

煤矿机电系统降本增效S-FIVE模型构建与实证研究

霍琪琪

(山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司)

摘要:本文针对煤炭企业在“双碳”目标下降本增效的系统性需求,基于玉溪煤矿机运队实践,构建了融合系统优化、精细管理、创新驱动、价值循环与全员参与五个维度的“S-FIVE”模型。该模型旨在突破传统措施碎片化实施的局限,通过案例归纳与理论构建相结合的方法,将智能启停、修旧利废与“五小”创新等举措纳入统一框架,验证了其系统协同性与实践有效性。

研究表明,“S-FIVE”模型能有效整合技术、管理与人力资源,推动节能降耗与降本增效协同实现,在降低电耗、节约材料、提升设备可靠性与劳动效率等方面取得显著成效。模型具备向数据驱动、系统最优与动态预算演进的完善机制,为同类矿井及传统工业企业提供了可复制的系统性管理路径,对推动行业精细化运营与高质量发展具有借鉴意义。

关键词:S-FIVE模型;降本增效;价值循环;五小创新;精细管理

1 绪论

1.1 研究背景与意义

“双碳”目标,即2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和,是我国基于推动构建人类命运共同体的责任担当与实现可持续发展的内在要求而作出的重大战略决策^[1]。这一目标标志着我国经济社会发展将迎来一场广泛而深刻的系统性变革,尤其对以煤炭为代表的传统能源产业提出了前所未有的挑战与机遇^[2]。

当前,中国煤炭工业正处于一个前所未有的战略转型期^[3]。我国“以煤为主”的能源结构在短期内难以发生根本性改变,煤炭仍发挥着能源安全“稳定器”与“兜底保障”的重要作用^[4]。一方面,作为“压舱石”的能源地位依然稳固,国家原煤产量持续增加,但增量放缓是趋势,如图1。国家“双碳”战略目标的提出,标志着经济社会发展将迎来广泛而深刻的系统性变革。在这一背景下,煤炭行业必须摒弃过去依靠数量增加和规模扩张的粗放式发展模式,

转向以“安全、高效、绿色、智能”为标志的高质量发展路径^[5]。然而,行业转型面临严峻的内部挑战。贾县民^[6]等(2022)通过构建综合评价体系指出,我国煤炭工业高质量发展基础能力虽逐年增强,但仍存在研发投入不足、体制模式落后、人才机制不完善、双碳激励缺乏等关键短板。这些结构性矛盾直接制约了企业运营效率和盈利能力的提升。

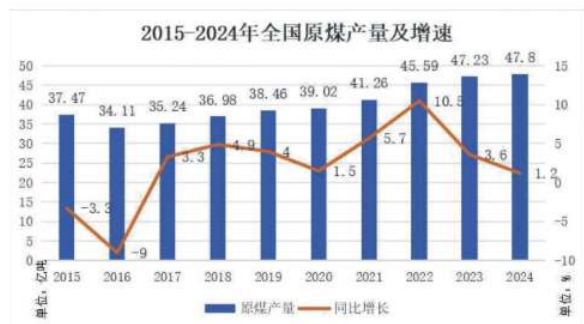


图1 2015-2024年全国原煤产量及增速

另一方面,外部经营环境的压力日益加剧,如图2。近年来,国际煤炭市场价格剧烈波动,国家煤炭进口持续增加,对国内煤炭企业构成了显著的价格冲击与市场挤压^[7]。同时,国内经济发展面临“需求收缩、供给冲击、预期转弱”三重压力,如图3,使得煤炭企业的经营成本持续攀升,利润空间被不断压缩^[8]。在此内外交困的形势下,“降本增效”已从一项常规的管理工作,上升为关乎企业生存与发展的核心战略任务^[9]。它不仅是应对当前市场下行、保障企业经济效益的应急之举,更是推动企业内涵式增长、实现高质量转型的必然要求。



图2 2015-2024年全国煤炭进口量及增速



图3 2015-2024年全国煤炭消费量及增速

传统的成本控制方法多侧重于节流与压缩,往往难以持续且易伤及企业元气。现代降本增效必须依赖于系统性的优化与技术创新。Tang^[10]等人(2024)的研究为我们提供了新的视角,其研究表明,通过产能布局优化(Capacity Layout Optimisation),并综合运用地理信息系统(GIS)、人工智能(AI)、大数据和 Lean Six Sigma 等先进技术,可以实现15-20%的成本降低、10%的资源利用率提升以及高达20%的员工满意度增长。这证明,以降本增效为目标的运营优化,完全能够实现经济指标与人文指标的双重改善,是提升企业综合竞争力的有效途径如图4。

