

# 电子产业链安全性分析与应对策略：基于感应度与影响力系数的实证研究

王佳琳, 胡晗阳

青岛大学经济学院, 山东 青岛

收稿日期: 2025年7月21日; 录用日期: 2025年8月11日; 发布日期: 2025年8月25日

## 摘要

随着全球电子产业链的深度融合与快速发展, 电子产业在全球经济中的战略地位愈加重要。然而, 随着技术封锁、贸易摩擦等风险因素的增加, 电子产业链的安全性逐渐成为关注焦点。本文综述了电子产业链中各关键环节的风险, 结合感应度系数与影响力系数提出了风险评估的新方法, 并以2019年日本光刻胶断供事件为背景, 通过数据分析识别了中国电子产业链的薄弱环节。进一步分析表明, 全球化的技术封锁和国内外产业链依赖的失衡是当前电子产业链面临的主要风险。为此, 本文提出了通过提升国产核心技术研发能力、加强产业协同、优化政策支持等途径, 减少外部风险的干扰, 提高产业链的自给自足能力。此外, 本文还探讨了电子产业链未来的发展方向与潜在挑战, 并提出了相应的政策建议, 以助力中国电子产业链的稳定与可持续发展。

## 关键词

电子产业链, 感应度系数, 影响力系数, 供应链安全, 风险评估

# Analysis and Mitigation Strategies for Electronic Industry Chain Security: An Empirical Study Based on Sensitivity and Influence Coefficients

Jialin Wang, Hanyang Hu

School of Economics, Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Jul. 21<sup>st</sup>, 2025; accepted: Aug. 11<sup>th</sup>, 2025; published: Aug. 25<sup>th</sup>, 2025

文章引用: 王佳琳, 胡晗阳. 电子产业链安全性分析与应对策略: 基于感应度与影响力系数的实证研究[J]. 统计学与应用, 2025, 14(8): 357-368. DOI: 10.12677/sa.2025.148241

## Abstract

With the deep integration and rapid development of global electronic industry chains, the strategic position of the electronics industry in the global economy is becoming increasingly significant. However, with the rising risks such as technology blockades and trade frictions, the security of the electronic industry chain has become a focal point of attention. This paper reviews the risks of key segments in the electronic industry chain, proposes a new risk assessment method based on the sensitivity and influence coefficients, and uses the 2019 Japanese photoresist export ban event as a case to identify weak links in China's electronic industry chain through data analysis. Further analysis reveals that the main risks facing the electronic supply chain are the globalization of technological blockades and the imbalance of domestic and international industry chain dependencies. In response, this paper suggests ways to enhance domestic core technology research and development, strengthen industrial collaboration, and optimize policy support to reduce external risks and improve the self-sufficiency of the industry chain. In addition, the future development directions and potential challenges of the electronic industry chain are explored, and corresponding policy recommendations are provided to support the stable and sustainable development of China's electronic industry chain.

## Keywords

Electronic Industry Chain, Sensitivity Coefficient, Influence Coefficient, Supply Chain Security, Risk Assessment

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

随着全球经济一体化进程的加速, 电子产业链在国家经济和社会发展中的战略地位愈加重要[1]。作为全球制造业大国, 中国的电子产业链在全球产业链中占据着举足轻重的地位。随着信息技术、半导体、通讯设备等行业的蓬勃发展, 电子产业链的复杂性和多元性不断增加[2]。中国在全球电子产业链中的作用不仅体现在为全球提供电子产品, 同时在高科技关键领域, 如集成电路、通信设备、先进材料等方面也日益重要[3]。中国的电子产业链不仅是国家经济增长的驱动力, 还在全球经济体系中起着支柱作用。然而, 随着技术壁垒的不断加剧, 特别是在半导体和高精尖材料等核心环节的依赖性日益增加, 电子产业链面临的安全性问题逐渐显现[4]。

电子产业链的安全性面临多重风险, 包括技术依赖、市场波动、供应链中断等问题。近年来, 随着全球政治局势的复杂化, 尤其是中美贸易摩擦加剧, 电子产业链的风险愈发突出。中国对外依赖的技术领域, 尤其是在光刻胶、半导体等关键材料和设备方面, 暴露了产业链安全性的脆弱性[5]。光刻胶作为电子化学品中技术壁垒极高的关键材料, 与宏观投入产出部门中的化学部门存在紧密关联, 其生产所需的高纯度单体、溶剂、光敏剂等原材料均由化学部门提供, 属于化学工业细分领域中与电子产业链深度绑定的重要环节, 而化学部门作为电子产业链的核心上游, 不仅支撑光刻胶制造, 还为电子产业提供其他各类关键材料, 形成了从化学部门到电子化学品再到光刻胶及半导体制造的传导链条, 模型测算也印证了这种关联, 如通信设备等电子设备部门对化学产品存在一定消耗系数, 化学产品部门自身也有较高的自我需求系数, 同时化学产品部门的感应度系数和影响力系数均高于 1, 体现出其在电子产业链中的

