



引进大型燃煤锅炉学术会议

论文集



中国电机工程学会火力发电学会锅炉专业委员会

辽宁省电机工程学会

1993·3

引进大型燃煤锅炉学术会议

论文集

中国电机工程学会火力发电学会锅炉专业委员会

辽宁省电机工程学会

1993 · 8

引进大型燃煤锅炉学术会议

论文集

中国电机工程学会火力发电学会锅炉专业委员会编

编 辑:高汉襄 肖文泽

印 刷:电力部西安热工研究所印刷厂

1993年8月第一次印刷

(内部发行)

中国电机工程学会火力发电分会

第二届锅炉专业委员会

主任委员:高汉襄

副主任委员:宋光裕 林宗虎 江哲生 刘家钰

学术秘书:贾德仁 肖文泽

委员:高汉襄 宋光裕 林宗虎 江哲生 刘家钰 许传凯

刘 俭 许方洁 杨瑞昌 李松生 黄其励 潘志云

张 丹 江之揆 乐长义 陈家玠 郭其鹏 倪德斌

许德与 陈先华 王佐才 陈历发



华能大连电厂、华能福州电厂、华能南通电厂、东方锅炉厂、上海锅炉厂、东北电业管理局、西安热工研究所对本次学术会议的大力支持!

中国电机工程学会 火力发电学会锅炉专业委员会
辽宁省电机工程学会

1993. 8

前 言

改革开放以来,我国电力工业的发展取得了举世瞩目的成就,在发电量和装机容量于1987年跃居世界第四位后,始终保持高速增长的势头。尤其近5年来新增装机容量达6000万千瓦,这相当于改革开放前30年装机容量的总和。至92年底,全国装机容量已达1.65亿千瓦,其中火电机组为1.22亿千瓦,而单机容量20万千瓦及以上的机组占火电总装机容量的42%,最大单机容量为60万千瓦。现已有数台60万千瓦机组投入运行,其中两台超临界参数60万千瓦机组,以结构设计新颖、自动化控制程度高和良好的运行经济性为国内火电行业所瞩目。表明我国火力发电工业已真正地进入高参数、大容量的发展阶段。

伴随着改革开放,对外进行技术交流,引进国外先进设备和技术日益增多,尤其大型火力发电设备及其技术的引进更为突出。至今,对世界先进工业发达国家制造的发电机组,我国均有引进,同时以引进技术国内制造的30万、60万千瓦机组也已批量投入运行,这些设备已构成我国30万千瓦及以上容量机组的绝大多数。所配的锅炉几乎囊括了当今世界所有大的有代表性的制造厂家的特有技术,其设计特点、技术流派众显纷呈。为我国电力工业技术水平的提高起到了显著的促进作用,同时也为我们吸收国外先进技术,不断地降低全国平均供电煤耗提供了良好的条件。当然,在引进国外设备的过程中,有许多成功的经验,也存在一些不足和失误。因此,总结交流其经验,消除失误,去其不足十分必要。为此目的,我们发起召开一次进口大型燃煤锅炉学术会议,以促进我国消化吸收国外先进技术和引进发电机组的工作能更富有成效地进行。

在征文通知发出后,得到国内众多的电厂、设计院、试验研究单位和大专院校的支持和踊跃投稿。来稿几乎覆盖了国内已投产和在建的300MW及以上容量的进口锅炉。文章的内容包括引进锅炉概况综述;典型设备技术特点分析;调试运行经验;试验研究成果以及设备改进和相关专题介绍等。经组织专家对来稿进行认真评审后,推荐选用其中40篇,编印成文集。以此文集惠友于国内同仁,同时对支持学会工作,帮助此次会议顺利召开的各兄弟单位和同仁们表示衷心的感谢。

因受条件和水平所限,文集的编辑付印未能尽善尽美,失误和不足在所难免,敬请各位专家、学者、同仁指正。

中国电机工程学会 火电学会锅炉专委会
辽宁省电机工程学会
一九九三年八月

目 录

综 述

1. 国内大型煤粉锅炉的现状 高汉襄(1)
2. 现有大型火电机组锅炉设备及运行情况 郑泽民(8)
3. 我国进口火电机组的运行概况 贾德仁(21)

