

# 1975~2009年锡林郭勒盟生态系统 宏观格局及其动态变化

胡云锋<sup>1</sup>, 艳 燕<sup>1</sup>, 于国茂<sup>1</sup>, 刘 越<sup>1,2</sup>, 阿拉腾图雅<sup>3</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 内蒙古师范大学地理科学院, 内蒙 呼和浩特 010022)

**摘要:** 基于MSS、TM、ETM+以及HJ-1等遥感影像, 构建内蒙古锡林郭勒盟1975~2009年长时间序列生态系统宏观结构数据库, 分析区域生态系统空间分布格局、动态变化及驱动机制。研究表明: ① 草地生态系统是锡林郭勒盟主体生态系统, 草地占全区总面积比例始终在86%以上。② 锡林郭勒盟生态系统演变过程明显以2000年为界: 2000年前草地生态系统持续、加速萎缩, 荒漠、农田等生态系统不断扩张; 2000年后草地生态系统萎缩迅速得到遏制和逆转, 农田和荒漠等生态系统扩张趋势也得到遏制。③ 区域气候变化及人类土地利用活动对生态系统演变有显著加速和减速作用。

**关键词:** 生态系统; 分布格局; 动态变化; 驱动机制; 锡林郭勒

**中图分类号:** TP79/X171.1

**文章标识码:** A

**文章编号:** 1000-0690(2012)09-1125-06

锡林郭勒盟是中国北方干旱—半干旱草原的典型区。20世纪50年代以来, 由于气候干暖化和人类不合理的土地利用活动, 本区生态环境发生严重退化, 退化草地、撂荒耕地成为中国华北地区扬沙和沙尘暴的主要源地之一<sup>[1,2]</sup>。2000年之后, 中央和地方政府先后启动了京津风沙源区治理工程等重大生态建设项目。构建本地区长时间序列生态系统宏观结构基础数据库, 准确把握该地区生态系统的演变历史, 这对于研究全球气候变化作用下的区域响应, 为有关气候、生态模型的运行提供高精度的下垫面数据和地面参数库, 评估既有各项生态工程成效、对未来生态工程规划提供科学支撑等, 具有重要的理论意义和现实价值<sup>[3,4]</sup>。

当前, 本地区已经积累了一些自然地理、土壤学、植物学、生态学等方面的研究成果<sup>[5-9]</sup>。现代遥感技术的发展以及相关遥感影像库的国际互联网共享, 为开展大空间尺度、长时间序列的研究提供可能。然而, 受制于数据制备的高人力投入

和高技术投入, 过去很多研究是利用NDVI数据集开展长时间序列、大空间尺度陆地生态系统植被健康和生长态势研究, 或者是在一些局部地区开展一些短时间序列的土地分布格局及其变化研究<sup>[10-13]</sup>。但是, 研究人员也已经指出, 研究区范围过小、时间序列过短、时间断面间隔过长, 这可能会导致研究中出现以点带面、将短期波动误认为长期趋势, 以简单的断面差异对比代替过程趋势分析等偏差<sup>[14]</sup>。

针对上述问题, 本研究以MSS、TM、ETM+以及HJ-1等国内外遥感影像为信息源, 重建锡林郭勒盟1975~2009年、共34 a、5个时间断面的锡林郭勒盟生态系统宏观结构及其动态变化数据库; 基于这一大空间尺度、长时间序列和密集时间断面的数据平台, 作者从空间分布格局和时间动态特征入手, 分析内蒙古锡林郭勒盟地区生态系统现状及其演变态势, 以期为本地区的相关研究及政府决策提供科学基础。

**收稿日期:** 2011-12-21; **修订日期:** 2012-02-09

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(40971223)、中国科学院知识创新方向性项目(KZCX2-EW-306)、科技部973计划项目(2010CB950904)资助。

