

# 潞安矿区净初级生产力和土地覆被变化及成因

张合兵<sup>1,2</sup>, 郝成元<sup>1,2</sup>, 张小虎<sup>1,2</sup>

(1. 河南理工大学 矿山空间信息技术国家测绘局重点实验室, 河南 焦作 454000;  
2. 河南理工大学 测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000)

**摘要:** 净初级生产力和土地覆被变化是指示区域生态环境变化的重要指标。基于 EOS/MODIS 卫星遥感数据, 运用地理信息系统软件 ArcGIS 9.3 的统计与分析模块对 2001—2006 年潞安矿区净初级生产力、土地覆被变化及其成因进行了研究和分析。结果表明: (1) 2001—2003 年的矿区绝大部分区域净初级生产力大于  $0.2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , 而 2004—2006 年的净初级生产力低于  $0.2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  即研究时段内矿区净初级生产力呈明显减少趋势; (2) 灌丛向稀树草地, 稀树草地向农用地, 地表水域向裸地转换是土地覆被变化的主要特征; (3) 煤炭开采, 农用地开垦等人类活动和降水量减少, 气温升高为特征的气候变化是研究区植被覆盖度和净初级生产力降低的两个主要原因。总之, 煤炭开采和土地垦殖为主的人类活动所引起的土地覆被变化直接导致了潞安矿区净初级生产力的降低。

**关键词:** 潞安矿区; 净初级生产力; 土地覆被变化; MODIS 数据

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)01-0221-04

中图分类号: P942

## Change and Causes of Land Cover and Net Primary Productivity in Lu'an Coal Mine Area

ZHANG He-bing<sup>1,2</sup>, HAO Cheng-yuan<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiao-hu<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Mine Spatial Information Technologies of the State Bureau of Surveying & Mapping, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China; 2. College of Surveying & Land Information Engineering, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China)

**Abstract:** Land cover change and net primary productivity change are the important indicators of regional environment. Based on EOS/MODIS satellite remote sensing data and using spatial analysis module of software named ArcGIS9.3, this paper analyzes the spatiotemporal pattern of land cover change and net primary productivity and their relationship in Lu'an coal mine area from 2001 to 2006. Net primary productivity from 2001 to 2003 in most area is higher than  $0.2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  and from 2004 to 2006, lower than  $0.2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , which means a significantly decreased trend of net primary productivity in the investigated period. In the same period, there are three main types of land cover conversion, i. e., shrub to savanna, savanna to crop, and water area to non-vegetated. The spatiotemporal changes of both land cover change and net primary productivity are mainly resulted from human activities and climate change. The former includes coal mining and farming and the latter, decreasing precipitation and increasing temperature. In short, as a result from both coal mining and farming, human activities have caused land cover changes which have directly led to the decrease of net primary productivity in Lu'an coal mine area.

**Keywords:** Lu'an coal mine area; net primary productivity; land cover change; MODIS data

自 20 世纪 90 年代起, 环境变化研究已经成为最引人注目和关切的环境科学问题之一<sup>[1]</sup>。陆地生态系统中的气候、土壤、植被、水等自然因子或资源之间相互作用和相互影响, 进而影响着人类生产活动甚至生

活<sup>[2]</sup>, 土地覆被变化是其最直接、最重要的载体之一<sup>[3]</sup>; 同时, 作为陆地生态系统中物质循环与能量流动的重要环节, 净初级生产力 (net primary productivity, 简称 NPP) 可以为陆地植被生长或人类生产活动提供

收稿日期: 2011-12-31

修回日期: 2012-04-13

资助项目: 矿山空间信息技术国家测绘局重点实验室开放基金资助项目“基于线性光谱分离技术的煤矿区环境遥感监测”(KLM201013), “基于生态安全的典型平原区煤矿沉陷地生态复垦与景观重建技术”(KLM201114)

作者简介: 张合兵(1975—), 男(汉族), 河南省滑县人, 副教授, 博士研究生, 主要从事矿区土地生态学研究。E-mail: jzitzhb@hpu.edu.cn。

