

# 基于人为干扰预警评价的自然保护地整合优化方法研究

查飞云,徐瑾,燕翱翔,陈慧敏,赖智慧

(1. 广州大学 建筑与城市规划学院, 广州 510006; 2. 广州大学 国家公园研究中心, 广州 510006)

**摘要:**在我国积极推动绿色发展,促进人与自然和谐共生的背景下,对自然保护地整合优化流程进行探讨具有重要的意义。在总结现有方法和步骤的基础上,以人为干扰评价、生态本底评价和人为干扰空间预警评价结果为依据,以整合归并、功能区划分和边界优化为主要步骤的自然保护地整合优化流程,以期为我国自然保护地整合优化工作的进一步深入推进提供参考。

**关键词:**自然保护地;整合优化流程;生态本底评价;人为干扰评价;人为干扰预警模型

**中图分类号:**X36 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-6622(2023)01-0025-09

**DOI:**10.13466/j.cnki.lyzygl.2023.01.004

## Research on the Integration and Optimization of Natural Protected Areas based on Early Warning Evaluation of Human Disturbance

ZHA Feiyun, XU Jin, YAN Hongxiang, CHEN Huimin, LAI Zhihui

(1. College of Architecture and Urban Planning, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 2. National Park Research Center, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** Under the background of China's active promotion of green development and the harmonious co-existence of man and nature, it is of great significance to discuss the integration and optimization of natural protected areas. On the basis of summarizing the existing methods, this paper proposed a procedure of the integration and optimization of protected areas according to the results of human disturbance evaluation, ecological background evaluation and human disturbance spatial early warning assessment, and including the main steps of integration and merging, zone division and boundary optimization, in order to provide a reference for the further advancement of the integration and optimization of natural protected areas in China.

**Key words:** natural protected areas; integration and optimization; ecological background evaluation; human disturbance evaluation; early warning model of human disturbance

**收稿日期:**2022-12-24; **修回日期:**2023-02-15

**基金项目:**广东省基础与应用基础研究基金项目(2022A1515110527)

**作者简介:**查飞云(1997-),男,江苏人,硕士研究生,主要从事国家公园整合优化研究工作。

Email: chafeiyun@126.com

**通讯作者:**徐瑾(1985-),女,浙江人,硕士生导师,讲师,博士,主要从事自然保护地规划工作。

Email: xujin620@sohu.com

自然保护区是由各级政府依法划定或确认,对重要的自然生态系统、自然遗迹、自然景观及其所承载的自然资源、生态功能和文化价值实施长期保护的陆域或海域<sup>[1]</sup>。自然保护区建设是国际公认的保护生物多样性、提供优质生态产品与服务、维系生态系统健康的最重要和最有效途径<sup>[2]</sup>。目前,全球自然保护区(Protected Areas)已达 248 797 处,对全球生物多样性和生态系统保护做出了重要贡献<sup>[3]</sup>。作为中国自然生态空间中最重要的和最精华的部分,自然保护区在维护国家生态安全中居于首要地位<sup>[4]</sup>。目前,我国共有各级各类自然保护区 1.18 万处,占国土陆域面积的 18%,领海面积的 4.6%,有效保护了我国 90% 的陆地生态系统类型,85% 的野生动物种群,65% 的高等植物群落和近 30% 的重要地质遗迹,涵盖了 25% 的原始天然林,50% 的自然湿地和 30% 的典型荒漠地区<sup>[5]</sup>。

由于我国自然保护区建设起步较晚,面临的历史遗留问题比较严峻<sup>[6]</sup>。长期以来的抢救性保护方式使得大量保护价值低的区域被纳入保护区范围内,同时,众多高保护价值的区域未能得到保护<sup>[7]</sup>。近年来,中共中央为解决自然保护区历史遗留问题,优化自然保护区体系,发布了《关于建立以国家公园为主体的自然保护区体系的指导意

见》<sup>[1]</sup>(以下简称《指导意见》)等文件,提出“到 2025 年,健全国家公园体制,完成自然保护区整合归并优化”,解决包括保护区域交叉、空间重叠等一系列历史遗留问题,以完成自然保护区保护范围和功能分区的优化。

## 1 研究背景

目前,自然保护区整合优化的研究方向包括顶层设计<sup>[6,8]</sup>、空间叠加关系研究<sup>[9]</sup>、分区优化研究<sup>[10]</sup>、整合归并和边界调整研究<sup>[11]</sup>等。其中,顶层设计研究已基本完成,相关立法和规则讨论已相对完备,空间的重叠关系也已有大量研究。因此,目前的研究重点主要落在自然保护区的整合归并和边界调整,以及功能分区优化上。

### 1.1 整合归并和边界调整

就整合优化的流程而言(表 1),整合优化工作通常包括:自然保护区资源分析与评估、保护空缺分析、重叠区域整合优化等。其中,资源评估的指标大多为生态系统完整性、生态系统服务价值、生态系统原真性、生物多样性和生态脆弱性;分级分类主要通过专家评估、座谈、实地考察的方式进行打分;重叠区域的整合归并主要依据《指导意见》的要求进行;保护空缺分析的方法目前有田野调查法和保护生物多样性的地理学方法。

