

中美贸易摩擦背景下 “卡脖子”技术识别方法与突破路径

——以电子信息产业为例

汤志伟 李昱璇 张龙鹏

【摘要】中美贸易摩擦背景下,研究科学合理的“卡脖子”技术识别方法对攻克“卡脖子”技术、提升国家技术实力、维护国家经济安全具有重要意义。通过对“卡脖子”技术的概念和内涵进行分析,得出“卡脖子”技术的识别原则和识别方法,以电子信息产业为例,通过问卷调查法搜集关键核心技术35项,从中识别出“卡脖子”技术13项,得出电子信息产业“卡脖子”技术基础性特征突出、集成电路“卡脖子”威胁大、高端软件相时安全的结论,并从技术、企业、产业、社会层面出发提出我国攻克“卡脖子”技术的政策建议。

【关键词】技术识别方法;“卡脖子”技术;关键核心技术;电子信息产业

【作者简介】汤志伟(1969-),男,重庆涪陵人,博士,电子科技大学公共管理学院院长,教授,研究方向为数字治理与技术创新;李昱璇(1996-),女,新疆昌吉人,电子科技大学公共管理学院硕士研究生,研究方向为技术管理与技术创新;张龙鹏(通讯作者)(1988-),男,贵州毕节人,博士,电子科技大学公共管理学院副教授,研究方向为技术经济与产业经济(成都 611731)。

【原文出处】《科技进步与对策》(武汉),2021.1.1~9

【基金项目】国家社会科学基金专项项目(18VJS057);四川省软科学研究项目(19RKX0019)。

0 引言

自特朗普上台以来,美国奉行单边主义和贸易保护主义,僵化的零和博弈思维使美国陷入了“修昔底德陷阱”思维范式。2018年中美贸易摩擦爆发,美国以中美贸易逆差为由,一方面向中国出口货物加征关税,一方面限制向中国进口产品,对技术知识领域进行封锁。中美贸易摩擦名为贸易之争,本质上是科技实力之争^[1]。美国指责中国在中美经贸合作过程中对美国进行知识产权盗窃以及强制技术转让,同时又有意识压制中国经济崛起,阻止“中国制造2025”的实现,由此导致贸易摩擦。美国作为世界科技强国,技术水平高、自主创新能力强,掌握着一批关键核心技术的垄断权,并且由于产业发展时间早,作为领域内的先行者已经建立起基于技术的产品生

态。美国在技术水平处于一定优势的情况下对我国展开技术封锁,使我国自主创新能力不足、关键核心技术受制于人的问题浮出水面。2018年中美贸易摩擦中,美国商务部发布公告称,美国政府在未来7年内禁止中兴通讯向美国企业购买敏感产品,受公告影响,中国最大的通信设备上市公司中兴的主要经营活动无法正常进行,暴露出我国巨大的“卡脖子”技术缺口问题。中兴事件充分说明了中美之间存在着等一批“卡脖子”技术,一旦美国对这些技术进行封锁,就能“卡住中国的脖子”,使企业经营活动无法进行,产业供应链断开,对国家经济发展造成巨大损失。

从安全性角度看,“卡脖子”技术对国家经济安全具有关键性的保障作用,在技术价值方面,“卡脖

子”技术对实现产业技术高级化、产业链现代化来说更是必不可缺的致胜关键。党的十八大以来,习近平总书记曾在多个场合强调自主创新能力和关键核心技术的重要性,以及突破“卡脖子”技术的必要性。在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上,习近平总书记明确指出,中国科学界要在关键领域、“卡脖子”的地方下大功夫^[1]。

对“卡脖子”技术的内容、范畴、技术特点、技术差距等技术信息进行研究是技术竞争情报的一部分,具有关键决定性、撬动性和不可替代性,不仅是企业竞争情报的核心内容,决定着企业战略的制定,更是国家情报安全的重要组成部分,对维护国家经济安全具有重要作用,是提升技术水平和经济实力的“耳目”。目前,对于“卡脖子”技术的研究主要集中在宏观层面^[2],较少立足于实际情况进行具体分析,对“卡脖子”技术缺乏具有普适性的识别方法和可操作性强的分析过程,即哪些技术可以被认定为“卡脖子”技术?判定为“卡脖子”技术的依据是什么?

基于以上问题,本文立足于中美贸易摩擦背景,辨析“卡脖子”技术的内涵和特征,从竞争博弈的角度出发设定识别原则,基于设定的原则进一步提出“卡脖子”技术识别的方法步骤,然后将方法应用于电子信息产业技术分析,实现对电子信息产业“卡脖子”技术的识别和预测,得出电子信息产业“卡脖子”现状的结论并对方法的可行性和有效性进行验证,最后基于前文分析,提出攻克“卡脖子”技术的政策建议。

1 “卡脖子”技术内涵与特点

近期,“卡脖子”技术备受关注主要是因为2018年中美贸易摩擦中的中兴事件。2018年,美国商务部发布公告称,美国政府在未来7年内禁止中兴通讯向美国企业购买敏感产品,敏感产品有零部件、商品、软件和技术,其中包括中兴产品的核心元器件——芯片,此前,中兴的芯片半数以上依赖美国进口。此举一出,中兴在A股、H股双双停牌,公司进入“休克”状态,在斡旋协商后,中兴以10亿美元罚款和董事会高管大幅调整的重大代价换来了禁令解除。从中兴事件可以看出,“卡脖子”技术对于企业

