

深圳市水体景观破碎化动态及其生态价值变化

刘珍环^{1,2} 王仰麟^{2,✉} 彭建² 李猷² 吴健生^{1,2}

1. 北京大学深圳研究生院,城市人居环境科学与技术重点实验室,深圳 518055; 2. 北京大学城市与环境学院,北京 100871; ✉通讯作者, E-mail: ylwang@urban.pku.edu.cn

摘要 结合景观生态学理论、轨迹分析法及生态系统服务功能评价方法,以深圳市域的水体为研究对象,分析水体景观破碎化动态及其生态价值变化。研究表明: 1) 城市水体景观破碎化过程显著,以水体萎缩为主要特征。在2000—2006年间水体变化速率加快,表现为河流片段化及渠道化,坑塘、滩涂萎缩破碎。同时不同水体类型具备不同的破碎化特征,河流表现为先破碎后萎缩,坑塘及滩涂表现为持续萎缩,而水库的破碎度稳定。2) 水体的变化轨迹以建设用地为主要终点,水体向建设用地的转化驱动水体破碎化及萎缩过程,其中人为推平及填埋水体是主要变化因素。3) 水体景观破碎化降低了生态系统服务功能的间接价值,阻碍了生命支持系统功能的发挥;同时水体的产品生产功能所反映的直接价值得到提高,导致间接价值比重不断降低。

关键词 水体景观破碎化; 变化轨迹; 生态价值; 深圳

中图分类号 X171; P901

Urban Water Landscape Fragmentation and the Change of Ecological Values in Shenzhen

LIU Zhenhuan^{1,2}, WANG Yanglin^{2,✉}, PENG Jian², LI You², WU Jiansheng^{1,2}

1. The Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055; 2. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871; ✉Corresponding Author, E-mail: ylwang@urban.pku.edu.cn

Abstract With the aid of theory of landscape ecology, analysis of trajectories and assessment of ecosystem service, this paper takes the water body in Shenzhen as the research object, analyzing the dynamic process of water body fragment and the corresponding changes of the ecosystem service. The results show that: 1) the process of water body fragment is so clear that the shrink of water body is the main characteristic. During 2000 and 2006, rivers became segment and channelization, pond and wetland were shrinking. In addition, the processes of fragment are different between each kind of water body. 2) The endpoint of the trajectories of change of water is developed land, and the changing process from water to developed land impose the trend of fragmentation and shrinking. 3) Water fragmentation restricts the ecological service. The direct service value increases continuously, while the indirect service value decreases, which leads to the increase of the proportion of the direct service value.

Key words water landscape fragmentation; trajectories of change; ecological value; Shenzhen

景观格局分析方法常用于区域土地利用/覆被变化的研究,通过探讨景观破碎化过程,揭示城市化过程中的景观变化规律^[1]。研究者常用斑块类型面积、斑块密度、边界密度、破碎度以及聚集度等景

观指数评价湿地^[2]、耕地^[3]、黄土高原^[4]及沙漠^[5]等类型的景观破碎化动态,分析人类活动对景观类型破碎化过程的影响。在城市地区的景观破碎化研究中,研究者多关注建设用地动态^[6]以及林地破碎

化过程^[7],而对水体的景观破碎化过程关注甚少。作为城市扩展的伴生过程,水体变化影响到水体的生态价值^[8]、水生生态系统群落结构及功能^[9]。水体是城市景观的重要组成部分,是保障城市生态安全的重要用地类型^[10],是城市中重要的蓝色开放空间^[9],是城市水资源利用、水文循环及水生生态系统的主要载体^[11]。因此,深入研究水体景观破碎化动态可以为定量监测水体景观的时空变化,分析人类活动与水体生态价值变化之间的关系提供支持。

