

基于遥感和 GIS 的黄土高原中阳县土壤侵蚀评价

王晓慧¹, 陈永富¹, 陈尔学¹, 雒艳兰²

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091; 2. 山西省吕梁市水利局, 山西 吕梁 033000)

摘 要: 黄土高原地区是我国水土流失最严重的地区, 定量评价土壤侵蚀量、土壤侵蚀强度及其空间分布特征, 可以为水土流失防治措施的制定提供依据。基于遥感和 GIS, 应用修正的通用土壤流失方程 (RUSLE) 对山西中阳县土壤侵蚀进行评价。结果表明, 中阳县平均土壤侵蚀模数为 $2\ 874.25\ t/(km^2 \cdot a)$, 属于中度侵蚀地区, 年平均土壤侵蚀量 $408.78 \times 10^4\ t$ 。发生中度以上土壤侵蚀面积占总面积的 29.95%, 土壤侵蚀量占总侵蚀量的 85.61%, 这部分土地是土壤侵蚀防治的主要区域。黄土区发生轻度以上土壤侵蚀面积大, 所占比例多, 侵蚀程度严重。微度土壤侵蚀面积以有林地为主, 轻度和中度土壤侵蚀面积主要是未成林造林地和灌木林地, 发生强烈以上土壤侵蚀面积主要是疏林地、未利用地、灌木林地和农田, 土地类型、植被覆盖与土壤侵蚀有着密切关系, 林业生态工程建设对于中阳县控制水土流失和改善生态环境有着重要作用。

关键词: 黄土高原; 土壤侵蚀评价; 遥感; GIS; RUSLE; 中阳县

中图分类号: S157

文献标识码: A

水土流失是主要的环境问题之一。严重的水土流失使土地资源遭到破坏、土壤肥力和质量下降, 泥沙淤积河道引发洪水灾害, 破坏地表植被, 恶化生态环境, 加剧土地和小气候的干旱程度以及其他自然灾害的发生。有效地控制水土流失, 恢复和保护环境是社会经济可持续发展的需要。定量评价区域土壤侵蚀量、土壤侵蚀强度及其空间分布特征, 对于采取相应措施减少水土流失、保护和合理利用土地资源具有重要的意义。而土壤侵蚀模型是进行土壤侵蚀量预报和定量评价的重要工具, 国内外已经开发出许多实用的土壤侵蚀模型, 根据土壤侵蚀模型的建模手段和方法, 一般可以将其分为经验统计模型和物理成因模型, 其中以经验统计模型中的美国修正的通用土壤侵蚀方程 RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) 应用最为广泛^[1-2]。

西北黄土高原地区是我国水土流失最严重、生

态环境最脆弱的地区, 水土流失面积达 $45 \times 10^4\ km^2$, 占该地区总面积的 70.9%^[3]。本文以黄土高原地区的山西省中阳县为研究区。该县位于晋西吕梁山中段西侧, 黄河支流三川河流域, 属暖温带大陆性气候, 年平均气温 $6 \sim 10^\circ C$, 年平均降水量 $460 \sim 600\ mm$, 7—9 月降雨量占全年降雨量的 70%。黄土丘陵和石质山地参半, 东南部以土石山地为主, 西北部以黄土丘陵沟壑区为主。境内梁峁起伏, 沟壑纵横, 地形支离破碎, 水土流失严重, 农业产量低而不稳, 生态环境十分恶劣。中阳县 1978 年被列入三北防护林体系建设范围, 是三北防护林工程建设的重点县之一^[4]。本文利用遥感和 GIS 为 RUSLE 模型提供信息源, 通过遥感数据获取土地利用和植被信息, 收集降水、土壤和地形信息, 建立基于 GIS 的相关侵蚀因子值及其分布图, 最后应用 RUSLE 方程获得中阳县土壤侵蚀量及其分布图。通过对中阳县

收稿日期 (Received date): 2011 - 01 - 11; 改回日期 (Accepted): 2011 - 04 - 05。

基金项目 (Foundation item): “十一五” 国家科技支撑计划课题 (2006BDA23B05); 中国林科院资源所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (RIFRITZJZ2007011) 资助。[“11th Five - Year Plan” National Science & Technology Support Plan Project (2006BDA23B05); Specific Scientific Research Fund of China Public Welfare Profession of Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF (RIFRITZJZ2007011).]

作者简介 (Biography): 王晓慧 (1974 -), 女, 山西省忻州市, 博士, 副研究员, 主要从事林业信息技术和遥感应用研究。[Wang Xiaohui (1974 -), female, born in Xinzhou, Shanxi Province, Associate researcher, mainly in forestry information techniques and remote sensing application.]

