

引用格式: 李露, 魏巍, 文庭孝. 多维视角下的关键核心技术识别: 概念辨析与研究进展[J]. 世界科技研究与发展, 2024, 46(3): 371-385.

多维视角下的关键核心技术识别: 概念辨析与研究进展*

李露¹ 魏巍^{*,2} 文庭孝¹

(1. 中南大学生命科学学院, 长沙 410000;
2. 湖南省科学技术信息研究所, 长沙 410000)

摘要: 为了总结国内外关键核心技术识别的研究现状, 为我国关键核心技术概念界定和识别方法优化的进一步深入研究提供参考, 本文通过界定关键核心技术内涵, 选取 2016—2022 年间的 830 篇论文进行文献统计, 引入产业要素进行文献筛选。基于国内格局和国际竞争视角, 将关键核心技术研究领域限定在数据驱动型重点产业, 兼顾研究主题相关度和新颖性, 提取了 26 篇外文文献、43 篇中文文献用于定性描述, 对关键核心技术的内涵、特征及识别方法进行总结和述评, 梳理研究框架并预测未来发展趋势。根据关键核心技术的内涵及现有研究侧重, 基于技术视角、战略视角和技术与产业链结合的视角, 从三个维度梳理关键核心技术识别方法、常用可计算特征及指标测度方法, 总结当前研究成果。研究认为, 未来应从明确界定关键核心技术的内涵及外延、建立基于关键核心技术全特征的综合指标技术识别体系、实现更广范围关键核心技术的识别与预测机制实证检验三个方面, 推进我国关键核心技术识别的研究。

关键词: 关键核心技术; 技术识别方法; 产业要素

DOI: 10.16507/j.issn.1006-6055.2023.12.004

Key Core Technology Identification in a Multidimensional Perspective: Conceptual Analysis and Research Progress*

LI Lu¹ WEI Wei^{*,2} WEN Tingxiao¹

(1. College of Life Sciences, Central South University, Changsha 410000, China; 2. Hunan Institute of Science and Technical Information, Changsha 410000, China)

Abstract: In order to summarize the research status of key core technology identification at home and abroad, and provide a reference for further in-depth research on the definition of key core technology concepts and the optimization of identification methods in China, this paper defines the connotation of key core technologies, selects 830 papers from 2016 to 2022 for publication statistics, and introduces industrial elements for literature screening. Based on the domestic pattern and international competition, the research field of key core technologies was limited to data-driven key industries, taking

* 湖南省自然科学基金面上项目“基于专利挖掘与深度学习的芯片产业关键核心技术识别与预测”(2023JJ30337)

** E-mail: 389134539@qq.com

into account the relevance and novelty of research topics, 26 foreign literature and 43 Chinese literature were extracted for qualitative description, the connotation, characteristics and identification methods of key core technologies were summarized and reviewed, the research framework was sorted out and the future development trend was predicted. According to the connotation of key core technologies and the focus of existing research, based on the perspective of technology, strategy and the combination of technology and industrial chain, this paper sorts out the identification methods, common computable features and index measurement methods of key core technologies from three dimensions, and summarizes the current research results. It is believed that in the future, the research on the identification of key core technologies in China should be promoted from three aspects: clearly defining the connotation and extension of key core technologies, establishing a comprehensive index technology identification system based on the full characteristics of key core technologies, and realizing the empirical test of the identification and prediction mechanism of a broader range of key core technologies.

Keywords: Key Core Technologies; Technology Identification Methodology; Industry Elements

面向我国科技自立自强的重要部署,精准识别并增强关键核心技术攻关能力,对推动我国经济高质量发展、保障国家安全具有重要意义。从国际竞争视角来看,在新一轮科技革命与产业变革的推动下,我国的科技事业和高技术产业取得了长足进步,一些领域已在国际上处于并行或者领跑地位,但在部分国家产业体系和技术创新体系中的关键性、战略性领域,依然存在显著短板,导致了“卡脖子”的困境。为此,习近平总书记2018年在中国科学院第十九次院士大会中强调,“实践反复告诉我们,关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的”,并进一步提出要坚决打赢关键核心技术攻坚战^[1]。可见,目前我国正因为关键核心技术短板使得国内战略性产业受制于人,处于突破创新机制识别和掌握关键核心技术以促进经济社会发展和国家安全的重大历史时期。

在此背景下,如何有效识别关键核心技术,使得科技攻关能够“坚持问题导向,奔着最紧急、最紧迫的问题去”,成为关键核心技术攻关的首要问题。2021—2022年国家自然科学基金项目中涉及“关键核心技术”的立项高达18个,“关键核心技术识别”相关的项目高达10个。可见立足于经济社会发展和国家安全,定位于关键核心技术的识别及其方法指标与技术路线这一主题,梳理国内

外研究及实践进展,具有重要的理论价值与现实意义。

关键核心技术在概念内涵和技术特征上具有复杂性,近年来学界关注度持续高涨,相关主题的理论及实证研究增多。但仍有部分研究将关键核心技术作为自明性概念,未深入阐释和把握其内涵与属性,导致部分研究不能将关键核心技术与卡脖子技术、颠覆性技术、关键技术等合理区分开来,难以在技术识别指标和方法上实现针对性突破。因此,本文沿袭“概念内涵—特征归纳—识别方法”框架,立足于关键核心技术及其相关概念的辨析,综合关键核心技术的发展路径明确检索策略,有效筛选文献;基于特征归纳和现有文献主题整合关键核心技术的可计算特征,基于技术视角、战略视角和技术与产业链结合的视角这3个维度,对当前学术界关键核心技术识别方法进行梳理和总结。

1 关键核心技术及相关概念

1.1 概念界定

目前,学界对关键核心技术的定义尚未达成统一而明晰的界定。习近平总书记在2018年中国科学院第十九次院士大会指出,关键核心技术是关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、

颠覆性技术等集合^[1]。由于“关键核心技术”属于本土化表述,国外未见有关其概念界定的研究,而国内部分学者则从不同视角提出了关键核心技术的定义。部分代表性文献中的主要观点如表1所示。

表1中对于关键核心技术概念的表述,尽管界定视角不同,但都集中体现了三个关键内涵,其一是在特定技术体系中处于核心地位,发挥关键作用;其二是要有基于各个环节各个方面的持续技术创新积累,因而在短期内难以被复制或模仿、掌握;其三是在国际竞争中存在较强的战略属性。因此,综合已有概念,本文认为关键核心技术的概念把握可以从其技术视角、战略视角及产业链视角进行分解,将其界定为:关键核心技术是在特定技术体系中具有较强技术影响力和技术成熟度、在其依托的产业链中发挥关键作用且具有核心地位、在国家关键技术或者国际技术竞争中处于战略地位的技术体系。

