基于 PSR 模型的三峡水库消落带生态环境综合评价

周 谐,杨 敏,雷 波,张 晟,杨春华

(重庆市环境科学研究院,重庆 401147)

摘要:基于压力-状态-响应(Pressure-State-Response, PSR)模型构建三峡水库消落带生态环境综合评价指标体系,结合遥感影像解译与调研数据,应用层次分析法对三峡水库消落带的生态环境综合状况进行评价,度量消落带生态环境综合状况指数(Comprehensive Situation Index, CSI);基于 ANOVA 分析方法阐述 CSI 对于河流区段的响应。结果表明,三峡水库消落带总体生态环境综合评价指数为0.47,处于一般等级,三峡水库消落带各区域的生态环境综合指数分布在0.37~0.65范围内,83.3%的区域消落带生态环境综合状况等级为一般;不同区段间消落带生态环境状况存在显著差异($P<0.05$),为上游段>中游段>下游段。

关键词:三峡水库;消落带;PSR 模型;生态环境;综合评价

中图分类号:X820.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2012)05-0013-07

三峡库区是长江中上游经济带的重要组成部分,更是长江中下游地区的生态屏障。自2003年蓄水运行至今,根据"蓄清排浊"的水位调度方案,三峡库区已形成大面积的消落带。与黄河流域等其他大型水库消落带及自然湿地相比,三峡水库消落带具有明显的特征:1)水位落差大(坝首可达30 m),淹水时间长;2)水位涨落节律与蓄水前自然消落带相反,即冬水夏陆;3)面积大,分布区域广泛,库周城集镇众多,人口密集,人类活动与消落带的相互影响频繁、复杂(周永娟等,2010;三峡工程阶段性评估项目组,2010)。消落带能有效防止水土流失,对非点源污染具有显著的缓冲和过滤作用,并对维持较高的生物多样性等具有积极作用,是三峡库区水质安全保障的屏障(王建超等,2011),是影响三峡水库生态环境安全的区域之一(张虹,2008a)。

生态系统安全与健康的评价和研究不仅具有重要的应用价值,为生态学的发展注入新的活力,还为生态环境问题的解决带来了新的希望(袁兴中等,2001)。在不同的研究目标中,生态环境安全与健康有不同的概念。狭义的是指自然和半自然生态系统的安全与健康,广义的生态环境安全与健康是指自然、经济、社会方面组成的复合人工生态系统的安全(肖笃宁等,2002)。

目前,对于三峡库区及消落带生态环境安全和健康的评价多集中于脆弱性、自然灾害危险性等狭义概念上的评价(申文明等,2004;张虹,2008b;邵田等,2008;李建国等,2010)。如王丽婧等(2010)基于景观格局和区域生态2类因素,对三峡库区进行了脆弱性评价;周永娟等(2010)应用遥感解译数据对消落带的崩塌滑坡脆弱性、水力侵蚀脆弱性和景观脆弱性进行了评价。过去对三峡水库生态环境评价的研究大多集中在重庆段(袁辉等,2006;单润中等,2008;左太安等,2010),研究时段多集中在175 m蓄水前,且针对消落带广义上的生态环境评价研究较少。本研究以175 m蓄水后的消落带为研究对象,尝试对其进行广义上的生态环境安全与健康评价,即对消落带的自然、经济及人与消落带相互影响的社会综合状况进行评价。构建消落带生态环境综合评价指标体系,探讨消落带环境综合状况,对比分析评价因子,以期为三峡库区消落带生态环境保护决策提供参考。

1 研究区域和研究方法

1.1 研究区域概况

三峡库区位于北纬28°32″~31°44″,东经105°44″~111°39″的长江上游下段,东起湖北宜昌,西至重庆江津,包括受回水影响的重庆市22个区(县)和湖北省4个区(县),面积5.8×10^4 km^2。库区地势南北向河谷倾斜,地形以山地、丘陵为主。库区属湿润亚热带季风气候,年均气温17~19℃,年均降水量1 045~1 140 mm。三峡库区消落带是指

