

# 基于 CiteSpace 的运河国际研究进展与知识图谱

沈山, 魏中胤, 蒋佳霓

(江苏师范大学 地理测绘与城乡规划学院; 大运河文化带建设研究院徐州分院, 中国 徐州 221116)

**[摘要]** 基于 CiteSpace V, 利用合作分析、共现分析、共被引分析、关键词聚类与突现等方法探讨运河的国际研究状况, 绘制知识图谱与研究内容体系。主要结论: (1) 运河国际研究发展迅速, 文章体量质量与科学价值逐时提升; (2) 运河国际研究领域广、内容聚、重点期刊与作者突出, 国内团队具有大离散、小聚集的特点, 国际上欧美、中东等地团队关联紧密; (3) 运河国际研究热点具有时代性, 内容体系不断完善, 中国影响日益突显; (4) 形成以水资源管理、生态环境与治理、运河地区、运河功能与工程为主的国际研究内容体系和以工程技术、污染治理、文化经济、国际案例为主的国内研究内容体系。 (5) 中国运河研究可以分为运河工程研究、国际运河经验借鉴研究、运河文化申遗研究和大运河文化带建设研究四个时期。2019 年开始大运河文化带建设研究成为热点, 大运河文化价值、大运河文化传承、大运河国家文化公园和运河文化高地建设将成为未来中国大运河研究的突显词。

**[关键词]** 运河; 研究进展; 知识图谱; 内容体系; CiteSpace

**[中图分类号]** K203

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-6973(2019)06-0031-13

我国拥有悠久的运河修筑史, 源出南京市高淳区固城湖的胥河, 开凿于公元前 506 年, 是世界上开凿最早的运河。京杭大运河是世界上工程最大、里程最长的运河, 也是中华民族最具代表性的文化标识之一。2014 年 6 月, 大运河申遗成功, 这条“活着的、流动着的遗产”成为全人类的瑰宝, 运河研究即时成为学界焦点。20 世纪末, 北京师范大学、首都师范大学、浙江大学等高校的运河学者相继在多个领域对运河进行研究, 2012 年聊城大学成立运河学研究院, 集中于运河及其区域社会研究。2018 年 4 月, 江苏省为响应习近平总书记对大运河文化遗产“保护好、传承好、利用好”的批示, 成立大运河文化带建设研究院, 并相继在省内多市设立分院, 同期北京、河南等地高校也组建大运河文化研究机构, 发布大运河研究课题, 运河研究成果突增。

中国知网检索, 至 2019 年 11 月运河主题中文文献超过 1.3 万条, 内容以水运工程、污染与治理、运河文化为主, 对国外运河的研究集中于巴拿马运河和苏伊士运河, 少有运河研究综述、研究内容体系类文章, 暂无学者编绘运河学相关知识图谱。鉴

于此, 从多量数据分析的视角探讨国内外运河研究的重要成果和前沿热点, 以期梳理出较为清晰的运河研究脉络, 编绘运河知识图谱, 为国内运河学者明晰现状、分析问题提供参考。

## 一、数据处理与研究方法

### (一) 数据来源与处理

WOS(Web of Science)为全球领先的跨学科文献索引工具, CNKI(China National Knowledge Infrastructure)为目前世界全文信息规模最大的数字图书馆、最大的中文数据库。基于 WOS 数据库检索外文文献, 勾选 SCI-EXPANDED、SSCI、A&HCI 三个子数据库, 以“标题”作为检索途径、“canal”作为检索词, 设置文献类型为“Article”。“canal”含义广, 地球科学和工程领域为“运河”, 生物、医学、经济和历史学领域也使用, 为准确检索, 利用“WOS Categories”功能 5 次过滤无关类别, 得到文献 1647 篇, 经人工剔除与主题无关、内容不全的文献 200 篇, 导出有效外文文献 1447 篇。基于 CNKI 数据库检索中文期刊文献, 以“运河”作为篇名和关键

**[收稿日期]** 2019-10-30

**[基金项目]** 国家社会科学基金项目(14BGL085)

**[作者简介]** 沈山(1970—), 男, 河南南阳人, 人文地理学博士, 江苏师范大学教授。研究方向: 地域文化与区域发展。

魏中胤, 通讯作者, 江苏师范大学人文地理学硕士研究生。蒋佳霓, 江苏师范大学人文地理学硕士研究生。

词,文献来源设定为 SCI、EI 来源期刊、核心期刊和 CSSCI,检索并导出文献 943 篇,经人工筛选去除报导、专访、绘画、诗词、歌曲等无关文献 65 篇,得到有效中文文献 878 篇。两个数据库检索时间均为 2019 年 11 月 7 日,数据均以“.txt”格式导出,以“download\_n”(n 为末位文献序号)格式命名。将 CNKI 导出数据经 CiteSpace 软件转换为可识别文件,WOS 导出数据 CiteSpace 可直接识别。

## (二)研究方法工具

CiteSpace 是基于 Java 程序运行的可视化工具,运用于解析文献信息、文献关系可视化。基于 CiteSpace V 软件,运用合作分析、共现分析、共被引分析等方法探讨运河国际研究的作者、机构、来源期刊、被引期刊及关键词等显性内容,运用聚类 and 突现方法分析关键词共现结果,以探索文献隐性信息。合作分析是指以文献库中某类共性如作者、机构、国家等为条件对文献计量分析;共现分析即利

用文献中词语共同出现的状况确定主题间的关系,共词频率越高,两主题关系越紧密;两个对象(文献、作者、期刊等)的内容同时被第三个对象引用称两个对象间存在共被引关系,被引频率越高,其学术关系越紧密。通过关键词聚类将内容相近的关键词聚合形成相对独立概念的类团,有助于梳理研究脉络、聚焦研究热点;以特定关键词为代表的某类主题在短期内突然出现或研究量快速增加即为关键词突现,可通过突现信息探索研究主题变化的深层原因。

## 二、运河国际研究的显性特征分析

### (一)文献数量及变化趋势

绘制主题研究历年文献数量变化折线图,可较好地认知该主题研究进展。WOS 数据库 1928 至 1991 年间时间跨度大、文献数量少,以 8 年为组分 8 组取年均文献量表示,2019 年数据不足一年,以空心节点表示(图 1)。

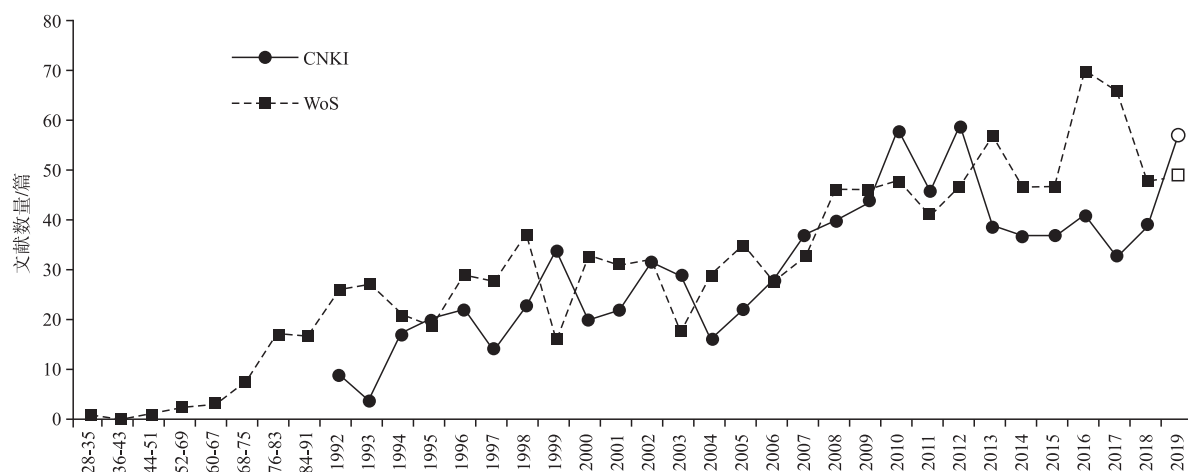


图 1 运河国际研究历年有效文献数量

Fig. 1 Annual number of relevant papers on canal research abroad

在 WOS 有效文献 1447 篇中,运河研究外文文献始于 1928 年,先期文献量较少,近半世纪年均发文量仅 2.5 篇,部分连续年份无相关文章发表;1976 年以后,年发文量大幅增长,尽管年际间有起伏变化,但总体维持在年 22 篇左右;2008 年以后年均发文 51 篇,文章体量和质量全面提升。

