



项目批准号	72001113
申请代码	G0109
归口管理部门	
收件日期	



国家自然科学基金 资助项目结题/成果报告

资助类别：青年科学基金项目

亚类说明：

附注说明：

项目名称：供需突变下自我学习型供应链主动应急与适应恢复策略研究

负责人：李姗姗 BRID：07750.00.70330

电子邮件：lss@nau.edu.cn 电话：15851873816

依托单位：南京审计大学

联系人：林志峰 电话：025-58318290

直接费用：24.0000（万元） 执行年限：2021.01-2023.12

填表日期：2024年01月08日

国家自然科学基金委员会制（2023年）



项目摘要

中文摘要:

新“互联网+”经济时代下,供应链系统呈现更复杂的社会生态化特征:多个主体的信息与行为经由多种技术平台进行时空交互及演化。同时,贸易争端、新冠疫情蔓延,促使全球化供应链系统供需突变风险骤增、影响显著加剧。本项目遵循数字化学习、主动式应急、适应性恢复的主线,以数字化供应链映射网络为中心,首先对面向突变全生命周期的“风险-信息-行为”协同演化过程进行深入研究。其次,基于自我学习型供应链构建,研究突变多层级智能预警机制、“主体-时间-空间-事件”驱动型影响测度模型、多维弹性度量方法。最后,依次从个体及多主体角度出发,结合其不同突变阶段的差异化目标、差异化能力等,构建突变的主动应急及适应恢复管理策略方案。通过对突变风险的主动识别、智能预警、动态应急、适应恢复研究,本项目不仅在理论上提出一种适用于新经济时代环境下供需突变的管理方法与理论,而且为企业结合信息技术应对突变提供实际指导。

Abstract:

In the new "Internet +" economic era, the supply chain system presents more complex social ecological characteristics: the information and behaviors of multiple agents perform temporal spatial interaction and evolution through diversified technology platforms. Meanwhile, due to the international trade disputes and the spread of the new crown epidemic, both the risk and the corresponding impact of supply and demand disruption show a significant increase. To overcome such new challenges in the management of supply and demand disruption, we perform the following investigation. First, by following the line of digital learn, proactively react, and adaptively recover, basing on a digital supply chain twin, we conduct an in-depth research on the co-evolution process of risk-information-behavior, taking the full life cycle of disruptions into consideration. Then, based on self-learning supply chains, we explore the multi-layer early warning mechanism, the Subject-Time-Space-Event driven model for evaluating disruption impact, and the measuring models of the multi-dimensional resilience. Lastly, from the perspective of individual and multi-agents, we construct a serial of proactive response and recovery strategies to hedge against disruptions, considering differentiating goals and differentiating capabilities at different stages. Through the investigation of risk identification, intelligent early warning, dynamic emergency response, and adaptive recovery, this research not only theoretically proposes a decision-making method for handling disruptions in this new economic era, but also provides practical guidance for companies on how to combine information technology to effectively deal with disruptions.

关键词(用分号分开): 供需突变; 供应链中断; 应急策略; 恢复策略; 供应链管理



Keywords (separated by;): supply and demand disruption; supply chain disruption; reactive strategies; recovery strategies; supply chain management

NSFC-REPORT-2023



结题摘要

中文摘要（对项目的背景、主要研究内容、重要结果、关键数据及其科学意义等做简单概述）：

在全球产业链供应链稳定性受到严重冲击的背景下，面向内部多级时变型复杂网络结构、外部信息与行为迅速传播交互的新型复杂“社会生态化”供应链系统，本项目以管理新供需突变风险为目标开展了以下研究。首先，研究了突变风险、信息、行为之间的两两交互演化过程，发现了供应链成员基于交互过程的恐慌性及策略性囤货行为、定价级联、决策观察学习等多层级涟漪效应。其次，在“风险-信息-行为”交互演化基础上，分别基于不同的供应链成员，构建了包含中断强度、时间、成本（利润）、市场恢复程度等的风险影响测度模型。最后针对供应、生产、运输等多类型中断，结合市场类型、信息透明度，为供应链成员构建了多个维度的主动应急采购与适应恢复策略模型。其中，策略模块覆盖了面向供应端的动态采购、动态库存系统控制，以及面向需求端的顾客补偿、价格动态调整或干预、配送路径与时间调整。本项目不仅在理论上，提出多种适用于新经济时代环境下供需突变的管理方法与理论；同时在实践上，为企业如何结合新技术方法更高效的应对新突变风险提供了指导方案。

Abstract (Brief description of research background, main methods, contributions, and research data):

Supply chain systems become more vulnerable and present more complex social ecological characteristics. Demand and supply disruptions propagate through both the time-varying and complex supply chain networks and information channels. In the meantime, the reactions of up-streams and down-streams interact with others' and with information, aggravating the disruptions. The project carries out the following research managing disruptions in such new systems. Firstly, we conduct an in-depth research on the "risk-information-behavior" co-evolution process, discovering and exploring multi-level ripple effects such as strategic and panic hoarding behavior, pricing cascading, and decision-making observation learning. Secondly, based on the interactive evolution of "risk-information-behavior", risk impact measurement models are discussed for different supply chain members, considering the factors of disruption intensity, time, cost (profit) and market recovery. Finally, from the perspectives of different supply chain members, proactive emergency and adaptive recovery strategy models are constructed in multiple dimensions. In modeling, we taking into considerations of disruption types (such as supply disruption, production disruption and transportation disruption), market types, and the degrees of information transparency. The pure strategies incorporated in the models include both supply-side and demand-side, e.g., dynamic procurement, dynamic inventory system control, customer compensation, dynamic pricing or price intervention, adjustment of distribution path and time. This project presents a variety of management methods and theories applicable to the disruptions of supply and demand in the new economic era. Also, in practice, it provides managerial guidance for enterprises on how to deal with new risk more efficiently.

