

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2021.03.021

河流生态修复的国际经验及对长江大保护的启示

吴宸晖¹, 鞠茂森²

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学河长制研究与培训中心, 江苏 南京 210098)

摘要:为推进长江大保护, 针对长江流域河流生态修复的需求, 梳理了美国杜瓦米什河、欧洲莱茵河和德国德莱萨姆河等河流生态修复的实践做法: 重视立法和标准化建设, 严格制度管理, 健全工作机制, 强化科技支撑, 鼓励全民参与等; 分析了长江大保护现状与面临的挑战: 政策法规和行业标准不完善, 顶层设计与整体谋划不足, 工作机制和监管体系不完善, 修复工作难点较多且科研能力薄弱, 社会力量参与长江生态修复的主体意识不强; 提出了长江流域开展河流生态修复工作的建议: 健全法规、完善制度、强化机制、创新技术、立体宣传。

关键词: 河流生态修复; 长江流域; 长江大保护; 国际经验

中图分类号: TV213.4; X171.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-6933(2021)03-0136-09

International experience of river ecological restoration and its enlightenment to the Yangtze River Protection // WU Chenhui¹, JU Maosen² (1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Research and Training Center for River Chief System, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to promote the Yangtze River Protection, with regards to the needs of river ecological restoration in the Yangtze River Basin, this paper combed the ecological restoration practice of the Duwamish River in the United States, the Rhine River in Europe and the Drexam River in Germany including attaching importance to legislation and standardization construction, strictly strengthening system management, improving working mechanism, enhancing scientific and technological support, encouraging citizen participation and so on. Current situation and challenges of the Yangtze River Protection were analyzed including imperfect policies and regulations and industrial standards, inadequate top-level design and overall planning, imperfect working mechanism and regulatory system, many difficulties in restoration work, weak scientific research ability, and weak subjective consciousness of social forces participating in the ecological restoration of the Yangtze River. This paper put forward suggestions on carrying out river ecological restoration work in the Yangtze River Basin, which included improving laws and regulations, improving system, strengthening mechanism, innovating technologies and strengthening three-dimensional publicity.

Key words: river ecological restoration; Yangtze River Basin; Yangtze River Protection; international experience

长江是我国水量最丰富的河流, 干流流经 11 个省级行政区, 全长约 6 300 km。长江流域横跨我国东部、中部和西部三大经济区, 流域总面积 180 万 km², 流域内生物资源丰富, 生态系统独特。依托长江黄金水道, 长江经济带成为全球可开发规模最大、影响范围最广的内河经济带, 同时也是生态文明建设的先行示范带。然而, 随着经济的发展及资源的开发利用, 长江流域遭受了水土流失、植被破坏、水质恶化、生物多样性减少等多类型的生态环境问题。为

此, 习近平总书记于 2016 年初在重庆召开的推动长江经济带发展座谈会上强调, 必须从中华民族长远利益考虑, 把修复长江生态环境摆在压倒性位置, 共抓大保护、不搞大开发。

世界各国都曾面临生态破坏问题, 一些发达国家较早开始河流生态修复。根据国际生态修复学会 2004 年的定义, 生态修复是协助已遭受退化、损伤或破坏的生态系统恢复的过程^[1]。该定义明确了生态修复是对生态的整体性、系统性的恢复。生态

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(16ZDA046)

作者简介: 吴宸晖(1995—), 男, 硕士研究生, 研究方向为生态水文与水环境保护。E-mail: chwu@hhu.edu.cn

通信作者: 鞠茂森(1967—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事河湖管理、水利水电工程项目管理等研究。E-mail: maosenju@hhu.edu.cn

修复也被认为是减轻环境灾害的重要手段,世界各国政府结合本国国情采取了不同形式的生态修复措施,以期修复破坏严重的河流与景观,在实践过程中积累了宝贵的经验。本文梳理总结国际上河流生态修复的实践和经验,结合长江大保护现状和长江流域的生态特点,提出长江流域开展河流生态修复工作的建议,以期长江大保护的推进提供参考。

1 河流生态修复的国际案例与经验

国外一些发达国家十分重视河流生态修复工作,从污水治理和水质恢复到河流生态修复,开展了大量的河流生态修复综合治理实践,总结了大量的经验,确保了当地河流生态修复工作有效推进。

1.1 河流生态修复的国际案例

a. 美国杜瓦米什河 (Duwamish)。位于美国西雅图的杜瓦米什河因受持续的工业污染,导致河道底泥积聚了大量有毒有害物质,鱼类和贝类中存有诸如砷、多氯联苯、呋喃等致癌物质^[2],严重影响着周边生态环境以及居民的身体健康。由于污染严重,美国环保署于 2001 年将杜瓦米什河列为“超级基金”污染地^[3],这意味着它将获得优先治理和重点管理。在工作分配上,美国环保署负责底泥清淤工作,华盛顿州环保局负责控制污染源,西雅图市、金县、西雅图港和波音公司联合成为负责单位,形成多方治水合力。同时,社会公众也积极参与到水生态修复中,对美国环保署 2013 年发布的清理计划提出了 2300 余条建议和意见。美国环保署在汇总公众意见后于 2014 年底发布了最终清理计划,也称“决策记录”,包括清理的方式、程度和时间进程,对不同性质的污染区域采取有针对性的修复手段,如对有毒物质含量最高的 42 万 m² 区域进行疏浚,对中等毒性的 19 万 m² 区域覆盖 15~23 cm 的沙层增强自然恢复能力等,最终清理工作将于 2037 年完成,并在清理结束后的 100 年内不间断监测,以确保清理工作长期有效。

b. 欧洲莱茵河。19 世纪下半叶以来,工农业的快速发展导致莱茵河流域生态系统遭受严重破坏,莱茵河一度被称为“欧洲下水道”。为此,莱茵河流经的 5 个国家(瑞士、德国、法国、卢森堡、荷兰)为了保护莱茵河水体质量,于 1950 年成立“保护莱茵河国际委员会”,于 1963 年签订《保护莱茵河不受污染国际委员会的伯尔尼公约》,于 1998 年签订《莱茵河保护公约》,以加强协作,共同治理莱茵河生态系统。此外,莱茵河中鲑鱼和鲟鱼种群急剧减少^[4],但在《莱茵河行动计划》中,莱茵河的重建目标较为宽泛,仅提出“生态管理”的理念,因此

