

青藏高原若尔盖地区近期土地覆被变化

王石英, 张宏, 杜娟

(四川师范大学地理与资源科学学院, 四川 成都 610068)

摘要: 土地利用/覆被是全球变化和可持续发展研究中的重要问题之一。若尔盖位于青藏高原东北边缘, 是全球变化的敏感响应地带, 近年来因其沙化、湿地变化而受到广泛关注。以若尔盖地区土地覆被变化为研究对象, 分别选取了 1987、1996 和 2001 年的 Landsat 5 TM 影像, 根据野外标志解译出土地覆被类型, 并采用 Moran I 指数揭示其空间分布特征。结论表明, 在研究时段中各种土地覆被类型具有不同程度变化, 其中沼泽和沙地的变化范围分别为 31.86 km², 7.83 km², 增长比较显著的是沙地、居民点及建设用地、撂荒地; 不同时段 Moran I 指数均为 0.05, 表明若尔盖近期土地覆被的分布属于随机类型的。在降水没有明显增加的背景下, 气温渐次升高是若尔盖土地覆被变化的主要自然因子。研究结果揭示了整个若尔盖地区的土地覆被类型及其变化; 讨论了沙化现象及其防治, 对全球变化的区域响应和区域环境保护具有积极意义。

关键词: 若尔盖; 土地覆被; 变化; 驱动力; 退化防治

中图分类号: F124.5 X22

文献标识码: A

土地利用/覆被研究有助于揭示大尺度区域内地表格局及其变化, 是地表过程中因子-格局-过程-效应范畴研究的主要对象和重要内容^[1]。土地利用/覆被研究不仅是区域环境变化研究的重要组成部分, 也是区域环境质量退化整治的必要依据, 为诊断环境问题、进行地表植被恢复、城市发展布局等具有重要的参考价值^[2]。

若尔盖区域位于四川、甘肃、青海的交接地带, 属于黄河流域。由于它高海拔的位置和相对宽阔的低平面积, 黄河在流过程中形成了大面积的沼泽, 成为世界上面积最大的高寒湿地之一。地质历史上, 若尔盖的气候变化和欧洲同步, 较好地指示了全球气候变化特征, 因此, 是环境变化的敏感的响应地带之一^[3]。中国北方持续干旱使“南水北调”西线工程越来越受到关注, 若尔盖以位于“黄河第一大拐弯”位置上独特的水源涵养和补给功能被喻为

“黄河之肾”, 在可行性论证中所占的分量越来越重。若尔盖区域以其特有的地貌、水文、湿地、草地和藏族文化、革命历史遗迹等组合属性, 成为自然-经济-社会相互联系、地貌-水文-生态过程相互耦合、地理-生态过程与资源环境效益相结合^[4]中理想的研究区域。因此, 对若尔盖湿地、草地特征和荒漠化过程的研究, 内容涉及草地类型及其特征^[5,6]、土壤特性^[7]、湿地属性^[8]、地表覆被变化^[9]、环境变迁^[10]等, 表明它受到了越来越多的研究者的重视。但受到自然条件等因素的限制, 关于若尔盖区域的土地覆被研究还缺乏整个区域上的成果, 或未能明确地指出在空间上的分布特征和变化特征, 本文根据实地工作, 利用遥感影像来揭示整个区域的土地覆被变化, 为区域研究奠定基础及为环境问题整治提供依据。

收稿日期 (Received date): 2007-11-30; 改回日期 (Accepted): 2008-04-28.

基金项目 (Foundation item): 四川师范大学重点课题“川西北若尔盖湿地近期土地利用变化的水文效应研究”, 四川省教育厅重点项目 (2005A091) 资助。[Supported by key project of Sichuan Normal University, “Hydrological Effects of Recent Land Use Changes in Roige Wetland, North-west Sichuan Province”, and Education Department key project of Sichuan Province (granted No. 2005A091).]

