

城市雨污分流领域基于图谱可视化分析研究

王霞林¹, 杨建江¹, 姚立国¹, 任杰^{2*}, 韩培锋², 陈代果²

¹平湖街道市政管理中心, 广东 深圳

²西南科技大学土木工程与建筑学院, 四川 绵阳

收稿日期: 2022年6月4日; 录用日期: 2022年7月5日; 发布日期: 2022年7月13日

摘要

为了分析当今城市雨污分流领域的发展趋势及目前研究热点问题, 以“城市雨污分流”为主题词, 通过CiteSpaceV分析软件对2004~2021年CNKI中国知网搜集到的608条文献数据进行可视化分析。研究结果表明: 1) 目前国内关于城市雨污分流的研究方向相较于较早年份有较大进展, 在发文量数量方面出现增长。2) 以宁建新, 朱小娟, 王增长, 张弛, 顾巍钟, 崔旭等为中心发表了大量的学科文献。除此之外, 大部分作者都是发文量仅在1~2次, 说明研究城市雨污分流领域的作者众多, 但就研究作者和机构之间联系密度还不够。3) 通过关键词共现图谱, 结合词频, 中心度, 聚类分析, “雨污分流”、“排水管网”、“排水系统”、“黑臭水体”、“合流制”等为近几年的研究热点; 就此观察可以得出目前前沿的关于土石坝渗流的领域是关于“排水系统”方向的学习。本文研究结果可以为读者清晰梳理城市雨污分流研究近年来的研究成果及研究热点, 并追溯城市雨污分流演化进程, 从而为相关学者追踪该领域近期热点及未来发展趋势提供参考。

关键词

CiteSpace, 城市雨污分流, 知识图谱, 可视化

Study on Visualization Analysis Based on Atlas in Urban Rain-Pollution Diversion

Xialin Wang¹, Jianjiang Yang¹, Liguoyao¹, Jie Ren^{2*}, Peifeng Han², Daiguo Chen²

¹Pinghu Street Municipal Administration Center, Shenzhen Guangdong

²School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang Sichuan

Received: Jun. 4th, 2022; accepted: Jul. 5th, 2022; published: Jul. 13th, 2022

*通讯作者。

文章引用: 王霞林, 杨建江, 姚立国, 任杰, 韩培锋, 陈代果. 城市雨污分流领域基于图谱可视化分析研究[J]. 可持续发展, 2022, 12(4): 995-1005. DOI: 10.12677/sd.2022.124114

Abstract

In order to analyze the development trend and current research status of urban rain-pollution diversion, this paper uses “urban rain-pollution diversion” as the main topic and uses CiteSpaceV analysis software to carry out visual analysis of 608 literature data collected by CNKI from 2004 to 2021. The results show that: 1) At present, the domestic research on the urban rain-pollution diversion has made great progress compared with the earlier years, and the number of papers published has increased. 2) A large number of academic papers have been published with Ning Jianxin, Zhu Xiaojuan, Wang Zeng, Zhang Chi, Gu Weizhong and Cui Xu as the centers, in addition, most of the authors only publish 1~2 times, which shows that there are many authors in the field of urban rain-pollution diversion, but the density of relationship between authors and institutions is not enough. 3) Through the co-occurrence of keywords, combining the analysis of word frequency, center degree and cluster, “Rain-pollution diversion”, “Drainage pipe network”, “Drainage system”, “Black and odorous water body”, “Confluence system” and so on are the research hotspots in recent years; From this observation, it can be concluded that the current frontier field of earth-rock Dam seepage is about the study of “Drainage system” direction. The results of this study can provide readers with a clear overview of the research achievements and research hotspots in recent years, and trace the evolution process of urban rain-pollution diversion, thus for the relevant scholars to track the hot spots in the field in the near future and provide reference for the development trend.

