

## 北京风沙源区风沙活动特征分析及治沙格局初步研究

张丽颖<sup>1</sup>, 岳德鹏<sup>1</sup>, 王计平<sup>1,2</sup>, 刘永兵<sup>3</sup>, 牛巳博<sup>4</sup>

(1. 北京林业大学 省部共建森林资源培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 中国科学院 生态环境研究中心, 北京 100085; 3. 轻工业环境保护研究所, 北京 100089; 4. 北京航空航天大学 理学院, 北京 100083)

**摘要:**北京地区是深受风沙灾害严重威胁的地区之一。选择北京市重点风沙源区一大兴区永定河地区为研究对象,以1960—2004年地面气象记录和2005年TM影像为主要数据源,运用气候统计学方法,在遥感技术的支持下,结合实地观测,深入分析风沙源区沙尘天气发生的频次、气候背景,沙化斑块的空间分布特征以及地表风沙活动机制。研究表明,扬沙是威胁大兴乃至整个北京地区的主要灾害性天气,主要发生在4—5月,最大风速频率方向主要为NE和SW两个主风向;研究区沙化斑块主要分布在永定河河道和大兴区中部的沙垄地区,并有逐渐减小的趋势;结合以上结论,得出不同土地利用类型下垫面对应的起沙风速显著不同,在此基础上,提出北京市风沙源区治沙格局的总体思路,为北京地区风沙防治提供一定的指导。

**关键词:**北京地区;风沙活动;风沙源;治沙格局

**中图分类号:**S157

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2008)04-0184-05

## The Primary Research on Characteristics of Blown Sand Activities and Pattern for Combating Sandstorm in Beijing Region

ZHANG Li-ying<sup>1</sup>, YUE De-peng<sup>1</sup>, WANG Ji-ping<sup>1,2</sup>, LIU Yong-bin<sup>3</sup>, NIU Si-bo<sup>4</sup>

(1. School of Forestry, Beijing Forestry Univ., Key Laboratory of Forest Resources Cultivation and Conservation, Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 3. Environmental Protection Research Institute of Light Industry, Beijing 100089, China; 4. School of Science, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Beijing region is one of the most serious regions which are subjected to the sandstorm disaster deeply. In this paper, we chose Daxing county as study area, in which, an unprecedented heavy sand stormy weather with high frequency took place in the spring dramatically. Therefore, based on the climate data from 1960 to 2004 and TM images data, employing climate statistics methods and RS technology, combining observation on the spots, the authors analyzed frequency of sand stormy weather, climate background, spacial distribution characteristics of desertification patches and activity rule of sandstorm near the earth's surface. The result showed that, winnowing sand which happened mostly in April and May, is the main disaster weather of Daxing county and even the whole Beijing region, the frequency direction of biggest wind speed were northeast and southwest main wind directions, and desertification patches of study area, which had the trend of reducing gently, distributed principally in watercourse of Yongding river and dunes in the middle of Daxing county. Combining the two results above, we got that threshold wind speed corresponding with underling surface of different land use style is different evidently, and on the basis of that, we brought forward the total project of fathering sandstorm pattern in sandstorm source area, which could offer indication function for preventing and fathering sandstorm in Beijing.

**Key words:** Beijing region; blown sand activities; flown sand source area; pattern for combating sandstorm

风蚀是发生在干旱、半干旱及部分半湿润地区土地沙漠化、土地退化过程的主要因素,是风沙活动的关键环节<sup>[1]</sup>。国内外研究认为风沙流活动与风沙地貌是一项重要的指标,其中风力、沙量和下垫面是影响风沙运动的三个重要因

素<sup>[2-3]</sup>。风力是促进或制约风沙流运动的动力,沙量的多少直接影响着风沙的运动,而下垫面的状况对风沙流的影响更为复杂,这些因素共同作用塑造了沙地风蚀景观<sup>[4-5]</sup>。植被作为地理环境的重要组成部分,在风蚀防治的作用已经被认

