

中国集成电路产业“三链”融合： 理论逻辑、现状与思路

孙 琴 刘戒骄 徐 铮

内容提要:产业链、创新链、价值链“三链”融合,是集成电路产业整合产学研用力量,提升产业关键技术研发能力的有效途径。受生物领域“三螺旋”结构启发,本文以集成电路产业“三链”融合为研究对象,分析“三链”融合的理论逻辑,利用复合系统协同度模型量化分析2011—2020年中国集成电路产业链与创新链的协同度,发现产业链与创新链较低。价值链是产业链与创新链互动的结果,在此基础上分析中国集成电路产业重要细分行业“三链”融合发展现状,得出中国集成电路“三链”融合还有不少断链环节、在价值链较高环节与发达经济体差距明显的结论。对此,本文从创建覆盖全链条的创新联合体、进一步加大税收支持力度、进一步融入国际分工体系和全面提升产业“三链”核心环节四方面提出“三链”融合思路。

关键词:集成电路 产业链 创新链 价值链 融合发展

中图分类号:F426;F424

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2022)12-0035-15

一、问题提出

“十四五”时期是中国集成电路(IC)产业攻坚的关键期,加快做大做强集成电路产业及关键核心技术攻关是提升中国产业链在全球链条中竞争力的重要抓手。近年来,党和国家围绕集成电路产业出台了一系列政策,旨在从顶层设计层面鼓励发展中国集成电路产业,完善其产业链布局、深化创新链发展、提升价值链向中高端迈进。由此,中国集成电路产业以此为契机发展迅速。集成电路制造业在研发机构数、研发(R&D)项目数、新产品开发项目数及经费投入、经费支出等指标近几年连续增加,2015—2020年,R&D经费内部支出从104.31亿元增至339.27亿元,发明专利从4384件跃升至12112件,这表明中国集成电路产业现代化水平在逐步提升^①。但中国在全球集成电路产业链中仍处于劣势。美国处于集成电路创新链的“链

收稿日期:2022-08-14;修回日期:2022-10-28

基金项目:中国社会科学院登峰战略“产业经济学优势学科”项目;中国社会科学院国家高端智库基础研究项目(22ZKJC019);中国社会科学院创新工程“新发展阶段中国竞争政策与反垄断研究”项目(SKGJCX2021-03)

作者简介:孙 琴 中国社会科学院大学应用经济学院博士研究生,北京,102488;

刘戒骄 中国社会科学院工业经济研究所研究员、博士生导师,通讯作者,北京,100006;

徐 铮 中国社会科学院大学应用经济学院博士研究生。

^① 数据来源于历年《中国科技统计年鉴》。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

主”地位,欧洲、中国台湾地区、韩国也占据了集成电路全球价值链高附加值环节。如公开资料显示,晶圆代工巨头台积电已量产5纳米、6纳米晶圆制程,正角逐4纳米、3纳米等高端制程工艺,而中国大陆芯片制造力最强的本土企业中芯国际2020年才实现12纳米量产,工艺技术差距明显。这表明,中国集成电路产业竞争力弱、创新能力不强,在全球价值链中仍处于中低端环节。

本文从“三链”融合视角探究集成电路产业的发展,边际贡献在于:一是结合现有文献和理论分析,从融合的理论逻辑分别论述产业链与创新链、创新链与价值链、产业链与价值链两两之间的融合逻辑及“三链”的融合机制;二是建立集成电路产业链与创新链复合系统协调度模型,实证分析10年来集成电路产业链与创新链的融合情况,并结合集成电路产业链的特点,将集成电路上中下游产业链重要细分行业归入对应的价值链类型,剖析中国集成电路产业链、创新链、价值链的现状,厘清集成电路产业“三链”在全球中的竞争态势;三是针对集成电路产业“三链”融合的态势,提出若干融合思路。

二、相关文献综述

(一)基于“三链”内涵的相关研究

经济学对产业链的研究可以追溯到17世纪关于劳动分工和专业化对经济发展影响的分析。有学者提出产业链是与价值链密切相关的,价值链是产业链的一种表现形式^[1],而创新链的思想则源于产业链^[2]。还有学者从本地集群视角研究牛仔裤产业在全球链中的出口状况,但其所述的全球链并不等同于产业链^[3]。国内学者对产业链的研究多集中于产业视角,研究内容为不同视角划分的产业链的类型^[4]、产业链运行机制^[5]及产业链的内涵^[6]。本文在卢明华等(2004)^[7]、李雪松和龚晓倩(2021)^[8]的研究基础上,将产业链视为某一产业部门内各个环节以生产活动为基础形成的技术和经济联系,并根据产业特性建立起的一种链式形态。而创新链是在以市场需求为导向指引下,参与创新的主体通过技术、管理等合作实现知识和技术转化的过程^[9-11]。价值链是产业链与创新链互动的结果^[12],侧重于不同生产环节的增值以及总体增值,这些不同的增值环节形成一种链式形态^[13],中国须从加入全球价值链向嵌入全球创新链转型重塑产业发展的新动力^[14]。

(二)“三链”融合的提出

三螺旋结构最初源于生物化学领域,用于描述单个链条相互环绕、聚合的空间分子结构。埃茨科威兹和莱德斯多夫(Etzkowitz & Leydesdorff, 1995)开创三螺旋创新研究领域,用于描述以创新为基本导向下大学、产业界、政府三重螺旋关系^[15]。三螺旋模型在国内社会科学领域也得到了发展,周春彦和埃茨科威兹(2008)基于三螺旋的生成原理、静态表现和动态演化特征提出了“三螺旋场”和“三螺旋循环”的概念,深化了三螺旋创新模式的理论基础^[16]。从生物领域被引入到社会科学领域创新模式的研究,三螺旋模型在经济管理中的应用不断深化且趋于成熟,在“产学研合作”“知识产权”“政府驱动创新”等方面应用广泛^[17]。三螺旋的分子结构主要靠元素微粒间的作用力即分子内与分子之间的氢键维持^[18],这一结构形状为产业链、创新链、价值链的动态融合提供客观上的生物学框架;同时,在创新领域的应用也为产业链、创新链、价值链的三螺旋形状的融合提供理论支撑。

关于多链融合发展的研究,国内外学者对双链或三链间相互作用做了较多探讨,而关于产业链、价值链、创新链“三链”融合文献不多。国外学者多从创新链与价值链两链融合的角度探讨。国内学者偏重产业链与创新链融合的研究,如创新链和产业链双向融合路径^[19-20],基于要素视角产业链与创新链耦合的运行机制^[21]、产业链与创新链的协同度对全要素生产率的影响^[8]、从产业创新链视角分析大数据产业的技术

创新力^[10]等。朱俊蓉(2015)采用标杆企业法构建了微晶企业的产业链、价值链、创新链“三链”融合的指标体系,实证分析其产业竞争力^[22]。李晓锋(2018)构建产业链、创新链、资金链和服务链“四链”融合框架模型并诠释与创新生态系统间的内在关系^[23]。张其仔和许明(2020)深入探讨了中国参与全球价值链与创新链、产业链的协同升级^[12]。陈雄辉等(2021)构建了基于产业链、创新链、金融链、政策链“四链”融合评价指标体系评价广东地区发展水平^[24]。2021年8月《国务院办公厅关于完善科技成果评价机制的指导意见》(国办发[2021]26号)明确指出“推动产出高质量成果、营造良好创新生态,促进创新链、产业链、价值链深度融合”,“三链”融合的提出为集成电路产业的高质量发展提供了指引。

