

城市住宅区绿地景观格局与径流水质关系研究

陈前虎,向美洲,李松波

(浙江工业大学 建筑工程学院,杭州 310014)

摘 要: 城市水污染问题日趋严重,其中的一个重要原因在于不合理的城市土地利用方式。基于 ETM+遥感影像,运用最大似然分类法对杭州市住宅小区景观进行分类,解译得到 2010 年杭州市住宅小区绿地景观格局专题图。采用景观指数法分析杭州市住宅小区的绿地景观格局与城市径流水质间的关系。研究表明:城市径流与绿地景观指数之间存在相关性,当绿化率小于 33%时,随着绿化率提高,径流水质明显好转;破碎度和平均邻近指数在一定范围时,绿地斑块对径流污染物的去除能力较强。为此,调整城市住宅区绿地景观格局,有利于改善径流水质状况。

关键词: 绿地;景观格局;径流水质;住宅区;杭州市

中图分类号: TV213.4;TU984

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2013)01-0052-07

Research on relationship between urban residential area green landscape pattern and runoff quality

CHEN Qianhu, XIANG Meizhou, LI Songbo

(College of Architecture and Civil Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Water pollution is becoming more and more serious, one of the important reasons is unreasonable urban land utilization ways. Based on ETM+ images, the landscape of Hangzhou city is classified with the maximum likelihood classification, and then the thematic map for the green landscape of the year of 2010 is obtained from the relevant interpretation. Moreover, the relationship between the urban residential area green landscape pattern and runoff quality is analyzed with the landscape index method. The study shows that there is a correlation between the runoff quality and the green landscape index, when greening rate less than 33%, with the increase in the greening rate, pollution significantly weakened; the removal efficiencies best when the fragmentation and the average near neighbor index in certain range. Therefore, the adjustment of the urban residential area green landscape pattern is favorable to improve the urban runoff quality condition concerned.

Key words: green space; landscape pattern; runoff quality; residential area; Hangzhou city

收稿日期: 2012-09-06

作者简介: 陈前虎(1971—),男,浙江省浦江人,教授,博士,主要从事城市规划研究。

在当前快速的城市化进程中,因不合理的土地利用方式引发的城市水污染问题日益严重,但却并未引起人居环境领域的足够重视。不合理的土地利用格局对水质的影响属于典型的非点源污染,而土地利用格局的变迁对这种非点源污染的影响程度是十分显著的^[1-4]。因此,研究城市不同土地利用格局或变迁对城市水质的影响,为城市径流水质控制提供理论基础,正成为当前人居环境研究中亟待解决的重大课题。

关于土地利用方式和水质之间的相关关系,国内外专家学者进行了一些研究。怀特黑德、维兹、费舍尔等都指出土地利用类型变化是影响水质的重要原因^[5]。相比于生物、环境和化学等工程学科领域而言,从土地利用视角进行的水环境优化研究目前主要是借助于遥感和GIS技术,集中于类型方式、内在机理与响应机制等方面,且侧重于区域层面的大尺度空间探讨^[6-5]。而基于现实可操作的城市规划与设计层面的中微观尺度,并且能够将土地利用的田野调查数据(空间格局指数)与水环境的实验室数据(质量指数)进行关联分析的实证研究却实为罕见。

因此,在前人研究的基础上,此次研究试图以杭州为例选取6个不同住宅区域为研究点,利用景观指数软件Fragstats,从斑块类型水平上分析其绿地景观格局。在参考有关文献^[13-15]的基础上,在绿地斑块类型水平上主要选取斑块数量(NP)、破碎度(PD)、平均邻近指数(MPI)作为表征绿地空间格局的参数。这三个景观指标主要反映了绿地格局的连通性、破碎程度。分析不同住区绿地景观格局对雨水径流水质的影响程度,揭示土地利用方式对水环境影响的内在机理与外在机制,探讨城市土地利用优化的可能途径与策略。