收稿日期:2007-05-25

基金项目:北京沙荒及风沙治理示范区建设(H020720110330);北京林业大学研究生自选课题基金(05jj015)

作者简介:张丽颖(1981—),女,黑龙江人,在读硕士,主要从事基于3S技术的土地评价与规划研究。E-mail: wjp\_gis@163.com

通信作者:岳德鹏(1963—),男,安徽宿县人,博士,副教授,主要从事土地评价、景观生态及GIS等研究。E-mail: ydp\_bl@yahoo.com.cn

可<sup>[4]</sup>。因此,本文试图从气候、沙地斑块空间分布和地表风沙活动机制等方面,分析风沙源区风沙活动的原因和规律,并尝试从景观格局入手,探讨防治风沙灾害的方法与措施。

北京由于所处区域构造、地理及气候,生态环境直接受风沙活动的严重威胁<sup>[7-8]</sup>,并直接或间接对北京地区及周边区域社会经济生活产生深远影响,沙尘天气即是其一<sup>[9]</sup>。在20世纪中国科学院兰州沙漠所北京风沙课题组在北京南部地区进行了大量的实验观测研究,发现北京所受风沙灾害的沙尘物质主要来源于北京本地沙源,并且得出北京风沙活动与地表植被和土壤结构等因人类活动所造成的变化有着密切关系<sup>[10]</sup>。目前,北京存在延庆康庄、昌平南口、潮白河流域、永定河流域以及大沙河流域五大风沙危害区。其中,永定河流域是北京市最大的、风沙危害最严重的区域,境内人类活动频繁,每逢冬春季节,在东亚大气环流控制下,风沙灾害频发,给北京的生态环境带来直接威胁<sup>[11]</sup>。鉴于此,本研究选择大兴区为研究区,以气象资料、遥感影像资料为主,结合地面常规观测资料分析风沙源区风沙活动的原因、沙地景观的空间分布规律和下垫面风沙活动特征,最后对治沙格局问题及对策进行初步的探讨,为北京风沙天气的治理提供科学信息。

## 1 研究区概况

大兴区位于北京市南郊,地理坐标为东经116°13′—116°43′,北纬39°26′—39°50′,属于永定河洪积—冲积平原的一部分,地势平均海拔在15~45 m,坡降1/250。暖温带亚湿润季风气候,多年平均降水量为556 mm,夏秋季节降水量占89%,冬春季节降水占11%,多年平均气温约11.5℃,多年平均≥8级大风日有23.3 d,主要集中在4—5月,多为西北风。土壤主要为潮土类风沙土,土壤结构疏松,有机质含量低,在频繁的风力作用下,出现严重的风蚀,春旱、沙害和风暴是该区的主要灾害。境内天然植被稀少,乔灌木均为人工营造植被。

## 2 资料与方法

### 2.1 气象资料

气象因子是风沙活动的主要自然因素,包括风力、气温、降水3个方面。本研究中采用的气象数据为1960—2005年的大兴区气象数据,包括月平均风速、4月16个风向频率最大统计数据、历年各月平均降雨统计数据和大兴区春季平均气温变化统计数据。数据均来源于北京市大兴区农委。

### 2.2 图形图像资料

遥感信息是对地表状况的反映。由于研究区属于中小尺度,结合本区土地荒漠化3—5月份为风沙活动频繁发生特点,5月处在春夏之交,有利于瞬时状态下使图像较明显地反映地表信息,故本次研究使用5月6日Landsat5 TM数据。另外本研究还使用1:100 000地形图及研究区行政区划图和1995年北京市沙化土地普查图。

