

自然生态空间用途管制分区划定研究

——以平潭岛为例

李国煜^{1,2}, 曹宇^{1,2}, 万伟华^{1,2}

(1. 浙江大学公共管理学院, 浙江 杭州 310058; 2. 浙江大学土地与国家发展研究院, 浙江 杭州 310058)

摘要: 研究目的: 在明确自然生态空间内涵和分类的基础上, 探讨自然生态空间用途管制分区划定的逻辑框架和技术方法, 提出自然生态空间分类、分级管制规则。研究方法: 文献综述与GIS空间分析。研究结果: 根据不同自然生态系统类型及其空间分布特征将自然生态空间类型划分为森林生态空间、草地生态空间、湿地生态空间和荒地生态空间; 基于景观功能识别并按不同管控等级将自然生态空间管制类型区划分为红线区、橙线区和黄线区; 同时, 依据不同地块主要功能进一步确定自然生态空间用途管制分级, 划定用途管制分区结果。研究结论: 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, 可为构建以功能分类、用途分区、管控分级为导向的自然生态空间用途管制体系提供理论依据和实践借鉴。

关键词: 土地生态; 自然生态空间; 用途管制分区; 管制规则; 平潭岛

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-8158(2018)12-0007-08

1 引言

快速城市化背景下, 以牺牲资源与环境为代价的经济高速增长模式严重影响了区域的可持续发展^[1], 严格保护各类自然生态空间, 是保护生态环境、推进生态文明建设的重要途径, 是关系人民福祉、关乎民族发展的重大举措。《全国国土规划纲要(2016—2030年)》指出, 要健全国土空间用途管制制度, 将用途管制扩大到所有自然生态空间。对区域自然生态空间进行统筹管护与协同治理, 可为自然资源资产统一管理以及国土空间格局综合优化提供有效支撑, 因此, 自然生态空间用途管制是空间规划体系中的重要一环^[2]。

目前, 学界关于自然生态空间的概念和内涵并不统一, 亦常与生态网络、绿色基础设施及保护地等概念交叉和重叠。其中, 生态网络于20世纪80年代在欧洲提出并得到成功实践^[3], 其被定义为由核心区、

廊道、缓冲区构成的网络状景观; 绿色基础设施则是由自然、半自然区域及一系列生态要素组成的环境综合体, 旨在保护物种多样性和维持生态系统服务^[4]; 而保护地系统则是与中国自然生态空间用途管制思路较为接近的生态保护体系, 世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)将不同类型的保护地划分为严格保护、一般保护和可持续利用三种管控级别^[5]。自然生态空间用途管制作为中国生态环境保护领域的一项制度创新, 当前国内现有相关研究大多着眼于自然生态空间用途管制基础理论^[6]、管制制度^[7]、宏观策略等领域^[8], 鲜见基于理论与实践相结合的典型案例研究成果。虽也有部分研究涉及自然生态空间保护内容^[9-13], 但因易与生态红线保护研究混淆, 亦难以满足自然生态空间用途管制的现实借鉴和参考。

本文以“区域—景观—地块”不同空间尺度下的主要生态功能为逻辑框架, 从自然生态空间用途管制

收稿日期: 2018-10-13; 修稿日期: 2018-11-12

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(LY19D010012); 中央高校基本科研业务费专项; 浙江大学文科教师教学科研发展专项; 国土资源部城乡建设用地节约集约利用实验室开放课题。

第一作者: 李国煜(1993-), 男, 江西兴国人, 博士研究生。主要研究方向为景观生态与土地利用。E-mail: mcflylee@qq.com

通讯作者: 曹宇(1976-), 男, 河南鹿邑人, 博士, 副教授, 博士生导师。主要研究方向为土地资源管理、景观生态学、土地利用与规划、国土综合整治、遥感与GIS应用等。E-mail: caoyu@zju.edu.cn

的科学内涵出发,提出自然生态空间分类、分级、分区划定的研究思路,识别不同尺度下自然生态空间功能的分异规律,合理确定精细化、差异化的自然生态空间用途分区与管制规则。本文以生态敏感性及脆弱性均较为显著的海岛型城市平潭岛为案例区,通过自然生态空间用途管制分区研究,构建覆盖全域自然生态空间的开发利用及保护制度框架,以期探索科学合理地划定自然生态空间保护范围和用途管制分区,落实具体空间管制规则等核心问题提供研究案例,并为强化自然生态空间保护、实现国土空间用途管制制度提供理论依据及实践经验。

