

网络出版时间:2012-03-21 17:05

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120321.1705.007.html>

# 郑州雁鸣湖地区水域景观格局动态

陈杰,王帅,胡琳,丁圣彦,梁国付

(河南大学 环境与规划学院,河南 开封 475004)

【摘要】 【目的】分析郑州雁鸣湖地区1988—2009年水域景观格局动态变化。【方法】利用1988、2001和2009年的遥感数据,借助于地理信息系统技术,对雁鸣湖地区河渠、居民点、水浇地、林地、道路、坑塘和旱地7种景观类型面积的变化进行分析,并对其生态空间动态变化及景观格局指数变化进行分析。【结果】1988—2001年、2001—2009年,水域景观中河渠景观面积变化量分别是0.319 1和2.210 6 km<sup>2</sup>,变化率分别为14.46%和87.55%;坑塘景观面积变化量分别是10.379 3和-6.556 8 km<sup>2</sup>,变化率分别为460.91%和-51.91%。水域景观的平均斑块分维数呈减小的趋势,连通性自1988年以来保持着上升趋势。【结论】增强水域景观面积和连通性对保持雁鸣湖地区景观多样性具有重要意义。

【关键词】 水域景观;格局动态;生态空间;景观指数;雁鸣湖

【中图分类号】 F301.24

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)04-0161-05

## Landscape pattern dynamics of water body in Yanming lake in Zhengzhou city

CHEN Jie, WANG Shuai, HU Lin, DING Sheng-yan, LIANG Guo-fu

(College of Environment and Planning, He'nan University, Kaifeng, He'nan 475004, China)

**Abstract:** 【Objective】 The study was conducted to analyze landscape pattern dynamics of the water body of the Yanming Lake in Zhengzhou from 1988 to 2009. 【Method】 Based on 1988, 2001 and 2009 remote sensing data and using GIS technology, landscape pattern dynamics of the water body of the Yanming Lake in Zhengzhou were analyzed. 【Result】 From 1988 to 2001, and 2001 to 2009, the landscape area of the river changed by 0.319 1 km<sup>2</sup> and 2.210 6 km<sup>2</sup>, respectively. But the landscape area of the pond changed by 10.379 3 km<sup>2</sup> and -6.556 8 km<sup>2</sup>, respectively. The average fractal dimension of water body landscape reduced. 【Conclusion】 The increased of the area and cohesion index of the water body in the Yanming Lake was very important to the improvement of the landscape diversity.

**Key words:** water body landscape; pattern dynamics; ecological space; landscape index; Yanming lake

景观格局是大小和形状各异的景观要素在空间上的排列和组合形式,一般指空间格局,它包括景观组成单元的类型、数目以及空间分布与配置,它既是景观异质性的具体体现,又是各种生态过程在不同尺度上作用的结果<sup>[1-2]</sup>。因此,研究景观格局及其动

态变化,对于更好地理解生态学过程,揭示景观演替的机制和规律,进而预测景观的未来变化趋势,最终指导景观资源的开发,实现景观资源的可持续利用具有重要意义。

水域景观是人类活动区域中最重要的开放空

\* [收稿日期] 2011-11-12

[基金项目] 国家自然科学基金项目(41071118)

[作者简介] 陈杰(1975—),男,河南杞县人,在读博士,主要从事景观生态学研究。E-mail: cj106@263.net

[通信作者] 丁圣彦(1963—),男,河南商丘人,教授,博士生导师,主要从事景观生态学和植被生态学研究。

E-mail: syding@henu.edu.cn

间,是自然要素最为密集,自然过程最为复杂的地域,对人类社会的发展起着重要作用<sup>[3-8]</sup>。雁鸣湖地区地处郑州与开封之间的中牟县,人类对其影响破坏程度较低。雁鸣湖水域是河南省黄河沿岸湿地重要的组成部分,对于区域气候调节、生物多样性保护、涵养水源等有重要意义。而目前国内对中牟县雁鸣湖地区的研究多集中在其旅游资源评价利用、景观功能分区与质量评价及旅游地开发等方面<sup>[9-10]</sup>,而对于水域景观格局及其动态变化的研究较少。鉴于此,本研究对雁鸣湖地区水域景观格局及其动态变化进行了分析,以期对该区未来景观生态规划提供重要依据。

