

基于突发事件风险的供应链脆弱性削减机制

刘家国, 周粤湘, 卢斌, 赵金楼

(哈尔滨工程大学 经济管理学院, 哈尔滨 150001)

摘要 当前频发的突发事件使得供应链格外脆弱。为降低供应链脆弱性, 通过对供应链弹性、供应链柔性、供应链敏捷性和供应链脆弱性的相关文献系统梳理, 探索性地提出了降低供应链脆弱性的概念模型, 并采集了以制造业为主的行业样本, 借助结构方程模型, 对供应链脆弱性削减机制进行了实证研究。研究表明: 供应链弹性对供应链脆弱性有着直接而显著的影响作用; 供应链柔性对供应链弹性具有积极的促进作用, 并通过供应链弹性对供应链脆弱性产生影响; 供应链敏捷性对供应链脆弱性没有直接的影响作用, 但可通过供应链弹性来影响供应链脆弱性。本研究可为供应链应对风险及突发事件提供理论指导, 具有重要的实践意义。

关键词 供应链脆弱性; 供应链弹性; 供应链柔性; 供应链敏捷性; 削减机制

The reduction mechanism of supply chain vulnerability based on supply chain disruption risk

LIU Jia-guo, ZHOU Yue-xiang, LU Bin, ZHAO Jin-lou

(School of Economics and Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract The current frequent disruptions make supply chain particularly vulnerable. In order to reduce the supply chain vulnerability, a conceptual model is proposed based on systematically analysis of supply chain resilience, supply chain flexibility, supply chain agility and supply chain vulnerability. Using the structural equation model, the sample of manufacturing industry is collected to develop an empirical study of the reduction mechanism of supply chain vulnerability. The findings are as follows: supply chain resilience influences supply chain vulnerability significantly; supply chain flexibility has direct and positive impacts on supply chain resilience, and it influences supply chain vulnerability through supply chain resilience as a mediator; supply chain agility indirectly impacts supply chain vulnerability with supply chain resilience as a mediator. The research provided theoretical guidances for supply chain to cope with risks and disruption and had important practical significance.

Keywords supply chain vulnerability; supply chain resilience; supply chain flexibility; supply chain agility; reduction mechanism

0 引言

脆弱性是衡量风险的重要指标^[1], 已有的脆弱性研究多见于水科学、环境学、灾害学、气象学等领域^[2-5]。近年来, 各种突发事件频繁发生, 致使供应链稳定性降低, 供应链中断发生的可能性增大, 脆弱性逐渐引起了供应链方面的专家学者们的注意。例如, 2001 年爱立信供应商菲利普电子集团位于阿尔布卡克的工厂发生火灾, 导致菲利普无法及时向爱立信提供芯片等零部件, 最终导致爱立信退出了手机市场; 2003 年美国 and 欧洲的电力供应中断, 致使通用汽车等大公司的内部业务无法正常运行, 严重影响了企业的生产效率; 2004 年日本轿车制造商尼桑在需求旺盛的时候, 因钢材短缺中断了四家工厂中的三家业务, 致使尼桑轿车供不应求; 2005 年初的中国“苏丹红事件”, 给许多食品加工企业带来严重的打击; 2011 年日本发生大地震, 致使实行零库存管理的丰田和本田汽车企业全线停产, 同时也使索尼、东芝、松下等电子产品企业供应中断。另一方面, 由于集中生产和分销、精益生产、准时制生产、非核心业务外包等经营理念和生产方式的盛行, 再加上日益

收稿日期: 2013-08-26

资助项目: 国家自然科学基金(71402038, 71271062); 教育部人文社会科学一般研究项目(11YJC630131)

作者简介: 刘家国(1979-), 男, 汉, 湖北枣阳人, 副教授, 博士, 研究方向: 供应链风险管理, E-mail: liujiaguog@gmail.com.

激烈的商业竞争环境^[6]和复杂的供应链网络^[7],使得供应链在面对突发事件时,更容易中断,从而变得越来越脆弱,给节点企业带来各种损失.在今天的经济、商业和生态环境里,专家学者们逐步认识到了供应链脆弱性研究的重要性,并展开了相关研究.本研究在前人研究的基础上,以突发事件为背景,研究供应链脆弱性削减机制.供应链脆弱性的削减机制的研究可以从供应链外部环境、自身特点进行展开,本文探索性地从专家学者广泛研究的供应链弹性、供应链柔性、供应链敏捷性出发,形成供应链脆弱性的削减机制概念模型,并借助结构方程模型对供应链脆弱性进行实证分析.本研究以突发事件为背景扩展了研究视角,通过所构建的概念模型系统地梳理了相关易混淆的概念,形成了供应链脆弱性削减机制,为供应链应对突发事件风险提供了理论指导.

1 文献综述

供应链脆弱性研究目前定性研究居多,对于供应链脆弱性的概念还没有统一的界定,所以本文首先对供应链脆弱性的概念进行一定的总结、分析,然后以影响供应链脆弱性的因素为视角,展开相应论述.具体分析、总结情况如表1所示.

表1 供应链脆弱性定义

作者	定义	研究视角及评价
Svensson ^[8]	导致供应链偏离正常的、希望的或者计划的随机扰动,扰动的存在会对供应链供应商和分包商产生负面的影响.	作者从汽车、家具、零售等多个行业出发,深度研究了供应链脆弱性内在运行机制,并对其概念进行了合理界定.
Jüttner等 ^[9]	风险源和风险驱动的倾向超过了风险降低策略控制的范围,造成的不良的供应链后果.	作者主要从英国口蹄疫、美国的恐怖袭击等突发事件入手,澄清了供应链脆弱性与供应链风险管理概念,作者所提出的概念是以现实背景为依托,因此其概念具有较强现实价值.
Christopher等 ^[10]	严重干扰的一种暴露.	作者从供应链复杂性的角度,分析了全球采购“一边倒”的趋势,该概念的提出引起了学者专家们对复杂性的重视.
Peck ^[11]	供应链内外部风险对供应链造成的破坏性.	作者从公司治理、业务连续性管理、安全与应急计划等多角度分析了供应链脆弱性的存在情况,提出供应链脆弱性概念,该概念中包含公司业务流程与外部环境等两方面风险,此类风险如果发生,将会对企业带来严重的影响,因此,此项研究引发了企业界对供应链脆弱性的思考.
Wagner等 ^[12]	供应链特征的某种机能,某次中断事件企业发生的损失是供应链脆弱性产生的后果.	作者从灾难性事件出发,提出供应链脆弱性,并得到了760位企业德国高管的回应,使得供应链脆弱性的有关研究成果得到强有力的支撑.作者基于灾难性事件及统计数据进行分析供应链脆弱性,其成果具有较强说服力.
Bakshi等 ^[13]	发生中断的可能性,它是由缓解风险基础设施组合决定,也包括一些环境因素,例如政治动荡、邻近故障线、火山等因素.	作者从供应链两个参与者的角度,运用纳什谈判框架,分析了供应链风险规避机制,并提出供应链脆弱性的概念,此概念是从影响供应链脆弱性的内外部因素角度出发的,具有一定的启示意义.

