

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性·····	王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征·····	冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析·····	薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护·····	刘吉平,吕宪国 (5894)
江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 ·····	王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 ·····	林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划·····	李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素·····	周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式·····	韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子·····	李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响·····	蓝文陆 (5970)
万仙山油松径向生长与气候因子的关系 ·····	彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 ·····	高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性·····	王亚婷,范连连 (5992)
遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响·····	刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响·····	韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应·····	王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 ·····	吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性·····	蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化·····	赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性·····	杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较·····	张继义,赵哈林 (6060)
滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应·····	单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联·····	赵成章,任 珩 (6080)
延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 ·····	龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 ·····	王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 ·····	杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响·····	张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
锌对两个品种茄子果实品质的效应·····	王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
Cd ²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 ·····	钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 ·····	薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd^{2+} 的生物吸附特性	李维焕,孟 凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林 慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘 超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何 超,孟泉科,花 蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪 洋,王 刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程 琳,李 锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵 丹,李 锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张 勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙 军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文 娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白 杨,黄宇驰,王 敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

李晖, 易娜, 姚文璟, 王思琪, 李志英, 杨树华. 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划. 生态学报, 2011, 31(20): 5928-5936.

Li H, Yi N, Yao W J, Wang S Q, Li Z Y, Yang S H. Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 5928-5936.

基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划

李 晖^{1,*}, 易 娜¹, 姚文璟¹, 王思琪¹, 李志英¹, 杨树华²

(1. 云南大学城市建设与管理学院, 云南 昆明 650091; 2. 云南大学生命科学学院, 云南 昆明 650091)

摘要:通过构建不同水平的景观安全格局,可以为区域的生态用地规划提供相应对策。香格里拉县近年来随着经济的发展生态安全问题已经提到日程。选择研究区内的 5 个自然保护区和风景名胜为“源”,以生物多样性保护为目标,选择地表景观类型、坡度两个因子及相应的阻力因子系数进行分析。采用 GIS 中的空间分析工具,计算建立了地表景观类型、坡度两个单因子的最小累积阻力面,在此基础上,利用加权叠加方法构建了两个因子的最小累积阻力面。根据最小累积阻力阈值,建立了“源”间生态廊道及“源”与外部联系的辐射道,确定了关键战略点,最终完成景观安全格局的构建。基于生物多样性目标得到了低、中、高 3 个不同安全水平的生态用地分别占研究区总面积的 12.81%、44.1% 和 80.3%。为制定研究区生态安全策略提供了重要参考。

关键词:景观安全格局;生态用地规划;生态安全;香格里拉县;生物多样性

Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern

LI Hui^{1,*}, YI Na¹, YAO Wenjing¹, WANG Siqu¹, LI Zhiying¹, YANG Shuhua²

1 College of Urban Construction and Administration, Yunnan University, Kunming 650091, China

2 College of Life Science, Yunnan University, Kunming 650091, China

Abstract: Landscape security pattern refers to the spatial pattern of potential in landscape, which can play a potential decisive impact and constitute a pattern of controlling the security landscape. Between the different security situations through the establishment of model, you can minimize the cost to achieve win-win results. Ecological land is defined as the ecosystem (land unit) and its spatial position that have important significance in safeguarding critical ecological processes and providing critical ecosystem services. To achieve the biodiversity conservation objectives, we constructed different levels landscape security pattern, and it can provided corresponding countermeasures for ecological land use planning in the research area. The research area of this paper is Shangri-La County that located in the northwest of Yunnan Province, longitude 99 ° 20'—100 ° 19', latitude 26 ° 52'—28 ° 52', and located in Yunnan, Sichuan and Tibet intersection of the triangular area, total area is 11,613 square kilometers. Due to many natural and historic and other reasons, social and economic development was slow. With the Shangri-La economic development, the emerging eco-tourism area, national park tourism development, and construction of large water conservancy projects, all of this become the driving forces for the change of the spatial pattern of urban landscape, such as a great quantity of the natural habitats disappear, landscape fragmentation increase, landscape accessibility reduce in the region. Obviously, Shangri-La's ecological security has become the bottleneck of sustainable development of the county already. Select five nature reserves and scenic spots as the “source” from the research area, at the same time, to achieve the biodiversity conservation objectives, choose and analysis

基金项目:自然科学基金项目(50968017); 云南省基金项目(2008ZC002M)

