

技工学校教材



电厂热力过程自动化

山东省潍坊电力技工学校 张淑玉 编

水利电力出版社

JIGONG XUEXIAO JIAOCAI

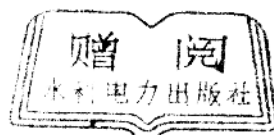
87
TM621.6
8
3

技工学校教材

电厂热力过程自动化

山东省潍坊电力技工学校 张淑玉 编

CA10/57



水利电力出版社



B

592426

内 容 提 要

本书是根据1982年水利电力部制定的电力技工学校《电厂热力过程自动化》教学大纲编写的。主要内容有热工测量和仪表、热力设备的自动调节、火电厂的热工控制系统以及热力过程自动化新技术等。

本书除作为电力技工学校热能动力类专业的教学用书外，也可作为热力技术工人的培训教材或供有关专业的技术人员参考。

技工学校教材 电厂热力过程自动化

山东省潍坊电力技工学校 张淑玉 编

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 16.75印张 380千字 2插图

1987年6月第一版 1987年6月北京第一次印刷

印数00001—30010册 定价2.50元

书号 15143·6356

前 言

本书是电力技工学校“电厂热能动力设备运行与检修”、“电厂锅炉设备运行与检修”、“电厂汽轮机设备运行与检修”专业的一门专业课教材。

全书共分四篇：第一篇主要阐述火电厂热力过程中热工参数的测量及常用仪表；第二篇讲述自动调节的基本知识、自动调节设备及热力设备常用的几种自动调节系统；第三篇介绍火电厂的热工控制、信号系统及热机保护等；第四篇简要介绍巡回检测仪、工业电视、组件组装仪表以及工业控制机等自动化新设备和新技术。

本书在编写时，原理部分着重叙述物理概念及过程；仪表、设备等部分则着重介绍其功能及使用。全书内容力求精简、新颖，文字力求通俗易懂，有利于读者自学。

本书根据水利电力部颁发的本课程教学大纲编写而成。书中标有*号的内容供选讲用，其他内容对于不同的专业要有所侧重。

全书由苏州电力技工学校叶倡安同志主审。在编写本书的过程中，有关制造厂、发电厂、兄弟学校及本校有关同志给予了大力支持与帮助，在此一并致谢。

限于编者水平，书中难免存在缺点和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1984年10月

目 录

前 言	
绪 论	1

第一篇 热工测量和仪表

第一章 热工测量的基本知识	3
第一节 热工测量概述	3
第二节 热工测量仪表的组成和分类	7
第二章 温度测量	9
第一节 概述	9
第二节 热电偶温度计	11
第三节 电阻温度计	34
第四节 动圈式指示仪表	40
第五节 电子电位差计	49
第六节 电子平衡电桥	61
第七节 DBW型温度(温差)变送器	64
第三章 压力测量	75
第一节 概述	75
第二节 液柱式压力计	77
第三节 弹性压力表	79
第四节 压力信号变送器	82
第四章 流量测量	96
第一节 概述	96
第二节 节流件的测量原理及标准节流装置	97
第三节 标准节流装置的流量公式	100
第四节 差压测量仪表——差压计	104
第五章 汽包水位测量	112
第一节 概述	112
第二节 低置差压式水位计	113
第三节 电接点式水位计	116
第六章 烟气含氧量的测量	121
第一节 热磁式氧量计	122
第二节 氧化锆氧量计	124
第七章 汽轮机的转速测量	130
第一节 电气指示式转速表	130

第二节 数字式转速表	131
------------------	-----

第二篇 热力设备的自动调节

第八章 自动调节的基本知识	135
第一节 概述	135
第二节 环节的特性及其表示方法	140
第三节 基本环节及其连接	143
第四节 热工调节对象的特性	152
第五节 自动调节器的几种典型动作规律	156
第六节 调节机构的特性	163
第九章 自动调节器和操作执行器	169
第一节 DTL-331型调节器	170
第二节 DKJ型电动执行器	176
第三节 DFD-07型电动操作器	181
第四节 与DDZ-II型仪表配套使用的电动调节设备——ZLK-5型控制器及ZLT型同 步操作器	184
第十章 锅炉设备的自动调节系统	189
第一节 概述	189
第二节 给水自动调节系统	190
第三节 过热汽温的自动调节系统	195
第四节 汽包锅炉燃烧过程自动调节系统	199
第五节 钢球磨煤机的自动调节系统	205
第十一章 汽轮机与辅助设备的自动调节	210
第一节 除氧器的自动调节	210
第二节 加热器水位和汽轮机轴封压力的自动调节	214

