

热工测量原理 及其现代技术

张秀彬 编著



上海交通大学出版社

热 工 测 量 原 理
及 其
现 代 技 术

张 秀 彬 编 著

上 海 交 通 大 学 出 版 社

(沪)新登字 205 号

内 容 提 要

本书在介绍测量基本知识的基础上,着重对热工过程的主要参数(温度、压力、流量、汽包水位及烟气成分等)的测试原理及其技术作了系统的阐述。同时还较详细地介绍了激光、红外技术在热工测量中的应用,以及智能仪器、计算机数据检控系统的原理、组成、结构特点及其在热工过程检测与控制中的应用等,内容丰富且系统。

本书可作为热能动力工程类有关专业的大学本科生的教材,也可作为研究生、科研及工程技术人员参考用书。

热工测量原理及其现代技术

出版:上海交通大学出版社

(上海市华山路 1954 号 邮政编码: 200030)

发行:新华书店上海发行所

印刷:立信常熟印刷联营厂

开本: 787×1092(毫米)1/16

印张: 23.5 字数: 577,000

版次: 1995 年 3 月 第 1 版

印次: 1995 年 3 月 第 1 次

印数: 1—1,500

科目: 337—284

ISBN 7—313—01325—6/TH·81 定 价: 13.40 元



随着热力发电厂设备日益向大容量、高参数方向发展,整个电厂装置系统对热工参数的测试技术要求也已越来越高。与此同时,科学技术迅速地发展,相关学科的最新成就又为热工测试技术的高要求提供了可以实现的条件。尤其是微型计算机、激光、红外技术以及系统分析的理论和方法等均为热工参数测量开辟了许多新的应用领域,注入了大量全新的内容。编写本书的宗旨就是在介绍热工参数测试的基本原理与方法的基础上力求及时反映国内外在测量技术方面的最新成就,使读者能够从中扩大视野、开阔思路、掌握当代最新科学技术,进而提高解决实际技术问题的能力。

本书以编者对大学本科生的讲义为基础,结合从事测量技术设计、研制的多年经验,并重新考虑热工测试技术的最新发展之背景编写而成。全书侧重对热工过程的主要参数(温度、压力、流量、汽包水位及烟气成分等)的测试原理及其技术的系统介绍。在重点阐述热工参数测试原理的同时,对常规热工仪表工作原理与性能的介绍仍留有相当的篇幅。全书分三篇,共九章。第一篇:测量基础概述;第二篇:热工参数测试原理及其常规方法;第三篇:现代热工测试技术。在第三篇中,除了介绍激光与红外技术在热工参数测量中的应用外(这有助于在传统方法无法解决的情况下,借助这些新的测量方法及技术来使得问题得到解决),同时系统而扼要地介绍了智能仪器和计算机数据检测与控制系统。全书内容通过这样的安排,无疑能使读者进一步深入了解到,本学科既是一门独立的学科,同时又是一门交叉应用学科,即融传感技术、电子技术、计算机技术、应用数学及控制理论与技术等于一体的学科;并且还能使读者掌握跨学科研究问题的思路和方法奠定基础。本书可作为热能工程及其相关专业的大学本科生的教学用书,也可供从事测量技术的研究生、科学研究人员及工程技术人员参考。

本书在编写过程中自始至终得到了上海交通大学能源工程系领导的大力关心和支持。全书由东南大学吴永生副教授主审,提出了非常宝贵的意见。值此,深表诚挚的谢意!并向曾经帮助过编者的老师、同事和同学们表示由衷的感谢!

