

DOI: 10. 20040/j. cnki. 1000-7709. 2023. 20230360

# 基于 CiteSpace 与 VOSviewer 的水库 防洪调度中文文献可视化分析

王 俊<sup>1</sup>, 王家昌<sup>1</sup>, 王海军<sup>2</sup>, 刘 薇<sup>2</sup>, 王 凯<sup>3</sup>, 刘 阳<sup>1</sup>, 曹升乐<sup>1</sup>

(1. 山东大学土建与水利学院, 山东 济南 250061; 2. 山东省水文中心, 山东 济南 250002;  
3. 淮河水利委员会水文局(信息中心), 安徽 蚌埠 233000)

**摘要:** 气候变化与城市化发展对水库防洪减灾带来巨大挑战, 水库调度是防洪安全保障的重要非工程手段之一。因此, 利用文献计量学分析方法和可视化分析工具(CiteSpace 与 VOSviewer)系统定量分析了 CNKI 数据库水库防洪调度研究主题相关的中文文献。结果表明, 水库防洪调度中文文献的发文数量可分为三个阶段, 不同阶段的发文量见证了我国水库防洪调度的发展历史; 关键词共现分析给出了频次与中心性排名靠前的 10 个关键词, 实现分析给出了 2000 年以来高热度关键词的发展历程, 聚类分析将有较大相关性的关键词进行了分类, 并展示了不同聚类的联系; 对发文作者、机构和文献来源进行分析, 可为相关研究者的期刊选投和高校合作等提供指导。

**关键词:** 水库调度; 防洪; CNKI; CiteSpace; VOSviewer

**中图分类号:** TV877 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7709(2023)09-0064-04

## 1 引言

洪水是全世界最严重的自然灾害之一, 随着全球气候变化的加剧, 极端气候事件频发, 洪水灾害发生频次增加, 引发的经济损失增大, 1991~2017 年间我国洪水造成的直接经济损失以平均每年 64% 的速度增长<sup>[1]</sup>。防洪调度作为重要的防洪非工程措施之一, 积极开展相关研究对提高水库综合利用效益、保障区域防洪安全和降低洪水损失等具有重大意义。文献计量学(Bibliometrics)方法作为新兴的重要文献分析方法, 已被应用于水利工程方向的研究中, 但该方法在水库防洪调度方面的分析还较少。CiteSpace 与 VOSviewer<sup>[2]</sup>两款软件均可分析文献关键词、文献作者、机构和文献共被引等, 但在数据要求及产出结果等方面有部分差异<sup>[3]</sup>, 其中 CiteSpace 可进行关键词突现分析, 但制作的发文作者图谱受到样本数量较少的影响而较分散, 故在进行相应图谱分析时建议选择 VOSviewer。鉴此, 本文借助文献可视化软件 CiteSpace 与 VOSviewer 对国内水库防洪调

度研究的各项关键性指标进行分析, 为相关学者提供了解我国水库防洪调度研究的渠道, 厘清了该领域的热门与重点研究方向。

## 2 研究方法

以我国水库防洪调度主题相关的中文文献为研究对象, 在 CNKI 数据库中, 以(防洪调度+洪水调度+防洪优化调度)\* 水库为主题限定条件进行高级检索, 文献类型为期刊与硕博士论文。对主题相关性进行筛选后得到 3 258 篇文献。在此基础上限定检索时间段为 2000~2022 年, 并将文献来源限定为中文核心期刊和硕博士论文库, 目的是为了剔除较陈旧和水平质量较低的文献, 最终得到 610 篇相关文献作为研究样本。将 CNKI 数据库中检索出的样本文献分别导入 CiteSpace 与 VOSviewer 中, 在除重处理后, 调整相应参数, 绘制出水库防洪优化调度研究领域的作者合作图谱、机构合作图谱、关键词知识图谱和关键词突现图谱等, 具体的研究技术路线见图 1。