关键词（用分号分开）： 供应突变； 需求突变； 应急策略； 恢复策略； 供应链管理

Keywords (separated by;): supply disruption; demand disruption; reactive strategies; recovery strategies; supply chain management



正文

《结题/成果报告》正文分为两个部分：**结题部分**和**成果部分**。请按照《结题/成果报告》填报说明及撰写要求填写。

（一）结题部分

1. 研究计划执行情况概述。

（1）按计划执行情况。

本项目依据计划执行，具体计划执行情况如下：

① 2021 年 1 月—2021 年 12 月：按照计划，完成进度。首先，依据项目研究需要，进一步补充相关知识，整理、消化、吸收最新的风险信息行为协同演化、应急策略、恢复策略等方面的研究成果。其次，主要对江苏地区内部分企业的供应链数字化建设进程与管理现状进行市场调研，模拟构建数字化供应链映射网络平台。最后，基于模拟的数字化平台及实际运营中突变风险情况，分析并构建“信息-行为-风险”多维演化路径网络，初步探索了“信息-行为-风险”的相互作用机理。完成相关论文 3 篇。

② 2022 年 1 月—2022 年 12 月：主要基于自我学习型供应链，研究个体及多主体主动应急策略，完成相关论文 4 篇。通过线上或线下的方式参加了中国可持续运营与管理学术年会、中国系统工程学会等学术会议，将阶段性研究成果与国内外同行进行交流，持续完善。

③ 2023 年 1 月—2023 年 12 月：按照计划，完成进度。主要研究了面向自我学习型供应链的个体及多主体恢复策略，完成 5 篇论文。通过线上或线下的方式参加了相关学术会议，并将阶段性研究成果与国内外同行进行交流，持续进行成果调整与完善。

（2）研究目标完成情况。

本研究聚焦全球化供应链系统面临的供需突变管理新挑战，在有效管理供需突变风险方面做出了创新性的工作，已经完成了项目的预期研究目标：

① 构建了突变“风险-信息-行为”非线性相互作用机理模型，实现了突变“风险-信息-行为”协同演化过程的智能学习。

② 制定了个体混和、多主体联动的主动应急策略方案。

③ 提取了适用于个体的采购-生产-需求端联和适应恢复、多主体协同适应恢复策略方案。

④ 目前标注本项目资助的已发表学术论文 11 篇。其中 SCI 或 SSCI 检索（1-2 区）论文 9 篇，CSSCI 检索 1 篇。其中，2 篇论文被选为 2023 年高被



引, 2 篇论文分别被评为被评为第二十二次中国物流学术年会论文二等奖、第二十次中国物流学术年会论文优秀奖。1 篇论文被人大复印资料全文转载。无论是数量还是质量均已完成预期目标。

⑤培养研究生 3 名, 同时项目负责人入选 2 项省级人才项目、1 项校级人才项目: 江苏高校“青蓝工程”优秀青年骨干教师、江苏省“双创博士”、南京审计大学润泽学者(校级人才项目)。

2. 研究工作主要进展、结果和影响。

(1) 主要研究内容。

本项目聚焦新经济时代下复杂“社会生态化”供应链系统供需突变的应急管理科学问题, 从理论研究到应用策略分析, 已经完成了以下主要内容的研究。

①供需突变下“风险-信息-行为”的相互作用机理。面向复杂社会生态化供应链系统, 研究了供需突变全周期的“风险-信息-行为”相互作用演化路径及作用机理。

②考虑不同程度交互的供应链主动应急与适应恢复策略。主要在“风险-行为”相互作用、“风险-信息-行为”相互作用的两类维度下, 基于供应端的采购与库存决策、需求端的定价决策与配送路径、供应网络的重构决策、信息披露等纯策略, 研究了面向突变全周期的个体与多主体动态应急与恢复策略, 实现突变负面影响最小化或突变影响期内利润最大化。

(2) 取得的主要研究进展、重要结果、关键数据等及其科学意义或应用前景。

方向一: 考虑“风险-信息-行为”交互的应急与恢复策略研究

代表性论文 1: Supply Chain Hoarding and Contingent Sourcing Strategies in Anticipation of Price Hikes and Product Shortages. *IIE Transactions*. 2023, 1-27. (SSCI/SCI 检索 2 区). 入选 2023 年 ESI 高被引论文, 被评为第二十二次中国物流学术年会论文二等奖。

本文聚焦供应链弹性研究中的一个新常见问题——材料短缺和价格上涨双重驱动下的订购决策。为此, 考虑如下常见供应链系统: 一个制造企业从主供应企业处采购原材料/半成品, 市场上存在其他竞争型制造企业和应急型供应企业。某一突发事件引发主供应企业故障, 故障持续时间不确定。若该制造企业不采取应对措施, 则生产停止, 终端消费者转移至市场中竞争型制造企业处购买替代性产品。此外, 受从原材料到成品的传递性缺货影响, 成品市场价格呈现阶段性动态特征, 包括: 在突发事件初期可能出现短时间内价格稳定; 在一定的响应时间后呈现价格上涨; 在突发事件结束后的一个“中断依赖型”恢复周期内呈现价格恢复(可能延续性上涨, 也可能出现报复性下跌); 恢复结束后价格稳定。结合四



阶段价格动态, 本文首先提出顾客囤货行为优化模型。随后, 分别基于有顾客囤货与无顾客囤货两种情景, 提出应急采购优化模型, 为制造商提供应急采购策略。最后, 基于数值分析, 进一步给出应急采购策略和中断信息在应对供应中断时的价值, 并指出顾客囤货行为对相关价值的影响。

