

引用格式: 马静, 华子宜, 杨斌, 等. 国土空间生态修复视域下资源枯竭区社会-生态系统重构[J]. 资源科学, 2026, 48(1): 40-56.  
[Ma J, Hua Z Y, Yang B, et al. Reconstruction of social-ecological system in resource-exhausted areas from the perspective of ecological restoration of territorial space[J]. Resources Science, 2026, 48(1): 40-56.] DOI: 10.18402/resci.2026.01.04

# 国土空间生态修复视域下资源枯竭区 社会-生态系统重构

马静<sup>1</sup>, 华子宜<sup>1</sup>, 杨斌<sup>2</sup>, 骆占斌<sup>1</sup>, 杨永均<sup>3</sup>, 陈浮<sup>1</sup>

(1. 河海大学公共管理学院, 南京 211100; 2. 中国矿业大学公共管理学院, 徐州 221008;  
3. 中国矿业大学矿山生态修复教育部工程研究中心, 徐州 221116)

**摘要:**【目的】矿产资源开发严重损害社会-生态系统的可持续性, 实施生态修复对资源枯竭区打破“资源诅咒”至关重要。【方法】基于多元主体共治和焦点行动情境的社会-生态系统分析框架, 采取案例分析法揭示国土空间生态修复重构资源枯竭区社会-生态系统的逻辑与进路。【结果】①资源枯竭区社会-生态系统面临人民福祉收缩、土地资源破坏、产业结构崩溃、生态系统退化等多重困境; ②国土空间生态修复引入多元主体参与, 重塑资源枯竭区人-地-业-生态系统之间的关系, 促进社会-生态系统良性互馈的形成; ③未来应以系统互馈关系识别、修复效果评估及社会-生态系统演化监测为深入方向, 并辅以国家强制性规则、市场参与性引导和社会响应性互动, 贯彻矿地统筹治理和生态产品价值实现两大方向展开改革, 促进资源枯竭区社会-生态系统高效能治理与高质量发展。【结论】国土空间生态修复通过重构社会-生态系统互馈关系, 助力资源枯竭区转型升级走出恶性劣化循环。今后应贯彻社会-生态系统分析框架于国土空间生态修复全流程, 促进资源枯竭区人与自然是和谐共生。

**关键词:** 生态修复; 社会-生态系统; 资源枯竭区; 系统恢复力; 高质量发展

DOI: 10.18402/resci.2026.01.04

## 1 引言

人类活动已彻底改变全球生态系统的演化, 一系列不合理利用加剧了社会-生态系统危机, 科学应对发展与保护双重困境已成为全球可持续发展的共同话题。经过长期科学探索与工程实践, 人们逐渐意识到仅仅关注生态因子的单向治理无法从根源上解决日益严峻的生态危机, 重视人地关系在生态环境治理中的作用已逐渐成为可持续发展实现的关键<sup>[1]</sup>。习近平总书记在党的二十大报告中提出“中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化”, 为新时代自然资源环境治理能力提升、美丽中国建设指明了方向。作为生态文明建设的重要抓手, 国土空间生态修复遵循“人与自然和谐共生”“山水林

田湖草沙生命共同体”的基本准则, 在拓展传统单一要素、单过程、单空间生态修复目标对象的基础上, 突破“就生态论生态”的封闭技术思维, 将社会系统的动态适配性纳入修复目标体系, 引导人们运用自然-社会复杂系统修复手段<sup>[2]</sup>, 以扭转长久以来经济社会与资源环境的单向依赖格局, 为统筹促进社会-生态系统的协调双向发展开辟全新路径<sup>[3]</sup>。

2019年中共中央、国务院出台《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》, 众多学者从不同视角对国土空间生态修复展开研究, 并在内涵和方法体系上形成共识。学术界普遍认为, 国土空间生态修复比传统的生态修复更具系统性、整体性、综合性、尺度性和过程性<sup>[4,5]</sup>, 强调人与自然和谐

收稿日期: 2024-11-21; 修订日期: 2025-04-23

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFC3804202); 国家自然科学基金面上项目(42377465; 52374170)

作者简介: 马静, 女, 安徽淮北人, 副教授, 研究方向为矿区生态修复。E-mail: jingma2022@hhu.edu.cn

通讯作者: 陈浮, 男, 江苏射阳人, 教授, 研究方向为国土空间生态修复。E-mail: chenfu@hhu.edu.cn

2026年1月

共生原则的指导地位<sup>[6]</sup>。大量案例研究基于生态安全格局<sup>[7]</sup>、生态保护红线<sup>[8]</sup>、生态系统服务<sup>[9]</sup>等多元视角,开展流域或行政单元尺度下国土空间生态修复关键区识别、格局重构以及管控优化等研究<sup>[10]</sup>。但修复实践中,对人地共生、互作关系的探索缓慢,忽视了经济社会要素对生态修复的影响,严重阻滞了人与自然和谐共生理念在理论方法上的传导与贯彻,从而导致生态修复要素碎片化<sup>[11]</sup>、尺度欠统筹<sup>[12]</sup>、实施缺乏保障<sup>[13]</sup>等问题,甚至旧账未还、新账又起,极大阻碍了中国式现代化进程。

社会-生态系统(Social-Ecological Systems, SES)分析框架由美国政治经济学家Ostrom<sup>[14]</sup>提出,旨在为理解复杂的社会-生态系统关系、评估公共政策和综合治理成效提供有效方法。国土空间是人类与自然共存互生的物理载体,生态修复受资源禀赋、政策管理、资金投入、技术应用等多重社会-生态因素制约。将国土空间生态修复置入社会-生态系统分析框架,是引导国土空间生态修复研究从单一状态向多元互动演进的重要途径,有利于系统剖析修复对象、全面评估修复策略,对资源枯竭区尤为重要。资源枯竭区已进入资源产业末期,严重依赖资源开发的单一产业结构导致的“资源魔咒”严重冲击社会-生态系统的可持续性。长期高强度矿产资源开发不仅引发地表塌陷、生境破碎、环境污染等一系列生态问题,更会导致资源枯竭区的产业凋敝、经济停摆、人口萎缩和社会不稳。推动资源枯竭区人口、产业、社会和生态转型是走出衰退困境的必由之路,国土空间生态修复是唯一的选择,可推动高效能治理,助力高水平转型,实现高质量发展。国务院颁布《关于促进资源型城市可持续发展的若干意见》(国发〔2007〕38号)、国家发展和改革委员会印发《对资源枯竭城市转型升级真抓实干成效明显地方进一步加大表扬激励支持力度的实施办法》(发改办振兴〔2019〕8号)、国务院批复了国家发展和改革委员会报送的《“十四五”特殊类型地区振兴发展规划》等一系列重要政策文件,将资源枯竭区转型发展问题推向新的高度,学界围绕振兴政策成效评估<sup>[15]</sup>、转型机制与时空变化<sup>[16]</sup>、问题识别与对策建议<sup>[17]</sup>等展开一系列研究,但对资源枯竭区国土空间生态修复问题研究仍处于起步阶段。与非资源地区相比,资源枯竭区面临更加复杂多变

的社会-生态系统问题,如何以国土空间生态修复为切入点,阻断产业-环境恶性循环,改善社会-生态系统已迫在眉睫。

徐州市是华东地区最重要的煤炭产区,是江苏省唯一的“百年煤城”。贾汪区位于徐州主城区东北部(117°17'E—117°42'E, 34°17'N—34°32'N),累计生产原煤3.6亿t,长达百年的煤炭开采造成大量农田损毁、房屋坍塌和生态环境恶化。2001年“7·22”煤矿爆炸事故后,贾汪区开始压缩产能,煤炭相关产业迅速萎缩,导致大量人口失业、生活无法保障。在环境污染、生境破碎、人口流失、资金匮乏等多重压力下,贾汪区社会-生态系统陷入了“人-地-业-生态”劣化恶性循环。2011年贾汪区被列为全国第三批资源枯竭型城市,从此开启利用生态修复推动区域经济社会发展转型之路。经过多年采煤塌陷地治理、山林复绿、河湖整治等一系列修复实践,实现从“一城煤灰半城土”到“一城青山半城湖”的成功蜕变。其中,作为面积最大、下陷最深、污染最重、周边最穷的权台矿和旗山矿采煤塌陷典型区,经过沉陷修复、生态重塑、固碳增汇、产业导入“四位一体”的国土空间生态修复,建成全国著名的潘安湖国家湿地公园,成为全国资源枯竭区经济转型发展与生态修复典型案例。基于此,本文以徐州市贾汪区为样本,基于面向国土空间生态修复的社会-生态系统分析框架,识别资源枯竭区社会-生态系统演化特性及关键问题,剖析国土空间生态修复对社会-生态系统的作用机理及强劲效能,为全球资源枯竭区社会-生态系统重构提供理论参考和实践案例。

## 2 面向国土空间生态修复的社会-生态系统分析框架

Ostrom<sup>[14]</sup>基于多中心治理理论制度分析与发展框架提出社会-生态系统(SES)分析框架,其核心是多元主体共治和重点行动情景。该分析框架由资源系统(RS)、资源单位(RU)、治理系统(GS)、行动者(A)共同构成多元治理主体和核心子系统,从而分析特定社会-生态系统的基本属性、主要问题和影响机制。重点行动情景作为系统的核心变量,承载所有行动的互动过程(I)与反馈结果(O)。同时,应考虑其他外生因素对社会-生态系统的影响,将

生态系统(ECO)和社会因素(S)共同纳入核心变量(图1)。

根据《省级国土空间生态修复规划编制指南》等相关文件,国土空间生态修复是以优化国土空间格局、维护生态系统可持续性、提升生态服务效能为目标,针对存在结构退化和功能失调的国土空间受损生态系统,通过恢复-整治-重建等多维度干预手段实施的综合性治理活动<sup>[18]</sup>。相较于传统生态修复,国土空间生态修复强调面向农业-城镇-生态全域范围、覆盖山水林田湖草沙矿全要素<sup>[19]</sup>、协同自然-社会修复多层次手段的全局性源头治理思维<sup>[20]</sup>,势必彻底重构资源枯竭区社会-生态系统,其分析框架蕴藏着更为深刻和具象的内涵:全域全要素的修复对象要求社会-生态系统中的资源系统拓展至