**作者简介:** 胡云锋(1974—), 男, 江西赣州人, 博士, 副研究员, 主要从事蒙古高原及其周边地区可持续发展研究。E-mail: huyf@lreis.ac.cn

# 1 研究区、数据和方法

## 1.1 研究区概况

锡林郭勒盟位于蒙古高原东南缘,内蒙古自治区的中东部,是中国北方干旱一半干旱草原的典型区。锡林郭勒盟南北长约 500 km,东西宽约 700 km,总面积约为  $20.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。研究区地处中纬度内陆,属于中温带半干旱、干旱大陆性季风气候,年均降水量在 150~500 mm 间,由东南向西北递减;年平均气温为 0~3℃,由西南向东北减小。

## 1.2 数据制备

研究使用 1975/1976 年 MSS 影像,1990/1991、2000/2001 和 2005/2006 年 LandSat TM/ETM+ 影像,2009 年 HJ-1A/B 影像等 5 个时期、三大类影像数据。其中,MSS、TM、ETM+ 影像可从美国地质调查局(USGS)网站下载<sup>[15]</sup>,HJ-1A/B 数据可中国卫星环境应用中心网站下载<sup>[16]</sup>。

用上述遥感影像,在 ArcMap 软件支持下,结合 1:100 万中国植被类型图、1:100 万中国草原类型图及 1:100 万中国沙漠分布图,以计算机辅助、人工目视解译方式提取土地覆被/土地利用信息<sup>[17]</sup>,将上述土地覆被/土地利用信息向生态系统类型转换,形成区域生态系统宏观结构数据库。

将上述解译成果与 1999~2009 年以来研究组多次野外综合考察资料以及 Google Earth 高清晰影像开展随机验证,发现本数据库的图斑评价定性准确率在 99% 以上。进一步与中国科学院地理科学与资源研究所建成的 20 世纪中国 1:10 万比例尺土地利用时空平台相应年份数据开展对比,也可以发现本研究构建的数据库在土地覆被定性上与后者完全相同,且在更加精细。

## 1.3 动态度模型

土地利用动态度是一个比率指标,它可以不受研究区范围、研究时段的影响,从而有利于在各个领域、各个阶段开展比较分析。既可以针对特定的土地利用转换方向,也可以对土地利用的综合效果进行平均;既可以表征单一土地利用类型的变化特点,也可在区域上对全部土地利用动态的综合进行分析。土地利用动态度模型一般可以表为<sup>[18,19]</sup>:

$$D_{yn} = \Delta S / (St) \cdot 100\%$$

式中, $D_{yn}$ 为  $t$  时段对应的生态系统面积变化用动态度。 $S$  为监测开始时间时某类型生态系统面积; $\Delta S$

为由监测开始至监测结束时间段内、某类型生态系统的变化面积; $t$  为时间变化的监测时间段。

# 2 结果分析

## 2.1 空间分布格局

在过去的 34 a 里,锡林郭勒盟生态系统类型面积构成及其空间分布格局基本相似。草地生态系统是锡林郭勒盟的主体生态系统,草地总面积占国土总面积的比重始终在 86% 以上;其后依次为荒漠、水体与湿地、农田、森林等生态系统。在空间分布格局上,自东向西的呈现出“森林—草甸草原—典型草原—荒漠草原—草原荒漠”的植被类型转化,自南向北呈现为“农业—农牧交错—牧业”的农牧方式转换(图 1)。

从各生态系统框架分布格局上看:农田分布相对集中,90% 的农田生态系统主要分布在锡林郭勒盟南部诸旗县和东部的东乌珠穆沁旗。森林生态系统分布更为集中,85% 的森林生态系统集中分布锡林郭勒盟东部的西乌珠穆沁旗和东乌珠穆沁旗等 2 个旗县。草地生态系统作为锡林郭勒盟的主导生态系统,也是各个旗县内部占据绝对优势地位的生态系统类型;85% 以上的草地生态系统分布东乌珠穆沁旗、苏尼特左旗、阿巴嘎旗和苏尼特右旗、西乌珠穆沁旗和锡林浩特市等 6 个旗县市。水体与湿地生态系统的分布也较为集中,88% 的水体与湿地生态系统集中分布于东部的东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗以及锡林浩特市等 3 旗市;荒漠生态系统的分布也较为集中,88% 的荒漠生态系统主要分布在 6 个旗县市,即:苏尼特左旗、东乌珠穆沁旗、苏尼特右旗、阿巴嘎旗、正蓝旗以及西乌珠穆沁旗。