土壤侵蚀量、土壤侵蚀强度及其空间分布特征的研究,了解土壤侵蚀与立地分区以及土地利用的关系,以便进一步指导中阳县水土流失防治和生态治理工程建设。

1 数据收集和获取

收集中阳县的降雨、土壤、1:5万DEM、遥感数据、立地分区、水土保持与防风固沙实验观测数据等图件和统计数据。参照1:5万地形图对中阳县2006年的Landsat TM影像进行几何精校正,校正后均方根误差(RMS)<1个像元。采用点-线-面相结合的调查方法,首先从面上区域分析入手,分析遥感影像上地物的分布和特征,选取若干条基本覆盖该区域内的土地类型,影像特征齐全且有代表性的勘察路线,对勘察路线上的样地详细记录调查因子,获取遥感影像的目视解译特征。在外业调查和现有数据资料的基础上,按照土地利用类型,即针叶林、阔叶林、针阔混交林、疏林地、灌木林地、未成林造林地、无立木林地、农田、居民地、水体和未利用地,采用监督分类的方法对中阳县遥感影像进行分类,分类验证精度为89%,满足实际应用的要求,得到2006年中阳县土地利用图(图1)。

2 土壤侵蚀模型和运算

2.1 土壤侵蚀模型

选用国内外广泛应用的土壤流失量预测方程,即修正的通用土壤流失方程(RUSLE)来计算中阳县年平均土壤流失量,其表达式为: $A=f \cdot R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$,其中, A 为年土壤流失量, $t/(km^2 \cdot a)$; R 为降雨侵蚀力因子; K 为土壤可蚀性因子; L 为坡长因子; S 为坡度因子; C 为植被与经营管理因子; P 为水土保持措施因子, C 与 P 为无量纲单位; f 为单位换算系数224.2^[5-6]。

2.2 土壤侵蚀因子计算

2.2.1 降雨侵蚀力 R 因子

降雨侵蚀力 R 因子指降雨引起土壤侵蚀的潜在能力,等于在预测期内全部侵蚀降雨的总和,与降雨总动能、雨强和雨量有关。本研究采用WISCHEMIER等提出的直接利用多年各月平均降雨量推求 R 值的经验公式, $R = \sum_{i=1}^{12} |1.735 \times 10^{1.5 \times 16_P^2 - 0.8188}|$,其中 P 为年降雨量,mm; P_i 为各月平均降雨量,

mm^[7]。根据研究区降雨量数据,生成 R 因子专题图(图2)。

2.2.2 土壤可蚀性 K 因子

K 因子反映土壤易蚀程度,通过无作物覆盖物、顺坡耕作且连续休闲2a以上的标准小区,在单位降雨侵蚀下所得到的土壤侵蚀量^[8]。根据中阳县土壤普查资料,获得土壤类型和有机物含量等信息,利用土壤可蚀性系数参考值表,近似确定出研究区不同土壤类型的可蚀性 K 因子值(表1)^[9]。依据中阳县土壤分布图,以土属为成图单元,生成土壤可蚀性 K 因子分布图(图3)。

表1 土壤可蚀性因子 K 值

Table 1 Soil erosion factor (K)

土属名称	平均 K 值
粗骨性灰褐土性土	0.24
耕种灰褐土性土	0.34
灰褐土化浅色草甸土	0.24
灰褐土性土	0.38
淋溶灰褐土	0.29
浅色草甸土	0.34
山地褐土	0.29
山地灰褐土	0.29
山地棕壤	0.29

2.2.3 坡长 L 因子

坡长因子表示其他条件相同时,一定坡长的坡面上,土壤流失量与标准径流小区典型坡面土壤流失量的比值。像元坡面坡长的定义是地表径流产生的起点至该像元下边缘与上边缘斜坡距离之差,计算公式为: $l_i = \sum_{j=1}^i (D_j / \cos \theta_j) - \sum_{j=1}^{i-1} D_j / \cos \theta_j = D_i / \cos \theta_i$,其中, l_i 为像元 i 的坡长; D_i 为沿径流方向每个像元坡长的水平投影距(实际为两相邻像元中心距); θ_i 为每个像元的坡度; i 为自山脊像元至该待求像元的个数。每个像元有8个相邻像元,分别对应8个方向(东、西、南、北和东北、西北、西南、东南方向)^[7]。当像元方向为东、西、南、北时, $D_i = d$ (像元边长值);当像元方向为东北、西北、西南、东南时, $D_i = \sqrt{2}d$ 。本次研究所用的DEM图像像元边长为30m。提取像元坡向、坡度,进而计算得到每个像元的坡长 l_i 。

像元坡长因子的公式来源于USLE的坡长因子公式。对于含有起点和沉积点的完整图斑来说,直接应用USLE的坡长因子公式, $L_i = (l_i / 22.13)^m$,