**收稿日期:** 2023-03-12, **修回日期:** 2023-04-10

**基金项目:** 山东大学青年学者未来计划项目(31410082164087)

**作者简介:** 王俊(1988-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为水文水资源, E-mail: wangjunwater@sdu.edu.cn

**通讯作者:** 曹升乐(1960-), 男, 博士、教授, 研究方向为水文水资源, E-mail: cao\_s@sdu.edu.cn

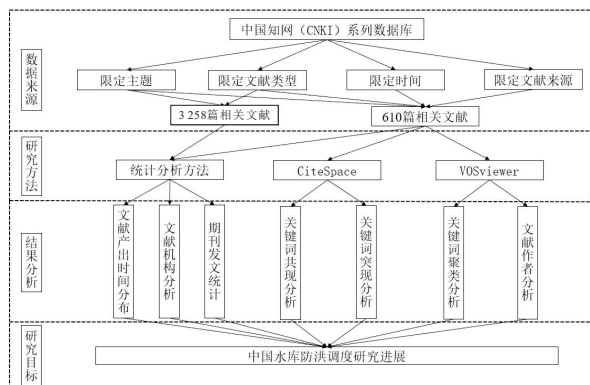


图 1 研究技术路线图

Fig. 1 Technical roadmap

### 3 结果与分析

#### 3.1 文献产出时间分布

文献产出时间分布图可完整地展现相关主题的研究发展脉络。对初步检索得到的 3 258 篇文章进行统计分析,绘制出逐年发文量时间分布柱状图见图 2。

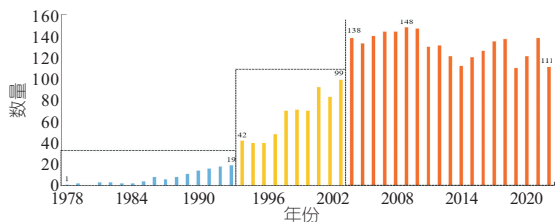


图 2 水库防洪调度研究发文量

Fig. 2 Bar chart of publication numbers for literature on reservoir regulation for flood control purposes

由图 2 可看出,我国水库防洪调度研究相关的中文文献发表时间可分为三个阶段:①第一阶段为 1978~1993 年。该阶段的发文量在每年 20 篇以下,说明国内在该阶段的相关研究还较少。②第二阶段为 1994~2003 年。这一阶段国家经济的快速发展,人们生活水平的迅速提高,对防洪减灾提出了更高的要求。这一阶段的年平均发文量达到了 66 篇,水库防洪调度研究的目标越来越多元化,研究方法更加科学和多样化。如都金康等<sup>[4,5]</sup>分别在 1994、1995 年提出了水库群防洪调度的逐次优化法与线性规划方法;陈守煜<sup>[6]</sup>在 2001 年提出了基于相对隶属度、隶属函数的多目标决策系统模糊优选的理论、模型与方法。③第三阶段为 2004~2022 年。这一阶段每年的发文量均在 100 篇以上,水库防洪调度的研究方法得到更进一步发展,对影响水库防洪调度的因素考虑愈加全面和客观。该阶段新的研究方法如改进遗传算法<sup>[7]</sup>、改进 POA 算法<sup>[8]</sup>等越来越多地应

用于水库防洪调度中。

#### 3.2 关键词分析

使用 CiteSpace 对文献样本进行关键词共现和突现分析,使用 VOSviewer 对文献样本进行关键词聚类分析。一篇文献给出的几个关键词会存在一定的关联度,关键词共现频次是刻画这种关联度的重要指标,其频次越大反映紧密程度越高。类似的,中心性可用于刻画该关键词节点的重要性,其数值大小反映了该关键词在网络中的重要性。使用 CiteSpace 对所选的 610 篇样本文献进行关键词提取与分析,得到关键词在样本中出现的频次及中心性排名,分别取前 10 名列出,见表 1。

表 1 2000~2022 年水库防洪调度关键词频次与中心性排名

Tab. 1 Ranking of frequency and centrality indicators for keywords of reservoir regulation for flood control purposes from 2000 to 2022

序号	频次排名		中心性排名	
	频次	关键词	中心性	关键词
1	120	防洪调度	0.45	防洪调度
2	54	风险分析	0.20	水库调度
3	45	洪水调度	0.18	洪水调度
4	41	水库调度	0.17	三峡水库
5	40	洪水预报	0.15	风险分析
6	40	优化调度	0.13	优化调度
7	39	水库	0.12	汛限水位
8	37	汛限水位	0.10	洪水预报
9	37	三峡水库	0.10	水库
10	19	防洪	0.07	防洪

