

文章编号:1003-207(2026)01-0104-14

DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2024.0809

“卡脖子”技术识别方法研究进展

蔡梦思, 吕欣

(国防科技大学系统工程学院, 湖南 长沙 410073)

摘要:当前世界百年未有之大变局下,科技竞争日益成为大国博弈的焦点,突破我国“卡脖子”关键核心技术刻不容缓。科学精准地识别并形成“卡脖子”问题清单,可以为实现关键核心技术瓶颈突破和自主可控提供重要依据。本文对“卡脖子”技术识别研究进行综述,具体从“卡脖子”技术内涵、特征和识别方法三个层面系统展开。首先,通过与关键核心技术、颠覆性技术、突破性技术、“杀手锏”技术进行比较,明晰“卡脖子”技术内涵;然后,提出包含五个本质属性和一系列延伸属性的“卡脖子”技术特征框架;最后,总结“卡脖子”技术识别的多种途径、存在问题以及未来趋势。

关键词:“卡脖子”技术;关键核心技术;技术识别;专利分析;指标体系

中图分类号:G353.1 **文献标识码:**A

1 引言

自“中兴事件”和“华为‘断供’事件”以来,美国持续对我国高技术领域实行全面制裁,其发布的《出口管制改革法案》《芯片与科学法案》以及商品管制清单、实体清单等,严重阻碍了我国科技创新发展进程,也充分暴露出我国巨大的“卡脖子”技术缺口问题。据《科技日报》报道,我国需要攻克芯片、操作系统、激光雷达、核心工业软件、光刻胶、锂电池隔膜等35项“卡脖子”技术。对此,习近平总书记在两院院士大会上强调:要应用牵引、突破瓶颈,弄通“卡脖子”技术的基础理论和技术原理,努力实现更多“从0到1”的突破;党的二十大报告也提出尽快破解“卡脖子”难题,“加快实现高水平科技自立自强”的要求。

当前我国关键核心技术受制于人的局面已引起社会的广泛关注和讨论,更是掀起了“卡脖子”技术的攻坚浪潮,在“卡脖子”技术的内涵、成因以及突破路径等方面也积累了大量理论探索和案例研

究^[1-3]。甄选出具有战略意义的“卡脖子”关键核心技术是攻克我国关键核心技术领域“卡脖子”难题的首要任务^[4]。鉴于此,本文聚焦“卡脖子”技术,首先将其与关键核心技术、颠覆性技术、突破性技术、“杀手锏”技术进行比较,以明晰技术内涵;然后在现有文献基础上,进一步提炼和界定其本质属性和延伸属性,以作为技术判别依据;最后,总结归纳相关技术识别方法进展,并探讨存在的问题和展望未来研究方向。

2 “卡脖子”技术内涵辨析

识别“卡脖子”技术,首先需要对其技术内涵和边界进行辨析。目前,学术界尚未形成“卡脖子”技术的定义共识,对其技术内涵的理解主要从时间和技术两个视角展开。从时间视角,张治河和苗欣苑^[5]认为“卡脖子”技术可以划分为短期“卡脖子”技术和长期“卡脖子”技术,前者已经被限制亟待较短时期内攻克,后者则关系未来发展需要长远布局。从技术视角,以汤志伟等^[6]和陈劲等^[7]为代表的大部分学者认为“卡脖子”技术属于关键核心技术,具有高价值、易垄断的特点,若被技术供给方制裁,则在短时间内难以突破,从而威胁企业存亡和国家安全;此外,李昱璇和方卫华^[2]认为“卡脖子”技术不仅指技术,还指具有高技术特征的产品,例如,芯片、光刻机、航空发动机等;李红建^[8]、陈劲等^[7]认为“卡脖子”技术不是一项技术,而是一类“技术体系”或“技术簇”,包含一系列关键核心技术,其中,机器设备、核心元部件、基础工艺、系统架构等也都属于这一体系范畴。在“卡脖子”技术的内涵辨析

收稿日期:2024-05-24; 修订日期:2024-09-23

基金项目:国家自然科学基金项目(72301285, 72301288, 72421002, 72474223, 72025405, 72401039, 72401289, 72074033);教育部人文社会科学研究项目(24YJC630128);湖南省自然科学基金项目(2023JJ40685, 2024JJ6069);国家博士后创新人才支持计划(BX20230475)

通讯作者简介:吕欣(1984—),男(汉族),湖南常德人,国防科技大学系统工程学院,教授,博士生导师,首席专家,应急管理智能决策技术湖南省重点实验室,副主任,研究方向:复杂网络与大数据分析, E-mail: xin.lu.lab@outlook.com.

过程中,通常将其与颠覆性技术、“杀手锏”技术进行比较,同时,突破性技术也是当前研究热点之一

且与颠覆性技术密切相关,因此,本文整理上述技术之间的关系如图1所示。

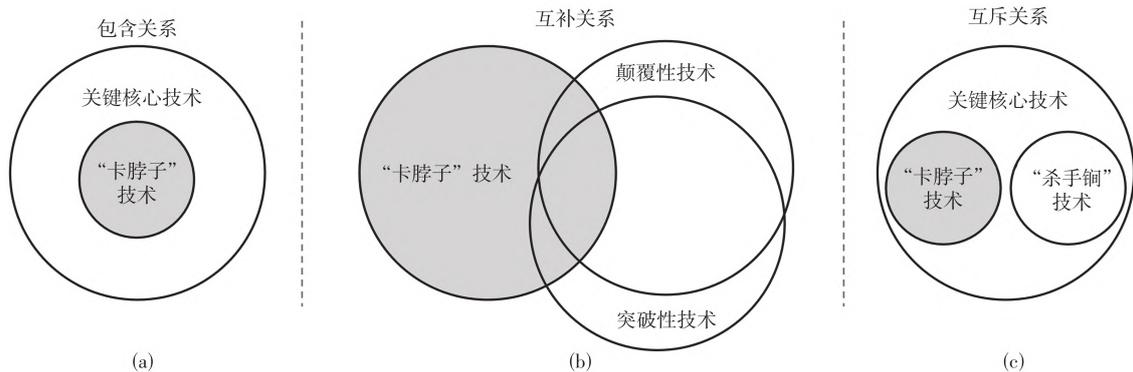


图1 “卡脖子”技术与关键核心技术、颠覆性技术、突破性技术、“杀手锏”技术的关系

2.1 “卡脖子”技术与关键核心技术

关键核心技术是在关键技术领域中处于核心地位的技术门类,有助于推动国家高质量发展,且在维护国家安全和提高国际竞争力方面具有重要的战略意义^[9]。一般认为,关键核心技术是科学先进的、不可替代的、难以掌握的、不易超越的,需要长时间的高投入,容易形成垄断局面,具有价值高昂、影响深远、应用广泛、效益显著等特征^[10,11]。

“卡脖子”技术是关键核心技术的真子集,如图1(a)所示。例如,宋立丰等^[12]立足于中国情境,认为“卡脖子”技术是中国没有突破并被美国封锁的关键核心技术;赵建和梁爽^[13]认为“卡脖子”技术是关键核心技术中垄断性较强的技术。“卡脖子”技术与关键核心技术的主要区别在于:第一,“卡脖子”技术的投入更高、攻克周期更长、攻克难度更大,技术需求方难以短期内突破或找到替代方案,导致容易被供给方技术压制;第二,“卡脖子”技术的垄断性更强,技术需求方的依赖性极强,供给方具有主动话语权;第三,“卡脖子”技术的国家战略性特征更显著,影响一国嵌入全球价值链、产业链、创新链与供应链的国家战略性价值,这一战略价值不仅包括经济价值,还包括参与国际竞争的政治意识形态、科技话语权以及国际经济地位等综合战略价值^[7]。

2.2 “卡脖子”技术与颠覆性技术

颠覆性技术是对产业格局和市场竞争产生颠覆性影响的一类技术,它通过技术范式的改变来实现主流技术的替代,从而产生了新的产品或服务功能^[14,15]。一般认为,颠覆性技术具有前沿引领性、交叉融合性、突变性、替代性、入侵性、变革性、高风险性、偶然性、不确定性、时效性等特点,在发展初期性能比主流技术差,往往以寻求利基或新市场为主,之后可以快速改进与完善,并向主流市场渗透,最终颠覆或取代主流技术^[16]。

颠覆性技术与“卡脖子”技术是存在交集的互补关系,如图1(b)所示。例如,汤志伟等^[6]认为颠覆性技术可以在“卡脖子”技术造成威胁时起到替代作用,另辟蹊径破解技术困局;肖广岭^[17]认为颠覆性技术与“卡脖子”技术存在交集且可以互相促进,突破前者可以抢占先机以引领未来发展,突破后者可以弥补短板以保障当前发展。“卡脖子”技术与颠覆性技术的主要区别在于:第一,“卡脖子”技术一般是已经存在的传统技术,属于主流技术范畴;而颠覆性技术是一种另辟蹊径,对传统或主流技术产生颠覆性结果的技术。第二,“卡脖子”技术作为掣肘某特定领域发展的短板,是国家战略层面迫切需要进行创新突破的技术,其突破后可极大巩固和加强原有技术体系或产业;而颠覆性技术在发展初期性能不佳、不被关注或重视,是国家需要超前布局的技术,其突破后将取代主流技术,变革原有技术体系,改变竞争规则,甚至可能产生一些新产业、新业态和新模式。

