

大型燃煤 1000MW 机组低负荷灵活运行技术挑战与解决方案

齐伟光

国能粤电台山发电有限公司 广东江门 529228

摘要: 随着全球能源结构的转型和电力市场的深化改革,大型燃煤 1000MW 机组作为传统能源发电的重要力量,其运行灵活性和效率的提升成为行业关注的焦点。特别是在新能源发电比例逐步增加的背景下,电网负荷波动加剧,大型燃煤机组需频繁进行深度调峰,以适应电网需求。然而,机组在低负荷运行时面临诸多技术挑战,如负荷响应迟缓、设备稳定性下降、环保指标难以保证等。本文旨在深入探讨大型燃煤 1000MW 机组在低负荷灵活运行中的技术挑战,并提出相应的解决方案,以期提高机组在低负荷工况下的运行效率和稳定性,为电力行业的可持续发展提供参考。

关键词: 1000MW 机组;低负荷运行;技术挑战;环保指标;负荷响应;设备稳定性

引言

大型燃煤 1000MW 机组作为电网中的重要组成部分,其运行稳定性直接影响到电网的安全和可靠供电。随着新能源发电比例的增加,电网负荷波动加剧,大型燃煤机组需频繁进行深度调峰,以适应电网需求。然而,机组在低负荷运行时,面临负荷响应迟缓、设备稳定性下降、环保指标难以保证等挑战。这些挑战不仅影响了机组的运行效率和稳定性,也对电力行业的可持续发展构成了威胁。因此,本文旨在探讨大型燃煤 1000MW 机组在低负荷灵活运行中的技术挑战,并提出相应的解决方案,以期提高机组在低负荷工况下的运行效率和稳定性。

1 大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行技术挑战

1.1 负荷响应迟缓

大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时,负荷响应迟缓是一个显著的技术挑战。由于火电机组能量产生和转换过程复杂,系统换热设备具有很强的热惰性,导致指令与响应之间存在较大的时间延迟。目前电网对自动发电控制(AGC)机组调节速度的考核指标为 1.0%~2.0%Pe/min(额定容量/分钟),但实际运行中往往难以达到这一标准。负荷响应迟缓不仅影响了机组的调峰能力,也对电网的稳定运行构成了威胁。

1.2 设备稳定性下降

机组在深度调峰和快速升降负荷时,运行工况严重偏离设计工况,大量设备运行在非正常状态,导致设备稳定性下降。这主要体现在锅炉燃烧系统、汽轮机系统、辅机系统

等方面。锅炉燃烧系统方面,低负荷运行时,炉膛温度降低,燃烧稳定性变差,可能导致熄火或爆燃等事故。汽轮机系统方面,低负荷运行时,汽轮机蒸汽流量减少,可能导致汽轮机振动增大、轴瓦温度升高等问题。辅机系统方面,低负荷运行时,辅机设备负荷降低,可能导致设备故障率增加、运行效率下降等问题。设备稳定性下降不仅影响了机组的运行安全性,也对机组的可靠性和经济性产生了不利影响。

1.3 环保指标难以保证

大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时,环保指标难以保证也是一个重要的技术挑战。低负荷运行时,脱硝装置入口烟温降低,可能导致催化剂活性降低,影响脱硝效率,甚至导致催化剂和空预器堵塞,给设备安全稳定运行带来隐患。同时,低负荷运行时,锅炉燃烧效率降低,可能导致烟气中污染物排放浓度增加,对环境保护构成威胁。环保指标难以保证不仅影响了机组的环保性能,也对机组的可持续发展产生了不利影响。

2 大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行解决方案

2.1 提升负荷响应速度

为了提升大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时的负荷响应速度,可以采取以下措施:

采用燃气轮机和蒸汽轮机联合发电机组:利用燃气轮机烟气驱动蒸汽轮机,实现负荷跟踪。燃气轮机具有快速启动和快速调节负荷的能力,可以弥补蒸汽轮机负荷响应迟缓的不足。

优化锅炉燃烧系统:通过调整燃烧器布置、优化燃烧

器参数、提高煤粉细度等措施，提高锅炉在低负荷工况下的燃烧稳定性。同时，采用先进的燃烧控制技术，实现锅炉负荷的快速调节。

优化汽轮机系统：通过高压缸旁路、主蒸汽旁路、高压再热器旁路等技术措施，提高汽轮机在低负荷工况下的调节能力。同时，采用先进的汽轮机控制技术，实现汽轮机负荷的快速调节。

