

# 贵州省水土流失遥感现状调查及空间变化分析

周忠发, 安裕伦

(贵州师范大学 资源与环境科学系, 贵州 贵阳 550001)

**摘要:** 贵州省是一个喀斯特特别发育的省, 水土流失强度和水土流失潜在危险程度均较大。近几年来, 水土流失状况仍呈加剧趋势, 不断出现的洪涝灾害, 对水土保持工作提出了更高的要求。利用在 GIS(地理信息系统)支持下的遥感技术, 对贵州省水土流失的现状进行调查、时空分布变化及评价分析, 并完善相关的技术方法, 为水土流失的防治及西部大开发中提出的生态治理提供可靠的技术资料。

**关键词:** GIS 遥感技术; 水土流失现状; 空间分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2000)06-023-03

中图分类号: S157.1, TP79

## Remote Sensing Investigating of Soil Erosion Present Conditions and Analyzing of Spatial Changeable in Guizhou Province

ZHOU Zhong-fa, AN Yu-lun

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

**Abstract** Guizhou is a province of karst developing very widely and intensely, soil erosion intensity and dangerousness of potentiality are very strong. Recently, the present condition of soil erosion is speeding up, and flood disaster takes place frequently, it enhances the request of soil and water conservation work. The authors investigated soil erosion and analyzed its spatial changeable by GIS and remote sensing technique in Guizhou province. Meantime, completing way of science and technology, it is going to provide dependable data for soil erosion preventing and ecological environment managing.

**Keywords** GIS and remote sensing; soil erosion present conditions; spatial analyzing

### 1 贵州省水土流失概况

贵州省位于云贵高原的东坡, 我国西南地区的东部, 东邻湖南, 南界广西, 西连云南, 北接四川、重庆, 介于东经  $103^{\circ}31'$ — $109^{\circ}30'$ , 北纬  $24^{\circ}30'$ — $29^{\circ}13'$  之间。全省县级单位 86 个, 土地总面积  $176\ 128\ \text{km}^2$ , 占全国总面积的 1.84%。是我国西南部亚热带地区一个喀斯特强烈发育的高原省份, 可溶性碳酸盐岩出露面积约占全省国土面积的 73%, 95% 的市、县均有喀斯特分布。全省平均海拔 1000 m 左右, 年降水量大部地区为 1100—1300 mm, 年均温大部地区为  $15^{\circ}\text{C}$  左右。贵州省地处长江和珠江上游分水岭地带, 由于喀斯特发育强烈广布, 喀斯特山区地貌类型复杂, 区内山高坡陡, 水流湍急, 土被薄而不连续, 加以森林植被不足和人为活动的干扰影响, 水土流失极为严重。严重的水土流失是贵州省喀斯特地区生态恶化的主要表现形式, 已给区内的生态环境造成严重不良影响, 水土流失对生态环境和社会经济发展现状和潜在

的危害较之其它地区更为严重, 加强水土保持, 防治水土流失尤为重要。

影响贵州省土壤侵蚀的因素可以分为自然因素和人为因素两大类。自然因素是贵州省土壤侵蚀的客观基础, 其中最主要的是降水、地貌、地面组成物和植被覆盖等 4 个方面。人为因素是贵州省土壤侵蚀加剧的主要原因, 其中, 影响最大的是以下几方面: (1) 人口增长过快, 毁林毁草开荒严重; (2) 坡耕地比重大, 水保措施少; (3) 耕作方式粗放, 积肥方式落后。总之, 贵州省降水量多、强度大, 地形坡度陡, 某些岩石所形成的土壤抗蚀力弱等自然因素为土壤侵蚀提供了基础, 但是这些因素所起作用的大小, 却和人为因素, 如毁林毁草开荒, 铲草皮积肥, 坡耕地比重大, 水保措施不力等有关。