2.3 “卡脖子”技术与突破性技术

突破性技术是对产业结构和经济模式等产生深远影响的一类技术,它突破了原有技术轨道,彻底改变了现有产业格局,是带来革命性进步的创新性技术^[18]。突破性技术强调技术产生重大突破且创新程度高,能够在短期内降低产品性能并使原有价值网络结构发生变化,具有动态性、不连续性、新颖性、革命性、知识融合性、提升性、跃迁性、不确定性等特点^[19]。

突破性技术与颠覆性技术存在交叉关系,如图1(b)所示,两者均可以是技术的重大突破而产生颠覆效应,均强调技术的高度创新性、性能突破等^[20]。但是,突破性技术侧重于从技术角度强调性能上的巨大跃迁,颠覆性技术则侧重从市场角度强调市场价值与破坏或应用范式转变,两者在技术来源、目

标客户、市场侵入、创新主体、追赶策略等方面也存在显著差异^[21]。类似于颠覆性技术,突破性技术与“卡脖子”技术亦存在互补关系,如图1(b)所示,通过不同技术轨道上的技术融合来实现技术跃迁,有助于突破“卡脖子”困境。“卡脖子”技术与突破性技术的主要区别在于:第一,“卡脖子”技术强调外部封锁性和垄断性,关乎国家安全;而突破性技术强调技术的革命性和创新性,对技术轨道和价值网络具有重要影响。第二,“卡脖子”技术指与其他国家长期具有较大差距且这种技术差距难以通过技术吸收、转移或贸易的方式来突破^[22];突破性技术则实现了从低水平技术轨道向高水平技术轨道的跃迁,在产品性能功能上产生了突破性创新^[23]。第三,“卡脖子”技术是关键核心技术受制于人的结果;突破性技术则是处于不同技术轨道的技术进行融合并实现轨道跃迁的成果。

2.4 “卡脖子”技术与“杀手锏”技术

“杀手锏”技术是在创新链前端或高级端具有较大优势的技术,具有高技术和高效益双重特征,突破了现行技术标准,冲击现有技术价值链并可能引发持续技术变革^[9,24]。所谓“杀手锏”,即克敌制胜的绝招;“杀手锏”技术实现了产品或工艺的根本性创新,具有技术起点高、创新主体技术市场地位高、产业链依赖性强等特点^[24]。

“杀手锏”技术与“卡脖子”技术是互斥关系,如图1(c)所示,一项关键核心技术不可能既是“杀手锏”又被“卡脖子”,但是可以通过锻造“杀手锏”技术来缓解或摆脱“卡脖子”困局。例如,肖广玲^[25]从

竞争地位角度认为“卡脖子”技术是“人有我无,人强我弱”的技术,“杀手锏”技术是“人无我有,人有我优”的技术。“卡脖子”技术与“杀手锏”技术同属于关键核心技术,是由于全球性技术发展的不均衡而产生的,两者的主要区别在于:“卡脖子技术”是存在明显差距、尚未实现自主可控的技术,存在安全风险、处于被垄断地位^[9];“杀手锏”技术则是具有垄断优势、自主可控的技术。

总的来说,“卡脖子”技术诞生于中国情境,指受制于人的关键核心技术、产品或技术簇,强调技术的垄断性、难突破性、国家安全性等。颠覆性技术立足低端市场或开辟新市场,指颠覆现有技术市场、商业模式、竞争格局等的技术。突破性技术立足技术轨道跃迁,指在性能上取得突破性改进或改变的前沿技术。“杀手锏”技术则与“卡脖子”技术相反,指具有明显技术领先优势的关键核心技术。

3 “卡脖子”的特征

3.1 “卡脖子”技术特征梳理

“卡脖子”技术的特征是用来判断一项技术是否属于卡脖子范畴的重要依据。从已有研究成果来看,大部分学者认为“卡脖子”技术具有关键核心技术的一般共性特征,并进一步从国家、技术、市场等维度引申出其他特征,如表1所示。例如,国家维度的典型特征有战略性、安全性和胁迫性等;技术维度的典型特征有复杂性、垄断性、差距性和难攻克性等;市场维度的典型特征有高技术价值、竞争性和稀缺性等。

表1 “卡脖子”技术的特征梳理

维度	主要特征
国家	战略性 ^[2,6,7,26-28] 、战略竞争性 ^[28,29] 、科技战略性 ^[30] 、安全性 ^[7,30,31] 、威胁性 ^[2] 、隐性 ^[5] 、紧迫性 ^[5] 、经济政治性 ^[17]
技术	关键核心技术属性 ^[7,17,29,32-34] 、复杂性 ^[6,28,34] 、垄断性 ^[6,27,28,35] 、垄断依赖性 ^[29,32] 、技术差距性 ^[7,29,30,33,35,36] 、难以攻克性或难突破性 ^[17,31,32,33,35] 、原创性 ^[2,27] 、自主创新性 ^[28] 、重要性和必要性 ^[5]
市场	高技术价值 ^[26,28,31,35] 、胁迫性 ^[27] 、商品性 ^[27] 、致命性 ^[27] 、稀缺性 ^[2] 、潜伏性 ^[2,31]
其他	相对性 ^[26] 、相对唯一性 ^[34] 、动态性 ^[26,30]

3.2 “卡脖子”技术特征的新界定

通过梳理“卡脖子”技术的特征可以发现:(1)虽然对“卡脖子”技术特征的认识较为多样化,但在关键核心技术属性、战略性、复杂性、垄断性与技术差距性等方面基本达成共识;(2)有些特征同样适用于描述关键核心技术或颠覆性技术,例如,高技术价值、必要性、原创性等;(3)有些特征没有反映“卡脖子”技术的本质,例如,动态性是一切技术的共性;(4)有些特征之间存在含义上的交叉或重叠,例如,安全性、威胁性、胁迫性的含义相近,复杂性与难以攻克性之间相辅相成。

因此,本研究在系统梳理上述“卡脖子”技术特征的基础上,提出由关键核心技术属性、战略竞争性、技术复杂性、技术差距性与国家安全性五个本质属性和一系列延伸属性构成的“卡脖子”技术特征框架,如图2所示。其中,关键核心技术属性是判断“卡脖子”技术的必要条件;战略竞争性和国家安全性分别从竞争地位和竞争影响维度刻画“卡脖子”技术,前者强调在大国博弈中的战略必争地位,后者强调技术竞争所形成的垄断局面;技术复杂性反映的是“卡脖子”技术本身的高价值、高质量特性;技术差距性则反映的是竞争主体之间“卡脖子”

技术的价值和质量的差距。

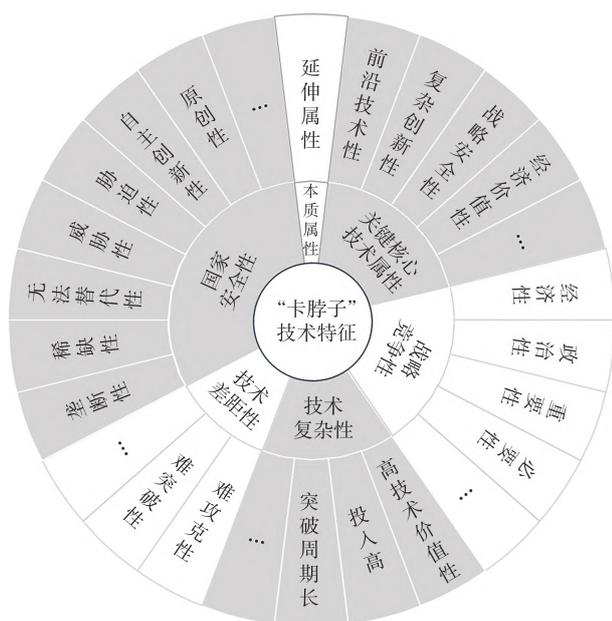


图2 “卡脖子”技术特征框架

(1)关键核心技术属性。针对“卡脖子”技术属于关键核心技术范畴这一点,目前学术界已基本达成共识。因此,“卡脖子”技术具有关键核心技术的一般属性特征,包括前沿技术性、复杂创新性、战略安全性、经济价值性、市场应用性、战略辐射性等。

(2)战略竞争性。“卡脖子”技术是国家发展的战略必争领域,与国家安全、市场竞争、社会经济发展紧密相关,是决定一国科技发展战略与创新能力的关键技术。“卡脖子”技术的战略竞争性决定了它同时与国家经济、政治密切相关,且处于产业链、价值链的关键位置。因此,战略竞争性包含经济性、政治性、重要性、必要性等延伸属性。

(3)技术复杂性。“卡脖子”技术具有高价值性、强复杂性特点,其技术突破或性能提升往往需要长期的高昂投入,且在短时间内难以突破。因此,技术复杂性包含高技术价值性、投入高、突破周期长等延伸属性。

(4)技术差距性。“卡脖子”技术在国家间科技实力、产业间发展程度与企业间创新能力强弱等多重维度下长期与其他国家存在较大差距,且技术差距在短期内难以被缩小,存在受制于人的局面,自主可控、形成竞争优势的难度极大。技术供给方具有绝对优势,技术需求方处于相对劣势地位。因此,技术差距性包含难突破性、难攻克性等延伸属性。

