

福建省东南沿海水蚀区土壤侵蚀遥感测报

林开旺¹, 陈永宝²

(1. 福建省水土保持亚行办, 福建 福州 350003; 2. 南安市水土保持试验站, 福建 南安 362300)

摘要: 以福建省东南沿海水蚀区的晋江流域(泉州市)为实验区, (1) 利用大量的水土保持实验数据和 USLE 原型结构(即 $A = fRKSLCP$), 建立了适合该流域水蚀区的土壤侵蚀遥感测报模型; (2) 在中国南方红壤地区率先建立了县(市)级土壤侵蚀定量遥感测报系统, 实现了土壤侵蚀定量、实时、快速测报, 并在全流域 $1.10 \times 10^4 \text{ km}^2$ 土地上推广应用; (3) 建立了以像元 ($30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$) 为基础的空间数据库系统及其可更新的 GIS 系统, 同时, 还建立了防治类型预报模型, 能够根据当地土壤侵蚀防治需要与经济承受能力提出了防治类型预报建议。根据对流域中下游的南安市(面积 2042.72 km^2) 实现动态测报, 与水文法、径流小区法、实地调查法和档案法比较, 其一致性达 80% 以上。

关键词: 土壤侵蚀; 监测和预报; 水蚀区; 中国福建省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)04-0024-05

中图分类号: S157.1; P231.5

Prediction and Application of Remote Sensing on Soil Erosion in Water Eroded Areas in Southeast Coastal Area of Fujian Province

LIN Kai-wang¹, CHEN Yong-bao²

(1. Fujian Soil and Water Conservation & Rural Development Project ADB Loan Management Office, Fuzhou 350003, China;

2. Soil and Water Conservation Experiment Station of Nan'an City, Nan'an 362300, Fujian Province, China)

Abstract Jinjiang watershed, located in the water eroded area of southeast coastal area of Fujian province, was used as an experiment zone. A remote sensing prediction model on the soil erosion suitable for watershed erosion area was established by using a great deal of data collected from soil and water conservation experiments, and prototype structure of USLE ($A = fRKSLCP$). A quantitative soil erosion remote sensing prediction system at county(city) level in red soil area in southern China was also established innovatively, realizing the quantitative, real time, and quick predicting on soil erosion. This prediction system was applied in an area of 11000 km^2 , and a spatial database system based pixels of $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ and its renewable GIS system were established. According to the dynamic prediction made in 1988, 1995, and 1996 in Nan'an city which is located in middle and down stream of the watershed, the result consistency comparing with the hydrologic method, runoff plot method, on-spot investigation method, and file method reached more than 80%.

Keywords soil erosion; prediction and remote sensing; water eroded areas; Fujian province

土壤侵蚀是土壤及其母质在水力、风力、冻融、重力等外营力的作用下被破坏、剥蚀、搬运和沉积的过程。土壤在外营力的作用下发生位移的物质质量称为土壤侵蚀量(或土壤流失量)。土壤侵蚀测报目的是建立一套定期、定位和定量监测与预报发生位移的物质质量多少的可行方法, 其核心问题是土壤侵蚀量, 它不仅是土壤侵蚀测报的出发点, 也是土壤侵蚀测报的归宿点。过去许多研究者不论是采用常规法、遥感目视判读法, 还是近几年来与 RS 和 GIS 相结合的方法, 由于未能从真正意义上的土壤侵蚀量这个核心着手, 往

往导致测报结果与实际差异甚大的结果。为此, 本文以中国福建省东南沿海水蚀区为实验区, 利用 RS 和 GIS 技术, 建立以土壤侵蚀量的测报为核心的监测方法, 实现了土壤侵蚀定量遥感测报, 取得了实际、实用、实效的成果, 为区域水土保持工作提供了科学决策依据。

1 监测原理

土壤侵蚀快速调查往往把植被和土壤作为主要因素来制定实施细则。土壤是侵蚀的对象, 而植被是

收稿日期: 2002-07-03

作者简介: 林开旺(1942-), 男(汉族), 福建省闽侯县人, 高级农艺师。主要从事水土保持项目实施工作。电话 (0591) 7823351, E-mail: fswco@pubz.fz.fj.cn