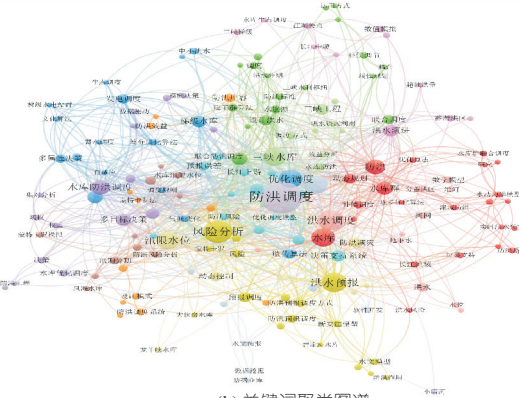
关键词突现是指在较短时间内,某关键词出现的频率发生较大变化,这种变化往往意味着该关键词研究热度的出现或消失<sup>[9]</sup>。关键词聚类分析可得出各聚类的研究内容及不同聚类之间的联系,有助于发现各学科在水库防洪调度领域的交叉融合。对 610 篇文献样本进行关键词突发性检测和聚类分析,得到关键词突现图谱和聚类图谱,见图 3。

由表 1、图 3 可知,高频关键词、突现关键词及聚类关键词有相当大一部分是重合的,如防洪调度、风险分析、洪水预报及水库等。分析包含关键词防洪调度的相关文献可发现,许多学者考虑了水库防洪调度对水量、水质、泥沙及生态等方面的影响,且提出了如灰靶理论、熵权、模糊理论等新方法来解决水库防洪调度这类多目标问题。此外,随着计算机及互联网的发展,出现了如粒子群算法、改进粒子群算法、随机森林算法、文化粒子群算法、改进遗传算法、改进 POA 算法及深度学习等智能算法用于解决复杂环境下的洪水调度问题,这些方法的出现使水库防洪调度由经验化转

Top 16 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2000 - 2022
洪水	2000	2.21	2000	2003	[Red bar from 2000 to 2003]
实时调度	2000	2.46	2001	2003	[Red bar from 2001 to 2003]
水库	2000	3.89	2002	2004	[Red bar from 2002 to 2004]
水库群	2000	2.03	2002	2005	[Red bar from 2002 to 2005]
风险分析	2000	5.97	2005	2013	[Red bar from 2005 to 2013]
汛限水位	2000	4.53	2005	2006	[Red bar from 2005 to 2006]
水库调度	2000	2.22	2005	2007	[Red bar from 2005 to 2007]
模糊优选	2000	3.19	2007	2010	[Red bar from 2007 to 2010]
洪水调度	2000	2.49	2008	2010	[Red bar from 2008 to 2010]
发电调度	2000	2.01	2009	2012	[Red bar from 2009 to 2012]
优化算法	2000	2.04	2010	2013	[Red bar from 2010 to 2013]
联合调度	2000	2.04	2010	2013	[Red bar from 2010 to 2013]
三峡水库	2000	5.5	2011	2018	[Red bar from 2011 to 2018]
梯级水库	2000	2.98	2012	2022	[Red bar from 2012 to 2022]
提前蓄水	2000	1.96	2013	2020	[Red bar from 2013 to 2020]
不确定性	2000	2.08	2017	2019	[Red bar from 2017 to 2019]

(a) 关键词突现图谱



(b) 关键词聚类图谱

图3 2000~2022年水库防洪调度关键词突现图谱、聚类图谱

Fig. 3 Knowledge graph of keyword bursts and keyword clustering in terms of reservoir regulation for flood control purposes from 2000 to 2022

向智能化和科学化。关键词突现图谱除了能展现热点关键词的出现及消失时间点外,关键词突现时间段的长度还是该关键词是否具有“韧性”的指标,如图3(a)中的关键词“风险分析”与“梯级水库”均有较长的突现时间段,表明对其的相关研究在相当长时段内均有较高的热度,同时关键词“梯级水库”的突现时间直到2022年尚未结束,这意味着其在将来一段时间仍是水库防洪调度研究领域的重点之一。

### 3.3 文献特征分析

#### 3.3.1 文献作者分析

文献作者图谱可反映出一个研究领域的突出贡献者及不同研究团队之间的合作关系。使用VOSviewer对610篇样本文献绘制了作者图谱,结果见图4。其中相关性较强且有较密切合作的作者将被赋予同一种颜色,发文量越多的作者其姓名及其对应节点会越大,合作作者之间会通过曲线连接。

