

西藏日喀则地区生态安全评价与生态环境建设

赵延治¹, 张春来¹, 邹学勇¹, 程 宏¹, 陈学华², 杨 忠²

(1 北京师范大学中国沙漠研究中心 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部
重点实验室, 北京 100875; 2 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 用生态安全的 PSR (压力 - 状态 - 响应) 概念模型和层次分析法建立西藏日喀则地区生态安全评价体系, 综合评价全区生态安全现状。结果表明, 日喀则地区生态环境系统安全状况目前已退化到中卫状态, 生态环境问题已成为制约当地经济发展和社会进步的主要因素。同时, 分别计算出全区 18 县市各自的生态安全指数值, 结果显示, 除吉隆县属预警状态, 其余 17 县市都为中卫状态, 且区域相对差异极为明显, 东部生态安全问题更为突出。文章根据日喀则地区不同生态环境要素的区域差异以及生态安全建设的需要, 提出五大生态环境建设区以满足日喀则地区改善生态安全现状的需要。同时详述了各生态环境建设区的生态环境特征、存在问题和治理方向。

关键词: 生态安全; PSR 模型; 日喀则地区; 生态环境建设

中图分类号: X171.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2006)01-0033-07

生态安全的概念最早由美国政界提出, 并得到国际学术界的重视^[1]。由于研究历史短暂, 对生态安全的定义、研究内容以及研究方法的认识尚不统一^[2,3]。目前, 生态安全的概念有广义和狭义之分, 前者包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全^[4-6], 后者是指自然和半自然生态系统的安全, 即生态系统完整性和健康的整体水平反映^[3]。无论是哪种形式的理解, 其核心思想都是建立在经济发展与生态环境相互作用基础之上的, 认为生态系统功能健全、自然资源可持续利用以及最终人与自然和谐共处是生态安全的根本要求。生态安全评价研究是在生态风险分析^[7,8]和生态健康研究^[9]基础上迅速发展起来的, 其理论体系也在不断发展和完善^[5,6,10]。建立科学的评价标准与指标体系是进行生态安全研究的关键, 许多学者从生态风险和生态健康两方面提出了大量针对不同尺度的度量指标^[4,11,12]。生态安全研究的指标体系涉及众多学科, 不同生态系统、不同时空尺度的生态安全分析具有不同的指标体系, 因此至今未有较为完善并被普遍采纳的指标体系。在生态安全评价方法上, 目前主要有综合评价方法、生态模型方法和景观生态学法。综合评价法对各指标量

化方法简便, 且能在不损失任何指标信息的情况下简化指标要素, 从而使评价过程简易, 结果相对客观, 目前被广泛应用到许多典型地理区域或生态系统的生态安全评价中^[13-17]。以数学建模为基础的生态模型法正逐渐成为生态安全评价和管理的有效工具, 这一方法更多地应用到个体与群落、乃至整个生态系统的生态安全评价中^[18]。景观生态学法虽然在生态安全研究中刚刚起步, 但却逐渐成为一种重要手段^[3,10,19,20], 在全球及国家层面上, 该方法有巨大的发展前景。

西藏高原作为一个独特的地理单元, 是众多河流的发源地, 在东亚和南亚起到“江河源”和“生态源”的作用。但是, 西藏高原特殊的地质地貌条件和气候条件, 导致生态系统脆弱易损且不易恢复。20世纪 50 年代, 由于人口密度和经济发展水平低, 人类对环境的破坏力度有限。从 20 世纪 60 年代开始, 为提高当地人民的生产和生活水平, 大量建设工程上马, 如采煤、铺设输油管道和光缆、修筑公路、铁路等, 这些大型工程以点状和线状的形式引起局部生态环境退化^[21], 包括植被消失 (或演替)、沼泽湿地面积缩小、热融湖塘退缩、线型工程两侧土地沙漠化等问题。此外, 快速增加的人口和

