

164621

全国火力发电工人通用培训教材

热工仪表及自动装置

中 级 工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书为全国火力发电工人通用培训教材之一。全书共三篇十一章，主要内容有：热工计量标准及考核；温度测量仪表；压力测量仪表；流量测量仪表；特殊测量仪表；调节系统的整定与试验；可编程调节器与集散系统；调节机构和KF系列指示调节仪；锅炉设备的自动调节；热工信号与保护；程序控制。每章后均有复习题配合学习。

图书在版编目 (CIP) 数据

热工仪表及自动装置：中级工/山西省电力工业局编。
-北京：中国电力出版社，1998（重印）
全国火力发电工人通用培训教材
ISBN 7-80125-195-4

I. 热… II. 山… III. ①热工仪表-技术培训-教材
②热力工程-自动控制-控制系统-技术培训-教材 IV. TK3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 11681 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)
三河市水利局印刷厂印刷
各地新华书店经售

1997 年 3 月第一版 1998 年 1 月北京第二次印刷
787 毫米×1092 毫米 32 开本 14.5 印张 319 千字
印数 5120—9190 册 定价 16.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前 言

由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》，发行、使用已历时 10 余年。其间，《学徒工初级工》各分册分别重印 5 至 9 次，《中级工》各分册分别重印 4 至 7 次，发行量很大，深受全国电力系统广大读者的欢迎，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平的要求，取得了显著的社会效益。为此，这两套培训丛书在全国电力普及读物评优中，荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

10 余年来，由于改革开放的不断深入发展，我国的电力工业有了很大的发展，现已普遍进入大机组、大电网、高参数、超高参数、高电压、超高电压和高度自动化的发展阶段，对电业生产人员的素质提出了更高的要求。继 1991 年 12 月原能源部颁发的《电力工人技术等级标准》之后，1995 年 9 月电力工业部、劳动部又颁发了《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·火力发电部分》。因此有必要根据电力生产的新情况和电力工人技术等级标准的新要求，对上述两套培训教材进行修订并增补高级工培训教材。经山西省电力工业局和中国电力出版社通力合作，并在全国电力工人技术教育研究所的支持下，现编写、出版了这套《全国火力发电工人通用培训教材》。本套丛书的内容覆盖了火力发电 16 个专业对初、中、高级工的技术要求，每个专业分初级工、中

级工、高级工三个分册出版，共计 48 个分册；每一分册中又以各专业的不同岗位工种设“篇”，共覆盖了 40 余个工种。

在编写本套丛书的过程中，首先根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从火电生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的火力发电工人培训教材，深信是紧扣新的工人技术等级标准的实用性教材。

火力发电工人培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法；教材以 300MW 机组及其辅机为主，兼顾 600MW 和 200MW 机组及其辅机的内容，因而有相当的先进性和普遍适用性，适应于“九五”期间主要机型的技术要求。与每一专业对应的初、中、高级工三个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。有些习题，如操作题、读绘图题、设计试验题等，主要用以培养和巩固必备的技能。鉴于全国电力系统各基层单位、部门培训力量和师资水平并不平衡，学员水平也参差不齐，所以有必要为每一分册编写相应的《教材使用说明和习题解答》，这将在本套丛书出版后陆续推出。

本分册是《热工仪表及自动装置》中级工培训教材，全

部内容分成三篇，共十一章；第一篇（热工仪表）的第一章至第五章由大同第二发电厂雷宗杰和山西省电力试验研究所崔晓峰编写；第二篇（自动调节设备及系统）的第六章至第九章由山西省电力试验研究所宋有福编写；第三篇（热工信号、保护和程控）的第十章、第十一章由大同第二发电厂焦宗林编写。全书由宋有福主编，山西省电力试验研究所高级工程师刘维善主审。

在中电联教培部为本套培训教材组织的审定会议上，本书由徐州发电厂王琪璵高级工程师及苏州电力工业学院邹贤尔高级讲师审定，并被推荐为全国火力发电工人通用培训教材。

在编写这套《全国火力发电工人通用培训教材》的过程中，得到了电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书进行了审定，提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心的感谢。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现有不妥之处或需修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1996年11月

