

陕北榆神矿区景观变化及其驱动力分析

钱者东^{1,2}, 蒋明康², 刘鲁君², 秦卫华²

(1. 南京师范大学 地理科学学院, 南京 210046; 2. 环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042)

摘 要:应用 ERDAS 软件结合实地调查对榆神矿区 2000 年和 2008 年 2 期 TM 影像进行监督分类, 通过 Fragstats 提取景观指数分析矿区景观格局的动态变化, 并对其驱动力进行研究。结果表明: 沙地为榆神矿区的景观基底, 2008 年达研究区总面积的 46.81%。2000—2008 年流动沙地、半移动沙地面积减小, 主要演变为灌丛; 建设用地面积增长速度最快, 斑块数增加, 景观多样性指数和均匀度指数增加; 气候变化等自然因素和退牧还草、煤炭开采等人为因素是当地景观变化的主要驱动力。

关键词:榆神矿区; 景观格局; 驱动力

中图分类号: P931.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)02-0090-04

Variation of Landscape of Yushen Mining Area and Its Driving Forces

QIAN Zhe-dong^{1,2}, JIANG Ming-kang², LIU Lu-jun², QIN Wei-hua²

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;

2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China)

Abstract: With the field survey and the aid of ERDAS software, the images(TM) of Yushen mining area in 2000 and 2008 were interpreted. Landscape Index was extracted by Fragstats software, the dynamic changes of landscape and its driving forces were studied. The results show that sandy land is the background landscape of Yushen mining area, accounting for 46.81% of the study area in 2008. During the 8 years (2000—2008), part of mobile and semi-mobile sandy land turned into bush; the area of construction land went the fastest; the number of patches, landscape diversity index and evenness index increased. Natural factors like climate change coupled with artificial ones, like grazing ban and the coal mining were the main driving factors.

Key words: Yushen mining area; landscape; driving force

景观的形成与发展是自然基础发育和人类利用、改造自然环境的共同过程。景观格局及其变化是自然与人为因素相互作用所产生的一定区域内土地质量的综合表现。研究景观格局变化, 掌握其潜在驱动规律, 是识别各种生态问题、保证资源可持续利用的基础。近年来, 关于采矿扰动造成矿区景观格局变化的探讨较多^[1-3], 而对榆神矿区景观格局变化的研究还处于初始阶段。榆神矿区是 2004 年国家规划的 13 个大型煤炭基地之一陕北基地的核心建设区, 该矿区 21 世纪以来开始进行大规模开发, 目前尚处于初期阶段。本文采用 RS 技术对榆神矿区景观格局进行信息提取, 结合 Fragstats 3.3 软件分析 8 a 来的矿区景观格局变化情况, 并阐述了矿区景观变化的驱动因素。

1 研究区域概况

榆神矿区位于我国陕西省北部榆林市东北和神木县西南, 紧接神东矿区, 是陕北侏罗纪煤田的最优地段。矿区地理坐标为东经 109°48′—110°19′, 北纬 38°28′—38°53′, 南北宽约 23~42 km, 东西长约 43~68 km, 面积为 2 625 km², 规划地质储量 301.7 亿 t。目前矿区内已有锦界、榆树湾、凉水井等特大型煤矿投产运行。

矿区位于毛乌素沙漠东南缘, 地表大部分区域被第四系风积半固定和固定沙地所覆盖, 以风蚀风积沙漠丘陵地貌为主。本区为典型的中温带半干旱大陆性气候。冬季寒冷, 春季风沙频繁, 夏季炎热, 秋季凉爽;

年平均降雨量 434.1 mm、蒸发量 1 712.0 mm。植被主要以黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、沙柳(*Salix psammophila*)、牛心朴子(*Cynanchum komarovii*)、蒙古葱(*Alium mongolicum*)等为优势种,人工植被主要分为栽培作物和小片人工林。矿区内分布有神木臭柏自然保护区,面积为 7 902 hm²,主要保护对象为天然臭柏林及其生境。

