

# 密云县土地利用景观格局时空变化及驱动力分析\*

段 峥<sup>1</sup>, 宋现锋<sup>1,2</sup>, 石敏俊<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院研究生院 资源与环境学院, 北京 100049; 2. 中国科学院 虚拟经济与数据科学研究中心, 北京 10080)

**摘 要:** 利用 GIS/RS 技术对密云县的 1992 年、1999 年 TM/ETM 和 2006 年中巴资源卫星(CBERS-1)遥感影像进行土地利用分类, 运用景观生态学原理并结合社会经济调查数据, 从景观类型水平和景观水平 2 个层次, 选取斑块面积、斑块面积比重、平均斑块分维度、景观多样性指数、景观均匀度和景观优势度等景观格局指数, 分析密云县 1992-2006 年间的土地利用景观格局变化规律及其驱动因素。结果表明: 密云县 1992-2006 的 14 a 间耕地、草地、水域和未利用土地面积呈减少趋势, 林地和建筑用地面积呈增加趋势, 各个景观类型的面积比重和复杂性差异显著。区域气候变化、人口结构变化、产业界格局调整 and 环境保护政策等因素是引起密云县景观格局发生显著变化的主要驱动力, 这些因素使得密云县整体景观异质性降低、优势度上升, 尤其是林地支配地位得到进一步增强、生态环境稳步改善。但是水体面积因多年干旱而锐减, 水域景观亟待加强保护和治理。

**关键词:** 遥感影像; 土地利用; 景观格局; 密云县

中图分类号: F301.24; T179

文献标识码: A

文章编号: 1002-3409(2009)05-0052-05

## Changes of Spatial Landscape Pattern and Driving Forces in Miyun County During 1992-2006

DUAN Zheng<sup>1</sup>, SONG Xian2feng<sup>1,2</sup>, SHI Min2jun<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 2. Research Center on Fictitious Economy and Data Science, CAS, Beijing 100080, China)

**Abstract:** Based on the land use maps interpreted from remote sensing images taken in 1992, 1999 and 2006, the changes of land use and landscape in Miyun County during 1992 to 2006 were studied at aspects of landscape pattern and landscape level using the landscape indices such as fractal dimension, landscape diversity, evenness and dominance and so on. The results show that spatial landscape pattern has changed significantly during the research phase. That is, the woodland and construction land area increased while the cropland, grassland, water area and unused land decreased. The cropland decreased by 118.07 km<sup>2</sup> from 1992 to 2006, the woodland has become the landscape matrix of Miyun County, which reached 50.75%, 58.98% and 63.91% in the three phases respectively. The area of water body changed little from 1992 to 1999, but decreased by 57.14 km<sup>2</sup> in the period between 1999 and 2006. The construction area almost doubled over the three stages with a total area of 72.45 km<sup>2</sup> in 1992 while 141.28 km<sup>2</sup> in 2006. According to the mean fractal dimension indices, the complexities of the woodland, cropland and construction land decreased, while increased those of the grassland, water area and unused land which indicated that the degree of management from human was enhanced. At the landscape level, the landscape Shannon's diversity index decreased from 1.2068 to 1.1099 and the evenness index increased to 0.6818, which indicated that the landscape heterogeneity reduced and the capacity of dominating the whole landscape by woodland was enhanced. Through the analysis of data collection of economic and social statistics, we finally conclude that dynamic change of landscape pattern is highly related to regional climate change, population structure, industrial pattern and environmental protection policy. In conclusion, the ecological environment in Miyun County was improved significantly due to the reasonable policy and soil and water conservation measures,

\* 收稿日期: 2009-04-27

基金项目: 日本粟田水与环境基金项目(19701); 国家自然科学基金委创新研究群体科学基金项目(70621001)

作者简介: 段峥(1985-), 男, 河南扶沟人, 硕士研究生, 主要从事地理信息系统及遥感应用研究。E-mail: duanzheng2008@163.com

通信作者: 宋现锋(1969-), 男, 河北吴桥人, 博士, 副教授, 研究方向为环境地理信息系统。E-mail: xfsong@gucas.ac.cn

however, the water body area has shrunked dramatically due to long term drought, so a great attention should be paid to the planning of water use.

