

# 基于遥感和 GIS 的全国土壤侵蚀动态监测方法研究

赵晓丽, 张增祥, 刘斌, 王长有

(中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘要:** 土壤侵蚀动态监测是水土保持管理工作的主要内容之一。本文阐述了在遥感和 GIS 技术支持下采用人机交互判读分析进行全国土壤侵蚀动态监测的方法和工作程序。在全国第 2 次土壤侵蚀遥感调查分类系统不变的基础上, 通过两期遥感信息的比较, 人机交互解译土壤侵蚀动态图斑, 矢量图编辑, 面积汇总的全数字方式, 完成 1995—2000 年 1:10 万比例尺的全国土壤侵蚀动态遥感监测与数据库更新。

**关键词:** 遥感; GIS; 人机交互解译; 土壤侵蚀; 动态监测

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)04-0029-04

中图分类号: p231.5

## Method of Monitoring Soil Erosion Dynamic Based on Remote Sensing and GIS

ZHAO Xiao-li, ZHANG Zeng-xiang, LIU Bin, WANG Chang-you

(Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract** Dynamic monitoring soil erosion is one of important task in soil and water conservation management. The method and work proceedings of dynamic monitoring soil erosion are expounded supported by remote sensing and GIS through visual interpretation at scale of nation. Based on unchanged classification of second national soil erosion remote sensing investigation, the remote sensing monitor is carried out for national soil erosion at scale 1:100 000 from 1995 to 2000 and updated its database by comparing two different time images, employing the digital processing technique of remote sensing data, man-computer interactive interpretation, vector map editing and area count.

**Keywords** remote sensing; GIS; man-computer interactive interpretation; soil erosion; dynamic monitoring

土壤侵蚀动态监测, 在国内外都是一项新的研究课题<sup>[1-4]</sup>。土壤侵蚀是自然因素和人为因素综合作用的结果。气候、植被、地形、土壤及土地利用等人为影响, 均在土壤侵蚀的形态、强度和空间分布上表现出来, 并随着时间的推移而发生变化。要查明一段时间内土壤侵蚀的动态变化, 必须依赖多时相的遥感信息源才能实现。为了避免定点观测资料不足, 充分依靠遥感、地理信息系统、专家知识等技术, 形成了一种兼顾相对指标要素逻辑关系判断方法的土壤侵蚀强度划分方法。无疑, 这将使土壤侵蚀动态研究提高到新的深度和高度, 对进一步分析区域土壤侵蚀状况、历史变化、发展趋势及存在问题等, 提供了重要的科学依据和新的手段<sup>[5,6]</sup>。

## 1 方法设计

### 1.1 设计原则

(1) 综合性 只有通过对各影响指标的综合分析才能全面体现土壤侵蚀状况。

(2) 空间性 用具体的图斑代码来表达各个空间位置上土壤侵蚀状况

(3) 动态性 针对土壤侵蚀特点, 了解不同时期与土壤侵蚀有关的各个影响要素的现状, 综合分析研究区域内的土壤侵蚀动态变化

### 1.2 实现方法

(1) 全面分析区域土壤侵蚀现状, 把握主要影响要素, 并依靠专家知识的支持, 确定动态变化的区域

(2) 依靠遥感和地理信息系统技术进行土壤侵蚀动态信息提取

(3) 将获取的土壤侵蚀专题数据进行集成汇总, 形成符合统一要求的 1995—2000 年土壤侵蚀动态及 2000 年土壤侵蚀现状专题数据。

## 2 遥感图像及相关资料的准备

采用人机交互的判读分析方法, 根据 1990 年代中期的土壤侵蚀和 TM 影像、2000 年度 TM 影像、土地利用等的比较分析, 并参考其它土壤侵蚀相关资料

收稿日期: 2002-05-06

资助项目: 水利部合作项目“全国土壤侵蚀遥感调查”(HX990001); “全国土壤侵蚀的动态遥感监测与数据库更新”(HX010009)

