近 40 年来贵阳市“两湖一库”地区土地利用/覆被变化

赵卫权，苏维词，周文龙，张 凡

（贵州省山地资源研究所，贵州 贵阳 550001）

摘 要：在对“两湖一库”（红枫湖、百花湖和阿哈水库）地区 1973，1993，2001 和 2010 年的 4 期卫星遥感影像进行解译的基础上，利用 RS 和 GIS 技术，建立区域土地利用/覆被类型空间数据库，定量分析了研究区域近 40 a 来土地利用/覆被时空变化特征及其生态环境效应。结果表明：（1）该地区土地利用/覆被类型以旱地、水田和林地为主。（2）与 1973 年相比，2010 年荒草地急剧减少，只占区域面积的 1.02%；建设用面积急剧增加，比 1973 年增加了 207.93%；林地面积增加了 13.51%；耕地面积（旱地、水田）减少了 18.41%；水域面积增加 42.06%。（3）耕地主要向林地和建设用地转移，荒草地主要向林地和水域转移，林地则主要向建设用地转移。

关键词：土地利用/覆被变化；两湖一库；动态度；时空变化

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2014)04-0123-05 **中图分类号**：F301.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.04.037

Land Use/Cover Changes of “Two Lakes and One Reservoir” Region in Guiyang City Over Last 40 Years

ZHAO Wei-quan, SU Wei-ci, ZHOU Wen-long, ZHANG Fan

(*Institute of Mountain Resources of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou* 550001, *China*)

Abstract: Based on the interpretation of satellite images of the “two lakes and one reservoir “in 1973, 1993, 2001 and 2010, using RS and GIS, the spatial database of regional land use/cover changes(LUCC) was established, and the LUCC characteristics of temporal and spatial variation over past 40 years was quantitatively analyzed; Meanwhile, the LUCC's impact on ecological environment was discussed. The results show that: (1) Dry land, paddy field and woodland are main land use/cover types in “two lakes and one reservoir” (Hongfeng Lake, Baihua Lake and Aha Reseruior) region; (2) Compared with 1973, grassland decreased rapidly, only accounting for 1.02% of the area; construction area increased 207.93%; the forest land area increased by 13.51%; area of cultivated land(dry land, paddy field) decreased by 18.41%; the water area increased by 42.06%; (3) Cultivated land mainly transferred to the woodland and construction land, grassland transfered mainly to forest and water area, forest land mainly transfered to the construction land.

Keywords: land use/cover changes; two lakes and one reservoir; dynamic degree; temporal and spatial variation

土地利用/覆被变化对区域生态环境产生重要影响，并以累积的方式影响全球环境变化[1]，土地利用/覆被变化是当今国际全球变化研究中最为活跃的领域之一，IGBP 和 IHDP 等[2]国际全球变化研究计划都极其重视这一领域的研究。

顺应世界科学发展潮流，我国从 20 世纪 90 年代中期起也开始进行这方面的研究，而且在相关理论、研究方法以及区域或城市等个案分析上都取得了研究成果。余新晓等[3]分析了位于我国西北黄土高原的甘肃省天水市罗玉沟流域 20 a 来土地利用变化情况及驱动力；王鹏等[4]以秭归县为试验区，分析了三峡水库的土地利用变化情况；周文佐[5]研究了黄河三角洲 1995—2004 年间土地利用/覆被的时空变化特征，并对区域土地利用/覆被变化的驱动因子进行了探讨。

本研究对贵阳市饮用水源“两湖一库”地区近 40 a来的土地利用/覆被时空演变特征进行分析，为水源地生态环境保护管理提供科学依据和基础信息。

收稿日期：2013-06-23 修回日期：2013-08-11

资助项目：国家自然科学基金项目“喀斯特城市边缘带土地利用/覆盖变化及其环境效应”(41261038)；贵州省科学技术基金项目[黔科合 J 字(2010)2038 号]；贵州省科技基础条件平台课题[黔科合院所创能(2010)4001 号]