收稿日期:2012-07-05

基金项目:国家"十二五"水专项课题(2012ZX07104-003);重庆市自然科学基金重点项目(cstc2012jjB20003)。

通讯作者:张晟,1971年生,研究员,主要从事生态监测与科研方面的研究。E-mail: shengzsts@126.com

作者简介:周谐,1962年生,女,正高级工程师,主要研究方向环境监测与科研。E-mail: zx89181943@126.com

由于修建大坝形成水库季节性水位涨落而使库区周边被淹没土地周期性露出水面的区域,即三峡水库正常水位175 m与防洪限制水位145 m之间的区域,总面积为344.22 km^2。依据三峡库区地形及各区县消落带特征,库区消落带可大致划分为3个区段,各区段基本情况见表1。

表1 三峡水库消落带不同区段情况

Tab.1 Basic characteristics of three different sections in the water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir

区段名称	涵盖区县	共同特征	消落带面积/km^2
江津-长寿	江津、重庆主城九区、长寿	三峡水库上游,回水区尾端	39.48
涪陵-云阳	涪陵、武隆、丰都、石柱、忠县、万州、开县、云阳	三峡水库中游,库区腹地,坡度较缓,地势较开阔平坦	207.78
奉节-夷陵	奉节、巫溪、巫山、巴东、兴山、秭归、夷陵	三峡水库下游,中山峡谷间夹低山丘陵宽谷,地势陡峻	96.96

1.2 研究方法

1.2.1 区域基础数据获取

1.2.1.1 *统计数据* 社会经济统计数据来自《重庆市统计年鉴(2010年)》、中国统计信息网相关数据和调查数据。生态环境数据来自重庆市环境监测中心(院)提供的环境监测数据、2009年湖北省污染源普查相关数据、重庆市水利局提供的水土保持公报数据和部分调查数据。

1.2.1.2 *遥感解译数据* 数据源为三峡库区2009年的1:5万DEM和landsat5 TM卫星遥感影像数据,运用遥感和GIS技术提取相关生态环境数据。按照《生态环境状况评价技术规范(试行)》(国家环境保护总局,2006),计算得出相应评价指标数据。

1.2.2 生态环境综合评价模型构建

1.2.2.1 *PSR模型确定评价指标体系* 压力-状态-响应(Pressure-State-Response, PSR)模型在资源、环境和社会经济的基础上,以压力、状态和响应为表征(翟红娟等,2008),指标体系完整,近年来在生态安全与生态系统的健康评价中得到广泛的应用和拓展(肖笃宁等,2002;郭树宏等,2008;王丽婧和郑丙辉,2010;雷波等,2011)。依据指标选取的代表性、可操作性和可比性等原则,充分收集与修正国内外相关文献中的评价指标(罗怀良等,2006;高群等,2006;白祥等,2009;汪冬冬等,2010),选取资源、环境和经济社会等层面指标,构建了三峡水库消落带生态环境综合评价的PSR指标体系,包括3项一级指标、7项二级指标和22项三级指标。各级指标内容及其量化标准和性质见表2。

表2 三峡水库消落带生态环境综合评价指标量化标准及性质

Tab.2 Quantitative criteria and properties of ecological environment indicators of the water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir

项目层	因素层	指标层	量化标准	指标性质
压力	人类活动	农药使用强度	消落区单位面积农药施用量(农药施用量/耕地面积)	负向
		化肥使用强度	消落区单位面积化肥使用量(化肥施用量/耕地面积)	负向
		污废水排放强度	消落区单位GDP污废水排放量(污废水排放量/GDP)	负向
	自然因素	酸雨频率	消落带酸雨频度	负向
		岩土性质	硬岩,中等岩性,软岩,坚固土壤,松散土壤	正向
		坡度	25度以上坡度面积所占消落带总面积的比例	负向
		水位高程	155m高程以下消落带面积所占比例	负向
状态	恢复力	自我调节功能	消落带食物链的完整性,表征消落带生态系统结构的多元性	正向
		水环境质量	以《地面水环境质量标准》中V类水质标准评定	正向
	生态安全与健康	生物多样性	生物丰度指数	正向
		植被覆盖度	植被覆盖度指数	正向
		地质灾害	灾害出现程度,消落区地灾点数/km^2	负向
		土壤侵蚀程度	以土壤侵蚀模数[$t\cdot(km^{-2}\cdot a^{-1})$]定量	负向
	服务功能	岸线资源	岸线占用率:码头岸线长度/区县总岸线长度	正向
		旅游价值	区域旅游产值	正向
		栖息地	野生动物栖息地和育雏地,以景观多样性指数量化	正向
响应	人群健康	人群健康状况	以死亡率计算	正向
		物质生活指数	以年人均收入水平计	正向
	政策措施	消落带保护意识	以初中以上文化程度人口占区域总人口的比例计算	正向
		消落带管理规划	有无管理机构、管理人员素质水平及公众参与程度高低	正向
		污废水处理	以污废水处理率表示,即污废水处理量/污废水排放量	正向
		护岸护坡治理	以实施的护岸护坡长度占区域岸线长度的比例计	正向

压力指标表明生态环境恶化的原因,分为人类活动压力和自然因素压力 2 类。库区陆域污染物通过消落带最终进入水库,消落带水土环境受污染后将进而影响水库水质。依据排污现状及不同污染源对水库水质污染的贡献,人类活动压力指标选择农药施用强度、化肥使用强度和污废水排放强度。受不同的坡度和水位高程等影响,三峡库区不同类型消落带其水文条件、受淹时间和受扰动的程度相异,而岩土性质的不同决定其岩土体抗剪力的差异,这些条件对形成稳定的生态系统有很大影响,因此选取酸雨频率、岩土性质、坡度和水位高程等自然因素压力指标,它们也是引起地质灾害的主要因素。

状态指标用以衡量由于人类行为而导致的生态系统变化,它主要包括生态系统与自然环境现状。三峡水库消落带状态表现在 3 个方面,即消落带生态系统受到干扰后的自我恢复力,消落带自身的生态环境安全健康状态,以及消落带能够为人类提供的服务功能。恢复力指标包括生态系统受损后的自我调节功能和决定净化能力的水环境质量;生态安全健康状态包括生物多样性、植被覆盖度、地质灾害和土壤侵蚀程度;服务功能指标包括消落带岸线所提供的码头等交通运输便利、可供欣赏的旅游价值和野生动物栖息地。

响应指标包括受三峡水库运行而有可能影响的人类健康以及人们为了改善三峡库区生态环境而采取的措施,如教育、法规、市场机制和技术变革等。

三峡水库全面蓄水并调度运行后,给自然疫源性疾病、介水传染病的传染源扩散、病媒生物孳生和疫源地的扩大带来适宜的环境,可能会对库区居民的健康产生严重影响;并且三峡库区人口众多,人口密度是国内同类型山地丘陵的 4 倍以上,生态承载严重超负荷,加上自然条件相对较差,库区面临经济发展与环境保护的矛盾。因而人群健康状况和物质生活指数作为人群对消落带的直接响应指标。政策措施指标包括消落带管理规划、消落带保护意识、污废水处理和护岸护坡治理。

1.2.2.2　指标权重确定　经比较,本研究采用较成熟的层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)进行权重赋值(徐建华,2006)。依据三峡水库消落带生态环境综合评价指标体系,设计专家打分表,邀请多位专家采用两两比较打分构建判断矩阵,并对矩阵进行一致性检验。对通过一致性检验的判断矩阵,采用方根法计算得到相应元素对于上一层重要排序权重(徐建华,2006)。对数据权重进行归一化处理,得出了各级指标的相对权重(见表 3)。

