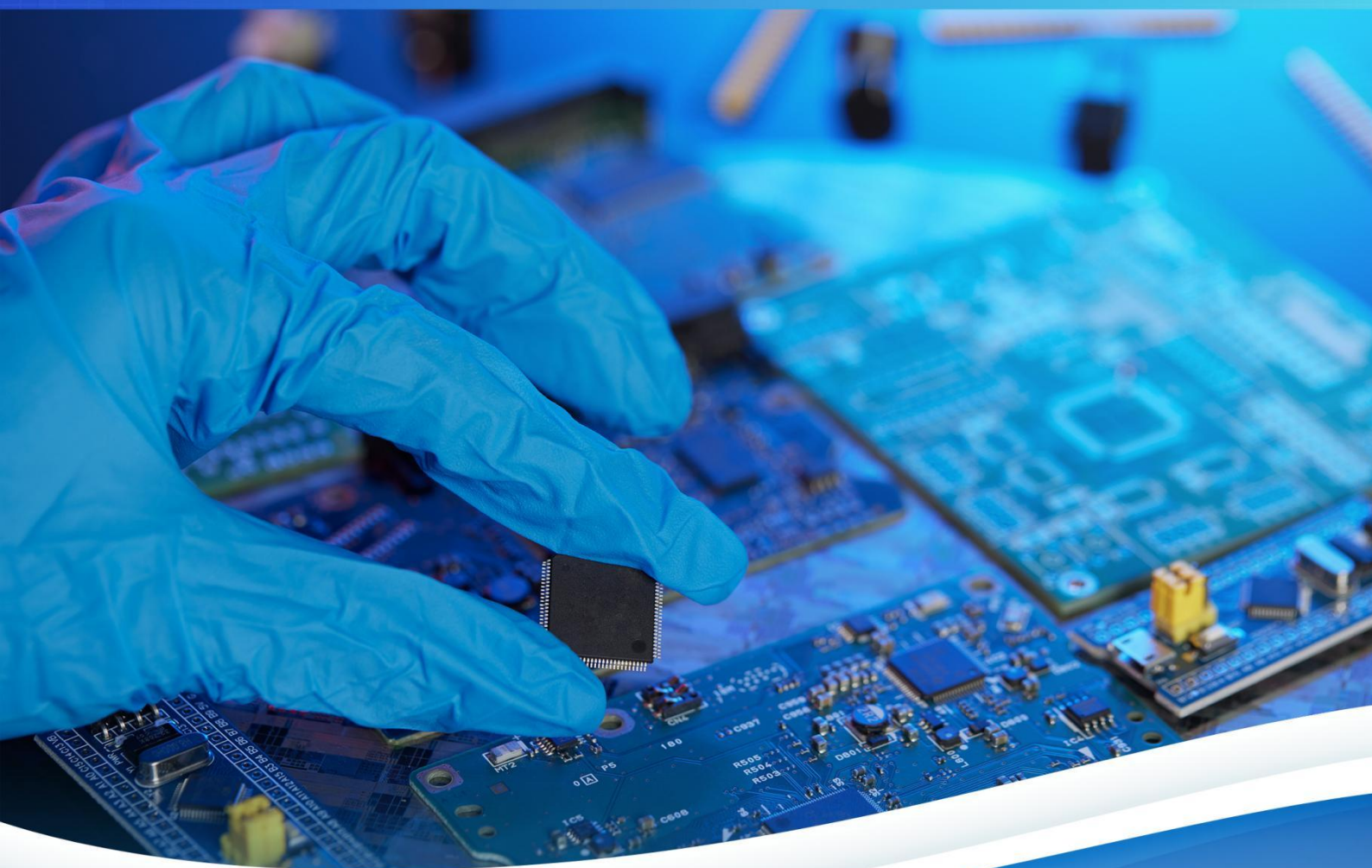


半导体与集成电路产业发展 专题报告



SPECIAL REPORT ON
BIOTECHNOLOGY
DEVELOPMENT

全球半导体与集成电路产业发展简析

随着技术的快速发展，半导体与集成电路产业已经成为全球经济发展的重要支柱。作为支撑经济社会发展的战略性、基础性和先导性产业，半导体与集成电路产业是抢抓新一轮科技和产业革命机遇、培育发展经济新动能的战略选择，尤其是随着数字经济、智能汽车等产业的蓬勃发展，半导体与集成电路产业以其强大的创新型、融合性、带动性和渗透性，成为全球经济和社会发展的主要推动力。现代产业数据智能服务商、中国产业大脑和产业数据领先者火石创造特推出半导体与集成电路产业发展系列研究，从全球、全国视角，洞见产业发展趋势。

一. 市场规模保持稳定增长

全球半导体市场规模保持稳定增长，增速正在由疾转缓。2021 年全球半导体市场规模 5559 亿美元，增长 26.2%。美国半导体行业协会（SIA）的统计数据显示，2022 年全球半导体市场规模增长至 5735 亿美元，创历史新高，增长 3.2%。但 2022 年下半年销售放缓较为明显，第四季度销售额 1302 亿美元，同比减少 14.7%。全球半导体市场增速正在由疾转缓。2022 年 3.2% 的增速与 2021 年增速相比出现急速下滑，对于 2023 年的市场增速，火石认为大概率会落入负增长区间。分区域来看，2022 年美洲市场的销售额为 1803 亿美元，增长幅度最大，高达 16.0%。欧洲、日本的年销售额分别增长 12.7%、10.0%。中国仍然是最大的半导体市场，销售额为 1803 亿美元，但与 2021 年相比下降 6.3%。

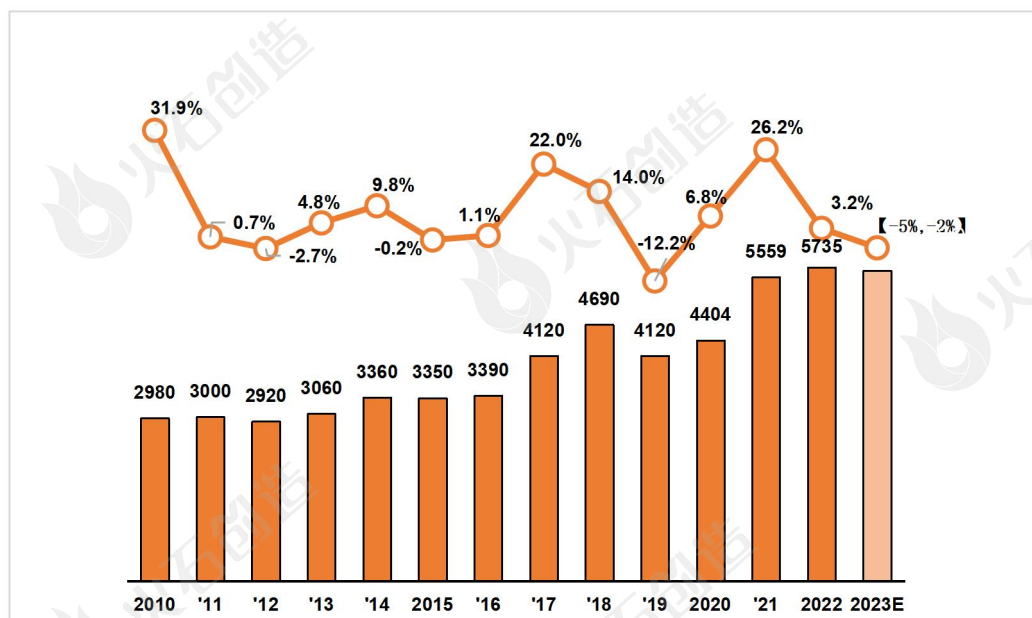


图 1: 2010-2022 年全球半导体行业市场规模（亿美元）及增速（%）预测

来源: WSTS, SIA, 火石创造整理

储存器和逻辑器件是销售额最大的类别，模拟芯片增速最快。集成电路占半导体市场 80% 以上的份额，其中储存器和逻辑器件的占比最大，2022 年销售额分别达到 1300 亿美元、1760 亿美元。模拟芯片 2022 年销售额为 890 亿美元，增长 7.5%，增速最高。

