

锅炉 安装 手册

(第二版)

朱宝山 等 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

TK226
1/-2

锅炉安装手册

(第二版)



朱宝山 等 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

《锅炉安装手册》是目前火电建设中锅炉安装技术较为系统、全面、适用、综合性较强的大型工具书，其特点为：

内容新。本书收集了超超临界百万机组施工技术成果；对 300、600、1000MW 脱硫、脱硝装置、CO₂ 捕集的设备结构及施工技术，以及循环流化床锅炉等最新施工技术进行了全面介绍。

范围广。本书以安装技术为主线，涵盖内容广泛。从锅炉机组施工过程来看，本书包含施工准备阶段、施工阶段，分部试运阶段全部内容。从工程专业来讲，囊括锅炉、起重、焊接专业内容，尤其是对超超临界机组新钢种的焊接作了重点阐述。从炉型上讲，囊括参数为亚临界、超临界、超超临界机组，T 型、塔式、Π 型以及 W 形火焰锅炉、CFB 锅炉等安装技术，同时还分别介绍了日本、原苏联、德国（欧洲）的安装方法。

适用性强。全书采用表格、工程数据及推荐工程实例方式来编写，便于读者掌握运用。

本书可作为电力建设部门、施工企业编制技术文件、组织施工使用，也可作为电厂锅炉运行、检修、机组调试，工程监理等工程人员的参考书。对高等院校中相关专业师生有较大的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

锅炉安装手册/朱宝山等编著. —2 版. —北京：中国电力出版社，2009

ISBN 978-7-5083-8107-7

I. 锅… II. 朱… III. 锅炉-设备安装-手册
IV. TK226-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 178036 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>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2001 年 2 月第一版

2009 年 10 月第二版 2009 年 10 月北京第三次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 69.25 印张 1715 千字 7 插页

印数 6001—9000 册 定价 130.00 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

前 言

目前,我国火电建设已进入到超超临界百万机组时期,而 600、1000MW 机组即将成为电厂运行的主力机组。为适应火电建设发展形势的需要,对原《锅炉安装手册》进行了修订,主要修订内容为:

删去了工业锅炉内容,针对层燃工业锅炉已淘汰的情况,全文取消了层燃炉的内容,其他型式工业锅炉无论其结构还是施工方案均同于电站锅炉,因此本书涵盖了工业锅炉的结构和安装方法。

删去锅炉型录,用国产典型锅炉机组设备结构来代替。

主要增补内容为:

本书第一版内容中原书中仅涵盖超临界机组 600MW 级(仅为一台、且为引进机组),现增补国产 USC 百万机组结构、施工方案及其新钢种的焊接技术。

为配合环保政策、法规的贯彻和实施、本书增补了烟气净化技术,低 NO_x 燃烧,循环流化床脱硫,烟气脱硫、脱硝, CO_2 的捕集等内容。

本书仍保持以实用性为主线,重点放在投标文件、施工组织设计、作业指导书、施工方案等技术方案策划,以及编制技术方案支持和参考方面。并提供了推荐数据、方案等供借鉴。

全书共两篇 29 章,第一篇为锅炉机组设备结构篇。其中 1~8 章为锅炉本体设备结构;9~13 章为锅炉辅机与烟气净化装置设备结构等内容。第二篇为锅炉机组及其公共系统的设备安装,其中 14~18 章为安装方法概述、施工工期、施工平面布置、锅炉吊装、运输机械的选择与布置、安装劳动力配备。19 章为锅炉设备焊接。20~27 章为锅炉组合、吊装、工程实例、国外施工方法简介等,28 章为分部试运,29 章为锅炉技术发展方向等内容。

本书在编写过程中得到原天津电建公司党委书记张万年(高级工程师),天津电建公司北疆电厂项目部经理刘晓林、吴更新、魏泽黎、杨勤等的帮助、支持,在此表示感谢。

本书由湖北省电力建设第二工程公司张力、蔡汉平主审,并提出很多宝贵意见,使作者受益匪浅,特表示衷心感谢。

本书中第 19 章由北京电力建设公司副总工程师任永宁撰写,第 26 章由迟怀生、朱志勇工程师撰写,第 14.7、17 章由北京电力建设公司工程管理处修瑞科撰写,第 14.6、15 章及 25.2、25.3 由周艳、龙先明工程师撰写。超超临界 1000MW 机组玉环电厂、北疆电厂安装实例由北疆电厂项目经理部总工程师祁新建撰写。盘电工程实例由北京高碑店电厂副厂长杜成章撰写,其余由朱宝山撰写。

如果本手册对读者有所裨益,对使用者锅炉安装技术有所提高,那么将使作者感到莫大欣慰。由于作者水平有限,且本手册内容涉及面广,错误之处在所难免,望读者批评指正。

编 者

2009 年 6 月

第一版前言

随着我国电力建设工业的发展,大型锅炉机组的建设越来越多。在电力建设过程中,锅炉安装工期最长,方案具有较大的多样性、可变性,涉及焊接、起重专业技术更多,因而它对电力建设的经济性、安全性起关键作用。

我国锅炉安装技术从 20 世纪 50 年代起至 80 年代止,一直延用苏联安装方法,随着 90 年代初引进锅炉机组的同时也引进了欧美、日本等国的安装方法。因而我国锅炉安装技术是集各国施工经验,结合过去施工经验,独立创建的一套施工方法。为更好地总结经验、寻求更加完善的锅炉安装技术,特编写本书。

