

# 贵州纳雍县土壤侵蚀遥感调查与GIS空间数据分析\*

周忠发, 游慧明

(贵州师范大学资源与环境科学系, 贵阳 550001)

**摘要:** 以GIS(地理信息系统)与遥感理论为基础, 把GIS管理、分析地理空间数据、信息的功能与遥感技术收集地表空间数据、信息的功能有机地结合起来, 应用于纳雍县的土壤侵蚀调查中, 不仅能得出比传统调查方法更精确的结果, 而且比传统的方法更快速、更节约人力、物力和财力。在调查结束后, 从本次调查的结果与1987年侵蚀统计数据比较中得出, 纳雍县的土壤侵蚀面积在减少, 水土流失治理取得了一定的成果。

**关键词:** GIS; 遥感; 纳雍县; 土壤侵蚀; 空间数据分析

中图分类号: S157.1, TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001)01-0093-05

## Remote Sensing Investigating of Soil Erosion and Analysis of Space Data in Nayong County of Guizhou

ZHOU Zhong-fa, YOU Huiming

(Department of Resource and Environment Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001)

**Abstract:** Guizhou is a province with karst feature and strong soil erosion, and Nayong is one of the most serious county with soil erosion. In recent years, the condition of soil erosion is speeding up, flood disaster takes place frequently, combined GIS with remote sensing and investigated soil erosion in Nayong, a more accurate, quick and economical method was gained finally. The result shows that the area of soil erosion in Nayong is reducing.

**Key words:** GIS; remote sensing; soil erosion; Nayong county; space data analysis

纳雍县位于贵州省西北部, 毕节地区西南部, 乌江上游和六冲河之间, 是滇东高原向黔中山原的过渡地带, 全县总面积 2 447.91 km<sup>2</sup>。纳雍县系乌蒙山脉东支经过的地区, 境内峰峦叠嶂, 沟壑纵横, 地貌类型为高中山低地, 地表破碎崎岖, 形成中至深切割河谷, 喀斯特地貌广布。气候属山地暖温带季风气候, 垂直变化显著, 境内河流属长江流域乌江水系, 北部河流流入六冲河, 南部支流流入三岔河, 河川径流与径流量均较大, 径流年内分配不均, 洪枯流量比较悬殊; 多年来受人为因素影响, 纳雍县成为我省水土流失重点县之一。

## 1 纳雍县土壤侵蚀遥感调查

### 1.1 资料选择与采集

1.1.1 TM 影像 因为整个工作过程都是基于卫星影像的解译, 所以卫星影像的选择十分关键。由于自然环境复杂多样的特点, 在TM影像的季相确定时, 不仅要注意所在调查区域内TM信息瞬时覆盖时本身的质量(如含云量度小于10%等技术指标), 而且必须顾及不同区域的时效性季相差异选择。根据瞬时状态下最大限度使图像上尽可能丰富地反映地表信息的原则, 选取了纳雍县城1998年冬季的TM假彩色合成数字影像。

1.1.2 土地利用图(数据文件) 其实工作中可以

\* 收稿日期: 2000-10-13

水利部委托项目(贵州省水土保持第二次遥感调查)。

不用土地利用图,之所以收集是为了提高工作效率。因为土地的利用类型与土壤侵蚀类型存在一定的关系,比如水田、森林可初定为微度侵蚀,而坡耕地可初定为中度侵蚀。既通过计算机的监督分类,把土地利用图转换成初步的土壤侵蚀图,以达到简化工作,提高效率的目的。因此收集了纳雍县城 1998 年的 1:10 万比例尺的土地利用图。

1.1.3 地形图 因为当地表质地的植被状况一定时,土壤侵蚀等级主要决定于地貌坡度,坡度等级可以参照影像阴影的深浅获取,但主要还是从大比例尺的地形图上获取,因此,收集了纳雍县 1:5 万地形图。