几种引进锅炉设备特点介绍

4. 引进 600MW 超临界压力直流锅炉设计特点和试运行实绩 乐长义(38)
5. 北仑港电厂一号机组 2008t/h 控制循环锅炉简介 王智雄(58)
6. 沙角 B 电厂锅炉设备概况 许德与(74)
7. 华能珞璜电厂引进 1009.3t/h 亚临界锅炉的特点 李宗荣 李国华(78)
8. 美国福斯特维勒(FOSTER WHEELER)1160t/h 汽包锅炉的燃烧系统
及 MBF 磨煤机 林锁荣 石云峰 刘少波(85)
9. 蒲城发电厂罗马尼亚制造的亚临界直流锅炉简介 郭其鹏(92)
10. 华能南通电厂引进锅炉特点分析 蒯狄正(106)
11. 华能南京电厂超临界压力锅炉的设计特点 张永福 许洪良(114)

调 试 运 行 经 验

12. 元宝山电厂 600MW 机组锅炉燃烧调整试验 张永兴(119)
13. 北仑港电厂 60 万千瓦机组一号锅炉整组启动调试 张春极(127)
14. 三菱—CE 1150t/h CCRR 型燃煤锅炉的设计特点和运行经验 陈朝晖(140)
15. 三菱 1150t/h 锅炉燃烧设备的调试及运行 张永祥(151)
16. 江油发电厂 1004t/h 锅炉性能考核试验方法及锅炉特性 郑 泓(165)
17. 山东电网 300MW 锅炉机组的运行实践 徐 麟(178)
18. 引进“W”火焰锅炉的运行 雷继尧(202)

19. 宝钢电厂引进锅炉的故障剖析 曹助雄(214)
20. 姚孟电厂三、四号炉的特点和运行情况 陈树义 宋和平(223)

试 验 研 究

21. 两相工质在直流锅炉中间集箱内的分配特性研究 林宗虎 车得福 肖关跃(234)
22. Babcock 双调风旋流燃烧器的 NO_x 排放特性 刘振琪 毕玉森(241)
23. MPS、RP、E 型中速磨煤机出力计算方法的试验研究 张安国(254)
24. 中速磨煤机出力计算及选型 CAD 贾鸿祥(269)
25. 元宝山 600MW 锅炉燃烧器流动特性的模化试验研究 李振中(279)
26. 贫煤高浓度煤粉燃烧试验成果与应用 陈家玠(287)
27. 电站锅炉性能考核试验 杨 恂(295)

设备改进及专题介绍

28. 我国无烟煤燃烧技术的现状及展望 贾朝群(301)
29. 对提高国产 UP 型直流锅炉运行可靠性探讨 吴本丰(309)
30. 国产引进型 1025t/h 锅炉过热、再热器结构特点及运行性能 王振文(319)
31. 上海吴泾热电厂 1025t/h 锅炉煤粉燃烧器及同心反切燃烧系统
..... 吴生来 张林 朱才广 葛友康 忻泉涌 谢幼路 麦春生(326)
32. 摆动式煤粉燃烧器热态摆动的要点 张雅蔚(335)
33. 冷一次风机系统的设计及应用 忻瑶琴(338)
34. 取消苏制 670t/h 锅炉主汽环管经常疏水的探讨 李志旺(347)
35. 吹灰器吹损受热面爆管原因及消除对策 于景富(356)
36. 我国首次引进 $2 \times 600\text{MW}$ 超临界锅炉压力容器的安全性能监督检验
..... 钮家鳌 沈家民(365)
37. 华能福州电厂锅炉受热面防磨设计特点 刘文华 陈振声(371)
38. MPS 磨煤机特点及运行性能 王龙发(376)
39. 发挥模拟培训装置在提高大机组安全经济运行中的作用 陈钟英 刘玉铭(381)
40. 双调风燃烧器调试与分析 胡焱昌(386)

国内大型煤粉锅炉的现状

电力工业部西安热工研究所 高汉襄

摘 要

介绍国内目前 300MW 及以上容量的大型煤粉炉的现状,并提出几点看法。

到 1992 年年底全国发电设备装机容量已达 1.65 亿千瓦,其中火电为 1.22 亿千瓦,占总装机容量的 74%,单机容量 200MW 及以上的火电机组占火电装机容量的 42%,表 1 为 300MW 及以上燃煤锅炉的台数。

