

# 中美博弈背景下中国汽车芯片产业的困境及建议

霍佳鑫, 李哲\*

中国科学技术发展战略技术研究院, 北京 100038

**摘要** 在中美博弈及新一轮科技革命和产业变革的背景下, 汽车芯片成为保障中国汽车产业安全发展的关键要素。中国汽车芯片产业发展存在技术水平较低、核心技术竞争力较弱、高端产品欠缺、专业人才规模不大等情况。运用五螺旋创新理论分析了汽车芯片产业的挑战与机遇, 提出了中国汽车芯片研发路线发展的建议: 进一步完善创新体系、发挥新型举国体制优势, 加强人才培养与引进、建立适配标准等路径, 进而提升中国汽车芯片的设计水平与制造能力, 实现中国汽车芯片自主化, 以期在全球市场中占有一席之地。

**关键词** 新能源汽车; 芯片产业; 五螺旋创新理论

中美博弈导致双方沟通减少, 技术创新受到影响, 与此同时, 随着全球汽车行业进入新一轮的技术变革期, 电动化、网联化、智能化已经成为汽车产业发展的趋势, 芯片是支撑汽车“三化”升级的关键部件, 正处于需求激增的临界期。作为一个强绑定的体系, 汽车芯片行业壁垒较高, 与消费级、工业级芯片相比具有开发周期更长、可靠性要求更严格, 使用寿命更长等特征, 因此, 在高性能研发与规模化量产的趋势下存在先天劣势。由于汽车芯片行业长期被发达国家垄断, 导致“中国汽车芯片产业自主创新水平不高、产业供给能力不强、处于产业

链中低端”<sup>[1]</sup>。本文运用五螺旋创新理论分析中国汽车芯片产业的挑战与机遇, 以期助力中国实现汽车芯片自主化, 提升国际竞争力。

## 1 中国汽车芯片产业发展分析

### 1.1 中国汽车芯片产业现状

汽车与芯片的深度融合不仅是制造业向数字化转型的趋势, 也是数字技术与传统技术相结合, 助推社会发展的切入点。当前, 一辆智能电动汽车使用的芯片数量大约为 1500 张, 大部分使用的是

收稿日期: 2023-04-13; 修回日期: 2023-09-13

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(20&ZD041); 科学技术部国际合作司项目(2022ICR36)

作者简介: 霍佳鑫, 博士后, 研究方向为科学技术与社会、科技政策, 电子邮箱: huojsx@casted.org.cn; 李哲(通信作者), 研究员, 研究方向为科技政策, 电子邮箱: liz@casted.org.cn

引用格式: 霍佳鑫, 李哲. 中美博弈背景下中国汽车芯片产业的困境及建议[J]. 科技导报, 2024, 42(2): 58-66; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2024.02.006

28 nm 以上的常规制程。然而,智能座舱和自动驾驶的芯片必须使用 14 nm 或 7 nm 的制程,而英伟达(NVIDIA Corporation)和特斯拉(Tesla Inc)的新一代高算力芯片已经开始使用 5 nm 制程。在现有的全球芯片格局中,“以欧洲、美国和日韩为代表的发达国家和地区分别占据了 37%、30% 和 25% 的市场份额,并长期垄断了汽车监管芯片行业。<sup>[2]</sup>”中国汽车芯片行业的发展正呈现双重态势:一方面,在中低端产品生产制造上取得了显著进步,但由于缺乏核心技术,在高端产品开发方面滞后;另一方面,华为技术有限公司、黑芝麻智能科技有限公司等新参与者的出现,打破了国外技术垄断,初步形成国产替代能力。可见,中国汽车芯片行业的生态系统一直在快速发展,但行业发展仍面临着研发投入不足、缺乏完善的知识产权保护体系等诸多挑战,导致芯片成为了悬在以采购模式为主的中国车企头上的“达摩克利斯之剑”。

随着美国《芯片与科学法案》等相关法律政策公布后的影响逐渐显现,中国汽车产业发展面临新的挑战。一方面,美国政府已经对中国汽车芯片供货商之一的英伟达下达了制裁令;另一方面,美国已经对中国全面封锁 14 nm 的先进制程。这意味着美国对中国汽车芯片的限制已经覆盖了芯片全产业链,重点在于限制芯片设计、制造以及附带的知识产权转移和人才交流。可见,对知识资源的使用成为限制重点,在短期内将会对中国的汽车行业造成巨大冲击。长期来看,美国在汽车芯片竞争中掌握主动权,可以选择是否对中国出口技术产品,这将导致中国部分汽车企业难以与欧美企业竞争,成为中国汽车产业向“三化”进一步发展的阻碍。如果这种情况持续较长时间,中国的智能电动汽车将难以与国外车企竞争,现有发展局面将难以为继。

