

## 供应链韧性影响因素研究: 基于 SEM 与 fsQCA 方法

马潇宇<sup>1</sup>, 黄明珠<sup>1</sup>, 杨朦晰<sup>2,3</sup>

(1. 北京外国语大学 国际商学院, 北京 100089; 2. 中国科学院大学 经济与管理学院, 北京 100190; 3. 中国科学院大学 数字经济监测预测预警与政策仿真教育部哲学社会科学实验室(培育), 北京 100190)

**摘要** 近年来, 各种安全风险事件显著增多使得大量企业的供应链遭遇冲击甚至发生中断, 供应链韧性已成为学术界、产业界和政府共同关注焦点. 本文从单一和多元组态视角出发, 构建了供应链韧性影响因素研究模型, 以 622 份企业的有效数据为样本, 采用结构方程模型 (SEM) 和模糊集定性比较分析 (fsQCA) 方法进行了实证分析. 研究发现: 1) 灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作均能够对供应链韧性产生正向影响. 2) 高灵活性、高敏捷性、高重塑性、高可视性、强供应链合作均无法单独构成高供应链韧性的必要条件. 3) 高供应链韧性存在 3 类驱动组态, 分别是敏捷性 \* 重塑性 \* 供应链合作构成的高敏捷型组态、~ 灵活性 \* 重塑性 \* 可视性 \* 供应链合作构成的高可视型组态、~ 灵活性 \* 敏捷性 \* 可视性 \* 供应链合作和灵活性 \* 敏捷性 \* 可视性 \* 重塑性构成的敏捷可视兼具型组态. 高供应链韧性背后是多因素的协同作用, 各因素的有效组合以“殊途同归”的方式提升供应链韧性. 本研究系统性地探讨了供应链韧性影响因素, 以期为企业提升供应链韧性提供理论指导和管理启示.

**关键词** 供应链韧性; 结构方程模型; 模糊集定性比较分析

## Research on the influencing factors of supply chain resilience: Based on SEM and fsQCA

MA Xiaoyu<sup>1</sup>, HUANG Mingzhu<sup>1</sup>, YANG Mengxi<sup>2,3</sup>

(1. International Business School, Beijing Foreign Studies University, Beijing 100089, China; 2. School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 3. MOE Social Science Laboratory of Digital Economic Forecasts and Policy Simulation, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract** In recent years, with the significant increase of various security risk events, the supply chain of a large number of enterprises has been impacted or even interrupted. Supply chain resilience has become the common focus of academy, industry and government. From the perspective of single and multiple configurations, this paper constructs research models for the influencing factors of supply chain resilience. Based on 622 valid samples of enterprises, this study applies structural equation model (SEM) and fuzzy set qualitative comparative analysis

收稿日期: 2022-12-03

**作者简介:** 马潇宇 (1987-), 女, 山西吕梁人, 博士, 副教授, 研究方向: 供应链与物流管理, E-mail: maxiaoyu@bfsu.edu.cn; 黄明珠 (1999-), 女, 湖南岳阳人, 硕士研究生, 研究方向: 供应链与物流管理, E-mail: 15207151239@163.com; 通信作者: 杨朦晰 (1992-), 男, 河南镇平人, 博士, 副教授, 研究方向: 人工智能与组织管理, E-mail: yangmengxi@ucas.ac.cn.

**基金项目:** 北京市社会科学基金 (21GLC043)

**Foundation item:** Beijing Social Science Foundation (21GLC043)

**中文引用格式:** 马潇宇, 黄明珠, 杨朦晰. 供应链韧性影响因素研究: 基于 SEM 与 fsQCA 方法 [J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(9): 2484-2501.

**英文引用格式:** Ma X Y, Huang M Z, Yang M X. Research on the influencing factors of supply chain resilience: Based on SEM and fsQCA[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2023, 43(9): 2484-2501.

(fsQCA) for empirical analysis. The research shows that: 1) Flexibility, agility, reconfiguration, visibility and supply chain cooperation can have positive impacts on supply chain resilience. 2) High flexibility, high agility, high reconfiguration, high visibility and strong cooperative relationship cannot be the necessary conditions for high supply chain resilience alone. 3) There are three driving configurations for high supply chain resilience, namely, high agility configuration consisting of agility \* reconfiguration \* supply chain cooperation, high visibility configuration consisting of ~flexibility \* reconfiguration \* visibility \* supply chain cooperation, and agile visual dual configuration consisting of ~flexibility \* agility \* visibility \* supply chain cooperation and flexibility \* agility \* visibility \* reconfiguration. The high supply chain resilience is the synergy of multiple factors, and the effective combination of various factors promotes the supply chain resilience in the way of “different paths lead to the same goal”. This research systematically discusses the influencing factors of supply chain resilience, which can provide theoretical guidance and managerial insight for enterprises to improve supply chain resilience.

**Keywords** supply chain resilience; structural equation model (SEM); fuzzy set qualitative comparative analysis (fsQCA)

## 1 引言

当前,世界正在经历百年未有之大变局.经济全球化遭遇阻力,贸易保护主义有所上升,俄乌冲突持续加剧,全球治理体系正在发生深刻变革,各种不确定性、不稳定性、不可预见性事件显著增多.原料紧缺、生产停滞、产品断供、物流不畅等情况时有发生,大大阻碍了人、财、物等资源流通,给“牵一发而动全身”的供应链带来了较大冲击,供应链脆弱性和中断风险愈加明显.以汽车制造行业为例,2022年上半年长春、上海等地疫情爆发以来,蔚来汽车暂停整车生产,特斯拉超级工厂暂时关闭,汽车制造龙头企业由于零部件供应不足等大面积停产,供应链遭遇断裂,产能损失严重.国家统计局公布的采购经理指数(PMI)数据显示,2022年4月我国制造业和非制造业的供应商配送时间指数分别为37.2%和42.8%,环比下降9.3%和2.4%,刷新了2020年2月份后的最低值,制造业和非制造业交货显著延迟.供应链压力持续加剧,供应链稳定性面临严峻挑战,中断风险不容忽视.

与此同时,各国政府也深刻认识到了供应链中断风险问题,供应链韧性的重要性逐渐从企业微观层面上升至国家战略高度.早在2012年,美国的《全球供应链安全国家战略》中就提出要把“形成韧性供应链”作为国家战略目标.2021年拜登政府又签署了行政命令,要求对半导体芯片等四大关键领域的供应链风险展开百日审查,并向国会倡议编制一项供应链韧性计划,以更好地监控和应对供应链挑战.2020年,欧盟发布《欧洲数据战略》、《欧洲新产业战略》,推出《供应链法》草案、《芯片法案》,力图保障自身供应链韧性.2021年,日本发布《经济财政运营与改革基本方针2021》,加大对半导体等战略物资供应链的集中投资,鼓励企业生产的多元化、分散化,增强供应链韧性,减少对进口的依赖.

我国政府近年来也高度重视供应链韧性.2020年12月,中央经济工作会议特别指出,产业链供应链安全稳定是构建新发展格局的基础.习近平总书记在2020年第21期《求是》杂志重要文章中提到,产业链供应链在关键时刻不能掉链子,这是大国经济必须具备的重要特征.2021年10月,习近平总书记在G20领导人第16次峰会上发表重要讲话,强调要维护产业链供应链安全稳定,畅通世界经济运行脉络.2022年10月,中国共产党二十大报告中强调着力提升产业链供应链韧性和安全水平.由此可见,构建安全稳定富有韧性的供应链已经成为大势所趋.

所谓供应链韧性(supply chain resilience),是指供应网络中组织保持动态平衡、对破坏性事件作出反应并从中恢复的一种复杂的适应性能力<sup>[1]</sup>.它能够帮助企业在供应链受冲击后做出更迅捷、更有利的反应,从而降低供应链运营风险、减少供应链损失,打造竞争优势.如何构建富有韧性的供应链是近年来学术界、产业界、政府共同关心的重要问题,致力于这一目标,供应链韧性影响因素的探究成为了其中一项关键议题.然而目前关于供应链韧性影响因素的研究主要从定性分析的角度展开,以案例研究和现象描述为主,部分学者运用数学建模的方法进行研究,关于供应链韧性影响因素的实证研究尚不多见.

而且,大多数研究主要关注不同影响因素的独立作用,缺乏从整体视角对供应链韧性背后多重影响因素组合效应的研究.整体视角的研究能够进一步探讨实现高供应链韧性的组合路径,以及不同因素间的联动效应,深化供应链韧性的影响机制研究.

为此,本文在文献调研的基础上,以622份企业的有效数据为样本,综合运用SEM结构方程模型和fsQCA模糊集定性比较分析方法,整合动态能力和信息处理层面的多种因素,探讨供应链韧性的影响因素及因素组合机制.在第一阶段,本文运用SEM结构方程模型,分析单个变量对供应链韧性影响,在第二阶段,采用fsQCA方法,应用组态思维,进一步研究不同因素组合对供应链韧性的组态效应,试图回答“哪些因素影响了供应链韧性?”“这些因素的组合搭配会如何影响供应链韧性?”“企业如何利用自身资源建设富有韧性的供应链?”等问题,以期对企业提升供应链韧性提供理论指导和管理启示.

本文的创新性主要体现在:1)通过大样本实证分析,从动态能力理论和信息处理理论角度,运用SEM方法全面验证了灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作对供应链韧性的正向作用,为供应链韧性影响因素研究提供了实证数据支撑.2)创新性地运用fsQCA方法研究供应链韧性问题,将多种因素纳入同一分析框架,从整体视角探究了多种因素对供应链韧性的协同互动效应,提出了实现高供应链韧性的多种组合机制,同时也拓展了fsQCA方法的应用范围.3)响应学术界关于主流统计方法和定性比较分析方法混合研究的呼吁<sup>[2]</sup>,系统性地探讨了供应链韧性影响因素,深化了研究结论.

