

鲍梓婷, 严柳, 谢天旗, 麦佳仪. 生态系统服务功能导向下都市圈绿色基础设施的空间实体化路径: 以粤港澳大湾区为例[J]. 风景园林, 2026, 33 (5): 22-32.

生态系统服务功能导向下都市圈绿色基础设施的空间实体化路径：以粤港澳大湾区为例

鲍梓婷 严柳 谢天旗 麦佳仪

摘要：【目的】为应对都市圈生态系统服务功能面临的空間挑战，以及从“科学评估”到“政策实体”的转化难题，本研究旨在构建一个总体视角以理解开敞空间作为法定统合概念如何通过多元的空间政策与工具，转化为支撑生态系统服务功能的绿色基础设施网络。【方法】本研究构建了“国际机制借鉴—本土框架探索”的分析路径，基于《伦敦规划：大伦敦空间发展战略》（*The London Plan: The Spatial Development Strategy for Greater London*）归纳了绿色基础设施体系实现“空间实体化”的3条核心路径及其内容：法律指定、规划预设、开发控制。以此为参照，在粤港澳大湾区区域尺度和广东省广州市番禺区地方尺度开展研究，整合量化分析方法进行了实证探索。【结果】界定了粤港澳大湾区都市圈的空间边界，建立了大湾区开敞空间的现状基线；识别出战略性开敞空间、重要生态廊道与公共开敞空间匮乏区域，在区域和地方尺度提出了整合生态保护、空间供给与开发增益的规划实践工具。【结论】通过融合国际经验与本土实证，形成了以生态系统服务功能为导向贯穿“统合概念—空间载体—治理工具”全过程的绿色基础设施规划思路。

关键词：都市圈；生态系统服务功能；开敞空间；绿色基础设施；空间政策

基金项目：广州市哲学社会科学规划项目（编号 2024GZYB15）

中图分类号：TU985

文章编号：1673-1530(2026)05-0022-11

收稿日期：2026-01-08

文献标识码：A

DOI: 10.3724/j.fjyl.LA20260016

修回日期：2026-04-08

文章亮点：

- 1、理论创新：借鉴伦敦经验，提炼出法律指定、规划预设、开发控制3条空间实体化核心路径，将抽象的生态系统服务功能转化为可治理的空间实体，为破解中国都市圈绿色空间概念碎片化、管理脱节等问题提供系统性的分析框架与工具参照。
- 2、实证发现：以粤港澳大湾区为例，首先识别出都市圈实体地域，进而结合多元量化方法识别战略绿带区、生物多样性保护潜力区，构建多类型保护体系；识别生态廊道体系、公共开敞空间匮乏区，明确规划协作要点与治理难题；在地方尺度上以番禺区为例，提出生物多样性净增益等创新指标，形成从区域到地方的多尺度传导路径。

自20世纪70年代以来，快速城镇化导致的生态系统服务衰减已成为全球性挑战^[1]。在此背景下，城市绿地系统与开敞空间的角色认知发生深刻转变——从单一的审美游憩载体，转向承担气候调节、生物多样性保护及社会文化服务等多重功能的复合系统^[2-4]。这一转变在中国高度集聚的大都市圈区域（如京津冀、长三角、粤港澳大湾区等）都表现得尤为紧迫。当前规划治理实践主要面临三重相互关联的挑战。

一是空间载体概念的碎片化与政策统合的缺失。在规划实践中，并行着城市绿地、公园绿地、生态空间、绿色空间、自然保护区等多种概念^[5-6]，这些概念在国土空间规划体系中各有侧重，却因分属不同行政部门而产生语义分歧与权责壁垒^[7]，阻碍跨部门协同。

二是区域尺度拓展与系统连通性的管理脱节。尽管生态网络^[8]理念倡导构建多功能的区域绿色系统，但在本土规划管理中，内部绿地系统与外围生态保护区往往分属不同的规划体系与部门职责，导致生态连通性在关

键衔接处中断，生态网络连通性难以保障^[9-10]。

三是空间冲突与多功能目标的竞争。近年来诸多研究聚焦生态系统服务功能的权衡协同问题，指出由于土地资源高度紧张，生态空间不仅面临与建设用地的竞争^[11]，其内部亦存在不同功能需求之间的权衡^[12]，如生物栖息地保护与公众高频使用之间如何权衡。

在英国开敞空间体系中，开敞空间与绿色基础设施（green infrastructure, GI）被认为是2个核心的空间概念与工具^[13]，绿色基础设施虽被赋予整合多元目标的理论期待，但在实践中缺乏有效的空间配置与管理策略来整合这些相冲突的功能需求，而开敞空间则以其法定地位与实体边界，为这一整合提供了可操作的空间管控载体^[14]。已有研究多聚焦在绿地与开敞空间的概念界定^[15-16]、绿色基础设施效能提升^[17]、绿地与开敞空间规划探索^[18]等方面，鲜有研究在“统合概念—空间载体—治理工具”之间建立整体连贯的逻辑框架。因此本研究旨在构建一个总体的视角，基于英国伦敦的规划实践，进而对粤港澳大

湾区进行实证分析，帮助理解开敞空间这一物质载体如何通过空间政策与多元工具的实体化机制，转化为支撑多元生态系统服务功能的绿色基础设施网络。

1 从空间载体到空间政策：英国绿色基础设施体系的构建及其实体化路径

英国通过建构一套涵盖概念统合、法律赋能、多级传导与量化创新的完整“实体化”路径，将分散的生态空间整合为功能协同的绿色基础设施网络，实现了从战略目标到空间实体的有效传导。

1.1 概念统合与法律实体化：从开敞空间到绿色基础设施

英国通过“开敞空间”（open space）的立法实践，确立了其作为统合性上位概念的法定地位。自《1877都会开敞空间法》（*Metropolitan Open Spaces Act 1877*）^[19]颁布以来，该概念以“不被建筑覆盖”与“具有公共价值”的宽泛定义，统合了国家公园、绿带、城市绿地、广场等形态功能各异的蓝

表1 《大伦敦规划》中绿色基础设施的实体化路径
Tab. 1 Spatial materialization pathway of the green infrastructure system in *The London Plan*

政策类别	核心目标	尺度	空间实体化路径	
			法律指定与规划预设	开发控制
G2 绿带	限制城市无序扩张、保护农业用地	区域	确定空间边界并赋予法定地区，制定管制政策；占全市土地面积的22%	最严格开发约束：原则上禁止不当开发，边界变更仅限“特殊情况”，且须经最严格的审批程序
G3 都会开敞土地	都市区内部对城市结构、休闲娱乐或生态历史具有重要战略价值的开敞土地	区域	确定空间边界并赋予法定地位	
G4 公共开敞空间	满足本地化、高可达性的公共需求；通过分级分类评估并弥补供需缺口，确保公平可达	次区域与地方	通过规划确保供应与公平：区域级公园、城市级公园、地区级公园、小区级公园、小型开敞空间、口袋公园	约束与贡献：开发方案不得导致其损失，并应在匮乏区域创建新的公共开放空间
G5 城市绿化	将高质量城市绿化深度融入开发项目与建成环境	次区域与地方	公共空间提质：提升公共领域的绿化质量，如行道树、屋顶绿化等	强制性指标：针对新开发项目的“城市绿化系数”
G6 生物多样性	保护、连接并增强自然生态。保护重要生境，建立连贯生态网络	区域、地方	多层次法定保护区体系：将重要自然保护区点分为区域级、地方级等	强制性指标：开发项目必须实现10%“生物多样性净增益”
G7 树木和林地政策	保护并扩展“城市森林”。保护现有树木特别是古树，战略性种植新树木	区域、地方	保护公共林木资产：保护古树和古老林地，战略性增加公共区域的树木覆盖	开发补偿：移除树木需按评估价值进行充分补偿
G8 粮食种植政策	支持城市农业与本地食物生产；促进健康、社区凝聚和可持续粮食系统	区域、地方	支持公共社区农业：保护并鼓励增加社区园艺、城市农场等公共或集体生产空间	鼓励私人开发融入：鼓励新开发为粮食生产提供空间，或进行临时种植
G9 地质多样性	保护地质遗产并提升其价值；促进公众对地质遗产的了解和欣赏	区域、地方	保护地质遗产：识别并保护具有国家或地区重要性的地质遗址，如区域重要地质遗址和地方重要地质遗址	开发贡献：要求开发方案为保护和增强地质多样性做出积极贡献

绿空间。该法本质是对空间实体进行立法，即通过法律创设一类必须规划与提供的社会公共产品，既可指代具体区域，也可作为法定义务要求开发项目按标准提供实体空间。因此，开敞空间成为干预城市空间发展的直接工具，并为公共权力调整土地利益关系提供了法理基础。

2012 年，绿色基础设施概念被明确纳入《国家规划政策框架》（*National Planning Policy Framework*, NPPF）^[20]，将传统分散的“开敞空间”重组为一个系统性、网络化与多功能性的战略空间网络系统，以支撑城市整体运作^[21]。绿色基础设施在物质性开敞空间的基础上进一步强调了所承载的多元生态系统服务功能；相对而言，两者并非空间范畴的差异，而是一种理念与方法论的差异，绿色基础设施是开敞空间在生态规划系统性视角下的表现，在诸多规划文件中常常一并出现。