其中, L_i 为像元坡面坡长因子, 以 m 为单位; 22.13 m 相当于 72.6 英尺, 为标准径流小区的坡长值; m 为指数。 m 随坡度而变, 当坡度 $\theta \geq 5.14^\circ$ 时, $m = 0.5$; 当 $5.14^\circ > \theta \geq 1.72^\circ$ 时, $m = 0.4$; 当 $1.72^\circ > \theta \geq 0.57^\circ$ 时, $m = 0.3$; 当 $\theta < 0.57^\circ$ 时, $m = 0.2$ 。对于不完整图斑, 如只含山脊或只含山谷或处于坡面中部均不含山脊和山谷的图斑, 采用以下的公式, $L_i = [(\sum_i D_i / \cos \theta_i)^{1+m} - (\sum_{i-1} D_i / \cos \theta_i)^{1+m}] \cos \theta_i / (22.13^m \cdot D_i)$ 。

2.2.4 坡度 S 因子

坡度因子表示其他条件相同时, 一定坡度的坡面上, 土壤流失量与标准径流小区典型坡面土壤流失量的比值。通用土壤流失方程允许计算的最大坡度为 18 % (10°), 不适用于中阳县黄土高原丘陵沟



图3 土壤可蚀性 K 因子图

Fig.3 Soil erosion factor (K) map

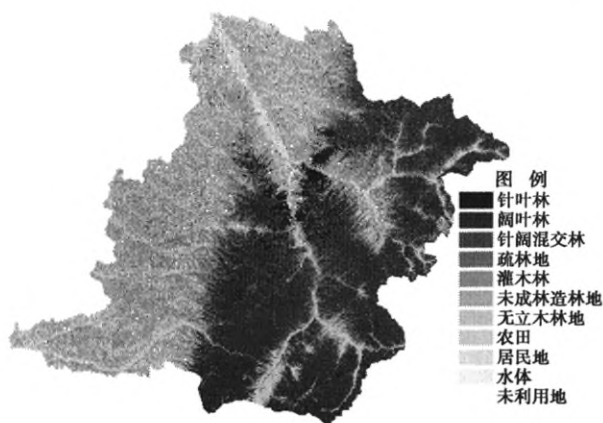


图1 2006年中阳县土地利用图

Fig.1 Landuse map in Zhongyang County

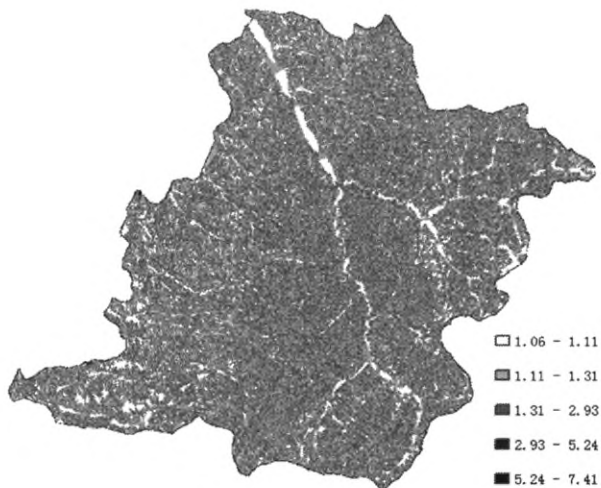


图4 坡长 L 因子图

Fig.4 Slope length (L) map

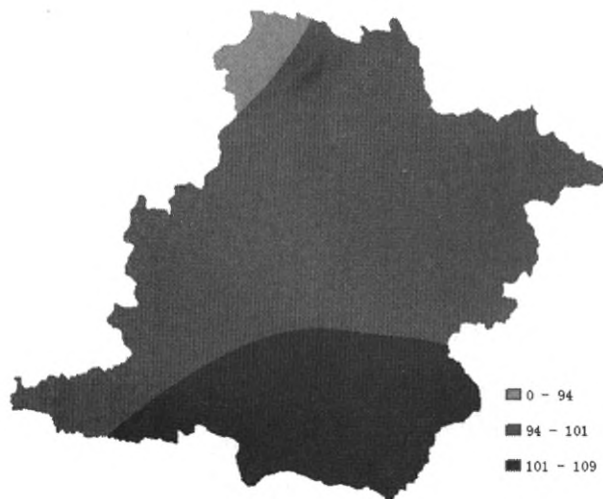


图2 降雨侵蚀力 R 因子图

Fig.2 Rainfall erosion factor (R) Map

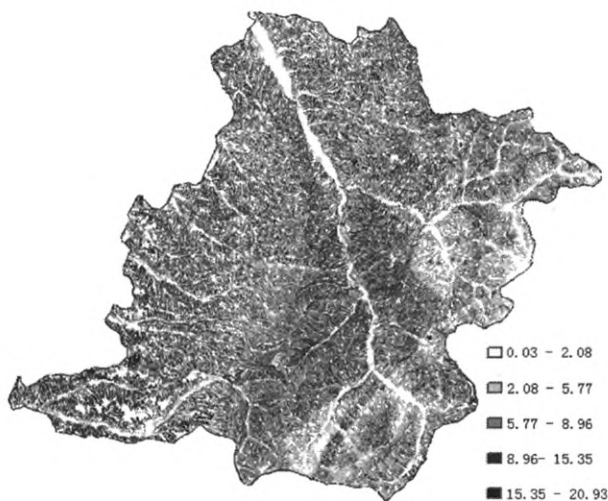


图5 坡度 S 因子图

Fig.5 Slope factor (S) map

表 2 中阳县不同土地利用类型 C 值

Table 2 C value of various land use type in Zhongyang County

土地利用类型	针叶林	阔叶林	混交林	疏林地	灌木林	未成林造林地	无立木林地	农田	水体	居民地	未利用地
C 值	0.006	0.006	0.006	0.15	0.08	0.25	0.40	0.30	0	0	0.29

壑区中的陡坡地形,因此分段对坡度因子 S 进行计算,缓坡采用 McCool 坡度公式,陡坡采用刘宝元在黄土高原建立的陡坡因子计算公式^[5, 11-12]

$$S = \begin{cases} 10.8\sin\theta + 0.03 & \theta < 5^\circ \\ 16.8\sin\theta - 0.5 & 5^\circ \leq \theta < 10^\circ \\ 21.9\sin\theta - 0.96 & \theta \geq 10^\circ \end{cases}$$

式中 S 为坡度因子,为坡度($^\circ$)。

2.2.5 植被与经营管理 C 因子

