

# 基于 DEM 的浏阳市土地利用空间格局分析

代冬梅, 吴国平, 司惠超 (南京大学地理与海洋科学学院, 江苏南京 210093)

**摘要** 通过解译卫星遥感影像, 利用 DEM 数据, 应用 GIS 的空间分析功能, 分别从高程、坡度和坡向对浏阳市的土地利用情况进行了分析。研究表明, 地形因子对土地利用的空间格局有很大的影响。不同地形因子不同级别下的主导土地利用方式不同, 各土地利用类型的优势区域不同, 相同土地利用类型在不同地形级别下的数量和结构也存在很大差异。通过对土地利用的结构和空间布局分析, 将有助于实现该地区的土地利用结构优化和不同地形上土地利用类型的合理布局, 保护该地区的生态环境和促进区域的可持续发展。

**关键词** 数字高程模型; 地理信息系统; 土地利用; 地形因子

中图分类号 X144 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)03-01231-04

## Analysis of Spatial Pattern of Land Use in Liuyang City Based on DEM

DAI Dong mei et al (School of Geography and Ocean Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093)

**Abstract** Through interpreting the remote sensing data and application of GIS spatial analysis functions, the situation of Liuyang City land use was analyzed from elevation, slope and slope aspect. The results showed that the topography had a great impact on the spatial pattern of land use types. The lead ways of land use on different terrains at different levels were different. The advantageous regions of different land use types were different, and the number and structure of the same kind of land use on different terrains also varied considerably. Analyzing the structure and layout of land use would help to optimize the structure of land use, achieve the rational distribution of land use on different terrains, the protection of the ecological environment and promote regional sustainable development.

**Key words** DEM; GIS; Land use; Terrain factor

土地利用/覆盖的研究是当前全球环境变化研究领域的核心问题之一, 地形因子与土地利用的关系也一直是土地利用/覆盖的重要内容之一<sup>[1-2]</sup>。人类定向活动在一定程度上影响着土地利用方式、结构和强度<sup>[3-5]</sup>, 但地形因子作为自然环境中的重要因素, 决定着区域的光照情况、土壤质地和水源涵养能力等, 从而影响着人类利用土地的方式和程度, 所以在一定程度上说地形决定了土地利用的方向和方式。同时地形差异也是土地利用空间格局分异的重要因子。当前以 DEM 为基础探讨土地利用格局已成为热点<sup>[6-7]</sup>。笔者利用 DEM 和 GIS 的空间分析功能, 探讨了浏阳市土地利用空间格局与地形因子的关系, 这对于探讨地形在土地利用变化过程中的地位和作用以及对土地利用规划管理和生态环境的建设极其重要。

## 1 研究概况

浏阳市位于湖南省东北部, 东南与江西省铜鼓、万载、宜春、萍乡等县市接壤, 距长沙市 84 km, 全市东西长 105.8 km, 南北宽 80.9 km, 面积约 5 000 km<sup>2</sup>。浏阳地处幕阜—罗霄山脉北段, 地势东北高、西南低, 山地、丘陵、盆地交错, 河流纵横。浏阳属北亚热带湿润气候区, 年均温 17.3℃, 年均降水量 1 562 mm。物华天宝, 物产丰富, 素称“鱼米之乡”, 是国家商品粮基地县之一, 浏阳矿产极为丰富, 境内已探明矿床、矿点 118 处, 已探明储量的矿产有 36 种。

## 2 数据处理与研究方法

**2.1 数据处理** 研究采用的数据有覆盖研究区全境的 TM 影像(2004 年)、长沙市全区 DEM 图(2004 年)以及其他辅助图件和相应调查资料。首先对 TM 影像进行监督分类, 并经过聚类、对照实地调查资料纠正以及重分类等后处理, 得到 1:10 万的浏阳市土地利用现状图。然后根据长沙市行政区划图对 DEM 进行掩膜分析, 得到浏阳市的 DEM 图, 并将土地

