

# 人地系统耦合框架下国土空间生态修复规划策略 ——以粤港澳大湾区为例

宫清华<sup>1,2</sup>, 张虹鸥<sup>1,2</sup>, 叶玉瑶<sup>1,2</sup>, 袁少雄<sup>1,2</sup>

(1. 广州地理研究所 广东省地理空间信息技术与应用公共实验室, 广州 510070;  
2. 南方海洋科学与工程广东省实验室, 广州 511458)

**摘要:** 在实施国土空间生态修复重大工程背景下, 构建科学合理、面向区域发展与公众需求的规划策略是地理学和生态学等领域的研究热点。本文基于人地系统耦合框架, 分析从生态修复规划到国土空间生态修复规划在规划思想、目标、性质、对象、路径等方面发生的转变。以人地矛盾突出的典型区域——粤港澳大湾区为案例, 分析大湾区面临的突出问题和形势, 从发展人地和谐的生态修复战略、整体保护生态空间、充分发挥生态要素综合功能、强化机制保障等方面, 构建了问题识别-战略引导-整体布局和分区施策为主线的国土空间生态修复规划策略和思路, 以延拓人地系统论, 丰富规划理论和方法, 为其他地区开展国土空间生态修复提供借鉴。

**关键词:** 国土空间; 生态修复规划; 粤港澳大湾区

DOI: 10.11821/dljy020200413

## 1 引言

国土空间生态修复是机构改革新时期深入推进生态文明的创新举措, 是按照山水林田湖是一个生命共同体的原理, 为实现国土空间格局优化、生态系统健康稳定和生态功能提升的目标, 对长期受到高强度开发建设、不合理利用和自然灾害等影响造成生态系统严重受损退化、生态功能失调和生态产品供给能力下降的区域, 采取国土综合整治和生态修复等综合措施, 对国土空间生态系统进行生态恢复、生态整治、生态重建的过程和活动<sup>[1,2]</sup>。

现自然资源部门确立了“五级三类”国土空间规划体系。国土空间总体规划是优化开发和保护格局, 统一行使国土空间用途管制的主要抓手。而国土空间生态修复规划是国土空间规划体系下的专项规划, 是对山水林田湖草生态系统治理体系的重构, 目的是统一行使国土空间保护和修复任务。国土空间生态修复包含了国土综合整治和生态修复两种主要手段, 国土综合整治是面向城乡系统, 对国土空间进行统筹地开发利用和治理修复的行动, 其目标是优化国土空间格局, 提高土地资源利用效率和提升国土空间品质。生态修复是针对自然生态系统的受损空间、脆弱空间、重要空间综合运用工程、生

收稿日期: 2020-05-15; 修订日期: 2020-09-02

基金项目: 国家基金面上项目 (41671506, 41977413); 广东省科学院专项 (2020040101, 2020GDASYL-20200102002, 20200301003); 南方海洋科学与工程广东省实验室项目 (GML2019ZD0301); 粤港澳大湾区战略研究院项目 (0119290182)

作者简介: 宫清华 (1981-), 女, 内蒙古敖汉旗人, 博士, 研究员, 从事自然地理、环境风险、生态修复、自然灾害等相关研究。E-mail: gongqh@gdas.ac.cn

通讯作者: 袁少雄 (1980-), 男, 广东龙川县人, 博士, 助理研究员, 从事区域规划与可持续发展、地理信息与应用、生态修复等相关研究。E-mail: yuanshx@gdas.ac.cn

物等措施协助已经退化、损害或破坏的自然生态系统恢复的健康良好状态的过程,其目标是恢复生态系统健康稳定状态,提高生态环境质量,提升生态系统服务功能<sup>[3]</sup>。因此,国土空间生态修复是在山水林田湖草生命共同体理论指导下的国土综合整治和生态修复的有机融合,国土空间生态修复与传统的生态修复在内涵、性质、研究对象和修复重点等方面都产生了根本区别。从内涵上,国土空间生态修复是建立在人与自然和谐共生的理论框架下,在研究对象上,国土空间生态修复拓展了传统生态修复的研究领域,从自然生态系统延展为包含了自然生态系统和城乡人文生态系统的全域国土空间生态系统;从性质上,国土空间上具有显著的系统性、整体性、综合性、地域性和尺度性特征;从修复重点上,国土空间生态修复更加强调人与自然的互动关系,传统的生态修复是针对林地、湿地等单一自然生态系统,通过采取工程、非工程等措施促进系统恢复到健康良好状态的过程。因此传统的生态修复学和国土综合整治的理论方法并不能全面覆盖新时期国土空间生态修复体系。学术界从内涵、理论框架、区域判断等不同视角对国土空间生态修复规划开展了深入研究,彭建等从景观生态学的视角对国土空间生态修复做了系统解读<sup>[4]</sup>。高世昌系统研究了国土空间生态修复的理论和规范<sup>[5]</sup>。方莹等基于生态安全格局的理论构建了国土空间生态修复区域的识别<sup>[6]</sup>。倪庆琳等基于生态安全格局理论开展了生态修复功能分区的研究<sup>[7]</sup>。但纵观当前的研究领域,对于国土空间生态修复规划尚处于分散化的研究状态,未见及系统性的研究案例,对于规划的理论和方法尚未达成共识。

城市群作为城市化未来发展的主体形态,已成为人类活动的重要空间和经济社会发展的核心载体<sup>[8]</sup>。城市群高强度的人为营力深刻改变着城市群生态系统的结构形态、物质组成和能量转化,从根本上改变了在自然作用下建立起来的生态过程和平衡态势<sup>[9]</sup>。在城市群发展过程中,海-陆-人-地交互作用强烈,导致原有的城市系统复杂性在城市群多层式网络结构中被高度放大,由之产生了更多、更显著且更复杂的区域性生态问题,如城界黑臭水体泛滥、自然生态空间减少和破碎化、生态系统功能破坏严重、资源配置矛盾突出、城市自然景观退化等<sup>[10]</sup>。迫切需要在更宏观的尺度层次上解决区域性生态问题,寻求保障人与自然和谐共生的有效路径。本文在人地系统耦合框架下,研究和评述国土空间生态修复规划与传统生态修复规划的战略转变,并以粤港澳大湾区生态修复为案例,以问题识别-战略引导-整体布局和分区施策为主线,探讨人与自然和谐共生理论框架下的国土空间生态修复规划策略和思路,以延拓人地系统论,丰富国土空间生态修复规划理论和方法,同时为其他同类地区开展国土空间生态修复提供借鉴。

