

引用格式: 杨文越, 陈娅妮, 丛艳国. 中国国家级自然保护地可达性格局与影响因素[J]. 资源科学, 2026, 48(2): 411-423. [Yang W Y, Chen Y N, Cong Y G. Spatial patterns and influencing factors of accessibility to national-level protected areas in China[J]. Resources Science, 2026, 48(2): 411-423.] DOI: 10.18402/resci.2026.02.09

中国国家级自然保护地可达性格局与影响因素

杨文越, 陈娅妮, 丛艳国

(华南农业大学林学与风景园林学院, 广州 510642)

摘要:【目的】在全国尺度下分析国家级自然保护地可达性及其影响因素, 以期平衡自然保护地的生态保护与开发利用提供依据。【方法】本文基于2021年3464处国家级自然保护地(包括国家公园、国家级自然保护区、国家级自然公园3类)数据, 结合出行O-D点智能查询系统(Travel O-D Point Intelligent Query System, TIQS)和地理探测器, 对2846个县级行政区的国家级自然保护地可达性差异、影响因素及其与人口分布的空间关系进行研究。【结果】①国家公园和国家级自然保护区可达性均呈现出“西北高、东南低”的格局, 国家级自然公园呈现“东南高、西北低”的格局, 3类保护地可达性形成了空间互补模式。②高程、地形起伏度和县域面积是影响国家公园和国家级自然保护区可达性的主导因子, 保护地密度和高程则是影响国家级自然公园可达性的主导因子。③3类国家级自然保护地面临的生态保护-人类利用矛盾与压力存在显著差异。【结论】不同类型国家级自然保护地可达性存在明显空间差异与互补关系, 应结合人口分布、资源禀赋、经济发展水平等多方面因素制定差异化的保护开发策略。

关键词: 自然保护地; 国家公园; 自然保护区; 自然公园; 可达性; 地理探测器; 中国

DOI: 10.18402/resci.2026.02.09

1 引言

自然保护地是全球公认的保护生物多样性、自然生态环境和自然景观的重要途径, 不仅承载着生态保护任务, 也承担着生态服务均等化, 全民共享与绿色发展的多重使命^[1-5]。2019年, 中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《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》(以下简称《指导意见》), 将自然保护地按生态价值和保护强度高低依次分为国家公园、自然保护区、自然公园, 逐步形成以国家公园为主体、自然保护区为基础、各类自然公园为补充的自然保护地分类系统, 标志着我国在保护区制度建设上进入体系化、网络化阶段。目前对自然保护地的研究多集中在生态保护层面, 比如, 在国际上有些学者采用跨学科手段对物种多样性在维护保护地生态平衡中的效果进行了评

估^[6-8], 有些研究成果论证了生态保护与人类活动之间的相互关系^[9]。国内学者多关注自然保护地生态价值的演变^[10-13], 由此对保护地未来的发展提出建议^[14, 15]。随着人们对自然保护地生态服务质量与数量需求的增加^[16], 开发利用成为自然保护地重要资金来源的同时^[17], 也逐渐对生态保护成效构成威胁^[18], 如何平衡生态保护与人类活动之间的矛盾已经成为自然保护地研究亟须回应的议题^[19-22]。

可达性作为连接人与自然保护地的关键条件, 通过影响人类活动强度, 深刻塑造了生态保护与人类活动之间的关系。与社会和经济等可达性相比, 交通是连接人与保护地的核心通道, 成为影响人类活动强度和冲突发生的重要因素^[23, 24]。目前学术界在交通可达性方面的研究归纳起来存在如下局限: ①交通可达性常被用于分析局部尺度下的单一类

收稿日期: 2025-02-03; 修订日期: 2025-08-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(42471217); 教育部人文社会科学研究项目(21YJC840032); 广东省自然科学基金面上项目(2022A1515011259)

作者简介: 杨文越, 男, 广东韶关人, 副教授, 主要研究方向为城市交通地理、建成环境与公共健康。E-mail: yangwenyue900780@163.com

通讯作者: 丛艳国, 女, 河北承德人, 副教授, 主要研究方向为旅游地理与区域发展。E-mail: 64189344@qq.com

型保护地的空间分布特征^[25-27],全国尺度各类型保护地的综合分析尚需加强。②在制度功能属性上,未考虑各类保护地在功能定位、管理目标及生态服务价值等方面的差异。③在技术方法上,以往对可达性的估算多基于ArcGIS的网络分析法或栅格成本距离分析法^[28],难以对交通模式和城市复杂路况产生的影响进行准确测度^[29]。④在指标选择上,现有研究对自然保护地空间分布和可达性影响因子的分析主要采用单因子定性描述的方法^[30],无法深入了解影响因子的作用强度与因子间的综合作用关系。为此,在自然保护地体系建立的关键时期,突破既有方法瓶颈,系统分析我国自然保护地可达性的空间差异及其影响因素,对于协调生态环境保护与社会服务功能之间的平衡具有意义^[31,32]。

