

火电生产类中级工培训教材

锅炉设备检修技术

(试用本)

山西省电力工业局编

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书共分三篇二十一章。在基础理论方面,着重论述了锅炉专业必须熟悉的热工学、传热学和流体力学方面的基础知识。在专业知识方面,不但介绍了锅炉设备的结构特点,而且把在修锅炉时常用到的主要材料也做了介绍。在检修技术方面,较详尽地叙述了锅炉检修各工种在检修各个部件时的检修方法。

本书适合于从事锅炉检修的中级技术工人学习培训之用,也可供从事锅炉检修的其他人员参考阅读。

火电生产类中级工培训教材

锅炉设备检修技术

(试用本)

山西省电力工业局编

水利电力出版社出版、发行

(现中国电力出版社)

(北京三里河路6号)

北京市京东印刷厂印刷

787×1092 毫米 32开本 16.75印张 370千字

1985年7月第一版 1995年7月北京第七次印刷

印数 92181—97730册

ISBN 7-120-00154-X/TK·41

定价 17.10元

前 言

为了提高火力发电厂中级工的技术水平，使技术培训工作逐步走上正规，继《火电生产类学徒工初级工培训教材》编写出版之后，1984年10月22日水利电力部又以（84）水电教字第76号文向我局下达编写《火电生产类中级工培训教材》的任务。

根据国家有关加强职工培训通知的精神，在完成“双补”任务的基础上，各单位应适时地转入大力开展中级工人（4～6级工）的技术业务培训工作，要求到1990年工人中实际水平达到中级技术等级的比例逐步提高到50%左右。火电生产类中级工培训教材就是根据这一精神编写的。

本教材是按照原电力工业部1979年颁发的《工人技术等级标准》中4～6级工人“应知”的要求分工种编写的。教材的内容以200MW以上的机组为重点，努力反映新技术、新设备、新工艺、新材料和新经验，以适应火电生产发展的需要。整个教材的编写力求体现工人技术培训的特点，本着理论联系实际的原则，努力做到内容准确、文字精练、插图简明、通俗易懂，并注意同学徒工初级工培训教材相衔接。

《火电生产类中级工培训教材》共十四本，适用于二十二个工种。为了保证这套教材的质量和使之适应在全国范围内使用，我局除承担了部分教材编写任务外，还邀请了清河、陡河、大港、望亭、马头、闵行等发电厂、水利电力部西安热工研究所、华东电业管理局、华北电业管理局和山东省电

力试验研究所等单位及有关同志参加编写和审稿工作。在此，特向上述单位和有关同志表示衷心感谢。

《锅炉设备检修技术》是在初级工培训教材《锅炉设备检修》(试用本)所讲述内容的基础上按中级工要求应达水平编写的，在初级工培训教材中已比较全面讲述过的内容，本教材就不再重复，请读者使用中注意。本书由太原第二热电厂孟有斌同志主编。第一、第二、第三、第四、第五、第六、第七、第八、第九、第十、第十一、第十三、第十四、第十五、第二十一等章由孟有斌编写；华东电业管理局王龙发同志编写了第九章第三节中的再热器部分和第十九章，望亭发电厂赵玉宽同志编写了第十二、第十八两章，望亭发电厂王寿生同志和司马瑜同志编写了第十七章，望亭发电厂包良平同志编写了第十六章和第二十一章第三节中的闪光法部分，太原第二热电厂马富民同志编写了第二十章。书稿由王龙发、唐续坤同志审阅，王龙发同志主审。

由于编写时间仓促，又缺乏经验，培训教材中难免存在错误和不妥之处，恳请使用单位和广大读者提出宝贵意见。本培训教材现以试用本出版，准备根据各方面意见在再版时进行修改，以进一步提高质量。

山西省电力工业局

一九八四年十二月

目 录

前 言

第一篇 专业基础知识

第一章 火力发电厂的生产过程和锅炉

设备的地位 (1)

第一节 火力发电厂生产过程概述 (1)

第二节 锅炉在电能生产过程中的地位和 应满足的要求 (2)

第三节 典型锅炉介绍 (4)

复习思考题 (30)

第二章 蒸汽动力循环的分类及

经济性分析 (32)

