

# 利用卫星遥感和 GIS 技术进行昭通地区 土壤侵蚀调查研究

岳彩荣, 田 昆, 徐天蜀

(西南林学院, 云南 昆明 650224)

**摘 要:** 在分析了昭通地区土壤侵蚀成因和规律后, 本研究选择了植被盖度和坡度作为确定土壤侵蚀等级的主导因子。利用 1999 年昭通地区 TM 卫星图像进行判读, 提取植被盖度、土地类型和土地利用方式等信息; 从地形图提取坡度信息; 最后应用地理信息系统(GIS)的通用软件工具 ARC/INFO 7.11 和 ARCVIEW 3.2 进行土壤侵蚀等级的空间分析, 得到了土壤侵蚀等级空间分布图。根据土壤侵蚀等级图的统计分析结果对长防林(云南部分)实施后产生的生态效益尤其是土壤侵蚀的治理作出了科学评价。

**关键词:** 土壤侵蚀; 遥感技术; 地理信息系统(GIS); 空间分析; 昭通

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2003)02-0036-04

**中图分类号:** P208; S157.1

## A Study on Soil Erosion Investigation by Using Remote Sensing and GIS in Zhaotong Prefecture

YUE Cai-rong, TIAN Kun, XU Tian-shu

(Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yun'nan Province, China)

**Abstract:** Based on analysis to the causes and laws of soil erosion in Zhaotong prefecture, Yun'nan province, the vegetation coverage percent, land use type and topography slope degree were selected as the key factors for evaluating the degree of soil loss. After fieldwork and analysis to the related materials, the relationship between TM image features and those key factors were established. And the vegetation coverage percent and land use type were extracted from TM accordingly. Combined with the information of slope degree from topography map, the erosion-grading map of Zhaotong prefecture was produced by ARC/INFO 7.11 and ARCVIEW 3.2 software. Finally, according to the result of statistics from the erosion map, scientific evaluations on the ecological effects were made for the Changjiang river protection forest in Zhaotong prefecture.

**Keywords:** soil erosion; remote sensing; GIS; spatial analysis; Zhaotong prefecture

长江中上游防护林工程自 1989 年开始启动, 至今历时 12 a。昭通地区所有县市由于土壤侵蚀严重被列入云南省“长防林”第一期工程重点治理地区, 国家对此投入了巨额资金, 随着防护林的不断扩大, 上级主管部门越来越感到对巨额投资的实际效果难及时掌握。基于这一情况, 本项目采用遥感和 GIS 技术对昭通地区的土壤侵蚀现状进行了调查研究, 得出了昭通地区的土壤侵蚀面积和空间分布信息。在与工程实施前的数据对比后, 对长防林实施以来产生的生态效益尤其是土壤侵蚀的治理作出科学评价, 为今后长江流域土壤侵蚀综合治理措施的制定提供科学依据。

## 1 自然地理概况

昭通地区位于云贵高原北部, 云南省东北部, 地处云南、贵州、四川 3 个省的腹心地段。昭通地区地理位置为, 东经  $102^{\circ}25'$ — $105^{\circ}19'$ , 北纬  $26^{\circ}34'$ — $28^{\circ}40'$ , 其平均海拔高度为 1 685 m。昭通地区的西部与大凉山、鲁南山隔江相望; 其北部、南部位于乌蒙山西侧与西北山地毗邻; 东北部俯视四川盆地。本次研究选择了具有代表性的昭通和大关 2 县(市)作为研究区, 其总面积为  $3\,894.93\text{ km}^2$ 。它们在云南省的位置如图 1 所示。

收稿日期: 2002-10-20

资助项目: 湖北省涝渍灾害与湿地农业重点实验室开放科研基金项目(HNKFJ2002A04); 云南省青年基金项目(96C068Q)

作者简介: 岳彩荣(1964—), 男(汉族), 云南建水人, 副教授, 主要从事 3S 技术的研究和教学工作。电话: (0871)3862526, E-mail: cryue@public.km.yn.cn。