收稿日期: 2004-10-19 修订日期: 2005-02-18

基金项目: 2003~2005 教育部跨世纪优秀人才培养计划资助项目。

作者简介: 赵延治 (1977-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士研究生, 主要从事风沙工程研究。E-mail: zy@ires.cn

近年来人类不合理的经济活动给生态环境造成的压力和破坏也愈来愈大。西藏退化草地的面积已经达到 $1\ 142\ 8 \times 10^4\ \text{hm}^2$ ^[22], 占已利用草地面积的 17.2%。沙漠化土地与潜在沙漠化土地面积占全区总土地面积的 18.17%, 比全国 15.9% 的比例高出 2.3 个百分点^[23]。频发的各种自然灾害每年造成的直接经济损失达亿元以上^[24]。持续恶化的生态环境已成为制约当地经济发展和社会进步的主要因素。许多学者一直致力于建立西藏高原人口、资源、环境协调发展的经济模式, 成升魁^[25]通过计算西藏高原的环境承载力, 提出西藏高原可持续发展的新思路。李明森^[26]从西藏高原的环境保护角度提出了相同的观点。刘庆^[27]用恢复生态学方法对西藏高原东部生态脆弱带恢复与重建进行了初步探讨。以上研究大多利用统计资料定性分析西藏高原的生态环境现状, 提出的建设措施缺乏定量模型的支持。

面对西藏高原日益堪忧的生态安全现状, 本文以西藏日喀则地区 18 县市为研究对象, 通过选取典型指标, 建立该区生态安全评价体系, 并采用较为成熟的综合指数评价法初步建立区域生态安全半定量评价诊断预测模型, 并对日喀则地区的生态安全现状进行综合评价。

1 区域概况

日喀则地区地处西藏西南部, 南与尼泊尔、不丹、锡金三国接壤, 有长达 1 354 km 的边境线(图 1)。西接阿里, 北靠那曲, 东临拉萨和山南, 雅鲁藏布江将该地区 $18\ 2 \times 10^4\ \text{km}^2$ 的土地从西向东分为南北两部分, 南部为喜马拉雅山地区, 北部为冈底斯山地区。全地区最高点珠穆朗玛峰, 海拔为 8 848.14 m, 最低点为聂拉木县立新乡境内, 海拔为 1 453 m, 最大相对高差 7 389.14 m, 平均海拔为 4 000 m 以上。由于日喀则地区经纬度跨度大, 气候类型包括高原寒带、亚寒带、温带、干旱半干旱季风气候。冬季寒冷干燥, 多大风风沙, 盛行西南风; 夏季降水集中, 雨热同季; 气温年较差较小, 日较差较大, 干湿分明, 日照丰富, 太阳辐射强, 气象灾害频繁而且严重。这里山高谷深, 地质地貌复杂, 气候差异显著, 生态环境脆弱, 自然灾害频发。

截止到 2001 年年底, 日喀则地区的总人口为 639 181, 年人口增长率在 8‰ 以下, 是西藏自治区人口增长较慢的一个地区。其中农牧业人口占总

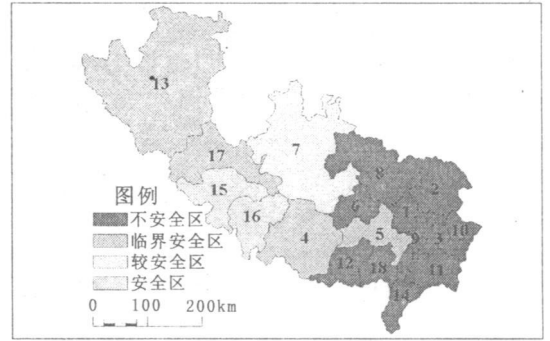


图 1 西藏日喀则地区地理位置示意图

Fig. 1 Location of Xigaz Prefecture in Tibet

人口的 90.3%。1996~2001 年, 日喀则地区保持年平均经济增长 11.37% 的发展速度, 2002 年全地区国内生产总值 (GDP) 达 28.91 亿元, 经济增长速度为 14.2%。经济结构调整初见成效, 一、二、三产业比例由 2001 年的 42:11:47 调整为 38:15:47。随着经济的不断增长, 人民生活水平也不断提高, 其中 2002 年农牧民人均纯收入 1 690 元, 同比增长 8.6%, 但绝大部分仍是在农村从事总量增长的粗放式农牧业生产中获得的。