2 自然生态空间用途管制分区逻辑框架

2.1 自然生态空间内涵与分类

自然生态空间是具有自然属性、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、无居民海岛等各类自然生态系统。遵循系统性、地域性和可行性等原则,根据不同自然生态系统类型的结构组成及空间分异特征,可将自然生态空间类型划分为森林生态空间、草地生态空间、荒地生态空间、湿地生态空间。从“三生空间”的范畴理解,自然生态空间与人类活动频繁的“生产空间”“生活空间”相比,则更多地强调“生态空间”的自然特性,当然,当前地球表层完全不受人活动影响的“纯自然”空间几乎不复存在。因此,本文将自然生态空间界定为城镇空间、农业空间以及二者与生态空间公共部分以外的区域。如农业生产用地中的耕地、园地、坑塘水面,是生产—生态功能交叉最为突出、重叠最为明显的类型^[14],可以归属于农业生态空间,其特点是易受社会经济活动和人为干扰影响,土地利用/覆被类型可在短时间内发生强烈变化,由于农田生态系统的生物群落结构较为单一,所提供的自然生态系统服务功能相对有限。再如城镇建成区内的小型公共绿地、水体等人工或自然生态系统,位于城市开发边界内,强烈受制于人类活动的作用和影响,便可将其归属于城镇生态空间。

土地作为自然资源的生态本底,土地利用也是地域空间的实体表现形态和核心主体^[15]。综合考量自然生态空间分类的可行性,以及用途管制空间落地的可操作性,将各类自然生态空间与最新版国家标准《土地利用现状分类》(GBT 21010-2017)相衔接,提出

不同自然生态空间类型的主要内容,明确水域、森林植被、草原、荒地、滩涂等各类自然资源所对应的土地利用类型(表1)。

表1 自然生态空间用地分类

Tab.1 Land use types of ecological space

自然生态空间类型	地类名称
森林生态空间	乔木林地、竹林地、灌木林地、其他林地
草地生态空间	天然牧草地、人工牧草地、其他草地
湿地生态空间	河流水面、湖泊水面、水库水面、沿海滩涂、内陆滩涂、红树林地、森林沼泽、灌丛沼泽、沼泽草地和沼泽地、冰川及永久积雪
荒地生态空间	沙地、裸土地、裸岩石砾地、盐碱地

2.2 自然生态空间用途管制内涵及分区思路

自然生态空间用途管制应当遵循系统论、地域功能理论与自然地域分异规律,其科学性根植于特定生态空间的功能性和系统性,并体现出不同区域、不同空间尺度的功能承接性特征。具体内涵包括:其一,自然生态空间内部的土地功能多宜性和景观服务多样性决定了其空间用途管制需以自然资源调查评价为基础^[16],突出土地利用变化背景下的景观服务响应,进一步合理划定管制调控的范围与边界,减少城镇、农业空间对自然生态空间功能发挥与服务价值的扰动;其二,自然生态空间是一个不同类型生态系统所构成的多尺度有机系统,科学合理的用途管制措施可促进物质、能量、信息在系统及子系统之间的正向传导与反馈,对于优化提升人地综合系统质量具有关键意义;其三,自然生态空间属于国土空间的重要组成部分,具有国土空间在发展演化过程中的区域层级性特征,地理分区、景观斑块与土地单元之间在地域功能上存在自上而下的逐级联动关系。因此,自然生态空间用途管制在不打破行政单元边界的前提下,需主动承接上位空间规划赋予本区域的功能定位,并进一步将用途管制向低层级细化。基于自然生态空间用途管制的科学内涵,构建以“区域主体功能—景观主导功能—地块主要功能”为主要内容的逻辑框架如图1所示。通过明确区域主体功能、识别景观主导功能和落地地块主要功能,系统开展自然生态空间资源调查评价工作,构建以功能分类、用途分区、管控分级为导向的自然生态空间用途管制体系。

