

王云才, 盛硕. 基于生态梯度分析的山地城市生态空间保护与协调智慧: 以湖北省十堰市为例 [J]. 风景园林, 2020, 27 (8): 62-68.

基于生态梯度分析的山地城市生态空间保护与协调智慧 ——以湖北省十堰市为例

Ecological Wisdom of Eco-space Protection and Coordination in Mountainous Cities Based on Ecological Gradient Analysis: A Case Study of Shiyan, Hubei Province

王云才 盛硕
WANG Yuncai, SHENG Shuo



中图分类号: TU986.2
文献标识码: A
文章编号: 1673-1530(2020)08-0062-07
DOI: 10.14085/j.fjyl.2020.08.0062.07
收稿日期: 2020-03-12
修回日期: 2020-04-12

王云才 / 男 / 博士 / 同济大学建筑与城市规划学院景观学系副主任、教授、博士生导师 / 同济大学建筑与城市规划学院生态智慧与生态实践研究中心副主任 / 同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室、国土生态规划设计与环境效应研究中心主任 / 本刊编委 / 研究方向为图式语言与景观生态规划设计教学、科研和工程实践
WANG Yuncai, Ph.D., is a deputy director, professor and doctoral supervisor in the Department of Landscape Architecture, College of Architecture and Urban Planning (CAUP), Tongji University, and a deputy director of the Center for Ecological Wisdom and Ecological Practice, the director of Land Planning, Design and Environmental Effect Research Center, Key Laboratory of Ministry of Education of Ecology and Energy-saving Study of Dense Habitat (Tongji University), and an editorial board member of this journal. His research focuses on pattern language, landscape ecological planning and teaching, research and practice.

盛硕 / 女 / 同济大学建筑与城市规划学院在读博士研究生 / 研究方向为景观生态规划、风景园林规划设计
SHENG Shuo is a Ph.D. candidate in the Department of Landscape Architecture, College of Architecture and Urban Planning (CAUP), Tongji University. Her research focuses on landscape ecological planning, landscape planning and design.

摘要: 城市扩张侵占生态空间, 带来生态空间破碎化、生态系统服务能力持续下降、生态环境问题频发等一系列问题, 是导致城市人地关系失调的主要原因, 保护与修复城市生态空间是实现人地关系协调的必然途径。山地城市生态空间占比大、地形复杂, 协调人地关系面临更多挑战。在生态智慧的引领下, 基于生态梯度分析构建生态空间保护与人地关系协调的逻辑与实践框架。以南水北调中线上重要的山地城市——十堰市为例, 分析生态问题并诊断生态空间破碎化为根源, 整体性保护主要生态要素和核心生态功能, 识别其中人类活动干扰空间和潜在威胁空间, 划定多梯度保护与修复格局并提出相应的实践导则, 协调城市发展中的矛盾, 实现可持续发展。
关键词: 风景园林; 生态智慧; 生态梯度; 生态空间保护; 十堰市; 山地城市

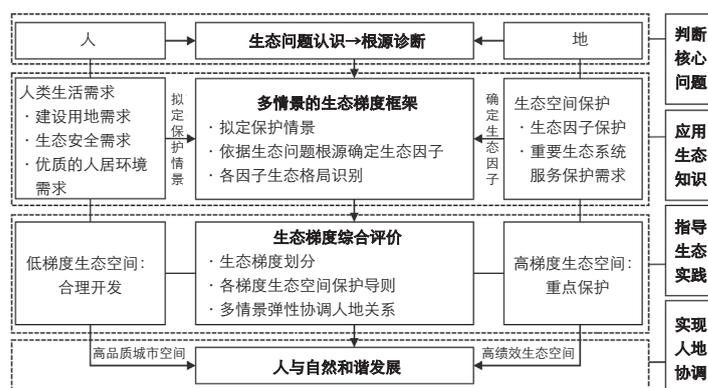
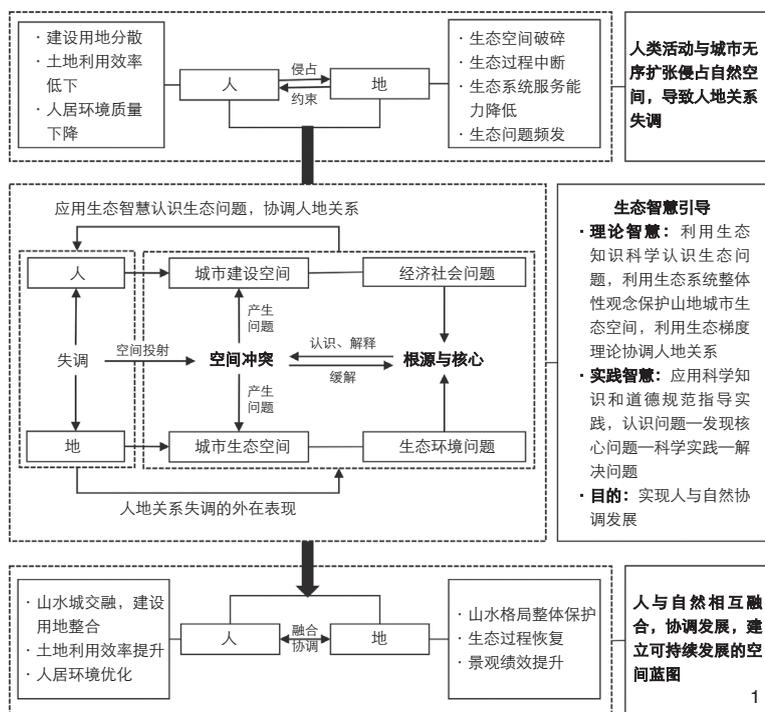
基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (编号 51978479) ; 中央高校基本科研业务费专项资金 (编号 22120200082)

