

电力试验技术丛书

丛书主编 文伯瑜 姜龙华

电站锅炉试验

廖宏楷 王力 主编

546521.576232123223152

002455026



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电力试验技术丛书

丛书主编 文伯瑜 姜龙华

电站锅炉试验

廖宏楷 王力 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书着重介绍电站锅炉及辅助系统的热力试验技术,特别是侧重于现场试验的测试技术和方法,包括常规煤粉锅炉及制粉系统的运行优化试验、循环流化床锅炉运行优化试验、湿法烟气脱硫系统运行优化试验,以及相关电站锅炉及辅助系统的性能验收检测试验技术;对锅炉四管剩余寿命测量及评价技术、烟气脱硝测量技术、锅炉烟温及受热面管壁温测量技术也作了介绍。

本书全面介绍了电站锅炉及其附属系统的优化运行和现场节能、环保测试技术。本书内容丰富、新颖,密切联系现场实际,对相关的技术人员和研究人员有很好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电站锅炉试验/廖宏楷,王力主编. —北京:中国电力出版社, 2007

(电力试验技术丛书/文伯瑜,姜龙华主编)

ISBN 978-7-5083-5957-1

I. 电… II. ①廖…②王… III. 火电厂-锅炉-试验
IV. TM621.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 120350 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>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 11 月第一版 2007 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 464 千字

印数 0001—3000 册 定价 33.00 元

敬告读者

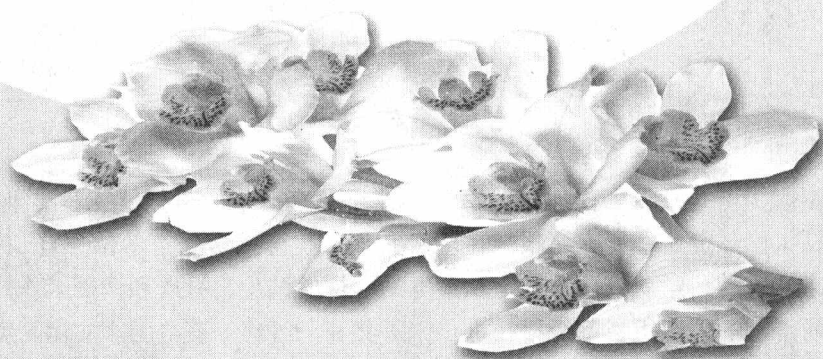
本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

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

谨以此书献给

为我国电力事业发展而
战斗在电力试验一线同仁





2007 年作者摄于广州

作者简介

廖宏楷，高级工程师，1992年毕业于北京清华大学热能工程专业，1997~2000年在浙江大学热能工程研究所攻读在职研究生，获得工学硕士学位。自1992年以来，一直在广东省电力科学研究院锅炉室从事电站锅炉的试验、科研和调试工作，主持或参加的六项科研课题先后获得省部级科技进步二等奖和三等奖，获得国家实用新型专利一项和国家版权局软件著作权一项，现任广东省电力科学研究院锅炉室主任。

电力试验技术丛书

编委会

主 任 赵 鹏

主 编 文伯瑜

副主编 姜龙华

委 员 (按姓氏笔画为序)

王启全	王海林	冯亚民	史更林	白云庆	白立江
刘韶林	吕 政	巩学海	朱国俊	杨伟光	余维平
张大国	张 方	张怡荣	张俊生	张勇刚	李建勋
李 晨	杨 华	陈 坚	卓伟光	林 韩	苑立国
郑 松	施 冲	赵 伟	赵庆波	赵炳松	徐润生
贾玉堂	康 健	黄迪威	傅 伟	蔡庆宏	潘言敏

《电站锅炉试验》

主 编 廖宏楷 王 力

参 编 徐程宏 沈跃良 徐齐胜 廖永进 林友新
宋景慧 余岳溪 温智勇

序

电力试验研究是经济建设尤其是电力工业发展中一项不可或缺的事业。中外电力事业的发展，均离不开电力试验研究人员的智慧和辛勤工作。新中国成立后，尤其是改革开放以来，随着电力工业的发展，我国电力试验研究事业取得了长足的进步，电力试验研究队伍不断扩大，试验研究成果层出不穷，极大地推动了电力工业的快速发展。

