

## 生态空间与生态用地国内研究进展

费建波, 夏建国, 胡佳, 舒向阳, 吴玺, 李军

引用本文:

费建波, 夏建国, 胡佳, 等. 生态空间与生态用地国内研究进展[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(11): 1626–1636.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.190371>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 生态约束下的乡村旅游用地空间布局规划研究\*—以福建省晋江市紫星村为例

Land layout of rural tourism site based on ecological restraint: A case study of Zixing Village in Jinjiang City, Fujian Province

中国生态农业学报. 2016, 24(4): 544–552 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.151047>

### 基于SD的耕地与生态用地联合调配策略仿真与优选——以天津市为例

Development of strategies for joint allocation of cultivated land and ecological land in Tianjin based on system dynamics

中国生态农业学报(中英文). 2019, 27(3): 391–404 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.180661>

### 基于土地生态要素分区的坝上生态用地生态服务价值分析

Analysis of ecological service value of ecological land of Bashang area based on ecological factor division

中国生态农业学报. 2018, 26(6): 903–915 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.171085>

### 我国乡村生态系统的功能、问题及对策

Functions, problems and countermeasures of China's rural ecosystems

中国生态农业学报(中英文). 2019, 27(2): 177–186 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.180582>

### 河北典型样带土地利用生态安全格局研究

Ecological security pattern of land use in a typical transect of Hebei Province

中国生态农业学报(中英文). 2019, 27(11): 1767–1778 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.190247>

DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.190371

费建波, 夏建国, 胡佳, 舒向阳, 吴玺, 李军. 生态空间与生态用地国内研究进展[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(11): 1626–1636

FEI J B, XIA J G, HU J, SHU X Y, WU X, LI J. Research progress of ecological space and ecological land in China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2019, 27(11): 1626–1636

## 生态空间与生态用地国内研究进展\*

费建波<sup>1</sup>, 夏建国<sup>1\*\*</sup>, 胡佳<sup>2</sup>, 舒向阳<sup>1</sup>, 吴玺<sup>3</sup>, 李军<sup>3</sup>

(1. 四川农业大学资源学院 成都 611130; 2. 四川省广元市利州区农业局 广元 628000; 3. 四川省土地统征整理事务中心 成都 610041)

**摘要:** 生态空间和生态用地是构成国土空间的重要组成部分, 是跨地理学、景观生态学、应用生态学等的交叉研究领域, 但当前国内对于两者的认识存在较大争议, 在相关研究和使用中存在混淆或错误的情况。本文基于国内相关文献的全面分析, 界定了生态空间和生态用地的概念, 辨析了两者之间的逻辑关系, 并分别总结了国内生态空间和生态用地研究进展和局限。目前, 国内生态空间和生态用地的内涵认识还不统一、识别方法和分类体系还不够完善; 在研究区域上, 均是重点关注城市地区; 在研究方法上, 均注重空间分析和优化模型的使用, 缺少心理感知与社会调查等多方法的应用。本文基于当前研究局限, 结合新时代生态文明建设和乡村振兴战略实施要求, 提出应加强乡村地区生态空间和生态用地相关研究内容。建立以可持续发展和人类福祉需求为核心, 具有区域差别化的生态空间和生态用地识别方法、分类体系、评价体系和保护利用机制等应成为研究重点。

**关键词:** 生态空间; 生态用地; 概念辨析; 城市地区; 乡村地区

中图分类号: Q149

文章编号: 2096-6237(2019)11-1626-11

开放科学码(资源服务)标识码(OSID):



## Research progress of ecological space and ecological land in China\*

FEI Jianbo<sup>1</sup>, XIA Jianguo<sup>1\*\*</sup>, HU Jia<sup>2</sup>, SHU Xiangyang<sup>1</sup>, WU Xi<sup>3</sup>, LI Jun<sup>3</sup>

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. Agricultural Bureau of Lizhou District of Guangyuan City, Sichuan Province, Guangyuan 628000, China; 3. Center of Land Acquisition and Consolidation in Sichuan Province, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Ecological space and ecological land are important components of land space and are interdisciplinary research topics in the domains of geography, landscape ecology, and applied ecology. However, in China, there is considerable controversy regarding the connotations of these two components, and there is both confusion and error in the relevant researches and its applications. Based on analysis of domestic literatures concerning ecological space and ecological land, this paper defined both concepts, studied their logical relationship, and examined the research progresses and limitations of the two concepts. Currently, domestic researches on ecological space and ecological land suffered from the following problems: understanding of the connotations of the concepts was still not unified, the identification methods and classification systems were still not per-

\* 四川省国土资源科研项目(KJ-2018-1, KJ-2019-1)资助

\*\* 通信作者: 夏建国, 主要从事土壤资源与环境研究。E-mail: xiajianguo@126.com

费建波, 主要从事土地资源管理研究。E-mail: fei.372001608.bob@qq.com

收稿日期: 2019-05-16 接受日期: 2019-07-23

\* This study was supported by the Project of Land and Resources Research of Sichuan Province (KJ-2018-1, KJ-2019-1).

\*\* Corresponding author, E-mail: xiajianguo@126.com

Received May 16, 2019; accepted Jul. 23, 2019

fect, and the research focused on urban areas. The research method focused on the use of spatial analysis and optimization models, and the application of multiple methods, such as psychological perception and social investigation, was lacking. In the new era, along with the new requirements for ecological civilization construction and a rural revitalization strategy, this paper proposed that future studies should focus on rural ecological space and ecological land. Researchers should concentrate on establishing an identification method, a classification system, an evaluation system, and a protection and utilization mechanism governed by the demands of science of sustainability and with human well-being at its core.

**Keywords:** Ecological space; Ecological land; Concept discrimination; Urban areas; Rural areas

快速工业化和城镇化进程伴随着城乡人口流动和经济社会发展要素的重组与交互作用。一方面,城镇化发展过程中人类密集的经济社会活动给城市区域生态环境带来了巨大的压力;另一方面,乡村人口流失,特别是青壮年劳动力的外出,农村出现建设用地空置、耕地撂荒、田块破碎化和粗放经营等问题,致使乡村生态景观格局呈现出凋敝、破碎的景象。党的十九大报告指出,农业农村农民问题是关系国计民生的根本性问题,必须始终把解决好“三农”问题作为全党工作的重中之重,要大力实施乡村振兴战略。《国家乡村振兴战略规划(2018—2022年)》指出:“要严格保护生态空间,树立山水林田湖草是一个生命共同体的理念,加强对自然生态空间的整体保护,修复和改善乡村生态环境,提升生态功能和服务价值”。乡村振兴和三生空间(生产空间、生活空间和生态空间)协调发展战略的实施,对土地生态学的理论和政策研究提出了新的要求。本文通过对国内生态空间和生态用地的概念辨析、研究进展回顾、总结与对比分析,提出未来生态空间和生态用地的研究方向,有利于提升土地生态学的研究理论,丰富地理学和生态学的研究内容,更好地为区域生态空间和生态用地的规划与治理实践提供参考和借鉴。

