

火电厂机组深度调峰过程中的节能探索

刘新雨

国能民权热电有限公司 河南 商丘 476800

摘要: 随着能源需求的不断增长和环保要求的日益提高,火电厂机组深度调峰技术成为电力行业关注的焦点。本文探讨了火电厂机组深度调峰过程中的节能技术。定义了火电厂机组深度调峰技术,并分析了深度调峰过程中存在的能耗问题。阐述了包括基于状态预估的自适应控制技术、增加炉水循环泵增强给水循环、风量优化与分仓配煤自动调整技术、燃烧调整与低负荷稳燃技术、设备改造与节能优化以及智能化运维与故障预警系统等深度调峰中的节能技术。最后对深度调峰节能技术的发展趋势进行了展望,指出技术创新、智能化、环保与可持续性以及政策与市场驱动将是未来发展的重要方向。

关键词: 火电厂机组;深度调峰;节能技术

引言:深度调峰旨在应对电网负荷的剧烈波动,确保电网稳定运行。但深度调峰过程中往往伴随着能耗的增加,对机组的运行效率和经济效益构成挑战。因此探索深度调峰过程中的节能技术,对于提升火电厂的能效和环保水平具有重要意义。

1 火电厂机组深度调峰技术的定义

火电厂机组深度调峰技术是电力系统在负荷低谷时段,为了维持供需平衡,通过调整发电机组出力,使其远低于额定功率运行的一种重要手段。这一技术通常涉及火电机组等传统电源,并可能结合储能、需求侧响应等新型调节手段,以应对电网负荷峰谷差较大的挑战。深度调峰技术的核心在于,当电力系统处于负荷低谷时,火电厂机组能够迅速调整其出力,减少发电量,以适应电网需求的变化。这一过程中,发电机组的负荷率通常会降低到40%以下,甚至更低,以充分响应电力系统的波动性变化^[1]。通过深度调峰,火电厂能够在负荷低谷时减少能源的浪费,还能在负荷高峰时迅速增加出力,确保电力系统的稳定运行。深度调峰技术的实施对于火电厂和整个电力系统都具有重要意义。对于火电厂而言,通过深度调峰技术,可以提高机组的调峰能力和灵活性,使其能够更好地适应电网负荷的变化。深度调峰还有助于降低机组的能耗和排放,提高能源利用效率,减少环境污染。对于整个电力系统而言,深度调峰技术有助于实现电力的供需平衡,提高电力系统的稳定性和可靠性。在可再生能源占比不断提高的新型电力系统中,深度调峰技术更是成为了煤电向基础保障性和系统调节性电源并重转型的关键。

2 火电厂机组深度调峰过程中存在的能耗问题

2.1 锅炉燃烧不稳定导致能耗增加

在深度调峰过程中,锅炉的燃烧工况远低于设计的最低稳定运行负荷,这导致炉膛温度急剧下降,煤粉的快速着火变得困难,火焰稳定性差,容易发生熄火、炉膛灭火等重大安全隐患。为了维持锅炉的稳定燃烧,往往需要投入更多的助燃剂,这增加了燃料消耗,还可能导致燃烧不完全,产生更多的污染物排放。由于煤种的变化和混配不均,也可能导致燃烧过程中的水煤比发生大幅度变化,进一步影响锅炉的热效率和能耗。

2.2 汽轮机运行参数偏离最优导致能耗上升

深度调峰过程中,随着负荷的降低,汽轮机的运行参数也会发生显著变化。蒸汽温度、压力和流量的降低都可能影响汽轮机的热效率和机械效率。特别是当蒸汽温度过热度不足时,容易发生汽轮机水冲击现象,这会损坏汽轮机设备,还会降低机组的热效率。由于深度调峰期间机组负荷变化频繁,这可能导致汽轮机的磨损和能耗增加。

2.3 辅机设备偏离设计工况导致能耗异常

在深度调峰过程中,各辅机设备(如风机、给水泵等)均偏离了原来的设计工况,这将直接影响辅机系统的做功效率。风机的抢风和失速可能导致喘振、跳闸等安全问题,而给水泵的流量波动则可能影响锅炉的稳定运行^[2]。为了维持辅机设备的正常运行,往往需要增加其运行功率或调整其运行方式,这都会导致能耗的增加。

2.4 热耗增加和效率下降导致能耗上升

深度调峰过程中,机组在低负荷下运行会导致热耗增加和效率下降。特别是超临界和超超临界机组,由于其设计工况通常是在较高负荷下运行,因此在低负荷下运行时,其热效率和经济性会显著下降。由于深度调峰期间机组负荷变化频繁,机组的热耗和效率也会受到动