水体景观破碎化过程产生的生态影响通过生态系统服务价值进行度量。生态系统服务功能测度近年来成为研究生态系统价值的热点,大致分为物质和价值量两种评价方法,其中价值量方法有利于生态价值的直观表征^[12]。基于价值量评价方法的水体价值评估主要应用于国家尺度^[13],在区域尺度主要采用水资源当量研究单一水体的服务功能^[14]。尽管水生生态系统服务以及单一生态系统类型的价值动态研究已广泛开展,但并未对不同类型的水体生态景观价值有效度量。评价分析城市地域的不同水体破碎过程对生态系统服务功能的影响,旨在加强研究景观格局与功能之间的内在联系,同时为快速城市化过程中不同类型水体的保护及充分发挥水体景观的生态价值提供决策依据,亦有利于增强对生态系统服务的认知。

1 研究区域、数据来源与方法

1.1 研究区域与数据来源

深圳市位于广东省中南部沿海,陆地范围为北纬 22°26′~22°51′,东经 113°45′~114°14′,东临大亚湾,西濒珠江口,北与东莞市和惠州市接壤,南与香港特别行政区仅一河之隔。深圳市所辖范围呈狭长形,东西宽,南北窄。根据 2007 年深圳统计年鉴资料,全市陆地面积 1952.48 km²。水体景观主要有河流、水库、湖泊、坑塘、养殖水面、滩涂、湿地等类型。从 20 世纪 80 年代中期至今,仅仅几十年时间,深圳迅速完成了从传统的农业地区向新兴的高速城市化地区转化的过程。

本研究采用的基础数据包括 1996、2000、2006 年 3 个时段的土地利用变更调查数据(比例尺 1:50000);土地利用类型有耕地、园地、林地、建设用地、水体、推平未建用地、其他未利用地及草地等 8 大类。统计资料包括 2007 年深圳统计年鉴,1996 年、2000 年和 2006 年深圳市水资源公报。

1.2 研究方法

1.2.1 水体景观破碎化动态

水体景观破碎化动态包括各类型斑块面积及数量变化,类型破碎化及变化轨迹分析。面积变化分析旨在分析水体空间单元在近 10 年的变化过程,探讨面积变化机制;类型破碎化特征从类型尺度分析了不同水体的破碎动态;水体类型转移轨迹分析水体破碎化与景观类型之间的关系,探讨水体破碎化的过程与机制。

1) 斑块数量与面积变化分析。斑块数量结构变化反映了景观破碎化的重要特征,不同景观类型的结构变化存在差异^[6]。将水体按照基本功能分为河流、水库、坑塘及滩涂 4 种类型。将不同类型水体按斑块面积大小(单位:hm²)分为:河流 $A \leq 1, 1 < A \leq 5, 5 < A \leq 10, A > 10$; 水库 $A \leq 1, 1 < A \leq 10, 10 < A \leq 50, 50 < A \leq 100, A > 100$; 坑塘 $A \leq 0.5, 0.5 < A \leq 1, 1 < A \leq 50, 50 < A \leq 100$; 滩涂 $A \leq 1, 1 < A \leq 5, 5 < A \leq 10, A > 10$,其中 A 为某类型单个斑块的面积。分析不同类型斑块的数目与面积变化,确定各类型水体变化程度。

2) 斑块类型破碎化分析。在快速城市化过程中,各类型的水体景观表现出不同的变化规律。为研究水体景观的变化过程,采用景观指数分析各类型水体景观随城市化过程的破碎化特征。景观指数可以用来定量描述景观结构特征随时间的变化过程^[15]。景观破碎化一般选用斑块数目(NP)、边界密度(ED)、斑块数量破碎指数(FS)、斑块形状破碎化指数(FN)在景观类型水平上测度景观的破碎化特征。斑块数目越大,景观破碎程度越高;斑块边界密度越大,景观越破碎;斑块数量破碎化指数与斑块形状破碎化指数介于 0~1 之间,越接近 1 表示破碎度越大。相关指标具有计算公式及明确意义参见文献[15]。

