

基于 ArcObjects 的土壤侵蚀模型的设计与实现

陈旭东, 程先富, 鲍伟佳, 李 建

(安徽师范大学 国土资源与旅游学院, 安徽 芜湖 241003)

摘 要: 土壤侵蚀不仅严重地破坏了以土地资源为主的自然资源, 还会造成严重的生态环境问题, 对可持续发展构成极大威胁。采用 Visual Basic 6.0 语言和 ArcObjects 组件库, 以 COM 组件的思想和关键技术为基础, 构建土壤侵蚀模型(RUSLE), 并以岳西县为试验区域, 进行了土壤侵蚀的分布预测。结果表明: 所构建的模型具有较强的实用性, 使用该模型可以快速有效地对不同试验区域进行土壤侵蚀分布预测, 为政府部门进行水土保持规划提供科学依据和决策支持。

关键词: 土壤侵蚀; ArcObjects; 模型设计; 岳西县

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0026-05

Design and Operation of the Soil Erosion Model Based on ArcObjects

CHEN Xu-dong, CHENG Xian-fu, BAO Wei-jia, LI Jian

(College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241003, China)

Abstract: Soil erosion not only seriously destroys the land-based natural resources, but also causes serious ecological and environmental problems. A great threat to sustainable development was caused by soil erosion. In this paper we will adopt the Visual Basic 6.0 language and ArcObjects component library to construct the Universal Soil Loss Equation(RUSLE) based on the thoughts and the key technology of the COM components, and take the Yuexi county as a study area, predict the distribution of soil erosion. The results show that the model has strong practicability. This model can be used to predict the distribution of soil erosion effectively in different study areas. A scientific basis and decision support for soil and water conservation planning could be provided to the department of government.

Key words: soil erosion; ArcObjects; model design; Yuexi county

土壤侵蚀是指土壤及其母质在水力、风力、冻融、重力等外力作用下, 被破坏、剥蚀、搬运和沉积的过程^[1]。目前, 土壤侵蚀严重地影响全球生态环境和自然资源。土壤侵蚀不仅破坏土地资源, 引起土地生产力下降, 而且造成沟渠塘库的淤积, 加剧洪涝、干旱等灾害的发生, 严重威胁着人类的生存和发展, 成为各国关注的热点问题之一。在我国, 水土流失面积占国土面积的 38.26%, 其中水力侵蚀占 48.77%, 风力侵蚀占 51.22%。土壤侵蚀总量每年约 50 亿 t, 占全球的 1/10 左右^[2]。

前人的研究主要集中在侵蚀量和其影响因子的关系上, 根据我国土壤侵蚀的特点, 通过研究侵蚀量与其影响因子之间的定量关系, 对美国通用土壤侵蚀

方程进行修正, 建立许多区域性土壤侵蚀经验方程, 如江忠善等关于降雨特性与侵蚀量之间的关系的研究^[3], 刘宝元对坡度坡长因子的研究^[4]。随着 3S 技术的发展, 遥感与地理信息系统技术被应用于通用土壤流失方程中进行因子的修订和计算, 使得土壤流失方程在应用中有了很大的提高。如许月卿等使用 RUSLE 模型估算了贵州省猫跳河流域的土壤侵蚀量^[5], 李若东等运用 RUSLE 模型进行了西宁市土壤侵蚀预测^[6], 余芬等运用该模型进行了安徽省石台县土壤侵蚀量估算和土壤侵蚀强度分级^[7], 取得了较好的效果。针对如何通过计算机编程建立土壤侵蚀模型, 进而更快更有效地进行土壤侵蚀的预测, 是目前大家关心的一个重要问题。

收稿日期: 2010-06-23

资助项目: 安徽省自然地理学重点学科(AH021); 安徽省自然科学基金项目(090415212)

作者简介: 陈旭东(1985-), 男, 安徽巢湖人, 硕士, 主要从事模型设计与 GIS 应用的研究工作。E-mail: chenxudong1234@126.com

