

# 基于文献计量的国际河流栖息地研究动态

吴昊<sup>1,2,3</sup>

(1. 信阳师范学院 生命科学学院, 河南 信阳 464000; 2. 中国科学院武汉文献情报中心, 湖北 武汉 430071; 3. 中国科学院武汉植物园, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 河流栖息地是水域生态系统的重要组成部分,以 Web of Science 论文数据库为数据源,利用 TDA 等工具对 2015-2017 年国际河流栖息地研究进行文献计量分析。结果表明:该领域研究方向涉及环境科学与生态学、海洋与淡水生物学等多个学科;美国的发文量最高,中国居于第 2 位;“保护”、“河流”、“鱼类”和“气候变化”是热点关键词;当前河流栖息地研究动态集中于风险评估与生态修复、水生生物群落、外来生物入侵、栖息地的地貌变化等方面。

**关键词:** 河流栖息地;文献计量;关联分析;研究热点;国际河流

**中图分类号:** X171.1; X826 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-643X(2017)04-0162-06

## Recent progress in study of international river habitats based on the bibliometric analysis

WU Hao<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Life Sciences, Xinyang Normal University, Xinyang 464000, China; 2. Wuhan Branch of National Science Library, CAS, Wuhan 430071, China; 3. Wuhan Botanical Garden, CAS, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** River habitats are important components of aquatic ecosystems. Based on the data of SCI literatures in the Web of Science (WOS) database during 2015 - 2017, I have explored the international recent progress of river habitats research by using Thomson Data Analyzer (TDA) tool. The results show that: this research field involved many subjects including environmental science and ecology, marine and freshwater biology. the USA had the highest amounts of publications, while China ranked the second. "conservation", "river", "fish" and "climate change" were the recent hot keywords in river habitats research. The current research dynamics mainly focused on the risk assessment and ecological restoration of river habitats, aquatic biology community in river habitats, biological invasion in river habitats, and geomorphic change of river habitats.

**Key words:** river habitat; bibliometric; association analysis; research hotspot; international river

河流栖息地(River habitats)是指在河流系统内生存的生物的居住场所,其具有多等级、多尺度、斑块化分布与动态变化等特征<sup>[1]</sup>。探究河流栖息地的生境适宜性既是维护水域生物多样性、水生生态系统健康的保证,同时也是对受损流域进行生态修复的重要基础<sup>[2]</sup>。以往该领域的研究主要集中于河流栖息地分类与评估体系<sup>[1-3]</sup>、生物群落对河流栖息地质量的响应<sup>[4]</sup>、河流栖息地的修复<sup>[5]</sup>等方面。但这些研究的小范围地域性特征较强,缺乏对河流栖息地研究领域的整体性把握。郭文献等<sup>[2]</sup>曾对

2015 年之前国际河流栖息地分类、评估及其生态调度进行了综述,然而宏观角度上关于近期国际河流栖息地热点问题及发展态势的研究依然极少,这些问题都亟待采用文献计量学的方法进行分析。

文献计量法通过分析论文的各项数量特征,以数理统计等手段来评价和预测学科发展趋势,已被广泛应用于多个领域<sup>[6-7]</sup>。本文基于 Web of Science 数据库中关于河流栖息地研究的 SCI 论文数据,采用文献计量法从学科领域、国际合作、热点关键词等多个层面和角度来分析该领域 2015-2017

收稿日期:2017-04-13; 修回日期:2017-05-17

基金项目:信阳师范学院博士科研启动基金项目;中国科学院武汉文献情报中心“长江流域资源与环境知识资源中心及服务体系建设”项目;中国科学院武汉植物园知识创新工程项目(Y455437H05)。

作者简介:吴昊(1986-),男,河南光山人,博士,讲师,主要从事群落生态学与入侵生态学研究。

年的研究近况,并对近 3 年国际上河流栖息地的热点研究动态进行综述,以期为河流栖息地保护提供参考。

## 1 数据来源与分析方法

### 1.1 检索词的选择与检索方式

本研究数据来源于 Web of Science(WOS)中的科学引文索引扩展版(science citation index expanded, SCI-E, 简称 SCI),通过编写检索式限定检索范围。根据 SCI 论文中关于“河流栖息地”这一主题词的常用英文写法,编制检索式:TS=(river habitats)。检索的时间范围界定为 2015-2017 年,检索的文献类型界定为“Article”和“Review”。共检索国际上近 3 年来关于河流栖息地研究的 SCI 论文 3687 篇(数据更新时间为 2017 年 3 月 15 日)。

