

全国火力发电工人通用培训教材

汽轮机设备运行

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 7-80125-156-3



9 787801 251565 >

ISBN 7-80125-156-3/TK.33

定价: 8.00 元

PDG

全国火力发电工人通用培训教材

汽轮机设备运行

初 级 工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是《全国火力发电工人通用培训教材》中的一种,适用于从事汽轮机运行的初级工工人培训使用。本书共分三篇,第一篇介绍汽轮机辅助设备的运行,包括凝汽设备、抽气设备、冷却设备及系统、给水回热设备和除氧器等;第二篇介绍水泵及其运行,包括水泵的基础知识、给水泵、循环水泵、凝结水泵、疏水泵和热网循环水泵等;第三篇介绍热力网,包括热力网的基础知识、热网及热网加热设备、热网运行维护等内容。

图书在版编目(CIP)数据

汽轮机设备运行:初级工/山西省电力工业局编. —北京:中国电力出版社, 1996

全国火力发电工人通用培训教材

ISBN 7-80125-156-3

I. 汽… II. 山… III. 汽轮机运行-技术培训-教材
IV. TK267

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 10800 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)

冶金联合印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1996 年 12 月第一版 2003 年 9 月北京第九次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 7.75 印张 166 千字

印数 30721—33720 册 定价 8.00 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 王靖忠 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：程纪奎（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 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率。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《汽轮机设备运行》初级工培训教材，全部内容分成三篇，共十一章：第一篇（汽轮机附属设备的运行）的

第一章、第二篇（水泵及其运行）第五章至第八章由山西太原第一热电厂高丕德编写；第一篇的第二章、第四章和第三篇（热力网）的第十一章由山西太原第一热电厂王少华编写；第一篇的第三章由山西太原第一热电厂王志刚编写；第三篇的第九章、第十章由山西太原一热电厂成刚编写。全书由山西省电力试验研究所副总工程师傅正祥主编，山西省电力工业局李嘉琦主审。

在中电联教培部为本套培训教材组织的审定会议上，本书由吉林热电厂赵宪文高级工程师、和上海闵行发电厂虞硕亮工程师和上海石洞口发电厂陈兴兴审定，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设，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	
概 述	1

第一篇 汽轮机附属设备的运行

第一章 凝汽设备	5
第一节 凝汽设备的作用	5
第二节 凝汽器的分类和结构	7
第三节 凝汽器的投运和停用	15
第四节 凝汽设备的运行监视	19
第五节 凝汽器的胶球清洗	23
复习题	28
第二章 抽气设备	32
第一节 抽气设备的型式和分类	32
第二节 射汽抽气器	35
第三节 射水抽气器	42
第四节 机械式真空泵	49
复习题	55
第三章 冷却设备及系统	58
第一节 火力发电厂供水系统	58
第二节 冷却塔的分类及组成	60
第三节 冷却塔的运行维护	70
复习题	75
第四章 给水回热设备和除氧器	78

第一节	回热加热器的分类和结构	78
第二节	加热器的保护与运行	86
第三节	除氧器	96
复习题		105

第二篇 水泵及其运行

第五章	水泵的基础知识	108
第一节	水泵的主要性能参数	108
第二节	水泵的分类及型号	110
第三节	离心泵的各种损失及效率	117
第四节	离心泵的性能曲线及工作点	121
第五节	离心泵的汽蚀	125
第六节	比转速	132
第七节	离心泵的运行	135
第八节	轴流泵及其特性	139
复习题		143
第六章	给水泵	147
第一节	给水泵的作用和工作特点	147
第二节	给水管路系统	149
第三节	给水泵的运行	153
复习题		156
第七章	循环水泵和凝结水泵	158
第一节	循环水泵的运行	158
第二节	凝结水泵的运行	163
第三节	循环水泵和凝结水泵的事故处理	167
复习题		170
第八章	疏水泵和热网水泵	173