在 CNKI 有效文献 878 篇中,运河的研究始于 1992 年,1992—1996 年均发文量 14 篇,1997—2003 年均发文量 25 篇,总体趋势增长;2004 年出现京杭大运河申报世界文化遗产的相关讨论,到 2008 年大运河申遗联盟成立,运河研究日益成为“热门话题”,2004—2012 年均发文量 39 篇;2012 年 3 月,文化部召开大运河保护和申遗省部际会商小组第四次会议,审议通过《大运河保护和申遗 2012—2013 年行动计划》和《中国大运河遗产监测和档案系统建设方

案》,10 月,文化部出台《大运河遗产保护管理办法》,直至运河申请成功,运河研究进入新的阶段,2014—2018,运河研究文献量稳定在 30 余篇。2019 年 2 月,国务院办公厅印发《大运河文化保护传承利用规划纲要》,将大运河文化保护传承利用上升为国家战略,文献发表量增长迅速,且高质量文章频发;1992—2019 年均发文量为 31 篇,其中 2013—2019 年均发文量 41 篇。

剔除 WOS 数据库中无外文文献发表的 21 个年份,分别计算中外文献累发量,进行幂函数优化度拟合,其中 WOS 数据拟合  $y = 0.5453x^{1.7249}$ 、 $R^2 = 0.9518$ ,CNKI 数据拟合  $y = 6.4946x^{1.462}$ 、 $R^2 = 0.9935$ ,拟合优度均超 0.95,可靠性高,拟合曲线分别在 1989、2010 年年开始低于 WOS、CNKI 的文献累发量,表明外文和中文文献发表量分别自 1989 和



期刊引用其内容的吸引力,一般认为中心性超过 0.1 即具有较强影响力。277 个被引期刊中,被引中心性超过 0.1 的有 30 个,超过 0.27 的有 7 个:Water Research(0.50)、Journal of Hydrology Engineering-Asce(0.35)、International Journal of Environmental Health Research(0.35)、Journal of Irrigation and Drainage Engineering(0.30)、Science of the Total Environment(0.27)、Journal of Hydrology(0.27)、Hydrobiologia(0.27)。

高影响因子的知名期刊对运河国际研究有着较大影响力。国外运河研究主要集中于土木与农业工程、地质学、水资源、环境科学、水生物学、建筑园林学等领域,国内运河研究涉及领域主要有水运水利工程、档案学、环境科学、规划建筑学、农学、地理学及社会科学等。可见,运河研究涉及领域较广,同时具有一定集中度,重点刊载平台突出。

### (三)作者与产出机构

普莱斯定律(Price Law)可根据某学科文献数确定核心作者,公式为:

$$N_{\min} = 0.749 \sqrt{M_{\max}}$$

式中  $N_{\min}$  为核心作者最低刊文数,  $M_{\max}$  为最高产作者刊文数。经 CiteSpace 统计, WOS 和 CNKI 文献最高产作者刊文数分别为 8 篇和 12 篇,运河研究核心作者文章数均应大于或等于 3 篇。外文期刊

核心作者 20 人: AJ CLEMMENS(8)、PK SWAMEE(6)、BR CHAHAR(6 篇)、GC MISHRA(5 篇); 4 篇论文作者 9 人: E BAUTISTA、R SINGH、X LITRICO、DC ROGERS、R BROUWER、J SCHUURMANS、GP MERKLEY、A J CLEMMENS、R J STRAND; 3 篇论文作者 7 人: ARIF A ANWAR、PO MALATERRE、MM ABDELAAL、HS CHAUHAN、JM ABRIL、P J VAN OVERLOOP、S M HASHEMY。中文期刊核心作者 36 人: 王晓燕(12 篇)、陈英旭(7 篇); 6 篇论文作者 4 人: 殷旭旺、徐宗学、朱广伟、何小弟; 5 篇论文作者 2 人: 王汨、王刚; 4 篇论文作者 10 人: 李晓储、黄利斌、陈宁、王建波、陈永娟、鲍林林、丁如珍、黄俊雄、崔云霞、奚雪松; 3 篇论文作者 18 人: 李晓秀、江涛、李建辉、崔世辉、毛献忠、周根娣、殷文华、王辉、张正柱、王德富、王跃进、朱涛、张汪寿、王志坚、应洪琰、钱天鸣、田光明、巢农。中文期刊核心作者较外文期刊核心作者数量多,但国际期刊运河研究的核心作者罕有中国学者,反映出关于运河研究的中国学者在国际上影响力较弱。

利用 CiteSpace 分析作者和产出机构的网络结构特征,绘出运河研究作者与产出机构合作关系图,图中节点越大表示发文量越多,连接线越粗则两节点间关系越紧密(图 3)。

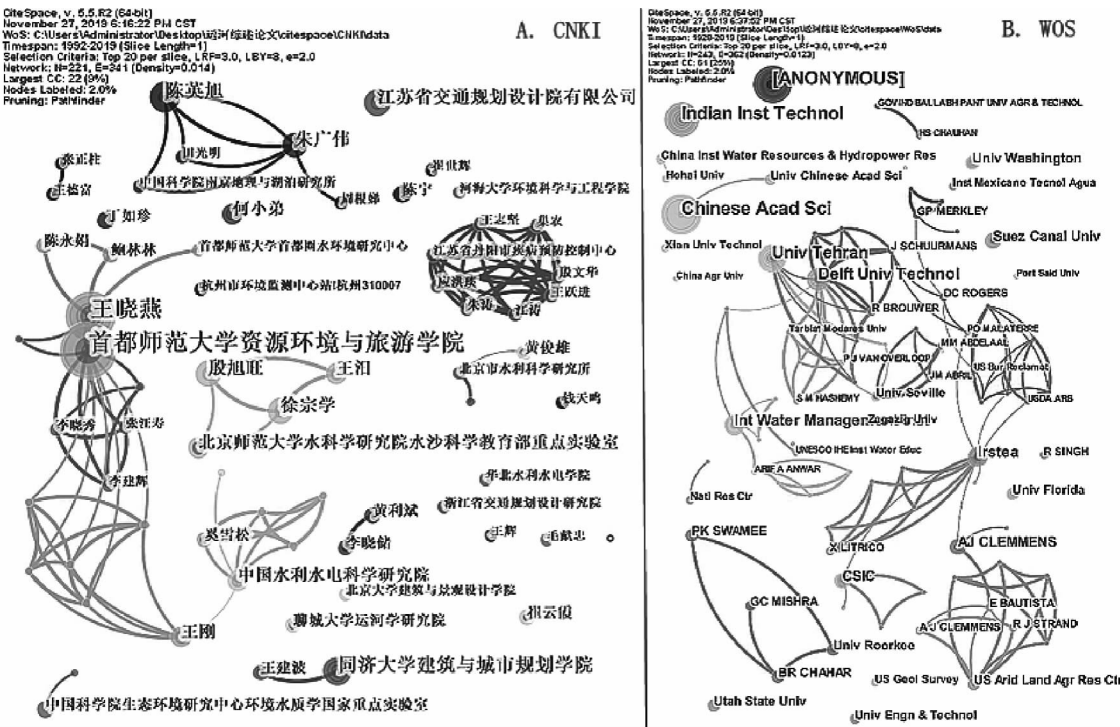


图 3 运河国际研究作者与产出机构合作关系图

Fig. 3 Cooperation relationship between authors of canal research abroad and their affiliation