(三)集成电路产业“三链”融合相关研究

关于集成电路产业“三链”相关的研究,主要集中在:一是价值链视角。部分学者基于全球价值链理论分析中国集成电路产业升级的路径^[25-26],文婷(2006)分析了集成电路产业价值链治理的模式^[27]。陈玲和薛澜(2010)通过解构中国集成电路产业价值链提出集成电路产业的升级动力^[28]。费文博等(2021)从价值链基本原理出发,检验长三角城市等级对集成电路产业价值链增值能力的影响^[29]。二是产业链视角。关于集成电路产业链视角的研究较丰富,主要集中在集成电路产业发展态势^[30-32],产业链安全^[33]和集成电路产业链国际竞争力^[34]。吴菲菲等(2020)基于产业链视角分析集成电路产业研发合作网络特征^[35]。王晓红和郭霞(2020)分析疫情后中国产业链外移对中国集成电路产业链的影响^[36]。三是创新链视角。冯梅等(2020)围绕科技人才、科研机构、研发平台、科技成果、科技企业、科研项目六要素对集成电路创新链进行系统分析并提出创新链发展中的问题^[37]。

综上,现有研究中学者们最先围绕产业链展开,创新链、价值链相关研究都建立在产业链的基础上。部分学者从贸易、链条融合体系评价视角涉及“三链”、多链的研究,“三链”融合的视角偏少。2018年以来,个别国家实施针对中国的多轮技术封锁,这一特殊的贸易环境和步入新发展阶段的时代背景相叠加,科技脱钩需要警惕。现有多链融合研究的不足为本文将集成电路研究视角延伸至全球范围,探讨集成电路产业“三链”融合留下了较大空间。

三、“三链”融合的理论依据

(一)产业链与创新链动态耦合

创新链与产业链两者紧密相连。产业链贯穿整个产品从生产到销售的全过程,其链条上的重要环节须整合知识、信息、管理、组织等资源;而创新链条需要“政产学研用企资”即政府部门、研发机构、企业、投融资机构、用户等参与主体紧密合作形成非线性空间网络,最终实现商品的价值增值。创新链无论是从横向还是从纵向上看,在与产业链协同时都需要创新主体、创新活动、创新要素等的参与,与不同时间不同环节的零部件或产品进行承接,本文不再单独考虑链条的类型,将两链的协同过程绘制如图1。两链的耦合协同表现在两个单支链条在某一或几个环节相互嵌入、彼此整合。具体来说,两者耦合的过程表现为创新链对产业链条上的各

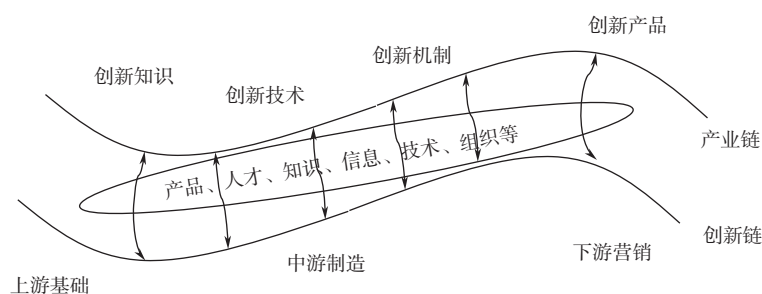


图1 产业链与创新链的协同

个环节融入创新资源并对其重新设计、改造,通过知识、资源和信息的流动,产业链亦引领创新链开展创新活动,两者相互作用、相互依赖,最终促成产业的转型升级、技术的进步及技术产业化。然而,在现实中,产业链与创新链的协同较为复杂,需要“政产学研用企资”等参与主体建立长效深入的合作机制,充分发挥各主体的优势形成最大合力,实现创新系统的协同发展,提升产业链现代化水平。

(二) 产业链与价值链共生啮合

产业链与价值链两者共生相连,而价值链是产业链价值实现的目标。具体地说,产业链是产业链条上分布的直接或间接参与生产过程的企业实现产品或服务价值创造、价值获取的统一;可以说,产业链是基础,价值链是核心,价值链决定了产业链。现如今,某一产业尤其是新兴战略性产业的全产业链条多数遍布全球,产业竞争更趋于复杂,既有产业内部竞争,又有不同产业集群的竞争。而产业竞争的参与主体是企业,一个企业在产业链、价值链不同的时空分布下,可能会处在多个产业链或价值链条中,处于同一链条时空的多个企业在追求价值实现的过程中会形成一个系统,在系统内部,各生产活动主体会因生产组织、成本、利益、价值等方面紧密相连,像齿轮一样咬合在一起。价值链与产业链的共生过程见图2,黑点表示分布在两个链条环节的企业。

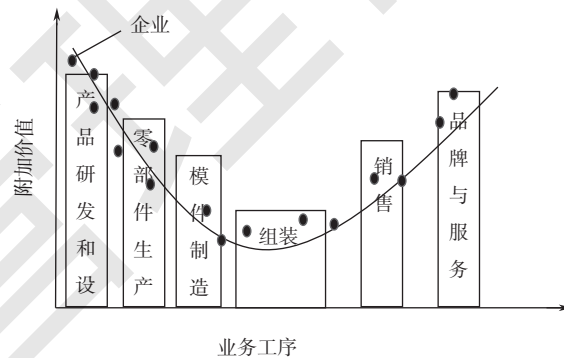


图2 产业链与价值链共生微笑曲线

产业链上不同的节点对应着不同的价值,而不同的节点又对应着不同的活动主体,这就凸显了产业链条上不同的价值增值节点,即节点的价值高端或价值低端。价值链环节价值有高有低,产业链环节有核心有辅助,整合产业链上分布各异的企业价值链,充分利用各企业的要素投入与资源集聚,实现不同节点企业业务的取长补短并形成合力,调整后企业在两链条上移动,找到新的定位,最终实现新的价值增值。产业链与价值链的啮合既体现了各个节点上的企业所属的价值属性,又反映了价值链条的关联关系。

(三) 价值链与创新链协同互动

创新链与价值链协同互动,价值链是目标,创新链是手段。两者协同互动的实现有两种:一是实现创新链的价值。创新链条上各参与主体利用知识、技术等要素参与创新活动并促成创新成果的转化,而追求创新成果的转化是为了实现产品或服务较高附加值的过程,亦是创新活动的价值体现。这体现了创新主体通过创新活动这一手段实现价值链条上不同环节的价值目标。二是实现价值链的创新。较高价值链的实现离不开创新主体各方的协同合作、互动及技术扩散,进而实现两个链条新的融合、实现新的链式结构。价值链上不同的节点对创新活动的需求及要求不同,各主体通过对价值链上不同难度、不同含金量的环节资源的整合,如对价值较高、专业性要求较强、技术难度大的环节投入人力、技术等较多要素,集中力量攻坚克难,突破原有的技术边界,扩大原有价值链的价值效应,实现价值链的创新。随着国际生产分散化、全球化,一些重要产业(比如集成电路产业)生产地理区位向全球延伸,价值链的分工体系亦呈现全球化特征,参与主体若想改变在所处行业全球价值链的结构,必须以创新为内驱力,赋予渐进式创新、突破性创新等不同创新程度的资源整合实现价值链的升级^[38],甚至是跨链条升级。价值链与创新链的协同互动过程,是两个链条交错融合的过程。这一过程不仅需要资源的整合,也需要链条上研发部门、生产部门、服务部门等的协同互动,形成多部门链接的创新网络,提高企业的创新能力,实现两链融合下产业结构的完善及价值链上地位的升级。

