

职业技术学院教学用书

参数检测与自动控制

李登超 主编

CANSHU JIANCE
YU ZIDONG KONGZHI

冶金工业出版社

职业技术学院教学用书

参数检测与自动控制

主	编	李登超
审	稿	袁康
		黎景全
		韦光

北 京
冶金工业出版社
2004

内 容 提 要

全书共分 21 章,内容包括:检测技术的理论基础,智能仪器仪表和现代数据采集系统,电阻应变片及其信号调节电路,电阻应变仪和显示记录器,力参数测量,位移与转速测量,温度测量,尺寸测量,板形检测,无损检测诊断,轧机运行状态和工艺过程的在线监测,计算机控制技术的基本知识,可编程序控制器及其应用,电动机速度控制,厚度控制,板形控制,宽度控制,张力控制,温度控制,自动化轧钢生产过程与计算机画面,型钢生产过程的自动控制。

本书可作为职业技术学院金属压力加工技术专业教材,也可作为在职人员的培训教材或自学之用。

图书在版编目(CIP)数据

参数检测与自动控制/李登超主编. —北京:冶金工业出版社,2004. 2

职业技术学院教学用书

ISBN 7-5024-3428-3

I. 参… II. 李… III. ①参数测试-专业学校-教材②自动控制系统-专业学校-教材 IV. ①TM934
②TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 121469 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 俞跃春 美术编辑 李 心 责任校对 王贺兰 责任印制 李玉山

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2004 年 2 月第 1 版,2004 年 3 月第 2 次印刷

787mm×1092mm 1/16;25.25 印张;607 千字;388 页;1501—4000 册

39.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

随着现代信息技术、自动化技术在轧钢领域的广泛而深入地应用,轧制过程的自动化已达到相当高的程度,并已呈现出智能化的趋势。各种技术的相互渗透与融合使轧制生产现场迫切需要既懂计算机控制技术,又懂轧制工艺技术的人才来操作。为了满足培养这种复合型人才教学的需要,我们编写了此书。

本书在非电量检测技术和计算机控制技术基本知识、数据采集系统、电动机速度控制与可编程序控制器介绍的基础上,着重介绍了轧制工艺设备参数的检测技术和轧制产品质量自动控制技术。

本书具有以下特点:(1)内容全面,自成一体,非常适合金属压力加工技术这类非电非计算机专业使用,也很适合不同层次、不同专业的读者根据自己需要选学不同的内容。(2)轧制产品质量自动控制技术的介绍,首先从最基础的知识点着手,按照由浅入深,适当跳跃的原则,介绍必要的准备知识,最终过渡到现场自动化系统的介绍;同时以较多的插图、实例和习题相配合,便于读者自学。(3)以先进实用技术的介绍作为全书重点,从而保证了全书内容的新颖性和适用性。

参与本书编写的人员有:四川机电职业技术学院李登超副教授、任汉恩高级讲师、张天柱讲师,河北工业职业技术学院付俊薇副教授、张景进副教授,攀钢热轧板厂张中平高级工程师,攀钢冷轧板厂黄志敏高级工程师,四川托日信息工程公司刘博军高级工程师。该书由李登超副教授担任主编。参加编写人员为:李登超(编写第1、2、10、12、15、16、17、18、19、21章),付俊薇(编写第5章),任汉恩(编写第8、9章),张天柱(编写第7章),张中平(编写第20章),黄志敏(编写第11章)、付俊薇、李登超(编写第3、6章),任汉恩、李登超(编写第4章),张景进、李登超(编写第14章),刘博军(编写第13章)。全书由李登超统稿、定稿。

本书由北京科技大学黎景全教授、韦光教授、袁康教授审稿。

本书在编写过程中,参阅了较多的文献,并引用了部分内容,在此,我们对这些文献的作者一并表示敬意和感谢。

本书为职业技术学院金属压力加工技术专业、材料工程、材料成形及控制、轧钢等专业教学用书,也可作为上述专业技术人员培训用教材,还可作为电气工程、自动化、仪器仪表等专业的教学参考书。

