

连云港市典型河湖健康评价研究

王桂林, 郇息明, 陶淑芸

(江苏省水文水资源勘测局连云港分局, 江苏 连云港 222004)

摘要: 以位于沂沭泗流域的连云港市为研究区, 选取蔷薇河和大圣湖水库作为典型河湖, 从自然及水文状况、水环境状况、生态特征及社会服务功能四个方面调查评价其健康状况。结果表明: 蔷薇河健康等级为 II- 良好, 对应河流健康程度为“健康”, 但在个别指标上仍存在比较突出问题, 特别是水功能区达标率较低。大圣湖水库健康程度为“不健康”, 问题主要集中在入湖滨带生态功能较差, 浮游植物种类较少, 水质较差等方面。

关键词: 典型河湖; 健康评价; 水生态

中图分类号: X171

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 03-0028-06

Study on health assessment of typical rivers and lakes in Lianyungang

WANG Guilin, LI Ximing, TAO Shuyun

(*Lianyungang Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Lianyungang 222004, Jiangsu*)

Abstract: Take Lianyungang as research zone which is located in Yishusi Basin, Qiangwei River and the Dasheng Lake are chosen as typical rivers and lakes. The health status was evaluated from four aspects, natural and hydrological condition, water environment, ecological characteristics and social service function. The results showed that the health level of the Qiangwei River is II- good; the health degree is "healthy". There are still some outstanding problems in the individual indicators, especially the standard rate of water functional area is low. The health level of the Dasheng Lake is "unhealthy". The problem is mainly concentrated in the poor ecological function of lakeside zone, less phytoplankton species, poor water quality, and so on.

Key words: typical rivers and lakes; health assessment; water ecology

0 引言

连云港市位于江苏省东北部, 是一座山、海、港、城相依相拥的城市。近年来随着江苏沿海开发进程的不断深入, 区域工业化、城市化进程加快, 人口不断增长, 大量企业尤其是钢铁、石化等重工业企业逐步落户投产, 经济社会发展对水资源的依赖程度将显著提高, 水资源短缺、远距离调水与

保护、入境水污染、内河水污染等问题凸显, 受界外和本地污染叠加影响, 以及不合理开发利用, 河湖水生态功能逐渐退化。良好的水生态系统在维系自然界物质循环、能量流动、净化环境等方面功能显著, 对维护生物多样性、保持生态平衡有着重要作用^[1]。加强河湖管理, 维护河湖健康生命, 保障水资源可持续利用, 已经成为全社会一项重

收稿日期: 2016-01-03

第八届江苏水论坛优秀青年论文

作者简介: 王桂林 (1984-), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向为水资源与水环境调查评价。

要而又紧迫的任务。

为了有效地保护河流水资源, 恢复健康河湖生态系统, 实现水资源可持续利用及人与自然的和谐相处, 本研究选取连云港市境内的典型河流蔷薇河及典型水库大圣湖水库开展河湖健康评价, 并在此基础上提出河湖健康保护和管理的对策, 为全市其他河湖健康保护及管理提供科学依据。

1 河湖健康评价

1.1 河湖简介

蔷薇河发源于徐州市马陵山系踢球山和宋山西麓, 途经新沂、沐阳、东海, 流经连云港市海州区分为东关引河和蔷薇河两支, 经临洪闸入海。蔷薇河全长 97 km, 在连云港市境内河道全长约 59 km。在连云港市境内支流有民主河、马河、淮沐新河、鲁兰河。蔷薇河是连云港市一条重要的区域性河道, 具有防洪、排涝、供水、灌溉等功能,

是连云港市区主要的饮用水源地。

大圣湖又名大村水库, 位于花果山脚下, 发源于花果山主峰玉女峰, 由九条山涧汇流而成, 水域面积 0.95 km², 属小(1)型水库, 是连云港市区应急备用水源地, 主要建有“伊人坝”、泄洪闸和莲花泵房等水工建筑物。