作者简介: 赵晓丽(1963-), 女(汉族), 陕西乾县人, 副研究员, 长期从事资源环境遥感应用研究工作。电话(010)64889202, E-mail zhaoxi-aol@21cn.com

及图件,分析影响土壤强度的各个要素在近年来的变化,及其对于土壤侵蚀强度的影响,如土地利用方式、植被覆盖度、地表组成物质、大型工程等,经过综合分析而直接判定土壤侵蚀强度的变化特点。在计算机屏幕上直接勾绘变化图斑的界线。动态数据反映 1995—2000 年近 5 a 期间土壤侵蚀变化的基本特点。

## 2.1 遥感图像

以 1995 年和 2000 年的 TM 影像为主要信息源。遥感数据以 1995 年分市、县图像为依据,进行 2000 年度图像数据的分景假彩色合成 (R4G3B2) 分市县图像纠正,获得各市县新的影像图,要求两期具有良好的空间位置匹配,作为土壤侵蚀全面更新的数据源。图像处理的几何精校正采用最小二乘法计算,像元重采样采用最近邻点法或双线性插值法,影像几何纠正误差不超过 2~3 个像元。采用的投影为等面积割圆锥投影,用全国统一的中央经线和双标准纬线,中央经线为东经 105°,双纬线为:北纬 25°和北纬 47°,采用克拉索夫斯基椭球体。

## 2.2 土地利用图

参考全国分省分县 2000 年度的土地利用数据文件,数据格式为工作站 Arc/info 的 Coverage。土地利用数据反映 2000 年全国土地利用状况 (1:10 万比例尺)。投影方式同陆地卫星 TM 影像数据。

## 2.3 县级行政界线图

县级行政界线采用“全国第二次土壤侵蚀遥感调查”所用的数字界线。各级行政界线只作为判读分析的工作区域参考和进行动态分析比较时的分析单元,在影像判读与图斑勾绘过程中,不需要重新标描行政界线,统一使用全国县级行政界线。

## 2.4 20 世纪 90 年代中期土壤侵蚀图

使用第 2 次全国土壤侵蚀遥感调查的最终成果 (1:10 万比例尺)。全国分省分县 20 世纪 90 年代中期的土壤侵蚀数据文件,数据格式为工作站 Arc/info 的 Coverage。投影方式同陆地卫星 TM 影像数据。

## 2.5 其它资料

地形图利用已经购置的 1:10 万或 1:5 万地形图。收集与土壤侵蚀有关的图件和文字资料,特别是能反映近年变化的各种资料。为了提高影像的信息可解译性和保证成果质量,广泛收集整理现有的基础研究成果及各种比例尺的地质图、地貌图、植被图、土壤图、沙漠化图、土壤侵蚀图、土地利用图、中国水土流失区划图和流域界线图等专业性图件;站点的水文、气象观测资料;包括水文站点的水文泥沙资料,实验站的土壤侵蚀观测资料,淤地坝的泥沙淤积资料及其它有关研究报告。

## 2.6 野外作业

进行外业调查,掌握区域土壤侵蚀变化的第一手资料,特别是影响区域土壤侵蚀变化的各种影响因素的近年特点,同时拍摄相应的野外实况照片,每一张照片均需记录拍摄时间、所处位置的经纬度、拍摄的方位角 (360°表示) 和内容简介等相关信息,建立土壤侵蚀类型和强度变化的遥感解译标志,用于土壤侵蚀强度判读分析。

