

# 土壤侵蚀遥感快速调查中有关技术问题的商榷

蔡继清, 任志勇, 李迎春

(山西省水土保持监测中心, 山西 太原 030002)

**摘要:** 应用 RS, GIS, GPS 进行土壤侵蚀快速调查是将高新技术应用于生产实践的有益尝试, 也是“3S”技术在水土保持中应用研究的前沿。土壤侵蚀调查是一项十分繁复的任务。在总结历次遥感侵蚀调查经验的基础上, 针对第 3 次土壤侵蚀遥感调查中存在的有关技术问题, 如信息源问题、土地利用定性参考层中存在的问题及技术路线中存在的问题等进行了分析, 并提出了相应的建议与同行商榷, 供决策层参考。

**关键词:** “3S”技术; 土壤侵蚀; 遥感

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)06-0045-03

中图分类号: S157.1; TP79

## Discussion on Related Technical Issues of Remote Sensing Investigation on Soil Erosion

CAI Ji-qing, REN Zhi-yong, LI Ying-chui

(Shanxi Provincial Monitoring Center for Soil and Water Conservation, Taiyuan 030002, China)

**Abstract** The application of RS, GIS and GPS to soil erosion fast investigation is a beneficial attempt for the application of Hi-tech to production reality, and is also a frontier for the application study of “3S” in soil and water conservation. Soil erosion investigation is a quite complicated task. Based on the experience summary on erosion remote sensing investigation at different times, aiming at the existed technical problems in the third remote sensing investigation on soil erosion, we carry out some analyses and put forward some corresponding suggestions so as to consult with colleagues and to provide a reference for decision making.

**Keywords** “3S” techniques; soil erosion; remote sensing

### 1 土壤侵蚀遥感调查的历史回顾

自遥感技术 20 世纪 70 年代中期引进我国以来, 这一在资源与环境调查、监测中具有强大生命力的高新技术手段, 受到了各级政府及生产部门的高度重视, 也引起了广大科技工作者和水土保持工作者的极大兴趣。遥感技术在资源与环境调查与监测中的应用研究, 自 20 世纪 80 年代以来得到了迅猛的发展。1980 年山西省政府组织了农、林、水、气、地质、测绘等各厅局的科技人员与北京大学、北京师范大学、南京大学、华东师范大学、东北师范大学、北京农业大学、山东大学等高校合作, 以陆地卫星影像太原幅为试验区, 开展了“农业遥感应用综合试验研究”对农业自然资源涉及到的 17 个专业进行遥感应用的方法论研究, 其中参加试验研究的山西省水土保持科技人员, 依据土壤侵蚀的机理, 对影响侵蚀的地形、地貌、地表物质组成、植被覆盖度等因素结合地形图及常规资料进行了卫星影像判读, 并参考水文泥沙资料, 经

综合因子分析, 主导因子定性, 绘制了土壤侵蚀类型与强度图。在方法论试验研究得到国家和省内专家肯定的基础上, 1981—1982 年开展了全省农业自然资源遥感系列调查与制图, 其中解译绘制的 1:25 万比例尺《山西省土壤侵蚀类型图》, 填补了该省水土保持专业的空白。这是航天遥感技术在省级土壤侵蚀调查方面的初试; 1982 年由北京农业大学与水利部天津水利勘测设计院合作, 应用航天遥感目视解译完成了 1:50 万《永定河流域土壤侵蚀分区图》; 1983 年 11 月水利部遥感中心汇总上述各单位经验, 举办了由全国 8 大流域科技人员参加的“全国土壤侵蚀遥感调查与制图”培训班, 并制定了《技术规程》, 1984 年正式启动, 开展了全国第 1 次土壤侵蚀遥感调查; 1986 年在国家“七五”重点科技攻关《遥感技术应用研究》项目中设立了《黄土高原地区资源与环境遥感调查与制图研究》, 其中子课题《黄土高原 1:50 万土壤侵蚀类型与强度遥感调查与制图研究》, 由中科院地理所牵头, 由中国科学院沙漠研究所、西北农林科技大学水

水土保持研究所、陕西师范大学、西北大学、山西省农业遥感应用研究所等单位参加。此次攻关课题应用新一代陆地卫星 TM 影像为信息源,分辨率较 MSS 有大幅提高,解译效果和精度有了很大的改善。对各侵蚀强度等级的划分应用了模糊数学原理,建立了模糊评判模型;应用信息源为 TM 影像,参考了部分彩红外航片,成图比例尺 1:10 万。其中的《土壤侵蚀类型与强度图》的解译制作,首次对晋陕峡谷重点治理区资源与环境特征,侵蚀分异规律进行了中微观的剖析,并提出了治理与开发的方略。1999 年水利部水土保持监测中心下达的第 2 次《全国土壤侵蚀遥感调查》应用 1995、1996 年陆地卫星 TM 影像为信息源,在 GIS 软件支持下,通过人机交互判读及专家思想的综合评判,生成不同侵蚀强度及数据集成的技术路线是先进的,也是可行的。特别是第 3 次《全国土壤侵蚀动态遥感调查与数据库更新》项目,以 1995 年 TM 影像、土地利用、土壤侵蚀与 2000 年实时的 TM 影像、土地利用图多层次动态对比,并与常规资料互补生成侵蚀强度等级,再应用 GPS 野外定位验证更增强了其科学性。它体现了领导层依靠科技进步的强烈意识,也是今后发展的方向。