生产和经营活动的正常进行起着关键性决定作用,如果技术不可自主研发,又没有替代产品,而绝对性地依赖于一两个供应商或供应国,一旦供应商断供或供应国限制出口会对企业造成摧毁性的重大打击,威胁到国家经济安全。肖广岭^[3]认为,“卡脖子”技术具有垄断性、复杂性、重要性等特点。在此基础上,根据“卡脖子”技术的独特性作用,本文认为“卡脖子”技术有以下几个特点:①战略性及关键核心,能称为“卡脖子”问题的,必然与国家安全、经济社会发展紧密相关,属于一个国家的战略必争领域,是产业链运行和发展的关键核心,具有高价值性及巨大影响;②垄断性及无法替代,“卡脖子”技术、产品、材料以及装备是全球唯一供应链且难以替代的产品,要么被个别企业垄断,要么企业集中在个别国家或联盟国家中;③复杂性及难以突破,制约产业发展的“卡脖子”问题往往具有很强的复杂性,技术突破、产品性能提升等通常需要长期积累,自主可控、形成竞争优势难度极大。综合以上分析,可以得到“卡脖子”技术的内涵,即“卡脖子”技术属于关键核心技术的范畴,不仅在技术价值链上占有极高的位置,且在国际上技术来源少,形成技术垄断的局面,一旦被技术供给方制裁,技术需求方将难以在短期内实现技术突破,直接威胁到企业存亡和国家经济安全。为准确地理解“卡脖子”技术的内涵,以下辨析其与关键核心技术、颠覆性技术的关系。

(1)“卡脖子”技术与关键核心技术。关键核心技术是指在一个系统、产业链或一项技术领域起重要作用且不可或缺的技术,可以是技术点,也可以是对某个领域起到至关重要作用的知识。关键核心技术难度大、水平高,对整个产业链起着关键作用^[4]。在技术层面,“卡脖子”技术与关键核心技术是相同的,同样是对企业生产和经济发展举足轻重的关键技术,但在社会经济层面,“卡脖子”技术不同于关键核心技术。关键核心技术是“卡脖子”技术的充分非必要条件。一方面,“卡脖子”技术的攻克时间更长,技术需求方难以在短时间内突破或找到替代方案,供给方很容易利用技术上的先发优势进行技术压制;另一方面,“卡脖子”技术的垄断性更强,全球产业布局的关键节点往往掌握在一个国家甚至一个公

司手中,在同类产品中具有绝对优势,独占全部的卖方市场,技术供给方具有绝对话语权,技术需求方缺乏谈判筹码,处于相对劣势位置。此外,“卡脖子”技术的依赖性更大,技术供给方往往已经建立起包含上、中、下游研发伙伴协同合作的产业生态,技术需求方即使满足技术层面要求,也难以实现规模商用。综上,“卡脖子”技术较关键核心技术而言更具有威胁性,具有潜在战略武器的特点,技术拥有方能够通过技术断供卡住竞争对手的脖子,使其失去竞争力。

(2)“卡脖子”技术与颠覆性技术。颠覆性技术(Disruptive Technology)是指一种另辟蹊径、对传统或主流技术产生颠覆性效果的技术^[5]。颠覆性技术替代现有技术范式,改变企业技术竞争态势,对现有技术体系产生破坏性影响。颠覆性技术是相对于持续性技术而言的,遵循自下而上的性能轨道^[6],初期以并不引人注意的方式在低端市场活跃,后期性能提升后进入主流市场,最终替代原有技术,颠覆原有标准。颠覆性技术与“卡脖子”技术相比,同样具有较高的技术价值,在产业价值链中占据重要位置,对产品价值起到重要作用。区别在于,“卡脖子”技术是原有的传统技术,属于主流技术范畴,也就是说,“卡脖子”技术与颠覆性技术同样遵循S型上升曲线,但在同一时间横截面下,“卡脖子”技术与颠覆性技术分别属于两条不同的S曲线。在“卡脖子”技术对技术需求方造成威胁时,颠覆性技术能够起到替代作用,解技术需求方的“卡脖子”困局,因此“卡脖子”技术与颠覆性技术是互补关系。

2 “卡脖子”技术识别框架

掌握“卡脖子”技术不仅能够保障企业经营活动正常进行,维护产业链正常运行,实现保障产业安全的兜底作用,更能够助力产业升级,提升国家科技实力和科技竞争力,具有重大战略意义。识别出“卡脖子”技术可以切实助力包括政府部门、企业、独立科研机构、产业服务专业机构等在内的需求对象开展技术攻关或进行技术服务,实现技术创新,摆脱技术供给方控制,挣脱困局,达到产业技术高级化的目标。因此,在识别过程中要切实考虑技术实际情况,考虑到外部环境因素,找出那些作用尤其关键且具

有投资价值的“卡脖子”技术。基于此,本文提出“卡脖子”技术的识别原则,在原则指导下设定“卡脖子”技术识别方法。

2.1 识别原则

(1)切实保障国家经济安全。2019年10月8日,美国商务部工业和安全局宣布,把我国28家实体企业和机构列入“实体清单”^[7],其中包括大华科技、海康威视、科大讯飞、旷视科技、商汤科技、美亚柏科、依图科技、颐信科技8家科技企业。美国的技术封锁直接锁定我国经济发展的要害和弱点,阻碍了我国产业升级,给我国经济安全带来了巨大隐患。所谓国家经济安全,是指国民经济发展不受根本威胁的状态,包括内部和外部两个方面的内容。在识别需要突破的“卡脖子”技术过程中,亟需找出那些真正会影响国家经济命脉的“卡脖子”技术,以帮助政府明确哪些技术是需要尽快攻关和突破的,切实保障国家经济安全。

(2)高水平融入全球化。习近平总书记明确指出,扩大开放越有阻力,越要迎难而上^[8]。这一重要论述表明我国将以扩大高水平开放引领经济全球化发展。我国要积极参与完善全球经济治理体系,顺应投资贸易便利化、自由化和法制化趋势,在新一轮开放中提升中国制度性话语权和影响力。这也就意味着不能关起门来突破“卡脖子”技术,而是要在高水平融入全球化背景下实现“卡脖子”技术的突破。对于能够通过公平自由的国际贸易获得的关键核心技术,依然可以引进来,真正需要突破的是那些严重被美国等国家制约,不能通过国际贸易获得的关键核心技术。因此,本文在识别“卡脖子”技术过程中,始终坚持高水平融入全球化的基本原则,识别出不能通过公平自由的国际贸易获得的关键核心技术。

