

滹沱河湿地型河道水生态评价技术体系研究

柳蕊¹ 刘家豪² 周旌¹ 祝铭¹ 谢剑锋^{1,*}

1 河北省生态环境监测中心 2 河北地质大学水资源与环境学院

DOI:10.12238/eep.v7i7.2174

[摘要] 本论文旨在构建人工湿地型河道水生态评价技术体系,通过对水生态环境质量综合评价指标体系的研究,确定权重、基线值、评价尺度与标准、评价指数分级等关键要素,为水生态环境的评估和管理提供科学依据。研究涵盖了水文水资源、水环境、水生生物、物理生境等多个方面的指标,并采用层次分析法等方法确定权重,综合考虑多种因素确定基线值和评价标准。通过对评价过程和分析,制定适合滹沱河湿地评价方法,提出针对性的管理建议,以促进人工湿地型河道水生态系统的健康和可持续发展。

[关键词] 人工湿地; 河道水生态; 评价技术体系

中图分类号: TV147 文献标识码: A

Research on the Aquatic Ecological Evaluation Technology System for Hutuo River Wetland-Type River Channels

Rui Liu¹ Jiahao Liu² Jing Zhou¹ Ming Zhu¹ Jianfeng Xie^{1,*}

1 Ecological Environment Monitoring Center of Hebei Province

2 School of Water Resources and Environmental Engineering, Hebei GEO University

[Abstract] This paper aims to construct an evaluation technology system for the water ecology of constructed wetland-type river channels. By studying the comprehensive evaluation index system of water ecological environment quality, key elements such as weight determination, baseline value determination, evaluation scale and standard determination, and evaluation index classification are determined to provide a scientific basis for the assessment and management of the water ecological environment. The study covers multiple indicators in aspects such as hydrology and water resources, water environment, aquatic organisms, and physical habitats. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is used to determine the weights, and various factors are comprehensively considered to determine the baseline values and evaluation standards. Through the analysis of the evaluation process and results, targeted management suggestions are proposed to promote the health and sustainable development of the water ecological system of constructed wetland-type river channels.

[Key words] Constructed Wetland; River Channel Water Ecology; Evaluation Technology System

引言

在当今的生态环境格局中,人工湿地型河道的重要性与日俱增^[1]。它们不仅在水资源调节、水质净化方面发挥着关键作用,还为众多生物提供了栖息和繁衍的场所,对维护生态系统的平衡与稳定意义重大^{[2][3]}。然而,随着城市化进程的加速和人类活动范围的不断扩大,人工湿地型河道正承受着前所未有的压力^[4]。本研究旨在构建一套科学有效的水生态评价技术体系。通过深入分析人工湿地型河道的生态特征和运行规律,确定合理的评价指标和方法,准确评估其水生态状况^[5]。制定针对性的保护和管理策略,及时发现并解决存在的问题,促进人工湿地型河道生态系统的自我修复和优化。进而实现生态平衡,保障水

资源的可持续利用,为人类社会的可持续发展提供坚实的生态基础。

1 评价指标体系构建

1.1 水生态环境质量综合评价

水生态环境质量综合评价是对河流、湖泊和湿地水生态环境状况的全面系统分析评估,在许多国家和相关机构得到广泛应用^[6]。我国也陆续发布了一系列评估工具和技术指南。

在国际上,加拿大、美国、澳大利亚、英国、欧盟和南非等国家率先开展了水生态环境质量综合评价的研究^[7]。这些国家通过长期的监测和研究,积累了丰富的经验和数据。他们的评价体系涵盖了水质理化指标、水生生物状态和水文物理特性等多

个要素,形成了一套以生态完整性理论为基础的成熟环境管理规范方法。例如,美国在对其众多河流和湖泊的评估中,不仅关注化学物质对水体的污染,还深入研究了水生生物群落的结构和功能变化,以及水流速度、流量等水文参数的改变对水生态系统的影响。

在我国,随着对生态环境保护的重视程度不断提高,也陆续发布了一系列评估工具和技术指南。2012年10月,《关于开展流域生态健康评估试点工作的通知》的发布,标志着我国在流域生态健康评估方面迈出了重要的一步。该通知所包含的《流域生态健康评估技术指南》,为水域和陆域生态系统的调查提供了详细的指导,涵盖了生境结构、水生生物和生态压力等多个方面。2020年,水利部编制的《河湖健康评估技术导则》进一步明确了河流、湖泊及水库的健康评估标准和方法。2023年,生态环境部发布的《水生态监测技术指南》(试行)为全国各地的河湖水生态环境质量综合评价提供了技术支持和规范。这些评估工具和技术指南的出台,反映了我国在水生态环境保护方面的决心和努力,也为科学、准确地评估水生态环境质量提供了有力的保障。