(5)国家安全性。“卡脖子”技术是被其他竞争对手占据关键性的技术要素,仅被个别国家掌握,具有全球市场上的稀缺性、技术上的无法替代性,

存在寡头垄断和技术锁定的风险。“卡脖子”技术一旦被技术供给方制裁,将形成垄断局面,进而威胁国家经济发展、产业安全、科技创新和国际竞争地位等。攻克“卡脖子”技术对于保障国家技术安全、实现供应链产业链安全等具有关键性作用。因此,国家安全性包含垄断性、稀缺性、无法替代性、威胁性、胁迫性、自主创新性、原创性、隐患性、致命性等延伸属性。

4 “卡脖子”技术识别方法

本文将已有“卡脖子”技术识别方法划分为德尔菲法、指标评估法、文献计量法、网络分析法和机器学习方法五类。

4.1 基于德尔菲法的识别方法

德尔菲法主要利用领域专家的意见对“卡脖子”技术进行识别。近年来,学者们从技术内涵出发,提出了“卡脖子”技术的甄选机制或筛选步骤,但在判别时主要以定性分析为主。例如,张治河和苗欣苑^[5]首先通过两轮大型德尔菲调查形成关键核心技术清单,然后结合德尔菲法和层次分析法选取出我国关键核心技术领域的“卡脖子”技术。陈劲等^[7]提出了“卡脖子”技术的“金字塔”识别模型,通过从底向上依次判断“是否与发达国家存在较大的技术差距→是否是产业当前与未来发展的关键核心技术(技术预见)→是否满足产业的安全性(技术垄断程度)→是否在全球价值链中占据关键核心位置(全球竞争地位)”来识别“卡脖子”技术。汤志伟等^[6]提出了“卡脖子”技术识别的4个筛选步骤:“是否属于关键核心技术→关键核心技术是否存在技术垄断→存在技术垄断的技术是否攻克难度大→攻克难度大的技术是否处于价值链核心位置”,并基于问卷调查法识别出我国电子信息产业的13项“卡脖子”技术。在此基础上,李昱璇和汤志伟^[31]进一步判断这13项“卡脖子”技术在S省是否有较强的研发优势和研发需要以及在其他省份是否有较高的研发水平,从而筛选出S省具有“相对优势”的10项“卡脖子”技术。

4.2 基于指标评估的识别方法

指标评估法从技术的多维特征出发,尝试建立更完善的评价指标体系来帮助识别“卡脖子”技术,但评价指标的计算主要以专家评分为主。例如,郑国雄等^[34]构建了包含技术重要性、技术垄断性、技术先进性、技术获得难度、社会经济价值5个指标的生物医药领域“卡脖子”关键技术评价指标体系,并结合德尔菲法和层次分析法甄选出卡脖子程度最高的3项关键核心技术。周海球等^[24]构建了包含技术战略价值、对方技术垄断性、我方技术垄断性、技术先

进性、技术攻关难度、全球经济社会价值、国内经济社会价值 7 个指标的“卡脖子”和“杀手锏”技术分类识别指标体系,并基于专家打分和层次分析法得出 22 个“卡脖子”技术方向和 17 个“杀手锏”技术方向。

此外,部分学者仅提出“卡脖子”技术的评价指标体系,但未开展相关实证研究。例如,张婷等^[37]从国家战略性、技术关键性、技术差距性、产业安全性 4 个维度出发提出了生物医药领域“卡脖子”技术的 25 个评价指标;杨斌^[27]建立了包含技术差距、关键核心技术、产业安全性、国家战略竞争性 4 个一级指标、11 个二级指标的先进电子材料领域“卡脖子”技术评估指标体系。

4.3 基于文献计量的识别方法

文献计量法主要从论文或专利等文献数据中提取表征“卡脖子”技术的关键信息,完全基于对文献的计量分析来实现“卡脖子”技术的定量化识别^[38]。其中,专利数据反映了 90% 以上的科技信息,是识别“卡脖子”技术的重要数据来源。在“卡脖子”技术识别研究中,常用的专利数据库包括 IncoPat 专利数据库^[28,32,33,35,36,39]、智慧芽(PatSnap)全球专利数据库^[40]、德温特专利数据库(Derwent Innovation Index, DII)^[9]、大为 Innojoy 专利数据库^[41,42]、佰腾专利数据库^[43]等,专利的申请量、发明人数、引证次数、布局国家、权力要求数、同族专利

数等字段被广泛应用于技术评价指标的定量化计算^[44-46]。由于关键核心技术属性是“卡脖子”技术的必要条件,因此,大部分学者采用两阶段识别法,首先从所有技术中筛选出关键核心技术,然后进一步识别其中的“卡脖子”技术。

在筛选关键核心技术时,学者们提出了前沿技术性、复杂创新性、战略安全性、经济价值性、市场应用性、战略辐射性等评价指标,并通过专利被引证数、权利要求数、发明人数、申请人数、布局国家数、同族专利数、技术覆盖范围等字段计算各指标值^[32,33,35,36,39,42,47-49],见表 2。在此基础上,陈旭等^[35]、杨大飞等^[47]采用信息量权重法确定各指标权重,以最高专利得分为基准值,将大于等于最高得分 30% 的专利确定为关键核心技术;江瑶等采用信息量权重法^[33]、熵值法^[32]对指标体系中的各指标进行赋权,并设定指标得分前 5% 的专利技术为该领域关键核心技术^[50]。

在关键核心技术的基础上进一步筛选“卡脖子”技术时,学者们主要从技术差距、技术垄断、技术突破等视角构建多个定量评价指标,并确定“卡脖子”技术所对应的指标取值范围。以本文提炼的“卡脖子”技术特征为框架,表 3 总结梳理了“卡脖子”技术战略竞争性、技术复杂性、技术差距性和国家安全性的评价指标及其测算依据。

表 2 关键核心技术评价指标

文献来源	评价指标	计算方法
江瑶等 ^[32]	前沿技术性	年均被引频次、技术覆盖范围
	复杂创新性	被引证数、权利要求数量
	国家战略性	同族专利数、布局国家数
陈旭等 ^[35]	技术创新	发明人数、引证次数、技术覆盖范围
	技术辐射	被引证次数、被引证国别数、年均被引次数
	技术经济	申请人数、PCT 申请、国民经济分类数
陈旭等 ^[36]	技术安全	权力要求数、同族专利数、布局国家数
	前沿技术性	发明人数、被引次数
	战略安全性	技术覆盖范围、权力要求数
陈旭等 ^[39]	经济价值性	布局国家数、同族专利数
	前沿技术性	发明人数、引证次数、被引次数
	战略安全性	技术覆盖范围、权利要求数、被引证国别数
江瑶等 ^[33]	经济价值性	布局国家数、同族专利数、申请人类型
	复杂原创性	发明人数、技术覆盖范围、引证次数
	战略辐射性	同族专利数、布局国家数、被引证国别数
范书琴和刘国新 ^[42]	前沿影响性	权力要求数、被引证次数、年均被引次数
	市场应用性	申请人类型、PCT 申请、国民经济分类数
	技术属性	专利影响力、先验知识量、科学关联度、技术宽度
郑思佳等 ^[48]	法律属性	保护范围、核心保护范围、保护力度、技术信息披露度、权利稳定性
	商业属性	剩余有效期、收益潜力、商业范围
	专利技术性	专利类型、权利要求数、专利自引频次、专利他引频次、专利分类号数等
杨大飞等 ^[47]	专利法律性	专利付费及专利维持时间、专利法律诉讼信息、专利转化信息
	专利经济性	同族专利(同族专利数量,三方专利,PCT 申请,发达国家申请)、申请人类型
	核心技术创新力	专利年平均被引用频次、科学关联性
Wang 和 Huang ^[49]	核心技术控制力	专利被引指数、同族专利数量
	核心技术发展力	技术覆盖范围、专利权力要求数量
	基本特征	专利被引频次、文献被引次数、权力要求数
	核心特征	专利引用文献数量、IPC 类别数量、专利申请数
	战略特征	同族专利数、布局国家数、布局国家中的发达国家数量

