

近年来毛乌素沙地土地覆被变化特征

王玉华¹, 杨景荣¹, 丁勇^{2,3}, 宁争平¹, 张宏林¹

(1. 内蒙古遥感中心, 内蒙古 呼和浩特 010010; 2. 内蒙古大学 生态与环境科学系,

内蒙古 呼和浩特 010021; 3. 鄂尔多斯市发展和改革委员会, 内蒙古 鄂尔多斯市 017000)

摘要: 利用 2000 年和 2006 年两期中巴卫星数据, 建立了区域尺度沙漠化评价模型, 分析了毛乌素沙地土地类型变化趋势及以县域为单位的沙漠化评价。(1) 仅从土地类型面积变化来看, 研究区沙漠化发展呈现总体稳定, 局部恶化趋势;(2) 在半固定、半流动和非沙漠化三种类型间沙漠化发展变化剧烈;(3) 2006 年与 2000 年的 16 个县域评价结果显示, 极重度沙漠化的县域明显减少, 转化为重度和中度, 毛乌素沙地总体上呈现出良性发展态势。

关键词: 毛乌素沙地; 土地覆被变化; 沙漠化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)06-0053-05

中图分类号: X826

Characteristics of Land Cover Change in Mu Us Desert in Recent Years

WANG Yu-hua¹, YANG Jing-rong¹, DING Yong^{2,3}, NING Zheng-ping¹, ZHANG Hong-lin¹

(1. Remote Sensing Center of Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia 010010, China;

2. Department of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia University, Hohhot

Inner Mongolia 010021, China; 3. Ordos Development and Reform Commission, Ordos, Inner Mongolia 017000, China)

Abstract: An assessment model for sandy desertification in regional scale is established based on CBERS images in 2000 and 2006. Tendency of land cover change in Mu Us Desert is analyzed and desertification assessment in county scale is made. The conclusions are as follows: (1) Desertification in the study area tends to be steady. (2) The three types of semi-fixed desertification, semi-flow desertification, and non desertification change severely. (3) Result from desertification assessment in county scale shows that the number of extremely severe desertification counties decreases significantly and the counties turn to severe and moderate sandy desertification. Mu Us Desert is in a good status in general.

Keywords: Mu Us Desert; land cover change; sandy desertification

土地沙漠化是全球性的重大的环境问题, 引起社会广泛关注。但沙漠化评价指标体系尚不成熟, 而面向沙漠化的评价模型, 亦在摸索之中, 如高尚武等^[1]利用遥感影像判读, 提出以植被盖度、裸沙占地率和土壤质地三项因子为指标的数量化评价方法^[1]; 卞建民^[2]提出 GIS 和人工神经网络模型相结合, 进行荒漠化评价; 张东等^[3]以地表稳定性为依据, 结合植被盖度, 通过实地调查数据分析提出评价指标体系; 王君厚等^[4]在区域尺度上考虑非沙漠化土地及不同程度沙漠化土地的面积组成比例, 即在沙漠化土地程度评价的基础上, 进行区域评价。上述研究皆具有一定的区域局限性, 但对进一步深入开展沙漠化评价研究提供了有价值的参考。

毛乌素沙地是我国四大沙地之一, 也是沙漠化严重地区之一。自然因素(松散的砂质物质基础、干旱的气候系统)和不合理的人类活动是沙漠化发生的条件。前人研究表明, 自然因素是毛乌素沙地沙漠化发生发展的原动力和基础条件, 而不合理的人类活动是毛乌素沙地沙漠化发生、发展的诱导因素^[5-7]。目前毛乌素沙地沙漠化状况呈现出“整体遏制, 局部好转”的良好局面^[8]。

本研究在准确把握毛乌素沙地沙漠化现状的基础上, 借鉴评价研究成果, 建立沙漠化评价模型, 并进行评价, 以揭示毛乌素沙地沙漠化发展规律, 为深入研究毛乌素沙地沙漠化问题提供方法手段和有价值的信息。

收稿日期: 2008-01-05

修回日期: 2008-07-11

资助项目: 国家科技部西部开发重大专项(2005BA901A26)

作者简介: 王玉华(1980—), 女(蒙古族), 内蒙古自治区赤峰市人, 学士学位, 工程师, 主要从事遥感技术和地理信息系统应用、数据库开发方面的工作研究。E-mail: wy_h_xiaoyu@163.com.