通信作者: 程先富(1967-), 男, 安徽合肥人, 教授, 博士, 主要从事农业资源管理与信息技术的教学与研究。E-mail: xianfucheng@sina.com

本文在学习前人研究和实践成果的基础上, 采用 Visual Basic 6.0 语言, 使用 ArcObjects 组件库, 以 COM 组件的思想和关键技术, 构建了土壤侵蚀模型, 并以岳西县为试验区域, 进行了土壤侵蚀的分布预测。表明该模型具有较强的实用性, 使用该模型可以快速有效地对不同研究区域进行土壤侵蚀分布预测, 为政府部门进行水土保持规划提供科学依据和决策支持。

1 试验区域与数据准备

1.1 试验区概况

岳西县位于安徽省西南部的大别山区, 县境界于北纬 $30^{\circ} 29' - 31^{\circ} 11'$, 东经 $115^{\circ} 50' - 116^{\circ} 33'$ 之间。北与霍山县接壤, 南与太湖县相连, 东同潜山县毗邻, 东北靠舒城县, 西部则同湖北省英山县交界, 全境南北长约 82 km, 东西宽约 41 km, 总面积达到 2 398 km²。岳西县属北亚热带季风气候区, 气候温和, 光照充足, 雨量充沛, 多年平均降雨量 1 494.9 mm, 地跨长江、淮河两大流域, 是长江、淮河的源头县之一, 水资源、水力资源比较丰富。县内森林覆盖率达 73%, 生物资源极为丰富, 植被以马尾松、栎类为主。土壤类型则主要为水稻土、山地黄棕壤、山地棕壤等^[8]。

1.2 数据来源

需要使用的数据包括: 岳西县行政区划图、土地利用现状图、1: 25 万数字高程模型(DEM)、土壤类型图、土壤侵蚀图、2002 年 ETM+ 遥感影像数据、1970-2002 年的降雨资料。其中, 土壤类型图和土壤侵蚀图均取自全国第二次土壤普查的成果图; 土地利用现状图是利用 ERDAS 软件对 2002 年 ETM+ 遥感影像数据进行监督分类解译而得; 降雨数据来源于安徽省气象局。

2 基于 ArcObjects 的土壤侵蚀模型的设计与实现

2.1 模型设计的思路

进行土壤侵蚀预测使用的模型将是土壤流失方程(RUSLE), 通过对试验区域的各种已有的空间数据进行处理、计算, 获得进行土壤侵蚀模型运算所需的各种因子数据的分布图, 如降雨侵蚀力因子、土壤可侵蚀因子、坡度坡向因子等数据的分布图。最后, 再进行土壤侵蚀模型的计算, 得到土壤侵蚀分级图。其具体的设计流程如图 1 所示。

2.2 模型开发的方法

ArcObjects 是一个集成的面向对象的地理数据

模型的 COM 组件库, 以完整有序的对象组件集合形式发布, 它提供的组件具有 ArcGIS 中的全部功能, 是开发 GIS 应用程序的基础^[9]。

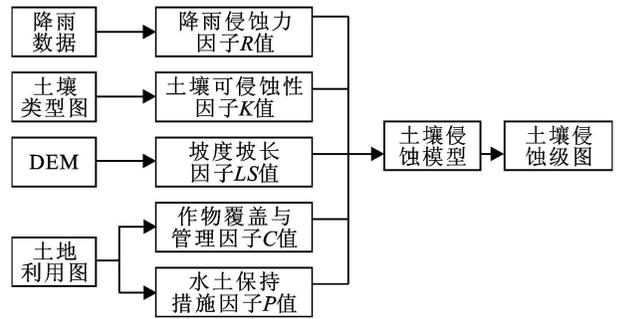


图1 土壤侵蚀模型设计流程图

使用 Visual Basic 6.0 和 ArcObjects 进行土壤侵蚀模型的开发, 通过实现 ArcObjects 提供的 ICommand 接口来创建定制的按钮 (COM command), 在 VB6.0 开发平台上, 通过实现 ArcObjects 提供的 ICommand 接口来创建定制的按钮 (COM command), 编译生成相应的 DLL 文件, 在 ArcMap 中选择 Tools 菜单下的 Customize 条目, 点击 Add from file 按钮, 即可调用已生成的 DLL 文件, 将 Commands 下的按钮拖拽到 ArcMap 的工具栏上, 点击相应按钮, 即可进行模型的运算。

