

长江上游定量遥感监测模型地形因子应用研究

张锦凤¹, 刘丹强², 姜小三¹, 卞新民¹

(1. 南京农业大学, 南京 210095; 2. 商南县水保站, 陕西 商南 726300)

摘要: 以长江上游商南县为研究区, 利用 GIS 软件平台建立研究区数字高程模型 (DEM), 选用水土流失定量监测模型 (QRSM), 用水土流失地形像元 *SL* 因子算法专用软件计算像元坡度与坡长因子值, 对数字高程模型 (DEM) 进行了差错与精度评价, 并对地形因子计算过程中水体边界坡度、坡度因子、坡长、坡长因子和凹点、回流问题等关键技术进行了处理。结果表明, 15°~25° 坡度面积为 530.51 km², 占总面积的 22.93%, 25°~45° 坡度面积为 1 083.32 km², 占总面积的 46.82%。15°~45° 坡度面积合计接近 70%, 是造成商南县严重水土流失的主要区域, 监测结果符合研究区实际现状。该研究将监测模型推广应用到长江流域上游地区, 对逐步实现长江流域水土流失的监测预报具有前瞻性, 并对其他小流域也有一定的理论和实践价值。

关键词: 定量遥感; 长江上游; 地形因子; 应用研究

中图分类号: S127

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2016)06-0168-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2016.06.029

Study on the Terrain Factor of the Quantitative Remote Sensing Model of the Upper Yangtze River

ZHANG Jinhuan¹, LIU Danqiang², JIANG Xiaosan¹, BIAN Xinmin¹

(1. Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095; 2. Shangnan Water Conservation Station, Shangnan, Shaanxi 726300)

Abstract: This study took Shangnan County, located in the upper reach of the Yangtze River, as the experimental research area, using Quantitative Remote Sensing Model (QRSM). Digital elevation model (DEM) of the research area was constructed with a GIS software platform, with the gradient and slope length factor (*SL*) derived based on the soil erosion factor algorithm-specific software. The factors influencing the generation of the high precision digital elevation model (DEM) were analyzed. The accuracy and error of the produced DEM were also checked. In particular, the solutions to the derivation of the terrain pixel factor *SL* of water boundary slope, slope factor, slope length, slope length factor and concave point problem and reflux technology processing were developed. The results indicated that in Shangnan County, the slope area located on the 15° to 25° degrees was 530.51 km², accounting for 22.93% of the total area. The slope area on the 25° to 45° degrees was 1 083.32 km², accounting for 46.82% of the total area. The slope area on the 15° to 45° degrees accounted for 70% of the total area. This area was the main cause driving the serious soil erosion in Shangnan County, this results of this study were consistent with the actual status of the study area. This research extended the application of the QRSM to the upper reaches of the Yangtze River, being meaningful for further monitoring and forecasting of soil erosion across the whole of the Yangtze River Basin. Our study is also valuable for soil erosion monitoring in other small catchments, both theoretically and practically.

Keywords: quantitative remote sensing; upper reaches of the Yangtze River; terrain factor; application research

地形地貌是影响水土流失的重要因子, 在特定降雨条件下, 坡度和坡长会对径流侵蚀过程产生重要影响, 随着坡度的增大, 除水流动能增大外, 坡面侵蚀物质的稳定性也随之降低^[1]。我国学者就坡长与侵蚀

的关系进行了大量研究, 原黄河工程局^[2]根据径流小区资料分析, 认为坡长与侵蚀可能为正比关系, 也可能为反比关系, 其很大程度上决定于降雨特性。蔡强国等^[3]研究认为侵蚀量沿坡长先是增加, 超过一定坡

收稿日期: 2016-06-16

资助项目: 长江委员会丹江治理工程项目“长江流域上游土壤侵蚀定量计算检测方法研究”(2009112803)

第一作者: 张锦凤(1970—), 男, 陕西榆林人, 高级讲师, 博士研究生, 主要从事农业生态研究。E-mail: zhangbs8228@126.com

通信作者: 卞新民(1952—), 男, 江苏东台人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业生态研究。E-mail: bjxlml@163.com

姜小三(1967—), 男, 江苏泰州人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源环境信息系统研究。E-mail: xsjiang@163.com

