

# 火电厂深度调峰对锅炉运行的影响

刘俊雅 彭定辉

华能武汉发电有限责任公司 湖北 武汉 430000

**摘要：**随着可再生能源的快速发展、电力市场改革以及环保要求的不断提高，火电厂深度调峰成为必然趋势。本文深入分析了火电厂深度调峰对锅炉运行的多方面影响，包括锅炉可靠性、对汽轮机与发电机的作用以及在环保方面的表现。同时，提出了优化燃烧系统、提高热效率、延长设备寿命、降低污染物排放和引入先进燃烧技术等应对措施，旨在为火电厂在深度调峰工况下的安全稳定运行提供参考。

**关键词：**火电厂；深度调峰；锅炉运行；影响

引言：在当今能源格局下，可再生能源的大规模开发利用给电力系统带来了新的挑战。火电厂作为传统的电力供应主体，需要承担更多的调峰任务以适应可再生能源的间歇性和不稳定性。深度调峰使得火电厂的锅炉运行面临诸多变化，深入研究这些影响并采取有效的应对措施，对于保障电力系统的稳定运行和实现可持续发展具有重要意义。

## 1 火电厂深度调峰的背景和意义

### 1.1 背景

在当今时代，可再生能源发展迅猛。风电、光伏等可再生能源大规模开发利用，在电力系统中的占比持续攀升。但不可忽视的是，可再生能源具有间歇性和不稳定性，这给电力系统的安全稳定运行带来了严峻挑战。在此背景下，火电厂等常规电源的调峰服务显得尤为重要。同时，电力市场改革不断推进，火电厂面临更为激烈的市场竞争。深度调峰能力成为火电厂在这场竞争中的关键优势。具备深度调峰能力的火电厂，能够更好地适应市场需求，提高自身的竞争力。此外，环保要求的不断提高也对火电厂提出了更高的要求。火电厂需要降低污染物排放，提高能源利用效率。深度调峰恰好可以在一定程度上减少火电机组的启停次数，从而降低污染物排放，提高能源利用效率，满足环保要求<sup>[1]</sup>。

### 1.2 意义

火电厂深度调峰具有重大意义。首先，对于提高电力系统的稳定性和可靠性而言，深度调峰让火电机组能够在较低负荷下运行。随着可再生能源在电力系统中占比不断提高，其间歇性和不稳定性给系统带来挑战。而火电机组的深度调峰为可再生能源接入提供了更多空间，使得整个电力系统在不同能源的协同作用下，能够更加稳定可靠地运行，减少因能源波动而导致的停电等问题。其次，在降低能源消耗和污染物排放方面，深度

调峰减少了火电机组的启停次数。每次启停都需要消耗大量能源，且会产生较多污染物。通过深度调峰，火电厂能够在一定负荷范围内持续运行，降低能源消耗，同时也减少了污染物的排放，符合国家节能减排的政策要求，为环境保护贡献力量。

## 2 火电厂深度调峰对锅炉运行的影响

### 2.1 锅炉可靠性影响

一方面，深度调峰使得锅炉负荷大幅降低，燃烧稳定性面临严峻挑战。低负荷运行时，燃烧器出口气流速度减慢，火焰传播速度降低，容易出现燃烧不稳定的情况，甚至可能导致灭火现象发生，极大地影响了锅炉运行的可靠性。煤种适应性变差，一些劣质煤种在低负荷下难以稳定燃烧，燃烧不完全的概率增加，不仅影响锅炉的正常运行，还可能对后续设备造成损害。另一方面，深度调峰会使得炉膛温度分布不均匀。低负荷运行时，炉膛内易出现局部高温和低温区域。局部高温区域可能引发结焦和腐蚀问题，影响锅炉的传热效率和设备寿命；局部低温区域则容易导致燃烧不完全，增加污染物排放的同时，也可能使锅炉无法达到预期的出力要求，降低了锅炉运行的可靠性。此外，频繁的深度调峰使锅炉承受较大的热应力变化，金属部件容易出现疲劳损伤，增加了设备故障的风险，进一步影响锅炉运行的可靠性。

### 2.2 汽轮机与发电机影响

对于汽轮机来说，深度调峰时，由于锅炉负荷降低，蒸汽参数下降。这使得进入汽轮机的蒸汽流量和压力减小，汽轮机的出力相应降低。低负荷运行下，汽轮机内部的蒸汽流动状态发生改变，可能导致汽流激振等异常现象，影响汽轮机的安全稳定运行。蒸汽参数的不稳定变化会使汽轮机的热应力增加，长期如此容易造成金属疲劳和部件损坏，缩短汽轮机的使用寿命。发电机

方面,深度调峰使系统负荷波动较大,发电机的输出功率也随之频繁变化。这会给发电机的电气系统带来较大冲击,影响其绝缘性能和电气稳定性。而且,低负荷运行时,发电机的效率可能会降低,同时冷却系统的运行也可能受到影响,导致发电机温度升高,增加了故障发生的风险。

