



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

市场环境下基于组合赋权 TOPSIS 专利评价模型的技术预测综合评价研究

李美凝

中国石油大学(北京)图书馆 北京 102249

摘要: 专利分析是技术预测的重要手段, 考虑市场影响、操作性强的专利技术预测方法可以为特定领域研究人员提供准确、有用的技术参考和决策支持, 也可以为专利预测提供新的思路和建议。文中形成了考虑市场影响、基于专利质量的专利技术预测评价指标体系, 构建了基于组合赋权 TOPSIS 方法的专利预测评价模型, 同时根据技术成熟度 S 曲线判断技术生命周期, 采用文本聚类方法分阶段获取技术领域的技术集群, 并以实际案例进行了 TOPSIS 专利评价技术的预测应用。结果表明: 基于组合赋权 TOPSIS 的专利评价模型较为客观有效, 基于专利成熟度判断和专利技术集群聚类的整体和分阶段技术预测方法可操作性强, 可以获取更多有效信息。

关键词: 专利评价模型; TOPSIS; 技术预测; 致密油

中图分类号: G255.53; G35

Comprehensive Evaluation of Technology Prediction Based on Combination Weighted TOPSIS Patent Evaluation Model in the Market Environment

LI Meining

Library of China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China

Abstract: Patent analysis is one of the most important means for technology prediction. The patent technology prediction method with strong operability and considering market influence can provide accurate and useful technical reference and decision support for researchers in specific fields, and also provide new ideas and suggestions for patent prediction. Firstly,

基金项目: 2019 年中国石油大学(北京)研究生质量与创新工程重点项目“一流大学建设高校专利布局与一流学科匹配度研究分析”(yjs2019022)。

作者简介: 李美凝, 硕士, 中级馆员, 研究方向: 情报分析等, E-mail: limeining@cup.edu.cn。

we built the evaluation index system considering the market influence for patent technology prediction, and constructed a patent prediction evaluation model based on combination weighting TOPSIS method. Then, the technology life cycle is judged according to the technology maturity S curve. For the technologies in the growth stage, the text clustering method is adopted to obtain the technology clusters in the technology field by stages. Moreover, the application of TOPSIS patent evaluation technology is carried out based on a practical case. The results show that the patent evaluation model based on combination weighting TOPSIS is more objective and effective, and the overall and phased technology prediction method based on patent maturity judgment and patent technology cluster clustering is more operable, which can obtain more effective information.

Keywords: Patent evaluation model; TOPSIS; technology prediction; tight oil

引言

专利是一种特殊的文献类型，是知识产权最核心、最主要的组成部分，是科技和经济等领域竞争的热点^[1]，同时专利信息内容全面、准确，是技术信息最有效的载体，比其他途径获取的信息早5-6年^[2]。通过对技术领域内专利文献的分析，能够客观反映专利总体态势、技术发展路线和主要技术主题的研发动向和保护策略^[3]；通过对技术发展轨迹的梳理，可以识别未来技术的发展趋势，使行业能够集中优势资金、技术力量聚焦在核心的技术领域，最大程度上避免研发资源的浪费。因此，有效的技术预测，可以帮助企业在激烈的竞争环境中及时准确地把握技术发展动向，获取和应用最合适的高新技术，把握市场先机^[4]，构建产业发展政策和技术发展规划。近年来，国内外已经有越来越多的学者采用专利信息分析方法进行重要技术的预测研究。Ernst^[5]最早引入专利分析方法分析了数控技术的发展趋势预测。Daim等^[6]运用文本分析、成长曲线、技术生命周期等方法对数据存储领域的专利信息进行了实例分析。Trappey等^[7]通过专利文本聚类方法，

对我国射频识别技术专利进行了评估。侯建华^[2]从技术发展趋势、成熟度以及演化方面构建了技术预测模型和评价指标体系，并通过固体氧化物燃料电池证明该方法的可行性和有效性。刘红光等^[8]通过专利家族、专利引用次数、专利权人等组合分析方法构建了技术评估体系，对燃料电池汽车技术领域的核心技术进行了预测。冯冲等^[9]从技术竞争力、技术范围以及技术保护方面对技术构建评估体系，并应用于中药药理学领域，指出海洋类中药技术在未来最有发展前途。随着新信息技术的不断发展，各种机器学习方法也逐渐运用于专利技术评估中，如王子焉等^[10]通过灰色关联与随机森林回归相结合的方法对网络平台专利价值进行了评估；刘夏等^[11]基于随机森林模型，对后续被引情况进行机器学习，从而进行专利质量预测；马瑞敏等^[12]在技术领域细分视角下，利用“四年内被引频次、同族专利数、专利宽度、权利要求数”等指标构建了基于支持向量机的核心专利预测模型。

综上所述，专利技术预测采用的评价指标和采取的评价方法都各有侧重，且具有一定效果，但也有较大的针对性和局限性。首先，大

多数的专利评价指标都较少考虑市场对专利的影响,尤其和市场密切相关的特定领域受市场的影响较大,技术创新进行投入有一定的不确定性和风险性,盲目的技术创新既浪费资源,又会影响行业内整体技术的发展。其次,技术发展是具有生命周期的,而当前基于机器学习的专利质量评估方法很少考虑技术的生命周期,易忽略不同阶段专利技术的变化性。最后,专利技术预测不仅需要构建适合的指标体系,也需要结合专利文本内容获取更多有效信息,基于文本聚类形成的技术集群,可以提高专利技术预测的客观性和有效性。