## 2 人地系统耦合与国土空间生态修复

人地耦合系统(Coupled Human and Natural System, CHANS)是地球表层特定区域内,由水、土、气、生、人多要素相互作用形成的复杂系统<sup>[11]</sup>。人地系统作为地理学研究的核心内容,其目标是为探求地球表层系统内各要素的相互作用及系统的整体行为与调控机理<sup>[12]</sup>,因此人地系统理论为国土空间生态修复提供了基本的学理基础。山水林田湖是一个生命共同体,人的命脉在田,田的命脉在水,水的命脉在山,山的命脉在土,土的命脉在树,精辟地体现了人地系统耦合的科学理论<sup>[13]</sup>。新时期自然资源统一管理和系统修复理论基础是地球系统科学<sup>[14]</sup>。人地系统研究目的是从空间结构、时间过程、组织序变、整体效应、协同互补等方面去认识和寻求区域的人地关系系统的整体优化和综合平衡及有效调控的机理<sup>[15]</sup>。随着人类对自然环境的影响加剧,地表生态过程逐渐受人类活动主导,地球进入了“人类世”阶段,人地系统耦合研究成为实现可持续发展的重

要途径<sup>[16]</sup>。基于人地耦合系统的国土空间生态修复强调协调、有序和动态的系统观<sup>[17]</sup>。因此促进人地和谐作为国土空间生态修复的总体战略目标，为实现人地和谐需统筹自然-经济-社会-生态系统组成要素，构建一体化的国土空间生态修复总体格局，通过分区分类精细化实施国土综合整治和生态修复措施，最终实现人地复合系统的格局优化、系统稳定和功能提升。围绕水-土-气-生-人多要素耦合及自然社会系统互馈过程机理成为人地系统耦合研究的热点和关键科学问题<sup>[17,18]</sup>，学术界已基本形成“问题识别-要素耦合-空间耦合-人地互馈-途径政策”的人地关系研究的基本范式。将该研究范式应用到国土空间生态修复研究中，其基本内容可以表述为：针对某一区域，识别人地矛盾突出问题，研究水-土-气-生-人的要素耦合关系和作用机制，进行地理格局与生态系统服务权衡与协同分析，辨析国土空间开发利用与生态保护、生态需求、及系统可持续性的互动机制，探讨有效调和自然生态系统和人类社会系统，优化生态系统服务功能和国土空间开发保护格局的政策机制（图1）。

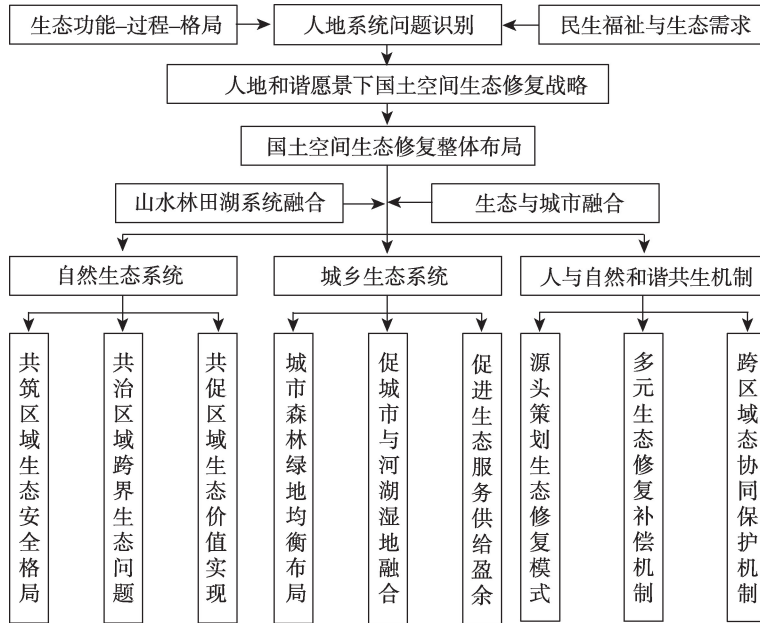


图1 人地关系研究基本范式示意

Fig. 1 Schematic diagram of the basic paradigm of man-land relationship research

### 3 国土空间生态修复规划的战略转变

国土空间生态修复工作链条是由国土空间生态修复规划、国土空间生态修复措施设计、措施实施和国土空间生态系统管理四个部分组成。国土空间生态修复规划是工作链条的核心。国土生态修复规划是以生态学原理为指导，探索改善系统结构和功能的对策，促进人与自然系统谐调、可持续发展的规划方法。基于上述人地关系论视角下的国土空间生态修复规划理论和内涵的分析，本文从规划思想、规划目标标准、规划性质、规划对象、规划尺度、规划路径及所采取的政策机制等方面比较传统的生态修复规划与人与自然和谐共生视角下的国土空间生态修复规划的区别（表1），为系统开展国土空间规划研究和实践提供参考。

(1) 规划思想上，国土空间生态修复规划基于生态思维，强调“山水林田湖”系统

表1 人地耦合框架下的国土空间生态修复规划与传统生态规划的区别

Tab. 1 The difference between the national land space ecological restoration plan and the traditional ecological plan under the human-land coupling framework

