

基于DEMATEL-ISM与ANP模型的半导体供应链弹性影响因素研究

潘雨泓

同济大学经济与管理学院, 上海

收稿日期: 2025年1月2日; 录用日期: 2025年1月17日; 发布日期: 2025年2月24日

摘要

当前关于半导体供应链弹性影响因素的研究十分有限, 针对这一现状, 本文采用了基于DEMATEL-ISM与ANP模型的综合性方法对半导体供应链弹性影响因素进行研究。首先, 本文筛选出包括准备能力、响应能力、恢复能力和学习能力在内的4个半导体供应链弹性影响因素一级指标, 同时引入15个相应的二级指标, 以此构建半导体供应链弹性评价体系。最后, 结合实证研究, 以某半导体上市企业为例, 运用DEMATEL-ISM方法, 研究半导体行业中影响供应链弹性的各因素之间的关系, 并使用ANP方法对各二级指标进行权重评定。通过这一系列分析, 本文成功识别出影响该企业供应链弹性最根本的影响因素及关键指标, 为半导体企业在增强供应链弹性方面提供理论指导与实践参考。

关键词

供应链弹性, 半导体行业, 决策试验与评价试验法, 解释结构模型, 网络分析法

Research on the Influencing Factors of Semiconductor Supply Chain Resilience Based on DEMATEL-ISM and ANP Models

Yuhong Pan

School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai

Received: Jan. 2nd, 2025; accepted: Jan. 17th, 2025; published: Feb. 24th, 2025

Abstract

The current research on the influencing factors of semiconductor supply chain resilience is relatively limited. To response to this issue, this study employs a comprehensive approach based on the

文章引用: 潘雨泓. 基于 DEMATEL-ISM 与 ANP 模型的半导体供应链弹性影响因素研究[J]. 国际会计前沿, 2025, 14(1): 94-102. DOI: 10.12677/fia.2025.141012

DEMATEL-ISM and ANP models. Initially, four primary indicators of semiconductor supply chain resilience are identified, including preparedness, responsiveness, recovery, and learning capabilities, along with 15 corresponding secondary indicators to construct an evaluation system for semiconductor supply chain resilience. Through empirical research, taking a semiconductor company as the research object, the DEMATEL-ISM method is used to analyze the relationships among the influencing factors of semiconductor supply chain resilience. Subsequently, the ANP method is applied to evaluate the weights of the secondary indicators, identifying the most fundamental influencing factors and key indicators affecting the supply chain resilience of the company, which provides theoretical guidance and practical references for semiconductor companies to enhance their supply chain resilience.

Keywords

Supply Chain Resilience, Semiconductor Industry, DEMATEL, ISM, ANP

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,几乎所有现代电子设备,包括但不限于智能手机、电脑、汽车、通信设备,都依赖于半导体技术。据半导体工业协会的统计,半导体产业已成为全球最大的制造业之一,其产值高达数千亿美元,对全球经济的贡献不容小觑。这一行业不仅规模庞大,而且是一个典型的全球化产业。半导体企业的采购与供应链往往涉及多个国家和经济体,因而管理工作非常复杂,不仅牵涉自身的产品设计、工艺路线和成本竞争力,而且还会受全球竞争、供应商产能情况、合作伙伴的工艺能力,甚至竞争对手动态等等诸多因素的影响[1]。尽管我国在半导体制造领域取得了显著进步,但在先进技术和设备方面仍依赖于发达国家。近年来,国际政治局势不稳又为我国半导体行业供应链带来巨大挑战。某些国家为保护本国的半导体产业,通过提高关税、限制进口等措施施行贸易保护主义。这些因素使得我国半导体企业时刻面临供应链中断的风险。