表 3 “卡脖子”技术特征对应的评价指标及测算依据

特征	评价指标	测算依据
战略竞争性	技术竞争优势 ^[28]	<p>某国某技术方向竞争力 PC_{ij} 在全球该技术方向竞争力的占比,除以该国所有技术方向竞争力在全球所有技术方向竞争力的占比,计算公式如下,其中技术竞争力 PC_{ij} 由采用信息量权法对同族专利数和同族国家数进行标准化和加权拟合得出</p> $TCA_{ij} = \left(PC_{ij} / \sum_{i=1}^I PC_{ij} \right) / \left(\sum_{j=1}^J PC_{ij} / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J PC_{ij} \right)$
	战略竞争优势 ^[29]	<p>某国某技术方向下五局专利授权量 n_{IP5} 在全球该技术方向五局专利授权量的占比,除以该国所有技术领域五局专利授权量在全球所有领域五局专利授权量的占比,即</p> $TSP_{ij} = \left(n_{IP5_{ij}} / \sum_{i=1}^I n_{IP5_{ij}} \right) / \left(\sum_{j=1}^J n_{IP5_{ij}} / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{IP5_{ij}} \right)$
技术复杂性	技术生长潜力 ^[33,35]	<p>某国某技术方向近 T 年技术生长率的平均值,其中 k 年的技术生长率 v_{jk} 为该年的专利申请量与过去 T 年内的专利累积申请量的比值,即</p> $V_{ij} = \sum_{k=1}^T v_{jk} / T, \quad v_{jk} = n_{jk} / \sum_{i=k-(T-1)}^k n_{ij}$
	技术扩张潜力 ^[33,35]	<p>某国某技术方向近 T 年技术扩张率的平均值,其中 k 年的技术扩张率 u_{jk} 为该年的专利申请 IPC 分类之 IPC_{jk} 和与过去 T 年的专利申请 IPC 分类之和的比值,即</p> $U_{ij} = \sum_{k=1}^T u_{jk} / T, \quad u_{jk} = IPC_{jk} / \sum_{i=k-(T-1)}^k IPC_{ij}$
	技术影响潜力 ^[35]	<p>某国某技术方向近 T 年技术影响率的平均值,其中 k 年的技术影响率 c_{jk} 为该年的专利申请被引次数之和 $Cited_{jk}$ 与过去 T 年的专利累积申请被引次数之和的比值,即</p> $C_{ij} = \sum_{k=1}^T c_{jk} / T, \quad c_{jk} = Cited_{jk} / \sum_{i=k-(T-1)}^k Cited_{ij}$
技术数量差距 ^[9,35,39]		<p>某国某技术方向的专利数量 n_{ij} 与该方向专利数量最多的国家之间的差距,即</p> $N_{ij} = (\max n_j - n_{ij}) / \max n_j$
技术质量差距 ^[9,35,39]		<p>某国某技术方向的专利质量 m_{ij} 与该方向专利质量最高的国家之间的差距,即</p> $M_{ij} = (\max m_j - m_{ij}) / \max m_j$
技术数量区位熵 ^[32]		<p>某国某技术方向专利数量 n_{ij} 在全球该技术方向专利数量的占比,除以该国所有技术方向专利数量在全球所有技术方向专利数量的占比,即</p> $NQ_{ij} = \left(n_{ij} / \sum_{i=1}^I n_{ij} \right) / \left(\sum_{i=1}^I n_{ij} / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \right)$
技术质量区位熵 ^[32]		<p>某国某技术方向专利得分 m_{ij} 在全球该技术领域专利得分的占比,除以该国所有技术方向专利得分在全球所有技术方向专利得分的占比,即</p> $MQ_{ij} = \left(m_{ij} / \sum_{i=1}^I m_{ij} \right) / \left(\sum_{j=1}^J m_{ij} / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J m_{ij} \right)$
技术差距性	技术数量优势	<p>某国某技术方向专利数量 n_{ij} 在全球该技术方向专利数量的占比,除以该国所有技术方向专利数量在全球所有技术方向专利数量的占比^[29,40],即</p> $TSG_{ij} = \left(n_{ij} / \sum_{i=1}^I n_{ij} \right) / \left(\sum_{j=1}^J n_{ij} / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \right)$
		<p>某国某技术方向专利数量 n_{ij} 与全球该技术方向专利数量排名第一和第二国家的相对优势^[9],即</p> $W_{i,j} = \left(n_{i,j} / \sum_{i=1}^I n_{ij} \right) - \left(n_{top2,j} / \sum_{i=1}^I n_{ij} \right), \quad M_{i,j} = \left(n_{i,j} / \sum_{i=1}^I n_{ij} \right) - \left(n_{top1,j} / \sum_{i=1}^I n_{ij} \right)$
		<p>某国某技术方向技术价值 m_{ij} 在全球该技术方向技术价值的占比,除以该国所有技术方向技术价值占全球所有技术方向技术价值占比^{[28]-[29]},即</p> $TVA_{ij} = \left(m_{ij} / \sum_{i=1}^I m_{ij} \right) / \left(\sum_{j=1}^J m_{ij} / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J m_{ij} \right)$
技术质量(价值)优势		<p>某省某技术方向技术价值均值 \bar{m}_{ij} 在全球该技术方向技术价值均值的占比,与该省所有技术方向技术价值均值占全球所有技术方向技术价值均值比重的比值^[40],即</p> $TQG_{ij} = \left(\bar{m}_{ij} / \sum_{i=1}^I \bar{m}_{ij} \right) / \left(\sum_{j=1}^J \bar{m}_{ij} / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \bar{m}_{ij} \right)$
		<p>某国某技术方向的高质量专利数 $n_{i,j}^m$ 与全球该技术方向专利数量排名第一和第二的国家的高质量专利数的相对优势^[9],即</p> $L_{i,j} = (n_{i,j}^m - n_{top2,j}^m) / n_{i,j}^m, \quad C_{i,j} = (n_{i,j}^m - n_{top1,j}^m) / n_{top1,j}^m$

表3 “卡脖子”技术特征对应的评价指标及测算依据(续表)

特征	评价指标	测算依据
	技术集中度 ^[35,42]	某技术方向或领域的市场集中度,即 $HHI_j = \sum_{i=1}^I X_{ij}^2$
	技术垄断地位 ^[28,29]	某国某技术方向市场集中度在全球该技术方向市场集中度的占比,除以该国所有技术方向市场集中度在全球所有技术方向市场集中度的占比,即 $TMP_{ij} = \left(\frac{HHI_{ij}}{\sum_{i=1}^I HHI_{ij}} \right) / \left(\frac{\sum_{j=1}^J HHI_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J HHI_{ij}} \right)$
国家安全性		由对某国某技术方向技术主导力 TD_{ij} 、技术引领性 TL_{ij} 和技术被引率 TCR_{ij} 进行加权拟合得出,其中 $TD_{ij} = n_{ij} / \sum_{i=1}^I n_{ij}$,即某国在某技术方向掌握的核心专利数量占比 $TL_{ij} = n'_{ij} / \sum_{i=1}^I n'_{ij}$,即某国在某技术领域萌芽期申请的核心专利数量占比 $TCR_{ij} = Cited_{ij} / \sum_{i=1}^I Cited_{ij}$,即某技术方向的所有引证专利文献中某国被引专利数量占比
	自主创新能力 ^[28]	
	技术锁定风险 ^[42]	某国某技术方向与该方向领头国家间的专利质量差距,即 $M_{ij} = (\max m_j - m_{ij}) / \max m_j$

注: i 表示国家(地区); j 表示技术方向或领域; k 表示年份; n 表示专利数量; n' 表示萌芽期专利数量; m 表示专利质量或价值; I 表示全部国家(地区)数量; J 表示全部技术方向或领域的数量; X_{ij} 表示在技术领域 j 内,国家(地区) i 所拥有的专利数量(或专利质量)在该领域全部专利数量(或专利质量)的份额; $Cited_{ij}$ 表示国家(地区) i 在 j 技术方向的专利前向引用次数。

4.3.1 技术差距视角

从技术差距视角,学者们主要采用专利数量差距 N 和专利质量差距 M 来评估“卡脖子”技术。其中,专利质量可以通过表2中关键核心技术的评价指标计算得出^[32],也可通过合享价值度^[9]、显示性比较优势指数 RCA ^[28] 等来衡量。

对于待评估的关键核心技术,当 $N=0$ 且 $M=0$ 时,说明专利数量和质量均处于全球领先水平,属于非“卡脖子”技术;当 $N=1$ 时,说明尚未有专利布局,属于潜在重度“卡脖子”技术;当 N 和 M 不全为0且 $N \neq 1$ 时,即 $0 < N < 1, 0 < M < 1$ 或 $N=0, 0 < M < 1$ 或 $0 < N < 1, M=0$,则说明与其他国家存在一定差距,是潜在轻度“卡脖子”技术。基于该方法,陈旭等^[36]识别出集成电路产业严重性“卡脖子”技术148项,一般性“卡脖子”技术17项;江瑶等^[32]识别出人工智能产业轻度“卡脖子”技术9项,重度“卡脖子”技术22项;徐霞等^[9]筛选出下一代信息网络技术领域的潜在“卡脖子”技术7项,潜在“杀手锏”技术2项,其中,“杀手锏”技术是在数量和质量上均存在优势的关键核心技术领域。

相对于技术差距,董坤等^[40]从专利数量优势和专利质量优势两个维度来衡量“卡脖子”技术,据此划分优势技术(均大于1)、潜在轻度“卡脖子”技术(不全大于1且不为0)和潜在重度“卡脖子”技术(专利数量优势为0),从而识别出山东省区块链产业的潜在轻度“卡脖子”3项,潜在重度“卡脖子”29项。

