

# 国土空间生态修复视角下采煤沉陷区生态修复路径

——以鹤岗市中心城区为例

□ 张远景, 刘嘉博, 朱 逊, 姜 瑞

**【摘 要】**国土空间规划背景下,从全域、全要素、全过程系统且整体地对采煤沉陷区进行修复,成为根治其生态顽疾,带动所在城区转型与发展的重要举措。基于此,文章探索了城市采煤沉陷区“基底研判—格局建构—策略制定”的修复路径,从分析沉陷区的问题与机遇出发,依据动态沉降增加源地识别,通过四象限模型划定修复功能分区,进而构建生态修复格局,并提出了从全域到局地的修复策略,探讨了分区修复范式,明确了依托生态修复格局制定的“双重”工程项目。同时,以鹤岗市中心城区采煤沉陷区为例,构建了“五核十点、一轴五廊、十二分区”的生态修复格局,制定了各分区修复策略,规划了五项重大项目与五项重点工程,为其实现绿色转型、产业发展、宜居宜游、生态焕新提供了切实可行的生态修复路径,以期各地采煤沉陷区的生态修复工作提供参考。

**【关键词】**生态修复;采煤沉陷区;国土空间规划;鹤岗市

**【文章编号】**1006-0022(2022)02-0095-07 **【中图分类号】**TU984 **【文献标识码】**B

**【引文格式】**张远景,刘嘉博,朱逊,等.国土空间生态修复视角下采煤沉陷区生态修复路径——以鹤岗市中心城区为例[J].规划师,2022(2):95-101.

Ecological Restoration of Coal Mining Subsidence Area in Territorial Space Governance: Hegang Case/  
Zhang Yuanjing, Liu Jiabo, Zhu Xun, Jiang Rui

**【Abstract】**The whole area, all elements, full course restoration of coal mining subsidence area by territorial space planning may heal its ecological problems and promote regional transition and development. The paper explores a restoration path of coal mining subsidence area composed by status quo analysis, pattern construction, and strategy formulation. It studies the problem and opportunity of the subsidence area, establishes an ecological restoration pattern, proposes restoration strategies in general and in detail, discusses zoning restoration paradigm, and clarifies major projects. In the case of Hegang central district coal mining subsidence area, the general ecological restoration pattern, strategies for different zones, and major projects plan are formulated to set a feasible path for green transition, industrial development, environmental construction for residence and tourism, and ecological rehabilitation of the coal mining area.

**【Key words】**Ecological restoration, Coal mining subsidence area, Territorial space planning, Hegang

## 0 引言

由于长期以来矿产资源过度化、粗放式的开采,我国各级国土空间出现了大规模的采煤沉陷区,在社会经济、生态等方面产生了诸多安全隐患<sup>[1]</sup>,不仅造成了国土空间结构失衡,还阻碍了区域的良性发展<sup>[2]</sup>。“十四五”

规划明确提出要全面推进采煤沉陷区的改造转型,加大生态修复治理力度,加强生态保护,推动采煤沉陷区社会发展<sup>[3]</sup>。

国土空间生态修复的基本任务是对“地球皮肤”的每一处“伤害”进行恢复治疗<sup>[4]</sup>。较传统生态修复而言,国土空间生态修复愈发强调治理理念的全局性、治理

**【基金项目】**黑龙江省教育科学十三五规划课题(GJB1320074)、教育部新工科研究与实践项目(E-ZYJG20200215)

**【作者简介】**张远景,博士,教授级高级工程师,黑龙江省城市规划勘测设计研究院院长。

刘嘉博,哈尔滨工业大学建筑学院硕士研究生,现任职于寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室。

朱 逊,通讯作者,博士,哈尔滨工业大学建筑学院教授、博士生导师,现任职于寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室。

姜 瑞,哈尔滨工业大学建筑学院博士研究生,现任职于寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室。

