

贵州普定后寨河流域土壤侵蚀模型与应用研究

汪文富

(贵州省普定岩溶研究综合试验站, 贵州 普定 562100)

[摘要] 在典型岩溶区, 由于喀斯特的强烈发育, 自然条件差, 加上人为因素的不良影响(毁林开荒、乱砍滥伐等), 水土流失问题十分严重。随着遥感(Remote Sensing)技术的飞跃发展, 计算机技术的普遍应用, 特别是近年来地理信息系统(GIS)研究的迅速发展与应用, 使土壤侵蚀研究从土壤侵蚀类型、分类、侵蚀地貌、侵蚀模数等定性、定量研究深入到潜在危害的研究阶段。本文是在前人研究工作的基础上, 以普定后寨河岩溶流域(普定岩溶野外试验场)为研究区, 利用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术建立起适合于岩溶流域使用的土壤侵蚀定量模型, 并在PAMAP GIS的支持下, 探讨了利用遥感信息、GIS自动提取土壤侵蚀因子, 最后得到流域实际的土壤侵蚀图、潜在的土壤侵蚀图等一系列图件, 为岩溶流域的综合治理提供有效的理论研究依据。

[关键词] 遥感; PAMAP GIS; 土壤侵蚀模型; 岩溶流域; 规划治理; 普定后寨河

[中图分类号] P334.92 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2001)02-0099-08

1 引言

水土流失是一个全球性问题, 已得到越来越多国家的普遍重视。水土流失的危害主要表现在: ①表土的流失使土壤肥力减退, 粮食产量降低; ②土壤侵蚀造成下游河道和水库的淤积, 降低河道防洪能力, 缩短水利工程寿命; ③水源污染; ④导致滑坡、泥石流等灾害的发生。

岩溶流域由于喀斯特强烈发育, 山大坡陡, 土层疏松浅薄, 造成土壤的抗蚀性、抗冲性都很弱。在多暴雨条件下, 常因山洪暴发引起严重水土流失, 加上人为因素的不良影响, 给农业生产和水利建设带来极大破坏。由于地形起伏较大, 植被少, 水土流失极为严重。随着RS和GIS近年来研究的迅速发展与应用, 使土壤侵蚀研究从定性、定量研

究深入到潜在危害研究阶段, 为土壤侵蚀研究提供了极为有效的研究工具。本文在前人研究工作的基础上, 以普定后寨河岩溶流域为研究区, 利用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术建立起适合于岩溶流域使用的土壤侵蚀定量模型, 并在加拿大地理信息系统PAMAP GIS支持下, 探讨了利用遥感信息、GIS自动提取土壤侵蚀因子, 最后得到流域实际土壤侵蚀图、潜在土壤侵蚀图等一系列图件, 为岩溶流域综合治理提供有效理论研究依据。

后寨河流域位于贵州省普定县, 流域面积81km², 流域最高海拔1585m, 最低1218m, 相对高差367m。上游为峰丛、洼地、漏斗地貌组合类型, 中游为峰林、槽谷类型, 下游为丘陵、谷地、盆地类型。全流域形成以峰林、峰丛、丘陵与谷地、洼地、盆地相间的地貌景观, 在云贵高原具有广泛的代表性。

[收稿日期] 2000-06-28; **[改回日期]** 2001-01-04

[基金项目] 中(中国)比(比利时)合作项目(397)部分成果。

[作者简介] 汪文富, (1972-), 男, 1994年毕业于贵州师范大学地理系, 硕士, 现从事岩溶研究工作。

2 影响土壤侵蚀的各因子分析

根据前人对影响土壤侵蚀因素研究,有5种因素^[1,2]对土壤侵蚀起着重要作用,下面对这5种影响因素进行探讨。

2.1 地形因素

地形是影响土壤侵蚀的重要因素,它包括地面坡度、坡型、坡长、分水岭与谷底及河面的相对高差以及沟壑密度等。在岩溶流域内,坡度和坡长是两个主要地形因素。坡度对土壤侵蚀影响主要表现在:①影响溅蚀作用;②直接影响径流冲刷能力;③影响径流输移。总的来说,土壤侵蚀量随坡度的增大而增加。

