

Z半导体公司供应链韧性研究

石乘齐, 杨李威

陕西科技大学, 陕西 中国

发布日期: 2026年01月19日

摘要

在中美科技竞争加剧、全球半导体供应链风险凸显的背景下, 提升供应链韧性成为半导体企业稳定发展的关键。本文以Z半导体公司为研究对象, 融合供应链韧性与复杂网络理论, 分析其供应链面临的核心节点替代不足、协同效率低、布局失衡等问题。通过构建理论—分析—策略的研究框架, 从节点多元化、网络结构优化、数字协同、全球多元布局及韧性保障体系等维度, 提出系统性提升策略。研究为我国半导体制造企业应对供应链风险提供了实践参考与管理思路。

关键词

半导体供应链; 供应链韧性; 复杂网络; 中断场景; Z 半导体公司

Research on the Supply Chain Resilience of Z Semiconductor Company

Chengqi Shi. Liwei Yang

Shaanxi University of Science and Technology, Shaanxi, China

Abstract

Against the backdrop of intensified technological competition between China and the United States and prominent risks in the global semiconductor supply chain, enhancing supply chain resilience has become the key to the stable development of semiconductor enterprises. This paper takes Z Semiconductor Company as the research object, integrates supply chain resilience and complex network theory, and analyzes the problems faced by its supply chain, such as insufficient substitution of core nodes, low collaborative efficiency, and unbalanced layout. By constructing a research framework of theory - analysis - strategy, systematic improvement strategies are proposed from dimensions such as node diversification, network structure optimization, digital collaboration, global diversified layout and resilience guarantee system. The research provides practical references and management ideas for China's semiconductor manufacturing enterprises to deal with supply chain risks.

Keywords

Semiconductor supply chain; supply chain resilience; complex network; interrupt scenario; Z semiconductor company

Copyright © 2026 by author(s) and Erytis Publishing Limited.

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

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



1. 引言

在全球半导体竞争与中美科技博弈加剧的背景下, 供应链韧性已成为影响产业安全与企业持续发展的关键议题。美国近年来通过出口管制、《芯片与科学法案》等措施持续加强对中国半导体产业的技术与供应链封锁, 使我国面临“技术断供、供应链断裂、市场断裂”三重风险。在此环境下, 提升供应链自主可控能力不仅是企业应对不确定性的经营需求, 更是国家层面的战略要求。

本文以中国大陆领先的晶圆代工企业——Z 半导体公司为研究对象, 聚焦其供应链韧性的构建与提升问题。研究兼具理论与实践意义: 在理论层面, 通过结合供应链韧性理论与复杂网络分析方法, 构建“结构—能力—策略”的研究框架, 为半导体供应链风险管理提供新的分析视角; 在实践层面, 通过系统识别 Z 公司供应链的薄弱环节与风险机制, 提出具有可操作性的韧性提升策略, 不仅为 Z 公司应对当前挑战提供参考, 也可为我国半导体产业增强供应链抗风险能力、实现稳健发展提供借鉴。

2. 文献综述

2.1. 供应链韧性研究

供应链韧性这个概念, Christopher 以及 Peck 在 2004 年给出清晰的定义后, 就成了供应链风险管理里的重点话题, 说的是供应链受到冲击后, 能恢复到原来状态、甚至变得更好的能力, 目前的研究主要集中在几个方向: 一是韧性改良的方略, 比如依靠分散投资生产来解决中断; 二是网络建模和仿真, 用模糊决策、仿真方法来量化评定韧性的水平, 三是范例定性的研究, 看特定行业(比如汽车)在新技术下怎么做韧性的实践, 四是决策分析, 找出核心的风险, 选出最好的缓解方略; 五是物流韧性的时空差异分析。最近几年的研究更多融合详细的情况, 比如看金融生态系统、组织韧性、供应商关系治理, 还有数字智能技术对韧性的激活作用, 这一些成果给本研究打下了理论基础, 但大多集中在传统制造业, 对半导体这一种技术密集、全球布局的产业研究得不够, 而且缺少依据企业微观网络结构的实证分析。

2.2. 供应链韧性测度与评价

在韧性测度方面, 学界已经发展出多种评定体系以及方法, 研究一般会建立多维指标体系(比如准备、响应、恢复能力), 然后用组合赋权-TOPSIS、结构方程模型(SEM)、模糊集定性比较分析(fsQCA)等方法来做量化评定。例证包含汽车、零售、通信设备等多个行业, 比如针对汽车供应链的韧性评定, 还有数字化技术、供应链协同对制造企业韧性的影响, 上述研究为韧性评估给出了方法论支持, 但现有评定体系总是没能充分体现半导体供应链技术高度繁复、节点依赖性强、地缘政治风险突出等独有的特征, 而且比较少从网络拓扑结构的思路分析韧性的形成跟失效机制。

