

DOI: 10.20103/j.stxb.202211173323

张令达, 侯全华, 段亚琼. 生态文明背景下三生空间研究: 内涵、进展与对策. 生态学报, 2024, 44(1): 47-59.

Zhang L D, Hou Q H, Duan Y Q. A literature review on Production-Living-Ecological Spaces in the context of ecological civilization: connotation, problems and countermeasures. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(1): 47-59.

生态文明背景下三生空间研究: 内涵、进展与对策

张令达, 侯全华*, 段亚琼

长安大学建筑学院, 西安 710061

摘要:“三生空间”作为人类活动与自然资源的空间载体, 是一个多要素交互作用、多尺度空间嵌套的复杂空间系统。科学认识“三生空间”的理论内涵与实现路径是生态文明建设面临的核心命题, 更是当前国土空间规划所面临的空间协同管控问题。从历史维度、理论维度、实践维度探讨了“三生空间”的科学内涵、研究进展与对策; 通过历史溯源梳理了人类文明进程中“三生空间”从“混沌”到“协同”演进过程与趋势, 探究了“三生空间”在生态文明背景下的科学性与学理性; 遵循“根本性-规律性-操作性”的逻辑综述了国内外学者在“三生空间”的研究成果; 从关系机制、方法体系、空间表征、管控方案四个方面探讨了“三生空间”协同管控的对策。未来“三生空间”研究应是着眼复杂的国土空间现状与协同的空间管控模式, 提升对空间本质的认识维度, 建立以人为本的科学研究范式, 为国土空间规划提供科学的理论支撑。

关键词:三生空间; 国土空间规划; 综述; 理论内涵; 问题与对策

A literature review on Production-Living-Ecological Spaces in the context of ecological civilization: connotation, problems and countermeasures

ZHANG Lingda, HOU Quanhua*, DUAN Yaqiong

School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061, China

Abstract: As the spatial carrier of human activities and natural resources, production-living-ecological space (PLES) is a complex spatial system with multi-element interaction and multi-scale spatial nesting. Scientific understanding of the theoretical connotation and realization path of PLES is the major proposition of the ecological civilization construction. It is also a problem of spatial coordination management and control faced by territorially spatial planning. This paper discussed the scientific connotation, research problems, and countermeasures of PLES from historical, theoretical, and practical dimensions. The evolution process and trend of PLES from chaos to synergy in the process of human civilization has been clarified through historical traces. The scientific and rational nature of PLES under the background of ecological civilization was explored. Following the logic of fundamentality-regularity-operability, this paper summarized the research progress of domestic scholars in field of PLES. The countermeasures of collaborative PLES management and control were discussed from four aspects: relationship mechanism, method system, spatial representation, and management and control scheme. The main conclusions are as follows: PLES is the interplay of key elements and the intertwining of human behaviors of PLES that form a complex form of material spatial representation and organization; Building a synergistic relationship among multiple elements with human as the core, as well as the improvement mechanism and the feedback adjustment mechanism of the three habitats are important criteria for the scientific control of PLES. Establishing multi-scale spatial sequencing principles and transmission pathways from regional to local scale based on regional characteristics and ecological laws is a serious

基金项目:国家自然科学基金项目(52178030); 国家重点研发计划项目(2022YFC3802803); 中央高校基本科研业务费专项资金——长安大学优秀博士学位论文培育资助项目(300102412723)

收稿日期:2022-11-17; **网络出版日期:**2023-09-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: houquanhua@chd.edu.cn

challenge for future research on synergistic control of the three habitats. The application of data from multiple sources and the integration of multiple models help reveal the complex patterns and processes of the three habitats. The application of data from multiple sources and the integration of multiple models can help uncover the complex patterns and processes of the three habitats and analyze complex and multifaceted spatial problems. Through the design of scenario zones and scenario units, the subdivision of dominant functions, the breakdown of coupling processes and the refinement of key elements, indicators and countermeasures for the control of the PLES can be gradually put in place. Future research on PLES should focus on the complex status quo of territorial space and collaborative space management and control mode, improve the understanding of the dimension of the nature of space, establish a human-oriented scientific research paradigm, and provide scientific theoretical support for territorial spacial planning.

Key Words: production-living-ecological space; territorial space planning; review; theoretical connotation; problems and countermeasures

生产空间、生活空间、生态空间作为人类实践存在的基本形式,构成了人类生活世界的总体面貌^[1]。随着地球进入“人类世”的新纪元^[2],人类活动对地球生态系统运行的影响已超过了自然的变化^[3]，“三生空间”的演进过程也受到了与气候变化相关的生态环境恶化、自然灾害频发、物种多样性衰退等问题的深刻影响。伴随可持续发展理念从全球理念转化为地方行动，“三生空间”的科学布局如何适应复杂的生态环境变化,满足人类日益增长的物质需求,成为社会各界研究者关注的焦点^[4]。

当前,中国正处于快速的城镇化、工业化、信息化和全球化的进程中,区域发展战略经历了从改革开放前的均衡发展,到支持东部沿海地区的非均衡发展,再到现在区域协调发展的转变历程^[5]。虽然取得了举世瞩目的成效,但同时带来一系列问题,如发展空间逐渐收缩,生产、生活、生态空间之间冲突不断加剧,环境污染与生态退化,自然资源粗放利用等。长期以来,传统空间规划是以社会经济发展、人口规模增长为导向,对城市或乡村的空间布局、结构、形态提出理想的规划蓝图,未能从全局的、动态的视角考量生态本底的适应力与承载力的差异性,气候变化与自然灾害带来的不确定性^[6],使得国土空间高质量发展和经济社会发展转型面临巨大的挑战。

生态文明建设战略提出以来,国家出台的一系列相关政策对国土空间规划的要求逐步规范与深化,从以提高生产效率与社会经济水平为主转向生态环境、自然资源、人口需求与社会经济发展统筹优化。2012年11月召开的党的十八大报告明确提出“大力推进生态文明建设”,将促进“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”作为国土空间格局开发的要求。随后,“三生空间”的概念多次被提出并逐步深化,已成为解决国土空间格局统筹优化的重要理论基础。2019年,中共中央国务院颁布《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》,提出“坚持生态优先、绿色发展,尊重自然规律、经济规律、社会规律和城乡发展规律,因地制宜开展规划编制工作”,并进一步将“三生空间”的科学布局作为国土空间规划的重要风向标。

然而,长期以来“三生空间”的科学内涵模糊,尤其是在空间规划的变革过程中衍生出了诸多问题,导致理论与实践的错位与脱节,使得“三生空间”的实践充满争议。随着多学科思想的涌入,促进了国土空间规划的综合性研究,为“三生空间”带来了新的科学立场与实践途径。因此,本文将从历史维度、理论维度、实践维度三个层面探讨在生态文明建设背景下“三生空间”如何指导国土空间科学布局的问题,分别对应三个具体的问题,即如何解读“三生空间”的科学立场,回答“三生空间”的基本内涵与关系是什么?如何梳理“三生空间”的学术脉络,回答“三生空间”的根本性、规律性及实践性中存在的问题是什么?如何应对国土空间规划中“三生空间”面临的难题与挑战,回答实现“三生空间”协同管控对策是什么?本文将通过探究“三生空间”本体论、方法论、实践论的科学认识,巩固“三生空间”的基础理论,丰富国土空间规划的理论视角,为国土空间规划提供具有地方性和操作性的科学途径。

