

中文引用格式:江成,徐溢苓,赵馨雨,等. 复杂网络视角下我国安全生产政策的央地协同研究[J]. 中国安全科学学报, 2026, 36(1):17-25.

英文引用格式:JIANG Cheng, XU Yiling, ZHAO Xinyu, et al. Research on central-local synergy in work safety policies from a complex network perspective[J]. China Safety Science Journal, 2026, 36(1):17-25.

复杂网络视角下我国安全生产政策的央地协同研究^{*}

江成教授, 徐溢苓, 赵馨雨, 王璐瑶^{**}

(首都经济贸易大学 管理工程学院, 北京 100070)

中图分类号:X921

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2026.01.0759

基金项目:国家社会科学基金资助(24BJL045)。

【摘要】 为提高我国安全生产治理水平,以2014—2023年中央及30个省级安全生产政策文本与同期安全生产事故数据为样本,融合Levenshtein距离算法、Jaccard等多种相似度算法,提出“主题-内容”双阶段政策协同度分析模型,从政策文件主题匹配度、内容相似度2方面加权量化央地政策协同度,进而构建复杂协同网络。借助社会网络分析方法和模块化算法,深入剖析央地安全政策协同网络特征,揭示其时空演变特征;基于面板数据,探究我国安全政策央地协同效果对事故发生率的影响。结果表明:我国央地安全政策协同网络随时间推移呈现一体化发展态势,省级政府对中央政策的响应度持续上升,从早期区域分化逐步走向全域协同,“中央统筹-地方响应”的国家安全生产政策体系初步建成;且央地政策协同度与安全事故频次呈显著负相关,提升协同度能有效降低安全生产事故发生频次与风险。

【关键词】 复杂网络; 安全生产政策; 央地政策协同; 主题匹配度; 文本相似度

Research on central-local synergy in work safety policies from a complex network perspective

JIANG Cheng, XU Yiling, ZHAO Xinyu, WANG Luyao

(School of Management and Engineering, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China)

Abstract: To enhance China's work safety governance level, policy texts on work safety issued by the central government and 30 provincial-level governments from 2014 to 2023, as well as safety accident data from the same period, were used as the research sample. By integrating the Levenshtein distance algorithm, the Jaccard similarity algorithm, and other similarity measures, a "theme-content" two-stage policy synergy analysis model was proposed. Central-local policy synergy degree was quantitatively measured through a weighted evaluation of policy theme matching degree and content similarity. A complex synergy network was then constructed. Using social network analysis and modularity algorithms, the structural characteristics of the central-local safety policy synergy network were analyzed in depth, and its spatiotemporal evolution was revealed. Based on panel data, the impact of central-local synergy outcomes

* 文章编号:1003-3033(2026)01-0017-09; 收稿日期:2025-09-11; 修稿日期:2025-11-22

** 通信作者:王璐瑶(2001—),女,山西阳泉人,硕士研究生,主要研究方向为复杂网络、计量。E-mail:gygc0126@163.com。

of safety policies on accident incidence were further investigated. The results show that China's central-local safety policy synergy network is exhibiting an increasingly integrated development trend over time. The responsiveness of provincial governments to central policies is continuously improving, evolving from early regional differentiation toward comprehensive nationwide coordination, and an initial "central planning-local response" national work safety policy system has been initially established. Moreover, the central-local policy synergy degree is significantly negatively correlated with the frequency of safety accidents, and improving the level of coordination can effectively reduce the risk of work safety accidents.

Keywords: complex network; work safety policy; central-local policy synergy; theme matching; text similarity

0 引言

安全生产是国家治理体系和治理能力现代化的重要组成部分。近年来,我国安全生产治理成效显著,2025年上半年,全国生产安全事故8 562起、死亡8 079人,同比下降22.9%、17.8%,但安全生产面临的形势依然严峻复杂^[1],如何通过有效的政策设计与执行,从“事后应对”转向“事先预防”,已成为中央和地方各级政府关注的焦点。在此背景下,央地协同作为政策执行落地的关键机制,其在安全生产治理领域所产生的影响,对提升安全生产治理效能、保障人民群众生命财产安全具有重要现实意义。