因此,本文在构建技术预测指标评价体系时,重点考虑和市场相关的专利指标,深入挖掘专利的实际价值,通过技术生命周期判断、技术文本聚类以及基于 TOPSIS 模型的技术综合预测流程对实际案例开展综合评价,形成可操作性强、较为客观有效的专利技术评价方法。通过本文的研究,希望能够为专利技术预测提供可借鉴的理论和方法,对特定领域的技术预测进行实践指导,体现专利分析方法在技术预测中的应用价值。

1 基于 TOPSIS 专利评价模型的技术预测方法

1.1 技术预测模型

本文从科学性、全面性的角度出发,利用统计、聚类等多种方法对专利信息进行加工与整理,深入挖掘并剖析专利内部的信息,使其转化为能够预测技术未来发展的有用信息。文中在文本聚类的基础上,主要通过相关有效评

价指标的选择以及评价模型的建立,形成技术重要性定量评价的方法,从而为技术未来发展提供预测参考。

1.1.1 评价指标选取

技术的研发是研究人员或研发机构根据市场现实或潜在的需求,通过一定技术路线,采用适当的方法和手段,筛选出能满足市场需求的新品种、新技术、新服务。(1)据统计,欧专局中不到 20% 的专利价值超过 300 欧元,然而这部分专利却占了欧专局所有财务收入的 90%^[13],仅以专利数量评估技术领域的专利实力、创新力或者竞争力还不够充分^[14-15]。(2)市场是专利的试金石,专利又是市场的敲门砖。市场经济环境下,专利的含金量直接决定了其在市场中的影响力。专利的目的是形成市场、发展产业、促进商业价值的体现^[16]。技术的研发和市场选择息息相关的,需要投入大量资金,有用的技术被申请知识产权专利保护,从而确保公司的竞争力和收益率。因此,通过专利分析进行技术重要性评价时,考虑市场的影响是非常有意义的。

由于专利和市场密不可分的关系,专利表现出时效性强、含金量高、排他性强等特点。本文综合考虑技术的特点以及和市场的关系,基于 PatentSight 数据库,对专利指标进行筛选,重新构建基于技术的专利集群,形成技术市场影响力评估指标,从而进行技术客观性的定量评价。具体指标含义如下所示:

(1) 技术数量 (technology number): 专利数量可以最直观表现技术的活跃程度,某一技术领域的专利申请量反映该技术领域发展情况,专利申请量越多,说明该技术创新水平越

高^[17]。本文为了更好的体现实际专利受市场的影响,此处专利数量指合并同族的专利,即申请和授权、中国专利和国外专利合并为同一个专利,而申请公开后未授权、授权后未继续维持以及其他各种原因而导致专利公开后无效的专利,均不在统计之列,经过以上筛选的专利数量定义为技术的有效专利数量。文中认为技术数量(TN)=某类技术中所有专利的有效数量。

(2) 技术影响力(technology impact): 一般认为专利的被引次数越多,该专利对未来的技术发展影响越大,其未来市场潜力越大,市场价值越高。但专利受时间影响较大,通常时间越久,专利被引次数越高。该指标选择消除时间等影响因素的有效被引次数。对于一类技术而言,定义为某类技术的全部有效被引次数,一类技术被引越高,证明该技术市场价值越高。文中认为技术影响力(TR)=某类技术中所有专利的全部有效被引次数总和。

(3) 技术覆盖度(technology coverage): 专利具有领土权,一项发明只有在专利权人拥有知识产权的地区才被保护,重要的专利需要在较多国家设置专利保护,因此专利在世界范围内申请的保护越多,其专利价值越高。被评价专利申请的同族国家数量、各个同族的申请或授权状态以及各国的国民收入总值等都会影响专利的技术覆盖程度。本文选择考量这些影响因素的市场覆盖度来衡量专利在世界范围内的申请量^[18]。文中认为某一类技术中所有专利的市场覆盖度可以来衡量该项技术在全球范围内的保护程度以及覆盖度。

(4) 技术应用度(technology applicability): 国际专利分类号(IPC)是目前国际通用

的、唯一的专利文献分类方法,通过统计相关领域专利的国际专利分类号,可以了解该领域的技术分布情况。因此,IPC分类号个数可以表征专利涉及的技术领域范围^[19],专利被分配的IPC分类号数量越多,其涉及的技术领域越广,说明该技术应用范围越大,通用程度越高,未来被应用于不同领域的机会越多,潜在市场价值也越高。文中认为技术应用度(TA)=某类技术中所有专利的IPC分类号总数。

(5) 技术年龄(technology age): 专利具有专利权期限,在专利期限之内是受法律保护的,而专利权期限的维持是需要缴纳年费的。专利遵循优胜劣汰的市场自然法则,一般来说,只有专利权人认为对其有价值的专利才会缴纳年费,继续维持专利的有效性。因此认为专利年龄越大,价值越高^[19],专利年龄可以一定程度上衡量专利的价值,某一类技术的年龄代表了其受保护的时间范围。文中认为技术年龄(TA)=某类技术中所有专利的总技术期限。

