

基于自然生态约束空间差异的区域生态安全格局构建

曹玉红¹, 曹卫东^{1,2}, 吴威², 梁双波²

(1. 安徽师范大学 国土资源与旅游学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008)

摘要: 自然生态条件的空间差异是导致不同地区生态功能差异的重要原因, 直接影响区域生态安全。通过对自然生态条件的分区评价, 理清不同空间生态功能差异, 可为建构区域生态安全格局提供基础支撑。以 GIS 技术为支撑, 通过对地形地貌、特殊生态保护区、区域环境容量等方面的指标选择与综合评价, 以安徽沿江地区为实证, 进行生态功能空间差异分区。在分区的基础上, 结合安徽沿江区域开发的方向, 构建区域生态源区 4 个, 生态廊道 7 个和众多的生态楔, 最后提出区域生态安全格局构建的建议。

关键词: 自然生态约束; 空间差异; 区域生态安全格局; 生态源区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)01-0106-04

中图分类号: S181, S157

Constructing Regional Ecological Security Pattern Based on the Spatial Difference of Eco-environmental Restriction

CAO Yu-hong¹, CAO Wei-dong^{1,2}, WU Wei², LIANG Shuang-bo²

(1. College of Land Resource and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China;

2. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008, China)

Abstract: The spatial difference of nature-ecology leads to the difference of ecological functions and directly influences the regional ecological security. Resorted to the evaluation of sub-area by the nature-ecology, the difference of ecological functions may be distinguished. Supported with GIS and by adopting the regionalization method of eco-environmental restriction, indexes, such as mountain area, water density, etc, are selected and 41 counties are regarded as the basic units to be evaluated. After evaluation, regional ecological security pattern is constructed with 4 ecological functional zones, 7 ecological functional corridors, and some ecological functional patches in the area along the Yangtze River in Anhui Province. Finally, some policies and suggestions about how to construct regional ecological security pattern are put forward.

Keywords: nature-ecology restriction; spatial difference; regional pattern for ecological security; ecological functional zone

区域生态安全格局(the regional pattern for ecological security)是指能够保护和恢复生物多样性,维持生态系统结构、功能和过程的完整性,实现对区域生态环境问题有效控制和持续改善的区域性空间格局^[1]。目前,有关学者对生态安全格局的定义、理论基础和研究方法已进行了一些探讨^[1-11]。其研究涉及到区域生态安全设计原则与方法^[2]、评价^[3]、生物保护的景观生态安全格局等^[4],但对具体区域如何构建生态安全格局的研究还不够深入。1995 年美国学者 Forman 对如何设计区域生态安全格局做了步骤分析,其中对区域内关键地段、空间属性规划做了理

论探索^[5],指出在区域安全格局构建中要抓住具有关键生态作用或生态价值的景观地段,并通过景观格局空间配置和属性调整来实现。对于一个复杂的地理区域,要抓住区域内对生态过程有控制意义的关键部位或战略性组分,才可以使区域生态得到有效控制和发展。合理选择保护和恢复生境地可以消除生境丧失与破碎化的影响^[6],但是应从什么地方着手以及如何构建方面的问题研究明显不足。本文以安徽沿江地区为例,尝试具体地域生态安全格局构建的方法和具体内容。安徽省沿江地区,包括合肥、马鞍山、芜湖、铜陵、池州、安庆、宣城、巢湖、滁州 9 个市 32 个县

收稿日期:2007-01-20

修回日期:2007-08-29

资助项目:国家自然科学基金资助项目(40471030,40571058);安徽省教育厅自然科学基金项目(2004kj181);安徽师范大学校青年基金(2005XQN20)资助

作者简介:曹玉红(1974—),女(汉族),安徽省宿州市人,讲师,硕士,主要研究区域生态与环境评价。E-mail:hong923@mail.ahnu.edu.cn。

(市),总面积 $6.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全省的 45.2%。2004 年,人口 2.56×10^7 人,占全省的 39.6%;地区生产总值 2.57×10^{11} 元,占全省的 53.4%,是安徽省发展条件最优,发展活力最强,发展潜质最佳的最重要区域。在中部崛起以及安徽实施东向发展战略,安徽沿江地区社会经济加速发展等大背景下,本文以该地区 41 个县为评价单元,采用定性、定量相结合的集成方法,从自然生态约束的角度进行综合评价,探讨该区域生态安全格局构建的方法和内容。