过去几年间,学界也意识到半导体供应链面临日趋复杂的风险,因此半导体供应链弹性、韧性自然成为一个主流的研究方向之一。这些研究贯穿了 Kochan 和 Nowicki 对于供应链弹性能力定义所概括的准备、反应、恢复三个方面[2],也涵盖了半导体供应链弹性的挑战和策略识别、供应链规划等领域。例如,在半导体供应链弹性的挑战和策略识别领域,Xiong 等人综合了目前对半导体供应链中断的研究,对半导体供应链的脆弱性和弹性策略进行了全面分析[3]; Md Abdul Moktadir a 通过开发一种新颖的综合模型,以识别和评估全球半导体供应链中的弹性挑战和缓解策略之间的强度交互关系[4]。又例如,在供应链规划领域,Achter 等人使用了基于代理的方法来研究半导体供应链规划中的高不确定性问题[5],Fu 等人在此基础上提出了一个能帮助提高供应链的弹性的智能弹性供应链框架[6]。在其他方面,Lin 等人提出了一个包含三个阶段的运营框架来研究半导体行业如何有效预测、抵抗灾难,并如何从灾难中恢复[7]。Ejdys J.通过 TEEPSE 分析、德尔菲法等,确定了 2050 年欧盟半导体供应链的驱动因素和限制因素,以及未来可能的发展情景性[8]。D Kumar 通过综合性的研究,指出了半导体行业在供应链弹性、可靠性方面,管理与理解之间尚存差距[9]。此外,随着新冠疫情爆发,众多学者纷纷在新冠疫情爆发后对半导体供应链弹性开展了一系列新的研究。S Ishak 等人的研究聚焦于疫情期间,借助供应链自适应技术融合稳健性、

敏捷性和弹性的特征,说明了供应链自适应技术如何影响马来西亚半导体行业中跨国公司的业绩[10]。Ben Aylor 等人探讨了公司应该如何重新构建更具弹性的全球制造和供应链网络,以应对新冠疫情暴露出的结构性缺陷,同时提出六步方法以适应供应链变化并建立竞争优势[11]。上述这些研究都为理解和提升半导体供应链的弹性提供了多维度的见解和方法。

面对快速变化的现代市场以及错综复杂的国际政治局势,增强供应链弹性成为了半导体企业有效应对不确定性、降低风险的关键策略。当前的半导体行业正步入一个至关重要的转折点,尽管众多学者对半导体供应链弹性的多数方面已有研究,但针对半导体企业供应链弹性影响因素的理论研究较为有限,而影响因素的研究对理解、提升供应链的弹性至关重要。因此,本文聚焦于半导体供应链的弹性影响因素,并运用决策试验和评价试验法(Decision-making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)与结构解释模型(Interpretative Structural Modeling, ISM)相结合的方法以及网络分析法并结合实证分析对此进行研究。DEMATEL 与 ISM 相结合的方法不仅能识别要素之间的因果关系,还可以构建要素的层级结构,明确各要素在整个系统中的地位和作用。而网络分析法是在层次分析法的基础上发展而来,其优势在于允许决策因素之间存在相互依赖和反馈,从而能够更准确地模拟复杂的现实情况。由此,采用 DEMATEL-ISM 模型可以帮助本研究更好地剖析半导体供应链弹性影响因素之间的关系,采用网络分析法(Analytic Network Process, ANP)能够对半导体供应链弹性影响因素体系中各个指标的权重进行更加科学的评估,进而为我国半导体供应链弹性的研究提供有效的理论参考。

2. 半导体供应链弹性影响因素评价指标体系

为建立半导体供应链弹性影响因素评价指标体系,在查阅众多文献资料后,采用德尔菲法邀请半导体行业内 20 位专家进行评定补充,经过最终确定后的半导体供应链弹性影响因素评价指标体系如表 1 所示。该体系由 4 个一级指标与 15 个二级指标组成,其中一级指标包括预测能力、响应能力、恢复能力、学习能力,二级指标有风险防范与危机管理意识、冗余性、可见性、资本投入及基础设施建设、灵敏度、敏捷性、上下游企业合作、国际交流与合作、资源储备、技术创新及部署、外界支持、行业知识共享、技术预见与趋势分析、研发合作网络建设以及高端技术人才储备。

