

“三生空间”统筹的科学基础与优化途径探析

江 东^{1,2}, 林 刚^{1,2}, 付晶莹^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要: 党的十八大提出了将优化国土空间开发格局作为生态文明建设的首要举措, 以及“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”的目标要求。通过文献调研和总结归纳法, 系统梳理了“三生空间”统筹优化的研究进展。总结发现, 现有工作主要从国土空间利用质量、土地利用适宜性评价、资源环境承载力与比较优势等角度开展了“三生空间”统筹优化研究。但由于对“三生空间”科学内涵的认识不足、定量识别方法与分类体系的构建不完善, 目前“三生空间”统筹优化的技术途径存在诸多问题尚待明晰。未来“三生空间”统筹优化的技术途径应以美丽中国建设愿景为目标导向, 以人地耦合系统理论为核心, 系统构建识别与优化国土空间的理论体系与技术框架。

关键词: “三生空间”; 统筹优化; 美丽中国; 生态文明

改革开放以来, 伴随着工业化进程的加速, 持续大规模国土资源开发的同时, 也面临着城镇建设用地挤占生态空间、大气污染、水资源污染和生态失衡等环境问题。如何协同社会经济发展与生态环境保护已是中国可持续发展研究的核心议题。党的十八大从全局和战略高度提出把生态文明建设放在突出地位的“五位一体”战略。同时, 指出了要将优化国土空间开发格局作为生态文明建设的首要举措, 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^[1]。作为国土空间格局优化的主体, “三生空间”(生产空间、生活空间、生态空间)成为各级主体功能区规划落实、空间规划体系构建和国土空间开发保护制度完善的重要基础。随后, 在党的十八届三中全会上, 深入探讨了全面深化改革的若干重大问题, 并通过了《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》, 《决定》中提出加快生态文明制度建设, 建立空间规划体系, 划定空间开发管制界限, 落实用途管制。2019年5月, 《中共中央、国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》明确了国土空间规划的主要目标, 指出“到2035年, 全面提升国土空间治理体系和治理能力现代化水平, 基本形成生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀, 安全和谐、富有竞争力和可持续发展的国土空间格局”。

“三生空间”基本涵盖了人类社会生活的空间活动范围, 是人类经济和社会发展的基本载体。三者既相互独立, 又相互关联, 具有共生融合、制约效应, “三生”功能协作共赢会产生总体功能大于部分功能之和的协同效应^[2]。统筹“三生空间”联动下的空间功能和用地结构, 促进“三生空间”数量结构和空间布局的协调发展, 综合考虑人口分布、

收稿日期: 2020-05-11; 修订日期: 2020-08-03

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA19040300)

作者简介: 江东(1972-), 男, 安徽寿县人, 博士, 研究员, 研究方向为资源环境遥感监测。E-mail: jiangd@igsrr.ac.cn

通讯作者: 付晶莹(1986-), 女, 吉林磐石人, 博士, 副研究员, 研究方向为“三生空间”统筹优化。

E-mail: fujy@igsrr.ac.cn

经济发展布局、国土空间利用、生态环境保护等因素,健全科学合理的“三生空间”布局方案,是推进美丽中国建设,加快国家生态文明建设总体布局下生产生活方式“绿色化”转变的关键举措,更是推动实现以人民为中心的高质量发展和高品质生活的重要手段,既具有现实的必要性,又具有时代的紧迫性。自党的十八大报告首次从国家战略的高度明确了“三生空间”的发展要求,“三生空间”便成为国土空间规划和城市规划的实践主体和研究热点。目前,“三生空间”的相关理论研究和地方实践仍处于探索阶段。相关研究和工作多侧重于政策及管理方法的制定或某单一空间的评价分析,如划定基本农田保护红线、生态保护红线、城镇开发边界等,缺乏全域范畴的“三生空间”综合集成研究,在“三生空间”统筹优化的技术思路与应用实践上尚缺乏系统性和综合性。本文以“三生空间”分类与识别、“三生空间”评价与优化为主题,通过对2012年以来(党的十八大召开以来)公开发表的文献资料进行检索、筛选和整理,系统梳理了面向国土空间规划的“三生空间”优化理论、方法与实践,并尝试提出未来“三生空间”统筹优化的发展方向,以期为优化国土空间开发保护及规划编制工作提供理论支撑。

1 “三生空间”的内涵与发展

1.1 “三生空间”定义

早在1984年,国内便有学者提出了人类与自然进行物质交换过程中存在的生产—生活—生态三者间的辩证关系^[1]。随后,“三生”理念开始出现在社会学和生态学的研究范畴,直到2002年,“三生”才开始逐渐被应用于地理学研究^[4]。而当时的研究也仅仅是以“三生”的字面意思为导向而非研究的核心问题,并没有对其科学内涵做更多解释。对于“三生空间”基本内涵的定义,不同学者从不同角度对其进行论述。有学者从国家规划的顶层设计出发,将“三生空间”与主体功能区划相对应,认为生产空间对应重点开发区和优化开发区,主要发挥生产功能,兼顾承载生活功能;生活空间对应限制开发区,主要发挥生活功能,兼顾承载生产和生态功能;生态空间对应禁止开发区,主要发挥生态功能,兼顾承载生产和生活功能^[5]。但主体功能区划仅对国家和省级进行了规定,基本的评价单元为县级行政区,无法对更小尺度的空间区域实施管控,空间落地实施较难,欠缺统筹能力^[6]。

从“三生”功能的角度,武占云^[7]首次明确了“三生空间”的基本内涵,他认为各个空间承载着为自身提供相应产品及服务等功能,如农业生产空间提供农产品、生活空间提供公共服务、生态空间保障区域生态安全等,生产、生活和生态空间共同构成国土空间。同样强调国土利用的主导功能,朱媛媛等^[8]对上述定义进行了丰富,认为生产空间承载人类一切生产经营活动;生活空间为城市及农村居民提供生活居住、生活消费和休闲娱乐的场合;而生态空间是处于宏观稳定状态的某物种所需要或占据的环境总和,提供了人类必须的生态产品。通过分析“三生空间”内涵界定的争议,江曼琦等^[9]从“三生空间”具有不同的空间尺度、“三生空间”界定以空间功能为标准、存在复合功能空间、存在非“三生空间”等4个角度讨论了“三生空间”范围的界定,并基于区域、城市空间尺度的用地分类划定了“三生空间”范围。

国土空间是一个由水资源、土地资源、矿产资源、生态环境、社会经济等诸多要素

组成的极复杂地理系统,且各要素之间紧密联系、相互影响^[10]。“三生空间”涵盖了地上生产活动、居民的物质及精神生活保障、物质能量流动及生态环境调节等的由土地、经济、能源、资源、生态、等系统或要素耦合的多功能性产物^[11]。其中,生态空间是基础,支撑生产和生活空间实现自身功能,是协调人地关系乃至实现区域可持续发展的关键^[12]。厘清“三生空间”的内涵,定义统一的“三生空间”概念,是开展空间优化的基础,然而目前相关的理论研究尚在初期探索阶段,诸多研究中仍未明确或合理地表达不同空间的内涵;同时,不同学者对相关理论的认知也存在较大差异,导致无法形成科学、合理且统一的“三生空间”界定方法对国土空间开发与城市用地规划实践进行指导。