作者简介 (Biography): 王石英 (1970-), 男, 四川仁寿人, 博士, 副教授。研究方向为区域地表过程及 GIS 应用。[Wang Shiying (1970-), male, born in Renshou County, Sichuan Province, Ph.D., Associated professor, specialized in regional land surface processes and application of Geographical Information System.]

1 研究区概况

本文所指的若尔盖区域是指青藏高原东北部黄河上游干流以东经 101.6°和 102°为界的汇水区域,主要包括黑河、白河支流及其他一级支流,面积 $2.16 \times 10^4 \text{ km}^2$,即广义的若尔盖地区(图 1)。

本区为四川、甘肃、青海的交接地带,主要分布于若尔盖、红原、阿坝、久治、玛曲、迭部等县境内。是青藏高原向四川盆地、秦岭过渡的区域,在黄河、长江两大流域的分界处。海拔介于 2 600~4 500 m,但沼泽分布的主要地区其海拔基本位于 3 500 m 以下,可视作为若尔盖湿地的核心区域,即青藏高原内部的若尔盖盆地地区,这部分面积为 $8\,992.57 \text{ km}^2$ 占整个区域面积的 41.52%。区域多年均温在 0~1℃,西南部平均值稍高;多年降水介于 600~1 000 mm 之间,但平均降水量多为 650~800 mm。成土母质多为三叠系砂岩及第四系松散堆积物,地表河流蜿蜒,储水丰富,发育了大面积的草毡土、黑毡土、棕壤、草甸土、沼泽土、泥炭沼泽土、草甸沼泽土、暗棕壤、石灰性褐土、石灰性灰褐土。地表沼泽植物群落^[11]以木里苔草(*Carex muliensis*),乌拉苔草(*Carex meyeriana*),藏蒿草(*Kobresia tibetica*)为主。

2 数据来源及其处理

2.1 数据来源

本文所使用的 Landsat5 TM 影像包括轨道序列为 132/36 131/36 130/36 132/37, 131/37, 130/37, 131/38和 130/38的 8景数据,时段为 1987, 1996和 2001年的夏季。其中,由于研究区域较大,早期影像数据质量不理想,尤其是云量较大或是碎云区域广,一般用同一季节或前后年相同时相的影像镶嵌而成。影像数据源于国家遥感地面站。气象数据来源于国家气象中心和当地气象局。其他数据则根据实地工作和图件数字化。

2.2 数据处理

根据野外建立的解译标志,在监督分类的基础上再用目视解译方法判读,并结合 1:10 万地形图进行校正。精度校验根据 106国道和省道沿线判明。处理工作在 ERDAS86平台上完成。

地表覆被分类参考中国土地分类方法^[12],考虑到若尔盖的区域特征,在综合和突出区域类型基础上,确定为高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地、林地、旱地、水田、沼泽、湖泊、其他水域、居民建筑用地、沙地、其他未利用地等 12种类型(表 1)。