1.2.2 水体动态变化轨迹分析

水体动态变化主要表现为向其他用地类型的转化过程,通过分析水体动态变化轨迹,可以掌握水体与其他用地类型之间的相互转化关系。基于像元计算,转移图谱可以有效地针对某种用地类型的变化过程进行分析,并且直观地刻画该用地类型在空间上的变化轨迹和变化终点^[16]。运用转移图谱分析方法,将水体与其他用地类型通过公式(1)进行图谱分析:

$$B_i = [(A_1 \text{ 伊}10) + A_2] \text{ 伊}10 + A_3, \quad (1)$$

其中 B_i 为第 i 种土地利用类型的变化轨迹图; A_1 为某种类型用地在第一时段的空间分布图; A_2 为第二时段的土地利用分布图; A_3 为第三时段的土地利用分布图。为此,我们将深圳市土地利用图的用地代码统一:耕地为 1,园地为 2,林地为 3,建设用地为 4,水体为 5,推平未建地为 6,其他未利用地为 7,草地为 8。例如:某像元在第一时段(1996 年)为水体(编码为 5),在第二时段(2000 年)变为推平未建用地(编码为 7),在第三时段(2006 年)变化为建设用地(编码为 4),则其变化轨迹 B_i 为 574; 以此类推。

1.2.3 水体生态价值评价方法

水体生态系统服务功能划分为具有直接使用价值的产品生产功能和具有间接使用价值的生命支持系统功能两大类型^[13]。根据在市域尺度上的评价有效性^[14],选择 8 项能够测度的生态系统服务价值评价指标: 1) 供水功能: 采用市场价值替代法计算; 取深圳市水价格的生活用水价格和工业用水价格均值 2.075 元/ m^3 作为单价。采用水库年蓄水量作为深圳市本地水资源提供的供水功能,计算水库的供水功能价值量。2) 水产品生产: 利用市场价值替代法计算; 取 7000 元/t 为单价^[13],采用渔业产量数据计算出单位面积内的年渔业产量,计算深圳市的水产品价值。3) 休闲娱乐: 利用市场价值替代法计算; 采用深圳市旅游外汇收入,为了便于比较价值量,采用美元与人民币 1 元的固定汇率兑换,取水生态系统在旅游总收入中的作用比例为 12.3%^[13],计算得到水体景观的休闲娱乐价值。4) 调蓄洪水: 采用替代工程法进行估算,水库蓄水成本取 0.67 元/ m^3 ^[14]。5) 涵养水分: 采用替代工程法进行估算,地表水体的涵养水源量为区域年降水量与蒸发量之差。深圳市多年年平均降水量为 1948.4 mm,多年平均蒸发量为 1752 mm,水库蓄水成本取 0.67 元/ m^3 ,计算得到单位面积的水体涵养水源价值量,进而可算出其涵养水分的总价值。6) 净化功能: 由于目前还未能够有效评估水体的自净能力的效益,因此借鉴欧阳志云等^[13]的研究成果,取单位水体净化 N 的价值为 1.5 元/kg,净化 P 的价值为 2.5 元/kg,计算深圳市水体的净化功能。7) 固碳释氧: 固碳释氧功能主要由红树林发挥。借鉴彭建等^[14]计算深圳滩涂的固碳释氧价值; 自 1996 年以来,深圳市红树林面积约为 367.64 hm^2 。8) 生物栖息地: 采用单价 3633.6 元/ hm^2 ^[13]。

以上分析在 ArcGIS 9.2 及 Microsoft Excel 2003

软件中进行,计算景观格局指数采用 Patch Analysis 4.0 矢量分析版。

2 结果分析

2.1 景观破碎化动态

2.1.1 各类型斑块面积变化

按斑块大小等级分类,比较水体斑块数目变化过程。结果表明(表 1),全市水体在 1996—2000 年间变化较小,斑块数目减少 421 个,面积减小 726.79 hm^2 。在 2000—2006 年间,斑块数目大幅减少 1531 个,占 2000 年的 40%,面积减小 4335.11 hm^2 ,水体的变化速率加快。