1.2 “三生空间”分类

有关“三生空间”的分类研究主要有两种类型:一是基于生态—生产—生活三类空间的单一功能,对不同用地进行分类。如扈万泰等^[13]在分析“三生空间”的空间尺度、空间功能、空间范围等特性的基础上,从城乡区域、城镇区域及乡村区域尺度出发,建立了不同空间区域视角下的“三生空间”分类体系;马洋洋^[14]根据单一地类的主导功能,将二级土地利用类型与“三生空间”一一对应,进行“三生空间”分类研究,这种分类方式简单化了生产—生活—生态间复杂的作用关系,却忽视了土地的复杂多功能性。例如,将耕地(水田和旱地)统一划入生产空间,却未能充分考虑其生态功能特性。二是将土地的多功能性扩展至“三生空间”的空间功能,并考虑到土地的复合功能,以此为基础参照用地标准进行分类^[15]。张红旗等^[16]考虑土地利用主体功能及其他功能,突出生态用地功能,从国家尺度上构建了不同用地功能协同、统筹的“三生用地”分类体系,弥补了土地利用分类中不同功能用地矛盾以及生态功能考虑不足等问题,因而被广泛应用在土地功能调控、生态政绩考核与生态环境效应等领域的生产实践与科学研究中。基于“三生用地”理论内涵,从土地生产—生活—生态多功能复合的复杂性视角出发,刘继来等^[17]通过辩证分析土地利用功能与类型的关系,结合国家土地利用分类标准,构建了“三生用地”分类体系,该分类方法在一定程度上反映了“三生空间”本质上是人地关系地域系统演进和分异的结果;胡恒等^[18]综合分析了土地利用现状分类和海域使用分类,建立了以陆海统筹为原则的“三生空间”分类体系,为海岸带开发的优化和保护及相关的国土空间规划编制提供了技术支持。

既有研究对“三生空间”识别的主流方法可分为归并分类法和定量测算法。前者属于定性研究,主要基于年鉴数据、全国土地调查和遥感影像数据,对土地利用数据进行归并与分类来识别“三生空间”^[19-22],这种方法虽在一定程度上可弥补土地利用分类中对土地利用的多功能性及生态功能考虑不足的缺点,但在功能交叉重叠时仍存在识别误差,且识别结果也会因分类体系不同产生差异。后者则侧重于定量分析,主要借助空间功能价值测算函数,构建对应的用地功能评价体系,定量检测用地主导功能,进而识别“三生空间”。如李广东等^[11]在生态系统服务价值评估的基础上,系统整合不同空间功能的价值计量核算功能群,完成不同价值量的“三生”功能和主导功能的定量识别。曹根榕等^[23]利用POI数据,在城市层面上实现了更为微观尺度下的用地主导功能识别和主体功能区划的尺度转换,为城市层面的“三生空间”区分和划定提供了科学、实用的方法。定量测算法的优点在于能够精确地识别“三生空间”用地主导功能,但难以进行多主体融合和多尺度集成表达,实践应用难度大。

“三生空间”的分类与识别是对“三生空间”内涵研究的进一步深化与发展,不同空间尺度下的“三生空间”内涵差异性也造成了“三生空间”的分类与识别具有显著的空间尺度效应。然而,目前相关研究多为省级尺度、区域尺度或县域单元,较少关注多尺度下的空间格局分类与复合功能识别,且不同空间尺度下的精细化研究程度也不够。因此,难以在此基础上提出更具体的国土空间开发、保护及优化建议。

2 “三生空间”统筹优化的研究进展

2.1 “三生空间”统筹优化的理论基础

“三生空间”优化的目标是实现“三生共赢”,坚持“三生共赢”是生态文明建设的关键^[24]。“三生共赢”是叶文虎教授针对我国基本情况提出的环境管理基本原理,其核心思想是环境治理不能敷衍了事、被动治理,也不能过度治理、损害经济。田大庆等^[25]认为“三生共赢”既是可持续发展的目标准则,也是可持续发展的行为判断准则。高爽等^[26]基于这种理念构建了针对小流域水环境综合治理的评价体系,赋予了“三生共赢”科学内涵。

“三生空间”优化需要同时考虑资源环境承载力相关理论与多系统均衡发展原则,统筹“三生空间”用地规模和布局^[2,27]。科学地进行资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价是科学布局“三生空间”的关键和基础^[28]。由此可见,为了实现“三生共赢”的目标,“三生空间”统筹优化应以区域可持续发展理论、人地系统耦合理论、系统科学理论、空间均衡理论以及共同体理论等为重要基础理论支撑。

2.1.1 可持续发展理论

可持续发展理论是指既要满足当代人需求,又不影响后代人的发展,其核心是资源的永续利用,主要内涵为共同发展、协调发展、公平高效发展和多维发展^[29,30]。面向国土空间优化战略需求,“三生空间”协同优化、统筹发展应在“以人为本”的可持续发展理念引导下寻找科学的认知方法,厘清基础逻辑问题。

2.1.2 人地系统耦合理论

人地系统是由诸多子系统构成的动态、开放的复杂巨系统,不仅子系统之间相互影响、提升和制约,而且在系统内外与人地系统内部复杂反馈结构作用下,人员、物资、能源、资金、技术、信息进行频繁交流,同时具有明显的非线性和耗散结构特性^[31,32]。人地关系耦合是指人与自然两大系统之间的动态关联,是通过人类经济社会活动、自然资源和生态环境之间的相互作用和反馈而形成的一种关系^[33,34]。人地耦合系统强调多维度上单元素与多元素或多元素之间的相互作用和相互耦合,在更高层次上反映了综合、复杂和非线性的特征。人地系统优化则指人地系统中各子系统、各要素在时空上的合理配置^[35]。“三生空间”系统内部包含水资源、土地资源、能源等不同资源要素及其组合,且要素间具有极其复杂的相互影响关系。统筹优化“三生空间”应以人地耦合系统理论为核心,有效测度其系统内部各子系统及各要素之间的非线性效应,科学阐明系统内部物质、能量、信息的有序化结构,强调其在组织上、空间上和时间上的多维度耦合。

2.1.3 系统科学理论

按照系统论观点,一切具有特定功能、相互间具有有机联系的许多要素所构成的整

体都可以被看成一个系统^[36]。从这个角度来看,“空间”是人与自然相互作用产生的一切物质流、能量流与信息流的集合,包含了自然资源要素(水资源、土地资源、能源等)和人工环境等物质空间,也包括了随着科技和信息的形成与发展,物质空间在分布形态、结构形式及功能特征等方面发生变化而形成的属性空间^[37]。国土空间是多要素相互作用下的动态复杂巨系统,是人类活动参与下空间域沿时间轴发展形成的动态、多维、复杂的人地关系时空系统,时—空—人是其核心要素^[38]。按照系统论中“要素—结构—功能”的理论观点,系统结构是系统功能实现的基础。而系统结构依赖于系统要素的组织形式和作用方式。只有充分剖析国土空间与土地功能间的相互作用机制,系统性地拆分国土空间结构,才能针对性地进行国土空间综合分区建模,并利用定量决策分析模型科学分析国土空间优化的地理决策机理^[39]。

就“国土空间”系统而言,研究主题涵盖土地资源、水资源、矿产资源、生态环境、经济社会发展等多维度、多方面、多要素,对这些空间要素进行综合集成和统筹优化才能够最大程度发挥生产、生活和生态功能,实现国土空间优化配置的最终目标^[6]。因此,关键要素的识别是结构优化和功能实现的基础。土地资源作为未来进行空间规划的主要载体,是“三生空间”优化的核心。以优化土地的数量配比和空间配置来驱动和引导生态、生产和生活空间优化。

2.1.4 空间均衡理论

空间状态均衡是一种基于人口、经济、资源和环境相协调的空间上的“帕累托效率”状态^[40]。状态均衡需要考虑不同空间的发展状态,据此完成区域土地资源均衡配置。“三生空间”均衡发展不仅要考虑各要素的最优化配置和各类空间潜力和优势的最大限度发挥,更要实现各要素和谐有序且整体效益的最大化。

2.1.5 共同体理论

“共同体”的概念源于亚里士多德对各种物质组合以实现共同“善”关系的定义。随着城市化的快速发展,共同体衍生出了与地域相关的“联合体”的概念,它既包含人在区域空间中的组合,又包含不同层次的共同体^[41]。国土空间优化的本质是追求“三生空间”的可持续发展,是优化“三生空间”的系统工程。对“三生空间”优化的共同体而言,其最终目的是实现“三生用地”空间的优化,达成生态、生产、生活各子系统的相互制约、适应、促进和配合,实现“三生共赢”的良性有机体^[42]。