1.1.4 野外及其它资料 因为岩性和土壤类型对土壤侵蚀和影像判读存在一定的影响,因而辅以纳雍县 1:20 万地质图,1:50 万土壤图和地表质地图,从而提高判读的精度和准确性。为了进行时间上的对比分析,还收集了 1987 年纳雍县水土流失数据和近期水土流失治理方案。野外考察预先在影像上标出路线穿越的地点作为标志点,结合地质图、地形图沿途查看对照,检验沿线影像预判结果,并在数十个观察点进行影像实地对比分析,采用小地名和 GPS 结合实地定位。在获得了影像的预判结果后,就可以具体地进行室内的卫星影像的解译工作。

## 1.2 土壤侵蚀强度的分级标准

根据《土壤侵蚀分类分级标准 SL 190—96》,“土壤侵蚀强度分级必须以年平均侵蚀模数为判别指标”,即每年每平方公里土壤的流失量为标准来划分,但是由于没有纳雍县的侵蚀模数资料,因此只能通过别的标准来确定。在纳雍县土壤侵蚀动力主要来自水力。因此根据《全国土壤侵蚀遥感调查技术规程》中的“水力侵蚀强度分级强度指标”来确定侵蚀等级(表 1)。

表1 水力侵蚀强度分级指数

地面坡度		5~8°	8~15°	15~25°	25~35°	>35°
非耕地的 林草 覆盖 度/%	60~75	轻度		轻度	中度	
	45~60			中		
	30~45	中度		强度		剧烈
	<30					
坡耕地		轻度	中度	强度	极强度	

根据表 1 和全国土壤侵蚀分类系统代码得出土壤侵蚀强度的分级参考指标:

(1) 微度侵蚀(代码 11)。无土壤侵蚀或者土壤

流失不明显,植被度>75% 成片的林、灌、草和坡度<5°的平地,包括山间、山前平地、河流阶地以及水体、水田等。

(2) 轻度侵蚀(代码 12)。土壤流失比较明显。坡度在 5~8°的坡耕地;或者植被覆盖度 60%~70% 之间且坡度为 5~25°的坡地或者覆盖度 45%~60% 且坡度在 8~15°的坡地;或者覆盖度 30%~50% 且坡度在 5~8°的坡地。

(3) 中度侵蚀(代码 13)。土壤侵蚀十分明显。坡度 8~15°的坡耕地;或者坡度 8~15°且植被覆盖度为<30% 坡地;或者坡度 15~35°且植被覆盖度为 45%~60% 的坡地;或者坡度>25°且植被覆盖度为 70%~75% 的坡地。多见于以石灰岩、紫色页岩等为主的高、低丘山地上。

(4) 强度侵蚀(代码 14)。土壤侵蚀强烈。主要分布在丘陵、山区人类活动强烈的地区。植被覆盖度为 45%~60% 且坡度>35°的坡地;或者植被覆盖度为 30%~45% 且坡度为 25~35°的坡地;或者植被覆盖度<30% 但坡度在 15~25°之间的坡地;坡度为 15~25°的坡耕地。

(5) 极强度侵蚀(代码 15)。土壤侵蚀十分强烈。主要分布在植被覆盖度为 30%~45% 且坡度>35°的坡地;或坡度 25~35°但植被覆盖度为<30% 的坡地。

(6) 剧烈侵蚀(代码 16)。土壤侵蚀极为强烈。分布在坡度>35°坡耕地及裸土地带。

## 1.3 土壤侵蚀遥感调查工作流程

### 1.3.1 图斑识别方法

A、直接判定法。对影像的色调、形状、位置、大小、阴影、纹理及其它标志,非常明确的地物进行直接的判读,如河流、植被等。

B、对比分析法。对卫星图像不同波段,图像进行对比分析,以及结合实地影像预判结果,对于不容易判别的岩性和坡度,则要结合地质图和地形图来识别,坡度可由地形图得到。

C、逻辑推理法。卫星图像的特点,卫星图像的判读更多的是应用地学规律的相关分析和实际经验,进行逻辑推理法的判别读。

### 1.3.2 图斑抠挖及分割

对比较大的多边形首先用多边形抠挖的方法,建立横跨该多边形的一个或多个边形,并将文件送入 ARC/INFO 中进行拓扑运算,即建立多边形之间的空间相对关系,运算完后,原来的大多边形已经被分割成小的多个多边形,在这种情况下,再用 Arcview 提供的多边形分割工具进行分割就能极大

