

电子商务背景下冷链物流风险耦合机制研究现状

兰如雪^{1,2}

¹武汉科技大学管理学院，湖北 武汉

²武汉科技大学服务科学与工程研究中心，湖北 武汉

收稿日期：2025年12月20日；录用日期：2025年12月30日；发布日期：2026年1月23日

摘要

电子商务的迅猛发展推动冷链物流在生鲜零售、医药电商等领域的应用日益广泛，其运作过程易受多风险因素干扰，且风险之间常通过复杂的网络化交互形成耦合效应，对电商供应链的稳定性和客户满意度构成严峻挑战。近年来，电子商务环境下冷链物流的风险耦合机制逐渐成为该领域安全研究的重要方向。本文从冷链物流风险、风险耦合和事故理论三个维度出发，系统梳理并归纳了国内外学者在风险识别、评估、控制、耦合机制、耦合模型、事故致因与情景演化等方面的相关研究进展。最后，结合电子商务与冷链物流融合发展的新趋势，对未来电商背景下冷链物流风险耦合机制的研究方向进行了展望。

关键词

冷链物流风险，风险耦合，事故理论，文献综述

Research Status of Risk Coupling Mechanism of Cold Chain Logistics in the Context of E-Commerce

Ruxue Lan^{1,2}, Zhonghua Yang^{1,2}

¹School of Management, Wuhan University of Science & Technology, Wuhan Hubei

²Center for Service Science and Engineering, Wuhan University of Science & Technology, Wuhan Hubei

Received: December 20, 2025; accepted: December 30, 2025; published: January 23, 2026

Abstract

The rapid development of e-commerce has promoted the increasingly widespread application of

文章引用：兰如雪, 杨中华. 电子商务背景下冷链物流风险耦合机制研究现状[J]. 电子商务评论, 2026, 15(1): 1-9.
DOI: [10.12677/ecl.2026.151001](https://doi.org/10.12677/ecl.2026.151001)

cold chain logistics in fresh food retail, pharmaceutical e-commerce and other fields, and its operation process is susceptible to the interference of multiple risk factors, and the coupling effect between risks is often formed through complex network interaction, which poses a serious challenge to the stability and customer satisfaction of the e-commerce supply chain. In recent years, the risk coupling mechanism of cold chain logistics in the e-commerce environment has gradually become an important direction of safety research in this field. This paper systematically sorts out and summarizes the relevant research progress of scholars at home and abroad in risk identification, assessment, control, coupling mechanism, coupling model, accident cause and scenario evolution from the three dimensions of cold chain logistics risk, risk coupling and accident theory. Finally, combined with the new trend of integrated development of e-commerce and cold chain logistics, the research direction of cold chain logistics risk coupling mechanism in the context of e-commerce in the future is prospected.

Keywords

Cold Chain Logistics Risk, Risk Coupling, Accident Theory, Literature Review

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着电子商务与数字化消费的快速发展，特别是生鲜电商、医药电商等新兴业态的兴起，冷链物流在电商供应链中的关键作用日益凸显。然而，在电商多节点、快节奏的物流环境中，冷链物流运作极易受到订单波动、信息延迟、末端配送协调、温控设备故障、库存管理疏漏等多重风险因素的干扰。这些风险因素通过复杂的交互作用形成风险耦合效应，可能引发连锁反应甚至系统性失效。通过深入研究事故情景演化下的冷链物流风险耦合机制，分析冷链物流运营过程中的风险因素及其耦合机制，从而提出有效的风险控制和管理策略，以减少类似事故的发生，保障冷链物流系统的安全和效率。传统冷链物流风险管理多聚焦于单一环节或独立风险因素的识别与控制。近年来，学术界逐步引入耦合理论、复杂网络与系统科学方法，探索风险因素之间的影响机制。

本文从冷链物流风险、风险耦合和事故理论三个维度，对近年来冷链物流风险耦合机制相关方向的国内外文献进行全面的综述，发现在电子商务背景下，传统的静态单因素风险管理模式在动态风险耦合分析中存在一定局限性。未来研究可以将数据驱动的事故致因分析方法、风险耦合复杂网络模型与情景演化理论进行融合，构建电商冷链事故风险耦合的动态分析框架。本文旨在通过梳理相关研究，为这一整合框架提供理论基础与方向展望，同时为相关领域的学者提供有效的参考与借鉴。

2. 数据来源与分析框架

本文以“冷链物流风险”、“风险耦合”、“事故理论”及其组合为核心检索词，在 Web of Science、中国知网(CNKI)、维普等数据库中进行检索，检索时间段主要集中在 2018 年至 2025 年，最终筛选出 59 篇具有代表性的文献作为研究依据。