2.2 气候因素

所有的气候因子都从不同方面和不同程度上影响水土流失。其中,降雨是土壤侵蚀的主要因子。降雨一部分入渗、蒸发或被植被截留,剩下的就可能产生地表径流。地表径流常用径流深(mm)表示。

径流深(mm) = [径流总量(m)/集雨面积(m)] × 1000

在岩溶区,地表径流对土壤侵蚀的影响尤为重,它在坡度较陡的坡地上不但有流水的冲刷作用,而且同时引起重力侵蚀。

2.3 植被因素

植被覆盖是自然因素中对防止水土流失起积极作用的因素,主要表现在:①拦截雨滴,削弱雨滴对土壤的破坏作用;②调节地表径流,可使雨水慢慢地渗入林地,变为地下水,从而减小地表径流。此外,植被可以起到加大地表阻力,减缓径流速率,削弱水流能量,减小地表冲刷,分散径流以及促使淤积等作用。③改良土壤结构。植被可给土壤表层增加大量腐殖质,有利于形成团粒结构,提高土壤的透水性和持水量,增强土壤抗蚀、抗冲性能。④植被的根系对土壤有良好的穿插、缠绕、网络、固结等作用,增强土体的固持能力,削弱土壤冲刷。

一般,用植被覆盖度来衡量地表植被发育状

况: $P = A_1/A$

式中: P 为植被覆盖度; A_1 为植被覆盖面积; A 为总面积

植被覆盖度越大,土壤流失量越小;反之则越大。

2.4 土壤抗侵蚀能力

土壤抗侵蚀能力包括土壤的输水性、土壤的抗蚀性及抗冲性。此外,土壤侵蚀能力还与土壤的有机质含量、根量、土壤硬度以及土地利用情况等有关。

2.5 水土保持措施因素

水土保持措施归结起来可分为3大类:①工程措施:治坡工程、治沟工程、淤地坝工程、小型水利工程;②林草工程:增加地表植被,提高植被覆盖度;③耕作措施:改变小地形,改良土壤。

3 岩溶流域土壤侵蚀模型的建立

通过前面对影响土壤侵蚀因素的讨论和考虑岩溶流域土壤侵蚀的特点,在总结前人研究工作基础上,由于流域观测数据缺乏,采用土壤侵蚀普适方程^[4] (Universal Soil Loss Equation) 和修正的土壤侵蚀普适方程^[5] (Revised Universal Soil Loss Equation), 其形式如下:

$$A = R \times K \times c \times p \times l \times s$$

式中:

A 为年土壤侵蚀量 (T/ha·年); R 为降雨—径流侵蚀参数; K 为土壤抗蚀能力因子;

C 为水土保持措施因子; l 为坡长因子; s 为坡度因子; p 为植被覆盖度。

通过方程计算流域的土壤侵蚀结果能定量地反映土壤侵蚀的严重程度,而且能作为研究喀斯特地区定量分析标准。以下对影响土壤侵蚀的各因子进行分析及在研究区—普定后寨河岩溶流域内的计算;

3.1 降雨—径流侵蚀因子 R (Rainfall-runoff erosivity factor)

R 因子是反映大气降雨到地表产生冲击的一种动量表示,这一因子必须采用一定时间系列的降

雨量和降雨强度数据来计算。在研究区, 由于没有这样丰富的时间系列数据, 采用 MFI (Modified Fournier Index) 可以获得近似的数据。

Arnoldus^[6]采用一种利用月或年的降雨数据来计算 MFI 值的计算方法, 并使 MFI 值与 R 因子相关, 发现在不同的地区有相关方程:

$$MFI = \sum p_i^2 / p$$

式中: p_i 为月的降雨量; p 为年的降雨量。

在研究区—普定后寨河岩溶流域 (普定岩溶野外试验场) 有下列方程^[4]计算 R 因子值:

$$R_{ann} = (4.17 \times MFI) - 152$$

式中: R_{ann} 为年的 R 因子值。

在研究区, 有 14 个水文站的日降雨观测数据可用, 每一个水文站都有平均跨距为 2 年的降雨量数据。这些水文站都有每一年每一月的降雨量数据, 采用 Arnoldus 方法可计算每一个水文站的 MFI 值, 利用每一个站的 MFI 值可以计算出平均的 MFI 值而算出 R 因子值, 计算而得的 R 因子值可作为该区降雨侵蚀力因子。

