

小流域植被覆盖与工程措施因子遥感监测研究

张锦凰¹, 刘丹强², 姜小三³, 卞新民¹

(1. 南京农业大学 农学院, 江苏 南京 210095; 2. 商南县水保站, 陕西 商南 726300;
3. 南京农业大学 资源环境信息工程中心, 江苏 南京 210095)

摘要: [目的] 通过对长江委丹江治理工程重点项目区西河小流域植被覆盖与工程措施因子(CP)进行遥感监测研究,为丹江流域以及长江上游地区水土流失定量检测、土壤侵蚀综合防治和评价提供科学的决策依据。[方法] 利用 2010 年丹江流域商南县西河小流域环境小卫星遥感数据,采用 Erdas 软件对遥感数据进行处理,得到影像中各类地物植被覆盖度。利用卞兆宏等水土流失定量遥感监测模型(QRSM 模型)植被因子与植被覆盖度关系式算法,即用土壤流失量遥感监测植被因子算式开展计算和分析。[结果] 西河小流域北部治理区和南部山区植被覆盖和工程措施因子值相当低;在河道两岸有局部区域出现了植被覆盖与工程措施因子高值区,主要是由于该区域居民房屋建设和道路建设破坏了植被;中部人口集中的区域,治理程度较低,仅有较少区域出现植被覆盖集中连片高值区。[结论] 影响水土流失众多客观自然因素中植被覆盖因子的影响最大,另一方面,人类过度开发利用土地资源引起陆地生态系统发生变化,因此研究水土流失应综合考虑地理、自然和经济发展,因地制宜,合理规划,确保经济持续稳定发展和生态安全。

关键词: 小流域; 植被覆盖; CP 因子; 遥感监测

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)02-0131-06

中图分类号: S127, S157.1

文献参数: 张锦凰, 刘丹强, 姜小三, 等. 小流域植被覆盖与工程措施因子遥感监测研究[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 131-136. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 02. 019; Zhang Jinhuang, Liu Danqiang, Jiang Xiaosan, et al. Remote Sensing Monitoring of Vegetation Cover and Engineering Measure Factors of Small Watershed[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2): 131-136. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 02. 019

Remote Sensing Monitoring of Vegetation Cover and Engineering Measure Factors of Small Watershed

ZHANG Jinhuang¹, LIU Danqiang², JIANG Xiaosan³, BIAN Xinmin¹

(1. College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;

2. Shangnan Water Conservation Station, Shangnan, Shaanxi 726300, China; 3. Center of Resources and Environment Information Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: [Objective] The remote sensing monitoring research of vegetation cover and engineering factor (CP) in the important engineering projects of Yangtze River Committee on Xihe catchment of the Danjiang basin was conducted to provide scientific basis of comprehensive control and evaluation based on quantitative monitoring of water loss and soil erosion in the Danjiang River basin and the upper reaches of the Yangtze River. [Methods] HJ-A-B satellite image data in 2010 of Xihe catchment, Shangnan County in Danjiang basin were collected and analyzed with Erdas software to get the coverage of different vegetation types. Vegetation factors calculation method that was put forward by Bu Zhaohong, termed as remote sensing monitoring models(QRSM) for soil erosion quantitative was used to get the formula relationship between vegetation factors and vegetation coverage. and to study the vegetation cover factor of Xihe catchment by remote sensing monitoring. [Results] The vegetation cover and engineering measures factor value in the harnessed north

收稿日期: 2016-11-30

修回日期: 2016-01-26

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: 张锦凰(1970—), 男(汉族), 陕西省佳县人, 博士研究生, 高级讲师, 研究方向为生态农业。E-mail: zhangbs8228@126.com。

通讯作者: 卞新民(1951—), 男(汉族), 江苏省东台市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农业生态等方面研究。E-mail: bjxlml@163.com。

area and the southern mountain of Xihe catchment are quite low. Higher values of them can be found sparsely distributed in rive sides. It is mainly because of house and road constructions taking over vegetation. A consecutive higher vegetation cover factor was found in the middle of the Xihe catchment, where though the population is concentrated, the measurement factor is lower. [Conclusion] There are many natural factors affecting soil and water loss, among which the vegetation cover is the greatest one. Human activities should not be neglected, the over-exploitation and utilization of land resources can also change terrestrial ecosystem. Therefore, study of soil and water loss should take into account the geographical, natural and economic development. According to local condition, reasonable planning should be carried out to ensure sustained and stable economic development and ecological security.

