基于 GIS 和 RS 的巢湖流域水土流失评估

汤丽洁[1,2]，舒 畅[3]

（1. 安徽省经济研究院，安徽 合肥 230001；2. 农业部 合肥遥感分中心，
安徽 合肥 230001；3. 浙江省水资源管理中心，浙江 杭州 310009）

摘 要：基于地理信息系统(GIS)和遥感技术(RS)，提取了巢湖流域地表覆盖、水土保持措施、坡度坡长、土壤可蚀性、降雨侵蚀力 5 个主要影响水土流失的因子，并运用修正的通用土壤侵蚀模型(revised universal soil loss equation，RUSLE)估算土壤侵蚀量，生成水土流失等级分布图，从而完成对巢湖流域水土流失现状和空间分布特征的评估分析。结果表明，巢湖流域水土流失主要为微度侵蚀和轻度侵蚀，分别占流域总面积的 93.87%和 6.04%。此外，坡度和植被覆盖是影响流域土壤侵蚀的主要因素。研究结果可为巢湖流域水土流失治理及决策提供科学参考。

关键词：巢湖流域；地理信息系统；遥感技术；修正的通用土壤侵蚀模型；水土流失

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2013)01-0305-04 **中图分类号**：S157，TP7

Assessment and Analysis of Soil Erosion in Chaohu Lake Basin Based on GIS and Remote Sensing

TANG Li-jie[1,2], SHU Chang[3]

(1. *Anhui Academy of Economy*, *Hefei*, *Anhui* 230001, *China*; 2. *Hefei Remote Sensing Center of the Ministry of Agriculture*, *Hefei*, *Anhui* 230001, *China*; 3. *Water Resources Management Center of Zhejiang Province*, *Hangzhou*, *Zhejiang* 310009, *China*)

Abstract: Based on geographic information systems(GIS) and remote sensing(RS), five primary factors affecting soil erosion in the Chaohu Lake basin are extracted, i.e., vegetation coverage, soil and water conservation measures, terrain, soil erodibility and rainfall erosivity. Meanwhile, the amount of soil erosion is estimated and the distribution map of soil erosion grade was acquired using the revised universal soil loss equation(RUSLE) model. The assessment and analysis of soil erosion status and its spatial distribution patterns in the basin are performed. Numerical results indicate that the dominated soil erosion types in the basin are the very slight erosion and slight erosion that account for 93.87% and 6.04%, respectively. In addition, slope and vegetation coverage are the main factors affecting the soil erosion status in the basin. The findings from the study are valuable for soil erosion control and decision-making for the Chaohu Lake basin.

Keywords: **Chaohu Lake basin; geographic information systems(GIS); remote sensing(RS); revised universal soil loss equation(RUSLE); soil erosion**

由于环境变迁及人为因素的影响，近年来巢湖流域水土流失日趋严重，导致土壤肥力下降，生态环境恶化，蓄洪能力减弱，已严重制约了巢湖流域社会经济可持续发展，因此开展巢湖流域水土流失治理工作十分必要。水土流失监测是进行巢湖流域水土流失治理的基础性工作，它涉及土壤、大气、地貌、植被及人类活动等多方面的内容，其对信息源的时空性有较高的要求，而传统的数据采集和分析手段无法满足要求。

遥感(RS)可实时、快速地记录流域的空间信息及各种化参数，已成为获取流域信息的重要手段，地理信息系统(GIS)具有强大的数据处理与分析能力，将 RS 和 GIS 相结合，既可保证高效和稳定的信息源，又可进行实时处理和综合分析，实现监测、预测和决策的目的，因此，已成为当今流域水土流失治理中广泛采用的方法[1-6]。本研究基于 GIS 和 RS 技术，提取巢湖流域时空信息，并运用修正通用土壤流失模型(RUSLE)对巢湖流域水土流失空间分布特征作评估分析，为巢湖流域水土流失治理及决策提供科学参考。

收稿日期：2012-02-20 **修回日期**：2012-04-01

资助项目：安徽省发展和改革委员会“安徽省自然资源和地理空间基础信息库项目”(JCXXX-HT2009-010-07)

作者简介：汤丽洁(1983—)，女(汉族)，安徽省安庆市人，硕士，助理研究员，主要从事农业遥感监测和地理信息系统研究。E-mail：tanglijie1022@163.com。