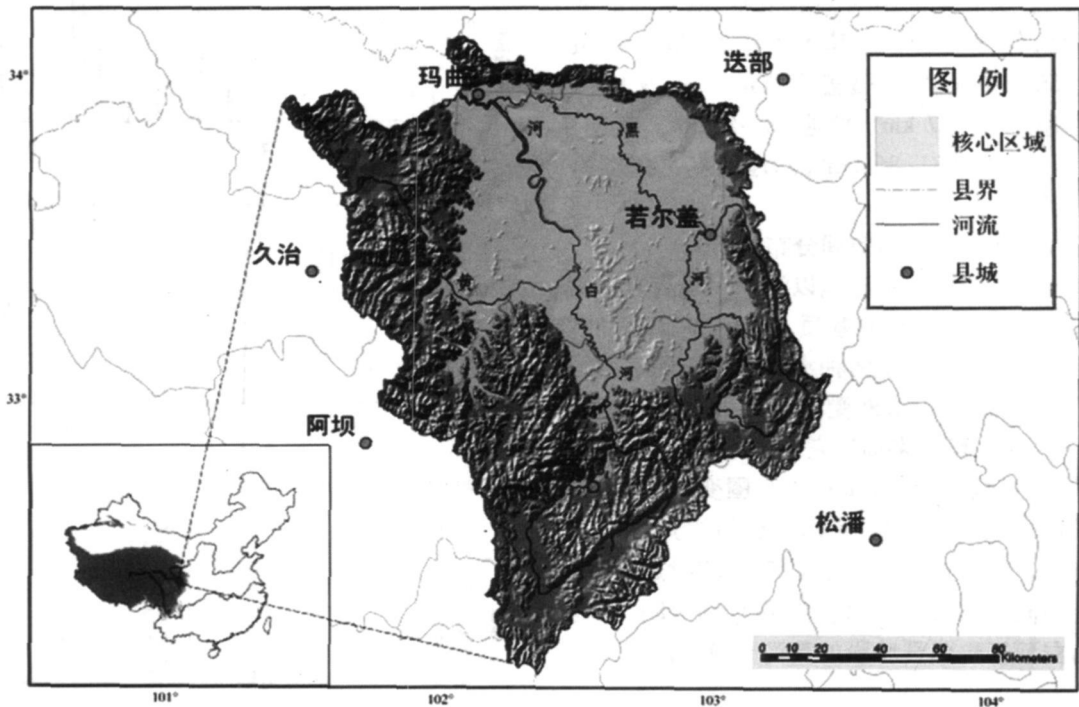


图 1 青藏高原若尔盖地区位置示意图

Fig 1 Location of Roige Region in Tibet Plateau

对地表覆盖和地形数据处理的平台为 ArcGIS9.2, 利用它的 Toolbox 集成模块进行空间分析, 用 workstation 生成 100 m × 100 m DEM, 从中提取流域范围, 再在桌面环境中制图。Moran I 指数定义如下

$$I = \frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n} \quad i \neq j$$

式中 x_i 和 x_j 是变量 x 在相邻配对空间单元 (或栅格细胞) 的取值, \bar{x} 为 n 个位置的属性值的平均值, w_{ij} 是通用交叉积统计中的二元空间权重矩阵 W 的元素, 可以基于邻接标准或距离标准构建, 反映空间目标的位置相似性; Moran 的 I 系数反映空间邻接或空间邻近的区域单元的属性值的相似程度。系数值在 $-1 \sim +1$ 间: < 0 表示负相关, 等于 0 表示不相关, > 0 表示正相关。它在空间分布上的意义

是接近 $+1.0$ 表明聚集, 而靠近 -1.0 则意味着离散。该指数已广泛应用于生态分布描述^[13-14]。

降水和温度变化分析根据常规气象数据分析方法。

3 结果

3.1 若尔盖不同时期土地覆被变化特征

根据对近期 3 个时段影像解译的结果, 若尔盖区域不同土地覆被类型按照面积可分为 3 个不同层次: 若尔盖区域以林地、高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地的面积最为宽广, 在 3 000 km² 以上, 构成生态景观学上所谓的“基质”; 面积在 500 km² 以上的类型包括旱地、沼泽和“其他未利用地”; 总面积基本上在 100 km² 以下的有水田、湖泊、“其他水域”、居民和建筑用地以及沙地 (表 1)。

表 1 2001 年若尔盖不同土地覆被类型的面积 (单位: km²)
Table 1 Area of various land cover categories in Roige Region, 2001 (km²)

水田	旱地	林地	高覆盖度草地	中覆盖度草地	低覆盖度草地	湖泊	其他水域	沼泽	居民建筑用地	沙地	其他未利用地
9.16	773.85	4 992.01	4 631.67	6 712.38	2 856.04	6.66	107.75	554.11	32.03	50.85	919.61

总体上看, 不同类型的地表覆被在研究时段内都有一定程度变化, 可分为单调增减和波动变化两种基本方式。从变化的绝对幅度上看, 以草地的变化最为显著, 例如高覆盖度草地 606.51 km², 中覆盖度草地 562.46 km², 低覆盖度草地 733.39 km², 其他未利用地 107.87 km², 林地 78.18 km²。其中, 沼泽的变化幅度为 31.86 km², 沙地的变化幅度为 7.83 km² (图 2)。