Keywords

CiteSpace, Urban Rain-Pollution Diversion, Knowledge Atlas, Visualization

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

雨污分流，是一种排水体制，是指将雨水和污水分开，各用一条管道输送，进行排放或后续处理的排污方式。雨水通过雨水管网直接排到河道，污水则通过污水管网收集后，送到污水处理厂进行处理，避免污水直接进入河道造成污染。且雨水的收集利用和集中管理排放，可降低水量对污水处理厂的冲击，保证污水处理厂的处理效率[1] [2] [3]。近年来，我国城镇化的步伐加快，城市中的排水设施既能够推动建筑行业的不断发展，又能够推动城市的现代化建设，城市中的排水设施逐渐成为了居民的关注重点[4] [5] [6] [7] [8]。当前城市雨水、污水分流改造技术较为成熟，能够很好地分离污水和雨水，建设美丽城市。

目前，国内相关学者在“城市雨污分流”领域发表了一系列的相关性文章，如王雷波团队[9]等从理论上、排水工程建设及城市排水系统的日常养护等方面剖析了混合制城市排水系统污水溢流的原因。李海滨等[10]以对中心城市排水系统的实际应用为例，根据具体情况，解决排水问题，对国内相似工程具有借鉴意义。廖秋阳等[11]介绍了传统的合流排水立管雨污分流改造技术的运用，分析了各自的优缺点，同时提出了一种新型排水立管雨污分流技术，并进行了原理和应用前景分析，为老旧小区海绵改造中的合流排水立管改造提供了参考。肖生明等[12]结合我国国情与城市现状，提出具体的解决措施与应对方案，以期合流排水立管雨污分流改造提供依据，优化城市雨水资源利用率，提高对雨水资源的处理能力。刘飞等[13]在城市合流管网的分流改造中，通过合理的规划对雨水和污水进行分流，保证城市用水不会受

到污染,对现行的管道设计方案进行研究和探讨,提出一些更好的对管道进行优化设计的方案。陈碧美[14]分析和探讨了中小城市在污水排水系统建设、管理、维护中存在的问题,针对排水法规不健全、污水管网不完善、雨污分流难、管理不到位等问题进行原因分析,提出加强排水制度建设、加快排水设施的建设、加强排水管理、加强宣传教育等措施。王乐[15]近年来雨污分流在城市中推广较快,但农村地区还没有得到重视,只有少数地区开展了雨污分流的实践。对广东省、山东省、四川省和浙江省的一些农村雨污分流实践进行了概述,分析了当前存在的主要问题,提出了完善农村地区雨污分流的对策建议。

为了阶段性分析目前城市雨污分流的研究成果,从而更好地了解目前该领域的研究热点以及未来趋势的发展,给未来学者提供参考依据。鉴于此,本文利用 CiteSpace 软件对一系列文献进行知识图谱分析,对 2004~2022 年国内期刊中关于城市雨污分流的相关研究进行整理分析。由于 2004 年之前该领域偶尔有相关的文献,故本次分析选择从 2004 年开始,到 2022 年结束,分析我国目前城市分流研究的现状、热点以及发展趋势,为城市排水系统的规划提供理论参考。

2. 数据来源和分析方法

2.1. 数据来源

为了深入了解“城市雨污分流”热点问题,分析该领域机构,作者及其之间合作关系和发展状况,进而研究该领域发展趋势,论文数据来源基于中国知网数据库(CNKI)以“城市雨污分流”为主题,检索区间为 2004 年~2021 年,共检索出 608 条相关文献检索时间为 2022 年 5 月 23 日下午,进一步整理分类,排除重复文献,书评,信息报道后,共计检索得 608 条相关文献。

2.2. 分析方法

基于检索得 608 条基础文献,通过 CiteSpaceV 对其进行分析,由于 CNKI 可处理的数据源只能表达出作者及机构合作网络分析,关键词共现分析,本文主要通过以上各个知识图谱进行展开分析,通过分析知识图谱,了解学科内作者及机构之间的联系情况以及从关键词的共现程度判断学科目前发展趋势及热点研究方向。

通过知网所下载的数据源,采用 CiteSpace 文献统计软件,科学知识图谱是一种计量学引文分析新方法,它以知识域为研究对象,直观地揭示科学知识所呈现的结构和规律,并探索其发展过程与结构的关系。CiteSpace 是一款基于 Java 开发的文献计量软件,通过可视化图谱呈现科学领域中深度挖掘的知识结构。目前,CiteSpace 主要用于知识图谱研究综述,探测知识领域的热点、动态、前沿和发展趋势等。该方法最初用于教育学、管理学等专业,近几年,在多学科交叉的趋势下,开始在城乡规划、建筑等学科领域初步发展。

LLR 对数似然算法可以得出某个聚类的紧密程度。Ochiai 相似系数能表现出文本之间的共现率

$$\text{Cos}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\sqrt{|A||B|}} (A \geq 0, B \geq 0)$$