第三篇 热工控制系统

第十二章 火电厂热工控制系统	218
第一节 锅炉和汽轮机的热工控制系统	218
第二节 热工控制盘和控制台	221
第十三章 火电厂热工信号系统	231
第一节 热工信号的作用和分类	231
第二节 典型热工信号系统	231
第三节 XXS-01型和SX-1型闪光报警装置	234
第十四章 热机保护	238
第一节 概述	238
第二节 汽轮机的轴向位移保护及转子与汽缸的相对膨胀保护	240
第三节 锅炉炉膛火焰监视与灭火保护	244

第四篇 热力过程自动化新技术

第十五章 热力过程自动化新技术	248
第一节 巡回检测仪在火电厂中的应用	248
第二节 工业电视在火电厂中的应用	252
第三节 组件组装仪表 (TF-900型、MZ-III型及SPEC200型) 简介	253
第四节 电子计算机及其在火电厂中的应用	257

绪 论

电力是国民经济建设的先行官。当前，随着国民经济的迅速发展，电力生产和建设都出现了前所未有的大好形势。

当今的电力生产，除火电外，还有水电和核电等。但目前火力发电仍占有主导地位。在电力生产总值中，火力发电量居于首位。而锅炉、汽轮机则是火电厂中两个最主要的热力设备，其热力生产过程是电力生产中的重要环节。对于大型汽轮发电机组，单凭运行人员进行控制和操作，很难保证机组的安全和经济运行，为此，必须实现热力过程的自动化。

一、热力过程自动化的重要意义

电力工业生产的电能目前无法储存，发电、供电、用电是同时完成的。这就要求热力设备必须能适应外界负荷的变化，不断地对热力生产过程进行调整和操作，将热工参数维持在规定的数值范围内，以保证热力设备的安全、经济运行。

随着电力工业的迅速发展，机组的容量不断扩大，对机组进行监视和操作的项目也在迅速增加。一台125MW的汽轮发电机组需要监视的项目为540~600个，操作项目达142个。而对于200MW以上的大型机组，其热力系统更为复杂，需要监视和操作的项目也更多，内容更复杂。尤其在机组的启停或事故处理中，各种热工参数变化迅速，大量的逻辑判断及频繁操作单靠人工完成已难以胜任。所以必须通过热力过程自动化，对机组的工况进行全面、准确而又迅速的检测，并通过分析和综合判断，自动地进行操作和控制。显然，自动化设备的可靠性、自动化系统性能的好坏，都将直接影响到机组的正常投运。因而热力过程自动化已成为机组运行不可缺少的组成部分。所以，不断提高机组的自动化水平，不断地促使自动化系统的日臻完善，大力开拓和推广电子计算机及其他先进技术在电厂中的应用，把运行人员从繁忙的体力劳动及紧张的精神负担中解脱出来，已是电力生产发展的必然趋势。

二、现代电厂热力过程自动化的概况及发展趋势

我国火电厂热力过程自动化的水平，已随着科学技术的发展而得到了不断的提高。各种新元件、新工艺、新技术的采用，使我国的自动化仪表向着小型化、系列化、通用化及标准化方向发展，并已形成一系列新颖的仪表型谱。

目前，巡回检测仪表、数字仪表、DDZ-II型电动单元组合仪表及QDZ-II型气动单元组合仪表等，已在电厂中得到普遍的应用。用DDZ-II型仪表组成的各种自动调节系统，对保证机组安全、经济运行起了重要的作用。200MW以上的大型机组正在采用集成电路的组件组装仪表，它比电动单元组合仪表更为先进。利用它，可灵活、经济、合理地组成各种复杂的调节系统，以适应大型机组的综合自动化要求。