4.3.2 技术垄断视角

若一项技术仅被少数专利权人掌握,则容易形

成技术垄断。基于此,学者们采用特定产业领域技术的市场集中度 HHI ,即赫芬达尔指数(Herfindahl-Hirschman Index)来衡量技术垄断性。

对于待评估的关键核心技术领域 j , HHI_j 值越大,表明技术领域 j 的专利分布越集中,当 $HHI_j=1$ 时,表明技术领域 j 的所有专利只集中在一个国家(或地区)。陈旭等^[35]将 HHI 值乘以10000予以放大并筛选出 $10000 \times HHI_j \geq 1800$ 的垄断型技术领域,其中, $10000 \times HHI_j \geq 3000$ 的技术领域属于高度垄断型, $3000 > 10000 \times HHI_j \geq 1800$ 的技术领域属于中度垄断型。此外,在 HHI 的基础上,付振康等^[29]、曹琨等^[28]通过在全球技术领域的市场集中度占比来衡量国家的技术垄断地位。

4.3.3 技术突破视角

技术需求方可以通过自主研发、技术吸收、技术替代或技术贸易等方式来实现技术突破^[51],如果一项技术存在较大的突破可能性,那么被“卡脖子”的风险就越低。因此,部分学者从技术突破视角,在识别出关键核心技术短板或潜在“卡脖子”问题的基础上,进一步结合技术生长潜力、技术扩散潜力、技术影响潜力等指标筛选出难以实现技术突破的“卡脖子”问题^[35]。

例如,江瑶等^[33]等首先基于专利数量差距和专利质量差距筛选出关键核心技术短板,然后从技术生长潜力和技术扩散潜力两个维度构建四象限散点图,以技术生长潜力和技术扩散潜力的均值作为象限中心,将第一象限至第四象限的技术分别划分为非“卡脖子”技术(高生长潜力和高扩张潜力)、潜在

“卡脖子”技术(低生长潜力和高扩张潜力)、严重“卡脖子”技术(低生长潜力和低扩张潜力)和潜在“卡脖子”技术(高生长潜力和低扩张潜力),最终得到高端芯片领域的潜在“卡脖子”技术9项、严重“卡脖子”技术31项。陈旭等^[39]在通过技术差距指标判断出潜在“卡脖子”问题的基础上,进一步从模仿创新、自主攻克、颠覆性替代三个维度制定专家甄别方案,通过剔除短时间内具有实现技术突破可能性的潜在“卡脖子”问题后,得到AI芯片领域的14项“卡脖子”问题。

4.3.4 多维度综合视角

陈旭等^[35]综合考虑技术差距、技术垄断和技术突破维度,在筛选出关键核心技术领域的基础上,首先利用专利数量差距和专利质量差距指数筛选出存在一定差距的技术领域,然后利用HHI指数筛选出中度和重度垄断型技术领域,最后结合技术生长潜力 V 、技术扩张潜力 U 和技术影响潜力 C 来评估上述技术领域是否具有突破可能性,将 (V, U, C) 表现为(高, 高, 高)时划分为非“卡脖子”技术,表现为两高一低时划分为一般“卡脖子”技术,表现为两低一高时划分为轻微“卡脖子”技术,表现为(低, 低, 低)时划分为严重“卡脖子”技术,据此得出我国工业软件产业的严重“卡脖子”技术18项、一般“卡脖子”技术2项、轻微“卡脖子”技术1项。

曹琨等^[28]基于数控机床领域专利数据计算技术竞争优势 TCA 、技术价值优势 TVA 、技术垄断地位 TMP 和自主创新能力 AC 四个指标,采用CRITCI-TOPSIS方法进行客观赋权,并最终计算各专利IPC大组的综合得分 f ,将满足 $TCA < 1$ 、 $TVA < 1$ 、 $TMP < 1$ 、 $AC < 0.5$ 且 $f < 0.5$ 的技术视为潜在“卡脖子”技术,最终识别出优势技术6项、潜在“卡脖子”技术34项。

付振康等^[29]利用技术数量优势、技术质量优势、技术垄断地位、战略竞争优势四个指标来评估关键核心技术,将指标值均大于1的技术作为优势技术,指标值不全大于1的技术作为中度“卡脖子”技术,指标值均小于1的技术作为重度“卡脖子”技术,最终筛选出有机发光二极管领域的优势技术3项、轻度“卡脖子”技术4项、重度“卡脖子”技术23项。

4.4 基于网络分析的识别方法

网络分析法在构建专利共现网络或专利引证网络的基础上,结合点度中心性、PageRank、K-核分析、主路径分析等算法来识别“卡脖子”关键核心技术。

4.4.1 专利共现网络

专利共现主要指专利IPC分类号共现,即两个

分类号归属于同一个专利^[52],因此,也被称为专利共类。IPC分类号反映了专利的技术范围,有IPC大类(如G06)、IPC小类(如G06F)、IPC大组(如G06F-017)、IPC小组(如G06F-017/15)四种形式,IPC位数越多表示技术领域越窄。专利共现网络有两种构建方式,一种是以专利为节点,具有同一个IPC分类号的两个专利形成一条边;另一种更常用的方式是以IPC分类号为节点,将出现在同一个专利中的IPC分类号间形成一条边^[28],通常也被称为专利分类号共现网络或IPC共现网络。

例如,曹琨等^[28]利用数控机床领域专利构建IPC大组共现网络,基于PageRank算法计算各技术方向的核心度指数 $TCD = \ln(\text{PageRank}_j \times n_j)$,然后选取 TCD 排名前5%的88个技术方向作为关键核心技术,再结合多维评价指标筛选“卡脖子”技术。徐霞等^[9]以IPC大组之间的共现关系构建专利分类号共现网络,基于K-核分析挑选出K值最大的K核子网络,再筛选出各领域点度中心性指标排名前10的IPC分类号作为关键核心技术,在此基础上结合专利数量和质量来识别“卡脖子”技术。

4.4.2 专利引证网络

专利引证网络基于专利间的引用关系构建,也称专利引文网络。付振康等^[29]基于52798件有机发光二极管技术专利间的引证关系构建专利引文网络,首先将TPageRank值排名前5%的2639件专利作为核心专利,然后按专利IPC小类进行汇总得到303项技术,并构建“技术-专利”双边网络,最后利用改进HITS算法计算技术节点的枢纽值作为关键核心性指数评分HT,选取HT值排名前10%的30项技术作为领域内的关键核心技术。

在专利引证网络的基础上,可以通过主路径分析方法识别出技术扩散路径或技术轨道^[41]。技术轨道展现了技术的演化轨迹和前进方向,揭示了技术创新活动所遵循的内在规律。因此,若一国的某技术未出现在该技术的任何轨道中,则说明该国对技术先进国形成长期技术依赖,从而被锁定在全球价值链的低端^[53,54],造成“卡脖子”困境。例如,杨武等^[41]首先构建专利引证网络,然后利用局部向前搜索、局部向后搜索以及关键路径等主路径分析方法识别光刻技术知识扩散路径,并识别和分析光刻技术的动态演化阶段,最终得出美国在光刻技术扩散路径中始终占据主导而中国光刻技术扩散能力较弱的结论。范书琴等^[55]基于新能源汽车产业锂电池隔膜技术领域的24400件专利和72516条引证关系构建引证网络,采用主路径搜索SPC算法提取最大引证网络主路径,发现我国目前尚未出现在锂电

池隔膜技术的任何轨道中,最终得出我国锂电池隔膜技术已被国外实行技术轨道锁定的事实。

4.5 基于机器学习的识别方法

机器学习方法在构建“卡脖子”技术与非“卡脖子”技术的标准训练集基础上,通过有监督机器学习模型来实现“卡脖子”技术识别。例如,周磊等^[56]首先,通过美国实体清单确定卡脖子企业,计算卡脖子企业持有专利与商品管制清单的相似度,将大于相似度阈值的专利判定为“卡脖子”技术,以此作为类别标签;然后,提取各专利的权利人特征、技术价值、法律价值以及经济价值等特征训练机器学习模型;最后,基于889件卡脖子技术训练和测试决策树、随机森林、SVM、逻辑回归、XGBoost等分类模型,得出性能最佳的XGBoost模型准确率为91%。赵雪峰等^[43]以专利的发明名称和专利申请(专利权)人组成的文本作为输入,通过LSTM模型识别“卡脖子”技术,并进一步结合word2vec、BERT和全连接神经网络模型提取“卡脖子”技术申请文件的技术特征,最终结合Softmax激活函数识别出光刻机、真空蒸镀机、航空发动机短舱、核心算法及操作系统等“卡脖子”技术领域中的高质量专利165件。

综上所述,德尔菲法的可信度高,但多为定性分析,专家参与度高,识别结果主观性强;基于指标评估的识别方法虽然在一定程度上对“卡脖子”技术的特征进行了量化,但指标权重的确定主要以专家打分为主,仍然存在一定的主观性;基于文献计量和网络分析的方法通过专利数据实现了对“卡脖子”技术的客观、量化评估,但当前研究在多源数据融合运用上的力度不够,在“卡脖子”技术评判指标的普适性上也尚未形成统一的认识;基于机器学习的识别方法可操作性强,且模型可复用,但需要事先人工构建高质量的训练数据集,目前这方面相关研究较少,还处于初步探索阶段。

