

DOI: 10.5846/stxb201810152229

高吉喜, 徐德琳, 乔青, 邹长新, 王燕, 田美荣, 王玥. 自然生态空间格局构建与规划理论研究. 生态学报, 2020, 40(3): 749-755.

Gao J X, Xu D L, Qiao Q, Zou C X, Wang Y, Tian M R, Wang Y. Pattern construction of natural ecological space and planning theory exploration. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(3): 749-755.

自然生态空间格局构建与规划理论研究

高吉喜^{2,*}, 徐德琳¹, 乔青³, 邹长新¹, 王燕¹, 田美荣¹, 王玥^{1,4}

1 生态环境部南京环境科学研究所, 南京 210042

2 生态环境部卫星环境应用中心, 北京 100094

3 北京市环境保护科学研究院, 北京 100037

4 中国人民大学环境学院, 北京 100872

摘要: 广义的生态空间是指具有自然属性, 以提供生态系统服务为主导功能的空间, 包括自然生态空间、城镇生态空间和农业生态空间。自然生态空间是指与城镇空间、农业空间并列的, 分布在城镇空间与农业空间之外的国土空间, 在分布上具有完整性和连续性。探讨了自然生态空间的定义、内涵以及自然生态空间格局构建的理论和要点, 提出以重要生态功能维护格局、人居环境屏障格局和生物多样性保护格局为主体, 构建自然生态空间格局体系的思路。自然生态空间格局构建的最终目的是对国土空间开发行为进行管控, 理顺保护与发展的关系, 最终达到保护重要生态空间及促进区域可持续发展的目的。在落实生态文明战略、维护国家生态安全的背景下, 构建自然生态空间格局对于优化国土空间开发格局, 指导生态保护与建设具有重要意义。

关键词: 自然生态空间; 格局构建; 国土空间规划; 区域生态; 生态系统服务

Pattern construction of natural ecological space and planning theory exploration

GAO Jixi^{2,*}, XU Delin¹, QIAO Qing³, ZOU Changxin¹, WANG Yan¹, TIAN Meirong¹, WANG Yue^{1,4}

1 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, Nanjing 210042, China

2 Satellite Environment Center, Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, Beijing 100094, China

3 Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China

4 School of Environmental Sciences, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract: Ecological space refers to the space with natural attributes and a dominant function of providing ecosystem services. It includes natural ecological space, urban ecological space and agriculture ecological space. The natural ecological space is that which is juxtaposed with urban space and agricultural space. Its distribution is outside of town and agricultural spaces, and its spatial distributions are complete and continuous. Here, we discuss the definition and connotations of natural ecological space, and the theory, methods and technical aspects of the associated pattern construction. We propose that the system for constructing natural ecological space patterns should include important maintenance pattern of ecological functions, barrier pattern of human settlements, and conservation pattern of biodiversity. The ultimate goal of natural ecological space pattern construction should be to manage and control national spaces of development, and to protect important ecological spaces while promoting regional sustainable development. Under the background of implementing strategy for building ecologically sustainable civilization and safeguarding the national ecological security, natural ecological space pattern construction has a great significance for optimizing spatial development pattern and guiding ecological

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0506606); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(GYZX180201)

收稿日期: 2018-10-15; **网络出版日期:** 2019-11-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gjx@nies.org

protection and construction.

Key Words: natural ecological space; pattern construction; national space planning; regional ecology; ecosystem services

随着我国工业化和城镇化进程的快速推进,经济布局与人口、资源分布不协调,经济社会发展与生态环境保护、区域发展不平衡等矛盾日益凸显。尤其是伴随着城镇空间的不断扩张,城镇、农业、生态空间结构性矛盾日益加剧,大量的自然生态空间被侵占,加速了原本就十分脆弱的生态系统功能退化,最终造成诸多生态环境问题^[1]。为此,党的十八大报告首次提出,“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”的总体要求,并将优化国土空间开发格局作为生态文明建设的首要任务^[2]。党的十九大报告进一步提出,“必须坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针,形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式,还自然以宁静、和谐、美丽”,将构建空间格局作为节约资源和保护环境的优先任务^[3]。2017年中办、国办联合印发的《省级空间规划试点方案》提出,“以主体功能区规划为基础,全面摸清并分析国土空间本底条件,划定城镇、农业、生态空间以及生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界”^[4]。同年国务院印发的《全国国土规划纲要(2016-3030)》要求,“科学确定国土开发利用的规模、结构、布局和时序,划定城镇、农业、生态空间开发管制界限,引导人口和产业向资源环境承载能力较强的区域集聚”^[5]。

