

云南石林巴江河岸土地利用/土地覆被结构变化研究

李玉辉, 朱泽云, 丁智强, 杨民英

(云南师范大学, 昆明 650500)

摘要:基于巴江河和石林公园的协同保护利用,采用遥感和地理信息系统技术分析了2014年、1992年、1984年云南石林县巴江河岸1 000 m范围的影像或土地利用/土地覆被变化。30年来,巴江河岸土地利用/土地覆被结构显著变化,耕地面积保持56%以上,林地面积减少了54%、草地面积减少了95%。但住宅仓储工矿用地增加106倍,园地面积增加7.6倍、石砾地裸地面积增加1.7倍,土地利用结构严重碎化。这种变化的直接动力是居民用地和仓储用地等向河岸带集中。石林公园列为世界地质公园/世界自然遗产地提升了巴江河作为其缓冲区河流的地位,但并没有带来巴江河岸土地利用结构的优化。作为石林世界地质公园组成部分和石林县重要的景观河保育,以2014年土地利用结构为基础,应调整河岸土地利用结构,河岸带林地可增加77%,分别来自减少的57%裸地石漠化地,10%的耕地调整以及住宅和园地增加的10%绿化。由此可知,巴江河上游地段土地利用结构应优先调整。

关键词:土地利用/覆被结构; 河岸景观; 喀斯特; 世界自然遗产; 世界地质公园

中图分类号: P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)05-0279-06

Study on the Riparian LULC Features of Shilin Bajiang in Yunnan Province

LI Yuhui, ZHU Zeyun, DING Zhiqiang, YANG Mingying

(Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

Abstract: On the basis of coordinating utilization and protection of Bajiang River with the Shilin park, the remote image(2014) and land-use maps(1984, 1992) of the 1 000 meters wide riparian zones in the Bajiang banks in the Shilin County of Yunnan Province were analyzed using Geographic Information Technology for the adjustment of the riparian land use/land cover (LULC). The results showed that the obvious change of LULC happened over the last 30 years. The cropland area accounted for more than 56% of the whole studied area; the woodland area greatly reduced by 54%, grassland reduced by more than 95%. And on the other hand, the warehouse area increased by 106 times, the areas of the garden land and the rocky land increased by 7.6 and 1.7 times, respectively. The fragmentation happened in all kinds of the land-use types there. The directly driver of the changes is a development of the resident house, warehouse and public facilities land in the riparian zones. Although the role of Bajiang River was further recognized because of the Shilin park's status of the World Heritage sites and UNESCO global geopark, the LULC improvement of the Bajiang riparian zones was not come into action. As the component of the Shilin world-level protected area and key landscape river in the Shilin County, the riparian LULC structure should be adjusted. The woodland area on the riparian banks should be increased by 77% compared to its percentage in 2014, which come from the 57% of the reduced rocky land area, 10% of the farming land area and 10% area of the housing land and warehouse area for afforestation. The adjustment should be preferentially carried out in the upper part of the Bajiang River Basin.

Keywords: land use/ land cover structure; riparian landscape; karst; world heritage; global geopark

河流沿岸土地利用/土地覆被是河流生态系统、沿岸居民生产生活、流域生态文明的重要景象,其土地利用的变化与调整受到重视^[1],多期遥感影像与适宜比例尺土地利用现状图是分析河岸土地利用变化/土地覆被重要的技术手段^[2-5]。河岸植被、河岸土地变化驱动因素、防洪、水土流失、水源涵养,都市河流景观与人文景观融合^[6-7]、河流生态恢复^[8-9]、河岸土壤重金属污染整治^[10]、河岸生态公路建设^[11]、对气候变化的响应^[12-13]等被广泛的关注,河岸土地利用/土地覆被是关键。对于世界遗产地等世界性声誉的保护地内或周边河流河岸土地利用变化报告鲜见。本文以云南石林世界自然遗产地缓冲区河流巴江河为例,选取1982年、1992年、2014年巴江河影像和土地利用现状图,从传统的村落集镇生产生活节点网络^[14]到世界遗产地缓冲区河流的角度,分析其土地利用/土地覆被变化,讨论世界自然遗产地/世界地质公园缓冲区河岸景观带建设。