Abstract: Urban expansion encroaches on the ecological space. It has led to fragmentation of ecological space and continuous decline of the ecosystem service capacity, giving rise to a series of ecological environment problems, which is the main reason for the imbalance of urban human-land relationship. Protecting and repairing urban ecological space is the only access to coordination of the human-land relationship. The proportion of ecological space in mountainous cities is large and the terrain is complex. Thus the coordination of human-land relationship faces greater challenges. Under the guidance of the ecological wisdom and based on ecological gradient analysis, this paper constructs a logical and practical framework to coordinate the human-land relationship through ecological space protection, aiming at multi-level protection of ecological space based on the ecological gradient. Taking Shiyan City, an important mountainous city on the middle line of the south-to-north water diversion project, as an example, this paper analyzes the ecological problems in the city and diagnoses the root cause as the fragmentation of the ecological space. The main ecological factors and core ecological functions are protected as a whole, and the spaces threatened by human activities are identified. Finally, this paper defines the pattern of multi-gradient ecological protection and puts forward corresponding practical guidelines to coordinate the contradiction between man and land in urban development for sustainable development.

Keywords: landscape architecture; ecological wisdom; ecological gradient; eco-space protection; Shiyan City; mountainous city

Fund Items: General Program of the National Natural Science Fund of China (No. 51978479); The Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. 22120200082)

城市扩张侵占生态空间, 导致城市生态韧性降低, 高温、内涝、大气污染、水污染等生态环境问题频发, 人地关系失调。城市生态空间是维持城市生态平衡、提供城市生态系统服务的重要空间^[1], 城市生态空间保护具有关键意义, 与人类福祉密切相关^[2]。2019年, 中共中央国务院在《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》中提出“生态优先, 因地制宜, 建立可持续发展的空间蓝图”的要求^[3], 保护生态环境, 协调人地关系, 是未来城市发展



1 应用生态智慧协调人地关系的逻辑框架
 Logical framework for coordinating human-land relations with ecological wisdom
 2 应用生态智慧保护生态空间的实践框架
 Practical framework for protecting ecological space with ecological wisdom

面临的重大挑战。相比平原城市，山地城市地形地貌复杂，生态空间面积大，景观特质突出，城镇发展与生态保护的关系更加难以协调。一方面，受城市开发建设干扰，山地城市生态环境问题频发，且具有复杂性、不确定性、灾害链现象突出等特点，威胁人居空间安全^[6]。另一方面，山地城市自然要素约束性突出，集中开展城市建设需克服多种不利的地质条件，导致城市用地分散、效率低下等问题产生。因此，需要充分利用生态智慧，构建整体性生态空间保护与人类生活需求协调的逻辑框架与技术途径，识别生态保护核心区域、生态修复区域、潜在风险防控区域等，通过生态实践协调人地关系矛盾，在维持城市生态系统稳定的同时，为城市发展预留空间与缓冲界面。

1 保护城市生态空间与协调人地关系需要生态智慧引领

1.1 应用生态智慧协调人地关系的逻辑框架

城市生态问题是不健康的人地关系导致的，人地关系包括人对自然的依赖性和人的能动性^[5]，随着人类对自然认识和改造能力不断加强，人类对城市生态空间的侵害成为人

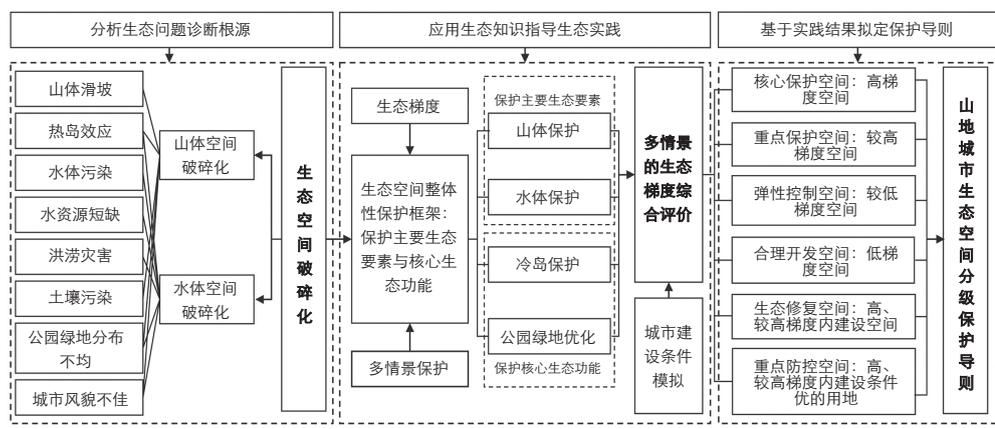
地关系失调的主要原因。山地城市生态空间面积大，城市建设困难，人地关系失调问题尤为突出。协调人地关系核心在于妥善保护城市生态空间，目的在于依靠自然过程提高生态空间的景观绩效与城市韧性^[6]，协调人地关系需要生态智慧的引领。智慧是基于知识、理解和经验来指导实践的能力，生态智慧作为智慧的一种，不仅要与研究空间的生态特性做出科学认识和恰当描述，还要应用科学和道德规范给予正确的实践指导^[7]，是理论智慧和实践智慧的结合^[8]。因地制宜运用生态知识，通过生态实践实现人地关系和谐，是生态智慧的主要目的^[9]。

在生态智慧的引领下，构建协调人地关系的逻辑框架(图1)。城镇化过程中，人类活动与城市无序扩张导致人地关系失调，对自然环境与城市建设造成不利影响。在城市建设的干扰下，城市生态空间出现生态斑块破碎，生态流中断，生态系统服务功能降低等一系列现象。生态失衡引发的环境问题降低城市效率，威胁人居安全。城市生态空间与城市建设空间的冲突是人地关系失调在空间上的投射，城市发展过程中产生的经济、社会及生态环境问题是人地关系失调的具体

