

国土空间规划对城市生物多样性的主要影响及规划提升策略研究

Study on the Main Impacts of Territorial Spatial Planning on Urban Biodiversity and Planning Enhancement Strategies

李梦芸 LI Mengyun

摘要 在推进美丽中国和生态文明建设的背景下,保护城市生物多样性日益重要。目前国土空间规划中存在着生物多样性保护目标认识、价值理念和策略方法等方面不足的问题。为进一步加强生物多样性和国土空间规划的跨领域关联衔接并提供规划应对思路,分析生物多样性本身的层次与尺度特征以及目前我国城市规划对生物多样性的影响,并进一步探索国土空间规划对城市生物多样性的影响领域及要素。最后提出保护生物多样性的国土空间规划策略,包括构建保护生物多样性的国土空间规划策略框架,并提出总体层面和详细层面的规划策略,以期为国土空间规划中生物多样性保护方面的工作提供参考。

Abstract The protection of urban biodiversity is increasingly important in the context of the construction of Beautiful China and Ecological Civilization. Currently, there are deficiencies in biodiversity conservation objectives, values and strategies in territorial spatial planning. In order to further strengthen the connection between biodiversity and territorial spatial planning, and to provide planning response ideas, this paper analyzes the hierarchy and scale of biodiversity, as well as the current research on the impact of urban planning on biodiversity in China. It further explores the main sectors and key elements of territorial spatial planning impact on urban biodiversity, and then proposes urban territorial spatial planning strategies for biodiversity conservation, including developing a strategic framework, and proposing planning strategies at the general level and the detailed level, with a view to providing a reference for the work on biodiversity protection in territorial spatial planning.

关键词 生态文明;生物多样性;国土空间规划;影响;策略

Key words ecological civilization; biodiversity; territorial spatial planning; impact; strategy

文章编号 1673-8985 (2025) 02-0082-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20250211

作者简介

李梦芸

上海市城市规划设计研究院

工程师,硕士,lmylajabo@163.com

城市化的快速发展导致了生物多样性持续大衰退和同质化^[1]。保护城市生物多样性是我国目前城市生态建设中重要且紧迫的工作^[2]。国土空间规划是空间发展的指南、可持续发展的空间蓝图,是各类开发保护建设活动的基本依据^[3]。2021年10月,我国发布的《关于进一步加强生物多样性保护的意见》提出将生物多样性保护理念融入生态文明建设全过程,持续优化生物多样性保护空间

格局,在国土空间规划中落实就地保护体系。在此背景下,许多城市都组织编制了生态空间专项规划和生态修复专项规划,进一步保障生态空间底线,构建自然生态格局,修复自然空间。总体来看,目前城市国土空间规划体系对生物多样性的保护策略尚局限在总量保障、景观塑造、生态修复等方面,存在着对生物多样性理念认识不足、全域生态要素统筹不足、相关内容探索深化不足^[4]等问题。究其

原因,主要在于缺乏跨领域间的影响认识作为规划的理论依据^{[5]68},导致城市规划工作对生物多样性保护理念的认同不足、空间需求了解不到位,从而难以提出深入有效的引导及管控措施。

本文旨在搭建跨领域的关联衔接路径,探索国土空间规划对城市生物多样性影响的主要领域及关键要素,并以此为靶点提出生物多样性保护视角下的城市国土空间规划策略。将生物多样性保护理念充分融入城市发展的谋篇布局中,从而提升城市的生态环境品质,实现城市的可持续发展。

1 生物多样性与空间规划的影响关联综述

生态学中的生物多样性概念本身就有着层次与尺度的关系。《生物多样性公约》将生物多样性定义为:所有来源的形形色色生物体,这些来源包括陆地、海洋和其他水生生态系统及其所构成的生态综合体^[6]。马克平^{[7]20}提出生物多样性由生态系统多样性、物种多样性和遗传(基因)多样性3个层次组成,其后景观多样性被提出并被逐渐接受^[8]。从尺度由大到小来看,景观多样性是指景观单元在结构和功能方面的多样性,其重点关注宏观层面的内容,主要研究组成景观的斑块数量、大小、形状和景观类型、分布及斑块间的连接性、连通性等结构与功能方面的多样性^{[9]5}。生态系统多样性是指生物圈内生境、生物群落和生态过程的多样性^{[9]3}。物种多样性指物种水平的多样性,其是生物多样性的关键,主要包括两个方面,一是指一定区域内的物种丰富程度;二是指生态学方面物种分布均匀程度^{[9]3}。遗传多样性即物种内基因和基因型多样性,主要关注微观层面,广义上指蕴藏在地球上植物、动物和微生物个体基因中遗传信息总和,狭义上指物种内基因的变化^{[9]2-3}。

景观生态学在城市空间对城市生物多样性的影响方面已开展了较多研究,主要涵盖:一是城市景观的空间结构与功能的影响,主要关注斑块大小、形状、数量和分布与生物多

样性的关系^[10]。二是生态网络与生态廊道的影响,通过构建多维度、多功能的城市生态网络^[11]并强化生态廊道的空间结构,可以有效加强连通性^[12]。三是人类活动造成的相关影响,如从建成区到近郊区、远郊区,再到荒野地区,城市生物多样性沿着城市化梯度呈现出不同的特征^{[13]8}。除此之外,土地利用的转变、局地环境的污染等都会影响城市生物多样性的分布格局^[14]。

就目前我国城市规划对生物多样性的影响研究来看,这类跨领域研究才刚刚起步^{[5]68}。在国土空间规划政策颁布前,干颢^{[5]68}围绕城市建成环境对生物多样性的影响做了相关研究,分类讨论了影响机制和要素,并梳理了生态用地、植被格局、开发强度及人类活动的影响机理。国土空间规划政策颁布后,马远等^{[13]8}强调应科学划定城市的“三区三线”以保证充足的生态空间来维持更高的城市生物多样性水平。

