

基于专利数据的输气管道泄漏研究现状与热点分析

姬峰

天然气分公司蒙陕天然气销售中心，陕西省西安市，710038；

摘要：近年来输气管道泄漏事故频发，不仅给经济带来损失，还对生态环境以及周边人员造成不小的伤害，由此可知对管道泄漏相关的技术进行深入研究和分析具有非常重要的意义。本研究旨在利用专利数据分析方法，通过分析由国家知识产权局支持的检索库得到数据，探究国内背景下输气管道泄漏的研究现状，挖掘管道泄漏领域的技术热点并进行深入分析，揭示当前研究的重点和趋势主要集中在管道泄漏检测技术的创新上，并对此提出一些有关未来研究方向上的建议。

关键词：管道；泄漏；气体；专利数据

DOI:10.69979/3041-0673.25.03.057

引言

输气管道泄漏不仅对生态环境造成了严重的影响，也导致了能源的浪费、社会经济的损失以及人员伤亡等一系列问题，最严重的是大规模气体管道泄漏极有可能会造成火灾、爆炸等严重后果^[1]。由于导致泄漏的原因较为复杂，因此，对输气管道泄漏相关的技术进行研究具有十分重要的现实意义和科研价值。本文通过对专利数据文本的处理和分析，一方面有利于为管道泄漏检测和定位技术的未来发展提供科学依据，另一方面有利于提高我国输气管道运行的安全水平，有效降低输气管道泄漏事故的发生概率。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文所有数据来源于国家知识产权局所支持的专利检索及分析系统，系统内包含了时间跨度从 1985 年到现在的我国所有专利数据，具备较为全面的资料信息和较完备的数据搜索功能，基本上可以满足简单地筛选需要。数据检索过程中将“天然气管道泄漏”“二氧化碳管道泄漏”“氢气管道泄漏”“气体管道泄漏”等作为专利名称或者摘要的关键词，由于 2005 年前的专利数据过少，并且会对统计结果的准确度造成影响，因此本文的数据检索时间确定为从 2005 年 1 月 1 日开始至 2023 年 12 月 31 日，最终得到 387 条专利数据。

1.2 研究方法

本文研究第一部分是通过计量统计法对有关输气管道泄漏方面的专利申请趋势、专利来源机构和专利地

域分布三个方面分析，从而推断出此领域的研究现状^[2]。第二部分使用文本分析方法获得专利技术的研究热点，先对 387 条专利数据文本进行预处理和分词，接着运用 Python 软件进行 TF-IDF、K-Means 聚类以及建构关键词共现矩阵，并用 Gephi 生成和调整文本的高频词社会语义网络关系图，最后一步是对筛选出的高频词进行 LDA 主题建模，分析主题的技术热点并通过建立 pyLDAvis 可视化图得到每个主题的占比，从而更清晰地展示主题间的关系。

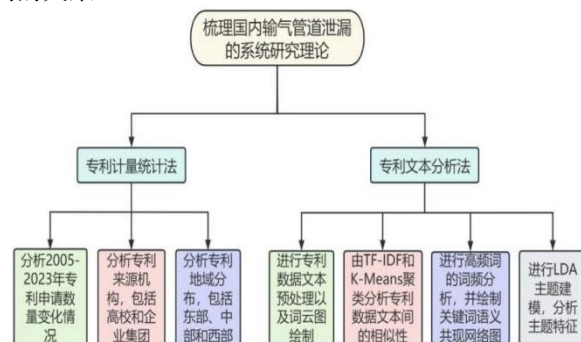


图 1 专利分析流程图

2 专利申请现状分析

2.1 专利申请趋势

我国有关输气管道泄漏的研究专利在 2005-2022 年期间整体申请数量的变化趋势，从图中得到国内关于输气管道泄漏的研究专利申请大体上呈上升趋势，2011 年、2018 年以及 2020 年分别出现三个高峰期。2005-2010 年是专利申请的萌芽期，申请数量不足 10 篇，其可能原因是因为管道建设和运输在国内尚未完全普及和运用，国内研究学者对管道泄漏技术相关方面的研究还