本书以实用性为主线,重点放在投标阶段、施工组织设计编制阶段、施工作业指导书编制和施工阶段的监控以及机组分部试运有关技术方案的制定上,并提供相关实例、技术数据以便选用。

本书中列入部分实用计算及计算实例,属于工程计算范畴,从计算理论分析,难免有不足之处,但从工程角度讲,已能满足要求。

本书由朱宝山主编,参加编写的有杨宝生、任永宁、迟怀生等。具体分工是:第 19 章由任永宁撰写,第 26 章由迟怀生、来学津撰写,第 29 章由杨宝生撰写,其余各章由朱宝山撰写。

无锡锅炉厂、中电联为本书提供了资料,编者在此表示衷心的感谢。对整个编写过程中大力支持和帮助我们的陈文煜、樊九州、赵国良同志在此一并致谢。

本书由华北电力集团公司罗挺总工程师主审,他对全稿审阅细致,并提出很多宝贵建议,使编者受益匪浅,特此向罗挺总工程师表示深切的谢意。

由于编者水平所限,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者指正。

编 者

2000 年 2 月

目 录

前言

第一版前言

第一篇 锅炉机组设备结构

1 概述	1	4.4 600MW 级控制循环锅炉	115
1.1 火力发电厂的分类	1	4.5 超临界(SC)与超超临界	
1.2 锅炉的分类	2	(USC)锅炉	130
1.3 电站锅炉型号及其参数	3	4.6 200MW 级水煤浆锅炉	
1.4 锅炉机组的构成及工作		(WG2670/13.7-15 型)	182
原理	4	5 锅炉构架	187
1.5 锅炉技术经济指标	6	5.1 锅炉构架分类	187
1.6 锅炉的整体设计布置	7	5.2 柱与梁结构	188
1.7 锅炉热力系统	11	6 锅筒及其内部装置	191
2 电站锅炉循环方式及其设备结构	14	6.1 锅筒的作用	191
2.1 自然循环锅炉的结构	14	6.2 锅筒的内径与材料	191
2.2 控制循环电站锅炉的结构	23	6.3 锅筒及内部装置结构	191
2.3 电站用直流锅炉的结构	27	6.4 锅筒的支撑结构	196
2.4 复合循环锅炉的结构	34	7 锅炉受热面的结构	197
3 电站锅炉燃烧方式及其燃烧		7.1 锅炉蒸发受热面结构	197
设备结构	38	7.2 锅炉过热器结构	206
3.1 煤粉炉燃烧设备结构	38	7.3 锅炉再热器结构	215
3.2 燃油炉、燃气锅炉的燃烧		7.4 过热蒸汽、再热蒸汽的汽温	
设备结构	56	调节设备结构	217
3.3 循环流化床(CFB)锅炉及其		7.5 省煤器结构	222
燃烧设备结构	59	7.6 空气预热器结构	225
3.4 液态排渣炉和旋风炉的分类		8 锅炉炉墙的结构	240
及其结构	96	8.1 锅炉炉墙的作用及对炉墙的	
4 国产典型锅炉机组的设备结构	100	基本要求	240
4.1 300MW 级自然循环锅炉	100	8.2 炉墙的分类及结构	240
4.2 300MW 级直流锅炉	107	9 制粉系统及其设备	244
4.3 300MW 级循环流化床(CFB)		9.1 制粉系统的分类	244
锅炉	114	9.2 电厂常用制粉系统的系统图	

及流程图	244	指标	272
10 磨煤机	250	12.2 袋式除尘器	273
10.1 磨煤机的分类	250	12.3 电除尘器	276
10.2 低速磨煤机	250	12.4 复合式除尘器	280
10.3 中速磨煤机	252	12.5 气力除灰系统及其设备	
10.4 高速磨煤机	254	结构	283
11 锅炉机组用风机	257	13 烟气净化装置及其设备结构	299
11.1 锅炉机组风机的分类	257	13.1 烟气脱硫净化技术及其	
11.2 风机主要部件制造材质	258	设备结构	299
11.3 风机的技术条件	258	13.2 烟气脱硝净化工艺及其	
11.4 锅炉专用风机的结构	259	设备结构	306
12 除尘系统及其设备结构	272	13.3 烟气中 CO ₂ 的捕集设备	
12.1 除尘器的分类及常用性能		结构	312

第二篇 锅炉机组及其公共系统的设备安装

14 锅炉机组安装方法概述	319	16.3 锅炉安装工程平面布置	
14.1 锅炉机组安装方法概述	319	实例	452
14.2 锅炉安装工程的前期工作	320	16.4 施工生产、生活用地推荐	
14.3 施工组织设计的编制	322	选用值	452
14.4 锅炉施工方案的具体策划	324	17 锅炉吊装、运输机械的选择	
14.5 锅炉安装工程的特点及工艺		与布置	455
总的要求	333	17.1 锅炉吊装、运输机械的选择	
14.6 锅炉安装工程常用技术		与布置应考虑的因素	455
数据	336	17.2 吊装、运输机械选择与	
14.7 锅炉安装工程应用的大型起		布置实例	456
重机数据	412	18 锅炉机组安装劳动力配备	478
15 锅炉机组施工工期	437	18.1 国外锅炉安装的单位耗	
15.1 锅炉机组施工工期的编制	437	用工日数	478
15.2 控制工期阶段的划分	440	18.2 国内锅炉安装的劳动力	
15.3 近期国内某些工程锅炉施工		配备情况	479
工期实绩	440	18.3 福州安装工程劳动力配	
15.4 国外施工工期	443	备情况	482
15.5 锅炉机组安装施工工期		18.4 推荐锅炉安装单位耗工	
定额	445	及劳动力级配	484
15.6 锅炉施工推荐的参考工期	448	19 锅炉设备焊接	485
16 锅炉施工平面布置	449	19.1 锅炉安装设备焊接应执行的	
16.1 平面布置选择依据	449	主要规程标准	485
16.2 平面布置中应注意的问题	449	19.2 锅炉用钢	486

