

制造业供应链韧性评价体系构建

孙涛

上海汽车集团股份有限公司乘用车研究院 上海 201306

摘要: 在全球化动荡与系统性风险加剧的背景下,制造业供应链面临前所未有的复杂挑战,提升其韧性成为企业生存与国家产业安全的关键议题。本文在系统梳理国内外供应链韧性研究的基础上,基于工业和信息化部发布的《制造企业供应链韧性度评价规范(征求意见稿)》,构建了涵盖六项核心能力的指标体系,并结合企业实践提出“上游保障—柔性生产—协同机制—弹性需求”四维机制模型。为确保评价体系的科学性与实用性,本文引入层次分析法(AHP)与熵权法相结合的主客观融合赋权机制,并通过模糊综合评价模型进行综合评分。在实证部分,以上汽集团“3+3+3”弹性机制为案例,基于2020—2022年运营数据进行量化分析,验证模型的结构合理性与绩效解释力。研究发现,四维机制对供应链六大能力具有显著促进作用,其中弹性生产与协同响应是影响产能恢复效率的关键路径。本文为制造企业建立高韧性供应链提供系统工具,也为政府推进标准化评价与产业政策实施提供理论支持与实践验证。

关键词: 供应链韧性;制造业;韧性度评价规范;机制-指标-绩效模型;实证分析;评价指标体系;弹性机制

1 引言

随着全球经济体系日益复杂和产业链条高度耦合,制造业供应链面临的风险日趋多样化与系统化。突发公共卫生事件、地缘政治冲突、极端气候、能源与原材料波动等因素交织叠加,使企业供应链在应对外部冲击时的脆弱性显著增强。供应链韧性(Supply Chain Resilience, SCR)作为衡量企业在复杂环境中保障连续性、实现快速恢复与结构重构能力的重要指标,正成为国际供应链管理研究与政策设计的核心议题。尽管国内外已有大量关于供应链韧性的研究,但多数研究集中于个案经验或局部优化,尚未形成统一的指标体系,也缺乏可推广的评价机制,难以满足政府监管、行业评估和企业自我诊断的多维需求。

为填补这一制度空白,工业和信息化部于2023年发布了《制造企业供应链韧性度评价规范(征求意见稿)》,明确提出六项核心一级指标,包括库存冗余度、替代方案响应速度、弹性生产能力、资源保障能力、协同响应效率和市场适应能力,构建了标准化的指标体系与结构逻辑,标志着我国供应链韧性评价迈向制度化阶段。本文以该规范为政策基础,结合上汽集团“3+3+3”弹性机制的实际运作经验,构建面向制造业的韧性评价模型。研究旨在打通政策指标与企业机制之间的映射路径,通过“机制—指标—绩效”联动逻辑,设计可操作、可量化的测评方法,并通过实证分析验证模

型的有效性 with 适用性。相关研究不仅为企业韧性能力提升提供决策工具,也为行业标准落地与政策反馈机制建设提供理论支撑与实践借鉴。

2 文献综述与研究创新

随着全球供应链环境的高度动态化与风险常态化,供应链韧性已成为学术界关注的焦点议题。早期研究多聚焦于库存冗余、多元采购、物流应急等应对单点中断的局部策略(Sheffi, 2005; Ponomarov & Holcomb, 2009),其理论基础主要来源于风险管理与灾难恢复体系。Christopher与Peck(2004)提出韧性应包含感知、吸收、调整与恢复四个阶段,强调其作为系统性动态能力的重要特征。近年来,AHP、熵权法、模糊综合评价、灰色系统模型等多种定量工具被用于构建韧性评价模型,并在农业、零售、汽车等行业获得广泛应用(Hosseini et al., 2019)。然而,多数研究侧重理论建构与经验提炼,缺乏统一指标规范支撑,评估体系的可比性与可落地性有限。^[1]尤其在制造业领域,现有模型未能有效衔接政策导向与企业运营实践,在指导企业自评、支撑政策评估方面仍显不足。

为强化政策与实务的协同支撑,工业和信息化部于2023年发布《制造企业供应链韧性度评价规范(征求意见稿)》,提出六大一级指标,并进一步配套建议二级指标内容,为国内供应链韧性研究提供了统一框架与测量基准。尽管该规范在体系建构层面实现了制度性突破,但其仍处于征求意见阶段,理论解构尚不充分,实证验证亦相对滞后。本文正是基于该研究空白,在借鉴