## 2.2 动态度与面积转换

对各类生态系统动态度以及研究区土地总体动态度制图(图 2)表明:1975~2009 年间,除农田生态系统(紫色线条)呈现波动式上升、人居生态系统(红色)呈波动式下降外,森林生态系统(深绿线条)、草地生态系统(浅绿线条、且基本掩盖在黑色线条之下)、水体与湿地生态系统(蓝色线条)及荒漠生态系统(棕色线条)的动态度总体上呈现上升趋势,均在 2000~2005 年期间达最高值。总体上看,1975~2009 年期间区域总体综合动态度(黑色线条)总体呈现上升趋势,基本与草地生态系统的动态度变化曲线完全重合。这反映了本区生态系

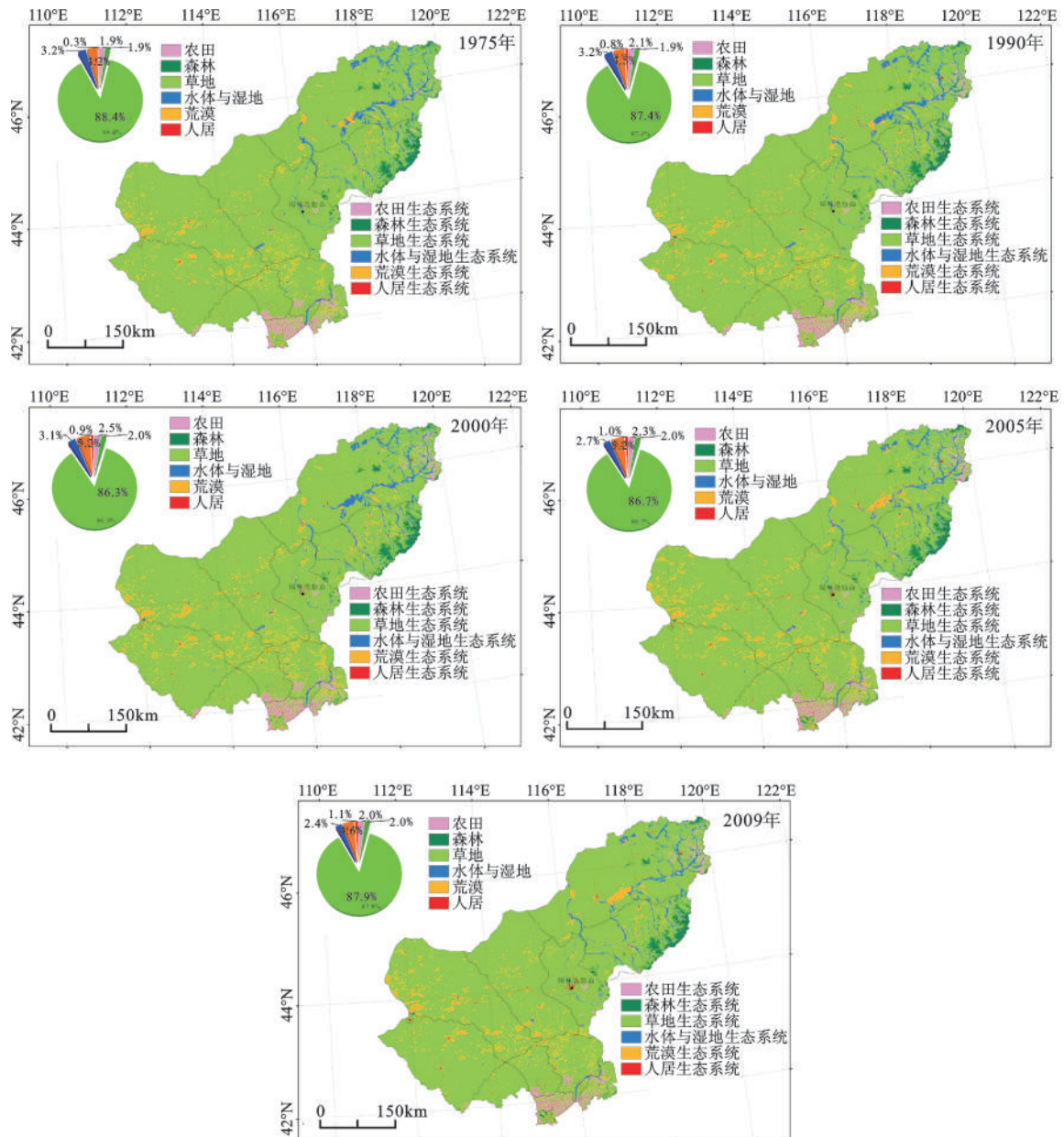


图1 1975~2009年锡林郭勒盟生态系统类型的组成及其空间分布

Fig.1 The constitution and distribution of regional ecosystem in Xilingol League in 1975-2009

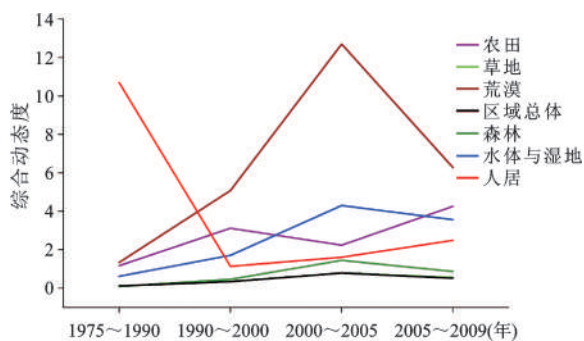


图2 1975~2009年各类生态系统类型综合动态度

Fig.2 The dynamic index of each ecosystem type in 1975-2009

统以草地生态系统为主体、生态系统变化主要为草地生态系统变化所控制特征。

