

经济韧性视角下炼化产业应急响应机制 与石油供应安全耦合分析

杨晓娟 孟 华 张文武 (陕西华睿咨询服务有限公司, 陕西 西安 710054)

摘要: 在全球能源格局出现波动的大背景下, 炼化产业应急响应机制同石油供应安全之间的耦合关系, 乃是保障能源供应链有韧性的关键所在, 从应急响应机制的构成要素着手, 深入剖析其层级触发条件及运行流程, 并对石油供应安全的资源禀赋、产业链韧性及外部约束维度展开分析, 构建起量化评价指标以及动态预警模型。依据系统协同与风险管理理论, 揭示二者耦合所蕴含的内在逻辑、双向作用路径及约束效应, 搭建起耦合协调度测算模型, 明确指标权重确定方法与分级判定标准, 以此筑牢石油供应安全防线, 保障炼化产业经济持续发展韧性。

关键词: 经济韧性; 炼化产业; 应急响应机制; 石油供应安全; 能源供应链; 耦合机理

中图分类号: F426.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 006-007-03

Coupling Analysis of Emergency Response Mechanism in Refining and Chemical Industry and Oil Supply Security from the Perspective of Economic Resilience

Yang Xiaojuan, Meng Hua, Zhang Wenzhuo (Shaanxi Huairui Consulting Service Co., Ltd., Xi' an Shaanxi 710054, China)

Abstract: Against the backdrop of fluctuations in the global energy landscape, the coupling relationship between the emergency response mechanism of the refining and chemical industry and oil supply security is the key to ensuring the resilience of the energy supply chain. Starting from the constituent elements of the emergency response mechanism, this paper deeply analyzes its hierarchical trigger conditions and operation processes, and conducts an analysis of the resource endowment, industrial chain resilience and external constraints of oil supply security, and constructs quantitative evaluation indicators and dynamic early warning models. Based on the theory of system synergy and risk management, it reveals the inherent logic, two-way action paths and constraint effects contained in the coupling, builds a coupling coordination degree measurement model, clarifies the method for determining indicator weights and classification judgment standards, and thereby strengthens the defense line of oil supply security and ensures the resilience of the continuous economic development of the refining and chemical industry.

Keywords: Economic Resilience; Petrochemical Industry; Emergency Response Mechanism; Oil Supply Security; Energy Supply Chain; Coupling Mechanism

炼化产业作为石油供应链的核心枢纽所在, 其应急响应能力对于石油供应安全的稳定运行有着直接的关联, 当下全球能源格局的波动变得日益剧烈, 地缘冲突、自然灾害等突发风险频繁发生, 炼化产业应急处置方面存在的短板渐渐成为限制石油供应韧性的关键要素, 本文着重关注炼化产业应急响应机制和石油供应安全的耦合关系, 经由界定核心概念、梳理研究逻辑, 对二者的作用路径及协调机理展开系统分析, 以此提升能源供应链的抗风险能力, 切实保障能源供应安全。

1 炼化产业应急响应机制的构成要素与运行逻辑

1.1 炼化产业应急响应机制的核心构成要素

炼化产业供销应急响应机制的核心构成要素主要有组织架构、技术支撑以及预案体系这三大板块, 其中组织架构清晰地明确了应急指挥、执行以及保障等层级权责, 保证在突发状况出现时指令可顺利传递,

资源调配也可以高效进行, 技术支撑则是以智能监测、风险预警以及应急处置技术作为核心内容, 达成对炼化装置运行状态以及危险源分布情况的实时感知, 并且可做出快速响应。预案体系需要依据炼化产业的工艺特性以及风险类型, 来制定分级分类的处置流程以及应对策略, 为应急行动提供标准化的指导, 这三大要素彼此相互衔接, 协同发挥作用, 共同构建起了炼化产业应对突发风险的基础框架, 这也是保障应急响应机制可有效运转的前提条件^[1]。

1.2 炼化产业应急响应机制的层级触发条件

炼化产业应急响应机制的层级触发条件要依据风险的影响范围、危害程度以及发展态势来科学划分, 一级触发条件对应的是局部轻微风险, 比如单套装置出现小幅参数波动, 这种波动没有对整体生产流程产生影响, 只需要启动现场班组的应急处置程序就行, 二级触发条件针对的是区域性中度风险, 比如装置局

部故障导致工艺紊乱,这种紊乱有可能波及相邻生产单元,此时需要调动车间级应急力量来介入处置。三级触发条件适用于系统性重大风险,像火灾爆炸、危化品泄漏等事故,这些事故已经对人员安全和区域环境构成威胁,需要启动企业级甚至跨区域应急联动机制,各层级触发条件都要明确量化指标和判定标准,以此保证应急响应的启动时机准确、处置层级合适。