2.2.1 明确区域主体功能

以国家及省级主体功能区规划为指导,统筹城乡

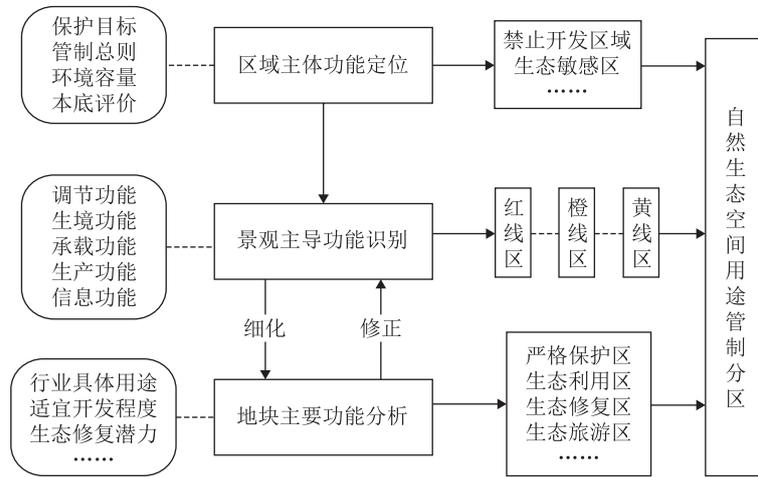


图1 自然生态空间管制分区逻辑框架

Fig.1 Framework of land use zoning and regulation of ecological space

规划、土地利用总体规划、林地保护利用规划、生态环境保护规划等各类空间性规划,衔接省级以上禁止开发区域、生态敏感区与其他各类保护区,制定自然生态空间的开发管制总则和保护目标。区域资源环境承载能力存在“天花板”,自然生态空间所能吸纳的城镇建设、资源开发和生态系统服务享用等利用行为的总量也有限,可运用生态足迹模型、生态安全格局以及资源环境承载力评价等方法,客观准确评估区域自然生态空间受到的压力状态和胁迫因素,为自然生态空间用途管制原则及措施的制定和落地提供依据。

2.2.2 识别景观主导功能

景观功能强调具有综合空间格局的景观生态系统为人类提供的直接或间接效用^[17],而自然生态空间并非由单一的生态系统或景观斑块组成,其蕴含了自然地域综合体的特征,因此,可从景观功能的视角出发,识别区域主导生态功能和明确生态保护等级。基于调节功能、栖息地功能、信息功能和承载功能的景观功能分类框架^[18],因地制宜地构建自然生态空间评价指标体系,确定符合区域生态条件的综合评价等级,划分遵循区域景观主导功能、具有不同等级的单一功能或复合功能的景观空间格局类型区。

2.2.3 落实地块主要功能

权责分明、界线清晰的落地管理是自然生态空间用途管制的现实需求。同一主导功能类型区内的不同地块在某一用途上的适宜性和限制性各异,以及各部门对于自然生态空间开发利用方式和程度的不同,使各地块在主要功能上存在差异。通过收集各部门与自然生态空间利用相关的规划设计或发展战略,整

合重要产业布局、重大基础设施建设等空间要素,结合土地开发建设适宜性、生态修复潜力,划分出自然生态空间具体用途管制分区,如严格保护区、生态利用区、生态旅游区、生态修复区等,根据地块主要功能制定差异化的自然生态空间利用准入规则,并将具体用途与转用规则落实到空间上的具体地块。

3 研究区概况及数据来源

平潭岛位于 $25^{\circ}15' \sim 25^{\circ}45' N$ 、 $119^{\circ}32' \sim 120^{\circ}10'$ 之间,地处福州市东部,土地总面积 267.13 km^2 、海域总面积 2164 km^2 。平潭岛属亚热带海洋性季风气候,年平均降水量为 1193 mm 。岛域北部呈现南北走向的三条丘陵带,并间以松散堆积平原,中部多海滨平原,南部多低丘。研究区淡水资源缺乏,人均可利用水资源量约 413 m^3 。

本文数据源包括:研究区2015年土地利用变更调查数据和林业调查基础数据、地理国情普查数据、福建省1:50万土壤类型图、DEM数据(30 m分辨率)、2015年Landsat 8 OLI遥感数据以及2015年平潭岛及周边气象站点逐日观测气象资料;其他数据还包括福建省主体功能区规划、福州市国民经济和社会发展规划“十三五”规划、研究区统计年鉴等资料。