二. 下游应用领域十分广泛

半导体下游应用领域主要涉及计算机、通信、汽车、消费电子、工业等。分领域来看，计算机、通信占比最高，汽车 2022 年增速最高且未来增长潜力大。计算机和通信是半导体下游最主要的应用场景，合计占比高达 60% 以上。汽车、消费电子、工业等领域的占比较为接近，位于 10%-15% 的区间。值得注意的是，半导体主要产品细分市场中，汽车芯片销售额 341 亿美元，创历史新高，增速高达 29.2%。

汽车“新四化”浪潮带动汽车半导体在整个半导体产业中的重要性持续提升。百年汽车行业正在向电动化、智能化、网联化、共享化“新四化”方向发展，未来几年半导体下游应用领域中，预计汽车应用领域的 CAGR 将位居所有领域之首。汽车自动驾驶级别越高，所需的控制芯片数量越多，对相应半导体的需求激增。例如，在计算和控制芯片方面，新能源电动车平均所需芯片个数预计从 2017 年的 800 个增长到 2022 年的 1500 个左右。

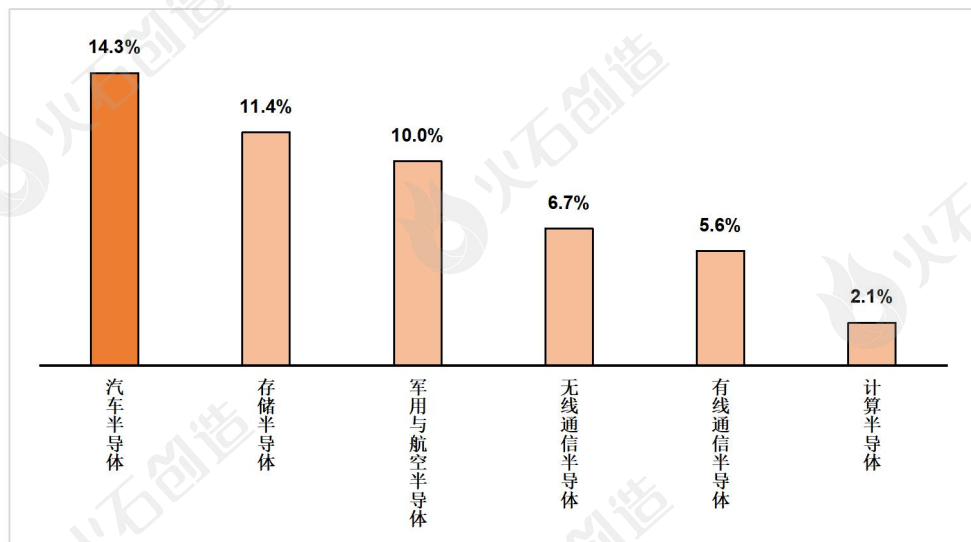


图 2：2020-2025 半导体在各应用领域的 CAGR 预测

来源：Gartner，中国汽车工业协会，火石创造整理

三. 重要市场区域发展情况

美国长期以来一直是全球半导体行业的领导者。半导体是美国的主要出口产品之一。2021 年，美国半导体出口额为 620 亿美元，在美国出口额中排名第五。美国半导体企业的销售额占比、在全球主要国家和地区的市场占有率以及研发投入水平均保持领先地位。2021 年，美国半导体企业的全球市占率为 46.3%，居世界首位。其他国家及地区的企业拥有 7-20% 的全球市场份额，中国台湾及大陆地区的市场份额合计为 15%；总部位于美国的半导体公司，在全球主要国家和地区的半导体市场中占据了市场份额的领导地位。其中，在中国市场，2021 年美国半导体公司的市占率高达 49.9%；2021 年，美国半导体行业的研发支出占销售额的比例为 18.0%，高于其他任何国家的半导体行业研发投入水平。中国大陆半导体行业的研发支出仅为 7.6%。



图 3：美国半导体行业在全球半导体行业中占据领导者地位

来源：WSTS, SIA, EU industry R&D Investment Scoreboard, 火石创造整理

亚太地区正在发展成为全球半导体行业的“基石”。韩国、日本、中国以及中国台湾主导了亚太地区的半导体产业发展。2020 年，亚太地区在全球半导体产业中的市场占比为 40%。到 2030 年，预计将攀升至 55%。不同地区半导体的发展策略各有不同。其中，韩国致力于 AI 和 5G 技术相关半导体产品的研究和开发；日本占据材料和市场的上游优势，大力延伸发展中下游产业；中国在巨大市场需求的驱动下，全力实现自给自足的半导体行业发展目标。中国台湾在半導體制造业方面的优势地位比较稳固，试图打造完整的半导体产业链体系。

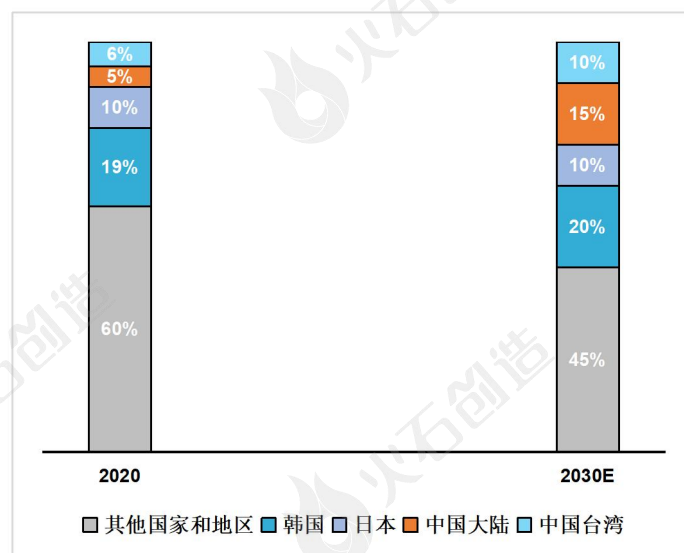


图 4：全球半导体产业分区域占比及预测

来源：WSTS, SIA, 德勤, 火石创造整理

中国、韩国、日本在全球半导体产业链中占据重要的地位且重要性不断攀升。制造环节：中国台湾与韩国双雄相争格局。台积电、三星占据超过 70% 的半导体制造市场，且在持续加大对先进制程的投入力度。台湾的晶圆代工产业产值全球第一；封测环节：呈现两岸引领格局。中国台湾 IC 封测产业产值全球第一。中国近年来大力发展半导体封测，市场占比接近 20%，但先进封装占封装总营收比例不足 30%，离国际领先水平还有一定的差距；设计环节：韩国、中国台湾实力较强但亚太整体处于全球第二梯队。美国和德国的半导体设计企业占据全球大部分市场份额，亚太地区的设计相对于制造而言处于第二梯队；材料：日本拥有绝对优势。日本企业拥有超过 50% 的全球市场份额。中国台湾和韩国得益于良好的半导体产业基础，材料领域也在持续发展。中国半导体材料市场占比接近 20%，但半导体制造环节国产材料使用率不足 15%，在先进制程、先进封装领域的国产化率更低；设备：日本较强但亚太整体较弱。日本在涂布显影设备、热处理设备、单片式和批量式清洗设备、测长 SEM 等设备领域具有较高的市占率。