通过表1中的分析与总结,本文认为供应链脆弱性是指供应链易受外界干扰的一种状态.

在供应链脆弱性概念界定基础之上,国内外学者专家针对如何降低供应链脆弱性做出了大量的研究. Ponomarov等^[14]认为可以通过提高供应链弹性来降低供应链脆弱性,从而增强供应链抗风险能力. Hull^[15]则从柔性制造、交货时间、库存的战略用途以及未满足负荷运转下的扩大经营能力等四个角度出发增强供应链弹性,进而降低供应链脆弱性和提高供应链绩效. 尤西^[16]提出可以提高供应链柔性的恢复,进而降低供应链脆弱性. 国内学者傅禄忠^[17]从供应链柔性角度出发,认为通过增强供应柔性、物料搬运柔性、混合柔性、新产品引入柔性、产品修改柔性和物流柔性等六个供应链柔性的影响因子,可以提高供应链柔性,最终提高供应链抗风险的能力. 黄尚海^[18]也提出在当前各种不确定性环境中,从企业内部之间和供应链合作伙伴之间构建柔性供应链可以降低供应链脆弱性. Braunscheidel等^[19]则从供应链敏捷性出发,认为供应链敏捷性有联合规划、需求响应、供应链可视化和客户响应等四个促进因子,通过这些促进因子可以提高供应链敏捷性,从而降低供应链脆弱性,最终提高企业抗风险能力. 国内学者易海燕等^[20]在研究供应链风险时提出,可以通过提高供应链敏捷性,增加供应链弹性,降低供应链风险,进而降低供应链脆弱性. 通过对国内外大量供应链相关文献的阅读研究,我们发现虽然很多学者提出了通过增强供应链弹性、供应链柔性和供应敏捷性等三

种方式降低供应链脆弱性,但大部分文章主要研究通过单一方式来降低供应链脆弱性,并且这些研究侧重于如何提高供应链弹性、供应链柔性或者供应链敏捷性,但鲜见对它们三者如何共同影响供应链脆弱性进行描述的研究。基于此,本文通过相关文献梳理构建一个体现供应链弹性、供应链柔性、供应链敏捷性和供应链脆弱性四者之间关系的结构模型,来探索供应链脆弱性的削减机制,为进一步深入研究供应链风险奠定基础。

2 理论开发

2.1 测度体系

本研究采用实证的方法研究供应链脆弱性的削减机制,首先需要构建供应链弹性、供应链柔性、供应链敏捷性和供应链脆弱性等四者的测度体系。由于供应链弹性、供应链敏捷性和供应链脆弱性等都是较新的概念,针对四者的测度研究目前还不完善,因此本研究的测度体系是在现有研究文献和笔者实际调研的基础上建立的,具体总结如下:

1) 供应链弹性的测度

供应链弹性已经成为企业界和学术界共同关注的研究热点^[21],它被视为一种用来克服供应链脆弱性的方法^[22-23]。Christopher^[24]认为弹性是指供应链遭遇突发事件后恢复到令人满意状态的能力。Lee^[25]总结了评价供应链弹性的三个标准,一是对供应变化和突发需求能迅速做出反应;二是能够适应市场结构和企业战略的变化;三是在供应链成员联盟中,在最大化自身利益的基础上能够将整个供应链的绩效最大化。Hull^[15]认为可以用供给弹性(完全竞争的情况下)和边际成本曲线弹性(垄断的情况下)来衡量供应链的弹性。国内学者朱新球^[26]认为供应链弹性包含恢复能力、适应性等属性。谭颖^[27]将供应链弹性分为危机弹性、客制化弹性以及产量弹性。刘希龙^[28]则从两个方面对供应链进行了测度,一是供应链恢复到正常状态的速度,速度越快,弹性越好;二是供应链恢复到正常状态与原状态的偏离程度,与原状态越接近,代表弹性越好。

依据以上学者的研究,目前比较认同的较好的弹性供应链应具备以下特点:1)保有适当的库存冗余;2)对需求变化能做出快速反应;3)在供应链中断后能快速恢复业务水平。因此,本文在汲取前人研究成果和实际调研的基础上从四个维度衡量供应链的弹性,即库存冗余程度、关键路线点上的抗风险能力、响应市场需求变化的速度、中断后供应链恢复的水平。

2) 供应链柔性的测度

供应链柔性在未来将会成为一项关键的竞争优势^[29]。Slack^[30]认为供应链柔性是指供应链的一种能力:面对客户需求变化能够及时应对,并将其分为交货柔性和生产柔性。Gosling^[31]认为可以用供应商柔性和采购柔性衡量供应链柔性。Chuu^[32]从供应网络柔性、运作系统柔性、物流过程柔性、信息系统柔性和组织设计柔性五个维度测量供应链柔性。Sabri等^[33]认为供应链柔性包括分销柔性和生产柔性,并且各自有其自身的衡量方法。国内学者马世华^[34]认为可以从供应和需求的角度来考虑,即供应柔性和需求柔性。傅禄忠^[17]认为可从三个方面评价供应链柔性,即增加或减少供应商的能力、供应商改变产量的能力和改变与供应商关系的能力。虽然国内外学者提出了多种测量供应链柔性的指标模型,但通过归纳,本研究发现这些测量指标主要集中在三个方面,分别是供应商柔性、制造柔性和物流柔性。本文通过实践调研发现,企业在应对供应链风险过程中,企业的战略选择和员工应对突发事件的能力有着重要的作用。因此,本研究拟用重新选择供应商的能力、柔性制造的能力、物流过程的柔性、人力资源的柔性和企业柔性战略的能力等五个维度测评供应链柔性。