1 研究区概况与数据收集

1.1 研究区概况

巢湖流域位于长江中下游左岸，横卧在安徽中部，东濒长江，西枕大别山余脉。流域内地形地貌较为复杂，为江淮丘陵向沿江平原的过渡地带，大体可分为低山、丘陵、岗地、平原 4 种地貌类型。境内西高东低，岗、丘、圩、冲相间，河道纵横，塘坝水库星罗棋布。主要支流有杭埠河、南淝河、派河、兆河、十五里河、塘西河、白石天河、双桥河、柘皋河等，呈放射状汇入巢湖，经湖泊调蓄后由裕溪河注入长江。

巢湖流域属亚热带湿润季风气候区，四季分明，气候温和，雨量集中，年均降雨量为 1 032 mm，年均蒸发量为 1 400～1 650 mm，年均气温在 16～16.5 ℃。流域面积 1.35 km^2，其中湖区正常水面近 800 km^2[7-8]。

1.2 资料收集

本研究采用的数据有遥感、专题图件和实测 3 类数据。遥感影像为 2009 年覆盖巢湖流域 30 m 分辨率的 Landsat TM 多光谱遥感影像，用于提取地表覆盖因子和水土保持措施因子。专题图件数据包括 1∶5万行政区图，用于确定研究区边界及研究结果的统计；1∶5 万地形图，用于建立巢湖流域数字高程模型(DEM)，提取流域地形因子；巢湖流域土壤类型图和土壤可蚀性数据为安徽省第 2 次土壤普查成果，用于提取土壤可蚀性因子。实测数据为巢湖流域 11 个县市气象站点 1970—2009 年年均和月均降水量，用于计算降雨侵蚀力因子。

2 模型与方法

2.1 修正通用土壤侵蚀模型

Wischmeier 在 20 世纪 60 年代提出的通用土壤流失方程(universal soil loss equation，USLE)是当前应用最广泛的经验模型[9]。修正通用土壤流失方程(revised universal soil loss equation，RUSLE)从技术性和确定因子的算法上对 USLE 进行了改进，因而应用范围更广，预测精度更高。此方程形式简单，所需的参数较易获取，且各因子具有物理意义，被广泛应用于土壤侵蚀风险的评估分析[10-11]。在参照国内外专家土壤侵蚀研究成果的基础上，本文根据巢湖流域的自然环境特征，决定采用修正的通用土壤流失方程对巢湖流域的土壤侵蚀进行分析，其模式为：

$$A=R\cdot K\cdot LS\cdot C\cdot P \tag{1}$$

式中：A——土壤侵蚀量〔t/(hm^2 · a)〕；R——降雨侵蚀力〔(MJ · mm)/(hm^2 · h · a)〕；K——土壤可蚀性因子〔(t · hm^2 · h)/(MJ · hm^2 · mm)〕；LS——坡长坡度因子(无量纲)；C——地表植被覆盖因子(无量纲)；P——水土保持措施因子(无量纲)。方程各因子指标值的确定是使用 RUSLE 方法的关键。

2.1.1 土壤可蚀性因子 K K 值反映土壤被降雨侵蚀力分离、冲蚀和搬运的难易程度，反映了土壤对侵蚀的敏感性。影响 K 因子的因素很多，不同类型土壤具有不同的侵蚀率。本文采用 Williams 等[12]在 EPIC 模型中提出的 K 值估算方法，利用土壤有机质和颗粒组成进行估算，其模型计算式如下：

$$k=\{0.2+0.3\exp[-0.0256W_d(1-\frac{W_i}{100})]\}\times(\frac{W_i}{W_l+W_i})^{0.3}\times\{1-\frac{0.025W_c}{W_c+\exp(3.72-2.95W_c)}\}\times\{1-\frac{0.7W_n}{W_n+\exp(-5.51+22.9W_m)}\} \tag{2}$$

