

# 全球半导体产业链供应链重构的动因与趋势研究

半导体自诞生以来历经半个多世纪的发展，形成较为稳定的产业链分工合作、供应链全球化分布的格局。但 2018 年以来，美国在“美国优先”的战略理念指引下，企图吸引制造业回流美国，将半导体作为重要工具，开启新一轮全球半导体产业分工的调整，由此引发半导体企业战略、技术生态等发生重大变革和演进，全球半导体产业链供应链有望再度重构。

文 | 石健 中国电子信息产业发展研究院集成电路研究所

## 政府政策驱动全球产业链重塑

### （一）美国重点吸引芯片制造能力重回本土

美国以巨额政府资助资金吸引芯片制造产线重回本土，同时推行“友岸外包”策略，驱使全球芯片制造能力分布向美本土集聚。主要措施包括美联邦政府《芯片与科学法案》（以下简称《芯片法案》）晶圆制造补贴以及各地方层级的配套支持举措，共同支持美国本土芯片制造商扩大产线建设和产能扩充，吸引台积电、三星等全球厂商赴美建厂，利用国际合作基金支持印度、越南、墨西哥等承接供应链转移，以此重塑全球芯片制造版图。一是重点吸引具备先进制程晶圆制造能力的企业在美重建。《芯片法案》对先进芯片补助总额达 370 亿美元，英特尔、台积电、三星、美光等主要的先进芯片制造商分别获得 85 亿美元、66 亿美元、64 亿美元和 61.4 亿美元的联邦政府直接补贴资金，宣布在

美本土新建或改造晶圆厂达到 14 座，最先进技术节点达到 3nm。二是大力提升成熟芯片制造商在美本土的生产能力。《芯片法案》对成熟制程生产企业补助金额达 20 亿美元，格罗方德、微芯科技、德州仪器、WolfSpeed、安靠等十余家企业获得资助，主要用于新扩建成熟制程晶圆厂和封装厂，大幅提高美本土成熟芯片产能规模，提高在全球芯片供给中的占比，以满足汽车、国防、消费、工业等领域成熟芯片产品需求。三是提供税收减免以及地方州政府配套支持。《芯片法案》对集成电路企业厂房、设备等有形资产投入给予 25% 的税收抵免优惠，预计 10 年内最多可为企业减免约 240 亿美元的税费。近 10 个地方州推出州层面的芯片支持法案或计划，给予劳动力奖励、不动产补贴、土地资源供给等一系列额外支持举措。四是推行“友岸外包”策略吸引全球供应链向美集聚。2023 年



赛迪网官方微信



数字经济官方微信

9月，美国与越南签署半导体合作备忘录，通过《芯片法案》提供200万美元启动资金，开展半导体封测实验教学培训。2024年7月，美国推出CHIPS ITSI西半球半导体计划，增强墨西哥、巴拿马和哥斯达黎加等拉丁美洲国家的半导体组装、测试和封装（ATP）能力。

## （二）欧洲重点推动基础研究向产业化转化

欧洲芯片产业具有雄厚的基础研究能力，比利时微电子中心（IMEC）、德国弗劳恩霍夫研究所等是享誉全球的微电子研发机构，英飞凌、意法半导体、恩智浦三巨头是全球领先的汽车芯片、功率器件等产品生产商，荷兰阿斯麦是全球唯一的EUV光刻机供应商，安谋是全球最大的ARM指令集IP核供应商，西门子是全球三大EDA厂商之一。然而，欧洲在先进逻辑芯片、晶圆制造两个方面不具备引领全球发展的体量优势或技术优势。在全球竞争加剧的趋势下，欧盟在2022年推出《欧洲芯片法案》，重点促进先进技术研究向产品市场和规模量产能力的转化，以期在全球半导体生态中重新夺回昔日辉煌。

一方面，欧洲重点投资芯片生产，以期提高本土制造能力。欧盟层面提供33亿欧元，动员总额约430亿欧元资金，推动成员国加大芯片制造厂建设，重点支持“综合生产设施”和“开放代工厂”两大类芯片制造设施。如德国、西班牙分别计划投入140亿欧元、110亿欧元发展芯片与半导体产业，意大利、法国支持建设芯片研发与设计中心、封测中心