C 值是有植被覆盖地块上的土壤流失量与无植被覆盖的标准小区土壤流失量的比值。 C 值由植被种类、植被覆盖度等决定。裸土地的 C 值为 1.0,没有土壤侵蚀地区的 C 值为 0。研究区有林地主要为天然次生林和人工油松林,植被覆盖度在 90% 以上,农作物主要是高粱、玉米、谷子、马铃薯、大豆。根据研究区土地利用和植被覆盖状况,结合前人的研究成果,确定研究区土地利用类型的 C 因子(表 2)^[13]。利用 2006 年土地利用图,将 C 值赋予相应的土地利用类型,得到 C 因子图(图 6)。

2.2.6 水土保持措施 P 因子

P 值是采取水土保持措施后,土壤侵蚀量与顺坡种植时的土壤侵蚀量的比值。农田的水土保持措施主要是采取等高耕作、带状耕作和修建梯田等措施。林地的水土保持措施主要是采取水平沟、水平阶和鱼鳞坑等整地措施。措施好的 P 值小,未采取任何措施的 $P = 1.0$ 。中阳县农田多修建为梯田,造林整地中水平阶、穴状整地相结合,地形支离破碎地段采用穴状整地,其余地段采用水平阶整地。相关研究表明,梯田、水平阶和鱼鳞坑整地分别减少坡面侵蚀的 68%、92%、92%,因此将梯田、水平阶和鱼鳞坑的 P 因子分别确定为 0.32、0.08 和 0.08,穴状整地采用水平阶和鱼鳞坑整地的 P 因子值^[14]。根据研究区的土地利用及相应的水土保持措施因子,在 2006 年土地利用图的基础上,将 P 值赋予相应的土地利用类型,得到 P 因子图(图 7)。

2.3 土壤侵蚀强度分布图生成

将各因子值代入 RUSLE 公式,基于 GIS 进行运算,得到中阳县土壤侵蚀量分布图。根据水利部

《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190—2007),西北黄土高原区容许土壤流失量为 $1\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ (表 3)^[15]。按照该标准对土壤侵蚀量进行等级划分,获得中阳县土壤侵蚀强度分布图(图 8)。

表 3 水力侵蚀强度分级

Table 3 Water erosion intensity classification

级别	平均侵蚀模数 $/\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-2}$	级别	平均侵蚀模数 $/\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-2}$
微度	<1000	强烈	5 000 ~ 8 000
轻度	1 000 ~ 2 500	极强烈	8 000 ~ 15 000
中度	2 500 ~ 5 000	剧烈	>15 000

3 结果与分析

3.1 不同土壤侵蚀强度土地的分布特征

中阳县的平均土壤侵蚀模数为 $2\,874.25\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,属于中度侵蚀,年平均土壤侵蚀量为 $408.78 \times 10^4\text{ t}$ 。发生微度和轻度土壤侵蚀面积占全县总土地面积的 70.05%,土壤侵蚀量仅占全县土壤侵蚀总量的 14.39%。发生中度以上土壤侵蚀面积占总面积的 29.95%,土壤侵蚀量占全县土壤侵蚀总量的 85.61%,这部分土地是中阳县土壤侵蚀防治的主要区域(表 4)。