4 平潭岛自然生态空间用途管制分区划定

4.1 区域主体功能定位

依据《福建省主体功能区规划》,平潭综合试验区属重点开发区域^[19],平潭岛自然生态空间以生态状况趋于退化为主要特征^[20],岛内无省级以上禁止开发区

域。平潭岛自然生态空间总面积 153.76 km², 占全岛总面积的 57.56%。其中, 森林生态空间 75.77 km², 主要分布在东北和西南部; 湿地生态空间 53.11 km², 以沿海湿地滩涂为主; 荒地生态空间 24.88 km² (含零散分布的具有砂质土壤表层的未利用荒草地)。森林和湿地构成了平潭岛自然生态空间的重要景观组分(图 2), 平潭综合实验区的建立, 致使大规模开发建设活动占用了大量自然生态空间, 2009—2015 年间平潭岛森林生态空间面积减少了 6.30 km², 湿地生态空间面积减少了 1.05 km²。海岛景观破碎化趋势逐年加大, 加上海岛生态环境本底条件敏感且脆弱, 岛内饮用水水源地、沿海防护林带、风景名胜及森林公园、自然山体、海岸线资源等重要自然生态空间要素就构成了区域生态安全的重要屏障^[21]。因此, 平潭岛自然生态空间用途管制的主要目标是严格保护“三十六脚湖”及“君山水源地”等环境敏感区域, 巩固加强森林绿地系统、防风林带和海岸线等重要自然生态空间单元, 构建全岛自然生态廊道体系, 提升岛域生态安全水平。

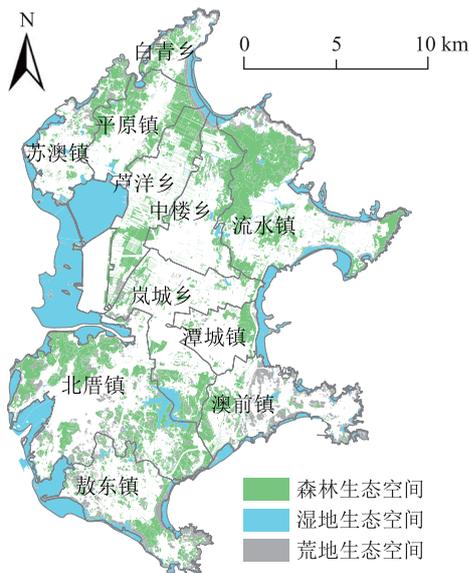


图 2 平潭岛自然生态空间分布

Fig.2 Spatial pattern of ecological space in Pingtan Island

4.2 景观主导功能识别

结合研究区生境持续受到胁迫、淡水资源严重短缺现状, 分别从调节功能、生境功能和承载功能进行景观功能评价, 其中, 调节功能包括水文调节和土壤保持。各功能评价思路: (1) 生境功能。引用 InVEST 生境质量评价模型, 选取耕地、城乡建设用地、港口码头用地、水利设施用地、公路用地、农村道路等半人

工、人工景观作为威胁因子, 基于各威胁因子空间权重、影响距离以及各生境景观对不同威胁因子的敏感性等分析^[22], 来衡量研究区生境退化程度、生境稀缺性及生境质量。(2) 水文调节。平潭岛内地形破碎, 未能形成完整水系, 区域内水文调节主要依靠森林、灌丛拦蓄天然降水。采用水量平衡方程计算水源涵养量, 并对平潭岛及周边多个气象站点的多年平均降雨量及蒸散发数据进行空间插值, 结合不同类型陆地生态系统平均地表径流系数扣减地表径流量^[23], 最终测算得到水源涵养值。(3) 土壤保持。基于修正的土壤流失方程, 利用 ArcGIS 计算降水、土壤侵蚀、坡度坡长、植被覆盖及水土保持措施等影响因子, 最终测算得到土壤保持量。(4) 承载功能。通常是满足人类活动的居住、交通及公共服务的承载, 可体现在对不同生态过程、生态系统服务的承载能力^[24], 其与生境自身规模及其与周边斑块的联系程度密切相关, 而景观连通性能够反映景观空间格局对生态过程的便利或阻碍程度^[25], 连通性水平对维持景观格局整体性和承载功能具有关键意义。因此, 选取斑块重要性指标进行承载功能测度^[26-27], 先测算一定距离阈值下各斑块和整体景观基质的连通性水平, 再进一步分析移除或增加某一斑块后整体景观基质连通性的变化量, 最终得到该景观斑块承载功能。