对 1975~2009 年锡林郭勒盟生态系统的面积变化进行统计(表 1), 分析显示: 研究区生态系统演变过程明显以 2000 年为分界, 主要生态系统在 2000 年前后呈现出不同的变化规律(表 1)。1975~1990 年间, 锡林郭勒盟生态系统变化表现为以草地生态系统的萎缩为代价, 支撑荒漠生态系统和农田生态系统的扩张。1990~2000 年间, 以草地生态系统的加速萎缩为代价, 继续支撑荒漠和农田生态系统的加速扩张。2000~2005 年, 生态系统变

表1 生态系统类型面积变化(km<sup>2</sup>)Table 1 The area changes of each ecosystem during different periods (unit: km<sup>2</sup>)

时间段(年)	农田	森林	草地	水体与湿地	荒漠	人居
1975~1990	451.2	24.8	-2076.5	41.4	524.7	1034.4
1990~2000	838.5	70.3	-2307.2	-226.1	1434	190.6
2000~2005	-331.4	119.8	962.3	-906.9	6.1	150
2005~2009	-632.2	-97.1	2267.1	-531.2	-1208	200.9

化态势发生了显著转折,草地生态系统加速萎缩以及农田生态系统加速扩张态势得到迅速遏制和逆转,荒漠生态系统加速扩张态势得到初步遏制。2005~2009年,草地生态系统开始加速扩张,农田生态系统则加速萎缩,荒漠生态系统在前一阶段基本稳定基础上开始大幅萎缩。