1.2 空间实体化的核心路径：法律指定、规划预设、开发控制

英国绿色基础设施的空间实体化有 3 条核心路径。1）法律指定，通过法律对最高价值区域进行定义，如国家公园、具特殊科学价值的地点（*sites of special scientific interest*, SSSI）等。2）规划预设，通过规划布局预留

或征收土地，将土地转换为开敞空间，一般包括国家、区域、地方、邻里、场地 5 个层级：国家层级实施《重点开敞空间战略》（*Open Space Policies in Key Documents*），区域层级实施《绿色基础设施战略》（*Green Infrastructure Strategies*），均侧重战略性；地方层级实施《开敞空间战略》（*Open Space Strategies*），侧重协调性；邻里层级实施《地区行动计划》（*Area Action Plans*）、场地层级实施《景观管理计划》（*Landscape Management Plans*）均侧重实施性。3）开发控制，通过控制指标要求建设项目“留白”并应用多元绿化形式，如六英亩法则（*Six Acre Standard*）、城市绿化系数（*urban greening factor*, UGF）。3 条路径可以叠加使用，如英国绿带综合了规划预设与法律指定 2 种路径，而非仅依赖单一路径。

1.3 《大伦敦规划》中绿色基础设施的空间实体化路径

统合性概念的有效落实依赖于清晰的多层级传导体系。以大伦敦地区为例，其绿色基础设施规划呈现从区域、次区域到地方发展框架与具体项目的传导过程^[22]。2021 年《伦敦规划：大伦敦空间发展战略》（*The London Plan: The Spatial Development*

Strategy for Greater London，简称《大伦敦规划》）^[23] 在第 8 章“绿色基础设施和自然环境”中通过政策 G1~G9 系统构建了“方法统领、空间分类、功能覆盖”的绿色基础设施体系。

1.3.1 总体结构

政策 G1 明确了“绿色基础设施方法”（*green infrastructure approach*）的内涵、原则与目标，要求以综合方式规划、设计和管理所有蓝绿空间，以实现多重效益。政策 G2~G9 通过政策分层，将结构性控制、公共空间供给与特定生态功能强化等目标，分别对应到法律指定、规划预设、开发控制这三大实体化路径上（表 1）。

1.3.2 法律指定：多层次、多类型的保护区整合叠加实现多元功能

绿色基础设施体系的核心特点是对多维度保护区体系进行系统性整合。政策 G2 绿带（*green belt*）与 G3 都会开敞土地（*metropolitan open land*, MOL）共同确定了区域尺度最重要的战略空间，具有最高的法律地位和保护级别。政策 G6~G9 则通过更多元的法定保护区类型，在补充完善多层次保护区空间格局的同时，强调了对特定生态系统服务功能的保护，包括侧重生物多样性的

表2 中国绿色基础设施相关规划的工具形式与优化建议
Tab. 2 Forms of tools and suggestions for optimizing China's green infrastructure planning

路径	类型	现有工具形式	优化建议
法定依据	国家法规条例、导则等	《城市绿化条例》《国家公园法》等；暂未建立法定性统合概念	通过政策或条例形式建立统合概念，明确核心术语，如绿色生态空间或开敞空间；制定关键指标的科学量化工具与计算标准
法律指定	国家与区域重要性，严格保护	生态保护红线、永久基本农田、国家公园等	整合优化，强化专项保护区体系的构建，如地质多样性、生物多样性等
	地方重要性，弹性保护	省级自然保护区、风景名胜區等	
规划预设+法律指定	区域结构管控	部分地市设自然保护区、湿地保护小区等	结合强制与奖励措施推动地方设置多元保护区类型
	城市开发边界，《城镇开发边界管理办法》	回归乡村开敞空间本体，可参照伦敦绿带设置战略景观政策区或区域乡村公园	
规划预设	区域蓝绿廊道	区域战略规划中的蓝绿系统专项等	需扩大范畴，整合各类绿色基础设施，构建区域或地方战略性廊道，制定跨市域协作平台与项目列表
	市域蓝绿廊道	市域国土空间规划、国土空间总体规划、控制性详细规划中的绿地系统专项规划等	
	面积类指标	控制性详细规划、修建性详细规划中的人均绿地指标，绿地服务半径等	增设“开敞空间率”（open space ratio）指标
	公共开敞空间供需平衡		增加对匮乏区域的识别，并提高供应政策的强制性
开发控制	面积类指标	建设用地规划条件、土地出让合同中的容积率、绿地率等	强化多元绿化形式，如城市绿化系数
	功能性指标	暂无	可在重要地段或战略性区域设置增益性强制指标，如生物多样性净增益

“重要自然保护地”（site of importance for nature conservation, SINC）、侧重地质多样性的“区域重要地质遗址”（regionally important geological site, RIGS）及地方重要地质遗址（locally important geological site, LIGS）、受特殊保护的古树与古老林地等。这些不同级别的保护区被纳入地方发展框架，在规划决策中仍具有较严格的保护地位。如位于伦敦贝克斯利区的修道院森林^[24]，同时具有都会开敞土地、RIGS、SSSI与SINC多种空间属性，且土地用途为“公共休闲用地”（recreational land）。这种空间属性多重叠加的机制避免了单一目标的割裂管理，在同一空间载体上能最大程度实现生态系统服务功能的复合供给。

1.3.3 规划预设：战略性生态网络构建与公共开敞空间供需平衡

区域生态网络的连通性与公共使用的可达性是规划阶段需要应对的2个方面。在区域层级，伦敦都市圈的核心政策文件《绿色基础设施与开敞环境：全伦敦绿色网格》（*Green Infrastructure and Open Environments: The All London Green Grid*）^[25]将全域划分为11个次区域，明确了需要跨行政区协作的战略项目，在景观尺度上构建战略性生态网络；每个片区，如《利谷与芬奇利岭区域框架》（*Lea Valley & Finchley Ridge Area Framework*）^[25]，

在次区域层面基于对开敞空间的系统梳理，明确提出了该片区绿色基础设施体系的空间框架与动态项目列表。在地方层级，如《恩菲尔德蓝绿战略》（*Enfield's Blue and Green Strategy*）^[26]，则通过统筹上位要求，提出保护、管理与扩大蓝绿网络的具体建议与项目指引。

根据《大伦敦规划》政策G4规定，各地方法行政区在其“地方发展框架”中须按照上位指标标准识别本辖区内开敞空间供应不足的“匮乏区域”（area of deficiency, AoD），并积极创建新的公共开敞空间以满足公众休闲娱乐需求。这意味着对土地的管控方式从人均绿地面积等宏观指标，转向精细化的供需分析，将公平、可达性等目标转化为可量化监测、可强制执行的制度工具。

1.3.4 开发控制：从“零净损失”转向“净收益”

过去国内外的传统指标，如中国的绿地率或英国的六英亩法则等“空间占有”类指标，难以保障相应绿地上的生态系统服务功能。为此，英国推动了土地开发控制指标从“零净损失”（no net loss）转向强制要求“净收益”（net gain），旨在驱动每个土地开发行为均能带来可量化的正向净贡献。例如，《大伦敦规划》政策G5强调通过UGF对各类绿化形式分级赋权，引导密集区优先采用建设绿色屋顶、雨水花园等高效益方式，使城

市绿化成为“微型基础设施”；政策G6则通过强制实施生物多样性净增益（biodiversity net gain, BNG）指标要求主要开发项目应采用官方度量工具对BNG进行测算，只有实现了BNG不低于10%，才能可获得规划许可。