表 1 自然保护区整合优化流程对比表

Tab. 1 Process comparison of integration and optimization of natural protected areas

序号	步骤	方法	评价指标或原则	研究者
1	重叠区域整合	科学评级	保护强度顺序,低级别服从高级别	黄俊威等 <sup>[12]</sup>
	保护类型与级别确定	打分法科学评估	原真性、生物多样性、典型性、稀有性、完整性、脆弱性、生态系统服务价值、科研价值、观赏价值、文化价值	
	空缺调入 历史遗留问题解决	田野调查	代表性、生物多样性、物种重要性 用地冲突区域调出	
2	保护地价值评估	文献查阅、访谈、 实地调查	原真性、典型性、生物多样性、稀有性、完整性、脆弱性、生态服务价值、科研价值、观赏价值、文化价值	李玉勤等 <sup>[13]</sup>
	保护空缺分析	GAP 分析法	生态系统原真性、物种重要程度、生态区位重要性、景观价值、生态脆弱性等	
3	保护对象分析	实地考察、	代表性、典型性	刘增力等 <sup>[14]</sup>
	自然资源本底评价	组织座谈	生态系统原真性、生态系统完整性;自然地理、生物资源、重点保护对象	
	管理可行性分析		行政区划、社区及人口、权属、资源利用等	
4	整合优化	方案评比	以评价结果为原则排序	马童慧等 <sup>[15]</sup>
	优化范围确定	核密度分析	自然保护区重叠情况	
	整合优化	分级判断	生物多样性、文化服务、调节服务	

(续表)

序号	步骤	方法	评价指标或原则	研究者
5	现状梳理	资料整理	自然资源、生态功能、文化价值	唐芳林等 <sup>[8]</sup>
	价值评估	评价打分	代表性、稀有性、多样性、脆弱性、原真性、完整性、生态价值、科学价值、美学价值、经济和社会价值	
	重叠整合	科学评估	生态价值、保护强度	
	归并优化		自然生态系统完整、物种栖息地连通、保护管理统一	
	空缺补充		保护对象、保护目标	
范围优化	资源禀赋、生态系统完整性			
功能分区	保护对象、保护目标、自然资源、保护需求			

## 1.2 分区优化

此前普遍使用的分区方法是在人与生物圈的区划模式指导下,基于保护对象的核心区、缓冲区和试验区的三区划分法<sup>[16]</sup>。区划依据多采用生物多样性保护价值空间分异规律<sup>[10]</sup>或是依照经验进行划分。

总的来说,目前整合优化的方法和指标尚未形成共识,整合归并与分区优化之间尚未形成有效的衔接。就整合优化的研究范围而言,目前大部分研究过于重视现有保护地属性,多基于已有保护地为空间单元进行讨论,极易造成潜在的生态价值高但前期未纳入自然保护地范围的区域依旧面临保护缺失。

## 2 整合优化设想与流程构思

课题组前期曾尝试仅使用人为干扰评价对自然保护地进行边界调整和分区优化<sup>[17-18]</sup>,但在不同生态本底条件下难以准确评价。为了弥补这一不足,本流程将宏观人为干扰与生态本底评价结合,选取最能代表生态本底的生态系统完整性、生态系统脆弱性和生态系统服务价值建立起评价指标体系。同时,基于木桶原理将生态本底的 3 类评价结果视为容纳现状人为干扰的 3 块“关键木板”,以此构建能够相对准确判断生态本底差异情况的人为干扰空间预警模型。在参考现有研究和自然保护地建设要求的基础上,将整合优化工作分为 3 步,分别是:1) 整合归并;2) 边界调整和功能区划;3) 生态廊道构建。提出一套能够实现自然保护地整合优化并完成分区优化的流程体系,以期为我国自然保护地建设的进一步推进提供强有力的工具。

## 3 生态本底和人为干扰评价体系

### 3.1 生态本底评价体系

本流程应用的生态本底评价包括体现生态保护价值高低的生态系统完整性 I(Integrity),限制资源利用强度的生态脆弱性 V(Vulnerability)和体现资源利用价值高低的生态系统服务价值 S(Service)3 个方面,并依次进行评价模型选取、评价指标构建及权重赋值,最后得到研究区域的 3 类生态本底状况评估值。

#### 3.1.1 生态系统服务评价体系

生态系统服务是指生态系统及其生态过程所形成与维持的人类赖以生存发展的自然环境条件与效用<sup>[19]</sup>。联合国实施的千年生态系统首次实现了全球尺度生态系统状况的综合评估<sup>[20]</sup>,描述了以“供给、调节、文化和支持”四大类服务作为核心的生态系统服务的构成和特征,并建立了目前发展最为成熟、应用最多的“结构—功能—服务”模式的综合评估框架<sup>[21]</sup>。