1.2 评价方法

1.2.1 河流健康评价方法

参照《江苏省健康河流诊断指数体系研究》报告, 将河流健康评价体系分为目标层、控制层、准则层和指标层四个层次进行研究, 涵盖自然水文、水质、生态特征和社会服务等方面。对 13 项指标进行定量分析, 并根据各指标权重系数, 评价河流的健康状况, 得出“优”、“良”、“中”、“差”的综合评价结果, 与健康评级对照, 确定河流健康程度。定量指标及其权重见表 1 所示, 健康河流诊断评价等级及阈值见表 2 所示。

表 1 健康河流诊断指标体系定量指标及其权重

目标层 (A)	控制层 (B)	准则层 (C)	指标层 (D)	权重
河流健康 (A)	自然环境子系统 (B ₁) 权重 0.51	形态特征 (C ₁) 权重 0.24	河岸稳定性 (D ₁)	0.62
			河床稳定性 (D ₂)	0.38
		水文特征 (C ₂) 权重 0.28	河流流动性 (D ₃)	0.60
			最小生态需水量保证率 (D ₄)	0.40
			DO (D ₅)	0.24
		环境特征 (C ₃) 权重 0.27	COD (D ₆)	0.46
			NH ₃ -N (D ₇)	0.30
		生态特征 (C ₄) 权重 0.21	岸坡植被结构完整性 (D ₈)	0.56
			水生生物多样性指数 (D ₉)	0.44
	社会服务子系统 (B ₂) 权重 0.49	灾害调节能力 (C ₅) 权重 0.31	防洪工程达标率 (D ₁₀)	1.00
		供水能力 (C ₆) 权重 0.26	水功能区水质达标率 (D ₁₁)	0.49
			综合供水保证率 (D ₁₂)	0.51
		公众满意度 (C ₇) 权重 0.43	公众满意度 (D ₁₃)	1.00

表2 健康河流评价等级及阈值

目标层(A)	评价标准				
	I-优秀	II-良好	III-中等	IV-较差	V-差
河流健康(A)	≥ 0.87	0.72-0.87	0.54-0.72	0.37-0.54	<0.37
评价标准	健康		亚健康		不健康
河流健康(A)	0.72-1.0		0.54-0.72		0-0.54

(1) 河岸稳定性 (D_1)^[2]

该指标是指河岸线平面位置的稳定程度和保护状况,定义为稳定无明显侵蚀的河岸线长度占河岸线总长度的比例,计算公式如下:

$$D_1 = \frac{a}{L} \quad (1)$$

式中:

D_1 —河岸稳定性指数;

a —稳定无明显侵蚀的河岸线长度(m);

L —河道岸线总长度(m)。

(2) 河流流动性 (D_3)^[3]

指河流的流动性状况,采用分级赋值的方法,主要考虑评价的河流是否两头通、是否具有一定流速、河流各断面流速是否有变化等特点,设置评价标准,同时对该指标的确定采用一票否决制,如果被评价河流是断头河,则该河流的流动性指标就不合格。

(3) 生态需水满足程度 (D_4)

该指标是指河流控制断面或特征断面对河流最小生态需水量的满足程度。计算公式如下:

$$D_4 = \frac{T_1}{365} \quad (2)$$

式中:

D_4 —河流最小生态需水量保证率;

T_1 —评价年河流满足最小生态需水量的时间

(d)。

(4) 水功能区水质达标率 (D_{11})

该指标反映河流水功能区水质对各项服务功能如:饮用水水源地、渔业养殖、工业、农业、景观娱乐等满足情况。计算公式为:

$$D_{11} = \frac{n}{N} \quad (3)$$

式中:

D_{11} —河流水功能区水质达标率;

n —河流水功能区水质达到水质目标的水功能区数;

N —河流的水功能区数;