Table 1. The evaluation indicator system for the influencing factors of the semiconductor supply chain resilience
表 1. 半导体供应链弹性影响因素评价指标体系

一级指标	二级指标	简述
预测能力(A)	风险防范与危机管理意识(A ₁)	对潜在供应链中断风险的预见性认知以及建立有效策略来预防、响应和恢复供应链稳定的能力与意识
	冗余性(A ₂)	在原有正常所需的基础上增加一定数量的资源以提高系统的稳定性、可靠性和可用性
	可见性(A ₃)	供应链全过程的透明化和实时监控,例如提高供应链系统的透明度、信息系统的集成度等
	资本投入及基础设施建设(A ₄)	拥有足够的资金用于研发和生产以维持技术领先和市场竞争力
响应能力(B)	灵敏度(B ₁)	发现潜在或正在发展的危机的及时性及响应时间
	敏捷性(B ₂)	面对危机时所展现出的快速调整能力
	上下游企业合作(B ₃)	上下游企业共同制定应对危机策略以及协同工作的能力
	国际交流与合作(B ₄)	与国际企业、机构共同制定应对危机策略以及协同工作的能力
恢复能力(C)	资源储备(C ₁)	资金、库存等储备情况

续表

学习能力(D)	技术创新及部署(C ₂)	用以优化、改进供应链整体运作环节，恢复并提高供应链运作效率的技术水平
	外界支持(C ₃)	来自政府及其他组织关于政策层面、研发资金支持和税收优惠等支持力度
	行业知识共享(D ₁)	如何通过总结经验教训、改善和优化供应链的运作方式以提高未来的弹性和适应性的能力
	技术预见与趋势分析(D ₂)	加强对半导体行业未来发展趋势的预见性研究，运用新兴技术指导企业战略规划
	研发合作网络建设(D ₃)	促进与高校、科研机构的技术合作
	高端技术人才储备(D ₄)	培养并储备更多的行业内顶尖工程师和科研人员

3. 基于 DEMATEL-ISM 及 ANP 模型的实证研究

A 企业是一家为客户提供平台化、全方位、一站式芯片定制服务的企业，在芯片设计领域具备一定的经验与知名度。因此，本文以 A 企业为研究对象。为研究其供应链弹性影响因素，邀请了 10 位供应链领域专家和 10 位具有丰富经验的半导体供应链学者及专家采用德尔菲法进行问卷调查。数据采集一共分为三轮，首先，对每位专家发放问卷，在采集完第一轮数据后进行统计分析，取问卷结果的正态分布情况及均值作为第二轮问卷调查的参考数据，并在第二轮问卷调查后采集相应的数据，最后在第三轮中再次发送给专家，以此确定实证模型的最终数据。

3.1. DEMATEL-ISM 模型的建立

DEMATEL-ISM 模型作为一种综合性分析方法通过集成 DEMATEL 和 ISM 的优点，不仅能识别要素之间的因果关系，还能构建要素的层级结构、明确各要素在整个系统中的地位和作用。采用此方法的具体步骤如下。

第一步，构建直接影响矩阵 A。通过专家打分法，构建一个 $n \times n$ 的直接影响矩阵，数学公式表示为 $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ 其中， a_{ij} 表示要素 x_i 对要素 x_j 的直接影响强度。 a_{ij} 数值包括 0、1、2、3、4，它们分别代表 x_i 对 x_j 无影响、有轻微影响、有中等强度影响、有较强影响以及有显著影响。在经过德尔菲法三轮专家调查后得到的最终直接影响矩阵 A 如表 2 所示：

Table 2. Direct impact matrix
表 2. 直接影响矩阵

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
A ₁	0	0	0	0	4	3	3	3	3	2	0	4	4	2	2
A ₂	0	0	0	0	1	3	1	1	4	1	1	1	1	1	1
A ₃	0	0	0	0	2	3	3	1	3	1	1	2	1	1	1
A ₄	0	0	0	0	1	1	1	3	4	4	3	1	4	3	4
B ₁	0	0	0	3	0	3	3	1	2	2	0	3	0	0	0
B ₂	0	0	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
B ₃	0	0	0	2	0	3	0	0	3	2	0	1	2	0	0
B ₄	0	0	0	3	4	3	1	0	1	2	0	2	2	1	0
C ₁	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0

