

# 基于 RS 与 GIS 的鄂托克旗景观格局动态变化分析

春风, 银山

(内蒙古师范大学 地理科学学院, 呼和浩特 010022)

**摘要:**在 RS 与 GIS 技术的支持下,利用 2000 年和 2007 年两期 TM 遥感影像,运用景观生态学原理和数理统计分析方法,从景观类型水平和景观格局水平角度,选取景观斑块密度指数等 7 个指标对鄂托克旗 2000—2007 年间景观格局动态变化进行分析。结果表明:在景观类型水平上,除耕地和未利用地面积有所减少外,其他类型的面积都有不同程度的增加。其中变化幅度最大的是草地景观,变化速度最快的是未利用地景观。在景观格局水平上,斑块密度、边缘密度都有所增加,说明景观破碎化程度加剧,异质性越来越高,人类干扰影响也越来越大;景观周长—面积分维度指数的增加说明景观斑块的自我相似性减小,几何形状趋于复杂化;分离度的变化趋势说明人类活动对人工景观的干扰强于半自然景观;同时,区域景观异质性的增大,景观斑块的连通性降低,人类活动强度越来越大,表现为多样性指数和均匀度指数增加,优势度指数减小。

**关键词:**RS 与 GIS; 鄂托克旗; 景观格局; 动态分析

中图分类号:TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)05-0100-05

## Analysis on the Dynamic Change of Landscape Patterns in Etouke County Based on RS and GIS

CHUN Feng, YIN Shan

(College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

**Abstract:**Based on the support of RS and GIS technology, using two periods of TM images in 2000 and 2007 and the methods of landscape ecology and statistical analysis, seven indices was selected based on landscape class level and landscape pattern level to analyze dynamic change of landscape patterns from 2000 to 2007 in Etouke Conty. The results showed that on the landscape class level, the areas of many landscape types increased while that areas of cropland and unused land landscape decreased. The biggest changing amount was cropland landscape, the fastest rate of change was unused land landscape. On the landscape pattern level, plaques density and edge density had both increased, which explained that the degree of landscape fragmentation had intensified and heterogeneity was also getting higher and higher, human disturbance effect was getting more and more serious. The increasing trend of the landscape perimeter-area sub-dimensions index (PAFRAC) indicated that the self-similarity of landscape patch decreased, and the geometric shape tended to be complicaed. The changing trend of the landscape separating degree (SPLIT) indicated that the human disturbance to artificial landscape was more intense than that on semi-natural landscape. Meanwhile, the regional landscape heterogeneity increased and the connectivity reduced, which presented the increase of diversity index and evenness index, decrease of dominance index.

**Key words:**RS and GIS; Etouke County; landscape pattern; dynamic analysis

景观格局是指景观的空间格局,即大小和形状不一的景观斑块在景观空间上的排列<sup>[1]</sup>。由于景观格局既是景观异质性的具体体现,同时又是各种生态过程在不同尺度上作用的最终结果,因此景观格局研究

是景观生态学中的基础性核心研究领域之一<sup>[2-3]</sup>。围绕景观格局分析,许多研究者都做了大量的工作,荒漠化严重的农牧交错区是景观格局变化极其敏感的区域,因而也是景观生态学研究的重点区域之一。

收稿日期:2012-01-07

修回日期:2012-05-14

资助项目:鄂尔多斯地区综合节水与水资源优化配置研究项目(200801034)

作者简介:春风(1981—),女(蒙古族),内蒙古兴安盟人,硕士,助教,主要从事地理信息系统与遥感应用方面的研究。E-mail:chunfeng07@126.com

通信作者:银山(1963—),男(蒙古族),内蒙古通辽市人,博士,教授,主要从事自然地理学和荒漠化及自然灾害方面的研究。E-mail:yinshan@imnu.edu.cn

农牧交错区是荒漠化严重的地区,也是典型的生态脆弱区,该地区是我国生态环境变化研究的重要区域,本文在RS和GIS技术的支持下,以内蒙古中西部地区农牧交错带的荒漠草原地带的鄂尔多斯市鄂托克旗作为研究区,通过景观格局的定量分析,探讨鄂托克旗景观格局的特点和变化趋势,为更深入理解该地区的荒漠化过程及其机理,荒漠化防治、社会和经济的持续发展与资源和环境的可持续利用服务。