将各项评价结果分别按照自然间断点分级法划分为极重要、重要、一般重要三个等级, 最终得到自然生态空间主导功能分区结果(图 3)。图 3 可见, 土壤保持与水源涵养功能空间分布特征相似, 而生境功能与承载功能的“重要”级别分布特征更为类似。将 4 项景观功能中均为“极重要”的区域划分为自然生态空间红线区, 其余的极重要区域划分为橙线区, 重要与一般重要的区域划分为黄线区, 最终得到自然生态空间管控等级结果(图 4)。其中, 红线区面积 11.80 km², 位于东北部的君山以及南部的三十六脚湖省级自然保护区, 均为本区域内保护等级最高的重点生态功能区; 除红线区外, 在空间上呈集中连片分布的自然生态空间大多划入橙线区, 面积为 115.71 km², 该区表现为双重或三重的景观多功能性特征; 黄线区内的自然生态空间景观破碎化程度较高或景观功能相对单一, 面积为 26.25 km²。

4.3 地块主要功能分析

将各部门涵盖自然资源基础调查与管理的数据资料、专项规划进行整合, 将主要功能和用途从空间

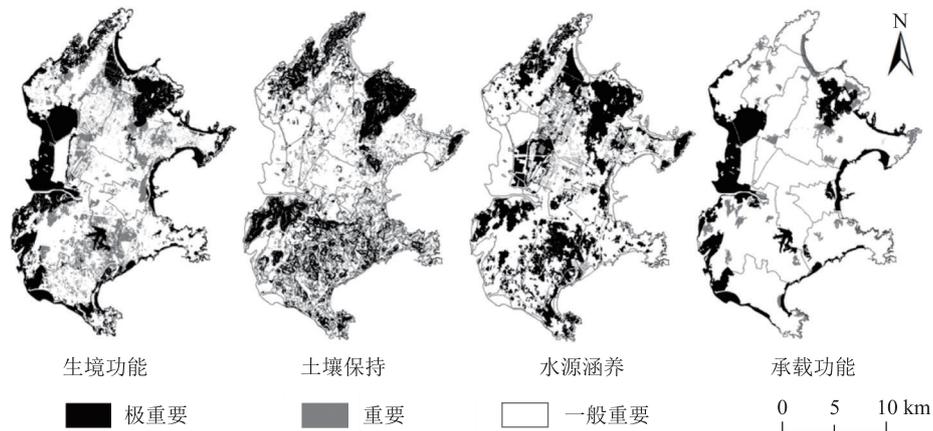


图3 平潭岛景观主导功能空间格局

Fig.3 Spatial patterns of major landscape functions in Pingtan Island

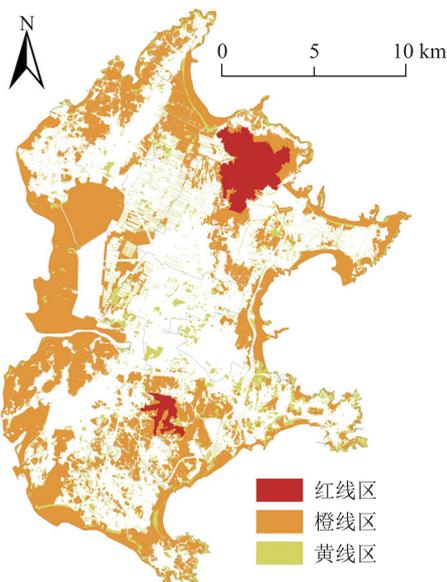


图4 平潭岛自然生态空间管控等级分布图

Fig.4 Degrees of ecological space regulation in Pingtan Island

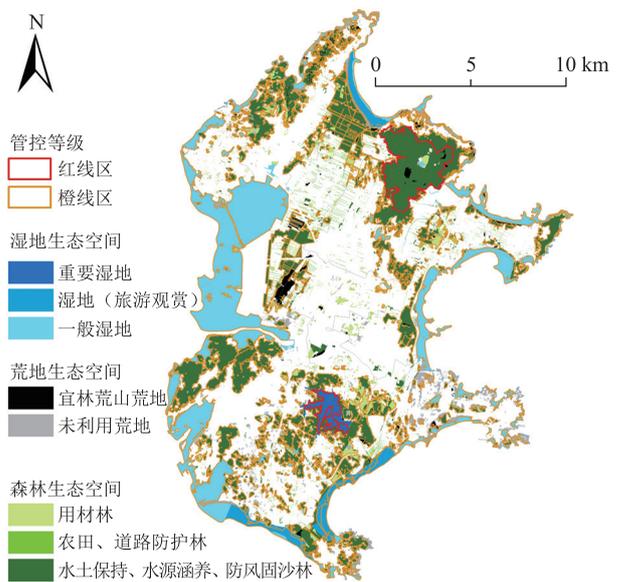


图5 平潭岛自然生态空间用途分区

Fig.5 Ecological space classification and land use regulation zoning in Pingtan Island

上落实到具体地块,并对由景观主导功能确定的管控与保护分区进行调整和修正。基于各基础空间数据标准化处理及空间叠加分析,通过甄别具体地块的多重功能及其协同关系,明确该地块最为突出的主要功能(表2)。

4.4 自然生态空间管制分区

将地块主要功能的识别结果精确到具体的地块边界,与景观功能管制分区进行空间叠加,按照集中连片、统一管理的原则,将少量未划入红线区和橙色区的具有重点生态功能的地块补充划入,并对管制分区边界进行调整和修正,最终得到平潭岛自然生态空间管制分区结果。由图5可知,平潭岛内一级生态公

