

DOI: 10.5846/stxb201305241169

周锐,王新军,苏海龙,娄翼来.平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建.生态学报,2015,35(6):2003-2012.

Zhou R, Wang X J, Su H L, Lou Y L. Identification and security pattern of ecological land in Pingdingshan newly developed area. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(6):2003-2012.

平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建

周 锐^{1,2}, 王新军^{1,2}, 苏海龙^{1,2,*}, 娄翼来³

1 复旦大学城市规划与发展研究中心, 上海 200433

2 复旦大学环境科学与工程系, 上海 200433

3 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081

摘要:生态用地对城市生态安全具有重要意义,关键性生态用地的识别与安全格局的构建是实现城市精明增长和生态保护的重要途径。以河南省平顶山新区为例,结合GIS(Geographic Information System)空间技术,分析得到基于水资源安全、地质灾害规避、生物多样性保护三种单一过程的生态用地,进而综合叠加并重分类为理想型、缓冲型和底线型三类生态用地,并以底线型生态用地为源,现状土地覆被为阻力因子,应用最小累积阻力模型构建了平顶山新区生态用地的安全格局。结果表明:新区内最小生态用地,即底线型生态用地的面积为88.44 km²,占研究区总面积的29.35%;缓冲型和理想型生态用地的面积分别为22.28 km²和43.87 km²。确定了三种安全水平的生态用地范围,“源”与外部联系的辐射道、“源”间连接的生态廊道、关键的生态节点等。关键性生态用地综合安全格局的构建,旨在为研究区城市生态规划和城镇空间布局规划等提供科学参考。

关键词:生态用地;安全格局;GIS;生态底线;平顶山新区

Identification and security pattern of ecological land in Pingdingshan newly developed area

ZHOU Rui^{1,2}, WANG Xinjun^{1,2}, SU Hailong^{1,2,*}, LOU Yilai³

1 Research Center for Urban Planning and Development, Fudan University, Shanghai 200433, China

2 Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China

3 Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: Ecological services provided by natural ecosystems are essential to human survival, while the maintenance of ecosystem services is the basis for regional sustainable development. However, ecological services have not been given enough attention, particularly in recent years in China, where has an accelerated urbanization, with high intensity of human activities. These anthropologic activities have greatly altered its natural ecosystem structure, decreased its ecosystem service functions, and seriously threatened its regional ecological security and sustainable development. In this context, a term of “ecological land”, which is of great significance in safeguarding important ecological processes and providing essential ecosystem services, was proposed and gained more and more attention. We thus recognize that an identification and security pattern building of critical ecological land is a crucial way to achieve a win-win of urban ecological protection and smart growth. The research area of this paper is a newly developed area, locating in the western region of the old of Pingdingshan City, Henan Province, with a total area approximately 301.28 km². This region is rich in natural landscape resource and wildlife, with good geological conditions and relatively flat lands. As a major future urban development area in Pingdingshan City, it is necessary to build a comprehensive security pattern for ecological land, which would play a critical role in guiding

基金项目:国家自然科学基金项目(51378127,41271201)

收稿日期:2013-05-24; 网络出版日期:2014-04-25

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

<http://www.ecologica.cn>

future urban sustainable development. We firstly utilized a GIS spatial technology and local data base, to analyze three different types of ecological lands based on the single process of water resource security, geological disasters avoidance, biodiversity conservation. Then we overlaid the three different ecological lands and obtained the comprehensive ecological lands, which had been further classified to three types (ideal, buffered and minimum) on the basis of natural break clustering method. Furthermore, we selected the minimum ecological land as source and the land cover as resistance factor, and then applied the minimum cumulative resistance model to build a comprehensive security pattern of critical ecological land. Results showed that the size of minimum ecological land in the newly developed area is 88.44 km², accounting for 29.35% of the total region. The minimum ecological land is not only the core area to maintain natural ecosystem service functions, but also the base line of future urban construction and development. The size of buffered ecological land is 22.28 km², accounting for 7.39% of the total region, mainly including the tidal flat wetland, forest and grassland on the edge of the minimum ecological land. Both the minimum and buffered ecological lands, which are the key ecological lands, with important significance in maintaining key ecological processes, should be protected seriously and developed restrictedly, with an accumulative area being greater than 1/3 of the total region. The size of ideal ecological land is 43.87 km², which is the ideal pattern that maximally protects ecological infrastructures and services, under the premise of meeting the demand of future urban expanding. Furthermore, a number of strategic landscape pattern portions and positions were identified from the security pattern of critical ecological lands, including three-level ecological function zones, ecological corridors among sources, radiating routes between the source and external area, and ecologically strategic points, then the corresponding ecological protection and construction countermeasures were proposed. We believe that the comprehensive security pattern of critical ecological lands, with the advantages of high efficiency and spatial linkage, is an efficiently spatial approach to species conservation and landscape optimization. Therefore, our results could provide scientific reference for urban ecological planning and spatial layout planning for national urban development and future sustainability.