Key words: remote sensing image; land use; landscape pattern; Miyun county

土地利用变化是人类活动与自然环境相互作用关系的具体体现。景观生态学采用土地利用类型作为分析对象,通过景观格局指数在时间序列上的变化来分析土地利用景观格局的演变趋势,进而寻找产生演变的内在机制<sup>[1]</sup>。目前,景观格局指数法已经成为土地利用变化的重要研究方法<sup>[26]</sup>。近些年来,随着自然因素的变化和社会经济的发展以及政府政策的指导,密云县土地利用发生了很大的变化。由于密云县是北京市重要的地表水源地,密云县的生态环境状况直接影响着北京市的经济发展和居民的生活。因此有必要对密云县近些年来土地利用变化及其驱动力进行分析,了解密云县的生态环境和土地利用的变化趋势和原因,从而更有效地保护密云县的环境和实施相关保护政策。本文利用 GIS/RS 技术和景观生态学方法,采用多项景观指数分析了密云县 1992-2006 年间的土地利用景观格局的动态变化规律,结合社会调查数据揭示了影响土地利用以及生态环境变化的主要驱动因素,以期为该区域生态环境保护及土地资源合理利用提供参考依据。

## 1 研究区概况

密云县位于北京市东北部,地理位置为北纬 40°13'07" - 40°47'57"、东经 116°39'33" - 117°30'25"。全县总面积约为 2 229.45 km<sup>2</sup>,占北京市面积的 13%,其中山区面积为 1 771.75 km<sup>2</sup>。密云县属于暖温带半湿润半干旱大陆性季风气候,多年平均降雨量 556 mm,土石山和低山丘陵地形,土壤类型以褐土为主。由于供应着北京市主要生活用水的密云水库位于密云县境,密云县成为了北京市重要的地表饮用水源地和天然生态屏障。近些年来,气候因素及人为的不合理利用造成了密云水库的水量减少和水质恶化,为了更好地保护密云水库,密云县实施了生态保护措施,自然和人为因素的综合作用使得密云县的土地利用也发生了很大变化。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源及其处理

遥感数据来源于三景时相接近的遥感影像,分别为 1992 年 9 月的 TM 影像、1999 年 7 月的 ETM 影像和 2006 年 9 月的中巴资源卫星 (CBERS-1) 遥感

影像。辅助解译数据为 2000 年 1:25 万土地利用图 (源自中国科学院资源环境科学数据中心)、1:10 万地形图、以及 2005 年 7 月和 2008 年 5 月的野外踏勘 GPS 数据。密云县气象数据来源于国家气象信息中心,人口及社会经济等人文因素数据来源于 1992-2006 年的《北京统计年鉴》和《北京年鉴》。

土地利用的计算机分类。首先应用 ENVI 4.1 对三副图像进行几何精校正和坐标配准,将空间分辨率统一重采样为 30 m;然后分别对三幅遥感影像进行多元统计分析,选取相对具有最大信息量、波段间冗余度最少、相关性较低的波段进行最佳波段组合;最终对 TM/ETM 图像采取 543 假彩色合成,对 CBERS-1 图像采取 432 假彩色合成,采用非监督分类和监督分类相结合的方法,以中国土地利用现状分类系统为基础对遥感图像进行分类。

土地利用分类结果的评估。首先在图像上按照 stratified random 方法、随机生成样本点并人工解译出其土地利用类型;然后验证机器自动分类结果, Kappa 系数均达到 0.80 以上、表明机器分类准确度位于可以接受的范围内。

土地利用图的制作。首先对分类结果进行后处理滤波、合并,划分为耕地、林地、草地、水域、建筑用地和未利用土地共 6 种景观类型;然后对分类结果进行修饰及格式转换,生成 3 个历史时期的景观类型图 (附图 6)。

### 2.2 景观指数选取

景观指数是能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置特征的简单定量指标<sup>[7]</sup>,可以从单一斑块、景观类型和景观水平 3 个层次来进行景观格局特征的分析。研究表明众多的景观指数之间是高度相关的<sup>[8]</sup>,因此关于景观格局指数的选取,要综合考虑景观指数的意义及研究区的情况和研究目的进行合理的选择。考虑到密云县景观变化的实际情况,为了更有效地反映出密云县景观格局变化的幅度及趋势,分别从景观类型水平和景观水平两个层次,选取斑块面积、斑块面积比重、斑块数量、平均斑块分维度、Shannon 多样性指数、均匀度指数和优势度指数共 7 项景观指数对研究区的景观格局变化进行计算分析。关于景观指数的计算,采用景观指数软件 Fragstats 3.3,基础数据是遥感图像分类得到的 1992-2006 年期间的土地利用图。