本文从冷链物流风险、风险耦合和事故理论三个主要维度梳理国内外现有研究方法与发展方向，最后基于对各维度研究的整合提出融合性的概念框架，该框架旨在将风险识别、风险耦合机理与动态情景演化三个关键环节整合成具有连贯性的风险管理研究方法，以期为后续研究提供可能的参考方向。

3. 冷链物流风险相关研究

在电子商务背景下,冷链物流风险研究聚焦于对各类风险因素的系统识别与量化评估,如人员组织、作业和管理等,并建立了科学的风险评估体系和分级标准。通过定量评价和风险模型,研究者们识别了重点风险因素,并提出相应的控制措施,以降低事故发生概率,提高冷链物流效率和安全性。

3.1. 冷链物流风险识别

冷链物流风险识别是确定冷链物流运营过程中潜在的风险,现有研究在冷链物流风险识别方面采用了多种方法和模型,包括 GO-FLOW 法、云模型、WBS-RBS 耦合矩阵和等级全息建模(HHM)等,以识别和评估冷链物流过程中的风险因素,同时构建了与之对应的风险评价指标体系。魏然等[1]梳理航空冷链物流运输业务流程后,用 GO-FLOW 法测算其系统风险,基于此识别并分析各环节风险程度。万君[2]运用云模型对生鲜水产品冷链物流风险指标展开筛选,确定了生鲜水产品冷链物流风险评价指标体系。李策国等[3]基于 WBS-RBS 耦合矩阵得到了关于疫苗冷链物流的 18 个风险因素。谢泗薪等[4]通过对国内外学者关于冷链物流的研究展开对比分析,洞察生鲜农产品冷链物流在我国的发展现状,深入分析其整体作业流程,并找出运作过程中存在的风险因素。

3.2. 冷链物流风险评估

冷链物流风险评估是在风险识别基础上,进一步分析和量化这些风险对物流过程的影响,以制定有效的风险控制措施。在冷链物流领域,风险评估方法众多且各自具有独特的优点和特征。Yang W [5]等构建基于 AHP 分析的风险评估模型,并相应地提高突变数量,以开展新鲜果蔬冷链安全性的风险评估。覃朝春等[6]应用 FMEA 和故障模式,对生鲜猪肉冷链物流过程进行风险评估,根据风险等级分类,确定高风险故障模式 5 个、中度风险故障模式 4 个、低风险故障模式 3 个,明确各故障模式改进的先后顺序,从而有针对性地制定风险改善措施并实施。熊懿[7]针对生鲜农产品冷链物流销售环节的风险因素,运用灰色关联分析法展开实证分析。陈伟炯等[8]依据贝叶斯理和 Ge Nie 软件建立 DBN 风险评估模型,针对乳制品冷链物流的风险概率开展评估并进行灵敏度分析。王佳[9]等对果蔬冷链物流安全风险因素进行耦合分析,将耦合分为单、双、多因素组合,计算风险耦合概率,并用 N-K 模型量化耦合风险值。Zheng C 等[10]利用贝叶斯网络建模和模拟,以确定主要影响因素并对主要因素进行敏感性分析。陈伟炯[11]等构建动态贝叶斯网络模型,针对风险环节中的关键风险因素开展概率评估。

采用单一评价方法所得结果具有单一性,现有学者更注重将多种方法进行组合,或对既有方法加以改进。李翠[12]等利用熵权法和层次分析法组合以改进云模型,系统地对预制菜冷链物流质量领域的安全风险展开评估。Wang Y [13]等将根状态风险识别(RSRI)方法用于识别潜在风险,基于双标准过滤和多标准,对无关风险进行筛选和不可控风险筛选,采用三角模糊数法对可控风险因素进行定量评价,共识别出 223 项潜在风险、18 项重要风险、6 项重点风险。张浩等[14]在传统突变级数法的指标排序基础上运用离差最大化法,减少对农产品冷链物流风险评估过程的主观性。Chen H [15]等引入模糊贝叶斯网络构建风险评估模型,对冷链物流网络中断风险开展量化分析与传导机制研究,识别关键的网络中断风险节点以及在网络中的传导路径与演化特征,对敏感度有重大影响的中断风险因素提出了对策。

3.3. 冷链物流风险控制

在风险识别的基础上,冷链物流风险控制主要聚焦于技术集成、质量控制体系、风险评估和运营优化等方面,以提高冷链物流的安全性和效率。刘智勇等[16]集成无线传输、电子地图、温度检测、GPS 技术,构建开放式食用菌的运输定位监控平台,对食用菌冷藏车资源开展定位跟踪管理工作,综合运用多