在运河国际研究领域,以中国和印度为代表的东亚、南亚国家的研究成果产出高、体量大,但与国际上其他研究单位合作较少,欧美系及中东国家之间关联紧密,已经形成了多个较复杂的合作关系网,如德黑兰大学—国际水资源管理协会—代尔夫特理工大学—塞维利亚大学—塔比阿特莫达勒斯大学等单位间的关联合作等(图 3,B)。中国科学院(大学)刊文 24 篇,是运河研究国外期刊中刊文量最多的单位,其研究领域主要为环境工程、运河景观及生态规划,作者 Li Shuang-yang 等发表的“Experimental and numerical investigations on frost damage mechanism of a canal in cold regions”一文被引频次 21,为该单位最高。运河国际研究刊文较多的单位还有:印度理工学院(17 篇),研究领域为运河水质、水力模型、水资源管理、灌溉技术等;德黑兰大学(14 篇),研究领域主要为灌溉技术与水控制;代尔夫特理工大学(11 篇),研究领域主要为水控制;国际水资源管理协会(10 篇),研究领域主要为水资源管理;法国环境与农业科技研究院(10 篇),研究领域主要为水控制;苏伊士运河大学(8 篇),研究领域主要为运河保护;西班牙国家研究委员会(8 篇),研究领域主要为灌溉工程。

在国内研究领域(图 3,A),运河研究总体表现为大离散、小聚集的特点,已经形成 4 个规模团队:以首都师范大学王晓燕、中国水利水电科学院王刚为核心的北运河资源环境研究团队;以浙江大学陈英旭、中科院南湖所朱广伟为核心的运河(杭州段)沉积物研

究团队;以北京师范大学徐宗学、大连海洋大学殷旭旺为核心的北运河生物生态与水环境研究团队;以中国农业大学奚雪松为核心的运河遗产研究团队。除 4 个核心团队外,同济大学建城学院的运河古镇研究、江苏交通规划设计院的运河建筑工程研究、中科院生态环境中心的北运河水环境研究、聊城大学运河学研究院的运河文化历史与社会研究、江苏省丹阳市疾控中心的大运河(丹阳段)水生物控制研究等也颇有影响。在关联度上,研究团队间合作关系较弱,较多作者和单位处于独立研究状态,但在团队内部作者与作者、作者与单位、单位与单位之间合作程度较强,合作圈稳定,团队核心人物的中心性强。

三、运河国际研究的隐性特征分析

(一)研究热点聚类分析

关键词是对文献主题的提炼和对文章内容的凝缩,高频关键词所反映的内容往往是该领域的研究热点。运用 CiteSpace 分别对 WOS 和 CNKI 数据进行关键词共现分析,并对关键词共现结果聚类,得到国内外运河研究的关键词聚类 Timeline 视图,图中节点和线条的颜色越深表示出现的年份越早(图 4)。仅从聚类名称较难得到具体信息,同时抽词算法的选择具有一定差异性,需结合子聚类和轮廓值以进一步分析各聚类蕴含的具体内容,其中聚类轮廓值反映节点的聚集程度,轮廓值越接近 1 表明聚类越合理(表 1)。

表 1 运河国际研究关键词聚类表  
Tab. 1 Cluster of key words on canal research abroad

数据库	轮廓值	聚类编号	聚类名称	子聚类名称
WOS	0.971	# 13	feedback control	Simulation, algorithms, water levels, etc
	0.937	# 10	tidal waterways	suez canal, numerical model, pollutants, etc
	0.906	# 7	ecological planning	landsenses ecology, ecological restoration, grand canal, etc
	0.872	# 6	irrigation districts	computer software, rhone delta, control systems, etc
	0.848	# 12	open channel flow	canal gates, flow, hydraulic calibration, etc
	0.801	# 4	genetic algorithm	classifier system, canal gate automation, distributed control, etc
	0.786	# 1	remote sensing	agricultural landscape, archaeological, gis, etc
	0.775	# 5	control systems	reverse osmosis, economic, irrigation, etc
	0.775	# 9	canalero	irrigation, canal automation, china, etc
	0.750	# 3	seepage	pakistan, water management, thailand, etc
	0.743	# 0	heavy metal	pollution, ennore, factor analysis, etc
	0.732	# 8	hetao irrigation district	stream chemistry, hood canal, restoration, etc
	0.731	# 2	hydraulic characteristics	nutrient, flow-3d, eutrophication, etc

数据库	轮廓值	聚类编号	聚类名称	子聚类名称
CNKI	0.993	#7	空间分布	污染评价、土壤养分、土地利用、水系等
	0.956	#6	消能室	输水系统、廊道、导航建筑物、船闸等
	0.926	#8	美国	北美洲、巴拿马、哥伦比亚、运河区等
	0.921	#2	运河	明清、鲁运河、社会变迁、运河区域等
	0.910	#5	设计	生态护岸、创新、江苏、江南运河等
	0.902	#4	排涝	东江、水质、蓟运河、ce-qual-w2 模型等
	0.837	#1	大运河	茶文化、运河城市、商业、运河文化带等
	0.829	#0	北运河	沉积物、水环境、污染特征、生态风险等
	0.800	#3	苏南运河	导治工程、航道、船闸、航道局等