收稿日期:2011-06-20; **修订日期:**2011-08-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ydlhui@126.com

the type of surface landscape, slope and the corresponding coefficient of these two factors. With spatial analysis tools of ArcGIS calculated and established two single-factor cumulative resistance surfaces. On this basis, it was constructed using the weighted superposition of two factors the minimum cumulative resistance surface. Then building the corridor among the "source" and the key strategic points, finally, the construction of landscape security patterns has been formed completely. Based on landscape security pattern analysis, in the ecological land planning, it will propose high, medium and low three different levels of safety, then the reference will provide for the ecological security strategy in the study area. In the study area, the ecological land use at low, medium and high security levels occupied 12.82%, 44.1% and 80.3% of the total, respectively. The ecological land use at low security level that is reserved minimum land base line for hold natural ecosystem service function. Research shows, the analysis which is based on Shangri-La County's landscape security pattern will be the key ecological process when it's applied on ecological land planning. The methods possess reference value for to formulate urban planning and land planning. Furthermore, how to construct landscape security pattern is the mainly factor, especially in the traditional national culture protection, the research of cultural landscape security pattern is much more necessary. Simultaneously, farther study will also valuable that the comprehensive landscape security pattern's form has taken multiple natural and humanistic single factor into the ecological security pattern.

Key Words: Landscape Security Pattern; Ecological land planning; ecological security; Shangri-La County; biodiversity

景观安全格局(SP)是判别和建立生态基础设施的一种途径,以景观生态学理论和方法为基础,基于生态过程和格局的关系,来判别对这些过程的健康与安全具有关键意义的景观格局^[1]。20世纪70年代末以来,随着景观生态学对水平生态过程的日益重视,形成了以景观格局整体优化为核心的景观生态规划方法。以集中与分散相结合的原则为基础,Forman提出了一个具有高度不可替代性的景观总体布局模式,这一优先格局在生态功能上具有不可替代性是所有景观规划的一个基础格局^[2]。

生态安全格局的研究得到国内外学者高度重视^[3-4],我国学者对区域生态安全格局的概念、理论基础和构建方法进行了研究^[5-6],认为生态安全格局是实现区域生态安全的基本保障和重要途径,景观安全格局的构建是研究的重点和难点。在城市的景观安全格局^[7-9]、减灾^[10]、古村落^[11]、流域^[12]、游憩地^[13]等的景观安全格局都作了大量研究。但在高山峡谷生态脆弱区域研究尚不多见^[14-15]。

生态用地已进入官方文件词语,其概念和内涵有不同的理解,本文认为以下定义较为适当:在不同空间尺度上,对维护关键生态过程和提供生态系统服务具有重要意义的生态系统(土地单元)及其空间部位^[16]。本文在构建香格里拉县景观安全格局的基础上,提出不同生态安全水平的生态用地规划,为研究区生态安全建设策略提供依据,同时也为景观安全格局研究增加高山峡谷生态脆弱区域的实证。

1 研究区概况

香格里拉县,即本文的研究区,位于世界自然遗产三江并流区域内。研究区位于滇、川、藏大三角交汇地带,东经99°20'—100°19',北纬26°52'—28°52'之间,在云南省的西北角。全县面积11613km²,是云南省国土面积第一大县。县城距省城昆明709km。

研究区地处青藏高原东南边缘、横断山脉南段北端,“三江并流”之腹地,形成独特的融雪山、峡谷、草原、高山湖泊、原始森林和民族风情为一体的多功能旅游风景名胜。香格里拉景区内雪峰连绵,高峰卡瓦格博峰为云南省最高峰。香格里拉县境内,海拔4000m以上的雪山多座,峡谷纵横深切,最著名的有金沙江虎跳峡。它的自然环境具有地貌类型多样性、气候多样性、生物多样性以及资源多样性,这在中国乃至世界都是罕见的^[17]。

香格里拉。这里属于藏区文化的覆盖范围,是一个以藏族为主,多民族聚居的地区,也是云南省唯一的藏族自治州,全国10个藏族自治州之一。

2 数据与研究方法

2.1 数据来源

由于本次研究采用两期数据,数据源分别为 90 年代卫星影像图(1989 年、1993 年、1994 年的 13141、13240、13241 三景卫星影像图)及 2006 年卫星影像图(11 月、10 月、12 月的 13141、13240、13241 三景卫星影像图)。影像为 Land Sat 5 号卫星的 TM 图分辨率为 30m。影像处理软件为 ERDAS IMAGINE8.7、地理信息系统软件为 ARCINFO 和 ARCVIEW3.3。

研究区位于滇西北高山峡谷区,由于受地形影响,影像上存在大量的阴影区域,影响了解译结果的准确性。此外研究区地形地貌变化很大、交通不便、野外记录和核查能够见到的区域比较有限,对解译的正确率也造成严重的影响。这些就是高山峡谷区域的特殊困难。

2.2 研究方法

本文的技术路线主要是:首先,景观安全格局组分的识别,包括保护“源”、廊道、战略点、辐射道等;其次,景观安全格局分析,针对生物保护多样性进行景观安全格局分析。研究结果同时包含土地的数量和格局 2 个属性;最后,生态用地的规划,综合分析基于各种生态需求的景观安全格局,并根据社会经济发展需求,确定最小生态用地的数量和空间分布。其中组分识别是研究的关键。