目前我国各地区均拥有自己的电力试验研究机构，从事电力试验研究的工程技术人员超过10000人。这支队伍的文化层次也从解放初期的以中专、大专毕业生为主，提高到今天的以大学毕业生、硕士生和博士生为主。更重要的是，这是一群热爱自己的事业、勤于钻研、勇于实践的勤奋劳动者。前后几辈人相互学习，长期工作实践，积累了大量试验研究工作经验。这是他们用汗水、心血以至生命换来的、值得用文字记录并传之于后世的宝贵经验。

随着电力体制改革的不断深化，使电力试验研究事业进入了竞争激烈同时又是历史上最好的发展时期。电力试验研究同行们愿意把自己的经验无私地奉献给广大读者，就是为了促进我国电力试验研究事业的进步与飞跃，促进我国电力工业的发展与兴旺，进而促进我国国民经济的增长与繁荣。

本着各取所长、共同提高的初衷，我们经过长时间的准备，编辑出版《电力试验技术丛书》，相信它一定会给读者带来启发、思考和收益。

华北电力科学研究院有限责任公司总经理
中国电力企业联合会电力试验研究分会会长

2003年12月

前言

我国目前装机总容量为 3.5 亿 kW, 居世界第二。随着三峡电站机组的分批投入运行和西电东送工程的推进, 到 2010 年全国性的大电网将初步形成。全国性电力系统运行的动态品质、安全稳定和经济性的改善与提高成为电力科技工作者肩负的重要责任。

为了总结多年来我国电力试验的经验, 促进我国电力试验水平的提高, 中国电力企业联合会电力试验研究分会和中国电力出版社决定组织编写一套《电力试验技术丛书》, 以满足国内各电力试验研究院(所)、电厂、供用电企业、电力基建单位及大专院校、科研院所对专业技术书籍的迫切需要。

本系列丛书的内容主要是根据原国家电力公司电安生[1996]430号文《关于电力工业技术监督工作规定》的要求而确定的。该文中规定, “电力技术监督工作应以质量为中心、以标准为依据、以计量为手段, 建立质量、标准、计量三位一体的技术监督体系, 依靠科学进步, 采用和推广成熟、行之有效的新技术、新方法, 不断提高技术监督的专业水平”。因此, 本套丛书涵盖的内容应包括电能质量、金属、化学、绝缘、热工、电测、环保、继电保护、节能等, 并对设备的健康水平及其安全、经济运行方面的重要参数、性能与指标进行监督、审查、调整 and 评价。本丛书共分 15 册。

丛书具有科学性、实用性、先进性、权威性。作者在写作过程中树立了精品意识和创优信念。

特别感谢中国电力企业联合会电力试验研究分会, 全国三十二个试验研究院(所、技术中心)的领导, 我们的分册主编主要由这些单位的技术专家担任。

特别感谢中国电机工程学会在组织编写中给予的大力支持。

丛书主编

文伯瑜

丛书副主编

姜书华

2003 年 12 月 1 日

编 者 的 话

近几年,由于国民经济持续快速增长,出现了用电需求高速增长与电力供给的增长不协调的局面,从2002年开始,全国大部分地区出现了供电紧张的局面,也促使了电力投资的速度加快。随着电力工业的迅速发展与世界性能源危机的出现,电站锅炉越来越多,同时,由于锅炉的大型化以及煤种多变及供应出现的许多新问题,直接影响到电站锅炉的安全经济运行,为此积极开展电站锅炉的试验测试及节能诊断就更加重要。

影响大型电站锅炉安全经济运行因素错综复杂,涉及到电厂的设计、运行、检修维护等多个方面,包括炉内燃烧过程的优化调整,炉内的积灰、结渣、腐蚀、磨损问题,炉内温度场及空气动力场分布,制粉系统及重要辅机的安全经济运行技术,承压部件的应力分析和寿命评估等。

为了节能降耗,适应对环保排放日益严格的要求,提高燃烧过程的经济性和稳定性,都需要对锅炉燃烧过程进行专门测试以及试验研究,并对受热面管进行状态评估,以便发现问题,寻求解决措施和方法,提出合理的设计方案和较佳的运行方式,所以积极发展锅炉试验测试技术有着非常重要的意义。