### 2 土壤侵蚀分级标准及影像判读指标

#### 2.1 技术处理工作

研究中采用目前最先进的监测、评价技术, 以及

地理信息系统 (GIS) 技术为支撑, 以遥感资料为主要信息源, 结合由地形图派生的坡度图, 由普通土壤图派生的土壤抗水土流失背景图。采用植被覆盖、土壤背景、地面坡度等决定水土流失的主要因素, 参考降水量、降雨强度等有关因素建立水土流失定量分析模型, 应用现代建模技术进行水土流失强度评价和调查制图; 研究工作以 WINDOWS 98 为基本平台, 选用

ARC/INFO 为地理信息系统基础软件, TM 图像分析采用 ENVI 及 ARCVIEW 处理系统。研究开发针对不同时相图像, 考虑物候因素, 用各种植被指数综合提取植被覆盖信息的软件工具, 及根据同类地物在不同时相图像上的光谱差异, 采用相关分析模型建立各时相图像间的对应关系软件, 从而完成 TM 图像对应解译分析 (见流程图 1)。

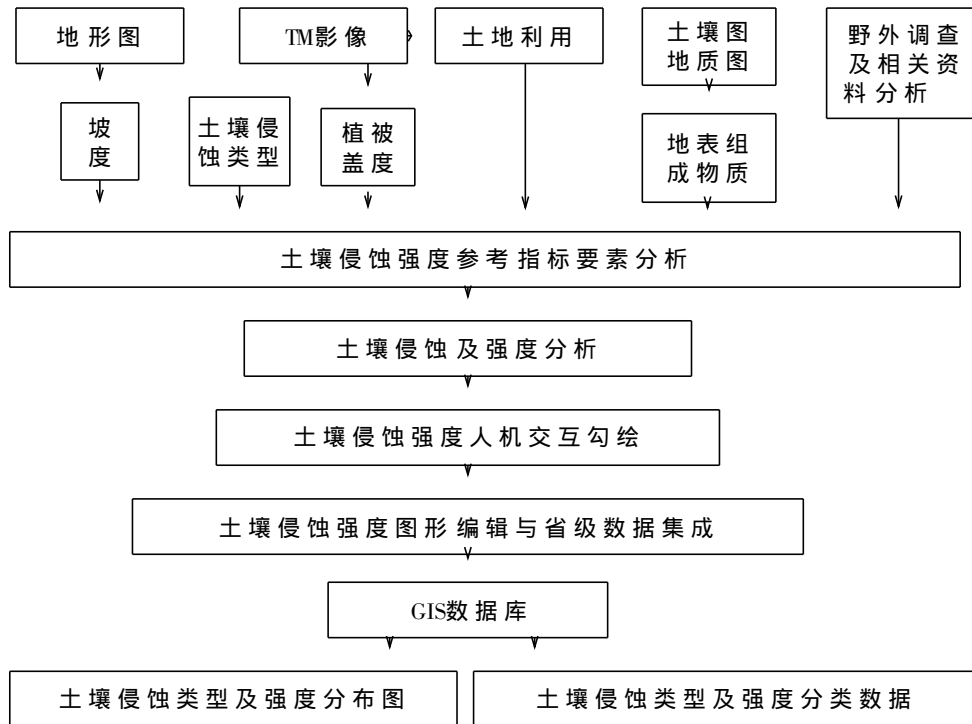


图 1 土壤侵蚀遥感调查工作流程

## 2.2 土壤侵蚀强度

地壳表层土壤在自然营力和人类活动综合作用下, 单位面积和单位时段内被剥蚀并发生位移的土壤侵蚀量以土壤侵蚀模数表示。根据中华人民共和国水利部水保 [1997] 44 号“关于批准发布《土壤侵蚀分类分级标准》SL190-96 的通知”, 土壤侵蚀强度分级原则上以土壤容许流失量与全国最大流失量的两极值, 内插分级, 全国统一划分为 6 级 (表 1)。