1.3 炼化产业应急响应机制的运行流程设计

炼化产业应急响应机制的运行流程要遵循一种闭环逻辑,即“监测预警—应急启动—处置实施—恢复评估”,在监测预警这个环节,要依靠布置多维度的传感设备,对炼化生产整个流程的关键参数进行实时的采集与分析,可以及时识别出风险隐患并且发出预警信号,应急启动环节依据预警等级及触发条件,迅速激活对应的层级应急指挥体系,明确各个部门的职责分工及行动路径。处置实施环节主要关注风险控制和隐患消除,依照预案展开设备关停、人员疏散、物资投放等关键操作,以此遏制事态扩大,恢复评估环节在应急处置结束之后,组织开展生产秩序恢复、事故原因调查与机制优化工作,形成应急管理的持续改进闭环,科学的流程设计可保障应急响应行动有序推进,提高炼化产业应对突发风险的处置效率^[2]。

2 石油供应安全的影响维度与评价指标

2.1 石油供应安全的核心影响维度

石油供应安全的核心影响维度包括资源禀赋、产业链韧性以及外部环境约束这三个层面,资源禀赋维度主要关注原油储量、品质以及分布特征,其丰富程度与可开采性直接决定了供应的基础保障能力,这是维持长期供应稳定的关键前提,产业链韧性维度涉及原油开采、炼化加工、储运调配等关键环节的协同效率,各环节的抗干扰能力以及应急衔接水平,决定了供应链应对突发风险的缓冲空间。外部环境约束维度覆盖地缘政治博弈、国际能源市场波动、政策法规限制等因素,这些外部变量的不确定性,会对石油供应的稳定性与可持续性产生直接冲击,三者相互交织,共同构成了石油供应安全的核心影响体系^[3]。

2.2 石油供应安全的量化评价指标体系

构建石油供应安全的量化评价指标体系要遵循科学性、系统性以及可操作性原则,从供应稳定性、供应经济性以及供应可持续性这三个维度去选取具体指标,供应稳定性指标有原油自给率、供应链中断恢复时长以及炼化产能利用率,这些指标能用来衡量供应体系抵御内外风险的实际能力。供应经济性指标包括原油进口依存度、储运成本占比以及炼化产品溢价水平,借助这些指标可以评估供应过程中的成本控制与

效益转化效率,供应可持续性指标涉及清洁能源替代比例、炼化技术减排成效及资源循环利用水平,这些指标可体现石油供应与生态环境、长远发展的适配程度。各指标经过标准化处理之后,可实现对石油供应安全状态的精准量化描述。

2.3 石油供应安全的动态预警模型构建

石油供应安全动态预警模型构建所依托的核心理论支撑是系统动力学,借助对关键影响因子以及风险传导路径的识别,构建起多维度的预警指标体系,该模型首先确定不同预警等级的阈值区间,将历史数据和实时监测信息相结合,运用机器学习算法训练风险识别模型,以此实现对供应中断、价格剧烈波动、产业链梗阻等风险的精确捕捉。模型引入反馈调节机制,根据风险等级自动匹配应对策略,形成“风险识别—等级判定—策略输出”的闭环运行模式,此模型突破了传统静态评价的限制,可实时追踪石油供应安全状态的变化趋向,为提前开展风险管控提供科学依据。

3 炼化产业应急响应机制与石油供应安全的耦合机理

3.1 耦合关系的理论基础与内在逻辑

炼化产业应急响应机制和石油供应安全之间的耦合关系,是在系统协同理论以及风险管理理论这双重理论支撑的基础上形成的,从系统协同的角度来讲,炼化产业处于石油供应链的核心中转位置,其应急响应机制若能高效运行,就能保证炼化环节在突发情况发生时实现稳定输出,而石油供应安全的刚性需求又会反过来促使应急响应机制不断进行迭代优化,这两者共同构成了相互依存且相互作用的有机整体。从风险管理的角度来剖析,应急响应机制是石油供应安全风险防控的前端屏障,借助对炼化环节各类风险进行快速识别、精准研判以及有效处置,降低风险向供应链上下游传导的可能性,两者的耦合本质是风险防控与系统稳定的双向适配进程,为后续深入分析耦合关系奠定理论基础^[4]。

3.2 应急响应机制对石油供应安全的作用路径

炼化产业应急响应机制借助事前、事中、事后三个阶段的全流程干预,搭建起保障石油供应安全的立体化作用路径,在事前阶段,该应急响应机制凭借完善的风险预警体系,对那些有可能影响炼化生产的各类隐患展开提前识别以及评估工作,制定有针对性的防控预案,以此从源头降低供应中断风险。在事中阶段,当面临突发事故时,应急响应机制依靠快速响应流程,调动应急资源实施精准处置,尽可能地缩短炼化装置的非正常运行时长,保障原油加工以及成品油输出的连续性,在事后阶段,应急响应机制凭借事故