1 三生空间的基本内涵

“三生空间”的科学立场是展开理论与实践研究的基本前提,需要符合人类文明进程的历史逻辑,从空间本体论层面揭示其基本内涵与关系,是进一步梳理研究脉络的理论依据。

1.1 人类文明进程中三生空间的历史演化

人类实践活动与自然环境的相互作用贯穿于人类社会发展的各个阶段。沿着人类文明进程,“三生空间”的历史演化足迹呈现出“三生混沌-三生分离-三生无序-三生协同”的发展脉络(图1),每一次文明的进步与社会的变革都推动了空间格局的转型。

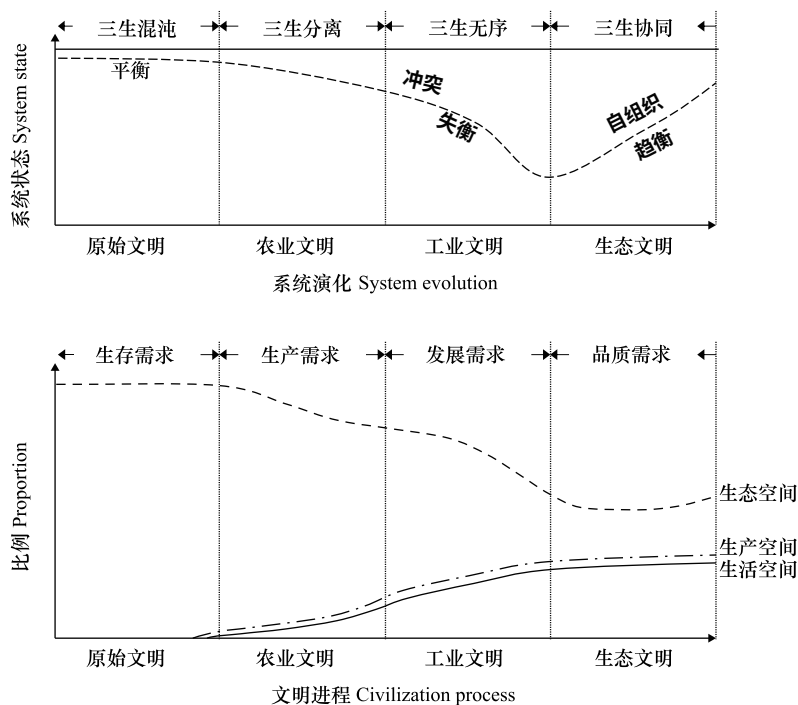


图1 人类文明与“三生空间”历史演进对称性图解

Fig.1 Symmetry diagram of the historical evolution of human civilization and production-living-ecological space

在原始文明早期阶段,人类以氏族部落的形式群居生活,由于生产技术的落后和科学知识的匮乏,人类缺少获取食物的主动方式,主要以采集与渔猎为主,直接以自然物为生产资料,对自然环境存在强烈的依赖性,人类与自然之间形成了依附和顺从的关系。此时,生产、生活空间尚未从生态空间中分化出,“三生空间”呈现混沌的状态。

第一次社会大分工之后,原始农业开始出现在人类社会,人类的生产、生活方式从采集、渔猎转向农耕模式。自此,人类逐渐意识到自然资源对人类自身的价值,尤其是土地资源。人类开始通过生产实践,对自然资源与生态环境逐步认识,了解植物的规律性。此时,农业文明形成了尊重自然,人与自然和谐共处的思想,出现了“决定论”、“机械唯物主义”、以及朴素的辩证唯物论等人地观^[5]。同时,人类依托农业生产空间逐步形成以乡村聚落为人口聚居地的生活空间。自此,生产、生活与生态空间的关系逐步从分离发展到对立。

工业革命推动了科学技术的发展、生产方式的革新以及机器工具对人力的替代,使得人类利用自然资源的能力得到了大幅度的增强。此时人类对自然的关系由依赖转为征服,掠夺性的开发严重破坏了生态系统的平衡体系,甚至诸多环境问题遗毒至今,例如温室效应、全球沙漠化、水土流失、城市病等,追根溯源都可在工业文明时期的生产方式中找到根源。工业革命一方面极大提高了人类利用自然资源的效率,推动了社会经济的飞跃式发展;另一方面,人与自然矛盾日益加剧,涌现出不同程度、不同类型的空间冲突。在此时期,非农生

产空间出现并迅速扩大规模,不仅对生态空间产生了巨大的冲击,同时也占用了更多的农业生产空间。同时,生活空间对生产空间的依赖性较大,人们对生活品质的要求进一步加剧了对自然资源的掠夺与生态空间的侵蚀,加剧了生产、生活和生态空间三者的冲突。

面对工业文明带来的诸多全球性问题,例如人口爆炸式增长、不可再生资源的过度消耗和生态环境的不断恶化等,迫使人类社会不得不重新审视历史,重视人类赖以生存的生态环境。后工业时期,尤其自 20 世纪 80 年代以来,全球各国开始关注生态保护与经济发展之间的关系,提出了增长极限理论、可持续发展理论、人地关系理论^[7]、资源环境承载力理论^[8]、地域功能理论^[9-10]等理论思想,追求社会经济高速的观念受到摒弃,生态文明的思想应运而生,越来越多的国家和组织开始反思人类活动与生态环境共存共生的协同发展问题^[11]。自此,空间规划的目的不仅仅是服务于社会经济发展,更应该包括生态环境、自然资源、生活品质、文化传承等,以实现“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的人类共同福祉(表 1)。

表 1 不同文明时期人类社会发展特征比较^[12]

社会发展特征 Characteristics of social development	文明时期 Civilization period			
	原始文明 Primitive civilization	农业文明 Agricultural civilization	工业文明 Industrial civilization	生态文明 Ecological civilization
人类需求 Human demands	生存	安全	物质	精神
生产方式 Mode of production	采集、渔猎	农业	工业	科技
生产资料 Means of production	自然物	农作物	石油、能源	可再生资源
技术形式 Technological format	人力	人力	能源	信息
人类聚居形式 Form of human settlement	族群、部落	乡村	城市	城乡融合
人与自然关系 Relationship between man and nature	依附、顺从	敬畏、顺应	征服、掠夺	协同、共生
三生空间状态 State of production-living-ecological space	混沌	分离	无序	协同
价值观 Sense of value	天命论	决定论	征服论	和谐论

1.2 生态文明背景下三生空间的学理辨析

1.2.1 三生空间的内在逻辑

一般来说,“三生空间”包括主要用于农业、工业、商业等生产经营活动的生产空间,提供居住、出行、消费、休闲娱乐和社会交往等行为的生活空间以及进行生态保护、生态建设、绿色消费、健康等行为并能为人类提供生态服务的生态空间^[13-15]。

人类的一切活动均以一定的空间为载体,空间物质性的背后是人类不断提升的需求与复杂的行为活动,人与自然、人与人之间的互动关系是空间生产的基础^[16]。人类为满足自身的需求产生了不同的行为,行为在适应需求的过程中不断调整,选择并适应着环境,促使了不同空间的生产与重构,空间在制约不同行为的同时影响着人类的需求标准,再通过不断的重构又会催生出新的行为,如此循环往复进而分化出“三生空间”,从历史维度表现为从“无序”发展到“有序”,从“混沌”走向“协同”的空间演进过程。在生态文明的背景下,“三生空间”的内涵是复杂的,既要尊重自然、顺应自然,也要坚持以人为中心,建立人与人、人与自然、人与社会和谐的良好关系。因此,“三生空间”不仅是由生产空间、生活空间、生态空间有机组成的复合空间,本质上是不同人类行为活动相互交织而成的复杂系统,是生产、生活、生态行为的特征及其之间的关系共同表征出的复杂空间(图 2)。