通信作者: 丁勇(1980—), 男(汉族), 河北省武邑县人, 理学博士, 主要从事生态系统管理研究、生态经济等方面研究。E-mail: dingyong228@yahoo.com.cn.

1 研究区概况

毛乌素沙地位于鄂尔多斯高原向陕北高原过渡地带(见图 1),地理范围为 $37^{\circ}30' - 39^{\circ}20'N$, $107^{\circ}20' - 111^{\circ}30'E$,平均海拔 1 300 ~ 1 600 m,涉及内蒙古、陕西、宁夏 3 省(区)的 16 个县域,面积约为 $4.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。自西北向东南倾斜,地貌呈“梁”、“滩”平行相间排列⁹。该地区属于亚湿润半干旱区^[10],湿润指数 0.50 ~ 0.65,年平均温度 $6.0^{\circ}\text{C} \sim 8.5^{\circ}\text{C}$,多年平均降水量为 250 ~ 440 mm,年平均蒸发量 1 770 ~ 2 500 mm,是降水量的 4 ~ 9 倍,年平均风速 2.1 ~ 3.3 m/s,年平均大风日数 10 ~ 40 d,最长达 95 d。研究区地带性土壤(栗钙土、棕钙土)和非地带性土壤(风沙土、盐碱土和草甸土)相间排列,以风沙土为主。受地貌、气候、土壤等条件的影响,沙地的植被由东部的草甸草原和灌丛植被逐渐向西部的荒漠草原植被过渡。沙生植物和草甸植被成为沙地的主要植被类型。

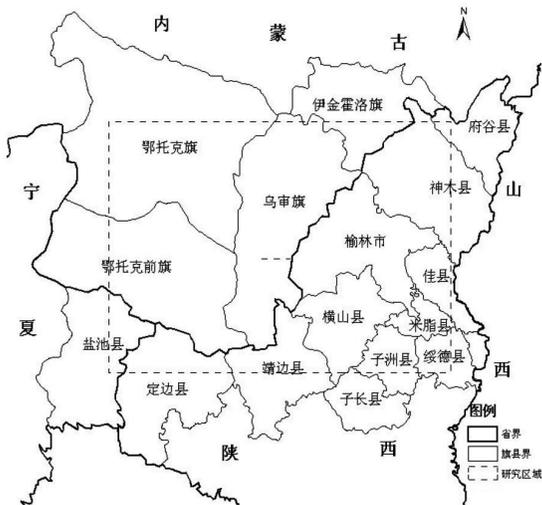


图 1 研究区位置示意图

2 数据获取及处理

2.1 毛乌素沙地土地覆被类型划分

选取 2000 年 7 月和 2006 年 7 月的两期中巴卫星数据(分辨率为 19.5 m),用 4, 3, 2 波段合成彩色图像,计算归一化植被指数(NDVI),通过建立 NDVI 与植被覆盖度的相关关系,获得植被覆盖度。NDVI 估算植被覆盖的基本原理是假定像元 NDVI 值 V 由植被覆盖部分的 NDVI 值 V_{\max} 与非植被覆盖部分的 NDVI 值 V_{\min} 的加权平均和构成,即

$$V = fV_{\max} + (1-f)V_{\min} \quad (1)$$

进而得到

$$f = (V - V_{\min}) / (V_{\max} - V_{\min}) \quad (2)$$

式中: V_{\min} —— 最小植被指数,即裸土条件下的值;
 V_{\max} —— 最大植被指数,即全植被覆盖条件下的 ND-

VI 值; f —— 植被覆盖度。

以植被覆盖度作为分类指标,将毛乌素沙地划分为流动沙地、半流动沙地、半固定沙地、固定沙地和非沙漠化土地 5 种土地覆被类型,因本文研究重点是在沙地类型上,所以将林地、草地、耕地、水域、未利用地统称为非沙漠化土地,不进行进一步的划分(表 1)。