#### 3.1.2 生态系统完整性评价体系

生态系统完整性主要反映生态系统在外来干扰下维持自然状态、稳定性和自组织能力的程度<sup>[22]</sup>,是国家公园建设的重要条件之一。本流程推荐使用的“组成—结构—功能”框架早期主要应用在保护生物资源和生物多样性上,评估自然栖息地生态系统完整性的趋势<sup>[23]</sup>与确定生物多样性保护优先区域<sup>[24]</sup>等。近年来,该框架更多地被应用在国家公园的生态系统完整性评估中,例如,通过结合原真性评估结果,判断一个区域是否为国家公园潜在建设区<sup>[25]</sup>;用于国家公园范围确定、边界划定和功能分区<sup>[8]</sup>等。

#### 3.1.3 生态脆弱性评价体系

生态脆弱性是特定生态系统在时间和空间尺

度上对外部干扰的响应,是自然因素和人类短期经济行为共同作用的结果<sup>[26]</sup>。生态脆弱性评价主要识别稳定性不强、抵抗外界干扰能力较差的生态系统<sup>[27]</sup>。准确评价生态系统的脆弱性能帮助识别研究区域内生态敏感的区域,为生态空间的修复提供依据。基于研究范围的生态脆弱性特征<sup>[28]</sup>,目前广泛应用的模型指标体系为暴露-敏感-适应(VSD)和生态敏感性-生态恢复力-生态压力度(SRP)模型。本流程推荐使用的是基于生态系统稳定性内涵建立的SRP模型,这是专门用于评价某一特定地区生态脆弱性的综合性评价模型,能够涵盖生态脆弱性的构成要素<sup>[29]</sup>。随着评估方法的不断完善,该模型已在流域<sup>[30]</sup>、山区<sup>[29]</sup>、城市<sup>[31]</sup>等进行应用。

### 3.2 人为干扰评价体系

人类活动不断侵扰着生态空间,人类活动强度的定量评价将有助于区域的规划管理和政策制定<sup>[32]</sup>。人为干扰度(Hemeroby)的概念最初由芬兰植物学家Jalas于20世纪50年代提出,并应用于人类对森林生态系统影响的评价<sup>[33]</sup>。随后于20世纪70年代,人为干扰度被应用于生态系统,该概念遂成为衡量所有人为干扰对生态系统的综合指标<sup>[34]</sup>。有大量研究致力于单一要素的量化评价,但随着卫星图像分析技术的成熟,基于土地覆被类型的人为干扰度计算是目前趋于成熟的评价方法<sup>[35]</sup>,最早被应用于分析湿地及沿海景观<sup>[36]</sup>的景观格局变化,近年来较多应用于研究内陆地区的景观动态变化<sup>[37]</sup>。

为解决通过卫星图像分析而导致部分尺度较小或隐蔽于林下的人为干扰无法被准确识别的问题,课题组前期在开展基于 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 网格单元,

适用于省域、市域尺度,以土地覆被类型为主要评价依据的宏观人为干扰评价的基础上<sup>[17]</sup>,拓展出基于 $150\text{ m} \times 150\text{ m}$ 网格单元,适用于单一自然保护地的、结合实地外业调研数据开展的微观人为干扰评价<sup>[18]</sup>,进一步提高了人为干扰评价的精细度和完整性。

#### 3.2.1 人为干扰预警模型构建

生态本底评价体系作为容纳人为干扰的3块“木板”,将其中最短的“木板”作为容纳人为干扰的干扰阈值 $M_i$ (T: threshold, 阈值)(图1)。鉴于自然保护地以“保护自然”为第一目标,即,期望自然保护地整合优化后的人为干扰低于现状,因而在实际应用时,此模型中的“阈值”并非真正意义上引起生态恶化的人为干扰的临界值,而是现状各生态本底等级对应的人为干扰的最大值,既,此模型“可用于识别人为干扰指数大于现状生态本底等级下最大值的空间范围和严峻程度”。具体的构建步骤包括网格单元划分、等级人为干扰最大值计算和人为干扰预警值计算(图2)。

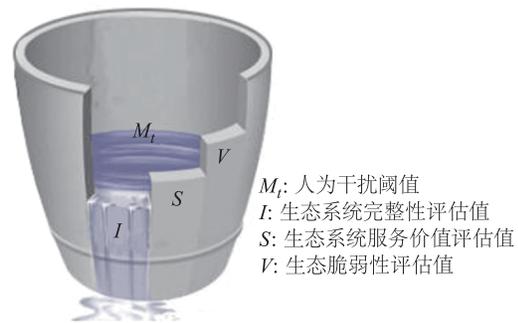


图1 人为干扰阈值与三类生态本底评估值的关系  
Fig.1 The relationship between human disturbance threshold and ecological background evaluation value