2.2 “三生空间”统筹优化的技术方法

2.2.1 基于国土空间利用质量的“三生空间”优化

国土空间各项功能表达的强弱直接体现出国土空间利用的可持续性,其利用质量反映了“三生空间”的需求状况。基于“三生空间”视角,对国土空间利用质量发展的内在机理与耦合协调程度进行评价,是国土空间规划的前提基础和重要内容,可实现区域“三生空间”的均衡发展,促进经济社会资源和生态环境的协同耦合^[43,44]。李秋颖等^[45]以通过评价不同省份的“三生空间”利用质量,建立“人口—土地—产业”用地机制协调建设的目标导向,提出了建设用地格局优化方案。张景鑫^[43]从国土空间的现实状态以及经济发展、社会和谐的保障作用和支撑能力等方面构建了国土空间利用质量评价指标体系,结合熵值法和综合评价等方法,对“三生空间”利用质量及其耦合协调度的时空分异特征进行评价和分析,对区域国土“三生空间”的合理开发利用提供了有效指导。孔

宇等^[46]在对生态空间、农业空间和城镇空间进行空间界定的基础上,以高质量利用内涵为引导,提出了三类空间的高质量利用目标与评价维度,并构建了基于多源数据的国土空间高质量利用评价的方法框架。以“三生空间”视角为切入点的国土空间利用质量评价概念内涵强调以人类社会的可持续发展为目的,对“三生空间”利用状态、效率和保障等方面进行全面诊断评价。利用景观生态指数与GIS空间分析等方法,识别同一空间区位上的以土地为核心的资源要素时空竞争和博弈过程,开展“三生空间”优化配置也是前期空间优化的重要手段^[47,48]。如张磊等^[49]以“三生空间”用地冲突最小化和工业适宜性最大化为目标,通过对“三生空间”冲突水平和工业生产空间适宜性进行评价,提出了基于“三生空间”冲突识别的工业用地的空间配置方案。Lin等^[50]借助景观生态指数方法构建空间冲突指数,测算了区域“三生空间”的冲突水平,并构建了基于多目标约束与情景设置相结合的空间配置模型,实现了“三生用地”空间布局的优化与模拟。然而,“三生空间”冲突涵盖了社会、经济和生态等多方面的内容,是人地关系地域系统综合作用的结果,单从用地功能性与景观生态格局理论判断其分布格局的合理性与利用质量的协调性具有一定的局限性,仍需进一步验证与完善。

2.2.2 基于适宜性评价的“三生空间”优化

“三生空间”适宜性评价是“三生空间”数量配比和空间布局优化的重要依据,其定义为特定条件下特定范围内土地对“三生”功能的适宜程度,注重对国土空间开发、保护与空间承载力等综合考量^[1]。基于适宜性评价的“三生空间”优化研究大致可分为两种:一种是以空间叠置分析为基础,开展多要素叠置综合评价。如金贵^[20]借助神经网络分别对国土空间标准评价单元的“三生”功能进行评价,完成基于双约束聚类的国土空间综合功能区划研究;杨惠^[51]以“三生空间”适宜性内涵为出发点,借助GIS空间分析工具,通过构建综合自然、人文、生态要素“三生空间”适宜性评价体系,进行空间叠置,对全域范围内的“三生空间”适宜性划分评价等级,分析“三生空间”布局存在的问题,提出“三生空间”优化路径及相关政策建议;农宵宵等^[52]从资源本底和土地利用现状两方面分别对柳州市开展生态保护、农业生产及城镇建设适宜性评价,并将生态、农业和城镇综合评价结果在空间上进行叠加分析,划分了形成以生态保护、农业发展和城镇开发为主导功能的三类国土空间格局。第二种是借助景观生态格局分析、累计阻力模型或引力模型开展适宜性评价^[53]。如陈晓琴^[54]通过引入“三生空间”竞争视角,以国土韧性生态空间优化配置为目的,在“三生空间”竞争下国土生态空间演化的作用机理指导下,建立“三生空间”进化博弈模型,提出了最优的国土“三生空间”配置决策方案。

2.2.3 基于“三生”承载力的“三生空间”优化

“三生”承载力指生态系统提供资源与环境容量的能力(生态能力)以及经济发展活动能力(生产能力)和在一定生活水平条件下的社会发展能力(生活能力)^[55]。其中,生态空间承载力是指区域水土能等资源对生产和生活空间的承载能力的大小和系统的弹性、自我修复能力的强度;生产空间承载力是指在系统自身的弹性限度范围内,现存的现有经济技术水平所能达到的经济活动强度与规模;生活空间承载力是能满足一定生活水平下,城市所具备的自然条件、基础设施、公共交通、医疗卫生及文化教育等资源对人口数量的承载能力,可反映出区域的人居生活质量。有学者认为“三生空间”实质是

社会、经济及生态过程在土地利用空间上的动态映射，其优化关键在于“三生”承载力的优化^[55]。王珊^[56]通过构建“三生”评价指标体系、发展潜力评价指标体系，对“三生空间”承载力和发展潜力进行评价，并基于评价结果提出国土空间开发格局优化建议；周丽倩^[55]利用状态空间法构建“三生”三维状态模型，对“三生”复合系统承载力进行评价，细化分析各研究单元的发展状态，并针对此提出“三生空间”布局优化方向。欧惠等^[57]基于“三生空间”构建了城市综合承载力评价指标体系，对福建省各设区市综合承载力以及障碍因子进行分析，并提出了各设区市协同发展优化建议。

2.2.4 基于比较优势的“三生空间”优化

比较优势理论认为不同地区存在的资源禀赋差异决定了其在不同商品利用上存在着不同的效率，可在交换中获得比较优势^[58]。借助标准显示性比较优势指数（NRCA）不受时间和空间的约束，实现时空连续比较的优点，可实现各城市功能值的优势功能评价，科学有效地确定城市比较优势功能^[59]。因此，以“三生空间”功能理论为指导，通过构建NRCA，并结合系统聚类及GIS技术方法等，可实现城市群国土空间格局优化。如徐磊^[59]以“三生”功能作为切入点，基于比较优势理论引入NRCA，确定了长江中游城市群国土空间优势功能分布格局，提出了国土空间优化利用的实现路径；魏小芳等^[60]基于“三生”功能视角，通过熵权法和功能评价方法分析了长江上游城市群国土空间特征，并构建空间功能比较优势指数探索了国土空间优化方案和优化路径。

除了以上研究外，另有学者依据国土空间规划编制的需求，借助行为科学和行为地理学等理论方法，从理论上探讨“三生行为”与“三生空间”的关联，并构建了基于居民行为的“三生空间”优化分析框架^[61]。“三生空间”优化问题属于国土资源优化配置的研究范畴，对其数量结构和空间布局优化是前期研究的重要组成部分^[1]。从理论基础看，区域资源环境承载力、城市化与生态环境耦合相关理论起到了主要的支撑作用；从研究尺度看，主要涉及省级、区域（城市群）、市级、县级、乡镇和村落等不同尺度，涵盖了城乡及其交错地带的不同区域，如海岸带、采矿复垦区、海岛渔村等（表1）。但由于尚未形成统一且不同尺度和地域类型的“三生空间”划分技术体系，且缺乏对于“三生空间”格局优化思路的系统梳理和总结，“三生空间”优化问题的研究仍有待于进一步深化。