利用现状图和 DEM 的栅格单元和投影坐标系都设置为相同。最后利用 DEM 进行高程、坡度和坡向的提取, 并对所提取的高程、坡度、坡向进行分级。

根据全国土地分类(过渡期间适用)并结合浏阳市耕地、园地和林地面积大的特点, 将浏阳市土地利用类型分为耕地、园地、林地、其他农用地、建设用地以及未利用地六类。基于 DEM 的坡度、坡向和高程的分级, 应建立在其与土地利用关系基础之上<sup>[8]</sup>。该文结合浏阳的土地利用特点和地形特征, 将高程分为 11 级, 100 m 以下和 1 000 m 以上各为一级, 100~1 000 m 间隔 100 m 为一级; 而坡度的划分则依据《土地利用更新调查技术规定》以及动力和重力学原理, 分为平地(0°~2°)、缓平地(2°~6°)、缓地(6°~15°)、斜坡(15°~25°)、缓陡坡(25°~35°)、陡坡(>35°)6 级; 对于地面任何一点来说, 坡向表征了该点高程值改变量的最大变化方向。在输出的坡向数据中, 正北方向为 0°, 顺时针方向计算, 取值范围为 0°~360°<sup>[5]</sup>。在该文中将其分为无坡向(-1°)、阳坡(157.5°~247.5°)、半阳坡(247.5°~292.5°、112.5°~157.5°)、半阴坡(67.5°~112.5°、292.5°~337.5°)和阴坡(337.5°~22.5°、22.5°~67.5°)5 级。

**2.2 研究指标** 为了便于说明不同土地利用类型在不同地形因子上的分布特征, 笔者在结果统计分析时引入分布指数, 其计算公式如下<sup>[9]</sup>:

$$P = \left( \frac{S_{ie}}{S_i} \right) \times \left( \frac{S}{S_e} \right)$$

式中,  $P$  代表分布指数;  $e$  代表地形因子;  $S_{ie}$  代表  $e$  地形因子特定等级下的  $i$  地类的面积;  $S_i$  是  $i$  地类的面积;  $S_e$  是整个区域地形因子特定等级下的总面积;  $S$  是整个区域面积。某种土地利用类型的地形分布优势指数对于其在地形上的空间分布有着指示意义: 如果  $P$  值大于 1, 表示第  $i$  种地类在第  $e$  级地形上的分布水平高于该地类在区域中的平均分布水平, 即其在地形上的分布属于优势分布,  $P$  值越大, 优势度越高, 该级别地形适宜该类土地发育和分布的程度越大。反之, 如果  $P$  值小于 1, 则说明第  $i$  种地类在第  $e$  级地形

上的分布低于区域平均分布水平,属于劣势分布,说明该地  
形级别不适宜该地类分布或者发育<sup>[7]</sup>。

### 3 结果与分析

利用ARC GIS 软件将土地利用图分别与所提取的地形

因子进行叠加分析<sup>[10]</sup>(图1)。

#### 3.1 基于地形因子的土地利用空间格局分析

3.1.1 基于高程分级的土地利用空间分布。高程是影响土  
地利用类型分布的一个重要因素,随着海拔高度的增加,大

表1 不同高程分级区域土地利用类型分布特征

Table 1 Distribution characteristics of land use types in different sub-zones of deviation

高程分级 Elevation grade	耕地		园地		林地		其他农用地		建设用地		未利用地	
	Farmland		Garden plot		Woodland		Other agricultural land		Construction land		Unused land	
	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage
36 ~100 m	443.964 0	42.93	31.179 2	3.11	339.794 4	32.86	29.462 8	2.85	140.710 0	13.61	47.944 0	4.64
100 ~200 m	380.661 6	22.81	25.737 2	1.54	1063.282 0	63.70	24.061 2	1.44	144.335 2	8.65	31.050 4	1.86
200 ~300 m	101.475 6	11.08	4.682 4	0.51	768.867 2	83.96	1.717 6	0.19	23.959 6	2.62	15.089 2	1.65
300 ~400 m	35.759 2	6.59	1.291 6	0.24	487.838 0	89.97	0.341 6	0.06	6.566 0	1.21	10.433 2	1.92
400 ~500 m	14.106 8	4.54	0.302 4	0.10	287.451 6	92.51	0.077 2	0.02	2.473 2	0.80	6.324 8	2.04
500 ~600 m	7.364 0	3.82	0.124 8	0.06	181.314 4	94.01	0.021 9	0.01	1.060 0	0.55	2.990 8	1.55
600 ~700 m	2.792 0	2.58	0.033 2	0.03	103.838 0	95.82	0.002 0	0	0.358 8	0.33	1.341 6	1.24
700 ~800 m	1.254 0	2.17	0.005 6	0.01	55.563 2	95.99	0.001 2	0	0.187 2	0.32	0.874 0	1.51
800 ~900 m	0.390 8	1.16	0	0.00	32.943 6	97.81	0.000 9	0	0.040 8	0.12	0.304 0	0.90
900 ~1 000 m	0.016 4	0.07	0	0.00	23.678 4	99.32	0	0	0.004 0	0.02	0.141 6	0.59
>1 000 m	0.028 8	0.05	0	0.00	44.490 8	73.34	0	0	0.021 2	0.03	16.119 6	26.57