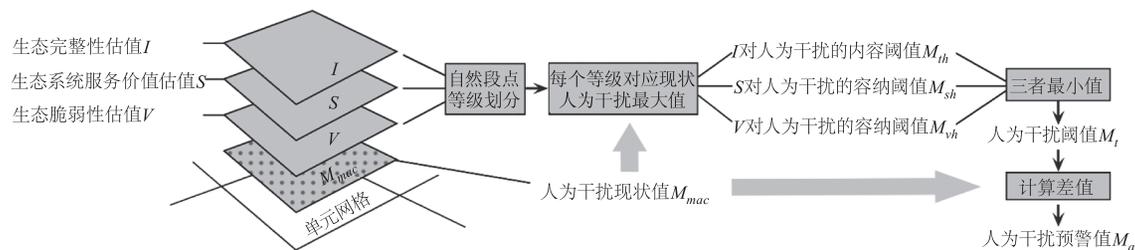


图2 人为干扰预警模型构建流程

Fig.2 The building process of early warning evaluation of human disturbance

### 3.2.2 网格单元划分

网格单元评价法是人为干扰和生态评价常用的方法,可实现不同地块的生态本底与现状的宏观人为干扰对比,利用网格划分的方法将研究区划分为统一大小的格网。通过逐一计算单元网格内生态本底值或人为干扰值的指标,得到区域的生态本底与人为干扰的现状评估值。

### 3.2.3 等级人为干扰最大值计算

计算得到生态本底的 3 个生态系统评估值  $I, S, V$  后,利用自然段点法将其划分为  $N$  个等级。将现状宏观人为干扰值  $M_{mac}$  (macro: 宏观的) 与各级生态本底评估值对比,得到  $I, S, V$  每个等级对应的现状人为干扰值,再通过箱线图法(此法可有效规避异常值的影响)对应计算得到每个等级网格对应的现状宏观人为干扰指数的最大值,将该值作为  $I, S, V$  三者的容纳值  $M_h$  (hold, 容

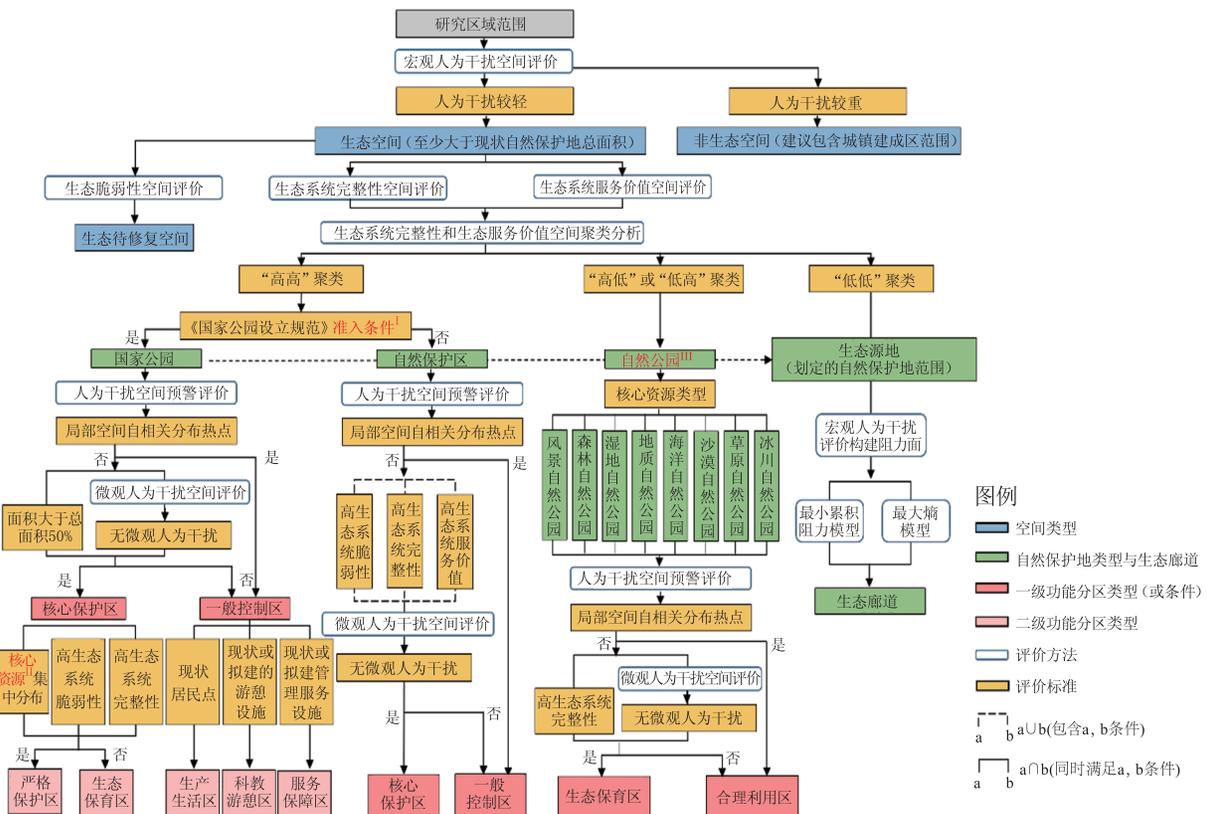
纳),最终得到  $I, S, V$  对应的人为干扰阈值  $M_{Ih}, M_{Sh}, M_{Vh}$ 。

