

1000MW超超临界火电机组技术丛书

GUOLU SHEBEI JI XITONG

锅炉设备及系统

广东电网公司电力科学研究院 ● 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

策划编辑 / 郑艳蓉
联系电话 / 010-63412379
电子邮件 / freezyr_cn@sina.com

1000MW超超临界火电机
组技术丛书

汽轮机设备及系统

锅炉设备及系统

电气设备及系统

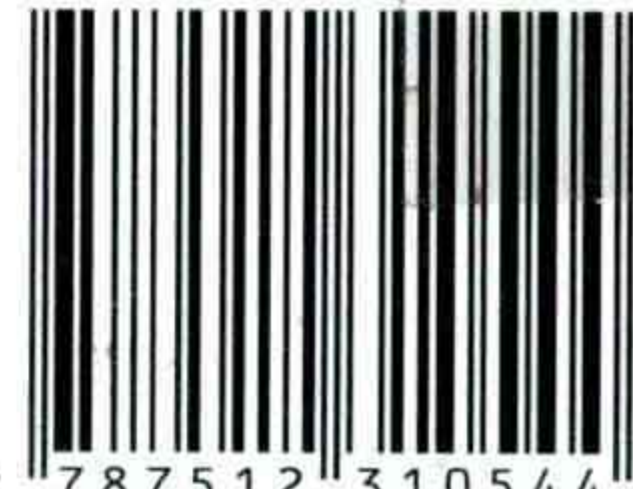
热工自动化

电厂化学

环境保护

上架建议：电力工程 / 火力发电

ISBN 978-7-5123-1054-4



9 787512 310544 >

定价：60.00元

1000MW超超临界火电机组技术丛

GUOLU SHEBEI JI XITONG

锅炉设备及系统

广东电网公司电力科学研究院 ● 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

为促进我国电源建设的快速发展,帮助广大工程技术人员、现场生产人员了解、掌握超超临界发电技术,积累超超临界机组建设、运行、管理经验,满足广大新建电厂、改扩建电厂培训、考核需要,特组织专家编写了本套《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》。

本丛书包括《汽轮机设备及系统》、《锅炉设备及系统》、《电气设备及系统》、《热工自动化》、《电厂化学》与《环境保护》六个分册。全套丛书由广东电网公司电力科学研究院组织编写。本丛书在编写过程中,内容力求反映我国超超临界1000MW 等级机组的发展状况和最新技术,重点突出1000MW 超超临界火电机组的工作原理、结构、启动、正常运行、异常运行、运行中的监视与调整、机组停运、事故处理等方面内容。

本书为《锅炉设备及系统》分册,全书共分四篇15章,主要内容有:第一篇锅炉本体设备,介绍1000MW 超超临界锅炉类型和发展概况,1000MW 超超临界锅炉蒸发设备及水冷壁、锅炉受热面及启动系统;第二篇锅炉燃烧设备,介绍磨煤机及其制粉系统,炉膛、燃烧器及点火器,燃烧管理及燃烧中的问题;第三篇锅炉辅助设备,介绍空气预热器的部件及结构、运行维护,送引风机及一次风机的结构特性、调整和运行,锅炉各种阀门的结构、调节控制、运行维护和调整试验,吹灰装置及系统的结构原理、运行维护,干式除渣和湿式除渣的结构原理、运行维护;第四篇锅炉运行,介绍1000MW 超超临界锅炉启动必备条件、锅炉启动、运行调节、停炉及保养,1000MW 超超临界锅炉调试及调试中遇到的问题。

本书可作为从事1000MW 等级超超临界火电机组锅炉专业安装调试、运行维护和检修技术等岗位生产人员、工人、技术人员和管理干部工作的重要参考,是上岗培训、在岗培训、转岗培训、技能鉴定和继续教育等的理想培训教材,也可作为大专院校有关师生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

锅炉设备及系统/广东电网公司电力科学研究院编. —北京:
中国电力出版社, 2011.1

(1000MW 超超临界火电机组技术丛书)

ISBN 978-7-5123-1054-4

I. ①锅… II. ①广… III. ①火电厂-锅炉 IV. ①TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 215069 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>)