在制度上从管制性向开放性转变^[5],通过建立流域跨国管理制度^[6]和多国高效合作机制,采取统一决策与分区域治理的管理模式,打破部门和地域的分割^[7],建立完善的信息互通平台和监测预警体系,建立量化指标体系和各种生态修复模式,以流域敏感物种的种群表现作为环境变化的评估指标,从而建立良好且可持续的水陆复合生态环境。莱茵河的生态修复还强调协调机制和公众参与,委员会采取“时间限度+一致同意”的方式,提供给公众的参与方式有信息提供制度、严格有效的环境协商听证制度,鼓励公众参与决策,让公众相信政府间开展生态合作的可能性。

c. 德国德莱萨姆河。位于德国巴登-符腾堡州境内的德莱萨姆河受区域坡度大、水流难下渗等自然地理条件的制约,河道极易形成径流,而为了避免流域遭受洪水侵扰,早期大量用于河床免受侵蚀的水利工程又破坏了河流原貌,干扰了鱼类洄游,造成水质和生物多样性下降^[8]。为保证流域良好的生态,德国根据欧盟《水框架指令》于 2012 年正式提出生态修复计划,秉持近自然修复的理念,充分考虑河水流量的季节性变化,将河道改造成行水、行洪、生物 3 级廊道结构,并仿照自然形态将河道拓宽,给护岸加固,大大提升了河道泄洪能力,设计过程中还充分考虑了对流域内物种的保护,前期完成了栖息地评估并划定了生态敏感区域以规避工程建设产生的扰动,在改造区创建与原有类型相同或质量更高的生境。此外,为缓解公众河流使用需求与河流修复之间的冲突,将水坝区改造成日光浴场免费向公众开放,消除公众对建设水电站的抵触情绪;对生态修复工法与设施进行景观化处理,为公众提供堤岸步行道、河道游憩区和河漫滩游憩区;利用废弃的大理石铺设弧形的阶梯“绿色课堂”,定期举办科普宣传活动,增强公众对生态修复项目的理解和支持。

表 1 为美国杜瓦米什河、欧洲莱茵河和德国德莱萨姆河生态修复的特点、主要措施和实施效果对比。

1.2 河流生态修复的主要经验

a. 重视立法和标准化建设,明确河流生态修复法律地位。立法可以充分体现国家的政治决心,国际上河流生态修复实践都有一个共同的特点,那就是以专项立法为先导,通过法律明确相关职能,使得生态修复中设计、实施、管理等各个环节都有法可依。河流生态修复实践往往由于缺乏生态修复成功标准而受到阻碍^[9],所以不管是美国杜瓦米什河、欧洲莱茵河还是德国德莱萨姆河的河流生态修

表1 河流生态修复的国际案例对比

Table 1 Comparison of international cases of river ecological restoration

河流	特点	主要措施	实施效果
美国杜瓦米什河	工业污染导致底泥积聚大量有毒有害物质,鱼类和贝类中存有多种致癌物质	形成政府、企业等多方治水合力,清理计划融入公众建议和意见,因地制宜采取修复技术手段	预计污染源得到充分控制,河流底泥毒性逐渐减小至达标,所有相关用户都能从河流清理中受益
欧洲莱茵河	工农业发展导致流域生态系统遭受严重破坏,流经9个国家导致难以管治	打破部门和地域分割以共同高效治理,循序渐进制定保护公约和修复计划,建立监管制度、合作机制、评估体系,鼓励公众参与决策	水质逐渐恢复、生态系统得到改善,治理、环保、防洪、发展等融为一体,生境恢复使得珍贵鱼类重返,监测预警模型避免了突发性污染事故
德国德莱萨姆河	自然地理条件制约下易受洪水侵扰,早期水利工程造成水质和生物多样性下降	秉持近自然修复理念,将河道改造形成三级廊道,前期评估以规避建设对敏感区的扰动,景观化处理生态修复工法与设施	防洪能力显著提升,河流连通性加强、自净能力恢复,生物栖息地质量得到改善,滨水游憩区域增加、河流重新焕发生机

复,都在法律、公约或指令等的制约下开展。美国20世纪50年代科罗拉多河上的回声谷筑坝计划,也因其破坏了风景资源且威胁到了大峡谷国家公园体系的完整性而被反对并搁浅,直接促成了1968年美国《野生与风景河流法》^[10]的颁布。

b. 严格制度管理,因地制宜推进河流生态修复。由于国情、水情、地质地貌等条件的不同,各国因地制宜建章立制。莱茵河的修复整治提倡多中心的制度安排,保持制度弹性,虽然实行流域跨国管理制度,但是由各国自行决定采用何种方式实现,这在威海两河流域、澜湄流域中都有所体现^[11]。此外,各国在河流生态修复中都根据重建目标因地制宜地实施了排污许可制度,执行环境协商听证制度,推进了政府决策的科学、民主、透明,保证了河流生态修复的实施效果。

c. 健全工作机制,确保河流生态修复高效推进。国际社会已经普遍意识到河流生态修复的重要性,除了不断完善与之相关的法律、法规和制度,还形成一系列切实可行的河流生态修复长效常态工作机制,如各国生态补偿机制^[12],莱茵河跨区域合作机制、协调机制等。一个健全的生态修复实施机制一般包含5个部分^[13]:①相关法律,如欧盟的《水框架指令》;②专门机构,如欧洲的保护莱茵河国际委员会;③技术规范,如美国的《决策记录》、欧洲的《莱茵河行动计划》;④资金来源,一般有政府和非政府两大来源,政府拨款方如华盛顿州环保局、西雅图市,非政府投资方如波音公司;⑤实施者,如美国环保署,也可能是政府与私人公司的合作,如新加坡公用事业局和德国戴水道公司合作开展加冷河生态修复工程^[14]。

d. 强化科技支撑,保障河流生态修复科学合理。国外河流生态修复方案大多结合了多专业的多种修复技术,注重方案的科学性,兼顾地上、地下以及上游、下游等各方面的影响。德国于1965年在莱茵河用芦苇和柳树开展生态护岸实验,这可以看作是最早的河流生态修复实践^[15]。为保障河流生态