1.1.2 组合赋权TOPSIS评价模型

TOPSIS法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)又称为逼近理想解排序法或理想解法。这种方法是一种常见的多目标、多指标决策分析技术,它是将评价对象与理想化目标两者之间的接近程度进行排序,并对现有评价对象进行相对优劣评价的分析方法^[20]。TOPSIS评价方法并不是十分注重具体分数,更关注的是不同对象的排序,其评价既可以采用客观数据进行评价,又可以加入主观的因素进行评价^[21]。

基于TOPSIS的评价模型构建的具体过程如下:假设对 $A=\{A_1, A_2, A_3, \dots, A_n\}$ 组专利信息

评价样本进行综合评价，其中每个专利评价样本均包括 $B=\{B_1, B_2, B_3, \dots, B_n\}$ 个评价指标。

(1) 构建综合评价指标矩阵：

$$X(\chi_{ij})_{n \times m} \quad (1)$$

其中， χ_{ij} 为第 i 个评价样本的第 j 个指标值 ($i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m$)。

(2) 评价指标矩阵标准化：由于各个评价指标之间存在着单位、量级的不同，需要对原始数据进行归一化处理，从而得到标准化的无量纲评价指标矩阵：

$$Z_{ij} = \frac{\chi_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \chi_{ij}^2}} \quad (2)$$

(3) 组合赋权确定权重：确定指标权重是构建指标模型的关键环节，直接影响评价结果的合理性。本文采用德尔菲法与熵权法结合的方法，德尔菲法是一种由领域专家学者来确定评价指标权重的方法，具有较大的主观性。熵权法是一种根据真实的原始数据来评价指标权重的方法，此处分析数据为专利的原始指标数据，通过标准化处理、熵值和熵权计算，获得其客观指标权重，具有一定客观性。因此本文结合这两种方法进行组合赋权，具体如下：

$$\omega_j = \mu\alpha_j + (1-\mu)\beta_j (0 \leq \mu \leq 1) \quad (3)$$

其中

$$\alpha_j = D_j / \sum_{j=1}^n D_j \quad (\sum_{j=1}^n \alpha_j = 1)$$

$$\beta_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \quad (\sum_{j=1}^n \beta_j = 1)$$

其中， α_j 为评价指标 j 的德尔菲法权重， D_j 为评价指标 j 的实际得分； β_j 为评价指标 j 的熵权法权重， E_j 为评价指标 j 的熵， μ 为两种方法的权系数。通过组合赋权法来确定各个评价指标

的权重，指标权重的大小意味着该指标对技术评价影响程度的高低，权重值越大，该评价指标影响程度越高；反之，则越低。

(5) 构造加权的规范化矩阵：将标准化的无量纲评价指标矩阵 Z_{ij} 与对应的指标权重 ω_j 相乘，得到加权标准化的规范化矩阵 $G_{ij}=Z_{ij} \times \omega_j$ ($i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m$) (4)。

(6) 确定正理想解和负理想解：根据式(5)

(6) 分别确定各个评价指标集的最大值和最小值。将正向指标 j^+ 的最大值与负向指标 j^- 的最小值构成评价指标的正理想解；将正向指标 j^+ 的最小值与负向指标 j^- 的最大值构成评价指标的负理想解。

$$\text{正理想解: } G_j^+ = \begin{cases} \max\{G_{ij}\}, j \in j^+ \\ \min\{G_{ij}\}, j \in j^- \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{负理想解: } G_j^- = \begin{cases} \min\{G_{ij}\}, j \in j^+ \\ \max\{G_{ij}\}, j \in j^- \end{cases} \quad (6)$$

(7) 计算每个评价对象与理想解、负理想解之间的欧氏距离：

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (G_{ij} - G_j^+)^2} \quad S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (G_{ij} - G_j^-)^2} \quad (7)$$

其中， S^+ ， S^- 为各个评价对象到正理想解和负理想解之间的欧氏距离。

得到该评价对象与最优解的相对接近度：

相对贴进度反映了评价对象与正理想解贴进的趋势程度，其值越大表明评价对象与正理想解越接近，与负理想解越远离，则评价结果越优。反之，则评价结果越差。其中计算公式为：

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (8)$$

(9) 评价各被评价对象的优劣程度：根据相对贴进度值从大到小，对评价对象进行排序，相对贴进度值越大，评价对象的评价

结果最优；相对贴近度值越小，评价对象的评价结果越差。

1.2 技术预测流程

本研究的技术预测流程主要包括：首先确定该研究领域的检索策略，通过专利数据库获

取特定领域的专利信息；其次对专利数据进行去重等处理，通过技术生命周期 S 曲线判断技术的发展趋势和成熟度；最后对经过技术集群聚类技术，采用 TOPSIS 评价指标模型进行技术预测，帮助研究人员客观、快速地作出判断。具体流程如图 1 所示。