## 2 文献综述

### 2.1 供应链中断

过去许多企业在追求供应链效率的目标下往往采取准时制(just-in-time)生产制造模式,在降低运营成本的同时也使得供应链面临更多突发性风险,削弱了供应链应对环境变化的能力,导致供应链中断事件时有发生.供应链中断(supply chain disruption)是供应链面临的重大挑战,是供应链领域学者讨论的热点问题,它是指在突发意外事件的影响下供货量、需求量、成本或质量与供应链预定管理目标发生显著偏离<sup>[3]</sup>.根据意外风险来源的不同,供应链中断风险包括两种类型:一是内生性中断风险,二是外生性中断风险.内生性中断风险主要来自供应链内部,如单个企业的设备故障、财务危机造成的供应链中断.外生性中断风险来自供应链外部环境,一般具有突发性和较强的不可抗力,如新冠疫情、俄乌战争冲突导致的供应链中断<sup>[4]</sup>.供应链中断破坏了供应链生产和交付商品的能力,阻碍了供应链的正常运行,对企业的服务质量和经营绩效产生严重的负面影响,对经济社会的稳定发展造成巨大威胁.

供应链中断事件的频繁发生催生了对供应链中断风险的治理需求,为减轻供应链中断的影响,企业更加注重构建灵活有韧性的供应链,也因此引发了学术界学者关于供应链韧性的探究.Pettit等认为由于供应链中断事件难以完全避免,韧性能力的提升是改进供应链管理的重要手段<sup>[5]</sup>.Nooraie和Parast指出通过投资更多的韧性能力建设,企业能够减少供应链中断带来的负面影响<sup>[6]</sup>.刘婧怡<sup>[7]</sup>表明供应链中断的治理需要尽可能地增强供应链韧性和弹性,减小中断期限,避免中断后果的扩大化.牛保庄等<sup>[8]</sup>通过供应商和品牌商的博弈模型,研究了存在跨境供应中断可能性时,中国品牌商是否有动机与本土供应商合作,采取双源采购策略保障供应稳定,增强供应链稳健性.Jabbarzadeh等<sup>[9]</sup>建立了一个能够提升闭环供应链系统抗干扰能力的随机鲁棒优化模型,通过有效地处理闭环供应链系统中存在的不确定因素,保证系统在遇到突发中断事件时具有较强的恢复能力.可见,供应链韧性伴随着供应链中断治理需求应运而生,是企业应对供应链中断冲击、改善供应链表现的有效途径.

### 2.2 供应链韧性的定义

“韧性”这一术语起源于材料科学领域,在材料科学中,韧性是指“材料在变形后恢复到原始形状且不超过其极限能力的特性”<sup>[10]</sup>.目前,韧性应用范围较为广泛,已涵盖生态学、工程学、心理学以及社会学等多个学科.在生态学中,韧性指系统在面对状态变量、驱动变量和参数变化时,能够吸收这些变化并且保持持久性的能力<sup>[11]</sup>.工程学中的韧性是指系统受到扰动后恢复到原始稳定状态所需要的距离和时间<sup>[12,13]</sup>.心理学中的韧性是个体应对逆境的承受、调整和恢复能力,韧性水平的高低会对个体心理产

生重要影响,使得个体的人生发展轨迹产生较大的差异<sup>[14]</sup>。Timmerman<sup>[15]</sup>认为社会学里的韧性 with 抵抗力有关,是指社会系统在遭受危险事件和外部冲击时,能够吸收这些冲击并从中恢复过来的能力。

供应链韧性 (supply chain resilience) 是个新兴的研究领域,最早的供应链韧性研究始于 2000 年英国民众抗议燃油涨价及 2001 年美国“9·11”恐怖袭击导致的供应链中断事件<sup>[16]</sup>。关于供应链韧性的定义,学术界尚未形成统一表述,不同学者根据不同的研究角度表明了各自的见解,如表 1 所示。

从已有的文献中可以看出,不同的学者关于供应链韧性的定义虽然存在差异,但大多数学者都强调了面对供应链中断风险时的反应和恢复能力。本文结合已有文献的共识,认为供应链韧性作为一种重要的供应链风险应对能力,能够帮助供应链的主体要素——企业从中断冲击中选择灵活敏捷的方式恢复到正常运行的状态,甚至实现突破性的成长。值得注意的是,我国学者在将“Supply Chain Resilience”翻译为中文时,部分学者将其翻译为供应链弹性进行研究,由于供应链韧性和供应链弹性两者所表示的含义基本相同,所以本文也参考引用了供应链弹性的相关文献以作全面研究。

表 1 不同学者关于供应链韧性的定义

学者	供应链韧性定义
Rice 和 Caniato <sup>[10]</sup>	对意料之外的中断做出反应并恢复正常运营的能力
Christopher 和 Peck <sup>[17]</sup>	系统受到干扰后,在可接受的时间内恢复到原始状态的能力
Pettit 等 <sup>[18]</sup>	企业面对扰动变化生存、适应和成长的能力
Blackhurst 等 <sup>[19]</sup>	企业从中断事件中的恢复能力
Ambulkar 等 <sup>[20]</sup>	企业对供应链中断所带来的变化保持警惕、适应和快速反应的能力
Yao 和 Fabbe-Costes <sup>[1]</sup>	供应网络中组织保持动态平衡、对破坏性事件作出反应并从中恢复的一种复杂的适应性能力,通过吸收负面影响、应对意外变化和利用成功或失败的知识来恢复绩效
李维安和马茵 <sup>[21]</sup>	供应链在受到冲击、面临中断风险时,具有核心能力的企业能够迅速调整组织结构,灵活统筹企业资源来应对环境变化,在新环境下快速响应顾客需求,恢复供应状态并保证持续供应,使之在危机中受益的能力
刘婷婷 <sup>[22]</sup>	企业快速识别风险、应对供应中断并从中恢复的能力
樊雪梅和卢梦媛 <sup>[23]</sup>	在非常规扰动风险下灵活应对和持续运营的能力

### 2.3 供应链韧性的影响因素

为更好地探讨供应链韧性问题,一些学者从定性和定量研究角度探索地研究了供应链韧性的影响因素。从定性角度来看,大多数文献采用文献综述法、访谈法、案例分析法等来探讨供应链韧性的前因要素。如 Francesco 和 Tuncer<sup>[24]</sup>通过对已有文献的分析综述,指出灵活性、敏捷性、速度性、可见性和冗余资源是影响供应链韧性的重要因素。Osaro 等<sup>[25]</sup>通过对马来西亚制药业供应链人员进行半结构化访谈,归纳总结出供应链脆弱性与供应链能力共同作用于供应链韧性,其中供应链脆弱性受敏感性、连通性、动荡程度、外部压力影响,供应链能力受供应商分散性、合作关系、灵活性、可见性、资源储备等影响。Scholten 和 Schilder<sup>[26]</sup>基于食品加工行业的案例研究,表明信息共享等协作活动对供应链韧性有积极影响。Tukamuhabwa 等<sup>[27]</sup>以发展中国家为背景,通过访谈分析得出威胁、战略和结果的相互关联性以及供应网络的嵌入性会对韧性产生影响。王宇奇等<sup>[28]</sup>对国内外期刊文献进行检索分析,发现影响供应链弹性的因素非常复杂和多样化。其中,信息共享水平、灵活性、仓储节点库存能力、合作性等被认为是影响供应链弹性的重要因素。

从定量角度来看,一些学者采用结构方程模型、线性回归、数学建模等方法研究供应链韧性问题。刘家国等<sup>[29]</sup>以突发风险事件为背景,构建了供应链脆弱性削减机制模型,借助结构方程模型进行研究,发现供应链柔性 and 敏捷性对弹性具有积极的促进作用。刘藩<sup>[30]</sup>以武汉地区企业为样本搜集数据,采用普通最小二乘法进行回归分析得出,企业创新程度越高,供应链弹性越强。Wang 和 Zhao<sup>[31]</sup>基于韧性系数、系统所受力、形变量等因素,构建了供应链韧性的数学模型。研究表明,在需求扰动时,供应商之间的关系对供应链韧性有着重要影响。他们认为,与韧性强的供应商合作可以有效提升整个供应链的韧

性,因为这些供应商能够更好地应对扰动,减少中断并快速恢复正常运营.田丹等<sup>[32]</sup>建立了合作中断风险下关键合作关系识别优化模型,并提出了一系列保护策略,旨在增强系统应对合作风险中断时的弹性能力.蔡政英和肖人彬<sup>[33]</sup>建立了具备可变结构和自学习机制的供应链弹性制造模型,并提出可以从企业文化、业务弹性和弹性管理信息系统等方面优化供应链弹性.

## 2.4 评述总结

从已有文献中可以看出,供应链韧性的发展与供应链中断的治理需求相契合,目前对于供应链韧性管理的研究以定性研究为主,运用真实企业调研数据进行分析的实证研究并不多见,部分实证研究涉及的地区或行业较为有限,仅就单个或部分因素对供应链韧性的影响展开研究,且往往采用单一的研究方法进行分析.根据王宇奇等<sup>[28]</sup>对于供应链弹性研究的综述,未来研究可从供应链弹性演化机理的定量与实证研究方面展开,同时顾旻灏和霍宝锋<sup>[34]</sup>在供应链弹性研究的综述中也指出供应链弹性的影响机制有待进一步研究.因此本文基于622份企业调查问卷数据,综合运用结构方程模型和模糊集定性比较分析两种研究方法,系统性地探究影响供应链韧性的因素以及不同因素的组合作用,明晰提升供应链韧性的多种路径机制,为企业优化供应链韧性提供管理启示.

