

高密度建成环境下的生态廊道网络构建与 精细管控思路探索

——以深圳市龙岗区为例

□ 欧阳丹, 刘永珍, 周 湘, 余梦婷, 洪武扬

【摘 要】在生态文明建设的背景下,如何协调城市建设与生态保护成为国土空间规划的核心议题。生态廊道作为城市生态安全的骨架,具有连通生态斑块、维护生态系统稳定性、控制建设用地规模无序蔓延的重要作用。但由于高密度建成环境地区人口与经济聚集、土地价值高,其生态空间保护与城市建设间的矛盾突出,管控任务尤为艰巨。文章以深圳市龙岗区为例,从生态廊道的概念拓展与建设的痛点切入,提出构建差异化模拟体系、精细精准划定范围、分级分类保护利用模式,以及衔接国土空间系统、理顺实施传导路径等管控思路,以期该类地区的生态廊道精细化管理提供参考。

【关键词】高密度建成环境;生态廊道;网络构建;精细管控;深圳市龙岗区

【文章编号】1006-0022(2023)01-0112-08 **【中图分类号】**TU984 **【文献标识码】**B

【引文格式】欧阳丹,刘永珍,周湘,等.高密度建成环境下的生态廊道网络构建与精细管控思路探索——以深圳市龙岗区为例[J].规划师,2023(1):112-119.

Network Construction and Fine Management of Ecological Corridor in High Density Built Environment: Longgang District, Shenzhen/Ouyang Dan, Liu Yongzhen, Zhou Xiang, Yu Mengting, Hong Wuyang

【Abstract】As the issues of ecological civilization, ecological security, and ecological recovery escalate to national strategies, coordination between ecological preservation and urban development becomes critical. Ecological corridors are the skeleton of urban ecological security in that they connect ecological patches, maintain ecological stability, prevent urban construction sprawl. The control of ecological space is especially difficult in high density urban areas since they accommodate large population on land of high values. With Longgang district of Shenzhen city as an example, the paper studies the conceptual expansion and construction pain points, and proposes management concepts of establishing differentiated simulation system, accurate delimitation of areas, categorized and leveled preservation models, connection with territorial space system, sorting out transmission path etc. It provides reference for fine management of ecological corridors in high density urban areas.

【Key words】High density built environment, Ecological corridor, Network construction, Fine management, Longgang district, Shenzhen

0 引言

在我国快速城镇化进程中,许多城市尤其是特大城市形成了高密度的建成环境,由于经济高速发展、城市快速扩张及人口高度集聚,这些高密度建成环境地区面临着严峻的生态问题^[1]。党的十九大报告指出要“优化生态安全屏障体系,构建生态廊道和生物多样性保护网

络,提升生态系统质量和稳定性”,加强生态保护、推进生态文明建设及保障生态安全成为人们共识。在生态观念转变与国土空间规划体系改革的双重语境下,国土空间规划更强调约束性、利用性、科学性与可实施性,关注的焦点也转向精细化管控^[2]。精细化管控意味着空间落位需做到有据可循,建设用地对生态空间的侵占也必须得到有效解决和引导^[3]。因此,科学

【基金项目】国家自然科学基金青年项目(42101427)、城市与区域生态国家重点实验室开放课题(SKLURE2022-2-3)

【作者简介】欧阳丹,硕士,深圳市龙岗区规划国土发展研究中心发展研究所所长。

刘永珍,硕士,深圳市龙岗区规划国土发展研究中心发展研究所规划设计师。

周 湘,硕士,深圳市龙岗区规划国土发展研究中心发展研究所规划设计师。

余梦婷,硕士,深圳市龙岗区规划国土发展研究中心发展研究所规划设计师。

洪武扬,博士,深圳大学建筑与城市规划学院助理教授。

合理地构建和精细划定生态廊道网络，并理顺生态廊道管控思路与方法具有重要意义。

近年来，深圳市率先探索基本生态控制线划定、近零碳排放区建设、陆域生态调查评估与水生态监测评价等工作，在生态保护、防止建设无序蔓延等方面开展了诸多实践。本文以深圳市龙岗区为例，沿袭深圳市国土空间管控思路，以提升生态综合价值为目标，探索适合高密度建成环境地区的生态廊道网络规划方法与管控措施，以期能为同类型地区提供参考。

1 研究进展与存在问题

1.1 “生态廊道”的概念

20 世纪 80 年代，Forman 提出了生态廊道的概念^[4]，最初生态廊道被解释为“供野生动物使用的，通常能促进两地间生物因素运动的狭带状植被”^[5-6]，即由沿道路、河流纵横交错的林带系统构成，能够连接破碎化生境，适宜生物生活、移动或扩散的绿色通道。随着生态廊道概念的不断延展，其内涵逐渐拓宽，如今城市生态廊道能够同时存在于城市自然环境子系统和城市建成环境子系统^[7]，如绿道、绿带、环城游憩带、风景道等，并逐渐融入生态廊道体系中^[6, 8-9]。生态廊道规划在构筑生态安全体系的同时，兼顾文化与休闲功能，如芝加哥生态廊道规划与法兰克福绿带规划^[10-12]，“生态廊道”的概念逐渐由狭义趋向于广义。

本文将“生态廊道”定义为承担保护生物多样性、维护生态平衡与保障生态安全功能，并发挥整合文化、提供游憩空间与提升地区经济价值的作用，兼顾生态价值和休闲价值的广义生态廊道。以城镇开发边界为界，生态廊道分为生态保育功能主导的郊野型与休闲利用功能主导的城市型两类。

