

# 喀斯特石漠化预警和风险评估模型的 系统设计——以广西都安瑶族自治县为例

胡宝清<sup>1,2</sup>, 王世杰<sup>1</sup>, 李 玲<sup>2</sup>, 覃开贤<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

2. 广西师范学院资源与环境科学学院, 南宁 530001)

**摘 要:**喀斯特石漠化问题是存在于喀斯特区的一种重要的地质-生态灾害。石漠化灾害的预警分析包括设计警标、明确警情、寻找警源、分析警兆和预报警度等;而石漠化灾害风险评估是在喀斯特石漠化预警分析的基础上,进行灾害危险性评价,结合易损性分析,进行期望损失评估,目的就在于评估和监测石漠化的演变状态与引起的不良环境效应。要构建一个具有操作意义的石漠化灾害预警与风险评估模型库系统,首先要建立一套合理的喀斯特石漠化灾害预警与风险评估概念化模型,据此来辨识石漠化的发育度,诊断潜势度,预警危险度,核算易损度和评估危害度。本文在于揭示脆弱的喀斯特生态环境系统的演变过程及其引起的石漠化灾害系统的成因机理与致灾过程,在此基础上,进行喀斯特生态安全预警和石漠化灾害风险分析指标体系;利用 GIS 技术与空间统计分析和数学模型,建立石漠化灾害风险评估模型,为我国西南喀斯特山区土地石漠化预警和灾害防治评估与不同类型石漠化区的可持续发展提供可借鉴的范例。

**关 键 词:** 预警分析; 风险评估; 模型; 系统设计; 喀斯特石漠化

**中图分类号:** X144; N945.1

受到青藏高原隆升影响,我国西南喀斯特区诱发出一种独特的地质—生态灾害——石漠化问题。喀斯特石漠化是土地荒漠化的主要类型之一,它以脆弱的生态地质环境为基础,以强烈的人类活动为驱动力,以土地生产力退化为本质,以出现类似荒漠景观为标志,强度石漠化对人类生存环境有很大的危害性,且其治理任务将更为艰巨<sup>[1]</sup>。石漠化作为灾害一直未受到足够的重视,其原因可能是对人类的直接影响相对较小,往往带来间接影响,但其危害性是严重的,引发水土流失→石漠化→旱涝灾害加重→生态系统崩溃的连锁灾害效应:,或者诱发其它自然灾害,如洪涝、干旱、水土流失等。同时,该灾害不像某些自然灾害能在短期内消减,而持续相当长的时间才能恢复正常状态,短的几十年,如森林的恢复,长的数百年、上千年,如土壤的恢复。本文以广西都安瑶族自治县为例,在诊断喀斯特石漠化发生、发展过程和驱动机制基础上,进行喀斯特石漠化灾害预警与风险评估分析,构建石漠化灾害预警与风险评估数学模型,依托 GIS 技术,设计喀斯特石漠化预警与灾害风险评估的模型库系统,为研究喀斯特石漠化预警预测和防灾减灾提供科学依据和强有力的技术支撑。

收稿日期:2004-12; 修订日期:2005-02.

基金项目:国家自然科学基金项目“广西喀斯特石漠化灾害风险评估模型研究”(编号:40361002)和广西自然科学基金项目“广西喀斯特石漠化的预警系统研究”(编号:桂科自 0342001-2)资助。

作者简介:胡宝清(1966-),男,博士后,副教授,主要从事石漠化问题,土地科学与区域可持续发展研究。

E-mail:hbq1230@gxtc.edu.cn

# 1 喀斯特石漠化预警和风险评估

## 1.1 喀斯特石漠化及其属性

喀斯特石漠化(Karst rocky desertification),是指在亚热带脆弱的喀斯特环境背景下,受不合理人类活动的干扰破坏所造成的土壤严重侵蚀,基岩大面积出露,土地生产力严重下降,地表出现类似荒漠景观的土地退化过程<sup>[2,3]</sup>。从时空尺度上说,喀斯特石漠化发生在人类活动较强时期的亚热带喀斯特地区;从起因上看,是在潜在的自然因素基础上叠加人类活动所致,其发展趋势决定于人地关系协调与否,是喀斯特地质-生态环境系统内部与外部物质能量结构不匹配与不协调的结果;从结果上看,土地生物产量急剧降低,基岩大面积裸露具类似荒漠景观;水土流失和旱涝是石漠化的直接表现形式,土壤侵蚀是石漠化最直接的影响因素;从本质上看,是一种土地退化过程,石漠化扩展意味着生存环境丧失,是一种典型的地质-生态灾害。

