

关键核心技术识别与竞争态势评估研究

—以集成电路领域为例

郑思佳¹，汪雪锋¹，刘玉琴²，陈虹枢¹

(1 北京理工大学管理与经济学院 100081;

2 北京印刷学院新闻出版学院 102600)

[摘要]中美经贸摩擦背景下，我国在关键核心技术受制于人的局面日益突出，解决关键核心技术“卡脖子”问题对维护国家经济安全、国防安全和其他安全具有重要意义。基于对关键核心技术的文献梳理，本文以专利表征技术，从专利技术性、专利经济性和专利法律性三个维度构建关键核心技术识别指标及方法流程；并根据识别的关键核心专利文本绘制技术原创图竞争态势图谱，并构建技术差距指数评估关键核心技术竞争态势。集成电路领域的实证研究表明关键核心技术竞争态势评估有助于明确国内外竞争态势及薄弱点，推进关键核心技术的突破，对提升我国科技创新能力具有重要的现实意义和战略价值。

[关键词]关键核心技术；关键核心技术识别；竞争态势评估；集成电路

引言

随着全球竞争的不断加剧，新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起，国力的竞争日益显示为以科技竞争为核心的全面竞争态势。党的十八大明确提出^[1]，“科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国

家发展全局的核心位置。”鉴于国家对科技创新的高度重视，近年来，我国大力实施创新驱动战略，加大科技活动投入和产出，强化科技进步对经济增长和社会发展的引领作用，已取得一系列突破性进展。

然而中美经贸摩擦的爆发，使得我国在关键基础材料、核心基础元器件、先进基础工艺、高端通用芯片、高端制造装备等领域关键核心技术“卡脖子”问题浮出水面，关键核心技术的缺失已引起国家领导层的高度关注。习近平总书记在两院院士大会上明确指出，掌握关键核心技术是保障国家经济安全、国防安全和其他安全的根本^[2]。因此，面对我国关键领域自主创新能力薄弱、关键核心技术短板明显的现实，识别出与我国综合国力紧密相关的关键核心技术、明晰关键核心技术国际竞争态势，是攻克关键核心技术“卡脖子”问题的关键环节，对我国全面深化科技体制改革，加强科技创新前瞻布局，强化国家战略科技力量具有重要意义。

1 关键核心技术识别概念及方法概述

从行业领域角度，关键技术是指在行业或领域内具有引领作用和扩散作用的重要技术^[3]。而核心技术在行业或领域内是不可替代的、具有突破性、关键性的技术^[4]。一个核心技术往往由多个关键技术形成网状支撑^[5]。关键核心技术既有“关键技术”的特征，也同“核心技术”相互联系，是二者的交叉融合与革新，如图 1 所示。故而，关键核心技术的概念可由核心技术的概念延伸而来，是指在特定历史时期特定行业或领域处于核心地位并发挥关键作用的技术。就国家而言，关键核心技术是对国家经济社会高质量可持续发展产生重大影响的技术。

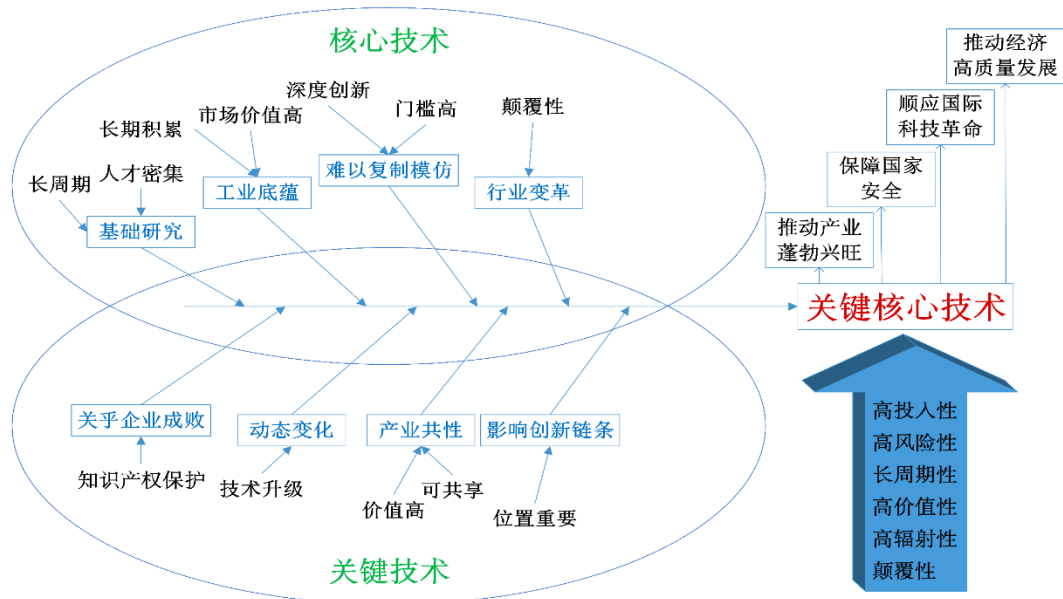


图 1 关键核心技术概念

其特点包括：1) 高投入、长周期。解决关键核心技术的复杂难题，需要大量资金、人才的研发投入及较长周期的探索过程。2) 知识的复杂性、嵌入性。关键核心技术的突破需要积累大量的缄默知识和经历反复的试验。3) 国际核心系统与部件市场的寡头垄断。核心系统与核心部件市场往往呈现寡头垄断的格局。4) 核心技术突破的商用生态依赖性。实现关键核心技术的商业化突破，需要上、中、下游研发伙伴协同合作以构建完整产业生态^[6]。

“十三五”国家战略性新兴产业发展规划明确提出^[7]，“到 2020 年，要攻克一批关键核心技术，发明专利拥有量年均增速达到 15%以上”。专利作为标准化、客观化的文献，是技术研发成果的重要载体^[8]，在表征技术水平的能力相比其他的科研产出形式更具优势。从知识维度出发，高质量核心专利是关键核心技术高价值的体现和重要载体；从应用维度出发，国内外对于技术发展的保护和促进一般都采用专利形式，发达国家采用相

应专利布局来构建关键核心技术壁垒；从市场化维度出发，专利是技术研发阶段的成果形式化表现，对关键核心技术的商业化突破极具重要。因此，高质量核心专利是关键核心技术的重要表征，识别关键核心技术的实质是对核心专利的价值、质量开展评估，即识别关键核心专利。