### 3.2.4 人为干扰预警值计算

在计算单元网格人为干扰预警值时,将生态本底评估值运用木桶原理进行计算。得到三者中最大的网格人为干扰预估值  $M_i$ ——即人为干扰阈值  $M_{Ih}, M_{Sh}, M_{Vh}$  三者中的最小值。最后通过计算网格人为干扰预估值  $M_i$  和宏观人为干扰现状值  $M_{mac}$  的差值,得到各网格单元的人为干扰预警值  $M_a$  ( $M_a = M_i - M_{mac}$ )。

## 4 整合优化的主要步骤

本研究提出的整合优化流程如图 3 所示,通过综合使用生态本底评价和人为干扰评价方法,结合以下 3 个步骤,逐步实现区域范围的自然保护地整合优化。



注: I 的准入条件指是否满足生态重要性和国家代表性; II 指具有国家代表性的自然资源; III 仅讨论主要的自然公园类型。

图 3 自然保护地整合优化流程图

Fig. 3 Process of integration and optimization for natural protected areas

#### 4.1 整合归并

##### 4.1.1 最大范围划定

生态空间是指“具有自然属性、以提供生态服务或者生态产品为主体功能的国土空间”<sup>[38]</sup>,而就自然保护区而言,可以认为其人为干扰越少,保护状态越好<sup>[36]</sup>。借鉴生态空间的概念,利用宏观人为干扰空间评价,可很好地区分出人为干扰较少的“生态空间”和人为干扰较重的“非生态空间”。参考《指导意见》要求和后期管理的需要后,建议此处得到的“生态空间”范围应至少大于已建成自然保护区的面积之和,并尽可能包含已建成的大部分自然保护区。

##### 4.1.2 等级和边界范围确定

《指导意见》按照生态价值和保护强度高,依次将我国自然保护区类型划分为国家公园、自然保

护区、自然公园 3 大类。本步骤参考现有标准(表 2),通过对“生态空间”网格单元的定量评价,准确识别并划分其生态价值重要程度和脆弱程度,并根据评价结果,将生态系统完整性和生态系统服务价值较高的区域纳入生态保护空间,以进一步划分保护地类型和确定大致范围,并将其余地区中生态极度脆弱的空间纳入生态修复空间。

根据自然保护区的建设要求<sup>[1]</sup>,应将生态价值最为重要的区域纳入国家公园和自然保护区的保护范畴,而将生态价值较低的区域纳入自然公园的保护范畴中。据此,本流程首先使用生态系统完整性和生态系统服务价值评价,对“生态空间”进行评价,将两项评价结果应用空间聚类分析,得出生态系统服务价值和生态系统完整性的“高高”聚类空间、“高低”或是“低高”聚类空间和“低低”聚类空间。

表 2 从生态本底评价出发的自然保护区准入条件和分区标准<sup>[39-41]</sup>

Tab. 2 The access conditions and zoning criteria of natural protected areas based on ecological background evaluation

	国家公园		自然保护区		自然公园	
面积标准	为确保大尺度生态过程完整,保护面积最大		为确保保护对象安全,保护面积较大		面积较小(相对前两者)	
准入条件	国家代表性:生态系统代表性、生物物种代表性、自然景观独特性 生态重要性:生态系统完整性、生态系统原真性、面积规模适宜性		典型的自然地理区域、有代表性的自然生态系统区域以及已经遭受破坏但经保护能够恢复的同类自然生态系统区域		自然生态系统、自然遗迹和自然景观,具有生态、观赏、文化和科学价值,可持续利用的区域	
管控分区	核心保护区	一般控制区	核心保护区	一般控制区	严格控制区	一般控制区
分区标准	生态系统保护最完整或核心资源集中分布,或生态脆弱的地区,一般占面积的 50% 以上	核心保护区之外的区域,对遭到破坏的区域采取生态恢复	原核心区和缓冲区,面积比例不小于 30%	一般控制区:面积比例不高于 50%	有保护价值的、生态完整的需恢复的景观资源集中分布的地区	在不破坏生态系统前提下,可开展适当的游憩活动的地区

鉴于对准入条件的理解,本流程将生态系统服务价值和生态系统完整性的“高高”聚类的网格单元优先纳入国家公园和自然保护区的范围。依据 2021 年出台的《国家公园设立规范》<sup>[39]</sup>,优先将具有国家代表性和生态重要性资源的区域纳入国家公园的范围,其余的划定为自然保护区的范围。最后,将评价结果为“高低”或是“低高”的聚类空间作为自然公园的备选范围。

#### 4.2 分区优化

根据《指导意见》的要求,目前自然保护区的管控分区一般按照人为活动的管控要求划分为核心

保护区和一般控制区。由于目前自然保护区分区标准尚待更新完善,自然公园尚未有文件进行说明,暂以之前的各类自然公园规划规范作为参考依据,将 3 类自然保护区按照表 2 进行划分,具体步骤如图 4 所示。