## 3 理论分析与研究假设

### 3.1 基于动态能力理论的供应链韧性影响因素分析

动态能力理论强调了资源能力的动态属性,始于 Teece 等<sup>[35]</sup>提出的动态能力概念和范式,其中“动态”是指能够根据外部环境变化不断进行调整革新,“能力”则包括构建、整合和重组再运用的能力.该理论要求企业能够感知外界机遇与威胁,进行动态能力调整,与外部环境变化保持动态匹配.而供应链韧性针对的正是动态变化、难以预测的环境下,外部冲击造成的供应链中断场景,两者具有天然的联系性.Lee 和 Rha<sup>[36]</sup>也表明动态能力的构建过程是供应链韧性提升的过程.Bruset 和 Teller<sup>[37]</sup>运用动态能力理论,验证了灵活性和集成能力对供应链韧性的正向作用.蒲国利等<sup>[38]</sup>结合动态能力和风险管理的观点,认为可以从灵活能力、敏捷能力、适应能力刻画供应链弹性.Sirmon 等<sup>[39]</sup>基于动态能力理论,表明企业需要重新调整其资源和流程以快速适应中断威胁带来的变化.从现有文献中,发现灵活性、敏捷性、重塑性是目前基于动态能力理论视角下供应链韧性文献讨论的焦点.灵活性、敏捷性和重塑性等属性体现了企业的一种动态能力,能够帮助企业调整资源配置,转变运作活动,从而有效应对中断事件,实现快速恢复.因此本文基于动态能力理论研究灵活性、敏捷性、重塑性对供应链韧性的影响.

灵活性(Flexibility)是指企业易于改变系统要素的数量和异质性,以应对外界变化的性能,具体包括新产品灵活性、规模灵活性、品种灵活性以及定制灵活性等<sup>[40]</sup>.Sheffi 和 Rice<sup>[41]</sup>认为对灵活性的投资是提高韧性最重要的步骤.灵活的运输系统、灵活的生产设施、灵活的产能安排都是企业应对变化环境,增强供应链韧性的重要资源<sup>[42]</sup>.Luiz 等<sup>[43]</sup>通过对巴西汽车供应链的调查发现,提高采购的灵活性能够优化供应链韧性.Kamalahmadi 和 Parast<sup>[44]</sup>认为供应商灵活性避免了原材料短缺导致的供应链断裂,是构建供应链韧性的关键要素.Bruset 和 Teller<sup>[37]</sup>表明灵活性增加了供应链对中断的反应.因此本文提出假设 H1a.

**H1a** 灵活性正向影响供应链韧性.

敏捷性(Agility)是企业对不可预见变化的一种快速响应能力,它能够压缩反应时间,维持企业竞争优势<sup>[45]</sup>.供应链具有牵一发而动全身的特点,某一环节的断裂会影响整个系统.许多供应链面临风险冲击,正是由于它们不能够及时响应市场需求变化或外部供应中断.Jain 等<sup>[46]</sup>认为敏捷性能够快速响应中断事件,减少反应时间,提高企业可靠性,从而增强供应链韧性.敏捷性使得企业更快地展开行动,选择合适的计划和战略来减少中断的影响,从而实现更快速的恢复<sup>[47,48]</sup>.在 Sullivan-Taylor 和 Branicki<sup>[49]</sup>对11位中小企业决策者的研究中,管理者认为敏捷性是增强韧性的重要能力.因此本文提出假设 H1b.

### H1b 敏捷性正向影响供应链韧性.

重塑性 (Reconfiguration) 是指企业为适应环境变化, 将拥有的能力和资源进行重新配置或调整的能力<sup>[50]</sup>. 供应链中断阻碍了供应链内商品和服务的正常流动, 造成对现有资源价值和效用的模糊性. 面对中断, 企业可能会感觉到新的威胁或机会, 并重新配置或调整其资源基础, 以减少威胁和利用机会. Blackhurst 等<sup>[19]</sup> 认为能够在动态环境中重组其资源的企业有更大的机会减轻中断影响. Mandal<sup>[50]</sup> 对印度各行业进行了关于供应链韧性前因的调查, 发现供应链重构是建立供应链韧性的重要因素, 通过对资源、结构、流程进行重构, 可以进一步帮助供应链成员优化资源配置, 提高供应链效率. 陈金晓和陈剑<sup>[51]</sup> 提出供应链生态重塑可以形成更具张力和韧性的供应链, 提高供应链风险管控水平, 构建更加安全稳定的供应链体系. 因此本文提出假设 H1c.

### H1c 重塑性正向影响供应链韧性.

## 3.2 基于信息处理理论的供应链韧性影响因素分析

信息处理理论最早由 Simon<sup>[52]</sup>、Thompson 等<sup>[53]</sup> 学者提出, Galbraith 等<sup>[54,55]</sup> 加以发展成型, 其核心观点是通过匹配组织信息处理需求与信息处理能力, 以获取良好的组织绩效. Galbraith 等<sup>[54,55]</sup> 指出市场需求、技术变革、环境风险等不确定性是组织信息处理需求的来源, 而组织的结构、流程、机制等组织设计策略则反映了其信息处理能力. 组织既是一个社会开放系统, 也是一个信息处理系统, 运作过程中需要处理涉及组织内外部的各种不确定性<sup>[56]</sup>. Jain 等<sup>[46]</sup> 认为信息处理理论为供应链韧性研究提供了理论基础, 有助于解释供应链可视性、最小化不确定性等对供应链中的信息处理作用. 以信息处理理论为基础, Mandal<sup>[57]</sup> 通过实证研究表明供应链可视性促进了链上企业的信息共享, 缓解了牛鞭效应, 从而对供应链韧性产生积极影响. Tenhiala 和 Salvador<sup>[58]</sup> 从信息处理理论的角度, 指出组织内的正式和非正式沟通渠道能够促进供应链上成员对异常信息的合作处理, 缓解供应链运营故障, 增强供应链韧性. 在 VUCA 时代, 企业面临的环境不稳定性 (Volatility)、不确定性 (Uncertainty)、复杂性 (Complexity) 及模糊性 (Ambiguity) 大大增加, 而可视性和供应链合作可以帮助企业打破信息孤岛, 减少不确定性, 增强信息处理能力, 从而有效应对供应链中断, 提高供应链韧性. 因此本文基于信息处理理论探究可视性和供应链合作对供应链韧性的影响.

可视性 (Visibility) 展示了供应链实体端到端的订单、库存、运输、配送以及环境中有关事件的信息<sup>[59]</sup>. 可视性可以获得当前或潜在变化的信息, 实现实时监测, 建立预警指标, 防止动荡<sup>[17]</sup>. 从信息处理理论视角来看, 可视性增强了供应链中信息的透明度, 减少了不确定性, 能够帮助企业实时把握更多有效决策信息, 降低运营风险, 提高供应链断裂的恢复效率. Pettit 等<sup>[60]</sup> 指出大数据、云计算和区块链等数字技术正在引领着供应链的创新和变革, 提高了供应链的透明度和可视性, 从而促进了供应链应变能力和韧性的提升. Brandon-Jones 等<sup>[47]</sup> 认为供应链的可视性和供应链韧性之间存在正相关关系. Mandal<sup>[57]</sup> 研究发现, 供给和需求的可视化提供了更充分的信息, 可以帮助企业更精确地分析供应链上下游流程和环节的变化, 并根据变化及时采取有针对性的应对措施, 从而在供应链断裂发生后实现快速有效的恢复, 增强供应链韧性. 因此本文提出假设 H2a.

### H2a 可视性正向影响供应链韧性.

供应链合作 (supply chain coopreation) 是指两个或多个自主企业共同计划和执行供应链运营<sup>[61]</sup>. Richey 和 Autry<sup>[62]</sup> 认为供应链合作是“在危机中将供应链合作伙伴凝聚在一起的粘合剂”. 信息处理理论认为合作关系的建立增加了组织沟通和连接的渠道, 促进了组织内信息的流动, 提高了信息整合处理能力. Muckstadt 等<sup>[63]</sup> 在研究中提出了合作关系对于提高供应链韧性的重要性, 表明增强供应链成员的合作关系和合作强度, 可以建立共同信任, 促进信息共享和风险管理, 减少运营环境不确定性, 从而提高供应链韧性. Philip 和 Cesar<sup>[64]</sup> 通过对猪肉供应链的分析发现, 生产者之间横向合作、零售商之间的纵向合作可以优化供给调整能力, 实现协同和风险共担, 从而提高供应链韧性. Gabler 等<sup>[65]</sup> 指出当灾害发生时, 公私部门的合作能够重振中断的供应链, 提升供应链韧性. 供应链合作促进了决策同步和激励协调, 能够有效应对供应链系统中断<sup>[61]</sup>. 因此本文提出假设 H2b.

## H2b 供应链合作正向影响供应链韧性.

结构方程模型基于统计学和数学的框架,可以用于分析多个变量之间的因果关系、作用机制和影响因素,从而更全面地理解变量之间的复杂关系,已在管理学、教育学、社会学等领域得到广泛应用.结构方程模型包括结构模型和测量模型两个部分.在测量模型中,我们可以通过观测变量对潜在变量的内部结构进行测量,其中观测变量是可以直接测量的变量,如温度、长度等,而潜在变量是无法直接测量的变量.结构模型则描述了潜在变量之间的关系,可以进行潜在变量间的路径分析和关系研究.本研究中包含灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作与供应链韧性共六个潜在变量,其中前五个是自变量,供应链韧性是因变量.综上所述,本文从结构方程模型角度构建供应链韧性影响因素研究模型,如图1所示,共包含5个研究假设,探究灵活性、敏捷性、重塑性、可视性以及供应链合作与供应链韧性之间的关系.