1 研究区概况

巴江河穿越石林彝族自治县(北纬 $24^{\circ}30'$ — $25^{\circ}03'$,东经 $103^{\circ}10'$ — $103^{\circ}41'$),距昆明市86 km,属于珠江流域上游南盘江水系一级支流。巴江河发源于石林彝族自治县境内的石林世界自然遗产地北部乃古石林景区。石林县境内巴江河长约57 km,巴江河年均产水量6.46亿 m^3 ,径流量在1.622亿 m^3 ,占石林县生产生活生态环境用水90%^[14]。巴江河流域多年年均降雨量940 mm,年均温 14.6°C ,属亚热带高原干湿季风气候,地带性植被为半湿润常绿阔叶林(滇青冈林、黄毛青冈林),现状植被以暖性针叶林云南松林和石灰岩灌丛为主^[15]。巴江河上游(乃古石林—天生桥)、中游(天生桥—大叠水)集中了石林县人口及耕地,下游(大叠水至南盘江)人口稀少,为峡谷河段。

2 研究方法

2.1 土地利用分类

参考国家统一土地利用分类标准,结合巴江地区利用现状,将巴江河岸土地利用/覆被类型选定为住宅用地(建筑)(H)、园地(PG)、水体(W)、石砾地(R)、裸地(BL)、林地(J)、灌丛地(A)、工矿仓储及公共服务用地(M)、耕地(F)、草地(草甸、荒地)(G)共10类。耕地包括水田及旱地,工矿仓储及公共服务用地包含工矿点、仓储地和城市广场、政府用地以及影像图上清楚明了的宽阔交通路面,石砾地包括石牙地和石漠化地。

2.2 数据源与数据处理平台

本文影像资料分别是2014年2月份1:50 000

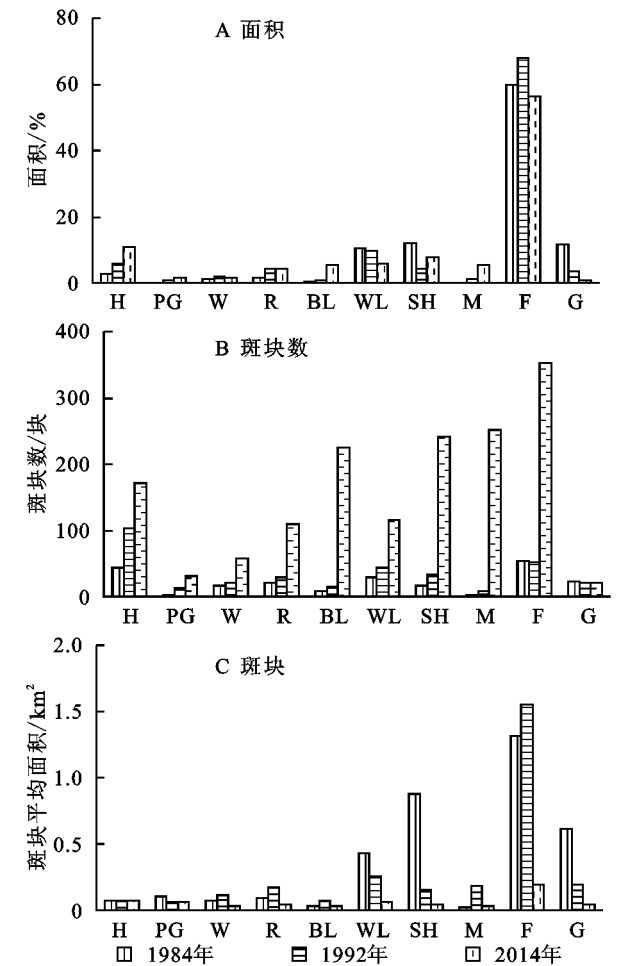
谷歌影像图、1992年及1984年1:50 000的土地利用现状图。依据确定的10类土地利用/土地覆被类型,通过实地调查确定巴江河沿线1 km范围内的土地利用类型标志,与2014年影像图做分布验证,再用ArcGIS 10.02作源数据矢量化与空间分析软件技术,得出三个时段的土地利用类型矢量化数据,建立1984年、1992年、2014年三年土地利用数据库,借助Excel进行土地利用斑块数据统计分类和相关计算。为降低数据的错误率,三个时段土地利用现状图在捕捉工具环境下完成后,利用拓扑检查工具进行拓扑检查,查看线层、多边形层是否存在重叠线、悬挂线、多边形不封闭等拓扑错误^[16],以保证数据的正确性。各用地类型斑块面积计算初始几何计算中单位为米,后期的转移矩阵计算中调整为km,以保证计算数据的精度。测得1984年、1992年和2014年的巴江河河岸土地利用面积分别是 118.54 km^2 , 116.6 km^2 , 119.8 km^2 ,三次统计面积误差 $<3\%$ 。巴江河流域、降雨量资料来自黄家庄水文站。