2.3. 半导体供应链研究

针对半导体产业的研究主要集中于三方面：一是产业发展现状与竞争力分析，剖析全球及中国产业链的布局、政策与技术趋势；二是产业发展的影响因素，特别是税收等政策工具的效应评估；三是从产业安全视角，关注供应链的自主可控能力与脆弱性。研究普遍指出，我国半导体产业链在上游设备、材料和软件等环节存在显著短板，整体脆弱性较高。然而，现有研究多从宏观或中观产业层面展开，聚焦于单一核心企业、特别是从复杂网络视角对其供应链韧性进行微观诊断与仿真的研究尚属罕见。

2.4. 中美科技竞争的影响研究

学术界普遍认为，中美科技博弈是大国竞争在高科技领域的集中体现，美国通过出口管制、投资审查等一系列措施，对中国高科技企业的技术获取、人才交流与国际合作构成了严峻挑战。研究指出，这导致中国在高科技领域面临“卡脖子”风险，并强调了提升自主创新能力与保障供应链安全的重要性。部分研究也关注到供应链弹性在应对贸易摩擦中的缓冲作用。总体而言，现有文献深刻揭示了宏观层面的影响与长期战略对策，但对企业如何在微观运营层面，尤其是基于其具体供应链网络结构来构建韧性、抵御短期冲击的路径探讨相对不足。

2.5. 综述小结

过去的研究帮我们理解了供应链韧性、半导体产业风险和中美科技竞争的影响，打下了很好的基础，但还有几个地方没做到位：第一，半导体是个特殊行业，把它的技术生态以及全球供应链特点融合起来看韧性，这方面的研究还不够深度，第二，从冗余网络的思路，给重点企业的供应链建模型、算韧性，这类的研究还很少；第三，面对外部制裁冲击，企业层面怎么具体操作来加强供应链韧性，这方面的研究也不多。本文想把这几个空白补上，给 Z 半导体公司做个有针对性的分析。

3. 理论基础及相关概念

3.1. 供应链管理及韧性

供应链管理是指对企业内外从原材料采购到最终产品交付的整个价值流进行计划、协调与优化的活动，其核心目标是以最低总成本实现高效响应与客户满意。它涵盖规划、采购、生产、物流与售后服务等关键环节，强调通过整合与协同，提升整体效率与竞争力。[1]

供应链韧性指的是供应链在遇到扰动（比如中断、冲击）后，可以抵抗、适应并快速恢复到原来状态或更好状态的能力，对科技制造企业来说，它们的供应链有技术密集、节点多、全球化布局此类特点，韧性特别重要，韧性不只看单个企业的能力，更要看整个网络的结构质量、伙伴之间的协同还有资源整合水平。

3.2. 复杂网络理论

供应链可以看成是一个繁复的网络，企业是节点，供需关系是连线，冗余网络理论给出了描述这类系统结构特点的量化工具，主要指标包含：度（节点的连接数，折射关联范围）、介数（衡量节点对资源流动的控制力）、平均途径长度（影响信息和物流能力）、聚类系数（折射局部集中以及协同程度）还有网络密度（显现整体连接的周密程度）。此类指标有益于从拓扑结构层面分析供应链的连通性、能力跟脆弱性。

3.3. 理论耦合分析

冗余网络的指标和供应链韧性的维度之间有内在对应关系，这为韧性量化评估给予了结构基础：节

点度中心性以及介数中心性分别对应供应链的抗扰性跟稳健性, 平均途径长度和聚类系数影响恢复性跟适应性; 网络密度和度分布则和整体稳健性、抗扰性有关。分析网络结构的特征, 可以找到韧性的短板, 为借助结构调整来增进韧性给出理论依据。

4. Z 半导体公司供应链韧性现存问题

4.1. 应对突发事件能力弱

Z 半导体公司供应链网络复杂, 涉及全球上千家供应商, 链条长、节点多, 内部协调机制不完善, 整体抗风险能力不足。尤其在上游原材料环节严重依赖进口, 国产化率不足 15%, 关键材料被美日企业主导。公司已被美国列入“实体清单”, 虽然目前原材料进口许可尚未全面收紧, 但未来随时可能面临如华为般的严格限制, 存在显著的“断供”风险, 直接影响生产连续性。[2]