19.3	锅炉安装的焊接工艺方法·····	489			
19.4	锅炉设备焊接使用的焊接材料·····	490			
19.5	焊接工艺评定·····	492			
19.6	焊工培训与考核·····	493			
19.7	锅炉安装的焊接准备工作·····	496			
19.8	焊接工艺的一般要求·····	500			
19.9	焊接·····	504			
19.10	焊口的焊后热处理·····	506			
19.11	焊接检验·····	509			
19.12	几个焊接工程实践·····	517			
20	电站锅炉本体设备组合·····	523			
20.1	锅炉本体设备组合组件划分及组合架·····	523			
20.2	锅炉钢构架组合·····	524			
20.3	受热面设备组合通则·····	535			
20.4	水冷壁组合·····	536			
20.5	过热器、再热器组合·····	541			
20.6	省煤器组合·····	545			
21	电站锅炉本体设备吊装·····	549			
21.1	锅炉吊装的原则、阶段的划分、吊装总程序·····	549			
21.2	锅炉构架的吊装·····	551			
21.3	锅筒的吊装·····	560			
21.4	锅炉锅水循环泵的安装·····	564			
21.5	锅炉悬吊系统安装及其调整·····	565			
22	锅炉(本体)安装工程实例·····	569			
22.1	200MW(HG670/140-13 型)超高压自然循环锅炉安装·····	569			
22.2	300MW(巴威 1025t/h)亚临界直流锅炉安装·····	617			
22.3	300MW(SG1025/17.0)亚临界 UP 直流锅炉安装·····	620			
22.4	300MW(DG1025/17.4-Ⅱ 14)亚临界直流锅炉安装·····	623			
22.5	300MW(SG1025-M-600 型)亚临界直流锅炉安装·····	625			
22.6	600MW(ABB-CE1800t/h)亚临界、二次中间再热控制循环锅炉安装·····	631			
22.7	600MW(德国 1900t/h)亚临界、直流、呈塔式布置锅炉安装·····	635			
22.8	600MW(CE 和瑞士苏尔寿供 1900t/h)超临界直流锅炉安装·····	636			
22.9	600MW(2008t/h)亚临界控制循环锅炉安装·····	643			
22.10	600MW(HG2008/18.2-YM2 型)亚临界控制循环锅炉安装·····	645			
22.11	600MW(HG2045/17.3-PM6)亚临界控制循环锅炉安装·····	663			
22.12	600MW(DG2070/17.5-Ⅱ)亚临界控制循环锅炉安装·····	666			
22.13	超超临界(1000MW 级)锅炉安装工程特点及其安装技术方案·····	685			
22.14	循环流化床(CFB)300MW 级锅炉安装·····	729			
23	空气预热器安装·····	735			
23.1	管式空气预热器安装·····	735			
23.2	回转式空气预热器安装·····	736			
23.3	三分仓空气预热器安装实例·····	743			
24	锅炉安装国外施工方法介绍·····	756			
24.1	300MW(三菱 1175t/h)锅炉安装(日本施工方法)·····	757			
24.2	500MW(Π _n 1650-25-545KT 型)(SC)锅炉安装(前苏联施工方法)·····	784			
24.3	900MW(ALSTOM 公司 2788t/h)(SC)锅炉安装(德国施工方法)·····	799			
25	锅炉烟气净化设备安装·····	812			
25.1	电除尘器安装·····	812			
25.2	脱硫装置安装·····	825			

25.3	烟气脱硝装置安装·····	840	28.2	锅炉风压试验·····	971
26	炉墙与保温·····	852	28.3	煤粉炉空气动力场试验及 CFB锅炉冷态临界流化风 量试验·····	972
26.1	炉墙、保温材料的性能·····	852	28.4	蒸汽管道的吹洗·····	975
26.2	耐火材料·····	855	28.5	安全阀调整·····	980
26.3	保温材料·····	860	29	锅炉安装发展趋势·····	983
26.4	耐火、保温混凝土施工·····	866	29.1	电站锅炉发展方向·····	983
26.5	特殊部位炉墙施工·····	872	29.2	机组容量、参数发展方向·····	984
26.6	循环流化床锅炉炉墙施工·····	877	29.3	锅炉燃烧技术发展方向·····	984
26.7	热力设备及管道保温·····	880	29.4	电站锅炉安装发展方向·····	984
26.8	冬、雨季施工·····	891	附录 ·····	986	
27	锅炉辅助机械、公共系统的设备 安装·····	892	附录A	锅炉钢结构·····	986
27.1	锅炉辅助机械、公共系统 转动机械安装通则·····	892	附录B	超临界与超超临界锅炉 钢材·····	987
27.2	转子(体)平衡·····	900	附录C	超临界与超超临界机组 用钢实例·····	994
27.3	磨煤机安装·····	908	附录D	国外超临界与超超临界 钢材·····	1001
27.4	风机安装·····	918	附录E	焊接材料·····	1008
27.5	烟、风、煤、粉管道安装·····	924	附录F	常用起重机具·····	1012
27.6	燃油系统设备安装·····	931	附录G	有关计算公式技术数据 及有关计算·····	1022
27.7	立式拱顶钢制油罐制作 安装·····	936	附录H	常用材料·····	1084
27.8	输煤系统设备安装·····	941	参考文献 ·····	1097	
28	锅炉机组启动前的试验与分部 试运·····	965			
28.1	锅炉整体水压试验·····	965			

