

# 基于文献计量的岩溶大泉研究热点分析

郝彦宁

河北地质大学, 河北 石家庄 050031

DOI:10.61369/ERA.2026020002

**摘要：** 利用文献计量学方法对2005–2024年国内外有关岩溶大泉研究的动态特征进行分析。结果表明：中国地质科学院岩溶地质研究所发文量远超其他机构；国内近年来的研究热点方向可以归纳为岩溶泉水文地质与水资源、影响因素与数值模拟、水化学与水环境和生态修复与保护管理。

**关键词：** 岩溶大泉；CiteSpace；文献计量学；研究热点

## Analysis of Research Hotspots in Karst Springs Based on Bibliometric Data

Hao Yanning

Hebei GEO University, Shijiazhuang, Hebei 050031

**Abstract：** Using bibliometric methods, this study analyzes the dynamic characteristics of domestic and international research on karst springs from 2005 to 2024. Results indicate that the Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, has published significantly more papers than other institutions. Recent domestic research hotspots can be summarized as: karst spring hydrogeology and water resources; influencing factors and numerical modeling; water chemistry and water environment; and ecological restoration and conservation management.

**Keywords：** Karst springs; CiteSpace; bibliometrics; research hotspots

## 引言

岩溶大泉是岩溶水系统的重要组成部分，也是岩溶地下水最普遍的天然排泄形式，其水资源具有重要的生态、经济和社会价值。中国是岩溶分布面积最广泛的国家之一，世界上1/4的岩溶面积分布在中国，碳酸岩分布面积达746.3万 km<sup>2</sup>，占国土面积的1/3左右<sup>[1]</sup>。在中国北方地区，岩溶地下水已成为工业、农业及居民生活的主要供水水源。然而，自20世纪50年代以来，北方岩溶泉流量普遍下降，流量衰减已成为岩溶泉变化的主要特征<sup>[2]</sup>。岩溶大泉的流量变化与气候变化和人类活动密切相关。降水模式的改变、地下水过度开采等，加剧了岩溶泉流量的衰减及生态环境的恶劣变化<sup>[3]</sup>。近年来，不少学者对岩溶大泉的研究取得了显著进展。

本综述旨在系统梳理岩溶大泉的研究热点，分析其研究进展和趋势，探讨岩溶大泉的形成机制、流量变化及其驱动因素、水资源保护和可持续利用等方面的研究成果。通过对这些热点问题的综合分析，为岩溶大泉的进一步研究提供参考，为岩溶大泉的水资源保护和可持续利用提供科学依据。

## 一、数据采集与处理

为系统分析岩溶大泉领域的研究现状和进展，在CNKI期刊数据库以“岩溶大泉”“岩溶泉”“泉域”“泉群”“喀斯特大泉”“喀斯特泉”为主题词，时间设置为2005–2024年，检索得到1797篇文献，经过人工剔除无效文献后，共得到1497篇有效文献。利用CiteSpace软件进行处理后最终得到文献数量1497篇，并导入CiteSpace软件进行定量分析。在不同可视化网络图谱中，每一节点分别代表一个“作者”“机构”或“关键词”，节点大小表示其出现的频次，节点之间的连线表示两者之间存在合作关系或共现

关系，节点边缘颜色越深，表示其出现的年份越晚<sup>[4]</sup>。

## 二、研究结果与分析

### （一）发文作者及机构分析

利用CiteSpace软件绘制作者及机构合作网络图谱，见图3-1、3-2。

在CNKI数据库中，发文量最多的作者是梁永平，共计发文39篇；其次是邢立亭和赵春红。由图3-1可知，国内形成了三个较大的学术研究团体，其中包括梁永平、赵春红、申豪勇等多位

学者形成的学术研究团体，该团体成员来自于中国地质科学院岩溶地质研究所，对岩溶大泉、岩溶地下水等相关领域关注度高，且在该领域的发文量普遍较高<sup>[2,3]</sup>。多数作者节点之间的连线颜色较深，说明近几年在该领域国际学术交流平台的交流合作较为活跃。



图3-1 2005-2024年发文作者合作图谱

发文量最多的机构是中国地质科学院岩溶地质研究所，共发表166篇，作为国内唯一研究岩溶领域的机构，其发文量远超其他机构；其次是太原理工大学和山东省地矿工程勘察院。中国地质大学（武汉）、济南大学、中国地质大学（北京）3所大学的中心性较高，表明在该领域研究中，这3所大学与其他机构之间的合作较为活跃。在发文前10的机构中有5所高校，说明我国对高校科研工作的重视。国内发文机构节点边缘及节点间连线颜色较深，说明近几年在该领域的研究活跃，并且机构间也有着频繁的合作交流。

(二) 研究热点分析

在 CiteSpace 软件中，某一研究关键词出现频率高一般代表着该关键词为该领域的研究热点<sup>[6]</sup>。前100个高频关键词可将近年来国内该领域的研究热点归纳为岩溶水文地质与水资源、岩溶水影响因素与数值模拟、岩溶泉水化学与水环境和岩溶泉生态修复与保护管理4类，见图3-4。出现频率最高的前20个高频关键词如表3-3所示。