精确且连续的测量媒介,也是全球环境变化研究的基础性内容之一<sup>[4]</sup>。所以,生态与环境研究学者就土地覆被变化、净初级生产力变化及其关系进行了研究<sup>[5-7]</sup>,但在矿区生态系统演变研究中并不多见<sup>[8]</sup>。

煤炭生产是煤矿区复合生态系统区别于一般生态系统的主要过程或影响因素之一,其可能直接扰动原自然生态系统,也可能通过排放各种有害污染物造成环境系统受损,两者是矿区生态系统的主要外在胁迫因素<sup>[9]</sup>。矿区煤炭开发过程的阶段性和动态性及其发展趋势的特异性,不仅是认识矿区生态系统能流、物流、信息流的前提,更是深刻辨识矿区生态与环境问题及其产生机制,从整体把握矿区生态恢复与重建的基础<sup>[10-11]</sup>。因此,本研究尝试从矿区净初级生产力和土地覆被的时空变化及成因入手,探索煤炭开采活动对矿区生态与环境的扰动方式及阶段性。

## 1 数据来源,研究方法 & 研究区概况

### 1.1 数据来源

遥感数据是一种非常重要的地学信息源,广泛应用于植被生态、气候变迁及资源环境监测等研究<sup>[12-13]</sup>。本研究数据来源于美国 MODIS/TERRA 遥感卫星,其产品已在土地覆被变化、农作物产量预估、生物量估算、环境监测和全球环境变化等研究中得到验证和应用<sup>[14-17]</sup>。唐俊梅等<sup>[14]</sup>用 MODIS 数据对松嫩平原的土地覆被进行了研究,朱锋等<sup>[15]</sup>对东北地区的农田生态系统净初级生产力时空特征及其影响因素进行了详尽探讨,郭晓寅等<sup>[16]</sup>分析了我国青藏高原腹地的江河源区 NPP 的空间特征,国志兴等<sup>[17]</sup>对东北地区的 NPP 时空格局及其影响因素进行了分析和探讨。该数据由美国对地观测系统(EOS)的 LPDAAC 网站免费提供,图像空间分辨率为 500 m,时间序列为 2001—2006 年。

NPP 数据 MODIS—MYD17A3 为 4 级标准数据产品,土地覆被数据 MODIS—MCD12Q1 则为 3 级标准数据产品,包含 5 种分类合成数据,即 IGBP, UMD, LAI/FPAR, NPP 和 PFT,本研究选用 LAI/FPAR 数据,其类型共分 8 种:阔叶林、针叶林、农用地、灌丛、稀树草地、水域、城镇建设用地和裸地,与实地考察的植被类型基本吻合。两种数据均为标准产品,无需另做前期处理,可直接使用。

### 1.2 研究方法

无论净初级生产力还是植被覆盖,其时空变化分析均主要借助地理信息系统软件 ArcGIS 9.3 的统计与分析模块进行。先实施叠加分析,后进行数据统计,最后通过空间耦合达到数据对接的效果。其中,

净初级生产力的统计数据单位为  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,植被覆盖类型的面积统计单位为  $\text{km}^2$ 。

### 1.3 研究区概况

潞安矿区位于山西省东南部,太行山中段西侧,地理坐标为  $112^\circ 32' 53''$ — $113^\circ 16' 35'' \text{E}$ ,  $35^\circ 50' 9''$ — $36^\circ 33' 49'' \text{N}$ ,南北平均长约 65 km,东西平均宽约 60 km,总面积 4 015  $\text{km}^2$ 。地形地貌方面,潞安矿区主要有平原、河谷、丘陵和山地,其中前两者主要分布于中东部,海拔多在 900~930 m,面积约占矿区总面积的 80%;海拔在 1 100 m 以上,相对高差大于 200 m 的山地面积仅占矿区总面积的 5% 以下,主要分布于矿区西南部和最东南部;海拔在 950~1 100 m,相对高差在 100~200 m 的丘陵区面积约占总面积的 15% 左右,主要分布于矿区西部和东南部。气候类型上,潞安矿区地处内陆,气候属于暖温带半湿润区,多年平均降水量为 540~660 mm,空间分布态势为南部大于北部,尤以东南和西南为最高,多年平均活动积温为 2 815~3 764  $^\circ\text{C}$ 。植被类型方面,潞安矿区原生植被多属落叶阔叶林,由于现在大部分土地被开垦为农田,现在植被类型主要有阔叶林、针叶林、灌丛或荫生矮林、一年两熟或两年三熟旱作农地。

