

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2021.09.014

基于机器学习的新能源汽车核心技术识别及布局研究

许学国, 桂美增

(上海大学管理学院, 上海 200444)

摘要: 基于机器学习和经验模态分解 (Empirical Mode Decomposition, EMD) 方法, 构建一种从海量数据中核心技术识别方法, 运用该方法识别出新能源汽车领域 20 项核心技术与 21 项潜力技术。之后, 运用专利相对优势指标法 (Revealed Patent Advantage, RPA) 分析我国新能源汽车领域关键技术的布局现状, 并与其他国家的技术布局进行对比。结果表明我国在电池冷却或保持低温技术和车辆电池应用技术领域具有较高的相对技术优势。通过对新能源汽车核心技术的识别与分析, 可以全面了解该领域的研究现状及未来发展趋势, 为我国新能源汽车技术研发与战略布局提供一定的借鉴和参考。

关键词: 核心技术; 专利计量; 专利战略; 专利相对优势指标

中图分类号: G301

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2021) 09-0096-11

Research on Identification and Layout of Core Technologies of New Energy Vehicles Based on Machine Learning

Xu Xueguo, Gui Meizeng

(Management School, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: Based on the machine learning and Empirical Mode Decomposition (EMD) method, a core technology identification method is constructed from massive data, and 20 core technologies and 21 potential technologies in the new energy vehicle field are identified using this method. After that, the RPA method was applied to analyze the current status of the layout of key technologies in China's new energy vehicle field and compare it with the technology layout of other countries. The results show that China has a high relative technological advantage in the fields of battery cooling or keeping low temperature technology and vehicle battery application technology. Through the identification and analysis of the core technologies of new energy vehicles, we can fully understand the research status quo and future development trend in this field, and provide reference and enlightenment for China's new energy vehicle technology research and development and strategic layout.

Key words: core technology; machine learning; technology identification; revealed patent advantage

新能源汽车产业将成为新一轮经济的增长点, 该产业已成为世界各国竞相追逐的热点。随着我国经济从高速增长阶段向高质量发展阶段转变, 关键核心技术的缺失将遏制我国经济发展。习总书记曾指出: “关键核心技术是要不来、买不来的。只有拥有关键核心技术, 才能从根本上维护国家经济安全、国防安全和其他安全。” 因此准确识别新能源汽车领域的核心技术可以帮助国家和企业更加科学地实施战略技术布局, 从而抓住市场机会, 掌握关键核心技术, 进而推动我国新能源汽车产业高质量发展。

1 理论基础

1.1 核心技术识别相关研究

随着我国企业不断参与国际竞争, 人们逐渐意识到掌握核心技术对企业发展至关重要, 是民族工业可持续发展的基石。核心技术包括关键制造技术、核心组件技术和产品架构技术等, 它是支撑产业发展的中枢, 是企业参与国际竞争的重要保障。为了科学实施核心技术战略布局, 核心技术识别就显得尤为重要。Noh 使用 3 个专利指标, 初步识别了电信行业领先企业的核心技术, 然后运用文献耦合和文本挖掘确定核心技术的发展趋势, 最终识别出电

收稿日期: 2020-09-07, 修回日期: 2020-11-03

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“关键利益相关者视角下新兴产业创新政策作用机制与仿真优化: 以新能源汽车为例”(71704101)

信行业 21 个最有前途的核心技术领域^[1]。Kim 等^[2]基于专利语义相似度分析和专利引用强度形成专利技术发展趋势图,并以 3D 打印技术为例对该技术相关专利进行了分析,研究结果证明该方法能够快速有效的对技术的发展及趋势进行可视化的分析与监控,进而识别出技术未来的发展趋势。Yang 等^[3]运用 Subject-Action-Object(SAO)方法,对专利文献的主题信息进行提取,随后运用“相似性指标”来确定核心技术领域,通过对石墨烯专利信息的实证分析,证明该方法能够有效的识别核心技术并预测未来新兴技术。贾军等^[4]运用社会网络分析方法分析太阳能发电的核心技术领域,并根据“技术领域之间影响程度”和“技术领域内影响程度”两个指标对太阳能发电领域的核心技术弱信号进行识别。王智琦等^[5]运用投入产出分析方法对混合动力汽车的相关技术进行分析,识别出了该领域的前沿技术与核心技术。

1.2 专利挖掘相关研究

专利是技术信息最有效的载体之一,其中记录的技术信息准确而详实。汤姆森公司认为专利是企业经营、科学研究和技术发展的重要竞争资源。每年 90% 以上的发明创造可以从专利上寻得,此外大约 70% 的发明首先出现在专利申请上^[6]。专利分析是从专利中挖掘专利情报的理论和方法,是信息科学中关键技术和主要手段^[7]。通过对某一领域的专利挖掘,可以准确、全面了解该领域专利技术现状及发展趋势。学者常用的专利挖掘方法有 3 种,一是通过专利的引用关系来进行分析,Woo 等^[8]依据专利关键词空间向量和专利引用次数运用 K 值临近算法实现了对技术开发过程中早期创意的价值识别。Yoon 等^[9]运用专利文献关键词和引文数据构建专利地图实现了技术发展路径预测。二是针对专利文本信息进行挖掘,运用自然语言处理技术对专利的文本信息进行处理,提取文本信息,通过词频统计和概念分析来对专利技术信息进行挖掘。Arts 等^[10]采用自然语言处理技术对专利之间相似度进行测量,从而实现了早期专利新颖性的判别。Trappey 等^[11]运用专利数据,对专利内容进行聚类分析从而识别出射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)的主要研究领域。三是运用专利分类号进行共类分析,李瑞茜^[12]基于专利分类号共类构建了技术知识流网络,实现了核心技术、中介技术和新兴技术的识别。温芳芳^[13]采用专利权人-分类号数据,采用多重共现分析法对全球范围内太阳能汽车技术进行分析。Park 等^[14]采用 IPC 共类数据构建技术知识流网络,运用社会网络分析方法确定技术的核

心性与中介性,从而帮助国家对技术研发进行合理性的规划。这 3 种方法分别采用专利文献的引文、关键词、分类号为研究对象进行分析。但引文分析存在时间滞后的问题,知识图谱依靠专家主观判断,客观性不足。关键词分析往往不能涵盖文献的全部主要内容造成分析出现偏差。因此运用专利分类号进行专利挖掘是现阶段较为理想的分析方法。专利分类号由专利受理机构的审查员依照专门的分类体系和标准,对每一项专利进行分类号标注。每个分类号代表一个明确的技术主题或技术领域。若某项专利同时拥有两个或两个以上的分类号,则表明该专利的内容涉及多个技术主题,这意味着这些分类号所表示的技术主题之间存在关系。通过对专利分类号的共类分析可以对技术关联性、技术差异性、技术交叉性等进行挖掘。