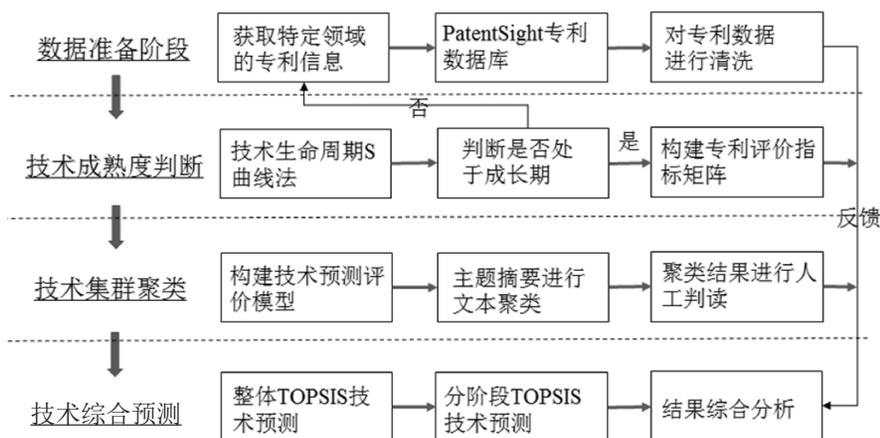


图 1 TOPSIS 专利技术预测方法流程

(1) 技术成熟度判断：技术生命周期常被用来表征技术发展的过程以及所处的阶段，可作为技术成熟度的判断依据。不同生命周期的技术具有不同的特点及用途，若所预测的技术处于萌芽期，说明该技术尚未成型，未来的发展存在较大不确定性，不是预测的最佳时期。若技术处于衰退期，说明技术已经趋于陈旧，对其发展进行预测意义不大。而处于成长阶段或趋于成熟的技术，在未来仍具有较大潜力，具有可研究的价值^[9]。判断技术生命周期最常用的方法为生命周期 S 曲线方法^[22]。因此，本文根据技术生命周期 S 曲线判断技术的成熟度，对整体处于成长期的技术领域进行本文提出的技术预测方法。

(2) 技术集群聚类：技术集群聚类主要基于文本聚类方法，本研究采用 PatentSight 专利分析数据库的技术聚类方法进行实现。该聚类方法的训练文本包括标题、摘要、权利要求和描述等专利可用文本，基于迭代训练，主要聚类过程包括文本预处理、基于神经网络的词嵌入训练和专利向量获取、基于相似度的聚类层次结构的创建以及聚类集形成等。具体操作如下：①对经过整理分析的专利数据，按照技术成熟度的发展，划分时间段，进而通过专利分析数据库进行技术聚类。②对聚类的结果，按照技术领域进行分类统计、筛选及整理，正确划分技术所属，从而得到技术集群的所有相关专利。③在进行技术集群分类统计时，需要专

家对聚类结果进行人工判断，选择具有代表性的技术作为技术领域的划分依据。

(3) 技术综合预测：技术综合预测是对技术未来发展趋势进行的预测。全都统一为技术综合预测指标体系进行技术评估和技术预测，具体操作如下：①对整个时间段内所有专利技术集群进行 TOPSIS 方法排序，计算技术的相对贴适度，按照相对贴适度对各技术进行排序。②依据专利成熟度的不同时期，将技术分阶段聚类，并对分阶段聚类的结果进行 TOPSIS 方法排序，计算不同阶段各技术的相对贴适度变化。③综合分析整体和分阶段排序结果，整体排序可以对技术发展进行宏观把握，而分阶段排序可以得到信息量大、内容丰富的技术变化趋势图，整体和分阶段综合分析可以增加技术预测的准确性和丰富性。

2 实证研究 - 以全球致密油技术为例

致密油是非常规油气资源的重要组成部分，资源潜力巨大，是今后较为现实的油气资源接替领域之一，被石油工业界誉为“黑金”^[23]。随着我国经济持续高速发展，石油消费量逐年快速增长，石油安全稳定供应形势日趋严峻，而油价受市场影响较大，对经济社会的发展具有明显影响。因此，加大国内致密砂岩油气资源勘探，提高开发开采技术，提高石油供应能力成为必然选择^[24]。技术的先进性是影响致密油成功开发的重要原因，根据目前现有的技术发展态势对致密油技术未来的发展前景和潜能进行预测，具有重要的战略指导意义。

本研究数据来自 LexisNexis 公司的全球专利分析系统 PatentSight，检索国家和地区数量为 105 个（每个国家数据基于可得状态），检索数据时间范围从 1998 年 10 月至 2018 年 12 月 31 日。检索的专利技术为“致密油”，在标题、摘要和权利要求（技术特征表述部分）进行了检索，并对检索结果进行了人工降噪，排除了明显无关专利，进行合并同族等优化后，最终得到专利 1822 件。

2.1 技术成熟度判断

图 2 展示的是致密油技术领域的生命周期 S 曲线，即从 1998-2018 年致密油技术领域的所有专利申请量随时间的变化曲线，专利申请量可以反映技术领域发展情况，专利申请量越多，说明该技术目前发展比较迅速，相关研究比较集中。对全球致密油专利技术的 S 曲线进行分析，从图 2 可以看出，从 1998 年该领域技术开始萌芽，直到 2009 年一直处于缓慢增长阶段，到 2010 年开始呈现出快速增长的态势，直到 2016 年增速开始变缓，可能和未公开数据有关。从整体上看，致密油领域的技术，处于技术生命周期的成长期，且目前仍在持续增长中，具有研究预测的价值。因此，对致密油领域的技术，可以采用本文的方法进行技术追踪和技术预测。