1 沿江地区生态功能空间差异评价

1.1 评价方法

区域生态安全受社会—经济—自然这个复合的系统影响,离不开区域自然和社会两种合力的作用。相对于社会经济条件来说,自然生态条件具有相对稳定性、实体性,是区域生态安全构建的本底。本文利用 GIS 手段,从自然生态要素对区域开发的约束着手,以县市行政范围为评价单元,研究目标区的自然地理特征和生态本底条件,通过对各市县的基本地形地貌条件、特殊生态保护区、灾害易损区和区域环境容量等要素的综合分析,采用专家集成与 GIS 定量、图形化相结合的方法,判断各市县自然生态要素对经济社会发展以及产业与城市建设的相对约束程度(对于面状的生态要素,如山地、湿地、地质灾害等,它们在各市县的分布范围并不能直接体现其对该区域生态约束的影响,而是通过该要素占其所在市县土地面积的比重来反映),从而作为划分生态功能空间差异以及构建区域生态安全格局的依据(图 1)。

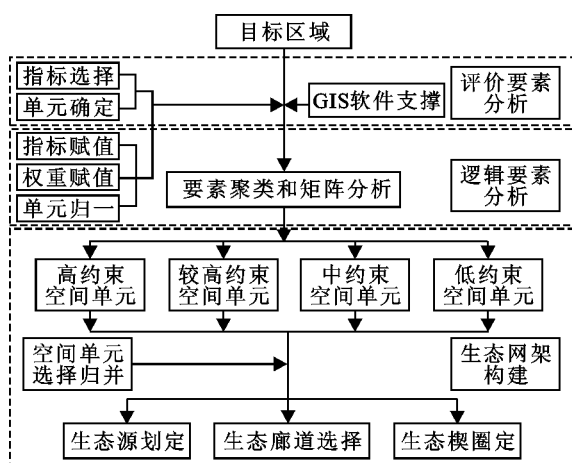


图 1 评价的技术路线

1.2 评价指标的选择

自然生态约束因素主要从地形地貌、特殊生态保护区、区域环境容量等方面考虑,筛选了以下指标作为综合评价指标。

1.2.1 山地 安徽省沿江地区山地众多,在开发过程中,应以保护为主,可适度鼓励发展水源涵养林、公益林、经济林、用材林及生态旅游等生态友好型产业。考虑到山体高度的差异对区域发展和建设限制的不同,划定海拔 200 m 以上的山地为禁止建设区;100 ~ 200 m 的山地开发与保护并重,原则上以保护为主,50 ~ 100 m 的山地可通过适度引导进行开发。

1.2.2 水网密度 该区水网的高密度分布,这一方面为生产和生活提供用水保障、生态服务,另一方面增大了土地的破碎度,提高了开发建设的生态成本。本研究根据各市县的水面面积和河流的长度综合确定各单元的水网密度(水网密度比重分配:水面面积与土地面积之比 0.4,河流长度与土地面积之比 0.6。考虑到较大的水面并不影响用地的完整性,因此,计算时主要考虑河流和面积较小的湖泊水面),用以反映各评价单元相对的土地破碎程度。

1.2.3 湿地 本研究只划定长江内部的洲岛和浅滩为该区的主要湿地,对于区内一些浅水湖面,并未做湿地考虑。湿地不仅能提供水源,补充地下水,控制洪水,还能清除和转化毒物和杂质、维持野生动物的栖息地等,在开发过程中应注意合理地加以保护,防止过度开发,原则上限制建设行为。

1.2.4 自然保护区 自然保护区是保护自然环境和自然资源,拯救濒于灭绝的动植物物种的重要形式和有效手段,在涵养水源,保护水土,防风固沙,改善小气候,保护珍贵自然景观与自然遗迹等方面发挥了重要作用,在城市发展与建设过程中,应合理保护自然保护区,禁止无关的建设行为。