地提高工作效率。

通过以上步骤,在土地利用图基础上不断修订,最终生成满意的土壤侵蚀图,再利用 Arcview 的数据统计功能,统计出各类侵蚀类型的具体数值,并制成图表,以利于进行分析,具体步骤见图 1。

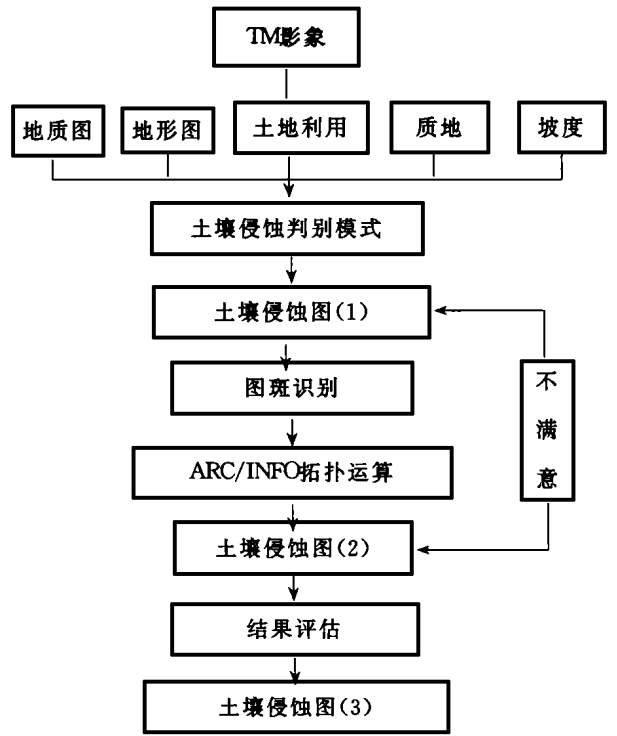


图1 工作流程示意图

## 2 土壤侵蚀分类分级的遥感影像判读指标

### 2.1 土壤侵蚀等级判别的岩性—地表质地指标

影响纳雍县土壤侵蚀的一大因素是岩性决定地表质地(表 2),纳雍县的大部分地区属于喀斯特区,该类区域又依岩性的纯度大致划分为纯碳酸盐岩的石质区和不纯碳酸盐岩的石质区。碳酸盐岩区多发育峰丛、峰林、丘峰、丘陵洼地等特殊地貌形态,具有清楚的影像图形特征,但也有少部分发育侵蚀—溶蚀山地,与常态地貌难以识别,这种图形特征相似,但侵蚀等级差别大的情况必须依靠地质图的岩性界线加以识别。

表 2 纳雍县地表质地表

地表质地	相应岩性	岩相代码
土质	玄武岩、紫红色沙岩、泥岩	P <sub>2</sub> L <sup>1</sup> 、P <sub>2</sub> L <sup>2</sup> 、T <sub>1</sub> F <sup>1</sup> 、T <sub>1</sub> F <sup>2</sup> 、J <sub>1</sub> X <sup>2</sup>
土石质	泥质碳酸盐岩、类层碳酸盐岩	P <sub>2</sub> L、P <sub>2</sub> C
石质	纯碳酸盐岩	P <sub>2</sub> L <sup>1</sup> 、P <sub>2</sub> L <sup>2</sup> 、T <sub>1</sub> YN <sup>1,2,3,4</sup> Z <sub>2</sub> D <sub>2</sub> NC <sub>1</sub> B、P <sub>1</sub> G