3 结果与分析

3.1 土地利用/土地覆被变化

1984年、1992年、2014年的30 a中,巴江河沿岸1 km范围内的土地利用结构发生了显著变化。1984年、1992年、2014年三个分析年份,耕地面积占巴江河岸带面积同期的59.94%,67.82%,56.48%(图1A),先增后减,保持56%以上;林地占10.61%,9.64%,5.97%,急剧减少了54%;灌丛地占11.87%,4.34%,7.88%,先显著减少,后又增加。三个分析年份的住宅(2.81%,5.86%,10.9%)、石砾地(1.54%,4.11%,4.11%)、裸地(0.21%,0.89%,5.49%)、仓储工矿用地(0.05%,1.24%,5.38%)、园地(0.17%,0.65%,1.47%)则是面积占比显著增加;水体面积(1.01%,2.00%,1.66%)占比相对稳定,草地面积占比(11.80%,3.45%,0.64%)显著减少。斑块数量上(图1B),所有土地利用类型的斑块数量显著增加,数量增加2倍至10多倍。巴江河岸的土地利用/土地覆被结构碎化趋势突出。这在斑块平均面积表现更为突出。三个分析年份的灌丛地斑块平均面积(87.97 hm^2 , 15.34 hm^2 , 3.92 hm^2)和草地的斑块平均面积(草甸、荒地)(60.84 hm^2 , 19.14 hm^2 , 3.82 hm^2)减少20多倍(图1C);林地斑块平均面积(43.34 hm^2 , 25.54 hm^2 , 6.22 hm^2)减少7倍,耕地(131.58 hm^2 , 155.06 hm^2 , 19.16 hm^2)先增后显著减少,减少约6倍;园地(10.18 hm^2 , 5.87 hm^2 , 5.73 hm^2)减少2倍。水体斑块平均面积(7.02 hm^2 , 11.67 hm^2 , 3.42 hm^2)、石砾地斑块平均面积

(8.68 hm²,17.12 hm²,4.51 hm²)、工矿仓储及公共服务用地斑块平均面积(1.8 hm²,18.01 hm²,2.56 hm²)先增后降,减少 2 倍。裸地斑块平均面积(3.05 hm²,6.94 hm²,2.94 hm²)先增后又变小,住宅用地(建筑)斑块平均面积(7.57 hm²,6.63 hm²,7.59 hm²)基本不变。



H:住宅用地(建筑);PG 园地;W 水体、R 石砾地;BL 裸地;WL 林地、SH 灌丛地;M 工矿仓储及公共服务用地;F 耕地;G 草地(草甸、荒地)。

图 1 石林巴江河岸土地利用

在巴江源头,石砾地增加,林地碎化。石林县城和县城南部的住宅地、工矿仓储地显著扩展,林地显著减少,北大村至天生桥、大石林景区一带的住宅地、仓储地显著增加,林地减少,石砾地增加;乃古石林景区的林地、住宅地增加,大叠水景区的耕地碎化、住宅地增加。景区与水体附近是 30 a 来用地变化的集中区域,河岸带景观结构显著改变。

3.2 巴江河岸土地利用转化与驱动力

1984—1992 年,1992—2014 年的两个时段内,未发生转移的耕地面积分别是 72.8%和 81.7%(表 1A),而林地面积发生了 50%的转化(减少),草地面积的转化率分别是 28.5%和 37.2%,水体面积转化率分别是 26.8%和 53.5%。研究期内移出较少的用地类型有工矿用地(<11.5%)、园地(<2.6%)、裸地

