
综合
治理

针对水土流失的三峡重庆库区土地质量评价

左太安¹, 苏维词^{1,2}, 宋增伟¹, 张婕¹

(1. 重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047; 2. 贵州科学院 山地资源研究所, 贵州 550001)

摘 要: 以三峡重庆库区为研究对象, 基于 PSR(压力—状态—响应)框架, 针对水土流失建立土地质量指标体系。压力指标包括降雨压力、可蚀性压力、地形压力、土地压力、人口压力、收入压力等指标; 状态指标包括侵蚀状态、肥力状态、格局状态等指标; 响应指标包括利用响应和政策响应。采用专家打分、分级赋值、综合评价的方法, 对三峡重庆库区土地质量进行了初步评价。结果表明, 三峡重庆库区的土地质量综合得分为 2.76 分, 土地质量偏低评定为 3 等。压力指标得分最低为 2.14 分, 状态指标得分为 3.13 分, 响应得分为 3 分。人为干扰是引起区域土地质量低下的最主要原因, 紫色土广布和地形坡度大等自然地理状况是土地质量低下的第二大原因。本研究可为同类地区土地质量评价和退化土地的生态恢复提供一定的借鉴意义。

关键词: 压力—状态—响应; 水土保持; 土地质量评价; 三峡重庆库区

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)02—0183—05

中图分类号: S157

Soil Erosion Emphasized Land Quality Evaluation in Chongqing Area of the Three Gorges Reservoir

ZUO Tai-an¹, SU Wei-ci^{1,2}, SONG Zeng-wei¹, ZHANG Jie¹

(1. Department of Geography of Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;

2. Institute of Mountain Resource, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: We established a land quality indicator system for Chongqing area of the Three Gorges Reservoir Region, using the press—state—response frame(abbreviated as PSR). The pressure index include rainfall, soil erodibility, terrain, land, population and income pressure, etc.; The condition index include soil erosion, fertility and pattern condition; The response index include usage and policy response. The land quality of the Three Gorges Reservoir region was primarily evaluated with the method of experts scoring, hierarchical assignment and comprehensive evaluation. The result indicates that the land quality synthesis score of Three Gorges Reservoir region is 2.76 points, i. e., the land quality is somewhat low. The scores of pressure, condition and response index are 2.14, 3.13 and 3. The low land quality can be interpreted by the human interference and widely distributed purple soil and steep slope. Finally we hope that this work can provide land quality evaluation and ecological restoration with some methods and references.

Keywords: press—state—response framework; soil and water conservation; land quality evaluation; the Chongqing area of the Three Gorges Reservoir

“压力—状态—响应”框架 (press-ptate-response) 最早是经济合作组织(OECD)为了评价世界环境状况提出的评价模式^[1]。1996年,华盛顿召开的土地质量评价会议对以土地质量评价管理工作进行了总结,明确了以“压力—状态—响应”框架为基础的土地质量评价框架及其主要内容^[2]。目前,国际上已经建立起针

对 7 个具体的土地退化问题的土地质量指标体系。包括土壤侵蚀、土壤肥力降低、森林开垦与森林退化、牧区土地退化、地下水位下降、盐碱化与水浸^[3]。和国外相比,我国土地质量的研究还缺乏系统性,也缺乏长期观测的数据用于土地质量评价中。本研究的主要目的是针对三峡重庆库区严重的水土流失,构建以“压力—

收稿日期:2008-12-23

修回日期:2009-01-18

资助项目:国家自然科学基金“脆弱生态约束下岩溶山区可持续发展导向模式研究”(40561006);973 专题“典型小流域基于生态水文过程的生态需水的时空分异及其需水量计算”(2006CB403204);重庆市自然科学基金“基于 3S 技术的三峡库区典型消落区土地开发生态风险预警评价”(CSTC,2007BB7225);重庆师范大学 GIS 重点实验室(CSGIS2008-01)

