

专利视域下机器人行业“卡脖子”技术识别

种家栋

云南师范大学数学学院, 云南 昆明

收稿日期: 2025年10月22日; 录用日期: 2025年11月13日; 发布日期: 2025年11月24日

摘要

工业机器人作为中国制造业的重要基础之一, 面临着“卡脖子”的威胁, 准确识别该行业“卡脖子”技术可以为技术攻关提供帮助, 从而助力我国制造产业高质量发展。本文通过Incopat数据库获取机器人行业专利数据, 首先构建核心专利识别指标体系, 从技术突破效益、紧迫性和难度三个维度出发, 运用熵权-TOPSIS方法对专利数据进行处理并获得各指标权重, 计算得到每个专利得分并排序, 选取得分前5%专利为核心专利作为分析重点。其次通过专利价值指数和技术扩张指数构建“卡脖子”技术的识别模型, 对核心专利涉及的IPC进行判别, 找出“卡脖子”技术。在研究的32项机器人技术中, 中国有25项为非“卡脖子”技术, 有7项为“卡脖子”技术, “卡脖子”技术约占21%。

关键词

专利, 机器人, “卡脖子”技术, 熵权-TOPSIS法, 技术识别

Dentification of “Bottleneck” Technologies in the Robotics Industry from the Perspective of Patents

Jiandong Chong

School of Mathematics, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Received: October 22, 2025; accepted: November 13, 2025; published: November 24, 2025

Abstract

Industrial robots, as one of the vital foundations of China’s manufacturing industry, face the threat

of “bottleneck” technologies. Accurately identifying these “bottleneck” technologies in the industry can provide assistance for technological breakthroughs, thereby contributing to the high-quality development of China’s manufacturing industry. This paper obtains patent data from the robotics industry through the Incopat database. Firstly, a core patent identification index system is constructed, proceeding from three dimensions: technological breakthrough benefits, urgency, and difficulty. The entropy weight-TOPSIS method is applied to process the patent data and obtain the weight of each index. Each patent is then scored and ranked, with the top 5% selected as core patents for focused analysis. Secondly, an identification model for “bottleneck” technologies is constructed using the patent value index and technology expansion index. The International Patent Classification (IPC) codes associated with the core patents are evaluated to identify the “bottleneck” technologies. Among the 32 robotic technologies studied, China has 25 non-“bottleneck” technologies and 7 “bottleneck” technologies, accounting for approximately 21% of the total.

Keywords

Patents, Robotics, “Bottleneck” Technologies, Entropy Weight-TOPSIS Method, Technology Identification

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

机器人技术的快速发展正在多个领域产生革命性的影响，这种影响不仅改变了传统的生产方式，也深刻地渗透到日常生活的方方面面。从制造业的自动化流水线到服务业的智能客服，再到医疗领域的精准手术机器人以及军用排爆机器人，机器人技术的应用正在不断拓宽，成为推动社会进步的关键力量。随着技术的不断成熟，机器人技术领域已经成为各国争创未来新优势的核心领域，各国纷纷加大投入，以期在这一领域取得领先地位[1]。工业机器人作为先进制造业中的核心驱动力，其重要性已超越单纯的生产工具范畴，成为推动产业转型升级、实现智能制造的重要支撑。机器人产业的发展不仅推动了机器人本身的技术进步，还带动了相关产业链的升级。核心零部件制造、系统集成、软件开发等领域都因机器人产业的发展而得到了极大的推动。这些产业链的升级不仅提高了整个产业的技术水准，也促进了产业结构的优化，使得整个产业链更具竞争力[2]。

专利作为技术创新与发展的直接体现，具有显著的技术测度价值，其数量和质量能反映出一个地区、企业或个人的技术创新活跃程度和技术发展水平。一个或多个专利通常对应一种特定的技术创新或技术解决方案，在技术合作和交易中，专利作为技术的重要载体和表现形式，可以作为评估技术价值和确定合作条件的重要依据。通过对专利的数量、质量、引用关系等进行深入分析，可以揭示出某一领域技术发展趋势、技术热点和关键技术。在全球化背景下，专利更是成为衡量技术竞争力的重要指标，拥有大量高质量专利的国家在全球技术竞争中占据领先地位，具有更强的技术竞争力和话语权。无论是哪个行业，专利的申请和布局不仅能够保护企业或国家的核心技术，还能够提升企业或国家在全球市场的竞争力。