具体而言,中国车用芯片的进口占比达 90%,关键系统芯片全部为国外垄断。自主汽车芯片多用于车身电子等简单系统。随着新能源驱动和智能驾驶技术的不断发展和渗透,车用芯片市场将有巨大的增长潜力。与此同时,目前尚无明确的“车规芯片”定义,车规芯片的基本特点包括高可靠性、

高安全性和高稳定性。汽车产品作为大宗商品,要求车规芯片成本不能过高,而且备货周期需要满足汽车的使用和维修要求,一般长达 20 a。一款车规芯片需要通过 2~3 a 时间完成车规认证并进入汽车供应链,一旦进入后能拥有长达 5~10 a 的供货周期,形成稳定的产业链格局。从芯片产业来看,汽车芯片在整个芯片市场中体量小、要求多,在芯片企业中的业务占比少,而且除自动驾驶部分外,汽车芯片用到的多是非先进制程,但是对工艺要求又十分讲究。从这个层面上来说,中美的博弈将为中国汽车芯片发展带来巨大的机遇。中美两国既是重要的汽车生产国也是汽车消费国,任何中断都可能导致汽车生产的延误、短缺或成本增加。因此,两国都在努力实现技术自主,减少对外国供应商的依赖,这为中国芯片企业开拓出了一定的生存空间。

## 1.2 五螺旋创新理论及适用性

近年来,中国汽车芯片产业发展迅速,但面临技术依存度高、创新能力弱、研发投入不足等诸多问题。为此,学者提出了各种理论来分析创新系统及其对产业竞争力的影响,五螺旋创新理论是其中之一。学者卡拉雅尼斯(Elias G. Carayannis)和坎贝尔(Campbell)在承袭三螺旋创新框架逻辑的基础上,提出五螺旋创新理论,即“在政府、企业、高校与科研院所、公众的基础上加入了自然环境”系统<sup>[3]</sup>。该理论指出知识的重要性,强调知识经济的可持续性需要知识与社会共同进化,同时社会、经济与自然环境也被视为知识生产和创新的驱动力。各“子系统的知识创造存在两条路径:一是带来有利于可持续发展的创新;二是产生新的技术回流与知识循环。<sup>[4]</sup>”五螺旋创新理论更加突出创新活动的系统性,本质上是不同创新主体通过开放边界,实现创新要素和资源的聚集、互动、融合,其创新机制特性包括创新系统的自组织性、创新主体的反身性、创新资源的协同性。可见,“创新生态系统是在科技不断进步、竞争日益激烈、发展强调可持续等社会变革驱动下产生的一种新型的创新范式<sup>[5]</sup>。”五螺旋创新理论作为一个框架,有助于理解知识与创新之间的关系,从而促进社会的可持续发展(图 1)。

