

东江河岸带各区段景观格局对水体恢复的影响^{*}

周 婷, 彭少麟, 任文韬

(中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广东 广州 510006)

摘 要: 对东江流域 1998 年, 2006 年的 TM 遥感影像数据进行处理, 利用 Arc Gis 对东江主干沿岸边缘做 10 km 的缓冲区, 通过监督分类划分出 6 类地物类型。在此基础上, 结合流域集水区的范围分出河岸缓冲带的上中下游区域。以 Fragstats 为工具, 分别计算类型和景观水平上的景观指数, 进而分析河岸带各区域景观格局的动态变化。重点分析了河岸带各区段景观指数变化对水体恢复的影响。结果表明: 经过 8 年的变迁, 东江河岸带水体的恢复在各区段有不同的表现。上游地区水体斑块面积有所下降, 破碎化程度降低, 聚集分布, 中下游地区水体面积增加, 同时破碎化加强, 水体斑块分散分布。河岸带不同区域中植被斑块面积有不同程度的增加, 表明植被覆盖率增大。区域中耕地斑块面积在整个河岸带中的比例降低, 对水体水质的污染会有减缓作用, 尤以上游变化为明显。建成地斑块面积增加, 分布更加聚集, 反映出河岸带地区城市化水平加剧, 尤其在中游地区表现明显。其中, 植被的增加和耕地的减少对水体恢复起到了促进的正效应, 而建成地的增加不利于水体的恢复, 起到负效应。由于各种景观要素作用的不同, 不同区段水体表现出不同的恢复效果。上游基本保持现状, 作为源头保护良好, 中游水体有显著增加, 下游区段, 虽然水体有一定的恢复成效, 但是由于人口密度较大, 抵消了恢复的力度, 所以没有中游地区的效果明显。各种因子的综合表明, 在水体恢复的过程中, 要结合各区域的实际情况, 在流域尺度上进行恢复, 注重多因子的协调。

关键词: 河岸带; 水体恢复; 景观格局; 东江; 河段

中图分类号: Q149 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2009) 04-0078-06

The Influence of Landscape Pattern Changes on the Restoration of Stream in the Upper, Middle and down Reaches of Dongjiang River Riparian

ZHOU Ting, PENG Shaolin, REN Wentao

(State Key Laboratory of Biocontrol, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Based on Thematic Mapper remote sensing data of 1998 and 2006, a buffer zone along the stream of the Dongjiang River with width of 10 km is created by ArcGis. We identified 6 land use and land cover types using supervised classification techniques. In addition, upper, middle and down reaches were got with the catchments. A selected group of landscape metrics at the class and landscape level was used to quantify the changing pattern of land use and land cover in the study region using Fragstats. It is indicated that the conditions of water restoration are different in the different segments of the riparian buffer. The area of water patch decreased in the upper reaches, at the same time, the fragmentation also decreased. While in the middle and down reaches, both the area of water and the fragmentation increased. The area of vegetation patch increased in different degree. The proportion of farmland decreased in the whole riparian buffer, especially in the upper reaches, which may reduce the pollution of water. The increasing urbanization indicated by the increase of area and the aggregation distribution of built-up area,

^{*} 收稿日期: 2008-08-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30670385, U0633002)

作者简介: 周婷 (1984 年生), 女, 博士生; 通讯作者: 彭少麟; E-mail: lsspsl@mail.sysu.edu.cn

exhibit distinctly in the middle reaches. The increase of woodland and reduction of farmland will play a positive role in the restoration of water, while the urbanization may has a negative effect. It is concluded that the water in the upper reach changes little, the area of water in the middle reach increase greatly, while the restoration effect is weakened in the down reach for the population increase. It is suggested that the condition of each reach should be considered respectively during the restoration of water, and it is processed in the landscape level.