1 研究设计

此次研究拟采取GIS地理信息系统、Fragstats及景观生态学方法与技术,主要通过对杭州市ETM+影像的操作,并进行相关信息的收集和实地调研,得到杭州市6个不同住宅区域的绿地矢量图,然后再对其绿地景观格局进行分析;同时用实验的方法得到6个不同住宅区域的雨水径流污染物指标值,在绿地景观数据和水质数据的基础上,利用统计软件SPSS进行相关分析和回归分析,探讨绿地景观格局指数与雨水径流水质污染状况的相关关系。

1.1 研究对象及样本选取

城市绿地景观格局与水体水质之间存在相关关系,这种关系受到绿地数量及其空间分布的影响。不同的绿地景观格局对降雨-径流水质产生的影响不一样,因此本次研究中选取了杭州市几个典型性住宅小区进行研究,见图1。金色海岸高级住宅小区位于钱江新城西南部,南邻钱塘江畔,建成于2005年;市民中心位于钱江新城核心区域,建成于2008年;翠苑街道地处西湖区北部,建成于1989年;大关小区地处杭州市北部,东起上塘河,南至石灰坝,建成于1990—2000年间;观音塘小区位于秋涛路、清江路、航海路三线交汇处,是一较大型住宅小区,兴建于1990年初;七堡社区位于江干区,临近车站枢纽,建成于1995年。

1.2 研究方法

研究数据来源于Landsat 7 ETM+图像(列号119,行号039),成像时间为2010年8月20日,遥感影像覆盖了杭州市主城区及郊区。在遥感影像处理软件ENVI 4.7和ARCGIS 9.3的支持下,以杭州市1:50 000地形图进行大气辐射校正和控制点几何校正,并且通过DEM进行了地形校正等预处理。然后在遥感影像软件ENVI 4.7下进行影像波段的融合,并选择3、4、5波段合成假彩色影像。以杭州市1:50 000地形图和google earth 2010杭州市地图为基准,结合地面实际考察,出于研究的需要,选择了金色海岸高级住宅小区、市民中心、翠苑街道、大关小区、观音塘小区、七堡社区6个区域对影像进行裁剪,采用计算机监督分类中的最大似然分类法和非监督分类的方法对遥感影像进行分类,在此基础上形成景观分类矢量图。通过Arcview将景观分类矢量文件转为栅格文件(Gird),利用美国俄勒冈州立大学森林科学系开发的景观指标计算软件Fragstats 3.3计算绿地斑块数(NP)、斑块破碎化指数(PD)、平均邻近指数(MPI)。