3) 供应链敏捷性的测度

敏捷性不仅是企业竞争优势的体现,同时也是供应链的重要组成部分。Agarwal等^[35]从四个维度测评供应链敏捷性,即市场敏感度、信息驱动虚拟集成、流程整合和集中协同规划。Kisperska-Moron等^[36]研究显示可以从以下四个属性评价供应链敏捷性:市场敏感度、虚拟性、过程集成和网络。Braunscheidel等^[19]从联合规划、需求响应、供应链可视化和客户响应等四个维度测量供应链敏捷性水平。易海燕^[20]指出供应链敏捷性是基于供应和需求的不可预知的变化引起的,因此可以从供应和需求的角度去考虑其敏捷性。依据以上研究,虽然各个学者提出的测量供应链柔性的指标名称略有不同,但指标内涵大致还是相同的,并且可以归为四类:1)市场敏感度;2)供应链可视化;3)客户响应;4)企业间协作关系。在实际调研的基础上,本研究再增加敏捷制造作为一个指标,因此,本研究拟用五个维度来测量供应链敏捷性,即市场敏感度、供应链可视化、客户响应、企业间协作关系和敏捷制造能力。

4) 供应链脆弱性的测度

供应链脆弱性评估方面的研究成果较少,尤其缺乏对供应链脆弱性的定量评估,目前对供应链脆弱性的研究局限于定性研究。Svensson^[37]构建了一个分析供应链脆弱性的理论框架,通过功能相关、时间相关、关系相关这三个维度对供应链进行评估。Peck^[22]以资产和组织基础设施相关性、价值流/产品和流程、组织和组织内的网络以及环境等四个纬度建立了供应链脆弱性评价模型。通过以上研究发现目前学者对供应链脆弱性的评价各有体系,无法总结出他们的共同点,因此,本研究从供应链脆弱性的定义出发概括供应链脆弱性评价指标。Peck^[22]和 Jüttner^[38]认为供应链脆弱性与供应链风险不应该分开研究,因为它们是互相影响、密切相关的,笔者也倾向于这一观点,认为脆弱性越强可能存在的风险越大,脆弱性越弱存在的风险越小。基于此,本研究通过供给风险、需求风险和过程风险等三个维度评估供应链脆弱性。

2.2 研究假设

1) 供应链弹性与供应链脆弱性

由于市场环境的不确定,加之企业片面追求效益和效率,使供应链变得脆弱,导致供应链面临的风险增大。供应链的脆弱性是由于供应链固有的特性难以改变,这些固有的特性与供应链具体的流程、产品、供需特点相关,而供应链弹性恰好可以改进这些供应链特性^[39],同时 Pettit 等人^[40]研究得出供应链脆弱性是影响供应链弹性的关键因素。赵林度等^[41]通过研究分析,认为弹性过低会使得供应链脆弱性增加,弹性过高又会影响供应链网络系统的利润。他们对弹性、供应链脆弱性、利润进行了分析,并指出三者之间的影响不都是正向的,是此消彼长的关系,为了做出权衡,需要采取适度供应链弹性的模式。其中也体现了供应链弹性的恢复能力,恢复能力高,供应链中断的可能性就会降低,进而供应链脆弱性也就降低了。因此,供应链弹性可以很好抵御供应链脆弱性。吕坤^[42]在研究供应链弹性设计的方式时,分别对供应链风险发生的前中后的弹性进行了设计,以便遭遇风险后能更好地恢复。同时也指出在广泛研究供应链风险、供应链脆弱基础上研究供应链弹性,其实就是为了应对供应链风险和供应链脆弱性。通过对国内外文献的研究发现,大部分文章阐述通过增强供应链弹性可以降低供应链脆弱性。基于此,本研究提出以下假设:

H1 增强供应链弹性将会降低供应链脆弱性。

2) 供应链柔性与供应链弹性

供应链柔性强调的是对市场变化的适应力,而供应链弹性则更加注重于吸收供应链扰动和恢复的能力,这二者虽然存在区别但都有助于提高供应链抗风险的能力。供应链弹性的目的是在供应链受到扰动之后将业务恢复并保持到期望水平,这个过程需要供应链具备一定的缓冲能力,而供应链柔性由于自身的特点能够增强这一缓冲能力。Muckstadt^[43]等人在研究供应链弹性时,指出通过某种方式方法尽量消除环境的不确定性和强化供应链节点企业之间的合作关系可以在一定程度上提高供应链弹性。从供应链柔性测度指标来看,提高供应链柔性目的就是希望通过加强各企业之间的合作,以便较好地应对环境的不确定性。所以从上述分析的递进关系来看,供应链柔性对供应链弹性有正向影响。Rice^[44]等人通过研究分析认为,保持适当库存冗余和采用混合柔性是提升供应链弹性的两个方法。从中可以看出供应链柔性对供应链弹性之间的关系。同样,Sheffi^[45]曾经投稿于哈佛商业评论的一文中,提出了提升供应链弹性的三种方法,分别是打造风险型企业文化、提高供应链柔性、增加企业冗余,并特别指出打造风险型企业文化和提高供应链弹性是提高供应链弹性的关键方法,从而可以看出提升供应链柔性对供应链弹性的提高所起的作用。Christopher^[46]等人在研究中指出为了达到良好的风险管理,可以通过构建柔性供应链来实现。并指出柔性供应链就是借助精益的六西格玛管理方式,来促进供应链生产力的提高,增强客户满意度,进而提升供应链柔性,并进一步提高供应链弹性。刘浩华^[47]指出从增强供应链柔性出发,可以以低成本高效率的方式提升供应链弹性。朱新球^[26]在研究应对突发事件的弹性供应链时,强调供应链弹性表现的是一种对变化环境的适应能力,它包含了柔性和敏捷性。从中可以看出,供应链柔性能够对供应链弹性产生影响。基于以上分析,本文提出以下假设:

H2 增强供应链柔性对提高供应链弹性具有正向的促进作用。

3) 供应链敏捷性与供应链弹性

提高供应链敏捷性能使企业迅速应对市场发生的变化和供应链的中断,因此,供应链敏捷性对提高企业抗风险能力具有重要的价值^[19]。供应链敏捷性能够压缩反应时间,因此,一些学者认为供应链敏捷性能够维持企业的竞争优势^[48],有些学者则认为供应链敏捷性和供应链弹性呈正相关^[48-49],有的学者也认为供应链网络的适应能力是供应链弹性最重要的能力,其能力包含有两个属性:柔性、敏捷性^[20]。Christopher^[50]