表2 不同坡度分级区域土地利用类型分布特征

Table 2 Distribution characterizes of land use types in different sub-zones of slope

坡度分级 Slope grade	耕地		园地		林地		其他农用地		建设用地		未利用地	
	Farmland		Garden plot		Woodland		Other agricultural land		Construction land		Unused land	
	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage
平地 Hat land	287.031 6	56.59	11.366 0	2.24	88.376 4	17.43	12.181 2	2.40	75.113 6	14.81	33.111 6	6.53
缓平地	213.972 4	35.51	15.958 8	2.65	254.976 0	42.32	14.814 4	2.46	79.788 8	13.24	23.049 2	3.83
Sloping field												
缓地	239.217 6	19.39	20.551 2	1.67	838.194 4	67.93	18.264 4	1.48	90.596 4	7.34	27.087 2	2.20
Gentle slope												
斜坡 Slope	156.656 0	12.02	11.200 0	0.86	1054.157 0	80.89	7.596 0	0.58	48.248 8	3.70	25.266 8	1.94
缓陡坡	71.133 2	8.22	4.189 6	0.48	750.680 0	86.80	2.3044	0.27	20.290 0	2.35	16.272 0	1.88
Gentle steep slope												
陡坡	19.802 4	4.53	1.090 8	0.25	402.678 4	92.02	0.526 0	0.12	5.678 4	1.30	7.826 4	1.79
Steep slope												

表3 不同坡向分级区域土地利用类型分布特征

Table 3 Distribution characteristics of land use types in different sub-zones of slope direction

坡向分级 Slope direction classification	耕地		园地		林地		其他农用地		建设用地		未利用地	
	Farmland		Garden plot		Woodland		Other agricultural land		Construction land		Unused land	
	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage	面积 Area	比例 % Percentage
无坡向	109.659 6	60.06	3.624 0	1.98	22.122 8	12.12	4.488 0	2.46	28.652 0	15.69	14.034 8	7.69
No slope direction												
阴坡	140.244 4	12.73	15.845 6	1.44	853.930 4	77.53	9.442 0	0.86	61.304 8	5.57	20.684 8	1.88
Shaded slope												
半阴坡	202.201 2	16.60	16.525 2	1.36	885.470 0	72.68	12.400 8	1.02	75.320 4	6.18	26.353 6	2.16
Half shaded slope												
半阳坡	261.192 4	20.86	14.943 2	1.19	846.858 4	67.62	14.908 4	1.19	79.675 6	6.36	34.727 6	2.77
Half-sunny slope												
阳坡 Sunny slope	274.515 6	22.98	13.418 4	1.12	780.680 4	65.35	14.449 2	1.21	74.763 2	6.26	36.812 4	3.08

气温度、湿度会明显变化,导致土地利用的方向与方式随高  
程发生一定规律的变化<sup>[7]</sup>。从表1 中可以看出,随着海拔升  
高,各种土地利用类型除林地外的面积逐渐减少;海拔100 m  
以下,耕地面积最大,占该区域土地总面积的42.90%,为该  
区域的主导土地利用方式,其次为林地和建设用地,所占比

例分别为32.86%和13.61%;海拔100 m 以上,林地成为各个  
区域的主导土地利用方式,在200 ~300 m,林地面积最大,900  
~1 000 m,林地所占比例达到最大,而高海拔高于1 000 m 区  
域,未利用地之所以所占比例较大,仅次于林地,是由于海拔  
1 608 m 的大围山上的十几处湖泊,形成了独特的“高山平湖”