续表

C ₂	0	0	0	3	0	3	0	2	0	0	2	2	3	2	2
C ₃	0	0	0	3	2	1	2	3	3	3	0	0	1	1	3
D ₁	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	0	0	3	2	3
D ₂	3	1	1	4	3	2	1	2	0	3	3	0	0	3	3
D ₃	2	1	1	4	2	1	1	3	0	4	3	3	3	0	4
D ₄	2	1	2	4	4	3	2	3	1	4	3	3	4	2	0

第二步，计算规范影响矩阵 N 。对直接影响矩阵 A 进行归一化处理，得到规范影响矩阵，即

$$N = \left[\frac{a_{ij}}{\max(A)} \right]_{n \times n}。$$

第三步，计算综合影响矩阵 T ，使用公式 $T = N(I - N)^{-1}$ 计算综合影响矩阵，其中 I 是单位矩阵。

第四步，计算影响度 D 、被影响度 C 、中心度 M 和原因度 R 。这些指标用于评估各要素在系统中的重要性和作用。其中，影响度 D 表示要素对其他所有要素的综合影响值，计算公式为 $D_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}$ ；被影响度 C 表示要素受到其他所有要素的综合影响值，计算公式为 $C_i = \sum_{j=1}^n t_{ji}$ ；中心度 M 为要素的影响度和被影响度之和，表示要素在系统中的重要性，计算公式为 $M_i = D_i + C_i$ ；原因度 R 为要素的影响度和被影响度之差，用于展示要素的因果关系，计算公式为 $R_i = D_i - C_i$ 。

第五步，根据计算结果绘制因果图，展示要素间的相互影响关系。

第六步，确定整体影响矩阵和可达矩阵，结合综合影响矩阵 T 和设定的阈值 λ ，确定可达矩阵 K 。

最后，划分层级并绘制递阶层次结构，利用可达矩阵划分系统要素的层级结构，并绘制递阶层次结构图。最终，根据专家建议，取 λ 为 0.11，并使用 SPSSAU 数据科学分析平台构建模型得到结果。

3.2. ANP 模型建立

网络分析法是在层次分析法的基础上发展而来，用于处理具有非独立递阶层次结构的复杂决策问题。与 AHP 相比，ANP 的关键优势在于其允许决策因素之间存在相互依赖和反馈，从而更准确地模拟现实世界的复杂性。其步骤如下。

第一步，构建网络结构，识别问题中的所有元素，并将其组织成网络结构，反映元素间的相互关系和影响。

第二步，确定元素间关系，通过专家打分确定相对重要性。

第三步，为每一对元素构建判断矩阵，量化相对重要性。

第四步，对判断矩阵进行一致性检验。

第五步，使用特征值法从判断矩阵中计算权重。

第六步，将各元素的权重向量组合为超矩阵，该矩阵包含元素间的相互影响。

第七步，计算极限超矩阵。

最后，利用极限超矩阵计算各备选方案的综合权重，进行排序和选择最优方案。

此外，本文使用 1~9 标度法，将指标间的相对重要性分为 9 个等级，从 1 (两个指标同等重要)、3 (一个指标相对另一指标稍微重要)、5 (一个指标相对另一指标明显重要)、7 (一个指标相对另一指标强烈重要) 到 9 (一个指标相对另一指标极端重要)。本文运用 yaanp 软件中构建该模型得到最后结果。