当前,针对安全生产领域的研究主要聚焦于以下3类:针对安全生产事故的研究、安全生产政策的分析以及影响安全生产治理效果的因素。早期针对安全生产事故的研究多从时空维度统计分析事故特征,以揭示其分布特征^[2-3]。为进一步解析事故成因与发展态势,学者们运用决策实验室分析法识别关键影响因素^[4],并进一步构建用于事故评价与趋势预测的量化模型^[5]。随着政策文本分析的逐渐兴起,关于政策文本的研究已成为热点。一方面,相关研究运用内容分析、间断均衡等理论框架,对政策文本的目标、工具与历史变迁进行系统性解构,以理解政策演进的内在逻辑^[6-8];另一方面,通过将政策变量与事故统计数据相结合,采用计量模型实证检验不同政策工具的治理效能,从而将静态的文本分析与动态的效果评估相联系^[9-11]。随着政策协同评估方法的提出,有学者开始探究政策协同对安全生产效果的影响。王俐等^[12]经实证分析,发现工具协同和目标协同使安全生产治理效果得到显著改善。综上,现有研究在安全生产领域提供了不同角度的见解,但对央地政策协同实际效果的系统性量化评估还较为鲜见,且结合大规模政策文本分析和事故

数据的实证研究较少。

鉴于此,笔者拟结合大规模政策文本分析,以2014—2023年中央及省级政府发布的安全生产政策文件为基础,构建以政策主体为节点、协同度为连边的央地政策协同复杂网络,从时序角度分析政策主体社区演变过程,并结合同期各省安全生产事故数据,构建计量模型探究央地协同对安全生产治理效果的影响,以期为推动安全生产治理水平的提高提供新路径以及理论依据。

1 安全生产政策协同度测度

1.1 数据来源

以2014—2023年为研究时段,选取中央及30个省级政府发布的安全生产领域的规范性文件作为研究样本,考虑到数据的可获得性,样本中未选取港澳台地区和西藏自治区。政策样本主要来源于“北大法宝”数据库,采用Python网络爬虫技术进行规范性文件的自动化采集。单一数据库可能存在收录延迟或遗漏问题,因此,采集各省级及中央应急管理部门官网与地方规范性文件数据库中的政策样本,构建更为完整的政策样本集。为确保数据的准确性,进一步通过人工核查剔除无效样本、补充文件内容缺失的样本数据,并将所得文件数据按年份和地域维度进行分类整理,最终得到有效政策文件5 065条,其中,中央政策文件378条,地方政策文件4 687条。

同步从中国经济金融研究数据库中逐年采集2014—2023年省域安全生产事故数据。人工核查存在缺失值的数据,根据“事件详情”与“备注”可明确事故发生省份予以补充,事故发生地不明确的观测值(如海上事故等)予以剔除。保留年份、省份、伤亡人数等核心变量,并计算各省份年度事故频次,最终获得4 393条有效事故数据。

1.2 双阶段政策协同度分析模型

提出双阶段政策协同度分析模型,采用该模型,在第1阶段,使用文本相似度算法进行政策文件主题匹配,以均值为阈值,筛选出潜在相关的政策文件对;第2阶段,对筛选后的政策文件进行精细化的全文相似度计算。通过2个阶段的分析,可以避免无关文本的无效比对,显著提升算法效率。经真实政策文件数据集验证,发现该模型在保证精度的同时,整体计算效率能够提升3倍以上。

1.2.1 政策文件主题匹配

政策文件的标题能够概括性地说明文件内容,是主题匹配的重要依据。因此,第1阶段,通过测算政策文件标题之间的相似度作为主题匹配程度。为实现标题的相似性匹配的准确性,首先,预处理政策文件数据,将采集的政策文件统一转换为8位Unicode转换格式(Unicode Transformation Format-8-bit, UTF-8)编码的标准纯文本格式;其次,进行数据清洗,通过印发单位等非关键信息去除、特殊字符过滤等操作提取政策文件标题的核心语义特征,有效消除原始数据中的噪声干扰。

采用 Levenshtein 距离算法^[13]作标题相似度测算。Levenshtein 距离算法又称编辑距离算法,是一种用于衡量2个字符串之间差异程度的经典算法。将中央与各省份的政策文件构建标题配对组合矩阵,运用 Levenshtein 算法,计算每个标题组合的相似度,再提取出相似度高于均值的文件对,作为主题匹配的文件,用于下一步测算文件整体相似度。

同时,在计算各省份与中央、各省份之间的政策协同度也应当考虑其主题的匹配度。Jaccard 算法^[14]常被用于测算2个集合之间的相似度,其基本原理为2个集合之间交集与并集元素数量的比值。借鉴其核心思想,将主题匹配度 $T_{\alpha,\beta}$ 的公式设定为下式:

$$T_{\alpha,\beta} = \frac{n}{N} \quad (1)$$

式中: α 和 β 为进行主题匹配的2个政策主体; n 为2个政策主体间主题匹配的文件对数量; N 为2个政策主体间所有文件对数量。

1.2.2 政策文本相似度测度

在确保原文语义架构完整的前提下,采用 Jieba 分词工具整体切分经过主题匹配筛选的政策文本,将其转换为规范化的词语序列。通过预设停用词表将“的”“和”“得”等高频虚词以及标点符号等非实质性内容去除,进一步提升文本数据的质量。在此