## 1 研究区与数据

### 1.1 研究区概况

鄂托克旗位于内蒙古自治区鄂尔多斯市西部,北纬 $38^{\circ}18'—40^{\circ}11'$ ,东经 $106^{\circ}43'—108^{\circ}54'$ ,东邻乌审旗,西连乌海市、宁夏陶乐县,南接鄂托克前旗,北与杭锦旗交界(图1)。2007年全旗土地总面积 $202\,453.02\text{ km}^2$ ,人口总数为95 955万人。属典型的中温带大陆性气候,据1991—2007年的气象资料,该区年均温为 $6.95^{\circ}\text{C}$ ,一月平均气温为 $-17.0^{\circ}\text{C}$ ,七月平均气温为 $29^{\circ}\text{C}$ 。年均降水量为 $257.2\text{ mm}$ ,由西北向东南逐渐增加。年平均蒸发量为 $2\,400\sim 2\,800\text{ mm}$ ,灾害性天气频繁,以干旱、风沙为主。由于人为破坏,全境的地带性草原植被仅有少量保存,目前绝大多数区域是以沙生植物为主的隐域性植被为主。



图1 研究区示意图

### 1.2 数据及处理

本文采用研究区2000年和2007年8月份分辨率为30 m的美国陆地资源卫星Landsat TM影像,以及1964年1:5万地形图,GPS野外调查获取的研究区土地利用/土地覆被变化材料及自然地理基础资料。空间数据的处理过程为:在ENVI图像处理软件的支撑下,利用1:5万地形图作为底图,利用同名地物点法对2000年TM遥感影像进行纠正;利用已纠正的2000年TM影像,采用影像对影像的方式对2007年TM假彩色合成影像进行几何精校正,误差控制在半个像元之内,坐标统一用Albers等面积投

影和相应参数。在ArcGIS 9.2和ArcView 3.3软件的基础上通过人机交互判读的方式解译景观类型的相关数据。数据处理采用ArcGIS 9.2, ArcView 3.3的Patch Analyst模块、SPSS、Excel软件以及景观格局分析软件Fragstats 3.3。

## 2 研究方法

### 2.1 景观类型的选取

本文采用土地利用现状类型的划分方法结合研究区特点,选取国家环保总局2006年制定的《生态环境状况评价技术规范(试行)》(HJ/T192—2006)的土地利用分类系统,进行景观类型的划分<sup>[4-6]</sup>,将研究区划分为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民地和未利用地6大类一级景观。

### 2.2 景观格局分析的指标

关于景观空间格局分析的指标众多<sup>[6-8]</sup>,本文综合考虑研究区以及土地利用分类体系的实际情况,选择景观斑块密度指数、边缘密度指数、多样性指数、均匀度指数、优势度指数、分离度指数和周长—面积分维度指数7个指数进行分析,计算公式如下:

(1) 斑块密度指数。

$$f(x) = m/A, f_i(x) = m_i/A_i \quad (1)$$

式中: $f(x)$ ——景观斑块总密度; $m$ ——景观斑块总数; $A$ ——景观总面积; $f_i(x)$ —— $i$ 类景观斑块密度; $m_i$ —— $i$ 类景观斑块总数; $A_i$ —— $i$ 类景观总面积。

(2) 边缘密度指数(ED)。

$$ED = P_i/A_i \quad (2)$$

式中: $A_i$ ——景观类型 $i$ 的总面积; $P_i$ ——斑块周长之和。

(3) 景观多样性指数( $H$ )。多样性指数表示湿地景观类型的多样性。计算公式:

$$H = - \sum_{k=1}^m (p_k) \log_2 (p_k) \quad (3)$$

式中: $p_k$ —— $k$ 种景观类型占总面积的比; $m$ ——研究区中景观类型的总数。

(4) 均匀度指数( $E$ )。表示景观里不同景观类型分配的均匀程度。计算公式:

$$E = (H/H_{\max}) \times 100\% \quad (4)$$

(5) 优势度指数( $D_o$ )。优势度指数表示景观由少数几个主要的景观类型控制的程度。计算公式:

$$D_o = H_{\max} + \sum_{k=1}^m (p_k) \log_2 (p_k) \quad (5)$$

式中: $H_{\max}$ ——研究区内各类景观所占比例相等时的多样性指数,即最大多样性指数。

(6) 分离度指数( $S$ )。

$$S = \sqrt{N/A} \times A/2A_i \quad (6)$$

式中:  $A$ ——研究区内景观的总面积;  $N$ ——景观类型  $i$  中的斑块总个数;  $A_i$ —— $i$  类型的面积;  $S$ ——景观类型的分离度。

