

# 国土空间背景下的朝阳市生态安全格局规划

付士磊,罗重骥

(沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁 沈阳 110168)

**摘要:**构建生态安全格局可为国土空间规划提供全域生态问题分析和解决对策,弥补现有国土空间生态规划的不足。以朝阳市为例,在国土空间规划的大背景下,基于景观联通性理论、最小累计阻力模型及电路理论等相关理论模型提取生态源地、生态阻力面、生态廊道和生态夹点,构建了朝阳市“一轴两带、东西两屏、五心多点”总体生态安全格局。通过对朝阳市生态安全格局的构建,体现了山水林田湖草生命共同体思想,突出了不同生态要素之间的联系,为同类城市的国土空间规划提供了支撑。

**关键词:**生态安全格局;国土空间;生态规划;朝阳市

**中图分类号:**TU98

**文献标志码:**A

**引用格式:**付士磊,罗重骥.国土空间背景下的朝阳市生态安全格局规划[J].沈阳建筑大学学报(社会科学版),2024,26(2):179-184.

作为发展中国家,中国正面临着严峻的挑战,这些挑战包括人口结构压力、资源枯竭和环境问题等,这些问题涵盖了环境污染、资源短缺、水土流失、荒漠化、生态系统退化以及生物多样性急剧减少等方面,生态安全问题已经成为制约中国可持续发展的主要因素之一<sup>[1]</sup>。

构建生态安全格局是维护生态安全的有效途径<sup>[2]</sup>。为了阻止城市的无序蔓延和生态环境被破坏,西方学者相继提出了城市增长边界、生态网络、绿色基础设施等相关概念。1995年,福尔曼和戈德伦在《土地镶嵌:景观与区域生态学》一书中提出了以“斑块—廊道—基质”解释景观结构的基本模式<sup>[3]</sup>。这些概念和模式为中国生态安全格局理论的出现、深化及实践应用提供了重要理论支撑。目前,关于生态安全格局的研究

已经建立了一种较为成熟的研究模式,即“识别生态源地—构建阻力面—提取廊道及夹点”<sup>[4]</sup>。与以往的生态修复研究相比,构建生态安全格局能提升保护修复区域的完整性与连通性,能更有针对性地服务于生态保护修复工作。马剑等<sup>[5]</sup>以长春市九台区作为研究对象,采用了生态服务功能重要性评价、最小累计阻力模型以及电路理论的方法,来确定生态源地、生态廊道和生态夹点,从而构建了九台区的生态格局。张海铃等<sup>[6]</sup>以环鄱阳湖城市群为研究案例,通过对生态服务功能的重要性和生态敏感性进行评价,确定了生态源地。同时,运用最小累计阻力模型并结合电路理论提取了生态廊道,最后基于“点—线—网”模式构建了环鄱阳湖城市群的生态安全格局。

生态安全格局的建立对维护或控制城市

建设具有重要作用,安全格局是由土地生态过程和环境承载能力所界定的,涉及城市建设的全过程<sup>[7]</sup>。然而,目前的生态安全格局构建主要基于湿地、森林或草地等单因子要素的层次分析和适宜性分析,缺乏完整性和系统性。而未来的生态安全格局构建强调生态要素的整体性与协调性。近年来,国家对环境保护非常重视,提出了“山水林田湖草是一个生命共同体”的理念,该理念强调,为了保护和修复国土空间,需要进行全域、全要素、全过程的综合管理和系统治理<sup>[8]</sup>。可以看出,生态安全格局与国土空间的保护和修复格局在系统性理念方面是一致的<sup>[9]</sup>。笔者以辽宁省朝阳市为例,基于生态安全格局开展相关研究,以期对辽宁省西部地区的国土空间生态规划提供理论基础和技术支撑。

## 一、研究区概况与数据来源

### 1. 研究区概况

朝阳市位于辽宁省西部,辖区包括双塔区、龙城区两个城区,朝阳县、建平县、喀喇沁左翼蒙古族自治县3个县以及北票市和凌源市两个县级市。朝阳市背靠内蒙古腹地,面向沿海,具有优越的地理位置,城市山水林田湖草形态多样,生态本底较好,适宜开展生态安全格局研究(见图1)。