基础上,使用词频-逆文档频率(Term Frequency-Inverse Document Frequency, TF-IDF)算法^[15]构建具有语义区分度的文本特征向量。该算法可有效识别政策文本中的关键语义特征,其核心思想是通过评估词语在单个文档中的重要性以及在整个语料库中的区分度来赋予其权重。具体而言,TF 为某一词语在特定政策文件中的出现频次,直观反映该词语对政策文件内容的重要程度;IDF 值通过统计词语在全部政策文件文本中的分布情况,有效识别出具有区分不同政策主题能力、承载核心语义与关键信息的重要词语。

基于所得到的特征向量计算其两两组合的余弦相似度^[16]值,并将所得到的相似度结果进行算术平均处理,即为所有政策主体之间的安全生产政策文件的文本相似度 $S_{\alpha,\beta}$ 指标,具体计算式如下:

$$S_{\alpha,\beta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\cos\theta)_i \quad (2)$$

式中: $(\cos\theta)_i$ 为第 i 对匹配政策文本的余弦相似度值; θ 为用算法将第 i 对匹配政策文本转换为特征向量后,两者的夹角。

1.2.3 政策协同度测度

政策文件主题匹配度能够反映政策导向的一致性,文本相似度能够反映政策执行的实质性。通常情况下,主题匹配度与文本相似度2个指标存在显著的正向协同效应,当二者同步提高时,政策主体间会呈现出从形式上的相互呼应到内容落实的深度协同。将使用两者的加权和作为政策主体之间协同度的综合测度指标。使用熵权法^[17-18]对主题匹配度和文本相似性数据进行数据标准化、计算信息熵、权重指数确定等计算过程,最终得到这2个指标的权重指数。具体计算公式如下:

$$L_{\alpha,\beta} = v_1 T_{\alpha,\beta} + v_2 S_{\alpha,\beta} \quad (3)$$

式中: $L_{\alpha,\beta}$ 为2个政策主体之间的政策协同度; v_1 为主题匹配度权重; v_2 为文本相似度权重。

2 安全生产政策央地协同网络分析

2.1 网络构建

基于已测算得出的中央与各省份之间安全政策协同度数据,以中央及各省份作为网络节点,以安全政策协同度作为边权重,系统构建反映中央与各省份之间安全政策协同关系的加权无向复杂网络。采用社会网络分析方法,通过网络密度、平均聚类系数等网络整体指标以及加权重等节点指标深入分析安全生产政策协同网络的拓扑结构特征,揭示政策协

同网络的连通性,识别出网络中的重要节点。通过模块化算法,将复杂网络中的节点按照协同关系的紧密程度进行社区划分,使联系较强的节点归入同一社区,并以不同颜色标注。同时,引入时间维度,分析安全生产政策协同网络在时间序列上的动态演化趋势。为更直观呈现政策协同的空间联动格局与动态演化趋势,利用 Gephi 工具对安全政策协同复杂网络可视化。由于未收集到 2017 年云南省安全生产政策文件,在进行 2017 年网络构建时剔除云南省。

2.2 网络分析

采用社会网络分析方法从网络整体和网络节点 2 个维度展开分析,揭示中央与各省份、各省份之间的协同关系结构特征。

2.2.1 整体网特征分析

分析网络整体指标发现,2014—2023 年,我国各年的安全生产政策协同度网络呈现完全连通结构特征。网络密度恒定为理论最大值为 1,连边数稳定为 465 条,表明 10 年间中国安全政策在中央统筹下实现了全域覆盖的协同机制,政策联动无结构性

缺失。平均路径长度和聚类系数均为 1,表明网络具有“全连接”性质,所有相邻节点均构成完全子图。完全连通网络通常出现在高度制度化的体系中,反映中央对地方安全政策的统筹能力,以及省份间标准化协同流程的建立,这种结构有利于政策信息的有效传递与资源的高效调配。

2.2.2 节点特征分析

分析网络节点特征发现,2014—2023 年,我国各年的安全生产政策协同度网络的部分节点指标呈现高度一致性。各节点接近中心性为 1,介数中心性为 0,呈现完全连通拓扑结构特征,政策信息传递效率达最优。节点特征向量中心性均为 1,体现我国安全生产政策执行“全国一盘棋”。然而,进一步分析加权重度与 PageRank 指标发现,尽管复杂网络整体结构呈现均衡化,但节点功能存在显著的时空分异,具体表现为核心节点转移、区域战略驱动特征。

