

关键核心技术攻关的 案例研究与启示

韩燕妮

中国国际经济交流中心 北京 100050

摘要 改革开放以来,我国经济和科技发展均取得了长足进步,但错综复杂的国际形势让我们认识到仍然有不少关键核心技术受制于人,使我国在国际竞争处于被动局面。科技优势越来越多地被运用于国与国政治对抗中,成为重要的制裁手段和无形武器。而关键核心技术受制于人已经成为我国经济社会发展的隐患。文章基于已有成功的关键核心技术攻关案例研究,结合后发国家实现技术突破的“机会窗口”理论,根据技术所处发展阶段、市场需求特征和产品商业属性,寻找攻关的主要切入口,探索形成关键核心技术攻关的“机会窗口”模型,为完善关键核心技术攻关的机制设计提供了理论支撑和实践借鉴。

关键词 关键核心技术, 案例研究, 路径研究, 攻关模式

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20241014007

CSTR 32128.14.CASbulletin.20241014007

当前,关键核心技术已成为制约我国科技发展的重要因素,事关我国国家科技竞争力和科技自立自强。在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会和中国科协第十次全国代表大会上,习近平总书记强调要加强原创性、引领性科技攻关,坚决打赢关键核心技术攻坚战。关键核心技术要不来、买不来、讨不来,要从理论和实践中挖掘、形成适合我国国情的关键核心技术的攻关路径,为我国科技发展提供有力支撑。

已有学者对关键核心技术的定义和特征进行了相关研究,并在关键核心技术的长周期、高风险特性,以及对重点产业、国家安全和经济的重要性等方面达成了共识^[1-9]。同时,有学者对当前关键核心技术攻关的难点进行分析,指出关键核心技术的基础研究供给不足、科研组织方式和科技管理体制等还有待健全^[3,5,10,11]。在具体攻关路径或模式研究上,已有研究多聚焦提高顶层战略牵引作用、产业创新联合体,实行新型举国体制,突出央企作用等^[5,10-12];也有不少研

修改稿收到日期: 2025年5月9日

究对具体领域，如高铁、语音人工智能、盾构机等攻关实践开展了详实的案例分析和经验总结^[13-16]。这些研究为关键核心技术攻关提供了良好的理论和实践指导意义，但总体来看，围绕关键核心技术特点开展攻关模式的研究还不够。为此，本文基于部分成功攻关的关键核心技术案例研究，结合后发国家实现技术突破的“机会窗口”理论，探索形成针对不同特征关键核心技术攻关的一般“机会窗口”模型，以期为我国关键核心技术攻关提供经验借鉴和政策指引。

1 我国主要关键核心技术攻关案例研究

我国关键核心技术攻关不乏成功案例，早在新中国成立之初的“两弹一艇一星”，到20世纪后我国上天入海的“中国探月工程”“天宫”号和“蛟龙”号；有大飞机、高铁等大型基础设施的成功，也有移动通信技术、智能语音技术的领先。本文选取人工智能语音技术、盾构机、“两弹一星”工程和移动通信技术为案例，深度分析中国企业或科研机构在这些领域成功突破的经验。选取这些技术或产品主要基于3点考虑：①中国在这4个领域经历了从落后到赶超过程，已实现自主可控，或占据较高的市场份额和标准话语权；②4个案例分属不同领域，技术、产品和市场特征均有所不同，能够充分反映关键核心技术攻关方式的多元性和复杂性；③已有文献或资料总结了技术攻关的成功经验，为研究的可及性提供大量便利。

1.1 以科大讯飞为代表的立足本土的前沿技术

(1) 技术产品特点。智能语音技术是人工智能技术较早落地的重要应用之一。20世纪90年代，随着多媒体时代的来临，语音识别系统从实验室走向应用，IBM、Apple、AT&T、NTT等著名公司都为语音识别系统的实用开发投以巨资^[17]。中国智能语音技术与世界主要国家起步时间相差不大：1992年，美国企业Nuance公司成立于并通过研发和并购迅速成为全球范

围内的智能语音技术排名第1的公司；1999年，我国科大讯飞股份有限公司（以下简称“科大讯飞”）成立。

(2) 市场竞争方面。在起步阶段，中国智能语音企业面临如IBM、微软、Nuance等跨国公司竞争。国外语音巨头在研发语音技术的基础工具方面处于强势地位，早期几乎完全垄断相关技术，但在汉语市场没有明显优势^[18]。中国独特的汉语市场为科大讯飞早期的发展提供了一定的天然市场保护。此外，我国下游智慧语音市场发展前景巨大，有智慧教育、智慧城市、智慧政务和驾驶等多种业务场景，形成了丰富多层次的产业生态，为技术应用落地提供了市场空间。

(3) 制度环境方面。2016年，国家发展和改革委员会印发《“互联网+”人工智能三年行动方案》。2017年，国务院出台《新一代人工智能发展规划》提出了我国人工智能在2020年、2025年、2030年3个阶段的发展目标。工业和信息化部出台《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018—2020年）》，提出要推动视频图像识别、智能语音、智能翻译等产品达到国际先进水平，并重点支持智能语音交互系统等研发和应用，加速了人工智能语音技术在各产业的应用落地。