长后逐渐减少,当最大 30 min 雨强低于 7 mm/h 时,侵蚀量随坡度增大而减少。

地形因子是土壤侵蚀预报中的关键参数,目前国内在土壤侵蚀预报中对地形因子研究主要集中在坡度和坡长因子公式的修正方面。如江忠善等^[4-5]在黄土高原、杨子生^[6]在滇东北山区、杨艳生^[7]在长江三峡等地求取了适用于当地坡度和坡长因子的经验公式。杨勤科、蒋好忱等^[8-9]在地形因子计算方法及坡度、坡长提取与分析等方面做了较为系统的研究;卜兆宏等^[10]在我国南北方水蚀区进行了土壤年流失量及其影响因素周年实测,建立了符合我国水土流失实际的定量遥感监测模型(QRSM, Quantitative Remote Sensing Model),并在我国 20 万 km² 的区域(山东全省、太湖流域、江西 UNDP 试区小流域等地)进行了大量应用^[11-13],得到了较好的研究成果,但 QRSM 应用于长江流域的研究报道很少。因此,针对长江上游地区,本研究利用现势性强的卫星遥感数据和地形、土壤、土地利用等及降雨资料通过软硬件系统作业,用水土流失定量监测模型对商南县影响土壤侵蚀的地形因子进行应用性研究。结合影响土壤流失的降雨侵蚀力 R 因子、土壤可侵蚀性 K 因子和植被覆盖与工程措施 CP 因子,用 QRSM 模型监测区域土壤流失现状,建立土壤流失管理信息数据库,为长江流域土壤流失监测预报提供依据。

1 研究区概况

商南县位于长江上游的二级支流丹江流域,该区域内气候适宜,雨量充沛,日照充足,地势北高南低,起伏较大。丹江口水库水源区是长江流域侵蚀强度最大、产沙强度最高的地区,其水源地丹江口水库多年平均入库水量 40 815 亿 m³。丹江口库区是南水北调中线工程主要水源地,南水北调工程的实施,很大程度上改变了长江上游水资源配置的空间格局,长江流域的水环境、水资源承载力、水土流失加剧、生态环境等方面遭到严重破坏。

商南县位于 110°24'111°01'E, 33°06'—33°74'N, 总面积 2 313 km², 多年平均降水量 682.8~925.4 mm。境内海拔 216.4~2 057.9 m, 地势北部和西南部较高,中部和东南部较低,地势高差大,最低处 213 m,最高处 2 057 m,相对高差最大值 1 844 m。低山、丘陵占总面积的 77%,境内沟谷交织,河流密布,丹江自西向东横贯中部,北部属于秦岭南麓蟒岭东延区,南部是新开岭山地,属于长江流域典型的山区气候。商南县大于 15°较陡坡面积为 1 613.83 km²,占总面积的 67.75%,该流域复杂的地形特点适于研究地形与降雨对土壤侵蚀的影响,是长江上游地区水土流失研究的典型代表区域。

2 数据处理与方法

2.1 基础数据处理

用 ArcView 把 14 幅从陕西省测绘资料档案馆选用 1984 年出版的由中国人民解放军总参谋部测绘局航拍 1:5 万商南县地形图拼接在一起,获得整个研究区具有地图投影坐标的地形图基础资料。

2.1.1 边界文件的制作 拼接好 1:5 万地形图后,依据商南县行政区域边界进行屏幕跟踪数字化,得到研究区边界图。在 ArcView 平台下,按照先下游后上游,先双线(湖、库、河)后单线(河、溪、沟)采编流域水系矢量文件。参照地形和水系图,找出与邻流域具有共用性、唯一性和两流域断面最高性的流域分水岭,然后用 line 采编流域边界矢量文件。

2.1.2 高程注记点文件数字化 用 ArcView 的 point 模块逐个采编已有高程点,对全部高程注记点赋值。当遇到山顶、山梁或山谷时,在原有的高程点内再加密新的高程点,在两个相邻高程点 1/2 至 1/4 的等高距赋新德玛高程值,通过新的高程点加密后可防止出现不可能存在的平顶山头、山梁和平底山谷。

