

生物多样性保护纳入市县级国土空间总体规划的技术路径与实践探索*

Integrating Biodiversity Conservation into Municipal and County-level Territorial Spatial Master Planning: Technical Approach and Practice

干 靛 王 沫 刘 晓 郭光普 刘巷序 周燕妮

GAN Jing, WANG Mo, LIU Xiao, GUO Guangpu, LIU Xiangxu, ZHOU Yanni

关键词 生物多样性保护；市县级国土空间总体规划；技术路径；实践探索；云龙

Keywords: biodiversity conservation; municipal and county-level territorial spatial master planning; technical path; practice; Yunlong

中图分类号 TU984 文献标志码 A
DOI 10.16361/j.upf.202503012
文章编号 1000-3363(2025)03-0094-09

作者简介

干 靛，同济大学建筑与城市规划学院，自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室，副教授，jinggan@tongji.edu.cn

王 沫，同济大学建筑与城市规划学院，自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室，博士生

刘 晓，上海同济城市规划设计研究院有限公司，教授级高级工程师

郭光普，同济大学生命科学与技术学院，自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室，副教授

刘巷序，同济大学建筑与城市规划学院，自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室，博士后

周燕妮，上海同济城市规划设计研究院有限公司，工程师

提 要 将生物多样性保护纳入国土空间规划，既是全球保护议程的战略要求，也是我国建设生态文明的应有之义，而市县级国土空间总体规划则是生物多样性保护落实到空间管控最重要的层级。分析了市县级国土空间总体规划层级的生物多样性保护需求，构建了在各编制环节中导入和强化生物多样性保护的工作框架，提出了“构建全域保护空间网络—确定分层保护空间管控—提出重要生境修复措施”的技术路径，并以云南省云龙县作为实践案例探索了具体应用场景。最后指出，推动生物多样性纳入市县级国土空间总体规划的技术路径未来仍需要多地域实证的积累不断完善，也需要进一步加强生物多样性保护监测及空间数据库建设、规划技术标准的统一及跨生态区域的协同管理。

Abstract: Integrating biodiversity conservation into spatial planning is a strategic requirement of the global agenda and a necessary part of China's efforts to build an ecological civilization. The municipal and county-level territorial spatial master planning is the most important level for implementing biodiversity conservation in spatial governance. This paper analyzes the requirements of biodiversity conservation in the level of municipal and county-level territorial spatial master planning, develops the working framework of integrating biodiversity conservation into the compilation, and proposes a technical path of "constructing the spatial networks, determining multi-level spatial governance, providing important restoration measures". Taking Yunlong County, Yunnan Province as a practical case study, this paper then analyzes the specific application scenarios. Finally, this paper points out that the technical path to promote the integration of biodiversity into municipal and county-level territorial spatial master planning still requires the accumulation of multi-regional empirical evidences and continuous improvement. In the future, it is also necessary to strengthen the biodiversity monitoring and spatial database development, unify the planning technical standards, and promote cross-regional coordinated management.

* “十四五”国家重点研发计划项目“城市生态风险预警防控与生态韧性提升关键技术及示范”(2024YFF1307000)；上海同济城市规划设计研究院课题“国土空间总体规划生物多样性保护规划专章编制技术路径研究——以云南省云龙县为例”(KY-2022-YB-A15)；世界银行全球环境基金第七期(GEF7)项目“基于城市生物多样性保护的国土空间规划指引研究”(P173316)共同资助

1 生物多样性保护纳入市县国土空间总体规划的背景和意义

生物多样性对于维持生态系统的稳定与平衡具有重要意义,是人类赖以生存和发展的基础^[1]。2022年的《生物多样性公约》第十五次缔约方大会(CBD-COP15)达成了“昆明—蒙特利尔全球生物多样性框架”(下简称“昆蒙框架”),确立了极具里程碑意义的“30×30”空间保护目标,即“到2030年,地球30%的土地、内陆水域、沿海地区和海洋得到有效保护和管理”。通过综合性的空间保护措施扩大有效保护的范

围,是实现“30×30”目标的核心手段。生态文明建设优先是国土空间规划体系构建的核心价值观^[2-3]。“昆蒙框架”等全球生物多样性保护议程和《关于进一步加强生物多样性保护的意

见》等我国的国家保护战略均强调应将生物多样性保护纳入空间规划(表1)。我国目前已建成了覆盖陆域国土面积约18%的陆地自然保护地,在保护重要生态系统及重点保护物种中发挥了重要作用,但保护空间仍存在空缺。基于人口密度以及经济发展等原因,未来开展大面积保护地建设的难度较大,加强自然保护地以外的生物多样性就地保护同样重要^[9]。国土空间规划可以通过构建更完善的生物多样性保护空间网络,强化位于保护地外的全域其他空间的就地保护措施,推动“30×30”保护目标的实现。

在我国“五级三类”国土空间规划体系中,市县国土空间总体规划作为侧重于实施性的地方国土空间开发保护

活动的具体部署规划,承担着严守地方生态安全底线、优先划定禁止和限制开发建设空间范围的职责,是落实生物多样性保护到空间管控的关键层级^[10-11]。自然资源部发布的《市级国土空间总体规划编制指南(试行)》以及多个省份的市县国土空间总体规划编制指南中都强调应注重构建重要生态屏障、廊道和网络,形成连续、完整、系统的生态保护格局,维护生态安全和生物多样性^[12-14]。“三区三线”是构建生物多样性保护空间网络的基础,生态保护红线基本覆盖区域内濒危保护物种和关键栖息地,但仍需要通过国土空间总体规划,在全域构建长期有效的生物多样性保护格局。

在国土空间规划体系改革前,已有一些市县按照原国家建设部颁布的《关于加强城市生物多样性保护工作的通知》^[15]和《国家园林城市申报与评审办法》^[16]的要求编制了生物多样性保护规划,但存在重植物轻动物、重保护缺提升、重局部缺整体等问题^[17]。本轮国土空间总体规划编制中也有不少市县响应了保护生物多样性的新要求,如按照《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南(试行)》^[18]对生物多样性维护功能重要性进行评价,但还缺少对生物多样性保护空间要素的全域统筹。由于基础资料不足、支撑性研究不够等原因,往往未对重点保护物种的习性、保护要求与空间需求进行分析,使得国土空间规划未能有效发挥提升野生生物栖息“福祉”、平衡生态保护与高质量发展关系的作用。鉴于此,本文拟从市县国土空间总体规划层级的生物多样性

保护需求入手,探讨生物多样性保护工作框架和技术路径,并以云南省云龙县为例,探索实践中的具体应用场景。

2 市县国土空间总体规划层级的生物多样性保护需求和工作框架

2.1 市县国土空间总体规划层级的生物多样性保护需求

从规划视角来看,城乡空间可以通过优化生态用地格局和质量、降低人类活动干扰两大路径保护和提升生物多样性^[19]。总体规划是宏观战略层级协调空间资源总量配置和结构性布局的规划,这一层级生物多样性保护的需求,除了统筹划定三区三线,还需强化国土空间全域的物种保护空间体系分析^[20,21],构建全域多重生境保护网络^[22-24],并基于保护价值的重要性分级制定不同管控梯度的生境保护措施^[25],通过对空间资源的有效配置和合理的用途管制来协调物种栖息与人类活动的关系。具体包括:

(1) 划定空间底线:合理分配人类活动和生物栖居的土地空间资源“权属”,尽可能保证以生物多样性保护为主要生态系统服务功能的土地空间资源在所有用地中的比例。

(2) 识别重要生境:根据目标保护物种的习性特征,识别对保护生物多样性具有不可替代意义的自然和近自然生物生境重要斑块,作为优先保护空间。

(3) 构建全域网络:将不同级别、不同大小的自然、近自然、半自然斑块沿主要自然边界地带的廊道和“踏脚石”串接,形成网络化、多梯度的保护空间

表1 全球生物多样性保护议程和我国国家战略对在空间规划中纳入生物多样性保护的要求

Tab.1 The requirements of integrating biodiversity conservation into spatial planning in global biodiversity conservation agenda and China's national strategy

文件名	发布时间	发布机构	将生物多样性纳入国土空间规划的要求
联合国生物多样性峰会中方立场文件《共建地球生命共同体:中国在行动》	2020年9月	外交部、生态环境部	“将生物多样性保护纳入经济社会发展和生态保护修复规划、国土空间规划及其专项规划” ^[4]
《2020年联合国生物多样性大会(第一阶段)高级别会议昆明宣言》	2021年10月	联合国《生物多样性公约》缔约方大会	“加强和建立有效的保护地体系,采取其他有效的区域保护措施和空间规划工具,提高区域保护与管理的有效性并在全球扩大保护范围,以保护物种和基因多样性,减少或消除对生物多样性的威胁” ^[5]
《昆明—蒙特利尔全球生物多样性框架》(GBF)	2022年12月	联合国《生物多样性公约》缔约方大会	“确保所有区域处于解决土地和海洋利用变化的参与性、综合性、涵盖生物多样性的空间规划和/或其他有效管理进程中” ^[6]
《关于进一步加强生物多样性保护的意	2021年10月	中共中央办公厅、国务院办公厅	“将生物多样性保护纳入各地区、各有关领域中长期规划”和“持续优化生物多样性保护空间格局” ^[7]
《中国生物多样性保护战略与行动计划(2023—2030年)》	2024年1月	生态环境部	“优化国土空间开发和保护格局,将生物多样性保护作为国土空间规划的重要内容” ^[8]

体系，并将人类活动适当分离，减少对主要自然生境区的干扰，保障生物物种的生存、迁徙和进化^[17]。

2.2 市县级国土空间总体规划层级的生物多样性保护工作框架

基于上述保护需求，生物多样性保护纳入市县级国土空间总体规划的工作要点可归纳为构建全域保护网络、确定分层保护空间管控和提出重要生境修复措施，并需与生态环境部门组织编制的《地方生物多样性保护战略与行动计划》(local biodiversity strategy and action plan, LBSAP)以及各部门主管的保护地范围和修复要求相衔接。在市级国土空间总体规划的基础工作和编制内容^[7]中，“双评价”、总体格局、底线约束、城镇功能、基础设施、整治修复等内容与生物多样性保护的关系较为紧密，各编制环节中导入和强化生物多样性保护的工作框架如图1所示。

(1) “双评价”：基于生态系统、物种、遗传三个层次生物多样性资源及其空间分布的现状分析，识别生物多样性保护的重要区和极重要区，作为划定国土空间规划“三区三线”、优化国土空间格局的重要依据。

(2) 总体格局：识别生物多样性保护空缺，构建保护空间网络，统筹“山

水林田湖草”各类保护要素，将生境保护网络纳入国土空间开发保护总体格局。

(3) 底线约束：基于保护区域的重要性优化生态保护红线，识别保护地之外的潜在OECMs(其他有效的基于区域的保护措施，other effective area-based conservation measures)，筑牢生态安全屏障。

(4) 城镇功能：基于生物多样性保护空间管控要求，优化城镇(村)空间布局，实现城镇空间布局与生态网络格局的耦合和协同。

(5) 基础设施：强化基础设施建设生物多样性环境影响评价，优化基础设施布局。

(6) 整治修复：针对生物多样性减少和生境退化问题，明确生物多样性保护修复的目标、重点区域和重大工程，提出重要生境修复措施。

3 生物多样性保护纳入市县级国土空间总体规划的技术路径

3.1 评估资源现状与构建全域保护网络

3.1.1 生物多样性资源及其空间分布现状分析

基于生物多样性资源分布现状建立科学的生物多样性评估体系，有利于量

化生物多样性的保护价值。由于系统全面的生物多样性调查较为耗费人力和时间，可首先汇集现有的生物多样性数据资料，来源包括但不限于当地生态环境等行业主管部门、高校和科研院所、NGO组织、公民科学活动对各动植物类群的调查监测数据、记录报告、物种名录、动植物图鉴、论文和图书文献等资料，以及专业生态数据库中的物种数据。在时间和经费保障的基础上，可选择面积较大的生态斑块，参考生态环境部颁布的生物多样性调查与评估技术规定，进行物种多样性实地探勘补充调查。根据现有资料的地理空间位置信息，绘制分类群的生物多样性资源分布图。

3.1.2 生物多样性保护重要性评价

目前的《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南(试行)》和《生态保护红线划定指南》对生态系统层次的生物多样性保护重要性评价提出了较为明确的要求，但对当地生境质量的因子考虑较少。根据相关研究，建议增加地表类型因子(土地利用类型)、生态因子(植被覆盖度、距水源的距离)、人为影响因子(距道路的距离)等指标作为生境质量评价指标^[26-30]。