作者简介: 孙涛(1985年10月—),男,汉族,上海市人,本科,主要研究方向为汽车及零部件供应链物流。

既有评价方法的基础上,首次将国家标准系统引入学术评价模型,并以上汽集团“3+3+3”弹性机制为案例基础,构建“机制—指标—绩效”三位一体的评价逻辑路径。具体创新体现在三方面:一是实现政策评价框架的模型化转化;二是建立机制维度与标准指标之间的系统映射关系;三是实证数据为基础检验模型的可操作性与有效性。上述探索既填补了制造业韧性研究在政策结合上的缺口,也为行业标准落地和政策绩效评估提供实践支持与理论支撑。

3 理论基础与分析框架

供应链韧性是系统在面对冲击时展现出的承压、响应与恢复能力,其理论内涵已由最初的静态冗余管理拓展为动态适应与协同恢复的能力体系。Tukamuhabwa等(2015)将韧性划分为预判、吸收、适应与恢复四个阶段,强调其动态演化特征。Christopher和Peck(2004)则指出,韧性体现于系统对扰动的感知、结构重构与协同反应能力。在制造业背景下,韧性特别表现为资源配置的灵活性、运营机制的适应性和系统整体的联动稳定性。工信部《制造企业供应链韧性度评价规范(征求意见稿)》在上述理论基础上,提出库存冗余度、替代方案响应速度、弹性生产能力、资源保障能力、协同响应效率与市场适应能力六大指标,构成涵盖“事前准备—事中调节—事后恢复”的闭环式评价体系,全面刻画企业的风险抵御、柔性制造、信息协同与市场响应能力。

为连接理论逻辑与企业实践,本文在《韧性度规范》基础上构建“弹性供应链四维机制模型”,将韧性能力划分为上游保障、柔性生产、协同保障与弹性需求四个维度。上游机制侧重多元化采购与战略库存布设,以提升原材料供应稳定性;柔性生产机制强调产线切换与工厂重构能力,提升资源受限情境下的快速恢复水平;协同机制则聚焦信息共享与风险共担,提升链上响应效率;而弹性需求机制通过渠道融合、需求预测与产品柔性配置,应对市场侧冲击。^[2]在此基础上,本文构建了“指标—机制—绩效”的三维分析框架,并通过AHP与熵权法进行权重分配,形成一套契合企业实际、服务政策落地的供应链韧性评价模型。

4 韧性评价指标体系构建与方法设计

为实现供应链韧性的科学评价,指标体系的构建需遵循系统性、相关性、可测性与动态性的设计原则。在结构逻辑上,本文采用双层级指标体系:一级指标对接《制造企业供应链韧性度评价规范》提出的六大核心能力——库存冗余度、替代方案响应速度、弹性生产能力、资源保障能力、协同响应效率与市场适应能力,涵

盖从事前准备到事后恢复的全过程要求。为增强该体系与企业机制的契合度,结合上汽“3+3+3”弹性机制和“四维机制模型”,进一步细化形成具备可操作性的二级指标体系。^[3]例如,在弹性生产能力下设“产线重构时间”“多工厂调度灵活性”等,协同响应效率则包括“应急机制完备度”“信息共享频率”等指标,纵向实现能力到表现的量化转化,横向对接具体机制,构建了兼具逻辑性与实践性的指标框架。

在权重设置方面,本文采用主客观融合法,结合AHP与熵权法,统筹专家判断与数据特征。AHP通过构建两两比较矩阵与一致性检验生成主观权重,体现经验知识;熵权法依据指标值的离散程度赋予客观权重,增强模型的数据敏感性。最终采用线性加权法融合二者,获得综合权重向量,既体现管理偏好,又提高对数据异质性的适应能力。为确保权重稳健性,本文控制样本代表性与专家构成,并引入敏感性分析加以验证。在评分方法上,本文采用模糊综合评价模型,将定量与定性指标通过隶属度函数统一转换,结合权重向量得到综合得分分布,并以最大隶属原则判定韧性等级,支持横向比较与动态跟踪。该方法具备通用性与鲁棒性,适用于指标类型多元、数据不完备或评价标准模糊的应用场景。整体而言,本文构建的韧性评价体系在结构设计、赋权逻辑与评分机制上与《韧性度规范》高度对接,具备良好的政策适配性与行业推广潜力,为后续的案例验证提供坚实基础。

5 案例研究与实证分析

为验证所构建的供应链韧性评价体系的适用性与有效性,本文选取上汽集团作为典型案例,开展实证分析。作为我国制造业的龙头企业之一,上汽集团在新冠疫情及国际供应扰动期间,率先探索出“3+3+3”弹性供应链机制,分别在上游零部件保障、柔性化生产组织、产业链协同与需求快速响应等维度形成系统性应对策略。这一机制包括三项上游保障措施(多源供应商、双库存策略、零部件通用化)、三项生产柔性提升措施(柔性产线、工厂标准化、智能设备协同)以及三项协同与需求响应手段(应急响应机制、共享信息平台、多渠道市场预测)。上述机制与《韧性度规范》提出的六项核心指标高度契合,为构建机制—指标—绩效映射模型提供了良好的实证基础。