A, B 分别代表关键词的出现频次, $A \cap B$ 代表关键词的共现频率,所以依据三角函数定理,当 $\text{Cos}(A, B) = 0$ 时, A, B 之间关联度为 0, 当 $\text{Cos}(A, B) = 1$ 时, A, B 之间关联度为最大[13]。

3. 结果与分析

3.1. 文献历年发文量分析

为了深入分析近年来学者在土石坝渗流方面的研究成果及研究热点,文章基于中国知网数据库

(CNKI),以“土石坝渗流”为关键检索词开展文献检索,最终选取2004年1月到2021年12月之间的共计608篇文献开展本文的研究工作。下图1给出了2004年~2021年有关土石坝渗流相关的文献,对文献数量进行分析,从而对该研究领域发展趋势进行研究,具体数据如(图1)所示。

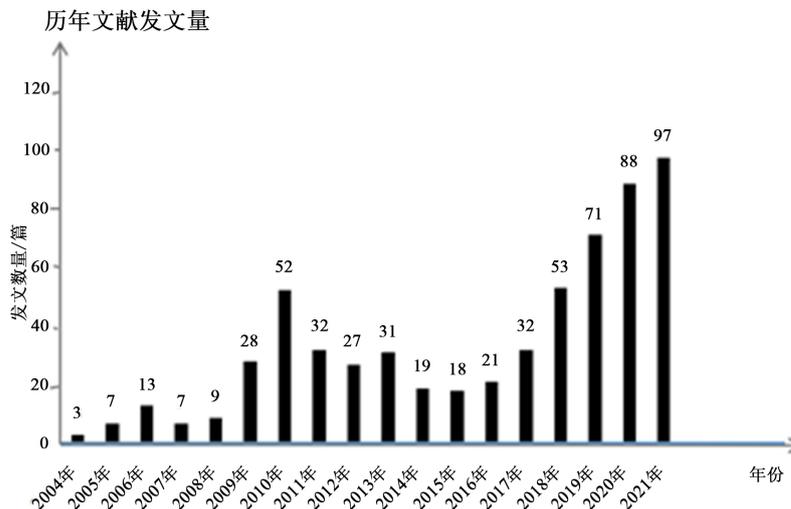


Figure 1. The number of “urban rain-pollution diversion” in China, 2004~2021

图1. 2004~2021年中国“城市雨污分流”发文数量分析图

从上图1可知,国内学者在城市雨污分流领域的研究自2004年开始,发文数量整体上在后期呈现出增长的趋势。其中2021年最多为95篇,从图上整体分析可以大致分为四个阶段:2004~2008年为发展停滞期,发文量极少,个别年份有3篇文献,说明此阶段开展城市雨污分流的学者较少,分析其原因可能是我国刚处于经济快速发展初期阶段,该阶段对城市排水的重视程度还不足,而城市排水系统则处于初步的探索阶段。2008~2010年为快速增长阶段,该阶段文献数量有所增长,短短几年时间文献的数量从9篇增长到52篇,说明该阶段随着我国经济的快速发展,城市排水问题日益突出,国内外学者开始重视城市排水,并开展了深入的研究工作,该领域学科的发展也因此处在快速发展阶段。从2010~2015年为缓慢下降阶段,该阶段城市排水相关文献数量逐年减少,分析其原因是在经历了快速发展或,城市雨污排水分流方面的研究遇到了瓶颈期,各方面研究方向亟待突破。2015~2021年为快速增长期,该领域的文献数量保持持续增长的趋势,越来越多的学者开始关注城市雨污排水分流等方面的研究,研究范围逐渐扩展。

3.2. 文献作者群体分析

发文数量分析。利用CiteSpace软件对608篇文献的作者进行统计分析,相关作者累积发文数量统计表如下表1所示,从中国知网(CNKI)中公开发表城市雨污分流相关的文献共176个作者,发表2篇及以上32人,占作者总数的18.2%。大部分作者(占81.8%)仅发表1篇与“城市雨污分流”相关的文章为分析城市雨污分流研究领域的学者文献发表及其相关的学术联系,将下载的数据经CiteSpaceV可视化分析,下图2中文献发表量越多,则其节点越大,其中的连线则是作者群体之前存在的合作连接关系。下图2中,共计有节点176个,连接50个,网络密度为0.0032。在隧道突水学科领域中,作者合作网络聚类关系呈“整体-局部”网络状,其中大部分研究人员之间有较密切的联系,形成了几个较大的团体,另外有少量学者的分散。“整体团队部分”以宁建新、朱小娟、王增长、张弛和顾巍钟、崔旭等为中心,相