图1 研究区示意图

### 2. 数据来源与预处理

研究中的土地利用数据选自朝阳市自然资

源局第三次国土调查的数据,包括旱地、水田、水浇地、乔木林地、灌木林地、其他林地等38个用地类型。数字高程模型中的数据采用美国国家航天航空局 ASTER GDEM 30M 产品,其空间分辨率为30 m。归一化植被指数的数据则来源于中国月度归一化植被指数空间分布数据集,该数据集由资源环境科学数据注册与出版系统提供。上述数据经过正轴等积双标准纬线割圆锥投影,栅格空间分辨率为30 m。

## 二、研究方法

### 1. 生态源地识别方法

生态源地是指在生物种群扩散、生态能量流动和传递中具有重要意义的地区,同时也是确保区域生态安全和可持续发展的核心区域。笔者通过综合利用景观连通性评价和生境质量评价两种方法,结合自然保护地图斑的信息来确定生态源地的位置和重要程度。这种策略可为构建和管理生态安全格局提供关键数据支持,通过将景观连通性、生境质量评价与自然保护地图斑相结合,提取出朝阳市生态源地数据。

景观连通性是对景观空间结构单元之间连续性的度量。景观连通性越好,生态过程及能量流动就越流畅,也更有利于维护区域生物多样性。研究采用 Conefor Inputs 10 来计算景观连通性,并运用可能连通性指数和整体连通性指数对研究区进行景观连通性评价,以生成景观连通性分析图。

“生境质量”是指生态系统具备的维持物种生存和繁衍所需条件的潜在能力,其质量可从外界的威胁强度和生态系统类型受威胁而产生的本能敏感性两方面来进行评价<sup>[10]</sup>。InVEST 模型是在生境质量评价中被广泛应用的模型,在这一模型中,通常会将建设用地、未利用地和耕地等不同地类视为潜在的威胁源,利用该模型可以对生境质量进行评估和量化,并提供关于生境质量的空间分布信息,有助于了解不同地区的生境质量状况。

在完成上述步骤后,将景观连通性分析图和生境质量分析图按照权重进行栅格叠

加。根据自然间断点法,将生态源地的重要性分为5个级别。在数据筛选过程中,选择面积大于1 km<sup>2</sup>的斑块作为生态源地的候选区域。同时,将已被政府依法划定的自然保护区、湿地公园、森林公园等区域直接纳入生态源地范畴,再将这两种类型的图斑进行叠加得到朝阳市的生态源地。

2. 生态阻力面设置方法

最小累计阻力模型由荷兰学者纳彭提出,最初始于对物种扩散的研究<sup>[11]</sup>。在空间中,生态要素、功能和过程的流动和传递都受到一定的阻力,这些阻力受到自然环境的影响。基于这一原理构建的生态阻力面和生态廊道不仅更加合理,也更贴近实际。笔者结合朝阳市的实际情况,参考陈昕等<sup>[12]</sup>、方莹等<sup>[13]</sup>的研究成果,选择土地利用类型、景观连通性、生态敏感性、生态功能重要性和植被覆盖度等因素作为主要的阻力因子,并对其进行分级赋值。同时,通过层次分析法分析了各阻力因子对研究区域的影响强度,并确定了其影响权重,各项参数设置如表1所示。

表1 生态连通性阻力因子及权重

阻力因子	权重	分级/分类	阻力系数
土地利用类型	0.5	水体	1
		乔木林地	1
		灌木林地	10
		其他林地	10
		草地	20
		耕地	30
		建设用地	90
		未利用地	100
景观连通性	0.2	极高	10
		较高	30
		一般	60
		较低	90
生态敏感性	0.1	极敏感	10
		高敏感	30
		一般敏感	60
		低敏感	90
生态功能重要性	0.1	极重要	10
		较重要	30
		一般重要	60
		不重要	90
植被覆盖度	0.1	极高	10
		较高	30
		一般	60
		较低	90

在 ArcGIS 中运用最小累计阻力模型进行研究区域生态阻力面构建,最小累计阻力模型是研究从生态源地到目的地所消耗的代价和成本,具体公式为

$$L_{mcr} = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i)$$
 (1)

式中: $L_{mcr}$ 为最小累计阻力值,即从生态源地到区域某点的最小累计阻力; $f_{\min}$ 为最小累计阻力与生态过程之间的正相关函数; $D_{ij}$ 为从生态源地*j*到某个景观单元*i*的空间距离; $R_i$ 为区域内某个景观单元*i*对于物种扩散过程的阻力系数。式(1)用来计算生态源地到各个景观单元的最小累计阻力,这有助于确定生态廊道的位置和价值。