### 2.3 环保方面的影响

深度调峰时,锅炉运行状态发生改变,燃烧不充分的情况更容易出现。这会使得烟尘中的有害物质增多,如重金属等,这些物质排放到大气中,会对周边环境和生态系统造成潜在危害。燃烧不充分也会导致烟气中一氧化碳等有毒气体的含量上升,对空气质量产生负面影响,威胁人们的健康。低负荷运行下,燃烧温度的变化会影响污染物的生成和排放。例如,氮氧化物的生成可能变得更加难以控制。由于燃烧反应的改变,氮氧化物的排放量可能会不稳定,增加了大气污染的风险。这种不稳定的排放也给环保监测和管理带来了更大的挑战,深度调峰还可能影响到脱硫、脱硝等环保设施的运行效果。设备在不同负荷下的适应性可能存在差异,导致污染物去除效率下降<sup>[2]</sup>。

## 3 应对火电厂深度调峰对锅炉运行影响的措施

### 3.1 优化燃烧系统

一方面,改进燃烧器设计能极大地提升燃烧效率和稳定性。采用先进的燃烧器,如浓淡燃烧技术或旋流燃烧技术,可以在低负荷运行时更好地实现着火稳定。这意味着即使在深度调峰导致的低负荷状态下,也能确保火焰持续稳定燃烧,减少灭火风险。先进的燃烧器设计可以使燃料与空气更加充分地混合,提高燃烧的完全程度,降低污染物的生成。另一方面,优化配风方式也对燃烧系统有着积极影响。通过分级配风技术等,可以精确控制燃烧过程中的空气供应,使燃烧更加均匀、稳定。合理的配风方式不仅能提高燃烧效率,还能降低氮氧化物等污染物的排放。例如,在低负荷下,精准的配风可以避免局部高温区域的形成,从而减少氮氧化物的生成。此外,选择合适的煤种也是优化燃烧系统的关键。在深度调峰时,优先选择挥发分高、灰分低、热值高的优质煤种,可以提高燃烧的稳定性和效率。不同的煤种在燃烧特性上存在差异,选择适合深度调峰工况的煤种,能够更好地适应低负荷运行的要求。通过配煤技术将不同煤种进行混合,可以综合各种煤种的优点,满足燃烧系统在深度调峰下的需求。

### 3.2 提高热效率

第一,优化运行参数是提高热效率的关键之一。合

理调整燃烧器的风煤比,能够确保燃料充分燃烧,最大限度地释放热量。在深度调峰时,由于负荷降低,需要更加精准地控制风煤比,以适应变化的工况。降低排烟温度也是提高热效率的重要手段。低负荷下,排烟温度容易升高,带走大量热量。通过采用先进的余热回收技术,将烟气中的热量回收利用,可以有效降低排烟温度,提高热效率。同时,提高蒸汽参数也能提升整个机组的发电效率。在保证设备安全运行的前提下,适当提高蒸汽压力和温度,可以增加蒸汽的做功能力。第二,采用节能技术可以显著降低辅机能耗,进而提高热效率。例如,余热回收技术不仅可以降低排烟温度,还能将回收的热量用于其他环节,如加热给水等,实现能源的梯级利用。变频调速技术可以根据负荷变化调整辅机的转速,在低负荷时降低辅机的能耗。通过这些节能技术的应用,可以减少不必要的能源消耗,提高整个机组的能源利用效率。第三,加强设备维护对于提高热效率至关重要。定期对锅炉进行检修和清洗,保持受热面的清洁,可以降低传热阻力,提高传热效率。如果受热面结垢或积灰严重,会导致传热效果变差,热效率降低,对辅机设备进行维护保养,确保其正常运行,也能减少因设备故障而导致的能量损失<sup>[3]</sup>。

### 3.3 延长设备寿命

一方面,加强设备监测是延长设备寿命的重要手段。采用先进的在线监测系统,对锅炉设备进行实时监测和诊断。例如,可以通过监测设备的温度、压力、振动等参数,及时发现潜在的问题。在深度调峰过程中,设备的运行状态变化频繁,在线监测系统能够快速捕捉到异常情况,为采取相应的措施提供依据。无损检测技术可以在不破坏设备的情况下,检测设备内部的缺陷,如裂纹、腐蚀等。定期进行无损检测,能够及早发现设备的隐患,避免设备故障的发生,从而延长设备的使用寿命。另一方面,优化启停操作对设备寿命的延长有着积极影响。在深度调峰时,锅炉的启停次数增加,不合理的启停操作会给设备带来巨大的热应力和机械应力。采用缓慢升温、降温的方式,可以有效降低温度变化对设备造成的损伤。合理安排启停顺序,避免设备在不利的工况下启动或停止,也能减少设备的磨损。例如,先启动辅助设备,确保系统稳定后再启动主要设备,可以减少启动过程中的冲击。在停止设备时,逐步降低负荷,让设备有足够的时间冷却,避免因急停而导致的热应力集中。此外,采用防护措施也是延长设备寿命的有效方法。在受热面表面喷涂防腐涂料,可以防止烟气中的酸性物质对受热面的腐蚀。特别是在深度调峰时,燃