2 研究框架：粤港澳大湾区绿色基础设施空间实体化探索

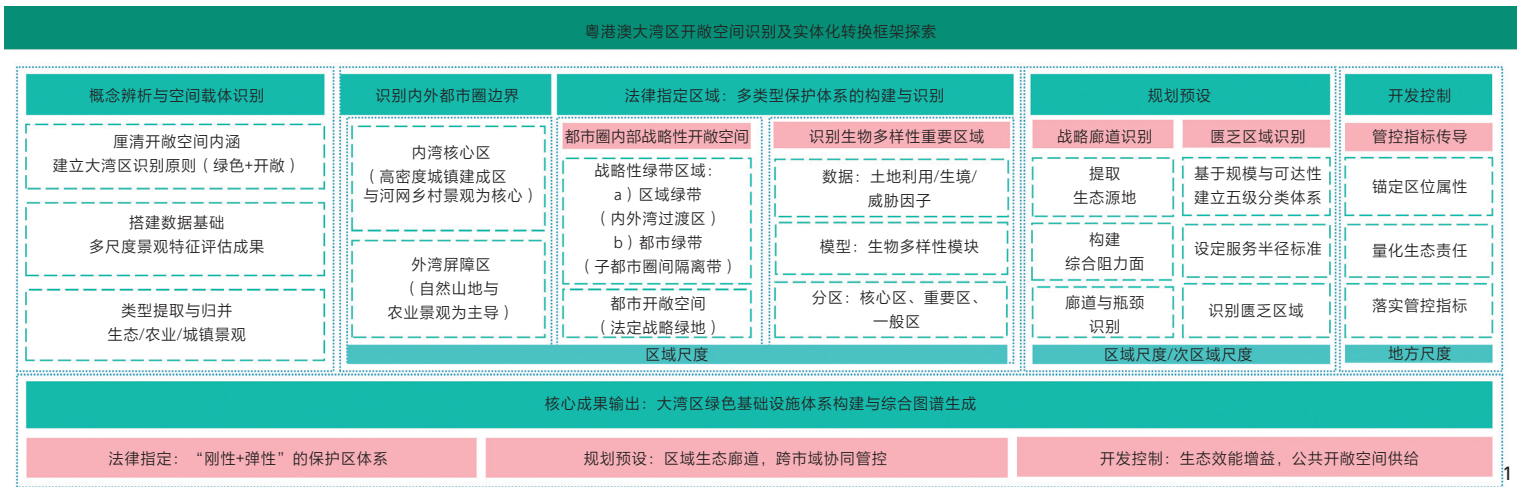
粤港澳大湾区总面积为5.6万km²，在高质量发展目标下面临绿色生态空间结构失衡、形态破碎化等挑战。尽管大伦敦都市圈在空间尺度上与粤港澳大湾区并非同一量级，但其通过整合多元政策工具实现绿色基础设施空间实体化的规划实践仍具有重要借鉴价值。

2.1 规划工具梳理与粤港澳大湾区框架构建

2.1.1 中国绿色基础设施的相关规划工具

英国“区域—次区域—地方”的多层级结构与中国规划体系相对应，为空间实体化路径的逐级嵌入与优化提供了基础框架。明确统一关键技术语概念与指标计算标准是空间实体化的基础。

以3条空间实体化路径为线索梳理中国相关规划工具（表2）。在法律指定上，以国家与省级保护区体系、生态保护红线为基础，可在中国地方尺度建立更具弹性的保护小区类别，如借鉴国际上“其他有效区域保护措施”（other effective area-based conservation



1 技术路线
Technical route

measures, OECMs) 等弹性机制。在规划预设上，一是可借鉴伦敦绿带设置战略景观政策区，引导区域城乡结构的优化，二是建议将区域性重要蓝绿廊道转化为市域协作项目列表，三是可将公共开敞空间匮乏区域识别纳入法定规划流程，提高公共开敞空间的供应保障。在开发控制上，建议在重要地段增设生态增益类功能性指标。

2.1.2 总体框架

基于上述框架，本研究聚焦粤港澳大湾区，遵循从概念统合、空间识别到政策转化的递进逻辑，在区域和地方尺度开展两个方面的工作（图1）。1）辨析本土语境下“开敞空间”概念并识别空间基底。2）结合多元科学分析工具，探索法律指定、规划预设与开发控制3类实体化路径下的政策工具，构成从战略愿景到空间落地的政策链条。

2.2 粤港澳大湾区都市圈边界识别与开敞空间提取

研究团队已于2024年完成的粤港澳大湾区景观特征评估^[27]，经校验后可支撑本研究的探索性应用，其中，区域尺度景观特征大纲图可支撑都市圈空间边界识别，市域尺度详细景观特征类型图可支撑开敞空间的提取与统合。

2.2.1 都市圈空间边界识别

粤港澳大湾区是一个行政区域概念，其边界并不具有生态学意义，内湾都市区域与

外围自然山地区域景观特征分异显著。因此本研究依据自然本底与发展强度识别大湾区结构性区域格局：一是以珠江三角洲水系一级分流点“思贤窖”“石龙”的高程为参照^[28]，以15 m等高线划分外围山地区和内部平原三角洲；二是整合城乡建设用地分布所形成的人类活动强度边界。两者经空间叠合与校验后，划定都市圈实体地域边界，形成两大战略空间区域：将以自然山地与农业景观为主导的外部区域界定为“外湾屏障区”；将以高密度城镇建成区与河网乡村景观为核心的内部区域界定为“内湾核心区”。

2.2.2 开敞空间识别

基于粤港澳大湾区详细景观特征类型识别成果^[27]，以具备自然要素的“绿色本质”与低建筑覆盖的“开敞状态”两大物理特征为本次识别开敞空间的基本原则。在ArcGIS软件中提取生态类、农业类景观特征类型以及城镇景观中符合标准的滨水公园与市区公园景观特征类型，归入开敞空间，形成由矢量多边形构成的空间数据本底，作为后续绿色基础设施体系的空间形态基底。

2.3 法律指定：多类型保护体系的识别与构建

2.3.1 都市圈结构性开敞空间识别

基于对粤港澳大湾区开敞空间的识别，整合城市蔓延的控制需求与乡村开敞空间的结构性保护需求，构建“战略绿带”，或称

为“战略景观政策区”，并尝试界定对于都市圈内部结构具有重要意义的都市开敞空间。

1）识别战略性绿带区域——区域绿带、都市绿带。本研究首先将位于内湾边界过渡区的自然或乡村单元识别为“区域绿带”，承担支撑、控制内湾城市群结构的重要功能，形成“外湾屏障区—绿带过渡区—内湾都市区”层级结构。此外，针对广佛、深莞惠、珠中江3个子都市圈间的连绵趋势，通过识别位于子都市圈之间呈连续环带状的结构性开敞空间，将之定义为“都市绿带”，遵循“结构性隔离与连续边界”原则，强化子都市圈的空间组团结构。

2）识别子都市圈内部的重要开敞空间——都市开敞空间。对于各子都市圈内部，遵循“规划法定与价值优先”原则，依据国家及省级上位规划（如自然保护地、永久基本农田）的明确指定，识别在区域生态格局、休闲游憩或历史文化遗产中具有不可替代战略价值的开敞土地，将之定义为“都市开敞空间”。其法定地位与管控强度与区域绿带相同，共同构成粤港澳大湾区开敞空间网络的总体骨架。

2.3.2 专项保护区体系构建：以生物多样性专项保护区为例

以生物多样性保护为核心目标，将宏观保护目标转化为区域与地方尺度的专项保护区体系。通过引入生态系统服务和权衡的综

表3 公共开敞空间分类分级
Tab. 3 Classification and grading of public open space

分级	类别名称	规模标准/hm ²	服务层级	服务范围	服务半径/m
I	小型开敞空间	< 0.4	街坊邻里级	服务街坊内部, 满足居民日常即时利用需求	300
II	地方开敞空间	0.4~< 5	社区/街道级	服务居住社区或街道范围	300
III	区级开敞空间	5~< 20	市辖区级	服务特定的行政区或城市片区	500
IV	市级开敞空间	20~< 60	城市级	覆盖整个城市, 具有全市性影响力	500
V	区域级开敞空间	≥60	城市群/区域级	辐射整个城市群区域	800

合评估 (integrated valuation of ecosystem services and tradeoffs, InVEST) 模型中的 Biodiversity 模块, 整合多维因子, 进行了生物多样性分布分析; 按区域生物多样性承载能力将专项保护区划分为 3 个等级: 将质量最高、干扰最小的区域划分为“生物多样性核心区”; 将质量较高、承担关键连接与缓冲功能的区域划分为“生物多样性重要区”; 将具备自然基底但功能有所退化的区域则划分为“生物多样性一般区”。

2.4 规划预设: 战略生态廊道与匮乏区域识别

2.4.1 基于形态学空间格局分析的区域尺度生态廊道识别

大都市圈尺度规划预设的其中一个重要工作便是识别跨行政辖区的战略绿色生态廊道与战略项目。基于 2018 年中国科学院资源环境科学数据中心发布的分辨率为 30 m 的土地覆盖数据^[29], 采用形态学空间格局分析 (morphological spatial pattern analysis, MSPA) 方法提取林地核心区面积大于 1 km² 的斑块, 使用 Conefor 2.6 软件计算地块的景观连通性指数 (delta Probability of connectivity, dPC)。设定物种最大迁徙距离为 10 000 m、连通概率为 0.5, 筛选 dPC > 1 的斑块^[30-32] 作为生态源地。本研究的数据设置旨在为规划框架的呈现提供支撑, 而非针对特定物种的精准生物学评估。综合阻力面通过层次分析法加权叠加 6 项因子, 包括土地利用类型、坡度、NDVI、高程、距水域距离、距道路距离。选用电路理论识别廊道关键瓶颈点, 借助 Linkage Mapper 工具提取并分级潜在生态廊道, 构成后续分析的基础网络。最终识别出的高优先级生态源地、廊道及关键瓶颈点,