与其它灾害一样,喀斯特石漠化灾害具有孕灾环境、致灾因子、承灾体、灾害监测和预测、风险度评估以及防灾减灾对策等灾害属性和范畴。由于其特有的形成过程,石漠化灾害具有自然和社会双重属性。从地质生态演变角度出发,石漠化灾害具有特定的地质背景、地质作用过程、生物学过程、景观特征、空间范围和时间尺度等6种自然属性,可归纳为不同退化程度、不同发生时间、不同级别的地-空能量效应和不同时空表现形式4个方面<sup>[4]</sup>。石漠化灾害是土地不合理利用发展到一定阶段的产物,只有人类活动与脆弱的喀斯特环境之间的不协调达到或超越临界值,才会产生石漠化灾害,石漠化及其相关的灾害链才能威胁生存环境和造成经济损失。另一方面,将石漠化灾害控制在社会可持续发展所能接受的范围内,尽量减少石漠化灾害带来的损失,因此石漠化灾害具有显著的社会属性。

## 1.2 喀斯特石漠化灾害预警和与风险评估

一般地说,预警系统必须具备描述、解释、评价、预测和对策等五个基本功能。针对喀斯特区的实际情况,石漠化灾害的预警分析包括设计警标、明确警情、寻找警源、分析警兆和预报警度等几个方面。从喀斯特石漠化系统来看,首先选取和确定石漠化分级程度及驱动等有代表性预警指标。通过监测警标,可敏感地反映预警对象在运行中的异常状态,并及时反馈警情,进而加以控制。同时分析所产生某种警情的根源,是属于外生的可控性较弱的警源,还是属于内生的可控性较强的警源。由警源到产生警情是一个过程,包含着警情的孕育、发展、扩大、爆发。警情在爆发之前必有一定的征兆,分析警兆及其报警区间便可预测预报警情。如果说警源是警情产生的原因,则警兆就是警源演变成警情的外部形态表现。依据喀斯特石漠化系统运行与发展的警情区位,可识别其相应的警度,通常将其划分为五个警区范围,即无警(以绿灯表示)、轻警(蓝灯)、中警(浅蓝灯)、重警(黄灯)和巨警(红灯)。根据警兆的变动情况,联系警兆的报警区间,参照警情警限或等级,运用定性与定量方法分析,一旦有“警”发生,通过警度预报系统分析报告“警”的大小,即预报其灾害“发育度”,从而有的放矢地采取相应措施,防止警度扩大和消除警患。石漠化灾害风险评估的目的就在于评估和监测石漠化的演变状态与引起的不良环境效应;即在喀斯特石漠化预警分析的基础上,进行灾害危险性评价。

结合易损性分析,进行期望损失评估。

## 2 预警分析和风险评价数学模型

### 2.1 喀斯特石漠化灾害预警与风险评估概念化模型

要构建一个具有操作意义的石漠化灾害预警与风险评估模型库系统,首先要从理论上解决建模原则和方法问题。其中,从理论上说,首先要建立一套符合逻辑而合理的喀斯特石漠化灾害预警与风险评估概念化模型。从上述分析可以看出,喀斯特石漠化预警分析及其灾害风险评估之间的结合点在于石漠化的危险性,它既是预警分析的目的,又是灾害风险评估的起点。喀斯特石漠化灾害预警与风险评估概念模型为确定警情、寻找警源、辨识警兆、预报警度(预测危险性)、核算易损性和确定风险性,它们之间的内在逻辑联系可用概念化模型来分析,据此来辨识石漠化的发育度,诊断潜势度,预警危险度,核算易损度和评估危害度。