在机器人行业中，“卡脖子”技术通常指的是那些对机器人性能和功能至关重要，但难以掌握或受限于特定供货商的关键技术。这些技术往往涉及到机器人的整机技术、部件技术、集成应用技术这些关键领域。要实现“卡脖子”技术的突破，首要任务就是发现哪些是“卡脖子”问题，这对于机器人行业的自主发展至关重要。

2. 专利识别

2.1. 核心专利识别指标体系设计

根据美国对中国制造业“卡脖子”导致部分技术亟需快速突破、亟需克服共性技术问题、未来形成可持续发展效益的现状，以技术突破效益、技术突破紧迫性和技术突破难度三个维度设计指标评价体系[3][4]，以期发现与技术相关的重要专利。

针对技术突破效益，选取申请人类型、同族专利数、国民经济分类数三项细分指标加以测度。技术突破效益是指一项技术在市场上的应用所带来的经济效益和社会效益的总和，它反映了技术成果转化为市场优势的能力。具体而言，当专利申请主体为企业时，由于企业具备敏锐的市场洞察力和快速适应能力，可以快速的推动技术成果转化为市场优势从而产生市场收益。较多的同族专利数通常意味着该技术或发明具有较高的市场潜力和商业价值，专利权人认为该技术值得在多个市场进行布局和保护，以期获得更广泛的商业应用和收益。专利涉及的国民经济分类数的多少，是衡量其市场应用前景的标尺，展现了专利技术在多个经济领域中的潜在应用空间，彰显了技术创新的市场潜力和实用价值[5]。

针对技术突破紧迫性，选取权利要求数、被引证次数、被引证国别数三项细分指标加以测度[6]。技术突破紧迫性反映专利涉及目标产业前沿技术领域，亟需突破。权利要求数的多少，直接关联到专利保护的技术成果量，数量越多，意味着专利所蕴含的技术前沿性和保护范围越广，对技术进步的推动作用也更为显著，需要突破的优先级也更高。专利研发复杂且创新性强，需要融合多领域技术知识，进行多个环节研究和突破[7]，每个环节的创新或突破都可能被后续专利技术参考引用，高被引证次数的专利对后续技术创新有着深远影响，这些专利往往代表着技术的前沿和热点，可能意味着相关技术领域正处于快速发展阶段，技术突破的紧迫性相对较高。被引证国别数的增加能促进国际间的技术合作与知识共享，不同国家的研究人员通过引用和学习彼此的专利技术，可以加速技术创新和进步，但国际合作的环境同样会增加技术突破的紧迫性，因为各国都希望在最短的时间内实现技术上的突破和领先。

针对技术突破难度，选取发明人数、引证次数两项细分指标加以测度。技术突破难度反映专利的复杂程度和专利的技术质量。参与发明的人数能够映像出专利研发过程中所需整合的领域技术知识的广度与深度，人数众多往往意味着技术难题的多样性和解决路径的复杂性，从而增加了研发的挑战性与突破的难度。专利引证数较多，这意味着该专利技术相对比较成熟，是在先前技术基础上的改进和优化。这种情况下，虽然引证次数多，但并不一定代表技术突破难度低，反而可能说明该技术在不断发展和完善过程中，需要综合吸收和借鉴前人的成果，意味着在研发过程中需要解决的技术问题较多，或者该技术是在多个现有技术交汇点上进行的创新，这间接表明了技术突破的复杂性。

2.2. 专利数据采集

为了获取全球机器人行业全面且准确的专利数据，研究选用了 IncoPat 专利数据库作为信息来源[8]。因为它广泛覆盖了全球范围内超过 120 个国家、组织及地区的专利信息，累计收录基础专利数据超过 1 亿条，确保了数据的广泛性和深度。此外，IncoPat 以其高效的更新机制和严谨的审核流程，保证了所提供专利情报的及时性和准确性，为深入分析全球机器人行业的技术趋势和竞争格局提供了坚实的数据支撑。