景观。

从图2 可以看出, 海拔200 m 以下, 耕地的分布指数大于1, 随海拔升高, 分布指数逐渐变小, 到海拔900 m 时, 分布指数减小为0, 从上分析可知海拔200 m 以下是耕地的海拔优势区; 园地、其他农用地主要分布在海拔200 m 以下, 这个区域也是园地和其他农用地的海拔优势区; 林地主要分布在600 m 以下, 在100 ~200 m 分布最多, 1 000 m 以下林地的分布指数一直呈上升趋势, 大于1 000 m 时呈小幅下降, 300 m 以上均是林地的海拔优势区, 原因是由于浏阳市林地面积大, 在很多区域都在优势地位; 建设用地主要分布于海拔300 m 以下, 随着海拔的上升, 其分布指数呈明显下降趋势; 而未利用地的分布则呈现不规则变化, 其主要分布在400 m 以下和1 000 m 以上, 其海拔优势区为100 m 下和1 000 m 以上。

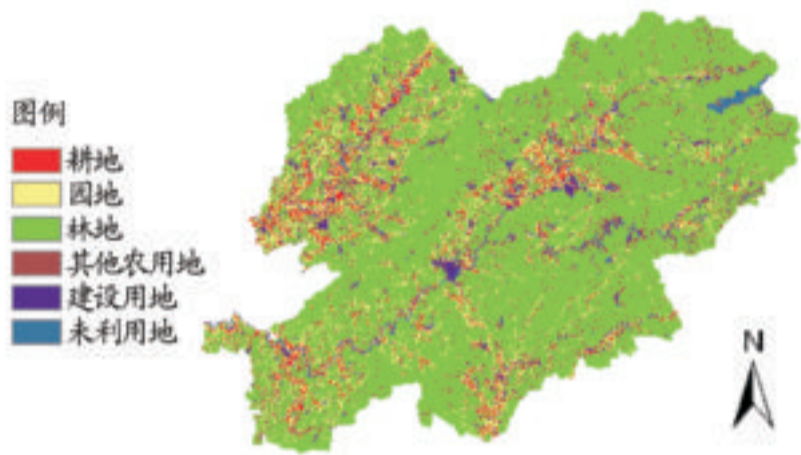


图1 2004 年浏阳市土地利用示意

Fig.1 Land use of Liuyang City in 2004

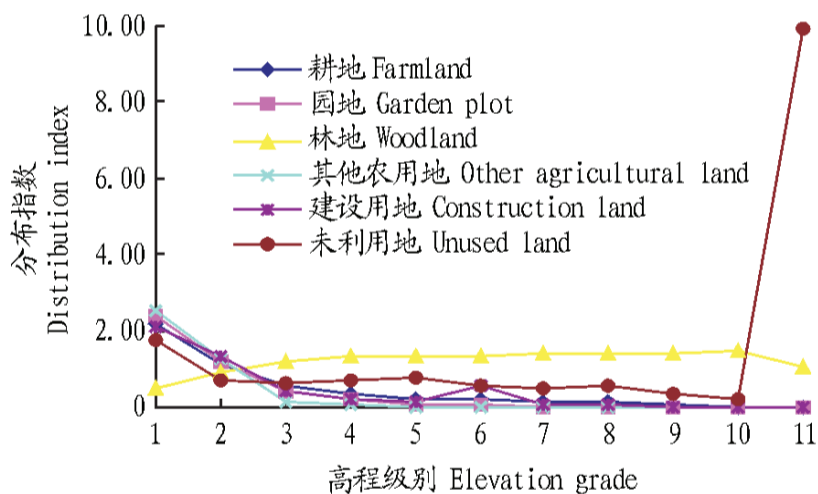


图2 各高程区土地利用类型分布指数

Fig.2 Distribution index of land use types in different levels of elevation

3.1.2 基于坡度分级的土地利用空间分布。由表2 可以看出, 平地区域耕地面积最大, 占该区域土地总面积的56.9%, 为该区的主导土地利用方式; 随着坡度增加, 除林地和建设用地以外, 其他土地利用类型的面积都逐渐减少, 林地成为各个区域的主导利用方式, 在斜坡区域, 林地面积最大, 在陡坡区域, 林地所占比例达到最大, 建设用地主要分布在平地、缓平地, 在缓地区域面积达到最大, 然后面积随着坡度增大而减少, 这说明建设用地的分布主要要受人类活动影响。