计算的细节见成果附录 M, 结果如下:

$$MFI_{(mean)} = 243$$

$$R = 861.2 \text{ (metrical units)}$$

$$R = 8453 \text{ [MJ. mm/ha. h] (SI units)}$$

3.2 土壤抗侵蚀力因子 K (Soil-erodibility factor)

K 因子反映了土壤的对降雨 (暴雨) 产生的侵蚀力所具有的抵抗能力, 取决于土壤属性和土壤剖面特征。

Declercq 和 poesen^[7]试途用一种最有效的方法计算 K 因子值, 他们曾从美国中粒结构土壤实验得到的 K 值用于 RUSLE 方程, 因此, 该计算方法不适合细粒和粗粒结构的土壤。为了解决这一问题, 在比利时进行了两种模型的测试, 得到一种最适用于不同土壤结构的计算模型^[7,8]。该模型取决于土壤微粒尺寸 [$K(D_g)$], 不仅有效适合于中粒结构土壤, 而且在细粒和粗粒结构土壤的计算中也特别有效, 甚至同样可用于土壤有机质丰富的地区。

$$D_g \text{ (mm)} = e^{0.01 \times \sum (f_i \cdot \ln(m_i))} \quad (1)$$

$$K(D_g) = 0.0035 + 0.0388 \cdot$$

$$e^{(-0.5 \cdot (((\log D_g) + 1.1519) / 0.7584)^2)} \quad (2)$$

式中: $K(D_g)$ 为土壤抗侵蚀力因子 [ton. ha. h] / [ha. MJ. mm]

f_i 为第 i 部分的微粒尺寸 (重量百分比); m_i 为每一部分的微粒尺寸对第 i 部分的限制。

在研究区, 从土壤类型最丰富的地域取了土样进行分析, 测试了有机碳和 CaCO_3 的含量, 不同结构部分的重量百分比不同。事实证明, 在研究区可以采用上述方法计算土壤抗侵蚀能力因子 [$K(D_g)$], 利用实验结果及方程 (1), (2), 可计算 K 值:

$$K(D_g) = 0.014 \left[\frac{\text{ton. ha. h}}{\text{ha. M. J. mm}} \right]$$

3.3 地形因子 LS (Topographic factor)

RUSLE 方程中的地形因子—坡度 (S)、坡长 (L) 反映了其它条件都相同的情况下, 给定坡度为 9% 和坡长为 72.6 对土壤流失的比率^[5], 把坡长 (L) 和坡度 (S) 合并在一起以便计算统一坡向或不规则坡向^[10], 统一的坡向有相同的坡度, 而不规则坡向有凸出来的地方, 有凹进去的地方, 比较复杂。为了计算复杂坡向, 必须把其分成坡度一致的片段, 以便计算每一片段的坡度, 这样 LS 因子可得。

不规则坡向 LS 因子的计算采用 Wischmeier 和 Smith^[4]所描述的方法, 以修订坡长因子 L 和坡度 S 因子^[11,12]。

统一的坡度, 修订 RUSLE 方程中的坡长因子 LS 的方程^[1]为:

$$L = (\lambda / 22.13)^m$$

式中: 22.13 为单位坡长; λ 为水平坡长; m 为坡长指数。

坡长指数 (m) 受下式^[13]的影响:

$$m = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

式中: β 可表示为^[12]:

$$\beta = \frac{\sin(\theta / 0.0896)}{3.0 \times \sin 0.8 + 0.56}$$

其中, θ 为坡度角。

修订 RUSLE 方程中的坡度因子^[11]:

$$S = 16.8 \times \sin \theta - 0.50 \quad ((\text{坡度} \geq 9\%))$$

$$S = 10.8 \times \sin\theta + 0.03 \quad (\text{坡度} < 9\%)$$

所以, 在 *RUSLE* 方程中每一片段的 *LS* 因子可由下式^[5]计算:

$$LS_i = \frac{S_i \times (\lambda_{i-1}^{m_i+1} + \lambda_i^{m_i+1})}{(22.13^{m_i}) \times (\lambda_i - \lambda_{i-1})}$$

