

论发展超临界参数锅炉

李志旺 孙庆福 (黑龙江省电力试验研究所)

郭 欣 (黑龙江省电力开发公司)

李汉东 (伊春林业发电厂)

〔摘要〕 给合国内超临界及亚临界 600 MW 机组锅炉的运行实绩,分析采用超临界参数机组的可靠性及经济性,阐述超临界压力参数锅炉比亚临界压力参数锅炉耗钢少的特点,指出发展超临界压力参数锅炉的意义。

关键词 超临界压力 钢 耗费 可靠性 经济性

分类号 TK229.2

1 前言

现代高新技术的发展,再加上能源短缺,火力发电机组的经济性倍受重视。世界上许多国家,如美国、日本、前苏联、西德、英国、法国等都采用了大容量高参数锅炉,包括超临界压力参数锅炉。就发电系统而言,锅炉参数对电厂的经济性具有更重要的意义。我国火力发电机组多采用亚临界压力参数锅炉,采用超临界压力参数锅炉在我国尚处于起步阶段。

目前对将建机组(如 600 MW 机组)是采用超临界还是亚临界参数锅炉持有不同看法。本文就发展超临界压力参数锅炉的意义提供佐证。

2 采用超临界压力锅炉的机组可靠性好

美国的早期燃煤超临界机组可用率仅为(64~69)%,但最新的报道表明;美国 600~800 MW 等级两次中间再热的超临界机组平均可用率已达 90%,高于同容量等级的亚临界参数机组。据北美电力可靠性委员会预测,美国燃煤超临界锅炉的强迫停机率将继续降低,这意味着超临界机组的可靠性正在进一步提高。

从国内三台 600 MW 机组的运行情况^{〔1〕}(见表 1)可以看出,超临界机组的可用系数(75.5%)高于亚临界机组的平均可用系数(69.04%)。

表 1 北仑港、平圩及石洞口 600 MW 机组运行比较

机组名称	投产日期 (年.月.日)	1992 年度发电量 (10 ¹¹ kJ)	供电煤耗 (10 ⁻² g/kJ)	可用系数 (%)
北仑港 NO.1 600 MW 机(亚临界)	1991.10.30	80.28	9.944 4	58.54
平圩 NO.1 600 MW 机(亚临界)	1989.1.14	120.96	9.888 9	80.27
石洞口二厂 NO.1 600 MW 机(超临界)	1992.6.12	75.69	8.972 2	75.5

收稿日期 1994-11-15

超临界机组可靠性好的原因:

就整个发电系统而言,锅炉“四管漏泄”是影响机组可靠性的主要因素。当锅水压力超过临界压力 22.064 MPa 时^[2],它在锅炉内被加热到临界温度 373.99℃后,水全部变成蒸汽,不存在汽液两相共存的情况,也就不会发生两相流动时的膜态沸腾;而在亚临界压力下,两相流动时,容易发生膜态沸腾,导致壁温飞升,甚至爆管的传热恶化。这是超临界参数机组具有较高可靠性的原因之一。我国华能石洞口二厂两台 600 MW 机组超临界压力锅炉投产以来,没有发生过由于超临界参数而引发的炉管爆漏事故主,这一事实也充分证实了上述论点。

3 具有超临界压力锅炉的机组经济性好

3.1 采用超临界压力参数可提高循环效率

从热力学上讲,提高初压相当于提高工质动力循环的平均吸热温度,从而提高循环热效率;另一方面从亚临界压力提高至超临界压力,促使锅水的沸点提高,这就增加了凝结水加热到饱和水所需热量,从而扩大了回热的范围,进一步改善了循环的效率。

3.2 采用超临界压力参数可提高整个电厂效率凝汽式发电厂的毛效率 η_{nac} 可用下式表示:

$$\eta_{nac} = \eta_{bl} \cdot \eta_{gd} \cdot \eta_t \cdot \eta_{ol} \cdot \eta_j \cdot \eta_d \quad (1)$$

式中 η_{bl} 为锅炉效率, η_{gd} 为管道效率, η_t 为蒸汽循环热效率, η_{ol} 为汽轮机的相对内效率, η_j 为汽轮机的机械效率, η_d 为发电机的效率。