1.2.5 环境容量 由于在一个小区域范围内大气环境流动性造成区域分异不明显,本研究主要考虑水环境容量的约束问题。由于缺乏对水环境容量的技术计算途径及资料,区域水环境容量潜力主要通过一级水功能区划来代替。根据《安徽省水功能区划》对该区一级水功能区的划分,保护区的水质维护要求最高,需要严格控制周边地区向该类水域排污;其次是保留区和缓冲区,开发利用区的保护要求最低。根据各类型区水面面积和径流长度与其所在县市土地面积之比,确定各县市相对的环境容量。水环境容量计算权重的分配:保护区为 0.50;保留区为 0.35;缓冲区为 0.10;开发利用区为 0.05。

1.2.6 地质灾害 该区自然地质环境脆弱,是一个受地质灾害影响较为明显的区域。由于人类工程活动强烈,环境保护与防范措施不够,由此引发的滑坡、坍塌、泥石流等突发性地质灾害较多;铜陵市、怀宁县等局部地区,因采矿引起的岩溶塌陷灾害较多;滁州

等局部地区受膨胀土影响较为明显。在地质灾害易发区内进行修路、建房、开矿等工程活动,必须开展地质灾害危险性评估工作,防止由突发地质灾害造成不必要的财产损失和对人民生命安全的威胁。

1.3 生态功能空间差异

生态功能差异表现为自然生态对区域整体开发的约束力的强弱。综合分析各评价要素,采用特尔菲法分配要素权重,确定上述各评价单元的自然生态约束。自然生态约束评价权重分配为:50~100 m 山地面积比重为 0.07;100~200 m 山地面积比重为 0.12;200 m 以上山地面积比重为 0.35;水网密度为 0.02;湿地面积比重为 0.15;自然保护区面积比重为 0.15;水环境容量为 0.09;地质灾害易发区面积比重为 0.05。评价结果是将该研究区域划分为自然生态高、较高、中、低约束区。高约束区特征是山地众多,开发的限制性高,同时这些地区受地质灾害影响也较为明显,滑坡和泥石流等灾害风险较大,受自然生态约束最明显,此类区域主要集中于该区西部和南部的山地地区,包括岳西、旌德、绩溪和石台等 7 个县市,生态功能应该以生态维护和保持作为主要的功能,大部分地段应该以生态源建设为主;较高约束区特征是水网密布、湿地面积大、地质灾害较多,开发受自然生态约束较为明显,该区域主要集中于宿松、东至等 8 个县,在开发中要注重生态维护和保持,部分地段宜作为生态源区建设;中、低约束区,整体受自然生态约束较低,相对没有限制性很强的生态要素影响区域整体的开发和建设,主要位于芜湖、马鞍山、铜陵、合肥、巢湖市区及其周边,该区应该是今后经济发展的主战场(图 2)。

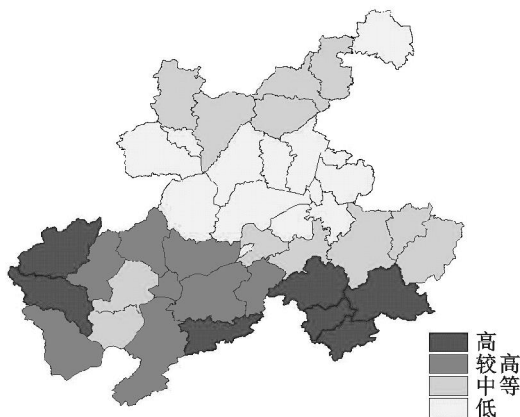


图 2 自然生态的约束空间差异

2 生态安全格局构建

区域生态安全格局构建的内容由面状的生态地域、线状的生态单元地段、点状的生态斑块来架构,分别形成区域的生态源区、生态廊道、生态楔。根据自然生态约束分区评价结果,自然生态约束强的地区

(单元)因为经济开发的生态成本过高,因此该类空间宜划为生态源区,作为生态涵养空间,充当区域的水源地或物种保护源地,充分发挥其生态维护功能;对于自然生态约束较弱的空间(单元),鼓励发挥其生产功能,但要在其间构建生态廊道,培育生态楔,从而把生态源区的生态维护和保养功能引导到该区内,也同时实现生产、生活等空间的生态隔离,从而促进区域经济—生态的协调发展。