### 2.3 数据预处理

以1:100 000地形图为参考图,运用ERDAS 8.5软件将1995年北京市沙化普查图和本研究所用的遥感影像进行

几何纠正,坐标投影系统均为高斯—克吕格投影,中央经线为117°,像元大小均为30 m×30 m。在ARCGIS 9.0环境中对1995年北京市沙化土地普查的校正图进行矢量化,并将矢量后的数据导入地理信息数据库,用于辅助风沙活动分析。然后,对遥感影像图进行波段组合,并按照研究区行政区划图,对遥感图进行裁剪,同时进行图像的光谱增强处理,以便于土地沙化信息的提取。

### 2.4 实验数据观测

风沙流的观测:输沙量测定用集沙仪(0—20 cm),DEM—6型三杯风速仪观测2 m高度风速,风速与输沙量同时进行;风速梯度观测:实验小区中心沿垂直高度2.0,1.5,1.0,0.5,0.2 m布设风速仪,同时刻观测并记录风速,50次观测取其平均值;沙粒粒径分析:土壤取样深度为0~10 cm,采用筛析法分析。

## 3 结果分析

### 3.1 风沙活动观测

#### 3.1.1 大兴区风沙活动年际变化

图1为1960—2004年北京大兴区气象站(54534)沙尘天气日数的年际变化曲线,从该变化曲线可以看出:北京的沙尘暴天气出现次数从20世纪60年代以来呈波动减少趋势,60年代中期有所上升,以后逐渐减少,扬沙天气从60年代以来出现了4次高峰时期,分别为1960—1965年、1972—1982年、1996年和2000—2004年,其中1972—1982年间发生的扬沙灾害天气最为严重,1982年之后有所减轻,但近几年扬沙天气的发生率开始呈上升趋势;浮尘天气出现次数总体上看呈波动减少的趋势,但在2000年以来浮沉天气出现回升。总体分析,随着大兴区生态建设力度的不断加大和风沙源区地表植被覆盖度的增加,风沙灾害天气在不断减少,但从目前现状来看,扬沙是今后威胁大兴以及全北京地区的主要沙尘活动形式。

#### 3.1.2 大兴区风沙活动季节统计和月变化

由于北京地区各季节气候的不同,造成研究区风沙活动时间上分布的不均匀。由图2可知,春季风沙最多,约占全年的60%;其次是冬季,约占27%;夏季和秋季最少,分别占6%和7%。从1960—2004年大兴区气象站沙尘天气日数的月变化曲线(图3)可以看出:沙尘天气(扬沙浮尘、沙尘暴)主要出现在春季的3—5月,4月出现最多。从秋季的10月开始增多,其中扬沙天气在1月出现峰值。主要因为冬春季节,尤其是春季冷空气活跃,多大风,地表裸露所造成。

### 3.2 风沙活动气候背景分析

#### 3.2.1 气温与降水

大兴区属于典型的北方气候,四季分明。从图4给出的大兴区1960—2004年月平均气温变化过程可以看出,12月份和1月份气温最低,7—8月平均气温最高,同时,一个明显的特点就是大兴区在4—5月份,气温急剧回升。从多年平均月降雨量变化过程(图4)可以看出,大兴区全年总降雨量较为丰富,但由于大陆性季风气候的作用,各季节上降雨量的分布极不均匀,大兴区在4—5月份月平均降水量均小