针对关键核心专利的识别，学者们做了大量的研究工作。目前，常见的方法包括单一指标识别法、指标组合识别法、指标体系识别法及利用专利信息可视化技术方法。

（1）单一指标识别法

在专利被引用频次方面，Albert 等将专利被引次数作为评估企业重要专利的指标^[9]。Trajtenberg 基于对电脑扫描的实证研究，认为专利被引数量与其经济价值成正比^[10]。同族专利数量也是识别核心专利的有效指标，Schettino 等学者研究表明专利族的大小可反映技术重要性^[11]。针对专利诉讼指标，Su 等分析 USPTO1970-2010 年发布的诉讼专利数据，证实专利价值与专利诉讼相关^[12]。

（2）指标组合法

指标组合法通过将多个指标识别的结果简单相加，从而达到识别目的。侯建华综合专利家族的数量和地区分布、专利引证指标和专利共现网络指标，对太阳能光伏电池核心技术演进路径展开相应的分析^[13]。孙涛涛等基于 USPTO1995-2004 年 DVD 激光头主题的专利数据，通过专利文献耦合和专利印证关系挖掘该领域的关键技术^[3]。指标组合法能在一定程度上减少单一指标的片面性，但忽略了不同指标重要性的差异。

(3) 指标体系识别法

指标体系识别法是指标组合法的改进和发展,它综合考虑了各指标间的权重,构建了识别核心专利的完整指标体系。闫明将核心专利识别的指标分为技术性指标、经济性指标和法律性指标三个层次,并利用 AHC 法识别了溶菌酶研发领域的核心专利^[14]。罗天雨采用文献计量、专家评分等方法筛选专利指标,并通过层次分析法构建专利判别指标体系,有效地识别了风力发电产业核心专利^[15]。

(4) 专利信息可视化技术方法

专利共被引网络和专利共现词网络分析这两种专利信息可视化技术方法近年来多被学者用于识别研究关键核心技术。袁润和钱过通过专利地图、文本据类,结合专利引文、权利要求、同族专利等 7 种指标识别风能产业核心专利,确认了当前世界风能技术领域的核心技术^[16]。Leehakyeon 等依据专利引文数据构建引文分析网络,采用网络分析方法识别技术网络中的核心技术,进而洞察核心技术发展状态和优势^[17]。

通过梳理,可以发现已有研究中学者对于核心专利的判别方法仍较为单一、片面,判别的准确性无法保证,导致关键核心技术的识别可能存在偏差。因此,本文将在现有判别方法的基础上对各个指标展开深入研究,以期构建较为全面的关键核心技术识别指标。

2 研究设计

为高效识别关键核心技术、认清当前关键核心技术国际竞争态势,对我国在关键核心技术领域所处的地位进行研判,本文首先以高质量核心专

利表征关键核心技术，从专利技术性、专利经济性和专利法律性三个维度构建关键核心技术识别指标及方法流程。继而，根据识别出的关键核心专利文本绘制技术原创国竞争态势图谱，并在此基础上，结合技术差距指数定量测度我国与技术先进国家的技术差距，从而开展关键核心技术竞争态势评估研究。最后，就集成电路领域开展实证研究。本文研究框架图如图 2 所示。

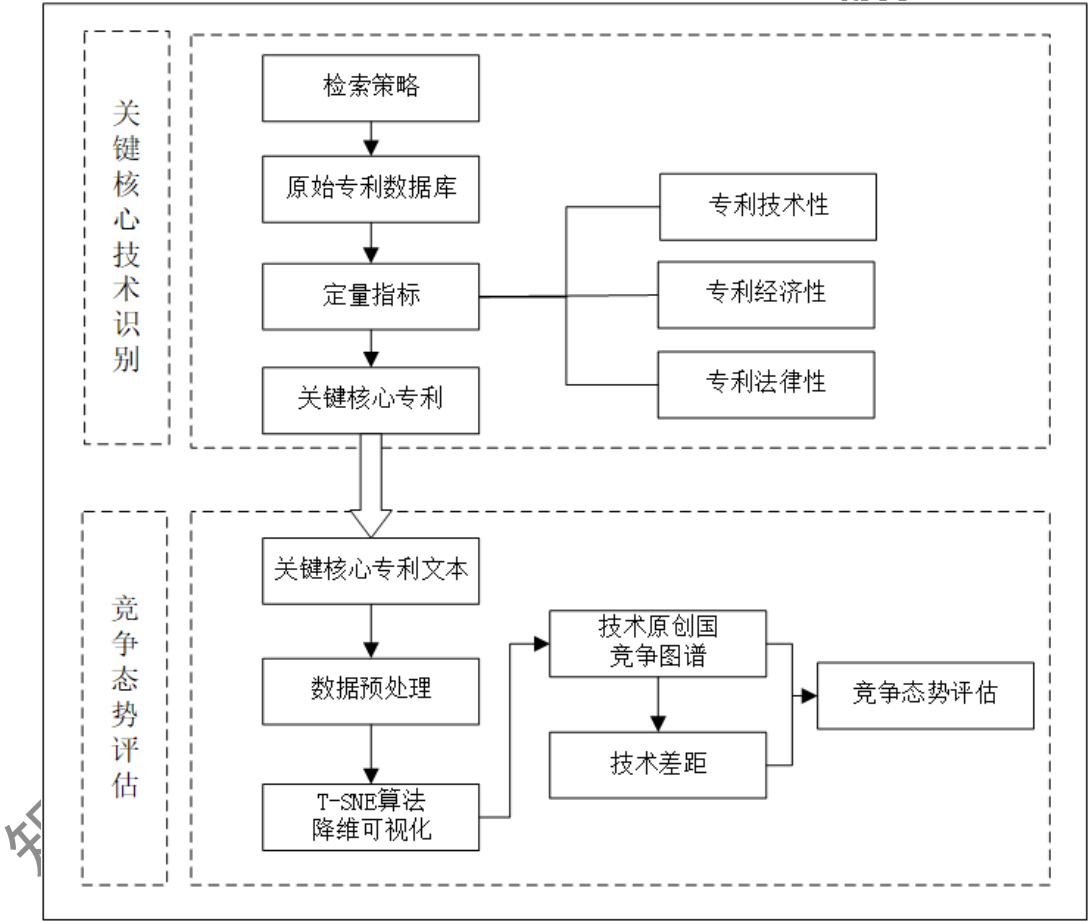


图 2 本文研究框架图

2.1 关键核心技术识别

2.1.1 关键核心专利识别指标构建

如何从海量的专利数据中识别出高质量核心专利是精确评估关键核

心技术的前提条件，因此，选取合理的关键核心专利识别指标也是问题的关键。核心专利识别是专利竞争情报研究热点之一^[18]，目前，关键核心专利识别主要从技术、经济和法律三个层面制定定量或定性指标。

技术层面的研究重点关注技术方案内容、技术先进性和技术前景与广度^[19]。代淑容、肖蘅认为相较之实用新型和外观设计专利，发明专利技术含量高、创新价值大，应被纳入核心专利识别指标体系^[20]。彭爱东指出施引计数是该专利重要的表现^[21]。吴菲菲的研究表明标准必要专利和高质量专利存在强相关关系^[22]。