1.2.2.3　数据标准化处理　原始数据是含有单位的量纲数据,并且存在正向化和反向化数据。为便于不同量纲指标之间的比较,必须对原始数据进行标准化处理,即转化为无量纲的正向化数据。对于正向化数据,采用式(1)进行标准化处理;而对于反向化数据,采用式(2)进行标准化处理。

$$Xi' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \tag{1}$$

$$Xi' = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}} \tag{2}$$

表 3　三峡水库消落带生态环境综合评价指标权重

Tab. 3　Ecological environment indicator weights of the water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir

一级指标层	归一化权重	二级指标层	归一化权重	三级指标层	归一化权重
压力	0.319	人类活动	0.500	农药使用强度	0.171
				化肥使用强度	0.573
				污废水排放强度	0.256
		自然因素	0.500	酸雨频度	0.054
				岩土性质	0.180
				坡度	0.348
				水位高程	0.418
状态	0.451	恢复力	0.173	自我调节能力	0.364
				水环境质量	0.636
		生态安全与健康	0.674	生物多样性	0.135
				植被覆盖度	0.165
				地质灾害	0.390
				土壤侵蚀程度	0.310
		服务功能	0.153	岸线资源	0.330
				旅游资源	0.493
				栖息地	0.177
响应	0.230	人群健康	0.475	人群健康状况	0.573
				物质生活指数	0.427
		政策措施	0.525	消落带保护意识	0.072
				消落带管理规划	0.182
				污废水处理	0.370
				护岸护坡治理	0.376

1.2.2.4　生态环境综合评价模型　通过对指标数据进行标准化合量化处理,采用多级加权求和的方法来实现区域生态环境综合质量的定量化评价,其结果就是代表生态环境特点的生态环境综合评价指数(Comprehensive Situation Index, CSI)。加权求和的生态环境综合评价结果采用式(3) 计算。

$$\mathrm{CSI} = \sum_{j=1}^{n} W_j P_j \tag{3}$$

式中:CSI 为生态环境综合状况指数;W_j 为第 j 个因子的权重,其值在(0,1),且各权重之和等于 1;P_j 为第 j 个因子标准化后的数值,为因素层的分指

数,其计算如下式:

$$P_j = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i \quad (4)$$

其中,P_j 为压力、状态、响应的分指数;w_i 为各因素所含指标的权重值;x_i 为各因素层所含指标的标准化值。

1.2.2.5 评价标准与级别划分 为了体现最终评价得分的优劣程度,在综合相关评价体系的基础上(何池全等,2001;崔保山和杨志峰,2002;汪冬冬等,2010)咨询专家意见,将消落带生态环境综合状况指数 CSI 划分为 5 个等级,根据综合状况指数的隶属度空间确定消落带生态环境综合状况等级(见表4)。

表4 消落带生态环境综合评价等级及分值

Tab.4 Grades and scores of ecological environment in the water-level-fluctuating zone

等级	综合指数(CSI)	一级指标	二级指标
优秀	0.80 < CSI ≤ 1.00	0.80 < B ≤ 1.00	0.80 < C ≤ 1.00
良好	0.60 < CSI ≤ 0.80	0.60 < B ≤ 0.80	0.60 < C ≤ 0.80
一般	0.40 < CSI ≤ 0.60	0.40 < B ≤ 0.60	0.40 < C ≤ 0.60
较差	0.20 < CSI ≤ 0.40	0.20 < B ≤ 0.40	0.20 < C ≤ 0.40
差	0 ≤ CSI ≤ 0.20	0 ≤ B ≤ 0.20	0 ≤ C ≤ 0.20

2 评价结果

2.1 单指标评价结果

对3个一级指标对比分析,压力、状态状况处于一般及以下等级的区域分别为77.8%和72.2%(分别为14个和13个),而响应的等级状况较差,94.4%(17个)区域处于一般及以下水平(见图1)。对于18个区域的压力、状态、响应指标评价结果进行显著性分析表明,响应指标评价结果分别显著低于压力和状态($P < 0.05, n = 18$)。