比较项目	国土空间生态修复规划	传统生态修复类规划
规划思想	以“绿水青山就是金山银山”为指导, 以“山水林田湖草”生命共同体为根本, 以“源头预防”的主动式保护和修复为原则, 突出生态过程和空间的有机融合	针对主要生态系统问题的修复为导向, 以单要素离散式修复为主, 修复路径中较少关注生态系统功能的尺度效应
规划目标和标准	以促进人与自然和谐共生为目标, 追求人文和自然系统之间的有序协调和系统组分间的适应性, 通过协调生态-农业-城镇的互动关系, 强化人的生态需求, 实现发展和保护的统一	以单纯保护生态空间, 追求生态系统组分数最大化为目标, 生态保护与社会经济发展被分割在相对立的体系
规划性质	系统性, 综合性, 实施性	以实施性为主
规划对象	社会-经济-生态复合生态系统, 范围涵盖全域国土空间	以自然生态系统为主, 规划范围主要为保护生态空间
规划技术	源头预防-“治未病”和问题治理-“治疾病”双管齐下	以治理生态问题-“治疾病”为主要手段
规划尺度	景观到区域尺度为主	项目和工程尺度为主
政策机制	以“源头预防”和“空间规划-用途管制-保护修复”的全过程管理模式追求主动式保护修复, 强化多元参与机制, 鼓励“谁破坏, 谁修复; 谁修复, 谁受益” <sup>[21]</sup>	以“末端问题治理”为主要导向的被动式修复机制, 强调“谁破坏, 谁修复”

思想、“人与自然”谐调共生、强调在一定时空尺度条件下的调节演替思想, 强调生态过程耦合与空间协同的双重统一。规划思想从工程性修复思维转向保护优先和自然恢复为主的生态修复模式。从面向治理末端生态问题的“治疾病”到适应的源头预防的“治未病”思想的转变。2019年3月, 联合国大会宣布2021—2030年为联合国生态系统修复十年, 特别全球气候变化和物种加速灭绝的危机<sup>[19]</sup>, 德国、荷兰、美国、日本等国家近年来在政策和实践层面积极推进以源头防治和人地和谐为管理理念的生态修复工作。中国自2016年以来, 在全国的重点生态功能区, 针对全国各类自然生态系统, 在东南南岭、广西左右江、重庆、承德等地开展了25个山水林田湖草生态保护修复试点项目<sup>[20]</sup>。在试点的基础上陆续出台了一系列政策法规, 提出国土空间生态修复规划行动, 并于2019年进行了机构改革重组, 由自然资源部门统一行使国土空间用途管制和生态修复任务。可见, 新时期国土空间生态修复规划首先需要转变的是规划观念, 以“绿水青山就是金山银山”为指导, 以“山水林田湖草”生命共同体为根本, 突出生态保护修复和空间用途管制的有机融合, 从基于传统工程思维的被动末端治理规划转向源头预防的主动式修复规划, 从治理生态问题向源头降低生态问题风险转变。

(2) 从规划目标标准上。传统生态修复类规划以促进单要素生态系统的稳定和功能优化为目标, 追求单组分数最大化, 忽略了生态和社会经济之间的联系。如自2009年, 全国多地开展生态控制线规划, 以严控生态要素数量为主要目标, 与发展建设欠协调, 规划实际执行效果不佳<sup>[22]</sup>。国土空间生态修复规划目标从追求单组分最优化到追求组分间的适应性; 从追求统组分数量的多少, 到追求各系统组分之间的有序协调, 强调系统的可持续发展, 规划总体目标是实现生态系统整体稳定和功能提升。

(3) 规划性质上, 传统的生态修复规划以实施性为主要目标, 如传统的水污染防治规划、矿山生态修复规划等。国土空间生态修复规划的性质更加彰显综合性、系统性、整体性和实施性。

(4) 在规划对象上,传统的生态修复规划以自然生态系统为主要对象,以单一的矿区治理、水污染修复、退化湿地修复等单要素的修复为主,存在着将整体问题局部化、复杂问题简单化的局限性。新时期国土空间生态修复规划对象由自然生态系统延展为社会-经济-生态复合生态系统<sup>[19]</sup>,规划要素从单要素规划到全要素规划,系统考虑全域国土空间生态要素的关系及生态保护修复与社会经济发展,及生态保护修复与人的生态需求的关系。因此规划对象从单一局部的保护修复向全域全要素的方向转变。

(5) 在规划路径上,传统的生态修复主要针对生态问题,通过工程、生物等措施促进自然生态系统恢复到健康状态的过程,以末端“治疾病”为主要路径。新时期国土空间修复规划将国土综合整治和生态修复共同纳入规划措施,国土综合整治是通过防治国土空间功能的失调和退化,着力解决国土开发利用中存在的短板,限制潜在退化的危机。可见,新时期国土空间生态修复规划是“治未病”和“治疾病”双管齐下的治理模式。

(6) 规划尺度的转变,传统的生态修复规划理论及实践多是针对单一生态系统所采取的工程措施,有关区域尺度系统水平的生态修复方法研究和实际案例却相对较少<sup>[23]</sup>。虽然国内自实行山水林田湖生态修复试点以来,促进了生态修复从微观到宏观的转变,但试点考虑到实施的可操作性,多以行政为边界,生态功能与空间上相互割裂,修复效果并不理想。国土空间生态修复规划应突破行政界线,强化生态功能和空间的一致性,实现区域尺度的联动修复。

(7) 政策机制上转变。传统的生态修复规划强调“谁破坏、谁修复”的被动式修复机制,在执行过程中缺乏主动性和积极性,尤其是对于自然衰退的系统,以政府为单一力量修复,造成政府压力大,实行困难等实施痛点。国土空间生态修复由末端治理的被动式修复转向“源头预防”+“受益激励”的主动式保护修复。2019年,自然资源部门已针对矿山生态修复、全域土地综合整治等多项政策措施,培育“谁破坏,谁修复;谁修复,谁受益”等更加有效的生态修复机制。