3.2 若尔盖土地覆被的空间分布特征

若尔盖区域的生态本底是以沼泽-曲流为主的湿地, 其中草地构成景观的基质。近年在湿地中出现了小面积的沙地。这是两种水分条件极端对立的景观, 因此沙地的发育格外受到关注。本文以沙地为例, 采用方向性椭圆来描述它的分布 (图 3)。

历年的沙地发育和分布有小范围变化, 图 3 中方向性椭圆及其变化说明, 若尔盖区域沙地的中心分布在玛曲和若尔盖县交界的黄河干流附近, 并沿黄河干流稍向东南方向迁移。椭圆长轴反映, 沙地的分布与白河至玛曲县城段的黄河干流方向基本一致。

三个时段的 Moran I 计算表明, 其值均为 0.05, 无明显空间自相关, 属于随机性分布, 介于聚集和离

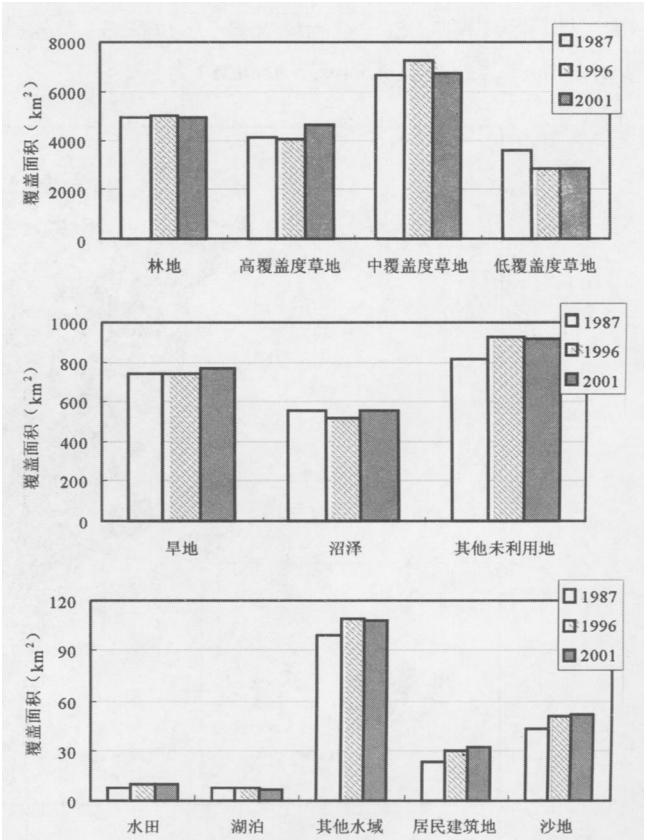


图 2 若尔盖地区近年土地覆被变化

Fig. 2 Land cover changes in recent ten years/Roige Region

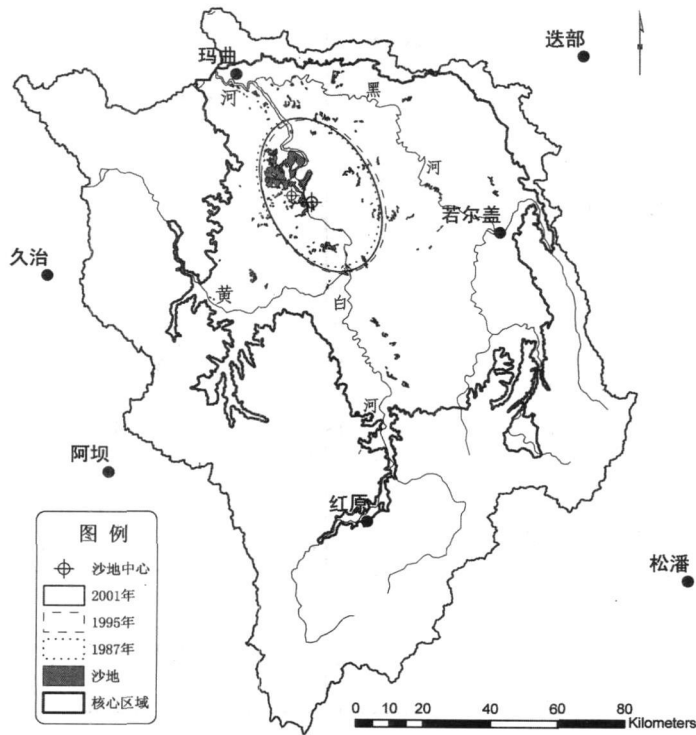


图 3 若尔盖地区沙地方向性分布

Fig 3 Directional distribution of sandy land in Roige Region

散两种分布类型之间,说明若尔盖区域的土地覆被分布既非纯天然状态,也不是人工高度管理状态,而是在自然状态中受到一定程度干扰。由于各时段的价值趋于一致,表明研究时段内人工扰动的结果在本区域没有明显的变化。

4 讨论

4.1 若尔盖区域研究的意义

若尔盖青藏高原向四川盆地、秦岭过渡的区域,是东部湿润区、西北干旱区和青藏高原气候区的交界带,也是季节冻土向多年冻土过渡的区域,是一个多重意义上的过渡带。而对过渡带的研究是生态学、景观学上的重要课题之一^[15]。