2.2 技术集群聚类

本文结合致密油生命周期 S 曲线的增长情况，以及目前致密油的发展趋势特点，将其划分为三个时间段分别进行技术聚类。其中第一阶段（1998-2009）是致密油的缓慢增长阶

段，此阶段具有有效专利数量 192 件。第二阶段（2010-2015）为致密油快速增长阶段，此阶段具有有效专利数量 974 件。第三阶段（2016-

2018）：此阶段具有有效专利数量 658 件，虽然此阶段部分数据未公开但作为趋势判断，仍具有一定可参考性。

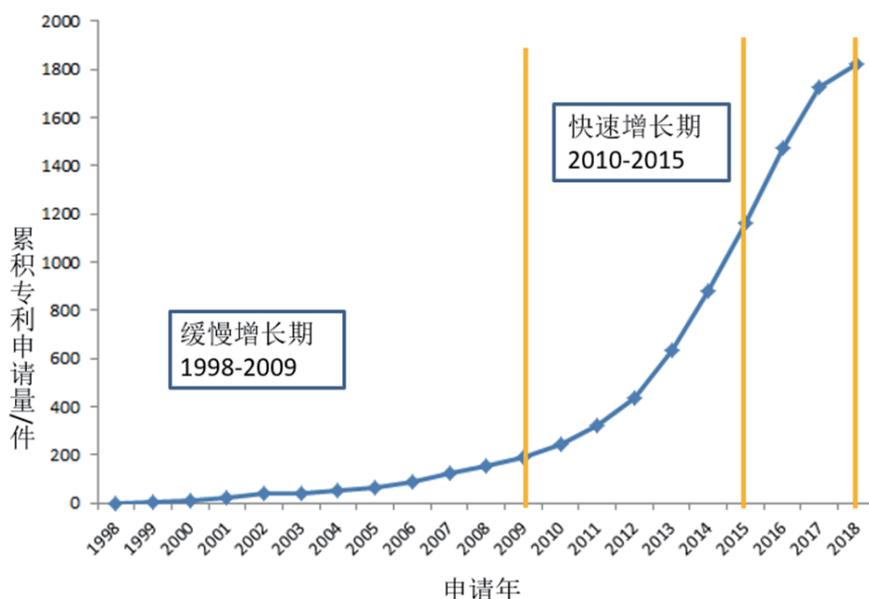


图 2 致密油领域技术生命周期 S 曲线

在进行技术聚类的过程中，发现致密油隶属于油气，从勘探到开发涉及的技术领域跨度较大，不同学科、研究方向之间的交叉性和融合性比较明显。因此，本文删掉少量不具有代表性的技术，选择具有代表性的关键词作为相关技术的主要研究方向，经过专家反复筛选后，最终得到的主要专利数量为 1357 件，并对这些专利进行分时间段的文本聚类，得到的技术集群聚类结果如表 1 所示。

从表 1 可以看出，致密油的技术集群在不同时间段内是不同的。第一阶段（1998-2009 年）的技术研究热点主要为：水力压裂相关技术，水平井相关技术，垂直井相关技术，压裂液相关技术以及油管相关技术五个方面，（文中以下略去“相关”字眼，仅保留技术集群名称），

此阶段属于致密油萌芽阶段，属于致密油的勘探。第二阶段（2010-2015 年）的技术研究热点为油管技术，水力压裂技术，垂直井技术，钻

表 1 致密油专利从 1998-2018 年之间的技术集群聚类结果

1998-2009年	2010-2015年	2016-2018年
技术聚类	技术聚类	技术聚类
水力压裂	油管	油管
水平井	水力压裂	钻井液
垂直井	垂直井	水力压裂
压裂液	钻井液	垂直井
油管	滑动套管	完井
其他	完井	暂堵剂
	水平井	其他
	其他	

井液技术, 滑动套管技术, 完井技术, 水平井关技术等七个方面, 这一阶段属于致密油快速发展时期, 随着技术的革新, 这一阶段钻井相关技术呈现爆发式增长。第三阶段(2016-2018年)的技术重点为油管技术、钻井液技术、水力压裂技术、垂直井技术、完井技术以及暂堵剂技术等六个方面。致密油层系比较复杂, 需要使用多种技术方法进行开发, 随着近年来高分辨率现场分析技术, 水平井钻井技术、分段压裂完井等新技术的推广, 致密油的开发迎来高潮, 因此致密油的主要技术也应该分布在相关领域。

值得关注的是, 在致密油技术专利申请量迅速增加的两个阶段, 都出现了新的技术。这也说明在技术申请量迅速增长的期间, 该技术

不仅热门, 还预示着该技术正在传播到其他技术领域, 此时出现新兴技术的可能性较大, 值得关注。

2.3 技术综合预测

根据技术聚类的结果, 对所有致密油技术所对应的专利号以及相关指标进行分类统计, 然后依据 TOPSIS 方法对致密油技术, 从整体和分阶段两部分进行综合评价和结果分析。