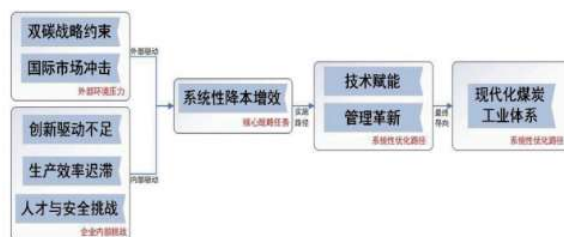


图4 “双碳”目标下煤炭企业降本增效的

系统逻辑框架

因此,本研究立足于煤炭开采行业面临的现实压力与发展需求,旨在深入探索在新形势下,如何通过系统性、智能化的管理手段与技术革新,实现深层次的降本增效。本研究不仅回应了国家“双碳”战略对煤炭行业高质量发展的宏观要求,也为企业应对复杂国际市场冲击、破解内部经营困境提供了切实可行的路径参考,具有重要的理论价值与现实指导意义。

综上所述,在“双碳”目标引领下,深入探讨煤炭企业的降本增效路径,不仅是企业应对当前困境的迫切需要,更是推动整个煤炭工业迈向高质量发展的战略支点,兼具紧迫性与长远性。

1.2 研究内容与技术路线

1.2.1 研究内容

本文以山西兰花科技创业股份有限公司——玉溪煤矿为研究对象,基于机电运营及技术方面,结合安全生产、经营管理和降本增效方面的重要举措,切实反映出近年来玉溪煤矿机电方面降本增效方面好的经验和做法,构建了煤矿机电系统“S-FIVE”模型(Systematic-FIVE),以下简称“S-FIVE”。本模型以系统性(Systematic)思维为引领,以“五小”(FIVE)创新为内核驱动力,通过五大核心模块的联动,构建一个持续优化、自我驱动的降本增效管理体系。

一、模型核心框架

“S-FIVE”模型的结构与闭环运行机制如下图5所示:

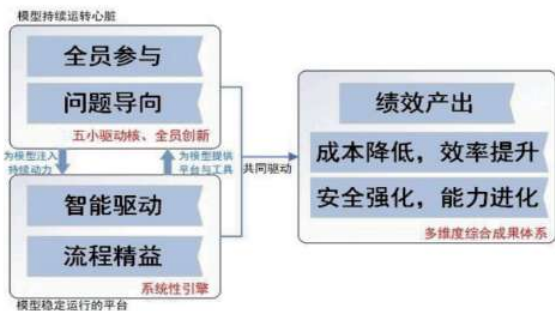


图5 “S-FIVE”模型的结构与闭环运行机制

本文的主要创新体现在以下几个方面:

(1)理论层面,构建了整合性的‘S-FIVE’降本增效系统模型,为相关研究提供了新框架;(2)方法层面,提出了基层‘突破性创新’与‘持续性微创新’双驱动模式,深化了对群众性创新活动的认识;(3)实践层面,揭示了‘价值循环’作为独立维度的战略意义,以及‘制度与赋能’耦合驱动全员参与的内在机制,为企业提供了具体的管理启示。

二、模型构成要素详解

本研究所构建的“S-FICE”降本增效模型,其内在逻辑与构成要素可系统阐述如下:模型的稳定运行依赖于其底层架构——“系统性引擎”,该引擎通过“智能驱动”与“流程精益”两大支撑系统的协同作用,为整个体系奠定坚实的基础。其中,“智能驱动系统”作为模型的“技术硬实力”,深度融合物联网、数据采集与智能控制等先进技术,旨在实现对机电系统运行状态的实时感知、数据驱动决策与精准控制,从而将传统依赖人工经验的粗放式运营,转型升级为基于数据算法的精细化、智能化管控范式,从源头上优化能源与资源的配置效率。与之相辅相成的“流程精益系统”则构成了模型的“管理软实力”,它通过导入精益管理思想,系统性地构建标准化管理机制并优化业务流程,核心目标在于精准识别、分析并彻底消除生产全流程中的各类浪费(如等待、过度消耗、动作等),以此打造一个高效、流畅的价值流,为技术创新与全员创新提供规范化、制度化的土壤。