资源枯竭区内所有自然资源构成的整体系统,资源单位包含山水林田湖草沙矿等多种资源,须遵循命运共同体系统思维;全局多维度的修复干预手段要求社会-生态系统行动者必须包含政府、专家、企业、公众共同构成的多元参与主体,治理系统包含政策体制、技术支持、资金投入和全程监管;国土空间生态修复作为重点行动情景,肩负着重构社会-生态系统间协同关系、突破“资源诅咒”困境、形成良性循环的艰巨任务。资源系统和治理系统是开展国土空间生态修复规划与实施的前提条件,行动者和资源单位分别作为国土空间生态修复的主客体参与其中,单位构成系统状态的同时系统向单位制定规则产生影响。面向国土空间生态修复的社会-生态系统分析框架最少应包含四大核心:问题

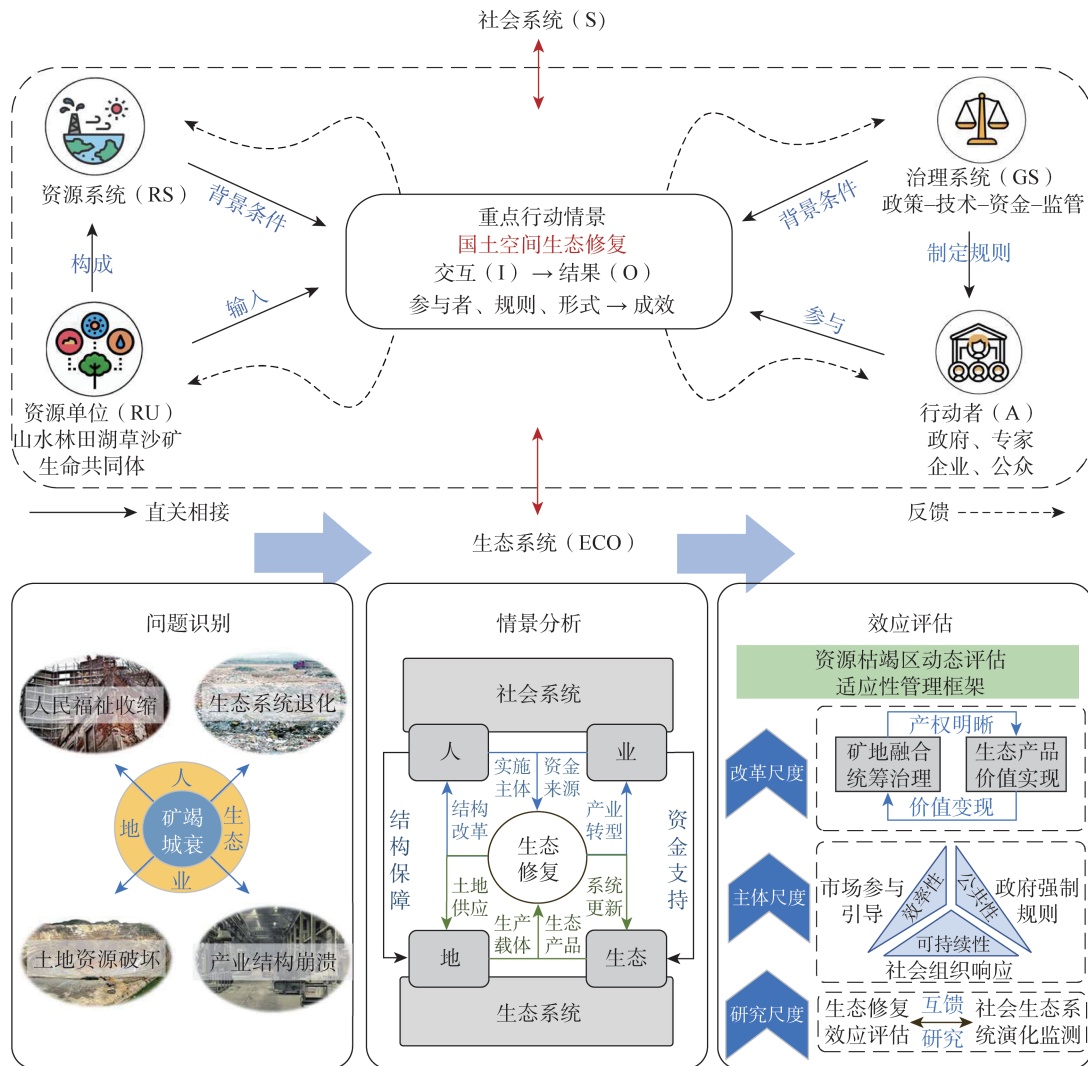


图1 面向国土空间生态修复的社会-生态系统分析框架

Figure 1 Social-ecological system analysis framework for ecological restoration of territorial space

2026年1月

识别、逻辑分析、效应评估和策略制定。基于此,首先,人-地-业-生态系统交叉复杂,对应行动者、资源单位、资源系统和治理系统,用于识别资源枯竭区“矿竭城衰”的关键社会-生态系统问题;其次,以“人-地-业-生态”逻辑剖析国土空间生态修复对社会-生态系统重构的作用机理,并通过社会-生态系统脆弱性和恢复力量量化重构效应水平;最后,从研究、主体和改革尺度等多维视角明确强化国土空间生态修复重构效能的未来进路,即以监测技术与适应性管理突破研究瓶颈,以政府市场社会多元共治规避主体困境,以矿地融合与生态产品价值实现打造绿色良性循环。

### 3 资源枯竭区社会-生态系统关键问题及特征识别

资源枯竭区“人-地-业-生态”要素之间的关系是决定社会-生态系统能否高质量发展的关键<sup>[21]</sup>。生态系统服务是社会-生态系统生存的核心,“人”是社会-生态系统开发保护的行为主体,亦是生态服务的直接受益者;“地”是社会-生态系统的空间载体,支撑生态系统服务的生产消耗;“业”是社会-生态系统的连接纽带,产业取向会改变生态系统服

务的消耗或保护方向,生态系统提供多元高效服务影响产业发展与转型并推动社会进步;“生态”是社会-生态系统的维系系统,提供多维服务。4类要素对社会-生态系统的可持续性和高质量发展缺一不可,资源枯竭前资源型城市普遍优先发展以“业”为核心的消耗型资源产业,忽视以“人”为核心的现代化、以“地”为核心的集约化和以“生态”为核心的健康化,从而导致资源枯竭时社会-生态系统崩塌(图2)。

#### 3.1 人民福祉萎缩

采矿业作为传统资源密集型产业,在资源开发、生产、流通全产业链中能够提供大量就业机会,且对技术更新、人力资本等质量要素要求不高,中国经济高速发展时期能源市场需求旺盛,生产利润和回报率极高。因此,煤炭开采成为资源型城市人口就业的主要选择和政府财税的主要来源。一旦采矿业凋敝,人民福祉严重缩水。人民福祉包含生活条件、生态环境、社会保障和心理状况等多个维度<sup>[22]</sup>,与生态系统服务之间存在明显的协同权衡关系<sup>[23]</sup>。煤炭资源枯竭不仅导致相关产业工人失业和财政税源枯竭<sup>[24]</sup>,还意味着生态系统受损和无力

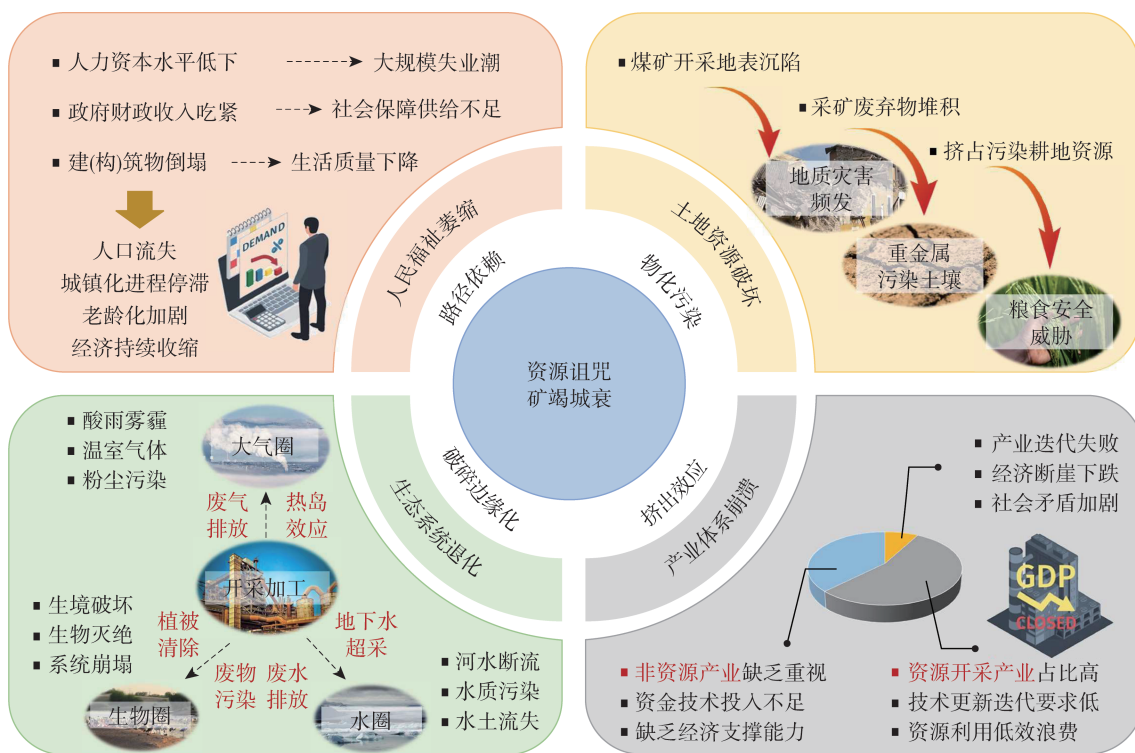


图2 资源枯竭区社会-生态系统劣化演变机理

Figure 2 Mechanism of deterioration and evolution of social-ecological system in resource-exhausted areas

修复。当地政府无法及时提供失业人员再培训和失业补助等有效社会保障,驱使大量人口选择迁离矿区,社会转型动力严重受限,从而进一步加剧经济下滑。根据《徐州统计年鉴》数据,1997—2001年贾汪区财政收入持续下降,2001年起财政赤字持续扩大。从2001年煤矿爆炸事故至2011年大规模闭矿,在岗职工人数下降超过10.0%,矿区周边社区人口以50岁以上的中老年人群为主,多数为退休矿工和农民,年轻人因无工作被迫离乡外出务工<sup>[25]</sup>,老龄化趋势越发明显。2024年《江苏统计年鉴》和《贾汪年鉴》等显示,贾汪区户籍人口和常住人口自2004年起呈减少趋势,迁出人口逐年增加,2011年宣告资源枯竭时净迁出达到峰值(3880人),年人口净增长率为-0.89%,反映当地居民对社会保障、家庭幸福、未来机遇等方面信心不足。2012年国土空间生态修复和资源枯竭区综合治理工程的开展,逐渐减缓人民福祉流失,从业人员数从2012年的21.02万人恢复至2023年的21.69万人,常住人口从2012年的42.49万人增加至2023年的45.08万人。