种保鲜技术，并针对该食用菌冷链物流过程中杂菌交叉污染风险的控制措施展开分析。张晨宇[17]采用HACCP质量控制体系，对水产品冷链物流的各个环节展开详尽阐释并绘制其流程图，基于该流程图剖析各环节的潜在危害，借助失效模式与效应分析(FMEA)定量判定关键控制点，同时制定HACCP计划表，运用PDCA双循环优化方法剖析流程所存在的问题，并提出优化措施。Qiang等[18]构建了综合考虑ICCL三个过程的潜在风险因素的ICCL安全评价指标体系：港口物流过程、通关过程和从港口到门的物流过程，通过结合扩展决策模型和熵权法来评估ICCL-SSS的风险水平。Wang[19]提出了一种电商生鲜产品冷链物流运营及风险控制方法，通过将调车作业的各个要素抽象成一个智能体模型，设计智能体之间的沟通协作机制，可以实现高效的铁路调车作业。

4. 风险耦合相关研究

在电子商务驱动的冷链物流体系中，订单、仓储、运输、信息及末端服务等多环节紧密衔接并相互影响，这种多系统间的交互与关联现象被定义为耦合。在风险管理研究范畴内，学者们将上述环节中各类风险因素之间的相互作用视为风险耦合。在交通运输、建筑施工、能源化工等多个领域，学者们已就事故风险耦合的机理、路径与建模展开了广泛研究，并构建了多样化的耦合分析框架与模型方法。

4.1. 事故风险耦合

众多学者通过引入和融合不同的模型，对各类事故风险因素及其耦合作用进行了深入研究。很大一部分研究将N-K模型应用于事故风险耦合模型中，借以分析各个风险要素之间的耦合关系。崔秀芳[20]等引入融合N-K模型的复杂网络开展船舶自沉事故风险耦合研究，对船舶自沉风险因素间的影响关系进行定量分析，识别引发船舶自沉事故的关键风险因素。成连华[21]等将N-K模型与复杂网络模型相结合，深入探究建筑施工安全管理的关键风险因素以及耦合效应。胡立伟[22]等构建N-K-耦合度模型对风险因素进行量化并对山区高速公路交通事故风险因素进行时空全维度耦合，探究因素耦合关系并提出全维耦合交通风险弹性解耦模型。孙逸林等[23]采用N-K模型测度风险耦合水平和SNA方法辨识关键风险因素与风险关系，以城镇燃气管网施工事故调查报告为数据支撑。啜鹏杰等[24]借助社会网络分析、中心度分析以及风险耦合分析，构建了NK-SNA实验室安全事故风险因素识别模型。

此外，也有学者利用社会网络分析、风险演化、解释结构模型等方法实现事故风险因素耦合关系分析。陈伟等[25]基于事故调查报告搭建风险要素数据集，运用关联规则挖掘耦合关系，提取其强关联规则后运用复杂网络理论构建塔式起重机事故致因网络模型，并通过网络模型来识别关键节点以及耦合关系。付金等[26]运用耦合度模型来构建协同施工的安全风险耦合模型。潘福全等[27]构建海底隧道交通事故风险演化立体网络模型，搭建海底隧道交通事故风险耦合尖点突变模型，对海底隧道交通系统风险状态演化的主要形式展开深入分析。成连华等[28]运用5W分析法确认瓦斯爆炸事故的风险因素，引入Pearson算法评估风险耦合强度，并且构建了事故情境下的风险演化路径。

4.2. 风险耦合模型

学者们注重探究风险管理领域里不同行业、不同场景下的风险耦合机制及其量化方式。通过综合运用动态贝叶斯网络、N-K模型、系统动力学仿真等多种理论，构建了多种风险耦合分析框架。常全盛等[29]为深入探究液化石油气铁路罐车运输网络内的风险状况，在研究中提出一种基于耦合关系的动态贝叶斯风险分析方法。骆明真等[30]融合SNA模型与N-K模型形成新的风险耦合分析框架，对旧工业建筑施工改造过程中的风险耦合现象展开探究。Wang L[31]等提出一种基于贝叶斯网络(BN)模型、N-K模型和累积风险(CR)模型的矿工健康损害行为风险耦合量化方法。Huang J等[32]利用耦合机理分析和复杂网络理论，构建地铁深基坑施工安全风险耦合网络模型，利用网络拓扑指标分析揭示了风险耦合的演化规