通过研究分析认为具有快速响应能力的供应链网络系统对提升供应链弹性有一定的推动作用. 当市场环境发生变化时, 供应链节点企业能够及时察觉, 并快速采取一定的措施加以应对, 这会降低市场变化带来的冲击, 供应链才会更好地恢复到预期状态. 赵林度^[41]等人通过定性分析发现, 在经济全球化背景下, 企业要想实现可持续发展, 需要从两方面着手开展工作. 一是在提供服务方面要实现快速与低成本两个目标; 二是通过提高供应链敏捷性、柔性等方面, 来提高供应链弹性. 因此, 可以看出供应链敏捷性对供应链弹性所起的作用. 另外, 刘浩华^[47]认为要想打造体系完善的弹性供应链, 可以从提高供应链“预嵌”弹性、供应链敏捷性等多个方面入手. 基于以上研究, 本研究提出以下假设:

H3 提高供应链敏捷性对增强供应链弹性具有正向的促进作用.

基于以上假设, 本研究构建了如图 1 所示的概念模型.

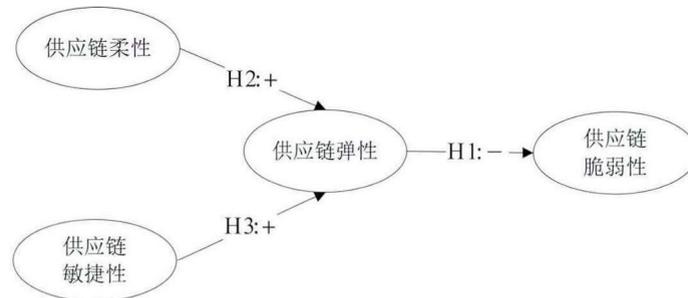


图 1 概念模型

3 实证研究设计

3.1 问卷设计与数据收集

为了对以上概念模型进行科学合理的实证分析, 本研究采用问卷调查的方式收集数据. 问卷由企业基本情况和问卷主体两部分构成. 在企业基本情况部分涉及企业所属行业和类型、被调查者的职位层级以及对供应链了解程度等调查信息. 问卷主体部分采用李克特 7 级量表来测量 (包括非常不符合、不符合、较不符合、有点不符合、一般符合、符合、非常符合等 7 级), 主要包含供应链弹性、供应链脆弱性、供应链柔性和供应链敏捷性等 4 个变量的测量信息. 在供应链弹性方面, 主要以库存冗余度、关键路线点上的抗风险能力、响应市场需求变化的速度、中断后供应链恢复的水平等 4 个方面内容为测量对象; 在供应链脆弱性方面, 主要以供给风险、需求风险、过程风险等 3 个方面内容为测量对象; 在供应链柔性方面, 主要以重新选择供应商的能力、柔性制造的能力、物流过程的柔性、人力资源的柔性、企业柔性战略等 5 个方面内容为测量对象; 在供应链敏捷性方面, 主要以市场敏感度、供应链可视化、客户响应、企业间协作关系、敏捷制造能力等 5 个方面内容为测量对象.

2011 年 3 月至 2012 年 4 月期间, 作者以邮寄或电子邮件的方式向北京、上海、浙江、江苏、山东以及黑龙江等省市企业发放了 316 份问卷. 问卷回收 159 份, 回收率为 50.32%, 在回收的 159 份问卷中, 由于无法满足被调查人职务及对供应链了解程度等要求, 剔除 11 份问卷. 另外, 对于 16 份漏答和乱答的问卷, 本研究也视为无效问卷, 予以剔除. 因此, 最后得到有效问卷 132 份, 有效问卷回收率为 41.8%. 由于本样本所涉及的指标共 17 个, 根据以往经验, 样本数量应大于观测指标总数 10 倍以上, 所以样本最少为 170. 而目前实际有效问卷只有 132 份, 无法满足要求, 因此再次补发了问卷 125 份, 实际有效问卷回收 53 份, 有效问卷回收率 42.4%. 两次有效问卷共为 185 份, 满足所需要求. 样本涵盖了家电、机械制造、电子、纺织/服装、计算机及通信设备等多个制造行业, 其中包括小型企业 (1000 人以下)、中型企业 (1000~5000 人)、大型企业 (5000 人以上) 等三种类型的企业. 样本特征变量统计如表 2 所示.

从表 2 中可以看出, 本研究的调查对象具有以下特征: 1、行业方面, 分布较均匀, 其中家电业 (36)、机械制造业 (47)、电子行业 (38) 较纺织/服装业 (30)、计算机及通讯设备 (34) 略高; 2、企业类型方面, 主要集中在中小型企业 (150), 这也是我国企业以中小型企业居多的体现; 3、职位类型方面, 主要以基层管理者 (81)、中层管理者 (48) 为主, 出现这种分布主要是因为考虑到本次调查内容 (供应链) 以及企业各种职位人员愿意并且是否有时间间接纳调查.

表 2 样本特征变量统计表

	样本统计变量	样本数	百分比 (%)
行业	家电	36	19.5
	机械制造	47	25.4
	电子	38	20.5
	纺织/服装	30	16.2
	计算机及通讯设备	34	18.4
企业规模	大型企业	12	6.5
	中型企业	23	12.4
	中小型企业	150	81.1
职位类型	高层管理者	19	10.3
	中层管理者	48	25.9
	基层管理者	81	43.8
	工作人员	37	20.0

表 3 样本数据的 KMO 检验和 Bartlett 球体检验

	KMO 样本测度	0.848
Bartlett 球体检验	Approx. Chi-Square	1568
	自由度 df	136
	显著性概率 Sig.	0.000

表 4 效度检验

变量	变量指标数	因子负荷	累计解释度 %
供应链弹性	4	0.676~0.776	52.284
供应链脆弱性	3	0.653~0.886	62.403
供应链柔性	5	0.519~0.809	53.152
供应链敏捷性	5	0.703~0.832	61.842

3.2 效度和信度分析

本研究利用结构方程模型方法对模型进行验证, 通过 SPSS16.0 和 LISREL 软件对数据进行分析. 本研究共涉及观测指标 17 个, 本次调查有效样本量为 185, 符合结构方程模型分析要求.

研究过程中, 首先对数据进行效度检验. 使用 SPSS 软件进行 KMO 检验和 Bartlett 球度检验, 检验结果如表 3 所示. 此处 KMO 值为 0.848 大于 0.7, 因子显著性概率 Sig 为 0.000, 小于 0.001, 两项测试结果表明数据适合做因子分析.