上述文件的出台,标志着我国的生态环境保护已进入注重国土空间格局“源头”管控的新阶段,其中构建自然生态空间格局成为国土空间格局管控的重要内容。目前我国已全面开展生态保护红线划定,作为自然生态空间中最重要区域,生态保护红线划定工作为推进自然生态空间保护和格局构建迈出了重要的一步^[6]。在空间规划体系中,自然生态空间为城镇空间和农业空间提供了重要的生态功能和资源环境支撑,但目前无论是在理论研究、规划方法,还是用途管制方面,自然生态空间研究都较为薄弱^[7]。因此,开展自然生态空间格局构建研究,对于优化国土空间布局、构建空间规划体系具有非常重要的理论和现实意义。

理论上,自然条件下形成的自然生态空间格局应是最合理的布局。然而,由于长期的人类开发活动和干扰,现存的自然生态空间格局已并不是真正意义上的自然格局,所以分布并不一定合理和科学。同时,人类开发活动必然占据自然生态空间,但哪些自然生态空间可被占用仍缺乏科学依据。为此,构建科学合理的自然生态空间格局,保护最重要的自然生态空间是科学管控人类行为、理顺保护与发展关系、降低人类活动与生态保护冲突的基础。换言之,自然生态空间格局构建是一种以保护为目的的导向型规划,其核心目的是保护生态系统功能、实现区域可持续发展。

1 自然生态空间定义与内涵剖析

1.1 概念界定

对“生态空间”的理解是界定“自然生态空间”概念的前提和基础。目前,国内外对“生态空间”概念尚没有明确和统一的界定。早期,国外对生态空间研究一般使用“绿色空间(green space)”或“绿色开敞空间(green open space)”,其主要是指城市中保持自然景观的地域,或者是自然景观得到恢复的地域,其作为城市发展规划中的绿色基础设施^[8-9]。国内学者从1957年开始关注城市绿地系统,并在1981年最早使用“绿色空间”这一概念^[10]。此后,赵景柱于1990年提出了“景观生态空间”的概念,指出要对景观生态空间做出有目的和适时的调控,以促进社会经济可持续发展^[11]。此外,生态用地被国内学者广泛使用,如裴相斌等提出在规划区域土地利用问题时要“协调安排农业用地、生态用地和建设用地”^[12],董雅文专门撰文对“生态用地”的概念进行了阐述^[13]。为此,国内外对生态空间的理解大致包括绿地、绿色空间、生态用地、生态空间。其中,绿地和绿色空间在城市规划、林学、生物学等领域运用较多,多与侧重表达城市地表空间的物理特性和可塑性相关联,而生态空间、生态用地在地理学、生态学等领域运用较多,侧重表达地表空间的性质、功能和结构等^[14-17]。

总体而言,不同学者从多种角度对生态空间概念的界定和阐述可分成3种观点:第一种观点是从生态要素的角度出发,认为生态空间是指生态系统中水体、动植物等生态要素的空间载体,这种观点定义的生态空间类似于生态用地,侧重将林地、草地、湿地等土地利用的空间范围归为生态空间^[18];第二种观点从认为只要提供生态系统服务功能或生态产品的空间都属于生态空间,如农田和城市中的绿地,也提供生态功能,也应纳入生态空间^[19];此外,还有一种观点认为,从生态功能的角度出发,强调生态空间是以提供生态服务为主体的地域空间,如自然保护区等各类保护地,而其他空间虽然也提供一定的生态系统服务,但是不作为其空间的主体功能,不能被定义为生态空间。