第一篇

锅炉机组设备结构

1

概述

1.1 火力发电厂的分类

利用煤、石油和天然气作为燃料的发电厂称为火力发电厂。火力发电厂虽然种类很多，但从能源转换角度分析，其转换过程是相同的，即通过锅炉机组将燃料化学能转换成热能，然后由汽轮机组将热能转换成机械能，最后由发电机组将机械能转换成电能。

火力发电厂分类见表 1-1。

表 1-1

火力发电厂分类

分 类	型 式	说 明
按使用燃料	燃煤电厂	以煤为主要燃料的电厂，我国火电厂的用煤有无烟煤、半烟煤、烟煤、褐煤和低质煤五大类 以油为燃料的电厂，主要有重油、柴油和原油。根据我国的资源情况，一般不发展燃油电厂 燃用气体燃料的电厂，有天然气、人工煤气和地下气化煤气三大类
	燃油电厂	
	燃气电厂	
按蒸汽压力	高压电厂	蒸汽初压为 5.88~9.8MPa
	超高压电厂	蒸汽初压为 11.8~13.7MPa
	亚临界压力电厂	蒸汽初压为 15.7~17.7MPa
	超临界压力电厂	蒸汽初压为 25MPa 左右
	超超临界压力电厂	蒸汽初压为 31MPa 左右（目前我国为 27MPa）
按使用性质	基本负荷电厂	承担电网中基本负荷的电厂
	调峰负荷电厂	承担电网中调峰负荷（中间负荷和尖峰负荷）的电厂
按供电方式	独立电厂	不与电网相联而独立供电的电厂
	联网电厂	接入电网联合供电的电厂
按企业性质	区域电厂	地区性的主要电厂
	自备电厂	企业自备的电厂
	热电厂	同时供电和供热的电厂
按原动机	汽轮机发电厂	由汽轮发电机组发电的电厂，其中可分为凝汽式、背压式和抽汽式 由柴油机、汽油机和煤气机发电的电厂，容量均较小 由燃气轮机发电机组发电的电厂 燃气轮机和利用其排气的余热锅炉—汽轮机发电机组联合发电的电厂
	内燃机发电厂	
	燃气轮机发电厂	
	燃气—蒸汽联合循环发电厂	
	电厂	

1.2 锅炉的分类

锅炉是利用燃料等燃烧释放的热能或工业生产中的余热,将工质加热成某一温度和压力的蒸汽或热水的设备,产生蒸汽的锅炉也称为蒸汽发生器。

锅炉分类方法很多,本书推荐锅炉的分类方法见表 1-2。

表 1-2

锅 炉 分 类

分类方法	锅 炉 类 型	简 要 说 明
按用途分类	电站锅炉	用于发电,多为大容量、高参数锅炉,火室燃烧,热效率较高
	工业锅炉	用于工业生产和采暖,多为低参数、小容量锅炉,火床燃烧,热效率较低。出口工质为蒸汽的称为蒸汽锅炉,出口工质为热水的称为热水锅炉
	船用锅炉	用作船舶动力,一般采用低、中参数,大多燃油。要求锅炉体积小,质量轻
按结构分类	火管锅炉	烟气在火管内流过,一般为小容量、低参数锅炉,热效率较低,但构造简单,水质要求低,运行维修方便
	水管锅炉	汽水在管内流过,可以制成小容量、低参数锅炉,也可制成大容量、高参数锅炉。电站锅炉一般均为水管锅炉,热效率较高,但对水质要求和运行水平的要求也较高
按循环方式分类	自然循环锅筒锅炉	具有锅筒,利用下降管和上升管中工质密度差产生工质循环,只能在临界压力以下应用
	多次强制循环锅筒锅炉(辅助循环锅筒锅炉)	具有锅筒和循环泵,利用循环回路中的工质密度差和循环泵压头建立工质循环。只能在临界压力以下应用
	低循环倍率锅炉	具有汽水分离器和循环泵。主要靠循环泵建立工质循环,可应用于亚临界压力和超临界压力。循环倍率较低,一般为 1.25~2.0
	直流锅炉	无锅筒,靠给水泵压头一次通过受热面产生蒸汽,适用于高压和超临界压力锅炉
	复合循环锅炉	具有再循环泵。锅炉负荷低时按再循环方式运行,负荷高时按直流方式运行。可应用于亚临界压力和超临界压力
按锅炉机组容量分类 ^①	小型锅炉	额定容量小于 1000 (含 1025) t/h 级
	中型锅炉	额定容量在 2000 (含 1800、1900) t/h 级
	大型锅炉	额定容量大于 3000 (含 2953、3100) t/h 级
按锅炉出口工质压力分类	低压锅炉	压力小于 1.274MPa
	中压锅炉	压力为 3.822MPa
	高压锅炉	压力为 9.8MPa
	超高压锅炉	压力为 13.72MPa
		压力为 16.66MPa
	亚临界压力锅炉	压力大于 22.11MPa
	超临界压力锅炉	压力大于 22.115MPa (温度超过 374.15℃)
	超超临界压力锅炉机组 ^②	压力为 24~25MPa(过热蒸汽温度/再热蒸汽温度为 600℃/600℃)(日本)
		压力为 25~28MPa(过热蒸汽温度/再热蒸汽温度为 580℃/600℃)(欧洲)
		压力为 27~31MPa(过热蒸汽温度/再热蒸汽温度为 605℃/603℃)(中国)