由于编者水平有限,书中的不妥乃至错误在所难免,谨请诸位专家、读者批评与指正。

编者

一九九三年七月一日

于上海交通大学能源工程系



前言

概论.....	1
---------	---

第一篇 测量基础概述

第一章 测量基本概念	4
§ 1.1 测量器具、单位及其方法.....	4
§ 1.1 测量系统组成	7
1.2.1 测量系统组成.....	7
1.2.2 测量环节的作用与要求.....	7
1.2.3 热工测量仪器仪表的分类.....	9
§ 1.3 测量精度与误差.....	10
1.3.1 误差概念与分类	10
1.3.2 测量精度概念	11
1.3.3 仪器质量指标	13
练习题	15
第二章 测量误差的分析与处理	17
§ 2.1 随机误差的分析与处理.....	17
2.1.1 随机误差的分布规律	17
2.1.2 随机误差的处理方法	20
§ 2.2 粗大误差的判定准则.....	24
2.2.1 莱依特准则	24
2.2.2 格拉布斯准则	25
2.2.3 狄克逊准则	26
2.2.4 检验法的选择	27
§ 2.3 系统误差的分析与处理.....	28
2.3.1 定值系统误差	28
2.3.2 变值系统误差	28
2.3.3 系统误差的消除	29
§ 2.4 误差的综合.....	31
2.4.1 间接测量误差	31
2.4.2 组合测量误差	34
2.4.3 误差的合成	38
§ 2.5 测量仪器的检定.....	39
2.5.1 示值比较法	39
2.5.2 标准物质法	39

练习题	39
-----------	----

第二篇 热工参数测试原理及其常规方法

第三章 温度测量	41
§ 3.1 概述	42
3.1.1 温度与温标	43
3.1.2 测温方法分类	47
§ 3.2 接触式测温方法	48
3.2.1 热电偶测温的物理基础	48
3.2.2 热电势的测量方法与误差	65
3.2.3 电阻温度传感器	73
§ 3.3 接触测温方法讨论	83
3.3.1 接触测温方法的一般问题和影响因素	84
3.3.2 导热引起的测量误差	88
3.3.3 辐射换热引起的误差	92
3.3.4 同时考虑导热、对流与辐射时的分析方法	94
3.3.5 壁面温度测量分析	96
3.3.6 高速气流温度测量分析	97
3.3.7 动态测温	103
§ 3.4 测量温度的辐射学方法	104
3.4.1 辐射测温的物理基础	104
3.4.2 测量固体表面温度的红外辐射方法	110
练习题	115
第四章 压力测量	118
§ 4.1 概述	118
4.1.1 压力测量的物理基础	118
4.1.2 压力测量方法分类	119
§ 4.2 常规测压仪表	119
4.2.1 液柱式压力计	119
4.2.2 弹性压力表	121
4.2.3 其他形式的测压仪表	125
§ 4.3 弹性元件机械位移的电变送方法	128
4.3.1 电容式压力变送器	128
4.3.2 电感式压力变送器	129
4.3.3 电位器式压力变送器	131
4.3.4 霍尔压力变送器	131
4.3.5 应变式压力变送器	133
§ 4.4 压力表的选择与安装	135
4.4.1 压力表的选择	135

4.4.2	压力表的安装与使用	135
§ 4.5	气流的压力测量	137
4.5.1	气流总压的测量	137
4.5.2	气流静压的测量	140
§ 4.6	测压仪器仪表的校验	142
§ 4.7	大气压力的测定与修正	147
	练习题	149
第五章	流量测量	150
§ 5.1	概述	150
5.1.1	流量基本概念与流量测量的物理基础	150
5.1.2	流量测量方法分类	151
§ 5.2	速度法测量流量	155
5.2.1	平均流速	155
5.2.2	工业上常用的速度法流量计	157
5.2.3	整流器	165
§ 5.3	差压法测量流量	166
5.3.1	差压与流速的关系	166
5.3.2	毕托管法	168
5.3.3	动压平均管法	170
5.3.4	动压一文丘利管法	170
§ 5.4	节流装置测量流量	172
5.4.1	节流装置的类型与结构	172
5.4.2	标准节流装置流量基本公式	181
5.4.3	标准节流装置计算	189
5.4.4	非标准节流件及其应用	201
5.4.5	节流变压降流量计显示件—压差计	203
	练习题	211
第六章	汽包水位测量	213
§ 6.1	概述	213
§ 6.2	连通管式云母水位计	213
§ 6.3	差压式水位计	215
6.3.1	双室平衡容器	216
6.3.2	改进型平衡容器	216
6.3.3	“差压—水位”中的压力校正	218
§ 6.4	电接点式水位计及其他	219
	练习题	220
第七章	烟气成分分析	222
§ 7.1	概述	222
§ 7.2	氧量测试技术	223

7.2.1	热磁式氧量计	223
7.2.2	氧化锆氧量计	226
§ 7.3	CO ₂ 与 CO 的检测技术	230
7.3.1	热导式 CO ₂ 分析仪	230
7.3.2	燃烧式 CO 分析器	233
§ 7.4	气相色谱仪	234
7.4.1	气相色谱仪的系统构成	235
7.4.2	色谱柱	236
7.4.3	成分检测器	237
7.4.4	定性和定量的分析方法	238
练习题		242

