

咸阳城市地质环境综合评价研究

谷天峰¹, 王家鼎¹, 王煜², 李双江^{3,4}

(1. 西北大学 地质系, 大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069; 2. 咸阳勘察测绘院, 陕西 咸阳 712000; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 4. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 地质环境质量的综合评价对城市环境管理规划有着重要意义。在系统分析影响咸阳市地质环境质量因素的基础上, 将信息扩散与模糊综合评价有机结合, 提出了一种区域地质环境综合评价模型, 并对咸阳市规划区的地质环境进行了综合评价。这种评价模型充分考虑周围土地单元的致灾因子对地质环境质量的影响, 并利用专家一层次分析法确定影响因子权重, 采用模糊综合评价考虑了多因素对环境质量的影响。

关键词: 地质环境质量; 信息扩散; 模糊综合评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)03-0069-06

中图分类号: P642

Comprehensive Evaluation of Urban Geological Environment in Xianyang City

GU Tian-feng¹, WANG Jia-ding¹, WANG Yu², LI Shuang-jiang^{3,4}

(1. Department of Geology, Northwest University/ State Key Laboratory of Continental Dynamics of China, Xi'an, Shaanxi 710069, China; 2. Xianyang Investigation and Measurement Institute, Xianyang, Shaanxi 712000, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Comprehensive evaluation of geological environment is important to urban environmental management and urban planning. Based on the systematic analysis of the chief factors influencing the urban geological environment in Xianyang City and the combined information diffusion with fuzzy integrated evaluation, a comprehensive evaluation model of geological environment was constructed, and then urban geological environment in Xianyang City was comprehensively evaluated. The evaluation model was propounded for regional geological environment by considering the effects of surrounding cells. In the model, the analytic hierarchy process (AHP) was used to found the influence factor weight. The fuzzy integrated evaluation was adopted to determine the effects of various factors on geological environment.

Keywords: quality of geological environment; information diffusion; fuzzy comprehensive evaluation

对地质环境质量现状进行评价, 可以了解区域地质环境的基本态势和变化趋势, 为环境管理和城市规划等提供依据^[1]。20 世纪 90 年代中期之前, 主要是针对大型工程建设项目进行的地质环境质量评价或者地质灾害易发性评价^[2-4]。这些评价多在广泛的野外调查基础上进行, 以定性评价为主, 同时也有引入信息量法、综合评判法等定量方法, 单元的划分、数据的获取和结果的图示表达主要由手工完成。20 世纪 90 年代中后期, 随着计算机技术的发展, GIS 开始被引入区域地质评价工作中, 采用了模糊综合评价、信息量法等方法, 取得了大量的研究成果^[2-11]。但这些研究, 较少考虑评价单元周边的灾害状况对其

地质环境质量的影响, 往往局部会呈现出地质环境最优的单元出现在地质环境极差的单元边的现象。这种环境质量不连续的情况, 与实际状况不符。我们认为区域地质环境质量是连续的, 土地单元地质环境质量优劣不仅与单元本身地质灾害有关, 还与其周围单元的地质环境状况有关。

本文以咸阳市规划区为研究区, 在广泛的野外调查基础上, 收集整理了大量勘察、测绘资料, 筛选出影响咸阳市地质环境的主要控制因素, 建立评价模型, 并利用专家一层次分析法确定权重, 在考虑灾害对周围土地单元影响下, 对单因素影响进行了信息扩散分析, 最后对研究区地质环境进行了综合评价。

1 影响咸阳城市地质环境质量的 主要因素

1.1 研究区概况

本文的研究区范围为咸阳城市规划区,长 23.8 km,宽 9 km,面积 214.2 km²。

研究区位于渭河断陷盆中部,地跨西安凹陷与咸阳凸起 2 个次级构造单元交汇部,第四系沉积物在黄土台塬区厚约 500 m,河谷区大于 700 m,渭河自西向东穿过咸阳城区。在地貌上工作区可以划分为 2 个大的单元:黄土台塬及渭河河谷阶地。黄土台塬塬面起伏较大,地面高程 450~480 m;河谷阶地由现代河道、漫滩、阶地构成,高程 380~420 m。研究区属大陆性气候,最大年降水量 938.7 mm,最小年降水量为 358.9 mm,降水多集中在 7—9 月,其降水量占全年降水量的 50.6%。