作者简介：赵卫权(1982—)，男(汉族)，甘肃省宁县人，副研究员，主要研究方向为资源环境与 3S 技术应用。E-mail:zwq82@163.com。

1 材料及方法

1.1 研究区概况

贵阳市红枫湖、百花湖和阿哈水库是贵阳市主城区的重要饮用水水源地，简称“两湖一库”。为了对饮用水源进行保护，贵阳市 2007 年成立专门的管理机构——两湖一库管理局。本研究以乡镇行政区划为基础，结合“两湖一库”饮用水源保护区范围确定研究区域，总面积为 1 703.82 km^2。该区域地处贵阳市西南部，分属安顺市的平坝县和贵阳市的清镇市、花溪区、南明区、云岩区和白云区。

1.2 数据来源及处理

研究数据主要由研究区域 1973 年的 MSS 影像，1993 的 TM 影像，2001 年的 TM 影像和 2010 的 ALOS 影像解译后获得。土地利用分类采用中国科学院资源环境数据库中的全国 1∶100 000 制图比例尺的土地利用分类系统。该系统根据土地资源经营特点、利用方式和覆盖特征采用 3 级分类：一级主要根据土地的资源属性和利用属性分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地 6 个类型；二级主要根据土地自然属性分为 25 个类型；三级主要根据土地的地貌再分为 8 个类型[6-7]。在分级的基础上，结合水源地生态环境研究的需要，将研究区的土地利用类型进行归并处理，主要对旱地、水田、林地、建设用地、荒草地和水域 6 个类型进行统计分析。

运用 ERDAS 9.2 软件对 4 期遥感影像相应波段组合后，进行人机交互解译。在判读解译过程中，采用监督分类和人工目视解译，充分结合土地利用现状图及野外考察结果来建立分类标准，并借助地形图等相关辅助资料进行校准。然后利用 ArcGIS 9.3 地理信息系统软件形成 4 期土地利用类型数据库，利用该软件的空间叠置分析功能，获取土地利用的动态变化信息。由于 4 期遥感影像的时间分辨率相差较大，故在解译过程中参考了研究区域 1∶200 000 土地利用现状资料和 1∶50 000 地形图资料。

1.3 研究方法

1.3.1 *单一土地利用/覆被类型动态度* 单一土地利用/覆被类型动态度[8-9]反映了研究期内不同土地利用/覆被在数量上的变化，通过分析土地利用/覆被面积变化，可以了解土地利用/覆被变化总的态势及其结构变化，其特点在于可以直观地反映土地利用/覆被变化的幅度和速度。其计算公式为：

$$K=(U_b-U_a)/U_a\times\frac{1}{T}\times100\% \quad (1)$$

式中：K——研究时段内某一类型土地利用/覆被的动态度；U_a，U_b——研究初期和末期某一类型的土地利用/覆被面积；T——研究时段，若 T 为年时，K 值即为该研究区此土地利用/覆被类型的年变化率。

1.3.2 *单一土地利用/覆被类型综合动态度* 单一土地利用/覆被类型综合动态度，又称空间动态度[10-11]。它同时考虑了从研究初期到研究末期土地利用/覆被类型的转出部分和转入部分，从整体上度量了其动态变化程度，相对于单一土地利用/覆被类型，动态度值越大，表明该类面积扩张趋势越明显。其计算公式为：

$$V_t=(\Delta_{in_i}+\Delta_{out_i})/U_a\times\frac{1}{T}\times100\% \quad (2)$$

式中：V_t——某一土地利用/覆被类型综合动态度；Δ_{out_i}——研究时段内某一土地利用/覆被类型转化为其它土地利用/覆被类型的面积总和；Δ_{in_i}——研究时段内其它土地利用/覆被类型转化为某一土地利用/覆被类型的面积总和。

