

深度调峰模式下火力发电厂机组长周期运行建议

裴 伟

山西启光发电有限公司 山西 晋中 031300

摘 要：深度调峰模式下，火力发电厂机组运行面临诸多挑战，其重要性日益凸显。该模式易引发燃烧稳定性问题、汽水系统参数波动及设备磨损加剧等状况，影响机组长周期运行。为应对这些挑战，建议优化燃烧调整，强化汽水系统控制，加强设备维护与管理，并提升运行人员操作水平，以保障火力发电厂机组在深度调峰模式下的稳定、高效运行。

关键词：深度调峰模式；火力发电厂机组；长周期运行建议

引言

在能源结构调整与电力需求多变的背景下，火力发电厂机组深度调峰运行成为常态。深度调峰不仅关乎电网的稳定运行与新能源的有效消纳，更是火力发电厂适应市场变化、提升竞争力的关键。然而，深度调峰也给机组运行带来了燃烧稳定性下降、汽水系统参数波动、设备磨损加剧等诸多挑战。为确保机组在深度调峰模式下实现长周期稳定运行，本文提出一系列针对性建议，以期火力发电厂提供参考。

1 火力发电厂机组在深度调峰模式下的重要性

火力发电厂机组在深度调峰模式下扮演着至关重要的角色，这是由当前能源结构转型和电力系统运行需求共同决定的。随着新能源发电占比的不断提升，风电、光伏等可再生能源因其间歇性和不稳定性，对电网的安全稳定运行提出了更高要求。在这种情况下，火力发电厂机组不再仅仅作为基荷电源，而是逐渐向辅助服务型电源转变，承担起电网调峰调频的重要任务。深度调峰模式是指火电机组在电网负荷峰谷差较大时，通过降低出力来适应电网需求的一种运行方式。这种模式要求火电机组能够在低负荷下稳定运行，并保持较高的燃烧效率和污染物超低排放，这对于火电机组的技术水平和运行管理都提出了极高的要求。在深度调峰模式下，火电机组能够灵活响应电网负荷变化，确保电力系统在新能源发电不足时能够迅速补充电量，维持电网的稳定运行。当新能源发电充足时，火电机组又能够及时降低出力，为新能源发电腾出空间，提高电网对可再生能源的消纳能力。深度调峰还有助于提高火电机组的运行经济性。通过优化机组的运行方式，减少不必要的燃料消耗，降低发电成本。深度调峰还能够延长设备的使用寿命，减少因频繁启停和负荷波动对设备造成的损害。为了实现深度调峰，火电机组需要进行一系列的技术改造

和升级。例如，对锅炉燃烧系统进行优化，提高燃烧效率；采用先进的控制技术，实现机组的快速启停和负荷调节；加强环保设施的投入，确保在低负荷下仍能保持污染物超低排放。这些举措的实施，不仅提升了火电机组的调峰能力，也为电力系统的可持续发展奠定了坚实基础。

2 深度调峰对火力发电厂机组运行的影响

2.1 燃烧稳定性问题

在深度调峰模式下，火力发电厂机组负荷大幅降低，这对燃烧稳定性构成严峻挑战。当机组负荷降低时，进入炉膛的燃料量显著减少，使得燃烧室内的温度水平下降。较低的温度难以维持燃料的充分、稳定燃烧，容易出现燃烧波动甚至熄火现象。由于燃料量减少，燃烧器出口的燃料浓度分布也会发生变化，可能导致部分燃烧器区域燃料过稀或过浓，进一步影响燃烧的稳定性。燃料性质的变化在深度调峰时也会加剧燃烧稳定性问题。实际运行中，不同批次的燃料品质存在差异，在低负荷工况下，这种差异对燃烧的影响更为明显。若燃料的挥发分含量较低，着火温度会升高，着火延迟，使得燃烧过程难以在短时间内充分进行，进而影响燃烧稳定性。燃料的水分和灰分含量增加，不仅会降低燃料的发热量，还会影响燃料在炉内的着火和燃尽特性，导致燃烧效率下降，甚至引发燃烧不稳定。深度调峰时空气动力场的变化也不容忽视。为适应低负荷运行，送风量会相应减少，这可能导致炉膛内气流组织紊乱，影响燃料与空气的混合效果。燃料与空气混合不均匀，会使部分燃料无法及时与充足的氧气接触，造成燃烧不充分，火焰传播速度不稳定，最终威胁燃烧稳定性。这种不稳定的燃烧状态长期持续，不仅会降低机组的发电效率，还可能对炉膛等设备造成损害，影响机组的长周期安全运行^[1]。