表 1 沙漠化土地类型划分

类型	非沙漠化土地	固定沙地	半固定沙地	半流动沙地	流动沙地
代码值	0	1	2	3	4
植被覆盖度/%	—	> 60	30 ~ 60	10 ~ 30	< 10

依据分类系统,结合野外调查确立解译标志,在 ERDAS 软件中进行监督分类,提取 5 种土地类型信息,具体流程见图 2。

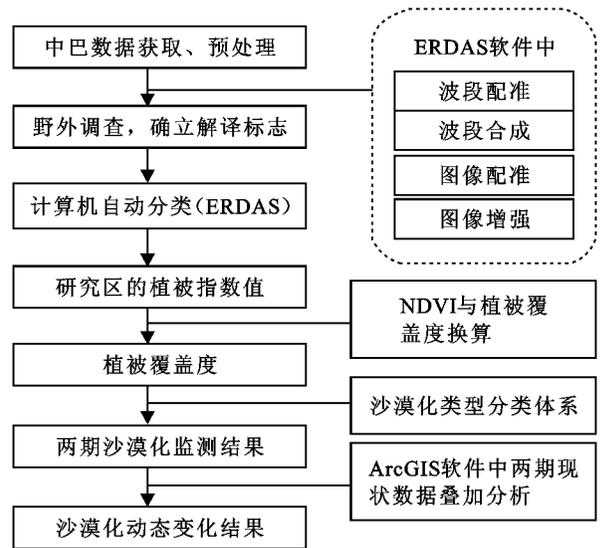


图 2 沙漠化信息提取流程图

2.2 沙漠化土地类型变化及趋势

以两个时期土地类型的变化幅度为依据,建立沙漠化土地变化类型分类系统^[6, 11],即发展、稳定、逆转 3 种基本类型。为了更加准确地反映某一时期沙漠化土地类型的相互转化规律,将发展和逆转两种基本类型再划分为明显发展、一般发展和明显逆转、一般逆转。将两期监测结果进行叠加分析,提取两个监测年度之间类型变化信息,并进行面积统计。代码差值表示沙漠化变化程度及趋势(见表 2)。

2.3 沙漠化土地面积动态变化方法

利用 ArcGIS 软件的空间叠加分析功能对毛乌素沙地研究区内 2000, 2006 年沙漠化现状图进行叠加,获得面积变化转移矩阵,并在 Oracle 数据库中统计各种沙漠化土地类型的面积及面积变化。

表2 代码差值与沙漠化变化类型的关系

代码差值	≤ - 2	- 1	0	1	≥ 2
沙漠化变化程度	明显	一般	稳定	一般	明显
变化趋势	逆转区	逆转区	稳定区	发展区	发展区

表3 区域土地沙漠化等级

程度	轻度	中度	重度	极重度
指数范围	0~1.5	1.5~1.8	1.8~2.1	>2.1

2.4 以县域为单位的沙漠化评价模型

对区域土地沙漠化现状的评价最直接的方法就是依据沙漠化现状数据,考虑各类沙漠化土地和非沙漠化土地的面积组成比例,在沙漠化监测现状数据的基础上,进行区域评价。本研究建立了毛乌素沙地区域评价模型,并划分了评价等级。

$$S = \sum_{i=1}^n D_i A_i / (\sum_{i=1}^n A_i + A_0) \quad (3)$$

式中: S ——某区域土地沙漠化现状评价指数; D_i ——第 i 类沙漠化土地的等级值(固定为 1,半固定为 2,半流动为 3,流动为 4); A_i ——第 i 类沙漠化土地面积; A_0 ——研究区内非沙漠化土地面积。 S 反映了某地区(乡、县、地区)土地沙漠化的总体水平,代表该地区土地退化整体现状,沙漠化等级的划分见表 3。

