

## 序

生态廊道作为区域生态安全格局的重要组成部分，在增进生态连通性、防止关键生态空间被挤占、应对气候变化，以及引导土地开发方向等方面具有重要作用。开展大尺度生态廊道优化布局研究，对区域协调发展具有重要理论和学术意义。

陈艳梅长期致力于生态服务与生态安全研究，带领团队始终坚守在科研一线，在大尺度生态廊道空间布局优化方面进行了深入的理论与实践探索。该书研究成果来源于国家社会科学基金项目，具有鲜明的特色和创新性。首先，学科交叉融合特色显著。该书立足于自然、经济和社会的整体性，在生态廊道识别和优化过程中，综合考虑自然地形地貌、风向风速、气温等自然因子，以及城市建筑物特性、大气污染状况、经济社会发展水平、城市化综合水平等经济社会因子；融合应用气象学、景观生态学、系统论、经济学、中国古代聚落区规划思想等多学科知识，实现了多领域协同。其次，研究方法具有集成创新特色。该书通过创新性地融合多种理论和相关技术方法，建立了风环境视角下的大尺度生态廊道研究方法体系，针对性地构建了风环境视角下大尺度生态廊道识别模型、重要性和通风效率评测模型，从生态系统服务供需、环境质量改善等视角，构建了生态廊道网络体系优化方法。最后，应用价值突出。该书以解决京津冀三地日益严峻的生态压力和生态问题为出发点，识别并优化整合了京津冀、石家庄市域和市区三个空间尺度生态廊道网络体系，研究结果有利于增加京津冀区域生态过程连通性，改善区域生态环境质量并缓解生态压力，对构建京津冀区域尺度生态安全格局具有积极作用，应用价值明确。

相信该研究成果必可为京津冀区域生态廊道建设提供科学依据，为其他区域生态环境建设提供重要借鉴。

读后随想而感，是为序。



2026年5月8日



# 前 言

在全球范围内，城市化进程引发了一系列生态环境问题，生态廊道建设已成为促进区域和城市可持续发展的重要途径。当前，中国城市化进程进入关键时期，优化区域空间发展格局，合理构建生态廊道网络体系，保留足够的生态空间，是中国城市发展正在面临的重要议题。京津冀作为中国经济重点发展区之一，其自然生态基底敏感脆弱，大规模开发建设给区域带来了巨大的生态风险和环境压力。当前，京津冀城市群加速成形，区域内极端高温等生态环境问题日益严峻，生态廊道网络体系建设是破解当前环境困局的重要途径之一。此外，从国家战略层面来看，京津冀生态文明建设与区域协同发展目标明确提出，需三地整合区域现有各类自然保护地，建设森林、湿地和绿色生态防护林，合作推进京津冀国家公园体系和区域性生态廊道建设。因此，开展大尺度生态廊道空间布局优化整合研究，在京津冀地区乃至全国均具有迫切的客观需求。

生态廊道是一种或几种生态介质作用下能量和物质流动的通道或载体，主要由带状山水林草湖等生态系统构成，可有效调控地理-生态过程，具有增加生态连通性、引导土地开发方向、防止关键生态空间被挤占、应对气候变化等作用。本书利用风行过程中地-气相互作用原理，探索大尺度生态廊道空间布局优化整合的新方法，有助于丰富生态廊道相关理论和方法体系，为提升人居环境适宜性、创新空间协调发展模式、构建并优化区域生态安全格局等提供科学支撑。

在总结前人研究的基础上，本书从五个方面开展相关理论与实践探索。①分析生态廊道相关研究进展，确定研究的理论基础。通过梳理生态廊道相关研究成果，阐述其相关概念、结构特征和生态功能等，明确生态廊道发展历程、相关研究进展和发展趋势；同时，深入剖析景观生态学理论、系统论原理、源-流-汇理论、中国古代聚落区规划思想等与生态廊道相关的核心内容，明确本书主要理论基础。②构建风环境视角大尺度生态廊道识别、优化整合研究方法体系。基于大气环流分型或多年气象观测数据，确定大尺度风场特征；利用地面粗糙度长度因子、风向交角因子、地形因子以及河流及线性工程因子，结合最小累积阻力（minimum cumulative resistance, MCR）计算方法，共同构建生态廊道识别模型；在此基础上，进一步选取生态廊道潜力区的曲度因子、阻力值因子、风速因子、生态廊道与主风向的夹角因子等指标，构建生态廊道重要性和通风效率评测模

型；最终，基于生态服务能力与城市化综合水平等评估方法，从生态服务供需、环境质量改善等视角，借鉴中国古代聚落区规划思想理念、尺度整合的最大相似度原理等，确定源地、生态廊道和生态节点的优化与整合方法。③在风环境视角下，识别京津冀、石家庄市域和市区的生态廊道网络体系。确定三个空间尺度的源地、阻力面等，利用生态廊道识别模型，识别生态廊道潜力区；基于生态廊道重要性和通风效率评测模型，对识别的生态廊道潜力区进行重要性和通风效率评价，划分生态廊道等级，识别重要生态节点，初步构建京津冀三个空间尺度生态廊道网络体系。④提出京津冀、石家庄市域和市区的生态廊道网络体系布局方案。利用所构建生态廊道优化整合方法体系，对生态源地进行补充完善，对社会经济源地的重要性进行分级，对生态廊道空间格局进行优化，对关键生态节点进行补充、完善、重分类等；完成三个空间尺度源地、生态廊道和生态节点的尺度整合，最终提出京津冀、石家庄市域和市区生态廊道网络体系布局方案。⑤明确生态廊道网络体系保障机制建设的目标和原则，阐述研究区大尺度生态廊道网络体系保障机制建设对策。