## 2 结果与分析

### 2.1 NPP 变化时空格局

分析 2001—2006 年 NPP 空间分布格局,可以得出两个特点。其一,大格局上,以西部大,东部次之,中部最小为基本态势,无论 6 a 间的哪一年均如此,具体为矿区中部区和东部区数值较小,多在 0.2  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  以下,西部、北部、南部 NPP 均高于 0.2  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。其二,无论哪一年的 NPP 均与 DEM 空间相关明显,即海拔越高,NPP 数值越大,如研究区西南部和东南地形多为低山、丘陵,NPP 数值多在 0.25  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  以上,中东部地形多属平原和河谷地,NPP 数值多在 0.2  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  以下。

分析 2001—2006 年 NPP 年际变化可得出,净初级生产力下降是研究区年际变化的基本态势,2001—2003 年时段与 2004—2006 年时段形成了鲜明对比。2001—2003 年的 NPP 多在 0.2  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  以上,西南部和东南部大范围地区 NPP 数值甚至高于 0.3  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ;而相对应的 2004—2006 年,整个研究区 NPP 均较小,基本都低于 0.2  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,仅有极个别区域高于 0.25  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,如某些城区绿化带和湿地附近。

## 2.2 土地覆被变化时空格局

研究区土地覆被 2001—2006 年变化见附图 6,

利用 ArcGIS 9.3 统计与分析模块列出 8 种土地覆被类型面积(如表 1 所示)。

表 1 2001—2006 年潞安矿区土地覆被面积统计

km<sup>2</sup>

| 年份   | 阔叶林  | 针叶林   | 灌丛     | 稀树草地   | 水域    | 城镇用地   | 农用地     | 裸地    |
|------|------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|-------|
| 2001 | 1.31 | 31.04 | 395.16 | 165.67 | 52.35 | 156.05 | 3191.02 | 22.40 |
| 2002 | 0.00 | 47.65 | 288.07 | 156.49 | 30.60 | 156.05 | 3316.04 | 20.11 |
| 2003 | 0.87 | 84.37 | 206.76 | 96.60  | 31.91 | 156.05 | 3424.88 | 13.55 |
| 2004 | 0.87 | 76.06 | 57.70  | 250.81 | 28.85 | 156.05 | 3402.25 | 42.40 |
| 2005 | 0.87 | 46.77 | 75.19  | 289.81 | 28.41 | 156.05 | 3373.30 | 44.59 |
| 2006 | 0.00 | 69.07 | 72.23  | 521.49 | 28.41 | 156.05 | 3148.95 | 18.80 |

分析 2001—2006 年矿区土地覆被空间分布及其变化,主要特点有二。(1) 农用地主要分布于研究区中部,6 a 内年均面积约占总面积的 82.4%;稀树草地主要分布于西南部和东南局部的山地丘陵区,年均面积约占总面积的 6.9%;城镇用地主要分布于潞安集团驻地、长治市区及其之间,约占总面积的 4.5%;灌丛主要分布于矿区西南部、东北部和东南部的山地丘陵区,约占总面积的 3.9%;针叶林仅分布于研究区西南山地,约占总面积的 1.5%;而裸地、地表水域和阔叶林所占面积均小于 1%。(2) 在主要土地覆被类型之间的转化中,有两类转换较为显著:灌丛转换为稀树草地,进而被开垦为农用地,变化空间主要分布于矿区西南和东南山地;地表水域面积缩减区域主要分布在漳泽水库、许村“七一”水库、屯绛“八一”水库等地,进而引起裸地面积增多。