表 1 1992 年年底以前 300MW 及以上燃煤机组锅炉的台数

台 分 数 类 容量 MW	国内设计制造			CE 技术	北京— 巴·威	进口设备	总台数 台	总容量 MW
	早期 双炉膛 UP	改进型 单炉膛 UP	优化设计					
300	8	7	8	6	1	4	34	10200
320						2	2	640
330						2	2	660
350						12	12	4200
360						2	2	720
362						2	2	724
500						2	2	100
600				2		4*	6	3600
共 计							62	20,844

* 其中二台超临界参数

从表中可以看出 300MW 锅炉为 34 台,320—362MW 锅炉为 20 台,500MW 锅炉为 2 台,600MW 锅炉为 4 台(其中 2 台为超临界参数)。因此 300MW 锅炉的台数和总容量均占一半,除 300MW 锅炉外,其它容量的锅炉中除 2 台 600MW 锅炉为哈锅按 CE 技术制造外,其它均是进口设备,而以 350MW 锅炉的数量最多。

表 2 为 1992 年年底以前投产的 300MW 及以上燃煤机组锅炉设备简况。

表 2 1992 年年底以前 300MW 及以上燃煤锅炉设备简况

容量	分类	电厂	台数	制造厂	型 号	设备特点	煤种	制粉系统
300 MW	自行 设计 UP 锅 炉	姚孟	1	上海	SG935/16.7 570/570	UP 直流炉、双炉膛 直流燃烧器、切圆燃 烧、风罩回转式空气 预热器	烟煤	中储制、热风送 粉。DZM380/ 600 钢球磨四台
		姚孟	1	上海	SG1000-16.7 555/555	同上	烟煤	同上
		溧水	4	上海	同上	同上	烟煤	同上
		洛河	2	上海	同上	同上	烟煤	同上
		石洞口	4	上海	SG1025-16.7 540/540	UP 直流炉、单炉膛 直流燃烧器、切圆燃 烧、三分仓容克式空 气预热器(受热面转 动)	贫煤	中储制、热风送 粉。DZM350/ 600 钢球磨四台
		黄浦	2	上海	同上	同上	烟煤	同上
		望亭	1	上海	同上	同上	烟煤	直吹制,ZGM 中 速磨五台
300 MW	引 进 CE 技 术	石横	2	上海	SG1025-18.24 540/540	控制循环,直流燃烧 器,切圆燃烧,容克 式三分仓空气预热 器	烟煤	直吹制,RP923 中速磨五台
		汉川	2	上海	同上	控制循环,CE 浓淡 燃烧器,切圆燃烧, 容克式三分仓空气 预热器	贫烟	中储制,热风送 粉。DTM350/ 600 钢球磨四台
		吴泾	1	上海	同上	控制循环,CE 浓淡 燃烧器,同心反切圆 燃烧,容克式三分仓 空气预热器	烟煤	直吹制,RPB- 863 中速磨五台
		黄台	1	哈尔滨	HG1021-18.24 540/540	控制循环,CE 浓淡 燃烧器,切圆燃烧	烟煤	直吹制,RP863 中速磨五台