续表

分类方法	锅 炉 类 型	简 要 说 明
按燃烧方式分类	火室燃烧锅炉	主要用于电站锅炉, 燃烧液体燃料、气体燃料和煤粉的锅炉都是火室燃烧锅炉。火室燃烧时, 燃料主要在炉膛空间悬浮燃烧
	旋风炉	有卧式和立式两种, 燃用粗煤粉或煤屑。微粒燃料在旋风筒中央悬浮燃烧, 较大煤粒贴在筒壁燃烧, 液态排渣
	流化床燃烧锅炉	送入炉内的空气流速较高, 使大粒燃煤在炉床上面的流化床中翻腾燃烧, 小粒燃煤随空气上升并燃烧。宜用于燃用劣质燃料。最近正在开发大型循环流化燃烧锅炉
按所用燃料或能源分类	固体燃料锅炉	燃用煤等固体燃料
	液体燃料锅炉	燃用重油等液体燃料
	气体燃料锅炉	燃用天然气等气体燃料
	余热锅炉	利用冶金、石油化工等工业的余热作热源
	原子能锅炉	利用核反应堆所释放热能作为热源的蒸汽发生器
	废料锅炉	利用垃圾、树皮、废液等废料作为燃料的锅炉
	其他能源锅炉	利用地热、太阳能等能源的蒸汽发生器
按排渣方式分类	固态排渣锅炉	燃料燃烧后生成的灰渣呈固态排出, 是燃煤锅炉的主要排渣方式
	液态排渣锅炉	燃料燃烧后生成的灰渣呈液态从渣口流出, 在裂化箱的冷却水中裂化成小颗粒后, 排渣
按炉膛烟气压力分类	负压锅炉	炉膛压力保持负压, 有送、引风机, 是燃煤锅炉主要型式
	微正压锅炉	炉膛表压力为 2000~5000Pa, 不需引风机, 宜于低氧燃烧
	增压锅炉	炉膛表压力大于 0.3MPa, 用于配蒸汽—燃气联合循环电厂
按锅筒布置分类	单锅筒纵置式、单锅筒横置式、双锅筒纵置式等	现代锅筒型电站锅炉都应用单锅筒型式, 工业锅炉采用单锅筒或双锅筒型式
按炉型分类	倒 U 型、塔式、箱型、T 型、U 型、N 型、L 型、D 型、A 型等	D 型、A 型用于工业锅炉, 其他炉型一般用于电站锅炉、电站应用最广的为倒 U 型(Π 型)、塔式、T 型三种 ^①
按锅炉厂房型式分类	露天、半露天、室内、地下、洞内	电站锅炉主要采用室内或露天布置
按锅炉出厂型式分类	快装锅炉、组装锅炉、散装锅炉	

① 此处是作者所推荐值。

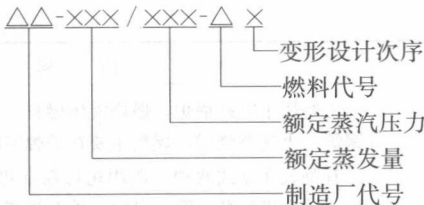
② 现阶段值。



1.3 电站锅炉型号及其参数

1.3.1 电站锅炉型号

我国电站锅炉型号的表达方式为



它由三部分组成：第一部分用汉语拼音字母表示锅炉制造厂代号(见表 1-3)；第二部分表示锅炉参数，即额定蒸发量和额定蒸汽压力；第三部分为燃料代号(见表 1-4)及变形设计次序。例如 HG-1025/18.2-MY6 表示哈尔滨锅炉厂生产、额定蒸发量 1025t/h、过热蒸汽压力 18.2MPa、设计燃料为烟煤、第六次变形设计的锅炉。

表 1-3 电站锅炉制造厂代号	
制 造 厂 名	代 号
北京锅炉厂	BG
北京巴布科克·威尔科克斯有限公司	B&WBC
东方锅炉厂	DG
哈尔滨锅炉厂	HG
杭州锅炉厂	NG
上海锅炉厂	SG
无锡锅炉厂	UG
武汉锅炉厂	WG
济南锅炉厂	JG

表 1-4 设计燃料代号	
设计燃料	代号
燃煤	M
燃油	Y
燃气	Q
燃用其他燃料	T
可燃煤和油	MY
可燃油和气	YQ

1.3.2 电站锅炉参数

锅炉的参数一般指锅炉容量、蒸汽压力、蒸汽温度和给水温度等。我国电站锅炉参数系列是沿用 1986 年国家标准，见表 1-5。其中 300、600MW 为目前采用容量和参数，但未正式列入标准，这里标出供参考。对超(超超)临界机组参数本标准未详细说明。为便于掌握，将在 4.5 中予以细述。