## 2 问题的商榷

### 2.1 信息源

2.1.1 时相的选择 土壤侵蚀调查与监测涉及到地形、地貌、地表组成物质、植被覆盖的数量和质量、人类经济活动遗留下的痕迹等。本次调查选择陆地卫星 TM 数据图像,是经济实用的,但上述诸因素的综合判读,对时相选择的要求严格,特别是对植被覆盖度的显示和判读。我国地域辽阔,植被由南至北的纬度地带性和随海拔升高形成的垂直地带性明显。仅山西省而言,全省横跨 6 个纬度带,包括暖温、中温和寒温 3 个农业气候带,境内相对高差 2813 m,海拔较高的恒山、五台山、太岳山、管涔山、关帝山顶部尚属寒温带农业气候。农业气候带的不同,直接影响着植被的物候期,如暖温气候带与中温气候带,植被物候期相差约 15d 左右,与寒温气候带相差约 30d 左右。5 月份,暖温带植被已经展叶,中温带植被刚开始展叶,而寒温带植被则刚开始萌芽。

本次调查选择的时相,全省共 14 景影像中,覆盖寒温带的 5 月份 4 景,6 月份 2 景。故影响了植被的判读效果。面对该省物候期变化的特征,总结历次遥感调查的经验,我们认为,黄土高原地区进行土壤侵蚀调查,时相选择应在乔灌木树种已展叶并开始旺盛

生长,丘陵耕地农作物尚未覆盖地表时为最佳。此时植被的枝叶叶绿素效应较显著,植被信息反映较强烈,同时黄土信息反射也很强烈,二者可形成强烈反差,因而沟缘线清晰可辨,故解译效果也是最佳的。如果时相选择在盛夏至秋初,正是农作物生长旺盛时期,农田作物信息,特别是在林区边缘农林交错地带,给黄土信息和耕地信息的判读增加了难度。因此,最佳时相的选择是提高侵蚀调查与监测质量的基础和保障。

2.1.2 多时相参考层 在选择确定供判读所用的信息源主层面的同时,应选择夏初或秋初季相的影像,建立信息源参考层面。目的在于突出地表组成物质和植被的信息,同时解决因云层遮盖及影像合成质量问题造成的影响,与主层面互补,进而提高判读精度。

2.1.3 彩红外航片的应用 随着侵蚀调查与监测工作的开展和监测力度的加大,调查与监测必然要由宏观向微观发展,提高监测技术手段,深化监测内容,彩红外航空遥感应是首选技术。因此,在进行宏观调查的同时,应对重点区域选取样区,进行彩红外航空遥感监测研究,寻求各省区对人类经济活动所造成的环境微观变化的监测技术方法,这也是对宏观调查的必要补充和验证。

### 2.2 定性参考层的解译

第 2 第 3 两次土壤侵蚀快速调查均以土地利用图作为土壤侵蚀定性的参考层,参考层解译质量的优劣,直接影响到侵蚀调查的质量。土地利用的判读要求解译者除掌握遥感解译的基本方法如图形、纹理、色调、结构等影像分析法、地学分析法、逻辑推理法等基本解译方法外,更需要的是解译者对解译区域实际资料掌握的深度。经验证明,遥感解译的质量 80% 取决于此。因此,解译者应极尽可能地占有区域的农业自然条件、农业资源分布状况、人类经济活动特点等资料和信息进行综合分析,从中找出其规律性,结合遥感影像不同地物产生的色差分异建立起自己头脑中的遥感地学分析模型,用于支持自己的判读操作,提高判读的准确性见表 1。

在上述模型支持下进行土地利用判读就不会出现沟梁连片或坡脚线以下的沟川地与沟间地连为一体等属性混杂的误判现象,而且通过细致判读可将允许上图图斑 ( $\geq 6 \times 6$  个像元或条状  $\geq 4$  个像元) 无遗漏地勾绘出来并区分出其属性,而不至于形成一个县只划分出 1~2 个或几个大图斑的现象,如此减少误判、漏判的发生,为土壤侵蚀判读提供真实、可信的基础参考层。

表 1 谷缘线—坡脚线遥感地质分析模型(黄土丘陵区用)