Key Words: ecological land; security pattern; GIS; ecological baseline; Pingdingshan newly developed area

自然生态系统的生态过程及其所提供的生态服务是人类赖以生存的恩惠之源,维持生态系统服务功能是实现区域可持续发展的基础^[1-2]。然而长期以来,生态系统的服务功能并未受到应有的重视,并随之产生一系列的生态问题^[3],尤其是近年来,随着我国城镇化进程的不断提速,高强度的人类活动极大地改变了自然生态系统的结构,降低了生态系统的服务功能,进而严重威胁区域生态安全与可持续发展。在此背景下,对维护城市生态安全具有重要意义的“生态用地”一词在2000年国务院发布的《全国生态环境保护纲要》中被首次提到,此后,众多学者基于不同的专业背景和研究目的,对生态用地的内涵展开大量研究^[4-6],并一致认为在未来的快速城镇化过程中,区域和城市保留必要的生态用地对于维持生态系统健康和促进人类社会可持续发展具有重要作用^[7-8]。在前人研究的基础上,本文将生态用地界定为:在不同空间尺度上,具有重要的生态系统服务功能或生态敏感性较高、生态环境较为脆弱,对维护区域关键生态过程发挥重要作用的土地单元。它承担着维护城市生态安全和健康的使命,并为社会提供必需的生态空间服务,是区域生态系统持续提供生态服务功能的基本保障^[9]。从上述定义可以看出生态用地并不是简单地提取某一类或某几类土地,而是在对土地自身的生态功能重要性、敏感性和自然属性等综合评价的基础上,强调关键生态过程的保护,进而得到的对区域生态建设有重要意义的空间单元^[10]。因此,确定区域内的生态用地,特别是维护区域生态安全的关键性生态用地的识别与保护,对城市的可持续发展具有重要的现实意义。

作为社会经济和人口规模发展到一定程度的现代城市发展的必然选择,城市新区在开发前通常具有良好的生态环境和丰富的自然景观资源。为尽可能避免老城区发展过程出现的一系列生态环境问题,在新区规划和建设前,应该优先识别和保护对维护区域生态安全具有至关重要作用的生态用地,并在此基础上构建生态安全格局,以建成自然运行过程良好的生态新区,这是实现区域可持续发展的基本保障和重要途径。本文以

河南省平顶山新区为例,基于生态需求的角度,利用 GIS 空间分析技术和景观安全格局理论方法,探索并试图回答城市新区开发和生态保护过程中的两个关键问题:一是区域中哪些生态用地是关键不可替代的,需要持续存在以维护城市生态系统的基本服务功能?二是如何构建关键性生态用地的景观安全格局,以实现城市精明增长与生态保护的双赢?

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

新区位于平顶山市老城区的西侧,总面积约 301.28 km²,截至 2010 年底,新区范围户籍人口约 50.91 万,常住人口约 36.94 万。新区行政区划涉及新城区,新华区的青石山街、湖滨路街、西高皇街、焦店镇、滢阳镇,宝丰县城及铁路街道、周庄镇、闹店镇、杨庄镇、肖旗乡,鲁山县的张良镇、辛集乡、碾子营乡、马楼乡,湛河区的姚孟街道、九里山街、北渡镇和曹镇乡。新区距郑州、洛阳、南阳等城市均在 130 km 左右,位于全省产业布局的京广产业带上。区内焦枝、孟平铁路穿境而过,宁洛、郑尧高速公路交汇,兰南高速穿过市区东部,国道 G311 和省道 S231、S236、S242、S329、S241 与城市主干道交汇。区内自然山水景观资源丰富,野生动物众多,地质条件良好,地势较为平坦、有少量的丘陵山地。作为平顶山未来城镇化建设的主战场,识别新区内关键生态用地、生态节点、生态廊道等,构建城乡土地利用的生态安全格局,对引导平顶山新区未来的城市发展和生态保护具有重要意义。

1.2 数据来源与处理

本研究所采用的数据主要包括平顶山新区的土地利用现状图(2012 年)、航空影像图(2012 年)、地形图(1:10000)、土地利用现状调研数据以及地质灾害分布和水源保护区分布图等。