参与本书的编写人员都是长期从事电站锅炉现场试验的工程技术人员,结合现场工作实践和试验工作经验,从理论到实践,对电站锅炉先进试验测试技术进行了比较全面的介绍,实用性较强,可以为从事电站锅炉试验测试的工程技术人员以及科研、设计、运行人员提供参考。

本书的特点:

(1) 本书除了介绍常规的试验测试技术外,对近年出现的新领域测试技术,结合我们的实践经验进行了介绍,如炉管内壁氧化膜无损检测技术、循环流化床锅炉试验测试技术、湿法烟气脱硫系统试验测试技术等。

(2) 本书突出介绍了电站锅炉的安全经济运行技术,如锅炉运行优化、制粉系统的运行优化、湿法烟气脱硫系统的运行优化等。

(3) 本书中部分内容是广东省电力科学研究院在近几年与相关单位合作开发的科研成果,在国内还很少有相关报道,如循环流化床锅炉优化运行、湿法烟气脱硫系统的运行优化、煤粉浓度在线测量装置与锅炉运行优化系统等。

(4) 在本书中对相关的试验标准进行了比较分析,结合作者现场工作经验,对如何灵活运用标准提出意见,并对试验不确定度进行详细的分析描述。

全书由廖宏楷及王力主编,具体执笔参加编写的人员有:廖宏楷及徐程宏编写第一章

第一~三节及第七章第一~三节和第五节,沈跃良编写第一章第四节、第二章第一~三节及第七章第四节,徐齐胜编写第二章第四~六节,宋景慧编写第三章,余岳溪编写第四章,林友新编写第五章,廖永进编写第六章,温智勇编写第七章第六节,崔振东参加全书修改工作。

中国南方电网公司国际合作公司副总经理杨华教授级高工对全书策划和审查提出了宝贵的意见,在此深表感谢!

本书得到了广东省电力科学研究院的江学荣副院长、何宏明副院长、马斌副总工程师的大力支持和指导,并提出了很多宝贵意见,特致深深谢意。同时,也感谢广东省粤电集团公司的领导以及所属电厂的工程技术人员的支持和帮助。对浙江大学热能工程研究所周昊教授和方梦祥教授、西安热工研究院马剑民教授级高工、德国技术合作公司(GTZ)约克·莫扎特罗先生和王晔经理及广东省电力科学研究院锅炉室同事等提供的资料和帮助在此一并致谢。

