

电厂锅炉节能改造措施

杨国晟 田宏野 战家慧

华能营口仙人岛热电有限责任公司 辽宁 营口 115009

摘要：随着能源危机的加剧与环保要求的日益严格，电厂锅炉作为能源转换的关键设备，其节能改造已成为电力行业可持续发展的迫切需求。本文深入剖析电厂锅炉运行现状，阐述节能改造的必要性，详细探讨从燃烧系统、余热回收系统、汽水系统到运行管理与控制系统等多方面的节能改造措施，包括优化燃烧器、采用新型燃烧技术、加装余热回收装置、优化汽水流程、引入智能控制系统等，并结合实际案例分析改造后的显著成效，如提高热效率、降低煤耗、减少污染物排放等，旨在为电厂锅炉节能改造提供全面的理论支持与实践指导，推动电力行业向绿色、高效方向迈进。

关键词：电厂锅炉；节能改造；热效率；可持续发展

引言：电力行业作为国民经济的支柱产业，在为社会提供稳定电力供应的同时，也是能源消耗大户。电厂锅炉作为火力发电的核心装备，其能耗水平直接影响着电厂的经济性与环保性。在当前全球倡导节能减排、应对气候变化的大背景下，传统电厂锅炉普遍存在热效率偏低、能源浪费严重以及污染物排放量大等问题，难以满足可持续发展的要求。因此，深入研究电厂锅炉节能改造措施，挖掘节能潜力，提升能源利用效率，对于缓解能源紧张局势、降低发电成本、减少环境污染具有举足轻重的意义，是电力行业实现高质量发展的必由之路。

1 电厂锅炉运行现状及节能改造必要性

1.1 运行现状

（1）热效率有待提高。目前，许多电厂锅炉的实际热效率仍低于设计值，部分老旧锅炉热效率甚至不足80%。造成热效率低下的原因众多，如燃烧不充分，导致部分燃料未完全释放化学能就随烟气排出；锅炉受热面结垢、积灰，阻碍热量传递，使蒸汽吸热量减少；汽水分离装置不完善，造成蒸汽带水，影响蒸汽品质与做功能力等。（2）能源浪费现象严重。一方面，在锅炉启停过程中，由于升温、升压速率控制不当，以及暖管、疏水不及时，大量热能被无效损耗；另一方面，部分辅助设备选型不合理或运行工况不佳，如风机、水泵等长期偏离高效区运行，能耗居高不下，“大马拉小车”现象普遍，极大地浪费了电能。（3）污染物排放量大。煤炭燃烧过程中会产生大量的二氧化硫、氮氧化物、粉尘等污染物。传统锅炉燃烧技术及烟气处理工艺相对落后，难以实现污染物的深度减排，不仅对生态环境造成严重破坏，还面临着日益严苛的环保法规处罚风险，增加了企业运营成本。

1.2 节能改造必要性

（1）应对能源危机。随着全球能源储量的逐渐减少，能源价格持续攀升，电力企业面临着巨大的成本压力。通过节能改造提高锅炉热效率，减少煤炭消耗，可有效降低发电成本，增强企业在市场中的竞争力，同时缓解国家能源供应紧张局面，保障能源安全。（2）满足环保要求。环保标准的不断升级促使电厂必须采取有效措施削减污染物排放。锅炉节能改造过程中，引入先进的燃烧技术与烟气净化设备，不仅能提高能源利用效率，还可同步降低污染物生成量，实现节能减排的双重目标，为生态环境保护贡献力量。（3）企业可持续发展。节能改造有助于电厂优化生产流程，提升设备可靠性与运行稳定性，降低运维成本，提高企业经济效益。同时，树立良好的环保形象，增强社会认可度，为企业长期可持续发展奠定坚实基础^[1]。

2 电厂锅炉节能改造措施

2.1 燃烧系统改造

在燃烧系统的改造中，优化燃烧器和采用新型燃烧技术是两大核心策略，旨在提高燃烧效率并减少污染物排放，实现能源的高效利用与环境的友好保护。（1）优化燃烧器。传统燃烧器往往存在燃烧不充分、氮氧化物排放高等问题，而新型低氮燃烧器的引入则是对这一现状的革新。通过精细调整燃烧器的空气动力学结构，如优化喷口形状、角度与布置，可以确保燃料与空气的精准混合，这不仅促进了燃料的充分燃烧，提高了燃烧效率，还显著降低了氮氧化物的生成量。例如，将直流燃烧器升级为旋流燃烧器，利用旋转气流延长煤粉在炉内的停留时间，增强燃烧稳定性，有效减少了未燃尽碳的损失。这种改造不仅提升了锅炉的热效率，还显著降低

