度检测	(201)
四、电涡流法厚度检测	(205)
第八节 湿度的检测方法	(206)
一、自动干湿球湿度检测	(207)
二、光电式露点湿度检测	(208)
三、氯化锂露点湿度检测	(210)
四、碳膜湿度检测	(211)
五、多孔氧化铝湿度检测	(212)
六、陶瓷湿度检测	(213)
七、红外线湿度检测	(215)
八、中子测水	(216)
第五章 检测仪表的抗温度干扰技术	(217)
第一节 概述	(217)
一、温度变化对检测仪表的影响	(217)
二、检测仪表的抗温度干扰设计原则	(219)
三、冷却方式的选择	(220)
第二节 电子仪表的自然散热	(228)
一、机壳的热设计	(229)
二、仪表内部电子元器件的散热	(230)
第三节 强迫通风和液体冷却	(232)
一、强迫通风冷却	(232)

二、液体冷却	(233)
第四节 电子测量仪表的温度补偿	(235)
一、概述	(235)
二、温度补偿原理	(236)
三、并联式温度补偿	(237)
四、反馈式温度补偿	(240)
第六章 电子装置的抗电磁干扰技术	(245)
第一节 概述	(245)
一、干扰与噪声	(245)
二、电磁干扰的分类	(246)
三、噪声电压的迭加	(253)
四、噪声形成干扰的三要素	(254)
第二节 噪声的耦合方式	(254)
一、电容性耦合	(254)
二、互感耦合	(256)
三、共阻抗耦合	(256)
四、漏电耦合	(259)
五、传导耦合	(259)
六、辐射电磁场耦合	(259)
第三节 抑制干扰的基本方法	(260)
一、消除或抑制噪声源	(260)
二、破坏干扰传递途径	(261)
三、削弱接收电路对干扰的敏感性	(261)
四、采用软件抑制干扰	(261)
第四节 抑制电磁干扰的基本措施	(262)
一、屏蔽	(262)
二、接地	(268)

三、 浮置	(275)
四、 对称电路	(277)
五、 隔离技术	(279)
六、 滤波	(283)
七、 脉冲电路的噪声抑制	(308)
第五节 抗干扰措施应用举例	(309)
一、 传输线引入干扰的抑制	(309)
二、 印刷电路板的抗干扰	(318)
三、 A/D 和 D/A 转换中的抗干扰对策	(323)
四、 电子测量仪表的抗干扰措施	(330)
五、 微型计算机的抗干扰措施	(344)
六、 负载干扰的抑制	(349)
七、 电源所致干扰的抑制	(365)
八、 测量仪表的自动校准	(374)
第七章 信号的变换和处理	(377)
第一节 直流-交流-直流变换	(378)
一、 微弱信号的直流-交流变换	(379)
二、 调制器	(382)
三、 直流-交流电源变换器	(391)
四、 交流-直流的变换	(395)
五、 实际应用举例	(399)
第二节 电压-电流变换	(410)
一、 浮动负载的电压-电流变换器	(411)
二、 负载接地的电压-电流变换器	(413)
三、 实用电路举例	(420)
第三节 电压-频率、频率-电压变换	(427)
一、 简单的电压-频率变换器	(429)

二、精密电压-频率变换器	(438)
三、频率-电压变换器	(440)
第四节 模-数、数-模变换	(446)
一、数-模转换器 (D/A转换器)	(447)
二、模-数转换器 (A/D转换器)	(461)
第五节 非线性特性的线性化	(495)
一、线性化器特性的求取	(496)
二、模拟量非线性的补偿	(502)
三、数字量非线性的补偿	(511)
参考文献	(519)

第一章 检测的基本方法

对被测对象进行检测,是为了得到被测对象的真实值。为达到此目的采用适当的变换原理、选用合适的仪器设备及设计合理的测量方案,即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。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得到满意的测量结果,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、直接按照物理定律进行检测

直接按照物理定律检测法是把从被测对象中取得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

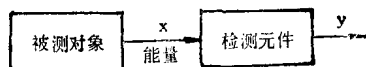


图 1-1 直接变换式

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

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

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。

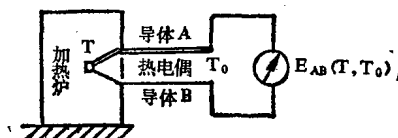


图 1-2 热电偶测量系统

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(1-2)

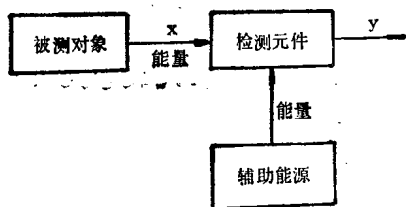


图 1-3 调制变换式

式决定。

$$U_H = K_H I B \quad (1-2)$$

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 ，从而实现了磁场的测量。其检测系统结构如图 1-4 所示。

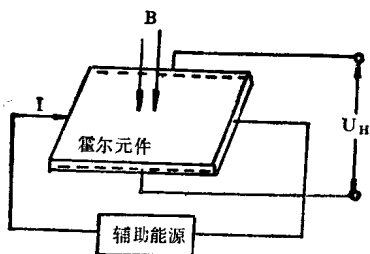


图 1-4 霍尔元件测磁场系统

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

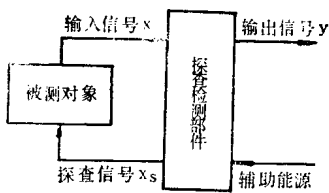


图 1-5 探查型检测系统

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

波从发射到接收所经历的时间为 t ，则有

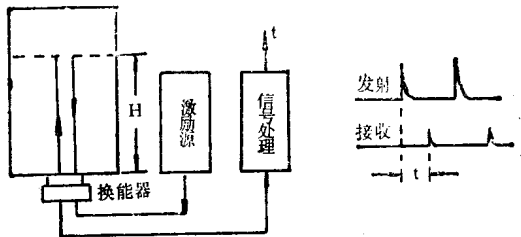


图 1-6 超声波液位检测系统

$$H = \frac{t}{2v} \quad (1-3)$$

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。具体实施方案有两种：

1. 平衡法