4. 结果分析

4.1. DEMATEL-ISM 模型结果分析

由图 1 可知,影响半导体供应链弹性的因素可分为四个层级。往下各个层级为上一层级的原因,往上的层级为下一层级的结果。由此可见,底层的风险防范和危机管理意识 A_1 及外界支持 C_3 是影响半导体供应链弹性的最根本影响因素,对所有其他因素都有直接或间接的影响,具有最高驱动力。第二、三层级的因素包括资本投入及基础设施建设 A_4 、国际交流与合作 B_4 、技术创新及部署 C_2 、技术预见与分析 D_2 、研发合作网络建设 D_3 、高端技术人才储备 D_4 以及冗余性 A_2 、可见性 A_3 、上下游企业合作 B_3 、行业知识共享 D_1 。它们是系统中的中介和次要因素,均依赖于所处位置的上一层影响因素,而又对下一层因素产生影响。第四层影响因素包括灵敏度 B_1 、敏捷性 B_2 、资源储备 C_1 。它们作为系统的响应因素更多地受其他因素的影响,对其他大部分因素几乎没有影响。

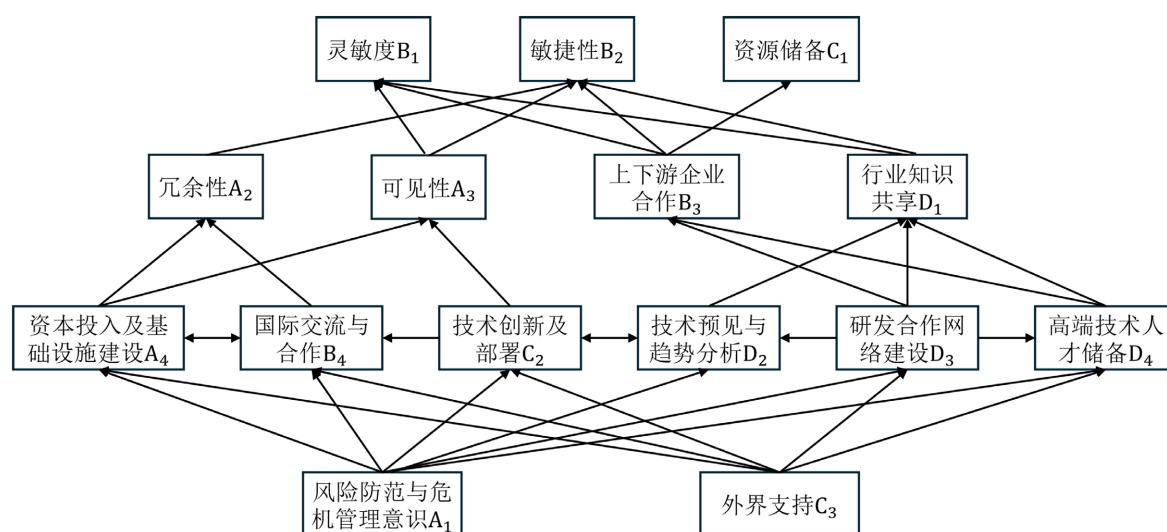


Figure 1. Multi-level hierarchy structure diagram
图 1. 多层阶梯结构图

4.2. ANP 模型结果分析

如图 2 所示,在一级指标层面,重要性由高到低分别为响应能力、预测能力、学习能力以及恢复能力。响应能力的核心在于其即时性,当面对市场波动、客户需求变化、自然灾害、政治动荡等风险和挑战时,企业需要在第一时间做出响应,而这种快速响应能力有助于减少因延误或中断导致的损失,并帮助企业最大程度上保持其供应链的连续性和稳定性。因此,响应能力权重排序最高,企业应给予高度重视。紧接着,预测能力的权重占比位居第二。较强的预测能力能够帮助企业减少不确定性并帮助企业提前准备和预防可能的供应链中断,因而提前识别潜在风险和趋势的能力也十分重要。此外,学习能力涉及到企业的供应链在经历挑战后能否吸取教训并进行改进。这种能力不仅体现在企业对过往经验的总结上,更在于能否将这些经验转化为未来应对类似挑战的策略与行动上。所以对于企业而言,培养和强化学习能力是实现供应链长期稳定和弹性提升的关键因素之一。最后,恢复能力确保了企业在面对供应链中断或灾难事件时能够尽快恢复正常运营、减少损失。然而,在遭遇重大危机后,企业供应链整体的恢复通常耗时较长,且危机发生后的影响已经产生,因此相对于其他能力,其优先级稍低。即便如此,企业也应给予一定的重视。