续表 2

容量	分类	电厂	台数	制造厂	型 号	设备特点	煤种	制粉系统
300 MW	优化设计自然循环锅炉	邹县	4	东方	DG1000-16.7 550/550	自然循环汽包炉, 直流燃烧器, 切圆燃烧, 容克式空气预热器	烟煤	中储制, 热风送粉, DTM350/700 钢球磨四台
		沙岭子	1	东方	DG1025/17.36-2 540/540	自然循环, 直流燃烧器, 切圆燃烧, 三分仓受热面回转空气预热器	烟煤	直吹制, RP783 中速磨六台
		华鲁	2	哈尔滨	HG1025-18.3 540/540	自然循环, CE 浓淡燃烧器, 切圆燃烧, 三分仓受热面回转空气预热器	贫煤	中储制, 热风送粉, DTM350/600 钢球磨四台
		渭河	1	上海	HG1025/16.7M315 540/540	自然循环, CE 浓淡燃烧器, 切圆燃烧, 三分仓受热面回转空气预热器	贫煤	中储制, 热风送粉, DTM350/600 钢球磨四台
300 MW	北京—巴·威生产	大坝	1	北京—巴·威	985-17.1 540/540	自然循环汽包炉, 旋流燃烧器, 前后墙布置, 三分仓受热面回转空气预热器	烟煤	MPS-190 中速磨五台
300 MW	进口设备	元宝山	1	Sulzer	921/826.6-18.5 540/540	低倍率循环(国外也称复合循环), 半塔式布置, 直流燃烧器, 风罩转动空气预热器	褐煤	直吹制, S45.50 风磨磨六台
		姚孟	2	比利时考克利尔	924-18.4 543/543	直流炉, 盘管水冷壁, 直流燃烧器, 切圆燃烧, 三分仓风罩回转空气预热器	烟煤	RP903 中速磨五台
		黄台	1	日本三菱	1025-16.8 541/541	控制循环, PM 燃烧器, 三分仓受热面回转空气预热器	烟煤	RP863 中速磨五台
320 MW	进口设备	大港二厂	2	意大利	1110-17.4 540/540	控制循环, 直流燃烧器, 切圆燃烧, 三分仓受热面回转空气预热器	烟煤	直吹式, 双进双出钢球磨四台
330 MW	进口设备	江油	2	法国 Stein	1004-17.26 543/543	控制循环, 直流燃烧器, 切圆燃烧, 三分仓受热面回转式空气预热器	烟煤(多灰份)	中储制, 开式系统, BB14384 钢球磨四台

续表 2

容量	分类	电厂	台数	制造厂	型 号	设备特点	煤种	制粉系统
350 MW	进口 设备	宝钢	2	日本 三菱	1160—17.25 541/541	控制循环,直流燃烧 器,切圆燃烧,受热 面回转式空气预热 器	烟煤 可混烧 高炉煤 气,焦 炉煤气	直吹制, RP783 中速磨五台
		福州	2	日本 三菱	三菱—CE CCRR 型 1150—17.25 541/541	控制循环, PM 燃烧 器, 受热面回转三分 仓空气预热器	烟煤	RP903 中速磨 五台
		大连	2	日本 三菱	同上	同上	烟煤	同上
		沙角 B	2	日本 石川岛	1H1—FW 1070—17.6 541/541	自然循环, 双调风旋 流燃烧器, 前后墙布 置, 风罩回转空气预 热器	烟煤	1H1—FW, MBF —22.5 中速磨 五台
		南通	2	加拿大 B&W	1190—19. 540.6/539	自然循环, 双调风旋 流燃烧器, 前后墙布 置, 风罩回转三分仓 空气预热器	烟煤	MPS89N 中速磨 四台
		上安	2	加拿大 B&W	1190—17.95 540/539	自然循环, W 火焰, 风罩转空气预热器	75%贫 煤+ 25%无 烟煤	MPS89K 中速磨 四台
360 MW	进口 设备	珞璜	2	法国 Stein	1099—18.4 541/540	控制循环, W 火焰, 三分仓受热面回转 空气预热器	无烟煤	中储制, 热风送 粉, BBT ₁₀ B ₁ 钢 球磨二台
362 MW	进口 设备	岳阳	2	英国 B&W	1160—17.5 543/541	自然循环, W 火焰, 三分仓风罩回转式 空气预热器	无烟煤 + 贫煤 1:1	直吹制, 双进双 出钢球磨四台
500MW	进口 设备	神头	2	捷克	1650—17.5 540/540	低倍率循环, 塔式布 置, 旋流燃烧器, 前 后墙布置, 四分仓回 转式空气预热器	烟煤	直吹制, MPS245 中速磨六台
500MW	引进 CE 技术	平圩	2	哈尔滨	HG2008 18.24—M 540/540	控制循环, 直流燃烧 器, 切圆燃烧, 三分 仓受热面回转式空 气预热器	烟煤	直 吹 制, RPB1003 中速 磨六台