经济层面相关研究的重点侧偏向专利运营情况、市场适应情况及市场未来预期情况^[19]。专利成本与专利族大小呈正相关，Putnam J、孙涛涛等认为专利族大小能反映出技术的重要程度^[3,23]。许鑫等提出企业申请人比高校、科研院所具备更好的市场适应情况和更强的竞争力，更具市场价值^[19]。

法律层面的研究偏重从专利权利稳定性、侵权可判定性与保护强度这三个方面入手^[19]。Schankerman 等通过评估专利价值分布，认为专利的维持时间与专利价值成正相关^[24]。Harhoff 等的研究指出专利授权后的专利异议和专利价值是正相关关系^[25]。李春燕等认为具有专利诉讼史的专利具有更高的价值^[26]。

从上述研究成果可以看出，现有核心专利判别方法各有不同，每种方法和指标均存在一定的不足，单独使用具有片面性。因此，本文综合国内外学者研究成果，在遵循量化原则、便捷性原则、代表性原则及普适性原

则 4 条识别原则的基础上，全面地构建关键核心专利识别指标，具体的评价维度、筛选参考指标和指标内容如表 1 所示。

表 1 基于不同维度的关键核心专利筛选参考指标

识别维度	参考指标		指标说明
专利技术性	专利类型		发明专利优先级最高，创新价值最大，若不符合则不纳入研究范围
	权利要求数量		要求的权利数量越多，说明技术保护范围越大，专利技术价值越高
	是否标准必要专利		包括国内标准必要专利、区域标准必要专利、国际标准必要专利
	专利被引频次（自引、他引）		专利被引频次越高，说明专利技术价值越高
	基于专利引证的主路径分析（重要节点）		主路径分析主要是通过找到引文网络中具有最大连接度的系列文献来勾勒出研究领域的状态与趋势
专利技术性	专利宽度（专利分类号数量）		专利涉及不同类型的构成发明信息的技术主题的数量，揭示覆盖范围大小
专利经济性	同族专利	同族专利数量	申请人就相同的发明寻求专利保护的国家数量
		三方专利	受美国专利与商标局、欧专局和日专局共同保护的一组发明
		PCT 申请	指定国家越多，说明技术市场范围越大，专利技术价值越高
		发达国家申请	在发达国家的同族专利申请数量能在一定程度上体现专利质量
	申请人类型		企业申请人能够更好地洞悉、适应市场行情，其专利的市场价值更高

专利法律性	专利付费及专利维持时间	专利寿命越长、付费越高，专利的质量越高
	专利法律诉讼信息	是否遭遇并成功通过诉讼
	专利转化信息	专利技术的市场化、产业化能力

2.1.2 关键核心专利识别流程

本文在充分考虑关键核心专利筛选指标的多维特性的基础上，结合实际研究需求，构建关键核心专利识别方法流程：首先，制定合理、准确的检索策略检索特定领域的相关专利，获取原始专利数据库。然后，为了剔除低质量专利对识别结果的影响，依据表 1 中专利技术性、专利经济型、专利法律性三个维度的对应指标，从原始专利数据库中筛选出高质量关键核心专利，以此来表征关键核心技术。

2.2 技术竞争态势评估

技术竞争态势分析是指对能给组织的竞争地位带来重大影响的外部科技信息的分析判断过程^[27]。李艳等人认为专利、技术标准、会议论文、期刊论文等是外部科技信息的重要信息源^[28]。专利集技术、经济、法律属性于一身^[19]，其中，技术属性是其核心特征，通过对专利数据的分析处理能够有效地判断技术竞争态势。因此，本文基于国家视角，利用专利数据，从两个角度出发分析研究关键核心技术竞争态势。首先通过对关键核心专利文本的降维可视化处理，绘制技术原创国竞争图谱，直观地了解和把握关键核心技术主题和研究热点，明晰特定技术主题下的主要竞争国家。然后，借助技术差距指标，定量分析主要国家及地区在各技术主题下的技术差距，判断我国在特定技术领域中所处的战略地位及面对的威胁。

2.2.1 技术原创国竞争态势图谱

专利技术主题图可以直观地展现特定领域下的主要技术主题、技术发展趋势及技术竞争对手。在获得关键核心专利数据基础上，本文采用 t-SNE 算法将高维空间样本投影到二维空间映射图上，挖掘专利文本中潜在的主题信息，生成关键核心技术领域技术原创国竞争态势图谱，继而研究技术原创国的竞争态势。图 3 为技术原创国竞争态势图谱可视化的绘制流程。

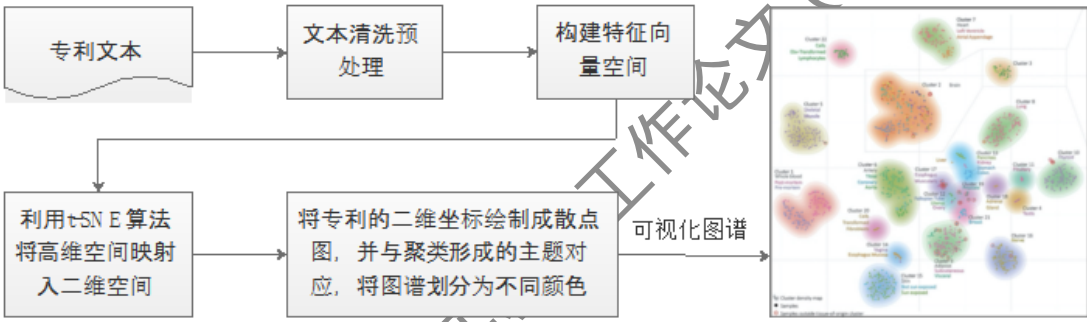


图 3 技术原创国竞争图谱的绘制流程

(1) 文本清洗预处理

从获取的关键核心专利中抽取公开号、标题、摘要、公开日期、专利权人/申请人、DWPI 手工代码、权利要求计数、优先权国家/地区、IPC 号、引用的参考文献、引用的参考文献计数、施引专利计数等数据导入至 ITGinsight 软件，进行分词和停用词过滤处理。

(2) 构建特征向量空间

为避免因文本向量维数过大，降低计算结果的计算效率及准确率，本文采用计算排序术语度 (termhood) 文本特征提取技术构建高维度的特征向量空间。PC-value 值的计算公式如式 (2.1) 所示。

$$PC - value(a) =$$

$$\begin{cases} \log_2|a| \cdot f(a) + 2^{|a|-2} \cdot g(a) & \text{当 } a \text{ 没有被嵌套} \\ \log_2|a| \cdot (f(a) - \frac{1}{|T_a|} \sum_{b \in T_a} f(b)) + 2^{|a|-2} \cdot g(a) & \text{其他情况} \end{cases} \quad (2.1)$$

