

● 冯立杰^{1,2}, 马亚坤¹, 王金凤^{1,2}, 张珂¹, 张世斌³

(1. 郑州大学管理学院, 河南 郑州 450001; 2. 上海海事大学中国(上海)自贸区供应链研究院, 上海 201306; 3. 华北水利水电大学机械学院, 河南 郑州 450046)

多维技术创新地图融合 TO-RFM 模型的技术机会识别与评价路径研究^{*}

摘要: [目的/意义] 精准识别技术机会以准确把握市场先机对提升企业核心竞争力至关重要。针对现有技术机会识别粒度较粗、技术机会评价较主观的局限, 构建基于多维技术创新地图与 TO-RFM 模型的技术机会识别与评价路径具有重要的意义。[方法/过程] 首先, 运用 LDA 主题模型从专利数据集中挖掘影响技术创新的要素, 并依据主题分布与主题热度分析筛选技术要素; 其次, 将技术要素划分创新维度后建立多维技术创新地图, 通过创新维度与创新法则耦合形成技术机会备选集; 最后, 利用技术机会价值评估模型 (TO-RFM) 中的三维评价指标及四象限图对所识别的技术机会的潜在价值予以研判。[结果/结论] 以沸腾氯化工艺为例, 利用所提方法识别出了 9 种技术机会, 验证了该识别方法的有效性。研究结果具有较强的实践意义, 为企业精准把握创新先机、提升创新效率提供了有益的参考。[局限] 虽能有效挖掘技术热点, 但仍需加强对技术要素间语义关系的考虑, 以进一步完善技术要素的剖析。

关键词: LDA; 主题热度; 多维技术创新地图; TO-RFM 模型; 技术机会识别

DOI: 10.16353/j.cnki.1000-7490.2023.02.017

引用格式: 冯立杰, 马亚坤, 王金凤, 张珂, 张世斌. 多维技术创新地图融合 TO-RFM 模型的技术机会识别与评价路径研究 [J]. 情报理论与实践, 2023, 46 (2): 145-155, 108.

Technology Opportunity Identification and Evaluation by Integrating the Multi-dimensional Technology Innovation Map and TO-RFM Model

Abstract: [Purpose/significance] Accurately identifying technology opportunities and grasping market opportunities is crucial to enhancing the core competitiveness of enterprises. Due to the limited granularity of the existing technology opportunity identification methods and the subjective evaluation of technology opportunities, this paper constructs a technology opportunity identification and evaluation path by integrating multi-dimensional technology innovation map and TO-RFM model. [Method/process] Firstly, the LDA topic model is used to mine the technology elements from patent datasets. Then the technology elements are screened through the analysis of topic distribution and topic popularity. Secondly, a multi-dimensional technology innovation map is established after dividing the technology elements into the innovation dimension, and the technology solution alternative set is formed by coupling the innovation dimensions and the innovation principles. Thirdly, the TO-RFM model is used to evaluate the value of the technology opportunities, and the value of the technology opportunities are judged according to the four-quadrant diagram. [Result/conclusion] Taking the boiling chlorination process as a case study, this paper uses the proposed method to identify nine technology opportunities and verifies the effectiveness of the identification method. The research results have strong practical significance, and can provide a useful reference for enterprises to accurately grasp innovation opportunities and improve innovation efficiency. [Limitations] Although the proposed method can effectively mine technical hotspots, it is still necessary to strengthen the consideration of the semantic relationship between technical elements in order to further improve the analysis of technology elements.

Keywords: LDA; topic popularity; multi-dimensional technology innovation map; TO-RFM model; technology opportunity identification

^{*} 本文为 NSFC—河南联合基金重点项目子课题“煤矿重大灾害主动预控体系”(子课题编号: U1904210-4), 上海市科技计划项目“元易创新方法在港航物流工程与海洋装备关键技术领域的应用研究”(项目编号: 20040501300) 和郑州大学青年人才企业创新团队支持计划项目“中原企业科技起高峰的创新方法应用研究”的成果。

0 引言

产品技术生命周期的日趋缩短使企业的科技创新空前密集和日趋活跃^[1],突破传统技术掣肘、不断获取具有发展前景的技术机会以抢占技术主动权成为企业的不二选择^[2]。但如何避免技术创新盲目性,精准识别具有潜在价值的技术机会,仍是企业亟待突破的重点和难点^[3]。

技术机会作为一项技术或某个特定领域取得技术进步的潜力和可能性^[4],并非以预先包装好的形式存在,而是蕴含在论文、专利、研究报告和市场等各类数据中,需要借助科学有效的方法进行挖掘。现有技术机会识别方法主要包括定性分析、定量分析及二者相结合三大类^[5]。尤其随着数据挖掘、自然语言处理等技术的快速崛起,定性与定量相结合的技术机会分析方法得到了快速发展。

对此,Yoon等^[6]从专利文献中挖掘关键词,借助生成式拓扑映射法(GTM)估计的关键词向量识别了技术空缺,但在空白区域边界界定、相邻专利筛选等方面却较多依赖于领域专家经验,由此导致对空白区域的判定因人而异^[7],并在降维过程中容易造成信息丢失^[8];Yoon和Kim等经由异常值检测离群专利识别了隐含的技术机会^[9-10],但在对离群专利评估时也同样多借助专家经验;Park等^[11]构建专利引文网络与技术知识流动网络,采用链路预测方法并根据技术知识流动方向与强度的变化识别了潜在的技术机会,但以“IPC对”形式呈现的技术机会难以揭示丰富的技术细节^[12];汪雪锋等^[13]在参数分解和问题构建基础上利用形态分析法绘制了创新导图,旨在为专家决策提供有效的数据支撑;王金凤等^[14]、冯立杰等^[15]在融合文本挖掘方法建立形态矩阵基础上,以具象创新维度导航,通过与不同创新法则耦合建立多维技术创新地图进行了技术机会识别。

由此可见,国内外学者借助数据挖掘及分析工具在技术机会识别中取得了较为丰厚的研究成果。但在技术机会识别过程中仍存在一定局限:多数学者经数据预处理提取的技术要素中仍可能存在大量噪声信息,由此削弱了技术机会识别结果的精度;部分学者虽借助专家知识对挖掘的技术要素实现了初步筛选,但筛选过程不可避免地具有一定的主观性,进而导致结果的客观性有所欠缺。

此外,现有对技术机会评价的研究多从宏观层面出发,对具象技术机会的评价指标体系尚不完善。如李乾瑞等^[16]基于形态分析和模糊一致矩阵构建了技术形态组合备选集及其评价指标体系,但过分倚重专家给定的权重具有较强的主观性;冯立杰等^[17]通过TextRank-IDF方法对技术机会的新颖性进行了评价,但未考虑表征技术机会价值的其他指标。因此,如何依托专利数据引入系统客观的

评价指标对技术机会进行评估也是一个亟待解决的科学问题。对此,张振刚等^[18]构建RFM模型,对识别出的趋势性知识元素进行了评价;黄鲁成等^[19]利用异常点检测法识别出潜在技术机会后,利用改进RFM的专利市场价值评估体系对其进行了评估。这些均为本文提出基于TO-RFM(Technology Opportunities-RFM)技术机会评价模型提供了理论基础。

因此,本文构建了基于多维技术创新地图与TO-RFM模型的技术机会识别及评价路径。利用LDA主题模型从专利数据中挖掘技术要素,通过主题分布和主题热度分析并筛选技术要素;以9种创新维度为导航建立多维技术创新地图,通过维法耦合聚焦于具体技术机会的识别,并借助TO-RFM模型对技术机会的价值进行综合评估,以降低技术机会识别的盲目性和评价过程的主观性,为企业精准、高效开展技术创新提供有益参考。

1 理论基础

1.1 多维技术创新地图

多维技术创新地图是以具象技术矛盾问题为导向,通过挖掘影响创新的技术要素,并将创新维度与法则耦合形成创新方案的方法^[20]。在TRIZ、SIT、核检表法和专利功效矩阵等创新理论的基础上,系统分析了多领域创新规律^[21],并将创新的实质归纳为创新维度和创新法则耦合的过程。多维技术创新地图的9种创新维度见表1,9类创新法则见表2。