表 1 为 2014 年和 2023 年部分节点的加权重度和 PageRank 指标,按照加权重度列出前 10 名与后 10 名的省份。

表 1 2014、2023 年我国安全生产政策协同度网络节点分析

Table 1 Node-specific metrics of China's central-local work safety policy synergy network (2014 and 2023)						
排名	2014 年			2023 年		
	节点	加权重度	PageRank	节点	加权重度	PageRank
前 10	海南省	10.594 1	0.037 7	辽宁省	12.008 6	0.041 1
	宁夏回族自治区	10.465 3	0.037 3	吉林省	11.597 2	0.039 8
	青海省	10.460 5	0.037 3	河北省	11.072 4	0.038 2
	天津市	10.136 2	0.036 3	浙江省	10.707 1	0.037 1
	新疆维吾尔自治区	10.114 8	0.036 3	重庆市	10.602 3	0.036 8
	河南省	10.026 7	0.036 0	山东省	10.446 4	0.036 3
	重庆市	9.951 9	0.035 7	新疆维吾尔自治区	10.376 5	0.036 1
	河北省	9.943 8	0.035 8	天津市	10.335 3	0.036 0
	北京市	9.592 2	0.034 7	青海省	10.241 3	0.035 7
	陕西省	9.472 9	0.034 3	海南省	9.796 5	0.034 4
后 10	湖南省	8.392 3	0.030 9	云南省	8.693 1	0.031 0
	湖北省	8.297 0	0.030 6	湖北省	8.515 9	0.030 5
	江苏省	8.202 3	0.030 3	黑龙江省	8.332 2	0.029 9
	辽宁省	8.191 5	0.030 3	宁夏回族自治区	8.310 1	0.029 9
	山西省	7.857 0	0.029 2	四川省	8.168 6	0.029 4
	四川省	7.678 7	0.028 7	江西省	8.066 4	0.029 1
	福建省	7.481 3	0.028 1	广东省	6.892 1	0.025 6
	广东省	7.329 3	0.027 7	贵州省	6.201 3	0.023 5
	广西壮族自治区	5.919 0	0.023 2	福建省	5.989 0	0.022 9
	山东省	5.255 4	0.021 2	广西壮族自治区	5.260 9	0.020 7

1) 从表 1 可以看出,网络节点之间协同强度整体提升,政策协同呈现“重心北移”特征。2023 年,排名前 10 的省份中已有 5 个省份的加权重度超过

2014 年的首位节点海南省。从数值分布来看,2014 年前 10 名节点的加权重度范围为[9.472 9, 10.594 1],PageRank 值区间为[0.034 3,0.037 7],

而 2023 年前 10 节点的加权重度范围扩大为 $[9.796\ 5, 12.008\ 6]$, PageRank 值扩大为 $[0.034\ 4, 0.041\ 1]$, 2 项指标的整体水平均有所提高。2014 年,加权重度低于 8.0 的节点数量有 6 个,至 2023 年减少为 4 个,进一步说明节点之间的协同强度整体提升,政策协同关系更加紧密。从省级行政单位来看,广东、广西、福建、宁夏、海南、青海的加权重度有所下降,除广东排名提升 1 位,其他省份排名均下滑。网络的核心区域逐渐转向东北、华北等地区,反映出政策协同的“重心北移”特征。

2) 核心节点转向“区域枢纽省”主导,该转变主要受到国家政府政策的驱动。2023 年,东北地区的辽宁、吉林加权重度跃居前 2 位,PageRank 值同步提升;河北、天津的加权重度持续提升,并且 2 省份的排名始终稳居前 10 名;四川、重庆的排名上升,加权重度与 PageRank 值均有所提升;新疆的 PageRank 值和排名存在一定波动,但仍在前 10 名以内,表现稳健;浙江和江苏的加权重度与排名均有提高。尤为突出的是,山东从 2014 年最后 1 名跃升至 2023 年第 6 名。这些节点加权重度以及 PageRank 值的变化,表明其在东北振兴、京津冀协同发展、西部大开发、长江三角洲区域一体化、黄河流域生态保护和高质量发展等一系列中央政府政策推动下,这些省份已成为兼具连接强度与政策辐射力的全国性枢纽。

2.3 模块化分析

通过对 2014—2023 年安全生产政策协同的地方网络模块化分析,发现网络社区结构具有明显的

时序演变特征。选取 2014、2018 和 2023 年 3 个时间截面进行网络可视化展示与分析。

安全生产政策协同度网络如图 1 所示,从图 1 可以看出,2014 年,地方协同网络呈现明显的二元社区结构(图 1a),可划分为 2 个相对独立的政策协同群体。其中,以中央政府、北京市、浙江省等为代表的深色社区占比为 51.61%,而以青海省、新疆维吾尔自治区、宁夏回族自治区等为核心的浅色社区占比为 48.39%,显示出此阶段地方政策协同仍存在一定的区域分化特征。

