

## 遥感在黄河流域水土保持监测中的应用

赵帮元, 李志华, 郭玉涛, 马红斌, 张香娟

(黄河上中游管理局, 西安 710021)

**摘 要:** 以黄河流域水土保持遥感调查为例, 说明以不同分辨率的遥感影像为主要信息源、结合地理信息系统所开展的遥感监测, 是一种快速、有效的水土保持监测方法。在地理信息系统软件支持下, 遥感可在水土保持动态监测的模拟、水土保持地理信息系统的建立和土壤侵蚀模型的探索等方面发挥重要作用。

**关键词:** 遥感; 监测; 水土保持; 黄河流域

**中图分类号:** S157; TP79

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2004)02-0047-02

## The Applications of Remote Sensing in the Soil and Water Conservation Monitoring in the Yellow River Valley

ZHAO Bang-yuan, LI Zhi-hua, GUO Yu-tao, MA Hong-bin, ZHANG Xiang-juan

(The Administration of Upper and Middle Reaches of the Yellow River, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Taking the example of soil and water conservation investigation in the Yellow River valley using remote sensing method, it shows that with the assistance of GIS remote sensing monitoring is a quick and effective method based on different resolution images. With the support of GIS software, remote sensing plays an important part in the simulation of soil and water conservation dynamic monitoring, in the building of soil and water conservation GIS and in the study of soil erosion model.

**Key words:** remote sensing; monitoring; soil and water conservation; Yellow River Valley

### 1 概 况

遥感是一种快速获取地面信息的有效手段, 具有探测范围大, 资料新颖, 能迅速反映动态变化, 成图迅速, 收集资料方便, 不受地形限制等特点。地理信息系统具有采集、管理、分析和输出多种地学空间信息和动态预测能力, 能产生高层次的地理信息。以不同分辨率的遥感影像为主要信息源, 结合地理信息系统技术, 采用人机交互解译的方式进行水土保持信息的提取, 可以满足不同空间尺度水保监测的需要, 是一种快速、有效的水土保持监测方法。本文以黄河流域水土保持遥感调查为例, 说明遥感在黄河水土保持监测中的应用。

为迎接新世纪黄河流域经济发展和环境建设的挑战, 着眼于 21 世纪黄河治理开发的战略需要, 黄委会作出了“黄河水土保持遥感调查”(1999 年 6 月~ 2002 年 7 月)的重大决策。项目以遥感卫星影像为主要信息源, 结合地理信息系统技术, 采用计算机图像处理及辅助解译的方法, 进行黄河流域水土流失调查, 以获取流域水土保持基础数据, 并建立水土保持地理信息系统, 同时还利用遥感的手段进行土壤侵蚀模型的探索。

### 2 信息源

1997 年、1998 年夏秋时相的 TM 卫星影像为主要信息源, 1:10 万土地利用单元图、地形图和 1:25 万数字地图为基本工作底图, 1:1 万和 1:5 万地形图为样区调查的工作底图, 各种专业图件(地质图、地貌图、植被图、土壤图等)及水文气象资料和其它统计资料为重要参考资料。

### 3 技术方法与工作流程

#### 3.1 技术方法

以遥感图像处理、计算机辅助人机交互解译、GIS 空间分析等为技术手段, 结合野外路线调查、典型样方调查, 在建立解译标志的基础上, 充分发挥多光谱、多源图像处理技术和专家经验, 运用综合集成的思维方法, 获得流域水土流失现状信息, 建立调查地区水土保持基础数据库。借鉴以往遥感调查的经验, 确定项目土壤侵蚀地学编码为 6 位(如表 1)。项目技术流程见图 1。

#### 3.2 工作流程

##### 3.2.1 前期准备

编制项目实施计划与工作规程, 收集、购置信息源(地形

图、遥感数据等)和有关资料(专题图件、观测资料、统计资料和研究文献等),进行技术培训,以及编制基础地理图件(1 10 万坡度图等)等。

3 2 2 图像处理

根据黄河流域实际,考虑与全国土壤侵蚀调查成果相结合,图形图像均采用以东经 105 为中心的 Albers 投影。卫星影像的几何纠正以 1 10 万地形图为信息源,灰度值重采样采用双线性内插法。并对卫星影像进行必要的合成、增强等处理。