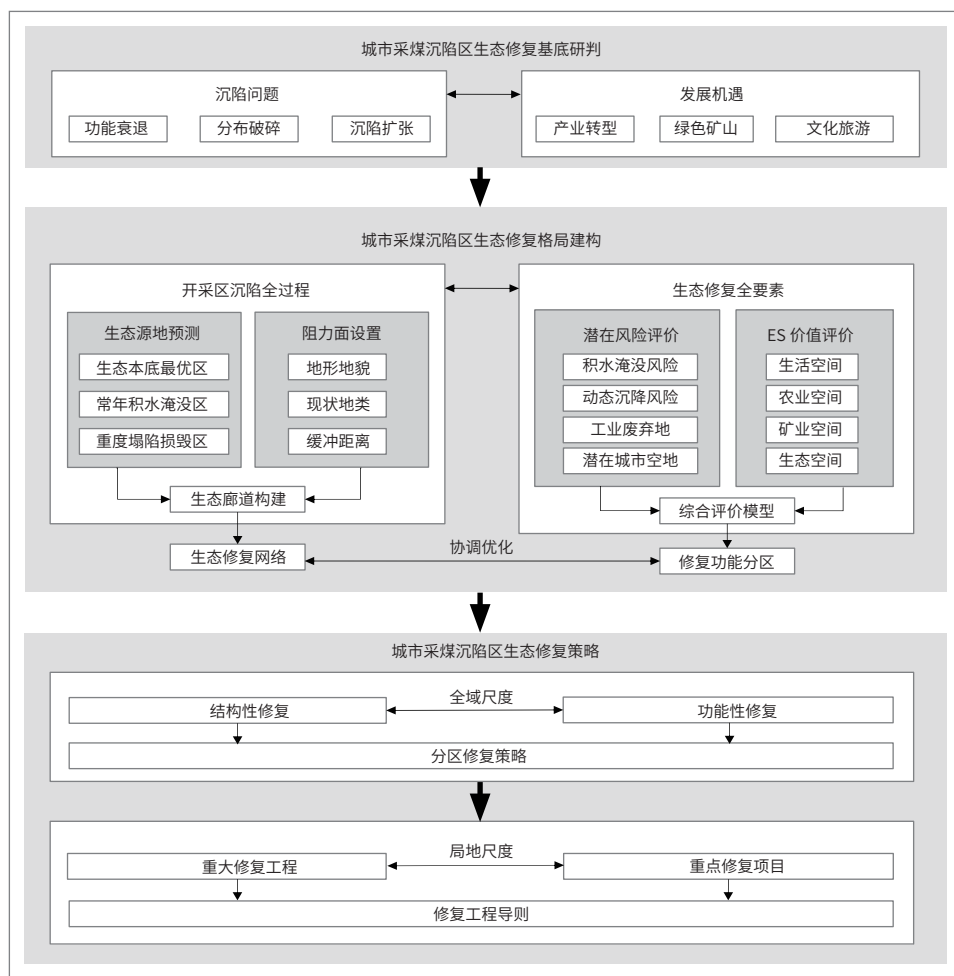


图1 采煤沉陷区生态修复路径

内容的统筹性、治理方式的耦合性、治理策略的实践性，即以全域范围、全要素空间为修复对象，通过现代空间信息技术及定性定量结合分析、情景模拟或实证分析等方法完成对生态结构受损、功能退化问题的诊断，制定差异化与针对性兼顾的修复策略，并落实修复重大项目与重点工程的布局<sup>[5]</sup>。

我国关于采煤沉陷区生态修复的研究已发展近 70 年，然而以往多为对已损毁的场地开展工程技术主导的项目，存在滞后性、无法弹性应对潜在风险的问题<sup>[6]</sup>。随着生态文明理念的深化与国土空间规划体系的构建，关于采煤沉陷区的研究越来越注重对动态的沉陷过程及自然风险进行时序性分析，聚焦于生态网络、生态格局主导的整体性规划，并综合社会—经济—生态指标分区域制定各

类产业转型发展策略。但目前研究仍存在空间分析片面、要素难以兼顾、发展策略笼统、工程项目无处落实的问题，具体体现在以下四点：①单一生态安全主导<sup>[7]</sup>或经济效益权衡下<sup>[8]</sup>的空间分析，难以全面把握沉陷区的发展机遇；以统一指标体系分析全域，难以认知各类主导功能区的修复特征<sup>[9]</sup>。②仅通过生态网络结构识别优先修复区<sup>[10]</sup>，或仅重点修复生态系统保护与恢复重要性高的空间<sup>[11]</sup>，难以承接国土空间规划体系下全域、全要素修复的要求。③仅依据土地稳沉与否或空间优先级<sup>[12]</sup>、重要性制定的分区修复策略<sup>[13]</sup>，将导致治理模式长期停留在笼统模糊的愿景层面，无法判断不同功能区适宜的发展方向。④仅以六大治理模式<sup>[9]</sup>、三生空间协同发展<sup>[8]</sup>作为修复措施，缺乏“双重”工程项目作规范

导则，将导致修复工作无空间抓手。

本文旨在探讨采煤沉陷区的生态修复工作应从哪些方面解读空间、如何统筹全域空间、以何策略修复与发展、如何将项目落到实处的的问题，进而提出了“基底研判—格局构建—策略制定”的三步走路径，以期实现全面、高效、可持续发展的生态修复。

## 1 路径体系：结构与功能的双向驱动

本文遵循国土空间规划理念，探索出一条“基底研判—格局建构—策略制定”三步走的采煤沉陷区生态修复路径。首先，通过考量生态问题把握发展机遇，充分研判生态基底。其次，将网络结构与区划结构叠加、协调并优化，构建统筹点、线、面要素的生态修复格局，一方面基于对开采全过程的预测与分析，识别生态源地、设置适宜的生态阻力，整合修复节点并建构点、线修复网络；另一方面从全要素修复出发，明确各要素空间的风险诱因并衡量其多元价值，建立四象限模型分析全域，以划定修复功能分区。最后，以结构与功能整体性修复为导向，提出分区修复策略，制定“双重”工程项目，落实国土空间规划指南，确保生态规划的可行性（图 1）。