第三篇 现代热工测试技术

第八章	传感新技术在热工测试中的应用	243
§ 8.1	激光多普勒测速技术	243
8.1.1	激光多普勒效应测速原理	243
8.1.2	激光多普勒效应测速的光学系统	247
8.1.3	激光多普勒效应测速的信号处理系统	252
8.1.4	激光多普勒效应测速中的散射粒子	255
8.1.5	激光多普勒效应测速方法与应用实例	256
§ 8.2	全息干涉仪的应用	257
8.2.1	全息摄影技术的基本原理	257
8.2.2	流体的折射率	259
8.2.3	用双激光全息干涉仪同时测量温度和浓度场	261
§ 8.3	红外测温技术与热像仪	264
8.3.1	热像仪的原理与组成	265
8.3.2	热像仪测温技术	268
练习题		272
第九章	智能仪器与微机数据检测系统	273
§ 9.1	智能仪器	273
9.1.1	概述	273
9.1.2	智能仪器中的数据转换与控制	277
§ 9.2	微机数据检测系统	291
9.2.1	基本原理与结构	291
9.2.2	数据采集系统(DAS)	292
§ 9.3	分布式数据检测系统	301
9.3.1	概述	301
9.3.2	分布式数据检测(与控制)系统的组成及其结构	302
9.3.3	IMP 数据转换器概述	305

9.3.4 IMP 数据检测与控制系统组成	313
9.3.5 IMP 系统应用软件编制方法的简要介绍	316
9.3.6 应用实例	329
练习题	331
附录 I	
I-1 铂铑 10—铂热电偶热电势函数 $E(t, 0)$ 表	333
I-2 铂铑 30—铂铑 6 热电偶热电势函数 $E(t, 0)$ 表	335
I-3 铂铑 13—铂热电偶分度简表	337
I-4 铁—铜镍热电偶分度简表	337
I-5 铜—铜镍热电偶分度简表	337
I-6 镍铬—镍硅热电偶分度表	338
I-7 镍铬—考铜热电偶分度简表	340
I-8 标准化热电阻分度简表	341
I-9 某些材料在 $\lambda = 0.65\mu\text{m}$ 时的单色辐射黑度 ϵ_λ	342
I-10 某些材料在不同温度下的全辐射黑度 ϵ	342
附录 II	
II-1 节流件和管道材料的线膨胀系数 λ	343
II-2 各种管道绝对粗糙度的 K_s 值	344
II-3 角接取压标准孔板的 r_0 值	344
II-4 标准喷嘴的光管流量系数 α_0 值	345
II-5 标准喷嘴的 $\beta_2\alpha_0$ 值	346
II-6 标准喷嘴的流束膨胀系数 ϵ 值	347
II-7 角接取压孔板的流出系数 $C (\times 10^{-4})$	348
II-8 D 和 $D/2$ 取压孔板的流出系数 $C (\times 10^{-4})$	349
II-9 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 50\text{mm})$	350
II-10 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 75\text{mm})$	351
II-11 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 100\text{mm})$	352
II-12 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 150\text{mm})$	353
II-13 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 200\text{mm})$	354
II-14 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 250\text{mm})$	355
II-15 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 375\text{mm})$	356
II-16 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 760\text{mm})$	357
II-17 法兰取压孔板的流出系数 $C (D = 1000\text{mm})$	358
II-18 ISA1932 喷嘴的流出系数 C	359
II-19 长径喷嘴的流出系数 C	360
II-20 文丘利喷嘴的流出系数 C	361
主要参考文献	362

概 论

实验研究历来是科学研究的重要手段之一,也是一种最基本的研究手段,即使是在计算机仿真计算盛行的今天仍不失其重要性。实验研究必然离不开对被研究对象特性参数的测量。事实上,在科学技术领域内,许多新的发现与发明往往是以测量技术的发展为基础的;在生产活动中,新的工艺与设备的产生也依赖于测量技术的发展水平,而且可靠的测量技术对于生产过程自动化、设备的安全与经济运行都是不可缺少的先决条件。只有通过可靠的测量,才有可能解决自然科学与工程技术上的一系列问题,否则,必然会给工作蒙上一层浓厚的盲目性。

