



# 电站锅炉 操作技术

DIANZHAN GUOLU CAOZUO JISHU

主 编 梁国安  
主 审 唐佑秀



中国计划出版社

# 电站锅炉操作技术

主 编 梁国安  
编写人员 周洪生 马培峰  
徐 忠  
主 审 唐佑秀

中国计划出版社

## 图书在版编目 ( C I P ) 数据

电站锅炉操作技术/梁国安主编. —北京: 中国计划出版社,  
2012. 10

ISBN 978-7-80242-806-5

I. ①电… II. ①梁… III. ①火电厂—锅炉—操作 IV. ①TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 227768 号

## 电 站 锅 炉 操 作 技 术

梁国安 主编 唐佑秀 主审

中国计划出版社出版

网址: [www.jhpress.com](http://www.jhpress.com)

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

787mm × 1092mm 1/16 21.5 印张 490 千字

2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-80242-806-5

定价: 48.00 元

### 版权所有 侵权必究

本书环衬使用中国计划出版社专用防伪纸, 封面贴有中国计划出版社  
专用防伪标, 否则为盗版书。请读者注意鉴别、监督!

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

# 前 言

近十年来,随着国民经济的快速发展,我国电力行业发展迅猛,电站锅炉数量快速增长。目前,我国有些省份电站锅炉已近千台,电站锅炉司炉作业人员已达万人。这些司炉作业人员的操作水平对锅炉安全、经济运行至关重要。为此,国家对司炉作业人员实行了行政许可制度,司炉工须经培训、考核,取得特种设备作业人员证书后方可独立操作锅炉。2009年12月29日,国家质检总局颁布了《锅炉安全管理人员和操作人员考核大纲》(TSG G6001—2009),该大纲对司炉作业人员考核内容增加了实际操作技能考试的规定和要求。然而,目前市场上还没有针对电站锅炉实际操作技能考核的书籍,不能适应当前对司炉作业人员进行操作培训、考试的要求和实际需要。为此,我们组织了有关专家、学者编写了《电站锅炉操作技术》一书。

本书围绕电站锅炉作业人员应该掌握的实际操作技能这根主线,重点阐述了锅炉作业人员必备的基础知识;详细介绍了我国典型电站锅炉的参数、结构布置和主要设备;系统介绍了电站锅炉点火、停炉和正常运行调整的具体程序 and 操作要求,以及辅机操作程序和要求;全面分析了电站锅炉事故和故障发生的主要原因,介绍了现场应急处置措施。这些内容对电站锅炉作业人员实际操作培训、考核具有较强的针对性和实用性。

参加本书编写和审定的人员均为长期从事锅炉监察检验、运行技术管理方面的专家或资深教学人员,具有深厚的锅炉专业理论基础和较丰富的实践经验。

全书内容详实,深入浅出,通俗易懂,重点突出,且操作性实用性强,既可作为电站锅炉司炉作业人员实际操作技能培训和考核的教材,也可作为电站锅炉管理人员和有关技术人员的参考资料。

本书的编写得到了南京华宇出版工作室曹宝荣、吴茂林、许顺生、施斌、谢中南等同志的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。刘瑞华、夏崇林、张洪岩、何君华、张宝明、王国兴、侯立存等同志参加了本书的审稿工作,徐州电力高级技工学校对本书的出版给予了大力支持,一并表示感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中定有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者  
2012年8月

# 目 录

第一章 电站锅炉基础知识 .....	1
第一节 概述 .....	1
一、电站锅炉的地位和作用 .....	1
二、主要技术指标 .....	2
三、分类和型号 .....	3
四、受压元件用材和金属监督 .....	6
第二节 燃料及燃烧 .....	7
一、锅炉燃料 .....	7
二、煤粉燃烧 .....	19
第三节 锅炉热平衡 .....	28
一、锅炉热效率的计算 .....	29
二、锅炉热量的有效利用 .....	29
三、锅炉的经济性分析 .....	32
四、锅炉净效率及经济小指标 .....	34
第四节 安全保护与控制装置 .....	36
一、锅炉的安全附件 .....	36
二、锅炉的安全保护装置 .....	49
三、锅炉的自动控制装置 .....	53
四、锅炉安全保护和自动控制装置的配置要求 .....	55
第五节 水处理及化学监督 .....	56
一、锅炉用水及不良水质的危害 .....	56
二、水质指标及水质标准要求 .....	58
三、化学监督 .....	58
四、汽包炉提高蒸汽品质的途径 .....	61
复习思考题 .....	71
第二章 电站锅炉典型炉型 .....	73
第一节 自然循环锅炉 .....	73
一、35 t/h 链条炉及垃圾焚烧锅炉 .....	73
二、220 t/h 级高压煤粉锅炉 .....	76