于年月平均降水量。据气象资料统计,大兴区夏秋两季平均降水量占89%,冬春季节降水量仅占11%。综合气温和降水两个方面可以看出,在冬春季节,降水量少,气候干燥,是

风沙活动易发季节。尤其在4—5月份,月平均降水量最少,而气温回升速度较快,加上这个期间土壤干燥、地表裸露程度大,在一定风力条件下,风沙源区极易发生扬沙灾害天气。

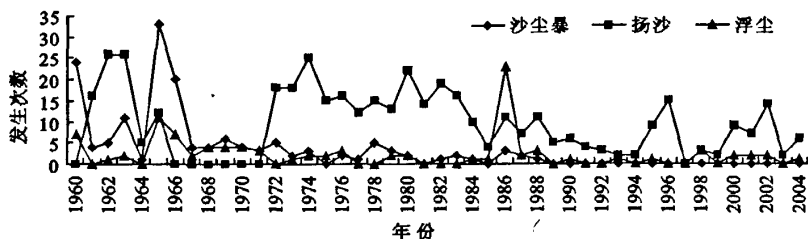


图1 1959—2004年风沙活动观测统计

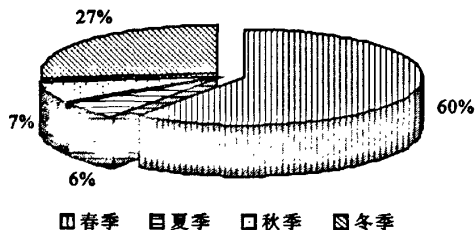


图2 1962—2002年各季风沙日统计

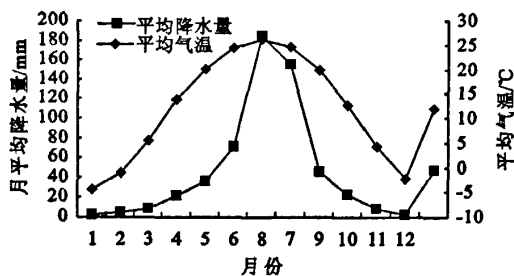


图4 1960—2004年月平均气温和月平均降水量

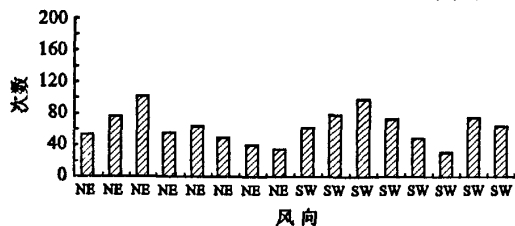


图5 1994—2004年最大风速风向频率统计

### 3.2.2 最大风速风向频率

风速是风力的直接标志,决定风沙活动的范围,风向决定风沙的扩散方向,因此风沙源区风沙活动分析十分重要。从1960—2004年风沙活动月变化过程可以看出,大兴区风沙活动主要发生于4—5月,因此,本研究根据大兴区1996—2004年的气象资料,统计每年4月16个风向的最大风速的频率,然后进行比较分析(图5),可以看出,4月出现次数最多的风向为NE和SW风向,其中NE出现次数为109次,SW出现次数为104次,前者多发生于冬春季节,后者一般多出现在初夏季节。

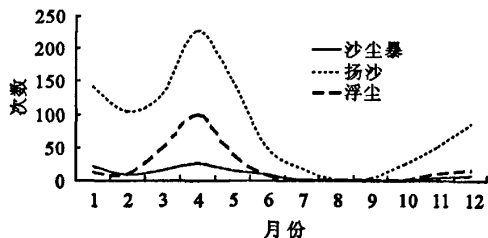


图3 1960—2004年风沙活动月变化

### 3.3 风沙源区沙化地表空间分布特征

遥感信息可以反映一定尺度的地表状况。通过对研究区地表的遥感波谱特征分析,发现沙丘和裸露地表的沙地,在第7波段(2.09~2.35 μm)有很高的反射率,而地表有植被覆盖,即便植被非常稀疏,也会导致反射率在第7波段的急剧下降。此外,和沙化土地相比,其它地类在第7波段(2.09~2.35 μm)的反射率都不高。对于TM影像,其第7波段正好落在2.0~2.5波段,因此充分利用沙化土地的反射光谱在第1波段较低,而在第7波段急剧上升的特点,采取一个针对沙化土地的光谱指数来取沙化土地的分布和规模,称其为:SEI(Sandy Land Extraction Index),公式如下:

$$SEI = (TM_7 - TM_1) / (2 - TM_7 + TM_1) \quad (1)$$

式中:TM<sub>7</sub>——Landsat TM影像第7波段;TM<sub>1</sub>——Landsat TM影像第1波段。

该方法通过ERDAS的Model Maker模块进行模型的构建并进行运算得以实现,对2005年的遥感影像进行计算,得到2005年的沙化土地信息图(图6,7)。

沙化信息提取模型实质是基于地物光谱特征差异,通过多光谱遥感影像波段之间的运算构建的。由于受天气、地形、地物特征差异等因素影响,常产生一定的误差。本研究结合2006年5月实地调查数据,采用差分GPS测定多边形进行面积精度评价,计算公式为:正确率(%) = 正确分类像元数/像元总数,通过精度评价,发现沙化土地提取的精度为90.8%,非沙化土地提取的精度为91.6%,总体精度为90.9%,满足本研究的需要。

从2005年沙化分布图可以看出,大兴区永定河道右岸中部和下部是沙化斑块的主要区域,大兴区中部及中部靠近天津的地段也是风沙活动的策源地。对照1995年北京市沙化土地普查结果,发现2005年沙化斑块空间分布基本与

1995 年的沙化普查结果相吻合,但核心斑块的面积较 1995 年的要小,表明研究区土地沙化有扼制趋势。

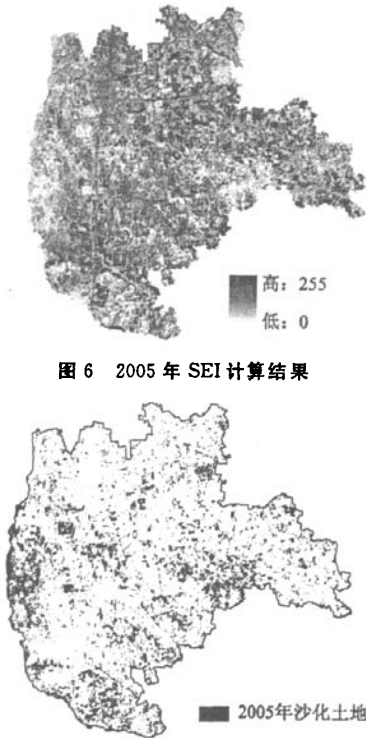


图 6 2005 年 SEI 计算结果

图 7 2005 年沙化土地分布

3.4 风沙源区地表风沙活动特征

风沙活动过程是风与地面物质在界面上相互作用的一种动力过程<sup>[12]</sup>。因此为了清楚地反映研究区下垫面与风的相互作用机制,本文结合大兴区气候背景资料和 2005 年土地沙化斑块空间分布特征,在研究区选取荒草地、耕地、稀疏荒草地和流动沙地 4 种景观类型,对各类地表的起动风速和近地面风速梯度进行实地观测。

3.4.1 起动风速

从表 1 可看出,在土壤含水率在 1.0%~1.26% 范围内,不同利用类型下垫面对应的起沙风速显著不同,起沙风速大小顺序为:荒草地>耕地>稀疏荒草地>流动沙地。其原因主要是荒草地有一定植被覆盖,对气流摩擦阻力增大,可以消耗气流部分能量。沙粒只有获得足够动量才摆脱静止状态开始运动,所以荒草地(30%)的起沙风速为最大;耕地由于少量玉米残茬、外围防护林网的庇护作用以及土壤颗粒黏结力较大等原因,其起沙风速较小,稀疏荒草地起沙风速小于耕地;流动沙地表面裸露,缺少植被保护,沙粒结构松散,沙面极不稳定,抗风蚀作用最差,其起沙风速最大。

表 1 不同土地利用类型起沙风速统计

下垫面 类型	2 m 高平均 起动风速/ (m·s <sup>-1</sup> )	沙粒粒径/ mm	0~10 cm 水分含量/ %	起动情况
流动沙地	4.39	0.10~0.25	1.00	滚动