4.2. 关键生产设备受制于人, 先进制程研发受阻

核心设备光刻机是制约技术发展的瓶颈。目前用于 7nm 及以下先进制程的极紫外 (EUV) 光刻机完全依赖荷兰 ASML 公司, 且其出口受美国实际控制, Z 公司无法获取。虽然深紫外 (DUV) 光刻机可用于 45nm-7nm 工艺, 且部分国产设备已突破至 65nm 节点, 但在高端领域仍与 ASML 存在代差。关键设备的进口受限与国产替代的滞后, 严重拖累了 Z 公司在 7nm 以下先进制程的研发与量产进度, 削弱了其在高端市场的竞争力与供应链稳定性。

4.3. 供应链网络整体竞争力不足

上述问题的根源在于供应链整体自主创新能力薄弱, 企业间协同不足。目前, 供应链上下游企业之间存在技术壁垒与信任缺失, 未能形成紧密的战略合作与协同创新机制。这导致技术共享困难、应对风险各自为战, 难以构建安全、可控、稳定的一体化供应链体系, 制约了整个网络的竞争力和韧性水平。

5. Z 半导体公司供应链网络构建及特征分析

本章基于复杂网络理论, 构建了 Z 半导体公司的供应链网络模型。网络节点涵盖上游原材料与设备供应商、下游封测商及其他服务支持企业, 共 189 个节点, 以供需关系为有向连边, 共计 316 条边。

5.1. 关键节点识别

网络中, Z 公司作为核心企业具有最大度值 (188)。剔除核心企业后, 度中心性排名靠前的关键节点包括北方华创、长电科技、ASML、华特气体、沪硅产业、江丰电子、信越化学、中微公司、通富微电和泛林半导体等。这些企业在各自环节 (如高端光刻机、硅片、特种气体、设备与封测) 扮演核心角色, 其稳定性对全网至关重要。网络平均度为 1.672, 表明企业间连接相对稀疏, 在提升协作效率的同时也隐含替代性不足的风险。[3]