本文讨论的若尔盖区域的范围包含了湿地、黑河、白河、沙地等主要环境要素,内含 3 500 m 湿地集中分布的上限,在这个高度以下,绝大部分栅格单元坡度 $< 5^\circ$,成为若尔盖区域的核心地带。

明确若尔盖区域的研究范围,有助于廓清研究对象,在交叉学科研究中突出优势。

4.2 气候因子在若尔盖土地覆被变化中的作用

本文选取若尔盖、红原、阿坝、玛曲和久治 5 县

的站点反映若尔盖区域的气候特征(图 4)。

器测时期的降水和气温变化表明,本区降水增加的趋势不明显,若尔盖、红原、阿坝、玛曲和久治 5 县的多年降水分别在 645.36、754.67、711.76、596.73、742.25 mm 附近波动,而多年平均气温分别为 0.97、1.34、3.39、1.40、0.45℃,分别有 0.022、0.021、0.023、0.025、0.031 的较为一致的斜率,呈渐次上升的态势(图 4)。

若尔盖是季节冻土向高山岛状多年冻土过渡的地区,多年持续升高的气温直接造成了若尔盖高原多年冻土的退化。这个现象也被相关研究所证实^[16-8]。成土母质多为三叠系砂岩、含砾砂岩、炭质板岩互层以及第四系松散沉积物,冻土退化为沙化提供了物质来源。

4.3 若尔盖土地覆被变化对环境治理的影响

若尔盖区域的沙化问题引起了广泛的关注。研究时段内沙地面积从 43.02 km² 增长到 50.85 km²,主要分布在白河河口下游的黄河左岸、黑河下游(若尔盖县城以下)与黄河干流的分水岭、白河下游的右岸(见图 3)。在土地覆被类型上直接与中覆盖度草地镶嵌分布。