(四)“三链”融合机制

基于前文两两链条之间融合的分析,“三链”融合涉及多个环节、多种要素、多个主体、多个部门,其融合过程借鉴三链 DNA 的基本结构展示(见图 3),三链像三条螺旋缠绕在一起,同时互为因果。每一链条携带着其要素组合随着时间不断发展,三个链条围绕集成电路技术创新密切相关,相互聚合绕成一个整体,最终轨迹演化为一个三螺旋链。融合过程须以价值链为牵引,以产业链为基础,围绕产业链部署创新链,基于创新链提升价值链,通过链条上各节点的互补、“三链”的有机互动,实现链条两两之间非线性结构的演化,充分发挥各链条的作用,最终实现“三链”的系统循环演进和动态融合。从图 3 看,每个链条内部都以自身元素为核心,以一定的场域向外作用,不同层次链条上的重叠表示链条上各要素在此进行关联与互动,这种互动为集成电路产业的创新发展、产业现代化水平提升提供了耦合动力,保证了集成电路产业“三链”融合的稳定性和整体性。三个链条咬合并不孤立,而是两两之间都有穿插、结合、交汇,两链和三链都能灵活作用产生联动效应,链条上的各类要素在整个三螺旋结构中以多种形式相互作用。在图 3 中三个链条在其场域作用下相互关联,作用力最大部分为重叠区域,即三链融合,其具体结构是产业链、创新链、价值链三链在保持各自独立的同时,又表现出另外两个链条的一些组织特征。这种融合合力打破单个链条的网络边界,在其共同的场域建立新的产业、创新和价值运作机制。

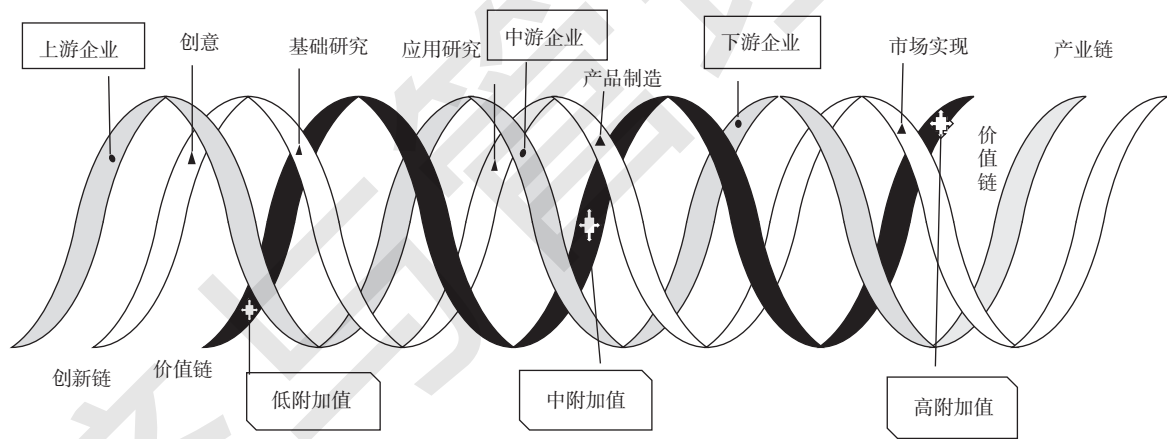


图 3 “三链”融合示意图

“三链”多方向融合的本质在于使产业基础高级化、产业链现代化。而链式组织的融合具备解决这一问题的能力,实现融合的过程在于对资源要素的整合,这一整合能力符合波特的竞争优势理论^[13]。以价值链为导向分析产业链与创新链的优化与布局,形成以分布在产业链上下游所有高等院校、科研机构等参与主体共同参与的创新联合体,结合所处行业产业优势,破除不利于创新的体制机制,优化创新体系,打破“创新孤岛”现象,为产业高级化打牢基础。创新链、价值链皆源于产业链,而价值链是另外两链追求更高价值的目标,因此,“三链”的融合对于创新联合体而言,形成“核心层+紧密合作层+一般协作层”不同层次的相互协作,并对产业价值链进行精准分析,选择链条上重要环节、薄弱环节重点部署、倾斜资源,纵向延伸产业链条,推动产业链由低附加价值向中、高端附加价值转移。产业链现代化水平的提升是一个渐进、有梯度的过程,并不是“三链”高度同步,即三者同时高处叠加、低处融合,而是以价值链分析为先,在产业价值链初步实现的前提下,在不同阶段、不同环节或以价值链为基础,或以创新链为导向,或以产业链为主导,重点分析、提升另外两链的融合度,融合过程动态演绎、螺旋交错,最终实现产业链优化、创新链布局、价

值链高端的“三链”融合。就像生物中DNA三螺旋的发展轨迹一样,游离在空间结构中的单体与每个链条上的基因形成有作用力的化学键,各类要素在场域作用下,随时间推移而生长,最终演进成一条持续进行的发展轨迹。

四、中国集成电路产业“三链”融合的现状分析

(一) 集成电路产业“三链”现状

1. 国内集成电路产业基础面

目前,中国集成电路产业链已相对齐全,产业结构相对完整(见图4)。位居价值链高端、创新程度高的设计产业在中国整个集成电路产业中占比逐渐升高,2021年达43.21%;价值及创新力相对较高的制造产业在2015年达到峰值后下降又缓慢上升,并于2020年超过了封测产业占比;封测产业附加价值低、技术含量低,近年来在集成电路产业结构中逐步下降。这表明,中国对集成电路设计业愈来愈重视,集成电路产业结构逐渐向合理化发展,产业结构逐步向技术难度大、附加价值更高的设计产业、制造产业倾斜。产业结构的变化为中国集成电路产业链、创新链、价值链的融合提供了基础和契机。这背后的原因在于中国对集成电路设计产业、制造产业的重视程度有了较大提高,并出台了一系列与其创新发展相关的政策文件池。在中国政府网“国务院文件”中以“集成电路”为关键词检索,检索出25份文本(限于篇幅未列出),这表明中国近五年对集成电路产业的发展高度重视,发文数量较前些年密集。研读政策文本,发现集成电路设计产业、软件业相关的文件或文件中涉及的内容较多,即政策焦点在于集成电路产业创新链的顶层规划。这与图4中中国集成电路产业结构中设计产业占比近几年持续上升相呼应。政策文本对集成电路产业创新链条上各环节节点的关注,旨在提升中国集成电路产业的创新力、核心技术的突破,同时也强调了创新链对整个产业链的支撑、引领作用。政策文本的内容还有创新链的完善和细化到集成电路产业人才的引进、认定与培养,知识产权保护、税收优惠等方面。国家政策是对集成电路产业技术创新领域的指引,凸显了集成电路产业链上设计、软件等环节在整个产业链、价值链链条上的重要性。这既是中国在集成电路产业从跟跑、并跑到领跑的转变,也是对产业链、创新链、价值链“三链”各自不同侧重点的重视,同时也为“三链”的融合发展提供了环境与政策支持。

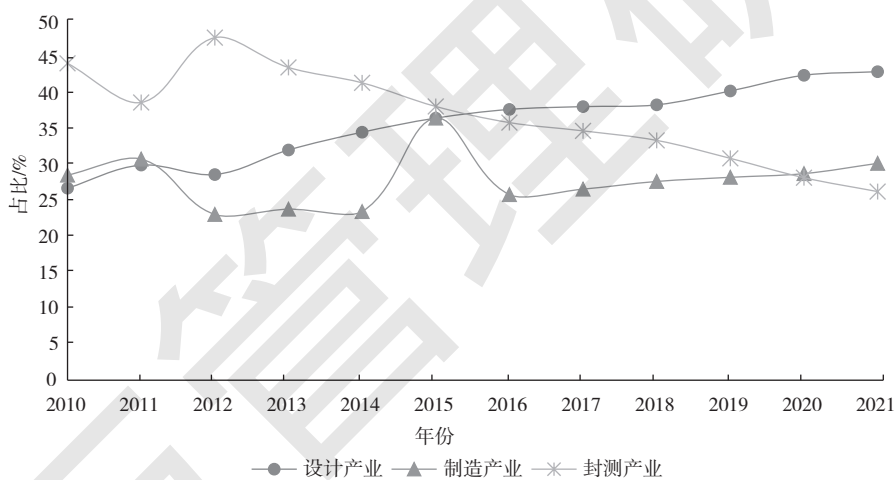


图4 中国2010—2021年集成电路产业结构占比

数据来源:中国半导体协会。

2. 国际集成电路产业环境面

中国在全球创新链中的位势不断提升,在全球创新网络中所占份额不断增大^[39]。创新网络一般是跨国公司研发国际化的结果^[40]。随着中国参与全球价值链程度的加深,中国在全球创新链的地位大幅