作者简介:左太安(1984—),男(汉族),山东省临沂县人,硕士研究生,研究方向为水土保持与荒漠化治理。E-mail:ztan478@yahoo.com.cn。
通信作者:苏维词(1965—),男(汉族),湖南省绥宁县人,研究员,主要研究方向为生态环境与可持续发展。E-mail:suweici@sina.com。

状态—响应”为框架的土地质量评价指标体系,以期为决策者采取合适的土地政策和管理措施,进行退化土地的恢复重建提供科学依据。

1 研究区范围和概况

三峡重庆库区位于长江上游下段,东起巫山县,西至江津市,南起武隆县,北至开县,地理范围在北纬 $28^{\circ}31'$ — $31^{\circ}44'$,东经 $105^{\circ}49'$ — $110^{\circ}12'$ 之间。包括巫山县、万州区、涪陵区等 22 个区(县、市),幅员面积约 $4.62 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地质构造复杂,地跨大巴山断褶带、川东褶皱带和川鄂湘黔隆起褶皱带 3 大构造单元,属燕山运动和喜马拉雅运动抬升区。地貌以山地、丘陵为主。全区多年平均气温 15°C ~ 18°C ,具有冬暖春早,夏热秋迟的特点。常年雨量充沛,多年平均降雨量为 $1\,150.26 \text{ mm}$ 。全年降水以夏季最多,是中国暴雨中心之一,主要出现在 4—9 月之间。

强烈的降水过程导致水土强烈流失并伴有崩塌、滑坡、泥石流等重力侵蚀的产生。全区土壤类型主要有紫色土、黄壤、黄棕壤、棕壤、石灰土、潮土和水稻土

等。该区地带性植被以亚热带常绿阔叶林、暖性针叶林为主。

三峡库区水土流失问题对于投资庞大的三峡工程的长期安全运行,长江中下游的防洪与生态安全具有特殊的,重要的战略意义。而重庆市域内三峡库区面积约占整个三峡库区面积的 85.6%,覆盖了大部分三峡库区范围,由此则凸现出其重要的生态地理位置。

2 三峡重庆库区土地质量评价指标的建立

本研究采用定量和定性相结合的方法,参考和借鉴土地质量评价的原则和方法,通过相关资料搜集,建立起土地质量评价的指标体系。采用专家打分、分级赋值、综合评价的方法进行土地质量评价。首先分别进行土地质量的压力、状态和响应评价。然后计算算术平均数,作为土地质量综合评价的分值(表 1),根据得分,将土地质量分为 5 个等级,具体为 1 等[4.5,5 分];2 等[3.5,4.5 分];3 等[2.5,3.5 分];4 等[1.5,2.5 分];5 等[1.0,1.5 分]。

表 1 土地质量质量评价指标分级及相对评分

指标名称	指标分级及评分						
	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分		
降雨压力	年降雨侵蚀力	[15000,32034]	[6000,15000]	[2000,6000]	[1000,2000]	[51.5,1000]	
可蚀性压力	土壤可蚀性	[0.04,0.02]	[0.02,0.015]	[0.011,0.015]	[0.007,0.011]	[0.001,0.007]	
压力指标	地形压力	坡度/($^{\circ}$)	[25,90]	[15,25]	[8,15]	[5,8]	[0,5]
	土地压力	农地面积比重/%	[40,100]	[30,40]	[20,30]	[10,20]	[0,10]
	人口压力	人口密度/(人 $\cdot\text{km}^{-2}$)	[200, ∞]	[150,200]	[100,150]	[50,100]	[0,50]
	收入压力	农业人口比重/%	[80,100]	[60,80]	[40,60]	[20,40]	[0,20]
状态指标	格局状态	种植业收入比重/%	[60,100]	[45,60]	[30,45]	[15,30]	[0,15]
	侵蚀状态	土壤侵蚀强度/($\text{t}\cdot\text{km}^{-2}$)	[8000, ∞]	[5000,8000]	[2500,5000]	[500,2500]	[0,500]
		土壤侵蚀面积比例/%	[60,100]	[45,60]	[30,45]	[15,30]	[0,15]
		地质灾害比例/%	[80,100]	[60,80]	[40,60]	[20,40]	[0,20]
		石漠化面积比例/%	[80,100]	[60,80]	[40,60]	[20,40]	[0,20]
肥力状态	有机质/%	[0,0.3]	[0.3,0.6]	[0.6,0.9]	[0.9,1.2]	[1.2, ∞]	
	全氮/%	[0,0.025]	[0.025,0.05]	[0.05,0.075]	[0.075,0.09]	[0.09, ∞]	
	全磷/%	[0,0.05]	[0.05,0.10]	[0.10,0.15]	[0.15,0.20]	[0.20, ∞]	
格局状态	均匀度偏离/%	[80,100]	[60,80]	[40,60]	[20,40]	[0,20]	
响应指标	利用响应	森林覆盖率/%	[0,15]	[15,30]	[30,45]	[45,60]	[60,100]
		水田占耕地比重/%	[0,15]	[15,30]	[30,45]	[45,60]	[60,100]
	政策响应	退耕还林面积比例/%	[0,20]	[20,40]	[40,60]	[60,80]	[80,100]
		水土保持治理面积比例/%	[0,15]	[15,30]	[30,45]	[45,60]	[60,100]