修复科学合理,国外河流生态修复中强调拟自然理念,该理念由德国风景园林师 Seifert 于1938年首次提出,在德莱萨姆河生态修复中应用的生态工法内有所体现。而后美国应用生态学与工程学理论提出“河川生态工程”,在杜瓦米什河整治中应用了增强型自然恢复技术。日本在学习欧美拟自然理念后,提出“多自然型河川工法”,将河流生态系统与沿岸居民社区视为一个整体,鼓励使用木桩等天然材料修建河堤,维护景观和生物的多样性。此外,从河流生态修复的国际案例来看,生态修复工程往往由政府、企业、研究机构等多方共同参与,涉及大量且不同格式的数据源^[16],给管理者数据处理和分析造成了较大的困扰。除了日本联合多方机构成立共同实验中心^[17]外,国际上还存在如美国 ENFOS 公司构建的全生命周期生态修复管理平台,从项目最初的规划阶段到最终交付阶段的全过程中,所有涉及数据都能被系统化和优化存储,使项目管理者能够有效地监控风险和跟进项目进度,同时确保过程符合标准和法规。

e. 鼓励全民参与,全面提高河流生态修复意识。在当今社会发展进程中,公众参与的积极性是一个国家是否重视和保护公民权利的体现。在河流生态修复方面,政府开始重视提高全民的生态修复意识,公众也越来越多地参与到政府的决策与管理过程中。公众全面参与河流生态修复对河流生态环境改善有着积极的推进作用^[18],能产生良好的舆论导向。美国《国家环境政策法》中提到“每个公民都有权享受健康的环境,每个公民也有责任对维护环境和改善环境做出贡献”,规定公众评议是编制影响环境报告的必要内容和必经程序,故美国环保署在汇总公众意见后才发布杜瓦米什河的清理计划。欧洲莱茵河修复整治中拥有严格有效的听证制度,鼓励公众参与决策,另外对部分地区农业用地转入生态用地的农民提供接近原生产收入80%的补贴^[19],既使这些农民有时间和精力从事其他生产活动,又保障了他们参与生态修复的积极性。德国德

莱萨姆河流域景观化了河流生态修复工法与设施,并定期举办宣传教育活动,增加了公众的生态修复意识和对生态修复项目的理解与支持。

2 长江大保护现状与面临的主要挑战

2.1 现状

a. 政策法规逐步建立。《长江经济带生态环境保护规划》《长江保护修复攻坚战行动计划》《中华人民共和国长江保护法(草案)》《长江流域综合规划》《长江岸线开发利用与保护规划》《长江流域水生态环境保护与修复行动方案及三年行动计划(2018—2020年)》等,都对长江流域生态修复工作提出了相关要求,使得流域生态修复工作有章可循。

b. 生态管理制度开始实施。针对长江流域生态环境的现状,中央财政在2017—2020年共安排180亿元用于奖励长江经济带生态保护修复机制建设,促进形成共抓大保护格局。我国实行流域管理与区域管理相结合的管理体制^[20],长江水利委员会通过水资源论证、取水许可等手段要求水库业主在调度中考虑生态用水需求,并有序跟踪督导长江流域全面推行河长制湖长制的各项工作^[21]。

c. 生态监测评估工作初步推进。稳定同位素^[22-23]、环境DNA^[24]等追踪检测技术逐渐应用于生态监测工作中,重大工程建设区的生态信息收集工作也正逐步开展。2017—2018年,生态环境部联合六部门组织开展长江经济带国家级自然保护区管理评估,于2019年联合自然资源部、国家林业和草原局下发《关于印发长江经济带120处国家级自然保护区管理评估报告的函》,向地方反馈评估结果,督促问题整改。

d. 流域生态修复工作初见成效。为顺应长江大保护的部署,沿江11个省市正逐步落实整改生态环境污染中的突出问题,推进城镇污水垃圾处理、化工污染治理、农业面源污染治理、船舶污染治理、矿库污染治理等,并通过人工增殖放流、禁渔期制度等措施,增加了对生物多样性的保护力度,保障了生物资源利用的可持续性。江苏省内姚港油库、扬子江造船厂等城区沿江港口生产型企业已全部完成搬迁,旧址建造成公园。2018年4月,江西省启动长江经济带“共抓大保护”3年攻坚行动(2018—2020年),沿江共拆除码头74座、泊位87个,腾出岸线7529m;推进化工企业“3年出清计划”,累计关停取缔小化工企业166家;2018年,沿江岸线栽植各类苗木共427.4万株,累计关停矿山183家、治理废弃矿山226.7hm²。2019年5月,长江生态环境保护修复联合研究启动会在武汉召开,联合研究一期项

目已经启动,长江生态环境保护修复智慧决策平台正在快速搭建,长江生态修复正从设计迈向现实^[25]。

e. 政府和市场共同参与。中国长江三峡集团、中国节能环保集团等中央企业积极响应中央号召,与沿江地方政府主动开展战略合作,联合其他研究机构、社会企业共同参与长江大保护的生态环境建设,已经取得初步成效。中国长江三峡集团在武汉专门成立了长江生态环保集团,全面参与沿江城市水环境治理任务。