2 生态安全评价指标体系的构建

本文应用联合国 OECD 和 UNEP 提出的“压力-状态-响应”概念模型 (PSR) 作为日喀则地区生态安全评价指标体系的基本框架^[28]。PSR 模型突出了环境受到的压力和环境退化之间的因果关系, 用该模型得出的结果与可持续环境目标之间的联系较密切。

2.1 构建原则

构建模型时, 一方面要遵循生态系统的一般规律, 另一方面必须考虑西藏高原高寒的区域特征。为了客观、全面地计算区域生态安全的程度, 本文遵循科学性、完备性、简洁性、动态性、空间性和资料的可获取性原则。根据上述原则, 选取自然、社会、经济三方面的主要因子作为生态安全综合评价要素。其评价的核心是人类经济活动是否在生态承载力和生态可持续能力的阈值之内。

2.2 构建方法

本文采用层次分析法 (AHP)^[29], 将影响日喀则地区生态安全的因子进行分解, 归纳为下列层次结构体系: 第一, 目标层。本文以日喀则地区生态环境安全综合指数 (RBSI) 作为目标层, 用来综合表征日喀则地区生态安全态势。第二, 准则层。即

制约全区生态安全的主要因素,也可以理解为分目标层。本文以自然人文压力(S1)、生态系统状态(S2)和人文社会响应(S3)作为准则层的评判依据。第三,指标层。该层由可直接度量的指标构成,是日喀则地区生态安全综合指标体系最基本的层面。

对不同研究区域,评价标准往往不同。以日喀则地区为例,自然生态系统变化相对社会经济系统变化相对较大;从影响环境的三个过程即物理过程、化学过程和生物过程来看,化学过程对环境的影响又极其微小。日喀则地区用于农业生产的化肥和农药的施用量远远低于国家标准,因此,可以不将化学因素作为评价指标,而只侧重考虑物理过程和生物过程。

根据准则层各项特征和意义,本文S1层选取年均气温(℃)、年均降水量(mm)、人口数量(人)、人口自然增长率(‰)、大小牲畜数量(万头)和国民生产总值(万元)6个典型指标,指标号依次为1~6。S2层选取土壤侵蚀(水蚀、风蚀、冻融侵蚀)强度指数(无量纲)、施肥量(t)、草地初级生产力(kg/hm²)、有效灌溉面积(hm²)、林地面积(hm²)、水域面积(hm²)、沙地面积(hm²)和草地面积(hm²)8个典型指标,指标号依次为7~14。S3层选取国家政策行为、技术发展及应用、人为减压生态工程建设力度和状态改善指数4个指标,指标号依次为15~18。利用中国科学院遥感应应用研究所已建立的青藏高原“一江两河”生态环境评价专家知识库^[30],判定这18个评价因子的权重。

尽管AHP可以确定各评价指标对日喀则地区生态安全的贡献量,但由于各系数间的量纲不统一,各指标之间缺乏可比性。因此,在利用上述指标时,必须对参评因子进行标准化处理,用标准化方法来克服参数间不可比性。参评因子的标准化公式如下:

$$Y = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 10$$

式中, Y为参评因子的标准化赋值; X_i为实测值; X_{max}为实测最大值; X_{min}为实测最小值。Y大则表示该因子对环境的影响大,反之则小。

如果某因子值的环境质量概念含义与上式的表征相反(如土壤侵蚀强度越大,环境质量越差),则该参评因子的标准化量化公式为:

$$Y = 10 - \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 10$$

式中各参数含义同上式。

3 日喀则地区生态安全状况综合评价

3.1 评价指标来源及结果

评价指标1~14的数值来源于统计年鉴、遥感识别和野外调查,各指标实测值、最大值和最小值见表1。指标15~18由专家直接打分得到,因为无需计算,所以未列入表1。

表1 各指标得分数据来源
Table 1 Source data of all indices score

指标号	X _i	X _{max}	X _{min}
1	6.7	7.2	6
2	417.1	600	283.7
3	642374	642374	553392
4	5	23.9	5
5	570.14	570.14	530.59
6	290231	290231	51197
7	3.94	3.97	3.55
8	10859.1	18133.3	8439.7
9	1487.25	2839.5	408
10	106.5	106.5	62.3
11	283352.6	283352.6	219966.1
12	8269.66	937761.5	8269.66
13	111551	111551	29797
14	145480	145480	1189682

由表1,可以计算出各指标最终得分(表2)。

表2 各指标最终得分
Table 2 Final score of all indices

指标号	得分	权重系数	最终得分
1	5.83	0.026	0.15
2	4.22	0.042	0.18
3	0	0.175	0
4	10	0.043	0.43
5	0	0.107	0
6	0	0.077	0
7	0.71	0.074	0.05
8	2.5	0.033	0.08
9	4.44	0.050	0.22
10	10	0.008	0.08
11	10	0.021	0.21
12	0	0.021	0
13	0	0.012	0
14	10	0.012	0.12
15	6	0.06	0.36
16	7	0.095	0.67
17	8	0.090	0.72
18	4	0.055	0.22

3.2 总体评价

根据各指标的得分结果(表2),结合AHP综合评价模型计算出的权重值,区域生态环境安全综合指数RBSI为:

$$RBSI = \sum_{i=1}^{18} S_i F_i$$

式中,RBSI代表区域生态安全综合指数, S_i 代表各指标赋值结果, F_i 代表各指标的权重大小。这样计算出的日喀则地区2003年生态安全综合指数为3.49。

由于计算所得的综合指数值往往不符合人们判断“好”和“差”的习惯,因此需要采用级差标准化的方法,将指标的标准化值和综合指数值转换为等级值,即建立评判集与标准化值的概念关联。本文的综合指数值是由18个要素加权得来的,计算结果总是随机分布在0~10之间,本文采用等间距法将生态系统安全综合指数划分为5个等级,即重警状态 $0 \leq RBSI < 2$ ();中警状态 $2 \leq RBSI < 4$ ();预警状态 $4 \leq RBSI < 6$ ();较安全状态 $6 \leq RBSI < 8$ ();安全状态 $8 \leq RBSI \leq 10$ ()。由此确定区域是否处于安全状态。

按这一划分标准,日喀则地区生态系统安全状况已处于中警状态,这与当地的实际状况大体相符。全区水土流失、草场退化和洪涝灾害等生态环境问题由来已久,近年来更呈恶化趋势。若不及时采取有效措施,全地区生态系统将趋于崩溃而无法恢复。

为了搞清日喀则地区生态安全的空间分异规律,利用上述方法分别计算出全区18县市2003年的生态安全指数(表3)。

在18个县市中,吉隆县生态安全综合指数值最大,为4.14,且是唯一一个处于预警状态的县,其余各县都处于中警状态,尤以定结县和岗巴县最为突出。换言之,全区除吉隆县生态系统尚可维持基本功能外,其它地区生态系统服务功能已严重退化,生态系统结构破坏较大,生态灾害较多。日喀则地区除雅鲁藏布江及其主干支流河谷和高山湖盆区外,大部分山地高差悬殊,坡度较大,坡体陡峭,决定了其山地生态系统稳定性较差,抗外界干扰能力较弱,在集中降雨的作用下,滑坡、泥石流等自然灾害频发;另外,高寒多风的气候特征,加速了高原面和河谷地区的土地沙化过程,对该区生态环境造成严重危害;加之土层薄,土壤质量差,生产能