表1 9种创新维度
Tab. 1 Nine innovation dimensions

序号	创新维度	含义
1	结构维	目标创新系统在结构方面的表征。主要包括系统部件及部件间的关系
2	功能维	目标创新系统在功能方面的表征。也指解决问题同时具有特定效果的能力
3	材料维	目标创新系统在材料方面的表征。主要包括归属材料(如材料构成及相态等)的一切属性
4	机理维	目标创新系统在机理方面的表征。主要包括实现功能的物理、化学和生物等基本原理
5	环境维	目标创新系统在空间方面的表征。主要包括环境条件(温度、颜色和光照等)、环境悬浮物和环境场等
6	时序维	目标创新系统在时序方面的表征。主要包括先后作业顺序及作业工序标准等技术作业流程
7	空间维	目标创新系统在空间方面的表征。主要包括方向、位置、形状、体积等
8	动力体系维	目标创新系统在动力方面的表征。主要包括系统中能量从动力源出发到传动方式和储能方式等过程所涉及要素
9	人机关系维	目标创新系统在人机关系方面的表征。主要包括人与工作对象、人与工作环境和人与机器设备等关系

表2 9类创新法则

Tab. 2 Nine innovation principles

序号	创新法则	含义
1	友好化	将目标创新系统进行重构使其对人和环境危害最小、占用资源最少,实现人一机一环一管的和谐共生
2	分解与去除	将目标创新系统解构,采用分解、去除、分离、抽取和再生重构系统
3	组合与集成	将目标创新系统进行同种或不同种性能要素集合或独立要素有机结合
4	局部优化	将目标创新系统进行优化与调整和非本质化改变,使局部达到最优状态
5	智慧化	将目标创新系统辅以信息化技术,以实现从感觉、记忆、思维到执行的智慧化管理与控制
6	替代	将目标创新系统进行创新元素的更换与替代
7	动态化	将目标创新系统赋予随时间、空间、环境、条件变化而变化的能力
8	自服务	将目标创新系统添加新的部件或改变内部部件关系以实现特定条件下的自我服务
9	柔性化	将目标创新系统涉及的外形、壳体、功能、相态、作用、速度、位置等要素平和化

1.2 技术机会价值评估模型

作为衡量顾客创造价值的重要工具,RFM模型能够研判未来的营销方向以利于企业科学决策^[22]。模型中的R (Recency)代表顾客近期购买距今的时间,F (Frequency)代表顾客的购买次数,M (Monetary)代表顾客的潜在价值。

近年来,学者们借助RFM模型对识别的宏观技术机会进行了价值评估^[23-24]。从本质上来看,较为具象的“技术机会”作为专利的前身形态,同样可以视为“顾客”。所以,RFM模型从时效、频率以及价值对目标进行评估,为本文建立技术机会价值评估模型提供了重要的参考思路。因此,借由RFM模型对顾客价值评估的思想可建立技术创新方案价值评估模型,即技术机会价值评估模型(Technology Opportunities-RFM, TO-RFM)。

在TO-RFM模型中,R (Recency)代表技术机会中技术要素出现的时间特征,时效性越强则出现的时间离观测点就越近,对此,吴菲菲等^[25]在综合考虑专利和科技文献的时间特征基础上,利用引用时间衡量了专利的新颖性,因此本文亦采用技术要素所在专利相对观测点的平均出现时间衡量技术机会的新颖性;F (Frequency)代表技术机会中技术要素出现的频率,越是领域内的热门方向,出现的频率就越高,因此本文采用技术要素在专利数据库中出现的平均频率表征技术机会的热点趋势^[18];M (Monetary)表示技术机会的经济价值,一般而言,若专利权人认为该专利在某国市场具有一定的发展潜力和经济价

值,则会在相应的国家申请同族专利,所以同族专利数越多的专利,其经济价值可能就越高^[25],因此本文采用技术要素所在专利的同族专利数表征技术机会的经济价值。TO-RFM的各项指标的计算公式与描述见表3。

表3 TO-RFM指标公式

Tab. 3 Calculation formula of TO-RFM

指标	计算公式	描述
TO-R	$R = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\text{Fre}(w_i)} \text{Date}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \text{Fre}(w_i)}$	Fre(w_i)表示技术要素 w_i 在专利库中出现的频率,Date _{ij} 表示第 i 个技术要素 w_i 在第 j 个专利的出现日期, n 表示方案所进行改进的技术要素的数量
TO-F	$F = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Fre}(w_i)}{N}$	Fre(w_i)表示技术要素 w_i 在专利库中出现的频率, N 表示方案进行改进的技术要素的总频率
TO-M	$M_t^* = \sum_{i=1}^n \text{Mount}(w_i) * \text{Fre}(w_i)$ $M_t = \frac{M_t^*}{\sum_{t=1}^T M_t^*}$	Mount(w_i)表示技术要素 w_i 所在专利的同族专利数, M_t^* 表示第 t 个技术机会包含技术要素的经济价值, T 表示技术机会的个数

2 技术机会识别及评价路径构建

首先,获取原始数据集。在确定具象技术领域关键问题基础上,通过专利信息检索及数据清洗得到原始数据集。

其次,筛选技术要素。建立技术领域分词词典及停用词词典,在经jieba分词后借助LDA主题模型挖掘技术要素,通过主题分布分析与主题热度分析筛选技术要素。

再次,识别技术机会。依托多维技术创新地图,将筛选后的技术要素进行维度划分,然后与多种创新法则耦合生成创新方案。

最后,评价技术机会。借助TO-RFM模型对技术机会进行评价,探究最佳技术路径。

具体构建路径如图1所示。

2.1 专利信息检索及数据清洗

首先,技术领域的确定。聚焦于具象领域亟待解决的技术问题,通过确定检索表达式可进行专利信息检索。

其次,技术创新领域用户词典的构建。为提高分词效果,在保留技术领域专有名词基础上,还需查阅具象技术领域的特定术语,明晰其具体结构、机理等,以构建技术创新领域的用户词典。

最后,初始数据集的获取。通过建立停用词词典滤除专利信息中的噪声信息,进而可得到初始数据集。

2.2 基于多维技术创新地图的技术机会识别

2.2.1 技术要素的挖掘 鉴于LDA (Latent Dirichlet Allo-

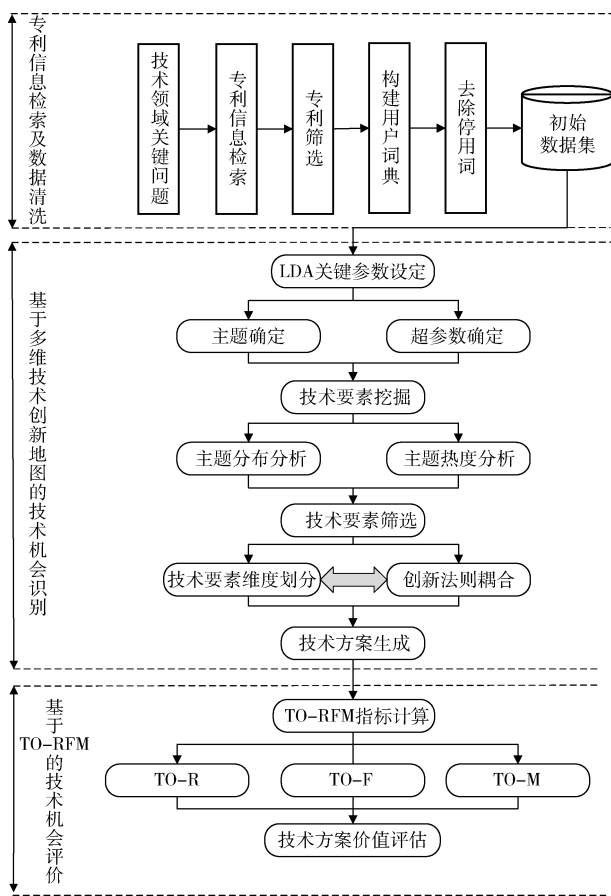


图1 研究框架

Fig. 1 The research framework

cation, LDA) 主题模型作为技术机会识别中常用的文本挖掘方法^[26], 本文利用 LDA 主题模型从专利数据中挖掘技术要素。在运行 LDA 模型前还需确定模型的最佳主题数及其超参数, 其中困惑度可以用来比较两个概率分布或概率模型^[27]。但当主题数目偏大时易导致提取的语义模糊无效主题增多, 并且困惑度的持续下降还会导致模型的过拟合。

