

## 基于 3S 技术实现湖北房县土壤侵蚀定量研究

邓玉娇<sup>1,2</sup>, 薛重生<sup>3</sup>, 林锦祥<sup>2</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640;

2. 广州气象卫星地面站, 广州 510640; 3. 中国地质大学, 武汉 430074)

**摘要:**利用 RS 的实时动态监测功能、GIS 的空间分析和模型分析功能、GPS 的空间定位功能, 对湖北房县土壤侵蚀进行定量评价。以 TM 资料、实测资料、专题图等为资料来源, 分别提取了地形、土壤、降雨、植被、土地利用等土壤侵蚀因子, 并经模型计算得到土壤侵蚀分类图及统计数据。研究结果反映了研究区土壤侵蚀现状及其动态变化情况。

**关键词:**3S 技术; 土壤侵蚀; 定量研究; 湖北房县

**中图分类号:**S157; TV79

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)06-0208-02

## Quantitative Study on Soil Erosion of Fangxian, Hubei Based on 3S Techniques

DENG Yu-jiao<sup>1,2</sup>, XUE Chong-sheng<sup>3</sup>, LIN Jin-xiang<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. Guangzhou Meteorological Satellite Station, Guangzhou 510640, China;

3. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The quantitative study on soil erosion in Fangxian, Hubei is based on real time and dynamic monitoring function of RS, spacial analysis and modeling function of GIS, and spacial location function of GPS. The data sources include TM data, measurement data, and some special-subject map. Five soil erosion factors are derived from these data, including terrain factor, soil factor, rainfall factor, vegetation factor and land-use factor. The soil erosion classified data is the modeling result of these factors. The study explains the soil erosion distribution in Fangxian in 2000, and analyzes the change between 1995 and 2000.

**Key words:** 3S techniques; soil erosion; quantitative study; Fangxian in Hubei

房县, 位于湖北省西北部, 在丹江口水库库区范围之内, 地势西高东低, 南陡北缓, 中为河谷平坝, 最高海拔 2 485.6 m, 最低海拔 180 m, 高差悬殊, 略呈盆地形势。房县国土总面积 5 110 km<sup>2</sup>, 境内大小河流 1 261 条, 总长 3 455 km, 境内有南河、堵河、北河、官山河四大水系, 总长 2 612 km, 流域面积占全县面积 100%; 土壤主要分黄棕壤土、山地棕壤土、石灰岩土、潮土、紫色土和水稻土等六大类, 土壤侵蚀类型主要为水蚀<sup>[1]</sup>。由于自然因素、人为因素的双重作用, 使得房县部分地区土壤侵蚀严重, 不仅造成了人类赖以生存的土地资源的退化、短缺, 而且对境内的水系造成污染, 进而对作为南水北调中线水源地的丹江口水库的水质造成影响, 因此, 本文基于 3S 技术对房县土壤侵蚀进行定量研究具有重要的现实意义。

### 1 基于 3S 的定量评价方法

土壤侵蚀定量评价的核心问题是建立有效的监测模型。由 Wishmeier 和 Smith 提出的通用土壤侵蚀方程 (USLE) 是目前应用最广泛的土壤侵蚀模型, 其表达式如下:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

式中:  $A$ ——多年年均土壤侵蚀量 ( $t/hm^2 \cdot a$ );  $R$ ——降雨侵蚀力因子 ( $MJ \cdot mm/hm^2 \cdot h \cdot a$ );  $K$ ——土壤可蚀性因子

$[(t \cdot hm^2 \cdot h)/hm^2 \cdot MJ \cdot mm]$ ;  $L$ ——坡长因子;  $S$ ——坡度因子;  $C$ ——作物覆盖与管理因子;  $P$ ——水土保持因子。 $L$ 、 $S$ 、 $C$ 、 $P$  为无量纲因子。

由 USLE 可以看出, 土壤侵蚀是降雨、土壤、地形(坡度坡长)、植被覆盖、耕作管理/土地利用等诸多因子相互作用的结果, 这些因子有动态的也有静态的, 其中土壤、地形比较稳定, 短期内难发生显著变化, 属于相对意义上的静态因子; 降水、植被、耕作管理/土地利用处于经常性的变化之中, 属于动态因子。这些因子的获取涉及到大量资料的收集、整理、计算<sup>[3]</sup>, 若基于传统工作方法很难完成。近年来 3S 技术的发展, 为土壤侵蚀定量研究提供了有效的技术平台。遥感(RS)以其宏观、快速、动态、经济的特点, 成为土壤侵蚀调查的首要数据源; 地理信息系统(GIS)以其强大的信息处理和空间分析能力, 为分析土壤侵蚀因子、估算土壤侵蚀量提供了有效途径; 全球定位系统(GPS)以其全天候、高精度、自动化、高效率等特点, 而成为定点调查、野外验证必不可少的工具<sup>[4]</sup>。