电厂型式	蒸汽压力(MPa)		蒸汽温度 ^① (℃)		机组容量 (MW)	电厂容量 (MW)
	锅炉出口	汽轮机进口	锅炉出口	汽轮机进口		
低压电厂	≤1.27	≤1.18	350	340	1.5~3.0	10 以下
中压电厂	2.45~3.92	2.35~3.82	450	435	6~50	10~200
高压电厂	9.8	8.8	540	535	25~100	100~650
超高压电厂	13.7	13.2	540 ^② /540	535 ^② /535	125~200	250~1000
亚临界压力电厂	16.7	16.2	540 ^③ /540	535 ^③ /535	300~600	600~1200
超临界压力电厂	25.0	24.2	540/568	538/566	600	1200~2400
超超临界电厂	25 或 28	—	605/605	—	600~1000	~4000

① 过热蒸汽温度/再热蒸汽温度。
② 前期的 125MW 机组曾采用：锅炉出口为 555℃、汽轮机进口为 550℃。
③ 300MW 机组曾采用：锅炉出口为 570℃和 555℃，汽轮机进口为 565℃和 550℃。

1.4 锅炉机组的构成及工作原理

1.4.1 锅炉的结构

总体来讲锅炉机组由主要部件和辅助装置两部分构成。现以电站锅炉中高压自然循环锅

炉为例介绍，详见表 1-6。

表 1-6 锅炉主要部件和辅助装置的名称和作用

名 称		主 要 作 用
主 要 部 件	炉 膛	保证燃料燃尽并使出口烟气温度冷却到对流受热面能安全工作的数值
	燃烧设备	将燃料和燃烧所需空气送入炉膛，并使燃料着火稳定，燃烧良好
	锅 筒	是自然循环锅炉各受热面的闭合件，将锅炉各受热面连接在一起，并和水冷壁、下降管等组成水循环回路。锅筒储存汽水，可适应负荷变化，内部设有汽水分离装置等，以保证水汽品质。直流锅炉无锅筒
	水 冷 壁	是锅炉的主要辐射受热面，吸收炉膛辐射热加热工质，并用以保护炉墙
	过 热 器	将饱和蒸汽加热到额定过热蒸汽温度。生产饱和蒸汽的蒸汽锅炉和热水锅炉无过热器
	再 热 器	将汽轮机高压缸排汽加热到较高温度，然后再送到汽轮机中压缸膨胀做功。用于大型电站锅炉，以提高电站热效率
	省 煤 器	利用锅炉尾部烟气的热量加热给水，以降低排烟温度，节约燃料
	空气预热器	加热燃烧用的空气，以加强着火和燃烧；吸收烟气余热，降低排烟温度，提高锅炉效率；为煤粉锅炉制粉系统提供干燥剂
	炉墙构架	是锅炉的保护外壳，起密封和保温作用。支撑和固定锅炉各部件，并保持其相对位置
	锅水循环泵	提高水循环压头，可配合制成低倍率控制循环锅炉
辅 助 装 置	燃料供应装置	储存和运输燃料
	磨煤装置	将煤磨成煤粉，并输入到燃用煤粉的锅炉燃烧
	送风装置	由送风机将空气送入空气预热器加热后，输往炉膛及磨煤装置应用
	引风装置	由引风机和烟囱将锅炉排出的烟气送往大气
	给水装置	由给水泵将经过水处理设备处理后的给水送入锅炉
	除灰除渣装置	从锅炉中除去灰渣并运走
	除尘装置	除去锅炉烟气中的飞灰，改善环境卫生
	自动控制装置	自动检测、程序控制、自动保护和自动调节
	除硫装置	烟气脱硫
	脱硝装置	烟气脱硝
	CO ₂ 捕集装置	捕集烟气中 CO ₂ 气体
	污水处理装置	锅炉范围污水处理
	吊杆调整装置	保证吊杆热态受力均匀

1.4.2 锅炉的工作原理

图 1-1 所示是一台燃用煤粉的自然循环锅炉，其工作流程大致如下：燃用煤进入主厂房煤斗，由煤斗经给煤机入磨煤机，制成的煤粉由一次风携往燃烧器，在燃烧器中煤粉和二次风混合送入炉膛燃烧并释放出大量热量，燃烧产生的高温烟气由炉膛经过热器、再热器、省煤器和空气预热器进入除尘器，再由引风机送往烟囱排入大气。

给水从给水泵开始经高压加热器至锅炉给水调整段送入省煤器，给水在省煤器中吸热后进入锅筒，水经下降管流入水冷壁，在水冷壁中吸收炉膛中的辐射热形成汽水混合物而流入锅筒。汽水混合物经锅筒中汽水分离装置分离出来的水仍回下降管，而分离出来的蒸汽流经半辐射过热器和对流过热器等吸热变成过热蒸汽。过热蒸汽经集汽联箱、主蒸汽管道进入汽轮机。