对此, Reader^[28]提出了一种新的主题质量评估指标, 通过 4 个一致性指标计算最佳的主题数。当前越来越多的学者采用多个指标共同研判最佳主题数^[29]。本文参考罗建等^[30]采用的一致性指标 $u\text{-mass}$ 与困惑度来共同确定最佳主题的数量。具体计算公式如下:

$$C_{u\text{-mass}} = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^{i-1} \log \frac{P(w_i, w_j) + \varepsilon}{P(w_j)} \quad (1)$$

式中, N 表示主题中概率值最大的前 N 个主题词数目; $P(w_i, w_j)$ 表示词汇 w_i 和 w_j 一起出现的共文档频率; 平滑因子 ε 选择 10^{-12} 以避免取对数出现零的情况。

2.2.2 技术要素的筛选 利用 LDA 主题模型挖掘出的技术要素仍然存在一定噪声, 且不同主题包含的技术要

素的优先级不同, 所以还需对聚类得到的不同主题进行筛选, 进而高效找寻急需改进的关键技术主题以提高技术机会识别的精度。

借鉴 Wang 等^[31]通过主题词频率占比分析主题热点强度的思想, 本文计算不同时期的热点强度 (S_k) 研判主题的热点发展趋势, 以对急需改进的技术点优先匹配创新资源, 同时提升技术机会识别的效率。具体计算公式如下:

$$S_k = \frac{\sum_{j=1}^N \text{Fre}(\theta_k, \omega_j)}{\sum_{i=1}^V \text{Fre}(\omega_i)} \quad (2)$$

式中, V 表示所有单词总数的字典长度; $\text{Fre}(\omega_i)$ 表示所有单词的频率; n 表示每个主题中的单词数; $\text{Fre}(\theta_k, \omega_j)$ 表示单词在第 k 个主题的频率。

通过对主题热度曲线的趋势的分析, 本文将技术主题划分为新型发展型、热点持续型以及衰退消亡型 3 类。

1) 新兴发展型主题。该类主题的热点强度呈明显上升趋势, 代表着未来几年的技术创新热点。因此, 应保留此类主题的技术要素。

2) 热点持续型主题。该类主题的热点强度在较高水平波动, 代表着未来几年的主流技术。因此, 即使某些主题暂时呈下降趋势, 但仍保留此类主题的技术要素。

3) 衰退消亡型主题。该类主题的热点强度呈下降趋势或在较低水平波动, 主要缘于旧有技术或被淘汰或较为成熟, 所以专利数量逐年下降。因此, 应剔除此类技术要素以筛选更具优先改进价值的主题。

2.2.3 技术机会识别 该过程主要包括创新要素维度的划分与维法的耦合。首先, 将筛选得到的技术要素以多维技术创新地图中的 9 种创新维度导航, 结合领域专家意见进行维度划分; 其次, 确定技术创新的维度, 并将不同维度的技术要素与创新法则映射至多维技术创新地图; 最后, 以主维度为导向, 通过多个维度变换并与 9 类创新法则迭代耦合形成具体技术机会, 进行规范性表达。

2.3 基于 TO-RFM 模型的技术机会评价

该过程主要包括技术机会的技术要素提取、评价指标的计算和技术机会的价值评估。首先, 借助建立的目标创新领域分词词典和停用词词库, 利用 jieba 分词工具提取技术机会的技术要素; 其次, 在数据库中寻找技术方案的相似研究专利, 利用表 3 中的公式计算技术机会与相似研究专利的 TO-RFM 指标; 最后, 以新颖性 (TO-R) 作为横轴衡量技术机会的潜力, 以经济价值 (TO-M) 作为纵轴衡量技术机会的认可度, 并结合热度 (TO-F 为技术机会或专利映射点的面积) 对技术机会进行综合价值评估,

为企业精准识别技术机会提供指导。基于 TO-RFM 的技术机会评价四象限图如图 2 所示。

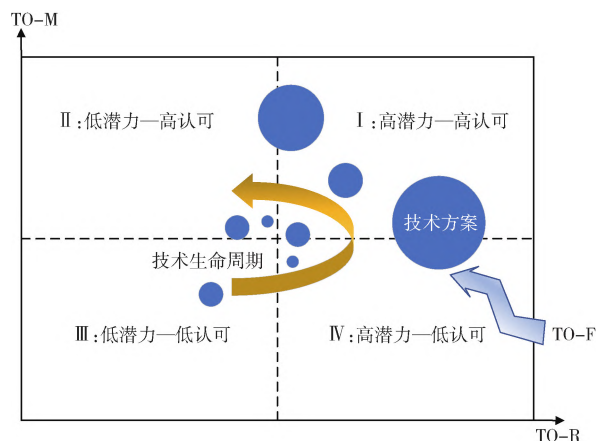


图 2 基于 TO-RFM 的技术机会评价

Fig. 2 Technology opportunities evaluation based on TO-RFM

3 沸腾氯化工艺的技术机会识别与评价

四氯化钛是制取海绵钛和生产钛白粉的主要原料，通常用于制造颜料和钛有机化合物以及国防用烟幕剂。钛的氯化反应主要分为熔盐氯化 and 沸腾氯化。其中，由于沸腾氯化具有产能大、不产生废盐等优势，是各化工企业生产 $TiCl_4$ 的主流工艺。随着近年来沸腾氯化的专利数量显著增加，精准识别沸腾氯化的技术机会，为企业完善工艺流程进而获得更高的社会与经济价值提供技术创新理论指导。

3.1 沸腾氯化法的专利检索及数据清洗

3.1.1 沸腾氯化法专利信息的检索 本文以“沸腾氯化”为主题，利用智慧芽专利检索平台 (<https://www.zhihuiya.com/>) 获取专利数据，通过去重和剔除不相关专利后共得到 838 篇专利。由此可将这些专利的题目、摘要以及权利要求说明书作为分析的数据，检索表达式见表 4。

表 4 沸腾氯化工艺的检索表达式

Tab. 4 Retrieval formula for boiling chlorination

项目	内容
检索平台	智慧芽专利检索平台
检索时间	2021 年 6 月 1 日
检索范围	2006—2021 年
检索表达式	沸腾氯化

3.1.2 沸腾氯化专利信息的数据清洗 为提高分词效果，使聚类的主题反映沸腾氯化工艺的关键技术要素，在对多位领域专家访谈基础上，结合查阅沸腾氯化技术领域相关文献资料，本文建立了沸腾氯化分词词典，以保留专业名词的完整性。

与此同时，本文还建立了停用词表，在滤除非文字符

号、量词、语气词、低质量文本等噪声信息并经 jieba 分词后，共得到 13153 个关键词。

3.2 基于多维技术创新地图的技术机会识别

3.2.1 沸腾氯化工艺技术要素挖掘 分别计算前述沸腾氯化工艺技术要素主题数 0~30 的困惑度和一致性，如图 3 和图 4 所示。

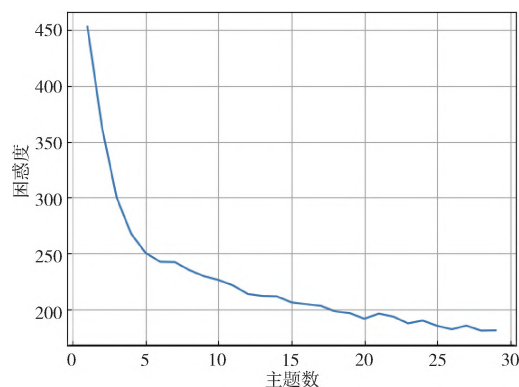


图 3 沸腾氯化工艺主题的困惑度

Fig. 3 The perplexity of boiling chlorination

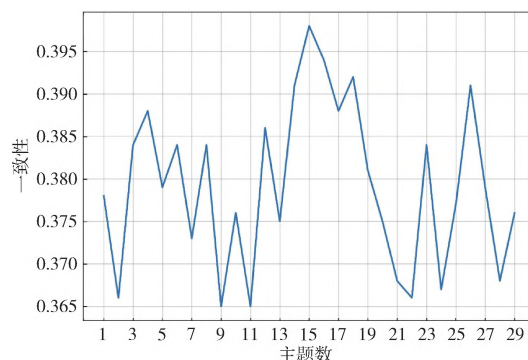


图 4 沸腾氯化工艺主题的一致性

Fig. 4 The coherence of boiling chlorination

由图 3 可以看出，在沸腾氯化工艺主题数为 0~13 时，困惑度急剧下降，但在沸腾氯化工艺主题数为 13~30 时，模型的困惑度逐渐趋向平稳；由图 4 可以看出，当沸腾氯化工艺的主题数为 15 时，模型的一致性得分最高。因此，结合沸腾氯化工艺主题的困惑度和一致性，可将其主题数取值为 15。