表3 日喀则地区18县市生态安全综合评价结果

Table 3 Ecological security assessment result of 18 counties in Xigaz Prefecture

县市代号	县市名称	生态安全综合指数	等级
1	日喀则	3.43	
2	南木林	3.47	
3	江孜	3.41	
4	定日	3.50	
5	萨迦	3.66	
6	拉孜	3.46	
7	昂仁	3.90	
8	谢通门	3.44	
9	白朗	3.41	
10	仁布	3.48	
11	康马	3.46	
12	定结	3.29	
13	仲巴	3.53	
14	亚东	3.33	
15	吉隆	4.14	
16	聂拉木	3.93	
17	萨嘎	3.54	
18	岗巴	3.26	

力弱,生态系统结构简单,自我调节功能较差等因素,这些环境特征共同决定了日喀则地区生态安全阈值小,抗外界干扰能力弱,极易受人类活动的干扰和破坏而发生退化,而一旦遭到人类的干扰和破坏,则很难恢复重建。当地人集中居住于河谷和湖盆区,使得该区人地关系矛盾更加突出,人类活动对生态环境的影响较大,并与降水、气温等生态因子叠加作用,致使该区生态环境日趋恶化。人类活动对日喀则地区生态环境的影响主要表现在过度放牧、樵采破坏植被、土地掠夺式经营利用等方面。

由于日喀则地区2003年生态安全综合指数为3.49,所以18县市的生态安全指数都与之接近。为体现区域分异,不能沿用上述分类系统,在参考原有科学研究成果和咨询专家的基础上,以计算出的最大值和最小值的差值为量程,采用等间距法绘制出日喀则地区18县市生态安全等级区域分异图(图2)。该图清晰的反映出全区生态安全的东西差异。生态环境相对不安全区全都位于地区东部,包括雅鲁藏布江中下游和年楚河流域的日喀则市、拉孜县、谢通门县、南木林县、江孜县、白朗县、仁布县,以及喜马拉雅山北坡的康马县、岗巴县、定结县、亚东县,约占全区总面积的32.14%。这些地区人口稠密,自古以来就是藏族人民主要文化发源地和世代聚居地,因此生态系统受人为破坏最为严重,已到濒临崩溃边缘。临界安全区包括日喀则中

部的萨迦县、定日县及位于地区西部海拔较高的萨嘎县和仲巴县, 约占全区总面积的 43.46%。萨迦和定日部分地区受河谷盆地风沙活动的干扰, 土地沙化严重; 萨嘎县和仲巴县虽然人口稀少, 但由于自然条件严酷, 生态系统敏感脆弱, 加之牲畜数量增长过快, 导致区域天然草场严重退化。较安全区只有昂仁县, 昂仁位于日喀则地区西部宽谷湖盆半干旱游牧区, 所以维持该区生态安全的措施是加强草场管理, 控制畜群数量, 以维持生态系统平衡。吉隆县和聂拉木县是日喀则地区的相对生态安全区, 在喜马拉雅山南坡加强天然林和坡地灌木的保护是维持区域生态安全的重要手段, 在北坡应积极发展草场围栏和灌溉, 以提高土地承载力。总之, 日喀则地区生态安全整体水平较低, 且东西分异规律明显。

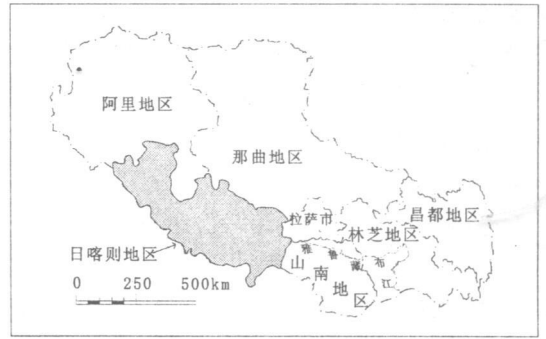


图 2 日喀则地区 18 县市生态安全区域分异

Fig 2 Regional differentiation of ecological security of 18 counties in Xigaz Prefecture