在对数据做效度分析时, 一般认为, 因子负荷大于 0.5 是有效的, 累计解释度大于 30%, 所选指标是有效的, 分析结果如表 4 所示. 表中最小因子负荷为 0.519, 大于 0.5 的效度要求, 累计解释度最小为 52.284%, 超过 30% 的有效标准, 这表明各个变量所选的因子是有效的.

本研究通过计算 Cronbach's Alpha 系数对数据进行信度分析时. 一般认为系数大于 0.8 时说明量表信度非常好; 达到 0.7~0.8 时表示具有相当的信度; 如果不超过 0.6, 则量表内部一致信度不足. 计算结果见表 5, 最小的 Cronbach's Alpha 系数为 0.693, 大于 0.6 的最低标准, 说明量表是符合信度要求的.

对于组合信度的测量, 一般认为信度系数低于 0.3 时说明一致性较差; 超过 0.7 表示内部一致性较好; 大于 0.9, 则内部一致性非常好. 组合信度测量结果如表 6 所示, 因子载荷最小值为 0.53, 大于 0.3 的判断标准. 各构念的组合信度值都不小于 0.7, 满足有效的判断标准, 说明模型具有较好的信度, 可以进一步做结构方程分析.

表 5 量表的 Cronbach's Alpha 系数

变量	Cronbach's Alpha	指标数	量表 Cronbach's Alpha
供应链弹性	0.693	4	0.904
供应链脆弱性	0.706	3	
供应链柔性	0.780	5	
供应链敏捷性	0.845	5	

表 6 信度检验

潜变量	观测变量	因子负载	误差项	误差方差	组合信度
供应链弹性	SCE1	0.61	e1	0.52	0.71
	SCE2	0.69	e2	0.53	
	SCE3	0.53	e3	0.72	
	SCE4	0.57	e4	0.57	
供应链脆弱性	SCV1	0.78	e5	0.40	0.70
	SCV2	0.62	e6	0.51	
	SCV3	0.54	e7	0.70	
供应链柔性	SCF1	0.71	e8	0.50	0.78
	SCF2	0.74	e9	0.46	
	SCF3	0.66	e10	0.56	
	SCF4	0.56	e11	0.69	
	SCF5	0.56	e12	0.69	
供应链敏捷性	SCA1	0.71	e13	0.50	0.85
	SCA2	0.79	e14	0.38	
	SCA3	0.59	e15	0.65	
	SCA4	0.78	e16	0.39	
	SCA5	0.74	e17	0.46	

注: 组合信度 $p_c = \frac{(\sum \lambda_i)^2}{(\sum \lambda_i)^2 + \sum \Theta_{ii}}$, $(\sum \lambda_i)^2$ 为因子载荷加总后取平方之数值, $\sum \Theta_{ii}$ 为各观察变量误差方差的总和.

3.3 拟合优度检验

在对模型拟合度分析时,各主要拟合评鉴指数结果如表 7 所示.

表 7 模型拟合优度分析结果

模型拟合评鉴指数		统计数据
绝对拟合指数	卡方检验量 χ^2	262.01
	正态假设加权最小平方卡方值 $WLS\chi^2$	239.88
	自由度 df	114
	平均概似平方误根系数 RMSE	0.077
	标准化残差均方根 SRMR	0.067
相对拟合指数	比较拟合度 CFI	0.96
	正规拟合指数 NFI	0.93
	非正规拟合指数 NNFI	0.95
简约拟合指数	简约规范拟合指数 PNFI	0.78
	简约优度拟合指数 PGFI	0.65

模型拟合统计值中,卡方自由度比 $\chi^2/df = 262.01/114 = 2.30 < 3$,显示模型基本拟合.一般认为, RMSE 小于 0.01 是非常出色的拟合;小于 0.05 表示非常好的拟合;小于 0.1 是好的拟合.表中 RMSE 值为 0.077,且 90% 的置信区间上限为 0.091,小于 0.1 的门槛, SRMR 值为 0.067 小于 0.08 的界值,表明模型拟合较好.模型的简约规范拟合指数 PNFI 和简约优度拟合指数 PGFI 分别为 0.78、0.65,都超出了建议值 0.5(PNFI、PGFI),比较拟合指数 CFI 为 0.96,满足建议值 0.95,正规拟合指数 NFI 和非正规拟合指数 NNFI 分别为 0.93、0.95,亦超出所建议的 0.9(NFI、NNFI).综上所述,模型的总体拟合符合要求.

3.4 结果分析

利用 LISREL 软件计算结构方程模型中各变量之间的关系,最终模型如图 2 所示,图中显示了观测变量的因子载荷和误差方差以及各个潜变量之间的路径系数.

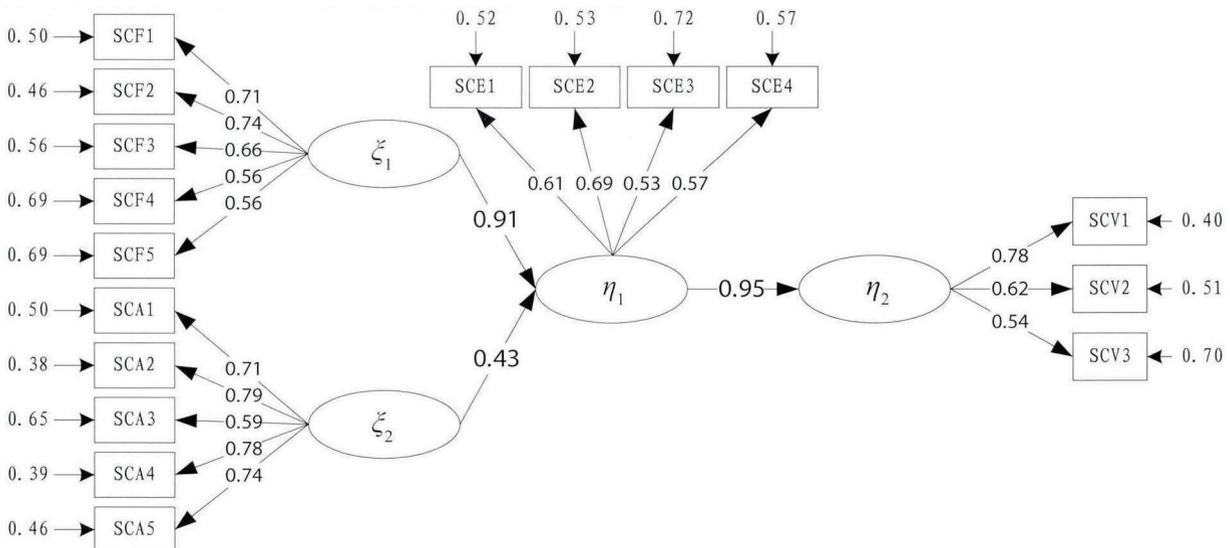


图 2 结构方程模型

本研究有三个假设,假设检验结果如表 8 所示.从表中可知,三个假设都得到支持,具体情况如下:

表 8 假设检验结果

假设	路径	路径系数	T 值	假设检验结果
H1	供应链弹性 → 供应链脆弱性	0.95	11.27	支持
H2	供应链柔性 → 供应链弹性	0.91	9.96	支持
H3	供应链敏捷性 → 供应链弹性	0.43	6.70	支持

A. 对于供应链弹性对供应链脆弱性来说,供应链弹性对脆弱性的路径系数为 0.95 ($T=11.27$),该条路径成立,因此说明供应链弹性对供应链脆弱性的影响作用显著.

B. 对于供应链柔性对供应链弹性来说,供应链柔性对供应链弹性的路径系数为 0.91 ($T=9.96$),该条路径成立,表明供应链柔性对供应链弹性具有显著的影响作用.

C. 对于供应链敏捷性对供应链弹性来说,供应链敏捷性对弹性的路径系数为 0.43 ($T=6.70$),该路径成立,说明供应链敏捷性对供应链弹性的影响作用显著。

4 讨论与启示

4.1 供应链柔性对供应链脆弱性

由“供应链弹性 \rightarrow 供应链脆弱性”和“供应链柔性 \rightarrow 供应链弹性”路径成立,可得 H1 和 H2 成立。两条路径同时成立说明:提高供应链弹性对降低供应链脆弱性有着直接促进作用,而供应链柔性的作用,则是通过供应链弹性间接降低供应链脆弱性。

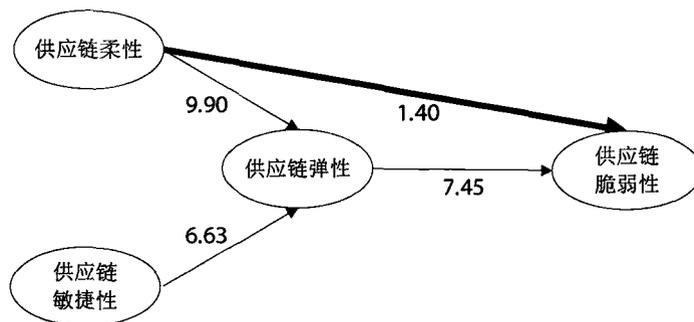


图3 “供应链柔性 \rightarrow 供应链脆弱性”的路径结果不显著

为了进一步验证供应链柔性对供应链脆弱性的机制,在原模型基础上将供应链柔性和供应链脆弱性的路径连接起来,重新对模型进行分析,结果如图3所示。“供应链柔性 \rightarrow 供应链脆弱性”的 T-statistics 值为 1.40,在 $p < 0.05$ 条件下不显著,表明供应链柔性并非直接影响供应链脆弱性,而是通过中介因素的作用来产生影响的。由模型可得,供应链弹性在供应链柔性影响供应链脆弱性时起到了传递作用。

通过以上分析表明,供应链柔性虽然不能直接降低供应链脆弱性,但是通过其对供应链弹性的促进作用会影响供应链脆弱性。供应链柔性体现为供应链随着市场环境的变化而及时调整以满足顾客需求的适应性和灵活性,它强调的是适应能力(如适应供需变化、市场变化、环境变化等),所以,供应链柔性表示的是以变应变的能力,不是消除影响而是去适应改变,所以供应链柔性并不能消除外界干扰,因此降低供应链脆弱性的效果不明显。供应链弹性强调的是在供应链系统偏离原状态后能使供应链快速恢复到原状态的方法,它表示的是以不变应变的能力,虽然弹性供应链面对巨大的破坏性冲击也会发生改变,但它会快速恢复到原状态,这个过程需要有一个缓冲阶段以适应突然的变化,而这正是供应链柔性所具备的能力,所以供应链柔性对提高供应链弹性有影响作用。研究发现,一些企业在选择供应商时会在供应商数量和成本之间做一个权衡,在保有一定数量的供应链时,还会考虑其他一些供应商以作备用选择;有些企业则将零部件和制作流程进行了标准化,以此提高对需求变化和供应链中断的反应能力;此外,一些企业还通过统一培训员工的方式,增强员工多方面的能力,当发生供应链突发事件时,以保证人手不足的情况下依然能维持企业的运转。这些都是供应链柔性手段,通过这些手段可以提高供应链弹性,进而降低供应链脆弱性。

4.2 供应链敏捷性与供应链脆弱性

“供应链敏捷性 \rightarrow 供应链弹性”路径成立,可得 H3 成立,即增强供应链敏捷性能够提高供应链弹性。为了进一步验证供应链敏捷性与供应链脆弱性的关系,在模型中将供应链敏捷性与供应链脆弱性的路径相连,重新进行模型的路径分析,结果如图4。“供应链敏捷性 \rightarrow 供应链脆弱性”的 T-statistics 值为 -0.40,在 $p < 0.05$ 条件下不显著,表明供应链敏捷性不能直接影响供应链脆弱性,需要通过供应链弹性的中介因素起作用。

由以上分析可知,供应链敏捷性不能直接影响供应链脆弱性,而是通过促进供应链弹性的提高进而影响供应链脆弱性。供应链敏捷性表现为对供应或需求的不可预知的变化做出快速反应的能力,而供应链弹性从一定程度上来说也意味着敏捷性,能够对突发事件做出快速反应,在不确定性环境中这是一种独特的优势。许多企业对供应中断或需求变化的反应时间太长,因此处于风险中。供应链敏捷性越强,说明企业应对突发事件的速度越快,企业只有不断增强供应链敏捷性,才能够消除牛鞭效应,提高供应链可视化。供应链敏捷性的增强使得企业更加容易通过提升供应链弹性而降低供应链脆弱性,进而增强供应链抗风险的能力。如何通过提高供应链敏捷性来增加供应链弹性,合理的做法是高效整合供应链成员,在整个供应链中,实现信息的快速