综合利用 3S 技术优势进行土壤侵蚀定量评价, 首先要根据引起侵蚀的因子相似性原则, 将研究区网格化为若干个基本评价单元, 然后集成多种来源、多种比例尺、多种类型的数据, 利用实测资料、遥感资料、基础地理信息数据等建立空

\* 收稿日期: 2005-12-28

作者简介: 邓玉娇(1980-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为 RS 与 GIS 开发应用。

间数据库,利用 GIS 平台提取各评价因子并分析其与侵蚀量之间的关系,进而建立土壤流失量与各评价指标之间的经验模型,利用 GPS 快速定位功能对模型监测结果抽样验证及校正,经不断改进后得最后的理论模型。应用该模型即可对区域内土壤侵蚀量进行定量评价、动态分析、趋势预测。其工作流程如图 1。

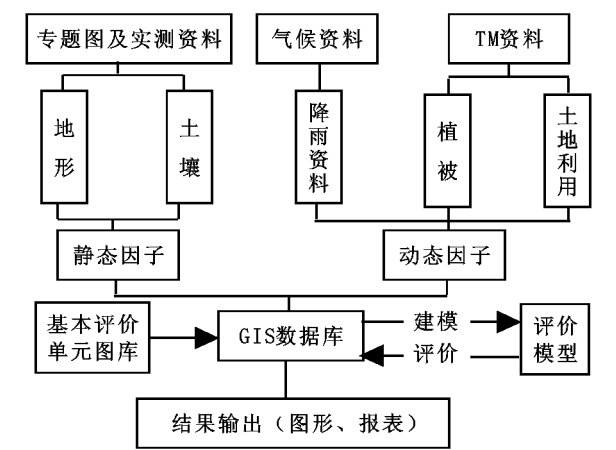


图 1 土壤侵蚀定量评估工作流程

2 评价指标的获取

2.1 地形因子的获取

地形因子包括了坡度、坡向两个地形要素。坡度、坡向的原理是由小流域内任一点相邻四点拟合出空间平面方程,在解析分析基础上,求出平面法线的倾角和倾向,拟合平面法线与水平法线之间的夹角就是坡度,拟合平面法线在水平面上的投影的方位角就是坡向。两者均可以由数字高程模型(DEM)数据派生出来。利用湖北省 1:10 万地形图资料,扫描研究区等高线图,在 Arc/info 平台对等高线图进行矢量化,进而对矢量图进行空间插值,生成 1:10 万的 DEM,并对其进行栅格化。坡度根据每一栅格中心点与周围 8 个栅格中心的点高程来计算,坡向是最大坡度的朝向。

2.2 土壤因子的获取

土壤对各种外营力的影响存在着抗侵蚀的作用,这种作用的强弱取决于土壤的机械组成、结构、有机质含量等属性。

据有关研究表明,大于 0.25 mm 土壤水稳性团粒的含量是反映土壤抗蚀性的最佳指标,它与土壤有机质含量之间存在如下关系:

$$Y = 0.42 + 14.6 X \tag{2}$$

式中:Y——大于 0.25 mm 水稳性团粒含量(g/kg);X——土壤有机质含量(g/kg)。

将研究区内土壤类型分布图经矢量化后输入 Arc/info 平台,对图层标赋有机质含量属性信息,通过应用(2)式进行模型计算,求出大于 0.25 mm 土壤水稳性团粒含量。

2.3 降雨因子的获取

由于土壤本身有一定的抗蚀能力,只有当降雨的雨速、雨量达到一定等级时,才可造成土壤侵蚀。汛期降雨是影响土壤侵蚀的最重要的气候因子,它所造成的土壤侵蚀往往占其年土壤侵蚀量的 90%以上,因此,用汛期降雨量作为降雨因子的取值。将研究区内各雨量站提供的汛期降雨数据,经 Arc/info 处理,即可生成汛期降雨量等值线图。

2.4 植被因子的获取

利用归一化植被指数(NDVI)可以提取植被因子。NDVI 是目前被广泛接受,并在全球、局地植被监测中广泛使用的植被指数定义,其计算公式如下:

$$NDVI = (X_{nir} - X_{red}) / (X_{nir} + X_{red}) \tag{3}$$

即近红外与红光通道反射率的差与这两个通道的反射率之和的比值。利用 Erdas 软件对 TM3、TM4 通道数据进行 NDVI 计算。

2.5 土地利用因子的获取

土地利用因子可以利用 TM 数据,根据研究区实况建立分类指标体系,在 Arc/info 平台上,采用监督分类方法获得<sup>[5]</sup>。本研究所用土地利用数据是直接来自湖北省水利厅水土保持处提供的湖北省 1:10 万土地利用数据矢量图中获得。