机器人关键技术可以分为整机技术、部件技术、集成应用技术三大类。这些技术所涉及的专利往往与零部件密切相关，因此选择机器人的相关零部件作为关键词进行专利检索。确定检索的时间范围为 2000 年 1 月 1 日起至 2022 年 12 月 31 日止。最终，选定专利检索的类型聚焦于发明申请和发明专利，以减少冗余信息提高搜索精确性。通过在 IncoPat 专利数据库进行检索，共有 40,685 件专利，具体检索结果见表 1。

选定的指标如表 1 所示，如专利 US11638999B2，申请人类型 3 表示申请人为公司或企业，同族专利

2 项, 国民经济分类数 11 类, 权力要求数 8 项, 被引证次数为 3 次, 被引证国别数 1 个, 发明人数 7 人, 引证次数 624 次, 其他专利指标数值同理。

Table 1. Patent indicator data

表 1. 专利指标数据

序号	专利文献号	申请人类型	同族专利数	国民经济分类数	权利要求数	被引证次数	被引证国别数	发明人数	引证次数
1	US11638999B2	3	2	11	8	3	1	10	624
2	US11768501B2	1	2	38	19	1	1	1	255
3	US11507100B2	1	2	39	19	2	1	1	235
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
17	CN114019942A	1	2	22	3	0	0	7	42
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
40685	MYPI93000742A	1	1	1	0	0	0	0	0

2.3. 核心专利指标权重确定及筛选标准

对于上述选定的指标, 采用熵权法确定专利指标权重, 结合 TOPSIS 法, 对获取的所有专利评分并进行排序, 选出机器人领域核心专利。计算过程如下:

(1) 标准化。机器人技术专利的评价指标均为正向指标, 各个指标的量纲差异较大, 需要进行标准化处理。设共有 i 项专利, 每个专利有 j 项核心技术评价指标, $X_{ij} (i=1, 2, \dots, 40685; j=1, 2, \dots, 8)$ 。已有的专利数据构成了一个 40685×8 的矩阵:

$$R = (r_{ij})_{40685 \times 8}, \quad r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{40685} x_{ij}^2}}$$

(2) 计算熵权。指标经过标准化后可构成决策矩阵 $R = (r_{ij})_{40685 \times 8}$, 对于某个指标 r_j 信息熵为 E_j , 则熵权计算公式为:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{40685} r_{ij}}, \quad E_j = -\frac{1}{\ln 40685} \sum_{i=1}^{40685} P_{ij} \ln P_{ij}, \quad w_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^m (1 - E_j)}$$

计算结果如表 2 所示。如申请人类型信息熵为 0.9694, 权重为 5.05%。

Table 2. Patent identification indicator weight table

表 2. 专利识别指标权重表

一级指标	二级指标	w
技术突破效益	申请人类型	5.05%
	国民经济分类数	3.57%
	同族专利数	9.75%
技术突破紧迫性	权利要求数	5.42%
	被引证次数	24.69%
	被引证国别数	13.02%
技术突破难度	发明人数	3.77%
	引证次数	34.73%

(3) 确定正/负理想解。在构成的矩阵 $R = (r_{ij})_{40685 \times 8}$ 中

$$r_j^+ = \max(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{40685j}), \quad r_j^- = \min(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{40685j})$$

(4) 计算各项专利指标到正/负理想解的距离之和。分别计算矩阵 R 第 i 个评价物件与最优值和最劣值的距离:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^8 w_j (r_j^+ - r_{ij})^2}, \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^8 w_j (r_j^- - r_{ij})^2}$$

(5) 计算各专利与最优专利接近程度 S_i

$$S_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

S_i 为评分结果, 评分的高低直接反映了专利在综合评价体系中的表现优劣, 得分越高, 说明该项专利技术的技术突破效益、技术突破紧迫性和技术突破难度越高, 就越符合核心技术的特征属性。依据得分排名将位于前 5% 的专利技术界定为该领域的核心技术, 选出得分高的 2034 个核心专利如表 3 所示。如专利 US11638999B2 与最优专利的接近程度得分为 0.6281, 其他专利得分同理可得[9]。

Table 3. Core patent identification results

表 3. 核心专利识别结果

排序	专利文献号	IPC	申请人国别	得分
1	US11638999B2	A61	美国	0.6281
2	US20040243147A1	A61	美国	0.3649
3	US11768501B2	G05	美国	0.3280
...	...	...		...
45	CN107848114B	B25	中国	0.0859
...	...	...		...
2034	WO02078915A1	B25	世界知识产权组织	0.0156