1.3 国家重点技术领域识别研究

国家科技发展重点领域识别能够帮助国家科学规划与布局,对支撑科学技术研究,探寻科学技术发展方向,实现科学创新突破,促进科学技术发展有着不可磨灭的作用。现阶段国家科技重点领域的识别没有统一的范式,常用的方法有:德尔菲法和文献计量法。吴鸣等^[15]构建重点领域分析指标体系通过定性与定量结合的方法,识别出世界各国重点研究领域,并对美、英、日、韩等国实际情况进行分析。由于不同国家的研究基础不同,直接使用文献数量数据对各国重点研究领域进行衡量的方法欠缺妥当。Schmoch^[16]在 1995 年提出专利相对指标体系(Revealed Patent Advantage, RPA)对各区域的技术情况进行比较,该方法是通过创新投入强度来判断区域竞争能力的高低,即是一种衡量相对领先的方法。Chang^[17]综合使用专利引文分析和专利组合分析来确定技术地位,通过运用 RPA 方法对不同公司的重点技术领域进行识别。杜尊峰等^[18]对海洋浮式平台领域新兴技术进行识别,采用 RPA 方法对世界各专利权人的竞争优势进行分析,为我国海洋工程装备制造产业制定科学化发展战略。

可见,已有文献关于核心技术识别研究取得了丰硕的成果,但仍存在一定不足。已有文献多使用引文分析、知识图谱、文本挖掘、词频分析等方法对于核心技术进行识别。但全球许多数据库中的专利文献并不提供引文信息,这一情况的出现使得引文分析不能很好的应用于专利挖掘领域。并且文本挖掘依赖于自然语言的分词技术,分词算法的可靠性和准确性有待检验,用此数据进行分析的结果也有待验证。此外不同的文献类型代表了技术发展的不同阶段,SCI 论文能够表征技术研究的基础阶段,

专利数据表征技术研究试验发展阶段^[19]，在进行信息挖掘时应根据实际研究目的选择适合的数据进行分析。最后许多学者在对核心技术识别时，鲜有文献结合技术发展趋势对核心技术进行识别。基于此，本文提出新的核心技术识别方法，运用该方法对新能源汽车领域的关键核心技术进行识别，最后通过重点领域投入分析识别出各国在新能源汽车领域关键核心技术的布局现状，从而为我国新能源汽车技术战略规划提供决策依据。

2 研究方法

作为技术创新的前提与基础，准确识别核心技

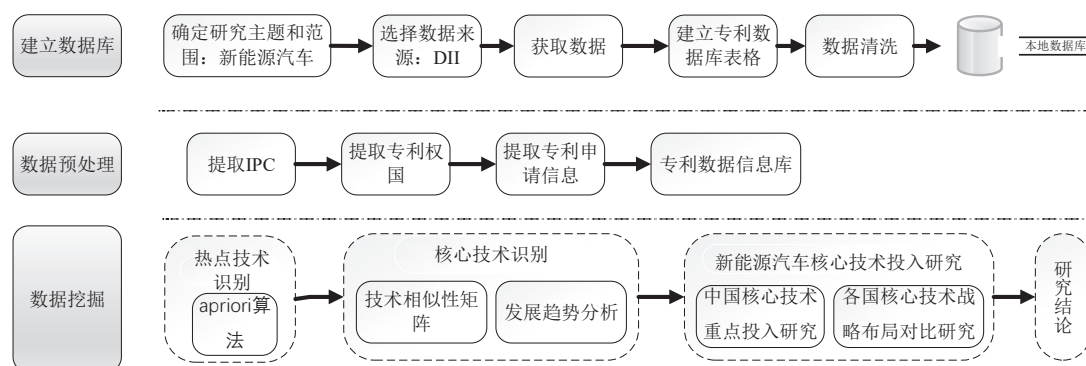


图1 技术路线图

2.2 核心技术识别

2.2.1 关联规则

关联规则是一种在大规模数据集中寻找关系的分析方法。关联规则早期常应用于零售行业来挖掘不同商品之间的潜在关系从而优化货物摆放，进而更好地服务顾客，如著名的“啤酒和尿布”案例。如果两个技术之间存在关联关系，就需要同时满足最小支持度和最小置信度。支持度 (Sup) 被定义为数据集中包含某一数据或数据集所占的比例。以专利分类号 A 与 B 为例，计算公式如下：

$$Sup(A, B) = \frac{(A \cap B)}{T} \quad (1)$$

其中 T 为专利总数， $(A \cap B)$ 为专利分类号 A 与 B 同时出现的专利数量。

置信度 ($Conf$) 是指在专利分类号 A 出现的条件下，专利分类号 B 同时出现的概率，计算公式如下：

$$Conf(A \rightarrow B) = \frac{Sup(A, B)}{Sup(A)} \quad (2)$$

2.2.2 技术距离

利用技术共类分析来识别核心技术，首先需要解决的是衡量技术距离或测量相似性。王贤文等^[20]指出国内外大部分学者常使用 Jaccard 相似系数和

术是顺利开展技术创新活动的重要前提，而某一领域的核心技术大多不以特定方式呈现，需要运用一定的方法进行挖掘。

2.1 研究架构

本文提出的核心技术识别方法主要包括：首先数据收集及预处理，其次运用 apriori 算法获取新能源汽车领域研究热点，再次对识别出的热点领域构建技术相似性矩阵并结合技术发展趋势对核心技术及潜力技术进行识别，最后运用 RPA 法对各国新能源汽车的技术战略布局进行研究（见图1）。

Salton 余弦相似度来衡量技术距离。Leydesdorff^[21]对 Salton 余弦相似度和 Jaccard 系数进行深入研究后发现 Salton 余弦相似度不太适合对技术距离进行测量。李勇敢^[22]在对 Jaccard 系数进行研究后，发现使用 Jaccard 系数衡量技术间的相似度存在一定缺陷。具体表现为 Jaccard 结果仅与所要测量两个技术领域的共类专利数量与总量有关，无论两个技术领域专利数量差值如何变化，Jaccard 系数也不变。为了弥补这一缺陷，李勇敢提出了“相对技术相似度”概念，从而更加细致对技术距离进行测量。 A 、 B 为两个不同领域的技术，技术 A 相对于 B 的技术关联度（技术相似度） $R_{A \rightarrow B}$ 可表示为：

$$R_{A \rightarrow B} = \frac{n_{A \cap B}}{n_A} \times 100\% \quad (3)$$

其中， $n_{A \cap B}$ 表示技术领域 A 与 B 的专利分类号共同出现的专利数量， n_A 表示技术领域 A 的专利数量。计算结果在 0 ~ 1 之间，结果越接近于 1 表示技术领域 A 与技术领域 B 越相似，反之，则越小。根据计算结果，可以构造一个技术关联矩阵，其中的数值为列技术领域对行技术领域的技术相似度（见表1）。