除生态系统层次外，也需要考虑物种和遗传层次的生物多样性评价。确定关键保护对象是物种层次进行评价的首

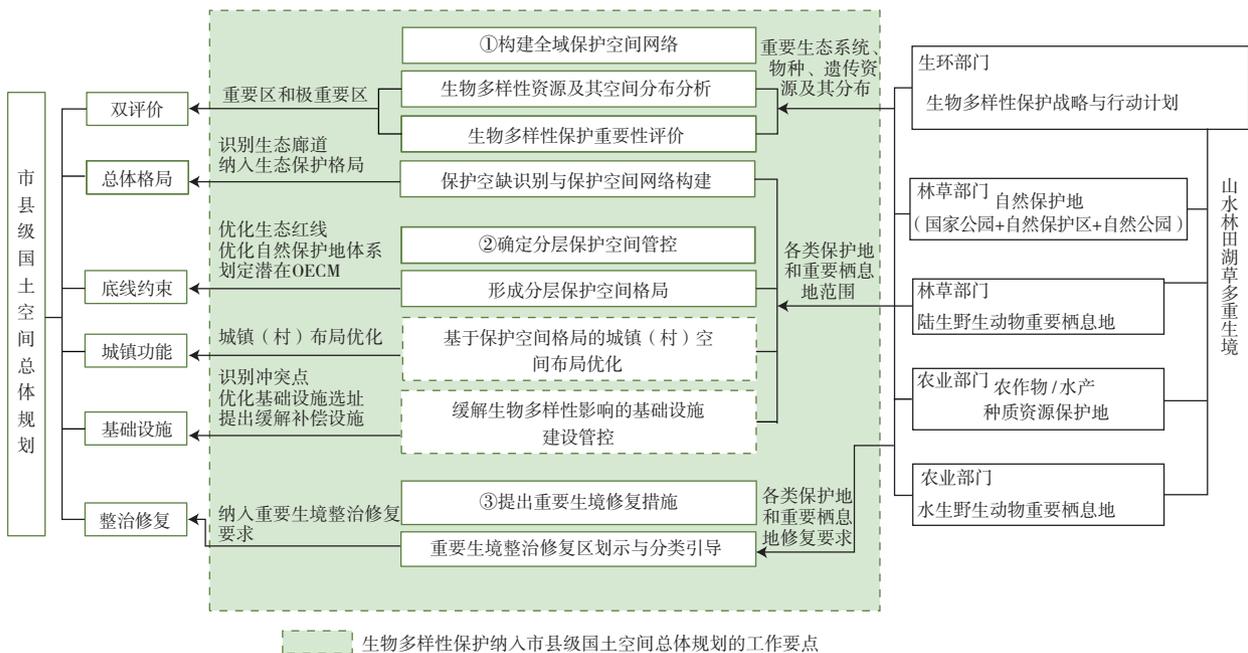


图1 市县级国土空间总体规划层级的生物多样性保护工作框架

Fig.1 Framework of integrating biodiversity conservation into municipal and county-level territorial spatial master planning

要步骤。在生物多样性保护优先区域,关键保护对象的筛选可依据物种的保护级别(国家一二级保护动物、列入ICUN及CITES附录的动物)和特殊性(是否为国家或区域特有物种)、物种在生态系统中的功能(是否为伞护种)、物种的影响力和认可度(是否为旗舰种)^[31-32]。生物多样性保护优先区外的关键保护对象选择,则可以综合考虑当地生境类型的代表性和物种的保护/珍稀/濒危等级,在生物多样性文化较有特色的地区,还可考虑地方文化因素。在确定保护对象的基础上可利用物种的已知分布点,采用MaxEnt、GARP、Bioclim等物种分布模型SDM(species distribution models)模拟预测潜在适宜生境^[33-34]。

在遗传资源层次,可将重要野生的农作物、水产、畜牧等种质资源的主要天然分布区域,确定为生物多样性维护极重要区^[35]。整体而言,重要的生态系统和物种的重要栖息地是生物多样性保护的关键空间载体,遗传资源层次通常与生态系统或物种层次相结合,可以不作为单独评价依据。

3.1.3 保护空缺识别与保护空间网络构建

通过模拟关键保护物种的生境适宜区,识别保护关键区域^[36]。结合生态系统层次、遗传资源层次的保护重要性评价,与现有的自然保护地、土地覆盖进行叠加分析,找出有保护价值且处于保护空白的区域,即保护空缺。

基于模拟评价得到的保护关键区域,采用MSPA法,从景观格局的角度识别出研究区生态功能最佳的核心区景观结构成分,结合景观连通性指数确定可作为生态源地的斑块^[37-38]。采用最小累积阻力模型、电路理论等方法构建阻力方面,模拟生态廊道^[39-42],并从生态廊道的交汇点、生态廊道与水系的交汇点、长距离生态廊道的重要转折点处提取生态节点^[43],最终构建生物多样性保护空间网络,从而有效缓解促进物种交流和迁徙,提升生态系统的连通性和稳定性^[44]。

3.2 确定保护空间管控要求

3.2.1 形成分层保护空间格局

基于生态源地、廊道和节点的识别与划定,衔接国土空间规划“三区三

线”、规划分区和用途管制要求,将生物多样性保护空间网络细化落实到国土空间各类分区中,形成修正优化后的“自然保护地+生态保护红线+OECMs+结构性生态廊道+重点生态斑块”的分层保护空间格局。

对生物多样性保护重要性极高且存在保护空缺的地区,按照自然保护地的管理要求进行管理。依据生物多样性保护重要性评价结果及生态源地识别结果,落实、细化、校核国土空间规划确定的生态保护红线方案。将根据重要性评价识别出的保护地内外具有保护功能的土地,视为一个“保护兼容”连续体,在保护地外根据重要性高低提出分层梯度管控要求,推动OECMs落地。整合现状分布零散的保护地内外的重要保护空间,通过结构性生态廊道、重点生态斑块实现空间连接,提升保护地连通性,完善保护网络。

3.2.2 基于生物多样性保护要求的城镇(村)空间布局优化

将保护兼容性土地利用纳入城镇(村)空间布局规划,考虑生态空间保护地内外、农业空间、城镇空间等不同圈层内村镇的产业定位、人口规模和建设发展。对毗邻保护区的乡村,重点考虑人兽冲突对居民生计的影响以及基于保护的生态产品价值转化,推动生物多样性保护目标与城镇(村)生产生活功能协同。

3.2.3 缓解生物多样性影响的基础设施建设管控

除按要求对生态保护红线和自然保护地进行严格管控之外,还应在野生动物重要栖息地、候鸟迁飞通道、鱼类水产种质资源重要分布区、珍稀濒危植物重要分布区范围内加强空间管控。识别重要栖息地与道路交通、风电、光伏等重大基础设施项目之间的空间冲突,调整基础设施选址,提出缓解补偿设施。

3.3 提出重要生境修复措施

根据受损栖息地的类型和退化程度,进行重要生境整治修复区划示,可依据生态系统的差异,针对性地对森林、河流、草地、湿地等生态系统提出分类修复要求^[45-46],引导后续在国土空间生态修复专项规划中进一步确定生物多样性

保护恢复工程清单。

4 云龙县生物多样性保护纳入国土空间规划的实践探索

云龙县位于云南省大理白族自治州西北部,地处全球36个生物多样性热点之一——中国西南山地全球生物多样性热点地区的南端以及我国32个陆域生物多样性保护优先区域——横断山南段区的云岭山脉地区,全县总面积4400.95 km²,山区占比90%^[47]。该县拥有森林、湿地、农田和草地生态系统等多类生境,物种多样性丰富,珍稀濒危物种繁多,是滇金丝猴最南的分布区和西黑冠长臂猿最北的分布地。云龙县近年来被确定为滇西生态示范县和大理州生物多样性保护重点区,已初步建立了自然保护地体系,但破碎的保护地还未与全域国土空间规划衔接。在新一轮城乡开发建设和乡村振兴背景下,农牧业发展对滇金丝猴等关键物种的保护存在干扰可能,面临发展与保护平衡的压力。