土壤侵蚀在中阳县不同立地类型区,即黄土区、土石区和河谷区有着不同的分布特征。黄土区土壤侵蚀最严重,土石区土壤侵蚀次之,河谷区土壤侵蚀最轻,平均土壤侵蚀强度分别为中度、轻度和微度(表 5)。三个类型区中,黄土区中发生轻度以上土壤侵蚀面积所占比例最大,占黄土区面积的 70.43%,土石区土地面积中有 26.99% 发生轻度以上土壤侵蚀,河谷区中有 16.91% 发生轻度以上土壤侵蚀(表 6)。黄土区轻度以上土壤侵蚀面积比土石区多 161.78 km^2 ,年土壤侵蚀量多 $69.35 \times 10^4\text{ t}$ 。河谷区土壤侵蚀面积和侵蚀量都比较小。究其原因,黄土区土壤颗粒粗,结构松散,有机质含量低,渗透性强,抗侵蚀能力弱,形成梁峁起伏,沟壑纵横的

表 4 土壤侵蚀面积和土壤侵蚀量统计
Table 4 Soil erosion area and soil erosion amount

级别	微度	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈
土壤侵蚀面积/km ²	799.57	196.66	135.33	132.46	128.19	30
年平均土壤侵蚀量/t	256 398.11	331 761.49	496 796.43	855 658.49	1 343 506.83	803 669.4

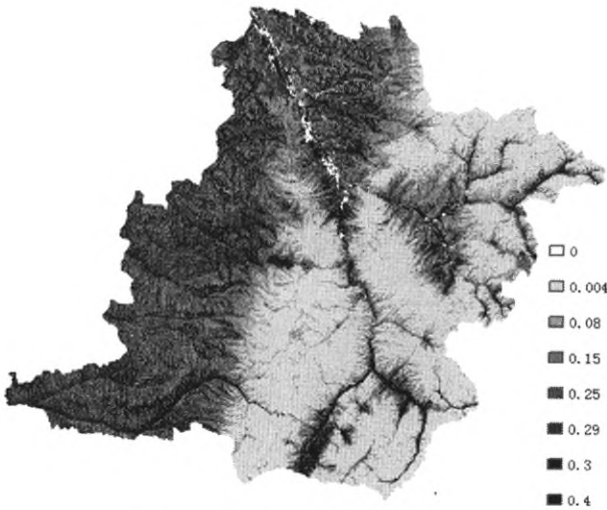


图 6 植被与经营管理 C 因子图
Fig. 6 C factor map of vegetation and management

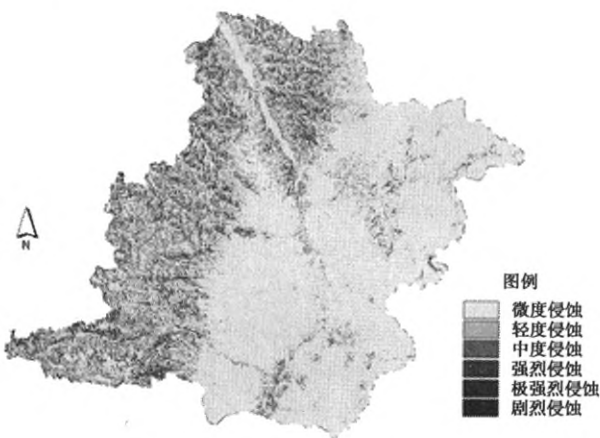


图 8 中阳县土壤侵蚀强度分布图
Fig. 8 Soil erosion intensity distribution map of Zhongyang County

表 5 不同立地分区土壤侵蚀模数和侵蚀量统计
Table 5 Soil erosion modulus and soil erosion amount in various site divisions

立地分区	土壤侵蚀模数/ $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$	土壤侵蚀量/t
黄土区	4 277.59	2 370 394.8
土石区	1 980.64	1 676 890.63
河谷区	915.88	18 879.58

表 6 不同立地分区的各级土壤侵蚀强度面积

立地分区	微度	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈
黄土区	163.87	141.47	76.58	76.53	76.81	18.88
土石区	618.14	53.34	57.84	55.54	51.15	10.62
河谷区	17.13	1.86	0.91	0.41	0.18	0.13

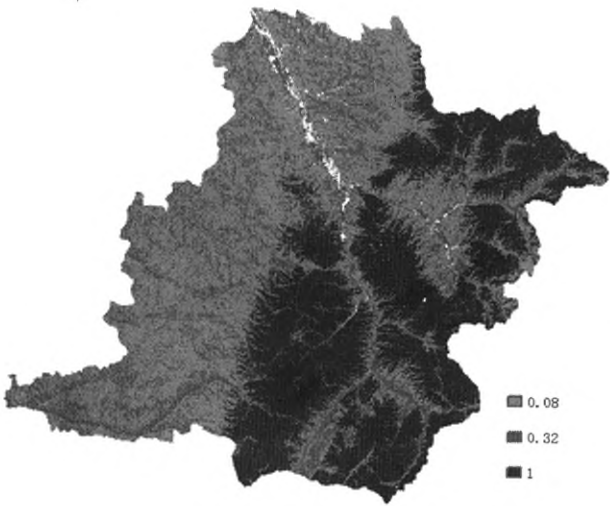


图 7 水土保持措施 P 因子图
Fig. 7 P factor map of soil and water conservation measure

地形。加之黄土区主要是农耕坡地,地表森林植被覆盖比较少,受到降雨侵蚀产生比较严重的土壤侵蚀。土石山区山高沟深,石厚土薄,寒冷湿润,草木茂盛,天然次生林分布较多,地表枯枝落叶积累多,遇降雨时土壤侵蚀较轻。河谷区地形平坦,土壤侵蚀状况较轻。