本文基于百度地图LBS(Location-based Service)开放平台开发的出行O-D点智能查询系统(Travel O-D Point Intelligent Query System, TIQS)对中国国家级自然保护地可达性进行计算,并结合地理探测器对其影响因素进行研究,试图回答以下问题:①不同时间阈值下,3类自然保护地的可达性空间特征及其影响因素是什么?②3类自然保护地的可达性与人口分布之间的空间关系如何?对上述问题的回答可为平衡自然保护与人类活动之间的矛盾,推进差异化的发展模式提供科学依据。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

我国自然保护地曾经包括“自然保护区、风景名胜區、地质公园、森林公园、湿地公园、野生植物原生境保护区(点)、自然保护小区、野生动物重要栖息地”等十几种类型,导致边界重叠、功能冲突等各种问题,限制了生态系统的整体保护和系统性管理。《指导意见》明确提出:自然保护地已统一划分为国家公园、自然保护区和自然公园3类,其他类型保护地需纳入与整合至上述3种类型之中。本文以整合的上述3类国家级自然保护地为研究对象。

3类国家级自然保护地的名录来源于国家及各省林业和草原局、自然资源部、生态环境部等官方网站。对截至2021年底的国家级自然保护地的名录和空间数据进行整合,共计国家公园5处,国家级自然保护区378处,国家级自然公园3081处。国家公园的空间边界根据官方发布的行政区划图绘制(图1a),主要布局于西北及东北重要的生态屏障区,总数量很少;国家级自然保护区边界来源于中国自然保护区标本资源共享平台,黄土高原、东南丘陵等中东部地区数量占多,西藏、新疆、青海等地在面积上占有绝对优势(图1b);国家级自然公园的点位置借助高德地图进行标定,主要分布在华北平原、长江中下游平原等人口密集区域(图1c)。

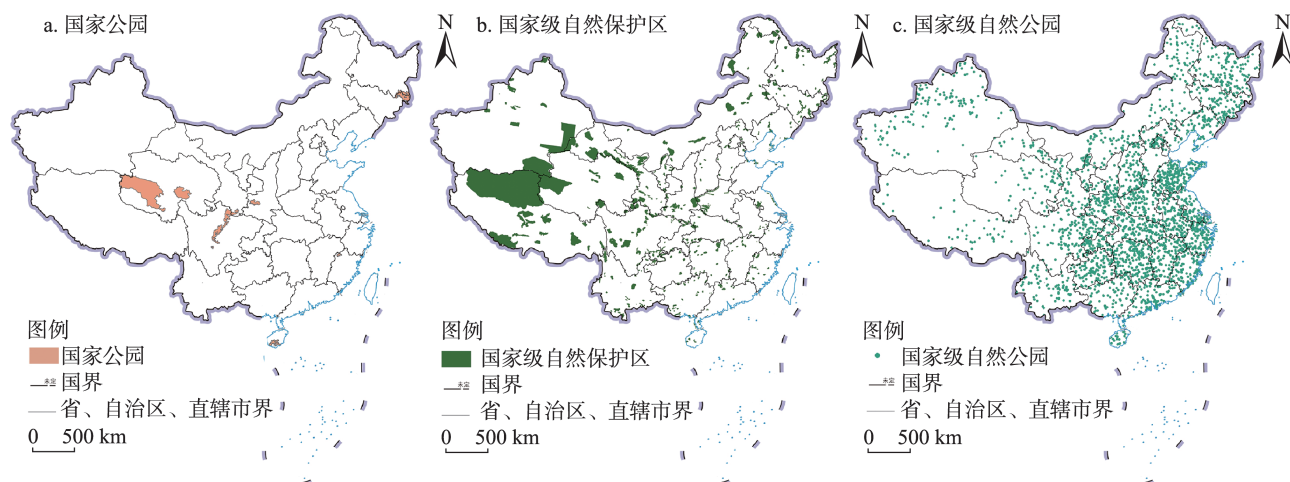


图1 中国国家级自然保护地地理分布

Figure 1 Geographical distribution of national-level protected areas in China

注:基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1697号的标准地图制作,底图无修改。因数据缺失未统计港澳台地区和三沙市。

2026年2月

以县级行政区为基本地理单元进行统计,研究区内共有 2846 个县级行政区(因数据缺失未包括台湾省、香港和澳门特别行政区,以及三沙市)。县级行政区边界来自国家基础地理信息中心,人口数据来源于《2020 中国人口普查分县资料》。全国道路数据来源于 2022 年开放街道地图(Open Street Map),并通过提取道路中心线方法简化了路网。