1.2.2 三生空间的基本关系

生态文明是全球可持续发展的必然趋势。纵观人类文明与“三生空间”的历史进程可以看出,生态与生活空间的变化是随着生产力的发展而随之变化的;生活空间作为人类活动的主要场所,是人类实现自身目标的空间,生产与生态空间都是为之而服务的;生态空间则是生产、生活空间的基础,起着重要的承载与制约作

用,只有在一定的资源环境承载力内的有序发展,“三生空间”才是可持续的。从“混沌”到“协同”的“三生空间”系统演化过程同时也反映出了生产、生活空间与生态空间“内嵌-分离-回嵌”的空间关系变化。因此,“三生空间”的内在关系表现为生产-生活-生态三类空间之间相互作用的互嵌模式,即生产与生活空间以覆盖、包含、交叉等方式内嵌于生态空间(图3)。可见,未来生态文明背景下的国土空间格局将是生产-生活-生态空间三者彼此交织交融的协同状态。

2 三生空间的研究进展

随着对国土空间规划认识的逐步深入,“三生空间”理念的局限性难以指导各级各类空间规划的实施落地^[17]。然而,不可否认“三生空间”作为国土空间规划科学布局的总体要求与落脚点,与国内外广泛认可的可持续发展理念“三支柱”不谋而合,对于实体空间布局、功能组合、结构优化以及要素配置等方面都具有重要的指导意义^[18]。因此,本文将通过梳理相关文献,从“根本性-规律性-操作性”三个层次,逐步厘清“三生空间”研究的发展脉络,探寻其核心学术思想以及存在的关键问题。

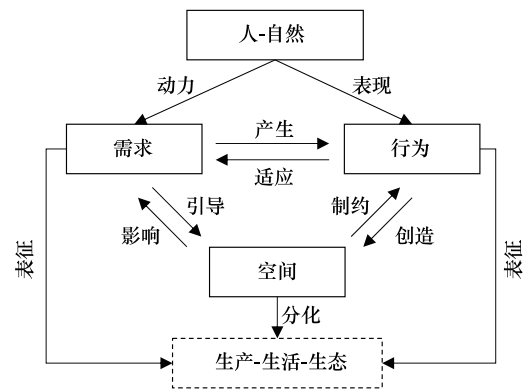


图2 “三生空间”内在逻辑关系示意图

Fig.2 Schematic diagram of internal logical relations of production-living-ecological space

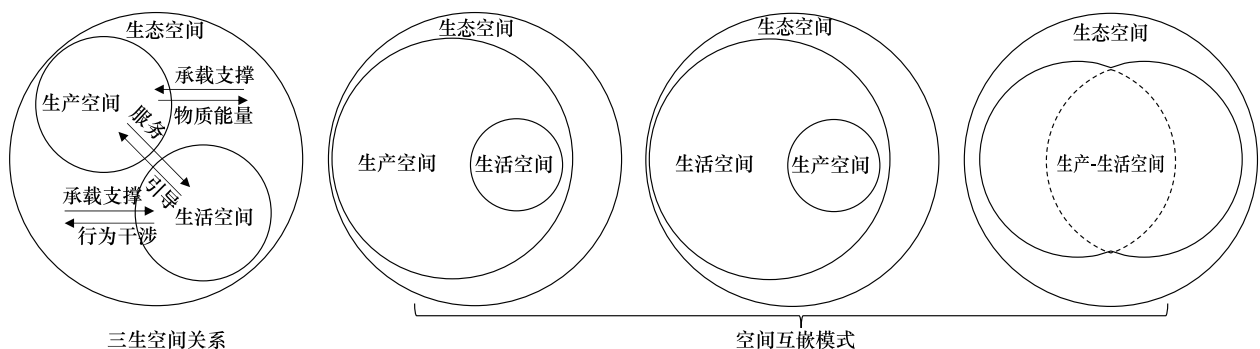


图3 “三生空间”的空间关系示意图

Fig.3 Schematic diagram of the spatial relationship of production-living-ecological space

2.1 三生空间理论内涵与识别分类

“三生空间”的根本性研究体现在理论内涵和识别分类两个方面,前者属于对“三生空间”概念、内涵与外延的探讨,后者则是对空间表征的途径、形式以及方法的研究。二者的研究密切相关,是理解国土空间功能差异性的根本,也是开展国土空间规划的先决条件与实践基础。然而,目前关于“三生空间”的理论内涵讨论仍未有定论,不同领域的学者对理论的认知存在较大差异,尚未形成统一的“三生空间”识别与分类方法指导各级国土空间规划编制任务与开发实践活动。

纵观国内相关研究成果,本文从不同的专业领域的视角解析了“三生空间”的概念、边界、学理逻辑和内在原则。相关研究主要形成了两个思路:一是聚焦“土地”,重点围绕土地的基本概念,从资源利用^[19-20]或功能价值^[21]的角度展开“三生空间”理论内涵的研究^[22]。例如黄金川^[23]等紧紧围绕“三生空间”的数量配比和空间配置两个科学问题进行综述,按照精度深化和尺度细化的要求,集中在“三生”功能分类、空间识别、空间优化等内容,从而勾勒出“三生空间”研究的框架体系。同时,亦有研究将“三生空间”作为研究视角,在乡村振兴土地整治^[24]、资源环境承载力^[25-26]、国土空间适宜性评价^[27]、景观安全格局^[28]等方面取得了长足的进

展,丰富了国土空间评价的综合维度。二是聚焦“空间”,侧重于对边界和尺度的讨论,目的是与国土空间规划相结合,例如江曼琪^[13]等从空间功能的角度界定了区域与城市尺度下“三生空间”的范围及用地分类体系;扈万泰^[29]分别从城乡全域、城镇区域、乡村区域探讨了不同空间区域视角下的生产、生活、生态空间的对象内容,同时认为“三生空间”在不同空间尺度和区域视角下的划定是不同的,也是无法绝对一次性划定的。此外,随着多源大数据的应用与推广,“三生空间”识别与分类技术方法的精确性进一步提高。例如曹根榕等^[30]认为 POI 数据能够较为精准地识别城市尺度的“三生空间”,体现了新兴的人本尺度大数据在“三生空间”精细划分中的应用价值。

既有研究关于“三生空间”的识别分类仍处于探索阶段。“三生空间”的研究区域基本涵盖行政区、类型区、政策区、方位区和地理单元五个区域类型^[31],涉及从全国到村域等不同研究尺度,以用地栅格和行政边界为基本分析单元,多采用土地利用与遥感影像数据。从空间识别方法来看,包括两个方面:一是地类归并,通过对土地利用分类标准划分出生产、生活、生态三类用地;二是综合评价法,从功能复合的角度出发,建立综合评价指标体系,划分“三生空间”,一方面体现了部分用地随着尺度的变化表现出功能的多样性,另一方面则是量化地类或空间的综合功能,以判定国土空间的适宜性、承载能力或利用质量(表 2)。

表 2 “三生空间”分尺度研究统计表

Table 2 Statistical table for study of production-living-ecological space at different scales