北京市同江印刷厂

各地新华书店经售

*

2011年1月第一版 2011年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 27.25印张 665千字

印数 0001—3000册 定价 60.00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

《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》

编 委 会

主 任 钟 清

副 主 任 马 斌 何宏明 高新华

委 员 顾红柏 廖宏楷 阚伟民 陈世和 李 智

陈 迅 杨楚明 林清如

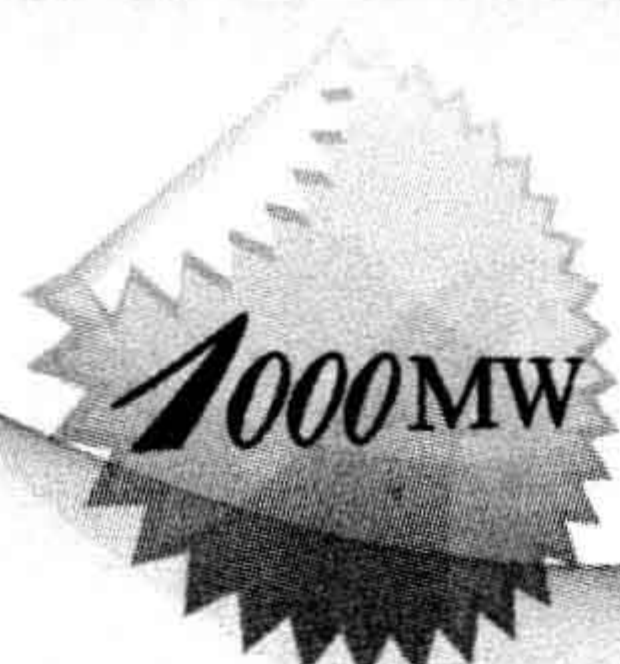
《锅炉设备及系统》

编 写 人 员

主 编 徐齐胜

参 编 人 员 余岳溪 殷立宝 湛志钢 刘庆鑫 崔振东

徐程宏



1000MW

超超临界火电机组技术丛书

锅炉设备及系统

序

电力工业是关系国民经济全局的重要基础产业，电力的发展和国民经济的整体发展息息相关。电力行业贯彻落实科学发展观，就要依靠技术进步和科技创新，满足国民经济发展及人民生活水平提高对电力的需求。

回顾我国火电建设发展历程，我们走过了一条不平凡的道路，在设计、制造、施工、调试、运行和建设管理等方面，都留下了令人难忘的篇章。这些年来，我国火电建设坚持走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染小的可持续发展道路。从我国国情出发，从满足国民生产对电力的需求出发，发展大容量、高参数、高效率的机组，是我国电力工业发展水平跻身世界前列的重要保证，是推动经济社会发展、促进能源优化利用、提高资源利用效率的重要保证。

超超临界发电技术是一项先进、成熟、高效和洁净环保的发电技术，已经在许多国家得到了广泛应用，并取得了显著成效。目前，我国火电机组已进入大容量、高参数、系列化发展阶段，自主研发、开发的超超临界机组取得了可喜成绩并成为主要发展机型。因此，掌握世界一流发电技术，为筹建、在建和投运机组提供建设、管理、优化运行和检修经验，对于实现设计制造国产化、创建高水平节能环保火电厂、保证电力工业可持续健康发展，意义重大。

广东电网公司电力科学研究院是我国一所综合性的科研研究机构，一直秉承“科技兴院”的战略方针，多年来取得了丰硕的科研成果，出版过多部优秀科技著作。这次他们组织专家编写的《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》，能把他们掌握的百万机组的第一手资料和经验系统总结，有利于提高 1000MW 超超临界机组的设备制造、建设与调试、运行与管理水平，有利于促进引进技术的消化与吸收，有利于推进超超临界机组的国产化进程并为更高温度等级的先进超超临界机组

研发提供经验。而他们丰富的理论和实际经验，是完成这个任务的保证。

《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》不仅总结了国外超超临界技术的先进成果和经验，还反映了我国在这方面的研究成果和特点；不仅有理论上的论述，还有实际经验的阐述和总结。我相信，本套丛书的出版，对提高我国电力技术发展水平、积累超超临界机组的发展经验、加速发电设备的国产化、实现电源结构调整、实现能源利用率的持续提高，具有重要意义。祝本套丛书出版成功！