通过上述大尺度生态廊道空间布局优化整合方法和实践探索，主要阐述以下几个观点：①从生态介质视角，提出生态廊道概念与内涵，明确风环境视角下的生态廊道具有缓解热岛效应、增加大气环境容量、调节气候等生态功能，属于一种重要的生态廊道类型。②风环境视角下生态廊道的识别，本质上属于整合不同类型、不同尺度的生态廊道，利用风行过程中地-气相互作用原理，识别地面粗糙度长度较低、通风能力较强的区域，可将不同尺度绿道（greenway）、河流廊道、生物廊道（biological corridor）等不同类型的生态廊道进行整合。③区域生态廊道网络体系包括生态源地、生态廊道和生态节点等，是区域生态安全格局的基础框架和重要组成部分。生态廊道网络体系是提升区域之间生态连通性的关键所在，也是保障生态空间为生活空间、生产空间提供各类生态服务的基础，对区域生态安全格局具有重大影响。④生态廊道网络体系布局合理与生态过程连续、生态功能有效等特征密不可分。生态廊道结构和布局是生态过程的载体，其结构和布局的变化会导致生态过程发生改变；而生态过程变化又会影响布局合理性，甚至会促进生态廊道格局的重新塑造，表现出新的生态功能。通过生态廊道结构和布局的优化整合，可以调节其生态过程，提高生态空间的生态功能和生态服务效率。⑤提出生态廊道属于自然与人文因素共同驱动形成的特殊生态空间。在对生态廊道进行空间布局的优化整合时，既要考虑生态服务效益的充分发挥，又要兼顾经济社会的承受能力；既要考虑生态系统组成要素、结构等自然因素，又要兼顾居民生活质量、经济投入等社会经济因素。

本书还进一步提出京津冀大尺度生态廊道网络体系保障机制建设对策。①明

确目标和原则。主要目标包括：保障生态廊道网络体系的生态连通性，提升其生态服务能力，满足居民的经济和社会需求；同时，遵循刚柔并济、跨区域管理、重视反馈等管理原则，政府、经营单位和使用用户对生态廊道网络进行共同管控，保障资源可持续利用。②在中国和京津冀范围内，生态廊道网络建设刚刚起步，需要从规划、施工和运营三个阶段对其进行全过程管理。在规划阶段，应组建领导小组和技术研究小组，逐步优化建设目标和规划方案；在施工阶段，应合理安排建设顺序，优化设计流程，提高监理效果，采取招标续标制，发挥诚信的激励作用；在运营阶段，应构建多层级管理组织架构，推进市场化运营管理，积极鼓励公众参与、社区共管，探索生态廊道网络体系综合功能开发途径，提升运营阶段时效管理的弹性，形成具有区域特色的政府主导、市场运作和群众参与的宽严相济、刚柔并济的运营期管理制度。③建议采用空间管控手段，对京津冀的生态源地、生态廊道和生态节点等进行管理。针对位于燕山和太行山区的大型生态源地，应实施最严格的管控措施，禁止各类经济开发项目，维护该地区生物多样性；针对城市或城镇内外的生态源地，应重点做好绿化养护和管理，减少人类活动的破坏。对于深山区的保育型生态廊道，应加强森林、草地和湿地的保护，提高生态系统质量；对于低山丘陵区的整治提升型生态廊道，应推进生态建设与生态修复，提高其连通性能；对于位于城镇或城市内的生态廊道，应在其周边设置绿化隔离带，控制各类污染和人类干扰破坏；对于位于郊区的生态廊道，应严格执行各类控制性规划，防止建设用地区域无序扩张。针对不同类型生态节点，应进行差别化管控，夏季风向节点处应选择种植较低矮的植物品种，保障夏季暖湿气流能进入城市或城镇；冬季风向节点主要实施林地质量提升工程，提升其降低风速、净化空气作用；水文节点处应加强水域周边绿地建设，保留隔离带，保障其水质净化能力；生态连通点所在区域应严格实施土地利用规划，确保生态廊道的连通性；生态断裂点处应避免新增高大建筑物，并因地制宜建造生态桥或隧道等。④建议建立包括国家、省、市县和乡镇等政府部门在内的多层级联动协调机制，国家和省级政府应负责制定管理办法或出台管理政策，而市县和乡镇政府部门主要负责政策落实。建议明确生态廊道网络体系的法律地位，构建政府统筹保障体系，保障日常管理维护的资金来源；通过公众参与，加强全过程的反馈决策。⑤构建一体化的生态廊道网络体系管控平台，该平台应包括数据采集模块、动态监测模块、情景模拟与预测模块、边界调整与管控模块；同时，尝试引入人工智能，通过大量的数据训练和模拟，促进决策过程智慧化、智能化和合理化。

本书主要是在国家社会科学基金项目资助下完成，研究过程持续了四年有余，河北师范大学地理科学学院、河北省环境变化遥感识别技术创新中心、河北

省高等学校人文社会科学重点研究基地“河北师范大学地理计算与规划研究中心”、河北省哲学社会科学重点实验室“地理大数据计算与资源规划研究实验室”等给予了大量支持，多位教师和研究生参与其中。其中，第1章主要由陈艳梅完成，第2章由翟月鹏、刘倩愿完成，第3章由刘铭华、刘倩愿完成，第4章主要由刘亚楠、张欣完成，第5章主要由邢坤完成，第6章主要由陈艳梅、刘倩愿完成。此外，邢坤、方小乐、李孟宇、时苏帅负责编辑图件，李涵聪、陈雅轩、艾昌奇、韩雨音、方明慧等负责参考文献校对和编辑。全书由陈艳梅统稿。