总体来看,生物多样性本身有着生态学的层次尺度特点及递进关系,景观生态学的相关研究提供了有价值的切入视角,目前空间面对生物多样性的影响已有点状思考,但国土空间规划对生物多样性的影响整体上仍然缺乏系统性的研究,跨领域的影响关联路径仍不清晰,不足以支撑制定生物多样性保护策略。因此,应首先构建国土空间规划与生物多样性之间的影响关联路径,明确国土空间规划对生物多样性的影响领域及要素,以此作为提升城市生物多样性的理论依据来指导相关规划策略的制定。

2 国土空间规划对城市生物多样性的主要影响

2.1 跨领域影响关联路径构建

生态学和国土空间规划之间有着不同的学科语汇。本文通过3个思路构建跨领域关联衔接(见图1)。一是以生物多样性的各层次有效保护为出发点。生物多样性各层次本身具有从大到小的空间尺度效应^[15-16]。基于生物多样性4个层次的尺度特征进行国土空间规划相关度识别,并筛选出直接相关的层次作为出发

点。二是引入“城市环境”作为跨领域过渡的靶心。通过“生物多样性—城市环境—国土空间规划”三步走,进一步聚焦生物多样性在城市环境这一物理空间中的问题,实现从生态学向国土空间规划的过渡。三是注重全面梳理并聚焦国土空间规划相关领域及要素,在识别出涉及的相关领域后,进一步梳理出最有针对性的管控要素,以此形成空间层面的有效抓手。

2.2 国土空间规划相关的生物多样性的层次筛选

在城市和区域尺度,国土空间规划可以影响城市和区域的景观格局,故而能够直接影响“景观多样性”。在人居尺度,国土空间规划涉及开发建设强度和用地布局类型,在改变城市物理环境的同时深刻影响着城市中的生态系统,故而与“生态系统多样性”直接相关。在局地尺度,空间管控及相关设计引导物种选择会影响“物种多样性”中的植物种类,虽然动物、昆虫和微生物具有活动性或难以通过规划直接管控,但植被物种的选择改变了它们的生存条件,故国土空间规划能与这一层次直接相关。“遗传多样性”则需关注微观层面,规划与其相关度较间接,通过对3个层次的干预促进土著植物、动物和昆虫水平,提供微生物的生存条件,提升整个生态系统和物种的多样性,也可进一步强化本地特色基因的保护。

综上,国土空间规划对生物多样性的直接相关层次为景观多样性、生态系统多样性和



图1 国土空间规划对城市生物多样性的影响关联路径
Fig.1 Correlation pathways of spatial planning's impact on urban biodiversity

资料来源:笔者自绘。

物种多样性,间接相关层次为遗传多样性。本文聚焦于直接相关层次。

2.3 相关层次在城市空间环境下的主要问题

城市空间环境既包括人为建造的建成环境,也包括未经人类改造的自然环境,囊括了城市中各类物质空间要素。识别景观多样性、生态系统多样性和物种多样性在城市空间环境下的主要问题,可以进一步与国土空间规划所涉及领域耦合。

对于景观多样性,其主要问题是城市化和工业化背景下土地利用的改变导致的一系列景观功能的失衡^[17]。城市发展导致原有的自然环境不断萎缩,而新建设后的生态空间格局没有考虑到原本的生态需求,原本整体性、连续性的自然景观被破坏,使城市生境斑块显现出高度破碎化和异质性^{[13]7}的同时,生境斑块之间的连通性也在下降^[18]。

对于生态系统多样性,其主要问题是各生态系统质量不够高。城市中有大量的生态用地类型,如城市湿地、河流、池塘、森林、公园等,这些多样的栖息地能有效支撑生态系统的健康运行^[19]。人类在将自然生态系统改造成人工生态系统的城市化过程中,仅存的自然生态系统多处于受损退化状态,栖息地的景观建设违背了生态规律,带来了群落种类单一、结构简单、自然程度不高、病虫害严重等问题^{[20]21},使城市生态系统更加脆弱。

对于物种多样性,其主要问题是多样性的降低和物种单一化。城市植物多样性方面最明显的特点是外来物种的引入和乡土物种的减少^{[13]6}。究其原因,在于城市绿化设计多出于人工化审美意识,追求视觉层面的形态塑造,用一些植物配置形成伪生态局面^{[20]20},盲目引入外来物种加剧了本地物种多样性消失。城市生物的组成也明显的特化^①,结构逐渐简单化,稳定性下降^{[13]7}。

2.4 国土空间规划对生物多样性的影响领域及要素识别

紧密围绕生物多样性相关层次在城市空

间环境下的主要问题,从国土空间规划编制所涉及的主要内容出发,合理确定国土空间规划各领域对生物多样性产生影响的基本逻辑及其影响因素。其中,总体层面结合国家相关政策指导文件和已印发的规划指南中的编制内容框架进一步识别影响领域,如在“优化空间总体格局”章节中主要涉及“生态格局”领域,在“强化资源环境底线约束”章节中主要涉及“底线约束”领域,在“优化空间结构”章节中主要涉及“用地布局”领域等;详细层面鉴于目前的规划编制尚缺乏国家统一的标准或指南作为指导,因此本文主要聚焦于总体层面识别,详细层面各城市可依据自身的编制特点和需求进一步甄别和细化。总体来看,国土空间规划对生物多样性的影响领域聚焦于生态格局、底线约束、用地布局、蓝绿空间、空间形态、道路交通、生态修复等7类。这些领域对3个相关层次都有不同程度且彼此关联的影响(见图2)。