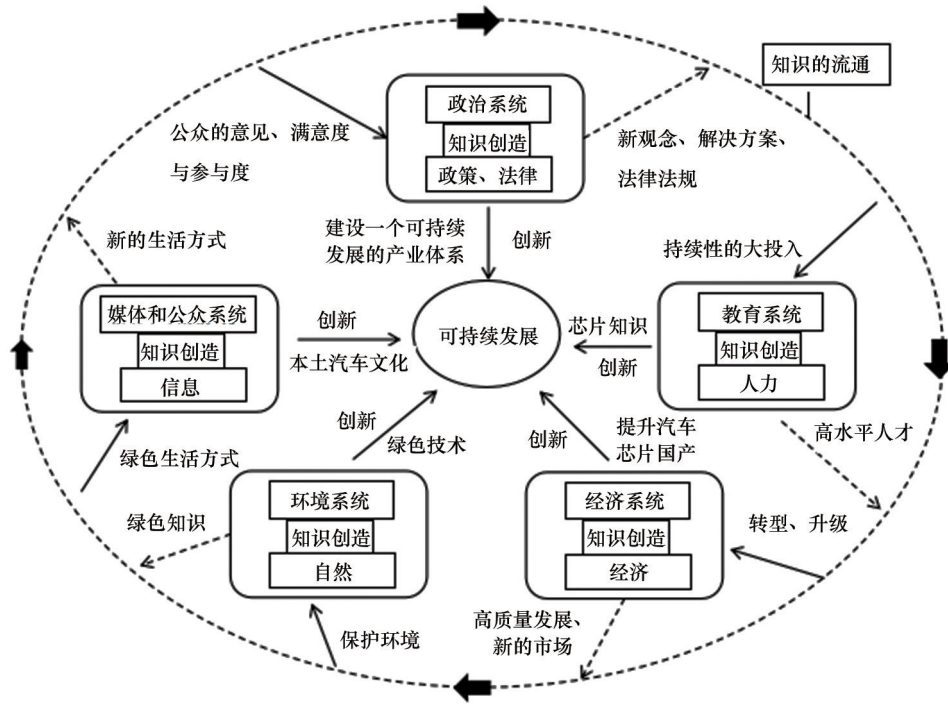


图1 五螺旋创新模型及其功能

因此,可以通过五螺旋创新理论对中国汽车芯片产业面临的挑战进行分析。作为汽车产业链中的重要一环,芯片产业既面临产品短缺又存在技术“卡脖子”的情况,要创造性地解决该难题,需要中国企业形成合力共同发展。换言之,在五螺旋创新理论中,该问题是由知识资源在各系统之间的交换过程中存在技术鸿沟、专利获取壁垒,信息沟通不顺畅等问题导致,使得知识共享不成体系,存在重复研究的情况,难以充分发挥系统优势。现有芯片壁垒表明,单项技术突破作用有限,需要系统进步。通过收集有关汽车芯片的相关信息,了解车载芯片的硬件和软件结构,利用五螺旋创新理论,可以观察到具有较长开发周期与快速迭代特征的汽车芯片企业如何与车企有效整合,明晰汽车芯片的市场需求,从而发现其中的堵点、卡点与断点。通过五螺旋创新理论了解芯片与汽车相关知识在系统中的流通,有助于更好理解车用芯片的功能,在芯片设计研发时明确车企需求,推动高算力芯片的发展规划,通过与企业深度合作共同提高产品定位与设计前瞻性。与此同时,各子系统显示出车企可以与

芯片产业链有效整合,它们之间的系统协作可以应对不同环境的挑战,以此提升产业链韧性。

### 1.3 五螺旋创新理论框架下中国汽车芯片产业面临的挑战

知识作为五螺旋创新理论中最重要的资源,是创新可持续性的重要保障。“五螺旋中的所有系统通过知识的相互影响,实现创新的新颖性、先进性和开拓性<sup>[6]</sup>。”因此,可以从各子系统出发,描述汽车芯片相关知识的运作情况,探究它们之间的互动关系及面临的主要挑战。

1) 根据五螺旋创新理论,知识作为一种投入,投资到经济系统中可以为创新提供动力。从中国面临的情况来看,需要将资源倾斜到正在快速发展的汽车芯片产业上。当前,知识的应用能力和范围与企业 and 产业之间的融合程度紧密相关,企业集聚会产生知识溢出效应,通过企业合作,在适当范围内共享知识,可以推进技术发展,从而提高企业的创新效率,降低企业的创新成本,提升产业整体竞争力。企业作为创新系统中的重要主体,一方面,中国研发型企业规模较小,实验设备成为短板,研

发同质化比较严重,而大型企业研发团队创新氛围比较沉闷,技术突破目标比较分散,在组织人员数量固定的情况下,不利于单一技术突破。另一方面,中国汽车芯片人才不足,关键核心技术突破难度大,同时,受限于国外技术封锁,软硬件“卡脖子”明显,导致整体研发效率不高,产业化进展缓慢。

2) 通过人力资源在螺旋中输入新知识,会增加知识经济的储备和价值。通过教育系统从基础层面增加知识,可以刺激技术创造的可持续性,以期获得未来汽车芯片产业的发展机会。高校与科研院所在此系统中扮演着重要的角色,为汽车芯片产业的发展提供人才支撑。本质上还是要提高人才储量,激发人才的创造力,以应对当前汽车芯片产业人才储备不足,引进人才又出现掣肘的情况,从而解决中国汽车芯片产业在核心技术研发和关键部件制造受制于人的问题。然而,企业与高校、科研院所之间产学研协同发展体系运转顺畅程度仍有待提高。高校、科研院所专注的研究并不能直接支持企业创新,问题出现在“缺乏尖端技术前沿的经验,大多集中于应用层面,研究算法、芯片等底层系统的人才相对偏少”<sup>[7]</sup>。对此需要企业进行转化,高校、科研院所等培养的人才到企业也需要一定的适应时间,导致知识传递效率不高。