由于编者水平所限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004年1月8日

目 录

参数检测

1 检测技术的理论基础	1	2.2 现代数据采集系统	25
1.1 几个概念	1	2.2.1 现代数据采集系统功能和特点及分类	26
1.1.1 测量、测试	1	2.2.2 数据采集控制系统的基本构成	28
1.1.2 检验、检测	1	2.2.3 系统总线概念	29
1.1.3 标定、校准	2	2.2.4 检测算法	30
1.2 检测系统的组成及分类	3	3 电阻应变片及其信号调节电路	38
1.2.1 传感器	3	3.1 电阻应变片	38
1.2.2 信号调节器	3	3.1.1 电阻应变片的工作原理	38
1.2.3 显示记录器	4	3.1.2 金属丝的灵敏系数	39
1.3 传感器	4	3.1.3 电阻应变片的构造	40
1.4 测量误差	6	3.1.4 电阻应变片的种类	41
1.4.1 有关测量技术中的部分名词	6	3.1.5 电阻应变片的工作特性	43
1.4.2 测量误差	6	3.1.6 电阻应变片的选用	46
1.5 测量不确定度	12	3.2 测量电路	48
1.5.1 不确定度的术语	12	3.2.1 电桥电路	48
1.5.2 误差与不确定度的区别	12	3.2.2 电桥特性	52
1.6 有效数字与计算法则	13	3.2.3 桥路的温度补偿	53
1.6.1 有效数字概念	13	3.2.4 电桥的平衡	54
1.6.2 有效数字的计算规则	13	3.2.5 双电桥及电位计式电路	55
1.7 检测系统的特性	14	4 电阻应变仪和显示记录器	57
1.7.1 静态特性	14	4.1 电阻应变仪	57
1.7.2 动态特性	16	4.1.1 应变仪的分类	57
2 智能仪器仪表和现代数据采集系统	24	4.1.2 电阻应变仪的组成及工作原理	59
2.1 智能仪器仪表	24	4.1.3 电阻应变仪的使用	60
2.1.1 智能仪器仪表的组成	24	4.1.4 应变仪使用中的某些	
2.1.2 智能仪器仪表的主要特征和功能	25		

问题	66	6.2.3 闪光测速仪	107
4.2 显示记录器	68	6.2.4 光电式转速表	108
4.2.1 笔式记录仪	69		
4.2.2 数字存储示波器	70	7 温度测量	110
5 力参数测量	73	7.1 温标及测温方法	110
5.1 应力应变测量	73	7.1.1 温标	110
5.1.1 应力应变测量的基本 知识	73	7.1.2 测量方法与测温仪表	110
5.1.2 单一变形时的应变测量	75	7.2 常用测温计	111
5.1.3 复合变形时对某一应变 成分的测量	78	7.2.1 热电偶	111
5.2 测力传感器	80	7.2.2 光学高温计	115
5.2.1 电阻应变式测力传感器 的组成	80	7.2.3 辐射高温计	116
5.2.2 常用的测力传感器弹性 元件	81	7.2.4 红外测温计	116
5.3 轧制力测量	83	8 尺寸测量	118
5.3.1 直接测量法	83	8.1 厚度测量	118
5.3.2 间接测量法	92	8.1.1 概述	118
5.4 轧制力矩测量	93	8.1.2 射线测厚仪表	118
5.4.1 直接测量法	93	8.1.3 其他测厚仪表	123
5.4.2 间接测量法	96	8.2 轧件宽度测量	124
5.5 其他力参数的测量	97	8.3 轧件长度测量	126
5.5.1 轧件张力测量	97		
5.5.2 挤压力测量	99	9 板形检测	127
5.5.3 拉拔力测量	99	9.1 概述	127
6 位移和转速测量	101	9.2 板形检测技术	127
6.1 位移测量	101	9.2.1 板形检测仪的种类	128
6.1.1 伺服电位器	101	9.2.2 热带钢板形检测方法	128
6.1.2 自整角机	101	9.2.3 冷带钢板形检测仪	129
6.1.3 旋转变压器	102		
6.1.4 光电编码盘	104	10 无损检测诊断	133
6.1.5 差动变压器	104	10.1 概述	133
6.1.6 感应同步器	105	10.2 超声波检测诊断	134
6.2 转速测量	106	10.2.1 超声波及获得方法	135
6.2.1 磁性转速表	106	10.2.2 超声波探伤原理	136
6.2.2 测速发电机	107	10.2.3 超声波检测诊断方法	136
		10.2.4 数字化超声检测诊 断仪	138
		10.3 磁力检测诊断	141
		10.3.1 磁力探伤原理	142
		10.3.2 磁力探伤方法	142