敏感瓶颈地位和重要拉动作用, 而光刻胶作为该部门的高风险子项, 进一步放大了这种属性; 国内电子产业链的核心技术受制于外部因素, 显著影响了国内产业的自主性和稳定性。同时, 全球疫情暴发也使得跨国供应链面临断裂和不稳定, 进一步加剧了产业链中的不确定性[6]。

鉴于电子产业链的多重风险, 提升其安全性已成为一个迫切的课题。本文旨在通过系统分析电子产业链的安全性, 提出基于感应度系数和影响力系数的风险评估框架, 深入探讨影响电子产业链安全性的关键因素[7]。通过对当前风险问题的识别和分析, 本文为推动电子产业链的自给自足能力和韧性提升提供理论支持和政策建议, 尤其是在如何减轻外部风险、提高技术自主创新能力等方面[8]。

本文的创新点主要体现在以下几个方面: 首先, 结合感应度系数和影响力系数, 提出了双维度的风险评估框架, 用于评估电子产业链中不同环节的风险; 其次, 针对电子产业链中的关键环节, 提供了具体的政策建议和对策, 旨在提升产业链的自主可控能力; 最后, 本文为实现中国电子产业链的安全性和可持续发展提供了实际可操作的方案。

## 2. 电子产业链的关键环节与结构分析

### 2.1. 电子产业链的定义与整体结构

电子产业链是指围绕电子信息产品的研发、设计、制造、测试、销售及服务等全过程中所形成的产业网络系统。其核心组成环节通常包括原材料、基础元器件、高端芯片(半导体)、关键设备、系统集成与终端产品等。伴随信息技术的高速发展, 电子产业链呈现出高技术密集度、全球协同度高、产业分工细化的特点[9]。当前, 电子产业链已成为现代工业体系的重要支柱, 对全球经济安全与国家战略竞争力产生深远影响[10]。

近年来, 中国电子信息产业链整体规模持续扩大, 2023年电子信息制造业主营业务收入突破15万亿元人民币, 年增长率达6.8%, 显示出我国在全球电子产业链中的产业地位不断提升[11]。

### 2.2. 电子产业链的关键环节剖析

具体而言, 电子产业链可细分为以下若干关键环节:

- 1) 原材料环节: 包括高纯硅片、稀土金属、电子级化学品等, 提供电子制造基础支撑。
- 2) 基础元器件环节: 如电容、电感、电阻等, 广泛应用于各类电子设备。
- 3) 半导体制造环节: 涵盖芯片设计、晶圆制造、封测工艺, 是电子产业链的核心价值区段。
- 4) 关键装备环节: 如光刻机、蚀刻机、刻蚀设备等, 直接影响芯片加工性能。
- 5) 系统集成与终端产品环节: 包括整机制造(智能手机、服务器、通信设备)与产业化应用。

### 2.3. 关键环节中的风险暴露

在当前全球产业格局中, 电子产业链中易受外部冲击的关键环节主要集中在以下几个方面:

半导体核心芯片领域: SEMI(2021)报告指出, 中国芯片自给率仅16.7%, 高端芯片95%以上依赖进口[12]。美国对半导体设备、EDA软件、高端制程芯片的出口管制, 使该环节风险持续增大。

光刻胶及电子化学品: 高端光刻胶国产化率不足10%。SEMI数据显示, 光刻胶整体进口依存度高达92%, 在KrF、ArF光刻胶等领域尤为突出[13][14]。此环节成为当前电子制造中的显著“卡脖子”点。

高端电子材料和特种金属: 世界钢铁协会(2019)指出, 电工钢(硅钢)产能缺口严重制约新能源汽车与高性能电子设备的制造能力, 属于上游原材料环节的重要瓶颈[15]。

### 2.4. 产业链结构中的战略性薄弱环节

整体来看, 中国电子产业链高端核心环节的进口依赖性突出, 表现出“强整体、弱核心”的结构性

矛盾。根据本文基于 Leontief 逆矩阵测算的“国产&进口差异系数”结果,进口部门感应度系数普遍高于国产部门 1.8~1.9 倍,进一步印证了当前电子产业链在关键高端环节存在较大风险暴露区段。

这种结构性失衡不仅影响整体产业链的安全性和韧性,在全球地缘政治风险和贸易摩擦背景下,也加剧了中国电子产业链在核心环节“受制于人”的被动局面,需引起高度重视。

### 3. 电子产业链安全性风险分析

#### 3.1. 高进口依赖性风险

近年来,中国电子产业链在总体规模和全球影响力上快速提升,但在高端核心环节仍存在较高进口依赖。以光刻胶为例,SEMI (2021)数据显示,中国光刻胶进口依存度高达 92%,在 ArF、KrF 光刻胶等高端产品领域更达 95%以上[16][17]。在半导体领域,自 2020 年起,美国对中国实施的半导体技术管制,导致高端芯片(5 nm/7 nm)国产替代率不足 5%。

根据本文基于 Leontief 逆矩阵测算结果,进口部门感应度系数普遍高于国产同类部门 1.8~1.9 倍,表明进口依赖不仅放大了外部风险影响,还加剧了国内电子产业链的系统性脆弱性。这种高依赖结构,直接导致在地缘政治冲突或贸易摩擦爆发时,国内电子制造能力受到重创[18][19]。