侵蚀的主要限制因子。研究表明,各种植物和土壤在遥感光谱反映中呈现其典型的光谱特征曲线,正是这种光谱特性,为水土侵蚀遥感监测提供了可能。其次,栅格数据是表征空间地理数据的基本格式之一,其数据结构是使用同一大小网格的行列表示。这种网格把区域土壤侵蚀微分成犹如一个个的径流小区,通过与地理实体相联系的属性数据,建立起土壤侵蚀的空间监测模型,在 GIS 的支撑下,实现土壤侵蚀的定量遥感监测。

2 方法

2.1 计算机软硬件系统组成

(1) 硬件系统。PC /486 以上(本研究后来改进为 PC586/32M/4.3G 机)、A4 幅扫描仪、A0 幅彩色绘图仪、不间断电源、备份盘等。

(2) 软件系统。考虑今后资源共享需要,软件系统主要采用商业化软件如 Arc/info、Iidrisi、auto-CAD、Pstyler 等组成。

2.2 微机流程

利用现势性强的卫星遥感 (Remote sensing 即 RS) 获得的 TM 数据,经过图形图像技术系统的处理,同时利用过去已有资料图件(如土地利用、土壤、地形图、点面雨量站资料等),部分实测资料,新编制的软件及其集成系统,以通用土壤侵蚀方程 (Universal Soil Loss Equation 简称 USLE) 为基础构架,以像元 (30 m×30 m) 为监测单元,建立适合该地区的各种土壤侵蚀因子的数学模型,编制因子图,建立空间数据处理系统。运用地理信息系统 (Geographical Information System 即 GIS) 技术方法,实现扫描数字化、栅矢化和配准归一化,求出以像元为基础的土壤侵蚀量(或侵蚀量图),再按部颁规程实现由“侵蚀量→侵蚀等级”的转换,则可得土壤侵蚀现状图,并统计出各级土壤侵蚀量、侵蚀面积等数据。然后依据水土流失防治的紧迫程度和水土保持经费的可能投入量等实际情况,确定(预报)来年或近期水土流失防治的重点或防治力度(防治类型区图),从而使调查与治理规划融为一体,为水土保持提供有力的科学决策依据。

2.3 技术步骤

2.3.1 数据的采集 (1) 实测土壤流失量及其参数:地面控制点以标桩法为主体,在各类土壤类型的典型地段(共设 110 个样点、1100 个标桩),实测大量各种地类的土壤年流失厚度、土壤容重、地形因子、植被覆盖、作物管理措施等参数,分析土壤有关理化性状等。(2) 收集已有资料图件。收集监测当年雨量代表站 1 个,面上雨量站 16 个,地质图、土壤普查图件

及其典型剖面资料、土地利用详查图件,1:10 万航测分版地形图、水文站实测资料等。(3) 购买陆地资源卫星的 2,3,4 波段的 TM 数据。

2.3.2 因子数学模型建立

(1) 降雨侵蚀力因子 (Erosivity factor of rainfall 简称 R 因子): R 因子是土壤侵蚀的主要外营力。研究利用美国威斯奇还尔和史密斯等人的算式,依据该区域降雨特征进行修正^[10],代表站 R 因子算式为:

$$R = \sum E_i \cdot I_{60} \quad (1)$$

式中: R ——降雨侵蚀力指标; $\sum E_i$ ——一次降雨的总动能; I_{60} ——时段最大 60 min 降雨强度。面上雨量站用 R 因子的简算^[11]式为:

$$R = 0.128 P_f I_f - 0.192 I_f \quad (2)$$

式中: P_f ——汛期雨量; I_f ——最大降雨时段的降雨强度 (mm/h)。按照 R 算法,采用站点间的内插法和等值线法编制出区域 R 因子分布图。

(2) 土壤可蚀性因子 (Soil erodibility 即 K 因子): K 因子为土壤对侵蚀介质剥蚀和搬运的敏感性,即土壤抗侵蚀特性。 K 因子算式采用 Williams 等人的 EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) 模型结构,算式发展为:

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256 S_{AN} (1 - S_{IL}/100)]\} \cdot \left(\frac{S_{IL}}{S_{LA} + S_{IL}}\right)^{0.3} \cdot [1.0 - \frac{0.25C}{C + \exp(3.72 - 2.95C)}] \cdot [1.0 - \frac{0.7S_{N_1}}{S_{N_1} + \exp(-5.51 + 22.9S_{N_1})}] \quad (3)$$

式中: S_{AN} ——砂粒含量 (%); S_{IL} ——粉砂含量 (%); S_{LA} ——黏粒含量 (%); C ——有机碳含量 (%); $S_{N_1} = 1 - S_{AN}/100$ 。按 K 因子算式或查图表法获得各剖面点的 K 值,标注于土壤类型图或地质图上。再按照本研究获得的图斑值的确定原则和图斑界线的分、并原则,编制土壤 K 因子图。

(3) 坡度坡长因子 (SL 因子): 数字高程模型 (Digital Elevation Model 简称 DEM 模型) 是某一地表单元空间位置和高程的有序集合,表达形式为:

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \cdots & Z_{mn} \end{bmatrix} m \times n \quad (4)$$

所用 DEM 数据是根据 1970 年出版的 1:10 万地形图,等高距为 20 m,按水系、高程、注记、区界等分幅转绘,扫描输入、编辑、矢量化、赋值、栅格化,像元配准为实地 30 m×30 m。DEM 的生成是运用数字高程内插软件包或 Arco/info 的 tin 模块生成 DEM。

坡度坡长因子: SL 因子是抵抗径流冲刷能力的重要因子之一。本研究应用唐万龙等研制的 $SiLi$ 软件(或使用 $ArcoInfo$ 的 tin 模块生成坡度图后再予以转化),由计算机自动完成。其中的像元坡度因子算式为:

$$S = 0.8252 \times 8.5319 \sin \theta \quad (5)$$

式中: θ —— 坡度角,以度表示。像元坡长因子算式:

$$L_i = \left[\left(\sum_1^i D_i / \cos \theta_i \right)^{1/m} - \left(\sum_1^{i-1} D_i / \cos \theta_i \right)^{1/m} \right] = D_i / \cos \theta_i / (22.13m \cdot D_i) \quad (6)$$

在编制 DEM 图件的基础上,利用 $SiLi$ 软件自动计算并编制出 SL 因子图

植被措施因子 (CP 因子): CP 因子是控制土壤侵蚀的主要因子,也是遥感应用的主要对象之一。用陆地资源卫星获取 2, 3, 4 波段的 TM 数据,经几何校正后,利用新编的软件,以土地类型图作控制,将全市遥感图像分割成三大类,每类再分成 10~15 小类。分割后的图像在 GIS 的支撑下,利用 $IDRISI$ 逻辑加运算,编制成 CPI 图。其算式按照植被归一化指数 (I_b) 进行的,算式为:

$$I_b = \frac{TM_4 - TM_3}{TM_4 + TM_3} \quad (7)$$

根据 I_b 与地面植被覆盖度有较高的线性相关,反演为植被覆盖度。

2.3.3 监测模型和预报模型 利用布设的 110 个样点等实测资料,结合过去已有资料进行数值分析,建立因子数学模型时以保留约 1/5~1/4 的实测数据来检验所建模型的正确性。监测模型为 USLE 原型结构形式:

$$A = f \cdot R \cdot K \cdot SL \cdot CP \quad (8)$$

式中: A —— 土壤年侵蚀量, $t/(km^2 \cdot y)$; R —— 降雨侵蚀力因子, $100 ft \cdot sht t^{\circ} in/(ac^{\circ} h^{\circ} y)$; K —— 土壤可蚀性因子, $sht t^{\circ} h/(100 ft^{\circ} sht t^{\circ} in)$; S —— 坡度因子; L —— 坡长因子; C —— 植被覆盖或作物管理因子; P —— 保土措施因子,它们均为无量纲单位; f —— 常数,本研究使用美制习用单位,换算系数为 224.2 应用 $IDRISI$ 软件中的乘法程序,按 $A = fRKSLCP$ 式,将各因子进行叠乘即得 A_i 图。按区界、小流域界等分割 A_i 图,则可统计出全区或每个小流域的土壤流失总量和各级土壤侵蚀面积。预报模型为:

$$\Delta = CP - C'P' \quad (9)$$

式中: Δ —— 防治强度; $C'P'$ —— 所要求治理的植被覆盖与作物管理因子和保土措施因子的乘积,等于 $A_r/(fRKSL)$,其中 A_r 为土壤允许流失量(根据部颁标准,在福建省东南沿海取 $A_r = 500 t/(km^2 \cdot a)$ 在