研究发现: 对于顾客而言, 在不同的市场条件下, 当遇到不同的中断事件时, 其最优囤积决策分为四种情况。如果市场价格反应足够缓慢, 不囤积是可取的。若中断结束后恢复期内价格上涨, 当价格恢复速度下降时, 客户应增加囤积量, 直到达到最大值。此外, 对于恢复慢的市场, 建议客户增加囤积数量。若中断结束后恢复期内价格下降, 囤积策略的有效性降低。囤积量的动态调整趋势与上述情况相反。中断事件发生后市场价格响应速度和价格恢复速度共同影响着消费者囤积策略在缓解中断影响时的价值。与传统观点不同的是, 本文发现“中断期间价格上涨晚”和“中断结束后价格快速恢复”反而可能会损害“通过囤积产品来应对价格上涨”的顾客利益。对于制造商而言, 当没有客户囤积时, 有三种采购模式可供选择, 主要取决于采购成本和价格响应时间。如果未来的价格上涨幅度足够大, 即使当前的高采购成本可能会降低制造商在中断后的第一个阶段(即价格响应阶段)的利润, 应急采购仍然是可取的。当有客户囤积行为时, 如果顾客囤积量大于某一阈值, 建议: 无论未来价格等其他因素如何变化, 只要采购成本小, 则使用应急采购。一般情况下, 根据采购成本和顾客囤积量, 提供了三种采购模式。在快速反应市场中, 顾客囤积行为会降低制造商应急采购策略的使用价值。在中等反应市场中, 顾客囤积行为反而会提高其应急采购价值。此外, 如果中断持续时间长, 这种效应会更显著。在中断信息不对称情况下, 消费者恐慌和过度乐观导致的囤积过度和不足均可能给制造商带来更多的利润。这一发现也与市场中大量制造商不愿意分享中断信息的实际情况一致。

科学意义或应用前景: 本文对供应链中断风险管理提供两个应用策略。首先, 从下游顾客/需求端效用最大化出发, 本文提供了最优囤货策略, 从而解决了如下实际问题: 面向上游原材料的供应中断、产品供应短缺的价格级联上涨, 下游是否应该囤积产品吗? 如果囤货, 应如何优化囤积决策? 物流和价格的动态如何在驱动客户囤积行为中相互作用? 其次, 对于制造商而言, 考虑到上游原材料供应中断及替代性原材料价格上涨、以及下游顾客端的可能囤货行为, 应如何使用并优化应急采购策略? 研究结果对管理者在不确定的中断持续时长、多阶段的市场价格动态、不对称的中断信息情况下, 优化囤积和应急采购决策, 从而有效应对风险事件, 提供策略参考。

代表性论文 2: Strategic rationing and freshness keeping of perishable products under transportation disruptions and demand learning. **Complex & Intelligent Systems.**



2022, 8: 4513–4527. (SSCI/SCI 检索 2 区)

本文考虑零售商通过在线渠道销售易腐生鲜产品, 顾客可以直接了解到前一时期的购买信息。发生意外事件导致运输中断, 期间交货提前期延长。探讨了零售商决定配给时间和新鲜度的最优销售策略, 以减轻其中断影响。中断影响从三个阶段进行评估: 中断持续时间、交付提前期和中断恢复。在运输中断期间, 策略性配给(即零售商故意不满足顾客需求)的成本不仅考虑了销售损失, 还考虑了负面口碑(即顾客学习效应)导致的未来需求损失。在没有策略性配给的情况下, 由于交货周期长, 导致了保鲜成本和质量相关的补偿。在交通中断结束后, 可以在一定的成本和时间内采用激励措施, 完全或部分恢复中断期内损失的市场。基于以上考虑, 我们首先刻画了中断后的需求和库存动态。在此基础上, 建立以中断后利润最大化为目标的保鲜努力和配给时间联合决策模型。最佳保鲜度以解析解形式给出。最后, 根据建立定量配给的关键时间点, 通过数值分析提出了三种最优销售策略: 完全交货策略“D”、不交货策略“N”和只安排第一阶段交货的混合策略“D&N”。

研究发现: 一般来说, “N”不配送策略仅在以下情况下才足以缓解短期中断影响: 保鲜价格或需求恢复速度较大, 后续客户的购买意愿不会受到前者产生的信息的显著影响。如果出现以下情况之一, 即需求损失难以恢复, 中断时间短而保鲜成本较低, 或者客户对口碑(信息)的学习效应较大, 建议采用全交付策略“D”。除上述特殊情况外, “D&N”战略更具优势。本文进一步发现相关因素对“D&N”配给期变化的不同作用。例如, 当采用“D&N”来应对中断时, 建议在以下情景中更早的实施策略配给: 恢复成本较地、客户对信息的学习效应较小、交货周期较强、或质量衰减率较大。

科学意义或应用前景: 本文为生鲜农产品供应链中的运输中断管理提供了新方法及应用策略, 指导管理者如何根据产品的销售和保鲜价格、市场恢复的成本和时间、中断时间和交货提前期、客户对前一时期的学习强度等因素, 共同采用策略配给时间和保鲜力度。

代表性论文 3: Compensation and information disclosure strategies of a green supply chain under production disruption. *Journal of Cleaner Production*. 2021, 281:1-11. (SSCI/SCI 检索 1 区)

基于一个生产并在线销售绿色产品的制造商, 本文探讨了如何通过价格补偿和信息披露策略应对绿色生产中断。首先, 考虑生产中断导致缺货时, 客户可能会根据以下因素决定放弃购买或延迟订货: 信息“学习程度”、客户特性(对时间、价格和绿色水平的敏感性)、中断长度、产品绿色水平和价格补偿等。基于以上考虑, 结合销售数量信息可能诱发的顾客群体“观察性学习”交互行为, 本文建立了



客户缺货动态行为模型,分析了信息披露和降价服务下的中断后需求动态。然后,在有信息披露和没有信息披露的情况下,分析确定绿色产品在中断期间利润最大化的最优补偿价格,提出了两种封闭形式的最优补偿策略:纯补偿(NC)和数量信息披露之上补偿(DC)。通过比较和分析有无信息披露情况下的最优价格补偿策略,为企业在中断期间是否进行信息披露以及如何调整补偿价格提供了管理建议。最后,通过数值分析进一步分析了披露数量信息和降低价格的具体价值。

研究发现:这两种策略是否能有效应对中断,主要取决于中断长度、客户的敏感性(对时间、价格和绿色水平)、产品的绿色水平和客户对信息的态度。1)一般来说,无论是单纯的价格补偿,还是与信息披露相结合的补偿,都不能有效应对长期干扰。2)如果出现以下三种情况之一,则能应对的中断长度更短:客户对时间和价格表现出更高的敏感性;产品的绿色度降低,消费者对绿色度敏感;当顾客对信息的学习强度和缺货参考都较大时(顾客具有负偏倚),数量信息暴露。3)当产品的绿色水平较低时,提高产品绿色水平有助于“通过价格补偿降低中断的负面影响”的实施效率,并且在某些情况下,补偿价格应该随着绿色水平的变化而变化。4)在某些应对短期中断的情况中,制造商直接通过提供销售信息披露的服务比降低价格获益更多。