在研究区, 由于坡向是不规则的, 因而必须把它们分成每一片段, 以便沿着每一像元的流程线计算每一段的 *LS* 因子值。流程线可由研究区的 DEM (Digital Evaluation Model) 中获得。Jenson 和 Domingue 利用 *RUSLE-Flowline-LS* 计算程序^[14]描述了计算 *RUSLE* 方程参数 (*LS*), 有关数据已储存在项目开始建立的 GIS 空间数据库中, 模型的计算流程^[15]如下图:

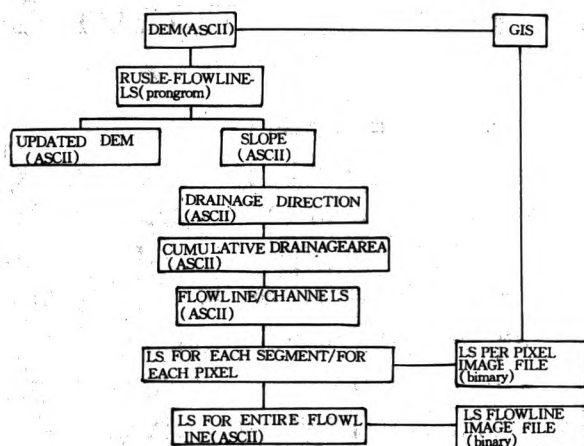


图1 GIS中计算 *LS* 因子输入输出计算流程图

3.4 植被覆盖度因子 *C* (Cover-management factor) 和土壤侵蚀控制措施因子 *p* (support practice factor)

植被覆盖度因子 *C* 和土壤侵蚀控制措施因子 *p* 在 *USLE* 和 *RUSLE* 方程中用于计算植被或作物和控制措施对总的土壤流失量的影响。这两个因素反映了土地利用对土壤流失的影响及什么样的覆盖内容或者什么样的控制措施能减少土壤的侵蚀量。

C 因子是在一定的条件下在土地上植树种草后的土壤流失量与在相应的裸露地域 (一直是休闲地) 的土壤流失量的比率, 它反映了不同的植被覆盖对土壤流失的影响^[4]。对于一年内的不同季节或不同作物类型的年平均值都有不同的计算。在研

究区, 每一种土地覆盖类型或者土地利用类型的 *C* 值均可根据文献和由卫片分类像得到的土地覆盖估计而得。

在 *USLE* 方程和 *RUSLE* 方中的土壤侵蚀控制措施因子 *P* 反映了控制措施对土壤流失量的影响, 该因子表示了在一定的控制措施下土壤的流失量与没有采取措施相应的区域的土壤流失量的比率^[4]。管理措施能提高一个区域的抗侵蚀能力, 例如: 裸露区域, 沿等高线进行耕作或者进行坡改梯。有关不同控制措施对土壤流失的影响请参照 *USLE* 和 *RUSLE* 指南。

对研究区——普定后寨河岩溶流域 (的 Landsat TM 和 SPOT 卫片用监督分类法对其进行分类, 结果位于土地覆盖类型图内, 有 10 种覆盖类型。图 2 是 1991 年的分类图:

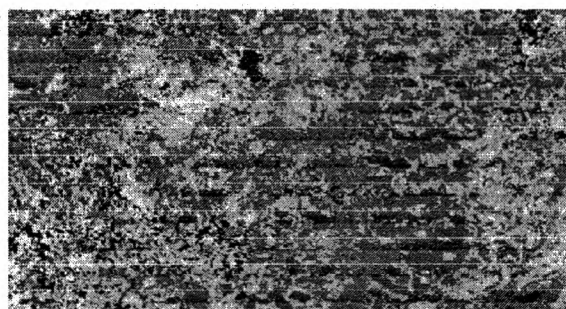


图2 对 1991 年 Landsat 多光谱 TM 图像进行监督分类的土地覆盖类型结果图

分类得到的图像作为 GIS 的信息源, 用于 *RUSLE* 模型计算土壤的流失量, 用以评价研究区域的土壤侵蚀问题。1991 年的图像覆盖了整个区域, 可以用其作为侵蚀研究的基础图件。

研究区覆盖的分类结果如下:

水库: 永久性的、深度比较深的人造湖泊;