这些区域均是需要在区域尺度国土空间规划中进行“规划预设”且需予以空间预留和结构性保护的核心网络。

2.4.2 公共开敞空间分级与匮乏区域识别

为探索城市公共开敞空间的精细化管控与供需平衡, 本研究尝试构建了粤港澳大湾区公共开敞空间匮乏区域识别框架。1) 先建立一套基于空间规模与可达性的通用公共开敞空间分级体系; 2) 再依据法定规划与战略价值甄别出更高级别的“都市开敞空间”, 以补充都市圈尺度的重要开敞空间体系。其中, 公共开敞空间分级体系主要参考 GB/T 51346—2019《城市绿地规划标准》, 以服务半径与空间规模为核心依据, 将公共开敞空间划分为 5 个层级。而不具备日常公共开放与管理条件的开敞空间, 如生产性农田, 不纳入此公共开敞空间划分标准 (表 3)。

基于已构建的公共开敞空间 5 级体系, 并依据《广州市绿地系统规划 (2021—2035)》提出的“300 米见绿, 500 米见园”目标^[33], 确定了不同级别开敞空间的服务半径标准。服务范围基于路网距离计算, 为聚焦区域尺度的结构性评估, 确保有效覆盖范围的准确性, 未细化处理快速路、河流等对步行的阻隔。最终, 未被任何等级公共开敞空间的服务范围覆盖的连续区域被识别为“公共开敞空间匮乏区域”。

2.5 开发控制: 规划管控指标的层级传导

开发控制的核心任务是将上位规划的战略目标与定位, 转化为可实施的管控要求与指标, 在建设用地审批阶段予以有效落实。基于一般地区的开发控制条件, 可以在粤港澳大湾区的战略绿色绿带区域或公共开敞空间匮乏区域等关键地区, 针对新开发项目或更

新项目, 探索增益性指标的强制性应用。最终, 将区域概念性规划目标转化为可量化监测、可核查的规划条件与管控指标。

3 研究结果: 粤港澳大湾区绿色基础设施空间实体化路径

3.1 建立粤港澳大湾区开敞空间的基线

为能给未来评估生态网络变化与规划效能提供参照系, 需要建立粤港澳大湾区开敞空间的基线, 即明确各类开敞空间的分类标准并摸清其现状空间分布。

3.1.1 粤港澳大湾区都市圈空间边界的识别

综合地理水文、城乡功能等多重因素, 基于粤港澳大湾区景观特征类型大纲图 (图 2-1), 划分出大湾区都市圈的核心实体区域, 即 2.3 万 km² 的内湾核心区域 (图 2-3), 该区域以高强度的城市景观及毗邻城市边缘的乡村景观为主体, 承担着人类社会经济核心聚集区的功能; 而分布在都市圈外围的生态屏障区域, 集中了大规模的自然与农业景观, 重在维系生态完整性。2 类区域在景观基质与核心功能上形成鲜明对比。

3.1.2 统合概念下的开敞空间划定

在粤港澳大湾区全域尺度, 基于市域尺度详细的景观特征分类 (图 2-2), 识别出的开敞空间范畴广泛涵盖了从公园、水田到乡村等多元类型 (图 2-4), 并明确将“生态保护红线”中未被覆盖的核心绿色空间纳入体系。以广州市番禺区为例展开详细对比 (图 3), 可发现开敞空间的空间划定相比当前绿地规划体系在功能上更具复合包容性, 可为后续构建绿色基础设施体系并统筹多元生态系统服务功能目标奠定空间基础, 并具备适配国土空间全域战略要求的潜在优势。按照景观特征类型将开敞空间分为城镇景观、乡村景观和自然景观三大类, 其中自然景观类型占主导, 占比达 63.35%; 其次为乡村景观, 占比 36.42%。

3.2 潜在指定区域: 结构性开敞空间的构成

3.2.1 战略绿带区域的空间格局分析

在粤港澳大湾区区域尺度, 识别出的“区域绿带”以乡村景观为基质, 承担保障粮食安全、保护乡村特征并维系大湾区都市

2 粤港澳大湾区开敞空间基线建立
Establishment of the baseline for open spaces in Guangdong-Hong Kong-Macao

2-1 景观特征类型大纲图
Outline map of landscape character types

2-2 景观特征类型详细图
Detailed map of landscape character types

2-3 都市圈空间边界划定
Delineation of spatial boundaries for metropolitan areas

2-4 开敞空间基线
Open space boundary delineation

3 番禺区开敞空间基线建立
Establishment of baseline for open spaces in Panyu District

3-1 番禺区详细景观特征类型图
Panyu District detailed map of landscape character types

3-2 番禺区开敞空间分布图
Panyu District open space map

3-3 番禺区“三区三线”管制边界
Panyu District “Three Zones and Three Lines” control boundaries

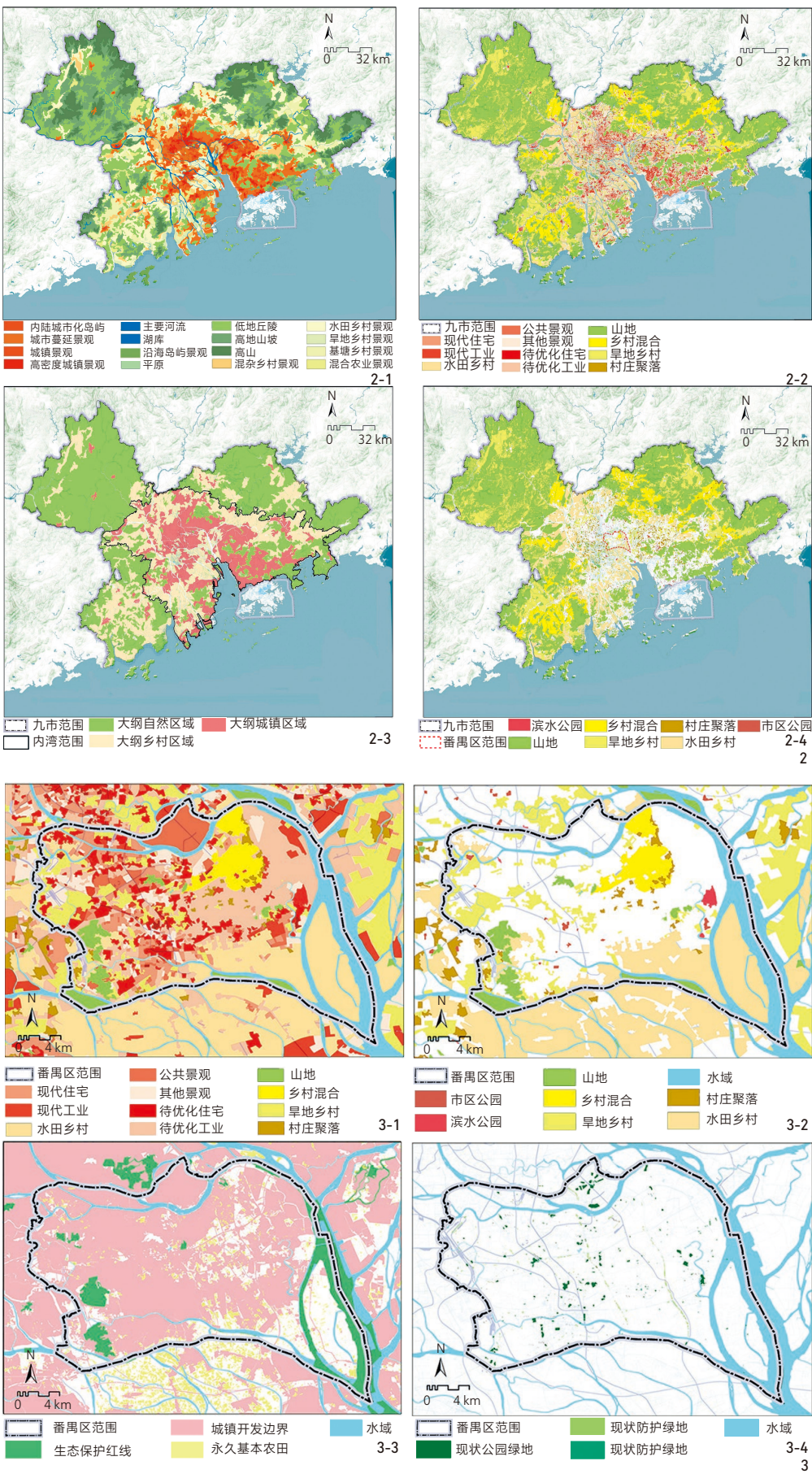
3-4 番禺区现状绿地系统规划绿地空间图
Panyu District existing green system and planned green space map