Keywords: small watershed; vegetation cover; CP factor; remote sensing monitor

水土流失程度主要取决于该地区自然条件和人类活动的情况及其相互关系^[1]。影响水土流失的自然因素既有包括降雨量和降雨强度等气候因子、地形地貌因子、土壤结构和理化性状所决定的土壤可侵蚀性因子;人为因素主要是人类活动过度开发毁林、长期放牧、未采取保护性耕作措施等不合理土地资源利用,造成土壤沙化、植被类型改变、植被覆盖严重破坏等。因此,充分认识合理开发利用土地资源和增加地面植被覆盖度对土壤综合治理和生态环境评价,以及人类活动对生态环境变化作用机制是十分重要的^[2]。在众多有关水土流失方面研究,美国通用土壤流失量方程 USLE 模型结构简单且应用较为广泛^[3]。在所有影响土壤侵蚀的因子中,植被因子 C 反映了山丘地带植被覆盖和农作区田间管理措施与地表植被覆盖度对土壤侵蚀量影响^[4]。影响植被因子除了植被高度、覆盖度外,与植被类型和枯枝落叶层都有关系。同时,植被能够改善地表土壤结构、物理化学和水文性质^[5]。植被覆盖因子是影响土壤流失方程众多因子变化幅度范围相对较大的因子,不同地表植被覆盖状况对土壤流失的影响表现出明显差异。国内有很多学者应用 USLE 对水土流失进行了定量化研究,卜兆宏等^[6-9]在大尺度空间水土流失研究取得了令人满意的结果。虽然各位研究者大都采用 USLE 模型或结构相似的模型,但对不同影响因子研究的侧重点各不相同^[10]。

常用样方法和仪器采样法测量植被覆盖度虽然精度较高,但需要大量野外数据测算,既操作不便、成本高,而且人为主观性太强,很难在大尺度范围快速提取植被覆盖度^[11-12]。随着计算机信息技术高度发展,3S 技术在土壤侵蚀研究的应用得到广大学者认可,用遥感数据资料计算地面植被覆盖度,可实现提取大面积区域甚至全球植被覆盖度^[13]。应用遥感数据资料提取地面植被覆盖度,进一步计算出植被覆盖与工程措施 CP 因子,与其它影响土壤侵蚀因子图

叠加相乘,可快速得到小流域土壤侵蚀量分布图。西河小流域在丹江流域具有典型代表性,是研究长江上游地区小流域水土流失定量监测基础条件较好的区域。

1 研究区概况

丹江是长江二级支流汉江的主要支流,是丹江口水库区主要水源富集区。丹江发源于陕西省商南县秦岭南坡,丹江口库区地势北高南低,起伏较大,日照充足,雨量充沛。丹江流域是长江流域侵蚀强度最大、产沙强度最高的地区。西河小流域位于商南县北部,地理位置东径 110°52'16"—110°55'30",北纬 33°29'55"—33°33'50",总面积 39.31 km²,隶属商南县城关镇管辖。该流域位于秦岭南坡余脉,地貌类型属中、低土石山区。土壤以黄棕壤、风化砂壤为主,光、热、水资源充沛,地形地貌复杂多样。境内气候属北亚热带到暖温带过渡区,植被类型呈现出明显过渡性特征,有南方植物在这里繁衍,也有北方植物在这里立地生长,属于典型长江流域山区气候。流域内乔、灌木品种繁多,植被空间分布差异较大,深山沟道人为活动影响较小的坡面植被覆盖较好,林草覆盖率在 60% 以上;居民集中地区因早期人为开荒种地、过度砍伐林木致使大面积天然林、次生林、灌草植被遭到严重破坏。

2 方法原理与数据处理

2.1 研究材料

收集了商南县西河小流域 1:1 万地形图 3 幅,4 个雨量站年逐次降雨自记纸质原始资料,商南县 1:5 万 2009 土地利用图,土壤图,西河小流域 2010 年 9 月环境小卫星影像数据资料等。

