

基于生态-经济重要性的滨湖城市土地开发适宜性分区研究 ——以无锡市为例*

孙伟^{1,2}, 陈雯¹, 段学军¹, 陈江龙¹

(1: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

(2: 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:随着城市化和工业化进程加快, 无锡等太湖周边城市的土地利用方式发生了巨大变化, 特别是建设用地蔓延, 侵占了湖滨带生态保护区, 使湖泊生态系统的功能和健康受到威胁, 太湖水体污染严重. 以生态-经济为导向的土地开发适宜性分区, 就是通过对不同地区的土地开发方式和强度的管制, 使土地利用的空间结构与健康太湖的保护目标相适应. 这样的分区强调因地制宜地将评价区域划分为不同开发强度类型的地区, 鼓励资源环境容量大的地区承担高强度的社会经济活动, 同时限制生态敏感区域的开发强度. 论文在借鉴已有区划方法的基础上, 讨论了评价单元的划分、评价指标选择与处理等技术方法, 并以无锡市为例, 将其划分为优先开发区域、适度开发区域、控制开发区域、适度保护区域以及绝对保护区域等五大类型区, 提出各类型分区管制的相应政策保障.

关键词:滨湖城市; 土地开发适宜性分区; 空间管制

The feasible development regionalization of land use based on the ecological-economic analysis approach in lakeshore city area—taking Wuxi as a case

SUN Wei^{1,2}, CHEN Wen¹, DUAN Xuejun¹ & CHEN Jianglong¹

(1: *Nanjing Institute of Geography & Limnology, The Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China*)

(2: *Graduate School of The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, P. R. China*)

Abstract: Along with the highly speedy urbanization and industrialization in the cities around the Taihu Lake, such as Wuxi city, the modes of land use have changed greatly, especially the built up areas are sprawling, which has invaded the lakeshore ecological protection area, threatened the health of ecological system and aroused the worse water pollution. However, the feasible development regionalization of land use under ecological-economic approach is a useful path to zone the area for different intensity for the sake of spatial functional distribution assorting with need of the lake ecological protection, i. e. some area with large environmental capacity may be encouraged for industrialization and urbanization while the ecological sensitive areas restricted from exploitation. Then, the division of assessed units and chosen of the assessed elements have been discussed. After synthetic analysis of ecological protection value and economic development value, the region of Wuxi city, as a case, was divided into five types: preferential development, feasible development, liminary development, moderate conservation and absolute conservation. Finally, the policy of spatial governess was advanced for each type respectively.

Keywords: Lakeshore city; feasible development regionalization of land use; spatial governess

滨湖城市, 是湖泊生态系统和城市生态系统相互作用最为明显的区域, 也是湖泊对人类活动响应最敏感的区域. 滨湖城市经济增长和土地利用方式的变化, 如建设用地扩张、滨湖旅游开发、大堤建设、农业生产过量施肥、围网养殖、生活污水未达标排放等, 都将直接影响湖泊生态系统结构功能和生态健康.

* 国家自然科学基金(40371031 和 70503026 40671077)和中国科学院南京地理与湖泊研究所所长基金(2006-09)联合资助. 2006-04-20 收稿; 2006-06-19 收修改稿. 孙伟, 男, 1980 年生, 硕士研究生; E-Mail: wsun@niglas.ac.cn.

无锡市位于长江三角洲的长江和太湖之间的走廊地区,南濒太湖,北临长江.全市总面积为 4787.6 km²,水面面积约占总面积的 31.4%,属于平原水网地区.无锡拥有太湖岸线 160 km 左右(包括五里湖段岸线),约占太湖岸线总长的 40%,是城区距太湖最近的沿湖大城市之一.改革开放以来,工业经济和城市化的高速发展,带动城市土地利用格局的变化,导致入湖营养物大量增加,对太湖及其流域的生态环境影响明显,引起了社会各界对太湖治理工作的广泛关注,并实施了一系列水环境综合整治工程,例如生态清淤、污水截流、动力换水、生态修复、护岸整治等等,对改善太湖水质起到了重要作用^[1-3].但是许多研究也同时认为,湖泊水质的根本好转和生态健康的修复,要贯彻“末端治理,源头控制”的原则,不仅限于湖泊水体自身污染的修复,还要从流域的综合调控和管理方面进行减排截污^[4].为此,流域相继实施了重点工业污染“零点达标行动”、含磷洗衣粉的禁用、限制氮肥、磷肥和农药使用、缩小网围养殖面积等措施,对减排截污起到了很好效果^[5-7].