(3)合理考虑研发投入价值。企业是“卡脖子”技术最终供给对象,对“卡脖子”技术的研发和攻克本质上是一种经济行为,最终要以完善产业技术链为目标,以提升经济效益和经济实力的方式表现出来。对“卡脖子”技术识别的最终目的在于为政府提供政策建议,引起科研院所和企业注意,从而对所识别出的“卡脖子”技术加大研发投入力度,争取早日攻克。因此,本文在识别“卡脖子”技术过程中,坚持

合理考虑研发投资价值的原则,在注重安全性、关键性的同时,兼顾经济效益的考量。

2.2 识别方法

在明晰切实保障国家经济安全、高水平融入全球化以及合理考虑研发投资价值3条识别原则的基础上,本文研究得出的“卡脖子”技术识别方法主要由4个步骤组成,如图1所示。

(1)判断是否属于关键核心技术。从产业层面看,核心技术往往表现为产业共性技术,对产业技术发展起着决定性作用,是“卡脖子”技术的来源。只有满足关键核心技术的标准,具有比较高的技术价值才有“卡脖子”的可能,如果不属于关键核心技术,那么即便被技术供给方限制,也不足以对技术需求方造成重大损失,构不成“卡脖子”困局。

(2)判断关键核心技术是否存在技术垄断。如果不存在技术垄断,可以通过国际贸易多渠道获得该技术,就不属于“卡脖子”技术;如果存在技术垄断,就有可能存在断供对产业发展产生较大负面影响的风险。

(3)判断存在技术垄断的技术攻克难度。如果技术攻克难度小,即使出现断供情况,我国也能组织资源快速攻关,实现技术自给,那么该技术也不属于“卡脖子”技术;如果技术攻克难度大,在面临国外技术制裁的情况下,难以在短期实现技术自给,那么将

面临“卡脖子”风险。在本文中,技术攻克难度大小的判断标准是我国与世界前沿技术的差距。

(4)判断攻克难度大的技术是否处于价值链核心位置。如果技术不处于全球价值链核心位置,即使存在技术垄断与攻克难度大的情况,也不会对我国经济安全造成严重影响,在资源有限的条件下,暂且先不考虑此类技术;如果处于价值链核心位置,一旦出现“卡脖子”情形,将会对国家经济安全造成致命打击,该类技术就属于“卡脖子”技术。

3 电子信息产业“卡脖子”技术识别

3.1 电子信息产业概况

电子信息产业是目前世界经济中发展最迅速、规模最大的产业,是国家的战略产业、基础产业和支柱产业。电子信息产业发展高度依赖于技术水平的提升,与其它行业相比,电子信息产业技术发展水平更高,高端技术汇集,作为通用技术,电子信息技术对整体经济增长有明显的辐射作用。然而,我国电子信息产业关键核心技术自主性较弱,难以为产业发展提供持续动能^[9]。在中美贸易战中,我国电子信息技术创新不足、自主能力不强的现状尤其凸显,美国对华实行的技术封锁多集中在电子信息领域,一方面体现了电子信息技术对国家经济的重要影响,另一方面也反映出我国电子信息产业“一封锁就瘫

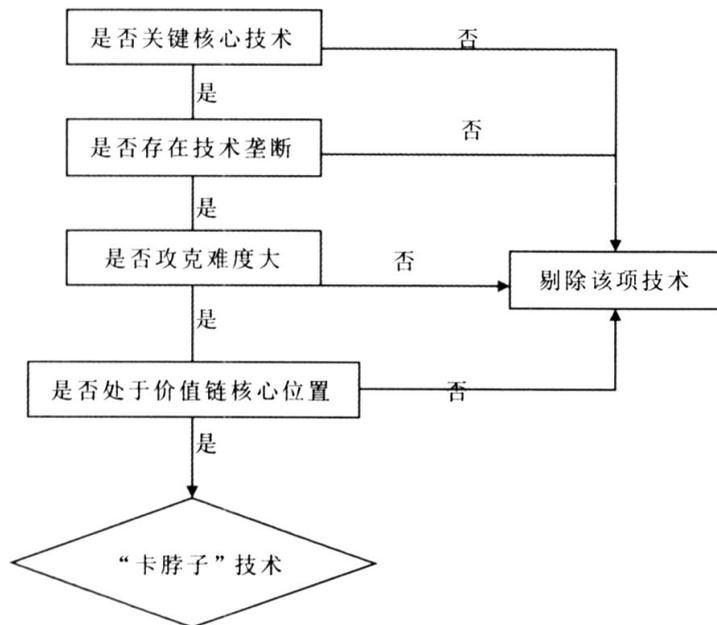


图1 “卡脖子”技术识别步骤

痪”的尴尬窘境。因此,本文选取电子信息产业进行“卡脖子”技术的识别和分析,在验证识别原则与方法有效性的同时,对电子信息产业技术现状进行分析,以助力突破“卡脖子”困局。

在供需链方面,电子信息产业经历着从电子元器件、原材料到部件、组装再到硬件配套的过程,这一过程遵循电子信息产业“设计—制造—封装测试—材料设备—信息服务”的生产过程,如图2所示。电子信息产业在行业上可以分为电子信息制造业、软件业以及信息服务业,这三大大部分共同构成完整的电子信息产业链。其中,电子信息制造业处于电子信息产业链始端,是其中的基础产业,软件业和信息服务业位于信息产业链下游,软件业主要负责配套软件开发以及信息的收集、整理、储存和传递等,是电子信息产品功能实现的技术条件,信息服务业则主要针对软硬件产品开展增值服务。