等。从重点产线建设来看，博世、英飞凌、恩智浦等联合组建欧洲半导体制造公司（ESMC），并与台积电联合投资建设16nm节点工厂，预计产能达到4万片/月。

另一方面，重点以中试线建设促进前沿技术研发向产业化转化。依托欧洲芯片联合企业（Chip JU）重点推进五条先进半导体中试线项目，加速工艺开发、设计和测试概念验证产品，弥合从实验室到晶圆厂的差距。一是支持比利时微电子中心（IMEC）牵头建设面向2nm前沿节点的先进芯片技术和系统级芯片研发试验线（NanoIC）；二是支持法国CEA-Leti研究所牵头建设面向10nm/7nm先进制程FD-SOI工艺中试线（Fames）；三是支持德国弗劳恩霍夫研究所牵头建设先进异构封装集成中试线（APECS）；四是支持西班牙光子科学研究所（ICFO）牵头建设光子集成电路中试线（PIXEurope）；五是支持意大利国家研究理事会（CNR）牵头建设的新型宽禁带半导体材料中试线。

## （三）日本和韩国重点巩固特定环节独特优势

日本、韩国分别在半导体设备/材料、存储器等产业链环节占据独特优势，在此轮全球产业重构过程中，均采取举措加大既有的领先优势，加深对后发追赶者的竞争“护城河”。

日本方面，持续提升在设备、材料等领域的重要地位，以此牵引进入先进工艺芯片生产制造。加强面向未来先进制造工艺所需设备、材料的研究布局，加大对纳米压印设备等新兴技术路线的

发展，开展面向 EUV 设备的新一代材料、层间布线绝缘散热接合材料等研发，成立 Rapidus 公司开展 2nm 先进逻辑工艺、先进封装、三维堆叠等前沿技术研发和产业化，持续扩大在先进工艺技术方面的设备、材料主导权。同时，日本还响应美国要求，对关键核心设备实施出口管制，极大地影响了当前全球半导体设备市场供给格局，进一步凸显了日本在全球半导体市场中的主导作用。

韩国方面，以大规模投资建设全球最大半导体制造基地，不断筑高存储器绝对领先优势和竞争壁垒。推出“K-半导体产业带”战略规划，韩国政府联合三星、SK 海力士等龙头企业，计划到 2030 年共投资 510 万亿韩元，重点用于新增和扩建先进存储工厂、半导体代工厂和先进封装工厂，提高韩国本土生产制造能力。同时，韩国政府设立“半导体设备投资特别资金”，支持设备、材料、零部件、先进封装等厂商围绕制造厂集聚发展，空间布局上形成 K 形半导体产业带形态，打造以存储器制造为核心的全产业链生态体系，进一步巩固其在全球产业格局中的规模优势和先进技术优势。

#### （四）印度等后发国家积极谋求新的产业立足点

印度、越南、俄罗斯等后发追赶者在全球半导体产业重构过程中，基于自身产业基础和全球产业环境，积极寻找融入全球产业的独特路径，不断重塑全球格局，形成多极化的新特点新趋势。

印度从成熟芯片切入，承接备份供应链转移，成为具有潜力的后发追赶者。

印度推出 300 亿美元规模的半导体和显示器制造生态系统发展计划，对在印建设半导体工厂提供高额补贴，从成熟工艺产品制造切入，与纬创、鸿海集团、高塔半导体等全球厂商合作投资建厂，承接下游系统厂商的备份供应链转移，以期逐步在全球半导体产业中寻求一席之地。

越南大力投资半导体封测，意欲引领东南亚地区半导体后端生态发展。当前，英特尔、安靠科技等国际半导体巨头在越南设有封测工厂或研发中心，如英特尔越南工厂是其规模最大的封测厂，鸿海旗下封装厂商讯芯在越的光学元件封装年产能达 450 万片。而越南政府推出面向 2030 年的半导体产业发展战略，再度规划建设 10 家封测厂，进一步扩大越南在封测环节的产业实力。

俄罗斯外部环境极限受压，谋求寻找自成技术体系的突围之路。投入大量资金扶持开源 RISC-V 处理器发展，希冀借由开源路径发展自主处理器以打破西方封锁。研发基于同步加速器和等离子体源的“X 射线光刻机”，积极寻找绕过当前主流 EUV 光刻机出口管制限制的创新路径。通过“外国解决方案”逆向工程、专利“清零”等极端手段，寻找持续发展的可能性，对当前半导体产业体系造成深远影响。