2.2 数据处理

拼接和数字化处理西河小流域 1:1 万地形图,经过几何矫正,选用最常用的 Kriging 插值法,为了

达到与环境小卫星全色波相同的分辨率,插值时选择 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的分辨率,最后经过高精度 DEM 查错与精度评价,建立研究区 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 高精度数字高程模型(DEM)。以土地利用图作遥感图像解译的参考,矫正解译遥感图像,获得土地利用变化动态监测基础资料。首先用 ERDAS 软件将西河小流域原始环境小卫星遥感影像二进制文件转换为 *. Image 格式,生成的遥感影像矢量文件不包含坐标数据,用 Arcview 软件 Warp 模块对遥感影像进行矢量文件栅格化矫正,检查各类数据并入库保存,将数据保存为 ArcGIS shape, coverage, grid 文件格式和 ERDAS tiff, img 文件格式,供后续软件运行调用。

2.3 CP 因子计算方法与原理

土壤侵蚀研究常用的美国通用流失方程 USLE, 涉及山丘植被和农区作物管理植被因子用 C 来表示^[4]。植被覆盖因子 C 是指在相同土壤、坡度坡长和降雨条件下,有特定植被覆盖或田间管理条件下土壤流失量与实施清耕、无植被覆盖完全裸露地块土壤流失量之比,其值在 $0 \sim 1$ 变化,为无量纲数值, C 值越大说明对应地块土地利用类型水土流失越严重。 C 值在土壤侵蚀诸因子中变化范围最大,是评价植被因子抵抗土壤侵蚀能力大小的重要指标。

国内学者对土壤植被覆盖与土壤侵蚀量关系及植被覆盖 C 因子算法研究进行过不少探讨,张岩等^[14]利用大量多年次降雨引起不同植被覆盖度土壤侵蚀实测资料计算植被覆盖 C 因子,影响植被因子因素包括植被覆盖度、叶面积指数、植被冠层高度、有效根密度等参数^[15]。普遍认为无论植被类型如何,或降雨条件及其他下垫面条件如何,当植被覆盖度大于 70% 时,地表侵蚀量都极其微弱,侵蚀量不足裸地的 1% 。当植被覆盖度小于 10% 时,其减蚀作用基本没有反映。植被覆盖度在 $10\% \sim 70\%$ 时,植被与侵蚀关系比较复杂,植被覆盖度递增率与水土流失量递减率不是同一个数量级。

卜兆宏自 1990 年以来,按照 USLE 学术思想,在我国南北方水蚀区开展了土壤流失量及其影响因素周年实测,依据实测数据建立了水土流失定量遥感监测模型(QRSM)。其模型采用的植被覆盖度与植被覆盖 C 因子之间算式表达为:

$$C=0.4149-0.00520c_1 \quad (1)$$

$$C=0.43999-0.00578c_2 \quad (2)$$

$$C=0.450-0.00786c_3 \quad (3)$$

式中: C ——植被因子值; c_1 ——7 月份植被覆盖度($\%$); c_2 ——8 月份植被覆盖度($\%$); c_3 ——年平均植被覆盖度($\%$)。

水土保持措施 P 因子是指采取某种耕作措施土壤流失量与同等条件无保护性耕作措施土壤流失量之比,是无量纲数值,取值范围为 $0 \sim 1$ 。 P 值取 1 代表未采取耕作措施顺坡种植耕作, P 值取 0 代表采取某种耕作措施未导致土壤流失。水土保持措施 P 值计算多以实地测算或选用不同地区采取不同土壤保护措施已有经验值^[16]。 C 和 P 值均在 $0 \sim 1$ 之间变化,主要反映了植被覆盖或作物以及管理措施对土壤流失量的影响。

