

基于生物多样性保护的曹妃甸新区城镇用地规划研究

王洪新¹, 路建国², 张利¹, 门明新¹, 霍习良¹

(1. 河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071000; 2. 山东省土地勘测规划院, 济南 250014)

摘要:随着我国经济的高速发展,用地矛盾越来越突出,土地生态安全面临着严峻挑战。如何在土地生态安全的状态下实现城镇用地的有序扩展是解决这一挑战的重要途径。以曹妃甸新区为例,以生物多样性保护为目标,运用GIS空间分析技术,建立地表景观类型最小阻力面和“源”间生态廊道,确定了关键战略点,最终构建生物多样性保护安全格局。在此基础上,结合基本农田保护规划,提出城镇空间扩展的优化战略。研究结果显示,运用景观安全格局理论能更好地完善原有规划的不足,在保障城镇发展水平的同时协调各类用地之间的冲突,为曹妃甸新区城镇用地可持续发展提供理论支撑和技术支持。

关键词:景观生态; 安全区域; 城镇用地; 规划; 曹妃甸新区

中图分类号: F301.23; Q149

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)06-0296-06

Urban Land Use Planning of CaoFeidian New Area Based on Biodiversity Conservation

WANG Hong-xin¹, LU Jian-guo², ZHANG Li¹, MEN Ming-xin¹, HUO Xi-liang¹

(1. Institute of Land Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding,

Hebei 071000, China; 2. Shandong Province Land Surveying & Planning Institute, Ji'nan 250014, China)

Abstract: With China's rapid economic development, land has become increasingly prominent contradiction; land ecological security is facing serious challenges. An important way to solve this challenge is how to achieve urban land orderly expansion in the condition of the land ecological security. The CaoFeidian area was taken as the study area to calculating landscape types of least resistance, establish the source of ecological corridor, and ensure key strategic points, constructing security pattern for biodiversity conservation finally and by using biological protection as the goal, and using GIS spatial analysis technology. Based on combination of the basic farmland protection planning, urban spatial expansion and land use spatial layout optimization strategy were put forward. The results showed that using the theory of landscape security patterns could better improve the planning problem, protect urban development and the contradiction between the various types of land, provide technical support for urban land sustainable expansion of CaoFeidian new area compared with the previous planning methods.

Key words: landscape ecology; security pattern; urban land; planning; CaoFeidian new area

改革开放以来,随着人口的快速增长和经济的高速发展,土地资源的合理开发和利用已经成为国内学者关注的焦点。为了满足各行业的发展需求,城镇用地将不断扩张。与此同时,我国现阶段生态环境问题众多,一是自然生态环境的脆弱性与迫切的经济开发利用之间的矛盾持续升级^[1];二是生态环境持续退化与自然资源短缺所导致的局部与全局、眼前与长远利益之间的矛盾不断加剧^[2];三是提出生态功能的重要

作用与人为生态破坏之间的矛盾更加尖锐等问题。城市生态环境对城市发展有着深刻的影响,它既是城市发展的条件,又是城市发展的结果^[3]。如果在扩张的过程中,对扩张的方向和规模进行适当引导,可以使城镇用地布局更加合理,更能保证土地利用的可持续性。从可持续发展的角度,进行生态安全格局^[4]研究是十分必要的,未来城市的发展仍需以生态安全为宗旨,从生态环境保护与建设协调发展的角度出发,

收稿日期:2013-03-24

修回日期:2013-04-08

资助项目:河北省科技计划项目(13967502D);环渤海盐碱土地景观整治与植物修复技术集成项目(201311060)

作者简介:王洪新(1987—),男,山东平邑县,硕士研究生,研究方向为土地利用及规划。E-mail:whx428@126.com

通信作者:霍习良(1957—),男,河北博野人,硕士生导师,研究方向为土地资源利用。E-mail:huoxiliang1957@126.com

进一步改善传统规划方案,合理配置城镇用地。本文以曹妃甸新区为研究区,在分析生态环境的基础上,运用景观安全格局理论,以生物多样性保护为目标构建生物多样性安全格局,据此配置城镇用地。景观安全格局理论与土地利用总体规划相结合能满足生态文明建设和社会经济发展的需求,为曹妃甸新区可持续发展提供理论支撑和技术支持。