2.3.1 TOPSIS整体评价结果

(1) 构建综合专利指标评价矩阵

对致密油从 1998-2018 年所有相同技术进行合并整理, 根据原始数据(表 2)进行综合专利评价指标的构建。

表 2 致密油技术整体专利各指标原始数值

技术	技术数量	技术影响力	技术覆盖度	技术应用度	技术年龄
油管	345	580.81	171.19	623	1345.16
水力压裂	324	673.3	244.79	740	1929.53
垂直井	210	365.28	94.78	353	944.13
钻井液	206	296.2	104.73	349	850.27
水平井	72	134.35	51.46	133	701.19
完井	92	161.94	47.81	178	312.2
滑动套管	85	143.22	52.77	144	429.97
压裂液	12	55.73	14.92	30	183.97
暂堵剂	23	22.27	12.78	39	37.8

(2) 组合确定指标权重

首先根据德尔菲法确定指标的主观权重, 然后根据熵权法确定指标的客观权重, 最后根据式(3)确定其组合权重, 这里 u 取值为 0.5, 则得到的最终指标权重为:

$$\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T = (0.2545, 0.2508, 0.2086, 0.1988, 0.087)^T$$

表 3 各个指标的权重

技术数量	技术影响力	技术覆盖度	技术应用度	技术年龄
0.2545	0.2508	0.2086	0.1988	0.087

(3) 计算相对贴近度

根据指标权重, 构建加权的规范化矩阵, 根据式(5-6)计算各指标的正负理想解, 根据

式(7-8)计算致密油技术的最终相对贴近度值(如表4)。

表4 致密油各技术的相对贴近度

技术名称	S ⁻	S ⁺	相对贴近度	整体排序
油管	0.2486	0.0571	0.8131	2
水力压裂	0.2880	0.0093	0.9688	1
垂直井	0.1451	0.1519	0.4886	3
钻井液	0.1367	0.1589	0.4624	4
水平井	0.0524	0.2416	0.1781	7
完井	0.0600	0.2335	0.2044	5
滑动套管	0.0551	0.2378	0.1882	6
压裂液	0.0093	0.2867	0.0315	8
暂堵剂	0.0051	0.2894	0.0174	9

根据相对贴近度的大小,对评价技术进行

排序,从而确定综合评价结果(表4):水力压裂>油管>垂直井>钻井液>完井>滑动套管>水平井>压裂液>暂堵剂,可以看出致密油技术中水力压裂、油管、垂直井技术都是比较重要的技术。

2.3.2 TOPSIS分阶段评价

参考表1,整理得到致密油技术领域分阶段的技术集群各指标的原始数值(表5),并依据式(1-8)计算的分阶段致密油技术的相对贴近度值(表5)。不同时间阶段,技术集群的类型以及相关指标数值具有明显不同,其相对贴近度值也具有明显不同。三个阶段致密油技术集群的相对贴近度值的变化可以反映技术的发展及变化。

表5 致密油技术集群专利各指标原始数值以及最终相对贴近度

年份	技术	技术数量	技术影响力	技术覆盖度	技术应用度	技术年龄	相对贴近度
1998年-2009年	水力压裂	68	191.56	82.95	236	882.87	1.0000
	水平井	52	83.30	38.93	95	608.67	0.4733
	垂直井	14	59.20	10.18	36	180.33	0.1265
	压裂液	12	55.73	14.92	30	183.97	0.1157
	油管	7	25.57	8.03	18	88.31	0.0000
2010年-2015年	油管	205	374.45	106.89	387	1022.14	0.9897
	水力压裂	170	378.83	108.62	320	872.17	0.8646
	垂直井	114	214.64	51.25	177	608.38	0.4653
	钻井液	100	146.04	47.32	160	500.23	0.3675
	水平井	20	51.05	12.53	38	92.52	0.0000
2016年-2018年	完井	43	109.43	21.99	75	218.41	0.1328
	滑动套管	85	143.22	52.77	144	429.97	0.3382
	油管	133	180.79	56.27	218	234.71	1.0000
	水力压裂	86	102.91	53.22	184	174.49	0.6219
	垂直井	82	91.44	33.35	140	155.42	0.4941
	完井	49	52.51	25.82	103	93.79	0.2508
	钻井液	94	94.43	42.49	159	166.07	0.5756
	暂堵剂	23	22.27	12.78	39	37.80	0.0000

2.3.3 结果分析

目前致密油领域技术中油管和水力压裂是最核心的技术，其次是隶属于钻井技术的垂直井、钻井液、水平井以及完井等相关技术（表 4）。其中水力压裂是最具影响力的技术，油管技术的技术数量最大，但技术影响力、技术覆盖度以及技术领域等均弱于水力压裂。完井技术较水平井技术出现时间晚，但技术数量及技术影响力均比水平井高，但技术覆盖度不如水平井广泛。

根据三个时间段的相对贴适度（表 5），得出不同时间段致密油技术集群的变化趋势（如图 3）。水力压裂三个阶段的相对贴适度均在 0.6 以上，说明水力压裂技术是致密油技术领域