在行政管理中,“生态空间”和“自然生态空间”也被屡屡提及。如在《主体功能规划》中提出,“生态空间包括绿色生态空间、其他生态空间。绿色生态空间包括天然草地、林地、湿地、水库水面、河流水面、湖泊水面。其他生态空间包括荒草地、沙地、盐碱地、高原荒漠等”^[20]。《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》中,对于生态空间的定义是,“具有自然属性、以提供生态服务或生态产品为主体功能的国土空间,包括森林、草原、湿地、河流、湖泊、滩涂、岸线、海洋、荒地、荒漠、戈壁、冰川、高山冻原、无居民海岛等。”^[21]。《自然生态空间用途管制办法(试行)》将自然生态空间简称为生态空间,对其的定义是指“具有自然属性、以提供生态产品或生态服务为主导功能的国土空间,涵盖需要保护和合理利用的森林、草原、湿地、河流、湖泊、滩涂、岸线、海洋、荒地、荒漠、戈壁、冰川、高山冻原、无居民海岛等”^[22]。可以看出,从管理的角度出发,当前生态空间定义也具有侧重用地类型和侧重生态功能两种视角。

综上所述,不同学者对生态空间的定义不同,是因为对生态空间的尺度和属性认识不同所致,并混淆了生态空间与土地利用间的差别。笔者认为,之所以提出生态空间的概念,就是要区别于农业、城镇空间,强调其相对独立的空间或区域范围,以及保护生态环境、提供生态服务,并永久保护其生态属性不变的性质。同时,生态空间的构建可基于现状但绝不能受制于现状,需从长远发展统筹考虑生态空间对国土开发的限制性和适宜性,以及经济社会发展对生态功能需求的协调性。为此,将生态空间定义为:以提供生态系统服务或生态产品为主导功能,为生态、经济和社会长远发展提供重要支撑作用的空间范围。生态空间须具备3个基本条件,一是在土地属性上,以林、草、湿地等生态用地为主,二是在功能上,以提供生态系统服务为主,三是在作用上,为生态保护和经济社会发展提供生态支撑。

自然生态空间具有广义和狭义两种定义。广义上的自然生态空间,可以与生态空间概念等同,包含除城镇空间和农业空间以外的所有国土空间。狭义上的自然生态空间,是在对生态空间进行细分的基础上,将其中具有自然属性的生态空间定义为自然生态空间,其是生态空间中最重要与最主要的组成部分;而城镇中具有人工或半人工景观特征的生态空间定义为城镇生态空间(如城市中的植物园、森林公园),农村中部分具有农林牧混合景观特征的生态空间定义为农村生态空间(如农村中的大型农林防护网)。

1.2 自然生态空间内涵

(1)层级性与相对性。在全国国土空间层面,自然生态空间是相对农业空间和城镇空间而言的,是为保护具有重要功能的生态系统和景观而划定的区域。在宏观层面上,基于全域空间管控的考虑,国土空间可划分为生态空间(广义上的自然生态空间)、城镇空间与农业空间,总体上三者相互独立,互不重叠。然而国土空间是由一系列要素在不同范围、单元和尺度上构成的复杂多维综合体,宏观尺度上的城镇空间和农业空间,其内部仍必然有大量林地、湿地、草地等分布,从系统性角度,这部分空间也可视为生态空间^[23-24]。如对某个城市的空间规划,自然生态空间布局应是重要组成部分,但这里的自然生态空间是相对工业用地、居住地而言的。在精细尺度上可以最大限度地解决几类空间彼此交叉的问题。因此,准确理解自然生态空间,必须注意其层级性和相对性。

(2)以提供生态系统服务为主导功能。自然生态空间在用途上必然是以提供生态服务为主,包括提供水源涵养、土壤保持、防风固沙、生物多样性维持等重要生态功能,以及防控土地沙化、石漠化、水土流失、盐碱化等生态功能^[25-27]。