2.2.1 “源”的确定

在大多数情况下,把需要保护的物体作为“源”。从以往的研究来看,单一物种的保护措施是难以成功的,为长期保护某一物种,既要考虑目标物种本身,还要考虑它所在的生态系统及有关生态过程,即物种的保护和管理需要在更高层次或者是整个景观上。总之“源”可以是多个物种、群体和自然栖息地生态系统,并应具有广泛的代表性,能充分反映研究区的多种生境特点。本文选择研究区内的自然保护区和风景名胜区作为保护“源”。

2.2.2 建立阻力面

物种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。用理论地理学中的表面模型——最小累积阻力模型来建立阻力面。这一模型考虑源、距离和景观界面特征 3 个因素,基本公式如下:

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

这一公式根据 Knaapen 等人的模型和地理信息系统中常用的费用距离修改而来的。其中 f 是一个未知的正函数,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} 是物种从源 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 是景观 i 对某物种运动的阻力。尽管函数 f 通常是未知的,但 $(D_{ij} \times R_i)$ 之累积值可以被认为物种从源到空间某一点的某一路径的相对易达性的衡量。其中从所有源到某点阻力的最小值被用来衡量该点的易达性。在生物保护方面,阻力值就是物种在穿越异质景观时所克服的累积阻力。最小累积阻力模型目前已应用到景观生态战略点的判别^[16]。

根据阻力表面的形态特征,阻力面可以分为 3 个类型:岛屿型阻力表面、网络型阻力表面和高原型阻力表面。

(1) 岛屿型阻力表面 在岛屿型阻力表面中,低阻力的生态源散布于高阻力的景观基质中,如残遗自然植被斑块散布于人工景观中。

(2) 网络型阻力表面 在网络型阻力表面中,低阻力的部位是线性的并纵横交错而形成网络。这种阻力表面所反映的景观包括枝状河流系统,农田防护林系统。

(3) 高原型阻力表面 高原型阻力表面的特征是一个高阻力的区域被低阻力的周边所包围,典型的景观是森林片状择伐所形成的景观,森林包围下的农田或是自然景观中受干扰过的斑块。周围低阻力的残遗景观成为生物向中心高阻力区扩散的源。

2.2.3 “源”间廊道的识别

在 MCR 阻力面图上,廊道就是相邻两“源”之间的阻力低谷,是相邻两“源”之间最容易联系的低阻力通道。根据安全层次的不同,源间廊道可以有一条或多条,它们是生态流之间的高效通道和联系途径。每两个“源”之间联系的廊道至少应该有一条。廊道有利于物种在“源”间及“源”与基质间的流动,连接原生植被的廊道有利于物种跨景观范围的扩散。

2.2.4 辐射道的识别

辐射道是“源”向外围景观辐射的低阻力通道。在 MCR 阻力面图上辐射道就是以某“源”为中心向外辐射的低阻力谷线,它们形同树枝状河流成为物种向外扩散的有效途径。物种运动是能动的,而不是被动的保护对象,辐射道对保护对象的未来发展和进化是必要的,而保护生物的进化过程在生物保护中具有非常重要的意义。

2.2.5 战略点的确定

战略点指景观中对于物种的迁移或扩散过程具有关键作用的地段,从 MCR 阻力面上反映出来的战略点就是以相邻“源”为中心的等阻力线的相切点,对控制生态流有至关重要的意义。根据不同类型的阻力面,战略点的位置不同。

岛屿型阻力表面中,战略点一般在各“源”为中心的等值阻力线相切的部位。在这些点引入生物斑块能有效地促进和维护生态过程的健康安全,使景观整体结构优化。

网络型阻力表面中,战略点一般在分枝点或交汇点上,生态过程合聚或分流。这些点可控制空间联系和有效地控制景观中的生态流。

高原型阻力表面中,如果生物的扩散能力很大,以致于能克服阻力表面的最大累积值,则战略点位于高阻力高原的中央,因为占据这些中央部位能最大限度地为生物控制景观的过程提供基础、空间联系及高效的优势。

3 结果分析

3.1 研究区生态安全格局组分识别

3.3.1 保护“源”的确定

研究区内“源”主要选取自然保护区和风景名胜区的核心区,包括红山景区、纳帕海、碧塔海、千湖山和哈巴雪山等 5 个区域。这些区域生物多样性丰富,保护价值较高。

根据所选保护对象的类型,确定了“源”。用 ArcGIS 软件提取相应图层,保护“源”的总面积为 1457.16km²,占研究区总面积 12.82% 的比例。

3.3.2 阻力面的建立

在确定了保护“源”后,用最小累积阻力模型(MCR)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。本文以“源”内的生物多样性保护为基本目标。生物多样性通常包括遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性 4 个层次。景观多样性是指由不同类型的景观要素或生态系统构成的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样化程度。选取若干个种群很难全面地代表研究区的生物多样性,因而本文生物多样性保护目标指景观多样性保护,它间接地涵盖了低层次的多样性。