(7) 周长—面积分维度指数 ( $D$ )。斑块的分形维数表示斑块的自相似程度, 通常采用周长与面积的相关关系进行计算。计算公式:

$$D = 2 \ln(P/K) / \ln A \quad (7)$$

式中:  $P$ ——单个斑块周长;  $A$ ——单个斑块面积;  $D$ ——分形维数。一般  $D$  值在 1~2 之间,  $K=4$  为常数。

### 3 结果与分析

#### 3.1 景观类型变化过程分析

景观变化过程的分析是指对研究时段中已知景观类型的变化幅度与速度进行分析, 前者用某一时段研究末期与研究初期面积的差值表示; 后者可以用土地利用动态度模型进行度量, 它表征的是单一景观类型的时序变化和区域景观动态的总体状况及其区域分析的一个量。具体模型表达参见文献[9]。依据动态度模型, 得到研究区不同时段景观类型的变化幅度和速度(表 1)。

表 1 研究区景观类型动态变化

| 景观类型         | 2000 年 / 2007 年 / |                 | 2000—2007 年            |          |
|--------------|-------------------|-----------------|------------------------|----------|
|              | km <sup>2</sup>   | km <sup>2</sup> | 变化幅度 / km <sup>2</sup> | 年变化率 / % |
| 林地景观         | 125.0             | 148.3           | 23.3                   | 2.66     |
| 草地景观         | 15238.1           | 15385.4         | 147.3                  | 0.14     |
| 水域景观         | 436.4             | 454.1           | 17.7                   | 0.58     |
| 城乡、工矿居民点用地景观 | 89.4              | 91.8            | 2.4                    | 0.38     |
| 未利用土地景观      | 4071.0            | 3935.8          | -135.2                 | -21.6    |
| 耕地景观         | 234.0             | 220.0           | -14.0                  | -0.86    |

表 1 中数据显示, 除 2000—2007 年间未利用地和耕地面积有所减少之外, 其他类型的面积都有不同程度的增加。其中变化幅度最大的是草地, 由 15 238.1 km<sup>2</sup> 大幅度增加到 15 385.4 km<sup>2</sup>, 其次是未

利用土地, 由 4 071.0 km<sup>2</sup> 大幅度减少到 3 935.8 km<sup>2</sup>。此外, 林地和水域面积分别增加了 23.3 km<sup>2</sup> 和 17.7 km<sup>2</sup>, 但耕地面积由 234 km<sup>2</sup> 减少到 220 km<sup>2</sup>, 而且有持续减少的趋势。耕地减少的面积主要转移为城乡、工矿居民点用地和草地, 它们的比例分别为 1.39% 和 1.35%。由于人口的迅速增长导致城市规模的不断扩大, 大量农业用地转为非农业用地, 使优质耕地所占比例持续下降, 对未来食物安全和生态安全带来严重威胁。耕地向草地的转化亦是退耕还草工程的结果。未利用土地减少的面积转移为草地、水域和耕地的比例分别为 4.34%, 0.74%, 0.23%。这也是草地面积增加的原因之一。另外一部分未利用土地转移为城乡、工矿、居民点用地, 使城乡、工矿及居民地的面积增加和类型数量增多。

从景观类型的变化速度来看, 未利用土地的变化速度最快, 以年均 21.60% 的速度减少。除耕地面积减少之外, 其他土地利用面积在一定程度上都有所增加, 其中增加速度最快的是林地和水域面积。虽然草地面积的变化率不明显, 但高中覆盖度草地面积的大幅度增加表明草地覆盖度明显提高。综上, 2000—2007 年间全区景观结构被重新调整, 生态环境有明显好转趋势。