在河流斑块中, $A > 1 \text{ } hm^2$ 的数量减少 408.27 hm^2 ,河流断流和窄化过程显著,与近 10 年来深圳市的河道改造工程实施密切相关,人为加强对河道的控制,使河流呈现片段化及渠道化。水库斑块数量由 132 个增加至 193 个,面积增加 791.19 hm^2 ,其中 $A > 100 \text{ } hm^2$ 增加面积 307.75 hm^2 ,占 38.9%,饮用水需求不断增加,需扩大水库库容以提高蓄水能力,是水库斑块变化的重要因素。坑塘斑块数目多,面积小,1996 年面积 $A \leq 0.5 \text{ } hm^2$ 的数量占全部坑塘景观的 56.8%,而面积只有 433.51 hm^2 ,占 4.7%,其变化变现为 $A \leq 0.5 \text{ } hm^2$ 的斑块持续萎缩, $50 < A \leq 100 \text{ } hm^2$ 的斑块持续破碎。滩涂面积减少 2533.22 hm^2 ,表现为 $A \leq 5 \text{ } hm^2$ 及 $A > 10 \text{ } hm^2$ 的斑块数量持续减少; 特别是 2000—2006 年 $A > 10 \text{ } hm^2$ 面积减少 3192.25 hm^2 ,滩涂景观破碎化过程显著,此时段深圳市大规模填海造陆,加速了滩涂的萎缩过程。

2.1.2 各类型水体破碎化格局

运用景观破碎化指数分析表明(图 1),1996—2000 年,河流破碎过程明显,边界密度增加,斑块形状及数量破碎指数降低,表现为破碎特征; 2000—2006 年,河流斑块持续减少,边界密度降低,斑块形状与数量破碎化指数变化不大,表现为萎缩特征,总体变化表明河流先破碎后萎缩的片段化及渠道化过程; 水库斑块在 1996—2006 年的数量略有增长,平均边界密度增长,破碎形状指数稳定,说明水库有扩展趋势,景观的破碎程度增长缓慢; 坑塘斑块在 1996—2000 年时段变化较小,萎缩量不大,而 2000—2006 年时段边界密度、斑块数量、破碎指数下降,萎缩变化显著,总体变化表明坑塘持续萎缩; 滩涂水体与坑塘类似,斑块趋于萎缩。总体而言,河流、坑塘及滩涂近 10 年的变化过程表现为先破碎后

表 1 水体斑块数量与面积分布特征
Table 1 Water landscape patches number and area distribute characteristic

类型	面积分类 / hm ²	1996 年		2000 年		2006 年	
		数量	面积 /hm ²	数量	面积 /hm ²	数量	面积 /hm ²
河流	$A \leq 1$	53	26.69	166	73.59	53	26.94
	$1 < A \leq 5$	133	475.01	203	598.32	113	403.32
	$5 < A \leq 10$	32	617.27	37	757.73	31	618.95
	$A > 10$	6	669.36	4	413.93	5	331.10
	小计	224	1788.32	410	1843.58	202	1380.30
水库湖泊	$A \leq 1$	7	1.75	9	2.69	8	2.63
	$1 < A \leq 10$	45	249.49	64	323.24	94	469.30
	$10 < A \leq 50$	50	314.44	64	1464.35	65	1513.40
	$50 < A \leq 100$	14	1019.33	15	1057.18	16	1126.16
	$A > 100$	7	2424.31	9	2472.86	10	2732.05
小计	132	5052.35	161	5320.32	193	5843.54	
坑塘	$A \leq 0.5$	2096	433.51	1385	339.15	615	165.73
	$0.5 < A \leq 1$	598	427.10	602	430.69	365	265.33
	$1 < A \leq 50$	757	1661.67	1089	4912.04	808	3636.01
	$50 < A \leq 100$	119	5815.52	23	3028.31	27	3029.15
	小计	3692	9183.97	3099	8710.19	1815	7096.22
滩涂	$A \leq 1$	76	37.82	45	21.30	20	7.17
	$1 < A \leq 5$	72	177.99	60	149.04	41	91.13
	$5 < A \leq 10$	29	139.09	20	148.09	17	303.63
	$A > 10$	21	6348.18	33	6383.93	15	3191.68
	小计	198	6703.08	155	6126.84	93	3593.62
全市水体	总计	4246	22727.72	3825	22000.93	2294	17665.82