注:年降雨侵蚀力单位为 $\text{MJ}\cdot\text{mm}/(\text{hm}^2\cdot\text{h}\cdot\text{a})$ 。

根据已有的相关工作^[4],结合三峡重庆库区特殊的地域条件,压力指标主要考虑了以下指标:降雨压

力、土壤可蚀性压力、地形压力、土地压力、人口压力和收入压力等;状态指标主要包括侵蚀状态、肥力状

态和格局状态;响应指标主要包括利用响应和政策响应两个指标。由于三峡重庆库区土层较薄,水土流失严重和地质灾害频繁发生等特点,土壤侵蚀状态选取了土壤侵蚀强度、土壤侵蚀面积、地质灾害面积比例、石漠化面积比例等指标。在响应指标方面采用退耕还林面积比例和水土保持治理面积作为政策响应指标。年降雨侵蚀力、土壤可蚀性和人口密度等指标的评分标准以全国统计数据为基础。如我国土壤可蚀性相对集中于0.007~0.02之间,则相应赋值为2~4分,以我国2004年末平均人口密度135.4人/km²为一般情况,赋值3分^[5]。三峡重庆库区幅员面积约占重庆总面积的56.1%。地质灾害比例、石漠化面积比例、退耕还林面积比例等指标以及三峡重庆库区发生事件占重庆发生总事件的比例,并以56.1%为一般情况,赋值3分。

数据主要来源于重庆市高校GIS重点实验室和重庆市统计年鉴(2005年),部分来源于《三峡库区重庆段水土保持规划》总报告。另外采用2004年三峡库区TM/ETM卫星影像数据,在遥感图像处理软件ERDAS 8.5平台下采用地形图(1:5万)进行纠正。三峡重庆库区坡陡采用地形图(1:5万)在ARCGIS中3D分析模块直接生成。通过野外实地考察来建立遥感解译标志库,结合重庆市土地利用/覆被变化变更调查,采用人工解译和机助解译的方法,在ArcInfo软件下进行空间分析处理,形成三峡重庆库区的遥感解译数据。

3 三峡重庆库区土地质量评价结果分析

3.1 压力评价

三峡重庆库区地处中纬度,属湿润亚热带季风气候,气候受峡谷地形影响十分显著。常年雨量充沛,多年平均降雨量为1150.26mm,降雨侵蚀力为3198MJ·mm/(hm²·h·a),赋值为3分^[6]。三峡重庆库区土壤主要为紫色土,这里以紫色土的土壤可蚀性0.0191代表三峡重庆库区土壤的可蚀性,赋值2分^[7]。

三峡重庆库区地貌特征以中低山地、丘陵为主,地貌发育以流水作用为主,区内地形高低悬殊,地貌结构复杂,地形破碎,地形陡峭。25°以上的陡坡地面积约1.39×10⁴km²,约占全库区面积的30.19%。而5°~8°和0°~5°平缓地面积为3527.40km²和4103.96km²,所占比例仅为7.64%和8.89%(表2)。通过表2得到不同坡度的分值,根据不同坡度级别的面积比重,加权计算得到地形压力为2.34分。