1 研究区概况

曹妃甸新区位于河北省唐山市南部沿海,现管辖“两区一县一城”,即唐山市曹妃甸工业区、南堡经济开发区、唐山市唐海县和唐山市曹妃甸新城,研究区面积 11 943.72 km²,陆域海岸线约 80 km,常住人口约 22 万人。曹妃甸新区毗邻京津两大城市,距唐山市中心 80 km,距北京 220 km,距天津 120 km,距秦皇岛 170 km。2009 年,唐山市曹妃甸新区完成固定资产投资近 1 100 亿元,2010 年完成 1 600 亿元。该区第二、三产业发展迅速,到 2010 年第一产业,第二产业,第三产业占 GDP 比例分别为 19.45%,41.52%,39.03%。

2 研究方法

景观安全区域(SP)是景观中某种潜在的空间格局,它们由景观中的某些关键性的局部、位置和空间联系所构成,是判别对某种生态过程的健康与安全具有关键意义的景观格局^[5]。

2.1 景观安全格局构建

(1) 确定源:“源”具有广泛的代表性,主要是通过资源的空间分布和适宜性来分析确定^[6]。

(2) 建立阻力面:对环境的利用被看作是对空间的竞争性控制和覆盖过程,而这种控制和覆盖必须通过克服阻力来实现,阻力面反映了物种空间运动的趋势,最为常用的是最小累积阻力^[7-8]这一模型(minimum cumulative resistance,简称 MCR),基本公式如下:

$$MCR = f \min \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i)$$

式中: f ——一个未知的正函数,反映空间中任一点的最小阻力与其到所有源的距离和景观基面特征的正相关关系; D_{ij} ——物种从源 j 到空间某一点所穿越的某景观的基面 i 的空间距离; R_i ——景观基面 i 对某物种运动的阻力。

(3) 判断景观安全格局

景观安全格局的核心问题是在空间上如何确定不同安全水平的景观空间区域,其中包括“源”与“源”

之间连接的确定、缓冲区范围的确定和景观安全空间突变点的确定。景观安全格局依据这些组分的不同参数分为 3 个安全等级:低等安全水平的区域、中等安全水平的区域和高等安全水平的区域。

低等水平的安全区域只能保证最基本的源间连接的存在,而不能保护众多的辐射道,其生态环境是脆弱的,容易受到破坏而导致生境的崩溃,其形态往往呈现岛屿状^[9],在空间表现上只剩下几个生态节点和几条生态廊道。中等水平的安全区域不仅能保证基本的源间连接的存在,而且能够保护大部分的辐射道,为生物迁移和运动提供了相当大的活动空间,其生态环境是良好的,生态系统稳定性高且恢复性强,其形态往往呈现网络状^[10],空间表现上是几块生态保护区连成一体,交流顺畅。高等水平的安全区域不仅为最大可能迁移路径预留了空间,同时为相对低概率的迁移保存了相当大的运动空间,其生态环境优异,生态系统稳定性极高且恢复性极强,其形态往往呈现蔓延状^[11],空间形态表现为少量的人类活动区存在于大型生态保护斑块之间。

2.2 景观生态理论与土地利用规划结合可行性分析

景观生态规划与土地利用规划具有一定的相似性又各具特点。土地利用规划是在一定区域内,根据国家社会经济可持续发展的要求和当地自然、经济、社会条件对土地开发、利用、治理、保护在空间上、时间上所作的总体的战略性布局和统筹安排^[12]。目前,我国土地利用规划的重心仍在城镇建设用布局上,主要目的是保障城镇发展空间。而景观生态规划则是通过对各项生态要素进行合理的布局 and 安排,调整人类与环境的关系,维护生态系统的平衡,重点是要保证人类生存的可持续发展^[13]。景观生态规划和土地利用规划的相似性表现在社会经济、环境效益统一,但规划的重点各不相同,景观生态规划致力于将景观生态学的思想和原理渗透到城镇规划的各个方面^[14],而土地利用规划相对复杂,考虑因素较多,如果能将景观生态理论和方法融入土地利用规划中,就可以借助景观生态规划的成果综合考虑社会经济发展与生态环境保护,将土地空间利用和社会经济之间的矛盾最小化,使城镇获得更高的生态价值和生态潜力。