三、400 t/h 级超高压煤粉锅炉	79
四、670 t/h 级超高压煤粉锅炉	83
五、1 000 t/h 级亚临界压力自然循环锅炉	86
<b>第二节 强制流动锅炉</b>	88
一、1 000 t/h 级亚临界压力单炉膛直流锅炉	89
二、1 025 t/h 级亚临界压力控制循环锅炉	92
三、2008/18.3 型亚临界压力控制循环锅炉	96
四、1900/25.4 型超临界压力直流锅炉	99
五、3 000 t/h 级超超临界直流锅炉	102
<b>第三节 循环流化床锅炉</b>	106
一、75 t/h 级循环流化床锅炉	106
二、240 t/h 级循环流化床锅炉	110
三、440 t/h 级循环流化床锅炉	113
<b>复习思考题</b>	116
<b>第三章 电站锅炉的启动和停炉</b>	117
<b>第一节 链条炉的启动和停炉</b>	117
一、冷态启动前的准备	117
二、冷态启动	118
三、锅炉停炉	121
<b>第二节 煤粉汽包锅炉的启动和停炉</b>	123
一、冷态启动前的准备	123
二、冷态启动	124
三、锅炉停炉	129
<b>第三节 超临界直流锅炉的启动和停炉</b>	133
一、冷态启动前的准备	134
二、冷态启动	134
三、锅炉停炉	138
<b>第四节 循环流化床锅炉的启动和停炉</b>	142
一、启动前的准备	142
二、冷态启动	142
三、锅炉停炉	146
<b>第五节 锅炉连锁保护装置检查</b>	149
一、锅炉 FSSS 保护装置检查	149
二、锅炉辅机连锁保护装置检查	151
三、机组大连锁(主机)保护试验	152

四、汽包水位保护装置试验检查	153
五、锅炉超压保护装置检查	153
复习思考题	155
<b>第四章 电站锅炉运行调整</b>	<b>156</b>
<b>第一节 链条炉的运行调整</b>	<b>156</b>
一、运行特性	156
二、运行调整	157
<b>第二节 煤粉汽包锅炉运行调整</b>	<b>160</b>
一、运行特性	161
二、运行调整	161
<b>第三节 超临界直流锅炉运行调整</b>	<b>168</b>
一、运行特性	168
二、运行调整	169
三、防止锅炉受热面内氧化皮生成及脱落的措施	176
<b>第四节 循环流化床锅炉运行调整</b>	<b>179</b>
一、运行特性	180
二、运行调整	180
复习思考题	189
<b>第五章 电站锅炉主要辅助系统及运行</b>	<b>190</b>
<b>第一节 辅机试运行和定期切换</b>	<b>190</b>
一、辅机试运行	190
二、辅机定期切换	192
<b>第二节 回转式空气预热器运行</b>	<b>194</b>
一、空气预热器的启动	196
二、空气预热器的停用	196
三、空气预热器的运行与维护	196
<b>第三节 制粉系统运行</b>	<b>197</b>
一、制粉系统启动	197
二、制粉系统停运	201
三、制粉系统启停注意事项	202
四、制粉系统运行及调节	203
<b>第四节 风机运行</b>	<b>206</b>
一、风机的启动和停用	206
二、风机风量的调节	207

