

新质生产力背景下危险货物运输虚拟企业的实现路径

陈树晴¹ 高千贺¹ 刘至齐¹ 刘朝阳² 刘晟源¹ 孙玉峰^{3*} 刘泉好^{1*}

1. 山东工商学院国际商学院, 中国·山东 烟台 264005

2. 山东工商学院信息与电子工程学院, 中国·山东 烟台 264005

3. 山东工商学院管理科学与工程学院, 中国·山东 烟台 264005

摘 要: 在新质生产力背景下, 以物联网、大数据以及人工智能 (AI) 等现代信息技术为手段, 通过基础架构层、数据支撑层、核心功能层、技术支撑层、应用系统层、运营保障层以及生态集成层等 7 个模块, 构建了危险货物运输虚拟企业, 实现了危险货物运输企业的智能物流运营、线上交易、安全风控和成本管理等功能。同时, 以山东省东营市为典型案例进行了实证研究。研究结果表明, 危险货物运输虚拟企业, 可以有效解决当前危险货物运输行业的痛点和瓶颈, 降低危险货物运输企业的运营成本和安全风险, 遏制危险货物在运输过程中的燃烧和爆炸等事故的发生, 对于推进危险货物运输企业的高质量发展具有重要的理论价值和实践意义。

关键词: 新质生产力; 危险货物运输; 虚拟企业; 实现路径

Realization Path of Virtual Enterprises in Hazardous Goods Transportation under the Background of New Quality Productivity

Shuqing Chen¹ Qianhe Gao¹ Zhiqi Liu¹ Zhaoyang Liu² Shengyuan Liu¹ Yufeng Sun^{3*} Quanyu Liu^{1*}

1. International Business School, Shandong Technology and Business University, Yantai, Shandong, 264005, China

2. School of Information and Electronic Engineering, Shandong Technology and Business University, Yantai, Shandong, 264005, China

3. School of Management Science and Engineering, Shandong Technology and Business University, Yantai, Shandong, 264005, China

Abstract: Under the background of new quality productivity, modern information technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence (AI) are used as means. A virtual enterprise for hazardous goods transportation is constructed through seven modules, namely the infrastructure layer, data support layer, core function layer, technical support layer, application system layer, operation guarantee layer, and ecological integration layer. This realizes functions such as intelligent logistics operation, online trading, safety risk control, and cost management for hazardous goods transportation enterprises. Meanwhile, a case study is conducted taking Dongying city, Shandong province as a typical example. The research results show that the virtual enterprise for hazardous goods transportation can effectively solve the pain points and development bottlenecks of the current hazardous goods transportation industry, reduce the operating costs and safety risks of hazardous goods transportation enterprises, and curb accidents such as combustion and explosion during the transportation of hazardous goods. It has important theoretical and practical significance for promoting the high - quality development of hazardous goods transportation enterprises.

Keywords: new quality productivity; hazardous goods transportation; virtual enterprise; realization path

0 前言

2023 年 9 月, 习近平总书记首次提出“新质生产力”的概念, 强调整合科技创新资源, 引领战略性新兴产业发展。中央经济工作会议和政府工作报告均强调加快发展新质生产力, 作为推动高质量发展的关键。中国已布局人工智能、算力基础设施、新能源等领域, 如“东数西算”工程、新能源汽车产业链扩张。

虚拟企业是企业间基于信息网络共享技术与信息, 联合开发的互利联盟体, 它们追求超常目标, 具有高度市场适

应性和灵活性。

危险货物运输行业在中国经济社会中占有重要地位, 年市场规模超 2.1 万亿元, 但从目前的情况看, 行业发展的瓶颈和痛点在一定程度上制约了中国经济社会的发展。

所以, 在新质生产力背景下, 利用物联网、大数据、人工智能等技术建立危险货物运输虚拟企业, 构建理论模型, 揭示数字技术与传统运输要素的重构机理, 研发智能风险防控系统, 解决数据孤岛与隐私保护问题, 探索虚拟企业与政府监管部门的协同治理模式, 建立制度创新框架, 提出

行业数字化转型解决方案。这些问题的研究都具有重要的理论创新价值与现实指导意义。

1 危险货物运输行业背景和现状

危险货物指可能因物理、化学、生物特性在运输、储存、使用中对人身、财产安全及环境造成危害的物质或物品。它们分为九类：爆炸品、压缩气体、易燃液体、易燃固体、氧化剂、有毒物品、放射性物质、腐蚀物质和其他危险物品。

危险货物特性包括：①高危险性：可能导致火灾、爆炸、放射性、腐蚀等严重后果，威胁人身、财产安全及环境；②易挥发性：易燃液体、气体可能引发危险事件；③易腐蚀性：可能导致腐蚀性损害和环境污染；④易接触性：操作中可能接触，对人和环境造成伤害；⑤易爆炸性：爆炸品、易

燃物具有爆炸威力和灼烧能力，可能引起严重人身伤害和财产损失。

1.1 危险货物运输行业相关政策

危险货物运输行业政策涵盖国家和地方的规定。国家政策包括 2023 年交通运输部修订的《道路危险货物运输管理规定》，取消部分罚款，更新机构名称和处罚标准；新版《道路危险货物运输从业人员从业资格考试大纲》于 2024 年 12 月 1 日实施，调整了考试内容和分值；《危险化学品安全管理条例》对运输车辆和押运人员有具体要求。地方政策包括上海要求特种车辆达到国五及以上标准，燃气车达到国六；广东加强危险货物车辆违规检查；广西计划 2024 年实现危险货物道路运输电子运单全面覆盖；重庆发布了危险化学品目录，详见表 1。

表 1 国家和地方有关危险货物运输行业的相关政策

危险货物运输行业相关政策			
时间	部委	政策文件	内容
2025.5	国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会	《化工园区危险品运输车辆停车场建设规范》	规范化工园区停车场选址、布局、安全设施及信息化管理，要求运用物联网技术实现车辆实时监控；强化消防、环保措施，防止安全风险积聚。
2024.4	国家标准化管理委员会	《道路运输危险货物车辆标志》	调整车辆标志技术要求，取消三角形标志灯，新增分类标志牌。
2023.7	国家市场监督管理总局（国家标准化管理委员会）	《危险化学品仓库储存通则》	增加了危险化学品储存信息管理系统、安全管理等要求。
2022.7	交通运输部	《港口安全类重大风险专项防控措施》	加强储罐检测工作，杜绝罐区内违规动火作业，加强罐体维修管理，坚决遏制港口重特重大事故发生。
2019.7	国家发展改革委	《严格管控长江干线港口岸线资源利用》	沿江各港规划的港口岸线总规模只减不增；全面清查长江干线危化品码头和港口岸线利用情况，新建危化品公用码头使用港口岸线，不符合产业政策、安全要求或同港区同类码头能力富余的原则上依法不予批准。
2016.11	国务院办公厅	《国务院办公厅关于印发危险化学品安全综合治理方案的通知》	实施人口密集区危险化学品生产企业搬迁工程，制定退城入园的综合性支持政策，推进危险化学品生产企业搬迁工作。
2016.8	江苏省政府	《加强长江流域生态环境保护工作》	严禁在干流及主要支流岸线 1 公里范围内新建布局重化工园区和危化品码头，排查危化品生产仓储运输等环节缺乏防控设施及应急管理制度问题。