式中：W_d——砂粒质量分数；W_i——粉粒质量分数；W_l——黏粒质量分数；W_c——有机碳质量分数；$W_n=1-\frac{W_d}{100}$。

依据安徽省第 2 次土壤普查结果，采用式(2)计算出不同土壤类型的 K 值(表 1)，并得到巢湖流域 K 值空间分布(附图 9)。

表 1 巢湖流域不同土壤类型的土壤 K 值

土壤类型	土壤 K 值	土壤类型	土壤 K 值	土壤类型	土壤 K 值
石灰岩土	0.384	黄棕壤	0.362	棕 壤	0.314
黄褐土	0.299	潴育水稻土	0.282	砂礓黑土	0.264
山地草甸土	0.262	紫色土	0.260	脱潜水稻土	0.254
潮 土	0.253	漂洗水稻土	0.250	淹育水稻土	0.249
渗育水稻土	0.249	潜育水稻土	0.248	粗骨土	0.222
红 壤	0.217				

2.1.2 坡度坡长因子 LS 坡度坡长因子 LS 表示在其他地理环境因子相同的条件下，某一给定坡度和坡长的坡面上，土壤流失量与标准径流小区土壤流失量的比值。该因子反映地形地貌特征对土壤侵蚀的影响，是侵蚀动力的加速因子。坡度越大，坡长越长，土壤侵蚀就越严重。目前，计算 LS 因子的公式主要从坡地试验数据得出，属于经验模型。由于这些经验模型的结构和参数大小存在一定的差异[13-17]，利用

DEM 数据计算地形因子、坡长因子的方法有多种,例如实地调查得到坡长与地貌类型的关系[2],基于对计算坡长终止的假设[14],或依据坡度坡向分级归并划分区域[17]。本文坡度因子 S 采用 McCool 等的计算公式[15]:

$$S=\begin{cases}10.8\sin\theta+0.03 & (\theta<9\%)\\ \dfrac{\sin\theta}{0.0896} & (\theta\geqslant 9\%)\end{cases} \tag{3}$$

式中:S——坡度因子;θ——坡度(%)。

坡长因子采用了基于 DEM 数据的坡长因子计算,该公式反映坡面从上向下,随汇流面积增加,径流量增加,侵蚀力加大的过程:

$$L_{ij}=\frac{(A_{ij-in}+D^2)^{m+1}-A_{ij-in}^{m+1}}{D^{m+2}\times x_{ij}^{m}\times 22.13^{m}} \tag{4}$$

式中:L_{ij}——是栅格单元的坡长因子;A_{ij-in}——单元上坡汇流面积;D——单元宽度;x_{ij}——单元垂直流向的宽度;m——坡长指数。本文中,m 取值公式参考江忠善等[16]的研究,生成的 LS 子栅格图如图 1 所示。

$$m=\begin{cases}0.029\theta^{0.69} & (\theta\leqslant 53\%)\\ 0.5 & (\theta>53\%)\end{cases} \tag{5}$$

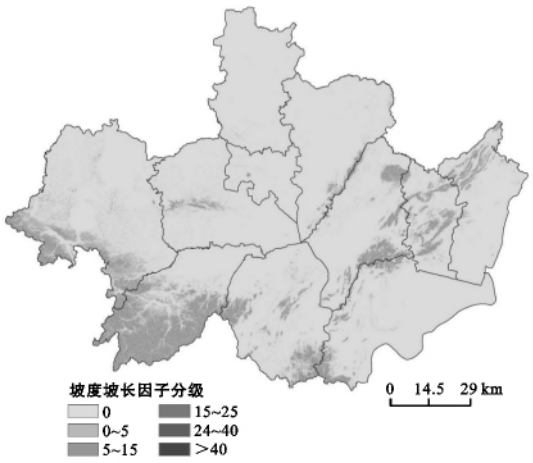


图 1　坡度坡长因子 *LS* 空间分布

2.1.3　降雨侵蚀力系数 R　降雨是土壤侵蚀的主要动力,雨滴的大小、速度、暴雨历时和风速等均影响降雨侵蚀力的大小。降雨侵蚀力因子 R 是一项评价降雨引起的土壤分离和搬运的指标,反映了降雨对土壤侵蚀的潜在能力。本文采用 Wischmeier 经验公式来确定 R 值[12],该公式既考虑了年降水总量,又考虑了降水的年内分布:

$$R=\sum_{i=1}^{12}(1.735\times 10^{1.5\times\lg\frac{P_i^2}{P}-0.8188}) \tag{6}$$

