

# 石川河生态修复模式构建探讨

彭 颺<sup>1,2\*</sup>, 石 磊<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

收稿日期: 2021年9月19日; 录用日期: 2021年10月21日; 发布日期: 2021年10月28日

## 摘 要

本次研究以中国陕西省富平县境内石川河作为研究对象, 探讨了具有针对性的修复模式。石川河运用了水量、水质、地貌和生物群落四位一体的生态修复模式。水量上采用了上游水库补给以及“上蓄、中防、下泄”模式, 同时运用了河道防渗技术。水质上采用了原位处理技术进行修复, 微地形增氧技术和水生生物法。地貌上采用了河道横断面结构、河流曲直性以及护岸生态化。生物群落上采用了种植挺水植物、浮水植物和沉水植物, 在流域内投放鱼苗, 增加河流生物多样性和是食物链的复杂性。本次石川河修复模式的提出, 为加快富平县城南部新区发展, 统筹城乡和谐发展作出了积极贡献, 为其他流域采取类似整治工程提供了科技支撑。

## 关键词

石川河, 生态修复, 修复模式

# Discussion on the Construction of Shichuan River Ecological Restoration Model

Biao Peng<sup>1,2\*</sup>, Lei Shi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

Received: Sep. 19<sup>th</sup>, 2021; accepted: Oct. 21<sup>st</sup>, 2021; published: Oct. 28<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

This study focused on the Shichuan River in Fuping County, Shaanxi Province, China, and ex-

\*第一作者。

plored a targeted restoration model. The Shichuan River uses a four-in-one ecological restoration model of water volume, water quality, landforms and biomes. The water quantity adopts the upstream reservoir replenishment and the “storage, medium defense, and discharge” modes, and the river anti-seepage technology is also applied. The *in situ* treatment technology is used for water quality restoration, micro-topography aeration technology and aquatic biological method. The cross-sectional structure of the river, the straightness of the river and the ecological protection of the revetment are adopted in the landform. Planting of emergent plants, floating plants and submerged plants is used in the biomes to release fry in the basin, increasing river biodiversity and the complexity of the food chain. The proposed Shichuan River restoration model has made positive contributions to speeding up the development of the new district in the southern part of Fuping County and coordinating the harmonious development of urban and rural areas, and providing scientific and technological support for similar remediation projects in other river basins.

## Keywords

Shichuan River, Ecological Restoration, Restoration Model

Copyright © 2021 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

河流是联系陆地和海洋的纽带, 在生物圈的物质循环中扮演着至关重要的角色, 河流生态系统是包括水生态系统、河岸陆地生态系统、流域湿地生态系统的一个复杂生态系统, 可以为生物栖息提供场所、过滤自净污水, 是能量和物质流通通道。近年来, 全球生态系统恶化, 用水量剧增, 全年降雨量减少, 高温天气增多, 导致部分河流出现季节性断流或是接近干涸, 对河流生态造成了严重威胁。因此, 开展河流生态修复迫在眉睫。

河流生态系统由生物和生境两部分构成, 前者是河流的生命系统, 后者则为生物提供了适宜的环境, 生物种类和活动的不确定性使河流生态系统一直处于动态变化中, 为河流生态修复带来了困难。自然河溪治理的概念是在 1938 年德国 Seifert 提出来的, 在上个世纪 60 年代, 部分发达国家就尝试将生态学原理用于河道自然形态的恢复[1]。美国基西米河在河道蜿蜒性重塑方面取得了一定成绩, 其中 Lei 使用人工生态浮床成功实现了河道水力特征的恢复[2]; Joseph 提出通过控制河流转向结构, 以恢复河道的自然平面结构和弯曲形态[3]。后来的学者则把生物完整性和生物多样性的恢复作为河流生态修复的最终目标[4]。David 认为生境是生命的承载体, 生境多样性是生物恢复的基础[4]。我国早期对河流生态恢复不重视, 导致我国大量的河流出现断流, 严重制约周边的经济发展。1999 年刘树坤基于国外发达国家河流生态修复实践, 提出了生态修复理论[5], 宋立伟等提出通过跌水来修复北方季节性河流因枯水期流量小而缓带来的破坏[6], 唐红亮通过试验证实生态浮岛具有很高的净化作用和控藻效果[7]。随着我国对河流治理力度的加大, 我国已形成了水量调控、水质改善、生物恢复并举的河流生态修复模式[8]。但由于对河流差异特征研究不足, 很难做到因地制宜的修复模式构建, 所以, 构建的修复模式科学性不够。本次研究以富平境内石川河作为研究对象, 提出针对性的修复模式, 以期为其它河流生态修复提供技术支撑, 初步探索构建大流域生态修复模式方法。

