

# 中国半导体产业链安全发展现状研究

柯 强

广西大学经济学院/中国 - 东盟经济学院/中国 - 东盟金融合作学院, 广西 南宁

收稿日期: 2025年4月29日; 录用日期: 2025年6月26日; 发布日期: 2025年7月4日

## 摘 要

半导体产业在我国产业结构中具有重要影响, 其产业安全性及其发展趋势对于我国经济的持续、健康、稳定发展有着重要意义。文章基于产业安全的含义和影响因素, 梳理我国半导体产业的安全现状及其发展趋势, 并指出了几种指标体系量化我国半导体产业的安全度, 据此分析我国半导体产业链发展过程中的短板。提出促进中国半导体产业发展的改进建议, 以此提升中国半导体产业链的安全性。

## 关键词

半导体, 产业链安全, 评价体系

# Research on the Current Status of Semiconductor Industry Chain Security Development in China

Qiang Ke

School of Economics/China-ASEAN School of Economics/China-ASEAN Institute of Financial Cooperation, Guangxi University, Nanning Guangxi

Received: Apr. 29<sup>th</sup>, 2025; accepted: Jun. 26<sup>th</sup>, 2025; published: Jul. 4<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

The semiconductor industry has a significant impact on China's industrial structure, and its industrial security and development trends are of great significance for the sustained, healthy, and stable development of the Chinese economy. Based on the meaning and influencing factors of industrial security, this article summarizes the current security status and development trends of China's semiconductor industry and points out several index systems to quantify the security level of China's semiconductor

**industry. Based on this, it analyzes the shortcomings in the development process of China's semiconductor industry chain. It proposes improvement suggestions to promote the development of China's semiconductor industry, in order to enhance the security of China's semiconductor industry chain.**

## Keywords

Semiconductor, Industry Chain Security, Evaluation System

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

中国是制造业大国之一，产业链安全不仅关系到国家的经济稳定和发展，也关乎国家的核心竞争力和技术创新能力，同时与国家安全密切相关。现如今，中国整体上游度和生产复杂度显著提高，产业链向上游延伸。在百年未有之大变局下，产业链安全稳定的重要意义更加突出。

全球半导体产业始于美国，在之后的几十年中经历了蓬勃发展。在这个发展过程中，全球半导体产业经历了三次产业区域转移，从美国转移到日本，然后再转移到韩国和亚洲部分地区，最后又转移到中国大陆。这一转移过程中，全球半导体产业的分工越来越细化，从开始的 IDM (集成器件制造商) 模式转变为 Fabless (无晶圆厂) 模式，并出现了纯晶圆代工模式(见表 1)。从 1976 年的约 29 亿美元增长到 2024 年的 6280 亿美元，增长了两百多倍；半导体技术的应用范围越来越广泛。

**Table 1.** Comparison of division of labor among IDM, Fabless, and Foundry Models in the semiconductor industry

**表 1.** 半导体产业 IDM 模式、Fabless 模式、Foundry 模式分工对比

	IDM	Fabless	Foundry
基本特点	集设计、制造、封测于一身；仅有极少数企业能维持。	只负责芯片的电路设计与销售、生产、测试、封装等环节外包。	可以同时为多家设计公司提供服务，但受制于公司间的竞争关系。
主要优势	能有条件率先实验并推行新的半导体技术。	资产较轻，初始投资规模小，转型相对灵活。	不承担由于市场调研不准，产品设计缺陷等决策风险。
主要劣势	公司规模庞大，运营费用较高，资本回报率偏低。	难以完成指标严苛的设计；与 Foundry 相比需承担各种市场风险。	投资规模较大，需要持续投入维持工艺水平。
典型厂商	三星、英特尔、德州仪器	高通、博通、海思	台积电、格罗方德

半导体是当今信息时代的基础和核心技术之一，直接影响到电子产品的研发、制造以及国家的科技实力。保障半导体产业链的安全，意味着确保国家在关键领域拥有可靠的供应链，能够自主研发和生产高品质的芯片，降低对国外技术和器件的依赖，从而提升国家的科技创新能力。其次，半导体产业链安全直接关乎国家的经济稳定和发展。半导体产业是一个庞大的全球化产业链，涵盖了多个环节(见图 1)，依赖于国际供应商和市场需求。目前学界对半导体产业链安全的评价却没有进行充分的研究与讨论，也没有建立一个针对半导体产业链安全性的合理评价指标体系来对中国半导体产业链安全发展进行严肃、科学的解释，本文在前人研究的基础上力求补充这方面的研究。