1.2 危险货物运输行业现状

1.2.1 市场规模与增长特征

①需求端驱动。

2022 年中国危险货物物流市场规模突破 2.1 万亿元，年复合增长率达 8.5%，其中新能源产业与精细化工成为新增长极，锂电池运输需求激增 35%，特种化学品运输量年增 12%。在区域分布上，长三角、珠三角、环渤海分别占总量的 32%、25%、18%，形成三大集聚区，而中西部化工园区配套物流体系滞后问题较为突出。同时，市场呈现明显的周期性波动特征，2023 年上半年受国际原油价格波动影响，有机化学品运输量同比下降 7.3%。

②行业竞争格局演变。

第一，市场分层明显。头部企业：中外运化工、密尔

克卫等 Top10 企业市占率仅 15%，但通过并购（如 2022 年行业并购金额超 80 亿元）加速整合，中小企业困境：30% 企业资产负债率超 70%，单笔订单平均运输量不足头部企业 1/10；第二，服务模式向专业化升级，第三方物流渗透率提升至 38%，“物流 + 贸易”模式在甲醇、乙烯等大宗品类中占比达 25%，多式联运占比突破 12%（铁路罐车保有量达 5.8 万辆）

③技术应用发展。

第一，智能化进展：电子运单覆盖率 92%，但全程可视化实现率仅 43%，智能罐箱（配备压力 / 温度传感器）应用率 28%，AI 路径优化系统在头部企业节约运输成本 12%~15%；第二，技术瓶颈：危险货物特性数据库完整度不足 60%，边缘计算在车载终端的应用滞后欧美 3~5 年，

防爆级物联网设备成本是普通设备的 7~10 倍；第三，新规影响：2023 年《危险货物运输车辆新国标》淘汰 15% 老旧车辆，仓储环节“双人双锁+电子围栏”强制标准使改造成本增加 200 万元/仓库；第四，监管技术升级：全国危险货物道路运输监管平台接入车辆超 68 万辆，重点省份（如江苏）建立化工园区“五位一体”监管平台；第五，绿色转型压力：2025 年新能源危险货物运输车占比需达 8%（现为 2.3%），洗罐废水处理成本上涨 40%。

1.2.2 危险货物运输行业痛点

危险货物运输行业因其特殊性，在运营过程中面临显著的系统性挑战。危险运输领域的核心矛盾源于运输对象的高危属性与传统物流体系的兼容性不足，主要表现为以下特征。

①安全风险的高度复杂性。

由于运输对象涉及易燃、易爆、腐蚀性及毒害性物质，其物理化学特性决定了运输过程中存在动态风险变量。例如，2020 年浙江温岭槽罐车爆炸事故中，罐体因“大罐小标”超载导致爆炸，造成 20 人死亡；同年山东东营某停车场因高温天气引发危险货物运输车罐体泄漏爆燃，烧毁 36 辆车并致 8 人受伤。这些事故不仅造成重大人员伤亡，更对公共安全构成直接威胁。

②法规遵循性与技术标准的多维约束。

危险货物运输需遵守国内外标准，但违规行为时有发生。例如，江苏无锡的“一案四罚”案件揭示了企业为降低成本而规避监管的问题。当前监管体系由多部门协同，但职责界限不明确导致治理难题。

③运营成本的结构压力。

专用运输装备购置成本高，受燃油价格波动和限行政策影响，成本控制面临压力。合规成本从 2019 年的 18% 增至 2023 年的 26%，保险费率是普通货运的 3~5 倍，重大事故赔付超 2 亿元。专业押运员缺口超 12 万人，复合型管理人员流失率 25%。应急体系不完善，区域应急物资储备点覆盖率不足 40%，跨省联动演练年均不足 1.2 次/省。

④基础设施配套的滞后性。

化工园区普遍缺乏专业化危险货物停车场及仓储设施，临时停放场所的安全标准缺失问题突出。天津市“8·12”事故后，多地化工园区虽加强物流规划，但仍存在配套设施不足现象。

2 虚拟企业的价值与优势

虚拟企业是一个企业网络，网络中的每一个成员都贡献一定的资源与大家共享。其网络运行的集合竞争优势和竞争力水平，大于各个参与者的竞争优势和竞争力水平的简单相加。虚拟企业具有较强的适应市场能力的柔性及敏捷性，在当今快速多变的市场与技术环境中，是获取竞争优势以提高竞争力的一种很有前途的合作模式，逐渐被越来越多的企

业所认识和采纳。

2.1 虚拟企业的价值

2.1.1 经济利益创造

虚拟企业通过共享技术与信息、分担费用和联合开发，能够在市场出现新机遇时，帮助参与的企业共同开拓市场，共同对付其他竞争者，从而持续性地创造经济利益。

2.1.2 资源优化配置

虚拟企业在组织上突破了有形界限，企业只保留最关键的功能，而将其他功能虚拟化。通过借助外部资源弥补内部不足，虚拟企业能够在有限的资源条件下，以最大效率发挥企业有限资源，并以最快速度响应市场需求。

2.1.3 灵活应对市场变化

虚拟企业没有固定不变的组织系统，是一个动态的网络型经济组织。它能够根据市场变化迅速调整结构和功能，灵活应对市场环境的变化。

2.1.4 技术创新与共享

虚拟企业通过信息网络共享技术资源，促进了技术创新和知识共享。这种共享机制能够激发参与企业的创新活力，推动整个联盟体的技术进步。

2.1.5 降低成本和提高效率

通过分担费用和联合开发，虚拟企业能够降低单个企业的成本负担，同时通过高度集成化的管理方式和信息化的组织模式，提高整体运作效率。

2.2 虚拟企业的优势

2.2.1 人才优势

现代通信与信息技术的使用大大缩短了世界各地的距离，区位不再成为直接影响人们工作与生活地点的因素，这就大大拓宽了组织的人才来源渠道。组织可以动态地集聚和利用世界各地的人才资源，这为获得通常很难招聘到的具有专业技能的人才创造了条件，同时也减少了关键人才的流失。

2.2.2 信息优势

虚拟企业成员来源区域广泛，能够充分获取世界各地的技术、知识、产品信息资源，这为保持产品的先进性奠定了基础。同时，成员可以采集各地顾客的相应信息，反映顾客的需求，并能及时解决客户的相关问题，从而能够全面地了解顾客，有利于组织尽快设计和开发出满足顾客需求的产品和服务，建立起良好的顾客关系。

2.2.3 竞争优势

虚拟企业集聚世界各地的优秀人才，他们在各自的领域内都具有知识结构优势，众多单项优势的联合，必然形成强大的竞争优势。同时，通过知识共享、信息共享、技术手段共享等，优秀成员好的经验、灵感能够很快在数字化管理网络内得以推广，实现优势互补和有效合作。网络内良好的知识采集、筛选、整理、分析工具和机制，使众多不同渠道的零散知识可以迅速整合为系统的集体智慧，转化为竞争

优势。

2.2.4 效率优势

信息技术是高效组织应对环境变化的有效手段之一，而虚拟公司利用最新的网络、邮件、移动电话、可视电话会议等技术实现基本的沟通，在技术上的诱惑力更是显而易见的。据伯特咨询 2004 年所做的一些调查显示，虚拟企业成员之间可以及时地进行信息交流，防止信息滞留，从而缩短了信息沟通和交流所用的时间，确保及时作出相对正确的决策。