由于时间和水平有限,本书不妥及错误之处在所难免,敬请专家和读者批评指正。

编者

2007年5月

目 录

序

前言

编者的话

第一章 电站锅炉及其试验技术的发展 1

第一节 火力发电技术的发展 1

第二节 电站锅炉发展的概况 4

第三节 锅炉测试试验技术简述 7

第四节 锅炉测试的不确定度分析 12

第二章 电站锅炉本体试验及测试技术 24

第一节 简述 24

第二节 锅炉炉膛冷态空气动力场试验及测试技术 24

第三节 锅炉热态试验及测试技术 36

第四节 循环流化床锅炉的冷态试验 110

第五节 循环流化床锅炉的性能验收试验 116

第六节 循环流化床锅炉的燃烧优化试验 125

第三章 电站锅炉制粉系统试验及测量技术 134

第一节 简述 134

第二节 制粉系统调整试验及运行优化方法 134

第三节 制粉系统性能试验 157

第四节 制粉系统试验重要参数的测量方法 162

第四章 电站锅炉空气预热器及风机试验技术 169

第一节 锅炉空气预热器漏风试验技术 169

第二节 锅炉空气预热器性能试验技术 175

第三节 锅炉风机性能试验技术 177

第四节 锅炉烟风道阻力测试技术 183

第五章 锅炉四管剩余寿命及评价技术 187

第一节 锅炉炉管内壁氧化膜测量技术 187

第二节	锅炉高温承压部件寿命评估技术	197
第六章	电站锅炉烟气脱硫系统试验技术	218
第一节	简述	218
第二节	电站锅炉典型 FGD 系统简介	218
第三节	FGD 系统性能试验	221
第四节	主要试验项目测量技术介绍	231
第五节	FGD 系统性能试验实例分析	254
第六节	FGD 系统的运行优化及测试	268
第七章	综合测试技术的介绍	279
第一节	火力发电厂锅炉状态检修技术进展	279
第二节	机组(锅炉)在线能量管理系统介绍	281
第三节	煤粉浓度在线测量装置与锅炉运行优化系统	284
第四节	锅炉高温烟气温度测量技术	290
第五节	烟气脱硝测量技术	300
第六节	联合循环余热锅炉试验及测试技术	301
参考文献	.....	312
1.1	.....	章二第
1.2	.....	节一第
1.3	.....	节二第
1.4	.....	节三第
1.5	.....	节四第
1.6	.....	节五第
1.7	.....	节六第
1.8	.....	章三第
1.9	.....	节一第
1.10	.....	节二第
1.11	.....	节三第
1.12	.....	节四第
1.13	.....	章四第
1.14	.....	节一第
1.15	.....	节二第
1.16	.....	节三第
1.17	.....	节四第
1.18	.....	章五第
1.19	.....	节一第
1.20	.....	节二第

第一章

电站锅炉及其试验技术的发展

第一节 火力发电技术的发展

电力是现代人类文明社会的必需品,电力工业是一切工业发展的先锋和主要基础,而火力发电则是电力生产的主要组成部分。火力发电是指使用化石燃料,通过其燃烧释放出热能加热工质,再通过热力原动机驱动发电机发电的发电方式。锅炉通过吸收燃料燃烧释放的化学能量加热其受热面内部的净化水,产生一定压力和温度的蒸汽,用该蒸汽推动发电机的原动机——汽轮机,仅有一小部分是使用燃气动力的燃气轮机。目前,世界上多数国家电力生产都以火力发电为主,在我国电力工业的装机容量和发电量中,火电份额长期分别保持在70%和80%左右。截至2006年年底,中国总发电装机容量达到62200万kW,火电达48405万kW,约占总容量的77.82%。可见,锅炉在电力生产领域占着举足轻重的地位。

一、我国电力发展形势

人类文明史发展到19世纪70年代,科学技术促进生产力极大发展的划时代的成就之一就是电能的生产和日益广泛的应用。一个多世纪以来,电力技术的不断发展,电力生产及应用的日益增长,迅速改变了人类社会的生产面貌,也深深地影响了人们的生活方式。中国的火力发电起始于1882年在上海建立我国第一座发电厂,距1875年建立的世界第一个火力发电厂法国巴黎北火车站电厂仅晚了七年。但由于当时处于半封建半殖民地社会和战争动乱年代,我国电力工业发展缓慢,远远落后于一些工业发达国家,到建国初期,我国的火电装机容量仅有1685MW,占水、火电总装机容量1850MW的91.2%。新中国成立后,电力工业得到迅速发展,至1980年,水、火电总装机容量达到65869MW,火电装机容量为45551MW,占总装机容量的69.2%,平均供电标准煤耗率为448g/(kW·h)。从20世纪80年代开始,我国火力发电以更高速度发展,自制的300MW和600MW机组已批量生产,成为发展火力发电容量的主要机组。而且目前60万、90万kW超临界和超超临界机组已经投产发电,国产百万千瓦级超超临界机组也即将投产。

在世界各国电力科学技术发展和管理体制变革的同时,我国电力工业在20世纪90年代取得了突飞猛进的发展。从1996年起,全国电力供需进入了暂时平衡期,结束了持续20多年全国性缺电的局面,基本上适应了国民经济发展和人民生活水平提高对电力的需

求。1995年,全国年发电量超过10000亿kW·h;1999年,全国电力装机容量达到2.98亿kW,年发电量超过12331亿kW·h;2000年4月,我国电力装机容量超过了3亿kW,全年发电量19107.6亿kW·h。从1996年开始,我国发电装机容量和年发电量就居世界第二位。