## 行业变革带来产业合作关系演进

### （一）芯片设计授权模式变革引发行业合作形态改变

基于成熟的 IP 核模块研发芯片是设

计环节最主流的形式，ARM 公司作为全球的 IP 核供应商，首创 IP 核授权模式，成功塑造过去近 20 年移动互联网时代半导体软硬件协同关系的新范式。然而，随着人工智能时代的到来，以 ARM 为代表的 IP 核授权发展模式正发生巨大变革，芯片设计行业的发展形态恐将再度重塑，对全球芯片设计企业的未来发展产生深远影响。

ARM 收紧 IP 授权、进军芯片自研等改变 IP 授权“中立性”，引发全球芯片企业发展策略调整。2024 年年底，ARM 公司与其大客户高通公司发生知识产权纠纷，提出可能终止授权许可协议。2025 年年初，ARM 公司正在探索收购基于 ARM 架构自研服务器芯片的设计企业 Ampere，自研的芯片最早将于 2025 年夏季面世。而据路透社报道，ARM 公司可能计划将 IP 核授权费用提高 3 倍，此前受美国出口管制相关要求影响，ARM 已对 ARM v9 最新架构授权采取部分限制举措。ARM 的这一系列举动不断削弱其 IP 核授权中立性，形成与下游客户的直接竞争，凸显出对 AI 时代 PC、手机等终端自研架构和技术生态主导权的争夺，受此影响，未来或加快驱使下游厂商转向自研架构。

开源指令集 RISC-V 蓬勃发展，促进产业合作形态新变革。随着行业对芯片设计多样性和经济性需求的增长，近年来以 RISC-V 为代表的硬件开源模式迅速发展，其以开源免费、轻量化架构、模块化灵活设计等独有优势，显著降低芯片研发和应用成本，成为芯片产业开源发展的新形态。特别是对于众多中小型

芯片设计企业有巨大的吸引力，不仅能节约获取架构授权的时间、资金成本，更使得企业能以更低成本开发前景尚不明确的新兴细分领域应用，将有限的资源投入到更关键的人才、技术环节。RISC-V 的全球产业规模正在迅速扩大，预计将在未来几年内持续增长，成为芯片设计领域不可忽视的新模式、新业态。

封闭的 X86 指令生态在 AI 时代备受挑战，两大巨头也在应对外部竞争需求下走向合作。2024 年 10 月，X86 架构两大厂商英特尔和 AMD 共同宣布，将联合成立一个 X86 生态系统咨询小组，旨在打造一套更加统一的指令和架构接口，以增强 X86 产品之间的兼容性、可预测性和一致性，支持更广泛、更高效地将新功能集成到操作系统、框架和应用程序中。这一举措表明 X86 路线中的两大竞争对手英特尔和 AMD 开始走向合作，意味着 X86 封闭的技术生态也在应对 ARM、RISC-V 等架构竞争时，不得不做出调整，而这也将进一步加强 X86 架构在 PC/ 服务器领域的优势地位，芯片架构竞争日趋激烈。

## （二）制造工艺演进瓶颈催生跨环节融合发展的新形态

从芯片生产端来看，代工厂与委外封装厂分工合作是先进逻辑芯片主流的制造封装模式，但随着制造工艺面临摩尔定律瓶颈，以先进封装为代表的堆叠技术成为芯片制造持续演进的重要发展方向，由此带来企业间跨产业链环节融合发展的新形态加快形成，驱动产业链合作分工关系的变革。

先进工艺与成熟芯片的制造模式分化显著。一方面，先进逻辑工艺制造呈现明显的头部企业垄断格局。从发展历程来看，格罗方德、台联电等在 7nm 节点时相继退出先进工艺的追逐，英特尔作为 IDM 模式的坚守者和捍卫者，也在 2021 年提出 IDM2.0 战略转型，推动内部工厂网络、第三方产能和全新代工服务组合。但近年来仍然成效甚微，与龙头厂商台积电的差距日渐扩大，台积电、三星等先进工艺已达到 3nm/2nm 水平，先进节点芯片的制造向代工企业集中的趋势明显。另一方面，模拟、功率等成熟芯片产品的制造仍以 IDM 为主流模式。功率半导体、MEMS、化合物半导体等特色工艺半导体产品，其设计和制造要求紧密的协同关系，IDM 模式有助于产业链各环节的统一规划布局，能够快速适应市场需求变化，按照客户要求推出品类丰富的产品组合，因此仍然占据主流模式。如全球主要功率半导体公司英飞凌、安森美、德州仪器、意法半导体等均是 IDM 模式。