中国工程院院士



2010年8月

1000MW

超超临界火电机组技术丛书
锅炉设备及系统

前言

超超临界技术的发展至今已有近半个世纪的历史。经过几十年不断发展和完善,超临界和超超临界发电机组目前已经在世界上许多国家得到了广泛的商业化规模应用,并在高效、节能和环保等方面取得了显著成效。与此同时,在环保及节约能源方面的需要以及在材料技术不断发展的支持下,国际上超超临界发电技术正在向着更高参数的方向进一步发展。

进入 21 世纪以来,随着我国经济的飞速发展,电力需求急速增长,促使电力工业进入了快速发展的新时期。我国电力工业的电源建设和技术装备水平有了较大提高,大型火力发电机组有了较快增长,超临界、超超临界机组未来将成为我国各大电网的主力机组。但是,超超临界发电技术在我国尚处于刚刚起步和迅速发展阶段,在设计、制造、安装、运行维护、检修等方面的经验还不足,国内现在只有少量机组投运,运行时间也较短。根据电力需求和发展的需要,在近几年内,我国还将有许多台大容量、高参数的超超临界机组相继投入生产运行。因此,有关工程技术人员、现场生产人员对技术上的需求都很大,很需要一些有关超超临界发电技术方面的图书作为技术上的支持,并对电力生产和技术发展提供帮助和指导作用,为此,我们组织专家编写了本套《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》。

本丛书包括《汽轮机设备及系统》、《锅炉设备及系统》、《电气设备及系统》、《热工自动化》、《电厂化学》与《环境保护》六个分册。全套丛书由广东电网公司电力科学研究院组织编写。本丛书在编写过程中,内容力求反映我国超超临界 1000MW 等级机组的发展状况和最新技术,重点突出 1000MW 超超临界火电机组的工作原理、结构、启动、正常运行、异常运行、运行中的监视与调整、机组停运、事故处理等方面内容。

本套丛书的出版,对提高我国电力装备制造水平;积累超超临界机组的建设、运行、管理经验,加速发电设备的国产化,降低机组造价;实现火电结构调整,实现能源效率的持续提高具有重要意义。

本丛书可作为从事 1000MW 等级超超临界火电机组安装调试、运行维护和检修技术等岗位生产人员、工人、技术人员和管理干部工作的重要参考,是上岗培训、在岗培训、转岗培训、技能鉴定和继续教育等的理想培训教材,也可作为大专院校有关师生的参考教材。

本书为《锅炉设备及系统》分册,全书由徐齐胜主编。其中,第一、六章由徐

齐胜编写，第二、九章由刘庆鑫编写，第三、十三、十五章由殷立宝编写，第四、十四章由徐程宏编写，第五、十二章由湛志钢编写，第七、八章由余岳溪编写，第十、第十一章由崔振东编写，全书由徐程宏统稿。

本书在编写过程中，得到了很多电厂、科研院所及相关技术人员的支持和帮助，在此表示感谢。

由于编者的水平和所收集的资料有限，书中的缺点和谬误在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2010年8月

1000MW

超超临界火电机组技术丛书
锅炉设备及系统

目 录

序
前言

第一篇 锅 炉 本 体 设 备

第一章 锅炉设备整体介绍.....	2
第一节 1000MW 超超临界锅炉类型和发展概况	2
第二节 国内典型 1000MW 超超临界压力直流锅炉	18
第二章 锅炉受热面	54
第一节 1000MW 超超临界锅炉省煤器	54
第二节 1000MW 超超临界锅炉水冷壁	59
第三节 1000MW 超超临界锅炉启动系统	74
第四节 1000MW 超超临界锅炉过热器与再热器	79