(4) 攻关模式方面。智能语音技术的发展较早确立了以企业为主体、产学研合作的攻关模式。在做语音合成引擎时，科大讯飞与中国科学技术大学、中国科学院声学研究所达成了很好的合作，做到了技术上领先，应用上落地；在研究语音评测技术时，与安徽省语言文字工作委员会、中国科学院自动化研究所进行了深入合作；在做语音识别时，与清华大学、加拿大约克大学成立了联合实验室；在认识智能方面，与刘挺教授的团队建立了哈尔滨工业大学讯飞联合实验室；在脑科学研究领域，包括类脑计算、脑保护等方面，也在与同济大学、中国科学院心理研究所等寻求

合作^①。随后，科大讯飞在产业化、标准化方面相继发力，打造基于云端的开放性平台，实现了从单一核心技术供应商向开发布局解决方案提供商转变^[13]。科大讯飞作为行业龙头企业主持参与制定了国家标准20余项，并参与制定国际标准。根据2021年12月18日发布的《2020—2021中国智能语音产业发展白皮书》，科大讯飞在中国人工智能领域以60%的市场份额排名第1位。

智能语音技术处于早期发展阶段，产品非标准化，有中文特色应用场景（表1），为其技术发展、落地和应用提供了机会。以智能语音技术为代表的核心技术攻关，构建了以龙头企业为主体、政产学研通力合作、下游市场驱动、产业生态支撑的组织模式。在中国智能语音技术与国外同时期起步，但技术积累和基础研究与国外存在差距的情况下，以企业为主导的产学研合作为智能语音技术的发展提供了更前沿的研究支撑，政府主导的产业支持政策及相关科技专项为智能语音核心技术攻关和产业发展聚集了资金和人才等多种创新要素。独特的汉语市场和下游丰富的应用场景为本土企业的发展提供了天然保护和技术更新迭代的“机会窗口”，智能语音技术从而得到进

一步发展、突破并形成独特的竞争优势。

1.2 以盾构机为代表的有多样化需求的成熟技术

(1) **技术产品特点。**盾构机是一种隧道掘进的专用工程机械，集机、光、电、液、传感、信息技术于一体，涉及60多门学科技术^[14]。盾构机个性化强、技术难度大、关联面广、市场需求量大，是集成多种学科技术的重大装备。20世纪90年代—21世纪初，国内盾构机市场绝大部分被德国、日本和美国企业垄断，本土企业缺乏技术积累，相关领域仍处于空白。

(2) **市场竞争方面。**由于盾构机的使用需要紧密结合需求方的地质特点，其个性化要求较高，且体型庞大、需求量大，国外企业为拓展中国市场，不得不更加本土化，这也为中国企业进入其产业链、供应链提供了机会。北方重工等本土企业最初获得了加工技术含量低的配套产品的机会，形成了一定的原始技术积累^[19]。

(3) **制度环境方面。**国内对盾构机的支持政策和基础设施建设的蓬勃发展为本土企业提供广阔的发展空间。在2002年中国人民政治协商会议第九届全国委员会第五次会议上，4位院士联名向国家经济贸易委员会递交一份提案：建议采用自主研发和消化创新相

表1 智能语音技术突破的相关特点

Table 1 Main characteristics of intelligent voice technology breakthrough

方面	特征	作用/影响
技术	新兴技术,早期商业化还未实现	国内外技术水平相差不大
产品	商品/不完全标准化	为企业打入利基市场提供机会
市场	中文特色市场	对本土企业提供无形的市场保护和进入壁垒
用户	终端用户、企业用户	商业应用广泛,并形成应用生态
模式	企业自主攻关、产学研深度合作	产学研合作为技术突破与后续发展提供基础理论和技术支撑
产业化	进入华为(成熟)供应链,构建产业生态	起步期进入成熟的产业链为后续发展奠定良好基础
人才	高校创业团队	高校为技术提供人才支撑

① 中国科学院人工智能产学研创新联盟. 科大讯飞19年的产学研创新之路——胡国平在中国科学院人工智能产学研交流对接会上的演讲实录. (2018-07-05) [2025-05-12]. https://www.sohu.com/a/239497978_657157.

结合的研制方式，将全断面掘进机的研制在国家立项^[19]。同年8月，科学技术部将“直径6.3米全断面隧道掘进机研究计划”列入“863”计划。2012—2017年，“863”计划一共资助了15项盾构机技术研究课题。

(4) 攻关模式方面。国内以中国铁建重工集团股份有限公司（以下简称“铁建重工”）为代表的企业纷纷开始通过自主研发或海外并购的方式加快了盾构机技术的研制。其中，铁建重工从系统技术成熟、关键零部件较为完善的土压平衡盾构机入手，2年的时间下线首台盾构机，并以方案符合长沙地质地貌特征中标，开始了市场开拓第一步。在土压式盾构机基础上，铁建重工联合高校、科研院所和其他企业相继攻克泥水平衡盾构机、常规隧道掘进机（TBM）和大型复合模式TBM。科研院所在突破盾构机关键零部件方面发挥了重大作用。例如，主轴承是盾构机刀盘驱动系统的核心关键部件，中国科学院金属研究所团队一方面通过研发稀土在钢材料中的引用，开发出“低氧稀土钢”关键技术，另一方面通过中国科学院战略性先导科技专项“高端轴承自主可控制造”解决了轴承制造和大型滚子的技术突破。在7家研究所和企业的共同努力下，实现主轴承材料制备、精密加工、成套设计中的12项核心关键技术的突破^[20]。在国内大市场

带动作用下，以及本土企业联合科研院所不断从整机向关键核心零部件攻关，中国盾构机产业逐渐实现技术自主化、产品品牌化。

以盾构机为代表的复杂技术系统，我国实现了以行业龙头企业为主体，以国家和科研院所支撑，以科技项目为载体，国内多样化需求提供利基市场，广泛应用实现技术迭代，最终完成了盾构机整机和关键材料、零部件的共同突破（表2）。