2.4.1 生态格局领域

合理良好的“斑块、廊道、基质”结构组成的城市生态格局是景观多样性的体现,也是支撑高质量生态系统多样性的基础与保障。生态格局领域中斑块和廊道这两个要素既存在于规划语境中,也存在于生态语境中,因此对其影响机理的研究不仅局限于相关要素“有

没有”,也更强调其“好不好”,即其连通性、系统性和有效性。(1) 斑块。从类型来看,规划时是否依据城市生态网络特征区分源地或踏脚石等不同的类型,会影响斑块发挥其生态作用。从面积和数量来看,生态斑块的面积和数量需要能够支撑维护本地重点物种,其中,面积是决定生物多样性的关键因素。一般来说,面积大的斑块具有更高的生物多样性维持能力^{[13]7}。从空间来看,斑块的间距设置会影响动物迁徙的畅通性,间距过大将不利于动物迁徙^[21]。(2) 廊道。从布局来看,廊道在布局时连接隔离的斑块,可以有效加强整体连通性。从类型来看,根据建设尺度及内部组成等因素可将廊道分为大尺度的生境廊道和小尺度的生物通道,规划设计时是否从类型上响应动物利用廊道的方式会影响廊道的系统性。从宽度来看,规划的廊道宽度是否满足不同物种迁徙的需要会影响廊道的有效性。

2.4.2 底线约束领域

科学划定生态空间可以减少城乡建设用地对生态空间的侵占,有助于进一步减少栖息地破碎化并维护栖息地空间,从而强化景观多样性和生态系统多样性保护及促进可持续发展。根据自然资源部印发的《省级国土空间规划编制指南》中对生态空间的定义,生态空间区别于农业、城镇空间,是以提供生态系统服

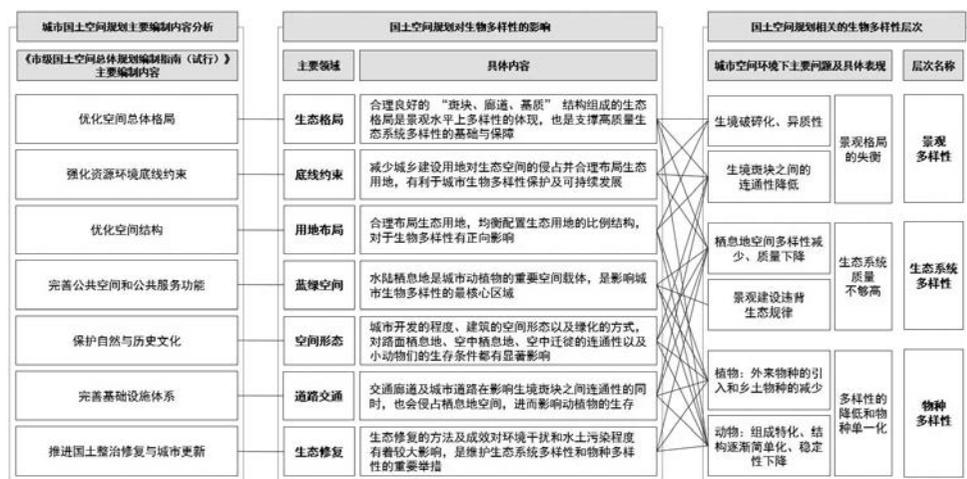


图2 国土空间规划对生物多样性的影响领域识别
Fig.2 Identification of field impacts of spatial planning on biodiversity

资料来源:笔者自绘。

注释: ① 指一种特殊的生物进化方式,是生物发生局部的特殊变异以适应特定环境条件的现象。

务或生态产品为主的功能空间。限制城市蔓延开发,预留和保护城市生态空间是保护城市生物多样性的的重要举措,科学划定城市的“三区三线”以保障充足的生态空间,有利于维持更高的城市生物多样性水平。

2.4.3 用地布局领域

合理布局生态用地,均衡配置生态用地的比例结构,对于生物多样性有正向影响。国际上目前对于生态用地的内涵没有明确和统一的定论,从国土空间规划的视角来看,建设用地中的公共绿地、生产防护绿地、其他绿地、广场,以及非建设用地中的湿地、林地、草地、园地、耕地、水域、各类用海等,都是城市中提供环境调节和生态服务功能的重要空间,因而都应纳入考虑。一般情况下,生境面积越大,物种数量越多,对动植物群落越有利。生态用地作为城市生境的空间承载,通过对于其总面积和内部比例结构的合理调控,以及对各生态用地间距离的合理引导,有助于减少自然景观的破碎化,促进廊道连通性,并维护物种结构和丰富度^{[5]69}。

2.4.4 蓝绿空间领域

城市的蓝绿空间包括了城市各类水陆栖息地,既是城市动植物的重要空间载体,也是影响城市生物多样性的核心空间^[22]。蓝绿空间的质量直接影响生态系统的质量。这一领域需要考虑城镇空间、农业空间和生态空间的不同特征。本文选取3类空间中具有代表性的蓝绿空间进行探讨。(1) 公园绿地。一是规模方面,总规模越大对物种越有利^[23],同时,单个公园绿地面积越大,环境异质性越高,包含的物种越多^[24]。二是树木植被方面,选用乡土树种,注重食源、蜜源类树种的选用,并采用近自然的配置方式,都可以增加生物多样性,改善生态系统服务^{[13]8}。(2) 河湖水系。一是水网的回路闭合度、线点率、网络连接度越高,其带状廊道的作用越强,不仅对鸟类、两栖类、爬行类和鱼类的丰富度有积极影响,还能促进生境斑块之间的连通性,进一步提高城市整体的生物多样性^[25]。二是驳岸建设的类型也会产生重要影响,其中硬质护岸和硬化的河道严重破坏河