1.2 影响咸阳城市地质环境质量的 主要因素分析

1.2.1 活动断裂 咸阳市地处我国环鄂尔多斯地震带,是我国震害危险区之一。依据《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)规定,咸阳市按 7 度第二组进行抗震设防,设计基本地震加速度为 0.15 g。

直接影响咸阳市城市建设规划区的活动断裂为渭河断裂带,分布于渭河南北两岸,其中渭河北岸断裂通过咸阳城区,影响较大;渭河南岸断裂在评价区之外。渭河北岸断裂分布于二、三级阶地接触部。在三级阶地前缘的上更新统到全新统土层中,零星分布有多向性地震遗迹——地裂缝。

1.2.2 人工填土 研究区人工填土厚度不均,可主要分为杂填土和素填土 2 类。杂填土由近代人类活动所形成,主要分布于老城区;素填土多见于阶地前缘先前冲沟或低洼地段,分布零散。

1.2.3 软塑状黄土 研究区软塑状黄土分布于城区中西部的二级阶地,为更新统黄土,处于潜水面附近或在潜水面以下,呈饱和状态,液化指数大于 0.75,个别地段大于 1.0。孔隙比 0.75 左右,压缩系数在 0.35~0.45,地基承载力偏低,为高压缩性土。

1.2.4 黄土湿陷性 研究区黄土湿陷性场地类型及地基湿陷性等级,严格受地貌单元控制。从黄土台塬、三级阶地到二级阶地、一级阶地,湿陷性黄土场地类型由自重湿陷到非自重湿陷;地基湿陷等级由严重到轻微变化。

1.2.5 饱和砂土液化 根据千余份勘察资料,进行综合分析,结果表明饱和沙土液化受控于地貌单元,液化场地主要分布于渭河、泔河的河漫滩,二、三阶地场地基本不发生液化。

1.2.6 潜水水位 由于所处的地貌单元不同,潜水含水层的岩性及富水性等水文地质条件有很大差别。渭河河漫滩区属强富水区,潜水埋深一般小于 10 m;渭河一级阶地,潜水埋深一般为 10~20 m;渭河二级阶地,潜水埋深一般为 20~30 m;渭河三级阶地,潜水埋深为 30~60 m;黄土塬区属极弱富水区,潜水埋深大于 60 m。

1.2.7 洪水 咸阳市地处塬区与河流谷地交汇部,渭河自西向东穿越城区。汛期塬洪、河洪直接威胁着咸阳城区安全。

咸阳市每年 6—8 月份多发生暴雨。暴雨是形成洪峰的主要来源,洪峰陡涨陡落。咸阳城区,渭河两岸地形地貌截然不同。北岸为阶梯状分布的向渭河倾斜的各级阶地及黄土台塬,形成自南而北的阶梯状抬升。渭河一级阶地及高漫滩地形低洼,暴雨时北部塬区的面状洪流和渭河河洪交汇,易被洪水淹没。渭河南岸一级阶地和向渭河微倾的冲积平原,受渭河和泔河的共同影响,易被洪水淹没。

2 区域地质环境评价综合模型

2.1 评价指标体系的建立

评价指标体系是由若干个单项评价指标组成的有机整体,它既要反映地质环境质量评价的目的和要求,又要合理、科学、实用。李树德(1998)提出基于地壳稳定性、地表稳定性、地基稳定性划分的评价指标体系^[5];戴福初等(2000)提出了基于地形地貌、场地岩土体特征、地下水条件、地质灾害划分的评价指标体系^[6]。以上研究提供了建立指标应该考虑的内容,对于一个特定区域来说,影响其地质环境质量的往往只有几个特定的因素^[3]。因此对于特定区域,只需对区域地质环境进行深入分析,确定影响区域地质环境质量的主要因素,即可建立评价指标体系。