表 1 土壤侵蚀强度划分标准

分 级	平均侵蚀模数 / ( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ )	平均流失厚度 / ( $mm \cdot a^{-1}$ )
1 微度侵蚀	< 200, 500, 1000	< 0.15, 0.37, 0.74
2 轻度侵蚀	200, 500, 1000~ 2500	0.15, 0.37, 0.74~ 1.9
3 中度侵蚀	2500~ 5000	1.9~ 3.7
4 强度侵蚀	5000~ 8000	3.7~ 5.9
5 极强度侵蚀	8000~ 15000	5.9~ 11.1
6 剧烈侵蚀	> 15000	> 11.1

土壤侵蚀强度分级主要通过植被覆盖度、坡度、植被结构、地表组成物质、海拔高度、地貌类型等间接指标进行综合分析而实现, 这些间接指标均可以通过陆地卫星影像、地形图结合相关成果资料等判读分析获取。

根据 SL190-96 的通知, 参照土壤侵蚀强度分级的参考指标 (见表 2), 用以实现本次土壤侵蚀遥感调查。

表 2 水土侵蚀强度分级指标

林地覆盖 度 %	坡 度				
	5~ 8°	8°~ 15°	15~ 25°	25~ 35°	> 35°
60~ 75	轻度	轻度	轻度		
45~ 60	轻度	轻度			强度
30~ 45	轻度	中度	中度	强度	极强度
< 30	中度	中度	强度	极强度	剧烈
坡耕地	轻度	中度	强度	极强度	剧烈

### 2.3 土壤侵蚀分类分级和遥感影像判读指标

土壤侵蚀判别模式的建立参考了一些研究资料,土壤侵蚀分级参照已有侵蚀模数资料确定。由于省内大部分地区无侵蚀模数资料,判读指标参照表 2 进行,根据土壤侵蚀影响因子给予修正。按已有的贵州省内侵蚀模数资料,最大的为  $14\ 900\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,且因陡坡耕地一般有自然土壤时与草地等组成混合像元,省内划分的最高级别为 15(极强度侵蚀)。

2.3.1 岩性—地表质地指标 影响贵州省土壤侵蚀的一大因素是岩性决定的地表质地,贵州省 73.6% 的面积属岩溶区,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土石质区。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,与常态地貌难以区别。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。

2.3.2 地貌坡度—植被指标 当地表质地和植被状况一定时,土壤侵蚀等级主要决定于地貌坡度。坡度等级主要从大比例尺地形图上获取,也参照影像阴影的深浅获取。

当地块质地和坡度确定后,侵蚀等级判定的指标就是植被、植被覆盖度及植被结构的信息直接由影像色调深浅及色相确定。

## 3 土壤侵蚀特点

### 3.1 土壤侵蚀空间分布特点

根据卫星影像解译,贵州全省无明显侵蚀(微度侵蚀)的面积为  $102\ 812.98\text{km}^2$ ,仅占全省土地总面积的 58.38%,而明显侵蚀的面积  $73\ 291.32\text{km}^2$ ,占全省土地总面积的 41.62%。

从土壤侵蚀面积占行政区土地总面积考查,由 1997 年侵蚀面积百分比可以得出以下结论。

(1) 土壤侵蚀面积大于 60% 的“重度侵蚀县”有:印江、威宁、毕节、纳雍、大方、罗甸、织金、沿河等县,主要分布在黔西北,其次为黔东北,其特点是  $T_{1r}$ 、 $S_1$ 、 $P_2$ 、 $T_{2b}$  等砂页岩、玄武岩占有较大面积,山高、坡陡、切割深,坡耕地面积大。

(2) 土壤侵蚀面积在 50%~60% 的“次重度侵蚀县”有玉屏、正安、盘县、水城、思南、习水、务川、德江、铜仁等县,分布在贵州省西部、北部和东北部,砂页岩、玄武岩陡坡土山较多,开垦面积大,多位于切割深的山地峡谷区。

(3) 侵蚀面积 40%~50% 的“中度侵蚀县”有普

定、镇宁、关岭、福泉、贵定、金沙、仁怀、桐梓、都匀、麻江、黄平、万山、松桃、石阡、普安、兴仁、贞丰、望谟等县,主要分布在贵州省中部丘陵山地性高原地区,碳酸盐岩面积大,坡度偏小;其余地区分布较少。