2 研究方法

2.1 数据源与处理平台

采用榆神矿区大规模开采前的 2000 年与矿区 2008 年 8 月的 TM 遥感影像(矿区范围内无云层覆盖),影像空间分辨率为 30 m,合成方案为 3(兰)、4(红)、5(绿)假彩色合成,结合 1:50 000 地形图进行配准,采用 Erdas Imagine 9.2 软件进行几何校正、增强处理,然后对遥感影像进行监督分类,获取 2 个时段的土地利用类型图。处理平台为 ESRI Arcview 3.2 软件,及美国俄勒冈州立大学森林科学系开发的景观指标计算软件 Fragstats 3.3。同时,通过 GPS 定位,对项目区范围进行了现场植被调查,调查内容包括物种组成、植被盖度,用于解译标志建立及解译结果验证。

2.2 信息提取与景观处理

景观在自然发育过程中常常受到人类活动的深刻影响。因此,在比较大的空间尺度上,地貌和气候对景观过程起主导作用,而在中小尺度上植被、土壤及人类活动等的分异作用更为明显^[4]。考虑到景观的综合性以景观的生态学意义,以地貌和基质为基本线索,以植被为标志,根据全国《土地利用现状调查技术规程》^[5]和研究区的实际特点将研究区景观划分为 7 种类型:流动沙地、半移动沙地、灌丛、农田、人工林、水域(包括河流及海子)、建设用地(包括城乡居民点、工业用地及交通用地)。

应用 Fragstats 3.3 软件,对选取的景观结构指标进行计算。同时,基于 Arcview 3.2 平台,利用 Spatial Analysis 模块下的 Tabulate 功能,分别对 2000 年和 2008 年的景观类型栅格图进行空间叠加运算,得到景观类型的转移矩阵,借此反映景观类型在不同时段之间的动态变化。

2.3 景观指数选取

对景观空间格局特征的分析及量度是景观空间格局结构研究的依据和深化方向^[6]。景观指数是能够高度浓缩景观格局信息的重要指标,合适的景观指数对于景观格局分析的合理性有重要影响^[7-8]。参照国内学者的研究成果,选取以下指标建立相应的景观格局度量指标体系(表 1)^[9-12]。

表 1 景观格局特征指标及其生态涵义

| 名称 | 计算公式 | 生态涵义 |
|-------------------------|---|---|
| 斑块数量(NP) | — | 反映景观的空间格局,经常被用来描述整个景观的异质性,其值的大小与景观的破碎度也有很好的正相关性 |
| 斑块类型面积(A _i) | — | 其值的大小制约着以此类型拼块作为聚居地的物种的丰度、数量、食物链等;不同类型面积的大小能够反映出其间物种、能量和养分等信息流的差异 |
| 景观面积(TA) | $TA = \sum_{i=1}^m A_i$ | 决定了景观的范围以及研究和分析的最大尺度,也是计算其它指标的基础 |
| 景观丰度(PR) | $PR = m$ | 反映景观组分以及空间异质性的关键指标之一,并对许多生态过程产生影响 |
| 香农多样性指数(SHDI) | $SHDI = - \sum_{i=1}^m [P_i \times \ln(P_i)]$ | 对景观中各拼块类型非均衡分布状况较为敏感,即强调稀有拼块类型对信息的贡献 |
| 香农均匀度指数(SHEI) | $SHEI = - \ln \left[\frac{\sum_{i=1}^m (P_i)^2}{\ln(m)} \right]$ | 比较不同景观或同一景观不同时期多样性变化的一个有力手段 |

注: *i*——斑块类型序号;*m*——区域中景观类型的总数,即景观丰度(PR);*P_i*——第 *i* 种景观类型在总景观中所占的面积比例。

3 结果与分析

3.1 矿区景观格局变化

2000 年和 2008 年榆神矿区景观格局见附图 12。由图 1 可见,沙地(包括流动沙地和半移动沙地)占研究区总面积的 46% 以上,构成研究区景观的基底;灌丛、农田、人工林、水域和建设用地共同构成景观斑块

和廊道。区内灌丛、流动沙地和半移动沙地 3 种景观面积占保护区总面积的 82% 以上,构成榆神矿区的主要景观格局,主导区域内生态系统的结构与功能。

分析矿区 8 a 来的各景观类型面积变化(图 1),建设用地以 11.88% 的年平均增长率增长,至 2008 年其面积所占比例为 4.81%;灌丛面积比例由 19.71% 增加到 35.4%,年平均增长率为 7.6%;水域面积和