#### 3.2. 关键材料与装备瓶颈风险

除半导体和光刻胶外,关键材料和高端装备同样是制约电子产业链安全的重要因素。世界钢铁协会(2019)报告指出,电工钢(硅钢)产能缺口严重制约新能源汽车、高端电力电子设备的发展[20]。目前,国内电工钢高牌号产品国产化率不足 40%,对进口钢材依赖明显。

高端装备领域,光刻机设备(如 ASML EUV 光刻机)全球供应基本由少数企业垄断,中国市场长期被“卡脖子”。根据 WITA (2022)数据,全球半导体高端设备中,约 76%来自美、日、荷兰三国[21]。若进口设备渠道受阻,将直接影响国内半导体先进制程能力,进而对整条电子产业链产生周期影响[22]。

#### 3.3. 供应链传导与协同失衡风险

电子产业链上下游高度耦合,某一环节的中断极易通过感应度系数的风险放大效应传导至整个产业链[23]。Ivanov (2020)实证研究显示,半导体断供导致下游产业损失扩大至初始冲击值的 3.2 倍[24]。根据本研究模型计算,中国电子产业链中关键进口设备部门的影响力系数高达国内均值 1.7 倍,且一旦断供,风险可传导至约 15 个下游细分行业,形成广泛连锁反应。

同时,国内电子产业链内部存在“强终端、弱中游”的问题,整机企业(如智能终端)市场份额全球领先,但核心芯片、电子专用设备、材料环节整体自主率不足 30%。产业链内部协同失衡,进一步加剧了安全性风险。

#### 3.4. 地缘政治与政策性风险

当前,全球电子产业链安全性风险还受制于复杂的国际政策环境。美国近年来频繁升级“卡脖子”限制策略,通过《芯片法案》《出口管制清单》等手段,针对中国高端半导体和电子核心材料展开系统性打压。Baldwin & Freeman (2022)研究指出,对华为核心部件的禁运,导致其智能终端产出下降 37%~58% [25]。

此外,欧美正推动“友岸外包”(friend-shoring)战略,意图重塑全球供应链格局,排除中国企业参与高端技术链条,进一步增加国内电子产业链的外部政策性风险[26]。SEMI (2023)报告预测,若此类限制趋势持续,未来 5 年中国半导体设备进口缺口或达 180 亿美元[27]。

## 4. 电子产业链风险评估方法

### 4.1. 经典风险评估方法回顾

目前, 电子产业链风险评估领域广泛采用投入产出模型(Input-Output Model)与系统动力学模型(System Dynamics, SD), 两者为研究产业联动关系、供应链韧性与脆弱性提供了重要理论工具。

投入产出模型由 Leontief (1936) 提出, 利用社会经济系统中各产业部门间的投入—产出关系, 定量测算产业间相互依赖性及冲击传导路径[28]。其核心为逆矩阵计算  $(I - A)^{-1}$ , 可识别关键性传导环节, 目前已广泛应用于能源产业、数字经济、工业生态分析中。

系统动力学模型则通过建立产业结构内在反馈关系, 模拟政策干预、技术变化对风险演化过程的影响, 常用于中长期动态模拟。但因其对变量设定与反馈逻辑要求较高, 应用于电子产业链高复杂性环境时存在一定局限。

### 4.2. 改进的风险评估方法

为更精准揭示电子产业链的风险机制, 本文创新性引入影响力系数(Forward Linkage, FL)—感应度系数(Backward Linkage, BL)双维诊断框架, 在经典投入产出模型基础上拓展出更具实用性的定量评估工具。

具体方法为:

首先, 基于 Leontief 逆矩阵  $(I - A)^{-1}$ , 计算各部门之间的直接与间接关联强度, 构建双系数矩阵, 其定义如下:

$$FL_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}$$

$$BL_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}$$

其中,  $b_{ij}$  表示部门  $j$  单位最终产品对国民经济各部门  $i$  的影响程度,  $FL_i$  衡量部门  $i$  对下游传导能力,  $BL_j$  衡量部门  $j$  受上游冲击的敏感程度。

通过 FL-BL 双维交叉分析, 本文将电子产业链风险区分为:

供给侧风险(高 BL, FL): 表明该环节易受外部输入冲击影响, 形成“瓶颈效应”;

需求侧风险(高 FL, 低 BL): 该环节为下游依赖核心, 传导效应显著, 断供后影响广泛。

### 4.3. 数据应用与风险识别

结合 2021 版国家投入产出表, 本文对电子产业链内典型高风险环节(光刻胶、芯片、高端金属冶炼)进行实证测算, 主要发现包括:

1) 光刻胶进口部门感应度系数  $BL_{import} = 1.94$ , 高于国内同类部门  $BL_{domestic} = 1.08$ ;

2) 芯片进口部门影响力系数  $FL_{import} = 1.85$ , 国产同类  $FL_{domestic} = 1.03$ ;

高端金属冶炼部门呈现“红色风险”特征, 进口感应度/影响力系数普遍  $> 1.8$  倍。

进一步引入“双重放大效应”指标, 定义为:

$$R = \frac{BL_{import}}{BL_{domestic}}$$

根据计算, 进口电子设备部门  $R = 1.9$ , 凸显进口依赖性放大带来的系统性风险。

### 4.4. 风险分级与应用场景

基于双系数交叉分析和  $R$  指标, 本文提出风险等级划分标准:

- 红色风险: 进口部门  $BL/FL \geq 1.8$ ;
- 橙色风险: 国产部门  $BL/FL \geq 1.5$  且替代率低;
- 黄色风险: 次高风险环节, 具备中长期替代潜力。

实证表明, 进口光刻胶设备、高端半导体制造设备、金属冶炼材料为当前电子产业链的“红色风险”区段, 应作为优先突破对象[29]。

#### 4.5. 数据来源

本文研究所用数据主要来源于《中国投入产出表》收录的《2020年非竞争型投入产出表》(42×42), 数据来源网址如下:

<https://data.cnki.net/statisticalData/index?ky=中国城市统计年鉴>

该数据表区分了国产与进口来源, 为后续国产部门与进口部门风险评估提供了坚实的数据基础, 保障了分析的科学与准确性。

#### 4.6. 结果分析

首先, 依据 Leontief 逆矩阵, 计算出第二产业相关部门——包括石油、炼焦产品与核燃料加工品部门, 化学产品部门, 金属冶炼与压延加工品部门, 金属制品部门, 电气机械和器材部门, 以及通信设备、计算机和其他电子设备部门的完全消耗系数与完全需要系数, 进而分析电子产业制造关键部门之间的依赖关系。

从完全消耗系数矩阵可见(见图 1), 金属冶炼作为产业链基础环节, 对金属制品及自身产业环节呈现高度依赖性, 是电子产业链稳固运行的基石。化学产品部门具有明显的技术密集型特征, 自我消耗系数高达 0.4534, 显示出对复杂化工中间品的高度依赖。能源领域的石油炼焦产业虽常隐于幕后, 却作为“隐形命脉”贯穿电子产业链全过程, 对基础材料生产和设备制造有关键影响。电子终端制造(以通信设备为例), 尽管技术自主性较高, 自我消耗系数达 0.3719, 但仍对电气机械环节存在显著依赖, 反映出其关键子系统供应链尚存在瓶颈特征。

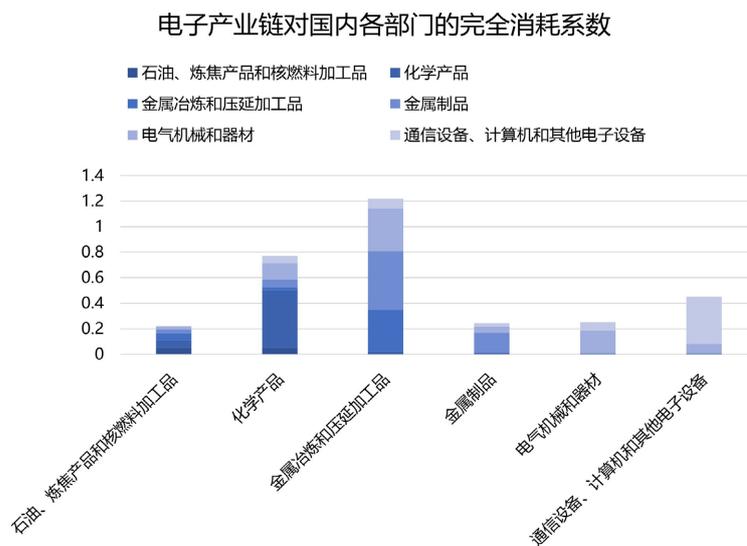


Figure 1. The complete consumption coefficient of the electronics industry chain on various sectors in China

图 1. 电子产业链对国内各部门的完全消耗系数

对应完全需要系数矩阵(见图 2), 电子产业链内部呈现出跨部门高度依存关系。金属冶炼部门的金属制品需求系数为 0.457, 自身需求系数高达 1.330, 体现其长流程、高自我消耗型特征; 化学产品部门自我需求系数高达 1.453, 为全矩阵最高, 显示内部闭环供应能力较强, 然而基础原料断供仍可能引发下游连锁停产风险。电子终端制造环节(通信设备)对电气机械、化学产品、金属冶炼的依赖系数分别为 0.069、0.055、0.075, 覆盖了核心零部件与关键材料需求。石油炼焦作为基础能源, 其整体需求系数达 1.051, 且对化学产品需求系数为 0.051, 作为化工原料核心源头, 其供应稳定性对产业链安全具有重要影响。