2.2 面临的主要挑战

近些年长江大保护工作取得了显著进展,我国已经基本形成了适应生态文明需求和“美丽中国”建设的环境战略体系^[26],但当前优质生态产品的供给能力难以满足人民群众日益增长的生态环境需求,“共抓长江大保护”中存在一系列重大问题^[27],长江流域生态修复工作中仍面临一些迫切需要解决的问题和挑战。

a. 政策法规和行业标准不完善。现有法律法规和标准规范无法满足长江生态修复现代化建设需求,立法中存在权利冲突^[28],实质是多层级、多部门之间的价值和利益冲突。

b. 顶层设计与整体谋划不足。各项制度规范的出台背景、核心价值、制度体系缺乏协同性,全流域整体性保护不足^[29],缺乏从大尺度流域考虑整体生态修复,部分区域保护与发展矛盾突出,联动协调机制尚未建立,流域生态修复工作缺乏指导依据和标准制约。

c. 工作机制和监管体系不完善。流域生态修复项目前后长期的数据收集工作至关重要^[30],而长江流域缺乏整体布局,对已实施的生态修复工程缺乏全生命周期监测和管理,尚未建立生态修复目标指标体系和考核评价体系,无法得到定量的效果评估和改进反馈。在生态修复工程结束后没有经费和机制来保障后续监测工作,监管上仍存在“九龙治水”现象,人力、物力、财力尚未统一支配和系统管理,无法确保区域生态系统正向演替,相关平台、设备等有待投入建设;同时,市场化、多元化的生态补偿机制有待健全。

d. 修复工作难点较多且科研能力薄弱。长江流域内污染源众多且污染物排放量大,尤其是总磷污染严重,传统粗放型经济增长方式仍在延续,航运中危化品运输量的持续攀升所导致的潜在污染风险也在上升,饮用水水源地水质安全保障压力持续加大。水生态修复中存在鱼道、江湖关系、泥沙淤积等问题^[31],长江岸线生态保护中存在湿地、土壤侵蚀、

重金属污染等问题^[32],经济发展中存在过度捕捞致使鱼类多样性下降等问题^[33]。相比发达国家和地区,我国对水利水电工程建设的生态影响^[34]以及水污染防治措施等方面的研究和实践仍显不足,河流生态修复仍处于探索阶段,多区域存在共同问题,生态修复成功案例较少,从成功案例中归纳总结出的经验更少,地区间缺乏技术交流与合作渠道。

e. 社会力量参与长江生态修复的主体意识不强。公众普遍缺乏生态方面的相关知识,目前仍有一些地区尚未真正认识到河湖的生态价值,多数河湖缓冲带被农业生产、工业生产和水产养殖等占用,存在大量以破坏生态环境为代价的生产活动。政府对生态环境信息的公开力度不够,缺乏吸引社会资本和民间力量参与长江生态修复的鼓励政策,公众对生态修复的参与度和践行度较差,过分依赖政府的主导作用和推动作用。

3 国际经验对长江大保护的启示

长江大保护的主要内容包括水资源保护、水污染治理、生态修复、岸线保护、生物和生境的保护和监管等,其中生态修复是长江大保护的核心任务,任重道远,必须以习近平总书记的生态文明思想为指导,科学认识长江生态环境的特点和面临的主要问题,打赢共抓长江大保护持久战。长江生态环境与国外河流生态环境的共同点主要在:一是具有地方性特色的生态环境,如德莱萨姆河考虑河水流量季节性变化改造的3级廊道结构,而三峡水库消落区结合生物和工程两种措施对生态环境开展综合整治等;二是较多区域共有的相同或相近问题,如杜瓦米什河底泥化学污染物的清理与太湖蓝藻水华的治理等;三是各区域普遍存在的共同问题,包括制度的落实和机制的构建,如各国实施的排污许可制度、生态补偿机制等。因此,国外政府长期探索实践取得的成功经验,是长江大保护背景下顺利开展长江流域生态修复的有利依据。

3.1 健全法规,保证长江生态修复工作有法可依

国际上河流生态修复实践均以专项立法为先导,美国《野生与风景河流法》、日本《河川法》等法律法规的颁布都使制定河流生态修复方案有法可依。我国的法律法规日趋完善,已经制定的《中华人民共和国水法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》等覆盖了水资源管理、水环境保护、水污染防治等各方面,但仍要明确长江流域生态修复的压倒性地位,一是要确保《长江保护法》立法的全面性、科学性和可操作性,以顶层设计指导长江生态修复具体工作,发挥约束

引领作用,打破“九龙治水”的藩篱及不同区域各自为政的现象,坚决落实整改要求,避免伪生态现象的出现;二是要完善流域生态修复相关法规,包括水土保持、湿地恢复、污染控制等,对原有法规内容查漏补缺,着力解决长江流域现有的河流生态环境问题。

3.2 完善制度,系统谋划生态修复工作总体思路

深化河流生态修复制度建设,能显著提高生态修复工作的执行力和约束力。各国河流生态修复普遍具有全面协调、统筹规划的制度安排,如莱茵河修复整治的成功主要依赖于各国依据中心制度所制定的一系列子项目实施计划。长江流域也可制定、完善符合国情和流域水情的制度。一是推动长江流域生态修复标准制度的建设,提出总体布局,提升生态修复尺度,编制专项规划,充分体现长江流域生态特性,并构建衡量长江生态环境质量标准的指标体系,以目标导向聚焦生态修复工作重点,环境规制有利于促进长江经济带产业的转型升级^[35],实现高质量发展;二是完善符合长江流域现状的河流生态修复制度体系,长江流域生态系统的复杂性使得部分制度不具有普适性,应倡导多中心的制度安排,赋予制度一定的弹性,在集权与分权之间找到平衡。