2.2 区域地质环境评价模型

常用的模型有模糊综合评价模型、信息量模型等。本文在模糊综合评价基础上提出一种考虑周围土地单元影响的评价模型。

2.2.1 专家—层次分析法 在地质环境质量评价过程中,往往要选择多个环境要素和环境因子一起参与评价。在综合评价这些因子时,需要考虑它们对总体环境质量贡献大小的差异,给予不同的权值。目前常用的定权方法有专家打分法、调查统计法、序列综合法、公式法、数理统计法等,本文采用专家—层次分析法确定各评价因子的权重。

专家打分法是应用较多的定权方法,这种直接由人给出权重的方法人为性较大。层次分析法被一致

认为是一种较合理、可行的定权方法,但要人为地给出判断矩阵,判断矩阵具有人为性。专家—层次分析定权法是由专家对各环境因子进行重要性比较后^[12-13],给出他们的定性判断,以这些重要性判断为基础数据,采用适当的数学模型再进一步运算定权,从而减少判断矩阵的人为性,其工作程序如下。

(1) 确定判断矩阵。确定参与定权的环境因子后,可以按照专家打分法的步骤确定判断矩阵。

(2) 层次分析法确定权值。对上述的判断矩阵按层次排序法求权值。先假设有向量 A , 使得:

$$XA = \lambda_{\max} A \quad (1)$$

解此特征方程所得的 A 经正规化后即各评价因子的权值。由于客观事物的复杂性及对事物认识的片面性,构造的判断矩阵不一定是一致性矩阵(也不强求是一致性矩阵),但当偏离一致性过大时,会导致一些问题的产生。因此得到 λ_{\max} 后,还需进行一致性和随机性检验。检验公式为:

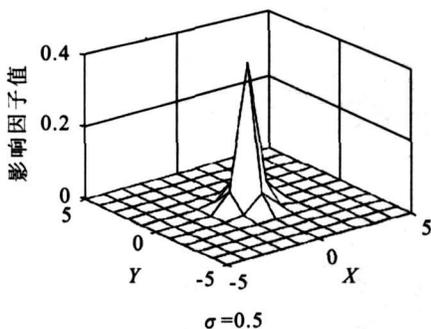
$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$C_R = \frac{C_I}{R_I} \quad (3)$$

式中: C_R —— 一致性指标; λ_{\max} —— 最大特征根; n —— 矩阵阶数; R_I —— 平均随机一致性指标; C_R —— 随机一致性比率。只有当 $C_R < 0.10$ 时,判断矩阵才具有满意的一致性,所获取权值才比较合理。

2.2.2 单因子影响信息扩散

(1) 评价单元的划分。为了对研究区进行评价,要对研究区进行单元划分,划分方法主要有三角形网格、四方网格、六方网格等多种形式。一般采用四方网格划分,四方网格的优点是直观而简单,而且特别适合于计算机环境下表达显示。单元的大小对评价结果有影响,单元划分太大,则易割裂系统内部固有的联系;单元划分太小,评价难度增大。因此单元的划分,要根据研究区域大小、区域灾害类型及分布特点,并参考国内外相关研究确定。



(2) 邻居的定义。在区域环境评价研究中,一个单元环境质量决定于单元自身状态及其邻居单元状态。因而,必须明确哪些单元属于该单元的邻居。邻居定义以规则四方网格划分为例,通常有以下几种形式,冯·诺依曼(Von. Neumann)型、摩尔(Moore)型扩展的摩尔型(见图1)。