总之,科学技术的进步带动测量技术的进步,同时测量技术的发展又推动着科学技术的前进。

测量技术的应用基本上有以下三个方面:

(1)过程监测 即对过程参数的检测。例如,热力发电厂为了安全与经济运行,必须对生产过程中的各种参数进行间歇的或连续的测量。

(2)过程控制 在生产过程的自动控制系统中,测量环节是控制量输出的依据。例如,欲控制某室内温度为设定的值,必须首先测量该室的温度。图 0-1 示出一种典型的过程控制系统。

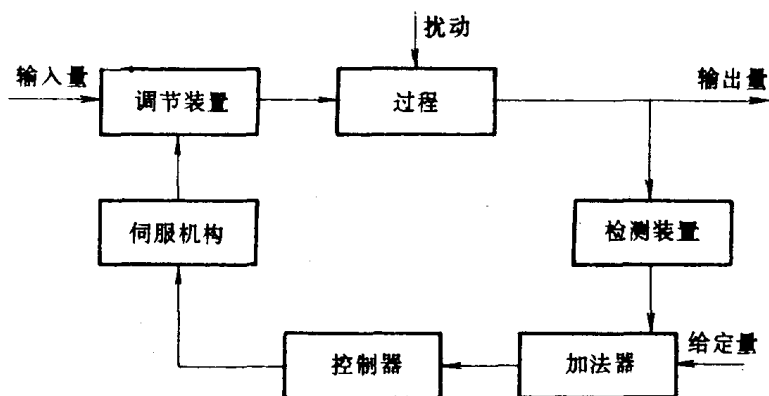


图 0-1 过程控制系统示意图

(3)系统辨识与参数估计 在尚无适当的理论情况下,通过实验建立经验关系式、验证以简化假设为基础的理论预测的有效性、进行参数估计与系统辨识等均是以精确测量各种相关物理量为其基础的。

测量技术与其他技术科学一样也有它逐步发展的过程。仅对非电量的物化参数测试而言,其发展过程大体上可分为四个阶段。

一、50 年代前的机械式感受仪表阶段

在这一阶段的代表性仪表有弹簧管压力表、压力式温度计、固体膨胀式温度计与容积式流量计等(参见图 0-2)。

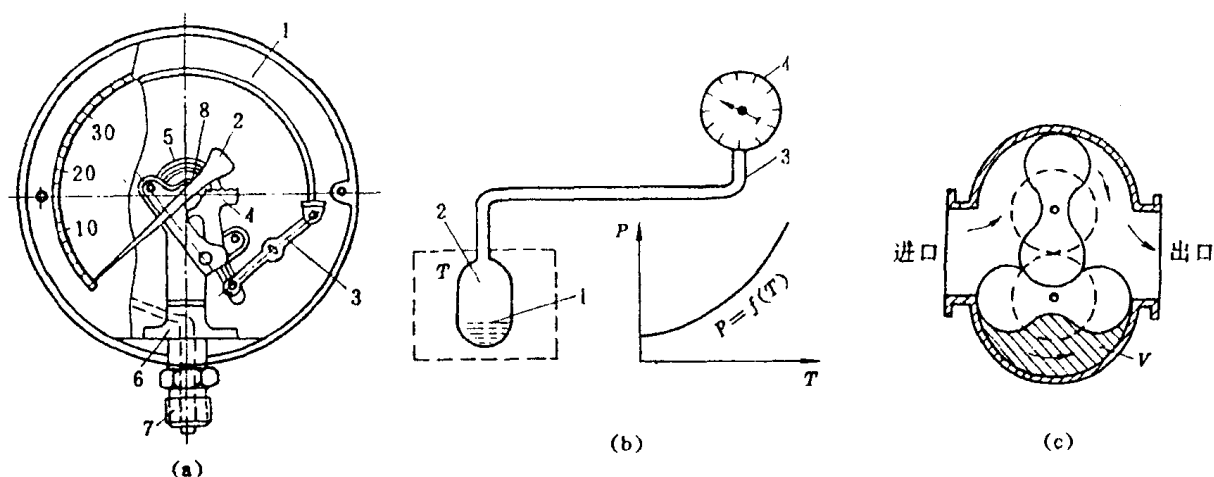


图 0-2 机械式感受仪表

(a)弹簧管压力表 (b)压力式温度计 (c)容积式流量计

二、60 年代至 70 年代非电量电测技术阶段

电测技术即传感器技术。此时开始出现一次仪表与二次仪表的分体。一次仪表主要由传感器(或电变选器)与电子放大(有时还含有 A/D)线路组成,将传感器(或电变选器)感受到的微弱的电信号加以初步处理(亦称前置处理)以输出一标准信号。二次仪表则将一次仪表输入的信号进一步放大到具有一定的功率以便于显示(记录、打印等)输出。其一般组成可参见图 0-3。在这一阶段由于传感器技术的发展,使得被测参数的远距离传输与集中显示更具有技术可行性和经济性。