第二篇 锅 炉 燃 烧 设 备

第三章 磨煤机及其制粉系统.....	118
第一节 HP、RP 磨煤机结构及其特性	118
第二节 MPS 磨煤机结构及其特性	127
第三节 双进双出钢球磨煤机结构及其特性.....	135
第四节 给煤机结构及其特性.....	153
第五节 制粉系统及其运行.....	161
第四章 燃烧设备.....	167
第一节 炉膛.....	167
第二节 直流式煤粉燃烧器.....	173
第三节 旋流式煤粉燃烧器.....	201
第五章 点火器及燃烧器点熄火控制.....	213
第一节 点火器.....	213
第二节 火焰检测器.....	232
第三节 燃烧管理系统（BMS）运用程序	239

第六章 燃烧中的问题..... 249

第一节 炉膛结渣..... 249

第二节 高温腐蚀..... 254

第三节 低 NO_x 燃烧技术 259

第三篇 锅 炉 辅 助 设 备

第七章 空气预热器..... 268

第一节 概述..... 268

第二节 回转式空气预热器部件及构造..... 271

第三节 回转式空气预热器启停和维护..... 277

第四节 回转式空气预热器低温腐蚀和积灰..... 283

第八章 送、引风机及一次风机..... 286

第一节 概述..... 286

第二节 轴流风机结构特性..... 290

第三节 轴流风机调节..... 294

第四节 轴流风机运行..... 298

第九章 锅炉阀门..... 305

第一节 阀门的一般知识..... 305

第二节 闸阀..... 307

第三节 截止阀..... 308

第四节 调节阀..... 308

第五节 电磁泄压阀..... 315

第六节 安全阀..... 317

第七节 温控阀..... 326

第十章 吹灰装置..... 328

第一节 吹灰器布置及系统..... 328

第二节 吹灰器结构..... 334

第三节 吹灰器运行..... 340

第四节 其他吹灰器介绍..... 346

第十一章 除渣装置..... 349

第一节 干除渣系统..... 349

第二节 湿式除渣系统..... 364

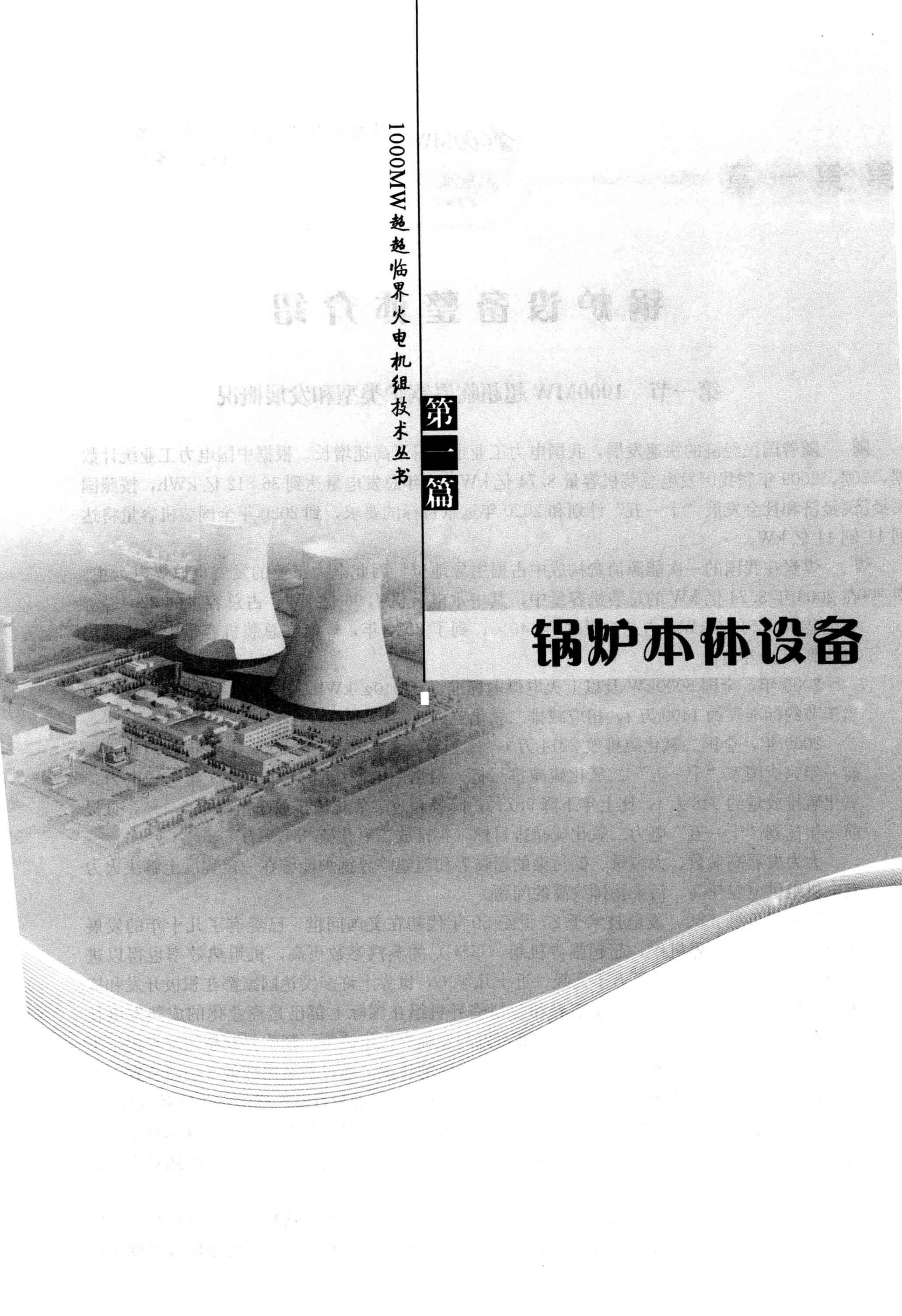
第四篇 锅 炉 运 行