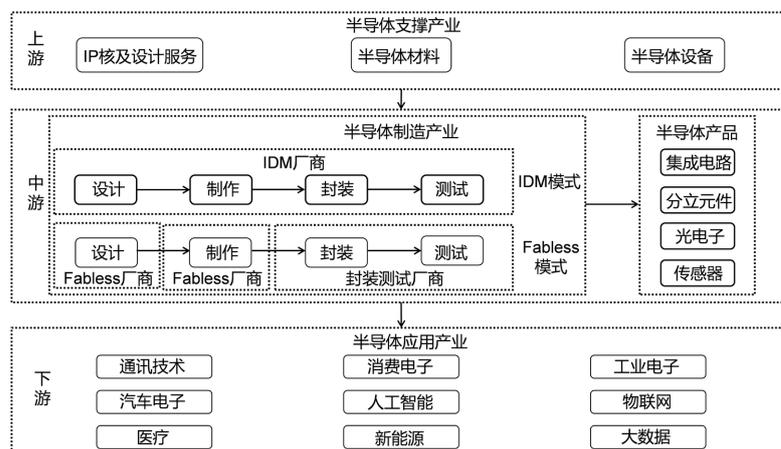


Figure 1. Semiconductor industry chain map

图 1. 半导体产业链图谱

## 2. 文献综述

### 2.1. 产业链安全的内涵

对产业链的研究最早可追溯到 17 世纪中后期的古典主流经济学家的研究，不过他们关注的焦点是从宏观的角度讨论劳动分工、专业化对经济发展的意义(吴金明等，2005) [1]。产业链是一个包含价值链、企业链、供需链和空间链 4 个维度的复合概念(吴金明、邵昶，2006) [2]，其核心是产业链各主体投入产出关系背后的竞争与合作，反映的是存在着有机关联的各个经济部门之间依据特定的逻辑关系和时空布局形成的相互交织的网络关系。发展至今，对于产业链的研究更加丰富，产业链安全有了超出“产业控制力说”、“产业竞争力说”、“产业发展说”更加丰富的内涵，还出现了要从全球供应链安全视角探讨我国产业链安全问题的研究切入点(苏庆义，2021) [3]。

上述文献可以看出，产业安全是在与本地企业不断融合与相互竞争过程中产业经济发展严重萎缩的背景下提出来的。因此，“安全”不仅是一种状态，还是一个经济发展动态升级的过程。

### 2.2. 半导体产业链安全的影响因素

半导体产业发展在技术和研究上主要存在行业壁垒高，先发者优势难以超越。从二战后全球产业大分工看，这些链主企业通过合约安排、标准制定和技术条件设定等多元手段实现对代工企业的治理和控制(刘志彪等，2007) [4]，以此保障其对产业链高附加值环节的控制。研究深度不足，“低端锁定”、“卡脖子”现状无从破局也是另一个问题(刘志彪，2019) [5]。

目前产业链供应链的“面”和薄弱环节风险的“点”孤立研究，而缺乏对半导体产业链供应链“点”、“面”结合的分析，只有明确了“面”上的交互影响和“点”上的薄弱环节，才能真正找准产业政策支持的关键发力点，破解中国半导体产业链“卡脖子”风险。由于专利等法律限制，以芯片为代表的半导体产业对我国商业也产生了部分消极影响，如美国商务部于 2018 年对中兴实施芯片禁运，导致其全球供应链中断，为解除制裁，中兴最终被迫支付天价费用并达成其他部分妥协条款。

此次事件暴露出中国科技企业对美国技术的高度依赖，倒逼国内供应链安全意识觉醒，催生国产替代战略加速推进。

## 3. 半导体产业发展

全球半导体产业链是一个基于比较优势的地区专业化、企业间高度相互依存的结构。美国半导体行

业协会与波士顿咨询集团估算,在整个半导体产业链中,至少有 50 个节点主要依赖单一区域来源的供应。例如,硅片、光刻胶等物项主要依赖日本,电子设计自动化软件、掺杂设备等主要依赖美国,外资对部分战略行业具有话语权(卜伟, 2011) [6]。