## 1 研究区域概况

雁鸣湖景区位于河南省中牟县城北部,西距郑州 35 km,东距开封约 22 km,距离郑开大道仅 7 km,北距黄河约 6 km<sup>[9]</sup>。雁鸣湖地区原是黄河引水工程中河南省水利厅 1995 年建设的沉沙水库,后来其水利灌溉和沉沙功能逐步衰退,因低地积沙逐渐形成了湿地性湖泊,大面积芦苇的生长,吸引了大雁栖息,故而得名。为了发展中牟县的旅游产业,2001 年,中牟县政府决定利用雁鸣湖的交通、区位、资源、生态、人文等方面的优势,抓住郑州东扩契机及人们崇尚生态游的心理,将其建设成一个生态型风景区。该景区总面积约为 32 km<sup>2</sup>,整个湖区由东湖、中湖、西湖 3 部分构成,目前是郑州东部面积最大的水域和湿地。

雁鸣湖地处北半球的中纬度地带,属于半干旱半湿润大陆性季风气候区。1957—2006 年年平均气温 14.4℃;年平均降水量 614.2 mm,降水量年内分布不均,7—9 月降水量占全年降水量的 60%~70%。研究区土壤以潮土、风沙土为主,西北部耕作区主要为潮土;湖面北侧主要为鱼塘;赵口总干渠南侧防护林区为沙岗地,主要为风沙土。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源及处理平台

本研究选取的数据包括:1)国家基础地理信息中心提供的 1975 年 1:50 000 数字栅格地形图;2)河南省土地利用现状图集(1997 年);3)1988、2001 和 2009 年 Landsat-5 TM 影像;4)用 GPS 野外调查获取的雁鸣湖地区景观类型现状和景观格局演变历史资料以及自然地理基础数据(包括地形地貌、气候、土壤、水文等资料)。数据处理平台主要包括

Erdas 8.5、Fragstats 3.3 和 ArcGis 9.3。

### 2.2 景观分类及信息的提取

用 1988-05-14、2001-05-10 和 2009-05-25 的 Landsat-5 TM 影像数据解译 1988—2001 年、2001—2009 年的景观格局。根据研究区自然景观特征及其土地利用现状,同时考虑到研究区不同地物的光谱特征,将景观类型划分为河渠、居民点、水浇地、林地、道路、坑塘、旱地等 7 种景观类型。

景观类型提取主要是在 Erdas 8.5 软件的支持下,参考研究区地形图(1:50 000)、1997 年河南省土地利用现状图集,并在景观类型实地调查的基础上,对 1988、2001 和 2009 年的 Landsat-5 TM 影像进行遥感判读、解译,得出 1988—2001 年、2001—2009 年研究区的景观类型分布图,并采用误差矩阵进行检验,整体精度高于 86%。将遥感解译得到的景观类型图分别转为矢量数据,利用 ArcGis 9.3 的空间分析功能对 1988、2001 和 2009 年数据进行统计和分析,提取研究区各景观类型在 1988、2001 和 2009 年的面积,计算 1988—2001、2001—2009 年研究区景观类型面积转移矩阵,并利用 Fragstats 3.3 分别计算 1988、2001 和 2009 年的景观格局指数。

### 2.3 景观格局指数的选取

景观指数是高度浓缩的景观格局信息,能反映景观结构组成和空间配置某些特征方面的简单量化指标<sup>[11-15]</sup>。本研究主要选用斑块水平上的景观指数对郑州雁鸣湖地区水域景观格局指数进行定量分析。

(1)斑块数量。斑块数量是某一研究区域景观中某类斑块的数量。

(2)斑块面积。斑块面积是某一斑块类型的面积,是景观格局最基本的空间特征,也是计算其他空间特征指标的基础。

(3)斑块密度。斑块密度反映了景观的破碎化程度,同时也反映了景观空间异质性程度,其值愈大,破碎化程度愈高,空间异质性程度愈强。

(4)平均斑块分维数。平均斑块分维数用来测定斑块形状的复杂程度,其理论取值为 1.0~2.0,其中 1.0 代表形状最简单的正方形斑块,2.0 表示等面积下周边最复杂的斑块。

