

西藏高原生态安全评价方法与应用

——以西藏自治区曲松县为例

李苏楠, 赵延治, 史培军

(北京师范大学资源学院, 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875)

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, 建立了西藏曲松县生态安全评价体系, 综合评价了曲松县生态安全现状。结果表明, 当前曲松县生态安全状况处于预警状态, 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。从气候变化、资源利用和人类经济活动的角度阐述造成这一严重生态环境问题的自然和社会根源, 提出适合曲松县改善生态安全现状的主要途径。

关键词: 生态安全; PSR 模型; 层次分析法; 曲松县

中图分类号: X 171. 1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0142-04

Method and Application of Ecological Security Analysis in Tibet Plateau

——A Case Study in Qusum County

LI Su-nan, ZHAO Yan-zhi, SHI Pei-jun

(College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of the Ministry of Education, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Making use of PSR conceptual model of ecological security and hierarchy analysis method, evaluation system of ecological security of Qusum county, Tibet Autonomous Region is established. The results show that present ecological security in Qusum county is in a yellow alert state, eco-environmental problems become the main limiting factors for the local economic development. The natural and social origins of those eco-environmental problems are expounded from the point of climatic changes, resources exploitation and human activities, some available approaches are brought forward to improve the status of ecological security of Qusum county.

**Key words:** ecological security; PSR model; hierarchy analysis method; Qusum county

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<sup>[1]</sup>。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<sup>[2~4]</sup>。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<sup>[5~7]</sup>,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<sup>[4]</sup>。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。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<sup>[5,8~10]</sup>但至今未有较为完善并被普遍采纳的指标体系。生态安全评价方法主要有综合评价方法、生态模型方法和景观生态学法。其中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,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<sup>[11~13]</sup>的生态安全评价中。

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,开始大量建设工程如开采煤矿、铺设输油管道和光缆、修筑公路、铁路等,以点状和线状的形式引起局部生态环境退化<sup>[14]</sup>,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、野生动物生活规律改变等问题。此外,快速增加的人口和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。西藏退化草地面积已达 $11\,428\times 10^3\text{ hm}^2$ <sup>[15]</sup>,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<sup>[16]</sup>。每年因自然灾害造成的直接经济损失达亿元以上<sup>[17]</sup>。针对西藏高原生态环境现状,学者们利用统计资料进行了大量有用的定性研究,例如刘庆<sup>[18]</sup>利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,成升魁<sup>[19]</sup>通过计算西藏高原的环境承载

\* 收稿日期: 2005-04-11  
基金项目: 教育部跨世纪人才计划资助  
作者简介: 李苏楠(1963-),男,江苏人,在职博士,从事土地管理与信息化研究。

力, 提出了青藏高原可持续发展的新思路。

本文以西藏自治区曲松县为例, 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, 初步建立区域性生态安全半定量的评价诊断预测模型, 并对曲松县的生态安全现状进行综合评价。

### 1 区域概况

曲松县位于青藏高原东南部雅鲁藏布江中下游谷地, 行政区划属于西藏自治区山南地区(图1)。地理座标为N28°37'42"~29°16'27", E91°59'24"~92°28'26", 东西最大跨度近48 km, 南北约为72 km, 总面积1 967 km<sup>2</sup>。全县下辖5乡、镇, 总人口15 635人(2001年统计数据)。境内平均海拔3 800 m, 属高原半干旱大陆性季风气候, 冬春干燥、寒冷、多风; 夏秋两季暖湿多雨, 年平均降水量411.6 mm, 6~9月份降水占全年降水量的88%; 河谷盆地多年平均气温6.6℃, 日照充足, 辐射强烈, 无霜期117 d, 水热分配具有明显的垂直地带性。属半农半牧经济, 自然条件、社会和经济状况在西藏自治区具有一定代表性。