(3)空间分布上的完整性和连续性。既然是空间,就必然在分布上有连续性和相对完整性,特别是自然生态空间,更应具备连续性和完整性,否则就失去了划定自然生态空间的意义。但自然生态空间的划定,是针对未来的,因此,基于现状确定的自然生态空间内部,土地利用虽以生态用地为主,但也可以包含农业用地、建设用地等其他类型的用地^[28](图1)。在不影响生态功能发挥的情况下,与生态用地功能相匹配的其他用地的存在是必然的。同时,采取类型学的划分(同一类型在区域中可以重复出现)而不是区域性的划分(区划单元不重复,就必然要包含其他次要成分),也是实现自然生态空间精准落地的一种思路。

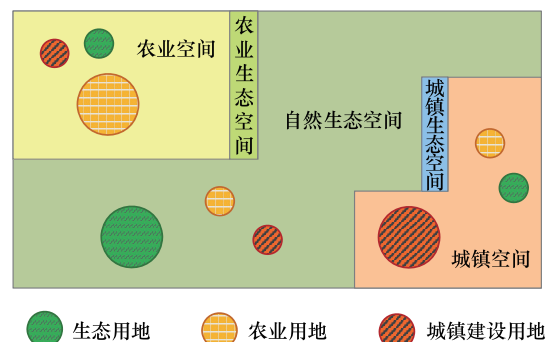


图1 国土空间划分示意图

Fig.1 Schematic diagram of national space division

(4)国土空间管控作用。规划和保护自然生态空间,是国土空间管控的重要手段。与建立土地用途管制制度对国土空间生态功能进行详细控制相比,自然生态空间用途管制可实现对国土空间生态功能的总管制^[29]。不同于生态保护红线一经划定便实施严格保护,自然生态空间与城镇空间、农业空间在符合一定的条件下,可按照资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价,根据功能变化状况可以进行动态的相互转化。

2 自然生态空间格局构建理论

区域生态学围绕“区域综合体”展开研究,不仅研究区域本身的自然属性,同时特别关注区域之间的关联和相互影响,以及区域内资源环境对经济社会发展的支撑能力。因此,区域生态学是指导自然生态空间格局构建的基础学科,反之,自然生态空间格局的构建必须从区域视角,统筹考虑区域供体-受体间的关系和环境保护与经济发展的关系。区域生态学基于生态系统理论,但又从高于生态系统的层级研究区域生态结构、过程与功能,强调在研究区域自然特性的基础上,注重对区域综合体内外的资源环境与经济社会之间的相互作用以及协同发展规律的研究,为认识和解决当前生态环境问题提供了新的视角和研究框架^[30]。基于区域生态学、景观生态学,自然生态空间格局构建相关的理论主要包括:

2.1 生态供体-生态受体双耦合理论

在区域生态学中,生态供体是指区域内提供生态系统服务的生态功能体,生态受体是指区域内接受生态系统服务的生态功能体,供体和受体通过水、风和资源等联系起来。生态供体-受体双耦合理论是指生态供体和生态受体间的地-地耦合和人-地耦合关系。其中,地-地耦合是指生态供体和受体在空间上的配置和相互影响关系;人-地耦合是指区域内自然生态系统与社会经济系统的耦合。

自然生态空间即为国土空间内的生态供体,为更大尺度的空间和人类生存提供生态服务和生态产品^[31]。区域自然生态空间格局的构建必需以生态供体-受体双耦合理论为基础,因此,自然生态空间格局的构建,既要考虑区域本身的生态重要性,又需考虑与农业空间、城镇空间在空间布局上的相互影响,以及其所提供的物质、能量和信息对区域社会经济的供给能力和耦合关系。

2.2 生态格局-过程-功能三位一体理论

生态格局是指生态域内不同生态功能体的空间格局及相互关系;生态过程是指生态域内不同生态功能体的物质循环、能量流动的路径和过程;生态功能则指生态域基于其生态结构,在各种生态过程中提供服务和产品的能力^[32]。自然生态空间内各种生态要素或功能体的空间组合形式决定和制约着其过程和功能的变化,其过程和功能也会反作用于空间格局。自然生态空间格局的构建,需基于对生态域生态过程和生态功能的理解,识别生态域内对维护生态过程和生态功能具有重要作用的生态功能体,分析其空间位置和相关关系,以构建功能完整、结构连续的自然生态空间格局。在自然生态空间识别上,不仅要考虑生物多样性丰富的区域,同