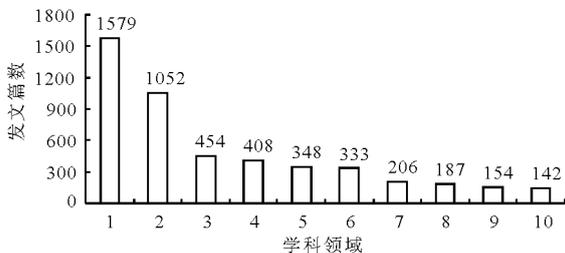
### 1.2 数据处理

利用 Thomson Data Analyzer(TDA)(6.5.20 版)软件对文献数据进行处理和分析。TDA 是美国 Thomson 公司开发的专业文本统计工具,能够对数据进行深度挖掘并实现可视化。首先利用 TDA 对 3687 条文献数据进行清洗和挖掘,然后将数据按学科领域、发文期刊、研究机构、关键词等信息进行分类统计。同时绘制国家合作、关键词等数据的可视化关联图。

## 2 文献计量结果与分析

### 2.1 主要研究学科分布

图 1 按照发表论文数量依次列出了近 3 年河流栖息地研究领域所涉及的前 10 名学科(按照 ISI 数据库学科分类),包括环境科学与生态学、海洋与淡水生物学、渔业养殖、水资源、动物学、生物多样性保护等多个学科方向,表明该研究领域具有明显的多学科交叉特征。其中,环境科学与生态学、海洋与淡水生物学的论文数量较高,这两个学科的发文量占



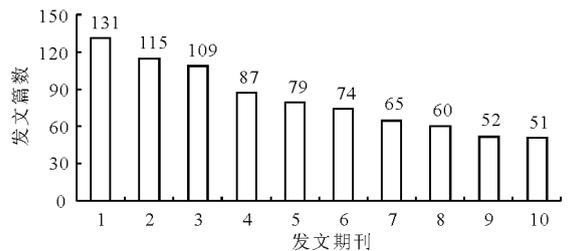
注:图中横坐标的 1~10 分别代表:环境科学与生态学、海洋与淡水生物学、渔业养殖、水资源、动物学、生物多样性保护、地质学、科学技术、工程学、海洋学。

图 1 河流栖息地研究涉及的前 10 名学科领域

总检索文献量的 71%。从学科分布来看,国际河流栖息地的研究范围同时涵盖了陆地生态系统与水域生态系统,这可能与河流栖息地具有多样化的异质性生境类型有关。

### 2.2 发文期刊

由检索结果(图 2)可知,发文量较大的前 10 名期刊分别为:River Research and Applications( $IF = 1.980$ , 中科院大类 3 区)、Hydrobiologia( $IF = 2.051$ , 中科院大类 3 区)、PLoS One( $IF = 3.057$ , 中科院大类 3 区)、Transactions of the American Fisheries Society( $IF = 1.469$ , 中科院大类 3 区)、Science of the Total Environment( $IF = 3.976$ , 中科院大类 2 区)、Freshwater Biology( $IF = 2.933$ , 中科院大类 3 区)、Environmental Biology of Fishes( $IF = 1.404$ , 中科院大类 4 区)、Ecological Engineering( $IF = 2.740$ , 中科院大类 3 区)、Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences( $IF = 2.437$ , 中科院大类 2 区)、Ecological indicators( $IF = 3.190$ , 中科院大类 2 区)( $IF$  按照 2015 年最新 JCR 报告 5 年平均影响因子统计,期刊分区参照中科院文献情报中心最新 SCI 期刊大类分区)。其中,River Research and Applications 作为河流研究领域的专业期刊,其刊文量最高;该期刊由美国出版,主要关注河域的生物、生态、地貌、水文等多个方面的研究。总体而言,河流栖息地领域发文期刊的影响力较低,多集中于中科院大类 3 区水平;但该领域的研究论文分别发表于水生生物学、渔业、环境科学、淡水生物学、生态工程等多个领域专业性较强的 SCI 期刊上,表明河流栖息地研究广泛引起了国际科研人员的兴趣。