2018 年,网络结构发生显著变化,呈现出向心集聚趋势(图 1b)。这一时期网络结构的重大调整与 2018 年 3 月国家应急管理部的成立密切相关,该机构的设立整合了原有分散的应急管理职能,为全国安全生产政策协同提供了统一的制度框架。数据显示,30 个省级行政单位均与中央政府归属于同一政策协同社区,表明所有地区已与中央的安全政策批示保持高度协同。

2019 年后,随着政策修订与经验推广,所有省份更深度融入核心协同网络。到 2023 年,网络结构进一步优化(图 1c),网络整体的平均加权密度已从 2018 年的 8.457 提升至 9.104,中央政府与省级行政单位、省级与省级行政单位之间的政策协同更为紧密。这一演变结果表明:全国范围内的安全政策协同体系已初步形成,各地方政府在安全生产政策制定方面与中央政府保持了高度一致性,反映出我国安全生产治理体系现代化建设的显著成效。

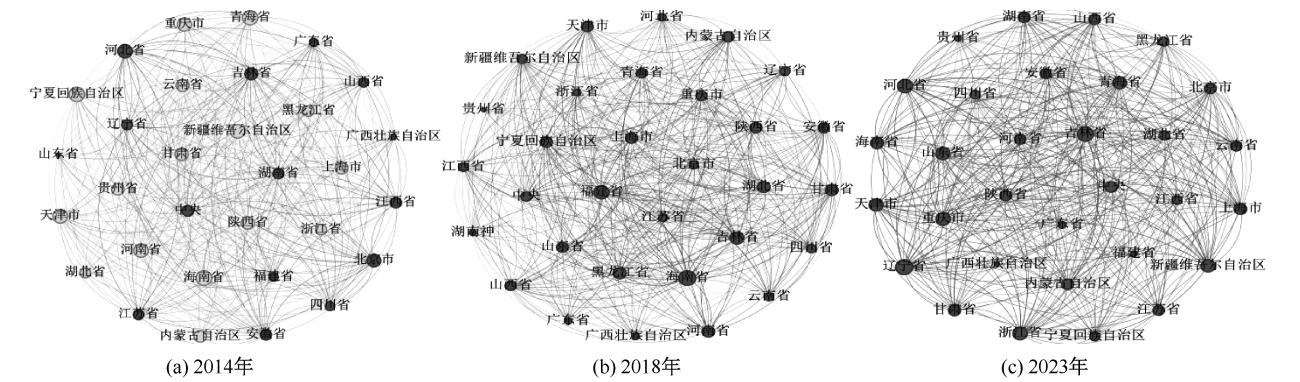


图 1 安全生产政策协同度网络
Fig.1 Network diagram of interprovincial policy synergy on work safety

3 政策协同度对安全事故的影响分析

3.1 主要变量定义

1) 被解释变量。在统筹安全与发展的进程中,保障从业人员的生命安全是安全生产的深刻内涵,

降低安全事故数量是安全生产的核心目标。选取各省份年度安全生产事故发生频次作为核心被解释变量,并对原始事故频次加 1 取对数变换,有效缓解解释变量与被解释变量之间的量纲失衡问题,降低异方差对标准误估计的扭曲。安全事故发生频次不仅

作为安全事故风险的直接观测指标,客观反映地区安全生产情况,还能量化地方政府在安全生产领域的治理效能,是评估安全生产政策实施效果的重要依据。

2) 解释变量。当前安全生产领域的研究焦点逐渐转向政策文本的量化分析,并且现有研究较少关注中央与地方政策协同关系。因此,从地方政府与中央政府安全生产政策文件的主题匹配度、文本相似度2个维度出发,构建央地政策协同度的量化评估框架,以此客观反映各级地方政府对中央政府安全生产政策的响应程度,并将其作为核心解释变量。

3) 控制变量。为控制其他潜在因素的影响,参考以往文献做法^[12],选择经济发展水平、工业发展水平、产业结构高级化、对外开放程度等作为控制变量加入计量模型。所有变量的选择与定义见表2。

表2 变量选择与定义

Table 2 Variable selection and definition			
变量类型	变量名称	符号	变量含义
被解释变量	安全事故频次	Y	各省份安全事故发生的次数加1取对数
解释变量	央地政策协同度	X	每年的央地安全生产政策协同度
控制变量	经济发展水平	C_1	人均地区生产总值取对数
	工业发展水平	C_2	工业增加值/地区生产总值
	产业结构高级化	C_3	第三产业增加值/第二产业增加值
	对外开放程度	C_4	进出口额/地区生产总值