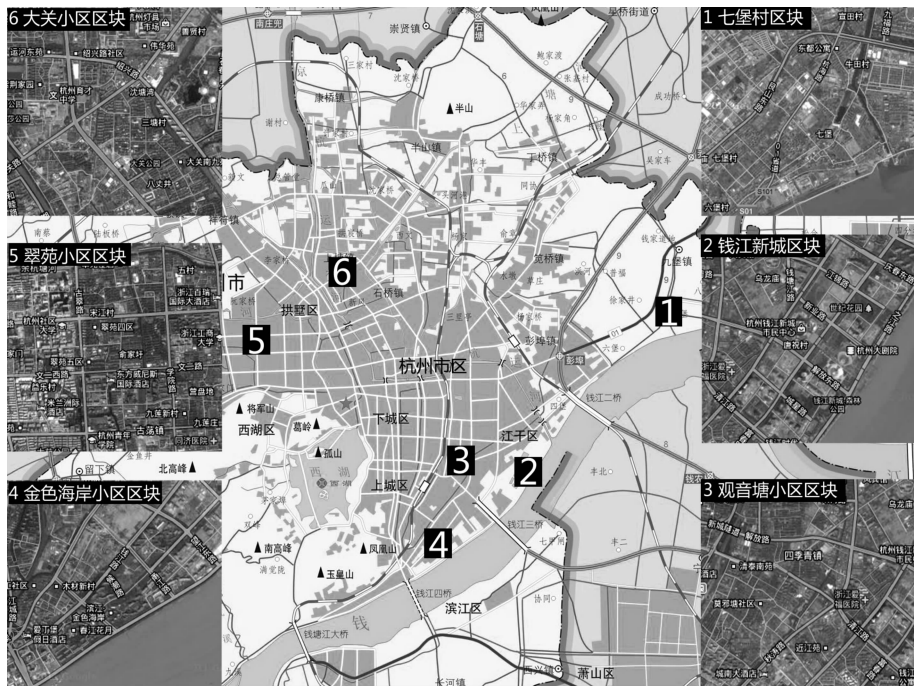


图 1 研究对象分布区位图

Fig. 1 Distribution location map of the research object

水质数据选用 2011 年丰水期(6—7 月)和平水期(2012 年 3—4 月)的采样数据,取每个小区丰水期和平水期多个样点的平均值作为每个小区的雨水径流污染物指标值。在路面形成径流 10 min 时,用样品桶在采样点采集经过绿地过滤的水样,送至实验室,按照《水和废水监测分析方法》第四版要求检测得出 6 个不同住宅小区对应的水质参数。

1.3 景观指数选取及生态含义

景观指数是指能高度浓缩景观格局信息,反应其结构组成和空间配置方面特征的定量指标。通过景观指数对景观空间格局的定量分析,可以反映出景观结构和空间配置方面的特征。本研究选取斑块数 NP、斑块破碎化指数 PD、平均临近指数 MPI 等指标,进行景观空间格局分析。具体含义见表 1。

表 1 景观指数及生态含义

Table 1 Landscape indexes and ecological meaning

景观指数	缩写	公式描述	生态意义
斑块个数	NP	$NP = n$	NP 反映景观的空间格局,其值的大小与景观的破碎度也有很好的正相关性。NP 对许多生态过程都有影响,如可以决定景观中各种物种及其次生种的空间分布特征;改变物种间相互作用和协同共生的稳定性。
		NP 在类型级别上等于景观中某一斑块类型的斑块总个数;单位:个,范围:NP≥1。	
破碎度指数	PD	$PD = \sum Ni/A$	有学者认为,只有当破碎度指数在一个合理的区间时,绿地的生态净化能力最大。即绿地布局过于集中或者过于分散都不利于发挥绿地的最大生态净化作用。
		PD 指景观被分割的程度。它在一定程度上反映景观的人为干扰强度。式中:∑Ni—景观中斑块的总个数;A—绿化景观的总面积。	
平均邻近指数	MPI	$MPI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}}{N}$	MPI 能够度量斑块间的邻近程度,以及景观的破碎度。如 MPI 值小,表明斑块间离散程度高;MPI 值大,表明斑块间邻近度高,景观连接性好。研究证明,MPI 对斑块间生物种迁徙或其他生态过程进展的顺利程度都有十分重要的影响。
		MPI=0 时,说明在给定搜索半径内,没有相同类型的 2 个斑块出现。MPI 的上限是由搜索半径和斑块间最小距离决定的。	

1.4 景观格局结果分析

通过 Fragsrars3.3 的计算得到 6 个不同住宅小区的绿地景观格局相关指数,具体如表 2 所示。

表 2 住宅小区的绿地景观格局指数

Table 2 Green space landscape pattern indexes of residential quarters

住宅小区	绿化率/%	斑块个数	破碎度/(个·km ⁻²)	平均邻近指数
金色海岸	36	12	6.5	0.36
市民中心	38	15	9.6	0.34
翠苑街道	40	13	4.5	0.42
七堡社区	43	23	12.7	0.45
观音塘小区	21	38	19.7	0.27
大关小区	16	52	23.2	0.18