在书稿成稿过程中，参考了很多国内外学者的学术文献和成果，在此表示衷心感谢。由于作者水平有限，书中难免会有疏漏之处，敬请各位专家和读者批评指正。

陈艳梅

2025年9月18日

# | 目 录 |

序

前言

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第 1 章 生态廊道相关研究进展及理论基础 .....      | 1   |
| 1.1 研究背景 .....                   | 1   |
| 1.2 研究目的与意义 .....                | 3   |
| 1.3 相关概念辨析 .....                 | 6   |
| 1.4 生态廊道发展历程和相关研究进展 .....        | 13  |
| 1.5 研究方法综述 .....                 | 44  |
| 1.6 研究趋势分析 .....                 | 50  |
| 1.7 理论基础 .....                   | 56  |
| 1.8 框架体系 .....                   | 71  |
| 1.9 本章内容小结 .....                 | 72  |
| 第 2 章 研究区自然环境概况与生态廊道现状 .....     | 74  |
| 2.1 京津冀自然地理与社会经济概况 .....         | 74  |
| 2.2 石家庄市自然地理与社会经济概况 .....        | 79  |
| 2.3 京津冀和石家庄市生态廊道研究现状 .....       | 82  |
| 2.4 研究区生态廊道研究与建设存在的问题 .....      | 84  |
| 2.5 本章内容小结 .....                 | 87  |
| 第 3 章 大尺度风环境视角生态廊道研究方法体系构建 ..... | 88  |
| 3.1 风场的确定方法 .....                | 88  |
| 3.2 源地的确定方法 .....                | 93  |
| 3.3 风环境视角生态廊道识别模型 .....          | 95  |
| 3.4 通风效率和重要性评测模型 .....           | 99  |
| 3.5 生态廊道空间布局的优化整合方法 .....        | 101 |
| 3.6 数据来源与处理方法 .....              | 111 |

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| 3.7 本章内容小结 .....                         | 113        |
| <b>第4章 风环境视角京津冀、石家庄市域和市区生态廊道识别 .....</b> | <b>114</b> |
| 4.1 京津冀环流分型与生态廊道识别 .....                 | 114        |
| 4.2 石家庄市域风环境特征及生态廊道识别 .....              | 132        |
| 4.3 石家庄市市区风环境特征与生态廊道识别 .....             | 143        |
| 4.4 本章内容小结 .....                         | 153        |
| <b>第5章 京津冀生态廊道网络体系空间布局的优化整合 .....</b>    | <b>155</b> |
| 5.1 源地优化 .....                           | 155        |
| 5.2 大气和水环境质量改善视角下生态廊道格局优化 .....          | 166        |
| 5.3 生态节点的优化 .....                        | 167        |
| 5.4 不同尺度生态廊道网络体系的整合 .....                | 169        |
| 5.5 京津冀大尺度生态廊道网络空间布局方案 .....             | 172        |
| 5.6 本章内容小结 .....                         | 183        |
| <b>第6章 京津冀生态廊道网络体系管控机制建设对策 .....</b>     | <b>185</b> |
| 6.1 生态廊道网络体系管控的目标 .....                  | 185        |
| 6.2 生态廊道网络体系管控的原则 .....                  | 186        |
| 6.3 生态廊道网络体系管控的阶段性对策 .....               | 189        |
| 6.4 生态廊道网络体系空间管控策略 .....                 | 193        |
| 6.5 生态廊道网络体系管控保障机制建设对策 .....             | 197        |
| 6.6 本章内容小结 .....                         | 201        |
| <b>参考文献 .....</b>                        | <b>202</b> |

# 第 1 章 | 生态廊道相关研究进展 及理论基础

## 1.1 研究背景

在国际层面上，城市化进程中出现了一系列生态环境问题，其中蕴含着大量可供借鉴的经验与教训。国际大都市的发展经历了工业化、现代化和国际化三个阶段（叶贵勋等，2004），目前已进入最高的国际化发展阶段。在国际大都市的发展进程中，城市边界常常冲破行政辖区范围向外扩展，污染型企业逐步由城区向外围迁移，此时各类环境问题亦从城区扩散到更大的范围（周晔等，2012）。例如，纽约、东京、伦敦等国际大都市城市人口密度增高、高楼林立、交通车辆不断增加、各类资源大量使用等问题显现，导致城市区出现供水不足、能源紧缺、交通拥堵、环境恶化等城市病，污染事件频繁发生。随后，由于环境治理压力增加，城市中心区制造业地位日益下降，制药、化工等行业纷纷向城市周边的广阔区域拓展，以寻找适宜的发展空间，各国大城市均曾掀起建设新城和卫星城的热潮（徐毅松，2006）。国际大都市周边区域面临着如何疏解人口密度、如何保持足够生态用地、如何有效治理工业污染等问题。在这些方面，很多国际大都市积累了大量经验和教训。例如，通过生态廊道或绿道网络规划有效地遏制城市无序蔓延，保护人类聚集的生活和生产空间，从而维持区域和城市健康持续发展（马骁等，2014）。当前，在低碳、环保生活理念的倡导下，生态廊道建设已逐步发展成为全球性实践活动，成为城市群健康持续发展和区域生态环境建设的一种新趋势。