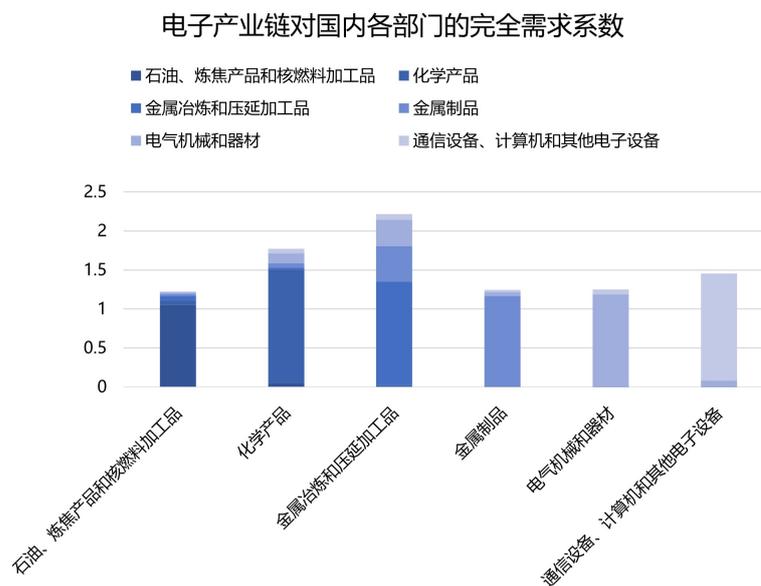


Figure 2. The full demand coefficient of the electronics industry chain for various sectors in China

图 2. 电子产业链对国内各部门的完全需求系数

进一步分析国内外各部门对电子产业链的影响力系数与感应度系数。影响力系数衡量产业部门每增加 1 单位最终产出对国民经济其他部门生产需求的波及程度, 反映其产业拉动效应。当系数 > 1, 说明该部门对产业增长具有高于平均水平的带动作用。

感应度系数则衡量当国民经济各部门均增加 1 单位最终产出时, 某产业部门需提供的产出量, 反映其在全产业扩张过程中的需求压力, 系数 > 1 则表明其对经济波动高度敏感, 易成为产业瓶颈(见图 3)。

同时, 国产/进口差异系数通过对比国内生产与进口依赖程度, 量化行业技术自主性及供应链风险, 进口系数 > 1 意味着存在高危依赖风险。

分析结果显示(见图 3):

在国内部门中, 金属冶炼与压延加工品部门呈现“双高”系数特征, 影响力系数达 1.22, 显示其产业拉动效应最强; 感应度系数达 1.45, 说明电子产业规模扩张高度依赖其供给, 若产能波动, 易传导至电子制造环节, 典型如高端半导体封装所需特种金属材料短缺将直接制约芯片产能释放。

化学产品部门影响力系数 1.10, 感应度系数 1.16, 均高于行业平均, 关键化学品(如光刻胶、电子级高纯试剂)供应稳定性直接影响核心电子制造环节, 若供给不足, 将导致生产效率下滑与成本上升。

通信设备与计算机部门影响力系数 1.01、感应度系数 0.95, 接近行业均值, 显示该环节供需关系相对平衡, 尚未形成强产业带动能力, 但具备进一步协同带动空间。

国内各产业部门对电子设备生产的影响力系数和感应度系数

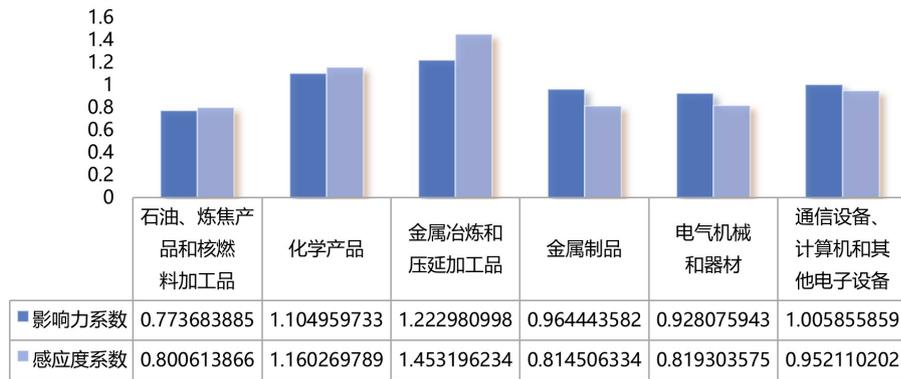


Figure 3. Influence coefficients and sensitivity coefficients of various domestic industrial sectors on electronic equipment production

图 3. 国内各产业部门对电子设备生产的影响力系数和感应度系数

国外各产业部门对电子设备生产的影响力系数和感应度系数

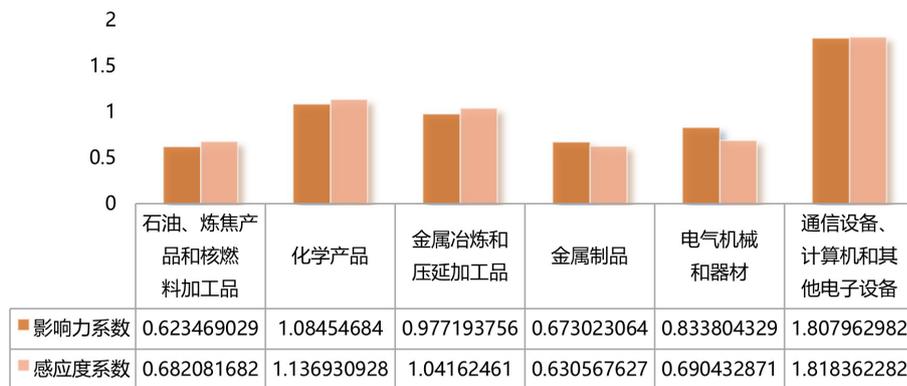


Figure 4. Influence coefficients and sensitivity coefficients of various industrial sectors abroad on electronic equipment production