## 4 粤港澳大湾区人地关系问题与挑战

粤港澳大湾区位于中国广东省的中南部,介于23°40'N~21°30'N之间,其行政区域包括肇庆、广州、东莞、深圳、珠海、江门、惠州、中山、佛山共九个地级市以及香港、澳门特别行政区组成的城市群,粤港澳大湾区是国家参与全球竞争的重要空间载体和改革开放的前沿阵地,具有“背靠群山,众江汇合、岛丘错落、网河发育、八口分流、群岛为屏”奇特多样的生态基底和“山水林田湖海”类型齐全的水热配置优越的自然生态本底。经过40年来快速城镇化进程,人地矛盾突出,生态空间被不断挤占,生态系统退化甚至遭到破坏,资源环境和生态安全受到严重威胁,与国际三大湾区比较,生态环境仍是粤港澳大湾区最大短板,将制约生产要素和创新要素更进一步向粤港澳大湾区汇聚。

### 4.1 人地矛盾突出,生态与城市缺乏互动

粤港澳大湾区从岭南鱼米之乡到全球产业经济新版图,在长期“重生产、轻生态”的发展模式下,人类活动对自然生态系统带来一系列的破坏和冲击,人地矛盾突出。具体表现在以下四个个方面。

一是生态保护与经济发展长期处于对立格局。城市群城镇生态系统快速增长以占用农田林地等生态系统为代价,山-水-城-田-海的生态格局正在被不断扩张的城市建设所

影响,耕地、林地、湿地等生态空间大量萎缩。根据1980—2017年遥感解译的土地利用状况分析,自2000年以来,农田生态系统的面积显著下降,而城乡生态系统的面积显著增加,两者面积的增减呈现明显的互补关系(图2)。二是生态与城市群发展缺乏有机融合,城乡空间品质和建设质量亟待提高。一方面人民的生态需求日益增长,城市群的高质量发展需以提升生态品质促城市竞争力提升;另一方面虽然大湾区有得天独厚的自然本底条件,但传统的粗放式的土地利用方式忽略了生态空间和生态功能的有效管护,城市与生态分离,虽然空间分布上生态与城市连绵,但生态资源并未充分发挥应有的景观功能,生态斑块和生态廊道体系不够完善。造成生态现状不能满足城市居民日益增长的生态需求。三是大湾区生态资本供给能力严重不足。根据《粤港澳大湾区生态足迹报告》<sup>[24]</sup>,湾区以生物承载力衡量的生态资本供给能力严重不足。湾区总生态足迹为2.8亿ghm<sup>2</sup>,人均4.2ghm<sup>2</sup>,是区域生物承载力的15.6倍。湾区面临愈趋严重的生态安全风险。四是沿海人工干扰剧烈,海域环境堪忧。“向海要地”是珠三角沿海地区土地利用方式之一<sup>[25]</sup>。滩涂作为一种土地后备资源被大量开发用于城镇扩展和围海养殖。粤港澳大湾区人工岸线占比迅速增长,滨海滩涂和森林湿地逐渐减少。生态系统退化,生态健康受损,珠江口、大亚湾等海域生态系统长期处于亚健康状态。

#### 4.2 跨界型的生态问题突出,生态安全风险加剧

跨界型的生态问题体现在两个方面,一是上下游开发保护的矛盾突出,上游地区开发和经济发展的诉求,与下游的生态环境需求产生越来越多的冲突。城市扩张、工业园区开发、经济林改造、采矿、水力发电、航运、农业灌溉等,影响到土地利用变化、植被条件、水源涵养、河流水文、水质污染等问题。水源保护区、自然保护区、森林公园等严控生态空间不同程度被占用。二是城市群剧烈人地交互过程导致高度复杂的跨界性和复合型污染问题突出。根据《广东省环境质量公报(2010—2018)》年的监测,广佛跨界河、莞深跨界河等河流水质常年不达标。优于Ⅱ类水质的优质饮用水源仅占地表水饮用水的25%。河流型水源地受面源污染影响突出,总氮、粪大肠菌群普遍超标,部分湖库型水源地存在中度富营养化问题。南山河、龙岗河、坪山河、深圳河、东莞运河6个河段水质均属重度污染,主要污染指标为氨氮、总磷和耗氧有机物。随着化工、陶瓷等产业向大湾区以外地区转移,北部饮用水源保护地也开始受到污染的威胁。2018年,大湾区仍有6个地表水国考断面为劣Ⅴ类,占全省的66.7%。城市水体黑臭现象突出,群众反响强烈。粤港澳大湾区城市群的黑臭水体数占全省黑臭水体总数的63.2%。

#### 4.3 岭南地域特色系统破坏,传统农业衰退

粤港澳大湾区拥有众多的河流、港湾和辽阔的海域,江河成网,河口海岸滩涂连片,形成面积宽广、类型丰富的湿地资源。然而,在经济快速发展的进程中,天然湿地

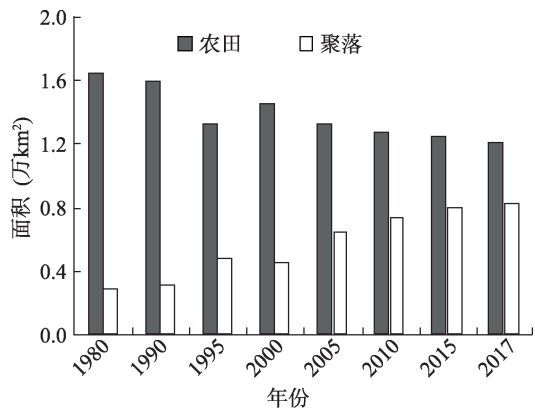


图2 粤港澳大湾区农田、聚落生态系统面积变化

Fig. 2 Changes in the area of farmland and settlement in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

注:1980—2017年期间,聚落生态系统扩大,农田生态系统被挤占。

急剧减少,湿地功能和效益不断下降,湿地生态系统面临着严重的威胁。大湾区的河网水系减少主要为内河涌、滩地被建设占用、填堵,围垦,宽度缩减等,尤其是流经乡镇、村落的内河涌<sup>[26]</sup>。佛山南海、顺德等地区极具岭南传统特色农耕基塘系统大范围萎缩和退化<sup>[27]</sup>,河口水域、永久性河流、洪泛平原湿地等重要的湿地资源呈明显减少,根据遥感图识别水空间变化结果显示,自1980年以来,大湾区内传统基塘区水库坑塘面积锐减47.33%。