在明确自然保护区边界范围的基础上,基于人为干扰空间预警评价的结果,通过局部空间自相关分布热点分析,将自然保护区内部区域划分为人为干扰空间预警评价热点地区及非热点地区。其中热点地区统一纳入一般控制区范围内进行管控,而非热点地区则需根据 3 类自然保护区规范要求进一步确定分区。

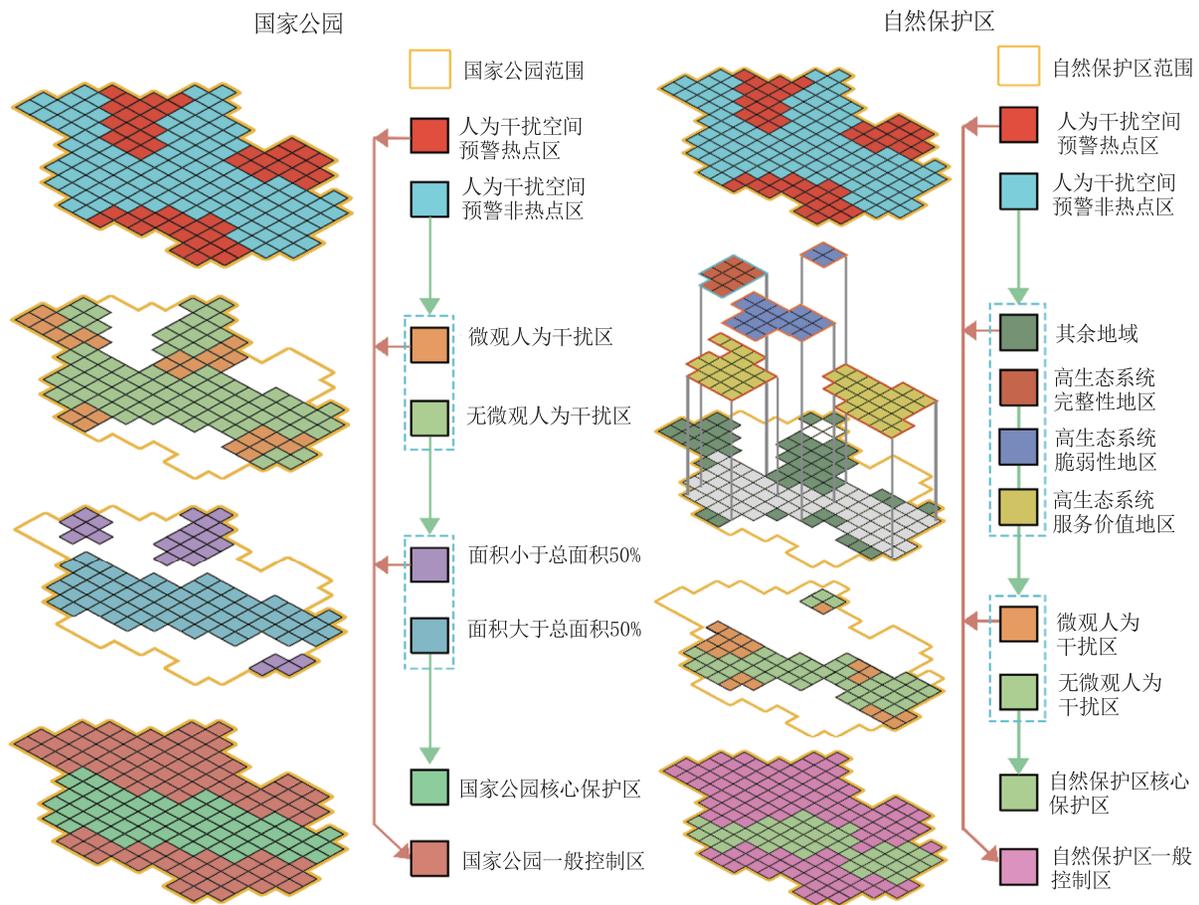


图 4 自然保护地分区和边界调整流程示意图

Fig. 4 Diagram of natural protected areas zoning and boundary adjustment process

#### 4.2.1 国家公园

依照国家公园的管控要求,将非热点地区中无微观人为干扰的地区划为国家公园核心保护区,其余地区纳入一般控制区(图 4)。如果核心区面积不足总面积的 50%时,需要对核心区周边存在人为干扰的地区实行去干扰化,以满足建设要求。为了实现精细化管理,国家公园可进一步划分二级功能分区:将核心保护区范围内具有国家代表性资源集中分布,且同时满足高生态系统完整性和高生态系统脆弱性的区域纳入严格保护区中,其余地区纳入生态保育区;一般控制区内,将现有或拟建设施依照其功能特性进行分类。