展现。由于各城市在不同发展阶段面临的问题不同，需要对各类问题进行充分认识，寻找问题表象下的矛盾根源，才能在生态实践中缓解人地冲突，实现人地协调。利用整体保护的生态观与生态梯度理念拟定适宜的生态保护与城市建设导则，用以指导生态实践，是实现人地关系协调的途径。在保护城市中高绩效生态空间的同时，低效绿色斑块作为缓冲界面，形成生态空间和人类活动协调分布、界面空间相互融合的山地城市可持续发展蓝图。

1.2 应用生态智慧保护生态空间的实践框架

面对可持续发展的严峻挑战，在认识生态关系并判断核心问题的基础上，运用生态知识与当地经验科学指导实践的生态智慧框架具有较强的适用性^[10](图2)。核心问题判断阶段，需要认识山地城市的生态问题并分析城市内重要生态过程，把握山地城市常见的生态问题产生的根源以及这些问题涉及的生态因子。应用生态知识与指导生态实践阶段，恰当选择生态理念有助于维持对城市具有重要影响的生态过程，提升生态空间的景观绩效^[11]。笔者引入生态梯度理念将生态空间等级化，可有效实现生态空间分级保护。



3 山地城市生态空间整体性保护的生态实践框架
Practical framework for overall protection of ecological spaces in mountainous cities

城市建设空间扩张与生态空间保护具有此消彼长的共轭性，山地城市的独特生态环境使得城市建设对生态空间保护的胁迫更加明显，结合山地城市生态保护的具体要求和未来城市发展需求设定多情景模式，探讨不同保护力度下城市可建设容量与生态修复规模，为城市应对不同生态保护要求提供弹性的协调余地，指导城市可持续发展。应用生态智慧保护生态空间的最终目的在于通过保护高性能生态空间和建设高品质城市空间，实现人与自然的和谐发展。

2 基于生态梯度的城市生态空间保护与协调框架

2.1 生态梯度是决定城市生态空间格局的重要特征

生态梯度源于生态学中对物种与环境之间作用关系的研究，多用来表达生态空间中环境压力变化与其对应的物种生存状况的变化。其概念所表达的层次渐进的空间特征与生态流及生态干扰的扩散具有一致性，被用于生态风险、建筑环境等分析^[12-13]，而物种对不同梯度生态环境的生存应对，体现出物种适应环境生存的可持续观。本研究中，将生态系统环境压力与自然物种的适应性应对转化为指导人类实践的生态智慧。在生态空间保护与人地关系协调实践的语境下，将生态梯度定义为生态流由核心区到外围地区扩散的梯度变化，以及不同梯度下人类保护与开

发生态空间的不同应对。通过识别城市生态特征，对重要生态格局和核心生态过程按照其对生态空间保护的重要程度划分梯度，认识不同梯度的生态空间中各类生态要素对生态环境特征具有不同强度的决定作用，针对不同梯度的生态空间制定多样化保护与开发策略，以应对山地城市复杂多变的生态问题，体现出因地制宜的生态智慧观。对国土空间进行生态梯度划分，不仅涵盖对核心生态空间的保护，也体现对低梯度生态空间的合理开发及中等梯度生态空间中强调与城市界面的融合与渗透性。

在山地城市中这一特征更加突出，生态梯度是决定生态过程和生态空间格局及其空间关系的重要机制。生态梯度的划分需要在抓住城市人地矛盾根源问题的基础上，对问题产生的关键生态因子和核心生态功能进行保护，包括山体、水体、城市森林、动植物栖息地等。对于不同类别的生态因子，生态梯度的划定方法各异，包括依据生态斑块面积、植被质量等直接划定，通过计算不同类别生态空间的景观绩效划定，以及选择核心空间为源地，采用最小累积阻力分析模拟生态过程，进而划定生态梯度等。针对不同的生态问题和核心保护要素，生态梯度划分方法应加以适当选择。

2.2 基于生态梯度保护山地城市生态空间和协调人地关系的逻辑框架

按照分析生态问题诊断根源—应用生态

知识指导生态实践—基于实践结果拟定保护导则三步骤，构建整体性保护生态空间以协调人地关系的逻辑框架（图3）。

1) 分析生态问题诊断根源：协调人地关系的第一步，也是开展生态实践的前提。城市无序扩张侵占并割裂生态空间，许多山地城市面临生态空间面积缩小、碎片化严重等生态空间破碎化问题^[14]，包括建设围合山体导致的山体空间破碎化和建设侵占河道导致的水体空间破碎化。生态空间破碎化导致的生态环境问题多样，因此，各个城市面临的具体生态问题不一致。辨析城市面临的核心生态问题，并把握诱发生态问题的主要因子^[15]，才能恰当运用生态知识，拟定纲领并因地制宜地开展实践活动。

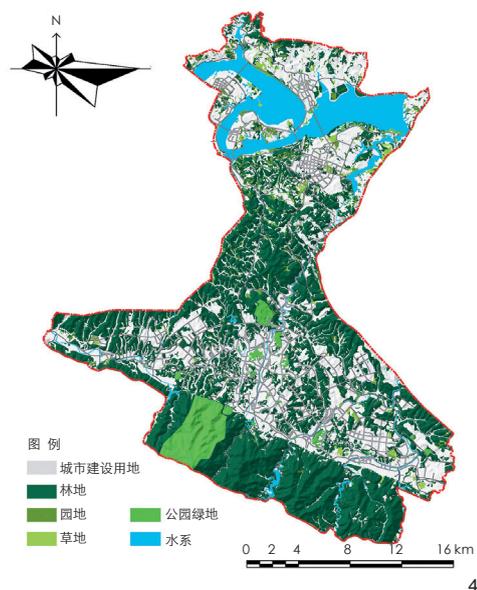
2) 应用生态知识指导生态实践：采用多情景的生态梯度，保护山地城市主要生态要素与核心生态功能，该步骤是整体性保护生态空间的关键。① 依据生态问题的诱发根源确定需要进行整体性保护的生态因子，并对各生态因子进行生态梯度划分；② 依据各因子对生态空间保护的关键程度，设定权重叠加得到多情景的生态梯度综合评价；③ 识别受未来城市扩张威胁较大的生态空间，即高生态梯度内紧邻建成区且建设条件良好的空间，保护生态空间的同时减少核心区人类活动潜在威胁。