设 S_n 为研究区在第 n 年时沙漠化现状评价指数; S_m 为研究区在 m 年时沙漠化现状评价指数。则有

$$I = \frac{S_n - S_m}{n - m} \quad (4)$$

式中: I ——某区域从 n 年到 m 年间的土地沙漠化动态指数, I 为正值时,沙漠化趋于发展, I 值为负时,沙漠化趋于逆转。 I 正值越大,区域性土地沙漠化发展越强烈, I 负值越大,治理逆转效果越明显。

3 结果与分析

3.1 土地覆被类型时空动态变化

3.1.1 现状监测结果与分析 毛乌素沙地沙漠化监测面积为 59 240.35 km²。2000 年和 2006 年现状数据统计结果见表 4,现状图见附图 3。

表4 2000 与 2006 年研究区沙漠化现状统计

沙漠化类型	2000 年		2006 年		动态变化	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	变化率/%
固定沙地	15 776.73	26.63	6 871.48	11.60	-8 905.25	-15.03
半固定沙地	14 443.57	24.38	21 747.79	36.71	7 304.22	12.33
半流动沙地	14 357.18	24.24	14 497.90	24.48	140.72	0.24
流动沙地	4 217.09	7.12	2 217.64	3.74	-1 999.45	-3.38
非沙漠化	10 445.78	17.63	13 905.54	23.47	3 459.76	5.84
监测面积	59 240.35	100.00	59 240.35	100.00	-	-

2000 年沙漠化土地面积为 48 794.57 km²,占监测面积的 82.37%,沙漠化土地分布广泛。其中固定>半固定>半流动>非沙漠化>流动。2006 年沙漠化面积为 45 334.81 km²,占监测面积的 76.53%。其中半固定>半流动>非沙漠化>固定>流动,半固定沙地占绝对优势,占监测面积的 36.71%。以上数据表明,半固定、半流动和非沙漠化是毛乌素沙地 3 种最主要的沙地景观类型。

3.1.2 沙漠化土地类型发展趋势 研究分析了研究区土地沙漠化正逆过程形成及沙漠化面积变化动态,统计见表 5。

从沙漠化土地变化类型的面积和比率上看,稳定区面积为 19 262.52 km²,占总面积的 32.52%,说明在 2000 至 2006 年研究区约有 1/3 的土地处于稳定状态;发展面积(包括一般发展和明显发展)共 20 806.47 km²,占总面积的 35.12%;逆转面积(包括一般逆转和明显逆转面积)共为 19 171.37 km²,占总面积的

32.37%,正逆相互转化的面积占总面积的约 2/3。同时,分析表明,2006 年明显逆转地区面积大于明显发展地区,所以单从发展和逆转的面积上来看,沙漠化发展趋势大于逆转趋势,但是,从其变化的程度来看,研究区整体上处于一个在稳定中走向恢复的状态。

3.1.3 沙漠化动态变化 分析发现,研究区 6 a 间各沙漠化土地类型之间发生了较为复杂的变化。区域沙漠化动态转化的特点表现为:固定沙地面积减少最多,约 15.03%,其中将近一半发展为半固定,13.99%发展为半流动沙地,11.98%逆转为非沙漠化土地;半固定沙地面积扩展最多,其中 34.23%来自固定沙地,23.79%来自半流动沙地,13.28%来自非沙漠化土地,少量来源于流动沙地;半流动沙地与其它沙漠化类型土地有较为活跃的转化关系,但总体面积维系稳定;流动沙地有所减少,转化为半流动沙地(34.46%)、非沙漠化土地(30.63%)、半固定沙地(19.68%);67.09%的沙漠化土地转化为非沙漠化土