续表 2

容量	分类	电厂	台数	制造厂	型 号	设 备 特 点	煤种	制粉系统
600 MW	进 口 设 备	元宝山	1	德国 Steinmüller	1841—18.6 545/545	本生直流炉,塔式布置,直流燃烧器,切圆燃烧,受热面迴转空气预热器	褐煤	直吹制, S70.45 风磨磨八台
		北仑港	1	美国 C-E	2008—18.2 540/540	控制循环,直流燃烧器,切圆燃烧,三分仓受热面迴转式空气预热器	烟煤	直吹制, HP 中 速磨六台
		石洞口二厂	2	美国 CE—Sulzer	1900—25.3 541/566	超临界螺旋管圈直流炉,直流燃烧器,切圆燃烧,三分仓受热面迴转式空气预热器	烟煤	直吹制, HP 中 速磨六台

从表 2 中可以看出:

1. 蒸汽参数

1) 两台进口的 600MW 一次中间再热超临界参数锅炉,过热器出口压力为 25.3MPa,过热汽温/再热汽温为 541/566℃。

2) 其它锅炉均为一次中间再热亚临界参数,过热器出口压力为 16.7—18.5MPa,过热汽温/再热汽温无论国产设备或进口设备基本上均为 540/540℃,虽然上锅早期生产的 UP 炉,采用过 570/570,但后来生产的 UP 炉也都采用 540/540℃。

2. 燃烧方式

1) 采用直流燃烧器、四角布置、切圆燃烧的锅炉共 49 台,占所统计的 62 台锅炉的 79%,其中 38 台所用煤种为烟煤,9 台为贫煤,2 台为褐煤。

2) 采用旋流燃烧器、前后墙布置燃烧方式的锅炉共 7 台,其中 6 台为进口设备,1 台为北京一巴·威生产,所用煤种均为烟煤。

3) 采用 W 火焰燃烧方式的锅炉共 6 台,全部为进口设备,所用煤种为无烟煤或无烟煤加贫煤。

上述三种燃烧方式中,虽然采用直流燃烧器、四角布置、切圆燃烧的锅炉,在 62 台锅炉中占 79%;采用旋流燃烧器,前后墙布置燃烧方式的锅炉只有 7 台,仅占 11%,但在大型锅炉中并不能说明在燃烧性能方面,前者就占有绝对的优势,从性能考核试验的结果来看,两者是相当的,对煤质相近的烟煤,未完全燃烧碳损失均可达到 0.5—1%,两者都已采用分级送风的低 NO_x 燃烧器,近几年来直流燃烧器采用了浓淡燃烧的措施,对进一步降低 NO_x 的生成和低负荷稳燃会有好处,但采用旋流燃烧器的沙角 B 电厂低负荷的燃烧性能也很好,不投油的最低稳燃负荷为 MCR 的 25%。但四角切圆燃烧方式普遍存在炉膛出口烟温及气流偏斜,影响到过热汽温、再热汽温的左右侧的偏差,近年虽有的锅炉采取了正、反切圆的措施,但问题仍存在。上述两种燃烧方式在国外完全受有关制造厂传统技术的影响,如美国的燃烧工程公司(CE)及在技术上与它有关的公司,如日本的三菱、法国的 Stein,我国按 CE 技术制造的 300MW、600MW

机组的锅炉,均为直流燃烧器切圆燃烧。而美国的 B&W 公司、FW 公司及在技术上与它有关的公司,如日本的日立、石川岛、我国的北京·巴·威、加拿大 P&W 等生产的锅炉,即为旋流燃烧器,在大型锅炉上均为前后墙布置。这两种燃烧方式已并存了几十年,这就说明没有那一种方式是占绝对的优势,而且也都在不断的发展。

对烧无烟煤,美国的 CE、B&W 和 FW 以及在技术上与它们有关的公司,均采用 W 型火焰,根据我国从英国 B&W、加拿大 B&W、法国的 Stein 公司进口的烧无烟煤或无烟煤与贫煤混烧的锅炉均采用 W 型火焰。虽然这种燃烧方式并非是一项新技术,早年我国也有过烧无烟煤的 U 型火焰的锅炉,当时并没有显示出特殊的优越性,但从上述进口的几台 W 型火焰锅炉的实际情况来看,优于国内按无烟煤设计的直流燃烧器切圆燃烧方式的锅炉,未完全燃烧碳损失为 1.1~1.8%,不用油助燃的低负荷为 MCR 的 40~50%。