## 3 土壤侵蚀动态更新内容与表示

全国土壤侵蚀动态监测与数据库更新的内容包括水力侵蚀 (编码 11~16)、风力侵蚀 (编码 21~26) 和冻融侵蚀 (编码 31~34) 3 大类型。

### 3.1 土壤侵蚀动态内容

进行的土壤侵蚀数据更新工作需要采用人机交互判读分析方法,提取全国范围内的土壤侵蚀动态变化信息,在 1995 年以来基本稳定的区域,不需要进行任何工作。因此,分类体系中只保留各种可能出现的变化信息,采用多位复合编码方式,包括原属类型、强度和目前应该属于的类型和强度。判读分析和动态图斑提取后的信息与 1995 年土壤侵蚀图进行叠加,叠加后的成果中包括未变化区域的原有图斑信息,也包括已经变化区域内的动态信息图斑。

### 3.2 土壤侵蚀动态表示方法

所有未变化的区域保留原有土壤侵蚀类型和强度的编码,其分类系统和表示方法同 1995 年完成的土壤侵蚀成果一样。

全国土壤侵蚀分类系统中采用了 2 位编码,但在开展水蚀-风蚀交错区调查中出现了 3 位编码,为了今后的动态更新工作留有余地,本次提取的所有动态图斑均采用如下 6 位编码方式。

1	2	0	1	1	0
原属类型 强度编码			目前类型 强度编码		

其中: (1) 前面 3 位代表原属类型和强度的编码,即 1995 年图件上的内容,例子中所示表示原来属于轻度水蚀; (2) 后面 3 位代表目前应该属于的土壤侵蚀类型及其强度,即在新的信息源支持下应该划分为的类型、强度,例子所示表示 2000 年度该图斑属于微度水蚀; (3) 所有动态图斑编码必须以 6 位表示,由于土壤侵蚀分类系统的编码均是 2 位,本次均需要在其后补零“0”,即如例子所示的原来的 2 位码后面补“0”,相当于 6 位编码的第 3 位和第 6 位。

## 4 土壤侵蚀动态图的编制

### 4.1 土壤侵蚀动态分析的数据准备

在开始进行土壤侵蚀动态变化图斑提取前,需要将相关数据导入准备采用的计算机软件中,如 Arc/info, MGE, Corel Draw, Arcview 等,包括 1995 年 TM 影像、2000 年 TM 影像、1995 年土壤侵蚀图、2000 年土地利用图或 1995-2000 年土地利用动态变化图等,进行分层管理(图 1)。其中,两期 TM 影像是为了在图层间切换,以便发现 5a 来已经变化了的部分;土地利用图是为了确定这些变化部分目前的土地利用方式,包括植被类型、植被覆盖度等信息;同时参考搜集到的有关区域土壤侵蚀内容的其它参考资料,确定目前的土壤侵蚀类型和强度;1995 年的土壤侵蚀图是真正要更新的图层,其中没有发现变化的部分保持原状,在已经变化的部分勾绘土壤侵蚀动态图斑界线,并同时标注 6 位方式的动态编码。

实际作业中,由于土壤侵蚀、土地利用、TM 影像均是以分县管理,每个县 1 个文件,一般采用分县更新,全省编辑的方法。对于部分面积较大的县,如新疆、西藏、青海、内蒙古等省区,个别县的面积在数万平方公里,采用一个图像文件,其数据量太大,在数百兆至 1.5 GB 之间,使用非常不便,建议采用以景或以图幅为管理单位的方式,分块更新,最终在 Arc/info 中编辑完成全省完整的 Coverage。

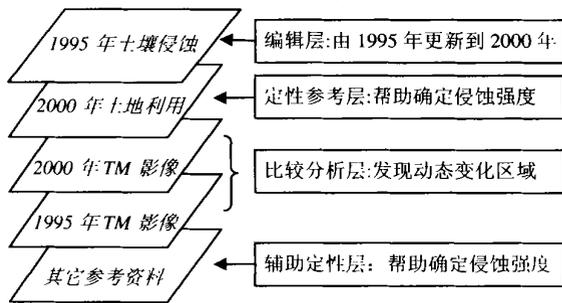


图 1 全数字分层管理下的数据更新示意

### 4.2 土壤侵蚀动态变化的图像判读

人机交互进行 TM 图像判读分析主要内容是土壤侵蚀类型及强度的变化部分,其侵蚀类型和强度分类按“全国第 2 次土壤侵蚀遥感调查技术规程”分类系统。但动态变化图斑采用上述 6 位编码方式。