现在，新的技术革命高潮已经到来，电子计算机已遍及四化建设的各个领域，并正在

大型电厂中被逐渐采用。目前电子计算机主要用于机炉的自启停控制及机组运行的集中监视上。它通过字符及图象的屏幕显示极大地改善了人-机联系条件,提高了机组的运行水平。今后还要利用计算机,逐步实现热力生产过程的最优控制以及整个电厂的综合自动化。

随着大规模、超大规模集成电路的问世及发展,方兴未艾的微型计算机、微处理机等也将在电厂的自动控制中发挥出巨大的作用,这些必将大大地加快电厂自动化的步伐。可以预计,以微型计算机、微处理机为核心的自动化仪表,不久就可载入自动化仪表的型谱之中,电力工业的自动化也将出现一个崭新的面貌。

大容量、高参数机组的发展,导致了单元机组容量的增大,机炉电之间的关系越来越密切,实现机炉电集中控制已是大势所趋。如果再配上计算机、工业电视、程序控制等新技术,那么,现代电厂热力过程自动化水平之高、设备之先进、前景之广阔必将是令人鼓舞的。

三、热力过程自动化的组成

目前,火电厂热力过程自动化主要由以下几方面组成:

(1) 热工检测:对反映热力生产过程进行情况的各种热工参数,如温度、压力、流量、水位、烟气成分等进行检测,并转换成某种信号远传到集中控制室,再通过仪表进行指示、记录或积算;而对于大型机组,目前还通过巡回检测仪表、计算机等进行集中检测。

(2) 自动调节:用自动调节设备代替人,对热力生产过程进行自动调节,将表征机组正常工作状态的量维持在给定值上或按一定的规律变化。目前,热力过程的自动调节主要有锅炉的给水、汽温、燃烧自动调节以及汽轮机的轴封压力、除氧器的压力和水位、凝汽器的水位自动调节,等等。

(3) 热工信号和热机保护:当热力设备运行中出现异常情况或者某一热工参数越限时,信号系统立即发出灯光和音响信号,以引起运行人员的注意;而当某些参数继续偏离至极限值时,保护装置应立即动作,以保证机组的安全,避免事故的扩大。为此,在机组上都要设置热工信号系统和热机保护装置,如闪光信号报警装置、汽轮机轴向位移保护装置、锅炉灭火保护装置等。自动保护是保护机组安全的最后手段,其动作必须快速和可靠。

(4) 远方操作(遥控):这是自动调节的后备手段。当自动调节失灵时,运行人员可在控制台上进行远方操作,以保证生产继续进行。

随着热力过程自动化水平的不断提高以及新技术的不断采用,热力过程自动化还将包括程序控制、工业控制机、微型计算机等,以逐步实现机组乃至整个电厂的综合自动化。

在科学技术日新月异的今天,作为一名热力设备专业的技术人员,不仅要掌握热力设备的结构、原理和系统,而且要掌握热力过程自动化方面的知识,深刻认识热力过程自动化与机组运行之间的密切关系,刻苦学习,奋发向上,熟练掌握各种新技术,以适应电力工业迅速发展的需要。

第一篇 热工测量和仪表

第一章 热工测量的基本知识

第一节 热工测量概述

一、热工测量的作用

在热力生产过程中，对各种热工参数，如温度、压力、流量、水位等的测量称为热工测量。用来测量热工参数的仪表称为热工仪表。

在火电厂中，通过对热工参数的准确测量，可以及时地反映热力设备和热力系统的运行工况，以便运行人员有效地进行调整和操作。而且，只有准确的热工测量，才能为热力过程自动化提供可靠的依据，确保热力生产优质、高效和安全地进行。可以说，没有可靠而又准确的热工测量，便没有热力过程的自动化。因此，热工测量是保证热力设备安全、经济运行及实现热力过程自动化的必要条件。

