

Study on cost control strategy of traditional coal power enterprises based on value chain analysis

Qiaodi Wang

Huadian Fukang Thermal Power Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831500, China

Abstract

Traditional coal-fired power companies have long faced the dual challenges of high cost rigidity and lagging control measures under multiple policy and market pressures. This paper identifies three high-cost segments—fuel, power generation, and environmental protection—using value chain analysis methods. It constructs a multi-source collaborative pressure reduction strategy system and deploys operational control mechanisms and energy efficiency optimization schemes in typical enterprises to verify their effectiveness in optimizing cost structures. The research findings show that matching strategies significantly enhance system coupling efficiency, reduce unit energy consumption, and lower maintenance expenses. This provides theoretical and practical support for traditional coal-fired power companies to establish technology-driven cost reduction pathways. Meanwhile, a comprehensive management model integrating data perception, process control, and value assessment is established to further enhance system response flexibility and structural adjustment capability.

Keywords

value chain analysis; cost control; coal power enterprises; power generation link; collaborative strategy

基于价值链分析的传统煤电企业成本控制策略研究

王巧弟

华电阜康热电有限公司，中国·新疆 昌吉 831500

摘要

传统煤电企业在多重政策与市场压力下长期面临成本刚性高与控制手段滞后的双重困境。本文基于价值链分析方法，识别燃料、发电与环保三类高成本环节，构建多源协同的压降策略体系，并在典型企业部署运行控制机制与能效调优方案，验证其对成本结构的优化作用。研究结果表明，匹配型策略在提升系统耦合效率、降低单位能耗和运维支出方面具有显著效果，为传统煤电企业构建技术驱动型降本路径提供理论与实践依据。同时，构建以数据感知、过程控制与价值评估为一体的综合管理模型，进一步增强系统响应灵活性与结构调节能力。

关键词

价值链分析；成本控制；煤电企业；发电环节；协同策略

1 引言

煤电作为中国能源结构的核心支撑，其长期运行特征为规模大、链条长、环节复杂，随着碳减排目标明确与电力市场化改革加速，传统煤电企业面临显著成本管控压力。高煤价、高能耗、高环保投入与设备老化等因素叠加，使得企业在保持供能稳定的同时难以实现成本结构的根本优化。多数企业仍采用线性控制模式，忽视各环节间的结构协同与动态反馈，导致成本控制失效。本文引入价值链分析思路，对煤电企业各环节进行系统性解构，旨在构建响应结构清晰、技术路径可控的成本控制策略模型。

2 煤电企业价值链成本结构诊断

2.1 核心环节划分与成本构成

传统煤电企业价值链可划分为燃料供应、燃烧发电、输变配能、设备维护、环境处理与综合服务六大环节，燃料供应环节包括原煤采购、运输与堆场管理，成本占比超过40%，主要受煤价、运距和堆场损耗影响。燃烧发电环节涵盖锅炉、汽轮机和发电机运行，其单位发电成本取决于能源转化效率、热电比和主辅机协调程度，能耗损失与运行冗余是成本负荷主因^[1]。输变配能环节涉及厂内配电及电网接口，受电压兼容、电力调度与负荷曲线设计影响，单位电耗波动性较大。

设备维护成本集中于主设备检修、备件更换和智能巡检系统，构成随技术部署深度显著差异，环境处理成本主要来自脱硫、脱硝、除尘与灰渣处理设备运行，在环保政策趋

【作者简介】王巧弟（1988-），女，中国甘肃天水人，本科，会计师，从事财务管理研究。

严下,运行频率和技术更新周期显著增加成本强度。综合服务环节涵盖人力、行政与信息系统支出,属支持性成本,持续性高但对边际成本影响较弱^[2]。六大环节中发电与环保成本占比最高,分别约为38%与22%,呈“中部集中、两端分化”结构,是成本压降策略的优先干预对象。

2.2 高成本源识别与成因分析

基于典型煤电企业运营数据对各环节成本占比和年度变动率进行综合评估,发电侧与环境处理侧被识别为高成本集中区域。发电环节中锅炉煤耗偏高、机组负荷调节响应迟缓和主辅设备效率错配为成本累积的技术根因^[3]。锅炉燃烧效率不足源于燃煤粒度控制误差与风煤比调整不精,导致实际煤耗偏离设计值超过7%;汽轮机低负荷区间运行频次过高,热效率曲线下降陡峭,造成单位电量燃料成本持续上扬。

环境处理侧的高成本形成机制以环保设备连续运行的高能耗与高维护周期为特征,典型如脱硫塔浆液循环系统能耗占系统总电耗10%以上,且受限于除尘装置阻力波动及吸收塔结垢现象,维持稳定运行需频繁检修与系统清洗作业,带来大规模的停机机会成本^[3]。环保限值政策推动设施运行频次加密,间接提升了设备折旧摊销与药剂消耗,形成多重成本叠加效应。该识别结果表明,高成本环节不仅集中于技术系统本体,还呈现出由运行策略、系统耦合失调和能源转化链条非最优造成的链式成本结构,需从技术响应机制与系统效率提升路径两方面切入优化。