#### 3.2 景观格局动态变化分析

3.2.1 2000—2007 年间鄂托克旗景观类型转移矩阵 2000—2007 年间鄂托克旗景观类型转移矩阵如表 2 所示, 林地景观的转出面积比例为 0.25%, 均转为草地景观; 草地景观的转出面积比例为 0.87%; 其中 0.01% 转移为水域, 0.02% 为转移为城乡、工矿居民点用地, 0.64% 转移为未利用地, 0.18% 转移为耕地; 水域景观的转出面积为 1.81%, 其中 0.15% 转为未利用地, 0.03% 转为耕地; 城乡、工矿居民点用地景观转移面积比例为 1.73%; 未利用地景观转移面积比例为 5.31%, 其中 0.23% 转为耕地; 耕地景观的转出面积占该类型总面积的 6.63%。

表 2 2000—2007 景观类型转移矩阵

%

| 2007 年     | 2000 年 |       |       |            |       |       |
|------------|--------|-------|-------|------------|-------|-------|
|            | 林地     | 草地    | 水域    | 城乡、工矿居民点用地 | 未利用地  | 耕地    |
| 林地         | 99.75  | 0.02  | 0     | 0.73       | 0     | 1     |
| 草地         | 0.25   | 99.13 | 1.63  | 1.00       | 4.34  | 1.27  |
| 水域         | 0      | 0.01  | 98.19 | 0          | 0.74  | 0.18  |
| 城乡、工矿居民点用地 | 0      | 0.02  | 0     | 98.27      | 0     | 4.00  |
| 未利用地       | 0      | 0.64  | 0.15  | 0          | 94.69 | 0.18  |
| 耕地         | 0      | 0.18  | 0.03  | 0          | 0.23  | 93.37 |

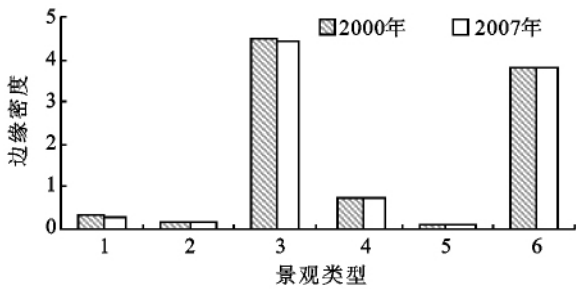
#### 3.2.2 类型水平上的景观指数分析

(1) 斑块密度及边缘密度分析。从景观格局指数(图 2)看, 2000—2007 年研究区域的斑块密度、边

缘密度都有所增加, 分别由 2000 年的 0.046 5 和 4.795 增至 2007 年的 0.048 6 和 4.869 2, 说明景观破碎化程度加剧, 景观边缘效应的影响有所上升。从景

观类型(图2)看,水域和未利用土地的斑块密度较大,林地的斑块密度最小,表明水域和未利用土地的破碎化程度较高,景观异质性也高,但林地的破碎化程度最低,景观异质性也低;而草地和未利用土地斑块边缘密度较大,边界割裂程度高,边缘效应大,林地和城镇、工矿居民地斑块的边缘密度较小,斑块连通性高,边缘效应小。

由各个指数的公式可以得到2000年和2007年



1——耕地;2——林地;3——草地;4——水域;5——城镇、工矿居民点;6——未利用地。下同。

图2 2000—2007年研究区景观类型斑块密度和边缘密度

(2) 分维数与分离度指数分析。分维数能较好地反映景观斑块复杂程度,其数值大小反映人类对景观斑块的干扰程度<sup>[3]</sup>。图3表明,2000—2007年周长—面积分维数指数总体呈增长趋势,说明7a内人类对景观格局的干预程度增大,斑块的自我相似性减小,几何形状趋于复杂化。其中变化较明显的是耕地,城乡、工矿居民点用地和未利用土地。耕地从2000年的1.4536增加到2007年的1.4922,这是由人口的迅速增长对土地和生态环境产生极大压力而造成的。城乡、工矿居民点用地从1.3949增加到1.4215,由于7a内经济的发展及城镇人口的不断增加,使得城乡工矿居民地的面积和形状变化较大。未利用土地从1.4442增加到1.4835,是变化幅度最大的类型,是由当地居民对未利用土地的大规模开发利用,使其面积大幅度减少所导致的。