与此同时,现有关于关键核心技术的研究多

将其视作“自明性”概念,并未作过多阐释,存在将关键技术、核心技术、颠覆性技术、卡脖子技术、杀手铜技术和关键共性技术等简单归属或者等同于关键核心技术的情况。这种包含关系一定程度上放大或缩小了关键核心技术的内涵与外延,模糊了其与其他技术的边界特征。基于对关键核心技术相关概念把握,本文将关键核心技术与其相似概念的从属关系界定为:关键核心技术是在特定生产或技术体系下的关键技术和核心技术的交集,主要表现为核心技术中的关键部分,因此具备满足关键技术和核心技术相关一般性特征的所有属性,此外,其特有属性表现为,对产业链和技术链具有决定性作用,并且在国际竞争中具有更强的战略定位,因此关键核心技术同时包括卡脖子技术,以及颠覆性技术中能够极大影响全球技术力量平衡、改变关键产业链和技术链发展的高端市场的部分。各概念之间的关系如图1所示。

1.2 关键核心技术的特征

基于对关键核心技术概念的定义,学者进一

表1 关键核心技术现有概念界定梳理

Tab.1 Definition of Existing Concepts of Key Core Technologies

界定视角	作者(发文年份)	定义
关键核心技术的物化表现	李维思等 ^[2] (2022)	在产业链上下游中,起保障安全和推动提升作用的前沿技术、共性技术、非对称技术
	韩凤芹 ^[3] (2021)	一类为“两弹一星”、航天技术、深潜技术等与国家宏大战略相关的技术,另一类是在微电子等关键领域的核心技术
	汤志伟等 ^[4] (2020) 徐霞等 ^[5] (2022)	核心技术中的关键部分、卡脖子技术、颠覆性技术、杀手铜技术等
关键核心技术的战略地位	王可达 ^[6] (2019) 毛荐其等 ^[7] (2022)	属于“核心技术和关键技术的交集”,具有“居于重要地位,蕴含经济价值并推动其它技术发展”和“占据关键位置”的双重属性
	余维新等 ^[8] (2020) 陈峰 ^[9] (2019)	对经济发展及国家安全产生战略性影响的科学理论和核心工艺
	徐霞等 ^[5] (2022)	“国家关键技术”的组成部分,是具备“国家关键技术”基本要点且在其中处于核心地位的技术门类
技术链和产业链视角	陈劲 ^[10] (2020)	在长周期、高投入的研发中形成的关键、独特且不可复制的技术体系
	韩凤芹 ^[3] (2021)	控制着同行业技术制高点的技术体系,具有不可替代、不易掌握、难以超越的关键核心作用
	胡旭博等 ^[11] (2022)	中短期内与别国存在技术差距遭受封锁打压,中长期内作为科技强国国之重器需要战略部署且在技术链和产业链中起决定性作用的核心技术

步探讨阐释关键核心技术的特征,综合相似表述,可归结为5点特征及相应的可计算特征(表2)。

1) **高投入、长周期、高风险**。关键核心技术的一大特征是“纯烧钱模式”^[12],即需要企业从创新链前端的基础研究和应用基础研究的长期巨额研发投入入手,并且由于技术研发过程中不确定性强、技术难度和复杂度高、见效时间慢、外溢性强^[3],因而其研发相比于普通技术存在更大的风险^[6]。

2) **战略性**。关键核心技术往往与国家安全、国家竞争与国家战略紧密相连,其发展与创新多

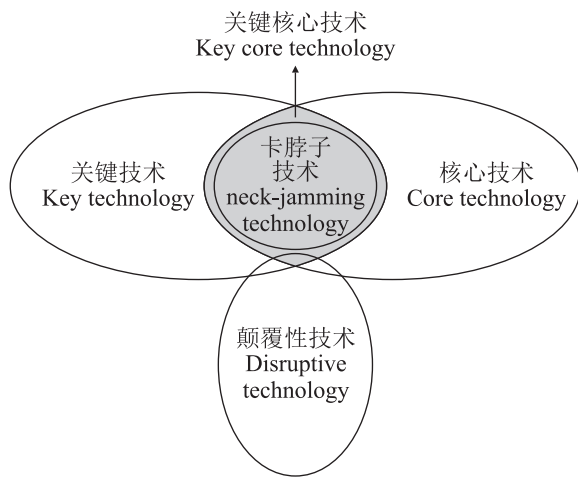


图1 关键核心技术及相关概念的关系

Fig.1 Relationship between Key Core Technologies and Related Concepts

表2 关键核心技术的特征及其可计算特征

Tab.2 Characteristics of Key Core Technologies and Commonly Used Calculable Features

特征	可计算特征
高投入、长周期、高风险	技术通用性、技术创新性、技术前瞻性、技术支撑性
战略性	市场潜力、技术潜力、技术采用率、技术取代程度、社会价值
垄断性	技术差距性、产业竞争力、技术取代程度、核心竞争主体
前期技术及知识的积累性	技术基础性、产品成熟度、市场成熟度、技术成熟度
瓶颈性	技术影响力、总体扩散率、技术覆盖范围

由政府以超常规形式来组织动员政、产、学、研、用等各方力量,举国之力来突破^[6]。同时,作为“国家关键技术”的组成部分^[5],具有打破产业发展技术限制与突破西方国家技术封锁的重要作用。

3) **垄断性**。突破的关键核心技术通过长期持续投入,能够推动技术链横向拓展、纵向延伸由此建立起技术壁垒^[11],因此拥有关键核心技术的一方可倚靠技术壁垒占据天然的垄断地位。

4) **前期技术及知识的积累性**。关键核心技术的实现必须基于各个环节、各个方面的持续性技术创新积累能力、关键性生产工艺积累能力以及各种隐性知识长期积累^[13],需要在某一科学原理点上实现突破,而且应以点带面,具备在产业发展的有效实践。

5) **瓶颈性**。从非常态的层面理解,关键核心技术因其难以获取或不可替代性发挥着“卡脖子”的作用。从产业链角度,关键核心技术在上下游技术集群中,起着保障安全、推动提升的关键作用^[2],构成技术整体进步、现有产品性能和质量提升、专业转型升级的瓶颈。

2 数据来源与研究框架

基于上文对现有关键核心技术概念及特征的文本梳理可以发现,关键核心技术概念源于政策实践,其概念本身存在不确定性,因而造成学界对于关键核心技术的研究存在概念混淆和主题分散的情况。因此,为保障关键核心技术识别领域研究文献搜集的检全与检准,本文创新性地采用概念辨析、时间限定及产业限定,层层递进,实行三轮检索,详细检索保障数据来源的准确性和代表性。