首先,应用 ERDAS image9.1 遥感分析软件对地形图进行几何校正,并利用校正后的地形图及其投影信息对 2012 年的土地利用图和航空影像以及各类专题图件进行几何精校正,坐标系统采用 Transverse Mercator 投影, Krasovsky 椭球体,中央经线 111°E,均方根误差控制在 0.5 个像元内。然后,在 ArcGIS9.3 环境下对土地利用现状图和各类专题图件进行数字化,并利用航空影像对土地利用数据进行校核,进而获得研究区 2012 年矢量格式土地利用空间分布信息,土地利用分类参照全国《土地利用现状调查技术规程》,结合当地的实际情况,将研究区土地利用划分为耕地、园地、林地、草地、坑塘沟渠、河流、水库、滩涂、城镇建设用地、村庄建设用地、其他建设用地和道路用地等 12 种类型,最终建立研究区土地利用属性数据库。

1.3 研究方法

首先,基于水资源安全、生物多样性保护、地质灾害规避的单一生态过程,分析完成各单因子的极重要、中等重要、一般重要和不重要 4 个等级生态用地重要性的识别;其次,对各单因子分析结果进行综合叠加,得到理想型、缓冲型和底线型三个级别的生态用地;最后,以底线型生态用地为源,以生物保护为目标,基于最小阻力模型构建了研究区高中低三种水平生态用地安全格局。

1.3.1 基于单因子的生态用地的识别

(1) 生物多样性保护

平顶山市优越的山水自然景观环境,孕育了丰富的生境和动植物资源。但作为典型的资源型城市,平顶山市是我国人地关系作用最强烈的区域之一^[11]。近年来,城镇用地快速扩张和煤炭开发造成栖息地面积减少和生境破碎化,大型交通设施的建设切断了生物流通的廊道,使各生物栖息地相互孤立。本研究利用生境敏感性指数^[12]识别新区内的生态用地。一般而言,生态系统生物多样性服务功能高的地方都能为濒危物种提供良好生境。根据新区土地利用现状和谢高地等人^[13]制定的生物多样性服务当量,计算出林地、耕地、园地、草地和湿地等生物多样性服务价值,然后根据保护级别予以修正。生境敏感性指数计算式如下:

$$S = l \times n \times m$$

式中, S 为生境敏感性指数, l 为土地利用, n 为生物多样性服务当量, m 为保护级别修正值,其中香山、青石

山、叶营山、舒山和凤凰山等区域赋值为 1.5 ,应山和笔山风景区赋值为 1.25 ,其他区域为 1。

在计算得到研究区内任一栅格单元生境敏感性指数的基础上 ,利用 ArcGIS 的自然断裂法将 S 值划分为高度敏感、中度敏感、轻度敏感和不敏感 4 级 ,分别对应生物多样性保护用地的极重要、中等重要、一般重要和不重要分级结果。该方法利用统计学的 Jenk 最优化法得出的分界点 ,能使各级的内部方差之和最小^[14]。

(2) 水资源安全

选取地表重要水源安全、洪水调蓄区类型和洪水淹没区类型对研究区水资源安全进行综合评判。其中 ,地表水源安全是基于研究区内重要的河湖水系分布图 ,运用 ArcGIS9.3 软件中的距离分析工具获得 ;洪水调蓄区类型是基于研究区的 DEM 和土地利用数据 ,运用 ArcGIS9.3 的水文分析模块 ,对洪水地表径流过程进行模拟分析 ,确定径流汇水区 ;洪水淹没区是基于 10、20、50 年一遇洪水的淹没高程数据 ,利用 GIS 模拟得到。本文在参考相关研究成果的基础上^[3,12,15] 结合自然断裂聚类方法 ,得到地表水源安全、洪水调蓄区类型和洪水淹没区的划分标准(表 1)。由于这 3 个指标分别代表维护研究区水资源安全的某个方面 ,因此采用析取算法 ,即当 3 个指标叠加时 ,取生态用地重要性水平最高者。即生态用地 = Max(地表水源安全 ,洪水调蓄区 ,洪水淹没区)。

表 1 水资源安全重要性评价因子及其划分标准

Table 1 Evaluation factors and classification criterion of water resource security importance

因子 Factors	极重要 Very important	中等重要 Medium important	一般重要 Commonly important	不重要 Unimportant
地表水源安全 Water protection	≤50 m	50—100 m	100—150 m	≥150 m
洪水调蓄区 Flood storage area	3 级	2 级	1 级	其它区域
洪水淹没区 Flooded area	10 年一遇 洪水淹没范围	20 年一遇 洪水淹没范围	50 年一遇 洪水淹没范围	其它区域