停留在初步探索上；2010–2020 年是专利申请的快速发展期，申请量先迅速升高并在 2011 年达到第一个顶峰，然后立即下降，在 2012–2018 年期间是申请数量缓慢增长达到第二个顶峰，在 2018–2019 年小幅下降后至 2020 年都呈现上升趋势，从而达到第三个顶峰，其主要原因可能是随着管道的普及和专业技术的提高，国内关于输气管道的研究也随之迅速发展；在 2020–2023 年申请量整体呈现下降趋势，其可能原因是因为突如其来的新冠疫情导致研究经费不足以及研究环境不稳定，从而影响申请数量。由此可知，有关输气管道泄漏的专利研究还有待深入探究和加强研发。

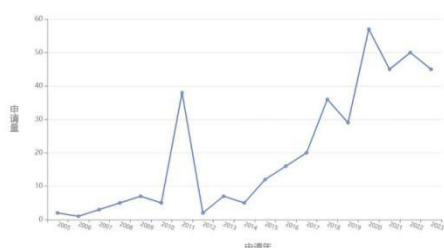


图 2 我国有关输气管道泄漏的专利申请趋势

2.2 专利来源机构

为了在整体上得到本领域内致力于研究分析的市场主体与研究发明实力，本部分具体分析了专利申请的来源机构。我国排名前十位的关于输气管道泄漏的专利，前十位中企业占了六位，高校和研究所占四位，这在一定程度上可以看出在对输气管道泄漏方面的专利研究上，由于国家政府和行业政策的大力支持，相关企业公司和国家管网展现出较强的专利研究力量，而研究院与高等学校等不以生产营业为目的的单位在很大程度上更倾向于对输气管道泄漏的理论研究，专利申请数量相对较少。

2.3 专利地域分布

我国与输气管道泄漏相关的技术专利申请数量排名前 10 位的省（市），并通过查询国家统计局对全国地域划分结果可知，前 10 位地域分布中东部地区有 6 个省、西部地区 2 个省、中部地区 1 个省，由此可知，经济较为发达的东部地区由于受研究设备、经费等方面原因影响对输气管道泄漏的研究以及专利研发能力保持在较高的水平，中、西部三个省份的研发能力保持较为稳定状态。

3 专利技术热点分析

3.1 文本预处理和词云图

为了得到有关输气管道泄漏的专利技术研发热点，第一步要对 387 条由专利名称以及摘要组成的文本进行预处理和逐行分词^[3]。有关输气管道泄漏的专利数据文本中出现频率较高的词汇主要是“检测”、“装置”、“传感器”、“固定”、“光纤”、“安装”、“信号”等，由此可知近年来的专利研究方向和技术热点主要集中在管道泄漏检测装置的发明和创新上。

3.2 TF-IDF 与 K-Means 聚类

Label0 中出现频率较大的词语主要是“光纤”、“传感器”、“信号”、“监测”等词，由此可知该标签下的文本主要是研究与光纤传感相关的技术来实现管道泄漏的监测，以便能够更及时的发现管道泄漏，从而更好地采取后续泄漏点定位和补救措施；Label1 出现次数较多的词汇主要是“实用新型”、“固定”、“连接”、“机构”等，由此可知该标签下的文本主要是研究新型固定装置来实现管道泄漏的快速检测与定位，从而在管道发生泄漏时更精确的定位到泄漏点，防止泄漏的无限扩散和失控；Label2 的高频词主要是“信号”、“数据”、“模型”、“监测”等关键词，通过具体分析文本数据可知，该标签下专利数据主要是对泄漏信号进行采集和数据分析来进行泄漏检测，如通过采集声波、压力、温度等信号变化情况进行数据模型分析，从而判断管道是否泄漏并根据信号源确定泄漏点位置。