表 1 技术相似矩阵

技术	A	B	C	D
A	1	$R_{A \rightarrow B}$	$R_{A \rightarrow C}$	$R_{A \rightarrow D}$
B	$R_{B \rightarrow A}$	1	$R_{B \rightarrow C}$	$R_{B \rightarrow D}$
C	$R_{C \rightarrow A}$	$R_{C \rightarrow B}$	1	$R_{C \rightarrow D}$
D	$R_{D \rightarrow A}$	$R_{D \rightarrow B}$	$R_{D \rightarrow C}$	1

观察技术关联矩阵可以发现，该矩阵是一个非对称矩阵，其中矩阵每行之和是该技术领域对其它技术领域的相似度之和，体现了该技术的整体相似度能力，其值大小能够体现出该技术对其它技术相似性的强弱，其值越高越能体现出该技术在某一领域的重要程度。矩阵的每列之和是其它技术领域对该技术领域相似度之和，其值越高越能体现该技术支撑其它技术的发展，该数据的表征与投入产出分析法中的技术影响力系数相同，均表示该技术对其它技术领域的推动作用^[23]。因此本文借鉴其思想将该数据命名为“技术丰富度”，进而利用“技术相似度”和“技术丰富度”实现对核心技术识别。

2.2.3 专利组合分析

专利组合分析最初是由德国学者 Ernst 等^[24]提出，该方法是利用专利信息进行技术投资组合分析。本文借鉴其分析方法，依据专利技术的“技术相似度”和“技术丰富度”对核心技术进行识别。

如图 2 所示，横轴表示新能源汽车技术相似度，纵轴为新能源汽车技术丰富度。第一象限的技术特征为高技术相似度和高技术丰富度，是当前研究热点及主流技术。第二象限的技术特征为低技术相似度和高技术丰富度，落在该区域的技术一般为推动该领域技术发展的动力源泉，通常需要重点关注，因此本文称为潜力技术。第三象限的技术特征为低技术相似度和低技术丰富度，落在该区域的技术有可能是可以忽略的非核心技术，也有可能是刚刚出现未来有可能发展成为潜力技术与核心技术，此区域的技术需要结合技术的发展趋势进行判别。第四象限的技术特征为高技术相似性和低技术丰富性，表明该技术具有一定的重要程度，但并未显现出其支撑其它研究领域发展的特质。存在于该象限的技术需要结合其发展趋势仔细甄别，因为其中有些技术未来很有可能逐渐发展成为核心技术。

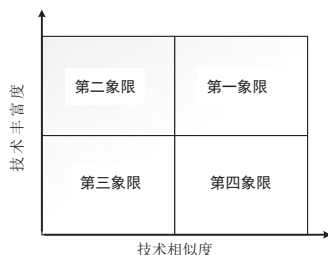


图 2 专利组合分析

2.2.4 技术增长趋势

专利的逐年变化情况，反映了技术的受关注程度，若某技术领域的专利数量逐年增长，则说明该技术领域正拥有蓬勃的生命力，是未来研究的热点。为了准确识别技术增长趋势，本文引入经验模态分解方法对数据进行分解，进而获得技术增长趋势数据。经验模态分解 (Empirical Mode Decomposition, EMD) 它是一种基于信号局部特征的自适应分解方法^[25]。EMD 可以基于数据本身的局部特征尺度从原始时间序列中提取这些固有模式，并将每个固有模式表示为满足以下两个条件的本征模态函数 (Intrinsic mode functions, IMFs)：整个函数中极值点与过零点的数目相等或至多相差一个；在任何点，由局部极大值构成的上包络线和由局部极小值构成的下包络线对应点的均值为零。每个 IMFs 的不同频率范围变化代表了原始信号中嵌入的不同类型的自然振荡模式。设原始信号为 $x(t)$ ，则通过 EMD 分解成一系列 IMF 后可表示为：

$$x(t) = \sum_{i=1}^n imf_i(t) + r(t) \quad (4)$$

其中分量 imf_i ($i=1,2,\dots,n$) 表示原始数据从高频到低频的分量，其中 imf_1 为最高频分量， $r(t)$ 为分解残余项可以代表数据的总体变化趋势^[26]。

2.3 技术重点投入识别

由于各国基础创新水平存在差异，若直接采用各国专利数量来比较衡量其技术优劣情况就显得尤为不妥。鉴于此，为了更加科学分析各国在不同技术领域的投入强度与技术优势，需要将原始的专利数据转化为可衡量不同国家在特定技术领域科研投入的相对值。专利相对指标体系^[16] (RPA) 可以计算出特定地区在特定技术领域的技术强度，RPA 值表示相对优势概念。如果 RPA 值为正，则表示相对技术水平较高，若为负值，则表示该技术的相对技术水平较低。通过该方法可以准确找出各个国家的技术优势领域。具体计算公式如下：

$$RPA_{ij} = 100 \times \tanh \ln[(G_{ij}/\sum_{i=1}^m G_{ij})/(\sum_{j=1}^n G_{ij}/\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n G_{ij})] \quad (5)$$

其中， RPA_{ij} 是指专利相对强度指标， j 指所要衡量的国家 ($j=1,2,\dots,n$)， i 指所要分析的技术领域 ($i=1,2,\dots,m$)。 G_{ij} 表示第 i 个国家在第 i 项技术领域所拥有的专利数量， $G_{ij}/\sum_{i=1}^m G_{ij}$ 表示第 j 个国家在第 i 项技术领域的专利数量占该国所有技术的比重， $\sum_{j=1}^n G_{ij}/\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n G_{ij}$ 是指所有国家在第 i 项技术领域的专利数量占所有国家全部技术的比例。