式中:P_i,P——代表月均和年均降雨量(mm)。利用 11 个气象站点近 20 a 的数据,估算各个站点的 R 值,然后基于反距离权重法空间内插生成巢湖流域降雨侵蚀力空间分布图(图 2)。

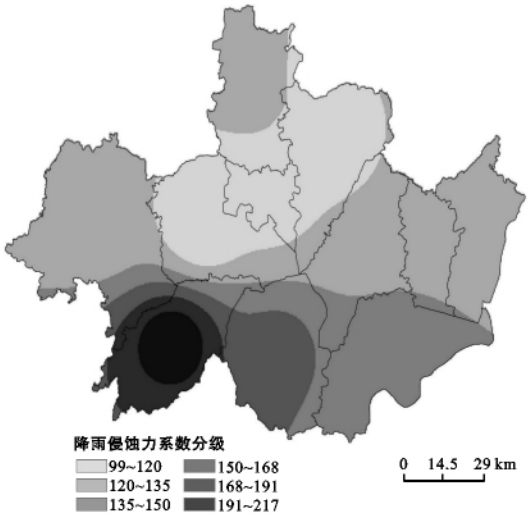


图 2　降雨侵蚀力系数 *R* 空间分布

2.1.4　地表覆盖因子 C　地表覆盖因子 C 又称作物经营管理因子,是指在相同的土壤、坡度和降雨条件下,某一特定作物或植被下的土壤流失量与耕种过后连续休闲地的土壤流失量比值。该因子根据地表覆盖状况不同反映植被对土壤流失影响,是侵蚀动力的抑制因子,起着保持水土的作用,其值小于或等于 1。

本研究以 2009 年 TM 遥感影像为数据源,在 ERDAS/IMAGINE 遥感图像处理软件支持下,结合实地调研,并参考地形地貌、土壤类型等资料,进行人机交互解译,得到研究区域土地利用数据。土地利用类型分为水田、旱地、林地、疏林地、草地、水域、居民用地、裸岩 8 大类。根据安徽省土地利用及农田经营情况实际调查,并结合已有研究结果(主要参考长江流域的地表覆盖因子 C 的取值),对各土地利用类型地表覆盖因子 C 赋值,表 2 为巢湖流域土地利用类型面积及 C 因子取值,生成的地表覆盖因子空间分布如附图 10 所示。

表 2　巢湖流域土地利用类型及各类型 *C*,*P* 因子取值

土地利用类型	面积/km²	占流域面积的比例/%	C 因子值	P 因子值
水 田	13 042.67	58.83	0.18	0.15
旱 地	2 395.29	10.80	0.31	0.35
林 地	3 238.39	14.61	0.01	1.00
疏林地	82.54	0.37	0.02	1.00
草 地	10.95	0.05	0.06	1.00
水 体	1 756.22	7.92	0.00	0.00
居民用地	1 645.24	7.42	0.20	0.00
裸 地	0.41	0.00	0.00	0.00

2.1.5　水土保持措施因子 P　水土保持措施因子 P 是指特定保持措施下的土壤流失量,与未实施保持措施之前相应地块顺坡耕作时的土壤流失量之比值。

土壤保持措施主要通过调整水流形态、斜坡坡度和表面水流的汇流方向，减少径流量，降低径流速速等作用减轻土壤侵蚀。

本文依据以往研究成果并结合安徽省土地利用及农事活动情况，对水土保持措施因子 P 赋值（表 2），0 值代表无侵蚀地区，1 值表示未采取任何水保措施的地区。本研究利用遥感影像获得土地利用类型信息，对各土地利用类型水土保持措施因子 P 赋值，得到巢湖流域 P 因子图层，生成水土保持因子措施分布图（附图 11）。

2.2 研究方法

本文以遥感影像为信息源，地理信息系统为分析工具，依据降水、土壤、数字高程模型等资料，运用修正通用土壤侵蚀模型（RUSLE），以人机交互目视解译的判读方式，生成土壤侵蚀主要因子图层，并对生成的各土壤侵蚀因子图层进行叠加计算，得到巢湖流域土壤侵蚀强度分布图（附图 12），并与水利部水土保持司的《（SL190-96）土壤侵蚀分类分级标准》作比较，分析当前巢湖流域土壤侵蚀的时空分布特征。