但令人担忧的是,太湖水质指标在 2002 年之后又有重新上升之势.目前,竺山湖、梅梁湖、五里湖和大浦口等临近无锡城市的太湖水域成为水体富营养化最明显、蓝藻水华爆发最严重的湖区^[8,9].无锡城市发展,特别是人口的增加和建设用地的扩张必然会对太湖水质造成不利影响,而无锡这一滨湖城市的开发势头仍在高涨之中.根据 TM 遥感影像解译,2005 年太湖沿岸 5 km 生态缓冲区范围内建设用地面积已达到 175 km²,占该区域土地面积的 1/3 左右,比 1980 年增加了一倍多.建设用地的扩张改变了滨湖地区的土地利用方式,增加不透水层面积,破坏了原有水系格局和交换的能力,降低了水环境容量和对污染物的稀释、净化和吸纳能力.

既要满足滨湖城市经济社会发展需求,又要科学地使湖泊生态系统不被破坏,还要合理开发利用滨湖资源,除了加强研究湖泊本身的科学问题外,还必需进行流域土地开发分区管制,控制对太湖生态影响较大地区的开发,才能逐步实现经济与环境协调发展的目标.

许多发达国家很早就通过土地利用分区来确定不同的土地使用规则或规范.美国通过土地利用分区明确规定各分区范围、利用类型和允许开发的最大强度,并依法规条例予以实施,尤其是将历史街区和生态敏感的滨水海港区作为特殊保护地区,限制土地开发和产业发展^[10-12].林肯土地政策研究所从保护土地的生态价值出发,提出了土地开发的潜在限制性因素,并将所评价的土地分为生态临界区域、景观文化临界区域、经济临界区域和自然灾害临界区域四类环境敏感区域^[13].悉尼省政府编制的悉尼大都会区规划通过选择国家公园、自然保护区、省级森林及开敞区、集水区 and 优质农地等,确定所有根本的发展制约,以图纸叠加显示不同制约所涉及的地域范围,将这些区域作为严格限制、不可发展的区域;并根据人口、就业、发展密度、交通网络的分布将适宜发展的区域划分为新开发区、主要特别用途区、主要运输通道、区域及次区域中心等.^①

为此,本文基于生态-经济重要性分析,采用地理学分区方法,在充分考虑滨湖城市自然生态与环境条件、资源潜力与利用程度、经济效益与开发需求的基础上,分别进行生态保护要求和经济开发需求分区,并采用矩阵分类方法进行土地开发的适宜性分区^[14],目的是要解决人口与产业的空间合理集聚、区域生态环境整体保护、水土资源空间调配,促进区域空间资源优化配置.

1 生态保护要求分区

1.1 内涵与评价要素

生态保护要求代表着区域的自然和人文生态保护价值以及自然生境维持必要性,反映出生态功能、脆弱性以及修复能力,用生态服务功能、生态易损性及环境风险三个方面来表征,生态重要性是生态保护要求的基本内涵.生态重要性指数越高,代表这一区域的生态服务功能越强,或生态系统较为敏感脆弱,或环境纳污和还原修复能力较弱,生态保护要求越高.对于生态重要性评价指标的选取既要能反映滨湖城市内部地域的生态差异,又要具有相对的独特性,指标之间基本没有可替代性.

生态服务功能(ecosystem service)指人类直接或间接从生态系统获得的效益,主要指水源涵养与保护、

① 珠江三角洲城镇群协调发展规划工作组.珠江三角洲城镇群协调发展规划(2004-2020)专题研究.

生物多样性和特殊生境维护以及自然与文化遗产保护等^[15-18],具体指标包括饮用水水源地、湖滨带湿地及其缓冲区、地面高程在 50 m 以上的丘陵山地和自然保护区等,这些具有极强生态服务功能区域都作为最高生态保护要求的区域。

生态易损性,包括生态灾害、环境容量和生态成本等内容,根据无锡自然生态特征,主要选择了对自然生态系统结构和功能影响较大的地质灾害、自然灾害、环境风险以及地形地貌条件等方面指标,均以强弱或高低的等级指数表示。其中,考虑到地域原因,大气风险的区际差异不大,环境风险主要考虑水环境风险。