即使如此,受国民经济持续快速增长的拉动,出现了用电需求高速增长与电力供给的增长不协调的局面,我国电力供应从2002年开始就出现了紧张局面,电力生产与消费快速增长,2003年的用电量超过18900亿kW·h,而当年全国累计发电量19080亿kW·h,用电量和发电量的增长率都达到了创纪录的15%以上;2004年,全国发电量突破21870亿kW·h,同比增长14.8%,全国用电量21735亿kW·h,同比增长14.9%,用电需求量一直以高于GDP增长4~6个百分点的速度迅速增长。2004年,我国电力供需形势是自20世纪90年代以来最为严峻的一年,全国先后有27个省份出现拉闸限电,迎峰度夏期间全国最大电力缺口超过3000万kW,促使加快电力投资的速度。2004年,国家批准新开工电站项目规模4000万kW,至当年底,全国发电装机容量4.4070亿kW,全年发电量21870亿kW·h,同比增长14.8%。2005年,全国发电装机容量5.1718亿kW,全年发电量24747亿kW·h,比上年增长12.3%。2006年更达到了6.22亿kW,年发电量28344亿kW·h,同比增长13.49%。我国初步缓解了电力紧张的局面,由全面缺电过渡到局部区域、季节性的缺电。据预测,2010年,全国的用电量将达到3.64万亿kW·h,2020年全社会用电量达到42000亿kW·h左右,装机9亿kW以上,2003~2010年,全社会用电量年均增长速度为6.6%~7.0%,2011~2020年,年均增长速度为4.5%~5.5%。

我国当今的电力工业正在努力实施可持续发展战略,大力调整电力能源结构,努力提高素质,降低单位能耗切实依靠科学技术进步,实现产业升级。正在积极引入竞争机制,不断深化改革,把充满生机和活力的电力工业引向21世纪。

二、火力发电发展的概况

目前,火力发电在我国的能源结构中占着主导地位,经历了百余年的进步发展,火力发电已与往昔大不相同,其发展过程可分为蒸汽机时期、汽轮机时期和20世纪70年代以后的革新时期。

1. 蒸汽机时期
蒸汽动力的应用早在17世纪已经开始,18世纪后期,英国人瓦特改进蒸汽机,19世纪进入蒸汽机应用和发展时期。随着早期发电机和电弧灯、白炽灯的发明,1875年开始的火力发电原动机只能选择早已成熟的蒸汽机。随着电动机和生活用电的发展,电力负荷增长,蒸汽机的单机容量逐渐增大。然而,蒸汽机的缺点是蒸汽参数不能太高,温度不能超过润滑油的闪点,而且转速有限,妨碍了其功率和效率的进一步提高。

2. 汽轮机时期

20世纪迎来汽轮机发电的飞速发展时期,发展的标志是单机容量的增大和蒸汽参数的提高。单机最大容量从1904年时的10MW到1973年的1000MW,目前世界最大的机组是1300MW。在单机容量增大的同时,蒸汽参数也相应提高,机组平均使用的主蒸汽

压力和温度从 20 世纪初的 $0.8 \sim 1.0 \text{ MPa}$ 、 $250 \sim 370^\circ\text{C}$ ，到 50 年代跃升为 $8 \sim 14 \text{ MPa}$ 、 $500 \sim 538^\circ\text{C}$ ，以及亚临界压力（ $\sim 17 \text{ MPa}$ ）和超临界压力（ $\sim 24 \text{ MPa}$ ）、 $538 \sim 566^\circ\text{C}$ ，并采用一次甚至二次中间再热。随着单机容量和蒸汽参数的提高，机组的热效率也逐步提高。

3. 火力发电革新时期

20 世纪 70 年代以后，火力发电进入了一个新时期，这个时期单机容量不仅没有增长，蒸汽参数也没有继续提高，但由于环保问题日益受到重视以及燃料供应日益紧张，迫使人们努力探索机组节能环保的新途径。

提高机组热效率是火力发电坚持的目标之一，从改进发电设备的设计和工艺着手、提高安装和检修质量、改善运行工况等方面入手，取得了明显效果。同样是亚临界压力机组，现在机组的热效率比早先的相对提高了 2% 以上，机组的运行可靠性和灵活性也大为改观。蒸汽参数经过了一段踏步不前的时期后，一些厂家进行了超超临界压力机组的开发，使机组热效率有较大的提高。

随着燃煤机组容量的增大，燃烧过程中排放的粉尘、灰渣和烟气对环境的影响越来越严重。静电除尘器和布袋除尘器的开发，使粉尘问题得到基本解决。近二三十年来，世界上为解决锅炉燃烧生成的二氧化硫和氮氧化物的污染问题做了大量研究开发工作，并取得很大进展。几种烟气脱硫方法在锅炉上得到很好地应用，选择性催化还原法以及低氮氧化物燃烧器等的应用使锅炉氮氧化物排放得以控制。