驱动这一庞大系统持续运转的核心动力源,则来自于模型的“心脏”——“五小驱动核”。它将传统上分散、自发的“五小”(小发明、小改革、小改造、小设计、小建议)创新活动,战略性地整合并提升为激发组织活力的内生动力机制。该驱动核的有效运转遵循两大基本原则:在“全员参与原则”下,依托《“五小”管理办法》等制度化框架的保障与激励,营造出鼓励每一位一线员工成为问题发现者与改善推动者的组织文化,从而将基层碎片化的实践经验与智慧,有效萃取并沉淀为组织的战略性资产;而“问题导向原则”则确保了所有创新活动均源于生产一线最真实、最迫切的痛点,保证了每一项“五小”成果都具备极强的实用性、针对性与可实施性,使创新资源能够精准地创造业务价值。

最终,模型的运行成效体现为一个多维度的综

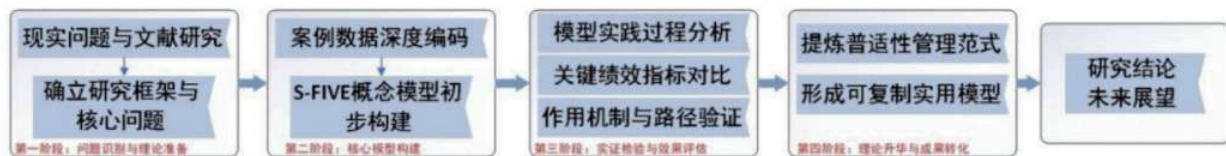


图6 研究技术路线

合绩效产出体系,其价值远超越传统的财务节约范畴。具体而言,它涵括了四个关键维度:在“成本降低”维度,通过技术与管理手段实现直接材料费、电力能耗及维修费用的结构性下降;在“效率提升”维度,表现为设备综合效率(OEE)的显著提高与非计划停机时间的大幅缩减;在“安全强化”维度,通过隐患治理与微型创新提升系统的本质安全水平;在“能力进化”维度,则在持续实践中锤炼员工技能与创新思维,使组织形成持续学习与改进的文化基因,铸就企业长远发展的核心无形资产。

1.2.2 技术路线

本研究将遵循“问题导向-理论构建-实证验证-模型优化-成果推广”的逻辑主线,综合运用多种研究方法,系统性地展开。具体研究路线如图6所示,它清晰地展示了本研究环环相扣、逐步深入的过程。

2 研究企业概况

山西兰花科技创业股份有限公司玉溪煤矿(以下简称“玉溪煤矿”)是晋城市核定生产能力最大的市属矿井,设计年产能240万吨,井田面积26.14平方公里,3#煤可采储量达2.18亿吨,服务年限约40年。作为山西兰花科技创业股份有限公司的核心生产矿井,玉溪煤矿肩负着推动集团公司煤炭主业高质量发展的重要使命。

玉溪煤矿地处山西省沁水县,所在沁水煤田是我国优质无烟煤重要生产基地。其所产“兰花牌”无烟煤具备“三高两低一适中”的优异特性——即高热值、高机械强度、高含碳量,低灰分、低硫分,可磨

指数适中,广泛适用于化工、电力、冶金等行业,深受市场认可。

在山西兰花科技创业股份有限公司的整体战略中,玉溪煤矿被定位为技术革新与绿色开采的示范矿井,对集团实现2025年煤炭产量1450万吨、营业收入114亿元及利润8.5亿元的战略目标具有关键支撑作用。

面对煤炭市场价格波动下行的行业形势,玉溪煤矿将降本增效视为事关企业生存与发展的核心任务,系统推进多维度精细化管理,为实现高质量、可持续运营奠定坚实基础。玉溪煤矿地理位置详见图7所示。

3 基于实践的“S-FIVE”降本增效模型构建及应用

传统的降本增效措施往往呈“点状”分布,缺乏系统性的整合与驱动机制。为将机运队的成功实践从经验总结提升为可复制、可推广的管理模型,本章构建了“S-FIVE”一体化降本增效模型。

3.1 “S-FIVE”模型的内涵与框架

“S-FIVE”模型是一个以系统性(Systematic)思维为核心,由五个关键维度协同驱动的管理框架。这五个维度是:S-系统优化(System Optimization):聚焦于宏观工艺流程与能源系统的整体效率提升,这是实现直接节能降耗的基础;F-精细管理(Fine Management):贯穿于物料、预算、维护的全生命周期成本管控,这是实现全面降本的保障;I-创新驱动(Innovation-driven):通过技术革新与“五小”活动,解决生产痛点,驱动效能跃升,这是实现持续增效的