### 3.3 基于 fsQCA 的供应链韧性影响因素分析

作为传统定量和定性研究方法的有效调合,近年来定性比较分析方法(qualitative comparative analysis,简称QCA)受到了组织和管理学领域学者的广泛关注.QCA基于布尔代数集合论和组态分析思想,通过探究诸多前因条件和结果之间的充分与必要子集关系,从整体论的观点上解释多重并发因果导致的复杂社会问题.这有别于传统统计技术常基于自变量相互独立来分析自变量对因变量的净效应和单一因果关系的处理方式<sup>[66,67]</sup>.管理实践中的许多问题通常由诸多条件要素相互依赖作用并发产生结果,QCA方法对于解决复杂因果性的管理学组态问题非常有价值.从结构方程模型(SEM)分析中,我们试图探究灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作对供应链韧性的影响.由于供应链韧性并不一定只受单个因素影响,只有单一的能力难以实现高供应链韧性<sup>[20]</sup>,供应链韧性可能取决于多个要素的组合,不同要素之间相互依赖相互联系,共同作用于供应链韧性.与此同时,不同的要素组合可能会导致同一结果的发生,实现供应链韧性的路径并不是唯一的.QCA作为一种组态分析方法,能够在SEM模型研究的基础上,有效处理3个以上变量的交互作用,通过探究前因条件和结果之间的充分与必要子集关系,从组态视角补充分析不同因素组合对供应链韧性的影响.已有研究也表明两种方法的有效整合能够加强社会科学理论的描述力、预测力和解释力<sup>[68]</sup>.

根据变量类型的不同,常见的QCA分析方法包括清晰集定性比较分析(csQCA)、多值定性比较分析(mvQCA)以及模糊集定性比较分析(fsQCA)三种.其中,csQCA和mvQCA两者都只能处理类别问题,fsQCA通过评估变量在完全隶属和完全不隶属之间的隶属程度,可以用于处理定距、定比变量,使得QCA方法可以处理连续变量和部分隶属问题,增强了分析的实用性和普适性,逐渐成为使用QCA方法的主流选择.本研究采用fsQCA分析方法进一步探讨多因素组合对供应链韧性的作用效果,基于此,提出假设3,构建研究模型如图2所示.

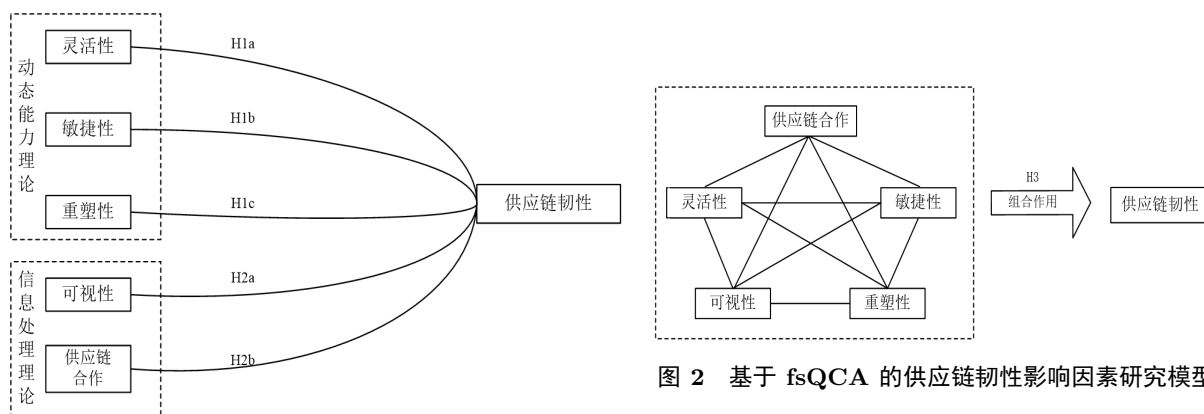


图1 基于SEM的供应链韧性影响因素研究模型

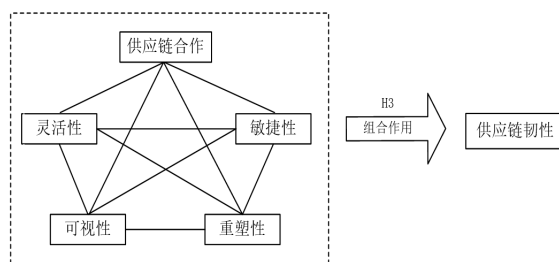


图2 基于fsQCA的供应链韧性影响因素研究模型

**H3** 供应链韧性是多因素组合效应的结果, 且这一结果的实现存在多种不同组合路径。

## 4 研究方法

### 4.1 问卷设计

本文以问卷调查数据为样本, 研究企业的灵活性、敏捷性、重塑性、可视性以及供应链合作这些因素及其组合机制对供应链韧性的影响。为了确保问卷的信度和效度, 本文各变量的测量均采用了国际期刊中已发表和验证的成熟量表 (如表 2 所示)。为保证中英文测量的等值性, 采用了“翻译-回译”程序进行处理, 问卷中各题项均采用 Likert 五级量表测量其中“1→5”依次表示“非常不符合、不符合、一般符合、符合、非常符合”, 各变量程度随着数值的增加而增加。各变量的具体测量指标及来源如表 2 所示。

表 2 各变量测量指标

变量	题项	来源
灵活性	FL1: 我们企业将新产品引入生产流程的启动成本很低	Williams 等 <sup>[40]</sup>
	FL2: 我们企业可以较容易地改变生产流程的规模	
	FL3: 我们企业可以利用自身设备生产不同种类的产品	
	FL4: 我们企业可以较容易地调整产品和服务	
敏捷性	AG1: 我们企业缩短生产周期、生产设置和转换时间的速度很快	Swafford 等 <sup>[45]</sup>
	AG2: 我们企业缩短产品开发周期、调整用户服务水平的速度很快	
	AG3: 我们企业提高对多变市场需求反应能力的速度很快	
	AG4: 我们企业缩短交货期的速度很快	
重塑性	RE1: 我们企业可有效地重置供应链资源以创造新的生产性资产	Hsiao-Lan 和 Eric <sup>[69]</sup>
	RE2: 我们企业可有效地整合、组合现有资源, 使其在现有供应链中形成新的组合	
	RE3: 我们企业可重组资源以更好地匹配供应链中的产品市场	
可视性	VI1: 我们企业可获取并可视化自身的库存水平信息	Zhou 和 Bentonjr <sup>[68]</sup>
	VI2: 我们企业可获取并可视化自身的订单状态信息	
	VI3: 我们企业可获取并可视化自身的绩效评估信息	
	VI4: 我们企业可获取并可视化自身的需求预测信息	
	VI5: 我们企业可获取并可视化自身的生产计划信息	
供应链合作	CO1: 在企业间合作时, 我们企业认为无论谁犯错, 都是共同的责任	Wieland 和 Marcus <sup>[70]</sup>
	CO2: 在企业间合作时, 我们企业和供应链伙伴利用公平的地位进行谈判	
	CO3: 在企业间合作时, 我们企业愿意做出合作性变革	
	CO4: 在企业间合作时, 我们企业不介意接受供应链伙伴的帮助	
供应链韧性	SCR1: 我们企业有能力应对供应链冲击产生的变化	ELBaz 和 Ruel <sup>[71]</sup> ; Ambulkar 等 <sup>[20]</sup>
	SCR2: 我们企业有能力适应供应链冲击	
	SCR3: 我们企业能够对供应链冲击做出快速反应	
	SCR4: 我们企业对于供应链冲击能够随时保持高度的态势感知	

### 4.2 数据收集

本文借助工业互联网产业联盟等多个联盟与协会, 面向全国一千多家代表性企业发放问卷, 填写问卷的企业人员为接触过相关实践、有一定工作经验的企业中层及以上管理者。问卷回收始于 2021 年 6 月, 终于 2021 年 12 月。为了尽可能扩大受访群体、保证广泛性和真实性, 采用了面对面访谈 (发放 30 份)、问卷星链接 (发放 635 份)、电子邮件 (发放 416 份) 等多种方式发放了调查问卷 (共计发放 1081 份), 最终得到可用于分析的有效问卷 622 份, 有效问卷回收率为 57.54%。

### 4.3 样本描述性分析

通过整理并统计问卷数据, 得出样本描述性分析如表 3 所示。被调查企业所处行业以制造业为主, 由于制造业受供应链中断影响更为明显, 表明样本具有一定的代表性。同时问卷填写人员以企业生产、信息、供应链等部门主管为主, 中高层管理者普遍对企业实际运营有充分的信息掌握, 这也在一定程度上保证了问卷数据的可靠性。



表3 样本描述性分析

项目	说明	占比	项目	说明	占比
所处行业	制造业	72%	所有制	民营企业	70%
	科学研究和技术服务业	14%		外资企业	13%
	信息传输、软件和信息技术服务业	5%		中央国有企业	9%
	批发和零售业	3%		地方国有企业	8%
	租赁和商业服务业	2%	被调查对象	董事长	4%
	交通运输、仓储和邮政业	2%		CEO 首席执行官	3%
	建筑和房地产等其他行业	2%		CIO 首席信息官	3%
年销售收入 (2020 年)	100 万以下	5%		CDO 首席数据官	1%
	100~500 万 (含)	9%		CTO 首席技术官	2%
	500~1000 万 (含)	9%		VP 副总级职务	7%
	1000~5000 万 (含)	13%		供应链部门主管	9%
	5000~1 亿 (含)	9%		生产部门主管	9%
	1~10 亿 (含)	21%		信息化部门主管	18%
	10~100 亿 (含)	18%		其它部门主管	26%
	100 亿以上	16%		其它	18%

## 5 基于结构方程模型的供应链韧性影响因素分析

### 5.1 信效度分析

量表数据的信度一般通过内部一致性系数 (Cronbach's  $\alpha$  系数) 和组合信度 (CR 值) 两个指标进行评估. 本文采用 SPSS 26.0 软件进行分析, 得到分析结果如表 4 所示, 各变量 Cronbach's  $\alpha$  系数和 CR 值均达到 0.8 以上, 表明本研究使用的量表信度较好.