根据安徽省沿江地区生态功能空间差异,把生态约束强的地区以及具有明显特殊生态功能的自然斑块(多为大面积水域、山体)构建为生态源区。再结合今后各个县市开发的主要方向,在生态源区构建的基础上,再划定生态廊道,最后圈定生态楔,从而为安徽沿江地区构建以 3 个生态源、7 个生态廊道和众多的生态楔组成“三源七廊”的生态管制空间格局,进而实现自然生态空间保育和生态管制目标,确保沿江开发实现生态优先,环境友好战略的生态安全战略举措。

2.1 生态源区

生态源区是指具有一定生态功能的、连续分布的自然生态斑块,多为大面积水域或山体。一般自然生态约束强的地区因不适合经济开发,而被划成生态源区,发挥其生态维护和保养功能。安徽省沿江地区生态环境自然本底较好,拥有生态服务功能较强,连续分布的自然生态斑块。根据生态服务功能和服务对象的空间差异性,照顾到生态源区保护功能的多样性和源区内景观的异质性。在沿江地区划出三大生态源区(见附图 3),总面积达到 2 200 km²,占沿江地区总面积的 35%。

2.1.1 皖西山地丘陵生态源区 皖西山地丘陵生态源区位于沿江地区的西部,包括岳西县的全部,潜山、太湖县的大部以桐城、宿松的部分地区,面积 552.5 km²,占沿江地区总面积的 8.79%,人口约 114 万,人口密度较小,主要集中于山间盆地及沟谷平坦地带。该生态源区主要为沿江西部地区尤其是安庆市域提供生态服务,主要通过皖河、长江和秋浦河水生态廊道与皖南山地丘陵生态源区形成物种多样性的联系通道。

该生态源区在安徽省沿江地区占有极其重要的生态区位,南与长江,东与巢湖和江淮丘陵,西与鄂东丘陵,北与淮河平原都有相互联系的生态通道。

加强源区生态系统结构与功能保护的要点:亚热带常绿阔叶林及落叶—常绿阔叶混交林群落保护;青冈栎、苦槠、石栎、冬青、紫楠、湘楠等常绿阔叶树种保护;栓皮栎、麻栎、茅栗、化香、朴树等落叶阔叶树种保护;黄山栎、日本榎和锐齿槲栎等山地矮林树种保护;

都支杜鹃、天目杜鹃、具柄冬青及安徽小檗和三桠乌药等山地常绿灌丛树种保护;针叶林中,黄山松、金钱松和三尖杉等珍稀树种也应加强保护。天马、鹞落坪等自然保护区的管护和建设,特别是核心区生物多样性的保育,需要投入较多的财力与物力。严格控制自然保护区的三产开发,积极引导发展生态旅游。在水库的汇水区和河流的源头区,加大力度建设水源涵养林、生态公益林和水土保持林。

2.1.2 皖南山地丘陵生态源区 皖南山地丘陵生态源区地处沿江地区的南部,由一系列自西南—东北方向呈不规则形状的山地丘陵组成。包括东至县东部、石台县大部、贵池区东南部、青阳县南部、泾县中南部、铜陵县南部、宣州区南端、广德县大部、宁国市大部、旌德县全部,面积 1.304.9 km²,占沿江地区总面积的 20.76%。人口约 255 万,包括东至、石台、泾县、旌德、绩溪五个县城和宁国市区及 133 个乡镇。通过青弋江—漳河水生态廊道、长江、裕溪河水生态廊道、合铜黄绿色廊道与皖中湖泊丘陵生态源区相连。通过秋浦河、皖江水生态廊道与皖西山地丘陵生态源区相连。该区是沿江地区最大的生态源地,向东对江苏的溧水、高淳形成一定的生态服务功能,向南与黄山主脉和浙西的天目山、莫干山相接,形成华东地区最大的生态源。该生态源对皖江南岸及其腹地的开发,发挥着重要的生态保障作用,是黄山生境和生物多样性保护的重要屏障。对芜马铜池等城市生态系统的良性循环、工业集中区污染物的净化、稀释、扩散起着重要调控作用。