(3) 地质灾害规避

本研究区内地质灾害类型主要为地面塌陷。相关研究表明^[15-16] ,地面塌陷主要受植被覆盖度、高程、坡度、地形起伏度及人类活动强度等因素影响。本文借鉴前人研究成果^[15-16] 中致灾因子对地质灾害的影响程度以及各因子对地质灾害的敏感性 ,分别进行赋值(表 2)。进而将地质灾害敏感性分析结果以 100、120 和 150 为分割点进行分级 ,并与区内已有的塌陷区和地质灾害易发区进行叠加 ,最终得到本研究区地质灾害安全格局下的 4 级生态用地分布图。

表 2 地质灾害的影响因子及其敏感性划分标准

Table 2 Influence factors and sensibility classification criterion of geological hazards

影响因子 Factors	敏感性赋值 Sensitivity values				权重 Weight
	200	100	50	10	
植被覆盖 Vegetation cover	≥1.5	1—1.5	0.5—1	≤0.5	0.15
高程 Elevation/m	≤100	100—115	115—135	≥135	0.2
坡度 Slope/(°)	<5	5—10	10—15	>15	0.3
地形起伏度 Topographic relief/m	0—3	3—6	6—9	>9	0.25
人类活动强度 Human activity intensity	林地(平原)、草地、滩涂、坑塘沟渠、水库、河流	耕地、园地	村庄建设用地、其他建设用地	城镇建设用地、道路、林地(山地)	0.1

1.3.2 综合生态用地的识别

由于生物多样性保护、水资源安全和地质灾害规避对于研究区同等重要 ,因此 ,本文将基于各单因子评价得到的生态用地 ,利用 GIS 栅格计算功能进行等权重综合叠加 ,并采用自然断裂法对叠加结果进行空间聚类 ,将生态用地重分类为底线生态用地、缓冲生态用地和理想生态用地 ,最终得到研究区综合生态用地重要性的空

间格局分布图。

1.3.3 生态用地安全格局的构建

(1) “源”的确定

“源”是事物或事件向外扩散的起点和基地,具有内部同质性和向四周扩张或吸引的能力。底线生态用地是生态系统最重要的源,是保护区域生态安全和景观格局完整性所需的关键区域,承担着维护生命土地的安全和健康的关键使命^[17],是社会获得持续的生态空间服务的基本保障,因此,应作为城镇发展和土地利用不可逾越的刚性生态底线限制,在未来城市规划建设中应纳入禁止建设区。因此,本文将研究区内的底线生态用地作为生态保护用地的“源”。

(2) 阻力面的建立

生态用地间的连通和联系是对空间水平方向的竞争性控制和覆盖过程,这一过程必须通过克服阻力来实现,阻力面反映了生态用地空间连通的趋势。本文采用最小累积阻力模型(Minimum Cumulative Resistance,简称MCR)来建立生态用地间景观流的空间运动阻力面。该模型考虑3个方面的因素,即源、距离和景观介面特征,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GIS中常用的费用距离修改而来^[18-19]。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是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。模型计算主要利用Arcgis9.3软件的空间分析模块完成。

(3) 生态用地安全格局的建立

除了已确定的源之外,安全格局的其他组成部分可以根据阻力面的空间特征来判别,包括^[20]:

缓冲区 本文基于最小累积阻力值与面积关系曲线,以阻力阈值作为分级边界,获得不同安全水平的生态用地格局。

“源”间廊道 “源”间廊道就是各“源”间的低累积阻力谷线,是相邻两“源”间最容易联系的低阻力生态通道。根据安全水平的不同,“源”间生态廊道可以有一条或多条,它们是“源”间生态流的高效通道和联系路径^[19-21]。

辐射道 基于阻力面还可以识别以“源”为中心向外辐射的低阻力谷线,它们是生态流向外扩散的低阻力通道。物种运动是能动的对景观的利用和控制过程,而不是被动的保护对象。这对保护对象的未来发展和自身进化具有关键作用。

战略点 指对“源”间相互联系具有关键意义的生态节点,从MCR阻力面上反映出来的是以相邻“源”为中心的等阻力线的相切点,它对控制生态流等具有至关重要的意义。战略点的建设将有效提高区域内生态用地网络的景观连通度,对维持生态功能可持续发展有重要的作用。

2 结果与分析

2.1 基于单因子和多因子综合评价的生态用地分析

基于上述建立的生态用地评价指标和分析方法,对研究区生态用地进行单因子和综合计算识别,空间分布和统计结果详见图1和表3。

基于地质灾害规避因子的识别结果表明,极重要生态用地的面积为21.28 km²,占研究区总面积的7.07%,主要位于地势较高、坡度较大的区域,这些区域是山体滑坡和崩塌等地质灾害相对易发的地区,因此,不适宜工程建设开发,而应采取生态治理和生态景观建设相结合的措施加以严格保护。中等重要生态用地的