益林和饮用水源保护地均落入生态保护和限制开发的红线区和橙线区,除此以外的部分是由空间分布较为分散且地块主要功能单一的非生态公益林、零星湿地与未利用荒地组成的黄线区。由于黄线区中的斑块形状多呈细长线状且面积较小,因而未在图中以框线标示。总体而言,以景观功能识别为主线得出的自然生态空间管制分区能够与具体地块的主要功能相对应,结果符合研究区实际情况。

根据不同类型自然生态空间的管控等级和具体用途,明确各管制分区管制原则及措施(表3)。其中,红线区:加大君山周边强制性保护力度,严禁开展不符合功能定位的开发利用活动,加强水土流失综合防

表2 平潭岛自然生态空间地块主要功能识别分类依据

Fig.2 Classification of major functions of ecological space plots in Pingtan Island

类型	叠加数据来源	地块主要功能分析依据与结果
森林生态空间	土地利用、地理国情普查、林业调查等数据	以水源涵养、水土保持、防风固沙为主要功能的防护林;以农田、道路防护为主要功能的防护林;用材林等一般商品林
湿地生态空间	土地利用、湿地调查、风景区名胜区、自然保护区、饮用水源保护区、海洋功能区划等数据	陆地湿地生态空间根据保护等级划分为饮用水源保护地重要湿地和其他一般零星湿地;沿海湿地生态空间分为以旅游观赏为主要用途的沿海滩涂湿地、与海洋功能区划中工业与城镇用海区空间重叠的其他一般湿地
荒地生态空间	土地利用、地理国情普查、林业调查、NDVI指数等数据	根据林业调查数据中地类和植被覆盖度划分出宜林荒山荒地,将地表覆盖为荒漠与裸露地表的地块划为未利用荒地

表3 平潭岛自然生态空间管制原则

Tab.3 Regulation rules of ecological space

分类	等级	主要用途	管制分区	管制原则
森林生态空间	红线区	水土保持、水源涵养、防风固沙等	严格保护区	实行全面封禁管护,禁止各种生产性经营活动
	橙线区	一级生态公益林	生态修复区	实施局部封禁管护,鼓励和引导抚育性管理
	黄线区	农田、道路、岸线防护林及用材林	生态利用区	严格控制占用、征收有林地,允许适度经营和更新采伐
湿地生态空间	红线区	饮用水水源地等重要湿地	严格保护区	禁止征收、侵占自然湿地等水源涵养空间,实施湿地生物多样性重点保护工程
	橙线区	旅游观赏用途湿地、一般湿地	生态旅游/利用区	适当利用湿地生物多样性景观和湿地观赏价值,有序开展湿地生态旅游
荒地生态空间	红线区	宜林荒山荒地	生态修复区	实行严格的封禁保护,加强自然修复,鼓励引导森林抚育等人工修复
	橙线区			
	黄线区	未利用荒地	生态利用区	坚持治理与开发相结合,防止生态退化,倡导适度开发