3) 基于实践结果拟定保护导则：依据以上评价，划分生态空间类型包括核心保护空间、重点保护空间、弹性控制空间、合理开发空间、生态修复空间和重点防控空间，因地制宜拟定相应的生态保护导则，通过生态空间保护实现人地关系协调，为国土空间规划编制与方案决策提供依据。

3 十堰市主城区生态空间保护与协调的生态梯度评价

3.1 城市特征与生态问题根源诊断

湖北省十堰市位于秦岭山脉与大巴山脉交汇处，属于北亚热带大陆性季风气候，光热充沛，水资源较为丰富，是南水北调中线的重要水源地，水生态保护压力大。十堰市主城面积约为 566.89 km²，其中，城市建设区



4 十堰市主城区城市生态格局

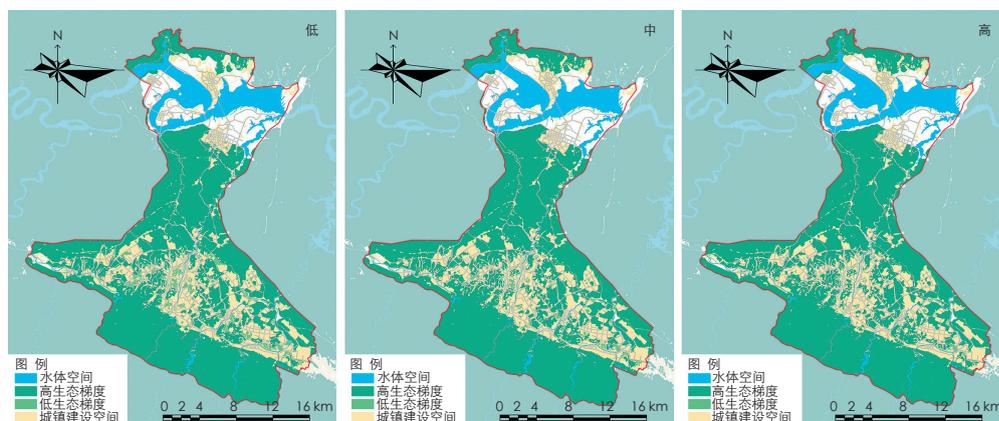
Location and ecological pattern of main urban area of Shiyan City

5 多情景的山体生态梯度评价

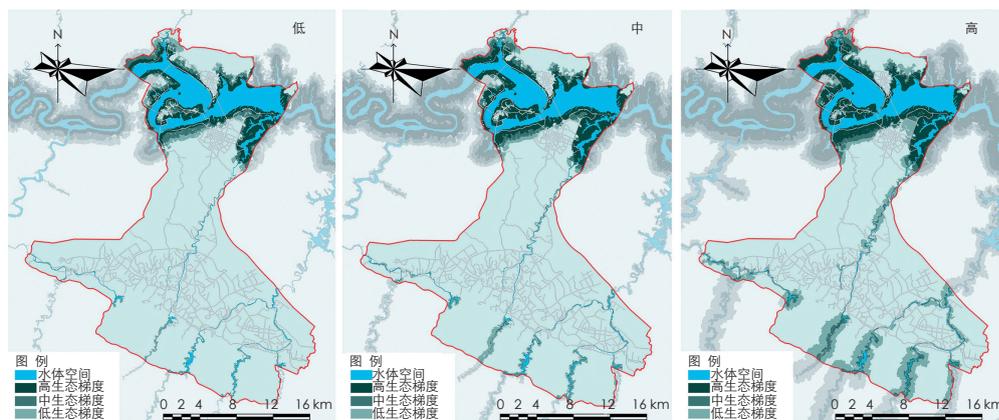
Multi-scenario ecological gradient evaluation of mountain space

6 多情景的水体生态梯度评价

Multi-scenario ecological gradient evaluation of water space



5



6

面积约为 139.07 km²。主城区南部为低山丘陵地区，城市围绕山体建设，水体穿插其中，北部城市沿江建设，形成独特的山地城市格局（图 4）。2018 年末，十堰市城镇化率为 55.91%，正处于快速城镇化阶段。

十堰市在快速发展的过程中，城市建设引发一系列生态问题，包括山体滑坡、热岛效应、水体污染、水资源时空不均引起的丰水期洪涝灾害和枯水期水资源短缺等，其核心根源在于城市建设无度扩张引起的生态空间破碎化。由于山体对城市建设约束严重，为寻求城市发展，早期采用了“见缝插针”的建设模式，建设用地围合山体、侵占河道，生态空间与人类活动的界面被粗暴切割，山体、水体的温湿度调节功能、水土保持能力、自净能力及自然景观等重要生态系统服务能力被削弱。