2.4 遥感图像解译与监督分类

环境小卫星遥感数据记录的光谱信息包含 4 个波段通道光谱数据,第 4,3,2 波段光谱范围 $0.52 \sim 0.89\ \mu\text{m}$,这 3 个通道光谱处在能够反映地表绿色植被覆盖状况光谱特性范围,可显著地区分地表不同植被覆盖度的差异,把 4,3,2 这 3 个波段光谱信息数据转化成 *. IDRISI 格式。用处理好的地形图几何矫正遥感图像并进行矢量化,保存为 *. shape 面状矢量图文件,同样方式用西河小流域地形图矫正县域行政图获得 *. shape 小流域边界矢量图。在 GIS 软件环境下将矫正后遥感影像按流域边界图裁剪为研究区 *. tiff 影像文件,其分辨率精确到每个像元 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 。环境小卫星第 3 波段为可测量绿色植物反射率红光波段,根据第 3 波段建立样本区,用 ERDAS 软件实现遥感影像监督分类。

2.4.1 决定训练区 用第 3 波段作训练区底图;每一类分类训练区像元数要超过 3 个;采用屏幕数字化来确定训练区;根据第 3 波段不同地区灰度值按 $3 \sim 5$ 个单位为一个区间建立样本区,建立训练区时要时刻检验底图灰度值,确保分类精度;建立训练区。

2.4.2 用 makesig 模块分析训练区光谱信息 打开训练区光谱信息分析模块 MAKESIG (Image Processing/Signature Development/MAKESIG),将训练区矢量文件和 3 个波段栅格影像文件输入到相应位置;点击“Enter signature file names”,将不同分类名称输入到相应位置,生成光谱特征文件。

2.4.3 用 sigcomp 对 signature 文件进行检验 打开 signature (Image Processing/Signature Development/SIGCOMP);输入光谱特征文件 *. sig, display type 选择平均值。

2.4.4 用 maxlike 模块进行最大似然法分类 打开 MAXLIKE 模块 (Image Processing/Hard Classifiers/MAXLIKE),插入光谱特征文件 *. sgf,得到西河小流域遥感影像分类图。分类的重点是区分不同的植被覆盖度,首先对水体和建筑物建立训练区,然后根据第 3 波段不同地区灰度值按 $5 \sim 30$ 个单位为

一区间建立样本区,将植被分成 12 类。然后由给定的本底训练样本对比矫正后遥感影像进行监督分类法与最大似然分类法交互式混合分类,得到影像上各类地物植被覆盖度百分比数值。通过上述用 ERDAS 软件将环境小卫星影像原始二进制文件转换为 Image 格式,这时影像没有坐标,用西河小流域 1:1 万地形图对卫星影像进行几何矫正,用 Arcview 软件 Warp 模块进行矢量文件对栅格文件的矫正。用 IDRISI 软件对其进行监督分类,结合目视解译法,得到影像上各类地物的植被覆盖度,获得西河小流域土地利用遥感解译图。

2.5 精确计算水土流失像元因子 A_i 值

水土流失定量监测方法是在 ArcGIS 操作平台下将降雨侵蚀力 R 图、土壤可蚀性 K 图、地形因子 SL 图、植被覆盖和工程措施 CP 图与数字高程 DEM 图精确配准叠加,得到水土流失图每个像元都包含了像元降雨侵蚀力 R_i 值、像元土壤可蚀性 K_i 值、像元地形 SL_i 值以及像元 CP_i 值,将各因子图叠加,利用模型公式即可计算出每个像元 A_i 值。其计算公式为:

$$A_i = R_i \cdot K_i \cdot SL_i \cdot CP_i \quad (4)$$

式中: A_i ——像元水土流失量; R_i ——像元降雨侵蚀力因子; K_i ——像元土壤可蚀性因子; SL_i ——像元地形因子; CP_i ——像元植被覆盖与工程措施因子。

2.5.1 降雨侵蚀力 R_i 计算方法 在西河小流域内现有的 2 个商南县气象站雨量站基础上,分别在马槽沟和鸚鵡沟子流域布设了 2 个雨量代表站,详细摘读 4 个雨量站全年自计纸质记录数据。以各雨量站点经纬度为基础与 DEM 精确配准,生成 4 个雨量站点空间分布图,用降雨侵蚀力计算公式计算每个雨量站点的降雨侵蚀力,然后用内插外延插值法给每个像元 R_i 赋值,可获得降雨侵蚀力 R_i 值图。降雨侵蚀力计算公式为:

$$R_n = 0.128P_f I_{30B} - 0.192I_{30B} \quad (5)$$

式中: R_n ——年降雨侵蚀力值 [$\text{MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$]; P_f ——汛期雨量 (mm); I_{30B} —— I_{30} 的年代表值 (mm/h)。