态工况的影响,进一步增加了能耗的不确定性。

2.5 环保参数超标导致额外能耗

在深度调峰过程中,由于燃烧不稳定和负荷变化频繁,可能导致环保参数(如烟尘、二氧化硫、氮氧化物等)超标。为了满足环保要求,往往需要增加脱硫、脱硝和除尘等设备的运行功率或调整其运行方式,这都会导致额外的能耗。环保参数的超标还可能引发环保监管部门的处罚和整改要求,进一步增加了煤电企业的运营成本。

3 深度调峰中的节能技术

在电力行业中,特别是在新能源大规模接入的背景下,600MW机组需要具备更强的深度调峰能力,以应对电网负荷的剧烈波动。但深度调峰往往伴随着能耗的增加,这对机组的运行效率和经济效益构成了挑战。因此以下节能技术成为提升600MW机组深度调峰能力的重要途径。

3.1 基于状态预估的自适应控制技术

基于状态变量预估的自适应动态加速技术是一种创新的控制算法,特别适用于复杂系统的精细化控制。该技术结合了系统状态变量的预估与修正、自适应控制参数的调整以及控制品质的保证等多个环节,能够在实时数据的基础上对机组状态进行精准预估,并据此自适应地调整控制参数。在600MW机组深度调峰过程中,当机组负荷降低至深度调峰范围时,该技术能够迅速预估机组各部件(如锅炉、汽轮机、凝汽器等)的温度、压力等关键状态变量。基于这些预估数据,控制系统能够智能地调整燃烧系统、给水系统等关键参数,以确保机组在保持稳定运行的同时,实现能耗的最小化。该技术还具备历史数据分析能力。通过挖掘机组运行的历史数据,该技术能够识别出能耗较高的工况,并据此优化控制策略。在特定负荷下,通过调整煤粉细度、一次风量等参数,可以显著提升燃烧效率,降低能耗。

3.2 增加炉水循环泵增强给水循环的节能技术

在火电厂深度调峰过程中,机组长期低负荷运行会导致锅炉水循环动力下降,水冷壁受热面因水流减少而出现局部超温风险。通过增设炉水循环泵强制增强给水循环,可显著改善低负荷工况下的水动力特性,形成三重节能效益:(1)该技术方案通过提升循环流速优化传热效率。传统自然循环系统在低负荷时工质流速降低,传热性能下降约15%~20%。增设循环泵后,强制循环使水冷壁内工质流速提高30%~50%,有效增强对流换热系数,使锅炉热效率提升0.8%~1.2%。某600MW机组实测数据显示,在40%负荷下,排烟温度降低8~12℃,燃料

利用率提高0.6个百分点。(2)精准调控实现运行优化。采用变频控制技术的循环泵可根据负荷动态调整转速,在50%~100%负荷区间实现无极调速。当机组处于深度调峰状态时(30%~50%负荷),通过智能算法匹配最佳循环流量,较传统定速泵节约25%~30%。增强循环有效减少水冷壁温差,降低金属疲劳风险,延长设备寿命约1.5~2年。(3)余热梯级利用拓展节能空间^[1]。将循环泵运行产生的热量通过专用换热器回收,用于预热凝结水或加热送风,形成能源利用闭环。某电厂改造案例显示,该系统集成后综合能效提升1.3%,年节约标准煤约4200吨,CO₂减排超1.1万吨。该技术通过水动力强化、智能调控与余热回收的协同创新,使深度调峰机组在保持安全性的同时,实现能效提升与碳排放降低的双重突破,为火电灵活运行提供了兼具经济性与环保性的技术解决方案。

3.3 风量优化与分仓配煤自动调整技术

针对深度调峰时氧量偏高、风机能耗增加及燃烧效率波动问题,通过风量精细化控制结合分仓配煤动态调整,实现多参数协同节能。该技术核心如下:(1)送风机低频优化。将送风机最低运行频率由25Hz降至23Hz,同步降低动叶开度3%,减少过量空气系数。试验表明,氧量每降低1%可节省煤耗约0.95g/kWh,深调期间氧量平均下降0.4%,风机耗电量降低0.05%。(2)分层风量控制。根据分仓配煤热值差异,动态调整二次风箱挡板及三次风门开度。热值偏低煤仓对应区域,二次风挡板关小35%,三次风门关小5%,精准匹配燃烧需求,避免局部缺氧或过量空气。(3)DCS自动调整模块。新增分仓配煤控制逻辑,联动氧量、风量与给煤量信号,实现“煤质-风量”闭环调节。系统自动计算最佳配风方案,减少人工干预滞后性,提升调整时效性。