该区的重要生态功能是重点保护牯牛降、板桥等国家级或省市级自然保护区和九华山风景名胜区,保护上述地区的生态系统多样性、景观多样性和物种多样性。

2.1.3 皖中湖泊丘陵生态源 该区以巢湖湖泊生态系统为主,主要为湖区水面及沿岸带。包括合肥市、居巢区、庐江县和肥西县共 44 个乡镇,面积 343.2 km²,占沿江地区总面积的 5.46%。巢湖属浅水型湖泊,以防洪、灌溉为主要功能的人工调节半封闭型水体,也是合肥市和沿湖城镇的基本饮用水源。

主体生态源区巢湖是沿江地区重要的水生态源地,对皖江北岸及其腹地的开发,发挥着重要的生态保障作用。通过长江、裕溪河水生态廊道、合铜黄绿色廊道与皖南山地丘陵生态源区相连。并通过以上廊道向北、南、东南 3 个方向辐射,服务沿江地区的北部和东部地区。该源区生态要素以水为主,主要由巢湖湖区水生态系统组成,与皖南和皖西山地丘陵生态源区相比,绿生态相对偏少。

2.2 生态廊道

生态廊道是指呈带状分布的自然生态斑块,例如河流、道路两侧的绿化带。根据生态源的特点和服务的范围,以河流及其两侧的绿带为核心建设蓝廊,以道路两侧的绿带为基础建设绿廊。沿江地区共形成 6 条蓝廊和 1 条绿廊,即以水生态的自然生态廊道为主,将生态源区与服务区有机地联系起来(见附图 4)。6 条蓝廊,即以长江干流、水阳江、青弋江(包括漳河)、秋浦河、皖河和裕溪河及两侧的绿化林带组成的水生态廊道。

长江廊道是沿江地区最主要的生态廊道,它不仅连接三大生态源区,也沟通其它 6 条生态廊道,是沿江地区生态管制网架的核心,同时也具有极其重要的水源安全、生物多样性保育的生态服务功能和航运价值。水阳江廊道连接皖南山地生态源与马鞍山。青弋江廊道连接皖南山地生态源与芜湖。秋浦河廊道连接皖南山地生态源与池州。皖河廊道连接皖西山地生态源与安庆。裕溪河廊道连接皖中湖泊绿廊。

以合肥—铜陵—黄山高速公路沿线绿化林带为基础,联通皖中湖泊生态源和皖南山地生态源与沿江地区的绿色廊道,贯通南北,将皖中湖泊生态源向北南两方向拓展,分别服务合肥与铜陵;皖南山地生态源沿此通道向北连接铜陵等沿江地区。

2.3 生态楔

生态楔是指在区域内不成规模的、散落于区域内的具有较强生态维持和改善功能的自然生态斑块(点)。例如独立的山体、湖泊或湿地。围绕沿江地区“一脊双核三带”的空间开发战略以及城市功能布局框架,以三个生态源区为核心,通过 6 条廊道将生态源区与其服务范围联系起来,并且通过廊道以外零星分布的山丘林地、河湖湿地及部分水生态、绿色交通,以生态绿楔的形式嵌入重点开发园区、产业组团、各城区以及其它重点城镇发展轴。

3 结论

本研究在区域生态过程控制与安全格局构建方面做了新的探索,更为如何选择区域关键部位,从何处着手进行区域生态保护与建设以及区域生态安全格局构建的具体内容等方面做了大胆的尝试。当然,由于本研究只考虑了自然因素对生态环境的影响,忽略了人类经济活动对生态环境越来越强的影响,因此具有一定的局限性,有待在今后的研究中从社会—经济—自然的多层面进行全面、系统的研究。

(下转第 118 页)

等,坡脚处种植圆柏 (*Sabina chinensis*)、黑松 (*Pinus thunbergii*)、爬山虎 (*Parthenocissus tricuspidata*) 等,坡面草种选用结缕草 (*Zoysia japonica*)、狗牙根 (*Cynodon dactylon*)、野牛草 (*Buchloe dactyloides*)、高羊茅 (*Festuca arundinacea*) 等,坡面花卉选用大金

鸡菊 (*Coreopsis lanceolata*)、石竹 (*Dianthus chinensis*)、黄花菜 (*Hemerocallis citrina*) 等,坡面灌木选用锦鸡儿 (*Caragana sinica*)、红花锦鸡儿 (*C. rosea*)、迎春花 (*Jasminum nudiflorum*) 等,取得了良好的效果。