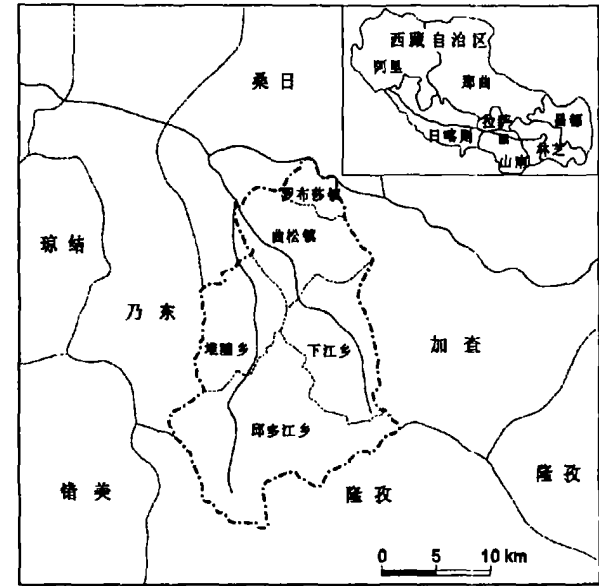


图1 西藏曲松县地理位置示意图

由于西藏自治区实行特殊的人口政策, 曲松县人口增长较快。20世纪80年代中期以来的人口年均自然增长率为15.61‰, 远远高于全国的平均水平。受自然条件和历史因素的制约, 全县经济仍以传统的农牧业为主, 各项工农业生产技术落后, 受自然灾害的影响较大。2000年人均纯收入1 040元, 初步解决了农牧民的温饱问题。

### 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)<sup>[20]</sup>作为曲松县生态安全评价指标体系的基本框架(图2)。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, 另一方面必须考虑青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, 依其整体性优势综合、全面地反映区域环境各个方面的具体特征和整体状况。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。

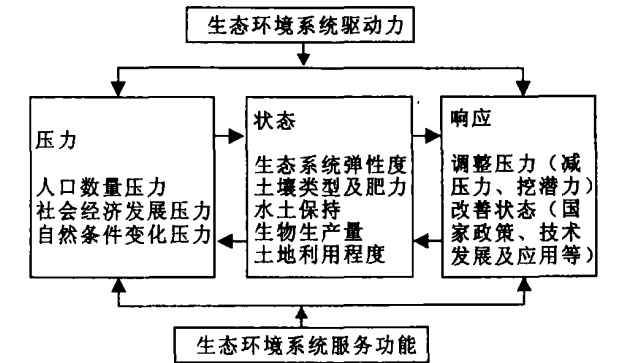


图2 区域生态安全评价概念框架

#### 2.2 构建方法

运用层次分析法(AHP), 将影响曲松县生态系统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。以曲松县生态环境系统安全综合指数(ESI)作为目标层, 用来综合表征曲松县生态系统安全态势。第二, 准则层。即制约曲松县生态环境系统安全的主要因素, 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。指标层由可直接度量的指标构成, 是曲松县生态环境系统安全综合指标体系最基本的层面。由于工业不发达, 全县几乎没有环境污染, 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, S1层选取年平均温度、年平均降水量、人口数量、人口自然增长率、大小牲畜数量和国民生产总值6个典型指标, S2层选取土壤侵蚀(水蚀、风蚀、冻融侵蚀)强度指数、草地初级生产力、土壤肥力、土地利用程度、沙地面积、裸岩石砾地面积、林地面积和草地面积8个典型指标, 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四个指标。利用中科院遥感所已建立的青藏高原“一江两河”生态环境评价专家知识库<sup>[21]</sup>, 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曲松县生态安全的贡献量, 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:

$$Y = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 10 \tag{1}$$

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

如果某因子的量化分级值的环境质量概念含义与上式的表征相反(如自然灾害频度越高, 环境质量越差), 则该参评因子的标准化量化公式为:

$$Y = 10 - \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 10 \tag{2}$$

式中各参数含义同上式。

### 3 曲松县生态安全状况综合评价

#### 3.1 评价指标来源及结果

评价指标数值来源、赋值方法见表1。

表 1 评价指标数值来源及赋值方法			
指标号	指标名称	数值来源	赋值方法
1	年平均温度/	气象站实测资料	0~10分
2	年均降水量/mm	气象站实测资料	0~10分
3	人口数量/人	民政局统计资料	0~10分
4	人口自然增长率/%	民政局统计资料计算	0~10分
5	大小牲畜数量/头	民政局统计资料	0~10分
6	经济发展水平/10 <sup>4</sup> 元	民政局统计资料	0~10分
7	土壤侵蚀强度指数	遥感加野外调查 <sup>[21]</sup>	0~10分
8	土壤有机质含量/%	野外采样分析	0~10分
9	初级生产力/(kg·hm <sup>-2</sup> )	遥感调查+民政局统计资料 <sup>[21]</sup>	0~10分
10	土地利用程度	遥感调查+民政局统计资料 <sup>[21]</sup>	0~10分
11	沙地面积/10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup>	遥感调查+民政局统计资料 <sup>[22]</sup>	0~10分
12	裸岩、石砾地面积/10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup>	遥感调查+民政局统计资料 <sup>[22]</sup>	0~10分
13	林地面积/10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup>	遥感调查+民政局统计资料 <sup>[22]</sup>	0~10分
14	草地面积/10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup>	遥感调查+民政局统计资料 <sup>[22]</sup>	0~10分
15	国家政策导向	民政局统计资料+专家打分	0~10分
16	生产技术的发展应用	民政局统计资料+专家打分	0~10分
17	生态工程建设力度	民政局统计资料+专家打分	0~10分
18	环境状态改善指数	民政局统计资料+专家打分	0~10分