2.3 土壤侵蚀模型

目前预测土壤侵蚀量较为广泛使用的模型为土壤流失方程 (RUSLE), 该模型的表达式如下:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

式中: A ——年土壤流失量; R ——降雨和径流因子; K ——土壤可蚀性因子; LS ——坡度坡长因子; C ——作物覆盖与管理因子; P ——水土保持因子。

2.3.1 降雨侵蚀力因子 R 值 降雨侵蚀力因子 (R) 是评价降雨引起土壤分离和搬运的动力指标, 反映了降雨对土壤侵蚀的潜在能力。近年来, 国内许多学者通过对各地区资料的统计分析, 提出了不同地区 R 值的估算公式。本文将采用吴素业针对安徽省大别山区提出的降雨侵蚀力 R 值的简便式^[10]:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 0.0125 P_i^{1.6295} \quad (2)$$

式中: P_i ——月降雨量 (mm); R ——年侵蚀力 ($J \cdot cm/hm^2$)。

作者使用 Visual Basic 6.0 和 ArcObjects 进行降雨侵蚀力因子模型的开发, 该模型的功能包括使用岳西县周边临近的 10 个气象站 (阜阳、寿县、霍山、安庆、六安、合肥、巢湖、桐城、黄山、屯溪) 的各月降雨量值, 进行降雨侵蚀力的计算, 得到 10 个站点的降雨侵蚀力值, 再使用反距离加权 (IDW) 插值生成岳西县的

降雨侵蚀力 R 值的分布图。打开 ArcMap 的 VBA 编辑器, 进行降雨侵蚀力模型建模的具体代码编写, 其主要部分如下:

```
Dim pInterpolationOp As IInterpolationOp
Set pInterpolationOp= New RasterInterpolationOp
Dim pOutputDataset As IGeoDataset
Set pOutputDataset = pInterpolationOp. IDW (pInputDataset, 3, pRadius)
```

通过调用 IInterpolationOp 接口的 IDW 方法实现插值, 在 ArcMap 中调用生成的 DLL 文件, 即可生成相应的降雨侵蚀力因子的空间分布图, 如图 2 所示。

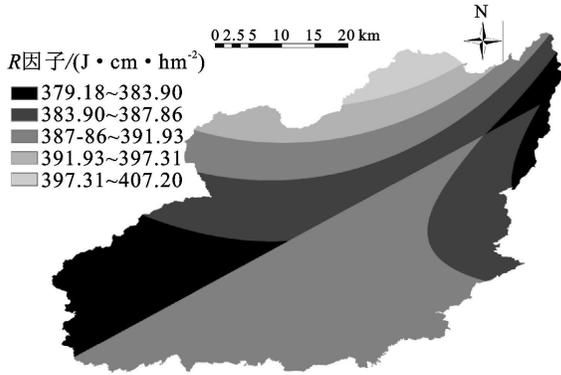


图 2 降雨侵蚀力因子 R 值分布图

2.3.2 土壤可侵蚀性因子 K 值 土壤可侵蚀性因子 K 值是一个由试验确定的定量数值, 对于具体土壤, 它等于‘单元’小区上每单位侵蚀指标的土壤流失量。 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。本文采用 Williams 等在 EPIC 模型中发展的 K 值估算方法^[11], 利用土壤有机质和颗粒组成因子进行估算, 其模型计算式如式(3)。

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256S_d(1 - S_i/100)]\} \times [S_i/(C_l + S_i)]^{0.3} \times \{1.0 - 0.25C/C + \exp(3.72 - 2.95C)\} \times \{1.0 - 0.7S_n/[S_n + \exp(-5.51 + 22.9S_n)]\} \quad (3)$$