2.1.3 等高线矢量文件数字化 用 ArcView 的 line 模块逐条采编山区、丘陵、平原计曲线(粗等高线),并给计曲线赋值。然后逐条采编首曲线(细等高线),河谷和平原地形复杂的区域加密 1/2 至 1/10 等高线,加密湖库水面等高线。

2.2 地形因子 SL 算法原理

地形因子算法是按照水流方向由高向低逐个图斑计算,首先找到流域最高点,从最高点出发,计算与其邻近 8 个单元最大坡度。该单元最大陡度为水流方向,如此重复,到山谷、河流、湖泊边界停止计算,得到水土流失量第一条流失线。再寻找该流域第二最高点,计算方法同上。不同之处在于当第二条流失线与第一条流失线相交时,第二条土壤流失线结束,如此循环,直到该流域全部单元计算完毕。

2.3 QRSM 模型坡度坡长因子 SL_i 算法原理

卜兆宏等^[14]按照遥感像元 9 点算法建立了像元坡度新算法,其算法原理是先算出 8 个方向坡度后,再算出待求像元的坡度 h_i ,9 个像元及其高程见图 1 所示。待求像元坡度 a_i 的算式为:

$$a_i = \max_{j=1-8} \tan^{-1}(h_i - h_j / D) \quad (1)$$

式中: a_i 为像元 i 的坡度; h_i 为待求像元高程; h_j 为其邻像元的高程; D 为两邻像元中心距。

图斑地形坡度因子算式:

$$S_i = 0.8341 \times 1.0359 a_i \quad (2)$$

图斑地形坡长因子算式:

$$L_i = [D_i / 22.13 \cos a_i]^m \quad (3)$$

式中: S_i 为图斑地形坡度; L_i 为图斑地形坡长; 22.13 为标准径流小区坡长值(m), 相当于 72.6 英尺; m 为指数, 其值随坡度而变; D_i 为两邻像元的中心距。

地形图斑因子 SL_i 算式:

$$SL_i = S_i \times L_i \quad (4)$$

水土流失定量遥感监测模型 QRSM (Quantitative Remote Sensing Model) 算法表达式:

$$A = f \times R \times K \times SL \times CP \quad (5)$$

式中: A 为土壤流失量; f 为常数; R 为降雨侵蚀力因子; K 为土壤可侵蚀性因子; SL 为地形因子; CP 为植被覆盖与工程措施因子。

h3	h2	h1
h4	h _i	h8
h5	h6	h7

图 1 相邻 9 个像元及其高程

2.4 高精度 DEM 建立方法

DEM 建立方法是先用三维数字分析功能构建 TIN, 然后转换为栅格 DEM。常用插值方法包括趋势面插值函数 Trend、距离加权插值函数 IDW、样条插值函数 Spline、克里金插值函数 Kriging 4 种插值函数, 根据研究区地形地貌特征在 4 种插值函数中合理选择不同的插值方法。

2.5 DEM 查错与精度检验

对初步生成的 DEM 与地形图进行对照和反复修改订正, 找出可能赋值错误的等高线、高程点, 改掉构建文件存在的错误, 才能建成好高精度的 DEM。

步骤为: (1) 山脊、山谷线呈犬牙交错, 红色变化为连续性, 表明此 DEM 符合该区山川实际分布特征, 否则查错; (2) 如出现绿色或鲜红、暗红、红中白点或白线等异常, 均有高程点或等高线赋值错误; (3) 迭加显示并加注点、线值高程注记点文件 point. shp、等高线文件 contour. shp 和地形图, 改正其赋值错误; (4) 用改正好的文件重建 DEM, 反复进行 (2) 至 (4) 步骤查错和精度检验, 直至无赋值错误; (5) 按国标 GB/T 18316—2001 进行数字高程模型 DEM 图件精度评价。通过上述方法, 制作出精度较高能够满足水土流失定量监测的 DEM (图 2, 图 3)。

2.6 地形因子计算过程中关键技术处理

2.6.1 水体边界坡度及坡长因子计算 为了区分陆地和水体, 给水体赋值一个较大的负数, 约定水体值为 -32 768。由 (1) 式可知, 坡度接近 90° 时, 由于算式 (2)、(3)、(4)、(5) 的传递, 土壤流失量的误差将极大。陆地与水体的像元精度是半个像元, 水体高度在大于水平面高程而小于该流域最小高程的区间, 优先选择计算水体高度。每选一个水体高度, 就计算一次