1.2 相关研究进展

目前，生态廊道相关研究主要集中在

在廊道结构识别方法和规划管控方面。

在廊道结构识别方法方面，目前我国应用最广泛的廊道结构识别方法为最小累计阻力模型法^[13]，也有学者运用层次分析法^[14]、网络分析及绿色基础设施评价等方法识别廊道结构，这些方法在一定程度上增强了生态廊道划定的科学性。在规划管控方面，有学者从规划管控机制着手，依据重要程度划分生态源地、生态保育区和其他生态用地，提出生态廊道差异化的管控措施^[15]；有学者从城市的管控历程着手，总结规划及管控特征，提出管控优化策略^[16]；有学者从管控思路着手，探索精细化划定、管控与利用方式和保障措施等^[10]。近年来，生态廊道规划从重视编制逐渐转向重视管控，并在规划管控与实施方面积累了一定的经验。

然而，过去传统的生态廊道管控方法已难以适应概念外延的生态廊道的管控要求。同时，现有的生态廊道管控研究多聚焦于大空间尺度网络体系的顶层设计，研究对象多为建设密度低、建成规模小的区域，对精细微观尺度、高密度建成环境地区关注度不足，提出的管控措施难适用于高密度建成环境地区，因此亟待探索丰富、规范的精细化生态廊道管控方法。

1.3 高密度建成环境下的生态廊道建设问题

1.3.1 高密度建成环境地区的空间发展矛盾尤为突出

(1) 高密度建成环境地区生态空间被侵占的问题凸显。

在以往增量土地模式下建设用地剧烈扩张，高密度建成环境地区的经济与人口高度聚集，土地价值高，其内部建设推力与外部生态空间的限制力的博弈、挤压更为激烈（图 1）。建设扩张带来的巨大势能使得生态空间被吞噬、侵占，生态空间占比逐年下降，在经济发展进程中生态保护工作面临更大压力。同时，人与自然的矛盾更为尖锐，生物受到更

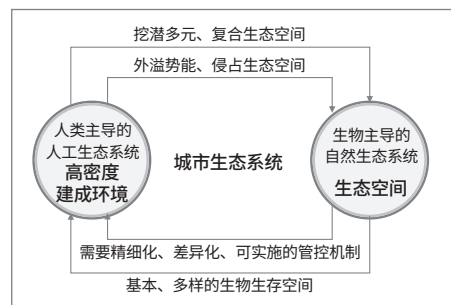


图 1 高密度建成环境地区与生态空间关系示意图

多约束和限制，生境被挤压，生境间的距离扩大，生态连接度降低，物种迁移活动不断减少，从而威胁区域的生物多样性，使区域的生态功能降低。

(2) 高密度建成环境地区生态空间临界地带的破碎化程度更深。

高密度建成环境地区的生态空间临界地带开发强度高，大量自然生境逐渐被改造成人工环境，临界地带呈现生态空间与建设空间混杂且生态空间小规模、非连续性分布的状态，导致严重的生态环境问题，形成了较差的城市景观风貌。

(3) 高密度建成环境地区的生态空间受负效应外溢影响更为频繁。

建设空间外溢的负效应体现在以下三点：一是交往场所外溢，随着高密度建成地区人口容量与开发强度的增加，地区内自然交往空间不足，人居环境质量下降，人的交往场所向自然空间外溢，人们的郊野游憩需求随之增加；二是交通活动外溢，高强度开发使得城市组团间的交往更为密切，建设了诸多高速、快速路，这种建设行为可能会分割生境、形成断头廊道，影响生态系统连接度与物种交流、降低区域生态功能；三是环境影响外溢，高密度建成环境地区建设空间随着城市开发建设活动扩张，热岛效应及污染物质外溢，严重影响城市居民生活与工作的舒适度。

1.3.2 原有的技术方法难以作用于高密度建成环境地区

(1) 空间划定粗放，原有的技术方法缺乏实施抓手。

原有的空间管控技术方法难以适应

高密度建成环境地区的生态廊道管控需求，主要体现在以下两个方面：一是缺乏维度科学的体系构建方法，既有的识别廊道体系的模型方法单一，而高密度建成环境地区的生态廊道识别是一个复杂的过程，需从服务对象多元化的角度出发，依据实际场景灵活探索；二是空间划定边界模糊、划定结果落地难，既有的方法多侧重概念层面的“轴带勾画”，缺乏实施落地的精确定位与边界划定，而高密度建成环境地区建设空间与生态空间边界相互咬合、交错，生态空间内建设用地清退难度大、类型复杂，对廊道范围的划定提出了更高要求。

(2) 局限于被动保护，原有的技术方法与城市服务割裂。

城市生态廊道的生态功能复合，对维持城市生态系统健康发挥着重要作用，其体系构建应从提升多重生态功能出发^[1]。然而，目前多数生态廊道规划过于强调对生态廊道的被动保护，多从生物通行的角度对生态廊道的宽度进行考量，多以约束、限制开发建设为方针，忽略了生态廊道的开发利用和生态服务产品供给，较少针对生态廊道沿线空间的异质性、服务性等特征挖掘其保护和利用价值。

1.3.3 原管控逻辑难以适用于高密度建成环境地区

(1) “重规划、轻管控”，缺乏全局考量，难以落地实施。

以往生态廊道规划实践的重点多落在规划编制，忽视了管控的落地环节，且在规划编制体系中生态廊道规划常作为传统总体规划的专题或专项内容，因而生态廊道规划缺乏全局观、纵深思维。长此以往，管理部门缺乏管控抓手，多采用自下而上“打补丁”的工作方式，导致生态廊道管控杂乱、无序，甚至出现关键生态节点被侵占的情况，威胁到生态廊道规划的完整性与连续性。总之，生态廊道规划实施面临“控不住、用不好、落地走样”的尴尬境地。

