

Energy Efficiency Evaluation and Energy Saving Potential Analysis of Power Plant

Gang Wang

Gansu Electric Power Investment Changle Power Generation Co., Ltd., Jiuquan, Gansu, 735200, China

Abstract

This study investigates the development of an energy efficiency evaluation framework for power plants, explores in-depth energy-saving potential, and proposes corresponding policy recommendations and implementation measures. First, a comprehensive evaluation system is established, incorporating key indicators such as power generation efficiency, fuel consumption rate, plant electricity consumption rate, and emission control levels, to provide a scientific basis for energy efficiency assessment. Second, the energy-saving potential of power plants is analyzed from three dimensions: technological upgrades, operational management optimization, and clean energy utilization, with specific improvement strategies proposed. Finally, from a policy perspective, recommendations are made to enhance policy support and incentives, as well as improve the regulatory and standardization system, to promote the in-depth development of energy efficiency improvement initiatives in power plants.

Keywords

power plant energy efficiency evaluation; energy saving potential; technical transformation; operation management optimization

电厂能效评估与节能潜力分析

王刚

甘肃电投常乐发电有限责任公司, 中国·甘肃 酒泉 735200

摘要

本文旨在探讨电厂能效评估体系的构建、节能潜力的深度挖掘以及相应的政策建议与措施。首先,通过构建包括发电效率、燃料消耗率、厂用电率及排放物控制水平等关键指标的全面评估体系,为电厂能效评估提供科学依据。其次,从技术改造、运行管理优化及清洁能源与综合利用三个维度深入分析了电厂的节能潜力,并提出了具体的提升策略。最后,从政策层面出发,提出了加大政策支持与激励、完善法规标准体系等建议,以促进电厂能效提升工作的深入开展。

关键词

电厂能效评估; 节能潜力; 技术改造; 运行管理优化

1 引言

随着全球能源需求的持续增长和环境保护意识的日益增强,提高能源利用效率、减少能源消耗及碳排放已成为电力行业发展的重要课题。电厂作为能源消耗大户,其能效水平直接关系到国家能源安全和环境保护目标的实现。因此,开展电厂能效评估与节能潜力分析,对于指导电厂优化运行、促进节能减排具有重要意义。

2 电厂能效评估体系构建

2.1 评估指标选取

电厂能效评估指标的选择需综合考虑技术先进性、经济合理性及环境友好性。发电效率作为最直接反映能源转换效率的指标,是衡量电厂能效水平的核心。燃料消耗率则直

接关联到电厂的运营成本和环境影响,是评估其资源利用效率的关键指标。此外,厂用电率作为评价电厂内部能源管理效率的重要参数,也是不容忽视的。同时,随着环保法规的日益严格,排放物控制水平成为衡量电厂环境友好性的重要标准,包括二氧化硫、氮氧化物及颗粒物等污染物的排放量均需纳入评估范围。

2.2 数据采集与处理

在电厂能效评估中,数据采集与处理的准确性至关重要。电厂需构建一套高效、全面的数据采集系统,实时追踪锅炉、汽轮机、发电机等核心设备的运行状况,确保数据获取的及时性和全面性。面对复杂多变的数据环境,采用先进的数据清洗技术是关键,它能有效剔除冗余、错误的数

【作者简介】王刚(1989—),男,中国甘肃定西人,本科,助理工程师,从事电力运行管理。

2.3 评估方法与模型

针对电厂能效评估的复杂性,需采用多种评估方法和模型相结合的方式的综合评估。数据包络分析(DEA)作为一种非参数的效率评估方法,能够有效避免主观因素的干扰,客观反映电厂的相对效率水平。多目标优化模型则能够考虑多个评估指标之间的权衡关系,为电厂在不同工况下制定最优运行策略提供科学依据。此外,随着人工智能技术的发展,机器学习、深度学习等算法也被逐渐应用于电厂能效评估中,通过挖掘数据背后的隐藏规律,进一步提升评估的准确性和智能化水平。

3 电厂节能潜力深度挖掘与提升策略

3.1 聚焦核心设备节能升级

锅炉是发电厂最大的耗能设备之一,其燃烧效率直接决定了燃料消耗情况。采用高效燃烧技术如低氮燃烧器改造、优化一次风配比提升煤粉充分燃烧率等可降低炉本体热量损失 3%~5%,此外还可以应用清洁受热面技术。例如安装声波吹灰器以及汽力吹灰器等设备,可以有效减少管壁上的积灰结垢情况的发生,提高传热效果的同时节约燃煤耗损 5~8g/kW·h。对于老式的锅炉而言,可利用余热回收技术进行改造,如增设低压省煤器等设备,如此便能够将烟气余热用来预热冷却水,从而降低电炉制备过程中的耗煤量,大概在 10-15g/kW·h 之间。某 300MW 等级火电机组锅炉实施了低氮燃烧器改造以及烟气余热回收利用技术改造后,上网电价从之前的 290g/kW·h 降低至目前的 272g/kW·h。年节约标准煤 8000t 左右^[1]。