中国不遗余力扶持半导体产业发展，芯片制造产能占比将持续攀升。国家/地方层面密集出台促进半导体与集成电路产业发展的扶持政策。近年来，国家发改委、财政部、商务部、科技部等多部门陆续印发了一系列扶持半导体与集成电路行业的发展政策。成立国家大基金支持半导体行业发展。国家大基金一期主要投资于制造、设计、封测等领域的行业龙头企业，二期成立之初半导体设计仍然是投资重点，进入 2021 年以后逐步向制造设备、材料领域转移。地方层面也在紧跟国家战略。例如，深圳市发展和改革委员会、深圳市科技创新委员会、深圳市工业和信息化局、深圳市国有资产监督管理委员会于 6 月 6 日发布了《深圳市培育发展半导体与集成电路产业集群行动计划（2022-2025 年）》，提出到 2025 年产业营收突破 2500 亿元。在过去的十年，随着半导体终端应用崛起，晶圆制造业产能初步向大陆转移，众多海外芯片厂商纷纷在中国设厂，国内许多企业也不断加大投资设厂力度。到 2030 年，我国晶圆制造有望占据全球市场接近一半的份额。

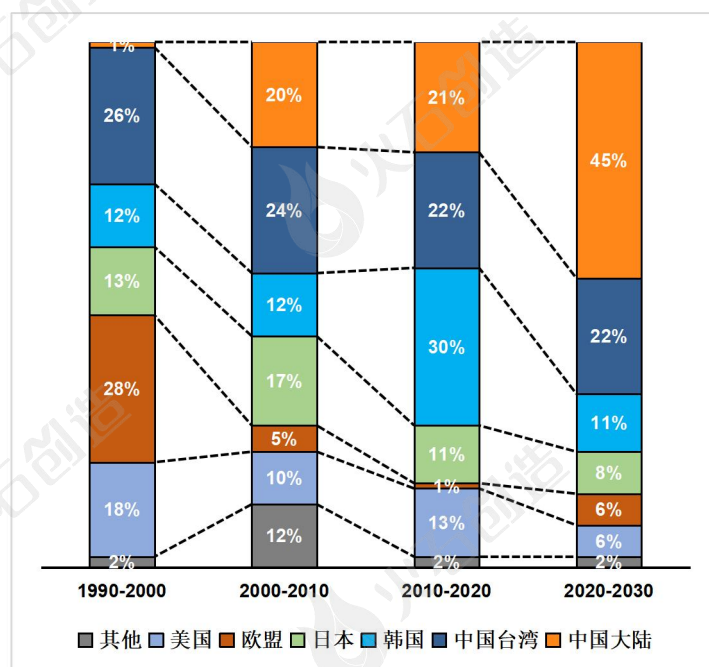


图 5：全球主要国家和地区芯片制造产能比重变化趋势

来源：IC Insights，火石创造整理

我国半导体与集成电路产业发展形势分析

半导体与集成电路产业是国民经济支柱性行业之一。半导体与集成电路产业是国民经济和社会发展的战略性、基础性和先导性产业，是培育发展战略性新兴产业、推动信息化和工业化深度融合的核心与基础，战略地位日益凸显。在一系列政策措施大力扶持下，我国半导体与集成电路产业保持快速发展的势头，技术水平显著提升，产业规模持续扩大。与此同时，我们也看到近年来半导体与集成电路产业发展受到逆全球化和美国打击的不利影响，产业发展跌宕起伏，在充满不确定性的环境下持续前行。关于半导体与集成电路产业未来的发展形势，火石创造认为将呈现以下五大特征。

一．市场规模继续稳步增长

我国集成电路市场规模呈现稳定较快增长趋势。中国是全球重要的集成电路市场。近年来，在内外资企业的共同努力下，我国集成电路产业规模不断壮大。2021 年市场规模首次突破万亿元，2018-2021 年复合增长率为 17%，是同期全球增速的 3 倍多。2022 年，市场规模将超 12000 亿元。同时，我国集成电路产业结构持续优化，设计、制造、封装测试市场规模已由初期的 3:2:5 演进为 4:3:3，初步形成了较为合理的结构。

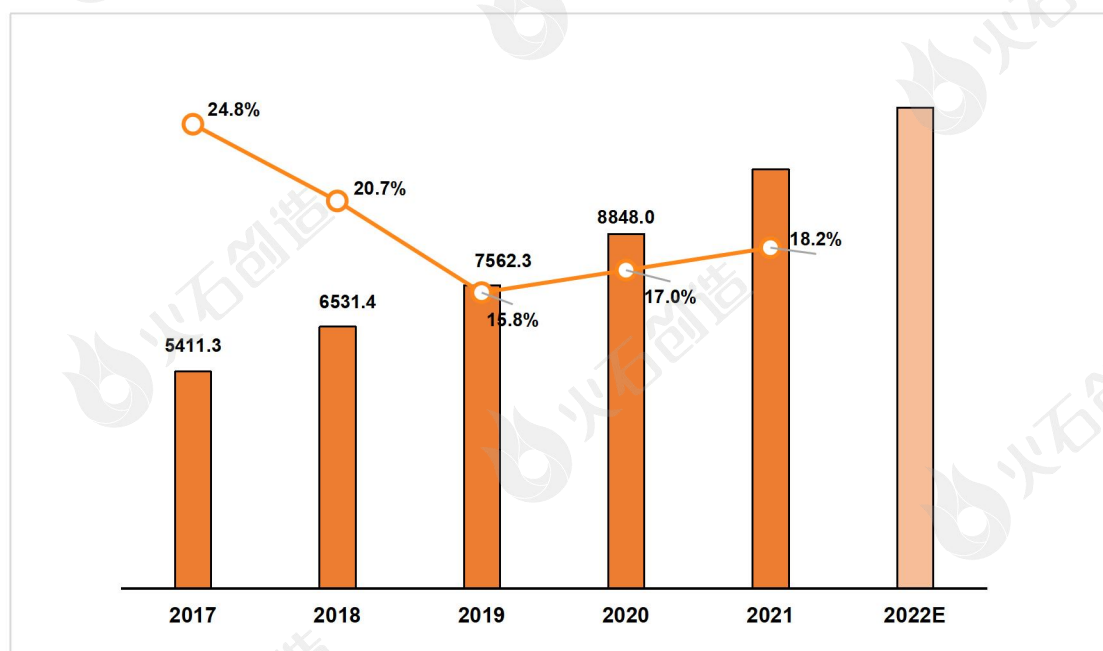


图 1：我国集成电路市场规模（亿元）及增速预测

来源：CSIA（中国半导体行业协会），火石创造整理

二．市场应用仍以传统领域为主

我国集成电路下游应用市场以通信、计算机、消费电子等为主，汽车领域尚未成为增长主力。我国集成电路市场应用以传统领域为主，2021 年在通信、计算机、消费电子等传统优势产业领

域的市场份额合计高达 78.6%。相比于全球市场,汽车领域尚未成为我国集成电路市场增长主力。从我国集成电路市场应用结构来看,汽车不是集成电路市场增长主力,2021 年市场份额占比不足 5%,这与车规级芯片进入门槛高、认证周期长有很大关系。随着我国新能源汽车、智能汽车快速发展,对汽车半导体、汽车芯片等的需求将快速增长。