提升,在全球创新链中发挥愈来愈重要的作用。但全球创新链也会负向影响中国,加之新冠肺炎疫情对全球传统产业产生了巨大冲击,面对外部施加的“断链”风险,提高中国在制高点上的自主创新能力迫在眉睫。目前,中国产业链的发展由原来与欧美国家分工互补合作的模式向主导权争夺的方向转变,今后参与全球产业链、创新链的程度还会加深。与一些发达经济体相比,中国创新能力明显不足,高精尖产品和关键核心技术长期受制于国外,尤其表现在集成电路产业,产业链与创新链融合能力亟须进一步提升。

中国集成电路行业“三链”在全球 IC“链”中的位置不高。国内集成电路产业价值链高端环节尤其是设计产业起步较晚,产业结构、高附加值链条突破与发达经济体差距明显。由图 5 可知,产业价值链高端位置多数由国外企业巨头占据,知识产权(IP)核、电子设计自动化(EDA)、半导体设备制造等环节在创新链条中具有较高经济价值,而中国在该行业全球重要企业产业链图谱中的企业数量较少,高端半导体设备制造环节几乎被发达经济体垄断。据 IC Insights 数据库 2022 年披露,2021 年全球十大半导体企业几乎全位于图 5 的产业图谱上,共占据全球 57.1% 的市场份额,这些企业主要有美光、高通、德州仪器、英伟达等美国巨头,中国大陆企业无一入榜。此外,集成电路产业面临的复杂外部环境及环境的不确定性,都是该产业“三链”融合发展的不利条件。

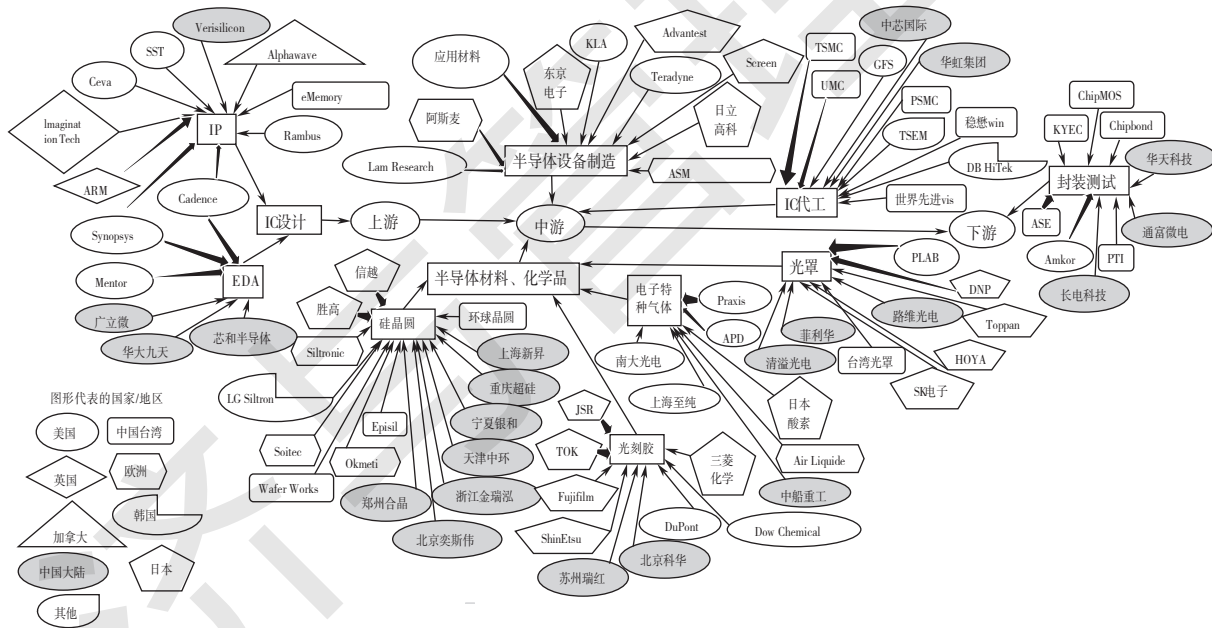


图 5 全球集成电路上下游重要企业产业链图谱

(二)“三链”融合的现状

1. 产业链与创新链融合度评价

(1)数据标准化与赋权

由于各个指标经济意义有别,须进行无量纲处理,采用 min-max 标准化方法进行归一化处理。样本矩阵 X 表示为 $(x_{ij})_{m \times n}$, 其中, $i=1,2,\dots,m,m$ 为样本量; $j=1,2,\dots,n,n$ 为指标体系数。本文的指标体系均为正向指标,故统一正向标准化公式处理为:

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i(x_{ij})}{\max_i(x_{ij}) - \min_i(x_{ij})} \quad (1)$$

上述标准化处理后的样本矩阵 Y 为 $(y_{ij})_{m \times n}$, 则各指标熵权的计算公式为:

$$\omega_j = \frac{1 - A_j}{\sum_{j=1}^n (1 - A_j)}, (0 \leq \omega_j \leq 1, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1) \quad (2)$$

其中, $A_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m \gamma_{ij} \ln \gamma_{ij}, \gamma_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}}$, 当 $\gamma_{ij} = 0$ 时, $\gamma_{ij} \ln \gamma_{ij} = 0$ 。

(2) 测度方法

首先把集成电路产业链与创新链看作复合系统 $S = \{S_1, S_2\}$, 其中 S_1, S_2 分别表示产业链、创新链。而 S_1, S_2 中又包含 n 个序参量, 即 $e_m = (e_{m1}, e_{m2}, \dots, e_{mn})$, 其中 $m = 1, 2, 3, n \geq 2, \beta_{mi} \leq e_{mi} \leq \alpha_{mi}, i \in [1, n]$, β_{mi} 和 α_{mi} 分别为序参量分量 e_{mi} 的下限和上限。假定: 序参量分量 $e_{m1}, e_{m2}, \dots, e_{ml_1}$ 的值正比例于系统的有序度, 即 e_{ml_1} 的值越大, 对应的系统有序程度越高; 序参量分量 $e_{ml_1+1}, e_{ml_1+2}, \dots, e_{mn}$ 的值反比例于系统的有序程度, 即 e_{mn} 的值越大, 对应的系统有序程度越低。

用 $\mu_m(e_{mi})$ 表示序参量分量 e_{mi} 的系统有序度, 则序参量有序度的测算方法为:

$$\mu_m(e_{mi}) = \begin{cases} \frac{e_{mi} - \beta_{mi}}{\alpha_{mi} - \beta_{mi}}, i \in [1, l_1] \\ \frac{\alpha_{mi} - e_{mi}}{\alpha_{mi} - \beta_{mi}}, i \in [l_1 + 1, n] \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中, $\mu_m(e_{mi}) \in [0, 1]$, 其值越大, e_{mi} 对序参量有序度的贡献越大。子系统 S_m 的有序效应可通过 $\mu_m(e_{mi})$ 的集成量度, 子系统的有序度受各序参量组合形式的影响, 本文采用线性加权求和法则计算 S_1, S_2 的有序度, 设 $\mu_m(e_m)$ 是各子系统的有序度, 则各子系统的有序度量度公式为:

$$\mu_m(e_m) = \sum_{i=1}^n \varphi_i \mu_m(e_{mi}), \text{其中 } \varphi_i \geq 0, \sum_{i=1}^n \varphi_i = 1 \quad (4)$$