#### 4.2.2 自然保护区

将非热点地区中满足生态系统脆弱性高、生态系统完整性高或生态系统服务价值高三者中至少一项,且无微观人为干扰的地区纳入核心保护区范

围,不满足三者且存在微观人为干扰的地区纳入一般控制区。

#### 4.2.3 自然公园

自然公园应先按其核心资源划分公园类型,其次划分管控分区。借鉴《国家级自然公园管理办法》<sup>[42]</sup>的管理办法,可根据资源禀赋、功能定位和利用强度划分为生态保育区和合理利用区。将非热点地区中无微观人为干扰且生态完整性高的地区纳入生态保育区,其余地区纳入合理利用区。

#### 4.3 边界调整

自然保护地的初步范围划定是依照宏观人为干扰的网格(1 km × 1 km)划定的,导致初步划定的边界形态呈现不合理的“锯齿状”。因此,需要使用微观人为干扰的评价结果,结合自然保护地等高线位置、居民点、林地边界等外业数据,实现自然保护地边界的精细调整。

#### 4.4 生态廊道构建

自然保护地的保护功能有效发挥依赖于自然保护地之间组成的连通性良好的保护地网络<sup>[43]</sup>,生态廊道作为物种生活、移动和迁移的重要通道,构建生态廊道可促进和维持自然保护地间生境的连接。生态廊道建立的重点在于解决生态源地的选取和生态阻力面的生成。目前,阻力面的阻力值计算多受到自然条件与人类活动的影响<sup>[44]</sup>,多使用土地覆被类型作为主要指标进行计算。本流程以筛选出的 3 类自然保护地空间作为生态源地,基于宏观人为干扰的评价结果设立阻力面,构建自然保护地间的生态廊道,为自然保护地体系功能的充分发挥提供保障。

#### 5 总结和展望

自然保护地的整合优化工作对自然保护地的未来发展起到了关键的作用,是影响我国生态文明建设的重要举措。本研究在生态本底评价的基础上,构建出人为干扰预警模型,以此建立整合优化的路径,可为今后自然保护地整合优化工作提供一定的参考。但本研究也存在一定不足,例如,管理可行性和生态系统原真性未被纳入讨论范畴;缺乏流程的实证检验研究等。

自然保护地建设是生态文明建设的重要一环,是一项复杂而系统的工程,既要满足方法的科学有效,又要保证方案切实可行,整合优化流程在实践应用上仍有待探究。生态本底评价的指标如何根据具体地区的生态系统状况进行选取;自然公园管控和功能分区如何结合更新的建设指标进行讨论;整合优化工作如何与国土空间规划一同开展等自然保护地整合优化工作的完善,有待后续进一步讨论。

#### 参考文献:

- [1] 中共中央办公厅、国务院办公厅. 关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见[EB/OL]. (2019-06-26) [2022-12-10]. [http://www.gov.cn/zhengce/2019-06/26/content\\_5403497.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2019-06/26/content_5403497.htm).
- [2] 吕忠梅. 以国家公园为主体的自然保护地体系立法思考[J]. 生物多样性, 2019, 27(2): 128-136.
- [3] 张琨, 邹长新, 仇洁, 等. 国内外保护地发展进程及对我国保护地建设的启示[J]. 环境生态学, 2021, 3(11): 9-14.
- [4] 唐小平, 蒋亚芳, 刘增力, 等. 中国自然保护地体系的顶层设计[J]. 林业资源管理, 2019(3): 1-7.
- [5] 国家林草局. 中国自然保护地[DB/OL]. [2022-12-10]. <http://www.forestry.gov.cn/main/65/20200527/110735699913323.html>.
- [6] 唐小平, 刘增力, 马炜. 我国自然保护地整合优化规则与路径研究[J]. 林业资源管理, 2020(1): 1-10.
- [7] 黄宝荣, 张丛林, 邓冉. 我国自然保护地历史遗留问题的系统解决方案[J]. 生物多样性, 2020, 28(10): 1255-1265.
- [8] 唐芳林, 吕雪蕾, 蔡芳, 等. 自然保护地整合优化方案思考[J]. 风景园林, 2020, 27(3): 8-13.
- [9] 张丽荣, 孟锐, 潘哲, 等. 生态保护地空间重叠与发展冲突问题研究[J]. 生态学报, 2019, 39(4): 1351-1360.
- [10] 何思源, 苏杨, 闵庆文. 中国国家公园的边界、分区和土地利用管理——来自自然保护区和风景名胜区的启示[J]. 生态学报, 2019, 39(4): 1318-1329.
- [11] 李原, 张建军, 李东群, 等. 秦岭北麓周至县域自然保护地空间重叠分析与整合优化对策[J]. 林业调查规划, 2021, 46(6): 68-73.
- [12] 黄俊威, 张蓓, 吴协保, 等. 国家石漠自然公园整合优化关键技术探究——以湖南安化云台山国家石漠公园为例[J]. 中南林业调查规划, 2020, 39(4): 63-67.
- [13] 李玉勤, 刘红萍. 河口县自然保护地整合优化浅析[J]. 绿色科技, 2020(20): 45-46.
- [14] 刘增力, 孙乔响, 曹赫, 等. 基于自然保护地整合优化的国家公园边界探讨——以拟建青海湖国家公园为例[J]. 风景园林, 2020, 28(3): 29-34.
- [15] 马童慧, 吕德, 雷光春. 中国自然保护地空间重叠分析与保护地体系优化整合对策[J]. 生物多样性, 2019, 27(7): 758-771.
- [16] 呼延俊奇, 肖静, 于博威, 等. 我国自然保护区功能分区研究进展[J]. 生态学报, 2014, 34(22): 6391-6396.
- [17] 李海韵. 适用于东莞市自然保护地边界优化的人为干扰评价研究[D]. 广州: 广州大学, 2022.
- [18] 王洁. 基于微观人为干扰评价的东莞大岭山森林公园功能区优化研究[D]. 广州: 广州大学, 2022.
- [19] Daily G C. The future of nature: Documents of global change [M]. New Have: Yale University Press, 1997: 454-464.
- [20] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997(387): 253-260.
- [21] 李丽, 王心源, 骆磊, 等. 生态系统服务价值评估方法综述[J]. 生态学杂志, 2018, 37(4): 1233-1245.
- [22] 黄宝荣, 欧阳志云, 郑华, 等. 生态系统完整性内涵及评价方法研究综述[J]. 应用生态学报, 2006(11): 2196-2202.
- [23] 张鹏翼, 马天啸, 刘波, 等. 长白山国家级自然保护区森林生态系统完整性动态评估[J]. 生态学杂志, 2021, 40(7): 2251-2262.
- [24] Tiner R W. Remotely-sensed indicators for monitoring the general