湖生态系统,而通过植被等自然工程化手段构建柔软的河床,能强化河湖生物多样性支撑能力。三是丰富的栖息地条件如深水、浅水、浅滩、陆地等可以提供多样的栖息和捕食环境,有利于提升局地生物多样性^{[13]8}。(3) 森林和草地。森林和草地面积既能够提升草地生态系统服务效益,也能有效提升生物多样性。从物种上看,城市森林树种和植被草种的单一性,以及过度人工化的种植方式,会导致生态系统的脆弱性增加,而群落结构丰富、本土树种多样的森林和草种丰富的草地都有助于维护生物多样性。(4) 内陆湿地。面积方面,对于8 hm²以下的小微湿地,其面积越大,水鸟和陆地鸟类物种丰富度越高,并且面积超过4 hm²的小微湿地能维持较多的水鸟物种^[26]。相反,硬化岸线、过度种植等工程设计方式都是湿地生态的重要威胁。(5) 滨海海岸带。陆海交错过渡的区域是生物多样性的富集区域,自然岸滩是大量鸟类及哺乳动物种群的栖息地,对自然岸滩空间的保护有助于维护海岸带的生态系统多样性,同时有助于减少整体景观格局上的破碎化,强化物种迁徙的连通性^[27]。(6) 农田、园地、养殖水域。多种栖息地混合对当地生物多样性维持具有重要作用,有利于依托农业景观生存繁衍的授粉类动物及其他特定物种的保护,为两栖爬行类、鸟类等动物营造栖息地^[28]。

2.4.5 空间形态领域

城市开发的程度、建筑的空间形态和绿化的方式对路面栖息地、空中栖息地、空中迁徙的连通性以及小动物们的生存条件都有显著影响。(1) 开发强度。建筑密度、高层建筑面积比、容积率越高,城市开发占据的空间越多,动物在地面的栖居空间则越少^{[29]86}。重要的生态廊道周边减少建筑开发或高层建筑的建设有利于保障廊道的畅通性。(2) 立体绿化。在地面空间资源有限的情况下,通过建筑表皮增加立体空间也可以为生物提供一种离地的新生境,增加植物多样性的同时促进鸟类利用建筑立面绿化或屋顶绿化等空间^{[29]163}。(3) 建筑立面。玻璃护栏和幕墙立面都是鸟类的潜在威

胁,外墙材料“鸟类可见”能够有效保护鸟类生物多样性。(4) 建筑形态。建筑造型适当预留孔洞可以为城市野生鸟类提供筑巢的栖息空间^{[29]165}。

2.4.6 道路交通领域

交通廊道及城市道路的布局和密度会影响生境斑块之间的连通性,对景观多样性造成影响。同时,大量不透水路面也会侵占栖息地空间,影响生态系统多样性的同时,威胁动植物的生存。(1) 交通廊道。区域层面上,高速公路、铁路、公路等交通廊道通常是影响城市生态廊道连通度的重要因素,交通廊道对栖息地的占用导致栖息地破碎化和岛屿化,对物种生存和迁徙产生影响^[30]。(2) 道路。一方面,高路网密度带来更高的城市不透水面积,不仅侵占栖息地空间,而且阻止地上地下物质交换和循环,使土壤微生物活性和功能下降^{[13]7},造成物种丧失。另一方面,道路两旁的行道树对生物多样性有着正向促进作用,连续树冠可以最大限度发挥其生态潜力,有效服务鸟类迁徙^[31]。

2.4.7 生态修复领域

生态修复的方法及成效与环境品质、水土污染程度有较大关联^[32],进而影响生物多样性水平。其中,环境干扰及水土污染加剧了栖息地质量的下降,同时也导致动植物生理机能和种群结构变化^{[5]70}。(1) 噪声及光照。动物对噪声和光线非常敏感,大城市的声光污染规模持续扩张,对生物有着长期影响。同时,夜间人造光已经成为世界公认的光污染现象之一,其对鸟类、植物等生物体的不同生命层次和生活史特征均存在有害影响,容易形成孤立的种群,增加了物种灭绝的可能性^[33]。(2) 空气、土壤、水体。工业排放及市政废弃物对于空气、土壤及水体的影响巨大,对生态系统健康产生深远的影响。相关大气污染物如二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳等易造成敏感物种减少或消失;土壤中的重金属污染和富营养化等问题也会增加外来物种入侵几率,导致喜氮植物的大量生长^{[13]7}。

2.4.8 小结

根据上述研究,总结形成国土空间规划

对城市生物多样性的影响要素清单（见表1），共包含18个关键要素和相关子项。

3 保护生物多样性的城市国土空间规划策略

3.1 构建保护生物多样性的城市国土空间规划策略框架

基于上述梳理的影响领域及关键要素，在国土空间规划体系的各层级规划内容中对生物多样性保护需求予以响应，构建保护生物多样性的城市国土空间规划策略框架。其中，总体规划层面重点关注对全域生态空间

的战略统筹作用，加强保护水平的正向提升和环境干扰的负向控制；详细规划层面聚焦落实和深化总体层面的格局和结构以提升其有效性，强化分类型的管控引导，优化细化设计要求，以打造更具生物友好性的空间环境品质。同时，提出不同层次规划的实施保障策略（见图3）。

