节能技术在火电厂中的运用

杨春波

云南华电昆明发电有限公司　云南　昆明　650308

摘　要：火电厂生产流程涵盖多级能量转换，能耗损耗遍布热力循环、设备运转及介质输送等环节，传统运行模式普遍存在能效利用偏低的问题。本文结合火电生产全流程能耗产生规律与技术适配特征，梳理热力系统、辅机设备及附属系统现存能耗短板，搭建多环节、分层级的节能运用路径。依托参数调节、技术协同、工况适配与流程升级等方式完善节能体系，持续改善机组运行能耗缺陷，有效提升火电厂整体能源利用效率与生产运行品质。

关键词：火电厂；生产能耗；节能技术；热力系统；能效优化

引言：火力发电是电力能源供给的主流形式，机组长期连续运行形成的能量损耗，会制约电力生产的经济性与稳定性。多级能量转换的生产特性，让火电系统天然存在热能散失、设备耗能、介质输送损耗等各类问题。传统运行管控模式较为粗放，难以适配精细化能效管控需求。落实多元化节能技术、完善生产环节能耗治理，能够规范机组运行状态，推动火电生产朝着高效、低碳、经济的方向稳步发展。

1 火电厂生产能耗与节能技术适配特征

1.1 火电厂全流程生产能耗产生特征

火电厂电能生产以热力循环为核心运行逻辑，通过锅炉、汽轮机组及各类辅助设备协同配合，逐级完成燃料释热、热量交换、动力转化、电能输出的完整生产流程。能量形态多次转换的过程中，会产生不同形式的能源消耗[1]。炉膛内部燃料燃烧释热，化学能向热能完成转化，能量传递过程中会出现自然散失。高温蒸汽经管网输送至汽轮机组，外界环境、管道构造、运行工况都会干扰介质输送状态，引发热能损耗。汽轮机组做功运转、各类辅助设备持续启停工作，都会消耗热能与机械能。能耗问题贯穿机组启停、稳态运行、负荷调整的全部阶段，呈现出全程分布、持续存在的基本特征，构成火电生产能耗的主体部分。

1.2 火电生产环节能量损耗形成特点

火电生产体系的能量损耗分布于热力循环、介质输送、设备运转等多个维度，形成机制随生产环节的不同产生明显差异。锅炉工况不稳定会造成燃烧不充分，排烟散热、炉膛换热不均等问题都会引发热能流失。蒸汽输送过程中，管壁散热、介质压降、密封结构疏漏都会造成热量外泄。汽轮机组高速运转期间，内部气流紊乱、级间换热不均、机械构件摩擦，都会造成有效能量流失。工况波动、设备运行时长增加会持续改变损耗状态，让火电能量损耗呈现多点分散、动态波动的分布特点。

1.3 各类节能技术的技术属性与适用范畴

当前火电领域应用的节能技术具备独立的技术属性与应用定位，可针对性解决不同环节的能耗问题。部分技术围绕燃烧系统优化设计，通过调整燃烧工况、优化换热结构，提升燃料能量利用率。部分技术聚焦热力循环与介质输送环节，改良蒸汽传输状态，削弱热能损耗程度。还有部分技术针对辅机设备运行状态优化，规范设备运行模式，减少机械能耗浪费。不同技术的作用机理、干预环节、优化方向存在明显区分，可覆盖火电生产各类能耗场景，适配不同设备结构与生产工况。

1.4 节能技术与火电生产系统的适配逻辑

节能技术的合理运用需要贴合火电生产体系的运行规律，依托能耗特征搭建完整的适配体系。结合各生产工序的能耗成因与损耗规律，选用匹配的节能技术，精准治理能量损耗关键节点。结合机组负荷变化与工况波动，调整技术应用方式，适配差异化的生产状态。结合系统结构特点规划技术落地形式，规避技术应用与生产流程、设备工况的矛盾问题。合理的适配方式能够最大化发挥节能技术优势，完善能耗管控体系，提升火电机组整体运行能效。

2 火电厂能耗管控现存技术短板

2.1 热力系统运行的能耗管控短板

热力系统是火电厂能量转换与输送的核心载体，整体运行状态直接决定机组热能利用的整体水平。火电生产过程中，热力循环长期处于连续运转状态，工况参

数会随运行时长、负荷变动产生持续性偏移。蒸汽在管网输送环节会出现自然散热与压力衰减，循环温差失衡的问题难以得到有效修正。现行管控手段多针对常规运行参数开展基础调控，对系统内部细微工况波动、循环匹配失衡等深层问题缺少针对性处置手段[2]。粗放的管控模式无法适配精细化节能生产需求，持续滋生无效能耗，限制火电机组能效提升的整体空间。