### 3 讨论

#### 3.1 历史土地开发影响

受到大地自然地理单元以及区域气候变化梯度控制,锡林郭勒盟呈现自东向西的自然地带性规律,即“森林—草甸草原—典型草原—荒漠草原—草原荒漠”的植被类型转化。在叠加了历史人类土地开发活动后,自东向西的自然地带性规律之上叠加了自南向北的农业生态地理分区梯度变,即“农业—农牧交错—牧业”的转换。一些关键的人类活动节点包括:19世纪末期,满清政府和锡林郭勒盟地方王公出于移民实边、增加田赋、开启民智等目的,逐步放弃蒙汉分隔政策,允许汉人移民蒙地,由此开始了锡林郭勒盟南部和东南部的草原开垦为农田的历史进程<sup>[20]</sup>。1949年中华人民共和国建国初期及1960年代大跃进期间,为了解决进入到锡林郭勒盟南部诸旗县汉族移民吃饭问题,政府进一步鼓励开垦荒地<sup>[21]</sup>。1980年代后,锡

林郭勒盟草原兴起开发区热,锡林郭勒盟东部的东乌珠穆沁旗优质的草甸草原也因此大量开垦成农田。

#### 3.2 区域气候变化影响

20世纪70年代以来,锡林郭勒盟区域气候变化过程表现为暖干化过程(图3)。气温呈上升趋势,年均气温增加幅度为0.059℃/a;年降雨总量则呈现轻微下降趋势,年降水总量下降幅度为0.79 mm/a;区域潜在蒸散率(PER:Potential Evaporation Ratio)呈增加趋势,年PER均值增加幅度为0.017/a。暖干化的区域气候变化有利于植被生态系统净初级生产力(NPP)的提高,有利于农业作物的安全越冬,因此未来农业生态系统有可能进一步北移。同时也应注意到,暖干化趋势也将导致区域气候更加干燥、草地生态系统将因相对缺水而发生较大规模的退化,草地生态系统未来因火灾、蝗虫灾害等发生退化的风险也将大幅提高。

#### 3.3 区域发展政策影响

区域发展政策的变化和经济社会发展水平对于生态系统演变具有显著的加速、减速作用:锡林郭勒盟经历1970s文化大革命,草原上开始垦殖活动,成为草地生态系统发生退化的基础和源头。1978年文革结束后,“牲畜作价,户有户养”的生产责任制短时期内促进地区经济社会发展;但由于