对于一次再热机组，在高压缸做功后的蒸汽，经再热器管，送入锅炉再热器，蒸汽在再

热器中吸收烟气对流热, 提高汽温后送汽轮机中压缸。

冷空气经送风机入口吸入后, 经空气预热器吸收烟气热量形成热空气, 并分为一、二次风, 分别送入磨煤机和燃烧器。

锅炉所产生的灰渣, 经灰渣斗、碎渣机, 用除渣设备排除。

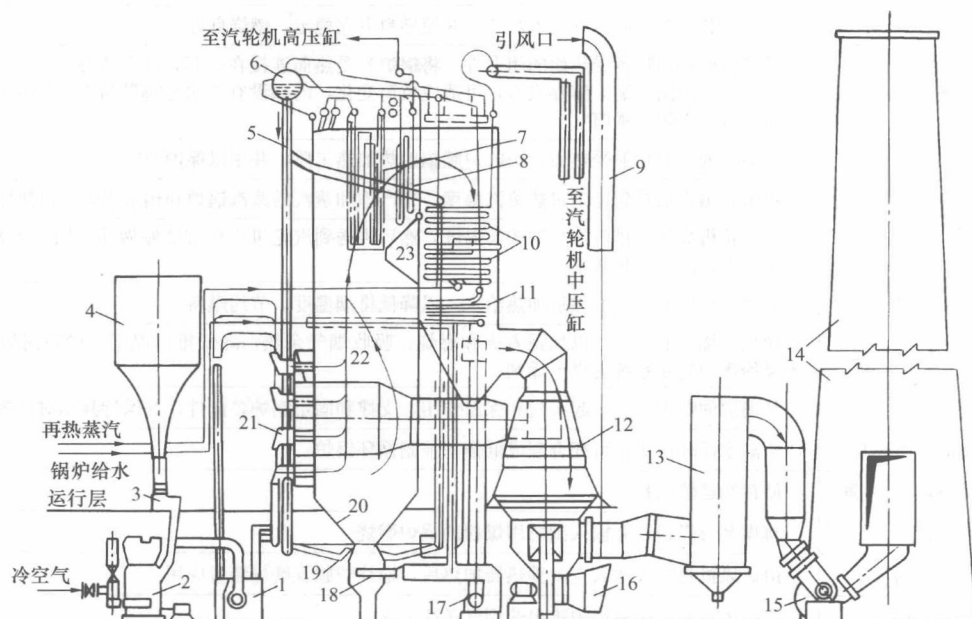


图 1-1 燃煤粉自然循环锅炉流程图

- 1—排粉机；2—磨煤机；3—给煤机；4—煤斗；5—下降管；6—锅筒；7—半辐射式过热器；
8—对流过热器；9—送风机引风管；10—再热器；11—省煤器；12—空气预热器；13—净化设备；
14—烟囱；15—引风机；16—送风机；17—烟气再循环风机；18—灰渣斗；19—下集箱；
20—水冷壁；21—燃烧器；22—炉膛；23—折焰角

注：脱硫、脱硝、电除尘器、CO₂ 捕集装置未细致标出，含净化设备区中，其顺序见相关部分。

1.5 锅炉技术经济指标

锅炉的技术经济指标一般用锅炉热效率、锅炉成本和锅炉可靠性三项指标来表示。优质锅炉应保证热效率高、成本低和运行可靠。这三项指标主要是对制造厂而言，但有的的确与运行单位、安装单位有直接关系，其有关内容见安装过程中有关要求。

1.5.1 锅炉热效率

锅炉热效率是指送入锅炉全部热量中被有效利用的百分数。对于电站锅炉来讲其热效率一般均能达到 90% 以上，目前国家尚无热效率最低限规定。

1.5.2 锅炉成本

锅炉成本由多项组成，但钢材消耗率是锅炉成本之重要考核指标。钢材消耗率是指锅炉单位蒸发量所耗用钢材量，单位为 $t \cdot h/t$ 。目前我国钢材消耗率水平为：工业锅炉 $5 \sim 6 t \cdot h/t$ ，而电站锅炉钢材消耗率为 $2.5 \sim 5.0 t \cdot h/t$ 。

1.5.3 锅炉可靠性

锅炉可靠性一般用五项指标考核,即运行可用率、等效可用率、容量系数、强迫停运率和出力系数。其计算方法如下

$$\text{运行可用率(AF)} = \frac{AH}{PH} \times 100\% \quad (1-1)$$

$$\text{等效可用率(EAF)} = \frac{AH - (EFOH + ESOH)}{PH} \times 100\% \quad (1-2)$$

$$\text{容量系数(CF)} = \frac{\text{净发电总量}}{PH \times MDC} \times 100\% \quad (1-3)$$

$$\text{强迫停运率(FCR)} = \frac{FOH}{SH + FOH} \times 100\% \quad (1-4)$$

$$\text{出力系数(OF)} = \frac{\text{净发电量总量}}{SH \times MDC} \times 100\% \quad (1-5)$$

$$EFOH = \frac{\text{强迫限负荷时数} \times \text{所限负荷数}}{\text{最大保证负荷数}}$$

$$ESOH = \frac{\text{计划停运时数} \times \text{降负荷数}}{\text{最大保证负荷数}}$$

式中 AH——机组可利用小时数, h;

PH——在考核时间(一般为一年)的计算小时数, h;

MDC——最大保证负荷, MW;

SH——并网后实际运行小时数, h;