(2) 国土空间规划趋向管控实施，但

实施落地途径、规则待细化。

近年来，各地探索了划定生态保护红线、控制线及制定管控规则等有效措施，但在管控规则、实施抓手的精细化、指引性等方面有待提升。一是相关制度法规侧重整体性，管控规则笼统，虽然有一些城市探索了划定生态控制线的方式，但是未结合生态片区特征制定差异化的管控措施，尤其是对于生态廊道无明确的管控规则；二是在生态廊道建设实施中对于其与既有建设用地矛盾的处理方式有待细化，如对准入、禁止清单的管控缺失或管控内容不够详细。

2 生态廊道网络构建与精细管控的认知与思路

2.1 思维认知转变

2.1.1 从“保护”思维转向“利用”思维，提升生态价值

生态服务的综合价值包含生态服务直接价值及其衍生出的相关服务功能的间接价值^[17]。随着生态廊道内涵外延、高密度建成环境地区生态环境恶化，生态廊道规划也由注重保护直接价值向兼顾保护与利用的综合价值转变。生态廊道规划原本更关注生态服务的直接价值，以保护与稳定生态核心源地生境、生物保育、迁徙休憩区与通道等原生条件及生态系统，促进直接价值的最大化为目的。如今，生态廊道规划转向关注生态服务的综合价值，在实现生态廊道保育功能的同时，兼顾生态廊道的景观美学、休闲功能，并结合廊道沿线特色生态、人文资源，打造“生态+”多元生态产品，使得有限的生态资源的直接与间接价值最大化，从而实现综合价值的最大化。

2.1.2 从“局部”思维转向“体系”思维，锚固生态空间

生态廊道规划应以“统筹”为前提，在规划编制与实施过程中突出“体系”思维与全局观。在生态廊道网络构建与划定中，应重视包含生态空间、廊道空

间以及重要节点、关键节点的网络体系，秉承全局观；在廊道精细化管控中，需要依托底线思维统筹生态空间“一盘棋”，构建保护、开发和治理纵向管控体系，最终从传统的“打补丁”思维转换为前置性与系统性思维，强化“体系”思维的“硬约束”。

2.1.3 从“粗放”思维转向“精细”思维，明晰空间边界

单一化、“一刀切”的粗放式的生态廊道管控模式在高密度建成环境地区难以为继，生态廊道管控思维方式亟待向“精细”思维方式转变。因此，应以生态保护为优先，在规划方法、空间识别、体系构建、空间划定、规划校核、保护利用与准入规则等多环节贯彻“精细”思维，并明晰管理边界，实施差异化的管治措施，实现精细化管理。

2.2 思路与方法

首先，基于对现状与规划意图的综合考量，识别生态源地、自然景观资源，并采用科学模型构建郊野型、城市型生态廊道；其次，考量生态廊道边缘效应，从现状生态空间精细识别、生态廊道宽度制定、规划校调等方面探索精细化划定生态廊道范围的方法；再次，基于生态资源特质制定分级、分类的精细化利用与管控思路，并探索用地及功能准入规则；最后，在传导、管控、实施及平台协同等环节，制定管控传导落实的保障措施（图2）。

2.2.1 建立全局观念，构建科学、健全的生态网络

以生态功能重要性为标尺，构建全局观的生态廊道网络体系。打破原有生态廊道多在建成区外的固有观念，从全域生态空间出发，基于城市建成环境的特质、服务对象，制定两套差异化的生态廊道构建模型，步骤如下：首先，基于最小累积阻力模型测算郊野型生态廊道骨架，以识别的生态源地为目的，采用较成熟的最小累积阻力模型模拟生物通行阻力面及最小阻力路径，并利用

重力模型识别重要廊道网络骨架;其次,基于适宜性评价模型测算城市型生态廊道骨架,以自然景观资源为目的,采用层次分析法围绕生态本底、景观资源等因子构建适宜性评价体系,并确定权重,集成生态廊道选线适宜性评价结果,从而遴选高价值线位,形成城市型生态廊道骨架;最后,以城镇开发边界为界,结合空间特质,差异化构建生态廊道的主要网络体系。

2.2.2 兼顾保护和利用,探索生态廊道精细划定方法

(1) 精细划定廊道空间,精准识别与校调边界。

探索从现状生态空间识别、边界精确划定到规划校调的精细划定方法。一是精准统筹识别现状城乡生态空间,借鉴相关学者对各地类生态系统服务价值的定量化研究成果,结合“二调”“三调”的土地分类标准,提取具有生态系统服务功能的土地利用类型,精准识别现状生态空间。二是刚弹结合精确划定生态廊道边界空间,避免简单“一刀切”地界定管控宽度。首先,以生态服务直接价值为底线,基于生物多样性保护原则,依据服务物种类别,初步明确生态廊道等级和各级生态廊道的最小宽度;其次,配合差异化的功能准入模式及准入规则,在实施层面修正边界,强化生态廊道分级、分类管控措施。三是以实施为导向校调反馈,依据相关规划结果校调空间边界。最后,结合模型测算结果,形成精细化的生态廊道空间边界。