(5)景观连接度指数。景观连接度是对景观空间结构单元相互之间连通性的量度,它包括结构连接度和功能连接度。景观连接度指数越大,说明景观的空间连通性越高。

### 3 结果与分析

#### 3.1 1988—2009 年雁鸣湖地区水域面积的变化

1988—2009 年,雁鸣湖地区水域景观类型动态变化结果见表 1 和表 2。由表 1 和表 2 中的数据计算可得,1988—2001 年、2001—2009 年河渠景观面积变化量分别是 0.319 1 和 2.210 6 km<sup>2</sup>,变化率分别为 14.46%和 87.55%。1988—2001 年增加的河渠景观面积主要是由水浇地、旱地等转化而来,而 2001—2009 年增加的河渠景观面积主要是由坑塘、旱地、林地转化而来。河渠景观发生较大变化主要是黄河摆动及引黄灌区的建设所致。坑塘景观在 1988—2001 年、2001—2009 年面积变化量分别是 10.379 3 和 -6.556 8 km<sup>2</sup>,变化率分别为 460.91%

表 1 1988—2001 年郑州雁鸣湖地区水域景观类型面积转移矩阵

| Table 1 Landscape change matrix in Yanming lake, Zhengzhou city from 1988 to 2001 |                      | km <sup>2</sup>  |                            |                          |                |            |            |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|------------|------------|----------------|
| 年份<br>Year                                                                        | 景观类型<br>Type         | 2001 年 2001 year |                            |                          |                |            |            |                |
|                                                                                   |                      | 河渠<br>River      | 居民点<br>Residential<br>area | 水浇地<br>Irrigable<br>land | 林地<br>Woodland | 道路<br>Road | 坑塘<br>Pond | 旱地<br>Dry land |
| 1988 年<br>1988 year                                                               | 河渠 River             | 0.352 9          | 0.076 8                    | 0.140 9                  | 0.089 2        | 0.071 2    | 1.154 1    | 0.321 1        |
|                                                                                   | 居民点 Residential area | 0.079 0          | 0.158 7                    | 0.081 6                  | 0.471 7        | 0.062 7    | 0.389 7    | 0.145 9        |
|                                                                                   | 水浇地 Irrigable land   | 0.364 7          | 0.251 3                    | 1.118 4                  | 0.401 7        | 0.093 0    | 1.782 0    | 0.518 9        |
|                                                                                   | 林地 Woodland          | 0.101 1          | 0.260 7                    | 0.080 6                  | 1.639 6        | 0.231 9    | 0.643 9    | 0.216 1        |
|                                                                                   | 道路 Road              | 0.137 7          | 0.222 5                    | 0.070 8                  | 0.230 1        | 0.080 9    | 0.460 7    | 0.403 4        |
|                                                                                   | 坑塘 Pond              | 0.205 9          | 0.044 8                    | 0.083 4                  | 0.044 3        | 0.029 4    | 1.723 7    | 0.120 5        |
|                                                                                   | 旱地 Dry land          | 1.283 9          | 1.722 0                    | 2.187 1                  | 2.050 4        | 0.517 9    | 6.477 2    | 3.297 0        |

表 2 2001—2009 年郑州雁鸣湖地区水域景观类型面积转移矩阵

| Table 2 Landscape change matrix in Yanming lake, Zhengzhou city from 2001 to 2009 |                      | km <sup>2</sup>  |                            |                          |                |            |            |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|------------|------------|----------------|
| 年份<br>Year                                                                        | 景观类型<br>Type         | 2009 年 2009 year |                            |                          |                |            |            |                |
|                                                                                   |                      | 河渠<br>River      | 居民点<br>Residential<br>area | 水浇地<br>Irrigable<br>land | 林地<br>Woodland | 道路<br>Road | 坑塘<br>Pond | 旱地<br>Dry land |
| 2001 年<br>2001 year                                                               | 河渠 River             | 0.657 7          | 0.390 8                    | 0.247 4                  | 0.140 2        | 0.282 6    | 0.602 9    | 0.203 7        |
|                                                                                   | 居民点 Residential area | 0.362 4          | 0.970 4                    | 0.253 9                  | 0.322 1        | 0.243 0    | 0.123 2    | 0.461 7        |
|                                                                                   | 水浇地 Irrigable land   | 0.368 5          | 0.838 4                    | 0.161 2                  | 0.160 0        | 0.149 0    | 0.067 1    | 2.018 6        |
|                                                                                   | 林地 Woodland          | 0.457 7          | 1.171 4                    | 0.290 0                  | 1.884 8        | 0.501 1    | 0.124 4    | 0.497 7        |
|                                                                                   | 道路 Road              | 0.164 0          | 0.245 5                    | 0.090 3                  | 0.202 9        | 0.176 0    | 0.109 5    | 0.098 8        |
|                                                                                   | 坑塘 Pond              | 1.882 8          | 1.908 8                    | 0.897 6                  | 0.821 0        | 1.141 2    | 4.425 4    | 1.554 5        |
|                                                                                   | 旱地 Dry land          | 0.842 9          | 1.429 6                    | 0.448 1                  | 0.421 9        | 0.453 4    | 0.622 2    | 0.804 7        |