遥感地质分析模型	地面模型	遥感光学模型(TM)	地图模型			
			土地利用图	土地类型图	土壤侵蚀图	土地资源评价图
谷缘线以上	正地形,坡缓,多为耕地,土质黄土,且层厚,水土流失较严重。	谷缘线清晰,块状结构,浅色调。	旱耕地(13)为主	沟间地(21, 22, 23)	轻度(2)中度(3)强度(4)或极强度(5),坡面侵蚀为主。	等级: 2~4, 限制因素: 侵蚀( <i>e</i> )、坡度( <i>p</i> )。
谷缘线以下,坡脚线以上	负地形为主,坡陡,水蚀严重,侧蚀、溯源侵蚀形态典型,阳坡多为荒草地,阴坡为草地,裸土随处可见。	纹理清晰,阴影明显,有较强立体感。	草地(41)荒草地(81)或裸地(85, 86)	沟谷坡地(31, 32, 33, 34, 35, 36)	极强度(5)剧烈(6),沟、坡侵蚀。	等级: 5~7, 限制因素: 坡度( <i>p</i> )、侵蚀( <i>e</i> )、土壤水分( <i>m</i> )。
坡脚线以下	负地形,较平缓,宽谷多为水浇地,其它利用也有,流水沟蚀为主,土层薄,且洪流作用明显。	线状或带状结构,红或淡色调,个别黑色调。	水浇地(12)或其它(71, 81, 85, 86)	沟底地(41, 42, 43, 44, 45)	微弱(1)、轻度(2)为主,沟蚀。	等级: 1~5, 限制因素: 土层( <i>d</i> )、质地( <i>t</i> )、灌溉( <i>i</i> )。

### 2.3 增加主要判读参考层

影响土壤侵蚀的因素中,地表组成物质(红土、绵黄土、沙黄土、黄土+易蚀岩、黄土+难蚀岩、易蚀岩、难蚀岩)植被覆盖度均可从遥感影像上经判读生成独立图层,地形因素由各省测绘部门建立的不同比例尺地形图数据库获取。这3种图层与土地利用图层套合,在专家思想支持下,综合评判最终生成土壤侵蚀图,各图层之间相互印证,互相补充,避免人为的随意性,使侵蚀强度判读建立在更为科学严谨基础上。

## 3 建议

### 3.1 搞好基础建设

搞好基础建设是土壤侵蚀调查与监测的前提。主要指软、硬件环境的配置,数据采集、输入、处理、输出设备,正版的GIS软件等;基础资料的搜集、加工、整理,如不同时期的遥感信息源,不同比例尺数字化土地利用图、地貌类型图、植被图、不同时期水土流失防治情况和社会经济情况及数据等,建立监测背景数据库,使监测工作建立在设备精良、资料翔实的基础上。

### 3.2 抓好队伍建设

水土保持监测工作是一项专业性、技术性很强,对人的综合素质要求很严格的工作。“3S”技术的应用要求必须具备一定的英语、计算机水平;监督执法则要求必须懂法律、秉公廉明、责任心强的人方能胜任。目前在职监测人员,从年龄和知识结构上多数处于老者已退休,年轻者刚入门,且知识结构较为单一,综合技能欠缺的状况。抓好人员培训,强化队伍建设是当务之急。

监测人员的培训,应当包括水土保持基本原理,各省区土壤侵蚀的类型,侵蚀的基本规律;遥感侵蚀调查的原理与方法;GIS通用软件的使用,数据库集

成的原理与方法;GPS的应用技术等。培训方法应学用结合,注重实际操作技能的提高,有条件的应结合生产实际选取样区,进行方法论的全过程培训。

### 3.3 开展科学实验,使监测工作早日实现定量化

土壤侵蚀定量化大范围监测,是几代水土保持工作者梦寐以求的理想境界。实践证明,美国的土壤侵蚀方程式不适合我国复杂的侵蚀下垫环境。我国水土保持科研工作者也曾做过大量的观测、统计研究,获取众多经验公式,但多属只反映单要素的或局部区域的产沙机理。部颁的《土壤侵蚀强度划分标准》,区间值内涵过大,虽然可以在专家思想的支持下,对侵蚀产沙进行评判和估算,但不同的专家所具有的经验和对被调查区域的认识不同,往往是各抒己见,难得一致。在科学技术迅猛发展的今天,我们应在遥感和计算机技术支持下开展遥感调查侵蚀量化模型研究,建立起分区或分流域的侵蚀产沙模型,以此支持泥沙量动态监测工作。

### 3.4 第3次调查数据的应用

第3次土壤侵蚀遥感调查受信息源时相、质量及分辨率等条件限制,所获取的不同侵蚀强度等级数据与实际情况相比,难免出现漏判现象,如新造林地、未成林造林地、新修梯田、坝地等。卫星影像分辨率决定了其所反映的是植被郁闭度和数量达到一定规模的群体信息及面积较大连片的梯田信息,而对于植被信息反映尚不强烈的未成林或未成一定郁闭规模的林地、零星分布已耕种2~3a的窄条梯田、沟道坝体等均无法判读并圈定图斑界线,故造成了调查数据与统计上报数据不吻合的情况。因此,建议遥感调查数据应在考虑上述误差因素的基础上,与生产部门核实,科学分析,去伪存真,确定最终的成果数据,为各级政府决策和生产部门应用提供可靠的宏观调查数据。