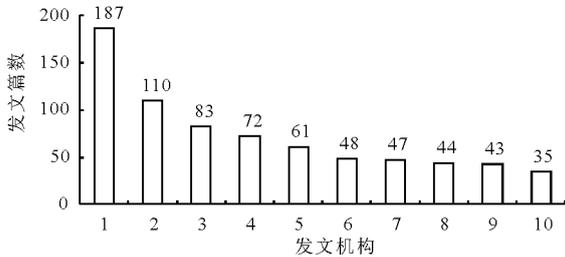
图中横坐标的 1~10 分别代表: 1. River Research and Applications; 2. Hydrobiologia; 3. PLoS One; 4. Transactions of the American Fisheries Society; 5. Science of the Total Environment; 6. Freshwater Biology; 7. Environmental Biology of Fishes; 8. Ecological Engineering; 9. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences; 10. Ecological Indicators。

图 2 河流栖息地研究发文量前 10 名的 SCI 期刊

### 2.3 发文机构

由分析结果(图 3)可知,发文量最多的国际科研机构是美国地质调查局,为 187 篇,远高于其他的

机构。排名前10位的机构中,美国占据8个,表明美国在河流栖息地研究领域占据优势地位。中国科学院发文量排在第2位,表明其作为中国自然科学最高学术机构,在此研究领域也具有较高的国际学术地位。此外,北京师范大学的发文量也进入前10名。

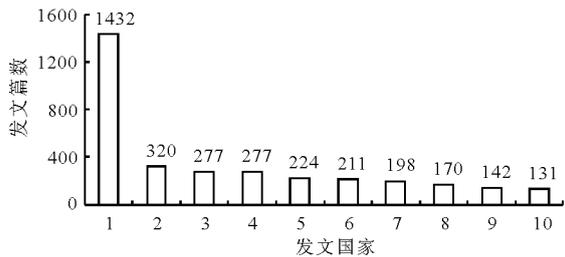


注:图中横坐标的1~10分别代表:美国地质调查局、中国科学院、美国渔业和野生动物管理局、美国俄勒冈州立大学、美国华盛顿大学、美国国家海洋和大气管理局、美国加州大学戴维斯分校、美国马林加州州立大学、美国林业局、北京师范大学。

图3 河流栖息地研究发文量前10名的机构

## 2.4 发文国家及其国际合作状况

美国在河流栖息地研究领域的发文量为1432篇,远超其它国家,居于首位(图4)。中国发文量也较高,排在第2位(320篇)。此外,巴西、加拿大、澳大利亚等河流众多的国家发文量也较高,可能这些国家多样化的异质性生境为该领域研究提供了良好的地域条件。对发文量前10名国家之间的合作状况进行关联分析,结果如图5所示。美国与英国、加拿大、德国、法国等欧美发达国家之间均存在学术合作关系;而中国的国际合作力度较弱,仅与美国之间存在较为紧密的科研合作;波兰的科研活动较为独立。据此可知,中国亟待加强在河流栖息地研究领域的国际合作力度。



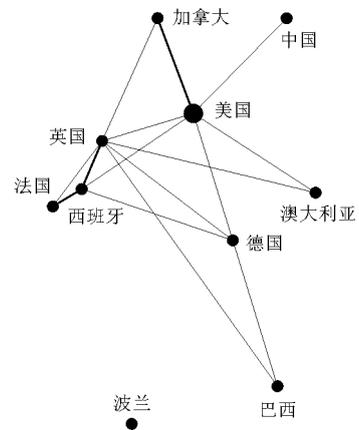
注:图中横坐标的1~10分别代表美国、中国、巴西、加拿大、澳大利亚、德国、英国、西班牙、法国、波兰。

