

## 基于三层风险网络的大件运输项目韧性治理研究

廖杨<sup>1</sup>, 谢兴国<sup>2,\*</sup>

1. 西华大学, 汽车与交通学院, 四川成都, 610039
2. 湖南电力物流服务有限公司, 湖南株洲, 412000

**摘要:** 大件运输项目风险管理是国家重大工程顺利实施的关键保障。针对大件运输项目风险管理的演进思想与实践路径, 提出由技术操作层、组织合作层、环境制度层构成的三层风险网络, 揭示不同层级之间风险传导, 管理潜在风险, 探讨面向数字化与可持续发展的时代背景下, 从理论深化、技术赋能、制度创新三个维度, 构建智能化、协同化大件运输项目韧性治理体系。

**关键词:** 大件运输; 项目管理; 风险管理; 韧性治理

## Research on resilience governance of large-scale transportation projects based on three-layer risk network

Yang Liao<sup>1</sup>, Xingguo Xie<sup>2,\*</sup>

1. School of Automotive and Transportation, Xihua University, Chengdu, Sichuan, China, 610039
2. Hunan Electric Power Logistics Service Co., Ltd, Zhuzhou, Hunan, China, 412000

**Abstract:** Risk management of large-scale transportation projects is a key guarantee for the smooth implementation of major national projects. In response to the evolving ideas and practical paths of risk management in large-scale transportation projects, a three-layer risk network consisting of technical operation layer, organizational cooperation layer, and environmental system layer is proposed to reveal the risk transmission between different levels, manage potential risks, and explore the construction of an intelligent and collaborative resilience governance system for large-scale transportation projects from the three dimensions of theoretical deepening, technological empowerment, and institutional innovation in the context of digitalization and sustainable development

**Keywords:** Transportation of large items; Project management; Risk management; Resilient governance

大件运输是保障国家重大工程实施的关键环节, 其风险管理的有效性直接关系到社会安全与公共福祉。随着运输规模扩大、参与主体多元及外部环境不确定性加剧, 传统以技术控制与流程优化为核心的风险管理模式, 在面对跨层级风险耦合与“黑天鹅”事件时, 逐渐显现出适应能力不足的局限。本文基于大件运输项目风险管理思想与实践的演进脉络, 提出由技术操作层、组织合作层、环境制度层构成的三层风险网络模型, 系统阐释各层级风险要素及其非线性传导机制, 进而从风险识别、评估与应对三个维度, 探讨韧性治理思维如何从理论认知转化为方法工具与制度安排。

### 1 大件运输项目风险管理思想与实践演进

大件运输项目风险管理思想与实践并非静态，而是随着系统科学、管理理论及复杂适应系统思想的发展而多维度演进，从宏观层面呈现出从强调“确定性”向接纳“不确定性”的思维模式转变，当前研究可具体划分为三个方向，各阶段均具有显著的理论与实践特征。

### 1.1 技术-工程思维

技术思维始终伴随着大件运输的规模化发展，将大件运输的研究集中于可观测、可测量、可通过公式计算的实体要素上，如车辆结构组合、受力、道路评价模型等<sup>[1]</sup>。这一方向为大件运输安全奠定了坚实的物理与工程基础，确立了一系列技术标准和操作规范。然而，其忽视了运输项目作为一个由人、技术、组织、环境构成的开放社会技术系统的动态特性，隐含了“所有风险皆可预知”的假设，缺少对由人因失误、组织沟通失败、突发外部事件等引发的“非技术性”风险的预防，导致其无法处理系统要素间的相互作用所涌现出的整体性风险。

### 1.2 系统-流程思维

以项目的思维、系统论的方法研究其风险管理，建立“系统-流程”组织体系。将立足“技术点”的视角转为主动管理的“动态过程”，对大件运输整个过程的风险因素进行较全面的分析后，确定需要监管的内容、指标及其实现方式，提出较完整的大件运输安全管理流程<sup>[2]</sup>。风险管理的目标从消除技术偏差转变为优化管理流程以控制不确定性，建立标准化、结构化的循环流程，能够识别绝大部分重要风险，并制定出有效的预控措施。但对于完全超出预期和经验范围的“黑天鹅”事件以及复杂系统内生的、难以追溯线性因果的“常态事故”仍缺乏解释力和应对工具，未能真正提升组织的实时适应能力。