2.2 辅机设备运行的能量损耗问题

火电厂辅机设备涵盖风机、水泵、空压机等诸多配套装置，为主机稳定运行提供基础保障。多数辅机运行模式依附主机工况调整，缺乏独立的工况优化与能耗调控机制。设备运行参数难以根据实时生产需求灵活适配，空载运转、低效率高负荷运行的现象较为普遍。机械构件长期往复运转会产生持续性摩擦损耗，部件老化磨损会进一步降低设备运行效率，增加能耗支出。各类辅机产生的能耗损耗相互叠加，逐步抬高机组整体能耗基数，成为火电生产能耗浪费的重要诱因。

2.3 烟气与水循环系统的能耗浪费隐患

烟气系统与水循环系统承担机组换热、介质输送、余热排放等关键功能，是能耗管控体系的重要组成部分。烟气排放阶段留存大量余热，现有处置方式对余热资源的回收利用不够充分，大量热能直接散失至外部环境。水循环管路长期服役会滋生积垢、局部堵塞等问题，增大介质输送阻力，弱化换热结构的工作性能。换热效率不足、管路运行状态劣化，会间接增加机组供热与介质输送的能耗消耗。这类隐性隐患具备缓慢累积的特点，长期疏于整治会持续造成能源流失，制约机组节能运行品质提升。

2.4 传统运行模式与节能技术的适配矛盾

火电厂传统运行体系优先保障生产稳定性，运行流程、操作规范均形成固化模式，整体架构偏向常态化生产逻辑。新式节能技术依托精细化、动态化调控逻辑搭建，对机组运行可调性、工况灵活性有着更高标准。固化的生产流程与老旧操作逻辑，会限制节能技术的落地应用场景。先进的节能调控手段难以深度融入现有生产体系，技术具备的优化价值无法充分发挥。这类适配层面的问题长期存在，制约火电厂节能改造的深度推进，让能耗管控工作长期存在优化上限。

3 节能技术在火电厂核心生产环节的运用路径

3.1 锅炉燃烧系统的节能技术运用

锅炉燃烧系统是火电生产能量转化的首要环节，燃烧工况好坏直接制约燃料资源的利用效率。实际生产过程中，炉膛燃料分布不均匀、配风比例不合理、受热面换热效果差等问题，都会造成明显的热能损耗。节能技术围绕燃烧全流程开展精细化优化，逐一改善各类燃烧缺陷。调整前端燃料输送排布，理顺炉膛内部燃料堆积与分布偏差，让燃料在腔体内部充分燃烧，充分释放自身热值。结合机组不同负荷的运行特点，动态调整分层送风比例，优化炉内燃烧环境，减少不完全燃烧带来的能源浪费[3]。对锅炉受热面、排烟通道开展精细化改造，缓解壁面散热与排烟余热外泄问题。全方位优化燃烧与换热结构，有效减少燃料热能的无效流失，提升锅炉整体热利用水平。

3.2 汽轮发电系统的节能技术运用

汽轮发电系统承接锅炉产出的高温蒸汽，完成热能向机械能、电能的多级转化，设备运行状态直接决定机组发电能效，汽轮机组热耗率一般处于 7800～8200kJ/kWh 的范围内。蒸汽输送压力衰减、内部通流紊乱、循环流程繁琐等问题，都会持续降低能量转化质量。节能技术围绕蒸汽品质管控、通流结构改造、热力循环优化三个方向落地应用。调整蒸汽输送管路布局，稳定介质运行参数，减轻输送阶段的热量损耗与压力波动，筑牢蒸汽做功的稳定基础。优化汽轮机内部通流结构，调整叶片造型与气流通道布局，缓解级间气流扰动，减少机械运转产生的无效能耗。精简热力循环的多余环节，搭建结构紧凑、运行高效的循环体系。持续优化设备结构与运行流程，能够有效挖掘汽轮机组的节能空间，强化蒸汽做功转化效能。

3.3 辅助机械设备的节能技术运用

火电厂辅机设备包含送引风机、循环水泵、空压机等配套装置，全程配合主机完成生产作业，设备运行状态对厂区整体能耗管控效果影响显著。传统固定工况的运行模式较为粗放，无法适配动态变化的生产负荷，容易出现空载运转、低效率高耗能等不良运行状态。节能技术以精准匹配工况需求为核心，升级辅机整体运行管控模式。跟随主机实时负荷变化调整设备运行参数，贴合现场生产节奏，规避各类无效运行工况。合理安排设备启停时序与轮换机制，缩短设备闲置运行时长，从运行源头控制能耗增量。常态化开展设备检修与参数校准工作，修复构件磨损、参数偏移等运行缺陷，降低机械摩擦引发的能量损耗。精细化的调控与维保方式，可有效规范辅机运行状态，持续压缩生产环节的隐性能耗。