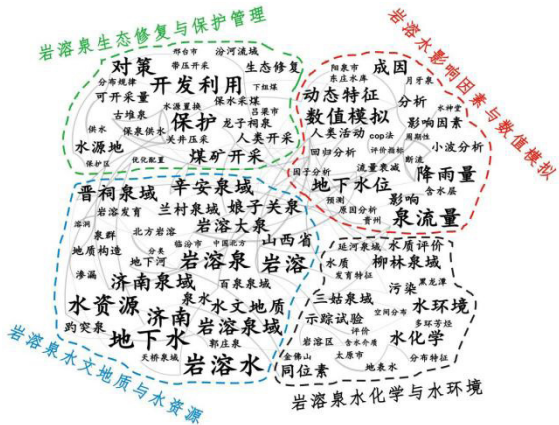


图3-3 2005-2024年前100高频关键词共现网络

表3-1 2005-2024年出现次数最高的20个关键词

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	岩溶水	135	11	岩溶泉域	44
2	地下水	129	12	济南泉域	40
3	水资源	82	13	数值模拟	39
4	岩溶	72	14	辛安泉域	37
5	保护	68	15	降雨量	34
6	岩溶泉	67	16	地下水位	33

7	开发利用	63	17	晋祠泉域	33
8	济南	63	18	水环境	28
9	泉流量	61	19	水文地质	26
10	对策	52	20	动态特征	26

图3-3中岩溶、岩溶泉、岩溶水、地下水、水资源、水文地质等关键词可归纳为岩溶泉水水文地质与水资源研究。岩溶大泉通常发育于大型岩溶水系统的排泄区，其形成与区域地质构造特征以及岩溶发育程度密切相关<sup>[6]</sup>。岩溶大泉的水文地质研究通过刻画含水层的非均质性以及管道-裂隙网络结构，揭示了其补给来源和排泄路径<sup>[7]</sup>。岩溶大泉的流量动态受控于岩溶含水层的调蓄能力，并且其对降水变化敏感<sup>[8]</sup>。通过长期监测与模型模拟，能够量化降水-补给-排泄的滞后效应，进而预测气候变化或人类活动对泉水流量的长期影响<sup>[9]</sup>。岩溶大泉的过度开采可能导致地下水位骤降，进而诱发地面塌陷、泉水断流等一系列灾害和环境问题。因此，对水资源的评价是研究岩溶大泉的重要内容。为进一步提高对水资源评价的精度，近年来，不少学者利用水文模型对岩溶大泉水资源可持续开采和保护进行模拟研究<sup>[10,11]</sup>，从而维护岩溶大泉水资源量。

数值模拟、影响因素、小波分析、降雨量、泉流量、地下水位、预测等关键词可归纳为岩溶水影响因素与数值模拟研究。数值模拟作为研究岩溶地下水系统的重要手段，其研究成果可以为岩溶大泉水环境保护、岩溶地下水合理开发等提供有力支撑。于苗<sup>[12]</sup>以济南趵突泉泉域为例，建立三维数字岩心和等价孔隙网络模型，探讨北方岩溶含水介质的空间发育和非均质性特征，并分析了优势水流的运动规律及优势通道对泉水动态的影响。研究表明，岩溶介质结构对泉水的优势流有着重要的控制作用。薛兆瑞等<sup>[13]</sup>基于 Pearson 相关分析法研究了泉域降水量和人类开采活动对济南四大泉群出流量的影响程度。王树芳<sup>[14]</sup>采用回归分析和小波分析等方法对玉泉泉域地下水水位对地下水开采、永定河放水及大气降水影响因素的响应过程，并以泉域现状条件为前置条件，预测了2025-2028年地下水年均水位、年内最高水位及年内最低水位。

水化学、水环境、示踪试验、同位素、污染、水质评价、多芳环烃等关键词可归纳为岩溶泉水化学与水环境研究。近年来，水化学、同位素环境示踪剂和数值模拟等手段广泛应用于岩溶大泉含水系统研究，为岩溶大泉水环境管理保护和水质研究提供科学依据。谢浩等<sup>[15]</sup>对龙子祠泉域内43个地下水样品中10种金属元素分布特征及其暴露的健康风险进行了研究分析，并表明泉域地下水中 As 是引起最大健康风险的金属元素。武东强<sup>[16]</sup>从泉水水化学成分的形成作用及其影响因素方面入手，对济南四大泉群的水化学成分差异性、形成作用及其影响因素进行了研究，旨在为泉水水质保护提出科学有效的措施。韩啸<sup>[17]</sup>选取碘化钾作为示踪剂，使用人工化学示踪方法，以丽江黑龙潭为例，进行了大型示踪试验，旨在探究示踪试验在岩溶大泉修复中的应用。