(4) 侵蚀面积 30%~40% 的“较轻度侵蚀县”有息烽、开阳、清镇、平坝、紫云、龙里、三都、平塘、黔西、绥阳、赤水、湄潭、余庆、凤岗、台江、三穗、镇远、岑巩、兴义、兴仁等县,主要分布于中度侵蚀区,地势起伏小,喀斯特分布面积广;其次分布在人口密度相对较小、森林面积大的黔东南土山区。

(5) 侵蚀面积大于 30% 的“轻度侵蚀县”有贵阳(小)、修文、安顺、都匀、长顺、荔波、独山、惠水、红花岗、天柱、施秉、锦屏、雷山、黎平、榕江、从江、江口、安龙、册亨等县,主要分布在地势起伏平缓、喀斯特分布广的中部丘陵盆地高原地区及人口密度相对较小、森林面积较多的黔东南、黔南土山区,多石山的独山、荔波也属此类。

从土壤侵蚀强度考查,强度、极强度侵蚀面积超过  $400\text{km}^2$  的县有威宁、毕节、大方、赫章、盘县、沿河、水城等县,主要分布在贵州省西部、西北部及东北部,侵蚀主要发生于紫色与杂色砂页岩、玄武岩上;强度、极强度侵蚀面积在  $200\sim 400\text{km}^2$  的县有:纳雍、习水、务川、桐梓、印江、德江等县;强度、极强度侵蚀面积在  $100\sim 200\text{km}^2$  的有瓮安、金沙、织金、黄平、镇远、铜仁、江口、思南、松桃、石阡等县,以黔东北较多。

### 3.2 1987年后土壤侵蚀情况的变化

此次工作根据 TM 卫星影像数据(1997年)解译,全省土壤侵蚀面积  $73\ 291.32\text{km}^2$ ,占全省土地总面积的 41.62%,比 1987 年第一次土壤侵蚀遥感普查结果的 43.53% ( $76\ 682.4\text{km}^2$ ) 减少 1.91%。由 1987—1997 年侵蚀面积变化可看出,82 个县级行政单位中,变化超过 20% 的仅有 5 个县(其中一个是因行政区面积变化所致);变化在 10%~20% 的有 8 个县;其余县变化不超过 10%。总体看,侵蚀面积下降的县比上升的县多。

表 3 贵州省 1987—1997 年各侵蚀等级面积对照 %

年份	侵蚀面积	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
1987	43.54	21.52	11.74	8.49	1.77	0
1997	41.62	23.54	12.72	4.57	0.79	0

由表 3 可见,1997 年与 1987 年相比,侵蚀面积总体下降;轻度、中度侵蚀面积略有增加;但强度、极强度侵蚀面积有明显下降。这在一定程度上与省内

(下转第 41 页)

各月所观测的综合结果(图 3)反映出与单次观测类似的结果。不同的是,所有措施提高土壤含水量主要表现在测定中层(7月份无规律):扎草埂较对照提高 1.5 倍,种黑麦草的提高 1.0 倍(与稻草覆盖的相近),微水利设施的提高约 0.2 倍。