治; 优先保护饮用水源地, 重点开展三十六脚湖综合治理。橙线区: 实行局部封禁管护, 实施防风固沙林带更新改造工程, 推进防护林体系建设, 积极开展生态修复工程, 除国家和省、市重点建设项目占用征收外, 不得以其他任何方式改变用途。黄线区: 允许合理开发海岛生态旅游资源, 适度生产建设项目需严格执行水土保持方案制度, 减少植被破坏及潜在水土流失, 推进近岸海域环保养殖, 重点开展海漂垃圾污染治理。

5 结论与讨论

在辨析自然生态空间内涵和分类基础上, 本文提出“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及技术思路, 以福建省平潭岛为案例区, 划分了以地块为单元的自然生态空间管制分区, 主要结论有:

(1) 将自然生态空间分为森林生态空间、草地生态空间、湿地生态空间和荒地生态空间, 并提出了各类型自然生态空间的主要内容。以“区域—景观—

地块”为主线的自然生态空间管制分区划定思路的核心, 是以自然资源本底评价为基础, 定位区域主体功能, 构建景观主导功能评价体系, 落实地块主要功能, 制定差异化管制规则及措施。该逻辑框架充分体现了自然生态空间的功能性和系统性特征, 且对不同地域尺度下国土空间功能承接性进行了表达, 可为不同层级国土空间规划间相互衔接与分级管理提供理论依据。

(2) 研究区自然生态空间包括森林、湿地和荒地三大自然生态空间类型, 通过景观主导功能评价分析, 综合自然资源调查及区域相关规划地块主要功能定位, 实现对研究区自然生态空间分类分级, 划分了红线区、橙线区和黄线区三类管控强度区域。平潭岛自然生态空间红线区、橙线区以及黄线区面积分别为 11.80 km²、115.71 km² 及 26.25 km²。基于精确至地块边界的地块主要功能分析, 得到研究区自然生态空间管制分区及其相应管制规则: 红线区禁止开发, 实施封禁自然保育; 橙线区加强管护, 鼓励人工修复, 适度开展生态工程建设; 黄线区鼓励治理与开发相结

合,允许合理适度经营开发建设。本结果对于构建研究区自然生态空间管制制度体系具有一定指导意义。

另外,本文所提出的自然生态空间管制分区技术方案,强调以地块为单元的用途管制分区,避免了行政边界矛盾,相关决策者具体实践中的可操作性较强。但由于不同区域发展定位与自然资源禀赋的差异,景观主导功能评价应因地制宜选择评价指标和模型方法,各项景观服务权重以及重要性类型划分阈值标准均须结合当地生态条件基础。且结合区域自然资源调查、相关规划材料对地块主要功能进行叠加分析、边界调整时,还需进一步考量因空间尺度的改变、相关规划的调整而带来的数据实时更新及分区动态性变化问题。

参考文献(References):