计算后, 将 PC-value 值高于阈值下限的词语纳入特征词列表。根据计算结果, 采用 VSM 建立空间向量模型, 得到维度为 $n \times d$ 的专利集矩阵。

(3) 基于 t-SNE 算法的降维可视化

t-SNE 算法能够将高维文本特征有效映射入二维图像展示, 有利于对整个技术领域的技术布局进行观察和分析, 进而研究其竞争形势和发展机遇, 其步骤如图 4 所示:

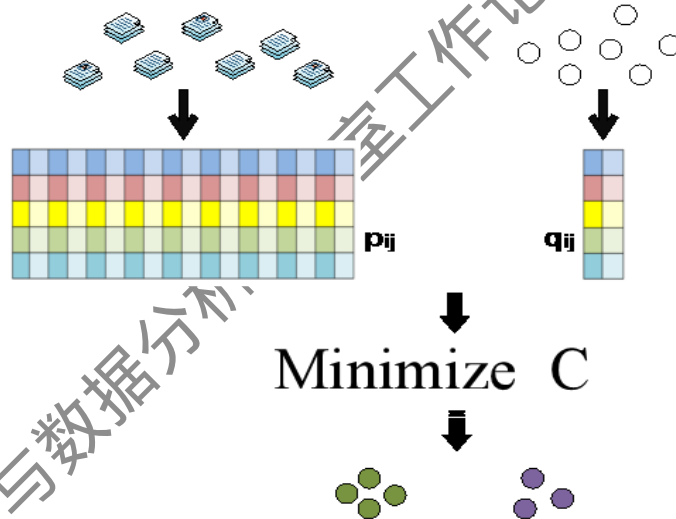


图 4 t-SNE 应用在专利文献聚类分析中的流程示意图

① 计算任意两篇专利之间的相似性条件概率 $p_{i|j}$ 和 $p_{j|i}$:

$$p_{i|j} = \frac{\exp(-\|x_j - x_i\|^2 / 2\sigma_j^2)}{\sum_{k \neq j} \exp(-\|x_j - x_k\|^2 / 2\sigma_j^2)} \quad (2.2)$$

$$p_{j|i} = \frac{\exp(-\|x_i - x_j\|^2 / 2\sigma_i^2)}{\sum_{k \neq i} \exp(-\|x_i - x_k\|^2 / 2\sigma_i^2)} \quad (2.3)$$

其中, σ_i 表示专利集矩阵中以专利 x_i 为中心点的高斯分布的方差。

② 计算高维空间内专利向量之间联合概率 p_{ij} :

$$p_{ij} = \frac{p_{i|j} + p_{j|i}}{2n} \quad (2.4)$$

③计算低维空间内专利之间联合概率 q_{ij} :

$$q_{ij} = \frac{(1 + \|y_i - y_j\|^2)^{-1}}{\sum_{k \neq l} (1 + \|y_k - y_l\|^2)^{-1}} \quad (2.5)$$

其中， y_i 表示高维专利空间 x_i 对应的低维空间上的点。

④计算高维空间点的条件概率分布 P 和低维空间点的条件概率分布 Q 的 KL 距离作为代价函数 C :

$$C = \sum_i KL(P \parallel Q) = \sum_i \sum_j p_{ij} \log \frac{p_{ij}}{q_{ij}} \quad (2.6)$$

⑤利用 (4) 中的代价函数对 y_i 求梯度:

$$\frac{\partial C}{\partial y_i} = 4 \sum_j (p_{ij} - q_{ij})(y_i - y_j)(1 + \|y_k - y_l\|^2)^{-1} \quad (2.7)$$

⑥利用随机梯度下降法进行训练,输出结果。本文设置目标维数为 2。降维后的专利集矩阵 B 如式 (2.8) 所示, 每行代表 1 件专利, 是缩减维数后 1 件专利的表示向量; 每列用来表征专利的向量的一个维度。

$$B = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} \\ v_{21} & v_{22} \\ \dots & \dots \\ v_{n1} & v_{n2} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

(4) 技术原创国竞争图谱绘制

采用 t-SNE 进行文档聚类后,以节点形式表示文档,运用 t-SNE 算法将其映射到二维平面 (计算机屏幕),生成关键核心技术领域的技术原创国竞争图谱示意图,如图 5 所示。各个原创国家的专利在技术主题上用不同颜色进行区分,如红色表示专利权人所属国家为中国的专利,白色表示专利权人所属国家为日本的专利,蓝色表示专利权人所属国家为美国的专利。图中每个节点表示一件专利,各节点间的距离表示技术相似性的大小,

距离相近的专利相似性高，其技术主题越相近。

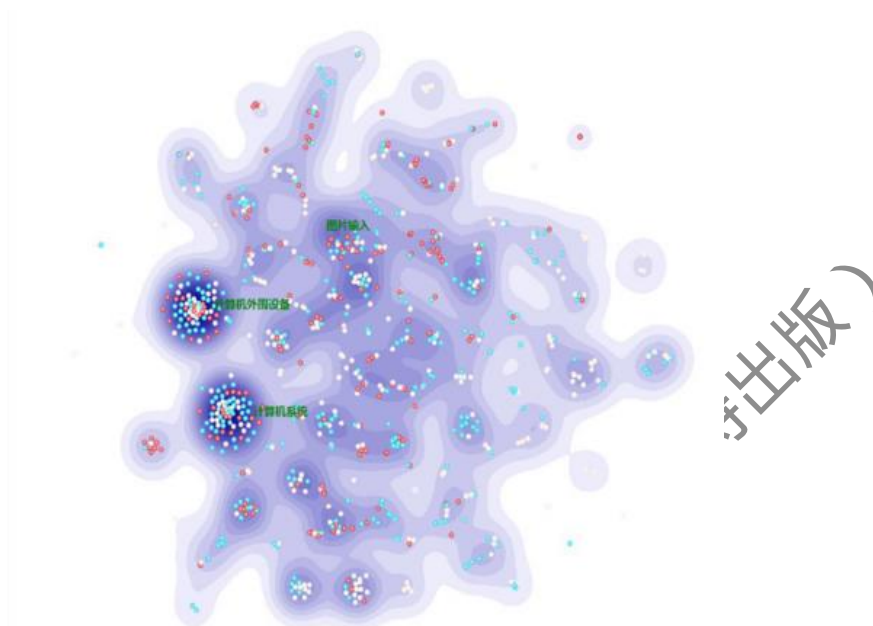


图 5 技术原创国竞争图谱示意图

2.2.2 技术差距

由于全球研发高度集中于几个技术发达国家,技术较落后国家与技术领先国家在技术水平和技术创新能力上存在着巨大的技术差距。过大的技术差距会导致技术壁垒突破难度加剧,不利于后发国家的技术进步,进而影响到国家的科技竞争实力^[29]。因此,准确地评估国家间的技术差距有助于认清国家与技术发达国家在特定技术领域的差距大小,从而厘清国家在技术竞争的战略地位,更好地判断我国在技术竞争中面对的威胁和机遇,对明确技术攻坚方向具有重要意义。