目 录

序 前 言

第一篇 热 工 仪 表

第一章 热工计量标准及考核	1
第一节 概述	1
第二节 常用计量名词术语	2
第三节 计量标准考核	4
复习题	8
第二章 温度测量仪表	10
第一节 热电偶	10
第二节 热电阻	37
第三节 动圈式仪表	46
第四节 电子自动平衡式仪表	55
第五节 数字显示调节仪表	71
复习题	77
第三章 压力测量仪表	82
第一节 DDZ—Ⅱ型压力（差压）变送器	82
第二节 电容式压力（差压）变送器	92
第三节 扩散硅压力（差压）变送器	99
第四节 压力（差压）变送器的检定	110
第五节 压力（差压）变送器的调整	114
第六节 压力测量仪表的安装	123
复习题	124
第四章 流量测量仪表	126
第一节 差压式流量计的工作原理及标准节流装置	126

第二节	差压测量仪表	141
第三节	涡轮流量计	149
第四节	靶式流量计	156
第五节	电磁流量计	162
复习题		171
第五章	特殊测量仪表	174
第一节	水位测量仪表	174
第二节	转速测量仪表	189
第三节	氧化锆氧分析器	204
复习题		211

第二篇 自动调节设备及系统

第六章	调节系统的整定与试验	213
第一节	调节系统的质量指标	213
第二节	调节对象动态特性测试	216
第三节	单回路调节系统的整定方法	221
第四节	串级调节系统	227
第五节	双回路调节系统	231
第六节	调节系统的试验	239
复习题		243
第七章	可编程序调节器与集散系统	246
第一节	概述	246
第二节	KMM 调节器的工作过程	252
第三节	KMM 调节器的软件	255
第四节	KMM 调节器的应用	274
第五节	集散控制系统简介	289
复习题		294
第八章	调节机构和 KF 系列指示调节仪	298
第一节	调节机构的类型	298
第二节	调节阀的流量方程式和通流能力	300
第三节	调节阀的选择	303
第四节	TKZ-2 系列调速控制组合装置	310

第五节	变频调速装置	316
第六节	KF 系列现场型指示调节仪	322
复习题		328
第九章	锅炉设备的自动调节	331
第一节	汽包锅炉给水自动调节系统	331
第二节	给水全程调节系统	338
第三节	主蒸汽温度自动调节	349
第四节	再热汽温调节	359
第五节	汽包锅炉燃烧过程调节系统	366
复习题		382

第三篇 热工信号、保护和程控

第十章	热工信号与保护	385
第一节	热工信号	385
第二节	锅炉监控装置	393
第三节	汽轮机安全监控装置	402
复习题		416
第十一章	程序控制	418
第一节	逻辑控制基础知识	418
第二节	可编程式程序控制装置	424
第三节	程序控制在电厂的应用	428
第四节	信号、保护及程控主要设备的安装、检修	441
复习题		446
后 记	 李振生	449

第一篇 热 工 仪 表

第一章 热工计量标准考核

第一节 概 述

根据“电力系统各企业、事业单位内部热工计量仪表和装置的建标考核、检定、管理和计量人员考核，由电力部门执行”。“电力系统热工最高计量标准接受国家计量基准的传递和监督”的规定，电力系统热工仪表及控制装置的量值管理建立四级管理体制，即电力部、网局、省（市、区）电力局、发电厂（电建）四级。量值传递建立三级传递系统，即西安热工研究院建立工作基准，受国家计量部门传递和监督；各省（市、区）电力试验研究所（院）建立一级标准，计量标准器具受西安热工研究院传递和监督；各发电厂、供电单位、电建公司，建立的是二级标准，即计量标准器受主管局电力试验研究所（所）的传递和监督。