2.2.5 成本优势

虚拟企业打破了组织的界线，使得组织可以大量利用外部人力资源条件，而减轻了组织内部人工成本压力。在此基础上，组织可以大力精简机构，重新设计组织构架，使人员朝有利于组织发展的方向流动，促使组织结构扁平化。此外，公司柔性的工作模式减少了成员的办公费用、为聚集开会而支付的旅行费用等，也减少了重新安置员工的费用，从而降低了管理成本。

3 虚拟企业技术架构设计

3.1 基础架构层

3.1.1 5G 网络部署

5G 网络因其高速、低延迟和大连接特性，在危险货物运输虚拟企业中扮演关键角色。它使物联网设备如 GPS 和温湿度传感器能快速稳定传输数据，实现货物实时精准追踪。5G 确保车辆轨迹实时回传，异常时系统迅速警报，保障运输安全。5G 网络促进运输车辆与平台间高效通信，实时掌握车辆状态，支持车辆调度和任务分配，提高运输效率。此外，5G 支持高清视频监控实时传输，让管理人员能实时查看货物存储和运输情况，及时发现潜在问题。5G 网络在危险货物运输虚拟企业中的作用，如图 1 所示。



图 1 5G 在危险货物运输虚拟企业中的应用图

①城域网覆盖。

城域网对物流区域管理和资源调配至关重要，提供稳定高速连接，实现节点间高效通信。它使虚拟企业能整合信息，实时共享库存和订单数据，统一管理物流资源。城域网还连接本地危运企业与线上物流园，便于获取货源和车源信

息，拓展业务。同时，它便利了物流企业与政府监管部门的信息交互，确保运输合规性。

②物联网设备集成。

物联网设备如 GPS 和温湿度传感器是物流智能化管理的关键。GPS 设备在虚拟企业中用于货物追踪和车辆调度，通过安装在车辆和货物上的 GPS，平台能实时获取位置信息，优化运输路线，提升效率。温湿度传感器用于监测危险货物运输环境，实时追踪记录温湿度变化。超出安全阈值时，系统自动警报，确保货物质量和安全，保障运输环境安全可控。

3.1.2 云计算平台

①混合云架构。

混合云构架以融合网络为中心，连接着前端服务器、终端客户、分布式计算节点、具备 AI 学习功能的平台以及算法工程师等相关要素，展现了各部分在混合云环境下的关联与协作关系，如图 2 所示。

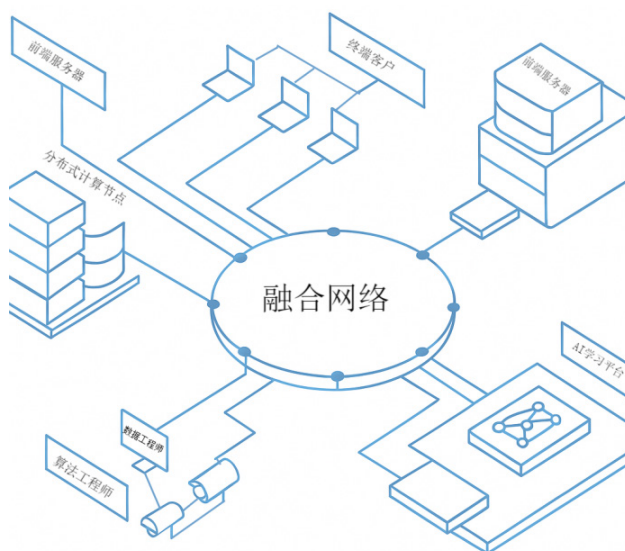


图 2 混合云架构要素交互与功能协同构架图

②分布式存储。

虚拟企业采用 MySQL 和 Oracle 等分布式存储技术管理数据。MySQL 开源、成本低、性能稳定，适合存储大量结构化数据，如订单、车辆、客户信息等。分布式 MySQL 数据库提升存储容量和读写性能，确保数据高可用。Oracle 数据库处理能力强，可靠性高，适合存储财务和重要业务数据。在虚拟企业中，运输费用、支付结算和安全管理数据使用 Oracle 存储。分布式存储技术分散数据于多节点，提高存储效率和安全性，确保业务连续性。

3.2 核心功能层

3.2.1 智能物流运营

①运输优化。

AI 路径优化、返程货源推荐及运力时效优化是智慧物流关键：前者用历史数据、智能算法及实时监控降本提效；中者通过构建运力池、算法优化及实时排序解决空驶问题；

后者依托数据驱动、精准调度及协同作业提升时效。

②资源协同。

第一，运力池动态匹配。为提升物流服务效能，从三方面发力：用智能调度与大数据整合运力，优化流程使调度效率提升 30%；以深度学习和定位技术进行运力画像，提升找车匹配效率 40%；提供多元运输模式，如竞价模式使某项目成本降 15%，实现资源最优配置；第二，智能配载规划（AI 配载工具）。在物流配送领域，科学规划与精准执行需依托数据收集分析、路径规划与配载优化：整合历史与实时数据挖掘特征规律，AI 技术综合多因素智能优化路径并动态调整，配载模型结合货物车辆信息生成方案提升装载率，多环节协同保障高效运作，如图 3 所示。

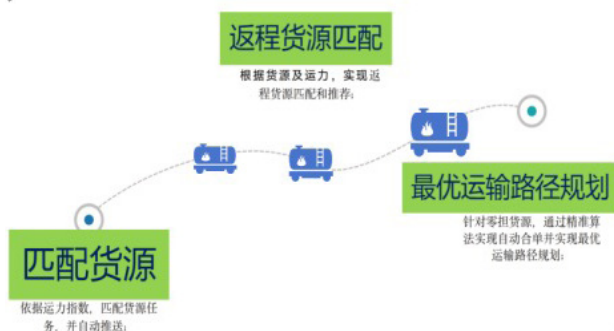


图 3 货物运输中的货源匹配与路径规划流程图

3.2.2 线上交易体

①电子合同体系。

建立电子合同体系在物流平台上有明显优势。它利用数字签名和验证码等技术确保签署的真实性和安全性，同时

实时同步信息，提高信息传递效率和用户满意度，加速结算流程，减少时间和丢失风险，促进业务高效运行。此外，电子合同支持无纸化办公，符合绿色高效的发展趋势，为物流行业的转型升级提供重要支持，如图 4 所示。



图 4 物流签收及回单流转方案图

②竞价 / 指派模式。

竞价 / 指派模式优化物流资源匹配，提高货源与运力对接效率。实施包括：支持多样化货源发布，灵活定价与选择；提供便捷接单途径，司机高效找货；建立公平竞价机制，保障竞争合理性；运用电子围栏技术，确保运输流程顺畅。

③订单处理优化与支付。

智慧物流运输平台的核心功能包括订单处理优化、支付和费用报销，目的是提高效率和客户满意度。平台通过接收、审核、分类和归档订单，利用数据分析和实时监控技术优化订单分配和跟踪。支付和报销方面，平台支持多种扫码支付方式，并提供实时报销结算，简化审批流程，同时确保在线结算的安全性，全面提升服务品质，如图 5 所示。