面积为 22.23 km² ,占新区总面积的 7.38% ,这些区域坡度大多介于 10—15° 植被覆盖度相对较低 ,是防治水土流失的重要区域 ,因此 ,这一区域应加强生态建设与修复 ,恢复自然生态系统的原貌 ,减少城镇开发建设。

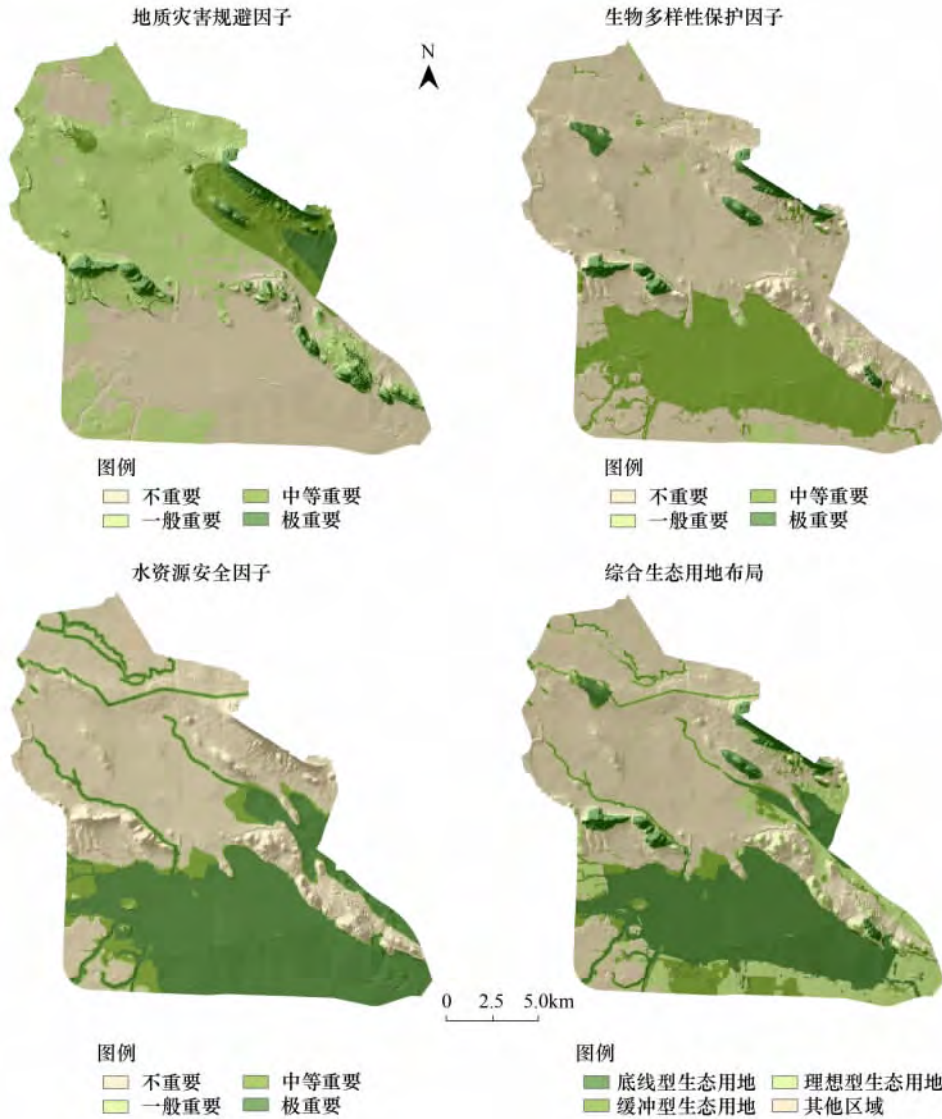


图 1 单因子生态用地重要性等级与综合生态用地类型空间分布

Fig.1 Spatial distribution of different ecological land importance class and comprehensive ecological land

在基于生物多样性保护的生态用地识别方面 ,极重要生态用地的面积为 11 km² ,占新区总面积的 3.65% ,主要位于香山、舒山和应山等风景区或生态旅游度假区 ,这些区域森林茂密 ,野生动植物种类繁多 ,应加以严格保护。中等重要生态用地的面积较大 ,为 81.22 km² ,占全区总面积的 26.96% ,主要包括白龟湖和白龟山湿地自然保护区等 ,其内部生物物种丰富 ,该区域对涵养水源、保护湿地生态系统和生物多样性具有重要意义。极重要和中等重要生态用地是维护平顶山新区生态多样性的重要区域 ,对这些区域内的森林和水体应严格保护 ,加强生态建设力度 ,以便为更多的物种提供繁衍生息的场所。