了污染物的排放,为环境保护做出了贡献。(2)新型燃烧技术。循环流化床燃烧技术(CFBC)和富氧燃烧技术是近年来在燃烧领域备受推崇的先进技术。CFBC技术通过流化态使燃料在炉膛内循环流动,实现了燃料与空气的充分接触,燃烧温度均匀且相对较低,有效抑制了氮氧化物的生成。同时,该技术对燃料适应性强,能够燃烧劣质煤、煤矸石等低品位燃料,不仅拓宽了燃料来源,降低了燃料成本,还提高了资源的综合利用率。富氧燃烧技术则是通过提高助燃空气中的氧气含量,强化了燃烧反应,提高了燃烧效率,减少了烟气排放量,为后续烟气处理减轻了负担。这两种技术的结合应用,不仅提升了燃烧系统的整体性能,还为实现绿色低碳发展提供了有力支撑^[2]。

2.2 余热回收系统改造

余热回收系统的改造是提升锅炉热效率、实现节能减排的重要途径。加装省煤器和安装空气预热器是这一改造过程中的两大关键措施。(1)加装省煤器。在锅炉尾部烟道增设低温省煤器,可以充分利用烟气余热加热锅炉给水。通过合理设计省煤器的换热面积与结构形式,如采用螺旋翅片管省煤器,可以大幅提高换热效率,使给水温度在进入锅炉前得到显著提升。这不仅减少了锅炉燃料消耗,降低了运行成本,还降低了烟气温度,有利于后续烟气脱硫、脱硝等环保设备的稳定运行,提高了污染物脱除效率。这一改造措施不仅实现了能源的高效利用,还为环境保护做出了积极贡献。(2)安装空气预热器。空气预热器将锅炉尾部烟气余热传递给助燃空气,提高了空气进入炉膛时的温度,从而改善了燃烧条件,加速了燃料着火与燃烧过程。新型回转式空气预热器相较于传统管式空气预热器具有诸多优势,如结构紧凑、换热效率高、漏风率低等。通过优化运行参数,如控制排烟温度在合理范围,可以有效防止空气预热器低温腐蚀,延长设备使用寿命。这一改造措施不仅提升了锅炉的热效率,还降低了能源消耗和污染物排放,为实现可持续发展目标提供了有力支持。

2.3 汽水系统改造

汽水系统作为锅炉与汽轮机之间的关键连接,其性能的优化直接关系到整个热力系统的效率与稳定性。在上述提到的汽水系统改造基础上,我们可以进一步细化并深化其改造措施,以期达到更高的能效提升。(1)汽水流程的动态模拟与优化:利用先进的计算流体力学(CFD)软件,对汽水系统的管道布局、汽水分离器、阀门等关键组件进行三维动态模拟。这种模拟可以精确计算出汽水在管道中的流动状态,包括流速、压力

分布、温度梯度等,从而识别出潜在的阻力点和效率瓶颈。基于模拟结果,可以对管道走向、阀门选型、汽水分离器的设计进行微调,进一步减少流动阻力,提升汽水系统的整体效率。(2)高效换热设备的选型与集成:除了采用波纹管式蒸发器外,还应考虑其他类型的高效换热设备,如螺旋管式换热器、热管换热器等,这些设备因其独特的结构设计和换热机制,能在有限的空间内提供更大的换热面积,同时减少热损失。在选型时,需综合考虑设备的热效率、压降、维护成本以及长期运行的可靠性,通过技术经济分析,选择最适合本项目的换热设备。此外,优化换热设备与汽水系统其他部分的集成方式,如采用模块化设计,便于安装、维护和升级,也是提高系统整体性能的关键。(3)汽水品质的精细化管理:汽水品质直接影响汽轮机的效率和寿命。在汽水系统改造中,应加强对汽水品质的监测与控制,通过安装高精度的在线水质分析仪,实时监测汽水中的含氧量、硬度、pH值等指标,及时采取措施调整水质,如添加化学药剂、调整排污量等,确保汽水品质符合标准要求^[3]。

2.4 运行管理与控制系统改造

在现代化工业生产中,运行管理与控制系统的优化升级是实现节能减排、提高生产效率的关键。对于锅炉系统而言,建立能源管理系统(EMS)和引入智能控制系统是两大核心改造方向,旨在实现运行的智能化与精细化管理。(1)建立能源管理系统(EMS)。EMS作为锅炉系统的大脑,通过实时采集并处理锅炉运行过程中的各项关键参数,如压力、温度、流量、氧量等,构建了一个全面的数据监测与分析平台。借助大数据分析技术,EMS能够深入挖掘数据背后的规律与趋势,建立精确的锅炉能耗模型。这一模型不仅能够精准评估锅炉运行的经济性,还能为运行人员提供科学、合理的操作建议。例如,根据实时数据分析,EMS可以指导运行人员调整燃烧工况,优化负荷分配,从而有效降低能耗,提升锅炉的运行效率。此外,EMS还能够及时发现并纠正能源浪费行为,为企业的节能减排工作提供有力支持。