2.3 技术因子分布与成本差异

各环节成本构成差异显著,受设备参数、能效指标、运行方式及控制策略影响。燃料供应成本主要取决于煤质热值、含水率、运输方式及堆损水平,煤质不稳将放大下游系统负担。燃烧发电成本关键在于锅炉负荷适配性、燃烧系统调节能力及汽轮机效率,稳定性不足直接推高单位电耗与热损。输配能成本与电压控制能力、功率因数调节精度及负荷预测模型关联密切,影响调度效率和变压损耗。设备维护成本由MTBF、维修工时与传感器布设密度主导,技术集成度越高,预防性维护支出越高但故障代价明显下降。

环保处理受SO₂与NO_x脱除效率、催化剂寿命与系统阻力系数主控,设备等级越低,药耗与能耗显著上升。整体看,各环节影响因子沿价值链呈现“煤质—燃烧—耦合—控制—环保”递进分布,技术适配性决定控制路径设计边界。构建压降策略时需综合横向成本占比与纵向技术敏感性双轴分布,统筹能耗约束、设备性能与控制精度,建立具适应性的优化体系。

3 成本控制策略的价值链匹配设计

3.1 压降目标定位与响应优先级

成本压降策略需精准锁定高强度成本环节并结合影响路径进行目标定位,根据价值链成本分布结果,燃烧发电与环保处理构成成本最高的中轴区段,具备显著压降潜力。发

电环节中煤耗偏高与负荷调度低效导致单位电量能耗波动,成为成本不稳定的核心诱因,优先响应级别为一级^[4]。环保系统中脱硫脱硝等高能耗流程在政策限制加强下运行频次增加,边际成本快速上升,同属一级响应范围。

燃料供应虽为源头,但需综合运输成本、煤质稳定性与价格周期波动调整控制策略,定为二级响应节点。运维系统虽单点成本不高,但设备密集与故障风险放大效应明显,构成三级响应优先级。辅助服务边际压降空间有限,但其对主系统的智能化升级与数据融合有基础支撑价值,应以资源配置优化方式纳入辅助响应范畴。最终形成以发电与环保为核心、燃料与运维为支撑、辅助服务为联动的多轴响应格局,为控制路径构建提供明确锚点与技术边界。

3.2 燃料与发电协同优化路径

发电侧与燃料侧的协同优化应聚焦源端与能量转换端联动控制,在供给稳定性与燃烧效率间建立精细调节路径。燃料侧应从煤质稳定化与供应结构优化入手,借助热值在线分析与智能配煤算法对煤种混配,控制煤粒径与含水率波动,提升炉膛燃烧一致性。基于热功转换模型的风煤比控制算法通过炉膛温度反馈调整风机转速与送粉浓度,稳定火焰中心,提高燃烧速率。

结合煤种属性与机组负荷特征,构建燃煤负荷曲线与汽轮机效率匹配窗口,避免低效率运行,运输侧部署路径优化模型,协调库存周期、运输时效与卸煤排程,减少堆存压占与损耗。燃烧端构建锅炉运行模型与负荷预测系统,依据日负荷曲线调整汽轮机启停与进汽量,削减低负荷冗余。通过源—炉—机一体化协同机制,实现煤质稳定、传输高效、负荷调节联动,构建“煤质—燃烧—发电”闭环控制系统,达成源头精控、过程调优与能效最大化的压降目标。

3.3 运维与服务调控机制整合

运维系统作为支撑性价值活动环节,其成本控制重点在于提升设备可用性与降低故障停机成本,典型煤电机组结构中主辅设备数量多、运行负载高、检修周期密集,适合构建基于状态评估的智能运维体系。嵌入高频振动、温升与油液监测传感器网络,构建设备健康指数模型,以设备运行状态分级制定检修周期与部件更换计划,压缩无效例行检修次数与备品备件冗余储备规模^[5]。基于多时间尺度监测数据建立故障预测模型与剩余寿命预测算法,对关键节点进行预警驱动式维护替代定期检修,提升系统稳定性与资源利用率。

辅助服务环节聚焦管理成本与系统冗余控制,在信息系统侧引入成本监控与流程反馈机制,基于业务流量与资源调度数据建立人员配置—任务负载—费用投入三维图谱模型,识别冗余岗位与重复作业流程。采用人力资源共享机制与数据治理模型将信息服务、行政支持与资源调配进行统一调度,构建与主系统耦合的辅助服务集成模型,实现低频支持任务的并行处理与资源释放。将辅助服务转化为支持性平台,实现对发电与环保环节的间接压降与响应支撑,形成以

运维主动管控为核心、管理成本优化为辅翼的双轮嵌入式调控机制，推动系统整体成本结构优化。

4 控制策略的工程实施与技术反馈分析

4.1 企业优化部署与系统构建

本研究选取华东地区一家年发电量超 85 亿千瓦时的 600MW 等级燃煤机组企业作为案例。企业具备完整的燃料采购、堆场管理、燃烧发电、输变配电、设备维护与环保处理体系，运行中长期存在单位能耗升高、环保设施负载不均、设备故障频发等成本集中特征。2022 年，企业启动成本结构优化专项，联合设计院与信息化服务商搭建“煤源—燃烧—发电—环保—维护”一体化价值链控制系统，围绕燃料、燃烧和环保三大高耗环节部署关键优化模块。