式(4)中, $\mu_m(e_m) \in [0, 1]$ 。设集成电路产业链、创新链复合系统协同度从时刻 t_0 至时刻 t_1 , 各子系统的有序度分别为 $\mu_m^0(e_m), \mu_m^1(e_m)$, 则 t_0 至 t_1 时间区间的复合系统协同度公式为:

$$D = \omega \sqrt{\prod_{m=1}^2 |\mu_m^1(e_m) - \mu_m^0(e_m)|} \quad (5)$$

其中, $\omega = \frac{\min[\mu_m^1(e_m) - \mu_m^0(e_m) \neq 0]}{|\min[\mu_m^1(e_m) - \mu_m^0(e_m) \neq 0]|}, m = 1, 2$ 。复合系统协同度 $D \in [-1, 1]$, D 的值越靠近

1, 其协同度越高, 越靠近 -1, 其协同度越小。而参数 ω 的限定条件表示当 $\mu_m^1(e_m) - \mu_m^0(e_m) > 0$, 即 $\omega = 1$ 时, 复合系统协同度才表现为正。

(3) 数据来源

样本时间为 2011—2020 年, 其中专有权相关的 4 个指标来源于 2012—2021 年《全国技术市场统计年度报告》、集成电路年产量指标数据来源于《国家统计局统计公报》; 其他指标来源于《中国高技术产业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》, 个别 2017 年缺失数据采用插值法计算并补齐。需要说明的是, 融合力的两个二级指标分别根据中国高技术产业中电子器件制造中电子真空器件制造、半导体分立器件制造、集成电路制造、光电子器件制造四类电子行业年度专利申请数和年度主营业务收入数值代入赫芬达尔指数计算得到, 其中 2012—2016 年末披露光电子器件制造, 按电子真空器件制造、半导体分立器件制造、集成电路制造三类计算。

(4) 评价过程

首先,借鉴王玉冬等(2019)^[41]、梁文良和黄瑞玲(2022)^[42]的方法,基于产业链与创新链构建可量化的指标体系,并根据式(1)先进行标准化处理,再根据式(2)对无量纲化指标进行赋权,如表 1 所示。

表 1 集成电路产业链与创新链协同度指标体系

| 总系统 | 子系统 | 一级指标 | 二级指标 | 序参量 | 指标权重 |
|--------------|----------------------|------|----------------------------|------|-------|
| 集成电路产业两链复合系统 | 产业链(S ₁) | 融合力 | 技术融合 | e11 | 0.055 |
| | | | 市场融合 | e12 | 0.054 |
| | | 发展力 | 集成电路制造企业数量/个 | e13 | 0.070 |
| | | | 平均用工人数/人 | e14 | 0.060 |
| | | | 集成电路年产量/亿块 | e15 | 0.051 |
| | | | 集成电路制造业营业收入/亿元 | e16 | 0.062 |
| | | | 营业收入/规模以上企业高技术产业主营业务收入(%) | e17 | 0.032 |
| | 创新链(S ₂) | 投入阶段 | R&D 经费内部支出/亿元 | e21 | 0.047 |
| | | | R&D 人员数/规模以上企业总 R&D 人员数(%) | e22 | 0.078 |
| | | | 有 R&D 活动企业数/个 | e23 | 0.046 |
| | | | 发明专利申请数/件 | e24 | 0.064 |
| | | | 各创新主体科研机构数/个 | e25 | 0.032 |
| | | 转化阶段 | 新产品销售收入/亿元 | e26 | 0.037 |
| | | | 专有权合同数/项数 | e27 | 0.040 |
| | | | 专有权成交额/亿元 | e28 | 0.095 |
| | | | 专有权转让合同数/个 | e29 | 0.066 |
| | | | 专有权转让成交额/亿元 | e230 | 0.110 |

其次,将无量纲数据代入式(3)得到 S₁、S₂ 的有序度 $\mu_m(e_{mi})$, 并将其与表 1 赋权后的值一同代入式(4),求得两链的有序度,最后,以相邻基期、相同基期(以 2011 年为基期)两种方式依据式(5)计算两链的协同度,如表 2 所示。

表 2 两种方式下双链的系统协调度

| 年份 | 子系统有序度 | | 系统协同度 | |
|------|--------------------|--------------------|------------|------------|
| | 产业链 S ₁ | 创新链 S ₂ | 相邻基期两链复合系统 | 相同基期两链复合系统 |
| 2011 | 0.104 4 | 0.090 4 | | |
| 2012 | 0.057 7 | 0.091 4 | -0.006 6 | -0.006 6 |
| 2013 | 0.062 6 | 0.158 3 | 0.018 2 | -0.053 2 |
| 2014 | 0.045 1 | 0.096 9 | 0.032 8 | -0.019 6 |
| 2015 | 0.023 3 | 0.119 2 | -0.022 0 | -0.048 3 |
| 2016 | 0.074 3 | 0.205 2 | 0.066 2 | -0.058 8 |
| 2017 | 0.120 1 | 0.182 7 | -0.032 1 | 0.038 0 |
| 2018 | 0.174 1 | 0.108 2 | -0.063 4 | 0.035 1 |
| 2019 | 0.235 6 | 0.195 5 | 0.073 3 | 0.117 4 |
| 2020 | 0.370 7 | 0.491 7 | 0.200 0 | 0.326 9 |

(5) 结果分析

从表 2 和图 6 结果看,两种基期方式下,中国集成电路产业链与创新链的系统协调度近 10 年来波动明显。具体地,以 2011 年为基期计算的双链系统协调度在 2016 年前协同度较差,一直为负值,2017 年为正且快速上升,到 2020 年协同值达 0.327。以相邻年份计算的协同度值与上述方式稍显不同,正负值波动频繁,2012 年起短暂上升为正值,2015 年降为负值,2016 年陡升后又于 2017 年降为负值,2018 年为负峰值 0.063,此后两年快速上升为正值,但值低于相同基期。以上两种方式下的结果表明,中国集成电路产业链与创新链的协同度总体还很低,虽然在波动中近三年有所改善,但协同度值也仅仅维持在 0.3 左右。上述结果源于双链子系统有序度的大小及波动,而子系统有序度的值受权重占比较大的指标体系的影响较大。

2. 产业链重要环节的“三链”融合

全球价值链是产业链与创新链互动的结果^[8],每个国家在全球价值链中的位势、在全球创新网络中的份额标志着该国产业链和创新链的融合程度。上文分析了中国集成电路产业链与创新链 10 年间的融合程度,直观地表明了中国集成电路产业链与创新链的互动过程,较低程度的融合也暗含着价值链的不容乐观。放眼国际,各国集成电路产业在创新链中的进阶程度不同,也影响着各国在产业链中的地位。

本文借鉴麦肯锡全球研究院(McKinsey Global Institute, 2019)^[43]、张其仔和许明(2020)^[12]针对货物贸易、服务贸易的不同行业在全球价值链中划分为创新密集型、劳动密集型、区域密集型、资源密集型、知识密集型几个类别,结合集成电路产业链的特点及国内学者研究,将集成电路上中下游产业链重要细分行业归入对应的价值链类型,对比分析集成电路行业在全球价值链的竞争情况,剖析中国集成电路产业链、创新链、价值链的现状,厘清“三链”在全球中的竞争态势,具体如表 3 所示。由表 3 可知,产业链上游的 IP、EDA 环节隶属的价值链类型为创新密集型、知识密集型,中国只有部分少数企业成为国际骨干企业,EDA 第一梯队被三巨头企业 Synopsys、Cadence、Siemens 把持,且拥有全流程产品及较高的市场份额;产业链中游的半导体设备制造、硅晶圆、电子特种气体、光刻胶、光罩等流程多属于知识密集型、资金密集型行业。在该环节,日本、德国、美国占据在知识密集型价值链的高端,拥有大部分用于先进芯片工艺的半导体材料和化学品,其中日本的关键材料全球市场占有率均超 50%。中国虽然在产业链中游环节的价值链有所提高,低档次产品所需材料和化学品的供应还能满足,但只有少量先进芯片工艺中所用到的先进射靶材、化学机械抛光(CMP)材料、高纯气体,其余材料严重依赖日本、德国、美国。在光刻胶环节,中国内资厂商如彤程新材、上海新阳、徐州博康、晶瑞股份等经过多年努力,已取得各大类光刻胶除了极紫外辐射(EUV)外的技术突破,而 EUV 技术壁垒高、创新性强,全球约 86% 的光刻胶行业被日本合成橡胶公司(JSR)、东京应化、罗门哈斯、信越化学及富士合理等知名企业占据。下游的封装测试产业大多属于劳动密集型行业,相比于产业链其他环节,中国较为有优势,但全球封测行业高度集中,在后摩尔竞争加剧时