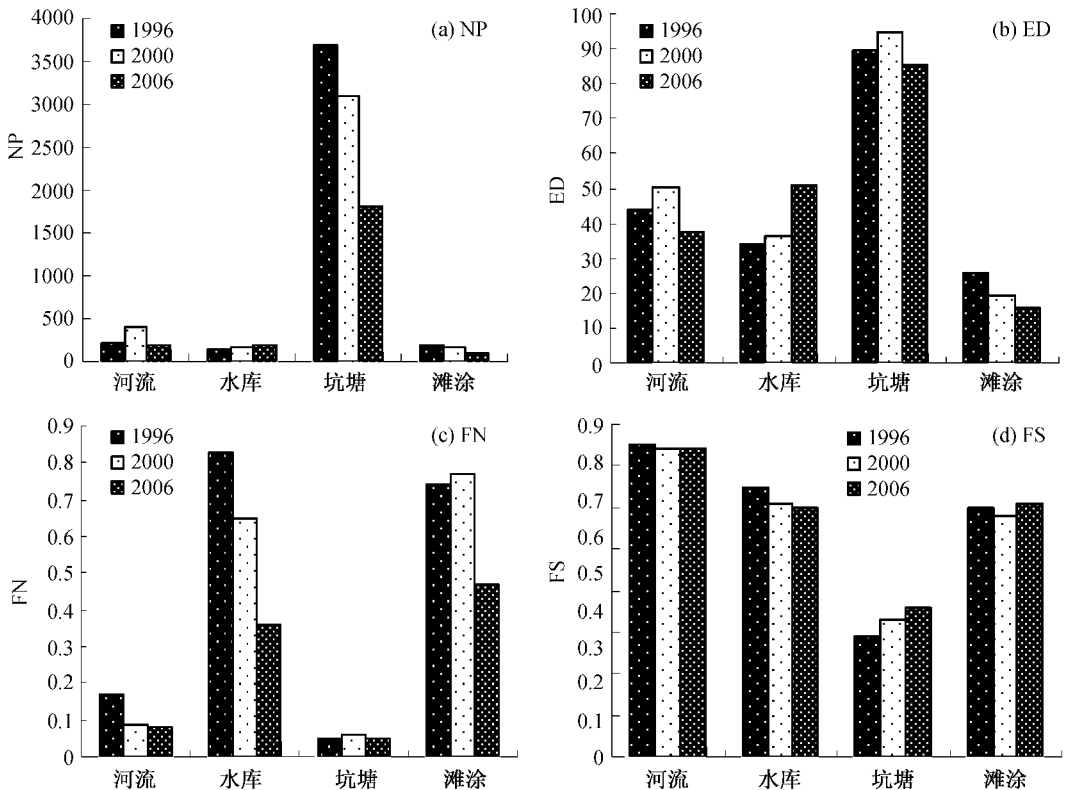


图 1 不同类型面状水体景观破碎化指数

Fig. 1 Different types water landscape fragment index

萎缩,而水库表现为破碎度减小但面积及数量增加。

2.2 水体的变化轨迹

运用土地利用/土地覆被轨迹分析方法,对水体在 1996—2006 年的变化过程进行分析,将不同时段内的主要变化轨迹归纳为 12 种轨迹类型(表 2),发现建设用地是水体面积萎缩后的主要转变终点,占变化总面积的 94.44%。人为推平及填埋水体是水面面积变化的主要驱动因素。进一步分析建设用地的变化速率发现,1996—2000 年萎缩水体面积比 2000—2006 年慢,直接转变为建设用地的变化面积由 32.8% 增长到 65.6%。