在数据获取与处理方面,本文选取2020年至2022年间上汽在疫情影响期与恢复期的月度运营数据作为样本,涵盖生产、库存、采购、供应商协同、订单履约与市场波动等维度。各二级指标的数据来源包括企业内部

管理系统、财务与物流报表以及访谈调研。为提升指标赋值的科学性与一致性,采用模糊量化方法将部分定性变量(如协同响应效率)转化为评分矩阵,并依据前章构建的“主客观融合”权重体系进行归一化处理与得分计算。在模型运算后,分别得到上汽在六项一级指标下的韧性得分与综合韧性水平。^[4]同时,本文将同期的产能恢复率作为外部验证指标,通过回归分析方法检验韧性得分与企业实际运营绩效之间的相关关系,进一步验证模型解释力与实用性。

结果表明,上汽“3+3+3”机制对企业韧性水平的提升具有显著推动作用。其中,弹性生产能力与协同响应效率的指标得分在行业样本中处于领先水平,分别高于行业均值约27%与22%,显著缩短了企业复产时间。在疫情高峰期,上汽维持了超过85%的产能利用率,较行业平均水平高出30个百分点;同时,订单履约率回升速度快于全国整车制造平均水平,显示出较强的市场适应性。模型分析还显示,各维度机制对韧性指标的贡献存在结构差异:上游保障机制对库存冗余度和资源保障能力提升效果显著,而柔性生产机制则对产能恢复率有直接拉动作用。^[5]研究表明,机制设计与指标提升之间存在清晰的因果路径,为制造企业通过结构性改革实现韧性跃升提供了经验范式,也为政策制定部门评估企业韧性状况提供了数据基础与方法支撑。

6 结论与启示

本文以系统性风险环境下制造企业供应链韧性构建为核心议题,依托工信部《制造企业供应链韧性度评价规范》提出的六大核心指标,构建了基于“上游保障—柔性生产—协同机制—弹性需求”四维逻辑的评价框架,形成了机制—指标—绩效三者有机联动的测评模型。通过引入主客观融合赋权法与模糊综合评价方法,建立了指标可量化、结果可解释、结构可追溯的韧性评估体系。在上汽集团“3+3+3”弹性机制的案例实证中,模型成功反映出各类机制对供应链韧性水平的具体贡献,尤其在弹性生产能力与协同响应效率维度,与企业

产能恢复率呈现出显著的正相关关系。这一结果表明,供应链韧性不仅是一种多维能力体系,更具有明确的结构逻辑与可干预路径,具备较强的可评价性与策略价值。研究不仅为国内制造业背景下的韧性理论提供了结构化解释,也为标准政策在实践中的落地提供了实证基础。

从管理实践角度看,制造企业需跳出传统的“成本—效率”最优逻辑,重视冗余性、灵活性与协同性的系统性配置。一方面,应推动从单一节点优化向全链路协同转变,在原材料、产线组织与客户侧建立多层次、具备切换能力的弹性机制;另一方面,要加强信息透明与快速决策机制,提升跨组织的应急响应效率。在政策制定层面,本文验证了《韧性度规范》在指标选取与结构构建上的合理性,建议未来推进指标标准的精细化与场景化,结合不同行业、规模与风险暴露程度,建立分级分层的评价指引体系。同时,应将标准与产业监测、财政激励、风险通报等工具融合,提升其应用广度与政策联动性。需要指出的是,本文以单一企业为研究对象,尽管具备代表性,但在行业外推与区域适应方面仍存局限。未来研究可拓展多行业、多区域的实证样本,进一步引入时间序列与系统动力学等方法,探索韧性能力在冲击演化过程中的动态表现与调控机制。

参考文献

- [1] 张伟,李航宇,张婷.中国制造业产业链韧性测度及其时空分异特征[J].经济地理,2023,43(4):134-143.
- [2] 张志强,李昭漫.新型生产要素对ICT制造业供应链韧性的影响[J].科技进步与对策,2025,42(5):32-43.
- [3] 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.
- [4] 王红春,陈雅文.基于云模型的装配式建筑供应链节点韧性测度研究[J].工业工程,2025,28(1):115-123.
- [5] 洪流,赵晓波,汪寿阳,等.供应链韧性与安全中的关键科学问题[J].中国科学基金,2023,37(3):418-428.