最重要的基础技术，但相对贴适度又呈现逐年下降趋势，说明水力压裂技术分阶段的影响力是下降的。油管技术的相对贴适度增长最快速，第二阶段油管技术爆发式增长，第三阶段依然保持前位，说明该技术影响力持续增长，且具有较大发展空间，未来仍会继续保持发展。垂直井技术的相对排名也呈现上升趋势，发展势头良好，而与之对应的水平井技术迅速减少，可能由于垂直井技术的替代等原因。钻井液和完井自从第二阶段出现之后，也呈现较快增长趋势，未来可持续关注。而第二阶段出现的滑动套管、以及第三阶段出现的暂堵剂技术是在主要技术基础上新起的技术方法，新方法更迭较快，可以关注。

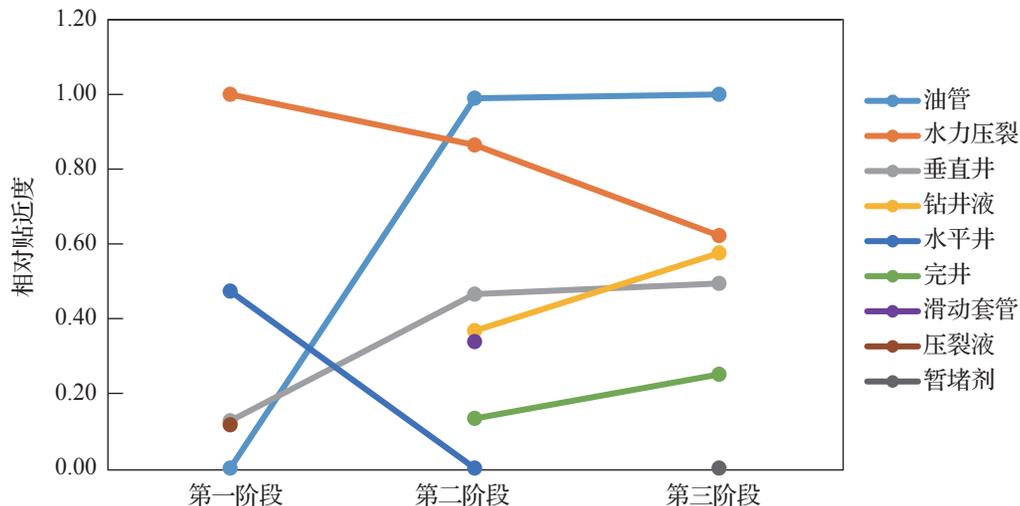


图 3 不同时间致密油技术集群相对贴适度变化趋势图

综上所述，结合整体分析结果（表 4）和分阶段分析结果（图 3），将致密油领域的技术按照重要性分为三类。（1）重要技术：水力压裂、油管、以及垂直井贯穿三个阶段，且相对贴适度排名为前三名。说明这三种技术对于致密油是非常重要的，未来数量可能会减少，

但是相关技术仍然比较重要。尤其油管技术，发展速度迅猛，值得重点关注。（2）热门技术：第二阶段新出现的“钻井液”以及“完井”技术，在第三阶段呈现上升趋势，未来仍然具有发展势头，可进行持续关注。水平井从开始下降到消失，且整体相对贴适度排名靠后，说明未来

成为研究热点的几率较小。(3) 新兴技术: 对于仅在一个阶段出现过的技术, 如“钻井液”“滑动套管”, “暂堵剂”这些当年比较新的技术, 未来是否成为热点, 无法预测。但在技术飞速发展时期, 新兴技术的出现是非常可能的。

3 结论和不足

专利技术预测是一个较为复杂的过程。本文从市场影响角度深入挖掘专利的影响因素, 构建了基于技术数量、技术影响力、技术覆盖度、技术应用度以及技术年龄的专利技术预测评价指标体系。利用组合赋权 TOPSIS 方法建立了一种定量的专利预测模型, 并形成了一套结合专利成熟度判断和专利技术集群聚类的专利预测方法。通过对全球致密油技术的实证研究, 验证了该方法的可操作性、客观性以及有效性。

本文所构建的专利评价指标体系考虑了市场影响, 具有比较广泛的实际意义, 对受市场影响较大的技术领域具有较高参考价值。所形成的专利预测方法计算简便, 可操作性强, 既可进行定性分析, 也能进行定量分析, 对受市场影响的技术领域专利分析的针对性强, 能显著地反映出技术在发展中的研究重点和热点, 相关科研机构可以从技术预测中, 找出不足之处, 有针对性地投入, 提高相应技术的专利竞争力。其中技术成熟度的判断, 是对现有技术领域发展模式的整体把控; 技术集群聚类是一种结合人工判读和计算机获取的文本聚类方法, 具备人工文本聚类的精确性和自动文本聚类的快捷性; 整体和分阶段的 TOPSIS 技术综合预测方法, 可以获得整体发展趋势以及分阶段发