生态空间一词始于 18 世纪 60 年代的欧洲地区,是伴随着工业化发展带来诸多城市问题而兴起的。近年来,生态基础设施、区域绿地、生态廊道、生境网络和环境廊道等概念相继涌现,掀起了生态空间研究的浪潮。中国学者在 20 世纪 90 年代开始引入生态空间的研究,早期主要是关注理论研究,研究对象则主要是在城镇区域,后逐渐与景观生态学相结合,开展生态空间的景观评价、管理和生态规划研究<sup>[1]</sup>。到 21 世纪初,一些学者开始引入资源承载力概念,研究自然资源生态空间占用问题<sup>[2]</sup>。同时,生态空间研究范围也从城市扩展到更大尺度的国家或区域,生态空间结构演变机理、格局时空变化等内容逐渐成为研究热点<sup>[3]</sup>。近年来,基于生态空间时空演变规律和动力机制分析的生态空间预测模拟、

生态空间识别与分类成为了研究热点。

严格来说,国外并无生态用地一词。中国学者在 20 世纪 90 年代首次将生态要素的空间定位界定为生态用地<sup>[4]</sup>。但在进入 21 世纪,众多学者才开始重视生态用地的相关研究。同样,早期生态用地的研究主要集中在城市区域,以生态用地内涵揭示和分类为主要研究内容,后逐渐扩展到生态用地特征评价及演化机制<sup>[5]</sup>、服务功能价值测算和生态用地需求量测算研究<sup>[6]</sup>。近年来,大量学者基于生态用地演变规律和驱动力分析,从省、市和县等不同尺度,运用空间预测模型等方法开展了生态用地优化布局方面的研究。值得注意的是,随着土地生态学研究内容的丰富和生态用地研究纵向深入,生态用地内涵揭示及分类再次成为当前研究热点。

## 1 生态空间与生态用地概念界定与辨析

### 1.1 生态空间的概念界定

生态空间概念的界定主要分为生态用地论和生态功能论 2 种观点。生态用地论强调生态空间是所有绿色植被覆盖或者水体占有的土地类型,包括林地、园地、耕地、草地、湿地、未利用土地等。生态功能论则强调生态空间是指具有自然属性、以发挥生态系统服务功能为主的国土空间,包括森林、草原、湿地、河流等。其中,农用地是否作为生态空间存有较大的争议。有学者认为,农业生产用地(如耕地、养殖水面)以经济产出为核心目的,不宜纳入生态空间范畴<sup>[7]</sup>;另一些学者则认为对于生态系统和生物生境保护具有重要作用的地区都可视为生态空间,农用地在发挥生产功能同时,同样具有生态服务功能,应被纳入生态空间范畴。上述 2 类概念的界定在内涵上并无本质区别,只是在范围界定上存在差异,是否以生态服务功能为主导是争议的焦点。笔者认为:生态空间是不能直接提供具有经济价值的生态产品和服务,但承担着维护生命安全、确保生态系统稳定持续提供生态服务、保障社会经济活动正常进行的国土空间,是一个空间范围。从学术研究的角度来看,农用地、养殖水域等

所发挥的食物生产功能也是生态系统服务功能之一, 同样是为了维持生态系统的平衡稳定, 应该纳入生态空间的范畴。界定生态空间范围的目的是为了合理利用和保护生态空间, 不应一概而论地在所有生态空间范围内禁止人类活动。从人类福祉需求和科学管理需要的角度出发, 可以在生态空间划定的基础上, 进一步明确底线性、关键性生态空间的范围, 依据保护重要性程度来指导开展生态空间利用和管治活动。基于文献分析, 本文将生态空间界定为: 自然(森林、草地、湿地、河流等)或半自然(农田、坑塘等)的植被、水体及土壤等生态单元所占据的并为区域提供生态系统服务功能或产品的用地空间。包括林地、农用地、未利用地和水域等多种土地利用类型。该定义认为农用地是一种半自然的复合生态空间。

## 1.2 生态用地的概念界定

生态用地概念的界定主要分为 2 种观点: 第 1 种观点是泛生态功能论, 认为凡是具有生态服务功能, 对于自然环境和生态系统保护具有重要作用, 地表无人工铺装、具有透水性的土地, 都可划为生态用地, 包括耕地、园地、林地、草地、水域等土地利用类型<sup>[8]</sup>。第 2 种观点是主体功能决定论, 侧重从土地主体功能角度来定义生态用地, 认为土地是一个综合的功能整体, 应以土地的主体功能来划分生态用地, 生态功能是土地利用生产和生活功能实现的前提, 对于以经济产出为核心目的的农业生产用地, 如耕地、养殖水面等不应作为生态用地考虑<sup>[9]</sup>。总的来看, 国内对于生态用地的界定未形成统一的认识, 争议有三: 1) 生态用地是否应该在我国土地利用分类系统中作为一种用地类型单列? 2) 生态用地应该包含哪些用地类型, 具有部分生态功能的农用地是否属于生态用地? 3) 生态系统脆弱以及生态敏感性较高的土地是否属于生态用地范畴?<sup>[10]</sup>。笔者认

为: 生态用地是维持区域生态平衡和可持续发展不可或缺的土地利用类型, 从资源管理实践的角度来看, 生态用地应区别于生产用地和生活用地, 并与后两者共同组成闭合的区域国土空间, 即三者之间是相互独立的关系。基于文献分析, 本文将生态用地界定为: 以提供环境调节、生物支持等生态系统服务和生态产品为主体功能的土地利用类型。包括林地、园地、草地、水域、未利用地等土地利用类型, 常年或季节性撂荒的水田实际发挥着湿地的生态功能、撂荒的旱地实际发挥着荒草地的生态功能, 因此撂荒地也应纳入生态用地范畴。