## 2. 研究区概况

石川河上游为漆水河和沮水河, 两河在富平与耀州区交界处交汇, 从梅家坪镇岔口村流入富平县, 境内自西北向东南流出, 全长 36.4 km, 流域面积约为 130 km<sup>2</sup>, 河床为天然河槽, 无人工修复措施, 河床宽 300~1000 米, 但主河槽宽只有 50~70 米, 季节性降雨使得每年秋季水流量增大, 河床可拓宽至百米, 每到旱季, 河水流量极不稳定, 时常断流, 是典型的季节性河流。早在上世纪 70 年代, 上游大兴水库, 截水断流, 只有在雨汛期下游才会水量充沛, 后因疏于管理, 挖沙取石, 造成河床破坏严重, 河流逐渐趋于干涸, 随着工业发展, 工业废水和生活污水直接排放、村民焚烧垃圾、随意堆放废弃物, 造成土壤、水资源和空气污染严重, 造成河流生态系统恶化。针对水量修复、水质修复、地貌改变和生物恢复, 构建石川河生态修复模式。

## 3. 生态修复模式构建

河流生态修复是在生态学的基础上发展而来, 其目的是为了遏制河流生态系统的破坏, 通过工程和生物措施, 使河流生态系统中的生物群体、水量、水质、水文等生物和非生物结构达到良性动态平衡, 恢复河流必要的功能[9][10][11]。其生态学的基础奠定了生态修复的复杂性(图 1), 河流生态系统扮演的角色奠定了河流生态修复的必要性。本文通过水量、水质、地貌和生物群落四位一体的修复模式, 总结石川河生态修复的经验, 为大流域综合整治提供参考。



Figure 1. River ecological restoration model

图 1. 河流生态修复模式

### 3.1. 水量修复技术

水是河流的基础, 足够的水流量才能满足河流生态系统物质循环, 河道补水技术是常用的水量修复措施之一, 根据相关规划, 未来将建成古贤引黄工程、引汉济渭调水工程, 共计将为石川河输送 4800 多万 m<sup>3</sup> 的水资源, 永久性解决石川河季节性断流的问题[12]。同时设计“上蓄、中防、下泄”模式, 通过探索雨水的资源化利用, 修建东庄水库, 在雨季储存水资源, 可为附近城镇和工业企业解决用水需求, 减轻河道水资源压力, 同时修建地下水库, 调控地下水补给量, 涵养水源, 从而改善河道生态环境。除了通过补水增加来水量、修建水库蓄水外, 还应采用河道防渗技术, 减少来水损失量, 利用植生型防渗砌块改善河底透水性, 之后在砌块中种植水生植物, 不仅可防止水资源的下渗, 还能净化水质, 为生物生长提供环境。

### 3.2. 水质修复技术

按照污染物来源和治理对象, 可将水质修复分为污染来源控制、水体修复和底泥污染修复, 其中污

染来源主要为工业废水的排放, 对于此类污染, 应对沿岸污水排放口集中管理, 严格控制进水水质[13][14]。底泥由于其存在于河流底部, 一旦受到污染较难治理, 直接清挖底泥见效快, 效果好, 但其成本太高, 一般使用微生物修复和植物修复, 前者处理效率高、成本低廉, 是现阶段常用的底泥修复手段。植物修复技术则成本低, 不会造成二次污染, 植物根系可以稳定河床, 绿植也能美化景观河流, 两种技术综合使用, 能有效治理底泥污染。

由于石川河水体为替换过的水, 现属于轻度污染水体, 因此采用原位处理技术进行修复。微地形增氧技术和水生生物法属于原位修复轻度污染水体的技术, 微地形增氧技术是通过设置石笼坝、投放抛石改造河流基底, 深坑浅滩结合, 增加水力循环, 使溶解氧与污染物快速反应, 降解水体有机污染物。水生生物法是以生态学原理为基础, 利用水生生物的净化能力和食物链的作用净化水质, 特别适用于生物多样性受到破坏的河流。

### 3.3. 地貌修复技术

地貌修复目标是尽量避免河流硬质化、曲直性和闸坝建设水利工程带来的干扰, 将河道建设为具有横向、纵向和垂向自然连续性和多样性的自然地貌, 为生物生存、繁殖提供生境基础; 石川河地貌修复主要包括河道横断面结构、河流曲直性以及护岸生态化[15]。在进行河道断面设计时, 应根据河道需求及河道天然断面予以选择断面形河道横断面结构, 在常水位以下使用矩形干砌石断面, 维护河道正常行洪。常水位以上采用生态工程袋护坡技术, 为生物提供栖息场所, 在河道中设置深浅结合、设置落差的地貌类型, 增加水流活力; 蜿蜒曲折是河流生态系统最稳定的状态, 河流整体应该有曲有直, 还应在小范围内布设倒流木或是人工堆石, 改变小范围内地貌结构; 采用植物、土木工程或新型材料结合的方式对河岸进行生态防护, 在河岸上种植草、灌类植物, 在防护河岸的同时还可形成景观, 避免了硬质化护坡难以提供生物栖息场所的问题。

