

火电厂生产人员必读丛书

HUODIANCHANG SHENGCHAN RENYUAN BIDU CONGSHU

锅炉运行

本书编委会



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

火电厂生产人员必读丛书

HUODIANCHANG SHENGCHAN RENYUAN BIDU CONGSHU

业学院图书馆
书章

锅炉运行

本书编委会



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

锅炉运行/《锅炉运行》编委会编. —北京: 中国
电力出版社, 2008

(火电厂生产人员必读丛书)

ISBN 978-7-5083-7822-0

I. 锅… II. 锅… III. 锅炉运行—基本知识
IV. TK227

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 135474 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>)

北京盛通股份印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 11 月第一版 2008 年 11 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 64 开本 6.125 印张 239 千字

印数 0001—3000 册 定价 23.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

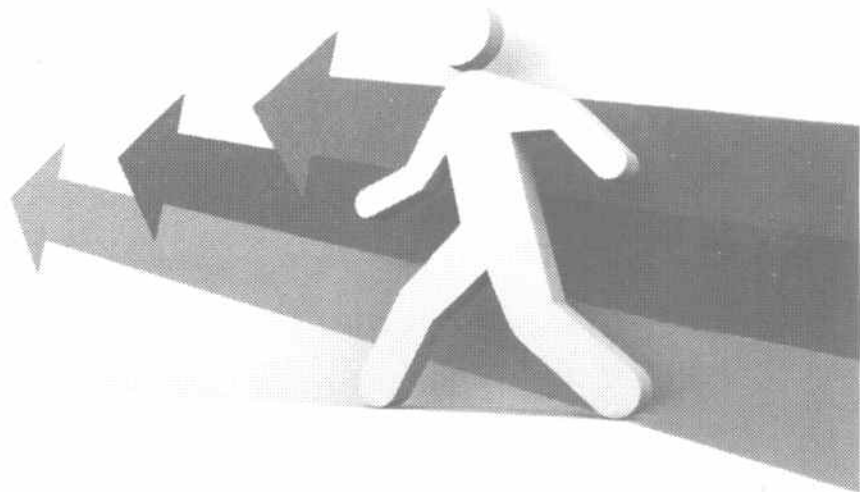
内 容 提 要

为满足火电厂生产技术人员日常工作需要，依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定，并结合火电厂生产实际的需要，特组织编写了《火电厂生产人员必读丛书》。本丛书以简明扼要的形式对火电厂生产人员必备的知识 and 技能要求予以精炼，以便技术人员在工作中学习、查阅。本丛书按专业进行分册，从汽轮机、锅炉、电气、热工、集控、化学、环保等方面较系统、完整地介绍了火力发电厂运行、维护、检修等方面内容，突出面向生产、面向实际、提高岗位技能的特点。

本丛书的作者大都是来自生产一线的生产技术人员，他们具有多年的生产经验，有较好的理论基础。

本书是《火电厂生产人员必读丛书》之一，本分册主要包括锅炉基础知识，超临界直流锅炉运行及异常处理，循环流化床锅炉试验、运行及异常处理，以及新技术的应用及拓展知识等内容。

本丛书既可供从事火力发电厂运行、维护、检修工作的技术人员使用，也可供火电厂管理人员和高等院校相关专业师生参考。



火电厂生产人员必读丛书

锅炉运行

编 审 委 员 会

主 任 赵宗锋

副主任 刘洪升 韩晓冉 靳立伟

刘奎胜 于 钟

编 委 董 顺 张立峰 郭宏涛

于 忠

前言

改革开放以来，我国经济进入高速、稳定、健康发展的轨道。作为现代经济发展和社会进步的重要支柱和标志，电力工业从二十世纪五十年代开始得到了蓬勃发展。截至2006年底，全国发电装机容量已达到62200万千瓦，居世界第二位。强大的电力供应已成为我国经济腾飞、人民生活水平和综合国力迅速提高的可靠保障和重要基础。