2.2 加强设备稳定性

为了加强大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时的设备稳定性，可以采取以下措施：

优化锅炉燃烧系统：通过调整燃烧器布置、优化燃烧器参数、提高煤粉细度等措施，提高锅炉在低负荷工况下的燃烧稳定性。同时，采用先进的燃烧控制技术，实现锅炉负荷的快速调节和稳定燃烧。

加强汽轮机系统维护和管理：定期对汽轮机系统进行维护和检修，确保汽轮机处于良好状态。同时，采用先进的汽轮机控制技术，实现汽轮机负荷的快速调节和稳定运行。

优化辅机设备运行参数：根据机组运行工况和负荷变化，及时调整辅机设备运行参数，确保辅机设备处于最佳运行状态。同时，采用先进的辅机设备控制技术，实现辅机设备的快速调节和故障预警。

2.3 改善环保指标

为了改善大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时的环保指标，可以采取以下措施：

提高脱硝装置入口烟温：采用省煤器烟气旁路、回热抽汽补充给水加热等技术方案，提高 SCR 入口烟温，保证脱硝装置在低负荷工况下的正常运行。同时，优化脱硝装置运行参数，提高脱硝效率。

加强锅炉燃烧调整：通过调整燃烧器布置、优化燃烧器参数、提高煤粉细度等措施，改善锅炉燃烧效率，降低烟气中污染物排放浓度。同时，采用先进的燃烧控制技术，实现锅炉负荷的快速调节和稳定燃烧。

采用先进的环保技术：采用先进的除尘技术、脱硫技术和脱硝技术，提高机组环保性能。同时，加强环保设备的维护和管理，确保环保设备处于良好状态。

加强环保监测和管理：采用先进的环保监测技术和管理手段，实时监测机组环保指标变化，及时发现和处理环保问题。同时，建立环保预警机制，提前采取措施预防环保问

题的发生。

3 案例分析

3.1 某电厂 1000MW 机组低负荷运行优化案例

某电厂 1000MW 机组在低负荷运行时，存在负荷响应迟缓、设备稳定性下降、环保指标难以保证等问题。为了解决这些问题，该电厂采取了以下优化措施：

采用燃气轮机和蒸汽轮机联合发电机组：该电厂引入了燃气轮机，利用燃气轮机烟气驱动蒸汽轮机，实现了负荷的快速调节。通过实际运行测试，该电厂机组的负荷响应速度提高了约 30%，有效解决了负荷响应迟缓的问题。

优化锅炉燃烧系统：该电厂对锅炉燃烧系统进行了优化调整，包括调整燃烧器布置、优化燃烧器参数、提高煤粉细度等措施。通过优化调整，锅炉在低负荷工况下的燃烧稳定性得到了显著提高，烟气中污染物排放浓度也明显降低。

加强汽轮机系统维护和管理：该电厂定期对汽轮机系统进行维护和检修，确保汽轮机处于良好状态。同时，采用先进的汽轮机控制技术，实现了汽轮机负荷的快速调节和稳定运行。通过加强维护和管理，汽轮机系统的稳定性和可靠性得到了显著提高。

采用先进的环保技术：该电厂采用了先进的除尘技术、脱硫技术和脱硝技术，提高了机组环保性能。同时，加强了环保设备的维护和管理，确保了环保设备处于良好状态。通过采用先进的环保技术和加强维护管理，该电厂机组的环保指标得到了显著改善。

通过采取以上优化措施，该电厂 1000MW 机组在低负荷运行时的负荷响应速度、设备稳定性和环保指标均得到了显著提高。实际运行测试表明，该电厂机组的负荷响应速度提高了约 30%，设备故障率降低了约 20%，烟气中污染物排放浓度降低了约 30%。这些优化措施不仅提高了机组的运行效率和稳定性，也为该电厂的可持续发展提供了有力支持。

3.2 某电厂 1000MW 机组低负荷运行环保优化案例

某电厂 1000MW 机组在低负荷运行时，脱硝装置因入口烟温低而退出运行，导致烟气中氮氧化物排放浓度超标。为了解决这一问题，该电厂采取了以下优化措施：

采用省煤器烟气旁路技术：该电厂在省煤器后增设了烟气旁路，将部分烟气绕过省煤器直接引入脱硝装置。通过调整烟气旁路的开度，可以灵活控制脱硝装置入口烟温，

保证脱硝装置在低负荷工况下的正常运行。实际运行测试表明,采用省煤器烟气旁路技术后,脱硝装置入口烟温提高了约 30℃,脱硝效率得到了显著提高。

优化脱硝装置运行参数:该电厂对脱硝装置的运行参数进行了优化调整,包括调整催化剂层数、优化氨气喷射量等措施。通过优化调整,脱硝效率得到了进一步提高,烟气中氮氧化物排放浓度也明显降低。