## 1.3 生态空间与生态用地概念辨析

国内生态空间和生态用地概念的出现都是在 20 世纪 90 年代, 且最开始都是关注城市生态问题, 由于研究起步较晚, 对于两者内涵阐释和范围界定的研究文献不多, 因此, 一些学者在开展生态空间和生态用地相关研究时并不注重将两者进行区分。但生态空间和生态用地是完全区别而又相互关联的两个概念, 当前对于两者之间的内涵联系在学术界存在较大争议。一种观点认为由生态用地所组成的空间范围就是生态空间, 即生态用地范围是等同于生态空间范围的。但在复杂的土地利用过程中上, 生态空间中往往还包含有生产生活用地, 如谢花林等<sup>[11]</sup>将鄱阳湖生态经济区土地利用现状数据与该区域综合关键性生态空间范围进行叠加, 结果显示, 仍有 6% 左右的建设用地是处于脆弱甚至极脆弱的生态空间范围内。可以看出, 生态用地只是生态空间组成的主要部分, 同时也从侧面反映出生态空间的保护与生态用地的利用还需要优化调整。另一种观点认为凡是具有生态系统服务功能, 对区域生态系统安全具有重要意义土地类型都应视为生态用地<sup>[12]</sup>, 即生态空间的范围小于广义的生态用地的范围(图 1)。

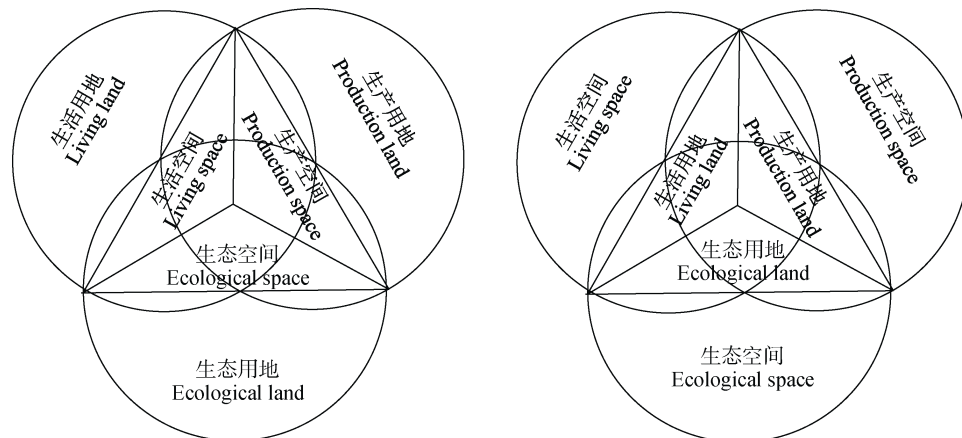


图 1 生态空间与生态用地关系辨析图

Fig. 1 Diagram of relationship differentiation between ecological space and ecological land

为科学管理和合理利用生态用地,有效保护生态空间,本研究在对两者进行概念界定的基础上,提出如图 1 的生态空间与生态用地逻辑关系图。认为生态用地与生产生活用地是相互独立的用地分类,三者共同组成区域“三生用地”,并以各自用地范围为主要组成部分,兼以其他用地空间分别组成生产、生活和生态空间,即“三生空间”。生态空间与生产生活空间三者之间是可能存在交叉重叠形成复合空间的,如常年种植的耕地以生产功能为主,属于生产生态空间,季节性撂荒的耕地以生态功能为主,属于生态生产空间;又如在广大的农村地区,由于缺乏统一的规划布局,仍然存在在生态敏感区修建生产生活设施的情况,导致生态空间范围内出现生产生活用地的现象。总之,生态用地是生态空间组成要素之一,与部分生产用地和生活用地共同组成生态空间的下垫面。

## 2 研究方法及文献分析

### 2.1 文献收集整理

本文对国内生态空间和生态用地相关文献进行了全面梳理和分析,并着重对比两者研究差异。文

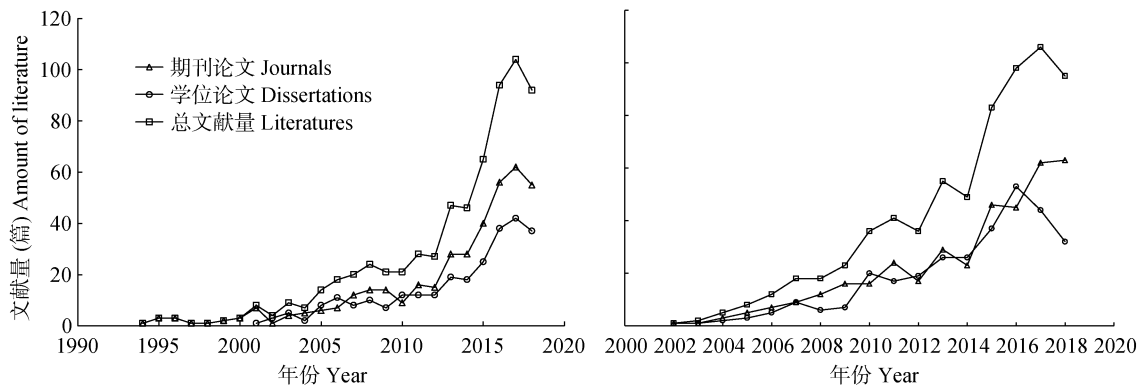


图 2 1990—2018 年生态空间与生态用地研究发展趋势

Fig. 2 Development trends of ecological space and ecological land research in China from 1990 to 2018

### 2.2 文献分析

由图 3 可知,国内生态空间研究对象比较繁杂,除生态空间出现频率最多之外,三生空间、生态保护红线、土地利用、国土空间和用途管制等词共现次数较多,其次是生态文明、多规合一、空间优化、生态安全等词;研究区域上,主要是集中关注城市生态空间,研究较多的地区是京津冀、长株潭等区域;研究内容上,以空间规划、空间优化和用途管制等词共现次数较多,其次是空间管治、适宜性评价、空间重构等;研究视角上,生态空间常与三生空间、生态保护红线、自然生态空间和国土空间共同作为研究对象被关注,土地利用、空间结构、景观格局、

文献检索范围限定为中国知网核心期刊、CSSCI 来源期刊、CSCD 来源期刊、博硕士学位论文,输入“生态空间”和“生态用地”主题词,分别检索到中文文献 666 篇和 699 篇,其中生态空间相关研究期刊论文 396 篇,博士论文 62 篇,硕士论文 208 篇,文献年份分布在 1994—2019 年;生态用地相关研究期刊论文 392 篇,博士论文 51 篇,硕士论文 256 篇,文献年份分布在 1996—2019 年。国内生态空间和生态用地各年度发文情况详见图 2。为准确分析两者的研究现状,通过对文献摘要进行人工辨别,按照主题相关性剔除与两者无相关性的文献。借助 Citespace 文献计量分析软件对文献关键词共现进行分析,初步判断研究的热点和重点,然后系统梳理文献的研究内容、研究方法、研究结论,具体步骤为:1)阅读每篇文献,识别核心主题;2)采用逆向归类的方法,将文献归类,直到所有文献归类完为止;3)在同一类别下,对该簇文献关注的热点内容、基础理论、研究方法、研究结果进行整合和提炼。最后,综合国内研究现状展望未来一段时期有关生态空间与生态用地的重点研究方向。