区域类型 Regional type	研究尺度 Scale of study	分析单元 Analytical unit	研究内容 Research content	数据来源 Data sources	识别方法 Identification method
行政区 Administrative region	全国 ^[32—33]	用地栅格	时空格局与演化特征	土地利用	地类归并
	省域 ^[34]	行政边界	时空格局与协同关系	面板数据	综合评价
	市域 ^[35]	地理格网	时空格局与情景模拟	遥感影像	地类归并
	县区 ^[36—37]	行政边界	功能转型与生态效应	遥感影像	地类归并
	乡镇 ^[38]	行政边界	功能提升与土地整治	调查数据	综合评价
	村域 ^[39]	用地栅格	空间划定与实践应用	三区三线	地类归并
类型区 Type region	中心城区 ^[30]	地理格网	空间识别与格局特征	网络数据	综合评价
	交错地区 ^[40—41]	地理格网	时空格局与功能整合	遥感影像	地类归并
	保护区 ^[42]	用地栅格	时空格局与功能测度	土地利用	地类归并
	山地区 ^[43]	用地栅格	时空格局与驱动因素	遥感影像	地类归并
政策区 Policy region	城市群 ^[44—46]	行政边界	网络结构与关联特征	面板数据	综合评价
	都市圈 ^[47—48]	行政边界	时空格局与驱动因子	遥感影像	地类归并
	经济带 ^[49]	行政边界	土地转型与生态效应	遥感影像	地类归并
方位区 Orientation region	攀西地区 ^[50]	行政边界	利用质量与功能分区	面板数据+地理数据	综合评价
	桂西南-北部湾地区 ^[51]	用地栅格	用地演变及驱动力	遥感影像	地类归并
地理单元 Geographic unit	流域 ^[52—54]	用地栅格	时空格局与空间分异	遥感影像	地类归并
	三角洲 ^[55—56]	用地栅格	生态环境效益与空间分异	遥感影像	地类归并
	黄土高原 ^[57]	用地栅格	功能权衡与协同	土地利用	地类归并
	喀斯特地区 ^[50]	用地栅格	用地演变及驱动力	遥感影像	地类归并

上述研究在一定程度上丰富了“三生空间”理念应用的普适性,但仍受到部分学者的质疑。许伟^[58]将“三生空间”的内涵归纳为空间认识论、空间用地论与空间实践论三个方面,并认为“三生空间”本质上是人类活动的空间场域,在实践中“三生空间”的边界难以截然划分,三者之间应是彼此交融、不可分割的关系。空间实践论强调了以人类实践活动为主导讨论“三生空间”的内涵与关联,正是人类行为与地理空间的复杂互动关系^[15],使得生产、生态、生活空间呈现出叠加性、交织性、多样性和流变性的特点,“三生空间”的边界难以划定。

2.2 三生空间演化规律与耦合机制

在人类实践活动与自然演替的双重影响下,国土空间的功能与格局不断发生着变化,“三生空间”的结构

同样经历着急速的变化与转型。回溯文献,诸多学者从土地利用多功能^[59-60]、生态系统服务^[61-62]等视角出发,通过对“三生空间”变化速率、转型过程、耦合机制^[28,54,63-64]等规律性的研究,探寻区域生产-生活-生态功能的时空演化特征和耦合协同关系,并阐明影响“三生空间”变化的驱动因素和生态效应。例如,魏璐瑶等^[65]以县域为评价单元,利用耦合协调度模型、局部自相关分析、Dagum 基尼系数及子群分布方法,测算江苏省“三生”功能综合评价价值,分析了江苏乡村地区生产-生活-生态功能的耦合协调发展的阶段、过程与趋势。张玉臻等^[66]引入物理学领域中的力学均衡模型,对黄河流域“三生”功能协调度的大小、类型以及空间分异特征进行了量化研究,并对功能失调区域提出了优化策略。此外,李欣等^[67]以村域为研究单元,分析了江苏省扬中市村域单元“三生”功能空间格局特征,并从平均中心、空间范围和主导方向,探索了村民生活质量与“三生”功能的空间关联特征,体现了“三生空间”宏观格局与人本尺度下社会个体生活感知的跨尺度联动关系,在一定程度上反映了人类活动的微观行为与需求在区域尺度的空间表征。可见,“三生空间”的演化规律与耦合机制研究常作为分类识别的延伸和统筹管控的先决条件。尽管计量模型使得“三生空间”规律性探索有了量化的科学解释,但仍然以单一尺度的空间差异性的描述为主,分析模型的结果依赖于指标的选取与获取数据的精确性,缺少跨区域、跨层级、跨尺度的整体性分析,“三生空间”演化规律与耦合机制的内在尺度性解释较为薄弱。

2.3 三生空间统筹优化与管控模式

“整体谋划新时代国土空间开发保护格局,综合考虑人口分布、经济布局、国土利用、生态环境保护等因素,科学布局生产空间、生活空间、生态空间”,是当前国土空间规划的核心任务。在“三生空间”规律性研究的基础上,诸多学者从社会经济、生态环境、人类活动等多个视角着手,开展了“三生空间”统筹优化与管控模式^[68-72]的操作性研究,主要包括要素配比和空间布局两个方面^[23],通过土地利用结构^[73]与功能分区^[21,74]实现在国土空间规划中的落位。

“三生空间”具有尺度的差异性、空间功能的复合性、空间范围的动态性等特征^[29],使得对于“三生空间”管控的研究从静态的功能分区逐步转向了动态的系统性优化和多情景预案,此类研究通过系统动力学模型^[75]、GeoSOS-FLUS^[76-77]、CLUE-S^[34]等进行“三生空间”空间层次结构与动力层次结构的分析与预测,反映出了清晰、准确的空间模拟结果。例如,林佳等^[75]提出国土空间系统“三生”功能协同演化机制的理论框架,运用系统动力学模型探明“三生空间”系统内的有序结构与混沌结构,以及不同功能之间的协同与权衡关系,从而预测未来“三生空间”协同发展模式,实现了对“三生空间”的系统性地统筹优化。此外,“三生空间”亦可作为解决空间冲突,实现整体空间功能协调的手段。例如,张磊等^[78]基于用地冲突最小化与适应性最大化,通过引入二维互斥矩阵的表达方式,形成了基于“三生空间”冲突识别工业用地的空间配置方案,明确“三生空间”优化协调的方向以及拓展区域工业用地优化配置。同时,为了积极响应“双碳”目标,已有研究将“碳”作为关键要素,引入“碳流、碳源、碳汇”、“碳代谢”、“碳排放”、“固碳效应”等理论方法,对“三生空间”的用地布局、空间结构、优化路径等^[79-83]进行了技术性探索,体现了“三生空间”统筹优化与管控在“双碳”战略上的巨大潜力。

2.4 三生空间研究的关键问题

通过上述研究可知,“三生空间”的研究在内容上遵循“根本性-规律性-操作性”的逻辑,在科学内涵、技术方法以及实践落地等方面均有一定的继承与拓展,为不同阶段、不同尺度、不同层级的国土空间规划奠定了良好的基础。但是,通过文献的梳理与总结,关于“三生空间”的研究仍存在以下四点不足之处:①在要素方面,现有研究多着眼于“土地”的自然资源属性,围绕土地利用的多功能性展开“三生空间”的分区、分类、分级等管控研究,较少考虑“空间”维度的社会属性,人类活动行为与空间表征之间的交互关系研究不足;②在方法方面,相关研究的瓶颈在受制于传统数据与研究方法的局限性,多是采用空间统计或是数理模型分析“三生空间”功能、结构、形态等表象之间的联系,较少涉及空间表征背后复杂系统的运行状态、驱动机制、关键要素的构成与相互关系;③在尺度方面,较少考虑“三生空间”的多尺度空间联动与指标传导,“尺度-问题-方法-

方案”的对应关系不明确,缺少符合地理特征的针对性管控途径;④在管控方面,多以主导功能的分区分类为主,或是基于土地利用类型的模拟预测,较少考虑人类需求的多样性,实践行为的复杂性,使得宏观、静态且单一的情景预案难以解决多尺度的空间管控问题。