3.2 不同土地利用方式下的土壤侵蚀状况

微度土壤侵蚀面积以有林地为主,占 66.22%。轻度和中度土壤侵蚀面积主要是未成林造林地和灌木林地,占 73.94%。强烈和极强烈土壤侵蚀面积主要是灌木林地、疏林地和农田,占 97.76%。剧烈土壤侵蚀面积以疏林地、未利用地和农田为主,占 91.01%(表 7)。

表7 不同土地利用方式下的各级土壤侵蚀强度面积

Table 7 The area of soil erosion intensity in various land use types

/km²

土地类型	微度	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈
针叶林	5 974.92	5.76	17.19	11.79	0.09	0.00
阔叶林	38 238.66	23.58	172.62	98.1	1.71	0.00
针阔混交林	8 739.63	11.7	22.23	16.29	0.54	0.00
疏林地	1 656.63	979.65	1 515.96	2 604.87	4 600.98	1 216.71
灌木林	3 348.72	2 114.28	5 569.65	6 844.77	4 068	194.13
未成林造林地	13 647.96	14 192.19	2 671.56	43.38	93.06	74.25
无立木林地	0.63	0.09	0.18	0.09	0.36	1.44
农田	6 660.27	2 279.79	3 479.58	3 556.8	3 806.37	562.23
居民地	1 521.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
水	18.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
未利用地	149.58	59.31	84.42	69.75	248.22	950.40

针叶林、阔叶林和针阔混交林地表植被覆盖高,平均土壤侵蚀模数为 $373.01 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,属于微度侵蚀。灌木林的平均土壤侵蚀模数为 $5 226.33 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,属于强烈侵蚀类型。从灌木林的分布情况来看,主要分布在有林地外缘、土石山区农田和居民点附近等受人类活动干扰比较多的地区,植被覆盖度大约为30%。疏林地的平均土壤侵蚀模数为 $8 105.19 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,属于极强烈侵蚀类型。对灌木林和疏林地要加强抚育和管理。未成林造林地占土地总面积的21.60%,中阳县总结过去造林成活率低的问题,在技术措施方面进行改善,采取水平沟、水平阶和鱼鳞坑等整地措施,科学造林,采用良种壮苗,确保造林质量,因此未成林造林地林木管护较好,平均侵蚀程度轻。随着未成林地的郁闭成林,将对减少和控制水土流失起到重要的作用。以采伐迹地为主的无立木林地,由于迹地更新不及时,造成严重的水土流失。未利用地平均土壤侵蚀模数为 $18 946.97 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,以荒草地和黄土沟壑区的陡坡为主,人为治理困难,侵蚀强度大。农田的平均土壤侵蚀模数为 $5 017.94 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,属于强烈侵蚀类型。发生中度以上土壤侵蚀面积中有26.77%是农田,因此农田是产生土壤侵蚀的主要土地类型。中阳县自20世纪80年代以来,逐步通过修建梯田来建设高产稳产农田。另外,自1978年和2000年分别启动三北防护林工程和退耕还林工程以来,累计退耕地造林 96.67 km^2 ,但是还有 20 km^2 坡耕地尚未退耕还林,需要进一步实施退耕还林工程。

4 结论

基于遥感和GIS,应用修正的通用土壤流失方

程(RUSLE)对中阳县土壤侵蚀量进行了评估。中阳县年平均土壤侵蚀模数为 $2 874.25 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,属于中度侵蚀地区,年平均土壤侵蚀量为 $408.78 \times 10^4 \text{ t}$ 。发生微度和轻度土壤侵蚀面积占总土地面积的70.05%,土壤侵蚀量仅占侵蚀总量的14.39%。发生中度以上土壤侵蚀面积占总面积的29.95%,土壤侵蚀量占侵蚀总量的85.61%,这部分土地是主要的土壤侵蚀防治区域。在各立地分区中,黄土区发生轻度以上土壤侵蚀面积最大,所占比例最多,侵蚀程度最严重。

微度土壤侵蚀面积以有林地为主,轻度和中度土壤侵蚀面积主要是未成林造林地和灌木林地,发生强烈以上土壤侵蚀面积主要是疏林地、未利用地、灌木林地和农田,土地类型、植被覆盖与土壤侵蚀有着密切的关系。通过三北防护林工程实施荒山荒坡造林和陡坡地退耕还林草,加强封山育林和森林抚育管护,提高林草覆盖率,对于中阳县控制水土流失和改善生态环境有着重要作用。