3 实例分析

本文在 ArcGIS 平台上,以 TM 资料、1:10 万专题图和地形图为主要数据源,对湖北房县 1995 年、2000 年土壤侵蚀进行了定量研究。首先分别研究区的地形因子、土壤因子、降水因子、植被因子、土壤利用因子,然后利用 ArcGIS 的模型分析功能,可自动生成研究区土壤侵蚀分级图(图 2、图 3),并完成进行地块面积计算。

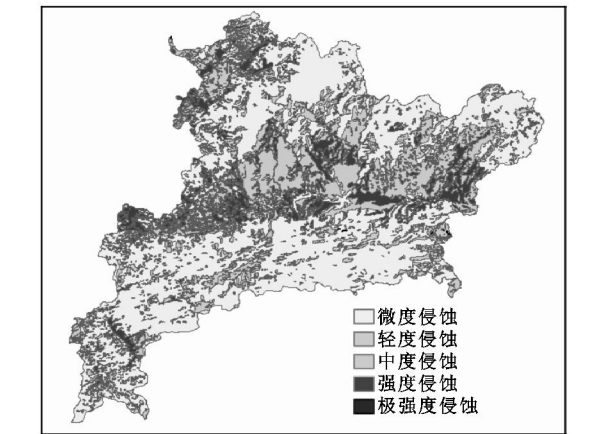


图 2 1995 年湖北房县土壤侵蚀分级图

从空间分辨率,系统判读精度为 ±30 m,成图比例为 1:10 万,系统图斑面积统计精度为 ±1 m²。将 1995 年、2000 年的统计结果进行对比,可反映出土壤侵蚀的动态变

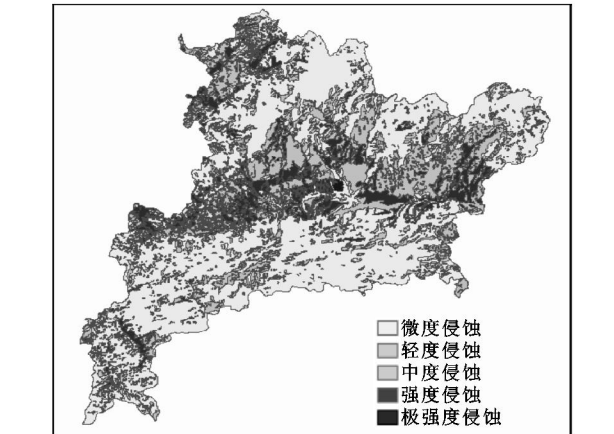


图 3 2000 年湖北房县土壤侵蚀分级图

化情况(表 1)。由表 1 可以看出,研究区内 2000 年比 1995 年土壤侵蚀(下转第 212 页)

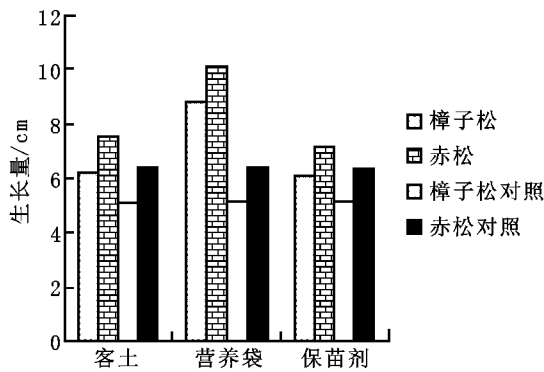


图 3 整地方式与生长量

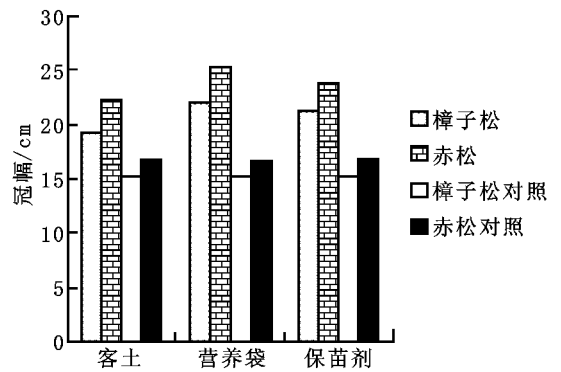


图 4 整地方式与冠幅

#### 4 结论与讨论

根据调查结果可见在 A 种方式和 B 种方式栽植乔木树种,为了保证成活率,客土整地是必要的先决条件。在 3 种整地方式下的樟子松、兴凯赤松成活率都达到或超过 80%,其中客土营养袋苗效果最佳,在成活率、冠幅、生长量和冠幅方面都优于其他两种整地方式。C 种方式中樟子松和兴凯赤松的成活率、盖度生长量和冠幅皆高于 A 种方式和 B 种方式,分析原因是 C 种方式的地形呈凹陷状,表层土壤残存量多于前两种,降水在地表有积存,立地条件优于前两种。沙棘是栽植在 V 字形坡上,没有客土整地,立地条件是较差