稀疏荒草	4.91	0.10~0.25	1.10	滚动
耕 地	5.1	0.10~0.25	1.21	滚动
荒草地	6.73	0.10~0.25	1.26	滚动

3.4.2 近地面风速梯度

从表 2 中看出,近地面风速随着高度的增加而增加。具体表现为,在相同高度变化上,不同下垫面,对风速的影响程度也不同,其降风比率大小次序是荒草地>稀疏荒草地>耕地>流动沙地。因此,不同的地物对风沙活动的防护效应各不相同。

表 2 不同下垫面上近地面 2 m 内风速梯度 m/s

下垫面类型	观测高度/m				
	2.0	1.5	1.0	0.5	0.2
耕 地	4.86	4.36	3.86	3.22	2.72
稀疏荒草地	7.76	7.16	6.06	5.37	4.87
荒草地	6.9	6.40	5.50	4.28	2.80
流动沙地	5.93	5.33	4.83	4.50	4.10

4 风沙源区治沙格局的总体思路

4.1 摸清沙化斑块分布规律,加强风沙源地区治理和管理

大兴区风沙源斑块的空间分布主要受三方面因素的影响;其一,受永定河历史沉积与洪积作用的影响。从 2005 年研究区沙化土地空间分布和北京市的沙化普查结果看,永定河河道、永定河河漫滩和永定河决口地区是风沙源斑块聚集的地带;其二,受一定的气候因素影响。从沙化信息分析来看,沙化斑块有沿着主风方向迁移的趋势;其三,受人类活动的影响。人类活动使得沙地和其它类型用地之间转换频繁。因此,应该摸清沙化斑块分布规律,针对目前大兴区沙化斑块空间分布特点,重点加强风沙源区的治理,采取切实可行的措施来控制地面起沙、起尘;同时,要加强沙区的管理,禁止在风沙源周边地区放牧与采集,严格制止永定河河道和沿岸一带的采沙活动,从源头上实现对沙化斑块的控制与管理,为景观格局优化做前提工作。

4.2 巩固和加强现有生态基础设施建设,构建生态网络

大兴区主要生态基础设施有林地、果园、水域和农田等,这些景观类型控制着区域景观生态功能,对防沙治沙、维护区域生态安全起着重要的作用。因此,必须从区域景观格局入手,一方面,要重点保护现有基础生态设施,尤其是林地和水域;另一方面,必须加强基础生态设施的生态连通性,以强化生态功能为目标,构建点、线、面等景观生态组分的生态网络格局,维持和提高整个区域农田生态系统、水域、森林生态系统等自然生态系统的有机联系。具体措施为:加强永定河沿岸防风阻沙林的管护,在风沙活动强烈的地段要增大林带的宽度;加强河道景观建设,变死水为流水;调整土地利用结构,发展大面积果园;变旱田为水田,配置农田防护林网;对大兴境内河流、公路、铁路两侧绿化,建立骨干生态廊道。

5 小 结

(1)大兴区的沙尘天气主要出现在冬春季节,4~5 月出现最多。20 世纪 60 年代以来,风沙活动的频率呈现下降趋势,但从风沙活动形式来看,扬沙一直是威胁大兴乃至整个

北京地区的灾害天气。

(2) 大兴区风沙活动的最大风速频率方向主要以 NE 和 SW 两个风向为主风方向。因此,今后在造林防沙时,可以考虑风沙活动的主风方向布设防沙林带。

(3) 应用遥感技术提取的 2005 年大兴区土地沙化信息表明,研究区沙化斑块主要分布于永定河河道和大兴区中部的沙荒地区。对比 1995 年北京市大兴区土地沙化普查结果,沙化核心斑块面积均在减小。

(4) 大兴区风沙活动的实地观测表明,下垫面条件对起沙风速的影响较为明显,近地层风速随着高度的增加而增加。

(5) 在当前北京市生态建设的背景下,进行风沙源区的治沙工作,应该从格局上入手,一方面要摸清沙化斑块分布规律,加强风沙源地区的治理和管理;另一方面要巩固和加强现有生态基础设施建设,构建生态网络,优化风沙危害地区景观格局,提升区域景观生态功能水平,以达到防沙治沙要求。

#### 参考文献:

- [1] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京:科学出版社, 2003:91-99.
- [2] 姚洪林,阎德仁,胡小龙,等. 毛乌素沙地流动沙丘风蚀积规律研究[J]. 内蒙古林业科技, 2001(1):3-9.
- [3] 董治宝,陈渭南,董光荣,等. 植被对风沙土风蚀作用的

影响[J]. 环境科学, 1996, 16(4):437-443.