3 结果与讨论

3.1 巢湖流域水土流失现状

将 R，LS，K，C 和 P 各因子空间分布图转化到统一坐标系下，像元大小为 30 m×30 m。在 ArcGIS 软件支持下，采用栅格运算，将各因子图层相乘，得到各像元土壤侵蚀量〔$t/(hm^2 \cdot a)$〕空间分布图，再乘以系数 100，转换单位为〔$t/(km^2 \cdot a)$〕，生成巢湖流域土壤侵蚀强度等级图（附图 12）。根据水利部颁布的《（SL190-96）土壤侵蚀分类分级标准》确定土壤侵蚀分级指标[18]，对侵蚀栅格图进行分类，得到巢湖流域土壤侵蚀强度分级及面积统计数据（如表 3 所示）。

表 3 巢湖流域土壤侵蚀强度分级及面积

侵蚀强度分级	侵蚀模数/（$t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$）	侵蚀面积/km^2	占总面积/%
微度侵蚀	＜500	20 423.376	93.867
轻度侵蚀	500～2 500	1 314.021	6.039
中度侵蚀	2 500～5 000	20.113	0.092
强度侵蚀	5 000～8 000	0.225	0.001
极强度侵蚀	8 000～15 000	0.055	0.000
剧烈侵蚀	＞15 000	0.023	0.000
合 计		21 757.81	100.000

3.2 巢湖流域水土流失空间特征分析

根据土壤侵蚀强度等级分布图（附图 12）和侵蚀面积统计（表 3），可以认为目前巢湖流域水土流失现状主要为微度侵蚀和轻度侵蚀，分别占流域总面积的 93.867％和 6.039％。其中微度侵蚀区主要分布在沿巢湖、黄陂湖、白湖的圩区以及河流中下游两岸的圩区和部分植被覆盖较好的低山区，地貌特征主要为冲积平原，地势平坦。轻度流失区主要分布在植被覆盖较好的低山区及丘陵岗冲地带。此外，中度流失区主要分布在流域西部杭埠河、丰乐河上游以及流域四周的低山区和低山丘陵区，其侵蚀程度因岩性不同而不同，一般多形成切沟和冲沟，侵蚀横断面呈“V”形，岗冲相间，河流下切强烈，垦殖系数 40％～60％，植被覆盖率小于 10％，约占流域面积的0.092％。强度流失区主要分布在流域西部大别山北麓，杭埠河上游龙潭河、河棚河中上游地区以及庐江、居巢区部分矿山开采剧烈的地区，该流失区一般山高坡陡，岩性为紫红色碎屑火山岩、片岩、片麻岩及花岗岩等，矿石颗粒粗大，部分岩石多钙质胶结，遇水易溶解和风化，风化后的岩石粘结力很差，极易流失，侵蚀特点是出现宽沟、山坡多为碎石，约占流域面积的0.001％。

通过对流域坡度等级情况和土壤侵蚀强度空间分布图分析发现，轻度侵蚀主要分布在坡度非常小的地区；中度侵蚀则分布在坡度较陡的山区和半山区；强度侵蚀及以上的地区大多数分布在流域内坡度极大的地方，表明地面坡度对侵蚀量的影响非常大。同时，通过植被图和土壤侵蚀强度空间分布图的对比分析发现，很多地区虽然坡度陡，但由于植被覆盖和水土保持措施的实施，土壤侵蚀量并不大，可见植被覆盖程度对土壤侵蚀量有一定的影响。特别对于地质条件不好的山区，应通过加大植被覆盖度等水土保持措施来改善该类地区的水土流失情况。

4 结 论

基于 GIS 和 RS 技术的支持，本文提取了地表覆盖因子、水土保持措施因子、坡度坡长因子、土壤可蚀性因子、降雨侵蚀力因子作为巢湖流域水土流失现状评估指标，并运用修正通用土壤侵蚀模型，分析评估巢湖流域水土流失现状和土壤侵蚀空间分布状况。研究表明目前巢湖流域水土流失主要为微度侵蚀和轻度侵蚀，分别占流域总面积的 93.867％和 6.039％，此外，坡度和植被覆盖是影响流域土壤侵蚀的主要因素。本研究结果可为巢湖流域水土流失治理及决策提供科学参考。

［参 考 文 献］

[1] 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.