表 2 各指标得分资料来源														
指标号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$x_i$	7.0	411.6	15635	0.46	133282	4116.79	4.35	1.46	82.3	0.2092	0.48	1.69	2.34	13.83
$x_{\max}$	7.7	621.5	15635	2.72	144199	4116.79	4.35	3.78	189.3	0.2092	0.48	1.69	2.34	16.25
$x_{\min}$	6.1	222.5	12511	0.46	125927	1493.04	3.92	0.54	27.2	0.2088	0.22	0.91	1.05	13.83

据此,可以计算出各指标最终得分(表 3)。

表 3 各指标最终得分

指标号	得分	权系数	最终得分
1	5.33	0.0217	0.1157
2	4.74	0.0355	0.1683
3	0	0.1493	0
4	10	0.0364	0.3640
5	5.97	0.0910	0.5433
6	0	0.0661	0
7	0	0.0958	0
8	2.84	0.0430	0.1221
9	3.40	0.0653	0.2220
10	10	0.0104	0.1040
11	0	0.0267	0
12	0	0.0267	0
13	10	0.0161	0.1610
14	0	0.0161	0
15	8	0.0483	0.3864
16	6	0.0288	0.1728
17	6	0.0831	0.4986
18	2	0.1397	0.5588

按这一划分标准,曲松县生态安全状况属于中警状态。这与中科院遥感所 2000 年的调查结果<sup>[21]</sup>基本一致。该县水土流失、草场退化和洪涝灾害等生态环境问题由来已久,加之人为不合理利用土地资源,导致生态系统退化。如果不及

时采取有效措施,全县生态系统将趋于崩溃而无法恢复。

## 4 生态安全退化原因

### 4.1 生态系统脆弱易损,植被退化严重

曲松县地貌外营力作用十分强烈,地表物质处于不断的侵蚀、搬运和堆积过程中,生态环境变迁剧烈,自然生态系统处于极大的不稳定和强烈的变化之中。其成土母质主要为残

各指标实测值、最大值和最小值见表 2, S3 层由于是专家直接打分得到,未列入下表。

### 3.2 总体评价

根据各指标的赋值结果(表 3),结合 AHP 综合评价模型计算出的权重值,区域生态环境系统安全综合指数  $ESI$  为:

$$ESI=\sum_{i=1}^{18}S_iF_i\tag{3}$$

式中: $ESI$ ——区域生态系统安全综合指数; $S_i$ ——各指标赋值结果; $F_i$ ——各指标的权重大小。按此计算,曲松县 2000 年和 1988 年的生态系统安全综合指数分别为 3.417。

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  $ESI<2$ ; 中警状态 2  $ESI<4$ ; 预警状态 4  $ESI<6$ ; 较安全状态 6  $ESI<8$ ; 安全状态 8  $ESI=10$ 。由此确定区域是否处于安全状态<sup>[21]</sup>。

坡积、冲洪积和洪积母质,这就决定了土壤以沙质土壤为主,成熟度低,结构松散,保水保肥能力差。加上当地气温低,热量不足,微生物活动受到限制,有机质分解缓慢,导致土壤肥力普遍低下,土层发育年轻,抗侵蚀能力弱。由于该地降水主要集中在 6~9 月,且具暴雨性质,因此容易发生水土流失。生态系统的易损性,决定了原有的生态系统一旦遭到破坏,便难于自然恢复,只有通过人为介入,才能使生态系统恢复到良性循环。在水土流失严重的局部地段,因土壤有机质和黏粒成分大量损失,更加难以恢复,甚至无法恢复。

