

热电厂集控运行节能降耗技术的应用分析

张文年

国家能源集团华北电力有限公司廊坊热电厂 河北 廊坊 065000

摘要：热电厂集控运行以计算机监控系统为核心，具有集中、协同、自动化、实时性等特点，为节能降耗提供支撑。节能降耗涵盖燃烧优化、热力系统优化等技术。当前应用中存在设备协同与技术整合不足、参数优化与控制精度不够、管理体系与人员素养短板等问题。对此，可通过强化设备协同与技术整合、优化参数调控与控制算法、完善管理体系与提升人员素养等策略，提升节能降耗技术应用效果。

关键词：热电厂；集控运行；节能降耗技术；应用分析

引言：在能源需求持续增长与环保要求日益严格的双重背景下，热电厂作为能源转换与供应的关键环节，集控运行中的节能降耗意义重大。集控运行凭借集中性、协同性、自动化与实时性等特点，为节能降耗提供了操作平台与数据支撑，其核心目标在于提高能源转换效率、降低资源消耗和减少污染物排放。当前，节能降耗技术在锅炉、汽轮机与发电、辅机等系统得到应用，但也存在设备协同与技术整合不足、参数优化与控制精度不够、管理体系与人员素养短板等问题。为此，需采取针对性策略，提升节能降耗技术应用效果，推动热电厂可持续发展。

1 热电厂集控运行与节能降耗概述

1.1 集控运行的基本特点

热电厂集控运行以计算机监控系统为核心，将锅炉、汽轮机、发电机等主要设备及辅助系统的运行参数、状态信息集中采集与处理，通过操作员站实现远程控制与调节。其主要特点包括：一是集中性，所有设备的监控与操作均在集控中心完成，减少了分散控制的信息延迟；二是协同性，通过系统联动实现锅炉、汽轮机等主设备的协调运行，优化能量转换过程；三是自动化，采用PID调节、顺序控制等技术实现设备启停、参数调整的自动完成，降低人工干预；四是实时性，借助高速数据传输与处理，实时反馈设备运行状态，为及时调整运行策略提供依据。这些特点为节能降耗技术的应用提供了便捷的操作平台与数据支撑。

1.2 节能降耗的核心目标

热电厂集控运行节能降耗的核心目标包括三个层面：一是提高能源转换效率，通过优化燃烧、减少热损失等方式，提升锅炉热效率与汽轮机相对内效率，增加单位燃料的发电量；二是降低资源消耗，减少煤炭、水资源、电力等的消耗，如降低发电煤耗、厂用电率；三

是减少污染物排放，通过提高燃烧充分性、优化脱硫脱硝工艺，降低烟尘、二氧化硫、氮氧化物等污染物的排放。这些目标相互关联，共同构成了热电厂节能降耗的评价体系，其中发电煤耗、厂用电率、锅炉热效率是衡量节能效果的关键指标^[1]。

1.3 节能降耗技术的应用范畴

集控运行中的节能降耗技术涵盖热电厂生产的全流程，主要包括：一是燃烧优化技术，通过调整锅炉燃烧参数、优化配风方式，实现燃料充分燃烧；二是热力系统优化技术，如疏水回收、余热利用等，减少热力过程中的能量损失；三是辅机变频调速技术，根据负荷需求调节泵类、风机等辅机的运行转速，降低辅机电耗；四是参数寻优控制技术，通过实时分析运行数据，优化主蒸汽压力、温度等关键参数，使设备运行在最佳工况；五是废水、废渣回收利用技术，实现资源的循环利用。这些技术在集控系统的整合下，形成协同节能的技术体系。

2 热电厂集控运行中节能降耗技术的应用现状

2.1 锅炉系统节能技术应用

锅炉系统作为工业生产及能源供应领域的关键设备，其节能技术的应用对于提升能源利用效率、降低运行成本以及减少环境污染意义重大。当前，锅炉系统节能技术主要聚焦于提升燃烧效率与减少热损失这两个核心要点。（1）在燃烧优化层面，集控系统扮演着至关重要的角色。它借助在线氧量分析、炉膛温度监测等先进手段，能够实时、精准地调节给煤量与配风量，将过量空气系数严格控制在最佳范围，有效避免了因空气量不足导致的不完全燃烧损失，以及空气量过多引发的排烟热损失。同时，采用煤粉细度在线监测与调整技术，依据不同煤种的特性，动态优化磨煤机的运行参数，确保煤粉的均匀性，进而提高燃烧速度与燃尽率，使燃料得到更充分的燃烧利用。（2）在余热回收方面，