关研究人员发表了大量有关城市雨污分流改造的文献。除此之外，大部分作者都是发文量仅在 1~2 次，说明研究城市雨污分流的研究团队较集中的作者众多，但核心作者较少。在城市雨污研究领域中，核心作者各自形成紧密的合作联系网络，彼此之间联系紧凑。而“局部部分”中，部分学者之间存在单方面合作关系，或存在独自研究此学科领域目前尚未与他人合作形成网络的学者等。经图 2 分析可知，就作者合作关系而言，目前我国已经初步形成以围绕核心作者为中心的网络合作雏形，但大部分学者处于比较离散的状态，但人数并不多。由此可预测，城市雨污分流领域合作关系网络会越来越完整，而学科发展也将逐渐走向成熟。

Table 1. Statistical table of author's publications 2004~2021

表 1. 2004~2021 年作者发文数量统计表

累计发文数量(篇)	作者数量统计(个)	比例
1	144	81.8%
2	30	17.1%
3	2	1.1%

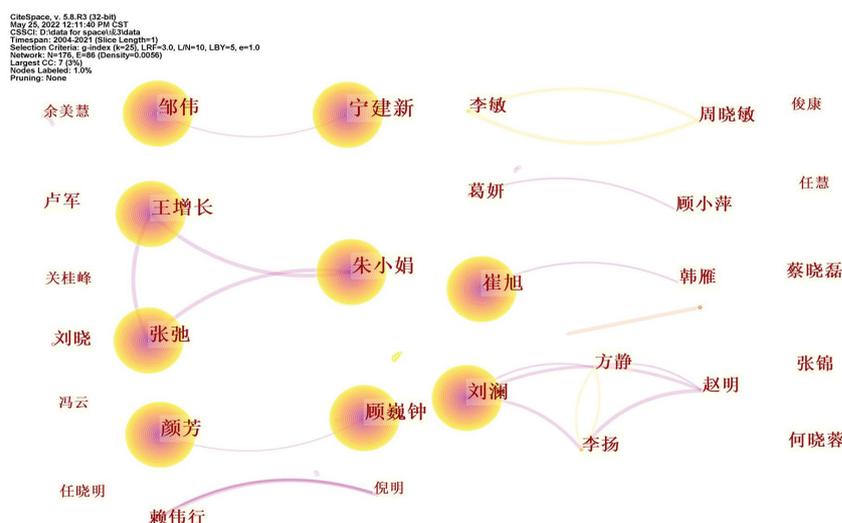


Figure 2. Authors' volume of publication of "urban rain-pollution diversion" in China, 2004~2021

图 2. 中国 2004~2021 年“城市雨污分流”作者发文量

3.3. 机构合作分析

首先从检索得到的 608 条文献中进行可视化机构网络分析，选取的节点类“Node Types = Institution”，检索区间“Time slicing”取 2004~2021 年，时间切片“Year Per Slice = 1”，阈值取 Top = 50，即每时间切片的排名前 50 位机构，经可视化分析后，调节至只显示发文量 ≥ 10 以上的机构，得到土石坝渗流发文机构图谱如图 3 所示，并整理排名得出表 2。

首先从知网检索筛选的 608 条文献中进行可视化分析，操作主界面选取节点类型为“Node Types = institution”，检索区间“time slicing”取 2004~2021 年，时间切片取 1 年，阈值取 TOP = 50 (每个时间切片的排名只显示前 50 个机构，经软件可视化分析以后，调节图谱并将发文量低于 2 篇的机构选择性隐藏得到图 3 所示并整理出发文机构的数量排名前十的机构如下表 3 所示。由下图 3 中该领域的文献机构可视化图谱可知，Node (节点) 为 266，Links (连线) 为 0，Density (紧密度) 为 0；节点之间的连线代表机构间

的合作关系，数量与密度呈正相关关系，节点的圆圈大小则反映该机构发文数量，节点越大则发文量越多，由于机构发文量相差不大且发文量较少，在图中显示不明显，但可以通过字体大小比较各个机构发文量的数量。例如太原理工大学与 YMG 分别有着 5 篇与 4 篇的发文量，其他机构则都是在 4 篇以下，其中发表 1 篇的机构比例占据了绝大部分。从发文频次上看，我国对城市雨污分流的研究还不够深入，绝大多数机构之间的联系还有待提升。从长远的角度分析，目前排名前七的机构是国内对水生植物水质净化相对较深入的机构，在研究领域中有着核心的地位，对以后研究发展起着引领的作用。通过机构的可视化图谱分析能反映机构之间的联系和变化，也能反映出所属机构的作者研究方向。