### 1.1 识问题、明机遇，奠定修复工作基础

采煤沉陷区生态问题可归纳为以下三点：①由于采掘点分布无序、开采时序或开采技术不同，采煤沉陷区面临塌陷地分布破碎且破碎程度悬殊的现状；②现存或潜在的大规模采空区将导致沉陷区扩张；③地表的严重损毁将导致房屋倒塌、路面损毁、水土流失、积水淹没和土壤理化性质降低等土地功能衰退现象<sup>[6]</sup>，若治理不利将严重威胁国土空间安全与人民群众的生命财产安全。

采煤区的发展机遇源于其优越的资

源储量、独具特色的地形地貌、完善成型的基础设施与可利用的自然资源,因此针对采煤沉陷区的生态修复需统筹把握矿业空间、农业空间、生活空间和生态空间的全要素,具体措施可归纳为产业转型、绿色矿山与文化旅游三个方向。其中,矿业空间可依据资源储量选择发展高新制造业、新能源产业或绿色开采业;农业空间可依据自身条件选择作物转型或向文旅产业转型;生活空间可发展文旅产业、公共服务业等多种业态;生态空间可与周围生态斑块组成生态屏障,或者发展健康旅游业。

## 1.2 选源地、定阻力,建立生态修复网络

生态修复网络是修复格局的点、线要素来源,其由生态源地、生态廊道与生态修复节点组成。依据现状生态质量与修复后的生态潜力,本研究的生态源地包括生态基底最优区、常年积水淹没区与沉陷严重损毁区。阻力面的设定应体现生态恶化的程度,采煤沉陷区具有公路铁路纵横,塌陷范围大、程度深,分布破碎,土壤贫瘠,以及距离水源地、林地较远等高阻力特征,因此在赋予其阻力值时,应适当提高孔繁华、尹海伟等学者提出的赋值标准<sup>[14]</sup>,同时基于MCR模型理论<sup>[15]</sup>,根据不同土地类型的阻力面差异,依次计算源地间的阻力值,选取最小成本路径建立生态廊道。

生态修复节点由生态断裂点与面积小、破碎化的生态斑块组成,其是提高沉陷区景观连通性的关键要素。一方面,由于矿产运输需求,采煤沉陷区内的公路、铁路难免与生态廊道交叉或重合,产生若干生态断裂点<sup>[16]</sup>,这些断裂点应被纳入修复网络结构;另一方面,小而散乱的生态斑块多被地表塌陷导致的地质灾害侵蚀、破坏,或被矿区与生活空间侵占,若不加以干预将会使生态系统进一步恶化,因此应将若干邻近的斑块整合,调整其形态并将其作为生态修复

节点融入周边环境。

## 1.3 研风险、评价值,划定修复功能分区

修复功能分区是生态修复格局的面要素来源,需通过风险与价值综合评价,识别其在生态修复视角下的空间特征,即风险与价值的高低组合情景。

风险评价应从空间危机与时序灾害着手,前者指现存的工业废弃地或潜在的城市空地的空间闲置、功能缺失造成的城市安全隐患;后者指地表持续下沉与不同程度的积水淹没。在风险评价中,将常年性淹没、地表持续下沉、现存工业废弃地、出现城市空地的高概率认定为高等级因子;将季节性积水、地表稳沉、无废弃地、出现城市空地的低概率认定为低等级因子。在对空间进行综合评价时,高等级因子出现一次或中等级因子出现两次及两次以上区域被界定为高风险地区,其他情况区域被界定为低风险地区。

在进行价值评价时,应对矿业空间、农业空间、生活空间、生态空间分别进行评价,通过评价各空间直接或间接对社会产生的效益来界定其价值。具体而言,矿业空间价值取决于矿产资源储量、开采设施完善程度、运输系统发达程度。其中,资源储量为判断矿业空间价值高低的核心因素,其他二者为次要因素。农业空间价值取决于耕地生产能力,应依据耕地所处区域的农业生产适宜性等级确定。生活空间价值取决于居民数量、城市基础设施完善程度、交通发达程度与土地建设适宜性四项因子。在生活空间评价中,通常将人口较多、设施完善、交通发达、土地平坦的中心城区界定为高价值空间;将人口少、设施差、交通不发达、土地崎岖不平的棚户区认定为低价值空间,具体数值与标准应结合当地的人口和经济进行综合判断。生态空间价值取决于其生态系统服务功能。沉陷区的生态空间由生态斑块与公园绿地组成,因

此在对其进行评价时,通常将生态基础佳、面积大且形态完整的林地认定为高价值区域,破碎化或荒芜的小型生态空间认定为低价值区域。

由于风险和价值是两个相对独立的评价指标,可能出现高风险高价值、高风险低价值、低风险高价值、低风险低价值四类组合情景,可构建“风险—价值”综合评价模型,进而通过对沉陷区覆盖的矿业、农业、生活、生产四类用地逐一匹配修复情景,以划分修复功能空间。