由图3 可以看出, 耕地的坡度优势区域为平地 and 缓平地; 园地的坡度优势区域为平地、缓平地 and 缓地, 其分布指数在缓平地区域达到最大, 从缓地到陡坡区域, 其分布指数逐渐减小; 林地的分布指数随坡度增加呈上升趋势, 斜坡、缓陡坡、陡坡是林地的坡度优势区; 其他农用地的坡度优势区是平地、缓平地 and 缓地; 从平地到缓地这个区域, 建设用地分布

指数都大于1, 也就是说这个区域是其坡度优势区; 未利用地的分布较为分散, 分布在各个坡度的面积相差不大, 其分布指数随坡度增加呈下降趋势, 其坡度优势区为平地 and 缓平地。

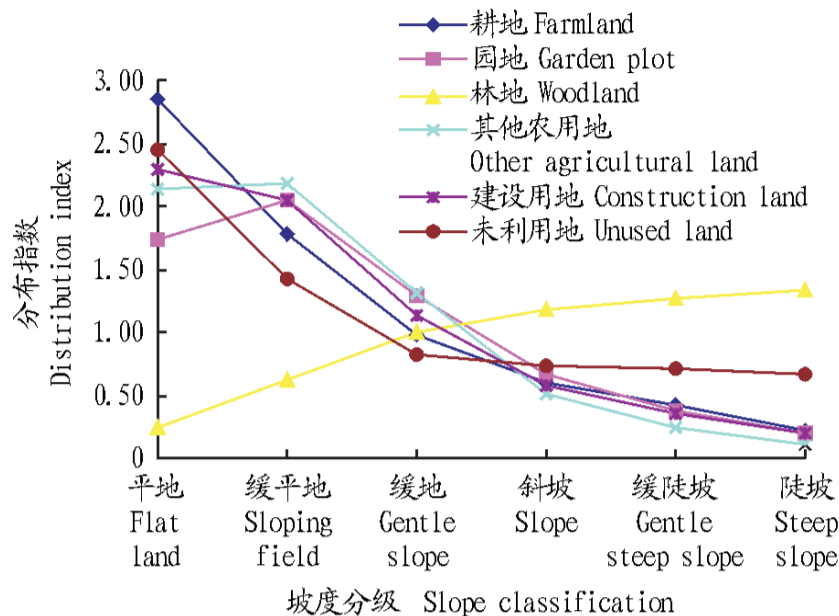


图3 各坡度区土地利用类型分布指数

Fig.3 Distribution index of land use types in different levels of slope

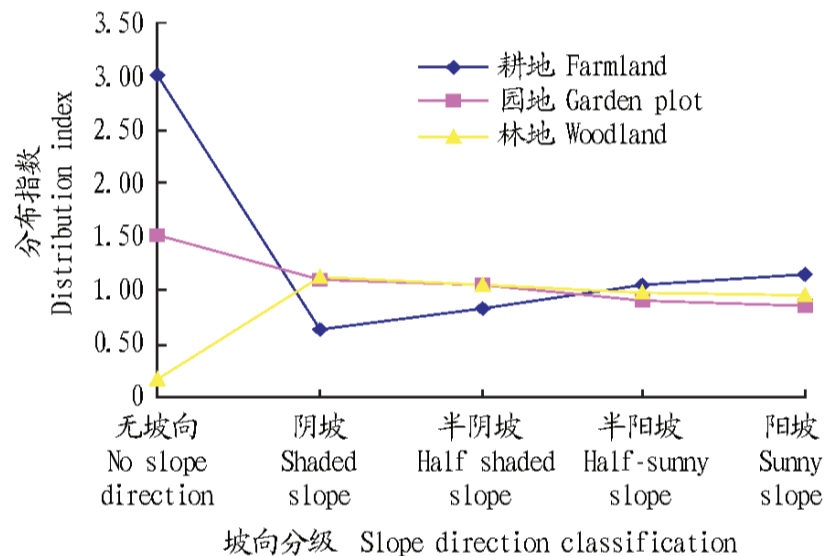


图4 各坡向区土地利用类型分布指数

Fig.4 Distribution index of land use types in different levels of slope direction