首先,基于上文对关键核心技术及其相关概念的辨析,认为从概念包含关系来看,关键核心技

术包括卡脖子技术以及关键技术、核心技术和颠覆性技术中具备关键核心技术特有属性的部分技术。因此,采用的英文检索词为“TI = (key OR core OR neck-jamming OR disruptive OR key core) AND TI = (technolog* AND innovation*)”,中文检索词对应为“关键核心技术”“卡脖子技术”“关键技术”“核心技术”“颠覆性技术”“技术识别”,在Web of Science 数据库核心集和 CNKI 数据库进行检索,检索日期 2023 年 4 月 1 日。

其次,依据政策实践进行时间限定。由于本文旨在对关键核心技术近年的研究现状进行分析,从时间沿革来看,我国从 2016 年开展“推进颠覆性技术创新,加速引领产业变革”战略部署,2018 年在中国科学院第十九次院士大会中初次对关键核心技术进行界定。因此对标关键核心技术在国家政策的出现时间,限定检索年份为 2016—2022 年,返回 399 篇英文文献和 431 篇中文文献(图 2)。

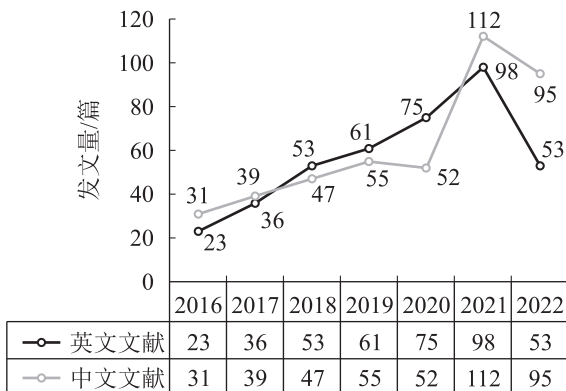


图 2 2016—2022 年关键核心技术国内外发文统计

Fig. 2 Statistics on Domestic and International Publications on Key Core Technologies, 2016-2022

最后,基于关键核心技术特有属性引入产业因素进行文献筛选。由于关键核心技术的概念

界定必须依据特定的技术体系和具体场景,并且其特有属性明显表现为,对产业链和技术链具有决定性作用以及在国际竞争中具有更强的战略定位。因此,为进一步从概念子集中抽取关键核心技术的研究文献,本文分别从国内格局和国际竞争两个角度进行产业识别。在国内层面,选取十三五以来国家关键核心技术重点攻关领域及行业清单;在国际层面,主要聚焦于国际科技竞争,尤其是中美竞争中关于关键核心技术的产业要求,作为关键核心技术所属产业的限定依据。政策文本来源及具体产业限定如图 3 所示。通过引入产业领域要素进行文献筛选,将关键核心技术研究领域限定在产业体系化较高、技术链较长、复杂度较高的数据驱动型重点产业。对检索结果进行研读,兼顾文章的新颖性及与研究主题的相关度,提取了 26 篇外文文献、43 篇中文文献,作为下文定性描述的数据来源。

根据国家政策对关键技术的界定,关键核心技术除了和技术层面具有影响力、成熟度及支撑性等综合技术属性外,其核心价值还表现为应在国际竞争和产业链层面对突破国家技术阻碍和影响产业竞争格局的重大作用^[14]。因此,本研究基于关键核心技术的内涵及现有研究侧重,从技术、战略和技术与产业链结合的多维视角出发,对关键核心技术的识别方法进行全面系统总结,梳理出当前不同视角下关键核心技术识别的可计算特征及指标测度方法(图 4)。

3 多维视角下的关键核心技术识别方法

关键核心技术识别方法从概念及其特征维度,可以分为基于技术视角、基于战略视角以及基于技术和产业链视角 3 类(表 3)。具体识别流程

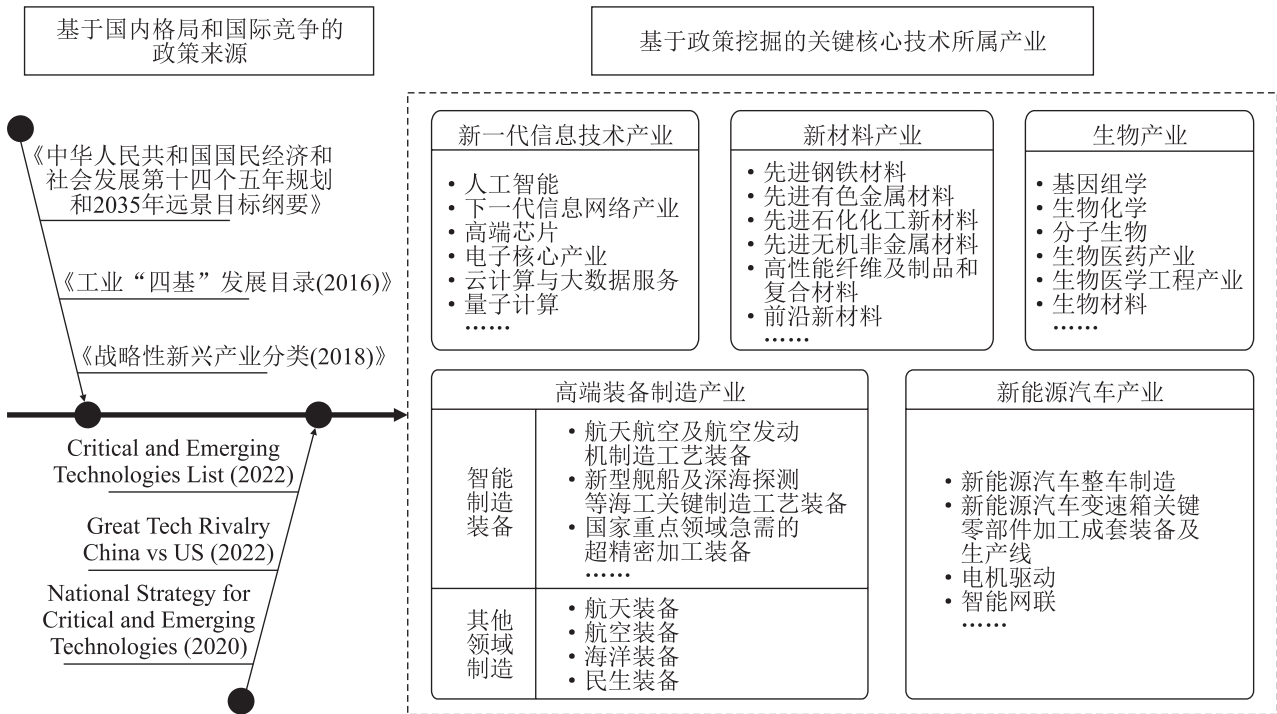


图3 关键核心技术产业归属政策来源及具体产业清单

Fig. 3 List of Key Core Technology Industries Attributable to Policy Sources and Specific Industries