三、风机的联合运行 .....	208
四、风机运行的注意事项 .....	209
<b>第五节 电除尘器运行 .....</b>	<b>210</b>
一、电除尘器的投运准备 .....	210
二、电除尘器的运行 .....	211
三、电除尘器的停运 .....	212
四、电除尘器的故障处理 .....	213
<b>第六节 除渣除灰系统运行 .....</b>	<b>213</b>
一、锅炉除渣系统运行 .....	214
二、锅炉除灰系统运行 .....	216
<b>第七节 锅炉吹灰 .....</b>	<b>219</b>
一、锅炉吹灰的分类和工作原理 .....	220
二、蒸汽吹灰系统运行 .....	221
<b>第八节 控制循环锅炉炉水循环泵运行 .....</b>	<b>222</b>
一、炉水循环泵的启动 .....	222
二、炉水循环泵运行的监视指标 .....	223
三、炉水循环泵运行的注意事项 .....	224
四、炉水循环泵的正常停运 .....	225
<b>第九节 电站锅炉脱硫脱硝 .....</b>	<b>226</b>
一、脱硫系统运行 .....	226
二、脱硝系统(SCR)运行 .....	227
<b>第十节 循环流化床锅炉物料循环和石灰石系统运行 .....</b>	<b>231</b>
一、循环流化床锅炉物料循环系统运行 .....	231
二、循环流化床锅炉石灰石系统运行 .....	237
三、石灰石给料系统的停运 .....	237
<b>复习思考题 .....</b>	<b>238</b>
<b>第六章 电站锅炉事故处理 .....</b>	<b>239</b>
<b>第一节 锅炉事故分级及现场处理原则 .....</b>	<b>239</b>
一、事故种类 .....	239
二、事故分级 .....	240
三、事故报告 .....	240
四、事故现场处理的原则 .....	241
五、事故现场处理的组织 .....	241
<b>第二节 链条炉常见事故的现场处理 .....</b>	<b>242</b>
一、锅炉水位事故 .....	242



二、汽包水位计损坏 .....	243
三、汽水共腾 .....	244
四、受热面损坏 .....	244
五、蒸汽管道及给水管道损坏 .....	246
六、锅炉汽水管道水冲击 .....	247
七、燃烧室堆火 .....	248
八、锅炉结焦 .....	248
九、负荷骤减 .....	249
十、炉排故障 .....	249
<b>第三节 煤粉汽包锅炉常见事故的现场处理 .....</b>	<b>250</b>
一、主燃料跳闸(MFT)动作 .....	250
二、故障减负荷(RB)动作 .....	250
三、负荷骤减 .....	251
四、炉膛压力异常 .....	251
五、锅炉灭火 .....	252
六、汽包水位计爆破 .....	253
七、锅炉水位事故 .....	253
八、受热面损坏 .....	255
九、蒸汽管道或给水管道损坏 .....	257
十、锅炉超压 .....	257
十一、过热蒸汽、再热蒸汽温度异常 .....	258
十二、烟道二次燃烧 .....	258
十三、锅炉受热面结焦 .....	259
十四、锅炉汽水管道水冲击 .....	259
十五、汽水共腾 .....	260
十六、单台给水泵跳闸 .....	261
<b>第四节 超临界直流锅炉常见事故的现场处理 .....</b>	<b>261</b>
一、主燃料跳闸(MFT)动作 .....	261
二、故障减负荷(RB)动作 .....	262
三、锅炉过热蒸汽压力异常 .....	263
四、锅炉过热蒸汽温度异常 .....	264
五、锅炉再热蒸汽压力异常 .....	265
六、锅炉再热蒸汽温度异常 .....	266
七、锅炉给水流量低 .....	267
八、锅炉启动分离器温度超限 .....	267
九、受热面损坏 .....	268