生态敏感型、生态系统服务也是关注的重点内容;研究学科以空间规划、景观生态学和地理学为主。其他关键词中,如生态文明等,代表了研究的经济社会背景。

中国生态用地研究对象同样比较繁杂,除生态用地以外,生态系统服务价值、城市生态用地、最小累计阻力模型、土地利用等词共现次数较多,此外还有 GIS、景观安全格局、土地生态、生态功能等;研究区域上,重点是关注城市生态用地,以长江流域中下游一带城市和北京、天津等地为热点区域;研究内容上,以生态系统服务功能、价值测算、重要性评价为主,其次是生态用地规划、优化等;研





—廊道—基质模式<sup>[3]</sup>的城市或城市群生态空间重构研究成为重点。从研究视角来看,生态空间优化主要分为 3 种类型:第 1 类是将生态空间作为独立的个体开展布局优化研究;第 2 类是将生态空间与生产生活空间作为一个整体,然后基于适宜性评价、三生融合<sup>[25]</sup>、社会—生态系统恢复力<sup>[26]</sup>、共生理论<sup>[27]</sup>等理念开展三生空间优化布局研究;第 3 类是按照土地主体功能定位,将生态主体功能空间与城镇主体功能空间、农业主体功能空间作为一个整体开展区域性的国土空间结构优化研究。此外,基于空间建模的生态空间优化重构方法是当前研究热点,如基于微粒群-马尔科夫复合模型的生态空间预测模拟<sup>[28]</sup>。

#### 3.1.4 生态空间保护利用

生态空间作为国土空间的组成部分,生态文明建设的空间载体,需要进行严格的保护和管治。多数研究者基于生态系统服务功能重要性评价和生态敏感性评价来确定生态空间保护分区的范围,并以此提出生态空间用途管制建议<sup>[29]</sup>。其中一些学者基于底线思维,在生态保护分区研究基础上,将重要生态功能区、生态敏感区、脆弱区等某些最小生态保护空间的范围划定为生态红线,作为禁止人类生产活动的底线范围<sup>[30]</sup>。另一些学者按照生态空间用途管制分区划定的逻辑框架和技术方法,提出基于“区域主体功能—景观主导功能—地块主要功能”的自然生态空间管制分区划定逻辑框架,构建以功能分类、用途分区、管控分级为导向的生态空间用途管制体系<sup>[31]</sup>。生态空间的分级分类和分用途管制是完善国土空间用途管制体系,守住生态安全底线的必然选择。

生态空间保护与利用研究的另一个重要内容是生态空间可占用性评价研究。基于生态足迹理论模型,定量测度区域生态足迹及动态变化趋势<sup>[32]</sup>,在量化生态空间占用及其价值核算基础之上,提出基于生态赤字价值补偿的环境税方案,开征环境税约束生态超额占用,相应收入可用于减轻所得税<sup>[33]</sup>。一些学者基于此进一步提出水资源、森林资源等资源税目<sup>[34]</sup>,与已有的耕地占用税等共同形成对土地、森林、水和矿产等各种自然资源占用税费体系,实现对自然生态空间的统一保护。生态空间可占用性评价研究,可以为城市开发边界的划定、生态系统安全评估和可持续发展等提供一些参考。

### 3.2 生态空间研究评述

#### 3.2.1 乡村地区生态空间研究应受到重视

从期刊分类来看,检索得到的期刊文献来自 34

种期刊,其中城市规划与发展类期刊 6 种,文献数占总文献数的 30.3%;地学类期刊 7 种,文献数占总文献数的 16.5%;生态类期刊 3 种,文献数占 12.1%;资源类期刊 3 种,文献数占总文献数的 10.8%;环境类、经济类、大学学报类及其他期刊类文献数分别占总文献的 9.9%、6.1%、4.3%、8.1%。说明城市规划与发展、地学、生态学、资源科学是研究的主要学科领域;地学类、生态类文献数占比远低于城市规划与发展类,说明其对生态空间的研究尚不深入。从学科分类分布来看,城乡规划与市政和城市经济类文献数占总文献的 36.4%,农业经济和区域经济类文献数占总文献的 10.6%,由此可见,城市生态空间研究是热点。虽然城市生态空间是城市功能的主要载体之一,其生态空间格局的构成关系到功能的有无,但近郊区乡村生态空间组分的面积比例、形状及空间分布同样影响着城市生态空间格局和生态系统服务功能的强度,其结构的优化不仅可以提高乡村地区生态环境质量,也可以有效完善城市整体功能,因此乡村生态空间的研究应该受到更多关注。

#### 3.2.2 生态空间规划与保护是研究热点

研究采用逆向归类的方法,将文献归类统计,国内生态空间研究文献中,生态空间格局优化、保护与利用类文献占总文献量的 48.6%,生态空间识别与分类研究文献量仅占总文献量的 20.1%。由于中国正处于工业化、城镇化高速增长和生态优先、绿色发展的新阶段,以保护为导向的生态空间规划与管制吸引了大量研究者的关注,研究成果服务于保障区域生态安全和划定生态保护红线。随着人们日益增长的美好生活需要,对更高精神追求和更美人居环境质量的要求,以及转型发展中土地资源优化配置的政策导向,科学地测算人类对生态质量的需求和空间供需平衡的关系,并以此来优化布局,利用好、治理好生态空间,提升生态空间范围内各类用地的功能价值,特别是社会文化(如净化空气、游憩等)服务价值,建立社会—生态空间的和谐交互系统,应成为未来研究的重点。但目前国内在这一领域的研究尚显薄弱,对实践和政策的号召作用、指导作用不够明显。

#### 3.2.3 研究方法不断多元化

随着数字技术的快速发展,以现代化技术、信息化技术为框架下进行生态空间问题的研究方法不断丰富。近 10 年,3S 技术和空间统计方法应用日益广泛和成熟,结合层次分析、景观格局分析、空间

模拟模型、土地利用和功能布局理论,涌现出了一大批实证研究成果,揭示了不同尺度和区域的生态空间识别、现状评价和优化方向等问题。但总体上还是在实证主义指引下的生态空间时空特性演变分析占据主流,如常用的动态评价法、综合指标法、生态评价法、GIS 空间分析法、景观生态格局分析法、景观指数法、模型预测法、情景模拟法。这些方法有的过分强调局部单元之间的相互作用,而忽视了宏观因素对过程的影响,模拟的结果与现实情况存在一定的差距;有的只考虑经济效益的最大化,而对自然环境效应及政策因素考虑不多;有的则过多地考虑人为因素<sup>[28]</sup>。因此,研究一些快速高效预测生态空间的新方法,构建基于人的身心需求和知觉出发的人本主义、行为主义方法应成为未来研究的重点方向<sup>[35]</sup>,这将有利于区域生态空间的健康发展与空间结构优化。