水体: 河流、池子、小湖泊和人造水库;

城镇: 河庄、乡镇和县城;

无灌溉地域: 无灌溉地域和保持较好的农业区域 (区分为两种不同的地域)

水田: 水稻种植区域;

边缘的: 低产量的山坡农耕地;

灌丛: 灌木植被;

森林: 原生的和次生的森林、长绿阔叶林和针叶林;

裸露地域: 裸岩和草本植物或者裸岩和草地, 作为牧场;

在每一种覆盖分类图像上附相应的 C 和 P 值, 以便于计算土壤流失。

从卫片上解译得到的每一种土地覆盖类型的 C 值和下表:

表1 普定后寨河岩溶流域不同土地利用类型相应的 C 值

土地 利用	水库	水体	城镇	无灌溉 地域	无灌溉 地域2	水田	边缘	灌丛	森林	裸露 地域
C 值	0	0	0	1	1	0.01	1	0.011	0.001	0.085

C 值介于 0 和 1 之间, C 值为 0 的地域为不发生侵蚀的区域, 因此, 这些地域可不予计算; C 值为 1 的地域为最易受到土壤侵蚀的区域; 在 0 和 1 之间值越大表示越容易受到侵蚀。

在贵州乃至亚洲耕种水稻的省区, 事实证明, 如果实施得好, 坡改梯是一种防止水土流失最有效的控制措施。从研究区卫片分类结果图上可得到不同土地利用类型相应的 P 值, 见表 2

表2 普定后寨河岩溶流域(岩溶野外试验场)不同土地利用类型相应的 P 值

土地 利用	水库	水体	城镇	无灌溉 地域	无灌溉 地域2	水田	边缘	灌丛	森林	裸露 地域
P 值	0	0	0	0.5	0.5	0.004	0.5	1	1	1

P 值介于 0 和 1 之间, 具有 0 值的地域为不发生土壤侵蚀的区域; P 为 1 的地域为没有采取控制措施的区域; 在有灌溉的水稻地域有很好的梯田, 而在无灌溉的农业区域缺失梯田或者呈不合理的形式, 因此, 水田和无灌溉区域或介于两者之间的区域可明显区别开来。

3 结果与讨论

通过 RUSLE 方程计算得出的土壤流失量均以 ton/ha/a 表示。在侵蚀研究中, 合并 GIS 中的栅格, 每一像元的土壤流失量便可计算 (ton/pixel/a), 其中每一个像元相当于 0.09ha ($30 \times 30\text{m}$)。

3.1 潜在的土壤流失

在没有采取控制措施的区域, 可计算得到最大

的土壤流失量。在这样的区域, 没有植被或作物, 没有梯田, 没有沿等高线进行农耕。

$$E_p = LS \times K \times R$$

图 3、4 是研究区——普定后寨河岩溶流域的计算结果:

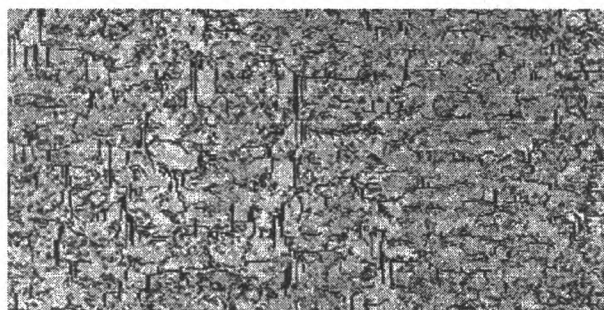


图3 普定试验区潜在土壤流失
(ton/pixel/year) (引自杨琨, 1998)

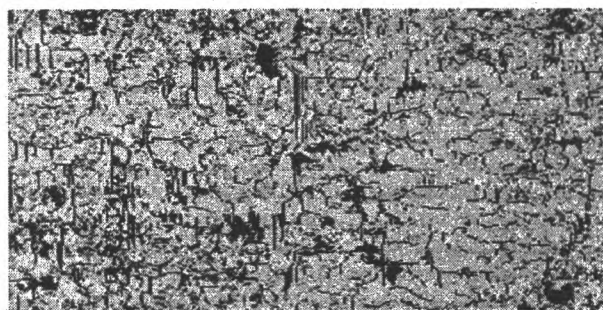


图4 普定试验区实际土壤流失图
(ton/pixel/year)