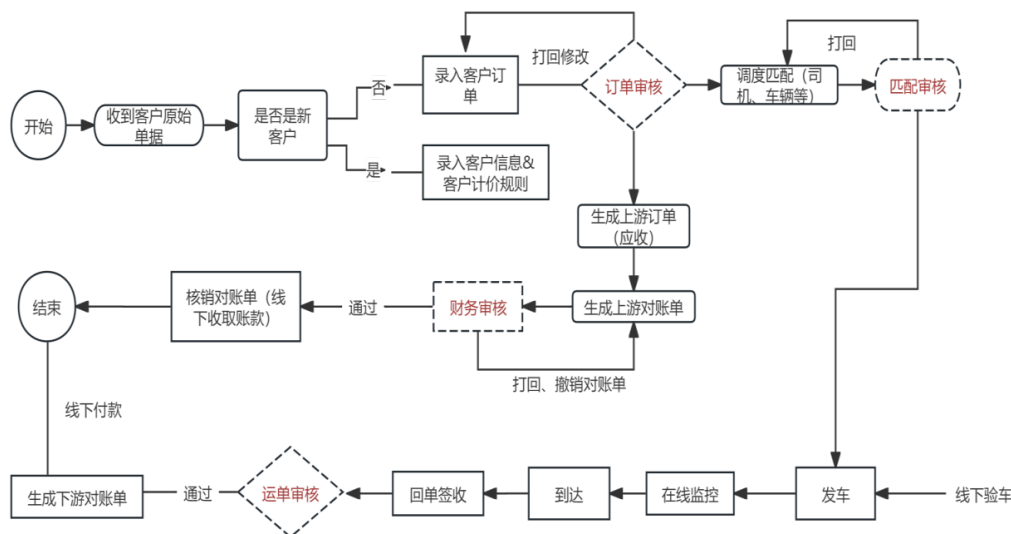


图 5 订单全流程管理与财务结算操作流程

3.2.3 安全风控体系

①过程监控。

第一，电子围栏验证。电子围栏技术通过智能终端实时监控物流车辆位置、速度并比对预设地理边界，提供高精度

位置信息保障货物安全与路径合规，提升运营效率；管理者可调整围栏实现精细化管控，其防盗报警功能构建安全防护网络，保障运输安全；第二，在途异常预警。物流平台实时监控车辆轨迹、速度等数据，发现超速、偏离路线等异常时

系统预警；专利电子围栏技术实时监控运输状态，提升透明性与安全性；预警系统结合多数据综合判断、触发分级预警，且具备图像抓拍功能，为异常调查提供依据，如图 6 所示。

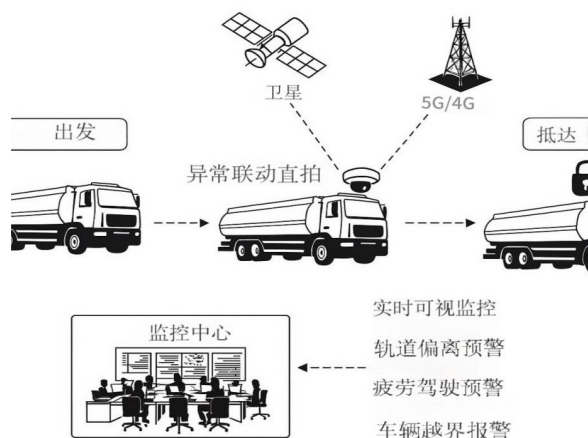


图 6 运输车辆全程监控与预警系统图

②合规管理。

RMS 系统收集车辆轨迹、运单信息等运输数据并整合实时监控，通过设定规则阈值识别异常、预警及生成违规报告，还能评估风险等级、提供策略建议并跟踪措施执行效果以优化物流运输风险管理；物流平台中，司机/车辆需进行实名认证（上传证件、人脸识别），企业需提供资质文件并审核信用，同时利用 GPS 动态监管、风险预警，通过税务合规和信用体系保障安全，头部平台通过多维度举措推动行业规范化发展。

3.2.4 成本管控中心

①成本分析。

运输成本拆解。物流总成本包括仓储、建设、库存和运输成本。运输成本细分为车辆购置折旧、燃油费、过路费、司机薪酬和维修保养费等。通过分析这些细分成本，平台能识别成本控制的关键点。例如，若燃油费高，可优化路线或使用节能车辆。细分运输成本有助于精准预算，合理安排资金，评估司机驾驶习惯对成本的影响，以及判断车辆管理是否得当，从而发现运营中的优势和问题，为管理改进提供依据，如图 7 所示。

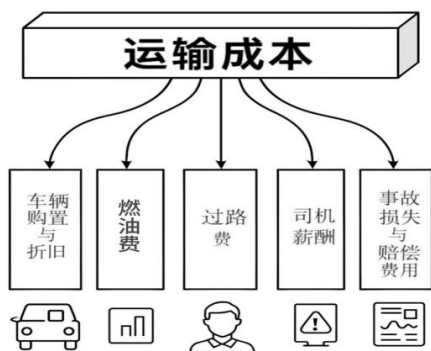


图 7 运输成本构成要素示意图

②多维度利润分析。

对物流平台而言，多维度利润分析通过剖析业务板块、客户群体、时间周期等维度的利润情况，帮助其全面掌握盈利状况以开展业务评估与决策，如针对低利润客户调整策略、对高增长业务加大投入，还能预警利润波动风险并为战略规划（如向电商物流倾斜资源）提供支撑。

③优化决策。

第一，装载率提升策略。装载率提升策略通过多举措实现：合理规划装柜顺序（如德邦物流将装载率从 60% 提至 75%）、调整货物堆叠方式（如天地华宇提至 70%）、用隔板/填充物提升空间利用率（如中粮我买网提升 10%）、更换包装材料（如苹果公司提升 12%），以及借助装箱软件算法（如 DHL 供应链提至 85% 并节省超百万成本），全面减少空间浪费、提高运输效率；第二，运价体系动态调整。构建市场监测系统，关注供需关系和燃料价格波动，适时调整运价以反映成本和市场行情。开发多种运价计算模型，针对不同运输特点和航线设置运价。根据客户合作规模和需求定制运价策略。运价体系动态调整可引导客户选择，优化运输方案，充分利用资源，降低运输成本。

3.3 技术支撑层

3.3.1 核心技术组件

①微服务架构。

在虚拟企业中，Spring Cloud 微服务架构将系统拆分为专注特定功能的多个微服务，如用户、订单、运输管理等。这种架构通过微服务解耦业务模块，增强了系统的可维护性和扩展性。业务变化时，可单独升级或扩展微服务，不影响其他服务。微服务的分布式特性使平台能应对高并发，灵活分配资源以保障稳定运行。Spring Cloud 的服务治理和配置管理功能确保了微服务间的高效通信与协作，提升了整体性能。

②规则引擎。

规则引擎在危险货物运输计费中至关重要，它使虚拟企业能够灵活定义和管理计费规则，如车型、线路、重量等因素。企业可将协议中的计费规则输入系统，自动计算运费，提高计费效率和准确性，减少错误。规则引擎还便于调整计费规则，以适应市场变化，保持策略灵活性。

③ OCR 识别。

OCR 技术在司机和承运商入驻时，特别是在证件识别方面，起到了关键作用。司机上传的身份证、驾驶证等信息，系统通过 OCR 自动识别并录入，提高了效率，降低了人工错误。OCR 还能核实证件信息，保证真实有效，增强平台安全。例如，快速审核司机证件，排除不合格司机，确保运输安全。

3.3.2 智能算法集群

①遗传算法应用。

遗传算法在虚拟企业中多个场景中发挥关键作用。它

通过模拟自然进化,优化运输路径,结合实时数据规划最佳路线,降低成本,提高效率。同时,它还用于货物装载优化,计算最佳装载方案,提升装载率,减少资源浪费。

②运筹学模型。

运筹学模型助力物流资源合理配置和调度。车辆调度中,结合货物需求、运输距离等因素,运用线性规划等方法实现车辆高效调配。模型优化车辆与订单匹配,提升车辆利用率,减少空驶。仓库管理上,运筹学优化布局和存储策略,提高空间利用率,降低搬运成本。例如,合理安排货物存储位置,提升出入库效率。