由图4可知:①在水库防洪调度研究领域,郭生练、周建中、周惠成、邹强等的发文量靠前,其中郭生练等<sup>[10,11]</sup>的研究涉及到水库群的联合优化

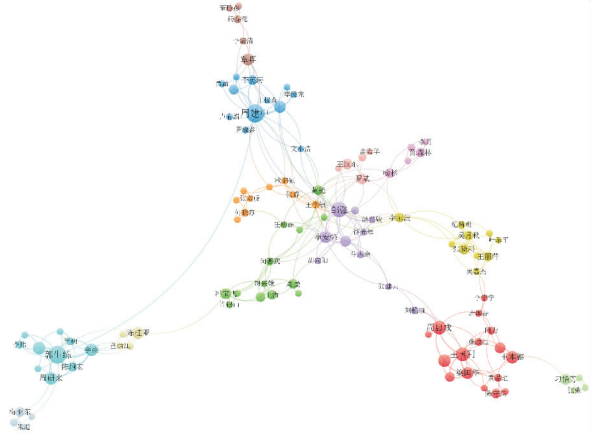


图4 样本文献作者知识图谱

Fig. 4 Knowledge graph of authorship from sample literature

调度及其风险分析;周建中等<sup>[12]</sup>探讨了多目标差分进化算法和熵权与Vague集在防洪调度中的应用;周惠成等<sup>[13]</sup>的研究包括不确定性分析方法和熵权在水库防洪调度及风险中的应用;邹强等<sup>[14]</sup>主要研究涉及相关算法在防洪调度及其风险分析中的应用。②分析以上作者及与其有相关合作的学者所在机构,可发现高校内部之间的合作较为密切,如周惠成、王国利、王本德、梁国华等均来自大连理工大学,部分高校与其驻地附近的科研机构也有密切合作,如郭生练来自武汉大学,李雨、陈炯宏和陈桂亚等均来自长江水利委员会。

#### 3.3.2 文献机构与来源分析

使用CiteSpace对610篇样本文献进行发文机构分析,得到样本文献机构知识图谱,见图5。其中,机构名称字体越大,机构发文量越多,机构之间的合作也可用节点之间的连线来表示。

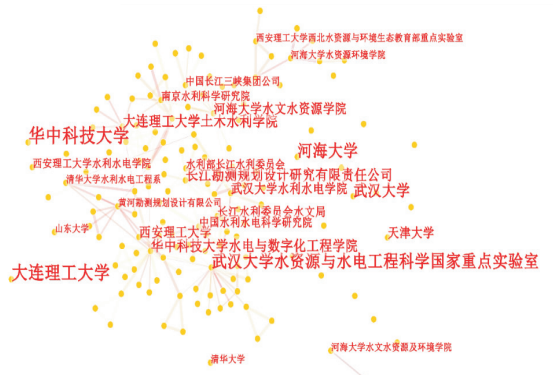


图5 样本文献机构图谱

Fig. 5 Knowledge graph of author affiliations from sample literature

由图5可知:①部分高校,如华中科技大学、大连理工大学、河海大学、武汉大学等作为独立节点出现在图谱中,且名称字号较大,说明其发文量占比较大,这是文献样本库中硕博学位论文在图谱中的体现。②分析发文量较高的高校所在地区,

发现很多在水库防洪调度研究领域有突出贡献的高校所在地区位于大型流域或大中型水库附近,该研究领域的需求导向比较明显。③众多科研机构或有科研能力的企业与高校的合作较密切,但高校之间的合作并不突出,随着各大中小水库的建成及互联网技术的日趋成熟,更大尺度上的水库防洪调度问题势必成为该领域的研究趋势,这也对各高校之间的合作水平提出了更高要求。

对样本文献的来源进行统计分析,选取排名前十位的中文期刊论文,结果见表 2。由表 2 可知,本文研究主题相关的发文量最高的两个中文期刊分别为人民长江和水电能源科学。期刊的发文量排名可直观地展示该期刊与水库防洪调度研究主题的相关性,为相关研究者在选投国内中文期刊时提供参考。

表 2 基于发文量排名的文献来源期刊统计

Tab.2 Ranking of Chinese journals based on publication numbers

排名	中文期刊	发文量
1	人民长江	51
2	水电能源科学	40
3	水力发电学报	39
4	中国农村水利水电	32
5	水利学报	31
6	人民黄河	29
7	水科学进展	23
8	水力发电	21
9	水文	15
10	长江科学院院报	13

