

# 宁夏人工河道典农河的健康状态评价

张乐, 徐慧

(河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

**摘要:** 鉴于典农河地处宁夏干旱半干旱地区、水资源匮乏且生态系统脆弱的现状, 维持河流健康对宁夏地区的发展有着重要的意义。特殊的地理位置和社会需求使得典农河社会属性更为强烈, 在建立评价指标体系时应考虑人工化、河道生态、社会服务功能突出等实际特点。根据其人工河道的特点, 将典农河分为5个河段, 在全国重要河湖健康评估指标体系的基础上进行优化调整, 从河流状况、生物状况以及社会经济服务状况三方面着手, 选取13个指标, 并利用层次分析法确定指标权重, 建立了适合典农河的评价指标体系并进行健康评价。多指标分级综合评价结果显示, 典农河最终总体评价赋分为46.63, 处于亚健康水平。其中, 河流状况子准则层赋分为65.86分, 属于健康水平, 主要问题是生态流量满足程度低; 生物状况子准则层赋分为48.66分, 属于亚健康水平, 主要问题是鱼类损失较多; 社会经济状况子准则层赋分为32.72分, 属于不健康水平, 主要问题是水功能区水质达标率为0。研究表明, 典农河现存的主要问题是防洪工程标准低、水污染以及生态环境遭到破坏等, 提出了提高防洪能力、控制污染源、提升污水处理率以及构建健康水生态系统的保护对策和建议。

**关键词:** 典农河; 人工河道; 河流健康评价; 指标体系; 层次分析法

**中图分类号:** Q147      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1674-3075(2020)02-0016-07

河流作为一个重要的生态系统, 不仅提供了人类生存所必需的水资源, 而且具有人文景观以及休闲游憩等社会服务功能(嵇晓燕, 2015)和重要的生态功能(朱卫红, 2014)。然而, 近年来随着经济发展, 河流水质受到污染, 生态环境遭到破坏, 河流的问题也愈加突出。因此, 必须强调对河流健康评价的研究。

国外很早就开始对河流健康的评价研究工作, 19世纪末期, 欧洲对一些严重污染的河流进行了水质的评价(杨文慧, 2005); 20世纪80年代开始, 澳大利亚、美国、英国等国家开展了河流评价工作, 并在此基础上强调保护与发展。国内对河流生态健康评价研究相对较少, 关于环境质量评价工作起步于20世纪末, 唐涛(2002)首次开始探索河流环境质量评价研究; 文伏波等(2007)提出了健康河流的概念; 同年, 水利部将河流健康综合研究作为一项重要的课题。自此, 诸多学者开始从不同角度探索不同的方法。目前, 大多学者注重于自然河流的生态健康,

而对于人工河道缺少研究。本文以典农河为例, 探究适用于人工河道的健康评价体系, 旨在为类似河道的生态系统修复与治理提供有价值的建议。

## 1 材料与方法

### 1.1 区域概况

典农河(原名“艾依河”, 2018年9月正式更名为“典农河”)地处宁夏银川平原青铜峡河西灌区, 位于贺兰山和黄河之间( $106^{\circ}11'35'' \sim 106^{\circ}47'13''E$ ,  $38^{\circ}18'12'' \sim 39^{\circ}7'11''N$ ), 在原有河道基础上, 连接沿线的6个拦洪库、2个滞洪区和数十个湖泊湿地, 是集农田排水、防洪泄洪、城市景观、生态建设为一体的重点水利工程。南起永宁县李俊镇西邵村, 北至石嘴山市惠农区入黄河口, 全长180.5 km, 流域面积4 391 km<sup>2</sup>。流域属于干旱与半干旱气候过渡带, 大陆性气候特征明显, 年均气温8.7~8.9℃。降水分布在空间和时间上都不均匀, 年内变化较大, 降水主要集中在6-9月。

典农河是典型的分段式水库型宽浅式河道, 平均宽80 m, 平均水深2 m。河道来水主要靠农田退水和黄河补水, 其中农田退水是河道的第一大水源, 黄河补水是河道的第二大水源, 雨水和洪水等非常规水资源是河道的第三大水源, 主要利用贺兰山东麓部分的雨洪水。全年平均河道流量1.77 m<sup>3</sup>/s, 流速1.3 cm/s; 丰水期(4-11月)来水量占全年的