4 生态安全建设措施

日喀则地区地貌复杂, 生态类型多样 (表 4),

表 4 日喀则地区生态环境建设分区

Table 4 Zoning of ecological environmental construction in Xigaz Prefecture

生态环境建设分区	雅江中上游半干旱河谷农田生态重点建设区	喜马拉雅山北坡半干旱旱地草地生态建设区	念青唐古拉山南坡半湿润山地草地生态建设区	西部原半干旱高寒宽谷湖盆草地生态建设区	喜马拉雅山南麓湿润半湿润山地森林生态建设区
位置	雅江中游下段宽谷, 及其支流年楚河、湘曲、夏布曲、仁布曲、多雄藏布下游宽谷等	位于日喀则地区东南部, 包括雅江河谷以南的喜马拉雅山北坡山地	位于日喀则地区东北部念青唐古拉山南坡	位于日喀则地区西部山原宽谷湖盆地带	位于喜马拉雅山南坡
区域面积	19 587.87 km ² , 10.8%	57 803.47 km ² , 31.87%	19 346.2 km ² , 10.7%	75 815.07 km ² , 41.81%	8 791.3 km ² , 4.83%
区域人口	319 902人, 58.5%	149 547人, 27.3%	41 200人, 7.5%	29 323人, 5.4%	6 821人, 1.2%
自然特征	河谷地貌, 温带半干旱气候, 草地和灌丛植被, 各种环境问题的主要“承载区”, 生态环境问题突出	山地和湖盆宽谷地貌, 温带半干旱气候, 海拔高, 热量条件较差, 降水量少, 畜牧业为主要产业	中高山山地地貌, 海拔高, 地形起伏大, 半湿润季风气候, 畜牧业为主要产业	高原湖盆宽谷地貌, 海拔高, 地形平缓, 温带干旱气候, 热量少, 温度低, 降水少, 单一畜牧业	深切割山地和冰蚀极高山山地地貌, 地形陡峭, 湿润, 半湿润季风气候, 森林植被
生态环境问题	干旱造成的土地沙化和荒芜严重; 农林牧基础差, 缺乏人工防护体系; 水土流失强烈, 土地退化严重; 农村燃料缺乏, 草场结构不合理, 草畜矛盾突出, 植被破坏严重; 河道摆动大, 泥石流和洪灾对农田、草地危害巨大	海拔高, 干旱和低温霜冻危害较大; 草场结构不合理, 草畜矛盾突出, 草场退化严重; 耕地分布零星, 土地退化, 中低产田比例较大; 干旱缺水, 土地荒漠化, 水土流失严重; 自然灾害频繁严重	海拔高, 地形起伏大, 斜坡稳定性差, 水土流失严重, 草地退化, 自然灾害频繁严重	高寒干旱, 植物生长缓慢, 生态环境极其脆弱, 抗外界干扰能力极差, 一旦遭到破坏, 难于恢复。干旱缺水, 冷季草畜矛盾突出, 草场退化严重	地形陡峭, 山地斜坡极不稳定, 灾害严重, 人地关系矛盾突出, 土地退化, 森林生态系统破坏严重
治理方向	以农田生态建设为核心, 开展生物防护体系建设, 草地、林地生态建设, 河道治理, 水土流失、土地荒漠化防治和能源基地建设	以草地生态建设为核心, 在朋曲等河谷低海拔处开展农田和林地生态建设, 进行河道治理、水土流失和土地荒漠化防治	以草地生态建设为核心, 加强农田和林地建设和水土流失治理	以草地生态建设为核心, 加强水土流失和河道治理, 恢复退化草地生态系统	以森林生态建设为核心, 实施水土保持工程, 恢复退化森林生态系统

根据生态环境特征和问题,结合地形地貌、土壤、植被、气候等生态环境要素和生态安全建设的需要,并适当考虑行政乡界的完整性,可将日喀则地区划分五大生态环境建设区:(1)雅鲁藏布江中上游半干旱河谷农田生态重点建设区;(2)喜马拉雅山北坡半干旱山地草地生态建设区;(3)念青唐古拉山南麓半湿润山地草地生态建设区;(4)西部原半干旱高寒宽谷湖盆草地生态建设区;(5)喜马拉雅山南麓湿润半湿润山地森林生态建设区。其中雅江中上游半干旱河谷区是生态环境重点治理区。在分析研究各建设区生态环境现状、特征和问题基础上,提出各区生态环境建设治理途径(见表4)。