一个国家拥有的关键核心专利越多、覆盖的技术领域越广，则其拥有的技术资源越丰富，技术竞争力越强。关键核心专利的数量及重要程度在一定程度上可以表现一个国家的技术实力。因此，对于技术差距的衡量，

本文首先通过分析各国在不同技术主题的专利数量占比开展宏观评估,然后,通过对专利技术主题图中的专利根据重要性差异赋予不同权重,从而计算我国与对标国家及其他主要国家的技术差距,则某国家在特定技术主题的技术差距得分公式为:

$$Gap_n = \sum_{i=1}^m (W_i \cdot C_n(X_i)) \quad (2.9)$$

其中, m 表示每个主题簇由里向外划分为 m 个圈, i 表示第 i 个圈, W_i 表示第 i 个圈的权重值; $C_n(X_i)$ 表示该技术领域国家 j 在第 i 个圈内拥有的关键核心专利数量。技术差距得分越大,表示该技术越先进。

3 实证分析

集成电路产业是国家战略性新兴产业,其技术水平和发展规模已成为衡量一个国家产业竞争力与综合国力的重大标志之一^[30]。近年来,我国集成电路产业正处于高速、蓬勃的发展周期,然而中兴事件、华为风波再度凸显出集成电路领域短板明显。当前,集成电路产业已经成为世界各国高新技术产业竞争必争的制高点,加快解决集成电路领域的关键核心技术“卡脖子”问题,对加速其他重点领域的关键核心技术突破和布局具有重要借鉴意义,故本文选取“集成电路”领域作为实证案例开展研究。

3.1 数据检索与筛选

为保证数据的完整性和独立性,本文采用 IPC 分类号与关键词相结合的检索方法制定有效的检索策略来检索数据。基于美国专利商标局制定的《USPC-IPC 反向一致性对应表》和《USPC-NAICS 一致性对应表》^[31],

本文建立集成电路领域的国际专利分类与半导体及其他电子零件制造产业的对应关系，确定集成电路产业 IPC 分类号，如表 2 所示。

表 2 集成电路产业 NAICS-USPC-IPC 一致性对应表

IPC 分类号	USPC 分类号	NAICS	产 业
G02F; G11C; H01J; H01K; H01L 等 11 个 专利分类	136; 216; 257; 307; 313; 315; 326; 327; 331; 332 等 17 个专 利分类	3344	半导体及其他 电子零件制造

本文专利数据来源于汤森路透集团的世界专利引文索引(DERWENT WORLD PATENT INDEX, DWPI)，结合表 2 确定的 IPC 分类号及根据专家咨询意见，按照集成电路领域的主要技术方向确定的关键词，检索了 1984-2019 年间集成电路领域专利数据，共获得 3,930,726 件初始专利数据。为了使数据具备可操作性，本文通过设立筛选规则，最终确定了 13,116 件集成电路领域关键核心专利，如表 3 所示。

表 3 集成电路产业关键核心专利筛选步骤

筛选步骤	筛选指标内容	筛选指标阈值	专利记录数
	专利总数	—	3,930,726
1	专利受理国	七国两组织	165,161
2	专利类型	发明专利	164,300
3	引用频次	大于 0	118,842
4	权利要求数量	大于 10	53,799
5	专利技术宽度	大于 1	48,109
6	专利法律状态	异议、无效及诉讼等	13,116

基于国家和专利权属企业角度，统计集成电路技术领域的关键核心专利数量分布情况，结果如表 4 所示。可以看出，美国作为世界科技强国，掌握着一批关键核心技术的垄断权，占据统治地位。日本紧随其后，两国持有集成电路行业近 80%的关键核心专利，在国际上遥遥领先。位于第二

梯队的是韩国、德国、英国,而中国仅拥有 116 项核心专利,占比不到 1%。值得一提的是,虽然荷兰公司拥有的关键核心专利数量较多,但分析发现,荷兰公司专利的优先权国家多为美国,因而领先的优先权国家没有出现荷兰。比较可知,虽然我国在集成电路领域得到一定的发展,在部分子技术领域取得了突破,但整体上仍与技术发达国家存在明显差距,我国在关键核心技术突破上任重道远。

表 4 集成电路技术领域关键核心专利数量分布情况

项目	采集结果	国家	关键核心专利 拥有件数	代表性专利权人	关键核心专利 拥有件数
关键核 心专利 (件)	13116	美国	6320	美国高通公司 QUALCOMM INC	415
时间跨 度	1984-2019	日本	4105	荷兰阿斯麦公司 ASML HOLDING NV	391
终属母 公司数 量(个)	2137	韩国	854	韩国三星电子有限公司 SAMSUNG ELECTRONICS	386
		德国	690	日本松下电器产业株式 会社 PANASONIC CORPORATION	387
		英国	204	荷兰皇家飞利浦公司 KONINKLIJKE PHILIPS N. V.	314
		中国	116	美国应用材料公司 APPLIED MATERIALS INC.	285
				日本半导体能源研究所 SEMICONDUCTOR ENERGY LAB.	241
				日本索尼 SONY	228

按照标准化终属母公司统计,核心专利权人共有 2137 个,其中排名前八的专利权人持有超过 20%关键核心专利,在全球集成电路领域竞争

占据优势地位。集成电路领域技术权属企业竞争态势如图 6 所示。可见，该领域竞争格局分化比较严重，主要竞争者包括高通、阿斯麦、三星、松下、飞利浦、应用材料等基础研发实力雄厚的老牌半导体公司。各家企业技术实力相对均衡，在集成电路领域专利布局上各有侧重点，在多个技术领域掌握大量的关键核心专利，形成较为完整的专利布局，获得了技术竞争优势。而我国企业近年来专利申请量虽持续上涨，但涉及的关键核心技术相对较少，与国际技术领先企业在专利积累及专利布局方面仍存在较大差距。