GIS 的支撑下,根据现行水土保持经费状况及水土流失防治实践需要和可能,通过调整 Δ 值来确定监测基期的水土流失各类防治类型(或强度)。在防治类型区的规划中,则根据 GB/T 15772-1995《规划通则》的分区原则,采用双或三命名法进行分区评价和预报

2.3.4 成果图件数据的整饰与输出 (1) 部颁流失现状图及其各级流失程度的统计:使用新编软件,将 A_i 图变换成部颁规程的分级标准(6级),运行像元统计软件,则可以获得各级流失程度的面积和流失量。(2) 成果图的整饰:在经过几何校正、彩色合成的土壤侵蚀现状图或预报图上注记标题、图例、地名、水系、交通等。界外整饰为遥感影像图,界内各类图斑按分版上色的原则,合成为最终成果图。(3) 成果图的输出:成果图注记整饰后,经缩放成所需比例尺的彩色正像,直接经彩色绘图仪输出。

3 应用结果

3.1 研究区位置

研究区位于福建东南沿海的晋江流域,东经 $117^{\circ}35' \sim 119^{\circ}05'$,北纬 $24^{\circ}30' \sim 25^{\circ}56'$,东南与临东海与台湾隔海相望,陆地总面积 $1.1 \times 10^4 km^2$,博平岭和戴云山脉横贯西部,西部地貌以中低山为主,向东逐渐过渡到丘陵、台地和沿海平原。

3.2 研究区概况

研究区为南亚热带海洋性季风气候,年降雨量 1000~2000 mm,沿海台地平原区降雨量较少,仅 1000~1400 mm,往西随地势抬升降雨量逐渐增加,到博平岭东南侧和戴云山脉主峰附近,降雨量增至 1800~2000 mm;3~9 月份为雨季,占年降雨量的 82%~83%;该区受台风影响频繁,平均 4~5 次 $\geq 50 mm$ 的暴雨天数为 4~6 d/a。西部中低山成土母岩以火山岩为主,中、东部丘陵台地以花岗岩为主,花岗岩在湿热条件下发育的风化壳疏松深厚,为土壤侵蚀提供了丰富物质基础。区内总人口密度达 550 人/ km^2 ,人均耕地仅 0.03 hm^2 ,地带性常绿阔叶林和季雨林基本遭受破坏,植被覆盖率仅 30% 左右。由于雨量充沛,山多陡坡,植被覆盖差,土壤侵蚀特别严重,是福建省重点土壤侵蚀区。

3.3 土壤侵蚀空间分布特征

3.3.1 地貌分布 由图 1 可见,海拔高程与土壤侵蚀模数没有明显地直线相关,但与人为活动有关。土壤侵蚀主要发生在丘陵地带(海拔 100~500 m,这一地带是该区人口密集区,人口密度达 650 人/ km^2 以上)侵蚀面积 1261.04 km^2 ,占侵蚀面积 53.3%,侵蚀模数 871.92 $t/(km^2 \cdot a)$;低山侵蚀面积 546.92

km², 占 23. 12%, 侵蚀模数 1 042. 08 t/(km²· a); 中山侵蚀面积 311. 90 km², 占 13. 19%, 侵蚀模数 1 152. 50 t/(km²· a); 中、低山土壤侵蚀面积比重虽小, 但局部高强度水土侵蚀时有发生