在国家层面上，随着中国城市化进程中生态环境问题的集中显现，城市发展与周边生态环境的协调统一已被纳入重要议程。中国城市化进程起步较晚，但发展速度迅猛，尤其是改革开放以后（邱立新和袁赛，2019）。1949 年，全国共有 136 个城市，人口城市化率为 10.64%；1978 年，全国共有 193 个城市，人口城市化率为 17.90%（王兴杰，2016）；2022 年底，全国城市数量达 845 个，人口城市化率为 65.22%。人口城市化必然带来土地城市化。近年来，一些区域盲目追求建设大广场和大型工业园区等，导致建设用地扩张、城市规模不断扩大，很

多城市采取粗放的“摊大饼”式发展模式，加快了土地城市化进程，显著改变了地表覆盖情况，对自然生态系统产生了重要影响。中国在短时间内走完了西方国家花费上百年完成的城市化进程，导致其对生态环境的负面影响、叠加效应集中显现。如何协调城市发展与环境保护的关系，促进城市和区域社会经济全面健康发展，是当前中国城市化发展所面临的严峻挑战。2022 年，国家发展和改革委员会专门出台了《“十四五”新型城镇化实施方案》（以下简称《实施方案》），对新时期城市建设的重点任务作出了安排。《实施方案》明确指出，我国已进入城市化发展中后期，城市发展必须改变以往的“外延式扩张”模式，逐步向“内涵式发展”模式转变，着重强调建设宜居、韧性、创新、高效和绿色的城市。《实施方案》指出，应加强生态修复和环境保护，维持和保护城市周边的生态空间，因地制宜地建设绿色廊道，营建蓝绿交织的生态网络，为提升人类福祉提供更好的生活空间。当前，中国城市化进入关键期，优化城市及所在区域景观格局，合理构建生态廊道网络体系，保留足够的生态空间，是中国各级政府和各类研究机构共同关注的现实问题和研究热点，是建设可持续发展的生态文明城市、提升区域环境质量和建设美丽中国的重要举措。

在区域层面上，京津冀城市化的扩张速度令人瞩目。京津冀以北京、天津两大城市为中心，涵盖河北省会石家庄和全部设区市，是中国北方规模最大的人口产业密集区（方创琳和任宇飞，2017）。北京、天津两个特大城市已经历高速扩张阶段，其他中等城市正处于空间规模扩张的进程中。自 2000 年以来，京津冀城市建设用地规模增速较快。2000 年，该地区城市建设用地面积为 8800km<sup>2</sup>，至 2018 年，其面积增至 26 000km<sup>2</sup>，年均增长率为 3.9%。2000 ~ 2010 年，北京、天津两个核心特大城市高速扩张，北京、天津城市化速度极为迅速（司文涛等，2022）。此时，京津冀其他城市发展速度较慢，区域内部城市化发展不均衡。2010 ~ 2015 年，城市扩张仍然以北京和天津为主，但周边卫星城的扩展速度也开始加快，进入大城市与中小城市协同并进的阶段（司文涛等，2022）。2015 年以后，由于京津冀核心城市出现饱和状态，城市化速度较快区域主要转移到中小城市。当前，京津冀中小城市正在经历空间规模扩张过程，中心城市及其周边城市、城镇将连片形成城市群，京津冀城市群正处于关键发展期。选择在京津冀开展生态廊道网络体系布局及空间格局优化研究，不仅具有典型性和代表性，在中国北方更具有现实意义。

同时，京津冀作为中国经济重点发展区之一，极端高温等环境问题频繁发生。在全球变暖背景下，中国北方增温更加明显，京津冀更是典型。依据美国国家航空航天局（NASA）发布的全球地表温度数据，全球气候变暖已是当前世界所面临的最紧迫环境危机之一；到 2030 年，全球气候仍将持续变暖，高温热浪

叠加城市热岛效应将严重影响城市居民的生存环境和身体健康。中国北方增温速率明显大于南方（张弘驰等，2019）。据统计，20世纪60年代以来，京津冀年平均气温呈显著升高趋势，升温速率为 $0.29 \sim 0.34^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ；夏季高温热浪日数呈现线性增加趋势，在1997年最多，达21d，区域内城市热岛效应变得更加严重。区域内高温热浪等生态环境问题日益严峻，对京津冀人民的生产和生活产生影响，制约着区域可持续发展。

本书基于上述国际、国内和区域背景，以京津冀为研究区，开展大尺度生态廊道空间布局优化整合研究（图1-1）。在上述背景下，从风环境视角开展生态廊道研究，可以跨越不同行政界线，整合不同尺度、不同类型的生态廊道，为破解当前区域城市化过程中出现的各类生态环境问题提供新思路；同时，还可为深入探讨生态廊道格局、过程、功能和服务之间的相互作用关系提供研究案例，促进景观生态学、城市规划学、应用气象学等相关学科的发展，具有重要的现实意义和科学价值。