## 4 结论

a. 本文从中国知网(CNKI)数据库对水库防洪调度主题进行检索,研究所得样本文献的发文数量、关键词、发文作者、机构及来源,发现水库防洪调度中文文献的发文数量可分为三个阶段,不同阶段的研究特点也有所不同。防洪调度、风险分析、洪水预报及梯级水库等关键词在频次及中心性分析、突现分析和聚类分析等内容均有明显体现,其中突现期较长的关键词“风险分析”有较高的研究“韧性”,同时关键词“梯级水库”在将来一段时间仍是水库防洪调度研究领域的重点之一。

b. 相较于传统的文献综述方法,借助 CiteSpace 与 VOSviewer 开展的文献计量学方法的优点为依赖于更强的计算机数据处理能力,文献计量学方法可短时间内处理大量文献数据;对关键词的聚类分析及文献作者、机构之间的合作等均是可视化图谱的方式呈现,可直观地展现

不同文章、作者的内在联系;能提供具体的量化指标,如对关键词的中心性、突现及文献来源分析。

c. 本文主要基于 CNKI 数据库中文文献开展可视化分析,由于 CiteSpace 与 VOSviewer 所支持的数据来源有限,部分功能无法实现,未来可结合 Web of Science 等英文数据库开展进一步分析。

## 参考文献:

- [1] 王权森. 长江上游水库群防洪系统全景调度及风险评估与决策方法[D]. 武汉:华中科技大学,2021.
- [2] 王广才,王焰新,刘菲,等. 基于文献计量学分析水文地球化学研究进展及趋势[J]. 地学前缘,2022,29(3):25-36.
- [3] 宋秀芳,迟培娟. Vosviewer 与 Citespace 应用比较研究[J]. 情报科学,2016,34(7):108-112,146.
- [4] 都金康,周广安. 水库群防洪调度的逐次优化方法[J]. 水科学进展,1994(2):134-141.
- [5] 都金康,李罕,王腊春,等. 防洪水库(群)洪水优化调度的线性规划方法[J]. 南京大学学报(自然科学版),1995,31(2):301-309.
- [6] 陈守煜. 多目标决策系统模糊优选理论、模型与方法[J]. 华北水利水电学院学报,2001(3):136-140.
- [7] 许凌杰,董增川,肖敬,等. 基于改进遗传算法的水库群防洪优化调度[J]. 水电能源科学,2018,36(3):59-62,153.
- [8] 杨斌斌,孙万光. 改进 POA 算法在流域防洪优化调度中的应用[J]. 水电能源科学,2010,28(12):36-38,115.
- [9] 张文兰,苏瑞. 境外项目式学习研究领域的热点、趋势与启示——基于 CiteSpace 的数据可视化分析[J]. 远程教育杂志,2018,36(5):91-102.
- [10] 郭生练,陈炯宏,刘攀,等. 水库群联合优化调度研究进展与展望[J]. 水科学进展,2010,21(4):496-503.
- [11] 闫宝伟,郭生练. 考虑洪水过程预报误差的水库防洪调度风险分析[J]. 水利学报,2012,43(7):803-807.
- [12] 李英海,周建中. 基于改进熵权和 Vague 集的多目标防洪调度决策方法[J]. 水电能源科学,2010,28(6):32-35.
- [13] 刘艳丽,周惠成,张建云. 不确定性分析方法在水库防洪风险分析中的应用研究[J]. 水力发电学报,2010,29(6):47-53.
- [14] 邹强,王学敏,李安强,等. 基于并行混沌量子粒子群算法的梯级水库群防洪优化调度研究[J]. 水利学报,2016,47(8):967-976.

(4):55-59.

[2] 李莉,王峰,孙维营,等. 黄土高原淤地坝水毁问题分析[J]. 中国水土保持,2014(10):20-22.

[3] 王乃欣,王志坚,梁小卫. 基于虚拟现实的淤地坝溃决模拟[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(5):162-167.

[4] 袁水龙,李占斌,李鹏,等. MIKE 耦合模型模拟淤地坝对小流域暴雨洪水过程的影响[J]. 农业工程学报,2018,34(13):152-159.

[5] 李彬权,朱畅畅,梁忠民,等. 淤地坝拦蓄作用下的产流阈值估算[J]. 水电能源科学,2019,37(8):11-13.