再将变化斑块与水体类型斑块叠加比较,发现水体变化以近海的养殖水面和滩涂为主,沿深圳河口、蛇口半岛至西部的茅洲河口一带,是深圳主要的填海造地区域。此外,处于城市区及城市工业用地区的坑塘由于面积较小,填塞萎缩数量较多。河流由于河道整治,截弯取直后转变为林地、园地、耕地和未建用地。

2.3 水体的生态价值变化

利用生态价值评价方法分析了深圳市各类型水体的价值量变化。水体直接价值由供水价值、水产品生产价值及休闲娱乐价值组成,结果表明(表 3):1996—2006 年,深圳市的水体供水价值下降,由 10.14 亿元下降到 9.57 亿元,与深圳市水资源需求趋势相反,而快速发展导致的水体质量下降,河流已不能作为饮用水源地。水库作为饮用水源地,受到集水区影响可利用量降低,价值量下降。水产品生产主要来自水库和坑塘,坑塘萎缩直接导致渔业产量降低,生产价值由 1.80 亿元下降为 0.93 亿元。城市快速发展为休闲娱乐提供了便利,休闲娱乐价值提高,由 5.75 亿元上升为 22.29 亿元。

水体间接价值变化较小。各类型水体景观的涵养水源价值量都在下降,由 1996 年的 2991 万元变

表 2 水体在 1996—2006 年的变化轨迹 (B_5)

Table 2 Water landscape trajectories of change (B_5) in 1996-2006

B_5	面积/hm ²	B_5	面积/hm ²
533	190.95	544	2733.65
522	198.20	514	114.22
511	79.18	524	64.23
521	22.48	534	53.16
555	13692.85	554	4563.16
557	140.44	574	665.99

表 3 各类型价值评估结果

Table 3 Ecological service value of different water landscape types

年份	水体类型	面积/hm ²	价值/(万元·a ^原)								
			供水价值	水产品生产	休闲娱乐价值	涵养水源	固碳释氧	调蓄洪水	净化价值	栖息地	小计
1996	河流	1788.32				235			19		254
	水库	5052.34	101400	6375		665		2795	54		9888
	坑塘	9183.97		11587		1209		5081	98		17975
	滩涂	6703.08				882	357		71	2436	3746
	小计	22727.71	101400	17962	57450	2991	357	7877	241	2436	190714
2000	河流	1843.58				243			20		262
	水库	5320.32	117908	4255		700		2944	57		7955
	坑塘	8710.19		6965		1146		4819	93		13023
	滩涂	6126.84				806	357		65	2226	3455
	小计	22000.93	117908	11220	138842	2895	357	7763	234	2226	281446
2006	河流	1380.3				182			15		197
	水库	5843.54	95734	4187		769		3233	93		8282
	坑塘	7096.22		5084		934		3926	42		9987
	滩涂	3345.76				440	357		36	1216	2049
	小计	17665.82	95734	9271	222891	2325	357	7159	186	1216	339138

化为 2006 年的 2325 万元,减少 666 万元/年。固碳释氧没有变化。坑塘调蓄洪水能力下降,而水库景观的调蓄能力加强。生物多样性价值的直线下降,减少 1220 万元/a。

水体的价值组成中,直接价值比重不断增大,由 1996 年的 93% 增长至 2006 年的 96%,水体景观直接为人类提供服务的价值日益受到重视,而间接价值的发挥受到功能制约不断萎缩。河流功能受人为活动影响严重,只发挥涵养水源和净化功能,价值量由 1996 年的 254 万元下降到 197 万元。水库的供水价值,涵养水源价值,调蓄洪水价值都保持上升,而水产品价值下降。坑塘价值量由 17975 万元下降到 9987 万元。滩涂由 3746 万元下降为 2049 万元,与坑塘、滩涂萎缩直接相关。

总体而言,深圳市水体景观破碎化直接影响水体景观的生态系统服务功能,水生生态系统的直接价值的比重随水体景观面积下降而上升,间接生态服务价值与景观破碎化过程一致,随景观的萎缩和破碎化持续下降。