### 3 结果与分析

#### 3.1 景观类型水平分析

在景观类型层次下,选择斑块面积、斑块面积比重、斑块数量、平均斑块分维度等 4 个景观指数,对密云县景观类型的动态变化规律进行分析。根据计算结果(表 1),1992- 2006 年的 14 a 间密云县景观格局发生了显著变化。耕地、草地、水域和未利用土地均呈降低趋势,林地和建筑用地面积呈增加趋势。

耕地面积减少了 118.07 km<sup>2</sup>,面积比重由 18.05% 下降至 12.67%,而林地面积比重则由 50.75% 上升至 63.91%,这与密云县多年来执行的退耕还林、涵养水源政策是一致的。林地是密云县景观的基质,是面积最大的景观类型。在 3 个研究时期,林地斑块数目持续减少,林地分布趋于连片和集中,揭示了当地生态环境不断变好。

水域面积以密云水库的水面积为主,在 1992-

1999 年间变化不大,1999- 2006 年间面积减少了 57.14 km<sup>2</sup>,主要是由于连续多年干旱,密云水库来水量逐年减少,以至于水域面积与库容急剧下降<sup>[9]</sup>,但是,水域斑块数目却持续增加,说明水域破碎化程度增强。

村镇建筑面积 1992- 2006 年增加了近一倍,揭示了城镇与居民点以及交通用地等引起的不透水硬地面扩张较为显著。此外,未利用土地比重由 5.16% 降低至 1.95%,表明了存在着土地需求。

从平均斑块分维度来看,耕地、林地和建筑用地均在下降,说明这些景观类型的斑块形状复杂性降低,斑块趋于合并,形状趋于规则化;水域面积急剧减少,形状趋于狭长带状,造成周长面积比大,平均斑块分维度相应上升;草地和未利用土地的分维度也在上升,主要是由于生态恢复过程中的乔灌木发育以及植树造林活动使得草地和未利用土地的斑块形状不规则,趋于复杂化。

表 1 景观类型水平指标

| 年份   | 景观指数 | 耕地     | 林地      | 草地     | 水域     | 建筑用地   | 未利用土地  |
|------|------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1992 | A    | 396.64 | 1115.57 | 345.85 | 154.13 | 72.45  | 113.35 |
|      | B    | 18.05  | 50.75   | 15.73  | 7.01   | 3.3    | 5.16   |
|      | C    | 4657   | 3278    | 3468   | 237    | 4123   | 2761   |
|      | D    | 1.0296 | 1.0413  | 1.0366 | 1.0143 | 1.0293 | 1.027  |
| 1999 | A    | 305.32 | 1296.3  | 296.09 | 154.08 | 93.44  | 52.77  |
|      | B    | 13.89  | 58.98   | 13.47  | 7.01   | 4.25   | 2.4    |
|      | C    | 2291   | 1656    | 2857   | 345    | 2811   | 1247   |
|      | D    | 1.0292 | 1.0399  | 1.0315 | 1.0148 | 1.0274 | 1.0282 |
| 2006 | A    | 278.57 | 1404.68 | 236.69 | 93.94  | 141.28 | 42.83  |
|      | B    | 12.67  | 63.91   | 10.77  | 4.27   | 6.43   | 1.95   |
|      | C    | 1954   | 1303    | 2323   | 467    | 2010   | 1131   |
|      | D    | 1.0283 | 1.0384  | 1.0367 | 1.018  | 1.0259 | 1.029  |

A: 斑块面积(km<sup>2</sup>), B: 斑块面积比重(%), C: 斑块数目(个), D: 平均斑块分维度

#### 3.2 景观水平分析

在景观水平层次上选择多样性指数、均匀度指数和优势度指数 3 个指标来分析密云县整体景观格局的动态变化规律。由表 2 得出,密云县 1992- 2006 年间景观多样性和均匀性呈下降趋势,表明密云县景观异质性降低、土地利用景观类型趋于单一化和不均匀化,反映出人类活动对土地利用影响程度不断加强;优势度持续增加,说明少数景观类型支配整个景观的能力在增强,这也可以由景观类型水平分析结果看出,其中作为密云县景观基质的林地面积比重从 1992- 2006 年大幅上升,支配整个景观的能力增强,同时各个景观类型面积比重差异增大,也导致了景观多样性和均匀性的减少。