一、计量标准

计量标准是计量标准器具的简称，是指准确度等级低于计量基准，并用于检定其他计量标准或工作计量器具的计量器具。

计量标准是把计量基准所复现的单位量值逐级传递到工作计量器具，可将测量结果在允许误差范围内追溯到国家计量基准的重要器具。计量标准按其准确度等级分为若干等。通

过一定的手段和方法开展计量仪器仪表的检定工作，确保了工作计量器具量值的准确和一致。

企业的计量标准通常分为最高计量标准（用以检定低等级的标准器具）和一般工作用计量标准（用于直接检定现场用计量器具）两种。

二、检定系统

国家基准具有现代科学技术所能达到的最高准确度等级，然而实际测量并不都需要这样高的准确度，除个别情况外，国家基准不直接用于测量。因此要建立相应的计量标准，以把国家基准复现的量值，通过检定程序，科学、合理、经济地逐级传递到工作用计量器具。这种检定程序上的所有技术规定就是检定系统。检定系统是国家法定性技术文件，用图、表结合文字的形式来表达。其规定的主要内容是检定程序，包括检定与被检定的关系、用于检定和被检定的计量器具的名称、测量范围、准确度等级和检定方法等。它是建立计量标准，开展计量检定、组织量值传递的重要依据。

第二节 常用计量名词术语

1. 计量装置

为确定被测量值所必须的计量器具和辅助设备的总体称为计量装置。

2. 计量器具

凡能用以直接或间接测出被测对象量值的技术装置称为计量器具。计量器具按用途可分为：计量基准器、计量标准器和工作用计量器具等。

(1) 计量基准器。一般又分基准器、副基准和工作基准。

1) 用来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,经国家鉴定批准,作为统一全国计量单位量值的依据的计量器具,称为国家基准。

2) 通过直接或间接与国家基准比对来确定量值并由国家鉴定批准的计量器具,称为副基准。

3) 经与国家基准或副基准校准或比对,并经国家鉴定,用于检定计量标准器的计量器具,称为工作基准。

(2) 计量标准器具。是指准确度低于计量基准,用于检定其他计量标准或工作计量器具的计量器具。

(3) 工作用计量器具。不用于检定工作而只是用于日常测量的计量器具称为工作用计量器具。

3. 计量检定、校准、比对

(1) 计量检定是指评定计量器具的计量性能、确定其是否合格所进行的全部工作。

(2) 校准是指确定计量器具的示值误差(必要时也包括其他性能)所进行的全部工作。

(3) 比对是在规定条件下,对相同准确度等级的同类基准、标准或工作计量器具之间的量值进行比较。

4. 检定证书、检定结果通知书

(1) 检定证书是证明计量器具检定合格的文件。

(2) 检定结果通知书是证明计量器具检定不合格的文件。

5. 量值传递

量值传递是通过检定,将国家基准所复现的计量单位量值通过计量标准逐级传递到工作计量器具,以保证测量的准确和一致的全部过程。

6. 计量认证

计量认证是政府计量管理部门对有关计量检定机构的计量检定、测试能力和可靠性进行考核和证明的过程。

第三节 计 量 标 准 考 核

一、计量标准考核的必要性

根据计量法规定，计量标准必须经考核合格后才能开展计量检定工作，才具有相应的法律地位。计量标准考核是保证全国量值统一和计量器具准确可靠的一项重要措施。

二、计量标准考核的内容

电力系统各企业、事业单位所建立的各项热工最高计量标准，按隶属关系由有关计量行政部门主持考核。其内容包括四个方面。

1. 计量标准器及配套装置的技术性能和运行状况

(1) 计量标准器的各项技术指标及性能须符合国家计量检定系统表和检定规程的要求，并具有上级计量检定机构的检定合格证书。配套设备应齐全，属于计量器具的应具有计量检定机构的检定合格证书，其他设备还须满足有关技术要求。

(2) 应为各种标准装置填写建标报告，其内容要完整，各项指标的分析和评定应与实际相符。

(3) 各种标准装置技术文件应齐全，应有计量标准履历书，标准器及配套设备出厂合格证和产品使用说明书，还应按国家统一规定格式刻制计量检定印（章）、印制检定合格证书、检定记录表格等。