Key words: riparian; stream restoration; landscape pattern; Dongjiang river; reach

众多的河流为人类社会提供了主要的淡水来源,河流冲积而成的平原是人类文明的发源地,同时也是我国大部分工业、农业基地和能源基地所在地及重要城市和人口的聚集地^[1]。东江是珠江流域三大水系之一,是河源、惠州、东莞和广州市东部等沿岸城市主要生产、生活水源地,同时通过跨流域调水供应深圳等相关地区用水。另外还有防洪、发电、航运、压咸、纳污等其他多种功能。近年来,随着当地经济的高速发展,东江流域城市化进程加快,水资源的需求大幅增加,水体污染加剧,流域生态系统退化。水体恢复迫在眉睫。人为因素会影响各种景观要素的格局变化^[2],如何通过格局变化来评价水体退化或恢复的情况,是研究的一个新途径,目前该方面的研究较为缺乏。

河流是一个连续的整体,由源头集水区的第一级河流起,以下流经各级河流流域,形成一个连续的、流动的、独特而完整的系统,称为河流连续体^[3]。河流各区段的生态系统过程是相互关联的。由于地理位置、人为影响等各方面因素的不同,水体各区段变化情况表现出不同的特性,有必要进行分段研究。而与水体直接相连的河岸带是流域景观的组成部分——廊道^[4],能够较好地反映流域所受到的干扰^[5]。本研究以东江主干10 km缓冲带为主要的研究对象,分析上中下游各区段历经8年的景观格局变化,并探讨各景观要素类型及景观整体格局变化对水体恢复造成的影响。以期在流域尺度上对水体的恢复提供新的方向。

1 研究区域概况及研究方法

1.1 研究区域概况

东江流域位置在东经113°30′至115°45′,北纬22°45′至25°20′,流域总面积35 340 km²。总的地势为东北高,西南低,海拔在900~1 500 m之间。

东江发源于江西省寻乌县,自东北向西南流入广东省境内,经龙川、河源、紫金、惠阳、博罗、东莞等县市注入狮子洋,经虎门出海。干流全长562 km,合河坝以上河段为东江上游,河道长138

km,处于山丘地带,水浅河窄。合河坝至博罗县观音阁河段为东江中游,河道长232 km,龙川以下地势逐渐展开,观音阁以下为东江下游,河道长150 km,两岸为平原区,河中多为不固定的沙洲。

东江流域地处亚热带季风气候区,年平均降水量1 753 mm,其时空分布不均,空间上西南多、东北少。流域多年平均径流量达296亿m³^[6]。

1.2 研究方法

1.2.1 资料来源 遥感数据是美国陆地资源卫星5号(LANDSAT-5)于1998年及2006年获取的TM影像,空间分辨率为30 m。数字高程模型(DEM)来自全球土地利用数据库组织(Global land cover facility, GLCF)提供的航天飞机雷达地形测绘使命(Shuttle Radar Topography Mission, SRTM)数据,空间分辨率90 m。

1.2.2 遥感数据处理 利用Erdas 8.7软件对东江流域的TM遥感数据进行几何校正和假彩色合成。合成后的遥感图像经过拼接、镶嵌和整饰后,形成覆盖整个研究区域的全幅遥感图片。

1.2.3 边缘缓冲区提取 利用Arc GIS 9.0分析DEM数据,生成东江主干,并提取东江流域以及各集水区的边界。以此主干为基础生成10 km的缓冲带矢量数据,用此矢量数据对全幅遥感图片进行切割,得到东江主干缓冲区区域。然后运用软件Erdas 8.7对缓冲区TM数据进行监督分类,分为水体、建成地、林地、耕地、植被退化区、裸地这六类地物类型。并进行分类后处理,分类精度达到80%以上,形成缓冲带景观类型分布图。

根据流域集水区将河岸带分成上中下游3个区域,上游从源头至龙川县所在的集水区,中游至博罗县附近,下游至入海口。形成河岸缓冲带上中下游3个分区。

1.2.4 分析指标及计算方法 本研究在类型水平上选取景观面积比(PLAND),斑块密度(PD),聚集指数(AI),斑块形状指数(LSP)作为分析指标,在景观水平上选取PD、AI、LSP、最大斑块指数(LPI)、分维数(PAFRAC)、蔓延度指数