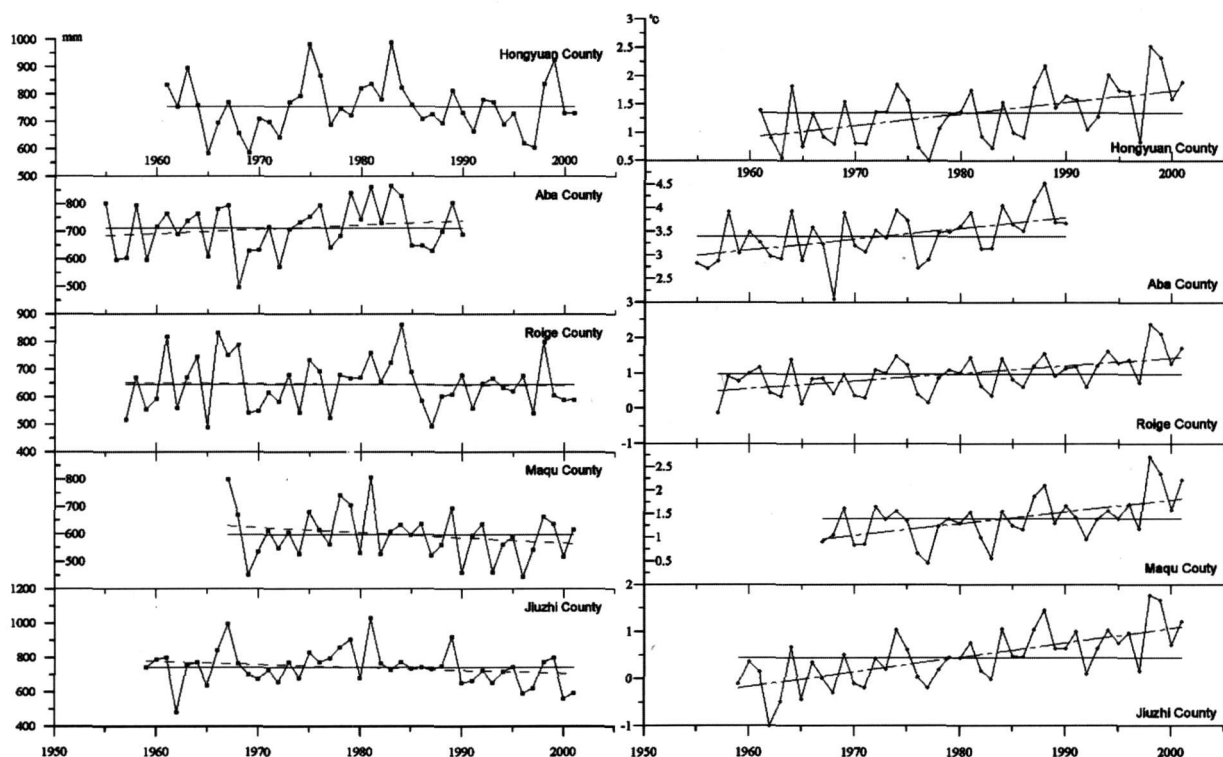


图 4 若尔盖地区近期降水(左)和气温(右)变化
(水平线为多年平均值,虚线为变化趋势线)

Fig 4 Variations of precipitation (left) and temperature in nearly ten years Roige Region
(Level line for average value and dash line for tendency)

目前还缺乏有效的数理方法解析每个沙化因子的作用程度^[17],但松散的砂页岩和冰缘沉积、河流沉积物在气温渐次升高的背景下,叠加上过度放牧和开垦,无疑在若尔盖湿地退化中占有决定性的影响。在全球气温上升和人口增长的背景中,若尔盖区域的生态压力不容小视。

4.4 数据精度问题

由于若尔盖区域覆盖面大,很难找到一景完全无云的影像,在解译过程中不得不使用相同季节的景幅,一定程度上影响了解译的质量。在后续研究中,选取小区域范围的大分辨率数据源,以河流、湖泊等特定的地表要素作为对象,是提高数据精度的一个有效思路。

5 结论

本文以东经 101.6°和 102°经线为界,基于流域概念的若尔盖区域面积为 $2.16 \times 10^4 \text{ km}^2$,海拔在 3 500 m 以下的沼泽集中分布的核心区坡度较缓,面积为 $8.992.57 \text{ km}^2$ 。

根据 1987年,1996年和 2001年三个时段的夏季 Landsat 5 TM 影像,若尔盖区域地表覆被可分为高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地、林地、旱地、水田、沼泽、湖泊、其他水域、居民建筑用地、沙地、其他未利用地等 12 种类型,它们最近时相的面积分别为 $4.631.67 \text{ km}^2$, $6.712.38 \text{ km}^2$, $2.856.04 \text{ km}^2$, $4.992.01 \text{ km}^2$, 773.85 km^2 , 9.16 km^2 , 554.11 km^2 , 6.66 km^2 , 107.75 km^2 , 32.03 km^2 , 50.85 km^2 , 919.61 km^2 。