3.2 生态梯度的单因子识别与评价

单因子生态保护的选择立足缓解生态空间破碎化这一根源问题，保护主要生态要素和核心生态功能所在空间，这些生态空间是

保证城市生态流的完整、生态系统持续稳定发挥服务以及生态特质凸显的关键所在^[16]。生态要素方面，山体、水体构成了十堰市生态基底，保护价值极高。需要完整保护面积大、生态价值高、建设难度大的山体空间，为水体空间留出生态廊道，缓解生态空间破碎化的现状，发挥其景观价值和生态效益。核心生态功能保护旨在保护发挥高绩效生态系统服务的生态空间，以粮食物料生产为主的供给功能核心区多在城市建成区以外，生态系统支持服务多暗含在其他服务之中，城市建成区生态系统服务以调节和文化服务为主。基于此，选取调节服务中冷岛调节和文化服务中公园绿地服务两类与十堰市人居环境质量提升息息相关的因子划定生态梯度，缓解由工业发展带来的热岛问题和因供需空间不匹配引起的城市居民游憩空间不足的问题。

3.2.1 山体保护生态梯度评价

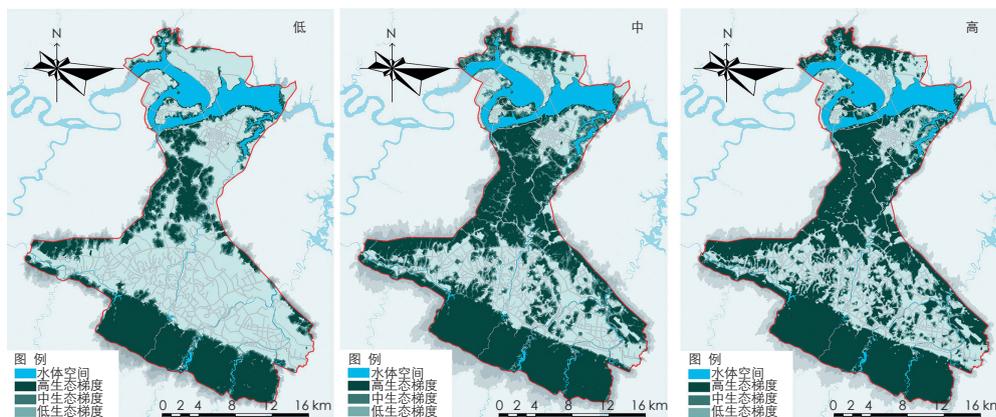
采用整体保护的理念构建山体空间保护格局，整体保护重点山体，弹性控制面积小、

生态价值服务低的非重点山体，为城市发展提供空间。由于十堰市主城区地形西高东低，依据高程划分山体生态梯度会导致城市东侧山体难以被保护，本研究中以非山体空间为源地，以山体坡度为阻力面，界定不同阻力阈值作为不同级别的生态阻力情景，结合山体归一化植被覆盖指数（Normalized Difference Vegetation Index，简称 NDVI）^①，划定低（开发建成区内大部分山体）、中（开发建成区内面积较小或植被条件差的山体，保护面积大、生态价值高的山体）、高（开发破碎化且植被覆盖差的山体，保护面积大、坡度大及生态状况好的山体）3 种保护级别情景下的山体空间生态梯度（图 5）。

3.2.2 水体保护生态梯度评价

十堰市中心城区水体空间^②保护侧重于污染物消减、温度调节、休闲游憩等调节和文化两类生态系统服务功能的发挥，生态梯度基于以上因子划定（图 6）。以水体空间为源地，基于谢高地等^[17]对生态系统服务价值量

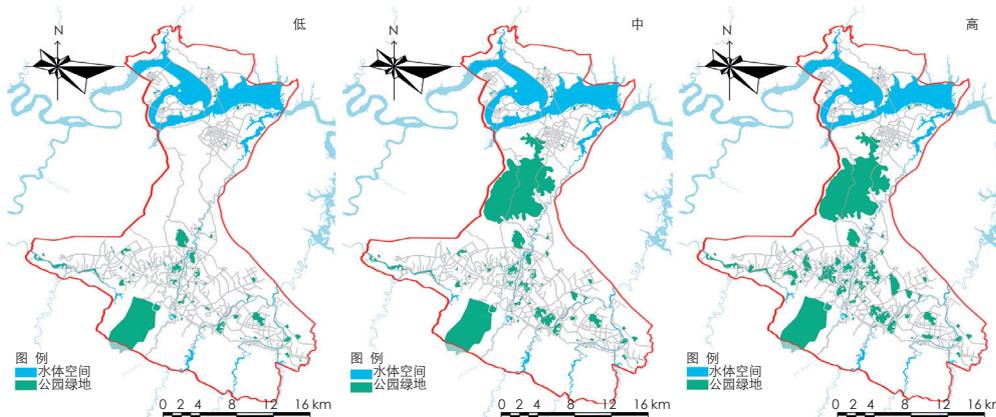
的研究,依据各类用地生态系统文化、调节两类服务当量价值量,赋予其不同的阻力值。同时,结合汉江水源保护地在南水北调中的战略位置,依据不同情境保护要求,降低汉江沿线生态过程阻力。通过最小累积阻力模型分别模拟低(汉江沿岸底线控制,其他水系仅保护河道空间)、中(汉江沿岸规划一定宽度生态保护带,其他水系预留行洪空间)、高(汉江沿岸设置较宽生态保护带,其他水系预留自然调节与游憩空间)级别情景下水体空间生态梯度。



7

3.2.3 城市冷岛空间保护生态梯度评价

城市冷岛效应是相对于热岛效应而提出的概念,强调景观中植被、水体等对城市的降温作用^[8]。识别并保护城市内冷岛空间十分重要。基于十堰市夏季 Landsat8 卫星影像反演获得中心城区地表温度图^③,依据不同情境设定,分别识别低于城市建设用地平均温度 2°C、3°C 和 5°C 的空间为冷岛源地,依据各土地覆盖类型的生态系统气候调节服务当量价值量设置阻力值,模拟冷岛空间气候调节的生态过程,划定低(仅保护城市中强冷岛空间)、中(保护强、较强冷岛空间)、高(保护城市中可以发挥冷岛作用的一切植被空间)的冷岛空间生态梯度(图 7)。