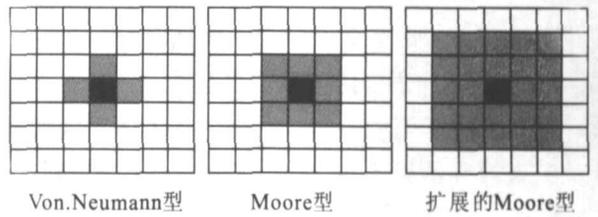


图1 邻居模型

(3) 单因子影响信息扩散。信息扩散是一种新的信息处理方法,在工业生产、自然灾害危险性评估、测绘等方面应用,取得了较好的效果^[13-16]。

灾害不仅影响单元本身的环境质量还影响其周围单元的环境质量。假定灾害对周围的影响是距离的函数,这个函数可以是线性的也可以是非线性的。本文假设灾害随距离呈正态曲线衰减,则在邻居 R 内,距离灾害单元距离为 r 的单元,受到灾害影响的因子符合正态扩散公式:

$$f(r) = u_{ij} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{r^2}{2\sigma^2}) \quad (4)$$

式中: r —— 距离灾害单元距离,用单元数目表示; u_{ij} —— 归一化后的第 i 个评价单元,第 j 种影响因子权值; σ —— 正态分布的参数,用于调整影响扩散的强度; $f(r)$ —— 距灾害单元的单元受到该灾害影响的程度。

经过影响扩散化后的第 i 个评价单元,在第 j 种影响因子影响下的程度为(影响模式见图2):

$$u_{i,j} = \sum f(r, i, j) \quad (5)$$

式中: $\sum f(r, i, j)$ —— 第 i 个评价单元在其邻居 R 内,第 j 种影响因子对其影响的扩散因子之和。

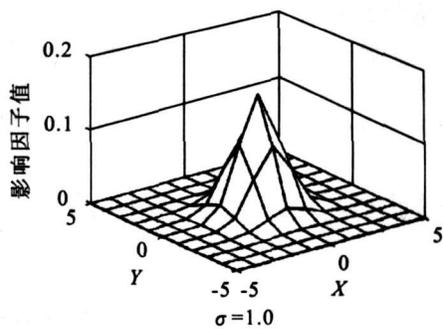


图2 正态影响信息扩散示意图

2.2.3 模糊综合评判 模糊综合评判方法,是一种运用模糊变换原理分析和评价模糊系统的方法。它是一种以模糊推理为主的定性定量相结合,精确与非精确相统一的分析评判方法。

单层次模糊综合评判模型。给定 2 个有限论域:

$$U = \{ u_1, u_2, \dots, u_m \} \quad (6)$$

$$V = \{ v_1, v_2, \dots, v_n \} \quad (7)$$

式中: U ——所有的评判因素所组成的集合;

V ——所有的评语等级所组成的集合。

如果着眼于第 i ($i = 1, 2, \dots, n$) 个评判因素 u_i , 其单因素评判结果为 $R_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}]$, 则各个评判因素的评判决策矩阵 R 为:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

据此,定义了 U 到 V 上的一个模糊关系。

如果各评判因素的权数分配为:

$$A^{o/o} = [a_1, a_2, \dots, a_m] \quad (9)$$

显然, $A^{o/o}$ 是论域 U 上的一个模糊子集,且 $0 \leq$

$a_i \leq 1, \sum_{i=1}^m a_i = 1$, 则通过模糊变换,可以得到论域 V 上的一个模糊子集,即综合评判结果:

$$B^{o/o} = A^{o/o} \circ R = [b_1, b_2, \dots, b_n] \quad (10)$$

\circ 是矩阵合成运算符,其方法通常有 2 种:第 1 种是主因素决定模型法,该方法一般适合于单项最优的选择;第 2 种是普通矩阵模型法,这种方法兼顾了各方面的因素,适宜于多因素排序。

2.2.4 实现过程 整个评价过程利用 GIS 二次开发实现,具体步骤如下:

(1) 对研究区地质环境背景信息进行分析,确定影响环境质量的主要的地质环境问题。

(2) 编制单一灾种的专题图。

(3) 利用专家一层次分析定权法确定各评价因子的权重。

(4) 确定评价单元的大小,将专题图栅格化。

(5) 确定各灾害影响的邻居半径及影响参数,利用 GIS 实现单因素影响信息扩散分析。

(6) 模糊综合评价。

3 咸阳城市地质环境综合评价研究

3.1 评价指标体系的建立

根据咸阳市地质环境的特点,选择以下指标进行评价。

(1) 人工填土厚度; (2) 饱和软黄土厚度; (3) 黄土湿陷性等级; (4) 砂土地震液化等级; (5) 活动断裂; (6) 潜水水位; (7) 洪水范围; (8) 地基承载力。

3.2 专家一层次分析确定权重

根据各指标的统计规律对其进行分级,对各指标的每一级参考专家意见、查阅资料、统计等,确定指标的基本分,基本分体现了指标分级所表现的环境质量好坏,分数越低环境质量越好。同时,基本分将定性指标量化、归一化。各指标分级及基本分评定标准见表 1。

根据式(2), $C_I = 0.069$; 式(3), $C_R = 0.049$, $C_R < 0.1$, 判断矩阵的一致性可以接受(表 2)。所以各评判因素的权数分配为:

$$A^{o/o} = [0.2215, 0.0898, 0.0953, 0.1359, 0.0971, 0.2053, 0.0664, 0.0882]$$

表 1 指标分级及基本分评定标准

| 因子 | 分级 | 数值 | 基本分 |
|------------|----|--------------|------|
| 地基承载力 | 1 | > 200 kPa | 0.10 |
| | 2 | 170~ 200 kPa | 0.30 |
| | 3 | 150~ 170 kPa | 0.50 |
| | 4 | 130~ 150 kPa | 0.70 |
| | 5 | < 130 kPa | 0.90 |
| C_2 | 1 | < 1.5 m | 0.10 |
| | 2 | 1.4, 3.3 m | 0.40 |
| | 3 | 3~ 5 m | 0.70 |
| | 4 | > 5 m | 1.00 |
| C_3 | 1 | < 3 m | 0.10 |
| | 2 | 3~ 6 m | 0.50 |
| | 3 | > 6 m | 0.90 |
| 黄土湿陷性等级 | 1 | 非湿陷黄土 | 0.10 |
| | 2 | 非自重 I 级 | 0.30 |
| | 3 | 非自重 II 级 | 0.50 |
| | 4 | 自重 II 级 | 0.70 |
| | 5 | 自重 III 级 | 0.90 |
| C_5 | 1 | 无 | 0.00 |
| | 2 | 轻微 | 0.30 |
| | 3 | 中等 | 0.60 |
| | 4 | 严重 | 0.90 |
| C_6 | 1 | 不在断裂带上 | 0.00 |
| | 2 | 断裂带上 | 1.00 |
| C_7 | 1 | < 10 m | 0.80 |
| | 2 | 10~ 20 m | 0.60 |
| | 3 | 20~ 30 m | 0.40 |
| | 4 | 30~ 60 m | 0.20 |
| C_8 50 a | 1 | 不在淹没区 | 0.00 |
| | 2 | 在淹没区 | 1.00 |

表 2 判断矩阵及权重

| 项目 | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | C_6 | C_7 | C_8 | 权重 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| C_1 | 1 | 2 | 5/2 | 5/3 | 5/2 | 1 | 5 | 5/2 | 0.2215 |
| C_2 | 1/2 | 1 | 4/5 | 2/3 | 1 | 2/5 | 3/2 | 3/2 | 0.0898 |
| C_3 | 2/5 | 5/4 | 1 | 1 | 2/3 | 1/2 | 2 | 1 | 0.0953 |
| C_4 | 3/5 | 3/2 | 3/2 | 1 | 3/2 | 3/4 | 3 | 4/3 | 0.1359 |
| C_5 | 2/5 | 1 | 3/2 | 2/3 | 1 | 2/5 | 2 | 1 | 0.0971 |
| C_6 | 1 | 5/2 | 2 | 4/3 | 5/2 | 1 | 4 | 5/2 | 0.2053 |
| C_7 | 1/5 | 2/3 | 2 | 1/3 | 1/2 | 1/4 | 1 | 1/2 | 0.0664 |
| C_8 | 2/5 | 2/3 | 1 | 3/4 | 1 | 2/5 | 2 | 1 | 0.0882 |