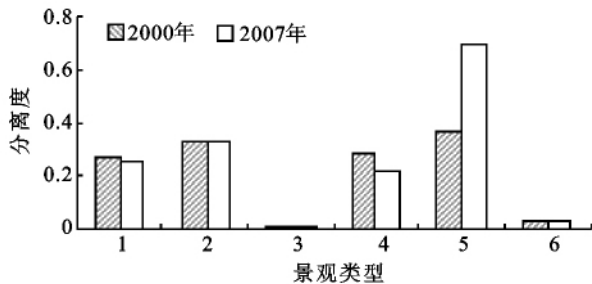
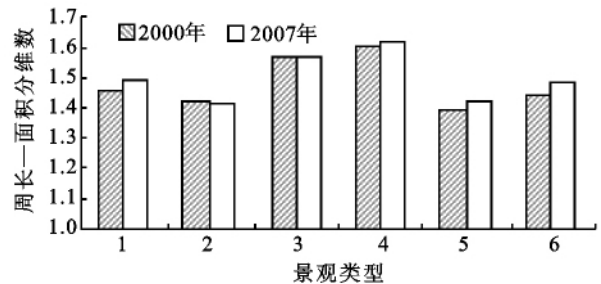


图3 2000—2007年研究区景观类型的周长—面积分维数和分离度

3.2.3 景观水平上的景观格局指数分析 景观水平上的景观指数能够定量地反映研究区总体景观空间格局及变化特征。其中多样性指数是景观类型的多样性和复杂性的度量,多样性指数的高低反映了景观类型的多少以及各类型所占比例的变化<sup>[16-19]</sup>。当斑

研究区景观格局指数,见图2。从时间序列看,2000—2007年各景观类型的斑块密度越来越高,斑块平均大小(MPS)减少,总斑块数(NP)增加,反映出景观斑块向小型化发展,说明景观整体破碎化程度加剧,景观相互作用和协同共生的稳定性减弱;2000—2007各景观类型的边缘密度越来越高,边缘趋于复杂,其边缘效应越来越大,表明气候和人类的共同影响增加了生态环境治理的复杂性。

分离度描述景观类型中不同元素或斑块个体分布的离散程度,在一定程度上反映了人类活动强度对景观结构的影响<sup>[10-15]</sup>。分离度越大,景观在地域分布上越分散,其稳定性差。由图3可知,2000—2007年,除草地和未利用土地的分离度较小之外其他类型的分离度均较大。分离度变化幅度最大的是城乡工矿居民点用地,从2000年的0.3639增加到2007年的0.6906,这主要是因为经济快速发展和区域内人口不断增加,导致人们对房屋居住的需求扩大以及新的工矿用地的不断增加,从而引起新城工矿居民地的出现。其次变化较大的是水域,从2000年的0.2856减少到2007年的0.2152,说明水域各斑块的离散程度减小,由于水域面积增加使得之前的某一些面积较小且距需较近的斑块连接在一起造成了斑块数目的减少。



块类型相同时,斑块类型间所占比例差异越大,景观多样性指数越小;当斑块类型所占比例相等时,斑块类型数越多,景观多样化指数越小。由表1看出,鄂托克旗2000年的景观多样性指数为0.71,2007年的景观多样性指数为0.72,在研究期内鄂托克旗的景

景观多样性指数呈增加趋势,说明各景观类型间所占比例差异在减小。

优势度指数用于测量景观类型中一种或几种类型支配整个景观的程度,它与多样性指数近似成反比,对于景观类型数目相同的地区多样性指数值越大,其优势度指数越小。由表 1 看出,2000—2007 年研究区景观优势度指数以 0.012 5 的幅度减少。说明具优势的景观类型的主导地位在逐渐下降,也即鄂托克旗的草地、未利用地景观的主导地位在下降。

均匀度指数描述不同的景观类型分配的均匀程度。均匀度越大,表示景观中各组成要素的差异越小,分布的均匀程度越大<sup>[20-24]</sup>。从表 1 看出,研究期间景观均匀度指数从 0.379 加到 0.401,表明鄂托克旗的各景观类型之间的差异性在减小。

## 4 结论

(1) 草地景观是鄂托克旗的唯一基质,草地和未利用土地景观始终占研究区总面积的 95% 以上。2000—2007 年间变化幅度较大的是草地和未利用土地,变化速度最快的是未利用土地,以年平均 21.60% 的速度减少。大部分未利用土地被草地、耕地和城乡工矿居民地替代,从而使草地和城乡工矿居民用地面积增加。但耕地转为林地和城乡工矿居民地的比率大于未利用地转为耕地的面积,所以耕地的面积减少,并且有持续减少的趋势。