3) 五螺旋创新理论的目标之一是与自然和谐共处,因此需要开发可再生技术,并实现对现有资源的可持续性利用。这一目标可以通过创新实现,但新知识所造就的技术提升也会对自然环境造成影响。作为占据全球碳排放近 1/4 的产业,汽车产业的减碳努力及进展对于能否如期实现升温 1.5°C 阈值目标至关重要。芯片作为控制汽车的重要电子元件,将与新能源技术组合从而促进环保的实现。具体而言,新能源汽车产业的发展需要依靠高性能、高可靠性、低能耗的芯片,这不仅可以提高汽车的能源利用率,也可以降低对环境的污染。同时,在芯片技术发展过程中,也需要考虑如何降低能源消耗、减少废弃物排放等环境问题,从而实现与自然和谐共处。

4) 依靠媒体宣传国产汽车芯片,提升国产芯片品牌影响力,借此提高大众对国产芯片的接受程

度,为中国企业的研发营造良好的创新环境。在该子系统中,媒体“不仅是新技术的传播者和推动者,而且也是技术的启蒙者,是技术、科学家与政府、公众之间沟通的桥梁,在提高公众对技术的理性认知,促进公众参与技术的决策等方面发挥了重要的作用”<sup>[8]</sup>。无论是中国汽车企业,还是中国汽车芯片企业都处于打开知名度,提高品牌形象的阶段。一方面,中国汽车芯片企业在产品质量和服务上与成熟的国外企业仍有差距,难以在汽车产业链中占有一席之地。另一方面,中国汽车品牌正在努力提高产量,扩大市场,提高大众的接受度,构建大众对中国汽车品牌的认知。因此,需要媒体通过相关知识的输出,提高社会资本的投入,从而实现可持续发展,形成相对稳定的汽车文化。可见,该子系统需要将公众的需求、问题或满意度作为输出传递给政治系统,以媒体和文化为基础的公众知识输出因此成为政治系统的新输入。

5) 对政治系统的知识输入体现国家意志,也代表了来自社会其他 4 个子系统的集体知识,这种知识创造的目标是实现国家发展,共同富裕。政治系统中关于这种新知识的重要讨论是知识创造的必要推动力,其主要作用集中于战略引导、制度保障及统筹协调 3 个方面。政府需要超越其他 4 个系统的局部利益,从整体上发挥作用,提升子系统之间在汽车芯片问题上的合作,通过政策法规等方式引导其他系统在符合中国经济社会与科研能力的实际情况下,构建创新稳定的汽车芯片产业链,促进其余系统的可持续发展。政治系统的知识和技能的新输出使得知识的循环再次进入教育系统、经济系统、自然环境及媒体和公众系统,使得五螺旋创新理论的实践可持续,也更有效。

## 2 中国汽车芯片研发的机遇与路线

### 2.1 中国汽车芯片研发的机遇

中国芯片制造在全球的份额已从 1990 年的不到 1% 上升到 2021 年的 15%,而美国则从 37% 下降到 12%<sup>[9]</sup>。在此背景下,中国作为全球最大的汽车市场,拥有巨大的潜力来解决芯片“卡脖子”问题。

一方面,中国拥有独立完整的工业体系,为汽车芯片的突破奠定了基础,以此为依托,通过人才梯队建设,建立以需求为导向、以解决问题为目标的项目机制,围绕汽车芯片产业进行全产业链布局,充分发挥以科技重大专项和国家实验室为引导的国家优势;利用产业优势,重点突破关键性技术。另一方面,中国拥有新型举国体制优势,可以连续不断地对该领域进行投入,直到完成战略目标。发挥新型举国体制优势和市场化资源配置作用,由共性创新平台牵头,协同产业链上下游,跨界融合芯片和新能源汽车产业,“政产学研用资创”联动,实现中国汽车芯片产业的自主安全可控和全面发展。五螺旋创新理论表明,若想有突破,所有系统都要高效协同发展。国家层面的投资可以作为突破口与其他子系统产生联动。对新知识和新技术的投资和对生产的促进,为创新和社会进步带来了重要驱动力。通过汽车芯片产业突破,为中国汽车产业朝着“三化”进一步发展奠定基础,最终可能实现汽车产业在全球占有一席之地。

从产业层面,随着汽车向“三化”迈进,由一级供应商提供成熟产品的传统模式正在被逐渐打破。扁平化、多元化的网络生态构建,导致传统一级供应商话语权被削弱,为中国汽车芯片企业进入供应网络提供了契机,也为中国汽车芯片企业参与核心技术研发工作提供了机会。建立产业创新生态既可以实现汽车产业供应链的自主可控,又可以在国际中占有一席之地,将中国标准融入国际化。