基于水资源安全因子的生态用地分析表明 ,极重要生态用地的面积为 112.41 km² ,占新区总面积的 37.31% ,主要包括应河、白龟山水库等重要地表水源涵养区以及 10 年一遇洪水淹没区和汇流面积较大的泄洪区 ,这些区域对维护新区的水资源综合安全具有重要作用 ,因此 ,应加以严格保护 ,禁止工程开发建设活动。中等重要生态用地的面积为 21.55 km² ,占全区总面积的 7.15% ,主要分布在极重要生态用地的外围 ,这些区域对水源涵养和洪水调蓄也有一定的意义 ,因此 ,应避免高强度的城市开发活动。

从图 1 和表 3 可以看出,底线型生态用地的面积为 88.44 km^2 ,占研究区总面积的 29.35% 。底线型生态用地是平顶山新区生态基础设施的核心区域,是保障自然生态系统服务功能所需的最小生态用地,也是城市未来开发建设不可逾越的底线。缓冲型生态用地面积为 22.28 km^2 ,占新区总面积的 7.39% ,主要为分布在底线生态用地周围的滩涂湿地、林地和草地等。底线型和缓冲型生态用地是新区内的关键性生态用地,二者面积比例之和超过区域的 $1/3$,它们对维护新区内关键生态过程具有重要意义,需加以重点保护,限制开发建设。理想型生态用地面积为 43.87 km^2 ,占新区总面积的 14.56% ,主要分布在底线型和缓冲型生态用地的外围一定的缓冲距离内,是维护区域生态安全的理想的生态用地布局,在满足建设用地需求的前提下,可最大限度的保护生态基础设施和提供生态服务。

表 3 单因子生态用地和综合生态用地的分析结果

Table 3 Identifying results of different ecological land

因子 Factors	重要性分级 Importance classification	面积/(km^2) Area	百分比/% Percent
地质灾害规避 Geological disasters avoidance	极重要	21.28	7.06
	中等重要	22.23	7.38
	一般重要	131.32	43.59
	不重要	126.44	41.97
生物多样性保护 Biodiversity conservation	极重要	11.00	3.65
	中等重要	81.22	26.96
	一般重要	5.85	1.94
	不重要	203.21	67.45
水资源安全 Water resource security	极重要	112.41	37.31
	中等重要	21.55	7.15
	一般重要	8.63	2.86
	不重要	158.69	52.67
综合评价 Comprehensive assessment	底线型	88.44	29.35
	缓冲型	22.28	7.39
	理想型	43.87	14.56
	其他区域	146.69	48.70

2.2 生态用地安全格局分析

2.2.1 “源”的选取

本研究将上述综合分析结果中的面积大于 1.5 km^2 的底线型生态用地作为“源”,主要包括白龟山水库、香山、应山等自然山体和风景区。面积约为 85.42 km^2 ,占研究区总面积的 28.35% 。这些区域作为城市生态安全的基本保障,是城市扩张的生态底线,应严禁开发建设,并纳入城市禁止建设区范围。

2.2.2 阻力面分析

相关研究表明^[20, 22-23],生态流的水平空间运动主要受土地覆被类型的影响,土地覆被类型与“源”中景观特征越接近,其对生态流的阻力就越小;而受人类干扰较大的覆被类型,其对“源”内生态流的阻力就越大。因此,本文以保护“源”内生物多样性和挖掘潜在的生态基础设施为目标,以土地覆被类型作为阻力因子,根据研究区内土地利用方式受人类干扰的强度,采用专家打分确定各景观类型的相对阻力系数值(表 4),并基于最小阻力模型建立阻力面(图 2)。图 2 显示,由“源”向外,最小累积阻力逐渐增大,并在建设用地所在区域形成阻力高峰。

2.2.3 生态用地的安全格局分析

“源”间廊道 基于上述分析得到的阻力面,利用 ArcGIS9.3 的空间分析工具,得到任意两“源”间的生态廊道,他们是“源”间生态流交换和流转的最佳途径。从图 3 可以看出,生态廊道并不是“源”间最短路径,而

是加权费用相对最小的路径,且连接各“源”形成环状廊道布局。

表 4 物种空间运动的阻力因子与阻力系数

Table 4 Spatial movement resistance factors and resistance coefficients of species

土地覆盖类型 Land cover types	阻力系数 Resistance value	土地覆盖类型 Land cover types	阻力系数 Resistance value
林地 Forest land	1	河流、滩涂、水库	5
坑塘沟渠 Pond and ditch	10	草地	30
耕地 Cultivated land	50	园地	100
村庄建设用地、其他建设用地 Rural and other construction land	400	城镇建设用地、道路	500