不同类型的土地覆被在研究时段中均发生变化,变化范围高覆盖度草地为 606.51 km^2 ,中覆盖度草地 562.46 km^2 ,低覆盖度草地 733.39 km^2 ,其他未利用地 107.87 km^2 ,林地 78.18 km^2 。其中,沼泽的变化幅度为 31.86 km^2 ,沙地的变化幅度为 7.83 km^2 。

Moran I 指数反映,本区土地覆被类型的分布为随机性镶嵌分布,受到较小程度人为活动的干扰。方向性椭圆的分布表明,沙地的分布和白河河口—玛曲县城段的黄河干流相一致,重心稍向东南移动。

在降水增加不明显的情况下,气温有升高的趋

势,导致多年冻土退化,由于沙地总面积已达 50.85 km²,沙地集中分布的玛曲、若尔盖两县生态压力更大。

若尔盖区域是一个地势、地貌、气候和冻土分布等多种要素变化的过渡区域,是世界上面积最大的高寒湿地之一,近年出现了沙化和湿地退化等环境问题。使用最新时相的影像,加大野外工作范围,针对其中较小范围的特定地表要素进行研究,宏观和微观方法相结合,以揭示区域的环境变化机制及其效应,为植被恢复和重建、区域资源利用奠定基础,是本文进一步探讨的目标。

参考文献 (References)