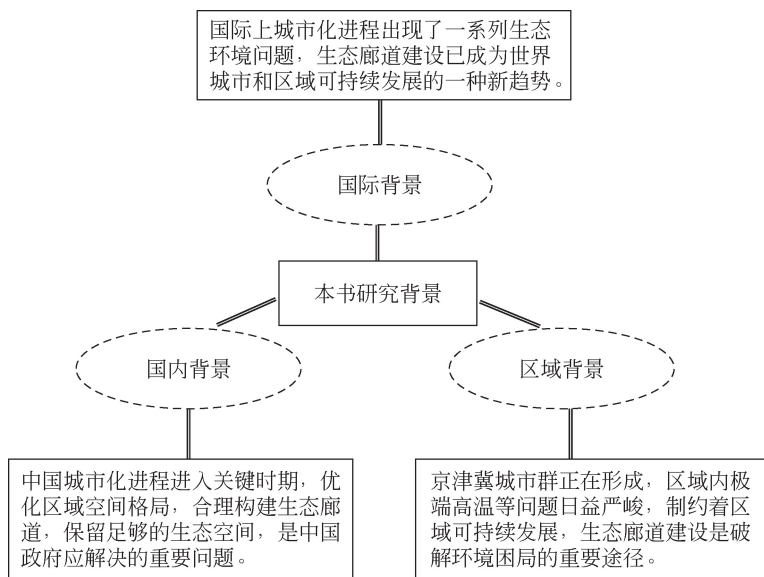


图1-1 研究背景

## 1.2 研究目的与意义

本书基于多学科理论方法，以京津冀、石家庄市域和市区三个空间尺度为研究区，从风环境视角研究大尺度生态廊道识别、空间布局优化整合路径，主要目

的如下：一是基于多学科理论与技术方法，构建大尺度生态廊道识别模型及其重要性评测模型，明确生态廊道空间布局优化整合方法体系，为大尺度生态廊道识别与科学布局提供技术方法；二是利用风行过程中地-气相互作用原理，整合绿道、河流廊道、生物廊道等，揭示京津冀、石家庄市域和市区三个空间尺度生态廊道空间格局特征；三是考虑区域环境的整体性，统筹自然因子和社会经济因素，构建并优化布局科学合理、过程连续通畅、服务优质高效的京津冀大尺度生态廊道网络体系；四是借鉴国内外生态廊道建设与管理经验，提出京津冀大尺度生态廊道网络体系保障机制建设对策。

本书将促进多学科的交叉融合，丰富生态廊道相关理论与方法体系；有利于增加京津冀区域生态过程连通性，改善区域环境质量，应对京津冀生态环境问题和生态压力；促进城市化进程健康均衡可持续发展，为构建京津冀大尺度生态安全格局、防止关键生态空间被挤占、引导未来土地开发方向、实现京津冀生态环境协同建设目标等提供科学依据（图 1-2）。

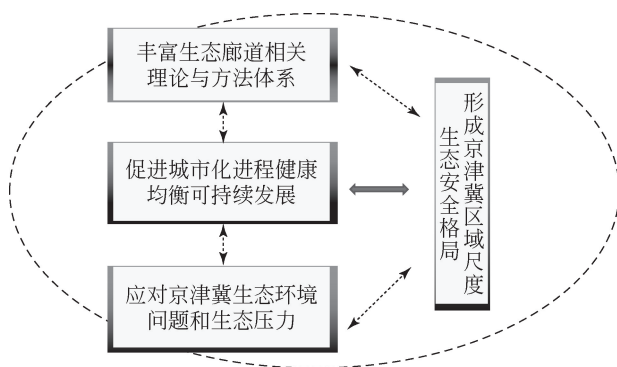


图 1-2 研究意义

一是有利于丰富生态廊道相关理论与方法体系。在基础概念方面，本书整理以往绿道、绿带（green belt）、生物廊道、河流廊道、绿色风廊等生态廊道相关概念，对生态廊道概念与内涵予以重新界定，并依据生态廊道内流动的生态介质，构建全新的分类体系。在理论基础方面，基于景观生态学、源-流-汇理论、系统论和中国古代聚落区规划思想等有关生态廊道内容，探究生态廊道结构、布局、过程与服务之间的关系，四者相互影响，互为因果。结构与布局是过程的基础，结构与布局的变化会导致过程发生改变，而过程的变化又会对生态空间的生态功能和服务能力产生影响。对生态廊道空间结构与布局进行优化整合，本质在于调节区域生态过程，提升生态空间的生态功能和服务效率。在学术思想方面，提出生态廊道属于自然与人文因素共同驱动形成的特殊生态空间，是维护区域生

态安全的基础框架等理念；提出生态廊道须保持适宜的宽度，在其布局与优化过程中，既要考虑生态服务效益的充分发挥，又要兼顾经济社会的承受能力。生态廊道空间布局优化整合有助于提高生态连通性、充分发挥生态空间的服务能力。在研究方法方面，进行风环境视角下生态廊道研究，综合运用多学科理论和原理，构建生态廊道识别模型与等级划分的方法体系，促进各学科交叉融合。本书从概念、理论基础、学术思想、研究方法等视角，探索大尺度生态廊道空间布局优化整合新路径，旨在为区域协调发展的空间布局创新提供理论方法。本书有助于生态廊道相关理论和方法的成熟与完善。

