

## 北京地区土壤水力侵蚀评估

齐乌云<sup>1</sup>, 马蔼乃<sup>2</sup>, 周大良<sup>2</sup>, 徐海鹏<sup>3</sup>

(1. 中国社会科学院考古研究所, 北京 100710;

2. 北京大学遥感与应用研究所, 北京 100871; 3. 北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

**摘要:** 基于永定河上游北京典型段的土壤水力侵蚀深度、降雨强度、地表径流深度、土层有效厚度、土粒平均粒径、植被覆盖度等数据图层, 利用 GIS、SPSS 软件包, 通过建立水力侵蚀遥感信息模型, 制作了北京地区土壤水力侵蚀深度图和抗侵蚀年限图, 这可以为该地区土地利用和泥石流分布规律研究提供理论指导。

**关键词:** 北京地区; 土壤水力侵蚀深度; 抗侵蚀年限 GIS

**中图分类号:** S157.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2003)03-0137-03

## Evaluation on Soil Hydra-erosion in Beijing Area

Q I W u-yun<sup>1</sup>, MA A i-nai<sup>2</sup>, ZHOU Da-liang<sup>2</sup>, XU Hai-peng<sup>3</sup>

(1. The Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100710, China;

2. Applied Institute of Remote Sensing, Peking University, Beijing 100871, China;

3. Department of City and Environment, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Based on the multiple data layers for mapping such as the depth of soil hydra-erosion, the intensity of precipitation, the depth of surface runoff, the effective depth of soil layer, the average diameter of soil particle, the cover degree of vegetation, a model of remote sensing information of soil hydra-erosion with GIS and SPSS software is constructed. The authors also work out two maps in Beijing area, one is the depth of soil hydra-erosion, and another is the life span of soil anti-erosion. The study may provides a theoretical basis for the research of land use and distribution of mud-rock flow in Beijing area.

**Key words:** Beijing area; the depth of soil hydra-erosion; the life span of soil anti-erosion; GIS

土壤侵蚀又名水土流失, 国际上通用土壤侵蚀 (Soil Erosion) 和土壤保护 (Soil Conservation) [1]。自然界本身就存在着流水的侵蚀、搬运和堆积作用的动力地貌过程; 人类社会的农业活动, 砍伐了山区森林, 开垦了草原就加速了自然的侵蚀、搬运和堆积过程。当然植树种草, 兴修水利工程也会减缓自然的侵蚀、搬运和堆积过程。无论是加速、还是减缓, 人类社会活动必是要通过自然规律起作用的, 例如毁林毁草和植树种草即是改变了植被覆盖度, 又如坡耕地和梯田是改变了坡度, 再如谷坊、水库是改变了局部侵蚀基准面。由此可见, 土壤侵蚀的起因可分自然和人为两方面, 但其成因主要自然规律。对自然规律的研究, 必须建立抽象的简化模型。所有的模型都是针对原型而言的。所谓原型就是 1:1 比例尺的实况。但是由于时间和工作量的限制, 本文建立了北京地区 1:50 万比例尺的土壤水力侵蚀遥感信息模型。

### 1 土壤水力侵蚀遥感信息模型

小于 1:5 万的模型坡度失去了真实意义, 也不再分坡

面和沟谷侵蚀。因此 1:50 万的模型, 采用环境因子定性与定量相结合的方法。即双指标多名法的地学编码模型 (Geo-coded Models)。该模型为 6 位编码, 包括: 土壤侵蚀程度和抗侵蚀年限两个指标, 土壤质地、有效土层厚度、地貌形态和植被覆盖度四名法 (式 1) [2]。

$$E_s = C_0 \left( \frac{L - I_0}{I} \right)^{C_1} h \left( \frac{S_t}{d} \right)^{C_2} e^{-C_3 v} \quad (1)$$

式中:  $E_s$  —— 水力侵蚀深度 mm/a 量纲 [ $L T^{-1}$ ];  $I$  —— 降雨强度 mm [ $L T^{-1}$ ];  $I_0$  —— 不足以产生侵蚀的降雨强度 mm [ $L T^{-1}$ ];  $h$  —— 地表径流深度 mm [ $L T^{-1}$ ];  $S_t$  —— 土层有效厚度 mm [ $L$ ];  $d$  —— 土粒平均粒径 mm [ $L$ ];  $v$  —— 植被覆盖度 (%) 无量纲 [ $L$ ];  $e$  —— 自然对数;  $C_0, C_1, C_2, C_3$  —— 地理参数。