Z 半导体公司供应链网络结构图

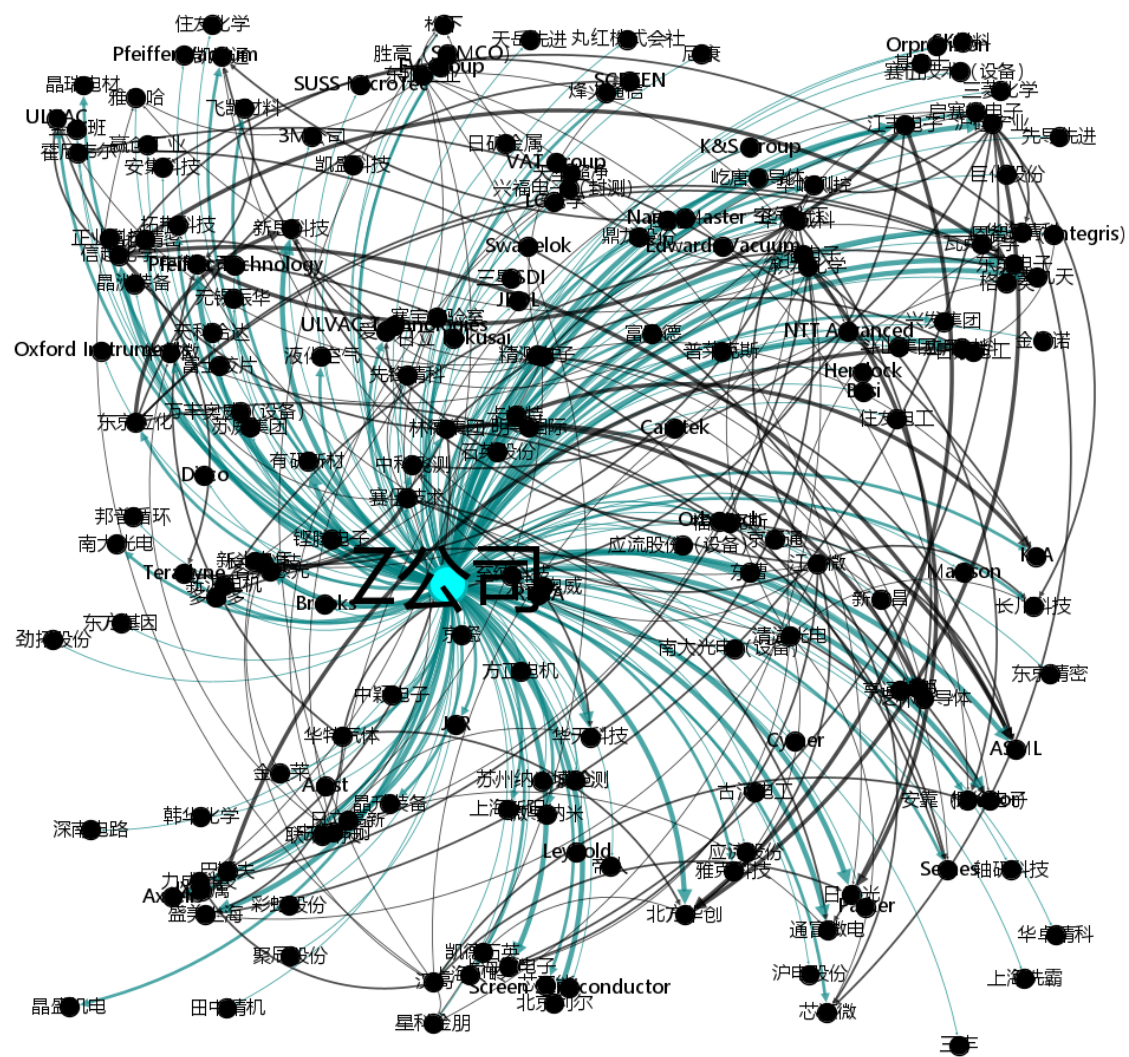


图 1. Z 半导体公司供应链网络结构图

5.2. 网络结构特征

网络平均路径长度为 1.982，最大直径为 4，显著低于全球半导体供应链平均水平，显示出以 Z 公司为核心的紧密协作与较高流转效率。网络聚类系数为 0.083，高于台积电、三星等全球头部企业，反映国内半导体产业围绕“链主”形成的局部集群化协作特征，但整体仍以线性协作模式为主。

5.3. 网络类型判定

该网络同时具备小世界与无标度特性。与同等规模随机网络相比，其平均路径更短、聚类系数更高，符合小世界网络特征。节点度分布服从幂律分布，存在少数高度连接的核心节点（如 ASML、信越化学

等), 呈现出典型的无标度网络结构。这两种特性共同凸显了网络效率与脆弱性并存: 效率源自短路径与局部集群, 脆弱性则源于对少数核心节点的过度依赖。

6. 不同中断场景下供应链网络韧性研究

为量化评估 Z 半导体公司供应链网络的韧性表现, 本研究基于复杂网络理论, 构建了可用性、连通性与可及性三大评价指标。可用性指网络中能获得有效供应的节点比例, 用以衡量供应保障能力; 连通性以最大功能子网络占比表征, 反映网络结构的完整性与抗分裂能力; 可及性则基于平均路径长度的倒数, 用以评估节点间协作与资源流转的效率。

通过设计节点目标中断与连边中断两类模拟实验, 系统分析了网络韧性的薄弱环节。在节点目标中断场景中, 模拟了针对 ASML、信越化学、北方华创等前十名核心供应商的蓄意打击。结果显示, 随着这些关键节点被依次移除, 供应链的可用性从 100% 急剧下降至 46.9%, 连通性也降至 47.5%, 可及性指标恶化超过 30%。这暴露出网络对少数垄断性节点的深度依赖, 尤其是高端光刻机、特种材料等领域的海外供应商缺乏有效替代, 一旦中断将引发严重的级联效应。

在连边中断实验中, 模拟了运输路线、信息流等链路随机失效的情景。研究发现, 当连边中断比例达到 10% 至 30% 时, 所有韧性指标均呈现加速下降趋势。这表明核心业务链路存在明显的冗余缺失, 关键连接的单一路径依赖使得局部中断能快速传导至整个网络, 显著削弱其整体稳定性。

综合分析揭示出 Z 公司供应链韧性的四大核心短板: 首先, 核心节点替代能力严重不足, 对海外高技术垄断供应商存在“卡脖子”风险; 其次, 网络拓扑结构存在缺陷, 核心链路冗余设计缺失, 风险隔离机制薄弱; 再次, 网络整体协同效率不高, 中断后的动态恢复与路径重构能力较差; 最后, 供应商地域分布与来源过于集中, 面临显著的地缘政治与系统性风险。这些发现为后续制定精准的韧性提升策略提供了实证依据。