3 新能源汽车核心技术识别实证分析

3.1 数据检索

的专利数据库，DII 每周更新全球专利信息。该数据库由德温特公司专利专家将全球 40 多个国家和地区的专利文献翻译为英文并收录，使用该数据库能够综合审视全球的发明创造^[27]。本文采用 TS=(New energy vehicle OR New energy automobile OR Battery Electric Vehicle OR Battery Electric automobile OR pure electric vehicle OR pure electric automobile OR hybrid electric vehicle OR hybrid electric automobile) 检索式在德温特数据库进行检索，同时设置专利时间为 1968—2017 年，检索时间为 2019 年 12 月 28 日，共检索到 18 315 条专利（包含专利族）数据。德温特数据库提供的专利信息包含专利族，专利族中的基础专利是某组织最早申请的专利，随后该组织继续申请的相同技术信息专利都会归为该专利族中。由于现阶段鲜有可以只对德温特专利族进行处理的软件，为了保证研究结果科学性与严谨性，本文使用 Python 语言对德温特专利族数据进行提取和处理，从而获得更加准确与全面的专利信息（共获得 59 207 条），并将处理结果用于之后的技术分析中。

3.2 数据处理

德温特数据中每条专利信息包含专利号（PN）字段，国际专利分类号 IPC(IP) 字段，专利权人名称或代码（AE）字段，专利优先权申请信息和日期（PI）字段。根据收集到的数据，本文首先运用 Python 语言提取出专利族中的专利公开号（PN），从而获得完成的专利信息；然后，提取每个专利的国际分类号（IP），从而构建专利分类号数据集；随后，根据各专利的专利优先权申请信息和日期（PI）字段，获得了各专利申请日期；最后，提取专利的优先权申请信息（PI）和专利权人名称（AE）及专利公开号（PN），根据优先权申请信息中的优先权专利号、优先权专利语言和专利权人名称，最终确定各专利的专利权国家。

3.3 热门技术识别

图 3 绘制了全球新能源汽车专利拥有量排名前十的国家现状。可以看出，专利数量最多的国家是韩国，其次是日本、美国，中国专利数量占 10%。韩、日、美、中四国的专利数量占全球总数的 95.48%，可见新能源汽车专利大国主要为韩、日、美、中四国。图 4 展示了各国新能源汽车专利申请数量逐年变化情况，可以看出日本与美国研究较早，韩国从

2000 年开始逐渐投入研究，随后迅速增长成为世界第一。我国从 2005 年起专利申请数量开始逐年增加，但申请数量与韩国、日本、美国仍有一定的距离。在增长趋势方面由于专利文献从申请到公开有一段时间的滞后期，因此本文在处理专利变化趋势时使用 1991—2014 专利数据进行分析。

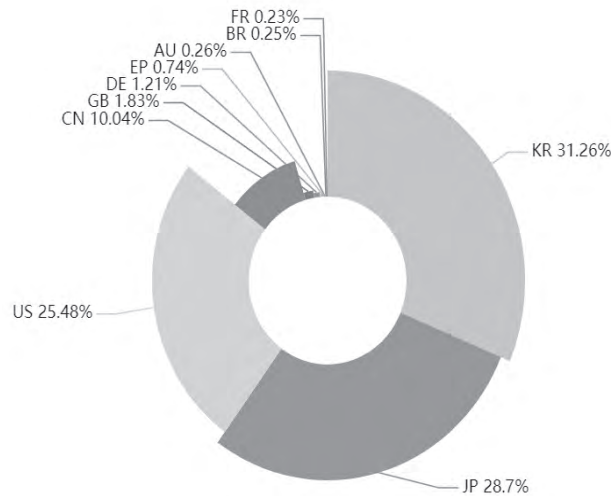


图 3 新能源汽车排名前十国家

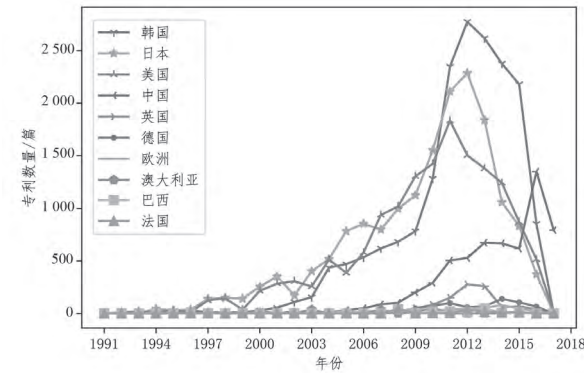


图 4 排名前十新能源汽车专利申请趋势变化

为了获得新能源汽车研究领域的热门技术，本文使用 apriori 算法来提取新能源汽车研究领域的所有技术的关联规则。通过设置最小支持度为 0.01，最小置信度为 0.3 的标准共识别出了 101 项热门技术，随后根据技术相似度公式构建出 101 × 101 的新能源汽车技术相似性矩阵（见表 2）。

表 2 技术相似性矩阵

IPC	H01M-010/058	B60L-011/18	H01M-010/613	H01M-010/625	H01M-010/6551	B60L-015/20	...	B60K-006/00	H02J-017/00	H01M-010/02	G01N-027/416	H01M-010/40	B60K-006/04
H01M-010/058	1.00	0.10	0.07	0.06	0.03	0.01	...	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00
B60L-011/18	0.02	1.00	0.09	0.10	0.03	0.09	...	0.02	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02
H01M-010/613	0.06	0.42	1.00	0.84	0.26	0.03	...	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00

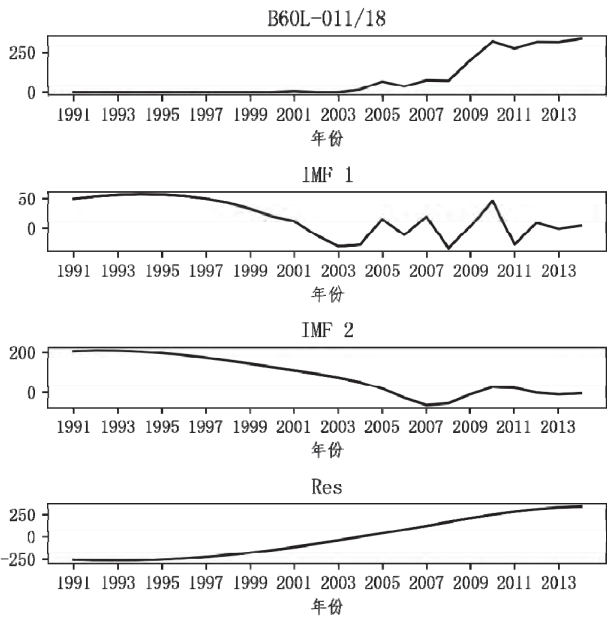


图6 EMD信息分解

新能源汽车核心技术识别结果如表3所示，可以发现新能源汽车核心技术主要分布在电池（H01M-010）和电池电极技术领域（H01M-004）。其中锂离子电池技术（H01M-010/052）的增长系数最高，表明锂离子电池技术近期发展迅猛，是新能源汽车技术研究的焦点。同时该技术也具有较高的技术丰富度，说明该技术是许多研究领域的基础，正不断推动其它领域技术发展。二次电池制造（H01M-010/058）、非水电解质蓄电池的电极制造（H01M-004/13）、无机化合物电极（H01M-004/58）、电极非活性材料成分选择（H01M-004/62）、嵌入轻金属电极（H01M-004/505）、含铁、钴或镍的混合氧化物电极（H01M-004/525）、活性物质电极（H01M-004/36）、混合氧化物电极（H01M-004/131）、嵌入轻金属的混合氧化物电极（H01M-004/485）、活性材料电极（H01M-004/02）具有较高的增长系数，表明电极研究相较于电池研究近年来发展更为迅猛，该研究领域未来仍是新能源汽车领域的研究热点。