2.2 研究方法

2.2.1 县级行政区-国家级自然保护区出行 O-D 矩阵的构建方法

以各县级行政区的几何质心作为出行的 O(origin)点。虽然目前研究中常用几何质心方法来定义目的地 D(destination)点的位置^[33],但由于这种方法在计算面积较大的国家公园与国家级自然保护区时会产生较大的偏差,因此,对于这两类国家级自然保护区,以其出入口作为 D 点;对于面积较小的国家级自然公园,以其几何中心作为 D 点。

国家级自然保护区的出行多以城际或跨省的中长途为主,相比高铁、飞机等交通工具,机动车出行给保护地带来的生态威胁较小^[34,35]。依据《国家生态安全屏障保护规划》《“十四五”交通发展规划》,将 3、5、8 h 作为时间阈值测算可达性,分别对应市域日常、省内周末以及跨省长途 3 个尺度。参考《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)中高速公路最高时速 120 km 的设定,机动车在 3、5、8 h 分别可达 360、600、960 km。

基于 ArcGIS 近邻工具,识别 O 点到达各国家公园和国家级自然保护区的最近入口位置,分别生成 14230、1075788 对 O-D 点以及相应经纬度坐标。由于县级行政区-国家级自然公园的 O-D 矩阵数量庞大,为减少计算量,以 O 点为中心,利用 ArcGIS 生成近邻表工具,再以 360、600、960 km 为半径构建搜索范围,分别生成 593878、1473460、3125690 对 O-D 点。将 3 种国家级保护地的 O-D 点对批量导入 Travel O-D Point Intelligent Query System(TIQS),TIQS 会基于百度地图后台的交通路网和实时路况数据,根据经纬度坐标对这些 O-D 点的出行时间、出行距离等进行查询计算^[36],并将结果存储至数据库中。

2.2.2 国家级自然保护区可达性的计算方法

累积机会法将各类国家级自然保护区都纳入

可达性的测算范围^[37]。该方法常解释为出行者在一定时间内可获得服务机会的数量。但由于国家级自然公园的绝对数量优势,如果以阈值时间内获得的国家级自然保护区数量来表征可达性,将极大削弱国家公园和国家级自然保护区的作用地位,因此,最终可达性以各县级行政区在不同时间阈值下获得的各类保护地的面积总和进行表征,计算公式如下:

$$A_i = \sum_{t \leq T} (A_i^n + A_i^r + A_i^p) \quad (1)$$

$$A_i^n = \sum_{t \leq T} S^n \quad (2)$$

$$A_i^r = \sum_{t \leq T} S^r \quad (3)$$

$$A_i^p = \sum_{t \leq T} S^p \quad (4)$$

式中: A_i 为县级行政区*i*的国家级自然保护区可达性; A_i^n 、 A_i^r 、 A_i^p 分别为县级行政区*i*在时间阈值*T*下可获得的国家公园、国家级自然保护区和国家级自然公园的面积总和,用以表征其国家公园、国家级自然保护区和国家级自然公园的可达性; t 为县级行政区*i*到 3 类国家级自然保护区的小汽车出行时间。本文取 3、5、8 h; S^n 、 S^r 、 S^p 分别为县级行政区*i*在时间阈值*T*下通过小汽车可到达的国家公园、国家级自然保护区和国家级自然公园的面积。

2.2.3 地理探测器方法

地理探测器是一种用于探测和分析地理现象空间分异性的统计模型与工具^[33],可用于分析不同驱动因子对自然保护区可达性的影响程度,主要用 q 值度量各类驱动因子对自然保护可达性的决定力大小,计算公式如下:

$$q_a = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (5)$$

式中: q_a 为影响因子*a*对国家级自然保护区可达性的决定力,取值范围[0, 1], q 值越大,因子的解释力越大; $h=1, 2, \dots, L$ 为驱动因子的分层数; N_h 和 N 分别为*h*层子区域样本数和全国样本数; σ_h^2 和 σ^2 分别为*h*层和全国的因变量的方差。

2.2.4 空间自相关分析方法

本文利用 GeoDa 软件,以双变量局部莫兰指数(Bivariate LISA)为空间自相关的度量指标,以识别

国家级自然保护区和人口分布的供需空间配置关系,计算公式如下:

$$\text{Moran's } I = z_x^i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_y^j \quad (6)$$

式中:Moran's I 为局部莫兰指数,其结果可分为高-高聚类(H-H)、低-低聚类(L-L)、高-低聚类(H-L)、低-高聚类(L-H)4种集聚类型; z_x^i 为区域 i 的自变量 x (保护地可达性)的标准化值; z_y^j 为区域 j 的自变量 y (人口数量)的标准化值; w_{ij} 为区域 i 和区域 j 之间的空间权重。