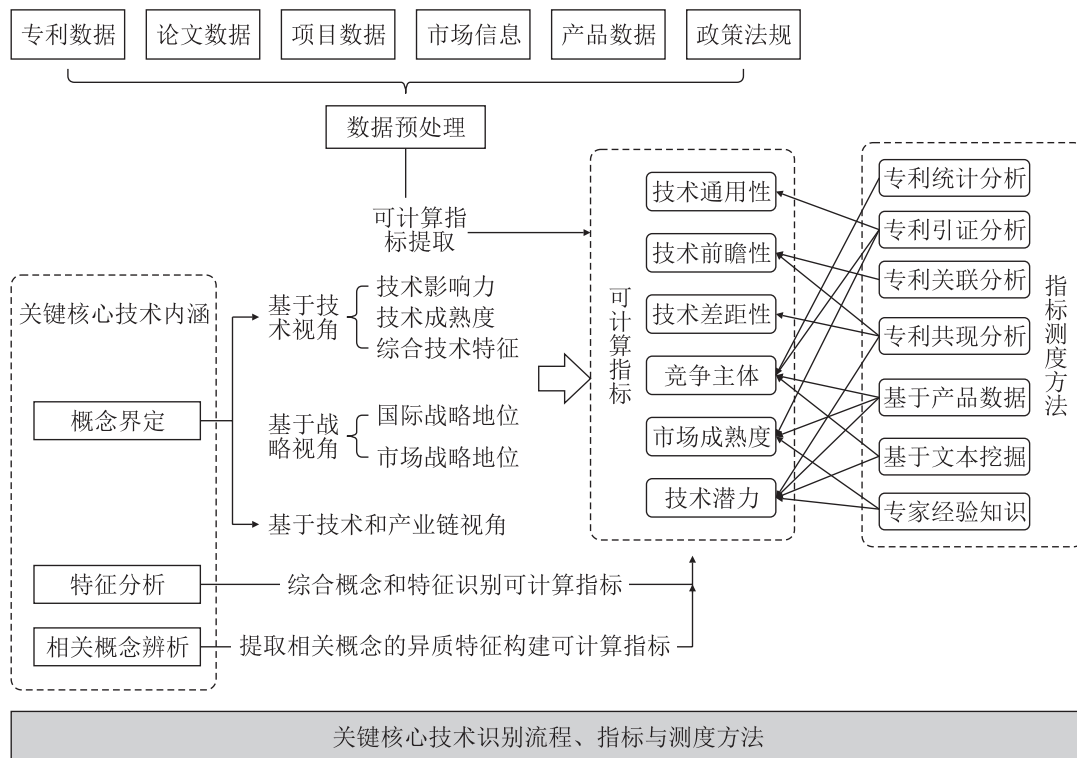


图4 关键核心技术识别研究框架

Fig. 4 Research Framework for the Identification of Key Core Technologies

表3 不同视角下的识别方法对比

Tab.3 Comparison of Identification Methods from Different Perspectives

视角	方法类型	主要思路	优点	缺点
技术视角	社会网络分析方法	基于共现网络辅以可计算特征,判断技术在整个技术体系中所处的位置,从合集中识别关键核心技术	有效缩小技术范围,指标综合能力较强	微观切入,忽略技术外部特征,与市场要素结合不足
	专利引证分析	以专利引证路径为核心,通过前后引证关系识别处于关键部分的成熟专利	操作较为简便	侧重于技术成熟性要素,对于其他特征反映不足
	多项技术特征综合	基于全部技术特征选取多项技术指标,依据重要性分配权重,构建评分系统进行综合识别	指标系统越全面,识别的准确度越高	权重分配及数据来源的确定存在技术难度
战略视角	基于国际战略识别	基于国家竞争视角,通过专家打分评估或围绕技术指标绘制竞争态势图谱进行识别	识别框架及实施较为简单,容易实现	以定性为主,主观性较强
	基于市场战略识别	基于市场特征,综合技术和市场多因素指标识别高价值、高影响、高复杂技术	数据来源广泛,充分体现技术和市场的结合	市场指标获取难度较大,数据准确性有待商榷
技术和产业链结合视角	基于文本挖掘的主题分析	基于双链视角,抽取相应技术链及产业链指标,针对论文、专利、市场信息等多元数据进行主题分析	有效实现技术和市场的结合,识别数据来源丰富	选取指标的权威性及权重分配有待商榷
	多指标综合方法	基于产业链上中下游特征,围绕技术特征和产品要素构建综合评价系统进行识别	将中观的产业维度和微观的技术维度有效结合,符合技术识别的总体趋势	产业链维度识别指标的权威性有待考证

可以分解为:从关键核心技术的特征出发、选取数据来源、确定具体测度方法及其对应识别的可计算特征。在数据来源方面,专利数据、市场信息及论文数据等结构化、易获得的数据是进行定量方法研究的主要来源,在此基础上产品数据、项目数据以及政策方法常用于战略和产业链维度分析。在测度方法方面,基于可计算特征的定量化情报分析方法是主流选择,同时由于关键核心技术的复杂特征属性,基于专家主观意见评估的定性方法也被综合运用于具体的技术识别过程中。

3.1 基于技术视角的识别方法

该视角下技术识别方法的实现是基于常规方法识别关键核心技术共性特征,辅以能够表征关键核心技术特有属性的可计算特征,采取从合集中抽取子集的方式来识别关键核心技术。关键在于对关键核心技术特有属性及其可计算指标的选取,进而实现关键核心技术与其相似概念的有效区分。

首先,技术影响力作为关键核心技术的突出表现,从质量及价值层面,有效强调了关键核心技术对产业链和技术链具有决定性作用、在国际竞争中具有更强的战略定位的特点。专利文献作为包含技术创新过程、活动规律、创新主体和各种创新要素的重要情报源,成为当前研究测度技术影响力的重要来源^[15],可从专利宽度、引用情况、被引情况等技术指标对技术影响力进行较为全面的测度^[16]。当前在关键核心技术识别领域,多通过共现网络或引文网络,辅以衡量密度^[17]、中心度、IPC 节点位置^[18]等指标,对技术在产业体系或技术体系中所处位置进行判断,进而识别^[19]。其中,毛荐其等^[7]提出一种基于专利共类的关键核心技术识别方法,在进行关键核心技术概念界定的基础上,从关键技术和核心技术的合集中,通过专利共现识别其中的热点技术,并引入技术相似度、影响力和增长潜力三个指标挖掘其中的核心技术和潜力技术,进而使用 Pajek 结构洞计算构建关键核