10.3.3 退磁方法	144	10.5.5 渗透探伤法	151
10.3.4 结果评定	144	10.5.6 钢管无损检验方法综合 比较及其应用	151
10.4 射线检测诊断	145		
10.4.1 射线探伤原理	145		
10.4.2 射线探伤设备	146		
10.4.3 射线检测方法	146		
10.5 无损检测诊断技术在钢管 生产中的应用	148		
10.5.1 水压试验	149		
10.5.2 超声波探伤	149		
10.5.3 涡流探伤	150		
10.5.4 磁力探伤(磁粉探伤和 漏磁探伤)	150		

11 轧机运行状态和工艺过程的在线监测

11.1 轧机在线监测的重要 意义和内容	154
11.2 典型轧机在线监测系统	155
11.2.1 显示功能	155
11.2.2 报表打印功能	157
11.2.3 统计功能	158

自动控制

12 计算机控制技术的基本知识

12.1 几个基本概念	160
12.1.1 模拟量、模拟信号和数 字量、数字信号	160
12.1.2 在线、离线	160
12.1.3 模型分类和数学模型 及其自学习	161
12.1.4 控制、自动控制、实时 控制	163
12.2 自动控制系统的分类	163
12.2.1 按控制系统的结构 特点分类	164
12.2.2 按照系统给定值的 特点分类	166
12.2.3 按被控对象工艺过 程来分类	167
12.2.4 按自动控制系统的 功能分类	167
12.3 计算机控制系统的组成	167
12.3.1 硬件组成	167
12.3.2 软件组成	168
12.4 工业控制计算机特点和 种类	170

12.4.1 工业控制计算机特点 ..	170
12.4.2 工业控制计算机的 种类	170
12.5 过程输入输出通道	171
12.5.1 计算机控制系统概念 与结构特点	171
12.5.2 输入通道(检测通道) ..	172
12.5.3 输出通道(控制通道) ..	173
12.6 自动控制系统的性能指标 ..	174
12.6.1 系统的稳定性	174
12.6.2 控制系统的性能指标 ..	176
12.7 PID控制规律及DDZ-Ⅲ型 调节器	177
12.7.1 PID控制规律	177
12.7.2 DDZ-Ⅲ型调节器	186
12.8 计算机控制系统的分类	188
12.8.1 数据采集系统	188
12.8.2 计算机操作指导系统 ..	188
12.8.3 直接数字控制系统	188
12.8.4 监督控制系统	189
12.8.5 多级计算机控制 系统	189
12.8.6 分散控制系统	190

13 可编程序控制器及其应用	192	14.3.4 可逆调速系统	241
13.1 顺序控制系统	192	14.3.5 直流调速系统的数 字化	246
13.1.1 顺序控制系统的功能 要求和组成	192	14.4 交流电动机调速	247
13.1.2 电器控制系统	193	14.4.1 变频调速的原理和 特性	247
13.1.3 典型控制线路	194	14.4.2 变频器的基本类型	248
13.1.4 电器控制系统的设计	195	14.4.3 交-直-交变频器	249
13.2 可编程序控制器	196	14.4.4 交-交变频器	252
13.2.1 可编程序控制器的 特点	196	14.4.5 脉宽调制型(PWM) 变频器	253
13.2.2 可编程序控制器分类	198	15 厚度控制	257
13.2.3 可编程序控制器配置	198	15.1 轧辊位置控制	257
13.2.4 PLC 的输入输出模板	200	15.1.1 概述	257
13.2.5 可编程序控制器工作 原理	204	15.1.2 电动压下位置自动 控制	257
13.2.6 可编程序控制器用的 几种编程语言	205	15.1.3 液压压下位置自动 控制	262
13.2.7 三菱 PLC 及其指令 系统	207	15.2 厚度自动控制(AGC)	263
13.2.8 F1 系列 PLC 的基本逻辑 指令及其编程方法	214	15.2.1 绝对 AGC 和相对 AGC	264
13.2.9 编程举例	220	15.2.2 厚差产生原因	264
13.2.10 简易编程器的用法	224	15.2.3 基本 AGC 的种类 和原理	265
14 电动机速度控制	227	15.2.4 热连轧板带轧机 DDC- AGC 系统程序	277
14.1 电力拖动系统的技术指标	227	15.2.5 带钢连轧机的厚度自动 控制系统	278
14.1.1 稳态指标	227	15.2.6 2030mm 五机架冷连轧机 厚度自动控制系统	279
14.1.2 动态指标	228	16 板形控制	293
14.2 晶闸管可控整流	228	16.1 常见的板形缺陷和板形的 定量表示	293
14.2.1 晶闸管特性	229	16.1.1 常见的平直度缺陷和 平直度的定量表示	293
14.2.2 晶闸管可控整流电路	229	16.1.2 横断面形状种类及其定 量表示	294
14.3 直流电动机调速	234		
14.3.1 直流电动机的机械特性 方程式	234		
14.3.2 直流电动机的调速 原理	236		
14.3.3 速度和电流双闭环直流 调速系统	237		