此外，LDA 模型中的超参数估计一般根据经验确定， α 和 β 值可取值 0.1，旨在使模型更快地实现收敛^[32]。

3.2.2 沸腾氯化工艺技术要素筛选 利用 python 的 gensim 运行 LDA 主题模型，可得到 15 个关于沸腾氯化法的技术主题，见表 5。从表 5 可以看出，不同技术要素所组成的技术主题反映了沸腾氯化工艺的机理、材料和结构等方面的关键技术点。因此，LDA 的聚类结果表征了沸腾氯化工艺的改良方向。

表5 沸腾氯化工艺技术主题和技术要素列表

Tab. 5 Themes and technology elements of the boiling chlorination		
序号	技术领域	技术要素
1	氯化炉体结构	筒体 抗热 温度 衬砖 搅拌器 打浆罐 发生器 缓冲罐 密封 调节阀
2	废液处理	壳体 金属 膜 沉淀 多级 冲洗 盐酸 溶液 水平 吹扫
3	工艺流程	研磨 分离 氯化亚铁 焙烧 重选 洗涤 蒸发 淋洗 电选 风选
4	水解工艺	溶液 控制 炉渣 盐水 搅拌废渣 水解 接渣 液相 回转窑
5	电选过程	收尘器 锥形 精矿 过渡 液态 密封垫 粉状 炉盖 浸出 贮室
6	发生装置	装置 氧化剂 空气 反应器 固定 螺旋 氯化炉 高温 沸腾盘 加热
7	进气装置	进气 低温 压力 氯化炉 加料 进气管 调节阀 通入 钛渣 氮气
8	出气装置	排气口 精馏塔 排出 结垢 氯气 出气 抽气 氯 切断阀 输出
9	废渣去除方式	细粒 钛渣 配料 去除 三氯化铝 高 粘结剂 混合 碳质 浓缩
10	加料装置	供给 快速 沸腾 钛 精矿 储料罐 原料 流化床 真空 加料
11	尾气处理	尾气 无害 四氯化钛 淋洗塔 收集 喷淋 冷凝 槽 钛白粉 精四氯化钛
12	排渣的处理	输送管 废料 循环 立管 气体 接料 炉体 入口 喷嘴 颗粒
13	筛板结构	进气室 下筒体 筛板 封头 上筒体 气固 封 耐火砖 顶部 水槽
14	废渣回收	泥浆 排渣 吸收塔 系统 连接 装置 法兰 喷头 吸收 回收
15	过滤工艺	压滤 过滤 滤液 沸腾 压滤 悬浮 液 管道 急冷塔 固液 杂质

在利用 LDA 主题模型获得技术主题后,利用公式(1)可计算 15 个主题在不同时间的热点强度。进一步地,分析沸腾氯化工艺不同技术主题热点强度的发展趋势,可实现对技术主题优先级筛选。沸腾氯化工艺的技术主题整体发展趋势如图 5 所示。

通过对图 5 的分析,可将 15 个主题的发展趋势划分为新兴发展型、热点持续型和衰退消亡型,分别如图 6、图 7、图 8 所示。

1) 新兴发展型主题。如图 6 中的主题 3、主题 4 和主题 8。近几年对这类沸腾氯化工艺技术主题的关注点持续上升,尤其是在 2013 年前后热度爆发并陡峭增长,因而是沸腾氯化工艺的改进方向,也是技术机会识别的关键要素。因此,应保留此类主题的技术要素。

2) 热点持续型主题。如图 7 中的主题 1、主题 6、主题 7、主题 10、主题 11、主题 14 和主题 15。近几年,这

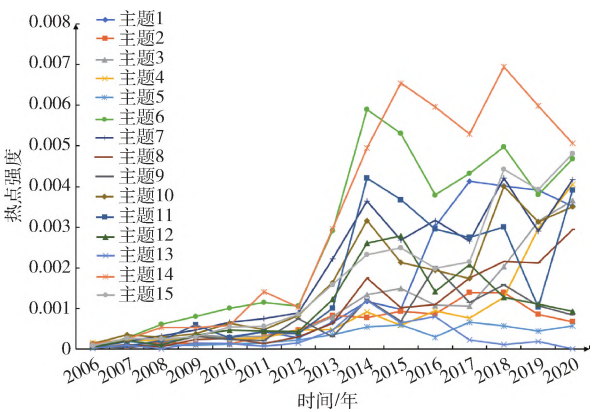


图5 沸腾氯化工艺主题热点强度发展趋势
Fig. 5 Development trend of hot spot intensity of boiling chlorination

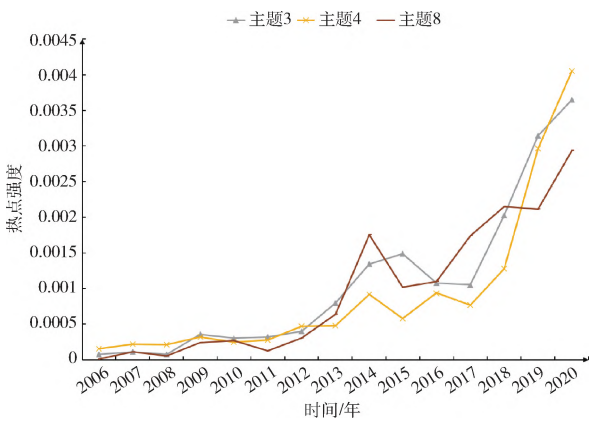


图6 新兴发展型主题
Fig. 6 Emerging and developing themes

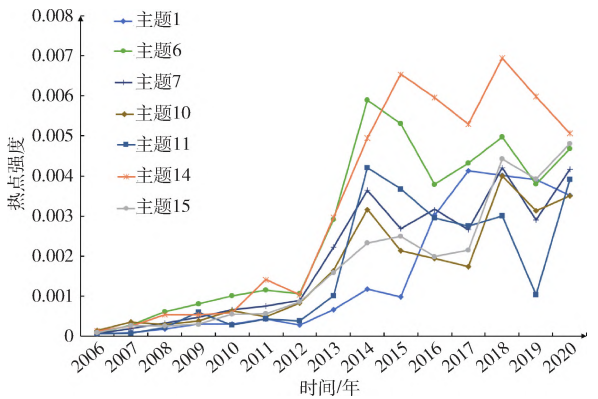


图7 热点持续型主题
Fig. 7 Hot and persistent themes

类沸腾氯化工艺的技术主题有着较高的热度,代表着沸腾氯化工艺的主流改进方向。因此,即使某些主题可能会有所下降(如主题1、主题14),但仍应保留此类主题的技术要素。

3) 衰退消亡型主题。如图 8 中的主题 2、主题 5、主

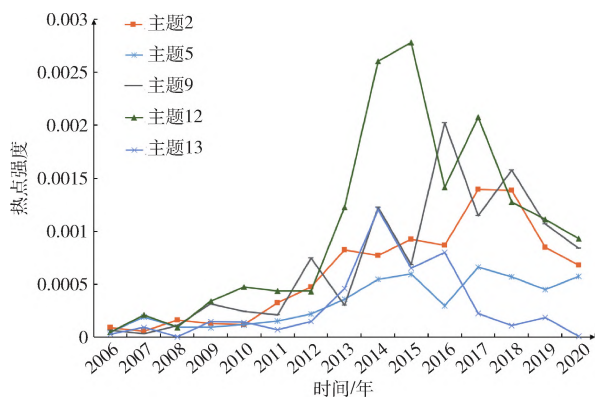


图 8 衰退消亡型主题
Fig. 8 Declining and dying themes

题 9、主题 12 和主题 13。这类沸腾氯化工艺的技术主题热度逐年下降或一直受到较低的关注，原因是此类技术主题较为成熟，其改进爆点主要集中在过往的 5~10 年，所以近年专利数量逐渐下降，因此本文剔除了这类相关技术要素，以筛选出更具优先改进价值的主题。