1.3.3 *区域综合土地利用/覆被类型动态度* 综合土地利用/覆被动态度[12-13]反映在研究时段 T 内某区域土地利用/覆被变化的剧烈程度，其计算公式为：

$$S=\sum_{i=1}^{n}\Delta_{out_i}/2\sum_{i=1}^{n}U_{ai}\times\frac{1}{T}\times100\% \quad (3)$$

式中：S——综合土地利用/覆被动态度；U_{ai}——研究时段 T 初期第 i 类土地利用/覆被类型的面积。

2 结果与分析

2.1 区域土地利用/覆被变化转移过程分析

由表 1 可知，研究区域主要以旱地、水田、林地和建设用地为主，其面积之和比例在各个时期都占 93%左右，说明近 40 a“两湖一库”地区的土地利用/覆被类型的变化主要在林地、耕地和建设用地之间发生转换。1973—1993 年研究区旱地面积增加，水田面积减少，耕地总量变化不大，荒草地减少约 1/2，说明在这一期间未利用地的利用效率有所提高，建设用地面积增加了 44.16%，林地面积略有减少，水域面积增加了 27.09%；在 1993—2001 年研究区荒草地面积继续减少，旱地略有减少，建设用地面积增加了 30%，林地面积变化不大，水田面积减少了 20.39%，水域面积继续增加了 19.16%；在 2001—2010 年研究区荒草地面积继续被利用，其面积减少了16.86%，旱地面积锐减了 20.38%，建设用地面积急增了 64.20%，林地面积增加了 19.03%，水田面积增加了 14.14%，水域减少了 6.19%。近 40 a 来，“两湖一库”地区土地利用/覆被变化总体呈现出建设用地面积大幅度增加，林地面积增加、耕地面积减少，水域面积增加和荒草地被大量利用的态势。

表 1　"两湖一库"地区 4 期不同土地利用/覆被类型变化

用地类型	面积/km²				变化率/%		
	1973 年	1993 年	2001 年	2010 年	1973—1993 年	1993—2001 年	2001—2010 年
荒草地	51.51	26.17	21.00	17.46	−49.19	−19.76	−16.86
旱 地	692.27	842.06	839.35	668.29	21.64	−0.32	−20.38
建设用地	49.94	72.00	93.65	153.78	44.16	30.08	64.20
林 地	588.52	565.68	561.22	668.05	−3.88	−0.79	19.03
水 田	259.72	119.32	94.99	108.42	−54.06	−20.39	14.14
水 域	61.82	78.56	93.61	87.82	27.09	19.16	−6.19

分析表 2 和 1973—1993 研究区土地利用变化图(图略)可知,1973—1993 年研究区旱地、水田主要转向林地和建设用地,转换率在 18%～26%;林地则主要变为旱地,转换率为 30.83%;部分建设用地转为耕地和林地,转换率达 55.93%,水域主要转为耕地和林地,转换率达 22.4%,荒草地主要利用为耕地和林地,利用率高达 90.79%。在 20 a 间,土地利用类型演变主要发生在"两湖"主要所在地的清镇市和贵阳主城区(南明区和云岩区),主要体现了 20 世纪 70—80 年代土地资源利用的粗狂性和盲目性,大量的林地转为耕地,耕地变转为建设用地。

表 2　"两湖一库"地区 1973－1993 年土地利用/覆被变化转移矩阵　%

土地利用类型	旱 地	水 田	林 地	建设用地	水 域	荒草地
旱 地	62.02	9.61	21.52	4.49	2.19	0.17
水 田	70.92	9.00	13.93	4.63	1.43	0.10
林 地	30.83	3.06	62.39	1.17	1.78	0.76
建设用地	29.09	8.77	18.07	42.17	1.83	0.08
水 域	6.08	6.36	9.96	0.55	77.05	0
荒草地	55.94	6.00	35.20	1.23	1.26	0.38