16.2 平直度不良缺陷产生的原因	295	18.1 机架间张力控制	328
16.3 板形控制手段	297	18.1.1 热连轧机的微张力控制	328
16.3.1 液压弯辊	298	18.1.2 热连轧机的活套控制系统	333
16.3.2 轧辊磨削凸度	299	18.1.3 冷连轧机机架间张力自动控制	339
16.3.3 轧辊热凸度控制	299	18.2 开卷、卷取张力自动控制	340
16.3.4 轧辊倾斜调整	300	18.2.1 卷取张力控制方案选择	340
16.3.5 轧制规程在线修正、轧制计划的合理编制和动态负荷分配	300	18.2.2 主要参数计算	344
16.3.6 HC 轧机、WRS 轧机	300	18.2.3 卷取张力控制实例	345
16.3.7 CVC 轧机	301	19 温度控制	350
16.3.8 PC 轧机	301	19.1 终轧温度控制	350
16.3.9 VC 支撑辊、DSR 支撑辊和 VCR 变接触支撑辊	302	19.2 卷取温度控制	350
16.4 板形控制的基本原理	304	19.2.1 卷取温度控制系统构成及控制原理	351
16.5 辊型设计和板形设定	307	19.2.2 卷取温度控制模型	352
16.5.1 轧辊辊型设计	307	19.2.3 卷取温度控制方式	355
16.5.2 板形设定	309	19.2.4 卷取温度控制实例	356
16.6 板形自动控制	317	20 自动化轧钢生产过程与计算机画面	359
16.6.1 板形控制目标曲线	317	20.1 轧钢计算机控制系统的几个重要功能简介	359
16.6.2 带钢连轧机板形自动控制实例	319	20.1.1 跟踪	359
17 宽度控制	324	20.1.2 轧制节奏控制	361
17.1 板宽变动的原因	324	20.1.3 轧制过程的自动设定	361
17.2 板坯侧压及随后水平压下的变形特点	324	20.2 带钢热连轧自动化生产过程及计算机画面简介	362
17.3 几种基本的宽度控制方式	325	20.2.1 各级计算机功能	363
17.3.1 短行程控制	325	20.2.2 自动化轧钢生产过程	364
17.3.2 前馈 AWC	325	20.2.3 计算机画面	367
17.3.3 反馈 AWC	326	21 型钢生产过程的自动控制	370
17.3.4 动态设定	326	21.1 型钢连轧的张力控制	370
17.4 自动宽度控制实例	326	21.1.1 棒、线材连轧的张力控制	370
17.4.1 宽度设定	326		
17.4.2 动态宽度控制	326		
18 张力控制	328		

21.1.2 型材轧制的张力控制 ...	371	21.3.2 微机控制系统	376
21.2 型钢尺寸的自动测量与 控制	373	21.3.3 微机控制轧后冷却的 工艺过程	376
21.2.1 型钢尺寸的自动测量 ...	373	21.3.4 有关的数学模型	378
21.2.2 型钢尺寸的自动控制 ...	374		
21.3 型钢轧后控制冷却	375	习题	380
21.3.1 螺纹钢筋模拟控制 冷却生产线简介	375	参考文献	387