鉴于云龙县丰富的生物多样性资源、极高的生物多样性保护价值和面临的保护压力,本文选取其作为典型案例,深入剖析生物多样性保护纳入市县国土空间总体规划的技术路径与实施。

4.1 基于多物种适宜性评价的生物多样性全域保护空间网络构建

汇集历年资料与3000多条红外相机数据,梳理了云龙县动植物资源数据以及重点保护植物和保护动植物名录。考虑到历年调查记录的生物多样性数据较为聚集在自然保护地,选择最大熵模型MaxEnt,评价物种潜在生境适宜区。MaxEnt模型即使在物种分布点较少时也能有效预测物种分布预测模拟物种的分布^[48],适用于生物多样性数据不完备地区的生境适宜性模拟^[36,49]。

在以滇金丝猴为旗舰物种的地区,单物种适宜性评价是区域保护规划和保护地划定的常用方法^[50-51]。考虑到云龙全县域海拔高差大且生境丰富多样,本研究采用多物种适宜性评价。综合物种的保护级别、生态功能、在云龙县的种群现状及已知分布点数据,遴选出14种目标物种,包括滇金丝猴、亚洲黑熊、

豹猫、猕猴、熊猴、短尾猴、毛冠鹿、喜马拉雅小熊猫、黄喉貂、黑颈长尾雉、红腹角雉、白鹇、白腹锦鸡、红瘰疣螈(图2)。这14种物种均为国家一级或二级保护动物,其生境覆盖了全县所有海拔梯度和生境类型。选取气候、地形、植被水体、人为影响因素等四大类环境变量,模拟各物种的适宜分布空间并进行叠加分析。与单物种适宜性评价相比,多物种适宜性评价可将目标物种适宜生境覆盖的有效性提高29.16%^[52]。以物种分布的适宜性作为生物多样性保护重要性评价依据,将中、高适宜区识别为生物多样性保护的关键区域(图3)。

将生物多样性保护关键区域与规划前的自然保护地边界和生态保护红线相对比,识别出现有保护地的保护空缺(图4)。对于保护重要性高但尚未覆盖的区域,建议纳入自然保护地。

将生物多样性保护关键区域识别为生态源地;依据最小成本路径法构建阻力面并识别生态廊道,构建生物多样性保护空间网络(图5),据此填补云龙天池国家级自然保护区龙马山片区和天池片区之间的廊道,以及凤凰山、志奔山、云顶森林公园等的保护空缺,强化生态节点的空间边界,构建完善的生物多样性保护空间网络。

4.2 基于“保护兼容”连续体的多层次生物多样性保护空间管控

依据生物多样性保护重要性高低,构建包括自然保护地、生态保护红线内非保护地、其他高适宜区以及毗邻村镇的“保护兼容”连续体,实施全域多层次

的生物多样性保护空间管控,具体包括:

(1) 细化、校核国土空间规划确定的生态保护红线方案和生态空间格局;在本轮国土空间规划中,划定的生态保护红线与经科学评估的生物多样性保护

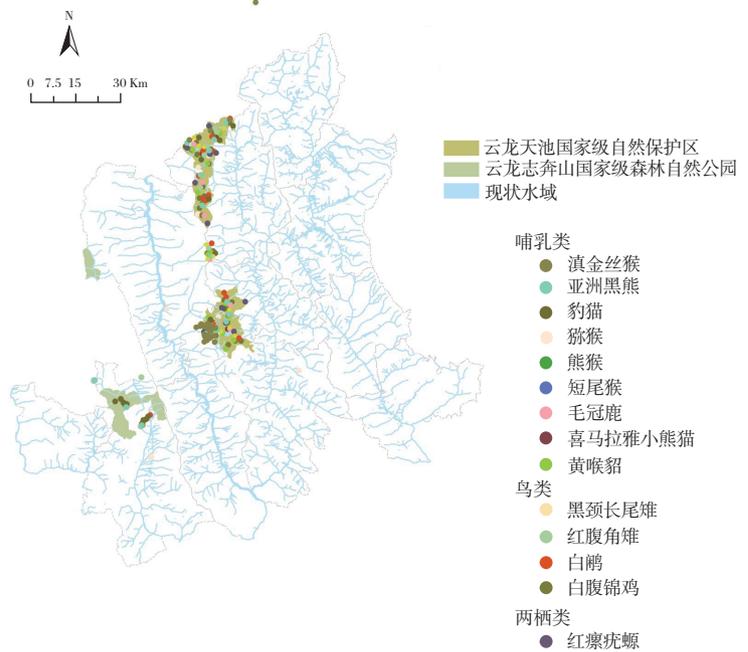


图2 目标物种在云龙县的分布点位

Fig.2 The distribution points of target species in Yunlong County

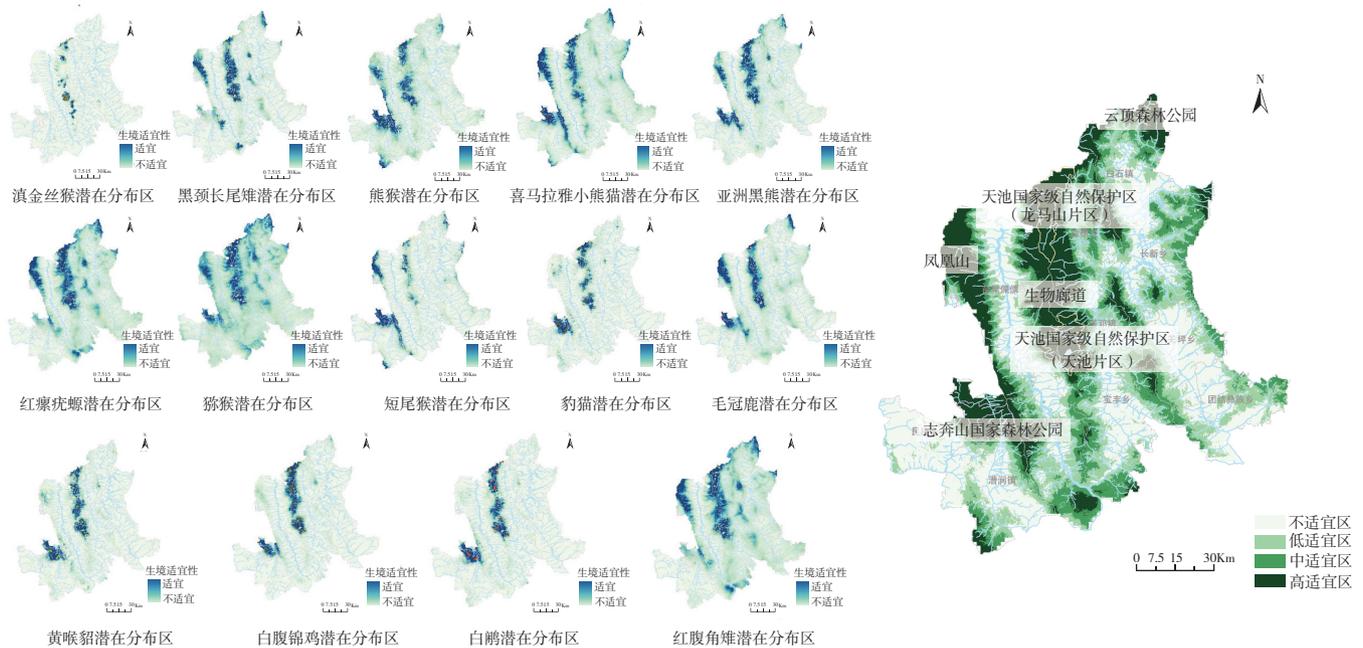


图3 各目标物种潜在分布区模拟结果(左)及多物种分布适宜性评价结果(右)