坡度及坡度因子、坡长及坡长因子, 得出 SL 因子, 这些数值与 DEM 像元一一对应, 经过多次循环计算选出理想的水体高度参数。

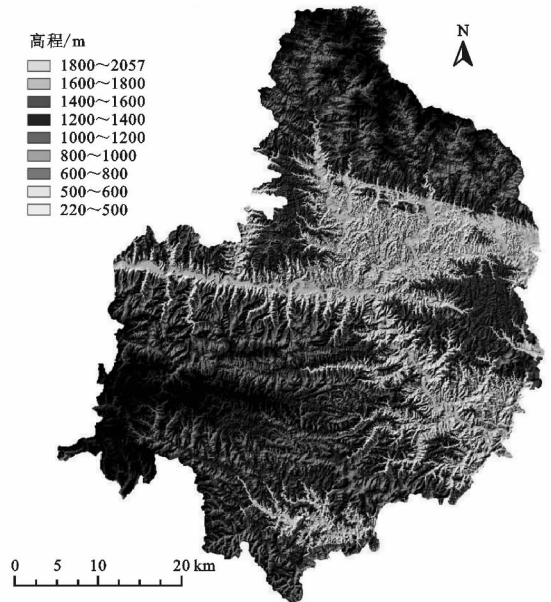


图 2 初步构建的数字高程模型

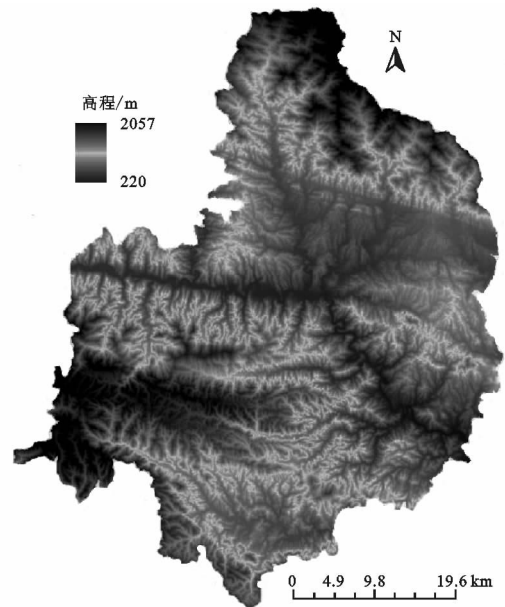


图 3 反复查错与检验修改后构建的数字高程模型

2.6.2 凹点问题技术处理 在丘陵或地形复杂时会出现中间低四面高的地形, 其高程高于水体, 该地形称之为凹点。水要在凹点处从某个方向溢出、突破、夺路而走, 从凹点范围来说水向高处流, 选择水要从哪个方向溢出用的数学算式为:

$$a_i = \max(a_i) - (h_i - h_j) / D \quad (6)$$

式中: a_i 、 h_i 、 h_j 、 D 与公式 (1) 相同, 因为是凹点, 均为负值。

在出现凹点的情况下, 不能套用坡度和坡长因子公式, 而要给出这些公式特别参数。研究中这些参数来源于多年实测资料统计, 并结合用实测资料对微、

小流域进行图像处理模拟,从中选择最佳参数。

2.6.3 回流问题技术处理 遇到复杂地形时,水从 A 单元流到 B 单元,此时 B 邻近单元都已计算过,或 B 邻近单元是边界外值,或邻近的单元都高于 A 单元,水流只能倒流到 A 单元。这种特殊情况用两种方法处理:第一种方法是结束该流失线,这种方法符合土壤流失实际情况;第二种方法是不结束该流水线,让 B 回流到 A。