十、尾部烟道二次燃烧 .....	271
十一、锅炉结焦 .....	272
十二、过热器管壁和再热器管壁超温 .....	272
<b>第五节 循环流化床锅炉常见事故的现场处理 .....</b>	<b>273</b>
一、主燃料跳闸(MFT)动作 .....	273
二、床面结焦 .....	274
三、返料器堵塞 .....	274
四、床温异常 .....	275
五、床压异常 .....	275
六、给煤中断 .....	276
七、流化不良 .....	276
八、冷渣器故障 .....	277
<b>第六节 锅炉辅机常见事故的现场处理 .....</b>	<b>279</b>
一、空气预热器故障 .....	279
二、风机故障 .....	281
三、制粉系统故障 .....	283
四、炉水循环泵跳闸 .....	285
<b>复习思考题 .....</b>	<b>286</b>
<b>附录 .....</b>	<b>287</b>
<b>附录 1 特种设备安全监察条例 .....</b>	<b>287</b>
<b>附录 2 特种设备作业人员监督管理办法 .....</b>	<b>303</b>
<b>附录 3 特种设备事故报告和调查处理规定 .....</b>	<b>308</b>
<b>附录 4 特种设备作业人员考核规则 .....</b>	<b>315</b>
<b>附录 5 锅炉安全管理人员和操作人员考核大纲 .....</b>	<b>320</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>331</b>

# 第一章 电站锅炉基础知识

## 第一节 概 述

锅炉是利用燃料燃烧释放的热能,对水或其他介质进行加热,获得规定压力、温度和品质的蒸汽、热水或其他工质的设备。锅炉出口介质为蒸汽的锅炉叫蒸汽锅炉。蒸汽锅炉按用途划分,一般分为电站锅炉和工业锅炉。电站锅炉是指电力工业中专门用于生产电能的发电锅炉,包括热、电联产锅炉;而国民经济其他工业部门使用的锅炉,则通常称为工业锅炉。

我国锅炉的生产和管理已逐步走上规范化和法制化的轨道。国务院颁发的《特种设备安全监察条例》对特种设备生产(含设计、制造、安装、改造、维修)、使用、检验检测及其监督检查等环节作出了规定,这是我国开展锅炉等特种设备安全工作的根本法律依据。特种设备安全监督管理等部门在此基础上制定的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》、《电力工业锅炉压力容器安全规程》等一系列规章、规范、标准,为我国锅炉安全工作提供了具体的法规和技术依据。

### 一、电站锅炉的地位和作用

发电方式因利用能源的不同,分为火力发电、水力发电、地热发电、风力发电、太阳能发电和原子能发电等。目前,世界上大多数国家,包括我国在内,主要采用火力发电。火力发电的主要设备由锅炉、汽轮机、发电机组组成。锅炉是三大主机之一,作为火力发电的基础设备在我国发电机组中具有重要的地位和作用。

锅炉是火力发电厂的主要设备,如图 1-1 所示。燃料送入锅炉后,在锅炉炉膛中燃烧,产生的热量将水加热,水逐渐变成饱和蒸汽。饱和蒸汽在锅炉的过热器中,进一步被加热后,成为具有一定压力和温度的过热蒸汽。过热蒸汽通过管道送至汽轮机,在汽轮机内膨胀产生高速汽流。高速汽流冲动汽轮机的转子,并带动发电机的转子一起旋转。发电机利用导体切割磁力线产生感应电流的原理发出电能。蒸汽在汽轮机中做完功以后,排入凝汽器,并在其中被循环水泵送来的冷却水冷却,而凝结成水,称之为凝结水。凝结水经凝结水泵升压后,流经低压加热器并被加热后,再进入除氧器。在除氧器中,凝结水被抽汽管道从汽轮机中抽出的蒸汽进行再加热,提高水温并除去水中的氧,由给水泵升压后,经过高压加热器进一步提高温度后送回锅炉。发电厂这一过程周而复始地进行着,电能也就源源不断地产生出来。

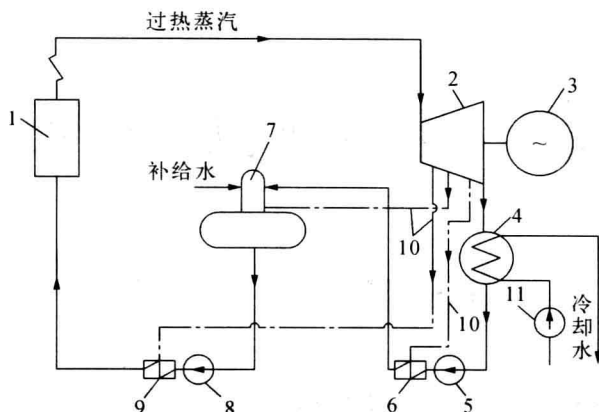


图 1-1 火力发电厂的生产过程示意图

- 1—锅炉 2—汽轮机 3—发电机 4—凝汽器 5—凝结水泵  
6—低压加热器 7—除氧器 8—给水泵 9—高压加热器  
10—汽轮机抽汽管 11—循环水泵