3 生物多样性保护安全格局构建

3.1 物种的选择

当前,城市化地区大尺度生物多样性的保护和管理面临的一个主要问题是由于技术、资金、时间的限制,无法对研究区内的所有,甚至大部分的物种开展

长期的观察与研究。在数据相对缺乏,且物种栖息地面临着严重威胁的情况下,焦点物种不失为一种高效可行的途径^[15-17]。确定本次焦点物种的选择标准^[18]:物种的稀有性和特有性,受威胁的状态及在其他生态系统和群落中的地位。对其他物种及各类栖息地具有指示作用,可以代表一类典型栖息地。

根据上述焦点物种的选择标准,对于植物而言一般乔木生活史时间较长,对干扰的反映不易观察;而灌木和草本植物对生境、对其他物种的代表性不强,所以本研究不选择植物作为焦点物种。大量查阅相关研究和当地文献资料可知:曹妃甸新区的野生陆生动物,以狐、兔为主,不具备物种的稀有性,因而不以其为焦点物种。两栖类由于自身特点对水质的要求较高,然而曹妃甸新区淡水资源缺乏,并且污染严重,也不选为焦点物种。鱼类的栖息地较为单一,不具有物种代表性。曹妃甸的鸟类保护级别甚高,其中唐海湿地已成为鸟类南北迁移,尤其是东亚—澳大利西亚候鸟迁飞路线上的重要中转站和部分鸟类越冬栖息地。此外,根据现有的研究,鸟类也是反映城市及周边生态环境是否良好的指示物种,且从现有的研究与实践来看,受农业和人类活动影响较大的地区多选鸟类为焦点物种。通过对曹妃甸鸟类的生物习性、生态特征、栖息地类型等进行分析归类,最终选取丹顶鹤为焦点物种。

3.2 焦点物种栖息地适应性评价

丹顶鹤的食物主要是浅水的鱼虾、软体动物和某些植物根茎,其栖息地主要为沼泽和沼泽化的草甸,也栖息在湖泊河流边的浅水中,芦苇荡的沼泽地区,或水草繁茂的有水湿地。通常栖息地有较高的芦苇等挺水植物以利于隐蔽,便于其生活和繁殖。

丹顶鹤的适宜生境与水体分布、土地类型密不可分;人类活动也影响着丹顶鹤的栖息,它喜欢在远离人类活动的区域栖息。丹顶鹤生境的影响因素中,与城镇用地分布具有较强相关性的依次为距城镇最近距离、距城乡主干道最近距离和距省级以上公路最近距离^[19],最佳人类干扰距离应大于 500 m。以丹顶鹤为代表,根据丹顶鹤的生活习性进行栖息地适宜性评价,具体的评价因子和权重见表 1。

3.3 保护“源”的确定

曹妃甸新区的鸟类自然保护区沿曹妃甸新区东南至西北依次排开,为丹顶鹤提供了丰富的食物来源和必需的开阔栖居场地,通过适宜性分析并参考专家意见选取石臼坨鸟类自然保护区、唐海湿地鸟类自然保护区以及草泊水库作为生物保护安全局的源。

表 1 丹顶鹤栖息地适宜性分析

评价因子	分类	分值	权重
土地类型	淡水水域及湿地	10	0.6
	沿海滩涂	8	
	耕地	6	
	林地、未利用地	5	
	盐田	4	
距水系距离/m	居民点及工矿用地、港口码头	1	0.2
	0~50	10	
	50~100	6	
	>100	1	
距城镇、居民点距离/m	500	10	0.1
	200~500	6	
	>200	1	
距交通干道距离/m	>200	10	0.1
	100~200	6	
	0~100	1	