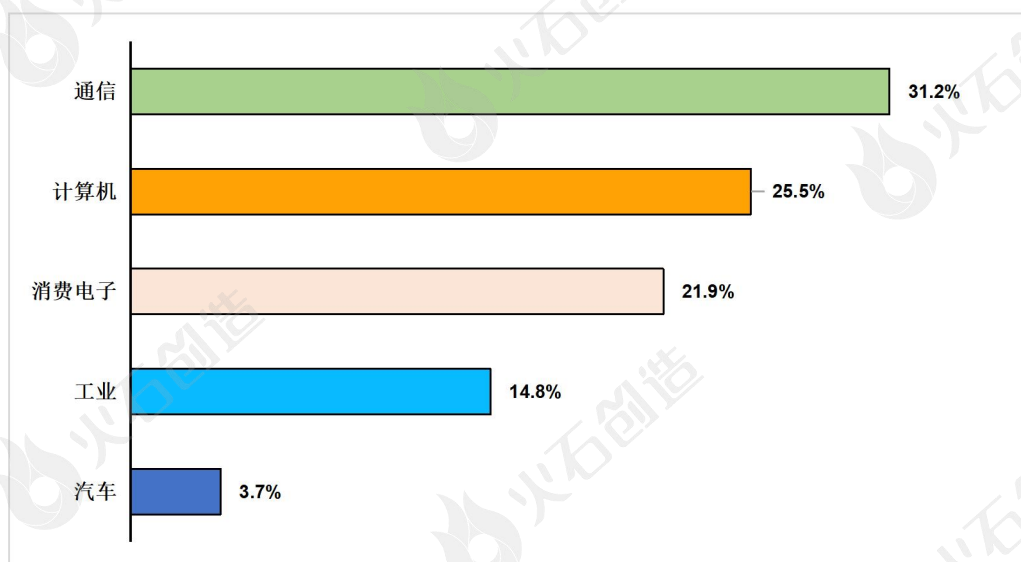


图 2: 2021 年中国集成电路市场应用结构 (市场份额 1 增速)

来源: CSIA, 中国汽车工业协会, 火石创造整理

三. 自给率较低对外依赖度高

目前我国半导体产业自给率仍然较低,尤其是高端领域严重依赖进口。集成电路是我国最大的单一进口项目,进出口逆差不断扩大。海关总署的统计数据显示,2022 年,我国进口集成电路 5384 亿件,同比下降 15.3% (2019-2021 年集成电路进口分别增长 6.6%、22%、17%),进口量近 20 年来首次下降,但仍然远超同期原油进口金额 3655 亿美元,持续成为我国第一大进口商品。按价值计算,我国集成电路进口额为 4156 亿美元,与 2021 年相比下降 3.9%,表明正在为进口支付更高的单价。美国加强对向我国出口先进芯片的影响显现,进口量大幅下滑。从进口看,2022 年我国集成电路主要进口国家或地区主要是中国台湾、韩国、马来西亚、日本、越南、美国、菲律宾、泰国、新加坡等,中国台湾和韩国是我国重要的海外进口地,占据超过一半的市场份额。排名前十的国家或地区中,仅中国台湾、菲律宾和泰国进口额同比增加,其余全部下滑,其中下滑比例最大的是美国,同比下降 29.2%。进一步来看,美国近年来除了自身不断加大对我国产业的打击力度,还在不断拉拢鼓动日本、韩国、中国台湾等一起联合施压。2022 年,我国从中国台湾、韩国、日本、美国等国家和地区进口的集成电路进口额分别为 1590.1、846.2、200.9、121.8 亿美元,在我国集成电路进口总规模中的占比分别为 38.3%、20.4%、4.8%、2.9%,合计占比高达 66.4%。

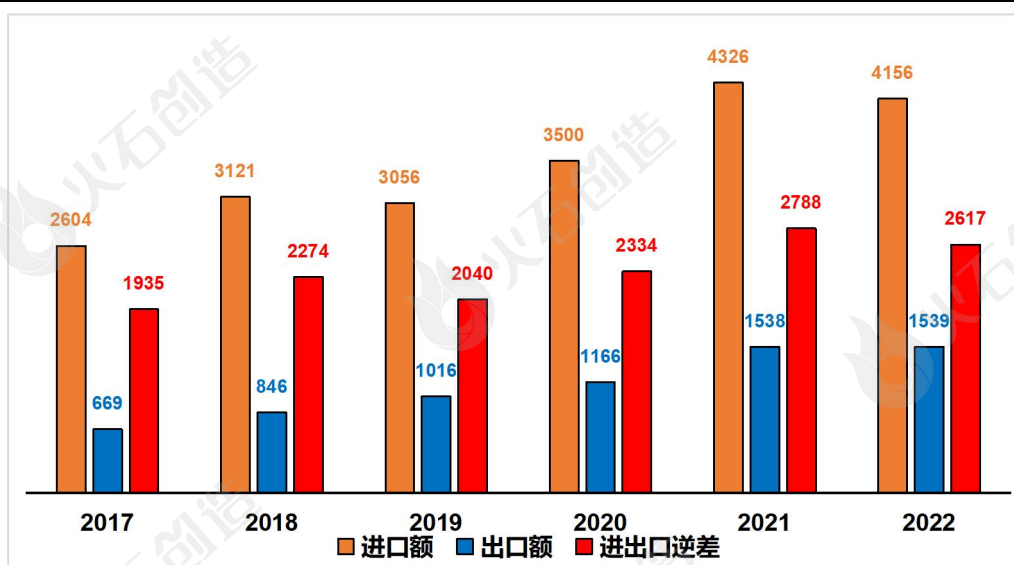


图 3：2017-2022 年我国集成电路进出口额（亿美元）

来源：海关总署，火石创造整理

我国集成电路产品在全球市场上的竞争力不强。从全球主要半导体生产地区单个芯片的平均出口价格来看，国产芯片的市场竞争力处于相对劣势地位。美国和韩国是复杂、高价值芯片的专业生产商，芯片平均出口价格高；我国和日本是用于汽车、家用电器和消费品的简单芯片的专业生产商，平均出口价格低。值得注意的是，我国是其他四大芯片制造商的最大出口目的地。2021 年美国单个芯片平均出口价格 2.16 美元，我国单个芯片平均出口价格仅为 0.19 美元，差距明显。

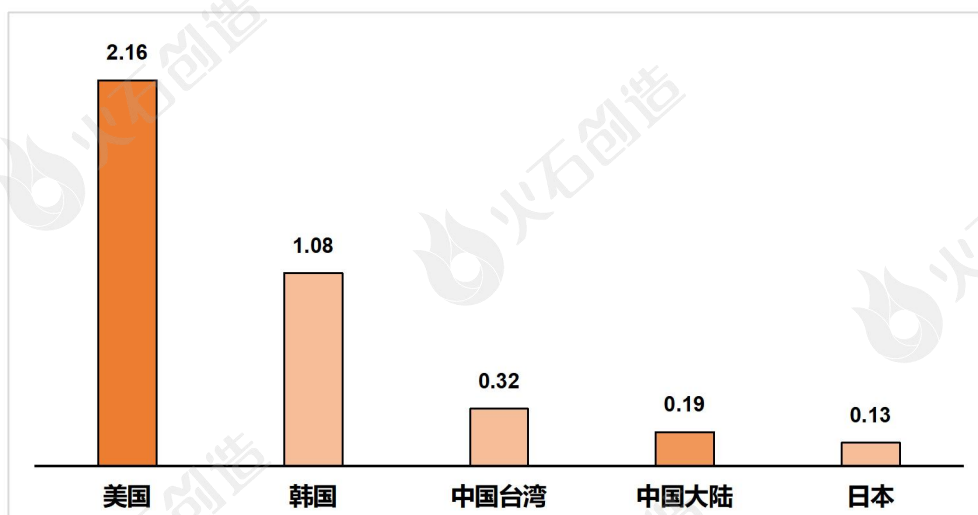


图 4：2021 不同国家单个芯片平均出口价格（美元）

来源：PIIE（彼得森国际经济研究所），CSIA，火石创造整理

四、“整体国产化率有待提高

当前，我国集成电路产业整体国产化率偏低。具体来看：

芯片设计环节：整体国产化率在 10% 左右，EDA（电子设计自动化）约为 5%。EDA 被称为“芯片之母”，目前，全球 EDA 市场被 Synopsys（新思科技）、Cadence（楷登电子）和 Siemens EDA 分食，三大国际巨头在国内的市场份额在 80% 左右。我国设计环节的全球市场份额将快速提升。受国家大基金连续投资以及华大九天等企业不断崛起等叠加驱动，我国在全球半导体设计销售收入中的市场份额预计将从 2021 年的 9% 飙升到 2030 年的 23%，同期美国的市场份额预计将从 46% 下降到 36%。