- [1] 郭建国,郭晓川,杨劼,等. 什么是可持续性科学?[J]. 应用生态学报, 2014, 25(1): 1-11.
- [2] 严金明,陈昊,夏方舟. “多规合一”与空间规划:认知、导向与路径[J]. 中国土地科学, 2017, 31(1): 21-27.
- [3] LINEHAN J, GROSS M, FINN J. Greenway planning: developing a landscape ecological network approach[J]. *Landscape and Urban Planning*, 1995, 33(1-3): 179-193.
- [4] MAES J, BARBOSA A, BARANZELLI C, et al. More green infrastructure is required to maintain ecosystem services under current trends in land-use change in Europe[J]. *Landscape Ecology*, 2015, 30(3): 517-534.
- [5] WATSON J E, DUDLEY N, SEGAN D B, et al. The performance and potential of protected areas[J]. *Nature*, 2014, 515(7525): 67-73.
- [6] 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[J]. 中国土地科学, 2017, 31(12): 17-24.
- [7] 祁帆,李宪文,刘康. 自然生态空间用途管制制度研究[J]. 中国土地, 2016(12): 21-23.
- [8] 高延利,蔡玉梅. 构建新时代的自然生态空间保护体系[J]. 中国土地, 2018(4): 5-8.
- [9] 徐文彬,尹海伟,孔繁花. 基于生态安全格局的南京都市区生态控制边界划定[J]. 生态学报, 2017, 37(12): 4019-4028.
- [10] 马世发,马梅,蔡玉梅,等. 省级尺度国土空间生态保护红线划定——以湖南省为例[J]. 热带地理, 2015, 35(1): 43-50.
- [11] 朱凤武,金志丰,沈春竹,等. 县域土地生态空间管控红线划定的方法研究——以江苏省金坛区为例[J]. 中国土地科学, 2017, 31(11): 25-31.
- [12] 林勇,樊景凤,温泉,等. 生态红线划分的理论和技术[J]. 生态学报, 2016, 36(5): 1244-1252.
- [13] GONG M, FAN Z, WANG J, et al. Delineating the ecological conservation redline based on the persistence of key species: Giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) inhabiting the Qinling Mountains[J]. *Ecological Modelling*, 2017, 345: 56-62.
- [14] 谭永忠,赵越,曹宇,等. 中国区域生态用地分类的研究进展[J]. 中国土地科学, 2016, 30(9): 28-36.
- [15] 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[J]. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65.
- [16] 金贵,王占岐,姚小微,等. 国土空间分区的概念与方法探讨[J]. 中国土地科学, 2013, 27(5): 48-53.
- [17] 宋章建,曹宇,谭永忠,等. 土地利用/覆被变化与景观服务:评估、制图与模拟[J]. 应用生态学报, 2015, 26(5): 1594-1600.
- [18] GROOT R D. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75(3): 175-186.
- [19] 王强,伍世代,李永实,等. 福建省域主体功能区划分实践[J]. 地理学报, 2009, 64(6): 725-735.
- [20] 温小乐,林征峰,唐菲. 新兴海岛型城市建设引发的生态变化的遥感分析——以福建平潭综合实验区为例[J]. 应用生态学报, 2015, 26(2): 541-547.
- [21] 江源通,田野,郑拴宁. 海岛型城市生态安全格局研究——以平潭岛为例[J]. 生态学报, 2018, 38(3): 769-777.
- [22] NELSON E, SANDER H, HAWTHORNE P, et al. Projecting global land-use change and its effect on ecosystem service provision and biodiversity with simple models[J]. *Plos One*, 2010, 5(12): e14327.
- [23] 张洪江,孙艳红,程云,等. 重庆缙云山不同植被类型对地表径流系数的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 11-13.
- [24] 刘森. 岷江上游地区景观格局与生态承载力变化及预测研究[D]. 沈阳:中国科学院沈阳应用生态研究所, 2007: 23-29.
- [25] 傅伯杰. 地理学综合研究的途径与方法:格局与过程耦合[J]. 地理学报, 2014, 69(8): 1052-1059.
- [26] LUCÍA PASCUAL-HORTAL, SANTIAGO SAURA.

Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation[J]. *Landscape Ecology*, 2006, 21(7): 959 – 967.

[27] 古璠, 黄义雄, 陈传明, 等. 福建省自然保护区生态网络的构建与优化[J]. *应用生态学报*, 2017, 28(3): 1013 – 1020.

Research on Ecological Space Classification and Land Use Zoning Regulation: A Case Study of Pingtan Island

LI Guoyu^{1,2}, CAO Yu^{1,2}, WAN Weihua^{1,2}

(1. Department of Land Management, School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 2. Land Academy for National Development Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: The purpose of this paper is to explore the basic framework and methods for ecological space classification and land use zoning regulation based on identifying the concept and connotation of natural ecological space. The methods of literature review and spatial analysis with GIS are used. According to different types of ecosystem and their spatial pattern characteristics, the ecological space is classified into four types: forest ecological space, grassland ecological space, wetland ecological space and wasteland ecological space. The types of land use zoning for ecological space are divided into red-line subarea, orange-line subarea and yellow-line subarea based on different degrees of land use regulation associated with local major landscape function levels. Meanwhile, each zone of land use regulation, the degree of each zoning regulation, basic principles and rules are formulated according to the major functions of different types of ecological space plots. In conclusion, with the basic framework for different scale of regional-landscape-patch functions, the paper can provide the theoretical basis and practical reference for the construction of ecological space classification and land use zoning regulation systems oriented by functional classification, land use zoning and regulation grading.

Key words: land ecology; ecological space; land use zoning; regulation rules; Pingtan Island

(本文责编: 张冰松)