5 结论与讨论

日喀则地区是西藏政治经济文化的中心区之一,在西藏占有重要地位。由于气候寒冷干旱,土地沙化、草地退化、水土流失非常严重,频发的各种自然灾害危害也极大;加之农牧业开发历史悠久,人口增长快,人类经济活动强度不断增大,导致区内生态环境趋于恶化,目前的生态安全综合指数仅为3.49,处在中警状态。分县计算的生态安全指数,也得到类似结果,除吉隆县属预警状态,其余17县市都为中警状态,并且生态安全问题突出的11县市全部集中在日喀则地区东部的雅鲁藏布江下游及其支流谷地,即日喀则地区东部32.14%的面积上集中了全区69.99%的人口,而中西部地区人口稀少,生态环境相对较好。总之,日喀则地区生态环境的退化严重制约了该区社会经济的发展 and 人民生活水平的提高,其生态环境问题主要是人类不合理的经济活动造成的,今后应加强领导,做好组织管理工作,依法保护和治理生态环境,大力推广先进适用的科技成果,为实现全区繁荣稳定和社会经济的可持续发展起到积极作用。

在国家政策的支持下,西藏自治区政府正在根据本文提供的生态安全建设途径和具体内容,进行认真的准备。按照本文的计算模型,在完成上述治理任务后,全区的生态安全水平至少可以恢复到较安全状态。

本文对生态安全的评判主要依据人类活动是否破坏生态系统,以及破坏的生态系统是否威胁到人类的生存和发展。由于地区资料有限,大部分统计资料以县为单位,且居民主要生活在自然条件相对较好的河谷盆地,对河谷的影响程度必然超过行

政单位的平均水平,因此本文的计算结果只能代表各县宏观上的整体水平。

参考文献:

- [1] Ezeonu I C, Ezeonu F C. The environment and global security [J]. *The Environmentalist*, 2000, 20(1): 41-48
- [2] Dennis Prages. Demographic Change and Ecological Security [R]. ECSP Report 3, 1997
- [3] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容 [J]. *应用生态学报*, 2002, 13(3): 354-358
- [4] Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem health: New goal for environmental management [M]. Washington DC: Island Press, 1992
- [5] Dobson A P, Bradshaw A D, Baker A J M. Hopes for the future: Restoration Ecology and Conservation Biology [J]. *Science*, 1997, 277: 515-522
- [6] Norton S B, Rodier D J, Gentile J H, et al. A framework for ecological risk assessment at the EPA [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1992, 11: 1663-1672
- [7] Bascietto J J. Risk Assessment: Logic and Measurement [A]. Strojjan C L. A framework for ecological risk assessment: Beyond the quotient method [C]. Michigan: Ann Arbor Press, 1998: 11-22
- [8] Rapport D J. Evaluating landscape health: integrating social goals and biophysical process [J]. *Journal of Environmental Management*, 1998, 53: 1-15
- [9] Boughton D A, Smith E R, O'Neill R V. Regional vulnerability: A conceptual framework [J]. *Ecosystem Health*, 1999, 5: 312-322
- [10] 杨京平, 卢剑波. 生态安全的系统分析 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002
- [11] Kaly U, Pratt C. Environmental vulnerability index [R]. SOPAC Technical Report 306, Suva, Fiji, 2000
- [12] 孔红梅, 赵景柱, 姬兰柱, 等. 生态系统健康评价方法初探 [J]. *应用生态学报*, 2002, 13(4): 486-490
- [13] Bamthou LW. The role of models in ecological risk assessment [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1992, 11: 1751-1760
- [14] 黄方, 刘湘南, 张养贞. GIS支持下的吉林省西部生态环境脆弱态势评价研究 [J]. *地理科学*, 2003, 23(1): 95-100
- [15] 赵莹雪. 山区县域农业可持续发展综合评价研究——以五华县为例 [J]. *地理科学*, 2003, 23(2): 223-229
- [16] 刘惠清, 许嘉巍, 吴秀芹. 西藏自治区乃东县生态系统的健康性评价 [J]. *地理科学*, 2003, 23(3): 366-371
- [17] 陈国阶. 我国西部生态退化的社会经济分析——以川西为例 [J]. *地理科学*, 2002, 22(4): 390-396
- [18] Schaeffer D J, Henricks E E, Kerster H W. Ecosystem health: I. Measuring ecosystem health [J]. *Environmental Management*, 1988, 12(4): 445-455
- [19] 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问