随着我国电力工业的发展，电力技术也有了巨大的进步，新能源和各种洁净煤发电技术正在加快步伐发展，各种新技术、新材料、新工艺正在得到广泛的应用，二十一世纪中国电力工业正以一个崭新的面貌出现在全世界面前。

《火电厂生产人员必读丛书》就是在这种背景下组织编写的，是专供一线生产人员学习、使用的一套丛书。本丛书的作者大都是来自生产一线的工程技术人员，初审稿者也是来自生产一线的工程技术人员和有多年生产经验的技术人员，终审稿者是来自国内科研院所的知名专家。本套丛书可以说是“来自一线、服务一线”，是最了解生产情况和学习需求的一线技术人员写给一线生产人员的一套丛书。

本套丛书共12个分册，分别是《锅炉运行》、《汽轮机运行》、《电气运行》、《化学运行》、《集控运行》、

《燃料运行与检修》、《热工控制》、《锅炉检修》、《汽轮机检修》、《电气检修》、《化学检修》、《环境保护》，基本涵盖了火电厂生产的各技术层面。

本丛书内容简洁，便于查阅，外形小巧，便于携带，希望满足读者可随时查阅的需求，希望在读者需要某些专业知识的时候，可以方便地拿出来，并快捷地找到所需要的内容。

本丛书在编写过程中力求资料全面、权威，但由于国内发电机组形式众多，容量、压力等级差异较大，难以做到完全覆盖，只能以技术先进、代表发展方向的600MW机组为主，兼顾小容量的热电机组。

本套丛书各分册章节安排是：第一章基础知识，介绍本专业的基本概念、技能、设备原理等专业知识；中间章节是生产实务，运行各专业是运行操作调整和故障异常及处理，检修各专业是各部分设备检修和典型故障诊断与处理；最后一章是安全生产管理和新技术应用拓展。各分册在编写过程中，尽量追求通俗易懂、编写风格统一，并突出面向生产、面向实际、提高岗位技能的特点。

本书由石家庄永泰电力培训中心组织编写，编写过程中得到了各发电企业、科研院所、仿真中心、电力建设单位专家、专业技术人员及具有丰富生产经验的生产人员的大力支持，在此一并表示诚挚的谢意。

本书编委会

2007年6月

目 录

前言

第一章 锅炉基础知识

第一节 概述	1
一、锅炉的组成	1
二、锅炉燃烧方式	5
三、锅炉的分类	10
四、锅炉的参数	11
五、锅炉型号的表示方法	12
第二节 超临界直流锅炉基础知识	13
一、超临界直流锅炉发展概况	13
二、超临界直流锅炉的工作原理	14
三、直流锅炉的特点	15
四、直流锅炉的基本形式	16
五、超临界技术的发展趋势	18
第三节 循环流化床锅炉基础知识	19
一、流化床燃烧技术	19
二、循环流化床锅炉的工作过程	20
三、循环流化床锅炉存在的必要性及其优点	22
四、循环流化床锅炉的应用与发展	25
五、循环流化床燃烧技术发展的历史回顾	27

第四节 DCS 系统基础知识	31
一、DCS 系统的产生	31
二、DCS 系统的基本结构和特点	32
三、常用的 DCS 系统介绍	36
第五节 泵与风机	39
一、泵与风机的分类	39
二、泵与风机的工作原理	40
三、其他常用泵	44

第二章 超临界直流锅炉运行及异常处理

第一节 超临界直流锅炉概述	49
第二节 600MW 超临界直流锅炉启动	51
一、锅炉启动规定及说明	51
二、锅炉启动准备	52
三、锅炉冷态启动	53
四、锅炉温态启动和热态启动的要点及说明	64
第三节 锅炉正常运行及调整	65
一、锅炉运行的监视与调整	65
二、主要运行参数限额	66
三、锅炉燃烧调整	71
四、给水调整	73
五、汽温调整	73
六、主蒸汽压力的调整	76
七、锅炉定期试验与定期工作	77
第四节 锅炉停运及停运后的保养	78
一、锅炉停运前的准备	78
二、锅炉正常停运	79
三、滑参数停炉	81