3 三生空间的管控对策

“三生空间”所反映出的问题,并不只是个别的、地域性的现象,而是普遍性的、全球性的现象,已成为当代人类面临的共同问题^[58]。对于“三生空间”认识的局限致使“三生空间”的理论内涵与方法体系尚不足以全面刻画国土空间并指导其空间管控过程。因此,本文通过回顾相关文献的研究成果,从关系机制、方法体系、空间表征、管控方案四个方面提出“三生空间”协同发展的对策。

3.1 建立多要素协同联动的关系机制

“三生空间”的协同发展是一个涉及人口、经济、社会、生态环境等诸多系统影响的复杂过程。传统研究将水、土、气、生、人^[84]等要素孤立展开讨论,或是通过简单的线性叠加或拼贴得到综合结果,虽然有利于揭示要素的内在机理,得出一般性结论,但更容易忽视多要素相互作用下涌现出的复杂空间特性^[85]。因此,如何探寻影响“三生空间”演化与互动机理的关键要素及其之间的协同联动关系是研究“三生空间”协同管控的基础。在生态文明建设的新时期,以地理单元为边界的管控思路更加突出“山水林田湖草沙”生命共同体的国土空间治理理念,可完整性、系统性地开展全域全要素的关联规律研究,进而剖析生态空间物质和能量流动与生产、生活空间中人流、物流和信息流的时空特征。“三生空间”的认识应从复杂系统的角度出发,挖掘影响其动态演进的关键要素,详细评估其时、空、质、量、构、流、序等多维特征,建立多要素协同联动的关系机制,从而剖析“三生空间”格局所反映出的多要素耦合方式与作用强度(图4)。

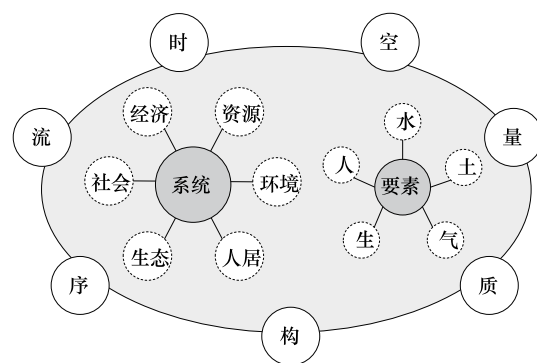


图4 “三生空间”系统多要素多维度关系图

Fig.4 Multi-element and multi-dimensional relation diagram of production-living-ecological space

3.2 构建多模型综合集成的方法体系

随着大数据与互联网技术发展所带来的技术革新,极大地扩展了对时间与空间的认识,海量、密集的数据能够有效表达与分析出更为精确的社会经济规律和人类活动行为特征,为“三生空间”的精细化识别与分类提供了良好的条件。同时,以往很难量化的特征,如人对地理环境的感受、情感、经验、体验、信仰、价值、思想和创造性,不同个体与群体的时空行为模式,以及环境变化与人类福祉的关联,利用大数据都可以进行有效地表达与数理分析^[86]。这为进一步强化以人为本的“三生空间”协同化管控研究提供了极佳的素材。

然而,多源的数据带来了数据密集型的空间分析方法体系,也使得不适用的模型选择带来变量与结果不匹配的“生态谬误”。国土空间规划中规程化的技术流程与评价体系也难以解决多要素交互影响的多尺度空间管控问题。因此,需要针对空间的不同尺度与类型,以问题为导向,建立多模型集成的综合方法体系,充分利用海量多源的数据,分析复杂多元的空间关系。通过建立包括调查访谈、问卷数据、统计数据与互联网大数据、运营商大数据、卫星遥感数据等多源数据库,以及空间统计、空间关系、空间模拟等多模型库,强调传统与新兴技术相结合的方法体系,形成定性和定量研究在资料获取和分析方法上互补、互促,从而探索“三生空间”演化的复杂过程与规律。

3.3 联动多尺度动态协同的空间表征

不同尺度下的“三生空间”包含的要素类型与数量,空间规模与结构都呈现出不同的空间表征,存在错综

复杂的空间关系^[87]。“生产、生活、生态”各个系统内部要素的构成及其相互作用关系随着尺度升降的变化,表现为国土空间功能多样多重,空间组合方式也随之发生着变化。例如,点-轴结构、核心-边缘结构、多中心结构在不同尺度表征着不同的空间格局与社会经济发展状态,同时也存在潜在的最佳空间组织结构^[88]。相较于国土空间规划的政治特征,基于地理特征的空间序列能够更加综合的反映人类行为活动与自然生态要素在不同空间尺度上的关系。如何动态地联动多尺度空间表征,则成为“三生空间”协同管控的关键环节。因此,需要结合国土空间规划的相关技术规程,依托地域特征及生态规律,设计以从区域到局部的空间序列原则和运行组织模式。例如通过构建“纵向分层传导,横向制约管控”的三层双向管控机制,将“结构-功能-指标”对应落位在“流域-片区-单元”三个尺度,强调地理单元的纵深性与延展性,可准确的定位与调整生态空间的在不同尺度管控内容^[89](图5);基于宏观区域的政策背景、地域特征,解析不同尺度的“三生空间”功能分异、空间格局、要素关联机制、内外部驱动因子等的降尺度的细化递进与升尺度调节反馈,实现从宏观空间格局到微观单元控制的空间动态管控;依据不同时间幅度下的“三生空间”系统演变规律,制定面向未来不同目标导向下的情景预案,以辅助规划决策。

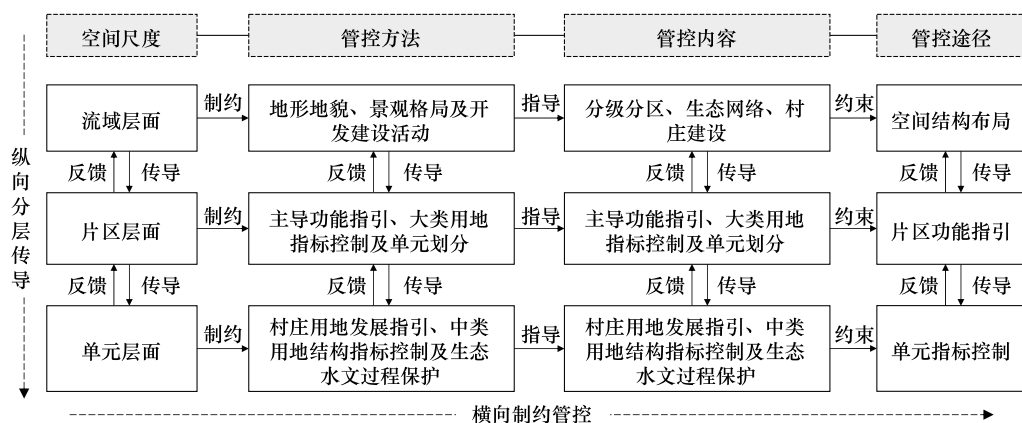


图5 基于“流域-片区-单元”的多尺度管控模式^[89]

Fig.5 Multi-scale management and control mode based on “watershed-zone-unit”