3 结果与分析

3.1 地形因子与土壤流失空间分布图

采用 ArcGIS 软件利用数字高程模型 (DEM) 自动计算出坡长与坡度及其地形因子值,制作研究区 SL 因子图(图 4)。

本研究摘读了商南县 2010 年 13 个雨量站的雨量数据,用 Kriging 空间插值法制作降雨侵蚀力 R 因子分布图。用商南县 1:5 万土地利用图以及商南县土壤类型图,与研究区土壤实测数据相结合计算并制作出研究区土壤可蚀性 K 因子图。用 2010 年 9 月环境小卫星 HJ-1B 影像资料,与相应时期土壤治理水保措施计算出植被覆盖与水保措施 CP 因子图。上述图件与已生成的 DEM 和地形 SL 因子图集成,在 ArcGIS 软件平台下自动计算快速生成商南县土壤流失图(图 5)。

有数据统一到数字地形模型 DEM,实现了从矢量文件到栅格文件数字化,建立了水土流失管理信息数据库。应用监测模型可计算出每个像元的流失量,整个研究区所有像元土壤流失量叠加在一起就是土壤流失的全年总侵蚀量。

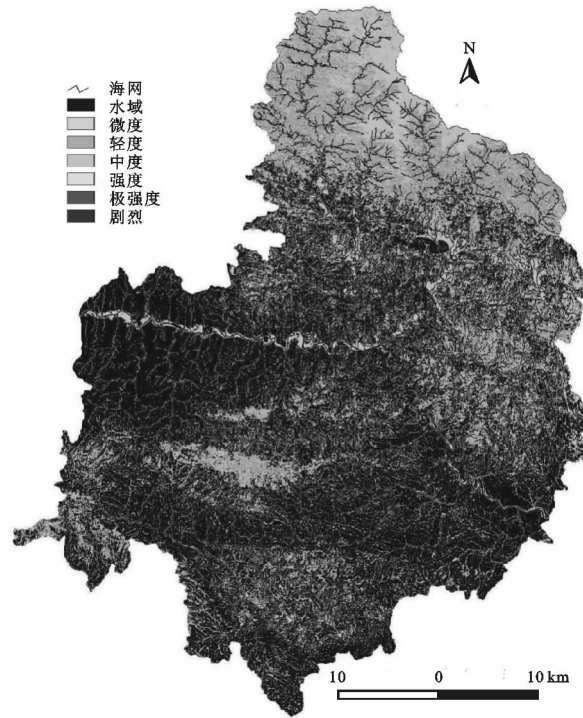


图 5 商南县土壤流失监测

3.2 水土流失监测结果分析及精度检验

从商南县土壤流失监测图中统计得出,微度水土流失面积占总面积的 37.38%,轻度土壤流失面积占总面积的 26.05%,中度土壤流失面积占总面积的 7.16%,强度土壤流失面积占总面积的 4.32%,极强度土壤流失面积占总面积的 6.56%,剧烈土壤流失面积占总面积的 13.84%。总体上,轻度流失以上面积积达 68.13%,占 1/2 以上(表 1)。

表 1 商南县水土流失量监测结果统计

侵蚀等级	侵蚀模数/ ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)	面积/ km^2	流失量/ t
水域	0	108.68	0
微度	≤ 500	864.42	172884
轻度	500~2500	602.38	301190
中度	2500~5000	165.54	413852
强度	5000~8000	99.82	499100
极强度	8000~15000	151.60	1212800
剧烈	≥ 15000	320.08	4801200
流失总量		2312.51	7401024

为了检验模型监测的结果,选择了商南县北部具典型有代表性的西河小流域进行了水土流失实地同步观测。在西河小流域马槽沟子流域上游和下游布设了 A、B 2 个野外水文观测站,用于观测每次降雨过程产生的实际泥沙量,计算观测站点 1 年的泥沙量,实地观测结果统计(表 2),模型监测结果(表 3)。