第十二章	1000MW 超超临界锅炉启动	368
第一节	锅炉启动必备条件.....	368
第二节	1000MW 超超临界锅炉的启动	372
第十三章	1000MW 超超临界压力锅炉停炉及保养	390
第一节	1000MW 超超临界压力直流锅炉停运	390
第二节	锅炉停运保养.....	392
第十四章	锅炉运行调整.....	395
第一节	概述.....	395
第二节	1000MW 超超临界压力直流锅炉运行调节	401
第十五章	1000MW 超超临界锅炉调试	405
第一节	锅炉冷态通风及动力场试验.....	405
第二节	机组化学清洗.....	408
第三节	机组蒸汽管道吹扫.....	410
第四节	锅炉整套启动试运.....	414
第五节	1000MW 机组锅炉调试过程中遇到的问题及解决措施	416

1000MW 超超临界界火电机组技术丛书

第一篇

锅炉本体设备



锅炉设备整体介绍

第一节 1000MW 超超临界锅炉类型和发展概况

随着国民经济的快速发展,我国电力工业也取得了高速增长。根据中国电力工业统计数据,2009 年底我国发电总装机容量 8.74 亿 kW,全年总发电量达到 36 812 亿 kWh,按照国民经济和社会发展“十一五”计划和 2020 年远景目标的要求,到 2020 年全国装机容量将达到 11 亿 kW。

煤炭在我国的一次能源消费构成中占据主导地位,因此电力工业的发展也以煤电为主。在 2009 年 8.74 亿 kW 的总装机容量中,其中水电装机 1.96 亿 kW,占总容量的 22.46%,火电装机 6.51 亿 kW,占总容量的 74.49%;到了 2020 年,煤电在总装机容量中的比例仍将达到 55%左右。

2009 年,全国 6000kW 及以上火电供电标准煤耗 340g/kWh,比上年降低 5g/kWh,相当于节约标准煤约 1400 万 t,相应减排二氧化硫约 30 万 t。

2009 年,全国二氧化硫排放 2214 万 t,比上年下降 4.6%,比 2005 年降低 13.1%,提前一年完成国家“十一五”二氧化硫减排目标。根据中电联统计分析,2009 年全国电力二氧化硫排放量约 948 万 t,比上年下降 9.7%,降幅超过二氧化硫排放总量降幅 5.1%,且提前一年达到“十一五”电力二氧化硫减排目标(年排放二氧化硫 951.7 万 t)。