第一节 热力学基础知识 (32)

第二节 蒸汽动力循环 (48)

第三节 火电厂的全厂性经济指标分析 (56)

复习思考题 (60)

第三章 工质流动的热损失及减少热

损失的方法 (62)

第一节 管道的散热损失和保温 (62)

第二节 管道保温的热力计算 (70)

复习思考题 (83)

第四章 流体流过管道的压力损失及减少压力

损失的方法 (85)

第一节 有关流体的基本知识	(85)
第二节 汽水流动的压力损失	(99)
第三节 电厂管道系统压力损失的计算方法	(107)
第四节 减少压力损失的方法	(111)
复习思考题	(112)

第二篇 专 业 知 识

第五章 锅炉检修常用主要材料 (114)

第一节 常用金属材料	(114)
第二节 密封和密封材料	(122)
第三节 常用耐热材料和保温材料	(137)
复习思考题	(145)

第六章 锅炉受压元件强度计算 (146)

第一节 锅炉受压元件强度的重要性	(146)
第二节 强度计算方法	(146)
第三节 金属管道的热膨胀计算	(161)
复习思考题	(164)

第七章 电厂锅炉的热工测量方法和

测量元件 (165)

第一节 温度的测量方法和测量元件	(165)
第二节 压力的测量方法和测量元件	(168)
第三节 流量的测量方法和测量元件	(171)
复习思考题	(172)

第八章 锅炉设备整体介绍 (173)

第一节 锅炉设备的整体结构	(173)
第二节 锅炉设备的总体布置	(175)
第三节 锅炉设备的主要技术经济指标	(180)
第四节 锅炉的型式	(183)

复习思考题	(184)
第九章 大型锅炉本体的结构特点	(185)
第一节 汽包内部装置	(185)
第二节 蒸发受热面	(191)
第三节 过热器和再热器	(197)
第四节 省煤器	(211)
第五节 空气预热器	(214)
复习思考题	(224)
第十章 锅炉检修中常用的板金工	
工作方法	(225)
第一节 从实物到图纸再到实物	(225)
第二节 求线段实长的投影旋转法	(225)
第三节 几种实物下料法	(229)
复习思考题	(239)

第三篇 检 修 技 术

第十一章 特殊检修项目施工组织措施	
和技术措施的编制	(240)
第一节 特殊检修项目的内容	(240)
第二节 检修项目施工组织措施的内容和编制方法	(242)
第三节 技术措施的内容和编制方法	(243)
复习思考题	(244)
第十二章 轴承检修	(245)
第一节 轴承简介	(245)
第二节 滑动轴承的检修与装配	(247)
第三节 滚动轴承的检修与装配	(263)
复习思考题	(272)

第十三章 弯管工艺和阀门检修	(273)
第一节 弯管工艺	(273)
第二节 阀门检修	(282)
复习思考题	(298)
第十四章 锅炉本体的检修	(299)
第一节 受热面清扫	(299)
第二节 水冷壁检修	(300)
第三节 过热器再热器用钢材和焊条管理制度	(304)
第四节 过热器检修	(305)
第五节 再热器检修	(308)
第六节 省煤器检修	(312)
第七节 汽包检修	(314)
第八节 空气预热器检修	(316)
复习思考题	(330)
第十五章 炉墙与保温的检修方法	(331)
第一节 概述	(331)
第二节 炉墙结构和检修	(335)
第三节 炉墙密封方法	(353)
第四节 管道和设备的保温方法	(357)
复习思考题	(373)
第十六章 大型轴流式风机的检修	(375)
第一节 叶片、液压缸的检修及调整方法	(375)
第二节 轴承箱的检修及调整方法	(383)
第三节 联轴器的型式、检修及找正方法	(388)
复习思考题	(389)
第十七章 制粉系统检修	(390)
第一节 E-44 型中速磨煤机检修	(390)