时要考虑可提供重要生态服务的区域,如大江大河源头区,以及生态脆弱容易发生灾变的区域,其中生态供体-受体间的格局稳定、过程流畅、功能匹配是构建自然生态空间格局的基础。

2.3 生态承载力与生态适宜性理论

生态承载力包含两方面的含义:一是区域内各类生态系统(生态供体)的自我调节和自我维持的能力,以及为区域内社会经济子系统提供资源环境容量的能力,为生态承载力的支撑力部分;二是区域内经济社会子系统对于生态系统服务和生态产品的需求量,为生态承载力的压力部分^[33]。如生态系统的支撑能力不能满足社会经济的压力需求,则区域生态承载力面临超载。自然生态空间格局的构建必需既要考虑生物多样性保护的空间需求,又需兼顾对经济社会发展的承载需求。

在生态承载力评价的基础上,依据生态适宜性理论分析区域内社会经济开发活动与生态环境间的适宜状况和适宜程度^[34]。自然生态空间内特有的生态禀赋与资源环境条件,对于整个区域内的人居环境、产业布局与产业结构具有约束性,但同时也是支撑社会经济发展的基础;城镇空间和农业空间内的产业布局与结构、人口聚集程度等,会引起自然生态空间内生态系统服务的空间流转。

因此,构建自然生态空间格局需以区域生态承载力评价和国土空间开发适宜性评价为前提和基础。基于这两类评价,识别出生态承载力面临超载或已超载的地区,以及产业布局、人口聚集等不合理地区,在这些地区更多地规划生态空间并合理构建格局,以匹配区域社会经济发展对生态系统服务和生态产品的需求。

2.4 阈值理论

阈值是指有某种或多种相互作用的负反馈机制存在于系统的各个组成部分之间,这种负反馈机制在系统出现一定幅度的偏离时会抑制其继续发展,并进行反向调节,使系统重新回到平衡状态。但是负反馈机制在系统偏离幅度过大时会失去作用,最终系统将走向失衡和崩溃。导致负反馈机制失去作用的幅度就是系统的阈值^[35]。

区域生态保护空间格局构建重点考虑最小保护面积、最小生态安全距离^[36]、生态系统服务辐射效应^[37]、潜在退化可能性等,从格局-过程-退化3个重要环节建立生态阈值判定识别技术方法。例如,自然生态空间面积阈值的确定,需要由生态供体提供生态系统服务的能力和受体需要的承载力两者的匹配度来决定。

2.5 生态系统服务权衡理论

由于生态系统服务种类的多样性、空间分布的异质性以及人类选择的偏好,生态系统服务间常呈现为相互影响、复杂的非线性关系,包含权衡(负相关关系)、协同(正向关系)和兼容(无显著关系)等多种类型^[38-39]。依据分析的尺度以及是否可逆,生态系统服务权衡类型包括空间权衡、时间权衡和可逆性权衡^[40]。总体上,生态系统服务权衡既存在于区域内部,也存在于区域间;既涵盖当前生态系统服务间的权衡,也包括当前与未来生态系统服务的关系冲突^[41]。

因此,生态系统服务权衡理论为构建自然生态空间格局,提供了一个更加综合而辩证的视角。自然生态空间所提供的生态系统服务在特定的时空尺度下,也并不是完全独立的,而是会呈现出复杂的相互作用关系。在生态系统服务权衡理论的指导下,可有效识别对维持区域生态系统服务至关重要、需重点保护的生态空间,并构建能最大限度规避生态风险、保障区域生态安全的自然生态空间格局。