美国、欧洲与中国的博弈让中国政府和企业认识到了自主可控芯片对于国家安全与产业发展的重要性。然而,中国政府和企业芯片产业的研发进展已经严重影响到芯片产业的发展速度。在《中国制造 2025》和“十四五”规划中,芯片都被视为支撑未来高质量发展的基础技术之一。并且随着国家对新能源汽车产业的政策扶持和补贴,新能源汽车产业迎来了一个快速发展时期,这也给汽车芯片产业带来了机遇。为推动产业实现自主可控,国家站在“汽车强国”的高度,提出了“汽车芯片”等一系列相关产业发展方向,大力支持芯片产业在国内的健康发展。与此同时,中国庞大且不断增长的汽车

市场,尤其是新能源汽车的普及,正在刺激对汽车芯片的巨大需求。

可见,由国家牵头的行业协同发展在确保高效执行的同时,也可以平衡市场过热的情况,为中国汽车芯片行业的健康发展提供机会。围绕中国汽车芯片重大需求和瓶颈短板,开展产业链上下游供需信息衔接、行业标准制定、核心芯片技术突破,以此实现汽车芯片的国产替代和国际开拓,将中国建设成为全球汽车芯片的创新和产业高地。

## 2.2 汽车芯片研发的3个阶段

从全球芯片发展进程来看,按照技术成熟度曲线规律,“尽管芯片产业在行业层面显示出成熟的迹象,但是对各细分市场的研究表明,无论是在技术方面还是在市场方面都面临着持续的颠覆性可能<sup>[10]</sup>。”随着芯片产业“后摩尔时代”的到来,一方面,技术突破困难加剧,颠覆性技术正在孕育,出现不同技术路线竞争;另一方面,中国仍处于发展期,摩尔定律对中国依然有效,为中国追赶提供了机遇。因此,未来一个国家是否在某个领域处于领先,主要取决于其创造新知识,平衡技术、社会与自然发展的能力。

从产业链来看,中国已形成“上游器件—中游芯片制造—下游销售—终端应用”的全产业链架构及完整供应链格局。但从发展历史来看,芯片并不完全遵循顺序发展规律,也可以是从产业链下游应用到上游材料的逆序发展轨迹。尽管中国拥有完整的芯片产业链,但受国际产业链影响,导致中国产业链存在堵点,首尾并未相顾,存在脱节的情况。对此,在芯片研发生态中,可以分为3个模块,分别是以科研为基础的研发模块、以投资为主的芯片制造模块、投资和劳动力并重的封装测试模块。“晶圆制造需要投入大量研发资金,而封装和测试所需资本投资约为晶圆制造的1/10,因此中国芯片封装和测试企业较多<sup>[11]</sup>。”总体来看,中国在第2模块和第3模块有着较强的竞争力,但是研发模块是中国的短板,也是美国对中国的限制所在。对此,中国可以“充分发挥市场配置科技资源的决定性作用,同时利用政府的组织能力集中全国科技资源,为攻克‘卡脖子’技术提供强大的支撑,<sup>[12]</sup>”实现逆序发展。

第1阶段,按照“雁行”模式打开突破口,充分发挥制造和市场规模的优势。中国已经掌握汽车芯片所需要的设计和制造技术,但在高算力汽车芯片方面仍然存在技术短板,因此需要依赖进口零部件。为了保持中国新能源汽车向上的发展趋势,可以通过开放市场,用高薪吸引聘用国外先进人才,培养本土人才,实现对技术的快速吸收。以人才为契机,推动多元化技术发展,确定核心竞争力,在选定发展路径的同时通过合适的架构安排保障技术探索的自由。

第2阶段,通过政府、企业和科研机构的共同努力,提高汽车芯片的质量和可靠性,并专注于扩大产能和投资研发高性能芯片。“中国企业可调整研发重点方向,瞄准分立器件、传感器、模拟电路等低效率细分市场,加强基础研究、研发投入以及人才培养等一系列工作,在潜在进入的细分市场中打开创新突破口;加强潜在进入细分领域的专利布局,强化基础专利的申请和运用。<sup>[13]</sup>”针对不同车型的特定需求,车企与芯片制造商紧密合作,实现个性化研发,助力车企找准市场定位,以期进一步提升产业发展水平和国际竞争力。