3.2 总体规划层面策略

3.2.1 统筹空间资源配置，强化结构性布局

统筹考虑生物多样性保护对城市建设的重要性，积极应对生态格局、底线约束和用地

布局对生物多样性保护在宏观层面的影响，规划内容包括明确空间发展目标战略、优化空间总体格局、强化资源环境底线约束、优化空间结构等。具体策略包括：（1）将保护生物多样性作为城市国土空间总体规划的重要目标，充分考量本地的资源特色和发展阶段并设定相应的空间规划量化指标。（2）构建真实有效的生态格局，强化对应景观多样性“斑块—廊道—基质”的空间概念，通过空间对应或映射在全市层面构建以“源地—廊道—踏脚石”为空间要素的格局体系，并制定分级分类的空间管控措施。（3）差异化引导城镇、生态、农业空间的生物多样性保护。城镇空间应兼顾提升生态系统质量与居民生态福祉，生态空间应注重保护自然生态本底，提升整体生态价值，突出自然景观特色。农业空间应注重改善生态系统健康水平。（4）识别市域及中心城区中的生物多样性重要地区，梳理其功能特点、物种特征、保护状态，优先保障生态资源底线，划定保护空间，并提出相关保护要求或建设活动限制要求。（5）合理配比不同类型的生态用地空间结构。根据生态格局空间要素特征，以及城镇、生态、农业空间的生物多样性保护差异化需求，合理布局各类绿地、开敞空间、陆地水域、园地、林地、草地、湿地、耕地、各类用海等，确保其规模结构健康合理。

3.2.2 增强城市建设的生物友好性

强化蓝绿空间建设、保护设施建设，以及城市空间形态对生物多样性的正向影响，提升城市空间的生物友好性。规划内容包括完善公共空间和公共服务功能、保护自然与历史文化等。具体策略包括：（1）强化蓝绿空间的生态属性。一是加强以人工化设计为主的城市公园绿地的生态功能，推进近自然的恢复改造。二是维护河网湿地的自然化形态，积极引导全市生态岸线建设。三是提升森林草地的栖息地质量，对其群落结构的保护及优化提出合理引导。四是防止海岸岸滩退化，保护大陆自然岸线，注重对人工及自然岸段栖息地品质的差异化引导。五是强化健康的农业管理模式以减少农田土壤侵蚀，可率先开展样板地区的生态环

表1 国土空间规划对城市生物多样性影响要素清单

Tab.1 Elements checklist of spatial planning's impact on urban biodiversity

影响要素	要素项	子项	
生态格局	斑块(1、2、3)	类型	源地、踏脚石等
		面积	—
		数量	—
		间距	—
廊道(1、2、3)	布局	—	
		类型	生境廊道、生物通道等
		宽度	—
底线约束	生态空间(1、2)	面积	—
		位置	—
用地布局	生态用地(1、2、3)	面积	—
		各类用地间比例	—
		间距	—
		公园绿地(2、3)	面积
蓝绿空间	河湖水系(1、2、3)	树木植被	物种、配置方式
		水网特征	回路闭合度、线点率、网络连接度
	森林和草地(2、3)	驳岸建设	建设类型及工程手段
		栖息地条件	地形、场地景观
	内陆湿地(2、3)	面积	—
		物种和群落结构	—
面积		—	
滨海海岸带(1、2、3)	涨落带空间	—	
	工程设计方式	—	
	自然岸滩	面积、位置	
空间形态	农田、园地、养殖水域(2、3)	混合用地	—
	开发强度(1、2、3)	建筑密度、高层建筑面积比、容积率	—
	立体绿化(2、3)	垂直绿化、屋顶绿化	物种
	建筑立面(2、3)	外墙材料、透明度	—
道路交通	建筑形态(2、3)	筑巢空间	—
	交通廊道(1)	高速、铁路、干道等	布局
	道路(2、3)	路网密度	不透水面积
生态修复	噪声及光照(2、3)	行道树	树种选择、郁闭度
		大型声光设施	布局选址
	空气、土壤、水体(2、3)	夜间景观	—
	市政设施及工业设施	布局选址	