在价值链方面,电子信息产业从产品价值和水平上可以分为高中低端3类^[10],从高端到低端的价值链分类遵循自高到低的产业转移逻辑,如图3所示。对应产业链分布情况如下:①高端产品定义行业技术标准、打造产品品牌;②中端产品主要包括产业链上游的基础元器件、基础技术,主要从事集成电路、关键元器件等高端产品的生产,再往下是产业链

中游的中间产品以及下游的信息技术与软件应用,在产品价值和产业链布局上处于承上启下的位置,既有一定的技术要求和生产难度,也有一定的可复制性;③价值链的低端是一般元器件生产、整机加工与组装等技术难度较低的劳动力密集型产业,一般由经济不发达地区承接处于价值链高中端的企业产业转型而来。

3.2 识别过程

3.2.1 识别来源

“卡脖子”技术来源于关键核心技术,为确定电子信息产业关键核心技术范畴,同时获取相应技术信息以便后续顺利实现识别过程,本文向我国电子信息领域的院士及专家学者发放问卷,运用问卷调查法对电子信息产业关键核心技术名称、技术依赖程度、有无替代方案、国内能否自主提供、国内外技术差距等信息进行调查,从而建立起电子信息产业关键核心技术源数据库,作为后续“卡脖子”技术识别的基础。调查后对收集到的技术信息进行处理,确认技术信息的准确性,对数据进行处理后得到电子信息产业关键核心技术共35项,根据35项关键核心技术的行业分布,从横向上将其分为集成电路、新型显示、智能终端、高端软件、人工智能、信息网络6类,按照电子信息产业链,从纵向上将其分为上游的

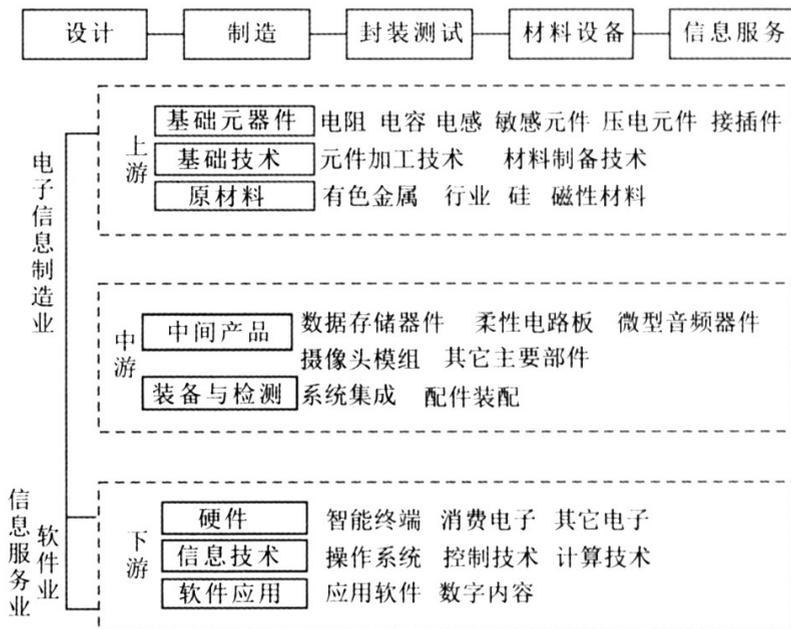


图2 电子信息产业链

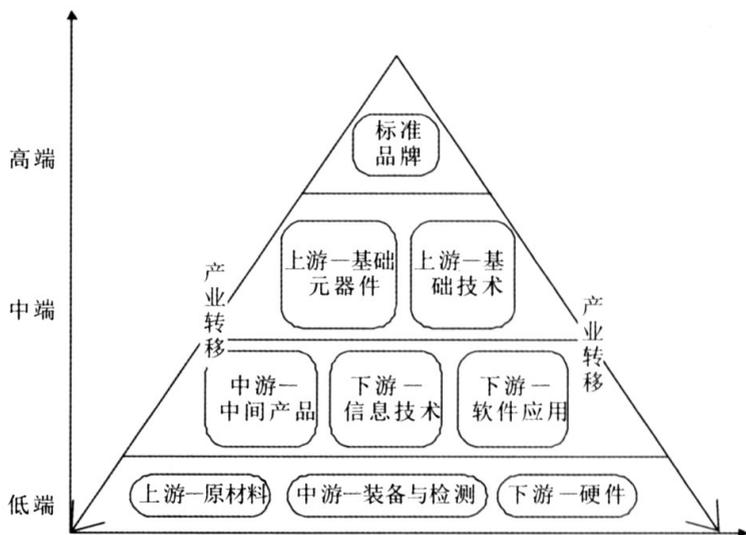


图3 电子信息价值链

基础元器件与基础技术、中游的中间产品、下游的信息技术与软件应用。

3.2.2 识别过程

在确定识别来源为关键核心技术的前提下,从

关键核心技术到“卡脖子”技术的筛选基于垄断、难度、价值3个方面展开,由“判断是否存在技术垄断”“是否攻克难度大”“是否处于价值链核心位置”3步骤组成,筛选过程如表1所示。