#### 4.4 生态保护修复体系分散,实施管控艰难

多年来生态修复的研究内容和实践较多地关注于特定领域,研究对象常常以河流、湖泊、湿地、污染土壤、森林、矿山等为主,实施范围较小<sup>[28]</sup>。传统生态修复中的生态工程技术多以生态治理与修复等生态学理论为支撑,并未将生态问题纳入社会经济系统之中考虑,其生态治理仅仅是对生态危害结果的“治标”行为<sup>[29]</sup>。虽然国土、发改、环保、林业、水利、测绘、海洋、城建等相关规划部门都在执行生态修复任务,但目标、任务、重点、规划区域不同,造成“种树的只管种树、治水的只管治水、护田的单纯护田”的局面。跨区域和部门的联防联控和协同共治机制不完善,且受法制、权责等约束,在协同共治实施过程中较难形成合力。生态修复工程资金投入以政府为主,对社会资本尤其是民营资本吸引不足。亟需对制度和体系进行完善和创新,在立法、体制、机制、技术和模式等方面实现突破,在生态保护修复管理体制、生态补偿机制等方面积极探索和创新。

## 5 人地系统耦合的粤港澳大湾区生态修复规划策略

如上所述,人地系统耦合是国土空间生态修复规划的理论基础,国土空间生态修复规划的着力点在于设计、执行有效调和人与自然之间的关系的措施。针对大湾区发展中的生态与城市分离、保护与利用对立、生态需求众多、实施管控艰难等方面的问题和挑战,本文探讨人地耦合理论指导下的国土空间生态修复规划策略,从人地和谐的生态修复战略、整体谋划布局、自然生态保护与修复融合、生态品质与城乡功能融合、机制保障与衔接几个层面提出粤港澳大湾区国土空间生态修复规划策略。

### 5.1 发展人地和谐、山水交融的区域生态修复战略

立足大湾区实际,发展以“人地和谐,山水交融”为特色的生态修复战略。以筑牢生态安全格局、促进生态和城市的充分融合和保障高质量发展为核心,通过实施山水交融的区域生态修复战略重构城市群人地关系,以构建湾区生态斑块、廊道、基底协调,山、江、田、城、海交融的大生态格局,推动生态系统与城市景观充分融合,以河湖湿地、山体、森林与城市的交融共生格局促进了城乡空间的过渡,促使自然景观得到充分保护和利用,城乡特色风貌更加彰显,将大湾区修复成为一个具有浓郁岭南园林特色和南亚热带自然风光的山水城市群。

### 5.2 区域协同保护生态,打造城市群生态安全“万维网”

严守生态底限,协同构筑“绿屏蓝带,山水交融”的区域生态安全格局。依托北部山丘构建环大湾区北部绿色生态屏障,重点保护和修复天露山、鼎湖山、南昆山、罗浮山、莲花山等外围连绵山地丘陵的整性<sup>[30]</sup>,提升生态屏障的生态保护、水源涵养、生物多样性保护的承载力。依托滨海岸线,以大亚湾-稔平半岛、珠江口河口、万山群岛和川山群岛海岸山地屏障和近海岛屿及大湾区南部近海水域为主体打造南部蓝色海岸带,形

成海陆能流、物流交换纽带和生物多样性丰富的重要海洋功能区。保护和修复骨干江河水系形成链接绿屏蓝带的区域廊道网络。协调山体破损、水环境失调、土地退化、植被和湿地萎缩、生物多样性破坏等突出问题,重点推进深圳河河口、东莞运河樟村、淡水河紫溪、石马河旗岭、茅洲河等跨界河流的污染治理。完善粤港澳大湾区一国两制框架下的跨区域污染防治法律制度和政府间的协调机制体系,将各市分散的生态修复“局域网”共建为城市群生态修复“万维网”(图3)。



图3 粤港澳大湾区城市群生态安全“万维网”示意

Fig. 3 Schematic diagram of the "World Wide Web" on the ecological security of the urban agglomeration of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图(审图号为GS(2019)4342号)绘制,底图无修改。

### 5.3 生态功能与城乡品质融合,推动粤港澳大湾区城乡品质提升

强化城市群生态功能与城乡品质的融合,加强城市与山水生态资源的互动,保障城市群生态效益最大化。以国土综合整治、城市更新、城市双修等为主要手段,将传统点状国土整治和生态修复逐步过渡到点线面结合的生态体系修复,拓展生态空间的功能内涵,强化公园、森林、湿地生态体系的保护与建设,通过线性空间串联成网,优化空间形态和城市生态品质,立足动植物安稳栖息、市民幸福生活的目标,基于多样化、精细化供给等角度应对市民日常与节假日休闲需求,探索高度城市化区域内的生态资源的综合开发和利用,积极发挥耕地林地湿地等生态资源的生态景观与游憩功能,统筹安排农田和林地等生态用地布局,使永久基本农田与河流、湖泊、山体、绿化带等生态资源共同形成城市生态品质的实体。

### 5.4 推进三角洲基塘水网的保护和修复,重塑岭南地域特色系统

粤港澳大湾区河网纵横交错,基塘系统是三角洲人民与水和谐共生的智慧结晶,是闻名中外的典型农业生态模式,也是湾区生态系统最鲜明的特色之一。保护和修复以基塘特色的农田生态系统,推动支流水系及其绿化缓冲带串联主要的生态休闲空间,促使生态空间城市连绵地区渗透<sup>[30]</sup>,形成山水交融的生态网络的末梢系统。结合新一轮碧道建设,充分发挥基塘在区域尺度中所具有的“海绵体”调洪蓄滞等生态服务功能,推进基塘系统和碧道网络在空间及功能体系上的衔接,对于仍保持为原始状态的基塘,恢复