2.5.2 土壤可蚀性因子 K_i 计算方法 土壤可蚀性因子 K_i 值的计算是建立在 100 多个土壤剖面点采样,测定影响 K 值的土壤有机质、容重、机械组成等,利用公式法计算不同土壤类型土壤剖面点土壤 K 值。然后对土壤图不同土壤类型与土地利用类型图斑叠加,给相应土壤类型与土地利用类型土壤剖面点赋 K 值。

土壤 K 值算法公式为:

$$K = \{(2.1 \times 10^{-4}) \times (12 - a) \times [F \times (100 - S - F)]^{11.14} + 3.25 \times (b - 2) + 2.5 \times (c - 3)\} / 100 \quad (6)$$

式中: K ——土壤可蚀性因子; F, S ——土壤粉砂与极细砂粒、砂粒与细砂百分含量; a ——土壤有机质百分含量(%); b ——土壤结构级别参数(以土壤有机质百分含量划分为 1—4 级); c ——土壤坡面渗透级别参数(按照黏粒含量划分 6 个等级)。

2.5.3 地形因子 SL_i 计算方法 像元地形因子 SL_i 的计算方法是基于水往低处流的原理,用水土流失定量遥感监测模型中坡度坡长专制算式软件 SL.exe 逐个计算每个像元的水流方向,在已创建的研究区数字高程模型中提取坡度坡长因子。该算法在微流域坡度坡长计算精度达到 96.3%,在中、大流域和县域推广应用中也具有很高的可靠性。

3 结果与分析

3.1 CP 因子值的提取与空间分布

在众多影响水土流失各类因子中,地表植被覆盖度对流失量影响最大。因此,植被覆盖度是地表植被与水土流失量之间关系最重要的一个参数,植被覆盖度是指单位土地面积植被垂直覆盖面积所占的百分比,其数值在 0%~100% 范围内变动。依据水土流失定量遥感监测模型 CP 因子算式,当公式(1)7 月植被覆盖度 c 值大于 79.7%、公式(2)8 月份植被覆盖度 c 值大于 76.1%、公式(3)年平均植被覆盖度 c 值大于 57.2% 时,植被因子 C 的取值为 0.001,为地表植被高覆盖度。当地表完全裸露时 3 个算式中植被覆盖因子取最大值,3 个算式 C 的最大取值分别为 0.42, 0.44, 0.45。将土地利用图按照平地、坡地和山地归并为 3 大类,然后用 3 大类型土地利用图切割遥感图像,获得遥感图像土地利用分类图。根据不同利用类型土地周年实测数据、地表植被覆盖度和土壤流失规律给不同类型遥感影像地类赋 CP 因子值,所获得的遥感影像数据包含小流域地表植被覆盖 C 因子与工程措施 P 因子乘积的 CP 因子图。植被覆盖因子 C 的数值与植被类型和植被覆盖度密切相关,植被因子 C 值与植被覆盖度 c 值成反比关系。植被因子 C 值变化范围在 0.001~1.0 之间,地表无任何植被保护全裸露时 C 值为 1.0,地表植被未遭到任何破坏或得到很好保护时 C 值为 0.001。算式中植被覆盖度 c 值在 76.1%~0% 范围内变动, C 值变动范围在 0~0.45 之间。工程措施因子是用来表示人为地表耕作对土壤流失量相关性大小,地表未采取任何保护措施 P 值为 1,地表得到很好保护的无侵蚀区 P 值取 0。植被覆盖因子和工程措施因子都是水土流

失保护性抑制因子,均为无量纲参数。在研究中将2个因子图叠加在一起即为小流域植被覆盖与工程措施CP因子(附图5)。从附图5可以看出,植被覆盖和工程措施CP因子最低值在西河小流域北部治理区和南部山区,CP因子高值区分布在河道两岸局部区域。造成这种布局的原因是南部山区人口稀少,植被未遭到破坏;北部是丹江治理工程重点项目区,得到了很好保护;中部出现集中连片高值区主要是该区域人口集中,居民房屋建筑和道路建设造成了严重破坏,治理程度较低,植被覆盖稀少的原因。