表1 电子信息产业“卡脖子”技术识别过程

序号	关键技术名称	所属产业链环节	所属分行业	剔除与否	剔除步骤	剔除原因
1	大尺度二维光栅	上游—基础元器件	集成电路	保留	—	—
2	FPGA 芯片	上游—基础元器件	集成电路	保留	—	—
3	微波光子集成芯片	上游—基础元器件	集成电路	剔除	步骤二	攻克时间1~5年
4	嵌入式CPU IP核	上游—基础元器件	集成电路	保留	—	—
5	人工智能算法与专用芯片	上游—基础元器件	集成电路	剔除	步骤一	国内可以自主提供
6	非授权频段低功耗广域网络芯片和系统	上游—基础元器件	集成电路	剔除	步骤一	部分依赖国外
7	面向5G通信的氮化镓基射频功率芯片制备关键技术	上游—基础技术	集成电路	剔除	步骤二	攻克时间5年
8	用于半导体加工的极小尺度的表面图案化技术	上游—基础技术	集成电路	保留	—	—
9	5G射频及毫米波智能集成通信芯片设计技术	上游—基础技术	集成电路	保留	—	—
10	基于RISC-V指令集的CPU	中游—中间产品	集成电路	剔除	步骤二	攻克时间6年,且国内发展较快,可望满足自主可控测评的要求,前景可期
11	芯片研发与制造用飞秒激光无掩模纳米光刻技术与装备	中游—中间产品	集成电路	剔除	步骤二	攻克时间3年
12	材料基因工程协同架构,先进材料印刷工艺机理以及关键技术	上游—原材料	新型显示	保留	—	—
13	新型氧化物半导体材料	上游—原材料	新型显示	剔除	步骤二	攻克时间3年
14	先进光学膜材料的设计、制造及加工方面的全链条、跨尺度研究	上游—原材料	新型显示	保留	—	—

续表 1

序号	关键技术名称	所属产业链环节	所属分行业	剔除与否	剔除步骤	剔除原因
15	印刷新式材料与工艺集成	上游—原材料	新型显示	剔除	步骤一	部分依赖国外
16	氧化物半导体超高纯制备及其高世代靶材技术	上游—基础技术	新型显示	保留	—	—
17	高精度柔性喷墨打印OLED设备	中游—中间产品	新型显示	保留	—	—
18	5G高频复合基板用反应性聚苯醚树脂合成关键技术	上游—原材料	智能终端	保留	—	—
19	面向可穿戴电子器件的介电材料	上游—原材料	智能终端	剔除	步骤二	攻克时间1年
20	新一代无线通信系统的高频器件技术	中游—中间产品	智能终端	保留	—	—
21	射频器件,功放,滤波器	中游—中间产品	智能终端	剔除	步骤二	攻克时间3~5年
22	基于新一代通信技术的泛区块链平台关键技术	下游—软件应用	高端软件	剔除	步骤二	攻克时间5年
23	工业互联网相关核心软件,如自主可控的工业机理软件、大数据处理软件、知识自动化软件	下游—软件应用	高端软件	剔除	步骤二	攻克时间5年
24	物联网标识异构解析软件系统	下游—软件应用	高端软件	剔除	步骤一	部分依赖国外
25	脑机接口芯片	上游—基础元器件	人工智能	保留	—	—
26	机器人用特种铜合金超细丝材制备关键技术	上游—基础技术	人工智能	剔除	步骤三	价值链重要性相对较低
27	复杂制造环境下的人机物协同控制与决策技术	下游—信息技术	人工智能	剔除	步骤一	部分依赖国外,且有替代国
28	基于云端融合的物联网智能协同控制技术	下游—信息技术	人工智能	剔除	步骤一	国内可以自主提供
29	数据驱动的群体智能与演化计算技术	下游—信息技术	人工智能	剔除	步骤一	部分依赖国外
30	人机协同智能操作系统	下游—信息技术	人工智能	剔除	步骤一	部分依赖国外
31	5G通讯核心材料磁光晶体衬底材料	上游—基础技术	信息网络	剔除	步骤一	有替代国:法国、乌克兰
32	第三代超导体高性能器件及通信芯片	上游—基础技术	信息网络	保留	—	—
33	微波、太赫兹量子传感器	中游—中间产品	信息网络	剔除	步骤二	技术差距3年
34	智能网络攻防关键技术	下游—信息技术	信息网络	剔除	步骤二	技术差距3年
35	抗量子计算攻击的公匙密码体制	下游—信息技术	信息网络	剔除	步骤一	部分依赖

(1)垄断。第一步判断是否存在技术垄断。技术垄断是指在一定空间时间范围内对某些技术完全占有并享有垄断收益的状态^[14]。本文根据两个条件判断在该电子信息领域我国是否面临技术垄断风险。第一个条件是判断该项技术对美国的依赖程度,依赖程度按从低到高可分为部分依赖、大部分依赖、完全依赖三类,部分依赖意味着该技术不存在严重的技术垄断问题,而大部分依赖或完全依赖则说明有可能面临严重的技术垄断。根据问卷收集的关于美国技术依赖程度的情况,对这一条件进行判断,识别出大部分依赖或完全依赖美国的技术。第二个条件是如果该技术对美国存在依赖,是否有其它技术替

代方案或替代国,若没有相应对等的技术替代方案或替代国为美国盟友,则认定我国在该技术领域面临国外技术垄断风险。在盟友的判断上,将美国与其它国家签订的同盟条约中正常运行的北约及亚太地区的双边同盟作为依据。

(2)难度。第二步判断是否攻克难度大。在判断技术垄断的基础上,本文需要进一步判断技术攻克难度。因为如果一项电子信息技术面临国外技术垄断风险,但攻克难度不大,即使技术供给方断供,我国短期内通过加强自主研发也能实现技术供给。只有那些存在技术垄断且技术攻克难度大的技术才构成“卡脖子”技术的基础。本文根据国内外技术差距

这一指标判断技术攻克难度,设定5年为界限,如果国内外技术差距小于或等于5年,认定为技术攻克难度较小;如果国内外技术差距较大或大于5年,认定为技术攻克难度大。

(3)价值。第三步判断是否处于价值链核心位置。有些技术虽然基本依赖国外,且国内外技术差距较大,但如果该技术并不处于产业价值链核心或重要环节,即使被国外管制也不会对我国经济发展造成巨大冲击。因此,本文在判断技术垄断和技术