收稿日期: 2019-03-04

基金项目: 江苏水利科技项目(2017045); 国家重点研发计划(2016YFC0401502)。

作者简介: 张乐, 1995年生, 女, 硕士研究生, 专业方向为自然资源与环境管理。E-mail: 872329116@qq.com

通信作者: 徐慧, 1969年生, 女, 副教授。E-mail: njxh@hhu.edu.cn

95%,丰水期河道的平均流量 2.56 m<sup>3</sup>/s,流速 1.9 cm/s。典农河位置见图 1 所示。

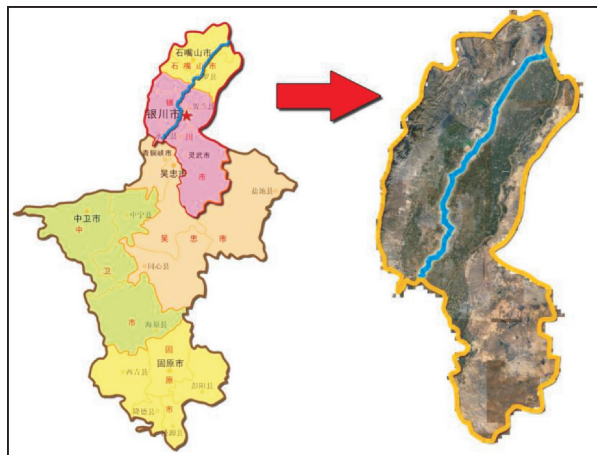


图 1 典农河地理位置

Fig.1 Location of Diannong River

### 1.2 数据获取

本文采用资料收集、实地考察等方法获取了典农河流域评估年(2017 年)的社会经济数据、水资源开发利用、水功能区水质达标、防洪工程标准等资料以及典农河在良田、典农河码头、永丰桥、平二支沟、四二支沟和南梁沟 6 个监测断面的监测数据,对河流的河岸带状况、连通性状况以及植被覆盖等进行了实地考察,并通过调查采访获得周边群众对河流的满意度数据。

### 1.3 研究方法

1.3.1 河流健康内涵 生态功能和社会服务功能是河流两大主要功能,健康的河流能正常发挥这两大功能(杨文慧,2006)。对于自然河流来说,河流功能的价值取向更偏向于自然生态功能,河流健康评价指标也是大多反映河流的生态系统健康,而典农河作为一条人工河流,其社会效益和经济效益非常显著,具有防洪、供水以及城市景观建设作用,特殊的地理位置以及社会需求使得典农河的社会服务功能更为重要。因此,维持典农河健康需要维持自然生态功能完整,并与社会服务功能均衡协调,更好地保障经济社会的可持续发展。在河流健康评价上,也需要调整评估重点,结合典农河实际状况与发展需求,建立适合且可操作的评价体系。

1.3.2 评价方法 本文采用多指标分级综合评价法,逐级加权,综合评分。首先运用定性与定量相结合的方法计算各个指标,得到各个河段的指标赋分,再根据各河段权重加权计算得到各指标的综合赋分,最终各指标加权计算得到河流健康评价的整体分值;其中,河流自然生态功能指标采用定量计算方

法;由于部分指标无法定量计算,社会服务功能采用定性评价方法。

1.3.3 评价指标体系构建 通过对国内外各河流健康文献分析及河流健康评价指标研究,结合典农河河道功能特点及其社会经济背景,遵循科学认知、数据获得、整体性和实用性原则,在全国重要河湖健康评估指标体系(水利部办公厅,2010)的基础上进行优化调整,综合分析各指标与典农河河流健康之间的关系与影响程度,从河流状况、生物状况以及社会经济服务状况三个方面构建评价体系并确定权重。