3.2 基准回归模型构建

探究央地安全生产政策协同度对安全事故发生频次的影响,通过 Hausman 检验,将基准回归模型设定为:

$$Y_{it} = X_0 + \lambda_1 X_{it} + \lambda_2 C_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中: Y_{it} 为第 t 年 i 省份(自治区)的安全事故发生次数; X_{it} 为第 t 年 i 省份(自治区)与中央政府发布的安全生产政策的协同度; C_{it} 为一系列控制变量的

合集, $C_1 - C_4$; δ_i 为地方政府的个体固定效应; μ_t 为年份固定效应; ε_{it} 为随机误差项。

3.3 实证结果与分析

1) 描述性统计。通过 STATA18 对相关变量展开描述性统计分析,各变量的描述性结果见表3。从核心被解释变量来看,安全生产事故频次对数化处理后的均值为 2.175,标准差为 1.128,表明样本期间各省级行政区平均每年安全事故的频次存在明显离散特征。最小值(0.000)与最大值(4.710)差距明显,可能与不同省份在安全生产基础条件、监管力度等方面存在的较大差异密切相关。从核心解释变量央地政策协同度来看,数据离散程度较小,其最大值为 0.404,表明部分省份已达到较高的政策协同水平,形成了较为完善的政策协同体系。

表3 变量统计性描述结果

Table 3 Descriptive statistical results of variables					
变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
Y	300	2.175	1.128	0.000	4.710
X	300	0.282	0.050	0.000	0.404
C_1	300	11.016	0.429	10.131	12.207
C_2	300	31.552	7.280	10.014	49.875
C_3	300	1.469	0.781	0.704	5.690
C_4	300	25.205	24.296	0.763	113.396

2) 相关性分析。采用皮尔逊(Pearson)相关系数进行变量间的相关性检验,结果见表4。分析结果显示,在 0.01 的显著性水平下,样本期内央地政策协同度与安全生产事故频次之间呈现显著的负相关关系,具体表现为对中央政府安全生产政策响应度高的省份及自治区,年度安全生产事故频次呈现显著降低趋势。除此之外,针对各变量进行多重共线性检验,结果显示各变量的方差膨胀因子(Variance Inflation Factor, VIF)均小于 10,且平均 VIF 值为 3.13,说明各变量之间不存在严重的共线性问题。

表4 相关性分析

Table 4 Correlation analysis						
变量	Y	X	C_1	C_2	C_3	C_4
Y	1.000	—	—	—	—	—
X	-0.419*** (0.000)	1.000	—	—	—	—
C_1	-0.375*** (0.000)	0.123** (0.033)	1.000	—	—	—
C_2	0.377*** (0.000)	-0.096* (0.099)	-0.077 (0.181)	1.000	—	—

续表 4

变量	Y	X	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
C ₃	-0.383 ^{***} (0.000)	0.082 (0.158)	0.442 ^{***} (0.000)	-0.793 ^{***} (0.000)	1.000	—
C ₄	-0.101 [*] (0.082)	0.022 (0.701)	0.717 ^{***} (0.000)	-0.128 ^{**} (0.027)	0.521 ^{***} (0.000)	1.000

注:***表示 $p<0.01$, **表示 $p<0.05$, *表示 $p<0.1$, 括号内为相关系数的 P 值;表 5、表 6 同。

3) 回归结果分析。基准回归结果见表 5。第 1 列不控制任何固定效应,央地政策协同度 X 的回归系数在 0.01 的显著性水平下显著为负;第 2 列控制了年份固定效应, X 的回归系数仍然显著为负;第 3 列同时控制了年份和个体固定效应, X 的回归系数为-2.700,并且在 0.01%的显著性水平下仍然显著为负。这意味着央地政策协同度的提升对安全事故发生的频次具有显著的抑制效应,具体表现为各省级(自治区)对中央安全生产政策的响应程度越高,安全事故发生频次越低。

表 5 回归结果

Table 5 Regression results

变量	1	2	3
X	-7.334 ^{***} (0.879)	-7.361 ^{***} (1.313)	-2.700 ^{***} (0.859)
C_1	-1.433 ^{***} (0.166)	-0.583 (0.460)	0.937 (1.455)
C_2	0.043 ^{***} (0.012)	0.021 (0.022)	0.036 (0.032)
C_3	-0.138 (0.144)	-0.296 (0.249)	-0.089 (0.532)
C_4	0.018 ^{***} (0.004)	0.009 (0.009)	-0.003 (0.011)
常数项	18.439 ^{***} (1.718)	10.238 ^{**} (4.612)	-8.291 (15.478)
年份固定	否	是	是
个体固定	否	否	是
样本量	300	300	300
调整 R^2 值	0.434	0.579	0.770