二是有助于促进城市化进程健康均衡可持续发展。在改革开放后，中国城市化进程快速推进，随之产生了一系列城市发展问题。为避免过去城市“摊大饼”式的发展、建设用地以粗放低效方式增长的问题，国家层面的空间管理机制已发生重大变革，不再单独编制城市总体规划、土地利用总体规划等，而是从源头和机制上实现“多规合一”。然而，现阶段“多规合一”仍处在起步阶段，相关体制机制尚在构建之中。随着中国区域国土空间规划和“多规合一”的深入推进，未来城市土地扩张的模式将会发生改变。以京津冀为例，区域内部城市化水平差距显著。2023年，北京、天津和河北三地城镇化率分别为87.80%、85.49%和62.77%，北京和天津已进入城市化后期；而河北城市化尚未达到全国平均水平，处在城市化快速发展的关键期，区域城市化高速发展的阶段还将持续。现阶段京津冀城市化已经进入关键阶段，国土空间规划和管理改革正处在重要时期，应总结过去城市快速发展阶段的城镇密集化、全地域化的教训与经验，明确该区域城市化进程中城市和城镇不均衡发展的问題；根据国家“多规合一”的总体思路，评估并寻找生态关键区，构建生态廊道网络体系，以绿色宜人的生态空间优化中小城镇的发展，以生态廊道网络体系引导城市或城镇发展方向，促进京津冀城市化进程健康、均衡发展，为国家类似区域城市可持续发展提供借鉴。

三是有助于应对京津冀生态环境问题和生态压力。京津冀作为中国经济重点发展区之一，自然生态基底敏感脆弱、资源保障能力不足，大规模开发建设给区域带来了巨大的生态风险和环境压力，生态压力已临近自然生态系统阈值，区域性热岛效应等问题日益严峻，不仅直接影响了京津冀人民生活，更从根本上制约了区域健康持续发展。当前，区域生态环境保护 and 建设已提升到国家层面。在京津冀生态文明建设与区域协同发展国家战略中，明确要求三地整合区域现有各类自然保护地，建设大片森林、湿地和绿色生态隔离区，构建京津冀城市群生态体系。本书将利用高清遥感影像数据、统计数据等，系统解析研究区现有生态廊道在空间布局和生态功能上存在的问题，进而从提高自然生态系统生态服务能力的视角，对京津冀生态廊道网络体系进行识别、优化与整合，并综合考虑生态

廊道建设对提高人类福祉的影响，提出生态廊道网络体系保障机制建设的政策建议。生态廊道网络体系属于区域城市群生态体系建设的重要组成部分，不仅能够增加绿色空间、调整优化区域空间结构，还可提升区域生态功能、改善人居环境、推进宜居城乡建设，为实现区域协同发展目标提供生态环境基础。本书将进一步明确区域生态建设与生态保护活动的目标性和指向性，其研究结果有助于改善京津冀区域水环境和大气环境质量，缓解区域生态压力，为京津冀区域绿色发展提供科学依据。

四是有助于形成京津冀区域尺度生态安全格局。城市建设用地扩展和人类活动干扰的加剧，正在改变着区域自然景观，区域生态环境保护与经济快速发展之间的矛盾日益突出。构建区域生态安全格局是有效保护自然生态空间、解决人地矛盾的重要途径之一，这一研究领域得到公众与学界的广泛关注（陈艺妍和覃林，2022；彭建等，2017）。生态安全格局不应局限于行政边界内，自然地理基底具有空间连续性特征，河流贯穿河北、北京与天津，三地共有燕山和太行山山脉，生态服务与生态产品、环境污染物等均可跨越行政边界在空间上自由流动。构建区域生态安全格局，需要在多等级系统中进行，多尺度整合尤为关键。生态廊道能够跨越城乡与不同行政单元，是保障空间连续性、各类物资空间流动性最为关键的区域，生态廊道建设对大尺度生态安全格局构建具有非凡的意义。京津冀包含多个行政区域，其范围内拥有各种类型的生态廊道，如京杭大运河、各级绿道、各类河流廊道等，运用风环境视角的新理念对生态廊道进行识别、统筹整合和系统布局，不仅能保障城乡之间、生态空间与生活空间之间生态过程的连续顺畅，还能保障区域生态系统功能整体性与有效性。京津冀三地应做好生态廊道衔接、协调和共建等工作，提升区域生态保护与生态建设的综合效益，从而形成京津冀区域尺度生态安全格局，为实现区域生态环境协同共建目标提供科学支撑。

## 1.3 相关概念辨析

### 1.3.1 相关概念的提出

生态廊道概念的来源与发展，与绿带、绿道和廊道等密切相关（图 1-3）。

在城市规划和区域规划领域，绿带、绿道等相关实践探索是生态廊道概念提出的实践基础。18 世纪到 19 世纪末期，工业革命推动了西方社会的发展，同时促使城市和乡村同步进行变革，很多自然和半自然用地逐渐转变为建设用地和农业用地，自然景观开始得到城市规划者的关注。林荫道（boulevard）、