2.2 生态环境综合评价结果

由评价模型计算得出生态环境综合状况指数,三峡库区消落带总体生态环境综合评价指数(CSI)为0.47,介于0.4和0.6之间,对照综合状况级别标准,评价结果为一般(见图1)。三峡水库消落带18个区域的生态环境综合指数分布在0.37~0.65范围内。对照综合状况级别标准,生态环境综合状况未发现级别为优秀的区县,其中有83.3%(14个)的区域处于一般等级(0.40 ≤ CSI < 0.60);良好和较差区域分别有2个和1个(见图2)。

2.3 CSI 对消落带区位的响应

分别采用原始数据、标准化数据,运用 ANOVA 分析检验不同区段消落带(见表1)的差异以及 CSI 对消落带区位的响应。ANOVA 分析结果显示:1)不同区段的生态环境综合状况指数差异显著,消落带生态环境综合状况为上游 > 中游 > 下游;2)一级指标中,不同区位间无显著差异;3)二级指标中,不同区位间无显著差异;4)三级指标中,不同区位的坡度、生物多样性、植被覆盖度、土壤侵蚀程度、栖息地(景观多样性)、消落带保护意识、护岸护坡治理等指标差异显著,其余指标均无显著差异(见表5)。

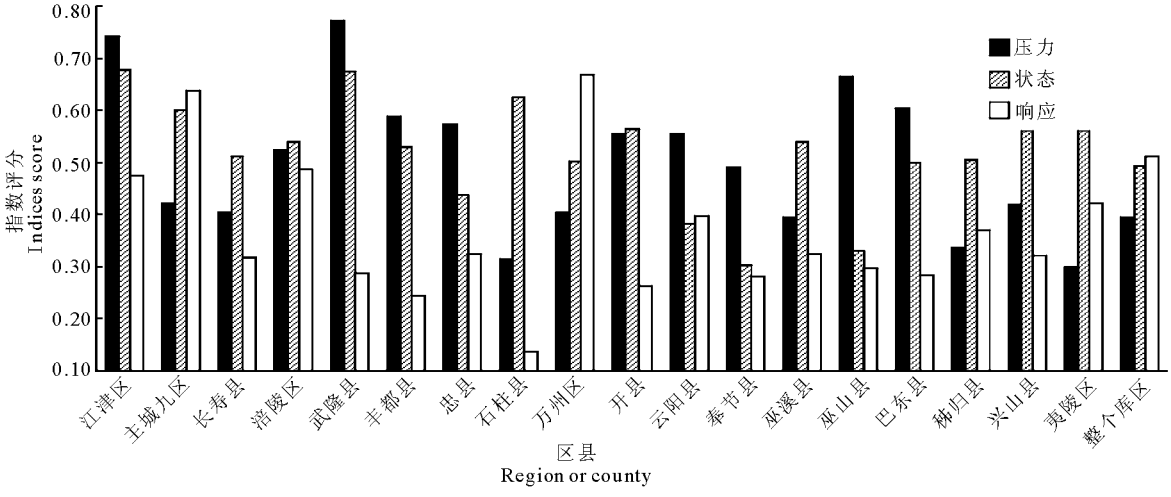

图1 三峡水库各区域消落带压力、状态和响应评价结果

Fig.1 Assessment result of pressure, state and response in each region or county

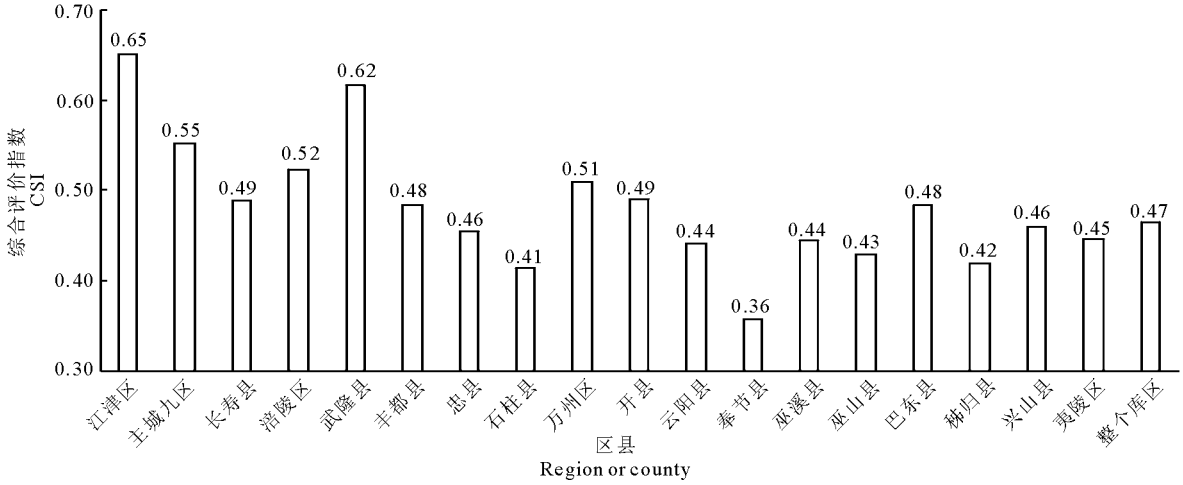

图 2　三峡水库各区域消落带生态环境综合评价结果

Fig. 2　Distribution of Comprehensive Situation Index in each region or county

表 5　不同区位消落带的生态环境状况的 ANOVA 结果和多元比较结果

Tab. 5　Results of one-way ANOVA and multiple comparison of eco-environmental situation in different location of the water-level-fluctuating zone in Three Gorges Area

指标	ANOVA		多元比较		
	F	*P*	上游	中游	下游
[k]CSI	3.51	0.046	0.55[a]	0.49[ab]	0.44[b]
[k]B1 压力	0.57	0.58	0.52	0.54	0.46
[k]C1 人类活动	0.12	0.89	0.61	0.6	0.55