（下转第 312 页）

4 结 论

(1) 杨树密度为 1.5 m×3 m 时,平均高生长和胸径均较密度为 1.5 m×2 m 和 1.5 m×1 m 时有所提高;油松和花椒有类似的现象。合理的植物群落结构使植物个体有充分的发育空间,最大限度地利用土壤水分,避免对营养和水分的竞争,各生态因子相互作用的优势得到充分发挥,使群落影响环境,达到林分稳定、高效的目的。先疏后补的修复方法是水分平衡,抗旱保墒,水分可持续利用的行之有效的途径,符合当地土壤干旱,水分匮乏的自然环境,是缓解植物生长发育水分不足的重要举措,是半干旱地区植被建设的重要保证。

(2) 乔木要求水分营养面积大于灌木 78.6%,单株要求水分量分别为 26 m^3/株,14 m^3/株,乔木保证单株水分量高出灌木 85.7%。灌木较之乔木,耐旱,耐瘠薄,适应性强,见效快,投资风险小,是植被修复的优势植物,是半干旱区植被修复成功的重要保障措施。

(3) 植物群落被封禁后,恢复的能力来源于植物生态系统自然演替[1]。植物种群和生物产量增加,植被覆盖率得到有效恢复,增加腐殖层,保护地表减少蒸发。封禁措施以投资少,见效快,潜力大等优势,展现出强大的生命力[1]。只要停止人为干扰,封禁 3 a 左右,覆盖度可达约 50%,植物生态系统就会朝多样、稳定、复杂、高效的方向发展[1]。

(4) 在立地环境条件得到全面改善后造林,既能提高造林成活率,促进植物生长,更重要的是提高保存率。但是,造林需分期分批进行,这样才不会因植物的生长,需水量的不断增加造成土壤干旱缺水,导致植物生长不良,形成“小老树”。或因土壤水分继续亏缺到生长所需水量极限值以下时,造成植物死亡。

[参 考 文 献]

[1] 张文辉,刘国彬. 黄土高原植被生态恢复评价、问题与对策[J]. 林业科学,2007,43(1):103-104.

[2] 孙鹏森,马李一,马履一. 油松、刺槐林潜在耗水量的预测及其与造林密度的关系[J]. 北京林业大学学报,2001,23(2):1-6.

[3] 刘晨峰,尹婧,贺康宁. 林下植被对半干旱区不同密度刺槐林地土壤水分环境的指示作用[J]. 中国水土保持科学. 2004,2(2):64-66.

[4] 李世荣,张卫强,贺康宁. 黄土半干旱区不同密度刺槐林地的土壤水分动态[J]. 中国水土保持科学, 2006,1(2):28.

[5] 朱正军,赵克荣. 干旱半干旱区径流调控造林技术研究[J]. 中国水土保持, 2003(9):27.

[6] 刘国杉,杨勤科,许明祥,等,水保生态修复的若干科学问题[J]. 中国水利,2004(16):31-33.

(上接第 308 页)

[2] 游松财,李文卿. GIS 支持下的土壤侵蚀量估算:以江西省泰和县灌溪乡为例[J]. 自然资源学报,1999,14(1):62-68.

[3] 杨青华,张志,杜军,等. 三峡库区下岸溪小流域水土流失现状评估[J]. 长江科学院院报,2009,26(4):53-56.

[4] 邱超. GIS 和遥感技术在水土流失定量监测中的应用[J]. 人民长江,2009,40(9):35-36.

[5] 李晓琴,田垄,余珍风. 黄河流域水土流失遥感监测[J]. 国土资源遥感,2009,82(4):57-61.

[6] 贺奋琴,何政伟,尹建忠,等. 基于遥感和 GIS 的水土流失因子信息提取与分级定标研究:以攀枝花市为例[J]. 测绘科学,2006,31(4):126-127.

[7] 吴开亚. 巢湖流域环境经济系统分析[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2008.

[8] 陈斌. 巢湖流域水土流失现状、成因和综合治理对策[J]. 华东森林经理,2000,14(4):1-3.