3.4 阻力面的建立

在确定了保护“源”后,用最小累积阻力模型来建立阻力面,该模型的关键是要对研究区的阻力等级进行评价,由于保护“源”主要分布在平原地区,难以用坡度段来确定相对阻力值,因此本文不选坡度为评价因子;土地利用类型与“源”中的景观类型特征越接近,其对物种运动和扩散的阻力就越小;受人类的干扰影响较大的景观类型,针对保护“源”而言阻力值较大,还有其他评价因子如水文地质、土壤侵蚀等,鉴于可操作性,本文暂时考虑选取土地利用类型作为阻力因子,根据植被类型与人类活动干扰强度的大小,将研究区的土地利用类型划分 7 个等级,并根据相关资料拟定相对的阻力系数(表 2),用 ArcGIS 软件分别制作阻力因子的分级图层,形成以栅格方式存储的景观单元阻力分级图,在景观阻力分级的基础上,考虑保护“源”与距离的远近关系,采用最小累积阻力模型建立景观阻力面分布图(图 1)。

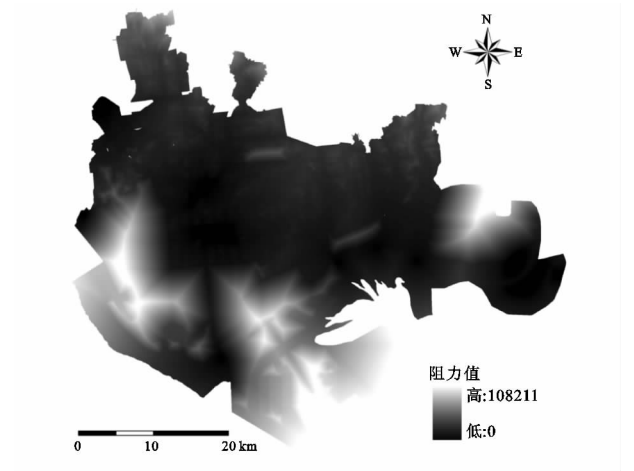


图 1 阻力面分级图

表 2 丹顶鹤空间运动阻力因子与阻力系数分析

阻力因子	阻力系数
淡水水域及湿地	1
沿海滩涂	50
未利用地	100
耕地	100
林地	150
盐田	400
居民点及工矿用地、港口码头	500

3.5 生态廊道建设

廊道是对景观的连接性以及物种的迁徙与扩散具有关键性作用的线性景观元素,主要包括各级别河流廊道和防护林网等。双龙河、青龙河、溯河、小清河、输水干渠、排水渠、泄洪道、铁路绿化带、高速公路绿化带、基础设施廊带是曹妃甸新区的主要纵向廊道。唐海湿地和鸟类自然保护区及其补水区,草泊水库,曹妃甸新城东部大清河河流河口地区及石臼陀三岛保护区,是曹妃甸新区生物保护的重点源区,为了对抗景观破碎化,需在相对孤立的栖息地斑块之间建立联系,加强源区之间的景观连接性,一个重要空间战略是确定两个“源”之间的最短路径并建立横向廊道系统;战略点则是对于整体生物多样性保护和形成景观基础结构具有重要作用的位置,包括生物廊道的交汇处、生物廊道和城市道路的交叉点等。曹妃甸生态城,南堡盐场,曾家湾饮用水源保护区,五农场、九农场和十一农场的平原水库,七农场通港水库,十一农场落潮湾水库则是曹妃甸新区重要的战略点(附图 14a)。

3.6 生物多样性安全区域的划分

根据已经确定的“源”和建立的阻力面判别缓冲区、廊道、辐射道、战略点。将水库、河口湿地设为低

水平安全区域;低水平安全区域周围 3 km 范围内能为物种提供栖息地的水田,养殖水面,荒草地、林带等为中水平安全区域;中安全区域周围 5 km 范围内能为物种提供栖息地的水田,养殖水面,荒草地、林带等为高水平安全区域,最终形成曹妃甸的生物多样性保护安全格局(附图 14b)。