2.4. 从专利到核心技术

根据检索结果发现, 机器人行业专利分属于 94 项 IPC (国际专利分类), 如 A01、A21、A23、.....、H05。前述得分位于前 5% 的专利分属于 94 项 IPC 中的 32 项, 我们在这 32 项 IPC 中寻找中国的卡脖子技术。专利是技术的重要代表形式, 通过对一个或几个专利进行深入研究, 可以发现专利所代表的具体技术, 通过对比我们发现每项 IPC 下的专利所涉及技术相似或相近, 所以每项 IPC 都是机器人行业的一个技术领域。

以 A61 为例, 该技术下包含 26 条核心专利, 中国在该项技术拥有 5 条核心专利(CN115227407A, CN114259301A, CN115227407B, CN113545845A, CN111973406A), 美国拥有 17 条, 日本拥有 1 条, 加拿大拥有 1 条, 世界知识产权组织拥有 2 条, 中国无论是在数量和质量上, 都和国外存在较大差距。

3. “卡脖子” 技术识别方法

3.1. “卡脖子” 技术判断标准设置

根据识别出的核心专利, 从专利技术价值指数和技术扩张指数两个维度甄别技术[10], 解决是否判定

为“卡脖子”技术的问题。具体地，专利技术价值的计算公式如下：

$$PVI = (V_{ab} / \sum V_b) / (V_a / \sum V_{ab})$$

PVI (Patent Value Index)表示专利技术价值指数， a 表示目标产业专利所属国家或地区， b 表示目标产业专利所属技术领域， V_{ab} 表示 a 国在 b 领域的专利价值总和， $\sum V_b$ 表示 b 领域内所有国家的专利价值总和， $\sum V_a$ 表示 a 国在所有技术领域的专利价值总和， $\sum V_{ab}$ 表示所有国家在所有技术领域的专利价值总和。

当 $PVI > 1$ ，表明 a 国在 b 技术领域的专利质量高于全球平均水平，具有显著的质量优势，减少了被其他国家或地区垄断的风险；如果 $PVI = 1$ ，则意味着 i 国在 j 技术领域的专利质量与全球平均水平相当，被其他国家垄断的可能性一般；如果 $0 < PVI < 1$ ，反映出 a 国在 b 技术领域的专利质量相对较弱，面临较高的被其他国家或地区垄断的风险；如果 $PVI = 0$ ，则反映 a 国在 b 技术领域尚未形成专利布局，处于完全被其他国家或地区垄断的状态。价值度采用 IncoPat 数据库中的合享价值度进行测算。

技术扩张指数的计算公式如下：

$$u_{bt} = \frac{IPC_{bt}}{\sum_{\beta=t-4}^t IPC_{b\beta}}, \quad PUI_{bt} = \sum_{\beta=t-4}^t u_{b\beta} / 5$$

其中， u_{bt} 表示某个国家或地区在技术领域 b 上 t 年的技术扩张率， IPC_{bt} 表示某个国家或地区在技术领域 b 上 t 年的发明专利申请数量之和， $\sum_{\beta=t-4}^t IPC_{b\beta}$ 表示某个国家或地区在技术领域 b 上过去5年的发明专利累积申请数量之和， PUI_{bt} (Patent Upgrade Index)表示某个国家或地区在技术领域 b 上5年的技术扩张指数。如果某个国家或地区在近几年才开始对某项技术进行攻关突破，且每年的发明专利申请数量相等，说明该国的技术扩张呈现平稳状态，那么该国的技术扩张指数就是 $(1+0.5+0.333+0.25+0.2)/5 \approx 0.457$ ，当技术扩张指数小于0.457时，说明在此领域技术扩张呈现收缩状态，存在“卡脖子”可能性。

本文根据“卡脖子”技术的内涵[11]，将技术价值指数与技术扩张指数的测算结果划分为三种不同的类型，以更清晰地展示不同情况下的技术状态，如表4所示：

Table 4. “Bottleneck” technology judgment criteria

表 4. “卡脖子”技术判断标准

测算结果	评价结果
$PVI \geq 1$ (无需测算 PUI)	非“卡脖子”技术
$0 < PVI < 1, PUI \geq 0.457$	
$0 < PVI < 1, 0 < PUI < 0.457$	“卡脖子”技术
$PVI = 0$ 或 $PUI = 0$	