随着热力设备日益向大容量、高参数发展，以及热力过程自动化水平的不断提高，对热工测量的要求也愈来愈高，并已促使各种新型热工仪表不断脱颖而出，不断向着小型化、数字化及多点化方向发展。象各种类型的数字仪表、巡回检测仪表及计算机的集中检测等，都使测量的准确性、快速性、可靠性诸方面得到不断的提高，适应了大型机组对测量和自动化的要求。

二、测量方法

在火电厂中，热工参数常采用两种方法测量——直接测量和间接测量。

直接测量是将被测量直接与所选用的标准量进行比较，通过预先分度好的测量器具进行测量，从而直接求得被测量的数值。例如，用尺去度量长度、用玻璃水银温度计测量温度、用弹簧管压力表测量介质的压力等，都属于直接测量，它们能直接读出所测的长度值、温度值或压力值。

间接测量是根据被测量和其它量之间的函数关系，先直接测出其它量，再代入函数式，最后将被测量计算出来，从而间接求得被测量的数值。例如，用差压式流量计测量介质的流量时，首先要测出节流件前后的差压，再代入流量公式计算，就可求得被测介质的流量。

三、测量误差

在热工测量中，由于所用仪表不够准确、客观条件的变化、测量方法的不完善以及人为疏忽和其他偶然因素等原因，都会使测量值与被测参数真实值之间存在差异，这种差异称为测量误差。

(一) 误差的种类

根据测量误差出现的规律不同，误差可分为系统误差、粗大误差和偶然误差三类。

1. 系统误差

由于仪表使用不当以及测量时外界条件变化等原因所引起的测量误差,称为系统误差。它的数值固定或按一定的规律变化,所以系统误差也称为规律误差。例如,仪表的零位或者量程未调整好所引起的误差,其大小和符号都不变,属于固定的系统误差。这种系统误差可以用加修正值的方法予以消除。

另一类是变动的系统误差。例如,环境温度变化对仪表的影响:用热电偶测温时,由于热电偶实际的冷端温度(环境温度)与仪表刻度时的冷端温度不同并且是变化的,就会引起变动的系统误差。这种误差具有一定的规律性,可采用冷端温度修正或补偿等措施予以减小或消除。

2. 粗大误差

在测量工作中,人为的粗心大意所造成的测量误差称为粗大误差。例如,读数或记录错误、使用仪器不正确以及计算错误等。这类误差难于估计而且误差值往往很大,严重地歪曲了测量结果,应将其剔除。为了避免产生粗大误差,测量时必须细心谨慎,一丝不苟。

3. 偶然误差

测量过程中某些偶然因素的影响所引起的误差,称为偶然误差或随机误差。例如,温度、电源及电磁场的偶然变化等都会引起偶然误差。这类误差没有一定的规律,其大小和性质也不固定。因此,在同一条件下对同一量进行多次重复测量时,其测量结果往往不相同。偶然误差直接影响着测量的准确度。测量时,常取几次重复测量结果的平均值作为测量值。可以认为,这个测量值更接近于真实值,误差较小。

在测量工作中,粗大误差要力争避免,而系统误差和偶然误差虽不可避免,但也要采取措施尽量减小。

(二) 误差的表示方法

仪表的误差,通常分为绝对误差和相对(引用)误差两种。

1. 绝对误差

仪表指示值(简称示值) X 与被测参数真实值 X_0 之间的差值称为绝对误差 A ,用公式表示为:

$$A = X - X_0 \quad (1-1)$$

被测参数的真实值通常是不知道的,在校验仪表时,常以标准仪表的示值作为被测参数的真实值,即绝对误差应等于仪表的指示值减去标准表的指示值。例如,用一支标准温度计和两支普通温度计去同时测量某介质的温度,标准表的指示值为 100°C ,而两支普通温度计的指示值分别为 102°C 和 99°C ,则这两支普通温度计的绝对误差分别为 2°C 和 -1°C 。由此可见,绝对误差有正负之分。正的误差表示指示值比真实值大,负的误差表示指示值比真实值小。