1.3 以“两弹一星”工程为代表的重大国防安全工程

(1) 技术工程特点。“两弹一星”工程是新中国成立后，在严峻的国际形势下做出的重大部署。“两弹一星”工程既是国防工业重大工程，也是重要的关键核心技术。以原子弹的研制为例，爱因斯坦提出的质能方程和哈恩、斯特拉斯曼发现的裂变现象，以及约里奥-居里、费米、西拉德各自独立论证了链式裂变的可能性，为原子弹在理论上奠定了充分的基础；其余则需要在工程上实现浓缩原料和可控裂变的问题即应用探索和技术实现。“两弹一星”工程具备可预期性、可规划性、规模性和工程性的特征^[21]。

(2) 攻关模式方面。“两弹一星”工程需要广泛调动人力、物力和财力，我国建立了围绕“两弹一星”工程的举国体制模式，以充分满足各类资源需求。

表2 盾构机突破的相关特点

Table 2 Main characteristics of shield machine breakthrough

方面	特征	作用/影响
技术	复杂技术系统、相关技术成熟度高	技术攻关要实现架构与零部件两个维度 技术成熟领域实现追赶的可能性更高
产品	非标、个性化、定制化	为突破提供了市场机会
市场	开放市场,多元化需求。需要结合不同地质地貌特点	非标准化导致不存在市场垄断,并提供利基市场
用户	企业型用户	共同参与技术产品的改进升级
专利	国外企业专利封锁	增加技术突破难度
模式	以企业为主体的产学研联盟	为技术突破与发展提供支撑
人才	主要企业大量吸引研发人才,坚持灵活的人才引进政策	为技术攻克奠定基础

1962年11月中央专门委员会（简称“中央专委”）正式成立；在中央专委的协调下，26个部委、20个省份、900多家工厂、科研机构、高等院校参加了攻关会战^[22]。技术攻关期间，遇到第二机械工业部（简称“二机部”）和国防工业系统内无法解决的事情，中央专委则直接联系相关部门和地方解决。例如，在气体分离膜技术上，“下死命令”给相关单位必须完成。据统计，为保障“两弹一星”工程的研究工作，各有关部委都成立了专门的管理机构（表3）。例如，当时的国家计划委员会（简称“国家计委”）成立了国防局，商业部成立了特需局。除了中央专委、国家计委可从高层下达命令指挥全国各部门、各单位为二机部的需要服务，全国还逐步形成了一个完整的体制性物资供应网，确保“两弹一星”工程所需要的仪器仪表、专用设备、特殊材料得到优先满足^[23]。在资金和人才配置方面，财政部每年拨给相关机构以专款。据统计，1953—1956年，我国科学研究支出占财政支出的比重大幅度上升；1960年科研支出达到33.8亿元，占财政支出比重为5.25%，是1953年的20倍^[23]。贾宝余等^[24]将“两弹一星”工程的组织模式总结为“点将配兵”：①“选将”，钱三强作为原子弹工程的技术总负责人将一批学有所成的科学家先后汇集“两弹一星”工程研制队伍中，“将”不仅要“有本事”，还要能发挥“带头作用”；②“配兵”，1961年印发的《科

学十四条》提出，培养、使用人才要克服“平均主义”。同时，对全国有突出成就的专家开出名单，配好相应学生和助手。

“两弹一星”工程是国家战略性重大国防科技工程，也是跨学科、跨行业的复杂系统工程，从产品维度看是纯公共品，政府作为唯一用户，其公属性决定其不参与市场竞争（表4）。在资源有限的情况下，国家层面动员了多部门共同参与，充分保障各类创新资源，充分发挥顶级人才的领军作用，以“全国一盘棋”的组织模式研制成功，构建了国家支持下的科研院所为主体的攻关模式。

1.4 以 TD-SCDMA 为代表的国际移动通信技术标准攻关

(1) 技术产品特点。TD-SCDMA（时分复用同步码分多址接入）是第三代移动通信技术（3G）。移动通信技术有4个特点：①技术上遵循“代际跃迁”规律（约10年一代），由第一代移动通信技术（1G）频分多址模拟制式演变为第二代移动通信技术（2G）时分多址和码分多址技术。②3G作为新一代通信技术将重塑已有的产业生态和商业模式，具有巨大的经济效益。③一国的移动通信技术也可以争取成为国际标准，形成全球影响力。④一些国家认为移动通信技术直接影响国家网络信息安全，不信任国家的设备和技术都存在安全隐患。

表3 为保障“两弹一星”工程成立的相关机构或平台

Table 3 Relevant institutions or platforms established to guarantee the “Two Bombs, One Satellite”

名称	功能
总后勤部—特种部队计划供应局	共同负责国防科委系统内特种工程、特种部队建设与国防科研工组所需要的经费和物资的计划、申请及分配
物资局—特种物资局	
国防科委和国家科委—新技术材料小组	负责新材料的研究试制或生产任务
靶场	试验我国仿制的P-2型近程弹道导弹
中国科学院—人造卫星总装厂、人造卫星零部件和仪器加工厂与卫星总装分厂(508厂和518厂)	负责人造卫星的零部件研制、组装等工作

资料来源：根据文献 [23] 整理

Source of Information: According to Reference [23]

表4 “两弹一星”工程突破的相关特点

Table 4 Main characteristics of breakthrough of “Two Bombs, One Satellite”