研究时段内,2001—2003 年与 2004—2006 年形成了鲜明对比。2001—2003 年的灌丛面积平均为 296.7 km<sup>2</sup>,2004—2006 年的平均面积仅为 68.4 km<sup>2</sup>,呈大幅减少趋势,主要转变为稀树草地;稀树草地则呈现递增趋势,由 2001—2003 年的年均 139.6 km<sup>2</sup> 增加为 2004—2006 年的年均 354.0 km<sup>2</sup>,甚至 2006 年面积大于 500 km<sup>2</sup>;但部分稀树草地转化成为农用地,这也是农民开垦荒地的表现之一;地表水域和裸地面积也呈现较大幅度的变化,分别由 2001—2003 年的年均 38.3 km<sup>2</sup> 和 18.7 km<sup>2</sup> 变为 2004—2006 年的年均 28.6 km<sup>2</sup> 和 35.3 km<sup>2</sup>,其幅度也分别达到缩减 25.4% 和增加 88.7%。

## 2.3 成因分析

无论土地覆被转换还是 NPP 变化,基本都可以

以 2003 年为界分为 2 个时段,而且对比显著。究其原因,可以用研究时段内的煤炭价格上涨大背景和原煤开采量递增进行一定程度的解释和说明,表 2 列出 2000—2007 年潞安矿业集团原煤年开采量及其单价的统计数据。

2000—2003 年,潞安矿业集团受计划经济控制,煤炭价格较低,平均为 137.3 元/t,年均原煤产量仅为 1 418.3 t。但从 2003 年实行市场定价以来,2004—2007 年时段的原煤价格上涨迅猛,相对于上一年价格的增幅分别达 43.42%,47.71%,3.73% 和 23.35%,4 a 内的平均价格为 321.5 元/t,相对于 2000—2003 年上涨了 134.2%。原煤产量的年增幅也分别达 16.94%,22.05%,26.30% 和 17.66%,4 a 内的年均原煤产量 2 857.5 t,相对于 2000—2003 年时段的 4 a 均值增加了 101.48%。显然,无论煤炭价格还是煤炭开采量均可以对 2001—2006 年的植被覆盖和净初级生产力的时空异质性构成较深层次的影响,主要表现为受煤炭价格上涨的刺激煤炭开采活动加剧,进而造成植被覆盖发生较明显变化,即灌丛大面积转化为稀树草地,进而被开垦为农用地,共同引起了净初级生产力大幅度减少。也就是说,煤炭开采、农用地开垦等为主的人类活动引起了土地覆被类型发生改变,同时也导致了净初级生产力的急剧降低。

另外,在土地覆被变化时空格局一节中提到的地表水域和裸地之间转化的主要原因,也与全球气候变化背景下的降水减少和气温升高导致蒸发量增大有关<sup>[18]</sup>,这也可以引起区域 NPP 降低。

表 2 2000—2007 年潞安矿业集团原煤价格和年产量

| 项目                      | 2000 年 | 2001 年 | 2002 年 | 2003 年 | 2004 年 | 2005 年 | 2006 年 | 2007 年 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 价格/(元·t <sup>-1</sup> ) | 131    | 140    | 126    | 152    | 218    | 322    | 334    | 412    |
| 产量/10 <sup>4</sup> t    | 1 149  | 1 315  | 1 456  | 1 753  | 2 050  | 2 502  | 3 160  | 3 718  |