农田面积小幅增长,至 2008 年其面积所占比例分别为 1.15%和 2.88%;人工林、流动沙地、半移动沙地所占比例下降。总体表现为沙地面积减少,植被面积增加,土地沙漠化得到控制,景观人工化程度提高。

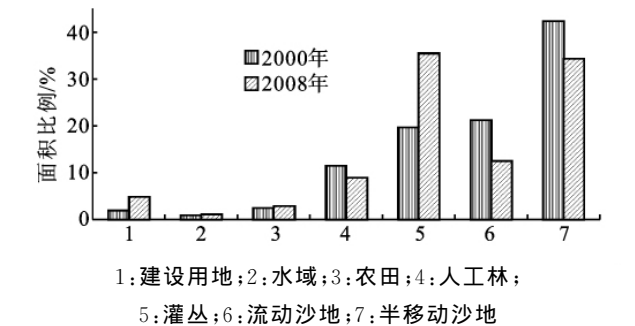


图 1 2000 年、2008 年榆神矿区各景观类型面积变化

2000 年和 2008 年矿区各景观指标值见表 2。由表 2 可知,8 a 来保护区斑块数增加,景观破碎度上升;香农多样性指数(SHDI)和均匀度指数(SHEI)上升;说明景观异质性增强、优势度增加,景观格局变得复杂。

| 表 3 2000—2008 年榆神矿区各景观类型面积转移矩阵 | | | | | | | | hm ² |
|--------------------------------|---------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------------|
| 景观类型 | 建设用地 | 水域 | 农田 | 人工林 | 灌丛 | 流动沙地 | 半移动沙地 | |
| 建设用地 | 1747.78 | 235.81 | 18.9 | 453.86 | 1951.2 | 2406.51 | 3096.18 | |
| 水域 | 12.56 | 802.14 | 27.02 | 294.48 | 952.73 | 2.86 | 268.66 | |
| 农田 | 108.19 | 137.26 | 3815.44 | 1686.16 | 108.91 | 4.32 | 73.62 | |
| 人工林 | 416.26 | 374.85 | 1061.73 | 10110.79 | 2785.41 | 446.70 | 3249.99 | |
| 灌丛 | 1033.86 | 225.10 | 31.59 | 9731.97 | 30807.90 | 4454.80 | 26633.88 | |
| 流动沙地 | 70.47 | 6.12 | 4.77 | 51.30 | 99.90 | 18687.42 | 6845.58 | |
| 半移动沙地 | 649.99 | 18.27 | 6.66 | 1308.77 | 3863.34 | 17649.82 | 47152.17 | |

注:每列数据表示 2000 年该景观类型演变为 2008 年 7 种景观类型的面积。

3.3 景观变化的驱动力分析

3.3.1 自然因素 自然因素的影响是榆神矿区生态演替和景观格局变化的重要驱动因素。有研究表明,近 50 a 是 400 a 以来中国西部年降水量最丰沛的时期^[13]。据杨永梅^[14]等对毛乌素沙地 45 a 来(1961—2005 年)气象资料的分析,毛乌素沙地总体气候变化趋于向好的方向发展,特别是以 20 世纪 70—80 年代为转折点,乌素沙地气候发生了很大的变化,气温回升较快,降水量和气温变化具有同步性,大风日数逐渐减少,蒸发量下降,这些气象要素的变化有利于沙漠化逆转;其中,东南部榆林地区的气候条件较西北部地区优越。这些气候因子的变化有利于植被的恢复和流沙的固定,对榆神矿区自然沙漠化逆转极为有利,从而导致了研究区沙地面积减小,灌丛面积增加。2009 年夏笔者对毛乌素沙地东南缘进行了实地考察,目前该地区生态条件良好,沿长城一线有高大的乔木和灌木覆盖,低矮的草木生长茂盛。

3.3.2 人为因素 毛乌素沙地沙漠化的逆转不仅得益于 20 世纪 80 年代以来气候的好转,国家致力于毛乌素沙地生态环境建设对该地区生态恢复的能效也

| 表 2 2000 和 2008 年榆神矿区景观指标变化 | | | | |
|-----------------------------|------|------|---------|---------|
| 年份 | 景观丰度 | 斑块数 | 香农多样性指数 | 香农均匀度指数 |
| 2000 | 7 | 5270 | 1.4697 | 0.7553 |
| 2008 | 7 | 5552 | 1.5036 | 0.7727 |