(2) 差异化保护和利用方式,制定分级、分类管控体系。

生态廊道功能是多样的,处于不同区位的生态空间的功能各有侧重^[16],因此应探索制定分级、分类的生态廊道管控体系。在分级方面,依据模型初建的生态廊道网络体系、重要程度、物种迁徙需求等明确生态廊道等级划分与管控宽度。在分类方面,依据生态廊道沿线特质划分功能管理。其中,一级生态廊

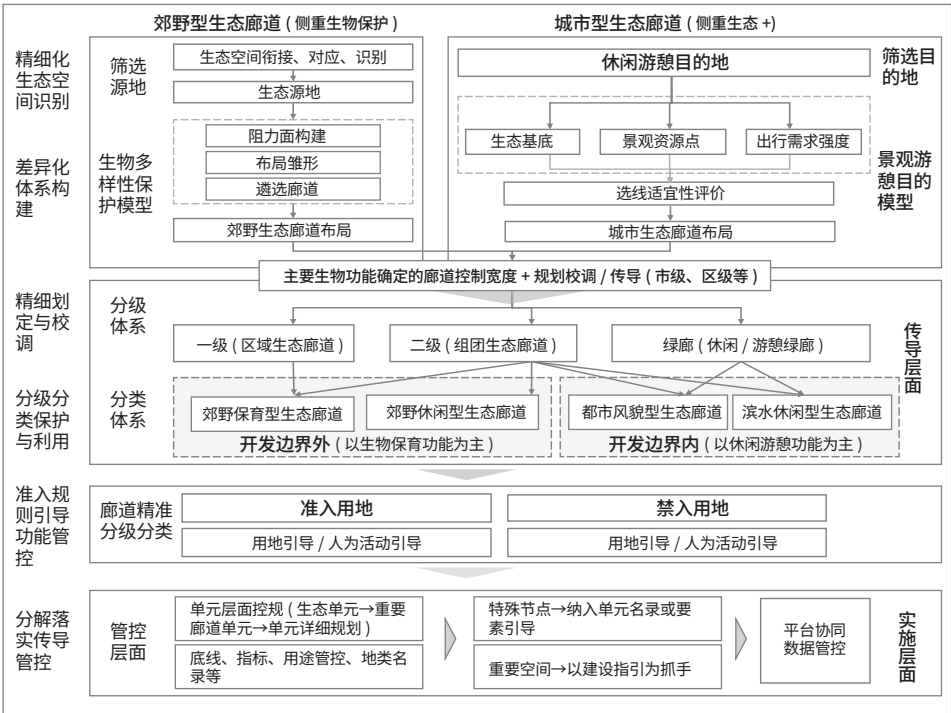


图2 高密度建成环境下的生态廊道网络构建与精细管控思路

道侧重生态保育功能,以适度利用为原则。一级生态廊道作为联通区域间重要生态功能区的廊道,承载着生态保育功能,特殊情况下可开展少量科学考察与休闲等活动,主要在连片生态空间、零星分布的建设用地、人类活动频率低的区域选线。二级生态廊道需兼顾生态和休闲功能。二级生态廊道作为联通重要生态节点的廊道,需要依托主要水系、山脊线、大型公园、铁路与高速、快速路周边林地地带选线。三级生态廊道侧重生态景观功能。三级生态廊道作为维持河道生态,以及小型动物、无脊椎动物生存的通道,需依托河道支流、道路干线、绿道等选线,并串联景观、公园、人文资源等沿线特色要素,形成“生态+”的多元利用形式,既满足生态服务功能,又实现综合价值的最大化。

2.2.3 加强系统衔接,理顺生态廊道精细管控传导路径

(1) 衔接国土空间体系,理顺实施管控的传导路径。

在规划改革背景下,高密度建成环境地区的生态廊道规划编制与管控应与

国土空间规划“五级三类”体系充分衔接,并健全自身的规划体系^[16]。生态廊道专项规划作为总体规划的细化与支撑部分,其管控要求应同步纳入详细规划,因此理顺生态廊道传导机制势在必行。生态廊道规划应以“指标+底线+边界+用途管控+名录”为管控方式,以生态廊道专项规划为纽带,形成“落实上位、指导下位、横向协同、面向实施”的精细化传导实施机制。同时,建议已具备城市多源数据共享平台的城市建立生态廊道专题数据管控版块。

(2) 面向规划审批管理,精细引导详细规划编制。

生态廊道规划应细化详细规划编制单元的管控要求,以保障详细规划落实专项规划要求。高密度建成环境地区生态廊道规划应从生态视角出发,结合行政区划、自然格局与生态单元等因素,科学划定详细规划编制单元,同时综合陆域生态系统特征、主导功能及管理要求制定4类生态功能单元,并从生态空间规模维持、建设行为影响控制、生态功能质量提升3个方面拟定生态单元保护管控指标,进一步细