(<3.1%)。1984—1992 年时段内面积显著变化而 1992—2014 年面积保持相对稳定的用地类型是草地(转化率分别为 30.6%和小于 9.7%)和灌丛地(转化率分别是 40.4%和小于 21.6%)。草地(草甸、荒地)的转入和转出的用地类型都是石砾地和灌丛地(表 1B)。工矿仓储及公共服务用地主要转为林地,原因是加强了城镇绿化。

1984—1992 年期间的石砾地是工矿仓储及公共服务用地的主要来源,1992—2014 年耕地是其主要来源。裸地主要来自于耕地,表现为闲置或丢荒,闲置耕地面积分别是 0.5 km²,4.6 km²,这是耕地浪费。石砾地主要来自灌丛地和耕地,1984—1992 年,石砾地面积新增 4.5 km²;1992—2014 年,石砾地面积增加 3.7 km²,集中于巴江流域中上游地区,这是中下游耕地转化为工矿城镇用地后,开荒导致的石漠化。灌丛地主要由耕地转入,集中在河流上游及中下游河岸,以经济林木为主,如桉树、板栗、核桃等。灌丛地主要转变为石砾地。新增水体面积主要来自耕地,修建库坝;但水体面积主要转为裸地,与喀斯特洼地的旱涝转变有关。新增园地面积主要来自耕地,园地的转移类型为住宅用地和石砾地。新增住宅用地(建筑)主要来自耕地,住宅用地的转出类型主要是园地和工矿仓储及公共服务用地。住宅和工矿仓储用地向水体、遗产地(巴江河上游)、石林县城集中,乃古石林、大石林景区、黑龙潭水库坝区成为新的住宅仓储用地中心。

调查分析发现,巴江河河岸带的土地利用/土地覆被转化的动力来自三个方面。一是石林世界地质公园石林世界自然遗产地带来的投资效应,遗产地附近的水体和河岸土地是投资者的首选,这同时增加了部分河岸水体,这部分土地转移增量达 718.6 hm²,驱动贡献达 25.5%。典型的代表是乃古石林景区的黑箐头巴江河岸,投资兴建度假区和果木园,再者是大石林景区附近天生桥至石林县城的巴江河段,这里成为商业小镇与商品房小区密集区。二是传统村落扩张向巴江河岸移动,村民新建住房增加的住宅用地向河岸发展,既为自用,也为农家乐,这出现在整个巴江河,代表地点有和摩站、乐儿村、板桥村、白龙潭,土地增量达 972.5 hm²,驱动贡献达 34.8%。三是因各种征地减少了耕地的农户,自主向河岸荒地开垦以增加生产用地,这是河岸石砾地增加的直接原因,数量达 309 hm²,土地利用变化贡献达 22.7%。典型是大山沟、和摩村。这些增加的用地量大部分来自草地(部分湿地)(贡献 49.6%)、林地(贡献 37.7%)、耕地(贡献达 12.8%)。因此,巴江河岸土地利用结构变化和转移是当地产业结构调整与居民生活需要而

产生。巴江河岸社会经济地位虽因石林列入世界地质公园/世界自然遗产而发生改变,从种养为主的传统村落与县域经贸文化活动为中心的河岸带转变为世界自然遗产地/世界地质公园缓冲区的河流,但并没有带来巴江河岸土地利用结构的优化,符合河岸生态功能与景观功能的土地利用结构仍未形成,巴江河岸土地利用结构纳入石林世界地质公园/世界自然遗产地景观保护保育仍处于期望中。