研究中所选择的 6 个小区,按照建造时间先后及发展程度可分为三类:新小区,代表有金色海岸高级住宅小区、市民中心;老小区,代表有大关小区、观音塘小区;介于新旧之间的小区,代表有翠苑街道、七堡社区。从表 2 中可以看出,新小区和老小区间在绿化率、斑块个数 NP、破碎度 PD、平均邻近指数 MPI 上存在显著性差异。具体表现为:新小区的绿化率已达到国家园林城市标准,新小区的绿化率明显高于老小区;老小区斑块数量明显多于新小区;老小区破碎度明显高于新小区,一般而言,面积相等的绿地,破碎度越高,斑块越分散,小斑块数量越多,绿地功能也越单一;新小区的平均邻近指数 MPI 明显高于老小区,表明新小区比老小区绿地斑块间邻近度高,绿地景观连接性好。另外两个小区的绿地景观指数介于新、老小区之间。

2 绿地景观格局与降水径流相关分析

在研究区,按照研究目的和实验要求分别选取取水点,在降雨 10 min 形成径流后取样。按照《水和废水监测分析方法》第四版的要求检测得出 6 个不同住宅小区对应的水质参数,具体如表 3 所示。

2.1 相关分析

根据样本点的水质数据和各个小区的景观格局指数,在 SPSS 中对二者进行 Pearson 相关性分析,结果如表 4 所示。

通过分析可以看出,污染物之间存在比较明显的相关关系。虽然 TP 较低,但与 COD 有良好的线性相关性;COD 与 TN、TP 呈显著正相关性。说明随着 COD 的增大,地表径流中携带的污染物 TN、TP 也相应增大,通过对雨水径流中 COD 的去除,可有效地控制污染物的总量;TN 与 NH₃—N 呈极显著正相关性,说明控制雨水径流中 TN 量可有效地消减带入水体的氮负荷。从 pearson 相关性分析中可以看出,污染物与景观指数之间也存在比较明显的相关关系。COD、TN 与绿化率呈显著负相关性,与斑块个数(NP)、斑块破碎度(PD)呈极显著正相关性。说明绿化率越低,COD、TN 去除率越低,斑块破碎度越低,雨水径流携带的污染物受到绿地的净化作用而降低了污染物浓度,斑块数量多,增大了雨水径流的面源污染,污染物浓度增大;TN 与平均邻近指数 MPI 呈显著性负相关,说明随着绿地斑块邻近度增加,绿地景观的连通性增强,雨水径流携带的 TN 的去除效率越高;TP、NH₃—N 与斑块个数(NP)、斑块破碎度(PD)呈显著性正相关,说明同等面积绿地,斑块破碎度越大,斑块数量增多不利于雨水径流中 TP、NH₃—N 的去除。

表 3 住宅小区的水质参数

Table 3 Water quality parameters of residential area

住宅小区	COD _{Mn}	TN	TP	NH ₃ —N
金色海岸	45	2.8	0.36	0.56
市民中心	36	3.1	0.28	0.74
翠苑街道	64	2.3	0.47	0.37
七堡社区	58	3.5	0.37	0.92
观音塘小区	75	5.2	0.54	1.1
大关小区	98	6.4	0.67	1.2
GB 3838—2002	50	1.5	0.3	1.5

注:TN—总氮;TP—总磷;NH₃—N 氨态氮;COD—化学耗氧量。

表 4 水质参数与绿地景观格局指数因子的 Pearson 相关系数(双尾检验)

Table 4 Pearson correlations(two tailed)between water quality and green landscape parameters

	绿化率	NP	PD	MPI	COD _{Mn}	TN	TP	NH ₃ —N
绿化率	1							
NP	-0.898*	1						
PD	-0.856*	0.981**	1					
MPI	0.957**	-0.827*	-0.773	1				
COD _{Mn}	-0.840*	0.963**	0.943**	-0.700	1			
TN	-0.873*	0.940**	0.961**	-0.848*	0.853*	1		
TP	-0.751	0.880*	0.803	-0.664	0.886*	0.672	1	
NH ₃ —N	-0.723	0.870*	0.937**	-0.688	0.785	0.960**	0.573	1