#### 3.2 1988—2009 年雁鸣湖地区生态空间动态变化

为了更直观地分析水域景观在整个研究区的变化,将河渠与坑塘合并为蓝色景观,居民点和道路等建设用地合并为红色景观,水浇地、旱地和林地合并为绿色景观,3 种景观生态空间格局及动态变化如图 1 所示。从图 1 可以看出,雁鸣湖地区在 1988 年的优势景观以绿色景观为主,占 79.34%,蓝色景观所占比例较低,仅为 13.02%;2001 年,蓝色景观成为优势景观,占 46.68%;而 2009 年红色、绿色、蓝色景观趋于均质,各占 30%以上。这从另一方面证

和 -51.91%。1988—2001 年增加的坑塘景观面积主要是由旱地、河渠、水浇地转化而来;2001—2009 年减少的坑塘景观面积主要是由于坑塘景观转化成了居民点、河流、旱地、水浇地等所致。坑塘景观发生如此变化的驱动因素主要是雁鸣湖景区的开发及水产养殖的发展。

景观多样性指数(SHDI)主要反映景观类型组成的丰富性及分布的均匀程度,在一个景观系统中,景观类型组成越丰富,分布的均匀程度越高,SHDI 值也就越高。以上述 7 种景观类型为基础,计算出的雁鸣湖地区 1988、2001 和 2009 年 SHDI 分别为 1.450 7、1.689 2 和 1.881 8。可见雁鸣湖地区水域 1988、2001 和 2009 年的 SHDI 值逐年上升,表明雁鸣湖地区的景观多样性日趋提高。

明了 1988—2009 年雁鸣湖地区景观多样性指数逐年增大。从时间上来看,自 20 世纪 70 年代以来,雁鸣湖地区所处赵口灌区的水利建设使得河渠景观明显增加,而 1995 年在该区设沉沙池,加之水产养殖的发展,使得坑塘景观迅速增加,2001 年时蓝色景观面积超过绿色景观。2001 年后随着雁鸣湖景区的开发,其蓝色景观所占面积却相对减少。此外,1988—2009 年,红色、绿色和蓝色景观在生态空间中彼此均有较多的转变。

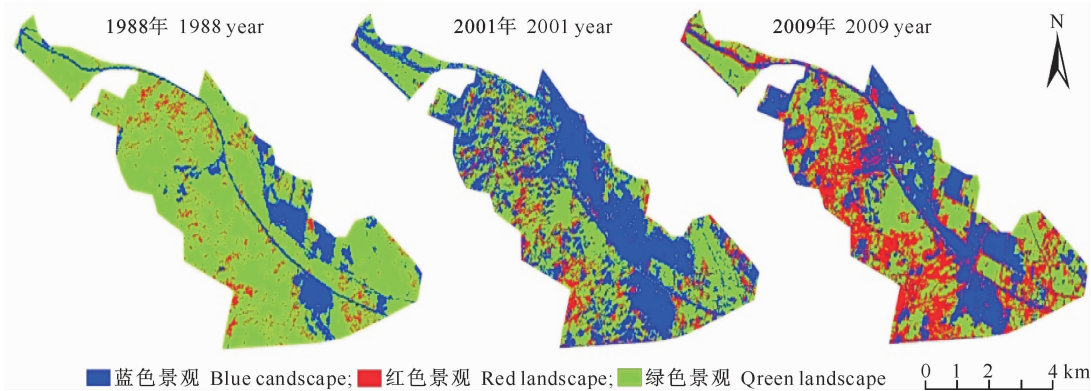


图 1 1988、2001 和 2009 年郑州雁鸣湖地区景观生态空间的动态变化

Fig. 1 Changes of ecology space in Yanming lake, Zhengzhou city in 1988, 2001, 2009