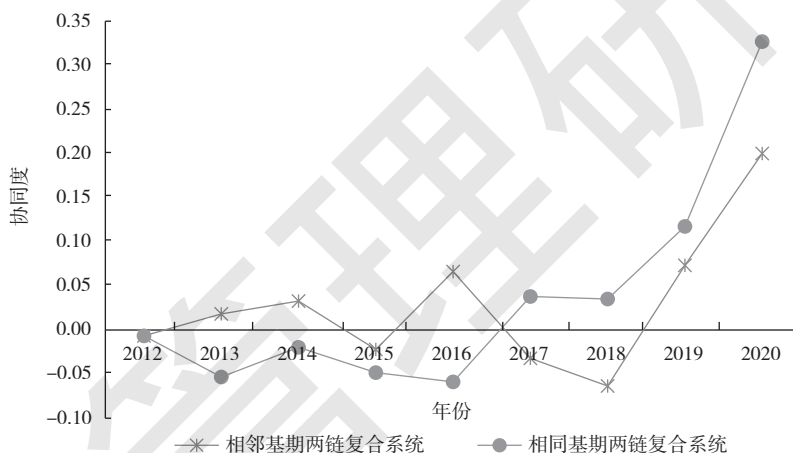


图 6 产业链与创新链系统协同度

代,先进封装技术待突破。中国台湾地区在该环节价值链中保持绝对的领先地位,骨干企业合计占据全球约55%的市场份额,且在资本、专业人才方面的投入较大,封测技术迭代较快,中国大陆企业与其依然有较大差距。

综上,中国在全球集成电路产业链中仍不具有主导权。美国通过技术创新处于集成电路创新链的“链主”地位,欧洲、中国台湾地区、韩国占据了集成电路全球价值链高附加值环节,中国在集成电路全球价值链中仍处于中低端环节,创新密集型、知识密集型产业竞争力弱。换句话说,中国产业链、价值链、创新链的融合还有不少断链环节,在价值链较高环节与发达经济体差距明显,“三链”的融合还有很长的路要走。

表3 集成电路全球价值链竞争情况分析

| 产业链 | 环节 | 价值链类型 | 发达经济体竞争力情况 | 中国竞争力情况 | 企业层面对比 |
|-----|-------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 上游 | IP、EDA | 创新密集型、知识密集型 | 最先发展于美国,欧洲、日本及中国台湾地区在短期内也迅速发展。欧美经过长期的技术积累、沉淀,成为该产业链上游创新密集型和知识密集型的领头人。后起追赶的日本和中国台湾地区难以突破欧美企业的技术垄断,以“创新+生产”的模式成为创新密集型的第二梯队成员。 | 中国在集成电路产业的技术研发投入起步较晚,当前,较高经济附加值的价值链中与创新前沿国家有差距,竞争力不足。但在设计领域,有少数企业成为国际骨干,但整体集成电路设计产业依旧以美国公司为主导,美国占了全球集成电路设计份额的53%,中国占比只有11%,两者相差悬殊。 | 以EDA为例进行企业层面对比,据前瞻数据库:第一梯队:三巨头企业Synopsys、Cadence、Siemens业务遍布全球,拥有全流程EDA产品,占据全球约80%的市场份额。第二梯队的代表企业为ANSYS、Silvaco、Aldec Inc.、华大九天,前三家为美国公司,拥有部分领域全流程产品。第三梯队的代表企业为Altium、Concept Eng-ineering、概论电子,以点工具为主,缺少EDA特定领域全流程产品。 |
| 中游 | 半导体设备制造 | 知识密集型、资金密集型 | 欧美、日本、韩国在价值链高端环节有明显优势。该环节包括光刻机、刻蚀设备、薄膜沉积设备、离子注入机、CVD设备等10余类,这些技术工艺要求高的细分领域基本被欧美、日本、韩国所垄断。 | 中国在该环节的自主制造能够满足中低端工艺要求,但高端芯片的设备供给能力缺乏,严重依赖进口,面向高端的研发支出不足。 | 阿斯麦公司基本垄断了EUV光刻机,美国Lam Research、应用材料、日本东京电子垄断着刻蚀机领域。该环节研发支出高昂,阿斯麦公司2019年研发费用达22.03亿美元,约为当年中国大陆80多家上市公司研发支出总数的3/4。 |
| | 硅晶圆、电子特种气体、光刻胶、光罩 | | 日本、德国、美国拥有大部分用于先进芯片工艺的半导体材料和化学品,占据知识密集型价值链的高端。日本的关键材料全球市场占有率均超过50%。 | 中国参与该全球价值链程度提高,能满足低档次产品所需材料和化学品供应,但在先进芯片工艺中,只有最先进的射靶材、CMP抛光材料、少量高纯气体,其余材料严重依赖日本、德国、美国。 | 全球光刻胶领域的佼佼者主要有:JSR、东京应化、罗门哈斯、信越化学、住友化学,这几家占据了全球光刻胶领域80%以上的市场份额。中国内资厂商如彤程新材、上海新阳、徐州博康、晶瑞股份等经过多年努力,已取得各大类光刻胶除了EUV外的技术突破。 |
| | 集成电路代工 | | 该环节具有头部效应,毛利率处于行业较高水平,主要集中在东亚地区,中国台湾地区集成电路代工制造实力尤为强劲,有充足的资本投资和人才,美国很少有此类代工企业。 | 中国大陆在晶圆代工环节和国际领先水平存在差距,拥有一批技术领先的晶圆代工企业是向“芯片制造”转移的关键。 | 台积电长期占据全球晶圆代工50%以上的市场份额。台积电的7纳米(包括EUV)晶圆产能2019年约为10万~11万张/月,5纳米、6纳米均已量产;而中国大陆企业中芯国际2020年实现12纳米量产,产能是1.5万片/月。虽然也为全球十大代工厂之一,但工艺技术差距明显。 |

表 3(续)

| 产业链 | 环节 | 价值链类型 | 发达经济体竞争力情况 | 中国竞争力情况 | 企业层面对比 |
|-----|------|-------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 下游 | 封装测试 | 劳动密集型 | 全球封测行业高度集中,中国台湾地区在该环节价值链中保持绝对的领先地位,在资本、专业人才方面的投入较大,封测技术迭代较快。 | 相较于其他环节,这是中国大陆集成电路发展最为完善的板块,具备国际竞争力。但在后摩尔竞争时代,倒装封装技术、多芯片封装技术是发展重点。 | 全球十大封测厂商中6家来自中国台湾地区,共占据全球近55%的市场份额,进入前十的中国大陆企业有长电科技、通富微电、天水华天,只有长电科技排名靠前,2020年以14.5%的份额占据第三位。 |