(1) 首先输入省(市、区)级、县级或标准分幅地形图大小的影像栅格文件,如文件数据量太大,需要进行分块作业。如果选用 Arc/info 作为动态更新软件,需要对图像数据进行处理,但需注意的是 Arc/info 环境下的图像显示效果较差。

(2) 利用 Intergraph MGE, Arcview 或 Corel Draw 软件对栅格数据和矢量数据的综合处理能力、数据分层管理功能,设置 TM 图像层、土地利用层,建立新的土壤侵蚀数据层面,以人机交互方式,在计算机屏幕上进行土壤侵蚀类型及强度变化部分的判读,利用鼠标或笔式鼠标直接进行图斑界限勾绘和属性判定。

(3) 判读结果接边。无论以县还是以图幅等为单位分块进行动态更新,在完成本县或本图幅后均需与相邻成果接边,保证两边土壤侵蚀类型与强度、图斑界线的一致。

(4) 判读完成后保存。使用 Intergraph MGE 和 Corel Draw 软件,以\*.dxf 矢量格式文件导出,而应用 Arcview,以\*.shp 格式导出。之后用 Arc/info 的 Dxfarc 和 Shapearc 命令转换成 Arc/info 格式,进行图形编辑工作使用。

(5) 判读结果的质量评定。人机交互判读结果的好坏,决定着土壤侵蚀遥感调查最终成果的质量,因此始终把好质量关是提高成果精度的重要环节。质量检查主要内容包括:图斑定性和定位是否准确;作业方法是否符合规程要求;矢量图内图斑弧段是否封闭;图斑是否漏号或重号;是否建立图形的拓扑关系以及图幅接边误差是否符合要求等;动态图斑及其 2000 年现状图斑的定性、共用界线是否完全一致。

质量检查样本采用随机抽样方法,检查图斑数不得少于图幅总图斑数的 5%,不符合精度要求者应及时返工。

(6) 判读精度:图斑定性的判对率 > 90%,图斑界线勾绘的定位偏差 < 0.6 mm,相当于屏幕解译线划描述精度为 2 个像元。

(7) 上图标准:所有动态图斑最小上图标准为  $TM \geq 6 \times 6$  个像元,条状图斑短边长度  $\geq 4$  个像元。

### 4.3 土壤侵蚀矢量图生成

按照上述程序完成的动态图斑判读文件中包括 2 部分信息,一种是近年来土壤侵蚀类型和强度没有变化的稳定区域,即 1995 年和 2000 年的土壤侵蚀一致;另一部分信息是动态本身,即 1995 年以来土壤侵蚀类型或强度的变化信息。因为是在 1995 年的土壤侵蚀图上直接利用新的信息源进行更新的结果,稳定区域保持原状,变化区域进行了更新,实际上是一个土壤侵蚀编码和土壤侵蚀动态变化混杂的矢量文件,需要将其编辑完成成为一个没有定性错误和逻辑错误的全省 Coverage。由于已经对 TM 影像、土地利用、土壤侵蚀等基础数据进行了投影转换,本身就具有 Albers 投影坐标。土壤侵蚀动态图经纠错修改确认。

无误后,与行政区划图统一图廓边,最后须用 Clean 命令建立拓扑关系。

#### 4.4 省内与省际接边处理

接边的内容主要是指图形编辑过程中的接边,包括省内不同图幅或不同工作区域间的接边。具体接边内容包括属性接边和图形接边 2 个方面,属性接边指不同侵蚀类型和强度分级的接边,图形接边指具体图斑界线的接边。