2.2 汽水系统参数波动

深度调峰过程中,火力发电厂机组的汽水系统参数极易出现波动。随着机组负荷的大幅变化,蒸汽流量和压力会迅速改变。在负荷降低阶段,汽轮机的进汽量减少,蒸汽在汽轮机内的做功能力下降,导致主蒸汽压力升高,而当负荷突然增加时,蒸汽流量需要快速提升,此时若给水调节系统响应不及时,就会使主蒸汽压力迅速下降,这种压力的大幅波动对汽水系统设备的安全运行极为不利。汽水系统中的水位控制也面临挑战。在深度调峰时,由于蒸汽流量的快速变化,汽包水位会出现虚假水位现象。当负荷突然降低,蒸汽流量迅速减少,汽包内汽水混合物的体积膨胀,导致汽包水位看似上升,但实际上此时汽包内的储水量并未真正增加。若运行人员误判,减少给水量,就可能导致汽包缺水,威胁机组安全。反之,当负荷突然增加时,又会出现相反的虚假水位情况,可能导致汽包满水,影响蒸汽品质,进而对汽轮机等设备造成水冲击损害。深度调峰还会引起汽水系统温度参数的波动。在低负荷运行时,过热器和再热器的蒸汽流量减少,烟气对蒸汽的加热程度相对增强,容易导致过热汽温和再热汽温升高。当负荷突然变化时,由于燃烧调整和汽水流量变化的不同步,过热汽温和再热汽温又可能出现快速下降。这种频繁的温度波动会使受热面金属材料承受交变热应力,长期作用下,金属材料的疲劳寿命会降低,容易出现裂纹等缺陷,严重影响汽水系统设备的使用寿命和可靠性,制约机组的长周期稳定运行。

2.3 设备磨损加剧

深度调峰模式使得火力发电厂机组设备的磨损显著加剧。在低负荷运行时,由于燃烧不稳定和蒸汽流量的变化,汽轮机的叶片会承受不均匀的气流作用力。部分叶片区域的蒸汽流速和压力分布异常,导致叶片受到的激振力增加,容易引发叶片的振动。长期的振动作用会使叶片的根部、叶顶等部位产生疲劳磨损,严重时甚至可能导致叶片断裂,造成重大设备事故。深度调峰过程中频繁的负荷变化,会使机组的转动设备如给水泵、送风机、引风机等频繁启停或在变工况下运行。这些设备在启动和停止过程中,由于转速的急剧变化,轴承、密封等部件会承受较大的冲击载荷,加速部件的磨损。在变工况运行时,设备内部的流体流动状态发生改变,可能产生涡流、气蚀等现象,进一步加剧设备的磨损。例如,给水泵在低负荷运行时,由于流量减少,泵内可能出现汽蚀现象,对叶轮和泵壳造成严重的侵蚀磨损。深度调峰时炉膛内的燃烧工况变化,也会导致锅炉受热面

的磨损加剧。低负荷运行时,燃料燃烧不充分,可能产生还原性气体,这些气体在高温下会对受热面金属材料产生腐蚀作用。由于气流组织的变化,飞灰对受热面的冲刷角度和速度也会改变,使得受热面局部区域的磨损加剧。例如,省煤器、过热器等部位,在深度调峰期间,因飞灰磨损和腐蚀的综合作用,管壁厚度会逐渐减薄,降低设备的安全性和使用寿命,对机组的长周期运行构成严重威胁^[2]。

3 深度调峰模式下火力发电厂机组长周期运行建议

3.1 优化燃烧调整

(1) 在深度调峰工况下,需对燃料特性予以密切关注。不同煤种的挥发分、热值、灰分等指标差异明显,会极大影响燃烧效果。通过精确分析煤质,可合理调整燃烧器的配风比例。例如,对于挥发分高的煤种,适当增加二次风的供给量,以强化燃料与空气的混合,促进燃烧充分进行,提升燃烧效率,降低不完全燃烧损失。

(2) 燃烧器的运行方式优化同样关键。调整燃烧器的倾角和摆动幅度,能改变火焰中心位置,进而调节炉膛内的温度分布。在低负荷时,将火焰中心适当下移,可增强下部区域的燃烧强度,防止局部温度过低导致燃烧不稳定甚至熄火。采用分层配风技术,根据燃烧进程分阶段供给空气,保证燃料在不同阶段都能获得适宜的氧量,稳定燃烧工况。(3) 引入先进的燃烧优化控制系统是提升燃烧调整水平的有效手段。该系统利用传感器实时采集炉膛温度、烟气成分、燃料流量等参数,通过复杂的算法模型对数据进行分析处理,进而自动精准调节燃烧过程中的各项参数。这样不仅能快速适应负荷变化,维持稳定高效的燃烧状态,还能有效减少运行人员的操作负担,提高燃烧调整的及时性和准确性。