展细节, 具有更高预测价值。

本研究还存在一些不足, 以后也将从以下方面进行更深入的研究: (1) 在专利文献分析的基础上, 为了减少由于专利的时滞性对技术监测时效性的影响, 可以补充时效性强、专业性强的学术论文文献, 验证本文提出的技术预测方法, 从而对技术的未来发展做出更全面、更丰富的判断。(2) 本文在进行技术文本聚类后, 需要专家进行技术的二次划分, 导致较多人为主观因素的存在。但随着大数据技术的快速发展, 未来可以结合更多科学有效的数据挖掘技术和方法, 使技术领域的划分以及文本聚类更客观和准确。(3) 市场的影响因素较多, 文中在专利指标选取中, 存在较多主观因素, 国家政策导向、市场信息导向等影响因素未考虑在内。因此预测结果仍具有不完整性, 未来仍要持续关注市场发展, 构建更有效的专利技术评价体系。(4) 专利从申请到公开、授权, 具有较长的审查周期, 在进行专利分析时, 能表征最新技术发展状况的专利可能还未进行公开。因此, 对滞后的专利数据需要后续进行补充和验证, 对新兴技术也需要进行持续关注, 从而论证该方法和结论的正确性及完善性。

参考文献

- [1] 郑美玉. 基于 Innography 的农林类高校专利竞争力研究 [J]. 图书情报工作, 2018, 62(1):117-124.
- [2] 侯建华; 朱晓清. 基于专利的技术预测评价指标体系及其实证研究 [J]. 图书情报工作, 2014, 58(18):77-82,116.
- [3] 王小平. 怎样查找《国际专利分类表》中未明确显示的类目 [J]. 图书情报工作, 1995(4):49-50.
- [4] You H, Li M, Hipel K W, et al. Development trend

- fore-casting for coherent light generator technology based on patent citation network analysis[J]. *Scientometrics*, 2017, 111(1):297-315.
- [5] Ernst H. The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of cnc-technology in the machine tool industry[J]. *Small Business Economics*, 1997, 9(4):361-381
- [6] Daim T D, Ploykitikoon, Kennedy P, et al. Forecasting the future of data storage: case of hard disk drive and flash memory[J]. *Foresight*, 2008, 10(5):34-48.
- [7] Trappey C, Wu H Y, Fataneh T D, et al. Using patent data for technology forecasting: China RFID patent analysis[J]. *Advanced Engineering Informatics*, 2011, 25(1): 53-64
- [8] 刘红光; 孙惠娟, 刘桂锋, 等. 基于专利组合分析的新兴产业核心技术挖掘—以国际燃料电池汽车为例 [J]. *情报杂志*, 2013, 32(8):68-72.
- [9] 冯冲, 董新月, 袁红梅. 基于专利信息分析的技术发展前途预测 - 以中药专利为研究样本 [J]. *情报理论与实践*, 2018, 41(8):79-84.
- [10] 王子焉, 倪渊, 张健. 基于灰色关联分析—随机森林回归的网络平台专利价值评估方法研究 [J]. *情报理论与实践*, 2019, 42(10):108-116.
- [11] 刘夏, 黄灿, 余骁锋. 基于机器学习模型的专利质量预测初探 [J]. *情报杂志*, 2019, 38(4):402-410.
- [12] 马瑞敏, 尉心渊. 技术领域细分视角下核心专利预测研究 [J]. *情报学报*, 2017, 36(12): 1279-1289.
- [13] Gambardella A, Harhoff D, Verspagen B. The value of European patents[J]. *European Management Review*, 2008(5):69-84.
- [14] Fabry B, Ernst H, Langholz J, et al. Patent portfolio analysis as a useful tool for identifying business opportunities – an empirical application in the nutrition and health industry[J]. *World Patent Inform*, 2006, 28(3):215-25.
- [15] Dou H. Benchmarking R&D and companies through patent analysis using free databases and special software: a tool to improve innovative thinking[J]. *World Patent Inform*, 2004, 26(4):297-309.
- [16] 颜涛, 黄非. 谁是专利的试金石专利又是谁的敲门砖——试谈专利与市场的关系 [J]. *中国发明与专利*, 2013(2):37-38.
- [17] 刘庆红. 中国环保物联网专利发展动态专利情报研究 [J]. *情报科学*, 2016, 34(8):52-56.
- [18] Holger Ernst, Nils Omland. A new approach to benchmark patent portfolios[J]. *World Patent Information*, 2010.
- [19] 朱月仙, 张娴, 李姝影, 等. 国内外专利产业化潜力评价指标研究 [J]. *图书情报工作*, 2015, 59(1):127-132.
- [20] 雷勋平, 邱广华. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域资源环境承载力评价实证研究 [J]. *环境科学学报*, 2016, 36(1):314-323.
- [21] 张海涛, 李泽中, 刘嫣, 等. 基于组合赋权灰色关联 TOPSIS 的商务网络信息生态链价值流动综合评价研究 [J]. *情报科学*, 2019, 37(12):150-158.
- [22] Forster R N. Assessing technological threats[J]. *Research Management*, 1986(1):17-20.
- [23] 邹才能, 朱如凯, 吴松涛, 等. 常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望——以中国致密油和致密气为例 [J]. *石油学报*, 2012, 33(2):173-188.
- [24] Zhang X S, Wang H J, Ma F, et al. Classification and characteristics of tight oil plays[J]. *Petroleum Science*, 2016, 13(1):18-33.