3. 生态廊道提取方法

生态廊道是一种特定的生态系统空间布局,通常呈线性或带状分布,其主要功能在于连接分散分布的生态区块,促进不同地区的物种扩散、迁移和基因交换<sup>[14]</sup>。生态廊道在生态保护方面具有重要意义,有助于维持和促进生物多样性,能够提高分散的栖息地的生态质量,进而保护生态系统的完整性<sup>[15]</sup>。电路理论将生态系统与电路中的电阻、电流等物理概念联系起来,赋予不同的生态含义。通过生态源地之间的电流强度来反映生态源地与生态廊道之间的相对重要性,电路理论有助于识别生物物种或基因在景观中的移动路径<sup>[16]</sup>。

笔者基于最小累计阻力模型和电路理论,使用 ArcGIS 中的 Linkage Mapper 构建出朝阳市生态廊道,以期为国内同类城市的空间规划提供参考。

4. 生态夹点判识方法

生态夹点是确保不同生态源地之间连通性的关键节点,在维持生态系统完整性方面起到了不可或缺的作用。生物在迁徙过程中很大程度上会选择从生态夹点所在区域经过,如果这个区域被破坏会对整个生态系统和生物多样性产生较大影响。所以,生态夹点具有不可替代性,需要进行严格筛选。研究运用 Linkage Mapper 中的 Circuitscape 来完成朝阳市生态夹点的提取。



三、生态安全格局构建过程及结果分析

1. 生态源地识别

研究基于景观连通性评价结合生境质量评价结果,在剔除破碎斑块及重叠斑块后,筛选出的生态源地总面积为2 531. 10 km<sup>2</sup>,生态源地类别、名称及面积如表2所示。研究区域中包括自然保护地类型的生态源地11处,其中,国家级自然保护区5处,省级自然保护区6处,保护区面积共计为1 442. 84 km<sup>2</sup>。通过景观连通性分析与生境质量分析得到的生态源地以林地图斑为主,去除自然保护地类型中生态源地所包含的林地和草地图斑,其余生态源地主要分布在朝阳市的西南部及东部山区,面积为1 088. 26 km<sup>2</sup>(见图2)。

表2 生态源地的类别、名称及面积

类别	名称	面积/km <sup>2</sup>
国家级自然保护区	青龙河国家级自然保护区	120. 45
	楼子山国家级自然保护区	111. 50
	北票乌化石国家级自然保护区	46. 30
	努鲁尔虎山国家级自然保护区	167. 06
	大黑山国家级自然保护区	139. 48
省级自然保护区	青龙河源省级自然保护区	575. 74
	天秀山省级自然保护区	24. 25
	老虎洞山省级自然保护区	107. 09
	清风岭省级自然保护区	90. 10
	小凌河中华鳖省级自然保护区	4. 84
	椴木头沟省级自然保护区	56. 03
评价图斑	林地图斑类型生态源地	847. 13
	草地图斑类型生态源地	241. 13



图2 朝阳市生态源地的分布

2. 生态阻力面

研究依据土地利用类型、景观连通性、生态敏感性、生态功能重要性和植被覆盖度等因子进行阻力面分析,朝阳市阻力面较高的区域主要集中在城市的北部和中部地区,该区域土地利用类型主要为农田和建设用地,由于人类活动较为集中,导致自然生态退化严重,区域所面临的生态阻力较大。朝阳市西南部和东部地区自然基底良好,自然生态廊道衔接充分,该区域生态阻力较小(见图3)。