3 结论与讨论

分析水体各类型的动态,能够更深入地分析水体景观受城市化影响的不同响应过程,解释水体景观的时空变化的特征。受快速城市化过程的影响,深圳市近十年来城市水体景观变化显著,表现为以下两个方面。

1) 城市水体景观的破碎化特征明显。1996—2000 年,水体经历破碎化过程,变化速率较慢,破碎化指数变大。2000—2006 年变化速率加快,表现为河流片段化及渠道化,坑塘、滩涂萎缩破碎,水库增加,这与城市建设用地扩展侵占水体,人为整治河道,城市生活用水需求增加有关。水体的变化轨迹以建设用地为主要终点,水体向建设用地的转化驱动水体破碎化及萎缩过程。其中人为推平及填埋水体是主要变化因素,水体变化轨迹集中单一转化为建设用地。以建设用地及推平未建用地为轨迹终点的变化过程是水体破碎化及萎缩的主要驱动因素,变化过程不可逆。

2) 水体景观破碎化降低了生态系统服务功能的间接价值,阻碍了生命支持系统功能的发挥;同时水体的产品生产功能所反映的直接价值得到提高,导致间接价值比重不断降低。各类型水体功能价值不同,水库提供供水功能及水产品;滩涂提供

固碳释氧价值及生物多样性价值,坑塘提供水产品生产功能和调蓄洪水的价值;河流提供少量的涵养水源和净化价值。生态价值中直接价值比重由 93% 上升至 96%,间接价值比重不断降低。

研究尚需在如下几个方面进行讨论。

1) 生态系统服务价值评价方法自身的局限性,使评价方法及研究范式需要进一步进行完善^[7]。本研究选用了 8 种能够进行价值量化的生态系统服务功能指标,目前尚无法完全代表水体生态系统服务价值的功能,未来随着相关研究的深入,将使评价结果的稳定性和决策支持功能进一步提高。

2) 伴随着城市扩展与城市居民对水体景观需求的日益增加,基于评价结果认为可从以下 3 个方面合理保护城市水域空间: ① 生态修复河流的水力连通性,保持河道最基本的生态需水流量; ② 加强河流生态廊道建设,控制河流两岸的建设用地侵占水道的流动空间,实现污染物截留及净化效果; ③ 保护基本的坑塘水面面积。坑塘是蓄洪与水产品的重要来源,也是城市栖息地的重要组成部分,可将坑塘与公园绿地等开放空间进行综合规划,为城市居民提供更多的蓝色空间。

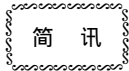
3) 水体作为一种重要的城市景观类型,受城市快速扩展的深刻影响,其景观破碎化和萎缩过程将直接影响到水生生态系统及野生动物栖息地质量。本文在城市区域尺度上探讨了水体的破碎化过程、变化轨迹以及相应的生态价值变化,可以为城市水域空间保护及合理利用水体提供一定的依据。未来在水体与城市各类型景观之间的相互影响方面需要进一步分析,特别是探讨水体变化对水生生态系统及野生动物栖息地的影响。

参考文献

- [1] 傅伯杰,吕一河,陈利顶,等. 国际景观生态学研究新进展,生态学报. 2008,28(2): 798-804
- [2] 刘红玉,吕宪国,张世奎,等. 三江平原流域湿地景观破碎化过程研究. 应用生态学报,2005,16(2): 289-295
- [3] 周静,吴志峰,李定强,等. 珠江口两岸耕地景观破碎化定量分析. 热带地理,2005,25(2): 107-110
- [4] 李正国,王仰麟,张小飞. 陕北黄土高原景观破碎化及其土壤裸露效应. 生态学报,2005,25(3): 421-427
- [5] 郭明,马明国,肖笃宁,等. 基于遥感和 GIS 的干旱区绿洲景观破碎化分析——以金塔绿洲为例. 中国

