 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i9.11750

Analysis of the Application of Scientific Methods in Supply Chain Risk Identification and Prevention Management

Yi Wang[1] Dan Wu[2] Jiayin Li[1]

1. Shanxi International Business College, Xi'an, Shanxi, 712046, China
2. Wuhu Vocational and Technical College, Wuhu, Anhui, 241001, China

Abstract

The globalization and increasing complexity of supply chains have exposed them to multiple risk shocks, making the systematic identification, assessment, early warning, and prevention and control of risks critical to building organizational resilience. From the perspective of management science, this paper systematically reviews three types of risk identification methods: process analysis, data-driven approaches, and expert experience; examines three types of assessment tools: risk matrices, network linkages, and scenario simulations; analyzes the roles of key indicator monitoring, anomaly detection, and dynamic stress testing in early warning; and summarizes three types of prevention and control strategies: multi-source supply, inventory buffering, and contractual coordination. Furthermore, the paper proposes the logic for method adaptation in typical scenarios, mechanisms for combination and coordination, and pathways for dynamic system iteration, aiming to provide a systematic and practical methodological framework for supply chain risk management, thereby facilitating the effective application of management science tools in practice.

Keywords

supply chain risk; identification and assessment; prevention and control strategies

供应链风险识别与防控管理科学方法应用分析

王仪[1] 吴丹[2] 李佳锢[1*]

1. 陕西国际商贸学院，中国 · 陕西 西安 712046
2. 芜湖职业技术大学，中国 · 安徽 芜湖 241001

摘 要

供应链全球化与复杂化使其面临多元风险冲击，系统化识别、评估、预警与防控成为组织韧性建设的关键。本文基于管理科学视角，系统梳理流程分析、数据驱动及专家经验三类风险识别方法，探讨风险矩阵、网络关联与情景模拟三类评估工具，分析关键指标监控、异常事件检测及动态压力测试在预警中的作用，并归纳多源供应、库存缓冲与契约协同三类防控策略。文章提出典型场景下方法适配逻辑、组合协同机制及体系动态迭代路径，旨在为供应链风险管理提供系统化、可操作的方法论框架，推动管理科学工具在实践中的有效落地。

关键词

供应链风险；识别与评估；防控策略

1 引言

当代供应链已从线性供需链条演变为多主体、多层级、多区域的复杂网络系统，地缘政治冲突、自然灾害、公共卫生事件与技术断供等风险频发，对组织连续运营构成严峻挑战。然而，实践中风险管理工作常陷于零散工具堆砌或事后被动响应，缺乏贯穿识别、评估、预警到防控的闭环方法论支撑。管理科学提供了一套结构化分析框架，能够将定性判断与定量建模、静态指标与动态推演、局部优化与全局协同有机结合。本文旨在系统整合供应链风险管理全流程中的核心方法，着重探讨其综合应用逻辑，以期为管理者构建适应性强、迭代性好的风险防控体系提供参考。

【作者简介】王仪（1987–），男，中国上海人，博士，中级经济师，从事管理科学与工程研究。

【通讯作者】李佳锢（1993–），女，中国陕西西安人，博士，讲师，从事管理学研究。

2 供应链风险识别方法

2.1 流程分析法

流程分析法是以供应链端的运作流程为主线，对采购、生产、物流、仓储、配送等各个环节进行分解，找出每一个环节中可能产生偏差、中断或者失效的方式。该方法重视对流程输入、输出、资源依赖以及转换条件做详细的描述，并用流程图、因果链或者失效模式与影响分析的方式来把隐性的风险表现出来。它的优点是结构清楚、覆盖面广，适合于

新的业务上线或者流程改变的时候做风险排查。但是流程分析法对分析人员的业务理解程度要求较高，且容易忽略流程之间相互影响而产生的非线性风险，所以通常需要和其他的方法结合使用。

2.2 数据驱动识别法

数据驱动识别法依靠供应链信息系统所积累起来的交易、库存、运输、质量以及外界环境的数据，用统计分析、机器学习或者文本挖掘等手段，自行找出异常模式、联系规律或者潜在的风险信号。以供应商交货准时率历史波动来判断履约能力，用舆情数据发现区域动乱。可以处理高维、高频的信息，减小主观因素影响，对早期微弱信号有较好的捕捉能力。有效性很大程度上取决于数据的质量、特征工程以及模型的可解释性，在数据稀疏或者噪声大的情况下容易产生误报，需结合业务规则进行过滤和检验。

2.3 专家经验判断法

专家经验判断法就是用结构化的访谈、德尔菲法或者头脑风暴的方式，收集内部运营人员、外部顾问以及行业专家对供应链风险的感知和预估。专家可以弥补由于缺少历史数据而产生的新风险，也可以对政策变化、技术更新这些非结构化的影响做出预测。此法灵活快速，适合于不确定大、量化的战略层风险。但是它的结果容易受到专家的认知偏好、信息可得性以及群体思维的影响，需要有严格的流程控制来保证判断的可靠性、可复核性，即采用独立匿名反馈、多轮收敛、置信度评价等方式。