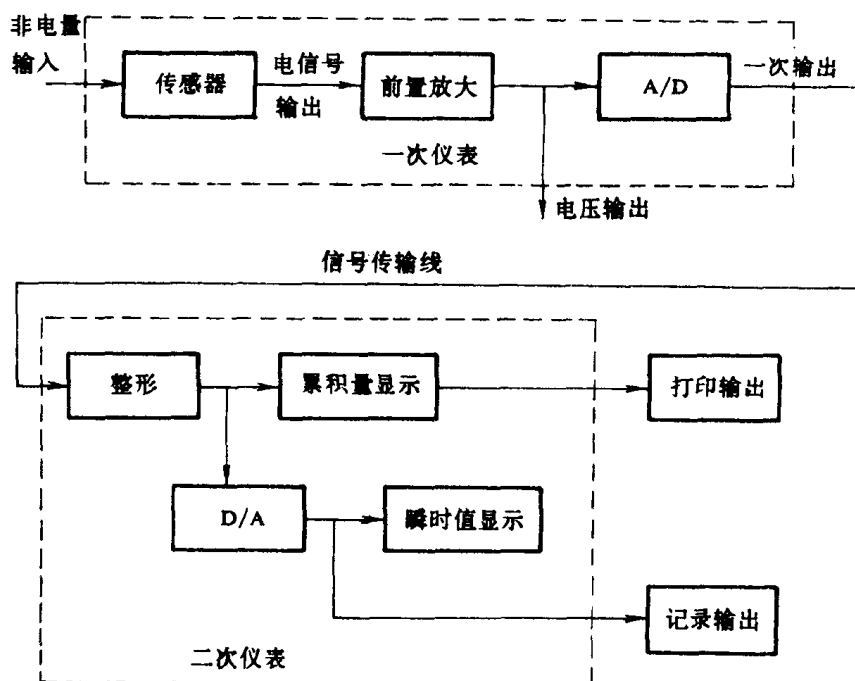


图 0-3 一、二次仪表系统组成示意图

三、70 年代末至 80 年代初在参数检测方式上的新发展阶段

此时对于“慢变化”过程工况已开始采用巡回检测技术。随着微机性能价格比的提高,已经开始出现智能仪器仪表,这不仅是对传统仪表进行改造,而且采用全新的设计思想设计现代仪器仪表。与此同时,微机集中数据处理技术也已开始使用。

四、80 年代后的高新技术阶段

自 80 年代后,微型计算机分时/实时检测系统已经普遍实现(如 Intel386)。同时,又出现了具有智能前端的分布式数据检测与控制系统(如 IMP 分布式数据检控系统等)。

目前在非电量测试技术研究方面已形成两大技术科学领域:①传感技术(被列为当前世界八大前沿科学之一);②检测系统技术。

总之,测量技术已逐步形成一门完整与独立的学科,同时它又是与传感技术、电子技术、计算机技术、应用数学及控制理论与技术等交叉的学科。该学科研究的主要内容是:①测量原理;②测量方法;③测量工具;④测量数据处理理论与技术等。根据被测对象性质的差异,测量技术这门学科又可分为若干分支,如力学测量、电学测量、光学测量、热工测量等等。所谓热工测量技术即对热工过程的各种热工参数(如温度、压力、流量、汽包水位、烟气成分等)进行测量的技术问题。这就是本书所重点阐述的问题。

第一篇 测量基础概述

“测量学”(或称“计量学”、“测量计量学”)是测量技术的理论基础。换句话说,“测量学”是测量仪表仪器设计制造、测量系统设计、测量数据的处理方法等的技术理论基础。在从事热工参数的测量的过程中,必须对测量基础理论有着清晰的概念,方能保证每一个测试过程和每一个被测参数测量的正确和有意义。本篇仅就其最为基本和必要具备的基础知识作一概述。