核心技术识别模型。杨武等^[20]通过专利统计分析和引证分析对光刻机领域卡脖子技术进行识别,在统计分析阶段,通过g指数和h指数对专利人和技术领域进行评价,识别目前卡脖子技术的优势国家和国家技术扩散趋势;在引证分析阶段通过对比分析指出,向前局部和向后局部主路径分别侧重于技术发展后期和初始阶段的核心技术识别,关键路径识别整体化、综合性的效果更强。董坤等^[21]以山东省区块链产业为例,对主要技术分支、关键技术点、核心竞争主体、潜在竞争主体、技术开发难度及省域发展该技术的可行性6个维度,识别当前潜在轻度卡脖子技术和潜在重度卡脖子技术。

其次,技术成熟度作为测定技术通用性的重要指标,能够直观对应关键核心技术中的知识积累性特征,多数研究将该指标运用于区别关键核心技术和颠覆性技术。现有研究多从技术完备等级(TRL)、TRIZ测度、文献计量方法和专利引证视角等方面进行识别,其中专利引证的使用较为广泛。A. Momeni等^[22]将专利引证和科学论文的主路径法相结合,在引用网络的基础上,通过k-core分析对主路径上的技术进行划分,采用主题模型识别划分子技术中包含的技术内容,最后通过对比专利引证和论文表现的情况来验证该技术的成熟度。聂力兵等^[23]则通过汇总焦点专利与所有后向引用专利的时间间隔,并计算均值代表每项专利后向引用的成熟度,来识别“沉睡专利”中的关键核心技术。

最后,由于关键核心技术涉及特征较多,进行技术识别时形成了一种被广泛认可的观点:所考虑的技术特征越多、对应的识别指标系统越全面,识别的准确度就越高,可避免单一维度的关键核心技术识别误差^[24]。部分学者尝试基于关键核心

技术特征及相关理论构建综合指标体系,通过建立评分模型进行识别和预见。其中Guo等^[25]从技术、市场和外部环境3个维度选取了10个表征指标,通过其连接程度确定权重并计算得分用于技术识别。Ganguly等^[26]基于目标细分市场对比,选取在位企业技术成熟度、技术采用率和期望效用值对比等指标进行评价。国内学者赵雪峰等^[27]聚焦专利申请文件摘要,基于技术特征提取构建以LSTM为初步识别、Word2Vec和BERT为词向量分析的LSTM-Seq-BERT高质量“卡脖子”专利识别模型。唐恒等^[28]围绕“卡脖子”技术特征,利用专利指标分析,在宏观层面通过专利数量和专家德尔菲法确定技术垄断国家,在微观层面构建了“技术—功效—机构”的三维模型,对光刻机领域的“卡脖子”技术短板进行识别。但由于关键核心技术的特征较为复杂且处于动态变化过程,因此从静态指标进行识别的难度较高。部分学者尝试从动态视角对关键核心技术进行识别,如孙丽文等^[29]构建人工智能产业能量转换模型,从技术性质出发对不同产业阶段技术进行分析,将其划分为共性核心技术和特定核心技术两类,并依据技术集群性特征,从产业化视角对人工智能领域的关键核心技术进行识别。

3.2 基于战略视角的识别方法

关键核心技术区别于核心技术的显著表现在其战略地位,在国际环境中处于全球产业链分工中,与国家安全、竞争与战略紧密联系的重要产业领域,因而在市场环境中表现为技术功能的极端重要性,在技术体系中处于结构洞的位置,在技术价值链的提升方面具有重要作用。因此本文分别从国际战略地位和市场战略地位两个角度对关键核心技术的战略特征进行分析。

基于国际战略地位,部分学者从定性的角度

展开研究,张治河和苗欣苑^[30]基于德尔菲法,分别阐释了服务于政府的国家竞争和服务于企业的产业竞争维度的“卡脖子”关键核心技术的甄选流程和判断标准,进行技术识别与预见。仲伟俊等^[31]从国家间竞争的角度指出,关键核心技术具有“国籍性质”,是全球少数企业拥有的垄断技术,可以划分为“卡人”和“被卡”两类关键核心技术,并从产品开发视角指出我国目前关键核心技术的攻关在于开发“卡人”的关键核心技术,以及突破“我无人有”型和“我有人优”型两类“被卡”核心技术。从定量的角度,郑思佳等^[32]利用专利信息测度关键核心技术竞争态势,梳理关键核心技术和高质量核心专利的内在联系,从专利技术性、经济性和法律性三个方面抽取可计算特征构建识别指标体系,同时引入 t-SNE 算法绘制国家竞争态势图谱,基于技术差距评估关键核心技术的竞争分布态势。杨斌^[33]基于战略及产业视角指出,应在全球产品供应链、全球核心技术链、全球知识产权体系是否具有垄断性,产品技术性能是否具有替代性,产业经济和政治是否具有战略和安全性 5 个维度对卡脖子技术进行识别,并提出围绕技术差距、专利差距、产业差距和国际战略地位的具体评估指标。

基于市场战略地位,考虑到经济层面的市场需求拉力是关键技术领域产生的外部因素,因此现有研究多从经济与科技结合的指标要素切入进行市场战略维度的关键核心技术识别。在技术对于市场的关键程度方面,多通过市场用户需求数据、商业报告数据,从技术功能变化^[34]、技术发展轨迹^[35]、技术成熟度^[36]、技术市场潜力^[37]、行业社会影响^[38]等指标优化识别模型,其中部分学者通过明晰关键核心技术的概念及特征,进行了更为精准的识别。如徐霞等^[39]提出关键核心技术属于

国家关键技术子集的范围约束,一方面从产业领域进行限制,选取国家关键技术领域中的下一代信息技术作为分析对象,通过构建 IPC 共现网络识别出排名前十的核心技术大组;另一方面在指标选取上,在数量维度中引入市场占有率取代简单专利总量对技术的国际水平进行计算,在质量维度中采用 IncoPat 专利分析模块中的“合享价值度”从中筛选中“卡脖子”和“杀手锏”技术。梁帅和高继平^[40]基于对卡脖子技术结构和产业特征的分析,选取中日数控机床技术作为研究领域,通过专利计量的方法比较其产业技术特征差异、产业技术分布格局、产业技术复杂度、产业技术竞争力指标,并与领域世界领先国家的对比,指出目前我国高端数控机床产业技术存在基础研究领域研究薄弱、产学研重心分化割裂以及核心技术价值低、复杂度不高的现实问题。