1 检测技术的理论基础

1.1 几个概念

1.1.1 测量、测试

广义而言,测量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。各种物理量不仅具有一些物理对象共有的定性性质,如温度、质量,而且还有定量性质,如温度的高低、质量的大小。为了确定大小,就要进行比较,故有人把测量定义为“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”(作为计量单位的标准量应是国际上或国家所公认的、性能稳定的量)。整个测量过程包括对比、示差、平衡和读数4个基本动作。这贯穿于一切测量过程中,要改进测量,就要简化和完善这些动作。

测量有多种分类方法,常用的有按测量值的获得方法分类、按测量目的分类等。按测量值的获得方法,可分为直接测量、间接测量和组合测量。直接测量是直接得到被测量的测量方法;间接测量是直接测量与被测量之间有一定函数关系的其他量,再根据直接测量值与被测量的函数关系计算得到被测量;组合测量是用直接测量和间接测量得到的量值与相对应的被测量按已知关系组合,求出其拟合方程,再通过解方程的方法得到被测量。按测量目的,可分为定值测量和参数检测。定值测量是按一定不确定度确定被测量实际值的测量;参数检测是以技术标准、规范或检定规程为依据,判断被测量是否合格的测量。

测试(TESTING)是测量和试验的合称,有时把较复杂的测量称为测试。国标 GB 6583《质量一术语》中对试验的定义是“对产品、过程或服务的特性进行的实验和测定”。大多数情况下,测试是指一种科学的产品试验方法。它按照行业或用户提出的技术规范,设计出专用装备组成测试系统,通过模拟使用环境和工作条件取得产品的功能特性、可靠性、稳定性、工作寿命和环境适应性等内在质量的参数。

1.1.2 检验、检测

检验是将产品图纸和工艺规定的技术规范及质量检验标准与检验结果进行比较,以判定产品、半成品、零部件质量合格与否,属于质量控制性质。检验的工作内容包括:工厂为保证产品质量对外购材料、元器件、协作件进行的人厂检验;在生产过程中对零件、部件和一些关键件的关键加工工序进行检验;产品完成后进行出厂检验;对有些产品,比如重型机床、轧钢机械、大型精密仪器和成套石油、化工设备等,因对运输条件有特殊要求,有的还需要拆装运输,到工作现场后重新组装成套,在用户参与下进行验收试验等。

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。如机械工业中,检

验某个零件尺寸是否在公差带之内,此时不要求确知各零件的尺寸值;又如对电器元件虚焊的检验,只要求发现有无虚焊点的存在等等。

在生产过程中,除了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,称为检测。目前大多数人在使用检测和测试这两个词时,一般不加以区别。

整个测量过程中的对比、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,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,即通常所说的自动检测或自动测试(又称自动监测);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做出相应的控制决策,实施自动控制。

1.1.3 标定、校准

一切测量过程,都是将未知的被测量与具有同等意义的已知基准量进行比较的过程。由于比较方式的不同,未知量的测量可概括直接比较法和间接比较法两大类。前者是将未知被测量 Q 与已知基准量 $[Q]$ 直接比较而定量[见图 1-1(a)];后者是先将被测量 Q 转换成对应的、具有不同意义的中间参量 S (表示测量结果或输出,可以是模拟量,如表盘指针的位移、示波器光点的高度,也可以是数字量,如数字电压表以十进制数值表示其大小的电压)。然后,再将 S 与已知基准量 $[Q]$ 进行对比,并借此使被测量 Q 通过与基准量 $[Q]$ 的间接比较而定量[见图 1-1(b)]。

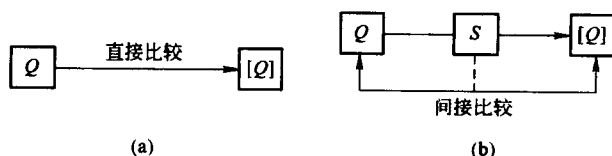


图 1-1 被测量定值方法示意图

对于间接比较法来说,这种通过中间量与基准量对比来实现被测量定值的附加过程,在工程测试或计量中,就称为校准或标定(Calibration)。

被测量 Q 的标定过程,就是在实际量程范围内对所用测量系统以适当间隔逐一施加不同量级的已知基准量 $[Q_i]$,以得到相应的 S_i ,并从而求得被测量 Q 与指示量 S 之间对应关系的过程。这一函数关系的表达式 $Q = f(S)$,称为标定方程,其图形称为标定曲线。大多数情况下, Q 与 S 呈线性关系,这时标定方程的一般形式为