8

7 多情景的冷岛空间生态梯度评价
Multi-scenario ecological gradient evaluation of cold island space

8 多情景的公园绿地需求梯度满足评价
Multi-scenario ecological gradient evaluation of urban green space demand satisfaction

3.2.4 城市公园绿地需求梯度满足评价

与其他类别生态空间不同,城市公园生态系统文化服务功能的实现依赖于城市居民的主动前往使用。在一定服务范围内满足城市居民不同层级的使用需求是划定多情景的重要依据。基于十堰市中心城区居住、工作两类别兴趣点(Point of Interest,简称 POI)密度分析^[9],发现十堰市主城区公园服务范围与城市居民活动范围有空间差异。十堰市多山的城市格局决定了山体公园将是居民提供休闲服务的主要模式。结合当下需求与城市发展,界定低(仅满足当下需求)、中(满足当下需求并将部分保留山体划定为山体公园)、高(充分满足当下需求并将中心城大部分保留山体划定为山体公园)3种情景下的公园空间因子权重为 0.25、0.40、0.20、0.15,叠加各单因子生态梯度,得到高、较高、较低、低 4 种不同生态保护力度要求下各自的生态梯度(图 9)。

3.3 生态梯度的多情景综合评价

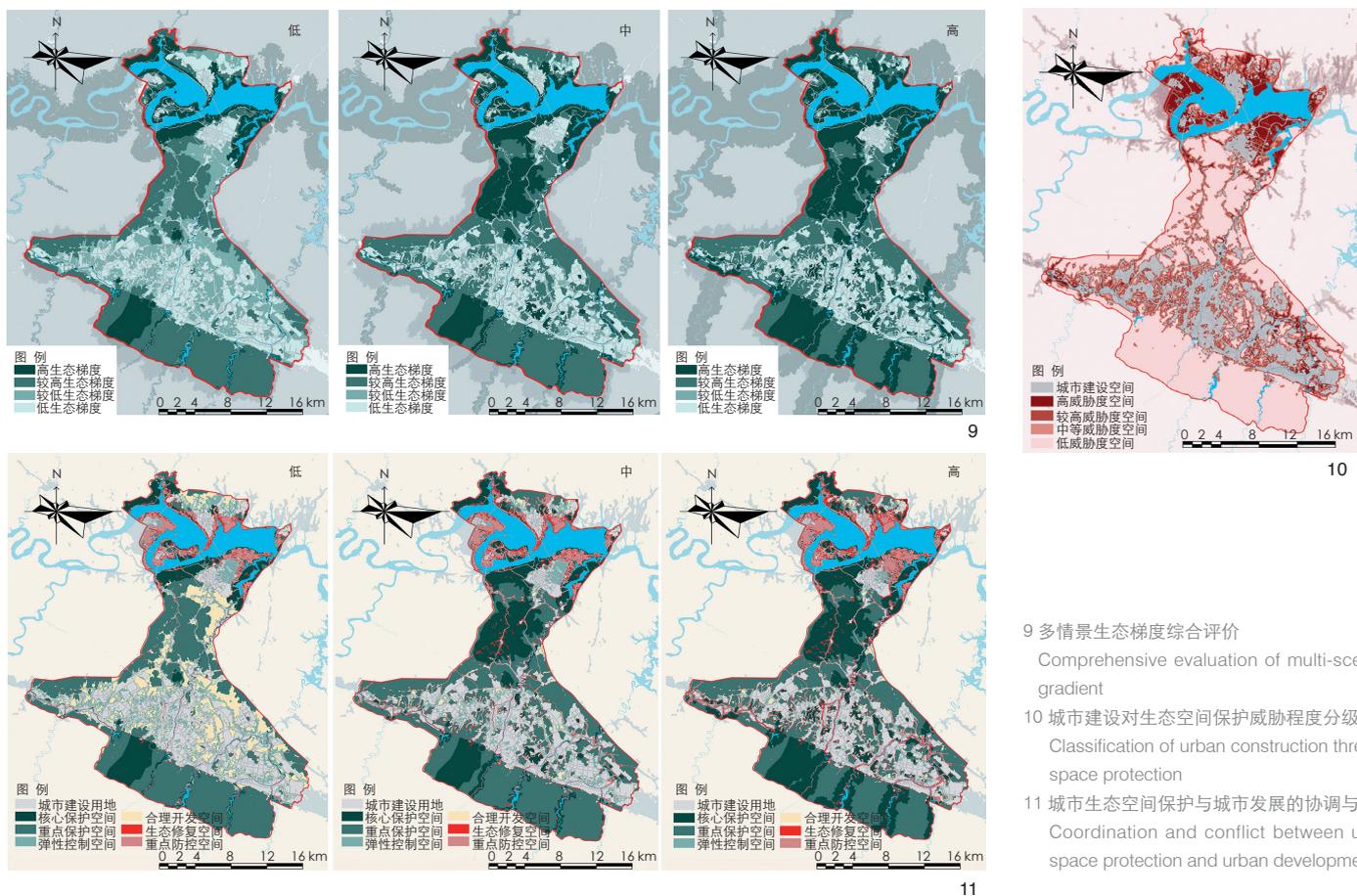
加权叠加各单因子,基于多情景开展生

态梯度综合评价。对各因子设定权重的过程中,综合考虑了十堰市自然本底条件、整合破碎化生态空间的贡献度、城市特色等,以及对不同要素保护程度的差异化要求。十堰市主城区山体空间和水体空间破碎是其生态问题频发的主要原因,受十堰市在南水北调中线特殊地理位置影响,该地区水体生态空间保护最为重要,其次为山体生态空间保护;冷岛空间因子识别出了山水格局中降温效果显著的空间,对人居环境舒适程度影响较大,重要性次于山体生态空间;而公园绿地现状分布不合理,未来可依托主城区山水格局布局,灵活性大,对生态梯度影响最小。基于以上分析,分别设定山体、水体、冷岛和公园空间因子权重为 0.25、0.40、0.20、0.15,叠加各单因子生态梯度,得到高、较高、较低、低 4 种不同生态保护力度要求下各自的生态梯度(图 9)。