图4 河流栖息地研究发文量前10名的国家

## 2.5 热点关键词及其关联度

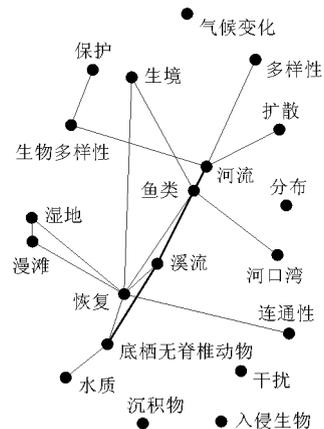
关键词能够对文章主题进行高度概括和精炼,高频关键词可以看作是某一学科领域最新的研究热

点。利用TDA工具对采集的文献关键词数据进行统计,并对含义相同或相近的词汇进行清洗和合并,得出频次前20名的关键词如表1所示。“保护”、“河流”、“鱼类”和“气候变化”的累计出现频次较高,均达到或超过90次,位居关键词前4名。从生境类型来看,河流栖息地领域的近期研究热点为河流、溪流、湿地、漫滩和河口湾等;从生物的属性来看,近期研究热点则主要为鱼类、底栖无脊椎动物和入侵生物等。此外,河流栖息地水源的“水质”、“沉积物”和“连通性”也引起研究者的广泛关注。对20个热点关键词进行相关性分析,并绘制可视化关联图如图6所示。20个关键词之间关联紧密的词组为“河流-鱼类-溪流-底栖无脊椎动物”,表明水域生态系统是河流栖息地研究领域的核心内容。此外,“生物多样性”、“恢复”、“水质”、“生境”等关键词也与核心词组间存在较为紧密的联系。



注:图5中连线的粗细代表了国家之间合作程度的大小,连线越粗,则合作关系越密切。

图5 发文量前10名国家之间的合作情况



注:图6中连线的粗细表示关键词之间联系的紧密程度,连线越粗,则联系越紧密。

图6 河流栖息地研究领域高频关键词的可视化关联图

表1 河流栖息地研究领域的前20名高频关键词

排序	关键词	中文释义	总频次
1	conservation	保护	96
2	river	河流	94
3	fish	鱼类	94
4	climate change	气候变化	90
5	habitat	生境	89
6	biodiversity	生物多样性	79
7	macroinvertebrates	底栖无脊椎动物	64
8	water quality	水质	64
9	restoration	恢复	61
10	streams	溪流	57
11	wetlands	湿地	57
12	invasive species	入侵生物	53
13	floodplain	漫滩	50
14	estuary	河口湾	48
15	dispersal	扩散	47
16	sediment	沉积物	47
17	diversity	多样性	46
18	connectivity	连通性	44
19	disturbance	干扰	44
20	distribution	分布	40

## 2.6 国际高被引论文

3687篇SCI论文中,总被引次数前10名的论文如表2所示。其中,由英国剑桥大学Eerkes - Medrano等人(2015)发表在《Water Research》上的文章总被引次数(55次)居于首位。该文章较为系统地分析了淡水河流栖息地中微型塑料垃圾的分布现状、扩散途径及其主导性影响因素。研究指出,微型塑料垃圾广泛存在于河流及湖泊的沉积物中,且塑料垃圾的类型、数量与人类活动、栖息地物理因素存在显著相关性<sup>[8]</sup>,该研究为制定河流栖息地保护政策提供了重要参考数据。以上10篇论文的研究方向还涉及河漫滩地质地貌变化、河流网络的群落结构、气候变化对水生生物的影响、河流修复、河口沉积物碳氮循环等多个细分领域。

在10篇高被引论文的发文机构中,有4所机构来源于美国:美国地质调查局、俄勒冈州立大学、科罗拉多州立大学和德州大学奥斯汀分校;3所机构来源于英国:剑桥大学、伍斯特大学和牛津大学,表明美国和英国在河流栖息地领域的学术影响力居于国际前列。