已知仪表的指示值 X ,欲求真实值 X_0 ,就必须在指示值上加一项修正值 δ 。 $\delta = X_0 - X = -A$ 。 δ 的数值与 A 大小相等,符号相反。引入修正值 δ 后,仪表的真实值 X_0 为:

$$X_0 = X + \delta \quad (1-2)$$

绝对误差不能确切地反映测量的准确程度,工业仪表常用相对(引用)误差表明测量结果的准确程度。

2. 相对(引用)误差

工业仪表的被测量值的范围称为测量范围。测量范围的最高、最低值,称为测量范围的“上限值”、“下限值”。测量范围的上限值和下限值之差称为仪表的量程。而绝对误差与测量范围上限值或量程的比值,并以百分数表示,则称为相对(引用)误差,即

$$\text{相对(引用)误差} = \frac{A}{X_s - X_x} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 X_s 和 X_x ——仪表测量范围的上限值和下限值。

例如,有一支体温表和一支炉温表,它们的测量范围分别为 $32 \sim 42^\circ\text{C}$ 和 $0 \sim 1000^\circ\text{C}$, 如果绝对误差均为 $\pm 1^\circ\text{C}$, 则相对(引用)误差分别为:

$$\text{体温表} \quad \frac{\pm 1}{42 - 32} \times 100\% = \pm 10\%;$$

$$\text{炉温表} \quad \frac{\pm 1}{1000} \times 100\% = \pm 0.1\%$$

可见,两支温度表的绝对误差虽然相同,但准确程度却大不相同,前者应当报废,后者却很难达到如此高的准确程度。因此,测量上常采用相对(引用)误差,来反映仪表的准确程度。

四、仪表的品质指标

衡量一块仪表质量好坏的标准,通常叫做仪表的品质指标。它主要有以下几项:

1. 准确度

准确度习惯上称为精确度,它表示仪表指示值与被测参数真实值的一致程度。如果二者非常接近,就说明该仪表的准确度很高。

根据仪表的设计和制造质量,出厂仪表所允许具有的最大误差称为允许误差,它可用绝对误差表示,也可用相对误差表示。如果仪表允许的最大绝对误差为 A_y , 则用相对误差表示,可写为:

$$\text{允许误差} = \frac{A_y}{X_s - X_x} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 X_s , X_x ——同式(1-3)的说明。

允许误差的大小表明了该仪表的准确程度。因此,仪表的准确度等级就是允许误差去掉百分号后的绝对数值。例如,某仪表的允许误差为 $\pm 1.0\%$, 则仪表的准确度等级为1.0级。反之,仪表的准确度等级加上百分号,并在数值前加上正负号,即为仪表的允许误差。设仪表的准确度等级为 K 级,则仪表的允许误差为 $\pm K\%$, 而仪表允许的最大绝对误差 A_y 为:

$$A_y = \pm K \frac{X_s - X_x}{100} \quad (1-5)$$

式中 X_s , X_x ——同式(1-3)的说明。

准确度等级是用国家规定的一系列数字来表示的,其序列为: 0.005、0.01、0.02、

0.04、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0、5.0。工业用仪表的准确度等级一般为0.5~2.5级。仪表的准确度等级常用一个小圆圈内的数字标注在仪表刻度盘上，如圈内数字1.5，它表明该仪表的准确度等级为1.5级，其允许误差为 $\pm 1.5\%$ 。

仪表的校验工作，就是将被校仪表的指示值与标准仪表的指示值进行比较，但标准仪表的准确度等级必须高于被校仪表的准确度等级。

在规定的正常工作条件下对仪表进行校验时，仪表所具有的最大误差称为基本误差，常用相对（引用）误差来表示，即

$$\text{基本误差} = \frac{A_{m,x}}{X_s - X_x} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 $A_{m,x}$ ——仪表的绝对误差 $A (A = X - X_s)$ 中绝对值最大者；