其具有岭南水乡特色的“桑基鱼塘”模式；对于集约化生产模式的基塘，通过高起点规划、高标准建设，建成高效、高产、优质、绿色的现代标准化基塘；对于半集约化模式生产的基塘，建设以旅游休闲和生产为一体的菜基鱼塘、花基鱼塘、果基鱼塘、蔗基鱼塘等景观型特色基塘，通过基塘系统整治重塑岭南水乡生态特色（图4）。

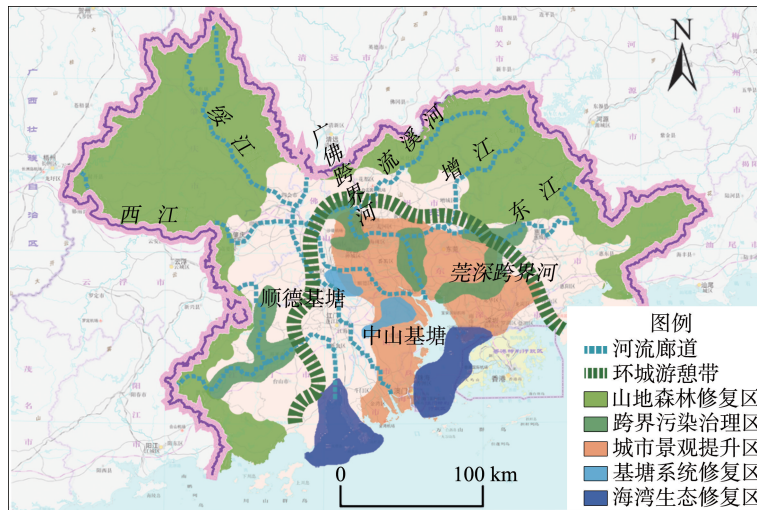


图4 粤港澳大湾区生态修复规划示意

Fig. 4 Schematic diagram of ecological restoration planning in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

注 该图基于国家测绘地理信息局标准地图(审图号为GS(2019)4342号)绘制,底图无修改。

### 5.5 强化机制保障与衔接,设计主动式生态修复规划实施机制

应对生态修复任务实施的难点和痛点,以“规划、标准、监测、行动”为工作链条,以全面协调为导向,创新组织保障、职能分工、区域协同、资金投入、绩效评价等机制模式,针对各区域之间资源分配不均,制约统筹协调发展的问题,合理配置各类生态要素和资源,研究跨区域的生态保护与修复功能布局 and 协作分工模式。加强粤港澳生态环境保护合作,全面保护区域内国际和国家重要湿地,开展滨海湿地跨境联合保护<sup>[31]</sup>。主动实施粤港澳大湾区生态系统保护和修复重大工程,以山水林田湖草系统治理、土地综合整治、海岸带和海岛生态修复、矿山生态修复四大行动计划为抓手,聚焦北部生态屏障、南部海岸带、三角洲河网湿地、珠江河口等重点生态功能区和城市发展的生态需求,以国土空间生态修复工程带动生态修复工作。创新法律、土地、资金等政策,突破传统管理机制壁垒,按照“源头严防、过程严管、后果严惩”的要求,在自然资源规划管控、用途管制等全程管理中落实生态保护责任,变被动修复为主动保护,变末端治理为前端防护,运用自然资源和国土空间激励性政策,为社会力量投入生态修复增加动力,形成主动式生态修复模式。

## 6 结论与讨论

国土空间生态修复是促进国土空间系统稳定、格局优化和功能提升的重要举措。其本质是调和区域人与自然的的关系,促进区域人与自然和谐共生<sup>[4]</sup>。人地系统耦合是国土空间生态修复规划的理论基础<sup>[17]</sup>。人地系统耦合框架下的国土空间生态修复与传统的生态

修复在目标和路径等多方面都发生了显著变化<sup>[32]</sup>。

本文基于人地系统耦合框架,研究和评述从传统生态修复规划到国土空间生态修复规划的战略转变,并针对粤港澳大湾区发展中的生态与城市分离、保护与利用对立、生态需求众多、实施管控艰难等方面的问题和挑战,全局考虑大湾区生态修复的实际需求,以调和大湾区人地关系为总目标,以“问题识别-战略引导-整体布局和分区施策”为主线,从人地和谐的生态修复战略、整体谋划布局、自然生态保护与修复融合、生态品质与城乡功能融合、机制保障与衔接几个层面提出粤港澳大湾区国土空间生态修复规划策略,探讨了人与自然和谐共生理论框架下的国土空间生态修复规划策略和基本思路,从而延拓人地系统论,丰富国土空间生态修复规划理论和方法,以期为其他同类地区开展国土空间生态修复提供借鉴。

国土空间生态修复规划是生态修复学科与国土空间规划相互融合以期从工程学术理论上升至国家长远规划的尝试。本文在粤港澳大湾区国土空间生态修复实践上做了少量探索,理论深度与规划策略的结合仍有待进一步提升。国土空间生态修复规划是个系统复杂的过程,限于篇幅本文案例中仅简要阐述了问题与策略,尚未体现战略引导与整体布局的内容,其中仍有较广的探讨空间。在国土空间生态修复规划与国土空间规划两者关系梳理上,本文可能仍存在一些模糊认识,希望进一步与同行学者交流学习。