表2 国际河流栖息地研究领域的前10名高被引论文

第一发文单位	被引频次	论文题目
英国剑桥大学	55次	Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs
德国莱比锡大学	52次	The role of the uplift of the Qinghai - Tibetan Plateau for the evolution of Tibetan biotas
美国地质调查局	33次	Large-scale dam removal on the Elwha River, Washington, USA: River channel and floodplain geomorphic change
英国伍斯特大学	32次	Quantifying submerged fluvial topography using hyperspatial resolution UAS imagery and structure from motion photogrammetry
美国俄勒冈州立大学	24次	Dispersal strength determines meta-community structure in a dendritic riverine network
英国牛津大学	23次	Supramolecular assemblies underpin turnover of outer membrane proteins in bacteria
葡萄牙杜罗大学	23次	Impacts of climate change and land-use scenarios on <i>Margaritifera margaritifera</i> , an environmental indicator and endangered species
瑞典于默奥大学	21次	Riparian and in-stream restoration of boreal streams and rivers: success or failure?
美国科罗拉多州立大学	20次	The science and practice of river restoration
美国德州大学奥斯汀分校	20次	Genomic resolution of linkages in carbon, nitrogen, and sulfur cycling among widespread estuary sediment bacteria

## 3 河流栖息地最新研究动态

基于2015-2017年近3年来Web of Science数据库中关于“River habitats”研究的检索结果,对各

年度的高被引研究论文进行分类综述,得出近期该领域的最新热点动态如下:

### 3.1 河流栖息地风险评估与生态修复

Johns等<sup>[9]</sup>使用基于贝叶斯网络的相对风险评

价模型 (relative risk assessment model, BN - RRM), 对美国雪兰多河栖息地的生境威胁风险进行了评估。研究者首先测算了风险模型的敏感性, 然后结合实地测定的结果对河岸区域多种物理、化学压力源进行分析评价。研究表明, 雪兰多河栖息地的潜在威胁风险并不大, 且该流域遭受的负面效应也较低; 但栖息地附近的农业汞排放会对束带翠鸟 (Belted kingfisher) 的生活环境及水质造成威胁。如果不采取防治措施, 束带翠鸟的筑巢环境将面临严重破坏, 最终导致该物种灭绝。然而, 汞排放只是导致河流栖息地受损的多种因素之一, 栖息地遭受风险程度取决于主导性压力源的改变及多压力源的综合效应。该研究表明相对风险模型适用于河流栖息地风险评估, 并可作为一种有效途径实现对河岸污染的长期监管。生态修复旨在改善河流栖息地的物理形态和自然过程, 控制河床、稳定河道线形、重建自然生境是栖息地修复工程的重要组成部分。Pagliara 等<sup>[10]</sup>利用高抗性的材质组成三角形框架并填充岩石, 在河流下游栖息地形成单独或串联的导流结构, 在一定程度上能够增加河流深度和流速, 从而创建缓冲带并提高鱼类栖息地质量。这种高抗性框架板的冲刷特性及其形态检验已在比萨大学水力学实验室完成。研究结果表明, 水流深度对框架板冲刷特性起着重要作用, 使用新型框架板代替旧式堤坡能够更好地保护河岸。目前, 框架板缓冲带已经通过了所有液压条件的测试, 且冲刷坑从未发生坍塌。某些重要实验参数也已被提取出来, 以进一步评估河流对框架板缓冲带的冲积效应。

### 3.2 河流栖息地的水生生物群落

Santos 等<sup>[11]</sup>研究认为, 伴随气候变化, 21 世纪末葡萄牙北部 Beça 河域的降雨量将显著下降, 其河流流量和水深随之降低, 这可能会破坏濒危物种珍珠蚌 (*Margaritifera margaritifera*) 的生长环境。这种情况在夏季尤为突出, 因为夏季河流的生态流量无法保证, 水域的某些延伸地段也可能成为水流停滞的孤立池塘; 河流栖息地的连通性也会受到影响, 并将抑制珍珠蚌的繁殖行为。此外, 人类活动也加大了对河流栖息地的威胁, 如建造水坝、野火等。大坝的存在进一步降低了河流栖息地的连通性和河流流量, 并与火烧干扰相结合, 导致珍珠蚌消失。在快速的气候变化背景下, 应及早提出河流栖息地保护对策, 包括河岸带植被调控、栖息地乡土树种引种等多项措施。

农业活动造成的营养富集及泥沙输入量增加显

著影响河流栖息地生态系统。Piggott 等<sup>[12]</sup>通过设置包含营养物质、泥沙沉积和水温等 3 个环境梯度的控制实验, 探讨了这 3 种环境压力对大型底栖动物群落动态的影响 (群落组成、底栖动物漂移、个体尺寸结构)。研究表明, 3 种压力对底栖动物均具有显著性影响, 但其组合效应会产生增进或拮抗作用; 底栖动物群落的组成与栖息地环境表现出复杂的相互作用; 泥沙沉积物、水温升高都会导致底栖动物的种群密度降低。