由于保护“源”在各海拔段上均有分布,难以用海拔段来确定相对的阻力值,因此本文不选海拔为评价因子进行研究;随着坡度的增大,发生水土流失的机率变大,“景观保护阻力变大;地表覆盖景观类型与“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,由于可操作性问题,本文暂未考虑带来了局限性。

选择坡度和地表覆盖景观类型作为评价因子进行研究。

(1) 坡度因子分级

基于坡度大小与发生水土流失的机率的关系,按缓陡将坡度分级为四级,分别为:平缓坡 S1:0—15°,斜坡 S2:16—25°,陡坡 S3:26—35°,极陡坡 S4:>35°。

相对阻力值大小的顺序为:S1<S2<S3<S4。

(2)景观覆盖因子分级

阻力值是一个相对值,阻力值的大小是针对保护“源”的大多数景观组分而言来确定的。虽然水域和湿地也是生物重要的栖息地和迁徙廊道,但由于保护“源”的主要景观组分为林地和灌草丛,而林地所占比例更大,因此林地的阻力值相对最小,灌草丛次之,而水域和湿地相对阻力值较大。冰雪地位于高海拔地区,生物多样性相对中低海拔地区而言较小,但受人类活动的干扰相对较少,因而相对阻力值位居第四。农田、城镇用地受人类的干扰影响最大,相对阻力值在几个景观类型中最大。

相对阻力值的大小顺序为:林地<灌草丛<水域和湿地<冰雪地<农田<城镇用地。

用 ArcGIS 软件分别制作以上因子的分级图层,并将坡度因子和地表覆盖景观类型进行叠加,形成以栅格方式存储的景观单元阻力分级图,见图 1。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,见图 2。

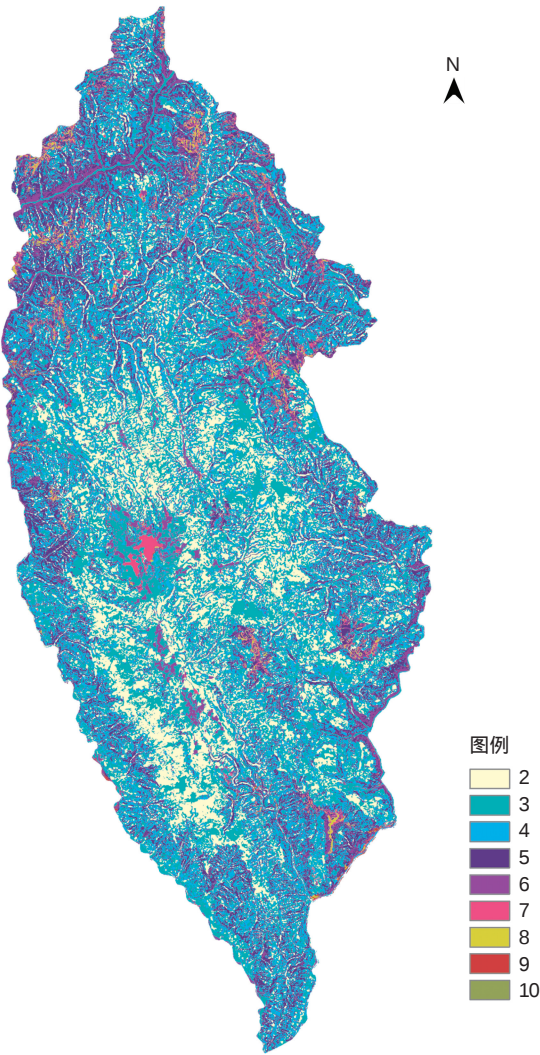


图 1 阻力值叠加图

Fig. 1 Resistance scale of the overlay graph



图 2 阻力面分级图

Fig. 2 Resistance surface classification map

景观阻力面反映了各种“流”(物质、能量等)从“源”克服各种阻力到达目的地的相对或绝对难易程度,

也表现了物种空间运动的趋势和潜在可能性。从图 2 看出保护“源”向外,阻力逐渐增大,并围绕“源”地形成不同阻力水平的缓冲区。景观阻力面图能为景观生态格局的优化提供有力的依据。

3.3.3 不同安全水平的景观组分识别

不同安全水平的阻力面的范围和边界的确定是通过阻力面中阻力等值线突变处来确定,而不是传统的规划做法中围绕核心区的一个简单等距离区域。本文根据不同阻力等级的发展阈值,将研究区的景观生态阻力面分级图进行重分类。