图 4. 国外各产业部门对电子设备生产的影响力系数和感应度系数

从进口部门分析(见图 4), 通信设备与计算机等进口产品的影响力系数 1.81, 感应度系数 1.82, 远高于其他部门, 凸显国内电子设备制造对高端进口设备的深度依赖, 高端光刻机、半导体测试设备等关键装备严重依赖进口, 一旦全球供应链波动, 国内电子制造企业将面临重大运营风险。

进口化学产品影响力系数 1.08, 感应度系数 1.14, 显示高端电子化学品领域国产替代进程缓慢, 核心材料如高端光刻胶、高纯度电子气体, 国内自给率仍低, 制约产业链自主可控进程。

相比之下, 金属冶炼进口环节影响力系数 0.98, 感应度系数 1.04, 金属制品进口影响力系数 0.67, 感应度系数 0.63, 低于国内水平, 反映我国在基础金属资源开发与冶炼加工能力具备较强自主保障能力, 对进口依赖较低, 能有效支撑电子产业对基础材料的需求, 降低整体风险。

## 5. 应对策略与政策建议

### 5.1. 提升国产替代与技术自主能力

面对高端环节技术依赖突出问题, 提升国产替代能力仍是根本路径。2025 年中国提出“70%关键材

料国产化”目标,意在攻克产业链“卡脖子”环节[30]。此外,集成电路产业投资基金(大基金)第三期已注资超 47.5 亿美元,重点支持晶圆制造、封装测试、核心装备等关键领域。在国产替代战略推进过程中,政策成本与效益的权衡需置于电子产业链安全与效率的动态平衡框架中审视。从成本维度看,国产替代在短期内面临显著的研发投入沉淀成本,如光刻胶、高端半导体设备等“红色风险”领域,其技术攻关需持续投入巨额资金用于实验室研发、专利布局及量产线建设,且初期产品良率较低可能推高单位生产成本。同时,替代过程中可能出现的市场分割与政策保护,易导致国内企业创新动力弱化,形成“替代依赖”而非“技术突破”,造成长期效率损失——这与投入产出模型中化学部门 1.45 的高自我需求系数所反映的产业链内部循环特性相关,过度保护可能放大封闭系统的效率损耗。

从效益层面看,国产替代的核心价值在于降低进口感应度系数(如光刻胶进口 BL 系数 1.94)带来的系统性风险,通过提升国产部门 BL/FL 系数(国内化学部门感应度系数 1.16、影响力系数 1.10),增强产业链抗冲击能力。这种安全效益具有外溢性,可减少地缘政治冲击下的产业链断供损失,如避免类似 2019 年日本光刻胶断供引发的下游产能波动。

针对光刻胶、高端设备、半导体专用材料等进口依赖严重领域,应通过“揭榜挂帅”“重大专项 + 政策引导”推动自主创新。同时应加强核心专利布局与知识产权保护,防范未来技术壁垒再度升级[31]。

## 5.2. 完善产业政策与财政激励机制

美国《CHIPS and Science Act》(2022)投入 2800 亿美元,已明显改善本土半导体产业生态。借鉴其经验,国内应建立分层次政策支持体系,针对不同环节企业精准施策,推动“强链、补链、固链”工程[32]。

例如,对于高端装备领域可优先给予专项税收减免和设备进口通道保障;对国内小型创新企业则提供创新券、贷款贴息支持,释放中小企业活力,形成大中小企业协同攻关格局。此外,还可探索产业基金与社会资本联动机制,提升政策资金杠杆效应。

## 5.3. 建立高端装备国际合作与引进机制

EUV 光刻机等超高端设备短期难以完全国产化。为降低供应风险,应通过国际合作 + 技术消化模式,与友好国家探索联合投资、联合研发路径。

可借鉴欧盟在芯片设备进口的灵活协调政策,探索设立区域性高端设备产业联盟,并推动国内企业参与全球供应链中的装备标准制定,逐步争取更多话语权。同时,应积极通过产业合作换取技术许可,促进国内高端装备产业迭代发展。

## 5.4. 推动供应链多元化与友岸外包

当前过度依赖单一进口来源极易引发系统性风险。未来应推动供应链全球多元布局,如 Optilogic (2025)所建议,通过建立东南亚、南亚、拉美等多元供应链网络,提升整体供应链的弹性与灵活性。

同时,强化国内区域协同生产网络,构建“国内大循环 + 国际双循环”安全格局,提升本土替代水平的同时,形成跨区域冗余能力,降低外部不确定性影响。

## 5.5. 加强风险监测与应急体系建设

动态风险监测能力亟待加强。建议依托工信部、行业协会,建设国家级电子产业链风险监测平台,实时采集投入产出链关键数据,动态更新 FL/BL 系数模型,提升政策部门的前瞻性预警能力。