3.3 强化机制,全面构建常态长效高效工作机制

莱茵河跨区域合作机制为沿岸国家间沟通交流与合作发挥了举足轻重的作用。强化长江流域多方位的工作机制是打好长江生态修复攻坚战的重要保障,一要建立长江流域跨界河流生态修复委员会,将实施生态修复的各部分联系起来,注意人员组成上多学科背景的交叉融合,并积极与生态水利^[36]、环境保护、风景园林等专业相关的专家和机构合作;二要建立长江生态修复执法监督机制,完善长江生态环境联防联控机制和预警体系,健全跨部门、跨区域的突发性河流生态环境事件应急响应机制,密切关注流域资源开发利用与生态环境保护之间矛盾以及相关部门权力的大小和虚实;三是加快建立天地一体化生态观测体系和综合监管平台,建立生态流量监控预警机制,保障实现汉江、乌江、嘉陵江等重要河湖生态流量管理目标,引入第三方评估机制,强化河流生态修复全生命周期监管,确保生态修复的客观性、科学性、有效性,并建立修复效果反馈机制,强化督促问责机制;四是建立健全流域生态补偿长效机制,探索多元化补偿方式,开展长江流域上中下游重点领域生态补偿机制试点,调整生态保护和建设相关方之间的利益关系,将生态补偿与精准脱贫有机结合,实现不同地区 and 不同利益群体的协调发展。鉴于长江宜昌段特殊的地理位置和保护的需要,以及宜昌为长江大保护做出的特殊贡献和承担的巨大

资金压力,建议中央财政加大对此类重点生态功能区的转移支付力度。

3.4 创新技术,扎实推进理论与实践相结合及科研成果转化

河流生态修复是一个长期、多变的过程,要理论与实践相结合,选择正确有效的技术手段是建章立制后顺利实现生态恢复目标的前提。德莱萨姆河在修复过程中,始终秉承近生态修复理念,采用丁坝、落差工程、芦苇护岸等生态工法避免了人为介入的二次破坏,采用本土植物进行栖息地群落的构建,尊重河流生态演化规律及场地的生态结构与自然机理,可持续性好。虽然有学者意识到河流的开发与治理应在不破坏生态环境的前提下进行^[37],提出应根据河流特征采取“自然型”“共生型”或“修复型”的保护模式^[38],但至今我国与德国等发达国家还存在一定差距,所以应积极探索适用于长江流域的河流生态修复工法^[39-40],一是提倡近自然修复理念,应用生态工法提高河流生态系统自我修复能力;二是完善河流生态修复技术体系,科学规划流域修复尺度,注重实践经验、传统生态知识、本土生态知识和科学发现的结合,充分做好初期治理准备工作,开展河流生态系统退化程度诊断和恢复力评估;三是建立长江流域重要河湖健康档案,突出对人或野生动物风险程度较高的重点区域,进行基线测定以确定污染物的类型和水平,作为介入治理措施进行效果衡量的标准,以判断治理措施的有效性;四是强化科技支撑,依托现有河流生态修复领域的专家团队和研究单位,深入开展长江中下游原通江湖泊水系生物通道恢复研究工作,深化三峡水库等长江上中游水库群联合生态调度研究,解决深层次问题,尽最大可能开展生态修复,促进退化生态系统的正向演替,尽快形成可复制推广的河流生态修复技术;五是注重成果转化和技术推广,建立全国河流生态修复技术交流与展示平台,抓好典型示范区,为后续开展多尺度、系统性的河流生态修复实践提供理论基础和实践案例,便于各地区选择符合当地状况的河流生态修复技术。

3.5 立体宣传,最大限度营造全民积极参与氛围

公众参与作为社会主义民主的重要形式,在各国立法、决策、治理、监督等方面发挥了举足轻重的作用。与莱茵河生态修复整治中的信息提供制度和环境协商听证制度相比,我国公众参与河流生态修复的力度稍显不足,更没有达到莱茵河赋予公众参与决策的高度。长江流域大尺度的管理与规划需要跨行政区域的合作,需要通过新的机构与新的立法来辅助,更需要将公众的参与和监督充分贯彻和体

现到工作中去,一是构建完整的信息公开体系,便于公众获取长江流域基本的生态环境信息,保证公众的知情权,提升公众的责任感;二是加强河流生态环境保护宣传教育,线上进行多渠道、多元化的宣传引导,线下开展河湖清理、水质调查等活动,全面提升社会各阶层、各年龄段人们的生态意识^[41];三是健全公众参与机制^[42-44],吸引社会资本和民间力量积极参与,让公众成为决策者的一部分,推进生态决策的民主化进程,促成政府、企业、公众多元互动的共治体系,最大限度营造全民积极参与河流生态修复的浓厚氛围。

4 结 语

在长江大保护背景下,长江流域河流生态修复是实现绿色高质量可持续发展的必经之路。虽然我国对河流生态修复愈加重视,但修复过程持续时间长且复杂多变,需要系统规划和长期监测,现状长江流域生态修复实践仍面临着缺乏政策法规和行业标准、缺乏顶层设计和大尺度规划、缺乏治理前后长期监测等诸多挑战,国内成功的案例还不多。与国外河流生态相比,长江生态既有共性,也有差异性,在借鉴国际上较为成熟的与河流生态修复相关的法律、制度、机制、技术等的同时,需要结合区域现状与发展趋势,因地制宜地制定河流生态修复策略,加快建设典型示范区并征集典型案例,尽快形成一批能有效解决实际问题且可复制推广的具体做法,特别是对区域共性问题的创新制度、机制和技术,以点带面着力构建共抓长江大保护的工作格局,最终实现和谐长江、清洁长江、健康长江、优美长江、安全长江的目标。

参考文献:

- [1] LAMB D. Regreening the Bare Hills: tropical forest restoration in the Asia-Pacific region [M]. New York: Springer, 2011: 325-358.
- [2] PIERCE K V, MCCAIN B B, WELLINGS S R. Pathology of hepatomas and other liver abnormalities in English sole (*Parophrys vetulus*) from the Duwamish River Estuary, Seattle, Washington [J]. Journal of the National Cancer Institute, 1978, 60(6): 1445-1453.
- [3] 谷庆宝, 颜增光, 周友亚, 等. 美国超级基金制度及其污染场地环境管理 [J]. 环境科学研究, 2007, 20(5): 84-88. (GU Qingbao, YAN Zengguang, ZHOU Youya, et al. Critical review of superfund Act and environmental management of superfund sites [J]. Research of Environmental Sciences, 2007, 20(5): 84-88. (in Chinese))