第一章 测量基本概念

§ 1.1 测量器具、单位及其方法

所谓“量”,即表征物质(或物体)和现象的一种既可定性区别又可定量确定的属性。如质量、密度、温度、压力、电阻等均属于“量”,因此也可以说“量”即含有量纲的数值。

测量即获取参数量值的过程,实际上测量结果所得到的量值即为纯数值与单位的乘积。亦即

$$X = AU_x \quad (1-1)$$

式中: X ——被测量; A ——纯数; U_x ——单位。

表征被测对象物质属性客观存在的量值称为真值。从理论和技术上讲任何被测量 X 都不可能等于真值,而只可能逼近真值。这就是以后要讲到的测量误差与精度问题。

纯数 A 是被测量 X 与测量单位 U_x 的比值,由于单位的不同, A 可以取不同的值。在测量过程中,无论被测量 X 还是纯数值 A 均系测量信息,而信息在空间与时间上的传递需要载体,这载体即实物(仪器)上被调制后的参数。选择不同的参数作为仪器的工作参数就确定了仪器的不同工作原理。被调制后的参数承载了被测对象的信息,即测量信号。例如,采用电阻应变片测量应变时,电阻值的变化即承载着应变的信息,也就是说这时电阻值的变化代表着应变的信号。

总之,任何测量只有确定单位、选择测量器具、研究测量方法、设计测量系统和进行正确的操作,才能确定测量结果的可靠程度。

一、测量器具

测量器具是用于输入被测量与所选择的单位信号、实现被测量与单位的比较并以一定的准确度输出其比值的专用设备(或装置)。一般来说,它包含有量具与仪器等。

(1)量具 量具是以固定形态复现单个或多个已知量值的测量器具。如尺与砝码等。

(2)仪器 即一些将被测量转换成指示或等值信号的装置。仪器可以有机械的、电气的、电子的或机电一体化的装置。如天平、压力计、电桥、电位差计等。

任何一种测量器具在测量过程中都会造成或多或少的信息损失,并会受到干扰信号的影响,因此对测量器具要有正确的选择。

二、测量单位

测量单位就是人们约定选取的固定同类量,它有明确的定义与名称,并令其数值为1。

正因为单位是一种约定,所以长期以来同一种量在不同的国家(或不同的地区)、在不同的时期存在着不同的单位。为便于生产、贸易与科技的交往,经过人们的努力,终于在世界上建立了若干统一的单位制。其中由国际计量委员会(CIPM)建议的“国际单位制”就是一种被各国认可并得到普遍使用的单位制。单位又包含基本单位(基本量的单位)与导出单位(由基本单位组合表示的单位)。

三、量值传递

量值是借助于测量器具在空间与时间上进行传递的,因此测量器具在量值传递过程中根据其准确度等级就有着不同的地位区别。

(1)基准 基准器系国家单位量值传递过程中准确度最高的测量器具,用于复现和保存计量单位,具有现代科学技术所能达到的最高准确度。一经国家鉴定并批准即作为统一国家计量单位量值的最高依据。

(3)标准 标准器是作为检定依据用的计量器具或物质,具有国家规定的准确度等级。

(3)工作测量 工作测量器具即用于日常测量的器具。

当测量器具的准确度等级在0.2级以上(如0.01、0.1、0.2级)时,不仅可用于精密测量,还可用于检定较低准确度等级的测量器具。

四、测量方法

测量方法就是实现被测量与单位(亦称标准量)比较的方法。测量方法的分类有多种,若按其测量结果产生的方式来分类则有利于研究测量误差。按这种分类法,测量方法可分为:

(1)直接测量法

使被测量直接与选用的单位进行比较或用预先标定好的测量仪器进行测量,从而直接求得被测量数值的方法,称为直接测量法。例如,采用液柱式温度计测量温度、压力表测量容器压力、天平测量物体质量等均属于直接测量法。