效度分析包括内容效度、结构效度、聚合效度和区分效度四个方面. 在内容效度方面, 本研究采用的量表均来自国际期刊中已发表验证的成熟量表, 并经过了严格的“翻译-回译”程序进行处理, 一定程度上保证了本研究的内容效度. 在结构效度、聚合效度和区分效度方面, 本文借助 Amos 26.0 软件通过验证性因子分析来进行检验. 在此之前, 首先利用 SPSS 26.0 软件进行了 KMO 和 Bartlett 球形度检验, 检验结果表明, KMO 值为  $0.958 > 0.50$ , 符合要求, Bartlett 球形度检验结果显著 ( $p = 0.000 < 0.05$ ), 说明样本数据适合进行因子分析. 验证性因子分析结果显示:  $\chi^2/df = 2.778 < 3$ , RMSEA =  $0.054 < 0.08$ , RMR =  $0.023 < 0.05$ ; GFI = 0.918, NFI = 0.955, CFI = 0.971, IFI = 0.971, 均大于 0.9, 表明模型整体拟合程度较好, 量表具有良好的结构效度. 各题项的因子载荷均大于 0.5, 各因子的平均萃取变异值

表4 量表信效度分析

	FL	AG	RE	VI	CO	SCR
FL	0.642					
AG	0.729***	0.786				
RE	0.643***	0.762***	0.815			
VI	0.665***	0.735***	0.739***	0.797		
CO	0.504***	0.673***	0.730***	0.604***	0.564	
SCR	0.665***	0.760***	0.806***	0.725***	0.689***	0.824
Cronbach's $\alpha$	0.875	0.936	0.930	0.951	0.821	0.949
CR	0.877	0.936	0.930	0.951	0.835	0.949
AVE 平方根	0.801	0.887	0.903	0.893	0.751	0.908

注: \*\*\* 表示  $p < 0.001$ ; 对角线为平均萃取变异值 AVE.

AVE 均大于 0.5, 组合信度 CR 均大于 0.8, 说明量表具有良好的聚合效度. 各变量的 AVE 平方根均大于该变量与其余变量的相关系数, 说明本研究采用的量表具有良好的区分效度.

## 5.2 共同方法偏差检验

本文问卷的填写均来自于企业管理者, 单一数据来源可能使研究结论受到共同方法偏差的影响. 为此, 本文使用单因子的验证性因子分析方法, 将所有量表题目放入供应链韧性这一单因子, 进行共同方法偏差检验. 由表 5 可知, 与原拟合模型相比, 经过单因子验证性因子分析的模型拟合较差, 不符合参考标准, 因此本研究不存在严重的共同方法偏差问题.

表 5 共同方法偏差检验

指标	单因子验证性因子分析模型	原拟合模型	参考标准值
$\chi^2/\text{df}$	16.714	2.778	< 3
RMSEA	0.159	0.054	< 0.08
GFI	0.562	0.918	> 0.9
NFI	0.711	0.955	> 0.9
CFI	0.723	0.971	> 0.9
IFI	0.724	0.971	> 0.9
RMR	0.064	0.023	< 0.05

## 5.3 假设检验

在模型拟合程度较好的基础上, 本文通过 Amos 26.0 统计软件进行结构方程模型检验, 得到路径分析图如图 3 所示, 具体结果如表 6 所示.

由表 6 可知, 灵活性 ( $\beta = 0.121, p < 0.01$ )、敏捷性 ( $\beta = 0.180, p < 0.001$ )、重塑性 ( $\beta = 0.379, p < 0.001$ )、可视性 ( $\beta = 0.147, p < 0.001$ )、供应链合作关系 ( $\beta = 0.142, p < 0.001$ ) 对供应链韧性有显著正向影响, 假设 H1a~H2b 均得到数据支持.

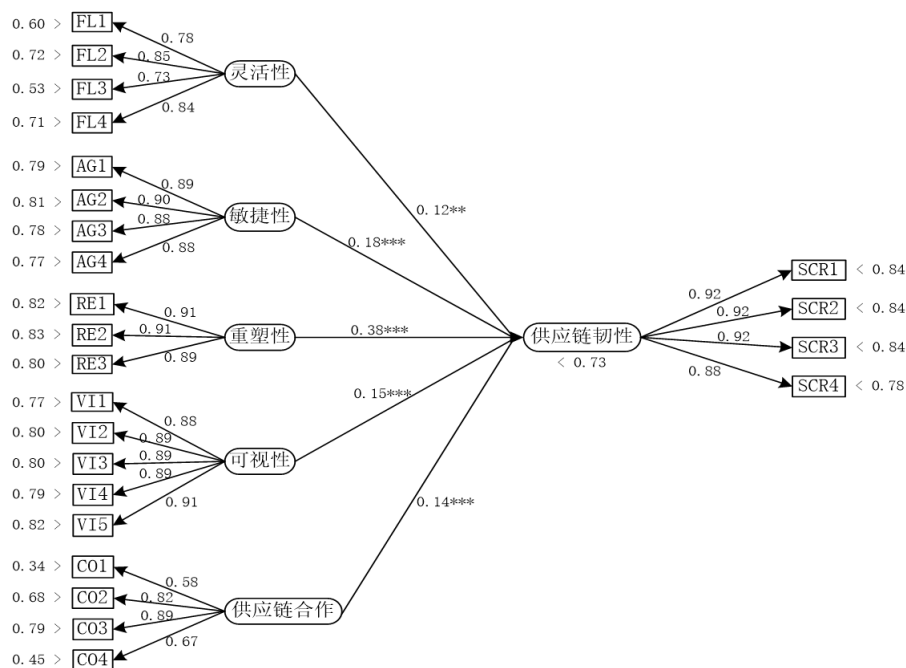


图 3 供应链韧性影响因素结构方程模型路径图

表 6 假设检验结果

假设路径	假设	标准系数	标准误差	临界比
FL→SCR	H1a	0.121**	0.045	2.853
AG→SCR	H1b	0.180***	0.051	3.491
RE→SCR	H1c	0.379***	0.053	7.287
VI→SCR	H2a	0.147***	0.041	3.423
CO→SCR	H2b	0.142***	0.061	3.307

注: \*\*\* 表示  $p < 0.001$ , \*\* 表示  $p < 0.01$ .

## 6 基于 fsQCA 的供应链韧性影响因素分析

### 6.1 变量选取与校准

校准是指赋予变量集合隶属度的过程. 由于 QCA 分析方法以布尔代数集合论为基础, 研究前需要将原始数据校准为集合隶属分数, 才能进行后续的必要性及充分性子集关系分析. 依据前文的理论分析与实证研究结果, 本研究选取灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作作为条件变量, 供应链韧性作为结果变量, 采用 fsQCA 软件将各变量数据校准为 0~1 之间的模糊集分数. 首先, 求得各变量对应题项的均值作为变量的反映值. 然后参考 Fiss<sup>[72]</sup> 研究, 本文对问卷使用的 5 点 Likert 量表设置三个校准点进行校准, 其中“5”为完全隶属的校准点, “3”为交叉点, “1”为完全不隶属的校准点. 由于隶属度为 0.500 的数据系统不会纳入真值表分析, 参考 Fiss<sup>[72]</sup> 研究, 进行  $+0.001$  计算.

### 6.2 必要性分析

在变量校准的基础上, 我们接下来进行必要性分析. 必要性分析是为了检验单一条件是否构成结果的必要条件, 即检验前因条件的隶属度分数是否大于结果变量的隶属度分数, 结果变量的集合是否是前因条件的子集. 如果某个前因条件在某一结果出现时始终存在, 那么该条件就可构成结果产生的必要条件. 我们一般通过前因条件的一致性和覆盖度, 并结合 X-Y 散点图来评估必要性. 通常来说, 认定必要条件需要达到 0.9 的一致性分数, 并具有足够的覆盖度<sup>[73]</sup>. X-Y 散点图代表了前因条件和结果变量之间的关系, 当散点位于对角线下方时, X 才构成 Y 的必要条件. 由表 7 可知, 灵活性、~灵活性、~敏捷性、~可视性、~重塑性、~供应链合作的一致性均低于 0.9, 不构成高供应链韧性的必要条件. 敏捷性、可视性、重塑性、供应链合作的一致性水平均超过了 0.9, 上述因素可能是解释高供应链韧性的必要条件. 然而, 通过敏捷性、可视性、重塑性、供应链合作与供应链韧性的 X-Y 散点图发现, 1/3 的案例点均分布在对角线以上. 而如果 X 是 Y 的必要条件, 则 X-Y 散点图对角线上方应当是空集. 这表明尽管这些条件变量的一致性超过 0.9, 但依然无法构成供应链韧性的必要条件<sup>[74,75]</sup>. 因此, 可以看出供应链韧性不是由单项要素所决定, 我们需要进行多因素组态分析.