3 2 3 外业调查

考虑样区面积、资料、交通条件、地质地貌、土壤、植被等因素,基于 1 10 万地形图,结合实地情况在全流域选择 127 个典型样区。通过实地调查与现有资料分析利用相结合、样区调查与路线调查相结合、遥感资料与其他资料相结合的技术方法,获得典型样区的地貌、土壤、植被、水文、气

象、土地利用、水土流失、水土保持治理措施等基本情况,编制样区土地利用图、调查成果数据库,并建立土壤侵蚀图像解译标志,用于图像解译。

表 1 项目土壤侵蚀地学编码表

编码	第一位 侵蚀类型	第二位 侵蚀等级	第三位 水保分区	第四位 地表组成	第五位 植被盖度/%	第六位 坡度/°
1	水蚀	微度	黄土丘陵沟壑区	石质	> 80 高	< 5
2	风蚀	轻度	黄土高原沟壑区	土石质	70~ 80 中高	5~ 8
3	冻融侵蚀	中度	黄土阶地区	土质	45~ 70 中	8~ 15
4		强度	冲积平原区	沙质	30~ 45 中低	15~ 25
5		极强度	土石山区		10~ 30 低	25~ 35
6		剧烈	高地草原区		< 10 裸地	> 35
7			干燥草原区			
8			风沙区	居民地		
9			林区	水体		

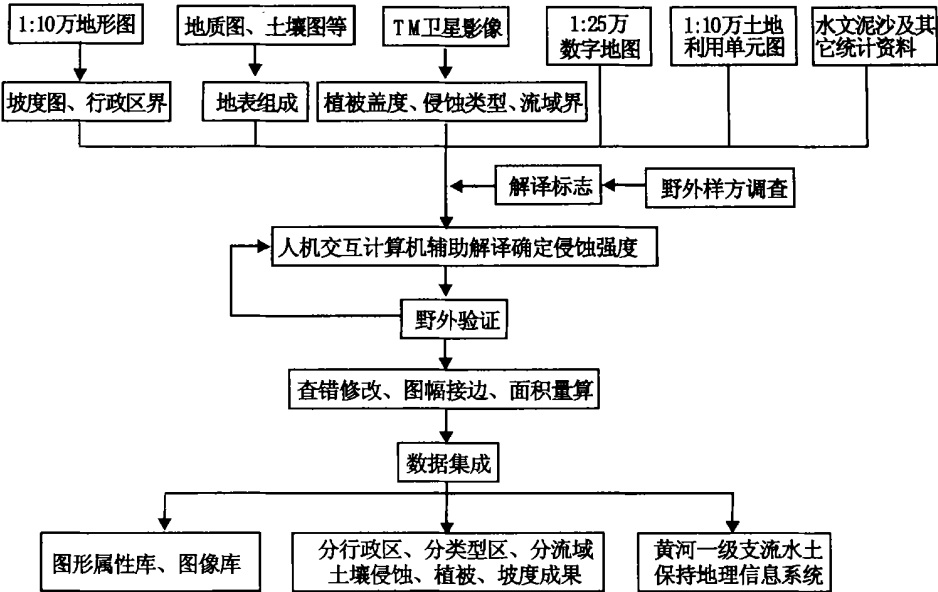


图 1 黄河流域水土保持遥感调查技术流程图

3 2 4 内业解译

内业解译采用人机交互的形式。即从经过几何精纠正的 TM 卫星影像上,根据遥感影像的色调、纹理、位置、大小、阴影及其它间接解译标志、有关专题图件和经验,沿影像特征的边缘准确勾绘图斑界,并赋图斑属性代码,完成植被因子和侵蚀类型的判读。之后叠加从 1 10 万地形图上勾绘、扫描、矢量化了的坡度图,利用样区外业调查建立的解译标志,参考 1 10 万土地利用单元图、1 25 万数字地图,结合地表组成物质、降雨、水土保持分区、地貌特征、水土保持治理等因素确定侵蚀等级。得到的每一个图斑均具有侵蚀类型、侵蚀等级、水保分区、地表组成、植被盖度和坡度 6 位土壤侵蚀地学编码。