- [1] Roger A. Pielke Sr. Land use and climate change [J]. *Science*, 2005, 1126(310): 1625~ 1626
- [2] JiYuan Li, Hanqin Tian, Mingliang Liu, *et al*. China's changing landscape during the 1990's: Large scale land transformation estimated with satellite data [J]. *Geophysical Research Letters*, 2005, 32 (102045): 1~ 5.
- [3] Shen Caining, Tang Lingyu, Wang Suning. Pollen record of Core RM and its chronological series in Roige Basin [J]. *Science Bulletin*, 2005, 50(3): 246~ 254 [沈才明,唐领余,王苏民,等. 若尔盖盆地 RM 孔孢粉记录及其年代序列 [J]. 科学通报, 2005, 50(3): 246~ 254]
- [4] Fu Bojie, Zhao Wenwu, Chen Liding. Progress and perspective of geographical ecological processes [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(11): 1123~ 1131 [傅伯杰,赵文武,陈利顶. 地理-生态过程研究的进展与展望 [J]. 地理学报, 2006, 61(11): 1123~ 1131]
- [5] Liu Changxiu, Zhang Hong, Ze Bai. Effect of Shrub on the Alpine Meadow Soil Ecosystem in the Northwestern Plateau of Sichuan Province, China [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(3): 357~ 365 [刘长秀,张宏,泽柏. 灌丛对川西北高寒草甸土壤资源的影响 [J]. 山地学报, 2006, 24(3): 357~ 365]
- [6] Liu Hongyu, Bai Yunfang. Changing Process and mechanism of wetland resources in Ruogai Plateau, China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(5): 810~ 818 [刘红玉,白云芳. 若尔盖高原湿地资源变化过程与机制分析 [J]. 自然资源学报, 2006, 21(5): 810~ 818]
- [7] Wang Changke, Lu Xiangui, Zhou Huarong. Studies on methane oxidation by bog soils in Zoige Plateau [J]. *China Environmental Science*, 2004, 24(6): 646~ 649 [王长科,吕宪国,周华荣. 若尔盖高原沼泽土壤氧化甲烷的研究 [J]. 中国环境科学, 2004, 24(6): 646~ 649]
- [8] Wang Zhiping, Duan Yi, Yang Jurong, *et al*. Spatial distribution of potential CH₄ oxidation and production in Zoige Marsh of Qinghai Tibet Plateau [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(6): 786~ 791 [王智平,段毅,杨居荣,等. 青藏高原若尔盖沼泽潜在 CH₄ 氧化与生成的分布特征 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 786~ 791]
- [9] Yong Guowei, Shi Chengcang, Qiu Pengfei. Monitoring on desertification trends of the grassland and shrinking of the wetland in Ruogai plateau in northwest Sichuan by means of remote sensing [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(6): 758~ 762 [雍国玮,石承苍,邱鹏飞. 川西北高原若尔盖草地沙化及湿地萎缩动态遥感监测 [J]. 山地学报, 2003, 21(6): 758~ 762]
- [10] F. H. Chen, J. Bloemendaal, P. Z. Zhang, *et al*. An 800 ky proxy record of climate from lake sediments of the Zoige Basin, eastern Tibetan Plateau [J]. *Paleo*, 1999, 151: 307~ 320
- [11] Tian Yingbing, Xiong Mingbiao, Xiong Xiaoshan, *et al*. The organic carbon distribution and flow in wetland soil-plant system in Ruogai Plateau [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(4): 490~ 495 [田应兵,熊明彪,熊晓山,等. 若尔盖高原湿地土壤-植物系统有机碳的分布与流动 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(4): 490~ 495]
- [12] Liu JiYuan. Macroscale Investigation and Dynamic Researches of Resources and Environment in China Using Remote Sensing Data [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1996, 7~ 15 [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, 7~ 15]
- [13] Xie Hualin, Liu Liming, Li Ba. Spatial Autocorrelation analysis of multiscale land use changes: a case study in Ongniud Banner, Inner Mongolia [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(4): 389~ 400 [谢花林,刘黎明,李波. 土地利用变化的多尺度空间自相关分析 [J]. 地理学报, 2006, 61(4): 389~ 400]
- [14] Chen Xiaoyong. Spatial autocorrelation of genetic structure in a population of *Cyclobalanopsis glauca* in Huangshan, Anhui [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(1): 29~ 34 [陈小勇. 安徽黄山青冈种群遗传结构的时空自相关分析 [J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 29~ 34]
- [15] G. M. Foody, D. S. Boyd. Detection of partial land cover change associated with the migration of interclass transitional zones [J]. *Int. J. Remote Sensing*, 1999, 20(14): 2723~ 2740
- [16] Wang Yan, Zhao Zhizhong, Qiao Yansong, *et al*. Characteristics of the climatic variation in Zoige in the past 45 years and its effects on the ecoenvironment in the area [J]. *Journal of Geomechanics*, 2005, 11(4): 328~ 332 [王燕,赵志中,乔彦松等. 若尔盖 45 年来的气候变化特征及其对当地生态环境的影响 [J]. 地质力学学报, 2005, 11(4): 328~ 332]
- [17] James P. M. Syvitsky, Charles J. Voronarty, Albert J. Kettner, *et al*. Impact of Humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean [J]. *Science*, 2005, 308(1126): 376~ 380

Recent Land Cover Changes in Roige Region of Qinghai-Tibetan Plateau

WANG Shiying ZHANG Hong DU Juan

(Faculty of Geography and Resources Research, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China)

Abstract Land use/cover is a pivotal problem in the study of global changes and sustainable development. Roige locates at the northeast front of Tibetan Plateau, sensitive to global changes and recognized by its sandy desertification and wetland changes. Based on field work, concentrated on land cover changes in Roige and using Landsat 5 images in 1987, 1996 and 2001, this paper provides Roige land cover categories and their distribution by Moran I index. The results indicates that land cover change obviously in study period while wetland has an extent of 31.86 km^2 , sandy land 7.83 km^2 , and great changes are prominent in growing up of sandy land, inhabitant land and waste land. Moran I is 0.05 in each period and it shows land cover categories distribute stochastically. Because precipitation quantity increases inconspicuously, gradually growing of temperature becomes the major factor of land cover changes in Roige. This paper studies land cover changes in whole Roige, discusses sandy desertification and its countermeasures, and is positive to global change research and regional environmental protection.

Key words Roige region, land cover, changes, driving force, degeneration prevention