曲松县植物具有很强的隐域性,半灌木蒿属植物占据的地盘逐渐扩大。组成群落的植物种类单一,单优群丛和基群丛广布全境,景观多样性指数小,群落物种的多样性指数更小,群落的稳定性极差,生态系统非常脆弱。一旦群落被破坏,恢复起来非常困难。譬如,邱多江江塘村和下江乡穷布堆村,由于缺少薪炭,香柏被连根挖掘,群落遭到严重破坏。恢复到香柏群落原来的盖度至少需要几十年甚至百年的时间。

### 4.2 土壤侵蚀营力复杂,水土流失严重

对以农牧业为主的曲松县而言,水土资源状况的恶化态势尤为严峻。全县土壤侵蚀的类型主要有水力侵蚀、冻融侵蚀和风力侵蚀 3 种,其中水蚀面积最大,其次是冻融侵蚀,风蚀面积最小。

从 1990~1995 年,曲松县土壤侵蚀综合指数明显降低,由高于“一江两河”地区 18 个县(市)下降为明显低于全区平均水平,总体上看属于强度侵蚀区。土壤侵蚀综合指数动态变化是在不考虑土壤侵蚀类型情况下,针对植被覆盖度、植被结构、坡度、坡向、海拔高度和沟谷密度对区域土壤侵蚀的综合状况进行定量分析的比较结果。这一指数的变化与土壤侵蚀强度变化方向相反,反映了全县土壤侵蚀强度上升趋势。2001 年调查结果较以前更为严重,强度侵蚀区虽然面积上有所减少,但轻度侵蚀区却迅速扩大,迫切要求开展以全县生态环境建设为主的工程措施。

4.3 自然灾害多样、频繁

曲松县居民生活和农牧业生产集中分布在雅江及其支流河谷盆地。山间河谷盆地的地貌特点决定了周边地带地质灾害易发而且频繁, 而不合理的人类活动则触发和加大了自然灾害发生的频率和强度。

首先, 由于曲松境内断裂发育, 新构造运动活跃, 地表物质疏松, 山高谷深坡陡, 由此而产生的山崩、滑坡、泥石流等山地灾害类型多样, 而且分布广泛, 发生频率高, 造成损失严重。境内山地的千枚岩、板岩、炭质页岩、泥灰岩及其变质岩, 岩性侵蚀力弱, 易风化破碎。因风化体中含多年风化碎片, 发育而成的土壤结构不良, 母质碎屑含量高, 保水和抗蚀力弱, 成为泥石流灾害的主要物质来源。这次调查发现, 全县各乡镇普遍存在泥石流灾害, 毁坏村庄、道路、农田。下江乡增嘎村山体发生裂缝, 地基沉降, 造成村民房屋墙壁出现裂缝。

另一类自然灾害是气候灾害。曲松县多年来的自然灾害以气候灾害为主。气候灾害中的雪灾、雹灾、水灾、风灾、霜冻、旱灾等灾害在五个乡(镇)均时有发生, 给农牧民群众和曲松县的经济发展造成了很大损失。据统计, 曲松县5年来农作物受灾面积累计达0.35万hm<sup>2</sup>以上, 成灾面积达0.17万hm<sup>2</sup>, 仅粮食减产就达150万kg。气候灾害往往使刚脱贫的农牧民又重新返贫, 其经济危害、社会危害和生态危害严重。

4.4 人为破坏严重, 治理力度不足

在曲松县生态系统脆弱敏感、自我修复能力差的自然环境背景下, 人类活动极易破坏生态系统的平衡, 触发生态环境退化。尤其是人口的无序增长, 给生态环境造成巨大压力。曲松县1986年只有人口12 511人, 由于实行特殊的人口政策, 人口自然增长率猛增, 从不到10%迅速上升到20%以上, 且一直维持在这一水平, 直到近两年才有所下降, 但仍然高于同期全国8.77%的平均水平。人口的增加, 导致人均耕地面积大幅减少, 而受资源、地形、气候等条件的限制, 宜农土地面积有限, 后备耕地资源数量少, 质量低, 开垦难度大, 一旦盲目毁林毁草开荒, 开垦后的侵蚀隐患大。另外, 畜均草场面积大幅减少, 如果扣除退化的草场面积, 畜均草场面积减少更为严重。目前可利用的草场已基本利用, 增长潜力有限。由于冬季草场严重超载, 牲畜啃食草根, 对草场造成毁灭性破坏, 使大面积草场丧失生产能力。另外农牧民取土盖房, 上山砍伐大量灌木、树根、草根作燃料等, 进一步加剧环境恶化。