$$Q = mS + b$$

式中, m 及 b 为常数,分别为标定曲线的斜率和对纵轴的截距。

$$m = \frac{dQ}{dS} = \frac{Q - b}{S} \quad (1-1)$$

在许多情况下,标定曲线(直线)通过原点(即 $b=0$),此时标定方程具有如下的简单形式,即 $Q = mS$,且斜率为

$$m = \frac{dQ}{dS} = \frac{Q}{S} \quad (1-2)$$

由式(1-1)及式(1-2)可知,斜率 m 的物理意义,是被测量 Q 随其对应指示量 S 的变化率,表示单位指示量所对应被测量的数值,是被测量定值的尺度,因而习惯上亦称标尺或标定常数。标定的目的,就是通过标定方程的建立而最终取得标定常数或标尺。有了标尺,就可以对仪表的表盘进行刻度。

1.2 检测系统的组成及分类

轧钢测试中的被测量大多为非电量。现代的非电量测量技术,首先是将非电量转换为电量,随后通过信号的转换,加以显示和记录。一个完整的非电量测量系统应该包括传感器、信号调节器和显示记录器等 3 个主要部分。它们之间的关系如图 1-2 所示。

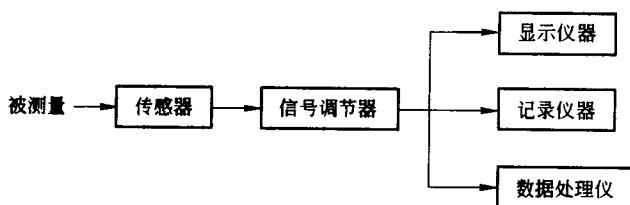


图 1-2 非电量测量系统组成方框图

1.2.1 传感器

传感器(Transducer)是一种把物理量和化学量转换为电量的仪表。它的作用是直接感受被测物理量,并把其转换成与被测物理量有一定函数关系的电压、电流或电路参量(如电阻、电感、电容),再输出给其他仪表。显然,传感器获得信息的正确与否,关系到整个测试系统的精度。如果传感器的误差很大,后面的信号调节电路、显示器、记录器精度再高,也难以提高整个测试系统的精度。所以,传感器是测试系统的第一个环节,也是最重要的一个环节。

1.2.2 信号调节器

信号调节器的作用是把传感器输出的电信号或电参数调节变换为记录显示仪器所需要的标准电压、电流信号,并输送到记录显示仪器中记录和显示。由于传感器种类很多,它所转换出的信号类型、特点也不同,与其相配的信号调节器内部电路也不同。较常见的有放大电路、电桥电路、滤波电路、相敏检波电路、谐振电路、阻抗变换电路、调制解调电路、线性化电路等。

一般情况下,放大器是传感器后处理电路的第一个环节。目前,广泛采用的放大电路是由集成电路组成的高放大倍数的运算放大器,可完成电流和电压转换、电压放大以及对线性和非线性模拟量信号处理等工作。常用的放大器有测量放大器、仪器放大器、隔离放大器、程控增益放大器等,以上电路都已做成集成电路芯片的形式。以这些芯片为基础又做出多种专用放大仪器,如电压放大器、电荷放大器。测量放大器由三个运算放大器组成,适用于测量远距离的小信号,特别适合与传感器的输出信号相接。

对于一般的测量系统,总希望其输出特性为线性,因为只有对线性系统才能比较方便地进行数学处理与分析。但是,许多系统往往会出现一些非线性环节而导致系统输出特性为

非线性。如果非线性误差是在允许范围内,还可按线性特性处理。但如果非线性误差过大,则只能缩小测量范围,因此有效的办法是设法将系统的非线性特性转换为线性特性,这就需要在系统中引入一种特殊环节,用它来补偿其他环节的非线性,这种环节称为“线性化器”,其核心电路即非线性校正电路。