“源”外的第一层阻力圈层即禁建区,它是景观安全格局中的缓冲区,保护“源”恢复或扩展的潜在地带,也是保护“源”与人类活动的隔离带。这个区域对于维护保护“源”的生态整体性具有关键的作用。

第二层阻力圈层即限建区,对于保护“源”的扩展相对阻力较高,对人类的开发和干扰敏感性不高。

第三层阻力圈层即适建区,对于保护“源”的扩展相对阻力高,对人类的开发和干扰敏感性相对较低。

3.3.4 廊道的判别

根据国内外的相关研究,廊道的判别主要针对两种情况:一是对现有生境廊道的保护和改善;二是潜在生境廊道的建设。本论文主要针对潜在生境廊道的识别,为构建研究区的景观生态安全格局提供依据。

每一个保护“源”和其它任一“源”间都有一条或多条低累积阻力谷线即廊道。通常认为在可能的范围内廊道越多越好,多一条廊道就相当于为物种的空间运动多增加一个可选择的途径,多一条廊道就减少一份被截流和分割的风险,为其安全增加一份保险。

利用 ArcGIS 软件,在已生成的阻力面图中,确定两个“源”间的最短路径。从图 1 中可以看出,两“源”间的“最短路径”并不是最短的空间距离,而是空间距离和阻力值的相对加权费用最小的路径。且路径并不是规则的直线,而是不规则的曲线,共同形成了环状格局。几个“源”所围绕的区域间本应也有多条廊道,但由于建塘镇区位于其间,廊道穿越镇区在实际操作中可能性不高,故建议几个“源”间廊道形成外环状较为合理。

3.3.5 辐射道的判别

根据研究区景观阻力面可以确定以保护“源”为中心向外辐射的低阻力谷线,即辐射道。它们形同树枝河流状,成为生态流向外扩散的低阻力通道,是生物以保护“源”为基地向外围景观扩散的有效途径。

3.3.6 战略点的判别

本研究战略点的判定方法是根据相邻“源”为中心的等阻力线的相切点来确定的。

研究区的景观阻力面属于岛屿型阻力面,低阻力的核心保护“源”位于高阻力的景观基质中,阻力等值线以各“源”为中心近似同心圆式地往外扩展。在各“源”间的等值阻力线相切的部位,就形成了鞍。当生态过程扩散能力超过一定程度时,这些部位就成为了联系不同“源”之间的关键点,即战略点。它们是相邻“源”生态势力圈的相切点,是连接相邻“源”之间的潜在跳板。通过对这些景观战略点的景观保护或改变,可以最有效地提高景观生态系统结构功能的完整性。

3.4 生态安全格局组分的组合

将上述确定的保护“源”、不同安全水平状态区域、廊道、辐射道和战略点组合在一起,构成了研究区的景观生态安全格局组分图(图 3)。从图中可以看到,某些关键点及特定的格局对景观过程起到潜在的决定性影响,构成了控制研究区景观的安全格局。因此,根据景观安全格局的判别结果,对人类的干扰活动进行有效的引导,对处在关键地段的受破坏区域进行生态恢复,将有助于处理好经济发展与生态保护之间的矛盾,合理进行科学规划与开发。

4 基于安全格局分析的生态用地规划框架

研究区生态用地的总体特点为:以自然保护区或风景区的核心区及附近的林地、坑塘、农田等作为重要的生态斑块,以河流、道路及其两侧的防护林等线性景观要素建立生态廊道,呈现为斑块和廊道构成的网络状空间结构。

4.1 强化核心“源”的保护

“源”为核心区,严格禁止任何开发建设。“源”构成低度安全水平的生态用地,是为保障自然生态系统服务所保留的最小土地底线,也是开发建设不可逾越的底线。本区内的土地利用应以严格的生态保护为主,原则上,任何形式的城市建设行为不得侵占这类生态用地。

(1) 红山景区

景区内的高山峡谷地区应严格控制动土方,草甸控制适度的放牧,严禁砍伐原始植被和开荒耕作。限制对区内矿山的开发,对达不到环保要求的矿山进行关闭。仅划定一定的区域进行旅游开发活动,并且禁止建设大型的服务设施。

(2) 纳帕海

为避免人类活动对湿地造成重大影响,应严格控制游客数量。同时,应该合理设计相应的设施及最佳的景观路线,制定最佳观赏时间,也可以设置一些望远镜头,需要时可随时拉近镜头,在不打扰鸟类的同时,方便了科研人员或游客的近距离观察。