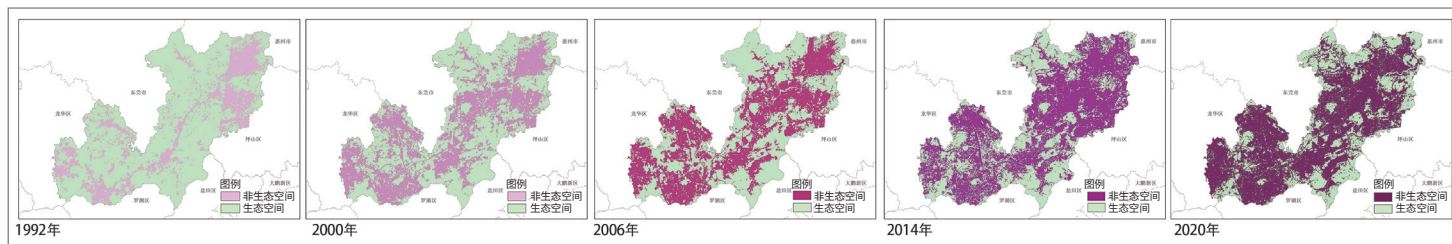


图3 龙岗区非生态空间与生态空间演变图

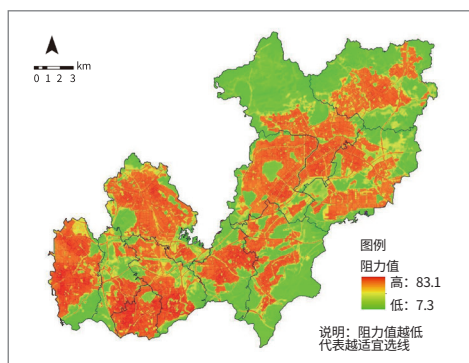


图4 龙岗区生态阻力示意图

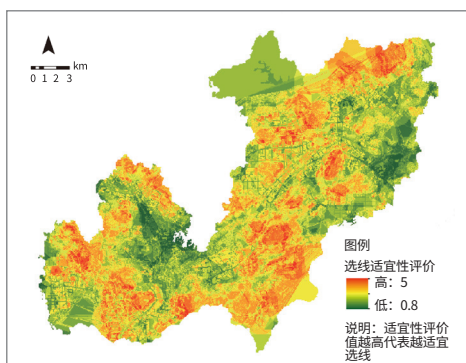


图5 龙岗区城市型生态廊道选线适宜性评价示意图



图6 龙岗区生态廊道体系与空间格局示意图

化生态廊道管控要求，达到精细引导详细规划编制的目的。

(3) 加强风险警戒意识，保障生物迁徙通道顺畅。

提升生物栖息地的连通性、保障生物迁徙顺畅是生态廊道规划的关键，也是高密度建成环境地区需要解决的问题。高密度建成环境地区在生态廊道规划体系构建阶段就应保障生态廊道的网络体系、宽度等，在管控实施阶段应重视廊道关键节点的修复情况，提升生境斑块间的连通率。同时，对于关键节点应采用单元名录引导、拆除清退、工程设施辅助、工程手段修复等手段，助推生态廊道修复项目实施。

3 深圳市龙岗区生态廊道实践探索

3.1 龙岗区概况及存在问题

龙岗区位于深圳市东北部，是珠江口东岸深莞惠城市圈的几何中心，是辐射粤东、粤北地区的“桥头堡”，面积为 388 km²。龙岗区群山连绵、河道纵横、水库星罗棋布、动植物资源丰富，生态环境优越，生态空间占比为 45%，为深圳

市实施东进战略提供了重要的生态支撑。然而，龙岗区属于典型的高密度建成环境地区，近年来生态空间受建设空间的挤压明显。通过对近 28 年间遥感影像及 NDVI 等数据的解译与定量测度发现，龙岗区生态空间面积减量为 156 km²（图 3），约占辖区面积的 40%，其中 2006～2014 年生态空间减少的趋势尤为明显。

龙岗区生态空间呈现被侵蚀快、破碎度高、连接聚集度逐年下降的演变特征，建设用地扩张与生态保护矛盾突出。随着粤港澳大湾区、先行示范区“双区”建设的推进，龙岗区的人口密度将会持续加大，城市生态休闲空间建设需求将更为迫切，以往龙岗区生态廊道落地难、管控方法不适用等问题亟待解决。

3.2 生态廊道网络体系构建及划定

3.2.1 生态廊道网络体系构建

首先，龙岗区应构建以生态维育为主导功能的郊野型生态廊道，即以生态源地为目的地构建最小累积阻力模型，形成总阻力面，根据阻力面需要及辖区实际情况，收集土地利用、地形、人口及路网密度、植被、规划生态用地、永

久基本农田等阻力因子，再根据各阻力因子的权重测算二级阻力因子栅格，得到生态总阻力面。其次，以相关文献为参照，基于辖区内自然保护区、森林公园等国家级、省级战略资源，识别生态源与初级廊道，并运用重力模型识别出 10 条重要生态廊道、16 条潜在生态廊道（图 4）。再次，构建以休闲游憩为主导功能的城市型生态廊道，即以规划蓝绿线、优质景观资源为目的，考虑资源禀赋与用地出行需求等因子赋予权重，并测算生态廊道适宜性评价结果（图 5），根据评价结果在公园、河流、地形平缓区进行廊道选线。最后，基于以上测算结果、城镇开发边界相对位置及空间特质，初步构建生态廊道网络体系（图 6）。

3.2.2 生态廊道空间精细划定

精细化划定廊道空间的方法有两个，一是基于生态系统服务的价值，参照既有文献^[18]，对应龙岗区高生态价值的土地利用类型，精细识别龙岗区现状生态用地；二是调研龙岗区现状物种适宜的廊道最小宽度，确定廊道功能类型、服务物种及最小控制宽度（图 7）。依据对应关系，将绿地、水域、农林用地及低

影响建设用地等纳入生态廊道范围，精细校调生态廊道空间，再结合各级规划与近期实施计划中的绿地系统、绿道网、碧道网等内容，构建精细化的空间校调机制，优化空间边界。最终，明确龙岗区生态廊道整体走势，形成包含“三环、八核、十廊、多网”的多层次、多功能、网络化的生态廊道格局与骨架。