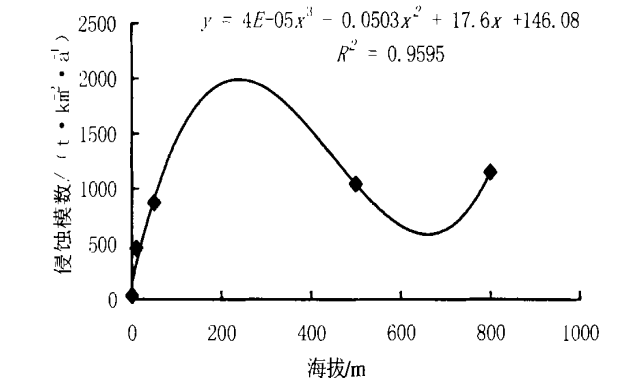


图 1 海拔高度—侵蚀模数关系

3. 3. 2 坡度类型分布 坡度与土壤侵蚀模数呈极明显地线性关系 ($R = 0. 995 6$), 在坡度 25°以上, 土壤侵蚀模数急剧上升。平坡 (坡度≤ 5°) 土壤侵蚀 257. 05 km², 占侵蚀面积 10. 87%, 侵蚀模数 154. 70 t/(km²· a); 缓坡 (坡度 5°— 15°) 侵蚀 948. 89 km², 占侵蚀面积 40. 11%, 侵蚀模数 793. 13 t/(km²· a); 斜坡 (坡度 15°— 25°) 侵蚀 749. 05 km², 占侵蚀面积 31. 67%, 侵蚀模数 1 086. 36 t/(km²· a); 陡坡地 (坡度 25°— 35°) 侵蚀 352. 02 km², 占侵蚀面积 14. 88%, 侵蚀模数 1 404. 07 t/(km²· a); 危险坡 (坡度≥ 35°) 侵蚀 58. 51 km², 占侵蚀面积 2. 47%, 侵蚀模数 2 169. 48 t/(km²· a) (图 2)。

3. 3. 3 土壤类型分布 红壤类土壤侵蚀 1 565. 73 km², 占总侵蚀面积 66. 19%, 侵蚀模数为 918. 33 t/(km²· a); 砖红壤性红壤类侵蚀 508. 86 km², 占总侵蚀面积 21. 51%, 侵蚀模数 1 320. 01 t/(km²· a); 黄壤类土壤侵蚀 145. 15 km², 占总侵蚀面积 6. 14%, 侵蚀模数 522. 68 t/(km²· a); 水稻土侵蚀 104. 47 km², 占侵蚀面积 4. 42%; 草甸土、紫色土、石灰土、潮土、

风沙土及盐碱土等侵蚀面积较小, 侵蚀模数也大都在 500~ 1 000 t/(km²· a) 左右。

3. 3. 4 土地利用类型分布 农耕区土壤侵蚀面积 363. 30 km², 占总侵蚀面积 15. 24%; 园地侵蚀 310. 57 km², 占总侵蚀面积 13. 03%, 侵蚀模数 1 075. 41 t/(km²· a); 林地侵蚀 1 427. 66 km², 占总侵蚀面积 59. 88%, 侵蚀模数 975. 34 t/(km²· a); 未利用地侵蚀 228. 61 km², 占总侵蚀面积 9. 59%, 侵蚀模数 1 141. 18 t/(km²· a), 其中采石山侵蚀最为严重, 侵蚀模数达 4 413. 82 t/(km²· a); 城镇村、厂矿和其它开发性用地侵蚀 48. 26 km², 占总侵蚀面积 2. 02%, 侵蚀模数 143. 37 t/(km²· a)。

3. 3. 5 土壤侵蚀防治强度的预报 (以流域中部的南安市为例) 水土流失防治强度预报就其实践来说, 是依据监测结果 (各级流失量及其侵蚀程度), 根据当地水土保持防治实践需要和可能 (如水土保持经费、人力、物力和农民的要求等), 来确定来年或近期急需治理的范围和数量, 并通过 GIS 告诉农民或政府需要防治的规模 (面积) 多大, 在何处, 采取什么样的治理方式, 治理力度需多大等等, 在我国, 水土流失防治类型宏观上依据国标分为重点治理区、重点监督区和重点保护区三类。在具体地区则依据当地技术人员和农民共同确定详细的防治类型如表 1 所示。