(1) 接边处理须在 Arc/info 下选用有经验的专业人员进行;(2) 在 Arc/info 软件支持下用 Mapjoin 命令将省级图形文件拼接在一起,拼接图幅多少视文件数据量而定。

在 Arcedit 中对相邻 2 个省级文件同一专题层面的图形实施接边处理。特别注意在接边过程中移动了的线段,必须保证 2 个图叠加后不会出现“双眼皮”现象。省际接边原则上要求各省在 Window NT 下,依靠 Arc/info 软件完成相邻省数据成果接边,接边必须在遥感卫星 TM 图像支持下进行。

### 5 数据集成与数据库更新

需要集成的数据包括图形数据、属性数据,在数据库集成时,要确定和统筹考虑集成原则和规范、数据入库编码、各种类型的数据的组织、存贮和管理等。

#### 5.1 分县图形处理

在全国数据集成时需要进行图形的分县切割,主要目的在于进行切割后各县的面积平差计算。在 1995 年的土壤侵蚀数据库建设时,已经形成了全国各县的总面积和分类面积,为了便于动态更新后的数据比较与分析,要求完全按照上次使用的全国县级行政界线图为控制,各省成果保证其省界 2 次界线完全一致,数据成果内不保留县界。

#### 5.2 图斑面积量算

5.2.1 面积量算作业必备资料 全国统一发布的行政单位编码、各县市控制面积的数据库文件。作为数据库更新工作,将继续沿用上期的全国县级行政界线,以便于集成后各级行政单位内数据的比较。

2000 年土壤侵蚀图、1995—2000 土壤侵蚀动态图、行政区划图。

5.2.2 对面积测算作业所需图件的要求 为保证

土壤侵蚀各类面积量测数据的准确性,并实现全国所有的图件能无缝拼接,所有图件均需纳入统一的坐标系,共用界线保持绝对一致。各图建立拓扑关系后不得作任何改动,修改后须再建拓扑关系。

5.2.3 面积量算 面积量算包括分类图斑面积统计、图斑面积加权平差、总面积检查、属性数据库生成、全国面积数据汇总以及分县记录的分省数据库、分省记录的分流域数据库建设。利用 1995—2000 年土壤侵蚀类型及强度的动态变化结果,计算产生全国及各省分县土壤侵蚀类型及强度面积的动态转化矩阵,据此进行该区域的动态变化分析。

### 6 方法特点

(1) 该方法有助于利用 GIS 中的空间叠加分析和专家知识的支持,避免直接采用两期矢量数据进行空间叠加分析时出现越来越多的细碎图斑和共用界线不能完全重合的缺点和逻辑判别方法中可能出现的漏判和不确定性,便于实现全空间区域和全要素的完整分析。

(2) 各类数据采用分层管理,有利于土壤侵蚀动态分析;土壤侵蚀动态变化状况落在每一个具体图斑内,便于空间区域对比和时间序列分析。

(3) 土壤侵蚀范围及强度是一个动态变化的过程,这就要求对土壤侵蚀进行周期性监测。可以 5 a 为一监测周期(在水蚀严重地区,2~3 a 为一周期)。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 中华人民共和国水土保持法及其实施条例 [Z]. 1991-06-29 公布,1991-06-29 施行.
- [2] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准 (SL 190-96) [Z]. 1997-02-13 发布,1997-05-01 实施.
- [3] 应用遥感技术调查全国土壤侵蚀现状与编制全国土壤侵蚀图技术工作细则 [Z]. 水利部遥感中心, 1986.
- [4] 史德明.应用遥感技术监测土壤侵蚀动态的研究 [J]. 土壤学报, 1996(1): 48-57.
- [5] 赵晓丽,张增祥,王长有,等.基于遥感和 GIS 的西藏中部地区土壤侵蚀动态监测 [J]. 水土保持学报, 1999(2): 44-50.
- [6] 赵羽,等.内蒙古土壤侵蚀研究——遥感技术在内蒙古土壤侵蚀研究中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1989.