烧不完全可能导致烟气中的酸性物质含量增加,防腐涂层能够起到很好的保护作用。在易磨损部位加装防腐装置,如防磨瓦、防磨衬板等,可以降低受热面的磨损程度。对于关键设备的部件,可以采用高性能的材料进行替换,提高其抗磨损、抗腐蚀的能力。

#### 3.4 降低污染物排放

在火电厂深度调峰的过程中,降低污染物排放是一项至关重要的任务。(1)优化燃烧控制是降低污染物排放的关键环节。采用低氮燃烧技术,通过调整燃烧器的设计和配风方式,降低燃烧过程中氮氧化物的生成量。例如,采用分级燃烧技术,将燃烧过程分为主燃区和再燃区,在再燃区喷入适量的燃料,使氮氧化物在还原气氛下转化为氮气,从而有效降低氮氧化物的排放,合理控制燃烧温度和空气过量系数,也可以减少氮氧化物的生成。对于二氧化硫的排放,优化燃烧控制可以提高石灰石的利用率和脱硫效率。通过精确控制石灰石的喷入量和反应时间,使二氧化硫与石灰石充分反应,生成稳定的硫酸钙,从而降低二氧化硫的排放。(2)加强环保设备维护对于降低污染物排放起着重要作用。环保设备如脱硫装置、脱硝装置和除尘设备等,在深度调峰过程中需要保持良好的运行状态。定期对环保设备进行检修和清洗,确保设备的性能稳定。例如,对脱硫装置中的喷嘴进行清洗和更换,保证石灰石浆液的雾化效果,提高脱硫效率。对脱硝装置中的催化剂进行检测和再生,确保催化剂的活性,降低氮氧化物的排放。对除尘设备进行维护,清理积灰,提高除尘效率,减少烟尘的排放。(3)开展技术改造是降低污染物排放的有效途径。随着技术的不断进步,新的环保技术和设备不断涌现。火电厂可以积极开展技术改造,提高环保设备的性能和效率。例如,对电除尘设备进行升级改造,采用高效电除尘器或布袋除尘器,可以提高烟尘的去除效率。对脱硫设备进行优化改造,采用新型的脱硫剂和脱硫工艺,提高脱硫效率。对脱硝设备进行技术升级,采用更先进的脱硝技术,降低氮氧化物的排放。

#### 3.5 引入先进燃烧技术

在当今追求可持续发展的时代,引入先进燃烧技术成为了关键的突破方向。先进燃烧技术就像是一把神奇的钥匙,为我们打开高效能源利用的大门。它能够使燃料更加充分地燃烧,极大地提高能源转化效率。以往,传统燃烧方式常常伴随着能源的浪费和环境污染,而先进燃烧技术则可以显著减少这些问题。通过精确的燃烧控制和优化的燃烧过程,它能在相同的燃料投入下产生更多的能量输出。这不仅降低了能源成本,还为企业和社会带来了巨大的经济效益。减少了有害气体和污染物的排放,让我们的天空更加湛蓝,空气更加清新。在工业领域,先进燃烧技术可以提升生产效率,降低能耗。在家庭生活中,它也能为我们带来更节能、环保的取暖和烹饪方式。它是科技与环保的完美结合,为我们的未来生活注入了新的活力和希望。让我们积极引入先进燃烧技术,共同迈向一个更加美好的明天<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

综上所述,火电厂深度调峰对锅炉运行产生多方面影响。在当前能源转型的大背景下,火电厂深度调峰虽面临诸多挑战,但也为火电厂的发展带来新的机遇。通过采取优化燃烧系统、提高热效率、延长设备寿命和降低污染物排放等措施,能够有效应对深度调峰带来的不利影响,提高火电厂的运行稳定性和经济效益。未来,随着技术的不断进步,火电厂在深度调峰方面将不断探索创新,为电力系统的安全稳定和可持续发展做出更大贡献。

#### 参考文献

- [1]蔡欣.燃煤机组深度调峰对锅炉系统可靠性的影响分析[J].中国电业,2021,2(5):21-26.
- [2]张广才,周科,鲁芬,等.火力发电机组深度调峰技术探讨[J].热力发电,2017,(9):13-17.
- [3]王志平.火电厂灵活性深度调峰改造技术及应用[M].中国电力出版社,2022,34-45.
- [4]苏显贺.基于深度调峰技术的600MW火力发电机组性能试验分析[J].科学技术创新,2022(36):47-56.