由上可知,火力发电厂的生产过程是一个能量转换的过程,这个能量转换过程是通过锅炉、汽轮机和发电机来实现的。其中,锅炉是火力发电厂能量转换的首要环节。锅炉在完成从燃料的化学能到蒸汽的热能的转换过程中,生产并根据需要供给汽轮机相应数量和规定质量的蒸汽。由于火力发电厂的能量转换过程是连续进行的,因而运行中锅炉设备一旦发生故障,必将影响到整个电能生产的正常进行。此外,由于锅炉运行耗用大量燃料,因而其工作效能的好坏对整个电厂的经济性关系极大。由此可见,锅炉在火力发电厂生产过程中不仅地位、作用十分重要,而且系统复杂、运行工况恶劣、安全要求高。

## 二、主要技术指标

### (一) 主要技术、经济指标

锅炉作为一种特种设备,有表明其特性的技术和经济指标。技术指标包括锅炉的参数和输出介质的量(容量);经济指标主要指锅炉效率,又叫锅炉热效率。

#### 1. 锅炉容量

锅炉容量是反映锅炉生产能力大小的基本数据。锅炉每小时产生的蒸汽量称为锅炉蒸发量。锅炉在设计运行条件下的最大连续蒸发量(MCR),叫做锅炉容量,用D来表示,单位是t/h。锅炉容量一般为汽轮机设计条件下铭牌功率所需进汽量的108%~110%。

#### 2. 锅炉参数

锅炉参数是指锅炉输出介质的“状态参数”,简称参数。锅炉参数主要指两个:一是输出介质的压力,二是输出介质的温度。

锅炉蒸汽参数一般是指过热器出口处的过热蒸汽的压力和温度。对于再热蒸汽锅炉,蒸汽参数还包括再热蒸汽的压力和温度。锅炉蒸汽参数是体现锅炉产品特性的基本数据。

蒸汽压力用符号 $p$ 来表示,单位是MPa。垂直均匀作用在单位面积上的力称为压强。

工程上有的以压力表示大小,实际上是压强。压力的测量有两种方法:一种以压力等于零作为测量起点测得的压力,称为绝对压力,用符号  $P_{\text{绝}}$  来表示;另一种是以当时当地的大气压作为测量起点测得的压力,也就是压力表测量出来的数据,称为表压力,用符号  $P_{\text{表}}$  来表示。我国锅炉所用的压力都是表压力。表压力的计算公式为  $P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + 1$  个大气压。

锅炉产品铭牌上标明的压力,是这台锅炉的额定工作压力,也就是表压力。司炉人员操作锅炉时要严格监视控制锅炉压力,并使之维持稳定。锅炉运行时的正常汽压通常是锅炉的设计压力,锅炉压力应控制在允许的变化范围内:中压锅炉为  $\pm 0.05$  MPa,高压锅炉为  $\pm 0.1$  MPa,高压以上锅炉一般为  $\pm 0.2$  MPa。

蒸汽温度用符号  $t$  表示,单位是  $^{\circ}\text{C}$ ,它标志蒸汽的冷热程度。

### 3. 锅炉效率及锅炉的净效率

锅炉效率又叫锅炉热效率,是指锅炉每小时的有效利用热占输入锅炉全部热量的百分数,用  $\eta$  来表示。大型电厂锅炉的效率一般在 90% 以上,而工业锅炉的效率为 50%~80%。

锅炉的净效率是指扣除锅炉机组运行时的自用能耗(热能和电耗)以后的锅炉效率。

## (二) 安全技术指标

锅炉的安全技术指标用来衡量锅炉运行的可靠性。锅炉运行时,安全技术指标不能进行专门测量,而需要用间接指标来衡量。通常有三个间接指标:

### 1. 连续运行小时数

锅炉的连续运行小时数是指锅炉两次检修之间的运行小时数。国内一般大、中型电站锅炉的平均连续运行小时数在 4 000 h 以上,而大型电站锅炉则应在 7 000 h 左右。

### 2. 事故率

事故率是指因事故停用小时数占总运行小时数和事故停用小时数之和的百分比。

$$\text{事故率} = \frac{\text{事故停用小时数}}{\text{总运行小时数} + \text{事故停用小时数}} \times 100\%$$

### 3. 可用率

可用率是指总运行小时数和总备用小时数之和占统计期间总小时数的百分比。

$$\text{可用率} = \frac{\text{总运行小时数} + \text{总备用小时数}}{\text{统计期间总小时数}} \times 100\%$$

锅炉的事故率和可用率一般是按一个适当长的周期来计算,我国火力发电厂通常以一年为一个统计周期。目前国内比较好的锅炉安全技术指标是:事故率约为 1%,可用率约为 90%。另据国外有关统计资料表明,随着机组容量的增大,锅炉的可用率呈下降趋势。

## 三、分类和型号

### (一) 分类

电站锅炉有多种分类方法,常用的有以下几种:

- ① 按燃烧方式分类,分为室燃炉、旋风炉、流化床炉(沸腾炉)、层燃炉等。
- ② 按燃用燃料分类,分为燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉等。
- ③ 按工质流动特性分类,分为自然循环锅炉、强制循环锅炉等(强制循环锅炉又可分为直流锅炉、控制循环锅炉、复合循环锅炉)。
- ④ 按锅炉额定蒸汽压力分类,分为低压锅炉( $p \leq 2.5$  MPa)、中压锅炉( $3.8$  MPa $\leq p < 5.3$  MPa)、次高压锅炉( $5.3$  MPa $\leq p < 9.8$  MPa)、高压锅炉( $9.8$  MPa $\leq p < 13.7$  MPa)、超高压锅炉( $13.7$  MPa $\leq p < 16.7$  MPa)、亚临界压力锅炉( $16.7$  MPa $\leq p < 22.1$  MPa)、超临界压力锅炉( $22.1$  MPa $\leq p < 26$  MPa)、超超临界锅炉( $p \geq 26$  MPa)。
- ⑤ 按燃煤锅炉排渣方式分类,分为固态排渣炉、液态排渣炉等。
- ⑥ 按锅炉容量(MCR)分类,分为小型锅炉(MCR $< 220$  t/h)、中型锅炉(MCR=220~440 t/h)、大型锅炉(MCR $\geq 670$  t/h)等。
- ⑦ 按锅炉型式分类,锅炉分为II型锅炉、T型锅炉、Γ型锅炉(又叫倒L型锅炉)、U型锅炉等。
- ⑧ 按通风方式分类,分为平衡通风锅炉(-50~-200 Pa)、微正压锅炉(200~400 Pa)和增压锅炉(1~1.5 MPa)等。

电站锅炉的类型不同,其锅炉容量等参数也不相同。我国大多数电厂使用的电站锅炉容量、参数和类型见表 1-1。

表 1-1 我国主要电厂锅炉的类型、容量及参数

容量 (t/h)	蒸汽压力 (MPa)	过热和再热蒸汽温度(°C)	给水温度 (°C)	汽轮发电机 功率(MW)	锅炉类型	
35	3.8	450	150 或 170	6	中压	自然循环、燃煤、链条炉排、供热锅炉
75	5.30	485	150	12	中压	自然循环、循环流化床、燃煤、供热锅炉
220 或 240	9.8 或 9.81	540	215	50	高压	自然循环、循环流化床(或室燃炉)、燃煤、供热锅炉
410	9.8	540	215	100	高压	自然循环室燃炉,燃煤
400	13.7	555 和 555	240	125	超高压	自然循环锅炉或直流锅炉,燃煤或燃油一次中间再热
670	13.7	540 和 540	240	200	超高压	自然循环锅炉,燃煤或燃油,室燃炉或旋风炉,一次中间再热
1 025	16.7 或 18.3	540 和 540	270 或 278	300	亚临界 压力	自然循环或控制循环锅炉或直流锅炉,燃煤,一次中间再热