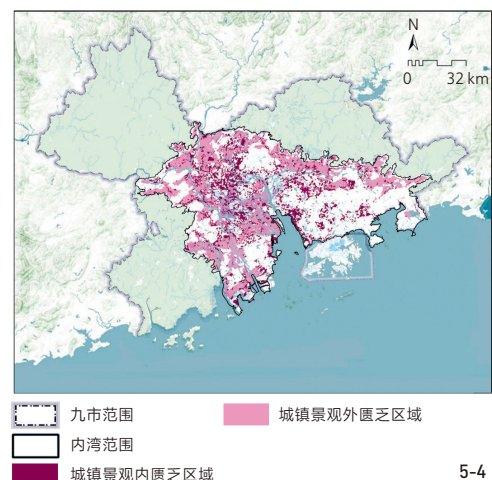
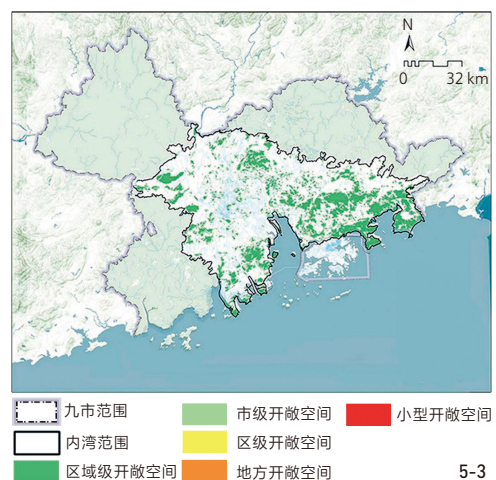
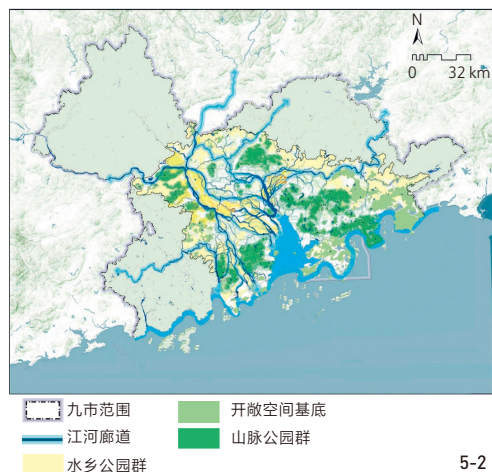
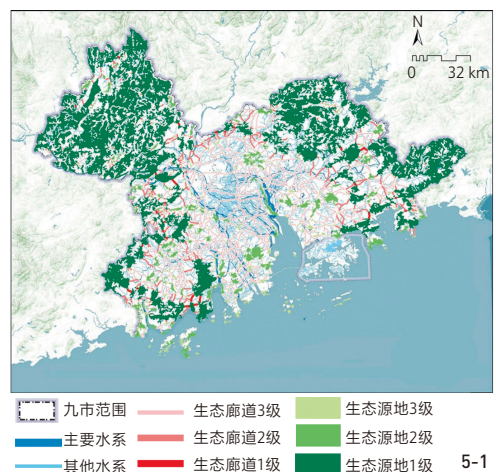
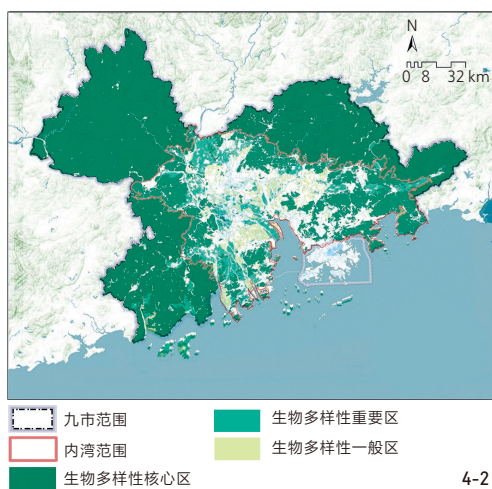
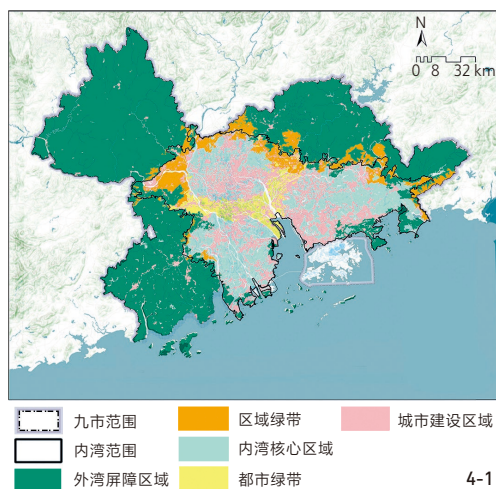
圈总体结构的功能（图 4-1），进而形成“外围屏障区—区域绿带—内湾核心区”的区域圈层结构，3 个圈层现状开敞空间面积占比约为 68.57%、13.80% 和 17.64%；而位于子都市圈之间的“都市绿带”则已呈现出城市边缘区城乡土地利用混杂的特征，建设用地呈现离散蔓延趋势，亟须通过设立战略景观政策区域与创新管控政策来推动土地综合整治，通过生态空间增补以及公共开敞空间的供应，提升内湾核心区的多元生态系统服务功能。

3.2.2 生物多样性评价与潜在保护区分析

生物多样性保护区的识别结果同样呈现清晰的圈层特征（图 4-2）：高连通性廊道与高价值的生物多样性核心区主要分布于外湾屏障区，构成网络主体；而内湾东部深圳的梧桐山、马峦山等关键节点，如“生态绿洲”一般深嵌于高密度城镇环境中，战略意义与脆弱性并存。而在内湾与外湾的边界区域内侧，识别出的生物多样性重要区呈现为一条环状区域，其格局与战略性的区域绿带区域高度吻合，这揭示了环状区域从宏观结构到核心功能的连续性。

通过与生态保护红线相叠加发现，内湾





- 4 潜在指定区域识别
Identification of potential designated areas
- 4-1 结构性绿地划分
Structural green space delineation
- 4-2 生物多样性评价
Biodiversity evaluation
- 5 区域尺度生态廊道与匮乏区域识别
Regional-scale identification of ecological corridors and areas of deficiency (AoD)
- 5-1 阻力面构建与生态廊道识别
Resistance surface construction and ecological corridor identification
- 5-2 规划策略总体结构
Planning strategy overall structure
- 5-3 内湾范围公共开敞空间分级
Inner bay public open space hierarchy
- 5-4 内湾公共开敞空间匮乏区域分析
Inner bay AoD in access to public open space

体系的基础上，为重点规划干预行动明确聚焦对象，需进一步界定 2 类关键空间，即维系区域生态连通性的生态廊道网络与公共开敞空间服务覆盖不足的匮乏区域。

3.3.1 关键生态源地与区域生态廊道网络构建

粤港澳大湾区范围内共识别出生态源地 419 处，总面积约 19 486.93 km² (图 5-1)；生态廊道 898 条，总长度 5 410.74 km，最大长度达 53.57 km。其中关键生态源地集中在珠三角西北角与东北部；重要生态源地分布于关键生态源地周边靠近中部地区。通过生态廊道分析可见，大湾区内部除少量低矮山丘外，呈现生态源地的真空挑战；三角洲区域河网纵横，江河水道为连续生态廊道的构建提供了天然载体。

综合陆域生态廊道、水系网络与现状城乡格局，提出内湾区域生态网络的总体格局 (图 5-2)。由于生态廊道常与行政区划交错，建立跨区域协同治理机制成为维系区域生态安全骨架的必然要求。

3.3.2 公共开敞空间匮乏区域分析

公共开敞空间服务覆盖范围的分析表明，都市圈内部总体匮乏区域面积占比高达 47.81%。通过空间叠加与类型判别进一步聚焦，其中约 17.80% 位于城镇景观区域内 (图 5-3、5-4)。这些镶嵌于高密度建成环境中的匮乏区域斑块，是后续匮乏区域深化分析的重点对象，需要通过规划框架和开发

核心区圈层中的生物多样性核心区已基本纳入红线范围，但大量具有较高生物多样性价值的区域并未纳入生态保护红线。因此，规划内容亟待增设创新弹性保护类别，通过结合评价等级设置区域级或地方级的保护区，