### 3.2 土地资源破坏

煤炭开采通过物理破坏、化学污染和产业挤占等方式不断损害贾汪区土地资源。首先,东部平原矿区煤层埋藏深,多采用长臂式全部垮落法开采,而地下水位埋藏浅且河网众多,加剧采矿对原始围岩应力平衡状态的破坏,开采后迅速形成塌陷洼地,并形成季节性或永久性积水区。2011年,贾汪区采煤塌陷土地面积达9206.33 hm<sup>2</sup>,占全区总面积的12.0%,平均塌陷深度达3.6 m,不仅房屋、道路等损毁严重,还为地震、泥石流和滑坡等地质灾害埋下巨大的隐患。近10年来,全市共发生10次塌陷地震,多由采空区岩层失去支撑引发。其次,煤矸石山及大量废弃物所蕴含的有害元素和酸性物质受风化、淋溶进入表层土壤或水体,严重威胁周边生态环境和人类健康。2015年1月22日,《中国矿业报》刊文“江苏省徐州市贾汪区矿山塌陷治理纪略”记载,贾汪区修复前有大小煤矸石山26座,堆积量达1650万t,占地266.7 hm<sup>2</sup>。再次,采矿业属于资源密集型产业,年产值和收益率远高于农业。煤粮复合区矿产资源开采和加工通常会被地方政府作为推动经济发展的首要选择,极易对农业及其他产业形成挤压效应,也是“资源魔咒”产生的根源。例

如,煤炭开采迅速带来经济利益,导致固定资产投资更多偏向采矿及加工,遏制了对其他产业的投入,产业结构越来越向采矿业集中。同时,采矿毁坏周边耕地,但农业生产经济效益低,非强制制度安排下地方政府极少愿意花巨资来修复受损耕地,最终导致贾汪区累积塌陷耕地面积8820.0 hm<sup>2</sup>,占耕地总面积的28.3%,农业生产持续下降,严重威胁粮食安全。

### 3.3 产业体系崩溃

产业迭代与结构优化是产业发展的必然趋势,矿业发展也遵循“形成期-成长期-成熟期-衰退期”的演变规律。资源型城市通常因矿而建、因矿而兴,亦因矿而衰。一方面,早期矿产开采产业由于生产模式固定、资源开采特性和市场竞争较小等原因,对技术更新要求相对较低,形成资源低效利用格局,随着资源枯竭、竞争不断加剧,产业衰败加速;另一方面,非资源型产业由于比较收益低而不受重视,缺乏资金改善技术支持,导致产业链不完善、竞争力不强,在资源枯竭、产业无以为继时难以接替支撑。由于传统行业转型困难、接续产业培育不足,产业升级受到了极大制约,市场经济往往会呈现断崖式下跌。2024年《贾汪年鉴》数据显示,伴随矿产资源的枯竭,大批煤矿企业遭遇政策性关停,贾汪区第二产业占比从2007年的59.6%降至2023年的41.6%。其中,与煤炭生产加工利用密切相关的冶金煤化工、能源热力、建材和机械制造是贾汪区传统的四大支柱产业,占全区规模以上工业企业总产值比重从2007年的62.3%迅速下降至2012年的39.0%,导致贾汪区经济排名迅速下滑。随着徐州市“343”创新产业集群发展,贾汪区推动传统产业“智改数转”,进一步向绿色、创新型产业转型,2023年传统支柱产业占全区规模以上工业企业总产值比重仅27.4%。

### 3.4 生态系统退化

生态系统在煤矿开采、加工、炼化和运输等各个环节均受到不同程度的影响与破坏,与矿业相关的生产生活废水、废气和固废排放进一步扩大了采矿的污染范围。例如,依据《徐州统计年鉴》数据计算,2011年贾汪区工业总产值占全市不足10.0%,但废水、废气、固废排放量约占全市的30.0%~40.0%,

酸雨、雾霾等污染问题非常严重。资源枯竭区内建设用地与其他用地在数量、空间上产生竞争,进一步加剧生态系统的退化。采煤沉陷导致地下水直接排向采空区形成积水,一方面会诱发建(构)筑物倒塌变形,彻底改变水体循环系统,大气降水、地下水和地表径流无法直接汇入遭受破坏的农田灌排系统,全部直接涌入新形成的洼地,不仅加重了防洪排涝压力,导致干涝渍害发生。同时,改变地面坡度,加剧水土流失、盐渍化和土壤板结等<sup>[26]</sup>现象,削弱农田系统水源涵养和粮食产出能力。另一方面,矿山周边粮食主产区为保障粮食供给通常施用大量农药化肥,未被完全吸收的农药化肥和矿山堆积废弃物中放射性元素随地表或地下径流进入沉陷积水,引发水体富营养化和重金属、有机物等污染<sup>[27]</sup>。生态环境的分割破坏和有害物质的污染排放,造成动植物生存空间急剧缩小甚至消亡,生态系统急剧退化。

### 4 国土空间生态修复视域下资源枯竭区社会-生态系统重构逻辑

国土空间生态修复通过重塑资源枯竭区“人-地-业-生态”间关系,分别对应社会-生态分析框架

中的行动者、资源单位、治理系统和资源系统,促进社会-生态系统之间互馈关系由消极权衡向积极协同演进:国土空间生态修复从以“地”为切入,重塑生态化、集约化资源利用方式;面向全域空间开展“生态”全要素综合治理,打造生态系统服务多样化、特色化的生产路径;修复成效间接推动“业”高质量转型升级和“人”绿色福祉文化建设,助力构筑中国式现代化社会发展模式。修复后的“人”“地”“业”“生态”不仅为国土空间生态修复提供优化后的制度保障、资源要素、生态产品和资金支持,同时各取所需、互馈发展,激发资源枯竭区社会-生态系统良性循环(图3)。

#### 4.1 生态修复重构人类和谐社会

当地居民是国土空间生态修复的行为主体。实现人与自然和谐共生是国土空间生态修复的核心目标,本质上是通过恢复生态系统结构与功能,最终改善人类福祉和社会公平<sup>[28]</sup>。然而,国土空间生态修复投入大、见效慢、复杂性高,从人才发展、福祉保障、价值文化等方面改变资源枯竭区社会系统非常必要,可为后续生态恢复奠定坚实基础。①人才发展。国土空间生态修复规划、开展乃至后续

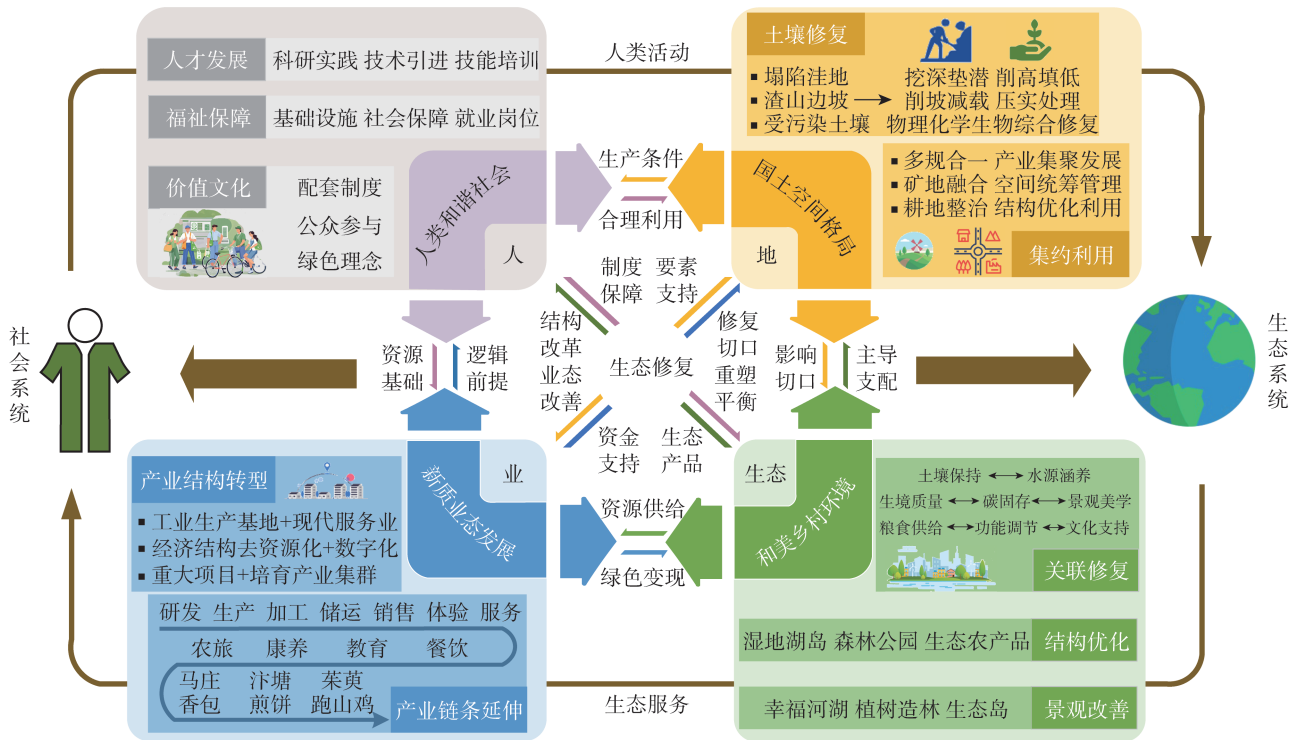


图3 国土空间生态修复对资源枯竭区社会-生态系统的重构逻辑

Figure 3 Reconstruction logic of social-ecological system in resource-exhausted areas for ecological restoration of territorial space