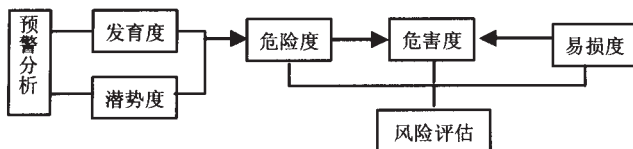


图 1 喀斯特石漠化灾害预警与风险评估概念化模型

Fig.1 Karst rocky desertification

### 2.2 石漠化预警分析模型

预警分析包括需求信息和模型两方面,其中,信息需求又可分为数据需求和非量化信息需求。为解决预警中面临的半(非)结构化决策问题,需要提供大量的非量化信息,由专业预警分析人员来综合分析、判断。建立预测、预警模型并使之程序化是开发喀斯特石漠化预警与灾害风险评估模型库系统的关键,采取多预测模型、多预警方法来分析、比较、预警。预警的基本流程共分为六个步骤:预警准备、模型预测、分析调整、数据转换、石漠化灾害预警和综合分析。石漠化灾害预警分析模型在石漠化强度的时空动态监测和石漠化驱动机制诊断基础上,参照广西石漠化分级值确定区间预警,采用德尔菲法与模型分析进行指标预警界限的确定,在预定警度与变量指数预测基础上进行石漠化预警分析。由于警源、警兆和警情之间存在密切的因果关系和相关关系,警情指标的警度取决于警兆和警源的指标的警度,采用外推预警的方法将同样先导长度的警源、警兆指标按警度分类集合,把 5 种警度对应的指标个数按由多到少顺序排列,当全部或大部分的警源处于无警(有警)警区时,警兆指标将处于无警(有警)警限之内。

### 2.3 石漠化灾害风险评估模型

灾害预警风险评估主要是定量地分析处于风险中的系统特性,阐明灾害的成因、估计灾害在规定时期内的发生概率以及研究受灾后造成的损失程度。作为一种地质-生态灾害,石漠化灾害风险评估是在危险性分析和易损性分析的基础上,计算评价石漠化灾害的期望损

失(未来一定时期内石漠化灾害可能造成的人口伤亡与经济损失的平均值、资源环境破坏程度)与损失极值。故此,石漠化灾害风险分析模型包括石漠化灾害危险性预警模型、区域综合易损性评价模型和石漠化灾害风险评估模型三方面,其中石漠化灾害危险性预警就是根据喀斯特生态环境稳定性和统计历史石漠化灾害的频次和规模,确定不同脆弱性环境风险场出现石漠化灾害的概率;其次,承灾体易损性分析,确定承灾体不同破坏程度的发生概率;第三,根据可能发生的石漠化灾害强度,确定其可能造成的承载体损失类型,进而确定不同承载体在不同破坏程度下的损失值,最后得到不同概率条件下的承载体损失值。

### 3 评估指标体系及因子数据提取方法

#### 3.1 喀斯特石漠化预警与风险评估指标体系

在景观尺度上,石漠化程度直接反映在其地表形态和生态状况。对于喀斯特石漠化而言,基岩裸露率、植被(土被)覆盖率、植被类型退化程度和土地生产力降低程度,不仅具有代表性和可操作性,而且是地面调查和遥感技术均较容易获得的信息,各级石漠化可根据上述四个指标的差异来确定。根据喀斯特程度指标进行石漠化强度分级,得出石漠化警情的严重程度,包括自然灾害警度和非自然灾害警度(即石漠化灾害预警)。遵循统计的完整性、波动的规律性、监测的及时性、预警的敏感性等选择标准,石漠化灾害的预警指标体系分为总体目标层(警情总指标)、状态指标层(警兆指标)、变量指数层(警源指标)3个等级。总体目标层表达石漠化灾害危险度。石漠化预警系统的指标框架以状态指标层为预警单位,对指标体系的石漠化程度指标层“发和驱动指标进行预警分析,在此基础上进行石漠化灾害危险度综合评价,为石漠化灾害风险评估提供基础,达到石漠化预警的目的(表1)。

表1 喀斯特石漠化预警分析与灾害风险评估模型

Tab.1 Temporal and spatial change models of karst land use/cover and land rocky desertification