方面	特征	作用/影响
技术	重大工程类技术、复杂系统技术	需要调配的部门广泛
产品	纯公共品	政府主导,并以实现目标为准则,不以商业化为目的,但攻关后的细分技术具有商业价值
市场	技术封锁下市场独占	技术路线资助选择,以实现目标为准则
用户	政府	用户组织主导的攻关成功率高
专利	无专利	无专利壁垒
模式	政府主导的科研院所和工厂联合攻关	科研力量支撑充分,工程化试验得以保障
产业化	无先进技术标准和产业化要求	不需要市场检验和产品迭代,也缺乏相应市场竞争,达到目标即可
人才	顶尖科学家和爱国精神激励的人才团队	技术部门和功能部门人才的目标高度一致

(2) 市场竞争方面。在3G以前的通信产业领域,我国技术创新水平弱,相关标准经验积累少,产业生态尚未形成。我国大唐电信科技股份有限公司(简称“大唐电信”)与德国西门子公司在3G技术标准开展了紧密合作,1998年1月,我国确立了TD-SCDMA的发展路线,并申报成为国际3G标准。TD-SCDMA是作为我国提交的3G标准,与欧洲主导的WCDMA、美国主导的CDMA2000并列为三大3G国际标准。在通信产业领域,我国技术创新水平弱,相关标准经验积累少。TD-SCDMA作为我国提交的3G标准,与欧洲主导的WCDMA、美国主导的CDMA2000并列为三大3G国际标准。TD-SCDMA申请成为标准后,商业化推广面临既有产业生态的排斥、本土设备厂商和合作伙伴支持的缺乏、市场的不确定性,以及海外标准的竞争等^[25,26]。

(3) 商业化模式方面。通信技术即便被采纳为标准,也要推动应用才能获得发展空间。因此,除技术攻关本身涉及多学科、多领域以外,市场开发、商业化应用也非常重要。在政府支持下,大唐电信推动TD-SCDMA联盟成立,公开分享核心技术专利,带动中兴、华为等企业参与形成本土产业生态。2002年信息产业部(现“工业和信息化部”)为TD-SCDMA

划拨了155 MHz非对称频率。2003年,国家发展和改革委员会、科学技术部、信息产业部又安排了TD-SCDMA产业化专项。2009年,中国移动通信集团有限公司(简称“中国移动”)获得TD-SCDMA牌照。中国移动作为当时最大的电信运营商,承担了以TD-SCDMA为标准的组网任务,推动了TD-SCDMA实质性商业化应用。在政府和产业界的共同努力下,我国3G通信产业开始初具规模,并且为向第四代移动通信技术(4G)TD-LTE过渡提供了重要基础。

TD-SCDMA作为通信基础设施,技术代际更迭明显,产品具有一定公共属性,市场开放竞争(表5)。其成功攻关并商业化,是企业为主体,产业联盟共同发力,并在国家意志驱动下,成为技术—标准—商业化的重要实践。TD-SCDMA能否实现规模化商业应用,关系4G自主通信技术标准的建立。而这很难单靠1—2家企业实现突破,存在竞争关系的企业之间也很难自发组建起产业技术联盟。在国家战略的贯彻执行下,产业界不断突破商业化难题,国内产业生态不断完善。从我国企业和政府共同发力3G TD-SCDMA标准,到中国第五代移动通信技术(5G)标准成为重要国际标准,并在5G设备和商用部署方面领跑世界,我国通信技术的突破为关键核心技术攻关贡献了重要

的实践经验。

2 关键核心技术攻关的路径研究

“机会窗口”理论为后发国家提供了另一技术追赶的选择，即后发国家可以通过技术一致性和机会窗口实现对发达国家的技术追赶。Perez 和 Soete^[27]在解释后发国家技术追赶现象时从跨范式角度首次引入“机会窗口”的概念，并指出后发者可以利用技术经济范式的转变实现追赶。从案例分析中可以得出，不同技术、产品和市场特性均为关键核心技术攻关提供了“机会窗口”。政府的战略决心及企业家精神也是重要的精神和意识要素。因此，本文在案例分析的基础上，进一步细化技术、产品和市场特性，将技术发展阶段、产品属性、市场特征作为影响因素，挖掘和归纳关键核心技术攻关的“机会窗口”，从而更好把握和选择关键核心技术攻关路径。

2.1 从技术角度看——处于任何时期的技术均存在突破的“机会窗口”，同时存在相应壁垒

技术处于新兴发展阶段时，不同技术路线竞争激烈，对原有技术积累要求不高，突破的成本较低、壁垒较小，后来者通过快速学习能够争取技术突破的机会。例如，人工智能是新兴产业领域，科大讯飞在攻关核心技术的同时，不断加大研究力度，提升底层技

术水平，成功实现了中文语音市场的主导权。但后来者也可能因为基础研究力量薄弱、底层技术支撑不足、商业化运营能力不强，以及全社会教育、金融等能力支撑不足等而错失良机。

技术处于成熟阶段时，技术范式相对固定，技术演化相对缓慢，后来者也能够通过引进、消化吸收、再创新的方式实现赶超。但领先企业也往往在该领域密集布局专利壁垒，或形成稳定商业生态，后来者在绕开专利实现技术突破、争取利基市场方面均存在巨大挑战。