D1 农药使用率	0.44	0.65	0.015	0.014	0.012
D2 化肥使用率	0.24	0.79	0.56	0.61	0.63
D3 污废水排放强度	0.97	0.40	25.55	18.26	24.91
[k]C2 自然因素	0.73	0.5	0.44	0.47	0.36
D4 酸雨频度	2.43	0.12	42.10	49.72	17.81
D5 岩土性质	0.3	0.75	1.33	1.38	1.14
[n]D6 坡度		0.005	17.32[ab]	7.83[a]	29.93[b]
D7 水位高程	0.17	0.85	3.67	3.50	3.71
[k]B2 状态	1.80	0.20	0.60	0.53	0.47
[k]C3 恢复力	3.73	0.058	0.40	0.61	0.49
D8 自我调节能力	2.21	0.14	2.67	3.13	2.29
[n]D9 水环境质量	2.47	0.11	3.00	4.00	3.86
[k]C4 生态安全与健康	1.62	0.23	0.67	0.55	0.53
D10 生物多样性	6.05	0.012	44.72[a]	62.00[b]	72.83[b]
D11 植被覆盖度	18.58	0	75.05[a]	75.74[a]	64.12[b]
D12 地质灾害	1.14	0.35	0.23	0.03	0.15
[n]D13 土壤侵蚀程度	6.69	0.007	1347.33[a]	2 756.63[b]	3 220.29[b]
[k]C5 服务功能	1.87	0.19	0.36	0.35	0.18
D14 岸线资源	0.45	0.64	0.07	0.07	0.05
D15 旅游价值	0.67	0.53	7.49	7.20	3.64
D16 栖息地	4.36	0.032	1.55[a]	1.51[a]	1.35[b]
[k]B3 响应	1.37	0.28	0.48	0.35	0.33
[k]C6 人群健康	0.97	0.41	0.52	0.39	0.35
D17 人群健康状况	0.019	0.98	6.47	6.18	6.35
D18 物质生活指数	2.90	0.086	28 930.33	16288.63	13 632.57
[k]C7 政策措施	0.85	0.45	0.438	0.318	0.312
[n]D19 消落带保护意识	5.96	0.029	33.16[a]	36.34[a]	46.16[b]
D20 消落带管理规划	1.09	0.36	1.67	2.50	2.00
D21 污废水处理	0.14	0.87	0.64	0.67	0.63