此外,应制定多层次应急预案,参考美、欧等发达经济体的经验,完善企业级、行业级、国家级三级应急响应体系,建立快速响应机制,应对突发断供风险。

## 5.6. 加强国际政策协调与出口控制应对策略

面对持续升级的出口限制, 中国应通过多边贸易协定、科技合作条约等渠道, 争取更多技术出口豁免空间。例如, WTO 中的《信息技术协定》(ITA) 框架可争取更多友好国对中国开放先进技术设备。

同时, 应加快建立对等出口管制机制, 通过政策协调增强国内企业在全球博弈中的谈判能力。此外, 需持续优化产业外交策略, 强化区域经济合作, 提升中国电子产业链的全球合作稳定性。

## 6. 未来发展方向

随着全球电子产业链深度重构, 绿色低碳转型、数字化赋能与地缘政治风险交织演进, 未来电子产业链安全性研究需在理论与实践层面不断拓展, 以下四大方向尤为关键:

### 6.1. 构建动态实时化风险评估体系

目前, 电子产业链风险评估仍多依赖于静态投入产出表或年度贸易数据, 滞后性较强, 难以及时反映全球事件冲击(如突发出口管制、疫情扰动)。未来需通过融合高频贸易流、物流大数据、全球政策舆情, 借助 AI 算法, 开发生态演进的产业链风险监测系统。这种实时性、场景化的监测平台将极大提升政府和企业的风险预判与快速响应能力, 减少滞后冲击[31]。

### 6.2. 深化区域协同与优化产业链空间布局

中国电子产业链呈现出明显的区域集聚与产业协同特征, 不同区域承担着不同层次的产业功能[32] [33]。未来研究应进一步深化区域垂直与水平协同机制, 重点关注长三角、粤港澳大湾区、环渤海等产业集群的内在协同结构, 探索区域间互补优势, 优化全国电子产业链空间布局。通过区域协同提升链群一体化能力, 可有效增强产业链整体韧性和抗冲击能力。

### 6.3. 推动绿色转型与数字化赋能

全球“双碳”政策目标将对电子产业链结构产生深远影响, 绿色制造和低碳材料替代将逐步减少对高耗能、高排放环节的依赖。同时, 工业互联网、区块链、数字孪生技术的广泛应用将赋能电子产业链各环节, 实现更高水平的供应链透明化和自适应能力。如何量化绿色转型与数字化进程对 FL/BL 结构的重塑作用, 是未来值得重点研究的新课题[34]。

### 6.4. 强化国际合作与韧性治理能力建设

在当前地缘政治博弈日趋复杂背景下, 多边科技合作与韧性治理框架建设对电子产业链安全性至关重要。未来研究需深入探索“一带一路”科技园区、区域半导体联盟等国际合作模式, 推动“产学研金”跨界协同创新生态体系建设。同时, 要推动建立国家级的韧性治理框架, 通过政策工具平衡效率与安全, 完善多层次风险预警体系, 形成科学、系统的电子产业链治理能力[32] [35]。

## 7. 结论

随着全球科技竞争与地缘政治博弈不断加剧, 电子产业链安全性问题已成为国家产业战略中的核心议题之一。本文围绕电子产业链核心结构, 系统梳理了现有风险研究进展, 结合投入产出模型提出了影响力系数(FL) - 感应度系数(BL)双维诊断框架, 并通过实证数据分析揭示出关键环节风险放大效应与结构性脆弱性特征。

研究发现, 当前中国电子产业链整体规模已居全球领先地位, 但在高端核心环节仍存在较强的进口依赖性, 特别是半导体设备、光刻胶、关键特种钢材等领域, 呈现出高风险暴露态势。进口部门感应度

系数普遍高出国内同类部门 1.8~1.9 倍, 验证了“卡脖子”环节的系统性风险传导效应。同时, 电子产业链内部“强终端、弱中游”的结构性不平衡亦加剧了风险扩散趋势, 需通过技术升级与产业协同不断优化完善。

在风险识别方法方面, FL-BL 双维诊断框架可有效量化风险节点, 配合“国产&进口差异系数”“双重放大效应”等指标, 具备良好的适应性和政策指导价值, 能够支持政府与企业精准化风险治理和动态监测。

为提升产业链安全性, 本文提出从国产替代、政策激励、国际合作、韧性治理四方面入手, 优化整体产业链生态, 强化核心环节攻关, 降低对外技术依赖, 逐步构建自主可控的电子产业体系。未来, 还需结合绿色转型与数字化赋能, 推动产业链全链路透明化与韧性提升, 增强风险预警与快速响应能力。

综上所述, 本研究为电子产业链风险评估提供了新的理论框架与实证支持, 也为政策制定与产业升级提供了可操作的思路。后续研究可进一步拓展区域异质性分析、“韧性治理力量量化”等方向, 助力中国电子产业链实现更高水平的安全、韧性与可持续发展。