[9] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses from cropland in east of the Rocky Mountains[M]. Washington D C:US Department of Agriculture,1965:282-291.

[10] 姚妤,张沛,严力蛟,等. 基于 RUSLE 和景观安全格局的土壤侵蚀风险格局研究:以甘肃省甘南藏族自治州迭部县为例[J]. 水土保持通报,2011,31(3):161-167.

[11] 江青龙,谢永生,张应龙,等. 京津水源区小流域土壤侵蚀及其空间分异[J]. 水土保持通报,2011,31(1):249-255.

[12] Willams J R, Nicks A D, Arnold J G. Simulator for water resources in rural basins[J]. Journal of Hygraulic Engineering, 1985,111(6):970-986.

[13] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning[M]. Washington D C: US Department of Agriculture, 1978:537-542.

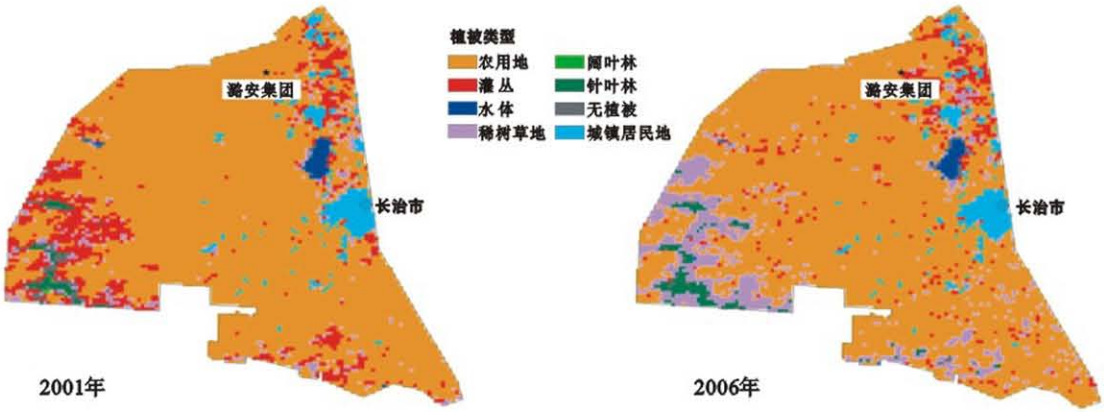
[14] Liu B Y, Nearing M A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes[J]. Transactions of the ASAE, 1994,37(6):1835-1840.

[15] McCool D K, George G E, Freckleton M, et al. Topographic effect of erosion from cropland in the Northwestern Wheat Region[J]. Transactions of ASAE, 1993:771-775.

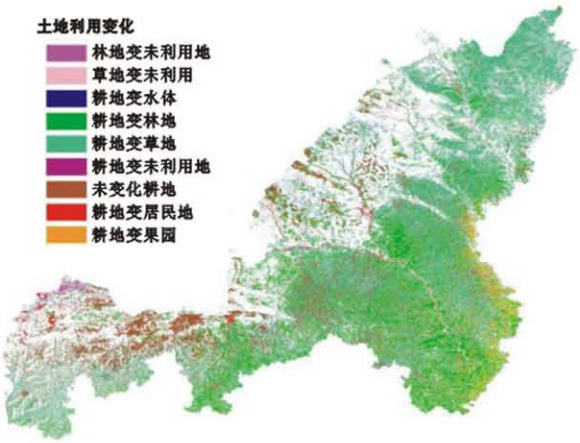
[16] 江忠善,郑粉莉. 坡面水蚀预报模型研究[J]. 水土保持学报,2004,18(1):66-69.

[17] 钟霞,薛重生. 基于栅格模块地形因子提取及其水土流失评价中的应用:以湖北省房县水土流失评价为例[J]. 水土保持研究,2004,11(1):92-94.

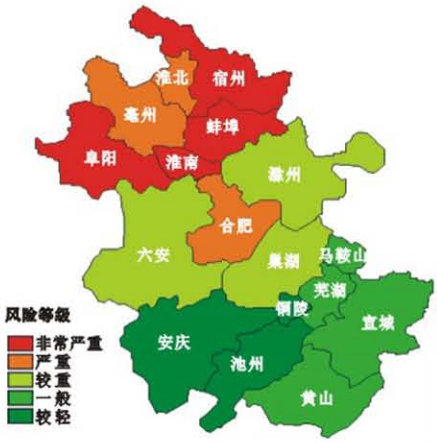
[18] 中华人民共和国水利部. GB/SL190-96 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京:中国水利水电出版社,1996.