3.3 1988—2009 年雁鸣湖地区景观格局指数的比较

景观的破碎化程度可以用斑块数量、斑块面积和斑块密度等指标来反映<sup>[10]</sup>。由表 3 可以看出, 1988—2001 年, 雁鸣湖水域的斑块数量由 107 块增加到 483 块, 斑块面积也大幅度上升, 但 2001 年斑块密度较 1988 年明显增加, 说明研究区水域景观破碎度增加, 这主要是由于随着当地水产养殖的发展,

鱼塘数目增加, 导致斑块数目的不断增加所致。2001 年后, 随着雁鸣湖的开发, 水域景观斑块数目和面积都有一定的下降, 斑块密度也略微降低。

分维数是表征景观空间格局的较好指标, 斑块或景观越不规则, 其分维数就越大, 反之则分维数越小。由表 3 可知, 1988—2009 年, 雁鸣湖地区平均斑块分维数逐渐下降, 表明该地区斑块的形状趋于简单。

表 3 1988、2001 和 2009 年雁鸣湖地区水域景观格局指数

Table 3 Landscape pattern indices of Yanmig lake, Zhengzhou city in 1988, 2001 and 2009

| 年份<br>Year | 斑块数<br>Number of patches | 斑块面积/hm <sup>2</sup><br>Patch area | 斑块密度/<br>(块·hm <sup>-2</sup> )<br>Patch density | 平均斑块分维数<br>Mean Patch fractal<br>dimension index | 景观连接度指数<br>Landscape<br>cohesion index |
|------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1988       | 107                      | 427.230 0                          | 3.260 0                                         | 1.061 9                                          | 95.510 7                               |
| 2001       | 501                      | 1 531.980 0                        | 15.264 1                                        | 1.050 3                                          | 97.839 7                               |
| 2009       | 483                      | 1 090.530 0                        | 14.715 1                                        | 1.036 0                                          | 98.087 0                               |

从生态学意义上讲, 水域景观的连通性能够减少“岛屿状”生境的孤立状态, 增加开敞空间和各生境斑块的连接度和连通性, 保证地区自然生态过程的整体性和连续性, 减少生物生存、迁移和分布的阻力面, 给生物提供更多的栖息地和更大的生存空间, 从而提高该地区的生物多样性。因此, 在生态文明建设中, 应非常重视水域景观格局的完整性。从表 3 可知, 1988—2009 年, 雁鸣湖地区水域景观的连接度指数逐渐增大, 表明该地区水域景观空间连通性增大, 这主要归功于其内部沟渠, 尤其是引黄灌渠的建设。

4 结论与讨论

1)1988—2009 年, 雁鸣湖地区河渠景观的分布面积呈不断上升趋势, 其中 1988—2001 年增加了 14.46%, 2001—2009 年增加了 87.55%。坑塘景观面积先增加后减少, 其中在 1988—2001 年、2001—2009 年面积的变化率分别为 460.91% 和

—51.91%。

2)1988—2009 年, 雁鸣湖地区的景观格局变化特征明显, 1988 年绿色景观占绝对优势(79.34%); 2001 年蓝色景观成为优势景观, 所占比例为 46.68%, 这与当时沉沙池的建设有关; 2009 年, 随着雁鸣湖景区的开发, 其红色、绿色、蓝色景观所占比例逐渐趋同。但需要注意的是, 在雁鸣湖开发的同时, 应当注意保护其生态特色, 否则随着原生态平衡的破坏, 雁鸣湖借以吸金的自然魅力将不复存在。

3)1988—2001 年, 雁鸣湖水域的斑块数量增加, 平均斑块面积减小, 斑块密度增加, 这充分说明研究区水域景观的破碎度加深。而随着政府对雁鸣湖景区的集中规划开发, 2001—2009 年其斑块密度减小, 水域景观破碎度降低。1988—2009 年雁鸣湖水域平均斑块分维数呈减小的趋势。水域景观的完整性具有重要的生态学意义, 雁鸣湖水域景观的连通性自 1988 年以来保持着上升趋势。

通常引起地区水域景观格局变化的原因既有自

然因素又有人为因素,其景观格局很大程度是受人类活动的影响,尤其是沉沙池工程的建设直接导致了雁鸣湖的形成,而今政府对其旅游价值的重视和开发同样对其以后10年景观格局动态变化将有较大影响。政府在进行雁鸣湖生态风景区发展规划时,应全面考虑其对生态环境的影响。