Fig.3 The simulating results of suitability distribution of individual target species (left) and multi-species (right)

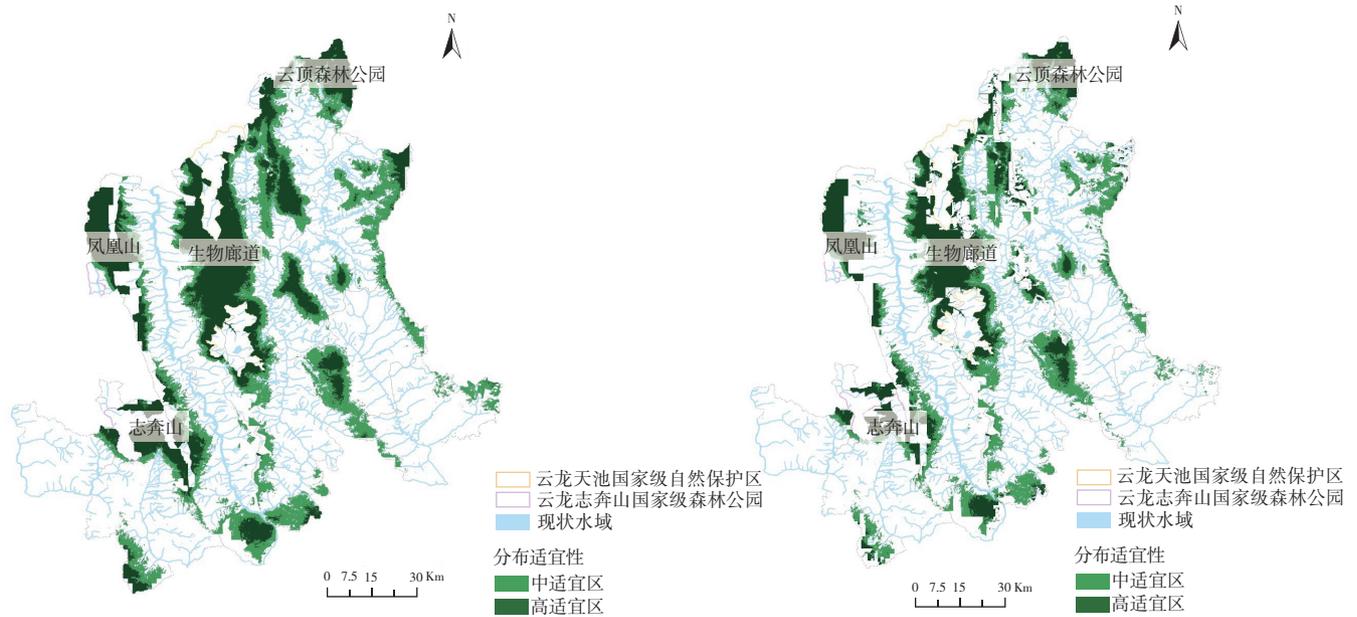


图4 自然保护地保护空缺（左）和生态保护红线保护空缺（右）

Fig.4 The conservation gap of natural protection area (left) and the conservation gap of ecological protection redline (right)

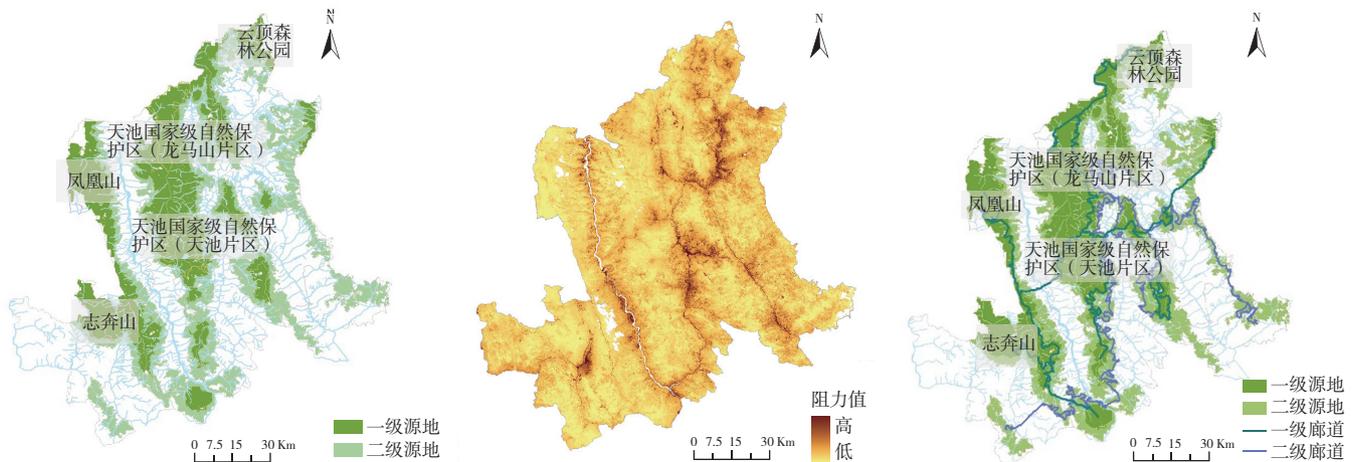


图5 生态源地（左）、阻力面（中）和保护空间网络（右）

Fig.5 The ecological source area (left), resistance surface (middle) and protection spatial network (right)

关键区域进行了联动优化，按照生态保护红线总体稳定、局部微调的要求，将符合生态保护红线调入要求的保护空缺区域，如凤凰山、志奔山等区域调入生态保护红线，总计调入面积约 80 hm²，同时将近期拟实施省级重点项目等符合生态保护红线调出要求的区域调出生态保护红线，总计调出面积约 156 hm²，实现保护空间和发展空间的协同优化。

此外，还将以生物多样性保护为导向的生态源地纳入国土空间用地用海规

划分区中的生态控制区，填补天池保护区两片区之间的廊道、凤凰山、志奔山、云顶森林公园等区域的保护空缺。加强对生态控制区内生态空间的管控力度，减少人类活动对生物多样性的干扰。

(2) 划定县域生物多样性保护优先区：根据生态源地和保护空缺识别结果，划定包括龙马山、天池、凤凰山、志奔山等的 8 个生物多样性保护优先区（图 6）。推动位于天池保护区两个片区间的五宝山廊道林地等 OECMs 的建设，提出