在非电量测量系统中,非线性环节主要发生在非电量的检测变换上,特别是传感器,这些非线性特性通常都具有确定的函数形式,如射线测厚仪测厚时穿过钢板的射线强度与钢板厚度是指数关系,常用的铂电阻的电阻温度特性和有些热电偶的热电特性可表示为多项式代数函数。

对于系统中的非线性特性进行线性化处理的方法有两种:消除非线性因子和校正非线性环节。消除非线性因子法是通过分析系统非线性环节的输出特性,查出产生非线性的因子,并采取措施消除。校正非线性环节,是对系统的非线性器件的特性进行校正和补偿,使非线性器件的输入量与校正后的输出量之间呈线性关系,就能显示出被测量的准确数值。校正的方法很多,第一种方法是在非线性器件之后另外插入一个非线性器件——线性化器,使两者的组合特性呈线性关系。线性化器通常是用集成运算放大器组成函数发生器来逼近任何所需的非线性特性。第二种方法是采用非线性 A/D 转换器,第三种方法是采用标度系数可变的乘法器。第四种方法是在计算机控制的测量系统中,可以用软件进行指数、反比、平方根等计算的方法来实现线性化。对于多路共用一个 A/D 转换器或一个乘法器的测试系统,第二、三种方法不能使用。

1.2.3 显示记录器

显示记录器是非电量测量系统的最后一个环节,也是必不可少的部分。因为测量目的就是要知道被测物理量的数值,所以,必须有显示记录器把测量结果显示记录下来。常用的显示方式有三类:模拟显示、数字显示和图形显示。模拟显示是利用指针对标尺的相对位置来表示读数,常用的有毫伏表、微安表等。数字显示是直接利用数字形式来显示读数,例如数字电压表、数字频率计等。图形显示是用屏幕显示数值或变化曲线,例如示波器等。

对于动态过程的变化,特别是瞬态过程的变化,根本无法用显示仪器指示,此时就要用记录器把信号自动记录下来。常用的自动记录器有笔式记录器、瞬态记录仪等,或者用计算机的磁盘记录下来,再用打印机或绘图仪打印记录结果。

20 世纪 90 年代以前,曾经把测量系统的传感器、信号调节器和显示记录器这三部分,分别称为一次仪表、二次仪表、三次仪表,也有过各自独立的仪表。但近年随着计算机技术、电子技术、半导体技术的发展,测量系统也有了很大变化,现在有些系统是把一次仪表、二次仪表组合在一起,有些系统是把二次仪表、三次仪表组合在一起,还有直接把三者组合在一起的仪器。

1.3 传感器

传感器是将非电量(物理量或化学量)转换成与之有确定对应关系的电量或电参量的装置。传感器也可称为换能器或检测器。

传感器一般由敏感元件、转换元件和辅助部件三部分组成,如图 1-3 所示。

敏感元件是传感器内部直接感受被测量的元件。多数情况下,它是将被测量变换为一种易于转换成电量的非电量,例如,在电阻应变式传感器中的各种弹性元件,常被称为弹性

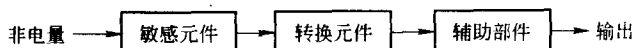


图 1-3 传感器组成框图

敏感元件。转换元件将感受到的非电量直接转换成电量或电参量。辅助部件可以是测量电路、辅助电源或安装保护部分等。需要注意的是,并非所有的传感器都具有上述三部分。有些传感器由兼有敏感和变换作用的元件组成,可以直接将非电量转换为电量,如热电偶。有些简单的传感器由敏感元件构成,例如,光敏、热敏传感器等。

在非电量测量中应用的传感器种类繁多,不胜枚举。有时一种原理的传感器可测量多种参数,如电阻应变式传感器既能测力、压力,又能测量振幅、速度和加速度。而有时对同一物理量可采用多种类型的传感器测量。因此,对传感器就有多种分类方法。搞清分类有助于正确选择和使用传感器。表 1-1 给出了传感器的分类方法。

表 1-1 传感器的分类

分类方法	传感器种类	说明
按输入量分类	位移传感器、速度传感器、温湿度传感器、压力传感器	传感器以被测量命名
按工作原理分类	应变式、电容式、电感式、电磁式、压电式、热电式等	传感器以工作原理命名
按物理现象分类	结构型传感器、物理型传感器	传感器依赖其结构参数变化实现信息转换 传感器依赖其敏感元件物理特性的变化实现信息转换
按能量关系分类	能量转换型传感器(自源型) 能量控制型传感器(外源型)	传感器直接将被测的能量转换为输出量的能量 由外部供给传感器能量,由被测量来控制输出的能量
按输出信号分类	模拟式传感器 数字式传感器	输出为模拟量 输出为数字量

