

全国火力发电工人通用培训教材

热工仪表及自动装置

初级工

山西省电力工业局 编

安全第一 预防为主

中国电力出版社

全国火力发电工人通用培训教材

- 燃料设备运行 (初级工、中级工、高级工)
- 燃料设备检修 (初级工、中级工、高级工)
- 电厂化学设备运行 (初级工、中级工、高级工)
- 电厂化学设备检修 (初级工、中级工、高级工)
- 电厂化学仪表及程控装置 (初级工、中级工、高级工)
- 锅炉设备运行 (初级工、中级工、高级工)
- 锅炉设备检修 (初级工、中级工、高级工)
- 汽轮机设备运行 (初级工、中级工、高级工)
- 汽轮机设备检修 (初级工、中级工、高级工)
- 电气设备运行 (初级工、中级工、高级工)
- 发电厂集控运行 (初级工、中级工、高级工)
- 电机检修 (初级工、中级工、高级工)
- 热工仪表及自动装置 (初级工、中级工、高级工)
- 继电保护 (初级工、中级工、高级工)
- 电测仪表 (初级工、中级工、高级工)
- 电气试验 (初级工、中级工、高级工)

ISBN 7-80125-165-2



9 787801 251657 >

ISBN 7-80125-165-2/TP · 10

定价: 11.00 元

全国火力发电工人通用培训教材



热工仪表及自动装置

初 级 工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书根据电力工业工人技术等级标准中,对火力发电部分热工仪表、自动装置检修初级工以及热工程控保护初级工的必备知识和技能要求编写。全书共分热工仪表,自动调节设备及系统,热工信号、保护和程序控制等三篇,分别对热工测量知识,常用热工仪表、自动调节设备、程控装置的工作原理、结构及检测、调节、程控系统的组成,以及调整、试验和维修方法等作了系统而精要的介绍。

本书着重于技能知识的讲述,并配有大量的复习题,可供巩固和深化学习内容,是培训、考核的必备用书。

图书在版编目(CIP)数据

热工仪表及自动装置:初级工/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 7-80125-165-2

I. 热… II. 山… III. ① 热工仪表-技术培训-教材
② 火电厂-自动装置-技术培训-教材 IV. TH81

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第10816号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1996年12月第一版 2003年9月北京第七次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 10.5印张 229千字

印数 20491—22490册 定价 11.00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)

努力搞好教材建設
為提高電業職工
素質服務

史大楨
丁巳年春

全国火力发电工人通用培训教材
编 审 委 员 会

名 誉 主 任：卞学海

主 任：刘润来

常务副主任：郭连邦

副 主 任：程忠智 李宝祺 曹德声

贺至刚 张克让 王靖中

金明轩 刘治国 顾希衍

程纪奎 杨定鑫 刘玉柱

刘向东 王文杰

委 员：阎刘生 陈懋龙 贾 诚

王清文 王解新 梁秀生

燕福龙 刘宇平 张建国

王扁桃 曹保林 王 震

周 新 郭林虎 乔文普

马家斌

办 公 室 主 任：杨定鑫（兼）

办 公 室 副 主 任：刘向东 乔文普

马家斌 郭林虎

办公室工作人员：曹 璘 王荣辉

序

《全国火力发电工人通用培训教材》出版、发行了，这是电力职工培训工作的一件大事。

工人技术培训教材建设，是搞好培训、提高人员素质、直接为生产服务的一项重要基础工作。电力工业部领导对电力职工队伍的培训和教材建设非常重视，多次为之做过重要指示。

关于电力工人培训教材建设工作，多年来我部取得了较大的成绩，得到了劳动部的肯定。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》已发行、使用 10 余年，并多次重印，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平的需要，有力地促进了培训工作的开展。在 1987 年全国电力普及读物评优中，这两套培训教材荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