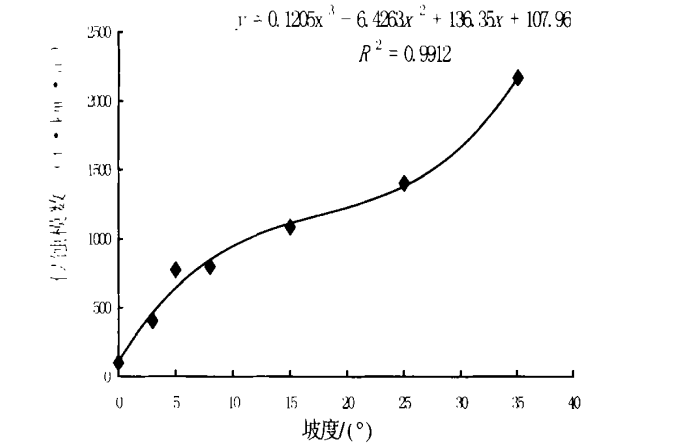


图 2 坡度—侵蚀模数关系

表 1 南安市水土流失防治强度预报

| 防治类型区 | 相关乡镇 | 保护面积 | | 治理面积 | | 监督面积 | |
|-------|-------------------------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|
| | | 面积 /km ² | 比例 % | 面积 /km ² | 比例 % | 面积 /km ² | 比例 % |
| 重点监督区 | 溪美、官桥、石井、丰州、洪赖、康美、美林、东田 | 78. 75 | 42. 08 | 39. 34 | 57. 56 | 24. 61 | 74. 06 |
| 重点治理区 | 码头、罗东、仑仓、水头、金淘、洪梅、诗山 | 58. 80 | 31. 42 | 18. 64 | 22. 27 | 5. 68 | 17. 09 |
| 重点保护区 | 九都、梅山、向阳、英都、翔云、眉山、蓬华 | 49. 59 | 26. 50 | 10. 37 | 15. 17 | 2. 94 | 8. 85 |
| 合计 | | 187. 14 | 64. 84 | 68. 35 | 23. 66 | 33. 23 | 11. 51 |

3.4 应用结果的可靠性分析

3.4.1 与水文站实测结果的比较 由表 2可见,本方法的监测结果不论是土壤流失量或是土壤侵蚀模数,与水文站的实测结果一致性均在 80% 以上

表 2 监测结果与水文实测资料的对比

| 项 目 | 年度 | 水文实测 | 遥感监测 | 一致性 /% |
|--|------|----------|----------|--------|
| 流失量 / 10 ⁴ t | 1988 | 300.00 | 306.69 | 97.82 |
| | 1996 | 136.00 | 160.38 | 84.80 |
| 侵蚀模数 / (t° km ⁻² a ⁻¹) | 1988 | 1 976.67 | 1 931.52 | 97.72 |
| | 1996 | 896.67 | 921.61 | 97.29 |

3.4.2 与径流小区的比较 如表 3所示,遥感监测结果与其所在流域径流小区的实测值有较高的一致性(79.40%~ 95.84%),监测的范围愈大,一致性愈高,体现了 RS的宏观性。

表 3 径流小区实测资料与遥感监测结果比较 t/(km²·a)

| 测 定 年 份 | 径流 侵蚀 | 檀溪小流 域侵蚀 | 一致性 / % | 全市平均 侵蚀模数 | 一致性 / % |
|------------|----------|-------------|------------|--------------|------------|
| 1988年 | 2015.30 | 1736.26 | 86.15 | 1931.52 | 95.84 |
| 1996年 | 973.50 | 773.13 | 79.40 | 921.61 | 94.67 |

3.4.3 与常规调查方法的比较 由表 4可见,利用常规调查法对四都溪小流域 39.93 km² 进行实地调查,并与遥感监测结果进行比较,结果表明,遥感监测与常规调查法同样有很高的一致性,与轻度、中度和强度侵蚀面积的一致性分别为 85.5、79.30和 85.76%,平均为 83.5%。