Figure 3. The institution of atlas of “urban rain-pollution diversion” in China, 2004~2021
图 3. 2004~2021 年中国城市雨污分流发文机构图谱

Table 2. Ranking of “urban rain-pollution diversion” publishing agencies in China, 2004~2021

表 2. 2004~2021 年中国“城市雨污分流”发文机构排名

序号	频次	机构
1	55	太原理工大学
2	36	YMG
3	21	中国水利水电第十六工程局有限公司
4	19	上海市松江区供排水管理所
5	16	保定日报
6	15	嘉善县大地污水处理有限公司
7	13	山东省莱芜市园林管理局
8	13	市市政管理局

CiteSpace 不仅可以分析机构之间的联系，也可以分析各个机构首次研究水生植物水质净化的起始时间。在生成机构的可视化图谱的基础上，在 Layout 界面的 Visualizations 中切换 Timezone View 可以得出图 4，图中可以清楚的看到我国最早的机构是 2004 年的中国科学太原理工，随后的 2004~2008 年基本没有新的机构对这一领域的研究进行文章的发表，在 2008 年以后，越来越多的研究机构参与其中。由此可以推断：城市雨污分流方面的研究在初期主要集中在几个少数的机构，其他机构对本领域的研究尚属空白，随着我国对城市分流的重视，越来越多的机构中的相关学者开展城市雨污分流研究工作，并发表了一定数量的文章。通过图 3、图 4 可以发现大多数机构是位于北方区域和沿海或者资源较多的区域，这也能够推断出大多数学者也集中在这些区域。特别是在河北周围的区域，由于北京、天津的特殊政治地

的研究方向很多都围绕着上图 5 中的 10 个方向进行研究。通过量化关键词，使分析更加可靠，取 Top N = 10 的数据，在全部时间范围内进行统计得到下表 3。

Table 3. Keyword centrality of “urban rain-pollution diversion” in China, 2001 to 2021

表 3. 2001~2021 年中国“城市雨污分流”关键词中心度

序号	关键词	频次	中心度
1	雨污分流	357	1.41
2	海绵城市	32	0.02
3	排水管网	30	0.06
4	黑臭水体	24	0.04
5	排水系统	24	0.05
6	改造	19	0.06
7	排水体制	18	0.05
8	城市排水	14	0.01
9	合流制	13	0.01
10	老城区	13	0.02

依照表 3 可看出关键词“雨污分流”出现频次最高，达 357 次，其次“海绵城市”(32 次)，“排水管网”(30 次)，“黑臭水体”(24 次)，“排水系统”(24 次)，“改造”(19 次)等，以上关键词说明了城市雨污分流领域的重要研究热点。可以发现，近年来我国对雨污分流的研究更为注重对海绵城市的分析研究，例如刘凯荣[16]，从海绵城市建设对于雨污分流改造的意义出发，阐述了雨污分流改造设计要点及常见模式，并提出相应的改造措施，在此基础上对海绵城市建设背景下雨污分流改造模式实践路径进行探索。

通过 CiteSpace 聚类分析，并基于 LLR 对数似然算法(Log-Likelihood Ratio)，可以研究高速远程滑坡热点研究结构紧密程度，判断研究热点。采用 CiteSpaceV 利用快速聚类方法，提取关键词，通过阈值调整，得到图 6 所示的知识图谱。该图中，模块值(Modularity)为 $Q = 0.6679 > 0.3$ 说明聚类结果显著，平均轮廓值(Mean)为 $S = 0.9474 > 0.7$ ，说明聚类结果的可信度是非常高的。由此可得，2004~2021 年隧道突水领域研究，主要以图 7 中 7 大聚类模块展开。通过聚类结构特征可以将学科研究分成特定的板块阐述学科研究方向，结合平均年份则可以研究学科领域的演化进程。通过平均年份可以得知学科发展初期在 2011 年左右，原因在于 2011 年之前，学术文献过少，说明该阶段城市污水排放还没有引起学术界的足够重视，而 10 年之后的城市排水事故频发，国内学者开始对城市雨污分流开始逐渐加大研究力度。