维护等需要大量的专业人才、施工人员和修复技术,为当地失业人群提供大量的就业岗位和技能培训机会。贾汪区依托与德国莱茵大学、中国矿业大学和江苏省环境科学研究院等科研机构战略合作,以旗山、权台等塌陷区作为“村镇退化废弃地复垦与整理关键技术研究”“城市废弃工矿区土地再利用技术研究”等国家重大项目研究基地,建立国家野外科学观测研究站<sup>[29]</sup>,为国土空间生态修复提供科研平台和实践机会。②福祉保障。对采煤塌陷区居民提供易地扶贫搬迁、棚户区改造、失业工人再培训等服务,在闭矿区域周边规划修建道路管网、科教学校、医疗卫生、邻里中心等设施,将所有失地农民纳入社会保障体系,有效提高了资源枯竭区生活便利性和公平性,抑制人口流失,稳定社会秩序。国土空间生态修复带来了特色农业、乡村旅游、清洁能源等新业态发展,带动了人民就业,提升了人力资本价值。如仅潘安湖湿地公园就为当地提供了300多个就业岗位,吸纳周边乡村就业人数达1630人。③价值文化。省、市先后出台《关于支持徐州市贾汪区资源枯竭城市转型发展的意见》《徐州市贾汪区国家级生态环境修复示范区建设方案(2019—2025)》等相关文件,理顺了监管问责、生态补偿和环境治理上体制机制问题<sup>[30]</sup>,提高工作效率和执法强度,树立生态底线思维。通过在国土空间生态修复和城市建设过程中健全举报、听证、舆论监督制度,强化公众保护生态的“主体意识”,提高公众对环境保护的认识与责任感。潘安湖湿地公园等一批生态修复工程的显著成效成为“两山”理念的强有力支撑,同时开展国际生物多样性日、生态修复教育培训等活动,将绿色发展理念深植于公众心中。

#### 4.2 生态修复重塑国土空间格局

土地要素优化配置是国土空间生态修复的主要切入口。国土空间生态保护与修复以地球系统科学作为核心理论,重点关注岩石圈、水圈、生物圈、大气圈和人类圈五大圈层内部及相互之间的复杂相互作用,以恢复人与生态系统之间的良性互动<sup>[31]</sup>。国土空间生态修复通过影响其他四大圈层的物质与能量循环流动,重塑资源枯竭区社会-生态系统。国土空间生态修复通过地貌重塑和土壤重构直接作用于岩石圈,并对土壤、水文、小气候和生

物多样性等产生直接影响。①地貌重塑。贾汪区对塌陷程度较深区域采用挖深垫潜、削高填低等技术改造为鱼塘或湖面,对塌陷较浅处以恢复耕地或筑岛形成景点,对矿区周边不稳定的渣山边坡进行削坡减载和压实处理,为后期植被复绿提供稳定土壤环境。②土壤重构。对受污染土壤根据土壤理化性质进行相应改良,选用物理、化学、生物修复手段,通过热脱附、化学淋洗、重金属富集植物和微生物修复等技术解吸污染物,同时在农业生产区域推广精准施肥和生态农业技术,设置植被缓冲带、生态拦截沟等控制农业面源污染。国土空间生态修复对岩石圈的改善,不仅有效提升陆地生态系统的稳定性,更奠定后续土地利用向节约集约方向发展。地方政府推动生态修复、矿产资源、产业发展等多规合一,通过集中建设高标准工业园区,合理调整限制和允许建设区等范围,提高产业集聚度和土地利用效率。积极探索矿地融合发展模式,将采煤塌陷地纳入建设用地管理,组织开展塌陷区综合整治、闲置工矿区收储利用、“退二进三”和棚户区改造等项目,为新兴产业布局提供充足发展空间。

#### 4.3 生态修复重组新质业态发展

纯粹依靠煤炭的产业结构是资源枯竭区经济停滞和社会发展矛盾的根本诱因<sup>[32]</sup>,而产业重建则是资源枯竭区走出“资源魔咒”的关键。国土空间生态修复通过改善生态环境、提升土地价值、重造生态产品和服务价值,为资源枯竭区产业结构转型升级提供绿色经济增长动力。贾汪区提出“生态立区、产业强区、旅游旺区、文明兴区”的战略,积极推动产业结构转型与产业链延伸。①产业结构转型。采损矿业用地修复治理后,为发展物流、金融、科技服务、文旅康养、研学教育等现代服务业提供物质空间,失而复得的健康环境还倒逼产业结构转型升级。开展国土空间生态修复后,贾汪区积极推进经济结构去煤化,采用自动控制和数字化管理等技术,关停拆除或改造整治钢铁、焦化、热电、化工等传统重污染高能耗企业。引入光伏电池及组件生产、纯电动智能汽车、源网荷储、新能源汽车电驱、钛系高容量储氢材料等重大项目,围绕新兴产业培育高端装备制造产业集群、新材料和绿色建材产业集群以及绿色低碳能源产业集群。②产业链条延

2026年1月

伸。贾汪区利用国土空间生态修复创造的生态产品和生态系统服务价值,开创“生态保护修复+关联产业”<sup>[33]</sup>发展模式,构建贯穿研发、生产、加工、储运、销售、体验和服务各环节的现代农业全产业链,推动农旅、康养、教育、餐饮等产业与国土空间生态修复深度融合,打造文化产业园、养生谷、生态园等乡村旅游示范点,创立香包、煎饼、跑山鸡等“真旺”品牌农产品,提升农产品附加值和农户收入。

#### 4.4 生态修复重建和美乡村环境

国土空间生态修复通过景观改善、结构优化、关联修复等提高生态系统服务水平,生态系统服务是人类活动对生态系统影响的一个指示性指标,并随人类活动产生跨时空尺度的变化<sup>[34]</sup>。国土空间生态修复通过重新调整和配置地形地貌、土壤生态、景观格局、生物群落等,辅以产业优化、污染治理、民生改善等社会手段,能够增强生态系统整体服务能力,实现资源枯竭区社会-生态系统从消极权衡关系向积极协同关系发展。贾汪区通过实施幸福河湖建设、“向荒山进军”植树造林、“生态岛”试验区建设等工程,开展水文、森林和生物多样性修复,清泉湖、不老河、大洞山等生态景观不仅为周边居民提供娱乐观赏场所,还为更多动植物提供优质栖息地,进一步改善圈层循环和生态系统稳定性。同

时,国土空间生态修复为生产生态产品提供稳定的土地载体和生态结构,是生态产品价值实现与提升的关键前提<sup>[35]</sup>。贾汪区将采煤塌陷地和荒山修复建设成潘安湖国家湿地公园、督公湖风景区、大洞山森林公园等旅游科教景区,通过进驻租金、门票收入、活动收费、文创销售等多种方式推动生态旅游产品价值实现。

#### 4.5 社会-生态系统脆弱性与恢复力演变特征识别

社会-生态系统脆弱性与恢复力是衡量区域可持续发展的关键指标,二者数值关系变化能有效反映区域人地关系的紧张程度,并指导新时期发展与保护协同的具体方向<sup>[36]</sup>。参考相关文献[37,38],测算2000—2024年贾汪区社会-生态系统脆弱性和恢复力变化特征,直观表征国土空间生态修复对贾汪区社会-生态系统的重构效应(表1)。其中:采煤塌陷面积、人均耕地面积、新增水土流失治理面积基于中国30 m分辨率土地覆盖数据识别生成,当年人工造林面积来源于《中国林业和草原统计年鉴》,其他数据来源于历年《徐州统计年鉴》和《贾汪年鉴》。鉴于社会萎缩、土地破坏、产业崩溃和生态退化等问题交织,存在大量不确定性因素,采用熵值法和层次分析法综合计算指标权重<sup>[39]</sup>,并利用集对分析法计算社会-生态系统脆弱性和恢复力数值<sup>[40]</sup>。集

表1 贾汪区社会-生态系统脆弱性与恢复力测度评价指标体系

Table 1 Measurement and evaluation indicator system for vulnerability and resilience of social-ecological system in Jiawang District

目标层	准则层	因素层	指标层	权重	指标属性	
社会系统	社会系统脆弱性	社会压力	失业率/%	0.206	-	
			人均GDP/(元/人)	0.202	+	
			社会保障和就业支出占财政支出比重/%	0.204	+	
		产业缺陷	第二产业产值占GDP比重/%	0.192	-	
			采矿业产值占工业总产值比重/%	0.205	-	
	社会系统恢复力	社会保障	居民人均可支配收入/(元/人)	0.197	+	
			地方财政支出/万元	0.205	+	
			公路里程/km	0.198	+	
			第三产业发展	第三产业增加值占地区生产总值比重/%	0.199	+
			工业技改投资占工业固定资产投资比重/%	0.201	+	
生态系统	生态系统脆弱性	土地破坏	采煤塌陷地面积/(hm <sup>2</sup> /人)	0.257	-	
			人均耕地面积/hm <sup>2</sup>	0.250	+	
		生态污染	工业废水排放量/万t	0.248	-	
			单位GDP能耗/(t标准煤/万元)	0.255	-	
	生态系统恢复力	土地保护	当年人工造林面积/hm <sup>2</sup>	0.257	+	
			新增水土流失治理面积/hm <sup>2</sup>	0.243	+	
		生态修复	生态环境治理支出/万元	0.249	+	
			土地垦殖率/%	0.251	+	

对分析法通过建立集合间的联系系数来刻画不确定性关系,能够全面反映资源枯竭区社会-生态系统状况<sup>[41]</sup>。

结果表明,社会系统、生态系统的脆弱性均呈先加速上升再下降的趋势。2001年“7·22”煤矿爆炸事故引发全社会对非法采矿的重视,但在“工业兴区”理念下,冶金、建材、电力等与煤炭产业密切相关的重工业仍是经济发展的支柱产业,社会-生态系统脆弱性延续了恶化趋势,2005年后脆弱性急剧增加,并于2011年达到峰值。2011年被列入全国第三批资源枯竭型城市后,江苏省对贾汪区大力支持,全面开展国土空间生态修复和绿色发展转型,随着2016年彻底闭矿,生态系统脆弱性逐步好转。

近20年社会-生态系统恢复力总体呈波动上升趋势。其中,社会系统恢复力呈现与社会系统脆弱性相似的走势,即缓慢加速上升至最高点后开始平稳下降,但整体变化速率明显小于社会系统脆弱性,这与社会治理决策存在滞后性有密切关系。生态系统恢复力与生态系统脆弱性呈负相关关系,前期由于对生态保护的忽视以及生态系统的复杂性,生态系统恢复力出现波动下降,自2011年开展国土空间生态修复工作后开始稳步加速上升。脆弱性与恢复力形成的差值在社会系统和生态系统间呈现显著差异:早期的社会系统脆弱性-恢复力差值基本稳定在0.02,在2001年后开始迅速增大至2011年的0.42,此后缓慢缩小至目前的0.21;生态系统脆弱性-恢复力差值从2000年的0.42持续扩大至2011年的0.83,并迅速缩小至2024年的0.12(图4)。相比社会系统,生态系统差值变化受国土空间开发和生态保护修复的影响幅度更大、反应时间更短,而生态系统差值的累积效应将进一步作用于社会系统,导致社会系统脆弱性在随后短时间内迅速恶化。因此,开展国土空间生态保护修复工程,维护生态系统的稳定性,是保证人类社会生存和可持续发展的关键。