大力发展高参数、大容量、低污染的超临界和超超临界锅炉能够在一定程度上解决火力发电机组供电煤耗高、污染物排放高的问题。

超临界机组(SC)发电技术于 20 世纪 50 年代初在美国问世,已经有了几十年的发展历史。相比于超临界机组,超超临界机组(USC)的蒸汽参数更高,机组热效率也得以进一步提升,单机容量可达百万千瓦级。近十几年来,世界上许多发达国家都在积极开发和应用超超临界发电技术。目前,超临界和超超临界机组在国际上都已是商业化的成熟发电技术,在可用率、可靠性和机组寿命等方面可以与亚临界机组媲美。超临界和超超临界机组不仅可以显著提高机组热效率,还具有低污染物排放的特点。通过加装尾部烟气脱硫装置,采用先进的低 NO_x 技术等措施,超临界和超超临界机组可以满足日益严格的污染物排放标准。此外,超超临界燃煤发电技术还有很大的发展潜力,随着新材料的开发、设计技术和生产工艺的进步及系统的不断优化,机组的参数等级和运行水平还可进一步提高,机组热效率也会更高。

发展超临界和超超临界机组发电技术有利于提高燃煤机组的平均热效率、降低整体发电煤耗,进一步改善我国的电源结构、增强电网调峰的稳定性和经济性,同时还能大幅度减少

CO₂ 和其他污染物的排放, 保护生态环境, 提高环保水平。因此, 在国家能源政策的调整 and 环境保护法律法规不断颁布实施的推动下, 我国高参数、大容量超临界、超超临界燃煤发电机组将得到蓬勃发展, 以高效超临界、超超临界机组取代常规燃煤机组是我国电力行业一项刻不容缓的重要任务。

近几年来我国新装了一批 600MW 超临界、660MW 超超临界、1000MW 超超临界机组, 截至 2009 年底, 全国 600~1000MW (不含 1000MW) 等级火电机组供电标准煤耗为 321g/kWh, 比上年下降 4g/kWh, 比全国平均供电标准煤耗低 19g/kWh; 全国 1000MW 等级火电机组供电标准煤耗为 293g/kWh, 比上年下降 3g/kWh, 比全国平均供电标准煤耗低 47g/kWh。

一、锅炉的基本概念和要求

(一) 基本概念

锅炉是指利用燃料的燃烧热能或其他热能加热给水 (或其他工质) 以生产规定参数和品质的蒸汽、热水 (或其他工质、其他工质蒸汽) 的机械设备。用以发电的锅炉称为电站锅炉或电厂锅炉, 又泛称为蒸汽发生器。在电站锅炉中, 通常将化石燃料 (煤、石油、天然气等) 燃烧释放出来的热能, 通过受热面的金属壁面传给其中的工质——水, 把水加热成具有一定压力和温度的蒸汽。蒸汽驱动汽轮机, 把热能转变为机械能; 汽轮机再带动发电机, 将机械能转变为电能供给用户。

电站锅炉中的“锅”指的是工质流经的各个受热面, 一般包括省煤器、水冷壁、过热器、再热器等以及通流分离器件, 如联箱、汽包 (汽水分离器) 等; “炉”一般指的是燃料的燃烧场所以及烟气通道, 如炉膛、水平烟道及尾部烟道等。

锅炉参数是表示锅炉性能的主要指标, 包括锅炉容量、蒸汽压力、蒸汽温度、给水温度等。锅炉容量可用额定蒸发量或最大连续蒸发量表示。额定蒸发量是在规定的出口压力、温度和效率下, 单位时间内连续生产的蒸汽量。最大连续蒸发量是在规定的出口压力、温度下, 单位时间内能最大连续生产的蒸汽量。蒸汽参数包括锅炉的蒸汽压力和温度, 通常指过热器、再热器出口过热蒸汽的压力和温度; 如没有过热器和再热器, 则指锅炉出口处的饱和蒸汽压力和温度。给水温度是指省煤器的进水温度; 无省煤器时, 则指汽包进水温度。