复盘与机制优化,修复供应链受损环节,提升系统抗扰动能力,达成石油供应安全水平的持续提升,形成“预警—处置—优化”的闭环作用链路。

3.3 石油供应安全对应急响应机制的反向约束效应

石油供应安全所有的动态需求以及刚性标准,对炼化产业应急响应机制的建设以及运行产生了反向约束效应,在机制设计方面,石油供应安全存在多维度要求,这推动应急响应机制突破单一事故处置的限制,朝着全链条风险管控转变,使得机制在风险识别范围、资源储备规模以及处置流程效率等方面得以升级。在应用实践中,石油供应安全的量化评价指标,为应急响应机制的效能评估提供核心依据,促使机制在运行期间不断对照安全标准,优化应急演练方案以及资源调配策略,从技术创新角度看,石油供应安全对供应链韧性有较高要求,驱动应急响应机制融合物联网、大数据等先进技术,提升风险感知的精准程度与处置决策的科学水平,达成应急响应机制与石油供应安全需求的动态匹配。

4 炼化产业应急响应机制与石油供应安全的耦合协调度测算

4.1 耦合协调度模型的构建原理

耦合协调度模型是用于衡量炼化产业应急响应机制以及石油供应安全这两个系统彼此相互作用、协同发展程度的关键工具,该模型的构建是以系统耦合理论为基础,着重突出两个系统要素之间的关联性与互动性,在构建模型时,需要明确系统边界,筛选出应急响应机制方面的组织架构、响应效率、资源储备等核心要素,以及石油供应安全方面的供应稳定性、价格波动控制、应急保障能力等关键要素,确定要素之间的耦合关联方式。先对各要素进行标准化处理,消除量纲差异,接着依据耦合度函数计算两个系统的耦合关联强度,再引入协调度函数修正耦合结果,借助这些步骤精准反映二者的协同发展水平,为后续的量化分析提供科学的模型支撑^[5]。

4.2 耦合协调度测算的指标权重确定

指标权重的确定在耦合协调度测算中占据着关键位置,其对于测算结果的客观性以及准确性有着直接的影响,在本研究里,综合考虑炼化产业应急响应机制以及石油供应安全的特性,运用层次分析法和熵权法相结合的组合赋权方式来确定指标权重,层次分析法借助构建递阶层次结构,邀请行业专家针对各指标的关键性展开比较,构建判断矩阵并实施一致性检验,借此获取指标的主观权重。熵权法则依据指标数据的变异程度,依靠计算各指标的信息熵以及差异系数,确定指标的客观权重,最终把主观权重与客观权重进行加权融合,这样能

体现专家的经验判断,又能兼顾数据自身的客观规律,以此保证权重分配有科学性与合理性。

4.3 耦合协调度的分级判定标准

耦合协调度分级判定标准是解读测算结果以及衡量两个系统协同状态的关键依据,要结合炼化产业和石油供应安全的实际发展需求来划分,本研究把耦合协调度值分成五个等级,分别是极度失调、中度失调、勉强协调、良好协调、优质协调,各个等级对应着明确的数值区间,其中极度失调说明应急响应机制和石油供应安全系统的关联性非常弱,不能形成有效的协同,石油供应面临着严重风险,优质协调则表示两个系统高度适配,应急响应机制可高效保障石油供应安全。分级标准的制定要参考行业相关规范以及已有的研究成果,结合实证数据的分布特征进行校准,保证分级结果可准确反映不同协同状态下系统的运行特征,为制定针对性的优化策略提供清晰的判定依据。

5 结语

经济韧性视角下,本文聚焦炼化产业应急响应机制和石油供应安全的耦合关系,进行全面且深入系统的研究,从应急响应机制的构成要素及运行逻辑出发,再到石油供应安全的影响维度和评价体系,逐步深入剖析二者之间的内在联系,借助耦合机理分析以及协调度测算模型构建,清晰明确了应急响应机制对石油供应安全的正向作用路径与反向约束效应,指出两大系统协同发展的关键规律。后期应结合大数据与人工智能技术,进行跨区域、多场景的耦合效应验证,提升炼化产业应急处置能力,全面筑牢石油供应安全防线。

参考文献:

- [1] 蒲秀刚,柳飒,周建生,等. “三元耦合”控藏机制与勘探有利区分析——以渤海湾盆地歧口凹陷古近系岩性地层油气藏为例 [J]. 石油实验地质,2008,30(6):6.
- [2] 刘剑,余晓钟. 基于案例分析的石油企业 IT 风险事件诱因耦合与演化机制探讨 [J]. 化工中间体,2017(04).
- [3] 王耀禄,臧泉龙,郭恩玥,等. 美国突发事件指挥系统 (ICS) 对石油化工行业现有应急响应机制优化的启示 [J]. 中国石油和化工标准与质量,2019,39(20):3.
- [4] 孙庆祥. 大数据背景下石油行业应急管理信息的利用研究 [D]. 成都:西南石油大学,2016.
- [5] 吴晓明,刘琳,杜娟. 石油产业与区域经济发展质量的耦合模型——基于四川省的实证 [J]. 财经科学,2015(11):10.

作者简介:

杨晓娟 (1990.01-), 女, 汉族, 宁夏西吉县人, 本科, 工程师, 研究方向: 石油天然气安全。