3.3 基于技术和产业链结合视角的识别方法

从产业链角度来看,关键核心技术能够在产业链上下游技术集群中,起着保障供应链安全、推动价值链提升的重要作用。因此部分学者在技术特征的基础上,纳入产业链及创新链的指标,通过多指标综合的方法进一步完善了关键核心技术的识别方法。曹倩雯等^[41]建立“产品—组件—企业—专利”四维关系,以构成产品的必要组件为研究对象,选取技术网络性和技术重要性两个指标用于识别产品核心技术。李维思等^[2]在人工智能领域,通过 LDA 主题聚类 and 产业链分解相结合的识别方法,首先通过多源数据进行技术主题识别,其次对产业链上中下游环节进行分解,将关键核心技术主题与基础层、技术层、应用层三个环节进行关联,指出目前该领域的关键核心技术集中在技术层与应用层。谭劲松^[42]通过对卡脖子技术的概念界定和特征分析,选取满足关键核心技术

技术和战略特征的典型技术领域,以交流异步牵引系统和永磁同步牵引系统为案例分析对象,综合产业链和技术指标对产业研发人员深度访谈记录、档案记录、文献资料进行分析,面向不同技术范式、企业技术能力、集成技术形式、子技术形成提出相应的关键核心技术识别与突破策略。张彪等^[43]基于“双链”视角选取指标并基于产业链视角将关键核心技术划分为四类;将技术维度的基础科学关联度、技术领先度、商业化价值度指标,合并成创新链关键核心指数指标(Key Core Index of Innovation Chain),从产业链维度选取技术实用性、中介承接度、资本优势度、技术基础储备度指标;最终采用LDA分析方法,对区块链领域的专利、论文、市场数据等多源文本进行主题分析,识别出该领域当前的优势型、待攻关型、待布局型和待转化型关键核心技术。

4 关键核心技术识别总结及未来展望

4.1 关键核心技术识别比较总结

本研究对关键核心技术概念界定和识别方法两方面的研究文献进行了系统的回顾。基于不同维度的识别方法所涉及的主要可计算特征及方法特点如表4所示。可以看出,现有研究在关键核心技术识别方面取得了一定的进展,但从研究方法来看,战略视角以定性分析方法为主,技术视角以及技术和产业链结合视角定量分析方法比重较

大。从指标创新来看,现有研究多通过在关键技术、核心技术及颠覆性技术识别的现有识别方法或模式的基础上,引入单一或综合指标,将其作为关键核心技术的识别依据,其中采用多项技术指标构建综合评分系统是发展的主要趋势。从数据来源来看,由于关键核心技术的战略和产业支撑特征,当前研究呈现由单一技术领域向二维乃至多维视角综合发展的趋势,因而其数据源也从结构化的专利数据向非结构化的论文、市场报告、产业报告等深入,研究层次深入文本领域。

4.2 关键核心技术识别未来展望

尽管现有关键核心技术识别方法有所创新和突破,然而,还存在部分研究未从本质上对关键核心技术的内涵与特征进行系统剖析,因此在识别指标构建和方法设计上不能将关键核心技术与其相关概念等合理区分开。综合上述关键核心技术识别方法的总结与比较,提出如下对于关键核心技术识别的未来展望。

1) 关键核心技术的内涵及外延有待更为精准的界定。现有研究多将关键核心技术视作“自明性”概念,并未作过多阐释。因而在实际研究中,常在一定程度上放大或缩小其内涵与外延,模糊了与其他技术的边界特征,导致现有研究虽以关键核心技术为题,但具体识别内容及路径并未超脱出核心技术的识别方法,难以实现对关键核心技术识别的明确聚焦。同时关键核心技术作为中

表4 不同视角的关键核心技术识别方法比较及总结

Tab.4 Comparison and Summary of Key Core Technology Identification Methods from Different Perspectives

视角	主要可计算特征	特点
技术视角	技术影响力、技术成熟度、技术采用率、专利宽度、技术增长潜力、技术相似度	主要以专利文本为数据源,结构化数据便于定量分析,采用多项技术指标构建评分系统是识别的主要趋势
战略视角	技术覆盖率、技术市场潜力、技术行业影响、技术分布格局、技术竞争力、技术复杂性	创新性围绕关键核心技术的战略性特征,选取国际竞争和市场信息数据源,识别方法以定性分析为主
技术和产业链结合视角	技术实用度、中介承接度、技术网络性、技术重要性	数据来源较为丰富,多综合专利、论文、市场信息等,深入文本维度进行主题分析

国情境下的本土化概念,未来如何从其技术本身出发,识别归纳其内涵及本质性特征,是进一步拓展国内外研究的必要基础。

2)综合反映关键核心技术本质特征的技术识别机制有待搭建。尽管国内学者已在阐释关键核心技术的概念或范围的基础上,引入新指标对其进行识别。然而,此类研究多是基于典型方法识别出核心技术及关键技术,并从其交集中通过单一指标,挖掘出具有关键核心技术部分特征的技术,忽略了关键核心技术特征的综合性,导致其识别存在一定偏差。同时基于关键核心技术特征抽取的可计算特征由于来源数据的结构和测度方法有限,现有研究多从技术视角层面进行定量识别,而在突出表征关键核心技术地位的战略及产业链维度的研究较少,整体上还未实现系统化、层次化的量化识别机制。因此,未来研究应着重探索关键核心技术在技术维度与战略、产业链维度融合的多指标识别机制,基于综合视角搭建涵盖多源数据的系统化识别方法。

3)关键核心技术的识别与预测机制有待更广范围的实证检验。现有研究仅在光刻技术、人工智能技术、区块链技术、下一代信息技术对所构建的关键核心技术的识别机制进行了实证研究。由于关键核心技术的识别方法尚未形成较为完备的体系,目前基于个例的实证研究可信度较低,未能有效证实当前识别与预测方法的信度及效度。因此,关键核心技术的识别与预测亟待更广范围的实证检验。

参考文献

[1] 习近平. 习近平: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的讲话(XI Jinping. Xi Jinping: Address at the 19th Academician

Conference of the Chinese Academy of Sciences and the 14th Academician Conference of the Chinese Academy of Engineering) [EB/OL]. (2018-05-28) [2022-11-13] http://www.gov.cn/xinwen/2018-05/28/content_5294322.htm.