### 1.3 韧性-治理思维

韧性治理思维的前提是承认风险，尤其是系统性风险，无法被完全预见和消除，从试图控制一切转向学会与不确定性共存，从追求绝对的安全状态转向构建系统的适应与恢复能力。因此，风险管理的首要目标不再是预防所有事故，而是确保系统在遭受不可避免的扰动、冲击甚至局部失效时，能够保持核心功能、快速适应新情况并实现恢复，这被称为“韧性”。从大件物流的科学定义、标准制定与人才培养、物流平台与数据库建设、到规范物流运输合作关系等，不再依赖一份试图涵盖一切的静态完美预案，而是通过多种可能的情景规划，以求获得在不同条件下的应变决策能力<sup>[3]</sup>。大件运输风险管理三大方向比较见表1。

表1 大件运输项目风险管理三大方向比较分析

Table 1 Comparative Analysis of Three Major Directions in Risk Management for Heavy Load Transportation Projects

比较维度	技术-工程思维	系统-流程思维	韧性-治理思维
核心目标	技术安全零失效	流程最优，风险最小化	功能持续，具备韧性
主要策略	强化设计，提高安全余量	完善流程，制定预案	构建冗余与柔性，促进学习与协同
潜在风险	忽视人、组织与社会因素	对“未知-未知”风险无力，可能流于形式	实践复杂度高，衡量标准模糊，制度构建难

## 2 三层风险网络

基于大件运输项目风险管理的思想与实践演进分析,构建三层风险网络,将风险视为一个由浅入深、由内向外、且各层间存在持续动态交互的复杂网络。

### 2.1 技术操作层

在风险网络结构中,技术操作层直接体现风险,是风险事件最终得以发生的物理载体与技术基础,可视作风险管理的“硬边界”。该层级主要包括以下几类风险:

(1) 车辆装备与货物本体工装风险。涵盖大件运输车辆关键信息监测及应用(如车辆轴型和超大外廓尺寸),通过分析技术原理、核心指标及应用优势,结合在关键场景的创新应用,提升监管精度、保障车辆装备通行安全与效率<sup>[4]</sup>。除此之外,货物自身的结构强度、固定货物的工装夹具(鞍座、支架、索具)是否存在设计缺陷、材料疲劳或安装误差也需要考虑。(2) 基础设施与人因风险。包括:1) 静态风险:道路、桥梁、涵洞等障碍处理要点与具体策略是否可靠<sup>[5]</sup>。2) 动态风险:在复杂路况(急弯、陡坡、狭窄街道)下,驾驶员对车辆姿态、速度的瞬间判断与操作、夜间或恶劣天气(强侧风、大雨、大雾)下的行车决策、大件运输长期的人才队伍建设<sup>[3]</sup>。

### 2.2 组织合作层

组织合作层不直接引发物理性损害,却通过信息传递、决策协调与资源调配机制,深刻影响着技术操作层风险的抑制效果或放大效应。其运行效能集中体现了管理活动的复杂性。该层级主要包括以下几类风险:

(1) 组织与安全文化风险。大件运输的多方参与特性要求组织架构具备跨单位指挥与清晰权责划分的能力,能够实现内部调度与外部交警、路政部门的实时协同。项目安全文化鼓励一线人员主动报告因货物超限、路线复杂带来的隐患,避免团队在护送协调、路线核查等环节简化必要流程,导致临时交通管制指令等在传递中的任何延误或失真,都可能引发现场交通阻塞或操作冲突,进而构成安全隐患。(2) 合同与商务风险。大件物流通常以项目方式通过招投标进行确认,大件物流涉及到托运人、承运人、保险公司及其他,要明确PQRSTC(产品、数量、路线、服务、时间、成本)、各环节、全流程,明确权利、责任与义务<sup>[3]</sup>,理解不深,会形成重大保障漏洞,将直接削弱风险应对资源。

### 2.3 环境制度层

环境-制度层构成了大件运输项目风险层中最具宏观性与深远影响的维度,该层次的风险通常超出单个项目团队直接控制范围,却系统性地塑造了风险发生的边界条件与概率基础。主要包括以下风险:

(1) 政策法规与行政许可风险。大件运输许可需要经过跨省、跨部门的审批,不同地区的标准掌握尺度、审批效率存在差异,流程可能冗长且不确定。法规的突然修订、临时性的交通管制政策(如重大活动期间)都会对既定计划造成冲击,对于有条件的地区,为提高许可效率与服务质量,保障公路完好、安全、畅通,保护人民群众生命和财产安全,积极开展行政区域内大件运输许可服务与管理工作势在必行<sup>[6]</sup>。(2) 自然地理与气候风险。气候变化使得极端天气事件更频繁,运输路线途经地区的地震、滑坡、泥石流等地质灾害隐患,台风、暴雨、暴雪、极端高温等恶劣天气窗口需做好预警及规避方案。(3) 社会经济与舆情风险。运输路线穿越城镇时,可能因对居民出行造成不便或引发安全担忧而遭遇阻力。社交媒体时代,运输过程中的任何小瑕疵都可能被放大为负

面舆情，给项目方和地方政府带来巨大压力。

## 2.4 层间互动与风险传导

三层风险网络（见图 1）并非机械堆叠，而是存在着活跃的、非线性的双向互动与风险传导机制，这正是系统性风险产生的根源。

（1）自上而下的压力传导。一项环境制度层风险（如许可审批意外延迟）会立即转化为巨大的组织合作层压力。这种压力可能催生组织合作层的冒险决策，进而增加技术操作层发生失误的概率。（2）自下而上的信号反馈与放大。一个微小的技术操作层隐患，因组织合作层的安全文化缺陷或沟通问题而被忽视，可能在特定条件下演变为事故。事故本身又会反噬组织合作层，并可能触发更严厉的环境制度层监管。（3）跨层级涌现与叠加。当来自不同层次的风险因素在特定时空点同时出现，会产生任何单一层次分析都无法预见的全新风险模式。例如，一项新技术装备（技术层）在缺乏相应操作培训（组织层）和法规标准（环境层）的情况下投入使用，其风险是难以估量的。

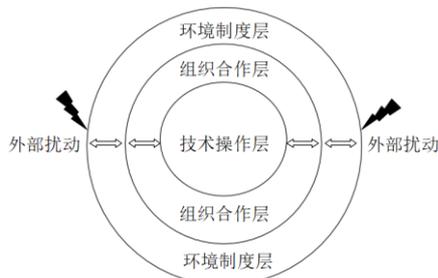


图 1 大件运输项目“三层风险网络”动态交互

Fig. 1 Dynamic interaction of the "three-layer risk network" for large-scale transportation projects

## 3 风险管理与演进

在三层风险网络基础上，通过整合风险管理的基本流程——识别、评估、应对，从技术工程思维下对确定性风险管控，到系统流程思维中对过程不确定性的优化，最终迈向韧性治理思维下与系统性不确定性的共处与适应，相应的风险管理方法与实践也呈现出从孤立到集成、从静态到动态、从应对到准备的演进逻辑。

### 3.1 风险识别

技术工程思维主导下的风险识别专注于技术操作层的可见、可测实体风险，依赖经验枚举法等。系统流程思维推动了数字化技术在大件运输全链条应用，实现了多种关键场景下的项目监管<sup>[7]</sup>。然而，三层风险网络间的复杂传导与“未知的未知”，韧性-治理思维要求识别工作更具前瞻性和动态性。这体现在：

（1）跨层次交互识别。主动探查技术、组织、环境因素间的耦合点（如“新装备-旧规程-人员培训”的冲突）。（2）情景与前瞻分析。通过构建多重未来情景（如极端气候、审批停滞、舆情危机），迫使团队识别在极端压力下的脆弱点与连锁反应。（3）行为与认知偏差识别。引入行为科学，识别在时间压力或群体决策中可能出现的过度自信、信息过滤等组织合作层风险。（4）技术赋能的智能感知。利用数字孪生技术在虚拟空间进行海量模拟，提前暴露路径规划与动态干涉中的潜在风险。构建数智化监管平台，精准识别违规行为，推动基础设施运维向“数据感知、智能决策、全程闭环”的数智化治理转型<sup>[8]</sup>。