传输、反馈和共享,提高供应链可视化。对于如何提高供应链可视化,可以在供应链成员之间建立高效的信息管理系统,使企业能清楚看到供需和实物运动状态、上下游库存以及生产、采购计划等,消除供应链上的“盲区”,能够及时把握供需变化和不确定性,即使发生供应链中断,也能合理部署应对工作,快速恢复供应链。

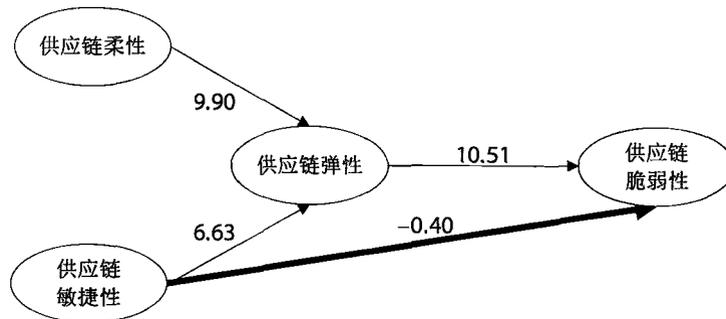


图 4 “供应链敏捷性 → 供应链脆弱性”的路径结果不显著

5 结束语

为了探索供应链脆弱性削减机制,便于企业积极应对突发事件,本文以突发事件风险为研究背景,从供应链弹性、供应链柔性、供应链敏捷性、供应链脆弱性等各自的测度体系入手,构建了供应链脆弱性的削减机制概念模型,深入探讨各因素对供应链脆弱性的影响机制,并借助结构方程模型对概念模型进行实证研究,最终得到了一些有意义的结论:(1)研究发现供应链弹性对供应链脆弱性具有显著的影响作用,这表明可以通过增强供应链弹性以降低供应链脆弱性;(2)研究证明虽然供应链柔性和供应链敏捷性对供应链脆弱性没有显著的直接影响,但是二者对供应链弹性具有明显作用。因此,二者可以通过供应链弹性的中介作用间接影响供应链脆弱性。本文的研究进一步明确了供应链风险管理中易混淆概念之间的相互关系,同时使企业清楚认识到供应链弹性、供应链柔性和供应链敏捷性对供应链脆弱性的削减机制作用,为企业供应链应对突发事件风险提供有效指导。

本研究也存在一些不足之处。首先,本研究收集的数据主要来自我国制造行业,因此还需收集其他行业数据验证模型。其次,本研究收集了 185 份有效问卷,刚刚达到经验法则的标准,样本规模还有一定的不足,需要更大规模的样本数据,进一步验证研究假设。第三,本研究仅研究了供应链弹性、供应链柔性和供应链敏捷性对供应链脆弱性的削减机制,而没有考虑其他供应链相关概念,比如供应链鲁棒性等。鉴于本文的研究不足,可以从以下几个方面进行改进:拓展不同行业的相关研究,收集其他行业的企业数据检验本研究结论,并比较各个行业数据结果的差异;或者收集更大样本规模的数据,检验本研究结论是否仍成立;进一步,可以引进其他供应链相关概念,使模型更加严密和充实。

参考文献

- [1] 张灵,陈晓宏,王兆礼. 防洪系统脆弱性的模糊极大熵诊断 [J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(8): 1600-1607.
Zhang Ling, Chen Xiaohong, Wang Zhaoli. Fuzzy diagnosis of vulnerability to food based on maximum entropy[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2011, 31(8): 1600-1607.
- [2] Xin K L, Tao T, Wang Y, et al. Hazard and vulnerability evaluation of water distribution system in cases of contamination intrusion accidents[J]. Frontiers of Environmental Science, 2012, 6(6): 839-848.
- [3] Noriega G R, Ludwig L G. Social vulnerability assessment for mitigation of local earthquake risk in Los Angeles County[J]. Natural Hazards, 2012, 64(2): 1341-1355.
- [4] Huang J, Liu Y, Ma L, et al. Methodology for the assessment and classification of regional vulnerability to natural hazards in China: The application of a DEA model[J]. Natural Hazards, 2013, 65(1): 115-134.
- [5] Coletti A, Howe P D, Yarnal B, et al. A support system for assessing local vulnerability to weather and climate[J]. Natural Hazards, 2013, 65(1): 999-1008.
- [6] Inda S, Abu B H, Rohaizat B, et al. The effect of organizational practices on supply chain agility: An empirical investigation on malaysia manufacturing industry[J]. Social and Behavioral Sciences, 2012, 40: 274-281.
- [7] 徐小峰,赵金楼,宋杰鲲. 复杂制造协同物流网络资源规划的不确定性控制优化 [J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(4): 799-806.
Xu Xiaofeng, Zhao Jinlou, Song Jiekun. Uncertain control optimization of resource planning for collaborative logistics network about complex manufacturing[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2012, 32(4): 799-806.