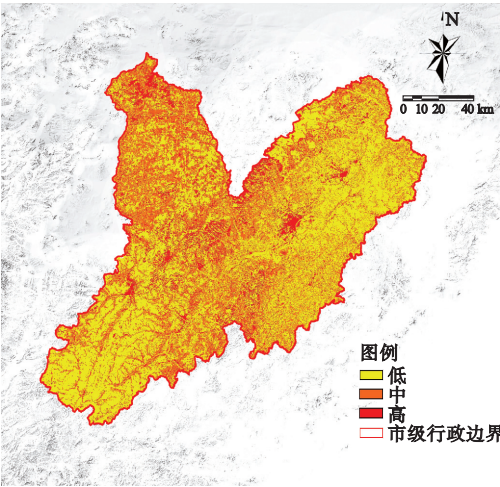


图3 朝阳市生态阻力面

3. 生态廊道与生态夹点

在生态源地识别的基础上叠加生态阻力面,利用最小阻力模型并结合电路理论来识别生态廊道。研究区生态源地联系密切,整体上呈网状分布,经过筛选共有31条生态廊道,其中,一级生态廊道6条、二级生态廊道8条、三级生态廊道17条,生态廊道多数分布于朝阳市中部、西南部及东部,变化趋势呈中部向外扩散且逐渐减少,主要原因是生态源地和阻力面分布不均,中部、西南部及东部生态源地分布较广,且该区域阻力面较小,使朝阳市生态廊道呈现中部、西南部和东部多于西北的情况。基于生态廊道提取结果,综合利用 Pinch Point Mapper 计算得到13个生态夹点,这些夹点主要分布在朝阳市的中部地区(见图4)。

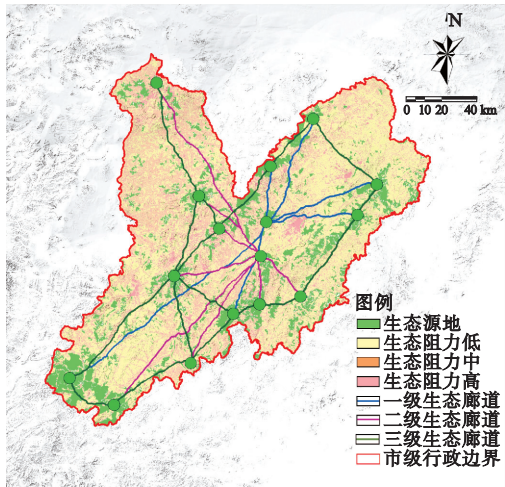


图 4 朝阳市生态廊道的分布

4. 总体生态安全格局

研究通过对朝阳市现有的生态源地进行识别,对生态阻力面进行构建以及对生态廊道和生态夹点进行提取等,明晰了山水林田湖草的空间分布,最终提出朝阳市“一轴两带、东西两屏、五心多点”的总体生态安全格局(见图 5)。“一轴”指辽西北生态轴(落实辽宁省国土空间规划);“两带”指大凌河水系带、南北生态治理带;“东西两屏”指依托青龙河自然保护区和老哈河流域打造东西两个重要的生态屏障;“五心”包括大黑山国家级自然保护区、努鲁尔虎山国家级自然保护区、青龙河国家级自然保护区、楼子山国家级自然保护区、北票鸟化石国家级自然保护区;“多点”即研究区域内各个省级自然保护区。



图 5 朝阳市总体生态安全格局

四、结 语

研究以朝阳市为例,以生态安全格局构建方法为基础,结合山水林田湖草生命共同体理念,提取得到研究区内生态源地总面积 2 531. 10 km<sup>2</sup>,以国家级和省级自然保护区为代表,构建了关键生态廊道 31 条,同时围绕辽西北生态轴、大凌河水系带和南北生态治理带开展研究;提取得到生态夹点 13 处,主要分布于青龙河自然保护区和老哈河流域。最终得到国土空间背景下朝阳市“一轴两带、东西两屏、五心多点”总体生态安全格局。未来朝阳市应在总体生态安全格局框架下,基于整体性和系统性开展大凌河流域水土流失防治及水环境修复、北票市矿山生态修复、青龙河及老哈河流域生物多样性保护等工作。这些举措将进一步改善朝阳市的生态系统,提升该地区的资源环境承载能力,保障辽西北地区的生态安全。

在研究方法方面,未来可进一步对自然保护区进行分类筛选,同时考虑其他生态因素和指标,结合生态服务价值评估和生境质量评价等方法,确保生态源地的选择更加客观、全面;在阻力面构建方面,可通过构建模型来计算隐性阻力面,进而更准确地分析朝阳市生态阻力情况,为生态安全格局的构建提供可靠依据;在生态廊道构建和生态夹点提取方面,应更多地考虑朝阳市西北部地区,通过建设人工廊道,满足该地区物种扩散迁移和物质能量交换的需求,以使朝阳市生态廊道构建更加完善,进一步增强生态系统的连通性,提升生态安全格局效益。

参考文献:

[1] 涂婧林,侯东瑞,陈弋冉,等. 国土空间生态修复关键区域系统识别与修复:以武汉市蔡甸区为例[J]. 华中农业大学学报(自然科学版),2022,41(3):47-55.