1.2 评价单元

为保证各单元内部自然属性的同质性以及单元之间的空间属性异质性,合理确定生态分区的最小评价单元界线,本文以 10 个生态易损性指标进行叠加,将评价区域切分形成的 385 个多边形评价单元,并应用聚类分析方法,将较低等级的斑块自下而上的合并成较高等级的生态分区类型。

1.3 指标分析与分区

生态服务功能:饮用水水源地、地面高程在 50 m 以上的丘陵山地、湖滨带湿地、湖泊水面、自然保护区和历史遗迹确定为高生态服务功能区;湖滨带湿地离岸 5 km 区域,具有水陆生态交错、最为脆弱的湿地生态系统,如果开发活动过于剧烈或不当,将导致植被破坏,生物多样性下降,湖岸遭受侵蚀,湖泊水质和沿岸景观受影响,洪涝易损性增加^[19],等等。因此,从维持生态平衡以及保护生态系统结构完整性的角度出发,将该类区域确定为较高生态服务功能区;其它区域为一般生态服务功能区。

生态易损性:包括灾害易发程度和水环境风险的指标。根据各个指标的分类线叠合的子区域进行加权评价,将市域划分为 3 种类型区。生态强易损区主要分布在市区西北部的玉祁、前洲等低洼地影响区和地面沉降区;中等易损区主要分布在市区东南部及北部、江阴南部以及宜兴西部和南部地区,这些地区受洪涝等自然灾害影响较为明显。

其中,水环境风险是以江南运河为界划分直接入江的长江流域和入湖的太湖流域,根据河流的流向、分水岭的位置等其它流域特征,分别将两大流域划分为 36 小流域,然后根据河流功能区划以及所在小流域的地貌特征、使用功能、通达性、水质目标及清水通道等指标,确定水环境风险分区。水环境风险较高的区域主要分布在太湖沿岸地区和横山水库的上游地区,沿江的利港—桃花港、新沟河、张家港中游太清河等地区水环境风险最低,进行建设用地开发的生态易损性也就相对较低。

对以上指标权重选择,客观反映各指标对区域生态重要性的影响程度。根据无锡自然生态状况,对开发制约最大的指标是生态服务功能指标,其次是生态易损性指标。在生态重要性指数计算过程中,具有重要生态服务功能的要素都作为主导因素来看待,权重均为 1。在生态易损性指标中,目前无锡最为明显的生态灾害就是地面沉降和低洼地,其中在市区西部的沉降漏斗中心,

最大地面沉降接近 2.5 m,前洲镇的地面高程仅为 0.26 m,所以该指标的影响权重较大;易涝、易旱等区域都是可以通过工程性措施得以改善的,对区域生态重要性的影响权重重要低于地面沉降等指标;而对于地裂缝、岩溶塌陷等地质灾害在无锡较少发生,且历史发生强度均很低,所以这些指标赋以较低的权重。

在对指标基本判断的基础上,本文还通过特尔非法来确定层次分析法所需的标度值,使权重确定更具合理性和科学性,即选择相关专业的专家及相关部门的专业技术人员对各指标的重要性进行打分,通过对专家打分有效性和收敛结果分析,确定生态易损性评价指标的重要性排序为低洼地(0.2165) > 地面沉降(0.1742) > 河网密度(0.1504) > 水环境风险(0.1447) > 易涝地区(0.1071) > 易旱地区(0.0746) > 地裂缝



图 1 生态重要性指数分区

Fig. 1 Regionalization of the ecological significant value in Wuxi city

(0.0380) > 地震(0.0362) > 岩溶塌陷(0.0353) > 滑坡坍塌(0.0230)。

1.4 生态重要性指数分区

采用逐级分层归并方法,将平行独立的各项指标加权求和,计算生态重要性指数:

$$C_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} \times P_j \quad (1)$$

其中, C_i 为第 i 单元的生态重要性指数; X_{ij} 为第 i 单元的第 j 要素值; P_j 为第 j 要素值的权重。

高生态重要性指数区域,即高生态服务功能区;较高区域包括了中等生态服务功能区和生态强易损区,主要分布在太湖湖滨带生态缓冲区、高水环境风险区、高程低于 50m 的丘陵岗地以及多地质灾害共同作用区域;中等区域主要分布在中心城大部分地区、江阴南部以及宜兴西部等地区;低指数区域主要是江阴北部地区,环境容量大,受各种灾害影响较小,生态重要性指数较低,生态保护要求相对较低(图 1)。