- [4] LENDERS H J R. Fish and fisheries in the Lower Rhine 1550-1950: a historical-ecological perspective[J]. Journal of Environmental Management, 2017, 202 (2) : 403-411.
- [5] 沈桂花. 莱茵河水资源国际合作治理困境与突破[J]. 水资源保护, 2019, 35 (6) : 37-43. (SHEN Guihua. Dilemma and breakthrough of international cooperation on water resources of Rhine River [J]. Water Resources Protection, 2019, 35 (6) : 37-43. (in Chinese))
- [6] 张晓理. 钱江流域跨行政区保护制度研究: 莱茵河流域保护制度启示与借鉴[J]. 中共杭州市委党校学报, 2007 (4) : 30-34. (ZHANG Xiaoli. Research on the protection system of Qianjiang River Basin across administrative regions: enlightenment from the protection system of the Rhine Basin [J]. Journal of the Party School of CPC Hangzhou, 2007 (4) : 30-34. (in Chinese))
- [7] SILVEIRA A, JUNIER S, HÜESKER F, et al. Organizing cross-sectoral collaboration in river basin management: case studies from the Rhine and the Zhujiang (Pearl River) basins [J]. International Journal of River Basin Management, 2016, 14 (3) : 299-315.
- [8] 苟翡翠, 周燕. 近郊型河流景观的生态修复: 以德国德莱萨姆河为例[J]. 中国园林, 2018, 34 (8) : 33-38. (GOU Feicui, ZHOU Yan. The eco-restoration of suburban river landscape: a case study on dreisam River, Freiburg, Germany [J]. Chinese Landscape Architecture, 2018, 34 (8) : 33-38. (in Chinese))
- [9] PALMER M A, BERNHARDT E S, ALLAN J D, et al. Standards for ecologically successful river restoration[J]. Journal of Applied Ecology, 2005, 42 (2) : 208-217.
- [10] MCGRATH A. Land of the free-flowing rivers: administration of the 1968 *Wild and Scenic Rivers Act* on designated rivers in Oregon and Washington State [D]. Seattle: University of Washington, 2014.
- [11] 袁喆玮. 跨国流域治理的协调机制研究: 缘起、框架与成效[D]. 上海: 上海外国语大学, 2019.
- [12] 张晏. 国外生态补偿机制设计中的关键要素及启示[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26 (10) : 121-129. (ZHANG Yan. Key elements in designing mechanism for payments for ecosystem services abroad and the enlightenment [J]. China Population Resources and Environment, 2016, 26 (10) : 121-129. (in Chinese))
- [13] 刘京一, 吴丹子. 国外河流生态修复的实施机制比较研究与启示[J]. 中国园林, 2016, 32 (7) : 121-127. (LIU Jingyi, WU Danzi. Comparative study of foreign river ecological restoration implementation mechanism and its enlightenment to China [J]. Chinese Landscape Architecture, 2016, 32 (7) : 121-127. (in Chinese))
- [14] 迪特尔·格劳, 吕焕来. 加冷河-碧山宏茂桥公园[J]. 中国园林, 2012, 28 (10) : 88-92. (GRAU D, LYU Huanlai. Bishan-Ang Mo Kio Park along Kallang River [J]. Chinese Landscape Architecture, 2012, 28 (10) : 88-92. (in Chinese))
- [15] 陈兴茹. 国内外河流生态修复相关研究进展[J]. 水生生态学杂志, 2011, 32 (5) : 122-128. (CHEN Xingru. Progress of river restoration research at home and abroad [J]. Journal of Hydroecology, 2011, 32 (5) : 122-128. (in Chinese))
- [16] BERNHARDT E S, PALMER M A, ALLAN J D, et al. Synthesizing U. S. river restoration efforts [J]. Science, 2005, 308 (5722) : 636-637.
- [17] 杨井泉, 王秀莲, 陶桂荣, 等. 日本水源地水资源保护及水生态修复的经验 and 启示[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10 (2) : 150-151. (YANG Jingquan, WANG Xiulian, TAO Guirong, et al. Japan experiences of waterhead region protection and water ecological restoration [J]. South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology, 2012, 10 (2) : 150-151. (in Chinese))
- [18] BUIJS A E. Public support for river restoration. a mixed-method study into local residents' support for and framing of river management and ecological restoration in the Dutch floodplains [J]. Journal of Environmental Management, 2009, 90 (8) : 2680-2689.
- [19] 周亚峰. 西部农民参与生态修复法律机制研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2011.
- [20] 王波, 黄薇. 国内外流域管理体制要点及对长江生态管理启示[J]. 人民长江, 2010, 41 (24) : 13-16. (WANG Bo, HUANG Wei. Main points of abroad basin management system and its enlightenment on ecological regulation of Yangtze River Basin [J]. Yangtze River, 2010, 41 (24) : 13-16. (in Chinese))
- [21] 魏山忠. 准确定位 主动作为 加快推进长江流域片全面推行河长制[J]. 水利发展研究, 2017, 17 (5) : 1-4. (WEI Shanzhong. Accurately positioning and taking the initiative to accelerate the full implementation of the River Chief System in the Yangtze River Basin [J]. Water Resources Development Research, 2017, 17 (5) : 1-4. (in Chinese))
- [22] 李雷, 危起伟, 郭威, 等. 长江宜宾江段铜鱼属鱼类种间食物关系[J]. 应用生态学报, 2015, 26 (6) : 1877-1882. (LI Lei, WEI Qiwei, GUO Wei, et al. Interspecies diet relationship of *Coreius* from Yibin reach of Yangtze River, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26 (6) : 1877-1882. (in Chinese))
- [23] 姜涛, 刘洪波, 杨健. 长江口刀鲚幼鱼耳石碳、氧同位素特征初报[J]. 海洋科学, 2015, 39 (6) : 48-53. (JIANG Tao, LIU Hongbo, YANG Jian. Characteristics of C and O stable isotope in otolith of juvenile *Coilia nasus* from the Changjiang River Estuary [J]. Marine Sciences, 2015, 39 (6) : 48-53. (in Chinese))
- [24] TANG Yongkai, WU Yunsheng, LIU Kai, et al. Investigating the distribution of the Yangtze finless