锅炉整体结构包括锅炉本体和辅助设备两大部分。锅炉由炉膛、汽包、燃烧器、水冷壁、过热器、省煤器、空气预热器、构架和炉墙等主要部件构成生产蒸汽的核心部分, 称为锅炉本体。锅炉本体中两个最主要的部件是炉膛和汽包 (汽包炉)。炉膛又称燃烧室, 是供燃料燃烧的空间。炉膛的横截面一般为正方形或矩形。燃料在炉膛内燃烧形成火焰和高温烟气, 所以炉膛四周的炉墙由耐高温材料和保温材料构成。在炉墙的内表面上常敷设水冷壁管, 它既保护炉墙不致烧坏, 又吸收火焰和高温烟气的大量辐射热。炉膛设计需要充分考虑使用燃料的特性, 每台锅炉应尽量燃用原设计的燃料, 如燃用特性差别较大的燃料, 锅炉运行的经济性和可靠性都可能降低。

(二) 要求

电能一般不能大规模储存, 所以对于电站锅炉来说, 它的出力要随外界的负荷需要而变化, 这是发电厂生产的一个重要特点。电站锅炉要达到这一要求, 就必须按照外界负荷需要及时调整燃料量、送风量及给水量。尤其是现在趋向于大电网运行, 电力需求的峰谷差可以达到电网容量的 50% 左右, 所以要求电站锅炉具有很大变负荷运行能力。

概括说来,对电站锅炉总的要求是既要安全稳发又要经济,为此,对电站锅炉的基本要求有以下几点:

(1) 锅炉的蒸发量要满足汽轮发电机组的要求,能够在铭牌参数下长期运行,并具有较强的调峰能力。

(2) 在宽负荷范围内运行时,能够保持正常的汽温和汽压。

(3) 锅炉要具有较高的经济性。

(4) 耗用钢材量要少,以减少初投资,降低成本。

(5) 锅炉在运行中要具有较强的自稳定能力。

(三) 锅炉的分类

锅炉的分类可以按循环方式、燃烧方式、排渣方式、运行方式以及燃料、蒸汽参数、炉型、通风方式等进行分类,其中按循环方式和蒸汽参数的分类最为常见。

1. 按循环方式分类

锅炉按照循环方式可分为自然循环锅炉、控制循环锅炉和直流锅炉。

(1) 自然循环锅炉。给水经给水泵升压后进入省煤器,受热后进入蒸发系统。蒸发系统包括汽包、不受热的下降管、受热的水冷壁以及相应的联箱等。当给水在水冷壁中受热时,部分水会变为蒸汽,所以水冷壁中的工质为汽水混合物,而在不受热的下降管中工质则全部为水。由于水的密度要大于汽水混合物的密度,所以在下降管和水冷壁之间就会产生压力差,在这种压力推动下,给水和汽水混合物在蒸发系统中循环流动。这种循环流动是由于水冷壁的受热面形成的,没有借助其他的能量消耗,所以称为自然循环。在自然循环中,每千克水每循环一次只有一部分转变为蒸汽,或者说每千克水要循环几次才能完全汽化,循环水量大于生成的蒸汽量。单位时间内的循环水量同生成蒸汽量之比称为循环倍率。自然循环锅炉的循环倍率约为 4~30。

(2) 控制循环锅炉。在循环回路中加装循环水泵,就可以增加工质的流动推动力,形成控制循环锅炉。在控制循环锅炉中,循环流动压头要比自然循环时增强很多,可以比较自由地布置水冷壁蒸发面,蒸发面可以垂直布置也可以水平布置,其中的汽水混合物既可以向上也可以向下流动,所以可以更好地适应锅炉结构的要求。控制循环锅炉的循环倍率约为 3~10。

自然循环锅炉和控制循环锅炉的共同特点是都有汽包。汽包将省煤器、蒸发部分和过热器分隔开,并使蒸发部分形成密闭的循环回路。汽包内的大容积能保证汽和水的良好分离。但是汽包锅炉只适用于临界压力以下的锅炉。

(3) 直流锅炉。直流锅炉没有汽包,工质一次通过蒸发,其循环倍率为 1。直流锅炉的另一特点是在省煤器、蒸发部分和过热器之间没有明显不变的分界点,水在受热蒸发面中全部转变为蒸汽,工质行程的流动阻力均由给水泵来克服。如果在直流锅炉的启动回路中加入循环泵,则可以形成复合循环锅炉。即在低负荷或者本生负荷以下运行时,由于经过蒸发面的工质不能全部转变为蒸汽,所以在锅炉的汽水分离器中会有饱和水分离出来,分离出来的水经过循环泵再输送至省煤器的入口,这时流经蒸发部分的工质流量超过流出的蒸汽量,即循环倍率大于 1。锅炉负荷超过本生点以上或在高负荷运行时,由蒸发部分出来的是微过热蒸汽,这时循环泵停运,锅炉按照纯直流方式工作。