参考文献(References)

- [1] Fu Suhua, Liu Baoyuan. Evolution of the soil erosion model[J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17(1): 78-84[符素华,刘宝元. 土壤侵蚀量预报模型研究进展[J]. 地球科学进展, 2002, 17(1): 78-84]
- [2] Chen Yunming, Liu Guobin, Zheng Fen, et al. Proceeding and application on soil erosion model of RUSLE[J]. Research of Soil and Water Conservancy, 2004, 11(4): 80-83[陈云明,刘国彬,郑粉莉,等. RUSLE侵蚀模型的应用及进展[J]. 水土保持研究, 2004, 11(4): 80-83]
- [3] Chen Borang. Practices of comprehensive management of soil and water conservation in the Loess Plateau[J]. Soil and Water Conservation in China, 2005, (12): 3-4[陈伯让. 黄土高原水土保持综合治理的实践[J]. 中国水土保持 2005, (12): 3-4]

- [4] Liu Laiwang, Miao Wenbin. "Three North" shelter forest construction summary of Zhongyang County[J]. Forestry of Shanxi, 2007, (1): 36-37[刘来旺, 苗文兵. 中阳县"三北"防护林工程建设经验总结[J]. 山西林业, 2007, (1): 36-37]
- [5] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, et al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation(RUSLE)[M]. Agriculture Handbook NO. 703. U. S., Washington: Department of Agriculture, 1997
- [6] Liu Baoyuan, Xie Yun, Zhang Keli. Soil erosion predicting model[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1992[刘宝元, 谢云, 张科利. 土壤侵蚀预报模型[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001]
- [7] Wischemier W H, Smith D D. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites[J]. Soil and Water Conservation, 1971, 26(3): 189-193
- [8] Sun Lida, Sun Baoping, Qi Shi. Theory and practice of comprehensive management of small watershed[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1992[孙立达, 孙保平, 齐实. 小流域综合治理理论与实践[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992]
- [9] Zhang Guangjun, Zhao Xiaoguang. Monitoring and assessment of water and soil loss and desertification[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2005[张广军, 赵晓光. 水土流失及荒漠化监测与评价[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005]
- [10] Bu Zhaohong, Tang Wanlong, Pan Xianzhang. Algorithm of terrain factors of GIS pixel in monitoring soil loss by remote sensing[J]. Acta Pedologica Sinica, 1994, 31(3): 322-329[卜兆宏, 唐万龙, 潘贤章. 土壤流失量遥感监测中 GIS 像元地形因子算法的研究[J]. 土壤学报, 1994, 31(3): 322-329]
- [11] Liu B Y, Nearing M A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes[J]. Transactions of the ASAE, 1994, 37: 1835-1840
- [12] Liu B Y, Nearing M A, Shi P J, et al. Slope length effects on soil loss for steep slopes[J]. Soil Society of American Journal, 2000, 64: 1759-1763
- [13] Wang Lixian, Zhang Zhong, Lu Shouyi. Watershed management system[M]. Beijing: China Forestry Press, 1994[王礼先, 张忠, 陆守一. 流域管理信息系统[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994]
- [14] Cai Xinguang. Benefits from soil and water conservation measures on reducing runoff and sediments in Shixia Small Watershed[J]. Resources Science, 2004, 26(suppl.): 144-150[蔡新广. 石匣小流域水土保持措施蓄水保土效益试验研究[J]. 资源科学, 26(增刊): 144-150]
- [15] The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. SL 190—2007, Standards for classification and gradation of soil erosion[S]. Beijing: China Water Power Press, 2008[中华人民共和国水利部. SL 190—2007, 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008]

Quantified Evaluation of Soil Erosion in Zhongyang County, the Loess Plateau

WANG Xiaohui¹, CHEN Yongfu¹, CHEN Erxue¹, LUO Yanlan²

(1 Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF Beijing 100091, China;

2. Liliang Water Resources Bureau, Shanxi 033000, China)

Abstract: The Loess Plateau is one of the most serious regions suffering from soil and water loss in China. Quantified evaluation of soil erosion amount, soil erosion intensity and spatial distribution provides basis for decision making and action taking of soil and water conservation. Based on remote sensing and GIS, soil erosion amount in Zhongyang County was evaluated using RUSLE. The analyzed results indicated that soil erosion modulus in Zhongyang County was $2\ 874.25\ t/(km^2 \cdot a)$ in the category of moderate degree erosion, and soil erosion amount was $408.78 \times 10^4\ t/a$. The eroded land above moderate degree accounted for 29.95% of the total land area, soil erosion amount accounted for 85.61% of the total soil erosion amount, and the land was the main area with prevention measure of soil erosion. The eroded land in loess area above mild degree had the biggest land area, the maximum percentage and the most serious erosion degree. The main eroded land above micro degree was forested land, the main eroded land of mild and moderate degree was new afforested land and shrub land, and the main eroded land above strong degree was open forest land, unused land, shrub land and farmland. The results showed close relationship between land cover type, vegetation coverage and soil erosion, and forestry ecological project played an important role in the control of soil and water loss and improvement of ecological environment.