4 基于生物多样性保护安全格局的城镇用地布局

4.1 各等级生态安全区域的土地利用现状分析

将生物多样性保护安全区域与 2010 年土地现状数据进行叠加,对土地利用的现状进行分析,获得三种安全区域范围内的土地利用类型。通过对比分析,在高等安全区域、中等安全区域和低等安全区域内建设用地所占比例分别为 19.06%,11.50%和 4.91%;建设用地比例自高等安全区域到低等安全区域依次递减,建设用地主要分布在高等安全区域和中等安全区域,具体分析见表 3。城镇建设是一个动态的过程,要结合经济发展状况对城镇的规模、发展方向、发展时序做出统筹安排^[20]。自 2005 年以来,曹妃甸新区基础设施开始施工建设,近期发展迅速。从分析结果可知,曹妃甸新区城镇用地的发展还未侵害到生态安全区域的核心。作为国家级循环经济示范区和生态宜居滨海新城,对其进行生态安全格局的研究是十分必要的。

4.2 城镇发展规模和空间格局

4.2.1 建设用地需求量的确定 依据《唐山市城市总体规划》(2008—2020 年),曹妃甸新区 2020 年总人口规模(包括独立工矿点人口)为 130 万,用地规模 424.50 km²。具体指标分配见表 4。

表 3 生态安全格局下的建设用地现状

用地类型	高安全区域		中安全区域		低安全区域	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
城镇用地	0.81	2.36	0.06	0.24	0.00	0.00
农村居民点	7.19	20.91	4.46	17.93	3.98	49.01
采矿用地	4.59	13.35	5.54	22.27	1.32	16.26
交通运输用地	2.39	6.95	1.93	7.76	1.02	12.56
水利设施用地	0.02	0.06	0.34	1.37	0.37	4.56
其他建设用地	19.38	56.37	12.55	50.44	1.44	17.73
总计	34.38	100.00	24.88	100.00	8.12	100.00

表 4 曹妃甸新区建设用地的标准

区域	人口规模/万人	用地规模/km ²
曹妃甸新城	80.0	74.3
南堡开发区	15.0	15.0
唐海县城	23.5	20.7
小城镇	6.0	5.3
曹妃甸工业区及其他独立工矿区	1.5	304.4
农村居民点	4.0	4.8
总计	130.0	424.5

4.2.2 生物多样性保护格局约束下的城镇用地布局

生物多样性保护格局约束下的城镇用地布局预测,实际上是将生物多样性安全格局作为约束条件的城镇用地布局。首先进行城镇扩张模拟,即将生物多样性安全格局作为扩张的空间阻力,模拟城镇现状用地在生物多样性保护约束下的发育过程,再结合基本农田保护,对城镇用地扩张区域进行调整。本文应用

最小累积阻力模型进行城镇空间扩展模拟。模拟过程如下：

(1) 源的确定。以 2010 年的现状城镇区域作为建设用地扩张的源。

(2) 影响因素分析。分析影响城镇扩张的要素，确定不同要素对城镇扩张的阻力大小。城镇作为区域的中心，其发展往往与道路的走向联系紧密。通常情况下，交通干线周围地区最具有城市化潜力，其城镇扩展的阻力小。基本农田保护区作为城镇扩张的绝对性限制因子，对城镇发展方向影响巨大。城市规划作为城镇扩张的导向因子，对城镇的发展起着推动作用(表 5)。

表 5 城镇建设用地扩张安全格局阻力

阻力因子	等级或类别	阻力值(0~100)
生物保护安全格局	低安全区域	100
	中安全区域	60
	高安全区域	30
主要道路 (依据距道路的距离分级)	0~200	2
	200~400	4
	400~600	6
	⋮	⋮
	>10000	100
基本农田保护区	非基本农田区	1
	基本农田保护区	100
规划	可建设用地	1