科学意义或应用前景:首先,研究结果指导了如何根据信息价值、客户敏感性(对价格、时间和绿色水平)、中断持续时间、绿色水平等因素来调整补偿价格。其次,结合信息的“观察性学习”效应,我们提出了信息披露在缓解绿色生产中断影响的重要性,以及信息披露的作用如何随着消费者对绿色水平的偏好而变化。

方向二:考虑“风险-行为”交互的应急与恢复策略研究

代表性论文 4: On the dynamics of order pipeline inventory in a nonlinear order-up-to system. *International Journal of Production Economics*, 2023(266):109061 (SSCI/SCI 检索 1 区)

管理订单管道库存对于控制不确定的系统动态非常重要,特别是牛鞭效应。分析期望目标订单管道库存对系统动力学性能的影响,是管道库存管理中的一个关键决策。利用控制理论和系统动力学仿真,评估了非线性禁退货供应链中的两种控制机制,即被动管道控制(RPC)和主动管道控制(PPC)方法。其中,RPC的目标订单管道设置为预测和估计交货时间的函数;PPC的目标订单管道不仅由预测和交货时间的乘积决定,而且还由库存调整决定。本文推导了牛鞭效应在冲击和季节需求下的解析表达式,并提出了避免牛鞭效应的策略。

研究发现:一般而言,在 PPC 和 RPC 之间的选择是由系统的固有结构和客户需求特征决定的。如果市场环境相对稳定,并且系统的特点是物理交货时间长,则可以选择 RPC。相反,如果系统面临一个不稳定的环境,如快速消费品行业的



特点,包括短的交货时间和高库存敏感性,可能会选择 PPC 策略。此外,牛鞭与库存差异的相对成本权重是订单管道策略选择的主要因素之一。如果牛鞭成本最小化是优先考虑的,则应采用 RPC,而当库存相关成本(例如对客户服务水平的高要求)优先考虑时,PPC 优于 RPC。基于 RPC 的系统总是比基于 PPC 的系统表现出更慢的库存收敛速度,尽管采用 PPC 策略的系统可能会产生更多不必要的振荡行为。此外,无论物理延迟和系统控制参数(如预测和库存调整)如何,PPC 总是比 RPC 控制的系统牛鞭效应更显著。此外,与线性系统相比,无论采用何种订单管道控制策略,非线性禁止退货系统总是以较慢的库存回收速度为代价,产生较少的牛鞭效应和较小的振荡。

科学意义或应用前景: 本文将管道库存动态分析从传统的线性 OUT 系统扩展到具有回报约束的广义非线性比例 OUT 系统。时域和频域的分析为决策者评估供应链系统在响应波动需求、季节性需求等方面的动态行为提供方法参考。其次,本文在时域和频域中通过解析解推导出牛鞭效应表达式。为相关管理者如何通过共同评估其固有的系统结构、控制策略和客户需求特征(如频率和方差)来制定有效的订单管道控制策略,提供应用参考。

代表性论文 5: Competing multinationals' backshoring decisions: Tax arbitrage versus production reliability tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 2023 (SSCI/SCI 检索 1 区)

为了减轻生产中断的影响,许多跨国公司(mnf)以牺牲税收套利利益为代价,通过将生产子公司移回国内(即回流)来集中供应链。考虑税收套利与提高生产可靠性之间的权衡关系,本文建立了一个分析博弈论模型来考察竞争跨国公司的回流动机。推导了跨国公司的均衡回流决策、相应的生产数量和转移价格。此外,本文还将税率内部化,探讨了政府税收调控的设计问题。

研究发现: 税率差异、中断风险水平和竞争强度共同影响跨国公司的均衡回流决策。例如,当每个跨国公司在国内面临较低的税率差异和中断风险,或在国外面临较高的中断风险时,将更有可能进行回流。否则,将不回流。尽管较低的税率差异或较低的干扰风险激励跨国公司迁往海外,但并不能保证它们在竞争中获得更高的预期利润。其次,我们发现在竞争条件下,对称的跨国公司存在不对称均衡(即一个跨国公司离岸,另一个跨国公司回流)。只有当竞争强度较弱、税率差异适中或两个市场的风险相关性较高时,才存在均衡。第三,通过对客户剩余和社会福利性质的研究,我们发现,回流总是有利于国内客户。然而,当政府不太关心税收收入或当外国(或国内)的干扰水平低(或高)时,会损害国内社会福利。最后,当税收收入的权重较低时,国内政府应设定低税率,以激励跨国公司进行后岸;然而,当权重足够高时,各国政府应设定一个适度的税率水平,只鼓



励一家跨国公司进行离岸投资。

科学意义或应用前景：跨国公司“回流”的原因之一是应对全球供应链中断日益严重的威胁。通过“回流”，可以共同管理其在国内分散的供应链网络，避免因其他国家的事件(如新冠肺炎疫情)造成的中断。然而，将子公司迁回国内是以牺牲税收套利利益为代价的。因此，如何平衡回流对税收套利利益和生产可靠性提高的影响成为跨国公司面临的重要挑战。本文为该问题提供决策参考。

代表性论文 6： Break up or tolerate? The post-disruption cooperation in global supply chains. *International Journal of Production Research*, 2023 (SSCI/SCI 检索 1 区)

由于全球化和外包，制造商可能会受到海外供应商的供应中断，而海外供应商的能力可能会受到流行病和地缘政治紧张局势等难以控制的事件的影响。由于海外供应商的产能在中断后的恢复过程是不可预测的，制造商面临着继续合作（容忍）还是转向本地化采购的选择。本文首先探讨了中断对全球供应链的影响，然后考虑了从本地供应商订购的选择。此外，我们提出了制造商的容忍策略。