淡水真菌在河流埋藏木的分解过程中起着关键作用, 其既能分解木质纤维素并释放养分, 同时也具有重要的生态系统功能。Hyde 等<sup>[13]</sup>探讨了亚洲、澳洲木生淡水真菌的生理属性、作用机制。研究表明河流栖息地的植被特征、污染状况等都会影响淡水木生真菌的物种多样性, 但总体趋势是在热带、亚热带地区具有更高的多样性。气候变化、木质碎片沉积、环境变化 (如水污染、大坝建设等) 也会影响淡水真菌群落的结构特征及多样性水平, 并将进一步显著影响栖息地生态功能 (如河流的碳循环过程)。监测淡水真菌群落的变化状况有助于深入理解河流栖息地生态阈值、河流养分 - 碳循环反馈等重要问题。

水流及通道形态单调性是被干扰水域具有的共同特点, 这些区域往往缺乏浅滩栖息地, 而这被认为是鱼类繁殖的关键生命阶段。Pander 等<sup>[14]</sup>调查研究了 3 类不同程度干扰的河流栖息地及其鱼类分布状况。结果表明, 干扰程度小的河流栖息地, 其生境结构较为复杂 (包括大量巨石、粗木质残体等), 鱼类拥有最大生长率; 而在高强度人类活动区域 (如填筑工程), 栖息地生境遭到破坏, 鱼类早起的发育状况受到严重威胁。研究者同时认为, 由于某些生境资源具有稀缺性及特定属性, 因此, 全面恢复原生态的河流栖息是无法实现的。

### 3.3 河流栖息地中的外来物种入侵

外来水生入侵物种给河流栖息地生态系统造成诸多不同形式的影响。Gallardo 等<sup>[15]</sup>调查分析了全球 151 个样点 (733 例) 覆盖范围广泛的入侵物种 (初级生产者、分解者、杂食动物, 食肉动物)、水生栖息地群落成分 (植物、浮游植物、浮游动物、底栖无脊椎动物和鱼类) 和不同生境类型 (河流、湖泊、河口)。研究者发现生物入侵对水生群落产生了强烈的负面影响 (显著削弱水生植物、浮游动物和鱼类的丰度); 然而由于本土种灭绝与外来种入侵之间存在滞后性, 入侵栖息地物种多样性的显著降低;

入侵生境的水体浊度、氮素和有机质含量的增加,这与入侵者造成的水体富营养化有关。据此,Gallardo等<sup>[15]</sup>提出了抑制河流栖息地生物入侵的工作框架,包括直接的生物相互作用(捕食,竞争,放牧)和间接的水物理化学条件变化等。由于水域生态系统存在多营养级关系,此工作框架将对河流栖息地的生物入侵及入侵群落结构和功能产生深远影响。

### 3.4 河流栖息地的地貌变化

河流沉积物的供给、运输状况与河流下游漫滩形态的变化紧密相关。尽管沉积物是河流栖息地地貌及其景观演化的基础构件,但很少有研究在大空间尺度上去量化这一进程。East等<sup>[16]</sup>通过测定美国华盛顿 Elwha 河水坝拆除阶段的河床泥沙粒径、河道形态及地形变化,探讨了历史上规模最大的大坝拆除过程中释放的沉积物对河流下游的效应。研究认为,大坝水库释放的底泥为  $1\ 050 \times 10^4$  t,沉积物扩散造成大规模河床淤积,改变了河流的浅滩形态,并降低了河坡界限;卵石、砂料固体堆积物等形成新的沉积物,由于主河床淤积,河漫滩获得的泥沙流量降低;从大坝拆除后两年开始,水流被沉积物切割,导致 Elwha 河运输大部分泥沙至河口;漫滩地貌、河床泥沙通径的改变显著影响栖息地环境、河带植被群落特征、底栖动物繁殖潜力等。研究指出,深入观察和量化沉积物输入导致的河漫滩地貌变化过程,可为河流栖息地恢复工作提供重要参考。