#### 参考文献:

- [1] 黑龙江省国土资源厅. 黑龙江省矿产资源规划研究[M]. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2003.
- [2] 谷金锋, 蔡体久, 等. 工矿区废弃地的植被恢复[J]. 东北林业大学学报, 2004, 5(3): 19 - 22.
- [3] 傅沛云. 东北植物检索表[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [4] 郝蓉, 白中科, 等. 黄土区大型露天煤矿废弃地植被恢复过程中的植被动态[J]. 生态学报, 2003, 8(8): 1470 - 1476.
- [5] 王义弘, 李俊清, 等. 林业生态学实习方法[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990.
- [6] 王占军, 蒋齐, 等. 宁夏毛乌素沙地不同密度柠条林对土壤结构及植物群落特征的影响[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 31 - 33.

(上接第 209 页)

总面积减少了 43.65 km<sup>2</sup>, 这种变化来自两个方面: 一是轻度侵蚀、中度侵蚀面积有所减少, 减少面积和为 81.19 km<sup>2</sup>, 二是强度侵蚀、极强度侵蚀面积有所增加, 增加总面积为 37.54 km<sup>2</sup>, 两者之差即为侵蚀总面积的变化。分析结果表

表 1 湖北省房县 1995 ~ 2000 年土壤侵蚀动态信息表 km<sup>2</sup>

年度	侵蚀总面积	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀
1995	2138.02	2959.71	1286.40	178.58	672.30	0.74
2000	2094.37	3003.33	1209.34	174.45	702.03	8.55
对比	-43.65	43.62	-77.06	-4.13	29.73	7.81

明, 经过 5 年的时间, 该区水土保持和生态治理工作取得了一定成效, 轻度侵蚀、中度侵蚀面积有所下降, 强度侵蚀、极强度侵蚀面积有所增加, 下降面积之和大于增加面积之和,

#### 参考文献:

- [1] 钟霞, 薛重生. 基于栅格模块地形因子提取及其水土流失评价中的应用[J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 92 - 94.
- [2] Liu Baoyuan, Zhang Keli, Xie Yun. An Empirical Soil Loss Equation[A]. In: Process of soil erosion and its environment effect volume II 12th ISCO[C]. Beijing: Tsinghua Press, 2002.
- [3] 章文波, 刘宝元. 基于 GIS 的中国土壤侵蚀预报信息系统[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 89 - 92.
- [4] 邓玉娇. 基于 3S 技术的水土保持动态监测系统研究及实现[J]. 计算机应用研究, 2005, (增刊): 404 - 405.
- [5] 张利华, 薛重生. “3S”技术在土壤侵蚀研究中的应用[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(5): 503 - 507.

的, 成活率仍达到 85.1%, 可见沙棘抗性比较强。爬山虎的成活率只达到 51.2%, 只有主枝, 没有侧枝, 冠幅也大大低于园林栽培(200 ~ 300 cm), 实地观察分析, 坡沿上土壤含水量低, 相对比较干旱, 客土量小, 养分不足, 解决途径为加大植株密度, 株距 50 cm, 客土 30 cm 以上。D 种方式中沙棘成活率达到 97.3%, 盖度、生长量和冠幅方面都优于 C 种方式, 有少量沙棘结实, 说明立地条件优于前者。紫穗槐和柠条是客土后种子直播, 紫穗槐生长和其他类似立地条件相比在盖度、生长量和密度上属于正常, 有 50% 结实, 柠条长势较弱, 可见不适宜直播, 在相似立地条件栽植防护效益和生物量都是较好<sup>[6]</sup>。

但这种成效并不显著, 尤其强度侵蚀、极强度侵蚀面积的增加, 进一步加大了治理工作的难度, 急需采取有效措施, 否则可能导致局部土地生产力的丧失。

#### 4 结 语

湖北房县由于处于丹江口水库库区, 其土壤侵蚀不仅会造成当地生态环境的破坏, 而且会对丹江口水库水质造成影响, 因此该区的土壤侵蚀调查、治理和生态环境保护具有重要意义。利用 RS 的实时动态监测功能、GIS 的空间分析和模型分析功能、GPS 的空间定位功能, 对该区土壤侵蚀进行定量研究, 不仅客观的反映的土壤侵蚀现状及其动态变化规律, 为政府决策提供了科学依据, 同时也为其它地区开展同类研究提供了值得借鉴的经验。