3.4 制定多情景优化模拟的管控方案

“三生空间”协同管控中应体现在整体性、关联性、情景性三个维度。整体性是指空间组织合理,时间行为有序与三生功能协同。关联性则表示不同层级之间的联动与管控程序之间的关联。情景性是对“三生空间”的远景规划,考虑空间地域特征与地方发展趋势,制定多种管控情景,体现动态性与可操作性。“三生空间”的协同管控是三大特性的集中体现,不仅是生产、生活、生态空间机械式的叠加,而是区域整体的谋划,包含了自然本位与人本位的思想融合。在国土空间规划中,“三生空间”的动态性与差异性,使得静态的、绝对的管控方案难以实施落地。然而,在多源数据应用与多模型集成的趋势下,“三生空间”的复杂格局与过程得以揭示,针对不同尺度的空间问题、未来的发展趋势与需求,多情景优化模拟包含了空间的多重时间性与可能性,是实现协同管控的综合途径^[35,90]。因此,与以往简单的情景模拟不同的是,“三生空间”多情景管控不仅需要考虑宏观层面的社会、经济、生态发展的主导性,还需考虑中观、微观层面的问题与需求,对应管控体系中不同尺度的内容。可通过对主导功能的细分,耦合过程的细解,关键要素的细化,设置相应的情景分区与情景单元,结合多层级的空间结构,逐步落位空间管控的指标与对策(图6)。

因此,生态文明背景下的“三生空间”协同管控需要对当前的空间特征进行多个维度的解构,精准捕捉三生功能演化的拐点、节奏,空间变化的方向、趋势,再根据生态规律与地方特性选择关键要素,考虑时间的动态性、空间的差异性、方案的可能性,探明不同时空尺度下“三生空间”的组合,再通过多模型集成分析不同尺度,最终通过多视角多尺度的情景预案实现“三生空间”协同的优化格局。

4 讨论与结论

4.1 讨论

文本通过梳理“三生空间”的历史演进过程和相关研究进展,发现传统“三生空间”理念对新时代国土空间规划工作的局限性逐渐凸显,仍然多以空间现象层面的讨论为主,关于根本性概念的更新与拓展,规律性过程的探索与刻画,操作性路径的优化与实践等方面有待深入研究。究其原因,主要包括两个方面:其一,是对“三生空间”的概念认识差异化较大。无论是功能论或是用地论,都未能阐明空间“关系”和“行为”的特性。“三生空间”的本质不是割裂地分为生产空间、生活空间与生态空间,“三生”与“空间”应是相并列语境,是关键要素的相互作用与三生行为的相互交织形成复杂的物质空间表征形式与组织模式。其二,“三生空间”的问题不仅是空间比例、位置、功能等方面的冲突,更是人类行为活动相互交织的空间重构,涉及多要素的相互作用与多尺度的空间嵌套,具有复杂系统的特性,需要明晰尺度效应,从静态的、具体的认识,逐步上升到动态的、差异化的认识。

国土空间规划是基于自然规律对未来人类行为活动统筹安排的一种空间结果,即生产、生活、生态空间的科学布局,对象是人类的各类空间使用活动,是对各类空间使用变化的管控,核心是协调和解决空间竞争问题^[91]。然而,传统的思维模式难以解释当前复杂的空间现象,空间模式与规划手段亦不足以支撑复杂空间的重构,这就需要在国土空间规划的变革过程中,不断重构理论框架,创新技术范式,优化管控模式,为精准、长效的空间规划提供科学路径,解决“三生空间”协同管控中灵活性与秩序性如何共存的问题。因此,未来基于“三生空间”协同的国土空间管控,需以人类活动的“需求-行为-福祉”为主线,以“三生空间”演化规律与复杂性特征为基础,从广度上形成多维度、多要素、多网络、多结构、多节点的空间表征形式,从深度上形成多尺度、多层级,从宏观格局到微观动机的互动传导机制,再通过不断的调整和腾挪,实现空间功能置换、空间类型转换、行为模式转型等,改进和提升“三生空间”的空间布局、组织方式、以及关键要素的指标管控^[92]。

4.2 结论

“三生空间”的科学布局是生态文明建设与国土空间规划面临的重要科学问题。本文从“历史-理论-实践”三个维度,探究了生态文明背景下“三生空间”研究的内涵、进展与对策,主要结论如下:

(1) 本文揭示了“三生空间”从系统的混沌到协同,从空间的分离到回嵌的空间演变过程,从人类文明进程的历史维度分析了人类活动与空间格局演化的对称性,阐明“三生空间”内涵的科学立场;明确了“三生空间”的基本内涵与内在关系,即人类生产、生活、生态行为的特征及其之间的关系共同表征的复杂空间。

(2) “三生空间”的研究进展基本遵循“根本性-规律性-操作性”的逻辑。本文从理论内涵与识别分类,演化规律与耦合机制、统筹优化与管控模式 3 个层面梳理了“三生空间”研究的发展脉络,分别在要素、方法、尺度和管控 4 个方面提出了已有研究的不足之处。

(3) “生产、生活、生态”空间的复杂性特征引发了在“三生空间”协同管控中秩序性与灵活性如何共存的问题。本文从关系机制、方法体系、空间表征、管控对策 4 个方面提出了“三生空间”的管控对策。此外,应进一步综合人地关系地域系统、社会-生态系统、复杂适应性系统等理论概念,深挖“三生空间”的本质特征与基本属性,揭示其内在关系的复杂性特征,建立综合集成的方法体系,联动多尺度的空间表征,最终通过制定情

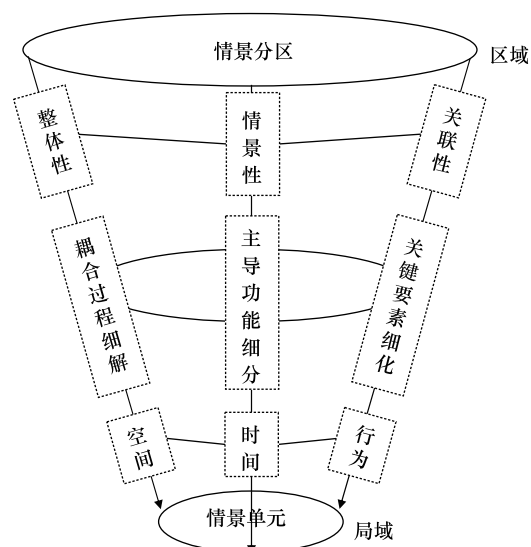


图6 “三生空间”多情景管控示意图

Fig. 6 Schematic diagram of multi-scenario governance of production-living-ecological space

景预案实现协同管控时间性、空间性、不确定性的统一。

参考文献 (References):