河流间歇性断流会导致其上层失去表面流,但这是水生生物最为重要的繁殖栖息地。因此,整个夏季河流栖息地的收缩和水质恶化会导致鱼类出现较高的死亡率。Hwan等<sup>[17]</sup>分析了4年间加利福尼亚河流间歇性断流状况。结果表明,夏季河流间歇性断流与整个河流栖息地的生境片段化显著相关,证实了河岸地貌对于干旱胁迫条件的响应;在流速缓慢河段,冬季的浅滩率较高,但气候干燥区的河流速度更快;河水温度在年际之间的差异并不显著,很少超过鱼类生长的耐受温度;在干旱季节,鱼类种群的迁移扩散受限于河岸浅滩深度和浅滩体积。研究者认为,降雨量显著影响河流栖息地的浅滩生境,河漫滩破碎化大致在间歇性断流后的3~7周内形成。

## 4 结论

(1)河流栖息地研究涉及环境科学与生态学、海洋与淡水生物学、渔业、水资源、动物学等多个学科;2015-2017年,River Research and Applications是国际上发表河流栖息地领域论文数量最多的SCI

期刊(131篇)。

(2)2015-2017年,发文量最高的国家是美国,为1432篇,中国发文量排在第2位(320篇);发文量最高的科研机构是美国地质调查局(187篇),中国科学院发文量排在第2位(110篇);美国与英国等欧美发达国家之间的科研合作较为紧密,中国在河流栖息地研究领域的国际合作力度亟待提升。

(3)“保护”、“河流”、“鱼类”和“气候变化”是近期河流栖息地研究的热点关键词,“河流-鱼类-溪流-底栖无脊椎动物”是该研究领域的核心关键词组。

(4)美国发表的高被引论文数量最多,表明美国具有较高的国际学术影响力;前10名高被引论文的研究内容涵盖河域微型垃圾、河漫滩地貌变化、河流网络的群落结构、河口沉积物碳氮循环等多个方面。

(5)河流栖息地领域近期的热点研究方向为:风险评估与生态修复、水生生物群落、外来物种入侵、栖息地的地貌变化等。

### 参考文献:

- [1] 马巍,彭静,彭文启,等. 河流栖息地适合度曲线与分级评价标准研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2016,14(1):23-28.
- [2] 郭文献,王艳芳,徐建新. 河流生境研究综述[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2015,36(3):21-23.
- [3] 石瑞花,许土国. 河流生物栖息地调查及评估方法[J]. 应用生态学报,2008,19(9):2081-2086.
- [4] 高欣,丁森,张远,等. 鱼类生物群落对太子河流域土地利用、河岸带栖息地质量的响应[J]. 生态学报, 2015,35(21):7198-7206.
- [5] 王兆印,程东升,段学花,等. 东江河流生态评价及其修复方略[J]. 水利学报,2007,38(10):1228-1235.
- [6] 陈晶,朱元贵,雍武,等. 中国神经科学领域发展态势:基于WOS数据库10年文献计量分析[J]. 科学通报, 2014,59(23):2310-2319.
- [7] 吴昊. 气候变化背景下生物入侵研究态势的文献计量分析[J]. 广西植物,2017,37(7):934-946.
- [8] Eerkes-Medrano D, Thompson R C, Aldridge D C. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs [J]. Water Research,2015,75(3):63-82.
- [9] Johns A F, Graham S E, Harris M J, et al. Using the Bayesian network relative risk model risk assessment process to evaluate management alternatives for the South River and upper Shenandoah River, Virginia [J]. Integrated Environmental Assessment and Management,2017,13(1):100-114.