芯片制造环节：成熟制程领域产能迅速跟上，先进制程落后明显。受 EUV 光刻机等为代表的半导体设备以及光刻胶等为代表的半导体材料的双重制约，我国在芯片制造环节尤其是高端芯片制造领域的工艺水平落后欧美 3-5 代的技术。

表 1：2014-2022 年芯片制造工艺迭代

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
台积电	20nm	16nm		10nm	7nm	5nm		3nm	2nm
英特尔	14nm					10nm			
三星	20nm	14nm		10nm	7nm		5nm		
格罗方德	20nm	14nm		10nm					
联电	28nm			14nm					
中芯国际		28nm				14nm			
华虹半导体						55nm			

来源：SIA，各公司官网，火石创造整理

芯片封测环节：封测是国产化率最高的一环。我国先进封装产值占全球比例从 2015 年的 10.3% 提升至 2021 年的 15.7%，2022 年将超过 16.5%。国内封测厂商技术水平基本与海外同步，未来先进封装占比预计将持续稳步提升。

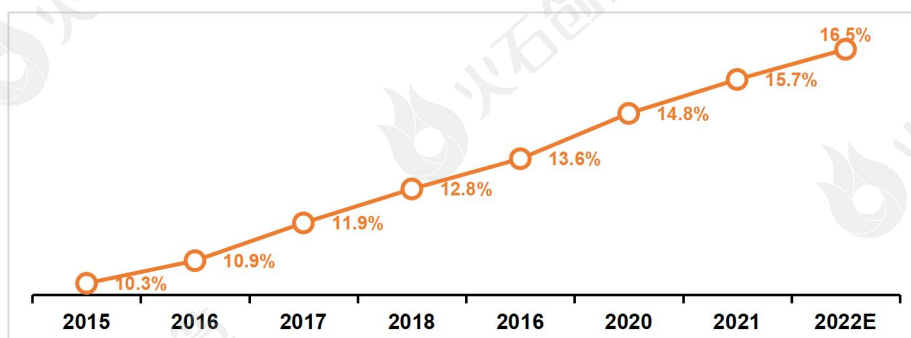


图 5：2015-2022 年中国大陆先进封装产值占全球比重

来源：Yole，CSIA，火石创造整理

半导体设备：我国半导体设备市场规模快速增长、国产化率快速提升，但晶圆制造关键设备国产化率依然较低。我国半导体设备市场规模快速增长。2021 年全球半导体设备销售额为 1026.4 亿美元，同比增长 44%；而中国大陆市场销售额达 296.2 亿美元，同比增幅高达 58%，快于全球。我国半导体设备国产化率快速提升。2020 年，国内的半导体厂商使用国产化设备的比例约为 16.8%，2021 年达到 20%，2022 年将超 25%。晶圆制造各关键设备国产化水平差异明显，总体国产化率依旧有较大提升空间。2020 年中国大陆晶圆设备国产化率约为 7.4%。截至 2020 年底，清洗设备、CMP 设备的国产化率相对较高，分别约为 20%、10%。离子注入、过程检测国产化水平较低，分别约为 2%、2%。光刻设备国产化率低于 1%。

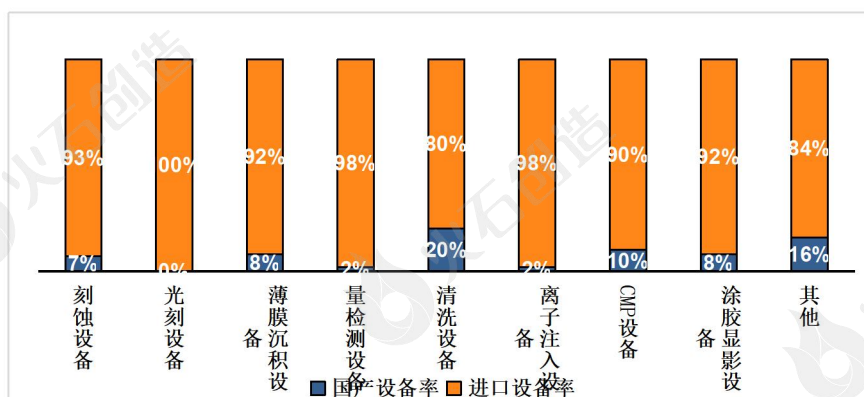


图 6：晶圆制造各关键设备国产化率（截至 2020.12）

来源：SEMI，中微公司招股说明书，火石创造整理

半导体材料：我国半导体材料市场规模稳步增长，但整体国产化率低，关键材料国产化替代的需求迫切。国内半导体材料市场规模持续增长，占全球市场份额稳步提升。全球半导体材料市场规模由 2012 年 448 亿美元增长至 2021 年 643 亿美元，CAGR 为 4.1%；中国大陆半导体材料市场规模从 2012 年 55 亿美元增至 2021 年 119 亿美元，CAGR 达 9.0%，增速远超全球水平，占全球半导体材料市场的比例由 12.3%增至 18.5%。在晶圆厂持续扩产的驱动下，市场需求有望保持景气。半导体材料整体国产化率低，关键材料国产化替代的需求十分迫切。晶圆制造材料整体国产化率不足 15%，其中光刻胶、掩模版、硅片、靶材等的国产化率更低。封装材料整体国产化率接近 30%，除了封装基板等关键材料受限外，大部分材料能够基本实现国产替代。

表 2：2021 年半导体材料全球市场规模（亿美元）及国产化率

	材料	全球市场规模	在对应工艺中市占率	国产化率
晶圆制造材料	硅片	139.9	35%	5-10%
	电子特气	62.5	15%	30%
	掩模版	46.5	12%	<1%
	光刻胶	19.9	5%	<5%
	光刻胶配套材料	32.3	8%	<25%
	湿电子化学品	25.9	6%	23%
	CMP抛光材料	34.8	9%	<15%
	靶材	10.5	3%	<10%
	其他	31.7	8%	--
	小计	404	100%	<15%
封装材料	封装基板	142	59%	5%
	引线框架	28.0	12%	40%
	键合丝	28.0	12%	--
	陶瓷基板	11.2	5%	--
	芯片粘接材料	5.6	2%	--
	封装材料	18.7	8%	--
	其他	5.6	2%	--
	小计	239	100%	<30%
	总计	643	100%	10-15%

来源：SEMI，Institute Montaigne(法国蒙田研究所)，中国电子材料行业协会，火石创造整理

五. 逆全球化和受美国制裁重重加码

半导体逆全球化成为趋势，全球主要国家/地区密集出台新规支持本土半导体产业发展。2022年，美国、欧盟、日本、韩国、中国台湾等国家/地区先后出台产业政策，向本地企业提供研发创新、设备投资、税收优惠、人才培养等方面的资金支持。