### 3.2 风险评估

技术-工程思维和系统-流程思维阶段广泛依赖定性评估,但其主观性和静态性难以捕捉风险的动态演变与网络化特征,为追求更科学的决策,评估方法向定量与半定量艰难演进。

(1) 蒙特卡洛模拟。处理多个不确定性源(如各环节工期)的累积效应,评估项目整体目标的达成概率。(2) 贝叶斯网络(BN)。尤其适用于动态风险评估,能表达风险因素间的条件依赖关系,并随新证据(如天气预警、设备报警)的出现更新概率,较好地反映了风险在网络中的传导与演变。(3) 数据构建与韧性评估。利用区块链技术构建可信、不可篡改的全链条数据存证系统,为风险评估提供高质量的数据基础,并支撑基于数据的信用评价与保险模型<sup>[9]</sup>。

### 3.3 风险应对

在韧性治理的视角下,应对策略的内涵得到显著拓展与深化,从单纯的“管控风险”转向“塑造韧性”,形成一套更具前瞻性与适应性的韧性策略体系。

1) 推动治理体系创新,监管模式从“许可管理”转向“信用治理”,依据企业长期安全绩效实施差异化监管,优化资源配置。2) 构建多元协同网络。确立政府、企业、行业协会、保险机构、第三方技术平台共同参与的治理架构,建立数据共享与联合应急机制,实现“群防群治”。3) 嵌入可持续发展。主动评估绿色转型(如电动重卡、多式联运)带来的新型风险,并将低碳、安全协同纳入风险管理目标,探索绿色保险等激励工具。

综上,大件运输项目的风险管理从静态的技术管控程序转向深度融合了理论认知、技术工具(AI 赋能手段<sup>[10]</sup>等)与制度安排的、持续演进的适应性系统。它要求在大件运输项目实施过程中在技术操作层面解决具体问题的硬技能,在组织合作层协调沟通、促进学习的软实力,以及对环境制度层变动保持敏感并积极适应的宏观视野。

## 4 结论

本文以大件运输项目为研究对象,系统分析了技术安全、系统流程与韧性治理三个主要研究方向。通过构建技术、组织、环境三层风险网络,揭示了风险跨层级互动与传导机制,在技术层面构建冗余柔性,在组织层面培育学习适应能力,在制度层面推动多元协同共治,从聚焦确定性的技术管控,演进为应对系统不确定性的韧性治理。面向未来,数字化与智能化技术是实现动态精准治理的关键赋能工具,通过构建高韧性的风险治理生态,是将风险管理转化为保障国家重大工程与战略安全的核心能力。

### 参考文献

- [1] 张梦鸽. 公路大件运输通行安全性评价技术研究[D]. 长安大学, 2026.
- [2] 谢朝辉, 谢明. 大件货物运输安全监控探讨[J]. 交通企业管理, 2024, 39(06):93-95.
- [3] 陈建华, 袁世军, 王魁. 我国大件物流深度发展存在的问题与策略分析[J]. 物流工程与管理, 2024, 46(08):19-21.
- [4] 王卫, 冯仁强, 金雪夫, 等. 大件运输全链条监管车辆关键信息检测技术及应用探讨[J]. 中国交通信息化, 2025, (09):101-105.
- [5] 周青山. 公路大件运输线路障碍及处理策略研究[J]. 运输经理世界, 2025, (07):62-64.
- [6] 江苏省交通运输厅关于印发《江苏省大件运输许可服务与管理实施细则(试行)》的通知[J]. 江苏省人民政府公报, 2025, (18):36-46.
- [7] 王卫, 冯仁强, 金雪夫, 等. 大件运输全链条监管车辆关键信息检测技术及应用探讨[J]. 中国交通信息化, 2025, (09):101-105.

- [8] 杨睿之. 数智化驱动下桥梁大件运输安全评估与全过程监管策略研究[D]. 重庆交通大学, 2025.
- [9] 李轶舜, 谢浩明. 基于区块链的大件运输服务与监管体系建设[J]. 中国公路, 2023, (07):106-109.
- [10] 石孟园, 朱熹. AI 赋能大件运输监管提质增效[N]. 寰球物流报, 2025-11-28(004).

<sup>1</sup>**第1作者简介:** 廖杨 (1999-), 女, 硕士, 研究方向: 交通运输。E-mail: 0720240001@xhu.edu.cn。

**\*通讯作者简介:** 谢兴国 (1973-), 男, 工程师, 研究方向: 大件运输。E-mail: linlangang@scdj-trans.com。