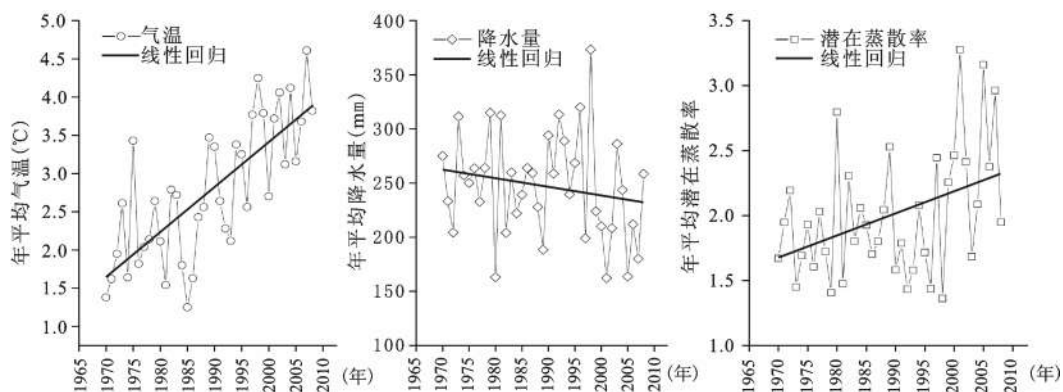


图3 1970~2008年锡林郭勒盟气候要素变化

Fig.3 The change of climate elements in Xilingol League in 1970-2008

牲畜数量是衡量区域发展的标准,因此牧畜头数激增,草原超载过牧、草场退化沙化则成为必然;这也是本区生态系统在1990~2000年加速退化的根由。2000年华北地区爆发特大沙尘暴天气灾害后,中央出台一系列旨在加强生态保护、重点推进有关生态治理工程的政策,锡林郭勒盟生态系统发生显著变化。2000年后草地生态系统萎缩的态势得到了遏制和逆转。另一方面,虽然研究区草地生态系统萎缩情况得到改善,但由于区域经济模式的转变,使草地上出现大量的露天煤矿等导致区域草地局部性破坏。

## 4 结 论

本研究以锡林郭勒盟1975~2009年共34 a、5期次的区域生态系统宏观结构数据库为基础,总结了区域生态系统的空间分布格局和时间动态特征,分析了影响、决定宏观分布格局、演变态势的有关驱动因子。主要结论有:

1) 1975年以来,尽管自然环境的变化和人类活动对本地区生态环境产生了重要影响,但是草地生态系统始终是锡林郭勒盟主体的生态系统,草地占全区总面积的比例始终在86%以上。在自然地理、区域气候以及人类活动共同影响下,形成了自东向西“森林—草甸草原—典型草原—荒漠草原—草原荒漠”以及自南向北的“农业—农牧交错—牧业”格局。

2) 1975年以来锡林郭勒盟生态系统变化显著,生态系统的演变态势在2000年前后发生明显变化,生态系统时空变化过程有着明确、清晰的气候变化和人类活动影响背景:2000年前,草地生态系统持续、加速萎缩,荒漠、农田等生态系统不断扩张;2000年之后,草地生态系统萎缩迅速得到遏制和逆转,农田和荒漠等生态系统扩张趋势随后也得到遏制。

3) 20世纪70年代以来的区域气候暖干化趋势对于区域生态系统演变具有重要影响,而人类活动的影响叠加于气候变化之上,对于生态系统的演变具有明显的加速、减速作用。

## 参考文献:

- [1] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等.关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J].地理学报,2000,55(5):513~521.
- [2] 延 昊,王长耀,牛 铮.东亚沙尘源地、沙尘输送路径的遥感

研究[J].地理科学进展,2002,21(1):90~94.