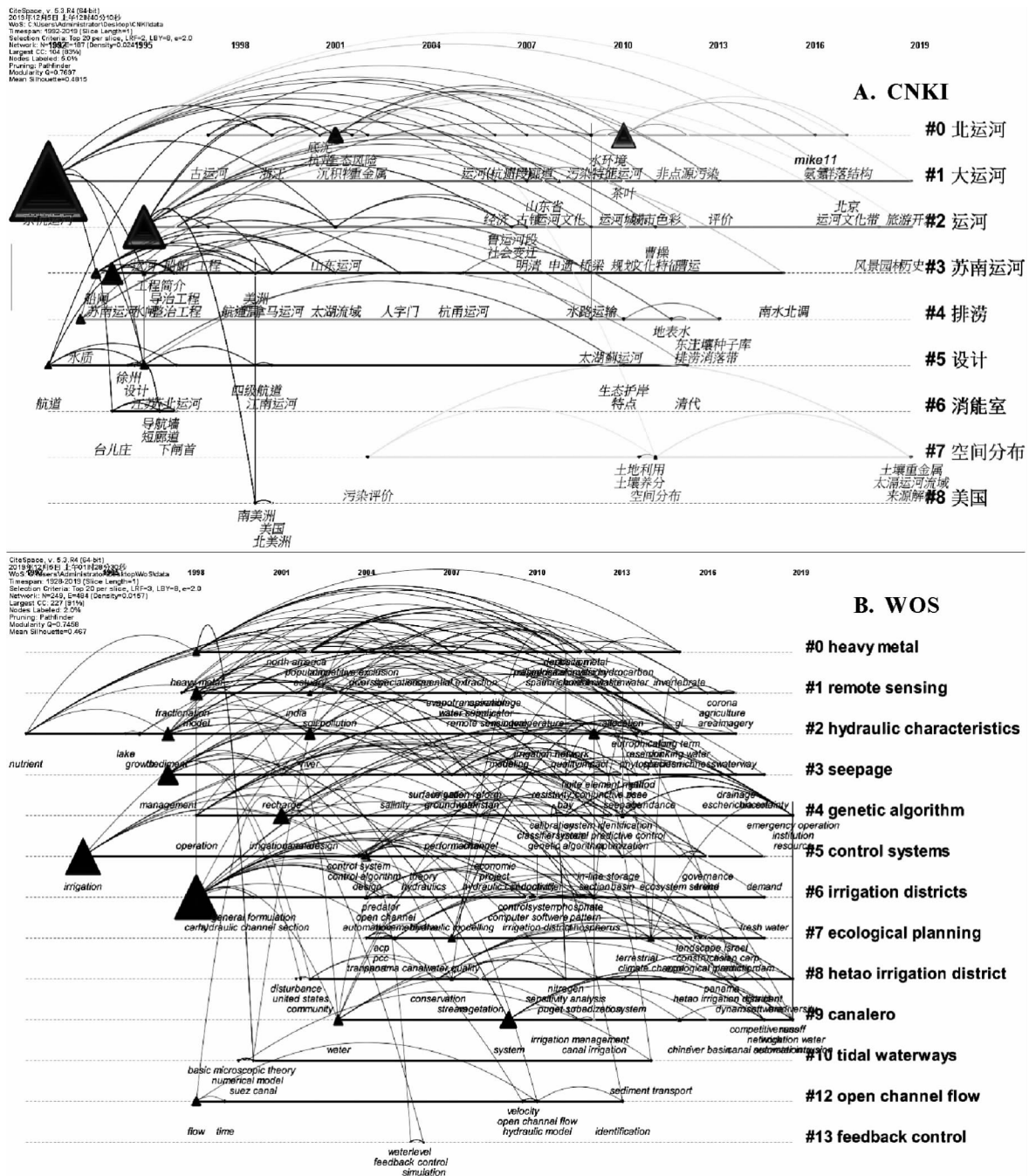


图 4 运河国际研究关键词及聚类知识图谱  
Fig. 4 Knowledge map of key words cluster on canal research abroad

外文运河研究文献共有 13 个关键词聚类(编号 #11 缺失,对结果无影响,顺位补进),通过梳理子聚类内容,将 13 个聚类分为控制算法与技术(#13、#12、#4、#1、#5)、区域实践(#10、#6、#9、#8)、问题与修复(#7、#3、#0、#2)三个类型。国际运河研究注重通过模型、算法、GIS 等手段寻找水文规律(MALATERRE PO, 1998;KHARE D, 2007; BORGES RENATA COURA, 2015),进而为运河水资源管理和相关规划提供依据,其研究主体有水位检测(CLEMMENS AJ, 2004)、流量控制(SCHUURMANS J, 1999)、集散控制(ALVAREZ A., 2013)、设备自动化(VAN OVERLOOP P. J., 2010)、农业景观(LUO, L, 2017)、灌溉(LIU LEI, 2010)等。区域与实践类别主要以具体地区解决特定问题为案例进行运河问题探讨,较具影响的研究案例有中国大运河的水环境研究(ZHENG XI, 2015)、苏伊士运河的沉积物与水源放射性研究(ABD ELAZIM H, 2005)、罗纳运河鱼类习性研究(POULET N, 2005)、胡德运河水营养研究(Swarzenski, PW, 2007)等,总体来看该聚类研究以运河水环境、水文模型与控制系统、运河设备自动化等内容为主。问题与修复类别重点研究运河污染(WETZEL DL, 2003)、富营养化(KANAYA GEN, 2015)、内涝与渗流(CHANDIO ABDUL SAMAD, 2013)、运河生物(MULLER JC, 2002)等问题,同时也包括探讨区域运河的水力特性(BENFER N. P., 2010)、分析运河问题因素(MEKONNEN D, 2016)、制定生态修复规划(DONG R, 2016)等内容,其中污染问题以河流重金属(BOUGHRIET A, 2007)、沉积物(KELDERMAN P, 2000)、污染对水生物影响(KHALLAF EA, 2003)等方面研究居多,在运河生态修复领域,中国团队研究成果较丰。与国内运河研究相比,国际对运河的控制算法与技术研究比重更大,同样重视运河的污染与修复问题,对运河文化研究较少。

中文运河研究文献共有 9 个关键词聚类,主要

包含三部分内容,即运河区域(#0、#1、#2、#3、#8)、功能与技术(#4、#6)、分布与设计(#5、#7)。运河区域包含了各类运河主体的热点研究,其中北运河长期处于生态亚健康状态,污染问题备受关注,水环境与运河生态为其主要研究内容(李文君, 2011;鲍林林, 2015);大运河多指京杭运河,是中国古代连接南北的水运动脉,深厚的历史文化底蕴一直备受文化学者青睐,近年随着申遗、运河城市、运河文化带等概念的兴起,大运河多次成为研究热点(俞孔坚, 2010;张京祥, 2008);“运河”聚类多以文化历史学与社会科学研究为主,聊城大学运河学研究院等单位在该领域发文较多(王云, 2008);苏南运河贯穿苏、锡、常、镇 4 市,是京杭运河的重要河段,其聚类内容多为运河航运工程与环境治理研究(何超勇, 2012);“美国”聚类以美洲运河研究为主,巴拿马运河是该聚类研究的重点(陈继红, 2013)。功能与技术内容包括对运河排涝等功能的研究,运用相关模型和统计方法对水质、水流、污染源等要素的分析处理,以及对航运工程与建设的技术研究等,其研究区域有东江、蓟运河、东莞运河、漳卫南运河、北运河、台儿庄等,工程建设研究对象包括消能室、船闸、输水系统、廊道、导航建筑物等(孙磊, 2012;左金业, 1996)。在分布与设计,分布主要指研究要素如运河污染物、水系、径流、土壤养分、运河剖面等的时空分布(何云峰, 2002),此外运河区域的土地利用也是该部分研究的重点(赵霏, 2014);设计则主要为运河的生态护岸设计、船闸设计、桥梁设计等,此聚类的研究主体以江苏段的京杭运河为主(葛红群, 2010)。

(二)研究热点突现分析

关键词突现可直观反映中外运河研究热点的时序演化,对明晰各时期运河学的研究方向和发展路径具有重要意义。基于 CiteSpace 分别对 WOS 和 CNKI 数据进行突现词分析,得到外文和中文突现词分别为 11 和 13 个,其中 WOS 数据自 1998 年才开始出现突现词,为清晰表现,将 1992 年以前突现节点省略(表 2)。

表 2 运河国际研究突现词时序表

Tab. 2 Annual sequence of burst terms on canal research abroad

文献库	关键词	起始年	结束年	强度	文献库	关键词	起始年	结束年	强度
WOS	flow	1998	1999	3.84	CNKI	航道	1992	1998	10.58
	heavy metal	1998	2008	3.91		苏南运河	1994	1998	11.76
	canal	1998	2006	9.63		水闸	1995	2001	4.78
	soil	2002	2010	3.43		整治工程	1996	1998	5.60
	automation	2004	2007	3.40		导治工程	1996	1998	5.03
	control algorithm	2004	2010	3.45		美洲	1999	2008	3.97



文献库	关键词	起始年	结束年	强度	文献库	关键词	起始年	结束年	强度
WOS	irrigation	2004	2008	4.11	CNKI	巴拿马运河	1999	2009	5.43
	climate change	2014	2019	3.50		古镇	2007	2010	4.03
	impact	2015	2019	4.48		明清	2007	2016	3.67
	China	2015	2019	4.30		北运河	2010	2019	15.12
	dynamics	2017	2019	4.46		漕运	2012	2015	3.64
						运河	2013	2019	4.74
						运河文化	2014	2019	3.55