河流状况综合水文、水质以及物理结构三方面,这三个方面都是反映河流健康的重要内容,对于人工河流同样适用。考虑到典农河正常时期基本无天然径流,取消“流量变异程度”指标,将“溶解氧”、“耗氧有机物”和“重金属污染状况”指标的最小值作为“水质状况”的分值;生物状况能够反映自然河流生态系统变化,而对于人工河流,更多的是反映其是否和谐地融入自然生态系统,更好地发挥了生态环境效益。考虑到指标资料难以获取,取消“底栖动物完整性指数”,增加了“浮游植物多样性指数”;典农河的河流功能价值取向更偏向于社会服务功能,因此在评价指标的选取上,也需要更多地反映社会经济服务状况。根据典农河社会服务功能特点,在原指标基础上增加了“水景观价值”和“人居环境舒适度指数”两个指标,最终构建了包括目标层、准则层、子准则层、指标层的递阶层次结构指标体系,如图 2。

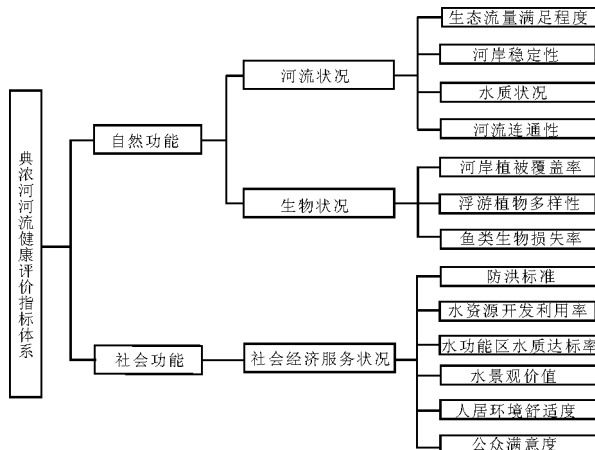


图 2 典农河健康评价指标体系

Fig.2 Health evaluation index system of Diannong River

1.3.4 整体评价标准 本文将标准分为理想状况、健康、亚健康、不健康、病态共 5 个级别。其中,理想状况指接近参考状况或预期目标,即河流生态系统

结构完整,生态质量水平较高,水质较好,能很好地发挥社会效益,赋分范围 80~100;健康状况指与参考目标或预期目标有较小差异,即河流生态系统功能受到干扰程度属于自调阈值范围内,水质轻微污染,能较好地发挥社会效益,赋分范围 60~80;亚健康状况指与参考状况或预期目标有中度差异,即河流生态系统结构和社会服务功能被改变,生态质量水平较低,社会效益有损,但可通过部分措施使其恢复健康水平,赋分范围 40~60;不健康状况指与参

考状况或预期目标有较大差异,即河流生态系统结构被破坏,生态质量水平低,通过采取措施,恢复起来有难度,但尚有可能,赋分范围 20~40;病态状况指与参考状况或预期目标有较大差异,即河流生态系统结构被破坏,生态质量水平低,通过采取措施,恢复起来有难度,但尚有可能,赋分范围 0~20。

1.3.5 指标权重确定 本文采用 AHP 层次分析法确定指标权重,通过构造判断矩阵,运用 Yaahp 数学工具确定指标权重,结果如表 1。

表 1 典农河健康评价体系指标权重

Tab.1 Index weight of the health evaluation system for Diannong River

目标层	准则层	子准则层	指标层	相对于准则层权重	相对于目标层权重	重要性总排序
典农河健康	自然功能	(0.30)	生态流量满足程度	0.102	0.0305	12
			河岸稳定性	0.276	0.0828	6
			水质状况	0.478	0.1434	2
			河流连通性	0.144	0.0432	10
	生物状况	(0.25)	河岸植被覆盖率	0.527	0.1320	3
			浮游植物多样性	0.333	0.0831	5
			鱼类生物损失率	0.140	0.0349	11
	社会功能	(0.45)	防洪标准	0.321	0.1446	1
			水资源开发利用	0.208	0.0937	4
			水功能区水质达标率	0.165	0.0744	7
			水景观价值	0.140	0.0632	8
			人居环境舒适度	0.098	0.0438	9
			公众满意度	0.068	0.0304	13

1.3.6 评价单元 典农河流域面积广,自然生态条件和社会经济背景差异较大,评价体系中的指标有些是基于流域基础,有些需要分段评价(卞锦宇, 2010)。典农河上段从永宁西部水系至阅海段,主要功能是提升生态景观和防洪排水标准;中段从阅海船闸至沙湖南运河段,主要功能是排洪和灌区排水;下段从高荣退水闸至石嘴山入黄河段,其主要功能和中段相同。根据典农河上、中、下游实际情况,结合水质、水利工程以及流域经济社会发展状况,将典农河划分为 5 个评估河段,如表 2。