**致谢:** 真诚感谢二位匿名评审专家在论文评审中所付出的时间和精力,评审专家对本文图件完善、内容凝练、结论梳理方面的修改意见,使本文获益匪浅。

## 参考文献(References)

- [1] 彭少麟. 恢复生态学. 北京: 气象出版社, 2004: 497-511. [Peng Shaolin. Restoration Ecology. Beijing: Meteorological Press, 2004: 497-511.]
- [2] 方创琳, 周成虎, 顾朝林, 等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径. 地理学报, 2016, 71(4): 531-550. [Fang Chuanglin, Zhou Chenghu, Gu Chaolin, et al. Theoretical framework and technical path for the analysis of the interaction effect between urbanization and ecological environment in mega-cities agglomeration areas. Acta Geographica Sinica, 2016, 71 (4): 531-550.]
- [3] Gann GD, Mcdonald T, Walder B, et al. International principles and standards for the practice of ecological restoration. second edition. Restoration Ecology, 2019, 27(S1):S6.
- [4] 彭建, 吕丹娜, 董建权, 等. 过程耦合与空间集成: 国土空间生态修复的景观生态学认知. 自然资源学报, 2020, 35(1): 3-13. [Peng Jian, Lv Danna, Dong Jianquan, et al. Processes coupling and spatial integration: Characterizing ecological restoration of territorial space in view of landscape ecology. Journal of Natural Resources, 2020, 35 (1): 3-13.]
- [5] 高世昌. 国土空间生态修复的理论与方法. 中国土地, 2018, 395(12): 40-43. [Gao Shichang. Theories and methods of ecological restoration of land space. China Land, 2018, 395(12): 40-43.]
- [6] 方莹, 王静, 黄隆杨, 等. 基于生态安全格局的国土空间生态保护修复关键区域诊断与识别: 以烟台市为例. 自然资源学报, 2020, 35(1): 190-203. [Fang Ying, Wang Jing, Huang Longyang, et al. Determining and identifying key areas of ecosystem preservation and restoration for territorial spatial planning based on ecological security patterns: A case study of Yantai city. Journal of Natural Resources, 2020, 35 (1): 190-203.]
- [7] 倪庆琳, 侯湖平, 丁忠义, 等. 基于生态安全格局识别的国土空间生态修复分区: 以徐州市贾汪区为例. 自然资源学报, 2020, 35(1): 204-216. [Ni Qinglin, Hou Huping, Ding Zhongyi, et al. Ecological remediation zoning of territory based on the ecological security pattern recognition: Taking Jiawang district of Xuzhou city as an example. Journal of Natural Resources, 2020, 35 (1): 204- 216.]
- [8] 张明斗, 冯晓青. 长三角城市群内各城市的城市韧性与经济发展水平的协调性对比研究. 城市发展研究, 2019, 26 (1): 82-91. [Zhang Mingdou, Feng Xiaqing. A comparative study of urban resilience and economic development level of cities in Yangtze River Delta Urban Agglomeration. Urban Development Studies, 2019, 26(1): 82-91.]

- [9] Fang C, Yu D. Urban agglomeration: An evolving concept of an emerging phenomenon. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 162: 126-136.
- [10] 黄国和, 安春江, 范玉瑞, 等. 珠江三角洲城市群生态安全保障技术研究. *生态学报*, 2016, 36(22): 7119-7124. [Huang Guohe, An Chunjiang, Fan Yurui, et al. Development of ecological security protection techniques for the urban agglomeration area in the Great Pearl River Delta. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36 (22): 7119-7124.]
- [11] Alberti M, Asbjornsen H, Baker LA, et al. Research on coupled human and natural systems (chans): Approach, challenges, and strategies. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 2011, 92(2): 218-228.
- [12] Xiaoyun L, Yu Y, Yi L. Research progress in man-land relationship evolution and its resource-environment base in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2017, 27(8): 899-924.
- [13] 任昫. 生命共同体: 中国环境伦理的新理念. *光明日报*, 2017-1-16(11). [Ren Zhu. Community of life: A new concept of China's environmental ethics. *Guangming Daily*, 2017-1-16(11).]
- [14] 侯增谦. 立足地球系统科学, 支撑自然资源统一管理和系统修复. *中国自然资源报*, 2018-6-12(5). [Hou Zengqian. Based on earth system science, supports the unified management of natural resources and system restoration. *China Natural Resources News*, 2018-6-12(5).]
- [15] 吴传钧. 论地理学的研究核心: 人地关系地域系统. *经济地理*, 1991, (3): 1-6. [Wu Chuanjun. On the core of geography research: Regional system of man-land relationship. *Economic Geography*, 1991, (3): 1-6.]
- [16] 王帅, 傅伯杰, 武旭同, 等. 黄土高原社会-生态系统变化及其可持续性. *资源科学*, 2020, 42(1): 96-103. [Wang Shuai, Fu Bojie, Wu Xutong, et al. Dynamics and sustainability of social-ecological systems in the Loess Plateau. *Resources Science*, 2020, 42 (1): 96-103.]
- [17] 曹小曙. 基于人地耦合系统的国土空间重塑. *自然资源学报*, 2019, 34(10): 2051-2059. [Cao Xiaoshu. Geogovernance of national land use based on coupled human and natural systems. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34 (10): 2051-2059.]
- [18] 赵文武, 刘月, 冯强, 等. 人地系统耦合框架下的生态系统服务. *地理科学进展*, 2018, 37(1): 139-151. [Zhao Wenwu, Liu Yue, Feng Qiang, et al. Ecosystem services for coupled human and environment systems. *Progress in Geography*, 2018, 37 (1): 139-151.]
- [19] 杨锐, 曹越. "再野化": 山水林田湖草生态保护修复的新思路. *生态学报*, 2019, 39(23): 8763-8770. [Yang Rui, Cao Yue. "Rewilding": New ideas for ecological protection and restoration projects of mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39 (23): 8763-8770.]
- [20] 邹长新, 王燕, 王文林, 等. 山水林田湖草系统原理与生态保护修复研究. *生态与农村环境学报*, 2018, 34(11): 961-967. [Zou Changxin, Wang Yan, Wang Wenlin, et al. Theory of mountain-river-forest-farmland-lake-grass system and ecological protection and restoration research. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2018, 34 (11): 961-967.]
- [21] 王守智. 让“谁损毁谁复垦, 谁投资谁受益”更奏效. *中国自然资源报*, 2020-4-28(3). [Wang Shouzhi. Letting "who damages and reclaims, and who invests and benefits" is more effective. *China Natural Resources News*, 2020-4-28(3).]
- [22] 骆保林. 武汉市基本生态控制线管控制度的探索与思考. *城市发展研究*, 2018, 25(11): 43-49. [Luo Baolin. Exploration and consideration on Wuhan basic ecological control line management system. *Urban Development Studies*, 2018, 25 (11): 43-49.]
- [23] 李果. 区域生态修复的空间规划方法研究. 北京: 北京林业大学硕士论文, 2007: 1. [Li Guo, Study of a method of spatial planning used in regional ecological restoration. Beijing: Master Dissertation of Beijing Forestry University, 2007: 1.]
- [24] 谢高地, 曹淑艳, 毕明丽, 等. 粤港澳大湾区生态足迹报告2019. 北京: 世界自然基金会, 2019. [Xie Gaodi, Cao Shuyan, Bi Mingli, et al. Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area Ecological Footprint Report 2019. Beijing: World Wide Fund for Nature, 2019.]
- [25] 李婧贤, 王钧. 粤港澳大湾区生态系统服务识别、分类及制图. *生态学报*, 2019, 39(17): 6393-6403. [Li Jingxian, Wang Jun. Identification, classification, and mapping of coastal ecosystem services of the Guangdong, Hong Kong, and Macao Great Bay Area. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39 (17): 6393-6403.]
- [26] 黄颖敏, 薛德升, 黄耿志. 改革开放以来珠江三角洲基层非正规土地利用实践与制度创新: 以东莞市长安镇为例. *地理科学*, 2017, 37(12): 1831-1840. [Huang Yingmin, Xue Desheng, Huang Gengzhi. The local informal land practice and institutional innovation in the Pearl River Delta Since 1978: A case study of Chang'an town in Dongguan city. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37 (12): 1831-1840.]