WOS 文献库中文献表示国外早期研究体量小、内容分散,突现词自 1998 年才开始出现。梳理国际运河突现词蕴含的研究内容,2010 年以前国际运河研究可分为两大主流,即以“flow”“canal”“automation”“control algorithm”“irrigation”突现词为代表的水资源管理研究和以“heavy metal”“soil”突现词为代表的运河环境研究,其中水资源管理研究以河道控制系统(MALATERRE PO, 1998; CLEMENS AJ, 2004; LITRICO X., 2007)研究为主,也包括渗透与水交换(ALAM MM, 2004)和以构建灌溉模型为主的运河灌溉(LITRICO X, 2004)研究等,其研究内容服务于地区运河工程设计和农业需要;运河环境研究则重点聚焦于运河沉积物、土壤及排放水中微生物、重金属等有害物质的量度,治理措施,影响对象分析(BOUGHRIET A, 2007; PATEL V, 2012)等。2012 年前后美国、中国、澳大利亚、伊比利亚半岛、北极等多个国家和地区气候异常,引起国际上对气候变暖的普遍关注,相关学者在相近时期关于气候变暖对运河生物(TOFT J. E., 2014)、水位及河道堤坝(ABDELATY I, 2019)的影响展开了相关研究。“impact”突现词包含内容较驳杂,但气候变化对运河生物影响、运河景观对房价影响(WEN H, 2017)、城市化对水质影响(YU S., 2012)等内容被引频次较高,具有一定影响。“China”突现词研究对象以大运河的水环境治理为主(ZHENG XI, 2015),近年来随着中国“一带一路”倡议的推行,“一带一路”倡议对国际运河港口的影响得到一定关注(ZENG Q, 2018)。“dynamics”突现时间最晚,现如今主要以水流、冰流动力学(CARTER SASHA P., 2017)和运河排水渗漏研究为主。在突现特征上,国外运河研究除“canal”突现强度较高外,其余突现词强度相似,“canal”突现词内容以运河控制系统研究为主,该类内容是运河水资源管理研究的重要部分。“heavy metal”“canal”“soil”等突现词热度持续近十年,是 1998 年至 2010 年期间的重点研究对象,“climate change”

与“dynamics”作为近年新兴突现词,将成为今后一段时间国际运河研究的两个重要方向。“China”突现时间较近,作为唯一以国家名称出现的突现词,表明大运河是国际运河的重要研究样本,中国的运河研究在国际上具有一定影响力,中国在国际运河研究领域热度初显,将持续发力。总体来看国际运河研究突现词较之国内,地方化特征更弱,研究方向更精准,同时国际运河研究具有断续性,每个研究期内多个研究方向同时起步,2010 年以前的研究以科技为主导,重点研究水资源管理与水环境,2010 年至 2014 年出现短期研究空档,2014 年以后研究又变得多元,主要有多因素与运河的互相影响及运河水动力学等方向。

依据 CNKI 文献库中突现词蕴含的内容,可将国内运河研究整体分为四个时期。一是运河工程研究期(1992—1999)。20 世纪中后期,我国陆空交通运输网络还较薄弱,内河航运在国内大宗货物运输领域占据显著地位(李明,2004),日益扩大的运输需求使作为内河航运重要组成部分的运河航道是学者关注的重点。“航道”一词研究热度自 1992 年至 1998 年持续了 7 年,相关文章 26 篇,研究主体多为江苏和浙江段京杭运河,研究内容主要是运河水运与整治改造(常全根,1996),航道研究较好地支撑了该时期的运河水运发展。作为延伸,以运河整治、工程设计为主要内容的“苏南运河”与“水闸”分别在 1994、1995 年成为研究热点,“整治工程”与“导治工程”研究则出现于 1996 年,该时期突现词蕴含的内容以工程学和规划学为主,多解决当时的水运问题,具有直接的社会经济效益,可将以航道为主体所延伸的相关研究称为运河工程时期。二是国际运河经验借鉴研究期(1999—2004)。国内学者对国际运河关注的重点是巴拿马运河。巴拿马运河是串联南北美、沟通两大洋的重要水运通道,1999 年巴拿马政府从美国手中收回巴拿马运河主权,该条极具战略性的运河主权变更受到国内学者的广泛关注,同时期以巴拿马运河为主要研究对象的“美洲”“巴拿马



运河”突现词出现,研究热度持续了近十年,其内容主要有巴拿马运河主权变更影响(吴德明,1999)、巴拿马运河发展史(唐晓芹,1999)、通航技术(尤凤鸣,2002)等。三是是运河文化申遗研究期(2004—2014)。2004年开始大运河申报世界文化遗产倡议渐热。2006年5月,大运河被国务院确定为全国重点文物保护单位,同年11月被国家文物局列入《中国世界文化遗产预备名单》,与此同时,国内旅游业快速发展,文化旅游、古镇旅游等新的旅游概念不断发展,国内地方文化挖掘与保护意识觉醒,有关大运河历史文化研究与申遗研究逐渐丰富起来。2007年前后,王建波(2007)、阮仪三(2010)等学者以“城市规划”期刊为主要载体进行运河古镇研究。在运河文史方面,吕龙、李春波、宋立等对运河遗产(吕龙,2007)进行了探究,沈山等以运河文化为主题构建协作旅游联盟(沈山,2008),赵维平等论述了运河文化与文学写作的相互影响(赵维平,2008),吴欣、陈喜波等探讨了明清时期如社会组织(吴欣,2010)、漕运(陈喜波,2016)等的文化现象,运河茶文化受到了顾志兴等关注(顾志兴,2010),此外运河文化品牌(王静,2014)、运河文化带(张永虎,2014)、运河文化认知(成志芬,2018)等方向也为一些学者探足求索。近年来随着通讯技术的快速发展,“互联网+”思维也与运河文化保护研究结合了起来(郑亚鹏,2018),自2007年后运河研究繁荣兴旺,迎来了运河文化遗产研究高峰。值得一提的是,与运河文化遗产研究同期,自2010年以后,以北运河为主要对象的运河水环境研究开始兴起并一直持续至今,该领域研究基于化学、生物学等学科技术,接轨国际水环境治理研究,对倡导绿色发展理念、重视环境治理的当今社

会意义重大。从突现特征来看,“北运河”“航道”与“苏南运河”的强度值大,在运河研究领域具有较强影响。实际应用价值较高的“航道”研究是首次出现的研究热点,运河工程时期的研究以此而展开。“美洲”与“巴拿马运河”研究热度均超过10年,突现特征明显,该热点的出现使2000年左右的运河研究焦点自国内转移到国际。以“北运河”为代表的水环境研究与以“运河文化遗产”为代表的文化遗产旅游研究一直持续至今,构成当今时期运河研究的两大主流。四是大运河文化带建设研究期(2019—)。遵照习近平总书记重要指示精神,2019年2月国务院《大运河文化保护传承利用规划纲要》,以大运河文化保护传承利用为引领,统筹大运河沿线区域经济社会发展。大运河文化带建设研究成为热点,预计大运河文化价值、大运河文化传承、大运河国家文化公园和运河文化高地建设将成为中国大运河研究的突显词。可以看出,国内运河研究热点具有良好的延续性,同一时期具有多个研究方向,具有“落实一批、研究一批、展望一批”的热点发展过程,研究热点的转变受应用需求、重要事件及政府政策等因素的影响。