汽轮机效率的提高是改善发电厂经济性的重要环节之一。通过改变汽轮机通流部分的形式,并采用新型叶片以及更好的密封装置来降低漏汽损失和流动阻力损失,可使汽轮机效率提高 2%~3%,也可将发电煤耗降至 8-12g/kW·h。其次,还可以从汽轮机的热效率上进行提升,比如对抽吸参数进行调整,从而提高回热作用的效果,降低冷却能源的消耗,在这种情况下,就可以再次降低用煤量到每年节约近 1.2 万 t 标准煤的程度;对于诸如高加(HighPressureHeater)、低加(LowPressureHeater)等附属设备,可以通过堵漏增效提升传热系数的方式避免出现蒸汽泄漏的情况从而提升热量利用程度,在将某台 600MW 等级汽轮机动改通流后,其发电效率已从之前的 41% 提高到现在的 43.5%,每年可节约标准煤 12000 多吨^[2]。

厂用负荷约占全厂用电量的 60%~70%,节能潜力巨大。对于风机、水泵类电机可应用高压变频调速系统进行改造:在锅炉送引风风机、一次风机、排粉机以及空预器吹灰器、脱硫磨煤机润滑油站循环油泵、凝结水泵、闭路水泵、循环水泵、工业废水池潜污泵、生活污水提升泵、消防泵等电机上加装变频器,因此可以根据实际的需求来及时地调节其速度,这样就能够有效地降低这些辅机所消耗的能量,使得

整个工厂的功率利用率可以提升至少 0.5-1% 左右。另外可以将传统的低效电动机更换为 IE3 及以上的高效电动机,则它们的效率可提高 3%-5%。再者降低辅机耗电量,如某电厂将四台循环水泵改造为变频调速后,单台泵年用电量由原来的 86 万 kWh 降至 52 万 kWh,可实现年节约电费约 20 万元。

3.2 实现全流程能效管控

根据电力系统中的耗能情况以及机器的效率特点制定最优的用电方案。对于具有多个发电机组的工厂而言,则根据每台机器的耗能率曲线特性,合理分配各台机器的工作量,让高效机承担基本负荷,低效机承担高峰负荷。避免其在非经济区间运行。同时开展“AGC 经济调频”技术应用,实现机组出力在线跟踪调整,使其始终运行在最佳经济区间内,降低厂用电率约 3 ~ 5g/kWh。如某电厂实施该技术后取得良好效果。他们将两台 300 兆瓦发电机和 600 兆瓦发电机合理搭配使用,成功地将全厂总耗电从 275 克每千瓦时降低到 268 克每千瓦时,每年可节约标煤五万吨^[3]。

建立了燃烧特性试验模型并根据煤质特点(发热量、挥发分含量以及含灰量)动态优化燃烧参数;通过对投料量、一次风速、二次风配比以及喷火角度进行适当调整,优化炉内燃烧工况,降低不完全燃烧热损失及排烟热损失;借助于在线燃烧监测技术,连续监测炉温和烟气成分(O₂和 CO),并自动调节燃烧工况,以维持最理想的燃烧状态。某电厂经燃烧优化改造后,锅炉效率从原来的 92.5% 提升到了 94.2%,厂用电率降低 6g/(kW·h),年节标煤约 3600t。

建立了全寿命的保护装置,对锅炉、汽轮机、辅机等关键设备进行周期性检修保养,避免“带病作业”,效率下降;定期清洗锅炉受热面、汽轮机通流部分,减少结垢积灰;加强密闭件、阀类的维护保养,防止蒸汽及压缩空气泄漏;不断校准仪表和传感器的数据,确保数据的准确度,以便于运行调控提供可靠基础。某电站经精细化检修之后,设备非计划停运时间缩短了 30%,机组平均利用效率提升了 2.1 个百分点,年节煤标煤约 420 吨。

3.3 拓展节能新路径

利用厂区闲置土地和厂房屋顶建设分布式光伏发电系统进行自产上网余电出售,替代部分外购电量,减少了对外部的消耗量;对于燃油类用能项目而言,可结合配套风电系统组成“燃油+风电+光伏+储能”的互补型系统,其中燃油机组承担基荷负荷,风电及光伏承担出力变化部分,储能用来平抑出力波动,从而提升能源供应的安全性与清洁度。如某燃油机组建成 20MW 分布式光伏电站后,年均上网电量约 2200 万 kW·h。让全厂用电率从原来的 6.2% 降至 5.5%,年节约标准煤约 700 万吨,减少二氧化碳排放量 18000 余吨。

在不断努力将余热充分利用起来,比如利用蒸汽及热水循环系统的余热进行供热或供汽,并可用于驱动吸附式制冷机为厂内空调降温,再次提升综合效率。对于一些联产电

厂而言,会改造它的热管系统,让它的供热面积更大范围的运用这些多余的热量;再者就是鼓励运用固体废物进行再生资源生产,例如燃煤后的煤渣用于生产水泥、砖石等建筑材料,经净化的CO₂排放物可用于生产石膏板和石膏构配件等等,这样一来便达到了“化废为宝”的效果。某热电联产电厂在进行了余热供汽系统改造后,年供热量从150万GJ提高到目前的280万GJ,同时粉煤灰及脱硫石膏利用率提高至98%左右,节约了约300万元的固废处置成本;同时提高了能源综合利用率,由原来的45%提升至现在的58%^[4]。