- porpoise in the Yangtze River using environmental DNA [J]. Plos One, 2019, 14(8): e0221120.
- [25] 杨荣金, 王丽婧, 刘伟玲, 等. 长江生态环境保护修复联合研究设计与进展[J]. 环境与可持续发展, 2019, 44(5): 37-42. (YANG Rongjin, WANG Lijing, LIU Weiling, et al. Design and progress of joint research on ecological environment protection and restoration of the Yangtze River [J]. Environment and Sustainable Development, 2019, 44(5): 37-42. (in Chinese))
- [26] 王金南, 董战峰, 蒋洪强, 等. 中国环境保护战略政策 70 年历史变迁与改革方向[J]. 环境科学研究, 2019, 32(10): 1636-1644. (WANG Jinnan, DONG Zhanfeng, JIANG Hongqiang, et al. Historical evolution and reform of China's environmental strategy and policy during the past seventy years [J]. Research of Environmental Sciences, 2019, 32(10): 1636-1644. (in Chinese))
- [27] 卢纯. “共抓长江大保护”若干重大关键问题的思考[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2019, 47(4): 283-295. (LU Chun. Reflection on several key issues regarding the “Making Efforts to Protect the Yangtze River Together” project [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2019, 47(4): 283-295. (in Chinese))
- [28] 吕忠梅. 建立“绿色发展”的法律机制: 长江大保护的“中医”方案[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(10): 1-10. (LYU Zhongmei. Establishing a legal mechanism for green development: the Chinese Medicine plan for the protection of Yangtze River [J]. China Population, Resources and Environment, 2019, 29(10): 1-10. (in Chinese))
- [29] LAKE P S, BOND N, REICH P. Linking ecological theory with stream restoration [J]. Freshwater Biology, 2007, 52(4): 597-615.
- [30] ALEXANDER G G, ALLAN J D. Ecological success in stream restoration: case studies from the midwestern United States [J]. Environmental Management, 2007, 40(2): 245-255.
- [31] 张云昌. 长江大保护中的五个水生态热点问题剖析[J]. 环境保护, 2019, 47(21): 44-47. (ZHANG Yunchang. Analysis of five hot issues of water ecology in Yangtze River protection [J]. Environmental Protection, 2019, 47(21): 44-47. (in Chinese))
- [32] 段学军, 王晓龙, 徐昔保, 等. 长江岸线生态保护的重大问题及对策建议[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(11): 2641-2648. (DUAN Xuejun, WANG Xiaolong, XU Xibao, et al. Major problems and countermeasures of ecological protection on the waterfront resources along the Yangtze River [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(11): 2641-2648. (in Chinese))
- [33] 陈锋, 黄道明, 赵先富, 等. 新时代长江鱼类多样性保护的思考[J]. 人民长江, 2019, 50(2): 13-18. (CHEN Feng, HUANG Daoming, ZHAO Xianfu, et al. Thinking on protection of fish diversity in Yangtze River in new era [J]. Yangtze River, 2019, 50(2): 13-18. (in Chinese))
- [34] 姜翠玲, 严以新. 水利工程对长江河口生态环境的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(6): 547-551. (JIANG Cuiling, YAN Yixin. Impact of water conservancy project on ecosystem and environment of the Yangtze River estuary [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2003, 12(6): 547-551. (in Chinese))
- [35] 李强. 河长制视域下环境规制的产业升级效应研究: 来自长江经济带的例证[J]. 财政研究, 2018(10): 79-91. (LI Qiang. Study on the effect of environmental regulation on industrial upgrading from the perspective of the river chief system: evidence from the Yangtze River economic zone [J]. Journal of Finance and Economics, 2018(10): 79-91. (in Chinese))
- [36] 姜翠玲, 王俊. 我国生态水利研究进展[J]. 水利水电科技进展, 2015, 35(5): 168-175. (JIANG Cuiling, WANG Jun. Recent advances of ecological water conservancy in China [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2015, 35(5): 168-175. (in Chinese))
- [37] 钟春欣, 张玮. 基于河道治理的河流生态修复[J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(3): 12-14. (ZHONG Chunxin, ZHANG Wei. River engineering and ecological rehabilitation [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2004, 24(3): 12-14. (in Chinese))
- [38] 刘海龙, 周语夏. 中国西部河流自然风景价值保护的 3 种模式[J]. 水资源保护, 2019, 35(6): 131-137. (LIU Hailong, ZHOU Yuxia. Three models of natural scenic value protection of rivers in Western China [J]. Water Resources Protection, 2019, 35(6): 131-137. (in Chinese))
- [39] 侯俊, 王超, 王沛芳, 等. 卵砾石生态河床对河流水质净化和生态修复的效果[J]. 水利水电科技进展, 2012, 32(6): 46-49. (HOU Jun, WANG Chao, WANG Peifang, et al. Effects of ecological gravel bed on water quality purification and ecological restoration in streams [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2012, 32(6): 46-49. (in Chinese))
- [40] 黄显峰, 郑延科, 方国华, 等. 平原河网地区河流生态修复技术研究与实践[J]. 水资源保护, 2017, 33(5): 170-176. (HUANG Xianfeng, ZHENG Yanke, FANG Guohua, et al. Research and practices of river ecological restoration technology applied in plain river network area [J]. Water Resources Protection, 2017, 33(5): 170-176. (in Chinese))
- [41] 何慧爽. 我国公民水素养评价指标体系的构建[J]. 水利经济, 2018, 36(2): 62-67. (HE Huishuang. Establishment of evaluation index system for citizens' water