(CONTAG) 和香农多样性指数 (SHDI)。采用景观分析软件 FRAGSTATS 3.3 从各年度的景观类型和景观总体两个方面进行指数计算, 指数的公式和计算方法均同 FRAGSTATS 的表示方式。另外, 计算 2006 年各种指数相对于 1998 年的变化率, 公式如下:

$$R = \frac{I_{06} - I_{98}}{I_{98}} \times 100\%, I_i \text{ 为景观指数值。}$$

2 结果与分析

对东江主干河岸带 3 个区段各景观要素的景观指数进行计算和分析, 并分析 2006 年相对于 1998 年各景观指数的变化率, 分区段探讨东江河岸带水体的恢复情况及其影响因素。

2.1 1998 年东江河岸带水体及其他景观要素特征

1998 年东江河岸缓冲带各景观要素变化特征总结见表 1。

表 1 1998 年东江河岸带各景观要素变化特征

Table 1 The riparian indices of each class in 1998

景观类型		PLAND	PD	AI	LSI
水体	上游	2.53	3.90	66.67	78.32
	中游	2.18	1.40	79.79	61.26
	下游	12.21	3.82	82.22	117.08
建成地	上游	13.07	16.32	55.43	236.89
	中游	10.03	12.76	55.65	285.29
	下游	33.89	16.85	69.02	338.36
林地	上游	62.19	4.37	88.22	137.22
	中游	62.38	4.66	93.15	110.67
	下游	12.39	7.63	80.09	131.92
耕地	上游	6.17	25.84	25.09	273.28
	中游	6.41	16.00	39.31	311.88
	下游	23.24	17.16	64.58	320.13

上、中游水体面积在景观中所占的比例相近, 下游相对较多, 达到 12.21%。而斑块密度表现为上游和下游较高, 中游最低, 说明上游水体破碎化程度最高, 这与地形复杂等自然因素有关。聚集度指数从上到下有逐渐增加的趋势, 说明水体分散程度逐渐下降。形状指数体现出上游和中游水体复杂度相差不大, 而下游水体形状较之上中游复杂的多, 这与入海口河道弯曲复杂有关。

1998 年上中游建成地和耕地在景观中所占比例远小于在下游中所占的比例, 而林地面积所占的比例相对较少。这与入海口东莞等地城市化水平较高有关, 体现出下游地区人类干扰相对较多, 导致了建成地和耕地等人类用地显著比上中游多。斑块

密度反映了斑块的破碎化程度, 建成地的斑块密度和形状指数从上至下先减后增, 与水体变化一致。这可能与城市多建在河流附近有关, 表明水体受城市的影响比较大。林地景观类型在下游地区所占比例较小, 而斑块密度却大于上中游地区, 可能的原因是林地的分布趋于分散, 这与人类干扰的增加有关, 从聚集度指数也可以反映出相同的问题。

2.2 2006 年东江河岸带水体及其他景观要素特征

2006 年东江河岸带各景观要素指数值如表 2 所示。

表 2 2006 年东江河岸带各景观要素特征

Table 2 The riparian indices of each class in 2006

景观类型		PLAND	PD	AI	LSI
水体	上游	2.17	1.28	80.24	43.48
	中游	3.73	2.48	75.79	95.65
	下游	14.64	5.00	83.06	122.21
建成地	上游	13.11	10.45	62.92	197.55
	中游	16.96	8.76	69.32	257.02
	下游	33.75	10.40	72.67	297.88
林地	上游	68.50	3.77	88.85	136.23
	中游	65.93	5.13	89.70	170.57
	下游	23.18	14.90	71.87	254.22
耕地	上游	3.29	9.71	38.37	164.16
	中游	5.97	14.27	41.69	289.42
	下游	16.17	15.13	63.21	277.58

水体面积比例从上到下有增加的趋势。而水体斑块密度也逐渐增加, 上中游破碎化程度相差不大, 而下游较大, 说明水体的破碎化程度比较大, 可能原因是水体的利用程度增大。水体的破碎会改变水域自然水系结构, 降低天然河流生态服务功能。聚集度指数相差不大, 其中中游最小, 说明各区段水体的分散度近似。从形状指数表现出明显的增加, 说明水体的形状变得越来越复杂, 可能是河道的弯曲、分割造成了形状的复杂。