从表 3 和 1993—2001 土地利用变化图(图略)可知,1993—2001 年研究区旱地主要转换成林地和水田,转换率达 27.33%;水田主要转向旱地、建设用地和水域,其转换率高达 89.95%;林地主要转换为耕地,其转换率为 32.02%;建设用主要转为耕地和林地,其转换率为 39.59%;水域主要转换为耕地和林地,其转换率为 11.23%;荒草地主要转换为耕地和林地,其转换率高达 96.51%。8 a 内土地利用/覆被类型的空间转换明显,主要体现在耕地和其它用地类型之间的相互转换。从空间上看,清镇市"两湖"周边区域的土地利用类型之间相互转化较为均匀,只有云岩区和白云区的建设地面积增加明显,清镇市红枫湖周边出现较大面积的建设用地。

表 3　"两湖一库"地区 1993－2001 年土地利用/覆被变化转移矩阵　%

土地利用类型	旱 地	水 田	林 地	建设用地	水 域	荒草地
旱 地	70.43	6.35	17.52	3.46	0.83	1.41
水 田	53.42	9.81	22.71	8.58	5.24	0.24
林 地	27.31	4.71	62.85	1.86	1.84	1.43
建设用地	25.34	2.22	12.03	59.45	0.62	0.34
水 域	3.27	0.55	7.41	0.72	87.99	0.06
荒草地	28.51	3.3	64.70	0.01	0.11	3.38

由表 4 和附图 6 可知,2001—2010 年研究区旱地主要转向水田、林地和建设用地,其转换率达 59.62%;水田则主要转向旱地、林地和建设用地,其转换率达 67.85%;林带主要转向耕地和建设用地,其转换率为 29.45%;建设用地主要转向耕地和林地,其转换率为 40.57%;水域则主要转向耕地和林地,其转换率为 26.6%;荒草地则主要被利用为耕地和林地,利用率达 94.98%。近 10 a 间研究区域的土地利用/覆被类型除了在耕地、林地之间的相互转换外,建设用地的急剧扩张和转换明显。空间变化主要体现在,红枫湖周边大量的耕地变为林地,阿哈水库所在地花溪区出现大量林地,生态环境得到改善,主要得益于国家退耕还林政策、贵阳市环城林带建设和饮用水源地保护等政策的实施;贵阳市城区的扩展使得白云区建设用地面积急增。

表 4　"两湖一库"地区 2001－2010 年土地利用/覆被变化转移矩阵　%

土地利用类型	旱 地	水 田	林 地	建设用地	水 域	荒草地
旱 地	38.25	25.14	26.85	7.63	1.18	0.95
水 田	29.05	29.63	26.70	12.10	0.83	1.69
林 地	16.19	9.04	68.03	4.22	1.43	1.10
建设用地	20.10	11.93	8.54	56.76	1.21	1.46
水 域	4.68	6.29	15.63	0.88	72.33	0.19
荒草地	26.72	7.06	61.20	2.55	1.42	1.06

2.2 研究区域土地利用/覆被变化动态分析

由表5可知，从单一土地利用/覆被类型动态度来看，1973—1993年研究区林地的动态度最低，平均每年转移率为0.19%；1993—2001年旱地的动态度最低，平均每年转移率为0.04%；2001—2010年水域的动态度最低，平均每年转移率为0.69%。土地利用/覆被类型在此时段内较其它类型的转移量小，是较为稳定的土地利用类型。草地在1973—1993年期间动态度最高，说明该类型在该时段内最为活跃；水田在1993—2001年期间动态度最高，说明水田在此期间的变化最为强烈；建设用地在2001—2010年期间动态度最高，且动态度远高于其它土地利用/覆被类型，体现出其在此期间的活动异常剧烈，这和贵阳市整个城市在近10 a的急剧扩张有着密不可分的联系，说明“两湖一库”地区也是贵阳市区扩张的一个方向。