3 面向“美丽中国”愿景的“三生空间”优化途径探析

经过40年的改革开放，中国的国土空间基本形成了相对稳定的格局^[10]，与此对应的区划研究工作也有相对成熟的框架支撑体系，且在不断丰富、完善^[71]。1950年以后，我国区划工作进入全面发展时期。但此阶段的区划工作并没有深入的理论与方法支撑，同时，受客观条件和基本资料的限制，所制定的区划方案大多比较简略。20世纪末至今，区划工作步入综合区划研究阶段，在此期间我国众多区划方案的提出多有深刻的历史背景，与同时期国家经济发展水平和需要有着密切的关系；区域研究从服务农业生产，到农业生产和经济发展两者兼顾，再到服务可持续发展，但由于研究过程中未能较好地将自然区划和经济区划结合起来，导致在部分地区的区域划分上存在较大差异，无法有效地支撑区域可持续发展^[72]。

表1 “三生空间”优化的理论基础与技术方法代表性研究

Table 1 Representative research on theoretical basis and technical methods for the overall optimization of "Production-Living-Ecological" space

技术方法	研究者	区域	理论基础
基于国土空间利用质量的“三生空间”优化	李秋颖等 ^[45]	中国各省区	空间均衡理论
	张景鑫等 ^[43]	苏南城市群：南京市、苏州市、无锡市等	可持续发展理论
	张景鑫 ^[62]	苏南城市群：南京市、苏州市、无锡市等	可持续发展理论 人地系统耦合理论
	潘晓桦 ^[63]	广西壮族自治区贵港市	可持续发展理论 人地系统耦合理论 空间均衡理论
	陈晓丽等 ^[64]	长江经济带：上海市、江苏省、浙江省等	共同体理论
	韦晨等 ^[65]	中原城市群：郑州市、长治市、晋城市等	可持续发展理论 人地系统耦合理论
	马超前 ^[66]	天津市滨海新区	空间均衡理论
基于适宜性评价的“三生空间”优化	金贵 ^[20]	武汉城市圈：武汉市、黄石市、鄂州市等	人地系统耦合理论 空间均衡理论
	陶慧等 ^[67]	福建省长泰县马洋溪生态旅游区	空间均衡理论 人地系统耦合理论
	胡兴定等 ^[68]	山西省朔州市平朔矿区	人地系统耦合理论
	杨惠 ^[51]	江苏省扬中市	可持续发展理论 人地系统耦合理论
	于婧等 ^[69]	长江经济带：上海市、江苏省、浙江省等	可持续发展理论 空间均衡理论
基于“三生”承载力的“三生空间”优化	胡兴定 ^[42]	山西省朔州市平朔矿区	人地系统耦合理论
	王珊 ^[56]	陕西省西安市	人地系统耦合理论 空间均衡理论
	周丽倩 ^[55]	河南省郑州市	人地系统耦合理论 空间均衡理论
	欧惠等 ^[57]	福建省下设区市市辖区部分	人地系统耦合理论
基于比较优势的“三生空间”优化	徐磊 ^[59]	长江中游城市群：武汉市、黄石市、宜昌市等	系统科学理论 空间均衡理论
	徐磊等 ^[70]	长江中游城市群：武汉市、黄石市、鄂州市等	系统科学理论 人地系统耦合理论 空间均衡理论
	魏小芳等 ^[60]	长江上游城市群：成都市、重庆市、德阳市等	可持续发展理论 空间均衡理论

全国主体功能区规划作为已基本形成的规划制度，未来应作为规划编制的战略背景；国土空间规划作为“当前”最核心的空间优化手段，是未来国家规划体系的重要组成部分；“三生空间”承载着中国人民对“未来”发展的美好愿景，是国家战略渗透至“民生”最后的、最直接的空间载体，是规划实施的最终的优化目标^[73]。然而，在现有生态文明建设的战略背景下，从“主体功能区”到“国土空间规划”，再到“三生空间”布局，存在诸多问题尚待明晰。“美丽中国”是党的十八大提出的重大战略思想和任务，是实现中华民族永续发展、中国人民享受美好生活的空间载体^[74]。因此，面向“美丽中国”愿景，新时期的国土空间格局要科学有序，与现代化的、可持续的发展进程相适应。通过解析生态文明、美丽中国与“三生空间”内在关系以及“三生空间”的科学内涵，认为“三生空间”统筹优化系统应以美丽中国建设愿景为目标导向，以国家战略应

用需求为支撑,以人地耦合系统理论为核心,综合考量人口、社会、经济、资源、环境子系统之间、系统内部各要素之间的多维度耦合关系,形成一个动态的、开放的复杂地理巨系统(图1)。

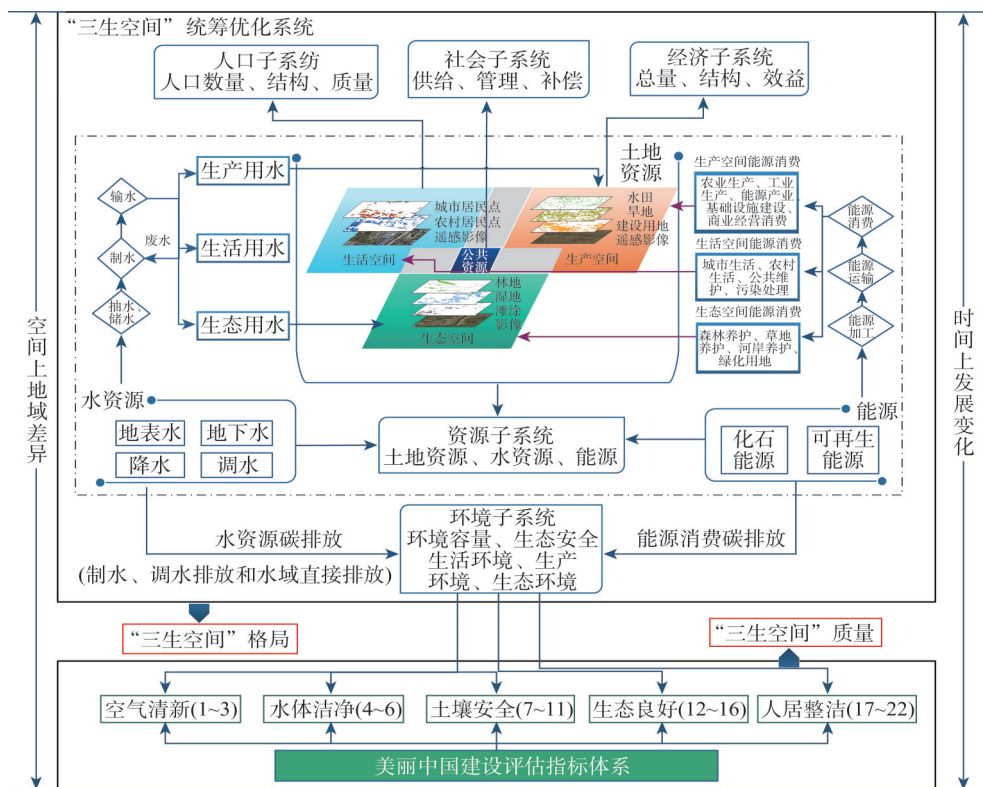


图1 “三生空间”统筹优化的框架体系

Fig. 1 Framework system for the overall optimization of "Production-Living-Ecological" space

“三生空间”统筹优化系统包括资源子系统、人口子系统、社会子系统、经济子系统和环境子系统,其中,资源子系统包括土地资源、水资源和能源。土地资源作为未来进行空间规划的主要载体,是“三生空间”优化的核心。从功能角度看,土地资源可以分为生活空间、生产空间和生态空间,“三生空间”作为一个复杂的系统,在不同空间尺度、复杂功能、动态范围等特征的影响下,同一土地空间在不同空间尺度或时间节点下具有不同甚至重叠的“三生空间”属性^[7]。生活空间以生活用地功能为主,为人口子系统提供资源支撑,保障人居生活需求;生产空间以生产用地功能为主,为经济子系统提供资源投入,满足区域生产需求;生态空间以生态用地功能为主,为环境子系统提供生态环境安全维持能力;公共资源作为具有多种功能的复合型用地,为社会子系统的资源供应、管理、替代和补偿等提供服务。