7. Z 半导体公司供应链韧性提升建议

7.1. 构建核心节点多元化替代体系, 基于网络核心性的分级替代机制

针对核心节点替代能力不足、海外垄断节点风险集中的问题, 基于复杂网络中节点中心性理论与资源依赖理论, 构建“分级分类—多源备份—技术攻坚”的替代策略, 通过降低对单一核心节点的依赖, 提升网络抗目标中断能力。

7.1.1. 基于节点核心性的分级分类管理

结合节点度、介数中心性及业务 Criticality (关键程度) 三维度, 将供应链节点划分为核心垄断型、核心可控型、普通协作型三级, 实施差异化管理策略, 确保资源精准配置:

核心垄断型节点 (如 ASML、信越化学): 此类节点度中心性与介数中心性均居前 5%, 承担先进制程核心设备/材料供应, 全球范围内替代难度极高。管理策略聚焦“锁定产能+联合研发”: 与 ASML 签订 5 年以上长期供货协议; 联合中科院微电子所、上海微电子等国内科研机构与企业, 与 ASML 开展非敏感技术联合研发, 同步积累核心技术经验, 为国产替代奠定基础。

核心可控型节点 (如北方华创、沪硅产业): 此类节点为国内行业龙头, 技术成熟度达国际二线水平, 度中心性居前 10%, 具备一定替代潜力。管理策略聚焦“订单倾斜+技术共建”: 将 80% 以上的新增设备采购订单向该类节点倾斜; 每年投入营收的 5% 用于联合技术升级, 与供应商共建研发中心。

普通协作型节点 (其余 175 家配套企业): 此类节点业务替代性强, 度中心性较低。管理策略聚焦“动态备选库建设”: 每个节点配置 2-3 家备选供应商, 确保单一节点中断后 72 小时内启动替代供应。

7.1.2. 加速国产替代进程

基于技术生命周期理论,结合国内半导体产业发展现状,制定“短期突破—中期规模化—长期赶超”三阶段国产替代计划,聚焦“卡脖子”领域精准发力:

短期(2025-2026年):成熟制程关键产品突破,建立“小批量试用—中试验证—规模化量产”的快速验证通道,将国产产品验证周期从18个月缩短至6个月;优先在成熟制程生产线试用国产产品,积累应用数据,优化产品性能。

中期(2027-2029年):先进制程核心环节突破,目标14nm制程国产设备/材料占比达30%,7nm制程(DUV多重曝光)关键材料自给率达25%。推动国产设备与Z半导体产线的互联互通,建立设备协同调试机制,提升国产设备的适配性。

长期(2030-2033年):自主可控供应链体系构建,目标7nm及以下制程核心设备/材料国产化率达50%,摆脱对EUV光刻机的单一依赖,实现产业链各环节的协同发展;推动国产半导体设备/材料的国际化认证,提升在全球市场的竞争力。

7.1.3. 国际备份节点布局策略

为规避地缘政治风险,基于全球供应链布局理论,在非美国主导地区布局国际备份节点,形成“中国核心+海外备份”的双节点供应模式:

设备备份:在韩国、荷兰设立采购办事处,与三星机电、ASML(非美技术线)签订备用供应协议,确保在极端情况下能获取DUV光刻机及核心备件;与韩国SK海力士合作共建设备维修中心,缩短设备维修周期,降低设备停机风险。

材料备份:在日本、德国培育2-3家非美系供应商,如日本JSR的非美技术光刻胶、德国林德的电子特气,建立跨境库存备份,海外备份库存占比不低于20%;采用“技术授权+本地化生产”模式,与海外备份供应商在东南亚设立合资材料加工厂,规避出口管制限制。

合作模式创新:与海外备份供应商签订“技术共享+风险共担”协议,共同投入研发资源,开发符合Z半导体需求的定制化产品,同时约定在遭遇地缘政治风险时的供应保障机制,确保备份节点的有效性。

7.2. 优化供应链网络结构,提升连边中断抗冲击能力

针对核心链路冗余缺失、中断传导加剧的问题,基于复杂网络冗余理论与供应链风险管理理论,通过核心链路冗余设计、多路径构建、应急储备体系建设,优化网络拓扑结构,提升抗连边中断能力。

7.2.1. 核心链路冗余配置

打破“关键供应商—Z半导体—核心客户”的线性依赖,构建“一主多备”的多路径网络,降低单一链路中断的影响:

核心链路冗余配置:对ASML→Z半导体的设备运输、信越化学→Z半导体的材料供应等10条核心链路,每条链路配置2条备用路径

跨模块直连链路构建:新增30%“关键供应商—核心客户”直连链路,如沪硅产业→长电科技(封测)、北方华创→中芯国际(北京厂),减少对Z半导体的中转依赖,形成“核心中转+直连备用”的跨模块协作模式。同时建立直连链路的质量管控机制,确保产品质量与通过Z半导体中转一致。

链路风险隔离机制:通过网络分层设计,将核心链路边缘链路物理隔离,核心链路采用专属物流通道、独立信息系统,边缘链路中断时不影响核心层运作;核心链路的带宽冗余 $\geq 50\%$,确保中断后快速扩容,满足供应需求。

7.2.2. 物流与仓储冗余体系建设

构建“双仓+多枢纽”的物流仓储体系，提升物资流转的稳定性与应急响应能力，基于物流管理理论与库存优化理论：

双仓储布局：在上海（主仓）和深圳（备仓）建立核心物料仓储中心，备仓库存与主仓保持 1:1 配比，覆盖光刻胶、硅片、特种气体等 20 类核心物料。

多物流枢纽建设：在长三角、珠三角、环渤海设立三大物流枢纽，每个枢纽配置 2 家以上物流服务商，物流商需具备跨境运输资质、应急运输能力（如航空包机、铁路专列）。枢纽间的运输通道互为备份，例如长三角枢纽与珠三角枢纽之间开通定期铁路专列，用于核心物料的应急调配；建立物流枢纽的应急预案，当某一枢纽受自然灾害或地缘风险影响时，其他枢纽可快速承接其功能。

智能调度系统部署：开发基于 AI 的物流调度平台，整合物流运输轨迹、库存水平、生产计划等数据，实时监控物流状态。建立物流风险预警模型，对物流节点的风险等级进行实时评估，提前规避潜在中断风险。

7.2.3. 应急储备与中断响应机制

建立“分级储备+快速响应”的应急体系，基于应急管理理论，确保中断后快速恢复供应链功能：

分级储备策略：根据物料 Criticality 分为 A、B、C 三级，A 级（如 EUV 光刻胶、光刻机备件）采用“战略储备+供应商寄存”模式，储备量 ≥ 6 个月，存储于两地双仓，定期进行质量检测与轮换；B 级（如硅片、靶材）储备量 ≥ 3 个月，采用“自有库存+联合储备”模式，与核心供应商约定联合储备额度；C 级（如辅助材料）储备量 ≥ 1 个月，采用“按需采购+安全库存”模式，降低库存成本。

中断响应流程优化：制定“预警—评估—响应—恢复”四阶段响应流程，建立应急响应小组（由采购、生产、物流、研发负责人组成），明确各阶段的职责分工与时间节点。中断发生后 30 分钟内启动评估，分析中断原因、影响范围与持续时间；2 小时内制定响应方案，如启用备用供应商、切换运输路径、调配应急库存；48 小时内恢复核心业务供应，72 小时内全面恢复正常供应。

模拟演练与流程迭代：每季度开展 1 次节点中断或链路中断模拟演练，每年开展 1 次全域应急演练，模拟不同中断场景（如 ASML 断供、港口封锁、自然灾害），检验应急响应流程的有效性；演练后进行复盘总结，识别流程中的薄弱环节，优化响应方案与资源配置。

7.3. 全球布局优化策略：基于风险对冲的多元化布局

针对地域与供应布局失衡的问题，基于地缘政治理论与全球供应链管理理论，通过地域多元化、供应商多元化、市场多元化，重构全球布局，降低系统性风险。

7.3.1. 地域布局多元化

实施“东亚核心+东南亚备份+欧美补充”的三地布局战略，分散地域集中风险，结合各地区的资源禀赋与产业优势：

东亚核心区巩固：巩固上海、北京、天津等现有生产基地，聚焦先进制程研发与高端产能扩张，目标占全球产能的 60%。优化供应链配套，提升本土供应商占比从 53%至 70%；在长三角、珠三角地区打造半导体产业集群，吸引上下游企业集聚，提升协同效率；建立东亚地区的应急响应机制，应对自然灾害（如地震、台风）等区域性风险。

东南亚备份区建设：在马来西亚、泰国建设封装测试基地与材料加工厂，培育当地 2-3 家核心供应商（如马来西亚的物流企业、泰国的电子特气供应商），承接部分成熟制程的产能与边缘物料供应，目

标承担 20% 的成熟制程产能与 30% 的物料供应。东南亚地区具有劳动力成本优势、地理位置优越、政策支持等特点, 可有效规避东亚地区的地缘政治风险与自然灾害风险; 建立东南亚地区的物流枢纽, 连接东亚核心区与欧美市场。