研究发现：1) 面对供应中断，海外供应商的反应取决于其产能受损的程度。应对措施包括提高批发价格、拒绝某些订单、承担紧急费用，或通过假装受影响较小来掩盖其减少的产能。此外，对海外供应商能力的严重损害往往会推动全球供应链本地化的趋势。2) 容忍策略在短期内是有效的，减少了不可见性，增强了全球供应链成员之间的合作。从长期来看，容忍的影响是双重的。在中断的早期阶段，由于放弃了与当地供应商合作的机会，制造商损失了利润。随着海外供应商的复苏，制造商可以从与他的合作中获得更多的收益。3) 容忍策略的应用条件也取决于下述因素：当潜在市场巨大，或制造商的生产成本较低时，即使海外供应商恢复缓慢，也建议实施容忍策略。相反，如果潜在市场有限或制造商的生产成本较高，则最好只在海外供应商恢复迅速时才容忍。

科学意义或应用前景：本文通过以下三个问题的研究，为供应链成员应对全球中断风险提供策略参考。1) 全球供应链成员如何应对供应中断？2) 容忍策略对全球供应链的影响是什么？3) 供应链成员何时以及如何应用容忍策略？

代表性论文 7： Dynamic sourcing strategies for supply disruptions under consumer stockpiling. *Complex & Intelligent Systems*. 2022, 8: 4543–4555. (SSCI/SCI 检索 2 区)

考虑一个制造商到订单系统，其中制造商由于供应中断而停止生产。在缺货期间，顾客会转而购买市场上的竞争产品。通过刻画在可能的销售价格上涨和预期中断持续时间下的客户效用，首先分析了客户囤货行为。随后，在此基础上，建立了制造商动态应急采购策略模型，确定了采购时间和采购数量的最优联合决



策，最大化中断发生后的利润。

研究发现：客户在中断后出现三种囤货行为：不囤货、连续囤货和瞬时囤货。如果中断持续时间短，并且在中断期间没有出现明显的价格上涨，建议客户不囤货。相反，如果中断将持续很短，但销售价格将急剧上涨，则执行整个中断期所需产品量的即时囤货策略。除上述两种情况外，一般情况下应以渐进速度逐步囤货。关于制造商应急采购方面，首先为了避免短期中断，一般建议制造商在出现供应故障时立即从替代性供应商处应急采购。然而，在以下两种情况下，应急采购的优势减弱：中断期间价格大幅上涨，或者库存持有成本大。对于长时间中断，建议制造商等待一段时间再进行临时采购。其次，对于较高的库存持有成本、较短的中断时间或较低的销售价格，建议减少采购数量。同时，本文发现价格的两个组成部分，即中断前的价格和中断期间的价格增长率，在最佳采购时间决策中发挥不同作用。忽略客户的囤货行为可能会造成利润损失。

科学意义或应用前景：首先，为顾客（需求端）提供了三种中断后最优囤货决策模式，并给出了决策的使用条件。其次，为制造商提供了动态应急采购策略，指导相关管理者如何根据库存持有成本、预期中断持续时间、以及中断发生前后的价格等相关因素，有效管理中断。

代表性论文 8：Shanshan Li, Yong He, Stefan Minner. Dynamic Compensation and Contingent Sourcing Strategies for Supply Disruption. **International Journal of Production Research**. 2021, 59(5): 1511-1533. (SSCI/SCI 检索 1 区) 被评为第二十次中国物流学术年会论文优秀奖

基于制造商角度，结合预防性安全库存、应急性“供应端”采购、应急性“需求端”价格补偿，研究联合动态策略，实时最小化供应中断造成的负面影响。为此，考虑如下供应系统：制造商从单一供应商采购。供应中断时，制造商可选择通过安全库存或应急采购原材料来维持生产，以满足部分顾客需求；也可通过补偿激励部分顾客接受延期交货。接受延期的顾客在中断结束后，以“先到先得”原则，依次收到购买产品。考虑到应急采购的提前期，及系统中累积的延期订单，部分顾客可能拒绝接收制造商提供的替代方案。

研究发现：考虑“供应端”与“需求端”的结构联动、预防与应急的阶段联动，中断风险实时最优控制策略由 11 种策略组件构成。基于联动策略，为制造商管理风险提出具体建议：1) 当系统持有库存时，不向客户提供补偿，但是应急货源补充可与库存消耗叠加使用。2) 在向顾客发布包含采购策略的组合时，应优先发布采购策略。3) 中断发生后的初始时刻，可选择含纯库存消耗及组合策略在内的四种策略，主要取决于中断长度、接受延期订单的经济价值、消耗库存的影子价格。4) 终端策略涵盖纯采购、补偿+采购、纯补偿等 7 类，主要由采购



和补偿成本决定。5) 纯策略仅适用于短期供应中断、及其他极端市场环境。基于本文的 11 种策略组件及其对应的时间区间, 构造联合动态策略, 能更广泛有效的管理长期供应中断、并适用于一般市场环境。

科学意义或应用前景: 本文从理论与实践两个方面, 提供了如下贡献与创新。首先, 基于控制理论, 通过动态方程刻画“需求、库存”对中断及制造商提供措施的联动反应, 提出一种构建供应中断动态管理策略的新方法。同时考虑了中断持续和中断恢复两个阶段。其次, 基于两个维度的联动考虑: “供应端”与“需求端”的结构联动、预防与应急的阶段联动, 提出了多种实时管理中断风险的最优控制策略。策略为制造商应如何根据制造系统实时状态(累积订单、库存)和市场顾客实时行为, 联动调整应急采购数量、顾客补偿水平、与库存消耗率, 提供实际指导。同时, 研究结果也详细给出实施策略的具体过程, 例如: 在向顾客发布组合策略时, 应遵循什么样的发布顺序?