3.1.3 基于坡向分级的土地利用空间分布。由表3 可以看出, 在无坡向区域, 耕地面积最大, 所占土地总面积达到60.06%, 是该区域的土地利用主导方式; 在其他坡向区域林地的分布比例均为最大, 为这些区域的主导土地利用方式; 坡向由阴坡转向阳坡的过程中, 耕地、其他农用地和未利用地面积逐渐增加。由于其他农用地、建设用地和未利用地受坡向影响较小, 该文主要分析其他3 种土地利用类型的坡向分布指数。从图4 可以看出, 耕地在无坡向、半阳坡 and 阳坡区域的分布指数都大于1, 这3 个区域是耕地的坡向优势区, 这说明耕地对光照条件要求较高; 园地的坡向优势区是无坡向、阴坡 and 半阴坡区域, 这主要是因为一些经济作物所需的特殊生长环境; 林地的坡向优势区为阴坡 and 半阴坡, 这主要是因为这些区域水分条件较好。

3.2 土地利用格局与地形因子的关系 为了进一步说明土地利用格局与地形因子的关系, 根据各地形因子土地利用类型统计数据, 得到各土地利用类型与地形因子的相关系数表。

由表4 可以看出, 各土地利用类型与高程呈负相关, 即随高程的增加, 各土地利用类型分布减少; 除林地外, 其他土地利用类型也与坡度呈负相关, 即除林地外, 其他土地利用

类型随坡度增加分布减少;各土地利用类型与坡向呈正相关。这充分说明了土地利用格局与地形因子的相关性。

表4 土地利用类型与地形因子相关性

Table 4 The correlation between land use types and topography

相关系数	高程	坡度	坡向
Correlation coefficient	Elevation	Slope degree	Slope direction
耕地 Farmland	-0.764	-0.961	0.983
园地 Garden plot	-0.730	-0.712	0.558
林地 Woodland	-0.786	0.468	0.648
其他农用地 Other agricultural land	-0.696	-0.808	0.934
建设用地 Constructionland	-0.729	-0.880	0.837
未利用地 Unusedland	-0.696	-0.894	0.989

注:海拔由低向高,坡度由小到大,坡向由阴坡向阳坡转变。

Note: The transition of altitude is from low to high, slope degree is from small to big, and slope direction is from shaded to sunny slope.

#### 4 结论

(1) 应用 DEM 和 ARC GIS 软件,通过叠加分析,可以准确、快速地找出土地利用格局与地形因子的关系,通过对浏阳市的分析,可以看出采用这样的方法得出的结论符合当地的自然规律和社会经济规律。

(2) 浏阳市土地利用呈现强烈的区域差异性,不同地形因子不同级别下的土地利用主导方式不同,同一土地利用类型在不同区域中的数量差别较大,总体表现为林地和耕地占

主导地位的土地利用结构和格局。

(3) 浏阳市的土地利用与地形因子具有高度相关性,表现为随海拔和坡度的增加,林地所占各级别的土地总面积比例逐渐增大,其他土地类型的分布比例逐渐减少;随坡向由阴转阳,除园地和林地外,其他类型面积逐渐增加。

#### 参考文献

- [1] VERBURG P H, VEDKAMP T A, BOUMA J. Land use change under conditions of high population pressure[J]. The case of Java Global Environmental Change, 1999, 9: 303-312.
- [2] 于修英, 杨桂山. 中国土地利用 覆被变化研究的现状和问题[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51-57.
- [3] 陈利顶, 张淑荣, 傅伯杰, 等. 流域尺度土地利用与土壤类型空间分布的相关性研究[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2497-2505.
- [4] 闫小培, 毛蒋兴, 普军. 巨型城市区域土地利用变化的人文因素分析[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 613-623.
- [5] 王宏志, 李仁东, 毋河海. 基于空间分析的土地利用垂直分异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 531-535.
- [6] 刘瑞民, 杨志峰, 沈珍瑶, 等. 基于 DEM 的长江上游土地利用分析[J]. 地理科学进展, 2006, 25(1): 102-108.
- [7] 毛蒋兴, 李志刚, 闫小培, 等. 深圳土地利用时空变化与地形因子的关系研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(2): 72-76.
- [8] 黎景良, 后斌, 危双峰, 等. 基于 DEM 的广东省山区土地利用变化分析[J]. 测绘通报, 2007, (6): 53-57.
- [9] 孙丽, 陈焕伟, 潘家文. 运用 DEM 剖析土地利用类型的分布及时空变化——以北京延庆县为例[J]. 山地学报, 2004, 11(6): 762-766.
- [10] 邹敏, 吴泉源, 杰武. 基于 DEM 的龙口市土地利用空间格局与时空变化研究[J]. 测绘科学, 2007, 32(6): 173-175.

