

新常态下电站锅炉深度调峰改造与调试实践

刘一君

山西大唐国际云冈热电有限责任公司 山西大同 037008

DOI:10.12238/ems.v7i9.15263

[摘要] 在能源新常态背景下,电力系统的调峰需求日益凸显,电站锅炉深度调峰能力成为保障电网安全稳定运行的关键。本文深入探讨了电站锅炉深度调峰改造的必要性,分析了改造过程中面临的关键技术问题,如燃烧稳定性、水动力安全性、污染物排放控制等。结合实际工程案例,详细阐述了深度调峰改造的具体技术措施,包括燃烧器改造、制粉系统优化、控制系统升级等,并介绍了改造后的调试方法与步骤。通过对调试数据的分析,验证了改造方案的有效性,提高了电站锅炉的深度调峰能力,为同类电站锅炉的改造提供了参考与借鉴。

[关键词] 新常态; 电站锅炉; 深度调峰; 改造; 调试实践

一、引言

1.1 研究背景与意义

随着我国能源结构的调整和电力市场的改革,新能源发电装机容量不断增加,如风电、光伏发电等。然而,新能源发电具有间歇性和波动性的特点,这给电力系统的稳定运行带来了巨大挑战。为了平衡电力供需,保障电网的安全稳定,需要常规火电机组具备更强的调峰能力,尤其是深度调峰能力。电站锅炉作为火电机组的核心设备之一,其深度调峰性能直接影响到整个机组的调峰能力。因此,开展电站锅炉深度调峰改造与调试实践研究具有重要的现实意义。

1.2 国内外研究现状

国外在电站锅炉调峰技术方面起步较早,一些发达国家已经积累了丰富的经验。例如,德国、丹麦等国家通过采用先进的燃烧技术、控制系统和灵活的运行方式,实现了火电机组的高比例调峰。国内近年来也对电站锅炉调峰技术进行了大量研究,取得了一定的成果。许多电厂通过改造燃烧器、优化制粉系统等措施,提高了锅炉的调峰能力,但在深度调峰方面仍存在一些问題,如燃烧不稳定、水动力安全性差等,需要进一步研究和解决。

1.3 本文研究内容与方法

本文以某电站锅炉深度调峰改造项目为研究对象,分析了改造的必要性,研究了改造过程中面临的关键技术问题,并提出了相应的改造技术措施。通过实际调试数据,验证了改造方案的有效性。研究方法主要包括理论分析、工程实践和数据分析等。

二、电站锅炉深度调峰改造的必要性

2.1 电力系统调峰需求的变化

在新常态下,新能源发电的大规模接入使得电力系统的

峰谷差进一步增大,调峰难度显著增加。传统的调峰方式已难以满足电网的需求,需要火电机组承担更多的深度调峰任务。例如,在一些新能源发电集中的地区,火电机组可能需将负荷降至较低水平,甚至达到 30% - 40% 的额定负荷,以适应新能源发电的波动。

2.2 电站锅炉现有调峰能力的不足

目前,许多电站锅炉的设计调峰范围一般在 50% - 100% 额定负荷之间,在深度调峰时会出现一系列问题。燃烧方面,低负荷运行时,炉内温度降低,燃烧不稳定,容易发生灭火、放炮等事故;水动力方面,水循环的安全性受到影响,可能出现管壁超温、水循环停滞等问题;污染物排放方面,低负荷时燃烧不充分,氮氧化物、一氧化碳等污染物排放增加。

2.3 深度调峰改造对电厂经济效益的影响

提高电站锅炉的深度调峰能力可以为电厂带来显著的经济效益。一方面,通过参与深度调峰,电厂可以获得相应的调峰补偿费用,增加收入;另一方面,深度调峰能力强的电厂在电力市场中更具竞争力,能够更好地适应市场需求,提高机组的利用率,降低发电成本。

三、电站锅炉深度调峰改造的关键技术问题

3.1 燃烧稳定性问题

在深度调峰时,炉内温度降低,煤粉的着火和燃烧变得困难,容易导致燃烧不稳定。主要影响因素包括煤质特性、燃烧器性能、炉内空气动力场等。例如,低挥发分的煤种在低负荷时更难着火和燃烧;燃烧器的结构不合理会导致煤粉与空气混合不均匀,影响燃烧效果;炉内空气动力场不佳会使火焰偏斜、刷墙等,降低燃烧稳定性。

3.2 水动力安全性问题

电站锅炉的水循环系统在深度调峰时面临着严峻挑战。

低负荷运行时, 循环流速降低, 水循环的安全性受到影响。可能出现的问题有管壁超温、水循环停滞、倒流等。这些问题会导致受热面管子损坏, 影响锅炉的安全运行。例如, 当水循环停滞时, 管内工质停止流动, 管壁无法得到有效的冷却, 温度迅速升高, 可能导致爆管事故。