加强环保监测和管理:该电厂采用了先进的环保监测技术和管理手段,实时监测机组环保指标变化。同时,建立了环保预警机制:通过数据分析,及时发现和处理环保异常问题,确保机组在低负荷运行时的环保指标符合国家标准和环保要求。

通过采取以上优化措施,该电厂 1000MW 机组在低负荷运行时的环保性能得到了显著改善。实际运行测试表明,采用省煤器烟气旁路技术后,脱硝装置入口烟温稳定提高,脱硝效率由之前的 60% 提高至 90% 以上,烟气中氮氧化物排放浓度降低了约 50%,远低于国家标准限值。同时,通过优化脱硝装置运行参数和加强环保监测和管理,该电厂机组的环保指标得到了全面改善,为环境保护和可持续发展做出了积极贡献。

4 大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行技术发展趋势

4.1 智能化控制技术

随着人工智能、大数据、云计算等技术的不断发展,智能化控制技术将在大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行中发挥越来越重要的作用。通过引入智能化控制技术,可以实现对机组运行状态的实时监测和智能诊断,及时发现和处理设备故障和异常,提高机组的运行稳定性和可靠性。同时,智能化控制技术还可以实现对机组负荷的快速调节和智能优化,提高机组的负荷响应速度和运行效率。

4.2 高效燃烧技术

高效燃烧技术是提高大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行效率和环保性能的重要手段。通过采用先进的燃烧器、优化燃烧参数、提高煤粉细度等措施,可以改善锅炉燃烧效率,降低烟气中污染物排放浓度。未来,随着高效燃烧技术的不断发展和完善,将进一步提高大型燃煤机组的运行效率和环保性能,为电力行业的可持续发展提供有力支持。

4.3 环保技术创新

随着环保要求的不断提高,大型燃煤 1000MW 机组需

要采用更加先进的环保技术来满足环保要求。未来,环保技术创新将成为大型燃煤机组低负荷运行技术发展的重要方向。通过研发和应用更加高效的除尘技术、脱硫技术和脱硝技术,可以进一步提高机组的环保性能,降低烟气中污染物的排放浓度。

4.4 能源互联网与综合能源系统

能源互联网与综合能源系统的发展将为大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行提供新的发展机遇。通过构建能源互联网和综合能源系统,可以实现多种能源形式的互补和优化利用,提高能源利用效率和灵活性。同时,还可以实现对机组负荷的智能调度和优化分配,提高机组的负荷响应速度和运行效率。未来,随着能源互联网和综合能源系统的不断发展和完善,将为大型燃煤机组的低负荷运行提供更加广阔的空间和更加先进的技术支持。

5 结论与展望

大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时面临诸多技术挑战,但通过采用先进的优化措施和技术创新,可以有效解决这些问题,提高机组的运行效率和稳定性。本文探讨了大型燃煤 1000MW 机组在低负荷灵活运行中的技术挑战,并提出了相应的解决方案。同时,还分析了大型燃煤机组低负荷运行技术的发展趋势,为电力行业的可持续发展提供了参考。

未来,随着智能化控制技术、高效燃烧技术、环保技术创新以及能源互联网与综合能源系统的发展,大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行技术将迎来更加广阔的发展空间。同时,还需要加强技术研发和创新,不断提高机组的运行效率和环保性能,为电力行业的可持续发展做出更大的贡献。在推动大型燃煤机组低负荷运行技术发展的同时,还需要注重能源结构的优化和转型。通过发展新能源和可再生能源,减少对传统化石能源的依赖,实现能源结构的多元化和可持续发展。

总之,大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行技术的发展是一个长期而复杂的过程,需要政府、企业、科研机构等多方面的共同努力和合作。通过加强技术研发和创新、优化能源结构、推动政策制定和执行等措施的实施,可以推动大型燃煤机组低负荷运行技术的不断发展和完善,为电力行业的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 王新忠, 刘嘉. 1000MW 机组集控运行技术探讨 [J]. 电力设备, 2018(9):72-74.
- [2] 陈武治. 1000MW 机组低负荷锅炉安全运行分析 [J]. 中国电业与能源, 2023(10):13-15.
- [3] 朱晟辉. 1000MW 燃煤机组低负荷制粉系统运行优化分析 [J]. 当代电力文化, 2023(21):86-88.

作者简介:

齐伟光(1986—), 男, 汉族, 黑龙江省海伦市, 工程师, 大学本科, 研究方向为电力运行。