表3 核心技术识别

技术	IPC	增长系数	技术相似度	技术丰富度
核心技术	H01M-010/058	26.232 7	9.228 2	9.148 7
	H01M-010/613	9.787 4	8.701 1	11.873 9
	H01M-010/625	8.252 4	8.381 6	11.349 8
	H01M-010/052	51.014 9	8.227 3	25.969 7
	H01M-004/04	13.891 9	8.743 1	7.658 7
	H01M-004/13	20.354 7	9.392 7	12.602 8
	H01M-010/0525	50.774 0	8.743 0	24.745 4
	H01M-004/58	15.407 2	9.603 0	11.901 0
	H01M-004/62	28.052 0	8.996 9	14.148 9
	H01M-010/0585	8.889 9	8.674 4	6.697 9
	H01M-004/505	27.510 3	9.345 0	12.294 9

表3（续）

技术	IPC	增长系数	技术相似度	技术丰富度
核心技术	H01M-004/525	26.302 8	9.584 9	12.883 2
	H01M-004/36	24.987 3	9.126 0	14.527 3
	H01M-010/0569	8.357 3	9.534 3	5.805 2
	H01M-004/587	12.938 7	9.671 7	8.574 5
	H01M-004/133	11.286 7	9.834 0	6.821 7
	H01M-004/131	23.990 6	10.031 1	11.291 1
	H01M-004/48	9.504 5	10.303 1	7.674 6
	H01M-004/485	17.147 5	9.826 2	8.440 5
	H01M-004/02	19.675 0	9.209 3	14.034 3
	B60L-011/18	87.198 6	5.635 9	25.927 7
发展潜力技术	B60L-015/20	14.428 3	7.271 9	8.088 4
	B60L-011/14	15.321 2	8.087 3	14.603 1
	B60W-010/08	28.073 9	7.425 8	18.741 6
	B60W-020/00	20.471 4	6.648 4	23.597 0
	G01R-031/36	17.467 5	5.888 0	6.611 7
	B60L-003/00	21.428 7	6.340 0	10.269 4
	H01M-002/02	26.669 1	7.199 2	17.443 8
	H01M-002/10	44.954 9	7.109 3	25.221 2
	H01M-010/44	18.786 4	7.007 0	9.201 3
	H02J-007/00	43.585 5	5.292 0	15.309 7
	H01M-010/04	32.133 2	7.535 4	15.679 8
	H01M-010/42	9.013 1	7.868 3	12.202 4
	H01M-002/34	15.072 5	7.966 3	7.904 0
	H01M-010/48	23.686 7	6.866 6	11.529 8
	H01M-002/20	17.257 7	7.584 7	10.142 4
	H01M-002/16	11.811 8	7.272 2	6.626 5
	B60W-010/06	25.932 5	7.499 0	16.603 1
	H01M-002/26	15.245 1	7.370 3	9.039 6
	B60W-010/04	7.855 8	7.421 5	5.989 1
	H01M-002/30	13.656 5	7.860 4	9.286 8

表3右侧是通过高技术增长系数，低技术相似性和高技术丰富度识别出的新能源汽车领域具有发展潜力的技术。可以发现相较于核心技术领域，发展潜力技术的研究领域增加了电力牵引（B60L-011,B60L-015）、控制技术（B60W-010, B60W-020）、测试装置（G01R-031）和充电装置（H02J-007）。其中电池供电技术（B60L-011/18）技术增长系数最高，并且具有较高的技术丰富度，表明该技术近期发展势头迅猛，多种技术与该技术结合取得了大量的研究突破，获得了丰硕的研究成果。并且电池供电技术为近期突然出现的热点，未来很有可能发展成为核心技术。与该技术发展特征相似的还有电池保持装置（H01M-002/10）、电池组充电（H02J-007/00）、电池结构与制造（H01M-010/04）、内燃机联合控制（B60W-010/06）和电力单元的控制（B60W-010/08），这些技术均保持较高的技术增长和技术丰富度，未来很有可能发展成为新能源企业领域的核心技术。

为了对新能源汽车领域技术发展进行全面了解，本文对具有高技术增长系数并存在于2维专利组合分析三、四象限的技术进行了筛选，通过表4可以

看出第四象限中具有高技术增长系数的技术有三个,分别是溶质电池技术(H01M-010/0568)、使用金属、硅或合金制造电极(H01M-004/134)和电池温度控制(H01M-010/60)。这三项技术具有较高的技术相似度和增长系数,体现了其重要程度,同时这些技术的丰富度接近于平均值,表明具有发展潜力,未来很有可能发展成为核心技术。筛选出第三象限的主要研究领域涉及电动车辆辅助装备供电(B60L-001/00)、动力装置蓄电器(B60K-001/04)、电池端盖制造(H01M-002/04)、电管充气选择(H02J-007/02)、车辆牵引系统(B60W-030/18)、非水电解质蓄电池(H01M-010/40)。这些技术处于第三象限,可能是新能源汽车领域中的非核心技术,但这些技术的增长系数高于平均值,表明近期发展势头迅猛表明这些技术更有可能是新兴技术,未来有可能发展成为新能源汽车领域中的潜力技术与核心技术。

表4 三四象限高增长率技术

象限	IPC	增长系数	技术相似度	技术丰富度
第三象限	B60L-001/00	10.794 4	6.235 1	3.951 7
	B60K-001/04	9.353 1	5.712 9	4.424 4
	H01M-002/04	8.451 8	7.146 8	4.881 1
	H02J-007/02	15.446 9	5.404 0	4.228 4
	B60W-030/18	10.885 5	6.886 8	5.547 7
第四象限	H01M-010/40	8.797 1	7.558 4	5.059 3
	H01M-010/0568	10.911 0	9.652 3	5.514 2
	H01M-004/134	11.784 7	9.079 3	5.188 8
	H01M-010/60	10.071 8	8.603 4	5.437 3