## 4 生态用地研究进展与评述

### 4.1 生态用地研究进展

基于各篇文献研究主题的逆向归纳,将国内生态用地研究归为 4 个重点领域,分别为生态用地识别分类、生态用地格局评价、生态用地优化模拟和生态用地保护利用。

#### 4.1.1 生态用地识别分类

由于国内对生态用地概念的界定具有较大争议,因此在生态用地识别与分类方面还未形成统一的认识。大致可以将当前生态用地识别分类归纳为 3 种类型:第 1 类主要是以土地利用现状数据成果为基础,结合生态功能分区,采用“内涵析取”的方法识别区域生态用地。此类识别方法往往按照多级多类分类体系,并与土地利用现状分类标准相衔接,提出面向实践的生态用地多维度分类体系<sup>[36]</sup>。第 2 类认为人类活动对生态用地影响范围和程度的不同将导致生态功能发挥的强弱差异,基于“人类活动-生态用地”影响反馈机理,采用逆向递推的方法将生态用地分为原生生态用地、半人工生态用地和人工生态用地 3 个一级地类<sup>[8]</sup>。第 3 类主要是以水土保持、地质灾害规避与防护、生物多样性保护、水环境安全、乡土文化遗产保护、自然景观保护<sup>[37]</sup>等构建重要性评价体系,采用层次分析法、空间分析法、综合分析法等,从生态系统服务功能、生态敏感性、生态脆弱性等方面来识别生态用地范围。此类识别方法多按照重要性评价结果,将生态用地划分为极重要、重要、较重要以及一般重要<sup>[38]</sup>,核心型、辅助型、过渡型和非重要生态用地<sup>[39]</sup>,或按照主导功能

将生态用地划分为地表水涵养与保护用地、地下水保护用地、生物多样性保护用地、水土保持用地、河流防护用地、公路防护用地和城市绿地等类型<sup>[40]</sup>。

#### 4.1.2 生态用地格局评价

国内学者主要从时空演变特征、景观格局、生态服务功能价值、空间冲突、生态安全隐患和发展潜力分析等方面开展不同尺度生态用地评价分析。在评价内容方面,不同研究尺度下生态用地时空演变规律呈现出阶段性特征,如山东省近 20 年生态用地面积减少态势呈现出“平稳—加速—减缓”的阶段性特征,随着生态文明建设和美丽中国战略的深入实施,将来有可能出现生态用地由减少到增加的拐点<sup>[41]</sup>;生态用地空间冲突区域主要分布在城市边缘区<sup>[42]</sup>,低水平安全格局下的生态用地是维持区域生态安全的关键和底线<sup>[43]</sup>,生态用地全局连通性基本呈下降趋势<sup>[44]</sup>。此外,生态系统服务价值是土地生态系统服务功能强弱最直接的体现,可以间接地反映出区域生态用地的利用方式和强度,为生态用地保护和区域间生态占补平衡提供科学依据,是生态用地评价的一个重点和热点内容。研究表明,近些年全国生态用地的生态系统服务价值整体呈下降趋势,呈现出“中增、东西减”的格局特点,生态系统稳定性不容乐观<sup>[45]</sup>。在评价方法上,学者主要采用环境库兹涅兹曲线,判断生态用地的发展趋势;采用洛伦兹曲线和基尼系数方法,描述生态用地的分布及其演变特征;采用景观安全格局法和 GIS 空间分析法,评价区域生态用地安全格局等。

#### 4.1.3 生态用地优化模拟

国内学者主要是从生态承载力、景观安全格局、低碳目标等视角,结合国家相关法规、规定、政策等,采取分类规划方法,对生态用地进行定量规划<sup>[46]</sup>。随着 3S 技术和空间建模技术的广泛应用,国内学者主要是用景观生态学源地-廊道-基质的观点开展生态用地优化布局研究,基于生态保护重要性评价、生态适宜性评价、景观空间结构和生态敏感性分析来确定生态源地,从地形地貌、水资源、人类活动、需求平衡等因素确定生态障碍和生态阻力面,采用最小累积阻力模型、人工神经网络、元胞自动机、CLUE-S 模型、Markov 模型、EnKF-MCRP 模型<sup>[47]</sup>、多智能体和蚁群优化算法<sup>[42]</sup>等测度生态源地空间扩张的阻力分布,在此基础上对生态用地保护的重要性进行分级,根据区域社会经济发展和生态保护建设的需要设置生态用地规划多种情景,最终实现生态用地数量和空间优化布局模拟研究。



#### 4.1.4 生态用地保护利用

目前对于生态用地保护与利用方面的研究不多,多数学者主张采用分级分类的方法开展生态用地管控与利用研究。研究表明,建设空间需求强劲和空间精细化管控不足是生态用地面临的挑战<sup>[48]</sup>,通过空间管制生态化、绿地系统规划、水体空间规划和土地利用生态化等理念和措施,可以有效保护生态用地<sup>[49]</sup>。有的学者依据生态用地比重标准化指数,采用自然裂点法和聚类分析法进行生态用地保护分区,并提出差别化的生态用地保护措施<sup>[41]</sup>;有的学者通过半结构式访谈法、问卷调查法等,测算服务提供者和服务受益者的需求,结合支付意愿法,确定生态补偿标准,希望通过建立生态补偿机制合理利用生态用地;另一些学者探讨了如何将高分影像运用到生态用地监测监管中,希望建立生态用地动态监测体系,科学地保护和利用生态用地<sup>[50]</sup>。另外,生态用地的需求测算是城乡统筹生态用地规划与管理的关键环节,下一步研究的重点趋向可能为基于土地生态功能的生态用地分类、基于土地生态格局的生态用地效益综合测算、基于多目标情景的生态用地功能综合权衡、基于生态用地供需平衡分析的生态保护研究等方面<sup>[51]</sup>。

## 4.2 生态用地研究评述

### 4.2.1 生态用地分类体系不够完善

对生态用地分类体系进行归纳,可知当前的生态用地分类主要采用了 3 种分类方法,即土地利用/覆被分类法、人类活动影响程度分类法和生态服务功能分类法。土地利用/覆被分类法有着严格的分类原则,易于与现行土地分类体系进行衔接,但对土地生态功能的考虑不够,在界定生态用地时可能会造成范围偏大。人类活动影响程度分类法较好地反映了“人类活动—生态用地”之间的影响反馈机理,有利于人类对生态用地的规划管理和修复保护,但是由于人类活动影响程度的渐进性和土地的多功能性,不同类型人类干预之间的界限比较模糊,影响分类的准确性。生态服务功能分类法依据土地所能提供的主要生态服务功能进行分类,强调人类对于不同类型生态用地的功能需求差异,便于实现差别化生态用地管理,但是以生态功能来界定的生态用地类型与中国现行土地利用分类体系差异较大,不便于指导实际管理工作。