但是，随着我国电力工业技术装备的不断更新和技术水平的不断提高，对电业生产人员的素质相应地提出了更高的要求。此外，由于劳动、培训制度改革的不深化，关于工人培训教育的思想、方法和手段也发生了深刻变化。为适应这一新情况、新需要，进一步加强电力工人培训教材的建设，有必要对原编写的两套培训教材进行修订和增补。为此，决定由山西省电力工业局重新编写《全国火力发电工人通用培训教材》。这套新编的培训教材业经中电联教培部组织审定，

作为全国火力发电工人通用的培训教材，由中国电力出版社出版、发行。

《全国火力发电工人通用培训教材》具有相当的权威性。首先，这套培训教材的编写依据，是电力工业部、劳动部颁发的《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》和中电联教培部《关于电力工人培训教材建设的意见》，以及有关电业生产、建设的技术规程、规范。无论是在内容的取舍上，还是在深度的把握上，这套教材都是按以上国家标准和部颁规程、规范的要求来进行的。

其次，这套培训教材从总体设计上来讲，思路是清晰的，指导思想是正确的。教材的编写突破了传统的学校教科书模式，注意按照工人培训的特点和规律，安排教学内容，即强调实用性，并且“以工种立目，以岗位立篇”。与每一个专业工种对应的初、中、高三个分册在内容上是阶梯式递进的，互不重复或不简单重复。这些思路都是超前的、可行的，符合中电联教培部《关于电力工人培训教材建设工作的意见》的精神。

再有，这套培训教材的编写、出版力量都是相当强的。其作者是山西省电力系统中技术上比较权威的专家，有相当丰富的培训工作经验，基本上能够代表全国电力系统的技术力量水平。作为全国首批认定的15家优秀出版社之一的电力出版社，无论在编辑力量和水平上，还是在出版质量上，都是国内一流的。对于这套培训教材，出版社领导亲自挂帅，组织了20余人的编辑班子，精心策划，全面指导，精雕细刻，因此，其质量是高的。

《全国火力发电工人通用培训教材》的另一个特点是实用性较强。一方面，这套培训教材是从生产实际需要和工人实

际水平出发，进行设计、编写的。为了使教材更具有针对性，更加实用，我们做了大量的前期工作，对电力系统的人员结构、整体素质进行过调查和认真分析。这套培训教材不仅适用于具有初中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的电力生产人员，而且对于现场的工程技术人员，也是有参考价值的。另一方面，这套培训教材以培养工人实际能力为重点，以提高工人操作技能为主线，教材中所提供的“知识”是为“技能”服务的，因而增强了教材的实用性，使经过培训的工人能较快运用所学的知识 and 掌握的技能，指导或改进所从事的生产实践。

此外，这套培训教材图文并茂，通俗易懂，好学好用，特别适合于工人学习。

当然，《全国火力发电工人通用培训教材》所反映的是普遍适用的主要内容。各单位在使用过程中，只要结合本单位的设备、工艺特点和人员素质的实际情况，在内容上做适当的补充和调整，便可有针对性地对本单位职工开展培训。

《全国火力发电工人通用培训教材》是《全国电力工人公用类培训教材》的延伸，两套培训教材要配合使用。这些培训教材的出版，必将对我国电力职工培训工作的有效开展和“九五”期间电力职工素质的提高，产生积极而深远的影响。

中国电力企业联合会教育培训部

1996年12月

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》初级工培训教材，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瑗高级工程师及苏州电力工业学校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 热工仪表基本知识	1
第一节 热工仪表概述	1
第二节 热工仪表的测量误差及质量指标	3
第三节 热工计量	8
复习题	14
第二章 温度测量仪表	16
第一节 热电偶	18
第二节 热电阻	39
第三节 动圈式仪表	49
第四节 电子自动平衡式仪表	59
复习题	68
第三章 压力测量仪表	73
第一节 压力测量仪表概述	73
第二节 弹性式压力表	77
第三节 弹性式压力表的调校	84
第四节 压力表的使用	99
第五节 DDZ—Ⅱ型压力(差压)变送器	102
复习题	107
第四章 流量测量仪表	109