4 基于生态梯度的十堰市主城区生态空间保护和协调智慧

4.1 空间共轭性:此消彼长的空间协调机制

为增强生态空间分级保护导则的可实施性,人类活动空间也需要被考虑。城市建设与人类活动倾向于优先考虑其工程难度而非生态价值,因此对于紧邻城市建设用地、建设条件好且生态梯度高的空间应进行着重控制。相比山地丘陵地带,这些区域开发成本低,未来潜在生态威胁更大,是人地关系冲突的易发区域。而高梯度生态空间内建设空间需进行合理生态修复,降低人类活动干扰。基于此,在划定生态梯度基础上,需识别十堰市主城区土地建设条件好的区域。同生态过程的源地选择和扩张模拟相似,城市建设可以看作克服建设不利条件的过程。归一化处理并等权重叠加坡度、高程、水体、植被等与城市建设活动密切相关的自然地质建设



9 多情景生态梯度综合评价
Comprehensive evaluation of multi-scenario ecological gradient
10 城市建设对生态空间保护威胁程度分级
Classification of urban construction threats to ecological space protection
11 城市生态空间保护与城市发展的协调与冲突
Coordination and conflict between urban ecological space protection and urban development

表 1 各类生态空间特征及保护导则

Tab. 1 Characteristics of ecological spaces and their protection guidelines

| 空间分类 | 空间特征 | 保护导则 |
|--------|---|--|
| 核心保护空间 | 生态梯度高，生态资源丰富且生态系统服务功能突出，受到人类活动干扰小，城市扩张潜在威胁小 | 严格控制建设强度的同时，注重对现有资源禀赋的优化与开发，打造具有城市特色的游憩空间 |
| 重点保护空间 | 生态梯度较高，生态本底良好，受到人类活动干扰小，城市扩张潜在威胁小 | 位于建成区边缘的生态空间是重要的生态屏障，以保护为主，位于建成区内部的生态空间可进行适度改造，结合水系绿道构建城市游憩网络，打造山水公园城市 |
| 弹性控制空间 | 生态梯度较低，多为城市建成区中碎片化分布的生态孤岛，或较高生态梯度空间的缓冲空间，生态效益较低，人类活动干扰大 | 该类空间在严谨论证保障其生态缓冲作用的前提下，可进行有条件的开发，以提升建设用地效率 |
| 合理开发空间 | 生态梯度低，现状以城市建设用地为主，也存在部分景观绩效低的碎片化生态空间 | 该类空间中的人类活动对城市生态空间整体化保护影响较小，是城市建设的主要空间 |
| 生态修复空间 | 生态梯度高或较高，但城市建设与人类活动干扰大，是十堰市人地关系失调的主要空间体现 | 该类空间对保障城市生态安全具有重要意义，但目前已经被开发建设，应对其进行有序生态修复，增加生态屏障，减少人类活动干扰 |
| 重点防控空间 | 生态梯度高或较高，现状人类活动干扰小，但由于城市建设条件好，未来城市扩张带来的潜在威胁大 | 该类空间是十堰市人地关系潜在的冲突空间，需格外注意进行严格的建设控制，一旦有强烈的人类活动干扰，将加剧生态空间破碎化和人地关系失调的局面 |

条件^④，设置城市建设阻力面。以现状城市建设空间为源地，模拟城市克服不利地质条件进行增长的过程，依此划分城市建设对生态空间整体性保护威胁程度（图 10）。

4.2 多样性和个性化保护：十堰市生态空间分级保护导则

生态梯度是城市生态空间分级保护的主体

要依据，城市扩张模拟则识别出建设成本低的易开发用地，起到人类活动干扰潜在威胁预警的作用。依据十堰市主城区生态梯度综合评价和城市建设威胁程度模拟，将十堰市国土空间分为核心保护空间、重点保护空间、弹性控制空间、合理开发空间、生态修复空间和重点防控空间 6 类（图 11），并拟定保护

导则（表 1）。

4.3 图景推演：基于生态梯度多情景协调人地关系

统计各保护情境下生态冲突空间与可供城市建设的空间（表 2），高保护力度的情景下，冲突空间面积大于可供城市扩张的面积，中、低保护力度情景下，适于开展城市建设

表2 多情景下的生态冲突空间面积与城市扩张余量
Tab.2 Ecological conflict space and available space for urban expansion under multi-scenarios

| 单位: hm ² | | |
|---------------------|----------|----------|
| 保护情景 | 生态冲突面积 | 城市扩张余量空间 |
| 保护力度高 | 3 310.43 | 2 057.53 |
| 保护力度中 | 2 205.46 | 3 212.70 |
| 保护力度低 | 1 318.31 | 6 663.42 |

的用地也较少。水生态空间被建设空间所侵占的现状与水生态保护压力大的矛盾需要通过空间规划进行调节,以提高土地利用效率与降低水体污染风险为主,包括工业厂房外迁、棚户区改造、城市污水处理设备升级等。

各情景下,十堰市中心城区建设用地可扩张空间皆较少;北部汉江南侧部分空间建设条件较好,但应严格控制高梯度生态空间的完整性,防止汉江饮用水源受到污染;南部丘陵地区以提升建设用地紧凑程度、利用效率为主,部分山体可转化为城市建设空间。针对南部丘陵地区,现阶段可采用中保护力度情景,城市中保留多处重要山体与河流廊道,发挥其温度调节、游憩等功能;由于水生态保护是十堰市生态保护的重要任务,针对北部汉江沿岸,建议采用高生态保护力度情景,为水体留出生态廊道,同时作为城市地表径流污染、农业面源污染的缓冲空间。