3 供应链风险评估方法

3.1 风险矩阵评估法

风险矩阵评价法把已经识别出的风险依照发生的概率以及造成的影响严重程度这两个方面来分层排序，形成二维的矩阵，进而区分出哪些是高风险事项，哪些是中风险事项，哪些又是低风险事项。此法简单易行，沟通费用少，适合管理层迅速地把注意对象及处理顺序安排好。在做评价的时候要设定统一的概率和影响等级的标准，并且要考虑不同的风险之间存在着相关性所造成的叠加效应。其缺点就是等级划分带有主观色彩，不能体现连续变化及动态发展特性，适合初筛阶段的粗排。

3.2 网络关联评估法

网络关联评价法把供应链当作一个包含节点企业和联系关系的网络，经由剖析节点中心度，连通途径，替代路径长度以及级联失效门槛这些要素来评判风险在系统里的流传幅度和放大效果。该方法用图论、复杂网络理论来识别出重要的枢纽供应商、瓶颈节点和脆弱群集，对于中断传导路径的判定有特别的意义。评估的时候要创建可靠的关系矩阵及依赖强度的数据，计算量会随网络规模变大增加。这种方法使管理者可以站在结构的角度去认识风险，有利于制订出更加有效的防护措施。

3.3 情景模拟评估法

情景模拟评价法就是创建各种未来情景（极端天气、主要供应商停业、物流通道被封锁等等），用仿真或者优化模型来推算出不同的冲击给供应链造成的库存水位、订单履行状况以及恢复时长这些重要指标的变化情况。此法可以检验假设到分析的链条，找到薄弱环节和临界点，利于应急预案的定量对比。它的科学性同情景设定是否合理有着直接的关系，需要依靠历史统计数据及专家意见形成情景参数，还要加入概率权重防止由小概率事件造成决策失误。该种方法适合于战略性、战术性的风险评价，可以给资源的预留、合同的设计提供依据。

4 供应链风险预警方法

4.1 关键指标监控法

关键指标监控法选择可以体现供应链健康状况的前置和同步指标，例如供应商产能利用率、在途库存周转天数、订单提前期波动率、物流准点率等等，并确定出正常的波动范围及警戒界限，实行持续的跟踪。当指标达到预警戒线时，会产生警告信号，使管理者提前介入。该方法重视指标选取的敏感度和可测性，不过多采用滞后指标。监控体系要对指标的有效性做定期的回顾工作，在业务环境发生变化时及时对阈值或者失效的指标更新，以防止出现预警疲劳的情况，并利用可视化仪表盘提高信息传递的速度和质量，从而达到分级响应的目的。

4.2 异常事件检测法

异常事件检测法就是用统计过程控制、聚类分析或者基于深度学习的时序异常检测算法，对供应链各个节点操作日志、传感器数据以及外界事件流进行自动扫描，从而找出那些不符合正常模式的孤立点或者突然出现的脉冲。该种方法不需要预先设定好指标边界来识别出未知的风险模式，比如突然增加的订单量、改变运输路线或者通信频率的骤变等。实现需要创建基准正常行为模型，合理设置检测灵敏度和误报容忍度。检测到异常后，系统应该给出事件特征和可能的原因，帮助决策者迅速判定事件性质并展开相应的排查或者升级程序。

4.3 动态压力测试法

动态压力测试法是参照金融领域的压力测试理念而提出的，它把供应链当作一个系统，在规定的时间内对它实施各种强度、不同的持续时长的模拟冲击，考察该系统重要的性能指标是如何变化并最终恢复的，以此来评判目前所具备的缓冲能力以及应急反应方案是否有效。与传统的静态评价不一样的是，动态测试加入了时间因素及顺序选择过程，可以体现出风险累积及反馈滞后的情况。测试结果可以体现库存策略极限、更换供应商的速度及信息传递的滞后情况。此法须有稳定仿真环境及可靠基线数据支撑，测试频率和场景组合要依照风险环境改变来灵活调节，最后产生测试报告促

使改进行动。

5 供应链风险防控策略

5.1 多源供应分散策略

多源供应分散策略就是对于重要的物料或者核心零部件，主动地去培养多个合格的供应商，在地理位置、所有制性质和技术路线等方面形成不同布局，减小由于单个供应商断供造成的整体影响。此策略经由供应商份额分配、备用产能预留以及定期资质复核来达成突发情况下的迅速转换。实施过程中要顾及分散所导致的管理繁杂程度以及大批量采购的成本增加问题，所以应当依照物料的重要程度和供应市场的集中度进行分层推进，而不是对所有的物料都实行多源化采购。另外还要同主要供应商进行有效沟通，防止因分散造成信任损失，影响到长久的合作关系。