### 3.1. 全球半导体产业发展历程和竞争格局

半导体是现代电子技术的基础,历时七十余年,半导体产业经历了一个从简单器件到复杂集成电路的发展过程,不断推动着科技的进步和社会的变革。半导体产业在美国本土起源并蓬勃发展。此后,伴随地缘政治、地区产业政策、制造模式变革等多种因素,中国等新兴市场的崛起,全球半导体产业也发生了极大的变化,市场竞争愈发激烈。

中美贸易摩擦背景下,美国加大对中国芯片产业链封锁,并将限制范围逐步从芯片制造转移至上游设备。2018 年美国发起贸易战,并对国内以华为为代表的高新技术公司进行制裁,随后将制裁范围上移至芯片制造领域,对中芯国际发起制裁,并开始对设备产业链开启部分制裁。全球半导体产业链加速调整,逐步呈现出“短链化”、“近岸化”、“本土化”特征,半导体产业链构建原则由追求效率和成本最优转为以追求产业安全为主的次优配置原则(李宏兵等, 2023) [7]。

### 3.2. 我国半导体产业发展现状

我国半导体产业链的发展现状是取得了显著进展,形成了完整的产业链布局,规模不断扩大,创新能力提高,国际竞争力逐渐增强。然而,仍然存在一些挑战,如核心技术的缺失、设备制造水平和供应链短板等问题,需要进一步加大投入和努力,加强合作与创新,提高半导体产业链的整体竞争力。我国半导体产业链发展短板主要表现在技术水平与国际先进水平的差距、设备和材料的相对薄弱、人才储备不足以及企业规模 and 创新能力有待提高等方面。因此,要从全球供应链安全的角度(刘纯霞等, 2022) [8] 和外资并购(李善民等, 2010) [9] 等视角来探讨我国产业链安全问题。

中国半导体产业链安全风险集中在上游,如基础设备对外依存度高、高端材料国产化率低、基础 EDA 软件严重落后等;而产业链中下游环节有比较高的自主可控度,如设计、封测等环节已达到世界领先水平。

## 4. 半导体产业链安全性指标构建

结合朱建民等提出的我国产业安全评价指标体系(朱建民等, 2013) [10] 的方法,本文将在探讨半导体产业链供应链全球竞争力的演变和发展态势的基础上,“面”上通过 AHP 层次分析法和熵权法相结合,对半导体产业各项指标进行赋权最终得到半导体产业链供应链安全指数,“点”上用因子分析法对产业链上各个环节进行打分,构建的指标评价体系如下表 2 所示。

**Table 2.** Semiconductor industry chain security evaluation system

**表 2.** 半导体产业链安全评价体系

一级指标 (评价方面)	二级指标 (影响因素)	三级指标 (影响因子)	三级指标定义(可量化指标)
产业竞争力 生成能力	自主创新能力	技术创新能力	关键环节专利权期末余额年增长率
		管理创新能力	关键环节资源配置率(以投入资本回报率作为代理变量)
		创新竞争力	关键环节市场占有率
		创新转化能力	关键环节营业利润同比增长率

续表

		研发投入度	关键环节研发费用占营业支出的比重
	产业恢复力	技术吸收学习能力	关键环节国内销售净利率与全球销售净利率的比值
		产业链支撑能力	国产替代率 > 10%的环节占比
	产业技术活力	技术竞争力	国内关键环节研发费用占产品营业收入的比重与该环节关键环节全球研发费用占世界该产业产品营业收入的比重
		技术对外依存度	各关键环节贸易逆差与国内市场规模的比值
产业控制力	市场控制力	市场占有率	各关键环节销售额占全球比重
	制度环境	产业政策	半导体产业资本总投入与美国半导体产业资本总投入的比值
	产业资本环境	资本收益率	关键环节利润额与总收入比值
	产业结构	企业多样性	企业数量增长率
产业生态环境		产业集中度	前3家企业的销售额与该环节的总销售额比重
	产业劳动力环境	就业环境	人均薪资增长率
		人力资本	关键环节当年的平均利润与该产业当年的员工人均薪资比值
	产业需求环境	国内需求增长率	关键环节当年的国内产品消费量与国内产品消费量比值
	国内现实竞争力	利润率	净利润与总成本比值
产业国际竞争力		产业国内市场份额	自给率：国内市场销售额占国内市场该产业产品的全部销售额的比重
	国际贸易竞争力	产业国际市场占有率	关键环节出口额与世界该环节的出口总额的比值
	产业出口依存度	产业出口对外依存度	关键环节出口贸易总额与该环节的国内生产总值之比
产业对外依存度	产业进口依存度	产业出口对外依存度	关键环节进口贸易总额与该环节的国内生产总值之比
	产业资本依存度	产业资本对外依存度	关键环节的国外资本存量与该环节当年的总产值之比