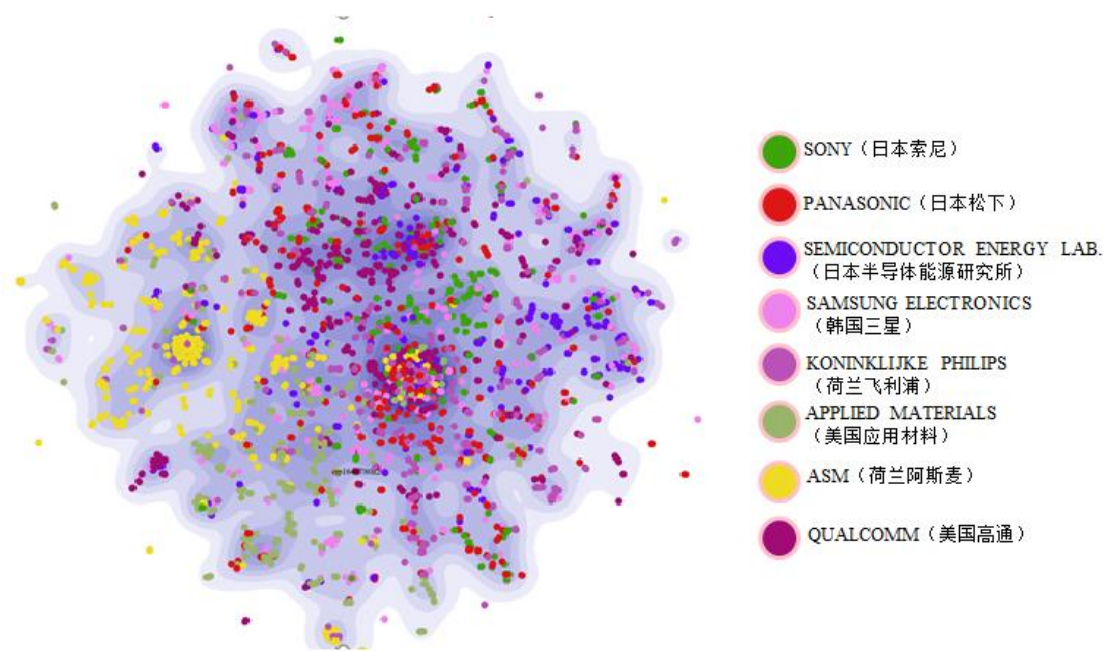


图 6 集成电路领域技术权属企业竞争态势分析

3.2 集成电路领域技术竞争态势分析

3.2.1 技术原创国竞争图谱分析

基于筛选出的 13116 条专利，通过数据清洗、调用 PC-value 专利术

语抽取算法计算特征值并通过模糊语义匹配和人工筛选，最后提取了 8155 个特征词，构成维度为 8155×13116 的专利集矩阵。

将所得数据采用 t-SNE 算法进行降维处理，设定算法参数值分别为困惑度 1.5，学习率 0.5，最大迭代次数 5000。然后采用流行正则化技术控制投影的二维空间映射图，从而使得投影到可视化空间的样本点不仅可以保持高维数据的整体结构，也保持了局部近邻点的关系。集成电路领域技术原创竞争图谱如图 6 所示，图中不同颜色节点表示不同原创国家的专利，其中，红色表示专利权人所属国家为中国的专利、白色表示专利权人所属国家为日本的专利、蓝色表示专利权人所属国家为美国的专利。

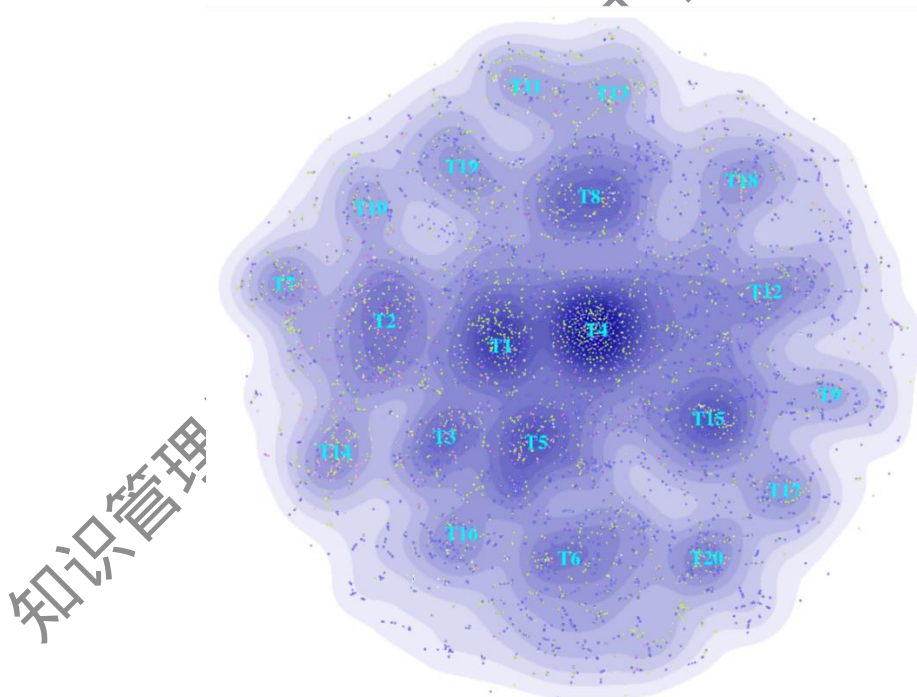


图 6 集成电路领域技术原创国竞争图谱

根据技术原创国竞争图谱，集成电路领域的关键核心技术主要集中于 20 个技术主题，分别为 T1（光电设备制造）、T2（发光材料及器件）、T3（太阳能电池）、T4（光刻设备和方法）、T5（集成电路检测技术）、T6（集

成电路封装技术)、T7(智能媒体,如应答器)、T8(存储器)、T9(半导体热处理)、T10(半导体激光)、T11(芯片表面钝化工艺)、T12(加工用聚合物)、T13(用户设备,如移动终端)、T14(晶体管制造)、T15(切磨抛工艺)、T16(辅料制备)、T17(半导体清洗技术)、T18(半导体材料)、T19(投影曝光技术)、T20(离子注入技术)。

节点的密集程度越高,说明涉及该技术主题的专利申请量最多,是研发中的热点技术。局部放大技术原创国竞争图谱,如图7所示。可以看出T4(光刻设备和方法)主题簇节点密集,是各个国家进行专利战略布局、抢占技术制高点的热点领域。该主题白色节点多、红色节点少,表明日本、美国是该技术的主要竞争者,对该技术掌握程度较高,具备强大的技术竞争实力,而中国在该技术领域研发能力则相对落后。蓝白红节点都稀疏的主题簇是国内外研究均相对空白的领域,在此领域各国技术竞争力均相对较弱,如T14(晶体管制造)。其他技术主题可以通过类似的方法进行分析判断。