3.3 污染物排放控制问题

深度调峰时, 由于燃烧不稳定和燃烧不充分, 污染物的排放会增加。氮氧化物的生成与炉内温度、氧气浓度等因素密切相关, 低负荷时炉内温度降低, 但局部区域可能出现缺氧燃烧, 导致氮氧化物排放增加; 一氧化碳的排放也会随着负荷的降低而升高, 因为低负荷时燃烧不完全。此外, 深度调峰还可能影响锅炉的脱硝、脱硫等环保设备的运行效果。

3.4 控制系统适应性问题

现有的电站锅炉控制系统大多是按照额定负荷或常规调峰范围设计的, 在深度调峰时, 控制系统的参数和逻辑可能无法适应低负荷运行的要求。例如, 给水控制系统、燃烧控制系统等在低负荷时可能出现调节不及时、不稳定等问题, 影响锅炉的安全运行和经济性。

四、电站锅炉深度调峰改造技术措施

4.1 燃烧器改造

4.1.1 低氮燃烧器改造

采用低氮燃烧器可以有效降低氮氧化物的排放, 同时提高燃烧稳定性。低氮燃烧器通过采用分级燃烧、浓淡燃烧等技术, 使煤粉在炉内分阶段燃烧, 降低燃烧区域的温度和氧气浓度, 从而抑制氮氧化物的生成。例如, 某电厂将原有的普通燃烧器改造为低氮燃烧器后, 在深度调峰时氮氧化物排放降低了 30%以上, 燃烧稳定性也得到了显著提高。

4.1.2 燃烧器布置优化

合理调整燃烧器的布置方式可以改善炉内空气动力场, 提高燃烧效率。例如, 采用前后墙对冲布置或四角切圆布置时, 通过调整燃烧器的角度和间距, 可以使火焰充满度更好, 减少火焰偏斜和刷墙现象。某电厂对燃烧器进行了优化布置后, 炉内温度分布更加均匀, 燃烧稳定性明显增强。

4.2 制粉系统优化

4.2.1 磨煤机改造

磨煤机的性能直接影响煤粉的质量和细度, 进而影响燃烧效果。在深度调峰时, 需要对磨煤机进行改造, 以提高其在低负荷时的出力和煤粉细度。例如, 采用新型的磨煤机磨辊和磨盘, 提高磨煤机的研磨效率; 增加磨煤机的通风量, 保证煤粉的输送和干燥。

4.2.2 煤粉分离器改造

煤粉分离器的作用是将合格的煤粉分离出来送入炉膛燃烧, 不合格的煤粉返回磨煤机重新研磨。改造煤粉分离器可以提高煤粉的均匀性指数, 使煤粉颗粒分布更加合理, 有利于燃烧。例如, 采用旋转式煤粉分离器代替原有的静态分离器, 可以提高分离效率, 改善煤粉质量。

4.3 水动力系统改进

4.3.1 增加循环泵

在锅炉的水循环系统中增加循环泵可以提高循环流速, 增强水循环的安全性。循环泵可以在低负荷时启动, 增加受热面的工质流量, 防止管壁超温和水循环停滞。某电厂在改造中增加了循环泵后, 在深度调峰时水循环稳定性得到了显著改善, 未再出现管壁超温等问题。

4.3.2 优化受热面布置

合理调整受热面的布置可以改善水循环特性。例如, 减少水平受热面的长度, 避免水循环停滞; 增加垂直受热面的高度, 提高水循环的驱动力。通过对受热面布置的优化, 可以提高锅炉在深度调峰时的水动力安全性。

4.4 控制系统升级

4.4.1 给水控制系统改造

对给水控制系统进行升级, 采用更先进的控制算法和调节设备, 提高给水调节的准确性和稳定性。例如, 采用变参数控制策略, 根据负荷的变化自动调整给水调节阀的开度和给水泵的转速, 使给水流量能够快速准确地跟踪负荷的变化。

4.4.2 燃烧控制系统优化

优化燃烧控制系统, 实现对燃烧过程的精确控制。通过安装更多的监测仪表, 实时获取炉内温度、氧气浓度、煤粉浓度等参数, 并根据这些参数调整燃烧器的风量和煤粉量, 保证燃烧的稳定性 and 经济性。例如, 采用智能燃烧控制系统, 可以根据不同的煤质和负荷情况自动调整燃烧参数, 提高锅炉的适应能力。

五、电站锅炉深度调峰改造后的调试实践

5.1 调试前的准备工作

5.1.1 调试方案编制

根据改造方案和锅炉的实际情况, 编制详细的调试方案。调试方案应包括调试目的、调试内容、调试步骤、安全措施等内容。例如, 在燃烧调试部分, 应明确不同负荷下的燃烧器风量、煤粉量的调整方法, 以及燃烧稳定性的判断标准。

