

全国火力发电工人通用培训教材



锅炉设备检修

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。全书共五篇十一章，主要讲述了锅炉本体、辅机、管阀、除灰、电除尘等设备的构造、工作原理及检修工艺，锅炉部件所用钢材、锅炉的金属监督等有关专业知识，可供火力发电厂锅炉检修中级工培训学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

锅炉设备检修：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 7-80125-189-X

I. 锅… II. 山… III. 火电厂-锅炉-检修-技术培训-教材 IV. TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 16607 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 2 月第一版 1997 年 10 月北京第二次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 13 印张 276 千字

印数 5131 11710 册 定价 15.00 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《锅炉设备检修》中级工培训教材，全部内容分成五篇，共十一章：其中第一篇至第五篇分别由太原第一

热电厂王引棣、周茂德，杨林启，王引棣，帖险峰，阎继东、帖险峰编写。全书由王引棣主编，山西省电力工业局彭必达主审。

在中电联教培部为本套培训教材组织的审定会议上，本书由吉林热电厂任智新高级工程师、安增庆高级工程师和朴吉满工程师审定，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 锅 炉 本 体 检 修

第一章 专业基础及相关知识	1
第一节 锅炉型式及工作原理	1
第二节 本体部分的金属监督及受压元件的监察	13
第三节 本体设备常用钢材	16
第四节 锅炉水处理	23
第五节 锅炉停用保护及化学清洗	25
复习题	30
第二章 锅炉本体设备检修	33
第一节 水冷壁检修	33
第二节 过热器及再热器检修	37
第三节 省煤器检修	45
第四节 管式空气预热器检修	52
第五节 汽包检修	60
第六节 燃烧设备检修	66
第七节 炉墙与构架检修	69
第八节 锅炉水压试验	78
复习题	82

第二篇 锅炉辅机检修

第三章 专业基础及相关知识	88
第一节 锅炉风机的构造及工作原理	88
第二节 磨煤机的构造及工作原理	93
第三节 回转式空气预热器的构造及工作原理	101
第四节 给煤机的构造及工作原理	104
第五节 其他辅机的构造及工作原理	107
第六节 辅机设备零部件的技术要求及金属材料	113
第七节 液压传动与气压传动	117
复习题	120
第四章 锅炉辅机检修	122
第一节 风机检修	122
第二节 磨煤机的检修	137
第三节 回转式空气预热器的检修	157
第四节 给煤机检修	168
第五节 给粉机检修	171
第六节 空气压缩机检修	174
第七节 锅炉检修常用下料法	179
第八节 转子找静平衡	187
复习题	191

第三篇 管道阀门检修

第五章 专业基础及相关知识	196
第一节 管道的技术计算	196
第二节 管道系统的金属监督	205
第三节 压力容器的监察及检验	209

第四节	锅炉管道阀门常用材料	216
第五节	管阀检修专用工机具	220
	复习题	228
第六章	锅炉高压管阀检修	231
第一节	高压管阀检修的准备工作	231
第二节	高压管道的检修	235
第三节	高压阀门的检修	239
第四节	调节阀的检修	246
第五节	安全阀及其检修	250
第六节	安全阀的校验	259
第七节	阀门密封面的手工堆焊	264
第八节	水位计的检修	272
	复习题	276

第四篇 除灰设备检修

第七章	水力和气力除灰设备	281
第一节	水力除灰设备	281
第二节	气力除灰设备	293
	复习题	297
第八章	除灰设备检修	299
第一节	多级离心泵检修	299
第二节	水隔离泵的检修	318
第三节	柱塞泵的检修	322
	复习题	326

第五篇 电除尘器检修

第九章	专业知识及相关知识	328
------------	------------------------	------------

第一节	电除尘器供电电源及一次接线原理	328
第二节	自动电压调整器	334
第三节	常用绝缘材料	336
复习题		338
第十章	电除尘器电气设备检修	340
第一节	整流升压变压器的检修	340
第二节	高压控制柜及其他电气设备检修	347
第三节	设备的通电试验	354
第四节	常见故障的处理	357
复习题		361
第十一章	电除尘器机械设备检修	364
第一节	电除尘器机械设备	364
第二节	电除尘器机械设备检修	371
复习题		385
参考文献		487
后记	 李振生	

第一章 专业基础及相关知识

锅炉的受热面通常都是在吸收烟气放热的同时，受到工质的冷却。为保证受热面金属不致超温或烧坏，工质在受热面的管子内必须维持一定的流速。在锅炉的省煤器和过热器内，工质是一次通过，并由它们进口和出口之间的压力差来克服工质的流动阻力。工质在蒸发受热面中的流动则有多种不同的方式，并可按此将锅炉分为下述几种类型。