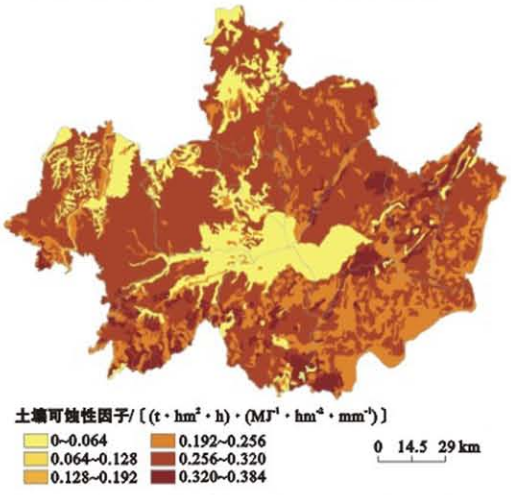
附图6　2001，2006年山西省潞安矿区植被类型空间格局



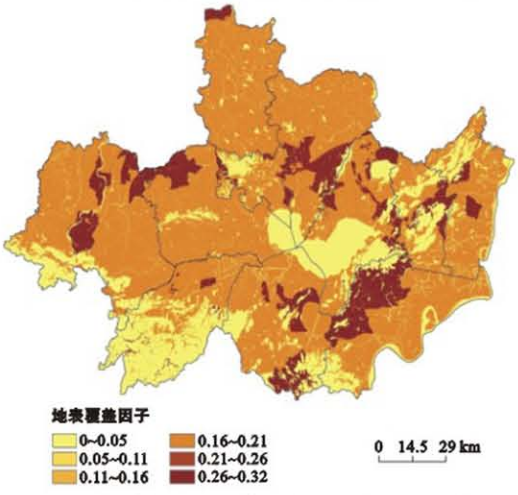
附图7　榆林市1997—2010年土地利用变化



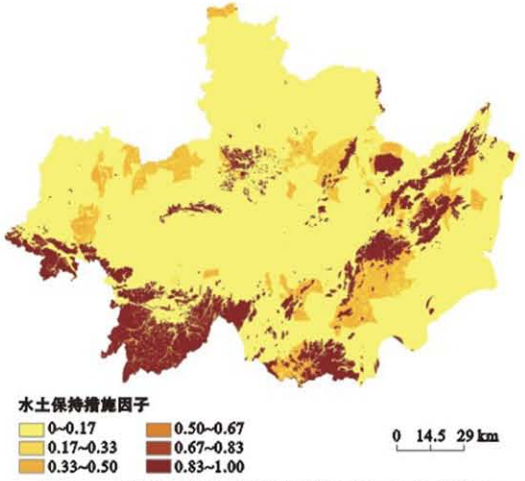
附图8　安徽省水灾灾损率风险区划



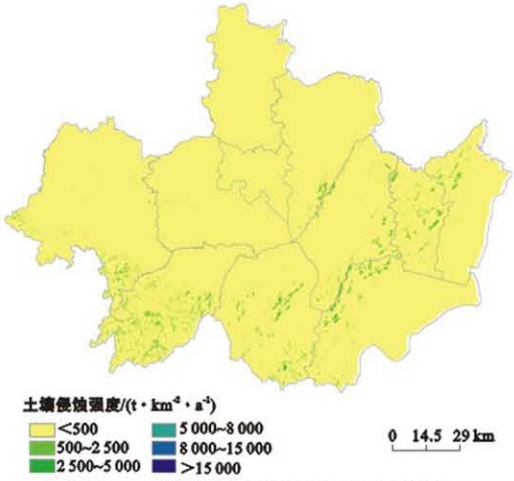
附图9　巢湖流域土壤可蚀性因子*K*值空间分布



附图10　巢湖流域地表覆盖因子*C*值空间分布



附图11　巢湖流域水土保持措施因子*P*值空间分布



附图12　巢湖流域土壤侵蚀强度空间分布