注:括号内为聚类到省份层面的标准误。表 6 同。

3.4 稳健性检验

将围绕以下维度进行稳健性检验。

1) 更换被解释变量。安全生产领域治理效能的不同维度量化差异可能会导致变量对估计结果产生影响,选取经过对数化处理的安全事故伤亡人数作为替代被解释变量进行稳健性检验。稳健性检验结果见表 6,更换因变量结果显示, X 的回归系数显著为负,与基准回归模型结果一致。

2) 加入央地政策协同的时间滞后项。考虑到

各省份(自治区)对中央政府安全生产政策的响应与具体落实间存在一定的时间滞后性,并且当年的安全事故发生频次可能会受到以往年份政策的影响。因此,在模型中加入安全事故发生频次的一阶时间滞后项重新实证分析。稳健性检验结果见表 6,加入滞后项结果显示, X 的回归系数仍然显著为负,与基准回归模型结果一致。

表 6 稳健性检验结果

Table 6 Robustness test results

变量	更换因变量	加入滞后项
X	-2.914 ^{**} (1.344)	-2.502 ^{***} (0.839)
控制变量	是	是
年份固定	是	是
个体固定	是	是
样本量	300	270
调整 R^2 值	0.588	0.773

4 结 论

1) 央地安全政策协同度与省域安全事故发生率之间存在显著的负相关关系,政策协同度的提升可有效减少安全生产事故发生的频次。通过更换被解释变量、加入央地政策协同的时间滞后项进行稳健性检验后,该结论仍然成立,表明地方政府对中央政策的积极响应与落实是提升安全生产治理效能的关键机制,为构建“中央统筹-地方响应”的安全生产政策体系提供实证支撑,进一步证实央地政策协同机制的可靠性。

2) 从复杂网络演变视角分析,政策协同网络呈现从分化到统一的时序演变趋势。从 2014 年省级协同网络呈现显著的二元社区结构,至 2023 年所有省份均与中央归属于同一协同社区,反映出全国安全生产政策体系逐步实现“纵向贯通、横向联动”的协同格局,这一演变与党的十八大以来国家强化安全生产“党政同责、一岗双责”的制度化建设密切相关。