1. 工作原理

自然循环锅炉中，汽水主要靠水和蒸汽的密度差产生的压头而循环流动，图 1-1 所示为自然循

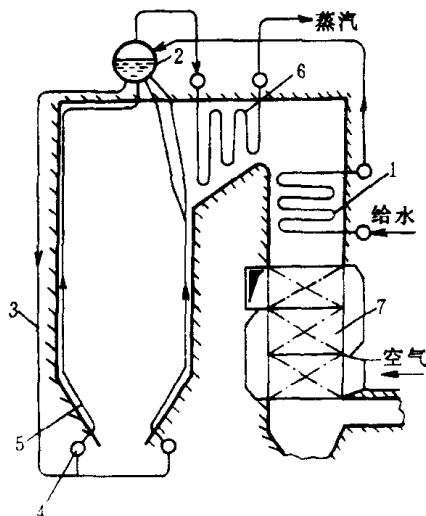


图 1-1 自然循环锅炉简图

- 1—省煤器；2—汽包；3—下降管；
4—下联箱；5—上升管；6—过
热器；7—空气预热器

环锅炉简图。图中的汽包、下降管、下联箱和上升管（水冷壁）组成一个循环回路。由于上升管在炉内受热，产生了蒸汽，汽水混合物的密度小，而下降管在炉外不受热，管中是水，密度大，两者密度差就产生了循环推动力，水沿着下降管向下流动，而汽水混合物则沿上升管向上流动，从而形成了水的自然循环。

上升管内的汽水混合物进入汽包，经汽水分离装置分离出来的饱和蒸汽进入过热器，由省煤器来的给水则不断的补充到汽包内。

2. 特点

随着锅炉工作压力的升高，饱和水与饱和汽的密度差逐渐减小，自然循环的推动力也将逐渐减小，因此自然循环锅炉只能在临界压力以下应用。但是如果增大上升管的含汽率以及减小回路的阻力，并采取相应的防止膜态沸腾的技术措施，在汽包压力为 19MPa 时仍可维持足够的循环推动力，目前亚临界压力大容量自然循环锅炉正是这样发展的。

自然循环锅炉的汽包是蒸发受热面和过热器之间的固定分界点，由于其蓄热和蓄水能力大，因而对自动调节的要求较低；给水带入的盐分可用排污的方式除掉，对水处理的要求也相对较低。但汽包较难制造，耗金属多，安装运输较复杂且筒壁较厚，筒壁温差限制了锅炉的启停速度。

二、多次强制循环锅炉

1. 工作原理

多次强制循环锅炉是在自然循环锅炉的基础上发展起来的，结构与自然循环锅炉基本相同，只是在下降管中增加了循环泵，以增强循环流动的推动力，如图 1-2 所示。

大容量的锅炉一般装 3~4 台循环泵，其中一台备用，循

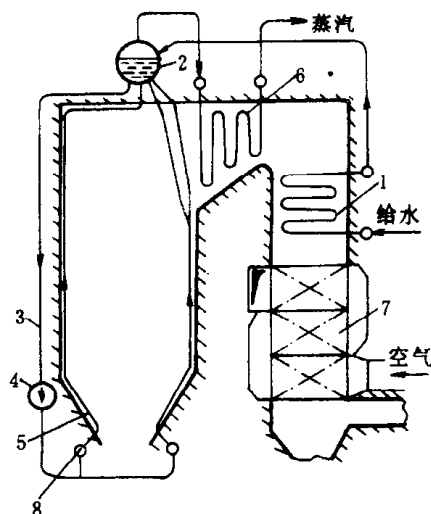


图 1-2 多次强制循环锅炉简图

1—省煤器；2—汽包；3—下降管；4—循环泵；

5—水冷壁；6—过热器；7—空气预热器；8—下联箱

环泵垂直布置在下降管的汇总管道上。

2. 特点

这种锅炉的蒸发受热面内工质流动主要靠强制循环，循环倍率在 3~5 左右。这样既可使水冷壁布置型式较自由，不像自然循环水冷壁必须基本直立；还可采用较小管径，使水冷壁重量减轻，工质质量流速增加，降低管壁温度及应力，提高水冷壁工作的可靠性；同时还可采用较小的汽包，提高启动及升降负荷的速度。