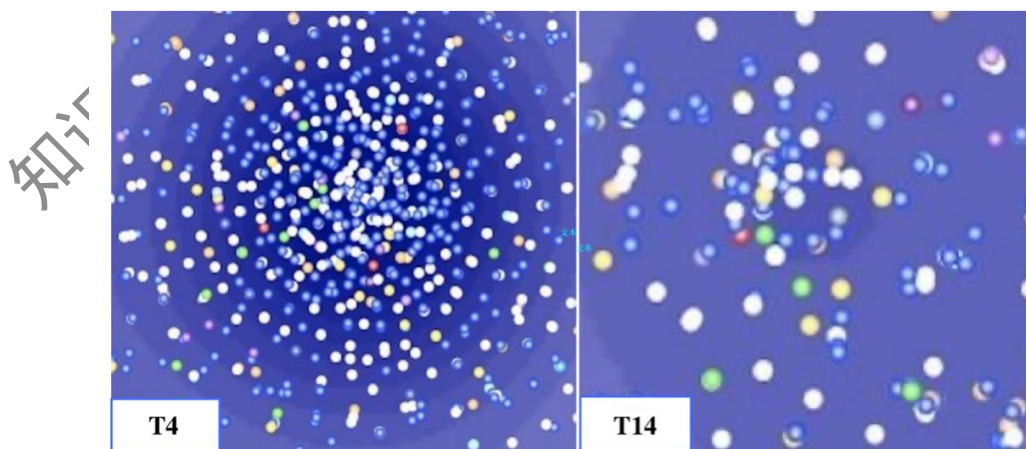


图7 集成电路领域技术原创国竞争图谱局部图

3.2.2 技术差距测度

根据技术原创国竞争态势图谱区分的 20 个技术主题，基于密度图的绘制原图，将每个主题簇中的专利从里到外划分为 4 个圈。在每一个主题簇中，居于中心位置的专利与其他专利具有最大的相似性，地位更加重要。因此，根据专家意见，在每个主题簇由内而外给每个圈赋予权重值：1，0.75，0.5 和 0.25。继而，依据 t-SNE 算法得到的低维空间点的条件概率分布，将各子领域对应专利数量代入公式 (2.9) 计算各国家及地区的技术差距指标，计算结果如表 5（技术差距主要与技术先进国家/地区进行对比分析，受文章篇幅限制，该表仅列出前十的国家/地区）。

表 5 集成电路领域技术差距指标计算结果

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
US*	267*	125.75*	177.5*	420.5*	173.25*	310.5*	173.25*	252.25*	97.25	265.25*	132.25*	273*	283.75*	112*	180.5*	113.25*	362*	26.25*	122*	101*
JP	97	146.25*	197.75*	104.75	279.25*	220.25	201.25*	94.25	71	175	147.5*	171.5	126.75	66.5	25.75	41.75	117.25	157.75*	48	60.75
KR	17.25	53	18.25	20	18.5	47.75	84.5	14.75	14.75	14	37.75	68	7	8.25	13.5	4	6.25	32.25	17.25	8.5
DE	23.5	80.5	27.75	24.25	49	15.75	26.5	18.75	46.5	10.5	8	6.75	18.75	29.5	8.75	6.25	3.75	3	21	17.75
EP	7.25	8.75	10.25	2.5	3.5	9.25	6	6.5	27	12	8.25	3	38	3.5	4.75	4	6	0.25	2	3
GB	5.5	9.25	2	13.5	1.25	11.75	8.5	4.5	18	6.5	6.25	3	4	3.25	4	11.5	11.25	6	5.25	3.25
FR	7.25	8	3	3.5	1.75	4	8.25	3	1	10.5	0	2.25	2.5	6	3.5	3.5	2.5	2.75	7	0
CN	3.75	1.5	5	2.25	7.75	9	1.75	0.75	0.5	1	1	8.25	0.75	1.25	1	4.5	4.5	7.25	0.5	3.25
SE	0.5	0	2.5	2	0	1	1	1	0	1	0	0	4.25	1.25	2	1.75	1	0.5	0.75	1.75
TW	0.5	2.75	1.5	0.25	1.75	1	0	0.5	0	0.25	1.5	0	2.5	0	0	0	0	0.5	0.75	1.75

分析表 5 可得，美国在各个技术主题都拥有 100 件（加权数量）以上关键核心专利，T4（光刻工艺）、T8（存储器）和 T17（半导体清洗技术）属于美国优良技术，在这些领域中美国拥有相对其他国家更多的关键核心专利，代表其具备更强的研发能力，技术更为先进。总体上，美国在集成电路领域稳居第一，处于垄断地位。此外，由于日本政府对集成电路产业的政策引导和财政投入，日本在 T8（存储芯片）、T18（半导体原材料）等细分领域拥有大量的关键核心专利，使日本在集成电路领域跃居世界前列。在日本集成电路发展最高峰时期，全球范围内的市场占有率一度突破 50%，超过美国成为新的产业强国。而韩国抓住产业转移的机遇，将核心技术的内部研发与外部技术引进有效地结合，培养了自身的核心竞争力，在 T18（存储器）领域全球动态随机存取存储器分市场上，韩国目前已成为了全球范围内市场份额占比最大的国家，位于集成电路领域的第二梯队。依靠德国、英国、法国的核心集成电路企业带动的欧洲集成电路产业，在具体的细分市场上也一直是中坚力量，在 T2（太阳能电池）和 T9（半导体激光器）领域拥有大量的关键核心专利。

相比较而言，中国大陆在每个技术主题拥有的关键核心专利均未超过 10 件，说明我国在每个技术领域尚未形成技术优势，特别是在 T4（光刻设备和方法）、T8（存储器）、T9（半导体热处理）、T10（半导体激光）等领域，与当今世界最前沿技术水平相比差距巨大。整体上，我国集成电路产业虽然在少数关键核心技术主题上有所突破，但我国集成电路领域关键核心技术水平与日韩、欧美等技术领先国家相

距甚远，我国在集成电路领域的竞争水平仍处于劣势地位。现阶段，我国在集成电路领域的出口技术产品主要集中在技术门槛较低且附加值最低的封装测试环节，而在中高端制造、设计环节，我国频频受到技术先进国家的技术封锁，技术进步和产业发展受到严重威胁，这也表明了我国自主创新水平亟待提升。技术水平差距过大会导致我国未来在技术的开发与应用上受到限制，加大我国落入国外布局的专利陷阱的可能性，从而致使我国在科技竞争中处于被动的不利地位。因此，我国在积极利用创新后发优势，进行技术“引进—消化—吸收—再创新”缩短技术差距的同时，还须加大对基础研究的持续性投入力度，集合技术创新的精锐力量实现关键核心技术难题的攻克。

4 结论与建议

本文以专利表征技术，借鉴核心专利及关键核心技术识别方法，设立有效识别规则识别关键核心技术，同时，在绘制技术原创国竞争图谱基础上，结合技术差距指标，评估关键核心技术领域竞争态势，并就集成电路领域关键核心技术竞争态势评估开展实证研究。结果表明，本文的研究能有效识别出特定领域关键核心技术、明晰我国与世界主要国家在特定技术领域的竞争态势及差距，有利于加速关键核心技术突破和布局。