攻克难度的基础上,进一步明确技术在产业价值链中的重要性,将不处于产业价值链重要环节的电子信息技术剔除。

3.2.3 识别结果

基于关键核心技术的“垄断—难度—价值”识别方法,最终识别出我国电子信息产业“卡脖子”技术13项,各项技术的产业链环节、分行业信息、依赖程度、替代方案、国内外技术差距、价值链重要性等信息如表2所示。

表2 我国电子信息产业“卡脖子”技术

序号	关键技术名称	所属产业链环节	所属分行业	依赖程度	有无替代方案	国内外技术差距	价值链重要性
1	大尺度二维光栅研发	上游—基础元器件	集成电路	完全依赖	无	10年	解决芯片创造光刻机核心元件关键技术难题
2	FPGA 芯片设计	上游—基础元器件	集成电路	完全依赖	无	8~10年	可编程灵活性高、开发周期短、并行计算效率高,被誉为“万能芯片”
3	嵌入式CPU IP核	上游—基础元器件	集成电路	大部分依赖	无	10年	SoC芯片最核心的知识产权模块,决定SoC产品性能最重要的IP
4	用于半导体加工的小尺度的表面图案化技术	上游—基础技术	集成电路	大部分依赖	无	15年	得到具有极小特征尺寸的平面纳米图案是芯片加工工艺的关键
5	5G射频及毫米波智能集成通信芯片设计技术	上游—基础技术	集成电路	大部分依赖	无	5~10年	射频与毫米波CMOS全集成通信芯片是5G通信下一步的重点研究内容
6	材料基因工程协同架构,先进材料印刷工艺机理以及关键技术	上游—原材料	新型显示	完全依赖	无	10年	提高印刷大尺寸显示屏的综合性能的关键
7	先进光学膜材料的设计、制造以及加工方面的全链条、跨尺度研究	上游—原材料	新型显示	大部分依赖	无	10年	轻巧、稳定性好,在军事国防等领域都占据非常重要的地位,事关国家安全不可或缺的关键器件
8	氧化物半导体超高纯制备及其高世代靶材技术	上游—基础技术	新型显示	完全依赖	无	较大	柔性显示靶材制造上游,若被国外管制将会冲击显示面板制造业
9	高精度柔性喷墨打印OLED设备	中游—中间产品	新型显示	完全依赖	无	很大	印刷显示专用的喷墨打印设备,下一代新型显示技术的突破方向
10	5G高频复合基板用反应性聚苯醚树脂合成关键技术	上游—原材料	智能终端	完全依赖	有(日本)	10~20年	5G终端设备不可或缺的电子基材
11	面向新一代无线通信系统的高频滤波器技术	中游—中间产品	智能终端	大部分依赖	无	10年	滤波器是5G时代整个射频前端模块中最重要的组成部分
12	脑机接口芯片	上游—基础元器件	人工智能	完全依赖	无	较大	脑—机接口技术被称作是人脑与外界沟通交流的“信息高速公路”,是公认的新一代人机交互和人机混合智能的关键核心技术
13	第三代超导体高性能器件及通信芯片研制技术	上游—基础技术	信息网络	绝大部分依赖	有(日本、德国)	10年	在新一代5G移动通信、新能源汽车电子等领域拥有广阔的应用前景,是支撑信息、能源、交通、国防等产业发展的重点新材料

在最终识别出的13项电子信息产业“卡脖子”技术中,集成电路领域“卡脖子”技术最多,共有5项,新型显示次之,共4项,智能终端有2项、人工智能和信息网络行业各有1项,高端软件领域没有识别出“卡脖子”技术。在产业链方面,13项“卡脖子”技术中11项属于产业链上游,2项属于中游的中间产品,下游则没有识别出“卡脖子”技术。将电子信息产业35项关键核心技术与识别出的13项“卡脖子”技术进行对比发现,“卡脖子”技术分行业和产业链分布的比例与关键核心技术基本一致。其中,产业链层面的上游—基础技术与分行业层面的集成电路在关键核心技术与“卡脖子”技术的数量上都是最多的,而分行业中的高端软件在关键核心技术领域只有3项,在“卡脖子”技术领域则没有一项通过识别。

4 结论与建议

4.1 结论

(1)产业链上游技术价值密度更高,“卡脖子”技术体现出基础性特点。从关键核心技术分布和“卡脖子”技术最终识别结果可以看出,电子信息产业链上游存在着诸多技术空缺与“卡脖子”陷阱,产业链中下游的技术问题远远小于上游,即便存在技术差距,威胁性也相对较小,不足以撼动产业链根基。而基础性技术影响深远,为最终产品的生产打下技术基础,牵一发而动全身,对整个产业运行起着至关重要的作用。然而,我国“卡脖子”技术集中于产业链上游、基础技术多被“卡脖子”的问题已成为电子信息产业发展的重要隐患。究其原因,依然要回到我

国技术水平较低的问题上,由于基础技术往往应用于元件生产,需要对元器件进行精密微加工,对技术精细化要求高,容误差小,而我国现有技术水平还达不到精细程度上的高要求,因此,这一部分基础技术会被“卡脖子”。例如,用于半导体加工的极小尺度表面图案化技术要求实现10纳米以下的图案化,以英特尔为代表的三大制造商半导体制程工艺已达到10纳米级别,而中国大陆制造商只能达到28纳米级别,二者差距在两代以上。