## 5 国土空间生态修复视域下资源枯竭区社会-生态系统重构进路

社会-生态系统的参与主体、作用关系和变化过程的复杂性决定其发展存在极大的不确定性<sup>[42]</sup>,在社会和生态系统稳定性较为脆弱的资源枯竭区

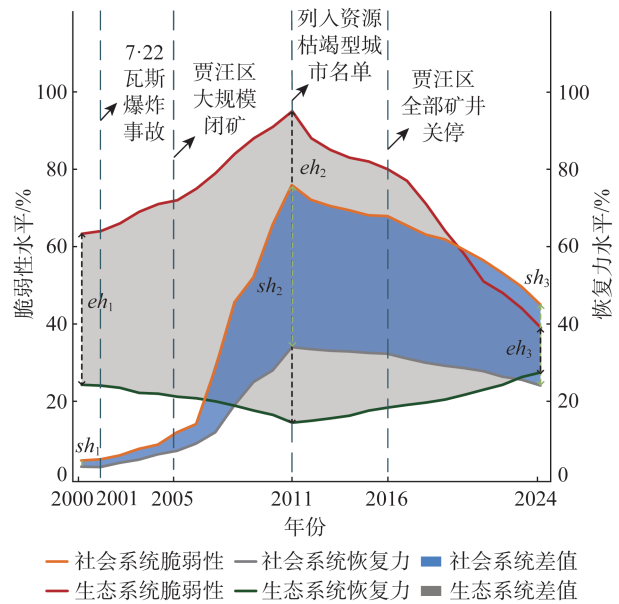


图4 社会-生态系统脆弱性-恢复力演变时间特征

Figure 4 Temporal characteristics of vulnerability-resilience evolution in social-ecological system

注:  $eh_1$ - $eh_3$ 、 $sh_1$ - $sh_3$  分别指2000、2011和2024年的生态系统差值、社会系统差值。

尤为如此。理解和管理社会-生态系统的演变特征是增强复杂适应性系统短长期弹性的关键原则。因此,国土空间生态修复要实现对资源枯竭区社会-生态系统彻底的重构,不仅应关注修复完成时的静态指标,更应将适应性思维纳入效应评估与全过程管理中。适应性用于表征单位系统面对内外环境因素变化,适时作出调整、调节或改变以避免影响、利用机会、应对后果的水平,它决定了系统恢复自身正常结构和功能的能力,与人类社会资本<sup>[43]</sup>、主体组织能力、政府职能<sup>[44]</sup>、管理效力、制度体制<sup>[45]</sup>等社会经济因素密切相关。因此,关于国土空间生态修复重构资源枯竭区社会-生态系统的效应评估与监督管理,应从监测与适应性管理、多元主体参与治理、体制机制改革激励等三方面展开,为社会-生态系统适应性和可持续发展保驾护航(图5)。

### 5.1 监测评估技术研究

适应能力既能有效表征国土空间生态修复重构资源枯竭区社会-生态系统的综合效果,还能实时监测社会-生态系统动态演变特征,是适应性管理的核心指标<sup>[46]</sup>。过去关于适应性的研究常常以脆弱性分析为特色,以暴露度-敏感性-适应能力

2026年1月

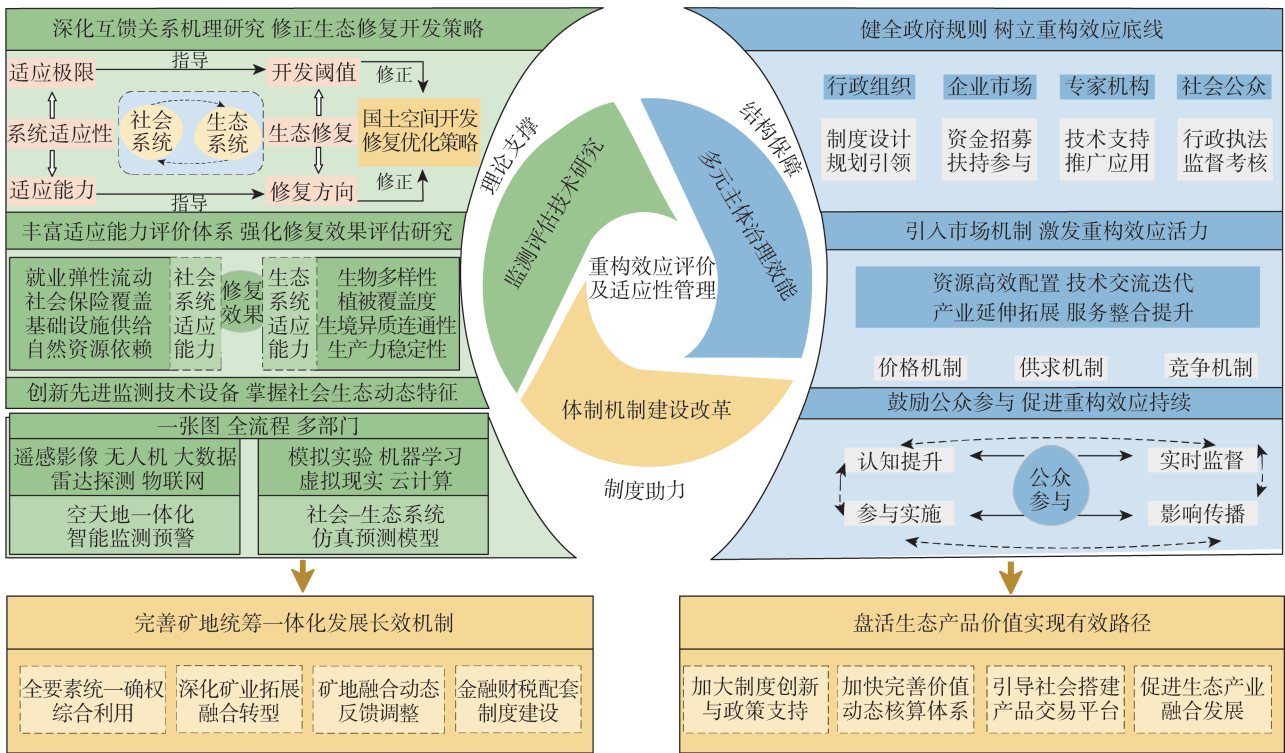


图5 国土空间生态修复重构资源枯竭区社会-生态系统的适应性管理框架

Figure 5 Adaptive management framework for reconstruction of social-ecological system in resource-exhausted areas by ecological restoration of territorial space

(Exposure, Sensitivity, and Adaptive Capacity) 作为主要分析框架,适应能力作为准则层的筛选指标范围受到限制。对于开展国土空间生态修复后的资源枯竭区社会-生态系统,应以适应能力作为监测评估的主要标准,不断增强社会生态恢复力以确保耦合系统可持续发展。

既有的监测评估研究,大多倾向于关注社会或生态单一方面的适应能力,对社会和生态方法的融合仍处于起步阶段,且其中大多数研究仅限于了解社会-生态系统的现状,而未对国土空间生态修复、社会-生态系统和适应能力的反馈作用关系展开深入研究<sup>[47]</sup>。构建面向国土空间生态修复的社会-生态系统监测评估体系,须从机理探索、指标丰富和技术创新三方面入手。

一是深化社会-生态系统互馈关系理论研究,以优化适应能力为切口修正国土空间生态修复开发策略。科学认识人类与生态系统间的相互依赖关系,对理解环境问题的成因影响、设计可能的解决办法具有重要意义,但在当前研究中往往被忽视或简化处理。要针对资源枯竭区社会-生态系统的

复杂性与脆弱性,识别社会与生态系统间互馈关系、国土空间生态修复对互馈关系、互馈关系对适应性的影响机理,建立并推广可概括的社会-生态网络关系理论。在科学认识区域社会-生态系统典型性的基础上,构建生态修复阈值和权衡协同关系间的逻辑模型<sup>[48]</sup>,目前有关适应极限的定义和适应临界点的预测方法仍未明确,亟待开展相关研究,以提高社会-生态系统适应能力为目标得出国土空间开发与生态修复具体策略,提高国土空间生态修复的针对性与适应性管理决策的科学性。

二是丰富社会系统适应能力评价体系,强化国土空间生态修复效果评估研究。有关国土空间生态保护修复的研究普遍停留在识别分区、制定措施的事前思维,评价指标多集中于生态脆弱性、生态质量<sup>[49]</sup>、生态退化风险<sup>[50]</sup>、生态安全格局<sup>[7]</sup>等生态维度,忽视了系统成效评价和适应性管理的重要性。少数学者尝试探索社会-经济-生态多维度的生态修复效果综合评价方法,但对公众感知、居民福祉、服务价值等社会指标的评价仍显不足<sup>[51]</sup>。要深化对国土空间生态修复效应评价的内涵认识,以社会-生

态系统适应能力作为国土空间生态修复效果的衡量指标,从多元、交互、流动的视角认识国土空间生态修复对社会-生态系统的影响,社会适应能力可考虑产业多样性、就业弹性、社会保险覆盖范围、基础设施供给水平、经济依赖自然资源程度、职业流动等方向细化指标,生态适应能力可考虑生物多样性、植被覆盖度、生境异质性与连通性、耕地生产力稳定性等指标。

三是创新引入先进监测技术设备,掌握资源枯竭区社会-生态系统动态特征。社会-生态系统协同发展是资源枯竭区再生的关键,资源枯竭区的社会-生态系统相比于非资源型城市更为脆弱,同时在耦合互生关系上具有显著代表性。要开展资源枯竭区的社会-生态系统动态监测,加强对社会-生态系统不同时空尺度下驱动因素、发展趋势和复杂关系的研究,为实施针对性适应性管理提供具体方向,防止生态形式主义滋生。当前全生命周期的监管预警机制在国土空间生态修复工作中尚未健全,应加快建立国土空间生态修复信息系统数据库,按照一张图、全流程、多部门的逻辑,根据国土空间生态修复项目特点确定监测指标、周期与频次,融合遥感影像、无人机、大数据、雷达探测、物联网等技术手段,实现国土空间生态修复“空天地一体化”智能监测预警。在全生命周期监管基础上,通过模拟实验、机器学习、虚拟现实、云计算等技术构建社会-生态系统仿真模型,模拟系统响应机理,预测系统未来发展方向和适应能力临界点,以调整管理决策,解决潜在风险。

## 5.2 多元主体治理效能

资源枯竭区社会-生态系统存在复杂耦合特性和结构粘连关系,本质上决定国土空间生态修复和社会转型主体必须遵循 SES 的多中心治理原则:以政府强制性规则主导维护社会-生态系统发展的公共性,以市场参与性引导协助提高社会-生态系统发展的效率性,结合社会监督和公众响应实现社会-生态系统发展的可持续性。多元主体参与的国土空间生态修复治理评价系统,将有效规避“政府失灵”“市场失败”“自愿失效”等困境,为资源枯竭区的国土空间生态修复和转型发展提供坚实结构保障。