由于生态重要性和经济重要性的评价单元不同,为了协调生态约束与经济支撑条件,综合考虑和分析两种要素,必须进行评价单元的空间转换。考虑到选用行政区评价单元,便于分区方案的实施,一般即把自然评价单元转化为行政评价单元。根据每种生态重要性指数区域占行政区评价单元的面积比重,将各生态重要性区域切分到各行政评价单元,根据各生态重要性区域的权重综合判定各乡镇和县级市市区的生态重要性指数^①,并以此为基础,将行政区评价单元的生态保护要求分为高、较高、中等、一般四种类型。

2 经济开发需求分区

2.1 内涵与评价要素

经济开发需求反映区域工业化和城市化的建设需求,用经济重要性指数来评判。主要考虑经济资源供给能力、地域开发效益以及地区经济发展潜力等方面要素,主要选择人均地区生产总值、劳动生产率、与上海及无锡市中心的可达性、综合交通配给状况等指标。此外,一些与现有指标关联度较大、区域性差异不明显的动力指标,不再加以考虑。经济重要性指数越大,代表区域经济开发需求越强烈,反之,则经济开发需求越低。

2.2 评价单元

行政区域单元的划分反映不同地域发展的历史沿革和相互联系,对认识区域发展过程有重要作用。同时,经济重要性评价指标大部分为反映区域经济社会发展的属性数据,行政区域单元与所需资料数据的获取也有密切关系。为此,在经济开发需求分区过程中,本文选取地级市市辖区、县级市市区和镇为基本空间评价单元,共计 64 个。

2.3 指标分析与分区

资源开发成本:根据剩余可建设用地状况,对各单元进行土地供给潜力分级,土地供给潜力越好,开发成本越低。总体上,主城区、太湖沿岸地区以及宜兴南部丘陵山地地区的用地潜力最差,土地资源的供给保障能力较弱;市区内主城周边的大部分地区以及江阴市区和东部周庄—华士一带的现状建设用地开发强度高,剩余用地供给能力也较差,宜兴西北部地区、市区东北部地区以及鸿山和利港的土地供给潜力最好。

区域开发效益:城市区域及其近郊以及新区大部分地区 and 临江地区开发效益最高,经济优势较为明显;市区靠近太湖的部分乡镇开发效益也相对较高;宜兴西部和南部的多数乡镇开发效益相对较低。

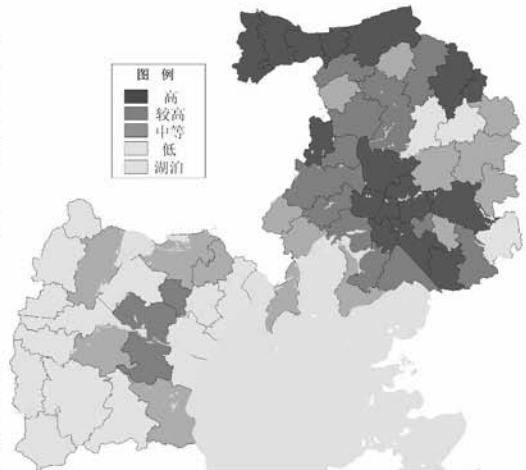


图 2 经济重要性指数分区
Fig. 2 Regionalization of the economic significant value in Wuxi city

① 各级生态重要性区域向行政评价单元转化权重。高,0.4987;较高,0.3412;中等,0.1055;低,0.0546。

区域开发潜力:根据 2010 年公路网规划,计算各评价单元到上海及无锡市中心的交通可达性,并综合考虑交通基础实施的配给状况得到各单元的开发潜力.中心城区以及沪宁高速、锡宜高速和锡澄高速沿线的大部分乡镇交通通达性最好,区位优势较为明显,开发潜力最大;宜兴的西部和南部地区通达性较差.

2.4 经济重要性指数分区

采用上述的权重计算和加权方法,依据资源开发成本、区域开发效益和开发潜力综合评价各单元的经济重要性指数,经专家打分确定各指标重要性排序为人均地区生产总值(0.3219) > 剩余可建设用地(0.2074) > 劳动生产率(0.1616) > 市中心交通可达性(0.1430) > 综合交通条件(0.1208) > 上海交通可达性(0.0453).将市域各行政评价单元分为高、较高、中等、一般四种类型.中心城区及其周边部分地区、高新区、江阴临江地区等经济重要性指数最高,经济开发需求也就最高;市区和江阴的其它大部分乡镇、宜兴市区及其周边乡镇经济重要性指数较高;宜兴西部和南部及东部靠近太湖的大部分乡镇经济重要性指数都较低,经济开发需求并不十分明显(图 2).