四、锅炉停运后的保养	82
第五节 热机设备及系统运行	84
一、辅机系统	84
二、启动系统	88
三、二次风系统的运行	94
四、探冷风机	113
五、燃油系统	114
六、一次风系统	120
七、吹灰系统的运行	133
八、厂用、仪用气系统的运行	134
第六节 锅炉连锁保护与试验	136
一、试验原则	136
二、锅炉跳闸保护	138
三、燃油系统的连锁保护	140
四、一次风系统的连锁保护	141
五、二次风系统连锁保护	143
六、启动系统连锁保护	145
七、辅机连锁试验	146
八、阀门连锁试验	148
九、锅炉水压试验	148
十、锅炉安全门校验	151
第七节 锅炉事故处理	152
一、事故处理原则	152
二、锅炉故障停运	154

第三章 循环流化床锅炉试验、运行及异常处理

第一节 循环流化床锅炉试验	175
一、冷态试验	176

二、热态试验.....	199
第二节 循环流化床锅炉机组的启动.....	208
一、启动前的检查工作.....	210
二、点火前的准备.....	214
三、冷态启动.....	216
四、压火.....	225
五、温态启动.....	226
六、热态启动.....	226
第三节 循环流化床锅炉机组的停运及停运后的保养.....	227
一、锅炉机组停运.....	227
二、停炉后的保养.....	231
第四节 循环流化床锅炉的运行调整.....	235
一、负荷调节.....	236
二、水位调节.....	237
三、燃烧调整.....	239
四、床温调节.....	240
五、汽温调节.....	241
六、床压的调节.....	243
七、SO ₂ 、NO _x 排放量的调节.....	244
八、一、二次风配风调节.....	245
九、锅炉吹灰.....	245
十、锅炉排渣.....	248
十一、锅炉排污.....	252
第五节 循环流化床锅炉辅机运行.....	253
一、辅助转机试运行.....	253
二、转机正常启动.....	259
三、排渣系统（以滚筒式风水联合冷渣器为例）运行.....	273
四、燃油系统运行.....	274

五、空气压缩机（以螺杆式为例）的运行	276
六、气力输灰系统	278
七、电除尘器的运行	281
第六节 循环流化床锅炉故障、异常与处理	290
一、事故处理的导则	290
二、故障、异常与处理	291

第四章 新技术应用及拓展知识

第一节 等离子点火技术在煤粉炉启动中的应用	327
一、概述	327
二、等离子点火系统工作原理	328
三、等离子燃烧系统的组成	330
第二节 循环流化床锅炉的磨损及防磨措施	334
一、循环流化床锅炉主要部件的磨损	334
二、防磨处理	336
三、总结	340
第三节 超超临界燃煤发电技术（USC）	341
一、概述	341
二、国外发展超超临界火电机组现状	342
三、超超临界火电机组的发展趋势	346
四、我国发展超超临界机组的必要性	349
第四节 二次风在循环流化床锅炉运行中的作用	350
一、二次风对循环流化床锅炉安全性的影响	351
二、调整	352
三、二次风对锅炉经济性的影响	352

附录 锅炉常用术语

第一章

锅炉基础知识

第一节 概 述

锅炉产业既不是“朝阳产业”，也不是“夕阳产业”，而是与人类共存的永恒产业。20世纪80年代以后，中国的经济有了突飞猛进的发展，锅炉行业发展更加突出，全国锅炉制造企业增加近50%，并具有了独立开发研制一代又一代新产品的能力，产品的技术性能已接近发达国家水平。

锅炉是中国目前主要的热能动力设备，按用途可分为工业锅炉和电站锅炉。近年来，中国电站锅炉行业取得了快速的发展。目前，整个行业的产能已经超过80GW，不仅能满足国内电力工业建设的需要，而且还进入了国际市场。