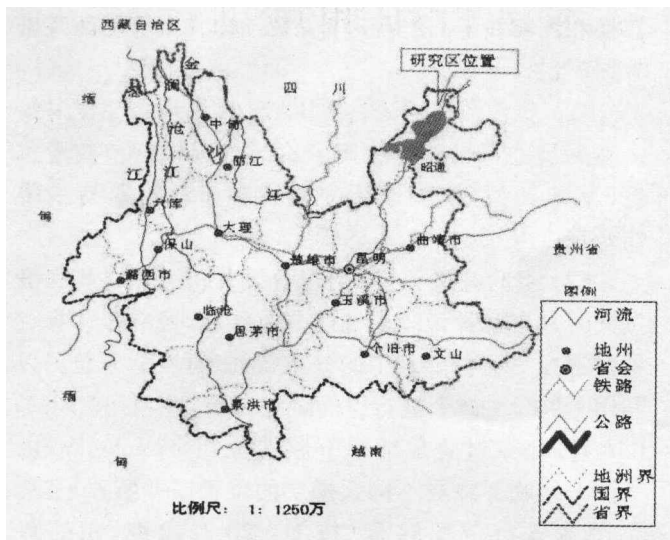


图 1 研究区在云南省的位置

## 2 研究方法

### 2.1 遥感信息源的选用及资料收集

由于调查地区面积大、地形复杂、交通落后,本次研究选用了 1999 年 12 月 25 日扫描的 TM 遥感数据。经辐射、几何校正和灰度拉伸后,采用 TM4(R)、TM3(G)、TM 2(B)标准合成,输出图像比例尺为 1:20 万。TM 遥感图像具有较高的空间分辨力,具有 7 个光谱波段,其空间分辨率除热红外波 TM6 为 120 m 外,其余 6 个波段均为 30 m。其它资料:1973 年的 1:20 万及 1:10 万地形图;1996 年的 1:20 万土地利用现状图;1990 年出版的《昭通地区综合农业区划》;1988 年《长江中上游防护林工程系列中的云南省总体规划(一期工程)》。

### 2.2 土壤侵蚀的成因、规律分析

水力侵蚀是本区的主要侵蚀类型,其影响因子可概括为地形、地表组成物质、植被、气候和人为活动等。根据对已有调查成果的分析<sup>[1,2]</sup>,结合地面调查,对影响昭通地区土壤侵蚀的各种因子作了较系统、较全面的分析,最后将各种侵蚀类型与卫星图像作对照分析后得出了影响昭通山地(不含耕地)土壤侵蚀的主导因子为植被盖度和坡度等级。植被在自然界中对拦截雨滴和控制地表径流起着举足轻重的作用,是制约土壤侵蚀最有效的因子,也是卫星影像(假彩色合成)中表现最敏感的因素。坡度对土壤侵蚀影响关系比较复杂,但多数情况将其影响简单化为正相关,耕地土壤侵蚀主要来自坡耕地,侵蚀强度随着坡度的增大而逐渐增大<sup>[3]</sup>。

### 2.3 土壤侵蚀分类与强度分级

土壤侵蚀分类是土壤侵蚀调查的基础工作。根据目前的研究状况,土壤侵蚀分类有 2 种方案<sup>[3]</sup>:(1) 根据土壤侵蚀的发生发展过程及侵蚀形态的分类;(2) 根据影响土壤侵蚀的因子组合,判定侵蚀强度的分类方案。本项目考虑到昭通地区实际和卫星遥感技术的可行性后采用了后一种分类方案。侵蚀强度分为微度(无明显侵蚀)、轻度、中度、强度、极强度、剧烈 6 级,各分级强度对应的土壤侵蚀量见表 1。

表 1 土壤侵蚀强度判别值

级 别	年平均侵蚀模数/ ( $t \cdot km^{-2}$ )	年平均流 失厚度/mm
微 度	<500	<0.4
轻 度	500~2500	0.4~2.0
中 度	2500~5000	2~4
强 度	5000~8000	4~6
极强度	8000~13500	6~12
激 烈	>13500	>12