(3) 千湖山

建议在景区外围建立旅客中转站,以马帮解决旅客上山的交通。保护好千湖山内的湖泊群和周边的植被,限制放牧的强度,保护好草场资源。

(4) 碧塔海

应该严格控制进内旅游和科考的人数,减轻环境压力。同时,注意旅游活动产生的污水和垃圾的处理,避免污染湖泊。

(5) 哈巴雪山

区内应该严格控制环境容量,不宜开展大规模的服务活动,上山游览应以徒步和骑马为主。除保护好天然林外,对冰川要严加保护,限制攀登的游客数。

4.2 建立生态廊道

景观安全格局中的廊道和辐射道内应该尽量采用乡土植物,并按“源”间景观类型现状和地形设置相应的宽度,让廊道和辐射道充分发挥生物迁徙的作用。在廊道和辐射道处,尽量不设置人工设施,如果无法避免可以设置动物天桥和地下通道等设施。

除此之外,研究区内的河道和原有的植被保存良好的现有生境廊道也是生物迁徙的重要通道,可将此次研究中判别的廊道、辐射道与原有生境廊道有机联系在一起,形成网络状的生态廊道系统,有效提高景观的连通性。

4.3 重塑景观战略点

景观战略点是生物流的关键性部位,应该引入或恢复乡土景观斑块,通过退化景观的重建和恢复来实现景观流通的连续性。在战略点范围内,应尽量减少人类干扰,维护其生态功能的正常发挥。

4.4 不同安全水平的生态用地规划

安全格局因不同保护等级或安全水平,而呈现不同的格局和范围。低层次的安全格局意味着较小的保护

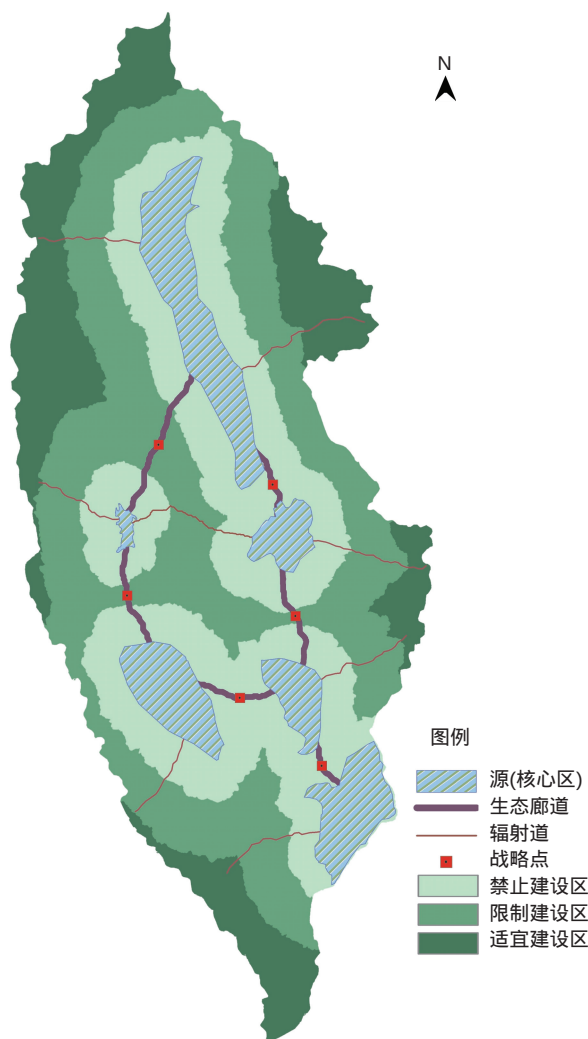


图3 景观安全格局图

Fig. 3 Landscape security patterns in research area

区和较弱的空间联系,可能仅仅能维持某种群的生存,而高层次的安全格局可控制较大的地域范围,意味着较大的保护区域和更为健全的空间联系。需要说明的是以下分析仅仅针对生物多样性保护的目标而言,并未考虑更多的目标,因而生态用地面积所占比例偏大。

(1)“源”(核心区)组成低度生态安全水平生态用地

“源”是为保障自然生态系统服务所保留的最小生态用地底线,也是开发建设不可逾越的底线。面积为 1457.16 km²,占总面积 12.82%。

(2)“源”和缓冲区(禁建区)组成中度生态安全水平生态用地

缓冲区包围着保护“源”,作为核心“源”保护区的过渡地带,面积为 3556.13 km²,占总面积 31.28%。该区不仅起到生态保护作用,对于各种景观类型相互间物质能量的流通也起着重要作用。因此,在该区域应控制人工建设,尽量保护原生植被;对区域内现有的人工建设如建塘镇北部、小中甸镇、虎跳峡镇等应注意其城区的合理扩展。在已被人工化改造的关键位置,应退耕还湿,或采取生态化工程措施,尽量恢复自然状态。中度生态安全水平生态用地面积为 5013.29 km²,占总面积 44.1%。