- condition of "natural habitat" in watersheds: An application for Delaware's Nanticoke River watershed[J]. *Ecological Indicators*, 2004, 4(4): 227 - 243.
- [25] 蒋亚芳,田静,赵晶博,等. 国家公园生态系统完整性的内涵及评价框架:以东北虎豹国家公园为例[J]. *生物多样性*, 2021, 29(10): 1279 - 1287.
- [26] 王让会,樊自立. 塔里木河流域生态脆弱性评价研究[J]. *干旱环境监测*, 1998, 12(4): 218 - 221.
- [27] 马骏,李昌晓,魏虹,等. 三峡库区生态脆弱性评价[J]. *生态学报*, 2015, 35(21): 7117 - 7129.
- [28] 屈志强,沈婷婷,徐胜利,等. 生态脆弱性评价概述[J]. *草原与草业*, 2020, 32(3): 1 - 4.
- [29] 李永化,范强,王雪,等. 基于 SRP 模型的自然灾害多发区生态脆弱性时空分异研究——以辽宁省朝阳县为例[J]. *地理科学*, 2015, 35(11): 1452 - 1459.
- [30] 贾晶晶,赵军,王建邦,等. 基于 SRP 模型的石羊河流域生态脆弱性评价[J], 2020, 34(1): 34 - 41.
- [31] 王鹏,赵微,柯新利. 基于 SRP 模型的潜江市生态脆弱性评价及时空演变[J]. *水土保持研究*, 2021, 28(5): 347 - 354.
- [32] 刘世梁,刘芦萌,武雪,等. 区域生态效应研究中人类活动强度量化评价[J]. *生态学报*, 2018, 38(19): 6797 - 6809.
- [33] Jalas J. Hemeroby and hemerchore of plant species. A terminological reform effort[J]. *Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, 1955, 72(1): 1 - 15.
- [34] 李迈和, Kruchi Norbert, 杨健. 生态干扰度:一种评价植被天然性程度的方法[J]. *地理科学进展*, 2002(5): 450 - 458.
- [35] Walz U, Stein C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany[J]. *Journal for Nature Conservation*, 2014, 22(3): 279 - 289.
- [36] 陈爱莲,朱博勤,陈利顶,等. 双台河口湿地景观及生态干扰度的动态变化[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(5): 1120 - 1128.
- [37] 郭少壮,白红英,孟清,等. 1980—2015 年秦岭地区景观格局变化及其对人为干扰的响应[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(12): 4080 - 4088.
- [38] 国家发改委 环境保护部. 生态保护红线划定指南[DB/OL]. (2017-07-20)[2022-12-12]. [https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201707/t20170728\\_418679.htm](https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201707/t20170728_418679.htm).
- [39] GB/T 39737 - 2021. 国家公园设立规范[S].
- [40] GB - 20399 - 2006. 自然保护区总体规划技术规程[S].
- [41] LY/T 2005 - 2012. 国家级森林公园总体规划规范[S].
- [42] 国家林业和草原局. 国家级自然公园管理办法[EB/OL]. (2023-01-30)[2023-02-03] 2023 <http://www.forestry.gov.cn/main/4461/20230130/102225847833236.html>.
- [43] 沈润,史正涛,何光熊,等. 基于景观破碎化指数的西双版纳生态安全格局构建与优化[J]. *热带地理*, 2022, 42(8): 1363 - 1375.
- [44] 李青圃,张正栋,万露文,等. 基于景观生态风险评价的宁江流域景观格局优化[J]. *地理学报*, 2019, 74(7): 1420 - 1437.