模型类型	表达式或数学模型	涵义及其意义
时空监测	变化幅度 $R_r=(U_b-U_a)/U_a \times 100\%$	反映不同强度在总量上的变化
	变化速度 $R_s=(U_b-U_a)/U_s/T \times 100\%=(\Delta U_{in}-\Delta U_{out})/U_s/T \times 100\%$	单一类型动态度用于表达区域一定时间内某石漠化级别速度变化
	$P_s=(\Delta U_{in}-\Delta U_{out})/(\Delta U_{in}+\Delta U_{out})$ $-1 \leq P_s \leq 1$	反映石漠化强度趋势和状态: 当 $0.5 \leq P_s \leq 1$ 时,“涨势”; $0 \leq P_s \leq 0.5$ 时,“落势”。
变化趋势	$P_r = \sum_{i=1}^n  \Delta U_{out-i} - \Delta U_{in-i}  / \sum_{i=1}^n  \Delta U_{out-i} + \Delta U_{in-i} $ $0 \leq P_r \leq 1$	反映石漠化变化整体趋势和状态, $0 \leq P_r \leq 1/4$ , 平衡状态, $1/4 \leq P_r \leq 1/2$ , 准平衡; $1/2 \leq P_r \leq 3/4$ , 不平衡; $3/4 \leq P_r \leq 1$ , 极端不平衡。
预警分析	警源预测 危险度预警 易损性评价	相关分析法、因子分析法 分析石漠化驱动因子变化与石漠化强度变化相关性
风险评估	危险度预警 易损性评价 风险评估	基于 CA-Markov 的石漠化预警模型; 基于模糊综合评判的石漠化预警模型 “危险度”针对石漠化强度与驱动因子变化, 预警分析喀斯特石漠化灾害危险性。 基于灰色系统的易损性评价 石漠化强度 (M) 引起的承载体的破坏程度 (D), 用历史灾情资料统计 M 与 D 的关系。 模糊聚类综合评价、灰色聚类综合评价以及积分值法、多因素信息模型法 “危害度”对一个复杂系统的定量化分析过程, 所采用的方法属于多层次分级聚类分析



根据科学性、合理性、可操作性和易于量化等原则构建石漠化的灾害风险评估指标体系,其中,石漠化的灾害危险性评价指标包括表征喀斯特生态环境系统脆弱性,即石漠化灾害警情的诱发及其制约因素致灾因子指标,以及石漠化灾害规模、频次和密度评价指标;易损度分析指标是指在历史上石漠化灾害所造成的社会经济损失基础上,选择物质易损度、经济易损度、环境易损度和社会易损度等四类(表 2)。

表 2 喀斯特石漠化灾害预警分析与风险评估指标体系

Tab.2 Index system of early warning and risk assessment for Karst rocky desertification disaster

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标
石漠化灾害危险性预警指标	石漠化程度指标	地形形态	基岩裸露率、植被(土被)覆盖率
		生态过程	植被类型退化程度、 土地生产力降低程度
	石漠化灾害的孕灾环境与形成条件(石漠化驱动指标)	地质-生态环境背景	岩性构造、地貌景观、水文气候、 土壤植被、生态环境等
		人类诱发作用	人类社会经济活动程度、土地利用强度
承载体易损性指标	历史石漠化灾害	石漠化灾害时空分布规律	石漠化灾害规模、频次和密度
		物质易损度	建筑物、基础设施
	区域受胁对象及其价值分析、综合损失及破坏损失等级	经济易损度	经济收入、国内生产总值
		环境易损度	水、气和土地资源
		社会易损度	人口及其结构

### 3.2 预警分析和风险评价评估指标数据提取方法

在对研究区石漠化灾害调查的基础上,利用 GIS 的空间分析功能,编制研究区地质—生态环境等背景要素以及石漠化灾害分布的数字图层,研究石漠化灾害发育、分布与地质—生态环境和诱发因素的关系,为石漠化灾害空间评价预警因子的提取与赋值,确定各因子的影响程度提供依据。

3.2.1 石漠化灾害及驱动因子数据库与图形库 利用 GIS 技术结合计算机技术和网络技术开发而成,是石漠化灾害调查数据录入和浏览查询的专用工具平台。借助于信息系统的图形和数据处理功能,将石漠化灾害的空间信息及属性信息管理起来,提高图数互查和浏览的效率。同时,支持基于 GIS 的分析计算需要的数据导入导出功能。因子分析的目的是寻求石漠化灾害空间分布与各因子的相关性,为定量预测灾害提供确定各因子相对重要性的量化依据。