## 1.4 厘冲突、定格局,制定“全域—局地”尺度的修复策略

生态修复格局由修复网络与分区空间叠加、协调与优化而得,由点、线、面要素组合而成。其中,点要素即修复核心区与修复的关键点,即分别对应一级源地与二级源地及生态节点;线要素即生态主轴与重要廊道,由廊道的等级、长度及与区域外生态源地的衔接关系而定;面要素即生态修复分区,在协调修复功能空间与网络中点线要素的空间布局后,优化边界而得。

全域尺度的修复需对生态修复分区的结构与功能进行统筹规划。对于结构修复而言,各分区之间的发展重要性存在差异,在生态修复过程中可能会出现多分区组团式或单核集中式的协同发展结构。具体而言,生态保护红线内林区周边的破碎化耕地、宅基地应以林区为中心,以生态保护优先为原则,对耕地的生产功能或居住功能进行取舍;保证永久基本农田周边的矿点、宅基地不影响耕地的保有量,严禁大规模井工开采或城市建设;矿区周边的居住空间依附于矿区,应以资源产业发展为主导。对于功能修复而言,需适配区域的空间特征和发展目标,其中空间特征应根据风险价值综合评价确定,发展目标确定前需分类探讨各种修复情景。结构与功能的相辅相成可实现优势凸显、效益最大化的治理成效。

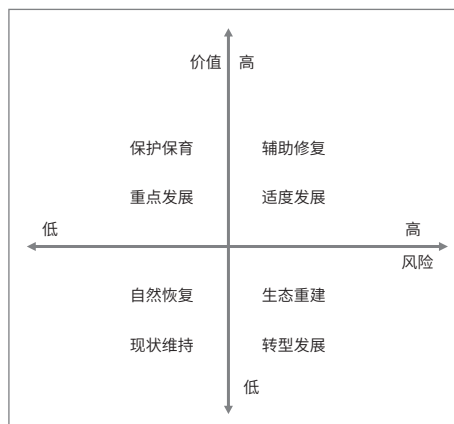


图2 IPA修复情景分析

局地尺度的修复应落实到工程项目的规划上，即根据修复格局中的修复核心区、生态主轴布置重大工程，根据修复关键点、重要廊道布置重点项目。其中，修复核心区与修复关键点作为沉陷区高质量生境斑块，在维持生态网络结构稳定的基础上，既可作为物种扩散与维持的源点，支撑起全域物种的多样性，又可通过转型成为生态兼具游憩或生产型空间，辐射其所在分区以带动功能提升或产业更新。生态主轴与重要廊道一方面保证了内外生态过程的交流，另一方面为居民游客提供了健康出行、文旅体验的游憩绿网。

## 2 范式探讨：修复策略与发展目标耦合

国土空间生态修复措施可划分为保育保护、自然恢复、辅助修复和生态重建四个层级，不同层级体现了由弱到强的人工介入程度<sup>[17]</sup>。基于此，本文通过建立四象限模型辨析采煤沉陷区的生态修复方法和发展目标，以寻求全域空间差异化的发展方向，并实现修复效益的最大化（图2）。

### 2.1 高价值高风险空间：辅助修复，适度发展

高价值高风险空间通常资源禀赋较好、社会或生态重要性较高，但是也面临

空间失序或淹没沉降的问题，针对其可采用辅助修复、适度发展的策略：①将农业空间规划为耕地保护优化区、农业科研试验区或农业观光园区，其中耕地保护优化区面临动态沉降的风险，应持续观测地表下沉、土壤受损情况，以保证耕地安全；农业科研试验区或农业观光园区可能面临动态沉降与积水淹没的双重风险，应识别洪涝淹没区，复垦水田或建设农业观光产业，带动第二、第三产业共同发展。

②将生活空间规划为宜居宜业发展区，并加强沉降或积水的监测，及时填充塌陷区、治理淹没区，同时政府应精准帮扶受灾居民，可酌情采取异地搬迁的方式，将塌陷的棚户区、城中村作为弹性空间，供未来规划使用。③将生态空间规划为核心生态保护区或公园绿地建设区，前者为接壤林区的大规模林地斑块，应加强人工监管、严禁采伐，同时优化其群落结构，使其可弹性应对自然灾害；后者为建成区、工矿区内原生林地，应通过辅助修复工程加快其生境质量的提升，可在其基础上新建公园绿地，在公园内划定生态保护区、游憩服务区，为市民提供游憩场所。

### 2.2 高价值低风险空间：保育保护，重点发展

高价值低风险空间多具备最理想的基础条件，通常其资源禀赋、生产条件、社会基础优越，几乎不会面临生态威胁，因此可以采用保育保护、重点发展的策略，充分发挥其价值优势，大力投入人力物力实施重点发展，以起到对全市产业的示范、引领作用，具体策略包括：

①将矿业空间规划为绿色矿山示范区，加大人力物力的投入力度，强化资源生产的重要性，促进勘探与开采技术的现代化发展，以践行绿色矿山为理念，打造绿色开采的示范样本，如可定期开展“矿山复绿”主题经验交流会，宣传优秀案例，为市区甚至全国提供经验参考。②将农业空间规划为基本农田保护区，