地,来自半固定(24.02%)、半流动(20.19%)、固定沙地(13.59%)和流动沙地(9.29%),同时有 76.53% 的非沙漠化土地发展为沙漠化土地。总体上来看,研究区出现“三增两减”格局,即半固定、半流动、非沙漠

化土地增加,固定、流动沙地减少了,半固定、半流动和非沙漠化土地 3 种类型在不同年代均占有较大比重,不仅景观上占有绝对优势,而且在沙漠化发展过程中相互转化频繁(表 6)。

表 5 2000—2006 年沙漠化变化类型统计

变化类型	明显发展区	一般发展区	稳定区	一般逆转区	明显逆转区
面积/km ²	8 258.64	12 547.83	19 262.52	9 845.86	9 325.50
占总面积的比率/%	13.94	21.18	32.52	16.62	15.74

表 6 2000—2006 年沙漠化面积变化矩阵

沙漠化类型代码	2000-1	2000-2	2000-3	2000-4	2000-0	合计
2006-1	4 033.93	7 445.33	2 207.36	199.61	1 890.50	15 776.73
2006-2	1 326.10	5 410.14	3 930.24	436.95	3 340.14	14 443.57
2006-3	916.13	5 175.06	4 741.45	717.17	2 807.37	14 357.18
2006-4	140.24	830.06	1 453.31	501.92	1 291.56	4 217.09
2006-0	455.08	2 887.20	2 165.54	361.99	4 575.97	10 445.78
合计	6 871.48	21 747.79	14 497.90	2 217.64	13 905.54	59 240.35

注:表中沙漠化类型代码含义同表 1。

3.2 以县域为单位的沙漠化评价结果

根据构建的沙漠化评价模型,获取研究区评价结果见图 3。

2000 年研究区评价结果表明,毛乌素沙地区域总体评价值 S 为 1.766,属中度。子长县、绥德县、米脂县、佳县、子洲县为极重度,分布在毛乌素东南部边缘地区;伊金霍洛旗、榆林为重度;其余 9 个县域均为中度。其中 S 值最高的是绥德县(2.463),最小的是靖边县(1.542)。

2006 年研究区评价结果表明,区域总体评价值 S 值为 1.734,属中度。子长县为极重度;榆林、绥德县、佳县、子洲县、伊金霍洛旗、横山县、府谷县为重度;其余均县域为中度。评价值最大的是子长县(2.372),最小的是盐池县(1.649)。

分析 2000 年和 2006 年各县域沙漠化变化发现,8 个县呈现发展趋势,8 个县呈现逆转趋势,发展和逆转的数量是相当的,沙地总体评价值变化很小,沙漠化动态指数 I 值为 -0.000 5,说明研究区呈现出局部恶化,局部好转的总体稳定状态。

在呈现发展趋势的县域中,府谷县、横山县,评价等级由中度到重度;子长县、盐池县、定边县、神木县、榆林、鄂托克旗的 I 值虽然有所增加,但评价等级并无变化; I 值最大的是子长县,最小的是定边县。在呈现逆转趋势的县域中,由极重度变为中度,逆转趋势十分明显;其次是绥德县、子洲县和佳县,等级由极重度变为重度,逆转趋势较明显;乌审旗、鄂托克前旗、靖边、伊金霍洛旗评价值也有所减小,但评价等级并无变化; I 值最大的是米脂县,最小的是乌审旗。