表 7 必要性分析

条件变量	一致性	覆盖度
灵活性	0.812	0.933
~灵活性	0.583	0.799
敏捷性	0.915	0.906
~敏捷性	0.490	0.827
重塑性	0.915	0.925
~重塑性	0.506	0.827
可视性	0.911	0.896
~可视性	0.477	0.814
供应链合作	0.925	0.878
~供应链合作	0.477	0.870

注: ~ 表示“非”, 即前因条件相反状态.

### 6.3 组态充分性分析

组态分析是为了研究由多个前因条件构成的不同组态对结果产生的充分性. 从集合因果逻辑视角出发, 探讨由多个前因条件构成的组态集合是否为结果变量集合的子集. 每一种组态代表了实现同一结果的不同条件. 在进行组态分析时, 本文将一致性门槛值设置为 0.8, PRI 值设置为 0.7, 频数阈值设置为 10, 保留了 80% 以上的案例<sup>[73,75,76]</sup>. 组态分析中软件会输出三种类型解: 复杂解、简约解、中间解. 一般以中间解进行组态分析, 辅之简单解区分核心和辅助条件. 核心条件是指同时出现在中间解和简约

解中的条件. 辅助条件是只出现在中间解中的条件. 根据 Ragin 和 Fiss<sup>[73]</sup> 所提出的 QCA 分析结果呈现形式, 绘制表 8 如下所示, 将具有相同核心条件的前因组态进行归类, 得到了三类触发高供应链韧性的前因组态模式. 由此可知, 实现供应链韧性的组态并非唯一的, 假设 H3 中“供应链韧性是多因素组合效应的结果, 且这一结果的实现存在多种不同组合路径”得到验证.

由表 8 可知, 引致高供应链韧性的模型解的一致性水平为 0.954, 各条件组态的一致性均高于 0.75, 解的覆盖度为 0.875, 高于 0.5, 具有较强的解释力度. 三类触发高供应链韧性的组态模式分别如下.

1) 模式一 (高敏捷型): 组态 M1 的前因构型为“敏捷性 \* 重塑性 \* 供应链合作”, 这表明拥有高敏捷性的企业, 如果有资源重组的能力并且能够跟供应链上下游伙伴保持良好的供应链合作关系, 可以实现较高的供应链韧性. 其中敏捷性是核心条件, 重塑性和供应链合作是辅助条件. 该组态的一致性为 0.964, 原始覆盖度为 0.834, 唯一覆盖度为 0.062. 在三类模式中, 该模式能够解释的案例最多, 达到了 83.4%, 行业主要以计算机、通信和其他电子设备制造业、信息传输、软件和信息技术服务业为主, 这些行业的供应链对时效性要求较高, 供应链某一环节一旦中断受损, 影响损失较大, 因此处于这些行业的企业应着力打造敏捷型供应链, 快速响应内外部条件的变化, 同时辅之以重塑性和合作关系, 根据实际情况, 高效调整配置企业资源, 保持良好的供应链合作伙伴关系, 从而尽可能减少中断时间, 以实现快速恢复.

2) 模式二 (高可视型): 组态 M2 的前因构型为“~ 灵活性 \* 重塑性 \* 可视性 \* 供应链合作”, 这表明拥有高可视性且具备一定资源重组能力和良好供应链合作关系的企业, 即使缺乏良好的灵活性, 也可以实现较高的供应链韧性. 其中可视性是核心条件, 灵活性、重塑性和供应链合作是辅助条件. 该组态的一致性为 0.965, 能够解释约 51.3% 的供应链韧性案例, 其中约 1.2% 的案例仅能被这条组态路径所解释. 这条组态的典型案例分析包括船舶重工、电气机械、仪器制造等行业, 处于这些行业的企业以重资产企业为主, 供应链复杂度较高, 灵活性较差, 因此可以以提高供应链可视性为主要抓手, 采用大数据、物联网、区块链、工业互联网等新兴技术, 着力打造端到端供应链数字化可视平台, 提高供应链信息的透明度, 打通供应链全链条, 增强供应链伙伴间的数字化协同以实现高供应链韧性.

3) 模式三 (敏捷可视兼具型): 此类模式包含 M3a、M3b 两条组态, 组态 M3a 的前因构型为“~ 灵活性 \* 敏捷性 \* 可视性 \* 供应链合作”, 这表明拥有高敏捷性、可视性、供应链合作关系的企业, 即使缺乏灵活性, 也可以实现较高的供应链韧性. 其中敏捷性和可视性是核心条件, 灵活性和供应链合作是辅助条件. 该组态的一致性为 0.966, 能够解释约 51.3% 的供应链韧性案例, 其中约 1.2% 的案例仅能被这条组态路径所解释. 组态 M3b 的前因构型为“灵活性 \* 敏捷性 \* 可视性 \* 重塑性”, 这表明拥有高灵活性、敏捷性、可视性、重塑性的企业, 可以实现较高的供应链韧性. 其中敏捷性和可视性是核心条件, 灵

表 8 条件组态充分性分析

前因条件	高供应链韧性			
	组态 M1	组态 M2	组态 M3a	组态 M3b
灵活性		⊗	⊗	●
敏捷性	●		●	●
重塑性	●	●		●
可视性		●	●	●
供应链合作	●	●	●	
一致性	0.964	0.965	0.966	0.977
原始覆盖度	0.834	0.513	0.513	0.746
唯一覆盖度	0.062	0.012	0.012	0.018
解的一致性			0.954	
解的覆盖度			0.875	

注: ⊗ 表示前因条件水平非高, ● 表示前因条件水平较高. 其中大圈表示核心条件, 小圈表示辅助条件.

活性和重塑性是辅助条件。该组态的一致性为 0.977, 能够解释约 74.6% 的供应链韧性案例, 其中约 1.8% 的案例仅能被这条组态路径所解释。这条组态所包含的条件要素较为丰富, 涉及行业既有计算机、通信和其他电子设备制造业、信息传输、软件和信息技术服务业, 也包括汽车制造业等重工业, 属于敏捷性和可视性双核心驱动导致的高供应链韧性。

#### 6.4 稳健性分析

本文采用提高案例数阈值和一致性的方法对高供应链韧性的前因组态进行了稳健性检验, 并通过比较变动前后集合关系状态和参数差异来分析原有结果是否稳健。首先, 将案例数阈值由 10 提高至 14, 产生的组态为原组态中的 M1 和 M3b, 是原组态的子集。其次, 将一致性由 0.80 提高至 0.85, 产生的组态与原组态保持一致, 一致性、覆盖度均未发生变化, 稳健性检验显示组态结果稳健。

### 7 结论

#### 7.1 研究结论

近年来, 外部环境的不确定性和复杂性日益成为供应链面临的新常态, 中断风险不断增加。供应链韧性管理作为保障供应链稳定运行的重要手段, 逐渐成为学术界和产业界的关注焦点。本文综合运用结构方程模型 (SEM) 和模糊集定性比较分析 (fsQCA) 方法, 实证探究了供应链韧性的关键影响因素及触发供应链韧性的前因组态, 综合得到以下结论:

首先, 结构方程模型实证研究结果表明, 灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作均能够对供应链韧性产生正向影响, 即灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作关系越强, 供应链韧性越高。

其次, 通过进一步的模糊集定性比较分析发现, 灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作均无法单独成为供应链韧性的必要条件, 说明单个因素并不构成高供应链韧性的瓶颈。如组态 M1 中即使缺乏灵活性和可视性, 在敏捷性、重塑性和供应链合作的共同推动下仍然实现了高供应链韧性。这表明虽然不同的企业在灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作等方面存在发展差异, 但是这并不一定阻碍这些企业通过不同的驱动组态实现高供应链韧性。

最后, 本文发现了 3 类高供应链韧性的驱动组态, 分别是敏捷性 \* 重塑性 \* 供应链合作构成的高敏捷型、~ 灵活性 \* 重塑性 \* 可视性 \* 供应链合作构成的高可视型、~ 灵活性 \* 敏捷性 \* 可视性 \* 供应链合作和灵活性 \* 敏捷性 \* 可视性 \* 重塑性构成的敏捷可视兼具型。可见高供应链韧性背后是多因素协同作用的结果, 各因素的有效组合以“殊途同归”的方式提升供应链韧性。其中, 敏捷性 \* 重塑性 \* 供应链合作构成的高敏捷型组态能够解释的案例数最多, 高达 83.4%, 是覆盖面最广的一种组合方式。其核心因素是敏捷性的塑造, 涉及行业以计算机、通信和其他电子设备制造业, 信息传输、软件和信息技术服务业为主, 这类企业应采取敏捷性供应链战略, 尽可能减少对供应链中断的反应时间。灵活性 \* 敏捷性 \* 可视性 \* 重塑性构成的敏捷可视兼具型组态的解释力度仅次于高敏捷型组态, 达到了 74.6%。其核心因素包含敏捷性和可视性两种, 涉及行业较为多元, 既有计算机通信、信息技术行业, 也包括汽车制造业等。~ 灵活性 \* 重塑性 \* 可视性 \* 供应链合作构成的高可视型解释力度为 51.3%, 核心因素是可视性, 典型行业以船舶重工、电气机械等重资产行业为主。这类企业灵活性较差, 应以打造供应链可视化平台为主要抓手, 促进供应链信息共享。从高可视型组态和敏捷可视兼具型组态中可以看出, 灵活性需要与其他条件变量进行组合才能更好发挥作用。