(2)引入智能控制系统。智能控制系统的引入,标志着锅炉控制技术的重大飞跃。它采用了先进的智能控制算法,如模糊控制、神经网络控制等,能够实现对锅炉燃烧、给水、汽温等关键环节的精确控制。与传统的PID控制相比,智能控制系统具有更强的自适应性和鲁棒性,能够根据实时工况变化迅速、准确地调整控制策略,确保锅炉始终运行在最佳状态。在燃烧控制方面,智能控制系统能够根据煤质变化、负荷波动等实时调整风煤比,实现燃烧的稳定与高效。这一改造不仅提高了锅炉

对工况变化的适应性与响应速度，还显著提升了锅炉的运行效率和稳定性，为企业的安全生产和节能减排工作奠定了坚实基础^[4]。

3 电厂锅炉节能改造案例分析

3.1 案例一：某300MW燃煤电厂锅炉改造

某300MW燃煤电厂的亚临界自然循环锅炉运行多年，热效率逐年下降，煤耗偏高，且氮氧化物排放超标。为实现节能减排目标，该厂实施了一系列节能改造措施：燃烧系统方面，将原直流燃烧器更换为低氮旋流燃烧器，并对炉膛燃烧工况进行优化调整。改造后，锅炉燃烧稳定性显著增强，未燃尽碳损失从3%降至1.5%，氮氧化物排放浓度降低30%，满足了环保要求。余热回收系统中，在尾部烟道加装低温省煤器与回转式空气预热器。省煤器将给水温度提高20℃，空气预热器使助燃空气温度提升30℃，锅炉热效率提高3.5个百分点，年节约标煤约1.2万吨。汽水系统优化管道布置，采用高效汽水分离装置，蒸汽带水率降低至0.5%以下，汽轮机进汽品质提高，发电效率提升。运行管理上，建立EMS并引入智能燃烧控制系统。通过EMS实时监测与分析，发现并解决多处能源浪费问题；智能控制系统实现风煤比精准自动调节，锅炉负荷响应速度加快，运行稳定性进一步提高。经综合改造，该电厂锅炉运行状况得到极大改善，热效率提升至90%以上，年节约成本800余万元，在节能增效与环保减排方面取得显著成效，为同类电厂锅炉改造提供了有益借鉴。

3.2 案例二：某热电联产电厂锅炉改造

某热电联产电厂为满足周边区域供热需求，同时提高自身能源利用效率，对现有中温中压链条炉排锅炉进行改造：燃烧系统采用生物质与煤混烧技术，新增生物质給料装置，优化炉排结构，使生物质能在炉膛内充分燃烧。此举拓宽了燃料来源，减少煤炭消耗，同时利用生物质燃烧过程中的自脱硫特性，降低二氧化硫排放。余热回收环节，安装热管式空气预热器与余热锅炉，回

收烟气余热用于预热空气与生产低压蒸汽，满足部分厂区供热需求。改造后，空气预热温度提高25℃，余热锅炉额外产汽5t/h，相当于年节约标煤1500吨。汽水系统改造为母管制运行方式，优化汽水分配，提高系统可靠性与灵活性；选用高效波纹管冷凝器，增强凝汽效果，降低背压，提高汽轮机发电效率。运行管理引入基于物联网的远程监控系统与智能诊断平台，实时掌握锅炉运行状态，远程专家团队可根据数据分析及时提供故障诊断与运维建议，减少停机时间，降低运维成本。通过此次改造，该热电联产电厂实现了供热与发电的高效协同，锅炉综合热效率提升至85%，在保障民生供热的同时，显著提升了企业经济效益与环保效益，成为热电联产领域锅炉节能改造的成功范例。

结论：电厂锅炉节能改造是一项系统工程，涵盖燃烧系统、余热回收系统、汽水系统以及运行管理与控制系统等多个方面。通过优化燃烧器、采用新型燃烧技术、加装余热回收装置、优化汽水流程以及引入智能控制系统等一系列措施，结合实际案例验证了这些措施的有效性，能够显著提高锅炉热效率，降低煤耗，减少污染物排放，实现电力企业经济效益与生态环境效益的双赢。在未来能源发展格局中，随着科技进步与创新驱动，电厂锅炉节能改造将持续深化，向着更高效率、更低排放、智能化运维方向迈进，为电力行业可持续发展注入强大动力，助力全球能源与环境事业迈向新征程。

参考文献

- [1]张峰,李华.基于大数据驱动的电厂锅炉燃烧优化节能策略研究[J].动力工程学报,2024(06):78-82.
- [2]刘悦,陈杰.新型高效余热回收装置在电厂锅炉中的应用及性能分析[J].热能动力工程,2024(05):65-68.
- [3]王强,赵刚.电厂锅炉汽水系统节能改造关键技术与实践[J].中国电力,2024(04):52-55.
- [4]孙晓琳.智能控制系统提升电厂锅炉运行效率的原理与实证研究[J].电力自动化设备,2024(03):48-51.