表 3：2022 年全球主要国家和地区半导体与集成电路产业政策

国家/地区	时间	政策	要点
美国	2022.08	《芯片与科学法案》	规模达 2800 亿美元，一是向半导体行业提供约 527 亿美元的资金支持，为企业提供价值 240 亿美元的投资税抵免，鼓励企业在美国研发和制造芯片；二是在未来几年提供约 2000 亿美元的科研经费支持，重点支持人工智能、机器人技术、量子计算等前沿科技
欧盟	2022.02	《欧洲芯片法案》	欧盟将投入超过 450 亿欧元公共和私有资金，用于支持欧盟的芯片制造、试点项目和初创企业，以提升欧洲在全球芯片制造市场的份额，降低对于亚洲及美国的依赖。其中，110 亿欧元将用于加强现有的研究、开发和创新，以确保部署先进的半导体工具以及用于原型设计、测试的试验生产线等。此外，还将在量子芯片方面建立先进的技术和工程能力
	2022.11	《欧洲芯片法案》	各国特使一致同意欧盟委员会 2 月的芯片计划提案的修订版，修改部分包括允许政府对更广泛的芯片提供补贴，而不仅仅是最先进的芯片。补贴将覆盖在计算能力、能源效率、环境效益和人工智能方面带来创新的芯片。此外，还增加了对欧盟委员会的限制措施，以防止该机构在触发紧急情况时干预公司的供应链
日本	2022.02	《半导体援助法》	对符合条件的企业，将予以最高 50% 的设备投资金额补助。新法案将筹措总额约 6000 亿日元(52 亿美元)的基金用于支持芯片制造商
韩国	2022.03	新修订税法	对投资半导体、电池、疫苗等三大领域国家战略技术研发的中小企业，最多可享受投资额 50% 的税额抵扣优惠，大企业最多可抵扣 30-40%；对机械装备、生产线等设备的投资最多可抵扣 20%（中小企业）税金，中坚企业可抵扣 12%，大企业为 10%
	2022.07	《半导体超级强国战略》	围绕四大行动方向发展本国半导体产业，包括：大力支持企业投资；官民合作培养半导体人才；确保系统半导体技术居世界领先地位；构建稳定的材料、零部件和设备生态系统
中国台湾	2022.11	《产业创新条例》第 10 条第 2 款及第 72 条修正草案	草案条文面向技术创新且居国际供应链关键地位的公司，提供前瞻创新研发支出的 25%，抵减当年度应纳税营利事业所得税额；以购置用于先进制程的全新机器或设备支出的 5%，抵减当年度应纳税营利事业所得税额，且该机器或设备支出不设金额上限。上述单项投资抵减总额不得超过当年度应纳税额的 30%，两项同时申请则以税额的 50% 为限

来源：火石创造整理

美国制裁不断升级，构建起产品+技术+人才的打击体系。2018 年以来，美国对华半导体管制不断加码，从华为、中兴、中芯国际等下游不断向上游延伸。2022 年 10 月 7 日，美国 BIS 发布近年来范围最大半导体制管举措，管控范围包括芯片、设备、零部件、人员等。至此，基本构

建起产品+技术+人才的精准打击体系。美国不断扩大制裁范围和制裁力度将是一种新常态，且已有从美国全面扩大至美国与其盟国组团进行科技霸凌的趋势。近年来，美国不断拉拢日本、韩国、荷兰等国家一起合力打击，以“芯片法案”为基础推演美国未来的产业制裁，我们预计美国将会从 CHIP4、CHIP4+、民主芯片、友岸外包、实施更多点式制裁、制裁应用领域龙头企业、限制美企在华发展、限制中企在美发展、限制特定专业人才等领域不断制造摩擦和升级打击措施。

表 4：近年来美国对中国半导体与集成电路产业的管制措施

时间	管制措施要点
2023.02	据彭博社报道，拜登政府正考虑完全切断华为与所有美国供应商的联系，全国禁止向中国出口美国技术，停止产品出口许可证的批准。除 5G 外，还将禁止向华为提供包括 4G、Wifi 6 和 7、人工智能，以及高性能计算以及云计算等相关领域的产品
2023.01	2023 年 1 月 28 日，美日荷初步达成协议，向中国限售 DUV 光刻机及其相关零部件，预计封锁令几个月内可以正式落地
2022.10	美国商务部工业和安全局(BIS)宣布新一轮的对华芯片出口管制措施，具体包括：先进芯片、超算管制；代生产或研发管制；先进制程设备管制；人才管制；未核实名单（UVL）规则修订
2022.08	美国总统拜登签署芯片法案，禁止受益企业自接受资助之日起 10 年内在中国增产先进制程半导体。美国商务部工业安全局(BIS)通过发布临时规则对用于 GAAFET 集成电路开发的 EDA 软件进行出口管制
2022.07	美国两家芯片设备公司 Lam Research 和 KLA 收到美国商务部通知，禁止出口 14nm 以下制程制造设备到中国大陆。美国游说荷兰停止向中国出口 ASML 公司的先进产品
2021.11	英特尔中国工厂扩产计划被拜登争渡以危及“国家安全”的理由拒绝。美国阻止韩国存储
2020.12	美国商务部将中芯国际及附属公司加入“实体清单”，含美技术设备采购需美国批准，14nm 及以下原则上不批准（推定拒绝）
2020.08	美国商务部进一步限制华为，当一项交易中华为作为购买者、中间人或最终使用者，均需受到“实体清单”限制，同时增加 38 家华为附属机构进入“实体清单”
2020.05	美国商务部工业和安全局(BIS)宣布限制华为使用美国特定技术和软件在美国境外设计和制造半导体的能力
2019.05	美国商务部工业和安全局(BIS)以国家安全为由，将华为及其 70 个分支机构纳入出口管制“实体清单”，限制华为部分采购
2018.08	特朗普签署《国防授权法》，禁止美国政府雇员使用包括华为和中兴在内的多家中国科技公司的某些设备或服务

来源：火石创造整理

后摩尔时代，先进封装大有可为

设计、制造和封装是集成电路产业链的三个主要环节。随着芯片算力的不断提升，遵循摩尔定律的制程微缩工艺导致短沟道效应以及量子隧穿效应带来的发热、漏电等问题愈发严重，且规模不经济逐渐显露。而由先进封装技术持续迭代带来的系统级微缩，正成为除晶体管体积微缩之外、大幅提升芯片性能的重要途径。

一、封装产业市场规模

结构性变化是封装产业发展主要推动力，主要体现在两个方面：

一是先进封装占比不断上升。据 Yole 数据显示，近十年全球封装产业规模由 2012 年的 474 亿美元逐渐增长到 2021 年的 777 亿美元，年均复合增长率达 5.5%。其中，随着摩尔定律持续推进带来的规模经济性边际减弱，叠加 5G、物联网和人工智能等新产品的快速迭代，推动 3D、SiP、POP、Chiplet 等为先进封装技术发展快速，2021 年全球先进封装产业规模达 350 亿美元、占全球封装产业规模的 45%。

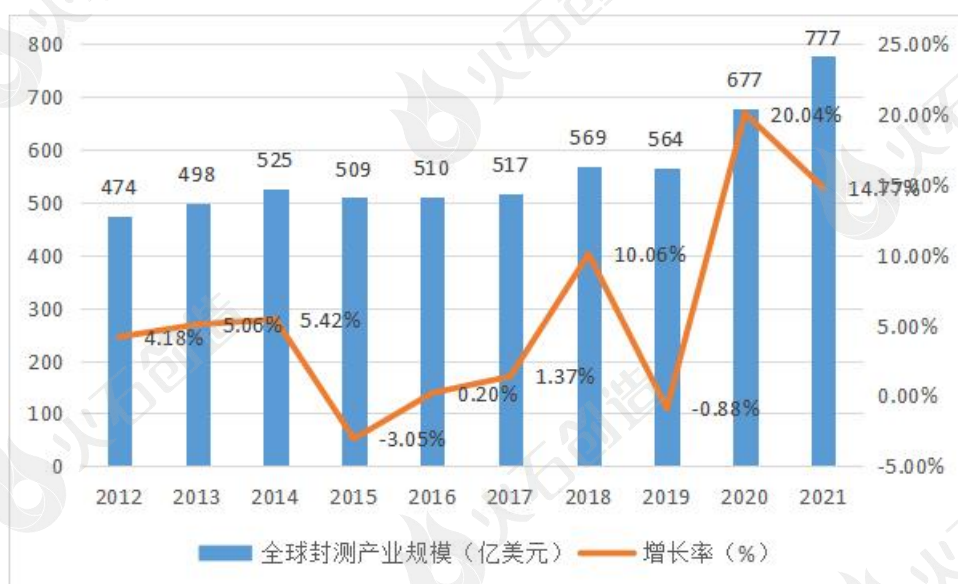


图 1：近十年全球封测产业规模及增长率

来源：火石创造根据公开资料整理

二是我国封装市场规模占全球比重持续上升。受制造成本、产业链完整度和应用市场潜力等多重因素影响，2000 年以来全球半导体正进行以中国为目的地的第三次产业转移，其中我国封装产业规模由 2012 年的 1035.67 亿元逐渐增长到 2021 年的 2763 亿元，年均复合增长率达 11%、是同期全球产业增速的 2 倍，占全球封装产业规模的比重由 2012 年的 32.13% 增长至 2021 年的 52.29%。但从发展质量看，虽然我国的长电科技、晶方科技、华天科技进入了 2021 年全球封装行业 Top10 榜单，但产品结构仍以传统封装为主，产品类型、生产工艺与国际先进水平仍有一定差异。