上中游地区建成地在景观中所占的比例近似, 下游地区城市化水平较高。同样, 林地和耕地景观类型逐渐增大, 与建成地有相同的趋势。各种景观类型, 包括建成地、林地和耕地, 其形状指数都是在下游出现最大值, 说明下游地区与其他区域相比各类景观的结构比较复杂。建成地和林地的聚集度差别不大, 而耕地的聚集度在下游尤其大, 说明农用地在下游地区有集中发展的趋势。

2.3 东江河岸带水体景观恢复特征

河流作为景观中的廊道, 其景观格局发生一系

列变化,对数据进行计算分析,结果见图1。通过分析水体面积百分比、斑块密度,聚集指数,斑块形状指数等指标,来研究水体恢复在景观上体现出的特征。

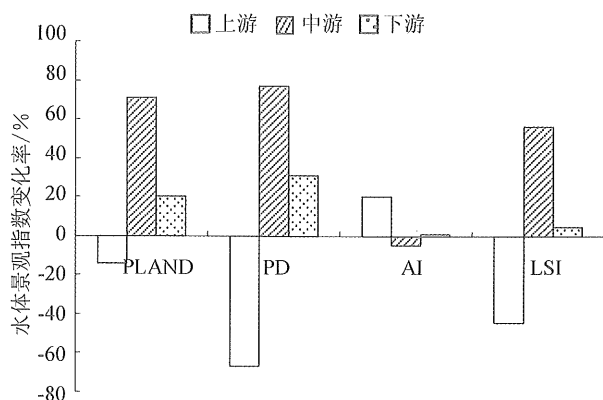


图1 水体景观指数变化率R

Fig. 1 The change of landscape indices of the water in the years 1998 - 2006

从图1可以看出,水体在景观中所占的比例在三个区域均有所变化。上游水体景观面积降低中下游增加。水体的斑块密度变化趋势与面积比例相似,上游的一些小斑块合并成了大的斑块,水体的破碎化程度在下降。而中下游却与之相反,破碎化程度在增加。聚集度指数的变化,上游和下游有所增加说明了斑块自相似性增强,斑块空间连接性增加,并趋于成片分布。中游下降说明分散分布。斑块形状指数的变化说明上游及下游水体斑块形状趋于规则简单,说明受干扰加强。而中游的水体斑块形状变得更为复杂。

综合看来,上游水体基本保持现状,作为源头,没有受到太大干扰,受到了较好的保护。中游水体分布更加分散。下游水体面积的增加但是分布趋于聚集。各个区域有不同的变化,通过分析景观各类要素及整体水平的指数特征来探讨水体变化的原因。

2.4 对水体恢复起到促进作用的景观类型格局变化

林地的增加和耕地的减少对水体恢复起到促进作用。河岸带区域中林地的增加有利于水土保持,耕地的减少有助于缓解水质污染,二者对水体恢复有一定的正效应。

2.4.1 东江河岸带林地景观变化 林地的变化情况可以从图2看出,3个区域林地的面积均有所增加。其中上中游增幅较小,下游的林地景观类型有极显著的增加。增加原因可能是流域综合治理沿岸绿化工程。上游林地斑块密度下降中下游增加,反

映出林地破碎化程度的变化,即上游下降,中下游增加,尤以下游增加最为显著。虽然从这个指数反映出的是景观破碎化程度的增加,但实际上,由于下游总面积是大幅增加的,所以此处反映的是斑块数目的增加。另外,景观形状指数也有较大幅度的增加,说明林地景观形状变得更加不规则。除下游外,上游和中游的林地景观各方面的指数都没有太明显的变化。

从以上分析可以看出,河岸带下游的林地有较大变化。这与人为的植树造林密切相关。植被相当于河流水量的一个重要的调节器。森林植被的增加会相应地增加蒸腾量而减少河川径流量^[7]。从3个区域的数据我们可以看出,下游林地的大幅度增加是下游水体面积增加较小的原因之一。