3.2 西河小流域地面坡度组成

在 ArcGIS 软件平台 Spatial Analyst 空间分析工具模块工作环境下,分析统计西河小流域 1:1 万

数字高程模型,提取出西河小流域不同坡度面积组成。小于 5° 缓坡面积为 532.2 hm^2 ,占小流域总面积的 13.5% ; $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 较缓坡面积为 943.48 hm^2 ,占小流域总面积的 24.0% ; $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 中等坡度面积为 930.64 hm^2 ,占小流域总面积的 23.7% ; $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 较陡坡面积为 841.81 hm^2 ,占小流域总面积的 21.4% ; 35° 以上陡坡面积为 682.84 hm^2 ,占小流域总面积的 17.4% 。其中不同坡度耕地面积百分比(表1)。从西河小流域坡度组成分析统计得出,超过 25° 以上陡坡地面积占小流域总面积的 38.78% ,是小流域综合治理重点区域。耕地面积中大于 15° 以上坡耕地面积占总耕地面积的 45.1% ,在今后治理中大于 15° 坡耕地应加大退耕还林还草力度。

表1 西河小流域耕地不同坡度面积分布

总面积/ hm^2	耕地面积/ hm^2	耕地占比/ %	不同坡度耕地面积百分比/%				
			$<5^{\circ}$	$5^{\circ}\sim 15^{\circ}$	$15^{\circ}\sim 25^{\circ}$	$25^{\circ}\sim 35^{\circ}$	$>35^{\circ}$
3 931.97	1 080.29	27.5	39.1	15.8	26.9	14.7	3.5

3.3 西河小流域土地利用情况

西河小流域土地总面积为 $3\,931.00\text{ hm}^2$,生产用地面积 $1\,080.29\text{ hm}^2$,占总面积的 27.5% ;生态用地面积 $2\,611.18\text{ hm}^2$,占总面积的 66.4% ;居民及交通用地面积 239.50 hm^2 ,占总面积的 6.1% 。农业用地主要分布在中部地区和河流沟道两侧,林地大多分布在南部海拔较高偏远中低山区和北部治理区,居民及交通用地主要分布在河流沟道两岸。

3.4 西河小流域水土流失情况

小流域水土流失量计算是将整个小流域每个像元水土流失量 A_i 累加,获得 A_i 图所有像元土壤流失量总和则为整个小流域年水土流失量。将影响水土流失各因子图相乘叠加得到的结果图就是包含每个像元都有 A_i 值的栅格图像,按照侵蚀分级标准对栅格像元图像数值分级,可以直观地观察到西河小流域水土流失等级空间分布状况(附图6)。

由统计得出西河小流域水土流失监测结果可以看出(图1),西河小流域强度以上水土流失面积占总面积的 47.69% ,水土流失量占总流失量的 56.74% 。从图1中对比出南北2个区域差别,南部未治理山区作对照区,北部重点治理项目区作对比区。从水土流失等级图中可明显看出治理区与对照区水土流失等级与数量空间分布规律,北部治理区水土流失面积降低到了 15% 以下,充分说明了西河小流域治理区生态环境恢复成效一目了然。同时,也可以看出北部地区沟道两边仍然需要进一步加强治理。

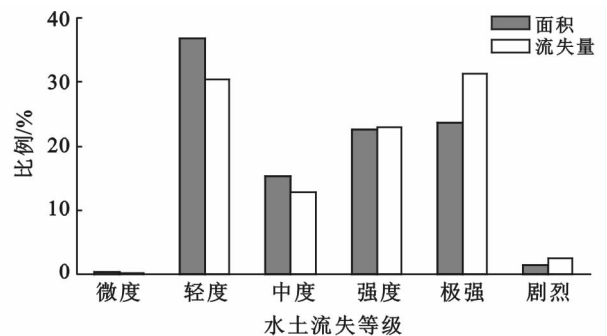


图1 西河小流域不同水土流失等级面积和流失量

4 讨论与结论

在众多影响水土流失因子中,地表植被覆盖因子对侵蚀量影响最大,植被覆盖因子与植被类型和植被覆盖度密切相关,植被因子与植被覆盖度成反比关系。西河小流域植被覆盖和工程措施因子最低值在北部治理区和南部山区,高值区分布在河道两岸局部区域。其主要原因是南部山区人口稀少,植被未遭到破坏,北部治理区植被得到了很好保护;中部集中连片区域植被覆盖和工程措施因子值较高,主要是人口集中,为主要农业生产区,植被遭到严重破坏。从西河小流域水土流失监测结果可对比出南北两个区域水土流失等级与数量空间分布规律。南部未治理区水土流失较严重,北部治理区水土流失面积降低到了 15% 以下。总体上来说西河小流域水土流失主要发生在降雨量多、降雨强度大的夏季和秋季,多以山洪