3 2 5 野外验证

内业解译后,选择典型地区进行现场验证,再根据野外验证结果对内业解译结果进行修正。还利用 GPS 定位方法,在合理布设抽查路线基础上,在全流域选择典型区域判读当地的侵蚀强度、植被盖度和坡度等级,当现场判读等级与内

业解译等级之差大于 1 时,则该项因子解译结果不合格。抽查结果表明,侵蚀强度判对率在 90% 以上。

3 2 6 数据集成

内业解译成果经过查错修改、图幅接边、面积量算后进行汇总,经数据集成得到土壤侵蚀成果。

4 成果

4 1 图形属性库

内业解译结果得到黄河流域 1 10 万比例尺尺度、具有 6 位土壤侵蚀地学编码的图斑 50 余万个(不重复计算)。叠加行政区代码等,形成黄河流域、流域分行政区、水土保持分区和大于 1 000 km<sup>2</sup> 的一级支流的不同侵蚀类型、不同侵蚀等级、不同坡度等级、不同植被盖度等级等系列土壤侵蚀成果,形成的黄河流域水土保持遥感调查图形属性库(图 2),是流域水土保持生态环境监测的基础数据。从图形属性库提取不同空间范围的专题信息,可以编制土壤侵蚀等专题图件。

等价交换,提高农业效益,运用利益导向吸引个人投资。对农村非农产业发展较好的地区,要鼓励乡镇企业以农建农,

反哺农业。要千方百计地吸收和利用外资,提高利用外资的水平和比重,发展外向型农业。

#### 参考文献:

- [1] 李周,黄正夫 农业发展与环境[M] 北京:中国环境科学出版社,1998 1- 8
- [2] 郭培章 “十五”期间中国生态建设与环境保护计划基本思路[J] 中国人口资源与环境,2002,12(1): 120- 122
- [3] 张坤民 可持续发展论[M] 北京:中国环境科学出版社,1999 74- 101
- [4] 姜学民 长江地区生态系统与可持续发展[M] 武汉:武汉出版社,1999 40- 66
- [5] 赵跃龙 中国脆弱生态环境类型分布及其综合整治[M] 北京:中国环境出版社,1999 123- 129
- [6] 李焰 环境科学导论[M] 北京:中国电力出版社,2000 44- 56

(上接第48页)

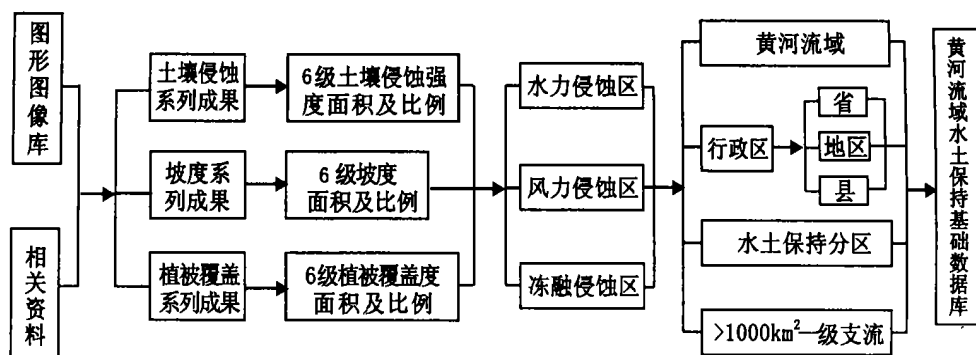


图2 黄河流域水土保持遥感调查图形属性库

#### 4.2 影像库

几何精纠正后的黄河流域 TM 卫星影像,经过合成、增强、镶嵌、分割,形成卫星影像库。叠加数字地图等基础地理图件,可编制全流域、分行政区、分支流、典型区域等不同地域范围的 TM 卫星影像图。