3.3 单因子影响扩散分析

3.3.1 评价单元的划分 根据评价区大小、地质灾害特征,确定评价单元为 $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ 的四方网格单元,将评价区划分 476×180 个单元。

3.3.2 邻居确定 根据咸阳市的地质环境特点,认为一般的灾害影响范围不会超过 300 m 。邻居半径 R 取 6,完全可以满足评价要求,故本评价 R 取 6。

3.3.3 单因子影响信息扩散 每一种灾害类型,对其周围单元环境质量的影响程度均不同,可以用正态分布的参数(σ)调整影响扩散的强度, σ 越大灾害的影响范围就越大。根据 σ 对正态函数曲线的影响以及影响咸阳城市环境质量的各因子对周围单元的影响程度分析,确定取值(见表 3)。

表 3 正态分布参数

| 项目 | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | C_6 | C_7 | C_8 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| σ | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 1.5 | 0.2 | 1.0 |

对于每一种影响因子,首先将专题图栅格化,每一个栅格单元按照式(4),进行影响信息扩散计算,然后按照式(5)求得影响扩散化后的单元的单因子权值,最后归一化得到这种灾害类型影响度分布矩阵(分布图),即单因素评判结果 R_i 。

限于论文版面,本文仅给出一段活动断裂影响信息扩散前后对比(见图 3)。从图可以看出,信息扩散后,灾害的影响分布与现实比较符合。

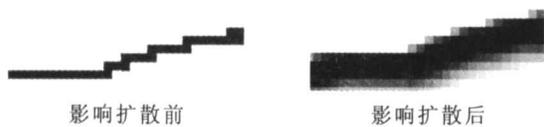


图 3 活动断裂影响信息扩散示例图

3.2.4 模糊综合评判 对每一种影响因子进行影响信息扩散,计算单因素评判结果 R_i ,得到各个评判因素的评判决策矩阵 R 根据式(10),矩阵合成运算按普通矩阵模型法,进行综合评判,得到综合评价结果

B ; 把 B 分为 5 类,再将分类的结果转化为专题图,整饰即可得到工程地质环境综合评价图(见图 4)。

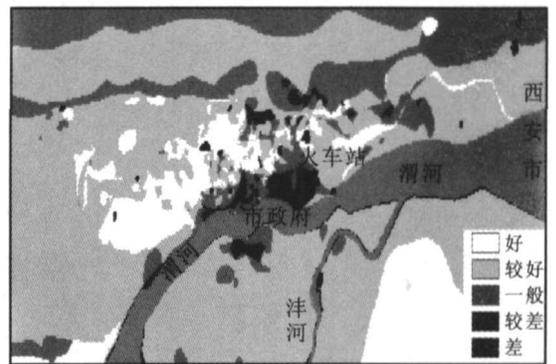


图 4 咸阳城市地质环境综合评价结果

4 结论

本文将信息扩散与模糊综合评价有机结合提出了一种区域地质环境综合评价模型。这种模型吸收了信息扩散及模糊综合评价的优点,同时考虑了灾害因子对周围地质环境质量的影响,能较好地反映多种致灾因子影响下的区域地质环境特征。

在系统分析影响咸阳城市地质环境质量主要因素的基础上,利用本文提出的评价模型,对咸阳城市的地质环境进行了综合评价,得到了咸阳城市地质环境质量分区特征,有利于指导城市用地选择,提高规划建设的效益,减少地质灾害的风险损失。本研究成果已应用于咸阳市工程地质图集的编制中。

[参 考 文 献]

[1] 王思敬,戴福初. 环境工程地质评价、预测与对策分析 [J]. 地质灾害与环境保护, 1997, 8(1): 27—34.

[2] 闫满存,李华梅,文启忠. 区域地质环境质量评价研究的现状与趋势 [J]. 地球科学进展, 1999, 14(4): 371—376.