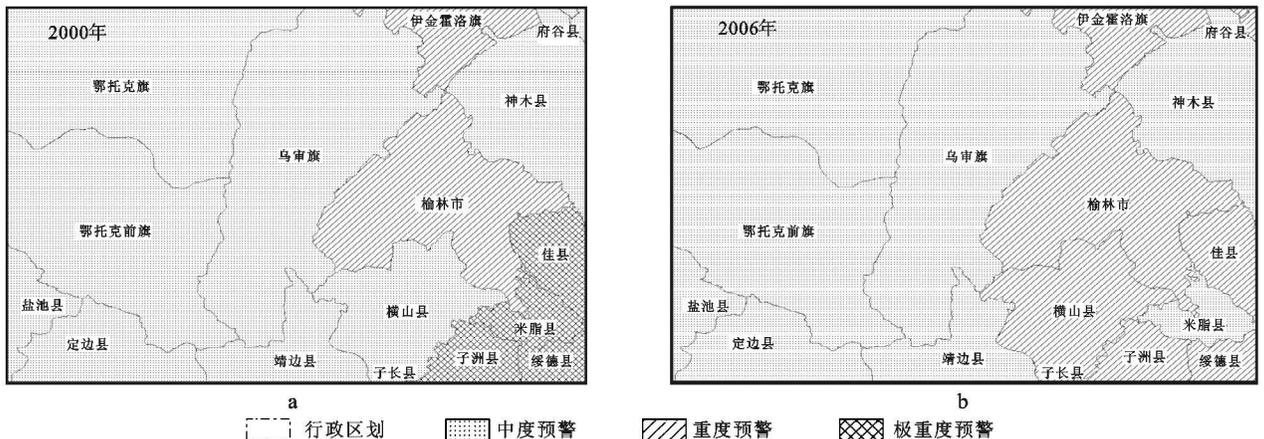


图 3 研究区域沙漠化评价结果

4 结论

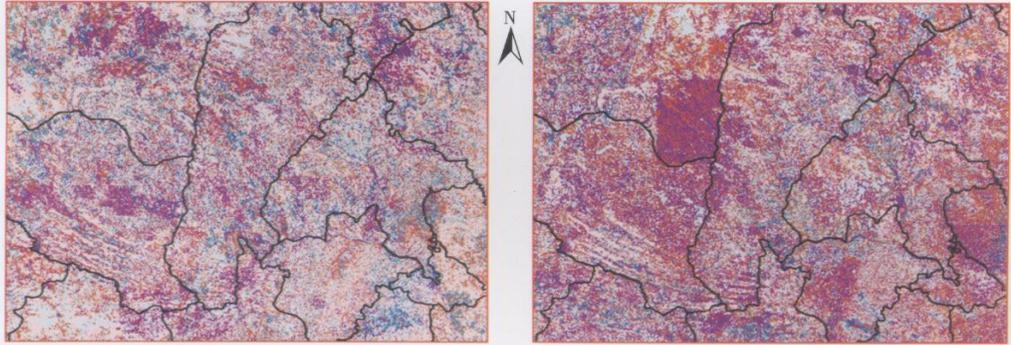
(1) 从覆被类型面积变化分析,毛乌素沙地2000—2006年沙漠化发展呈现局部恶化,总体稳定趋势,其中稳定区、发展区、逆转区各约占三分之一,发展区略大于逆转区;沙漠化发展过程中,固定沙地、流动沙地面积减少了,半固定沙地、非沙漠化土地增加,半流动沙地变化不大,沙漠化发展变化在半固定、半流动和非沙漠化土地中剧烈变动。

(2) 评价模型研究表明,研究区16个县域中,呈现发展趋势的地区主要分布在研究区的西北、西南和东北部;呈现逆转趋势的地区分布在研究区的东南部 and 中间地带。研究区整体评价差值为-0.0005,呈现出部分地区恶化,部分地区好转的总体稳定状态。定性定量相结合的评价模型更加准确地反映了研究区2000—2006年的沙漠化发展趋势。

(3) 自1998年以来的生态环境综合治理、水土保持、退耕还林还草等生态恢复与生态建设工程实施效果明显,毛乌素沙地呈现“整体遏制,局部好转”的大好局面,但流沙治理的标准不高,未治理的面积还很大,人口、牲畜、农业生产、能源开发等人类活动仍不断地影响沙漠化发展,毛乌素沙地沙漠化防治任务依然艰巨。沙漠化遥感监测与评价需进一步深入研究,以求对沙漠化防治和建立我国北方重要生态屏障提供科学依据。