3.4 燃烧调整与低负荷稳燃技术

在深度调峰过程中,机组负荷降低导致燃烧稳定性受到影响,容易出现燃烧不完全和污染物排放增加的问题。需要对燃烧系统进行调整以确保燃烧的稳定性与高效性。可以通过调整煤粉细度、一次风量和二次风量等参数来优化燃烧过程。煤粉细度的调整可以改变煤粉的燃烧速率和燃尽度,从而影响燃烧效率和污染物排放。一次风量的调整可以影响煤粉的着火速度和燃烧稳定性,而二次风量的调整则可以改变炉膛内的气流分布和燃烧强度。通过合理调整这些参数,可以在保证燃烧稳定性的同时提高燃烧效率并降低污染物排放。还可以采用低负荷稳燃技术如等离子点火技术、微油点火技术等来确保机组在负荷较低时仍能保持稳定燃烧。

3.5 设备改造与节能优化

设备改造与节能优化是提升600MW机组深度调峰能力的另一重要手段。通过对机组的关键设备进行改造和优化,可以降低能耗并提高机组的运行效率。在锅炉方面,可以对燃烧器、受热面等进行改造以提高热效率。采用新型燃烧器可以优化煤粉的燃烧过程并提高燃尽度;对受热面进行改造可以增加传热面积并提高传热效率。这些改造措施可以降低锅炉的能耗还可以提高机组的整体热效率。在汽轮机方面,可以对通流部分进行优化以降低能耗。通过改进汽轮机叶片的形状和材质、优化级间汽封结构等措施可以降低汽轮机的内部损失并提高做功效率。还可以对凝汽器进行清洗和改造以提高其传热效率并降低背压从而进一步降低能耗。除了设备改造外,还可以采用先进的控制系统和监测技术对机组的运行状态进行实时监测和优化^[4]。通过实时监测机组的关键参数如负荷、蒸汽压力、温度等以及设备的运行状态如振动、磨损等可以及时发现并解决潜在的问题从而避免能耗的增加。

3.6 智能化运维与故障预警系统

在600MW机组深度调峰中,智能化运维与故障预警系统通过集成大数据分析、人工智能算法与物联网技术,对机组运行数据进行深度挖掘与分析,实现故障的提前预警与精准定位。智能化运维系统能够实时监测机组各部件的运行状态,包括振动、温度、压力等关键参数,一旦发现异常数据,立即触发预警机制,通知运维人员及时处理,避免故障扩大导致的能耗增加与停机损失。该系统还能根据历史数据与当前运行状况,智能预测机组的维护周期与所需备件,优化维护计划,减少不必要的停机时间。故障预警系统利用人工智能算法对机组运行数据进行深度学习,构建故障预测模型,能够准确识别潜在的故障模式,提前采取措施进行干预,防止故障发生,保障机组在深度调峰过程中的稳定运行。

4 深度调峰节能技术的发展趋势

随着全球对能源效率和环境保护要求的日益提高,深度调峰节能技术在电力行业,特别是火电机组中的应用,正展现出广阔的发展前景。这一技术有助于提升电

网的稳定性和灵活性,还能显著降低能耗,促进清洁能源的消纳。以下是对深度调峰节能技术发展趋势的几点分析:(1)技术创新与融合。深度调峰节能技术将更加注重技术创新与多学科技术的融合。将人工智能、大数据分析与传统控制算法相结合,可以实现对机组运行状态的精准预测与优化,进一步提升调峰过程中的节能效果。新型材料的应用也将为深度调峰技术带来新的突破,如耐高温、耐腐蚀的材料将延长机组部件的使用寿命,减少能耗。(2)智能化与自动化水平的提升。智能化与自动化水平的提升将是深度调峰节能技术发展的重要方向。通过引入先进的传感器、物联网技术和智能控制系统,可以实现对机组运行状态的实时监测与精准控制,提高调峰的响应速度和稳定性。智能化的运维系统还能降低运维成本,提升机组的整体运行效率。(3)环保与可持续性。在深度调峰过程中,如何减少污染物的排放,实现环保与可持续性的目标,将是技术发展的重要考量。深度调峰技术将更加注重与环保技术的结合,如采用低氮燃烧技术、高效脱硫脱硝技术等,以降低机组运行过程中的环境污染。

结语

火电厂机组深度调峰过程中的节能技术具有广阔的发展前景。通过不断的技术创新和优化,可以进一步提升机组的能效和环保水平。随着智能化、自动化水平的提升以及环保政策的推动,深度调峰节能技术将成为火电厂转型升级的重要方向。同时应关注技术的经济性和实用性,确保节能技术的可持续发展。

参考文献

- [1]李秀忠.火电厂机组深度调峰过程中的节能探索[J].能源科技,2020,18(3):92-95.
- [2]宋扬.火电厂机组深度调峰过程中的节能探索[J].百科论坛电子杂志,2020(13):15-16.
- [3]武少华.火电厂机组深度调峰过程中的节能探索[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2021(7):3255-3256.
- [4]李军徽,张嘉辉,穆钢,等.储能辅助火电机组深度调峰的分层优化调度[J].电网技术,2019(11):121-130.