引入现代化农业技术设备，在保证永久基本农田稳定的基础上争取实现粮食产量的增长。③将生活空间规划为城镇综合发展区，加大城市基础设施的完善力度，内容包括受损建筑的翻新与更新、交通网络的优化、街旁绿地的建设，以全方面提高矿区居民生活质量。此外，生态空间修复规划与适度发展的情景相似，由于生态空间更安全，可相应减少风险监测成本。

### 2.3 低价值高风险空间：生态重建，转型发展

低价值高风险空间是基础条件最不理想区域，通常资源告急、基础设施完善程度较低、土壤贫瘠或生境受损较严重，现状功能难以维持，因此对其应采取生态重建、转型发展的策略，通过判断投入产出比适当取舍产业，寻求转型机会，具体策略包括：①矿业空间可依据受损程度与沉陷风险进行差异化规划。针对受损程度较轻、沉陷风险较低的区域，研判矿产资源储量与区位优势前景的动态变化，推动工矿业向高新制造业的有序转型。识别受损程度与沉陷风险较高的区域作为现存与潜在的工业废弃地，利用已产生的沉陷高差发展光伏等新能源产业，或利用沉陷产生的淹没建设人工湿地。首先，解决淹没与土地塌陷问题，恢复生境稳定。其次，加大投资力度，将常年淹没风险区复垦、重建为湿地公园。最后，以文化旅游业为中心，招商引资，发展配套商业服务业，促进多元产业并行发展。②将农业空间规划为新能源产业建设区，通过权衡土地复垦的投资回报比，放弃生产功能，促进其土地功能向更有益于城市建设的方向转变，如可置换为光伏发电厂，为城区供电提供便捷。③加大对生活空间的资金支持力度，尽快安排居民搬迁，保证居民生活质量。④将生态空间规划为植物群落优化区，依据自然风险选取最佳植物群落配置方案，洪涝区可配置水生植

物系统，非稳沉区可优化乔灌草结构以提高生态空间韧性。

2.4 低价值低风险空间：自然恢复，现状维持

低价值低风险空间属于“平庸化”的空间，无价值优势且无风险干扰，在对其进行生态修复时，应协调周边环境，以自然恢复为主，并进行适度的投资建设、合理配比人力物力，同时可维持现状土地功能并进行轻度修复或置换为弹性发展用地，结合周边的文化、生态特色配套发展，具体策略包括：①将矿业空间规划为矿业文化旅游区或弹性预留区，对于矿区内现存较好的生态斑块或公园绿地，应充分利用其生态基底优势，为矿区营造游憩空间；结合当地矿业文化打造文旅产业，投资建设交通及公共服务基础设施，吸引外来游客，诉说好“煤城故事”、推广好“煤城名片”。对于矿区内基础条件过于平庸的土地，应谨慎投资建设，优先恢复其生态环境，权衡后再选择现状维持或弹性预留。②将农业空间规划为弹性预留区，将生产适宜性较低的土地与周边环境相协调，并作为城市未来发展的弹性预留空间。③将农业空间规划为退耕还林区，以置换低效耕地，稳步恢复土地生态功能。④将生态空间规划为植物群落优化区，由于该地区的植物选择受限较少，可引入本土树种加强人工生境的营造。

3 鹤岗市中心城区采煤沉陷区生态修复实践

3.1 研究区概况

鹤岗市是一座“因煤而立，缘煤而兴”的城市，该市的矿区开采始于1917年，至今拥有近百年的煤矿开采历史。鹤岗市区内集中分布了十二大矿区，总面积高达9 966.83 hm<sup>2</sup>，中心城区内近65%的区域分布有矿区<sup>[18]</sup>。常年粗放式的开采作业与对环境治理的忽视，导致鹤岗

市中心城区发生大规模地表沉陷灾害，严重损毁了该市的生态系统，制约了城市的良性发展，日益恶化的生活环境也带给居民较大困扰。同时，潜在的矿产资源枯竭、传统产业停滞，以及地表持续下沉、局部积水淹没等综合风险更是给此煤炭老城带来衰败的迹象。

现以2025年为规划期，届时鹤岗市中心城区兴山、富力两矿区出现资源告急并预计关闭；南北端两处为规划拟建矿区，尚处于勘探期，未投入开采。基于概率积分法预测可知，2025年全域受采煤沉陷影响的土地将高达11 803.5 hm<sup>2</sup>，危害超80%的中心城区空间(图3)。因此，亟需在国土空间生态修复的指导下探索产业转型、活力重塑与生态焕新的途径。

3.2 构建生态修复格局

本文首先运用概率积分法预测2025年鹤岗市中心城区地表沉陷情况，运用无源淹没法，通过划分小流域预测2025年区域的淹没情况，常年积水淹没与重度塌陷损毁的区域作为生态修复的核心区域，经修复后具有较高的生态潜力，