从该图上可以明显地找出高的潜在危险区域, 其已被描上了轮廓线, 建议采取侵蚀控制措施, 如果不采取控制措施, 该区域的土壤流失将更为严重。

3.2 实际的土壤流失

在研究区——普定后寨河岩溶流域, 其实际状况是已进行了植树造林, 实施了坡改梯等生态措施, 所有这些都能减少土壤的流失量。通过每一个像元实际的土壤流失与每一个像元潜在的土壤流失量相比, 究竟可以减少多大的流失量, 把研究区内实际的和潜在的土壤流失图相比较可以看出采取土壤侵蚀控制措施是有效防止水土流失的有效途径。

从(图 3、4)上可以看出, 其中有梯田、有森林, 顺坡的土壤流失减少量明显, 这是建议采取

侵蚀控制措施的重要实例。

3.3 土壤侵蚀的高危险区域

根据研究区域土壤对侵蚀的抗蚀力 (the soil loss tolerance) 值可以描绘出高危险区域或应该考虑采取治理措施的区域。土壤对侵蚀的抗蚀力值展示了哪些区域可能出现最大的侵蚀率, 哪些区域还可维持作物的生产率。土壤对侵蚀的抗蚀力值不仅是因为侵蚀造成的, 而且还与众多的母质土壤性质有关。对任何一个地域均可通过测试不同的土壤性质如: 土壤深度、物理属性、影响根径发育的特性、冲沟的防止、区域的沉积问题、籽苗的损失、土壤有机质的减少和植物养分的丢失等。

在 RUSLE 模型中, T 值为 1 和 5 ton/acre/year (2 至 12 ton/acre/year)。如果一个地域总的水土流失量超过 10 ton/acre/year 就认为是危险区域 (图 5), 应该在该区采取治理措施。与实际的高危险地域 (图 6) 相比, 潜在的土壤流失高危险地域展示了在某一采取治理措施的对土壤流失很有效。

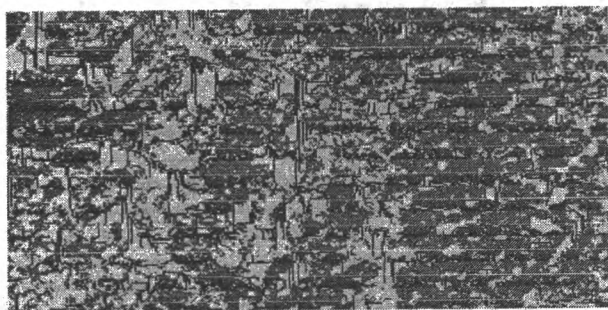


图5 以潜在土壤流失值为依据, 土壤对侵蚀抗蚀力值超过 10ton/ha/year 的区域。

图 5 和图 6 展示了哪些区域很容易受到侵蚀而造成土壤的流失 (潜在的情况), 哪些区域已经采

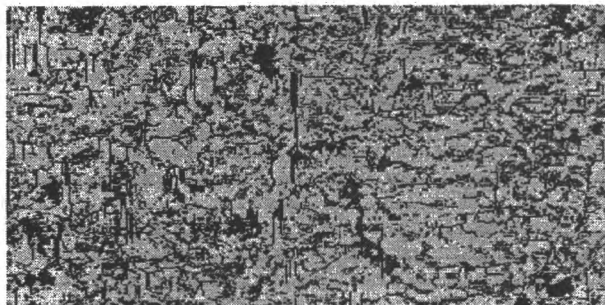


图6 以实际土壤流失值为依据, 土壤对侵蚀抗蚀力值超过 10ton/ha/year 的区域。

取治理措施防止水的侵蚀而造成水土流失 (实际的情况)。

3.4 模型的验证

本次研究的成果仅仅是研究区——普定后寨河岩溶流域的土壤侵蚀的概略表示, 要进行定量的分析研究, 必须收集更丰富的数据以便校正模型或者使经验模型更符合实际的情况, 或者以便于建立某一具体区域的物理模型。

从研究得到的成果图可以看出, 输入的参数不同, 输出的结果也不同, 只有在模型用研究区域丰富的数据校正后, 才能使计算结果达到精确, 为建议所采取的控制措施服务。