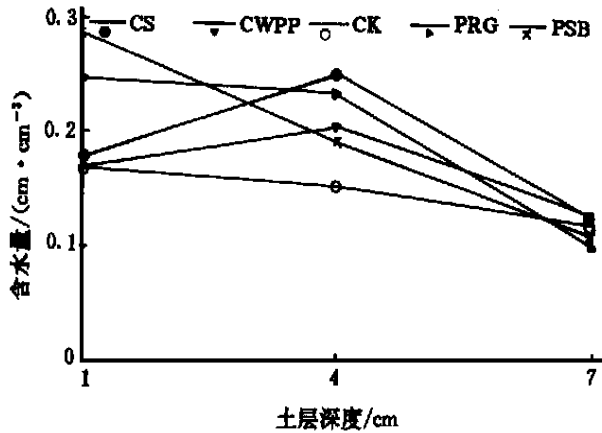


图 3 不同措施的土壤水分变化过程

## 2.2 不同处理措施对坡坎水分变化的影响

研究期间,6月降雨量和次数较少些,根据雨后不同天数所测得的含水量,可反映出不同处理措施对土壤水变化过程的作用(如图 3),对照和草埂处理的土壤含水量基本上呈直线递减,尤其是后者递减更快,其它处理都有一缓变过程。稻草覆盖和微水利设施处理后,含水量在雨后 2~3 d 内还有增加趋势,说明稻草上或集水池(洞)接纳的饱和水在雨后一部分供给了其土壤。种植黑麦草,雨后 2~3 d 内,土壤水减少较慢,说明起到了一定保水作用。

## 2.3 不同处理措施对坡坎侵蚀的影响

表 2 是坡面一次典型观测(7月 20 日,雨强 40.8 mm/h)结果,反映了微水利设施的水土流失最多,其

次是对照的,说明坡坎无植被(或植被很少)时,水土流失较严重。水土流失最少的是稻草覆盖,径流和泥沙较对照减少 25% 和 65%,其次是扎草处理的坡坎,分别减少 15% 和 40%,种植黑麦草也显示出了一定作用,虽然不很明显,但随着生长年份的增加或日期增长,会起到较好的效果,这一点的确定,有待进一步研究。这些结果与上述结果有一定的一致性,反映了增加覆盖、等高拦截对防止坡坎水土流失有明显作用,对提高土壤含水量也有一定的效果,特别是在降雨较少的情况下。

表 2 单位雨强下各小区的水土流量

处 理	径 流 量 / ( $\text{ml} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ )	蚀 土 量 / ( $\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ )
稻草覆盖	300	2.6
微水利设施	480	12.0
对 照	400	6.3
种植黑麦草	360	3.2
扎草埂	340	4.0

## 3 结 论

通过本次初步研究,结果表明提高坡面覆盖度,能显著防治水土流失,对提高土壤水分也有一定作用——特别是活覆盖(种植黑麦草),坡面小型集水设施对其土壤水有一定调节作用,但应结合覆盖措施,才有更好的保水保土效果。

### [参 考 文 献]

- [1] 李仲明. 中国紫色土(上册)[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [2] 张先婉, 陈实, 李同阳. 旱地聚土免耕耕作法专辑[J]. 土壤农化通报, 1990, 5(1, 2): 1-13.
- [3] 曾德慧. 樟子松人工固沙林稳定性的研究[J]. 应用生态学报, 1996, 7(4): 337-343.
- [4] 刘刚才, 刘淑珍. 侵蚀模数的改进及其有效性[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(6): 80-83.

(上接第 25 页)

10a 余来大力治理的成效相吻合。治理成就不仅反映在土壤侵蚀总面积的减少上,也反映在侵蚀强度等级的下降上。由于山高坡陡,很多地区坡耕地经坡改梯等方式治理后尚保持一定坡度,仍属侵蚀范畴,只是强度下降。从现有资料看,贵州土壤侵蚀面积 1954 年占 14.1%, 1987 年占 43.53%, 1999 年为 41.6%。1987—1999 年间统计资料表明,累计治理面积已达 16431.59  $\text{km}^2$ , 这使侵蚀总面积下降 11%。

参加工作的还有杨胜天博士、吕涛工程师、兰安军老师。工作过程中得到国家水利部李智广博士、中

科院遥感所赵晓丽老师的指导以及资源与环境科学系 GIS 遥感实验室支持,在此一并致谢。

### [参 考 文 献]

- [1] 安裕伦. 贵州高原水土流失及其影响因素研究[J]. 水土保持通报, 1999, 19(3): 47-52.
- [2] 贵州统计局. 贵州统计年鉴[Z]. 中国统计出版社, 1998.
- [3] 中华人民共和国水利部. 水保 199744 号关于批准发布《土壤侵蚀分类分级标准》SL 190-96 的通知[Z]. 1997. 02.