3 自然生态空间格局构建与规划技术要点

3.1 以生态保护需求和国土空间开发适宜性,而非现状构建和规划自然生态空间格局

我国的国土空间开发方式已经从侧重社会经济发展转变为城镇空间、农业空间及生态空间相协调发展^[42]。我国当前的生态用地、自然保护区等的数量、规模、空间配置等现状,在不同的区域和社会经济发展条件下,有可能不能满足面向未来的国土空间结构优化和空间规划体系构建的要求。因此生态空间规划是前瞻性规划,不是基于现状的画圈和圈地,需要以生态保护需求和国土空间开发适宜性为基础,纵向优化现状与未来的自然生态空间配置,最终实现社会、经济、生态效益相统一。

3.2 以生态功能,而非生态用地类型为导向规划自然生态空间格局

自然生态空间的核心属性是生态功能,建立“山青水秀”的自然生态空间实质上反映的是对生态功能的需求。由于生态用地在数量、空间上相对容易测算,因此目前自然生态空间规划往往会以生态用地类型为导向,将林地、草地、湿地等生态用地归为自然生态空间。但是,单纯从生态用地的角度规划自然生态空间,会遗漏部分能够发挥生态功能、提供生态系统服务的潜在区域^[43]。因此自然生态空间规划应不拘泥于用地类型现状,只要是区域内能够发挥重要生态功能、提供生态系统服务的区域,都应划入,并在条件成熟后逐步退出与生态功能不相符的产业。

3.3 以保持生态相对完整性为目的,而非追求纯生态用地划定自然生态空间格局

由于我国一直缺乏对自然生态空间的合理规划,导致目前自然生态空间中也存在着不同规模的城镇建设用地、农业用地等非生态用地。对于已经人类长期开发的区域,很难得到纯的自然生态空间,但为了保持其连续性和完整性,在自然生态空间里并存一些分散的非生态用地是不可避免的,在划定自然生态空间的过程中没有必要强行把这些非生态用地划出去。同时,考虑到生态保护与社会经济发展的协调性,对于如划入自然生态空间容易引起社会矛盾的永久性基本农田等非生态用地,也可暂时不划入自然生态空间,待条件成熟时进行产业、人口退出后再划入生态空间。

3.4 从供体-受体关系布局自然生态空间格局

结构完整、功能优化的自然生态空间格局对于维护区域生态安全、建立合理优化的国土空间开发格局发挥着重要作用^[44]。在国土空间规划中,自然生态空间、城镇空间、农业空间三者的数量配比与空间配置显得尤为重要^[45-46]。以区域生态学供体-受体理论为指导,通过开展生态功能供体(自然生态空间)与生态功能受体(城镇空间、农业空间)在结构完整性、功能匹配性、过程连续性等方面的综合评估,确定自然生态空间、城镇空间、农业空间三者的协调性与适宜性,使得自然生态空间在布局和规模上能够满足社会经济发展的需求,从而为合理构建自然生态空间格局提供科学依据。

3.5 从重要生态功能维护、人居环境屏障和生物多样性维护等角度综合构建自然生态空间格局

从维护重要生态系统服务、减缓自然灾害、保护生物资源等角度出发,将自然生态空间划分为重要生态功能区、生态脆弱敏感区、关键物种生境等多种类型。围绕不同自然生态空间类型分别开展重要生态功能维护、人居环境屏障和生物多样性等评价、分析和模拟,基于在生态格局-过程-功能相互关系,整合生态廊道分析、保护空缺识别等多种方法,并借助 GIS 空间分析技术分别开展自然生态空间重要生态功能保格局、人居环境生态屏障格局和生物多样性维护安全格局等多种格局构建。在此基础上,综合叠加形成自然生态空间格局。

3.6 基于生态保护红线构建自然生态空间格局

生态保护红线是在自然生态空间内划定的,具有特殊重要生态功能,必须强制性严格保护的区域,是自然生态空间内最重要和最核心的部分^[47]。《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》中明确要求,2020 年年底,全面完成全国生态保护红线划定,勘界定标,基本建立生态保护红线制度,国土生态空间得到优化和有效保护,生态功能保持稳定,国家生态安全格局更加完善^[21]。生态保护红线划定后,相关规划要符合生态保护红线空间管控要求,不符合的要及时进行调整。国土空间规划编制以及自然生态空间格局规划要将生态保护红线作为重要基础,发挥生态保护红线对于国土空间开发的底线作用。