采用生物质锅炉助燃替代燃煤方式是将少量的生物质直接掺入到火电厂锅炉中进行燃烧,从而达到减少化石能源以及CO₂消耗和排放的目的,并不需对锅炉做大的改造,在实际应用过程中较为成熟且成本较低。某电力公司采取生物质颗粒替代燃煤10%,以年消耗约2万t秸秆原料为例,则可替代标准煤1万余吨,减排CO₂排放量约3万t,再加上生物质发电的电价补贴,每年增加利润近470万元。

4 节能潜力分析

4.1 技术改造潜力

技术改造是提升电厂能效的重要手段之一。随着科技的进步,许多高效、节能的新技术不断涌现,为电厂的能效提升提供了广阔的空间。首先,对电厂现有设备进行全面评估,识别出技术落后、效率低下的设备或系统,如老旧锅炉、低效汽轮机及高能耗辅机等。针对这些设备,可采取一系列技术改造措施,如引入高效燃烧技术,通过优化燃烧过程,提高燃料利用率,减少污染物排放;优化热力系统,通过改进热力循环,降低热损失,提高热能转换效率;升级辅机设备,采用高效节能的电机、泵和风机等,减少辅助系统的能耗。这些技术改造措施的实施,将显著提升电厂的整体能效水平。

4.2 运行管理优化

在电厂的运行管理中,挖掘节能潜力是提升能效的关键环节。通过实施精细化负荷调度策略,能够精准匹配电力需求与机组运行状态,减少不必要的负荷波动,提升机组运行的经济性和稳定性。同时,建立健全节能降耗操作规范体系,加强对操作人员的专业培训,不仅能够提升其技能水平,还能增强节能意识,从源头上减少操作失误带来的能量损耗。此外,智能运维系统的引入更是革命性的变革,它利用大数据和云计算等前沿技术,对海量运行数据进行深度挖掘与分析,实现设备故障的提前预警与快速响应,有效提升了设备的可靠性和整体运行效率。

4.3 清洁能源与综合利用

清洁能源的利用和能源的综合利用是电厂未来发展的重要方向。随着可再生能源技术的不断发展,火电与风电、

光伏等可再生能源的互补利用成为可能。通过建设风电、光伏等可再生能源发电项目,与火电形成互补,提高能源供应的多样性和稳定性。同时,加强对余热、余压等二次能源的回收利用,如利用锅炉排烟余热进行供暖或发电,利用汽轮机排汽余热进行海水淡化等,提高能源综合利用率,减少能源浪费。这些措施的实施,不仅有助于提升电厂的能效水平,还有助于推动能源结构的优化和环境保护的改善。

5 政策建议与措施

5.1 政策支持与激励

政府应加大对电厂能效提升项目的支持力度,通过一系列优惠政策激励电厂积极投身于节能改造之中。具体而言,可以实施税收优惠政策,对参与能效提升项目的电厂给予税收减免或优惠税率,减轻其财务负担。同时,设立专项财政补贴,对完成节能改造并达到能效标准的电厂给予一定的资金补助,增强其改造动力。此外,推动绿色金融的发展,鼓励金融机构为电厂能效提升项目提供低息贷款、绿色债券等融资支持,降低其融资成本。这些政策措施将有效降低电厂节能改造的成本和风险,为其能效提升提供有力保障。

5.2 法规标准完善

完善相关法规标准体系是保障电厂能效提升工作顺利进行的關鍵。政府应制定明确的能效提升目标和要求,并将其纳入法规体系之中,使电厂在节能改造过程中有法可依、有章可循。同时,建立健全能效监管机制,加强对电厂能效水平的监测和考核,确保其按照既定目标推进节能改造工作。对于未能达到能效标准的电厂,应采取相应的惩罚措施,如限制其发电量、提高排污费等,以形成有效的约束机制。通过这些措施的实施,将推动电厂积极开展能效评估与节能改造工作,为实现绿色低碳的能源发展目标贡献力量。

6 结语

本文深入探讨了电厂能效评估与节能潜力分析的重要性及其实施路径。通过构建全面的评估体系、挖掘技术改造与管理优化的节能潜力,以及提出政策建议与措施,为电厂能效提升提供了系统性指导。电厂能效提升不仅是技术进步的体现,更是能源结构调整和环境保护的必然要求。

参考文献

- [1] 李欣怡.电厂能效评估体系构建与节能潜力分析[J].能源与环境科学,2023,15(6):345-350.
- [2] 赵思远.电力系统能效电厂项目研究综述[J].电力技术经济,2022,24(2):78-83.
- [3] 陈静宜.火电厂环保设施优化及节能措施研究[J].皮革制作与环保科技,2021,13(1):45-49.
- [4] 郭浩宇.变频装置在火电厂节能降耗中的应用[J].上海节能,2021,1(1):67-72.