(上接第1226页)

风日数17 d, 突变前后大风日数也发生明显变化, 突变后年

平均大风日数减少了60%。

表3 博州大风日数的趋势系数

Table 3 Trend coefficient of gale days in Bortala

气象站	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
Weather station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
温泉 Hot spring	0.29	0.28	0.15	0.37	-0.11	-0.23	-0.20	0.11	0.04	0.21	0.40	0.30	0.14
博乐 Bole	0	0	-0.28	-0.31	-0.59	-0.76	-0.60	-0.59	-0.39	-0.30	-0.20	0	-0.84
精河 Jinghe	-0.05	-0.23	-0.50	-0.44	-0.63	-0.75	-0.66	-0.57	-0.69	-0.59	-0.26	-0.32	-0.80
阿拉山口	0.05	0.19	-0.20	-0.06	-0.20	-0.22	-0.28	-0.31	-0.22	-0.57	-0.23	0.21	-0.49
Altay mountain pass													

#### 3 结论与讨论

博州多年平均年大风日数8~160 d, 其中博乐最少为8 d, 阿拉山口最多为160 d。整个地区平均4~8月大风日数较多。从20世纪60~90年代, 年平均大风日数逐渐减少, 从62 d 逐渐减少为47 d。

温泉大风天气的高发时段为15:00~19:00, 出现次数占总出现次数的30%。精河大风高发时段为15:00~22:00, 出现次数占总出现次数的50%。阿拉山口多发时段为14:00~23:00, 出现次数占总出现次数的51%。温泉、精河和阿拉山口3站大风持续时间主要在2 h 以内。由于地形的作用, 大风持续时间从短到长的排列顺序依次是温泉、精河和阿拉山口。

40年内博乐和精河年大风日数呈明显线性减少, 阿拉山口呈线性减少。4站大风日数年际变化具有9年的振荡周期。4站中, 年大风日数发生突变的有博乐和精河。博乐在1986年发生突变, 突变后年平均大风日数减少了83%; 精河

在1976年发生突变, 突变后年平均大风日数减少了60%。

#### 参考文献

- [1] 王旭, 马禹. 新疆大风的时空统计特征[J]. 新疆气象, 2002, 25(1): 1-3.
- [2] 王旭, 王健, 马禹. 新疆大风天气过程的特点[J]. 新疆气象, 2002, 25(2): 4-6.
- [3] 李耀辉, 张存杰, 高学杰. 西北地区大风日数的时空分布特征[J]. 中国沙漠, 2004, 24(6): 715-723.
- [4] 白虎志, 李栋梁, 董安祥, 等. 青藏铁路沿线的大风特征及风压研究[J]. 冰川冻土, 2005, 27(1): 111-116.
- [5] 白虎志, 董安祥, 李栋梁, 等. 青藏高原及青藏铁路沿线大风沙尘日数时空特征[J]. 高原气象, 2005, 24(3): 311-315.
- [6] 罗静, 马淑红, 陈顺三, 等. 塔克拉玛干沙漠若羌——且末公路大风特征分析[J]. 新疆气象, 2005, 28(5): 9-11.
- [7] 刘明哲, 魏文寿. 南疆近60年来的气候变化及其对沙尘暴发生条件的影响[J]. 干旱区地理, 2005, 28(4): 479-483.
- [8] 姚正毅, 王涛, 陈广庭, 等. 近40 a 甘肃河西地区大风日数时空分布特征[J]. 中国沙漠, 2006, 26(1): 65-70.
- [9] 姚正毅, 王涛, 周俐, 等. 近40年阿拉善高原大风天气时空分布特征[J]. 干旱区地理, 2006, 29(2): 207-212.
- [10] 张核真. 西藏大风分布特征及风灾区域的初步划分[J]. 西藏科技, 2006(6): 40-41.
- [11] 马淑红, 戈峰, 陈晓光, 等. 古尔班通古特沙漠瞬间最大风速的时空分布特征[J]. 资源科学, 2007, 29(4): 46-53.