图 2：近十年我国封测产业规模及增长率

来源：火石创造根据公开资料整理

二、先进封装工艺概述

后摩尔时代，随着下游产品对微型化、轻便化和高性能的要求不断提高，推动封装行业获得长足发展。封装工艺按照是否需要焊线可分为传统封装和先进封装。传统封装指采取引线键合工艺实现电气连接，主要包括 DIP、SOP、QFP 等；先进封装指采取凸块方式实现电气连接，主要包括倒装、晶圆级封装、2.5D/3D 封装、系统级封装、Chiplet 等多种技术。



图 3：封装工艺发展路线

图片来源：资产信息网，千际投行 Yole

(一) 晶圆级封装

与传统封装流程不同，晶圆级封装是指借助再布线（RDL）工艺，直接在晶圆上完成电气连接、测试、塑封等流程，最后切割成单颗成品贴装在基板或 PCB 上，在电气连接技术上主要包括倒装、晶圆重构工艺、硅通孔技术（TSV）、晶圆扇出技术（Fan-out）、晶圆扇入技术（Fan-in）等。

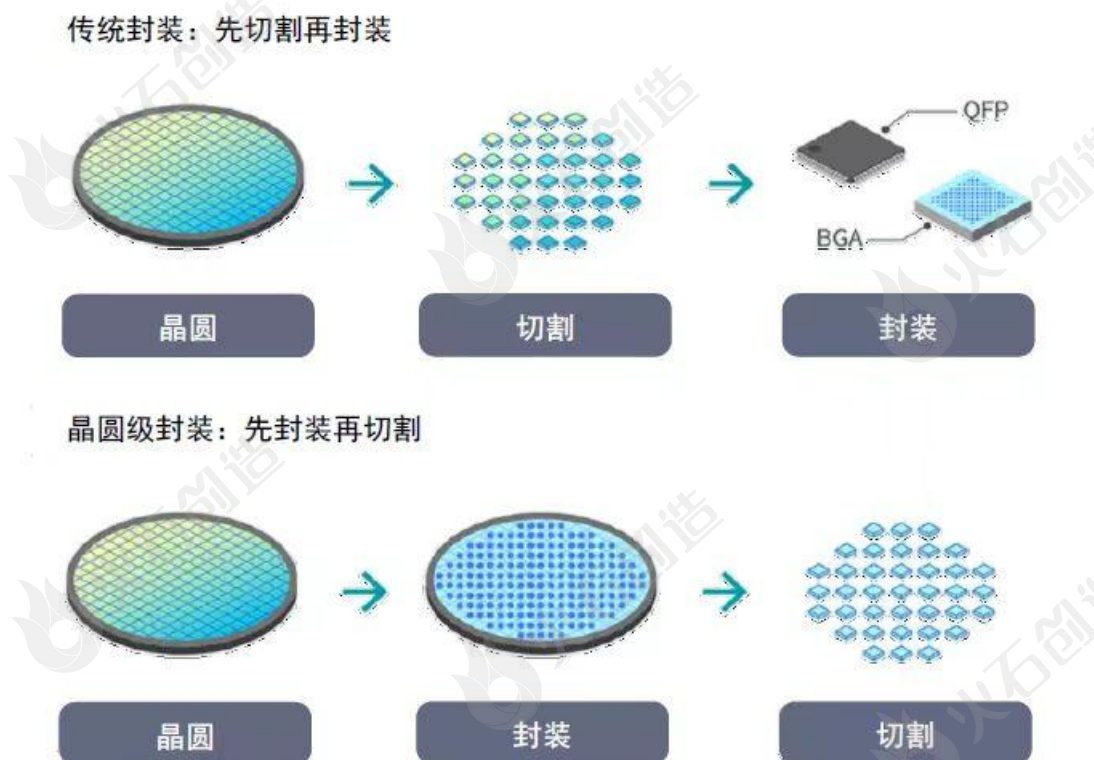


图 4：传统封装与晶圆级封装工艺对比

图片来源：SK Hynix

与传统封装工艺相比，晶圆级封装能将在 IC 芯片的表面实现 IO 点全覆盖，使得芯片尺寸达到微型化的极限，符合消费类电子产品轻、小、短、薄化的市场趋势。此外，由于能在一个晶圆片内对多个芯片进行封装、老化、测试，有利于提高封装效率，国内的长电科技、晶方科技、甬矽电子均拥有较为领先的晶圆级封装技术。其中，晶圆扇入技术主要应用于模拟和混合信号芯片、CMOS 图像传感器等，晶圆扇出技术主要应用于移动设备的处理芯片。

（二）2.5D/3D 封装

芯片上数据的输入和输出（IO）是计算的命脉。将内存置于芯片上有助于通过减少通信开销来减少 IO 需求，但归根结底，这是一种有限的扩展途径。处理器必须与外部世界进行交易以发送和接收数据。但摩尔定律使晶体管密度大约每 18 个月增加 1 倍，而 IO 数据的传输速率每 4 年才增加 2 倍，二者的差异限制了芯片向高传输率、低功耗方向发展。因此，产业界借助 RDL、硅通孔（TSV）、凸块等工艺，将芯片和器件并排互连或垂直堆叠，以实现减少数据传输距离、提升传输效率和优化芯片封装尺寸等目的，按照堆叠类型可分为提出 2.5D、3D 封装工艺。

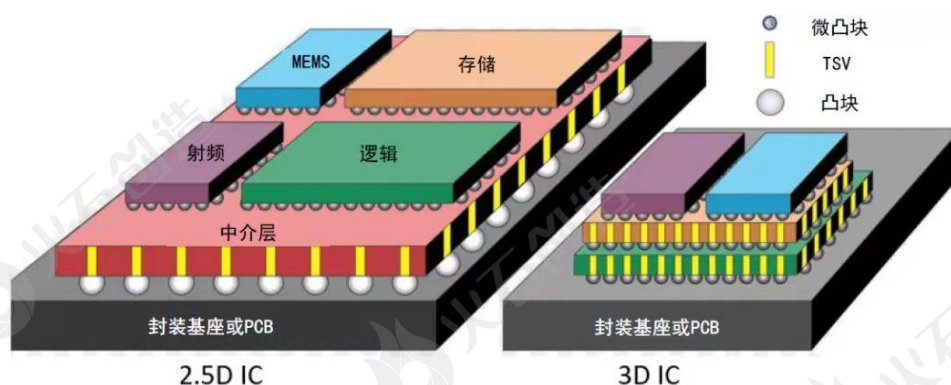


图 5：2.5D 封装（左）与 3D 封装（右）示意

图片来源：Semiconductor Engineering

（三）系统级封装

系统级封装（SiP）是指，将处理芯片、存储芯片、被动元件、连接器、天线等多种功能的有源电子元件、无源器件及其他器件（MEMS 或光学器件）集成在一个系统内，使之成为能实现一定功能的封装体，进而提升系统性能，具有灵活性高、兼容性广、电磁隔离好、生产成本低、生产周期短等优点。



图 6：系统级封装工艺示意

图片来源：华金证券研究所

系统级封装是先进封装市场增长的重要推动力，2019 年全球系统级封装规模为 134 亿美元，占全球封测市场份额的 23.76%。

从下游应用看，目前移动消费电子领域占系统级封装下游应用的 70%，但随着 5G 技术及其应用的推广普及，5G 通信设施、可穿戴设备以及 IoT 物联网设施等领域将成为系统级封装发展潜力最大、速度最快的市场。