式中: $S_n = 1 - S_d/100$; S_d ——砂粒含量(%); S_i ——粉粒含量(%); C_l ——黏粒含量(%); C ——有机质含量(%), K ——土壤可侵蚀性因子($t/MJ \cdot mm$)。

同样使用 VB 6.0 和 ArcObjects 进行土壤可侵蚀性因子 K 值计算模型的开发, 该模型的主要功能是计算出岳西县不同土壤类型的土壤 K 值, 并且将岳西县土壤图按照 K 值字段转换成相应的栅格数据, 即可生成岳西县土壤可侵蚀性因子的分布图, 其主要代码如下:

```
Dim pConOp As IConversionOp
```

```
Set pConOp = New RasterConversionOp
Dim pOutRaster As IRasterDataset
Set pOutRaster = New RasterDataset
Set pOutRaster = pConOp. ToRasterDataset (pFClassDesc, "GRID", pWS, sFileName)
```

通过调用 IConversionOp 接口的 ToRasterDataset 方法实现插值, 同样在 ArcMap 中调用生成的 DLL 文件, 生成岳西县的土壤可侵蚀性因子 K 值的空间分布图, 如图 3 所示。

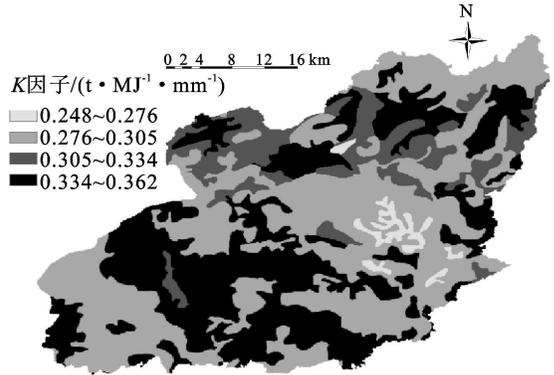


图 3 土壤可侵蚀性因子 K 值分布图

2.3.3 地形因子 LS 值 坡度坡向因子 LS 反映地形地貌特征对土壤侵蚀的影响, 本文将采用地形起伏度代替 LS , 地形起伏度是指在地面一定距离范围内, 最高海拔与最低海拔之差。接着进行坡度坡长因子的计算模型的开发, 由岳西县数字高程模型生成岳西县地形起伏度图, 其主要部分的代码如下:

(1) 进行邻域分析, 分别获得最大值和最小值的栅格数据集。

```
Dim pNeighborhoodOp As INeighborhoodOp
Set pNeighborhoodOp= New RasterNeighborhoodOp
Dim pGeoDataset As IGeodataset
Dim pNbr As IRasterNeighborhood
Set pNbr= New RasterNeighborhood
pNbr.SetRectangle 3, 3, esriUnitsCells
Set pGeoDataset= pNeighborhoodOp. FocalStatistics (pInGDS, esriGeoAnalysisStatsMaximum, pNbr, True)
```

(2) 进行栅格计算, 获得新的栅格数据集。

```
Dim pGeodataset As IGeodataset
Dim pMathOp As IMathOp
Set pMathOp= New RasterMathOps
Set pGeodataset = pMathOp. Minus (pInputDataset1, pInputDataset2)
```

调用相应的 DLL 文件, 即可生成岳西县的坡度坡长 LS 因子的空间分布图, 如图 4 所示。

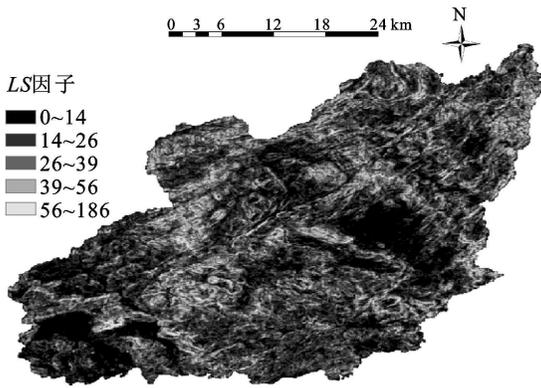


图 4 地形起伏度分布图

2.3.4 作物覆盖与管理因子 C 值 作物覆盖与管理因子 C 是在相同的土壤、坡度和相同的降雨条件下, 某一特定作物和植被情况时的土壤流失量与耕种过后连续休闲地的土壤流失量的比值, 其值小于或等于 1。根据岳西县土地利用及农田经营情况的实际调查并结合已有研究结果确定研究区 C 值(表 1), 没