3.3 生态廊道精细化利用与管控
3.3.1 分级分类保护利用模式

(1) 分级分类保护与利用。

龙岗区依据模型测算结果、现状及规划目标，构建“三级四类”生态廊道体系。一级生态廊道衔接清林径水库生态绿地、梧桐山生态绿地、鸡公山生态绿地等大规模绿地以及生态保护红线等规划要求，形成8条一级郊野保育型生态廊道、2条郊野休闲型生态廊道；二级生态廊道衔接龙城公园、八仙岭、石芽岭公园等重要公园节点，依托龙岗河、水官高速、龙岗大道等林地带，形成1条二级滨水休闲型生态廊道、14条都市风貌型生态廊道；三级生态绿廊采用“生态+慢行”“生态+滨水”“生态+都市风情”的多元模式，依托河道支流、道路干线等的沿线绿化带，降低道路生态隔离影响，打造居民日常休闲空间（图8）。

(2) 准入规则引导功能管控。

探索制定差异化的廊道用地准入规则（表1）。一级生态廊道依据涉及的管控线开展必要的建设活动，并依据生态保护红线相关规定执行，仅允许在生态用地开发适度的观光、科研、教育、公共设施等建设项目，禁止与生态保护无关的开发建设活动。二级生态廊道、三级生态廊道依据功能分区定制管控单元。廊道空间内允许布局低于一定比例，且与生态环境保护相适宜的大类项目用地，但限制开发建设和种植、养殖等行为活动，并禁止高强度、大规模的开发建设活动。已规划为工业仓储用地的地块，应调整为与生态功能兼容的地类，并建

廊道等级	主导功能	控制宽度		保护对象
一级 区域廊道	郊野保育 郊野休闲	非建成区 1000 m 建成区 200 ~ 600 m 最窄处不少于 100 m		生态保育带，森林鸟类被捕食的边缘效应范围，生物多样性较适合宽度
二级 组团廊道	滨水休闲 都市风貌休闲	河流 干流	非建成区 60 m 建成区 30 m	鸟类迁徙适宜廊道，保护鱼类和小型哺乳动物
		铁路及高速、 快速路沿线	非建成区 60 m 建成区 30 m 最窄处不小于 12 m	鸟类迁徙适宜廊道，保护小型哺乳动物
三级 集建区绿廊	滨水休闲 都市风貌休闲	河流 支流	非建成区单侧 15 m 建成区单侧 6 m 最窄处不小于 3 m	满足鸟类迁移需求，保护鱼类和小型哺乳类动物
		道路 干线	单侧建成区 6 m 单侧非建成区 12 m 最窄处不小于 3 m	保护无脊椎动物种群

图7 廊道宽度控制要求示意图

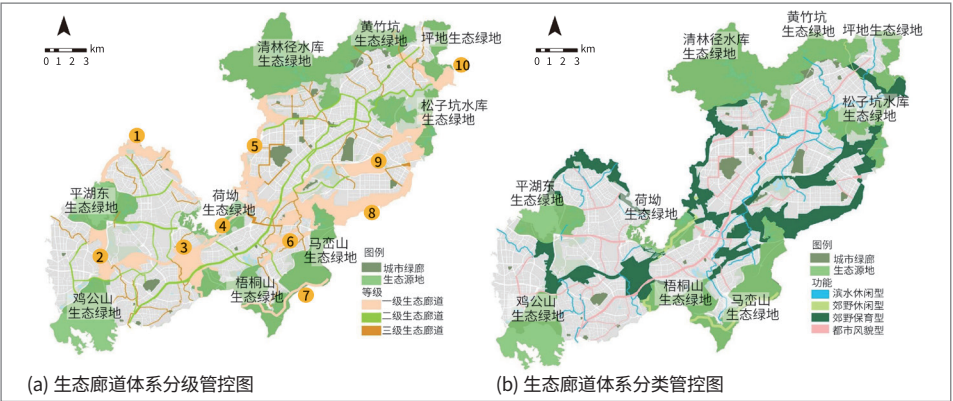


图8 龙岗区生态廊道体系分级分类管控图

表1 生态廊道管控空间内用地的准入及功能引导

廊道级别	功能定位	准入	用地引导	行为活动引导
一级	侧重郊野保育与郊野休闲	准入用地	对于生态保护红线及廊道的断点、咽喉点等需严格管控的特殊节点或关键区域，建议实行最严格的保护，参照生态保护红线管控要求，有序退出与保留；增加生态林，控退商品林。在基本生态控制线内的其他空间，依据深圳市相关规定，允许新增水库、水面等生态用地；允许重大道路交通设施、市政公用设施、公园，以及与保护相宜的农业、教育、科研等设施在基本生态控制线内建设；可适度开展观光、旅游等项目	除国家重大项目，仅允许8类有限人为活动与必要的公共设施建设。保障生态廊道的连通性及最小宽度
		禁入用地	除特殊节点或关键区域之外的生态用地，禁止开展与生态保护无关的开发建设活动。严格执行清退、转化规定，修复、增补非生态用地，并将非生态用地转化为生态用地；若断点、咽喉点等特殊节点或关键区域的建设用地清退难度大，可经论证后依据基本生态控制线标准执行，须同步采取廊道生物天桥、涵洞和阻隔栏等工程措施弱化阻隔与影响	
二级/三级	侧重生态与休闲价值、景观与生态服务效益，以提升生态服务综合价值	准入用地	建议结合规划分区管控，仅允许不高于一定比例的、与生态保护相适宜的项目用地；建议结合各管控单元要求，制定建设用地控制要求，对于不符合要求的用地应采取相应管控、调整、转化措施；须同步采取廊道生物天桥、涵洞和阻隔栏等工程措施弱化阻隔与影响	允许教育、科研、休闲、游憩等人为活动
		禁入用地	限制开发建设和种植、养殖等行为活动，禁止高强度、大规模的开发建设活动；现行法定图则已规划的工业、仓储用地应调整为生态绿地或其他与生态功能兼容的用地类型	