#### 四、运河国际研究的知识图谱 和内容体系

梳理运河国际研究各领域主体内容及其知识脉络,尝试建立国内外运河研究知识图谱。国外运河研究包括水资源管理、生态环境与治理、运河地区、运河功能与工程4个部分,水资源管理与生态环境治理是国际运河研究的两大主体,国际水资源管理研究更加重视系统模型的建立和先进技术的使用,运河污染研究则更细致地分析了生物生态的变化(图5)。

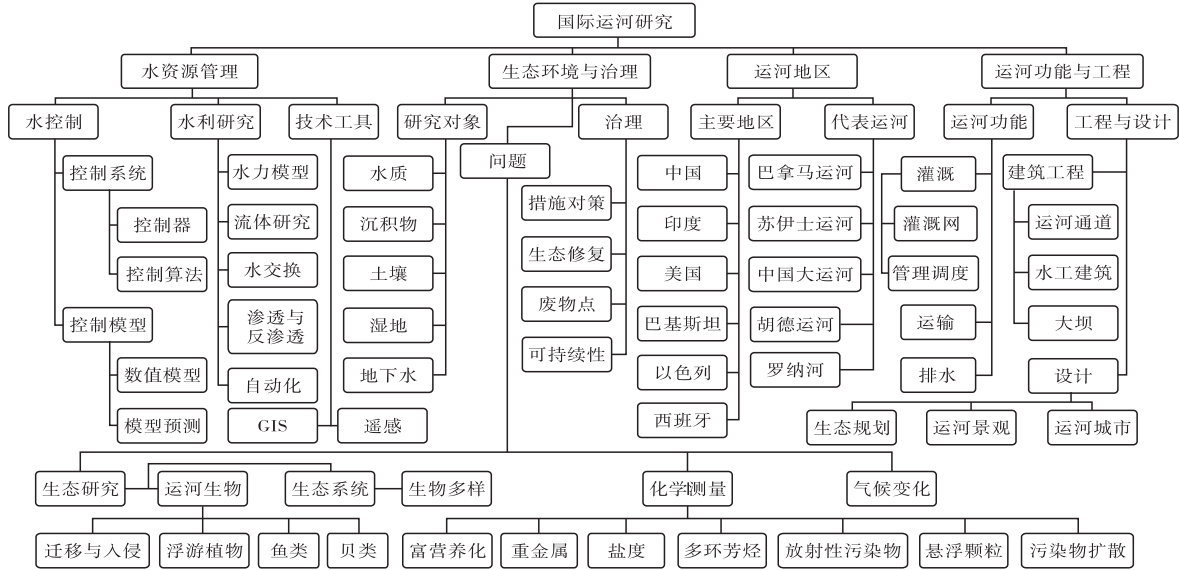


图5 国外运河知识图谱和研究内容体系

Fig. 5 Knowledge map and Knowledge system on canal research abroad

在国内运河研究中,可将研究内容分为国内研究与国际视野两部分,国内运河作为国内运河研究的主体部分,文献量大、时序长、结构较完整,内容包括工程技术、污染与治理、文化经济三部分,各部分内容又有若干细分,其中工程技术类研究热点时段为 1992 年至 2000 年左右,污染与治理、文化经济为

近十年研究热点;国际视野立足于“借鉴性”和“实用性”,以巴拿马运河、苏伊士运河、伊利运河等国际具有重要影响和代表性的运河为研究对象,其中以 1999 年至 2009 年间关于巴拿马运河研究的文章为多(图 6)。

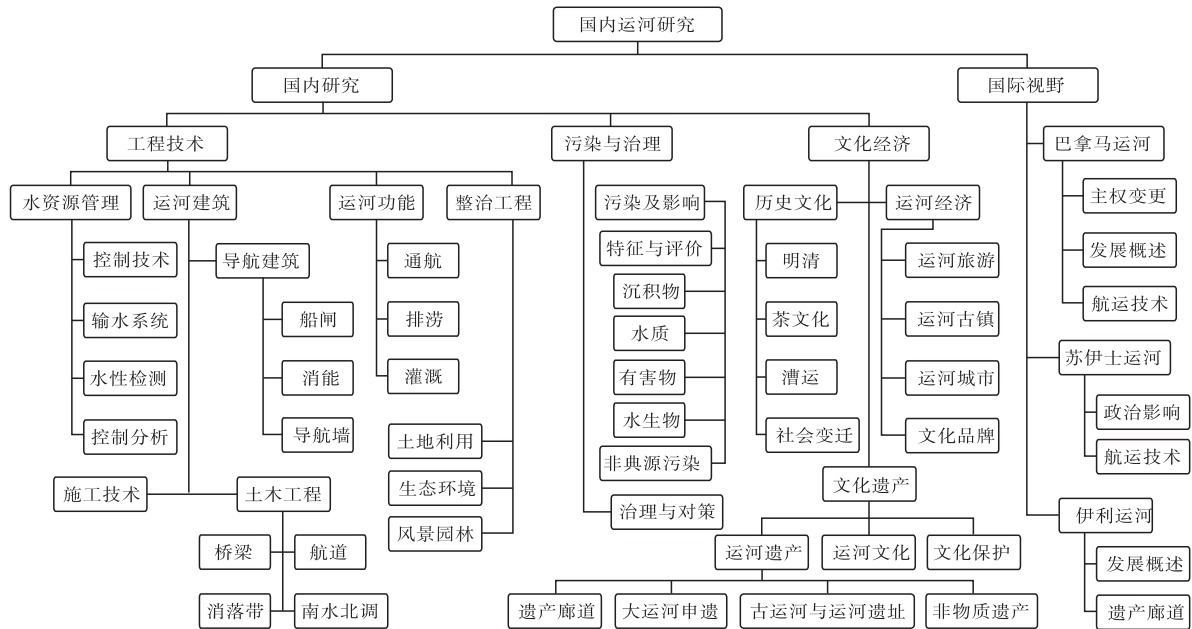


图 6 国内运河知识图谱和研究内容体系

Fig. 6 Knowledge atlas and content system of canal research in China

### 五、主要结论与研究展望

基于 CiteSpace V 分别对运河研究的 1447 篇 WOS 文献和 878 篇 CNKI 文献进行计量分析,梳理其内容体系,得出结论如下:

WOS 文献库中有效文献表示国外运河学术研究 1928 年开始出现,早期研究体量小、内容分散且部分年份未见文献。CNKI 文献库中有效文献表示国内运河学术研究 1992 年开始出现,发展迅速,文献量增速明显。国内外运河研究的文章体量逐时增加,运河研究越来越得到学界重视,所选文献源自重点期刊,文章质量持续提高。

运河国际研究的核心作者、期刊、团队特征鲜明。国际期刊中中国科学院(大学)为最多刊文单位,印度理工学院、德黑兰大学、代尔夫特理工大学等单位成果也较丰。国内期刊刊文已形成以首都师大、浙江大学、北京师范大学、中国农业大学等单位为代表的 4 个规模团队,其他研究机构还有同济大学、东南大学、聊城大学、江苏省社会科学院等;运河研究领域广、内容聚、重点期刊与作者突出,国际上高影响因子的知名期刊影响大,但外文核心作者中罕有中国学者,中国学者在国际期刊发文更具挑

战性。国内团队具有大离散、小聚集的特点,团队间合作弱,团队内合作圈稳定;国际上,中国与印度成果产出多但国际间合作少,欧美、中东等地关联紧密,形成多个复杂、稳定的合作网。