(下转第172页)

- [1] 姚成,孙如飞,李致家,等. 下垫面变化条件下合河流域设计洪水修订[J]. 水力发电. 2015,41(11): 9-13.
- [2] 冯平,付军,李建柱. 下垫面变化对洪水影响的水文模型分析[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版). 2015,48(3):189-195.
- [3] Saghafian B, Farazjoo H, Bozorgy B, et al. Flood intensification due to changes in land use[J]. Water Resources Management, 2008, 22(8): 1051-1067.
- [4] Bronstert A, Bardossy A, Bismuth C, et al. Multi-scale modelling of land-use change and river training effects on floods in the Rhine basin[J]. River Research and Applications, 2007, 23(10): 1102-1125.
- [5] 李建柱, 冯平. 紫荆关流域下垫面变化对洪水的影响[J]. 地理研究. 2011, 30(5): 921-930.
- [6] 李杰, 许光泉. 一次洪水后河流对地下水影响数学模型及其应用研究[J]. 地下水. 2016, 38(5): 12-15.
- [7] 张倩, 王文科, 段磊, 等. 金陵河洪水入渗对地下水调蓄能力影响的数值模拟研究[J]. 水资源与水工程学报. 2014, 25(1): 91-94.
- [8] 徐华山, 赵同谦, 孟红旗, 等. 河岸带地下水理化指标变化及与洪水的响应关系研究[J]. 环境科学. 2011, 32(3): 632-640.
- [9] 尹立河, 张俊, 王晓勇, 等. 基于地下水对洪水响应的含水层水力参数反演[J]. 人民黄河. 2014, 36(10): 58-60+64.
- [10] 姜姗姗, 占车生, 王会肖, 等. 地下水开采对海河流域水循环过程影响的模拟[J]. 南水北调与水利科技. 2016, 14(4): 54-59.
- [11] 韩鹏. 海河流域地下水开发利用现状与对策[J]. 海河水利, 2015(1): 1-5.
- [12] 任永强, 潘云, 宫辉力. 海河流域地下水储量空间变化趋势分析[J]. 首都师范大学学报(自然科学版). 2014, 35(2): 89-98.
- [13] 胡春岐, 刘惠霞. 河北省“7.21”暴雨洪水分析[J]. 河北水利, 2012(7): 7-7+21.
- [14] 李大鸣, 林毅, 徐亚男, 等. 河道、蓄滞洪区洪水演进数学模型[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2009, 42(1): 47-55.
- [15] 沈冰, 黄红虎. 水文学原理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008: 61-62.
- [16] 张兆吉, 费宇红, 陈宗宇, 等. 华北平原地下水可持续利用调查评价[M]. 北京: 地质出版社, 2009: 179-180.
- [17] 姚晨光, 董传红, 马建礼, 等. 小清河分洪区(河北省部分)安全建设工程可行性研究报告[R]. 河北省水利水电勘测设计研究院, 2012, 6: 111-112.

(上接第 167 页)

- [10] Pagliara S, Kurdistani S M. Flume experiments on scour downstream of wood stream restoration structures [J]. Geomorphology, 2017, 279: 141-149.
- [11] Santos R M B, Sanches Fernandes L F, Varandas S G P, et al. Impacts of climate change and land-use scenarios on *Margaritifera margaritifera*, an environmental indicator and endangered species [J]. Science of The Total Environment, 2015, 511: 477-488.
- [12] Piggott J J, Townsend C R, Matthaei C D. Climate warming and agricultural stressors interact to determine stream macroinvertebrate community dynamics [J]. Global Change Biology, 2015, 21(1): 206-222.
- [13] Hyde K D, Fryar S, Tian Q, et al. Lignicolous freshwater fungi along a north-south latitudinal gradient in the Asian/Australian region; can we predict the impact of global warming on biodiversity and function? [J]. Fungal Ecology, 2016, 19: 190-200.
- [14] Pander J, Mueller M, Knott J, et al. Is it worth the money? The functionality of engineered shallow stream banks as habitat for juvenile fishes in heavily modified water bodies [J]. River Research and Applications, 2017, 33(1): 63-72.
- [15] Gallardo B, Clavero M, Sanchez M I, et al. Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems [J]. Global Change Biology, 2016, 22(1): 151-163.
- [16] East A E, Pessl G R, Bountryc J A, et al. Large-scale dam removal on the Elwha River, Washington, USA: River channel and floodplain geomorphic change [J]. Geomorphology, 2015, 228: 765-786.
- [17] Hwan J L, Carlson S M. Fragmentation of an intermittent stream during seasonal drought: Intra-annual and interannual patterns and biological consequences [J]. River Research and Applications, 2016, 32(5): 856-870.