表 1 巴江河岸土地利用变化特征

| A 土地利用变化转移率(%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 时段 | 1984—1992 年 | | | | | | | | | | | 1992—2014 年 | | | | | | | | | |
| 类型 | G | F | M | BL | WL | R | SH | W | PG | H | G | F | M | BL | WL | R | SH | W | PG | H | |
| G | 30.6 | 11.2 | 3.3 | 18.4 | 6.7 | 21.2 | 12.1 | 22.1 | 10.3 | 8.4 | 0.7 | 3.0 | 1.8 | 4.7 | 4.9 | 3.6 | 9.7 | 0.3 | 6.5 | 1.1 | |
| F | 26.1 | 72.8 | 22.1 | 55.0 | 22.8 | 29.6 | 23.0 | 39.0 | 51.0 | 52.0 | 34.4 | 81.7 | 79.1 | 72.6 | 19.2 | 27.5 | 33.9 | 35.1 | 85.5 | 52.4 | |
| M | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 2.2 | 11.5 | 0.2 | 4.0 | 0.5 | 0.0 | 0.4 | |
| BL | 0.0 | 0.1 | 2.3 | 1.8 | 0.4 | 0.0 | 0.3 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.9 | 0.5 | 0.4 | 3.1 | 0.1 | 0.6 | 3.7 | 0.0 | 0.6 | |
| WL | 8.2 | 5.9 | 0.6 | 1.9 | 49.4 | 4.4 | 22.6 | 5.3 | 2.6 | 4.7 | 21.2 | 5.4 | 6.2 | 6.0 | 50.3 | 17.5 | 25.7 | 2.6 | 3.0 | 4.6 | |
| R | 0.4 | 0.7 | 51.7 | 0.4 | 0.4 | 4.5 | 1.2 | 0.8 | 2.8 | 2.1 | 40.0 | 2.1 | 2.8 | 5.3 | 0.8 | 23.8 | 10.8 | 0.9 | 3.6 | 2.3 | |
| SH | 34.5 | 7.1 | 18.1 | 16.8 | 18.9 | 38.7 | 40.4 | 4.4 | 24.7 | 3.5 | 0.0 | 3.2 | 1.3 | 1.0 | 8.4 | 21.6 | 13.1 | 0.6 | 1.1 | 0.2 | |
| W | 0.2 | 0.5 | 1.0 | 3.3 | 0.6 | 1.0 | 0.4 | 26.8 | 0.0 | 0.2 | 0.5 | 1.1 | 0.3 | 4.8 | 0.7 | 1.2 | 0.8 | 53.5 | 0.2 | 0.1 | |
| PG | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.6 | 0.0 | 0.7 | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 2.6 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 1.0 | |
| H | 0.0 | 1.4 | 0.8 | 2.3 | 0.5 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 7.0 | 28.5 | 1.6 | 1.6 | 6.8 | 2.9 | 1.1 | 1.8 | 1.4 | 2.7 | 0.3 | 37.2 | |

| B 土地利用类型主要转入与转出率(%)对比 | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|------|-----|------|-----|-------------|------|-----|------|-----|
| 时段 | 1984—1992 年 | | | | | 1992—2014 年 | | | | |
| 比较项 | 未转移 | 新增 | 主来源 | 减少 | 主去向 | 未转移 | 新增 | 主来源 | 减少 | 主去向 |
| G | 30.5 | 69.4 | SH | 91.1 | R | 0.7 | 99.3 | R | 99.9 | SH |
| F | 72.8 | 27.1 | G | 17.1 | BL | 81.7 | 18.3 | J | 31.3 | PG |
| M | 0 | 100 | R | 100 | J | 0.2 | 99.7 | F | 99 | J |
| BL | 1.8 | 98.2 | F | 92.2 | M | 0.4 | 99.5 | F | 97.3 | W |
| WL | 49.4 | 50.6 | F | 55.3 | SH | 50.3 | 49.7 | F | 75.3 | G |
| R | 4.5 | 95.5 | SH | 88.1 | M | 23.8 | 76.2 | F | 75.5 | G |
| SH | 40.3 | 59.6 | F | 85.3 | R | 13.1 | 86.9 | F | 76.1 | R |
| W | 26.7 | 73.2 | F | 47.7 | BL | 53.4 | 46.5 | F | 54.7 | BL |
| PG | 1.5 | 98.4 | F | 93.7 | H | 0 | 100 | F | 100 | R |
| H | 28.5 | 71.5 | F | 40.1 | PG | 37.1 | 62.8 | F | 29.4 | M |

注:表中各百分比为所列土地利用类型之和(100%);H 住宅用地(建筑);PG 园地;W 水体、R 石砾地;BL 裸地;WL 林地、SH 灌丛地;M 工矿仓储及公共服务用地;F 耕地;G 草地(草甸、荒地)。

3.3 巴江河岸土地利用变化对河流产流影响

河流年流量累积和年降雨量累积曲线能清晰地表明人类活动对径流的影响^[17-18],巴江河的年降水累积量与河流年径流累积量曲线在研究时段没有发生明显偏转(图 2A),这表明研究时段内人类活动并没有对巴江流域水量平衡要素造成太大的影响变化,在研究时段前的人类活动已强烈地影响了巴江流域产流。利用巴江河下游的黄家庄水文站(仅监测气象和流量,不测量泥沙量)径流量、降雨量对比分析,巴江河年径流量(图 2B)变化与年降雨量(图 2C)变化密切相关,两者显著正相关($R^2=0.744\ 3$, $p<0.01$)。因此,巴江河是典型的雨养型河流,研究时段内的河