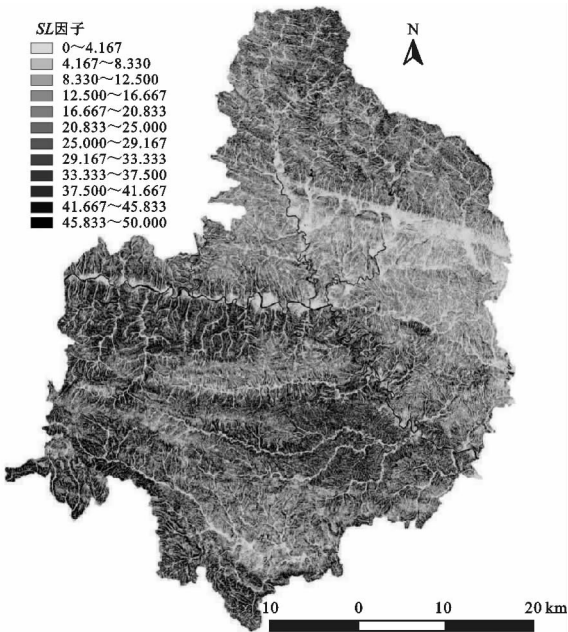


图 4 商南县地形因子

从地形因子空间分布图可以看出,商南县水土流失地形因子差异较大。以东西方向穿过该流域的县河为界,北部地势较高,属中低山区,SL 因子值比较高,在 4.167~50 范围之间变动;南部地势较低,SL 值绝大部分在 4.167~25 之间。

获得的土壤流失图集成了降雨资料和现势性强的卫星遥感数据及地形、土壤、土地利用等图件,将所

表 2 断面洪水观察统计

洪水 编号	上游 A 点				下游 B 点				
	径流/ m^3	径流含沙量/ $(kg \cdot m^{-3})$		洪水输沙 总量/t	洪水 编号	径流/ m^3	径流含沙量/ $(kg \cdot m^{-3})$		洪水输沙 总量/t
		最大	平均				最大	平均	
1	229	0.94	0.69	0.2	1	243	1.24	0.65	0.2
2	1102	2.17	1.23	1.4	2	1520	2.51	1.41	2.1
3	316	7.58	3.86	1.2	3	347	7.24	4.77	1.7
4	21223	9.92	1.14	24.2	4	22450	8.81	1.48	33.2
5	133098	8.08	1.43	190.3	5	135960	6.06	1.71	232.5
合计				217.3	合计				269.7

表 3 流失量模型监测结果

上游子流域				上下游总流域			
侵蚀 等级	侵蚀模数/ $(t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1})$	面积/ km^2	流失量/ t	侵蚀 等级	侵蚀模数/ $(t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1})$	面积/ km^2	流失量/ t
水域	0.00	0.27	0.00	水域	0	0.3	0.00
微度	≤ 500	1.98	447.05	微度	≤ 500	2.1	455.22
轻度	500~2500	3.22	3735.29	轻度	500~2500	3.32	3854.79
中度	2500~5000	0.35	1157.78	中度	2500~5000	0.38	1243.06
强度	5000~8000	0.09	619.44	强度	5000~8000	0.12	796.48
极强度	8000~15000	0.23	2615.51	极强度	8000~15000	0.28	3120.08
剧烈	≥ 15000	0.71	34824.17	剧烈	≥ 15000	0.84	39091.59
合计	9678.19	6.86	45000.6	合计	10093.53	7.34	50191.09

模型监测得出马槽沟子流域 A 断面控制面积全年流失泥沙量 45 000.60 t, 在 A 断面实测入库泥沙量为 217.3 t, 泥沙输移比 0.004 83。模型监测得出马槽沟 B 断面控制上下游整个面积全年水土流失量 50 191.09 t, 以该泥沙输移比计算下游 B 断面模型估算入库泥沙应为 $50191.09 \times 0.00483 = 242.36$ t。而下游 B 断面实测全年入库泥沙量是 269.7 t, 通过上下游输沙实测值检验模型监测精度为:

监测精度 = 模型监测入库泥沙量 / 实测入库泥沙量 $\times 100\% = 242.36 / 269.7 \times 100\% = 89.9\%$

结合水土流失分级图, 选择侵蚀程度严重的马槽沟子流域监测数据评价水土流失定量监测的精度, 以西河小流域重点研究区数据检验模型监测的水土流失量与野外现场观测结果具有高度的一致性。该子流域剧烈侵蚀面积占整个子流域总面积的 11.44%, 剧烈侵蚀面积土壤流失量占整个子流域总流失量的 77.89%。

3.3 小流域水土流失面积与流失量分布

在系统软件平台下用专用工具 ENVIRIVER TOOLS, 从已生成的 DEM 提取出小流域边界矢量文件, 用小流域边界矢量文件切割土壤流失监测图, 得到商南县 698 条小流分布图(图 6)。