从单一土地利用/覆被类型综合动态度来看，“两湖一库”地区近40 a来各土地利用/覆被类型的综合动态度数指数都较大，表明在研究期内它们内部相互转化剧烈，转移幅度较大，因此整个土地利用/覆被类型空间结构变化较大。而在3个不同时段内，林地和耕地的综合动态度值均大于其它土地利用/覆被类型。这主要是由于国家政策的贯彻实施，社会发展速度的提升，使得人类活动对其干扰程度加大。1973—1993年与1993—2001年相比，只有水域用地动态变化明显愈加活跃于其它类型；1993—2001年与2010—2001年相比，也只有水域的动态变化趋于减弱。结合单一动态度分析，同一类型在不同时期以及同一时期不同的类的变化均不相同，表现出复杂的变化过程。

综合对比分析3个时段的区域综合土地利用/覆被类型动态度，除了1993—2001年的水域类型综合动态度急增外，其它土地利用/覆被类型动态度的差异不是很明显。表明近40 a来，虽然研究区域土地利用/覆被类型内部结构变化非常复杂、频繁，但是各类型之间相关转换的相对活跃程度却较为平缓。其主要原因是，由于20世纪70年代后期—80年代经济发展刚刚起步，土地利用方式粗放，规划性较差；90年代国家退耕还林、土地复垦等政策影响较大；新世纪以来，社会经济发展空前迅速，在建设用地大规模扩张的同时，植树造林等生态恢复工程也在同步实施。

表5 两湖一库地区3个时段土地利用/覆被动态度 %

动态度	时期	荒草地	旱地	建设用地	林地	水田	水域
单一土地利用/覆被类型动态度	1973—1993年	−2.46	1.08	2.21	−0.19	−2.70	1.35
	1993—2001年	−3.08	−0.04	2.89	−0.10	−3.20	2.01
	2001—2010年	−1.87	−2.26	7.13	2.11	1.57	−0.69
单一土地利用/覆被类型综合动态度	1973—1993年	4.88	6.40	3.74	7.99	3.65	5.56
	1993—2001年	2.94	8.00	3.51	5.56	2.16	21.63
	2001—2010年	2.77	7.74	4.15	7.53	2.45	9.01
区域综合土地利用/覆被类型动态度	1973—1993年	2.42					
	1993—2001年	1.84					
	2001—2010年	4.55					

2.3 土地利用/覆盖变化的生态环境效应

采用生态系统的生态服务价值分析土地利用变化的生态环境效应。根据谢高地等[14-17]的研究，不同土地利用方式所具有的生态服务功能是不同的，即，水域>林地>耕地>荒草地>建设用地，参考相关学者对中国生态服务价值的计算和修正方法，对研究区域生态服务价值进行了估算(表6)。

根据表6，林地是研究区域生态服务价值的主要贡献者，在1973—2001年呈现下降趋势，但在2001年后的近10 a内增加了近20%；耕地的生态服务功能在近40 a间总体呈现下降趋势，水域的生态服务价值呈现逐年增长趋势。总体而言，在1973—1993年研究区域的生态服务价值总量仅增加了0.57%，变化很小；1993—2001年研究区域的生态服务价值总量增加了1.24%，约为是前20 a的2倍；2001—2010年研究区域的生态服务价值总量增加了5.43%，变化幅度较大。“两湖一库”区域生态环境在近40 a间总体呈现逐步优化态势，尤其是近10 a来，由于人们开始重视饮用水源地的生态环境保护，通过实施退耕还林政策，环保工程实施和涵养水源林地建设等措施使得区域生态环境状况得到很大改善。

表 6　"两湖一库"地区不同时期生态服务价值估算结果

用地类型	生态服务价值/万元			
	1973 年	1993 年	2001 年	2010 年
荒草地	202.58	102.92	82.59	68.67
旱 地	15 473.42	18 821.48	18 760.91	14 937.42
林 地	46 823.09	45 005.92	44 651.08	53 150.56
水 田	5 805.19	2 667.01	2 123.19	2 423.37
水 域	7 932.13	10 080.05	12 011.11	11 268.20
建设用地	0	0	0	0
合 计	76 236.40	76 677.37	77 628.88	81 848.21