3 土地开发适宜性分区

将各行政区评价单元的生态和经济重要性等级进行互斥性矩阵分类,根据各单元所处矩阵位置,确定其属于何种类型开发区域.土地开发适宜性分区将各行政区评价单元分为三种开发类型:优先开发区域、适度开发区域和控制开发区域.考虑到生态重要性受各种外部因素共同作用较一致,是人类进行生态环境保护和建设的最基本空间单元.所以,在土地开发适宜性分区中,对具有高和较高生态保护要求的区域,按照生态分区评价单元进行划分,避免出现因行政单元划定而出现的范围过大过泛的问题,并分别定义为适度保护区域和绝对保护区域(表 1).

表 1 行政区单元的生态与经济重要性矩阵分类

Tab. 1 Matrix classification of ecological-economic value of each assessed unit

生态重要性	高	较高	中等	一般
经济重要性 高		硕放镇、玉祁镇	北塘区、崇安区、南长区、高新区、安镇镇、堰桥镇、东亭镇、华土镇	江阴市区、璜土镇、利港镇、申港镇、夏港镇、新桥镇、东北塘镇
较高	滨湖区城区部分、华庄镇、太湖镇	南闸镇、前洲镇、青阳镇	鸿山镇、洛社镇、妃亭镇、霞客镇、钱桥镇、宜兴市区	坊前镇、周庄镇
中等	滨湖镇、丁蜀镇、胡埭镇、马山镇、新街镇、阳山镇	月城镇、云亭镇、羊尖镇	东港镇、万石镇、和桥镇、官林镇	顾山镇、梅村镇、锡北镇
一般	大浦镇、湖父镇、太华镇、新庄镇、张渚镇、周铁镇	长泾镇、鹅湖镇、芳桥镇、高塍镇、鲸塘镇、西渚镇	芳庄镇、新建镇、杨巷镇、徐舍镇、祝塘镇	

优先开发区域:指经济重要性指数高而生态重要性指数中等或一般、经济重要性指数较高而生态重要性指数低的地区,开发需求较强,受生态环境约束较低,适宜进行大规模的工业开发.该区域主要分布于江阴临江地区和中心城区、堰桥镇、东亭镇、高新区和安镇镇等地区.

适度开发区域:经济重要性指数等级高于或等于经济重要性指数等级的区域(优先开发区除外).有一

定的生态约束,需适度控制开发强度,尤其是控制建设用地扩展规模和速度,避免过度开发.该区域主要分布在优先开发区的周边地区,市区西北、东北和东南大部分地区,江阴西部、宜兴市区及其北部锡宜高速沿线等地区.

控制开发区域:生态重要性指数等级高于经济重要性等级的区域.控制开发规模和强度,有节制地开发旅游、度假、休闲等同时具有自然生态保护意义和经济开发效益的绿色产业,搬迁对太湖有污染的企业,对于该区域内城镇生产和生活污水需集中处理,禁止不达标排放.该区域主要包括太湖沿岸湿地缓冲带内的乡镇,以及宜兴西部和南部大部分地区.

适度保护区域:即中等生态服务功能区和强生态易损区,主要包括太湖沿岸 5 km 的生态缓冲区、山地及水面周边的生态缓冲带、多种地质灾害共同作用的区域以及高水环境风险区等.不宜进行任何有损生态环境的建设活动,注重绿色空间相融相通,注意土地利用结构的优化调整,引导人口向外迁移,加强城市防灾减灾能力建设.

绝对保护区域:具有重要生态服务功能的区域,无论其处于任何评价单元内,都应进行绝对保护,主要包括水源地、湿地、湖泊水面、地面高程大于 50 m 的丘陵山地、森林和自然保护区、文物古迹等,要实行强制性保护,严禁不符合功能定位的开发活动(图 3).