先进封装等新技术驱使制造企业向产业链上下游延伸服务成为未来新趋势。先进封装已成为后摩尔时代半导体技术创新的行业共识，其通过前后道工艺的融合与集成，打破传统集成电路产业链“三业”清晰的分工合作关系界限，而是将 EDA/IP、设计、代工、存储等厂商都吸引到先进封装技术生态之中，重塑集成电路产业链融合发展形态。面向未来，由制造企业主导芯片设计、制造、封测深度融合的一站式服务新模式新趋

势正在形成，如台积电提出“开放创新平台”和“台积大联盟”，加速半导体设计产业与台积电的协同创新，强化前段制程技术与后段服务。此外，设计企业也根据自身需求加强对制造产能的调配，如在虚拟 IDM 模式中，由多家设计公司共同投资成立芯片制造厂，实际拥有晶圆代工厂，可根据各设计公司的实际需求合理规划产能结构。

### （三）智能时代先进计算机软硬件生态新藩篱正在形成

PC 时代，英特尔 CPU 芯片和微软 Windows 操作系统构成软硬件协同创新的生态体系，牢牢占据 PC/服务器市场主导权。进入移动互联网时代，ARM 指令架构芯片和安卓开源操作系统形成新的软硬件生态体系，牢牢占据移动设备市场主导权。当前，人工智能时代正加速到来，以英伟达 GPU 芯片和 CUDA 软件平台为代表的软硬件生态正形成新的主导力量，智能时代的行业主导权争夺日趋激烈，市场格局进入新一轮重构和巨变。

英伟达“GPU 芯片+CUDA 软件平台+NVLINK 互联”初步形成 AI 软硬件生态垄断格局。目前，英伟达在通用 GPU 领域具有绝对领先优势，特别是在人工智能训练所需要的高算力芯片市场方面几乎占据垄断地位。而 CUDA 是英伟达为其 GPU 芯片搭建的软件开发平台，极大便利了开发者对 GPU 的调用，GPU 芯片+CUDA 平台已初步形成一套完整的 AI 应用软硬件协同生态。此外，在人工智能所需要的大规模计算集群组网方面，英伟达还推出其独有的“NVLINK”互联技术体系，

实现基于 GPU 的专用高速互联。总体来看，英伟达通过完备的软硬件一体化技术生态，建立起巨大的领先优势，一跃成为智能时代最具影响力的芯片供应商。

ASIC 专用芯片 + 以太网互联的组合模式，初具挑战英伟达的雏形。2024 年年底以来，以博通、美满电子等为代表的专用推理 ASIC 设计服务厂商，营收、市值等突破新高，其中，博通 2024 年第四季度 AI 收入达 120 亿美元，同比增长 220%，折射出 AI 芯片市场结构性变革的到来。博通预测，2025 年其专用 ASIC 芯片业务市场将达到 200 亿美元规模，2027 年可能达到 600 亿~900 亿美元，凸显出对 ASIC 芯片巨大市场前景的乐观估计。而在集群搭建方面，以 UALink 联盟为代表的组织正加快推动下一代人工智能集群互联技术的发展，通过制定一套高速、低延迟的互联规范，挑战英伟达 NVLink 等技术的主导地位。

芯片供应商向服务提供商转变的趋势明显，推理有望成为 AI 芯片市场新蓝海。一方面，以英伟达为代表的芯片供应商正加快向下游应用服务提供商转变，基于自身 GPU 芯片优势探索和挖掘新的智能服务场景。芯片厂商不再是根据下游应用需求“被动”地研发所需芯片，而是越来越走向前台自主定义新的应用需求和场景，未来可能从“服务定义芯片”转向“芯片定义服务”的发展逻辑，颠覆现有产业组织和合作形态。另一方面，人工智能推理芯片场景更加丰富、定制化需求更加多样，由此催生 IP 核、设计服务、软件生态等生态需求，预计将为