人口、社会、经济子系统在土地资源的利用过程中,同时伴随着水资源和能源的利用,水资源利用方面包括农业、工业、服务业等生产用水、城市农村等生活用水以及生态用水;能源利用方面包括生产空间、生活空间和生态空间的能源消费;资源子系统中

的土地资源、水资源和能源通过不同途径相互联系、互为资源,构成了“三生空间”利用与发展的资源基础,不同“三生空间”的利用方式、产业结构、发展程度,其水、土、能要素之间相互需求的数量途径不同,进而决定了区域碳排放强度。因此,从区域整体角度出发,结合区域水、土、能等资源的单一赋存或组合特点,可对“三生”系统的运行效率及各子系统的脆弱性(敏感性)进行评价,并以区域“三条红线”的划定为约束,实现“三生空间”整个系统的优化与模拟。同时,“三生空间”统筹优化系统框架体现了系统内外多要素间的相互关联,是自然—社会—经济这个复杂巨系统功能和过程的集中表现。从系统内部水—土—能—碳多要素的耦合作用机理入手,综合分析不同空间类型、不同人类经济活动方式下的资源供给和需求关系,通过全面剖析“三生空间”水、土、能、碳等关键要素的代谢过程,也可建立基于“水—土—能—碳”多目标约束下的区域资源综合开发和“三生空间”统筹优化的调控方案,既能对“物质—能量循环”“生态足迹”以及“资源承载力”多分析手段进行系统集成,也从实践角度评估区域应对气候变化能力和可持续发展水平评估能力。

具体来说,在理论基础层面,要明晰系统内部代谢组分,将资源代谢理论与“三生空间”地理格局相结合,以物质能量的动态流动为基础,深度解析“三生空间”协同演化进程中水、土、能、碳等关键要素的传递路径、流动过程及代谢机制;在技术方法层面,力求探索兼顾自然和社会经济属性、考虑时间和空间多尺度性、实现结构和布局统一的“三生空间”统筹优化方法,以“三生”系统良性代谢及美丽中国建设界定标准量化优化目标,研发系统仿真与多目标优化相结合的动态优化模型,统筹考虑“三生空间”各子系统和国土空间要素之间的动力机制,并结合“三生空间”的格局演化、冲突测度及问题诊断结果,设计多情景、多参数下的“三生空间”统筹优化的策略研究与分析方法。基于水—土—能—碳约束的“三生空间”统筹优化解决的是“三生空间”格局层面的问题,即优化“三生空间”数量结构和空间布局,它反映了国家战略在国土空间优化中的应用,未能表达人们对生活、生产、良好生态和环境安全的需求,即要解决“三生空间”质量层面的问题。国家发展改革委2020年2月28日印发的《美丽中国建设评估指标体系及实施方案》^[75]中提出,利用空气清新、水体洁净、土壤安全、生态良好、人居整洁五类共22个指标对美丽中国建设进行评价,这些指标在“三生空间”统筹优化系统中,是对生产环境、生态环境、生活环境的直接反映。因此,美丽中国建设评估结果将直接检验“三生空间”统筹优化的质量和效益,进而实现格局与效益双重约束下的“三生空间”统筹优化。

4 讨论

改革开放40年来,中国国土空间已形成了相对稳定的格局,“三生空间”承载着人们对未来发展的美好愿景,必将是中国国土空间规划实施的最终优化目标。如何建立“三生空间”统筹优化方法,破解全域范畴的“三生共赢”难题,是面向国家生态文明建设迫切需求的重要科学命题。以“三生空间”分类与识别、“三生空间”评价与优化为主题,通过对党的十八大以来公开发表的文献资料进行检索、筛选和整理,对“三生空间”分类、识别与优化的研究进行了系统梳理和回顾,探讨了当前研究所取得

的成就与不足,并以“三生”统筹为目标,以推进生态文明建设为抓手,提出了面向“三生空间”的优化途径。通过分析总结认为,未来“三生空间”统筹优化主要的研究方向应包括:

(1)“三生空间”的定义与内涵界定是开展空间优化的基础,现有研究无法形成统一的“三生空间”界定方法对国土空间开发与城市用地规划实践进行指导。未来需借鉴国际空间规划以及现有“三生空间”研究成果,以可持续发展、人地系统耦合、系统科学、空间均衡以及共同体等理论为指导,深度挖掘“三生空间”的形成机理,深入揭示“三生空间”系统内部的人口、资源、生态、环境与经济社会发展之间的竞争与协同作用和反馈机制,识别“三生空间”系统内部各子系统及各要素之间的非线性动力学效应,科学界定“三生空间”概念与内涵,厘清不同的空间尺度下“三生空间”尺度差异性和功能复合性,在此基础上,尝试建立多层次、多级别的“三生空间”分类与识别方法体系。

(2)以国土资源优化配置理论方法为基础,现有研究主要从国土空间利用质量、土地利用适宜性评价、资源环境承载力、比较优势等角度开展“三生空间”的优化研究。但由于缺乏覆盖不同尺度、涵盖不同地域类型的“三生空间”分类体系,目前尚未形成统一的“三生空间”统筹优化技术框架,尤其是在生态文明建设战略背景下,从“主体功能区”到“国土空间规划”,再到“三生空间”的布局优化,存在诸多问题尚待明晰。未来面向“美丽中国”愿景,“三生空间”统筹优化的技术框架应以美丽中国建设为目标导向,以国家战略应用需求为支撑,综合考量人口、社会、经济、资源、环境子系统之间、系统内部各要素之间的多维度耦合关系,形成一个动态的、开放的地理巨系统。围绕该研究框架,在优化的理论层面,要充分考虑系统内部物质与能量传递机制,将资源代谢理论与“三生空间”地理格局相结合,深度解析“三生空间”协同演化进程中水、土、能、碳等关键要素的传递路径、流动过程及代谢机制;在优化的技术层面,要注重系统仿真模型及多目标优化模型的研发与应用,统筹考虑人口、资源、环境和地域空间因素之间的动力机制,结合“生产—生产空间”的演化规律和冲突与问题诊断的结果,设计不同的场景和参数。

总之,有关“三生空间”的理论研究和地方实践仍处于探索阶段。现有研究多侧重于政策及管理方法的制定或某单一空间的评价分析,缺乏全域范畴的“三生空间”综合集成研究。在“三生空间”优化调控与模拟理论和方法研究基础上,未来应研发具有数据处理、时空分析、情景模拟、成果展示、问题诊断与预警调控功能集成的“三生空间”统筹优化与决策支持平台,协调各级政府、不同部门和不同地区之间的目标需求,统筹安排重点产业发展、发展、城乡建设、土地资源和人口迁移、生态环境保护、基础设施建设以及防灾减灾体系空间部署,形成统一的整体、达成共识的发展目标和发展蓝图。

参考文献(References):

- [1] 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. [HUANG J C, LIN H X, QI X X. A literature review on optimization of spatial development pattern based on Ecological-Production-Living space. Progress in Geography, 2017, 36(3): 378-391.]
- [2] 鲁达非,江曼琦.城市“三生空间”特征、逻辑关系与优化策略.河北学刊,2019,39(2): 156-166. [LU D F, JIANG M