3.2.2 都安喀斯特石漠化时空演变分析保护 根据广西遥感数据源(TM 影像)的特点,以植被覆盖度、基岩裸露率、植被结构作为喀斯特石漠化遥感影像的判别指标,将都安喀斯特石漠化划分为三个等级:轻度石漠化——植被覆盖度 40~60%,基岩裸露 21~40%,遥感影像呈星状,颜色呈浅红,绿红色;中度石漠化——植被覆盖度为 21~40%,基岩裸露 40~60%,遥感影像呈斑状,颜色呈绿红色,红中带白色;强度石漠化——植被覆盖度<20%,基岩裸露>61%,遥感影像呈斑状,颜色呈红中带白,灰白,白色。并由此构筑完成 1:10 万都安石漠化分

级分布图。

利用两期石漠化专题数据及相关数据,对都安县近 11 年来喀斯特石漠化时空演变特征进行分析;并以 1988、1999 年两期石漠化数据,尝试使用马尔可夫模型对未来都安县石漠化的发展趋势做出预测。结果表明:1988~1999 年间,都安县轻度、中度、强度石漠化面积均有扩大的趋势,轻、中、强度石漠化面积分别增加了 34638.6hm<sup>2</sup>、21776.7hm<sup>2</sup>、7935.12hm<sup>2</sup>;1999 年全县石漠化面积比 1988 年石漠化面积增加了 15.73%,平均每年递增 1.43%。石漠化面积有增加的乡镇有澄江、安阳、地苏、东庙、高岭、五竹、大兴、下坳、隆福、保安、板岭、永安、三只羊、龙湾、拉烈、百旺、九度,其中增加幅度在 15%以下的有九渡、下坳、隆福、保安、板岭、永安、澄江,增加幅度在 15~22%之间的有地苏、高岭、五竹、大兴、三只羊、拉烈、三弄;增幅在 25~30%的有龙湾;增幅在 30~37%是百旺、加贵、东庙;喀斯特石漠化面积下降的有古山、菁盛;一直没有石漠化的是拉仁。石漠化强度等级类型变化区主要分布在都安的东南、西南及北部,其中石漠化程度增加 1 个等级、2 个等级和 3 个等级的面积分别为 55295.07hm<sup>2</sup>、21847.94hm<sup>2</sup>、5061.81hm<sup>2</sup>,变化率分别为 59.33%、23.44%、5.43%;降低 1 个等级、2 个等级和 3 个等级的面积分别为 9797.53hm<sup>2</sup>、190.74hm<sup>2</sup>、0hm<sup>2</sup>变化率分别为 10.5%、1.28%、0。

### 3.2.3 都安喀斯特石漠化驱动诊断分析

从喀斯特石漠化的人地矛盾出发,既考虑各单项因子的影响,又考虑区域人地系统的综合影响。针对都安县区域特点,根据石漠化的空间分布现状,石漠化形成过程和演化特征,考虑其可能影响因子的系统性、整体性和可比性,挑选出 9 个指标来进行分析,可归结为 2 类因子指标,即地质-生态环境背景指标和社会经济驱动指标。其中前者包括岩性类型、DEM、多年平均降水量、NDVI 和土壤类型,而社会经济驱动指标由居民点半径距离、人口密度、经济密度和土地利用程度变化等构成。采用因子图形栅格化与驱动动力指标的量化分级和主成分分析法,得出喀斯特石漠化驱动力综合指数分级图。将都安瑶族自治县分成板岭-拉仁-加贵-百旺无石漠化安全区,下坳-永安-九渡-拉烈-古山、三只羊轻度石漠化趋势区,以县城为中心的北部、南部及东南部中度、强度石漠化威胁区。石漠化驱动力综合指数提出,对于喀斯特石漠化土地的生态恢复,以及有针对性的喀斯特石漠化综合治理,都具有较强的指导意义。根据现状与潜在危险的差值大小,评判今后一段时期各区域石漠化发展的速度与趋势。因地制宜,实施不同的治理措施,才能更有效地防止石漠化的进一步恶化。

## 4 预警和风险评估模型库的系统设计

### 4.1 模型库系统的需求分析

依据区域石漠化灾害评价预警研究的递进分析理论与方法,全面研究研究区石漠化灾害发育状况、地质-生态环境条件组合、灾害发生可能性和可能的危害性。基于 GIS 技术,实现数据和图形的实时查询或更新,实现 GIS 技术与数学模型耦合的空间评价预警递进分析。各种自然灾害的形成、演变与发生是在一定的自然地理环境中,逐步发展而成的,自然驱动力与人为活动对自然灾害的发生均具有重要作用。作为地质-生态灾害,喀斯特石漠化灾害具有其固有的孕灾环境和孕灾过程,阐明其发生机理有利于喀斯特石漠化灾害预警风险决策支持系统设计目标和功能设计。在石漠化调查成果基础上,研制区域石漠化灾害信息系