- [1] 刘燕.论“三生空间”的逻辑结构、制衡机制和发展原则. 湖北社会科学, 2016(3): 5-9.
- [2] Crutzen P J. Geology of mankind. *Nature*, 2002, 415(6867): 23.
- [3] 傅伯杰, 赵文武, 陈利顶. 地理—生态过程研究的进展与展望. 地理学报, 2006, 61(11): 1123-1131.
- [4] 杨柳青, 陈雯, 吴加伟, 孙伟, 李艳. 适应气候变化的空间规划研究进展: 内容和方法. 国际城市规划, 2020, 35(4): 96-100, 3701.
- [5] 肖金成, 安树伟. 从区域非均衡发展到区域协调发展——中国区域发展 40 年. 区域评论, 2019(1): 13-24.
- [6] Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson A, Chapin F S 3rd, Lambin E F, Lenton T M, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber H J, Nykvist B, de Wit C A, Hughes T, van der Leeuw S, Rodhe H, Sörlin S, Snyder P K, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell R W, Fabry V J, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P, Foley J A. A safe operating space for humanity. *Nature*, 2009, 461(7263): 472-475.
- [7] 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, 11(3): 1-6.
- [8] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 潘韬, 李鹏. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践. 资源科学, 2017, 39(3): 379-395.
- [9] 盛科荣, 樊杰. 地域功能的生成机理: 基于人地关系地域系统理论的解析. 经济地理, 2018, 38(5): 11-19.
- [10] 樊杰. 我国主体功能区划的科学基础. 地理学报, 2007, 62(4): 339-350.
- [11] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [12] 黄光宇, 陈勇. 生态城市理论与规划设计方法. 北京: 科学出版社, 2002: 37-38.
- [13] 江曼琦, 刘勇. “三生”空间内涵与空间范围的辨析. 城市发展研究, 2020, 27(4): 43-48, 61.
- [14] 朱媛媛, 余斌, 曾菊新, 韩勇. 国家限制开发区“生产—生活—生态”空间的优化——以湖北省五峰县为例. 经济地理, 2015, 35(4): 26-32.
- [15] 刘春芳, 王奕璇, 何瑞东, 王晨. 基于居民行为的三生空间识别与优化分析框架. 自然资源学报, 2019, 34(10): 2113-2122.
- [16] 张一兵. 社会空间的关系性与历史性——列斐伏尔《空间的生产》解读. 山东社会科学, 2019(10): 24-30.
- [17] 王颖, 刘学良, 魏旭红, 郁海文. 区域空间规划的方法和实践初探——从“三生空间”到“三区三线”. 城市规划学刊, 2018(4): 65-74.
- [18] 李广东, 方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65.
- [19] 苏浩, 吴次芳. 基于“三生”功能的黑土区耕地资源价值影响因素分析——以黑龙江省克山县为例. 中国土地科学, 2020, 34(9): 77-85.
- [20] 于竹筱, 张红旗, 许尔琪. 基于“三生”视角的中国林地分类提取. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1136-1148.
- [21] 冀正欣, 刘超, 许月卿, 黄安, 卢龙辉, 段亚明. 基于土地利用功能测度的“三生”空间识别与优化调控. 农业工程学报, 2020, 36(18): 222-231, 315.
- [22] 段亚明, 许月卿, 黄安, 卢龙辉, 冀正欣. “生产—生活—生态”功能评价研究进展与展望. 中国农业大学学报, 2021, 26(2): 113-124.
- [23] 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展. 地理科学进展, 2017, 36(3): 378-391.
- [24] 陈实, 李佳佳, 耿虹. 基于“三生空间”协调内涵的乡村土地综合整治策略探析——以宜城市为例. 小城镇建设, 2020, 38(11): 47-55.
- [25] 张传国, 刘婷. 绿洲系统“三生”承载力驱动机制与模式的理论探讨. 经济地理, 2003, 23(1): 83-87.
- [26] 方创琳, 贾克敬, 李广东, 王岩. 市县土地生态—生产—生活承载力测度指标体系及核算模型解析. 生态学报, 2017, 37(15): 5198-5209.
- [27] 王检萍, 余敦, 卢一乾, 张田, 郑亚萍. 基于“三生”适宜性的县域土地利用冲突识别与分析. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1238-1251.
- [28] 刘顺鑫, 黄云. “三生空间”视角下万州区景观生态安全评价及其耦合特征分析. 水土保持研究, 2020, 27(6): 308-316.
- [29] 扈万泰, 王力国, 舒沐晖. 城乡规划编制中的“三生空间”划定思考. 城市规划, 2016, 40(5): 21-26, 53.
- [30] 曹根榕, 顾朝林, 张乔扬. 基于 POI 数据的中心城区“三生空间”识别及格局分析——以上海市中心城区为例. 城市规划学刊, 2019(2): 44-53.
- [31] 樊杰, 王亚飞, 王怡轩. 基于地理单元的区域高质量发展研究——兼论黄河流域同长江流域发展的条件差异及重点. 经济地理, 2020, 40(1): 1-11.
- [32] 张红旗, 许尔琪, 朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局. 资源科学, 2015, 37(7): 1332-1338.
- [33] Wang D, Jiang D, Fu J Y, Lin G, Zhang J L. Comprehensive assessment of production-living-ecological space based on the coupling coordination degree model. *Sustainability*, 2020, 12(5): 2009.
- [34] 欧惠, 戴文远, 黄万里, 黄康, 徐乙文. 基于“三生空间”的福建省城市综合承载力研究. 生态科学, 2020, 39(3): 71-79.
- [35] 李媛洁, 叶长盛, 黄小兰. 基于 CLUE-S 模型的南昌市“三生”空间时空演变及情景模拟研究. 水土保持研究, 2021, 28(5): 325-332.
- [36] 高星, 刘泽伟, 李晨曦, 查理思, 宋昭颖, 张学儒. 基于“三生空间”的雄安新区土地利用功能转型与生态环境效应研究. 生态学报, 2020, 40(20): 7113-7122.

- [37] 焦庚英, 杨效忠, 黄志强, 张潇, 陆林. 县域“三生空间”格局与功能演变特征及可能影响因素分析——以江西婺源县为例. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1252-1267.
- [38] 曲衍波, 张彦军, 朱伟亚, 王森. “三生”功能视角下全域土地综合整治格局与模式研究. 现代城市研究, 2021, 36(3): 33-39.
- [39] 李晓青, 刘旺彤, 谢亚文, 徐修桥, 代杰. 多规合一背景下村域三生空间划定与实证研究. 经济地理, 2019, 39(10): 146-152.
- [40] 王有小, 刘少坤, 陆汝成, 林树高, 梁庆璇, 包博建. “三生”空间视角下近 40a 广西边疆地区景观生态风险及地形梯度分析. 生态与农村环境学报, 2021, 37(12): 1586-1595.
- [41] 张惠婷, 王宏卫, 雷军, 张飞, 王正伟, 谈波, 高一薄. 基于共生理论的兵团与地方城市“三生”功能跨界整合发展研究. 生态学报, 2021, 41(11): 4393-4405.
- [42] 勾蒙蒙, 刘常富, 李乐, 肖文发, 王娜, 胡建文. “三生空间”视角下三峡库区土地利用转型的生态系统服务价值效应. 应用生态学报, 2021, 32(11): 3933-3941.
- [43] 时振钦, 邓伟, 张少尧. 近 25 年横断山区国土空间格局与时空变化研究. 地理研究, 2018, 37(3): 607-621.
- [44] 张雄, 王芳, 张俊峰, 梁睿, 鞠登平. 长江中游城市群三生功能的时空关联性. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(11): 110-122.
- [45] 陈仙春, 赵俊三, 陈国平. 基于“三生空间”的滇中城市群土地利用空间结构多尺度分析. 水土保持研究, 2019, 26(5): 258-264.
- [46] Zhou D, Xu J C, Lin Z L. Conflict or coordination? Assessing land use multi-functionalization using production-living-ecology analysis. Science of the Total Environment, 2017, 577: 136-147.
- [47] 赵瑞, 刘学敏. 京津冀都市圈“三生”空间时空格局演变及其驱动力研究. 生态经济, 2021, 37(4): 201-208.
- [48] 金贵, 邓祥征, 张倩, 王占岐, 李兆华. 武汉城市圈国土空间综合功能分区. 地理研究, 2017, 36(3): 541-552.
- [49] 苑韶峰, 唐奕钰, 申屠楚宁. 土地利用转型时空演变及其生态环境效应——基于长江经济带 127 个地级市的实证研究. 经济地理, 2019, 39(9): 174-181.
- [50] 王强, 陈田田, 李爱迪, 张仕超, 王跃峰. “三生”视角下的国土空间利用质量评价——以攀西地区为例. 山地学报, 2020, 38(2): 290-302.
- [51] 赖国华, 胡宝清, 李敏, 林树高, 邓雁菲. 桂西南-北部湾地区“三生”用地演变及其驱动力的地理探测. 水土保持研究, 2021, 28(4): 236-243.
- [52] 李科, 毛德华, 李健, 蒋子良. 湘江流域“三生”空间时空演变及格局分析. 湖南师范大学自然科学学报, 2020, 43(2): 9-19.
- [53] 柳冬青, 马学成, 巩杰, 李红瑛. 流域“三生空间”功能识别及时空格局分析——以甘肃白龙江流域为例. 生态学报, 2018, 37(5): 1490-1497.
- [54] Li J S, Sun W, Li M Y. Coupling coordination degree of production, living and ecological spaces and its influencing factors in the Yellow River Basin. Journal of Cleaner Production, 2021, 298: 126803.
- [55] 韩美, 孔祥伦, 李云龙, 魏帆, 孔凡彪, 黄淑萍. 黄河三角洲“三生”用地转型的生态环境效应及其空间分异机制. 地理科学, 2021, 41(6): 1009-1018.
- [56] 杨清可, 段学军, 王磊, 金志丰. 基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应——以长江三角洲核心区为例. 地理科学, 2018, 38(1): 97-106.
- [57] 王晓峰, 张兴, 王怡, 延雨. 黄土高原三生空间演变及驱动力分析. 安徽农业大学学报, 2022, 49(1): 112-121.
- [58] 许伟. “三生空间”的内涵、关系及其优化路径. 东岳论丛, 2022, 43(5): 126-134.
- [59] 冀正欣, 许月卿, 黄安, 卢龙辉, 段亚明. 冀北山区“三生”空间识别与演化特征分析——以张家口市为例. 北京大学学报: 自然科学版, 2022, 58(1): 123-134.
- [60] Zou L L, Liu Y S, Yang J X, Yang S F, Wang Y S, Hu X D. Quantitative identification and spatial analysis of land use ecological-production-living functions in rural areas on China's southeast coast. Habitat International, 2020, 100: 102182.
- [61] 刘莹, 耿文亮, 邵静文, 周志民, 张鹏岩. “三生空间”视角下土地利用变化与生态系统服务价值响应——以黄河下游地区为例. 地域研究与开发, 2021, 40(4): 129-135.
- [62] Wang A Y, Liao X Y, Tong Z J, Du W L, Zhang J Q, Liu X P, Liu M S. Spatial-temporal dynamic evaluation of the ecosystem service value from the perspective of “production-living-ecological” spaces: a case study in Dongliao River Basin, China. Journal of Cleaner Production, 2022, 333: 130218.
- [63] Wu J S, Zhang D N, Wang H, Li X C. What is the future for production-living-ecological spaces in the Greater Bay Area? A multi-scenario perspective based on DEE. Ecological Indicators, 2021, 131: 108171.
- [64] Yang Y Y, Bao W K, Liu Y S. Coupling coordination analysis of rural production-living-ecological space in the Beijing-Tianjin-Hebei region. Ecological Indicators, 2020, 117: 106512.
- [65] 魏璐瑶, 陆玉麒, 马颖忆, 陈娱, 王毅. 江苏省乡村“三生”功能耦合协同测度及格局演化. 生态与农村环境学报, 2021, 37(12): 1596-1608.