表 2 深圳市各类陆域生态单元划定内容及管控指标

单元类型		水源安全保 护单元	生态保育单 元	生态游憩单元	重要廊道单元
内容	单元内容	一级水源保护 区、水源涵养 林地区	各类珍稀濒 危野生动植 物的集中分 布地	现存自然景观 资源集中分 布区，重要高 敏感生态空间	依据评估认定、 需特别管控的线 性生态空间
与功 能					
	主导功能	水源供给、水 源涵养	生物多样性 保护保育	生态游憩服务	源地生物迁徙、 景观通廊、城市 组团隔离
	兼具功能	水土保持、生 物多样性维 护、雨洪调蓄 等	水源涵养与水 土保持、生态 游憩服务等	水源涵养与水 土保持、生物 多样性维护、 雨洪调蓄等	休闲游憩、通风 廊道、水土保持 与雨洪调蓄等
	其他要求	—	—	—	建设用地清退， 原则上不得新增 建设，确需新建 的项目，实施“拆 三建一”增减挂 钩机制
管控 指标	生态	生态保护红线	√	√	√
	空间	面积	√	√	√
	规模	永久基本农田	○	○	○
	维持	面积	○	○	○
		林地保有量	√	√	√
		湿地面积	√	√	√
	建设	建设准入类型	√	√	√
	行为	建设用地比例	√	√	√
	影响	上限	原则上≤ 2%	原则上≤ 2%	原则上≤ 5%
	控制	建筑高度	○	√	√
			低密度、低强 度、环境友好	低密度、低强 度、环境友好	低密度、低强度、 环境友好；原则 上≤ 24 m
		绿色建筑比例	√	√	√
		透水铺装率	√	√	√
		天然林保护率	√	√	√
		大树、古树保 护率	√	√	√
		大陆自然岸线 保有率	√	√	√
		河湖生态岸线 比例	√	√	√
	生态	重要江河湖泊	√	√	√
	质量	水功能区水质 达标率	√	√	√
	功能 提升	近岸海域水质 优良（一、二 类比例）	√	√	√
		森林覆盖率	√	√	√
			—	≥ 95%	≥ 85%
		绿化乡土树种 使用率	√	√	√
		100%	100%	≥ 90%	≥ 80%
		游线密度	X	○	○
		基本游憩服务 设施齐备度	X	○	○

注：√为必设指标，○为可设置指标，X为无须设置指标。依据《深圳市陆域生态单元划定与管理技术指引（试行）》整理。

议在详细规划层面依据管控单元类型制定详细管理内容。

3.3.2 精细化管控的传导与保障

(1) 分解落实传导管控。

在规划传导层面，实现总体规划—专项规划—详细规划的联动、协调与分解落实（图 9）。市级总体规划及专项规划应明确管控目标、任务、指标及核心管控要素并引导管控内容逐级传导，同时依据生态功能完整、规模适宜、职责清晰等原则，于城镇开发边界外初步划定各类生态功能单元。区级总体规划及专项规划细化、修正、落实生态空间结构和生态功能单元，分解市级下达的关于生态廊道的空间管控目标、指标任务、管控要求及重点，按照划定的生态功能单元逐级落实各类要素的边界，同时也可向上位规划反馈实施建议与落实情况。区级详细规划以生态单元为载体按需编制，传导落实生态廊道的各项管控要求。

在规划管控层面，以生态功能单元为载体传导落实生态廊道管控意图。综合生态系统特征、主导功能及管理要求制定 4 类生态功能单元，并从“生态空间规模维持”“建设行为影响控制”“生态功能质量提升”等角度拟定管控要求及指标（表 2）。生态单元应结合市级专项规划和单元详细规划传导落实土地管理、保护修复等要求，各单元可按需编制生态单元详细规划。生态廊道在详细规划层面以底线、指标、用途、名录等形式精细化传导生态廊道规划要求，分解落实管控意图，经批准后管控意图可作为该单元内生态保护修复、建设项目规划许可、用途管制的依据。

在规划实施层面，实现特殊节点或关键区域的精细管控。一是特殊节点或关键区域以纳入单元名录或要素引导等形式实施管控。严控郊野型生态廊道的特殊节点或关键区域，使功能不匹配的用地有序退出该区域，对于清退难度大的特殊节点或关键区域经论证后可采用立体生物天桥、涵洞和阻隔栏等人工干