(3) 模拟城镇扩张格局。由布局分析可以看出(附图 14c)，城镇建设用地首先占用高安全区域以外的区域，能够符合“一核两带”的格局要求。“一核”包括即将成为京津冀城镇群重要的国际港口城市的曹妃甸新城、曹妃甸工业区和唐海县城，是曹妃甸新区的龙头和引领地区发展的引擎，是支撑唐山南部地区快速发展的“极核”，充分展示了港口、港区、港城的有机结合。其在区域中的地位，也充分体现了这个核心对新区、唐山沿海地区，乃至环渤海内湾地区的影响，并将在环渤海区域未来的发展中发挥支撑和辐射作用。“两带”包括北部城镇发展带和南部沿海产业发展带。城镇发展带以曹妃甸新城为龙头，唐海县城为辅，向东对接乐亭新区和秦皇岛，向西对接唐山中心城区，形成新区北部城市生活服务带，依托京秦城际铁路和区域中心城市对接。产业发展带以曹妃甸工业区为龙头，向西至南堡开发区，对接天津滨海新区。产业发展带涵盖了我国北方国际航运中心重要组成部分的曹妃甸深水港和将成为世界级重化工业基地的曹妃甸工业区，作为拓展曹妃甸港口职能的载体，和天津滨海新区共同承接区域产业高地的作用。

对于建设用地压占生态网络的区域，在新区内必须进行生态绿地建设，保护生态廊道，保证城镇发展和生态环境的安全性。在低等安全区域内建设用地呈中心组团式分布，曹妃甸新城发展迅速。对于该区域内的建设用地应实行严格控制，防止建设用地蔓延，随着经济的发展适当调出。中等安全区域内主要改善植被群落组分结构，加宽景观元素的连接廊道，在城镇建设用地布局上避开生态敏感区域。高等安全区域内建设防护林体系，城镇建设用地规划远离生态敏感区，如在关键地点设置生物穿越设施，引导动物走已设置的廊道系统。

5 结论与讨论

(1) 在曹妃甸新区建设国际生态城的背景下，将景观生态学与城镇规划融合，引入景观安全区域理论，在此基础上进行城镇用地的布局并对城镇扩张方向进行控制。运用此种方法将土地的开发建设控制在生态敏感格局内，保证建设的安全进行，并且从空间上缓解社会经济发展和生态自然环境之间的冲突。与传统意义上的规划不同，与景观生态学结合的土地利用规划首先划定出对人类安全有威胁的、不利于建设的区域，以及保障景观生态质量条件的保护区域。这两个区域都不应作为城镇发展的优先考虑位置，利用空间模拟完成用地空间布局。

(2) 对曹妃甸新区基于生物多样性保护格局的城镇用地布局分析可以证明，土地生态安全区域是实现“精明的保护”与“精明的增长”的有效途径。生态环境保护和建设占用之间的矛盾并不是不可调和的，在建设生态文明的背景下，在遵循生物过程的基础上，可以通过科学合理的空间格局规划，用尽可能少的土地实现生态效益和社会效益。

(3) 景观安全区域的理论方法为城镇规划的研究提供了新的思路。本文尝试以生物多样性保护为目标构建了曹妃甸新区的生物多样性保护安全区域，对缓解曹妃甸新区社会经济发展用地和生态环境保护用地之间的矛盾，实现人居环境的可持续发展具有重要现实意义。

参考文献：

[1] 曾国良,王永鸣.西部生态环境恶化的后果和原因浅析[J].生态经济:学术版,2010(2):43-433.
[2] 王合生.长江流域生态环境建设与保护研究[J].国土资源科技管理,2000,17(2):22-27.
[3] 芦守义.景观生态学在中心城区空间管制的应用研究[D].西安:西安建筑科技大学,2010.
[4] 崔胜辉,洪华生,黄云凤,等.生态安全研究进展[J].生

态学报,2005,25(4):861-868.