[参 考 文 献]

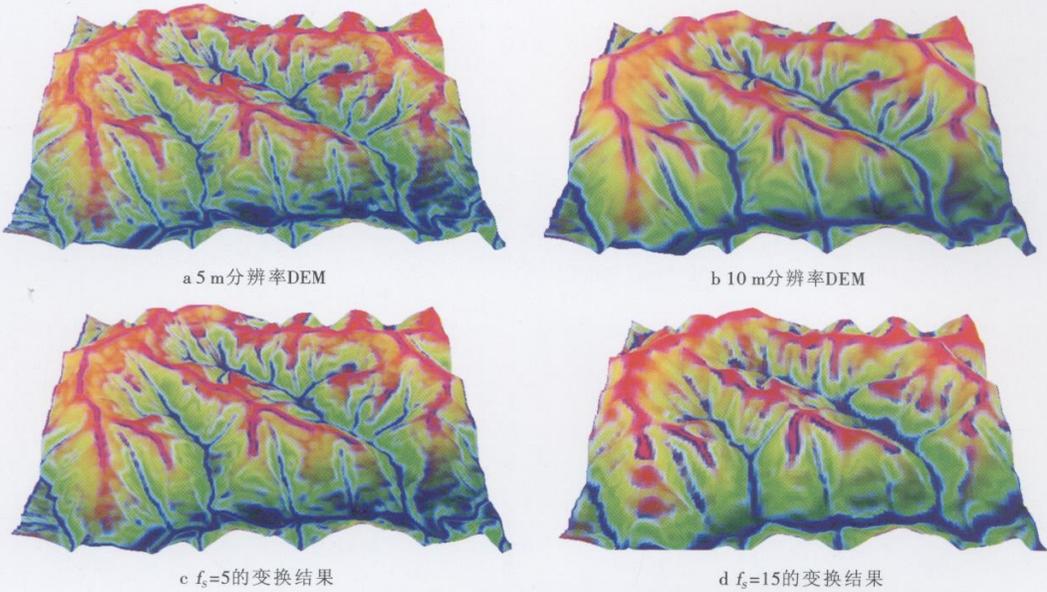
- [1] 高尚武,王葆芳,朱灵益,等.中国沙质荒漠化土地监测与评价指标体系[J].林业科学,1998,34(4):1—10.
- [2] 卞建民,汤洁,林年丰,等.松嫩平原西南部土地碱质荒漠化预警研[J].环境科学研究,2001,14(6):48—50.
- [3] 张东,丁国栋,马士龙,等.浑善达克沙地荒漠化灾害预警指标体系的研究[J].水土保持研究,2005,12(6):79—82.
- [4] 王君厚,寥雅萍,林进.土地沙漠化评价预警模型的建立及北方12省(市、区)分县预警[J].林业科学,2001,37(1):58—63.
- [5] 高国雄.毛乌素沙地能源开发对植被与环境的影响[J].水土保持通报,2005,25(3):1—4.
- [6] 郝成元,吴绍洪,杨勤业.毛乌素地区沙漠化与土地利用研究[J].中国沙漠,2005,25(1):33—39.
- [7] 吴薇.毛乌素沙地沙漠化过程及其整治对策[J].中国生态农业学报,2001,9(3):182—185.
- [8] 王蕴忠,孙和国,武生荣.飞机播种造林种草治理毛乌素、库布齐沙漠(地)成效及评价[J].内蒙古林业科技,1999(3):24—29.
- [9] 北京大学地理系编.毛乌素沙区自然条件及其改良利用[M].北京:科学出版社,1983.
- [10] UN. United Nations convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/ or desertification, particularly in Africa[S]. 1994.
- [11] 高会军,谭克龙,姜琦刚,等.“3S”技术在沙质荒漠化土地动态监测中的作用[J].地质灾害与环境,2005,16(2):182—185.
- (上接第40页)
- [5] Zheng J, He M, Li X, et al. Effects of *Salsola passerina* shrub patches on the microscale heterogeneity of soil in a montane grassland, China[J]. Journal of Arid Environments, 2007, 72: 150—161.
- [6] 高洪军,朱平,彭畅,等.黑土有机培肥对土地生产力及土壤肥力影响研究[J].吉林农业大学学报,2007,29(1):65—69.
- [7] 胡诚,曹志平,罗艳蕊,等.长期施用生物有机肥对土壤肥力及微生物生物量碳的影响[J].中国农业生态学报,2007,15(3):48—51.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学出版社,1978.
- [9] Li Haibo, Han Xiaozeng, Wang Feng, et al. Impact of soil management on organic carbon content and aggregate stability [J]. Soil Science and Plant Analysis, 2007, 38: 1637—1690.
- [10] 王风,韩晓增,李海波,等.黑土水稳性团聚体测定方法研究[J].农业系统科学与综合研究,2007,23(2):138—140.
- [11] 王风,韩晓增,李海波,等.不同黑土生态系统的土壤水分物理性质研究[J].水土保持学报,2006,20(2):67—70.
- [12] 孙海国,雷浣群.植物残体对土壤结构性状的影响[J].生态农业研究,1998,6(3):39—42.
- [13] 张鼎华,孙志蓉,翟明普,等.杨树刺槐混交林沙地土壤的水分:物理性质[J].应用与环境生物学报,2001,7(2):122—125.
- [14] 文倩,关欣.土壤团聚体形成的研究进展[J].干旱区研究,2004,21(4):434—438.
- [15] 李阳兵,魏朝富,谢德体,等.岩溶山区植被破坏前后土壤团聚体稳定性研究[J].中国农学通报,2005,21(10):232—234.