第一节	疏水泵的运行	173
第二节	热网循环水泵的运行	175
复习题		178

第三篇 热 力 网

第九章	热力网基础知识	180
第一节	热负荷与热电联产	180
第二节	供热系统及载热质	184
第三节	热电联产的经济性及主要指标	186
复习题		193
第十章	热网及热网加热设备	196
第一节	热电厂的供热系统	196
第二节	热网加热器	203
第三节	减温减压装置	206
第四节	热水锅炉	210
复习题		212
第十一章	热网运行维护	215
第一节	典型水网供热介绍	215
第二节	热网的启动和运行	221
第三节	热网的停止和保养	225
第四节	热网的事故处理	226
复习题		228
后 记		李振生

概 述

一、火力发电厂的生产过程

图 0-1 是火力发电厂生产过程的热力系统图。给水在锅炉中吸收燃料燃烧时放出的热量，产生具有一定压力和温度的蒸汽，这种高温高压的蒸汽经管道送入汽轮机，在汽轮机内膨胀做功，使汽轮机转子旋转。汽轮机转子带动发电机转子一同高速旋转，从而发出电来。可以看出，火力发电厂生产过程的实质，就是实现能量转变，即在锅炉设备中把燃料的化学能转变成蒸汽的热能；在汽轮机内把蒸汽的热能转变成汽轮机转子旋转的机械能；在发电机内把旋转的机械能转变成电能。这些转变连起来就是：燃料化学能→热能→机械能→电能。

高温高压蒸汽在汽轮机内膨胀做功后，压力和温度降低，

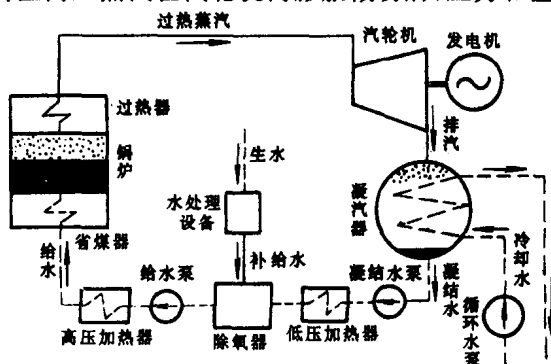


图 0-1 火力发电厂生产过程热力系统图

由排汽口排入凝汽器并被冷却水冷却，凝结成水。凝结水集中在凝汽器下部由凝结水泵打至低压加热器和除氧器，经除氧后由给水泵将其升压，再经高压加热器加热后送入锅炉。在火力发电厂中，送给锅炉的水称为给水。

目前，国内大多数火力发电厂，都是燃煤发电厂。在燃煤发电厂中，煤被制成煤粉后送入锅炉炉膛内燃烧，放出热量，燃烧产生的烟气经除尘后排入大气，灰渣排到灰场。

发电机发出的电能，除电厂消耗外，都经变压器升高电压后通过高压配电装置和输电线路向外送出。

为了提高电厂的热效率，现代大型汽轮机组都采用了给水回热循环和再热循环。所谓给水回热循环，是指从汽轮机的某些中间级后抽出做过功的部分蒸汽用以加热给水，以减少排入凝汽器的蒸汽量，降低冷源损失。所谓再热循环，是指在超高压机组上，把在汽轮机高压缸做完功的蒸汽，全部送到锅炉再热器中加热后再引入汽轮机的中低压缸中继续膨胀做功，以提高机组的热效率。图 0-2 为再热机组的热力系统简图。

汽水系统中的蒸汽和凝结水，经过许多管道、阀门和设备，难免产生泄漏等各种损失，因此必须不断地向系统补充经过化学处理的合格水。在中低压机组上补给水为软化水，补入除氧器。在高参数的机组上，水质要求高，补给水为除盐水，补入凝汽器中。

二、汽轮机设备的组成情况

由图 0-1 所示，汽轮机设备主要由汽轮机主机及其辅助设备组成。汽轮机是火力发电厂的关键设备之一，它的任务是将蒸汽的热能转变为汽轮机转子旋转的机械能。图 0-3 所示为一台多级冲动式汽轮机的结构示意图。蒸汽进入汽轮机，