中国锅炉制造业目前已可以生产多种不同压力等级和容量的锅炉，中国已成为当今世界锅炉生产和使用最多的国家。同时，轻工纺织、能源化工、钢铁煤炭等锅炉相关产业的迅速发展也给锅炉行业带来了广阔的发展空间和发展动力。

一、锅炉的组成

锅炉是利用燃料燃烧所放出的热量加热工质，生

产具有一定压力和温度的蒸汽的设备。锅炉又称为蒸汽锅炉。电站锅炉是指电力工业中专门用于生产电能的发电厂锅炉，而用于国民经济其他部门的锅炉，常称为工业锅炉。图 1-1 所示为现代中小型电站锅炉示意图。

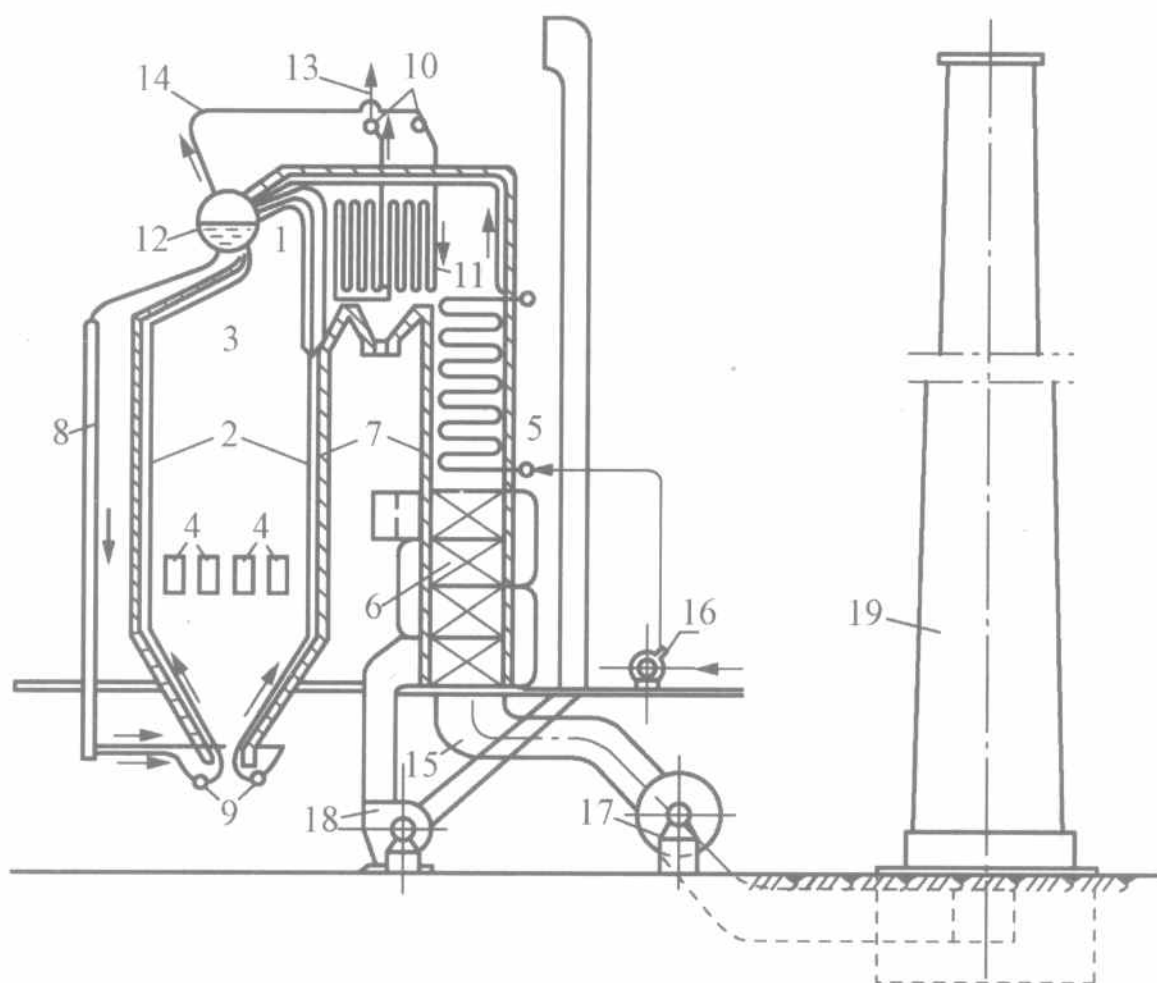


图 1-1 现代中小型电站锅炉示意图

- 1—锅炉；2—水冷壁；3—炉膛；4—燃烧器；5—省煤器；
 6—空气预热器；7—炉墙；8—下降管；9—水冷壁下联箱；
 10—过热器联箱；11—过热器；12—汽包；13—蒸汽引出管；
 14—饱和蒸汽管；15—烟道；16—给水泵；17—引风机；
 18—送风机；19—烟囱

锅炉设备包括锅炉本体设备和锅炉辅助设备。

锅炉本体设备主要由燃烧设备、蒸发设备、对流受热面、锅炉墙体构成的烟道和钢架构件等组成。锅炉的燃烧设备包括燃烧室、燃烧器和点火装置；蒸发设备包括汽包、下降管和水冷壁、对流管束等；对流受热面是指布置在锅炉对流烟道内的过热器、再热器、省煤器和空气预热器。

锅炉的辅助设备主要包括通风设备、给水设备、燃料运输设备、制粉设备、给煤设备、除尘设备、除灰设备、脱硫设备、脱硝设备、除渣设备、锅炉辅件等。如给水泵、送风机、引风机、磨煤机、给煤机、除尘器、脱硫系统、脱硝系统、烟囱、灰渣泵（气力输送设备）、安全门、水位计、吹灰器等，都属于锅炉的辅助设备。