技术处于变革期时，技术范式面临改变，新技术会挑战旧技术体系。技术变革一方面为新兴技术提供了与旧技术体系竞争的机会，但另一方面，对技术积累有强烈要求的技术变革对后来者仍是巨大挑战，原有的技术积累在新一轮变革中同样发挥重要作用，仍然是领先企业在新一轮竞争中的核心优势。例如，我国企业抓住了移动通信技术 2G—3G 的代际更迭，成功实现技术跃迁。又如，半导体产业遵从“摩尔定律”的技术路线，芯片制程不断缩小。但半导体领域具备一定的技术累进性，领先者会不断强化技术优势，尽可能与后来者保持代差，后来者实现赶超的难度较大。

表 5 TD-SCDMA 发展的相关特点

Table 6 Main characteristics of TD-SCDMA development

方面	特征	作用/影响
技术	技术代际更迭明显	为后来技术突破提供“机会窗口”
产品	标准化,并具备一定公共品属性	为政府有效干预提供机会
市场	开放市场,需求有限多元	为技术提供了选择主导权
用户	政府/国企采购,终端用户使用	为自主技术路线发展提供机会
专利	拥有专利的国有企业将专利开放给联盟伙伴; 持有标准的外国企业少收专利费以推动标准普及	为后进企业实现技术跨越提供机会
主体	企业联盟;国有企业+民营企业突破技术标准	推动建立自有标准商业化
产业化	国有企业+民营企业成立联盟推动产业化; 电信运营商率先采用自主标准进行组网	产业联盟及政府推动成为主流标准, 保障了新技术的市场份额

2.2 从产品角度看——具备一定公共品属性的产品更容易获得政府支持迈出发展第一步

承载关键核心技术的产品是否具备公共品属性，决定了在产品早期进入市场是否能够获得政府采购等支持。政府采购能够提供市场和产品迭代升级的机会，也起到了重要的示范作用。而对于公共属性弱的产品，在进入市场时会面临用户粘性、竞争对手打压等问题，纯市场机制下难以获取突破的“机会窗口”。我国高铁、移动通信技术、大飞机等关键核心技术产品，虽然终端用户是普通消费者，但作为重要的交通、移动通信基础设施技术和设备，政府能够直接推动对产品的采购，使其试错迭代，更好适应市场需求。公共品属性最强的如“两弹一星”、“中国探月工程”和航母等，由于其突出的军事国防战略价值而获取政府大力支持，且战略价值越高的产品，公共品特性越突出，能够在政府有力甚至举全国之力的扶持下，获得卓有成效的攻关成果。

2.3 从市场角度看——产品非标准化、市场需求多样化作为技术突破提供“机会窗口”，本国市场独占性更是对外企竞争对手形成了天然的进入壁垒

市场是关键核心技术不断迭代试错、发展纯熟、建立生态的重要场所，而利基市场则为后来者进入市场、积累技术，进而实现技术突破提供了机会。例如，盾构机技术虽然最初由国外企业垄断，但因特殊地理地貌需求，盾构机市场是定制化、多样化的，这一市场特征为我国盾构机企业满足市场多样化需求提供了机会。在智能语音领域，虽然微软、Nuance等国际科技巨头在国外市场份额大、技术领先优势明显，但科大讯飞以其突出中文智能语音识别能力，快速在国内市场形成了领先优势。中文市场的独特性无疑为我国智能语音技术的发展提供了天然的市场保护；由于其市场需求特殊性，利基市场成为关键核心技术突破的“机会窗口”。而对于一些技术或产品如操作系统等，其标准化程度较高，较易形成相关技术领域的

专利壁垒和生态垄断地位，后来者很难寻找突破的机会。

2.4 从制度角度看——政府战略决心和企业家精神为技术攻关提供不竭动力

(1) 政府是宏观决策制定者，起到资源调配和组织协调的重要作用。针对关键核心技术风险高、投入大，以及市场作用偏弱等情况，对关键核心技术的攻关需进行系统性制度构建，加强围绕关键核心技术的跨部门协调，创新资源集聚，以及建立比肩发达国家相同的社会能力（如人才培养、资本支持等）。高旭东等^[26]认为没有政府的强有力干预和制度机会的创造，TD-SCDMA是发展不起来的，后续4G和5G发展也会面临更大的挑战。政府主导的科技政策变革与制度创新支撑了高铁的技术创新，如中央“两部（原铁道部、科学技术部）联合行动计划”把铁路装备工业的高铁技术研发置于国家创新系统之中，推动了高铁技术的研发^[16]。制度机会也为“两弹一星”工程提供、调配优质创新资源，为TD-SCDMA标准的突破和商业化不同阶段提供了支持和保障。

(2) 企业家是创新的主体和决策者，能够推动实现创新性突破。熊彼特^[28]将企业家定义为在经济发展过程中能够改造生产要素的领导和创新者。关键核心技术攻关高风险、高投入，在企业惯性及市场机制下不会自发形成。企业家精神作为生产资料以外的精神和意识要素，能够凭借个人创新力和洞察力对技术、资本、劳动力等生产要素进行超常规配置，通过强化组织学习能力，优化资源配置，以及缓解融资约束，打破原有的路径依赖，提高企业关键核心技术攻关能力。

政府意志和企业家精神在我国关键核心技术攻关实践中均发挥了非常重要的作用。因此，文章根据以上影响关键核心技术的因素，建立了关键核心技术攻关的“机会窗口”模型（图1）。发掘关键核心技术的“机会窗口”就在于，从市场维度上，找到非标准化、