表 1 岳西县不同土地利用类型 C 因子值

土地利用类型	水田	旱地	林地	疏林地	草地	水域	居民用地	裸岩
C 因子值	0.18	0.31	0.006	0.017	0.06	0.0	0.2	0.0

2.3.5 水土保持措施因子 P 值 水土保持措施因子 P 是采取水保措施后, 土壤流失量与顺坡种植时的土壤流失量的比值。 P 因子作为侵蚀动力的抑制因子, 反映了管理措施对土壤流失量的影响, 其值均变化于 0~ 1 之间。根据岳西县土地利用及农田经营情况实际调查并结合已有研究结果确定研究区 P 值, 对水土保持措施因子 P 赋值(表 2)。同样采用

表 2 岳西县不同土地利用类型 P 因子值

土地利用类型	水田	旱地	林地	疏林地	草地	水域	居民用地	裸岩
P 因子值	0.15	0.35	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00

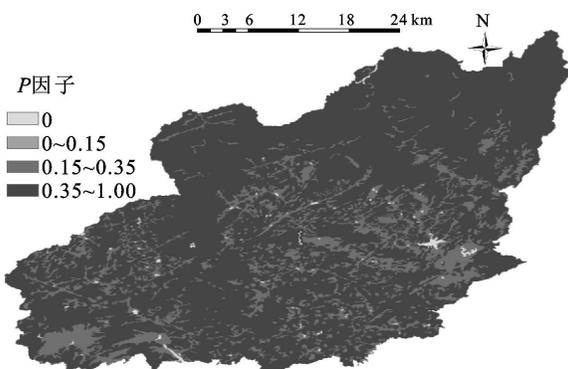


图 6 水土保持措施因子分布图

最后是进行土壤侵蚀模型的开发工作, 打开 ArcMap 的 VBA 编辑器, 进行土壤侵蚀模型的主要代码编写, 其实现步骤如下:

(1) 通过调用 IRasterLayer 等接口, 获得各个因子图层的数据集。

有土壤侵蚀的地区 C 值为 0, 最易受到侵蚀的区域 C 值为 1。调用 ArcObjects 类库的 IMathOp 接口进行栅格计算, 该模型的实现与坡度坡长因子计算模型的实现相似, 故不在此进行详述, 最后生成栅格大小为 32 m × 32 m 的作物覆盖与管理因子图层, 如图 5 所示。

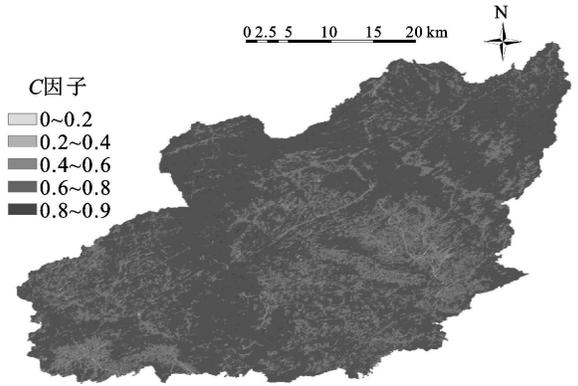


图 5 作物覆盖与管理因子分布图

Visual Basic 6.0 和 ArcObjects 进行水土保持措施因子的计算模型的开发, 该模型的主要功能是将 P 因子值赋给相应的土地利用类型, 使用 ArcObjects 类库的 IConversionOp 接口将岳西县土地利用图按照 P 值属性字段转换成栅格数据, 该模型的实现与土壤可侵蚀因子 K 值计算模型的实现相似, 最后得到试验区 P 因子分布图, 如图 6 所示。

```
Dim pRaster As IRaster
Dim pGeo As IGeoDataset
Set pRaster = pRasterlyr.Raster
Set pGeo = pRaster
```