5 结语

综上所述,学者们对“卡脖子”技术内涵、特征和识别积累了一定的研究基础,并且结合专利数据、机器学习方法等取得了一些新进展。在此基础上,本文归纳总结出目前“卡脖子”技术识别的研究思路如图3所示。在“卡脖子”技术识别过程中,问卷调查数据多用于基于德尔菲法和指标评估的识别方法,专利、论文、实体清单、商品管制清单等数据多用于基于文献计量、网络分析和机器学习的识别方法。在“卡脖子”技术评价指标的计算过程中,围绕“卡脖子”技术的关键核心技术属性、战略竞争性、技术复杂性、技术差距性和国家安全性等特征,已形成了一系列评价指标体系,并能够结合专利数

据实现指标量化计算。在“卡脖子”技术识别结果评判时,已有研究针对AI芯片、电子信息、集成电路、人工智能、光刻机、工业软件等国家重要产业开展实证分析,并通过技术领域专家评价,或与国家十四五规划、科技发展规划纲要等文件进行对比,或与《科技日报》报道制约我国工业发展的35项“卡脖子”技术进行对比等方式来验证所提方法的有效性。

在梳理和综述相关文献的基础上,本文提出“卡脖子”技术识别的几点局限以及未来的研究趋势主要包括以下几个方面:

第一,在技术内涵和特征辨析方面,针对“卡脖子”技术及其核心特征尚未形成明确、统一的认识,“卡脖子”技术识别研究缺乏创新理论的支撑。本文在已有研究基础上归纳出“卡脖子”技术的五个本质属性以及若干个延伸属性(见图2),但未来仍需深入研究相关理论依据,回答“卡脖子”技术的来源、演化路径和核心特征等基本问题^[2]。

第二,在评价指标方面,还未形成具有普适性的指标体系。一方面,不同学者从不同维度构建出的“卡脖子”技术测度指标存在一定程度的交叉或重叠(见表2和表3),在专利质量(或专利价值)计算上也未形成统一的标准。另一方面,已有“卡脖子”技术评价指标体系均是针对单一领域提出的,但同一指标在不同技术领域中表现出的重要性(或指标权重)可能不同,尚未有研究验证各评价指标在跨领域“卡脖子”技术识别中的有效性。

第三,在专利数据的检索和利用方面,当前专利数据的检索主要以关键词检索和IPC分类号(例如IPC大类、IPC小类)检索为主,针对选取的特定技术领域构造相应的检索式来进行筛选,这种方式在一定程度上能够保证筛选出的专利与本领域相关,但难以确保本领域专利的全范围覆盖。同时,大部分学者在评估“卡脖子”技术时,主要关注专利数量、专利质量等易量化的特征,对专利摘要、权利要求等文本特征的利用明显不足,也较少与论文数据、研究报告、新闻报道等其他数据进行融合应用。

第四,在识别深度方面,大部分学者识别的“卡脖子”技术是一类技术方向,较少针对微观层面的技术“卡点”识别开展实证研究。以基于专利数据的“卡脖子”技术识别结果为例,大量学者从IPC大类^[32]、IPC小类^[29,33,35,36,39,41]或IPC大组^[9,28]等层面形成关键核心技术“卡脖子”问题清单;极少数学者对更下位的技术卡点进行了挖掘^[57]。

总之,“卡脖子”问题与科技领域的当前状态、发展趋势以及国际竞争格局密切相关,其根源在于基础研究薄弱和源头创新不足。当前,科技创新作

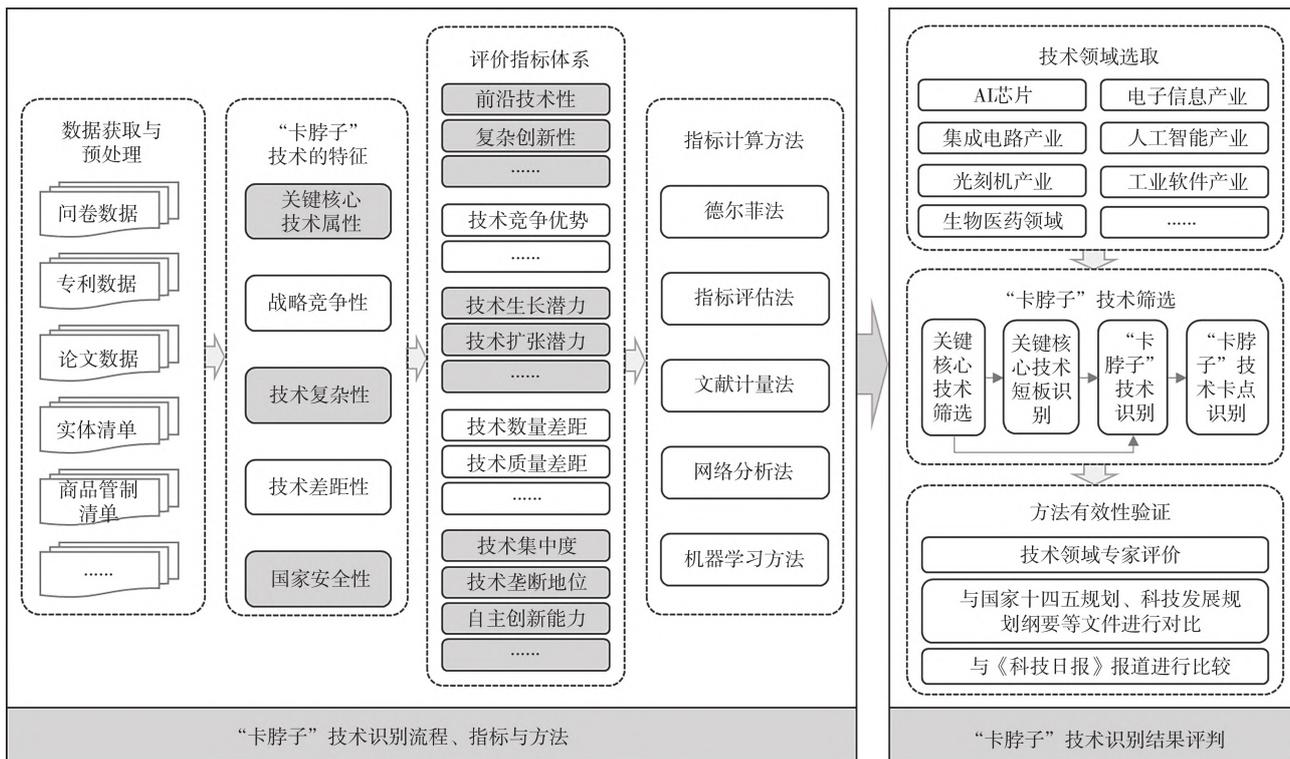


图 3 “卡脖子”技术识别研究框架

为发展新质生产力的核心要素,已成为重塑国际竞争格局的关键力量,面对新形势新要求,必须尽快突破“卡脖子”技术,加快实现高水平科技自立自强。对此,未来研究应充分考虑“卡脖子”技术在不同阶段的表现特征,结合专利、论文、研究报告、政策、新闻报道以及专家经验知识等多种数据来源,探索“卡脖子”技术的形成与演化规律,支撑实现潜在“卡脖子”技术的早期预警和技术卡点精准识别,从而为国家科技战略部署、国家战略科技力量建设、重点领域原创性科技攻关等提供借鉴与参考,进而推动我国经济高质量发展、形成新质生产力、保障国家安全。

参考文献:

[1] 宋娟,谭劲松,王可欣,等. 创新生态系统视角下核心企业突破关键核心技术“卡脖子”——以中国高速列车牵引系统为例[J]. 南开管理评论, 2023, 26(5): 4-17.
 Song J, Tan J S, Wang K X, et al. Removing bottlenecks in critical core technologies from the perspective of innovation ecosystem: A case study of China's high-speed train traction system[J]. Nankai Business Review, 2023, 26(5): 4-17.

[2] 李昱璇,方卫华. “卡脖子”技术概念辨析——内生性矛盾、国家主体与外部限制的共同建构[J]. 科学学研究, 2024, 42(1): 31-37+135.
 Li Y X, Fang W H. Conceptual discrimination of “Neck-jamming” technology—The co-construction of

endogenous contradiction, state-based and external restriction[J]. Studies in Science of Science, 2024, 42(1): 31-37+135.

[3] 韩震,赵宇恒,赵莉,等. “卡脖子”技术形成路径与破解策略选择——基于芯片产业的案例研究[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(24): 82-91.
 Han Z, Zhao Y H, Zhao L, et al. The formation path of technology bottlenecks and the strategy selection: A case study of the chip industry[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2023, 40(24): 82-91.

[4] 张治河,郭星,易兰. 经济高质量发展的创新驱动机制[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2019, 39(6): 39-46.
 Zhang Z H, Guo X, Yi L. Innovation-driven mechanism of high-quality economic development[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences), 2019, 39(6): 39-46.

[5] 张治河,苗欣苑. “卡脖子”关键核心技术的甄选机制研究[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2020, 49(6): 5-15.
 Zhang Z H, Miao X Y. Research on the selection mechanism of the key and core technologies [J]. Journal of Shaanxi Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2020, 49(6): 5-15.