4 新能源汽车核心技术布局分析

4.1 中国新能源汽车核心技术布局分析

为了更加清晰的观察中国在新新能源汽车核心技术研究投入现状,本文运用专利相对优势指标法(RPA)识别出我国新能源汽车领域的重点研究领域。本文根据公式选择新能源汽车专利数量排名前10位的国家作为特定国家,将识别出的核心技术和发展潜力技术的国家专利分类号(IPC)作为“特定技术”,计算出各国的核心技术和未来潜力技术的RPA值。

通过表5可以看出新能源汽车领域20项核心技术中,我国在电池冷却或保持低温(H01M-010/613)、车辆电池应用(H01M-010/625)、活性物质、活性体、活性液体的材料的电极(H01M-004/36)、碳材料电极(H01M-004/133)、混合氧化物电极(H01M-004/131)和无机氧化物或氢氧化物电极(H01M-004/48)具有较高的RPA值,表明这些研究领域是我国在新能源汽车核心技术的投入重点,现已取得一定技术优势。此外可以发现锂离子电池(H01M-010/0525)具有很高的增长系数,但相较于其他技

术我国在该技术的RPA值比较低,这表明锂离子电池技术是近期各国竞相追逐的研究热点,我国在该领域已进行一定的投入,并取得了可喜的研究成果,但仍需继续加大研发投入从而占领技术制高点,获得竞争优势。结合变化趋势可以发现,在全球9项快速增长的核心技术(增长系数大于20)中我国有两项技术具有较高的RPA值,分别是:混合氧化物电极(H01M-004/131)和活性物质、活性体、活性液体的材料电极(H01M-004/36),这表明我国在混合氧化物电极技术和活性物质材料电极方面具有较高的技术优势,是我国在电池电极研究领域的重点研究领域,同时也是该技术快速发展的核心贡献国家。

表5 中国高RPA核心技术

IPC	增长系数	RPA	IPC	增长系数	RPA
H01M-010/613	9.787 4	61.633 7	H01M-004/133	11.286 7	31.492 8
H01M-010/625	8.252 4	69.920 9	H01M-004/131	23.990 6	20.610 9
H01M-010/0525	50.774 0	6.219 7	H01M-004/48	9.504 5	46.569 1
H01M-004/36	24.987 3	21.265 1	H01M-004/485	17.147 5	13.714 2

通过表6可以看出新能源汽车领域21项发展潜力技术,中国有7项技术的RPA值大于零,这表明中国在车辆使用初级电池、二次电池或燃料电池供电(B60L-011/18)、车辆电动机控制(B60L-015/20)、电动力单元控制(B60W-010/08)、混合动力车辆(B60W-020/00)、电动车辆安全用电装置(B60L-003/00)、电池组向负载供电(H02J-007/00)和内燃机控制(B60W-010/06)具有相对技术优势。结合技术变化趋势,我国有6项技术具有较高的技术增长系数,分别是:车辆使用初级电池、二次电池或燃料电池供电、电动力单元控制、混合动力车辆、电动车辆安全用电装置、电池组向负载供电和内燃机控制。这表明新能源汽车的车辆控制系统和电池安装供电是我国的重点研究领域,并且这些研究领域发展迅猛,未来有望成为核心技术。同时在全球10项快速增长的潜力技术(增长系数大于20)中我国有5项技术具有较高的RPA值,这表明了我国已经在新能源汽车领域布局了未来研究的核心技术,集中优势力量进行攻克,已经取得了可喜的研究成果。

表6 中国高RPA潜力技术

IPC	增长系数	RPA	IPC	增长系数	RPA
B60L-011/18	87.198 6	36.413 6	B60L-003/00	21.428 7	22.641 5
B60L-015/20	14.428 3	61.379 9	H02J-007/00	43.585 5	13.198 5
B60W-010/08	28.073 9	40.545 2	B60W-010/06	25.932 5	35.985 3
B60W-020/00	20.471 4	24.159 4			

4.2 核心技术布局对比分析

本文根据公式计算获得的各国RPA值,对各国

技术投入情况进行对比分析，从而全面了解全球竞争态势。由于韩、美、日、中四国在新能源汽车领域的专利数量已达总数的 95.48%。因此本文重点对比分析韩、美、日、中四国的专利分布状况。为了便于观察，本文绘制了各国核心技术与潜力技术投入状况热力图。

4.2.1 核心技术对比研究

通过图 7 可以看出，中美两国的 RPA 值正负变化基本一致，体现了中美两国在新能源汽车核心技术领域的战略布局比较相似。中美两国在电池冷却或保持低温（H01M-010/613）和车辆电池应用（H01M-010/625）的 RPA 值远超韩日两国，这表明中美两国这两项技术处于绝对领先地位，是两国的研究重点。而日本在这两项技术领域的 RPA 值非常低，这说明日本极少涉及这两项技术。除这两项技术外，日本在其它新能源汽车核心技术领域均有投入并取得了一定的技术优势，尤其在电极制造方法（H01M-004/04）、非水电解质蓄电池的电极（H01M-004/13）和活性材料电极（H01M-004/02）等技术领域，中、韩、美三国的 RPA 均为负值，只

有日本的 RPA 值为正，这表明日本在新能源汽车核心技术领域不仅投入面广还拥有独特的技术优势领域，结合日本新能源汽车技术专利的申请数量，更加显示出日本在电极制造方法、非水电解质蓄电池的电极和活性材料电极等核心技术领域拥有绝对技术优势。韩国基本布局了新能源汽车所有的核心技术领域，并且大部分重点布局的技术领域与日本相似。但韩国并未具有 RPA 值较高的核心技术，这表明韩国在核心技术领域的技术分布广，各个领域均有涉及，没有明显的技术短板，发展较为均衡，同时韩国在新能源汽车领域的专利数量为第一，更加显示出了韩国在新能源汽车核心技术领域的霸主地位。此外可以发现电池冷却或保持低温（H01M-010/613）、车辆电池应用（H01M-010/625）、锂离子电池（H01M-010/0525）和插入或嵌入轻金属的混合氧化物电极（H01M-004/485）这四项目技术有三个国家将其设置为研究的重点，这更加突显出这四项目技术的重要程度，表明这四项目技术是各国争相追逐的焦点，在这些领域具有竞争优势将影响本国新能源汽车未来的发展。