第二节	风扇式磨煤机检修	(413)
第三节	圆盘式给煤机检修	(431)
	复习思考题	(435)
第十八章	多级重油泵的检修	(436)
第一节	检修项目	(436)
第二节	泵组解体和零件清洗	(437)
第三节	零件的检修和质量标准	(442)
第四节	组装及质量标准	(449)
	复习思考题	(457)
第十九章	强制循环泵的检修	(458)
第一节	强制循环泵的特点	(458)
第二节	强制循环泵检修方法	(467)
	复习思考题	(484)
第二十章	油隔离泥浆泵的检修	(485)
第一节	油隔离泥浆泵的结构与工作原理	(485)
第二节	油隔离泥浆泵检修周期与项目	(491)
第三节	油隔离泥浆泵检修方法	(495)
第四节	常见故障及原因	(502)
	复习思考题	(502)
第二十一章	转机找平衡方法	(504)
第一节	基本概念	(504)
第二节	转子找静平衡方法	(507)
第三节	转子的动平衡	(511)
	复习思考题	(521)
附 录	法定计量单位与公制工程单位换算关系	(522)

第一篇 专业基础知识

第一章 火力发电厂的生产 过程和锅炉设备的地位

第一节 火力发电厂生产过程概述

众所周知，火力发电厂是生产电能的工业企业。它可以视作是由输煤设备、燃料制备设备、锅炉、汽轮机、发电机等一系列设备按一定顺序连接组成的一部生产电能的完整机器。这部机器中任一部件的故障都会影响到电能生产过程的进行，每一部件结构和性能的完善程度都会影响到整个机器的工作性能。锅炉设备就是这部机器中必不可少的组成部件之一。

关于火力发电厂的生产过程，在初级工培训教材中已有介绍，这里不再重复。以下只准备从能量转换与守恒定律出发对电厂电能生产过程作概要分析。

归根结底，火力发电厂生产的电能是由储存于燃料中的化学能转变来的。对燃煤的火力发电厂来说，电能则是由蕴藏于燃煤中的化学能转变来的。

燃煤中的化学能必须在剧烈的化学反应（燃烧）条件下才能大量集中地释放出来，首先是转变成为燃烧产物烟气所吸收和携带的热能。在通常的火力发电厂中，烟气所携带的热能还需传递给工质（水和蒸汽），产生具有一定压力和温度的蒸汽。此一定压力和温度的蒸汽通过管道进入汽轮机，冲

动转子旋转，把蒸汽的热能转变成转子旋转的机械能。汽轮机则带动发电机旋转，克服电磁阻力，进一步把机械能转变成电能。所以发电厂的生产过程的实质乃是一系列的能量转换过程，而和这些能量转换过程相伴随着的则是化学反应过程（主要是燃烧过程）、传热过程、工质流动过程、电磁感应过程等。很明显，要想使整个电厂的电能生产过程更加完备，就必须不断地完善上述这些过程，使这些过程中的损失为最小。

第二节 锅炉在电能生产过程中的 地位和应满足的要求

锅炉在电厂整个能量转换过程中占有重要地位。首先，燃料的燃烧过程就是在锅炉的炉膛内完成的。在燃烧过程中，储存于燃料中的化学能急剧大量地释放出来，可以使燃烧过程的生成物——烟气达到很高的温度（ $1600 \sim 1900^{\circ}\text{C}$ ）。在一般火力发电厂中，我们并不直接利用高温烟气所具有的热能去做功，而是利用具有一定特性的工质来完成这一使命。因此在烟气和工质之间存在得有一个传热过程，这一过程也是在锅炉设备里进行的。从电厂生产过程来讲，锅炉的基本任务就在于要生产出具有一定数量和参数的蒸汽，籍以推动汽轮机完成后续的能量转换过程。因此概括起来讲，锅炉设备主要完成热能转换的两个过程：燃烧过程和传热过程。

随着锅炉设备逐步向高参数、大容量的方向发展，对锅炉设备本身也提出了新的要求。随着蒸汽参数的提高（主要指蒸汽的压力和温度）和蒸发量的增大，近代锅炉已较多的采用小直径水冷壁管，一般来讲，锅炉所用管材的壁厚相对

于它的直径已越来越厚，所用金属材料也已由碳钢发展成为优质耐热合金钢。由于锅炉设备容量的增大，则使燃煤的消耗量大为增加，相应地，传热量的增大也使传热面积（每一个传热部件的尺寸）增大，炉膛容积、锅炉高度也随之加大。以上诸因素，都使锅炉设备的金属消耗量增大，例如，一台配备三十万千瓦机组的电站锅炉，金属消耗量约达七千吨。