[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[J]. 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 [J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2021, 38(1): 1-9.
- [7] 陈劲, 阳镇, 朱子钦. “十四五”时期“卡脖子”技术的破解: 识别框架、战略转向与突破路径[J]. *改革*, 2020(12): 5-15.
- Chen J, Yang Z, Zhu Z Q. The solution of “neck sticking” technology during the 14th Five-Year Plan period: Identification framework, strategic change and breakthrough path[J]. *Reform*, 2020(12): 5-15.
- [8] 李红建. 创新: 瞄准“卡脖子”技术[N]. *学习时报*, 2020-03-04(4).
- Li H. Innovation: Targeting the “bottleneck” technology [N]. *Study Times*, 2020-03-04(4).
- [9] 徐霞, 吴福象, 王兵. 基于国际专利分类的关键核心技术识别研究[J]. *情报杂志*, 2022, 41(10): 74-81.
- Xu X, Wu F X, Wang B. Research on identification of key core technology based on international patent classification [J]. *Journal of Intelligence*, 2022, 41(10): 74-81.
- [10] 韩凤芹, 史卫, 陈亚平. 以大战略观统领关键核心技术攻关[J]. *宏观经济研究*, 2021(3): 111-119+159.
- Han F Q, Shi W, Chen Y P. Leading key core technologies tackling key problems with a grand strategic view[J]. *Macroeconomics*, 2021(3): 111-119+159.
- [11] 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[J]. *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[J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2019, 34(3): 339-343.
- [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.
- Song L F, Ou Y X, Wang J, et al. Research on the breakthrough mechanism of “stuck necking” technology based on major scientific and technological projects[J]. *Studies in Science of Science*, 2022, 40(11): 1991-2000.
- [13] 赵建, 梁爽. 关键核心技术识别方法研究进展[J]. *情报杂志*, 2024, 43(4): 68-77.
- Zhao J, Liang S. Research progress on identification methods of key core technologies[J]. *Journal of Intelligence*, 2024, 43(4): 68-77.
- [14] Christensen C M. *The Innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*[M]. Boston, Mass. Harvard Business School Press, 1997.
- [15] Christensen C M, McDonald R, Altman E J, et al. *Disruptive innovation: An intellectual history and directions for future research*[J]. *Journal of Management Studies*, 2018, 55(7): 1043-1078.
- [16] 苏成, 赵志耘, 赵筱媛, 等. 颠覆性技术新阐释: 概念、内涵及特征[J]. *情报学报*, 2021, 40(12): 1253-1262.
- Su C, Zhao Z Y, Zhao X Y, et al. New explanation on disruptive technology: Concept, connotation and features[J]. *Journal of the China Society for Scientific and Technical Information*, 2021, 40(12): 1253-1262.
- [17] 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.
- Xiao G L. Driving innovation-based development by disruptive and “neck-jamming” technologies[J]. *Frontiers*, 2019(13): 55-61.
- [18] 刘玉梅, 温馨, 孟翔飞. 基于技术轨道跃迁的突破性技术预测方法及应用研究[J]. *情报杂志*, 2021, 40(11): 39-45+15.
- Liu Y M, Wen X, Meng X F. Research on breakthrough innovation prediction method and application based on technological trajectory transition[J]. *Journal of Intelligence*, 2021, 40(11): 39-45+15.
- [19] Christensen C M, Rosenbloom R S. Explaining the attacker's advantage: Technological paradigms, organizational dynamics, and the value network[J]. *Research Policy*, 1995, 24(2): 233-257.
- [20] 张金柱, 王秋月, 仇蒙蒙. 颠覆性技术识别研究进展综述[J]. *数据分析与知识发现*, 2022, 6(7): 12-31.
- Zhang J Z, Wang Q Y, Qiu M M. Review of studies identifying disruptive technologies [J]. *Data Analysis and Knowledge Discovery*, 2022, 6(7): 12-31.
- [21] 王志玮, 陈劲. 企业破坏性创新概念建构、辨析与测度研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2012, 33(12): 29-36.
- Wang Z W, Chen J. Research on concept construction and measurement of disruptive innovation [J]. *Science of Science and Management of S & T*, 2012, 33(12): 29-36.
- [22] 陈劲, 阳镇. 融通创新视角下关键核心技术的突破: 理论框架与实现路径[J]. *社会科学*, 2021(5): 58-69.
- Chen J, Yang Z. Breakthrough of key core technologies from the perspective of financial innovation: Theoretical framework and realization path[J]. *Journal of Social Sciences*, 2021(5): 58-69.
- [23] 肖海林, 董慈慈. 突破性技术创新研究: 现状与展望——基于SSCI和CSSCI期刊的文献计量分析[J]. *经济管理*, 2020, 42(2): 192-208.
- Xiao H L, Dong C C. Current situation and prospects of breakthrough technology innovation: Bibliometric analysis based on SSCI and CSSCI journals [J]. *Business and Management Journal*, 2020, 42(2): 192-208.

- [24] 周海珠, 黄晓林, 李维思, 等. 基于MD-AHP的关键核心技术攻关任务甄选方法研究[J]. 情报杂志, 2023, 42(9): 149-154.
Zhou H Q, Huang X L, Li W S, et al. Research on the selection method of key and core technology task based on MD-AHP [J]. Journal of Intelligence, 2023, 42(9): 149-154.
- [25] 肖广岭. 突破“卡脖子”技术与锻造“杀手锏”技术需要战略眼光和系统思维[J]. 国家治理, 2021(3): 14-17.
Xiao G L. Breaking through the “stuck neck” technology and forging the “killer” technology requires strategic vision and systematic thinking[J]. Governance, 2021(3): 14-17.
- [26] 梁帅, 高继平. 产业技术结构与“卡脖子”技术特征——以高端数控机床为例[J]. 科技导报, 2021, 39(24): 75-83.
Liang S, Gao J P. Industrial technology structure and the bottleneck technique: With CNC machine tools as an example[J]. Science & Technology Review, 2021, 39(24): 75-83.
- [27] 杨斌. 先进电子材料领域“卡脖子”技术的研判与对策分析[J]. 科技管理研究, 2021, 41(23): 115-123.
Yang B. Research, judgement and countermeasure analysis of “containment” technology in the field of advanced electronic materials[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(23): 115-123.
- [28] 曹琨, 吴新年, 白光祖, 等. 基于专利文献的“卡脖子”技术识别研究——以数控机床领域为例[J]. 图书情报工作, 2023, 67(19): 80-91.
Cao K, Wu X N, Bai G Z, et al. Identification of “neck stuck” technologies based on patent literature: A case study in the field of CNC machine tools[J]. Library and Information Service, 2023, 67(19): 80-91.
- [29] 付振康, 朱庆华, 柳炳祥, 等. 专利视域下“卡脖子”关键技术识别及突破策略——以OLED技术领域为例[J]. 情报杂志, 2024, 43(5): 106-115.
Fu Z K, Zhu Q H, Liu B X, et al. Identification and breakthrough strategy of stranglehold key technologies from a patent perspective: A case study in the OLED technology field [J]. Journal of Intelligence, 2024, 43(5): 106-115.
- [30] 俞荣建, 王雅萍, 赵一智, 等. 破解“卡脖子”技术难题: “情境—策略”非对称匹配视角[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(4): 580-592.
Yu R J, Wang Y P, Zhao Y Z, et al. Breakthrough mechanism of “stuck neck” technology: “situation—strategy” asymmetric matching perspective[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(4): 580-592.
- [31] 李昱璇, 汤志伟. “卡脖子”技术问题的综合解决方案——以S省为例[J]. 中国科技论坛, 2022(1): 7-13+21.
Li Y X, Tang Z W. Research on comprehensive solution for the problem of “neck—jamming” technologies—Taking province S as an example[J]. Forum on Science and Technology in China, 2022(1): 7-13+21.
- [32] 江瑶, 陈旭, 胡斌. “卡脖子”关键核心技术两阶段漏斗式甄选模型构建及应用研究[J]. 情报杂志, 2023, 42(3): 94-101.
Jiang Y, Chen X, Hu B. Research on the construction and application of two—stage funnel selection model for “neck—jamming” key core technologies[J]. Journal of Intelligence, 2023, 42(3): 94-101.
- [33] 江瑶, 陈旭, 张凌恺. 专利视域下“卡脖子”技术三阶段识别研究[J]. 情报杂志, 2023, 42(10): 132-139+55.
Jiang Y, Chen X, Zhang L K. Research on the three—stage identification for “neck—jamming” technologies from the perspective of patents [J]. Journal of Intelligence, 2023, 42(10): 132-139+55.
- [34] 郑国雄, 李伟, 刘溉, 等. 基于德尔菲法和层次分析法的“卡脖子”关键技术甄选研究——以生物医药领域为例[J]. 世界科技研究与发展, 2021, 43(3): 331-343.
Zheng G X, Li W, Liu G, et al. A research based on careful and thorough selection of “neck—jamming” technologies using Delphi method and AHP: A case study in biomedical field [J]. World Sci—Tech R & D, 2021, 43(3): 331-343.
- [35] 陈旭, 江瑶, 熊焰, 等. “卡脖子”技术甄别模型构建及应用——以工业软件为例[J]. 情报杂志, 2024, 43(4): 106-113+95.
Chen X, Jiang Y, Xiong Y, et al. Construction and application of the bottleneck technology identification model: A case of the industrial software industry [J]. Journal of Intelligence, 2024, 43(4): 106-113+95.
- [36] 陈旭, 江瑶, 熊焰, 等. 基于专利维度的关键核心技术“卡脖子”问题识别与分析——以集成电路产业为例[J]. 情报杂志, 2023, 42(8): 83-89+19.
Chen X, Jiang Y, Xiong Y, et al. Identification and analysis of key core technology “neck” problem based on patent dimension: A case of the integrated circuit industry[J]. Journal of Intelligence, 2023, 42(8): 83-89+19.
- [37] 张婷, 陈娟, 徐东紫, 等. 生物医药领域“卡脖子”技术的概念内涵辨析及评判原则思考[J]. 中国新药杂志, 2023, 32(16): 1615-1621.
Zhang T, Chen J, Xu D Z, et al. Discrimination and analysis of conceptual connotation and the evaluation principles of “neck sticking” technology in the field of biomedicine[J]. Chinese Journal of New Drugs, 2023,