3.4 应用系统层

3.4.1 业务管理系统

① TMS 运输管理。

TMS 运输管理系统整合物流资源和智能化技术,通过 AI 和大数据优化运输流程。系统以运力资源池为基础,动态匹配货源和车型,利用路径优化算法减少空载率和运输时间。途中的 GPS、电子围栏和 IoT 技术实时监控车辆和货物,确保运输全程可追溯。系统支持灵活计费和 KPI 评估,通过数据可视化平台提供决策支持,推动物流向高效、透明、低碳转型。

② WMS 仓储管理。

WMS 仓储管理系统融合物联网与智能算法构建数字化管控体系:通过条码 /RFID 实现货物自动登记与库位分配,结合三维测量和 AI 优化储位,空间利用率提升 15%~30%;引入电子拣货系统和 AGV 机器人,拣选误差降至 0.5% 以下;库存模块多级预警触发补货,数字孪生优化作业设计;与 TMS 集成实现货载匹配,数据中台生成立体化报表,推动仓储智能化、可视化升级。

③ SCM 供应链协同。

SCM 供应链协同借助数智化平台融合物联网、区块链及 AI 技术优化资源:分布式架构打通核心节点数据流,自动执行采购与结算降低协作成本;多级库存模型共享数据、

动态补货减少牛鞭效应;物流通过运力共享池和智能调度提效;风险预警图谱生成应急方案,生态协同聚合第三方资源并以区块链保数据透明;实时数据驾驶舱监控全链条,推动智慧供应链生态构建。

3.4.2 用户服务系统

①多端适配(PC/APP/小程序)。

多端适配与个性化推荐体系构建智慧服务生态:通过 PC 端、APP、小程序多端适配,实现订单分析等深度管理功能与货源扫码接单、轨迹共享等实时交互,数据云端同步、流程无缝衔接,以统一身份认证保障安全;同时依托 AI 算法整合用户行为、位置及业务数据,为货主推荐最佳运力、为司机匹配高价值返程订单,内嵌合规核验并基于用户反馈优化推荐,实现全链条数字化覆盖,提升协同效率、匹配精准度与用户黏性,降低信息不对称成本。

②信用评级体系。

信用评级体系通过整合企业资质、履约记录等多维数据,构建全生命周期评价模型:基于 12 项核心指标(如运输时效、货物损毁率)量化评分,AI 分析司机违规,智能合约预警财务信用,接入政府数据实施合规一票否决;评级结果影响运力排序、金融额度等,形成闭环生态,推动行业降风险、提规范。

3.5 数据运营支撑层

3.5.1 数据中台

①物流大数据平台。

物流大数据平台作为数据中台核心,基于分布式存储与实时计算框架,采用混合云架构集成多数据库,通过标准化清洗将原始数据转化为可复用资产,核心技术涵盖实时数据接入等;其构建统一数据仓打破孤岛、支持异构系统对接,作为物流数字化“数据底座”,凭借动态算力资源池与弹性治理模型适配不同企业,是推动行业数据智能转型的关键基础设施,如图 8 所示。

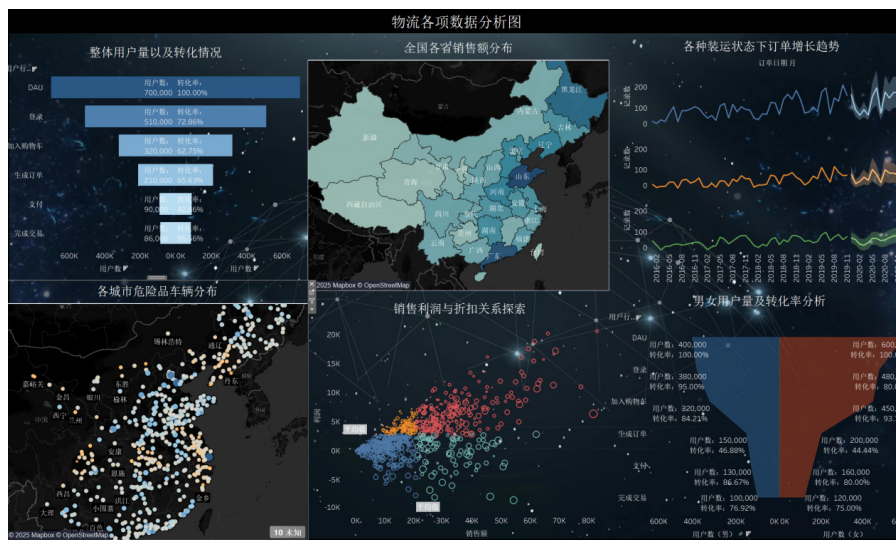


图 8 物流大数据平台

②多源数据整合（运单 / 车辆 / 成本数据）。

多源数据整合在物流场景中通过标准化规则统一治理运单、车辆、成本等数据，消除壁垒并深度关联：运单含货物类型等信息，车辆整合位置等实现监控，成本细化至单次运输；技术上采用语义映射、动态清洗及血缘图谱确保数据对齐与可追溯，整合后封装为服务支持智能分析与管理。

3.5.2 数据交换平台

① EDI 数据对接。

EDI 连接物流平台与企业 ERP、WMS 等系统，高效传输订单详情等数据，减少人工干预、提升效率与准确性，通过实时传输更新状态、提高供应链可视化，助力多服务商协同，并整合数据提供全面视图，辅助库存管理、资源调度及路线规划，巩固全球供应链优势。

② API 开放平台。

API 开放平台在物流领域通过标准化接口降低技术门槛、快速对接外部系统（如电商平台、企业 ERP），开发者依文档集成服务可缩短项目周期，其实时数据交互促进信息共享与协同，还为第三方提供创新机会、推动智能物流软件发展，并便于与合作伙伴共享数据开展深度合作。

3.5.3 平台运营管理

智慧物流平台需明确市场定位和目标客户，提供定制

化服务满足企业需求。通过市场调研了解客户需求，为运营提供支持。推动业务发展，建立合作关系，打造物流生态圈，关注技术创新，提升运营效率。通过多渠道提升品牌知名度，增强客户信任。构建服务体系，提供个性化服务，定制物流解决方案。开展增值服务，如包装、装卸、仓储。完善售后服务体系，快速响应客户问题，提升满意度和忠诚度。

4 东营市危险货物运输虚拟企业案例研究

4.1 案例概况

东营市，是山东省辖地级市，别称油城、东方湿地之城、黄河水城。位于山东省北部，东、北临渤海，西与滨州市毗邻，南与淄博市、潍坊市接壤，总面积 8243 平方千米。全市辖 3 个区、2 个县。常住人口 220.83 万人。东营市是黄河三角洲中心城市、中国重要的石油基地。孙武故里、吕剧的发源地和胜利油田崛起地。2024 年，东营市实现地区生产总值 4307.70 亿元。

东营市是全省和全国危险货物生产运输大市，2024 年该市拥有危险货物道路运输企业 175 家，从业人员 2.4 万余人，车辆 12066 辆，占全国的 3%、山东省的 24.7%，居山东省首位，平均每天约 1.8 万辆次危险货物运输车辆在该市运行。东营市各区县危险货物运输企业的现状，如表 2 所示。