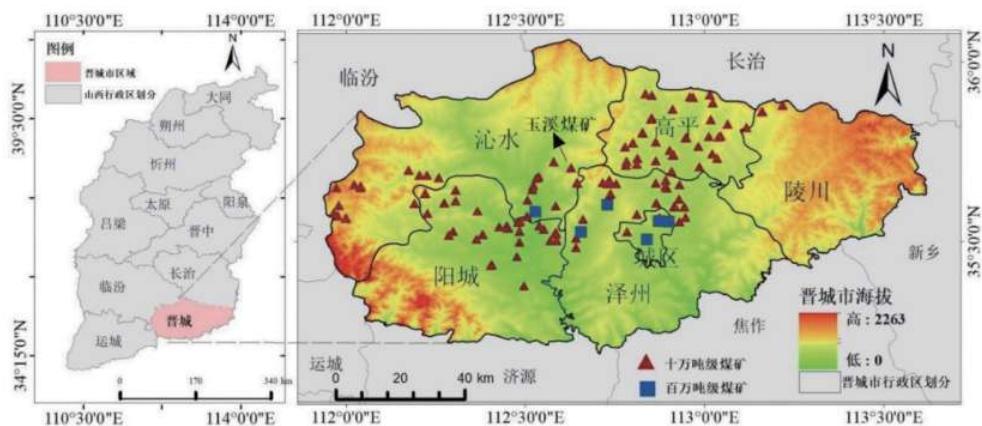


图7 研究区位置

引擎;V-价值循环(Value Circulation):建立以“修旧利废”为核心的资源循环利用体系,变废为宝,挖掘隐性价值,这是实现循环降本的关键;E-全员参与(Everyone Participation):通过制度激励与文化培育,将降本增效内化为每位员工的自觉行动,这是模型有效运行的文化根基,如图8。



图8 “S-FIVE”模型维度演示

该模型强调五个维度并非孤立存在,而是相互促进、协同作用的有机整体:系统优化为精细管理提供了数据基础和优化方向。精细管理中发现的问题,为创新驱动提供了课题来源。创新驱动的成果(如小改小革)反哺系统优化与精细管理,提升其水平。价值循环是精细管理和创新驱动在物资层面的集中体现。全员参与是贯穿所有维度的“催化剂”,

确保各项举措落地生根。

3.2 基于“S-FIVE”模型实践案例分类解析

本章将各项实践案例按照“S-FIVE”模型进行归类与深度剖析,验证模型的有效性与普适性。

(1) S-系统优化

运输系统智能运行:“顺煤流”启停、除铁器智能化改造。此案例通过对工艺流程的再设计和对单点设备的智能化升级,从系统层面削减了空载和待机能耗,是典型的系统性节能。

供电系统经济运行:变电所引风降温、强化预防性试验与功率因数管理。此案例通过改善运行环境与保障系统健康,从辅助系统和系统基础两个角度,实现了间接但根本性的节能。

(2) F-精细管理

全生命周期成本管控体系:“事前-事中-事后”预算管理、严格的日周月检制度。此案例体现了将成本控制从“事后核算”转向“事前预测和事中控制”,将设备维护从“故障后维修”转向“预防性维护”,实现了管理的流程化与精细化。

(3) I-创新驱动

自主解决瓶颈问题:自主更换主皮带电机、减速机,解决漏斗开裂、皮带纵撕。此案例属于突破性创新,解决了制约生产的重大难题,直接避免了高额外

委费用,技术经济效益显著。

“五小”革新成果群:导流槽、跑偏传感器固定架、沉淀池过滤装置等。此案例属于持续性/渐进性创新,针对生产中的“微痛点”进行改善,虽单个项目效益小,但累积效应巨大,且极大地提升了系统的可靠性与安全性。

(4)V-价值循环

修旧利废常态化体系:高压胶管循环利用、大型部件(托盘、锚杆等)回收复用、关键设备自主修复。此案例将传统的“废弃物”重新纳入价值创造流程,通过再制造、再利用,实现了材料的“零成本”或低成本投入,构建了队组内部的“循环经济”。

(5)E-全员参与

以检代培与“五小”制度化:将大型检修作为培训平台;公司出台《“五小”管理办法》激励全员创新。此案例通过机制设计,将员工从被动的执行者转变为主动的参与者和创新者,形成了“人人创新、处处节约”的文化氛围,为模型提供了源源不断的人才和智力支持。