一是健全政府规则,树立重构效应底线。资源型城市经济社会衰退的首要原因是政府对政绩经济的盲目追求和对生态破坏的漠视默许。因此,纠正政府片面认识、强化政府正确领导是用好国土空间生态修复专项资金、重构资源枯竭区社会-生态系统的核心举措。上级要针对资源型城市建立健全科学考核体系,不仅要提高森林覆盖率、空气质量优良天数、单位 GDP 能耗、社会保障率等表征资源节约、生态恢复、民生福祉等指标的考核权重,同时实施任期内自然资源资产和生态环境质量离任审计制度<sup>[52]</sup>,防止短期行为和政绩工程,引导地方政府自上而下构建绿色和谐社会;加快出台完善修复规划和配套措施,明确国土空间生态修复责任主体、目标任务、监管机制和奖惩方案,建立自愿有偿使用和生态补偿机制、自然资源资产管理制度、生态损害赔偿制度体系、生态环境监测监察体制机制等,探索开展“生态银行”“绿色银行”试点,通过财政补贴、税收优惠、荣誉奖励等措施吸引社会资本参与绿色项目建设运营;健全举报、听证、舆论监督和执法奖惩制度,通过问卷调查、民意测评、听证会等形式实施对国土空间生态修复项目的全过程适应性监管,组织开展生态教育宣讲、义务植树等活动,增强公众生态保护意识。

二是引入市场机制,激发重构效应活力。形成“责任追溯-利益共享-创新驱动”的协同重构环境,首先要明确法律主体责任追溯机制:矿企等资源型企业作为资源使用和经济收益的核心主体,要遵循“谁受益谁补偿、谁破坏谁恢复、谁污染谁治理”原则,在国土空间生态修复工作中率先发挥企业担当。对闭矿企业实施“企业追溯+政府兜底”机制,由企业与企业共同出资设立生态修复专项资金,并由矿企落实生态修复具体工程;对在产矿企建立矿山闭坑责任金制度,按矿石开采量预提生态修复基金,用于解决企业自身造成的生态环境问题;健全差异化责任认定体系,实施污染者付费核算和受益者有偿使用政策,充实国土空间生态修复投入资本。其次要确立市场化修复实施体系:依托市场经济的价格-供求-竞争机制,设置土地增值反哺(EOD+)、资源置换开发、社区股权参与、碳资产共创等<sup>[53]</sup>利益共享修复模式,将生态修复相关价值转

2026年1月

化为可量化、可交易、可分配资产,吸引多元社会资本参与生态修复规划-实施-运营-监管全过程,在国土空间生态修复过程中实现资本利得、服务规范、产业升级和生态资源改善的共赢局面。此外加快实施配套技术创新驱动发展战略:构建生态修复技术专利池、技术入股、技术质押融资、技术证券化、技术期货等交易体系,通过技术资本化引导企业研发生态修复、环境保护和质量监管技术;“政企校”开设国土空间生态修复工程相关专业、共建生态修复实验室、设立生态修复科研专项资金,积极组织国内外科研机构、高校和重点企业开展合作,构建国土空间生态修复监管技术研发-推广-应用闭环。

三是鼓励公众参与,促进重构效应持续。社会组织与公众通过认知提升、参与实施、实时监督和影响传播等方式,强化资源枯竭区社会-生态重构效应的可持续发展。社会组织协助政府开展知识讲座、科普展览等生态教育活动,增强公众参与生态保护修复意愿;公众在社会媒体引导下从事绿色生态行业、约束环境污染行为或组织参与志愿维护工作,带动形成良好生态修复社会氛围;公众作为生态修复的最直接受益者和最有力监督员,能更及时地感知生态环境的变化,通过社交媒体、市民热线等渠道反映生态修复问题,督促政府和社会加大生态修复和保护力度。

### 5.3 体制机制建设改革

在深化科学研究和构建共治局面的框架下,资源枯竭区亟需突破制度性障碍,重点攻克矿地统筹发展和生态产品价值实现两大难题。矿地统筹发展理念下的生态修复将促进自然资源产权明晰和产业系统融合,但受制于资金供给不足;生态产品能通过绿色金融、转移支付、产权交易、产业融合等方式形成价值变现反哺机制,却面临产权界定模糊与价值核算标准缺失的制度瓶颈<sup>[54]</sup>。二者形成“空间治理-价值循环”的互惠互利关系,通过提升国土空间生态修复的针对性和盈利性,最终达成社会-生态系统的共建共治共享目标。

一是完善矿地统筹一体化发展长效机制。采煤沉陷地、采石宕口、工业广场等工矿废弃地为资源枯竭区提供特色化生态修复的基础原料,同时遗

留下产业停滞、产权模糊、空间闲置、景观破碎、城乡分割等问题<sup>[55]</sup>。贾汪区早期以矿地融合为主线,在管理体制、规划发展、资源利用和技术共享等方面<sup>[29]</sup>对资源枯竭型城市转型进行了有益探索,但在深度和效度上仍有待加强:区内汴塘镇捶子山、江庄镇擂鼓山、茌萸山街道刘山、不老湖等废弃矿山和采煤塌陷地仍待修复;2019年奠基的权台煤矿遗址创意园项目,由于恒大集团深陷破产而闲置停工至今,造成废弃地资源的巨大浪费;对于矿产地下空间缺乏系统性规划和利用,修复利用方式主要集中于旅游开发和物流仓储上而缺乏深层能源储备等战略性应用,城矿乡在公共服务和交通设施上仍存在明显断层。要构建并完善矿地统筹一体化发展长效机制,①加快完善自然资源资产产权制度体系,重点探索地上地下空间的综合利用,尝试向地下交通、地下能源储备等方向拓展;②深化产业融合驱动机制,突破传统“矿业+生态旅游”单一模式,挖掘矿业和农业、文创、储能等其他产业的多重组合,依托产业流通激发矿城乡在基础设施、公共服务、社会管理、就业市场上有机联动;③形成矿地融合动态反馈调整机制,构建矿地融合数字孪生系统,实现矿产资源、土地利用、产业发展数据的实时共享监测,依据融合发展情况适度调整矿地统筹发展策略;④加大科技金融财政配套机制建设,对烂尾停滞项目引入破产重整特殊制度,丰富绿色转型金融工具,加大财政技术投入,解决资金链中断、修复效果不佳等问题。

二是盘活生态产品价值实现有效路径。生态产品价值变现是加速生态修复市场化、引导全社会践行“两山”理念的逻辑起点<sup>[56]</sup>,更是资源枯竭区破除“资源诅咒”的关键动能,能为矿地统筹发展和生态修复工程提供长效多源资金和参与主体。当前生态产品价值实现机制在治理结构、价值核算、政策支持、交易市场等方面<sup>[57]</sup>存在诸多阻碍。贾汪区在发展生态旅游方面积累了一定经验,但尚未形成统一科学的价值核算标准体系和专业高效的生态产品交易平台,限制生态产业链经济价值的最大化发挥。要打通生态产品价值转化路径,①要加大制度创新与政策支持力度,通过设立生态产品变现风险补偿基金、发行绿色专项债券、提高信贷优惠、丰

富信贷抵押方式、创新生态产品保险等,降低企业开发经营风险,激发市场参与生态产品价值变现热情;②加快完善生态产品价值动态核算体系,结合贾汪区生态资源本底实际,在明确生态产品类型和权属的基础上选择多元核算方法,根据季节时空变化进行动态核算;③引导社会力量搭建生态产品交易平台,整合发布生态产品供给、需求、交易、认证、评估、金融服务等一站式信息,为企业、农户、金融机构提供便捷可靠交易服务;④深化生态产业融合发展,丰富“贾汪真旺”区域公共品牌下的特色农产品和服务品类,包括绿色保健品、矿山探险、生态疗养、体育赛事等,重点扶持直播电商平台销售,拓宽生态产品价值变现渠道。

## 6 结论

资源型城市经济社会发展通常完全依赖矿产资源开发,导致资源枯竭后社会-生态系统陷入“资源魔咒”。2011年徐州市贾汪区被列入第三批资源枯竭型城市名单后,开启以国土空间生态修复为核心的“四位一体”绿色转型发展之路,期待引领社会-生态系统突破资源型城市发展悖论。本文基于SES分析框架,探索贾汪区开展国土空间生态修复前后社会-生态系统问题与困境、重构及其效应,并从效应评估视角提出贾汪区未来国土空间生态修复重构社会-生态系统的路径。主要结论如下:

(1)资源枯竭区陷入复杂交叉的社会-生态恶性循环,开展的国土空间生态修复涉及多元主体和行动情景,应用SES框架进行逻辑分析在优化国土空间生态修复成效、加快资源枯竭区高质量转型上具有合理性和必要性。国土空间生态修复的SES框架具体包含人-地-业-生态系统四大主体,“人”是社会-生态系统开发保护的行为主体,“地”是社会-生态系统的空间载体,“业”是社会-生态系统的连接纽带,“生态”是社会-生态系统的维系系统,分别对应行动者、资源单位、治理系统、资源系统,进而识别资源枯竭区社会-生态系统关键问题及特征,遵循问题识别-情景分析-效应评估思路开展研究。

(2)资源枯竭区陷入人民福祉萎缩-土地资源破坏-产业体系崩溃-生态系统退化的“资源魔咒”时刻,国土空间生态修复以“地”为切入,通过地貌

重塑、土壤重构、植被重建、景观重现、生物多样性重组等措施,面向全域空间开展“生态”全要素综合治理,改善生态系统健康,进行“人”绿色福祉文化建设,唤醒人与自然和谐共生的文化根基,促进“业”高质量转型升级,带动产业迈向绿色发展道路,形成社会和谐-空间有序-业态高质-生态健康的系统循环增益,激发资源枯竭区社会-生态系统良性循环,助力构筑中国式现代化社会发展模式。

(3)鉴于资源枯竭区高敏感性和不确定性,适应性思维应全面纳入对其的效应评估和过程管理中。首先以适应能力作为监测评估主要标准,从机理探索、指标丰富和技术创新三方面构建面向国土空间生态修复的社会-生态系统监测评估体系,增强社会生态恢复力以确保耦合系统可持续发展。其次,采用政府、市场和公众等多元主体参与的国土空间生态修复治理原则,进而健全政府规则,树立重构效应底线,加深矿企市场合作,激发重构效应活力,鼓励公众参与,促进重构效应持续。最后,构建并完善矿地统筹一体化发展长效机制,盘活生态产品价值实现有效路径,提升国土空间生态修复的针对性和营利性,强化国土空间生态修复的重构成效,达成社会-生态系统的共建共治共享目标。

