

南阳河水生态修复技术及水资源修复评价研究

赵承遗

湖北兴山县发展和改革委员会铁路建设办公室

DOI:10.32629/hwr.v3i6.2234

[摘要] 为有效解决南阳河流域水资源匮乏、河流污染及水土严重流失问题,通过采取堆石砼重力生态坝及相关清淤、河岸护坡工程等生态修复技术,对流域进行了全范围的治理工作。结果表明:(1)采取堆石砼重力生态坝及相关清淤、河岸护坡工程等生态修复技术对流域水生态修复起到了良好的治理效果;(2)基于层次分析理论构建多层次、多指标评价体系,计算出各指标权重因子;进一步引入综合评价指数对治理后河流生态及效益进行定量分析,得出修复后河流综合评分为3.23分,属很好范畴。

[关键词] 水利工程;水生态修复;河道治理;层次分析法;效益评价

引言

受环境、气候及城镇化发展影响,我国部分流域生态环境遭到极大地破坏,导致地区出现水资源匮乏、水土流失及水生生态循环链断裂等严重问题^[1-2]。因此,如何采取有效手段治理流域水环境对区域经济发展及人民用水安全具有重要的意义。

针对河流水生态治理修复技术问题,廖艳妮等^[3]通过对滨海湿地水生态系统修复进行深入研究,得出被抗生素污染后的滨海湿地运用植物修复手段技术具有高度的可靠性、有效性与经济性,并指出植物修复手段在长远保护计划中的重要作用;刘欢等^[4]从河流生态系统特性及危害因素角度分析,深刻指出水量、连通性、水质及水生生物生长状态等四个方面的生态修复技术及实施通,为水生态修复工作提供了良好的指导。

此外,对于水生态修复技术实施效果仍缺乏有效的定性、定量相结合的评价方法。秦立公等^[5]基于层次分析法综合评价了绿色理念及跨界集合喀斯特生态修复、保护模式的经济、文化等方面带来的效益;王琦等^[6]综合分析生态修复工程的各项指标并提出安全指标体系,对该生态工程的措施布局及修复效益进行了有效评价。

本文在基于上述研究成果基础上,以湖北上南阳河流域为例,基于层次分析法,进一步引入综合评价指数,对南阳河流域水资源生态现状进行合理、定量分析,以评价该区域水生态修复技术的有效性及其科学性。

1 工程概况

本次南阳河流域水生态修复工程位于湖北省兴山县水月寺镇南对河村,由于区域河道缺乏治理、水资源分布不均,因此出现部分河道水资源枯竭、河床淤泥堆积过厚、水资源污染等严重问题。经过现场调查与数据采集,采用生态修复手段进行治理,工程项目主要包括主水库生态库坝建设及河道治理工作。拟建生态库坝工程项目坝型为堆石砼重力坝,生态坝库容为95.76万m³,坝体长159m,溢流段长100m,溢流堰顶高程504m,非溢流堰顶高程508m,坝高14.5m。该库坝右

岸与S312省道相接,且生态护岸治理长度1020m,采用生态护坡,顶部1.5m宽绿化带。水生态修复工程项目河道治理工作主要包括3段,分别为百羊寨桥、一线天、得罗寨,修复治理河段总长度1495.9m,并新增3处生态坝鱼道设施。

2 水生态修复评价

2.1 评价指标体系构建

基于南阳流域生态环境影响因素现场调查结果,经过综合分析得出可从河道水生态运行状态、岸坡安全可靠、河道安全及长期功能及区域经济效益四个方面构建区域水生态修复效益评价体系。以上述四个方向为基础准则层,得出本次水生态修复工程效益评价体系如下表1所示:

表1 南阳流域水生态修复工程效益评价指标体系

目标层 X	准则层 A	指标层 B
南阳流域水资源修复效益	河道水生态运行状态	水流流速
		生物多样性
		水质污染指数
		水文变异值
		生态蓄水满足率
	岸坡安全可靠	缓冲带植被宽
		河岸植被覆盖
		岸坡通透性
		植物物种丰富度
	河道安全及长期功能	防洪安全指数
		岸坡抗蚀性
		岸坡高度
	区域经济效益	娱乐容量指数
		旅游效益
		舒适度指数
		人均满意度
		水资源开发利用度