煤经过制煤设备制成符合锅炉要求颗粒的煤后，经给煤设备送入锅炉燃烧放热。燃烧用空气由送风机送入锅炉，空气经空气预热器加热到设计温度后与煤混合燃烧。燃烧后产生的高温烟气依次被水冷壁、过热器、省煤器、空气预热器吸热冷却至设计温度，再经除尘器除去大部分粉尘后经引风机送入烟囱排往大气。燃烧产生的灰渣通过除灰、除渣设备送入储放场。

具体到煤粉炉，其制粉系统又分为直吹式和中间仓储式两种。对中间仓储式制粉系统，斗中的煤通过给煤机送入磨煤机，在磨煤机中被干燥（由空气预热器引来的热空气进行干燥）和磨碎。磨成的煤粉进入粗粉分离器，不合格的煤粉经回粉管回到磨煤机重新磨制。经细粉分离器分离后，合格的煤粉进入煤粉仓燃烧器，然后

由给粉机将煤粉送往一次风管，由热风或乏气将煤粉送往炉膛燃烧。

空气由进风道进入送风机，经送风机升压后进入空气预热器加热成热空气。热空气的一部分通过热风道进入磨煤机，在制粉系统中干燥和输送煤粉，另一部分直接进入喷燃器。

煤粉与空气一道通过燃烧器喷入燃烧室进行燃烧放热。燃烧产生的高温火焰和烟气先在燃烧室内加热水冷壁管中的水，然后高温烟气依次流经过热器、再热器、省煤器和空气预热器，加热这些受热面内的工质（汽、水和空气）。在传热过程中，烟气的温度逐渐降低。加热过各受热面后，可利用除尘器清除烟气中携带的大部分飞灰。烟气经脱硫后，由引风机将烟气送入烟囱，排入大气。

燃料燃烧后生成的灰渣，一部分（较粗的灰渣）落入燃烧室下部的灰渣斗中，另一部分（较细的飞灰）被烟气带走。在除尘器中，大部分灰被分离出来，落入除尘器下部的灰斗，然后由除灰装置将灰渣和细灰送往储灰场。