(2) 研究区的斑块密度、边缘密度都有所增加,景观破碎化程度加剧,景观边缘效应的影响有所上升;景观类型的周长面积分维度指数总体呈增加趋势,类型内部斑块的自我相似性减小,几何形状趋于复杂化。说明人类活动破坏了鄂托克旗整个景观的整体性和完整性。

(3) 从各景观类型的分离度变化趋势看,城乡工矿居民地的分离度明显增加,而水域的分离度明显减少,这种趋势与半自然景观类型的分离度较小,而人工景观类型的分离度较大的结论相符。

(4) 景观多样性指数和均匀度指数呈增加趋势,而优势度指数呈减小趋势表明,随着人类开发强度的增加,部分未利用土地被开发为耕地和城乡工矿居民点用地,使未利用土地内部出现了大量其他景观类型的斑块,破坏了未利用土地景观原来的整体性,斑块数量增多,区域景观异质性增大,景观格局愈来愈受多数斑块所控制,说明人类活动对其的影响越来越大。

参考文献:

[1] 郑丙辉,田自强,王文杰,等. 中国西部地区土地利用/土

地覆盖近期动态分析[J]. 生态学报,2004,24(5):1078-1085.

[2] 福尔曼 R,戈德罗恩 M. 景观生态学[M]. 肖笃宁,译. 北京:科学出版社,1990.

[3] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2001.

[4] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法及应用[M]. 北京:中国林业出版社,1991.

[5] 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.

[6] 陈利顶,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析[J]. 生态学报,1996,16(4):337-345.

[7] 唐礼俊. 余山风景区景观空间格局分析及其规划初探[J]. 地理学报,1998,53(5):42-48.

[8] 王兮之,郑影华,李森. 海南岛西部土地利用变化及其景观格局动态分析[J]. 中国沙漠,2006,26(3):409-414.

[9] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.

[10] 李秀彬. 全球变化的核心领域:土地利用/覆盖变化的国际研究动向[J]. 地理学报,1996,51(6):553-557.

[11] 徐美,黄诗峰. 遥感用于土地利用变化动态监测中的若干问题探讨[J]. 遥感技术与应用,2000,15(4):252-255.

[12] 彭文甫. 成都市土地利用变化及驱动力分析[D]. 成都:四川师范大学,2005.

[13] 邵霞珍. 土地利用变化的社会经济驱动因子研究:以贵阳市和大连市为案例比较[D]. 杭州:浙江大学,2006.

[14] 史培军,陈晋,潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报,2000,55(2):151-160.

[15] 摆万奇. 深圳市土地利用动态趋势分析[J]. 自然资源学报,2000,15(2):112-116.

[16] 顾朝林. 北京市土地利用/覆被变化机制研究[J]. 自然资源学报,1999,14(4):307-312.

[17] 陈佑启,杨鹏. 国际上土地利用/覆被变化研究的新进展[J]. 经济地理,2001,21(1):95-100.

[18] 康慕谊,江源,石瑞香. NECT 样带 1984—1996 年土地利用变化分析[J]. 地理科学,2000,20(2):115-120.

[19] 史纪安,陈利顶. 榆林地区土地利用/土地覆被变化区域特征及其驱动力机制分析[J]. 地理科学,2003,23(4):493-495.

[20] 陈百明. 试论中国土地利用和土地覆被变化及其人类驱动力研究[J]. 自然资源,1997(2):31-36.

[21] 赵松乔. 察北、察盟及锡盟:一个农牧过渡地区的经济地理调查[J]. 地理学报,1953,19(1):43-60.

[22] 周三立,吴传钧,赵松乔,等. 甘青农牧交错区农业区划初步研究[M]. 北京:科学出版社,1958.

[23] 周廷儒,张兰生. 中国北方农牧交错带全新环境演变及预测[M]. 北京:地质出版社,1992.

[24] 王静爱. 论内蒙古农牧交错带土地资源利用及区域发展战略地域研究与开发[J]. 干旱区资源与环境,1989,7(1):24-28.