根据表4可知，当 $PVI \geq 1$ 时，说明某国家或地区在特定领域内所展现的技术价值已达到国际顶尖水平，而当 $0 < PVI < 1, PUI \geq 0.457$ 时，虽然技术价值与国际顶尖水平尚有差距，但技术正在平稳或高速发展，假以时日可以弥补技术差距，所以，此领域的技术并不构成“卡脖子”技术。当 $0 < PVI < 1, 0 < PUI < 0.457$ 说明某个国家或地区在该领域的专利价值和技术发展速度相较于世界顶尖水平尚存显著的技术差距，故属于“卡脖子”技术。当 $PVI = 0$ 时，直接表明该国家或地区在此领域尚未建立任何专利布局，完全缺乏技术积累与保护，面临极高的技术依赖性和被垄断的风险，故属于“卡脖子”技术[12]。

3.2. “卡脖子”技术筛选结果

根据经过筛选后专利的资料，中国在 A61 技术领域的技术价值指数为：

$$PVI = \frac{V_{ab}/V_a}{\sum V_b/\sum V_{ab}} = \frac{41/250}{4798/18015} \approx 0.616$$

中国在该领域的专利价值总和为 41，所有国家在该领域的专利价值总和为 250，中国所有领域的专利价值总和为 4798，所有国家在所有技术领域的专利价值总和为 18,015。

中国在 A61 技术领域过去五年的技术扩张率分别为 0.4、0.667、1、0、0，则技术扩张指数为：

$$PUI_{bt} = \sum_{\beta=t-4}^t u_{b\beta} / 5 = \frac{0.4+0.667+1+0+0}{5} \approx 0.411$$

其他领域同理可得出，如表 5 所示。

Table 5. “Bottleneck” technology identification
表 5. “卡脖子”技术识别

IPC	PVI	PUI	是否“卡脖子”
A01	2.425	0.300	否
A43	3.234	0.200	否
A47	1.779	0.490	否
A61	0.622	0.413	是
A62	3.234	0.200	否
B05	2.239	0.361	否
B07	3.234	0.200	否
B21	1.940	0.333	否
B22	3.234	0	否
B23	1.535	0.641	否
B24	2.663	0.553	否
B25	0.857	0.697	否
B26	3.234	0.200	否
B29	3.234	0.300	否
B60	1.294	0.200	否
B62	0.719	0.200	是
B63	0	0	是
B64	3.234	0	否
B65	1.718	0.614	否
B66	0.808	0.200	是
E21	3.234	0.200	否
F15	3.234	0.200	否
F16	2.156	0.539	否
G01	1.617	0.451	否
G05	0.977	0.595	否
G06	0.206	0.422	是

续表

G09	2.830	0.386	否
G10	0	0	是
G16	0	0	是
H02	1.617	0.297	否
H04	1.247	0.200	否
H05	1.078	0.200	否

通过表 5 可以得知，在核心专利涉及到的 32 项 IPC 中有 25 项为非“卡脖子”技术，7 项为“卡脖子”技术，对于 7 项被识别为“卡脖子”技术的 IPC，研究每项 IPC 下的所有专利，找到这些专利的共
同技术要点，根据共同技术为每项 IPC 赋予一个更具描述性和针对性的技术名称[13]，以便于后续的研究
与讨论，具体命名结果见表 6。

Table 6. “Bottleneck” technology naming and classification
表 6. “卡脖子”技术命名与分类

序号	IPC	技术名称	技术分类
1	A61	医用外科机器人技术	整机技术
2	B63	系泊机器人控制技术	整机技术
3	B66	机器人牵引载荷技术	部件技术
4	G06	机器人数据计算处理技术	集成应用技术
5	G08	机器人报警装置技术	集成应用技术
6	G10	机器人语音交互技术	集成应用技术
7	G16	机器人信息通信技术	集成应用技术