## 参考文献(References):

- [1] 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[J].资源科学,2020,42(1):96-103.[Wang S, Fu B J, Wu X T, et al. Dynamics and sustainability of social-ecological systems in the Loess Plateau[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 96-103.]
- [2] 傅伯杰.国土空间生态修复亟待把握的几个要点[J].中国科学院院刊,2021,36(1):64-69.[Fu B J. Several key points in territorial ecological restoration[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(1): 64-69.]
- [3] 彭建,李冰,董建权,等.论国土空间生态修复基本逻辑[J].中国土地科学,2020,34(5):18-26.[Peng J, Li B, Dong J Q, et al. Basic logic of territorial ecological restoration[J]. China Land Science, 2020, 34(5): 18-26.]
- [4] 张滢文,苏腾,张富刚,等.新时期我国国土空间生态修复理念与模式探讨[J].应用生态学报,2021,32(5):1573-1580.[Zhang Y W, Su T, Zhang F G, et al. Conception and framework of land ecological restoration for a new stage in China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2021, 32(5): 1573-1580.]
- [5] 白中科.国土空间生态修复若干重大问题研究[J].地学前沿,

2026年1月

- 2021, 28(4): 1-13. [Bai Z K. The major issues in ecological restoration of China's territorial space[J]. *Earth Science Frontiers*, 2021, 28(4): 1-13.]
- [6] 刘新卫,黎明,吴悠,等. 国土空间生态修复规划: 内涵体系、编制逻辑与实施路径[J]. *中国土地科学*, 2023, 37(3): 11-19. [Liu X W, Li M, Wu Y, et al. Territorial ecological restoration planning: Connotation system, compilation logic and implementation path[J]. *China Land Science*, 2023, 37(3): 11-19.]
- [7] 高阳,刘悦忻,钱建利,等. 基于多源数据综合观测的生态安全格局构建: 以江西省万年县为例[J]. *资源科学*, 2020, 42(10): 2010-2021. [Gao Y, Liu Y X, Qian J L, et al. Improving ecological security pattern based on the integrated observation of multiple source data: A case study of Wannian County, Jiangxi Province[J]. *Resources Science*, 2020, 42(10): 2010-2021.]
- [8] 罗莎莎,赖庆标,王旭东,等. 基于生态保护红线的生态安全格局构建与国土空间修复分区[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(7): 288-297. [Luo S S, Lai Q B, Wang X D, et al. Construction of ecological security pattern and land-space restoration zoning based on ecological protection red line[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2024, 40(7): 288-297.]
- [9] 孟凡迪,周智,张贵军,等. 基于生态系统服务供需与生态恢复力的国土空间生态修复分区: 以京津冀为例[J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2023, 31(9): 1496-1510. [Meng F D, Zhou Z, Zhang G J, et al. Land space ecological restoration zoning based on ecosystem service supply and demand and ecological resilience: A case study in the Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2023, 31(9): 1496-1510.]
- [10] 程勇,张晓琳. 基于“问题-风险”认知体系的县域国土空间生态保护修复格局构建与对策研究[J]. *生态与农村环境学报*, 2023, 39(7): 907-917. [Cheng Y, Zhang X L. Research on the construction of ecological protection and restoration patterns of county territorial space based on the “trouble-risk” cognitive system and the corresponding countermeasures[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2023, 39(7): 907-917.]
- [11] 白中科,周伟,王金满,等. 试论国土空间整体保护、系统修复与综合治理[J]. *中国土地科学*, 2019, 33(2): 1-11. [Bai Z K, Zhou W, Wang J M, et al. Overall protection, systematic restoration and comprehensive management of land space[J]. *China Land Science*, 2019, 33(2): 1-11.]
- [12] 王军,孙雨芹,杨智威,等. 自然资源-社会经济-生态系统耦合视角下的生态保护修复转型思考[J]. *地质通报*, 2024, 43(8): 1297-1304. [Wang J, Sun Y Q, Yang Z W, et al. Thinking for the transformation of ecological protection and restoration in the coupled view[J]. *Geological Bulletin of China*, 2024, 43(8): 1297-1304.]
- [13] 陈剑,王嵩,刘李琨,等. 国土空间生态修复专项规划技术路径探讨: 以荆州市为例[J]. *规划师*, 2024, 40(3): 143-151. [Chen J, Wang S, Liu L K, et al. Ecological restoration special planning technical path of territorial space: Jingzhou Case[J]. *Planners*, 2024, 40(3): 143-151.]
- [14] Ostrom E. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [15] 张莹,陈涛峰,陈洪波,等. 扶持政策对资源枯竭型城市高质量发展的促进效果[J]. *中国人口·资源与环境*, 2022, 32(5): 46-56. [Zhang Y, Chen T F, Chen H B, et al. Implementation effect of supporting policies on the high-quality development of resource-exhausted cities[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2022, 32(5): 46-56.]
- [16] 王文棋,刘兆德,刘聪,等. 资源枯竭城市空间演化特征及精明收缩策略: 以枣庄市为例[J]. *资源科学*, 2024, 46(6): 1131-1143. [Wang W Q, Liu Z D, Liu C, et al. Spatial change characteristics and smart shrinkage strategies in resource-exhausted cities: A case study of Zaozhuang City[J]. *Resources Science*, 2024, 46(6): 1131-1143.]
- [17] 王新宇,孟祥凤,王春龙,等. 资源枯竭型城市的低效空间识别方法: 以鹤岗市为例[J]. *资源科学*, 2024, 46(6): 1119-1130. [Wang X Y, Meng X F, Wang C L, et al. Identification of inefficient spaces in resource-depleted cities: A case study of Hegang City[J]. *Resources Science*, 2024, 46(6): 1119-1130.]
- [18] 吴次芳,肖武,曹宇,等. 国土空间生态修复[M]. 北京:地质出版社, 2019. [Wu C F, Xiao W, Cao Y, et al. *Ecological Restoration of National Land Space*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2019.]
- [19] 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, 38(2): 95-101. [Zhang Y J, Liu J B, Zhu X, et al. Ecological restoration of coal mining subsidence area in territorial space governance: Hegang Case[J]. *Planners*, 2022, 38(2): 95-101.]
- [20] 杨忍,刘芮彤. 农村全域土地综合整治与国土空间生态修复: 衔接与融合[J]. *现代城市研究*, 2021, (3): 23-32. [Yang R, Liu R T. Rural comprehensive land consolidation and territorial ecological restoration: Cohesion and integration[J]. *Modern Urban Research*, 2021, (3): 23-32.]
- [21] 崔树强,周国华,李晓青,等. “人-地-业”协调视角下长株潭城市群城乡融合发展仿真模拟[J]. *地理科学进展*, 2024, 43(7): 1337-1354. [Cui S Q, Zhou G H, Li X Q, et al. Simulation of urban-rural integration development of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration from the perspective of “human-land-industry” coordination[J]. *Progress in Geography*, 2024, 43(7): 1337-1354.]
- [22] Chaigneau T, Coulthard S, Daw T M, et al. Reconciling well-being

- and resilience for sustainable development[J]. *Nature Sustainability*, 2022, 5(4): 287–293.
- [23] Schaafsma M, Eigenbrod F, Gasparatos A, et al. Trade-off decisions in ecosystem management for poverty alleviation[J]. *Ecological Economics*, 2021, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107103.
- [24] 朱琳, 卞正富, 朱环, 等. 资源枯竭型城市转型期土地利用与城市发展耦合关系分析: 以徐州市贾汪区为例[J]. *城市发展研究*, 2013, 20(1): 54–59. [Zhu L, Bian Z F, Zhu H, et al. Coupling relationship between land using and urban development in resource-exhausted city: A case of the Jiawang City[J]. *Urban Development Studies*, 2013, 20(1): 54–59.]
- [25] 朱琳, 卞正富, 曹海涛. 资源型城市矿山关闭对社会、经济和环境的影响: 以徐州市贾汪区为例[J]. *城市问题*, 2013, (3): 16–19, 59. [Zhu L, Bian Z F, Cao H T. Influence on society, economy and environment by mining closure of resource-based cities: Taking Jiawang District of Xuzhou City for example[J]. *Urban Problems*, 2013, (3): 16–19, 59.]
- [26] 郑慧慧, 秦佳星, 桑之婷, 等. 基于区域特征的煤炭开采沉陷对土壤特性影响研究进展[J]. *土壤通报*, 2022, 53(6): 1481–1491. [Zheng H H, Qin J X, Sang Z T, et al. Progress review on the influence of coal mining subsidence on soil properties based on regional characteristics[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2022, 53(6): 1481–1491.]
- [27] 陈浮, 朱燕峰, 马静, 等. 东部平原采煤沉陷区降污固碳协同修复机制与关键技术[J]. *煤炭学报*, 2023, 48(7): 2836–2849. [Chen F, Zhu Y F, Ma J, et al. Cooperative remediation mechanism and key technologies for pollution reduction and carbon sequestration in coal mining subsidence areas of the eastern plain[J]. *Journal of China Coal Society*, 2023, 48(7): 2836–2849.]
- [28] Sara L, Fritz K, Adia B, et al. How social considerations improve the equity and effectiveness of ecosystem restoration? [J]. *Bioscience*, 2023, 73(2): 134–148.
- [29] 安适, 张绍良, 侯湖平, 等. 煤炭资源型城市转型模式研究: 以徐州贾汪区为例[J]. *中国矿业*, 2021, 30(6): 44–49. [An S, Zhang S L, Hou H P, et al. Research on the transformation model of coal resource-based cities: Taking Xuzhou Jiawang as an example[J]. *China Mining Magazine*, 2021, 30(6): 44–49.]
- [30] 孔凡斌, 王苓, 徐彩瑶, 等. 中国生态环境治理体系和治理能力现代化: 理论解析、实践评价与研究展望[J]. *管理学刊*, 2022, 35(5): 50–64. [Kong F B, Wang L, Xu C Y, et al. Modernization of China's ecological environment governance system and governance capacity: Theoretical analysis, practical evaluation and research prospect[J]. *Journal of Management*, 2022, 35(5): 50–64.]
- [31] Joern F, Maraja R, Jacqueline L, et al. Making the un decade on ecosystem restoration a social-ecological endeavour[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2020, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107103.
- [32] 王琼, 孙永平. 湖北资源枯竭型城市产业困境形成机理及转型分析[J]. *江汉论坛*, 2010, (8): 19–23. [Wang Q, Sun Y P. Analysis on formation mechanism and transformation of industrial dilemma in resource-depleted cities in Hubei province[J]. *Jiangnan Tribune*, 2010, (8): 19–23.]
- [33] 张帅航, 原野, 苗颖凤, 等. 国土空间生态保护修复对中国脱贫地区经济发展的影响: 基于PSM-DID方法的实证分析[J]. *干旱区地理*, 2025, 48(5): 930–940. [Zhang S H, Yuan Y, Miao Y F, et al. Impact of territorial spatial ecological protection and restoration on the economic development of China poverty-alleviated regions: Empirical analysis based on PSM-DID method[J]. *Arid Land Geography*, 2025, 48(5): 930–940.]
- [34] Ji Q, Feng X, Sun S, et al. Cross-scale coupling of ecosystem service flows and socio-ecological interactions in the Yellow River Basin[J]. *Journal of Environmental Management*, 2024, DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.122071.
- [35] 张二进. 生态修复何以促进生态产品价值实现? 基于多案例的模糊集定性比较分析[J]. *价格月刊*, 2024, (8): 1–9. [Zhang E J. Promoting the realization of the value of ecological products by means of ecological restoration: Qualitative comparative analysis of fuzzy sets based on multiple cases[J]. *Prices Monthly*, 2024, (8): 1–9.]
- [36] 杨新军, 温晓金, 陈佳. 脆弱性与恢复力整合: 社会-生态系统可持续性研究转型与挑战[J]. *人文地理*, 2024, 39(2): 21–30. [Yang X J, Wen X J, Chen J. The integration of vulnerability and resilience: Research ransformations and challenges of sustainability of social-ecological systems[J]. *Human Geography*, 2024, 39(2): 21–30.]
- [37] 侯彩霞, 祝永芳. 基于SES-PSR模型的沙漠化逆转区社会-生态系统恢复力评价和预测: 以宁夏盐池县为例[J]. *中国沙漠*, 2024, 44(6): 277–286. [Hou C X, Zhu Y F. Social-ecological system resilience assessment of desertification reversal area based on SES-PSR model: A case study of Yanchi, Ningxia, China[J]. *Journal of Desert Research*, 2024, 44(6): 277–286.]
- [38] 蒋应刚, 欧阳进一, 张继飞. 资源型城市社会-生态系统恢复力演变及其主导障碍因素: 以攀枝花市为例[J]. *资源科学*, 2024, 46(10): 2064–2077. [Jiang Y G, Ouyang J Y, Zhang J F. Evolution of social-ecological system resilience and its main obstacle factors in resource-based cities: A case study of Panzhihua[J]. *Resources Science*, 2024, 46(10): 2064–2077.]
- [39] Liu R, Zhang L, Tang Y, et al. Understanding and evaluating the resilience of rural human settlements with a social-ecological system framework: The case of Chongqing Municipality, China[J]. *Land Use Policy*, 2024, DOI: 10.1016/j.landusepol.2023.106966.
- [40] He S T, Wang D J, Li Y, et al. Social-ecological system resilience of debris flow alluvial fans in the Awang Basin, China[J].