结构型传感器是利用物理学中场的定律(包括电场、磁场、力场等)构成的传感器。基本原理是以部分结构的位置变化和场的变化来反映被非电测量的大小及其变化。大多采用机电结构和间接信号变化方式。所谓间接变换就是信号经过两次变换,先将被测信号经过机械式检出元件转换成中间信号,然后再经过敏感元件转换为电信号输出,如应变电阻式压力传感器。结构型传感器应用非常广泛,采用的测量原理主要有电磁检测、光电检测等。电磁检测包括电阻式、电感式、电容式、电涡流式、压电式、热电式、压阻式、压磁式、数字式。光电检测包括光电式、激光式、红外线式、光栅式、光纤式等。

物性型传感器是利用物质特性(包括各种物理、化学、生物效应和现象)构成的传感器。它的基本特征与构成传感器敏感材料的特性密切相关。物性型传感器采用直接信号变换方式,就是用一种敏感元件将被测信号直接转变为电信号输出。利用生物学特性的传感器称为生物传感器。利用化学特性构成的传感器称为化学传感器。这两种传感器性能超群,发展潜力很大。

选购一种合适的传感器必须综合地考虑以下因素:

(1) 传感器的性能。包括测量的范围、精度、线性度等。

(2) 传感器输出信号的等级。传感器输出信号的大小范围决定输入信号调节电路的复杂程度。

(3) 传感器的封装形式。

(4) 传感器及二次仪表的接口形式及特性。

(5) 传感器的价格和交货时间等。

1.4 测量误差

1.4.1 有关测量技术中的部分名词

(1) 等精度测量。在同一条件下(相同的工作条件,相同的测量者,相同的检测系统,相同的测量方法)所进行的一系列重复测量。

(2) 非等精度测量。在多次测量中,如对测量结果精确度有影响的一切条件不能完全维持不变。

(3) 真值。被测量本身所具有的真正值。真值是一个理想的概念,一般是不知道的,只有如下少数情况的真值才能知道。

理论真值:例如一个整圆周角为 360° 等。

约定真值:是被承认或是约定的值,是真值的最佳估计值。例如,约定 1kg 为铂铱合金的国际千克的质量,约定 1K 是水处于三相点时温度的 $1/273.16$ 等。此外,在给定地点由测量标准所复现的量值可取作约定真值,如由各级计量机构(国际、国家、省)确定了若干物理量的不同准确度等级的标准。其中以国际标准或国家标准为各物理量的定值依据。用这些约定真值来代替真值进行量值传递和仪表的计量、校验。还可以用某量的多次测量结果来确定约定真值。

(4) 实际值。误差理论指出,在排除系统误差的前提下,对于等精度测量,当测量次数为无限多时,测量结果的算术平均值极接近真值,因而可将它视为被测量的真值。但是测量次数是有限的。故按有限测量次数得到的算术平均值只是统计平均值的近似值。而且由于系统误差不可能完全排除,故通常只能把精度更高一级的标准仪器仪表所测得的值作为“真值”。为了强调它并非是真的“真值”,故把它称为实际值。

(5) 标称值。测量仪器仪表上所标出来的数值。

(6) 示值。由测量仪器仪表读数装置所指示出来的被测量的数值。

1.4.2 测量误差

测量误差是用仪器仪表进行测量时,所测量出来的数值与被测量的实际值之间的差值。任何自动检测系统的测量结果都有一定的误差,即所谓精度。一般来说,不存在没有误差的测量结果,也不存在没有精度要求的自动检测系统。

1.4.2.1 误差的分类

任何测量中由不同因素产生的误差是混合在一起同时出现的。为了便于分析研究误差的特点和消除方法,对误差进行分类。

A 按表示方法分类

按表示方法,误差分为绝对误差和相对误差。

a 绝对误差

绝对误差 δ 是示值与被测量真值之差。设被测量真值为 A_0 , 仪表的标称值或示值为