5 生态安全建设途径

曲松县的水热条件及其组合存在显著的区域差异, 人口分布极不均匀。因此, 不能以一个完整的行政单元(县、乡或村)作为生态安全建设对象, 必须选择那些生态环境问题突出、具有代表性的区域作为优先建设的重点区。基于以上考虑, 将曲松盆地确定为曲松县生态环境建设的重点地区。提出的主要措施参照评价因子的重要性排序分列如下。

5.1 控制人口数量, 加强法制建设

抑制人口增长是控制曲松县生态环境进一步恶化的最基本手段。但是由于藏族人口宗教意识根深蒂固、受教育程度普遍较低等多种因素的影响, 人口发展基本处于无控制的

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 Pirages. Demographic Change and Ecological Security[R]. ECSP Report 3, 1997.  
[3] Rogers K S. Ecological security and multinational corporation[EB/OL]. <http://www.ecsp.si.edu/ecsp/lib.nsf>, 1999- 11- 13.  
[4] 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.

自然发展状态。出于这种敏感性和复杂性, 政府也不可能采用强制性人口控制政策。未来几年人口过快增长对生态环境的压力将不断增大。

加强法制建设是生态环境保护和生态安全建设的必要保障, 包括开展生态环境建设保护政策、法规的宣传教育, 提高居民环境意识和法制观念; 认真贯彻执行《环境保护法》、《土地法》、《森林法》、《草原法》、《水土保持条例》等与生态环境建设保护有关的法律、法规, 等。

5.2 加大水土流失治理力度, 维持生态系统稳定

水土流失是曲松县生态环境退化、生态系统脆弱易损最主要的原因。因此全面治理水土流失是维持生态系统稳定、进而改善生态环境的前提。泥石流和滑坡是水土流失的极端恶果, 对威胁严重的山地灾害点必须以生物措施和机械措施相结合的手段及时予以治理。

5.3 控制牲畜数量, 加强林草建设

草地植被是曲松县植被的主体。现有草地植被退化一方面 是气候变化的产物, 但更重要的原因是人类不合理的经济活动, 其中草场普遍超载(滥牧)问题最为突出。主要措施是充分保护和改良天然草场, 合理利用草地资源, 杜绝滥牧, 逐步恢复草地植被。

植被退化和森林覆盖率低下是影响生态安全综合指数的主要因素。曲松县堆水河和曲松河中下游河谷地带、罗布莎雅江南岸水热资源较好, 充分利用这些地区有利的气候条件发展林业, 是提高曲松县森林覆盖率尤其是乔木植被的必然途径。对现有不同退化程度的天然灌木林, 必须加大保护力度, 同时大力营造薪炭林, 推广太阳灶, 杜绝滥樵破坏。

5.4 改善农业生态环境, 提高抵御自然灾害能力

在当前脆弱的生态系统背景下, 农业生态环境非常恶劣, 表现为产量低而不稳, 抵御自然灾害的能力差。这是生态安全直接威胁农业经济发展的具体体现, 而落后的农业生产又反过来加剧了生态系统的恶化。当务之急是在不扩大现有耕地面积的前提下, 着力改善农业生态环境, 提高抵御自然灾害的能力。

6 结论与讨论

曲松县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, 生态安全综合指数处于中警状态。同期气候变化有利于植被恢复<sup>[22]</sup>, 所以曲松县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, 为实现曲松县繁荣稳定和社会经济的可持续发展起到积极作用。

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。由于曲松县资料有限, 大部分统计资料以乡镇为单位, 且居民主要生活在自然环境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全县宏观上的整体水平。

坡抗滑段的阻力,公路施工有诱发滑坡复活的可能性,对公路的影响较大,建议在在修建公路前先对该滑坡进行抗滑措施,例如在滑坡中前部修筑抗滑桩,同时在后缘修筑截水沟。

### 5.3 泥石流的防治措施

主要措施有:一般的修建急流槽和涵洞的疏导;对于流通区和堆积区纵坡降较大,治理难度大宜采用格栏坝(同一沟不少于两座)进行拦挡和排导治理。对于以细颗粒物物质为主的泥石流,格栏坝效果不佳,应以排导为主,设置排导槽、导流堤等措施,除以上排导和拦挡措施之外,还应配合相应的生物工程措施才能更好的防治泥石流灾害。