表 2 典农河评估河段划分

Tab.2 Division of the evaluated river section in Diannong River

名称	起始断面	终止断面	长度/km
河段 1	新桥滞洪库	关湖	38
河段 2	关湖	阅海闸上	43
河段 3	阅海闸下	沙湖南运河段	28
河段 4	沙湖南运河段	三二支沟入典农河处	32
河段 5	三二支沟入典农河处	典农河入黄河口	40

## 2 结果与分析

### 2.1 健康评价

2.1.1 河流状况 (1)生态流量满足程度指标。通过最小生态流量表征,评估标准参考 Tennan 法(娄利华, 2018),取一般水期(10—3 月)和鱼类产卵育幼期(4—9 月)的天然日径流量占多年平均径流量的最低百分比作为河流基础生态流量,赋分标准如表 3 所示。根据典农河多年统计资料,各河段长度进行加权计算,得到典农河生态流量满足程度指标赋分为 31 分。

表 3 生态流量满足程度评价标准

Tab.3 Criteria of ecological flow assessment for water resources

分级	不同时期的推荐基准标准/%		赋分
	一般水期	鱼类产卵育幼期	
1	30	50	100
2	20	40	80
3	10	30	40
4	10	10	20
5	<10	<10	0

(2)河岸稳定性指标。通过实地考察,在典农河选取 25 个监测断面,通过岸坡特征、冲刷状况等对河岸稳定性进行综合评价赋分,经过计算,得到河岸稳定性指标为 65.4 分。

(3)水质状况指标。根据典农河断面监测资料,除河流上段外,其余河段水质均低于 V 类水,其中 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 为主要超标因子。对典农河 3 个监测断面(良田、永丰桥、典农河码头)的 DO、COD<sub>Mn</sub>、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、As、Hg、Cd、Cr<sup>6+</sup>、Pb 等监测项目进行统计,选取 12 个月的浓度进行汛期和非汛期平均,并分别赋分,取最低分为水质状况指标分值,得到水质指标赋分为 69.6。

(4)河流连通性指标。典农河设有阅海船闸、于祥闸、高荣闸、洪广营闸和翰泉海节制闸共计 5 处闸门,对河流形成了阻隔。根据河流连通性评价标准,得到典农河河流连通性指标赋分为 79 分。

2.1.2 生物状况 (1)河岸植被覆盖率指标。通过实地调查典农河夏季河岸带水边线以上范围内的植被覆盖度,计算得到典农河植被覆盖率指标赋分为 42.5 分。

(2)浮游植物多样性指标。采用生物多样性指数 Shannon-Wiener 指数计算浮游植物多样性(王勇,2003),其公式为:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \cdot \log_2 P_i$$

式中: $H'$ 为生物多样性指数, $S$ 为生物种类数, $P_i$ 为第  $i$  种物种的个体数量与总个体数的比值。

典农河浮游植物中绿藻比重居多,为 40.43%,蓝藻和硅藻次之,分别为 28.72%和 15.96%,裸藻、甲藻、黄藻和金藻占比很小,分别为 8.51%、3.19%、2.13%和 1.06%。计算得到典农河浮游植物多样性指数为 2.12,根据表 4 指标标准,得到浮游植物多样性指标赋分为 75 分。

表 4 浮游植物多样性指标标准

Tab.4 Criteria for indexing phytoplankton diversity

浮游植物多样性指数	赋分
$H' = 0$	0
$0 < H' \leq 1$	25
$1 < H' \leq 2$	50
$2 < H' \leq 3$	75
$H' > 3$	100

(3)鱼类生物损失率指标。典农河鱼类总数为 31 种,占该地区鱼类总数的 100%。由于河道建有水闸,阻断了青鱼、草鱼、鲢、鳙等半洄游性鱼类幼苗入河,而这些鱼在河区又不能繁殖,再加上过度捕捞

和环境污染,野生资源严重枯竭,鱼类资源补充主要靠人工放养。根据《宁夏回族自治区湿地资源调查报告》,典农河鱼类生物损失率为 0.23,根据表 5 赋分标准,指标赋分为 9.2 分。