表 6 植被恢复方案对比

方案	措施概述	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	S	主要问题	质量
1	六棱砖+结缕草	180	40	1	6	1.92	0	4	6	0.43	盖度小,植被单一,砖体裸露	一般
2	拱形骨架+结缕草	180	60	1	6	1.92	0	3.8	6	0.47	盖度小,植被单一,骨架裸露	一般
3	三维网	260	70	3	5	1.92	0	4.4	3	0.49	外来草籽,抗性差,植被单一	一般
4	园林式	270	85	5	5	5.24	0	6.2	5	0.65	养护费用高,与环境协调性差	良
5	人工坡面+自然绿化	210	60	6	8	1.92	0	5.4	7	0.62	植被恢复缓慢	良
6	框格+乡土草灌混合	230	70	7	8	8.59	0	5.9	9	0.75	乡土草籽及灌木缺乏商业开发	优
7	灵活的坡形+乡土草灌花	230	70	7	8	8.59	0	6.5	9	0.78	乡土草籽及灌木缺乏商业开发	优

3 结语

对高速公路进行坡面植被恢复质量评价的目的是为了更好地明确边坡绿化的任务,提升坡面绿化的理念,选择出合理的植被恢复方案,提高坡面植被的质量。由于坡面植被恢复涉及多学科的理论,本文相应地提出了绿期等 8 项指标,从生态恢复、景观建设和坡面防护等多方面来评价坡面植被的质量。该评价体系的建立,虽具有一定的现实意义,但随着对坡面植被恢复研究的深入,评价指标和模型还需要不断地加以修正和完善,各指标的计算办法尚有待优化。

[参 考 文 献]

[1] 边秀举,张训忠. 草坪学基础[M]. 北京: 中国建材工业出版社,2005:10—30.
 [2] 孙书存,包维楷. 恢复生态学[M]. 北京: 化学工业出版社,2005:128—170.

[3] 杨春时. 美学[M]. 北京: 高等教育出版社,2004:5—10.
 [4] 胥晓刚. 高速公路路域生态恢复研究[D]. 四川农业大学博士学位论文,2004.
 [5] Horton R E. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity[J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1940,5: 399—417.
 [6] Daniele C, Enrico C. Contribution of vegetation to slope stability: An overview of experimental studies carried out on different types of plants[C]// Proceedings of the Sessions of the Geo-Frontiers 2005 Congress. Austin: ASCE,2005:1—12.
 [7] 章俊华. 规划设计学中的调查分析法 16 - SD 法[J]. 中国园林,2004, 20(10):54—59.
 [8] 汪树玉,刘国华. 系统分析[M]. 杭州:浙江大学出版社,2002:316—327.

(上接第 109 页)

致谢:本研究参考、借鉴了由中国科学院南京地理与湖泊研究所承担的《安徽省沿江城市群发展规划研究报告》的部分内容,谨此致谢!

[参 考 文 献]

[1] 马克明,傅伯杰,黎晓亚,等. 区域生态安全格局:概念与理论基础[J]. 生态学报,2004,24(4):761—768.
 [2] 黎晓亚,马克明,傅伯杰,等. 区域生态安全格局:设计原则与方法[J]. 生态学报,2004,24(5):1055—1062.
 [3] 左伟,周慧珍,王桥. 区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[J]. 土壤,2003(1):1—6.
 [4] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报,1999,19(1):8—15.
 [5] Forman R T. Landmosaics: the Ecology of Landscapes and Regions [M]. Cambridge: Cambridge University Press,1995.

[6] 方淑波,肖笃宁,安树青. 基于土地利用分析的兰州市城市区域生态安全格局研究[J]. 应用生态学报,2005,16(12):2284—2290.
 [7] 关文彬,谢春华,马克明,等. 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径[J]. 生态学报,2003,23(1):64—73.
 [8] 王棒,关文彬,吴建安,等. 生物多样性保护的区域生态安全格局评价手段—GAP 分析[J]. 水土保持研究,2006,13(1):192—196.
 [9] 徐海根. 自然保护区生态安全设计的理论与方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2000.
 [10] 肖笃宁,陈文波,郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容[J]. 应用生态学报,2002,13(3):354—358.
 [11] Tilman D. Biodiversity: population versus ecosystem stability[J]. Ecology,1997,77:350—363.