3.2 各景观类型时空演变

2000—2008 年各景观类型面积转移矩阵见表 3。由表 3 可见,与 2000 年相比较,2008 年矿区人工林、流动沙地、半移动沙地分别减少了 5 191.6,17 886.87,16 571.06 hm²;建设用地、水域、农田、灌丛面积分别增加了 5 871.13,560.9,967.79,32 249.71 hm²。沙地面积变化最为显著,原流动沙地有 57.2%转化为其它景观类型,其中转化最多的为半移动沙地,占原流动沙地的 40.4%;原半移动沙地有 46%转为其它景观,最主要的是转化为灌丛,占原景观类型的 30.5%。总的来说,各景观仍大部分保留了原先的类型,土地沙漠化得到一定程度的控制。

很大。20 世纪 80 年代以来,国家实施了大量生态环境建设工程,特别是 2000 年以后,西北地区实施了大规模的退耕还林还草及封山禁牧工程,如保护好现有林草植被,大力植树种草,封沙育林育草,恢复天然植被。采用植物固沙、沙障固沙、农田林网化、改造沙漠滩地和治沙造田等手段,扩大绿洲面积,改善生态环境。随着一系列工程的实施,沙漠化逆转很大。

同时,煤炭开采等人为活动造成了该地区建设用地面积的扩大。矿区建设使原有土地变为厂房、选煤场、运煤铁路、排土道路和工业广场;铁路、高速公路等交通网络体系的建设也使所经地区的植被遭到严重破坏。此外,大规模的煤炭资源开发不可避免会产生地面塌陷、地裂缝等问题而造成地面起伏、地下水位下降^[15]。煤炭开采造成的地面塌陷、地裂缝引起岩土错动拉断植物根系,植被退化、枯萎;地下水位下降可使水生和喜水草本植物退化,部分乔木萎缩,湿生植被向旱生植被演替。

总的来说,煤炭开采对当地景观的影响主要是建设用地面积的增加,以及地表沉陷造成的土地分割破碎,斑块变小,景观破碎度增加。采煤塌陷并没有明

显降低植被覆盖度,这主要是因为沙生植被依靠大气降水和凝结水维系^[16],大规模机械开采形成的地表波状塌陷及其导致的地下水位下降对原有沙生植被的影响不大。

4 结 论

榆神矿区以流动沙地和半移动沙地为基底,其他 5 种景观类型为斑块和廊道。2000—2008 年矿区流动沙地、半移动沙地分别减少了 17 886.87,16 571.06 hm²;建设用地、水域、农田、灌丛面积分别增加了 5 871.13,560.9,967.79,32 249.71 hm²。沙地面积明显减少,灌丛面积增加显著,土地沙漠化得到逆转。气温回升,降水量增加,蒸发量下降等自然因素和植树种草,封沙育林育草等人为因素是其主要驱动力。与此同时,矿区建设用地面积增长迅速,景观破碎化程度提高,矿区建设造成的土地占用,以及煤炭开采导致的地面沉陷是其主要驱动力。目前,榆神矿区尚处于开发初期,开发时间较短且没有全面展开,今后该地区煤炭资源开采对当地景观格局的影响,仍需进行长时期的观测和进一步的研究。

参考文献:

[1] 王广军,胡振琪,杜海清,等. 采矿扰动下草地荒漠化的遥感分析:以霍林河露天煤矿区为例[J]. 遥感学报, 2006,10(6):917-925.

[2] 贾俊妹,周心澄,高国雄,等. 采煤沉陷区土地利用变化及其景观异质性分析:以山西省东大煤矿为例[J]. 水土保持通报,2007,27(6):199-202.

[3] 索安宁,巨天珍,张俊华,等. 甘肃小陇山锐齿栎群落生物量动态研究[J]. 生态学杂志,2005,24(4):377-381.

[4] 赵中华,惠刚盈,袁士云,等. 小陇山锐齿栎天然林的树种多样性和结构特征[J]. 林业科学研究,2008,21(5):605-610.

[5] 张宋智,刘文桢,郭小龙,等. 秦岭西段锐齿栎群落林木个体大小分布特征及物种多样性[J]. 林业科学研究, 2010,23(1):65-70.