2.2 效益评价

根据层次分析法基本理论^[7-9],首先构建南阳河流域水生态修复层次分析矩阵,得出目标层X下准则层A判断矩阵如下:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

对该判断矩阵进行计算分解, 得出各准则层下特征向量矩阵: $w_0=(0.1650, 0.1650, 0.3925, 0.2775)$, 最大正特征值为 $\lambda_{\max}=4.06$ 。进一步的, 对该判断矩阵结果进行一致性检测, 引入CI及CR进行定量分析, 则检测方法如下:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

式中, n 表示目标层下准则层指标个数, 因此可知, CI越小, 则矩阵的一致性越高, 采用平均一致性指标RI进行进一步检验, 以检测判断矩阵的一致性, 则一致性比率CR计算方法如下式所述:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

计算得出目标层下判断矩阵一致性指标CR=0.0226, 由此可见, 该判断矩阵具有高度的一致性, 能够与流域水生态实际情况较好的对应起来。进一步构建4个准则层下不同指标判断矩阵并对特征向量、最大特征值以及一致性检测指标进行计算分析。

对于准则层 A_1 , 其包含水流流速、生物多样性、水质污染指数、水文变异值及生态蓄水满足率5个指标, 经过分析得出判断矩阵如下所示:

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/5 & 1/4 & 2 \\ 1/2 & 1 & 1/5 & 1/4 & 2 \\ 5 & 5 & 1 & 2 & 5 \\ 4 & 4 & 1/2 & 1 & 4 \\ 1/2 & 1/2 & 1/5 & 1/4 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

准则层 A_1 计算所得 $w_1=(0.1111, 0.0860, 0.4442, 0.2948, 0.0638)$, $\lambda_{\max}=5.17$, 判断矩阵一致性指标CR=0.0370。

对于准则层 A_2 , 其包含缓冲带植被宽、河岸植被覆盖、岸坡通透性及植物物种丰富度4个指标, 经过分析得出判断矩阵如下所示:

$$A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/4 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1/4 & 1/3 \\ 4 & 4 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

准则层 A_2 计算所得 $w_2=(0.1118, 0.1118, 0.4160, 0.3604)$, $\lambda_{\max}=4.01$, 判断矩阵一致性指标CR=0.0038。

对于准则层 A_3 , 其包含防洪安全指数、岸坡抗蚀性及岸坡高度3个指标, 经过分析得出判断矩阵如下所示:

$$A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1/2 \\ 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

准则层 A_3 计算所得 $w_3=(0.2500, 0.2500, 0.5000)$, $\lambda_{\max}=3.00$, 判断矩阵一致性指标CR=0。

对于准则层 A_4 , 其包含娱乐容量指数、旅游效益、舒适度指数、人均满意度及水资源开发利用度共5个指标, 经过分析得出判断矩阵如下所示:

$$A_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

准则层 A_4 计算所得 $w_4=(1, 1, 1, 1, 1)$, $\lambda_{\max}=5.00$, 判断矩阵一致性指标CR=0。

经过上述计算分析过程, 得出该流域水生态修复效益评价体系各指标评价最终结果如下表2所示, 且经过一致性检验具有高度的可靠性。

表2 南阳流域水生态修复工程指标权重计算结果

目标层 X	准则层 A	指标层 B
南阳 流域 水生态 修复 效益 (1)	河道水 体生态 功能 (0.1650)	水流流速 (0.0183)
		生物多样性 (0.0142)
		水质污染指数 (0.0733)
		水文变异值 (0.0486)
		生态蓄水满足率 (0.0105)
	河岸带 生态功 能 (0.1650)	缓冲带植被宽 (0.0184)
		河岸植被覆盖 (0.0184)
		岸坡通透性 (0.0686)
		植物物种丰富度 (0.0595)
	河道安 全功能 (0.3925)	防洪安全指数 (0.0981)
		岸坡抗蚀性 (0.0981)
		岸坡高度 (0.1963)
	社会经 济功能 (0.2775)	娱乐容量指数 (0.0555)
		旅游效益 (0.0555)
		舒适度指数 (0.0555)
		人均满意度 (0.0555)
		水资源开发利用度 (0.0555)