辐射道 从图 3 可以看出,辐射道形同树枝状分布,他们是生态流向外扩散的最优路径,是物种以“源”为基地向外界扩散的低阻力通道。

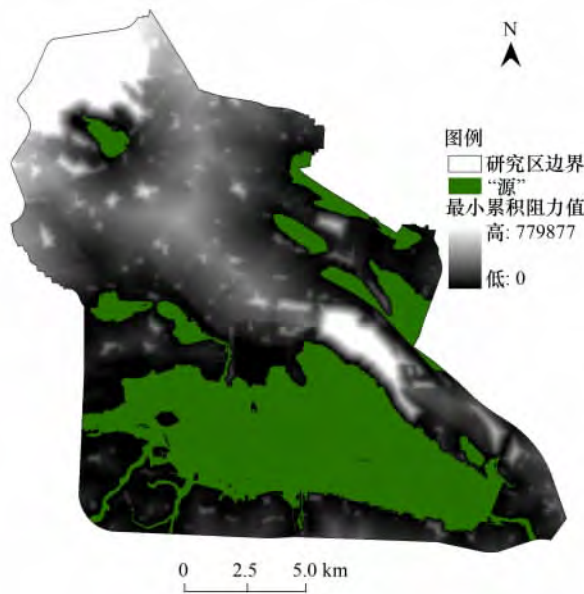


图 2 生态流的阻力面

Fig. 2 Resistance surface of ecological flow



图 3 生态用地综合安全格局

Fig. 3 Security pattern of critically ecological land

廊道和辐射道为“源”间连接和生态流扩散的线状或带状的关键性通道,主要由各级河流廊道和道路绿道等生态要素构成,并形成以“源”间廊道为主干、辐射道为树状分枝的网状布局,以增加各生态用地斑块间功能和空间上的连接度、提高生态系统的稳定性和整体性。

战略点 本研究中的战略点为鞍部战略点,即相邻源为中心的等阻力线的相切点,起到源间“跳板”的作用。主要包括生态廊道的交汇处、生态廊道与道路的交叉点、道路间的交叉点等,它们是物种迁徙的踏脚石,应纳入城市的禁限建区。加强这些区域的生态保护与建设,对提高区域生态系统结构与功能的完整性和连通性具有至关重要的作用。

缓冲区 根据生态用地间生态流的阻力面,利用阻力阈值,即最小累积阻力值与面积曲线的突变点,得到不同安全水平的缓冲区(图 3)。当生态流通过这些突变点时,阻力值将发生急剧性变化,这意味着各类缓冲区范围到达一定边界后,所增加的面积的可利用性及其生态意义将骤然下降,因而阻力阈值可作为缓冲区划分的依据。缓冲区分布在“源”的外围,主要包括河湖滨水区湿地、自然保护区、低山区或平原地带的林地、草地和农田等。“源”与低安全水平的生态用地可看作研究区的禁建区,面积为 110.89 km²,占新区总面积的 36.81%,本区内的土地利用应以严格的生态保护为主,原则上严禁任何形式的开发建设活动,维持原生植被。

中安全水平和高安全水平的生态用地可看作研究区的限制建设区,面积共计为 76.28 km²,占新区总面积的 25.32%,本区作为潜在的生态基础设施培育区,应以自然生态系统为主,严格控制城市开发对生态用地的干扰程度,同时加强生态基础设施建设,并积极对已被破坏或强度人工化的关键区域进行生态修复,以保证生态系统结构的完整性。

将上述分析得到的“源”、缓冲区、生态廊道、辐射道和战略点组合在一起,就构成了平顶山新区生态用地的高中低三种水平的综合安全格局(图 3)。这些安全格局组分将对新区内生态流起着潜在的决定性影响。生态用地安全格局的构建,有助于科学引导人类的开发建设活动,加强对关键的生态敏感地段进行重点保护和生态建设,进而为城市生态规划和城市空间布局提供科学参考,实现城市精明增长与生态保护的双赢。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1) 本研究基于水资源安全、地质灾害规避、生物多样性保护分析得到各单一生态过程的生态用地,进而得到平顶山新区生态用地的综合评价结果,并将综合生态用地划分为底线型、缓冲型和理想型 3 种。其中作为生态基础设施的核心区域,保障研究区基本生态安全所需的最小生态用地,即底线型生态用地的面积为 88.44 km²,占研究区总面积的 29.35%。