并结合生态基底最优的空间共同选取为生态源地。同时，依据斑块的规模，将面积超过100 hm<sup>2</sup>划定为一二级源地，面积在25 hm<sup>2</sup>至100 hm<sup>2</sup>的划定为一二级源地。其次，构建适宜于沉陷区的阻力面并生成生态廊道，识别整合生态断裂点与破碎斑块提取修复节点，从而生成包含5个一级源地、14个二级源地、9个生态断裂点、6个破碎斑块、4条一级廊道与12条二级廊道的生态修复网络(图4)。同时，以“风险—价值”综合评价中心城区内的矿业、农业、生活和生产四类土地，界定对应的修复功能空间，并协同网络结构划定12个修复分区，最终生成“五核十点、一轴五廊、十二分区”的生态修复格局(图5)。

3.3 四类生态修复策略

本文以生态修复格局为空间依托，以各情景的修复范式为措施遵循，对研究区内12个修复分区制定差异化的发展目标与针对性的修复策略，以实现鹤岗市中心沉陷区的绿色转型、产业发展、宜居宜游、生态焕新(图6)。

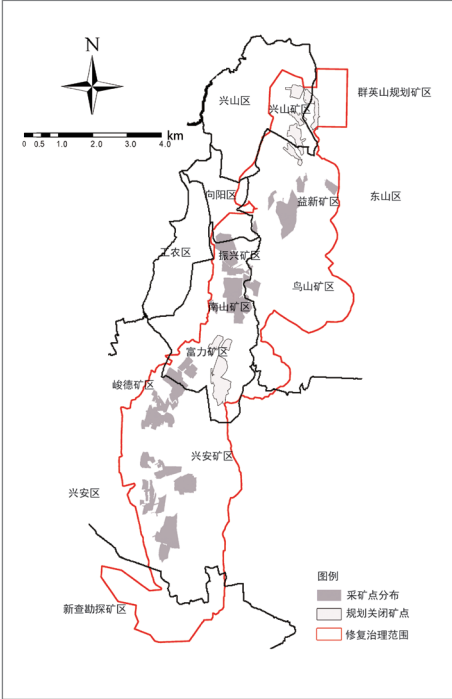


图3 鹤岗市中心城区采煤沉陷区修复治理范围

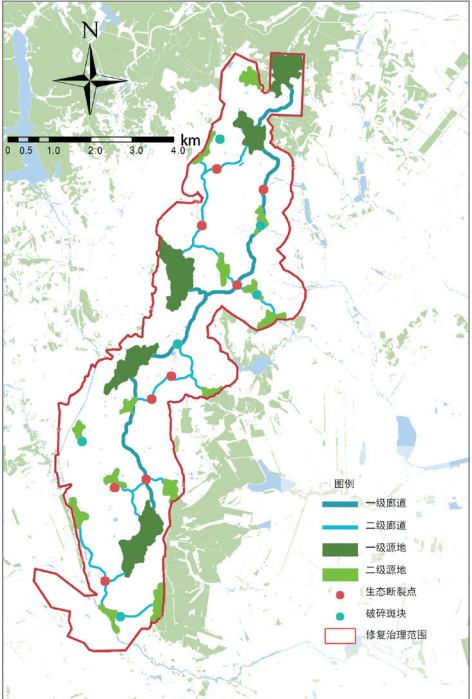


图4 鹤岗市中心城区生态修复网络

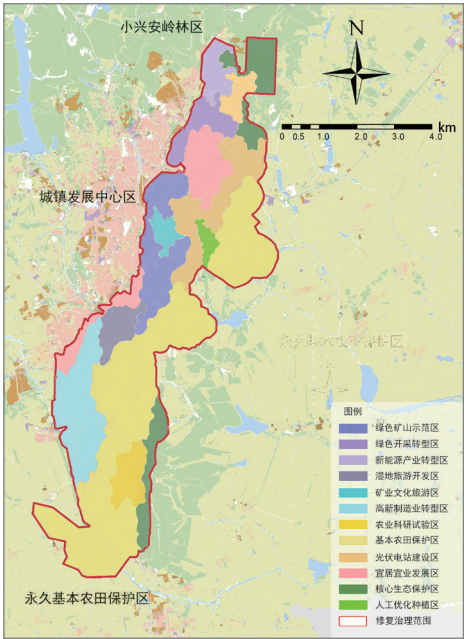


图5 鹤岗市中心城区生态修复分区

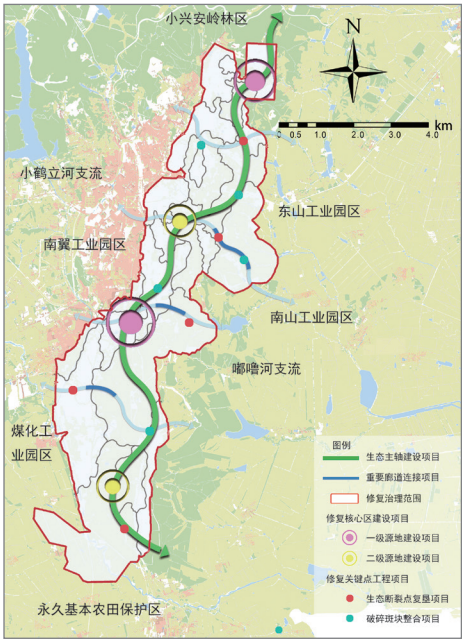


图6 鹤岗市中心城区生态修复工程项目分布

表1 鹤岗市中心城区生态修复重大工程与重点项目

| 格局要素       | 功能修复                                                                                                                                                 |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 重大修复核心区项目  | 富力矿区文化公园建设项目<br>提高富力矿区环境品质；带动矿业文化旅游区协同发展                                                                                                             |
| 生态主轴       | 兴山区生态屏障保护项目<br>融入小兴安岭林带，作为市区生态屏障<br>高产农田实验基地项目<br>探索农业种植新途径，促进产学研一体发展<br>南山湿地公园建设项目<br>打造当地文旅新标志，进行矿区旅游转型探索<br>游憩绿廊建设项目<br>为市民游客提供休闲游憩绿道，维持全域及内外生态交流 |
| 重点修复关键节点工程 | 公园绿地建设项目<br>提高游憩空间可达性；增强建成区下垫面透水性<br>破碎斑块整合项目<br>恢复破碎化生境，集中发展提高环境调节能力<br>流域局部清淤工程<br>恢复城市河道生态功能<br>农田作物转型工程<br>作物转型可弹性应对洪涝，实现粮食产量最大化                 |