- [2] 李维思,谭力铭,章国亮,等.基于多源信息融合的产业链关键核心技术主题识别研究——以人工智能领域为例[J].信息资源管理学报, 2022, 12(1): 116-126. (LI Weisi, TAN Liming, ZHANG Guoliang, et al. Research on Topic Recognition of Key Core Technology in Industrial Chain Based on Multi-source Information Fusion: Taking AI as an Example [J]. Journal of Information Resources Management, 2022, 12(1): 116-126.)
- [3] 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. (HAN Fengqin, SHI Wei, CHEN Yaping. Leading Key Core Technology Research with a Grand Strategic Perspective [J]. Macroeconomic Research, 2021(3): 111-119.)
- [4] 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 Zhiwei, LI Yuxuan, ZHANG Longpeng. Identification Methods and Breakthrough Paths for “Stuck Neck” Technologies in the Context of Sino-US Trade Frictions-taking the Electronic Information Industry as an Example [J]. Science and Technology Progress and Countermeasures, 2021, 38(1): 1-9.)
- [5] 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 Xia, WU Fuxiang, WANG Bing. Research on Identification of Key Core Technologies Based on International Patent Classification [J]. Intelligence Magazine, 2022, 41(10): 74-81)
- [6] 王可达.提高我国关键核心技术创新能力的路径研究[J].探求, 2019(2): 38-46. (WANG Keda.

- Research on Ways to Improve My Country's Key Core Technology Innovation Capabilities [J]. *Exploration*, 2019(2): 38-46.)
- [7] 毛荐其, 杜艳婷, 苗成林, 等. 基于专利共类的关键核心技术识别模型构建及应用——以光刻技术为例[J]. *情报杂志*, 2022, 41(11): 48-54. (MAO Jianqi, DU Yanting, MIAO Chenglin, et al. Construction and Application of Key Core Technology Identification Model Based on Patent Commonality Taking Photolithography Technology as an Example [J]. *Intelligence Magazine*, 2022, 41(11): 48-54.)
- [8] 余维新, 熊文明. 关键核心技术军民融合协同创新机理及协同机制研究——基于创新链视角[J]. *技术经济与管理研究*, 2020(12): 34-39. (YU Weixin, XIONG Wenming. Research on the Collaborative Innovation Mechanism and Collaborative Mechanism of Military-civilian Integration of Key Core Technologies-Based on the Perspective of Innovation Chain [J]. *Technology Economics and Management Research*, 2020(12): 34-39)
- [9] 陈峰. 论国家关键核心技术竞争情报[J]. *情报杂志*, 2019, 38(11): 1-5. (CHEN Feng. On Competitive Intelligence of National Key Core Technologies [J]. *Intelligence Magazine*, 2019, 38(11): 1-5.)
- [10] 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 Jin, YANG Zhen, ZHU Ziqin. Cracking the “Stuck Neck” Technology during the “14th Five-year Plan” Period: Identification Framework, Strategic Shift and Breakthrough Path [J]. *Reform*, 2020(12): 5-15.)
- [11] 胡旭博, 原长弘. 关键核心技术: 概念、特征与突破因素[J]. *科学学研究*, 2022, 40(1): 4-11. (HU Xubo, YUAN Changhong. Key Core Technologies: Concepts, Characteristics and Breakthrough Factors [J]. *Scientific Research*, 2022, 40(1): 4-11.)
- [12] 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. (ZHANG Jie. Characteristics, Obstacles and Breakthroughs of China's Key Core Technology Innovation [J]. *Journal of Jiangsu Administration Institute*, 2019(2): 43-52.)
- [13] 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[J]. *科技进步与对策*, 2021, 38(18): 84-93. (YUAN Ye, WANG Shuyue, TAO Yuxiang. Construction of Innovation Capability Measurement System for Key Core Technologies of Artificial Intelligence: Based on the Perspective of Innovation Ecosystem [J]. *Science and Technology Progress and Countermeasures*, 2021, 38(18): 84-93.)
- [14] 乔亚丽, 黄颖, 张硕, 等. 多维视角下颠覆性技术识别: 研究进展与未来思考[J]. *情报杂志*, 2022, 41(8): 45-52. (QIAO Yali, HUANG Ying, ZHANG Shuo, et al. Identification of Disruptive Technologies from a Multi-dimensional Perspective: Research Progress and Future Thinking [J]. *Journal of Intelligence*, 2022, 41(8): 45-52.)
- [15] 文庭孝. 专利信息挖掘研究[M]. 北京: 知识产权出版社, 2022. (WEN Tingxiao. *Research on Patent Information Mining* [M]. Beijing: Intellectual Property Press, 2022.)
- [16] 胡泽文, 周西姬, 任萍. 基于扎根理论的高价值专利评估与识别研究综述[J]. *情报科学*, 2022, 40(2): 183-192. (HU Zewen, ZHOU Xiji, REN Ping. Review of Research on High-value Patent Evaluation and Identification Based on Grounded Theory [J]. *Information Science*, 2022, 40(2): 183-192.)
- [17] PARK H, YOON J. Assessing Coreness and Intermediarity of Technology Sectors Using Patent Co-classification Analysis: the Case of Korean National R & D [J]. *Scientometrics*, 2014, 98(2): 853-890.
- [18] 王孜丹, 孙粒, 杜鹏. 学科布局的思路与出路——基于“卡脖子”问题的若干思考[J]. *科学与社会*, 2020, 10(4): 25-34. (WANG Zidan, SUN Li, DU