3.2.3 沸腾氯化工艺技术机会识别

1) 沸腾氯化工艺维度的划分。对上述沸腾氯化工艺主题中的技术要素以多维技术创新地图的创新维度导航进行归类，并结合领域专家意见，可将沸腾氯化法的技术要素按维度划分为结构维、功能维、材料维、时序维和环境维。沸腾氯化工艺的创新维度见表 6。

表 6 沸腾氯化工艺创新维度表
Tab. 6 Innovation dimensions of boiling chlorination

创新维度	技术要素
结构维	搅拌机 打浆罐 衬砖 收尘器 缓冲罐 调节阀 回转窑 装置 管道 反应器 螺旋 氯化炉 进气 进气管 反应段 排气口 精馏塔 储料罐 流化床 筛板 淋洗塔 系统 法兰 喷头 进口 急冷塔 筒体 沸腾盘 预热器
功能维	氯化 密封 控制 搅拌 固定 相连 加料 通入 排出 出气 抽气 排渣 输出 供给 快速 加料 连接 吸收 回收 回流 循环 结垢 抗热 切断阀
材料维	泥浆 氯化亚铁 稀盐酸 固液 炉渣 盐水 废渣 接渣 氯气钛渣 氯气 氯 防腐涂料 钛 精矿 尾气 四氯化钛 杂质 悬浮液 溶液 氧化剂 浇注料
时序维	蒸发 研磨 分离 焙烧 重选 洗涤 淋洗 电选 风选 水解 加热 压滤 过滤
环境维	温度 低温 高温 压力 沸腾 真空

在表 6 中，功能维是从满足沸腾氯化工艺中各技术性能要求角度提取的创新要素，如实现进料、出料和排渣等所需的具象技术；结构维是创新要素中涉及沸腾氯化法的装置构件，如打浆罐和搅拌器等；材料维是从实现沸腾氯化流程所涉及的材料构成及相态等的创新要素，如稀盐酸

和氯化亚铁等；时序维是沸腾氯化工艺在时序方面的工艺流程，如研磨、分离和焙烧等；环境维是沸腾氯化工艺中所涉及的环境条件，如温度和压力等。

2) 沸腾氯化工艺的多维技术创新地图的构建。通过对创新要素归类，沸腾氯化工艺的关键技术要素聚焦在功能维、结构维、材料维、时序维和环境维等 5 个维度。

技术创新的目的就是为了满足某些特定的功能需求，所以功能维是识别沸腾氯化工艺技术创新机会的主要导向。故本文以功能维为引导，通过改进沸腾氯化工艺的结构以及涉及反应的材料，依次将多维技术创新地图的每个创新维度与创新法则迭代耦合，构建了沸腾氯化工艺的技术创新地图，继而得到多个技术机会。

以 3 种技术机会的创新维度与创新法则耦合为例，沸腾氯化工艺的多维技术创新地图构建过程如图 9 所示。

3) 沸腾氯化工艺技术机会的识别。沸腾氯化工艺反应发生装置的结构制衡了相关功能，因此需要聚焦于结构维、功能维两个维度与局部优化和替代法则耦合，并进行规范化表达，进而生成 3 种技术机会，见表 7。

在结构维与功能维基础上，加入时序维和环境维技术要素，通过改变反应的时序工艺以及所处的环境与友好化、局部优化和智慧化法则耦合，并进行规范性表达，进而生成 3 种技术机会，见表 8。

继续将创新维度聚焦于材料维与时序维，通过改变工艺的主料和时序并与组成与集成、分解与去除和替代法则耦合，并进行规范性表达，进而生成 3 种技术机会，见表 9。

3.3 基于 TO-RFM 模型的技术机会评价

3.3.1 沸腾氯化工艺的技术要素提取与评价指标计算
为量化前述 9 种标准化表达的技术机会，以建立的化工领域分词词典和停用词词库为依托，利用 jieba 分词提取技术机会的技术要素，见表 10。

为使得技术机会的评估结果更具说服力，以专利和技术机会的摘要作为输入，利用 Bert 进行词嵌入后计算数据库中专利与技术机会的余弦相似度，找到与技术机会的相近研究，取相似度最高的前 5 名与生成的 9 种技术机会一同进行价值评估，相似研究专利的检索结果见表 11。

继续利用表 3 中的 TO-RFM 模型，依据技术要素所在的专利数据库信息，可分别计算不同技术机会和专利的 TO-R、TO-F、TO-M 值。

3.3.2 沸腾氯化工艺技术机会的评估 结合计算的 TO-RFM 指标值，以沸腾氯化工艺技术机会的新颖性 (TO-R) 为横轴、经济价值 (TO-M) 为纵轴、热点程度 (TO-F) 为点的面积，同时将 9 个技术机会 TO-R 与 TO-M 的均值作为分界线，由此可得到技术机会的 RFM 四象限图，如图 10 所示。

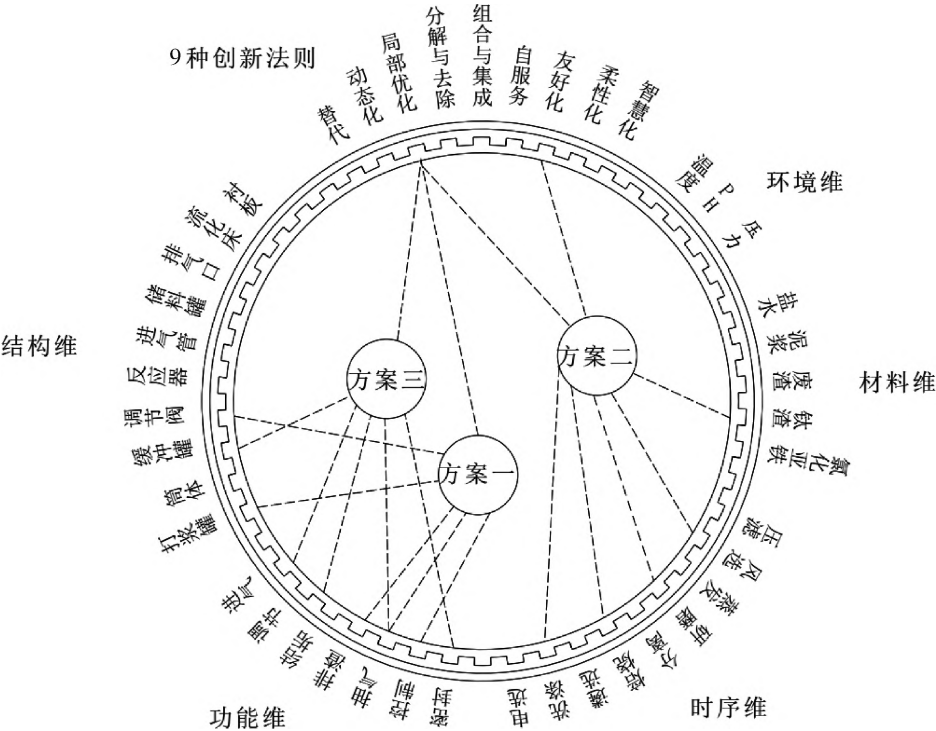


图9 沸腾氯化工艺的多维技术创新地图

Fig. 9 Construction of multidimensional technology innovation map for boiling chlorination

表7 沸腾氯化工艺结构维、功能维与创新法则耦合表
Tab. 7 Coupling of structure dimension, function dimension and innovation principles in boiling chlorination

创新维度	技术要素	创新法则	技术机会描述
结构维 + 功能维	排渣	局部优化	一种沸腾氯化排渣系统。对排渣出口进行局部优化，在排渣管设计自动调节阀以控制炉渣排出量；将收集的净化滤渣通入打浆罐处理可得到一种沸腾氯化排渣系统
	控制		
	出气		
	调节阀		
结构维 + 功能维	打浆罐	局部优化	一种可根据渣料量自动调节进气角度和气流量的方法。在缓冲箱内安置料位传感器，当料位达到一定高度时，能够自动调节左侧进气量，下部能够自动往绞龙机输送物料；当料位未达到相应高度时，左侧进气自动关闭，下部不送料，以保证连续排出渣料；同时绞龙输送机与缓冲箱间设有密封装置，防止粉尘泄漏；抽气装置在密封装置上方使用真空泵，并根据渣料量自动调节抽气量
	缓冲箱		
	进气		
	排渣		
	抽气		
	调节		
结构维 + 功能维	密封	局部优化	一种反应器改进方法。考虑成本、使用周期、使用效果的改造，将反应器外径扩大，改变衬砖砌筑方式，同时保持原反应段内径不变；改变衬砖出口管道和沸腾盘材质，在满足抗热振性的同时大幅提升耐磨属性
	反应器		
	筒体		
	衬砖		
	沸腾盘		
	浇筑料		
结构维 + 功能维	抗热	局部优化	