第一节	概述	109
第二节	差压式流量计的组成	114
第三节	差压测量仪表	125
第四节	积算式显示仪表	134
复习题		141
第五章	特殊测量仪表	145
第一节	水位测量仪表	145
第二节	转速测量仪表	155
第三节	氧化锆氧量计	160
第四节	皮带电子秤	163
复习题		173

第二篇 自动调节设备及系统

第六章	自动调节的基础知识	176
第一节	自动调节的基本概念	177
第二节	调节对象的特性	183
第三节	调节规律	186
第四节	调节阀门的特性	190
第五节	调节器参数的整定	195
复习题		199
第七章	自动调节设备	202
第一节	调节设备的分类	202
第二节	电动 PID 调节器	204
第三节	执行机构	216
复习题		227
第八章	锅炉自动调节系统	230
第一节	汽包锅炉的给水调节系统	231
第二节	主蒸汽温度调节系统	237

第三节	汽包锅炉燃烧调节系统	241
复习题		251
第九章	辅助设备的自动调节	255
第一节	制粉系统自动调节	255
第二节	除氧器自动调节	261
第三节	加热器水位和轴封压力自动调节	263
复习题		265

第三篇 热工信号、保护和程序控制

第十章	热工信号和保护	267
第一节	热工信号和保护的作用	267
第二节	基本知识	270
第三节	热工信号系统	278
第四节	锅炉保护装置	286
第五节	汽轮机保护装置	292
复习题		297
第十一章	程序控制	301
第一节	程序控制系统和装置的分类	301
第二节	程序控制的基本工作原理	303
第三节	程序控制的应用	312
复习题		317
后 记		李振生

第一篇 热 工 仪 表

第一章 热工仪表基本知识

第一节 热 工 仪 表 概 述

一、热工测量和热工仪表

在火力发电厂中，热工测量是指热力生产过程中各种热工参数（如温度、压力、流量、液位等）的测量方法，而用来测量热工参数的仪表叫做热工仪表。

二、热工仪表的组成

热工仪表尽管在工作原理和结构上各不相同，但就其各部件的作用来看，基本上都是由传感器、变换器、显示器三大部分组成。各部分可以独立存在，也可以是三者结合在一个整体中。下面分别叙述各部分的作用和特点。

1. 传感器

传感器是指将被测量的某物理量按照一定的规律转换成能检测出来的物理量的转换装置，又称敏感元件、一次元件或发送器。近年来把传感器直接定义为：能感知并检测出被观测对象的信息的机器。也就是说，传感器能代替人的五官的感知功能（视、听、嗅、尝、触）。即使人的五官不能感知的信息（如红外线、电磁波、超声波等的信息），仪表传感器也能感知。

热工测量用传感器,都是把非电量的物理量转换成电量。例如热电偶,它把被测对象的温度变化转换成热电势的变化,作为它的输出信号,再经放大后送给显示、记录装置。

对传感器的要求是:

- (1) 传感器的输出信号必须随被测参数变化而变化。
- (2) 输出信号仅随被测参数变化而变化。
- (3) 输出信号与被测参数之间必须是单值关系(即对应一个被测参数值,传感器只能有一个输出值),而且最好是线性关系。

目前常用的传感器几乎都不能完全满足上述三个条件,因此,它们各自都要求有一定的使用条件,否则就会得出错误的测量结果。例如,用热电偶测温时,要求冷端温度恒定;用热电阻温度计测温时,流过热电阻温度计的电流不能太大,否则会带来较大的测量误差。因此,为了保证测量的精确度,在选择和使用传感器时,一定要考虑它的使用条件。

2. 变换器

变换器的作用是将传感器输出的信号传送给显示器。根据不同的应用场合,转换器具有远距离传送、放大、线性化和转化信号形式等功能。

3. 显示器

显示器的作用是反映被测参数在数量上的变化。常见的显示器有指示式、记录式、累积式、接点式(声光报警)等。在现代大容量、高参数机组上广泛使用的,是数字式和屏幕显示装置。

(1) 数字显示。直接以数码形式给出被测量值,所以不存在读数时的视觉误差,但与模拟显示相比,其直观性较差。

(2) 屏幕显示。这是电视技术在测量显示上的应用。它