运河国际研究焦点具有时代性,知识体系不断完善,近年中国影响突显。经关键词聚类,外文文献 13 个聚类涵盖控制算法与技术、区域实践、问题与修复三个领域;中文文献 9 个聚类包括运河区域、功能与技术、分布与设计三个领域。经关键词突现,国际研究 2010 年以前以水资源管理和运河环境为主,2014 年以后多了气候变化、中国、动力学等突现内容,中国作为唯一的国家突现词,国际影响突显。基于研究内容将国内运河研究可以分为四个时期:运河工程研究、国际运河借鉴研究、运河文化申遗研究和大运河文化带建设研究四个时期,该表述与国内运河发展历程大致吻合,研究热点转变受应用需求、重要事件及政府政策等因素影响;

绘制知识图谱与研究内容体系。梳理主体内容和研究脉络,构建了以水资源管理、生态环境与治理、运河地区、运河功能与工程为主要内容的国际运河研究知识体系和以工程技术、污染治理、文化经济、国际案例为主要内容的国内运河研究知识体系。

相较于国外运河研究,我国在运河工程技术,尤其在水资源管理、运河立法管理方面的研究还有一定差距,同时我国也展现出在运河文化、运河污染治理方面的研究优势。展望未来运河研究,一方面我国学者继续在工程技术与环境生态方面持续发力,与国际研究接轨,重视运河与气候等多因素相互影响、运河水动力等国际新兴领域的研究,注重运河环境治理和生态修复,切实将运河环境研究落实到实践;另一方面2019年大运河文化带建设研究成为热点,预计大运河文化价值、大运河文化传承、大运河国家文化公园和运河文化高地建设将成为未来一段时间内中国大运河研究的突显词。要充分利用大运河文化带建设的历史机遇,推进大运河文化研究的深入和系统化,打造宣传中国形象、展示中华文明、彰显文化自信的亮丽名片。

## [参 考 文 献]

- [1] Malaterre, PO; Rogers, DC; Schuurmans, J. Classification of canal control algorithms [J]. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1998, 124(1): 3—10.
- [2] Boughriet, A; Proix, N; Billon, G; Recourt, P; Oudane, B. Environmental impacts of heavy metal discharges from a smelter in Deule-canal sediments (Northern France): Concentration levels and chemical fractionation[J]. *Water Air and Soil Pollution*, 2007, 180(1—4): 83—95.
- [3] Swamee, PK; Mishra, GC; Chahar, BR. Minimum cost design of lined canal sections [J]. *Water Resources Management*, 2000, 14(01): 1—12.
- [4] Phenanthrene degradation by *Pseudoxanthomonas* sp DMVP2 isolated from hydrocarbon contaminated sediment of Amlakhadi canal, Gujarat, India[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2012, 201: 43—51.
- [5] Litrico, X; Fromion, V. Simplified modeling of irrigation canals for controller design [J]. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 2004, 130(05): 373—383.
- [6] Al-Omari, A; Salman, A; Karablieh, E. The Red Dead Canal project: an adaptation option to climate change in Jordan [J]. *Desalination and Water Treatment*, 2014, 52(13—15): 2833—2840.
- [7] Wen, HZ; Xiao, Y; Zhang, L. Spatial effect of river landscape on housing price: An empirical study on the Grand Canal in Hangzhou, China[J]. *Habitat International*, 2017, 63: 34—44.
- [8] Yu, S; Yu, GB; Liu, Y; Li, GL; Feng, S; Wu, SC; Wong, MH. Urbanization Impairs surface Water Quality: Eutrophication and Metal Stress in the Grand Canal of China[J]. *River Research and Applications*, 2012, 28(8): 1135—1148.
- [9] Zeng, QC; Wang, GWY; Qu, CR; Li, KX. Impact of the Carat Canal on the evolution of hub ports under China's Belt and Road initiative[J]. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 2018, 117: 96—107.
- [10] Carter, SP; Fricker, HA; Siegfried, MR. Antarctic subglacial lakes drain through sediment-floored canals: theory and model testing on real and idealized domains [J]. *Cryosphere*, 2017, 11(01): 381—405.
- [11] Abd-Elaty, I; Eldeeb, H; Vranayova, Z; Zelenakova, M. Stability of Irrigation Canal Slopes Considering the Sea Level Rise and Dynamic Changes: Case Study El-Salam Canal, Egypt[J]. *Water*, 2019, 11(05).
- [12] Toft, JE; Burke, JL; Carey, MP; Kim, CK; Marsik, M; Sutherland, DA; Arkema, KK; Guerry, AD; Levin, PS; Minello, TJ. From mountains to sound: modelling the sensitivity of Dungeness crab and Pacific oyster to landsea interactions in Hood Canal, WA[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2014, 71(03): 725—738.
- [13] Khare, D; Jat, MK; Sunder, JD. Assessment of water resources allocation options: Conjunctive use planning in a link canal command [J]. *Resources Conservation and Recycling*, 2007, 51(2): 487—506.
- [14] Borges, RC; dos Santos, FV; Caldas, VG; Lapa, CMF. Use of geographic information system (GIS) in the characterization of the Cunha Canal, Rio de Janeiro, Brazil: effects of the urbanization on water quality [J]. *Environmental Earth Science*, 2015, 73(03): 1345—1356.
- [15] Clemmens, AJ; Schuurmans, J. Simple optimal downstream feedback canal controllers: Theory [J]. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 2004, 130(01): 26—34.
- [16] Schuurmans, J; Hof, A; Dijkstra, S; Bosgra, OH; Brouwer, R. Simple water level controller for irrigation and drainage canals[J]. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1999, 125(04): 189—195.
- [17] Alvarez, A; Ridao, MA; Ramirez, DR; Sanchez, L. Constrained Predictive Control of an Irrigation Canal [J]. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 2013, 139(10): 841—854.
- [18] van Overloop, PJ; Clemmens, AJ; Strand, RJ; Wagemaker, RMJ; Bautista, E. Real-Time Implementation of Model Predictive Control on Maricopa-Stanfield Irrigation and Drainage District's WM Canal [J]. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*,