## 【参考文献】

- [1] 邬建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级 [M]. 北京:高等教育出版社,2002.  
Wu J G. Landscape ecology: Pattern, process, scale and hierarchy [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002. (in Chinese)
- [2] 王仰麟. 格局与过程 [M]. 北京:中国科技出版,1995.  
Wang Y L. Pattern and process [M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995. (in Chinese)
- [3] 刘红玉,张世奎,吕宪国. 20世纪80年代以来扰力河流域湿地景观变化过程研究 [J]. 自然资源学报, 2002, 17(6): 668-705.  
Liu H Y, Zhang S K, Lü X G. Processes of wetland landscapes change in Raoli river basin since 1980s [J]. Journal of Natural Resources, 2002, 17(6): 668-705. (in Chinese)
- [4] 汪爱华,张树清,何艳芬. RS和GIS支持下的三江平原沼泽湿地动态变化研究 [J]. 地理科学, 2002, 22(5): 636-640.  
Wang A H, Zhang S Q, He Y F. Study on dynamic change of mire in Sanjiang plain based on RS and GIS [J]. Scientia Geographica Sinica, 2002, 22(5): 636-640. (in Chinese)
- [5] 汪爱华,张树清,张柏. 三江平原沼泽湿地景观空间格局变化 [J]. 生态学报, 2003, 23(2): 237-243.  
Wang A H, Zhang S Q, Zhang B. A study on the change of spatial pattern of wetland in the Sanjiang plain [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(2): 237-243. (in Chinese)
- [6] 肖笃宁,李晓文,王连平. 辽东湾滨海湿地资源景观演变与可持续利用 [J]. 资源科学, 2001, 23(2): 31-36.  
Xiao D N, Li X W, Wang L P. Landscape dynamics and sustainable land use of costal wetlands resources in Liaohe delta [J]. Resources Science, 2001, 20(2): 31-36. (in Chinese)
- [7] 刘红玉,吕宪国,刘振乾,等. 辽河三角洲湿地资源与区域持续发展 [J]. 地理科学, 2000, 20(6): 545-551.  
Liu H Y, Lü X G, Liu Z Q, et al. Study on wetland resources and regional sustainable development in Liaohe delta [J]. Scientia Geographica Sinica, 2000, 20(6): 545-551. (in Chinese)
- [8] 梁国付,丁圣彦. 河南黄河沿岸地区景观格局演变 [J]. 地理学报, 2005, 60(4): 665-672.  
Liang G F, Ding S Y. Changes of landscape patterns along the Yellow river in Henan province from 1987 to 2002 [J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(4): 665-672. (in Chinese)
- [9] 路小丙,谭书岭,高丽美. 中牟县雁鸣湖湿地旅游资源及评价利用 [J]. 湿地科学与管理, 2010, 6(2): 18-21.  
Lu X B, Tan S L, Gao L M. An Assessment of tourism resources of Yanming lake wetland in Zhongmou county [J]. Wetland Science & Management, 2010, 6(2): 18-21. (in Chinese)
- [10] 王鹏飞,李学明,孔德政,等. 郑州市雁鸣湖湿地风景区的景观功能分区与质量评价 [J]. 河南科学, 2005, 23(1): 150-152.  
Wang P F, Li X M, Kong D Z, et al. Landscape functional subareas and quality evaluation on Yanminghu marsh in Zhengzhou city [J]. Henan Science, 2005, 23(1): 150-152. (in Chinese)
- [11] O'Neil R V, Krummel J R. Indices of landscape pattern [J]. Landscape Ecology, 1988, 1(3): 153-162.
- [12] Turner M G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns [J]. Landscape Ecology, 1990, 4(1): 21-30.
- [13] 张金屯,邱扬,郑凤英. 景观格局的数量研究方法 [J]. 山地学报, 2000, 18(4): 346-352.  
Zhang J T, Qiu Y, Zheng F Y. Quantitative methods in landscape pattern analysis [J]. Journal of Mountain Science, 2000, 18(4): 346-352. (in Chinese)
- [14] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析 [J]. 生态学报, 1995, 15(2): 113-120.  
Fu B J. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the Loess area [J]. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15(2): 113-120. (in Chinese)
- [15] 常学礼,邬建国. 科尔沁沙地景观格局特征分析 [J]. 生态学报, 1998, 18(3): 225-232.  
Chang X L, Wu J G. Spatial analysis of pattern of sandy landscapes in Kerqin Inner Mongolia [J]. Acta Ecologica Sinica, 1998, 18(3): 225-232. (in Chinese)