设置预留空间与建立生态补偿机制，从而系统性构建保护网络。

3.3 重点规划区域：生态廊道网络与公共开敞空间匮乏区域

在完善粤港澳大湾区多元多层级保护区

控制，推动公共开敞空间的积极供应与主动增补。

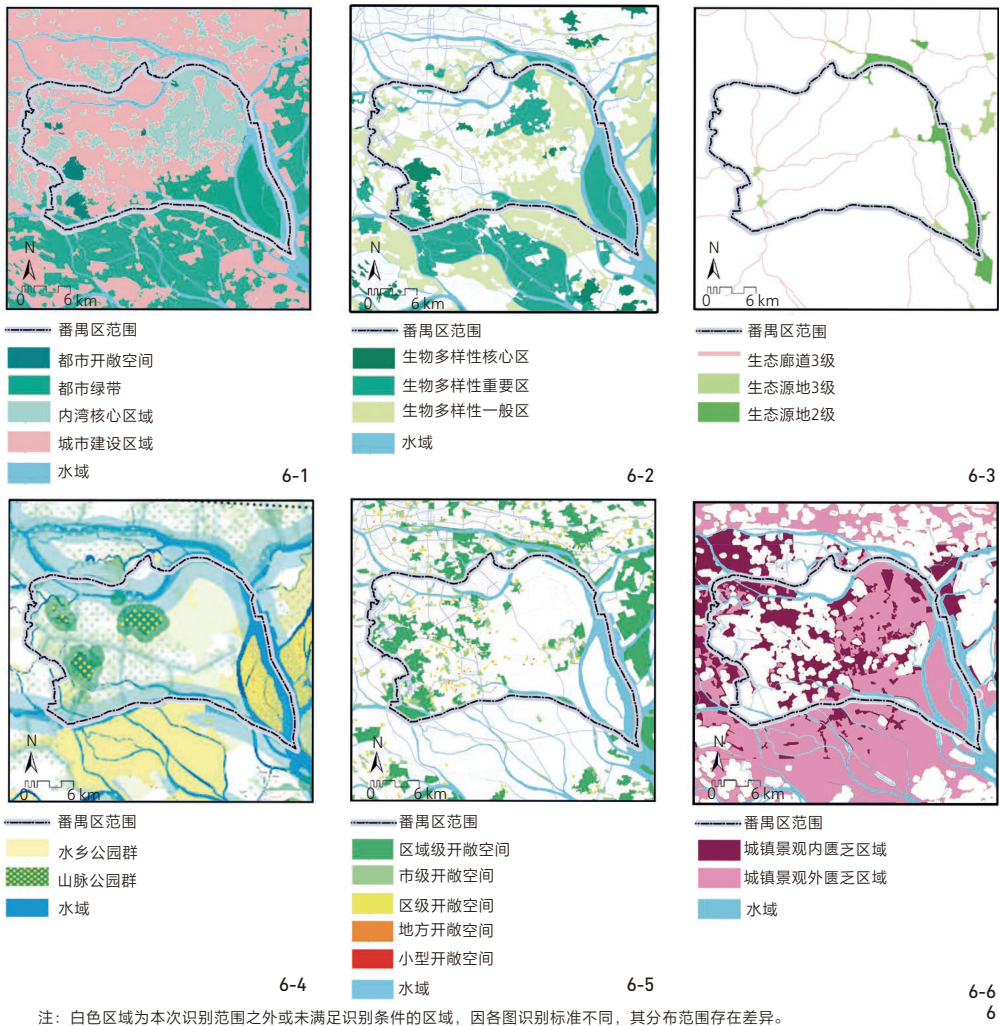
3.4 地方尺度的规划传导与开发控制：以广东省广州市番禺区为例

广东省广州市番禺区具有城乡要素混杂、生态破碎化与公共开敞空间短缺等问题交织的典型特征，且开敞空间要素多元，涵盖都市绿带、都会开敞空间及区域生态廊道。因此，选取番禺区为核心样本，通过识别结构性空间与潜在保护区开展地方尺度规划传导与开发控制分析（图6）。

首先，识别区域尺度确定的潜在指定保护区，辖区内的结构性空间主要包括三大类区域：都市绿带潜力区，面积占比 21.03%；都会开敞空间潜力区，面积占比 3.78%；生物多样性保护潜力区，其中区域级保护潜力区面积占比 3.23%，地方级保护潜力区面积占比 20.14%。番禺区内生物多样性核心区主要分布于大夫山-滴水岩森林公园连绵山体及东部滨江湿地，构成区域生态网络的关键节点。

其次，依托广州市与番禺区相关规划，需进一步强化以下 2 个方面的内容。1）建立战略性生态廊道。番禺区内主要的战略性生态廊道包括西江-北江三角洲战略廊道，以及沙湾水道、市桥河等地方生态廊道，依托核心水系，应着重恢复生态连通性，连接孤立斑块。2）增补公共开敞空间。识别发现全区公共开敞空间匮乏区域比例高达 56.80%；东部区域虽有大面积开敞空间，却因主要为生产性农田而成为公共服务“赤字区”；西部城市建成区匮乏比例也达 34.31%。这一结果凸显出番禺区内“拥有绿色空间”与“享有绿色服务”之间存在普遍落差。其根源在于农业生产、生态保育与公共游憩等功能在空间上的割裂与竞争。因此，未来规划需推动单一功能空间向多功能复合空间的转型，将毗邻城市建成区的乡村农田区域，引导塑造为融合生产、休闲与生物多样性的多功能绿色基础设施。

最后，通过开发控制促使新开发与更新项目能够支撑区域目标实践。需要先依托省级主管部门制定并颁布各类创新指标的量化



6 地方尺度开敞空间分析

Local-scale open space analysis

6-1 结构性开敞空间分析

Structural open space analysis

6-2 生物多样性分析

Biodiversity analysis

6-3 阻力面构建与生态廊道识别

Resistance surface construction and ecological corridor identification

6-4 地方尺度规划策略

Local scale planning strategies

6-5 公共开敞空间分级

Public open space hierarchy

6-6 匮乏区域分析

Areas of deficiency (AoD) analysis

计算标准与工具。进而在地方层面，通过将“区位特征”与“生态系统服务功能贡献”融入开发管控规则，将区域生态责任转译为纳入地方规划条件的具体条款（表4）。如在战略性都市绿带区域，可通过提高开敞空间占比，探索建设用地减量政策，在匮乏区域，则可以借鉴城市绿化系数增加多元绿化形式。此外，这些创新指标具有可叠加性，故一个地块可能需要同时满足空间供给和生态增益指标。

4 结论与展望

本研究针对都市圈生态系统服务功能从“科学认知”到“空间政策”的转化难题，探索了从开敞空间识别到绿色基础设施空间实体化实践的规划路径。在理论层面，梳理了开敞空间与绿色基础设施的概念关系，基于伦敦经验提炼了“法律指定、规划预设、开发控制”3条空间实体化核心路径，并通过中英政策工具对比，明确了中国绿色基础设施规划工具优化的关键内容。在实证层面，

表4 开发控制指标的类型与建议
Tab. 4 Types and recommendations for development control indicators

管控指标类别	适用区域	控制指标建议	可依托的规划工具
空间供给类	位于公共空间匮乏区	1) 设定最低开敞空间占比: 要求提供不低于基底面积15%~25%的优质、可进入公共空间; 2) 保证绿化覆盖率与质量: 引入“有效绿量”或“城市绿化系数”, 鼓励立体绿化、生态屋顶, 并折算贡献分值	1) 建设用地规划条件(设定最低公共空间占比、立体绿化折算规则); 2) 海绵城市专项审查(考核“年径流总量控制率”); 3) 城市更新单元规划细则
生态增益类	位于战略绿带区域或生态廊道影响区	确保生物多样性净增益: 强制要求项目实现“净增益”(如不少于10%), 可通过地块内生态修复或购买地区生态信用等方式履行	1) 建设项目环境影响评价与生态修复专项方案审批; 2) 地方性《生态补偿管理办法》; 3) 土地出让合同中的附加生态条款
连通修复类	毗邻或位于关键生态节点	履行生态连接义务: 要求重要项目设计必须有利于增强与相邻生态斑块的连接度, 如设置生态廊道、生物友好型通道	1) 控制性详细规划中的“生态廊道控制线”及图则规定; 2) 建设工程设计方案审查重点; 3) 河道蓝线管理与绿化带管理规定

聚焦粤港澳大湾区, 建立统合概念下的开敞空间基线, 并结合多元分析评价方法探索生态系统服务功能提升目标下绿色基础设施的总体空间结构与空间实体化路径: 在区域尺度界定都市圈核心区域, 并识别战略绿带区域、生物多样性保护区域, 区域生态廊道与公共开敞空间匮乏区域等关键区域; 在地方尺度, 以广东省广州市番禺区为例, 阐释3条空间实体化路径优如何应对都市圈的复杂性, 实现生态系统服务功能增益。

未来都市圈绿色基础设施研究可从3个方面展开。1) 在国土空间规划中明确开敞空间与绿色基础设施的法定地位与协同机制; 2) 加强高精度数据应用与创新型指标量化工具开发, 如明确城市绿化系数或生物多样性指标的计算方法并推动其不同地域的差异化应用; 3) 拓展实证研究的应用对象与实践反馈, 通过各国大都市圈的对比研究, 为中国都市圈多元生态系统服务功能提升与绿色基础设施规划实践提供系统性支持。

参考文献 (References):

[1] 邵大伟, 刘志强, 王俊帝. 国外绿色基础设施研究进展述评及其启示[J]. 规划师, 2016, 32 (12): 5-11.
SHAO D W, LIU Z Q, WANG J D. A Review of Overseas Green Infrastructure Studies[J]. Planners, 2016, 32(12): 5-11.
[2] 肖华斌, 何心雨, 王玥, 等. 城市绿地与居民健康福祉相关性研究进展: 基于生态系统服务供需匹配视角[J]. 生态学报, 2021, 41 (12): 5045-5053.
XIAO H B, HE X Y, WANG Y, et al. Research Progress on the Correlation Between Urban Green Space and Residents' Physical and Mental Well-Being from a Perspective of Matching Ecosystem Services Supply and Demand[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(12): 5045-5053.
[3] BENEDICT M, MCMAHON E, FUND T C, et al. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities[J].