3. 研究人员的合作与分工。

本项目的研究人员包括: 李姗姗、曹璇、王景雯、与黄若婧。李姗姗为项目负责人, 负责整个项目的设计和分工、研究问题的数学模型构建与求解、主要论文撰写; 曹璇、王景雯、与黄若婧负责资料整理、市场调研与实证分析。资助项目执行期间, 研究人员未有新增和退出。

4. 国内外学术合作交流等情况。

资助项目执行期间, 共计参加学术会议 9 场, 具体如下:

2023 年 11 月 17 号, 参加安徽工程大学经济与管理学院承办的 2023 年度“数智服务管理”学术论坛暨第四届中国优选法统筹法与经济数学研究会服务科学与运作管理分会学术年会, 小组汇报论《“供应突变-价格上涨”驱动下顾客囤货策略研究》。

2023 年 10 月 13 号, 参加华中科技大学承办的第二十五届中国管理科学学术年会暨中国优选法统筹法与经济数学研究会, 小组汇报论文《供应突变下策略型顾客囤货与企业干预策略研究》。

2023 年 8 月 26 号, 参加由中国系统工程学会物流系统工程专业委员会、管理科学与工程学会管理系统工程分会主办, 南开大学承办的 2023 年第十九届物流系统工程暨第七届管理系统工程学术研讨会。

2023 年 5 月 12 号, 参加由由中国系统工程学会主办、浙江工业大学承办的第六届中国可持续运营与管理学术会议, 小组汇报论文《供应突变下策略型顾客囤货与企业干预策略研究》。

2023 年 4 月 18 号, 参加北京科技大学经济管理学院承办的管理科学与工程学科 2021 年度青年基金项目研究工作交流会, 小组汇报论文《Supply Chain



Hoarding and Contingent Sourcing Strategies in Anticipation of Price Hikes and Product Shortages》。

2022 年 11 月 26 号，线上参加由大连海事大学承办的中国系统工程学会第二十二届学术年会，小组汇报论文《供突发事件驱动异质顾客群体恐慌扩散下价格干预策略研究》。

2022 年 9 月 18 号，参加由东南大学/南京邮电大学分会场承办的十八届物流系统工程暨第六届管理系统工程学术研讨会。

2021 年 7 月 2 号，参加由中国系统工程学会主办、上海财经大学承办的第四届中国可持续运营与管理学术会议，小组汇报论文《Supply Chain Hoarding and Contingent Sourcing Strategies in Anticipation of Price Hikes and Product Shortages》。

2021 年 5 月 21 号，线上参加由四川大学主办，电子科技大学和香港城市大学协办的第十一届信息科学与技术国际会议 (ICIST)，小组汇报论文《Dynamic sourcing strategies for supply disruptions under consumer stockpiling》。

此外，在研究期间，项目组成员与东南大学的何勇教授、慕尼黑工业大学的 Stefan Minner 教授、柏林经济和法律应用技术大学的 Dmitry Ivanov 教授等国内外优秀学者建立了良好学术合作关系，进一步扩展了本项目的研究视野、提高研究成果水平。多篇合作论文在《IIE Transactions》、《European Journal of Operational Research》、《International Journal of Production Economics》、《International Journal of production Research》、《Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review》等国际期刊上发表。

5. 存在的问题、建议及其他需要说明的情况。

无

（二）成果部分

1. 项目取得成果的总体情况。

- 1) 在国内外期刊和会议上公开发表学术论文 11 篇。其中 SCI/SSCI 检索（1 区-2 区）论文 9 篇，CSSCI 检索 1 篇。具体见论文清单。
- 2) 2 篇论文（1 篇第一作者、1 篇合作作者）于 2023 年入选 ESI 高被引论文：清单[1]与[10]。
- 3) 2 篇论文（均为第一作者）分别被评为第二十二次中国物流学术年会论文二等奖、第二十次中国物流学术年会论文优秀奖：清单[1]与[7]。
- 4) 1 篇论文被人大复印资料全文转载：清单[11]。
- 5) 培养全日制硕士研究生 3 名（在读）。
- 6) 参加国内国际学术会议 9 次，并多次进行小组论文汇报。

论文成果清单如下：



- [1] **Shanshan Li**, Yong He, Hongfu Huang, Junyi Lin, Dmitry Ivanov. Supply Chain Hoarding and Contingent Sourcing Strategies in Anticipation of Price Hikes and Product Shortages. **IIE Transactions**, 2023, 1-27. (SSCI/SCI 检索 2 区, 2023 年 ESI 高被引论文, 第二十二次中国物流学术年会论文二等奖)
- [2] Junyi Lin, Hongfu Huang, **Shanshan Li** (通讯作者), M M Naim. On the dynamics of order pipeline inventory in a nonlinear order-up-to system. **International Journal of Production Economics**, 2023(266):109061 (SSCI/SCI 检索 1 区)
- [3] Hongfu Huang, Yong He, Dong Li, **Shanshan Li**. Competing multinationals' backshoring decisions: Tax arbitrage versus production reliability tradeoff. **European Journal of Operational Research**, 2023 (SSCI/SCI 检索 1 区)
- [4] Shibo Jin, Yong He, **Shanshan Li**, Xuan Zhao. Break up or tolerate? The post-disruption cooperation in global supply chains. **International Journal of Production Research**, 2023 (SSCI/SCI 检索 1 区)
- [5] **Shanshan Li**, Yong He, Li Zhou. Dynamic sourcing strategies for supply disruptions under consumer stockpiling. **Complex & Intelligent Systems**. 2022, 8: 4543–4555. (SSCI/SCI 检索 2 区)
- [6] **Shanshan Li**, Yong He, Melissza Salling. Strategic rationing and freshness keeping of perishable products under transportation disruptions and demand learning. **Complex & Intelligent Systems**. 2022, 8: 4513–4527. (SSCI/SCI 检索 2 区)
- [7] **Shanshan Li**, Yong He, Stefan Minner. Dynamic Compensation and Contingent Sourcing Strategies for Supply Disruption. **International Journal of Production Research**. 2021, 59(5): 1511-1533. (SSCI/SCI 检索 1 区, 第二十次中国物流学术年会论文优秀奖)
- [8] **Shanshan Li**, Yong He. Compensation and information disclosure strategies of a green supply chain under production disruption. **Journal of Cleaner Production**. 2021, 281:1-11. (SSCI/SCI 检索 1 区)
- [9] 李姗姗, 马晓芳, 刘莉. 零售商自有产品的生产商选择策略研究. **信息与管理研究**. 2021, 6(1):45-57.
- [10] Shigui Ma, Yong He, Ran Gu, **Shanshan Li**. Sustainable supply chain management considering technology investments and government intervention. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 2021,