(4) 应具有所建标准溯源和传递到工作计量器具的检定系统图。应有国家、部门或企业颁布的检定规程。

(5) 制定各项计量标准的操作规程。

2. 环境条件

环境条件（室温、湿度、防振、防电磁场、防尘等）须达到有关检定规程的要求。设备布局应合理，清洁卫生。

3. 计量检定人员

计量检定人员应取得所从事的检定项目的计量检定员证。

4. 具有完善的管理制度

具有完善的管理制度包括实验室岗位责任制；计量标准使用维护制度；周期检定制度；检定记录及证书核定制度；事故报告制度和卫生制度。

三、计量检定人员的职责

(1) 正确使用计量标准，并负责维护、保养，使其保持良好的技术状况。

(2) 执行计量技术法规，进行计量检定工作。

(3) 保证计量检定的原始数据和有关技术资料完整。

(4) 承办政府计量行政部门委托的有关任务。

四、计量标准考核表格填写说明

1. 《计量标准考核（复查）申请表》填写说明

(1) 此表由建标单位向隶属计量行政部门填报。

(2) 整套标准装置的总不确定度是指“建标报告中计算出的总不确定度。

(3) 计量标准装置性能概述：简要叙述装置的构成及其主要技术指标。

(4) 标准等级：指计量标准装置中主标准器的准确度等级。

(5) 所依据的检定规程及代号：指被检定对象的检定规

程及代号。

2. 建立计量标准技术报告的填写说明

建立计量标准技术报告（简称建标报告）是计量标准考核的重要技术文件之一。它以文字的形式对所建立的计量标准的技术性能进行论证。针对所选用的标准器、配套设备及采用的检定方法，进行误差分析。说明所建计量标准符合国家检定系统和有关检定规程的要求。

报告中各项内容填写说明如下：

（1）建标的目的和意义

此项应以精练的文字阐明该项建标的依据；装置的总不确定度；明确传递的对象并明确其性质是属社会公用计量标准，还是企业最高标准；说明是否属于强制检定计量器具。

（2）检定方法及原理图

根据所选定的标准器及配套设备，阐述检定方法。原理图是检定工作原理图或框图，并加以必要的文字说明和解释。

（3）误差及其来源

1) 计量标准误差：来源于标准器误差、配套设备误差及各种附件误差。

2) 方法误差：由于测量方法或计算方法不完善所引起的误差。

3) 检定人员视差。

4) 环境条件变化引起的误差。

5) 测量结果数据修约误差。

（4）误差分析及总不确定度

1) 误差分析要做到不漏项、不重复，并将所分析的各项

误差加以区分，主要有：

①已知恒定的误差 (ϵ_k)，并合成 ($\epsilon = \sum \epsilon_k$)。

②随机误差极限 (Δ)。

③不确定的系统误差限 (e)。

2) 总不确定度的合成。公式如下：

$$U = Ku \\ = K \sqrt{\sum s_i^2 + \sum u_i^2}$$

式中 U ——总不确定度；

u ——合成不确定度；

K ——总不确定度的置信因数；

s_i ——A类不确定度，即用统计方法计算出的分量；

u_i ——B类不确定度，即用其它方法得出的分量。

(5) 计量标准的测量重复性误差 (标准偏差) s_i

对计量标准测得的数据进行分析时，在相同条件下，被测对象稳定的情况下所算出的 s_i 即表征计量标准测量的重复性误差，要求在相同的条件下测量次数不少于 5~10 次，测量结果的 s 要小于总不确定度的 1/5~1/10，计算公式为

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

式中 s ——计量标准测量重复性误差；

x_i ——相同条件下每次测得的实际值 ($i = 1, 2, \dots, n$)；

$\bar{x}$ ——各次测得的 x_i 的平均值；

n ——重复测量次数。

(6) 总不确定度的验证

经过误差分析与综合，已经得到新建计量标准的总不确

定度，但需验证上述分析的正确性，才能予以认定。验证方法有三种：检定法、校对法和比对法。在基层单位计量考核中一般采用比对法。

比对法就是选一稳定性好的计量器具，在被考核装置上测得一组数据，再送到上一级计量检定机构测试，如两组测试结果之差不超过被检计量器具允许误差的 $2/3$ 。则总不确定度得到验证。

(7) 结论

经过误差分析，对计量标准的准确度作出是否合格的结论。

复 习 题

一、名词解释

1. 计量器具
2. 检定证书
3. 量值传递

二、填空题

1. 电力系统热工仪表及控制装置的量值管理建立四级管理体制，即_____、_____、_____和_____。

2. 电力系统各企、事业单位所建立的各项热工最高计量标准，按隶属关系由_____主持考核。

3. 具有完善的管理制度包括_____、_____、_____和_____。

三、问答题

1. 电力系统的量值传递系统是如何划分的？
2. 计量检定人员的职责是什么？
3. 计量标准考核的主要内容有哪些？