对以上侵蚀强度类型选择典型样区进行实地调查和资料分析(包括卫星图像分析),找出各侵蚀强度等级在卫星影像上的解译特征,经反复对比,并考虑到遥感图像的可判性后,确定了各侵蚀强度的分级指标(见表 2)。具体划分时参考了《全国土壤侵蚀遥感调查技术规程》中的“水力侵蚀强度分级指标”和《关于长江流域水土保持若干技术标准(暂行规定)》的划分指标。

表 2 昭通地区土壤侵蚀强度分级指标

植被盖度	<5°	5°~15°	15°~25°	>25°
90%	微度	微度	微度	微度
70%~90%	微度	轻度	轻度	轻度
50%~70%	微度	轻度	轻度	中度
30%~50%	微度	轻度	中度	强度
<30%	微度	中度	强度	极强
坡耕地	微度	中度	强度	剧烈

表中对不同的土地类型依据不同的侵蚀因子作为强度判别标准。对坡耕地采用坡度因子直接判别土壤侵蚀强度级别,对于沿等高线耕作的坡耕地则在表中基础上降 1 级强度;对于平坝、台地、梯田、水域、居民地、交通用地的侵蚀强度确定为无明显侵蚀区;对于林地、灌木林地、草地则直接套用表中的判别指标。

### 2.4 土壤侵蚀因子的遥感图像判读

按照以上分类原则和侵蚀强度分级指标,从 TM 图像上,通过地面典型样地调查的 GPS 数据,结合其它资料,建立了对土地类型、土地利用和植被覆盖度

的判读标志。利用目视判读方法首先划分土地利用类型。土地类型分坡耕地(坡耕地再分是否沿等高线耕作)、梯田、平坝耕地、林地、灌木林地、草地、水域、居民地和交通用地。在提取土地利用类型信息后,对林地、灌木林地、草地等再根据影像的颜色和纹理结构特征判读植被覆盖度。植被覆盖度分极高覆盖(>90%)、高覆盖(70%~90%)、较高覆盖(50%~70%)、中覆盖(30%~50%)和低覆盖(<30%)。并将土地利用类型、植被覆盖度等级判读结果勾绘在聚脂薄膜上,形成植被覆盖度和土地利用类型空间信息图层。坡度信息主要从 1:10 万地形图获取,并按表 2 中标准进行分级后勾绘在另一张聚脂薄膜上。

### 2.5 利用 GIS 技术进行土壤侵蚀等级的自动分析

根据每一地块单元的土地利用类型、植被覆盖度和地形坡度等空间信息,利用以上分类原则和侵蚀强度分级参考指标,即可确定每一地块的土壤侵蚀等级。这一技术过程涉及多因素的综合判别分析,常规手段虽然可以完成,但所需工作量大,且精度难以达到。本项目中,我们采用了 ARC/INFO 7.11 和 ARCVIEW 3.2 完成这一分析过程。具体步骤见图 2。