### 2.2 土壤侵蚀分类分级的影象特征

在纳雍县植被密集区、平地区,纯石山区一般为微度侵蚀。其他地区根据影像色调、结构、图案、阴影、大小、位置等因素确定。一般坡耕地色调发白,但也有特殊,玄武岩、紫色岩上的坡耕地呈暗灰色调,而白色调者多是纯碳酸盐岩裸露石山、在坡耕地及植被稀疏区,岩性的识别甚为重要,除参考地质图定界外,图斑的明确划定可参考影象特征,大致情况如下:

2.2.1 玄武岩山地 常发育为相对高度 300~800 m 的高大山林,有两种情况,一种为大块状结构,节理发育,无植被覆盖时影像色调呈暗灰色;另一种是在大块状基础上发育为“尖梭鳞片状”或“老人面状”,有旱作处呈品红色,无庄稼旱地呈青灰色,(侵蚀强度很大),疏灌草丛呈棕灰色。

2.2.2 砂页岩山地 图斑标志为大片树枝状沟谷切割的块状结构,色调发白的坡耕地相对较少,色调红色的林地较多。紫色砂页岩地,其特殊处是风化容易,矿质养分较高,故开垦率高,侵蚀极为强烈。产状平缓,分布较广时树枝状水系密集,色调发暗。

2.2.3 石质峰丛山地 多为坡度 30~50 的锥状峰丛,其间有比例尺很小的孤立洼地及谷地,其图形标志为典型,“花生皮状”,放大可见一个个凹点状,开垦较少,有大面积灌丛、灌草丛覆盖,呈中至浅红色调,由于岩性的影响或在切割的河谷等地区,碳酸盐岩也可表现为特殊的块状或条块状影象特征,其间为稀疏水系所分割。

2.2.4 碳酸盐岩地区水系的发育一般很差,常常主流明显而支流不发达。有水体明显的色调、伏流和盲谷等特征,很容易识别。而土石质丘陵,指相对高度多在 500~150 m,坡度 10~30 的喀斯特丘陵洼地、谷地,图形标志为缓缓凸起的小点状,少有红色调的林地和密集灌丛,多为黄色调的灌草丛与坡耕地插花分布,坡度 5~15°,高度 30 m 以下的缓丘台地图案呈变化微小的面状,其上多为色调发白的旱地。

## 3 纳雍县水土流失空间数据的 GIS 统计分析

用 GIS 软件提供的面积统计及空间分析功能,统计出各侵蚀强度级别的数值,与纳雍县 1987 年的土壤侵蚀数据进行对比分析(表 3)。

表 3 土壤侵蚀数据进行对比分析  $\text{km}^2$ 

年份	微度侵蚀 (11)	轻度侵蚀 (12)	中度侵蚀 (13)	强度侵蚀 (14)	极强度侵蚀 (15)
1987 年	761.3	774.8	119	529.4	263.5
1998 年	865.97	1096	283.33	71.37	132.5

## 3.1 纳雍县水土侵蚀的空间特点

根据卫星影像解译得出的纳雍县 1998 年土壤侵蚀图(图 1)及 GIS 空间数据分析可以得出如下结论:

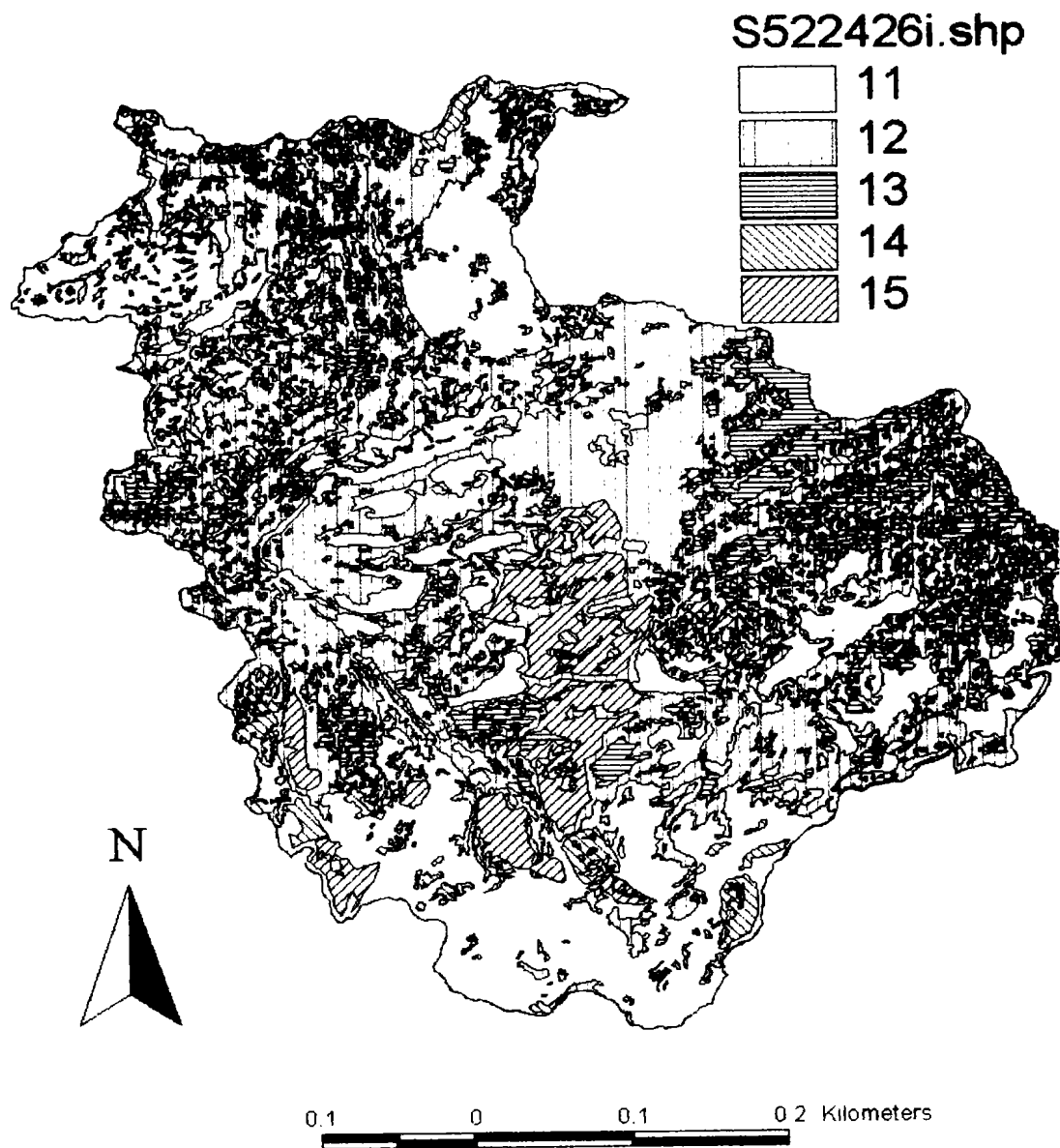


图 1 纳雍县土壤侵蚀现状图

(1) 1998 年贵州省纳雍县无明显侵蚀(微度侵蚀)的面积为  $864.97 \text{ km}^2$ , 仅占全县土地总面积的 35.32%, 而明显侵蚀的面积为  $1582.94 \text{ km}^2$ , 占全县总面积的 64.68%, 是贵州省水土流失最严重的县份之一, 其侵蚀百分比高出全省平均水平(41.62%) 23 个百分点, 同时也远远高于全国的平均水平。

(2) 从纳雍县 1998 年土壤侵蚀图结合行政区划图可以看出: 纳雍县土壤侵蚀类型强度等级中, 极强

度侵蚀主要集中在县西南部的阳长区的黄家屯、杨家寨、堰塘乡、以及阳长区、马鬃岭区和百兴区三区交界的地方; 鬃岭区与阳长区交界的鬃岭一侧, 县的北部和东南部以微度侵蚀和轻度侵蚀为主, 龙场区和治昆区主要以轻度侵蚀为主, 县东部的东治、居仁两区主要以强度侵蚀和中度侵蚀为主, 其中东治的沙包和秀才坝二乡有面积较大的强度侵蚀。强度侵蚀主要集中在县的中部, 呈“一”字形由北向南分布。