X_s, X_x ——同式（1-3）的说明。

只有当基本误差小于仪表的允许误差或者 $|A_{m,x}|$ 小于 $|A_y|$ 时，该仪表才算合格，否则要

对仪表进行修理和调整。经修理、调整后若仍达不到原准确度等级，则应根据基本误差的大小降级使用，甚至予以报废。

2. 变差

在相同条件下，仪表正、反行程时（即令被测量逐渐增大和逐渐减小），在同一示值点上被测量值之差的绝对值中最大者，称为仪表的变差，如图1-1所示。

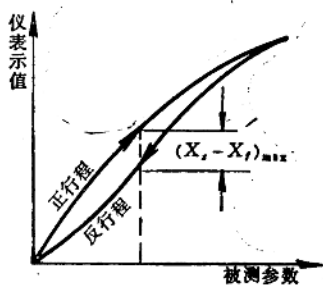


图 1-1 仪表的变差

变差也用相对（引用）误差表示，即

$$\text{变差} = \frac{|X_s - X_r|_{\max}}{X_s - X_x} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 X_s, X_r ——在同一示值点上仪表正、反行程的示值；

X_s, X_x ——同式（1-3）的说明。

变差通常是由仪表传动机件间的摩擦、间隙以及弹性元件的弹性滞后等原因造成的。校验仪表时，仪表的变差不得超过仪表的允许误差。

3. 灵敏度

灵敏度是指仪表输出端信号的变化与引起该变化的被测量的变化之比。例如，被测量变化为 ΔX ，引起仪表指针产生的线位移为 ΔL 或角位移为 $\Delta \alpha$ ，则该仪表的灵敏度 S 为

$$S = \frac{\Delta L}{\Delta X}; \text{ 或 } S = \frac{\Delta \alpha}{\Delta X} \quad (1-8)$$

仪表的灵敏度反映了仪表对被测参数变化的灵敏程度。仪表的灵敏度愈高，则愈能反映被测参数的微小变化。

4. 迟延性

当被测参数变化时，仪表能否很快地反映出被测参数的变化，这也是仪表的重要品质指标之一。从被测参数开始变化到引起仪表示值变化的这段时间，称为仪表的反应时间或

时滞，它反映了仪表的延迟大小。

仪表之所以具有延迟性，主要是由于惯性（热惯性、机械惯性以及电感、电容等元件的电惯性）造成的。要实现快速测量，则延迟愈小愈好。

第二节 热工测量仪表的组成和分类

一、热工测量仪表的组成

在热工测量中，通常是将被测参数转换成易于测量、传送的信号，再通过中间件传输给显示件，显示件便将被测参数的大小用指针和刻度盘或用数码管、荧光屏等显示出来。所以，热工测量仪表一般由敏感元件、中间件和显示件等部分组成。

1. 敏感元件

敏感元件一般装在测量处直接与被测对象相联系，它能感受被测参数的变化并将其变化转换成一相应的信号输出。例如，热电偶、热电阻是测量温度的敏感元件，它们能将被测对象的温度变化转换成电量信号输出，以便远距离传送和测量。

敏感元件也称为一次元件或传感器。因为它是实现自动检测和自动控制的重要环节，所以要求敏感元件的输出信号与被测参数之间应具有单值的函数关系，最好是线性关系，以保证仪表刻度均匀和便于读数。此外，还要求敏感元件工作稳定，灵敏度高，以保证测量准确等。

2. 中间件

中间件的作用是将敏感元件的输出信号传输到显示件。常见的导线、管道以及光导纤维等都是信号的传送部件，或称中间连接件。

除信号的直接传送外，根据显示件的不同要求，有时需要将被测信号放大后传送，有时还需把非电量转换成电量传送，有时又需要将被测参数转换成统一的标准信号供检测及控制用等。这种放大信号或变换信号的功能是由各种变送器来完成的。例如，DDZ-II型仪表的温度变送器、压力变送器，能将温度、压力信号转换成 $0 \sim 10 \text{ mA}$ D.C.的电流输出。

3. 显示件

显示件（显示仪表）的作用是显示被测参数的测量结果。它通常装在仪表盘或控制台上，以便于运行人员进行监视和控制。显示件又称为二次仪表。

目前，显示仪表大多通过指针在仪表刻度盘上的位置显示出被测参数的大小，记录时则以曲线形式给出数据。随着仪表工业的不断发展，出现了直接用数字显示测量结果的数字式仪表。数字显示可避免视差且又醒目和易于读数，因而得到了广泛的应用。