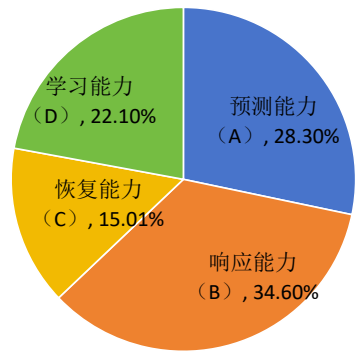


Figure 2. Weights of primary indicators
图 2. 一级指标权重

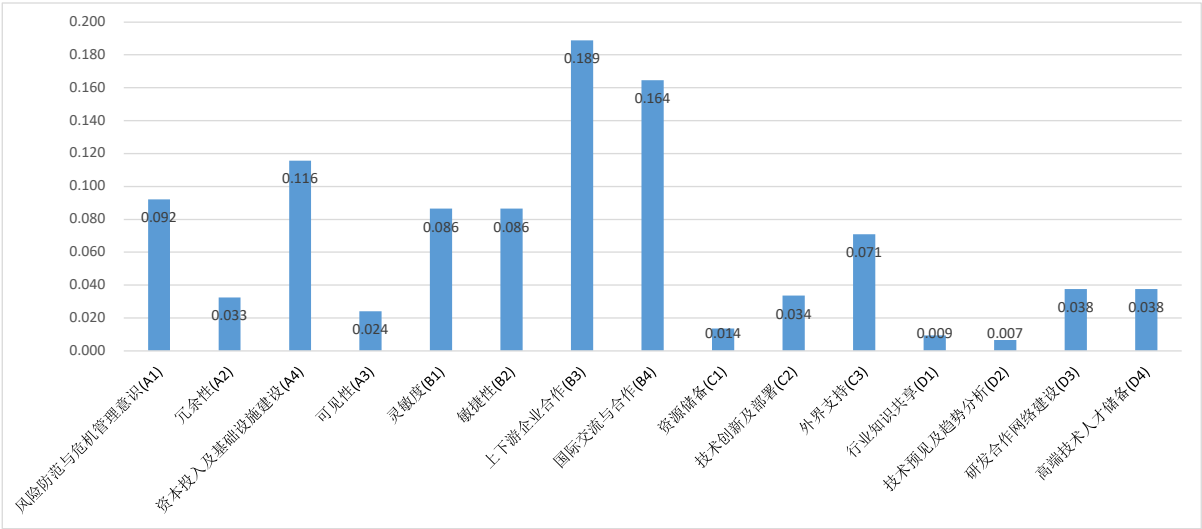


Figure 3. Weights of secondary indicators
图 3. 二级指标权重

在二级指标层面，如图 3 所示，根据 ANP 分析结果，各个影响因素的权重由高到低依次是上下游企业合作、国际交流与合作、资本投入及基础设施建设、风险防范与危机管理意识、灵敏度、敏捷性、外界支持、研发合作网络建设、高端技术人才储备、技术创新及部署、冗余性、可见性、资源储备、行业知识共享、技术预见及趋势分析。其中，上下游企业合作和国际交流与合作分别位居第一、第二。可见，半导体行业由于其资金、技术密集且高度全球化的特点，离不开各个企业与国家的紧密合作。没有一个国家或一家企业可以完全贯通上下游，完全独立自主地完成整个产业的运作与发展。此外，众所周知，为突破行业壁垒，我国需加强关于半导体基础设施的建设。而晶圆厂等基础设施的建设和运营都需要巨额的资金和技术支持，因此，必要的资本投入及基础设施建设不可或缺。再者，意识在很大程度上指导着人们的行为，并在决策过程中起着关键的作用。当企业面对高度不确定的市场环境时，风险防范和危机管理意识对于预防潜在风险、减少损失和保持供应链稳定至关重要。另一方面，供应链的灵敏度反映了企业对市场变化、客户需求变化等问题的快速响应能力。高灵敏度、敏捷性有助于企业及时发现问题、采取措施，并快速调整生产计划、库存水平等，以适应新的市场需求和条件。除此之外，外界支持、研发合作网络建设、高端技术人才储备、技术创新及部署、冗余性、可见性、资源储备、行业知识共享、技术预见及趋势分析也不可忽视，企业应给予适当的重视。