更多企业创造新的发展“蓝海”，企业竞争将不断冲击当前英伟达“一家独大”的格局。

### 重构背景下产业发展的趋势与展望

在政府驱动和产业变革的双重作用下，全球半导体产业链供应链加快重构，过去几十年形成的全球产业合作关系网络和产业发展逻辑，预计将发生四个方面的转变。

#### （一）从“效率优先”向“效率与安全并重”转变

半导体产业的全球化分工格局的底层动因是追求极致效率，而当前各国政府纷纷将安全性放到更加突出的位置，由此带来产业逻辑从“效率优先”向“效率与安全并重”转变。安全性的提升主要体现在：一是供应链的备份。过去 3 年各国政府为追求本地供应安全而大幅投资产能建设，根据国际半导体产业协会（SEMI）数据，2024 年全球半导体产能突破 3000 万片/月。二是供应链的转移。美国为追求其本土供应而背离经济性，强行要求台积电、三星等赴美建厂，造成成本大幅提升、经济性下降。台积电曾表示，台积电美国工厂建设成本比中国台湾省工厂高出 30%。三是供应链的替代。早在 2022 年，美国联邦通信委员会就曾启动 19 亿美元规模的“补偿项目”，用于替换在网络安全、通信等领域“不安全”的设备所产生的费用。

#### （二）从“市场化为主”向“战略性+市场化”转变

半导体行业诞生于政府推动、壮大于

市场发展，其本身即兼具市场化和战略性双重属性，过去几十年来市场化始终是半导体行业发展的主导旋律。然而近年来半导体产业被各国政府赋予更多国家战略、国家安全等属性，其战略性更加凸显。在此影响下，作为产业主体的企业在决策、经营、发展等方面更加受到政府战略性需求的束缚，无法再完全按照市场化规律开展。如美国《芯片法案》“护栏条款”要求获得资助的企业不能在指定国家投资建厂，不能与指定国家开展合作研发等。再如，美国自2022年10月起出台并逐年升级先进半导体产品及制造设备出口管制政策，导致众多半导体企业无法与中国市场正常开展业务合作，导致全球半导体市场格局被重塑。

### （三）从“全球化市场”向“区域性市场”转变

以美国为代表的先进技术和以我国为代表的庞大市场，均是全球半导体企业所必需的关键要素。但在当前美国一系列限制打压举措之下，全球企业纷纷面临“选边站”的抉择困境，由此也驱使行业加快形成面向东西方市场的两套平行产业链供应链体系。未来可能更多企业为寻求不同市场间的平衡而选择开发多种“特供产品”，半导体全球化的大市场也将加快割裂为区域性市场，形成针对特定市场的“产业孤岛”。如英伟达针对中国市场推出的H800/A800、H20等“阉割版”特供产品，在计算性能、互联带宽等方面与英伟达主流产品存在较大差距，形成具有显著差异性的区域性市场产品。再如，意法半导体等欧洲

厂商采取在本地生产以服务本地市场的“在华为华”策略，大幅扩大在华本土生产制造比例，打造中国和非中国的双重供应链。

### （四）从“技术创新”向“产业化工程化”转变

当前，摩尔定律放缓已基本成为行业共识，传统的工艺微缩无法再遵循摩尔定律的速度演进，产业界纷纷开始探索2nm以下先进工艺的研发以及FD-SOI、三维堆叠、先进封装等众多特色创新方向。因此，面向新架构、新材料等前沿性、颠覆性新技术的基础研究，如何向产业化、工程化的转化成为各国政府和产业界重要的发展方向，如《欧洲芯片法案》重点支持面向2nm前沿节点、先进FD-SOI、宽禁带半导体材料、先进异构封装、光子集成电路等领域的5条中试线建设，加速工艺开发设计和产品验证量产，以期解决实验室创新到产业化生产的鸿沟。再如，美国建设国家微电子研究与开发网络（Commons），重点推动从研究过渡到实验室的小批量原型，最终实现产业化生产制造原型。

### 结束语

本文从政府政策和行业变革两个视角，剖析当前半导体产业链供应链重构的动因与进程，研判在此重构背景下全球技术和产业演进趋势，以期对我国产业发展提供启示与借鉴。

责任编辑：金焯 投稿邮箱 zhouhl@staff.ccidnet.com