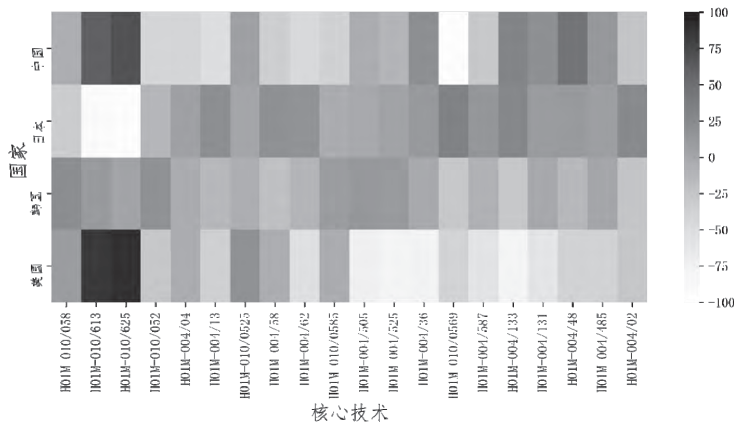


图 7 核心技术对比热力图

4.2.2 潜力技术对比研究

图 8 是中、美、日、韩四国在发展潜力技术的 RPA 值热力图。与核心技术相比各国在发展潜力技术的技术布局就显得各有千秋，各国都拥有自己的技术优势领域。中国在新能源汽车潜力技术中具有相对技术优势的技术数量比美、日、韩三国都要少。同时可以发现中国各技术的 RPA 值与美国各技术的 RPA 值的方向比较一致，这表明中国在新能源汽车发展潜力技术的布局与美国的技术布局较为相似。韩国的技术布局与中美日三国有较大的差异，在电池箱、套或罩制造（H01M-002/02）、安装架制造（H01M-002/10）、电池的导电联接（H01M-002/20）、防止错误使用措施（H01M-002/34）和

接线柱（H01M-002/30）等技术领域，中美日三国的 RPA 均为负值，仅有韩国为正值，体现了韩国在这些技术领域具有较高的技术优势。并且考虑到韩国在新能源汽车领域专利的申请总量情况，表明韩国在新能源汽车非活性部件的结构零件或制造方法领域具有绝对的领先地位。日本的研发重点主要布局在机械直接驱动装置（B60L-011/14）、电动车辆安全用电装置（B60L-003/00）、充电或放电方法（H01M-010/44）、测量或指示电池情况（H01M-010/48）、电池结构部件材料（H01M-002/16）。这些研究领域中中美韩三国都较少涉及，是日本的优势技术领域。同时可以发现电动车辆上安全用电装置（B60L-003/00）、电池组向负载供电的装置

(H02J-007/00) 这两项技术有三个国家将其布局成为本国的重点研究技术, 突显这两项技术的重要性, 是各国研究的重点。同时这两项技术的增长系数分别为 21.42 和 43.59, 表明了这两项技术发展势头迅猛, 未来很有可能发展成为新能源汽车的核心技术。此外通过热力图可以明显看出中韩两国在新能源汽车潜力技术的技术布局基本互补, 韩国没有重点布

局的技术中国均有布局并进行重点研究。而中国投入较少的技术领域均为韩国的技术优势领域。由此可见, 为了我国新能源汽车产业的发展, 我国企业应多与韩国企业建立合作, 加强学术交流, 交流技术经验, 通力合作从而实现中韩两国双赢, 为我国未来技术竞争占据有利态势。

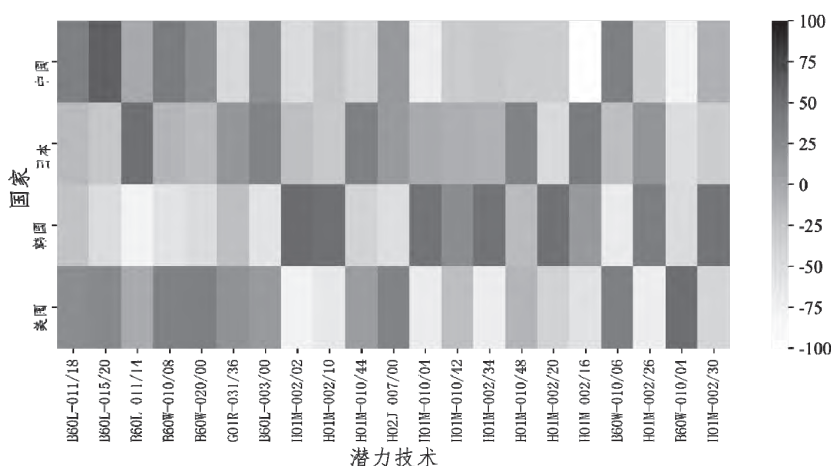


图8 潜力技术对比热力图

5 结论

本文提出了一种核心技术领域识别方法, 运用关联规则挖掘新能源汽车领域的热门技术, 通过专利组合分析从专利技术的技术相似度、技术丰富度和技术发展趋势三个方面对新能源汽车领域的核心技术及潜力技术进行识别与分析, 通过专利相对优势指标法对中国新能源汽车领域核心技术及潜力技术的重点研究领域进行了识别并与美、日、韩三国情况进行比较。最终获得如下主要结论:

(1) 本文提出了核心技术识别方法, 从“技术相似度”“技术丰富度”和“技术增长趋势”三个视角来对核心技术进行识别, 从而更加全面的对核心技术进行快速识别。本文以新能源汽车为例, 快速识别出了新能源汽车领域 20 项核心技术与 21 项发展潜力技术。帮助国家和企业更加科学地实施战略技术布局, 从而抓住市场机会, 掌握关键核心技术, 进而推动我国新能源汽车产业高质量发展。

(2) 本文运用专利相对优势指标法计算了各国核心技术与发展潜力技术的 RPA 值。结果发现, 我国在核心技术领域 RPA 值为正的技术有电池冷却或保持低温、车辆电池应用、锂离子电池和碳材料电极等。这些技术是我国在核心技术领域的研发重点, 具有一定的竞争优势。尤其在混合氧化物电极和活性物质材料电极我国具有很高的 RPA 值, 并且这两

项技术的增长系数较高。表明我国在这两项研究领域具有较高的技术优势, 是我国电池电极研究领域的重点, 同时也是该技术快速发展的核心贡献国家。

(3) 我国在 21 项发展潜力技术中有 7 项技术 RPA 值大于零。这表明新能源汽车的车辆控制系统和电池安装供电是我国重点研究领域, 我国在这些技术领域具有相对技术优势。此外潜力技术中有 10 项技术具有较高的增长系数, 表明这些研究领域近年来增长势头迅猛, 未来有望发展成为核心技术。并且在这 10 项快速增长的潜力技术中我国有 5 项技术具有较高的 RPA 值, 这说明我国已在新能源汽车领域提早布局未来研究的热点, 已集中优势力量进行攻克, 并取得了技术竞争优势。