其中达标水功能区为年内水功能区达标次数占评价次数的比例大于或等于80%的水功能区。

(5) 岸坡植被结构完整性

河岸水陆交错带的植被在保护河岸稳定、维持生物栖息地、提高水体自净能力、调节小气候和景观观赏等方面都起着重要的作用^[4]。该指标根据河岸带植被覆盖率、植被层次性、植被连续性以及河流自然护坡和人工护坡情况,反映河岸水陆交错带的植被结构完整性状况。

(6) 水生生物多样性指数 (D_9)^[5]

该指标不仅可以反映生物群落结构的健康,而且可以反映生物栖息地、物质资料供给的满足情况,计算公式为:

$$D_9 = - \sum_{i=1}^s \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right] \quad (4)$$

式中:

D_9 —水生生物多样性指数;

n_i —第*i*类个体数量(个/L);

N —样本中所有个体数量(个/L);

s —样本中的种类数;

D_9 一般位于1.5~3.5之间,当 D_9 大于3时,生物多样性较高,水体较清洁。

(7) 防洪工程达标率 (D_{10})

该指标表示河流达标堤防长度与河流堤防总长度的比值,计算公式如下:

$$D_{10} = \frac{b}{L} \quad (5)$$

式中:

D_{10} —河流防洪工程达标率;

b —河流达标堤防长度(m);

L —河流堤防总长度(m)。

1.2.2 湖库健康评价方法

参照《江苏省健康湖泊评价体系研究》报告, 将湖泊健康评价体系分为目标层、类别层、要素层和指标层四个层次进行研究。评价目标层为湖泊健康综合指数, 其下层包括湖泊自然生态健康以及社会服务功能健康 2 个类别: 湖泊自然生态健康评估包括形态、水动力、水质以及生物 4 个要素, 其评价指标层由岸线稳定性等 8 个指标组成; 湖泊社会服务功能健康评估包括防洪和水源地 2 个要素, 并各对应湖泊调蓄能力以及水源水质达标率 2 个指标。大圣湖健康评价体系, 见图 1。

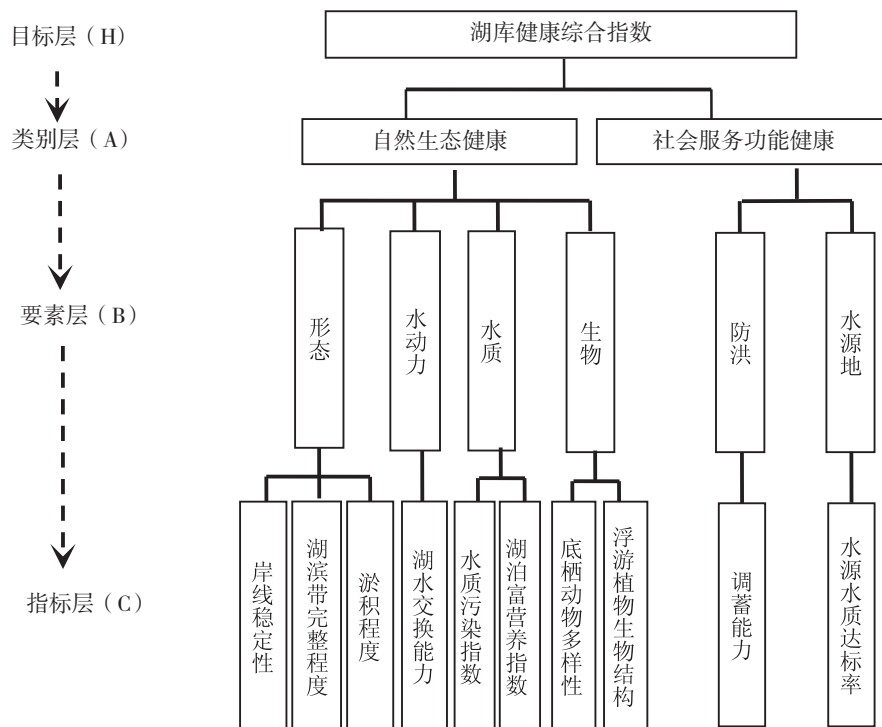


图1 湖库健康综合评估指标体系

这四个指标层涵盖了自然及社会服务等功能, 通过 10 项指标定量分析, 评价湖泊的健康状况, 得出“优”、“良”、“中”、“差”的综合评价结果, 与健康分级标准对照得出湖库健康程度。湖库评价定量指标见表 3 所示, 健康分级标准见表 4 所示。