在电能生产过程中，锅炉设备是在远比汽轮机、发电机更为恶劣的条件下工作的，因此它的设备事故也更多。一台配备300MW发电机组的锅炉每事故停炉一天，将使机组少发电七百二十万度，这将给国民经济带来巨大损失。因此，近代锅炉设备必须满足以下要求：

(1)必须能够连续安全地运行。一台好的锅炉设备，首先应能安全地连续地运行，在正常运行条件下应不爆管、不结焦，所有附属设备不发生故障，能连续地运行一年甚至二年以上。

(2)必须能够经济地运行。现代大容量锅炉的效率高达92%以上，经济性是比较好的。为能达到较好的经济性，锅炉的排烟温度应达到设计数据；锅炉应有完善的燃烧系统，使燃料能充分完全燃烧；锅炉的受热面布置方案应合理，能使热量得到充分利用。

(3)易于检修和快速处理设备事故。锅炉设备的某些部件，在使用一定的年限之后，要在大修时整组更换，这时，旧部件应容易拆得出，新部件应容易装得进。当有某一根受热面管子偶然发生爆破事故时，在停炉后应能快速地进行更换。以上这些，都是从事检修工作的人们常常遇到的问题，也是锅炉设计工作者和制造工作者容易忽略的问题。

第三节 典型锅炉介绍

一、HG-670/140-1型超高压再热锅炉 (图1-1)

(一) 参数

配用汽轮发电机组额定功率	$N_e = 200000 \text{ kW}$
额定蒸发量	$D_e = 670 \text{ t/h}$
过热蒸汽压力	$p_0 = 14 \text{ MPa}$
过热蒸汽温度	$t = 540^\circ\text{C}$
再热蒸汽流量	$D = 579 \text{ t/h}$
再热蒸汽压力 (进口/出口)	2.75/2.55 MPa
再热蒸汽温度 (进口/出口)	323/540 $^\circ\text{C}$
给水温度	145 $^\circ\text{C}$
锅炉设计热效率	$\eta = 91.68\%$

(二) 结构特点

1. 蒸发设备

汽包内径 $\phi 1800 \text{ mm}$, 壁厚 80 mm , 材料为 14 MnMoV 。采用分段蒸发。汽包内装有84只旋风器, 作为一级分离, 其中净段76只, 盐段8只。汽包内还装有蒸汽清洗装置, 并装顶部多孔板及波形板作为二级分离装置。给水进入汽包后, 50%通过清洗层, 其余直接进入汽包水侧。

水冷壁是由 $\phi 60 \times 6 \text{ mm}$ 的鳍片管组成的膜式水冷壁, 节距为 80 mm 。中间有双面水冷壁将炉膛分成左右两个。整个水冷壁共有25个独立循环回路, 前后墙各8个, 两侧墙及双面水冷壁各3个。采用 $\phi 159 \text{ mm}$ 的大直径下降管。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。