岸土地利用/土地覆被变化不足以改变巴江河产流,对河流影响更多的可能是含沙量。

3.4 巴江河岸土地利用结构调整与河岸景观重建

3.4.1 巴江河段划分 河岸带生态系统功能是河岸生境提供生态系统功能、产品和服务^[12],并受气候和土地利用驱动。虽然森林植被能显著提高河滨产流和稳定性,但明确规定河岸带林地面积比例的成果鲜见^[12-13,17],石林县政府也没有明确规定巴江河岸带土地利用结构的县域规划。因此,巴江河土地利用/土地覆被结构的调整,依据的是其作为石林世界地质公园/世界自然遗产地景观河流处理。作为重要的景观河,其主要功能一是巴江河沿岸居民休闲场所,二是石林世界地质公园/世界遗产地旅游的辅助景观,石

林县域旅游发展农家乐、休闲游的重要吸引物;三是维护巴江河流生态系统稳定,减少水土流失或滑坡坍塌等地质灾害。这就需要合理划分巴江河段,协同石林世界地质公园/世界自然遗产地管理。

按巴江河与石林世界自然遗产地/世界公园和城镇的空间关系,自巴江源头至巴江大叠水瀑布的巴江河岸区可分为三类。一是石林世界自然遗产地河道,二是传统村落与现代集镇河道,三是田园河道。作为石林世界自然遗产地/世界地质公园的巴江河道分别有上、中、下段。上段是巴江源头和乃古石林景区团结水库坝至高石哨的巴江河段,包括和摩站巴江河岸至高石哨地下伏流河段;中段是石林世界遗产地游客中心北大村至石林生态园附近河段,包括三家村—昆石高速路出口—乐尔村河道,下段是小叠水至大叠水瀑布河段。传统村落和现代集镇河道也有三段,北段是和摩站至北大村巴江河道,中段是石林县城河段,下段是板桥巴江河段。石林世界自然遗产地/世界地质公园河段与传统村落集镇河段之间的河段就是田园河段。