- Q. Features, logical relations and optimizing strategies of urban "Production-Living-Ecological Space". Hebei Academic Journal, 2019, 39(2): 156-166.]
- [3] 许涤新. 社会生产与人类生活中的生态环境问题. 广西师范大学学报: 哲学社会科学版, 1984, (4): 3-11. [XU D X. Social production and ecological environment in human life. Journal of Guangxi Normal University: Philosophy and Social Sciences Edition, 1984, (4): 3-11.]
- [4] 张传国, 方创琳. 干旱区绿洲系统生态—生产—生活承载力相互作用的驱动机制分析. 自然资源学报, 2002, 17(2): 181-187. [ZAHNG C G, FANG C L. Driving mechanism analysis of ecological-economic-social capacity interactions in oasis systems of arid lands. Journal of Natural Resources, 2002, 17(2): 181-187.]
- [5] 方创琳. 中国城市发展格局优化的科学基础与框架体系. 经济地理, 2013, 33(12): 1-9. [FANG C L. The scientific basis and systematic framework of the optimization of Chinese urban development pattern. Economic Geography, 2013, 33(12): 1-9.]
- [6] 李为. 县域国土空间评价与优化方法及应用研究. 福州: 福建师范大学, 2018. [LI W. A study on theoretic methods and application of the evaluation and optimization of county land space. Fuzhou: Fujian Normal University, 2018.]
- [7] 武占云. “三生”空间优化及京津冀生态环境保护. 城市, 2014, (12): 26-29. [WU Z Y. Space optimization of "Production-Living-Ecological lives" and ecological environment protection of Beijing, Tianjin and Hebei. City, 2014, (12): 26-29.]
- [8] 朱媛媛, 余斌, 曾菊新, 等. 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. [ZHU Y Y, YU B, ZENG J X, et al. Spatial optimization from three spaces of "Production, Living and Ecology" in national restricted zones: A case study of Wufeng county in Hubei province. Economic Geography, 2015, 35(4): 26-32.]
- [9] 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. [JIANG M Q, LIU Y. Discussion on the concept definition and spatial boundary classification of "Production-Living-Ecological" space. Urban Development Studies, 2020, 27(4): 43-48, 61.]
- [10] 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 X S. Geogovernance of national land use based on coupled human and natural systems. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2051-2059.]
- [11] 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. [LI G D, FANG C L. Quantitative function identification and analysis of urban Ecological-Production-Living spaces. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(1): 49-65.]
- [12] KATES R W, CLARK W C, CORELL R, et al. Environment and development: Sustainability science. Science, 2001, 292(5517): 641-642.
- [13] 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. [HU W T, WANG L G, SHU M H. Reflections on delimiting the "Three Basic Spaces" in the compilation of urban and plans. City Planning Review, 2016, 40(5): 21-26, 53.]
- [14] 马洋洋. 普格县“三生”空间优化研究. 成都: 四川师范大学, 2017. [MA Y Y. The study on the optimization of "Production-Living-Ecological" space in Puge county. Chengdu: Sichuan Normal University, 2017.]
- [15] LIAO G T, HE P, GAO X S, et al. The "Production-Living-Ecological" land classification system and its characteristics in the hilly area of Sichuan province, Southwest China based on identification of the main functions. Sustainability, 2019, 11(6): 1600.
- [16] 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. [ZHANG H Q, XU E Q, ZHU H Y. An "Ecological-Living-Industrial land" classification system and its spatial distribution in China. Resources Science, 2015, 37(7): 1332-1338.]
- [17] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析. 地理学报, 2017, 72(7): 1290-1304. [LIU J L, LIU Y S, LI Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of "Production-Living-Ecological" spaces in China. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(7): 1290-1304.]
- [18] 胡恒, 黄潘阳, 张蒙蒙. 基于陆海统筹的海岸带“三生空间”分区体系研究. 海洋开发与管理, 2020, 37(5): 14-18. [HU H, HUANG P Y, ZHANG M M. Classification system of "Ecological-Living-Industrial" spaces in coastal zone

- based on the coordinated land-sea development. *Ocean Development and Management*, 2020, 37(5): 14-18.]
- [19] 程婷, 赵荣, 梁勇. 国土“三生空间”分类及其功能评价. *遥感信息*, 2018, 33(2): 118-125. [CHENG T, ZHAO R, LIANG Y. "Production-Living-Ecological" space classification and its function evaluation. *Remote Sensing Information*, 2018, 33(2): 118-125.]
- [20] 金贵. 国土空间综合功能分区研究. 武汉: 中国地质大学, 2014. [JIN G. Study on comprehensive function regionalization of national spatial territory. Wuhan: China University of Geosciences, 2014.]
- [21] 陈龙, 周生路, 周兵兵, 等. 基于主导功能的江苏省土地利用转型特征与驱动力. *经济地理*, 2015, 35(2): 155-162. [CHEN L, ZHOU S L, ZHOU B B, et al. Characteristics and driving forces of regional land use transition based on the leading function classification: A case study of Jiangsu province. *Economic Geography*, 2015, 35(2): 155-162.]
- [22] 黄安, 许月卿, 卢龙辉, 等. “生产—生活——生态”空间识别与优化研究进展. *地理科学进展*, 2020, 39(3): 503-518. [HUANG A, XU Y Q, LU L H, et al. Research progress of the identification and optimization of "Production-Living-Ecological" spaces. *Progress in Geography*, 2020, 39(3): 503-518.]
- [23] 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. [CAO G R, GU C L, ZHANG Q Y. Recognition of "Ecological Space, Living Space, and Production Space" in urban central area based on POI Data: The case of Shanghai. *City Planning Review*, 2019, (2): 44-53.]
- [24] 叶文虎. 坚持“三生”共赢建设健康社会是生态文明建设的关键. *武汉科技大学学报: 社会科学版*, 2010, 12(2): 7-10. [YE W H. Building a healthy society by coordinating "Ecology, Life and Production" for ecological civilization. *Journal of Wuhan University of Science and Technology: Social Science Edition*, 2010, 12(2): 7-10.]
- [25] 田大庆, 王奇, 叶文虎. “三生共赢”: 可持续发展的根本目标与行为准则. *中国人口·资源与环境*, 2004, 14(2): 8-11. [TIAN D Q, WANG Q, YE W H. Common development of "Life, Production and Environment": Basic goal and behavior norms of sustainable development. *China Population, Resources and Environment*, 2004, 14(2): 8-11.]
- [26] 高爽, 祝栋林, 胡惠良. 基于“三生共赢”的小流域水环境综合治理对策研究. *中国环境管理*, 2017, 9(5): 52-56. [GAO S, ZHU D L, HU H L. Water environment comprehensive management of small watershed based on common development of "Life, Production and Environment". *Chinese Journal of Environmental Management*, 2017, 9(5): 52-56.]
- [27] 陈美球. 新时代我国国土空间用途管制制度建设. *吉首大学学报: 社会科学版*, 2020, 41(2): 91-97, 143. [CHEN M Q. Construction of land space use control system in the New Era. *Journal of Jishou University: Social Sciences*, 2020, 41(2): 91-97, 143.]
- [28] 顾朝林. 国土空间规划体系下“三生空间”要素的科学规划. 西柚咨询, 2019-10-07. <https://www.ciyew.com/policy/0637-4238.html>. [GU C L. Scientific planning of "Production-Living-Ecological Space" elements under the land space planning system. CIYEW.COM, 2019-10-07. <https://www.ciyew.com/policy/0637-4238.html>.]
- [29] BOSSEL H. Indicators for sustainable development: Theory, method, applications: A report to the Balaton Group. International Institute for Sustainable Development (IISD), 1999.
- [30] 王芳. 关于可持续发展战略的哲学思考. *理论界*, 2002, (5): 7-8. [WANG F. Philosophical Thinking on sustainable development strategy. *Theory Horizon*, 2002, (5): 7-8.]
- [31] 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): 7-12. [WU C J. On the research core of geography: The regional system of man earth relationship. *Economic Geography*, 1991, 11(3): 7-12.]
- [32] 陆大道. 关于地理学的“人—地系统”理论研究. *地理研究*, 2002, 21(2): 135-145. [LU D D. Theoretical studies of "Man-Land System" as the core of geographical science. *Geographical Research*, 2002, 21(2): 135-145.]
- [33] LIU J G, DIETZ T, CARPENTER S R, et al. Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 2007, 317(5844): 1513-1516.
- [34] LIU J G, DIETZ T, CARPENTER S R, et al. Coupled human and natural systems. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2007, 36(8): 639-649.
- [35] 毛汉英. 人地系统优化调控的理论方法研究. *地理学报*, 2018, 73(4): 608-619. [MAO H Y. Theories and methods of optimal control of human-earth system: Commemoration of 100th anniversary of Academician WU Chuanjun's birth. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(4): 608-619.]
- [36] VON BERTALANFFY L. The history and status of general systems theory. *Academy of Management Journal*, 1972, 15