双面水冷壁由 $\phi 60 \times 6 \text{ mm}$ 的光管组成, 其节距为 64 mm 。

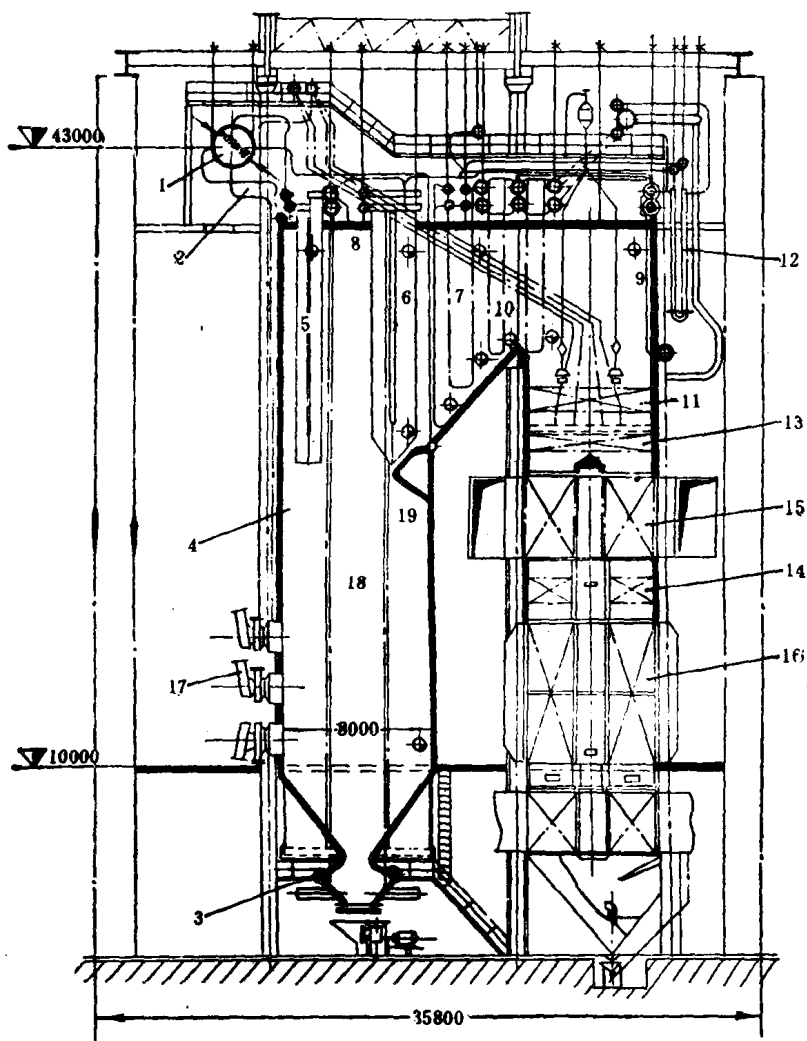


图 1-1 HG-670/140-1 型锅炉总图

- 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—顶棚管过热器；9—包壁管过热器；10—高温再热器；11—低温
再热器；12—汽-汽热交换器；13—二级（高温段）省煤器；14—一级（低温段）省煤器；
15—二级（高温段）空气预热器；16—一级（低温段）空气预热器；
17—燃烧器；18—炉膛；19—折焰角

沿高度有五处用圆钢把各管焊成整体。壁上开平衡孔和人孔，开孔面积为双面水冷壁面积的 7 %。

2. 过热器与再热器

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→一级喷水减温（并交叉）→后屏（两侧逆流部分）→第二次交叉→后屏（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。

过热器结构为：前屏用 $\phi 38 \times 4.5$ mm 管子， $s_1 = 900$ mm， $s_2 = 41$ mm。后屏用 $\phi 42 \times 5$ mm 管子， $s_1 = 770$ mm， $s_2 = 45$ mm。对流过热器用 $\phi 42 \times 5.5$ mm 管子， $s_1 = 100$ mm（拉稀部分为 200 mm）， $s_2 = 90$ mm。

再热器系统为：汽轮机高压缸→低温再热器（垂直烟道上端，水平布置）→汽-汽热交换器→高温再热器（水平烟道，垂直布置）→汽轮机中压缸。

再热器管为 $\phi 42 \times 3.5$ mm，低温再热器管距 $s_1 = 115$ mm， $s_2 = 54.5$ mm。高温再热器 $s_1 = 100$ mm， $s_2 = 72.8$ mm。

3. 尾部受热面

采用双级双流布置。

省煤器出口水温 282℃，管径为 $\phi 32 \times 4$ mm，双管圈错列布置。第一级 $s_1 = 96$ mm， $s_2 = 49$ mm。第二级 $s_1 = 104$ mm， $s_2 = 48$ mm。装有防磨装置。

管式空气预热器行程，第一级三道，第二级一道，管径为 $\phi 40 \times 1.5$ mm。第一级 $s_1 = 66$ mm， $s_2 = 42$ mm。第二级 $s_1 = 62$ mm， $s_2 = 48$ mm。装有防磨套管及防磨隔板。