3.3 关键词共现网络分析

将数据预处理得到的关键词作为专利名称文本的行特征词，利用 Python 的 numpy 库和 pandas 库得到关键词共现矩阵，“连接”、“光纤”、“信号”、“传感器”、“实用新型”、“固定”等词和其他关键词之间的联系度更高，换言之，这些词表明了与输气管道泄漏有关的技术研究中相对更受注意的地方，和这些词语有关系的技术更加贴近其他技术领域，占据所有技术中的大部分。与此同时也可以在大体上推测出我国有关输气管道泄漏技术的专利申请热点与输气前的管道检测技术以及管道泄漏后的处理有关。Label0 中，“传感”、“信号”、“定位”、“光纤”、“监测”等词与其他词关联性更强，“电路”这一关键词的关系强度偏低，由此可知光纤传感技术在管道泄漏监测上的应用是该标签下的专利数据文本所侧重研究的方向；Label1 中，

“连接”、“固定”、“实用新型”、“密封”、“公开”等和其他词的关联度更大,“修补”、“弧形”、“封堵”、“检测仪”的共现次数较低,由此可知此标签下的专利文本主要是研究创新型固定装置来实现管道泄漏的检测和定位,偏向于研究更加快速且精确的泄漏点定位系统,而管道泄漏后的修补研究在 Label11 的专利数据中关联性较弱;Label12 中,“信号”、“传感”、“数据”、“采集”、“公开”等词的关系强度更大,“次声波”与其他关键词的关系强度较低,从而得到 Label12 中的专利数据主要集中在研究泄漏信号采集和数据分析上,包括声波信号检测、红外检测、压力变化检测等方式判断管段泄漏以及泄漏点的确定。

3.4 LDA 主题模型

3.4.1 最优主题数选取

本部分的内容主要是确定最佳主题数,然后对 387 条专利文本进行 LDA 主题建模。由于太少或太多的主题数都会导致文本的关键性语义不突出,因此只有选择合适的主题数目才能建构更加准确的 LDA 模型。本文利用主题一致性(coherence)来求得最合适的主题数 k,最终得到主题一致性随主题数的变化情况。可以清晰地看到一致性在 k=6 时具有显著的最高值,因此最理想的模型是根据主题数为 6 运行得到的 LDA 模型。

3.4.2 主题挖掘结果

在得到最佳主题数 k=6 之后,运用 gensim 库进行 LDA 建模,其中将 300 设置为抽样迭代次数,最后可以得到 6 个主题的关键词分布,再然后利用 pyLDAvis 库进行主题可视化。每一个主题在可视化图中都表现为一个

小圆圈,圆圈中的数字是主题序号,主题中的文本数量是由圆圈的大小所表示,圆与圆的间距表示这 6 个主题间的关联程度。六个圆圈互不相交,表示这六个主题之间的区分度较为明显,由此可知,本文创建的 LDA 模型可以较清晰地展现国内与输气管道泄漏相关的技术专利主题。

4 结论

我国有关输气管道泄漏检测技术的专利申请数量变化趋势整体呈现上升状态,在 2010 年和 2020 年分别呈现增长高峰,但随后就呈现出下滑趋势,第一点可能原因是新冠疫情蔓延导致不稳定的研究环境出现,从而对申请数造成影响,另一点原因是大家对输气管道安全有所放松,同时国家知识产权局加强了对专利的审查,从重数量向重质量发展,从而导致申请量的下降。但在整体上我国关于输气管道泄漏检测和预防技术正处于高速发展阶段,随着国家创新发展战略的提出,相关专利申请有机会重新上升。

参考文献

- [1] 王钰滔,吕延鑫,杨万里,等.国内外输气管道事故研究综述[J].化工设备与管道,2022,59(04):78-84.
- [2] 王云刚,宋代东,李兵兵,等.声发射法检测输气管道泄漏的研究综述[J].安全与环境学报,2024,24(03):1114-1127.
- [3] 许诺,邵倩倩,王晓琪,等.长距离输气管道泄漏检测技术研究综述[J].山东化工,2021,50(14):101-103+106.