商南全县 698 条小流域总面积为 2 312.51 km^2 , 平均每条小流域面积 3.31 km^2 , 面积在 3~5 km^2 的小流域有 262 条, 占总面积的 24.21%, 土壤流失量占总流失量的 26.68%, 主要分布在中部低山区。该区地形支离

破碎, 每条小流域的面积比较小, 主要以农业生产为主, 多数为坡地, 土壤侵蚀程度较为严重。今后在治理时应合理规划, 将一些条件较好的坡耕地改造为高标准农田, 以保证农民粮食能够自给自足, 其余坡耕地采取保土耕作措施, 或发展生态林和经果林, 增加农民的经济收入, 减少水土流失。面积在 5~10 km^2 的小流域有 308 条, 占全县总面积的 64.90%, 土壤流失量占总流失量的 63.07%, 土壤侵蚀面积较大, 主要分布在商南县南部和北部山区, 是全县水土流失的主要区域, 水土流失治理项目应重点放在 5~10 km^2 的小流域上。商南县南部山区是该县贫困落后地区, 水土流失治理程度较低, 今后应加强综合治理项目经费投入。尽管商南县北部低山区是该县水土流失治理项目实施的重点区域, 但仍然存在广种薄收的现象, 今后应压缩粮食种植面积, 发展经济作物, 扩大蔬菜、花生、中药材等经济作物面积, 增加土地产出率和商品率。

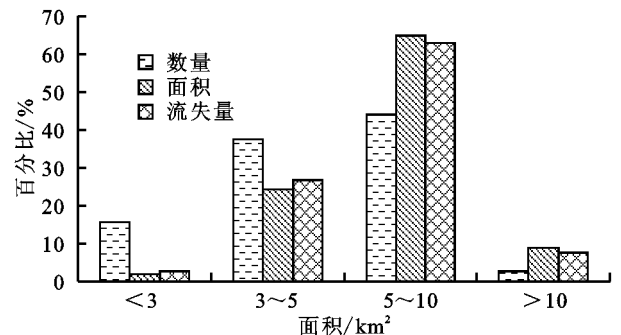


图 6 698 条小流域面积与土壤流失量

3.4 不同坡度等级面积分布

从地形坡度图统计得出, $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 坡度面积为 530.51 km^2 , 占总面积的 22.93%, 主要分布在商南县中部低山地区和北部山区。 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 坡度面积为 $1\,083.32 \text{ km}^2$, 占总面积的 46.82%, 主要分布在南部山区河道沟川及中部县河与丹江两岸河谷地带。 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 坡度较陡坡面积达 $1\,613.61 \text{ km}^2$, 占全境面积的 67.75%, 是造成商南县水土严重流失的主要区域(表 4)。全县低山、丘陵占总面积的 3/4 以上。在南部白鲁础乡、赵川镇、十里坪镇、太吉河镇、魏家台乡五个乡镇为高山地区, 植被覆盖较好, 土地利用以林地和草地为主, 该区自然条件较差, 是商南县典型的贫困地区, 尽管人口较少, 但植被砍伐较为严重, 应加强植被破坏的保护措施。商南县中部太吉河镇、湘河镇、水沟镇、及北部两岔河乡四个乡镇为低山丘陵区, 是全县主要农业生产区, 该区坡耕地和陡坡耕地面积较大, 尤其是大于 25° 陡坡耕地占该区总耕地面积 43.32%, 陡坡耕地必须全部退耕。在中部地区清油河镇、试马镇、清泉乡、城关镇、富水镇五个乡镇 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 的坡耕坡耕地立地条件较好, 易改造成高标准农田及园地。而居民点、道路和工矿用地主要分布在 $0 \sim 5^{\circ}$, 应严格控制建设用地审批手续, 杜绝土地过度开发利用。

表 4 商南县不同坡度面积统计情况

坡度等级/($^{\circ}$)	面积/ km^2	百分比/%	
1	<5	447.59	19.36
2	5~10	68.13	2.95
3	10~15	118.04	5.10
4	15~25	530.39	22.94
5	25~45	1083.22	46.84
6	>45	65.14	2.82
合计	2312.51	100	