燃料侧引入在线煤质分析和动态配煤决策系统，建立高低热值煤分级入炉模型；燃烧侧部署实时锅炉负荷控制系统，接入 AI 燃烧优化算法；环保侧构建模块化脱硝控制与吸收塔浆液浓度调控机制，适应负荷动态变化下的脱除需求。设备运维方面，构建设备全生命周期健康模型与热工系统在线检测平台，实现对主辅设备的节点级巡检。该部署体系聚焦技术高耗点，具备高频采集、快速响应与跨环节协同能力，为策略实施提供底层支撑。

4.2 匹配策略执行路径解析

燃料系统依据入厂煤热值和粒径监测数据，通过智能控制平台实时生成配比方案，动态调整掺混比例，保持锅炉燃烧热效率处于最优区间。结合煤场库存和输煤路径监控平台，构建运输最短路径与最小损耗模型，单位损耗控制在 1.8‰ 以内。燃烧发电侧聚焦锅炉风煤比自调节和汽轮机负荷适配，系统以炉膛热负荷为输入，结合火焰偏移特征调整风速与分仓给煤，确保燃烧均匀。

汽轮机结合负荷预测与经济负荷分配系统，调整进汽压力与再热温度，解决低负荷运行冗余，环保系统中脱硝装置通过氨氮喷射比例控制与阻力反馈机制联动，在达标排放前提下实现 10% 以上氨耗压降。设备维护环节构建状态感知、寿命预测与干预决策三层模型，基于温升异常识别与振动趋势拟合，提前制定部件更换计划与设备校准路径，降低突发停机风险。各控制策略与环节部署保持高度耦合，形成具有闭环调节与可视化监控能力的响应系统。

4.3 成本反馈与效能评估结果

2023 年数据显示，企业实施价值链控制策略后，单位发电成本由 2021 年的 315 元 / 兆瓦时降至 284 元，年成本下降 31 元。燃料系统标准煤耗由每千瓦时 307.5 克降至 304 克，吨煤成本压降对应每兆瓦时燃料支出减少约 19 元。燃烧效率由 88.0% 提高至 90.3%，汽轮机热效率由 42.1% 升

至 42.9%，单位能耗由 287 克降至 266 克。环保环节中脱硝电耗由 1.90 千瓦时 / 千克降至 1.71 千瓦时，吸收塔浆液用量由 34 万吨降至 28.9 万吨，达标率维持在 98.7%，运行支出由 3.25 亿元降至 2.98 亿元。

设备维护方面非计划停机次数由 6 次减至 2 次，辅机故障响应时间由 12 小时降至 3.6 小时，备件库存周转周期从 129 天缩至 75 天，年节省人工与物料成本约 380 万元。综合结果表明，多环节部署策略在能耗控制、调度效率与可靠性管理方面形成系统性压降成效，验证基于价值链路径的技术控制模式具备显著实效与复制潜力。价值链控制策略实施前后关键指标对比如下表 1 所示：

表 1：价值链控制策略实施前后关键指标对比

指标项	2021 年数据	2023 年数据
单位发电成本（元 / 兆瓦时）	315	284
标准煤耗（g/kWh）	307.5	304
燃烧效率（%）	88	90.3
汽轮机热效率（%）	42.1	42.9
脱硝电耗（kWh/kg）	1.9	1.71
浆液消耗（万吨）	34	28.9
非计划停机次数（次）	6	2
辅机故障响应时间（h）	12	3.6
备件库存周转周期（天）	129	75

5 结论

基于价值链分析方法识别出传统煤电企业的核心成本环节，并设计与部署针对性控制策略，形成从煤源稳定、燃烧优化到环保能效调节的完整路径。研究验证协同机制在不同系统之间具备显著压降能力，并可通过状态反馈与过程调控实现成本动态可控。项目运行数据表明该技术策略对能源利用率、环保费用与设备维护效率均具提升作用，具有较高工程可行性与推广价值。

参考文献

- [1] 赵靖. 基于价值链分析的企业成本控制策略研究 [J]. 中国会展 (中国会议), 2025, (02): 174-176.
- [2] 李霞. 基于价值链的企业成本控制优化策略研究 [J]. 财会学习, 2024, (33): 133-135.
- [3] 杨雪娟. 基于价值链的建筑施工企业成本管控优化研究 [J]. 财会学习, 2024, (31): 122-124.
- [4] 汪晔, 孙培英. 基于价值链的啤酒灌装生产物流成本控制方法 [J]. 内蒙古科技与经济, 2023, (18): 69-72.
- [5] 周乐. 基于价值链理论的市政工程施工项目成本分析与控制研究 [J]. 科技创新与生产力, 2023, 44 (06): 63-65.