[6] 索安宁,巨天珍,张俊华,等. 甘肃小陇山锐齿栎群落生物多样性特征分析[J]. 西北植物学报,2004,24(10):1877-1881.

[7] Nagaike T, Hayashi A, Kubo M, et al. Changes in plant species diversity over 5 years in *Larix kaempferi* plantations and abandoned coppice forests in central Japan[J]. Forest Ecology and Management, 2006,236:278-285.

[8] 李景侠,张文辉. 巴山冷杉种群结构及空间分布格局的研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2001,29

[9] 全占军,程宏,于云江,等. 煤矿井田区地表沉陷对植被景观的影响:以山西省晋城市东大煤矿为例[J]. 植物生态学报,2006,30(3):414-420.

[10] 阎传海,宋永昌. 山东南部景观生态特征研究[J]. 地理科学,1998,18(2):183-189.

[11] 全国农业区划委员会. 土地利用现状调查技术规程[M]. 北京:测绘出版社,1984.

[12] 邱扬,张金屯,郑凤英. 景观生态学的核心:生态学系统的时空异质性[J]. 生态学杂志,2000,19(2):42-49.

[13] 邬建国. 景观生态学:概念与理论[J]. 生态学杂志,2000,19(1):42-52.

[14] 张秋玲,马金辉,赵传燕,等. 兴隆山地区景观格局变化及驱动因子[J]. 生态学报,2007,27(8):3206-3215.

[15] 王仰麟,赵一斌,韩荡. 景观生态学的空间结构、概念、指标与案例[J]. 地球科学进展,1999,14(3):235-241.

[16] 张秋玲,马金辉,赵传燕,等. 兴隆山地区景观格局变化及驱动因子[J]. 生态学报,2007,27(8):3206-3215.

[17] 陈文波,肖笃宁,李秀珍,等. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报,2002,13(1):121-125.

[18] 张明. 榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演化研究[J]. 地理研究,2000,19(1):30-36.

[19] 甘师俊. 中国气候变化国别研究[M]. 北京:清华大学出版社,2000:99-100.

[20] 杨永梅,杨改河,冯永忠. 近 45 年毛乌素沙地的气候变化及其与沙漠化的关系[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(12):87-92.

[21] 高国雄. 毛乌素沙地能源开发对植被与环境的影响[J]. 水土保持通报,2005,25(2):106-109.

[22] 徐友宁,李智佩,陈社斌,等. 大柳塔煤矿采煤塌陷对土地沙漠化进程的影响[J]. 中国地质,2008,35(1):157-162.

[23] (5):115-118.

[24] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京:高等教育出版社,1987.

[25] Ohsawa M W, Wild Pret, del Arco M. A comparative study on evergreen broad-leaved forests and trees of the Cannary Islands and Japan[J]. Chiba Laboratory of Ecology, Chiba University, 1999,3(1):67-87.

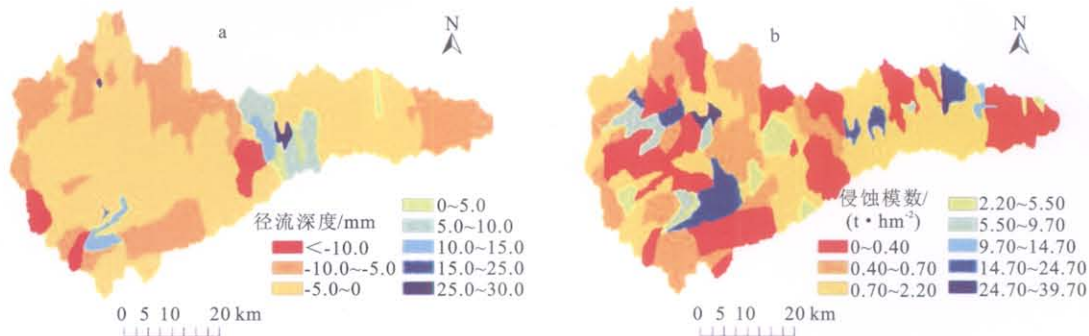
[26] 金则新. 浙江仙居俞坑森林群落特征研究[J]. 生态学杂志,2001,20(1):22-25.