2.1.3 社会经济服务状况 (1)防洪指标。典农河上段主要建筑物为 4 级,洪水设计标准为 20 年一遇,工程等级为 IV 等,河道洪水设计标准为 10 年一遇;典农河中段有 3 个船闸,工程等级为 III 等,河道洪水设计标准为 20 年一遇,主要建筑物为 4 级,洪水设计标准为 20 年一遇;典农河下段工程等级为 II 等,河道及主要建筑物的洪水设计标准为 20 年一遇。根据赋分标准表 6,计算得到典农河防洪指标达标率为 76.2%,得分 35.3。

表 5 鱼类生物损失指数赋分标准

Tab.5 Criteria for biological loss indexing of the fish community

鱼类损失指数	赋分
0~0.5	0~30
0.5~0.6	30~40
0.6~0.75	40~60
0.75~0.85	60~80
0.85~1.00	80~100

表 6 防洪指标赋分标准

Tab.6 Criteria for flood control score

防洪指标/%	赋分
50	0
70	25
90	50
95	75
100	100

(2)水资源开发利用指标。根据水资源公报数据,典农河流域水资源总量为 1.809 亿 m<sup>3</sup>,供水量为 0.064 亿 m<sup>3</sup>,得出水资源开发利用率为 3.54%。据此,水资源开发利用指标得分为 24.99 分。

(3)水功能区水质达标率指标。典农河共有 4 个水功能区,分别是永宁李俊镇西邵村至七子连湖段、七子连湖至阅海闸段、阅海闸至沙湖南运河段、高荣退水闸至惠农区入黄河段。4 个水功能区的一级区划都是开发利用区,二级区划为农田用水区、景观娱乐用水区。其中,永宁李俊镇西邵村至七子连湖段和七子连湖至阅海闸段、阅海闸至沙湖南运河段的水质标准为 III 类,水质现状为 IV 类,主要污染物为总氮和生化需氧量;阅海闸至沙湖南运河段水质标准为 IV 类,水质现状为 V 类,主要污染物为总氮和总磷;高荣退水闸至惠农区入黄河段水质标准

为Ⅳ类,水质现状为劣Ⅴ类,主要污染物为氨、化学需氧量和总磷。水功能区水质达标评价根据单因子评价法得到结果,鉴于典农河4个水功能区水质现状均未达标,故水质达标率为0,指标赋分为0分。

(3)水景观价值指标。典农河水利风景区两旁园林绿化,围绕河道有较多可供观赏的园林景点,如阅海湿地公园、北塔湖公园、华雁湖公园等滨水景观公园。基于旅游资源评价标准,完善优化形成水景观欣赏价值标准,将其分为5个等级,无欣赏价值的赋分为0;具有一般的欣赏、游憩价值、景观比较突出、规模较小,在本地区范围内知名的赋分为0~25;具有较高的欣赏、游憩价值、景观突出、规模中等,在省范围内知名的赋分为25~50;具有很高的欣赏、游憩价值、景观奇特、规模较大,在全国范围内知名的赋分为50~75;具有极高的欣赏、游憩价值、景观异常奇特、规模大,在世界范围内知名的赋分为75~100。综合评价得到典农河水景观欣赏价值指标赋分50分。

(4)人居环境舒适度指标。利用人体舒适度指

数表征人居环境舒适度,评价滨水区水体、草地、低矮灌木对人居环境的影响(徐竟成,2007),计算公式如下:

$$K = 1.8t - 0.55(1.8t - 26) \times (1 - RH) - 3.25v^{0.5} + 32$$

式中: $t$ 为平均温度(°C),RH为相对湿度(%), $v$ 为平均风速(m/s), $K$ 为人体舒适度指数,其评分标准分为5个等级, $K < 25$ 或 $K \geq 85$ 时赋分为0; $25 \leq K < 38$ 或 $80 \leq K < 85$ 时赋分为25; $38 \leq K < 50$ 或 $75 \leq K < 80$ 时赋分为50; $50 \leq K < 60$ 或 $70 \leq K < 75$ 时赋分为75; $60 \leq K < 70$ 时赋分为100。根据计算,人体舒适指数为45.78,因此指标得分为50分。