2.4.2 东江河岸带耕地景观变化 三个区段的耕地景观类型占整个景观面积比例都有所下降,具体数据见图2。斑块密度下降,在景观格局上体现斑块破碎化水平的降低。聚集度的增加说明耕地趋于集中分布,景观形状指数下降说明形状变得简单。其中上游区域各个指标下降较大,中下游相对变化较小。

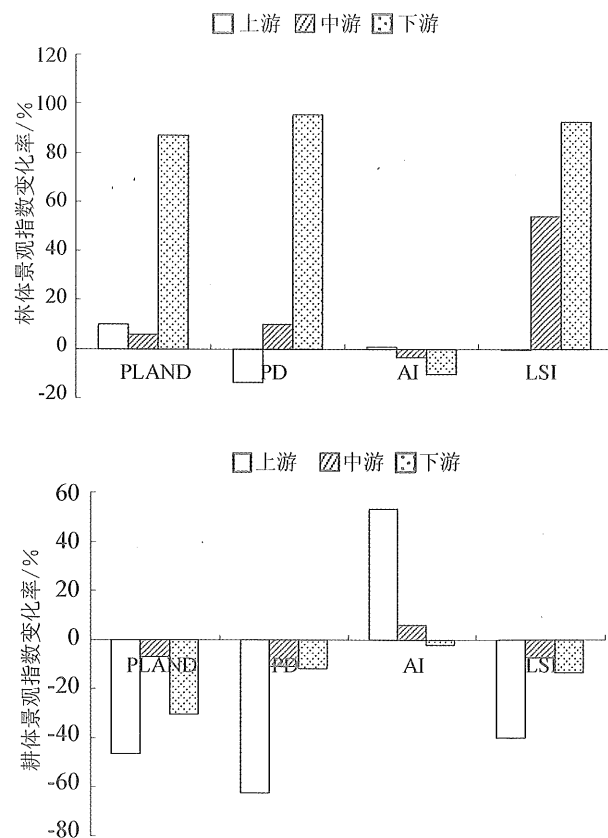


图2 林地及耕地景观指数变化率R

Fig. 2 The change of landscape indices of the woodland and agriculture in the years 1998 - 2006

耕地从几个方面对水体造成影响。自然植被的移除,河道渠化,灌溉和排水改变了地下水的供应。沉积物和污染物使得水体水质恶化^[8],耕地覆盖面积的下降减少了对水体污染物的排放,对水质恶化有减缓的作用。

2.5 对水体恢复有负作用的景观类型格局变化

对水体恢复有负作用的地物类型主要是建成地,包括城镇、工厂等用地类型。这些地物类型是人类社会的产物,是由人类的干扰造成的。另外,整体景观破碎化的增加降低了水体结构的连通性,及河岸带整体水平上的景观连通性。二者对水体恢复有负效应。

2.5.1 东江主干河岸带建成地变化 通过对原始数据的整理计算,得出建成地景观若干指数的变化率,见图3。

对上中下游分别分析可以看出,建成地各个景观指数的变化趋势是一致的。上游和下游的建成地面积比例基本保持不变。而中游有大幅度增加,说明中游区域以大城市为中心进行扩张,城市化现象严重。但是斑块密度减少,说明了一些小斑块合并成了大的斑块,破碎化程度降低。聚集度指数有所增加,说明斑块间的连接度增加。形状指数出现减小,说明了建成地斑块形状更为简单规则,这与人类对城市用地的规划加强有关。中游地区在行政区上主要是河源市附近,河源近年来的飞速发展是城市面积增加的因素之一。

从以上的分析结合各个区域水体的变化可以得出,中游高度城市化的同时水体面积变化也较之上下游有明显增加。城市不透水表面的增加,从而改变了河流的水文、地形地貌等,如增加了地表径流,会使得水体表面面积增加。另外,污染物质也