统,根据石漠化灾害分布与地质-生态环境的相关性分析,建立石漠化灾害评价预测的因子体系,进行石漠化灾害“发育度”、“潜势度”、“危险度”和“危害度”计算与区划。

### 4.2 模型库系统的设计目标

喀斯特石漠化灾害是一种活跃的动态变化过程,其预测和防治研究是一项庞大的系统工程,所涉及的数据信息量是巨大的,故此,设计喀斯特石漠化预警和风险评估模型库系统(Early Warning and Risk Assessment Model System for Karst Rocky Desertification Hazard, KRDH.EWAMS),本系统是依托 GIS 技术、以石漠化分析模型为主线,以空间数据为主要材料,解决喀斯特石漠化研究海量数据分析、查询、显示和管理等信息处理技术,以实现由“数据”向“信息”的转换过程,提供喀斯特石漠化海量数据存储、时空分析评价、监测预警、防灾减灾决策和信息管理。该系统构建的总体目标是以空间数据库为基础平台,为区域喀斯特石漠化时空变化和综合防治提供信息支持,以解决石漠化灾害信息处理及决策支持相关技术问题。在统一的集成环境下进行影像数据、矢量数据的处理和分析,结合喀斯特石漠化分析模型和空间统计模型进行石漠化时空动态分析、驱动机制诊断、石漠化预警分析和灾害风险评估等,为进一步研究喀斯特土地石漠化和喀斯特环境治理提供有力的技术支持。

### 4.3 模型库系统的结构设计

喀斯特石漠化预警和风险评估模型库系统构建的基础工作是进行各类数据的处理和分析。根据系统研制目标来规划和确定系统各组成部分以及它们之间的联系。本模型库系统由 6 个部分组成,即时空监测模块、驱动诊断模块、预警分析模块、灾害评估模块、风险决策模块(图 2),旨在满足应用的要求,保证系统总体目标的实现。现将系统主要功能表征如下:系统以文图多种形式显示和查询,发布预测灾害预警支持系统,由决策者对在预警指标的基础上,根据某种预警方法对石漠化时空状况判断出预警结果,完成整个预警过程。

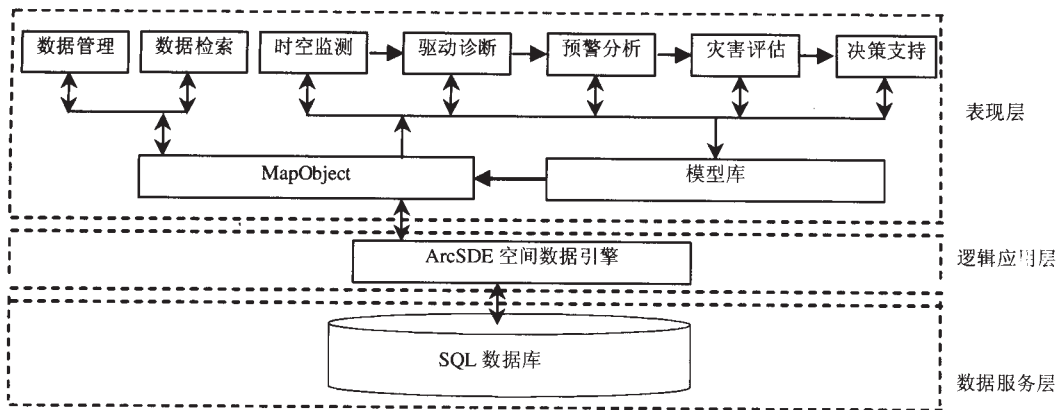


图 2 喀斯特石漠化预警和风险评估模型库系统

Fig.2 Early warning and risk assessment model system for Karst rocky desertification hazard