3.4 烟气与水循环系统的节能技术运用

烟气与水循环系统承担余热排放、介质输送、换热

降温等基础工作，系统运行品质直接关乎机组节能管控的实际成效。高温烟气直接外排会带走大量余热，造成资源浪费。水循环管路积垢、输送阻力偏大、换热不充分等问题，也会持续引发能耗损耗。节能技术针对两类系统的运行短板开展针对性升级改造。搭建完善的烟气余热回收架构，收集外排烟气中的余热资源并输送回生产系统，实现废弃能源的二次利用。定期对水循环管路开展清理与规整作业，清除管壁积垢、疏通堵塞点位，降低水体输送的运行阻力。调整换热装置运行方式，优化冷热介质交换逻辑，稳步提升系统换热效率。多维度改造优化可补齐附属系统能耗短板，完善火电厂全域化的节能运行体系。

4 火电厂节能技术运用的优化升级方式

4.1 生产系统运行参数的节能优化调节

火电厂各套生产系统的运行参数，直接左右能量转化质量与整体能耗规模。常规生产工况下，各类参数常会偏离最优运行区间，长期积累就会形成持续性能耗损耗，削弱机组运行经济性能。参数节能优化调节依托机组核心运行原理，对温度、压力、负荷配比等关键指标开展精细化调校[4]。划分高、中、低三类典型负荷工况，结合机组不同负荷阶段的运行特点，明确各项参数的合理浮动区间，摒弃传统粗放的参数设定方式。及时修正燃烧系统、热力系统出现的参数偏差，让设备运行指标稳定保持在高效工况区间。精细的参数管控能够改善系统整体运行状态，削减参数失衡引发的无效能耗，稳固机组节能运行的基础条件。

4.2 多类节能技术的协同搭配运用模式

单一节能技术仅能针对局部设备、单一生产环节完成优化调整，优化覆盖面较为局限，无法化解全厂系统性的能耗难题。将多种节能技术整合搭配使用，可以打通各个生产系统的节能壁垒，实现全方位、多层次的能耗治理。依据锅炉燃烧、汽轮发电、辅机运转等不同模块的能耗特点，挑选适配的节能技术进行组合配置。厘清各类技术的作用原理与适用场景，合理规划技术落地方式，弥补单一优化手段存在的短板。科学搭建复合型技术体系，能够丰富节能治理维度，拓宽节能改造覆盖范围，切实提升机组整体节能优化效果。

4.3 设备运行工况适配的节能调整策略

电网用电负荷处于动态波动状态，火电机组运行工况也会随之调整，固化的节能方案难以适配多变生产场景，导致优化效果起伏不定。节能调控工作需要立足设备实时运行状态，搭建灵活可调的动态优化机制。针对机组高、中、低各类负荷工况，制定对应的设备运行标准与节能调控方案，满足不同生产状态的能耗管控需求。参照设备老化程度、日常运行损耗差异微调运行参数，适配设备不同运行阶段的性能特点。灵活多变的管控模式可以适配复杂生产场景，充分释放各类节能技术的优化潜能。

4.4 火电生产全流程节能运行模式升级

单纯聚焦单点设备的节能改造，很难让机组整体能效实现大幅提升。火电行业节能发展的核心方向，是推动能耗管控从单点改造转向全流程体系升级。破除各生产环节独立管控的割裂局面，整合燃烧换热、蒸汽做功、介质输送等完整生产链路。重塑一体化的节能管控逻辑，统一各道生产工序的能耗管控标准，补齐局部治理存在的漏洞[5]。优化厂区生产调度与运行管控体系，搭建全域协同的节能运行框架。这套体系化升级方式可以推动火电能耗管控全面提质，稳步提升机组长期运行的节能效能。

结束语

火电生产的能耗问题具备全域分布、动态波动的特点，各类能耗短板分散于热力系统、辅机设备、水循环与烟气系统等多个模块。各类节能技术可适配不同生产环节的损耗成因，从设备运行、参数调控、技术组合及流程体系层面完成优化升级。系统化的节能运用模式能够改善传统生产的能耗弊端，提升机组工况适配能力与能量转化水平，为火电厂长效节能增效提供稳固的技术支撑。

参考文献

[1] 赵阳. 节能减排技术在火电厂集控运行中运用研究 [J]. 电力设备管理,2025(14):270-272.

[2] 毋健. 节能技术在火电厂热能动力工程中的运用 [J]. 电力设备管理,2025(24):268-270.

[3] 李国艳. 火电厂集控运行节能降耗技术分析 [J]. 模型世界,2025(36):147-149.

[4] 李安东, 李光耀. 火电厂集控运行节能降耗技术措施分析 [J]. 科学与信息化,2023(22):10-12.

[5] 李冰浪. 火电厂集控运行中电气系统节能优化研究 [J]. 电子元器件与信息技术,2024,8(10):170-172.