(2) 调用 IMathOp 接口, 实现栅格数据的数学运算功能, 获得一个新的数据集。

```
Dim pMathOp As IMathOp
Set pMathOp = New RasterMathOps
Set pGeo = pMathOp.Times(pInputDataset1, pInputDataset2)
```

(3) 根据栅格计算得到的数据集创建新的栅格图层, 即为岳西县土壤侵蚀预测图, 如附图 1 所示。

```
Dim pRasterlyr As IRasterLayer
Dim pRaster As IRaster
Set pRasterlyr = New RasterLayer
Set pRaster = pGeo
```

pRasterlyr. CreateFromRaster pRaster

pMap. AddLayer pRasterlyr

2.4 土壤侵蚀模型的检验

将通过模型运算得到的土壤侵蚀预测值与 2000 年岳西县土壤侵蚀数据进行相关分析, 结果表明: 两者具有显著的正相关关系, 相关系数 $R=0.913$, 说明使用 ArcObjects 构建的土壤侵蚀模型具有较强的实用性, 模型计算具有较好的效果。

3 结语

本文以岳西县作为试验区域, 以 COM 组件的构架思想, 使用 Visual Basic 6.0 语言和 ArcObjects 组件库, 构建了土壤侵蚀模型(RUSLE), 并以岳西县为试验区对模型进行了检验和应用, 取得了良好的效果。这一模型的构建是将传统的一系列的土壤侵蚀操作过程封装整合为一体, 使用该模型能够快速有效地得到研究区域的土壤侵蚀现状, 以便为政府机构制定相应的土壤侵蚀防治措施提供理论依据, 使其在国民经济建设和农业发展中发挥重要作用。

参考文献:

[1] 史德明. 如何正确理解有关水土保持术语的讨论[J]. 土

壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(4): 89-91.

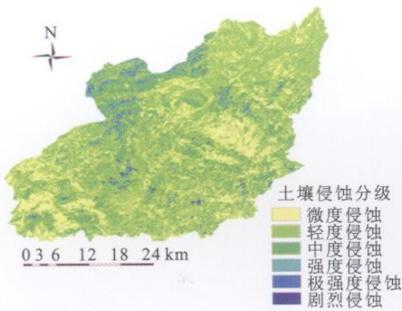
- [2] 张佳华, 姚凤梅. 江西兴国县土壤侵蚀动态的研究[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(1): 53-56.
- [3] 江忠善. 地形因素与坡地水土流失关系的研究[J]. 中国科学院水利部西北水土保持所集刊, 1990(12): 1-3.
- [4] 刘宝元, 谢云, 张科利. 土壤侵蚀预报模型[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
- [5] 许月卿, 邵晓梅. 基于 GIS 和 RUSLE 的土壤侵蚀量计算: 以贵州省猫跳河流域为例[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(4): 67-71.
- [6] 李若东, 刘得俊, 冯正玲, 等. 基于 GIS 下的西宁市土壤侵蚀预测[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 1-3.
- [7] 余芬. 石台县土壤侵蚀空间分布格局及其与环境因子的关系研究[D]. 安徽 芜湖: 安徽师范大学, 2010.
- [8] 李德成, 徐彬彬, 石晓日. 利用马氏过程模拟和预测土壤侵蚀的动态演变[J]. 环境遥感, 1995, 10(2): 89-96.
- [9] 向南平, 周翠竹. 基于 ArcObjects 的树木景观建模[J]. 西部探矿工程, 2005(12): 303-304.
- [10] 吴素业. 安徽大别山区降雨侵蚀力简化算法与时空分布规律研究[J]. 中国水土保持, 1994(4): 12-13.
- [11] Williams J R, Renard K G, Dyke P T. EPIC-A new method for assessing erosion's effect on soil productivity[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1983, 38: 381-383.