- [3] 刘纪远,邵全琴,延晓冬,等.土地利用变化对全球气候影响的研究进展与方法初探[J].地球科学进展,2011,26(10):1015~1022.
- [4] 汪爱华,李 丽,迟耀斌,等.基于北京1号小卫星的全国沙漠与沙漠化土地监测研究[J].地理科学,2010,30(3):409~414.
- [5] 胡云锋,刘纪远,庄大方,等.土地利用动态与风力侵蚀动态对比研究——以内蒙古自治区为例[J].地理科学进展,2003,22(6):541~550.
- [6] 张连义,刘爱军,邢 旗,等.内蒙古典型草原区植被动态与植被恢复——以锡林郭勒盟典型草原区为例[J].干旱区资源与环境,2006,20(2):185~190.
- [7] 卓 莉,曹 鑫,陈 晋,等.锡林郭勒草原生态恢复工程效果的评价[J].地理学报,2007,62(5):471~480.
- [8] 王爱玲,朱文泉,李 京,等.内蒙古生态系统服务价值遥感测量[J].地理科学,2007,27(3):325~330.
- [9] 于国茂,刘 越,艳 燕,等.2000~2008年内蒙古中部地区土壤风蚀危险度评价[J].地理科学,2011,31(12):1493~1499.
- [10] Hu Y F, Ban Y F, Zhang Q, et al. Spatial-Temporal Pattern of GIMMS NDVI and Its Dynamics in Mongolian Plateau[C]// IEEE. 2008 International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications. Beijing: IEEE, 2008: 119-124.
- [11] Zhang X Y, Hu Y F, Zhuang D F, et al. NDVI spatial pattern and its differentiation on the Mongolian Plateau[J]. Journal of Geographical Sciences, 2009, 19(4): 403-415.
- [12] 陈效逯,王 恒.1982~2003年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J].地理学报,2009,64(1):84~94.
- [13] 吴海珍,阿如旱,郭田保,等.基于RS和GIS的内蒙古多伦县土地利用变化对生态服务价值的影响[J].地理科学,2011,31(1):110~116.
- [14] 胡云锋,刘纪远,齐永青,等.内蒙古农牧交错带生态工程成效实证调查和分析[J].地理研究,2010,29(8):1452~1460.
- [15] USGS. USGS Global Visualization Viewer[R/OL]. 2010. <http://glovis.usgs.gov/ImgViewer/Java2ImgViewer.html>.
- [16] 环境保护部卫星环境应用中心. 环境卫星数据下载网址[R/OL]. 2010. <http://www.secmep.cn/secPortal/portal/indexLogin.faces>.
- [17] Liu J Y, Tian H Q, Liu M L, et al. China's changing landscape during the 1990s: Large-scale land transformations estimated with satellite data[J]. Geophysical Research Letters, 2005, 32(2): L02405.
- [18] 刘纪远,刘明亮,庄大方.中国近期土地利用变化的空间格局分析[J].中国科学(D辑),2002,32(12):1031~1040.
- [19] 朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报,2003,58(5):643~650.
- [20] 黄健英.蒙古族经济文化类型在北方农牧交错带变迁中演变[J].江汉论坛,2008,(9):133~138.
- [21] 胡 涛,孙炳彦.沙尘暴原因背后的原因——关于内蒙古锡林郭勒盟政策与体制的调查[J].林业经济,2002,(5):10~13.

## The Ecosystem Distribution and Dynamics in Xilingol League in 1975-2009

HU Yun-feng<sup>1</sup>, YAN Yan<sup>1</sup>, YU Guo-mao<sup>1</sup>, LIU Yue<sup>1,2</sup>, ALATENG Tuya<sup>3</sup>

(1. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

*2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Inner Mongolia*

*Normal University, Hohhot, Inner Mongolia 010022, China)*

**Abstract:** Xilingol League, located in the south-east edge of Inner Mongolia Plateau, is one of the typical ecological fragile zones belonging to the Chinese Northern Farming-Pastoral Belt. Based on the remote sensing images including the MSS, TM/ETM+ data from 1975 to 2005 and the latest HJ-1A/B CCD data in 2009, also supported by the computer aided artificially visual interpreting method, a large scale, long temporal sequences database was firstly rebuilt about the regional macro ecosystem structure and their dynamics in the region of Xilingol. Furthermore, based on the spatial-temporal information platform, the spatial pattern of regional ecosystem, the evolution characteristics and their driving mechanism were then analyzed. The results show that: 1) From the east to the west in Xilingol, the ecosystem pattern appears as "forest-meadow steppe-typical steppe-desert steppe-steppelike desert"; and from the south to the north, it appears as "agriculture-farming-pastoral-animal husbandry". Grassland ecosystem is always the dominant type in Xilingol, while the temperate grassland with medium coverage is the majority sub-type. 2) The ecosystem has been changed much since 1975s. The transformation process is divided obviously in the year of 2000. Before 2000, at the cost of continuous and accelerated extraction of grassland ecosystem, the desert, farmland, and forest ecosystem experienced a sustained and enhanced expansion process. After 2000, the tendency of grassland shrinking stopped and then reversed, while the expansion trends of farmland and desert ecosystem then also turned down and back-spin. 3) The spatial pattern of ecosystem is mainly controlled by the regional tectonic, pale climate change, and human migration and land development activities. In the backgrounds of climate change since 1950s, those major land use policies have remarkable acceleration or deceleration role on the regional ecological system evolution process.

**Key words:** ecological structure; dynamic change; driving mechanism; Xilingol League