注:三峡库区不同区位的消落带生态环境综合状况各项指标的 ANOVA 结果($df=2,15,17$)和各项指标的多元比较结果($P<0.05$);*n* 代表数据未通过齐性检验,采用 k－w 非参数检验,*k* 代表采用评价结果数据进行 ANOVA 分析,未作标注的代表采用原始数据进行 ANOVA 分析;a、b、c 不同字母标注表示差异显著($P<0.05$),不作字母标记表示 3 组数据间无显著差异。

3 讨论

蒙吉军等(2005)采用三峡水库蓄水前2000年Landsat TM影像、DEM数据、NOAA数据计算得出的坡度、土壤侵蚀、土地利用与植被覆盖等7项指标数据,采用层次分析法,得出三峡库区各区县景观生态质量综合评价指数为0.52~0.79。本研究所得出的各区县综合评价结果各略低于蒙吉军等的评价结果。有文献报道自三峡水库蓄水以来生态环境逐步恶化(吕怡兵等,2007),排除因评价指标选取不同所形成的结果差异,这在一定程度上验证了本研究方法的可行性及有效性,同时也说明三峡水库消落带生态环境现状不容乐观。另外,消落带生态环境综合状况等级除2个区域为良好,1个区域较差外,其他15个区域消落带生态环境综合状况评价值相差不大,这一方面说明了流域整体的相互一致性,另一方面也说明人类活动影响的普遍性。评价结果直观的说明消落带不同区域生态环境现状,对比分析评价因子,明晰生态环境现状的优势与短板,为三峡库区消落带生态环境保护决策提供参考。

参考文献

白祥,金海龙,任建丽,等. 2009. 基于PSR模型的新疆艾比湖湿地生态系统健康评价指标体系研究[J]. 湿地科学与管理,5(3):16-20.

崔保山,杨志峰. 2002. 湿地生态系统健康评价指标体系II. 方法与案例[J]. 生态学报,22(8):1231-1239.

高群. 2006. 三峡库区景观格局变化及其影响因素-以重庆云阳县为例[J]. 生态学报,25(10):2499-2506.

郭树宏,王菲凤,张江山,等. 2008. 基于PSR模型的福建山仔水库生态安全评价[J]. 湖泊科学,20(6):814-818.

国家环境保护总局. 2006. HJ/192-2006 生态环境状况评价技术规范(试行)[J].

何池全,崔保山,赵志春. 2001. 吉林省典型湿地生态评价[J]. 应用生态学报,12(5):754-756.

雷波,张丽,夏婷婷,等. 2011. 基于层次分析法的重庆市新农村生态环境质量评价模型[J]. 北京工业大学学报,37(9):1393-1399.

李建国,刘金萍,刘丽丽,等. 2010. 基于灰色极大熵原理的三峡库区(重庆段)生态系统健康评价[J]. 环境科学学报,30(11):2344-2352.

罗怀良,朱波,刘德绍,等. 2006. 重庆市生态功能区划的划分[J]. 生态学报,26(9):3144-3151.

吕怡兵,宫正宇,连军,等. 2007. 长江三峡库区蓄水后水质状况分析[J]. 环境科学研究,20(1):126.