| 重要廊道       | 城市河道修复工程<br>提高水网连通性，进行河道软化                                                                                                                           |

(1) 矿业空间修复区。

将矿业空间修复区规划为绿色矿山示范区、绿色开采转型区、新能源产业转型区、湿地旅游开发区、矿业旅游文化区与高新制造业转型区六类。绿色矿山示范区位于南部兴安矿区，属于高价值低风险空间，应践行绿色矿山理念，加大人力物力投入以提高开采技术、更新工业基础设施，打造为龙头示范区，并通过定期开放参观为全国煤炭行业提供交流学习平台。绿色开采转型区即西北侧乌山矿区，其矿产分布范围广，属

于高价值低风险空间，可参考兴安区的先行示范案例，有序投入资金，使其稳步向绿色矿山转型。新能源产业转型区位于北端兴安矿区，属于低价值高风险空间，其计划在2025年闭矿，可转变修复思路，加大政府投资、招商引资，陆续发展太阳能、风能发电等新能源产业，为全市产业转型提供借鉴。湿地旅游开发区位于南山矿区内塌陷最严重的矿区范围，属于低价值高风险空间，对其修复应秉持转危为机、变废为宝的发展思路，以常年积水风险区为中心，加大投

资力度建设人工湿地，结合工业老区的历史文化打造湿地文化公园，拆除周围废弃厂房，招商引资以发展旅游配套服务业，并将其作为鹤岗市城市新名片，推动当地经济发展。矿业文化旅游区位于振兴矿区内，属于低价值低风险空间，区内分布面积较大、生境质量较高的林地，可投资建设矿区文化公园，以发掘其生态优势，为周边居民与从业者提供休闲游憩空间，可将其与南部湿地文化公园组团发展，共同带动当地文化旅游业的发展。高新制造业转型区位于峻德矿区内，属于低价值高风险空间，应利用好闲置地与工业废弃地的场地条件及基础设施，组团式转型为高新制造业园区，依托当地交通优势，形成与开采业配套的产品加工业，促进“矿区内部经济自循环”。

(2) 农业空间修复区。

将农业空间修复区规划为农业科研试验区、基本农田保护区与光伏电站建设区三类。农业科研试验区位于全域南侧峻德矿区的非稳沉范围内，属于高价值高风险空间，对其的修复可以淹没区为中心复垦水田，并投入高产水稻育种实验，为农业院校提供实验基地，促进产学研融合发展。基本农田保护区的范围最广，几乎覆盖全域东侧非稳沉区，属于高价值高风险空间，对其的修复应加强土壤质量监管，及时填充塌陷、治理淹没，以实现产量的稳中有增。光伏电站建设区位于中部南山与富力矿区间，属于低价值高风险空间，鉴于诸多不利因素，在权衡耕地复垦回报比后，可置换产业功能，发展光伏发电厂。

(3) 生活空间修复区。

将生活空间修复区整体规划为宜居宜业发展区，具体可分成两个部分，其中一部分位于向阳—振兴矿区中心，也是全市中心，由集中式的居住组团与其周围较大面积的公共服务区组成；另一部分位于西侧兴安矿区边缘，为附属于矿区的家属区，属高价值低风险空间，

应稳定投入资金,开展城市更新项目,提高居民生活质量。

#### (4) 生态空间修复区。

将生态空间修复区规划为核心生态保护区与人工种植优化区两类。其中,核心生态保护区分布在全域南北端两处,均与外围大面积林区接壤,属于高价值低风险空间,该区生态系统服务价值高,隶属于小兴安岭森林带,是鹤岗市区北部的生态屏障,应在此处规划兴山区生态屏障保护项目,加大人力监管,执行最严格的保护,守住矿区生态安全底线。此外,未来应采用无人机等智能勘探技术,减少对环境的破坏。人工种植优化区位于贫瘠耕地中央一处灌木林地,属于低价值高风险空间,应着重投入资金,引入乡土乔灌木以丰富其群落结构,提高弹性对抗风险的能力。