5.2 库存冗余缓冲策略

库存冗余缓冲策略就是通过设置安全库存、战略储备库存或产能缓冲方式来吸收由于供需波动及中断造成的冲击，适合于供应提前期长、替代性差的物资。缓冲库存量要根据需求的变动系数、供应的可靠性及持有成本来确定，可以用动态的安全库存公式或服务水平最优法来计算。此法对于应付突然的断电等状况十分有效，不过过于冗余会造成资金及仓库空间被占满，隐藏存在的经营难题。因此需要创建库存健康度评价指标，按照预警信号的变化来调节缓冲水平，同供应商共享部分库存信息，以此达成链上库存协同改良的目的。

5.3 契约协同管控策略

契约协同管控策略依靠合同条款的设计来确定风险事件下各方的权利义务关系、价格调整办法、交付弹性及赔偿责任等，在风险出现之前就形成起预期的管理架构。设置长期协议中最低采购承诺、柔性交付窗口或者收益共享、成本分担条款来达到双方共担不确定性的目的。契约有法律上的约束力，但同时也应该成为信息共享及合作决策的基础。有效契约要符合双方的风险偏好及履约能力，防止因刚性条款产生次生摩擦，并且要建立定期的履约评价和修改机制，保证契约随着环境的变化保持适用性和激励相容性。

6 管理方法综合应用

6.1 典型场景方法适配

不同的供应链环境有不同的风险结构及管理约束，所以方法选取要依照场景特性决定。以高度定制化、供应商单一为特点的创新产品供应链来说，依靠专家判断及情景模拟会更加合适一些，而对于标准化、大批量的消费品供应链而言，则是数据驱动识别、指标监控的效果更好。地理分散型供应链应加强网络关联评价，时效敏感型供应链应重视动态压力检验。适配过程要从风险来源、数据获取情况、决策速度、组织成熟度等各方面来考虑，从而创建起一个场景到方法的对应表单，并且不能采取“一刀切”的做法，还要留有一定的余地去应对那些不常见的状况。

6.2 方法组合协同机制

单一的方法不能涵盖风险管理的所有方面，方法组合可以互相补充提高整体效果。以流程分析法找出的候选风险为例，将这些风险输入到数据驱动模型中做量化的检验，之后再由专家来决定修正权重；风险矩阵排序的结果可以给网络评价赋予重要的节点选取参照，情景模拟得到的数据可以当作动态压力测试的场景创建根基。组合协同要确定各个方法的输入输出接口、时序关系以及决策触发逻辑，防止出现重复计算或者结论相悖的情况。实践当中可以创建起一个统一的风险管理平台，把数据流和模型库融合起来，从而达成多种方法同时运行并且互相核验的目的，进而加强判定的可靠程度。

6.3 防控体系动态迭代

供应链内外环境不断发生变化，防控体系要有动态迭代的能力。迭代机制就是定期评审风险清单、更新评价参数、校准预警阈值、总结策略成效、改变方法组合权重。每一个重要的风险事件或者业务上的改变都要成为体系升级的一个触发点，并要被包含到经验反馈的循环中。另外还要实行年度或半年一次的体系健康检查制度，用外部标杆对比、内部审计的方式找出体系盲区。动态迭代不是毫无原则地随意改变，而是在稳定的框架下有控制地对参数做调整、模块做更换，使系统在保持连贯性的基础上慢慢增强对于新出现风险的察觉能力和应对能力。

7 结语

供应链风险管理不是一次性的工程，它是一种需要不断改进的方法论体系。本文对识别、评价、预警、控制等各方面的管理科学工具做了系统的整理，重点突出综合运用以及动态迭代的过程。只有把结构化的方法同具体的场景结合起来，重视各种方法之间的相互配合、互相补充，建立起一种制度化的更新机制，组织才能在复杂的多变风险环境里创建起真正具有弹性的供应链体系。未来研究可进一步探索人工智能辅助决策与人机协同在风险管理全链条中的嵌入方式。

参考文献

[1] 李霞.企业供应链风险管理的难点与对策[J].现代营销,2026,(12):124-126.

[2] 王林.电子商务风险识别与智能管控策略——评《大数据驱动下电商平台供应链融资风险动态预警研究》[J].安全与环境学报,2026,26(3):1232.

[3] 单凯琳.企业内部控制对供应链风险管理影响机制探究[J].经济师,2025,(7):277-278+281.

[4] 沈睿诚,宋夏云.内部审计在企业供应链管理中的功能研究[J].审计与理财,2021,(11):34-37.

[5] 孙金花,郭湘.基于PAJEK社会网络分析模型的科技服务供应链风险要素识别[J].企业经济,2016,(4):89-93.