### 3 结论

(1) 2001—2006 年, 无论净初级生产力变化还是土地覆被变化, 均可分为 2001—2003 年和 2004—2006 年 2 个时段, 且对比显著。

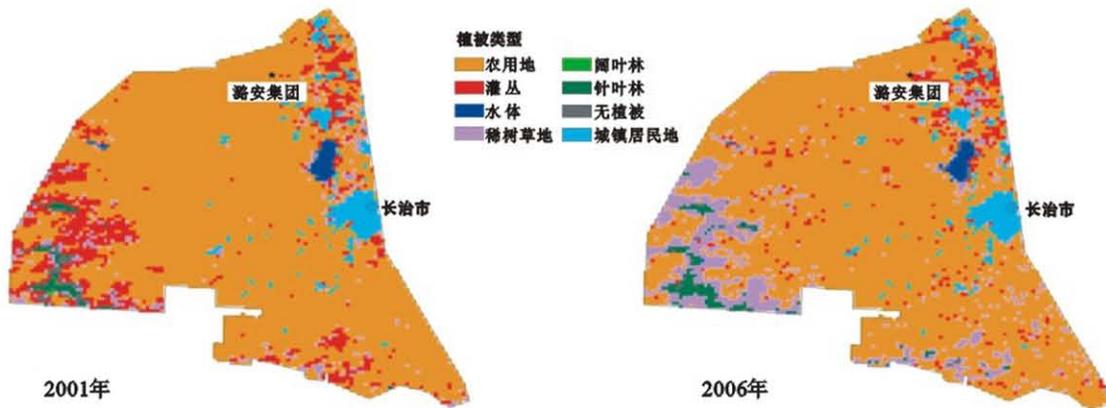
(2) 净初级生产力变化方面, 2001—2003 年时段数值较大, 多在  $0.2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  以上, 而 2004—2006 年时段内数值较小, 绝大部分地区低于  $0.2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(3) 土地覆被变化方面, 灌丛向稀树草地、部分稀树草地向农用地转变为主, 主要分布于研究区西南和东南山地; 地表水域和裸地面积之间的转换较为显著, 其幅度也分别缩减 25.4% 和增加 88.7%, 主要分布于北部漳泽、许村“七一”、屯绛“八一”等大型水库周边, 形式为水域转化为裸地。

(4) 煤炭开采, 农用地开垦等人类经济活动和以气温变暖、降水量减少为特征的自然因素是造成土地覆被变化的主要原因, 进而直接导致了潞安矿区净初级生产力的降低。

#### [ 参 考 文 献 ]

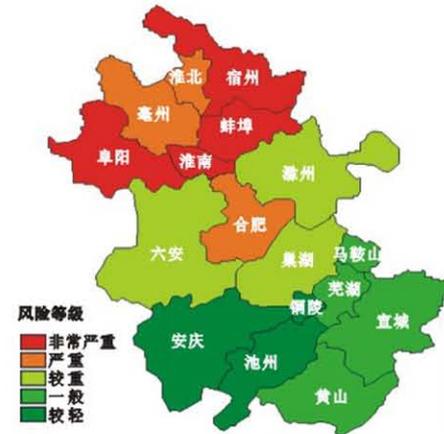
- [1] 刘纪远, 岳天祥, 鞠洪波, 等. 中国西部生态系统综合评估[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 137-142.
- [2] 方一平, 秦大河, 丁永建. 浅析江河源区生态系统脆弱性研究的科学问题[J]. 山地学报, 2009, 27(2): 140-148.
- [3] 倪绍祥. 土地利用/覆被变化研究的几个问题[J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 932-937.
- [4] 夏朝宗, 熊利亚, 庄大方, 等. 基于 MODIS 的陆地植被光合过程参数反演研究[J]. 地理科学进展, 2004, 23(4): 10-19.
- [5] Gao Zhiqiang, Liu Jiyuan, Cao Mingkui, et al. Impacts of land-use and climate changes on ecosystem productivity and carbon cycle in the cropping-grazing transitional zone in China[J]. Science in China: Earth Sciences, 2005, 48(9): 1479-1491.
- [6] 刘志斌, 刘茂松, 徐驰, 等. 江阴市植被净初级生产力及碳汇价值分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2007, 31(3): 139-142.
- [7] 王宗明, 国志兴, 宋开山, 等. 2000—2005 年三江平原土地利用/覆被变化对植被净初级生产力的影响研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 136-146.
- [8] 卞正富, 张燕平. 徐州煤矿区土地利用格局演变分析[J]. 地理学报, 2006, 61(4): 349-358.
- [9] 胡振琪. 土地复垦与生态重建[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008: 106-110.
- [10] 任海, 彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 107-109.
- [11] 卞正富, 许家林, 雷少刚. 论矿山生态建设[J]. 煤炭学报, 2007, 32(1): 13-19.
- [12] 赵茂盛, 符凉斌, 延晓冬, 等. 应用遥感数据研究中国植被生态系统与气候的关系[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 287-296.
- [13] 李飞, 赵军, 赵传燕, 等. 中国潜在植被空间分布格局[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5347-5355.
- [14] 唐俊梅, 张树文. 基于 MODIS 数据的宏观土地利用/土地覆盖监测研究[J]. 遥感技术与应用, 2002, 17(2): 104-107.
- [15] 朱锋, 刘志明, 王宗明, 等. 东北地区农田净初级生产力时空特征及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2010, 32(11): 2079-2084.
- [16] 郭晓寅, 何勇, 沈永平, 等. 基于 MODIS 资料的 2000—2004 年江河源区陆地植被净初级生产力分析[J]. 冰川冻土, 2006, 28(4): 512-518.
- [17] 国志兴, 王宗明, 张柏, 等. 2000—2006 年东北地区植被 NPP 的时空特征及影响因素分析[J]. 资源科学, 2008, 30(8): 1226-1235.
- [18] 杨丁, 方凤满, 任健美. 山西省近 50 a 气候变化特征分析[J]. 资源开发与市场, 2008, 24(1): 60-62.