土地是人类赖以生存的重要资源。三峡重庆库区土地资源面积46098.59km²,其中耕地面积共

22959.40km²,占土地资源总面积的49.74%(此处所说的耕地面积指利用遥感技术获取的研究区毛耕地面积),计算得到土地压力得分为1分。

据重庆市统计局统计资料^[8],2004年末三峡重庆库区总人口1840.92万人,占全市总人口的58.5%,人口密度为399人/km²,其中农业人口为1274.86万人,占三峡重庆库区总人口的69.3%。人口压力包括人口密度和农业人口比重,分别赋值为1分和2分。

收入压力指标为种植业收入比重。2004年末,重庆市农村居民种植业占总收入的31.47%。根据表1的赋值标准为3分。

综合降雨、土壤、地形、土地、人口和收入,得到三峡重庆库区土地质量压力综合评价得分为2.14分。

3.2 状态评价

三峡库区的水土流失状况表现出两大特点:一是水土流失范围广,二是侵蚀强度高。据2005年遥感调查数据显示,2004年三峡重庆库区水土流失面积2.39×10⁴km²,占库区土地总面积的51.71%,该比例高于全国37%的平均水平,也高于长江流域31.2%的平均水平,其中轻度侵蚀面积5819.53km²;中度侵蚀面积1.10×10⁴km²;强度侵蚀面积5880.17km²;极强度侵蚀和剧烈侵蚀面积共计1139.4km²(表3)。通过表3得到不同强度等级的分值,根据不同强度面积的比重,加权计算得到土壤侵蚀强度为3.92分,土壤侵蚀面积得分为2分。

表2 三峡重庆库区坡度面积比重

坡度	面积/km ²	占库区面积百分比/%	分值
0°~5°	4103.96	8.89	5
5°~8°	3527.40	7.64	4
8°~15°	10151.68	21.99	3
15°~25°	14440.76	31.29	2
25°以上	13934.73	30.19	1

表3 三峡重庆库区土壤侵蚀强度

侵蚀强度	侵蚀面积/ km ²	占库区面积 百分比/%	分值
微度侵蚀	22288.45	48.29	5
轻度侵蚀	5819.53	12.61	4
中度侵蚀	11030.98	23.90	3
强度侵蚀	5880.17	12.74	2
极强度与剧烈侵蚀	1139.40	2.47	1

重庆市主要地质灾害为崩塌、滑坡、危岩及泥石流,尤其以崩塌、滑坡、危岩灾害发育最为普遍。统计

全重庆市域范围共计 6 500 多个灾害点,在这些灾害点中以滑坡、崩塌、危岩为主。其中三峡重庆库区共计 4 719 个,占重庆总地质灾害点的 72%,赋值 2 分。重庆石漠化土地已达到 $9.26 \times 10^5 \text{ km}^2$, 潜在的石漠化土地为 $8.58 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。全市 37 个区县(自治县)都出现石漠化现象,其中三峡重庆库区是重庆石漠化土地的集中分布区,石漠化土地面积占全市石漠化总面积的 57.1%,赋值 3 分^[9]。

三峡库区位于我国地形第二级台阶上的鄂西山地和川东平行岭谷区。土壤类型分布最广的是紫色土、黄壤、石灰土、水稻土,约占三峡库区土地资源总面积的 83.47%。表层土壤有机质含量为 0.14~3.29,平均 0.742,赋值 3 分^[10]。以紫色土中全氮、全磷、全钾的平均含量代表三峡重庆库区土壤的肥力。紫色土的氮素含量较低,在 0.01%~0.24%之间,平均为 0.074%,赋值 3 分。全磷的含量为 0.003%~0.182%,平均含量为 0.07%,赋值 2 分^[11](图 1)。

选择景观均匀度偏离来反映土地利用空间格局与坡度格局的偏离程度。三峡重庆库区坡度和土地利用的均匀度分别为 91.30%和 62.05%,则三峡重庆库区土地利用相对坡度分级的偏离度为 32.04%,赋值 4 分。