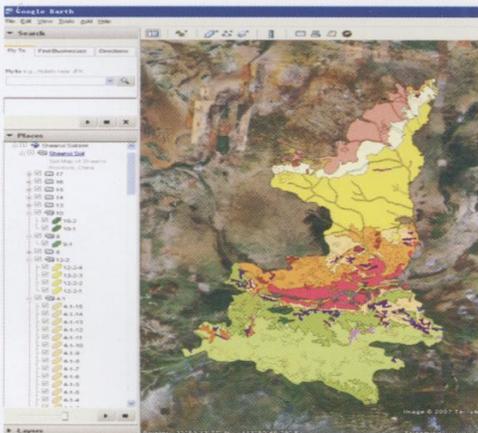
2000年
 研究区域 行政区划 固定沙地 半固定沙地 流动沙地 半流动沙地 非沙化土地

2006年

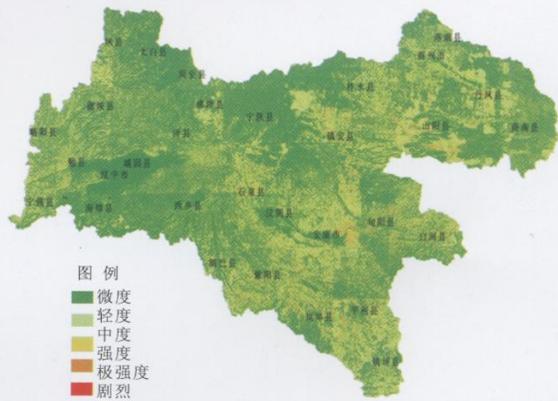
附图3 毛乌素沙地研究区沙漠化现状图



附图4 由高程、坡度和曲率3个专题层构造的县南沟流域3通道地形综合影响（红、绿、蓝）



附图5 陕西省土类图（部分图层）



附图6 南水北调中线陕西水源区土壤侵蚀现状图