直流炉可以适用于任何压力,但如果压力太低,则不如自然循环锅炉。所以一般应用在

$p \geq 16\text{MPa}$ 的锅炉上。当然，超（超）临界参数锅炉只能采用直流形式，世界上最大的直流炉是美国配 1380MW 机组的 4400t/h 锅炉。

2. 按蒸汽参数分类

锅炉按照蒸汽参数分为低压锅炉（出口蒸汽压力 $p \leq 2.45\text{MPa}$ ）、中压锅炉（ $p = 2.94 \sim 4.90\text{MPa}$ ）、高压锅炉（ $p = 7.8 \sim 10.8\text{MPa}$ ）、超高压锅炉（ $p = 11.8 \sim 14.7\text{MPa}$ ）、亚临界压力锅炉（ $p = 15.7 \sim 19.6\text{MPa}$ ）、超临界压力锅炉（ $p \geq 22.1\text{MPa}$ ）和超超临界压力锅炉（ $p \geq 27\text{MPa}$ ）。

3. 按锅炉技术派系分类

20 世纪，美国、日本和一些欧洲国家已经形成了各具特色的三个技术派系，即承袭美国 B&W 公司特色、承袭原美国 CE 公司特色和承袭美国 FW 公司特色的三大派系。三大派系锅炉技术的主要特点如下：

(1) B&W 派系。

- 1) 亚临界压力下的锅炉采用自然循环锅炉，锅炉汽包内采用旋风分离器。
- 2) 采用前墙、后墙或者对冲布置的旋流式燃烧器。
- 3) 过热汽温和再热汽温多采用烟道挡板或烟气再循环调温。
- 4) 对于超临界压力的锅炉采用欧洲本生式直流锅炉和通用压力锅炉。

(2) CE 派系。

- 1) 蒸汽压力在 13.7MPa 表压以下的采用自然循环，亚临界压力采用控制循环汽包锅炉，汽包内采用轴流式汽水分离器。
- 2) 采用角置切向燃烧摆动直流燃烧器。
- 3) 过热汽温采用喷水调节，再热汽温采用摆动式燃烧器加微量喷水调节。
- 4) 超临界压力采用苏尔寿直流锅炉和复合循环锅炉。

(3) FW 派系。

- 1) 亚临界压力下采用自然循环，汽包内部常用水平式分离器。
- 2) 采用前、后墙或对冲布置旋流式燃烧器。
- 3) 广泛采用辐射过热器，甚至炉膛内布置全高的墙式过热器或双面曝光的过热器隔墙，用烟气挡板调温。
- 4) 超临界压力采用 FW—容克式直流锅炉。

另外，德国因为自身的煤炭资源较丰富，煤种以褐煤居多，所以德国的锅炉技术发展相对较独立，对于 100MW 以上机组均采用本生式直流锅炉，而且都考虑变压运行。

苏联的锅炉技术发展道路也很具特色。他们不发展亚临界参数，超高压及以下均为自然循环锅炉，从 300MW 起均为超临界压力直流锅炉，且以拉姆辛锅炉为主。

4. 其他分类

锅炉按燃烧方式可分为层式燃烧锅炉、悬浮燃烧锅炉、旋风燃烧锅炉和循环流化床锅炉。其中，悬浮燃烧锅炉常见的火焰型式有切向、墙式及对冲、U 形、W 形等几种。

锅炉按使用燃料可分为燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉及燃用其他燃料（如油页岩、垃圾、沼气等）锅炉。锅炉按照排渣方式可分为固态排渣和液态排渣两种。固态排渣是指炉膛下部排出的灰渣呈均热的固态，落入排渣装置经冷却水或者风冷的冷却方式粒化后排出。液态排渣指炉膛内的灰渣以熔融状态从炉膛底部排出。20 世纪五六十年代，为强化燃烧和解