同时，基于对集成电路领域关键核心技术的评价和分析，在此为我国在关键核心技术的突破方面，提出以下几个建议：

第一，加大基础研究投入，大力培育创新人才。关键核心技术难以攻克的根本原因在于我国基础研究薄弱，原始创新不足。鉴于关键

核心技术的特性，可以构建多元化基础研究投入方式，加大对基础研究的投入强度，优化基础研究投资结构。与此同时，解决基础研究问题还需要优秀人才的参与与投入。故而应加强创新领军人才培养工作，依托高校、企业、科研院所等创新平台造就创新领军人才。此外，还应加大引进海外高层次人才力度，扩展基础研究人才队伍。

第二，强化企业创新主体，激发企业创新活力。应鼓励企业根据国家创新发展战略布局企业技术创新，加大研发投入，开展关键核心技术路线研究。同时，应建立高层次常态化的关键核心技术创新咨询制度，提高企业在制定国家科技发展规划和制定国家科技项目重大决策的参与度，广泛听取企业意见。

第三，完善创新战略研判机制。关键核心技术创新预测是提高关键核心技术创新能力的重要前提和重要途径。因此，完善关键核心技术创新战略研判机制，为制定提高关键核心技术创新能力计划提供依据，是增强关键核心技术创新政策的前瞻性、预见性和系统性的重中之重。

由于关键核心技术的复杂性和特殊性，本文在研究内容上仍存在许多不完善的地方，比如除专利外，关键核心技术还涉及大量的缄默知识和技术诀窍（如技术秘密等），仅以专利作为表征识别关键核心技术不够全面。另外，本文在关键核心专利筛选指标的部分阈值设置相较主观，同时，在专利重要性权重设置方面主要依靠专家意见，未来还有待进一步深入探讨。

参考文献

- [1] 习近平. 习近平会见嫦娥三号任务参研参试人员代表.[2014-01-06].<http://politics.people.com.cn/n/2014/0106/c1024-24038668.html>
- [2] 习近平. 习近平主持召开中央财经委员会第二次会议.[2018-07-13].http://www.gov.cn/xinwen/2018-07/13/content_5306291.htm
- [3] 孙涛涛,金碧辉.关键技术挖掘与企业技术竞争情报——以DVD激光头技术为例[J].图书情报工作,2008(05):129-132.
- [4] 余江. 突破关键核心技术:规律探索与体系思考[J]. 今日科苑, 2018 (12) : 3.
- [5] 黄尚敏.掌握核心技术与关键技术提升企业核心竞争力[J].安装,2011 (03): 7-9.
- [6] 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 (03) :339-343.
- [7] 国务院. 国务院关于印发“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知.[2016-12-19]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/19/content_5150090.htm
- [8] 王学东,汪园.基于专利视角的武汉市信息技术产业创新现状研究[J].现代情报,2017,37(09):144-149.
- [9] M.B. Albert, D. Avery, F. Narin, et al. Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents[J]. Research Policy, 1991,20(3): 251-259.
- [10] Manuel Trajtenberg. A Penny for Your Quotes: Patent Citations and

the Value of Innovations[J]. RAND Journal of Economics,1990, 21(1):172-187.

[11] Schettino F, Sterlacchini A, Venturini F, et al. Inventive Productivity and Patent Quality: Evidence from Italian Inventors[J]. Journal of Policy Modeling, 2013, 35(6): 1043-1056.

[12] Su H, Chen C M, Lee P, et al. Patent litigation precaution method: analyzing characteristics of US litigated and non-litigated patents from 1976 to 2010[J]. Scientometrics, 2012, 92(1): 181-195.

[13] 侯剑华, 范二宝. 基于专利家族的核心技术演进分析--以太阳能电池技术为例[J]. 情报杂志, 2014, 000(012):30-35,40.

[14] 闫明, 董丽. 从专利角度分析溶菌酶药物技术创新现状及研发思路[J]. 中国药业, 2018, 027(001):1-4.

[15] 罗天雨.核心专利判别方法及其在风力发电产业中的应用[J].图书情报工作,2012,56(24):96-101.

[16] 袁润,钱过.识别核心专利的粗糙集理论模型[J].图书情报工作,2015,(2):123-130.

[17] Lechakyeon, Kimchulhyun, Chohyunmyung, et al. An ANP-based technology network for identification of core technologies[J]. Expert Systems With Applications, 2009,36(1):894-908.

[18] 亢川博,王伟,穆晓敏,吴方怡,张世玉.核心专利识别的综合价值模型[J].情报科学,2018,36(02):67-70.

[19] 许鑫,赵文华,姚占雷.多维视角的高质量专利识别及其应用研究.

现代情报,2019,39(11):13-22.

[20] 代淑容,肖蘅. 云南高原特色农业核心专利发展现状分析[J]. 昆明理工大学学报(社会科学版), 2018, 18(06):77-84.

[21] 贵淑婷,彭爱东.基于专利引文网络的技术扩散速度研究[J].情报理论与实践,2016,39(05):40-45.

[22] 吴菲菲,米兰,黄鲁成. 关于标准必要专利与高质量专利关系的研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2018, 39(09):89-102.

[23] Putnam J. The Value of International Patent Rights[D]. New Haven: Yale University, 1997.

[24] Schankerman M, Pakes A. Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries during the Post-1950 Period[J]. The Economic Journal, 1986, 96(384): 1052-1076.

[25] Hall B H , Harhoff D . POST-GRANT REVIEWS IN THE U.S. PATENT SYSTEM—DESIGN CHOICES AND EXPECTED IMPACT[J]. Berkeley technology law journal, 2004, 19(3):p.989-1015.

[26] 李春燕,石荣. 专利质量指标评价探索 [J]. 现代情报,2008,28(2):146-149.

[27] 黄鲁成,高姗,吴菲菲,苗红.基于专利数据的全球高速铁路技术竞争态势分析[J].情报杂志,2014,33(12):41-47.

[28] 李艳.我国技术竞争情报的理论与实践研究[J].图书情报工作,2008,52(10):10-13.

[29] 王林辉,张伊依.技术差距对技术引进存在门限效应吗?——基于

中美制造业产品质量视角的实证检验[J].东南大学学报(哲学社会科学版),2016,18(03):85-95+147.

[30] 刘雯,马晓辉,刘武.中国大陆集成电路产业发展态势与建议[J].中国软科学,2015(11):186-192.

[31] 段德忠,杜德斌,张杨.中美产业技术创新能力比较研究——以装备制造业和信息通信产业为例[J].世界地理研究,2019,28(04):24-34.

知识管理与数据分析实验室工作论文(待出版)