- 沙漠, 2004, 24(2): 201-206
- [6] 苏伟忠, 杨桂山, 甄峰. 长江三角洲生态用地破碎度及其城市化关联. 地理学报, 2007, 62(12): 1309-1317
- [7] 郭晋平, 薛俊杰, 李志强, 等. 森林景观恢复过程中景观要素斑块规模的动态分析. 生态学报, 2000, 20(2): 218-223
- [8] Freeman R E, Ray R O. Landscape ecology practice by small scale river conservation groups. Landscape and Urban Planning, 2001, 56(3/4): 171-184
- [9] 傅伯杰, 赵文武, 陈利顶. 地理——生态过程研究的进展与展望. 地理学报, 2006, 61(11): 1123-1131
- [10] 丁圣彦, 曹新向. 清末以来开封市水域景观格局变化. 地理学报, 2004, 59(6): 956-963
- [11] 岳隽, 王仰麟, 彭建. 城市河流的景观生态学研究: 概念框架. 生态学报, 2005, 25(6): 1422-1429
- [12] 赵景柱, 肖寒, 吴刚. 生态系统服务的物质量与价值评价方法的比较分析. 应用生态学报, 2000, 11(2): 290-292
- [13] 欧阳志云, 赵同谦, 王效科, 等. 水生态服务功能分析及其间接价值评价. 生态学报, 2004, 24(10): 2091-2099
- [14] 彭建, 王仰麟, 陈燕飞, 等. 城市生态系统服务功能价值评估初探——以深圳市为例. 北京大学学报: 自然科学版, 2005, 41(4): 594-604
- [15] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001
- [16] Hietel E, Waldhardt R, Otte A. Analysing land-cover in relation to environmental variables in Hesse, Germany. Landscape Ecology, 2004, 19(5): 473-489
- [17] 谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式. 植物生态学报, 2006, 30(2): 191-199

* * * * *



北京大学宗传明教授荣获 2009 年度国家自然科学二等奖

2010 年 1 月 11 日, 2009 年度国家科学技术奖励大会在人民大会堂隆重举行。北京大学宗传明教授由于在堆积与覆盖理论中的贡献荣获国家自然科学二等奖。

堆积与覆盖理论为基础数学的一个经典分支, 最早起源于开普勒的堆球猜想和牛顿的十三球问题。近三十年来, 由于它在编码理论和晶体结构理论中的应用, 这一经典学科又成为当代数学研究的活跃领域之一。作为开普勒猜想和牛顿问题的演化和推广, 著名数学家 Rogers 教授和 Fejes Toth 教授分别于 1950 年和 1959 年提出并研究了深洞问题和遮光问题。许多著名数学家从不同的侧面研究过这两个问题。它们已成为堆积与覆盖理论中最核心的基本问题。宗传明教授创造性地将这两个看上去互不相关的著名问题统一到堆积空隙结构的理论框架下进行了系统深入的研究, 取得了多项突破。特别地, 他彻底解决了二维深洞问题, 确定了二维深洞的最佳常数。该工作被认为是“对堆积与覆盖理论的重大贡献”。他对遮光问题取得了第一个有效上界。这一工作被欧美同行评论为“是迈向这一问题的实质性一步”。1900 年希尔伯特提出: 试确定一个几何体(例如球和四面体)的最大堆积密度。宗传明教授系统地研究了四面体的牛顿数并证明了: 在四面体的格堆积中, 当密度最大(18/49, 由冯诺夫斯基和 Hoyalman 发现)时, 每一个四面体与 14 个相接触; 当每一个与 18 个(最大值)相接触时, 堆积密度只有 1/3。这一发现被认为“是一个惊人的结果”。宗教授的多项工作已被欧美数学家以定理或公开问题的形式写进专著。

宗传明教授曾荣获 von Prechtl 奖章(奥地利)、陈省身数学奖、教育部自然科学一等奖、中国青年科技奖和茅以升青年科技奖, 入选长江特聘教授、国家杰出青年基金、国家新世纪百千万人才工程及中国科学院十大杰出青年等。

(摘自北京大学新闻网 2010-01-11)