律。Gang X 等[33]将不确定参数引入图卷积神经网络, 提高推断风险的相关能力。Nan H 等[34]结合 NK 模型、系统动力学以及狄利克雷分配算法, 模拟综合管廊风险的演变过程, 以实现无偏和准确的估计。管祥民等[35]综合考虑各种风险要素, 基于聚类算法构建机场运行的风险耦合评估方法构造机场运行风险时间序列, 并运用因果检验方法结合复杂网络理论, 构建机场运行风险传播网络并分析其特征。

许多研究关注风险耦合的关键因素和特征, 在风险耦合分析过程中识别和量化关键风险因素及其相互作用, 揭示风险演变过程的关键原因, 为事故预防和安全管理提供科学依据。Zhang Y 等[36]引入 N-K 模型揭示风险耦合机制, 然后基于复杂网络理论构建事件因果模型, 并用耦合值修正节点的中心性, 计算网络拓扑参数, 定量描述事故的因果特征, 揭示风险演变过程和关键原因。Yuan L 等[37]通过将 N-K 模型与 SNA 相结合, 纠正了风险节点的外化程度, 从而确定了与尾矿库坝溃坝相关的关键风险因素。Liu J 等[38]基于 N-K 模型来测算耦合效应, 在此基础上对耦合因素进行交互情景的不同组合来进一步对耦合效应量化度进行计算, 整合模糊 DEMATEL-ISM-NK 模型进行中心性修正, 确定地铁运营事故中的关键危险因素。Geng X 等[39]基于因果机制和耦合原理, 构建港口危化品物流风险耦合系统, 结合系统动力学仿真分析风险耦合因素, 识别事故的关键原因及其风险耦合效应。Ming F 等[40]基于传统的 FTA 和 24Model, 通过梳理两种方法的优点与特征, 改进构建了一种 FTA-24Model 事故原因分析框架, 并基于此框架构建一个全流程评估程序, 通过四个不同的模块来分析造成事故的原因, 并进一步识别这些原因中导致事故风险发生的关键风险因素及其风险耦合效应。

5. 事故理论相关研究

传统事故理论为理解电子商务背景下冷链物流系统中风险的生成、演化与后果提供了重要的分析框架。通过将事故致因理论与情景演化方法应用于冷链物流事故场景, 能够系统揭示风险因素的相互作用机制。在其他工业安全领域, 学者们已基于传统事故理论对各类事故风险展开深入研究, 探索风险因素的耦合机理与演化规律, 为冷链物流领域风险分析提供了重要方法借鉴与理论参照。

5.1. 事故致因理论

事故致因分析的目的在于针对事故所呈现出的耦合现象, 深入开展机理性与规律性的探究工作, 提取出导致事故发生的各种可能因素, 以及这些因素之间相互作用的关系, 事故致因分析是达成风险评估和事故安全管理的重要理论基础, 只有全面且深入地了解事故的致因, 才能为后续的风险评估提供准确的数据和依据, 从而制定出更为有效的安全管控措施。研究者们在不同的事故领域开发了多种事故致因分析模型和方法。Zhang X 等[41]从撞船事故报告中提取事故链, 包括风险节点和事故节点; 然后, 使用复杂网络理论构建船舶碰撞风险网络, 提出了一种节点显着性计算方法来识别高风险致病因素。霍小森等[42]结合改进的 HFACS 模型, 通过对事故调查报告进行分析, 识别出 38 项事故致因, 这些致因涵盖人员、设备、管理和环境四个维度。陈伟等[43]提出一种融合改进的 IFRAM 与 BN 的事故致因分析模型, 用以剖析强降雨事件频发背景下附着式升降脚手架事故的致因。Tian S 等[44]结合扎根理论、层次分析法和解释结构模型等方法, 基于不同事故案例详细分析产生煤矿事故的原因, 深入探究我国煤矿事故的特征、产生事故的致因。

文本挖掘和数据驱动方法在事故致因分析中的应用日益广泛, 为事故原因的识别和分类提供了新的视角。张江石等[45]构建了一种针对煤矿事故原因的智能分析模型, 结合了语义依存分析方法、集成命名实体识别方法、文本分类法和 24Model。国汉君等[46]运用 Apriori 关联规则算法挖掘相关的风险因素, 并将其与内外因理论相结合, 近 10 年间 100 起动火作业事故的致因展开深度剖析。Chen Y 等[47]采用 CM 方法从事务调查报告中提取致病因素及其关系, 引入了 Gaussian copula 函数和不同的边际分布函数