(1) 湖水交换能力(C_4)

水体交换能力反映的是湖库水体交换的快慢程度即速率, 计算方法采用换水周期表示, 通过环湖口门的开启与关闭, 以及调水等措施, 使湖泊水体有序流动, 与周围水体进行交换至全湖水量完成一次交换的时间: 换水周期=湖泊容积(m^3)

/年度出湖水量(m^3)。

(2) 水质污染指数^[6]

当评价项目 i 的监测值 C_i 处于评价标准分级值 C_{iok} 和 C_{iok+1} 之间时, 该评价指标的指数为:

$$I_i = \left(\frac{C_i - C_{iok}}{C_{iok+1} - C_{iok}} \right) + I_{iok} \quad (6)$$

式中:

C_i — i 指标的实测浓度;

C_{iok} — i 指标的 k 级标准浓度;

C_{iok+1} — i 指标的 $k+1$ 级标准浓度;

I_{iok} — i 指标的 k 级标准指数值;

综合指数 (WQI), 其值是各单项指数的算术平均值。即:

$$WQI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

(3) 富营养化指数

根据《地表水资源质量评价技术规程 (SL395-2007)》^[7], 湖库营养状态评价项目共 5 项, 包括总磷 (TP)、总氮 (TN)、叶绿素 α ($\text{chl}\alpha$)、高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 和透明度 (SD)。富营养化指数计算与评价采用指数评分 (TLIc) 定级法, 营养状态分为贫营养、中营养和富营养三级, 当

表 3 湖泊健康指标体系主观权重值表

评价目标	评价目标	指标	权重值
湖泊健康指数（H）	湖泊自然健康指数（A ₁ ） 权重 0.51	C ₁ 湖岸稳定性	0.104
		C ₂ 湖滨带完整程度	0.122
		C ₃ 淤积程度	0.104
		C ₄ 湖水交换能力	0.104
		C ₅ 水质污染指数	0.128
		C ₆ 富营养指数	0.158
		C ₇ 浮游植物生物结构	0.158
		C ₈ 底栖动物多样性	0.122
	湖泊服务功能指数（A ₂ ） 权重 0.49	C ₉ 调蓄能力	0.5
		C ₁₀ 水源水质达标率	0.5

表 4 湖泊健康评价分级标准

分级	健康综合指数	健康状态	
I	80 ~ 100	健康	很好
II	60 ~ 80		好
III	40 ~ 60	亚健康	中等
IV	20 ~ 40	不健康	较差
V	0 ~ 20		很差

TLIc ≤ 30 时为贫营养、30 < TLIc ≤ 50 时为中营养、TLIc > 50 时为富营养。其计算公式为：

$$TLIc(\hat{a})=43.73+2.89\ln\text{ chla}+3.05\ln\text{ TP}+3.03\ln\text{ TN}-3.56\ln\text{ SD}+4.88\ln\text{ COD}_{\text{Mn}}$$

(8)

2.3 评价结果

根据上述评价方法，蔷薇河健康评级结果见表 5 所示。其中自然环境子系统评价结果为优秀，社会服务子系统评价结果为中等，总体河流健康评级结果为良好，对应河流健康程度为“健康”。但在个别指标上仍存在比较突出问题，主要是水功能区达标率较低。

根据上述评价方法，大圣湖水库健康评级结果见表 6 所示。各项指标中淤积程度及湖水交换能力为Ⅰ级，说明大圣湖水体交换流程，基本无淤积情况；湖岸稳定性及调蓄为Ⅱ级，说明大圣湖湖岸较为稳定，调蓄能力较好；湖滨带完整程度、浮游植物生物结构及水源水质达标率为Ⅴ级，说明