- Peng. Ideas and Solutions for Subject Layout: Some Thoughts Based on the “Stuck Neck” Problem [J]. Science and Society, 2020, 10(4): 25-34.)
- [19] KIM E, CHO Y, KIM W. Dynamic Patterns of Technological Convergence in Printed Electronics Technologies: Patent Citation Network [J]. Scientometrics, 2014, 98 (2) : 975-998.
- [20] 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 Wu, CHEN Pei, GAD David. Technology Diffusion and Technological Dynamic Evolution in the Lithography Machine Industry: Enlightenment on “Stuck Neck” Technology [J]. China Science and Technology Forum 2022(9): 73-84.)
- [21] 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 Kun, BAI Rujiang, XU Haiyun. Research on the Identification and Analysis of Potential “Stuck Neck” Technologies in Industries from a Provincial Perspective: Taking the Blockchain Industry in Shandong Province as an Example [J]. Intelligence Theory and Practice, 2021, 44(11): 197-203.)
- [22] MOMENI A, ROST K. Identification and Monitoring of Possible Disruptive Technologies By Patent-development Paths and Topic Modeling [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2016(104) : 16-29.
- [23] 聂力兵, 龚红, 赖秀萍. 唤醒“沉睡专利”: 知识重组时滞、重组频率与关键核心技术创新 (NIE Libing, GONG Hong, LAI Xiuping. Awakening “Sleeping Patents”: Knowledge Reorganization Time Lag, Reorganization Frequency and Key Core Technology Innovation) [EB/OL]. (2022-10-25). <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=r-3vL8vLwqnt3j9eZjGvU7jHp1u-N9ztwwIFZZ1t1z8Rn>
- nROULjTq3TvxctaiuzBR3bY88xC5HJLrT2tmWXTySt2ogDXEXKvTk9KEHAgut4Y04cWTK9reJWofTOch97g7LLzmzqYg=&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- [24] 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 Jinzhu, WANG Qiuyue, QIU Mengmeng. Review of Research Progress on Disruptive Technology Identification [J]. Data Analysis and Knowledge Discovery, 2022, 6(7): 12-31.)
- [25] GUO J F, PAN J F, GUO J X, et al. Measurement Framework for Assessing Disruptive Innovations [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2019, 139: 250-265.
- [26] GANGULY A, NILCHIANI R, FARR J V. Defining a Set of Metrics to Evaluate the Potential Disruptiveness of a Technology [J]. Engineering Management Journal, 2010, 22(1): 34-44.
- [27] 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 Xuefeng, WU Delin, WU Weiwei, et al. High-quality “Stuck Neck” Technology Patent Identification Model Based on Deep Learning and Multi-class Polling Mechanism: Taking Patent Application Documents as the Research Subject [J]. Data analysis and knowledge discovery, 2023, 7(8): 30-45.)
- [28] 唐恒, 邵泽宇, 蔡兴兵, 等. 专利视角下“卡脖子”技术短板甄选研究 [J]. 中国发明与专利, 2021, 18(1): 54-59. (TANG Heng, SHAO Zeyu, CAI Xingbing, et al. Research on the Selection of “Stuck Neck” Technical Shortcomings from the Perspective of Patents [J]. China Invention and Patent, 2021, 18(1): 54-59.)
- [29] 孙丽文, 李少帅, 孙洋. 能量转换视角下人工智能关键核心技术产业化路径解析 [J].

- 科技进步与对策,2022,39(14): 73-82. (SUN Liwen, LI Shaoshuai, SUN Yang. Analysis of the Industrialization Path of Key Core Technologies of Artificial Intelligence from the Perspective of Energy Conversion [J]. Science and Technology Progress and Countermeasures, 2022, 39(14): 73-82)
- [30] 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(6):5-15.(ZHANG Zhihe, MIAO Xinyuan. Research on the Selection Mechanism of Key Core Technologies for “Stuck Necks” [J]. Journal of Shaanxi Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2020(6): 5-15.)
- [31] 仲伟俊,梅姝娥,浦正宁.关键核心技术及其攻关策略研究——基于产业链供应链安全稳定视角[J].系统管理学报,2022(6):1162-1168.(ZHONG Weijun, MEI Shu'e, PU Zhengning. Research on Key Core Technologies and Their Research Strategies-Based on the Perspective of Industrial Chain Supply Chain Security and Stability [J]. Journal of System Management, 2022(6): 1162-1168.)
- [32] 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(10):1-10.(ZHENG Sijia, WANG Xuefeng, LIU Yuqin, et al. Research on Competition Situation Assessment of Key Core Technologies [J]. Scientific Research Management, 2021(10): 1-10.)
- [33] 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 Bin. Research and Analysis of “Stuck Meck” Technologies in the Field of Advanced Electronic Materials [J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(23): 115-123.)
- [34] DIAB S, KANYARU J, ZANTOUT H. Disruptive Innovation: A Dedicated Forecasting Framework [M].Agent and Multi Agent Systems: Technologies and Applications, 2015.
- [35] KELLER A, HÜSIG S. Ex-ante Identification of Disruptive Innovations in the Software Industry Applied to Web Applications: The Case of Microsoft's vs. Google's Office Applications [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2009, 76 (8) : 1044-1054.
- [36] GANGULY A, NILCHIANI R, FARR J V. Defining a Set of Metrics to Evaluate the Potential Disruptiveness of a Technology [J]. Engineering Management Journal, 2010, 22(1): 34-44.
- [37] LINTON J D. Forecasting the Market Diffusion of Disruptive and Discontinuous Innovation [J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2002, 49(4): 365-374.
- [38] ALTUNTAS S, DERELI T, KUSIAK A. Forecasting Technology Success Based on Patent Data [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2015, 96: 202-214.
- [39] 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 Xia, WU Fuxiang, WANG Bing. Research on Identification of Key Core Technologies Based on International Patent Classification [J]. Intelligence Magazine, 2022, 41(10): 74-81.)
- [40] 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 Shuai, GAO Jiping. Industrial Technology Structure and “Stuck Neck” Technical Characteristics: Taking High-end CNC Machine Tools as an Example [J]. Science and Technology Herald, 2021, 39(24): 75-83.)
- [41] 曹倩雯,琚春华,胡志荣.核心技术发现与国内外企业技术差距识别方法研究——以产品视角[J].情报理论与实,2023,46(1):141-149.(CAO Qianwen, JU Chunhua, HU Zhirong. Research on Detecting Core Technology and Identifying Technology Gap: Based on Products Perspective [J]. Intelligence Theory and Practice, 2023, 46(1): 141-149.)

- [42] 谭劲松, 宋娟, 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. (TAN Jinsong, SONG Juan, WANG Kexin, et al. From the Perspective of Innovation Ecosystem, Core Enterprises Break through the “Stuck Neck” of Key Core Technologies: Taking China’s High-speed Train Traction System as an Example [J]. Nankai Management Review, 2023, 26(5): 4-17.)
- [43] 张彪, 董坤, 田常伟, 等. “双链”融合视角下关键核心技术分析框架及应用研究——以山东省区块链产业为例[J]. 情报理论与实践,

2023, 46(11): 133-142. (ZHANG Biao, DONG Kun, TIAN Changwei, et al. Research on the Analysis Framework and Application of Key Core Technologies from the Perspective of “Dual-chain” Integration-Taking the Blockchain Industry in Shandong Province as an Example [J]. Intelligence Theory and Practice, 2023, 46(11): 133-142.)

作者贡献说明

李 露: 收集整理数据, 撰写、修改文章;
魏 巍: 设计文章框架、指导文章修改;
文庭孝: 指导文章修改。