给水由给水泵送到锅炉给水操作台。在水冷壁管内，水吸收燃烧室中高温火焰和烟气的辐射热，一部分水汽化为蒸汽，在水冷壁管内成为蒸汽与水的混合物。汽水混合物沿水冷壁管上升又进入汽包，在汽包中可利用汽水分离设备对汽水混合物进行汽水分离，分离出来的水又沿着下降管进入水冷壁管中继续吸热，再次循环。分离出来的蒸汽从汽包顶部的饱和蒸汽引出管引至

过热器，在过热器中饱和蒸汽被加热成为过热蒸汽，然后经主蒸汽管道送往汽轮机做功。

二、锅炉燃烧方式

燃料在炉内的燃烧方式主要有四种，即层状燃烧、悬浮燃烧、旋风燃烧和流化燃烧，见图 1-2。

1. 层状燃烧

层状燃烧方式适用于各种固体燃料，其特点是燃料的全部燃烧过程主要在炉算上进行，采用层状燃烧的锅炉工业上称链条炉。

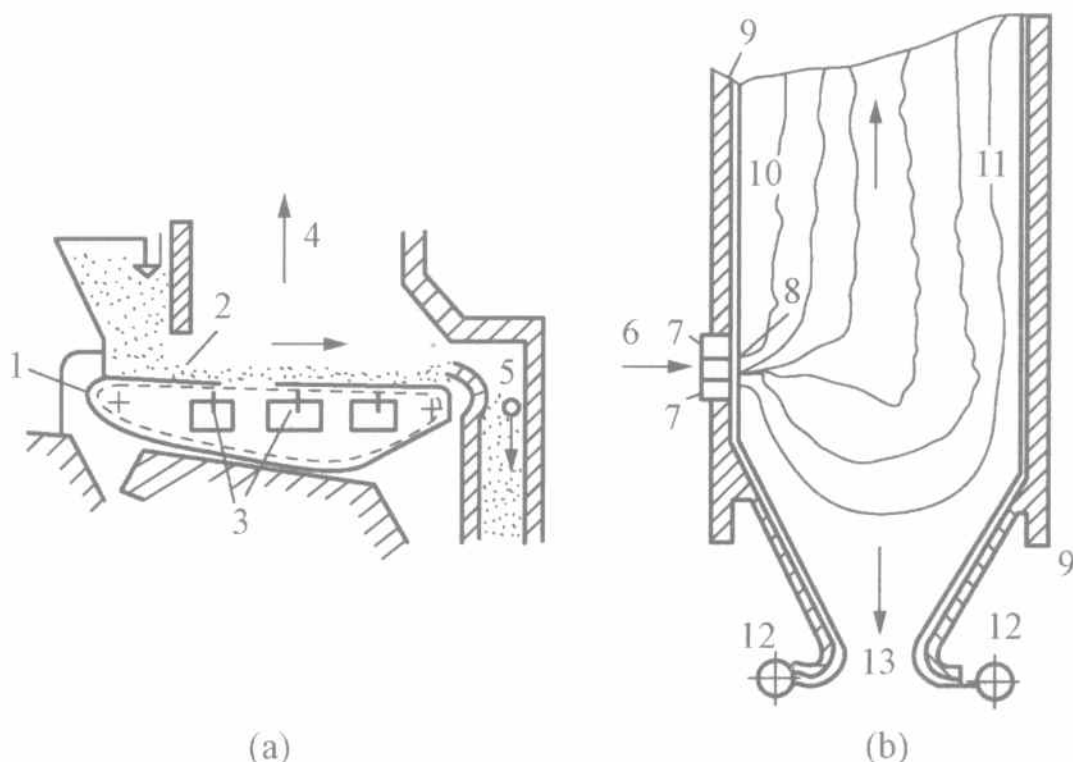


图 1-2 典型燃烧方式示意图 (一)

(a) 层状燃烧；(b) 悬浮燃烧

1—炉算；2—燃料；3—空气；4—烟气；5—灰渣；6—煤粉与一次风的混合物；7—二次风；8—燃烧器；9—炉墙；10—前水冷壁；11—后水冷壁；12—水冷壁下联箱；13—灰渣