多元化的利基市场突破，基于本国市场客户特征挖掘新的需求，打破领先技术产品的标准化设计。我国常以国外技术标准推进国产化率实现目标，但没有提升自身技术产品的市场竞争力，见效甚微。**从产品维度上**，有些产品具备公共品或半公共品属性，在进入市场初期有机会获得政府支持。但商品属性强的产品获取政府支持还存在一定难度，此时则要从产品的经济价值和战略价值，以及未来可能对国防、经济社会发挥的重要作用去判断其属性。**从技术维度上**，技术所处发展阶段均为后来者提供赶超机会，但处于变革期的技术，攻关难点在于其技术和产品的标准化，以及基于已有技术范式的强累进性。**从制度维度上**，政府的支持力度和企业家精神不可度量，但是能够发挥重要作用。因此，关键核心技术攻关要更好寻找技术、产品和市场等多个维度的“机会窗口”，发挥政府和企业家的主观能动性，针对性组织关键核心技术攻关。

3 结论

关键核心技术“卡脖子”是当前制约我国科技发展的重要因素。本文对我国当前和过去突破的重大关键核心技术经验进行对比研究，从关键核心技术“机会窗口”发掘方面，构建关键核心技术攻关路径，为不同类型关键核心技术攻关提供了“机会窗口”追赶模型，对我国关键核心技术攻关的理论与实践发展具有一定的指导意义。

(1) **系统性推进关键核心技术攻关**。从关键核心技术的形成原因来看，技术本身的优势只是其中的一个影响因素，很多领域的空白是在全球化分工背景下，产业界形成的“理性”选择。此外，已有技术形成的专利和生态壁垒也是后来者难以实现从关键技术突破到商业化成功的重要影响因素。因此，关键核心技术攻关不仅要解决技术问题，还要解决上下游协同适配，以及生态构建问题。

(2) **充分发挥多元化主体在关键核心技术攻关中的作用**。由于关键核心技术广泛分布在不同领域、产

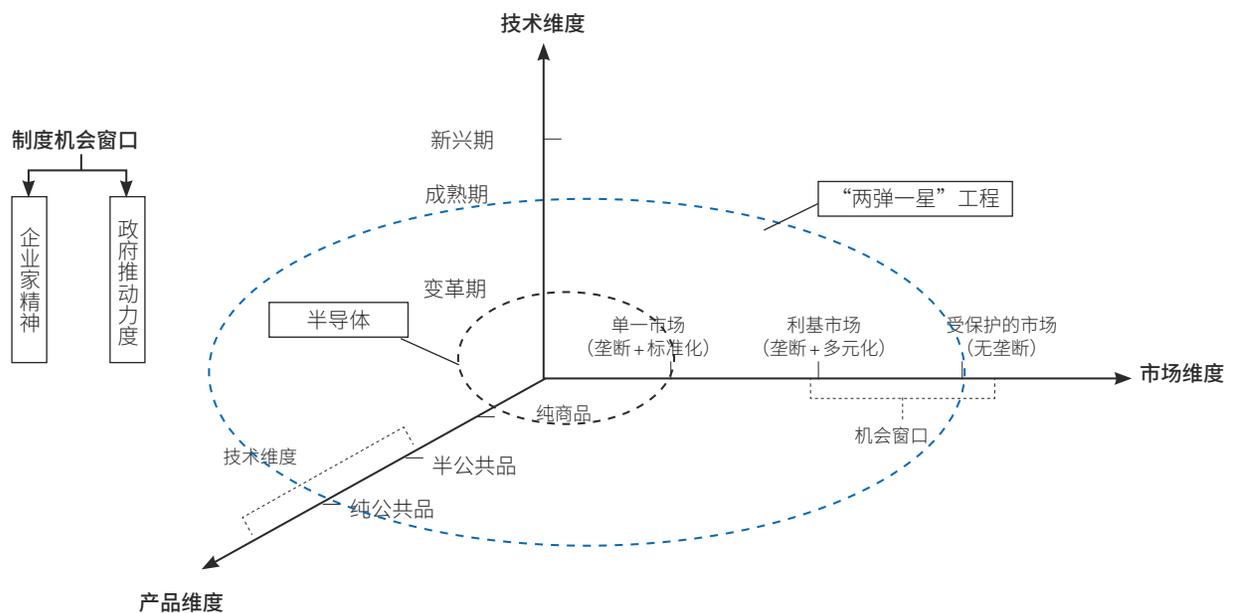


图1 关键核心技术攻关的“机会窗口”

Figure 1 Window of opportunity for key technologies

业链不同环节,对攻关的能力要求也不尽相同,有系统工程化能力、研究与转化能力和工艺优化能力等,从而形成重大集成类关键产品、关键材料和零部件、关键制造工艺。因此,需要灵活发挥龙头企业、专精特新企业、科研机构 and 高校等主体的作用,并根据关键核心技术的不同类型,依托重点主体,灵活组织攻关模式。

(3) 灵活发挥传统举国体制和新型举国体制的作用。根据关键核心技术的特征不同,涉及国家重大战略安全、公共属性强的产品或工程仍适用于传统举国体制。新型举国体制则更加能够激发市场活力,调动企业创新的积极性。关键核心技术攻关要充分发挥两种机制的优越性,根据技术特点灵活建立攻关模式。

(4) 发掘和把握关键技术攻关的“机会窗口”。从市场维度上,要积极寻找关键核心技术在非标准化、多元化利基市场上的突破,基于本国市场特征挖掘新需求。同时对关键核心技术予以一定的市场保护。从产品维度上,对于公共品属性强的关键核心技术,加强政府统筹牵引作用;商品属性强的则要多以订单或采购等市场化方式予以支持。从技术维度上,要积极根据技术所处发展阶段寻求突破机会。从制度维度上,要发挥政府支持决心和企业家精神在技术攻关中的作用。