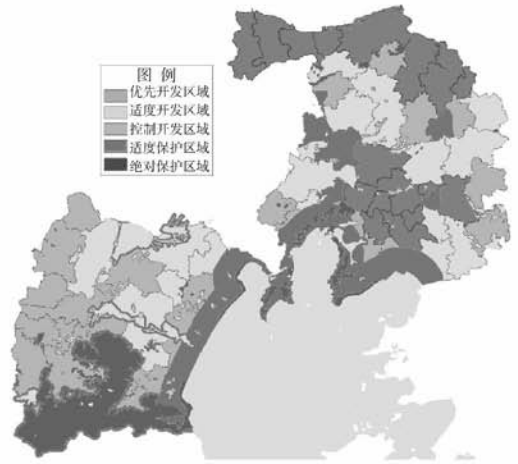


图 3 无锡土地开发适宜性分区
Fig. 3 Regionalization of feasible development in Wuxi city

4 讨论

滨湖城市土地开发适宜性分区,是根据滨湖地区特殊的自然生态保护需求和经济社会开发潜力,进行的基底状况分区,为促进城市社会经济生态复合系统与湖泊生态系统协调发展提供了重要科学依据.按照上述要求,太湖沿岸地区的发展需要受到限制.为保证分区引导和地区关系协调,必须配套相关的要素引导和管制政策,以促进区域利益均衡.对于适宜开发的区域,政府可放宽人口和产业的管制约束,适当扩大用地供给和环境容量的指标分配,发挥其潜力,加快其工业化和城市化进程,但是要提出更高的经济产出规模和发展效率的要求,为全区域发展积累更多的财富;对于限制发展地区(滨湖地区),要实行严格的土地和投资控制,政府可通过建立生态补偿政策和财政转移支付等方式,增加其生态和环境维护费用,重点用于公共服务设施、生态环境建设和旅游开发扶持,以保证当地居民的生活福利,缩小与其他区域的差距.

从分区方法来看,影响分区结果的科学性和可靠性的关键在于要素的选择和权重的确定.一方面,进行土地开发适宜性分区的研究,对于区域自然生态和经济发展要素要有详细真实的了解,才能科学地判断各种要素对区域生态和经济发展的影响程度;另一方面指标的选择、量化及权重确定,仍值得在研究方法上做更为深入的研究和探讨.

5 参考文献

- [1] 王 栋等.生态疏浚对太湖五里湖湖区生态环境的影响.湖泊科学,2005,17(3):263-268.
- [2] 顾 岗,陆根法.太湖五里湖水综合整治的设想.湖泊科学,2004,16(1):56-60.
- [3] 黄宣伟.论《太湖流域综合治理规划》的得失.湖泊科学,2002,14(3):205-208.
- [4] 杨桂山.流域综合管理导论.北京:科学出版社,2004.
- [5] 黄文钰,杨桂山,许朋柱.太湖流域“零点”行动的环境效果分析.湖泊科学,2002,14(1):67-71.
- [6] 黄文钰,舒金华,高光等.太湖洗衣粉“禁磷”措施削减负荷量研究.湖泊科学,2001,13(1):356-360.
- [7] 林泽新.太湖流域水环境变化及缘由分析.湖泊科学,2002,14(2):111-116.

- [8] 胡志新等. 太湖湖泊生态系统健康评价. 湖泊科学, 2005, 17(3): 256 - 262.
- [9] 秦伯强, 罗淑葱. 太湖生态环境演化及其原因分析. 第四纪研究. 2004, 24(5): 561 - 568.
- [10] 母爱英等. 美国地方土地利用规划及其借鉴. 中国土地, 2000, 13: 45 - 46.
- [11] 约翰 M. 利维著, 孙景秋等译. 现代城市规划. 北京: 中国人民大学出版社, 2003: 126 - 152.
- [12] Edward H, Ziegler Jr 著, 周雪译. 城市分区与土地规划: 打造美国的大型都市. 国外城市规划, 2005, 20(3): 60 - 63.
- [13] 林肯土地政策研究所. 土地规划管理. 北京: 中国大地出版社, 2003: 89 - 95.
- [14] 陈 雯, 段学军, 陈江龙等. 空间开发功能区划方法. 地理学报, 2004, 59(增刊): 1 - 6.
- [15] Constanza R, Arge D, deGroot R *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(15): 253 - 260.
- [16] Heal G. Valuing ecosystem services. *Ecosystems*, 2000, 3: 24 - 30.
- [17] Kreuter U P, Hearther G H, Marty D M *et al.* Change in ecosystem service values in the San Antonio ar. *Texas*, *Ecological Economics*, 2001, 39(3): 333 - 346.
- [18] Lofvenhaft K, Bjorn C, Thse M. Biotope patterns in urban areas: a conceptual model integrating biodiversity issues in spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 58: 223 - 240.
- [19] 颜昌宙等. 湖滨带的功能及其管理. 生态环境, 2005, 14(2): 294 - 298.