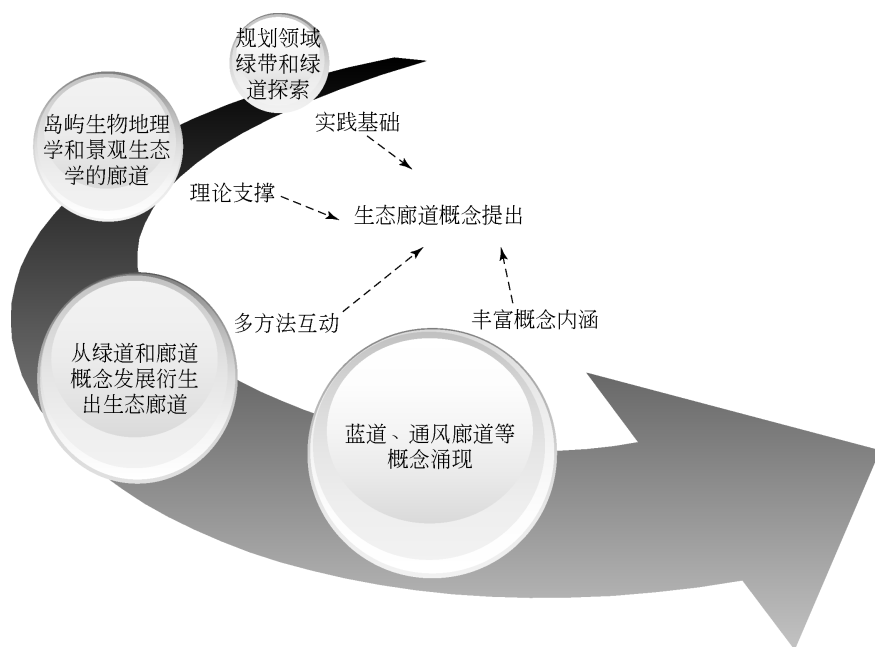


图 1-3 生态廊道概念的来源

景观轴线（landscape axis）、公园路等概念在城市或区域规划方案中出现，这些线性景观将城市公园和其他区域相连接，以通行功能为主，同时也在一定程度上缓解了城市环境污染、城区交通混乱、空间结构不合理等问题（李昌浩，2012；孙奎利，2012）。20 世纪 30 年代后，欧洲的绿带、美国的绿道和绿道网络（greenway network）等概念兴起，初期以休闲游憩功能为主，主要为民众提供户外活动空间（冯涵，2017）；后期向生态规划、遗产保护等多功能、多目标方向拓展，兼有休闲娱乐、生态文化、产业经济等综合功能（侯波，2018）。景观轴线-公园路-绿道-绿道网络这一思想体系历经了 200 多年发展历程，其间世界各国学者从多个视角进行了不懈的探索，提出了多个相关概念，如游憩廊道（recreational corridor）、风景廊道（scenic corridor）、线形公园（linear park）、公园连接道（park connector）、自然框架（nature frame）、自然骨架（natural backbone）、绿地系统（green space system）、绿色基础设施（green infrastructure）等（刘滨谊和王鹏，2010），这些概念均为生态廊道概念提出提供了借鉴和研究基础。

在绿道理念发展的同时，岛屿生物地理学和景观生态学相继提出廊道概念，为生态廊道概念的产生提供了理论支撑。西方工业革命后，人类对自然环境的影

响强度日渐增大,生态环境问题开始出现。19 世纪末,为了减缓物种灭绝和控制自然衰退,西方国家开始建立各类保护地(容曼和蓬杰蒂,2011)。这一方式对于维护生物多样性至关重要,但人们忽略了各类保护地之间的连通性。从长远考虑,仅仅依靠自然保护地难以长久维护生物多样性。1967 年,MacArthur 和 Wilson (1967) 提出岛屿生物地理学说,认为岛屿隔离程度越大,物种越容易灭绝;而岛屿面积比较大时,物种不容易灭绝。受到岛屿生物地理学的启发,生物学家把大面积基质看作海洋,把破碎斑块视为岛屿,分析生境斑块的破碎化程度、面积大小、斑块间距离等因素对物种丰富度的影响。1975 年,该学说代表人物 Wilson 和 Willis (1975) 提出了廊道的概念,认为利用廊道连接已经隔离的斑块,能够缓解生境破碎化所引起的物种灭绝(李正玲等,2009;张成,2014)。与此同时,景观生态学也为生物多样性保护提供了新思路。该学说提出,自然环境在景观尺度上是一个动态系统,环境变化或土地利用类型的改变会驱动自然景观类型发生变化或破碎,进而影响野生物种扩散、迁移的潜力,威胁种群生存。大部分生物栖息地,都属于原自然地区的残留地;当残留地处于隔离和流失状态时,生活在其中的物种便无法存活。在人类建设活动和自然环境变化的双重干扰下,自然生态系统内部连通性逐步变差。20 世纪 80 年代,Forman 和 Godren (1986) 提出斑块-廊道-基质理论。20 世纪 90 年代中期,学者开始运用该方法分析景观格局与生态系统的关系,廊道概念逐步被应用于区域生态安全相关研究领域(郑好等,2019)。廊道概念的提出开启了生物多样性保护新模式,该模式强调进行系统化和网络化保护,相关研究者也提出了多种相关概念,如保护廊道(conservation corridor)、生物廊道、物种疏散廊道等(左莉娜,2012)。

生态廊道概念从绿道和廊道概念中发展衍生而来。1980 年,世界自然保护联盟(IUCN)在廊道和绿道等概念的基础上提出生态廊道,并将其纳入《全球保护战略》(IUCN et al., 1980)。生态廊道概念提出后,迅速与城市规划领域的绿道、绿带等概念和相关研究方法产生交互作用,其影响力在区域规划、旅游规划和景观规划等多个方面持续深化,研究内容不断得到拓展。从连通性来看,生态廊道是空间中与周边环境不同的带状或线状结构,是生境破碎化景观中物种运动的通道,也是人流、其他各类物质流和能量流的通道。从连接功能来看,生态廊道为野生动物扩散和迁徙提供了通道,能够促进物种间的基因交流,进而保护生物多样性,也为人类休闲娱乐提供了通道和便利条件。20 世纪 90 年代,研究者越来越重视生态廊道的生态功能,基于连通结构和连接功能的生态廊道功能研究成为新的研究方向。生态廊道被证明不仅具有维护生物多样性能力,还具有调控洪水、净化环境、休闲游憩等多种生态功能,是支撑生态系统健康运行的重要