参考文献

- 1 余维新,熊文明,顾新. 关键核心技术领域产学研协同创新障碍及攻关机制. 技术与创新管理, 2021, 42(2): 127-134.
Xu W X, Xiong W M, Gu X. Research on obstacles of I-U-R synergy innovation and the key mechanism in core technology areas. Technology and Innovation Management, 2021, 42(2): 127-134. (in Chinese)
- 2 谢常青,朱效立,牛洁斌,等. 微纳金属光学结构制备技术及应用. 光学学报, 2011, 31(9): 251-258.
Xie C Q, Zhu X L, Niu J B, et. al. Micro and Nano-Metal structures fabrication technology and applications. Acta Optica Sinica, 2011, 31(9): 251-258. (in Chinese)
- 3 余江,陈凤,张越,等. 铸造强国重器:关键核心技术突破的规律探索与体系构建. 中国科学院院刊, 2019, 34(3): 339-343.
Yu J, Chen F, Zhang Y, et.al. Forging pillars of scientific and technological power: Mechanism exploration and system construction for breakthrough of core and key technologies. Bulletin of Chinese Academy of Science, 2019, 34(3): 339-343. (in Chinese)
- 4 王可达. 提高我国关键核心技术创新能力的路径研究. 探索, 2019, (2): 38-46.
Wang, K D. Research on ways to improve innovation ability of key core technology in China. TanQiu, 2019, (2): 38-46. (in Chinese)
- 5 陈劲,朱子钦. 关键核心技术“卡脖子”问题突破路径研究. 创新科技, 2020, 20(7): 1-8.
Chen J, Zhu Z Q. Research on the breakthrough path of the problems “blocking the neck” of key core technologies. Innovation Science and Technology, 2020, 20(7): 1-8. (in Chinese)
- 6 汤志伟,李昱璇,张龙鹏. 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. 科技进步与对策, 2021, 38(1): 1-9.
Tang Z W, Li Y X, Zhang L P. Identification method and breakthrough path of “neck-jamming” technologies under the background of Sino-US trade friction: A case of the electronic information industry. Science & Technology Progress and Policy, 2021, 38(1): 1-9. (in Chinese)
- 7 韩凤芹,史卫,陈亚平. 以大战略观统领关键核心技术攻关. 宏观经济研究, 2021, 10(3): 111-119.
Han F Q, Shi W, Chen Y P. Lead the critical and core technology R&D with a big strategic vision. Macroeconomics, 2021, 10(3): 111-119. (in Chinese)
- 8 袁野,汪书悦,陶于祥. 人工智能关键核心技术创新能力测度体系构建:基于创新生态系统视角. 科技进步与对策, 2021, 38(18): 84-93.
Yuan Y, Wang S Y, Tao Y X. Construction of measurement system for artificial intelligence core technology innovation capability: from the perspective of innovation ecosystem.

- Science & Technology Progress and Policy, 2021, 38(18): 84-93. (in Chinese)
- 9 胡旭博, 原长弘. 关键核心技术: 概念, 特征与突破因素. 科学学研究, 2022, 40(1): 4-11.
Hu X B, Yuan C H. Key core technologies: Concepts, characteristics, and breakthrough factors. Study in Science of Science, 2022, 40(1): 4-11. (in Chinese)
- 10 李哲. 面向国家战略需求的关键核心技术攻关组织模式研究. 人民论坛·学术前沿, 2023, (1): 12-22.
Li Z. Research on the organizational model for key core technology R&D to meet national strategic needs. People's Tribune, 2023, (1): 12-22. (in Chinese)
- 11 张杰. 中国关键核心技术创新的机制体制障碍与改革突破方向. 南通大学学报(社会科学版), 2020, 36(4): 108-116.
Zhang J. Institutional obstacles and the direction of reform and breakthrough of the key and core technology innovation in China. Journal of Nantong University (Social Sciences Edition), 2020, 36(4): 108-116. (in Chinese)
- 12 朱德成, 刘从, 李欣欣. 新时期重大科技任务集中力量办大事的组织模式研究. 中国电子科学研究院学报, 2020, 15(4): 299-305.
Zhu D C, Liu C, Li X X. A study on the organizational model of major scientific and technological projects under whole-nation system in the new period. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2020, 15(4): 299-305. (in Chinese)
- 13 胡登峰, 黄紫微, 冯楠, 等. 关键核心技术突破与国产替代路径及机制——科大讯飞智能语音技术纵向案例研究. 管理世界, 2022, 38(5): 188-209.
Hu D F, Huang Z W, Feng N, et.al. Path and mechanism of core technology breakthrough and domestic substitution: A longitudinal case study of IFLY TEK intelligent speech technology. Journal of Management World, 2022, 38(5): 188-209. (in Chinese)
- 14 王刚, 刘飞香. 敢为人先创新引领中国盾构发展传奇. 交通建设与管理, 2019, (4): 14-19.
Wang G, Liu F X. Daring to be the first to innovate and lead the legend of Chinese shield development. Transport Construction & Management, 2019, (4): 14-19. (in Chinese)
- 15 欧阳桃花, 曾德麟. 拨云见日——揭示中国盾构机技术赶超的艰辛与辉煌. 管理世界, 2021, 37(8): 194-207.
Ouyang T H, Zeng D L. Dispel the clouds and see the sun: Reveal the hardship and glory of China's shield machine technology catch-up. Journal of Management World, 2021, 37(8): 194-207. (in Chinese)
- 16 严蔼艳, 唐方成. 我国高铁技术创新的制度逻辑及变革路径. 科研管理, 2022, 43(2): 1-8.
Yan A Y, Tang F C. Institutional logic and developmental path of technological innovation of China's high-speed rail system. Science Research Management, 2022, 43(2): 1-8. (in Chinese)
- 17 张杰. 告别键盘、鼠标与计算机人性化交流. 中国计算机用户, 2004, (39): 51-52.
Zhang J. Bid farewell to the keyboard and mouse and communicate with computers in a user-friendly way. China Computer Users, 2004, (39): 51-52. (in Chinese)
- 18 胡萌. 人工智能企业开放式创新模式研究. 长沙: 湖南大学, 2022.
Hu M. Research on Open Innovation Model of Artificial Intelligence Enterprise. Changsha: Hunan University, 2022. (in Chinese)
- 19 张勇. 北方重工——中国盾构机产业的领军企业. 城市轨道交通研究, 2009, 12(12): 116-123.
Zhang Y. North Heavy Industry—China shield machine industry leader. Urban Mass Transit, 2009, 12(12): 116-123. (in Chinese)
- 20 倪思洁. 历时十多年, 他们啃下这块“硬骨头”——我国首套盾构机用超大直径主轴承研制成功. 中国科学院报, 2022-12-15(01).
Ni S J. After more than ten years of painstaking efforts, they managed to overcome this “tough nut”. China's first set of super-large-diameter main bearings for shield machines has been successfully developed. China Science Daily, 2022-12-15(01). (in Chinese)
- 21 刘艳琼. 两弹一星工程的成功经验与启示. 长沙: 国防科学技术大学, 2002.
Liu Y Q. The Successful Experiences and Enlightenment of the “Two Bombs, One Satellite” Project. Changsha: National University of Defense Technology, 2002. (in Chinese)
- 22 路风. 走向自主创新: 寻求中国力量的源泉. 桂林: 广西师