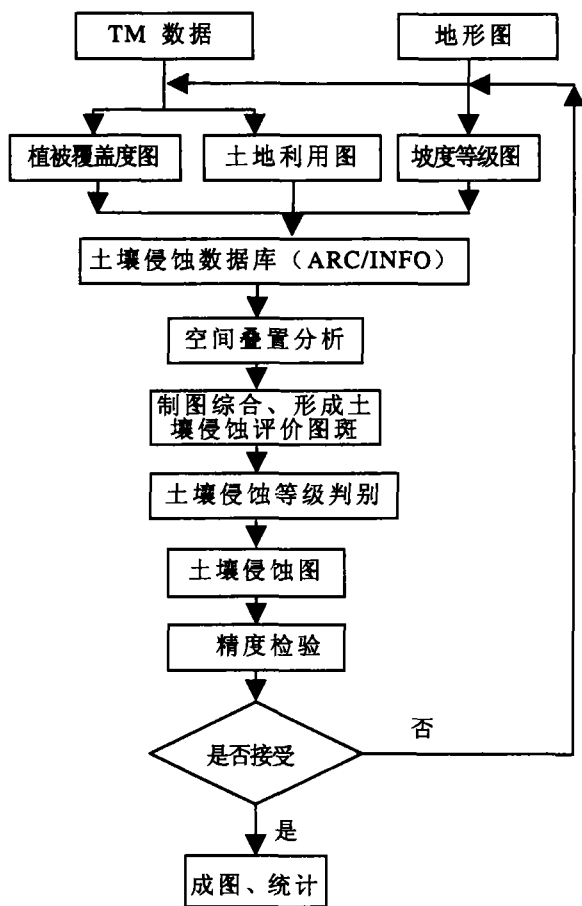


图 2 土壤侵蚀分析技术流程图

(1) ARC/INFO 支持下,完成坡度等级图、土地类型及植被盖度图的数字化,并完成图形编辑、坐标转换和图幅拼接,建立拓扑关系。构成土壤侵蚀基础数据库。

(2) 属性数据输入。在 TABLE 模块中完成对每一专题层的属性数据编码。编码内容包括植被覆盖度、土地类型(坡耕地还分顺坡耕作和沿等高线耕作)、坡度等级。

(3) 空间叠置分析。通过叠置分析可以寻找和确定同时具有几种地理属性的分布区域,或统计计算一种要素在另一种要素中的分布特征。对以上专题图层利用 UNION 命令进行空间叠置分析,并利用 ELIMINATE 命令对叠加结果中形成的 silver polygon(由于同一地物界线在不同数据层的位置误差所致)及细小图斑进行制图综合(按 1:20 万成图,阈值取 40 000 m<sup>2</sup>),形成新的多边形矢量文件,此多边形文件中的属性数据表中包含参与叠置的各专题层的属性数据,矢量文件中的每一个多边形即为土壤侵蚀等级推断的基本地块单元。

(4) 土壤侵蚀等级的自动分析。将以上叠置多边形矢量文件转换为 ARC/INFO 交换文件(E00)格式后读入 ARCVIEW 中生成 .shape 文件。此时在 .shape 文件的属性表中,每个图斑(多边形)的属性记录将包括植被覆盖度、地形坡度和土地利用类型等数据项。利用属性表的编辑功能增加“土壤侵蚀等级”数据项;利用查询(Query)功能完成满足各种侵蚀等级多边形的选择;再利用赋值和计算功能(Calculate)对“土壤侵蚀等级”数据项进行土壤侵蚀等级赋值。所有图斑赋值完成后,再利用统计功能(Statistics)完成各种侵蚀等级图斑的面积统计,最后得到土壤侵蚀各侵蚀等级的面积(表 3)。

表 3 研究区土壤侵蚀遥感调查结果比较分析 km<sup>2</sup>

年份	无明显侵蚀	轻度	中度	强度	极强	剧烈
1987	1 863.60	746.28	1 019.3	249.41	8.78	7.56
1999	2 097.65	648.49	952.67	186.37	5.42	4.33
增减	234.05	-97.79	-66.63	-63.04	-3.36	-3.23

### 3 结果及讨论

(1) 本次研究利用遥感和 GIS 技术完成了昭通市和大关县土壤侵蚀调查和制图,调查面积为 3 894.93 km<sup>2</sup>。将调查结果与 1987 年遥感调查数据相比较(见表 3),可看出该地区在长防林工程实施后土壤侵蚀面积及强度都得到了一定控制。土壤侵蚀面积由 1987 年的 52.15% 降到 1999 年的 46.14%, 减

少了 234.05 km<sup>2</sup>。特别是轻度侵蚀和强度侵蚀的面积下降得最为明显。轻度侵蚀面积由 1987 年的 19.10% 下降到 1999 年的 16.65%，减少了 97.79 km<sup>2</sup>，强度侵蚀面积，由 1987 年的 6.30% 下降到现在的 4.70%，减少了 63.04 km<sup>2</sup>，通过上述分析可知，长防林工程的实施在土壤侵蚀治理中已初见成效。