#### 7.2 理论贡献

目前关于供应链韧性影响因素的研究主要从定性分析的角度展开, 以案例研究和现象描述为主, 部分学者运用数学建模的方法进行研究, 关于供应链韧性影响因素的实证研究尚不多见。而且已有研究大多数主要关注不同因素的独立作用, 缺乏对供应链韧性背后多重因素组合效应的研究。相较于其他供应链韧性管理文献, 本文的理论贡献如下:

第一, 不同于以往的经验总结和定性分析, 本文通过收集 622 份以制造业为主的企业有效样本数据, 借助结构方程模型方法实证分析了灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作单因素对供应链韧性

的正向作用, 为供应链韧性影响因素研究提供了实证数据支撑。

第二, 定性比较分析方法对于解决复杂社会问题非常有价值, 已经在社会学、政治学等领域运用数十年, 但该技术在供应链韧性管理研究中的应用尚处于早期发展阶段。本文在分析单因素对供应链韧性影响的基础上, 从组态整体视角出发, 创新地运用模糊集定性比较分析方法, 分析了灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作多重条件在供应链韧性管理中的联动协同效应, 深化了研究结论, 也拓展了 QCA 方法的应用领域。

第三, 本文揭示了供应链韧性管理背后的“因果复杂性”, 探讨了实现高供应链韧性的等效驱动机制, 说明存在多种不同的路径能够以“殊途同归”的方式实现高供应链韧性这一结果。在这些等效组态中, 既有核心条件不同构成的等效组态, 如 M1、M2, 也有核心条件相同辅助条件不同而产生的等效组态, 如 M3a、M3b。通过分析不同驱动组态模式的特点及核心影响因素, 为更精细地理解供应链韧性问题提供了理论参考。

### 7.3 管理启示

本文的研究结论能够为企业带来以下两方面的管理启示:

第一, 灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作因素均能对企业的供应链韧性产生正向影响, 灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作关系越强, 供应链韧性越高。企业应该着力培育这些方面的特性资源, 尤其是敏捷性和可视性两个核心要素应予以重点关注, 以提前预防和应对供应链中断, 提高供应链韧性。

第二, 灵活性、敏捷性、重塑性、可视性、供应链合作多重条件组态协同效应的存在反映了供应链韧性管理的复杂性。不同类型的企业可以根据自身已有的要素禀赋, 从系统视角出发, 促进多重条件之间的适配组合, 有的放矢地采取相应措施提高供应链韧性。如组态 M1 启发科技电子类企业应着力打造敏捷型供应链, 尽可能提高供应链响应速度, 以实现面对风险的快速恢复。组态 M2 启示重资产型企业应以提高供应链可视性为主要抓手, 打造供应链数字化可视平台, 提高供应链信息的透明度, 增强供应链伙伴间的数字化协同, 以实现高供应链韧性。组态 M3a 和 M3b 启示很多行业的企业在同时提升敏捷性和可视性的情况下, 可以选择两种不同的组合能力来实现高供应链韧性。

### 7.4 研究不足与未来展望

本研究仍存在一定的研究局限, 值得未来进一步探索。首先, 本研究采用问卷搜集数据, 所涉及的样本量较大, 关于研究的质化分析还有待深入探究。其次, 本文仅对某一段时间段的数据展开了分析, 没有囊括跨时间段的案例数据, 未来研究可以选取更长时间段, 采用时序 QCA 方法进行复杂动态变化的跟踪研究。

## 参考文献

- [1] Yao Y, Fabbe-Costes N. Can you measure resilience if you are unable to define it? The analysis of supply network resilience (SNRES)[J]. Supply Chain Forum: An International Journal, 2018(9): 255-265.
- [2] 张明, 杜运周. 组织与管理研究中 QCA 方法的应用: 定位、策略和方向 [J]. 管理学报, 2019, 16(9): 1312-1323.  
Zhang M, Du Y Z. Qualitative comparative analysis (QCA) in management and organization research: Position, tactics, and directions[J]. Journal of Management, 2019, 16(9): 1312-1323.
- [3] 郭茜, 蒲云, 李延来. 供应链中断风险管理研究综述 [J]. 中国流通经济, 2011, 25(3): 48-53.  
Guo Q, Pu Y, Li Y L. Review of research on managing disruption risks in supply chains[J]. China Business and Market, 2011, 25(3): 48-53.
- [4] 马士华. 如何防范供应链风险?[J]. 中国经济和信息化, 2003(3): 21.  
Ma S H. How to prevent supply chain risks[J]. China Economy & Informatization, 2003(3): 21.
- [5] Pettit T J, Croxton K L, Fiksel J. The evolution of resilience in supply chain management: A retrospective on ensuring supply chain resilience[J]. Journal of Business Logistics, 2019, 40(1): 56-65.
- [6] Nooraie S V, Parast M M. Mitigating supply chain disruptions through the assessment of trade-offs among risks,

- costs and investments incapacabilities[J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 171(1): 8–21.
- [7] 刘婧怡. 供应链中断: 成因、后果及对策——供应链治理视角下的文献述评 [J]. *中南财经政法大学学报*, 2022(4): 130–144.
- Liu J Y. Supply chain disruption: Causes, consequences and countermeasures: Literature review from the perspective of supply chain governance[J]. *Journal of Zhongnan University of Economics and Law*, 2022(4): 130–144.
- [8] 牛保庄, 许浩涛, 李启洋, 等. 考虑供应中断的关键进口零部件本土替代及采购策略调整 [J]. *系统工程理论与实践*, 2022, 42(11): 2881–2890.
- Niu B Z, Xu H T, Li Q Y, et al. Procurement strategy adjustment and local substitution of imported key component considering supply disruption[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2022, 42(11): 2881–2890.
- [9] Jabbarzadeh A, Haughton M, Khosrojerdi A. Closed-loop supply chain network design under disruption risks: A robust approach with real world application[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2018, 116: 178–191.
- [10] Rice J B, Caniato F. Building a secure and resilience supply chain[J]. *Supply Chain Management Review*, 2003, 5(9): 22–30.
- [11] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 1–23.
- [12] Pimm S L. *The balance of nature?*[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1991.
- [13] Holling C S. *Engineering resilience versus ecological resilience*[M]. Washington: National Academy Press, 1996.
- [14] Conrad A P. *Professional tools for social work practice, human behavior theory and social work practice*[M]. New York: Aldine Transaction, 1999.
- [15] Timmerman P. Vulnerability, resilience and the collapse of society: A review of models and possible climatic applications[J]. *Institute for Environmental Studies*, 1981, 1(4): 396–396.
- [16] 朱新球, 程国平. 弹性供应链研究述评 [J]. *中国流通经济*, 2011, 25(3): 43–47.
- Zhu X Q, Cheng G P. Review of research on resilience supply chain[J]. *China Circulation Economy*, 2011, 25(3): 43–47.
- [17] Christopher M, Peck H. Building the resilient supply chain[J]. *International Journal of Logistics Management*, 2004, 15(2): 1–14.
- [18] Pettit T, Croxton K, Fiksel J. Ensuring supply chain resilience: Development and implementation of an assessment tool[J]. *Journal of Business Logistics*, 2013, 34(1): 46–76.
- [19] Blackhurst J, Dunn K S, Craighead C W. An empirically derived framework of global supply resiliency[J]. *Journal of Business Logistics*, 2011, 32(4): 374–391.
- [20] Ambulkar S, Blackhurst J, Grawe S. Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination[J]. *European Journal of Information Systems*, 2015, 33: 111–122.
- [21] 李维安, 马茵. 如何构造供应链韧性的有效机制?[J]. *当代经济管理*, 2022, 44(12): 27–38.
- Li W A, Ma Y. How to construct the valid mechanism of supply chain resilience?[J]. *Contemporary Economic Management*, 2022, 44(12): 27–38.
- [22] 刘婷婷. 供应链韧性管理体系架构研究 [J]. *供应链管理*, 2022, 3(6): 23–34.
- Liu T T. Research on management system architecture of supply chain resilience[J]. *Supply Chain Management*, 2022, 3(6): 23–34.
- [23] 樊雪梅, 卢梦媛. 新冠疫情下汽车企业供应链韧性影响因素及评价 [J]. *工业技术经济*, 2020, 39(10): 21–28.
- Fan X M, Lu M Y. Influencing factors and evaluation of auto companies' supply chain resilience under the COVID-19[J]. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2020, 39(10): 21–28.
- [24] Francesco L, Tuncer Ö. Supply chain vulnerability and resilience: A state of the art overview[C]// *Proceedings of European Modeling & Simulation Symposium*, 2008: 527–533.
- [25] Osaro A, Zulkipli G, Radzuan R. A framework to enhance supply chain resilience the case of malaysian pharmaceutical industry[J]. *Global Business and Management Research*, 2014, 6(3): 219–225.
- [26] Scholten K, Schilder S. The role of collaboration in supply chain resilience[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2015, 20(4): 471–484.