3) 在未来的研究中,考虑扩大样本量,将分析政策主体进一步下沉至市县层面,可融入机器学习

测度央地政策协同性,并重点应用因果机器学习模型揭示变量间非线性关系,深入探讨安全生产政策自上而下的多层次传导效应。

参考文献

- [1] 应急管理部. 2025 年 7 月 15 日新闻发布会[EB/OL]. (2025-07-15). https://www.mem.gov.cn/xw/xwfbh/2025n07y15xwfbh_6574/.
- [2] 杨佳,黄玥诚. 安全生产事故应急响应成本要素构成及分类研究[J]. 中国安全科学学报,2019,29(7):143-149.
YANG Jia, HUANG Yuecheng. Research on composition and classification of cost elements of emergency response to work safety accidents[J]. China Safety Science Journal, 2019, 29(7): 143-149.
- [3] 焦宇,马玉蕾,李显,等. 我国较大及以上生产安全事故特征及严重程度分析[J]. 中国安全科学学报,2024,34(2):94-102.
JIAO Yu, MA Yulei, LI Xian, et al. Analysis on characteristics and severity of major work safety accidents in China[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(2):94-102.
- [4] 王亮,赖佳燕,张自欣,等. 基于文本挖掘和改进 DEMATEL 法的化工事故关键因素识别[J]. 中国安全科学学报,2024,34(3):20-28.
WANG Liang, LAI Jiayan, ZHANG Zixin, et al. Identification of critical factors in chemical accidents based on text mining and improved DEMATEL method[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(3): 20-28.
- [5] 刘卓军,柳刚. 安全事故现状与趋势分析方法研究[J]. 中国管理科学,2010,18(4):183-192.
LIU Zhuojun, LIU Gang. The analysis and forecast of national accident trends in work safety[J]. Chinese Journal of Management Science, 2010, 18(4): 183-192.
- [6] 周明星,王子成,刘慧婷. 中国安全生产政策变迁及其内在逻辑:基于间断均衡模型的实证分析[J]. 中国安全生产科学技术,2022,18(8):44-50.
ZHOU Mingxing, WANG Zicheng, LIU Huiting. Change of work safety policy in China and their internal logic: empirical analysis based on discontinuous equilibrium model[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2022, 18(8): 44-50.
- [7] 王薇,余玲艳. 中国应急产业政策目标、工具、力度的三维分析:基于 2002 年以来政策文本的量化研究[J]. 中国安全生产科学技术,2019,15(11):50-56.
WANG Wei, YU Lingyan. Three-dimensional analysis of China's emergency industry policy objectives, tools and strengths -quantitative research based on policy texts since 2002[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2019, 15(11): 50-56.
- [8] 李成武,王亭亭,曹家琳. 煤矿政策对安全生产影响分析及实证研究[J]. 中国安全科学学报,2012,22(1):143-148.
LI Chengwu, WANG Tingting, CAO Jialin. Empirical study on influences of coal mine policies on work safety in China[J]. China Safety Science Journal, 2012, 22(1): 143-148.
- [9] 成连华,郭慧敏. 基于 SEM 的煤矿安全生产影响因素系统研究[J]. 中国安全科学学报,2018,28(1):137-142.
CHENG Lianhua, GUO Huimin. Study on factors influencing coal mine work safety based on SEM[J]. China Safety Science Journal, 2018, 28(1): 137-142.
- [10] 王郅强,王凡凡. 挂牌督办对地方安全生产治理效果的影响机制研究[J]. 管理学刊,2020,33(3):1-13.
WANG Zhiqiang, WANG Fanfan. Research on the mechanism of public administrative urging supervision influencing the effect of local production safety governance[J]. Journal of Management, 2020, 33(3): 1-13.
- [11] 姜雅婷,柴国荣. 目标考核、官员晋升激励与安全生产治理效果:基于中国省级面板数据的实证检验[J]. 公共管理学报,2017,14(3):44-59,156.
JIANG Yating, CHAI Guorong. Target-evaluation, promotion incentive and effectiveness of workplace safety evaluation: an empirical analysis of panel data in China[J]. Journal of Public Management, 2017, 14(3):44-59,156.
- [12] 王俐,任潇萌,王超. 我国安全生产政策协同演变及其有效性研究:1978—2023 年[J]. 甘肃行政学院学报,2024(4):110-124,128.
WANG Li, REN Xiaomeng, WANG Chao. Research on the evolution and effectiveness of the policy coordination in

China's safety production: from 1978 to 2023[J]. Journal of Gansu Administration Institute, 2024(4): 110-124, 128.

[13] 邵清,叶琨. 基于编辑距离和相似度改进的汉字字符串匹配[J]. 电子科技,2016,29(9):7-11.
SHAO Qing, YE Kun. Chinese character string matching algorithm based on improved edit distance and similarity[J]. Electronic Science and Technology, 2016, 29(9): 7-11.

[14] 俞婷婷,徐彭娜,江育娥,等. 基于改进的 Jaccard 系数文档相似度计算方法[J]. 计算机系统应用, 2017, 26 (12): 137-142.
YU Tingting, XU Pengna, JIANG Yu'e, et al. Text similarity method based on the improved Jaccard coefficient[J]. Computer Systems & Applications, 2017, 26(12): 137-142.

[15] 施聪莺,徐朝军,杨晓江. TFIDF 算法研究综述[J]. 计算机应用,2009,29(增 1):167-170,180.
SHI Congying, XU Chaojun, YANG Xiaojiang. Study of TFIDF algorithm[J]. Journal of Computer Applications, 2009, 29(S1): 167-170, 180.

[16] 武永亮,赵书良,李长镜,等. 基于 TF-IDF 和余弦相似度的文本分类方法[J]. 中文信息学报,2017,31(5): 138-145.
WU Yongliang, ZHAO Shuliang, LI Changjing, et al. Text classification method based on TF-IDF and cosine similarity[J]. Journal of Chinese Information Processing, 2017, 31(5): 138-145.

[17] 冯运卿,李雪梅,李学伟. 基于熵权法与灰色关联分析的铁路安全综合评价[J]. 安全与环境学报,2014,14(2): 73-79.
FENG Yunqing, LI Xuemei, LI Xuwei. Comprehensive evaluation method for the railway safety based on the entropy method and the grey relation analysis[J]. Journal of Safety and Environment, 2014, 14(2): 73-79.

[18] 王淑云,黄芳,谭雄,等. 熵权法在铀矿井下空气环境安全评价中的应用研究[J]. 安全与环境学报,2021,21(2): 538-545.
WANG Shuyun, HUANG Fang, TAN Xiong, et al. Application of entropy method in safety evaluation of air environment in uranium mines[J]. Journal of Safety and Environment, 2021, 21(2): 538-545.

作者简介：江成（1986—），男，吉林德惠人，博士，教授，博士生导师，主要从事经济社会复杂系统建模、应急管理等方面的研究。E-mail: jiangcheng@cueb.edu.cn。