5. 讨论与启示

5.1. 强化风险防范与危机管理意识，提高供应链系统的可见性

风险防范和危机管理意识作为实证研究案例中影响半导体供应链弹性的最根本影响因素，建议企业将其融入企业文化中，并通过定期培训提高员工对供应链风险的认识。首先，企业应建立一套完善的员工培训体系，除专业知识和技能的培训外，还应加强员工对行业发展趋势、国际竞争格局等方面的认识。同时，通过专业的危机管理培训强化员工的危机意识，提高员工的危机处理技能和面对危机的心理素质。为提高内部供应链的可见性，企业应加大在信息技术方面的投入，建立更为完善的供应链管理系统，以实现上下游企业能够共享供需情况、库存周转等相关的风险信息。这不仅能方便各方能够共同准备和响应潜在的风险，还能实现对供应链各环节的实时监控和数据分析。除此之外，企业还可以通过收集行业信息、竞争对手信息，以对未来可能发生的危机类型及其危害程度做出预测，从而有效提升供应链的可见性。

5.2. 促进深度交流合作，突破关键技术壁垒

我国半导体产业供应链弹性的提升离不开更广阔的交流。在国际层面上，我们应当积极参与全球半导体产业的分工合作，通过与国际先进技术企业的技术交流、市场协同等方式提升自身技术水平与国际竞争力。同时，继续通过建立行业协会、产业联盟等形式来推动产业链上下游的协同发展，形成产业集群效应。另一方面，企业间可通过加强内部和外部开放和包容的沟通氛围来增强协同合作意识。并通过共享资源、协同研发等方式实现技术互补，从而提高供应链的透明度。近几年，高校和研究机构在半导体技术创新中扮演着越来越重要的角色。我国许多高校成立集成电路学院、扩大该专业的招生人数并设立许多校企联培项目。企业应继续与高校、研究机构建立并保持紧密的合作关系，聚焦于攻克“卡脖子”的尖端设备、材料、EDA 工具等，加速突破技术瓶颈，实现自主创，进而最大可能降低在关键技术受制于人的风险，使半导体供应链更具弹性。

5.3. 加强资本投入与基础设施建设，健全产业生态系统

半导体产业作为资本密集型行业对资本的渴求在不断增长，只有确保有充足的资金支持才能支持我国本土制造、封测企业扩大产能，并助力我国半导体行业迭代研发，实现核心关键产品产业化。其次，基础设施建设对增强我国半导体行业的供应链弹性具有至关重要的作用。由于半导体工厂往往建设周期长、技术要求高，因此，企业必须制定出一套长期战略用以建立制造芯片的基础设施。最后，外界支持，尤其是政府的政策支持，对于增强供应链的弹性同样重要。政府可通过继续加大资金支持力度、减免税收或实行税收优惠、提供补贴和研发资金来加速培育本土专业化、精细化的“小巨人”企业。这些措施有助于完善半导体产业的生态系统，使本土的半导体企业在全球半导体供应链重构中发挥更积极的作用。半导体行业作为国家科技和经济发展的关键支柱，加强资本投入和基础设施建设对于构建一个健全的半导体产业生态系统至关重要。综上所述，通过加强资本投入、强化基础设施建设并健全产业生态系统持，我国半导体企业不仅能够增强自身的供应链弹性，更能为国家的科技进步和经济持续发展提供坚实保障，进而全球科技竞争格局中占据有利位置。