蒙吉军,申文明,吴秀芹. 2005. 基于RS/GIS的三峡库区景观生态综合评价[J]. 北京大学学报:自然科学版,41(2):295-302.

邵田,张浩,邬锦明,等. 2008. 三峡库区(重庆段)生态系统健康评价[J]. 环境科学研究. 21(2):99-104.

申文明,张建辉,王文杰,等. 2004. 基于RS和GIS的三峡库区生态环境综合评价[J]. 长江流域资源与环境,13(2):159-162.

汪冬冬,杨凯,车越,等. 2010. 河段尺度上的上海苏州河岸带综合评价[J]. 生态学报,30(13):3501-3510.

王建超,朱波,汪涛. 2011. 三峡库区典型消落带淹水后草本植被的自然恢复特征[J]. 长江流域资源与环境,20(5):603-610.

王丽婧,郑丙辉. 2010. 水库生态安全评估方法(I):IROW框架[J]. 湖泊科学,22(2):169-175.

王丽婧,席春燕,付青,等. 2010. 基于景观格局的三峡库区生态脆弱性评价[J]. 环境科学研究,23(10):1268-1273.

肖笃宁,陈文波,郭福良. 2002. 论生态安全的基本概念和研究内容[J]. 应用生态学报,13(3):354-358.

徐建华. 2006. 计量地理学[M]. 北京:高等教育出版社:226-254.

袁辉,王里奥,詹艳慧,等. 2006. 三峡库区消落带健康评价指标体系[J]. 长江流域资源与环境,15(2):249-253.

袁兴中,刘红,陆健健. 2001. 生态系统健康评价——概念构架与指标选择[J]. 应用生态学报,12(4):628-629.

单润中,孙明晨,刘惠清. 2008. 重庆三峡库区生态安全性评价[J]. 三峡环境与生态,1(2):51-62.

张虹. 2008a. 三峡重庆库区消落区基本特征与生态功能分析[J]. 长江流域资源与环境. 17(3):374-378.

张虹. 2008b. 三峡库区(重庆段)自然灾害危险性综合评价[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,25(1):1-5.

中国工程院三峡工程阶段性评估报告项目组. 2010. 三峡工程阶段性评估报告:综合卷[M]. 北京:中国水利水电出版社.

周永娟,仇江啸,王娇,等. 2010. 三峡库区消落带生态环境脆弱性评价[J]. 生态学报,30(24):672-673.

翟红娟,崔保山,王英,等. 2008. 异龙湖湿地功能可持续性评价及PSR模型时滞性研究[J]. 环境科学学报,28(2):243-252.

左太安,苏维词,马景娜,等. 2010. 三峡重庆库区针对水土流失的土地资源生态安全评价[J]. 水土保持学报,24(2):74-78.

(责任编辑 杨春艳)

Comprehensive Assessment of Eco-Environmental Quality of the Water-level-fluctuating Zone in the Three Gorges Area Based on PSR Model

ZHOU Xie, YANG Min, LEI Bo, ZHANG Sheng, YANG Chun-hua

(Chongqing Academy of Environmental Sciences, Chongqing　401147, P. R. China)

Abstract: Based on the Pressure-State-Response (PSR) model, the index system of eco-environmental assessment of water-level-fluctuating zone in the Three Gorges Area was established. Combined with the remote sensing image interpretation data and survey date, AHP method was applied to evaluate the comprehensive situation of ecological environment. The evaluation result was expressed by the comprehensive situation index (CSI). Results showed that: (1) the comprehensive situation of water-level-fluctuating zone of the Three Gorges Reservoir was in the "normal" grade with CSI 0.47, and the distribution of CSI in each region or country ranged from 0.37 – 0.65, within which 83.3% was in the "normal" grade; (2) results of ANOVA analysis revealed that the CSI value of upstream segment was significantly higher than that of downstream segment ($P < 0.05$).

Key words: Three Gorges Reservoir; water-level-fluctuating zone; PSR model; ecological environment; comprehensive assessment