3. 制粉系统

1) 采用直吹制的锅炉共 35 台,占所统计的 62 台炉的 56%,其中用中速磨的锅炉为 29 台,占直吹制的 83%;用双进双出钢球磨的锅炉为 4 台,用风扇磨的锅炉为 2 台。

2) 采用中储制的锅炉 27 台,占所统计的 62 台炉的 44%,其中 25 台为热风送粉,占中储制的 93%,2 台为开式系统,没有采用乏气送粉的,磨煤机均为钢球磨。

采用直吹制的锅炉均为进口设备和按 CE 技术制造的设备,直吹制系统中磨煤机以中速磨为主,风扇磨完全用于褐煤。

采用中储制的锅炉,除江油电厂是进口法国 Stein 公司的烧多灰份烟煤及珞璜电厂进口法国 Stein 公司烧无烟煤的锅炉外,其余均为烧贫煤、烟煤的国内设备。

4. 空气预热器

全部采用回转式空气预热器,其中采用三分仓受热面回转的容克式空气预热器的锅炉为 45 台,占所统计的 62 台炉的 73%,采用风罩回转的诺特缪勒式空气预热器的锅炉为 17 台。

从进口设备来看,这两种空气预热器的漏风率没有差别,但国产的风罩回转的空气预热器漏风率远大于受热面回转式空气预热器。

由于大型锅炉设计的排烟温度一般为 $\sim 130^{\circ}\text{C}$,即使是进口设备,其冷端受热面亦存在堵灰问题,如沙角 B 厂的。

5. 循环方式

1) 采用自然循环的锅炉为 17 台,占 62 台炉的 27%;

2) 控制循环的为 22 台,占 36%;

3) 低倍率循环的为 3 台,占 5%;

4) 直流炉为 20 台,占 32%(其中 UP 炉 15 台,占 24%)。

上述循环方式几乎包括了当今大型电站锅炉的所有的循环方式,从目前国内的实际运行情况来看,除 300MW 的 UP 炉存在某些问题外,其它循环方式均是可靠的。

6. 调温方式

调温方式虽受到各制造厂家传统技术的影响,但对过热汽温的调节均采用喷水减温。在 50~100%的负荷范围均能达到额定值。但引进 CE 技术制造的 300MW、600MW 机组,只有一级减温器,对汽温调节的滞后性较大。对再热汽温的调节,CE 是采用燃烧器摆动,必要时辅以喷水,B&W、FW 是采用烟气挡板,必要时辅以喷水,由于再热汽温采用喷水调节后,会降低机组循环热效率,因此这种喷水也称事故喷水。从实际运行来看,对汽温的调节,也还存在一定的

问题,主要是调节机构(包括火咀转动及烟气挡板调节机构)易卡涩,运行中往往失去调节手段。

7. 不投油的最低负荷

进口大机组烧烟煤的锅炉不投油的最低负荷可达 MCR 的 25~30%,烧 $V_{daf} \sim 9\%$ 的无烟煤的 W 火焰可达 MCR 的 40~50%。

8. 锅炉效率

对烧烟煤锅炉未完全燃烧碳损失,国产设备与进口设备没有什么差别,均可达到 0.5~1%,但进口设备的排烟温度能达到设计值,而国产设备的实际排烟温度往往比设计值高,总的来说锅炉效率均可达到保证值。

几点看法:

1. 通过引进技术和进口设备在技术上的消化吸收,对提高我国大型煤粉锅炉设计水平和制造质量起到了明显的促进作用。

2. 进口设备(除个别外)基本上代表了当时的相应参数和容量的先进水平。

3. 根据国内的运行实践,自然循环、控制循环和螺旋管圈直流炉这三种循环方式,均是可靠的。运行特性完全可以掌握。这些炉型在国内的发展,取决于造价和对运行方式的要求。