4. 构架、炉墙

采用悬吊式构架，但垂直烟道另有支承构架。

炉墙分为两部分：炉膛及水平烟道用敷管式结构；垂直烟道为混凝土轻型炉墙结构。

5. 燃烧设备

采用煤粉燃烧固态排渣方式。燃用褐煤，热空气温度为 350°C 。选择炉膛容积热强度为 $49.823 \text{ MJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ ，双炉膛布置。炉膛容积为 4054 m^3 ，宽 19.968 m ，深 8 m 。

采用轴向叶轮式旋流燃烧器，前墙布置，分三排，每排8只共24只。靠侧墙或双面水冷壁的燃烧器向内倾斜 10° 。采用电弧点火器。

采用风扇磨直吹式制粉系统。

二、SG-1000/170型亚临界压力燃油直流锅炉(图1-2)

(一) 参数

配用汽轮发电机组额定功率	$N_e = 300000 \text{ kW}$
额定蒸发量	$D_e = 1000 \text{ t/h}$
过热蒸汽压力	$p_0 = 17 \text{ MPa}$
过热蒸汽温度	$t = 555^{\circ}\text{C}$
再热蒸汽流量	$D = 830 \text{ t/h}$
再热蒸汽压力(进口/出口)	$3.5/3.3 \text{ MPa}$
再热蒸汽温度(进口/出口)	$325/555^{\circ}\text{C}$
给水温度	265°C
排烟温度	150°C
锅炉设计热效率	$\eta = 91.66 \%$

(二) 汽水系统

这种锅炉的汽水系统见图1-3。图中注明了各主要受热面进出口的工质温度，同时还注明了各受热面的进出口烟温。

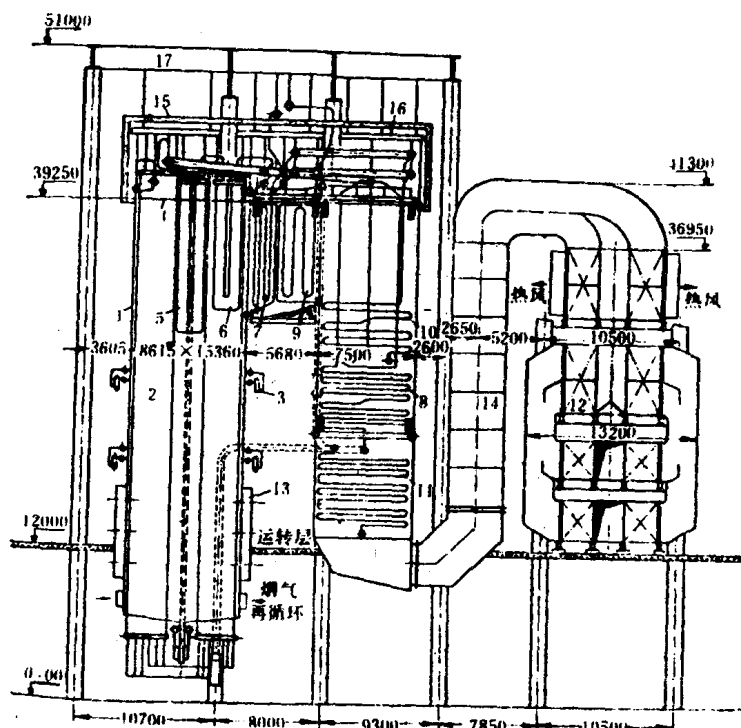


图 1-2 SG-1000/170 直流锅炉整体布置示意图

- 1—上升管；2—双面水冷壁；3—混合器；4—顶棚管过热器；
 5—前屏过热器；6—后屏过热器；7—高温对流过热器；
 8—低温对流过热器；9—高温再热器；10—低温再热器；
 11—省煤器；12—空气预热器；13—燃烧器；
 14—导向烟道；15—炉顶罩壳；
 16—过渡梁；17—炉顶框架

(三) 结构特点

1000 t/h 直流锅炉采用单炉体双炉膛结构，II 形布置，炉膛宽 15.36 m，深 8.615 m，炉顶标高 39.25 m，炉顶大梁标高 51 m。炉膛后墙有折焰角（图 1-2 中未示出），炉顶完全封闭，内倾 10° 。各部件结构如下：

1. 蒸发设备

水冷壁是由 1360 根 $\phi 22 \times 5.5$ mm 的小管径鳍片管组成