(5)公众满意度指标。调查对象为典农河两岸附近的当地居民,根据调查结果计算得到最后得分为63.1分。

### 2.2 综合评价

典农河最终综合评价结果为46.63分,属于亚健康水平。结果见表7。

表7 典农河健康评价结果

Tab.7 Comprehensive assessment result of the health condition for Diannong River

河流评估指标体系				健康水平						
目标层	准则层	子准则层	指标层	赋分	河段1	河段2	河段3	河段4	河段5	
河 流 健 康	自然 生态 功能	(65.86,健康)	生态流量满足程度	31.0						
			河流状况	河岸稳定性	65.4	62.14	70.60	57.10	58.75	58.75
			水质状况	69.6	(健康)	(健康)	(亚健康)	(亚健康)	(亚健康)	
			河流连通性	79.0						
			生物状况	河岸植被覆盖率	42.5	42.96	51.98	52.61	51.51	45.60
			浮游植物多样性	75.0	(亚健康)	(亚健康)	(亚健康)	(亚健康)	(亚健康)	
	社会 服务 功能	(48.66,亚健康)	鱼类生物损失率	9.2						
			防洪标准	35.3			35.30(不健康)			
			水资源开发利用率	25.0			25.00(不健康)			
			水功能区水质达标率	0.0			0.00(病态)			
景观 价值	(32.72,不健康)	水景观价值	50.0			50.00(亚健康)				
		人居环境舒适度	50.0			50.00(亚健康)				
		公众满意度	63.1			63.10(健康)				
综合得分					46.63(亚健康)					

### 2.3 典农河流域健康状况评价

2.3.1 河流状况 典农河河流状况子准则层得分为65.86分,属于健康水平。河段1和河段2均为健康水平,而河段3、4、5均为亚健康水平。河流状况中,生态流量满足程度赋分最低,主要是由于典农河为新建人工水体,流域内降水稀少,水量主要依靠沟道补水和黄河生态补水,由于受国家分配指标控制,增加引水总量的难度很大,且生态补水需考虑合适的补水时间和条件,存在部分月份补水集中,其余

月份补水较少或无补水的情况。河岸稳定性、水质状况以及河流连通性赋分较高,均为健康水平。

2.3.2 生物状况 典农河生物状况子准则层得分为48.66分,属于亚健康水平。5个河段均为亚健康水平。生物状况中,植被覆盖率以及浮游植物多样性赋分较高,鱼类损失指数赋分最低,可见典农河鱼类损失较严重。

2.3.3 社会经济服务状况 本次评价选择防洪标准、水资源开发利用率、水功能区水质达标率、水景

观价值、人居环境舒适度、公众满意度共 6 项指标对社会经济服务状况进行评价。典农河目前防洪工程的综合能力较低,防洪标准赋分较低,为不健康水平;主要用水来自黄河水和地下水导致水资源开发利用率较低,为不健康水平;水景观价值及人居环境舒适度均处于亚健康水平。由于 4 个水功能区水质均未达标,达标率为 0 分,导致整体评分不高,为 32.72 分,属于不健康水平。

### 3 讨论

#### 3.1 现有防洪标准低

防洪泄洪是典农河主要功能之一,但现状防洪工程标准与银川市和石嘴山市城市设防等级仍有差距,需进一步提升防洪标准,保障防洪能力。

#### 3.2 水功能区水质达标率低

主要是因为典农河沟道水源富含氮、磷、有机污染物等营养物质,其他监测指标基本处于地表水Ⅲ类标准以内。中上段主要是化肥、农药的不合理使用以及养殖场的污水处理水平低,导致农田面源污染和养殖污染,下段部分的暖泉工业园区、石嘴山生态经济开发区、红果子工业园区和惠农农副产品加工园区的工业污水都汇入典农河,工业污染比较严重。

#### 3.3 人为因素导致鱼类种类减少

典农河流域生物整体状况较差,从评估结果可知,水质问题是导致鱼类减少的主要原因;另外,过度捕捞以及水体富营养等问题也对生物状况产生影响。

#### 3.4 水景观品质有待提升

典农河水资源及水景观类型丰富,但水生态景观的保护与修复不到位,典农河流域内众多湿地如沙湖自然保护区、西大滩湿地、威镇湖湿地、阅海湿地等未得到很好的保护,需以保护和恢复自然生态系统、珍稀濒危野生动植物、自然遗迹、自然景观为主,有计划地进行生态修复与培育;部分景观设施较