FOH——强迫停运小时数, h。

目前为考核新机组投运质量,国家电力公司规定,新机组投运一年内可利用小时数要达到7000h以上。

1.6 锅炉的整体设计布置

1.6.1 影响锅炉整体布置的因素

锅炉整体布置是确定炉膛、对流烟道、各受热面相互关系、相互位置的总体方案。影响锅炉整体布置因素很多,主要是锅炉参数、容量、燃料特性,此外,汽温调节方式、汽水管道,烟风煤管道以及整个电站布局也对锅炉有一定影响。现仅就影响锅炉整体布置的主要因素及整体布置典型方案介绍如下。

1.6.1.1 参数对锅炉受热面布置的影响

工质在锅炉中的吸热量由三部分构成,加热吸热量、蒸发吸热量及过热吸热量。其中加热吸热过程主要在省煤器受热面完成,蒸发吸热过程主要在蒸发受热面中完成,而过热吸热主要在过热器完成,但直流炉有所区别。

锅炉参数不同,这三部分吸热量分配比例也

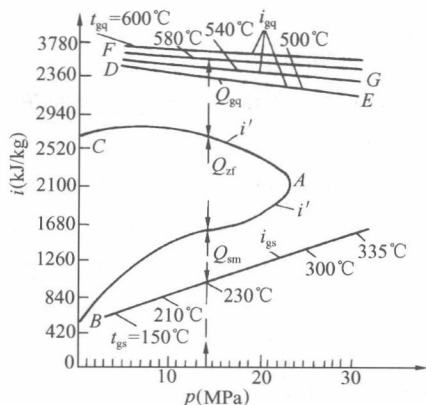


图 1-2 工质焓值与压力、温度的关系

不相同。表 1-7 中列有不同参数锅炉的吸热量分配比例,而图 1-2 所示为工质焓值、压力、温度关系曲线。由图 1-2 可以看出,饱和蒸汽的焓值,以 3.92MPa 为分界线,在 3.92MPa 以前随压力增加而增大,以后随压力增加而减少。而饱和水的焓值随压力增加而增加。过热蒸汽焓值,在压力相同时,随温度增高而增大。给水的温度、给水的焓值随压力增加而增高。工质在临界点处饱和水焓值等于饱和蒸汽焓值。

表 1-7 不同参数锅炉吸热量分配比例

蒸汽参数及给水温度			吸热量比例(%)		
蒸汽压力(表压) (MPa)	蒸汽温度 (℃)	给水温度 (℃)	加 热	蒸 发	过 热
1.27	350	105	14.4	72.3	13.3
3.82	450	150	17.9	62.4	19.7
9.81	540	215	20.4	49.5	30.1
13.72	540/540	240	21.2	33.8	29.8/15.2
16.69	540/540	270	23.5	23.7	36.4/16.4
25.48	600	260	33	0	67

以蒸汽压力为例,各种锅炉的情况是:

(1) 在低压锅炉中加热吸热量和蒸发吸热量大,一般布置时除省煤器、水冷壁外,还要布置一定量的锅炉管束,通过双锅筒来实现。过热吸热量较小,可布置在低温烟区内或不设过热器,这样可节约钢材,减少耐热钢材用量。

(2) 中压锅炉所需蒸发吸热量小于低压锅炉,工质在水冷壁部分已能吸到足够的蒸发吸热量,因而无需布置锅炉管束,可采用单锅筒结构。如水冷壁蒸发吸热量不足,可将省煤器制成沸腾式,使工质在省煤器中吸收一部分蒸发吸热量,以弥补水冷壁蒸发吸热量的不足。过热器可布置在高温烟区以利于强化传热,节约耐热钢材。

(3) 高压锅炉过热器吸热量约占总吸热量的 1/3,因而过热器受热面占的面积较大,一般均采用屏式过热器和对流过热器相结合方式来布置。一般高压锅炉布置的水冷壁可满足于蒸发吸热量要求,省煤器一般采用沸腾式。

(4) 超高压力和亚临界压力锅炉,一般均有一级再热器,工质在过热器和再热器的过热吸热量约占总吸热量的 45% 以上,为解决过热器和再热器受热面大、不易布置的问题,常采用墙式过热器(或再热器),其他与高压锅炉同。

(5) 在超临界压力锅炉中,工质已成为单相流,仅能采用直流炉型式。直流炉一般加热吸热约占总吸热的 30%,其余约 70% 全部为过热吸热量,无蒸发受热面。

1.6.1.2 容量对于锅炉受热面布置的影响

锅炉容量增大,炉膛壁面积也随之增大,但两者不呈正比关系。小容量锅炉相对炉膛壁面积较大,通过布置水冷壁受热面已能防止炉膛出口温度过高;但大容量锅炉单靠布置水冷壁受热面已无法解决炉膛出口烟温过高的问题,必须补充半辐射式、辐射式过热器或双面水冷壁(双炉膛),才能使炉膛出口烟面达到允许值。

由于炉膛壁面增长比锅炉容量增长得慢,所以随着锅炉容量的增加,锅炉单位宽度上的蒸发量迅速增加。图 1-3 统计出锅炉蒸发量(D)/锅炉宽度(B)的关系曲线。从图中可以看出锅炉容量由 400t/h 至 4000t/h 时, D/B 平均增长 5 倍。随着 D/B 的增加,为保证允许的烟气流速,必须增加对流竖井的高度,为使蒸汽流速符合规定,必须采取多重管圈对流过热