### 3.4. 生物群落修复技术

生物目标是指保持生物多样性及完整性, 为河流生态系统的可持续性运作提供保障。河流纵向的蜿蜒性, 形成了急流与缓流交错、深槽与浅滩相间的格局; 河流的横断面形状多样性, 表现为深槽与边滩交错; 河床材料的透水性多孔性为生物提供了栖息所和产卵地, 水量、水质和地貌修复为生物群落恢复奠定了基础[9][10]。种植挺水植物、浮水植物和沉水植物, 在流域内投放鱼苗, 增加河流生物多样性和是食物链的复杂性, 从而保持河流的健康、可持续发展, 使河流的生态功能得到充分发挥[9][12]。

## 4. 结论

石川河运用了水量、水质、地貌和生物群落四位一体的生态修复模式。水量上采用了上游水库补给以及“上蓄、中防、下泄”模式, 同时运用了河道防渗技术。水质上采用了原位处理技术进行修复, 微地形增氧技术和水生生物法。地貌上采用了河道横断面结构、河流曲直性以及护岸生态化。生物群落上采用了种植挺水植物、浮水植物和沉水植物, 在流域内投放鱼苗, 增加河流生物多样性和食物链的复杂性。本次石川河修复模式的提出, 为加快富平县城南部新区发展, 统筹城乡和谐发展作出了积极贡献, 为其他流域采取类似整治工程提供了科技支撑。

## 基金项目

本研究由陕西省重点研发计划项目资助(项目编号: 2020SF-420)和陕西省创新能力支撑计划资助(项目编号: 2021KRM079)。

## 参考文献

- [1] 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+30.
- [2] Rao, L., Qian, J., Ao, Y.-H. (2014) Influence of Artificial Ecological Floating Beds on River Hydraulic Characteristics. *Journal of Hydrodynamics*, **26**, 474-481. [https://doi.org/10.1016/S1001-6058\(14\)60054-8](https://doi.org/10.1016/S1001-6058(14)60054-8)
- [3] Li, H.B., Du, L.N., Zou, Y., et al. (2011) Eco-Remediation of Branch River in Plain River-Net at Estuary Area. *Procedia Environmental Sciences*, **10**, 1085-1091. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.173>
- [4] Galat, D.L. and Zweimüller, I. (2001) Conserving Large-River Fishes: Is the Highway Analogy an Appropriate Paradigm? *Journal of the North American Benthological Society*, **20**, 266-279. <https://doi.org/10.2307/1468321>
- [5] 陈兴茹. 国内外河流生态修复相关研究进展[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(5): 122-128
- [6] 宋立伟, 王镜植. 农村河流生态修复中跌水效应探讨[J]. 科技创新导报, 2009(33): 116+118.
- [7] 唐红亮. 重污染池塘水体富营养化生态修复技术及实例研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [8] 李文君, 杨艳霞, 于卉. 海河流域河流生态修复思路探讨[C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会学术年会论文集. 北京: 中国环境科学出版社, 2009: 418-420.
- [9] 魏静, 王欢元, 孙增慧, 等. 富平石川河的生态修复[J]. 生态学杂志, 2019, 38(8): 2545-2552.
- [10] 董哲仁, 孙东亚, 彭静. 河流生态修复理论技术及其应用[J]. 水利水电技术, 2009, 40(1): 4-9.
- [11] 陈兴茹. 国内外河流生态修复相关研究进展[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(5):122-128.
- [12] 高永胜, 叶碎高, 郑加才. 河流修复技术研究[J]. 水利学报, 2007(S1): 592-596.
- [13] 朱灵峰, 张玉萍, 邓建绵, 等. 河流修复技术应用现状及生态学意义[J]. 安徽农业科学, 37(7): 3221-3222.
- [14] 潘杰. 生态文化与城市河流修复[J]. 中国水利, 2009(23): 41-43.
- [15] 董琳, 景文洲, 任涵璐. 近自然型河流修复理论对海河流域中小河流治理的借鉴和应用[C]//中国水生态大会. 2018(第六届)中国水生态大会论文集. 南京: 河海大学出版社, 2018: 9.