Natural Areas Journal, 2017, 22(3):282-283.
[4] TAYLOR L, HOCHULI D F. Defining Greenspace: Multiple Uses Across Multiple Disciplines[J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 158: 25-38.
[5] 闫水玉, 唐俊. 城市绿色空间生态系统服务供需匹配评估方法: 研究进展与启示[J]. 城市规划学刊, 2022 (2): 62-68.
YAN S Y, TANG J. Methods to Evaluate Supply and Demand Matching of Urban Green Space Ecosystem Services: Research Progress and Reflections[J]. Urban Planning Forum, 2022(2): 62-68.
[6] 张浪, 仲启铨, 张瑞, 等. 城市绿地生态网络概念辨析及构建方法探析[J]. 园林, 2024, 41 (1): 4-10.
ZHANG L, ZHONG Q C, ZHANG R, et al. Exploring the Conceptual Analysis and Construction Method of Urban Green Space Ecological Network[J]. Landscape Architecture Academic Journal, 2024, 41(1): 4-10.
[7] 潘仪, 刘泉. 开放空间视角下城市绿地概念的现代演变[J]. 城市规划, 2020, 44 (4): 83-89.
PAN Y, LIU Q. Modernized Evolution of Urban Green Space from the Perspective of Open Space[J]. City Planning Review, 2020, 44(4): 83-89.
[8] 刘骏杰, 陈璟如, 来燕妮, 等. 基于景观格局和连接度评价的生态网络方法优化与应用[J]. 应用生态学报, 2019, 30 (9): 3108-3118.
LIU J J, CHEN J R, LAI Y N, et al. Improvement and Application for Ecological Networks Using Landscape Pattern and Connectivity Methods[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(9): 3108-3118.
[9] GILL S E, HANDLEY J F, ENNOS A R, et al. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure[J]. Built Environment (1978-), 2007, 33(1): 115-133.
[10] GOTTERO E, CASSATELLA C, LARCHER F. Planning Peri-Urban Open Spaces: Methods and Tools for Interpretation and Classification[J]. Land, 2021, 10(8): 802.
[11] 周晓艳, 王海军, 黄欣, 等. 广佛都市圈生态系统服务权衡协同对城镇空间多维扩张的响应[J]. 应用生态学报, 2024, 35 (7): 1935-1943.
ZHOU X Y, WANG H J, HUANG X, et al. Responses of Ecosystem Service Trade-Offs and Synergies in Guangfo Metropolitan Area to Multidimensional Expansion of Urban Space[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2024, 35(7): 1935-1943.
[12] 刘颂, 董宇翔, 裴新生, 等. 基于NSGA-II算法的绿色基础设施多目标空间优化[J]. 风景园林, 2024, 31 (4): 95-103.
LIU S, DONG Y X, PEI X S, et al. Multi-objective Spatial Optimization of Green Infrastructure Based on NSGA-II Algorithm[J]. Landscape Architecture, 2024, 31(4): 95-103.

[13] BENEDICT M A, MCMAHON E T. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century[R/OL]. Washington, D.C: Sprawl Watch Clearinghouse, 2002. <http://sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf>.
[14] 蔡云楠, 温钊鹏, 雷明洋. 高密度城市绿色开敞空间的建设误区和优化策略[J]. 中国园林, 2016, 32 (12): 76-80.
CAI Y N, WEN Z P, LEI M Y. Misunderstanding and Optimization Strategies of High-Density Urban Green Open Space Construction[J]. Chinese Landscape Architecture, 2016, 32(12): 76-80.
[15] 江海燕, 伍雯晶, 蔡云楠. 开放空间的概念界定和分类[J]. 城市发展研究, 2016, 23 (4): 21-26.
JIANG H Y, WU W J, CAI Y N. Definition and Classification of Open Space[J]. Urban Development Studies, 2016, 23(4): 21-26.
[16] 邓位, 李翔. 英国城市绿地标准及其编制步骤[J]. 国际城市规划, 2017, 32 (6): 20-26.
DENG W, LI X. A Review of Green Space Standard and Its Preparation in the UK[J]. Urban Planning International, 2017, 32(6): 20-26.
[17] 王云才, 刘玲. 远程耦合: 绿色基础设施绩效评价的空间生态智慧[J]. 中国园林, 2023, 39 (10): 51-55.
WANG Y C, LIU L. Telecoupling: Spatial Ecological Wisdom for Performance Evaluation of Green Infrastructure[J]. Chinese Landscape Architecture, 2023, 39(10): 51-55.
[18] 吴亚男, 刘昭, 陈畅. 国土空间规划背景下中心城区绿地与开敞空间规划探索: 以南宁市中心城区为例[C]//中国城市规划学会. 人民城市, 规划赋能: 2023中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2023: 108-117.
WU Y N, LIU Z, CHEN C. Exploration of Green Space and Open Space Planning in Central Urban Areas Under the Background of Territorial Spatial Planning: A Case Study of Nanning Central Urban Area[C]// Urban Planning Society of China. Proceedings of the 2023 Annual National Planning Conference of China. Beijing: China Architecture & Building Press, 2023.
[19] UK Parliament. Open Spaces (Metropolis) Bill[EB/OL]. (1877-02-09) [2026-03-16]. <https://api.parliament.uk/historic-hansard/commons/1877/feb/09/open-spaces-metropolis-bill>.
[20] Ministry of Housing, Communities & Local Government. National Planning Policy Framework[EB/OL]. (2021)[2026-03-16]. <https://www.gov.uk/government/publications/national-planning-policy-framework--2>.
[21] NATURAL ENGLAND. Green Infrastructure Guidance [EB/OL]. (2009)[2026-03-16]. <https://publications.naturalengland.org.uk/publication/35033>.
[22] 田颖, 耿慧志. 英国空间规划体系各层级衔接问题探讨:

以大伦敦地区规划实践为例[J].国际城市规划, 2019, 34 (2): 86-93.

TIAN Y, GENG H Z. Discussion on the Cohesion of Spatial Planning System of all Levels in the UK: The Case of Greater London Planning Practice[J]. Urban Planning International, 2019, 34(2): 86-93.

[23] Greater London Authority. The London Plan 2021[EB/OL]. (2021) [2026-03-16]. <https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/planning/london-plan/the-london-plan-2021-table-contents>.

[24] London Borough Of Bexley. Protecting the Geodiversity of the Capital (GLA 1 Abbey Wood)[EB/OL]. [2026-03-16]. <https://www.gigl.org.uk/GiGLFiles/WebDocuments/GLA1.pdf>.

[25] Greater London Authority. Green Infrastructure and Open Environments: The All London Green Grid[EB/OL]. (2011)[2026-03-16].https://interlace-hub.com/sites/default/files/algg_spg_mar2012.pdf.

[26] ENFIELD COUNCIL. Enfield's Blue and Green Strategy [EB/OL]. (2021) [2026-04-06]. <https://letstalk.enfield.gov.uk/blueandgreen>.

[27] 蒋定哲, 周剑云, 鲍梓婷, 等.珠江三角洲跨尺度景观特征评估及在区域空间治理的应用探索[J].中国园林, 2025, 41 (11): 101-108.

JIANG D Z, ZHOU J Y, BAO Z T, et al. Cross-Scale Landscape Character Assessment of the Pearl River Delta and Exploration of Application in Regional Spatial Governance[J]. Chinese Landscape Architecture, 2025, 41(11): 101-108.

[28] 刘俊勇.珠江三角洲河网主要节点分类与作用分析[J].人民珠江, 2014, 35 (6): 48-54.

LIU J Y. Classification and Function Analysis of Main Nodes of River Network in Pearl River Delta[J]. Pearl River, 2014, 35(6): 48-54.

[29] 徐新良, 刘纪远, 张树文, 等.中国多时期土地利用遥感监测数据集 (CNLUCC) [DS/OL]. 资源环境科学数据注册与出版系统 (2018) [2025-12-05]. <https://www.resdc.cn/DOI/doi.aspx?DOIid=54>.

XU X L, LIU J Y, ZHANG S W, et al. China's Multi-Period Land Use Land Cover Remote Sensing Monitoring Dataset (CNLUCC)[DS/OL]. Resource and Environmental Science Data Registration and Publishing System (2018)[2025-12-05]. <https://www.resdc.cn/DOI/doi.aspx?DOIid=54>.

[30] 姜坤, 柯新利, 宋钰.顾及生态系统连通性的永久基本农田划定[J].农业工程学报, 2023, 39 (24): 287-297.

JIANG K, KE X L, SONG Y. Demarcating Permanent Basic Farmland Considering the Ecosystem Connectivity[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, 39(24): 287-297.

[31] 殷利华, 巩思凝, 万敏, 等.基于国土空间生境修复的高铁沿线动物通道选址规划研究: 以武汉都市圈为例[J].中国园林, 2025, 41 (2): 23-30.