从电气连接工艺看，据 Yole 数据显示，2019 年倒装/焊线类系统级封装产品市场规模为 122.39 亿美元，占整个系统级封装市场的 91.05%，预计在未来一段时期内，倒装/焊线类系统级封装将仍是系统级封装的主流产品。

（四）Chiplet

理论上，扩大裸片尺寸带来晶体管数量的增加，有利于提高芯片性能，但在实际生产过程中，当缺陷密度一定的情况下，芯片良率与芯片面积成反比。如工艺成熟后，当芯片面积从 213 mm² 增至 777 mm² 时，良率降低 33%。

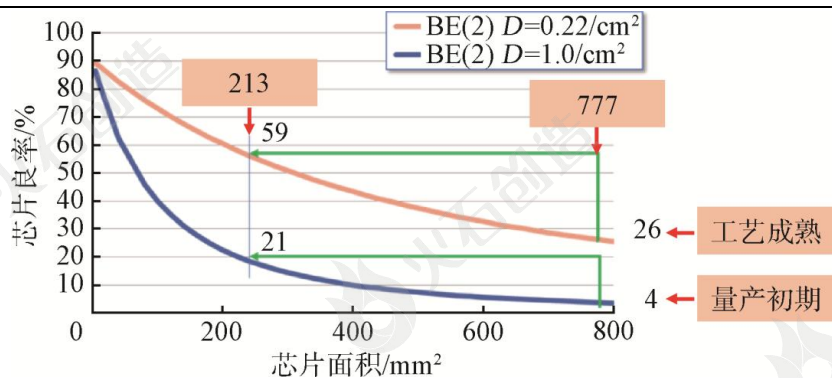


图 7：芯片良率与芯片面积的关系

图片来源：前瞻科技

因此,为了提高裸芯的利用程度,业界仿照积木组合方式、把不同工艺的模块化芯粒(Chiplet)异质集成为芯片,即 Chiplet 封装。该工艺由于以小芯片为主,且能根据不同模块需求采取不同制程工艺,因此在提升性能的同时,能实现低成本和高良率。此外,这种化整为零的设计思路,也便于芯片快速灵活开发,缩短研发周期,降低知识产权风险。

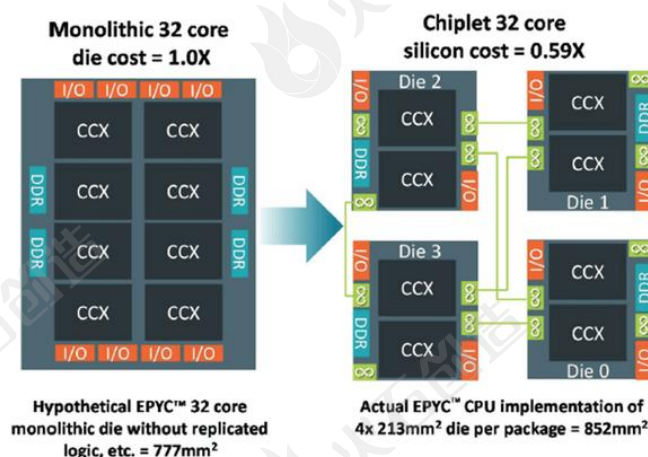


图 8：Chiplet 示意

图片来源：火石创造根据公开资料整理

四. 小结

随着摩尔定律发展放缓,先进封装凭借功能集成化、连接精短化、堆叠多样化等优势,成为芯片生产实现高性能、低成本的重要途径。与集成电路其他环节相比,我国集成电路封测业起步较早且发展较快,虽仍以传统封装产品为主,但近年来国内头部厂商通过兼并收购,快速积累先进封装技术,特别是受新能源汽车、高性能计算机、人工智能和 5G 通信等下游新应用驱动,叠加半导体国产化替代进程,都将推动我国先进封装产业规模、产品层次再上台阶。

附：火石创造公司介绍

火石创造创立于 2015 年 8 月，是现代产业数据智能服务商、中国产业大脑和产业大数据领域领先企业。

公司致力于数据驱动产业发展的探索与实践，组建了一支 IT、数据技术、产业经济学和行业领域专家跨界复合型团队，并率先发布“产业大脑”及相关产品服务。现已建成覆盖九大战新产业、41 个工业门类、300+细分领域，积累超过 550 亿产业本体数据的全球公域产业数据中心，以及拥有 100 多个产业模型的产业智能中枢，支撑产业大脑的建设和运营，赋能政府侧、服务市场侧，实现数据智能支撑决策智能、流程数字化实现多跨协同以及资源要素和企业全生命周期需求的精准匹配。

迄今，火石创造已为全国 28 个省(区、市)、70 多个城市、300 多个园区和数万家企业提供产业数据智能服务，是北京高精尖产业大数据平台、安徽省产业大脑、湖北科创企业智慧大脑、浙江省生物医药产业大脑、杭州市产业大脑、北京市大兴区产业服务数字化平台、张江科学城产业大脑、中发展产业数字化平台等标志性项目的建设和运营方公司拥有国家发明专利 40 多项、自主知识产权 100 多项，为浙江省重点研发计划项目入选单位。现已通过国家高新技术企业、产业大脑省级研发中心、产业大数据工程研究中心、产业数字化服务商、大数据示范企业、专精特新中小企业等认定,并通过数据安全能力国家级认证，是产业大数据行业首家获证单位。

合作咨询：0571-86885331

官网：www.hsmap.com

数据驱动产业发展实践历程

构建集产业研究、产业数据和产业建模的复合能力

持续探索产业数据价值化

2015年8月成立于浙江杭州

2016年

智能医健大数据平台上线

2017年3月

发布产业地图1.0

2017年10月

发布产业大脑1.0
聚焦生命健康产业

2018年

发布产业大脑核心组件
“数字化创新服务平台1.0”
发布产业大脑核心组件
“智能招商系统1.0”

2019年

发布中国第一个**生物医药**
产业发展指数CBIB

2020年

发布**产业大脑2.0**，进军多产业，实现从产业链云图到智能分析、精准治理、产业服务的全闭环
承建**中国第一个省级产业大脑(北京市)**，从生命健康延伸到人工智能、新材料、新能源汽车、科技服务业等高精尖产业

2021年

深度参与**浙江省数字化改革**，是浙江省**生物医药产业大脑**建设运营主体、**杭州市产业大脑**建设运营单位
被《中国新闻》报点赞，产业大脑的探索与实践写入**两会专刊**
与**中国宏观经济研究院**战略合作，共同研究构建战略性新兴产业图谱及标准框架

2023年

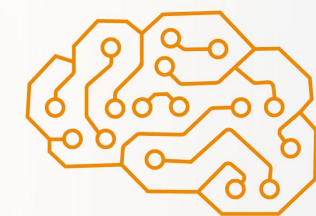
持续往产业纵深
建设和运营产业数字底座
探索产业数据资本化

2022年

发布产业大脑核心组件
“**产业数据中心**”
在中国宏观经济研究院学术指导下，发布**中国生物医药产业发展指数CBIB2.0**
发布**产业大脑3.0**，打造以数据智能为基础的产业智治及产业要素开放服务平台

火石产业大脑：赋能政府侧、服务市场侧

赋能政府侧
产业整体智治平台



火石 产业大脑

服务市场侧
产业要素智配平台

产业 数字底座

火石产业大脑 看见未看见的价值

赋能政府/园区/要素提供商/企业 助力实现产业高质量发展

现代产业数据智能服务商

杭州费尔斯通科技有限公司

官网: www.hsmap.com

电话: 400-656-6867

邮箱: contact@hsmap.com

地址: 杭州市滨江区阡陌路482号智慧e谷B座7层



火石创造



火石产业大脑