采用有机、生态、可持续的农业生产等保护兼容性生计活动，在保护生物多样性的同时兼顾居民生产生活功能。

(3) 生物多样性友好型村庄圈层式布局与分类管控：根据不同生态分区类型，分类引导生物多样性友好村庄布局（图 7、表 2）。

(4) 提出绿色能源设施选址影响评估要求：云龙县作为大理州绿色能源重点县，存在新能源基础设施建设选址对生物多样性产生影响的风险。因此在总

规中提出对大型绿色能源设施选址进行全面评估,避开云龙湖国家级自然保护区等重要栖息地,以及天池保护区两个片区间廊道等重要生态空间;评估基础设施建设对生物多样性的潜在风险时,应关注栖息地破坏与分割、生态系统间接影响及入侵物种风险。若不可避免影响重要保护区,应采取栖息地重建、物种迁移保护等生态补偿措施。

4.3 针对重要生境节点的多类型生态系统整治修复措施引导

针对保护空间内退化的植被群落,采取人工造林、封山育林、退耕还林还草等措施,恢复植被覆盖,如在五宝山生态廊道进行造林修复,有效保护廊道周边生态系统的完整性和物种多样性;对于草地生态修复,如在苗尾傈僳族乡、检槽镇等草场退化程度较高的乡镇,实

施退耕还草、草地改良建设工程和已损草地植被恢复工程;对于湿地生态系统,如澜沧江和怒江流域的河流湿地、天池湖泊湿地等,采取截污治污、生态补水、湿地恢复等措施,恢复湿地生物多样性保育功能;加强农业面源污染防治,增强农田的生物栖息地功能,营造农田防护林网,形成农林复合系统,增强其作为生物多样性丰富地区连接通道的作用。

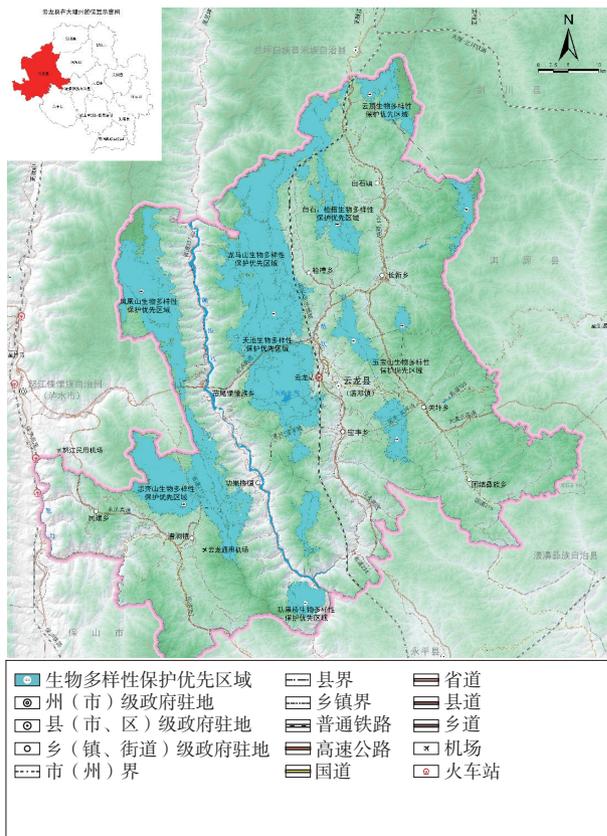


图6 云龙县生物多样性保护优先区域
Fig.6 Biodiversity conservation priority areas in Yunlong County

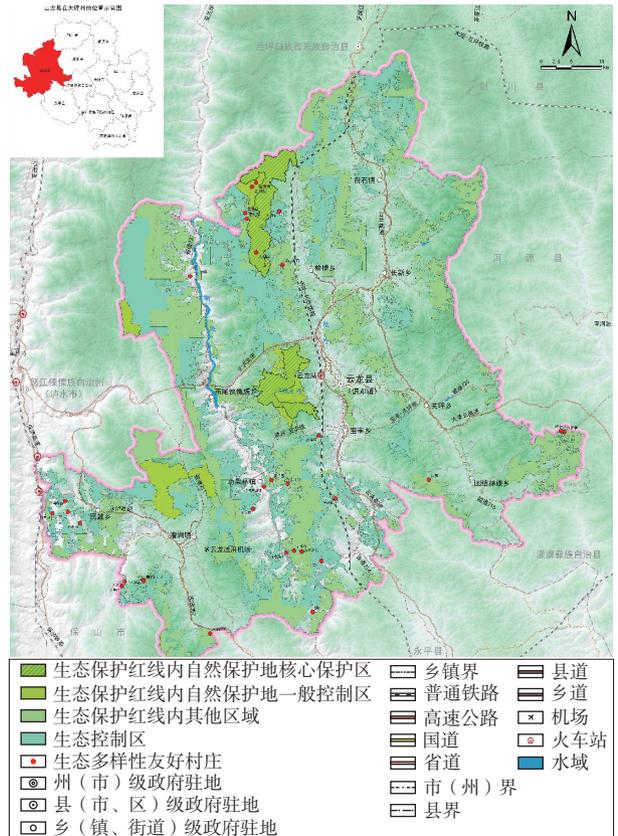


图7 生物多样性友好村庄布局
Fig.7 Biodiversity-friendly villages layout

表2 生物多样性友好村庄分类管控
Tab.2 Classification and management of biodiversity-friendly villages

圈层分类	生物多样性友好村庄	相应措施
生态保护红线内自然保护地核心区	检槽乡清朗村大储场	实施严格管控,有序迁出现状村庄
生态保护红线内自然保护地一般控制区	检槽乡师井村陆家寨、井村老仙场	严格控制人口规模、产业开发强度和基础设施建设范围
生态保护红线内其他区域	功果桥镇山西村麦子地、民主村上老鸦庄、功果村阴山等;漕涧镇大坪村阿面地、鹿山村黄竹山;检槽乡大工厂村羊毛登、清朗村梁山坡石等;团结彝族乡丰收村鸣板达、丰收村少罗做等;苗尾傈僳族乡松坪村下干沟坪	允许有限人为活动,在不影响生物多样性保护的情况下允许开展经审批的经济活动、科研监测、生活设施建设等活动,控制引导生物多样性友好村庄适度发展
生态控制区	漕涧镇鹿山村大堰口、鹿山村干塘等;功果桥镇民主村下老鸦庄、山西村下麻庄坪等;宝丰乡坪村元宵箐、南新村吊脚楼等;民建乡岔花村三角山、只嘎村背阴山等	积极建设生物多样性友好示范村庄,推动农文旅融合发展,统筹布局农村一二三产业融合发展用地,引导社区村民发展特色原生态产业