注：“1”表示主要影响景观多样性；“2”表示主要影响生态系统多样性；“3”表示主要影响物种多样性。

资料来源：笔者自制。

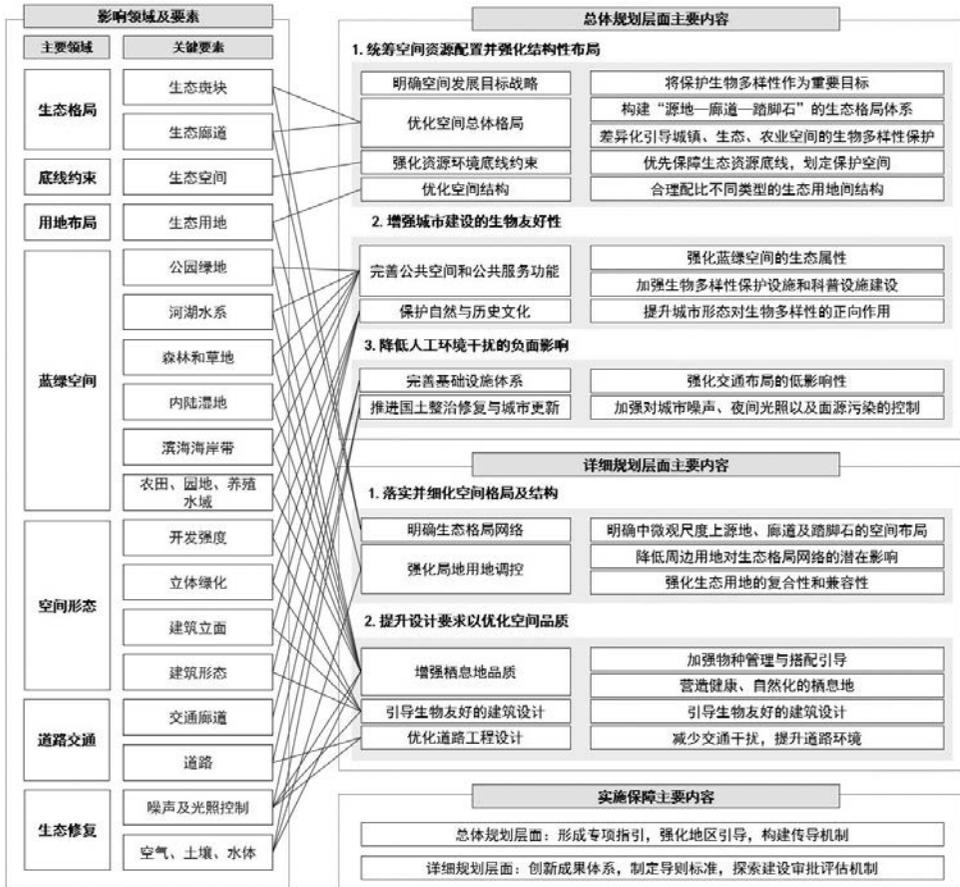


图3 保护生物多样性的城市国土空间规划策略框架
Fig.3 Strategic framework of urban territorial spatial planning for biodiversity conservation

资料来源：笔者自绘。

境保护管控。(2) 加强生物多样性保护设施和科普设施建设。一是建立植物园、动物园、水族馆、种质资源库^②等设施，不断完善城市生物多样性迁地保护体系。二是建立博物馆、科普教育基地、生物多样性体验中心等设施，满足市民科普及游憩需求，并呼吁全民对生物多样性保护的重视。(3) 提升城市形态对生物多样性的正向作用。一是在重要的生态空间和迁徙廊道周边，基于物种的习性特点，选用合理的开发强度，同时，合理控制建筑密度、居住密度、建筑高度、容积率等，以降低开发活动所带来的影响。二是重点提升关键地区的建筑品质，设置立体绿化，构建多层次、多形态的建筑群落，调节周围的微气候，从而为多种生物提供适宜的栖息地。

3.2.3 降低人工环境干扰的负面影响

控制道路交通的干扰、强化生态修复水

平以减少对生物多样性的负面影响。规划内容包括完善基础设施体系、推进国土整治修复与城市更新等。具体策略包括：(1) 道路交通规划时应采取“自然优先”原则。一是区域交通规划应注重保持大型自然空间的生态完整性，减少穿越干扰，当穿越不可避免时应通过工程手段保障连通性，形成人造廊道保障动物迁徙。二是大型交通干线和城市道路应集中在非生态敏感地段，通过疏解交通流量等方式来降低生态敏感地区的交通干扰。(2) 加强对城市噪声、夜间光照和面源污染的控制。一是强化敏感地区的降噪，可通过建设隔离带、隔离墙等方式建立隔音屏障，同时制定敏感地区昼间和夜间的环境噪声标准。二是加强城市夜间光照的控制。如通过制定夜间景观设计规范、加强暗夜基础设施建设等方式来降低光污染对生物多样性的影响。三是强化面源污染控制。

加强污染控制设施建设，推广生态友好的农艺措施、强化对敏感地区周边土壤和水污染的整治，强化生态系统稳定性。

3.3 详细规划层面策略

3.3.1 落实并细化空间格局及结构

强化对总体层面的格局、资源及结构在详细层面的空间落实细化。规划内容包括明确生态格局网络、强化局地用地调控等。具体策略包括：(1) 梳理陆上生物及鸟类物种的生物习性，明确中微观尺度上源地、廊道及踏脚石的空间布局，并对其面积、宽度及间距进行连通有效性论证。(2) 降低周边用地对生态格局网络的潜在影响。尽量避免在源地、廊道及踏脚石周边布局可能产生较大声光污染和面源污染的用地。若无法避免，应提出邻避措施。(3) 强化生态用地的复合性和兼容性。保护和营造林草湿或农林水一体复合栖息地，通过多种生态用地混合布局维持并提升当地生物多样性，同时强化生态多元的景观特色。

3.3.2 提升设计要以优化空间品质

重点通过制定工程及设计要求，强化蓝绿空间、空间形态、道路交通和生态修复对生物多样性的积极影响。规划内容包括增强栖息地品质、引导生物友好的建筑设计、优化道路工程设计等。具体策略包括：(1) 加强物种管理与搭配引导。一是强化植物群落营造水平，促进乡土植物种类的选用并控制外来物种引种。二是提升物种的搭配丰富度，对品种种类、品种数量及形态要求提出引导。(2) 营造健康、自然化的栖息地。针对河湖、湿地、海岸带等水陆交错地区，一是通过基于自然的解决方案、多样化的场地设计手段和空间组合方式，营造丰富的水、岸栖息地条件；二是构建柔软的河床及驳岸，减少不必要的防渗设计；三是针对污染水体，鼓励通过基于自然的解决方案来净化水质。针对农业空间，一是注重对大型田、林、养殖水域周边进行种植补充，通过构建树篱、沟渠等栖息地岛屿进一步提升连通性；二是根据土壤受损情况及生物特征，明确相应的治理技术。(3) 引导生物友好的建筑设计。

注释：② 指利用仪器设备控制贮藏环境，长期贮存作物种质的仓库，又称基因库。

一是注重为生物栖息预留空间,尤其为鸟类栖息落脚营造更为舒适的环境。二是增强季节性、互动性的公共空间设计,让人们在游憩的同时观察感知鸟类、昆虫(蝴蝶等)、兽类(刺猬等小型哺乳动物)、鱼类等动物的日常生活特征。三是减少透明反光窗户和不必要的照明以降低对鸟类的伤害,并制定相关标准。(4)减少交通干扰,提升道路环境。一是注重减少车流的噪音及夜间灯光的干扰程度,必要时应在道路两侧设置缓冲带等措施。二是提升道路环境,增强透水路面的面积比例,并种植树冠连续行道树帮助增加生态连通性。