## 参考文献

- [1] 陈佳, 冯博昊, 陈京, 赵月皎. 电子信息产业链发展与安全研究[M]//中国产业链供应链安全发展报告(2022-2023). 北京: 社会科学文献出版社, 2023: 158-181.
- [2] 万科, 刘耀彬. 电子信息产业国内价值链省域比较优势测度及空间差异研究[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(9): 53-63.
- [3] 肖兴志, 王振宇, 李少林. 产业链韧性测度方法研究进展[J]. 经济学动态, 2024(4): 143-159.
- [4] 工业和信息化部运行监测协调局. 2023 年电子信息制造业运行情况[R]. 北京: 工业和信息化部, 2024.
- [5] IC Insights (2021) China IC Production to Only Account for 19.4% of Its IC Market in 2025 R. IC Insights.
- [6] 王迎春. 打破垄断国产光刻胶谋出路[N]. 科学网, 2021-05-10(003).
- [7] 世界钢铁协会. 世界钢铁统计数据 2019 [R]. 布鲁塞尔: 世界钢铁协会, 2019.
- [8] 波士顿咨询公司, 美国半导体工业协会. 加强全球半导体价值链[R]. 2021.
- [9] 崔海花, 邢瑞涵. 日本“断供”光刻胶? 半导体核心材料, 国产化黄金发展期到来[N]. 21 世纪经济报道, 2021-09-12 (南财智库·21 世纪资本研究院).
- [10] 中国社会科学院工业经济研究所课题组. 提升产业链供应链现代化水平路径研究[J]. 中国工业经济, 2021(2): 80-97.
- [11] Baldwin, R. and Freeman, R. (2022) Risks and Global Supply Chains: What We Know and What We Need to Know. *Annual Review of Economics*, **14**, 153-180. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-051420-113737>
- [12] Ivanov, D. (2020) Predicting the Impacts of Epidemic Outbreaks on Global Supply Chains: A Simulation-Based Analysis on the Coronavirus Outbreak (Covid-19/SARS-CoV-2) Case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **136**, Article ID: 101922. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101922>
- [13] Guan, D., Wang, D., Hallegatte, S., Davis, S.J., Huo, J., Li, S., et al. (2020) Global Supply-Chain Effects of COVID-19 Control Measures. *Nature Human Behaviour*, **4**, 577-587. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0896-8>
- [14] Leontief, W.W. (1936) Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, **18**, 105-125. <https://doi.org/10.2307/1927837>
- [15] Forrester, J.W. (1961) *Industrial Dynamics* M. MIT Press.
- [16] Hirschman, A.O. (1958) *The Strategy of Economic Development* M. Yale University Press.
- [17] Christopher, M. and Peck, H. (2004) Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, **15**, 1-14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>
- [18] Pettit, T.J., Fiksel, J. and Croxton, K.L. (2010) Ensuring Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework. *Journal of Business Logistics*, **31**, 1-21. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00125.x>
- [19] Tang, C.S. (2006) Perspectives in Supply Chain Risk Management. *International Journal of Production Economics*, **103**, 451-488. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006>
- [20] Sheffi, Y. (2005) *The Resilient Enterprise* M. MIT Press.

- 
- [21] Nagurney, A. (2021) Supply Chain Network Performance under Demand Disruptions with Cost and Risk Minimization: A COVID-19 Pandemic Application *J. Annals of Operations Research*, **275**, 589-620.
- [22] 中华人民共和国工业和信息化部. “十四五”电子信息制造业发展规划[Z]. 北京: 工业和信息化部电子信息司, 2021.
- [23] McKinsey Global Institute (2020) Risk, Resilience and Rebalancing in Global Value Chains R. McKinsey & Company.
- [24] 赵蕾, 韦素琼, 游小珺. 基于 SNA 的全球电子信息制造业贸易网络演化特征及机理研究[J]. 世界地理研究, 2021, 30(4): 708-720.
- [25] 国家发展和改革委员会. 健全提升产业链供应链韧性和安全水平制度, 把握三个关键词[EB/OL]. [https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202409/t20240909\\_1392901\\_ext.html](https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202409/t20240909_1392901_ext.html), 2021-11-30.
- [26] OECD (2021) Strengthening Semiconductor Supply Chains: An OECD Outlook for Government and Industry Collaboration R. OECD.
- [27] World Bank, WTO and IDE-JETRO (2021) Global Value Chain Development Report 2021: Beyond Production M. World Bank Publications.
- [28] Dolgui, A., Ivanov, D. and Sokolov, B. (2020) Reconfigurable Supply Chain: The X-Network. *International Journal of Production Research*, **58**, 4138-4163. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1774679>
- [29] United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2021) Global Trade Impact of Semiconductor Supply Shortage R. UNCTAD.
- [30] 黄群慧. 提升产业链供应链现代化水平宜关注四个方面[N]. 光明日报, 2021-03-24(06).
- [31] 新华社. 2023 年我国电子信息制造业生产恢复向好[N]. 新华社, 2024-02-11.
- [32] 中国半导体行业协会. 2022 年中国半导体产业发展报告[R]. 北京: 中国半导体行业协会, 2022.
- [33] 张晓强, 陈荣杰, 徐向宇. 新时代新征程上加快推动产业链现代化[J]. 人民论坛, 2023(4): 56-59.
- [34] Allison, G. (2020) The Great Tech Rivalry: China vs the U.S.R. Belfer Center for Science and International Affairs.
- [35] 郭欢. 重塑供应链: 中国半导体产业的困境与突围之初探(上篇) [EB/OL]. CHINA LAW INSIGHT. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=118700bb-d972-4549-8465-b345728a34f6>, 2021-07-22.