在研究初期(2011~2013 年)，国内学者开始初步探讨城市雨污的危害等，即聚类#0、#2、#6；研究中期(2013~2016 年)主要针对人民政府的污水的排放和处理，即聚类#1、#3；研究近期(2016 年~至今)主要分析法来分析城市雨污分流排水管网的问题，即聚类#4、#5。整体研究发现，大部分聚类词平均年份较早，说明城市雨污分流领域研究主要集中在 2011 年后几年内，随着时间推移。城市雨污分流问题数量增多，导致该领域的研究呈发展稳定期，后期需要继续加强该领域的研究。通过对关键聚类词的整理，将每个聚类排名前二的关键词列出，对聚类进行量化分析(summary of clusters)，节点代表关键词，聚类包含关键词越多，ID 值越小，其研究领域更为广泛。从表 4 可知，包含关键数量前三的为雨污分流，人民政府和排水系统，说明对于雨污分流研究众多，且研究深入且广泛。紧密程度体现每个聚类中的所有关键词的同质性，该数值越大，代表该聚类成员的相似性越高。且所有聚类紧密程度均大于 0.9，说明聚类

效果很好，同质性强，关键词之间联系紧密。如在“排水系统”聚类中，“排水系统”和“中心城区”是最紧密的两个关键词，在“污水处理”聚类中，“污水处理”和“黑臭水体治理”联系最为紧密。时间线视图(Time-line)将聚类分析和时间结合到一起，同一聚类的节点按照时间顺序会被排布在同一水平线上，同时不同聚类之间的联系也可以清晰展现在图中，Time-line 更加可以清晰直观地体现聚类的时间跨度以及历史进程，从而可以清晰展示城市雨污分流的演进。如图 7 所示。

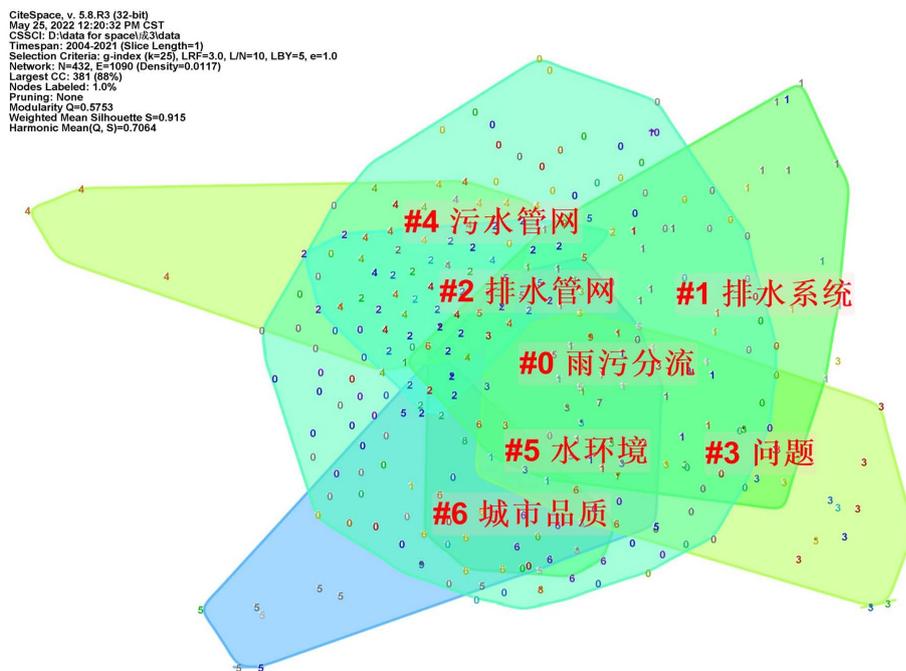


Figure 6. “Urban rain-pollution diversion” cluster knowledge map in China, 2001~2021
图 6. 2001~2021 中国城市雨污分流聚类知识图谱

Table 4. 2004~2021 urban rain-pollution diversion cluster analysis table
表 4. 2004~2021 城市雨污分流聚类分析详表