集控系统通过协调控制空气预热器、省煤器的运行，降低排烟温度，实现对烟气余热的高效回收。部分热电厂还引入烟气再循环技术，将部分排烟重新送入炉膛，在降低氮氧化物生成的同时，进一步提高热量利用率。这些先进节能技术的综合应用，可使锅炉热效率显著提升，为锅炉系统的节能降耗提供有力支撑。

2.2 汽轮机与发电系统节能技术应用

汽轮机与发电系统的节能技术，始终围绕减少能量损失、提升转换效率这一核心目标展开。（1）在汽轮机运行优化领域，集控系统发挥着关键作用。它能够精准调节主蒸汽压力、温度以及汽轮机进汽量，使其与负荷需求完美匹配，有效避免了因偏离设计工况而引发的效率降低问题。同时，采用先进的真空系统优化技术，实时对凝汽器真空度进行监测。通过灵活调节循环水泵转速、定期清洗凝汽器铜管等措施，维持凝汽器处于最佳真空状态，一般真空度保持在-95kPa以上，从而大幅减少汽轮机的排气损失。（2）在发电机运行方面，集控系统同样不可或缺。它实时监控发电机的功率因数，借助励磁调节手段，使其稳定保持在0.9-0.95的合理区间，有效降低无功损耗。此外，运用变频调速技术调节发电机冷却水泵转速，依据温度变化动态调整冷却水量，避免冷却系统过度耗电。这些先进节能技术的综合应用，成效显著，可使汽轮机相对内效率提升2-4个百分点，厂用电率降低0.5-1个百分点，为汽轮机与发电系统的高效、节能运行提供了坚实保障。

2.3 辅机系统节能技术应用

辅机系统，包含泵类、风机、磨煤机等设备，在热电厂中属于主要用电单元，其节能技术重点聚焦于变频调速与负荷匹配。（1）集控系统在此过程中发挥着精准调控的核心作用。它依据主设备的运行负荷，借助变频控制器灵活调节给水泵、送引风机的转速，让辅机设备的输出功率与实际需求高度适配。以锅炉负荷变化为例，当锅炉负荷从满负荷状态降至60%时，送风机转速会相应降低，此时其耗电量可大幅减少50%以上，有效避免了功率过剩造成的能源浪费。（2）在磨煤机运行优化方面，集控系统同样表现出色。它根据煤量需求以及煤粉细度要求，精准调节磨煤机的加载力与通风量，最大程度减少空载运行时长。同时，采用顺序启停控制策略，能够依据负荷变化自动增减运行台数，防止多台磨煤机在低负荷状态下运行，进一步提升能源利用效率。（3）辅机系统的状态监测与故障预警技术也至关重要。通过对振动、温度等关键参数进行实时分析，能够及时发现设备异常，避免因设备低效运行而导致的能耗增加，保

障辅机系统稳定、高效、节能运行。

3 节能降耗技术应用中存在的问题

3.1 设备协同与技术整合不足

当前，设备间协同性欠佳的问题严重制约着节能效果的充分释放。（1）在热电厂运行体系中，锅炉、汽轮机、辅机系统所采用的节能技术大多各自为政、独立应用，缺乏系统层面的深度整合。比如，锅炉的燃烧优化调整未能与汽轮机的真空调节形成有效联动，使得热力系统无法在整体上实现最优运行，进而导致整体效率难以提升。（2）不同厂家生产的节能设备与集控系统之间存在兼容性难题，数据交互存在障碍，这使得全局参数优化难以达成，无法充分发挥各设备的节能潜力。（3）部分老旧设备的节能改造推进迟缓，与新增节能技术不匹配的情况较为突出。以传统循环水泵为例，其与变频调速系统衔接不当，不仅无法实现预期的节能效果，反而导致调速效率下降10%-15%，严重影响了系统的整体节能成效。

3.2 参数优化与控制精度不够

在热电厂运行中，运行参数优化不够精准的问题，极大地阻碍了节能潜力的深度挖掘。集控系统的参数设定往往过度依赖经验值，缺乏根据不同煤种特性、负荷工况进行动态调整的能力。比如，当煤种热值发生改变时，系统未能及时对配风比例做出优化，使得燃烧不充分，燃烧效率显著下降。而且，部分关键参数的监测精度欠佳，像炉膛出口烟温、汽轮机背压等，数据误差较大，这直接影响了调节的准确性，难以实现精细化的运行控制。此外，控制算法的适应性也存在明显不足。传统的PID调节在面对负荷快速变化时，容易出现超调或者振荡现象，导致参数波动范围过大，进而增加了额外的能耗，不利于热电厂的高效、节能运行^[2]。