(3)限建区和中度生态安全水平区组成高度生态安全水平生态用地

限建区可以适当发展新的农业耕作区,面积为 4115.21 km²,占总面积 36.2%。该区可以开辟一定的草场适度发展畜牧业和养殖业,但应该采用生态的经营开发方式,注重生态承载力。同时,适当发展人工建设区,人工建设区和农业耕作区一般交错分布,二者之间联系密切,可通过改善交通条件等途径加强相互间的联系。高度生态安全水平生态用地为 9128.5 km²,占总面积 80.3%。

(4)适建区

适建区面积 2239.5 km²,占总面积 19.7%。该区域中、南部局部位于河谷边,坡度较大,水土流失的可能性较大;北部局部位于雪线以上区域,生态环境较为脆弱,环境承载力较低。在此区域内可进行一定的人工建设,但应该限制开发和建设的规模,避免布置有污染的人工建设项目,保护生态环境。

5 结论和讨论

5.1 结论

(1)香格里拉县现有的景观类型分类为温性针叶林、暖性针叶林、硬叶阔叶林、半湿润常绿阔叶林、灌草丛及草甸、水域、湿地、农地、城镇用地、冰雪地 10 个类型,其中林地和灌草丛是研究区的主导景观类型,以林地为基质景观,其它景观组分镶嵌于其中的景观格局。

(2)选择区内典型的自然保护区和风景名胜区的核心区为保护“源”,利用阻力和距离的成本加权,构建了两个因子的综合最小累积阻力面。根据最小累积阻力阈值,划分了核心区、禁建区、限建区与适建区,并建立了“源”间生态廊道及“源”与外部联系的辐射道,确定了关键的战略点。最终构建了研究区以生物多样性保护为主的景观安全格局。

(3)研究表明,最小累积阻力模型应用在香格里拉县的景观生态安全格局的分析中,可以得到比较符合实际情况的结果,但还需要做更进一步的探讨。

5.2 讨论

(1)不同的景观分类体系是否会导致不同的结论?

在不同尺度下是否应该采用不同的分类体系,不同的分类体系是否会导致不同的研究结论尚需进行进一步的探讨。

(2)阻力因子有待完善

本文仅以生物多样性为目标,只选取坡度和地表景观类型进行阻力值赋值,然后进行空间叠加,属于方法和实证的尝试。还可以将地质灾害影响范围、矿山开发影响范围等阻力因子一起考虑进去,将为县域的景观格局优化和生态环保建设等提供更为具体和实用的参考建议。

(3)综合景观安全格局的探讨

本文主要构建了以生物多样性保护为主的景观安全格局。但实际上研究区情况复杂,景观格局动态变化的驱动因子多样。如何构建其他因子为主的景观安全格局,特别是传统民族文化保护等方面的人文景观安全格局的研究尚需要进一步的探讨。

同时,如何将多个自然和人文单因子景观生态安全格局进行相互叠加,形成科学合理全面的综合景观安全格局也是下一步需要研究探讨的问题。

References:

- [1] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(1): 8-15.
- [2] Forman R T T. *Land Mosaics: The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995: 32-76.
- [3] Zhang H B, Liu L M. Main progress and prospects of land resource ecological security research. *Progress in Geography*, 2006, 25(5): 77-85.
- [4] Opdem P, Steingröver E, van Rooij S. Ecological networks; a spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75(3/4): 322-332.
- [5] Ma K M, Fu B J, Li X Y, Guan W B. The regional pattern for ecological security (RPES): the concept and theoretical basis. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 761-768.
- [6] Li X Y, Ma K M, Fu B J, Niu S K. The regional pattern for ecological security (RPES): designing principles and method. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 1055-1062.
- [7] Gong J Z, Xia B C, Chen J F, Lin M Z. Dynamic analysis of the Guangzhou landscape eco-security pattern based on 3S technology. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(9): 4323-4333.
- [8] Yu K J, Wang S S, Li D H, Li C B. The function of ecological security patterns as an urban growth framework in Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1189-1204.
- [9] Zuo W, Zhou H Z, Zhu X H, Wang Q, Wang W J, Wu X Q. Integrated evaluation of ecological security at different scales using remote sensing; a case study of Zhongxian County, the Three Gorges Area, China. *Pedosphere*, 2005, 15(4): 456-464.
- [10] Li H, Tang C. Establishment of disaster prevention and relief system in the town with mud-rock flow frequently occurring base on landscape ecological security pattern. *Urban Studies*, 2006, 13(1): 18-22.
- [11] Feng S H, Sha R. On ancient village scenery field theory and scenery safety pattern. *Geography and Geo-Information Science*, 2006, 22(5): 91-94.
- [12] Guo M, Xiao D N, Li X. Changes of landscape pattern between 1986 and 2000 in Jiuquan oasis, Heihe River basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2): 457-466.
- [13] Yu K J, Li D H, Duan T W. Landscape security approach in planning of very sensitive site and GIS application. *Journal of Chinese Landscape Architecture*, 2001, (1): 11-16.
- [14] Li H. Urban and Rural Area Landscape Ecological Planning Mode Research in Alpine Valley Area-Fugong County Middle Segment of Nu River As An Example. PhD Thesis. Kunming: Yunnan University, 2008: 47-50.
- [15] Li H, Bai Y, Li G Y, Yang S H. New approach to dynamic modeling to landscape eco-pattern changes using grey analysis and cellular automata. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(11): 6227-6238.
- [16] Yu K J, Qiao Q, Li D H, Yuan H, Wang S S. Ecological land use in three towns of eastern Beijing; a case study based on landscape security pattern analysis. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(8): 1932-1939.
- [17] Yue C R, Lu P, Zhao X W. Simulation of landuse change of Shangri-La County based on Cellular Automata. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2011, 39(4): 2380-2383.