4. 锅炉效率无论是国产的或是进口设备均能达到保证值。

5. 直流燃烧器四角切圆布置燃烧方式与旋流燃烧器墙式布置燃烧方式,对大型煤粉炉在燃烧性能方面是相当的,且均可采用分级送风以降低 NO_x 的生成量,但四角切圆燃烧的锅炉,炉膛出口烟温及烟量的分布存在着明显的偏差。

6. 直至目前,锅炉设计的某些方面在很大程度上仍然依靠经验,特别是炉膛出现的结渣和受热面的沾污,往往是限制出力,威胁安全运行的主要因素。急需进一步结合我国动力用煤的特性和大型锅炉的特点进行研究,以提高设计质量。

7. 对烧无烟煤的固态排渣炉, W 火焰优于四角燃烧或前后墙燃烧的锅炉。

8. 大型锅炉应采用三分仓迴转式空气预热器,只要制造质量有保证,其漏风率能达到保证值,堵灰问题在设计时应有足够的重视。

9. 烧烟煤的大型煤粉炉,不用助燃油的低负荷应能达到 MCR 的 25~30%

现有大型火电机组锅炉设备及运行情况

电力工业部西安热工研究所 郑泽民

一、运行情况

1991年全国发电设备总装机容量已达到15147.3万千瓦,完成发电量6775亿度,其中火电发电量为5426.5亿度,占81.75%,火电装机容量11358.9万千瓦,占74.99%。发电机和装机均居世界第四位。

1. 300MW及以上的火电机组的利用率和可靠性

1991年全年运行的300MW及以上的火电机组共46台,合计容量1507万千瓦,占火电总容量的13.58%,发电量占总火电量的14.33%,这些机组的平均利用系数为59.51%。其中国产的烧煤300MW机组共23台(姚孟电厂的1号机组未统计在内),平均年利用系数为70.32%,可用系数81.55%;进口的烧煤300MW机组3台,平均年利用系数67.55%,可用系数78.62%;进口330~350MW烧煤机组13台,平均年利用系数为57.47%,可用系数78.91%;进口和国产600MW机组各一台,前者年利用系数为39.83%,可用系数为59.62%,后者年利用系数为48.32%,可用系数为63.20%。

从1991年的统计来看,国产300MW机组大部分是在1989年以前投产的(1989年和1990年投产的只有8台),设备状态已较稳定。其利用系数和可用系数保持在较高的水平。

按现有国产300MW机组的类型来分,有早期型的10台,其中有两台为烧油机组,三大主机均由上海三大动力厂制造,新配锅炉为自行设计的UP型双炉膛一次上升的直流炉;改进型的有7台(锅炉改为单炉膛一次上升的直流炉);引进型的有3台(引进美国西屋和燃烧工程公司专利而自行制造的、配控制循环锅炉的机组);组合型的有6台(三大主机不是由一个制造厂提供,其中有四台配自然循环汽包炉,两台配控制循环锅炉)。这四类机组以及进口3台烧煤的300MW机组,从投产至1991年多年累计的年均利用系数和可用系数如表1所示。

国产早期型第一台烧煤300MW机组是1975年投产的,但长期未形成可靠的生产能力,对这台机组表中的统计是从1980年才开始的。进口的第一台和第二台300MW机组是1978年和1985年投产的,第一年的运行都不稳定,未作统计。对其中的第一台,累计12年的年均利用系数仍只有56.95%,可用系数69.24%。

从表1看出,在国产机组中累计利用率和可靠性最高的仍是组合型机组,特别是邹县电厂的1、2号机组,投产后的五年和四年的累计年均利用系数为77.99%和79.25%,可用系数为85.08%和85.75%。其次是引进型的,其中石横电厂二台机组,投产后四年和三年的累计年均利用系数为75.95%和73.74%,可用系数为84.20%和82.49%。改进型和早期型机组基本在同一水平,比组合型机组的利用系数约低9%,可用系数约低7%。

表 1 国产和进口 300MW 机组累计年均利用系数和可用系数

机组类型	早期型 (8 台)	改进型 (7 台)	引进型 (3 台)	组合型 (6 台)	进口机组 (3 台)
统计数	59 台年	15 台年	8 台年	21 台年	21 台年
利用系数%	65.56	65.72	73.12	74.49	64.57
可用系数%	74.84	76.10	82.69	82.68	73.77