Key words: the Loess Plateau; quantified evaluation of soil erosion amount; remote sensing; GIS; RUSLE; Zhongyang County

作者: [王晓慧](#), [陈永富](#), [陈尔学](#), [雒艳兰](#), [WANG Xiaohui](#), [CHEN Yongfu](#), [CHEN Erxue](#), [LUO Yanlan](#)
作者单位: [王晓慧, 陈永富, 陈尔学, WANG Xiaohui, CHEN Yongfu, CHEN Erxue\(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京, 100091\)](#), [雒艳兰, LUO Yanlan\(山西省吕梁市水利局, 山西吕梁, 033000\)](#)
刊名: [山地学报](#) **ISTIC PKU**
英文刊名: [Journal of Mountain Science](#)
年, 卷(期): 2011, 29(4)
被引用次数: 2次

参考文献(15条)

1. [符素华](#); [刘宝元](#) [土壤侵蚀量预报模型研究进展](#)[期刊论文]-[地球科学进展](#) 2002(01)
2. [陈云明](#); [刘国彬](#); [郑粉莉](#) [RUSLE侵蚀模型的应用及进展](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2004(04)
3. [陈伯让](#) [黄土高原水土保持综合治理的实践](#)[期刊论文]-[中国水土保持](#) 2005(12)
4. [刘来旺](#); [苗文兵](#) [中阳县“三北”防护林工程建设经验总结](#)[期刊论文]-[山西林业](#) 2007(01)
5. [Renard K G](#); [Foster G R](#); [Weesies G A](#) [Predicting soil erosion by water:a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation\(RUSLE\)](#) 1997
6. [刘宝元](#); [谢云](#); [张科利](#) [土壤侵蚀预报模型](#) 2001
7. [Wischemier W H](#); [Smith D D](#) [A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites](#) 1971(03)
8. [孙立达](#); [孙保平](#); [齐实](#) [小流域综合治理理论与实践](#) 1992
9. [张广军](#); [赵晓光](#) [水土流失及荒漠化监测与评价](#) 2005
10. [卜兆宏](#); [唐万龙](#); [潘贤章](#) [土壤流失量遥感监测中GIS像元地形因子算法的研究](#) 1994(03)
11. [Liu B Y](#); [Nearing M A](#); [Risse L M](#) [Slope gradient effects on soil loss for steep slopes](#) 1994
12. [Liu B Y](#); [Nearing M A](#); [Shi P J](#) [Slope length effects on soil loss for steep slopes](#)[外文期刊] 2000(5)
13. [王礼先](#); [张忠](#); [陆守一](#) [流域管理信息系统](#) 1994
14. [蔡新广](#) [石匣小流域水土保持措施蓄水保土效益试验研究](#)[期刊论文]-[资源科学](#) 2004(增刊)
15. [中华人民共和国水利部](#) [SL 190-2007, 土壤侵蚀分类分级标准](#) 2008

引证文献(6条)

1. [郭建英](#), [何京丽](#), [李锦荣](#), [殷丽强](#), [刘铁军](#), [荣浩](#) [沙棘造林对吴起县土壤水蚀的影响](#)[期刊论文]-[国际沙棘研究与开发](#) 2013(2)
2. [郭建英](#), [李锦荣](#), [刘铁军](#), [孙保平](#), [梁占岐](#), [赵岩](#) [退耕还林工程建设对吴起县土地利用/覆被变化及其土壤侵蚀的影响](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2013(5)
3. [郭建英](#), [何京丽](#), [李锦荣](#), [殷丽强](#), [刘铁军](#), [荣浩](#) [沙棘造林对吴起县土壤水蚀的影响](#)[期刊论文]-[国际沙棘研究与开发](#) 2013(2)
4. [黄威](#), [李淑杰](#), [王极](#), [王雨虹](#) [吉林省土地整治规划环境影响评价](#)[期刊论文]-[吉林农业大学学报](#) 2013(3)
5. [郭建英](#), [李锦荣](#), [刘铁军](#), [孙保平](#), [梁占岐](#), [赵岩](#) [退耕还林工程建设对吴起县土地利用/覆被变化及其土壤侵蚀的影响](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2013(5)
6. [李媛](#), [徐坤](#), [谢应忠](#) [遥感在草地生态系统研究中的应用现状](#)[期刊论文]-[宁夏工程技术](#) 2012(4)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201104008.aspx