来描述因果因素发生的概率分布。Lin Z 等[48]采用文本挖掘技术和 Apriori 算法探究中煤矿瓦斯爆炸事故的形成机制，识别出 46 个主要因素，获得 59 条强关联规则。Hossain A 等[49]使用词云分析、词频分析、单词共现网络分析、快速自动关键字提取和主题建模这几种最先进的文本挖掘工具来识别崩溃模式，揭示了几个重要的孟加拉国致命卡车事故的碰撞影响因素。Cao K 等[50]提出了一种改进的文本特征提取方法(TF-IDF-GloVe-LDA)，对于从事故报告文本中分类的 461 个原因，使用 TF-IDF 算法对其进行挖掘，得到 62 个事故致因。Jia Q 等[51]构建语料库，训练 BERT 模型评估其性能，得到可用于事故原因分析的文本分类模型。

5.2. 事故情景演化理论

事故致因理论提供了对事故原因的深入分析，但往往缺乏对事故发生动态性的理解，而情景演化理论则关注事件的发展和变化的动态过程，事故风险耦合现象发生在情景演化过程中，借助相关模型与方法，依据情景构成要素以及演变规律，对突发事件的演变路径展开科学预判，进而获取情景变化趋势的过程，被定义为情景演化。相关学者在事故情景演化方面已开展一些研究。Wang Q 等[52]提出事件链演化分析(ECEA)方法构建输气站雷击情景演化模型，并构建加权随机 Petri 网(WSPN)，以建立针对可能发生的高风险次生灾害的应急处置流程模型，从而确定关键的应急状态和行动。张新梅等[53]基于拓扑理论及相关方法，构建化工园区事故情景演化复杂网络模型，分析复杂网络的统计特征，确定节点的网络贡献度和连接边的脆弱性，探究最大可能的致因路径。史凌源等[54]运用知识元、机器学习方法，并基于结合定性与定量相融合的方法，构建了铁路突发事件应急情景体系，对应急情景构建、情景推演以及事故动态分级这三个关键科学问题展开了深入探究。Yuan C 等[55]从情景演绎的角度，研究了火灾事故对油气储运的影响，确定演化路径中的关键节点及其最终的情景概率，从而达成情景演化路径的优化。秦宇毅等[56]利用事故演化中能量、状态、质量因素之间的关系，结合系统动力学构建 LPG 储罐事故演化系统模型。金辰浩等[57]引入贝叶斯网络方法，构建了储油罐区事故情景下的演化网络，并通过提炼事故支链对事故演化网络构建的合理性进行了论证。王莉等[58]通过情景演化方法剖析地铁水灾事件情景演变的完整流程，在此基础上构建了地铁水灾事件情景的贝叶斯网络并测算地铁水灾后果事件在不同情景下的概率。夏云龙[59]等构建了石油储罐区火灾事故风险传播的多层网络模型，分析储罐区火灾事故的致灾关联关系与演化特征，利用网络拓扑指标提取关键风险节点，最后用福建漳州爆炸事故为案例对模型进行验证。

6. 结论与展望

在电子商务快速发展与冷链物流深度融合的行业背景下，本文通过对冷链物流风险耦合机制相关研究的梳理，从冷链物流风险、风险耦合和事故理论三个方面对冷链物流风险耦合的国内外学者相关研究进行了总结和分析。

- (1) 冷链物流风险方面，学者们已从单一环节、单一因素的识别与评估，发展到构建多维度、多层次、全流程的风险指标体系。在识别方法上也更多元，评估方法不断融合，控制策略强调技术集成与流程优化，从而提升风险管理的系统性、精准性与响应能力。
- (2) 风险耦合方面，学者们正从风险要素静态分析向风险交互动态耦合转变，并且注重融合多种方法，揭示风险因素间复杂的非线性关联与连锁效应，为理解系统脆弱性和韧性提供关键视角。
- (3) 事故理论方面，学者们将事故致因理论与文本挖掘、关联规则等方法结合，深化对风险源与初始诱因的理解。运用情景演化理论构建从风险耦合到事故演变的全过程动态链条，实现对风险发展路径的推演与关键情景节点的提取，从而支撑前瞻性风险防控。

在电子商务背景下, 冷链物流面临动态耦合风险挑战, 未来研究方向需突破单一维度限制, 融合多元方法。在对当前国内外相关研究现状进行系统梳理的基础上, 本文提出一个整合分析框架, 包含事故风险致因挖掘、风险耦合网络模型和事故情景演化三个层次:

首先, 利用文本挖掘技术从官方事故调查报告和行政处罚文书中提取风险致因要素, 并运用关联规则挖掘算法挖掘风险致因要素之间的强关联规则, 克服传统依赖专家经验的主观性局限。

其次, 基于提取的风险致因要素, 运用复杂网络理论构建电商冷链物流风险耦合网络模型。节点为提取的风险致因要素, 边为挖掘出的强关联规则(代表致因要素间的耦合关系), 通过计算网络拓扑指标, 识别出关键风险节点与耦合模块。