3.5 不同侵蚀强度面积与侵蚀量之间关系

从图 7 可以看出, 轻度以下土壤侵蚀面积占总面积的 68.12%, 土壤流失量占总侵蚀量的 5.27%, 主要分布在商南县南部山区, 植被以乔木为主, 是商南县林木砍伐的主要地区, 应加强对生态防护林破坏的管制工作; 中度和强度侵蚀面积占总面积的 11.48%, 土壤流失量占总侵蚀量的 7.59%, 主要分布在中部和北部山区, 该区人口比较密集, 以农业生产为主, 耕地利用结构不合理, 植被破坏较为严重, 应合理规划, 地形复杂和坡度较陡的农田退耕还林; 极强度和剧烈侵蚀面积占总面积的 20.40%, 土壤流失量占总侵蚀量的 87.14%, 水土流失情况非常严重。极强度和剧烈侵蚀面积虽小, 但土壤受侵蚀危害很大, 是造成全县水土流失的主要侵蚀区, 主要分布在中部县河与丹江沿线两岸, 是全县水土流失的主要侵蚀区, 该区域商南县人口最

密集的地区, 村庄城镇密布, 村落居住地和道路建设对植被破坏十分严重, 土壤开发利用过度, 今后应限制不合理的开发, 是综合治理的重点区域。

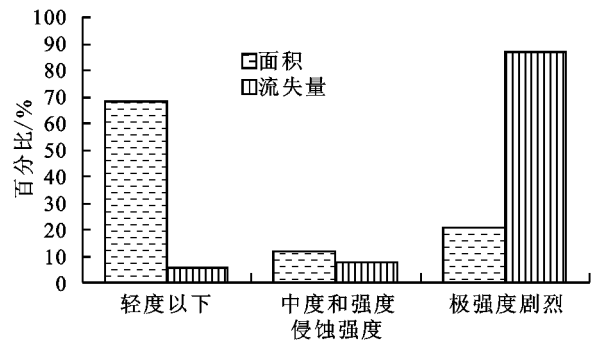


图 7 小流域水土流失面积与流失量比较

4 结论与讨论

基于土壤流失定量遥感监测模型(QRSM), 利用卫星遥感数据与降雨、地形、土壤、土地利用等资料, 综合考虑了降雨侵蚀动力因子、土壤可侵蚀性因子、地形因子和植被覆盖与工程措施保持因子, 建立水土流失管理信息数据库。

从监测结果来看, 轻度以下侵蚀面积占总面积的 68.12%, 土壤流失量占总侵蚀量的 5.27%; 中度和强度侵蚀面积占总面积的 11.48%, 流失量占总侵蚀量的 7.59%; 极强度和剧烈侵蚀区域主要分布在中部地区, 占总面积的 20.40%, 流失量占土壤侵蚀总量的 87.14%。根据预测结果的不同侵蚀强度区域, 结合实际各个区域的土地利用情况, 可以得出轻度以下的侵蚀区, 面积分布广, 人口稀少且多为山区居民, 面积随广但侵蚀较弱; 中度和强度侵蚀区, 以及极强度和剧烈侵蚀区主要分布在中部山区, 这部分区域人口比较密集, 人类活动引起的土壤侵蚀强度较高。尤其是强度以上侵蚀区, 人类过度开发利用对该区域内生态破坏较大, 引起的侵蚀较强烈。针对轻度以下的侵蚀区, 可集中连片移民工程; 中度和强度侵蚀区, 可重点采取生物防治措施; 极强度和剧烈侵蚀区, 可以工程防治措施为主综合治理。

地形因子坡度坡长对水土流失的影响具有明显的地域特征, 虽然国内外学者对水土流失 SL 计算方法进行了大量的研究, 但总体上对 LS 计算原理和关键技术的研究仍然很薄弱。绝大多数研究重点建立在坡面或小流域等小尺度范围内, 这就决定了对中等尺度或大尺度范围内的水土流失评价中的地形因子研究较少, 有待于建立一套适用于中等尺度或大尺度范围内水土流失评价的量化地形指标体系, 以便能够及时、准确、快速地建立起适用于较大尺度水土流失评价的地形因子参数。