149: 102290. (SSCI/SCI 检索 1 区, 2023 年 ESI 高被引论文)

[11] 何勇, 张成义, 李姗姗. 基于两阶段鲁棒优化的无人机载机平台调度研究, **系统工程学报**. 2020, 35(06): 838-848. (CSSCI 检索)

2. 项目成果转化及应用情况。

本项目研究成果在理论上可以完善复杂供应链系统风险管理理论体系, 创新性地建立面向供需突变的自我学习型供应链主动应急与恢复策略理论模型, 从而为供应链决策者进行科学决策提供理论依据。在实际应用方面, 可以有效加强供应链企业结合新兴信息技术应对突发事件的能力, 提高其个体的竞争能力, 增强供应链整体抵抗、响应、适应风险的持续性管理能力。

3. 人才培养情况。

资助项目执行期间, 培养全日制硕士研究生 3 名 (在读)。

4. 其他需要说明的成果。

无

5. 项目成果科普性介绍或展示网站。

在全球产业链供应链稳定性受到严重冲击的背景下, 面向内部多级时变型复杂网络结构、外部信息与行为迅速传播交互的新型复杂“社会生态化”供应链系统, 如何结合新型信息技术, 突破信息沟通壁垒, 全面、迅速、主动的剖析突变风险、信息、多主体扰动行为等在系统内外的“事前、事中、事后”全周期传导、演化过程; 基于此, 针对各个主体所处的不同突变风险阶段、具备的不同自身能力、不同地域等, 主动制定应急与恢复策略, 从而联和有效管理供需突变风险, 实现全球产业链供应链稳定, 是一个亟待解决的问题。围绕该问题, 本项目一方面探索面向供需突变全生命周期、以数字化供应链映射网络为载体的信息、行为、与风险的交互协同演化过程, 实现风险的主动感知、动态预警; 另一方面基于“风险-信息-行为”协同演化过程, 深入探索基于自我学习型供应链的主动应急与适应恢复策略方案集, 为供应链风险提供新的管理方法。



研究成果目录

项目负责人通过系统，从文献库中检索研究成果或者按要求格式自行填入。请按照期刊论文、会议论文、学术专著、专利、会议报告、标准、软件著作权、科研奖励、人才培养、成果转化的顺序列出，其它重要研究成果如标本库、科研仪器设备、共享数据库、获得领导人批示的重要报告或建议等，应重点说明研究成果的主要内容、学术贡献及应用前景等。

项目负责人不得将非本人或非参与者所取得的科研成果、与受资助项目无关的科研成果、未标注国家自然科学基金资助和项目批准号的论文以及取得时间早于项目资助期开始时间的研究成果列入报告中。发表的科研成果（包括专利），项目负责人和参与者均应如实注明得到国家自然科学基金项目资助和项目批准号，科学基金作为主要资助渠道或者发挥主要资助作用的，应当将自然科学基金作为第一顺序进行标注。

期刊论文

- (1) **Li, Shanshan**; He, Yong; Huang, Hongfu; Lin, Junyi; Ivanov, Dmitry; Supply Chain Hoarding and Contingent Sourcing Strategies in Anticipation of Price Hikes and Product Shortages, *IIE Transactions*, 2023. SCIE. 第一标注
- (2) **Li, Shanshan**; He, Yong; Minner, Stefan; Dynamic compensation and contingent sourcing strategies for supply disruption, *International Journal of Production Research*, 2021, 59(5): 1511-1533. SCIE. 第一标注
- (3) **Li, Shanshan**; He, Yong; Compensation and information disclosure strategies of a green supply chain under production disruption, *Journal of Cleaner Production*, 2021, 281(prepublish): 0-124851. SCIE, SSCI, EI, 其他. 第一标注
- (4) Junyi Lin; Hongfu Huang; **Shanshan Li**; Mohamed M. Naim; [On the dynamics of order pipeline inventory in a nonlinear order-up-to system](#), *International Journal of Production Economics*, 2023, 109061. SCIE. 第三标注
- (5) **Li, Shanshan**; He, Yong; Salling, Melissza; Strategic rationing and freshness keeping of perishable products under transportation disruptions and demand learning, *Complex & Intelligent Systems*, 2022, 8(6): 4513-4527. SCIE. 第一标注



- (6) **Li, Shanshan**; He, Yong; Zhou, Li; Dynamic sourcing strategies for supply disruptions under consumer stockpiling, *Complex & Intelligent Systems*, 2022, 8(6): 4543-4555. SCIE. 第一标注
- (7) **李姗姗**; 马晓芳; 刘莉; 零售商自有产品的生产商选择策略研究, *信息与管理研究*, 2021, 6(01): 45-57. 其他. 第一标注
- (8) Hongfu Huang; Yong He; Dong Li; Shanshan Li; [Competing multinationals' backshoring decisions: Tax arbitrage versus production reliability tradeoff](#), *European Journal of Operational Research*, 2023, 311(2): 515-532. SCIE. 第三标注
- (9) Shibo Jin; Yong He; Shanshan Li; Xuan Zhao; [Break up or tolerate? The post-disruption cooperation in global supply chains](#), *International Journal of Production Research*, 2023, 1-16. SCIE. 第三标注
- (10) Ma, Shigui; He, Yong; Gu, Ran; **Li, Shanshan**; Sustainable supply chain management considering technology investments and government intervention, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021, 149: 0-102290. SCIE. 第三标注
- (11) 何勇; 张成义; **李姗姗**; 基于两阶段鲁棒优化的无人机载机平台调度问题, *系统工程学报*, 2020, 35(06): 838-848+864. CSSCI, 北大中文核心期刊, 其他. 第四标注

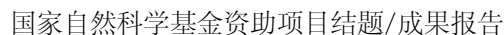
学术交流

- (1) 2021-5-21至2021-5-23, 参加第十一届信息科学与技术国际会议 (ICIST), 成都, 李姗姗.