从图10可以看出，各个方案基本分布于第一象限及附近区域。与现有的相近研究专利相比，借助本文提出的方法识别的技术机会在各项指标中均具有一个较好的改

进。对 TO-RFM 模型 4 个象限的具体解释如下。

第 I 象限区为高潜力（TO-R）—高认可（TO-M）型技术机会。如技术机会 3、技术机会 4 和技术机会 8 和技术机会 9，该类技术机会主要涉及废渣绿色回收、反应器材质优化和废液处理等。高 TO-R 值映射了现有沸腾氯化工艺的技术机会改进潜力较大。而高 TO-M 值则映射了该类技术机会具有较高的经济价值，对此类技术要素加以改进的社会认可度较高。进一步的，图 10 中的较高 TO-F 值（点的面积）也印证了将此类技术机会研判为高潜力—高认可型技术热点的正确性，表明相关企业已经开始从这些技术

表8 沸腾氯化工艺结构维、功能维、时序维与创新法则耦合表
Tab. 8 Coupling of structure dimension, function dimension, sequence dimension and innovation principles in boiling chlorination

创新维度	关键词	创新法则	技术机会描述
结构维 + 功能维 + 时序维	钛渣	友好化 + 局部优化	一种氯化钛渣的绿色回收方法。首先将氯化钛渣溶解于浓度为 4% 盐酸中，盐酸溶液与氯化钛渣的质量比为 2:1~5:1，溶解渣中的 Fe ₂ O ₃ 经过滤得到一次滤液和一次滤渣；对收集的一次滤渣进行烘干并研磨为粒径大于 60 目的细颗粒氯化钛渣；经过风选，可得到石油焦和高钛物；对一次滤液收集、浓缩，在 600~700℃ 焙烧，可得到氧化铁粉，同时将产生的 HCl 气体通过洗涤器集中收集
	回收		
	研磨		
	风选		
	焙烧		
	洗涤		
结构维 + 功能维 + 时序维	反应器	局部优化	一种反应器预热方法。若反应器本体温度过低，系统开车后反应器升温至目标温度时间过长，由此会导致四氯化钛和氧气不能完全反应。通过开车前期利用氮气和氧气预热器对晶型转化剂沸腾床反应器升温，以保证反应温度稳定，可避免反应不完全的四氯化钛对系统产生不良影响
	预热器		
	进气		
	切断阀		
结构维 + 功能维 + 环境维	发生器	局部优化 + 智慧化	一种防止氯化炉急冷塔结垢的方法。所用的除垢剂为氯化钠、氯化钾等颗粒状高温金属氯化物，利用 DCS 程序通过氯化炉炉顶压力来调整调节阀的开度，控制除垢剂的加入量，以此防止氯化炉急冷塔结垢
	急冷塔		
	结垢		
	调节阀		
结构维 + 功能维 + 环境维	高温		
	压力		

表 9 沸腾氯化工艺材料维、时序维与创新法则耦合表

Tab. 9 Coupling of material dimension, time sequence dimension and innovation principles in boiling chlorination			
创新维度	关键词	创新法则	技术机会描述
材料维 + 时序维	分离	组成与集成	一种氯化法回收废料方法。通过对氯化法回收废料过程的组合与集成，在过滤分离阶段采用重选结合电选法，将物料中的二氧化硅分离出来，以提高分离效果
	废料		
	过滤		
	重选		
	电选		
材料维 + 时序维	废渣	分解与去除 + 替代	一种氯化法滤液处理方法。将氯化法钛白粉氯化废渣用纯水打浆并用板框压滤机压滤，可得到滤渣和滤液；将滤渣水洗，洗水量等于前期水浸水量，经水洗后的水洗水返还前端可再次用于水浸用水；余渣也返还前端与下一批渣混合进行水浸；将滤液与钠碱溶液进行中和 PH 至 10~11，将多浆叶搅拌器进行搅拌得到的混合体用板框压滤机压滤得到滤渣和滤液，并送至氯碱一次盐水工序进行化盐，经除杂、过滤、精制等工序，达到电解槽精盐水的技术要求
	盐水		
	蒸发		
	打浆		
	搅拌		
材料维 + 时序维	废渣	替代	一种氯化废渣中氯化亚铁处理方法。将氯化法钛白粉氯化废渣进行纯水打浆得到浸出液，用板框压滤机压滤得到滤渣和滤液，向所得滤液中添加铁粉，机械搅拌充分反应后再进行固液分离，添加双氧水，调节 PH 至 4~6 并充分反应，待氯化亚铁中二价铁离子完全转化为三价铁离子；加酸调节 PH 到 3.5~4.5，加入一定量的氯化铝及稳定剂，经水解聚合成液态聚合氯化铁铝，作为复合型水质处理凝聚剂
	氯化亚铁		
	打浆		
	压滤		

表 10 沸腾氯化工艺的技术要素

Tab. 10 Technology elements of boiling chlorination

技术机会	技术要素													
技术机会 1	排渣	出气口	局部	优化	排渣管	自动	调节阀	控制	炉渣	排出量	净化	打浆罐	处理	系统
技术机会 2	缓冲箱	安置	料位	传感器	渣料	自动	进气口	角度	气量	高度	调节	进气	绞龙机	输送
技术机会 3	反应器	成本	周期	效果	外径	衬砖	砌筑	内径	出口管	材质	抗热	振性	耐磨	沸腾盘
技术机会 4	钛渣	绿色	回收	溶解	浓度	盐酸	质量	滤液	研磨	粒径	细颗粒	石油焦	高钛物	收集
技术机会 5	反应	温度	系统	开车	升温	完全	反应	打浆罐	压力	管道	腐蚀	透气孔	堵塞	氮气
技术机会 6	急冷塔	除垢剂	凝固	高温	金属氯化物	内壁	结垢	氯化钠	氯化钾	颗粒	DCS	压力	调整	调阀
技术机会 7	回收	废料	组合	集成	过滤	分离	重选	电选	物料	二氧化硅	分离			
技术机会 8	废渣	滤液	水洗	洗水量	浸水量	前端	余渣	水浸	钠碱溶液	中和	多浆叶	搅拌器	搅拌	混合体
技术机会 9	废渣	纯水	打浆	浸出液	板框	压滤机	压滤	滤渣	滤液	铁粉	搅拌	充分反应	分离	ph

表 11 沸腾氯化工艺技术机会的相似专利

Tab. 11 Patents similar to technology opportunities for boiling chlorination

相似度排名	1	2	3	4	5
技术机会 1	CN 204320043U	CN 201713335U	CN 210620263U	CN 201431874Y	CN 111186855A
技术机会 2	CN 201154253Y	CN 201873534U	CN 101327950A	CN 204261862U	CN 201061757Y
技术机会 3	CN 201713335U	CN 201065336Y	CN 203247108U	CN 203021311U	CN 111763893A
技术机会 4	CN 100469906C	CN 101054629A	CN 110468285A	CN 110468285B	CN 102181670A
技术机会 5	CN 102649579A	CN 110776002A	CN 101830500A	CN 103480306A	CN 103480306B
技术机会 6	CN 201144157Y	CN 204320043U	CN 110713207A	CN 210915347U	CN 101830500A
技术机会 7	CN 103447283A	CN 103447283B	CN 204320043U	CN 101555036A	CN 210620263U
技术机会 8	CN 101830500A	CN 100469906C	CN 110357149A	CN 101054629A	CN 111533164A
技术机会 9	CN 101830500A	CN 109647152A	CN 111533164A	CN 110713207A	CN 210915347U

要素入手进行技术创新。因此，此类技术机会是企业应重点关注的技术机会。

第Ⅱ象限区为低潜力（TO-R）—高认可（TO-M）型技术机会。如技术机会 1、技术机会 5 和方案 6，该类技术机会主要涉及出气口优化、反应器的预升温 and 冷凝塔防结垢。低 TO-R 值映射了现有沸腾氯化工艺的技术机会改进潜力较小。而高 TO-M 值则映射了该类技术机会具有较高的经济价值，对此类技术要素加以改进的社会认可度较