#### 4.1. AHP 法

1) 目标层(A): 选择影响产业链安全性发展的最关键环节。

2) 准则层(C): 包括5个评价指标: C1: 产业竞争力生成能力、C2: 产业控制力、C3: 产业生态环境、C4: 产业国际竞争力、C5: 产业对外依存度。

3) 对象层(P): 包括6个产业链主要环节: P1: 设备、P2: 材料、P3: 软件、P4: 设计、P5: 制造、P6: 封测。

#### 4.2. 熵值法

1) 选取6个环节, 5个指标, 则  $x_{ij}$  表示第  $i$  个环节的第  $j$  个指标的数值 ( $i=1,2,\dots,6; j=1,2,\dots,5$ )。

2) 指标的标准化处理: 异质指标同质化。

$$\text{正向指标: } x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_j\}}{\max\{x_j\} - \min\{x_j\}}。$$

$$\text{负向指标: } x'_{ij} = \frac{\max\{x_j\} - x_{ij}}{\max\{x_j\} - \min\{x_j\}}。$$

为表达方便, 仍记为  $x_{ij}$ 。

- 3) 计算第  $j$  项指标下第  $i$  个环节占该指标的比重。
- 4) 计算第  $j$  项指标的熵值。
- 5) 求权重的  $\omega_{2i}$ 。

#### 4.3. AHP-熵权法耦合确定指标综合权重

采用乘数归一法，将层次分析法得到的主观权重与熵权法得到的客观权重进行耦合求得综合权重：

$$\omega_i = \frac{\omega_{1i} \cdot \omega_{2i}}{\sum_{i=1}^n \omega_{1i} \cdot \omega_{2i}}$$

### 5. 半导体产业链安全性分析

2016 至 2021 年间半导体各个关键环节得分呈现明显上升趋势，其中，材料、设计环节在 2019 年遭受严重冲击，直接打断材料和设计环节的上升趋势。同时，设备环节和封测环节增速放缓，制造环节受政策冲击不大。

#### 5.1. 材料和设计环节受制于人

受到中美贸易摩擦的影响，美国政府对中国的部分半导体企业和相关企业实施了一系列制裁，包括禁止向这些企业出口关键材料和技术，限制了知识产权获取。这导致我国半导体产业的材料供应链受到了断链的威胁，无法获得稳定和可靠的原材料供应，而且我国半导体芯片设计环节面临着技术和知识产权上的短板，无法快速追赶国际领先水平。由于技术和创新能力的短板，我国半导体产业在高端材料领域依赖进口。

#### 5.2. 设备和封测环节上涨受阻

半导体封测是在芯片制造完成后的最后一个环节，旨在对芯片进行功能测试、外观检验和封装，以确保其质量和可靠性。半导体封测的发展对于提高芯片的性能和竞争力至关重要。目前，中国的半导体封测企业数量不断增加，技术水平也在逐步提高。然而，与国际先进水平相比，中国的半导体封测产业技术水平和创新能力与国外领先企业相比仍有一定差距。另一方面，封测环节在整个半导体产业链中附加值相对较低，高端封测设备和材料仍然依赖进口，导致我国半导体封测环节的增速放缓。