- 799-806.
- [8] Svensson G. A conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chain[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2000, 30(9): 731-749.
- [9] Jüttner U, Peck H, Christopher M. Supply chain risk management: Outlining an agenda for future research[J]. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 2003, 6(4): 197-210.
- [10] Christopher M, Peck H. Building the resilient supply chain[J]. *International Journal of Logistics Management*, 2004, 15(2): 1-13.
- [11] Peck H. Reconciling supply chain vulnerability, risk and supply chain management[J]. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 2006, 9(2): 127-142.
- [12] Wagner S M, Bode C. An empirical investigation into supply chain vulnerability[J]. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 2006, 12(6): 301-312.
- [13] Bakshi N, Kleindorfer P. Coopetition and investment for supply chain resilience[J]. *Production and Operations Management*, 2009, 18(6): 583-603.
- [14] Ponomarov S Y, Holcomb M C. Understanding the concept of supply chain resilience[J]. *The International Journal of Logistics Management*, 2009, 20(1): 124-143.
- [15] Hull B. The role of resilience in supply chain performance[J]. *International Journal of Production Economics*, 2005, 98(3): 301-314.
- [16] 尤西·谢菲. 柔韧: 麻省理工学院供应链管理精髓 [M]. 杨晓雯, 等译. 上海: 上海三联书店, 2008.
Sheffi Y. *Flexible: The essence of supply chain management in MIT*[M]. Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 2008.
- [17] 傅禄忠. 我国汽车制造业供应链柔性实证研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2007: 51-76.
Fu Luzhong. *The empirical study on supply chain flexibility of Chinese automobile industry*[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007: 51-76.
- [18] 黄尚海. 提高供应链柔性途径研究 [J]. *物流科技*, 2010(1): 81-84.
Huang Shanghai. *A research on the method to raise the supply chain's resilient*[J]. *Logistics Sci-Tech*, 2010(1): 81-84.
- [19] Braunscheidel M J, Suresh N C. The organizational antecedents of a firm's supply chain agility for risk mitigation and response[J]. *Journal of Operations Management*, 2009, 27(2): 119-140.
- [20] 易海燕, 叶怀珍. 弹性供应链的构建原则及框架设计 [J]. *商业时代*, 2008(13): 18-19.
Yi Haiyan, Ye Huaizhen. *Principles and framework for the design of flexible supply chain*[J]. *Commercial Times*, 2008(13): 18-19.
- [21] Sheffi Y. Building a resilient supply chain[J]. *Harvard Business Review*, 2005, 1(8): 1-4.
- [22] Peck H. Drivers of supply chain vulnerability: An integrated framework[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2005, 35(4): 210-232.
- [23] Tang C S. Robust strategies for mitigating supply chain disruptions[J]. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 2006, 9(1): 33-45.
- [24] Christopher M, Lee H. Mitigating supply chain risk through improved confidence[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2004, 34(5): 388-396.
- [25] Lee H L. The triple — A supply chain[J]. *Harvard Business Review*, 2004, 82(10): 102-112.
- [26] 朱新球, 程国平. 弹性供应链研究述评 [J]. *中国流通经济*, 2011(3): 43-47.
Zhu Xinqiu, Cheng Guoping. *Review of research on resilience supply chain*[J]. *China Business and Market*, 2011(3): 43-47.
- [27] 谭颖. 基于环境不确定性的企业供应链弹性研究 [J]. *物流技术*, 2008, 27(11): 89-92.
Tan Ying. *Research on business supply chain flexibility based on uncertain environment*[J]. *Logistics Technology*, 2008, 27(11): 89-92.
- [28] 刘希龙. 供应网络弹性研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2007: 29-33.
Liu Xilong. *The study of supply chain resilience*[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2007: 29-33.
- [29] Lummus R R, Duclos L K, Vokurka R J. Supply chain flexibility: Building a new model[J]. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 2003, 4(4): 1-13.
- [30] Slack J M W, Darlington B G, Heath J K, et al. Mesoderm induction in early *Xenopus* embryos by heparin-binding growth factors[J]. *Nature*, 1987, 326(6109): 197-200.
- [31] Gosling J, Purvis L, Naim M M. Supply chain flexibility as a determinant of supplier selection[J]. *International Journal of Production Economics*, 2010, 128(1): 11-21.
- [32] Chuu S J. Interactive group decision-making using a fuzzy linguistic approach for evaluating the flexibility in a supply chain[J]. *European Journal of Operational Research*, 2011, 213(1): 279-289.
- [33] Sabri E H, Beamon B M. A multiobjective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design[J]. *The International Journal of Management Science*, 2000, 28(5): 581-598.

- [34] 马士华, 林勇, 陈志祥. 供应链管理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 202-218.
Ma Shihua, Lin Yong, Chen Zhixiang. Supply chain management[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2000: 202-218.
- [35] Agarwal A, Shankar R, Tiwari M K. Modeling agility of supply chain[J]. *Industrial Marketing Management*, 2007, 36(4): 443-457.
- [36] Kisperska-Moron D, Swierczek A. The agile capabilities of polish companies in the supply chain: An empirical study[J]. *International Journal of Production Economics*, 2009, 118(1): 217-224.
- [37] Svensson G. A conceptual framework of vulnerability in firms' inbound and outbound logistics flows[J]. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 2004, 19(7): 469-483.
- [38] Jüttner U. Supply chain risk management: Understanding the business requirements from a practitioner perspective[J]. *International Journal of Logistics Management*, 2005, 16(1): 120-141.
- [39] Carvalho H, Machado V C. Designing principles to create resilient supply chains[C]// IIE Annual Conference and Expo 2007-Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World. Nashville, TN: Institute of Industrial Engineers, 2007: 186-191.
- [40] Pettit T J, Fiksel J, Croxton K L. Ensuring supply chain resilience: Development of a conceptual framework[J]. *Journal of Business Logistics*, 2010, 31(1): 1-21.
- [41] 赵林度, 王新平. 供应链弹性管理研究进展 [J]. 东南大学学报 (哲学社会科学版), 2013, 15(4): 21-27.
Zhao Lindu, Wang Xinping. The research progress of supply chain elasticity management[J]. *Journal of Southeast University (Philosophy and Social Science)*, 2013, 15(4): 21-27.
- [42] 吕坤. 基于风险的供应链弹性设计 [J]. 商业时代, 2012(31): 37-38.
Lü Kun. Supply chain design elasticity based on risk[J]. *Commercial Times*, 2012(31): 37-38.
- [43] Muckstadt J A, Murray D H, Rappold J A, et al. Guidelines for collaborative supply chain system design and operation[J]. *Information Systems Frontiers*, 2001, 3(4): 427-453.
- [44] Rice J B, Caniato F. Building a secure and resilient supply network[J]. *Supply Chain Management Review*, 2003, 7(5): 22-30.
- [45] Sheffi Y. Building a resilient supply chain[J]. *Harvard Business Review*, 2005, 1(5): 1-4.
- [46] Christopher M, Rutherford C. Creating supply chain resilience through agile six sigma[J]. *Critical Eye*, 2004: 6-8.
- [47] 刘浩华. 打造弹性供应链 [J]. 中央财经大学学报, 2007(5): 63-68.
Liu Haohua. Creating a resilient supply chain[J]. *Journal of Central University of Finance & Economics*, 2007(5): 63-68.
- [48] Ngai E W T, Chau D C K, Chan T L A. Information technology, operational, and management competencies for supply chain agility: Findings from case studies[J]. *Journal of Strategic Information Systems*, 2011, 20(3): 232-249.
- [49] Conboy K. Agility from first principles: Reconstructing the concept of agility in information systems development[J]. *Information Systems Research*, 2009, 20(3): 329-354.
- [50] Christopher M. Creating resilient supply chains[J]. *Logistics Europe*, 2004(11): 18-19.