YIN L H, GONG S N, WAN M, et al. Study on the Site Selection Planning of Wildlife Corridors Along the High-Speed Railway Based on Territorial Space Habitat Restoration: Take Wuhan Metropolitan Area as a Case[J]. Chinese Landscape Architecture, 2025, 41(2): 23-30.

[32] 王越, 赵雯琳, 刘纯青.基于MSPA-Conefor-MCR路径的生态网络优化及其构建: 以彭泽县为例[J].江西农业大学学报, 2022, 44 (2): 504-518.

WANG Y, ZHAO W L, LIU C Q. Optimization and Construction of Ecological Network Based on MSPA-Conefor-MCR Path: A Case Study of Pengze County[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis (Natural Sciences Edition), 2022, 44(2): 504-518.

[33] 广州市人民政府办公厅.广州市人民政府办公厅关于印发广州市绿地系统规划 (2021—2035) 的通知 [EB/OL]. (2023-09-22) [2025-11-10].https://www.gz.gov.cn/xw/tzgg/content/post_9224695.html.

General Office of Guangzhou Municipal People's Government. Notice of the General Office of Guangzhou Municipal People's Government on Printing and Distributing the Guangzhou Green Space System Plan (2021-2035)[EB/OL]. (2023-09-22)[2025-11-10]. https://www.gz.gov.cn/xw/tzgg/content/post_9224695.html.

图表来源(Sources of Figures and Tables):

文章图表均由作者绘制, 其中图 2~6 底图来自广东省自然资源厅, 审图号为粤 S (2021) 168 号; 图 3-3 来源于《广州市番禺区国土空间总体规划 (2021—2035 年) 》, 图 3-4 来源于《番禺区绿地系统规划 (2022—2035 年) 》; 表 1 由作者翻译自《大伦敦规划》(*The London Plan: The Spatial Development Strategy for Greater London*)。

(编辑 / 刘昱霏)

作者简介:

鲍梓婷 / 女 / 博士 / 华南理工大学建筑学院风景园林系副系主任、副教授、博士生导师 / 亚热带建筑与城市科学国家重点实验室成员 / 广州市景观建筑重点实验室成员 / 研究方向为区域景观规划治理、景观特征评估
cindy.b@foxmail.com

严柳 / 女 / 华南理工大学建筑学院在读硕士研究生 / 研究方向为区域景观规划治理

谢天旗 / 男 / 硕士 / 珠海市自然资源局高新分局一级科员 / 研究方向为城乡规划法规与管理

麦佳仪 / 女 / 华南理工大学建筑学院在读博士研究生 / 研究方向为区域景观规划治理

BAO Z T, YAN L, XIE T Q, MAI J Y. Ecosystem Services-Oriented Spatial Materialization Pathway of Green Infrastructure in Metropolitan Regions: A Case Study of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area[J]. Landscape Architecture, 2026, 33(5): 22-32. DOI: 10.3724/j.fjyl.LA20260016.

Ecosystem Services-Oriented Spatial Materialization Pathway of Green Infrastructure in Metropolitan Regions: A Case Study of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

BAO Ziting, YAN Liu, XIE Tianqi, MAI Jiayi

Abstract:

[Objective] Rapid urbanization since the 1970s has degraded ecosystem services globally, posing significant challenges for metropolitan areas. In highly urbanized regions such as the Beijing-Tianjin-Hebei region, the Yangtze River

Delta, and the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, three interrelated challenges persist: fragmented spatial concepts and policy integration, regional management disconnections at administrative boundaries, and spatial conflicts between biodiversity protection and public recreation.

While existing research explores open spaces and green infrastructure separately, few establish a coherent logic linking conceptual integration, spatial identification, and governance tools. This study addresses this gap by developing an integrative framework that transforms open spaces into green infrastructure networks through spatial policies to enhance ecosystem service functions.

[Methods] This study adopts a two-stage analytical framework of “international mechanism reference—local framework exploration.” First, systematic policy analysis of *The London Plan* identifies three core pathways for operationalizing open spaces: legal designation (statutory protection of high-value areas), planning prescription (strategic spatial reservation through plans), and development control (regulatory requirements for new developments). Building on this conceptual grounding, the study employs quantitative spatial analysis methods tailored to the Greater Bay Area context. Landscape character assessment establishes an open space baseline by extracting ecological, agricultural, and eligible urban park landscapes. Integrating natural thresholds with urban land distribution delineates a tripartite structure of outer bay barrier, green belt, and inner bay core zones. Strategic open spaces are identified, including regional green belts along the outer-inner transition, metropolitan green belts between sub-metropolitan areas, and metropolitan open spaces based on statutory plans. The InVEST model generates habitat quality maps classified into core, important, and general areas. Morphological spatial pattern analysis extracts forest cores larger than 1 km², landscape connectivity indices identify ecological sources, and circuit theory-based linkage mapping extracts potential corridors and bottlenecks. Public open spaces are classified into five tiers by size and service radius to identify deficiency areas. At the local scale in Panyu District, regional outputs are overlaid with local planning contexts to propose gain-oriented control indicators tailored to strategic locations.

[Results] The empirical analysis yields three main findings. First, the open space baseline reveals a fundamental contrast: the outer bay dominated by natural mountains and agricultural landscapes, the inner bay core by high-density urban areas interspersed with rural river networks—where ecological resources are scarce yet human activities intensive. The metropolitan boundary demarcates an inner area of approximately 23,000 km². Within this structure, two green belt types are identified: regional green belts along the outer-inner transition containing inter-city sprawl and safeguarding outer bay ecological integrity; and metropolitan green belts between the three sub-metropolitan areas preventing urban coalescence. This yields a tripartite spatial structure of outer bay barrier, the green belt, and inner bay core zones, with open space area ratios of approximately 7 : 1 : 2—supporting differentiated governance: ecological conservation in the outer bay, strategic regulation in the green belt and targeted mending in the inner core. Second, potential designated areas reveal critical gaps across protection, connectivity, and service dimensions. Biodiversity assessment shows 81.88% of high-value cores outside the ecological protection redline. Ecological network analysis identifies 419 sources (19,486.93 km²) and 898 corridors (5,410.74 km), revealing a source vacuum within the inner metropolitan area except for isolated low hills, while the dense river network provides natural corridor carriers. Public open space accessibility analysis shows deficiency areas account for 47.81% of the inner metropolitan area, with 17.80% in dense urban landscapes—indicating a disconnect between green space availability and service accessibility. Third, in Panyu District, the framework demonstrates local applicability. The district contains metropolitan green belts (11,000.12 hm², 21.03%), metropolitan open spaces (1,974.56 hm², 3.78%), and biodiversity conservation areas at regional (1,694.42 hm², 3.23%) and local (10,535.3 hm², 20.14%) levels. Critical corridors along the Shawan

Waterway and Shiji River are identified. Public open space deficiency reaches 56.80% district-wide, with eastern areas experiencing service deficits despite abundant open space due to productive agricultural land use.

[Conclusion] Theoretically, this study clarifies the conceptual distinction and complementarity between “open space” as spatial carrier and “green infrastructure” as functional network. Drawing on London’s experience, it extracts three core pathways—legal designation, planning prescription, and development control—through which green infrastructure networks are operationalized by protecting existing open spaces or requiring new developments to provide them. Through systematic comparison, the study translates international experience into localized insights, identifying key areas for optimizing China’s spatial planning instruments to better align with its institutional context and support metropolitan ecosystem services. Empirically, the research establishes an open space baseline under a unified concept in the Greater Bay Area, constructs a regional spatial structure of outer bay barrier, strategic green belt, and inner bay core zones, and identifies three strategic area types: biodiversity priority areas, regional ecological corridors, and public open space deficiency areas. In Panyu District, it demonstrates how optimizing the three tool types can address metropolitan complexities and achieve enhancement in ecosystem service functions. Together, these findings offer an integrated planning approach connecting conceptual unification, spatial identification, and governance tools—a pathway beyond fragmented green space management. Future research could deepen gain-oriented indicator design, develop standardized methodologies, test the framework across diverse metropolitan contexts, and explore legal and fiscal mechanisms for implementing innovative tools within China’s institutional framework.

Keywords: metropolitan area; ecosystem service function; open space; green infrastructure; spatial policy

Authors:

BAO Ziting, Ph.D., is an associate professor, doctoral supervisor, deputy director of the Department of Landscape Architecture in the School of Architecture, South China University of Technology, and a member of the State Key Laboratory of Subtropical Building and Urban Science, a member of Guangzhou Key Laboratory of Landscape Architecture. Her research focuses on regional landscape planning and governance, and landscape character assessment.
cindy.b@foxmail.com

YAN Liu is a Master student in the School of Architecture, South China University of Technology. Her research focuses on regional landscape planning and governance.

XIE Tianqi, Master, is a first-level clerk in Hi-tech Branch of Zhuhai Natural Resources Bureau. His research focuses on urban and rural planning regulations and management.

MAI Jiayi is a Ph.D. candidate in the School of Architecture, South China University of Technology. Her research focuses on regional landscape planning and governance.