5.1.2 调试人员培训

组织调试人员进行培训, 使其熟悉调试方案、锅炉的结构和性能以及调试设备的操作方法。培训内容包括理论学习和实际操作演练, 确保调试人员能够熟练掌握调试技能, 保

证调试工作的顺利进行。

5.1.3 调试设备准备

准备好调试所需的设备和仪器，如风速仪、温度计、压力表、烟气分析仪等。对调试设备进行校准和检查，确保其精度和可靠性。同时，准备好必要的备品备件和工具，以应对调试过程中可能出现的设备故障。

5.2 调试方法与步骤

5.2.1 冷态调试

冷态调试主要包括风量标定、燃烧器喷口风速均匀性测试等。通过风量标定，确定风量测量装置的准确性，为燃烧调整提供可靠的风量数据。燃烧器喷口风速均匀性测试可以检查燃烧器的性能，确保煤粉与空气混合均匀。例如，采用风速仪对燃烧器各喷口风速进行测量，根据测量结果调整燃烧器的挡板开度，使各喷口风速均匀。

5.2.2 热态调试

热态调试是改造后调试的关键环节，主要包括燃烧调整、水循环调整和污染物排放测试等。燃烧调整时，按照调试方案逐步降低锅炉负荷，在不同负荷下调整燃烧器的风量和煤粉量，观察炉内燃烧情况，记录相关参数。通过调整，使锅炉在深度调峰时能够稳定燃烧，同时保证污染物排放达标。水循环调整时，监测各受热面的壁温、工质温度和压力等参数，根据监测结果调整循环泵的运行方式和给水流量，确保水循环安全可靠。污染物排放测试时，使用烟气分析仪对烟气中的氮氧化物、一氧化碳、二氧化硫等污染物进行实时监测，根据监测结果进一步优化燃烧调整。

5.3 调试数据分析与效果评估

5.3.1 燃烧稳定性分析

通过对调试过程中记录的炉内温度、火焰监测信号等数据进行分析，评估锅炉在深度调峰时的燃烧稳定性。例如，绘制炉内温度随负荷变化的曲线，观察低负荷时温度的波动情况。如果温度波动较小，且火焰监测信号稳定，说明燃烧稳定性良好。

5.3.2 水动力安全性分析

分析水循环调试过程中记录的受热面壁温、工质流量等数据，评估水动力安全性。例如，检查各受热面壁温是否在允许范围内，是否存在局部超温现象；观察工质流量是否稳定，是否出现水循环停滞或倒流等情况。如果各项参数均正常，说明水动力安全性得到保障。

5.3.3 污染物排放效果评估

根据烟气分析仪的测试数据，评估锅炉在深度调峰时的

污染物排放效果。与改造前的排放数据进行对比，计算污染物的减排率。例如，如果改造后氮氧化物排放降低了 30%以上，一氧化碳排放降低了 20%以上，说明改造方案在污染物排放控制方面取得了显著效果。

5.3.4 经济效益评估

综合考虑改造投资、调试费用、运行成本增加等因素，评估改造后的经济效益。通过参与深度调峰获得的补偿费用以及提高机组利用率带来的收益，与改造和运行成本进行对比，计算投资回收期。如果投资回收期在合理范围内，说明改造项目具有较好的经济效益。

六、结论与展望

6.1 结论

通过对电站锅炉深度调峰改造与调试实践的研究，得出以下结论：

在新常态下，电站锅炉深度调峰改造是必要的，可以提高电厂的调峰能力和经济效益，保障电网的安全稳定运行。

深度调峰改造面临燃烧稳定性、水动力安全性、污染物排放控制和控制系统适应性等关键技术问题，通过采用燃烧器改造、制粉系统优化、水动力系统改进和控制系统升级等技术措施，可以有效解决这些问题。

改造后的调试实践表明，通过合理的调试方法和步骤，对调试数据进行分析 and 评估，可以验证改造方案的有效性，确保锅炉在深度调峰时能够安全、稳定、经济运行。

6.2 展望

未来，随着新能源发电的进一步发展，电力系统的调峰需求将不断增加，电站锅炉深度调峰技术将面临更高的要求。未来的研究方向主要包括：

进一步研发高效、低污染的燃烧技术和设备，提高锅炉在深度调峰时的燃烧效率和环保性能。

加强智能化控制技术在电站锅炉深度调峰中的应用，实现锅炉运行的自动化和智能化，提高锅炉的适应能力和运行稳定性。

开展多机组协同调峰技术的研究，通过优化机组间的负荷分配，提高整个电力系统的调峰能力。

总之，电站锅炉深度调峰改造与调试实践是一个不断探索和完善的过程，需要持续投入研究和创新，以适应能源新常态下电力系统的发展需求。

【参考文献】

[1] 电站锅炉智能燃烧优化基础技术的研究与应用[J]. 卞韶帅; 刘凌; 费章胜; 蒋欢春; 牟柯昱. 电力与能源, 2024 (01)