最后, 基于关键风险节点和耦合关系, 建立电商冷链物流风险动态评估的随机 Petri 网模型, 模拟风险耦合现象和事故情景的演变过程, 提出针对性的风险解耦控制策略。

参考文献

- [1] 魏然, 陈丙成, 李艳华. 基于 GO-FLOW 的航空冷链物流安全风险管理[J]. 中国民航大学学报, 2022, 40(3): 54-58.
- [2] 万君, 刘勋勋. 基于动态贝叶斯网络的冷链物流风险评价[J]. 公路交通科技, 2023, 40(10): 248-256.
- [3] 李策国, 李前兵. 基于 DEMATEL-ISM 的疫苗冷链物流风险因素研究[J]. 价值工程, 2022, 41(35): 40-42.
- [4] 谢泗薪, 薛琳琳. 生鲜农产品冷链物流的风险分析与战略控制研究[J]. 价格月刊, 2018(3): 50-56.
- [5] Yang, W., Wang, Y., Wu, D., et al. (2024) Risk Assessment Method for Fresh Fruit and Vegetable Cold Chain Logistics Based on Improved Mutation Level Model with AHP Analysis. *International Core Journal of Engineering*, **10**, 155-166.
- [6] 覃朝春, 吴文娟, 李开鹏. 基于 FMEA 的生鲜猪肉冷链物流质量安全控制研究[J]. 保鲜与加工, 2023, 23(2): 60-66.
- [7] 熊懿. 生鲜农产品冷链物流销售环节风险评价与防范研究[J]. 价格理论与实践, 2022(11): 189-192, 212.
- [8] 陈伟炯, 范雯, 朱小林, 等. 乳制品冷链物流风险评估的 DBN 方法研究[J]. 系统仿真学报, 2019, 31(5): 936-945.
- [9] 王佳, 郑天玉, 刘喜, 等. 基于 N-K 模型的果蔬冷链物流安全风险耦合研究[J]. 交通运输研究, 2021, 7(2): 11-19.
- [10] Zheng, C., Peng, B. and Wei, G. (2020) Operational Risk Modeling for Cold Chain Logistics System: A Bayesian Network Approach. *Kybernetes*, **50**, 550-567. <https://doi.org/10.1108/k-10-2019-0653>
- [11] 陈伟炯, 王茂馨. 医药冷链物流在物联网环境下的动态风险评估[J]. 科技管理研究, 2020, 40(1): 215-220.
- [12] 李翠, 陈国平, 李峰, 等. 基于改进云模型的预制菜冷链物流安全风险评估[J/OL]. 保鲜与加工: 1-15. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1330.S.20241203.1415.002.html>, 2024-12-16.
- [13] Wang, Y., Wang, X., Zhang, Y. and Geng, X. (2024) Research on Risk Factor Filtering and Rating of Cold Chain Logistics from the Perspective of Root-state Risk Identification. *Journal of Food Science*, **89**, 1599-1615. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16933>
- [14] 张浩, 邱斌, 唐孟娇, 等. 基于改进突变级数法的农产品冷链物流风险评估模型[J]. 系统工程学报, 2018, 33(3): 412-421
- [15] Chen, H., Zhang, Q., Luo, J., Zhang, X. and Chen, G. (2021) Interruption Risk Assessment and Transmission of Fresh Cold Chain Network Based on a Fuzzy Bayesian Network. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, **2021**, Article ID: 9922569. <https://doi.org/10.1155/2021/9922569>
- [16] 刘智勇. 食用菌冷链物流中杂菌交叉污染风险控制措施[J]. 中国食用菌, 2021(2): 117-121.
- [17] 张晨宇, 王伟, 陈志松, 等. 基于 HACCP 和 FMEA 的水产品冷链物流全流程优化[J]. 包装工程, 2023, 44(9): 254-264.
- [18] Fu, Q., Sun, Y. and Wang, L. (2022) Risk Assessment of Import Cold Chain Logistics Based on Entropy Weight Matter Element Extension Model: A Case Study of Shanghai, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 16892. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416892>
- [19] Wang, S. (2022) Study on Cold Chain Logistics Operation and Risk Control of Fresh E-Commerce Products. *Advances in Multimedia*, **2022**, Article ID: 7272370. <https://doi.org/10.1155/2022/7272370>
- [20] 崔秀芳, 邵志鹏, 赖炜祺, 等. 融合 N-K 模型的复杂网络船舶自沉事故风险因素耦合分析[J]. 安全与环境学报,