3　结 论

(1) 近 40 a 来,"两湖一库"地区水域面积从 1973 年的 61.82 km^2,增加到 2010 年的 87.82 km^2,最大值为 2001 年的 93.61 km^2,由于近 10 a 来的气候变化,生态系统恶化等因素,水域面积比 10 a 前有所减少。

(2) 土地利用/覆被类型相互转化主要发生在耕地和林地之间,其转换率均在 20%以上,建设用地总规模相对增加幅度较大,2010 年面积是 1973 年面积的 3 倍,"两湖一库"地区已逐步纳入贵阳城市发展范围。

(3) 3 个时段的土地利用/覆被类型综合动态度相对较为均匀,但是整体趋势而言,2001—2010 年期间明显高于 1973—1993 年和 1993—2001 年这两个时段,表明在最近 10 a 研究区域的土地利用/覆被变化最为剧烈。

[参 考 文 献]

[1] 倪绍祥. 土地利用/覆被变化研究的几个问题[J]. 自然资源学报,2005,20(6):932-937.

[2] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报,2009,64(12):1411-1420.

[3] 余新晓,张晓明,牛丽丽,等. 黄土高原流域土地利用/覆被动态演变及驱动力分析[J]. 农业工程学报,2009,25(7):219-225.

[4] 王鹏,吴炳方,张磊. 三峡水库建设期秭归县土地利用时空变化特征分析[J]. 农业工程学报,2010,26(6):302-309.

[5] 周文佐. 近 10 a 黄河三角洲 LUCC 及其驱动因素分析[J]. 农业工程学报,2010,26(1):341-345.

[6] 龚文峰,孔达,范文义,等. 松花江流域哈尔滨段土地利用时空格局演变特征分析[J]. 农业工程学报,2009,25(8):249-255.

[7] 郭宗锋,马友鑫,李红梅,等. 流沙河流域土地利用变化研究[J]. 水土保持研究,2006,13(1):144-147.

[8] 周兰萍,魏怀东,丁峰,等. 1998—2005 年石羊河流域土地利用/覆盖变化及其分析[J]. 水土保持通报,2009,29(1):169-173.

[9] 何春阳,史培军,陈晋,等. 北京地区土地利用/覆盖变化研究[J]. 地理研究,2001,20(6):679-688.

[10] 蒙吉军,吴秀芹,李正国. 黑河流域 1988—2000 年土地利用/覆被变化研究[J]. 北京大学学报:自然科学版,2004,40(6):922-929.

[11] 张晓玲,关欣,文倩. 市(县)级土地利用变化驱动力分析:以醴陵市为例[J]. 农机化研究,2007(3):21-24.

[12] 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.