(2)集成电路技术威胁显著,“缺芯”困局不容忽视。“缺芯少屏”作为我国一直以来广为人知的产业格局老大难问题,指的是我国集成电路和显示产品生产不足。目前,“少屏”问题已基本得到解决,我国已向屏幕高端化——新型显示方向发展,已有能力大量生产柔性显示和无屏显示等新型显示产品。但“缺芯”问题依然是我国现在及未来很长一段时间内面临的重要问题。本文研究发现,集成电路领域关键核心技术最多,符合集成电路技术密集的特点,同时集成电路领域“卡脖子”技术也最多,且大多依赖程度高、技术差距大、“卡脖子”威胁系数高。考虑到集成电路在整个电子信息产业内的重要作用,集成电路领域的“卡脖子”问题尤其需要高度关注,集中力量攻克。

(3)高端软件领域技术自主水平较高,“卡脖子”威胁较小。根据赛迪智库对高端软件的定义,可将高端软件划分为基础型、应用型和先导型3个层次,涵盖基础软件、云计算、移动互联网、工业软件、网络

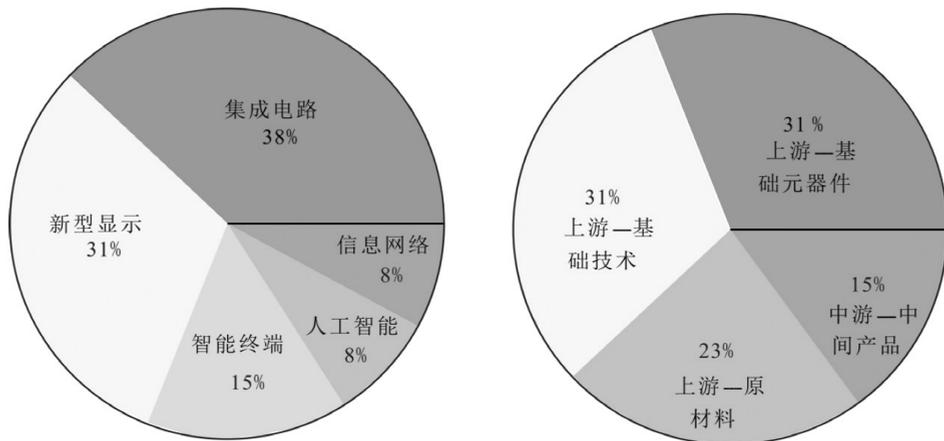


图4 “卡脖子”技术分行业与产业链分布情况

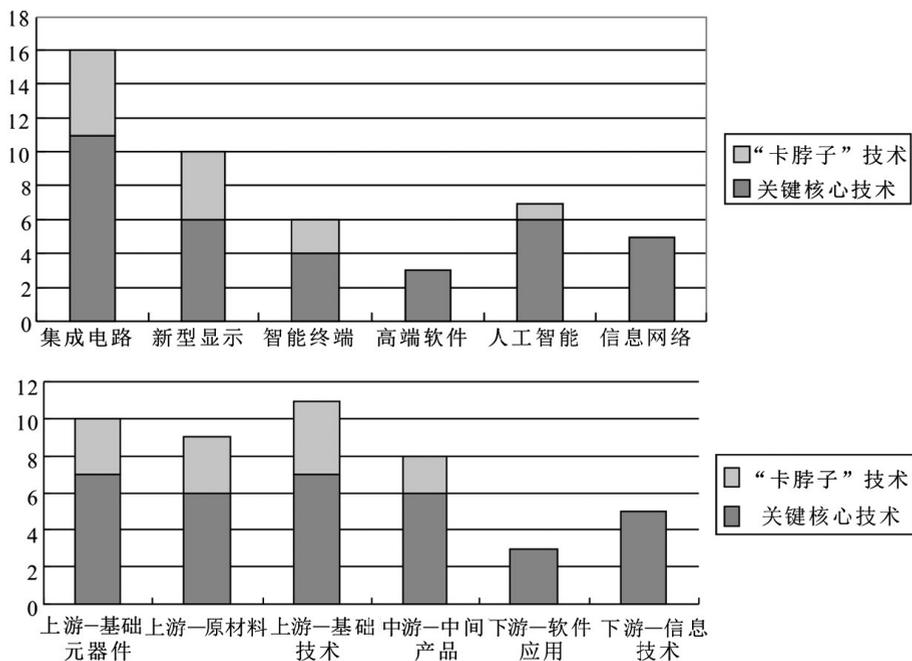


图5 产业链、分行业层面关键核心技术与“卡脖子”技术数量对比

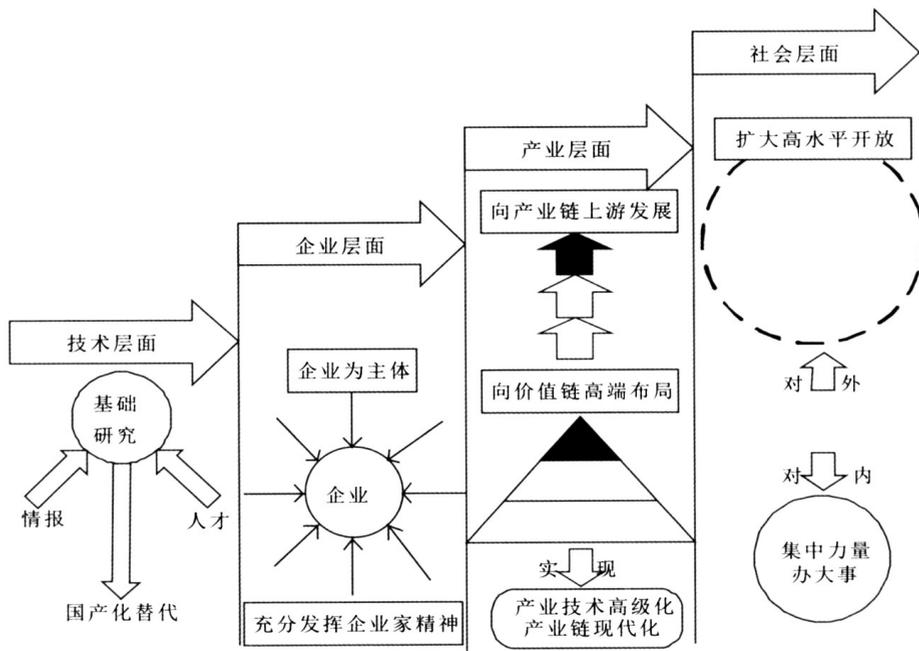


图6 “卡脖子”技术攻克的政策路径

安全5个方面^[12]。根据本文的识别方法,我国高端软件领域没有识别出一项“卡脖子”技术,在区块链应用、工业软件、物联网软件方面,我国对美国等技术先进国家依赖相对较低,以部分依赖为主,且技术差距较小,“卡脖子”威胁不大。说明我国高端软件在