直接测量法是间接测量与组合测量法的基础,因此它是一种基本的测量法。

(2)间接测量法

通过测量与被测量有确定函数关系的各个变量,然后将所测得的数值代入函数关系表达式进行计算,从而求得被测量数值的方法,称为间接测量法。工程上许多参数往往不能用直接测量法测得结果,因此需要采用间接测量法。例如,欲测量物件的密度,需通过预先测量该物体的质量与体积,然后由下式求得。

$$\rho = m/V$$

式中: ρ ——物体密度; m ——物体质量; V ——物体体积。

(3) 组合测量法

在已经建立起来的参数关系式中,为了预先确定其中未知参系数而必须采用不同的组合形式(或改变测量条件以获得不同组合),然后根据直接测量或直接测量所获得的数据,通过解联立方程组以求得未知参系数的数值,这种测量法称为组合测量法。例如,用铂电阻温度计测量介质温度时,其电阻值与温度之间的关系为

$$R_t = R_0(1 + at + bt^2)$$

式中: R_t ——温度为 $t^\circ\text{C}$ 时铂电阻值(Ω);

R_0 温度为 0°C 时铂电阻值(Ω);

a, b ——铂电阻温度系数。

为了确定常数 a, b ,首先需要测得铂电阻在不同温度下的电阻值,然后通过建立联立方程求解而得到 a, b 的数值。

凡已建立的经验公式中的参系数均可通过组合测量法求得,如为测压管建立的方向特性、总压特性及速度特性经验公式,为透平机械建立的功率损失与转速关系经验公式等。

此外,尚可依据测量条件,将测量分为等精度测量与非等精度测量两种。在完全相同的条件下,所进行的一系列重复测量称为等精度测量。例如,同一测量者采用同一仪器、同一测量方法并在同一环境条件下重复测量某一参数,即为等精度测量。在多次测量中,测量条件不尽相同,则这种测量称为非等精度测量。例如,虽然对同一参数进行多次重复测量,但是测量方法、测量仪器或环境条件不同,则这类测量称为非等精度测量。

若按被测量与单位的比较方式,则测量方法又有偏位测量法、差值测量法与零差测量法之分。

(1) 偏位测量法 对测量器具事先确定初始值(即未受被测量作用时的值),根据计量器具受到被测量的作用,工作参数发生变化,而当这种变化达到平衡时,工作参数偏离初始值的大小即可用来表示被测量的量值。例如液柱式温度计事先按冰水混合时的温度(即 0°C)定出初始刻度线,并确定液柱由此线的增高(或降低)所对应的温度以及该温度计的上下限值,则在测量时温度计的分度所对应的温度值即是按偏位测量法进行的。

(2) 差值测量法 向计量器具输入被测量与相应的已知量(已知量往往可事先设置于计量器具中),并转换成同种信号,然后按偏位测量法测量两信号的差值,则已知量与该差值的代数和即为其测量之结果。

(3) 零差测量法 该方法是使差值测量法的差值最终为零,最终测量结果即由已知量给出。当然,此时作比较用的已知量应连续可调,而偏位测量法在此仅起检零的作用。如天平、平衡电桥与电位差计等均属于该测量方法。

比较而言,零差测量法的结果准确度最高,差值测量法次之,而偏位测量法则较差。然而,实现零差测量法与差值测量法的仪器一般都较为复杂;从操作费时上看零差测量法操作较复杂、费时较长,差值测量法操作较简单、费时较少,而偏位测量法的操作最简单。

若按被测量在测量过程中的状态,测量方法尚有静态测量与动态测量之分。

(1) 静态测量 在测量过程中,被测量不随时间而变化。如理想恒温水槽中水的温度的测量,风洞流场稳定状态下的气流速度的测量等。

(2) 动态测量 被测量随时间而变化的测量。如发电机组启停过程对各参数的测量、爆炸时对气体参数的测量等,均因这些参数随时间发生着明显的变化(即参数是动态的),因此这时

的测量是属于动态测量。

必须指出,严格地讲,绝对不随时间变化的量是不存在的。在实际测量中,只是将那些随时间变化较慢的量近似看成是静态的量,对这种量的测量认为是静态测量。

§ 1.2 测量系统组成

1.2.1 测量系统组成

一般来说,为了测量某一被测量的值,总是要将若干测量设备(包括测量仪表、装置、元件及其辅助设备)按照一定的方式连接组合起来。这种连接组合即构成了一种测量系统。例如,在测量蒸汽流量时,常用标准孔板来获取与流量有关的差压信号,然后将其输入差压变送器经过转换与运算变成电信号,连接导线再将电信号传送至显示仪表,最后显示出被测流量值。这一测量系统及其过程的系统框图如图 1-1 所示。