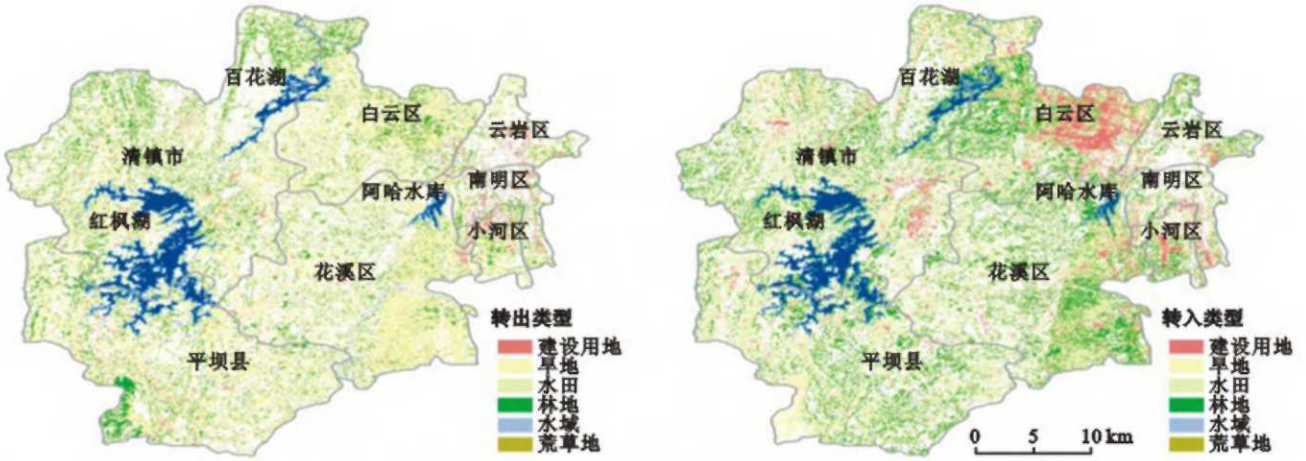
[13] 王思远,刘纪远. 中国土地利用时空特征分析[J]. 地理学报,2001,56(6):631-639.

[14] 谢高地,肖玉,甄霖,等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(3):10-13.

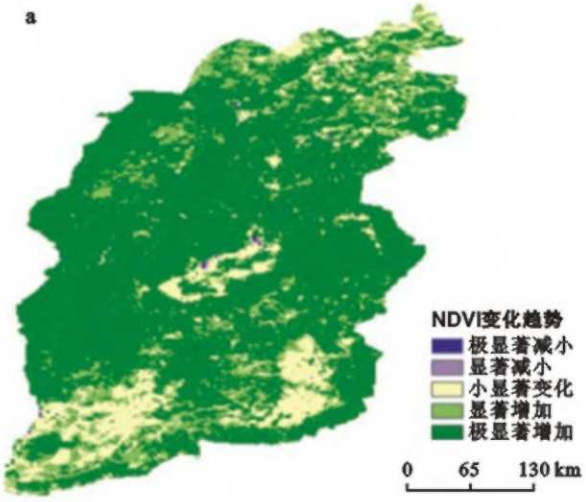
[15] 王飞,高建恩,邵辉,等. 基于 GIS 的黄土高原生态系统服务价值对土地利用变化的响应及生态补偿[J]. 中国水土保持科学,2013,11(1):26-31.

[16] 蒋晶,田光进. 1998—2005 年北京生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 资源科学,2010,32(7):1407-1416.

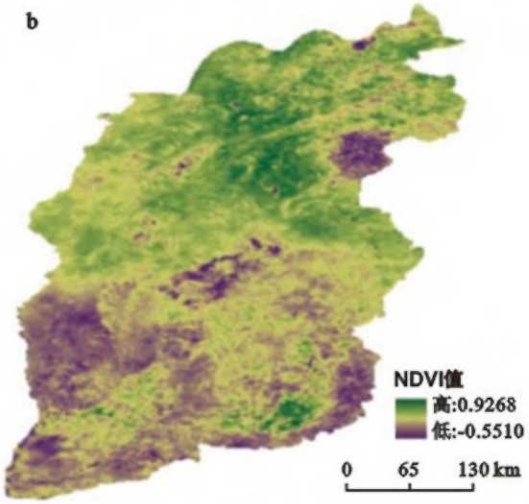
[17] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008,23(5):911-918.