参考文献 (References):

- [1] 喻锋, 李晓波, 张丽君, 徐卫华, 符蓉, 王宏. 中国生态用地研究: 内涵、分类与时空格局. 生态学报, 2015, 35(14): 4931-4943.
- [2] 胡锦涛. 坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进为全面建成小康社会而奋斗——在中国共产党第十八次全国代表大会上的报告. 北京: 人民出版社, 2012.
- [3] 习近平. 决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告. 北京: 人民出版社, 2018.
- [4] 新华社. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《省级空间规划试点方案》. [2017-01-09]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-01/09/content_5158211.htm.

- [5] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发全国国土规划纲要(2016—2030年)的通知. [2017-02-04]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/04/content_5165309.htm.
- [6] 高吉喜. 探索我国生态保护红线划定与监管. 生物多样性, 2015, 23(6): 705-707.
- [7] 高延利. 加强生态空间保护和用途管制研究. 中国土地, 2017, (12): 16-18.
- [8] Sushinsky J R, Rhodes J R, Possingham H P, Gill T K, Fuller R A. How should we grow cities to minimize their biodiversity impacts? *Global Change Biology*, 2013, 19(2): 401-410.
- [9] Tzoulas K, Korpela K, Venn S, Yli-Pelkonen V, Kaźmierczak A, Niemela J, James P. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: a literature review. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 81(3): 167-178.
- [10] 王甫园, 王开泳, 陈田, 李萍. 城市生态空间研究进展与展望. 地理科学进展, 2017, 36(2): 207-218.
- [11] 赵景柱. 景观生态空间格局动态度量指标体系. 生态学报, 1990, 10(2): 182-186.
- [12] 裴相斌, 王作武, 焦景元. 鲅鱼圈港口依托土地开发利用问题与对策. 海洋开发与管理, 1995, (1): 20-23.
- [13] 董雅文, 周雯, 周岚, 周慧. 城市化地区生态防护研究——以江苏省、南京市为例. 城市研究, 1999, (2): 6-8, 10-10.
- [14] 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.
- [15] 龙花楼, 刘永强, 李婷婷, 王静, 刘爱霞. 生态用地分类初步研究. 生态环境学报, 2015, 24(1): 1-7.
- [16] 甄霖, 魏云洁, 谢高地, Helming K, 曹淑艳, 杨莉, 潘影, Koenig H. 中国土地利用多功能性动态的区域分析. 生态学报, 2010, 30(24): 6749-6761.
- [17] 彭建, 杜悦悦, 刘焱序, 吴健生, 王仰麟. 从自然区划、土地变化到景观服务: 发展中的中国综合自然地理学. 地理研究, 2017, 36(10): 1819-1833.
- [18] 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.
- [19] 詹运洲, 李艳. 特大城市城乡生态空间规划方法及实施机制思考. 城市规划学刊, 2011, (2): 49-57.
- [20] 中华人民共和国中央人民政府. 全国主体功能区规划——构建高效、协调、可持续的国土空间开发格局. [2011-06-08]. http://www.gov.cn/zwqk/2011-06/08/content_1879180.htm.
- [21] 新华社. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》. [2017-02-07]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/07/content_5166291.htm.