[5] 李月辉,胡志斌,高琼,等. 沈阳市城市空间扩展的生态安全区域[J]. 生态学杂志,2007,26(6):875-881.

[6] 俞孔坚,李迪华,韩西丽. 论“反规划”[J]. 城市规划,2005,29(9):64-69.

[7] 俞孔坚,李迪华,刘海龙,等. 基于生态基础设施的城市空间发展格局:“反规划”之台州案例[J]. 城市规划,2005,29(9):76-80.

[8] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全区域[J]. 生态学报,1999,19(1):8-15.

[9] Yu K J. Security patterns and surface model in landscape planning[J]. Landscape and Urban Plann,1996,36(5):1-17.

[10] Yu K J. Ecologists, Farmers, Tourists-GIS Support Planning of Red Stone Park, China[C] // Craglia, Hellen C. Geographic Information Research: Bridging the Atlantic. London: Taylor & Francis,1997.

[11] 俞孔坚,李迪华. 城乡与区域规划的景观生态模式[J]. 国外城市规划,1997(3):27-31.

[12] 富瑶. 土地规划对城市经济贡献率的影响[D]. 沈阳:沈阳建筑大学,2007.

[13] 杨沛儒. “生态城市设计”专题系列之三:景观生态学在
城市规划与分析中的应用[J]. 现代城市研究,2005,20(9):32-44.

[14] 杜世宏,郭砾,薛达元. 景观生态空间格局:规划与评价[M]. 北京:中国环境科学出版社,2009.

[15] Opdam P, Verboom J, Pouwels R. Landscape cohesion: An index for the conservation potential of landscapes for biodiversity[J]. Landscape Ecology,2003,18(2):113-126.

[16] Thomas B, Kennedy E. Conservation biology: Biodiversity barometers[J]. Nature,2004,431(7012):1046-1047.

[17] Lambeck R J. Focal species: A multi species umbrella for nature conservation [J]. Conservation Biology,1997,11(4):849-856.

[18] rwin T L. An evolutionary basis for conservation strategies[J]. Science,1991,253(5021):750-752.

[19] 张云鹏,孙燕,王小丽,等. 不同尺度下的土地利用变化驱动力研究:以常州市新北区为例[J]. 水土保持研究,2012,19(6):112-116.

[20] 宋成舜,周惠萍,刘成武. 鄂东南丘陵地区优化城乡用地结构和布局研究:以湖北省崇阳县为例[J]. 水土保持研究,2010,17(1):73-76.

(上接第 266 页)

[4] 孙洪波,杨桂山,苏伟忠,等. 沿江地区土地利用生态风险评价:以长江三角洲南京地区为例[J]. 生态学报,2010,30(20):5616-5625.

[5] 任志远,张艳芳. 土地利用变化与生态安全分析[M]. 北京:科学出版社,2003:93.

[6] 杜静. 生态风险评价的数学模型及应用研究[D]. 兰州:兰州大学,2009.

[7] 刘燕华,李秀彬. 脆弱生态环境与可持续发展[M]. 北京:商务印书馆,2001:21.

[8] 刁承泰,黄京鸿. 三峡水库水位涨落带土地资源的初步研究[J]. 长江流域资源与环境,1999,8(1):75-79.

[9] 陈书卿,刁承泰. 三峡库区生态经济区用地结构变化及演变趋势:以重庆市梁平县为例[J]. 水土保持通报,2009,29(5):160-164,173.

[10] 杨达源,任朝霞. 入世后三峡库区的可持续发展研究[J]. 长江流域资源与环境,2002,11(4):314-316.

[11] 洪惠坤,陈智,吴彦山,等. 三峡移民安置区土地环境问题与生态利用模式:以重庆市巫山县为例[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2009,33(1):144-148.

[12] 苏维词. 三峡库区消落带的生态环境问题及其调控[J]. 长江科学院院报,2004,21(2):32-35.

[13] 刘春,姜德义,任松. 三峡库区消落带典型地质灾害成因分析[J]. 中国矿业,2004,13(10):53-55.