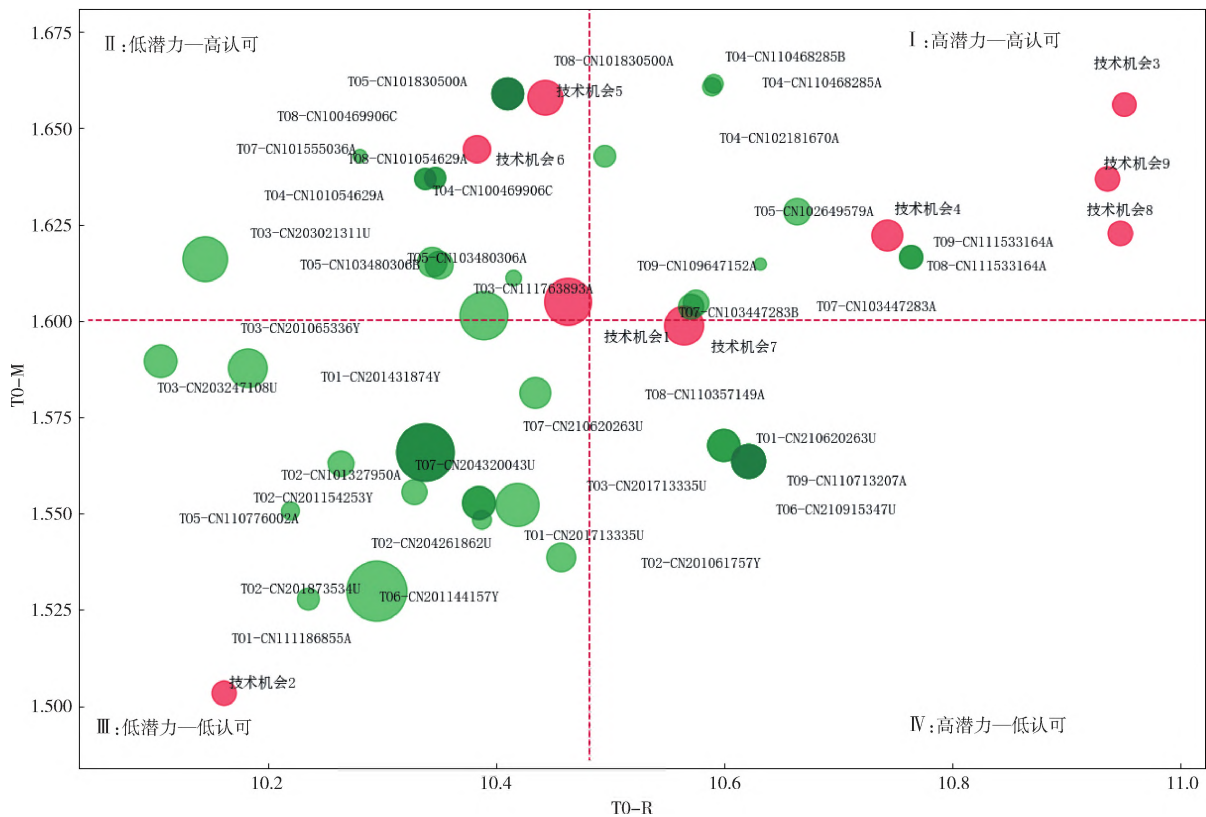


图10 沸腾氯化工艺技术机会的 TO-RFM 模型

Fig. 10 Technical opportunities for boiling chlorination based on TO-RFM model

高。进一步的,图10中的出气口优化专利集中爆发在3~5年前,表明近年的专利虽然逐渐下降但仍保持较高的水平,具有较高的热度。其中,技术机会1的TO-F值最大,技术机会5次之。因此,此类技术机会涉及企业需要维持和发展的技术,同样是企业应重点关注的技术机会。

第Ⅲ象限区为低潜力(TO-R)—低认可(TO-M)型技术机会。如技术机会2,该类技术机会主要涉及进料和进气的调节。相较于其他技术机会的新颖性和经济价值均较低,一般代表着较为成熟的技术,所以涉及的专利较少。进一步的,图10中的技术机会2的TO-F值较低,印证了这类技术机会的衰落。因此,企业应逐渐减少对此类技术机会的投入,将注意力转移到具有更高新颖性与经济价值的技术机会。

第Ⅳ象限区为高潜力(TO-R)—低认可(TO-M)型技术机会。如技术机会7,该类技术机会在沸腾氯化工艺的废渣回收中结合了重选和电选来分离二氧化硅,映射了虽然现有沸腾氯化工艺的技术要素改进潜力较大,但并未得到社会认可。此类技术机会通常包含两类情况:一是代表着新的改进热点开始出现,可能是后续工艺的改进方向或发展趋势,但由于尚未引起足够的重视,所以经济价值较低;二是代表着迅猛崛起的热点概念,但缺乏相应的科

学技术做支撑,所以在一段时间后热度可能会逐渐消失。因此,面对此类技术机会,企业应谨慎选择,既要提防错失技术创新先机又要注重技术可行性的评估。

4 学术贡献与不足

本文利用LDA主题模型进行技术要素提取,通过主题热度分析进行要素筛选,借助多维技术创新地图进行技术机会识别并利用TO-RFM模型对技术机会进行评价,进而构建了完整、有效的技术机会识别与评价路径。

本文的学术贡献主要包括以下3个方面。

一是将主题热度分析与多维技术创新地图结合以研判技术机会,不仅实现了技术要素的精准筛选,而且提高了技术机会识别的效率。本文构建的技术机会识别路径通过分析不同技术主题热点强度的变化趋势,将技术主题划分为新兴发展型、热点持续型和衰退消亡型主题,可帮助过滤掉输入多维技术创新地图中的噪声信息,继而高效识别出更具有改进价值的技术要素和技术创新机会。

二是将RFM模型拓展引至技术机会的价值评估工作中,实现了对具象技术机会潜在价值的系统、客观评估。不同于现有基于多级指标的模糊评价方法,本文构建的TO-RFM模型集成技术机会的新颖性、经济价值及热点程

度等多个维度进行综合评价,且弥补了现有具象技术机会评价中缺乏客观评价指标体系的不足。可为企业降低盲目创新的风险、高效开展技术创新活动提供了更加具体的理论指导。

三是以化工领域的具象工艺为例验证了所提技术机会识别路径的可行性和有效性,弥补了该领域技术机会识别案例较少的不足,具有较高的实践应用价值。

然而,本文研究仍存在一定的局限性:一是关于技术要素的挖掘,本文基于关键词的挖掘方法虽能较为简捷地实现要素聚类,但尚未明晰技术要素间的语义关系。后续研究可考虑融入语义分析,以形成更为全面的技术要素挖掘方法。二是关于技术机会的价值评估指标,本文所提 TO-RFM 模型虽从新颖性、经济价值及热点程度 3 个方面表征了技术机会的潜在价值,但依托客观数据的评价指标仍可进一步扩充、丰富,后续研究可进一步建立更加完善、系统的评价指标体系。□