由式(1)可知,当其它条件不变时,蒸汽压力由亚临界提高至超临界,使其循环效率(η_t)提高,从而使整个发电厂具有较高的效率。计算表明,汽压在 16.6 MPa ~ 31 MPa,汽温为 535 ~ 600℃时,汽压提高 6 ~ 8 MPa,

电厂发电效率可提高约(0.7 ~ 0.8)%。

3.3 具有超临界压力锅炉的机组的煤、热耗率低。

凝汽式发电厂的热耗率 q_{nac} 煤耗率 b 可表示为:

$$q_{nac} = \frac{1}{\eta_{nac}} \quad (2)$$

$$b = \frac{1}{Q_{dw}^* \cdot \eta_{nac}} \quad (3)$$

式中 Q_{dw}^* 为燃料应用基低位发热量, kJ/kg。

由式(2)、(3)可知,当其它条件不变时,由于采用超临界压力参数后,电厂效率的提高,可使整个发电厂的热耗率及煤耗率降低。据计算,当其它参数相同时,从亚临界压力 18 MPa 提高至超临界压力 25 MPa,机组热耗降低约(1.8 ~ 2)% ,又如超临界机组(23.54 MPa, 538/538℃)与亚临界机组(16.57 MPa, 538/538℃)比较,热耗可下降(2 ~ 3)%。

从表 1 也可看出,石洞口二厂实际运行供电煤耗率要比北仑港机组和平圩机组低 $9.17 \times 10^{-3} \sim 9.72 \times 10^{-3}$ g/kJ。另据报道。石洞口二厂超临界 600 万机组比平圩亚临界 600 MW 机组热耗率低 9.89×10^{-2} kJ/kJ,年节煤 6 万吨,若每吨煤按 100.00 元计,则每年节约人民币约 600 万元,其数目是相当可观的。

4 超临界压力锅炉金属耗量低

石洞口二厂 600 MW 机组超临界压力锅炉,炉重 10 000 t,每 MW 耗钢 16.6 t,而平圩 600 MW 机组强制循环亚临界压力锅炉,炉重 14 000 t,每 MW 耗钢为 23.3 t,是石洞口二厂超临界锅炉耗钢量的 1.403 倍。

4.1 超临界压力锅炉耗钢量低之原因

4.1.1 由于在温度相近时,超临界压力下蒸汽比容比亚临界压力下蒸汽比容小,更因为应用了超临界压力参数后热效率的提高,

汽耗率下降,这样产生一定功率而必需流经管道的蒸汽容积流量显著减少,从而可以缩小设备,特别是管道阀门等部件的尺寸和重量。

4.1.2 超临界压力参数的锅炉,在正常运行时,不存在汽水两相共存的情况,从而也不需要汽水进行分离的笨重的锅筒,这也使锅炉金属耗量减少。

5 我国超临界压力参数锅炉运行实绩简介

超临界压力锅炉与亚临界压力锅炉结构系统相近。除因超临界蒸汽参数引起的给水水质要求严格外,局部高强耐热需要采用新的钢种,此外,还需要高温高压密封,高压阀门、高压给水泵、异种钢焊接等,其它绝大部分结构系统与亚临界压力锅炉雷同。

华能上海石洞口第二发电厂装有两台 600 MW 机组,配两台超临界压力燃煤锅炉,锅炉设备为瑞士 Sulzer 公司和美国 CE 公司合用设计制造的螺旋管圈变压运行直流炉,至 1992 年 12 月 19 日,两台机组全部投产,与平圩 600 MW 机组相比,调试工期较短。该炉

可调性好,在无油助燃的条件下,能保持 180 MW(30% 额定出力)运行,水循环可靠,其启动性能经过近 200 次实践。证明运行方便。根据调试的全过程和目前的运行情况看,该炉能在超临界参数下正常运行。

6 结论

国内外运行实践表明,600 MW 机组锅炉无论是采用超临界压力还是采用亚临界压力,其水循环均为可靠的,锅炉效率都能达到保证值,都能在设计参数下正常运行。但是与亚临界压力锅炉相比,采用超临界压力锅炉能提高机组的可靠性和经济性,并降低钢耗,因此,我国应大力发展超临界压力锅炉。