由表 5、表 6 可知，在 A61 (医用外科机器人技术)、B66 (机器人牵引载荷技术)等 4 个技术领域，在
核心技术价值与技术创新速率方面，与世界顶尖的创新主体相比，尚存一定差距。此外，中国机器人行
业在 B63 (系泊机器人控制技术)、G10 (机器人语音交互技术)、G16 (机器人信息通信技术)等 3 个技术领
域完全没有核心技术布局，面临着技术短板问题。鉴于此，这 7 项技术领域所涵盖的技术要点，面临着
被其他国家或地区实施封锁与垄断的潜在风险，可能成为技术发展的关键瓶颈，是中国机器人行业可能
被“卡脖子”的技术。

通过研读《中国制造 2025 重点领域技术路线图》《“十四五”机器人产业发展规划》《中华人民共
和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》[14]，发现上述档所提到的卫生防
疫机器人，水下作业机器人，高负载高性能伺服控制技术，人机自然交互技术，非结构环境下的移动机
器人导航(定位)技术与本文识别的 A61, B63, B66, G06, G10 技术领域相一致，这意味着本文方法具有
可靠性和可用性，能较好地识别出的“卡脖子”核心技术。

4. 结论、研究局限性与展望

4.1. 结论

本文构建了包含“技术突破效益 - 技术突破紧迫性 - 技术突破难度”三个维度的指标体系来识别出
核心专利，在选取的机器人专利中取前 5%的专利为核心专利，共识别出 2034 个核心专利，这些核心专

利共分布在 32 项 IPC 下。随后, 结合“专利技术价值-技术扩张潜力”两个维度出发, 设计模型以筛选出关键的“卡脖子”技术, 分析得出目标国家或地区相较于世界一流水平具有差距的 7 项“卡脖子”技术, 其中 2 项属于整机技术, 1 项属于部件技术, 4 项属于集成应用技术。通过对比, 研究结果与国家相关规划中提到的重点方向相一致, 验证了研究方法的可靠性和实用性。

4.2. 研究局限性与展望

本文以 IPC 分类作为技术领域的划分依据, 虽然具有国际通用性和可比性, 但其分类层级相对宏观, 可能掩盖了同一 IPC 下不同细分技术的差异。例如, G06 类下的“机器人数据计算处理技术”可能涵盖深度学习、边缘计算、实时操作系统等多种子技术, 其“卡脖子”风险程度各不相同。未来研究可结合 IPC 与关键词聚类、主题模型(如 LDA)等方法, 对技术领域进行更精细化的划分, 从而实现“卡脖子”技术的精准定位。

本文聚焦于“识别”问题, 而对于如何“突破”已识别的“卡脖子”技术, 尚未提出具体的、可操作的策略。后续研究可在本文基础上, 深入分析这些“卡脖子”技术领域的领先机构、核心发明人及其技术发展路径, 为我国相关领域的技术攻关、研发布局和合作策略提供更具针对性的决策支持。

参考文献

- [1] 袁劲, 刘启仁, 赵灿. 城市工业机器人渗透与中国制造业出口——来自多维资料的证据[J]. 经济学动态, 2024(3): 25-43.
- [2] 何茜茜, 高翔, 黄建忠. 工业机器人应用与制造业产业链供应链韧性提升——来自中国企业全球价值链嵌入的证据[J]. 国际贸易问题, 2024(2): 71-89.
- [3] 王翰林, 张召才, 李志阳. 中美竞争环境下制造业重点领域中重大短板群识别与研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(21): 71-77.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Lee, C., Kwon, O., Kim, M. and Kwon, D. (2018) Early Identification of Emerging Technologies: A Machine Learning Approach Using Multiple Patent Indicators. *Technological Forecasting and Social Change*, 127, 291-303. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.10.002>
- [7] 江瑶, 陈旭, 张凌恺. 专利视域下“卡脖子”技术三阶段识别研究——以芯片材料为例[J]. 情报杂志, 2023, 42(10): 55, 132-139.
- [8] 杨琳琳, 王青, 段洁. Patentics 和 incoPat 两种专利检索系统的体验之对比[J]. 专利代理, 2019(2): 88-92.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 杨武, 王爽. 特征分析视角下核心技术动态趋势识别——以光刻技术为例[J]. 情报杂志, 2021, 40(12): 36-44.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[N]. 人民日报, 2021-03-13(001).