随着大型发电机组的投运，目前又出现了用计算机进行集中检测并通过荧光屏进行显示的控制方式。这种屏幕显示既能给出曲线也能给出数字，或二者同时显示；它还能显示参数之间的变化关系、变化趋势以及热力过程中的系统图等。该显示方式形象、直观，便于分析和比较，是目前最先进的显示方式，也是电视技术在测量中的一种应用。

二、热工仪表的分类

热工仪表的品种齐全、种类繁多，其分类方法也很多，主要的有以下几种：

- (1) 按被测参数分：有温度、压力、流量、液位测量仪表以及成分分析仪表（如氧量表）等。
- (2) 按用途分：有标准仪表、实验室用仪表和工程用仪表等。
- (3) 按显示特点分：有指示式、记录式、积算式、数字式及屏幕显示式仪表等。
- (4) 按仪表安装地点分：有就地式仪表和远距离传送式仪表等。
- (5) 按仪表所采用的信号能源分：有气动式、液动式和电动式仪表。

本章小结

1. 热工测量

热工测量是指对热力过程中各种热工参数的测量。测量热工参数的仪表称为热工仪表。

热工测量是保证热力设备安全、经济运行和实现热力过程自动化的非常重要的条件。

2. 测量误差的种类

测量值与被测参数真实值之间的差异称为测量误差，主要有系统误差、粗大误差和偶然误差三种。

为确保测量的准确性，测量工作者在测量过程中必须仔细认真，避免产生粗大误差，对于系统误差和偶然误差则应采取修正、补偿等措施来减小误差，或多测几次，用求取平均值的办法来减小误差。

3. 测量误差的表示

(1) 绝对误差：仪表示值与标准表示值之差，即绝对误差 $A = X - X_0$ 。

(2) 相对（引用）误差：绝对误差与仪表量程之比，以百分数表示，即相对（引用）误差 $= \frac{A}{X_s - X_x} \times 100\%$ 。

4. 仪表校验时所用误差

(1) 允许误差：出厂仪表所允许具有的最大误差，为一已知量。

(2) 基本误差：在规定的正常工作条件下，仪表所具有的最大误差。它可根据仪表校验结果经计算求取，即基本误差 $= \frac{A_{\max}}{X_s - X_x} \times 100\%$ 。

(3) 变差：在相同条件下，仪表正、反行程时，在同一示值点上被测量值之差的绝对值中最大者（也在校验过程中经计算求取），即变差 $= \frac{|A_x - A_f|_{\max}}{X_s - X_x} \times 100\%$ 。

仪表的准确度等级是仪表的允许误差去掉百分号后的绝对数值；而准确度等级加上百分号并在数值前加上正负号，即为仪表的允许误差。

在实验室中对仪表进行校验时，其基本误差、变差均不得超过仪表的允许误差。

5. 仪表的品质指标

仪表的品质指标主要有准确度、变差、灵敏度及迟延等几种。仪表以准确度高些、变

差小些、灵敏度合适以及迟延小些为好。

6. 仪表的组成和分类

热工测量仪表通常由敏感元件、中间件及显示件等组成，敏感元件装在被测对象处，感受被测参数的变化，并将这种变化转换成一个相应的信号输出。中间件的作用是将敏感元件的输出传输到显示件。除直接传输外，还有经放大或变换后传输的。显示件是仪表的终端装置，其作用是显示被测参数的测量结果。

在火电厂中，热工测量仪表按被测热工参数可分为温度、压力、流量、水位等测量仪表。

复 习 题

1. 热工测量在电厂热力生产过程中有什么作用？
2. 什么叫测量误差？误差有哪几种表示方法？
3. 什么叫仪表的允许误差、基本误差、变差？怎样才算是一台合格的仪表？
4. 已知某温度表的测温范围为 $200\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，仪表刻度盘上小圆圈内标有1.0，试问该仪表的允许误差为多少？最大允许示值误差为多少摄氏度？
5. 对上述温度表进行校验时，在各校验点上的数值如下表所示：