- (4): 407-426.
- [37] 张小娟. 智慧城市系统的要素、结构及模型研究. 广州: 华南理工大学, 2015. [ZHANG X J. The elements, structure and model of smart city system. Guangzhou: South China University of Technology.]
- [38] 张衍毓, 陈美景. 国土空间系统认知与规划改革构想. 中国土地科学, 2016, 30(2): 11-21. [ZAHNG Y Y. CHENG M J. Spatial systematic cognition and ideas on spatial planning system reform. China Land Science, 2016, 30(2): 11-21.]
- [39] 马世发, 黄宏源, 蔡玉梅, 等. 基于三生功能优化的国土空间综合分区理论框架. 中国国土资源经济, 2014, 27(11): 31-4. [MA S F, HUANG H Y, CAI Y M, et al. Theoretical framework with regard to comprehensive sub-areas of China's land spaces based on the functional optimization of "Production, Life and Ecology". Natural Resource Economics of China, 2014, 27(11): 31-4.]
- [40] 张玉泽, 张俊玲, 程钰, 等. 供需驱动视角下区域空间均衡内涵界定与状态评估: 以山东省为例. 软科学, 2016, 30(12): 54-58. [ZHANG Y Z, ZHANG J L, CHENG Y, et al. Study on the meaning of space balance and condition assessment from the perspective of supply and demand driven: A case of Shandong province. Soft Science, 2016, 30(12): 54-58.]
- [41] 齐格蒙特·鲍曼. 共同体: 在一个不确定的世界中寻找安全. 南京: 江苏人民出版社, 2003. [ZYG MUNT BAUMAN. Community: Seeking Safety in an Insecure World. Nanjing: Jiangsu Peoples Pubusing, LTD, 2003.]
- [42] 胡兴定. 基于人居环境的采矿复垦区“三生”空间优化研究. 北京: 中国地质大学, 2016. [HU X D. Optimization for the "Production, Living and Ecological" space beased on human settlements in reclation area of coal min. Beijing: China University of Geosciences, 2016.]
- [43] 张景鑫. 基于“三生空间”的区域国土空间利用质量及耦合协调度评价: 以苏南城市群为例. 农业科学研究, 2017, 38(3): 57-63. [ZHANG J X. Assessment of land space utilization quality and its coupling and coordination based on "Production, Living and Ecological": A case study of the Southern Jiangsu Region. Journal of Agricultural Sciences, 2017, 38(3): 57-63.]
- [44] WANG D, JIANG D, FU J Y, et al. Comprehensive assessment of "Production, Living and Ecological" space based on the coupling coordination degree model. Sustainability, 2020, 12(5): 2009, Doi: 10.3390/su12052009.
- [45] 李秋颖, 方创琳, 王少剑. 中国省级国土空间利用质量评价: 基于“三生”空间视角. 地域研究与开发, 2016, 35(5): 163-169. [LI Q Y, FANG C L, WANG S J. Evaluation of territorial utilization quality in China: Based on the aspect of "Production, Living and Ecological" space. Areal Research and Development, 2016, 35(5): 163-169.]
- [46] 孔宇, 甄峰, 张姗姗, 等. 基于多源数据的国土空间高质量利用评价思路. 中国土地科学, 2020, 34(5): 115-124. [KONG Y, ZHEN F, ZHANG S Q, et al. Evaluation on high-quality utilization of territorial space based on multi-source data. China Land Science, 2020, 34(5): 115-124.]
- [47] 王旭, 马伯文, 李丹, 等. 基于FLUS模型的湖北省生态空间多情景模拟预测. 自然资源学报, 2020, 35(1): 230-242. [WANG X, MA B W, LI D, et al. Multi-scenario simulation and prediction of ecological space in Hubei province based on FLUS model. Journal of Natural Resources, 2020, 35(1): 230-242.]
- [48] 吴健生, 王仰麟, 张小飞, 等. 景观生态学在国土空间治理中的应用. 自然资源学报, 2020, 35(1): 14-25. [WU J S, WANG Y L, ZHANG X F, et al. Application of landscape ecology in territory optimization. Journal of Natural Resources, 2020, 35(1): 14-25.]
- [49] 张磊, 陈晓琴, 董晓翠, 等. 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. [ZHANG L, CHENG X Q, DONG X C, et al. Research on spatial layout optimization of industrial land based on mutual exclusion of Ecological-Production-Living spaces in Tianjin. Geography and Geo-Information Science, 2019, 35(3): 112-119.]
- [50] LIN G, JIANG D, FU J Y, et al. Spatial conflict of "Production, Living and Ecological" space and sustainable-development scenario simulation in Yangtze River Delta Agglomerations. Sustainability, 2020, 12(6): 2175. <https://doi.org/10.3390/su12062175>.
- [51] 杨惠. “三生”空间适性宜评价及优化路径研究. 南京: 南京师范大学, 2018. [YANG H. Study on the suitability evaluation and the optimization of "Production-Living-Ecological" space: Taking Yangzhong for exampie. Nanjing: Nanjing Normal University, 2018.]