(4) 通过与世界各国的对比发现, 中美两国无论是核心技术还是发展潜力技术, 其技术布局较为相似。在核心技术领域, 日本在电极制造方法、非水电解质蓄电池的电极和活性材料电极等技术领域拥有绝对技术优势。韩国技术分布广, 各核心技术领域均有投入, 没有明显的技术短板, 发展较为均衡。

(5) 在发展潜力技术领域, 韩国在电池箱、安装架制造和电池的导电联接等领域具有较高的技术领先优势。日本的研发重点主要布局在机械直接驱动装置、电动车辆安全用电装置、充电或放电方法等领域, 这些领域中美韩三国都较少涉及, 是日本

的优势技术领域。此外中韩两国在新能源汽车潜在技术的技术布局呈现互补的局面, 为了我国新能源汽车产业发展, 在潜在技术研究领域我国企业应多与韩国企业建立合作, 加强学术交流, 交流技术经验, 通力合作从而实现中韩两国双赢, 进而为我国未来技术竞争占据有利态势。

(6) 本文提出的专利分析方法, 可以帮助企业和国家实现从海量数据中快速识别出某一研究领域的核心技术, 全面了解核心技术的布局现状, 为企业技术创新决策提供数据支持。此外, 该方法可以帮助政府管理者掌握产业发展状况, 进而为产业快速发展制定针对性的激励政策, 促进产业技术发展。本文的研究结论为新能源汽车领域的政策制定提供理论支撑, 也为政策效果的一致性提供保障。

参考文献:

- [1] NOH H, SONG Y, LEE S. Identifying emerging core technologies for the future: case study of patents published by leading telecommunication organizations [J]. Telecommunications Policy, 2016,40(10):956-970.
- [2] KIM M, PARK Y, YOON J. Generating patent development maps for technology monitoring using semantic patent-topic analysis [J]. Computers Industrial Engineering, 2016,98:289-299.
- [3] YANG C, ZHU D, WANG X, et al. Requirement-oriented core technological components' identification based on sae analysis [J]. Scientometrics, 2017,112(3):1229-1248.
- [4] 贾军, 魏洁云. 新兴产业核心技术早期识别方法与应用研究 [J]. 科学学研究, 2018,36(7):1206-1214.
- [5] 王智琦, 陈悦, 姜照华, 等. 前沿技术与核心技术识别的投入产出分析方法: 以混合动力汽车为例 [J]. 科学学研究, 2015, 33(11):1612-1620.
- [6] LIU C, YANG J C. Decoding patent information using patent maps [J]. Data Science Journal, 2008,7:14-22.
- [7] GERKEN J M, MOEHRLE M G. A new instrument for technology monitoring: novelty in patents measured by semantic patent analysis [J]. Scientometrics, 2012,91(3): 645-670.
- [8] WOO H, YEOM J, LEE C. Screening early stage ideas in technology development processes: a text mining and k-nearest neighbours approach using patent information [J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2019,31(5): 532-545.
- [9] YOON B, MAGEE C L. Exploring technology opportunities by visualizing patent information based on generative topographic mapping and link prediction [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2018,132:105-117.
- [10] ARTS S, CASSIMAN B, GOMEZ J C. Text matching to measure patent similarity [J]. Strategic Management Journal, 2018,39(1):62-84.
- [11] TRAPPEY C V, WU H, TAGHABONI-DUTTA F, et al. Using patent data for technology forecasting: china Rfid patent analysis [J]. Advanced Engineering Informatics, 2011,25(1):53-64.
- [12] 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(5):495-502.
- [13] 温芳芳. 基于专利权人-分类号多重共现分析的全球专利布局研究: 以太阳能汽车技术领域为例 [J]. 现代情报, 2017, 37(4):165-169.
- [14] 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.
- [15] 吴鸣, 刘细文, 王辉, 等. 世界主要国家科技重点领域遴选识别分析 [J]. 图书情报工作, 2018, 62(16): 55-60.
- [16] SCHMOCH U. Evaluation of technological strategies of companies by means of Mds Maps [J]. International Journal of Technology Management, 1995, 10(4): 426-440.
- [17] CHANG S. Using patent analysis to establish technological position: two different strategic approaches [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2012, 79(1): 3-15.
- [18] 杜尊峰, 周清基, 郭显杰. 我国海洋浮式平台领域新兴技术研究: 基于专利分析 [J]. 情报杂志, 2014,3(7): 20-26.
- [19] MARTINO J P. A review of selected recent advances in technological forecasting [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2003,70(8): 719-733.
- [20] 王贤文, 刘则渊, 侯海燕. 基于专利共被引的企业技术发展与技术竞争分析: 以世界 500 强中的工业企业为例 [J]. 科研管理, 2010, 31(4): 127-138.
- [21] LEYDESDORFF L. On the normalization and visualization of author co-citation data Salton's cosine versus the Jaccard index [J]. Journal of the American Society for Information Science & Technology, 2010,59(1): 77-85.
- [22] 李勇敢. 技术领域维度下相对技术关联度研究: 以德温特专利数据库共类分析为例 [J]. 科技进步与对策, 2017,34(7): 146-153.
- [23] LIU J, MENG Z, JIANG Z. Analysis on core technologies and cutting-edge technologies of new energy based on input-output method [J]. Procedia Engineering, 2017, 174: 1036-1045.
- [24] ERNST H. Patent portfolios for strategic R&D planning [J]. Journal of Engineering and Technology Management, 1998, 15(4): 279-308.
- [25] HUANG N, SHEN Z, LONG S, et al. The empirical mode decomposition and the hilbertspectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis [J]. Physical and Engineering Sciences, 1998, 454(1971): 903-995.
- [26] HUANG J, KOROLKIEWICZ M, AGRAWAL M, et al. Forecasting solar radiation on an hourly time scale using a coupled autoregressive and dynamical system (CARDS) model [J]. Solar Energy, 2013,87(23):136-149.
- [27] 王旭东, 潘东华. 基于德温特手工代码的技术分析方法研究 [J]. 情报理论与实践, 2017,40(10):96-99,105.

作者简介: 许学国 (1967—), 男, 江苏盐城人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为创新与知识管理, 技术创新管理; 桂美增 (1992—), 通信作者, 男, 河南南阳人, 博士研究生, 主要研究方向为科技研究管理、技术创新管理和文本挖掘。