注:由于集成电路产业链长且复杂,限于篇幅,此表只分析链条上的重要环节。

五、促进中国集成电路产业“三链”融合的思路

(一) 创建覆盖全链条的创新联合体

构建集成电路产业联合共同体,是创新资源、创新要素、创新模式高效组织的重要举措。许多国家在半导体产业发展中都采用创新联合体模式并取得成功,如日本著名的超大规模集成电路(VLSI)计划、美国的半导体制造技术联盟(Sematech)。创新联合体作为中国新提出的联合攻关组织目前并无精确定义,结合中国实际,创新联合体具有以下特点:一是组建模式。依托政府关于集成电路行业出台的产业政策、创新政策、价值链政策,由集成电路上中下游龙头骨干,如以领军知名企业芯原(Verisilicon)、广立微、华大九天、芯和半导体、南大光电、苏州瑞红、北京科华、清溢光电、中芯国际、长电科技等牵头组建,由高校、科研院所、政府部门参与,以重点实验室、工程实验室、技术中心等为支持。二是发展模式。以企业为主体的创新联合体集聚了本产业优势人才、技术、知识、资金等资源,形成集成电路各环节系统线性式创新、并行式创新和系统集成式创新网络,汇聚各方支持的创新平台融通能力实现全链条关键节点创新与组织融合。明确创新联合体内上中下游产业链参与方的具体工作责任,平衡从形成到执行每个阶段各参与方的利益,保持该组织模式的动态调整机制。三是战略定位。集成电路领域关键核心技术环节多且大都是复杂综合性技术,攻关难度大,梳理集成电路链条上“卡脖子”技术如半导体设备制造、光刻机、光刻胶等进行精准定位,结合产业链及市场的现实需求集中攻关。创新联合体深度融合的组织模式与集成电路长且复杂的产业链、跨产业多领域交叉的创新链、更高形式的价值链更容易契合,这种新型的跨界合作、创新生产模式有助于集成电路行业颠覆性技术创新升级。

(二) 进一步加大税收支持力度

国家有关部门出台了一系列政策扶持集成电路产业的发展。税收优惠主要有流转税、所得税和其他税收优惠。以所得税优惠为例,“两免三减半”的优惠政策实行范围已由原来的新办集成电路设计企业和符合条件的软件企业变为设计、装备、材料、封装、测试企业和软件企业;“五免五减半”的集成电路线宽已由原来的小于0.25微米扩大到小于28纳米(含)的企业或项目^①。中国集成电路产业税收优惠虽然已覆盖了全产业链条,但依然还有不足:一是优惠力度有待进一步提升。集成电路产业是典型的重资产产业,尤其是半导体设备制造、垂直整合制造(IDM)、代工厂等关键核心技术环节,前期投入大、攻克周期长,5年的税收减免

^① 详见《财政部 国家税务总局关于进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展企业所得税政策的通知》(财税〔2012〕27号);《财政部 税务总局 国家发展改革委 工业和信息化部关于集成电路生产企业有关企业所得税政策问题的通知》(财税〔2018〕27号);《国务院关于印发新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策的通知》(国发〔2020〕8号)。

期并不一定能纾解企业早期未获利年份研发支出带来的现金流压力。二是税收优惠全产业链条有待于进一步细化。集成电路产业链条长且复杂,全链条涵盖多个细分产业,对从设计、装备、材料、封装、测试和软件全链条企业皆按“两免三减半”的优惠政策并未考虑到上中下游链条中待攻关环节的特殊性。三是缺少人才引进的所得税优惠政策。现有的人才政策偏重产教融合方式的培养,对集成电路和软件高端人才引进的相关政策缺少涉及个人所得税层面的优惠,依然采用现行的递延纳税政策及补贴免税政策,税率门槛较高,不利于集成电路产业创新型、高端型人才的引进与集聚。因此,税收优惠政策应对代工厂、IDM、设备等重资产环节加大增值税优惠,对设计、EDA 环节加大所得税支持,对产业链所有环节加大研发抵免,对集成电路产业中高端人才加大个人所得税优惠,多角度细化集成电路全链条企业、人才等的税收支持力度,为集成电路产业链、创新链、价值链“三链”融合发展创造条件。

(三) 进一步融入国际分工体系

集成电路产业链高度全球化,产业国际分工紧密。但中国集成电路在设计、半导体设备高端制造等环节参与国际分工程度并不高。在国际分工快速发展下,中国集成电路产业链并没有整体上随之实现功能升级、向价值链高端水平迁移。进一步融入国际分工体系主要应从以下方面着手:一是充分利用国内市场吸引国际集成电路公司继续加大在中国投资。中国半导体消费量占全球总额从 2000 年的不足 20% 上升到 2019 年的 60%^[44]。近 20 年来,国内形成了强大的半导体需求市场,这为全球集成电路企业在中国开展多种形式的合作提供了良好的需求市场环境。在中国投建生产基地、研发中心的国际集成电路企业依法享有内外资同等的优惠政策。同时,鼓励国际企业与国内企业深入合作,共同加强国际分工协作,推动全球集成电路产业创新发展。二是自主创新与开放引进相结合。创新链包含多个环节,中国集成电路产业在创新方面与国际分工体系融合低。中国在集成电路产业倡导举国体制的自主创新方式并不是闭门造车,而是要想方设法引进、吸收创新程度较高国家和地区的先进技术、先进理念、先进科技。紧密围绕集成电路产业链布局创新链,实现中国集成电路产业链自主可控。三是促进产业链各环节进一步嵌入国际分工体系。研判集成电路整个产业链条从设计、测试到检测等领域的细分发展方向,与国内不同区域集成电路产业链的主要发展定位相结合,打造不同经济区域的产业生态。细化分析上中下游不同环节在集成电路产业全球价值链中的情况(如表 3),针对不同的攻关环节“量身定制”其发展路径,既要“扬长”又要“补短”,深入嵌入集成电路全球产业链、创新链、价值链,实现“三链”融合的协同效应、提升产业整体竞争力。

(四) 全面提升集成电路产业“三链”核心环节

集成电路产业链条中的核心环节是该行业技术创新的核心竞争力,对“三链”融合度的提升起决定性作用。一是加快 EDA 核心技术、核心设备、关键材料的技术攻关。尽快实现模拟 EDA、数字 EDA 等工具软件全流程链条的国产化,同时,对新一代智能、低功耗 EDA 技术的研发攻关从补助、税收等方面给予相应的扶持。对核心设备如薄膜沉积设备、刻蚀设备、高真空泵等高端设备零部件、关键材料如光刻胶、高纯度化学试剂、蚀刻液等集成电路材料的持续研发和引进给予奖励,细化激励机制,着力提升这些关键材料设备的技术攻关力度。二是提升核心芯片产品、被封锁技术的研发力度与产业化水平。更大力度地支持 GPU、FPGA 等高端芯片的设计、Fab 的 14 纳米、DRAM 的 18 纳米等被技术封锁制程工艺的研发,对半导体制造环节尤其是高端电子元器件、设备生产线依据采购额的不同给予不等份额的采购补助及研发费用支出补贴,对高端封装测试技术如晶圆级、倒装、脉冲序列测试、芯粒等核心技术也给予低于中上游核心环节补助力度的激励,可按不高于实际投资额 10% 的比例设定等方式。多措并举提升整个链条上核心环节的研发强度和核心

技术攻关的支持力度,进一步提升中国集成电路产业的产业化水平和自主创新能力。

参考文献:

- [1] HANSEN M T, BIRKINSHAW J. The innovation value chain[J]. *Harvard Business Review*, 2007, 85(6): 121-130, 142.
- [2] TURKENBURG W C. The innovation chain: policies to promote energy innovations[M]//JOHANSSON T B, GOLDEMBERG J. *Energy for sustainable development: a policy agenda*. New York: United Nations Development Programme, 2002: 137-172.
- [3] BAIR J, GEREFFI G. Local clusters in global chains: the causes and consequences of export dynamism in Torreón's blue jeans industry[J]. *World Development*, 2001, 29(11): 1885-1903.
- [4] 郁义鸿. 产业链类型与产业链效率基准[J]. *中国工业经济*, 2005(11): 35-42.
- [5] 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.
- [6] 龚勤林. 论产业链构建与城乡统筹发展[J]. *经济学家*, 2004(3): 121-123.
- [7] 卢明华, 李国平, 杨小兵. 从产业链角度论中国电子信息产业发展[J]. *中国科技论坛*, 2004(4): 18-22.
- [8] 李雪松, 龚晓倩. 地区产业链、创新链的协同发展与全要素生产率[J]. *经济问题探索*, 2021(11): 30-44.
- [9] 李滋阳, 李洪波, 范一蓉. 基于“教育链-创新链-产业链”深度融合的创新型人才培养模式构建[J]. *高校教育管理*, 2019(6): 95-102.
- [10] 邸晓燕, 张赤东. 基于产业创新链视角的智能产业技术创新力分析: 以大数据产业为例[J]. *中国软科学*, 2018(5): 39-48.
- [11] 蔡坚. 产业创新链的内涵与价值实现的机理分析[J]. *技术经济与管理研究*, 2009(6): 53-55.
- [12] 张其仔, 许明. 中国参与全球价值链与创新链、产业链的协同升级[J]. *改革*, 2020(6): 58-70.
- [13] PORTER M. *The competitive advantage of nations*[M]. London: Macmillan, 1990.
- [14] 刘志彪. 从全球价值链转向全球创新链: 新常态下中国产业发展新动力[J]. *学术月刊*, 2015(2): 5-14.
- [15] ETZKOWITZ H, LEYDESDORFF L. The triple helix—university-industry-government relations: a laboratory for knowledge based economic development[J]. *EASST Review*, 1995, 14(1): 14-19.
- [16] 周春彦, 埃茨科威兹. 三螺旋创新模式的理论探讨[J]. *东北大学学报(社会科学版)*, 2008(4): 300-304.
- [17] GALVAO A, MASCARENHAS C, MARQUES C, et al. Triple helix and its evolution: a systematic literature review[J]. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 2019, 10(3): 812-833.
- [18] OKOBIRA T, MIYOSHI K, UEZU K, et al. Molecular dynamics studies of side chain effect on the beta-1,3-D-glucan triple helix in aqueous solution[J]. *Biomacromolecules*, 2008, 9(3): 783-788.
- [19] 匡茂华, 李海海. 创新链和产业链双向融合路径探析[J]. *人民论坛*, 2020(15): 190-191.
- [20] 胡乐明. 产业链与创新链融合发展的意义与路径[J]. *人民论坛*, 2020(31): 72-75.
- [21] 王荣. 基于要素视角的产业链与创新链耦合发展研究[J]. *管理现代化*, 2021(6): 12-14.
- [22] 朱俊蓉. 产业链、价值链、创新链三链融合实证研究——以四川省荣经县微晶产业为例[D]. 成都: 西华大学, 2015.
- [23] 李晓锋. “四链”融合提升创新生态系统能级的理论研究[J]. *科研管理*, 2018(9): 113-120.
- [24] 陈雄辉, 陈铭聪, 孙熹寰, 等. “四链”融合发展水平评价研究——以广东地区为例[J]. *中国科技论坛*, 2021(7): 107-114.
- [25] 叶红雨, 钱省三. 基于国内价值链培育的中国 IC 产业互动发展障碍因素研究[J]. *经济问题探索*, 2009(8): 23-27.
- [26] 张奕. 我国集成电路产业升级路径研究——基于全球价值链视角[J]. *商业经济*, 2019(2): 66-68, 180.
- [27] 文嫣. 价值链空间形态演变下的治理模式研究——以集成电路(IC)产业为例[J]. *中国工业经济*, 2006(2): 45-51.
- [28] 陈玲, 薛澜. 中国高技术产业在国际分工中的地位及产业升级: 以集成电路产业为例[J]. *中国软科学*, 2010(6): 36-46.
- [29] 费文博, 于立宏, 叶晓佳. 城市群区域价值链分工的“雁阵模式”——基于长三角集成电路产业的研究[J]. *软科学*, 2021(5): 13-19.
- [30] 李先军, 刘建丽. 中国集成电路产业发展: “十三五”回顾与“十四五”展望[J]. *现代经济探讨*, 2021(3): 87-96.
- [31] 刘雯, 马晓辉, 刘武. 中国大陆集成电路产业发展态势与建议[J]. *中国软科学*, 2015(11): 186-192.
- [32] 杨道州, 苗欣苑, 邱杰伟. 我国集成电路产业发展的竞争态势与对策研究[J]. *科研管理*, 2021(5): 47-56.
- [33] 周观平, 易宇. 新发展格局下提升中国集成电路产业链安全可控水平研究[J]. *宏观经济研究*, 2021(11): 58-69.

- [34] 李传志. 我国集成电路产业链:国际竞争力、制约因素和发展路径[J]. 山西财经大学学报,2020(4):61-79.
- [35] 吴菲菲,韩朝曦,黄鲁成. 集成电路产业研发合作网络特征分析——基于产业链视角[J]. 科技进步与对策,2020(8):77-85.
- [36] 王晓红,郭霞. 新冠疫情后我国产业链外移及产业链竞争力研究——以集成电路产业链为例[J]. 国际贸易,2020(11):18-27.
- [37] 冯梅,张磊,廖敏,等. 重庆市集成电路产业创新链关键要素研究[J]. 微电子学,2020(6):868-874.
- [38] 林学军,梁媛,韩佳旭,等. 基于全球创新链与全球价值链双重螺旋模型的产业升级研究——以华为公司为例[J]. 国际商务研究,2018(5):39-48.
- [39] BRANSTETTER L, GLENNON B, JENSEN J B. Knowledge transfer abroad: the role of U. S. inventors within global R&D networks[Z]. NBER Working Paper No. 24453, 2018.
- [40] 江小涓,孟丽君. 内循环为主、外循环赋能与更高水平双循环——国际经验与中国实践[J]. 管理世界,2021(1):1-19.
- [41] 王玉冬,张博,武川,等. 高新技术产业创新链与资金链协同度测度研究——基于复合系统协同度模型[J]. 科技进步与对策,2019(23):63-68.
- [42] 梁文良,黄瑞玲. 江苏高技术产业“三链”融合度的测度与评价——基于复合系统协同度模型的实证研究[J]. 现代管理科学,2022(1):51-60.
- [43] McKinsey Global Institute. Globalization in transition: the future of trade and value chains[R]. Washington, D. C. :McKinsey & Company, 2019.
- [44] ALLISON G, KLYMAN K, BARBESINO K, et al. The great tech rivalry: China vs the U. S. [R]. Cambridge, MA:Harvard Kennedy School, 2021.

Three-chain Integration of China's IC Industry: Theoretical Logic, Current Situation, and Ideas

SUN Qin¹, LIU Jiejiao², XU Zheng¹

- (1. University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488;
2. Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100006)

Abstract: Integrating the industry chain, the innovation chain and the value chain is an effective way to strengthen the power of production, education, research and application, and improve the R&D capability of key industrial technologies in China's integrated circuit (IC) industry. Taking the three-chain integration in the IC industry as the research object, inspired by the triple helix structure in biology, this paper analyzes the theoretical logic of three-chain integration. Then, it uses the composite system synergy model to analyze the synergy between the industry chain and the innovation chain from 2011 to 2020, and quantifies the low integration of both chains. As the value chain is the result of the interaction between the industrial chain and the innovation chain, after analyzing the integration of important sub-industries in the IC industry, it is concluded that there are still broken links in the integration, as well as the significant gap between China and developed economies in higher links of the value chain. Therefore, this paper proposes some three-chain integration ideas from four aspects: creating an innovation consortium that covers the whole chain, further increasing tax support, integrating into the international division of labor system, and comprehensively upgrading core links.

Keywords: integrated circuit; industrial chain; innovation chain; value chain; integrated development

责任编辑:姜 莱