流入水体,如金属、杀虫剂等^[9],会加重水质污染,形成水质型缺水。随着流域经济、工业发展和人口增长,排入东江的污染物逐年增加^[10],东江水质呈逐年下降的趋势,尤其下游及三角洲水质较中、上游差,如三角洲网河区枯水季节大部分地区水质受咸潮影响^[11]。

2.5.2 东江河岸带景观整体格局特征变化 东江河岸缓冲带景观整体格局发生了一系列变化,通过计算各景观指数变化率后直观地表现于图4。

分析数据可以得出,上游景观破碎化程度有所降低,聚集度指数增加也反映出相同的问题。最大斑块指数增加比例值高达81.46%。说明景观中的优势类型在整个区域中所起的作用增大,景观整体格局变得不再均质,而是优势类型占主导地位。景观形状变得更加简单规则。蔓延度指数增加,景观要素类型空间分布趋于集中,空间连通性相对增加。香农多样性指数降低了13.42%,说明了景观多样性水平减少,土地利用向着单一化和非均匀化方向发展。中游的地物类型各景观指数变化不显著,最为明显的变化是最大斑块指数,从各种地物类型的分析可以看出,这主要是由于建成地斑块的面积显著增加。下游各个指数变化幅度不大,景观破碎化程度增加,景观格局分散分布。但是景观多样性指数略有增加,说明多样性水平有增加的趋势,这主要是与各景观类型分散有关。

通过对结果的分析得出,近10年来,由于人类干扰的逐渐加强,河岸带整体景观格局趋于单一化,多样性指数下降,这些是退化生态系统的结构和空间格局特征^[12],对水体的恢复会有不利的效应。上游区段包括河流的源头,会受到更多的关注和保护,人类的干扰相对较小,从景观整体上表现

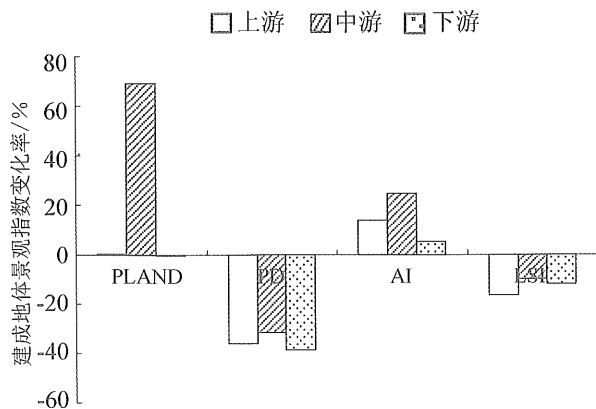


图3 建成地景观指数变化率 R

Fig. 3 The change of landscape indices of the built-up area in the years 1998 – 2006

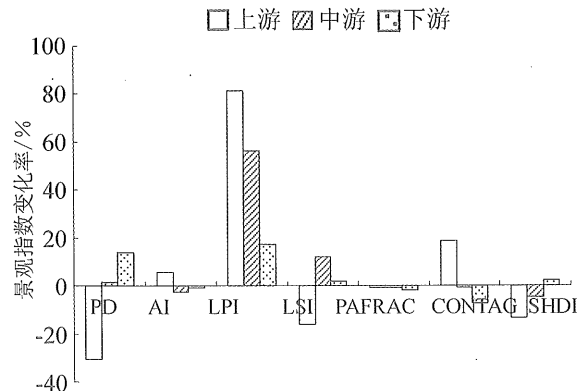


图4 河岸带景观整体景观指数变化率 R

Fig. 4 The change of landscape indices of Dongjiang River riparian in the years 1998 – 2006

出优化的趋势。各类景观要素以及景观整体均趋于集中分布,景观变得完整一致。中下游地区地势平坦,城市化程度较高,而且与珠江三角洲靠近,经济发展迅速,受到的干扰相对较大,造成景观破碎化程度的增加,多样性水平下降。干扰造成的景观破碎化对水体的恢复产生负面影响,未来应该加强对中下游景观格局的关注。

3 结 论

利用景观生态学的理论及方法,对东江主干带分区段的水体及其他景观要素的景观格局的变化进行了研究,探讨了水体的恢复情况以及相关的几种景观要素格局变迁对水体恢复的影响,总结如下。