表 2 景观水平指标

| 年份   | 多样性指数  | 均匀度指数  | 优势度    |
|------|--------|--------|--------|
| 1992 | 1.2068 | 0.6735 | 0.5850 |
| 1999 | 1.1433 | 0.6381 | 0.6484 |
| 2006 | 1.1099 | 0.6195 | 0.6818 |

### 4 景观格局变化的驱动力分析

#### 4.1 区域气候变化

通过对密云气象站的观测数据进行整理,可以得到密云县 1992- 2006 年间的年平均气温和降雨量情况,如图 1 所示。由图 1 可以看出,密云县的年平均气温呈现逐年上升趋势,降雨量呈现下降趋势,其中 1999 年和 2000 年降雨量不到 400 mm,成为

1992- 2006 年间的最低值。这也是造成 1999 年密云云水域面积锐减的直接原因。由于密云水库是密云县的主要水域面积,降雨量的减少会造成径流产量

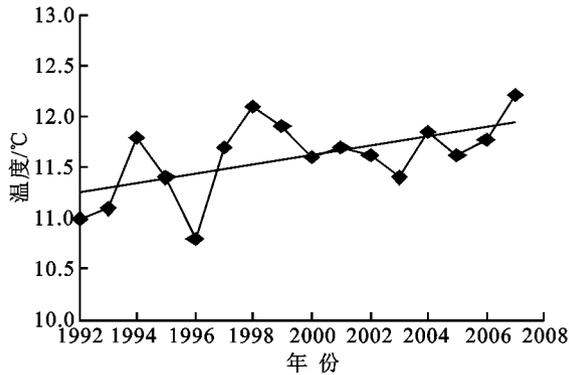
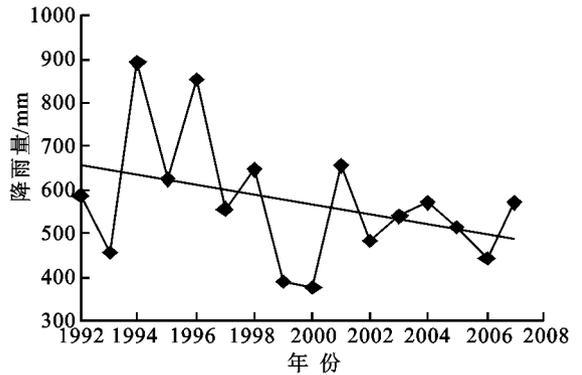


图 1 密云县年均气温和年均降雨量变化

低,进而大大消减了密云水库的入库水量。因此区域性的气候变化成为了密云县水域景观变化的主要驱动力。



#### 4.2 人口结构影响

众多研究表明人口增长是土地利用变化的重要驱动力,也是引起景观格局变化的主要因子<sup>[10][11]</sup>。然而根据密云县人口统计数据(图 2),发现密云县 1992- 2006 年间人口总数变化很小,几乎保持平稳不变,这一部分归结于国家计划生育政策的效果,但是更重要的是由于当地政府的生态移民政策所产生的结果。通过进一步对农业人口和非农业人口数分析,发现人口结构变化异常显著,农业人口大幅下降,相应的耕地需求自然减弱。这可以用来解释密云县 1992- 2006 年耕地面积减少的现象。因此,密云县耕地格局变化主要受到人口结构变化的影响,而非常规的自然人口增长。

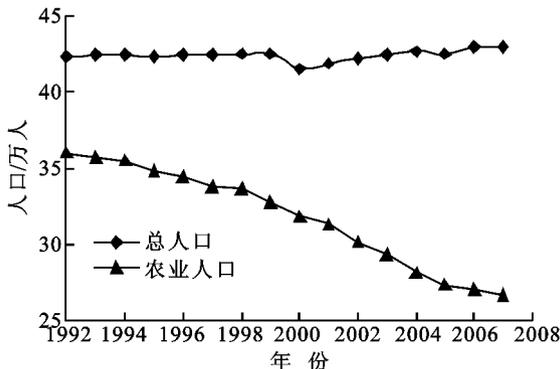


图 2 密云县总人口和农业人口变化图

#### 4.3 产业格局调整

近些年由于经济的发展,工业化和城镇化成为大多数地区土地景观变化的主导因素。通过对密云县经济产值进行分析可知,密云县 1992- 2006 年 14 a 间经济发展迅猛,产业格局调整显著。如图 3 所示,密云县 14 a 间第一产业增长缓慢,第二、第三产业高速发展,逐渐形成了二、三、一0的产业格局。第二、第三产业的健康发展,吸引了大量就业人口,人民生活水平得以提高。这些变化加强了对基础设