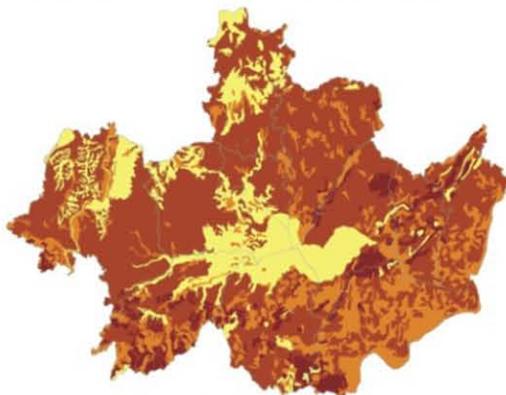
附图6 2001, 2006年山西省潞安矿区植被类型空间格局



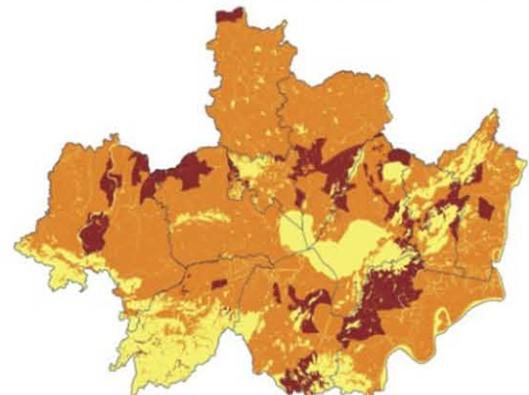
附图7 榆林市1997—2010年土地利用变化



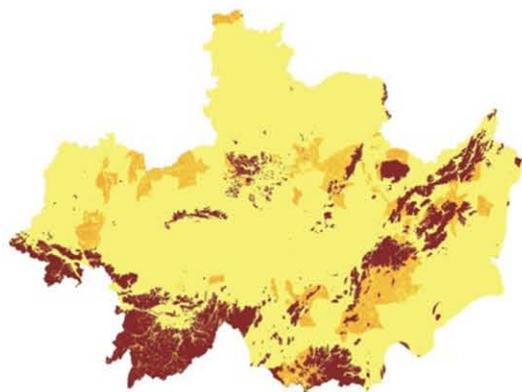
附图8 安徽省水灾灾损率风险区划



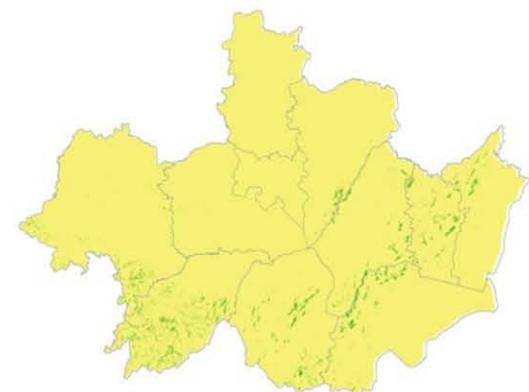
附图9 巢湖流域土壤可蚀性因子K值空间分布



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