### 4.2.2 生态用地价值评价体系不够完整

国内学者针对生态用地评价进行了大量探索性研究,其中生态用地价值评价主要集中在生态服务功能价值方面。对土地生态价值的评估方法大体可

以分为 3 种类型:价值当量修正法、替代市场法和条件价值评估法,无论哪种方法实际上都忽略了生态用地本身所具有的资源价值。另外在开展价值评价时对于生态用地本身的利用情况关注较少,土地利用状况直接决定着土地生态价值的核算:一方面,土地利用方式决定了土地本身具有多高的价值,如耕地与林地本身的资产价值就不同;另一方面,耕地与林地所发挥的生态服务功能不同,所具有的流量价值也就不同。因此在生态用地价值评价方面应增加土地资产价值评价内容。同时,要根据土地利用状况,根据地表的实际覆盖类型来开展生态服务功能价值的测算,否则所测算的生态用地价值是不完整的。

### 4.2.3 生态用地规划方法单一

生态用地规划和优化方法大概可以分为两类:一类是基于生态承载力、景观安全格局、低碳目标等视角进行的生态用地划分,结合国家相关法规、规定、政策等,采取分类规划方法,对生态用地进行定量规划,此类方法往往仅从生态用地数量上给出指导建议,缺少空间布局结果。随着 3S 技术和空间建模技术的广泛应用,采用最小累积阻力模型、人工神经网络、元胞自动机、多智能体和蚁群优化算法等模型能够满足多种情景下的生态用地空间优化布局模拟,但此类方法更多地关注斑块之间的生态联系,强调通过提高景观连通性等格局优化策略促进生态功能的高效发挥,但往往缺少对生态质量、生态用地需求的测算及对城市主要环境问题及居民对宜居环境要求等方面的综合考量,因此,优化的生态用地空间仍然稍显片面。

## 5 结语

当前我国生态空间和生态用地的研究处于起步阶段,在概念认识和分级分类方面还存在较大争议,对于两者的评价、优化布局和保护利用等研究还不全面。中国已经进入建设中国特色社会主义新时代,生态文明建设已经成为国家战略,新的形势要求我们进一步弄清生态空间与生态用地两者之间的联系与区别,科学识别生态空间与生态用地的范围,丰富生态空间和生态用地的评价方法,加快研究新的生态空间与生态用地优化重构方法,完善生态空间和生态用地合理利用与科学管理制度。与其他成熟的学科不同,土地生态学的理论基础还相对薄弱,迫切需要进一步吸收借鉴其他学科的先进理论,指导和应用于土地生态学实践。今后一段时期,统一生态空间与生态用地的概念认识,基于高分辨率遥

感影像和数字高程模型的生态空间与生态用地识别方法建立具有区域差异特征的生态用地分类体系、生态空间重要性评价、生态资源资产价值核算体系、基于人类福祉需求的生态用地供需平衡分析, 基于空间分析模型的优化布局方法研究, 建立生态补偿机制、生态占补平衡机制等内容应成为生态空间和生态用地研究的重点与热点。此外, 随着乡村振兴战略的大力实施, 乡村地区生态空间和生态用地研究应受到更多的关注。

## 参考文献 References

- [1] 肖笃宁, 李秀珍. 当代景观生态学的进展和展望[J]. 地理科学, 1997, 17(4): 356-364  
XIAO D N, LI X Z. Development and prospect of contemporary landscape ecology[J]. Scientia Geographica Sinica, 1997, 17(4): 356-364
- [2] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁, 等. 中国的生态空间占用研究[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 20-23  
XIE G D, LU C X, CHENG S K, et al. Evaluation of natural capital utilization with ecological footprint in China[J]. Resources Science, 2001, 23(6): 20-23
- [3] 郭荣朝, 苗长虹. 城市群生态空间结构研究[J]. 经济地理, 2007, (1): 104-107  
GUO R C, MIAO C H. A study on the eco-spatial structure of the urban group[J]. Economic Geography, 2007, (1): 104-107
- [4] 董雅文, 赵荫薇. 城市现代化发展的生态防护研究——以南京市为例[J]. 城市环境与城市生态, 1996, (1): 20-23  
DONG Y W, ZHAO Y W. Study on ecological reconstruction in urban modernization development[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 1996, (1): 20-23
- [5] 苏伟忠, 杨桂山, 甄峰. 长江三角洲生态用地破碎度及其城市化关联[J]. 地理学报, 2007, 62(12): 1309-1317  
SU W Z, YANG G S, ZHEN F. Ecological land fragmentation and its connectivity with urbanization in the Yangtze River Delta[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(12): 1309-1317
- [6] 张颖, 王群, 李边疆, 等. 应用碳氧平衡法测算生态用地需求量实证研究[J]. 中国土地科学, 2007, 21(6): 23-28  
ZHANG Y, WANG Q, LI B J, et al. Study on forecasting ecological land demand with carbon-oxygen balance method[J]. China Land Science, 2007, 21(6): 23-28
- [7] 陈爽, 刘云霞, 彭立华. 城市生态空间演变规律及调控机制——以南京市为例[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2270-2278  
CHEN S, LIU Y X, PENG L H. Dynamics of urban ecological space evolution and policy responses: a case study of Nanjing City[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 2270-2278
- [8] 龙花楼, 刘永强, 李婷婷, 等. 生态用地分类初步研究[J]. 生态环境学报, 2015, 24(1): 1-7  
LONG H L, LIU Y Q, LI T T, et al. A primary study on ecological land use classification[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2015, 24(1): 1-7
- [9] 俞孔坚, 乔青, 李迪华, 等. 基于景观安全格局分析的生态用地研究——以北京市东三乡为例[J]. 应用生态学报, 2009, 20(8): 1932-1939  
YU K J, QIAO Q, LI D H, et al. Ecological land use in three towns of eastern Beijing: A case study based on landscape security pattern analysis[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(8): 1932-1939
- [10] 陶陶. 我国生态用地的研究进展与展望[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(4): 126-130  
TAO T. Research on ecological land in China: progress and perspectives[J]. Areal Research and Development, 2014, 33(4): 126-130
- [11] 谢花林, 姚干, 何亚芬, 等. 基于 GIS 的关键性生态空间辨识——以鄱阳湖生态经济区为例[J]. 生态学报, 2018, 38(16): 5926-5937  
XIE H L, YAO G, HE Y F, et al. Study on spatial identification of critical ecological space based on GIS: a case study of Poyang Lake ecological economic zone[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(16): 5926-5937
- [12] 韩学敏, 濮励杰, 朱明, 等. 环太湖地区有效生态用地面积的测算分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(22): 301-305  
HAN X M, PU L J, ZHU M, et al. Calculation of the area of effective ecological land in the region around Taihu Lake[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(22): 301-305
- [13] 迟妍妍, 许开鹏, 王晶晶, 等. 京津冀地区生态空间识别研究[J]. 生态学报, 2018, 38(23): 8555-8563  
CHI Y Y, XU K P, WANG J J, et al. Identifying regional ecological space in Beijing, Tianjin, and Hebei[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(23): 8555-8563
- [14] 陈薇羽. 浠水县城镇-农业-生态空间识别及其格局研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2018  
CHEN W Y. Urban area, agricultural area and ecological area's space identity and spatial pattern of Xishui County[D]. Wuhan: Central China Normal University, 2018
- [15] 宋明晓. 基于 3S 技术的辽河流域(吉林省段)景观格局演变及关键性生态空间辨识研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017  
SONG M X. The study on the evolution of landscape pattern and identification of key ecological space of Liao River basin in Jilin Province based on 3S technology[D]. Changchun: Jilin University, 2017
- [16] 王传胜, 朱珊珊, 党丽娟. 辽宁海岸带重点生态空间分类研究[J]. 资源科学, 2014, 36(8): 1739-1747  
WANG C S, ZHU S S, DANG L J. Key ecological spaces division of coastal Liaoning[J]. Resources Science, 2014, 36(8): 1739-1747
- [17] 王林枝. 城市群生态空间范围及生态用地分布研究[D]. 保定: 河北大学, 2018  
WANG L Z. Eco-space and ecological land use distribution of urban agglomeration[D]. Baoding: Hebei University, 2018
- [18] 朱战强, 杨帆, 宋志军. 北京生态用地的空间格局及复杂性[J]. 经济地理, 2015, 35(7): 168-175  
ZHU Z Q, YANG F, SONG Z J. Exploring spatial patterns and complexities of ecological lands in Beijing[J]. Economic Geography, 2015, 35(7): 168-175
- [19] 李晓丽, 曾光明, 石林, 等. 长沙市城市生态用地的定量分析及优化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2): 415-421  
LI X L, ZENG G M, SHI L, et al. Urban ecological land in Changsha City: its quantitative analysis and optimization[J].

- Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(2): 415–421
- [20] 苏泳娴, 张虹鸥, 陈修治, 等. 佛山市高明区生态安全格局和建设用地扩展预案[J]. 生态学报, 2013, 33(5): 1524–1534  
SU Y X, ZHANG H O, CHEN X Z, et al. The ecological security patterns and construction land expansion simulation in Gaoming[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(5): 1524–1534
- [21] 姚娜, 马履一, 杨军, 等. 北京市平原地区 1992—2013 年生态空间演变[J]. 生态学杂志, 2015, 34(5): 1427–1434  
YAO N, MA L Y, YANG J, et al. Changes of ecological spaces in Beijing's plain areas between 1992 and 2013[J]. Chinese Journal of Ecology, 2015, 34(5): 1427–1434
- [22] 许尔琪, 张红旗. 中国核心生态空间的现状、变化及其保护研究[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1322–1331  
XU E Q, ZHANG H Q. Land use structure and change of important ecological space in China and protection research[J]. Resources Science, 2015, 37(7): 1322–1331
- [23] 范晨璟, 田莉, 申世广, 等. 1990–2015 年间苏锡常都市圈城镇与绿色生态空间景观格局演变分析[J]. 现代城市研究, 2018, (11): 19–25  
FAN C J, TIAN L, SHEN S G, et al. Analysis on the landscape pattern change of the urban and green ecological space in Suzhou-Wuxi-Changzhou metropolitan area from 1990 to 2015[J]. Urban Research, 2018, (11): 19–25
- [24] 董菁, 左进, 李晨, 等. 城市再生视野下高密度城区生态空间规划方法——以厦门本岛立体绿化专项规划为例[J]. 生态学报, 2018, 38(12): 4412–4423  
DONG J, ZUO J, LI C, et al. Research on ecological spatial planning method in high-density area under the urban regeneration vision: a case study of a three-dimensional greening plan on Xiamen Island[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(12): 4412–4423
- [25] 王娜, 张年国, 王阳, 等. 基于三生融合的城市边缘区绿色生态空间规划——以沈阳市西北绿楔为例[J]. 城市规划, 2016, 40(S1): 116–120  
WANG N, ZHANG N G, WANG Y, et al. Green space planning in urban fringe based on industrial-residential-ecological spatial fusion: A case study of Shenyang northwest green wedge[J]. City Planning Review, 2016, 40(S1): 116–120
- [26] 张甜, 刘焱序, 王仰麟. 恢复力视角下的乡村空间演变与重构[J]. 生态学报, 2017, 37(7): 2147–2157  
ZHANG T, LIU Y X, WANG Y L. The rural spatial evolution and reconstruction on a resilience view[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(7): 2147–2157
- [27] 邓春, 王成, 王钟书. 村落生产生活生态空间重构的共生路径研究——基于农户间共生界面的分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(3): 96–103  
DENG C, WANG C, WANG Z S. The restructuring symbiotic path of rural production, living and ecology space-based on the analyse of symbiotic interfaces among peasants[J]. Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(3): 96–103
- [28] 陈永林, 谢炳庚, 钟典, 等. 基于微粒群-马尔科夫复合模型的生态空间预测模拟——以长株潭城市群为例[J]. 生态学报, 2018, 38(1): 55–64  
CHEN Y L, XIE B G, ZHONG D, et al. Predictive simulation of ecological space based on a particle swarm optimization-Markov composite model: A case study for Chang-Zhu-Tan urban agglomerations[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(1): 55–64
- [29] 饶磊. 贵溪市自然生态空间划定及用途管制研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2018  
RAO L. Study on the demarcation and use regulation of natural ecological space in Guixi City[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2018
- [30] 范丽媛. 山东省生态红线划分及生态空间管控研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2015  
FAN L Y. Research on Shandong Province ecological redline classification and ecological space control[D]. Wuhan: Central China Normal University, 2015
- [31] 李国煜, 曹宇, 万伟华. 自然生态空间用途管制分区划定研究——以平潭岛为例[J]. 中国土地科学, 2018, 32(12): 7–14  
LI G Y, CAO Y, WAN W H. Research on ecological space classification and land use zoning regulation: A case study of Pingtan Island[J]. China Land Science, 2018, 32(12): 7–14
- [32] 高军波, 彭荣胜. 河南省生态空间占用及化石能源利用效率动态分析——基于 1995—2008 年数据的实证[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 232–237  
GAO J B, PENG R S. Dynamic analysis of ecological footprint and fossil energy economic efficiency during 1995–2008 in Henan Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2011, 18(3): 232–237
- [33] 李虹, 熊振兴. 生态占用、绿色发展与环境税改革[J]. 经济研究, 2017, 52(7): 124–138  
LI H, XIONG Z X. The impact of ecological deficit tax and income tax cuts on economic growth: A CGE analysis in China[J]. Economic Research Journal, 2017, 52(7): 124–138
- [34] 熊振兴, 王克强, 刘红梅. 基于自然生态空间的中国资源税费框架改革[J]. 资源科学, 2017, 39(5): 945–953  
XIONG Z X, WANG K Q, LIU H M. Construction of a resource tax system based on natural ecological space[J]. Resources Science, 2017, 39(5): 945–953
- [35] 王甫园, 王开泳. 城市化地区生态空间可持续利用的科学内涵[J]. 地理研究, 2018, 37(10): 1899–1914  
WANG F Y, WANG K Y. The scientific connotation of sustainable utilization of ecological space in urbanized areas[J]. Geographical Research, 2018, 37(10): 1899–1914
- [36] 张月朋, 常青, 郭旭东. 面向实践的生态用地内涵、多维度分类体系[J]. 生态学报, 2016, 36(12): 3655–3665  
ZHANG Y P, CHANG Q, GUO X D. Management-oriented ecological land's conception and multi-dimensional classification system in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(12): 3655–3665
- [37] 文博, 朱高立, 夏敏, 等. 基于景观安全格局理论的宜兴市生态用地分类保护[J]. 生态学报, 2017, 37(11): 3881–3891  
WEN B, ZHU G L, XIA M, et al. Ecological land classification protection based on the landscape security pattern in Yixing City[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(11): 3881–3891
- [38] 王志涛, 哈凯, 门明新. 涪源县生态用地重要性识别及生