[6] CHEN Z, MA L, YU S, et al. Back analysis of the draining process of the Tangjiashan barrier lake [J]. Journal of hydraulic engineering, 2014, 141(4): 05014011.

[7] WANG L, CHEN Z, WANG N, et al. Modeling lateral enlargement in dam breaches using slope stability analysis based on circular slip mode [J]. Engineering geology, 2016, 209:70-81.

[8] 张风宝,杨明义,张加琼,等. 黄土高原淤地坝沉积泥沙在小流域土壤侵蚀研究中的应用[J]. 水土保持通报,2018,38(6):365-371.

[9] 魏霞,李占斌,李鹏,等. 黄土高原典型淤地坝淤积机理研究[J]. 水土保持通报,2006,26(6):10-13,31.

[10] COSTA J E, SCHUSTER R L. The formation and failure of natural dams [J]. Geological society of America bulletin, 1988, 100(7): 1054-1068.

[11] 韩鹏,倪晋仁,李天宏. 细沟发育过程中的溯源侵蚀与沟壁崩塌 [J]. 应用基础与工程科学学报,2002,10(2):115-125.

## Erosion Mechanism of Dam Lands and Flow Characteristics of Dam-Break Under Warping-Dam-Break Conditions in the Loess Plateau

YIN Guo-long<sup>1,2</sup>, LE Mao-hua<sup>3</sup>, YI Jing-song<sup>1</sup>

(1. Institute of Exploration Technology, Chinese Academy of Geological Sciences, Chengdu 611734, China; 2. Chengdu Huajian Geological Engineering Technology Co., Ltd., Chengdu 611734, China; 3. Department of Sediment Research, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China)

**Abstract:** The study of water-sediment processes and dam-land-erosion mechanisms under warping-dam-break conditions is of great significance for the construction and later management of warping dams in the Loess Plateau. Based on the literature research and field investigation, this paper identified the main causes of dam-land-erosion under warping-dam-break conditions, including the nature of the dam soil, the formation characteristics of the dam and the check dam break mode. It proposed that the process of dam erosions and gully erosions after warping dam failures was as follows: "warping dam failure → retrogressive erosion → scouring and undercutting → collapse of gully walls → mixed flow of water and sand". Taking the #2 main dam in Macaoli of Lishi District in Lvliang City, Shanxi Province as an example, the numerical calculation results indicate that the water-sand process under the condition of warping dam failures was significantly changed by the siltation of the reservoir areas, and the dam lands have the role of shaving peaks and sinking sands.

**Key words:** warping dam; dam-break condition; dam-lands erosion; dam-break flow

\*\*\*\*\*  
(上接第 67 页)

## Bibliometric Analysis of Chinese Literature on Reservoir Regulation for Flood Control Purposes Using CiteSpace and VOSviewer

WANG Jun<sup>1</sup>, WANG Jia-chang<sup>1</sup>, WANG Hai-jun<sup>2</sup>, LIU Wei<sup>2</sup>, WANG Kai<sup>3</sup>, LIU Yang<sup>1</sup>, CAO Sheng-le<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China; 2. Hydrologic Center of Shandong Province, Jinan 250002, China; 3. Hydrology Bureau of Huaihe River Water Resources Commission (Information Center), Bengbu 233000, China)

**Abstract:** Climate change and urbanization development have brought great challenges to reservoir flood control and disaster mitigation, and reservoir regulation is one of the important non-structural means for controlling floods. Therefore, this study applies the bibliometrics method and visualization analysis tools (CiteSpace and VOSviewer) to conduct a systematic quantitative analysis of the Chinese literature regarding the research topic of reservoir flood control regulation. The results indicate that the number of Chinese literature on reservoir flood control regulation can be divided into three periods in terms of the publication time, and the number of publications in different periods witnesses the development history of reservoir flood control regulation technology in China; The co-occurrence analysis of keywords provided the top 10 keywords in terms of frequency and centrality. The emergence analysis provided the development history of high popularity keywords since 2000. Cluster analysis classified keywords with significant correlation and displayed the relationship between different clusters; The analysis of authors, institutions, and literature sources can provide guidance for relevant researchers in the Chinese journal selection during the manuscript submission and the collaborator choices in Academia.

**Key words:** reservoir operation; flood control; CNKI; CiteSpace; VOSviewer