表 4 四都小流域水土流失常规与遥感调查法比较 hm²

| 项 目 | 轻度流失 | 中度流失 | 强度流失 | 合 计 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 常规调查 | 438.0 | 155.0 | 237.0 | 830.0 |
| 遥感监测 | 375.0 | 123.0 | 276.0 | 774.0 |
| 一致性% | 85.5 | 79.3 | 85.8 | 93.2 |

3.4.4 与野外图斑快速判读法的比较 根据对桃源小流域(面积 1 942 hm²)遥感监测的 177块地斑进行野外现场快速判读校对发现(如表 5所示),其一致性在 96.6%~ 99.4%,累积误差 94.9%。

表 5 桃源小流域水土流失遥感调查实地校核

| 项 目 | 地类 属性 | 地斑 斑界 | 流失 等级 | 累积 误差 |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| 误差地斑块数 | 1 | 2 | 6 | 9 |
| 误差率% | 0.6 | 1.1 | 3.4 | 5.1 |
| 一致性% | 99.4 | 98.9 | 96.6 | 94.9 |

3.4.5 与治理档案资料的比较 1996年遥感监测的土壤侵蚀面积比 1984年下降了 287.40 km²,而 1982— 1996年治理土壤侵蚀面积为 302.31 km²,一致性为 95.07%。与轻度、中度和强度侵蚀面积的一致性分别为 91.40、80.27%和 80.22%(表 6)。

表 6 土壤侵蚀遥感监测结果与历年治理验收统计表 km²

| 侵蚀 程度 | 1984年 | 1996年 | 下降 面积 | 1982— 1996年 | 一致性 / % |
|----------|--------|--------|----------|----------------|------------|
| 轻度 | 333.26 | 173.09 | - 160.17 | 175.25 | 91.40 |
| 中度 | 113.98 | 42.65 | - 71.33 | 57.26 | 80.27 |
| 强度 | 128.70 | 72.80 | - 55.90 | 69.68 | 80.22 |
| 合计 | 575.94 | 288.54 | - 287.40 | 302.31 | 95.07 |

4 小 结

本研究建立以像元流失量为基础的空间数据分析系统,在 GIS的支撑下,较好地解决了土壤侵蚀量这一核心问题,从而使遥感监测变得更加实际、实用和实效。和以往的常规法和其它遥感监测方法不一样,对比之下,具有以下优缺点: (1) 方法是以 USLE 结构模式为基本骨架,选取的软件(如 Arc/info, Idrisi, autoCAD等)基本上属商业化软件,通用性能好,便于与国际上接轨,可比性和共享性强。(2) 系统的运行模式一致,受人为因素干扰小。监测与预报模型一经建立,则完全成为机器语言,可大大减少人为(如样本训练、判读、转绘图、统计等的熟练程度和目视差异等)误差,在不同地区获得的监测结果客观、公正,有较强的重复性和统一性。(3) 分辨率高,控制精度高。TM 数据地面控制精度(1/10万地形图)达 30 m× 30 m,小流域经技术处理后可达 10 m× 10 m,面积控制精度达 90% 以上。(4) 实现定量监测,既可对各级水土流失面积实施监测,更重要的是它可对土壤流失总量进行监测,因而可对短期内土壤侵蚀的细微变化实施有效的评估,是目前其它方法难以做到“每三年公告一次”的优势之处。监测的结果与水文站实测结果吻合,与径流小区、常规调查以及水土保持档案资料基本一致,符合水土流失防治实际,可信度高。(5) 监测成果图件特别是预报图件直观、清晰,便于供领导决策;经线性提取后的图件,与实地吻合,便于业务部门应用(如小流域水土流失防治规划等),应用性强。(6) 节省大量人力、物力、财力和时间,与目前已有方法比,节省人力 90%、节省资金 80% 以上。(7) 该方法主要用于水力侵蚀的遥感监测,对于风蚀、重力蚀等造成的危害尚需要进一步与全球定位系统、专家系统、航测技术等结合加以解决。

(下转第 49页)