- 2024, 24(9): 3307-3314.
- [21] 成连华, 杨曜妍, 李树刚, 等. 高层建筑施工安全关键风险因子及耦合效应分析[J]. 郑州大学学报(工学版), 2024, 45(6): 92-99.
- [22] 胡立伟, 贺雨, 侯智, 等. 山区高速公路交通事故风险多维度耦合研究[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(5): 17-27.
- [23] 孙逸林, 郑小强, 刘丹秀, 等. 城镇燃气管网施工事故风险耦合机理及关键因素分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2023, 19(10): 5-12.
- [24] 啜鹏杰, 贾哲, 柳培忠, 等. 实验室安全事故关键风险因素识别模型的构建[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(6): 319-323.
- [25] 陈伟, 王利莹, 杨勐, 等. 基于关联规则的塔式起重机事故致因网络模型研究[J]. 安全与环境学报, 2023, 23(4): 1161-1168.
- [26] 付金, 徐筱, 陈秉欣, 等. 明挖公路隧道与邻接地铁协同施工风险耦合综合评价[J]. 公路交通科技, 2022, 39(8): 159-165.
- [27] 潘福全, 张游, 张丽霞, 等. 海底隧道交通事故风险耦合演化机理研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2022, 18(4): 231-236.
- [28] 成连华, 郭阿娟, 郭慧敏, 等. 煤矿瓦斯爆炸风险耦合演化路径研究[J]. 中国安全科学学报, 2022, 32(4): 59-64.
- [29] 常全盛, 张玉召, 李建国, 等. 考虑耦合关系的 LPG 铁路罐车运输风险网络研究[J/OL]. 铁道科学与工程学报: 1-12. <https://doi.org/10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20241563>, 2024-12-18.
- [30] 骆明真, 李红星. 基于 N-K 和 SNA 模型的旧工业建筑施工改造风险耦合分析[J/OL]. 铁道科学与工程学报: 1-10. <https://doi.org/10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20241277>, 2024-12-18.
- [31] Wang, L., Sun, N., Hu, X., Zhao, X., Wang, Q. and Tong, R. (2025) Risk Coupling Analysis of Miners' Health-Compromising Behaviors: A Multimethod Fusion with Practical Application. *Safety Science*, **182**, Article ID: 106723. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106723>
- [32] Huang, J., Fang, J. and Wang, J. (2024) Risk Coupling Analysis of Metro Deep Foundation Pit Construction Based on Complex Networks. *Buildings*, **14**, Article 1953. <https://doi.org/10.3390/buildings14071953>
- [33] Xue, G., Liu, S., Ren, L. and Gong, D. (2024) Risk Assessment of Utility Tunnels through Risk Interaction-Based Deep Learning. *Reliability Engineering & System Safety*, **241**, Article ID: 109626. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109626>
- [34] Hai, N., Gong, D., Liu, S. and Dai, Z. (2022) Dynamic Coupling Risk Assessment Model of Utility Tunnels Based on Multimethod Fusion. *Reliability Engineering & System Safety*, **228**, Article ID: 108773. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108773>
- [35] 管祥民, 赵帅喆. 面向航空网络的机场风险传播网络[J]. 北京航空航天大学学报, 2023, 49(6): 1342-1351.
- [36] Zhang, Y., Zhang, Q., Zhang, X., Li, M. and Qi, G. (2024) How Do We Analyze the Accident Causation of Shield Construction of Water Conveyance Tunnels? A Method Based on the N-K Model and Complex Network. *Mathematics*, **12**, Article 3222. <https://doi.org/10.3390/math12203222>
- [37] Yuan, L., Chen, D., Li, S., Wang, G., Li, Y., Li, B., et al. (2024) Coupled Analysis of Risk Factor for Tailing Pond Dam Failure Accident Based on N-K Model and SNA. *Sustainability*, **16**, Article 8686. <https://doi.org/10.3390/su16198686>
- [38] Liu, J., Wan, L., Wang, W., Yang, G., Ma, Q., Zhou, H., et al. (2023) Integrated Fuzzy DEMATEL-ISM-NK for Metro Operation Safety Risk Factor Analysis and Multi-Factor Risk Coupling Study. *Sustainability*, **15**, Article 5898. <https://doi.org/10.3390/su15075898>
- [39] Geng, X., Lv, Y., Zhao, L. and Wang, Y. (2023) Measurement and Simulation of Risk Coupling in Port Hazardous Chemical Logistics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **20**, Article 4008. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054008>
- [40] Fang, M., Zhang, Y., Zhu, M. and Chen, S. (2022) Cause Mechanism of Metro Collapse Accident Based on Risk Coupling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 2102. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042102>
- [41] Zhang, X., Chen, P., Mou, J., Chen, L. and Li, M. (2025) Critical Causation Factor Analysis in Ship Collision Accidents with Complex Network. *Ocean Engineering*, **315**, Article ID: 119837. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119837>
- [42] 霍小森, 杜爽, 谭琪麟, 等. 基于数据驱动贝叶斯网络的地铁施工事故致因差异化分析[J/OL]. 铁道科学与工程学报: 1-14. <https://doi.org/10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20240928>, 2024-12-18.
- [43] 陈伟, 赵卓雅, 牛力, 等. 强降雨情景下附着式升降脚手架事故致因 IFRAM-BN 模型[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(7): 44-52.
- [44] Tian, S., Wang, Y., LI, H., Ma, T., Mao, J. and Ma, L. (2024) Analysis of the Causes and Safety Countermeasures of