电子信息领域内技术水平较高,正在经历从跟跑逐渐实现并排跑的过程。

4.2 政策建议

(1)在技术层面,以基础研究为主,专业化人才团队和高质量技术竞争情报共同助力“卡脖子”技

术突破,早日实现国产化替代。李克强总理在2019年9月2日主持召开的国家杰出青年科学基金工作座谈会上指出,基础研究决定一个国家科技创新的深度和广度,“卡脖子”问题根子在基础研究薄弱。攻克“卡脖子”技术需要在原始创新端发力,突破一系列基础研究问题。与此同时,解决基础研究问题需要专业化的人才团队和高质量技术竞争情报支撑,前者为“卡脖子”技术攻克提供保障,后者为“卡脖子”技术攻克提供准确信息和方向指引,从而提高技术研发效率,进而逐渐实现国产化替代,正面突破“卡脖子”技术,建立起基于我国自主研发技术的产品生态。

(2)在企业层面,以企业为创新主体,激发企业创新活力,鼓励发挥企业家精神。企业是“卡脖子”技术攻克的主体,“卡脖子”技术的攻克本质上是一种经济行为,最终要以产业完善、经济实力提升的形式表现出来。即使针对技术本身来说,科研机构承担研发和攻关任务,企业仍然是应用主体,负责实现技术产业化,企业永远站在第一线,最了解市场需求,也最先掌握市场动向。因此,“卡脖子”技术的攻克必须要强化企业的主体责任,鼓励发挥企业家精神,积极开展技术攻关,并将技术升级实时转化为经济效益,为企业发展提供可持续的技术动力。

(3)在产业层面,从源头抓起,向产业链上游发展,向价值链高端布局,以实现产业技术高级化和产业链现代化为最终目标。在“卡脖子”技术攻克的过程中要明确其最终目标是实现产业技术的高级化和产业链的现代化。因此,要从源头出发,在产业链上游做足文章,掌握基础技术、共性技术,向上游回溯、向高端布局,以此引导和倒逼“卡脖子”技术的攻克。如前文图3电子信息价值链所示,其它技术密集型产业在价值链上同样具有共性特征,高端企业往往建立标准、打造品牌,围绕核心产品打造产品生态、搭建体系,从而影响着整个行业,而中低端企业在既有体系下进行生产经营活动,可替代性高、利润空间小,因此,积极推动产业向价值链高端布局是产业发展下的必然选择。

(4)在社会层面,充分发挥社会主义制度优势,对内集中力量重点突破“卡脖子”技术,对外扩大高水

平开放,积极融入全球化。正如前文所言,“卡脖子”技术不仅仅有技术原因,更有社会经济层面的因素,因此,在“卡脖子”技术的攻克上还需要从社会经济层面入手。一方面,要充分发挥我国社会主义制度优势,整合国内资源,作出优先部署,集中力量对“卡脖子”技术进行点对点突破;另一方面,要积极融入全球化进程,扩大开放,加强对外交流工作,维护好与其它国家的贸易伙伴关系,在积极自主突破“卡脖子”技术的同时,一旦遭遇“卡脖子”困境不至于陷于孤立无援的境地。

参考文献:

- [1]罗振男,孙凤.科技实力是贸易平衡的根本——社会学视角看中美贸易摩擦[J].科学管理研究,2019,37(5):36-39.
- [2]新华网新闻.两院院士大会开幕习近平发表重要讲话[EB/OL].[2018-05-28].http://www.xinhuanet.com/2018-05/28/c_1122899992.htm.
- [3]肖广岭.以颠覆性技术和“卡脖子”技术驱动创新发展[J].人民论坛·学术前沿,2019(13):55-61.
- [4]张杰.中国关键核心技术创新的特征、阻碍和突破[J].江苏行政学院学报,2019(2):43-52.
- [5]CHRISTENSEN C. The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail[M].Boston: Harvard Business School Press, 1997.
- [6]黄鲁成,成雨,吴菲菲,等.关于颠覆性技术识别框架的探索[J].科学学研究,2015,33(5):654-664.
- [7]U.S. Department of Commerce. U.S. Department of Commerce Adds 28 Chinese Organizations to Its Entity List[EB/OL].[2019-10-07].<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2019/10/us-department-commerce-adds-28-chinese-organizations-its-entity-list>.
- [8]新华网新闻.习近平:扩大开放越有阻力,越要迎难而上[EB/OL].[2019-11-22].<http://cn.chinadaily.com.cn/a/201911/22/WS5dd7b7a6a31099ab995ed9a1.htm>.
- [9]李传志.我国电子信息产业高端化对策分析[J].经济问题,2019(1):68-74,83.
- [10]卢明华,李国平.全球电子信息产业价值链及对我国的启示[J].北京大学学报(哲学社会科学版),2004(4):63-69.
- [11]刘康.基于技术存在形式的技术垄断研究[J].科技进步与对策,2012,29(1):15-20.
- [12]赛迪智库.战略性新兴产业研究系列之四:高端软件产业研究[J].信息产业研究,2011(1):1-40.