[27] 霍再强,顾凯平. 基于基尼系数原理的森林资源分布非均衡性评价模型与实证研究[J]. 林业经济问题,2006,26(5):413-416.

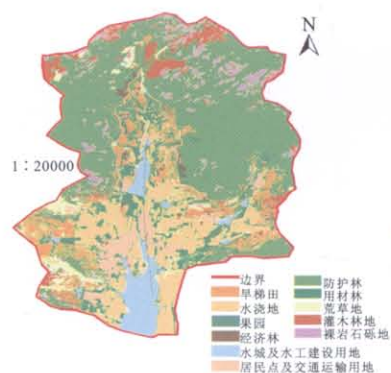
[28] 岳永杰,余新晓,牛丽丽,等. 北京雾灵山植物群落结构及物种多样性特征[J]. 北京林业大学学报,2008,30(2):165-170.

[29] 汪殿蓓,暨淑仪,陈飞鹏,等. 深圳南山区天然森林群落多样性及演替现状[J]. 生态学报,2003,23(7):1415-1422.

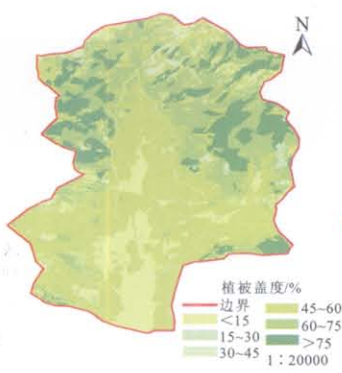
(上接第 89 页)



附图5 沔河流域水土流失空间差异评估



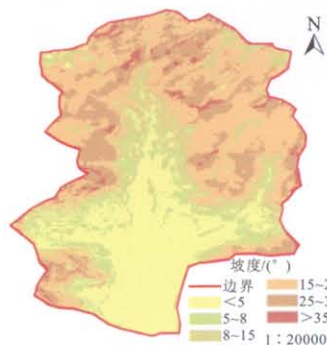
附图6 九仙山子流域土地利用图



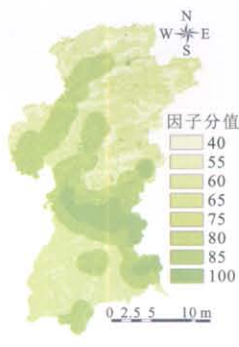
附图7 九仙山子流域植被盖度图



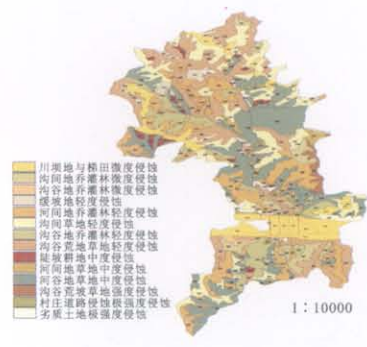
附图8 九仙山子流域DEM图



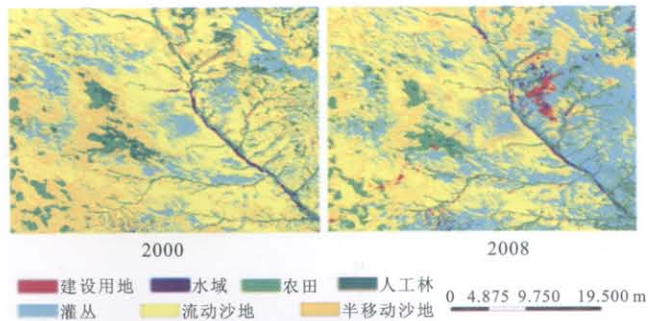
附图9 九仙山子流域坡度图



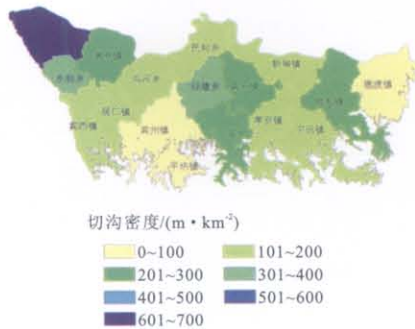
附图10 分宜县水源可及度因子分值图



附图11 安塞县侯门村土壤侵蚀类型图



附图12 2000年、2008年榆神矿区景观格局



附图13 宾县各乡镇切沟密度分布图