3.5 通过植树造林控制土壤流失

为了防止在较陡坡地上发生土壤流失, 减少表土流失, 维护土壤肥力, 尽可能消除因土壤侵蚀造成下河道和水库的淤积, 提高河道防洪能力, 延长水利工程寿命, 减轻水源污染, 防止滑坡、泥石流等灾害的发生, 必须采取侵蚀控制措施。在研究区——普定后寨河岩溶流域, 很大一部分地域已进行了坡改梯或因农耕成了水平梯田, 因此控制措施应在裸山上。

侵蚀控制措施的类型取决于该地域内的土壤在将来是作什么用途。

最有效的控制措施是在不用作农耕的土地上进行植树造林, 特别是在山坡上。Z. XU^[16]从 1982~1987 年在某一区域作了一项研究发现, 在岩溶石山或在石灰石露头的区域无连续土壤层存在。土壤只是残存在岩石缝隙或者孤立的小块区域内, 而在有森林覆盖的石灰岩山上有较多表土存在。根据 Z. XU 所述, 在岩石隙和岩石间孤立的地域, 存在足够土壤让植被生长, 因而必须植树, 这样, 新的植被慢慢地再生壤, 经过若干年后会有丰富的土壤和植被种类。

根据研究区的实际情况, 将其分成 4 个片区^[3]:

I 区 水土流失治理区

本区位于后寨河流域上游, 面积 10.34km², 属峰丛、洼地、槽谷地貌组合类型, 平均坡度大, 石山裸露面积比例大, 水土流失较为严重。水土流失面积约占本区总面积的 17.3%。本区人口密度

较低, 为 388 人/km², 人均耕地 0.045km², 人均收入约 1100 元。

由于本区地表坡度大, 洼地、落水洞较多, 地表水资源极为贫乏, 农业生产以旱作为主, 水稻主要种植在槽谷下游。因此保水、保土、保肥是本区生态环境治理的主要指导方针。治理主要措施为实施坡改梯工程, 并配以贮水水窖, 保证灌溉应急用水, 对裸露石山实行封山育林, 减少水土流失。

Ⅱ区 生态农业示范区

本区位于后寨河流域中游, 面积 20.78km², 地貌上属峰林盆地类型。本区地势较为平坦, 耕地面积占总面积的 30% 以上, 保灌面积占耕地面积的 40% 以上, 是研究区内主要的产粮基地。本区人口密度大, 为 615 人/km², 人均收入 1680 元, 一等地占本区总面积的 20% 以上, 社会经济状况较好。

本区自然条件较好, 地势平坦, 水资源相对充足。可大力发展生态农业生产, 改进农业耕作方式, 推广优良品种。加大养殖业和畜牧业的比重, 增加有机肥, 形成种植—加工—养殖—再种植的良性循环的生态农业结构。

Ⅲ区—生态农业经济开发区

本区面积 4.7km², 只有大新寨一个行政村属峰林盆地岩溶地貌类型。平均坡度 15°, 森林覆盖率 12.4%, 耕地面积占 18.9%。本区农业生产条件较好, 保灌面积占耕地面积的 57.8%, 一等地占总面积的 46.9%。区内人口密度较小, 为 329 人/km², 人均粮食 457kg, 人均收入仅 930 元, 是自然条件好而社会经济不发达的区域。因此本区的发展应以提高人民收入、改善自然生态环境、提高社会效益为方针。提高人民素质, 增强该区群众与外界的联系, 多渠道发展经济。对区内裸露石山进行绿化, 可考虑发展特色经济林, 综合提高该区社会经济水平。

Ⅳ区—生态林业示范区

本区面积较小, 仅为 1.33km², 分属余官和偏坡两个行政村, 地貌上属峰丛、洼地、槽谷类型。该区平均坡度大, 约为 25°, 森林覆盖率高, 达 27.3%, 水土流失少。水土流失面积仅占区域总面积的 2.5%, 自然生态环境较好。