三、火力发电技术新趋势

随着现代科学技术的发展，火力发电技术也出现很大的发展和变化，主要有如下几个方面：

(1) 大容量高参数的机组得到快速的发展。蒸汽动力设备的经济性主要取决于发电机组的单机容量及其蒸汽参数的高低，由于发电机组设计和制造技术的不断提高，新的高温金属材料的成熟和应用使燃煤机组的净效率逐步提高，达到目前的 45% 左右（以低位发热量为基准），而机组的可用率则基本保持在同一水平上。

(2) 洁净煤发电技术的开发和应用正在加快。对于燃煤锅炉来讲，环境问题日益得到重视，科技发展为治理排放污染积累了丰富的经验，而且在经济力量已有雄厚基础的前提下，政府制订了越来越严格的环保法规，发电厂越来越多地应用低 NO_x 燃烧系统、脱硫装置和脱硝装置，同时开发了大容量的循环流化床锅炉、增压流化床锅炉和整体煤气化联合循环发电技术等，这些都明显降低了火电厂污染物的排放，而且提高了机组效率。

(3) 燃气轮机和联合循环发电技术得到飞快发展，燃气温度、单机容量和热效率大幅度提高。由于燃气轮机和联合循环发电技术具有效率高、污染排放物少、建设周期短以及负荷调节容易等优点，所以其在整个发电行业的比重不断增加。

(4) 火电厂的自动化技术发展迅速，已经成为现代发电厂的一个标志。随着电厂容量的增大，这对机组运行可靠性和经济性提出了更高的要求，而计算机技术和网络化技术的发展使大型电厂得以逐步实现机组较高级的自动控制。现代火力发电厂已普遍采用计算机对锅炉、汽轮机、发电机运行实行监控，并利用数字技术或模拟技术实现机炉协调控制、

锅炉调节控制、炉膛安全监控、汽轮机自启停控制、主汽旁路控制以及许多辅机的顺序控制和就地控制。

(5) 热电联产技术受到充分重视。除区域性热电厂外,利用天然气及其他能源的分散型热、电、冷三联供装置正在得到发展,使能量的转换在用户附近实现,从而提高电厂的可靠性和经济性。

(6) 在运行管理上发展了寿命管理技术,并将以时间为基准的定期计划检修发展为以设备状况为基准的状态检修,从而提高了机组可用率,降低发电成本。信息技术的发展和电厂竞价上网的要求,推动了电厂监控信息系统和管理专家系统的开发,使电厂的管理水平达到新的台阶。

第二节 电站锅炉发展的概况

一、电站锅炉发展的历程

电站锅炉是火力发电最重要的设备之一,社会生产力的发展加速了全社会对电力的总需求,同时也对电站锅炉提出了新的、更高的要求。

20世纪以前世界各国制造的锅炉的容量都很小,蒸汽压力很低,一般容量都小于3t/h,压力小于1.47MPa(15at),温度低于300℃。

20世纪初,电站锅炉主要是发展链条炉排的分联箱直水管锅炉,由于燃烧方式、冶金水平以及设计上的局限,使锅炉容量受到限制,一般为30t/h,压力为3.92MPa(40at),过热蒸汽温度低于420℃。

从20世纪20年代中叶开始,煤粉炉得到很大发展,使得电站锅炉参数和容量有了很大的提高,到了40年代末,电站锅炉容量达到400t/h,蒸汽压力达到6.27~12.25MPa(64~125at),过热蒸汽温度达到500~520℃。

二十世纪五六十年代,电站锅炉发展迅速,锅炉的容量和蒸汽参数提高得很快,苏联、联邦德国、美国在试验性超临界压力锅炉上选用的压力高达29.4MPa(300at)以上,蒸汽温度达650℃。此后,为了降低奥氏体钢的用量和提高机组的可靠性,亚临界级蒸汽参数在汽轮机入口处压力稳定在16.2MPa(165at)左右,超临界级蒸汽参数在汽轮机入口处压力稳定在24MPa(245at),汽轮机入口温度也从600℃降低到540~565℃,而锅炉的容量则从20世纪50年代的400t/h(125MW)提高到60年代末的2000t/h(600MW)。