- 范大学出版社, 2006.
- Lu F. Towards Indigenous Innovation: Seeking the Source of China's Power. Guilin: Guangxi Normal University Press, 2006. (in Chinese)
- 23 傅志华, 李成威, 韦扬, 等. 集中财力办大事与新型“举国体制”——从支持“两弹一星”的财政观说起. 财政科学, 2021, (4): 9-20.
- Fu Z H, Li C W, Wei Y, et al. Concentrating financial resource for great things and new-type “Whole Nation System”—The public finance spirit inheriting from “Two Bombs and One Satellite”. Fiscal Science, 2021, (4): 9-20. (in Chinese)
- 24 贾宝余, 应验, 刘立. “点将配兵”与重大突破: 重大战略科技领域创新要素的配置模式. 中国科学院院刊, 2022, 37(1): 88-100.
- Jia B Y, Ying Y, Liu L. Pick up generals and deploy soldiers & major breakthrough: Allocation mode for innovation resources in national strategic S&T area. Bulletin of Chinese Academy of Science, 2022, 37(1): 88-100. (in Chinese)
- 25 张三保, 陈晨, 张志学. 举国体制演进如何推动关键技术升级?——中国 3G 到 5G 标准的案例研究. 经济管理, 2022, 44(9): 27-46.
- Zhang S B, Chen C, Zhang Z X. How does the evolution of the national system promote the upgrading of key technologies?—A case study of China's 3G to 5G standards. Economic Management Journal, 2022, 44(9): 27-46. (in Chinese)
- 26 高旭东, 王舒扬, 李晓华, 等. 从“追赶周期”的视角理解我国电信设备产业的追赶与超越. 创新科技, 2020, 20(8): 15-28.
- Gao X D, Wang S Y, Li X H, et al. Understanding the catch-up and transcendence of China's telecom equipment industry from the perspective of “Catch-up Cycles”. Innovation Science and Technology, 2020, 20(8): 15-28. (in Chinese)
- 27 Perez C, Soete L. Catching up in technology: Entry barriers and windows of opportunity. Frances Pinter. 1988, 458-479.
- 28 熊彼特. 经济发展理论. 北京: 中国社会科学出版社, 2009.
- Schumpeter J. The Theory of Economic Development. Beijing: China Social Science Press, 2009. (in Chinese)

Case study and enlightenment of key and core technology research

HAN Yann

(China Center for International Economic Exchanges, Beijing 100050, China)

Abstract Since the reform and opening up, China has made significant progress in economic and technological development. Nevertheless, the complex international situation has made us aware that there are still some visible and invisible key core technologies under the control of others, bring us into a passive situation in international competition. Technological advantages are increasingly being applied in political confrontations between nations, serving as important means of sanctions and invisible weapons. Being dependent on others for key and core technologies has become a hidden danger to China's economic and social development. Based on case studies of some successful key and core technology breakthroughs and combining with the "window of opportunity theory" for latecomer countries to achieve technological catching-up, this study seeks the main entry points for breakthroughs according to the development stage of the technology, characteristics of market demand, and commercial attributes of products, determines the "catching-up model", and provides both practical and theoretical significance for improving the institutional design of key and core technology breakthroughs.

Keywords key and core technologies, case study, path research, model research

韩燕妮 中国国际经济交流中心助理研究员。主要研究领域：创新管理、科技政策、数字经济等。E-mail: helloyanni@yeah.net

HAN Yann Ph.D. in management, Research Assistant of China Center for International Economic Exchanges. Her research focuses on innovation management; science & technology policy, digital economy, etc. E-mail: helloyanni@yeah.net

■ 责任编辑：武一男