施建设和工业及居住用地的需求,对未利用土地开发利用的强度也随之增加,引起了建筑面积的扩张和未利用土地的减少。

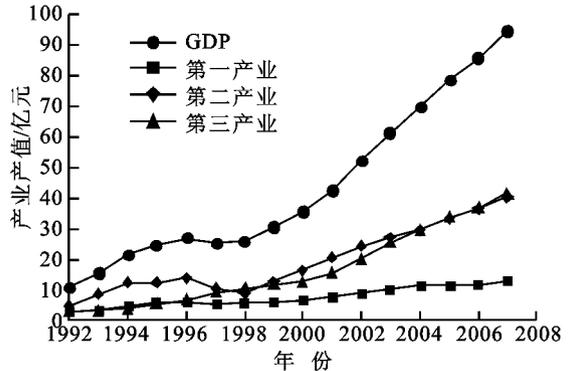


图 3 密云县 GDP 及各产业产值变化图

#### 4.4 环境保护政策

密云水库是北京市的重要地表水源地,保护和改善生态环境以及保护密云水库水质是密云县土地利用的核心<sup>[12]</sup>。退耕还林还草的国家宏观政策,北京市提出的山区生态林区的生态补偿和生态移民方针政策,以及建设生态清洁小流域的水土保持政策,都直接影响着密云县的土地利用景观格局,使得林地得以快速增长成为密云县最主要的景观类型,促使整体景观多样性下降,林地成为主导景观,改善了密云生态环境。由于密云县的重要性,政府对密云县的生态环境非常关注,因此可以说政府的导向环境保护政策是密云县土地利用景观变化最重要的驱动力。

### 5 结论

(1) 1992- 2006 年 14 a 间密云县的景观格局发生了显著变化。耕地、林地和建筑用地景观类型的斑块形状复杂性降低、连通性增强,水域、草地和未利用土地的形状复杂性上升。耕地、草地、水域和

未利用土地面积在减少,林地面积增加显著,生态环境良好。值得有关部门注意的是村镇以及交通用地面积也因社会经济发展而增长较快。

(2)随着密云县整体景观的多样性和均匀度的下降,景观优势度得以上升。各景观面积比重差异增大,其中,林地景观类型支配整个景观的能力大大增强,促使密云县景观异质性降低,趋于单一化发展,这主要是由密云县地貌特征及其作为北京市水源地和生态屏障等特点所决定的。

(3)密云县14 a间的土地利用景观格局变化受到区域气候变化、人口结构性变化、产业格局调整 and 环境保护政策等因素的影响,其中由于密云县对北京市供水的重要性,环境政策因素成为该区土地利用景观格局变化的最重要驱动力。

(4)密云县合理的环境保护、产业发展政策使得其在保持经济高速发展的同时,整体生态状况也得到了稳步改善,成为了生态保护与经济和谐发展的典范。但是由于区域气候变化的影响,降雨量的减少引起了密云水库水体面积的显著减少,其供水能力减弱,密云县水域景观面积明显缩减,因此水域景观亟待加强保护和治理。

#### 参考文献:

- [1] 颀耀文,袁春霞,史建尧.近15年甘肃民勤湖区景观格局动态变化分析[J].兰州大学学报:自然科学版,2008,44(1):11216.
- [2] 蒙古军,吴秀芹,李正国.河西走廊土地利用/覆盖变化的景观生态效应:以肃州绿洲为例[J].生态学报,

2004,24(11):253522541.