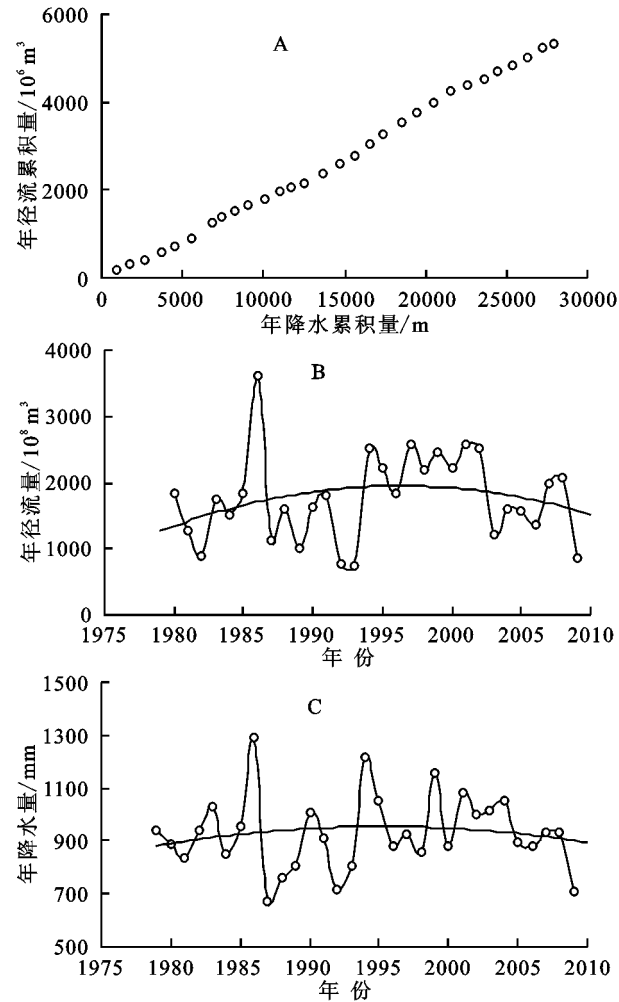


图 2 巴江流域主要水文、气象要素变化趋势

3.4.2 河岸土地利用/土地覆被结构调整 巴江河

河岸土地利用/土地覆被结构调整的目标是增强河岸带的水源涵养、治理水土流失、培育河岸观赏休闲景观(田园景观)与自然景观恢复。模拟研究表明河岸带退耕还林、造林水保、种草水保对河滨带生态功能(河流基流)具有积极效应,而全裸地、全草地、全林地、全耕地、伐林建城、除草建城具有显著的负面效应^[17]。因此,适当增加巴江河岸区的森林、湿地、草地比例是改善其生态功能的重要措施,依据可调整对象提出巴江河岸土地利用/土地覆被调整结构(表 2)。

表 2 巴江河岸土地利用/土地覆被调整

| 土地利用 类型/地类 | 2014 年 | | | 2025 年(调整) | | |
|---------------|----------|------------------------|-----------|------------|------------------------|-----------|
| | 斑块/ 个 | 面积/ hm ² | 百分比/ % | 斑块/ 个 | 面积/ hm ² | 百分比/ % |
| 住宅用地(建筑) | 172 | 1305.4 | 10.9 | 150 | 1276.0 | 10.7 |
| 园地 | 31 | 177.7 | 1.5 | 31 | 177.7 | 1.5 |
| 水体 | 58 | 198.5 | 1.7 | 58 | 198.5 | 1.7 |
| 裸地、石砾地 | 333 | 1149.7 | 9.6 | 155 | 488.6 | 4.1 |
| 林地 | 339 | 1659.2 | 13.9 | 398 | 2959.0 | 24.7 |
| 仓储、公共服务用地 | 252 | 644.9 | 5.4 | 252 | 712.0 | 5.9 |
| 耕地 | 353 | 6765 | 56.5 | 308 | 6088.5 | 50.8 |
| 草地 | 20 | 76.3 | 0.6 | 20 | 76.3 | 0.6 |
| 合计 | 1558 | 11976.7 | 100.00 | 1372 | 11976.7 | 100.0 |

注:住宅地总面积实际调整为 1501 hm²,但其中的 15%的住宅区绿化林地归入林地统计。

调整的具体布局 and 措施体现于河流分段中。在世界自然遗产地/世界地质公园区的河岸带 5~10 m 范围内,修建岸堤和栽培景观防护林,绿化裸地、石砾地,林地增加 10%以上,治理水土流失,形成乡土景观植物和观赏性强的乔、灌、草组合景观和河岸步行道。住宅用地总增加 15%,增加用地来源为部分耕地和裸地、石砾地。城镇和传统村落的河岸带土地利用/土地覆被结构调整以防洪与水景建设相结合;县城和公园入口接待服务区附近河段的住宅用地区,提高 15%的森林绿化率,培育居民休闲娱乐景观。巴江河的田园河道区,以固岸护坡、防治水土流失、绿化荒地。除用于住宅和公共用地外,裸地和石砾地实现 55%的森林绿化,禁止新开荒地。仓储和公共用地(公路设施和步行道景观)增加 10%,来自耕地和裸地等。确保基本农田粮食生产前提下,发展特色经济果品园林相融合景观带,耕地减少约 10%。园地、草地和水体面保持稳定,减少斑块数,提高景观质量和产出。

石林地区适应巴江河岸生态景观恢复和重建的植被类型有滇青冈林、黄毛青冈林、华山松林^[10],以及传统的河岸枫杨林、柳树林。选择这些植被中的主

要乡土植物,构建巴江河岸区景观林,如黄连木、清香木、滇青冈、黄毛青冈、云南木樨榄、滇朴、皮哨子、复叶栎树、枫杨等。适宜河岸区园地发展经济果木产业的物种主要有油桃、甜柿、高原黄梨、枇杷、甜杨梅、蓝莓、葡萄等。这些自然植被/人工辅助恢复植被和经济果木园地的重建是实现巴江河岸区土地利用/土地覆被结构调整的保证,以构建石林县全域旅游和自然保护与水资源保护的河道景观带。