5 结语与展望

“昆蒙框架”将空间规划视为新的行动工具,在目标1中明确提出应“确保所有区域,处于参与性、综合性、涵盖生物多样性的空间规划,和/或其他有效管理进程之下,解决土地和海洋利用变化问题”。我国作为CBD-COP15的主席国和“昆蒙框架”的有力推动者,亟须在市县层级国土空间部署与用途管制中强化生物多样性保护。本文初步探索了生物多样性纳入市县国土空间总体规划的框架和技术路径,并结合云南省云龙县的规划实践进行应用。鉴于各地生物多样性丰富程度及与人居环境的交互关系的差异,云龙案例仅能作为保护优先区域的典型代表。未来需通过多地域实证不断完善技术方法,并通过专项规划和详细规划的空间传导和措施细化,加强保护地内外的源地协调、廊道连接与节点呼应,提升空间规划在生物多样性保护中的作用。

生物多样性保护的空间规划技术路径,目前仍存在基础数据、技术标准及跨区域协同管理的缺失,迫切需要在以下方面进一步强化,以期更好地实现全域生物多样性保护的整体统筹与布局,从空间层面提高保护的有效性。

5.1 加强生物多样性监测及空间数据库建设

当前的生物多样性监测一般聚焦于自然保护区和野生动物重要栖息地,缺少多梯度多类型生境的全覆盖。政府统计数据不易获得,各部门、各研究机构的片段式调查往往缺乏顶层设计统筹,数据类型、格式、处理方式不一,且缺少高精度空间信息,导致数据无法支撑空间规划分析所需。公民科学数据虽可为生物多样性研究提供参考,但因缺乏专业审核且受调查者能力和偏好限制,数据质量参差不齐。

未来应优化生物多样性监测网络,可基于遥感、视频和传感器网络等技术手段,对物种分布及其栖息环境偏好进行连续观测。已有一些机构在智能监测平台建立方面有所探索,如基于物联网的远程生物调查指挥系统^[53],将调查人员、物理设备和野生动物物种等信息完

整映射到智能监测平台中,实现了实地调查和信息采集的空天地智能一体化指挥和管理。未来应加强与国土空间规划需求的衔接,建立与空间信息关联的监测网络,完善生物多样性信息共享平台。

5.2 加强规划技术标准的统一

目前生境适宜性评估模型的指标选取存在一定主观性,如物种分布模型的环境变量、生态廊道的阻力面因子等。生态源地最小面积阈值也缺乏统一标准,源地面积阈值依据尚未统一^[45]。

未来应当加强生态过程的基础性研究对规划的指导作用。如采用多源数据融合和跨学科研究方式,理清景观格局与生态过程的耦合机制,确定生物多样性评估模型的参数赋值和系列阈值,有效改进与优化生态源地和生态廊道识别方法。

5.3 加强跨生态区域的协同管理

现行的规划实践通常以行政区为边界。这种模式在数据获取方面具有一定优势,也有助于当地相关部门开展保护工作。然而,物种移动并不受行政边界或地理单元的限制。因此在保护空间管控中也必须充分考量区域间的整体性^[54],推动跨流域、山域、湖域的生物多样性保护规划。

未来应充分考虑毗邻市县间的生态功能区域联动性,构建功能完善的区域生态网络,实现区域生物多样性水平的整体提升。

感谢云南云龙天池国家级自然保护区管护局、云龙县漕洞林场、云龙县自然资源局、云龙县林草局为云龙案例研究提供的数据和地方调研支持。

参考文献

- [1] UCHIDA K, BLAKEY R V, BURGER J R, et al. Urban biodiversity and the importance of scale[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2021, 36(2): 123-131.
- [2] 杨保军, 陈鹏, 董珂, 等. 生态文明背景下的国土空间规划体系构建[J]. *城市规划学刊*, 2019(4): 16-23.
- [3] 吴志强, 郭仁忠, 张兵, 等. “国家空间规划系统化建构”学术笔谈[J]. *城市规划学刊*,

2024(5): 1-11.

- [4] 生态环境部, 外交部. 共建地球生命体: 中国在行动[EB/OL]. (2020-9-21) [2024-12-10]. https://www.fmprc.gov.cn/web/zyxw/202009/t20200921_348510.shtml.
- [5] 2020年联合国生物多样性大会(第一阶段)高级别会议. 昆明宣言 生态文明: 共建地球生命共同体[EB/OL]. (2021-10-24) [2024-10-24]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-10/14/content_5642362.htm.
- [6] 联合国环境规划署. 昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架[EB/OL]. (2022-12-18) [2024-12-10]. <https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-1-25-en.pdf>.
- [7] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于进一步加强生物多样性保护的意見[EB/OL]. (2021-10-14) [2024-12-10]. https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/19/content_5643674.htm.
- [8] 生态环境部. 中国生物多样性保护战略与行动计划(2023-2030年)[EB/OL]. (2024-1-18) [2024-12-10]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202401/content_6926868.htm.
- [9] 吕植. 中国生物多样性保护与“3030目标”[J]. *人民论坛·学术前沿*, 2022(4): 24-34.
- [10] 赵毅, 郑俊, 徐辰, 等. 县级国土空间总体规划编制关键问题[J]. *城市规划学刊*, 2022(2): 54-61.
- [11] 王新哲, 钱慧, 刘振宇. 治理视角下县级国土空间总体规划定位研究[J]. *城市规划学刊*, 2020(3): 65-72.
- [12] 自然资源部办公厅. 市级国土空间总体规划编制指南[EB/OL]. (2020-8) [2024-12-10]. <https://m.mnr.gov.cn/gk/tzgg/202008/P020200820547720783027.pdf>.
- [13] 云龙县自然资源局. 云龙县国土空间总体规划(2021-2035)[EB/OL]. (2023-4-24) [2025-1-13]. <http://www.ylx.gov.cn/ylxrmzf/c106966/202305/ac4a4c47e7684ca6b00ab692ab97c97f/files/e0b660fe6f104c59b0f65044e84af207.pdf>.
- [14] 寿县自然资源和规划局. 寿县国土空间总体规划(2021-2035年)[EB/OL]. (2024-7-1) [2025-1-13]. <https://www.shouxian.gov.cn/public/118322767/1260264458.html>.
- [15] 建设部. 关于加强城市生物多样性保护工作的通知[EB/OL]. (2002-11-6) [2024-12-10]. <https://www.chinacourt.org/law/detail/2002/11/id/81262.shtml>.
- [16] 建设部. 关于印发《国家园林城市申报与