- [27] 刘通, 程炯, 苏少青, 等. 珠江三角洲桑基鱼塘现状及创新发展研究. 生态环境学报, 2017, 26(10): 1814-1820. [Liu Tong, Cheng Jiong, Su Shaoqing, et al. Current situation and innovative development countermeasures of the mulberry dike-fish pond in the Pearl River Delta. Ecology and Environmental Sciences, 2017, 26 (10) :1814-1820.]
- [28] 曹永强, 郭明, 刘思然, 等. 基于文献计量分析的生态修复现状研究. 生态学报, 2016, 36(8): 2442-2450. [Cao Yongqiang, Guo Ming, Liu Siran, et al. Research on the status quo of ecological restoration based on bibliometric analysis. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(8): 2442-2450.]
- [29] 徐国劲, 谢永生, 骆汉, 等. 重大生态工程规划设计的理论探讨. 自然资源学报, 2018, 33(7): 1139-1151. [Xu Guojin, Xie Yongsheng, Luo Han, et al. Theoretical discussion on planning and design of major ecological engineering. Journal of Natureal Resources, 2018, 33(7): 1139-1151.]
- [30] 许乃中, 奚蓉, 石海佳, 等. 粤港澳大湾区生态环境保护现状、压力与对策. 环境保护, 2019, 47(23): 11-14. [Xu Nai-zhong, Xi Rong, Shi Haijia, et al. Study on the current situation, pressure and countermeasures of ecological environment in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. Environmental Protection, 2019, 47(23): 11-14.]
- [31] 张修玉. 粤港澳大湾区生态文明框架体系怎么设计. 中国生态文明, 2019, 32(3): 78-81. [Zhang Xiuyu. How to design the ecological civilization framework system in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. Chinese Ecological Civilization, 2019, 32(3): 78-81.]
- [32] 曹宇, 王嘉怡, 李国煜. 国土空间生态修复: 概念思辨与理论认知. 中国土地科学, 2019, 33(7): 1-10. [Cao Yu, Wang Ji-ayi, Li Guoyu. Ecological restoration for territorial space: Basic concepts and foundations. China Land Science, 2019, 33 (7):1-10.]

## Planning strategy of land and space ecological restoration under the framework of man-land system coupling: Take the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area as an example

GONG Qinghua<sup>1,2</sup>, ZHANG Hong'ou<sup>1,2</sup>, YE Yuyao<sup>1,2</sup>, YUAN Shaoxiong<sup>1,2</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geography, Guangdong Open Laboratory of Geospatial Information Technology and Application, Guangzhou 510070, China; 2. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory, Guangzhou 511458, China)

**Abstract:** Ecological restoration of land space is an important measure to promote stability, pattern optimization, and function enhancement of the land space system. Its essence is to reconcile the relationship between people and nature and promote the harmonious coexistence of both sides. Under the background of the implementation of major projects of ecological restoration of land and space, constructing a scientific and reasonable planning strategy oriented to regional development and public needs is a research hotspot in the fields of geography and ecology. Man-land system coupling is the theoretical basis of land space ecological restoration planning. Therefore, this article studies and reviews the difference from traditional ecological restoration planning (TERP) to land space ecological restoration planning (LSERP) under the framework of man-land system coupling. In terms of planning, the TERP is guided by the restoration of ecological system problems, focusing on single-element discrete restoration; the LSERP is based on the "mountain, forest, field, lake and grassland" life community, highlighting the organic integration of ecological processes and space. TERP and LSERP have also undergone significant changes in planning goals, nature, objects, technological paths, scales and policy mechanisms. Taking the typical area with prominent man-land contradiction--the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area as a case, this article analyzes the prominent problems and situations faced by the Greater Bay Area from the perspective of man-land system theory. During the development of the Greater Bay Area, we are faced with problems and challenges, such as the separation of ecological protection elements from the urban development space, the opposition between protection and utilization, the numerous ecological needs, and the difficulty of implementation and control. Ecological problems are the outstanding shortcomings that restrict the high-quality development of the Greater Bay Area. In response to the above problems and needs, this article takes the promotion of human-land harmony in the study area as the general goal, from developing a harmonious ecological restoration strategy, protecting the ecological space as a whole, giving full play to the comprehensive functions of ecological elements, and strengthening mechanisms in terms of guarantees, we have constructed a land space ecological restoration planning strategy and ideas based on problem identification - strategic guidance - overall layout and zoning policy implementation, to enrich man-land system theory, planning theories and methods, as well as to develop land space ecology for other regions as a reference.

**Keywords:** land and space; ecological restoration planning; the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area