由于循环泵的采用，增加了设备费用以及锅炉运行费用，且循环泵长期在高压高温（250~330℃）下运行，需用特殊结构，相应地也会影响锅炉运行的可靠性。

三、直流锅炉

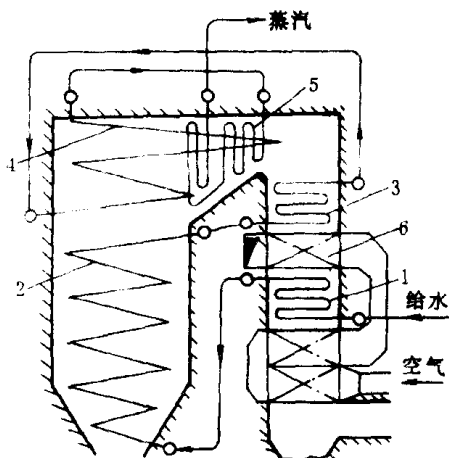


图 1-3 直流锅炉简图

- 1—省煤器；2—水冷壁（下辐射）；
3—过渡区；4—水冷壁（上辐射）；
5—对流过热器；6—空气预热器

1. 工作原理

直流锅炉蒸发受热面中工质的流动全部依靠给水泵的压头来实现。给水在给水泵压头的作用下，依次通过加热、蒸发、过热各个受热面，将水全部变成过热蒸汽。直流锅炉没有汽包，其水冷壁可以是垂直上升、螺旋上升，甚至是多次垂直上升的。直流锅炉简图见图 1-3。

2. 特点

直流锅炉与自然锅炉相比，有以下特点：

(1) 没有汽包，管径较细，金属耗量少；但蓄热能力差，对外界负荷变化适应性差，调节系统比较复杂，控制技术要求高。

(2) 机组启停速度快，不受限于汽包的热应力，且制造、安装、运输方便。

(3) 由于用给水泵作为循环推动力，不受工质压力的限制，既可用于临界压力以下，又可用于超临界压力。但工质流动阻力大，额外消耗较多的给水泵功率。

(4) 蒸发受热面布置比较自由。

(5) 由于给水全部在管内一次蒸发，不能排污，因此，对

给水品质的要求比汽包炉高。

四、复合循环锅炉

1. 工作原理

复合循环锅炉是在直流锅炉和强制循环锅炉工作原理基础上发展起来的，可以分为两种：一种是部分负荷再循环，即低负荷时，按再循环方式运行，当锅炉负荷高时按直流方式运行。另一种是全负荷再循环，即在任何负荷下，都有一部分流量进行再循环，但循环倍率很低，一般在 1.25~2.5 之间，所以又称低倍率循环锅炉。这两种锅炉都没有汽包，而代之以较小的汽水分离器，都装有再循环泵，其系统如图 1-4 所示。从水冷壁出来的汽水混合物进入汽水分离器，分离后的蒸汽引向过热器，水则和省煤器出来的给水在混合器混合后经再循环泵送入水冷壁。这两种锅炉的差别主要是控制阀的装设位置不同，全负荷再循环锅炉的控制阀只起节流作用，汽水分离器中始终有水被分离出来，在各种负荷下再循环泵都投入运行；而部分负荷再循环锅炉则在锅炉蒸发量达到一定值后（30%~70%额定蒸发量），可关闭控制阀，再循环泵停运，锅炉按直流方式运行。

2. 特点

这两种锅炉既有直流锅炉的特点，又有多次强制循环锅炉的特点，但没有大直径的汽包，只有小直径的分离器，钢材消耗较少，循环泵的功率也较小。但这种锅炉必须保证再循环泵的工作可靠性，且调节系统比其他锅炉复杂。