3.4 实施保障策略

总体规划层面,一是编制生物多样性保护专项规划,衔接相关部门的生物多样性调查评估结果开展跨学科研究,科学分析研判空间规划策略,并根据生物的动态迁徙属性,建立弹性调整机制。二是强化对中高密度建成地区的管控,这些地区常因城市化程度高、人类活动密集而忽视对生物多样性的保护。应基于宏观生态格局,重点构建中观尺度的生物多样性保护网络。三是强化政策和措施的传导性,制定可分解、可落实、可监测的指标,在设立管控单元时充分论证其向下传导的有效性。

详细规划层面,一是针对控制性详细规划、村庄规划、城市更新等不同类型的详细规划,一方面将生物多样性保护的重点管控要素纳入其中,另一方面在成果体系上,探索将相关要求纳入指标及图则的新方法,形成有效的建设管控。二是为了提升规划编制的科学性,尽快制定相关的设计建设导则及技术标准,从而有效提升工程设计方案的生物友好水平。三是建立审批评估机制,通过将相关原则和建设要求纳入地块开发绩效等方式,进一步强化底线要求,通过制定奖励机制增强开发主体对提升生物多样性水平的主动性。

4 结语

城市生物多样性与每个居民的生活福祉息息相关,在推进美丽中国和生态文明建设的

背景下,城市的生物多样性保护对新时代国土空间规划提出了新的应对要求。目前我国在这一领域的研究仍处于起步阶段,本文在理论溯源与跨领域衔接上做了初步探索,梳理出国土空间规划对城市生物多样性影响的领域及要素,并以此为靶点,构建了保护生物多样性的城市国土空间规划策略框架,提出从总体规划到详细规划层面的策略要点,希望能为国土空间规划中生物多样性保护方面的工作提供参考和启发。

(感谢西安建筑科技大学干旱半干旱区生态科学与工程学院院长长达良俊、上海市野生动植物和自然保护地研究中心主任薛程、上海市生态环境局一级主任科员龚琬、上海市城市规划设计研究院发展研究中心总工程师张翀、广州市城市规划勘测设计研究院低碳生态规划研究中心副主任吴婕、同济大学建筑与城市规划学院城市规划系副教授千靓对本论文的研究提出的指导和建议。)

参考文献 References

- [1] SMART S M, THOMPSON K, MARRS R H, et al. Biotic homogenization and changes in species diversity across human-modified ecosystems[J]. *Proceedings of Biological Sciences*, 2006, 273(1601): 2659-2665.
- [2] 曾敏姿, 翟俊. 实现城市生物多样性保护与提升的综合性景观途径[J]. *中国园林*, 2021, 37(7): 101-106.
ZENG Minzi, ZHAI Jun. Comprehensive landscape approaches to realize urban biodiversity conservation and enhancement[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2021, 37(7): 101-106.
- [3] 中共中央、国务院. 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[Z]. 2019.
CPC Central Committee, State Council. Several opinions of the Central Committee of the Communist Party of China and the State Council on establishing the territorial space plan system and supervising its implementation[Z]. 2019.
- [4] 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(s1): 31-36.
SHA Ou, FANG Zhou, XIONG Yaoping. Biodiversity protection strategies in territorial space planning system: bird protection[J]. *Planners*, 2022, 38(s1): 31-36.
- [5] 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(4): 67-73.
GAN Jing. Built environment factors affecting urban biodiversity and planning optimization approaches[J]. *Urban Planning International*, 2018(4): 67-73.
- [6] 联合国. 生物多样性公约[R]. 1992.
The United Nations. Convention on biological diversity[R]. 1992.
- [7] 马克平. 试论生物多样性的概念[J]. *生物多样性*, 1993(1): 20-22.
MA Keping. On the concept of biodiversity[J]. *Chinese Biodiversity*, 1993(1): 20-22.
- [8] 钱迎倩. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.
QIAN Yingqian. Principles and methods of biodiversity research[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1994.
- [9] 张惠远, 郝海广, 张强, 等. 生物多样性保护与绿色发展之中国实践[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
ZHANG Huiyuan, HAO Haiguang, ZHANG Qiang, et al. Biodiversity conservation and green development in China[M]. Beijing: Science Press, 2021.
- [10] 颜文涛. 生态城市实践指引[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
YAN Wentao. A practical guide to eco-city[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2020.
- [11] 联合国环境规划署. 昆明—蒙特利尔全球生物多样性框架[R]. 2023.
UN Environmental Programme. Kunming-Montreal global biodiversity framework[R]. 2023.
- [12] HILTY J, WORBOYS G L, KEELEY A, 等. 通过生态网络和生态廊道保护连通性的指南[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2023.
HILTY J, WORBOYS G L, KEELEY A, et al. Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors[M]. Beijing: China Environmental Publishing Group, 2023.
- [13] 马远, 李锋, 杨锐. 城市化对生物多样性的影响与调控对策[J]. *中国园林*, 2021(5): 6-13.
MA Yuan, LI Feng, YANG Rui. The impact of urbanization on biodiversity and its regulation countermeasures[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2021(5): 6-13.
- [14] 毛齐正, 马克明, 邬建国, 等. 城市生物多样性分布格局研究进展[J]. *生态学报*, 2013, 33(4): 1051-1064.
MAO Qizheng, MA Keming, WU Jianguo, et al.