4 实践成果与模型完善

4.1 降本增效成果量化分析

(1)节能降耗方面

直接电耗降低(“顺煤流”启停、除铁器改造)。辅助电耗减少(变电所降温)。油脂等耗材节约(智能润滑)。

(2)降本增效方面

直接降本:材料费节约(修旧利废)、外委维修费节约(自主攻坚)。间接增效:故障率降低、非计划停机时间减少、设备寿命延长、劳动效率提升(专用工具)、安全效益提升。

4.2“S-FIVE”模型的动态完善机制

实践揭示了模型需要动态发展的方向,这正是

模型生命力的体现:

从“经验驱动”到“数据驱动”:应对“主运控制系统老化”问题,未来模型应融入数字化转型要素,通过升级智能化系统,实现能耗与设备状态的实时监控与预测性维护。

从“局部最优”到“系统最优”:应对“井下供水系统承压不足”等系统性瓶颈,模型需强调跨部门协同与系统性工程改造,解决根源性问题。

从“静态预算”到“动态预算”:针对“成本指标与实际不匹配”问题,模型应引入基于设备全生命周期的动态预算管理机制,使成本控制更科学、更精准。

5 结论与展望

5.1 结论

本文通过对玉溪煤矿的各项资料的深度剖析,提炼并构建了煤矿企业“节能降耗、降本增效”的“S-FIVE”系统化管理模型。研究得出以下结论:

(1)系统性是根本:煤矿的降本增效是一项系统工程,必须将技术、管理、人与文化有机结合。“S-FIVE”模型提供了这样一个系统性的思维框架和行动指南。

(2)创新与文化是双翼:技术创新(尤其是基层的“五小”创新)是驱动效益提升的强大引擎;而全员参与的创新文化则是确保各项措施得以落地并持续优化的土壤。

(3)价值循环是关键突破口:在资源约束日益收紧的背景下,“修旧利废”为代表的价值循环模式,不仅能直接创造经济效益,更能培养员工的成本意识和主人翁精神。

(4)模型具有可推广性:“S-FIVE”模型源于实践,其维度和运行机制具有普适性,可为同类矿井乃至其他传统工业企业系统化推进降本增效工作提供理论参考和实践路径。

5.2 创新点

(1)理论创新:构建了适用于煤矿生产现场的“S-FIVE”系统化降本增效模型。当前研究多集中于单一技术或管理手段的节能降耗,缺乏一个整合性的框架。本文首次从各项实践案例出发,提炼并构建了“S-FIVE”模型,将分散的、点状的优秀金点子系统性地归纳为系统优化(S)、精细管理(F)、创新驱动(I)、价值循环(V)、全员参与(E)五个相互关联、相互促进的维度。

该模型超越了传统的“技术+管理”二元论,提供了一个更具操作性和解释力的分析框架与实施路径,为同类矿井的系统性降本增效工作提供了理论模型和实践指南。

(2)方法论创新:提出了“基层创新双驱动”模式,明确了“五小”活动的战略价值。本文没有将“五小”创新视为零散的改善建议,而是将其系统性地划分为“突破性创新”(如自主更换主电机、解决皮带纵撕)和“持续性微创新”(如各类小改小革)两类。

揭示了基层降本增效的双引擎驱动机制:“突破性创新”解决制约生产的瓶颈问题,实现效能跃升;“持续性微创新”通过量变引起质变,持续优化系统可靠性、降低综合运维成本。这为企业如何分类引导和激励基层创新提供了新的方法论。

(3)机制创新:识别并定义了“价值循环”维度的独立作用与运行机制。将“修旧利废”从一种节约手段,提升为构建队组内部“微循环经济”的核心战略。本文明确将“价值循环(V)”作为“S-FIVE”模型的一个独立且关键的维度,强调其通过“变废为宝”不仅实现直接的成本节约,更深层次的是重塑了员工的成本观和资源观。阐明了在资源投入受限条件下,通过构建内部价值循环体系,可以实现“近乎零成本的物料投入”和“隐性价值的深度挖掘”,这为资

源型企业实现低成本、可持续运营提供了一个创新的路径。

(4)文化与管理创新:揭示了“以检代培”和“制度保障”在塑造全员参与文化中的耦合作用。本文深入分析了“全员参与(E)”的实现机制。它不仅依赖于文化宣贯,更重要的是通过“以检代培”将日常运维转化为实战培训平台,以及通过《“五小”管理办法》等制度化设计,为创新提供从产生到激励的全流程保障。指出了“全员参与”不是一句口号,而是“机制设计”与“实战赋能”耦合作用的必然结果。这种“制度保障+实战练兵”的模式,为企业如何将降本增效从管理层意愿转化为基层员工的自觉行动,提供了可复制的文化构建范式。