- [66] 张玉臻,陈阳,王洁,叶剑平,张蚌蚌.黄河流域“三生”功能协调性测度及其差异性优化调控.农业工程学报,2021,37(12):251-261,321.
- [67] 李欣,方斌,殷如梦,许昕,陈添悦.村域尺度“三生”功能与生活质量感知空间格局及其关联——以江苏省扬中市为例.地理科学,2020,40(4):599-607.
- [68] 周侃,樊杰,盛科荣.国土空间管控的方法与途径.地理研究,2019,38(10):2527-2540.
- [69] 林坚,刘松雪,刘诗毅.区域—要素统筹:构建国土空间开发保护制度的关键.中国土地科学,2018,32(6):1-7.
- [70] 梁晨,曾坚,沈中健,王倩雯.快速城市化生态系统服务格局分析与空间管控:以厦门市为例.生态学报,2021,41(11):4379-4392.
- [71] 杨壮壮,袁源,王亚华,乔伟峰,林彤.生态文明背景下的国土空间用途管制:内涵认知与体系构建.中国土地科学,2020,34(11):1-9.
- [72] 翟端强.“空间冲突”到“空间融合”——“人地耦合”视角下国土空间管控优化与规划应对.城市规划,2022,46(8):7-17.
- [73] 沈悦,严金明,陈昊.基于“三生”空间优化的城乡交错区土地整治功能单元划定.农业工程学报,2018,34(11):243-252.
- [74] 张永蕾,栾乔林,熊昌盛,刘学.基于多源空间数据的“三生”空间异质性评价与分区划定.农业工程学报,2021,37(10):214-223,317.
- [75] 林佳,宋戈,张莹.国土空间系统“三生”功能协同演化机制研究——以阜新市为例.中国土地科学,2019,33(4):9-17.
- [76] 杨浩,卢新海.基于“三生空间”演化模拟的村庄类型识别研究——以湖南省常宁市为例.中国土地科学,2020,34(6):18-27.
- [77] Yang X D, Chen X P, Qiao F W, Che L, Pu L L. Layout optimization and multi-scenarios for land use: an empirical study of production-living-ecological space in the Lanzhou-Xining City Cluster, China. Ecological Indicators, 2022, 145: 109577.
- [78] 张磊,陈晓琴,董晓翠,马超前,王艳霞.三生互斥视角下工业用地空间布局优化——以天津市为例.地理与地理信息科学,2019,35(3):112-119.
- [79] 夏楚瑜,李艳,叶艳妹,史舟,刘婧鸣,李效顺.基于生态网络效用的城市碳代谢空间分析——以杭州为例.生态学报,2018,38(1):73-85.
- [80] 林刚,江东,付晶莹,曹成龙,李祥,李增,黄诗棋.“三生”空间格局演化“碳流”分析——以唐山市为例.科技导报,2020,38(11):107-114.
- [81] 杜金霜,付晶莹,郝蒙蒙.基于生态网络效用的昭通市“三生空间”碳代谢分析.自然资源学报,2021,36(5):1208-1223.
- [82] 张赫,王睿,于丁一,蹇庆鸣,彭竞仪,张建勋.基于差异化控碳思路的县级国土空间低碳规划方法探索.城市规划学刊,2021(5):58-65.
- [83] 陈美景,王庆日,白中科,史泽宇.碳中和愿景下“三生空间”转型及其碳储量效应——以贵州省为例.中国土地科学,2021,35(11):101-111.
- [84] 傅伯杰.地理学:从知识、科学到决策.地理学报,2017,72(11):1923-1932.
- [85] 黄剑锋,陈明星,陆林.区域一体化的空间涌现逻辑及其范式探新——兼论长三角一体化的复杂性空间治理.自然资源学报,2022,37(6):1425-1439.
- [86] 甄峰,秦萧,王波.大数据时代的人文地理研究与应用实践.人文地理,2014,29(3):1-6.
- [87] 王威,胡业翠,张宇龙.三生空间结构认知与转化管控框架.中国土地科学,2020,34(12):25-33.
- [88] 王亚飞,郭锐,樊杰.国土空间结构演化解析与主体功能区格局优化思路.中国科学院院刊,2020,35(7):855-866.
- [89] 张令达,侯全华,段亚琼.黄土高原地区流域生态空间管控模式.农业工程学报,2021,37(10):206-213.
- [90] 朱阿兴,朱良君,史亚星,秦承志,刘军志.流域系统综合模拟与情景分析——自然地理综合研究的新范式?.地理科学进展,2019,38(8):1111-1122.
- [91] 孙施文.国土空间规划的知识基础及其结构.城市规划学刊,2020(6):11-18.
- [92] 孙施文.从城乡规划到国土空间规划.城市规划学刊,2020(4):11-17.