参考文献

- [1] LEE C. A review of data analytics in technological forecasting [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, 166 (1): 120646.
- [2] 陈悦,谭建国,王智琦,等. 专利视角下工业机器人领域的技术机会分析 [J]. *科研管理*, 2018, 39 (4): 144-156.
- [3] 王友发,张茗源,罗建强,等. 专利视角下人工智能领域技术机会分析 [J]. *科技进步与对策*, 2020, 37 (4): 19-26.
- [4] LEE Y, KIM S Y, SONG I, et al. Technology opportunity identification customized to the technological capability of SMEs through two-stage patent analysis [J]. *Scientometrics*, 2014, 100 (1): 227-244.
- [5] 苏娜平,谭宗颖. 技术机会分析方法研究综述与展望 [J]. *情报理论与实践*, 2020, 43 (11): 179-186.
- [6] 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 (Jul.): 105-117.
- [7] 旷景明,胡奕,李蓓,等. 基于生成式拓扑映射的专利空白挖掘技术 [J]. *情报理论与实践*, 2015, 38 (12): 133-136, 142.
- [8] SON C, SUH Y, JEON J, et al. Development of a GTM-based patent map for identifying patent vacuums [J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39 (3): 2489-2500.
- [9] YOON J, KIM K. Detecting signals of new technological opportunities using semantic patent analysis and outlier detection [J]. *Scientometrics*, 2012, 90 (2): 445-461.
- [10] KIM B, GAZZOLA G, YANG J, et al. Two-phase edge outlier detection method for technology opportunity discovery [J]. *Scientometrics*, 2017, 113 (1): 1-16.
- [11] PARK Y, YOON J. Application technology opportunity discovery from technology portfolios: use of patent classification and collaborative filtering [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, 118 (MAY): 170-183.
- [12] 任海英,赵育慧,于立婷. 基于知识网络的科学研究机会发现的机理和应用 [J]. *情报理论与实践*, 2018, 41 (11): 89-95.
- [13] 汪雪锋,李兵,许幸荣,等. 基于形态分析法的创新导图构建及应用研究 [J]. *科学学研究*, 2014, 32 (2): 178-183, 177.
- [14] 王金凤,吴敏,岳俊举,等. 创新过程的技术机会识别路径研究——基于专利挖掘和形态分析 [J]. *情报理论与实践*, 2017, 40 (8): 82-86.
- [15] 冯立杰,曾小红,王金凤,等. 一种三级技术机会识别方法及其应用——基于 SAO 语义分析和多维技术创新地图 [J]. *科技进步与对策*, 2021, 38 (19): 1-10.
- [16] 李乾瑞,郭俊芳,朱东华. 基于形态分析和模糊一致矩阵识别技术机会 [J]. *科研管理*, 2020, 41 (7): 33-41.
- [17] 冯立杰,尤鸿宇,王金凤. 专利技术创新路径识别及其新颖性评价研究 [J]. *情报学报*, 2021, 40 (5): 513-522.
- [18] 张振刚,罗泰晔. 基于 RFM 模型和随机行动者导向模型的技术机会识别 [J]. *情报学报*, 2021, 40 (1): 53-61.
- [19] 黄鲁成,李晓宇,李晋. 基于专利的 ABOD-RFM 技术机会识别方法研究 [J]. *情报理论与实践*, 2020, 43 (9): 144-149.
- [20] 岳俊举,冯立杰,冯奕程,等. 基于多维技术创新地图与关联规则挖掘的技术机会识别方法研究 [J]. *情报学报*, 2017, 36 (8): 798-808.
- [21] 冯立杰,曹健,王金凤,等. 基于 FBS 和多维技术创新地图的技术创新机会识别方法及其应用 [J]. *情报理论与实践*, 2020, 43 (12): 89-95.
- [22] CHENG C H, CHEN Y S. Classifying the segmentation of customer value via RFM model and RS theory [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36 (3): 4176-4184.
- [23] 陈瑞真,黄玉凤,袁红梅. 基于科学—技术可视化桥接图谱的核心技术深度挖掘——以中药领域为例 [J]. *情报理论与实践*, 2019, 42 (2): 134-139.
- [24] 詹爱岚. 基于 RFM 的新一代通信核心技术识别方法研究 [J]. *中国发明与专利*, 2021, 18 (5): 12-21.
- [25] 吴菲菲,栾静静,黄鲁成,等. 基于新颖性和领域交叉性的知识前沿性专利识别——以老年福祉技术为例 [J]. *情报杂志*, 2016, 35 (5): 85-90.
- [26] 陈伟,林超然,李金秋,等. 基于 LDA-HMM 的专利技术主题演化趋势分析——以船用柴油机技术为例 [J]. *情报学报*, 2018, 37 (7): 732-741.

(下转第 108 页)

- Proceedings of Bio Link SIG, 2004; 30-34.
- [19] CERRI R, BARROS R C, DE CARVALHO A C. Hierarchical multi-label classification for protein function prediction; a local approach based on neural networks [C] //2011 11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. IEEE, 2011; 337-343.
- [20] ROMO L M, NIEVOLA J C. Hierarchical multi-label classification problems: an LCS approach [C] //Distributed Computing and Artificial Intelligence, 12th International Conference, 2015.
- [21] CLARE A, KING R D. Knowledge discovery in multi-label phenotype data [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2001, 2168 42-53.
- [22] MAO Yuning, TIAN Jingjing, HAN Jiawei, et al. Hierarchical text classification with reinforced label assignment [C] // Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP), 2019; 445-455.
- [23] VENS C, STRUYFJ, SCHIETGAT L, et al. Decision trees for hierarchical multi-label classification [J]. Machine Learning, 2008, 73 (2): 185-214.
- [24] BLOCKEEL H, SCHIETGAT L, STRUYF J, et al. Decision trees for hierarchical multi-label classification: a case study in functional genomics [C] // Proceedings of the 10th European Conference on Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases, 2006; 18-29.
- [25] GARGIULO F, SILVESTRI S, CIAMPI M, et al. Deep neural network for hierarchical extreme multi-label text classification [J]. Applied Soft Computing, 2019, 79; 125-138.
- [26] BEYRAMSOLTAN S, ABDUL-RAHMAN N H, MUSAH R A. Call it a "nightshade" —a hierarchical classification approach to identification of hallucinogenic solanaceae spp. using DART-HRMS-derived chemical signatures [J]. Talanta, 2019, 204; 739-746.
- [27] LIU Yanqiu, YU Yun, BAI Jinbing, et al. Development and psychometric properties of the maternal health needs scale in Chinese maternal women [J]. Midwifery, 2019, 81; 102588.
- [28] ALMALIK M M A, MOSLEH S M, et al. Pregnant women: what do they need to know during pregnancy? A descriptive study [J]. Women and Birth: Journal of the Australian College of Midwives, 2017, 30 (2): 100-106.
- 作者简介:** 成全 (ORCID: 0000-0002-7302-4527), 男, 1979 年生, 博士, 教授。研究方向: 知识管理, 数据挖掘与知识发现。**郑抒琳**, 女, 1996 年生, 硕士生。研究方向: 数据挖掘与决策支持系统。
- 作者贡献声明:** 成全, 提出研究选题, 设计研究方案和论文框架。研究指导, 修订论文, 终审论文。**郑抒琳**, 设计研究方案, 实施研究过程, 调研整理文献, 论文初稿撰写, 修订论文。
- 录用日期:** 2022-08-09

(上接第 155 页)

- [27] 王静茹, 陈震. 基于隐含狄利克雷分布的文本主题提取对比研究 [J]. 情报科学, 2018, 36 (1): 102-107.
- [28] ROEDER M, BOTH A, HINNEBURG A. Exploring the space of topic coherence measures [C]. ACM, Proceedings of the eight International Conference on Web Search and Data Mining, Shanghai, 2015; 399-408.
- [29] DAMI R, KOREN I, STRAHI L, et al. Document-based topic coherence measures for news media text - ScienceDirect [J]. Expert Systems with Applications, 2018, 114; 357-373.
- [30] 罗建, 蔡丽君, 史敏. 基于专利的两阶段新兴技术识别研究——以图像识别技术为例 [J]. 情报科学, 2019, 37 (12): 57-62.
- [31] Wang Jinli, Fan Yong, Zhang Hui, et al. Technology hotspot tracking: topic discovery and evolution of China's blockchain patents based on a dynamic LDA model [J]. Symmetry, 2021, 13 (3): 415.
- [32] HOFFMAN M D, BLEI D M, BACH F R. Online learning for latent Dirichlet allocation [C] //International Conference on

Neural Information Processing Systems. Curran Associates Inc. Vancouver, British Columbia, Canada, 2010.

作者简介: 冯立杰, 男, 1966 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 技术创新与管理。**马亚坤**, 男, 1995 年生, 硕士生。研究方向: 技术创新。**王金凤**, 女, 1963 年生, 博士, 教授, 博士生导师。研究方向: 工业工程与创新方法。**张珂**, 女, 1994 年生, 博士生。研究方向: 产品创新。**张世斌**, 男, 1985 年生, 博士, 讲师。研究方向: 专利与技术创新。

作者贡献声明: 冯立杰, 研究概念生成, 实验方法设计, 实验数据分析, 研究课题监管与指导, 实验设计验证与核实, 论文审阅与修订。**马亚坤**, 实验方法设计, 实际调查研究, 实验数据分析, 实验结果可视化与论文初稿撰写。**王金凤**, 研究课题监管与指导, 实验设计验证与核实, 论文审阅与修订。**张珂**, 研究课题监管与指导, 实验设计验证与核实, 论文审阅与修订。**张世斌**, 研究课题监管与指导, 实验设计验证与核实, 论文审阅与修订。

录用日期: 2022-09-07