开发利用、保护、对策、水源地、生态修复、保泉供水、水源置换等关键词可归纳为岩溶泉生态修复与保护管理研究。随着

社会的不断发展,人类活动日益加剧,极端天气频发,导致国内多数岩溶大泉流量大幅衰减甚至断流、水质恶化,从而引起一系列地质灾害和岩溶水环境问题<sup>[3]</sup>。岩溶泉的生态修复与保护管理需要综合考虑水文地质特征、生态系统功能及人类活动影响。王焰新<sup>[18]</sup>分析了晋祠泉断流原因,并在此基础上,针对性地提出了关井压采等一系列措施,且科学的评估了预期效果。梁永平等<sup>[3]</sup>从岩溶水的生态修复角度出发,强调了断流岩溶大泉复涌的意义,对泉水复涌所需具备的条件和所需采取的措施进行了分析,对中国北方岩溶水近年来的工作进展进行了介绍总结,提出了北方岩溶水未来一段时期的重点研究方向。王哲等<sup>[19]</sup>揭示了地下水开发利用情况及演变趋势,分析了地下水超采治理面临的关键问题,提出了研究地下水开发利用与保护标准准则和建立地下水预测预警指标体系等系列对策建议。

### 三、结论

本研究利用 CiteSpace 软件对 2005–2024 年国内有关岩溶大泉领域研究收录于 CNKI 数据库的期刊论文进展进行可视化分析,反映了近年来岩溶大泉的研究热点,得出以下结论:

(1) 作为国内唯一研究岩溶领域的机构,中国地质科学院岩溶地质研究所发文量远超其他机构,共计发表 166 篇,其次为其次是大原理工大学和山东省地矿工程勘察院,发文 62 篇和 60 篇,国内排名前 10 的发文机构间有着较多的合作关系。

(2) 从整体上看,国内近年来的研究热点方向可以归纳为岩溶泉水地质与水资源、影响因素与数值模拟、水化学与水环境、生态修复与保护管理 4 个方向,涉及到了岩溶区居民生活用水、岩溶水生态环境等多个方面。

### 参考文献

- [1] 乔小娟,罗承可,柴新宇,等.基于机器学习的岩溶裂隙空间分布预测研究:以北京房山为例[J].地学前缘,2026,33(1):405–418.
- [2] 王志恒,梁永平,史浙明,等.古堆-南梁泉域岩溶水环境问题现状与泉源区保护[J].地质科技通报,2023,42(5):228–240.
- [3] 梁永平,申豪勇,赵春红,等.对中国北方岩溶水研究方向的思考与实践[J].中国岩溶,2021,40(3):363–380.
- [4] 李杰,陈超美.Citespace:科技文本挖掘及可视化[M].北京首都经济贸易大学出版社,2016.
- [5] 陈宇,沈利娜,张强,等.基于 CiteSpace 的国内外苔草科植物文献计量分析研究[J].广西科学,2023,30(2):226–238.
- [6] 李中华,魏永,郑明英.贵州岩溶山区封闭型岩溶大泉系统特征研究——以露郎岩溶大泉系统为例[J].地下水,2020,42(3):46–47+137.
- [7] 姚海鹏,姜东雪.龙潭岩溶大泉形成机理研究[J].低碳世界,2018,(9):31–33.
- [8] 黄荣,王发,陈洪松,等.不同类型表层岩溶水源划分及对降雨的响应[J].水文,2022,42(3):20–26.
- [9] 马从文,张志才,陈喜,等.基于机器学习的西南岩溶泉流量模拟研究[J].中国岩溶,2024,43(1):48–56.
- [10] 韩琳,许兴鹏,赵振华,等.济南泉域地下水资源开发保泉技术研究[J].水利水电技术(中英文),2023,54(S2):105–109.
- [11] 张云飞,高旭波,王倩.基于 DPSIR 模型的辛安泉域岩溶水资源承载力评价[J].厦门大学学报(自然科学版),2025,64(3):472–483.
- [12] 于苗.典型北方岩溶大泉优势流渗流机制研究[D].济南大学,2023.
- [13] 薛兆瑞,王明森,杨旭洋,等.济南市区四大泉群流量演变规律及影响因素[J].济南大学学报(自然科学版),2023,37(2):146–155.
- [14] 王树芳.北京市西部地区岩溶大泉恢复的驱动因素研究——以玉泉泉域为例[J].中国水利,2025,(11):34–42.
- [15] 谢浩,梁永平,李军,等.龙子祠泉域地下水金属元素分布特征及健康风险评估[J].环境科学,2021,42(9):4257–4266.
- [16] 武东强.济南岩溶大泉水化学成分形成作用研究[D].济南大学,2021.
- [17] 韩啸,陈鑫,郑克勋,等.示踪试验在岩溶大泉修复中的应用——以丽江黑龙潭为例[J].中国岩溶,2019,38(4):524–531.
- [18] 王焰新.我国北方岩溶泉域生态修复策略研究——以晋祠泉为例[J].中国岩溶,2022,41(3):331–344.
- [19] 王哲,李涛涛,朱静思.海河流域地下水超采治理关键问题分析与对策初步研究[J].海河水利,2020,(6):1–3.