(上接第 25 页)

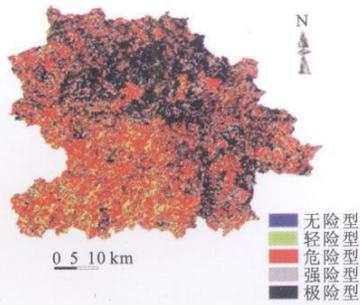
- [23] Wiseman P E, John R S. Soil CO₂ efflux across four age classes of plantation loblolly pine (*Pinustaeda L.*) on the Virginia Piedmont[J]. Forest Ecology and Management, 2004, 192: 297-311.
- [24] Amy Concilio, Chen Jiquan, Ma Siyan, et al. Precipitation drives interannual variation in summer soil respiration in a Mediterranean climate, mixed conifer forest[J]. Climatic Change, 2009, 92: 109-122.
- [25] 胡婵娟, 刘国华, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵沟壑区典型人工林土壤 CO₂ 释放规律及其影响因子[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4700-4708.
- [26] 郑纪勇, 邵明安, 张兴昌. 黄土区坡面表层土壤容重和饱和导水率空间变异特征[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 53-56.
- [27] 张春敏, 王根绪, 龙训建, 等. 高寒草甸典型植被退化小流域土壤容重空间变异特征[J]. 河南农业科学, 2007(6): 90-95.
- [28] 鄢来斌, 张福锁. 土壤科学面临的挑战及发展方向: 土壤与植物营养研究新动态[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 2000: 10-12.
- [29] 姚荣江, 杨劲松, 刘广明. 黄河三角洲地区土壤容重空间变异性分析[J]. 灌溉排水学报, 2006, 25(4): 11-15.
- [30] Roll Sommer, Horst Folster, Konrad Vielhauer, et al.

Deep soil water dynamics and depletion by secondary vegetation in the Eastern Amazon[J]. Soil Science Society of America Journal, 2003, 67(6): 1672-1689.

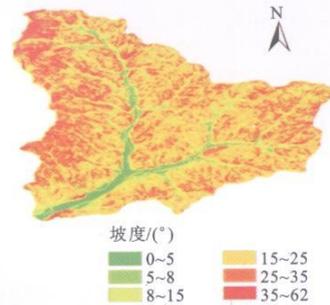
- [31] Kizito K, Dragila M, Sene M, et al. Seasonal soil water aeration and root patterns between two semi-arid shrubs co-existing with Pearl millet in Senegal[J]. West Africa Journal of Arid Environment, 2006, 67: 436-455.
- [32] Bellot J, Sanchez J R, Chirino N, et al. Effect of different vegetation type cover on the soil water balance in semi-arid area of south eastern Spain[J]. Phs. Chem Earth (b), 1999, 24(4): 353-357.
- [33] 新疆维吾尔自治区农业厅, 土壤普查办公室. 新疆土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 506-507.
- [34] 郑永娟, 王国强. 怪柳的繁殖与管理[J]. 中国林副特产, 2008(1): 57-58.
- [35] 吴平, 赵健, 王文丽, 等. 额济纳旗天然胡杨林生物学、生态学抗旱机理与繁殖机理研究[J]. 内蒙古林业调查设计, 2003, 16(4): 1-5.
- [36] 陈焕武, 陈明彬. 陕北红枣适宜气候条件与高产优质栽培技术[J]. 陕西气象, 2007(4): 33-35.
- [37] 庄艳丽, 赵文智, 谢国勋, 等. 沙地生境沙拐枣种群特征及其扩张[J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1399-1407.
- [38] 宿凤杰, 戴永平. 沙枣生物学特性及栽培技术[J]. 中国林副特产, 2004(2): 19.