- [3] 李宏,邓良基,吴金涛.成都平原县域景观格局时空变异与驱动因子分析:以成都市双流县为例[J].资源科学,2005,27(2):1472153.
- [4] 黎聪,李晓文,郑钰,等.衡水湖国家级自然保护区湿地景观格局演变分析[J].资源科学,2008,30(10):157121578.
- [5] 尹昌应,罗格平,鲁蕾,等.内陆干旱区土地利用变化的景观格局特征分析:以新疆白杨河流域为例[J].干旱区地理,2008,31(1):67274.
- [6] Wang X H, Zheng D, Shen Y C. Land use change and its driving forces on the Tibetan Plateau during 1990-2000[J]. Catena,2008,72(1):5266.
- [7] 郭建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2000:992100.
- [8] O. Neill R V, Krummel J R, Gardner R H, et al. Indices of landscape pattern [J]. Landscape Ecology, 1988, 1(3): 152162.
- [9] 左春刚,黄诗峰,杨海波,等.密云水库水源地多时相遥感监测与分析[J].中国水利水电科学研究院学报,2007,5(3):202205.
- [10] 欧维新,杨佳山,李恒鹏,等.苏北盐城海岸带景观格局时空变化及驱动力分析[J].地理学报,2004,24(5):612615.
- [11] 王佑汉,赵宏达,任茜.成都平原土地利用景观格局变化及驱动因素分析:以成都市龙泉驿区为例[J].水土保持研究,2007,14(6):2042207.
- [12] 林道辉,杨志峰.密云水库水环境保护与库区社会经济可持续发展研究[J].水科学进展,2000,11(1):38242.

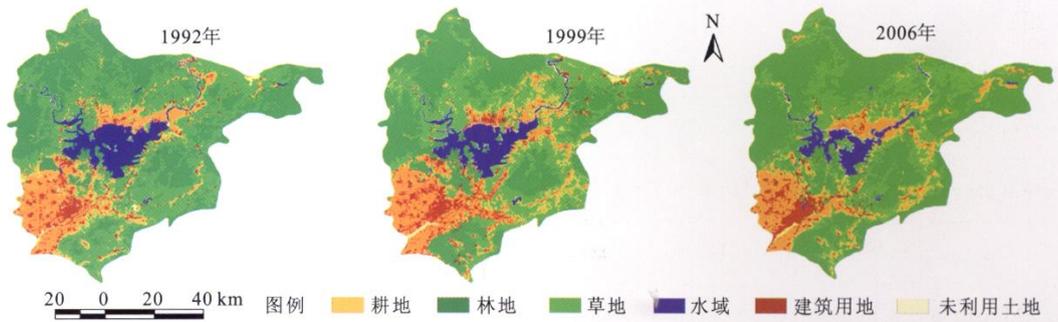
(上接第54页)

#### 参考文献:

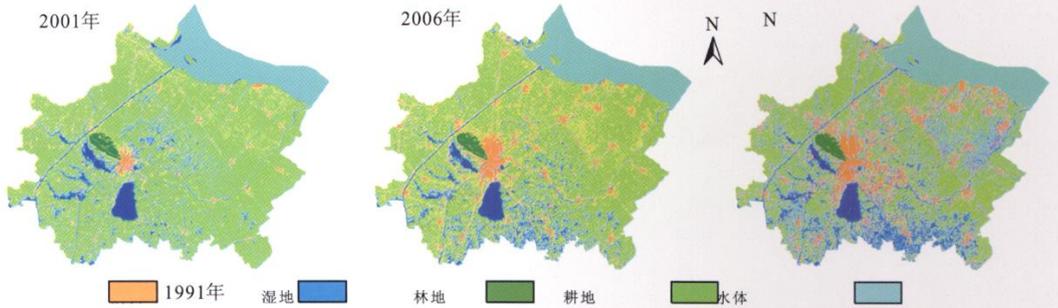
- [1] 蔡强国,王贵平,陈永宗.黄土高原小流域侵蚀产沙过程与模拟[M].北京:科学出版社,1998.
- [2] 唐泽军,雷廷武.降雨及聚丙烯酰胺(PAM)作用下土壤的封闭过程和结皮的形成[J].生态学报,2002,22(5):672681.
- [3] Ellison W D. Soil Erosion Studies2Part I[J]. Agri. Eng., 1947,28:142146.
- [4] 唐泽军,雷廷武,张晴雯,等.聚丙烯酰胺增加土壤降雨入渗减少侵蚀的模拟试验研究Ⅱ:入渗[J].土壤学报,2003,40(2):172185.
- [5] 唐泽军,雷廷武,张晴雯,等.聚丙烯酰胺增加土壤降雨

入渗减少侵蚀的模拟试验研究Ⅰ:侵蚀[J].土壤学报,2003,40(3):4012405.