4 结论

云南石林彝族自治县的巴江河岸土地利用/土地覆被结构自1984年、1992—2014年期间发生显著变化。除面积较大的耕地相对稳定外,林地显著减少,生境结构碎化,住房工矿仓储用地扩大且向水体、风景区、县城集中,巴江河源头石砾地裸地面积扩大。巴江河岸的土地利用/土地覆被的变化过程具有普遍性^[2-6,13,17-18],穿越城镇、景区的河岸带成为住宅、工商用地的热点,作为世界遗产地缓冲区的河岸带也不例外。石林世界地质公园/世界自然遗产地带来的用地结构和产业结构变化并没有使巴江河土地利用结构得到优化,以河岸带森林地消减显著为特征。按照世界地质公园/世界自然遗产地的缓冲区河流功能和景观格局要求,对居民住宅和工商用地进行限制,治理荒漠化地或裸地,增加河岸带林地面积等是河岸带生态修复与景观重建的重要内容。将巴江河段分为世界地质公园/世界自然遗产地缓冲区河段、传统村落/现代城镇河段、田园景观河段三类河段,建成功能互补,融河道安全、水土流失治理、水源涵养增强、乡土物种丰富、乡村土景观靓丽、特色农林经济和休闲娱乐健身的世界自然遗产地/世界地质公园缓冲区的河岸景观带。2014—2025年,巴江河岸带的林地面积从13.9%增加到24.7%,公共用地稍有增加(5.4%到5.9%),裸地石砾地面积从9.6%减少到4.1%,耕地稍有减少(56.5%到50.8%),其他用地基本保持稳定。

参考文献:

- [1] 周玉良,袁潇晨,金菊良,等. 国内外河岸带研究的进展与展望[J]. 地理科学进展, 2005, 24(5): 33-40.
- [2] Lam-Dao N, Pham-Bach V, Nguyen-Thanh M, et al. Change detection of land use and riverbank in Mekong Delta, Vietnam using time series remotely sensed data[J]. Journal of Resources and Ecology, 2011, 2(4): 370-374.
- [3] Baudry J, Thenail C. Interaction between farming systems, riparian zones, and landscape patterns: a case study in western France[J]. Landscape & Urban Planning, 2004, 67(1/4): 121-129.
- [4] Fujihara M, Kikuchi T. Changes in the landscape structure of the Nagara River Basin, central Japan[J]. Landscape & Urban Planning, 2005, 70(3/4): 271-281.
- [5] 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.
- [6] 郑伯红,汤建中. 都市河流沿岸旅游文化景观带功能开发: 以上海苏州河为例[J]. 旅游科学, 2002(1): 32-35.
- [7] 赵霏,郭逍宇,赵文吉,等. 城市河岸带土地利用和景观格局变化的生态环境效应研究: 以北京市典型再生水补水河流河岸带为例[J]. 湿地科学, 2013, 11(1): 100-107.
- [8] 李娇娇. 城市河流生态恢复研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [9] 周永章,宋书巧,杨志军,等. 河流沿岸土壤对上游矿山及矿山开发的环境地球化学响应: 以广西刁江流域为例[J]. 地质通报, 2005, 24(10): 945-951.
- [10] 韩琳,李征,曾艳,等. 太湖流域河岸带不同土地利用下草本植物叶片和土壤 C, N, P 化学计量特征[J]. 生态学杂志, 2013, 32(12): 3281-3288.
- [11] 李林,姜德义,王庆珍. 龙河沿岸生态公路设计研究[J]. 公路交通技术, 2007(3): 168-170.
- [12] Malanson G. P. Riparian landscapes[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1993.
- [13] Dufour S, Rinaldi M, Piégay H, et al. How do river dynamics and human influences affect the landscape pattern of fluvial corridors? Lessons from the Magra River, Central-Northern Italy[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 134: 107-118.
- [14] 李镇春. 路南彝族自治县志[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1996.
- [15] 金振洲. 昆明植被[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1997.
- [16] 刘瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1544-1550.
- [17] 刘柏君,周广钰,雷晓辉,等. 海流兔河基流特征及其对气候变化和人类活动的响应分析[J]. 水资源与水工程学报, 2015, 26(5): 56-61.
- [18] 吴宗婧,朱晓春,谭桂秋,等. 河北4座水库降雨径流一致性分析[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(6): 188-192.