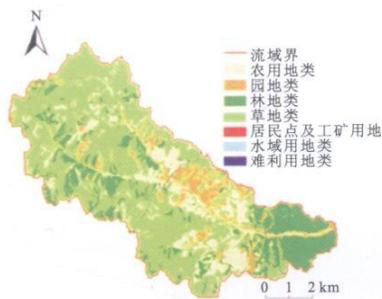
附图1 土壤侵蚀分级



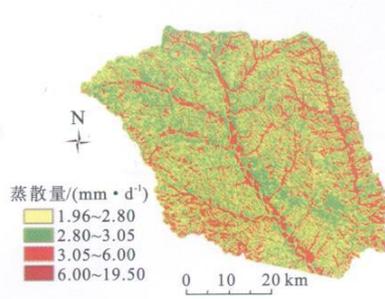
附图2 安溪县土壤侵蚀潜在危险度分布图



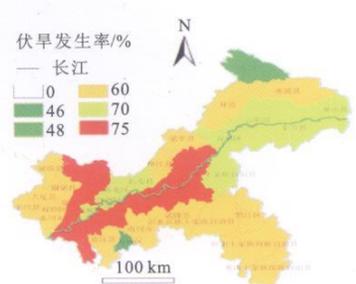
附图3 小流域坡度图



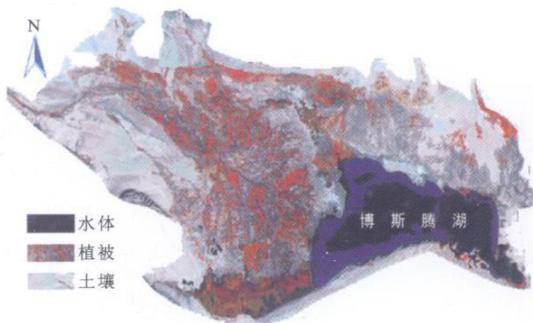
附图4 马家沟流域2008年土地利用及上中下游划分



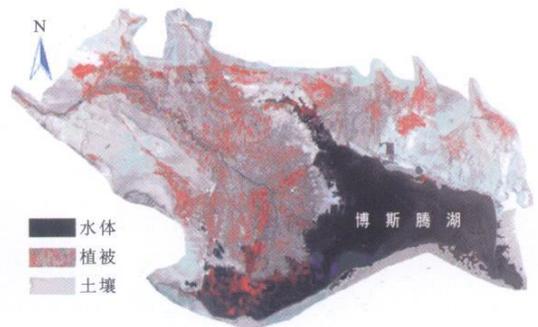
附图5 2003年9月2日皇甫川流域日蒸散量估算值



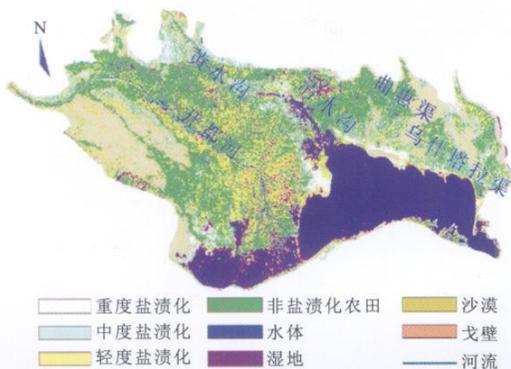
附图6 重庆市高温伏旱频率分布图



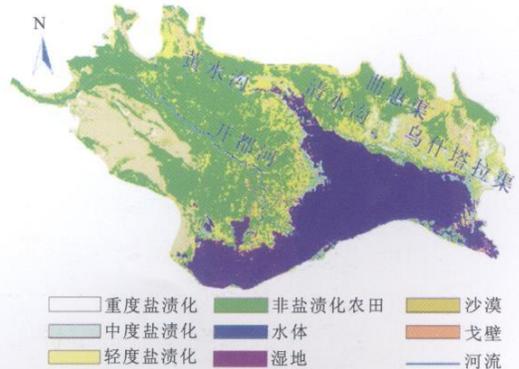
附图7 1990年TM影像假彩色合成图



附图8 2008年CBERS影像假彩色合成图



附图9 1990年TM合成影像分类图



附图10 2008年CBERS合成影像分类图