5 结语

城市化过程中,协调人地关系是保障城市可持续发展的必要前提。在人类能动性不断提高的现在,保持人地关系协调的核心在于保护城市生态空间。山地城市中,山体空间为城市带来独特的景观面貌与源源不断的生态系统服务,却限制了城市增长,因此城市建设侵占山体空间现象普遍存在,引发生态环境问题,造成人地关系失调,生态空间与城市建设空间之间的融合与协调是城市扩张面临的挑战^[20]。笔者立足国土空间规划,强调生态保护优先,建立可持续发展的空间蓝图的背景下,借力生态智慧,采用生态梯度概念强调山地城市生态空间的多梯度保护,构建通过保护生态空间协调人地关系的逻辑

框架和实践框架,利用多情景生态梯度划定保护空间并制定保护导则,协调人地矛盾,实现高质量可持续发展。以南水北调中线重要的山地城市——湖北省十堰市为例,在诊断当地生态问题的基础上,针对生态空间破碎化这一问题根源构建生态空间保护实践框架,进行多情景下的生态梯度综合评价,针对各类生态空间提出相应的保护导则。

研究发现,各情景下,十堰市主城区面临较大的生态保护压力,可供城市建设的空间较少,对高、较高梯度生态空间内的人工干扰进行修复和建立生态屏障的诉求紧迫。就现阶段生态空间保护与人地关系协调发展实践而言,仍存在以下挑战:1)汉江沿线生态空间存在人类活动干扰和潜在城市建设威胁,对汉江水生态安全有较大影响;2)山体被过度侵占,高保护力度情境下生态修复区域面积大,可供城市建设的空间较少,对国土空间规划中土地利用布局带来挑战;3)城市生态系统中各要素具有关联性,随着退二进三、工业区建设与棚户区改造等项目进行,生态空间保护与城市建设的核心问题与矛盾可能发生改变,包括根源问题的变化和修复区、防控区空间位置的转移,仅靠基于现状的多情景分析的应对弹性不明确,未来用地布局应谨慎论证多方面生态影响,防止产生新的生态问题与矛盾。

注释(Notes):

- ① NDI结果基于Landsat8 OLI数据计算,采集日期为2019年8月15日。
- ② 水体分布数据来源于十堰市第3次土地利用调查土地利用数据。
- ③ 地表温度反演所用的Landsat8 OLI数据采集日期为2019年8月15日。
- ④ 数字高程数据来源于GDEMDEM所提供的30m分辨率数字高程数据产品,土地利用数据来源于十堰市第3次土地利用调查结果。

参考文献(References):

- [1] 徐华连,高伟龙,陈思,等.基于GIS的苏南地区城市生态空间划定:以苏州市为例[J].生态学杂志,2020,39(2):614-624.
- [2] MILLENNIUM E A P. Our Human Planet: Summary for Decision-Makers[M]. Washington, D.C.: Island Press, 2005.
- [3] 新华社. 中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并

监督实施的若干意见[EB/OL](2019-05-23)[2020-02-22].
http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content_5394187.htm.

- [4] 王志涛,苏经宇,刘朝峰.山地城市灾害风险与规划控制[J].城市规划,2014(2):48-53.
- [5] 李小云,杨宇,刘毅.中国人地关系演进及其资源环境基础研究进展[J].地理学报,2016,71(12):2067-2088.
- [6] 王云才.让自然做工:自然过程主导的太原城市生态系统修复[J].中国园林,2019,35(10):19-23.
- [7] 王昕皓.以生态智慧引导构建韧性城市[J].国际城市规划,2017,32(4):10-15.
- [8] XIANG W N. Ecophronesis: The Ecological Practical Wisdom for and from Ecological Practice[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 155: 53-60.
- [9] LIAO K, CHAN J K H. What is Ecological Wisdom and How Does it Relate to Ecological Knowledge?[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 155: 111-113.
- [10] XIANG W N. Doing Real and Permanent Good in Landscape and Urban Planning: Ecological Wisdom for Urban Sustainability[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 121: 65-69.
- [11] 王云才,申佳可,象伟宁.基于生态系统服务的景观空间绩效评价体系[J].风景园林,2017,24(1):35-44.
- [12] 朱霞艺.建筑与环境的新视角:建立具有生态梯度的景观建筑[J].华中建筑,2004(6):130-132.
- [13] 张思锋,张立,张一恒.基于生态梯度风险评价方法的榆林煤炭开采区生态风险评价[J].资源科学,2011,33(10):1914-1923.
- [14] 王云才,黄俊达.生态智慧引导下的太原市山地生态修复逻辑与策略[J].中国园林,2019,35(7):56-60.
- [15] 王云才,薛峻桓.生态智慧引导下的太原市棕地修复逻辑与策略[J].风景园林,2019,26(6):53-57.
- [16] 王云才,马玥莹,申佳可.景观性格评价在国土空间规划和管控中的应用[J].风景园林,2020,27(1):35-40.
- [17] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [18] 余兆武,郭青海,孙然好.基于景观尺度的城市冷岛效应研究综述[J].应用生态学报,2015,26(2):636-642.
- [19] 淳锦,张新长,黄健锋,等.基于POI数据的人口分布格网化方法研究[J].地理与地理信息科学,2018,34(4):83-89.
- [20] 王云才,申佳可,彭震伟,等.适应城市增长的绿色基础设施生态系统服务优化[J].中国园林,2018,34(10):45-49.

图表来源(Sources of Figures and Tables):

文中所有图表均由作者绘制,图4改绘自十堰市第3次土地利用调查中土地利用现状图,图5~11底图来源于对应章节所述ArcGIS空间分析结果。

(编辑/陈汪丹)