1.2 指标体系选取原则

科学性原则: 科学性是构建水生态环境质量综合评价指标体系的基石。所选的评估指标必须精确地反映评估对象的本质特征,概念清晰准确,内涵明确无误。例如,在评估河流的生态流量时,不能仅仅依靠主观猜测或经验判断,而应依据水文学、生态学等相关学科的理论 and 模型,指标体系的层次结构也应合理构建,确保评估指标能够围绕评估目的,全面、真实地反映评估对象。**相关性原则:** 各指标应相互独立,避免内涵重叠。可获取性原则: 可获取性是评价指标体系能够实际应用的重要保障。评估所需的数据应当能够基于现有的监测统计成果进行收集和整理,如果某个指标虽然理论上很理想,但获取数据的难度极大或成本过高,那么在实际应用中就可能不太可行。**目标导向性原则:** 目标导向性原则要求所选的评估指标能够紧密贴合河湖的基本特征,能够为水资源管理与保护的决策提供有力的支持,从而促进河湖生态系统的健康和可持续发展。

1.3 指标体系构建

水文水资源方面: 包括流量过程变异程度、生态流量(水位)保障程度、年径流变化率、相对断流几率、水土流失状况等。流量过程变异程度反映了水资源开发利用对河流自然水文情势的干扰程度。

水环境方面: 涵盖河湖水质类别、营养状态指数等。河湖水质类别是评估水质的综合指标,营养状态指数用于评估水体的富营养化程度。在一些水流缓慢的湖泊和河流河段,营养物质的过度输入容易引发藻类大量繁殖,形成水华,降低水体透明度,影响水下植物光合作用,进而破坏整个生态系统的结构和功能。**水生生物方面:** 有底栖动物完整性指数、浮游植物密度、生物多样性指标、鱼类生物损失指数、鱼跃值等。底栖动物完整性指数和生物指数可以有效监测水体受污染的程度和生态系统的

变化。浮游植物密度与水华程度密切相关,通过监测浮游植物密度的变化,可以及时发现水体富营养化的趋势。生物多样性指标反映了水生态系统的稳定性和复杂性,较高的生物多样性通常意味着生态系统更加稳定和健康。物理生境方面: 包括河(湖)岸带状况、横向稳定性指数、纵向稳定性指数、河道稳定性等。湖泊湿地萎缩状况反映了湖泊湿地的健康状况。河湖联通阻隔状况影响着生物的迁徙和物质的传递。纵向连通性指数和纵向蜿蜒性指数反映了河流的自然形态和连通性,保持良好的连通性和蜿蜒性对于维持河流的生态功能至关重要。

采用层次分析法,建立层次结构模型,构造成对比较阵,计算权向量并做一致性检验,计算组合权向量并做组合一致性检验。如果检验通过,则可以依据组合权向量的结果进行决策;若不通过,则需要重新审视模型或对一致性比率较大的成对比较阵进行重新构造。确定指标权重的方法分为主观赋权法和客观赋权法。为了提高主观赋权法的科学性和可靠性,可以增加专家的数量,确保涵盖不同领域和背景的专业人士,同时挑选在水生态领域具有深厚造诣和丰富经验的资深专家,以提高权重确定的准确性和稳定性。客观赋权法基于原始数据来确定权重,具有较强的客观性。然而,这种方法可能会受到数据的质量和代表性的影响,有时可能无法准确反映指标的实际重要性。

2 基线值的确定

水生态环境质量综合评价标准具有相对性,河湖健康阈值关系评估结果可信度。在确定河湖健康评估标准时,应综合运用上述多种方法,充分考虑各种因素,以制定出科学、合理、适用的评估标准。水质标准采用《国家地表水环境质量标准》(GB3838-2002);营养状态评价按照《地表水评价办法》(试行);水资源量按照2018年滹沱河生态流量调查结果大于或等于1.3m即为合格;鱼跃度值按照0为正常,1为异常。藻密度参照《水生态监测技术指南湖泊和水库水生生物监测与评价(试行)》(HJ 1296—2023)分级评价。

3 评价的过程

3.1 评价尺度与标准的确定

空间尺度可分为全河长/整个湖泊、景观河段、工程河段、断面和微生境,概化为大、中、小尺度。不同评价尺度对评价方法有不同要求,且时空尺度存在关联性。全河长尺度是最宏观的视角,需要综合考虑整个水域的生态系统功能、水资源分布以及与周边环境的相互作用。景观河段尺度则侧重于河道周边的景观格局和生态廊道功能。这包括河岸植被的分布、景观的多样性以及其对生物栖息地的影响。工程河段尺度的重点在于水利工程对水生态的影响评估。断面尺度关注的是特定横截面的水质、水流特征和生物群落结构等微观指标。而微生境尺度则深入到更小的局部环境,不同的评价尺度对评价方法有着不同的要求。大尺度的评价通常需要借助遥感、地理信息系统等宏观监测手段和模型,而小尺度的评价则可能需要更精细的实地采样和实验室分析。同时,时空尺度之间存在着紧密的关联性。滹沱河评价尺度结合河北省省控监测网络设置,以市县跨界为主,

湖库分隔为辅分段设置。时间尺度以年度评价和月度评价为准。

可依据国家、行业和地方规定的标准规范、发展规划目标要求、国内外科研成果、河湖历史资料、类比标准、专家咨询法和公众参与等确定评价标准。通过综合运用这些方法,可以制定出科学合理、符合实际情况的评价标准,为准确评估水生态环境质量提供有力保障。