综合侵蚀状态、肥力状态和格局状态,得到三峡重庆库区土地质量状态综合评价得分为 3.13 分。

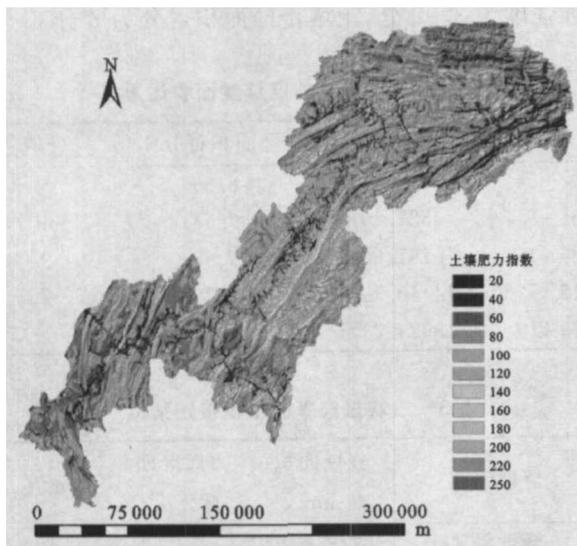


图 1 三峡库区重庆段土壤肥力指数

3.3 响应评价

三峡重庆库区植被类型丰富,主要植被类型有:亚热带常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、暖性针叶林和温带暗针叶林。由于人为破坏,原有森林植被大幅度减少,致使库区森林覆盖率低,生

态系统退化,林种结构不合理,森林覆盖率仅为 23.78%(图 2),根据表 1 评分标准,赋值 2 分。三峡重庆库区耕地资源共计 $2.30 \times 10^4 \text{ km}^2$,占土地资源面积的 49.74%。包括水田 $6\,378.18 \text{ km}^2$,占耕地资源总面积的 27.78%,旱地 $1.66 \times 10^4 \text{ km}^2$,占土地资源总面积的 72.22%,赋值 2 分。

2000—2003 年,重庆在库区的云阳县、万州、开县等县开展了退耕还林试点工作,共实施退耕还林 $7\,173 \text{ km}^2$,其中三峡重庆库区 $4\,547 \text{ km}^2$,占 63.39%以上,其中退耕地造林 $2\,317 \text{ km}^2$,荒山荒地造林 $2\,429 \text{ km}^2$,涉及 185.9 万农户,赋值 4 分^[12]。1989 年,三峡库区被国务院批准为实施长江上游水土保持的重点防治区域。“长治”工程建设 15 a 来,始终坚持以小流域为单元,以改善库区生态环境和当地农业生产条件为中心,以坡改梯、水保林、经果林为重点,实行工程措施、植物措施、农业耕作措施相结合的山、水、田、林、路综合治理。截止 2004 年底,三峡重庆库区共治水土流失面积 $1.31 \times 10^4 \text{ km}^2$,治理完成小流域 429 条,占三峡重庆库区水土流失总面积的 54.68%,赋值 4 分。