- [4] 贾丹,岳德鹏. 北京地区风沙现状、成因与防治对策[J]. 中国人口、资源环境, 2004, 6(4):18-24.
- [5] 张继贤. 北京平原区地表质地特点与土地风沙化[J]. 中国沙漠, 1989(3):16-24.
- [6] 张小由. 沙河洼农田地地表风沙运动与土壤风蚀的初步研究[J]. 干旱区研究, 1996, 13(1):76-81.
- [7] 陆鼎鼎. 北京春季风沙的分析[J]. 北京林学院学报, 1982(3):19-27.
- [8] 郭发辉,郝京莆,宣捷. 北京风沙天气基本特征[J]. 气象, 2002, 28(8):51-53.
- [9] 史建忠,谢清. 北京地区风沙危害及对策[J]. 中国林业, 2002(7):11.
- [10] 中国科学院兰州沙漠所北京风沙课题研究组. 北京地区风沙活动及其整治的初步研究[J]. 中国沙漠, 1987, 7(3):4-18.
- [11] 岳德鹏,黄月艳,刘永兵,等. 北京市永定河河滩流动沙地风沙活动分析[J]. 水土保持研究, 2006, 13(2):102-104.
- [12] 朱震达,刘恕,邱醒民. 中国的沙漠化及其治理[M]. 北京:科学出版社, 1989.

(上接第 183 页)

#### 参考文献:

- [1] 史培军,江源,王静爱,等. 土地利用/覆盖变化与生态安全响应机制[M]. 北京:科学出版社, 2004:1-9.
- [2] 马克明,傅伯杰,黎晓亚,等. 区域生态安全格局:概念与理论基础[J]. 生态学报, 2004, 24(4):761-768.
- [3] 蔡运龙. 中国西南喀斯特山区的生态重建与农林牧业发展:研究现状与趋势[J]. 资源科学, 1999, 21(5):37-41.
- [4] Forster Ndubisi. Ecological planning: a historical and comparative synthesis[M]. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 2002:102-130.
- [5] 冷疏影,李秀彬. 土地质量指标体系国际研究的新进展[J]. 地理学报, 1999, 54(2):177-185.
- [6] 傅伯杰,陈利顶,王军,等. 土地利用结构与生态过程[J]. 第四纪研究, 2003, 23(3):247-255.
- [7] 角媛梅,杨有洁,胡文英,等. 哈尼梯田景观空间格局与美学特征分析[J]. 地理研究, 2006, 25(4):624-632.
- [8] 张洪军,刘正恩,曹福存. 生态规划一尺度、空间布局与可持续发展[M]. 北京:化学工业出版社, 2006:158-169.

- [9] 陈婧,史培军. 土地利用功能分类探讨[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2005, 41(5):536-540.
- [10] Costanza R, Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 38(6):253-260.
- [11] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5):607-613.
- [12] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2):189-196.
- [13] 喻建华,高中贵,张露,等. 昆山市生态系统服务价值变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(2):213-217.
- [14] 蔡邦成,陆根法,陈小骏. 生态系统服务价值评估在南京市土地利用评价中的运用[J]. 环境保护科学, 2007, 33(4):104-106.
- [15] 马育军,黄贤金,许妙苗,等. 江苏省沿海滩涂开发的生态系统服务价值响应研究[J]. 中国土地科学, 2006, 20(4):28-34.
- [16] 陈仲新,张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1):17-22.