标准表读数 ($^{\circ}\text{C}$)		200	300	400	500	600
仪 表 示 值 ($^{\circ}\text{C}$)	(正)	200	301	399	498	601
	(反)	200	300	398	497	

试求该仪表的基本误差和变差？该表是否合格？

6. 热工测量仪表由哪几部分组成？其作用各是什么？
7. 热工仪表按被测热工参数可分为哪几种？

第二章 温 度 测 量

第一节 概 述

一、温度测量的目的和意义

在电厂的热力生产过程中，从工质到各部件无不伴有温度的变化。因此，对各种工质（如主蒸汽、给水、油、风等）的温度及各部件（如过热器管壁、汽轮机高压汽缸壁及各轴承等）的温度，都必须进行密切的监视和控制，以保证机组安全、经济运行。

温度是火电厂最普遍、最重要的热工参数之一，这是由于：

(1) 温度是蒸汽质量的重要指标之一。锅炉所生产的以及向热用户供给的蒸汽,一般用温度、压力等参数表示其品质的优劣。运行中应保持这些参数在允许的范围内,以保证向汽轮机提供合格的蒸汽及满足热用户的用热需要。

(2) 温度是影响热力设备效率的主要因素。在高温高压机组中,蒸汽温度是一个重要的参数。进入汽轮机的蒸汽温度如果降低,就会导致汽轮机热效率显著下降;锅炉排烟温度如果高于额定值,锅炉热效率也会降低,这些都使火电厂的经济性下降。

(3) 温度是影响传热过程的重要因素。火电厂所有的传热过程都必须在有温差的条件下进行。要正确控制省煤器、空气预热器以及冷凝器等各种热交换器的传热过程正常进行,必须对传热介质的温度进行监督。

(4) 温度是保证热力设备安全运行的重要参数。各种材料的耐热能力总是有限的。如果过热器和水冷壁管过热,就容易发生爆管事故;汽轮机轴承温度太高,就容易烧瓦;发电机线圈的温度太高,就会加速其绝缘老化,以致烧坏线圈,等等。只有对上述各处的温度进行严格的监控,才能避免重大事故的发生。

由此可见,温度的准确测量对保证火电厂安全、经济生产具有重大的意义。

在火电厂中,温度的测点很多,测温仪表在总的监控仪表中所占的比例较大。因此,掌握电厂常用的测温方法以及测温仪表的工作原理和使用方法,对机、炉运行和检修人员是十分重要的。

二、温度的单位

目前世界上通用的计量单位是国际单位制,简称为SI。我国已从1984年开始推行法定计量单位。它是以国际单位制为基础,结合我国的实际情况,适当增加了一些其他单位而构成的。它具有科学、合理、实用及简明等优点。为此,本书只介绍我国的法定计量单位。但是,考虑到目前的工程实际情况,对电厂常用的工程单位本书也相应地标注在括弧内,以利于比较。

在国际单位制中,规定热力学温度为基本温度,其单位是开尔文(简称开),符号为K。一开尔文等于水的三相点^①热力学温度的 $1/273.16$ 。除了以开尔文表示的热力学温度外,也使用摄氏温度,其单位是摄氏度,符号为 $^{\circ}\text{C}$ 。摄氏温度 t 与热力学温度 T 之间的换算关系为:

$$t = T - 273.15 \quad (2-1)$$

显然,K和 $^{\circ}\text{C}$ 都可作为温度的测量单位,只不过K是SI的基本单位,而 $^{\circ}\text{C}$ 是SI的导出单位。在电厂中,摄氏温度应用得最广。

三、温度测量仪表的分类

温度是表示物体冷热程度的物理量。两个冷热程度不同的物体相接触时,必然要发生热交换现象,热量将由温度高的物体传向温度低的物体,直到两个物体的温度完全一致,即达到热平衡时为止。为此,可选择某一物体同被测物体相接触,该物体能感受被测物体温度的变化,是测温的敏感元件,简称为感温元件。当感温元件与被测物体之间达到热平

^① 水的三相点是在固、液、汽三态平衡时,规定为 273.16K 。