(1) 东江河岸带各类景观要素有趋势一致的变化,林地增加,耕地减少,建成地无明显变化。但是在各个区段,变化程度景观大小有所差别。在景观水平上看来,上游景观破碎化程度降低,中游略有增加,而下游破碎化程度增加明显。

(2) 景观要素的变化对水体的恢复有不同的效应。其中林地增加,耕地减少利于水体恢复,而建成地增加,景观破碎化程度增加对水体恢复有负效应。植被覆盖率的增加,一方面利于河岸带水土保持,降低地表水径流,另一方面为生物提供了良好的生境;景观中耕地要素的减少,减轻了对水体污染。城市化水平加剧,不透水表面的增加,使得地表径流增加,从而表现在水体面积的增加。这种情况在中游区域体现尤为明显。另外,人口增加,工业发展,无疑会对水体水质有很大的影响,近几年水质恶化的趋势即可说明此问题。景观破碎化程度虽然在上游地区降低,但是中下游增加,说明受到人为干扰的影响较大。

所以,尽管植被覆盖率的增加及耕地和未利用地的减少,对水体的恢复起到了促进的作用,但是仍然无法抵消人为因素造成的城市化及景观破碎化对水体产生的负效应。

(3) 东江水体体现在不同的河道段,其生态恢复有不同的表现。上游水体基本保持现状,作为源头,水体没有受到太大干扰。中游水体有显著增加,近河道湿地有所增加,但呈分散分布,这与城市建筑用地面积增加引起的不透水表面的增加有关。在下游区段,虽然水体有一定的恢复成效,但是由于人口密度较大,抵消了恢复的力度,尤其水质下降情况较为严重,所以没有中游地区的效果明显。

(4) 综合看来,东江河岸带在不同区域的恢复

状况有所不同,水体的恢复要分区段治理。上游降低对河流的利用,拓宽河道,使水体面积增加。中下游地区要注重城市对水体的影响,注重对水质的恢复。

参考文献:

- [1] 尚宗波,高琼. 流域生态学——生态学研究的一个新领域[J]. 生态学报,2001,21(3):468-473.
SHANG Z B, GAO Q. Watershed ecology —— A new research area of ecology [J]. Acta Ecologica Sinica, 2001,21(3):468-473.
- [2] ALLAN J D. Landscapes and riverscapes; the influence of land use on stream ecosystems [J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2004, 35:257-284.
- [3] VANNOTE R L, MINSHALL G W, CUMMINS K W, et al. The river continuum concept [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1980, 37: 130-137.
- [4] NILSSON C, SVEDMARK M. Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: Riparian plant communities [J]. Environmental Management, 2002, 30:468-480.
- [5] NAIMAN R J, DECAMPS H. The ecology of interface: Riparian zones [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1997,28: 621-658.
- [6] 王渺林,夏军. 土地利用变化和气候波动对东江流域水循环的影响[J]. 人民珠江,2004(2):4-7.
WANG M L, XIA J. Influences of land use changes and climatic vibration on water circulation in the east river valley [J]. Pearl River, 2004(2):4-7.
- [7] HEWLETT J D, HIBBERT A R. Increases in water yield after several types of forest cutting [J]. Quart Bull Intern Assoc Sci Hydro, 1961(6):5-17.
- [8] FISRWG. The Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices [M]. National Engineering Handbook, 1998:16-18.
- [9] PAUL M J, MEYER J L. Streams in the urban landscape [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 2001, 32:333-65.
- [10] <http://www.pearlwater.gov.cn/xxcx/szygg/>
- [11] 范锦春. 珠江流域主要综合规划问题的探讨[J]. 人民珠江,2001,4:1-4.
FAN J C. Probe into primary problem of comprehensive planning in the Pearl River basin [J]. Pearl River, 2001,4:1-4.
- [12] 彭少麟. 恢复生态学[M]. 北京:气象出版社,2007:165-173.
PENG S L. Restoration Ecology [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007:165-173.