大圣湖湖滨带生态功能较差,浮游植物种类较少,水质较差,存在一定的污染。大圣湖水库总体健康评级为“不健康”。

3 存在的问题与对策

根据蔷薇河健康诊断结果，其健康状况存在的主要问题是水功能区水质达标率较低。针对其薄弱环节，提出蔷薇河健康保护对策及建议：通过截污引清,河道疏浚控制点源、内源和面源污染，在此基础上，进行生态系统修复，同时加强水资源统一调度和科学管理，改善水源地水质和生态环境。

根据大圣湖健康诊断结果，其健康水平为“不健康”。主要存在的问题有湖滨带生态功能较差，浮游植物种类较少,水质较差,存在一定的污染。针对其薄弱环节，提出大圣湖健康保护对策及建议：实施截污导流工程，提高水质达标率；开展生

表 5 蔷薇河健康评价结果

目标层 (A)	控制层 (B)	指标值	评价结果	准则层 (C)	指标值	评价结果
河流健康 (A) 指标值 0.838 评价结果 II- 良好	自然环境子系统 (B ₁)	0.944	I- 优秀	形态特征 (C ₁)	0.779	II- 良好
				水文特征 (C ₂)	0.712	III- 中等
				环境特征 (C ₃)	0.916	I- 优秀
				生态特征 (C ₄)	1.479	I- 优秀
	社会服务子系统 (B ₂)	0.727	III- 中等	灾害调节能力 (C ₅)	0.85	II- 良好
				供水能力 (C ₆)	0.459	IV- 较差
				公众满意度 (C ₇)	0.80	II- 良好

表 6 大圣湖水库健康评价结果

评价目标	评价目标	指标	指标值	评价结果
湖泊健康指数 (H) 评价值 20.45 评价结果 不健康	湖泊自然健康指数 (A ₁) 评价值 9.83	C ₁ 湖岸稳定性	1	II 级
		C ₂ 湖滨带完整程度	0	V 级
		C ₃ 淤积程度	0.16	I 级
		C ₄ 湖水交换能力	0.93	I 级
		C ₅ 水质污染指数	1.1	III 级
		C ₆ 富营养指数	55.7	III 级
		C ₇ 浮游植物生物结构	2.93	V 级
		C ₈ 底栖动物多样性	1.708	III 级
	湖泊服务功能指数 (A ₂) 评价值 31.5	C ₉ 调蓄能力	63	II 级
		C ₁₀ 水源水质达标率	0	V 级

态系统修复,保障湖区水生态结构完整性;在湖区内设置太阳能循环曝气机,增加垂向水体交换和复氧,遏制富营养化趋势;提高引水换水频率、缩短水体循环周期,增加水体自净能力和纳污容量。

参考文献:

[1] 朱党生, 张建永, 李扬, 等. 水生态保护与修复规划关键技术[J]. 水资源保护, 2011 (05):59-64 .
[2] 张可刚, 赵翔, 邵学强. 河流生态系统健康评价研究[J]. 水资源保护, 2005 (06):15-18 .

[3] 高永胜. 河流健康生命评价与修复技术研究[D]. 中国水利水电科学研究院, 2006 .
[4] 张建春, 彭补拙. 河岸带研究及其退化生态系统的恢复与重建[J]. 生态学报, 2003 (01):56-63 .
[5] 高世荣, 潘力军, 孙凤英, 等. 用水生生物评价环境水体的污染和富营养化[J]. 环境科学与管理, 2006 (06):174-176 .
[6] 尹海龙, 徐祖信. 河流综合水质评价方法比较研究[J]. 长江流域资源与环境, 2008 (05):729-733 .
[7] SL395-2007, 地表水资源质量评价技术规程[S].

(责任编辑: 华智睿)