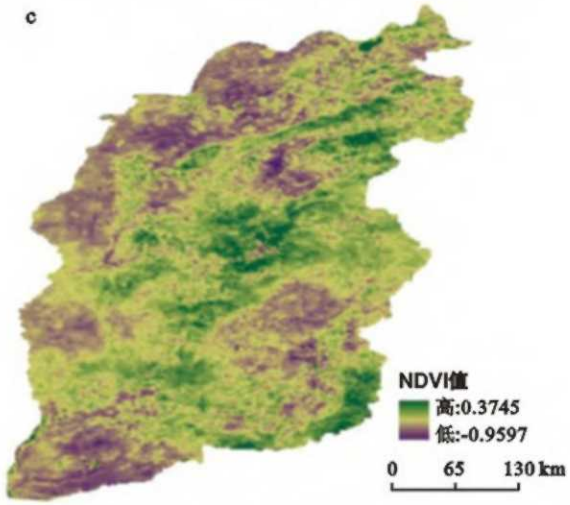
附图6 贵阳市“两湖一库”地区2001—2010年土地流转分析



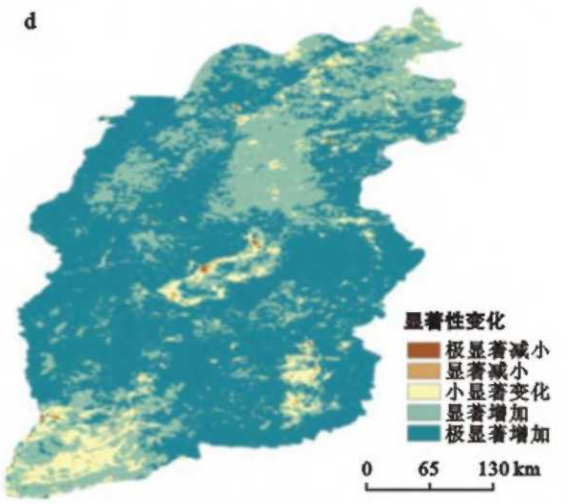
附图7 山西省1999—2010年NDVI变化趋势显著性检验



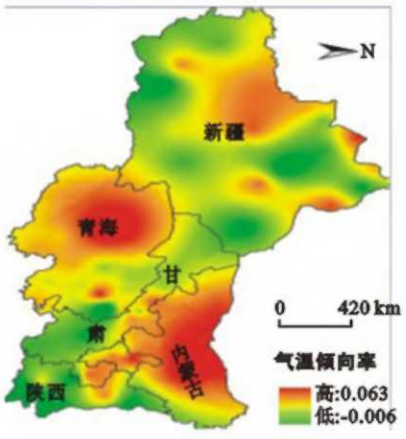
附图8 山西省1999—2010年NDVI与降水的相关系数



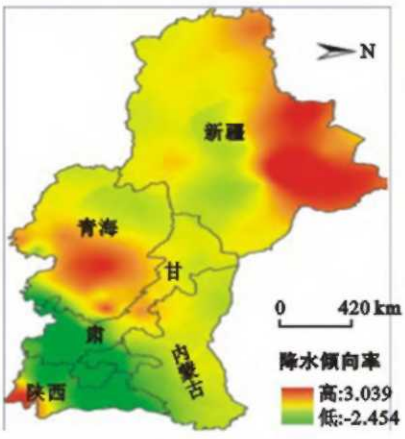
附图9 山西省1999—2010年NDVI与气温的相关系数



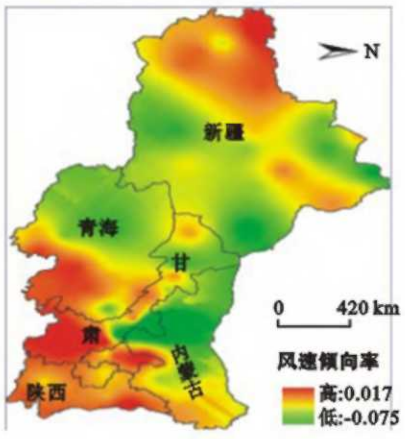
附图10 山西省1999—2010年累积NDVI残差变化趋势显著性检验



附图11 西北地区气温空间变化特征



附图12 西北地区降水空间变化特征



附图13 西北地区平均风速空间变化特征