第3阶段,重点是供应链更大程度实现自给自足,其中包括先进芯片技术的发展和完整产业生态系统的建立。这一过程需要各个环节的协同合作,从原材料采购到产品制造再到市场销售等方面的协同配合,以实现全流程的优化和效率提升。因此,需要建立具有弹性的供应链,以应对各种突发事件和风险。为此,在设计产品和生产过程中需要考虑更多的因素,如供应链的多样化、备件和备件库存、生产流程的灵活性等等。同时,为了提高供应链的可靠性和效率,还需要加强物联网技术、人工智能以及自动化控制等领域的研发。通过持续的创新和先进技术的应用,在实现更高效、更智能供应链自给自足的同时,也为全球范围内制造业带来可持续和稳定的发展态势。

政府、企业、科研机构需要建立协作紧密、可持续的合作方式,“一方面,政府确定芯片产业发展的长期路线图,在不同的发展阶段因地制宜地采取相应的投资、税收、财政以及知识产权等相关配套措

施;另一方面,也要以宏观调控为手段,在芯片产业链的各个环节进行全国性的资源调配,建立完整的产学研创新体系,为本土技术创新和企业发展提供良好的发展环境。<sup>[14]</sup>”以应对不断变化的市场需求和挑战。

### 2.3 中国汽车芯片研发的路线探索

中国汽车芯片发展可以视为克里斯滕森(Christensen)所提出的技术S曲线的理论体现,随着时间的推移,其技术改善的潜力将逐步释放。尽管外部环境对中国芯片技术的发展产生了一定的影响,但从技术自身发展而言,仍具有很大的潜力。结合实际情况,在与汽车企业协同发展的情况下,规模、研发能力不同的企业可以从不同路线发展:一是发展核心技术配合投资国产替代产品;二是从应用场景出发进行技术研发配合进口和国产产品组合应用;三是基于自主研发,通过引进吸收与再创新,实现自主可控芯片生产。

中国芯片产业“呈现出结构失衡和供需失衡的局面:需求量大但国内自给率低,原材料、软件、设备、加工等严重依赖进口;国内芯片企业众多但大部分集中在低端市场,核心领域鲜少涉及。<sup>[15]</sup>”因此,需要以解决核心技术为突破点,带动产业链国产化水平提价,这一路线适合于专攻技术的中小企业与初创企业。

从应用场景出发,就是在研发汽车芯片时,要着眼于汽车厂商和终端用户的实际需求。通过与汽车制造商的密切合作,芯片制造商可以更好地了解不同车型的具体要求,并相应地优化芯片设计。这有利于芯片制造商开发出更适合市场需求的芯片,并有助于将中国汽车制造商与竞争对手区分开来。除了与汽车制造商合作,中国芯片制造商还可以将进口和国产零部件组合使用。这意味着在汽车芯片的生产中结合进口和国产零部件,提高产品的质量和可靠性,同时降低成本。由此中国汽车芯片产业可以提升技术研发能力,生产出更适合国内市场需求的优质芯片,有助于降低中国对进口芯片的依赖程度,增强国家在汽车领域的综合竞争力。

自主研发意味着中国芯片制造商正在开发属于自己的知识产权和技术,可以采取吸收再创新的

策略,积极学习国外技术,使中国制造商能够更好地控制生产过程,并创造出适合市场的产品。又或者在现有技术通过自主研发绕过现有技术发展路径,以目标功能为导向,可以建立自己的技术能力,增强在全球市场的竞争力。

基于这些途径,中国芯片制造商能够开发自己的知识产权和技术,并且对外国技术进行调整和改进,实现自主可控的芯片生产,建立中国的汽车芯片产业生态系统,推动国内芯片产业做大做强,成为推动中国汽车工业发展的重要基础。

### 3 发展中国汽车芯片产业的建议

中国作为全球最大的汽车市场,近年来对汽车芯片的需求增长迅速。然而,国内芯片产业仍处于发展初期,与美国、日本、韩国等国家先进的芯片制造技术相比存在差距。因此,中国汽车制造商严重依赖进口芯片,尤其是来自美国的芯片。但中美之间持续的贸易摩擦,以及美国对某些高科技产品的出口管制,使得中国汽车制造商越发难以获得所需的产品供应。在此背景下,中国一直在大力投资国内芯片产业,积极推动本土芯片技术的发展。为此,需要在技术难点上取得突破,并以此为抓手,推动创新体系能力的全面提升,即以原始创新为基础,高质量开放合作为支撑,建设中国汽车芯片产业体系,着力解决中国汽车芯片产业发展中战略性、长期性的科学技术难题。一是政府为汽车芯片的基础研究成果转化提供资金支持,各院所持续跟踪发达国家研发动向,为企业提供前沿咨询;二是通过汽车芯片企业解决中国汽车产业和全球汽车产业共享融合的可扩展性问题;三是企业要培养、聘用和留住高素质的研发人员,这些人才将成为推动创新的重要动力,有助于中国规划和建设未来汽车芯片产业的核心地位。具体措施可以包含如下内容。