参 考 文 献

- 1 池若德.石洞口二厂超临界机组特点及投运实绩.山东电力科技情报信息,1993.7
- 2 The international association for the properties of steam. Release on the IAPS skeleton tables 1985 for the thermodynamic properties of ordinary water substance

(孙显辉 编辑)

作者简介 李志旺,男,1965年2月生,工程师。1990年3月硕士毕业。从事锅炉调试及试验工作,在《中国工程热物理学报》等杂志上发表科技论文共15篇。曾在国际动力工程学会95年学术会议和中国工程热理学会工程热力学及能源利用学术会议及中国电机工程学会火力发电会议分别宣读学术论文。(邮编 150036 黑龙江省电力科研调试中心,香坊建北街61号)

电力成本最低的核电站

据“Nucl. News(USA)”1994年9月号报道,属于ComEd公司的Braidwood核电站1993年生产了美国最便宜的电力(12.9美元/(MW·h))。1993年美国电力生产的平均成本为21.52美元/(MW·h)。

1993年美国71个核电站运行和技术维护的花费为95亿美元,核燃料的花费为37亿美元,它们生产了 613×10^6 MW·h 电力。

(学牛 供稿)

Li Zhongqi, Sun Enzhao (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(1). -20~24

Described in this paper is a combustion technique involving a combination of travelling grate and pulverized coal firing, i. e. , the travelling grate firing and the pulverized coal firing take place in one and the same boiler furnace. Briefly discussed are the mechanism of such a kind of combustion technique and the related boiler structural design features along with a description of a new type of 58 MW hot water boiler incorporating the combined firing technique. Key words; combined firing, grate stoker, pulverized coal fired boiler

污泥流化床焚烧技术研究和环境影响分析 = A Study on Fluidized Bed Sludge Combustion Technology and Analysis of Environmental Impacts [刊/中]/Yan Jianhua, Jiang Xuguang, Chi Yong, Zeng Tinghua, Ni Mingjiang, Cen Kefa (Zhejiang University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(1). -25~29

On the basis of analysing the various methods for the disposal of sludge, such as agricultural land filling, throwing into sea and burning in revolving kilns, the authors have come up with a new type of sludge heterospecific-gravity based fluidized bed combustion technology with emphasis on the analysis of sludge energy utilization. An experimental investigation is performed of the sludge caking and ignition characteristics when burned in the fluidized bed. Also analysed and tested are the emissions of SO_2 , NO_x , fluorine, chlorine and heavy metals following the combustion of sludge, which show that the sludge combustion in the fluidized bed is technically feasible and the emissions of pollutants are within the limits demanded by environmental protection requirements with no risk of secondary pollution arising therefrom. One can therefore conclude the above-mentioned technology can be advantageously applied for the disposal of sludge. Key words; sludge disposal, fluidized bed, combustion technology, environment

论发展超临界参数锅炉 = On the Development of Boilers of Supercritical Parameters [刊, 中]/Li Zhiwang, Sun Qingfu, et al (Heilongjiang Electric Power Test Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(1). -30~32

Based on the operation practice and performance of home made 600 MW boilers of supercritical and subcritical steam conditions the authors have analysed the reliability and economics resulting from the use of power generating unit of supercritical parameters. The merit of a lower steel consumption enjoyed by supercritical pressure boilers as compared to subcritical pressure ones testifies to the great significance of developing supercritical pressure boilers. Key words; supercritical pressure, steel consumption, reliability, economics

垃圾的焚烧处理 = Garbage Disposal by way of incineration [刊, 中]/He Weical, Xuan Yinong, Lu Naixuan (Guangzhou Design Institute under the Ministry of Light Industry) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(1)-33~36

This paper gives a brief account of the new developments in garbage disposal by way of incineration and related incineration technology. Key Words; garbage, disposal by incineration

HAT 循环的一种改型—CHAT 循环 = CHAT Cycle-A Modified Version of Humid Air Turbine Cycle