- [22] 国土资源部. 国土资源部关于印发《自然生态空间用途管制办法(试行)》的通知. [2017-3-24]. http://g.mnr.gov.cn/201704/t20170425_1499678.html.
- [23] 王如松, 李锋, 韩宝龙, 黄和平, 尹科. 城市复合生态及生态空间管理. 生态学报, 2014, 34(1): 1-11.
- [24] 李伯华, 曾灿, 窦银娣, 刘沛林, 陈驰. 基于“三生”空间的传统村落人居环境演变及驱动机制——以湖南江永县兰溪村为例. 地理科学进展, 2018, 37(5): 677-687.
- [25] 李昭阳, 宋明晓, 张赢月, 高镜婷, 王孟. 基于生物多样性保护的生态空间辨识研究——以吉林省辽河流域为例. 江苏农业科学, 2017, 45(7): 220-224.
- [26] 谢花林, 姚干, 何亚芬, 张道贝. 基于 GIS 的关键性生态空间辨识——以鄱阳湖生态经济区为例. 生态学报, 2018, 38(16): 5926-5937.
- [27] 孔令桥, 王雅晴, 郑华, 肖焱, 徐卫华, 张路, 肖洋, 欧阳志云. 流域生态空间与生态保护红线规划方法——以长江流域为例. 生态学报, 2019, 39(3): 835-843.
- [28] 王丽霞, 邹长新, 王燕, 林乃峰, 吴丹, 姜宏, 徐德琳. 基于 GIS 识别生态保护红线边界的方法——以北京市昌平区为例. 生态学报, 2017, 37(18): 6176-6185.
- [29] 沈悦, 刘天科, 周璞. 自然生态空间用途管制理论分析及管制策略研究. 中国土地科学, 2017, 31(12): 17-24.
- [30] 高吉喜. 区域生态学基本理论探索. 中国环境科学, 2013, 33(7): 1252-1262.
- [31] 高吉喜. 区域生态学核心理论探究. 科学通报, 2018, 63(8): 693-700.
- [32] 吕一河, 陈利顶, 傅伯杰. 景观格局与生态过程的耦合途径分析. 地理科学进展, 2007, 26(3): 1-10.
- [33] 曹智, 闵庆文, 刘某承, 白艳莹. 基于生态系统服务的生态承载力: 概念、内涵与评估模型及应用. 自然资源学报, 2015, 30(1): 1-11.
- [34] 唐常春, 孙威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价. 地理学报, 2012, 67(12): 1587-1598.
- [35] Scheffer M, Carpenter S R, Lenton T M, Bascompte J, Brock W, Dakos V, van de Koppel J, van de Leemput I A, Levin S A, van Nes E H, Pascual M, Vandermeer J. Anticipating critical transitions. *Science*, 2012, 338(6105): 344-348.
- [36] 贾滨洋, 曾九利, 李玫, 柏松. “多规融合”下的城市开发边界与最小生态安全距离. 环境保护, 2015, 43(3): 23-26.
- [37] 韩永伟, 王宝良, 刘成程, 方广玲. 关于重点生态功能区生态补偿量计算中应用辐射效应理论的探讨——以黑河下游防风固沙重点生态功能区为例. 生态经济, 2015, 31(1): 31-34, 54-54.
- [38] 傅伯杰, 于丹丹. 生态系统服务权衡与集成方法. 资源科学, 2016, 38(1): 1-9.
- [39] 彭建, 胡晓旭, 赵明月, 刘焱序, 田璐. 生态系统服务权衡研究进展: 从认知到决策. 地理学报, 2017, 72(6): 960-973.
- [40] 赵文武, 刘月, 冯强, 王亚萍, 杨思琪. 人地系统耦合框架下的生态系统服务. 地理科学进展, 2018, 37(1): 139-151.
- [41] 曹祺文, 卫晓梅, 吴健生. 生态系统服务权衡与协同研究进展. 生态学杂志, 2016, 35(11): 3102-3111.
- [42] 樊杰. 主体功能区战略与优化国土空间开发格局. 中国科学院院刊, 2013, 28(2): 193-206.
- [43] 邹晓云, 邓红蒂, 宋子秋. 自然生态空间的边界划定方法. 中国土地, 2018, (4): 9-11.
- [44] 杨天荣, 匡文慧, 刘卫东, 刘爱琳, 潘涛. 基于生态安全格局的关中城市群生态空间结构优化布局. 地理研究, 2017, 36(3): 441-452.
- [45] 樊杰, 蒋子龙, 陈东. 空间布局协同规划的科学基础与实践策略. 城市规划, 2014, 38(1): 16-25, 40-40.
- [46] 祁帆, 张晓玲, 李志刚. 空间规划体系建设思路研究. 中国土地, 2016, (3): 20-22.
- [47] 高吉喜, 鞠昌华, 邹长新. 构建严格的生态保护红线管控制度体系. 中国环境管理, 2017, 9(1): 14-17.