- 态用地类型划定[J]. 土壤通报, 2016, 47(4): 769-776  
WANG Z T, HA K, MEN M X. Recognition of ecological importance for ecological land and its division in Guyuan County[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2016, 47(4): 769-776
- [39] 李益敏, 丁扬, 魏苏杭. 基于 GIS 技术的县域生态用地重要性评价——以泸水县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(5): 48-56  
LI Y M, DING Y, WEI S H. Importance assessment of county-scale ecological land based on GIS: A case study in Lushui County[J]. Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(5): 48-56
- [40] 欧阳志云, 李小马, 徐卫华, 等. 北京市生态用地规划与管理对策[J]. 生态学报, 2015, 35(11): 3778-3787  
OUYANG Z Y, LI X M, XU W H, et al. Ecological land use planning and management in Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(11): 3778-3787
- [41] 安国强. 基于 EKC & Lorenz Curve 的山东省生态用地时空演变及保护区划研究[J]. 中国土地科学, 2018, 32(9): 89-96  
AN G Q. Spatio-temporal evolution and conservation zoning of ecological land in Shandong Province based on EKC & Lorenz Curve[J]. China Land Science, 2018, 32(9): 89-96
- [42] 王海鹰, 秦奋, 张新长. 广州市城市生态用地空间冲突与生态安全隐患情景分析[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1304-1318  
WANG H Y, QIN F, ZHANG X C. The scenario analysis on urban ecological land spatial conflict and ecological security hidden danger in Guangzhou[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(8): 1304-1318
- [43] 闫玉玉, 曹宇, 谭永忠. 基于景观安全格局的县域生态用地保护研究——以浙江省青田县为例[J]. 中国土地科学, 2016, 30(11): 78-85  
YAN Y Y, CAO Y, TAN Y Z. Research on ecological land protection at county scale by landscape security patterns method: Taking Qingtian County as an example[J]. China Land Science, 2016, 30(11): 78-85
- [44] 吴健生, 刘洪萌, 黄秀兰, 等. 深圳市生态用地景观连通性动态评价[J]. 应用生态学报, 2012, 23(9): 2543-2549  
WU J S, LIU H M, HUANG X L, et al. Dynamic evaluation on landscape connectivity of ecological land: A case study of Shenzhen[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(9): 2543-2549
- [45] 管青春, 郝晋珉, 石雪洁, 等. 中国生态用地及生态系统服务价值变化研究[J]. 自然资源学报, 2018, 33(2): 195-207  
GUAN Q C, HAO J M, SHI X J, et al. Study on the changes of ecological land and ecosystem service value in China[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(2): 195-207
- [46] 荣冰凌, 李栋, 谢映霞. 中小尺度生态用地规划方法[J]. 生态学报, 2011, 31(18): 5351-5357  
RONG B L, LI D, XIE Y X. On planning method of mesoscale and microscale ecological land[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(18): 5351-5357
- [47] 于强, 岳德鹏, Di Yang, 等. 基于 EnKF-MCRP 模型的生态用地扩张模拟研究[J]. 农业机械学报, 2016, 47(9): 285-293  
YU Q, YUE D P, DI Y, et al. Simulation on ecological land use expansion based on EnKF-MCRP Model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2016, 47(9): 285-293
- [48] 邓金杰, 黄伟坚. 城市生态用地管控: 问题及规划管理建议——以深圳市为例[J]. 城市观察, 2018, (3): 131-138  
DENG J J, HUANG W J. Problems and suggestions on urban ecological land use control: A case study of Shenzhen[J]. Urban Insight, 2018, (3): 131-138
- [49] 冯源嵩, 杨庆媛. 喀斯特山地城市新区生态用地保护与开发案例研究——以金阳新区为例[J]. 中国岩溶, 2013, 32(4): 453-461  
FENG Y S, YANG Q Y. Ecologic land protection and development of new urban district in karst mountain: A case study in the Jinyang New District[J]. Carsologica Sinica, 2013, 32(4): 453-461
- [50] 刘凌露. 基于高分一号影像的城市生态用地监测研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2015  
LIU L L. Monitoring of urban ecological land research based on GF-1 image[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2015
- [51] 彭建, 汪安, 刘焱序, 等. 城市生态用地需求测算研究进展与展望[J]. 地理学报, 2015, 70(2): 333-346  
PENG J, WANG A, LIU Y X, et al. Research progress and prospect on measuring urban ecological land demand[J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(2): 333-346