- Coal Mine Accidents: A Case Study of Coal Mine Accidents in China from 2018 to 2022. *Process Safety and Environmental Protection*, **187**, 864-875. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.04.137>
- [45] 张江石, 李泳瞰, 吴静茹, 等. 煤矿事故原因智能分析方法研究及应用[J/OL]. 清华大学学报(自然科学版): 1-14. <https://doi.org/10.16511/j.cnki.qhdxxb.2025.26.006>, 2024-12-18.
- [46] 国汉君, 江益, 姚勇征, 等. 基于内-外因理论和 Apriori 算法的动火作业事故分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2024, 20(11): 101-109.
- [47] Chen, Y., Wang, J., Jin, L., Nie, B. and Zheng, X. (2024) A Hybrid Approach Integrating Case Mining (CM) and the Copula Bayesian Network (CBN) for Accident Causation Probabilistic Reasoning of Building Construction Collapses. *Reliability Engineering & System Safety*, **252**, Article ID: 110469. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110469>
- [48] Lin, Z., Li, M., He, S., Wang, D., Shi, S. and Wang, D. (2024) Analysis on Typical Characteristics and Causes of Coal Mine Gas Explosion Accidents in China. *Environmental Science and Pollution Research*, **31**, 55475-55489. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34890-7>
- [49] Hossain, A., Sun, X., Alam, S., Das, S. and Sheykhfard, A. (2023) Crash Contributing Factors and Patterns Associated with Fatal Truck-Involved Crashes in Bangladesh: Findings from the Text Mining Approach. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **2678**, 706-725. <https://doi.org/10.1177/03611981231209031>
- [50] Cao, K., Chen, S., Zhang, X., Chen, Y., Li, Z. and Wang, D. (2024) Identification of Causative Factors for Fatal Accidents in the Electric Power Industry Using Text Categorization and Catastrophe Association Analysis Techniques. *Alexandria Engineering Journal*, **102**, 290-308. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.05.100>
- [51] Jia, Q., Fu, G., Xie, X., Xue, Y. and Hu, S. (2024) Enhancing Accident Cause Analysis through Text Classification and Accident Causation Theory: A Case Study of Coal Mine Gas Explosion Accidents. *Process Safety and Environmental Protection*, **185**, 989-1002. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.03.066>
- [52] Wang, Q., Li, W., Hu, X., et al. (2024) Scenario Evolution Prediction of Accidents Triggered by Lightning and Emergency Process Risk Analysis for Gas Transmission Stations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **112**, 104808.
- [53] 张新梅, 关金月, 张傲, 等. 化工园区事故情景耦合演化的复杂网络分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2024, 20(6): 92-98.
- [54] 史凌源. 铁路突发事件应急情景推演与事故动态分级研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2023.
- [55] Yuan, C., Hu, Y., Zhang, Y., Zuo, T., Wang, J. and Fan, S. (2021) Evaluation on Consequences Prediction of Fire Accident in Emergency Processes for Oil-Gas Storage and Transportation by Scenario Deduction. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **72**, Article ID: 104570. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104570>
- [56] 秦宇毅, 吕品, 周朱晟, 等. 基于 LPG 储罐事故演化系统的个人风险分析[J]. 消防科学与技术, 2023, 42(5): 615-621.
- [57] 金辰浩, 李铁, 关磊, 等. 基于贝叶斯网络的储油罐区事故情景分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2024, 20(8): 120-128.
- [58] 王莉, 张诚刚, 霍颖楠. 基于 Bayes 网络的地铁水灾事件情景构建及演化分析[J]. 安全与环境工程, 2023, 30(1): 101-106, 172.
- [59] 夏云龙, 夏登友, 陈昶霖, 等. 石油储罐区火灾事故的多层网络建模与风险分析[J]. 消防科学与技术, 2025, 44(8): 1056-1061.