

全国火力发电工人通用培训教材

电厂化学设备运行

中级工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

全国火力发电工人通用培训

电厂化学设备运行

中级工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

这套书共分初、中、高级工三册，本书适用于中级工，共计五篇二十二章。第一篇是煤的燃烧效率及元素分析，第二篇是水汽系统的防腐及药品、水质化验，第三篇是油质分析、防止油质劣化和设备故障诊断，第四篇是炉外水处理，第五篇是火力发电厂的废水处理与排放。

本书为火力发电厂电厂化学专业运行中级工技术学习和现场培训的教材，也可供有关技术人员和教师参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电厂化学设备运行：中级工/山西省电力工业局编．
—北京：中国电力出版社，1997（重印）
全国火力发电工人通用培训教材
ISBN 7-80125-192-X

Ⅰ．电… Ⅱ．山… Ⅲ．电厂化学-设备-电力系统运行-技术培训-教材 N. TM621.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 18729 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)
北京密云红光印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

1997 年 2 月第一版 2003 年 7 月北京第八次印刷
787 毫米×1092 毫米 32 开本 13.375 印张 289 千字
印数 24211—27210 册 定价 14.00 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
丁巳年春月

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、培训制度改革不断深化，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和掌握的技能，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。

由于电厂化学运行专业的工种多且具有相关性，为了保证内容的系统性、完整性，尽量满足各工种的使用需要，在

有些内容上没有机械地按三个等级划分，也没有简单地重复相关工种的技术内容。希望读者在学习和使用中，参考相关工种的技术内容，对这三本书的技术内容做适当的调整。

本书第一篇由太原第二热电厂康克铭编写，第二篇由山西电力试验研究所王小平、韩萍编写，第三篇由太原第二热电厂贺学鲁编写，第四篇由太原第二热电厂马金良编写，第五篇由神头第二发电厂武新兵编写。全书由太原第二热电厂左学渊主编，山西电力试验研究所徐振漳主审。

在中电联教培部为本套培训教材组织的审定会议上，本书由石横发电厂时康勋审定，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 煤的燃烧效率及元素分析

第一章 煤的燃烧与燃烧效率	1
第一节 煤的燃烧	1
第二节 对发电用煤的要求	4
第三节 煤的燃烧效率与煤耗	9
复习题	12
第二章 煤的元素分析 (一)	15
第一节 碳和氢的测定	15
第二节 氮的测定	19
第三节 氧的计算	23
复习题	24
第三章 煤的元素分析 (二)	27
第一节 煤中硫对工业应用的影响	27
第二节 煤中硫的测定	28
复习题	35
第四章 煤的可磨性指数与煤粉细度	38
第一节 煤的可磨性指数	38
第二节 煤粉细度	44
复习题	47

第二篇 水汽系统的防腐及药品、 水质化验

第五章 水汽系统的腐蚀、结垢及其防止	49
第一节 腐蚀的基本概念及其类型	49
第二节 给水系统金属的腐蚀及其防止	53
第三节 汽包炉水汽系统的腐蚀、结垢及其防止	60
第四节 热力设备的停用腐蚀与防护	65
复习题	70
第六章 生产用主要药品的分析	72
第一节 药品分析的重要性	72
第二节 工业用盐酸试验方法	73
第三节 工业用氢氧化钠试验方法	79
第四节 工业用氯化钠试验方法	89
第五节 石灰含量及水质稳定剂分析试验方法	92
复习题	95
第七章 水质常规分析项目 (一)	97
第一节 钙、镁的测定	97
第二节 铁、铝的测定	102
第三节 铜的测定	109
第四节 活性硅的测定	112
第五节 磷酸盐的测定	116
复习题	119
第八章 水质常规分析项目 (二)	121
第一节 硫酸根的测定	121
第二节 硝酸根和亚硝酸根的测定	123
第三节 化学耗氧量的测定	128
第四节 溶解氧的测定	130

第五节 钠的测定 (pNa 电极法)	132
第六节 水质全分析结果校核	136
复习题	139
第九章 锅炉的化学清洗	142
第一节 化学清洗的概念与范围	142
第二节 常用的清洗剂和添加剂	144
第三节 化学清洗方案的制定	149
第四节 化学清洗的步骤与监控	154
第五节 废液处理和清洗后的检查、评估	157
复习题	159

第三篇 油质分析、防止油质劣化 和设备故障诊断

第十章 油质劣化及其防止	161
第一节 油质劣化的机理	161
第二节 影响油质劣化的因素和油质劣化的表现及其产物	165
第三节 油质劣化的危害及其防止	167
复习题	170
第十一章 油质试验	172
第一节 油中水分的测定	172
第二节 界面张力的测定	177
第三节 凝固点的测定	181
第四节 破乳化时间的测定	184
第五节 油品腐蚀的测定	187
第六节 液相锈蚀试验	188
第七节 T501 抗氧化剂含量的测定	190
复习题	192
第十二章 气相色谱法的基础知识	194

第一节	色谱分析的原理	194
第二节	气相色谱仪的基本流程	196
第三节	固定相	200
第四节	鉴定器	207
第五节	色谱图及操作条件的选择	209
第六节	定性、定量分析方法	215
复习题		220
第十三章	变压器油中溶解气体分析原理和方法	222
第一节	概述	222
第二节	气体在绝缘油中的溶解	223
第三节	正常变压器油中气体的含量	226
第四节	变压器内部故障类型与油中气体含量的关系	230
复习题		234
第十四章	设备故障诊断	236
第一节	气相色谱法在故障诊断中的应用	236
第二节	判断设备故障的步骤及三比值法	240
第三节	故障诊断举例	243
复习题		249

第四篇 炉 外 水 处 理

第十五章	水的离子交换除盐	251
第一节	离子交换除盐原理	251
第二节	一级除盐系统及其运行	255
第三节	混床及其运行	259
第四节	双层床及其运行	264
第五节	再生系统及废水中和系统	267
第六节	除盐系统运行指标及故障处理	270
复习题		275

第十六章 凝结水处理	278
第一节 凝结水的污染	278
第二节 凝结水的过滤	280
第三节 凝结水的除盐	288
第四节 凝结水处理系统的运行及其故障处理	299
复习题	302
第十七章 冷却水处理	305
第一节 冷却水系统	305
第二节 垢的沉积与防止	309
第三节 污物的沉积与防止	318
第四节 微生物污染及其控制	321
第五节 凝汽器铜管的腐蚀与防止	324
第六节 发电机内冷水的处理	330
复习题	334

第五篇 火力发电厂的废水处理与排放

第十九章 冲灰水的处理与排放	337
第一节 概述	337
第二节 冲灰水的再循环	342
第三节 冲灰系统的结垢与防止	347
第四节 冲灰水污染的治理	355
复习题	358
第二十章 生活污水的处理与排放	359
第一节 概述	359
第二节 活性污泥法	361
第三节 生物膜法	372
第四节 污泥的处理及最终处置	379
复习题	383

第二十一章 锅炉清洗废液的处理	385
第一节 概述	385
第二节 酸洗废液的处理	387
第三节 钝化废液的处理	391
复习题	393
第二十二章 冷却水的排放与治理	394
第一节 概述	394
第二节 温排水与水体热污染	398
第三节 温排水的治理	400
复习题	403
参考文献	405
后记	李振生