3.3 管理体系与人员素养短板

当前，节能管理体系存在诸多不完善之处，严重制约了节能技术的持续有效应用。一方面，缺乏健全的节能考核制度，节能指标未与运行人员绩效紧密挂钩，这使得运行人员缺乏足够的节能积极性，在日常工作中难以主动探索和应用节能措施。另一方面，节能技术的运维管理严重不到位，以变频设备为例，由于定期维护缺失，其运行效率会随着时间的推移而逐渐下降，无法持续发挥应有的节能效果。同时，运行人员的专业素养也亟待提升。部分人员对节能技术的原理和操作掌握不够熟练，在实际操作中难以充分发挥设备的节能功能。而且在面对负荷调整、故障处理等关键场景时，他们往往优先考虑设备的安全性，而忽视了节能优化，导致不必

要的能耗增加，进一步影响了热电厂的整体节能成效。

4 提升节能降耗技术应用效果的策略

4.1 强化设备协同与技术整合

为充分挖掘节能潜力，需着力构建“设备-系统-控制”一体化节能体系。（1）对集控系统进行全面升级，借助先进的信息技术，达成锅炉、汽轮机、辅机系统运行数据的全范围共享。在此基础上，构建多设备协同优化模型，以锅炉与汽轮机的联动调节为例，将锅炉燃烧效率与汽轮机真空度紧密关联，依据实时数据动态调整运行参数，从而提升热力系统的整体运行效率。（2）统一设备通信协议与数据接口标准，从根本上解决不同厂家设备间的兼容性难题，确保各类节能技术能够实现无缝对接与协同工作，避免因数据交互不畅导致的效率损耗。（3）大力推进老旧设备的节能改造与更新进程。积极采用高效节能设备替换高耗能辅机，如用高效离心风机取代传统轴流风机，从源头上降低设备自身电耗。同时，对改造后的设备开展联动调试，确保其与集控系统紧密配合、协同运行，实现整体节能效益的最大化。

4.2 优化参数调控与控制算法

要实现节能效益的最大化，需着重提升参数优化的精准性与动态适应性。借助大数据分析技术的强大能力，构建涵盖不同煤种、负荷工况的最佳参数数据库。集控系统能够依据实时工况，从数据库中自动匹配出最优参数，例如根据入炉煤热值的实时变化，精准调整过量空气系数，确保燃烧始终处于最佳状态。同时，升级监测仪表的精度，运用激光在线分析、红外测温等先进技术，显著提高炉膛温度、烟气成分等关键参数的测量准确性，为后续的参数调节提供坚实可靠的依据。此外，积极引入先进控制算法，如模型预测控制（MPC）。该算法可通过预测负荷变化趋势，提前对参数进行调整，有效减少超调与波动现象。针对设备变工况运行的情况，开发自适应控制策略，使设备能够在全负荷范围内自动调整运行参数，始终保持高效运行状态，进一步提升整个系统的能源利用效率和节能水平^[3]。

4.3 完善管理体系与提升人员素养

为推动节能工作深入开展，需建立全流程节能管理机制。（1）制定科学合理的量化节能考核指标，将发电煤耗、厂用电率等关键指标细致分解到各个班组与个人，并严格与绩效奖惩挂钩，以此充分调动运行人员的节能积极性，形成全员主动节能的良好氛围。同时，建立完善的节能技术运维台账，对变频设备、余热回收系统等重点节能设备进行定期检修校准，及时排查并解决潜在问题，确保设备始终保持高效运行状态，稳定发挥节能效益。（2）高度重视人员培训工作。开展节能技术原理、集控系统操作等专项培训课程，提升运行人员的专业理论水平与实际操作能力。通过模拟操作、案例分析等多样化培训方式，着重培养运行人员在确保安全前提下的节能优化意识。此外，搭建节能技术交流平台，鼓励员工分享最佳实践经验，促进知识共享与思维碰撞，推动全员共同参与到节能降耗工作中来。

结束语

热电厂集控运行中的节能降耗技术应用，是提升能源利用效率、降低运行成本、减少环境污染的关键举措。当前，尽管在锅炉、汽轮机、辅机等系统节能方面取得了一定成效，但仍面临设备协同与技术整合不足、参数优化与控制精度不够、管理体系与人员素养短板等问题。未来，需强化设备协同与技术整合，构建一体化节能体系；优化参数调控与控制算法，提升精准性与适应性；完善管理体系，提升人员素养，形成全流程节能管理机制。如此，才能充分挖掘节能潜力，推动热电厂节能降耗工作迈向新台阶，实现可持续发展。

参考文献

- [1] 赵君.热电厂集控运行节能降耗技术措施分析[J].大陆桥视野,2024(3):45-47.
- [2] 郭文明.火电厂集控运行节能降耗技术措施分析[J].电力设备管理,2023(12):115-117.
- [3] 马学礼,王笑飞,孙希进,等.燃煤发电机组碳排放强度影响因素研究[J].热力发电,2022,55(1):190-195.