为了提高电站锅炉的热效率,早在20世纪20年代曾出现过中间再热机组,到50年代已普遍采用一次再热机组,甚至采用二次再热机组,但因为二次再热机组的管道布置和启动系统均较为复杂,到60年代末都已不再采用。

到了20世纪70年代,由于受到能源危机和火电厂负荷性质改变的冲击,不少国家采取了减少石油消耗和进口的措施,停建新的燃油机组。然而,燃煤机组重新得到发展,锅炉容量发展趋于停顿,蒸汽参数趋于稳定,亚临界压力汽包炉重新获得优势。

近几年来,随着电力负荷需求的急剧增长和金属材料、制造工艺的日趋完善,大容量电站锅炉出现大量的超临界直流锅炉,加上政府对环境保护的日益重视,燃烧器和燃烧方

式也得到了很大发展,对锅炉污染物排放也得到较好地控制。

总的来说,在建国后,我国电站锅炉的发展势头非常迅猛,从1955年制造了我国第一台40t/h电站锅炉起,到2000年自行设计、制造600MW亚临界锅炉以及目前正在广泛制造的600MW超临界锅炉止,锅炉参数经历了从中温中压、高温高压到超高压、亚临界和超临界,蒸汽从一次过热到二次过热,水循环从自然循环、控制循环到直流锅炉的发展过程,赶上了世界先进水平,而完成这个过程,仅仅用了不到50年的时间。

目前,我国电力技术人员致力于提高蒸汽初参数,使电厂效率提高,供电煤耗下降。从蒸汽参数为3.82MPa、450℃,提高到18.24MPa、541℃,而石洞口二厂超临界锅炉蒸汽参数的25.3MPa、541/569℃,其汽轮机保证热耗为7645kJ/(kW·h),供电煤耗为298g/(kW·h)。

二、电站锅炉发展的趋势及重点领域

对于我国电站锅炉的发展趋势,总的来说有两大方向:一是节能高效,二是低污染排放。没有高效率,就影响经济利益;不降低污染排放,就会给环境带来危害,难以走持续发展的道路。目前,我国供电煤耗比国际先进水平高出70~80g/(kW·h),因此,提高火电厂的机组效率、降低煤耗仍是我们面临的一项紧迫任务。另外,随着世界环保要求的日趋提高,我国政府对火电厂大气污染排放标准要求越来越严格,这也是摆在电力工作者面前的一个重要课题。

对于我国电站锅炉发展的趋势方向及重点领域,可从如下几个方面进行分析。

(一) 发展高参数大容量锅炉机组

提高锅炉的蒸汽压力和温度是提高热电转换效率的有效方法。一套相同容量的超临界压力(24.12MPa)机组比亚临界压力(18.14MPa)机组的供电效率高1.5%~2.0%,发展超临界锅炉势在必行。

机组向大容量发展对降低厂用电率,提高供电效率是非常有效的。

美国1953年就开始运转超临界压力锅炉,到1957年,蒸汽参数达到31MPa、621/566/538℃,容量为125MW。苏联从1960年开始研制超临界压力锅炉,1963年第一台300MW超临界压力锅炉投运,1971年800MW超临界压力锅炉投运。

由于超临界机组具有煤耗低、调峰性能好、排放的污染物也相对减少等优点,世界上许多先进国家都已经广泛使用,其发电量已经占火力发电的40%~60%。我国第一台引进国外技术的600MW超临界机组于1992年投产,从苏联进口的300MW和500MW超临界机组也先后于1994、1995年投运,已投产的600MW超临界机组可用率甚至优于进口的亚临界600MW机组。我国目前也在自行开发制造600MW超临界压力锅炉,在今后一段时间里,它将成为我国上马的大型机组的主力型式。

当前,超临界技术的发展趋势是:

(1) 提高能源转换效率、降低煤耗,减少对大气的污染排放,将机组容量和蒸汽参数进一步提高。

(2) 开发燃煤滑压运行与带中间负荷机组。由于电网容量不断扩大,要求机组运行灵活,新建机组大部分是按滑压与带中间负荷设计的,这种机组在低负荷时效率下降不大,