由于本区以岩溶山地为主, 自然生态环境较好, 可作为生态林业示范区。对部分裸露石山实行

封山育林, 进一步提高森林覆盖率, 达到区内无石山裸露。在山腰部位可开发成片经济林, 实现生态建设和经济发展同步。

【参考文献】

- [1] 张宝金, 承继成, 徐廷豹. 黄土地区土壤侵蚀模型及土壤侵蚀因子计算机提取的初步研究 [A]. 资源与环境信息系统研究系列论文集之三 [C]. 北京: 测绘出版社, 1990, 46-59.
- [2] 王礼先. 水土保持学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995, 129-142.
- [3] 王蜡春, 史运良, 汪文富, 等. 岩溶山区生态环境区划——以贵州普定县后寨河流域为例. [J]. 中国岩溶, 2000, 19 (1).
- [4] W. H. Wischmeier, D. D. Smith. Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning with the Universal Soil Loss Equation (USLE) [M]. United States Department of Agriculture, Springfield, 1978. 136-157.
- [5] K. G. Renard, G. R. Foster, G. A. Weesies, D. K. McCool, D. C. Yoder. RUSLE Agricultural Manual NR. 703, Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal soil Loss Equation (RUSLE) [M]. United States department of Agriculture, Springfield, 1996. 463-497.
- [6] H. M. J. Arnoldus. An approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation, 127-132.
- [7] F. Declercq, J. Poesen. Evaluation of two models to calculate the soil erodibility factor k. pedologie, 1992. (2): 147-169.
- [8] M. J. M. Romkens, S. N. prasad, J. W. A. Poesen. Soil erodibility and properties [A]. Transactions of the X III Congres of the International Society of Soil Science, Hamburg, 1986. 492-504.
- [9] G. H. Rosenfield, K. Fitzpatrick - Lins. A coefficient of agreement as a measure of the thematic clasification accuracy [A]. photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1986. 52 (2): 203-227.
- [10] G. R. Foster, W. H. Wischmeier. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction [A]. Transactions of the Am. Soc. Agric. Engrs, 1974. 17: 297-309.
- [11] D. K. McCool, L. C. Brown, G. R. Foster, C. K. Mutchler, L. D. Meyer. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation [A]. Transactions of the Am. Soc. Of Agric. Engrs, 1987. 30 (5): 1374-1396.
- [12] D. K. McCool, G. R. Foster, C. K. Mutchler, and L. D. Meyer. Revised slope length factor for the universal soil loss equation [A]. Transactions of the Am. Soc. Of Agric. Engrs, 1989. 32 (5): 1543-1576.
- [13] L. D. Meyer, D. G. Coursey, M. J. M. Romkens.

- Soil erosion concepts and misconceptions. In proceedings of the Third Federal Interagency Sedimentation Conference, 1976. 201-212.
- [14] J. Biesemans, M. Van Meirvenne, D. Gabriels, G. Ghekiere. Bodemerosiemodellering binnen een GIS: een case studie in het stroombekken van de Kemmelbeek. *Water*, 1998. (98): 8-16.
- [15] K. Jenson, J. O. Domingue. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1988. 54 (11): 1587-1600.
- [16] Z. Xu. A study of the vegetation and floristic affinity of the limestone forests in southern and southwestern china [A]. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1995. 82 (4): 567-580.

Investigation of Land Erosion Model of Houzhaihe Catchment in Puding, Guizhou and Its Application

WANG Wen-fu

(*The Comprehensive Experimental Station of Karst Research, Puding, Guizhou 562100, China*)

[Abstract] In typical karst area, the problems of water and soil loss are by far serious, for weak natural conditions and man-made adverse effect (breaking down for forest and reclaiming heath). With the stride development of RS (Remote Sensing) and the use of computers techniques, especially the swift development and universal application of GIS, the study of the water and soil loss has been made from quality to quantum that refer to erosion type, classification, morphology and module, as well as study of underlying hazard. In this article, Houzhaihe karst catchment of Puding has been selected as the test site in this study, based on predecessor's works, the quantitative model suitable to karst catchment have been established by RS and GIS techniques. With the support of the PAMAPGIS technology and RS information, the factors of water soil loss are automatically attained in GIS, thereby the actual and latent maps of water and soil loss has been made.

[Keywords] RS (Remote Sensing); PAMAP GIS; soil loss model; Houzhaihe karst catchment of Puding; planning and govern