### 3.4 重大项目与重点工程

重大项目包括四大核心区建设项目与游憩绿廊建设项目。核心区建设项目均位于各分区枢纽位置,重点规划建设可以满足各空间修复需求与发展诉求;游憩绿廊建设项目为贯穿全域南北端的生态主轴,旨在打造为促进市民绿色出行、带动文旅产业、支持物种迁徙的沉陷区绿道。重点工程包括十处,包括建设公园绿地、整合破碎斑块、河道清淤、农作物转型项目与三处城市河道区段修复工程。四类点状修复工程可协同所属分区提升区域整体功能,亟需修复的河道分布于市域水系流经采煤沉陷区的断裂处或硬化严重的河段,通过河流廊道连接、河道软化可提高蓝绿网络的连通性,改善沉陷区水生态系统(表1)。

## 4 结语

作为国土空间健康与安全的重大隐患之一,采煤沉陷区亟需通过体系化的生态修复途径,恢复受损的生态系统,优化衰退的空间功能,进而实现资源型

城市高质量转型发展,本文在国土空间生态修复视角下,构建了“基底研判—格局建构—策略制定”三步走的修复路径,提出了生态修复格局的构建方法,将生态修复修复策略与社会经济发展目标相结合,并以重大项目、重点工程结合作为具体抓手,将矿山修复纳入国土空间规划统一考量,从而解决了过去空间解读片面、要素兼顾性差、策略笼统模糊与项目难以落地的问题。最终依据此路径为鹤岗市中心城区采煤沉陷区规划了切实可行的分区修复策略与双重工程项目。当前,国土空间生态修复理论研究持续深入,实际项目如雨后春笋般开展,采煤沉陷区的修复研究务必紧跟发展动向,未来需进一步优化此生态修复路径,以更好地承接、融入国土体系。

#### [参考文献]

- [1] 胡炳南,郭文砚.我国采煤沉陷区现状、综合治理模式及治理建议[J].煤矿开采,2018(2):1-4.
- [2] 白中科,周伟,王金满,等.再论矿区生态系统恢复重建[J].中国土地科学,2018(11):1-9.
- [3] 杨方亮,许红娜.“十四五”煤炭行业生态环境保护与资源综合利用发展路径分析[J].中国煤炭,2021(5):73-82.
- [4] 王军,应凌霄,钟莉娜.新时代国土整治与生态修复转型思考[J].自然资源学报,2020(1):26-36.
- [5] 白中科.国土空间生态修复若干重大问题研究[J].地学前缘,2021(4):1-13.
- [6] 李凤明,丁鑫品,孙家恺.我国采煤沉陷区生态环境现状与治理技术发展趋势[J].煤矿安全,2021(11):232-239.
- [7] 裴燕如,孙炎浩,于强,等.黄河流域典型矿区生态空间网络优化——以鄂榆地区为例[J].煤炭学报,2021(5):1541-1554.
- [8] 王来健,张绍良,尹鹏程,等.采煤沉陷湖人工湿地对周边土地价格的溢出效应研究——以徐州市九里湖湿地为例[J].地理科学,2017(8):1234-1242.
- [9] 李佳铭,余建辉,张文忠.中国采煤沉陷区空间格局与治理模式[J].自然资源学报,2019(4):867-880.
- [10] 程可欣,王志芳,唐瑜聪.国土空间尺度下生态修复空间优先级与策略探

究——以矿山用地为例[J].风景园林,2021(12):10-15.

- [11] 常江,李灿坤,冯姗姗,等.煤炭城市山水林田湖草生态保护修复分区及规划策略研究——以古交市为例[J].生态经济,2021(6):222-229.
- [12] 龚俊豪,赵卫东,赵纪堂,等.基于GIS的非稳沉采煤塌陷区生态治理研究[J].能源环境保护,2018(3):15-22.
- [13] 冯姗姗.城市GI引导下的采矿迹地生态恢复理论与规划研究[D].徐州:中国矿业大学,2016.
- [14] 孔繁花,尹海伟.济南城市绿地生态网络构建[J].生态学报,2008(4):1711-1719.
- [15] Knaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating Habitat Isolation in Planning Landscape[J]. Landscape and Urban Planning, 1992(1): 12-16.
- [16] 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[J].自然资源学报,2020(1):190-203.
- [17] 王晨旭,刘焱序,于超月,等.国土空间生态修复布局研究进展[J].地理科学进展,2021(11):1925-1941.
- [18] 胡振琪,龙精华,张瑞娅,等.中国东北多煤层老矿区采煤沉陷地损毁特征与复垦规划[J].农业工程学报,2017(5):238-247.

[收稿日期]2021-10-15