理重点村桐树湾、上和坪村为重点,大力推广柑桔品改,实现了“一年换茬,两年恢复树冠,三年丰产”的目标,引进纽荷尔接穗 1.0×10^6 多枝,高换纽荷尔 200 hm^2 ;计划品改罗脐、长红(纽荷尔)占脐橙园面积的 40%。为建设好拳头产品脐橙基地,12 a 来,建设引、蓄水池 3 800 多口,维修堰塘等 3 81 口,蓄水 $1.04 \times 10^6 \text{ m}^3$,新增、改善柑桔灌溉面积 461.3 hm^2 。成立了以镇农技站为中心,16 个柑桔研究会为支点,500 户柑桔示范户为立足点的科技服务网络,共培训人员 2.00×10^4 人次,印发资料 2.50×10^4 份。重点培育了柑桔支柱产业,现柑桔园规模、产量、产值均居全县首位,柑桔特产税占全镇财政收入 1/4 强。支柱产业柑桔在全镇社会经济发展中占有举足轻重的地位。

4 结 语

(1) 宜昌三峡库区以山丘区面积占 85% 以上,山高、坡陡、水土流失严重,尤以人为水土流失为甚。治

理水土流失要因地制宜,因害设防,按照点、线、面、条、块、带合理布设,方能形成综合防治体系。

(2) 选择坡改梯、建设经果林基地为治理突破口,实施以茶叶、柑桔为主导产品的治理开发,发展适应市场需求的茶、柑等支柱产业,库区综合治理开发产生了显著的效益。

(3) 防治区经过 12 a 治理开发,减少了水土流失,改善了生态环境,发展了区域经济,促进库区移民迁建和社会经济可持续发展。在新的世纪,要进一步加强执法力度,巩固、扩大治理成果,夺取更大成绩,为长江三峡库区综合治理做出新贡献。

[参 考 文 献]

- [1] 三峡工程建设水土保持调查组.三峡工程建设水土保持情况调查报告[J].长江水土保持,1996,12(4): 16- 24.

[2] 史德明,杨艳生,梁音,等.三峡库区水土流失规律与土壤退化问题[C].长江上游水土保持重点防治工程科学研究论文集.北京:中国水利水电出版社,1996: 32- 34.
- (上接第 28 页)
- 中国科学院南京土壤研究所卜兆宏研究员对本工作给予指导,特此致谢

[Z].北京:水利电力出版社,1988
- [9] Wischmeier W H, Smith D D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transaction [J]. American Geophysical Union 1958 39: 285- 291.

[10] 周伏建,陈永宝,等.福建省降雨侵蚀力指标的初步研究.福建水土保持,1989: 2.

[11] 卜兆宏,等.降雨侵蚀力因子新算法的初步研究.土壤学报,1992,29(4): 408- 418

[12] Sharply A N, Williams J K. EPIC- Erosion/Productivity Impact Caculator 1. Model Documentation[Z]. U. S. Department of Agriculture Technical.

[13] 唐万龙,等.图像处理在土壤流失量像元地形因子新算法中的应用.遥感信息,1996(1): 34- 35(9).

[14] Tucker C J. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation [J]. Remote Sensing of Environment, 1979, (8): 127- 150

[15] 国家技术监督局. GB/T15722- 1995.水土保持综合治理- 规划通则 [Z]. 1995. 12. 8.

[16] 福建省人大常委会公告.福建省实施《水土保持法》办法 [Z]. 1993. 1. 13.
- [1] 中国大百科全书.水利卷[Z].北京:中国大百科全书出版社,1992

[2] 王礼先.水土保持学[M].北京:中国林业出版社,1995. 94.

[3] 福建省水土保持委员会办公室.福建省县级水土流失普查和水土流失区划工作实施方案[Z]. 1984. 5.

[4] 洪双旌.应用 MSS 卫星影像目视解译我省土壤侵蚀和编制土壤侵蚀图[J].福建水土保持,1990(1): 28- 34

[5] 陈明华,等.福鼎市土壤侵蚀的遥感[J].水土保持研究, 1998, 5(2): 136- 140

[6] 李壁成.小流域水土流失与综合治理遥感监测[M].北京:科学出版社,1995.

[7] Wischmeier W H, Smith D D, Predicting rainfall erosion losses- aguide to conservation rlaning USDA . ARS, Agricultural Handbook 537, Washington, D. C, 1978.

[8] 水利电力部部颁标准 SD238- 87.水土保持技术规范