为陈旧,且旅游设施薄弱,部分河湖段如关湖、北塔湖、瀚泉海等在水生态修复和保护的基础上,水景观开发潜力较大,但尚未进行合理的开发利用规划,总体水生态景观及文化旅游建设相对滞后。

综上,典农河流域需提高河道生态环境质量,划定生态红线,增加生态补水水量,保证补水水质,构建健康的水生态系统;全面排查入河排污口,加强污水处理设施建设,提升污水处理率;提高防洪标准,增强河道综合防御能力;推进节水活动开展,提高水资源利用率;提升水景观功能,加强水生态景观的保护与修复,巩固水文化体系,打造河湖文化品牌。

#### 参考文献

- 卞锦宇,耿雷华,方瑞,2010. 河流健康评价体系研究[J]. 中国农村水利水电, (9):39-42.
- 嵇晓燕,宫正宇,聂学军,2015. 基于系统理论的复合河流系统健康概念探析[J]. 人民黄河, 37(3):65-71.
- 娄利华,2018. 河道适宜生态流量研究[J]. 水资源开发与管理, (10):35-39.
- 水利部办公厅,2010. 全国河流健康评估指标、标准与方法(办资源[2010]484号)[Z].
- 唐涛,蔡庆华,刘建康,2002. 河流生态系统健康及其评价[J]. 应用生态学报, 13(9):1191-1194.
- 王勇,宗亚杰,陈猛,2003. 用生物多样性指数法评价河流污染程度[J]. 辽宁城乡环境科技, (4):22-24.
- 文伏波,韩其为,许炯心,等,2007. 河流健康的定义与内涵[J]. 水科学进展, 18(1):140-150.
- 徐竟成,朱晓燕,李光明,2007. 城市小型景观水体周边滨水区对人体舒适度的影响[J]. 中国给水排水, (10):101-104.
- 杨文慧,严忠民,吴建华,2005. 河流健康评价的研究进展[J]. 河海大学学报(自然科学版), (6):5-9.
- 杨文慧,杨宇,2006. 河流健康概念及诊断指标体系的构建[J]. 水资源保护, (6):28-30,63.
- 朱卫红,曹光兰,李莹,等,2014. 图们江流域河流生态系统健康评价[J]. 生态学报, 34(14):3969-3977.

(责任编辑 万月华)

## Health Evaluation of Diannong River in Ningxia

ZHANG Le, XU Hui

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, P.R.China)

**Abstract:** Diannong River is located in the arid and semi-arid regions of Ningxia, where water resources are scarce and ecosystems are fragile. Well-planned water conservancy projects provide irrigation and flood control, and support conservation of urban landscapes and local ecology. The Diannong River, because of its geographical position and social function, is a valuable resource for Ningxia and maintaining river health is crucial for continued development. In this study, we examined the health evaluation system for Diannong River and evaluated the health status, based on the evaluation system developed for this investigation. Recommendations are made for ecological restoration and treatments that would be useful for similar artificial river channels. The river health evaluation system is based on the health assessment system for nationally important rivers, modified to fit Diannong River specifics; a constructed channel, characteristic ecological features and prominent social service functions. Thirteen indicators were selected and weighting factors for each indicator were obtained using the analytical hierarchy process (AHP). The river health evaluation system includes five status grades based on the AHP score, and the health of Diannong River was assessed using this system. The Diannong River, with a score of 46.63, ranked as sub-healthy. The sub-system of river condition was healthy (score=65.86). The primary cause of the river condition was low compliance with ecological flow. The sub-system of biological condition was in a sub-health status due to the high losses of fish, with the score of 48.66. The sub-system of social and economic conditions was unhealthy, with the score of 32.7, and the water quality below the standard for each water functional area was the primary problem. We found that the main problems existing in the Diannong River were low standards for flood control engineering, water pollution and damaged ecological environment. We suggested to improve the flood control capacity, control pollution sources, increase the sewage treatment rate, and build a healthy water ecosystem.

**Key words:** Diannong River; artificial channel; river health assessment; health index system; analytic hierarchy process