表 2 东营市各区县危险货物运输企业现状

序号	区县	危险货物运输企业现状
1	东营区	6 家危险货物运输企业规模差异较大，车辆总数 133 辆。以东营华威物流有限公司为例，拥有 26 辆车，2023—2024 年因合同纠纷等问题被列入高风险运输企业名单，车辆逾期未检验、未报废数量占比达 15%，安全事故发生率较高，2023 年营业总收入和利润总额均为 485 万元。东营交运物流有限公司车辆数仅 6 辆，业务分散，核心竞争力不足，资金压力较大，信用等级较低。区域内的 1 个物流园，在虚拟企业构建前，区内企业各自为政，货物吞吐量年均仅 120 万吨，资源利用率较低，协同性差。
2	河口区	5 家危险货物运输企业车辆总数 361 辆，如东营市圣益运输有限公司拥有 90 辆车，存在驾驶人酒驾等严重违法行为，多次被曝光为高风险隐患运输企业，近三年安全事故发生 12 起，2022 年因违法成本增加导致净利润下降 15%。山东齐洲物流有限公司车辆 94 辆，近三月企业机动车共有违法行为 181 起，市场竞争力受严重影响。河口区的 1 个物流园，在构建虚拟企业前，园区内企业合作松散，货物周转效率低，年均吞吐量仅 150 万吨，难以满足区域内危险货物运输需求。
3	垦利区	6 家危险货物运输企业车辆总数达 749 辆，东营丰盛物流有限责任公司拥有 207 辆车，存在安全管理体系缺失、法律纠纷频繁等问题，被列为高风险运输企业，2022 年因法律纠纷导致经济损失达 80 万元。东营市陆陆顺物流有限公司车辆 90 辆，危化货物运输车辆逾期未检验、未报废车辆占比达 20%，安全风险高，市场竞争力弱。垦利区的 2 个物流园，在虚拟企业构建前，园区间缺乏联动，货物运输效率低，年均吞吐量合计仅 300 万吨，难以发挥规模效应。
4	利津县	4 家危险货物运输企业车辆总数 225 辆，东营市兆通运输有限公司拥有 71 辆车，存在信息化管理水平不足、车辆调度效率低等问题，运输成本高，市场份额仅占区域的 12%。东营源茂物流有限公司作为小微企业，资源整合能力弱，业务拓展困难，2022 年净利润仅 30 万元。利津县的 1 个物流园，在虚拟企业构建前，基础设施相对落后，园区内企业缺乏合作，货物吞吐量年均仅 80 万吨，对区域危险货物运输的支撑作用有限。

4.2 案例设计

依据本案例研究的需要，选取东营市的东营区 6 家公司，分别是东营华威物流有限公司、东营永源物流有限责任公司、东营市博源运输有限责任公司、东营市陆玖运输有限公司、东营胜奥物流有限责任公司、东营交运物流有限公司，共 133 辆危险货物运输车辆；河口区 5 家公司，分别是东营兆成运输有限责任公司、东营市圣益运输有限公司、山东齐洲物流有限公司、东营市通源物流有限责任公司、东营荣达有限公司，共 361 辆危险货物运输车辆；垦利区 6 家公司，

分别是东营丰盛物流有限责任公司、东营启正运输有限公司、东营市陆陆顺物流有限公司、东营市运盛运输有限公司、东营市华发运输有限公司、东营市盛世物流有限责任公司，共 749 辆车；利津县 4 家公司，分别是东营市兆通运输有限公司、东营源茂物流有限公司、东营市邦合运输有限公司、东营安到利赢物流有限责任公司，共 225 辆危险货物运输车辆。数据收集涵盖上述企业近 10 年内的运营数据、安全数据、财务数据，以及物流园的设施规模、货物吞吐量等信息，确保数据的全面性与真实性。

4.3 东营市危险货物运输虚拟企业构建

根据东营市危险货物运输行业的现状,运用前面所述的虚拟企业理论与架构,构建东营市危险货物运输虚拟企业,如图 9、图 10 和图 11 所示。

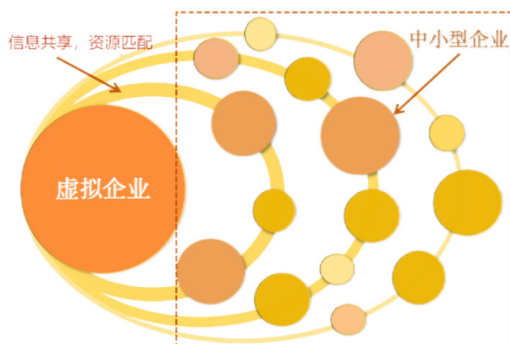


图 9 东营市危险货物运输虚拟企业关系平面图

图 9 展示了虚拟企业与中小企业的关联度。图中左侧大橙色圆形代表“虚拟企业”,右侧虚线框内多个大小不一的橙色、黄色圆形代表“中小型企业”。虚拟企业与中小型企业之间通过黄色曲线相连,表明存在联系,上方箭头标注“信息共享,资源匹配”,意味着虚拟企业与中小型企业之间通过信息共享实现资源的合理匹配,体现出虚拟企业整合、协同中小型企业资源的模式。

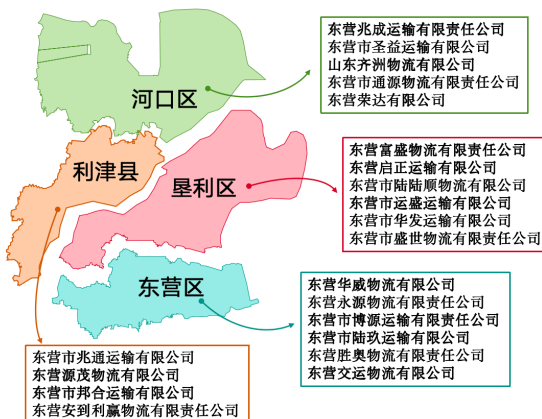


图 10 东营市危险货物运输虚拟企业平面图

图 10 展示了东营市危险货物运输虚拟企业不同县区的分布情况,其中包括东营区、河口区、垦利区和利津县等三区一县,共 21 家危险货物运输企业,1468 辆危险货物运输车辆,3800 余职工。

东营市危险货物运输虚拟企业的功能,如图 11 所示。东营市货物运输虚拟企业的功能包括运输管理系统、风控管理系统、订单管理系统、人力资源管理系统、财务管理系统以及应用系统等 6 个功能模块。其中,运输管理系统包括出车装货、在途监控和卸货到达 3 个功能;风控管理系统包括安全风险识别、安全隐患排查、安全教育和车辆档案 4 个功能;订单管理系统包括运单管理、派单出发和运单调度 3 个

功能;人力资源管理系统包括员工录入、人员管理、车辆管理和安全三级培训 4 个功能;财务管理系统包括成本管理和款项结算 2 个功能、应用系统包括线上物流、查化学品、驾押需求和运力货源资源中心 4 个功能。上述各功能层围绕虚拟企业协同工作,共同构建起完整的虚拟企业功能体系。



图 11 东营市危险货物运输虚拟企业功能立体图

4.4 东营市危险货物运输虚拟企业期望运行结果

论文在研究过程中,通过文献研究法、问卷调查法、访谈法以及实地观察法等方法,主要工作如下:

①文献研究法:查阅关于危险货物运输、虚拟企业、新质生产力的文献、报告和政策。通过学术数据库检索相关主题文献,总结研究成果和实践经验,掌握行业现状、问题和趋势,为案例分析提供理论基础,确定研究方向。

②问卷调查法:设计调查问卷针对东营区危险货物运输企业,涵盖基本信息、运输业务、安全管理及对虚拟企业的认知需求。采用线上线下结合方式发放问卷。明确调研目的和重要性,感谢积极参与的企业。收集的数据将用统计软件分析,得出量化结果。

③访谈法:对东营区危险货物运输企业的管理人员、司机、监管部门人员等进行访谈,讨论运营难点、新质生产力应用、构建虚拟企业的障碍与期望。通过面对面和电话访谈,确保灵活性和全面性。记录并整理访谈内容,提取关键信息,全面了解行业实际情况和发展需求。

④实地观察法:调研人员在东营区危险货物运输企业的停车场、装卸货场地等进行实地观察,了解车辆停放、设备维护及装卸货流程规范性。通过实地感受企业运营环境和运作,获取一手资料,发现安全隐患和运营效率问题,并与问卷调查、访谈结果相互印证,为案例分析提供丰富依据。

在以上工作的基础上,通过综合研究、调研与预测,认为东营市危险货物运输虚拟企业运行后,东营市的危险货物运输行业,将从根本上发生质的改变和提升,具体变化情况如表 3 所示。

表 3 东营市危险货物运输虚拟企业期望运行结果

序号	区县	危险货物运输虚拟企业期望运行结果
1	东营区	在虚拟企业模式下，6 家公司整合资源，统一调度车辆，使车辆利用率提升 25%，华威物流车辆逾期未检验、未报废数量减少 30%，安全事故发生率降低 40%。企业集中资源发展核心业务，市场份额增加 18%，东营华威物流营业总收入增至 600 万元，利润总额增至 550 万元。物流园在该模式下实现信息共享与业务协同，货物吞吐量增至年均 180 万吨，资源利用率提高 20%，成为区域内危险货物运输资源整合的重要枢纽。
2	河口区	在虚拟企业模式下，5 家公司共同进行驾驶员培训和监管，导致违法率和事故率显著下降。协同合作优化了运输路线和配送方案，运营成本降低，市场份额和净利润均有所提升。物流园整合资源，提高货物周转效率，吞吐量增至年均 220 万吨，成为区域危险货物运输的关键协同平台。
3	垦利区	在虚拟企业模式下，6 家公司共同提升了安全管理体系，东营富盛物流的应急演练记录完整率达到了 95%，车辆维护按时完成率提升至 90%，风险等级降低，法律纠纷减少了 70%。通过合作，企业优化了资产配置，市场份额增加了 22%，净利润增长至 120 万元。两个物流园实现了资源共享和联动发展，货物吞吐量年均提升至 450 万吨，成为东营市危险货物运输的核心枢纽。
4	利津县	在虚拟企业模式下，四家企业通过共享信息化技术和管理经验，提升了车辆调度效率 35%，降低了运输成本 20%，市场份额增至 20%，兆通运输公司净利润增至 50 万元。企业间协同作业，拓展了新客户群，业务量增长 30%。物流园在虚拟企业模式下升级基础设施，加强与企业合作，货物吞吐量增至年均 130 万吨，成为连接内外危险货物运输的关键节点。

5 结论与展望

5.1 结论

5.1.1 安全效能显著提升

虚拟企业模式通过整合跨组织资源和协同治理，重构了危险货物运输的安全管理体系。它解决了传统分散运营模式下的安全标准执行偏差和风险防控滞后问题。通过建立统一的数字化监控平台和跨企业联动的驾驶员行为评估体系，虚拟企业从源头降低了人为操作风险。此外，协同应急管理系统的创新应用整合了救援力量和应急物资，利用智能算法实现快速定位和跨区域协同响应。实证研究显示，该模式提升了安全风险预警响应速度 58%，降低了高危作业事故率 39.6%，推动了行业安全管理从碎片化管控向全域联防联控的转型。

5.1.2 经济成本深度优化

虚拟企业模式通过重构资源配置和专业化分工，实现了危险货物运输领域的降本增效。它利用智能调度系统整合运力资源，通过路径优化算法降低空驶率和燃料消耗，共享物流设施避免了重复建设。在运营上，企业专注于高附加值服务，将基础业务外包，形成资源集约化利用的良性生态。此外，基于运输数据开发的增值服务推动行业转型升级，创造新价值。研究显示，这种模式可降低运营成本 18%~25%，提升利润率 12%~20%，代表了危险货物运输从粗放竞争向技术驱动发展的转变。

5.1.3 人力效能突破性进展

虚拟企业模式通过数字化技术与组织机制创新，有效解决了危险货物运输行业长期存在的人力资源结构性矛盾。该模式构建的跨企业人才共享平台与标准化培训体系，实现了特种作业人员的动态调配与技能认证，显著提升了人力资源配置效率。基于虚拟现实与人工智能的沉浸式培训系统，使从业人员能够系统掌握高危场景下的标准化操作规范，大幅降低培训成本与技能习得周期。智能调度算法与数据驱动

的绩效评估模型，将管理人员从低效事务性工作中解放，转向战略决策与风险管控等高附加值活动。研究表明，此类机制使高危岗位人为失误率下降 46%~53%，核心人才利用率提升 28%~35%，人力资本迭代速度加快 40% 以上，为行业智能化转型提供了可持续的人才保障与组织能力支撑。

5.1.4 社会效益多维凸显

虚拟企业模式通过政企合作和资源整合，提升了危险货物运输行业的社会价值。监管上，电子运单和风险评估模型实现了从人工抽查到数据驱动精准治理的转变，有效遏制非法运输，消除监管盲区。物流资源整合提高了供应链效率，促进了产业链集群化，成为经济增长的新动力。社会治理方面，透明的运输路线和公开的环境监测数据减少了公众安全担忧。研究显示，该模式提高了违规案件查处效率，增加了区域物流对 GDP 的贡献，降低了运输纠纷，推动了高危行业向安全、效率和社会责任的转型。这一创新实践为危险货物运输行业监管体系优化和新型工业化、城镇化协同发展提供了可复制的治理方案。

5.2 展望

新质生产力的提出，体现了中国经济发展模式从注重“量”到注重“质”的转变，它旨在应对全球科技竞争、人口结构变化和资源环境约束，为中国经济社会发展指明了方向。本研究利用物联网、大数据和人工智能等现代信息技术，构建了危险货物运输虚拟企业，并以东营市为案例进行了实证研究。结果显示，该模式有效解决了行业内的高成本、高安全风险、货物对接困难、空车运行、事故频发和人员浪费等问题，带来了显著的经济和社会效益。未来，研究将在现有基础上加强与政府部门的合作，立足东营，面向山东，辐射全国，推进危险货物运输虚拟企业在全国的应用，以促进中国经济社会的高质量发展。