续表

容量 (t/h)	蒸汽压力 (MPa)	过热和再热蒸汽 温度(°C)	给水温度 (°C)	汽轮发电机 功率(MW)	锅炉类型	
2 008	18.3	541 和 541	278	600	亚临界 压力	控制循环锅炉, 燃煤, 一次 中间再热
1 900	25.4	541 和 569	286	600	超临界 压力	直流锅炉, 燃煤, 一次中间 再热(引进机组)
3 099	27.56	605 和 603	299	1 000	超超临 界压力	直流锅炉, 燃煤, 一次中间 再热(引进机组)

## (二) 型号

JB/T1617—1999 规定了电站锅炉型号的编制办法。电站锅炉的型号一般用四组字码表示,其表达形式如下:

$$\begin{array}{cccccc} \triangle\triangle - \square\square\square / \bigcirc\bigcirc\bigcirc - \times\times\times / \times\times\times - \diamond\star \\ | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\ \textcircled{1} \quad \textcircled{2} \quad \textcircled{3} \quad \textcircled{4} \quad \textcircled{5} \quad \textcircled{6} \end{array}$$

六种序号分别为:

① —— 制造厂代号。如 HG 为哈尔滨锅炉制造厂, SG 为上海锅炉制造厂, DG 为东方锅炉制造厂, BG 为北京锅炉制造厂, WG 为武汉锅炉制造厂等。

② —— 锅炉容量,即锅炉的最大连续蒸发量 MCR(t/h)。

③ —— 额定蒸汽压力(MPa)。

④ —— 过热蒸汽温度(°C)。

⑤ —— 再热蒸汽温度(°C)。

⑥ —— 燃料代号和设计序号。如 M 为燃煤, Y 为燃油, Q 为燃气, T 为其他燃料, MY 为煤油两用, YQ 为油气两用。如果锅炉是原型设计,其设计序号可不予标出。

如: DG-1025/18.2-540/540-M2, 表示东方锅炉制造厂生产的燃煤锅炉,其容量为 1 025 t/h, 过热蒸汽压力为 18.2 MPa, 过热蒸汽温度 540°C, 再热蒸汽温度 540°C, 第二次改型设计。

又如: SG-3099/27.46-605/603-M545, 表示由上海锅炉制造厂引进 Alstom-Power 公司的技术生产的燃煤锅炉,其容量为 3 099 t/h, 过热蒸汽压力为 27.46 MPa, 过热蒸汽温度 605°C, 再热蒸汽温度 603°C, 生产标号为 545。

对于没有再热器的锅炉,则只以上①②③⑥四组字码表示,如 HG-410/9.8-M1, 表示哈尔滨锅炉厂生产,容量为 410 t/h, 过热蒸汽压力为 9.8 MPa, 燃煤,第一次设计的锅炉。

## 四、受压元件用材和金属监督

电站锅炉的安全十分重要。为了提高锅炉运行的安全性,相关人员不仅要有高度的责任意识,而且必须具有较扎实的专业知识。锅炉运行过程的启停阶段和改变工况运行时,要认真执行电站锅炉各受热面安全运行的各项有效措施,并要加强运行监视和调整。除此以外,还要了解电站锅炉用材(主要是指锅炉用钢)等方面的知识。

### (一) 锅炉受压元件材料要求

#### 1. 基本要求

国家质量监督检验检疫总局颁布的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》明确规定了锅炉使用材料的基本要求,主要是:

① 锅炉受压元件所用的金属材料及焊接材料等应当符合有关国家标准和行业标准。材料制造单位必须保证材料质量,并提供质量保证书。金属材料和焊缝金属在使用条件下应具有足够的强度、韧性、伸长性以及良好的抗疲劳性能和抗腐蚀性能。

② 受压元件用钢板和钢管的制造单位应当按照国家规定取得相应的制造许可证书。

#### 2. 性能要求

根据国家质检总局的相关规定,锅炉受压元件用材的性能,必须符合以下要求:

① 锅炉受压元件和与受压元件焊接的承载构件钢材应当是镇静钢。

② 锅炉受压元件用钢材室温夏比冲击吸收能量  $KV_2$  不低于 27 J。

③ 钢板的室温断后伸长率 A 应当不小于 18%。

#### 3. 选用

锅炉用钢板、钢管、锻件、铸钢件、铸铁件、紧固件、拉撑件和焊接材料的选用,国家质检总局在《蒸汽锅炉安全技术监察规程》中已有明确的规定,应严格按照相关规定执行。

### (二) 火力发电厂金属监督的范围

根据火力发电厂《金属技术监督规程(DL438-2000)》的规定,金属监督的范围是:

① 工作温度大于或等于 450℃ 的高温金属部件(含过热蒸汽管道、高温再热蒸汽管道、过热器管、再热器管、联箱、阀壳和三通),以及与过热蒸汽管道相联的小管道。

② 工作温度大于或等于 435℃ 的导汽管。

③ 工作压力大于和等于 3.82 MPa 的锅筒。

④ 工作压力大于和等于 5.88 MPa 的承压汽水管道和部件(含水冷壁管、省煤器管、联箱和给水管道)。

⑤ 300 MW 以上机组低温再热蒸汽管道。

⑥ 汽轮机大轴、叶轮、叶片及发电机大轴、护环、风扇叶。

⑦ 工作温度大于或等于 435℃ 的汽缸、汽室、过热蒸汽门。



### (三) 常用金属检验方法

对钢的化学成分和组织结构缺陷,可以通过一定的方法进行鉴别。电厂常用的鉴别方法主要包括化学成分分析法、金相分析法、蠕变测量和无损探伤以及机械性能试验等。光谱分析主要是用来鉴定金属材料的化学成分。由于光谱分析法操作十分简单,分析速度快,所以在电厂中应用很广。无损探伤是在不损伤金属材料的前提下探测金属内部缺陷的试验方法。此法可作为原材料的质量检验,也可以用来分析事故发生后材料内部缺陷的变化。电厂中常用的有磁粉探伤、超声波探伤、着色探伤和射线探伤等。金相分析主要是用来分析金属材料内部的组织结构和宏观缺陷。机械性能试验主要是测定金属材料的强度、塑性、硬度和冲击韧性。

## 第二节 燃料及燃烧

火力发电厂是利用燃料燃烧将化学能转换成热能,用热能加热介质,将具有规定参数的介质输送到汽轮机从而发电的。所以燃料是火力发电厂的原始能源,燃料燃烧是火力发电过程中的首要环节。

### 一、锅炉燃料

电站锅炉常用的燃料有煤、油、气,其中煤的使用最为广泛。

#### (一) 煤

##### 1. 煤的组成及性质

煤的组成及各成分的性质,可用元素分析方法和工业分析方法进行测定及研究。由于元素分析方法复杂,需用设备昂贵,研究结果对现场锅炉运行的指导意义不大,所以电站锅炉对燃料一般只作工业分析。

##### (1) 煤的化学成分

煤所含的化学元素,也称为化学成分,是锅炉燃烧计算和研究煤的特性的依据。煤含碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、硫(S)等5种化学元素,以及水分(M)和灰分(A)两种物质。这些化学成分的性质如下:

① 碳(C)。碳是煤中主要的可燃元素,也是煤的基本成分。它在煤中的含量约为40%~85%。随着煤碳化程度的提高,煤中碳的含量逐渐增加。煤的含碳量越高,其发热量也越高。每千克碳完全燃烧时可放出约32 830 kJ的热量。若不完全燃烧,则仅能放出9 260 kJ的热量。煤中的碳有两种不同的形态,一部分与氧、氢、氮、硫等元素结合成具有挥发性的有机化合物,其余部分呈单质状态,称为固定碳(FC)。固定碳要在较高的温度下才能着火燃烧。因此,煤中固定碳的含量越高,着火、燃烧就越困难。

② 氢(H)。氢是煤中发热量最高的元素。它在煤中的含量一般为3%~6%。煤的地