形式表现,体现出明显的季节性;较陡坡耕地及河道沟谷两岸水土流失较为严重,而且流失强度大,地域性明显;尽管北部地区降雨侵蚀力较大,但治理程度高,植被覆盖受到很好保护,南部和中部地区水土流失明显高于北部地区,南北差异较大。

水土流失既有客观自然因素,也有诸多人为因素,自然因素主要包括降雨量和降雨强度、土壤本身属性、地形地貌等因素。人为因素主要是人类生产活动对地表植被的破坏,以及在耕作过程中采取保护措施。引起水土流失是由降雨侵蚀力因子、土壤可蚀性因子、地形因子和植被覆盖及工程措施因子综合作用的结果。另一方面,人类活动过度开发利用土地资源、砍伐森林、不合理耕作措施,导致土壤理化性状发生改变,降低了土壤抗击降雨侵蚀的能力,引起陆地生态系统发生变化。同时,社会经济发展很大程度上导致全球气候环境改变,人类活动成为引起水土流失主导因素。因此,研究小流域水土流失不是单纯地考虑自然因素,应结合当地实际情况综合考虑区域地理、自然和经济发展,因地制宜,合理规划,确保经济持续稳定发展和生态安全。

[参 考 文 献]

- [1] 袁仁茂,杨晓燕,李树德. 水土流失的多因素分析及其防治措施[J]. 水土保持研究,1999,6(4):80-85.
- [2] 陈百明. 试论中国土地利用和土地覆被变化及其人类驱动力研究[J]. 自然资源,1997,19(2):31-36.
- [3] 李锐,徐传早. 美国水土流失预测预报与动态监测. 水土保持研究[J]. 1998,5(2):119-123.
- [4] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning [M]. US: United States Department of Agriculture, 1978.
- [5] Zha Xuan, Tang Keli, Zhang Keli. The impacts of vegetation on soil characteristics and soil erosion [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1992,6(2): 52-58.
- [6] 卜兆宏,孙金庄,周伏建,等. 水土流失定量遥感方法及其应用的研究[J]. 土壤学报,1997,34(3):235-245.
- [7] 胡良军. 基于 GIS 的区域水土流失定量评价指标研究[J]. 水土保持通报,1998,18(5):24-27.
- [8] 徐天蜀,彭世揆,岳彩荣. 基于 GIS 的小流域土壤侵蚀评价研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2002,26(4):43-46.
- [9] 王小丹,钟祥浩,范建容. 西藏水土流失敏感性评价及其空间分异规律[J]. 地理学报,2004,59(2):183-188.
- [10] 刘洋,李春阳. 植被因子对水土流失的影响[J]. 世界科技研究与发展,2005,27(5):95-99.
- [11] 田静,阎雨,陈圣波. 植被覆盖率的遥感研究进展[J]. 国土资源遥感,2004,16(1):1-5.
- [12] 章文波,符素华,刘宝元. 目估法测量植被覆盖度的精度分析[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2001,37(3):402-408.
- [13] 陈巧,陈永富. QuickBird 遥感数据监测植被覆盖度的研究[J]. 林业科学研究,2005,18(4):375-380.
- [14] 张岩,刘宝元,史培军,等. 黄土高原土壤侵蚀作物覆盖因子计算[J]. 生态学报,2001,21(7):1050-1056.
- [15] 张青春,刘宝元,翟刚. 植被与水土流失研究综述[J]. 水土保持研究,2002,9(4):96-101.
- [16] 郭乾坤,刘宝元,朱少波,等. 中国主要水土保持耕作措施因子[J]. 中国水土保持,2013(10):22-26.