- literacy in China [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2018, 36(2): 62-67. (in Chinese))
- [42] 沈晓梅, 姜明栋, 钟冠宇. 全面推行河长制的战略环境分析与对策[J]. 水利经济, 2018, 36(3): 35-38. (SHEN Xiaomei, JIANG Mingdong, ZHONG Guanyu. Strategic environment and route planning of fully implementing river chief system in China[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2018, 36(3): 35-38. (in Chinese))
- [43] 鞠茂森. 河长制政策及组织实施[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [44] 郑雅方. 论长江大保护中的河长制与公众参与融合[J]. 环境保护, 2018, 46(21): 41-45. (ZHENG Yafang. Study on the integration of river chief system and public participation in Yangtze River protection [J]. Environmental Protection, 2018, 46(21): 41-45. (in Chinese))

(收稿日期: 2020-02-28 编辑: 彭桃英)

(上接第 95 页)

- [28] 唐军武, 田国良, 汪小勇, 等. 水体光谱测量与分析 I: 水面以上测量法[J]. 遥感学报, 2004, 8(1): 37-44. (TANG Junwu, TIAN Guoling, WANG Xiaoyong, et al. The methods of water spectra measurement and analysis I: above-water method[J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 8(1): 37-44. (in Chinese))
- [29] 史锐, 张红, 岳荣, 等. 基于小波理论的干旱区内陆湖泊叶绿素 a 的 TM 影像遥感反演[J]. 生态学报, 2017, 37(3): 1043-1053. (SHI Rui, ZHANG Hong, YUE Rong, et al. A wavelet theory based remote sensing inversion of chlorophyll a concentrations for inland lakes in arid areas using TM image data[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(3): 1043-1053. (in Chinese))
- [30] 侯慧平, 葛颜祥, 潘娜. 东平湖水质评价及水污染防治对策[J]. 人民黄河, 2013(12): 43-46. (HOU Huiping, GE Yanxiang, PAN Na. Water quality assessment and water pollution prevention countermeasures of Dongping Lake[J]. Yellow River, 2013(12): 43-46. (in Chinese))
- [31] 张景富, 马丁园, 蒋爱君, 等. 南水北调东线工程东平湖水质受水产养殖业影响分析[J]. 中国环境监测, 2003, 19(5): 21-23. (ZHANG Jingfu, MA Dingyuan, JIANG Aijun, et al. Analysis on water quality of Dongping Lake affected by aquaculture in the East Route of South to North Water Diversion Project[J]. Environmental Monitoring in China, 2003, 19(5): 21-23. (in Chinese))
- [32] 张海波, 裴绍峰, 祝雅轩, 等. 初夏渤海湾初级生产力分布特征及影响因素[J]. 生态学报, 2018, 39(17): 6416-6424. (ZHANG Haibo, PEI Shaofeng, ZHU Yaxuan, et al. Study on the distribution characteristic of primary productivity and its controlling factors in Bohai Bay in the early summer[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(17): 6416-6424. (in Chinese))
- [33] 罗文磊, 田娟, 张菊, 等. 东平湖冬季水体营养盐污染特征及水质评价[J]. 海洋湖沼通报, 2016(2): 8-16. (LUO Wenlei, TIAN Juan, ZHANG Ju, et al. Characterization of nutrient pollutants of Dongping Lake winter water and its quality assessment[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2016(2): 8-16. (in Chinese))
- [34] 胡尊芳, 宋印胜, 孙建峰, 等. 东平湖枯丰水期水质健康风险评价[J]. 水电能源科学, 2016, 34(9): 31-34. (HU Zunfang, SONG Yinsheng, SUN Jianfeng, et al. Water quality health risk assessment of Dongping Lake in dry and wet seasons[J]. Water Resources and Power, 2016, 34(9): 31-34. (in Chinese))
- [35] 张翔, 陈晓玲, 张媛, 等. 水文地貌分区下鄱阳湖丰水期水质空间差异及影响机制[J]. 中国环境科学, 2014, 34(10): 2637-2645. (ZHANG Li, CHEN Xiaoling, ZHANG Yuan, et al. Spatial distribution of water quality and its impacting factor in the wet season of Poyang Lake using the hydro-geomorphological partitions [J]. China Environmental Science, 2014, 34(10): 2637-2645. (in Chinese))
- [36] 类宏程, 武周虎, 杨正涛. 风对南水北调东线工程东平湖输水流场影响的模拟[J]. 水电能源科学, 2014, 32(9): 123-126. (LEI Hongcheng, WU Zhouhu, YANG Zhengtao. Simulation study on impact of wind on water-transportation flow field of Dongping Lake in South-to-North Water Transfer Project [J]. Water Resources and Power, 2014, 32(9): 123-126. (in Chinese))
- [37] 董贯仓, 李秀启, 刘超, 等. 东平湖渔业水域水环境质量分析[J]. 水产学杂志, 2018, 31(4): 20-26. (DONG Guanchang, LI Xiuqi, LIU Chao, et al. Analysis of water quality in fishery waters of Dongping Lake[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2018, 31(4): 20-26. (in Chinese))
- [38] 刘栓明, 赵世来, 余文学, 等. 东平湖水库移民与区域发展[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2004
- [39] 梁培瑜, 王烜, 马芳冰. 水动力条件对水体富营养化的影响[J]. 湖泊科学, 2013, 25(4): 455-462. (LIANG Peiyu, WANG Xuan, MA Fengbing. Effect of hydrodynamic conditions on water eutrophication: a review[J]. Journal of Lake Sciences, 2013, 25(4): 455-462. (in Chinese))

(收稿日期: 2020-07-24 编辑: 王 芳)