引入综合评价指数对南阳河流域水生态修复结果进行有效评价^[10]。综合评价是指对各指标进行均一化处理后再赋值的手段, 并经过棕黑算得出最终总评分值。通过构建不同等级的评价标准, 对南阳河流域水生态修复效果进行评价, 评价分值赋值由调查问卷及专家权威评价综合加权平均得出, 各指标(共17个)按顺序赋值结果分别为: 1.5、10、0.5、0.6、0.7、20、85、65、8、1、18、1.3、3、0.5、0.8、0.85及10。综合评价指数计算方法如下式(8):

$$S = \sum_{i=1}^4 K_i \sum_{j=1}^m K_j P_{ij} \quad (8)$$

式中, S为南阳河流域水生态修复效果最终综合评价评。根据表2指标权重计算结果及赋值分析结果, 得出南阳河流域最终评价总分为3.23, 根据文献^[10]可知, 该结果处于很好

与较好之间,可见水生态修复工程在南阳可流域取得了一定的修复成果。

综上所述,在南阳河流域展开水生态修复工作之前,区域存在严重的河道干枯、供水不足及水质污染等问题(图1),通过采取修建堆石砼重力生态坝及相关清淤、河岸护坡工程后,河流水资源得到有效恢复,区域植物覆盖得到有效提升,并进一步合理解决了区域水土流失问题(图2)。图1、2分别为南阳河流域部分河道生态治理修复前后部分河道展示图:



图1 南阳河流域生态治理修复前



图2 南阳河流域生态治理生态修复后

3 结论

通过采用修建堆石砼重力生态坝及相关清淤、河岸护坡

工程等生态修复技术,对南阳河流域存在严重的河水枯竭、水土流失及水资源污染等问题进行了治理,且现场调查结果显示流域水生态修复效果良好;进一步基于层次分析法对流域水生态修复效果进行定量分析,并进一步引入综合评价指数对流域修复后水生态指环境进行评价,研究结果显示:采取堆石砼重力生态坝及相关清淤、河岸护坡工程等生态修复技术后流域总评分为3.23分,介于较好与很好之间,可见上述生态修复技术在区域河流治理中取得了良好的修复效果,这也为我国其他地区河流治理工作提供了良好的范例。

[参考文献]

- [1]顾淑丽.河道治理中水土保持的优化途径分析[J].农家参谋,2019,(09):215.
- [2]叶宇潜.生态修复理念在永和河流域河道治理中的应用[J].黑龙江水利科技,2019,47(03):142-144.
- [3]廖艳妮,张健榕,张明月,等.滨海湿地抗生素污染生态修复技术研究进展[J].辽宁化工,2019,48(03):251-253.
- [4]刘欢,杨少荣,王小明.基于河流生态系统健康的生态修复技术研究进展[J].水生态学杂志,2019,40(02):1-6.
- [5]秦立公,胡娇,朱可可,等.广西喀斯特湿地价值评价及生态修复与保护模式研究[J].江苏农业科学,2019,47(8):284-288.
- [6]王琦,赵进勇,刘培斌,等.河流生态修复工程安全性分析及评价指标体系构建初探[J].中国防汛抗旱,2018,28(12):10-15+20.
- [7]孙宝华,李云鹏,于元旗,等.基于大数据和层次分析法的电力信息系统成熟度评估[J].科技风,2019,(13):78.
- [8]何莎,勾炜,胡燕,等.基于层次分析法的页岩气集输管道风险评价方法研究[J].科技创新与应用,2019,(14):1-3+6.
- [9]古晓雯,邓钟尉,李志伟.层次分析法在工程建设适宜性评价中的应用—以广州市某镇为例[J].城市勘测,2019,(2):181-185.
- [10]卢小燕.基于PCA法的松花江哈尔滨段水质评价研究[J].哈尔滨师范大学自然科学学报,2015,31(03):156-161.

个人简介:

赵承遗(1977--),男,湖北兴山人,汉族,本科学历,国防科技大学,中级工程师,研究方向:水利水电工程水资源管理、水土保持等。