- 2010, 136(11):747—756.
- [19] Lei Luo, Xinyuan Wang, Jie Liu, Huadong Guo, Rosa Lasaponara, Wei Ji, Chuansheng Liu. Uncovering the ancient canal-based tuntian agricultural landscape at China's northwestern frontiers[J]. *Journal of Cultural Heritage*, 2016, 23:79—88.
- [20] LIU LEI, 2010, *Journal of Hydrology*, V391, P159, DOI 10.1016/j.jhydrol.2010.07.015
- [21] Lei Liu, Yi Luo, Chansheng He, Jianbin Lai, Xiubin Li. Roles of the combined irrigation, drainage, and storage of the canal network in improving water reuse in the irrigation districts along the lower Yellow River, China[J]. *Journal of Hydrology*, 2010, 391(1):159—176.
- [22] Zheng, X ; Han, BP; Thavamani, P; Duan, LC; Naidu, R. Composition, source identification and ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of the Subei Grand Canal, China[J]. *Environmental Earth Science* , 2015, 74 (03): 2669—2677.
- [23] H. Abd El-Azim, Kh. M. El-Moselhy. Determination and partitioning of metals in sediments along the Suez Canal by sequential extraction[J]. *Journal of Marine Systems*, 2004, 56(3):363—374.
- [24] Poulet, N; Arzel, C ; Messad, S; Lek, S; Argillier, C. Diel activity of adult pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in a drainage canal in the Mediterranean basin during spring[J]. *Hydrobiologia*, 2005, (543):79—90.
- [25] Swarzenski Peter W, Simonds F William, Paulson Anthony J, Kruse Sarah, Reich Chris. Geochemical and geophysical examination of submarine groundwater discharge and associated nutrient loading estimates into Lynch Cove, Hood Canal, WA. [J]. *Environmental science & technology*, 2007, 41(20): 7022—2029.
- [26] Wetzel Dana L, Van Vleet Edward S. Persistence of petroleum hydrocarbon contamination in sediments of the canals in Venice, Italy: 1995 and 1998. [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2003, 46(8):1015—1023.
- [27] Gen Kanaya, Yasuo Nakamura, Tomoyoshi Koizumi, Katsumasa Yamada. Seasonal changes in infaunal community structure in a hypertrophic brackish canal: Effects of hypoxia, sulfide, and predator - prey interaction [J]. *Marine Environmental Research*, 2015, (108):14—23.
- [28] Benfer, NP ; King, BA ; Lemckert, CJ ; Zigic, S. Modeling the Effect of Flow Structure Selection on Residence Time in an Artificial Canal System : Case Study [J]. *Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, 2010, 136(2): 91—96.
- [29] Chandio, AS; Lee, TS; Mirjat, MS. Simulation of Horizontal and Vertical Drainage Systems to Combat Waterlogging Problems along the Rohri Canal in Khairpur District, Pakistan[J]. 2013, 139(9):710—717.
- [30] Müller Jakob C, Hidde Dennis, Seitz Alfred. Canal construction destroys the barrier between major European invasion lineages of the zebra mussel [J]. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 2002, 269(1496):1139—1142.
- [31] Mekonnen, D ; Siddiqi, A ; Ringler, C. Drivers of groundwater use and technical efficiency of groundwater, canal water, and conjunctive use in Pakistan's Indus Basin Irrigation System [J]. *International Journal of Water Resources Development*, 2016, 32(3): 459—476.
- [32] Dong, RC; Liu, X ; Liu, ML ; Feng, QY ; Su, XD ; Wu, G. Landsense ecological planning for the Xianghe Segment of China's Grand Canal[J]. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2016, 23(4):298—304.
- [33] Kelderman, P; Drossaert, WME; Min, Z; Galione, LS; Okonkwo, LC; Clarisse, IA. Pollution assessment of the canal sediments in the city of Delft (the Netherlands) [J]. *Water Reserch*, 2000, 34(3):936—944.
- [34] Khallaf, EA; Galal, M; Authman, M. The biology of *Oreochromis niloticus* in a polluted canal [J]. *Ecotoxicology*, 2003, 12(5):405—416.
- [35] 鲍林林, 陈永娟, 王晓燕. 北运河沉积物中氨氧化微生物的群落特征[J]. *中国环境科学*, 2015, 35(01):179—189.
- [36] 赵维平. 明清小说与运河文化[J]. *江海学刊*, 2008 (03):180—184+239.
- [37] 成志芬, 唐顺英, 华红莲. 大运河(北京段)传统村落居民对运河文化的认知及认同研究——以通州三个传统村落为例[J]. *北京联合大学学报(人文社会科学版)*, 2018, 16(02):36—46.
- [38] 郑亚鹏, 唐金玲. 山东运河文化遗产品牌开发探究: 基于“互联网+”思维[J]. *美术大观*, 2018(09):86—87.
- [39] 朱广伟, 陈英旭, 田光明. 运河(杭州段)沉积物中 Cu 和 Zn 的释放特征[J]. *环境化学*, 2002(05):436—442.
- [40] 朱涛, 王志坚, 王跃进, 等. 京杭运河丹阳段钉螺消长与扩散趋势观察[J]. *中国血吸虫病防治杂志*, 2008(01): 74—75+77.
- [41] 李文君, 邱林, 陈晓楠, 等. 基于集对分析与可变模糊集的河流生态健康评价模型[J]. *水利学报*, 2011, 42 (07):775—782.
- [42] 俞孔坚, 奚雪松. 发生学视角下的大运河遗产廊道构成 [J]. *地理科学进展*, 2010, 29(08):975—986.
- [43] 张京祥, 刘雨平. 沿京杭大运河地区的空间发展——以

- 京杭大运河扬州段为例[J]. 经济地理, 2008(01):1—5.
- [44] 王云. 明清山东运河区域社会变迁的历史趋势及特点[J]. 东岳论丛, 2008(03):47—56.
- [45] 何超勇, 琚烈红, 冯卫兵. 苏南运河船行波现场观测及物理模型试验研究[J]. 水运工程, 2012(08):130—135.
- [46] 陈继红, 曹越, 梁小芳, 等. 巴拿马运河扩建对国际集装箱海运格局的影响[J]. 航海技术, 2013(01):73—76.
- [47] 左金业, 吴澎. 京杭运河万年闸船闸和韩庄船闸设计[J]. 水运工程, 1996(10):142—145.
- [48] 何云峰, 朱广伟, 陈英旭, 等. 运河(杭州段)沉积物中重金属的潜在生态风险研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002(06):82—87.
- [49] 赵霏, 黄迪, 郭逍宇, 等. 北京市北运河水系河道水质变化及其对河岸带土地利用的响应[J]. 湿地科学, 2014, 12(03):380—387.
- [50] 常全根, 赵杏娣. 京杭运河常州段整治工程简介[J]. 水运工程, 1996(03):34—35.
- [51] 唐晓芹. 百年沧桑话巴拿马运河[J]. 当代世界, 1999(08):38—39.
- [52] 吴德明. 美国星条旗将从“飞地”降下——巴拿马收回运河和运河区主权[J]. 拉丁美洲研究, 1999(06):13—19+27.
- [53] 吴欣. 明清京杭运河河工组织研究[J]. 史林, 2010(02):143—148+190.
- [54] 陈喜波, 邓辉. 明清北京通州城漕运码头与运河漕运之关系[J]. 中国历史地理论丛, 2016, 31(02):69—77.
- [55] 叶美兰, 张可辉. 清代漕运兴废与江苏运河城镇经济的发展[J]. 南京社会科学, 2012(09):137—143.
- 顾志兴. 茶与运河[J]. 农业考古, 2010(05):41—44+47.
- [56] 沈山, 沈正平, 孙旭芳, 等. 主题性旅游协作联盟及其构建——以运河文化主题协作联盟为例[J]. 地理研究, 2008(06):1444—1454.
- [57] 王健, 王明德, 孙煜. 大运河国家文化公园建设的理论与实践[J]. 江南大学学报(人文社会科学版), 2019, 18(05):42—52.

(责任编辑: 闫卫平)

## CiteSpace analysis and knowledge map of international studies into the Great Canal

SHEN Shan, WEI Zhong-yin, JIANG Jia-ni

(School of Geography, Geomatics and Planning, Jiangsu Normal University,

Grand Canal cultural Belt Construction Research Institute Xuzhou Branch, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** Based on CiteSpace V software, the paper reviews studies into the Great Canal both at home and abroad, draws knowledge map and constructs knowledge systems by using the methods of the cooperation, co-occurrence, total cited, keyword clustering and burst. The major findings are as follows: (1) The number and quality of relevant articles on canal studies are constantly improving. (2) The international canal research area is wide, with prominent research focus and key journals and authors. Research teams in China distribute widely but aggregate centrally, while teams from Europe, the United States, the Middle East and other places cooperate intensively. (3) The international canal research changes dynamically. The research contents are constantly enriched and Chinese scholars are showing more and more significant influence. (4) The research focuses on water resources management, ecological environment and management, canal area, canal function and engineering internationally and engineer techniques, pollution treatment, culture and economy, case studies domestically. (5) The study of canal in China can be divided into four periods: canal engineering study, international canal reference study, canal cultural heritage application study and Grand Canal cultural belt construction study. Since 2019, the research on the construction of the Grand Canal cultural belt has become a hot topic. The cultural value, the cultural inheritance, the construction of national cultural park and the cultural highland of the Grand Canal will become prominent words in the future research in China.

**Key words:** the canal; knowledge map; knowledge system; CiteSpace