2026年1月

- Journal of Environmental Management, 2021, DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112230.
- [41] 赵克勤. 基于集对分析的不确定性多属性决策模型与算法[J]. 智能系统学报, 2010, 5(1): 41-50. [Zhao K Q. Decision making algorithm based on set pair analysis for use when facing multiple uncertain attributes[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2010, 5(1): 41-50.]
- [42] 匡洋, 李浩, 夏军, 等. 气候变化对跨境水资源影响的适应性评估与管理框架[J]. 气候变化研究进展, 2018, 14(1): 67-76. [Kuang Y, Li H, Xia J, et al. Impacts of climate change on trans-boundary water resources and adaptation management framework [J]. Climate Change Research, 2018, 14(1): 67-76.]
- [43] Carmen E, Fazey I, Ross H, et al. Building community resilience in a context of climate change: The role of social capital[J]. Ambio, 2022, 51(6): 1371-1387.
- [44] Janssen M, van der Voort H. Adaptive governance: Towards a stable, accountable and responsive government[J]. Government Information Quarterly, 2016, 33(1): 1-5.
- [45] Xu M, Tao C, Zou X. How do technology and institutional adaptability promote sustainable economic entrepreneurship and growth?[J]. Journal of Business Research, 2024, DOI: 10.1016/j.jbusres.2023.114458.
- [46] 郭维红, 蒋非非, 马静, 等. 2000-2020年中国耕地旱改水空间格局演变及其适应性管理[J]. 农业工程学报, 2024, 40(4): 292-303. [Guo W H, Jiang F F, Ma J, et al. Spatial pattern evolution of dryland-to-paddy conversion in China and its adaptive management from the year 2000 to 2020[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2024, 40(4): 292-303.]
- [47] Hossain M S, Basak S M, Amin M N, et al. Social-ecological systems approach for adaptation to climate change[J]. Sustainable Development, 2024, 32(3): 2766-2778.
- [48] Anazélia M, Sofia L, Robin C, et al. Beyond ecology: Ecosystem restoration as a process for social-ecological transformation[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2023, 38(7): 643-653.
- [49] 范强, 孙爽, 孙虎虎. 资源枯竭型城市生态质量时空格局与驱动力研究: 以阜新市中心城区为例[J]. 测绘通报, 2024, (6): 24-29. [Fan Q, Sun S, Sun H H. Research on resource-exhausted city spatio-temporal patterns and drives of ecological quality: Take central urban area of Fuxin for example[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2024, (6): 24-29.]
- [50] 张晓平, 胡紫红, 张璐. 生态退化风险视角下的资源枯竭型城市国土空间生态保护修复: 以大余县为例[J]. 测绘通报, 2023, (5): 148-152, 169. [Zhang X P, Hu Z H, Zhang L. Ecological protection and restoration of resource-exhausted cities territorial space from ecological degradation risk perspective: Taking Dayu County as an example[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2023, (5): 148-152, 169.]
- [51] 李淑娟, 郑鑫, 隋玉正. 国内外生态修复效果评价研究进展[J]. 生态学报, 2021, 41(10): 4240-4249. [Li S J, Zheng X, Sui Y Z. Research progress of ecological restoration effect evaluation at home and abroad[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(10): 4240-4249.]
- [52] 黄溶冰, 谢晓君. 领导干部自然资源资产离任审计与地区环境质量: 基于自然资源禀赋视角[J]. 资源科学, 2023, 45(6): 1091-1106. [Huang R B, Xie X J. Accountability audit of natural resources and regional environmental quality: Based on the perspective of natural resources endowment[J]. Resources Science, 2023, 45(6): 1091-1106.]
- [53] 肖武, 郭既望, 张丽佳, 等. 全域土地综合整治与生态修复的市场化机制、模式与路径[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(8): 203-217. [Xiao W, Guo J W, Zhang L J, et al. Marketization mechanism, model and path of comprehensive land consolidation and ecological restoration[J]. Journal of China Agricultural University, 2023, 28(8): 203-217.]
- [54] 朱新华, 贾心蕊. “权释”生态产品价值实现机制: 逻辑机理与政策启示[J]. 自然资源学报, 2024, 39(9): 2029-2043. [Zhu X H, Jia X R. Explanation of the mechanism of value realization of ecological products using property rights theory: Logical mechanism and policy implications[J]. Journal of Natural Resources, 2024, 39(9): 2029-2043.]
- [55] 孟超, 侯湖平, 张绍良, 等. 东部资源枯竭型城市矿地融合导向的工矿废弃地修复策略: 以徐州市工矿废弃地为例[J]. 中国矿业, 2021, 30(7): 78-84. [Meng C, Hou H P, Zhang S L, et al. Research on the rehabilitation strategy of abandoned industrial and mining land in the suburbs based on mine and regional integration: A case study of Xuzhou City[J]. China Mining Magazine, 2021, 30(7): 78-84.]
- [56] 孙博文. 建立生态产品价值实现机制: “五难”问题及优化路径[J]. 天津社会科学, 2023, (4): 87-97. [Sun B W. To establish the mechanism for realizing ecological product value: Difficulties and optimization paths[J]. Tianjin Social Sciences, 2023, (4): 87-97.]
- [57] 张琪, 罗彦, 赵亮, 等. “五权”治理体系构建: 生态产品价值实现机制探讨[J]. 城市规划学刊, 2022, (S1): 267-271. [Zhang Q, Luo Y, Zhao L, et al. Construction of the “Five Rights” governance system: Mechanisms for realizing the value of ecological products[J]. Urban Planning Forum, 2022, (S1): 267-271.]

## Reconstruction of social–ecological system in resource–exhausted areas from the perspective of ecological restoration of territorial space

MA Jing<sup>1</sup>, HUA Ziyi<sup>1</sup>, YANG Bin<sup>2</sup>, LUO Zhanbin<sup>1</sup>, YANG Yongjun<sup>3</sup>, CHEN Fu<sup>1</sup>

(1. School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 211100, China; 2. School of Public Policy & Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China; 3. Engineering Research Center of Ministry of Education for Mine Ecological Restoration, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** [Objective] The exploitation of mineral resources severely damages the sustainability of social-ecological systems, and implementing ecological restoration is crucial for resource-exhausted areas to break the “resource curse”. [Methods] Based on the social-ecological system analysis framework incorporating multi-subject co-governance and focal action scenarios, a case study method was adopted to reveal the logic and mechanisms through which ecological restoration of territorial space reconstructed the social-ecological system in resource-exhausted areas. [Results] The results showed that: (1) The social-ecological system in resource-exhausted areas faced multiple challenges, including the contraction of people’s well-being, destruction of land resources, collapse of industrial structure, and ecosystem degradation. (2) By introducing the participation of multiple subjects, ecological restoration of territorial space reshaped the relationships between humans, land, industry, and ecosystem in resource-exhausted areas, promoting the formation of positive interaction within the social-ecological system. (3) Future efforts should focus on identifying system feedback relationships, evaluating restoration effectiveness, and monitoring evolution of the social-ecological system. These should be supplemented by mandatory national rules, market participation guidance, and socially responsive interactions. The reform should be implemented in two key directions—coordinated management of mining areas and land, and the realization of ecological product value—to promote efficient governance and high-quality development of the social-ecological system in resource-exhausted areas. [Conclusion] Ecological restoration of territorial space facilitates the transformation and upgrading of resource-exhausted areas, enabling them to escape the vicious cycle of degradation by reconstructing the feedback relationships within the social-ecological system. In the future, the social-ecological system analysis framework should be implemented throughout the entire process of ecological restoration of territorial space to promote harmonious coexistence between humans and nature in resource-exhausted areas.

**Key words:** ecological restoration; social-ecological system; resource-exhausted area; system resilience; high-quality development