- 评审办法》、《国家园林城市标准》的通知 [EB/OL]. (2005-3-25) [2024-12-10]. <http://chla.com.cn/html/c106/2006-04/6210.html>.
- [17] 千靓, 吴志强. 城市生物多样性规划研究进展评述与对策[J]. 规划师, 2018, 34(1): 87-91.
- [18] 自然资源部办公厅. 资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南(试行)[EB/OL]. (2020-1-19) [2024-12-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-01/22/content_5471523.htm.
- [19] 千靓. 城市建成环境对生物多样性的影响要素与优化路径[J]. 国际城市规划, 2018, 33(4): 67-73.
- [20] 沙鸥, 方舟, 熊耀平. 国土空间规划体系下生物多样性保护策略: 以鸟类保护为例[J]. 规划师, 2022, 38(增刊1): 31-36.
- [21] 牟雪洁, 饶胜, 张箫, 等. 县域生物多样性保护优先格局评价及保护体系优化: 以武夷山市为例[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(6): 769-777.
- [22] 费凡, 吴婕, 李晓晖, 等. 国土空间规划视野下基于指示物种"栖息-迁徙"过程的城市生物多样性网络构建与修复: 以广州市为例[C]//2020/2021 中国城市规划年会暨 2021 中国城市规划学术季论文集, 2021.
- [23] 龙闹, 何舸, 费凡, 等. 广州市城市生物多样性保护网络构建研究[J]. 环境生态学, 2023, 5(10): 75-80.
- [24] 刘阳, 欧小杨, 郑曦. 整合绿地结构与功能性连接分析的城市生物多样性保护规划[J]. 风景园林, 2022, 29(1): 26-33.
- [25] 薛飞, 郎悦曦, 曹越, 等. 再野化: 柏林城市生态空间的实践[J]. 城市规划学刊, 2023, (6): 79-86.
- [26] 蔡卓, 丁美辰. 基于多角度的陆域生态保护红线评估调整研究: 以福建省漳州市为例[J]. 规划师, 2021, 37(2): 28-33.
- [27] 高梦雯, 胡业翠, 李向, 等. 基于生态系统服务重要性和环境敏感性的喀斯特山区生态安全格局构建: 以广西河池为例[J]. 生态学报, 2021, 41(7): 2596-2608.
- [28] 谭华清, 张金亭, 周希胜. 基于最小累计阻力模型的南京市生态安全格局构建[J]. 水土保持通报, 2020, 40(3): 282-288.
- [29] 王浩, 马星, 杜勇. 基于生态系统服务重要性和生态敏感性的广东省生态安全格局构建[J]. 生态学报, 2021, 41(5): 1705-1715.
- [30] 罗巧灵, 马杰, 郑振华, 等. 国土空间规划背景下市县生态保护重要性评价实践探索: 以武汉市江夏区为例[J]. 中国园林, 2022, 38(6): 97-102.
- [31] 曲艺, 陆明. 生物多样性保护视角下的城市生态安全格局构建研究[J]. 城市发展研究, 2017, 24(4): 134-137.
- [32] 千靓, 颜文涛. 国土空间生态规划[M]. 上海: 同济大学出版社, 2024.
- [33] AUSTIN M P, VAN NIEL K P. Improving species distribution models for climate change studies: variable selection and scale [R]. Wiley Online Library, 2011.
- [34] DUFLLOT R, AVON C, ROCHE P, et al. Combining habitat suitability models and spatial graphs for more effective landscape conservation planning: an applied methodological framework and a species case study[J]. Journal for nature conservation, 2018, 46: 38-47.
- [35] 广东省自然资源厅. 广东省资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指引(试行) [EB/OL]. (2020-12) [2024-12-10]. <https://nr.gd.gov.cn/attachment/0/408/408632/3162101.pdf>.
- [36] 马星, 王浩, 余蔚, 等. 基于MaxEnt模型分析广东省鸟类多样性热点分布及保护空缺[J]. 生物多样性, 2021, 29(8): 1097-1107.
- [37] 张豆, 梁丽萍, 张桀漓. 基于生态供需视角的生态安全格局构建与优化: 以长三角地区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(20): 7525-7537.
- [38] 刘香灵, 郭晋平. 吕梁市域生物多样性保护的生态安全格局[J]. 森林与环境学报, 2021, 41(3): 290-297.
- [39] 杨帆, 曹银贵, 冯喆, 等. 基于最小累积阻力模型的生态安全格局构建研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(5): 555-565.
- [40] 孙枫, 章锦河, 王培家, 等. 城市生态安全格局构建与评价研究: 以苏州市区为例[J]. 地理研究, 2021, 40(9): 2476-2493.
- [41] PENG J, YANG Y, LIU Y, et al. Linking ecosystem services and circuit theory to identify ecological security patterns[J]. Science of the Total Environment, 2018, 644: 781-90.
- [42] 刘吉平, 吕宪国, 杨青, 等. 三江平原东北部湿地生态安全格局设计[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1083-1090.
- [43] 詹龙圣, 陈可欣, 李倩倩, 等. 国土空间规划中生态保护与修复研究: 以山东威海市为例[J]. 智能城市, 2021, 7(11): 107-112.
- [44] SYNES N W, PONCHON A, PALMER S C, et al. Prioritising conservation actions for biodiversity: lessening the impact from habitat fragmentation and climate change [J]. Biological Conservation, 2020, 252: 108819.
- [45] 邬志龙, 杨济瑜, 谢花林. 南方丘陵区生态安全格局构建与优化修复: 以瑞金市为例[J]. 生态学报, 2022, 42(10): 3998-4010.
- [46] 张箫, 牟雪洁, 王夏晖, 等. 国土空间生态修复分区研究: 以海南岛为例[J]. 生态经济, 2021, 37(2): 183-189.
- [47] 云龙县人民政府. 云龙概况[EB/OL]. (2024-11-19) [2024-12-10]. <http://www.yl.gov.cn/ylxrmzf/c102587/zjyl.shtml>.
- [48] PHILLIPS S J, ANDERSON R P, SCHAPIRE R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions[J]. Ecological modelling, 2006, 190(3-4): 231-59.
- [49] 罗绮琪, 胡慧建, 徐正春, 等. 基于Maxent模型的粤港澳大湾区水鸟多样性热点研究[J]. 生态学报, 2021, 41(19): 7589-7598.
- [50] SHEN L, WANG W, QI Y, et al. Habitat Suitability for the Yunnan snub-nosed Monkey *Rhinopithecus bieti* (Milne-Edwards, 1897) (primates: cercopithecidae) based on the MaxEnt Model[J]. Acta Zoologica Bulgarica, 2023, 75(3).
- [51] ZHANG G, ZHU A-X, HE Y-C, et al. Integrating multi-source data for wildlife habitat mapping: a case study of the black-and-white snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*) in Yunnan, China[J]. Ecological Indicators, 2020, 118: 106735.
- [52] WANG M, GAN J, GUO G, et al. Identifying conservation gap in biodiversity hotspot area: single flagship species or multi-species? [J]. Journal for Nature Conservation, 2025, 75: 1-12.
- [53] 广东省科学院动物研究所. 陆生野生动物智能调查监测关键技术成果登记公示 [EB/OL]. (2022-8-5) [2024-12-10]. <http://www.giabr.gd.cn/xxgk/tzgg/t6412.html>.
- [54] 彭建, 赵会娟, 刘焱序, 等. 区域生态安全格局构建研究进展与展望[J]. 地理研究, 2017, 36(3): 407-419.