滹沱河水资源结合历史调查生态基准流量,水环境评价依据国家标准,水生态类比国内重点湖库藻密度分级标准,水生境采用卫星加地面遥感监测综合评价。

3.2 评价指数的分级

行业导则类标准:水利部颁布的《河湖健康评估技术导则》包含健康评估指标体系,并将河湖健康评估标准分为5级,为行业内的评估工作提供了统一的规范和参考。地方导则类标准:部分省/市相继发布了本省/市的水生态健康评价地方标准,均通过指标加权求和构建综合评估指数进行水体健康评价。各地标准在指标选取和权重分配上存在差异,但均以适应本地的水生态特点和管理需求为目标。

行业类技术指南:原环境保护部编制的《流域生态健康评估技术指南(试行)》规范了流域健康评估指标体系和赋分标准,为流域尺度的水生态评估提供了技术指导。地方出台技术指南:江苏省政府印发的相关技术文件建立了评估指标体系和分级标准,充分考虑了江苏省的地理、经济和生态环境特点,为当地的水生态保护和管理工作提供了具体的操作依据。

4 评价分析及报告

评价分析和报告应包括介绍研究背景和区域特征、阐明研究目的和意义、介绍研究方法、对水质和浮游动植物完整性指数进行评分、比较评分方法、阐明湿地水生态评价得分、介绍研究结果、给出评价结论和提出管理建议等内容。研究的背景和区域特征需要详细介绍该区域的地理位置、气候条件、周边的人类活动情况等。研究的目的和意义需明确指出开展此项评价工作对于当地生态保护、水资源管理以及可持续发展的重要性和紧迫性。研究方法应全面而清晰地介绍所采用的监测手段、数据收集方法、分析模型等,以便他人能够重复和验证研究过程。阐明湿地水生态评价的总得分时,要结合各项指标的得分情况进行综合分析,说明得分的高低反映了水生态系统的哪些方面的状况。最后,给出评价结论,明确指出研究区域水生态系统的健康状况和存在的主要问题,并针对这些问题提出具有针对性和可操作性的管理建议,如加强水资源保护措施、优化土地利用方式、建立生态监测长效机制等,为后续的保护和管理提供有力的指导。

本研究采用河北省监测网2020年以来监测结果,分别就水资源、水环境、水生境进行综合打分,分析评价当前滹沱河水生

态环境处于良好水平。建议管理部门加大对水质相对较差、景观格局完整度不佳、工业企业环境风险大、岗黄水库水源地敏感的河段加强生态保护和修复治理。

5 结论

本研究构建的人工湿地型河道水生态评价技术体系,为科学评估水生态状况提供了切实可行的方法和可靠的依据。在实际应用中,如由于各地的自然条件、人类活动影响以及管理政策等方面存在差异,还需根据具体情况不断完善和优化评价体系。在本案例中,滹沱河湿地由于毗邻城市,人类活动对城市沿岸河道影响较大。岗黄水库是石家庄市饮用水源战略意义重大,属于特殊地理环境,在未来可以对新型污染问题继续深入补充特定的评价指标;政策的变化,如生态修复治理工程等可能导致权重的调整。只有保持对评价体系的动态更新和优化,才能使其更好地适应实际需求,为水生态保护工作发挥更大的作用。

[基金项目]

2024年度河北省省级水利科技计划项目“人工湿地型河道水生态评价技术研究”(项目编号:22)。

[参考文献]

- [1]王浩,王建华,秦大庸.中国水资源与可持续发展[J].中国科学院院刊,2012,27(3):352-358.
- [2]崔保山,杨志峰.湿地生态系统健康评价指标体系 I. 理论和方法[J].生态学报,2002(08):1231-1239.
- [3]吴季松.水资源及其管理的研究与应用——以水资源的可持续利用保障可持续发展[J].中国水利水电科学研究院学报,2004(02):89-97.
- [4]董哲仁,孙东亚,赵进勇.河流生态系统结构功能整体性概念模型[J].水科学进展,2010,21(4):550-559.
- [5]孟伟,张远,郑丙辉.水生态系统健康评价研究进展[J].环境科学研究,2006(03):137-141
- [6]吴阿娜,杨凯,车越,等.河流健康状况的表征及其评价[J].水科学进展,2008,19(4):564-570.
- [7]蔡庆华.流域生态学——新学科,新思想,新途径[M].科学出版社,2013.

作者简介:

柳蕊(1987--),女,工程师,研究方向:地表水水质评价分析。
刘家豪(1994--),女,汉族,河北石家庄人,博士,讲师,研究方向:污染物环境效应、流域水生态调控机制。

周旌(1969--),女,汉族,江西吉安人,大学本科,正高级工程师,生态环境监测与质量管理。

祝铭(1989--),男,汉族,邢台广宗人,本科,工程师,生态监测。

*通信作者:

谢剑锋(1966--),男,教授级高工,研究方向:环境监测管理。