注: * 表示显著水平在 0.05, ** 表示显著水平在 0.01, 样本量为 66 个。

2.2 回归分析

为了进一步明确水质参数与绿地景观格局指数之间的关系,使用 SPSS 软件分别对研究区域的 COD、TN、TP、NH₃—N 与景观格局指数绿化率、斑块个数 NP、破碎度 PD、平均邻近指数 MPI 进行了多元逐步线性回归。对 6 个典型性住宅小区的绿地景观指数与对应的水质参数进行回归分析,得到图 2 所示的相关关系。

从绿化率看,绿化率越高,绿地对径流处理能力越强;绿化率越低,处理能力越弱。从图 2(d)可以看出 TN、NH₃—N 与绿化率分别呈二次函数分布,当绿化率小于 33%时,随着住宅小区绿化率的提高,小区降雨径流的污染情况明显减弱;当绿化率大于 33%时,提高住宅小区绿化率对降雨径流的水质影响不大。这与浙江园林城市标准 34.5%比较吻合,选取的 6 个典型性小区中,观音塘小区和大关小区的绿化率都低于 33%,二者由于绿化面积的不足影响了降雨径流的水质,特别是对于降雨径流中 TN 和 NH₃—N 的含量影响比较大。

从破碎度看,绿地斑块破碎度越大,绿地斑块越分散,绿地连通性越差,不利于发挥绿地斑块的协同作用;破碎度越小,绿地斑块过于集中,不利于最大限度地发挥绿地的生态处理功能。从图 2(a)、(b)中可以得出 PD 与 COD/TP 分别满足一元二次函数分布,当 PD 处于 10~15 的区间时,绿地斑块对于 COD 和 TP 的去除效率达到最大,再增大或是减小,COD 和 TP 的含量都会增加;从图 2(b)中可以得出 PD 与 TP 呈指数函数分布,当破碎度 PD<15 时,适当降低绿地的破碎度以保持绿地的连续性对提高绿地的生态净化功能有明显的提升作用。从绿地对径流的分析中,戚晓明得出城市林地破碎度 PD 达到 18 的时候,降水径流量会随着破碎度的增加而增加^[6]。选取的 6 个典型性小区中,市民中心和七堡社区的绿地破碎度最为合理;翠苑街道绿地过于集中;而大关小区和观音塘小区绿地破碎度过高,绿地过于分散。

从平均邻近指数看,MPI 值小,表明同类型拼块间离散程度高或景观破碎程度高;MPI 值大,表明同类型拼块间邻近度高,景观连接性好。从图 2(c)中可以看出,在一定范围内平均邻近指数越大对径流的处理效果越好;当 MPI 处于 0.36~0.42 时绿地对 COD 和 TN 的去除效率最高。

从斑块个数看,NP 反映景观的空间格局,其值的大小与景观的破碎度也有很好的正相关性,对许多生态过程都有影响,在同等面积下,斑块个数少,说明斑块以大中型斑块居多;斑块个数多,说明斑块以小型斑块居多。从图 2(d)中可以看出,在同等面积下,斑块个数多对径流水质的生态处理功能最弱,水质最差;斑块数目过少,绿地斑块过于集中,绿地对径流的生态处理功能也未达最佳,只有当斑块个数适中,既不过于集中也不过于分散的时候,绿地对径流的生态处理功能达到最佳效果。