- 32(16): 1615—1621.
- [38] Zhang Y, Qian Y, Huang Y, et al. An entropy-based indicator system for measuring the potential of patents in technological innovation: Rejecting moderation[J]. *Scientometrics*, 2017, 111(3): 1925—1946.
- [39] 陈旭, 江瑶, 熊焰, 等. 关键核心技术“卡脖子”问题的识别及应用: 以AI芯片为例[J]. *中国科技论坛*, 2023(9): 17—27.
- Chen X, Jiang Y, Xiong Y, et al. Identification and application of “bottleneck” Issues in key core technologies: Taking AI chips as an example[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2023(9): 17—27.
- [40] 董坤, 白如江, 许海云. 省域视角下产业潜在“卡脖子”技术识别与分析研究——以山东省区块链产业为例[J]. *情报理论与实践*, 2021, 44(11): 197—203.
- Dong K, Bai R J, Xu H Y. A method to identify and analyze industrial bottleneck technology(BNT) from the provincial perspective: A case study of block chain industry in Shandong Province[J]. *Information Studies (Theory & Application)*, 2021, 44(11): 197—203.
- [41] 杨武, 陈培, Gad David. 光刻机产业技术扩散与技术动态演化——对“卡脖子”技术的启示[J]. *中国科技论坛*, 2022(9): 73—84.
- Yang W, Chen P, David G. The study of technology diffusion and technology dynamic evolution in lithography industry—Implications for neck—jamming technologies[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2022(9): 73—84.
- [42] 范书琴, 刘国新. 专利质量视角下国外技术锁定的模糊识别研究——以锂电池隔膜技术为例[J]. *科学学与科学技术管理*, 2022, 43(12): 132—152.
- Fan S Q, Liu G X. Fuzzy identification of foreign technology lock—in from the perspective of patent quality: A case study of lithium battery separators technology[J]. *Science of Science and Management of S & T*, 2022, 43(12): 132—152.
- [43] 赵雪峰, 吴德林, 吴伟伟, 等. 基于深度学习与多分类轮询机制的高质量“卡脖子”技术专利识别模型——以专利申请文件为研究主体[J]. *数据分析与知识发现*, 2023, 7(8): 30—45.
- Zhao X F, Wu D L, Wu W W, et al. Identifying high-quality technology patents based on deep learning and multi-category polling mechanism—Case study of patent applications[J]. *Data Analysis and Knowledge Discovery*, 2023, 7(8): 30—45.
- [44] Chung P, Young S. Early detection of valuable patents using a deep learning model: Case of semiconductor industry [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 158: 120146.
- [45] Noh H, Lee S. What constitutes a promising technology in the era of open innovation? An investigation of patent potential from multiple perspectives[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 157: 120046.
- [46] Verhoeven D, Bakker J, Veugelers R. Measuring technological novelty with patent-based indicators [J]. *Research Policy*, 2016, 45(3): 707—723.
- [47] 杨大飞, 杨武, 田雪姣, 等. 基于专利数据的核心技术识别模型构建及实证研究[J]. *情报杂志*, 2021, 40(2): 47—54.
- Yang D F, Yang W, Tian X J, et al. Research on construction and empirical study of core technology identification model based on patent data[J]. *Journal of Intelligence*, 2021, 40(2): 47—54.
- [48] 郑思佳, 汪雪锋, 刘玉琴, 等. 关键核心技术竞争态势评估研究[J]. *科研管理*, 2021, 42(10): 1—10.
- Zheng S J, Wang X F, Liu Y Q, et al. A research on evaluation of the competitive situation of key core technologies [J]. *Science Research Management*, 2021, 42(10): 1—10.
- [49] Wang F, Huang Z. Analysis of international competitive situation of key core technology in strategic emerging industries: New generation of information technology industry as an example [J]. *PLoS One*, 2023, 18(6): e0287034.
- [50] Noh H, Song Y K, Lee S. Identifying emerging core technologies for the future: Case study of patents published by leading telecommunication organizations [J]. *Telecommunications Policy*, 2016, 40 (10—11) : 956—970.
- [51] Lee S, Yoon B, Park Y. An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach [J]. *Technovation*, 2009, 29 (6—7) : 481—497.
- [52] 李瑞茜, 陈向东. 基于专利共类的关键技术识别及技术发展模式研究[J]. *情报学报*, 2018, 37(5) : 495—502.
- Li R X, Chen X D. Patent co-classification based on key technology identification and research on technology development mode[J]. *Journal of the China Society for Scientific and Technical Information*, 2018, 37(5) : 495—502.
- [53] Arthur W B. Competing technologies, increasing returns, and lock—in by historical events[J]. *The Economic Journal*, 1989, 99(394): 116—131.
- [54] Kumar S, Russell R R. Technological change, technological catch-up, and capital deepening: Relative contributions to growth and convergence [J]. *American Economic Review*, 2002, 92(3): 527—548.
- [55] 范书琴, 刘国新, 张鹏飞. 制造业升级背景下国外技术轨道锁定的识别及破解研究[J]. *科研管理*, 2023, 44(9): 131—140.
- Fan S Q, Liu G X, Zhang P F. Identification and solu-

tion of foreign technology trajectory lock-in in the process of manufacturing upgrading [J]. *Science Research Management*, 2023, 44(9): 131–140.

[56] 周磊, 吕璐成, 穆克亮. 中美科技博弈背景下的卡脖子技术识别方法研究[J]. *情报杂志*, 2023, 42(8): 69–76.

Zhou L, Lyu L C, Mu K L. Identifying bottleneck technology and predicting its fusion trend under the background of Sino-US S & T game[J]. *Journal of Intelli-*

gence, 2023, 42(8): 69–76.

[57] 高旭, 白如江, 王效岳. 面向“卡脖子”技术场景的科技前沿发现与态势演化研究——以集成电路技术为例[J]. *图书情报工作*, 2023, 67(4): 40–54.

Gao X, Bai R J, Wang X Y. Frontier discovery of science and technology and research on situation evolution for “neck stuck” technical scenario: Taking integrated circuit technology as an example[J]. *Library and Information Service*, 2023, 67(4): 40–54.

A Review of Identification Methods for “Stuck Neck” Technology

Cai Mengsi, Lv Xin

(School of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Under the unprecedented great changes in the current world, technological competition is increasingly becoming the focus of major power games, thus it is urgent to break through the bottleneck of key core technologies in China. Scientifically and accurately identifying “stuck neck” problems can provide important basis for achieving breakthroughs in key core technology bottlenecks and independent controllability. Researchers have recently explored various ways of identifying “stuck neck” technologies, however, no extant research systematically summarized these efforts. To fill in this research gap, the literature on identification methods of “stuck neck” technology is reviewed, and the existing problems and future trends of “stuck neck” technology identification are summarized.

The relevant literatures published on the academic journal in the field of “stuck neck” technology connotation, characteristics, and identification methods are reviewed. First, it begins with clarifying the connotation of “stuck neck” technology by comparing it with key core technology, disruptive technology, breakthrough technology, and “trump card” technology. Then, a framework of “stuck neck” technology characteristics is proposed, which contains five essential attributes (i. e., key core technology attributes, strategic competitiveness, technical complexity, technological gap, and national security) and a series of extended attributes. According to the main methodology used in the literatures, it summarizes the “stuck neck” technology identification methods into five categories, including Delphi-based methods, indicator evaluation methods, bibliometric-based methods, network analysis methods, and machine learning methods. Finally, it concludes with identifying the research gaps in extant research and discussing some possible future directions.

To summarize, it is found that there is a lack of clear and unified understanding of the “stuck neck” technology and its core attributes, although the majority of scholars declare that the “stuck neck” technology belongs to the category of key core technology. In addition, the various evaluation indicators built by different researchers for identifying “stuck neck” technology show a certain degree of intersection or overlap, and no research has verified the effectiveness of these indicators in cross disciplinary “stuck neck” technology identification. It is also found that few studies have integrated data from invention patents, academic papers, research reports, news reports and other sources, and less empirical research has been conducted on identifying “stuck neck” technical points at the micro level. This review would support the early warning and precise identification of potential “stuck neck” technologies, providing reference and guidance for the deployment of national technology strategies and the original technological breakthroughs in key fields, thereby promoting high-quality economic development and safeguarding national security in China.

Key words: “stuck neck” technology; key core technology; technology identification; patent analysis; indicator system