组成部分。生态廊道构建目标已经由开始的保护生物多样性，向维护区域生态安全、改善区域生态环境质量等方向发展。

蓝道（blueway）、通风廊道（ventilation corridor）等概念进一步丰富了生态廊道的内涵。20 世纪 60 年代，美国景观设计师西蒙兹提出蓝道概念，该概念强调水体在城市开放空间中的重要作用，建议对自然水系进行综合整治与合理保护，并倡导修建蓝道，以增强城市不同区域之间的联系，将其纳入带状开放空间中。这一思想的提出标志着城市美化运动的开启。当时，为了治理海湾水环境污染、恢复城市中心区环境质量，西蒙兹利用蓝道将污染严重的滨水地带转化为环境宜人的景观。此外，20 世纪 70 年代，德国学者提出城市通风廊道概念，他们根据局地环流理论，将城市通风系统分为三部分，即位于城市中心区的作用空间、郊区的补偿空间及空气引导通道。其中，空气引导通道被称为通风廊道，是地面粗糙度长度较低、气流阻力较小的区域，即便在小风或静风天气条件下，也能够将空气从郊区生态空间引导至城区生活空间（沈娟君，2018）。通风廊道具有重要的生态功能，如净化空气、缓解热岛效应等，本质上也属于生态廊道，类似名词有绿色风廊、通风走廊、楔形绿地等（宋代风等，2023；房小怡等，2021；徐磊等，2017）。

上述生态廊道的相关概念或定义见表 1-1。本书提出生态廊道是一种或几种生态介质作用下能量和物质流动的通道或载体，主要由带状山水林草湖等自然或半自然生态系统组成，能够有效调控地理-生态过程，具有增加生态连通性、引导土地资源开发方向、防止关键生态用地被挤占、应对气候变化等作用（陈艳梅等，2021）。

表 1-1 生态廊道相关概念

| 名称   | 内涵                                                                                      | 应用领域      | 来源          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| 绿带   | 在城市边缘所设置的绿化隔离带，能够限制城市的扩张与蔓延，保障城市健康有序发展                                                  | 城市规划、区域规划 | 霍华德，1898    |
| 绿道   | 连接开放空间的景观链，是沿着河岸、河谷、山脉等形成的自然廊道，或沿着景观道路或其他线路形成的通道，具有重要的游憩娱乐功能                            | 区域规划、景观规划 | 利特尔，2013    |
| 绿色网络 | 由城市的公园街头绿地、苗圃、自然保护地、农地、河流、滨水绿带和山地等组成，通过绿色廊道、楔形绿地和结点等要素，形成的自然、多样、高效、有一定自我维持能力的动态绿色景观结构体系 | 城市规划      | 张庆费和夏楠，2002 |

续表

| 名称   | 内涵                                                                                     | 应用领域            | 来源            |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| 生物廊道 | 在结构上不同于周围植被的狭窄植被带，在功能上把曾经连为一体但因破碎化而产生的两个或多个植被斑块连接起来，以实现连接生境、防止种群隔离、维持最小种群数量和保护生物多样性的目的 | 自然保护区规划、生物多样性保护 | Merriam, 1984 |
| 蓝道   | 即河流廊道，它不仅指河流的水面部分，也包括沿河流分布的不同于周围基质的植被带                                                 | 景观设计与规划         | 西蒙兹, 2000     |
| 通风廊道 | 是气流通过时受到阻力较小的通道，能将山林水等开敞空间与城市内部密集区域相连接，并通过低矮建筑、道路和河流等促进气流传输                            | 城市规划            | 曾虹, 2019      |
| 生态廊道 | 生态廊道是指不同于周围景观基质的线状或带状景观要素，具有保护生物多样性、过滤污染物、防止水土流失、防风固沙、调控洪水等多种功能                        | 景观规划            | 朱强等, 2005     |

1.3.2 生态廊道类型

生态廊道分类研究一直是国内外学者关注的重点，生态廊道类型不仅能够反映空间结构形态及其内部构成，还能够指示其主要生态功能。生态廊道分类体系比较多，可以根据空间尺度、结构与功能等进行划分，也可依据组成内容等进行划分。随着生态廊道相关研究领域的拓展，其生态功能不断得以延伸，生态廊道新类型不断出现。通过归纳总结国内外相关研究中出现的廊道类型发现，廊道分类体系具有一定复杂性，这反映出生态廊道结构与功能的多样性。生态廊道按照不同划分标准存在多种分类方法，见表 1-2。

表 1-2 国内外学者对生态廊道类型的划分

| 学者及发表时间               | 分类依据 | 廊道类型                                               |
|-----------------------|------|----------------------------------------------------|
| Forman 和 Gordon, 1986 | 组成内容 | 森林廊道、河流廊道、道路廊道                                     |
|                       | 形成原因 | 干扰型、环境资源型、残余型、引入型                                  |
| Little, 1990          | 功能   | 城市水系廊道、休闲绿道、生态自然廊道、景观和历史文化廊道、综合性绿道网络               |
| Fábos 和 Ahern, 1995   | 功能   | 生态保护廊道、休闲廊道、历史文化廊道                                 |
| Ahern, 1995           | 空间尺度 | 市区级、市域级、省级、区域级                                     |
| 由井正敏和石井信夫, 1994       | 保护对象 | 大廊道或生境廊道，连接大型保护区及重点保护区域；小廊道，连接小面积保护区以及保护河流等宽度较窄的廊道 |