## 5 结语

将石漠化预防纳入灾害预警管理系统,把石漠化过程及其引起灾害时空特征与生态安全预警融为一体。本研究的意义在于揭示脆弱的喀斯特生态环境系统的演变过程及其引起的石漠化灾害系统的成因机理与致灾过程的基础上,进行喀斯特生态安全预警和石漠化灾害风险分析指标体系;依托 GIS 技术与空间统计分析和数学模型,建立石漠化灾害风险评估模型,在实践上为我国西南喀斯特山区土地石漠化预警和灾害防治评估与不同类型石漠化区可持续发展提供可借鉴的范例。为了能定量地评价喀斯特石漠化灾害情况,在综合考虑石漠化灾害自然和社会属性基础上建立石漠化灾害风险评估模型。石漠化灾害防治对策包括建立石漠化灾害监测预警系统、石漠化灾害风险评估和石漠化时空防治区划等三个方面。石漠化灾害防治区划根据地质灾害的“发育度”、“潜势度”、“危险度”及“危害度”计算和区划结果,结合经济与社会发展规划等因素进行综合分析,可以划分出不同级别或不同类型的防治区。

## 参考文献

- [1] 王世杰,李阳兵,李瑞玲.喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理,第四纪研究 2003,23(6):657~666.
- [2] 王世杰.喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨.中国岩溶,2002,21(2):101~105.
- [3] Wang S J, Zhang D F. Mechanism of Rocky Desertification in Karst Mountain Areas of Guizhou Province, Southwest China. International Review for Environmental Strategies 2002, 21(2):123~138.
- [4] Yuan Daoxian. Rock desertification in the subtropical karst of south China. Z. Geomorph. N.F. 1997, 108 :81~ 90.
- [5] 张永波,李向全,张礼中等.地质灾害信息处理与决策支持系统的设计与开发.地理学与国土研究,2002,18(4):26~32.
- [6] Hu Baoqing, Ren Dongming, Liao Chimei, et al. Application of Map and file information visibility system (MFIVS) on the comprehensive division of natural disasters[J]. Chinese Geographical Science. 2001,11 (3):326~335.
- [7] 胡宝清,廖赤眉,严志强等.喀斯特土地石漠化动态监测与可视化管理信息系统的设计与应用.地理与地理信息科学,2004,20(30):40~44.
- [8] 任鲁川.区域自然灾害风险分析研究进展.地球科学进展 1999,16(3):242~246.
- [9] 吴树仁,董诚,石菊松.地质灾害信息系统研究.第四纪研究,2003,23(6):683~691.
- [10] 关文彬,谢春华,李春平等.荒漠化危害预警原理与评价方法.北京林业大学学报,2003,25(3):79~83.
- [11] 王晓红,乔云峰,沈荣开等.湖区干旱风险评估模型研究.水科学进展,2004,15(1):77~81.

## System Design of Early Warning and Risk Assessment Model for Karst Rocky Desertification Hazard

HU Baoqing<sup>1,2</sup>, WANG Shijie<sup>1</sup>, LI Ling<sup>2</sup>, QIN Kaixian<sup>2</sup>

(1. National Laboratory of Environmental Geochemistry, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Science, Guiyang, 550002

2. Faculty of Resource and Environment sciences, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001 )

**Abstract:** Karst rocky desertification problem is one kind of important geo-ecological calamity.



existing in the karst area. Early warning analysis of karst rocky desertification calamity include designing alarms, marking alarms condition, seeking the alert source, analyze alarm sign and forecasts the degree alarming etc. on the foundation of early warning analysis of karst rocky desertification, risk assessment of karst rocky desertification calamity is that carrying on calamity dangerous appraising, and combining analysis of damage, and hopes to lose to assessment, and the purpose depends on the development state to assess and monitors karst rocky desertification and bad environment effect that causes. Constructing to build Early Warning and Risk Assessment Model System for Karst Rocky Desertification Hazard, (KRDH.EWAMS), will firstly build that one set conceptualization model of logically and reasonable fitting calamity early warning and risk assessment for karst rocky desertification, on these grounds, differentiate the growth degree of karst rocky desertification, diagnose the latent power degree, and accounting business damage, assessing the harm degree, the early warning dangerous degree. On the basis of temporal-spatial change analysis and driving mechanism diagnosis on karst rocky desertification, this paper takes early warning and risk analysis on karst Rocky Desertification Hazard, designs Early Warning and Risk Decision Supporting System for Karst Rocky Desertification Hazard, makes up early Warning and risk models for karst Rocky Desertification Hazard, and provides scientific foundation for rational land use and prevent calamity in karst area.

**Key words:** early warning analysis; risk assessment; model; system designation Karst rocky desertification Hazard