- 题 [J]. 地理科学, 2003, 23(3): 264~270.
- [20] 郭晋平. 景观生态学的学科整合与中国景观生态学展望 [J]. 地理科学, 2003, 23(3): 277~281.
- [21] 董瑞琨, 许兆义, 杨成永. 青藏高原线型工程及其生态环境研究 [J]. 地质灾害与环境保护, 2000, 11(4): 283~286
- [22] 刘淑珍, 周麟, 仇崇善, 等. 西藏自治区那曲地区草地退化沙化研究 [M]. 拉萨: 西藏人民出版社, 1999.
- [23] 董光荣, 董玉祥, 李森, 等. 西藏“一江两河”中部流域土地沙漠化防治规划研究 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- [24] 张建平, 陈学华, 邹学勇, 等. 西藏自治区生态环境问题及对策 [J]. 山地学报, 2001, 19(1): 81~86.
- [25] 成升魁, 沈镭. 青藏高原人口、资源、环境与发展互动关系探讨 [J]. 自然资源学报, 2000, 15(4): 297~304.
- [26] 李明森. 青藏高原环境保护对策 [J]. 资源科学, 2000, 22(4): 78~82
- [27] 刘庆. 青藏高原东部(川西)生态脆弱带恢复与重建研究进展 [J]. 资源科学, 1999, 21(5): 81~86
- [28] 葛全胜, 赵名茶, 郑景云, 等. 中国陆地表层系统分区——对黄秉维先生陆地表层系统理论的学习与实践 [J]. 地理科学, 2003, 23(1): 1~6
- [29] 苏培玺, 张小军, 刘新民. 荒漠绿洲 PRED 系统特征与可持续发展定量研究 [J]. 地理科学, 2001, 21(6): 519~524.
- [30] 张增祥, 彭旭龙, 陈晓峰, 等. 西藏自治区中部地区资源环境遥感监测与综合评价研究 [M]. 北京: 宇航出版社, 1998.

Ecological Security Assessment and Eco-environment Construction of Xigaz Prefecture on Tibetan Plateau

ZHAO Yan-Zhi¹, ZHANG Chun-Lai¹, ZOU Xue-Yong¹, CHENG Hong¹, CHEN Xue-Hua², YANG Zhong²

(1 China Center of Desert Research, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2 Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China, Beijing 100875; 2 Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan 610041)

Abstract The ecological security assessment system of Xigaz Prefecture in Tibetan Autonomous Region is established with PSR (Pressure-State-Response) model and AHP (analytic hierarchy process). Ecological security status in Xigaz Prefecture is also comprehensively evaluated in this paper. Study results show the ecological environment in Xigaz Prefecture has deteriorated to the middle-alarm status at present. Deterioration of ecological environment has become the major barrier to local economic development and social advancement. In the meantime, the ecological security indices of 18 counties have been calculated one by one, the indices of all of the counties are in the middle-alarm status, except Gyirong County, and there exists remarkable regional differentiation, the problem of ecological security in east is more predominant. Furthermore, proposals for improving the ecological environment are put forward according to the regional differentiation of ecological factors and the requirement of ecological security construction. It is suggested to build five regions for ecological environment construction. At the same time, the ecological characteristics, problems and the countermeasures of each region are expatiated.

Key words ecological security; PSR model; Xigaz Prefecture; eco-environment construct