聚类号	节点数	紧密程度	平均年份	TOP terms (重要关键词)
#0 雨污分流	101	0.98	2013	雨污分流(16.61); 黑臭水体(8.15); 人民政府(7.23); 海绵城市(6.7); 污水管网(6.31)
#1 人民政府	36	0.906	2015	人民政府(39.94); 山西省(14.82); 污泥处置(9.86); 地下管线(9.86); 环保局(9.86)
#2 排水系统	35	0.931	2011	排水系统(29.63); 中心城区(24.26); 合流制(24.26); 分流制(19.81); 改造(16.77)
#3 污水处理	28	0.934	2014	污水处理(20.35); 黑臭水体(19.79); 生态修复(10.95); 初期雨水(10.17); 主城区(10.17)
#4 污水管网	26	0.94	2018	污水管网(19.69); 黑臭水体治理(5.76); 湿地公园(5.76); 城乡结合部(5.51); 水质检测(5.51)
#5 问题	24	0.926	2017	问题(25.75); 措施(24.77); 市政工程(17.31); 项目管理(14.11); 管理(12.31)
#6 城市排水	23	0.912	2011	城市排水(29.05); 水环境(23.18); 排水管理(17.34); 管网建设(11.51); 技术措施(11.53)

有关土石坝渗流领域的研究。

2) 在土石坝渗流研究领域, 太原理工学院, YMG, 中国水利水电第十六工程局有限公司, 保定日报是研究此领域的核心机构, 发文量远高于其他机构, 但在机构发文量中, 出现了严重的两级分化现象。望在后续的发展研究过程中, 各机构能保持密切交流合作。希望作者之间能加大交流合作力度, 携手攻克城市雨污分流的问题。

3) 通过关键词共现图谱, 结合词频, 中心度, 聚类分析, “雨污分流”、“黑臭水体”、“排水管道”、“排水系统”、“海绵城市”等为近几年的研究热点; 就此观察可以得出目前前沿的关于城市雨污分流的领域是关于“雨污分流”方向的学习, 在学习此学科的过程中, 需要重点关注这几大方面。

项目基金

中国水利水电第七工程局有限公司 2021 年科技项目经费资助。

参考文献

- [1] 王寒涛, 韦德权. 城市污水处理厂群联合调度模式的探讨[J]. 石河子大学学报, 2018, 36(4): 520-523.
- [2] 李忠群, 杨永飞. 实例探讨旧城区污水管网建设方案的选择[J]. 给水排水, 2021, 57(S2): 447-450.
- [3] 刘永富. 梅州城区污水处理提质增效研究[J]. 中国新技术新产品, 2021(10): 127-129.
- [4] 王康. 关于城市雨污分流排水管道改造技术情况分析[J]. 居舍, 2019(6): 37.
- [5] 赵一涛. 城市排水系统雨污分流改造的措施及作用[J]. 山西建筑, 2018, 44(31): 121-122.
- [6] 张英杰, 左丹, 张宇. 城市小区雨污分流的改造措施分析[J]. 中国环保产业, 2017(12): 62-64.
- [7] 盖东霞. 市政雨污水管道分流改造工程探索[J]. 中国高新技术产业, 2015(18): 39-40.
- [8] 黄靓. 住宅小区雨污分流管网改造工程技术措施实践探析[J]. 中国工程咨询, 2020(5): 88-90.
- [9] 王雷波, 杨建明, 李冠贵. 混合制城市排水系统污水溢流成因与对策[J]. 环境保护与循环经济, 2021, 42(1): 33-35+41.
- [10] 李海滨. 潍坊市中心城区排水系统雨污分流改造技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2013.
- [11] 廖秋阳, 胡刚. 合流排水立管雨污分流技术在老旧小区海绵改造中的运用研究[J]. 福建建材, 2022(3): 102-104+51.
- [12] 肖生明. 城市合流管网雨污分流改造的思考对策[J]. 工程建设与设计, 2020(13): 82-83+94.
- [13] 刘飞. 我国城市合流管网雨污分流改造的思考与对策[J]. 居舍, 2017(25): 5.
- [14] 陈碧美. 中小城市污水排水问题及对策研究[J]. 环境科学与管理, 2014, 39(9): 101-103.
- [15] 王乐. 农村地区雨污分流的实践与探索[J]. 农村经济与科技, 2018, 29(7): 43-45.
- [16] 刘凯荣. 基于海绵城市建设的雨污分流改造模式探讨[J]. 住宅与房地产, 2021(33): 17-18.
- [17] 成庆荣. 城市内涝治理与雨污分流改造措施探讨[J]. 大众标准化, 2021(20): 23-25.
- [18] 陈亮. 基于黑臭消除和内涝防治的水体综合治理技术研究[J]. 工程技术研究, 2021, 6(2): 238-239.