(5)应用创新:实现了从“经验总结”到“可复制模型”的升华,并提出了模型的动态完善机制。本研究最大的应用创新在于,将一个先进队组的具体工作经验,转化成了一个具有普适性的、可复制推广的管理模型(S-FIVE)。并且,模型本身不是封闭的,它基于实践中发现的新问题(如系统老化、预算僵化),自我迭代地提出了向“数据驱动”、“系统最优”和“动态预算”演化的方向。使得机运队的成功经验不再是个案,而是成为了一个能够持续进化、动态适应的开放系统,极大地提升了研究成果的外部有效性和长期指导价值。

5.3 不足与展望

未来,随着工业互联网、大数据等技术的发展,“S-FIVE”模型可与智能化矿山建设深度融合,向“智慧化、自适应”的方向演进,从而实现更精准、更前瞻的降本增效,持续推动煤矿企业的高质量与可持续发展。

参考文献:

- [1]安永碳中和课题组.一本书读懂碳中和[M].机械工业出版社:216.

(下转第54页)

5 装置推广价值与应用前景

5.1 适用范围

该装置具有“低投资、易操作、高适配”的特点,尤其适用于化工行业中采用低压蒸汽加热的热水装置,包括但不限于:

(1)石油化工领域的肟化、硝化、加氢等反应装置配套热水系统。

(2)煤化工行业的原料预处理及产品分离工序热水加热系统。

(3)精细化工企业的溶剂回收与物料干燥用热水制备系统。

5.2 与同类技术的对比优势

相较于机械蒸汽再压缩(MVR)等高端乏汽回收技术,该装置的推广优势体现于:

(1)投资成本低:无需购置压缩机等大型设备,改造投资仅为MVR技术的1/10-1/5。

(2)操作难度小:仅通过管线改造与压力调控实现运行,无需专业运维团队。

(3)改造周期短:单套装置改造可在72小时内完成,对生产中断影响极小。

6 结论与展望

6.1 研究结论

冷凝液罐乏汽再利用装置通过工艺流程重构、专用分布器设计与压力参数优化,成功解决了传统凝液乏汽放空的难题。在兰花科创新材料分公司的应用实践表明,该装置运行安全可靠,可实现乏汽热量100%回收,年节约蒸汽成本384万元,同时消除了现场安全隐患与环境问题,兼具显著的技术可行性与经济社会效益。

6.2 未来展望

未来可从两方面进一步优化装置性能:一是结合智能化控制技术,开发乏汽流量与热水温度的自动调节系统,提升变负荷工况下的适应能力;二是拓展应用场景,研究将该技术与低温余热回收系统结合,实现多品位热量的梯级利用,为行业节能降碳提供更有力的技术支撑。

(上接第34页)

[2] ZHAO C, JU S, XUE Y, et al. China's energy transitions for carbon neutrality: challenges and opportunities [J]. Carbon Neutrality, 2022,1(1): 7.

[3] LIU F, CAO W, ZHANG J, et al. The technological innovation progress and development direction of the 14th five-year plan period in Chinese coal industry [J]. Journal of China Coal Society, 2021,46(1): 1-15.

[4] 刘万波. “双碳”目标下煤炭企业高质量发展路径思考[J]. 中国煤炭工业, 2022(05): 12-14.

[5] 王利政, 陈慧. 践行“国家能源·责任动力”谱写煤炭行业可持续发展新篇章[J]. 中国煤炭工业, 2025(10): 6-8.

[6] 贾县民, 王喜莲, 翟桢桐. 碳达峰视阈下煤炭工业高质量发展内涵、评价及发展路径[J]. 西安科技大学学报, 2022,42(03): 589-599.

[7] LIN B, LAN T. The transmission of coal price shock to Chinese industry: Sub-sectors and regions heterogeneity [J]. Energy, 2025,316: 134471.

[8] DAVIDSON M R. Managing the decline of coal in a decarbonizing China [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2024,15(6): e918.

[9] 宫宇飞. 新时期煤炭企业成本管理的问题及对策[J]. 中国集体经济, 2025(26): 73-76.

[10] PERVUKHIN D A, TANG L. ENHANCING OPERATIONAL EFFICIENCY IN COAL ENTERPRISES THROUGH CAPACITY LAYOUT OPTIMISATION: A COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS [J]. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 2024,7(3).