欧美补充区拓展: 在德国、美国设立研发中心与采购办事处, 对接当地优质供应商 (如德国的精密机械企业、美国的 EDA 软件企业), 获取前沿技术与备用供应; 针对欧美市场的客户需求, 建设本地化的服务体系, 提升客户满意度; 利用欧美地区的技术人才优势, 开展先进制程技术研发, 形成“研发—生产—销售”的本地化布局, 降低贸易壁垒影响。

7.4.2. 供应商来源多元化

打破对美日企业的过度依赖, 构建“国内为主、海外多元”的供应商体系, 基于资源依赖理论, 减少单一国家/地区的供应风险:

核心物料双源供应: 对光刻胶、硅片、刻蚀机等 15 类核心物料, 确保每种物料至少有 1 家国内供应商与 1 家海外供应商 (非美系), 形成双源供应格局。双源供应商的技术路线互补, 避免因单一技术路线的缺陷导致供应中断; 建立双源供应商的质量对比与成本优化机制, 在保证质量的前提下, 降低采购成本。

中小供应商培育: 设立“供应链扶持计划”, 每年投入 5 亿元支持国内中小供应商技术升级与产能扩张, 重点培育 10-15 家“专精特新”企业, 填补细分领域的供应缺口。通过技术指导、订单倾斜、资金支持等方式, 帮助中小供应商提升技术水平与产能规模, 形成“核心供应商+中小供应商”的多层次供应商体系。

非美系供应商拓展: 积极参与全球半导体供应链协同组织, 拓展韩国、德国、荷兰、日本 (非美系关联) 等国家的供应商资源, 降低对美国及其盟友的供应依赖; 利用海外并购、合资合作等方式, 获取海外非美系供应商的技术与产能, 增强供应自主性; 建立非美系供应商的评估体系, 从技术实力、产能规模、交付能力、地缘政治风险等维度进行综合评估, 确保供应商的稳定性。

7.4.3. 市场与产品多元化策略

通过市场多元化与产品多元化, 降低对单一市场与产品的依赖, 基于市场战略理论, 提升供应链的抗周期能力:

市场多元化拓展: 拓展“一带一路”沿线国家、欧洲、东南亚等新兴市场, 降低对中国内地、美国市场的依赖, 目标新兴市场收入占比从 15% 提升至 30%。针对不同市场的需求特点, 调整产品结构, 如为欧洲市场提供汽车半导体产品, 为东南亚市场提供消费电子半导体产品; 建立本地化的销售与服务团队, 提升市场响应速度。

产品多元化布局: 在巩固逻辑芯片、闪存芯片等传统产品的同时, 加大对汽车半导体、工业半导体、AI 芯片、物联网芯片等新兴领域的投入, 这些领域的供应链相对独立, 可分散单一产品市场波动风险。优化产品结构, 使新兴领域产品收入占比从 20% 提升至 40%; 加强与下游新兴领域客户的合作, 提前布局产品研发, 满足客户需求。

8. 结论

本文以中美科技博弈为背景, 聚焦 Z 半导体公司供应链韧性提升问题, 综合运用文献研究法与复杂网络分析法, 通过构建供应链网络模型、模拟不同中断场景、剖析韧性短板, 最终提出针对性提升策略, 核心研究结论如下:

8.1. Z 半导体供应链网络结构特征明确且具有典型性

研究构建了包含 189 个节点、316 条有向连边的 Z 半导体供应链网络模型, 该网络兼具小世界网络与无标度网络的双重特性, 符合半导体产业供应链的典型拓扑特征。网络平均路径长度为 1.982, 低于全球半导体供应链核心网络均值 (2.34), 反映节点间协作路径短、周转效率高; 聚类系数为 0.083, 高于台积电 (0.048)、三星电子 (0.051) 等头部企业, 体现国内半导体产业“核心企业主导、局部集群化协作”的特点。关键节点集中于北方华创、长电科技、ASML、信越化学等企业, 其中 4 家海外垄断性节点 (ASML、信越化学等) 承担核心功能, 构成供应链网络的关键支撑, 而国内节点以北方华创、沪硅产业等为主, 形成“海外核心 + 国内配套”的网络格局。

8.2. 不同中断场景下供应链韧性表现呈现差异化演化规律

通过节点目标中断与连边中断两类场景模拟实验, 基于可用性、连通性、可及性三大指标, 明确了 Z 半导体供应链韧性的演化特征:

节点目标中断场景中, 韧性表现为“初期缓冲 — 加速恶化 — 触底趋稳”三阶段特征。删除前 2 个关键节点时, 可用性仅从 100.0% 降至 89.3%, 展现短期缓冲能力; 但删除 ASML、信越化学等海外垄断性节点后, 指标加速恶化, 删除 10 个关键节点后可用性降至 46.9%, 反映核心节点替代能力薄弱的短板。

连边中断场景中, 韧性呈现“抗冲击优秀 — 抗恶化中等 — 底线保障良好”的特征。0%-10% 中断阶段仅边缘链路受影响, 可用性保持 86.4%; 10%-30% 中断阶段为韧性临界点, 可用性从 86.4% 降至 60.5%, 核心链路冗余缺失导致中断快速传导; 30%-50% 中断阶段形成“核心孤岛”, 指标趋稳但整体功能大幅弱化, 50% 中断下可用性仍达 38.7%, 核心业务的基础供应得以保留。

8.3. 供应链韧性薄弱环节及成因清晰明确

结合网络结构特征与中断实验结果, Z 半导体供应链韧性的核心短板集中于四大方面:

核心节点替代能力不足: 前十关键企业中 4 家为海外垄断性企业, 其核心业务 (EUV 光刻机、高端光刻胶等) 全球缺乏有效替代, 国产替代节点技术成熟度与产能规模难以匹配需求, 节点连接集中度过高导致风险传导加剧。

核心链路冗余设计缺失: 70% 的核心链路为单路径设计, “关键供应商 — 核心客户” 直连链路占比仅 30%, 缺乏备用运输路线与替代连边, 连边中断后无即时切换通道。

网络协同效率偏低: 聚类系数仍处于较低水平, 局部集群化协作不足, 缺乏“材料商 — 设备商 — 核心企业”的闭环协作结构; 数字化监控覆盖率仅 40%, 缺乏智能调度与路径优化系统, 中断后恢复效率低下。

地域与供应布局失衡: 80% 的关键供应商生产基地集中于东亚地区, 高端光刻胶、精密传感器等核心物料依赖 3 家以内海外供应商, 国产供应链体系尚未成熟, 系统性风险抵御能力不足。

8.4. 构建了“五维一体”的供应链韧性提升策略体系

针对上述短板, 提出“核心节点多元化替代、供应链网络结构优化、网络协同与数字化赋能、全球布局多元化、韧性管理保障体系”的五维提升策略, 形成“问题 — 对策”的闭环逻辑:

核心节点分级替代策略可实现关键节点从“单点依赖”到“多源备份”的转变, 通过锁定海外核心产能、培育国内替代节点, 降低垄断节点风险; 网络结构优化策略通过核心链路冗余配置、跨模块链路去中心化, 提升连边中断抗冲击能力; 协同与数字化赋能策略通过构建产业集群、搭建全链路数字

化平台, 缩短中断后恢复时间; 全球布局多元化策略通过地域与供应商来源多元化, 降低系统性风险; 韧性管理保障体系通过组织、资源、考核三维支撑, 确保策略落地见效, 预期可实现核心节点替代率 50%、核心链路冗余覆盖率 90%、中断恢复时间 ≤ 72 小时的量化目标。

8.5. 研究结论具有重要的理论与实践价值

理论层面, 丰富了半导体供应链韧性的研究方法, 将复杂网络理论应用于单一半导体企业供应链研究, 揭示了度中心性、平均路径长度等指标与韧性维度的耦合机理, 拓展了科技制造类企业供应链韧性的理论体系。

实践层面, 为 Z 半导体公司提供了可操作的韧性提升方案, 有助于其抵御地缘政治风险、技术断供风险, 提升运营稳定性; 同时为中芯国际、长江存储等同类企业提供参考, 也为国家半导体产业政策制定提供支撑, 助力提升我国半导体产业链供应链自主可控水平。

参考文献

- [1] 潘为华, 侯雪玲, 潘红玉. 耐心资本如何重塑半导体产业链韧性? —— 复杂适应系统视角下的组态分析[J/OL]. 财经理论与实践, 1-8[2026-01-13]. <https://link.cnki.net/urlid/43.1057.F.20251224.0949.006>.
- [2] 王维. 财务风险评估在半导体产业投资中的应用研究[J]. 上海企业, 2025, (08): 179-181.
- [3] 傅煜祺. 标准化能力对供应链韧性的影响研究[D]. 杭州电子科技大学, 2024. DOI:10.27075/d.cnki.ghzdc.2024.000095.