1) 促进各创新主体之间加强协调的能力。政府可以借助现有机构和网络与高校、汽车和芯片企业展开联动,设立汽车芯片战略技术委员会,以便比较不同国家、企业的战略目标、寻求潜在的国际

合作、确定主要障碍并考虑军民两用技术的研究和应用。与此同时,可以统筹各企业的创新举措,鼓励高校和科研机构与企业之间的不对称研发。科技部等相关部委可以通过与企业合作设立研发项目,“集中在晶圆制造环节以及围绕制造的设备和材料方式实施‘补短板’专项工程,真正破解在汽车用电机控制器(Motor Control Unit, MCU)、系统级芯片(System on Chip, SoC)上的制造能力短板。”<sup>[6]</sup>由此可以分摊研发成本,完善知识产权信息共享机制,助力技术突破。

2) 建立安全与效率并行的机制。汽车芯片的特殊性需要保证其安全的同时实现高效运行,因此需要构建由产业监管、汽车保险和市场惩戒组成的系统机制。当前在汽车芯片领域,国外企业已经“跑马圈地”,利用自己优势,尤其是知识产权优势,在贸易中发挥着日益重要的作用。同时,一线先进企业也凭借知识产权的优势有效阻止了中国的自主研发,制约了中国芯片技术水平的提升。因此,如果建立了安全与效率并行的机制,在技术引进方面,就可以避免陷入国外企业设下的陷阱,从而最大程度地保护中国企业的利益;另外,通过对知识产权的整合,可以有效降低重复开发的现象,从而提升整体的研发效率。

3) 鼓励企业参与收购国外技术领导企业和初创企业。对于多数中国汽车芯片企业而言,并购是拓展和稳固市场地位和整合资源创新的关键。中国应支持国内领军企业利用外国直接投资的方式获得突破性创新、新型管理理念以及重要知识产权。现有研究显示“政府补助与‘卡脖子’技术企业创新产出间具有倒U型关系,企业参与内循环程度在政府补助与‘卡脖子’技术企业创新产出的倒U型关系中起调节作用。”<sup>[7]</sup>对此可将补贴分为两部分:一部分是研发补贴,侧重于应用研究,对基础科学研究给予政策支持;另一部分是车企补贴,可以通过减免税收方式体现,用于采购、招标、评估和长期规划等方面,以便紧跟全球汽车芯片发展的步伐。同时,要充分发挥政府采购的作用,降低产品进入市场的风险,扩大市场规模,为汽车产业的发展提供有力支持。

4) 将培养汽车芯片人才视为关键基础建设。需要把吸引和留住顶尖的芯片研发人才作为国家战略目标,通过提高聘用政策的灵活性、薪酬制度的完善性、研发机构的竞争力,提供先进的设备和研究基础设施等方式来实现。与此同时,建立应用型人才库,解决人才缺口问题,“打破政府部门和企业的界限选拔优秀管理人才和科技人才,使研究经费落实到真正有能力、有诚信运用的研究集团。<sup>[18]</sup>”一方面,需要通过政策引导高校加强芯片相关专业和基础学科的培养方式和人数,从而扩大人才储备池。另一方面,也应注重人才的联合培养,以实现教育、人才和科技的无缝衔接,从而推动整个培养体系的一体化进程。

## 4 结论

汽车芯片在汽车产业的“三化”发展中扮演着不可或缺的角色,已经成为推动中国制造业转型升级的重要战略方向之一。在全球激烈的竞争环境中,中国的汽车芯片产业需要不断进行创新和突破,以满足市场和消费者对高质量、高性能汽车芯片的增长需求。对中国本土芯片企业而言,这既是机遇,也是挑战。在这一背景下,一些车企开始尝试转变原有的供应链合作模式,选择直接与芯片企业合作,共同进行研发、设计、制造和封装芯片,以增强对整个芯片产业链的控制能力。中国应当充分发挥自身的体制机制优势,着眼于解决“卡脖子”问题,将产业链的两端进行有效衔接。只有通过不断创新和开拓,中国汽车芯片产业才能够和中国新能源汽车一样在全球市场占有一席之地,并成为引领全球汽车产业发展的重要力量。