6. 贡献与不足

本文创新性地将 DEMATEL-ISM 和 ANP 两种方法论综合应用于半导体行业的研究中，这不仅丰富了半导体行业供应链弹性研究，还为半导体企业实际运营中的供应链优化和危机应对提供了有力的参考与指导。然而，该研究也存在一定的不足，在数据采集方面，所有信息均来源于同一家芯片设计企业，

这导致研究结果在代表性和普适性方面考虑不够充分。未来研究应进一步拓展数据来源, 包括更多类型的半导体企业以及不同地域、不同规模的样本, 以提高研究结果的全面性和可靠性。同时, 随着半导体行业的快速发展和全球供应链格局的不断变化, 后续研究还应当持续关注新出现的影响因素, 不断优化和完善供应链弹性影响因素体系。

参考文献

- [1] 吴胜. 中国国内半导体集成电路行业现状及未来供应链发展趋势[J]. 中国采购发展报告, 2012(00): 410-416.
- [2] Kochan, C.G. and Nowicki, D.R. (2018) Supply Chain Resilience: A Systematic Literature Review and Typological Framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, **48**, 842-865. <https://doi.org/10.1108/ijpdlm-02-2017-0099>
- [3] Xiong, W., Wu, D.D. and Yeung, J.H.Y. (2024) Semiconductor Supply Chain Resilience and Disruption: Insights, Mitigation, and Future Directions. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2387074>
- [4] Moktadir, M.A. and Ren, J. (2024) Global Semiconductor Supply Chain Resilience Challenges and Mitigation Strategies: A Novel Integrated Decomposed Fuzzy Set Delphi, WINGS and QFD Model. *International Journal of Production Economics*, **273**, Article ID: 109280. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109280>
- [5] Achter, S., Lorscheid, I., Hauke, J., Meyer, M., Meyer-Riehl, D., Ponsignon, T., et al. (2017) On Agent-Based Modeling in Semiconductor Supply Chain Planning. 2017 *Winter Simulation Conference (WSC)*, Las Vegas, 3-6 December 2017, 3507-3518. <https://doi.org/10.1109/wsc.2017.8248065>
- [6] Fu, W., Jing, S., Liu, Q. and Zhang, H. (2023) Resilient Supply Chain Framework for Semiconductor Distribution and an Empirical Study of Demand Risk Inference. *Sustainability*, **15**, Article No. 7382. <https://doi.org/10.3390/su15097382>
- [7] Lin, C., Kao, S. and Chen, L. (2011) A Proactive Operational Framework for Business Continuity in the Semiconductor Industry. *Quality and Reliability Engineering International*, **28**, 307-320. <https://doi.org/10.1002/qre.1246>
- [8] Ejdys, J. and Szpilko, D. (2023) How to Ensure the Resilience of Semiconductor Supply Chains in the European Union? *Polish Journal of Management Studies*, **28**, 101-122. <https://doi.org/10.17512/pjms.2023.28.1.06>
- [9] Kumar, D., Soni, G., Mangla, S.K., Liao, J., Rathore, A.P.S. and Kazancoglu, Y. (2024) Integrating Resilience and Reliability in Semiconductor Supply Chains during Disruptions. *International Journal of Production Economics*, **276**, Article ID: 109376. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109376>
- [10] Ishak, S., Shaharudin, M.R., Salim, N.A.M., Zainoddin, A.I. and Deng, Z. (2023) The Effect of Supply Chain Adaptive Strategies during the COVID-19 Pandemic on Firm Performance in Malaysia's Semiconductor Industries. *Global Journal of Flexible Systems Management*, **24**, 439-458. <https://doi.org/10.1007/s40171-023-00347-y>
- [11] Aylor, B., Datta, B., Defauw, M., et al. (2020) Designing Resilience into Global Supply Chains. Boston Consulting Group.