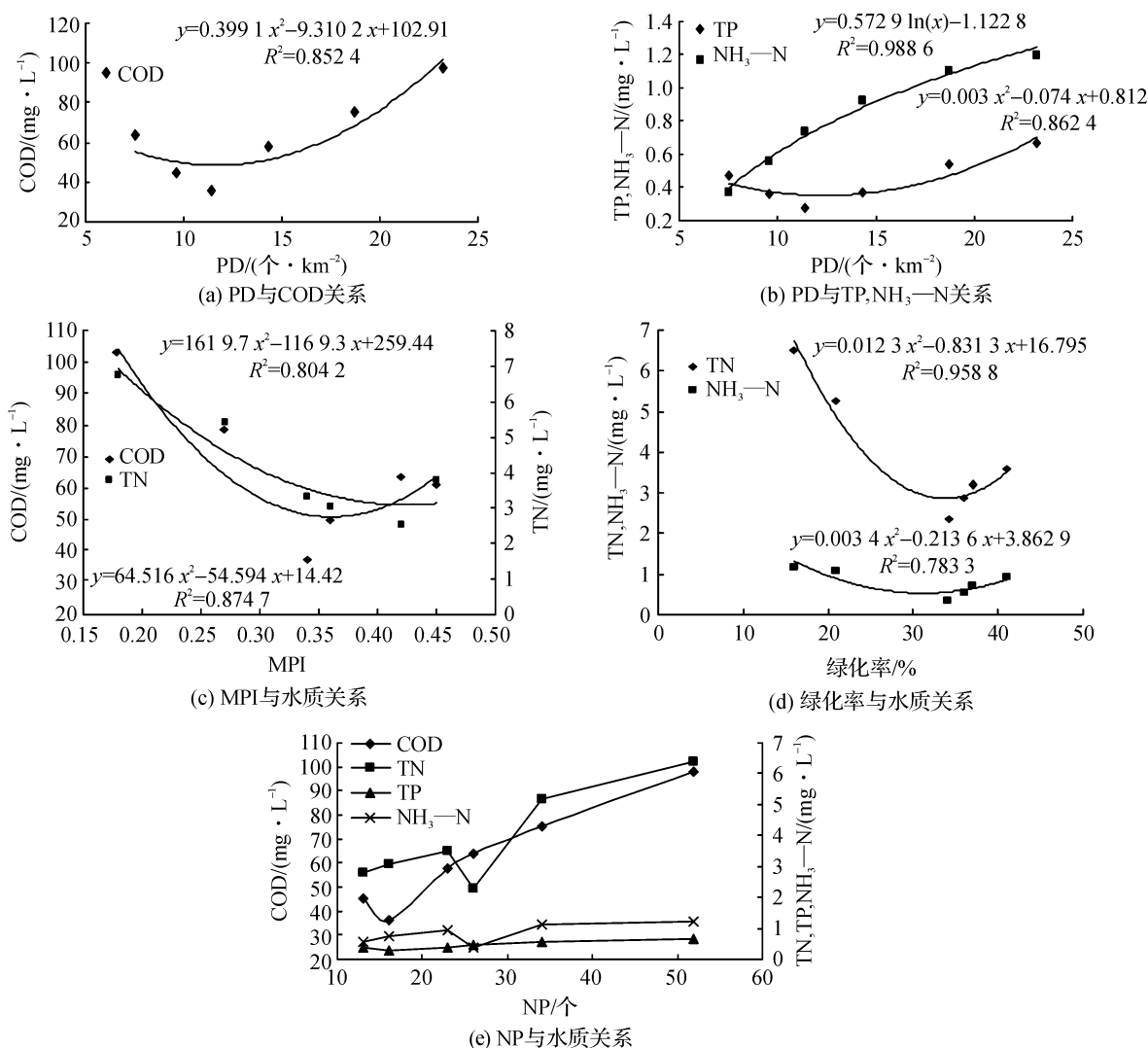


图 2 景观指数与水质变化关系

Fig. 2 Relation between landscape pattern indexes and water quality effects

3 结 语

通过对杭州市 6 个典型性住宅区的绿地景观指数和相应水质参数建立回归分析,得到绿化率、破碎度 PD、平均邻近指数 MPI 对降雨径流水质影响比较大。在推进生态文明城市的建设中,应当更加注重人文关怀,加强对住宅区的生态绿地建设,使降雨径流在排入河道污染饮用水源之前得到最大化的生态净化处理。