- [52] 农宵宵, 吴彬, 陈铁中, 等. 基于“三生”功能的柳州市国土空间适宜性评价. 规划师, 2020, 36(6): 26-32. [NONG X X, WU B, CHEN T Z, et al. Evaluation of national land use and space for functions of "Production, Life, Ecology", Liuzhou. Planners, 2020, 36(6): 26-32.]
- [53] 王昆. 基于适宜性评价的生产—生活—生态(三生)空间划定研究. 杭州: 浙江大学, 2018. [WANG K. Study on the delimitation of the Ecological-Production-Living space based on suitability evaluation: A case study of Henan province. Hangzhou: Zhejiang University, 2018.]
- [54] 陈晓琴. 基于“三生”博弈的国土韧性生态空间划定研究. 天津: 天津工业大学, 2019. [CHEN X Q. A study on the delimitation of resilient ecological space of land based on the game of "Production, Living and Ecological". Tianjin: Tianjin Polytechnic University, 2019.]
- [55] 周丽倩. 郑州市“三生”空间优化与功能提升研究. 郑州: 郑州大学, 2018. [ZHOU L Q. The study on the optimization and function improvement of "Ecological-Production-Living" space in Zhengzhou. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2018.]
- [56] 王珊. 基于“三生”空间的西安市国土空间开发格局优化研究. 西安: 长安大学, 2018. [WANG S. Optimization of territorial development patterns based on "Production, Living and Ecological" of Xi'an city. Xi'an: Chang'an University, 2018.]
- [57] 欧惠, 戴文远, 黄万里, 等. 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. [OU H, DAI W Y, HUANG W L, et al. Research on urban comprehensive bearing capacity of Fujian province based on "Production, Living and Ecological" space. Ecological Science, 2020, 39(3): 71-79.]
- [58] 汤进华, 刘成武, 吴永兴. 基于NRCA的中国省际能源利用评价研究. 经济地理, 2011, 31(8): 1313-1318. [TANG J H, LIU C W, WU Y X. A study on evaluation of energy consumption in China based on NRCA model. Economic Geography, 2011, 31(8): 1313-1318.]
- [59] 徐磊. 基于“三生”功能的长江中游城市群国土空间格局优化研究. 武汉: 华中农业大学, 2017. [XU L. Research on the optimization of geographical spatial pattern of urban agglomeration in the Middle Reaches of the Yangtze River base on the "Production, Living and Ecological" function. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2017.]
- [60] 魏小芳, 赵宇鸾, 李秀彬, 等. 基于“三生功能”的长江上游城市群国土空间特征及其优化. 长江流域资源与环境, 2019, 28(5): 70-79. [WEI X F, ZHAO Y L, LI X B, et al. Characteristics and optimization of geographical space in Urban Agglomeration in the Upper Reaches of the Yangtze River based on the function of "Production-Living-Ecological". Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(5): 70-79.]
- [61] 刘春芳, 王奕璇, 何瑞东, 等. 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. [LIU C F, WANG Y X, HE R D, et al. An analysis framework for identifying and optimizing Ecological-Production-Living space based on resident behavior. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2113-2122.]
- [62] 张景鑫. 基于“三生空间”的区域国土空间利用质量及耦合协调度评价研究. 南京: 南京农业大学, 2017. [ZHANG J X. Assessment of land space utilization quality and its coupling and coordination based on the Three Eco-space concept: A case study of the Southern Jiangsu Region. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017.]
- [63] 潘晓桦. 基于“三生”空间视角的区域国土空间利用质量综合评价. 南宁: 广西师范学院, 2018. [PAN X H. Evaluation of territory utilization quality based on the aspect of "Production, Living and Ecological" space: A case study of Guigang city. Nanning: Guangxi Teachers Education University, 2018.]
- [64] 陈晓丽, 罗玛诗艺. 长江经济带“三生”空间功能耦合协调的时空演化特征研究. 国土资源科技管理, 2019, 36(6): 1-12. [CHEN X L, LUO M S Y. Study on characteristics of the spatio-temporal evolution in coupling and coordination of "Ecological-Production-Living" spatial function in the Yangtze River Economic Belt. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2019, 36(6): 1-12.]
- [65] 韦晨, 侯国林. 基于“三生空间”功能评价的中原城市群国土空间特征及优化研究. 湖南师范大学: 自然科学学报, 2020, (3): 18-26. [WEI C, HOU G L. Study on characteristics and optimization of territory space of central plains urban agglomeration based on functional evaluation of "Production-Ecological-Living Spaces". Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 2020, (3): 18-26.]
- [66] 马超前. “三生”视角下的滨海新区国土空间功能评价研究. 科技经济导刊, 2020, 28(1): 104-105. [MA C Q. Study

- on the evaluation of land spatial function of Binhai New Area from the perspective of "Sansheng". *Technology and Economic Guide*, 2020, 28(1): 104-105.]
- [67] 陶慧, 刘家用, 罗奎, 等. 基于三生空间理念的旅游城镇化地区空间分区研究: 以马洋溪生态旅游区为例. *人文地理*, 2016, 31(2): 153-160. [TAO H, LIU J M, LUO K. et al. The study of spatial division of tourism urbanization area based on the conception of "Production, Living and Ecological" space: A case study of Mayangxi Ecotourism Area. *Human Geography*, 2016, 31(2): 153-160.]
- [68] 胡兴定, 白中科. 基于耕作半径的采矿复垦区农村居民点安置规模预测. *农业工程学报*, 2016, 32(3): 259-266. [HU X D, BAI Z K. Prediction for relocation scale of rural settlements based on farming radius in reclamation area of open-pit coal mine. *Transactions of the CSAE*, 2016, 32(3): 259-266.]
- [69] 于婧, 陈艳红, 唐业喜, 等. 基于国土空间适宜性的长江经济带“三生空间”格局优化研究. *华中师范大学学报: 自然科学版*. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1178.N.20200604.0930.002.html>, 2020-06-04/2020-07-05 2020. [YU J, CHEN Y H, TANG Y X, et al. Study on the pattern optimization of "Production-Living-Ecological Spaces" in the Yangtze River Economic Belt based on the suitability of land space. *Journal of Central China Normal University: Natural Sciences*. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1178.N.20200604.0930.002.html>, 2020-06-04/2020-07-05 2020.]
- [70] 徐磊, 董捷, 李璐, 等. 基于功能分区视角的长江中游城市群国土空间特征及优化. *经济地理*, 2017, 37(6): 76-83. [XU L, DONG J, LI L, et al. Characteristics and optimization of geographical space in urban agglomeration in the Middle Reaches of the Yangtze River based on the function zoning. *Economic Geography*, 2017, 37(6): 76-83.]
- [71] 王威, 胡业翠. 改革开放以来我国国土整治历程回顾与新构想. *自然资源学报*, 2020, 35(1): 53-67. [WANG W, HU Y C. The new conception and review of territory consolidation based on the past years of reform and opening-up. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(1): 53-67.]
- [72] 郑度, 葛全胜, 张雪芹, 等. 中国区划工作的回顾与展望. *地理研究*, 2005, 24(3): 330-344. [ZAHNG D, GE Q S, ZHANG X Q, et al. Regionalization in China: Retrospect and prospect. *Geographical Research*, 2005, 24(3): 330-344.]
- [73] 魏伟, 张睿. 基于主体功能区、国土空间规划、三生空间的国土空间优化路径探索. *城市建筑*, 2019, 16(15): 45-51. [WEI W, ZHANG R. Exploration on the optimization path of land space based on main functional areas, spatial planning, and Three Living Spaces. *Urbanism and Architecture*, 2019, 16(15): 45-51.]
- [74] 葛全胜, 方创琳, 江东. 美丽中国建设的地理学使命与人地系统耦合路径. *地理学报*, 2020, 75(6): 1109-1119. [GE Q S, FANG C L, JAING D. Geographical missions and coupling ways between human and nature for the Beautiful China Initiative. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(6): 1109-1119.]
- [75] 国家发展改革委. 国家发展改革委关于印发《美丽中国建设评估指标体系及实施方案》的通知. 发改环资〔2020〕296号. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202003/t20200306_1222531.html. [National Development and Reform Commission. Circular of The National Development and Reform Commission on printing and distributing Evaluation Index System and Implementation Plan of Beautiful China Construction. Department of Resource Conservation and Environmental Protection of the NDRC [2020] No. 296. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202003/t20200306_1222531.html.]

Discussion on scientific foundation and approach for the overall optimization of "Production-Living-Ecological" space

JIANG Dong^{1,2}, LIN Gang^{1,2}, FU Jing-ying^{1,2}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The 18th CPC National Congress in 2012 figured out that the territorial space optimization was the primary task of the ecological civilization construction and to make production space intensive and efficient, living space livable and suitable, ecological space. This study systematically reviews the recent advances for the overall optimization of production space, living space and ecological space (PLES) by the method of literature review and summary induction. It is concluded that the present studies of the overall optimization of PLES were mainly carried out from the perspective of the utilization quality of land space, land suitability evaluation, resource environmental bearing-capacity and comparative advantage. But because of the short of recognition of the scientific intension of PLES and the incompleteness of quantitative identification and classification system construction, there are still problems that the technological approaches of the overall optimization of PLES may still have to overcome. The technological approaches of the overall optimization of PLES should build the theoretical basis and technical system of PLES identification and optimization aiming for Beautiful China Initiative by the theory of human-earth coupled systems. On the theoretical level, the initiative should give full consideration to the mechanism of material and energy transfer within the PLES system and the parsing of the transfer pathway, flow process and metabolic mechanism of water, soil, energy, carbon and other key elements of PLES system by the combination of the resource metabolism theory and the geographical pattern of PLES. On the technological level, it should pay attention to the development and application of the system simulation model and the multi-objective optimization model, and synthetically consider the dynamic mechanism between population, resources, environment and land space elements, and combine the results of evolution rule and the conflict and problem diagnosis of PLES, and consequently to achieve the overall optimization of PLES by the design of different scenarios and parameters.

Keywords: "Production-Living-Ecological" space; overall optimization; Beautiful China; ecological civilization