五、典型锅炉简介

1. HG-670/140-1 型超高压再热锅炉

锅炉总图如图 1-5 所示。锅炉蒸发量为 670t/h，过热蒸汽压力为 13.7MPa，过热蒸汽温度为 540℃，再热蒸汽流量

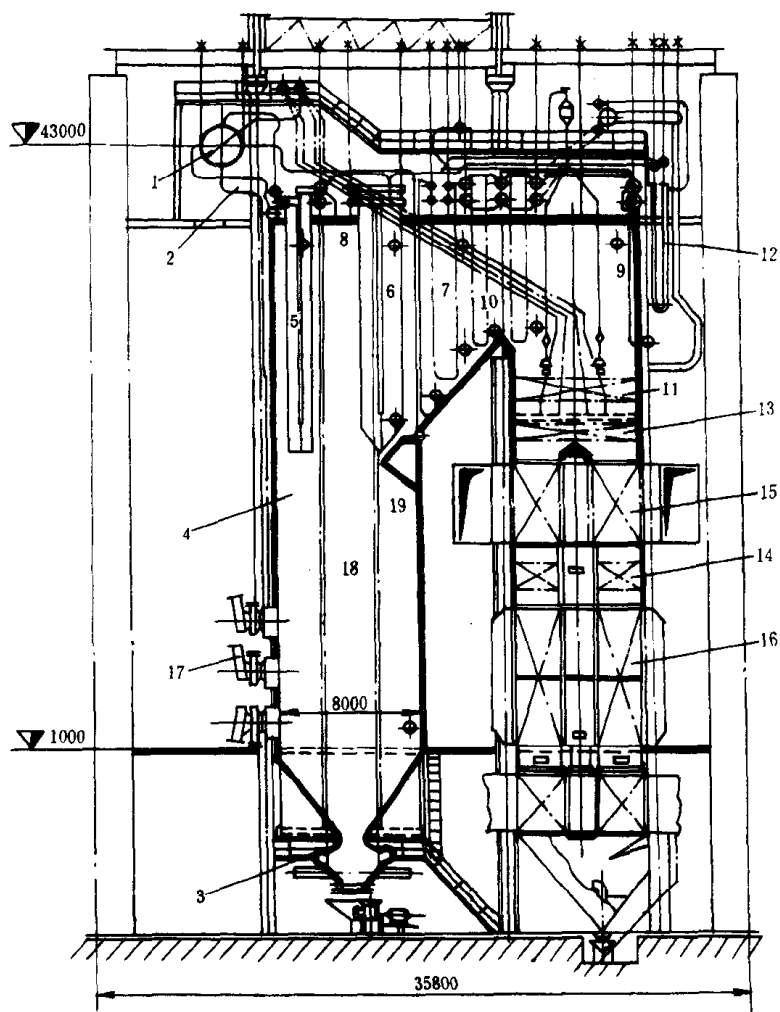


图 1-5 HG-670/140-1 型锅炉总图

- 1—汽包；2—下降管；3—下联箱；4—水冷壁；5—前屏过热器；6—后屏过热器；7—对流过热器；8—顶棚过热器；9—包覆管过热器；10—高温再热器；11—低温再热器；12—汽-汽热交换器；13—二级省煤器；14—一级省煤器；15—二级空气预热器；16—一级空气预热器；17—燃烧器；18—炉膛；19—折焰角

冷壁的燃烧器向内倾斜 10° 。采用电弧点火器。双炉膛布置。

汽包内径为 $\phi 1800$ ，壁厚 80mm，材料为 14MnMoV，分段蒸发。汽包内装有 84 只旋风分离器，净段 76 只，盐段 8 只，顶部有多孔板及波形板作为二级分离。给水进入汽包后，50% 通过蒸汽清洗装置，其余直接进入汽包水侧。

水冷壁由 $\phi 60 \times 6$ 的鳍片管组成膜式水冷壁，节距 80mm，中间有双面水冷壁。采用 $\phi 159$ 的小直径下降管。水冷壁下联箱内装有外来蒸汽加热装置，用以缩短启动时间。

过热器系统为：汽包→部分顶棚过热器（前到后）→悬吊管→侧墙包覆管→后墙包覆管→部分顶棚过热器（后到前）→前屏过热器→一级喷水减温（并交叉）→后屏过热器（两侧逆流部分）→第二次交叉→后屏过热器（中间顺流部分）→汽-汽热交换器→对流过热器冷段（两侧逆流）→二级喷水减温并第三次交叉→对流过热器热段（中间顺流）→汽轮机。

再热器系统为：高压缸→低温再热器→汽-汽热交换器→高温再热器→中压缸。

尾部受热面采用双级双流布置。省煤器出口水温为 282°C ，管径为 $\phi 32 \times 4$ ，双管圈错列布置，加有防磨装置，空气预热器管径为 $\phi 40 \times 1.5$ ，装有防磨套管及防振隔板。

2. 瑞士苏尔寿 947t/h 低倍率循环锅炉

锅炉简图如图 1-6 所示。锅炉蒸发量为 947t/h，过热蒸汽压力为 18.8MPa，过热蒸汽温度为 545°C ，再热蒸汽流量为 847.6t/h，再热蒸汽压力（出口）为 4.24MPa，再热蒸汽出口温度为 545°C ，给水温度为 262°C ，锅炉效率为 91.4%，配用汽轮发电机组的额定功率为 300MW。

锅炉为单烟道半塔式布置，炉膛自下而上布置了末级屏