此外, 我国长期以来只使用土壤侵蚀强度一个定量概念, 即每年每平方公里侵蚀吨数, 或者以每年侵蚀毫米数, 以侵蚀深度表示。侵蚀强度  $A$  与侵蚀深度  $E$  的关系如下:

$$A = 1250E \quad (2)$$

收稿日期: 2003-04-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (批号: 49271066)。

作者简介: 齐乌云 (1967-), 女, 内蒙古人, 副研究员, 博士, 主要从事人地关系研究。

式中: 1 250 是土的容重。

但是, 我国水、土资源分布不均衡, 总的来说, 北方缺水, 南方缺水。例如黄土高原是世界闻名的严重水土流失区, 土壤侵蚀强度超过 15 000 t/(km<sup>2</sup> · a) (12 mm/a), 长期流失, 仍还有深厚的黄土层; 长江上游, 土壤侵蚀强度一般为 3 000 ~ 4 000 t/(km<sup>2</sup> · a) (2.4 ~ 3.2 mm/a), 但是许多地方土壤已侵蚀殆尽, 侵蚀风化壳, 甚至基岩裸露。如果只用土壤侵蚀强度一个指标来衡量, 就看不出长江流域土壤侵蚀的严重性。根本已没有土壤了, 侵蚀强度不可能大。为此, 马蔼乃教

授提出了抗侵蚀年限的概念, 以表示潜在危险性, 同时用两个指标来定量计算一个地区的土壤侵蚀, 就比较客观了。所谓抗侵蚀年限  $y$ , 即可侵蚀的土层有效厚度被侵蚀深度除, 可获得还有多少年可被侵蚀:

$$Y = S/E \tag{3}$$

式中:  $S$  —— 土层有效厚度 (mm) [L];  $E$  —— 侵蚀深度 (mm/a) [L T<sup>-1</sup>]。

侵蚀强度分为 6 级, 就侵蚀年限分为 5 级 (3), 如下表 1。

表 1 土壤侵蚀强度与危险程度分级表

分级	侵蚀强度	t/(km <sup>2</sup> · a <sup>-1</sup> )	/(mm · a <sup>-1</sup> )	危险程度	y/a
1	微度侵蚀	< 200, 500, 1000	0.16, 0.4, 0.8	无险型	> 1000
2	轻度侵蚀	(200, 500, 1000 ~ 2500)	(0.16, 0.4, 0.8) ~ 2	较险型	100 ~ 1000
3	中度侵蚀	2500 ~ 5000	2 ~ 4	危险型	10 ~ 100
4	强度侵蚀	5000 ~ 8000	4 ~ 6	极险型	1 ~ 10
5	极强度侵蚀	8000 ~ 15000	6 ~ 12	毁坏型	< 1
6	剧烈侵蚀	> 15000	> 12		

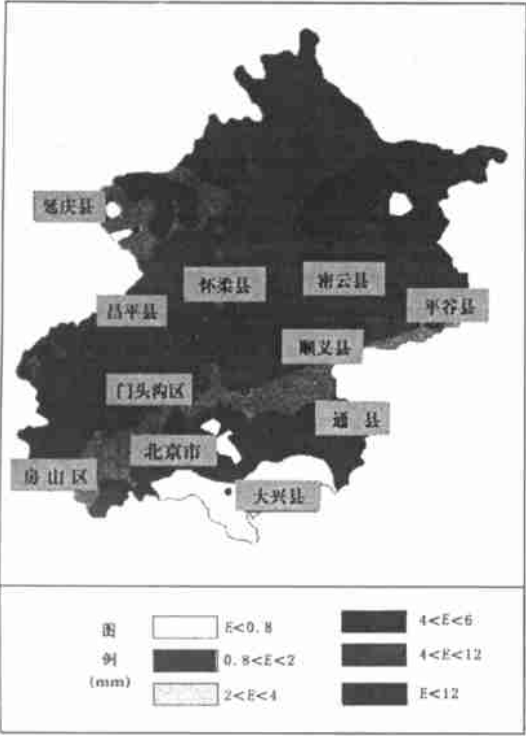


图 1 北京地区水力侵蚀深度分级图

所谓微度侵蚀区是指土壤每年的生长量与侵蚀量相当, 几乎只有微弱侵蚀; 轻度侵蚀区, 可以植树种草生物措施就能防治; 中度侵蚀区则需梯田, 谷坊工程措施和生物措施结合才能奏效; 强度侵蚀区需小型水利工程和生物措施结合; 极强度侵蚀区需大、中、小型水利工程和生物措施结合, 形成防治水土流失系统; 剧烈侵蚀区, 短期治理难以见效。