3.2 强化汽水系统控制

(1) 维持汽水品质的稳定是确保机组安全长周期运行的基础。严格控制给水的硬度、酸碱度、溶解氧等指标。通过高效的除盐设备去除水中的各种盐分,防止在受热面形成水垢,影响传热效率,甚至引发爆管事故。采用合适的加药处理方式,调节给水的pH值在适宜范围,抑制金属腐蚀。利用除氧器将水中的溶解氧降低至规定值以下,避免氧腐蚀对管道和设备造成损害。(2) 汽水系统的水位控制至关重要。在深度调峰过程中,负荷的快速变化易导致水位波动。通过优化水位控制系统的参数,提高其响应速度和调节精度。例如,采用前馈-反馈控制策略,根据负荷变化信号提前对水位进行调节,同时结合实际水位反馈信号进行修正,确保汽包水位始终维持在正常范围内。加强对水位测量装置的维护

和校准,保证水位信号的准确可靠,防止因测量误差导致水位控制失误。(3)蒸汽参数的稳定控制直接关系到机组的经济性和安全性。在低负荷工况下,通过调整汽轮机的调速汽门开度、锅炉的燃烧强度以及减温器的喷水量等手段,严格控制主蒸汽压力、温度和再热蒸汽温度在规定范围内。避免蒸汽参数的大幅波动,防止汽轮机因热应力变化过大而损坏,同时保证机组的热效率,降低能耗^[3]。

3.3 加强设备维护与管理

(1)建立完善的设备巡检制度是及时发现设备隐患的关键。运行人员应按照规定巡检路线和时间间隔,对设备进行细致检查。重点关注设备的振动、温度、声音等参数,例如通过触摸设备外壳感受温度是否异常,利用听针倾听设备内部有无异常声响。对于转动设备,检查其轴承润滑情况,确保润滑油充足、油质良好,防止因缺油或油质恶化导致轴承磨损甚至烧毁。(2)定期开展设备的预防性维护工作。根据设备的运行状况和厂家建议,制定合理的维护计划。例如,对锅炉受热面进行定期吹灰,清除积灰,提高传热效率,降低排烟温度,防止受热面超温。对汽轮机的叶片进行定期清洗,去除积垢,恢复叶片的气动性能,保证汽轮机的出力和效率。及时更换易损件,如磨损的密封件、老化的电缆等,避免因小故障引发的设备事故。(3)利用先进的设备监测技术提升设备管理水平。安装振动监测、温度监测、油液分析等在线监测系统,实时采集设备运行数据,并通过数据分析软件进行处理和诊断。一旦发现设备参数异常变化,系统能及时发出预警信号,运行人员可据此提前安排检修,将设备故障消灭在萌芽状态。建立设备管理信息化平台,对设备的台账、维修记录、运行数据等进行集中管理,方便查询和分析,为设备的全生命周期管理提供有力支持。

3.4 提升运行人员操作水平

(1)加强运行人员的技术培训,使其熟悉深度调峰模式下机组的运行特性和操作要点。组织专业技术人员开展针对性的培训课程,详细讲解机组在不同负荷下的燃烧调整方法、汽水系统控制策略以及设备维护注意

事项等内容。通过理论知识讲解、案例分析和模拟操作等多种方式,加深运行人员对相关技术的理解和掌握程度。(2)开展运行人员的技能竞赛活动,营造良好的学习氛围,激发其提升操作水平的积极性。设置与深度调峰运行相关的竞赛项目,如燃烧调整优化、水位快速控制、异常工况处理等。在竞赛过程中,运行人员相互交流、切磋技艺,发现自身不足并学习他人的先进经验,从而整体提升操作技能水平。对竞赛成绩优秀的人员给予适当奖励,进一步激励运行人员不断学习和进步。

(3)建立运行人员的操作经验分享机制。定期组织运行人员召开经验交流会,让他们分享在深度调峰运行过程中遇到的问题及解决方法。例如,分享在低负荷下如何快速稳定燃烧、如何应对汽水系统的异常波动等实际操作经验。通过这种方式,将个人的经验转化为集体的财富,使全体运行人员都能从中受益,提高整个运行团队应对复杂工况的能力,保障机组在深度调峰模式下安全稳定长周期运行^[4]。

结语

综上所述,深度调峰模式下火力发电厂机组长周期运行面临着诸多挑战,但通过优化燃烧调整、强化汽水系统控制、加强设备维护与管理以及提升运行人员操作水平等建议措施,可以有效应对这些问题,确保机组稳定、高效运行。未来,随着技术的不断进步和管理的持续优化,火力发电厂机组在深度调峰模式下将实现更加安全、经济、环保的长周期运行,为电力系统的稳定供应和可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]李甲伟,刘新龙,梁祖雄,等.火电机组深度调峰控制系统优化研究[J].自动化仪表,2022,43(7):67-72.
- [2]李波.分析火力发电厂机组运行方式的优化方法[J].工程管理,2024,5(1):104-106.
- [3]沈闯.火力发电厂发电机组集控运行技术探讨[J].光源与照明,2023(6):237-239.
- [4]涂沛亮.火力发电厂发电机组集控运行技术[J].通讯世界,2024,31(4):97-99.