项目成果应用前景

本项目成果拟应用领域: 1、供应链采购系统 2、供应链库存系统 3、供应链风险控制系统

预计在5年以内推广使用

[illegible]



国家自然科学基金项目资金决算表

项目批准号：72001113		项目负责人：李姗姗			金额单位：万元		
序号	科目名称	预算数			累计支出数	结余数	结余占比
		批准预算	预算调整	调整后预算			
		(1)	(2)	(3) = (1) + (2)			
1	项目总经费	30.0000	0.0000	30.0000	-	-	14.40%
2	项目直接费用	24.0000	0.0000	24.0000	19.6806	4.3194	-
3	1、设备费	0.5000	0.0000	0.5000	0.4674	0.0326	-
4	其中：设备购置费	0.5000	0.0000	0.5000	0.4194	0.0806	-
5	2、业务费	13.3900	0.0000	13.3900	9.3032	4.0868	-
6	3、劳务费	10.1100	0.0000	10.1100	9.9100	0.2000	-
7	项目间接费用	6.0000	0.0000	6.0000	-	-	-

注：1. 本表仅填列自然科学基金批准资助的项目经费决算情况，其他来源资金的经费决算情况不属于本表填报范围；
2. 本表中（1）、（3）、（5）、（6） 栏为系统自动生成，不需项目负责人填写；本表中（2） 栏填列预算调整数；本表中（4）栏填列项目的实际支出数；
3. 本表中第7行数值由系统自动生成，不需项目负责人填写；
4. 第7行“预算调整”栏请参照《国家自然科学基金预算制项目决算表编制说明》中有关要求填列。

附件：

国家自然科学基金预算制项目决算表

项目批准号：

72001113

项目负责人：

李姗姗

金额单位：30万元

序号	科目名称	预算数			累计支出数	结余数	结余占比
		批准预算	预算调整	调整后预算			
		(1)	(2)	(3) = (1) + (2)	(4)	(5) = (3) - (4)	(6)
1	项目总经费	30	0	30			
2	项目直接费用	24	0	24	19.6806	4.3194	
3	1、设备费	0.5	0	0.5	0.4674	0.0326	
4	其中：设备购置费	0.5	0	0.5	0.4194	0.0806	
5	2、业务费	13.39	0	13.39	9.3032	1.6868	
6	3、劳务费	10.11	0	10.11	9.91	0.1	
7	项目间接费用	6	0	6	—	—	

注：1. 本表仅填列自然科学基金批准资助的项目经费决算情况，其他来源资金的经费决算情况不属于本表填报范围；
2. 本表中（1）、（3）、（5）、（6）栏为系统自动生成，不需项目负责人填写；本表中（2）栏填列预算调整数；本表中（4）栏填列项目的实际支出数；
3. 本表中第7行数值由系统自动生成，不需项目负责人填写；
4. 第7行“预算调整”栏请参照《国家自然科学基金预算制项目决算表编制说明》中有关要求填列。

决算说明书

财务处

(请按照《国家自然科学基金预算制项目决算表编制说明》等的有关要求,说明项目预算支出情况、预算调整情况、资金结余情况、合作研究外拨资金情况、单价50万元(含)以上的设备情况、资金管理和使用过程中的问题建议,以及其他需要说明的事项。)

一、设备费支出: 0.4674万元

主要用于购买和维修科研项目研讨所需小型设备。

- (1) 设备维修: 480 元
- (2) 购买联想笔记本电脑: 4194元

二、业务费支出: 9.3032万元

- (1) 差旅/会议/国际合作与交流费: 54630元

- 1) 主要用于等会议的交通、住宿费用、注册费用,计41127。
- 2) 调研所需的市区以及短距离交通费用13503。

- (2) 出版/文献/信息传播/知识产权事务费: 13756元

- 1) 论文出版与编辑费用、与项目研究相关的文献检索查新等费用,计5743元。
- 2) 文印以及图书费用,计8013元。

- (3) 材料以及办公用用品费: 24646元

主要用于购买本项目研究过程中所需要的通讯、购买低值易耗品和办公用品等,如U盘、硬盘等移动存储设备,图书,研究日常复印、打印、扫描等所需消耗的硒鼓、墨盒、打印纸等。

三、劳务费支出: 9.91万元

主要用于研究生劳务、专家及其他科研辅助人员的咨询费,具体如下:

- 1) 研究生: 54900元。主要用于文献、相关资料的搜集、整理,相关科研活动辅助。
- 2) 其他科研辅助人员: 44200元。主要用于在实践调研和理论模型构建时咨询与辅助。



签字及审核意见表

项目负责人承诺：

我所承担的项目（编号：72001113 名称：供需突变下自我学习型供应链主动应急与适应恢复策略研究）结题报告内容真实，数据准确，未出现《国家科学技术保密规定》中列举的属于国家科学技术秘密范围的内容。在今后的研究工作中，如有与本项目相关的成果，将如实注明得到国家自然科学基金项目资助和项目批准号，并报送国家自然科学基金委员会。

项目负责人（签章）：

日期：

依托单位科研管理部门：

负责人（签章）：

日期：

依托单位财务管理部门：

负责人（签章）：

日期：

依托单位审查意见：

依托单位公章：

科学处审核意见：

完成情况
综合评分
(划√)

优

良

中

差

负责人（签章）：

日期：

科学部核准意见（对重点项目等）：

负责人（签章）：

日期：

分管委领导意见（对重大项目等）：

委领导（签章）：

日期：



电子附件目录

序号	附件类型	附件名称	备注
1	论著	IISE-2023	第一作者，2023ESI高被引
2	论著	ijpr-2021-封面+基金号页	第一作者
3	论著	jcp-2021	第一作者
4	论著	ijpe-2023-封面+基金号页	通讯作者
5	论著	CIAS-2022-dynamic	第一作者
6	论著	CIAS-2022-strategic	第一作者
7	论著	信息与管理研究-2021	第一作者
8	论著	ejor-2023-封面+基金号页	
9	论著	ijpr-2023-封面+基金号页	
10	论著	tre-2021-封面+基金号页	2023ESI高被引
11	论著	系统工程学报-2021-封面+基金号页	