#### 4.3 地理信息系统

基于 Geomedia 开发控件,研发的黄河一级支流水土保持地理信息系统,能连接图形、属性及影像等数据,实现了图属一体化功能。系统开发借鉴 Arcview、Geomedia 等 GIS 平台的特点,博采众长,除具显示、查询、分析、编辑、输入输出等功能外,在视图管理、Fence 统计等方面有特色。系统利用 RS 和 GIS 相结合的技术,有效管理了土壤侵蚀、1:25 万数字地图、土地利用单元图及影像等数据,并具有立体浏览功能。

#### 4.4 土壤侵蚀模型

通过对影响土壤侵蚀要素的筛选,选择坡度、植被、降水侵蚀力、沟谷密度、土壤抗蚀性 5 个主要因子建立黄土丘陵区土壤侵蚀模型。坡度因子通过大比例尺地形图人工勾绘和外业调查相结合(也可以直接从 DEM 提取)得到,植被覆盖率根据绿度指数与植被覆盖率的对应关系(由野外考察采用线性回归得到),对 TM 影像 KT 变换结果通过线性变换并分级确定,栅格的降雨和土壤抗冲刷力因子通过输入土壤抗冲刷力和 25 min 土壤侵蚀力数据内插生成 TN 模型,再插值得到,沟壑密度采用数学形态学的方法,通过对 TM 遥感影像的信息增强,突出沟谷线信息并通过沟谷线的自动识别等方法提取。土壤侵蚀单元的划分采用栅格单元法,栅格单元大小为 30 m × 30 m。先建立单因子回归分析模型,然后通过单因子分析得到的单因子模型对已知样区作计算并将结果和已知侵蚀模数作回归得到综合评价模型为:

$$M = -8510.702 + 1.08M_1 + 0.108M_2 + 0.857M_3 - 0.0882M_4 + 0.01019M_5 \quad (M_i \text{ 为影响因子})$$

比较发现,人工解译与模型解译结果差异较大。主要原因在于研究区域内不同地域影响土壤侵蚀的自然因素差异较大和模型建立中没有足够的样本资料进行回归分析。因此,该模型对于自然因素复杂的区域,无法得到详细精确的评价结果。

#### 5 结论

以遥感卫星影像为主要信息源,结合地理信息系统技术开展的黄河流域水土保持遥感调查所总结的一套行之有效的水土保持遥感监测方法,为所开展的区域水土保持监测(分别以延安、榆林地区 20 世纪 80 年代末期的 TM 卫星影像、2000 年 6 月的 ETM+ 卫星影像为主要信息源,并采用影像融合的方法)、中流域水土保持监测(以孤山川流域 20 世纪 90 年代末期 1:3.5 万比例尺的彩红外航空摄影影像为主要信息源)和典型小流域水土保持监测(以麻庄小流域 1 m 分辨率的 IKONOS 彩色卫星影像为主要信息源)等不同空间尺度的水土保持监测提供了宝贵的经验。不同空间尺度的遥感卫星影像及遥感监测成果叠加相应空间尺度的地形(DEM)等数据,在地理信息系统软件(如 ARCGIS)支持下,通过分析计算,可实现水土保持措施、水土流失状况等的动态模拟,为水土保持动态监测提供直观的视觉效果。

实践证明,以不同分辨率的遥感影像(包括卫星影像和航空摄影影像)为主要信息源,结合地理信息系统技术开展的遥感监测,不仅是一种快速、有效的水土保持监测方法,大大节省了人力、物力,而且监测成果还具有很强的实效性。遥感可在水土保持动态监测及其模拟等方面发挥重要作用。