[3] 黄润秋,向喜琼,巨能攀,等. 我国区域地质灾害评价的现状和问题 [J]. 地质通报, 2004, 23(11): 1078—1082.

[4] Peter T Bobrowsky, Robert H Fakundiny. Geoenviron-

- mental Mapping: Methods, Theory and Practice[J]. Environmental and Engineering Geoscience, 2002, 8(4): 335—337.
- [5] 李树德. 工程地质环境与可持续发展 III 工程地质环境综合评价[J]. 北京大学学报, 1998, 34(1): 114—118.
- [6] 戴福初, 张晓晖, 李军, 等. 地理信息系统 GIS 支持下的城市地质环境评价[J]. 工程地质学报, 2000, 8(4): 426—432.
- [7] 黄建军, 李雪梅. 宝鸡城市地质环境质量评价研究[J]. 西安工程学院学报, 2001, 23(1): 50—53.
- [8] 江润黎, 李兰. 地质灾害综合评价在城市规划中的作用及管理模式[J]. 地球科学进展, 2004, 19(增): 262—266.
- [9] 武健强, 余勤, 陈福春, 等. 基于 GIS 的苏锡常地区地质环境现状评价[J]. 水文地质工程地质, 2002(3): 63—65.
- [10] 武强, 董东林, 武雄, 等. 临汾市地裂缝灾害模拟与灾情预报的 GIS 研究[J]. 中国科学(D 辑), 2000, 30(4): 429—435.
- [11] 沈芳, 黄润秋, 苗放, 等. 区域地质环境评价与灾害预测的 GIS 技术[J]. 山地学报, 1999, 17(1): 338—342.
- [12] 王国华, 梁 . 专家判断矩阵的一种调整方法[J]. 系统工程, 2001, 19(4): 90—96.
- [13] 吴殿廷, 李东. 层次分析法的不足及其改进的途径[J]. 北京师范大学学报, 2004, 40(2): 264—268.
- [14] Delgado M, Verdegay J L, Vila M A. A model for linguistic partial information in decision-making problems [J]. International Journal of Intelligent systems, 1994, 9: 365—378.
- [15] Huang Chongfu. An application of calculated fuzzy risk [J]. Information Sciences, 2002, 142(1): 37—56.
- [16] Huang chongfu. Principle of Information Diffusion [J]. Fuzzy Sets and System, 1997, 91: 69—72.

(上接第 64 页)

从表 2 可见, 在坡耕地上采取不同的措施, 保水保土量有很大差异, 即反映各种措施的不同水土保持效益。相对于裸地来说, 减沙保土效果最好的是水平台田, 减少侵蚀量 99.14%, 基本不产生流失; 荒山灌木埂减少泥沙 97.65%, 横垄减少泥沙 90.66%, 地埂植物带减少泥沙 87.7%, 顺垄减少泥沙 58.72%, 顺垄保土效果最差。保水量由高到低依次为水平台田, 荒山灌木埂, 地埂植物带, 横垄和顺垄, 分别为 92.19%, 81.36%, 77.44%, 53.77% 和 21.08%。

3 结论

(1) 从小区的观测结果可以看出, 不同的水土保持措施对流域的输沙量和径流量影响很大, 相对于裸

地来说, 水平台田的保水保土效果最好, 保水率和保土率分别为 92.19% 和 99.4%, 而不采取任何措施的裸地输沙量和径流量最大。

(2) 由于对黑土区水土流失方面的科研和试验很少, 历时较短, 因此建议今后选择代表性较强的地点对黑土区的流失及演化进行长期深入的研究与预测, 采用传统与先进仪器相结合的方法, 提高试验质量并加强对黑土区侵蚀机理的认识, 以便从根本上采取有效措施控制水土流失。

[参 考 文 献]

- [1] 符素华, 付金生, 王晓岚, 等. 径流小区集流桶含沙量测量方法研究[J]. 水土保持通报, 2003, 23(6): 40—42.