- An overview of advances in distributional pattern of urban biodiversity[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(4): 1051-1064.
- [15] 彭羽, 卿凤婷, 米凯, 等. 生物多样性不同层次尺度效应及其耦合关系研究进展[J]. *生态学报*, 2015, 35(2): 577-583.
PENG Yu, QING Fengting, MI Kai, et al. Study progress on spatial scale effects and coupling relationships of different levels in biodiversity[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(2): 577-583.
- [16] SOBERÓN J, RODRÍGUEZ P, DOMÍNGUEZ E, 等. 生物多样性层次结构在确定可持续利用生态指标中的作用[J]. *Ambio-人类环境杂志*, 2000, 29(3): 136-142.
SOBERÓN J, RODRÍGUEZ P, DOMÍNGUEZ E, et al. Implications of the hierarchical structure of biodiversity for the development of ecological indicators of sustainable use[J]. *Ambio-A Journal of the Human Environment*, 2000, 29(3): 136-142.
- [17] WANG Q, WANG H, ZENG H, et al. Understanding relationships between landscape multifunctionality and land-use change across spatiotemporal characteristics: implications for supporting landscape management decisions[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 377: 134286.
- [18] WANG S, WU M, HU M, et al. Promoting landscape connectivity of highly urbanized area: an ecological network approach[J]. *Ecological Indicators*, 2021, 125(4): 107487.
- [19] ALSTERBERG C, ROGER F, SUNDBÄCK K, et al. Habitat diversity and ecosystem multifunctionality: the importance of direct and indirect effects[J]. *Science Advances*, 2017, 3(2): e1601475.
- [20] 达良俊. 基于本土生物多样性恢复的近自然城市生命地标构建理念及其在上海的实践[J]. *中国园林*, 2021, 37(5): 20-24.
DA Liangjun. Urban near-to-nature biocoenose landmark construction for the restoration of native biodiversity: concepts and practices in Shanghai[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2021, 37(5): 20-24.
- [21] 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.
LIU Yang, OU Xiaoyang, ZHENG Xi. Urban biodiversity conservation planning integrating green space structural and functional connection analysis[J]. *Landscape Architecture*, 2022, 29(1): 26-33.
- [22] 牛铜钢, 郝硕, 闻丞. 城市大型蓝绿空间生物多样性恢复——以北京南苑森林湿地公园为例[J]. *中国城市林业*, 2022, 20(3): 69-74.
NIU Tonggang, HAO Shuo, WEN Cheng. Biodiversity restoration in large urban blue-green space: a case study of Beijing Nanyuan Forest and Wetland Park[J]. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 2022, 20(3): 69-74.
- [23] 曾海聪, 李晨亮, 张君瑶, 等. 城市绿地生物多样性影响因素研究概述[J]. *中国城市林业*, 2023, 21(5): 171-178.
ZENG Haicong, LI Chenliang, ZHANG Junyao, et al. Research on influencing factors to biodiversity in urban green spaces[J]. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 2023, 21(5): 171-178.
- [24] LIU J, BAI H, MA H, et al. Bird diversity in Chinese urban parks was more associated with natural factors than anthropogenic factors[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, 43: 126358.
- [25] 丁宇新, 千靛. 上海城市水网景观连接度对生物多样性的影响研究[J]. *上海城市规划*, 2018(4): 86-90.
DING Yuxin, GAN Jing. Impact of urban water network connectivity on biodiversity in Shanghai Metropolitan[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2018(4): 86-90.
- [26] 汪婷, 周立志. 合肥市小微湿地鸟类多样性的时空格局及其影响因素[J]. *生物多样性*, 2022, 30(7): 146-158.
WANG Ting, ZHOU Lizhi. The spatial-temporal patterns of bird diversity and its determinants in the small wetlands in Hefei City[J]. *Biodiversity Science*, 2022, 30(7): 146-158.
- [27] 王磊, 刘敏, 许世远, 等. 上海滨岸滩涂生物多样性及其利用与保护[J]. *长江流域资源与环境*, 2001(2): 132-137.
WANG Lei, LIU Min, XU Shiyuan, et al. Biodiversity in tidal flats of Shanghai coast with consideration of its utilization and conservation[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2001(2): 132-137.
- [28] 汤西子. 城市边缘区小微生境保护规划——欧盟高自然价值农田管控对我国城市区域生物多样性维持的启示[J]. *国际城市规划*, 2021, 36(2): 74-83.
TANG Xizi. The protection planning of small and micro habitats in urban fringe areas: enlightenment from the management of high natural value farmland in the EU to the maintenance of biodiversity in urban areas in China[J]. *Urban Planning International*, 2021, 36(2): 74-83.
- [29] 千靛. 城市生物多样性与建成环境[M]. 上海: 同济大学出版社, 2018.
GAN Jing. *Urban biodiversity and built environment*[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2018.
- [30] 王晓俊. 基于生态保护的规划策略[J]. *生态环境学报*, 2011, 20(3): 589-594.
WANG Xiaojun. Road planning strategies based on ecological conservation[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2011, 20(3): 589-594.
- [31] WOOD M E, ESAIAN S. The importance of street trees to urban avifauna[J]. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 2020, 30(7): 1.
- [32] 中华人民共和国自然资源部. 市级国土空间总体规划编制指南(试行)[S]. 2020.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. *Compilation guidelines for municipal overall planning of territorial space (trial)*[S]. 2020.
- [33] SORDELLO R, BUSSON S, CORNUAU J H, 等. 在世界范围内呼吁发展促进生物多样性的“暗夜基础设施”[J]. *城市规划学刊*, 2022(1): 124-125.
SORDELLO R, BUSSON S, CORNUAU J H, et al. A worldwide call for the development of "dark night infrastructures" to promote biodiversity[J]. *Urban Planning Forum*, 2022(1): 124-125.