潜在危险程度的指标很明确, 因为自然形成土壤的时间至少要上千年, 人工可以加速成土过程。因此当抗侵蚀年限大于 1 000 年, 则为无险型; 100 ~ 1 000 年间为较险型; 10 ~ 100 年间为危险型; 1 ~ 10 年间为极险型; 小于 1 年, 实际上已是裸岩称为毁坏型。

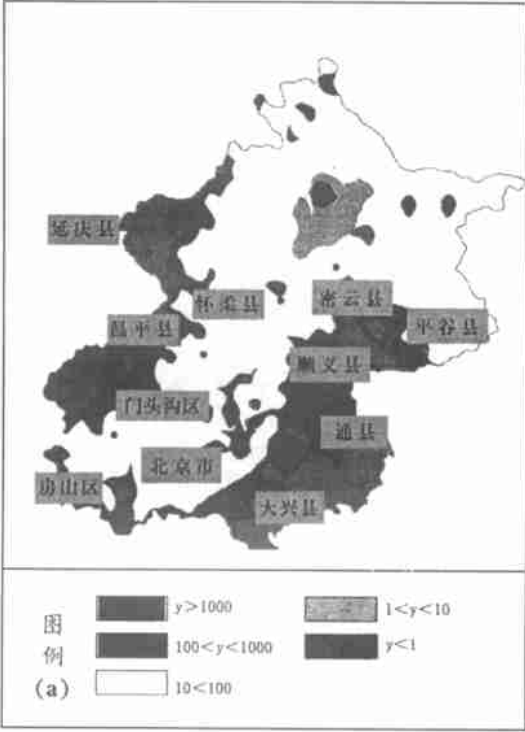


图 2 北京地区水力抗侵蚀年限分级图

文中主要根据上述的成因分析和双指标, 利用地理信息系统做出了北京地区土壤水力侵蚀图。

2 北京地区土壤水力侵蚀图的建立过程

(1) 搜集北京地区 1:50 万地形图, 从地形图上提取各个空间点的海拔高度。

平原、盆地	$H < 50\text{ m}$
丘陵、台地	$50\text{ m} < H < 200\text{ m}$
低山	$200\text{ m} < H < 500\text{ m}$
中山	$500\text{ m} < H < 1\,000\text{ m}$
高山	$1\,000\text{ m} < H < 1\,500\text{ m}$
极高山	$H > 1\,500\text{ m}$

将 1 : 50 万地形图的等高线用数字化仪输到地理信息系统中, 生成高度信息模型 DEM, 这为土壤水力侵蚀图提供绝对高程数据。

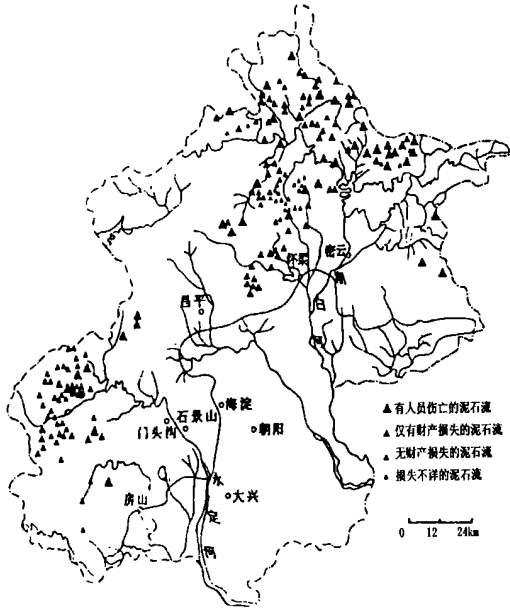


图 3 北京地区泥石流灾害分布图(据灾害图集)

(2) 从 1 : 50 万 TM 标准假彩色合成影像图、有效土层厚度图、地貌类型图、植被图中提取土壤质地和植被覆盖度信息。

土壤质地  $d$  以土质中小砾石 ( $> 2\text{ cm}$  粒径) 百分数来确定, 分三级:

- 土质  $d < 30\%$
- 土石质  $30\% < d < 70\%$
- 石质  $70\% < d$

根据影像的纹理光滑程度, 结合各种类型图可以确定其界线。

植被覆盖度  $v$  可依据影像与红色调的深浅及疏密程度, 并与植被图、实际经验等相结合确定, 分四级:

- 高植被覆盖度  $v > 70\%$
- 较高植被覆盖度  $70\% > v > 50\%$
- 中植被覆盖度  $50\% > v > 30\%$
- 低植被覆盖度  $30\% > v$

(3) 搜集降水量、径流深度等气象、水文资料和土壤水力侵蚀程度图、侵蚀深度数据  $E$  图斑图的北京部分(包括延庆、门头沟), 它们具有可靠的理论分析和实测数据检验, 为我们建立模型提供了宝贵的资料。

(4) 利用延庆、门头沟地区的土壤水力侵蚀深度、降雨强

参考文献:

[1] Bills, N L et al Accessing erosion on U. S. cropland: land management and physiced features[Z]. AER- 513 Washington, D. C. : Econom ic Research Service, U. S Dept of Agriculture 1984

[2] 马蔼乃 中国水土流失灾害的分类分级和危险度评价方法研究[A] 中国自然灾害影响评价方法研究[M] 北京: 科技出版社, 1993

[3] Ma A inai Soil erosion information expert system in China[R] International Symposium on Remote Sensing for Environment in A sia, Chiba U niversity, Japan. 1992

度、径流深度、有效土层厚度、土壤质地、植被覆盖度等资料, 建立北京地区现代土壤水力侵蚀模型, 即:

$$E = 0.05145((I - 5)/I)^{19.764399} h (S/d)^{0.07175097} e^{0.587023204V} \quad (4)$$

(5) 将整个北京地区的各种资料, 即降雨强度、径流深度、有效土层厚度、土壤质地、植被覆盖度代入模型中, 计算各个空间点的侵蚀深度(图 1), 并根据公式(3) 计算出抗侵蚀年限(图 2), 作为衡量危险程度的因子。

上述侵蚀图是北京地区现代土壤水力侵蚀图, 如果我们知道地质历史时期或未来的影响侵蚀参数, 我们可以利用模型(4), 求出任意时期的土壤水力侵蚀强度。因此该模型可以说是动态模型, 既可以恢复过去水力侵蚀程度, 也可以预测未来水力侵蚀状况。

图 3 是北京地区泥石流灾害分布图, 由图可以看出, 北京地区泥石流在地区分布上是成片的, 西山的清水河和大石河为一大片, 北山的军都山中段为一大片, 平谷东部为一小片, 怀柔北部、延庆东部和密云水库北为一小片, 恰与土壤水力侵蚀图中侵蚀深度大的地区和抗侵蚀年限小的地区相互对应。

3 初步结论

(1) 文中所建立的 1 : 50 万土壤水力侵蚀模型(4) 式表明, 北京地区土壤水力侵蚀深度与降雨强度、径流深度、土粒平均粒径呈正相关, 与植被覆盖度、有效土层厚度呈负相关, 其中受降雨强度的影响最大。

(2) 北京地区土壤水力侵蚀严重区和暴雨中心的分布相一致。北京土壤水力侵蚀深度最大的地区主要分布在北山的军都山中段和西山的清水河上游地区(图 1), 特别是北山军都山中段的抗侵蚀年限小于 1(图 2), 属极强度侵蚀区, 急需建立大、中、小型水利工程和生物措施结合的水土流失治理系统。北山和西山的大部分地区属中、强度侵蚀区, 抗侵蚀年限为 10~ 100 或 1~ 10, 需要梯田、谷坊工程措施和生物措施、小型水力工程结合进行防治。

4 存在的问题

因时间和工作量的限制, 本文只做了 1 : 50 万土壤水力侵蚀模型。1 : 50 万的坡度失去了真实意义, 无法考虑坡度对水力侵蚀的影响, 只好归到模型系数中作为常数来看待。因此所建的模型精度有限, 今后利用大比例尺的地形图, 提高模型的精度。

致谢: 王乃梁、杨景春、夏正楷、莫多闻、郭正堂、袁宝印、高善明、孙建中研究员等对该论文提出了很多宝贵意见, 作者在此一并表示诚挚的谢意。