(2) 通过景观改变来控制生态过程的可行途径,是判别和设计某种潜在和高效的景观格局^[20]。本文以底线型生态用地为“源”,基于最小阻力模型构建了关键性生态用地的综合安全格局,确定了不同安全水平的生态用地范围,明确了“源”间的生态廊道、关键的生态节点以及“源”与外部联系的辐射道等要素的空间分布情况,并提出相应的生态保护和建设对策。生态用地安全格局对维护或控制多种生态过程具有主动高效和空间联系的优势,因此是物种保护和景观优化调控的相对高效的空间途径。

3.2 讨论

(1) 随着城镇化进程的不断提速,城镇扩张对维护区域生态系统安全的生态用地的干扰将日益增大。但导致安全格局组分部分或全部破坏的城镇开发对于城市生态安全来说是不能接受的,否则将造成区域生态过程的急剧恶化^[24]。生态用地安全格局的构建作为城市生态规划的基础工作,对指导城镇建设空间布局、土地的生态管理以及重点地区的生态恢复和生态建设具有重要作用,并可为城市总体规划、土地利用规划、城市生态规划专题研究提供科学参考。

(2) 本文在生态用地识别方面,仅选取水资源、地质灾害、生物多样性 3 个重要的生态过程,出于对研究尺度和新区建设用地需求等方面的考虑,故没有将气候调节、基本农田等因素纳入识别体系。生态用地的综合识别应尽可能强调因子的全面性和综合性,而应因地制宜地选择关键因子的生态过程。此外,各单一生态过程的影响因子体系与生态流阻力因子的选择与赋值,主要是借鉴前人成果和专家打分的方式获得,都有待完善和深入研究。

参考文献(References):

- [1] Costanza R, Daily H E. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 1992, 6(1): 37-46.
- [2] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, 1999, 19(5): 607-613.
- [3] 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.
- [4] 张红旗,王立新,贾宝全. 西北干旱区生态用地概念及其功能分类研究. *中国生态农业学报*, 2004, 12(2): 5-8.
- [5] 苏伟忠,杨桂山,甄峰. 长江三角洲生态用地破碎度及其城市化关联. *地理学报*, 2007, 62(12): 1309-1317.
- [6] 李锋,叶亚平,宋博文,王如松. 城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例. *生态学报*, 2011, 31(19): 5623-5631.
- [7] 张林波,李伟涛,王维,熊严军. 基于 GIS 的城市最小生态用地空间分析模型研究——以深圳市为例. *自然资源学报*, 2008, 23(1): 69-78.

- [8] 邓小文,孙贻超,韩士杰. 城市生态用地分类及其规划的一般原则. 应用生态学报,2005,16(10): 2003-2006.
- [9] 谢花林,李秀彬. 基于 GIS 的区域关键性生态用地空间结构识别方法探讨. 资源科学,2011,33(1): 112-119.
- [10] 荣冰凌,李栋,谢映霞. 中小尺度生态用地规划方法. 生态学报,2011,31(18): 5351-5357.
- [11] 马文明,卞正富. 基于 RS 的平顶山市土地利用动态变化研究. 测绘科学,2007,32(6): 176-178,98-98.
- [12] 颜磊,许学工,谢正磊,李海龙. 北京市域生态敏感性综合评价. 生态学报,2009,29(6): 3117-3125.
- [13] 谢高地,鲁春霞,冷允法,郑度,李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报,2003,18(2): 189-196.
- [14] McCoy J, Johnston K. Using ArcGIS spatial analyst. Redlands: ESRI Press, 2001.
- [15] 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远景. 生态学报,2009,29(3): 1189-1204.
- [16] 苏泳娴,张虹鸥,陈修治,黄光庆,叶玉瑶,吴旗韬,黄宁生,匡耀求. 佛山市高明区生态安全格局和建设用地扩展预案. 生态学报,2013,33(5): 1524-1534.
- [17] 俞孔坚,李迪华,刘海龙,程进. 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. 城市规划,2005,29(9): 76-80.
- [18] Knaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning. Landscape and Urban Planning, 1992, 23(1): 1-16.
- [19] Yu K J. Security patterns and surface model in landscape ecological planning. Landscape and Urban Planning, 1996, 36(1): 1-17.
- [20] 俞孔坚,李迪华,段铁武. 生物多样性保护的景观规划途径. 生物多样性,1998,6(3): 205-212.
- [21] 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.
- [22] Selman P H, Doar N R. A landscape ecological approach to countryside planning. Planning Outlook, 1991, 34(2): 83-88.
- [23] 胡望舒,王思思,李迪华. 基于焦点物种的北京市生物保护安全格局规划. 生态学报,2010,30(16): 4266-4276.
- [24] 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.