参考文献:

- [1] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. *生态学报*, 1999, 19(1): 8-15.
- [3] 张虹波, 刘黎明. 土地资源生态安全研究进展与展望. *地理科学进展*, 2006, 25(5): 77-85.
- [5] 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 关文彬. 区域生态安全格局: 概念与理论基础. *生态学报*, 2004, 24(4): 761-768.
- [6] 黎晓亚, 马克明, 傅伯杰, 牛树奎. 区域生态安全格局: 设计原则与方法. *生态学报*, 2004, 24(5): 1055-1062.
- [7] 龚建周, 夏北成, 陈健飞, 林媚珍. 基于 3S 技术的广州市生态安全景观格局分析. *生态学报*, 2008, 28(9): 4323-4333.
- [8] 俞孔坚, 王思思, 李迪华, 李春波. 北京市生态安全格局及城市增长前景. *生态学报*, 2009, 29(3): 1189-1204.
- [10] 李晖, 唐川. 基于景观生态安全格局的泥石流多发城镇防灾、减灾体系构建——以昆明市东川区为例. *城市发展研究*, 2006, 13(1): 18-22.
- [11] 冯淑华, 沙润. 古村落场理论及景观安全格局探讨. *地理与地理信息科学*, 2006, 22(5): 91-94.
- [12] 郭明, 肖笃宁, 李新. 黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局分析. *生态学报*, 2006, 26(2): 457-466.
- [13] 俞孔坚, 李迪华, 段铁武. 敏感地段的景观安全格局设计及地理信息系统应用——以北京香山滑雪场为例. *中国园林*, 2001, (1): 11-16.
- [14] 李晖. 高山峡谷区城乡景观生态规划模式研究——以怒江流域中段福贡县为例. 博士论文. 昆明: 云南大学, 2008: 47-50.
- [15] 李晖, 白杨, 李国彦, 杨树华. 集成灰色分析和元胞自动机用于景观动态模拟. *生态学报*, 2009, 29(11): 6227-6238.
- [16] 俞孔坚, 乔青, 李迪华, 袁弘, 王思思. 基于景观安全格局分析的生态用地研究——以北京市东三乡为例. *应用生态学报*, 2009, 20(8): 1932-1939.
- [17] 岳彩荣, 卢鹏, 赵宪文. 基于 CA 模型的香格里拉县土地利用变化模拟. *安徽农业科学*, 2011, 39(4): 2380-2383.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 20 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port	
.....	WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)
Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer	
.....	FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)
Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (<i>Rhinopithecus bieti</i>) using landscape genetics	
.....	XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)
Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain	LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)
Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu	
.....	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)
Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China	
.....	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)
Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: a case study of Jiansanjiang land reclamation area ...	
.....	LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)
Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern	
.....	LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)
Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province	
.....	ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)
Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China	
.....	HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)
Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau	
.....	LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)
Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts	LAN Wenlu (5970)
Response of radial growth Chinese pine (<i>Pinus tabulaeformis</i>) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province	
.....	PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)
Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China	
.....	GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)
Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute	WANG Yating, FAN Lianlian (5992)
Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant	
<i>Thuja sutchuenensis</i>	LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)
Effects of shading on growth and quality of triennial <i>Clematis manshurica</i> Rupr.	
.....	HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)
Allelopathic effect of extracts from <i>Artemisia sacrorum</i> leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu	
Mountain	WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)
Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China	
.....	WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)
Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of <i>Stipa</i> L. in alpine grassland in northern Tibet in China	
.....	CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)
Water consumption and annual variation of transpiration in mature <i>Acacia mangium</i> Plantation	
.....	ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)
Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i> , to different light environments in the	
field	DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land: determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiye, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu: a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks: the case of Huaibei City	CHANG Hsiaofoei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent: a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model: a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 20 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元