- [27] Tukamuhabwa B R, Stevenson M, Busby M. Supply chain resilience in a developing country context: A case study on the interconnectedness of threats, strategies and outcomes[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2017, 22(6): 486–505.
- [28] 王宇奇, 高岩, 滕春贤. 扰动下的供应链弹性研究回顾与拓展 [J]. *管理评论*, 2017, 29: 204–216.  
Wang Y Q, Gao Y, Teng C X. Literature review and research prospects of supply chain resilience under disruption[J]. *Management Review*, 2017, 29: 204–216.
- [29] 刘家国, 周粤湘, 卢斌, 等. 基于突发事件风险的供应链脆弱性削减机制 [J]. *系统工程理论与实践*, 2015, 35(3): 556–566.  
Liu J G, Zhou Y X, Lu B, et al. The reduction mechanism of supply chain vulnerability based on supply chain disruption risk[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2015, 35(3): 556–566.
- [30] 刘藩. 企业创新性、创新程度、中断严重度和供应链弹性的关系研究 [J]. *宏观经济研究*, 2015, 4: 114–122.  
Liu F. Research on the relationship between enterprise innovation, innovation degree, disruption severity and supply chain resilience[J]. *Macroeconomic Research*, 2015, 4: 114–122.
- [31] Wang X, Zhao L. Impact analysis of supplier relationship on supply chain resilience using biological cellular resilience theory[J]. *Journal of Southeast University (English Edition)*, 2015, 31(2): 282–287.
- [32] 田丹, 唐加福, 任悦. O2O 模式下即时配送服务系统弹性的提升策略优化 [J]. *系统工程理论与实践*, 2021, 41(2): 310–318.  
Tian D, Tang J F, Ren Y. Improving operation resilience of instant delivery service in online to offline business model[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2021, 41(2): 310–318.
- [33] 蔡政英, 肖人彬. 中断环境下供应链弹性运作分析与优化 [J]. *系统工程理论与实践*, 2014, 34(6): 1443–1452.  
Cai Z Y, Xiao R B. Resilient operation and optimization of supply chains under disruption environment[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2014, 34(6): 1443–1452.
- [34] 顾旻灏, 霍宝锋. 供应链弹性研究综述: 理论和影响机制 [J]. *供应链管理*, 2020(1): 46–56.  
Gu M H, Huo B F. A literature review of supply chain resilience: Theories and mechanisms[J]. *Supply Chain Management*, 2020(1): 46–56.
- [35] Teece D J. Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of sustainable enterprise performance[J]. *Strategic Management Journal*, 2007, 28(13): 1319–1350.
- [36] Lee S M, Rha J S. Ambidextrous supply chain as a dynamic capability: Building a resilient supply chain[J]. *Management Decision*, 2016, 54(1): 2–23.
- [37] Brusset X, Teller C. Supply chain capabilities, risks, and resilience[J]. *International Journal of Production Economics*, 2017, 184: 59–68.
- [38] 蒲国利, 白菊, 张鹏伟. 供应链弹性研究综述——基于动态能力的视角 [J]. *生产力研究*, 2019(11): 153–156.  
Pu G L, Bai J, Zhang P W. A review of supply chain resilience — Based on dynamic capability[J]. *Productivity Research*, 2019(11): 153–156.
- [39] Sirmon D G, Hitt M A, Ireland R D. Managing firm resources in dynamic environments to create value: Looking inside the black box[J]. *Academy of Management Review*, 2007, 32(1): 273–292.
- [40] Williams B D, Roh J, Tokar T, et al. Leveraging supply chain visibility for responsiveness: The moderating role of internal integration[J]. *Journal of Operations Management*, 2013, 31(7): 543–554.
- [41] Sheffi Y, Rice J B. A supply chain view of the resilient enterprise[J]. *MIT Sloan Management Review*, 2005, 47(1): 41.
- [42] Tang C, Tomlin B. The power of flexibility for mitigating supply chain risks[J]. *International Journal of Production Economics*, 2008, 116(1): 12–27.
- [43] Luiz F S, Paula S C, Silvio P. Supply chain resilience analysis: A brazilian automotive case[J]. *RAE-Revista De Administracao De Empresas*, 2014, 55(3): 304–313.
- [44] Kamalahmadi M, Parast M. A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research[J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 171(1): 116–133.
- [45] Swafford P, Ghosh S, Murthy N. The antecedents of supply chain agility of a firm: Scale development and model testing[J]. *Journal of Operations Management*, 2006, 24(2): 170–188.



- [46] Jain V, Kumar S, Soni U, et al. Supply chain resilience: Model development and empirical analysis[J]. *International Journal of Production Research*, 2017, 55(22): 6779–6800.
- [47] Brandon-Jones E, Squire B, Autry C W, et al. A contingent resource — Based perspective of supply chain resilience and robustness[J]. *Journal of Supply Chain Management*, 2014, 50(3): 55–73.
- [48] Gunasekaran A, Subramanian N, Rahman S. Supply chain resilience: Role of complexities and strategies[J]. *International Journal of Production Research*, 2015, 53(22): 6809–6819.
- [49] Sullivan-Taylor B, Branicki L. Creating resilient SMEs: Why one size might not fit all[J]. *International Journal of Production Research*, 2011, 49(18): 5565–5579.
- [50] Mandal S. An empirical investigation into supply chain resilience[J]. *IUP Journal of Supply Chain Management*, 2012, 9(4): 46–61.
- [51] 陈金晓, 陈剑. 从优化到重塑——大变局中的供应链高质量发展 [J]. *系统工程理论与实践*, 2022, 42(3): 545–558.  
Chen J X, Chen J. From optimization to reinvention: High-quality development of supply chains in great changes[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2022, 42(3): 545–558.
- [52] Simon H A. *Administrative behavior*[M]. New York: The Free Press, 1957.
- [53] Thompson J D. *Organizations in action*[M]. New York: McGraw-Hill Book Company, 1967.
- [54] Galbraith J R. Organization design: An information processing view[J]. *Interfaces*, 1974, 4(3): 28–36.
- [55] Galbraith J R. *Organization design*[M]. Mass: Addison-Wesley Pub. Co, 1977.
- [56] 李盈, 李大坤, 王亚婷. 组织信息处理理论: 理论与实证研究文献综述 [J]. *信息与管理研究*, 2022(7): 18–32.  
Li Y, Li D K, Wang Y T. Organizational Information processing theory: A literature review of theoretical and empirical studies[J]. *Information and Management Research*, 2022(7): 18–32.
- [57] Mandal S. The influence of organizational culture on healthcare supply chain resilience: Moderating role of technology orientation[J]. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 2017, 32(8): 1021–1037.
- [58] Tenhiala A, Salvador F. Looking inside glitch mitigation capability: The effect of intraorganizational communication channels[J]. *Decision Sciences*, 2014, 45(3): 437–466.
- [59] Soni U, Jain V, Kumar S. Measuring supply chain resilience using a deterministic modeling approach[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2014, 74: 11–25.
- [60] Pettit T J, Croxton K L, Fiksel J. The evolution of resilience in supply chain management: A retrospective on ensuring supply chain resilience[J]. *Journal of Business Logistics*, 2019, 40(1). doi: 10.1111/jbl.12202.
- [61] Simatupang T M, Sridharan R. Design for supply chain collaboration[J]. *Business Process Management Journal*, 2008, 14: 401–418.
- [62] Richey R G, Autry C W. Assessing interfirm collaboration/technology investment tradeoffs[J]. *The International Journal of Logistics Management*, 2009, 20: 30–56.
- [63] Muckstadt D H, Murray J A, Rappold D E. Collins guidelines for collaborative supply chain system design and operation[J]. *Information Systems Frontiers*, 2001, 13(4): 424–453.
- [64] Philip L, Cesar R. Risk and resilience in agri-food supply chains: The case of the ASDA pork link supply chain in scotland[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2013, 18(2): 219–231.
- [65] Gabler C B, Richey R G, Stewart G T. Disaster resilience through public-private short-term collaboration[J]. *Journal of Business Logistics*, 2017, 38(2): 130–144.
- [66] Rihoux B, Ragin C C. *Configurational comparative methods: Qualitative comparative analysis (QCA) and related techniques*[M]. Thousand Oaks CA: Sage Publications, 2009.
- [67] 杜运周, 贾良定. 组态视角与定性比较分析 (QCA): 管理学研究的一条新道路 [J]. *管理世界*, 2017(6): 155–167.  
Du Y Z, Jia L D. Configuration perspective and qualitative comparative analysis (QCA): A new way of management research[J]. *Management World*, 2017(6): 155–167.
- [68] Zhou H, Bentonjr W. Supply chain practice and information sharing[J]. *Journal of Operations Management*, 2007, 25: 1348–1365.
- [69] Hsiao-Lan W, Eric T G W. The strategic value of supply chain visibility: Increasing the ability to reconfigure[J]. *European Journal of Information Systems*, 2010, 19: 238–249.
- [70] Wieland A, Marcus W C. The influence of relational competencies on supply chain resilience: A relational view[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2013, 43(4): 300–320.

- [71] ELBaz J, Ruel S. Can supply chain risk management practices mitigate the disruption impacts on supply chains' resilience and robustness? Evidence from an empirical survey in a COVID-19 outbreak era[J]. *International Journal of Production Economics*, 2021, 23(20): 2–51.
- [72] Fiss P C. Building better causal theories: A fuzzy set approach to typologies in organization research[J]. *Academy of Management Journal*, 2011, 54(2): 393–420.
- [73] Ragin C C, Fiss P C. Net effects analysis versus configurational analysis: An empirical demonstration[M]// *Redesigning Social Inquiry: Fuzzy Sets and Beyond*, 2008, 240: 190–212.
- [74] Ragin C C. *Redesigning social inquiry: Fuzzy sets and beyond*[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
- [75] Schneider C Q, Wagemann C. *Set-theoretic methods for the social sciences: A guide to qualitative comparative analysis*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- [76] Greckhamer T, Furnari S, Fiss P C, Aguilera R V. Studying configurations with qualitative comparative analysis: Best practices in strategy and organization research[J]. *Strategic Organization*, 2018, 16(4): 482–495.