因此,在城市规划中,需要有更加合理的绿地空间布局来加以保证:

1) 严格保证住宅区域绿化率,通过限制建筑密度比、提高容积率、控制硬铺率、增加绿化面积以获得更多的可渗透地面来提高区域绿地净化径流水质的能力。

2) 切实控制好住宅区域规划设计中绿地分布的分散性,保证绿地斑块破碎度适中,处于 10~15 之间,充分发挥绿地对城市雨洪的就地处理功效,满足居民亲近自然的需要。同时,在绿地规划设计中,应避免出现绿地的点状分布,保证绿地不过于分散和集中。

3) 切实控制好住宅区域规划设计中绿地分布的连贯性,通过绿地斑块间最大/最小距离的合理规划,保证绿地连通度(通过平均邻近指数换算),有利于城市住宅区域绿地生物多样性保护,增强绿地生态净化功能。

4) 加强住宅区域绿地设计中斑块数目和斑块类型的引导, 尽量做到在同等面积下保持以大中型绿地斑块占主导, 小型绿地斑块为辅。使绿地尽量呈现块状分布, 避免出现绿地的点状分布和绿心模式。

参考文献:

- [1] Basnya P, Teeter L D, Flynn K M, et al. Relationships between landscape characteristics and non-point source pollution inputs to Coastal Estuaries[J]. *Environmental Management*, 1999, 23(4): 539-549.
- [2] Wang X. Integrating water-quality management and land-use planning in a watershed context [J]. *Journal of Environmental Management*, 2001, 61(1): 25-36.
- [3] Tong S T Y, Chen W L. Modeling the relationship between land-use and surface water quality [J]. *Journal of Environmental Management*, 2002, 66(4): 377-393.
- [4] 刘敏, 许世远, 侯立军, 等. 长江三角洲土地利用/土地覆被动态变化及其环境效应[J]. *资源科学*, 2010, 32(8): 1533-1537.
- [5] Whitehead P G, Johnes P J, Butterfield D. Steady state and dynamic modelling of nitrogen in the river kennet: impacts of land use change since the 1930s [J]. *Science of the Total Environment*, 2002, 282/283: 417-434.
- [6] 戚晓明, 杜培军, 吴志勇, 等. 城市景观格局与水文效应关系研究[J]. *水利水电技术*, 2010, 12(4): 1-3, 12.
- [7] Maillard P, Santos N A. A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed-Brazil [J]. *Journal of Environmental Management*, 2008, 86(1): 158-170.
- [8] 刘贤赵, 王巍, 王学山, 等. 基于缓冲区分析的城市化与地表水质关系研究: 以烟台沿海区县为例[J]. *测绘科学*, 2008, 33(1): 163-166, 251.
- [9] 官宝红, 李君, 曾爱斌, 等. 杭州市城市土地利用对河流水质的影响[J]. *资源科学*, 2008, 30(6): 857-863.
- [10] 张大伟, 李杨帆, 孙翔, 等. 入太湖河流武进港的区域景观格局与河流水质相关性分析[J]. *环境科学*, 2010, 31(8): 1775-1783.
- [11] 于兴修, 杨桂山. 典型流域土地利用/覆被变化及对水质的影响: 以太湖上游浙江苕溪流域为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2003, 12(3): 211-217.
- [12] 戚晓明, 杜培军, 周玉良, 等. 基于遥感和 GIS 的城市景观格局演变与水文效应关系研究[J]. *国土资源遥感*, 2010, 10(4): 101-107.
- [13] 李秀珍, 布仁仓, 常禹, 等. 景观格局指标对不同景观格局的反应[J]. *生态学报*, 2004, 24(1): 123-134.
- [14] 李秀珍, 肖笃宁, 胡远满, 等. 辽河三角洲湿地景观格局对养分去除功能影响的模拟[J]. *地理学报*, 2001, 56(1): 32-43.
- [15] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(1): 121-125.