通过对野外 50 多个 GPS 调查点收集的信息及对相关资料<sup>[7]</sup>的分析表明，本次研究所得出的土壤侵蚀等级的分析结果基本反映了该地区的土壤侵蚀面积及空间分布位置，达到了预期的目的。

(2) 由于 2 次调查采用的遥感资料及解译标志的不同(1987 年采用资料为 MSS 数据)，给 2 次调查结果的可比性带来影响。另外，遥感调查有一定的局限性。①受图像分辨率的限制无法从图像上获取一些侵蚀强度高的点(如采矿点)、线(如修公路)信息，致使许多剧烈侵蚀面积反映不出来；②遥感数据受季节影响较大，使一些坡耕地在作物生长季节难以从图像辨认。这从客观上限制了遥感调查精度的提高。

(3) 本次研究采用 GIS 的空间矢量叠加方法进行土壤侵蚀多因子分析，充分发挥了矢量数据表达位置精度高的特点，因而在面积计算上将具有比栅格分析方法更高的精度。

(4) 遥感图像具有宏观性、真实性、信息量丰富及可重复性等优点，在昭通地区地域广阔，地形复杂，交通不便，任务重，经费少的情况下，应用遥感和 GIS 技术调查土壤侵蚀现状，不仅能大大减少野外工作

量，而且在效益和速度上都有很大提高，精度也可满足要求，充分体现了遥感技术成本低、速度快、精度可靠的优越性。

参加此项工作的还有西南林学院 96 级学生：张乾、杜鹃、黎华照、王永松；江苏省南京市昭通地区林业局、昭通地区水电局在外业调查中给予了大力支持，在此一并致谢。

#### [参 考 文 献]

- [1] 谢应齐, 杨子生. 云南省农业自然灾害区划[M]. 中国农业出版社, 1995. 183—191.
- [2] 云南省水利厅编. 应用遥感技术调查昭通地区土壤侵蚀报告[R]. 1987.
- [3] 李壁成主编. 小流域土壤侵蚀与综合治理遥感监测[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [4] 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤流失方程研究[J]. 水土保持通报, 1999, 19(1): 1—9.
- [5] 于书霞, 王宁, 朱颜明. 基于地理信息系统的土壤侵蚀研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(3): 20—23.
- [6] 蔡崇法, 丁树文, 史志华. 应用 USLE 模型与地理信息系统 IDRISI 预测小流域土壤侵蚀量的研究[J]. 水土保持通报, 2000, 20(2): 19—24.
- [7] 陈明, 张寿鹏. 云南省土壤侵蚀变化趋势分析[J]. 中国水土保持, 2000(7): 6—7.
- [8] 濮静娟. 遥感图像目视解译原理与研究[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [9] ESRI. Understanding GIS[M]. 1993.

## 欢迎订阅《中国农业资源环境文摘》

《中国农业文摘—土壤肥料》于 1985 年创刊，收录了全国 200 余种农业科技期刊中关于土壤学、肥料学、植物营养学和生态环境科学方面的文献，是本学科专业核心期刊评价的指标刊物，也是我国本学科惟一种文献检索刊物。为适应新形势下科研工作与农业生产的要求，我们拟将《中国农业文摘—土壤肥料》于 2003 年起更名为《中国农业资源环境文摘》，刊物性质与发行范围不变。《中国农业资源环境文摘》的报道内容包含原来《中国农业文摘—土壤肥料》的报道范围，侧重报道生态农业、环境科学、资源可持续利用以及学科之间交叉领域的新理论、新技术和新方法，使交统治领域内容新颖的文献及时报道出来，为广大土壤科学、资源与环境科学的科学技术工作者服务，促进学术交流，推动学科发展。

本刊仍为双月刊，16 开，刊号：CN 11—4920/S，ISSN 1002—543X。邮发代号：18—124。每期定价 10.00 元。公开发行，全国邮局均可订阅，如错过订期，可直接向编辑部订阅。

编辑部地址：北京中关村南大街 12 号中国农业科学院科技文献信息中心

邮 码：100081

电 话：010—68919886 转 2313