总之, 纳雍县水土流失严重的地区多为河谷两

侧以及山地地区的坡耕地, 从整个县来看, 水土流失严重的区域主要集中在县的中部、西部、东部, 其他地区也有局部异常严重的土壤侵蚀, 多呈点状分布。

3.2 纳雍县土壤侵蚀的时间变化

从表 4 可以看出, 纳雍县 1998 年全县侵蚀面积 1 582.94 km<sup>2</sup>, 占全县侵蚀面积的 64.67%, 比 1987 年第一次土壤侵蚀遥感普查的结果 68.90% (1 686.7 km<sup>2</sup>) 减少 4.23 个百分点, 共 103.76 km<sup>2</sup>。1999 年各侵蚀类型与 1987 年相比轻度和中度侵蚀面积有大幅度增加, 但强度、极强度侵蚀面积有明显下降。这在一定程度上与纳雍县 10 余年来被列为省重点水土流失综合治理县大力治理所取的成就相吻合。治理的成就不仅反映在土壤面积大, 也反映在侵蚀强度的下降上。但基于它的侵蚀面积大于 60%, 仍属于“重度侵蚀县”因此, 纳雍县土壤侵蚀治理工作仍然十分艰巨。

表 4 纳雍县 1987~ 1999 年各侵蚀等级面积对照 (百分表)

年份	侵蚀面积占土地总面积/%	12	13	14	15	16
1987 年	68.90	33.13	5.29	23.55	11.72	0
1999 年	66.67	48.76	12.6	3.17	5.88	0

4 纳雍县水土流失治理几点建议

4.1 坚持以人为本

致谢: 参加工作的有安裕伦教授、杨胜天博士、吕涛工程师等, 还有资环系 GIS 与遥感实验室支持, 过程中得到国家水电部李智广博士及中科院遥感所赵晓丽老师的指导, 在此一并感谢。

参考文献:

[1] 吕国楷, 等. 遥感概论[M] (修订版), 北京: 高等教育出版社, 1997 年 7 月.  
[2] 贵州统计局编. 贵州统计年鉴[R] 北京: 中国统计出版社 1999 年 8 月.  
[3] 刘秀乾. 纳雍县农业区划[R] 贵阳: 贵州人民出版社, 1989 年 11 月.

治山治水, 首先治人。在规划时, 要设有专门的宣传、教育经费, 广泛开展多形式、多途径的宣传和教育活动, 提高全体民众的水保意识和法制观念, 能够认真贯彻执行《水土保持法》, 提高水保工作人员的业务素质, 加大执法监督力度, 此外, 以人为本还必须严格控制人口, 减缓土地压力。纳雍县 1990 年人口密度为 263.02 人/km<sup>2</sup>, 至 1998 年已达 294.54 人/km<sup>2</sup>, 远远高于全省的 207.70 人/km<sup>2</sup>, 人均耕地面积也远远低于全省人均水平。可见人口众多也是该县水土流失严重和经济贫困的重要原因之一。严格控制人口增长, 使人口与资源、环境、经济协调发展是纳雍县提高人民生活水平、搞好水土保持的重要手段。

4.2 防治结合

通过卫片判读分析, 纳雍县仍有部分地区土壤侵蚀严重, 水土大量流失。要使水土保持得到显著的改观, 当务之急就是重点对杨家寨、营盘、新房、龙场、英底、自戛、杨家寨等土壤侵蚀严重的区域进行综合治理, 而对土壤侵蚀较轻微的区域要加强预防, 认真做好预防工作, 尤其是要做好生态环境比较脆弱的陡坡、石灰石裸露、半裸露地区的预防工作, 防患于未然。杜绝边治理边破坏的现象发生。