截至 1991 年底进口的 350MW 烧煤机组已有 12 台三种基本类型(即日本三菱公司的 6 台、日本东芝公司的 2 台和美国 GE 公司的 4 台)的机组投入生产,运行时间较长的是宝钢电厂两台机组,其 7 年的年均利用系数为 78.3%,可用系数为 84.19%。其次是沙角 B 电厂的两台机组,4 年的年均利用系数为 72.87%,可用系数为 92.85%,是目前进口 350MW 机组中可用率连续多年最高的机组。其它的机组,运行时间不长,年利用系数较低,详见表 2。

表 2 进口 350MW 机组累计年均利用系数与可用系数

电 厂	机 号	利用系数 %	可用系数 %	统计年数	备 注
宝 钢	1 号	77.27	83.39	7	投运后前 2 年未统计在内
宝 钢	2 号	79.33	84.99	7	投运后前 1 年未统计在内
大连湾	1 号	61.30	85.08	3	
大连湾	2 号	63.19	84.23	2	
福 州	1 号	52.46	85.60	2	投运后前 1 年未统计在内
福 州	2 号	47.15	83.05	2	
南 通	1 号	42.93	61.09	2	
南 通	2 号	62.56	81.69	1	
上 安	1 号	37.29	69.96	1	
上 安	2 号	31.38	57.13	1	
沙角 B	1 号	71.76	91.54	4	
沙角 B	2 号	73.97	94.16	4	
江 油	1 号	18.71	48.55	1	
合 计	13 台	65.52	82.56	37 台年	

600MW 机组进口和国产各有一台。进口的机组投运前三年,运行很不稳定,利用率甚低。从第四年起至 1991 年,三年的平均利用系数仍只为 49.60%,可用系数为 69.75%。国产引进型一台,两年的年均利用系数为 46.82%,可用系数为 63.20%。

从以上机组的利用率和可用系数统计表明,占有主导地位的国产 300MW 机组,其中组合型和引进型的利用率和可用系数达到较高水平,实用效果不低于进口的 300MW 机组。对进口的 350MW 机组,其总体性能较国产机组优越,可用系数一般较高,特别是沙角 B 电厂的两台机组更为突出,投产后也可在较短时间内成为可靠的生产能力,但实际利用率偏低,随着机组容量的再增大,其利用率和可用系数有所降低。目前的两台 600MW 机组均尚处于低水平之中。

2. 机组的经济性

300MW 及以上各类烧煤机组的保证热耗(汽轮机),锅炉效率及实测热耗、效率和近年来实际完成的供电煤耗等指标见表 3 所示。

锅炉的效率,一般都可达到设计保证值。但国产锅炉的保证值偏于保守,水平不高。如进口的福州、大连湾电厂的锅炉保证效率可达到 94%,实测结果也基本接近。

当前我国大机组的经济性,还远落后于国际的先进水平,原因之一是汽轮机通流部分效率不高、热耗较大。其次是机组实际运行中,由于种种原因,运行参数偏低、再热汽温达不到设计值、炉膛及空气予热器漏风大,排烟温度高、加热器不能正常投入,补给水率高以及对燃料的监督管理不善,质量与数量不精确和机组的可靠性差、频繁启停等等而使煤耗升高。

表 3 各类机组的经济性指标统计

机 组	汽轮机热耗 kJ/(kW·h)		锅炉效率 %		发电机效率 %		实际完成的指标(近期的)		
	保证值	实测值	保证值	实测值	保证值	实测值	供电煤耗 g/kW·h	厂用电率 %	补给水率 %
国产早期型 300MW 机组	8338	8461 8616	~89	~90.5	98.5	98.57	364 374	~5.53	~5.8
国产改进型 300MW 机组	8170	8756 8489	~90.72	91.3			360	5.38	4~5.39
国产引进型 300MW	8080.5	8096	87.0 (高热值)	88.27 (高热值)			358	6.07	4.0
国产优化引进型 300MW 机组	7955 7996		92.3						
进口三十万机组	姚孟电厂	7846 (毛)	7838	91.58			327	6.44	1.75
	元宝山电厂	7938.17		91.4			358	9.61	5.63