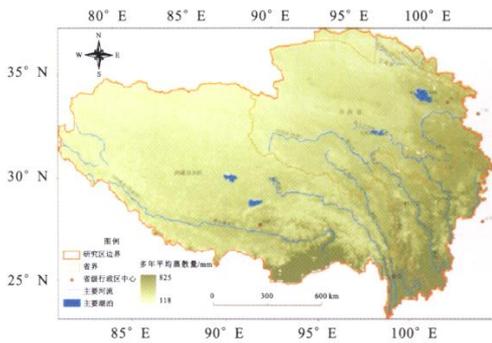
- [6] 侵蚀地貌组.黄河流域泥沙来源及侵蚀产沙极值研究文集[C].北京:气象出版社,1988:132139.
- [7] 吴淑安,蔡强国.王家沟流域不同土壤的抗蚀性研究[C]//晋西黄土高原土壤侵蚀管理与地力信息系统应用研究.北京:科学出版社,1992:4247.
- [8] 陆兆熊,蔡强国.黄土的表土结皮强度和溅蚀试验研究[C]//晋西黄土高原土壤侵蚀规律实验研究文集.北京:水利电力出版社,1990:58267.
- [9] Onofio O, Singer M J. Scanning electron microscope studies of surface crusts formed by simulated rainfall. Soil Sci. Soc. Am., 1984,48:113721143.



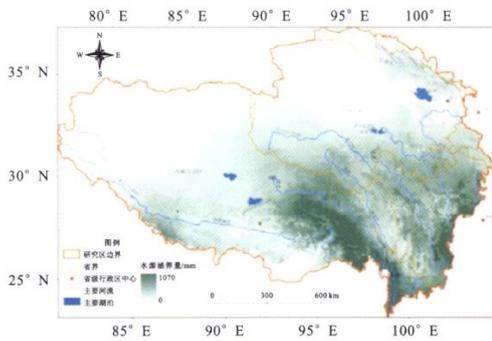
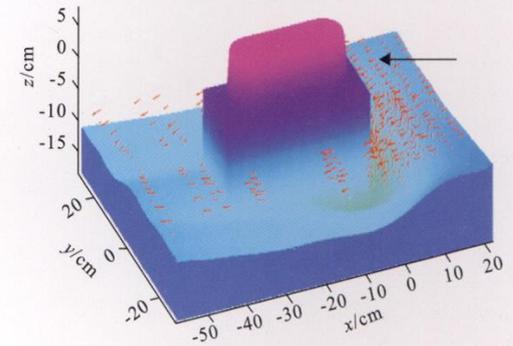
附图6 密云县3个时期的景观类型图



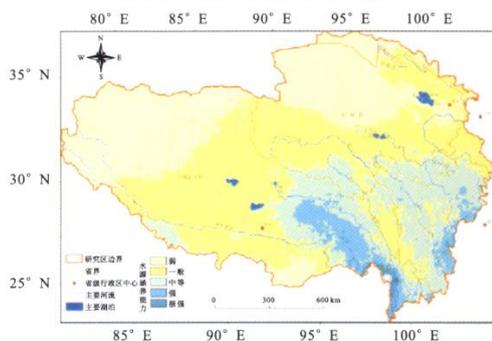
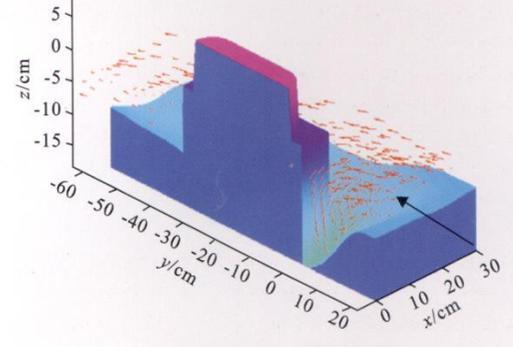
附图7 1991年、2001年和2006年土地利用分类图



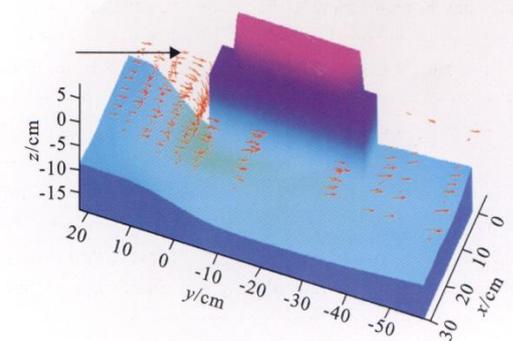
附图8 青藏高原陆面蒸发分布



附图9 青藏高原水源涵养分布



附图10 青藏高原水源涵养能力分区



附图11 桥墩冲刷坑附近测量三维流场图