综合利用响应和政策响应,得到三峡重庆库区土地质量响应综合评价得分为 3 分。

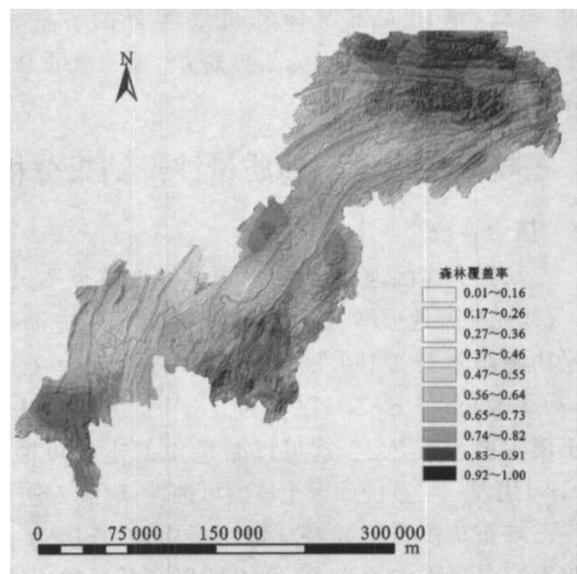


图 2 三峡库区森林覆盖率

3.4 综合评价

三峡重庆库区的生态环境状况不但影响到长江流域的生态系统稳定和社会经济发展,而且也对全国的生态环境安全产生重要影响。综合压力、状态、响应指标,得到三峡重庆库区土地质量综合评价得分为 2.76 分,土地质量评定为 3 等。压力指标得分最低

为 2.14 分,其中土地压力和人口压力分别为 1 分和 1.5 分。可见人为干扰是引起区域土地质量低下的最主要原因。三峡重庆库区紫色土广布和地形坡度大是土地质量低下的第二大原因。其中紫色土约占库区土地总面积的 36.03%。紫色土大多土层浅薄,富含母质碎屑,有机质少,水稳性差,易分散悬浮,抗蚀性和抗冲性均弱,加之三峡重庆库区地形复杂坡度大,其中大于 25° 的土地占三峡重庆库区总面积的 30.19%,引起了三峡重庆库区土壤侵蚀状态严重,土壤肥力低等问题。在状态指标中,引入了景观格局指标来反映土地利用格局与地形坡度的关系,得分为 4 分,可见土地利用空间分布格局与地形格局的适配性比较好,这一得分也反映了退耕还林工程将 25° 以上土地退耕还林的巨大成果。

4 讨论

PSR 模式的土地质量指标体系结构简明,便于操作,一定程度上提供了土地质量变化的驱动信息和由此产生的环境效应及对策,能够比较明确反映出土地质量变化的因果关系,易于找出影响土地质量的主导因素,从而有助于决策者采取合适的土地政策和管理措施,进行退化土地的恢复重建。但是在建立评价指标体系的过程中,评价指标的选取以及评分标准有一定的主观性,造成对土地质量最终结果有一定的误差。评价最终的结果只是各个指标的简单累加,没有考虑到不同指标的权重值,这也将成为 PSR 模式的土地质量评价体系研究方向之一。可以确信,随着评价指标体系的不断改进和完善,对三峡重庆库区森林生态环境状况认识的不断加深,土地质量评估必定更加准确和完善。

[参 考 文 献]

- [1] Adriaanse A. Environmental policy performance indicators [M]//Uitgeverij. The Hague: A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands. 1993.
- [2] Dumanski J, Pieri C. Land quality indicators: research plan [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2000, 81: 93-102.
- [3] Dumanski J, Gameda S, Pieri C. Indicators of land quality and sustainable land management: An annotated bibliography [M]//Environmentally and Socially Sustainable Development Series; Rural development. Washington, D. C., U. S. A; The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 1998.
- [4] 郭旭东,邱扬,连纲,等.基于“压力—状态—响应”框架的县级土地质量评价指标研究[J].地理科学,2005,25(5):579-583.
- [5] 中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴(2005) [M].北京:中国统计出版社,2005.
- [6] 宁丽丹,石辉.利用日降雨量资料估算西南地区的降雨侵蚀力[J].水土保持研究,2003,10(4):183-186.
- [7] 张科利,彭文英,杨红丽.中国土壤可蚀性值及其估算[J].土壤学报,2007,44(1):7-13.
- [8] 重庆市统计局.重庆统计年鉴(2005) [M].北京:中国统计出版社,2005.
- [9] 王翔.我市 5 县成国家石漠化治理试点县 [N].重庆日报,2008-12-06.
- [10] 钟远平,唐将,王力.三峡库区土壤有机质区域分布及影响因素[J].水土保持学报,2006,20(5):73-76.
- [11] 中国科学院成都分院土壤研究室.中国紫色土(上篇) [M].北京:科学出版社,1991:203-213.
- [12] 颜帮全,蒲晓东.重庆三峡库区退耕还林对策思考[J].人民长江,2005,36(4):8-10,19.