### 5.4 边坡失稳的防治措施

首先应清除崩塌、危岩,再进行削坡减载,削坡比例可以按1:1至1:0.75放坡。为防治坡面水流冲刷,可做挡墙防护并配合生物防治措施以达到护坡、固坡目的。特别严重的岩质边坡,采用挂网喷浆法进行治理。削坡路段的挖方高度超过10 m处,建议削方挖坡时放坡比例按1:1.05设计,必要时在下部设置挡墙,注意排水,对于挖方量大的路段,可进行多台阶式开挖,以减少挖方量。

### 5.5 其它地质灾害的防治措施

参考文献:

[ 1 ] 重庆交通学院工程设计所.西藏阿里地区国道 219 线至扎达公路改建工程可行性研究报告[ R ]. 2003.  
[ 2 ] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[ M ]. 北京:地质出版社,1997.  
[ 3 ] 刘希林,唐川.泥石流危险性评价[ M ]. 北京:科学出版社,1995.  
[ 4 ] 傅立.灰色系统理论及其应用[ M ]. 北京:科学文献技术出版社,1992.  
[ 5 ] 张梁,张业成,等.地质灾害评估理论与实践[ M ]. 北京:地质出版社,1998.

(上接第 145 页)

[ 5 ] Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem health: New goal for environmental management[ M ]. Washington DC: Island Press, 1992.  
[ 6 ] Dobson, Andy P, et al. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation ecology[ J ]. Science, 1997, 277: 515– 524.  
[ 7 ] Norton S B, Rodier D J, Gentile J H, et al. A framework for ecological risk assessment at the EPA[ J ]. Environ Toxicol Chem, 1992, 11: 1663– 1672.  
[ 8 ] EPA. Framework for ecological risk assessment[ R ]. EPA 630/R– 92/001, Risk Assessment Forum, Washington DC. , 1992.  
[ 9 ] Kaly U, Pratt C. Environmental vulnerability indices[ R ]. SOPAC Technical Report 306, Suva, Fiji, 2000.  
[ 10 ] Kong H– M, Zhao J– Z, Ji L– Z, et al. On the method of ecological health assessment[ J ]. Chin J Appl Ecol, 2002, 13 (4): 486– 490.  
[ 11 ] Barnthouse LW. The role of models in ecological risk assessment[ J ]. Environ Toxicol Chem, 1992, 11: 1751– 1760.  
[ 12 ] Kwak S J, Yoo S H , Shin C O. A multi-attribute indices for assessing environmental impacts of regional development projects: A case study of Korea[ J ]. Environ Mana, 2002, 29( 2 ): 301– 309.  
[ 13 ] Tran L T, Knight C G, O’neill R V, et al. Fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the Mid-Atlantic region[ J ]. Environ Mana, 2002, 29(6): 845– 859.  
[ 14 ] 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.  
[ 15 ] 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. 39– 69.  
[ 16 ] 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. 2– 5.  
[ 17 ] 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.  
[ 18 ] 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.  
[ 19 ] 成升魁, 沉镭. 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.  
[ 20 ] 钱海滨, 薛永森, 田彦军. 土地资源合理利用评价研究综述[ J ]. 中国土地科学, 2001, 15(2): 14– 19.  
[ 21 ] 张增祥, 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.  
[ 22 ] 赵延治, 程宏, 王贵勇, 等. 高寒地区土地利用与覆盖变化初步研究——以西藏自治区拉孜县为例[ J ]. 北京师范大学学报, 2003, 39( 2 ): 261– 267.

本区发育三段冻融地质灾害路段,主要为季节性冻土,冻土多由粉土、含砾亚黏土等细颗粒土组成,毛细作用强烈,地下水埋深较浅,会发生冻胀热融作用,破坏路基,可采用粗颗粒土进行换填,保证一定的路基填方高度,设置良好的隔水、排水设施。

## 6 结 语

本次综合评估分别运用灾损率法和风险区划法评价了评估区的地质灾害危险性,两种方法的结果基本吻合。在分区时还考虑地形地貌、岩性、地质构造和不良地质现象的发育程度,将整个公路改建线路分为 13 个大区,结果表明定量评价与定性评价基本吻合。比如 ~ 区定性评价为地质灾害危险性小区,而在采用风险区划法分析评价时,主要为危险性小,; 区定性评价为地质灾害危险性大区,而在采用风险区划法分析评价时,主要为危险性大,仅个别单元危险性为小—中等。这些评价结果与实际基本相符。

根据综合评估结果,建设场地适宜性基本可划分为三类:CK0~CK29、CK40~CK105、CK125~DK16+700 为适宜;CK29~CK40、CK115~CK125 为基本适宜;CK105~CK115 为适宜性差。