[2] 欧定华,夏建国,张莉,等. 区域生态安全格局规划研究进展及规划技术流程探讨[J]. 生态环境学报,2015,24(1):163-173.

[3] FORMAN R T. Land mosaics: the ecology of

landscapes and regions [ M ]. Cambridge : Cambridge university press, 2014.

[ 4 ] 袁媛,白中科,师学义,等. 基于生态安全格局的国土空间生态保护修复优先区确定:以河北省遵化市为例[ J ]. 生态学杂志, 2022, 41 ( 4 ): 750 – 759.

[ 5 ] 马剑,李淑杰,高振君,等. 基于生态安全格局的国土生态保护修复重点区域研究:以长春市九台区为例[ J ]. 中国矿业, 2023, 32 ( 3 ): 55 – 59.

[ 6 ] 张海铃,叶长盛,胡梦姗. 基于生态安全格局的环鄱阳湖城市群生态修复关键区域识别及修复策略[ J ]. 水土保持研究, 2023, 30 ( 2 ): 393 – 402.

[ 7 ] 石铁矛,王福刚,张明. Arcgis 空间技术在南充市生态安全格局建立中的应用[ J ]. 沈阳建筑大学学报 ( 社会科学版 ), 2011, 13 ( 1 ): 14 – 17.

[ 8 ] 黄丽萍,向芳芳,陈荣清. 基于生态安全格局的县域国土空间生态保护修复关键区域识别:以抚州市宜黄县为例[ J ]. 环境工程技术学报, 2023, 13 ( 4 ): 1334 – 1344.

[ 9 ] 冯琰玮,甄江红,田桐羽. 基于生态安全格局的国土空间保护修复优化:以内蒙古呼包鄂地区为例[ J ]. 自然资源学报, 2022, 37 ( 11 ):

2915 – 2929.

[ 10 ] 姚云长. 基于 InVEST 模型的三江平原生境质量评价与动态分析[ D ]. 长春:中国科学院大学(中国科学院东北地理与农业生态研究所), 2017.

[ 11 ] KNAAPEN J P, SCHEFFER M, HARMS B. Estimating habitat isolation in landscape planning [ J ]. Landscape and urban planning, 1992, 23 ( 1 ): 1 – 16.

[ 12 ] 陈昕,彭建,刘焱序,等. 基于“重要性 – 敏感性 – 连通性”框架的云浮市生态安全格局构建[ J ]. 地理研究, 2017, 36 ( 3 ): 471 – 484.

[ 13 ] 方莹,王静,黄隆杨,等. 基于生态安全格局的国土空间生态保护修复关键区域诊断与识别:以烟台市为例[ J ]. 自然资源学报, 2020, 35 ( 1 ): 190 – 203.

[ 14 ] 刘斯媛,罗勇,于慧,等. 川西北长江黄河源区生态安全格局构建及优化[ J ]. 环境工程技术学报, 2023, 13 ( 4 ): 1315 – 1324.

[ 15 ] 朱强,俞孔坚,李迪华. 景观规划中的生态廊道宽度[ J ]. 生态学报, 2005 ( 9 ): 2406 – 2412.

[ 16 ] MCARE B H, DICKSON B G, KEITT T H, et al. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation [ J ]. Ecology, 2008, 89 ( 10 ): 2712 – 2724.

# Ecological Security Pattern Planning of Chaoyang City under the Background of Territorial Space

FU Shilei, LUO Chongji

( School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China )

**Abstract:** Constructing an ecological security pattern can provide a comprehensive analysis of ecological issues and solutions for territorial spatial planning, addressing the shortcomings of the existing ecological planning of territorial space. Taking Chaoyang City as an example, within the context of territorial spatial planning, this study extracts ecological source areas, ecological resistance surfaces, ecological corridors, and ecological nodal points based on landscape connectivity theory, the least resistance model, and circuit theory. The overall ecological security pattern of " one axis, two belts, east-west screens, and multiple points at the center " for Chaoyang City is established. Through the construction of the ecological security pattern, the concept of an ecological community of mountains, waters, forests, farmlands, lakes, and grasslands is embodied, emphasizing the connections between different ecological elements, providing support for the territorial spatial planning of similar cities.

**Key words:** ecological security framework; territorial space; ecological planning; Chaoyang City  
( 责任编辑:王丽娜 英文审校:林 昊 )