#### 5.3. 制造环节“低端锁定”

我国半导体产业链制造环节的发展现状日益壮大。在制造环节，我国的半导体产业已经具备了一定的自主研发和生产能力，在中低端芯片制程中不再依赖于国外技术和设备。虽然与发达国家相比还存在一定差距，但是，我国已经具备了一定的自主研发和生产能力。我国已经拥有了一批世界领先的半导体制造企业，包括中芯国际、华虹宏力、华力微电子等。在工艺制造方面，我国企业已经实现了部分工艺的自主创新，如 28 纳米工艺、14 纳米工艺等。但这些工艺水平与国际先进水平 2 nm 存在很大差距，使得我国在先进制程等方面依然受制于人。虽然中低端芯片供给可以支撑半导体产业在当前阶段的发展，但是随着人工智能技术的进步，市场对半导体产业提出了更高的要求。

### 6. 结论与启示

半导体芯片作为高科技产品，在电子设备和通信领域中起到了至关重要的作用。中国的经济转型和高质量发展离不开半导体产业的支撑和推动。中国一直以来都是全球最大的电子制造国家，然而，却依

赖进口大量高端半导体产品。因此，我国急需大力发展半导体产业链可以填补这一空白，提高中国制造业的自主创新能力和附加值，使中国在全球价值链中的地位不断提升。针对性提出维护我国半导体产业安全的对策建议如下。

### 6.1. 加强产业规划，优化产业发展环境

提升产业链供应链韧性和安全水平，政府责无旁贷。要站在产业链供应链整体高度，厘清短板和堵点，挖掘长板和优势，促进上下游融通协同，为关键环节提供更精准的政策支持。总之，政府要以产业链思维为导向构建良好的产业链生态，通过政府的支持和引导，加强半导体产业的研发和推广，提高产业链的安全性。要在上层制定我国半导体产业发展规划，如制定“半导体产业一五规划”明确2025~2030年光刻设备等核心装备国产化率梯度目标比例。同时，鼓励地方参照航空工业发展模式，扶持若干地方采取不同研究思路，共同推动半导体产业统筹配套发展。

### 6.2. 建立半导体全产业链协同机制

半导体产业链是一个复杂的体系，各个环节相互依存，一个环节的薄弱必然会影响整个产业链的稳定性。然而，目前我国半导体产业链中，不同环节之间协同发展的机制尚未完善，各个环节之间的协同工作相对较少，导致整个产业链的稳定性不足。特别是在材料和设计环节，缺乏足够的合作和协同，无法形成良性的发展格局。为了提升产业链的稳定性和竞争力，我们需要加大对关键材料和芯片设计的研发力度，提高自主创新能力，并加强各个环节之间的合作与协同，建立更为完善的产业链发展机制。这样才能实现我国半导体产业的快速、健康发展，推动我国在全球半导体产业链中的地位提升。要发挥好龙头企业的带头作用，由中芯国际等龙头企业牵头组建零部件联合采购平台，支持核心企业试点产业集群试点“链主企业负责制”。

## 参考文献

- [1] 吴金明, 张馨, 赵曾琪. 产业链、产业配套半径与企业自生能力[J]. 中国工业经济, 2005(2): 44-50.
- [2] 吴金明, 邵昶. 产业链形成机制研究——“4+4+4”模型[J]. 中国工业经济, 2006(4): 36-43.
- [3] 苏庆义. 全球供应链安全与效率关系分析[J]. 国际政治科学, 2021, 6(2): 1-32.
- [4] 刘志彪, 张杰. 全球代工体系下发展中国家俘获型网络的形成、突破与对策——基于GVC与NVC的比较视角[J]. 中国工业经济, 2007(5): 39-47.
- [5] 刘志彪. 产业链现代化的产业经济学分析[J]. 经济学家, 2019(12): 5-13.
- [6] 卜伟. 我国产业外资控制与对策研究[J]. 管理世界, 2011(5): 180-181.
- [7] 李宏兵, 赵路彝, 翟瑞瑞. 全球芯片供应链调整的新动向及中国应对[J]. 国际贸易, 2023(2): 19-27.
- [8] 刘纯霞, 陈友余, 马天平. 全球供应链外部中断风险缓释机制分析——数字贸易的视角[J]. 经济纵横, 2022(7): 60-68.
- [9] 李善民, 陈玉罡, 辛宇. 并购的价值创造、产业重组与经济安全国际会议综述[J]. 管理世界, 2010(1): 157-161.
- [10] 朱建民, 魏大鹏. 我国产业安全评价指标体系的再构建与实证研究[J]. 科研管理, 2013, 34(7): 146-153.