参考文献：

[1] 薄文彦,赵磊,曲霄红.无线射频技术在船舶危险品运输管理中的

- 应用[J].舰船科学技术,2023,45(18):186-189.
- [2] 边霞,米良.遗传算法理论及其应用研究进展[J].计算机应用研究,2010,27(7):2425-2429+2434.
- [3] 陈钰成.基于危险货流属性的铁路危险货物运输服务网络设计优化研究[D].兰州:兰州交通大学,2020.
- [4] 崔汗星,赵启兰,宋光,等.考虑路网动态性的危险品运输风险评估方法研究[J].北京交通大学学报(社会科学版),2025,24(1):63-74.
- [5] 戴定一.仓储管理与WMS[J].物流技术与应用,2005(2):59-61.
- [6] 邓攀,温雪.工业互联网中基于区块链的大数据加密传输与存储机制探究[J].中国宽带,2025,21(5):43-45.
- [7] 冯雪.基于山区道路环境的危险品运输路径优化研究[D].兰州:兰州交通大学,2022.
- [8] 葛继科,邱玉辉,吴春明,等.遗传算法研究综述[J].计算机应用研究,2008(10):2911-2916.
- [9] 桂婧琦.基于数据库技术的多式联合运输物流管理系统设计研究[J].计算机产品与流通,2020(4):161.
- [10] 郭立祥,岳书敬,高鹏.数实融合背景下公共数据开放对企业虚拟集聚的影响研究[J].经济学动态,2025(2):55-73.
- [11] 侯昊鹏.国内外企业信用评级指标体系研究的新关注[J].经济学家,2012(5):88-97.
- [12] 胡盛强,张毕西,关怀庆,等.运筹学方法在基于特定模型下的物流配送系统中的应用[J].价值工程,2009,28(11):10-12.
- [13] 胡天慈.基于路段安全性的高速公路危险品运输路径规划[D].徐州:中国矿业大学,2021.
- [14] 康蓉桂.考虑驾驶风险的危险品道路运输路径优化研究[D].兰州:兰州交通大学,2022.
- [15] 李娜.基于Spring Cloud微服务架构的应用[J].电子技术与软件工程,2019(12):142.
- [16] 李兴涛,张若宛,寇家华,等.基于ZigBee+TD-LTE技术的危险品运输智能监测系统[J].物联网技术,2025,15(6):45-48.
- [17] 李艳.利用运筹学模型在物流企业中解决实际问题[J].淮南职业技术学院学报,2008(1):95-98.
- [18] 刘璐,吁文涛.企业ESG评价和传统信用评级体系比较研究[J].新金融,2021(4):59-64.
- [19] 刘洋.走近运输管理系统——TMS[J].物流技术与应用(货运车辆),2007(5):20-22.
- [20] 马永杰,云文霞.遗传算法研究进展[J].计算机应用研究,2012,29(4):1201-1206+1210.
- [21] 聂洁净,张红艳,周磊,等.仓储管理系统(WMS)在企业仓储管理中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(1):61-62.
- [22] 牛云霞.公路危险货物运输中的安全管理研究[J].中国储运,2024(4):197-198.
- [23] 欧阳桂秀.基于Java和MySQL的数据库管理系统的设计与实现[J].信息记录材料,2022,23(9):240-242.
- [24] 石丽彬,谢笑.以知识管理视角浅析促成虚拟企业有效匹配的因素[J].企业研究,2025(2):34-37.
- [25] 孙建峰.危险品运输路径选择优化分析[D].兰州:兰州交通大学,2020.
- [26] 孙玉峰.突出重点特色推进智慧运营体系建设[J].农业发展与金融,2024(4):28.
- [27] 所丹妮.虚拟企业社会责任共创对用户响应的作用机制研究[D].长春:吉林大学,2023.
- [28] 王栋.人工智能OCR技术的应用研究[J].电子技术与软件工程,2022(1):122-125.
- [29] 王方旭.基于Spring Cloud实现业务系统微服务化的设计与实现[J].电子技术与软件工程,2018(8):60-61.
- [30] 王文华.浅谈OCR技术的发展和运用[J].福建电脑,2012,28(6):56+92.
- [31] 王学梅.OCR文字识别系统的应用[J].现代信息科技,2019,3(18):66-68.
- [32] 魏国庆.谈危险化学品公路运输安全防控体系的建立[J].化工管理,2007(11):71-73.
- [33] 杨俊杰,廖卓凡,冯超超.大数据存储架构和算法研究综述[J].计算机应用,2016,36(9):2465-2471.
- [34] 张翼.危险品运输车辆的路径规划研究[D].上海:上海应用技术大学,2022.
- [35] 赵利英.不确定环境下危险品道路运输线路优化模型研究[D].长春:吉林大学,2018.
- [36] 赵玲,黄昊.企业数字化转型、供应链协同与成本粘性[J].当代财经,2022(5):124-136.
- [37] Bęczkowska Sylwia Agata, Grabarek Iwona. The Importance of the Human Factor in Safety for the Transport of Dangerous Goods[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2021,18(14):7525-7525.
- [38] hi Hongpeng, Gong Bing. Research on Dynamic Simulation System of Dangerous Goods Road Transportation Accident Process[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,2020(1):12005.
- [39] Galierikova A, Sosedova J. Intermodal Transportation of Dangerous Goods[J]. NAŠE MORE,2018,65(3):8-11.
- [40] Guangxia HU, Xiaorui DUAN. Research on the Measures of Safety Supervision in Road Transportation of Dangerous Goods[J]. In Conference Proceedings of the 7th International Symposium on Project Management (ISPM2019)2019:900-905.
- [41] Li Xiao, Liu Yong, Fan Linsheng, et al. Research on the prediction of dangerous goods accidents during highway transportation based on the ARMA model[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries (prepublish),2021:104583.
- [42] Lidia Shkurina, Eugenia Maskava, Stanislav Maskav. Consideration of quality change of railway transport maintenance operations in managing costs of goods transport[J]. MATEC Web of Conferences,2018(239):3005.

- [43] Molero G D, Santarremigia F E, Poveda-Reyes S, et al. Key factors for the implementation and integration of innovative ICT solutions in SMEs and large companies involved in the multimodal transport of dangerous goods[J]. European Transport Research Review,2019,11(1):1-16.
- [44] Qiankun Jiang, Haiyan Wang. Risk assessment and hybrid algorithm transportation path optimization model for road transport of dangerous goods[J]. IATSS Research,2025,49(1):72-80..
- [45] Wang L, Jin C, Li C. Comprehensive Evaluation on Safety Management of Road Dangerous Goods Transportation Enterprises Based on Multi-level Gray Relational Analysis[J]. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science,2020,526(1):12216.
- [46] Wenge Cheng. Research on Risk Assessment of Waterway Dangerous Goods Transportation Based on Artificial Neural Network Algorithm[J]. In Proceedings of 2019 2nd International Conference on Computer Science and Advanced Materials, 2019:470-475.
- [47] Wenge Cheng. Research on Risk Assessment of Waterway Dangerous Goods Transportation Based on Artificial Neural Network Algorithm[J]. In Proceedings of 2019 2nd International Conference on Intelligent Systems Research and Mechatronics Engineering (ISRME 2019),2019:470-475.
- [48] Yajie Zou, Qirui Hu, Wanbing Han, et al. Analyzing Travel and Emission Characteristics of Hazardous Material Transportation Trucks Using BeiDou Satellite Navigation System Data[J]. Remote Sensing2025,17(3):423-423.
- 作者简介：陈树晴（2005-），女，中国山东东营人，在读本科生，从事金融学、物流学研究。
- 通讯作者：刘泉好（2005-），女，中国山东烟台人，在读本科生，从事会计学、物流学研究。
- 指导老师：孙玉峰（1966-），男，中国山东烟台人，博士，教授（三级）、硕士生导师，从事安全技术及管理、公共安全与应急管理、事故预防与风险控制、消防安全管理、资源与环境管理等研究。
- 基金项目：中国国际大学生创新大赛（2025）。