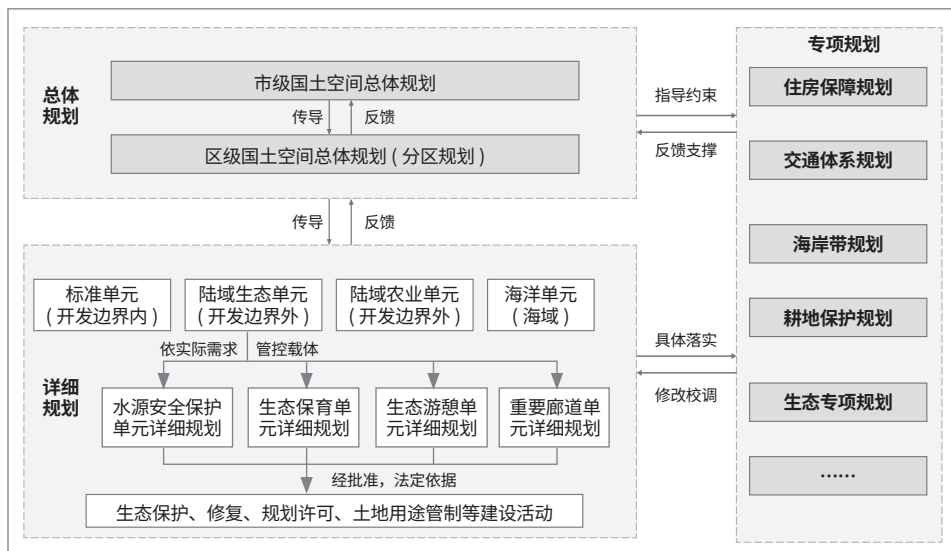


图9 国土空间规划传导体系示意图

预及自然修复工程弱化阻隔影响。对于贯通城市型生态廊道的特殊节点或关键区域，采用三维绿化、暗渠复明、低影响开发等方式连通城市生境。二是重点生态廊道依托建设指引细化实施管控内容。重点生态廊道实施“一廊一策”建设指引，明确生态功能定位、建设控制要素、建设难点及实施建议等，为生态廊道提供切实可行的建设指引。

(2) 平台协同数据管控。

依托规划管控平台进行常态化建设，将生态廊道管控成果纳入国土空间规划“一张图”。基于多源数据共享平台建立生态廊道专题数据管控版块，形成标准生态廊道数据库，并将其作为数据分析与研究的基础。同时，应增加业务应用场景菜单，如项目申报阶段辅助选址、方案编制阶段景观生态质量评价、智能审核及后期监测预警等，为实现各部门链条化、科学化、全周期化协同推进、规范审批工作及提高管理效率，提供简单、快捷，又有量化结论的决策依据。

4 结语

本文从高密度建成环境地区生态廊道建设面临的背景与痛点切入，基于生态廊道含义外延趋势，衔接国土空间规

划体系，探索利用最小阻力模型构建生态廊道体系、精细精准划定生态廊道范围、分级分类保护利用模式、精细传导规划要点与巩固关键点等方法，并以深圳市龙岗区生态廊道规划为例进行实证研究，在一定程度上拓宽了生态廊道规划研究的思路与方法，可以为同类型城市研究与实践提供借鉴。然而，生态廊道动态、可操作与全周期管控是一项复杂工作，关于如何落实生态廊道建设的清退补偿机制、如何建立规划动态调整管控机制、如何动员多元市场主体参与廊道建设等内容还有待深入研究。

【参考文献】

- [1] 吴婕, 李晓晖, 龙闹, 等. 城市密集地区生态廊道网络规划研究——以广州都会区为例[J]. 现代城市研究, 2017(1): 61-67.
- [2] 杨保军, 陈鹏, 吕晓蓓. 转型中的城乡规划——从《国家新型城镇化规划》谈起[J]. 城市规划, 2014(增刊2): 67-76.
- [3] 罗涛, 林宇晨, 樊海强. 基于生态效益评估的城市空间扩展模式研究——以厦门市为例[J]. 城市规划, 2022(5): 44-55.
- [4] Forman R T T. Corridor in a Landscape: Their Ecological Structure and Function[J]. Ecology, 1986, 2: 375-387.
- [5] Jordan F. A Reliability Theory Approach to Corridor Design[J]. Ecological

Modeling, 2000, 128: 211-220.

- [6] 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.
- [7] 张晨笛, 刘杰, 张浪, 等. 基于城市生态廊道概念应用的三个衍生概念生成与辨析[J]. 中国园林, 2021(11): 109-114.
- [8] 张楠. 北京城市生态廊道植物景观研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [9] 李静, 张浪, 李敬. 城市生态廊道及其分类[J]. 中国城市林业, 2006(5): 46-47.
- [10] 秦晴, 陈可欣, 魏冀明. 生态廊道的精细化划定与管控思路探讨——以广东省四会市为例[J]. 规划师, 2021(9): 75-81.
- [11] 宋治清, 王仰麟. 城市景观及其格局的生态效应研究进展[J]. 地理科学进展, 2004(2): 97-106.
- [12] 车生泉. 城市绿色廊道研究[J]. 城市规划, 2001(11): 44-48.
- [13] 李欣格. 甘肃省清水县生态廊道规划设计研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2018.
- [14] Banerjee P, Ghose M K, Pradhan R. Analytic Hierarchy Process Based Spatial Biodiversity Impact Assessment Model of Highway Broadening in Sikkim Himalaya[J]. Geocarto International, 2020(5): 470-493.
- [15] 吕彦莹, 王晓婷, 于新洋, 等. 山东省自然生态空间系统化识别与差异化管理研究[J]. 生态学报, 2022(7): 3010-3019.
- [16] 周培. 厦门市生态空间规划管控历程、特征及优化策略[J]. 规划师, 2022(3): 89-94.
- [17] 王炼军, 张智郡. 新区“总体规划”中生态空间规划思维转变——以天府新区成都直管区为例[C]// 面向高质量发展的空间治理——2021中国城市规划年会论文集(08城市生态规划), 2021.
- [18] 管青春, 郝晋珉, 石雪洁, 等. 中国生态用地及生态系统服务价值变化研究[J]. 自然资源学报, 2018(2): 195-207.

【收稿日期】2022-09-15