### 参考文献(References)

- [1] 郑彬, 乔英俊. 中国汽车芯片发展战略研究:特征、挑战及对策[J]. 中国科技论坛, 2023, 321(1): 92-99.
- [2] 王若达, 夏梦阳, 解楠, 等. 全球汽车芯片产业现状及布局[J]. 中国集成电路, 2022, 31(8): 10-14.
- [3] 刘静, 解茹玉. 创新生态系统:概念差异、根源与再探讨[J]. 科技管理研究, 2020, 40(20): 8-14.
- [4] 刘朝晖, 周和平, 蒋加伏, 等. 五螺旋创新理论视角下地方高校创新创业教育体系构建[J]. 长沙理工大学学报(社会科学版), 2022, 37(6): 93-101.
- [5] 李万, 常静, 王敏杰, 等. 创新3.0与创新生态系统[J]. 科学学研究, 2014, 32(12): 1761-1770.
- [6] Carayannis E G, Barth T D, Campbell D F J. The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation[J]. Journal of Innovation and Entrepreneurship, 2012, 1: 1-12.
- [7] 于潇宇. 后摩尔时代中国半导体产业创新战略研究——后发经济体典型赶超路径的经验启示[J]. 中国科技论坛, 2022(10): 42-51.
- [8] 朱雯熙, 王国豫. 德国媒体在技术伦理传播中的作用——以人工智能伦理传播为例[J]. 科学与社会, 2022, 12(4): 120-133.
- [9] The Semiconductor Industry Association. 2021 State of the U. S. Semiconductor Industry[R]. Washington, DC: The Semiconductor Industry Association, 2022.
- [10] Uzunca B. A competence-based view of industry evolution: The impact of submarket convergence on incumbent-entrant dynamics[J]. Academy of Management Journal, 2018, 61(2): 738-768.
- [11] Macher J T, Mowery D C. Vertical specialization and industry structure in high technology industries[M]. Bingle: Emerald Group Publishing Limited, 2004: 317-355.
- [12] 宋立丰, 区钰贤, 王静, 等. 基于重大科技工程的“卡脖子”技术突破机制研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(11): 1991-2000.
- [13] 刘碧莹, 任声策. 中国半导体产业的技术追赶路径——基于领先企业的经验对比研究[J]. 科技管理研究, 2020, 40(11): 82-90.
- [14] 蔡翠红. 全球芯片半导体产业的竞争态势与中国机遇[J]. 人民论坛, 2022, 741(14): 92-96.
- [15] 曾繁华, 吴静. 自主可控视角下中国半导体产业链风险及对策研究[J]. 科学管理研究, 2021, 39(1): 63-68.
- [16] 李先军, 刘建丽, 闫梅. 产业链优势重塑:各国破解汽车芯片短缺的举措及中国对策[J]. 当代经济管理, 2022, 44(7): 64-71.
- [17] 邵颖红, 周恺伦, 程与豪. 政府补助激励“卡脖子”技术企业创新中内循环能否提供助力——以半导体及芯片行业为例[J/OL]. 科技进步与对策, 2023: [2023-02-16]. <https://kns-cnki-net.webvpn.scu.edu.cn/kcms/detail/42.1224.G3.20230117.1553.003.html>.
- [18] 冯昭奎. 日本半导体产业发展的赶超与创新——兼谈对加快中国芯片技术发展的思考[J]. 日本学刊, 2018, 168(6): 1-29.

## The difficulties and countermeasures of China's automotive chip industry in the context of the US-China game

HUO Jiaxin, LI Zhe\*

Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038, China

**Abstract** In the context of the Sino-US game and the new round of technological revolution and industrial transformation, automotive chip has become a key element to ensure the safe development of China's automobile industry. The development of China's automotive chip industry is faced with difficulties, such as low level of technology, weak core technology competitiveness, lack of high-end products, and small scale of professional talents. In view of the above problems, this paper uses the five-helix innovation theory to analyze the challenges and opportunities of the automotive chip industry, and puts forward an automotive chip R&D route for China centered on further improvement of the innovation system, making full use of the advantages of the new national system, strengthening the training and introduction of talents, and the establishment of adaptation standards. It helps improve the design level and manufacturing capacity of China's automobile chips, and realize the autonomy of China's automobile chips, with a view to occupying a place in the global market.

**Keywords** new energy vehicles; semiconductor industry; Quintuple Helix innovation model ●



(责任编辑 王微)