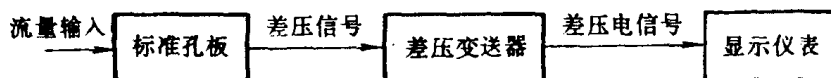


图 1-1 管道蒸汽流量测量系统框图

由于测量原理的不同或对测量准确度要求的不同,都有可能形成测量系统的极大不同。有的可能简单到只由一台测量仪表组成简单的测量系统,而有的则又可能复杂到要由许多设备构成极其复杂的测量系统。如使用微机对热力发电厂各测点的工况参数进行采集与处理,这就是一个比较复杂的测量系统。

测量系统一般可表示成如图 1-2 所示的系统框图。

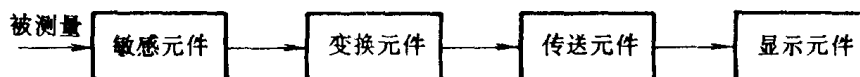


图 1-2 一般测量系统框图

也就是说,测量系统是由测量环节组成的。所谓环节即建立输入与输出两种量之间某种函数关系的基本部件。

1.2.2 测量环节的作用与要求

一、敏感元件

敏感元件与被测对象直接发生联系,接收来自被测介质的能量,并将其产生一个以某种方式与被测量有关的输出信号。例如,上述采用标准孔板测量管道蒸汽流量时,标准孔板的差压信号 ΔP 就与被测流量 q_v 的平方成正比,即

$$\Delta P \propto q_v^2$$

敏感元件能否精确且快速地产生产生与被测信号相应的信号,对测量系统的测量质量有着决

定性的影响。因此严格地讲,一般对敏感元件都有以下的要求:

- (1)敏感元件的输入与输出应有确定的单值函数关系。
- (2)敏感元件应只对被测量的变化敏感,而对其他一切非被测的输入信号(包括干扰噪音信号)不敏感。
- (3)敏感元件应该不影响或尽量少影响被测介质的状态。

但是,完全符合上述三个要求的敏感元件实际上是不存在的。比如,对于第二个要求只能通过限制无用的非被测信号在全部信号中的成分,并采用试验的方法或理论计算的方法将它消除来解决;对于第三个要求,则只能通过改进敏感元件的结构与原理性能来解决。这些均属于传感器技术研究的范畴。

二、变换元件

敏感元件输出的信号一般与显示元件所能接收的信号有所差异,甚至差异很大,这是因为前者所输出的信号与后者所能接收的信号往往是属于两种性质不同的物理量;因此有必要对敏感元件输出的信号在送往显示元件之前进行适当的变换,这就是变换元件所起的作用。信号变换包含着以下三种可能的形式:

- (1)对信号的物理性质进行变换,即将一种物理量变换成性质上完全不同的另一种物理量。比如从非电量变换成电量就是最典型的例子。
- (2)对信号的数值进行变换,即依据某种特定的规律在数值上使某物理量发生变化,但其物理性质仍保持不变。
- (3)以上两者兼而有之。

仍以上述标准孔板测量蒸汽流量系统为例。差压变送器为该测量系统的变换元件。当它接收到敏感元件(标准孔板上下游侧取压孔)输出的信号后,即将其转换成与被测流量的平方成正比的电信号,然后再将该电信号在数值上进行开平方,最后通过传输电缆输送给显示元件。这就是标准孔板测量蒸汽流量系统中变换元件的作用。

三、传送元件

简单地说,传送元件就是传输信号的通道。测量系统的各个环节一般情况下都是分离的,这就需要由传送元件来联系。传送元件可以是导管、导线、光导纤维和无线电通讯等,这要由被传送的信号物理性质而定,有时可能很简单,有时可能相当复杂。比如在标准孔板测量蒸汽流量系统中,标准孔板输出的差压信号靠导管传送到差压变送器,而差压变送器输出的电信号靠导线传送到显示元件。

四、显示元件

显示元件是测量系统与观测者的界面。它起着将被测量的信号以某种形式显示给观测者的作用。当然,显示形式可以有:瞬时量显示、累积量显示、越限或极限指示、被测量随时间变化的记录显示,甚至还有调节的功能(这在调节仪表中是一项不可缺少的功能)。在电气显示元件中,目前还有模拟显示、数字显示与屏幕显示之分。