3 结果与分析

3.1 国家级自然保护区可达性格局

利用几何分类间隔法(Geometrical Interval)对3类国家级自然保护区可达性进行空间可视化。不同时间阈值下的各类国家级自然保护区可达性具有较大的空间差异。

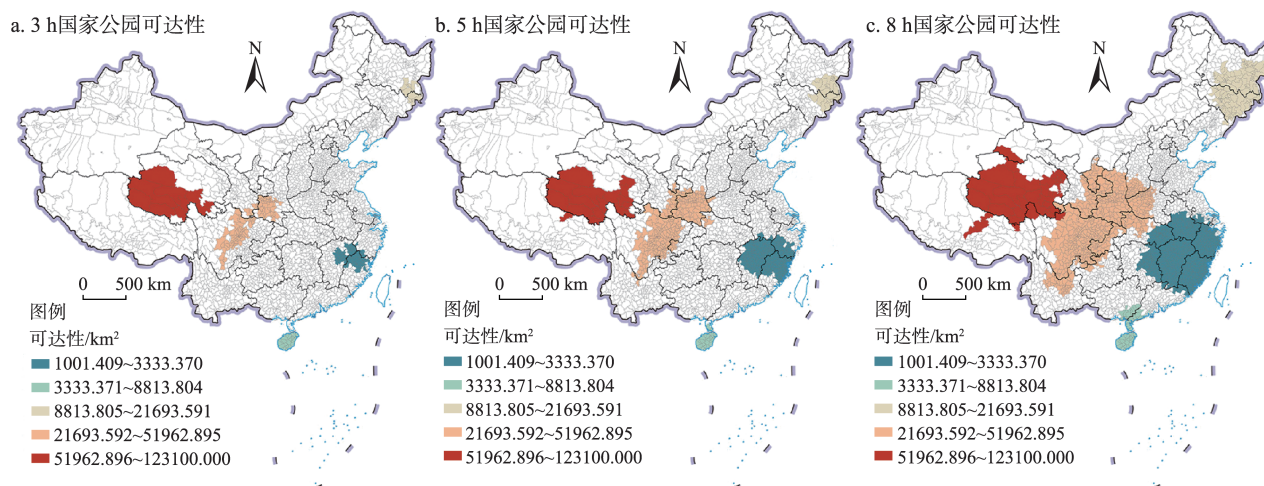
国家公园的可达性较差,虽然随着出行时间阈值由3 h增加至8 h,其服务范围从青海南部、四川中部、陕西南部、长白山区域、浙闽赣交界和海南扩大至西南南部、川渝、东北中部、华东南部、华中西北部以及华南南部(图2a-2c),但在8 h阈值下仍有1631个县域未被其服务范围覆盖。在3、5和8 h阈值下可达性均表现出“西北高,东南低”的格局。在8 h阈值下青海的可达性最高,四川盆地和黄土高原次之,江南丘陵和浙闽丘陵最低(图2c),这与国家公园数量较少,且在中西部占有绝对的优势面积相关。

国家级自然保护区的可达性相对较好,3 h下有

341个县域未被其服务范围覆盖(图2d),5 h下未被覆盖县域减少至77处,集中在新疆、西藏、四川西部和东北北部等偏远地区(图2e),8 h下未被覆盖县域继续减少至12处,零星分布在新疆和西藏(图2f)。在3、5和8 h阈值下其可达性亦表现出“西北高、东南低”的格局,且随着时间阈值的增加,可达性的空间连续性增强,整体呈现由西北向东南的圈层式递减。在8 h阈值下可达性最高的地区聚集于新疆南部和西藏大部分地区,可达性次高的区域分布于西北中西部和东北南部,新疆西北部、云贵高原和东南沿海的可达性最低(图2f)。

国家级自然公园的可达性最好,在3 h下仅有61个县域未被其服务范围覆盖,集中西南地区(图2g),5 h下未获得服务的县域减少至17处,零星分布在西南地区(图2h),至8 h时间阈值时,其服务范围已能完全覆盖所有县域(图2i)。与国家级自然保护区相反,在3、5和8 h阈值下国家级自然公园可达性表现出“东南高、西北低”的格局(图2g-2i)。在8 h阈值下可达性较高的地方集中在东北、华东和湘黔交界区域,可达性较低的地方集中在西南、西北等地区(图2i)。

总体来说,西南、西北、华中和华南大部分县域无法获得国家公园的服务,国家级自然保护区和国家级自然公园却在一定程度上弥补了国家公园服务不足的问题(图2j-2l)。国家公园与国家级自然保护区的服务范围偏向西部地区,而国家级自然公园则偏向华东、东北等东部地区,3类国家级自然保护区的可达性形成了一定的空间互补模式。



2026年2月

续图2

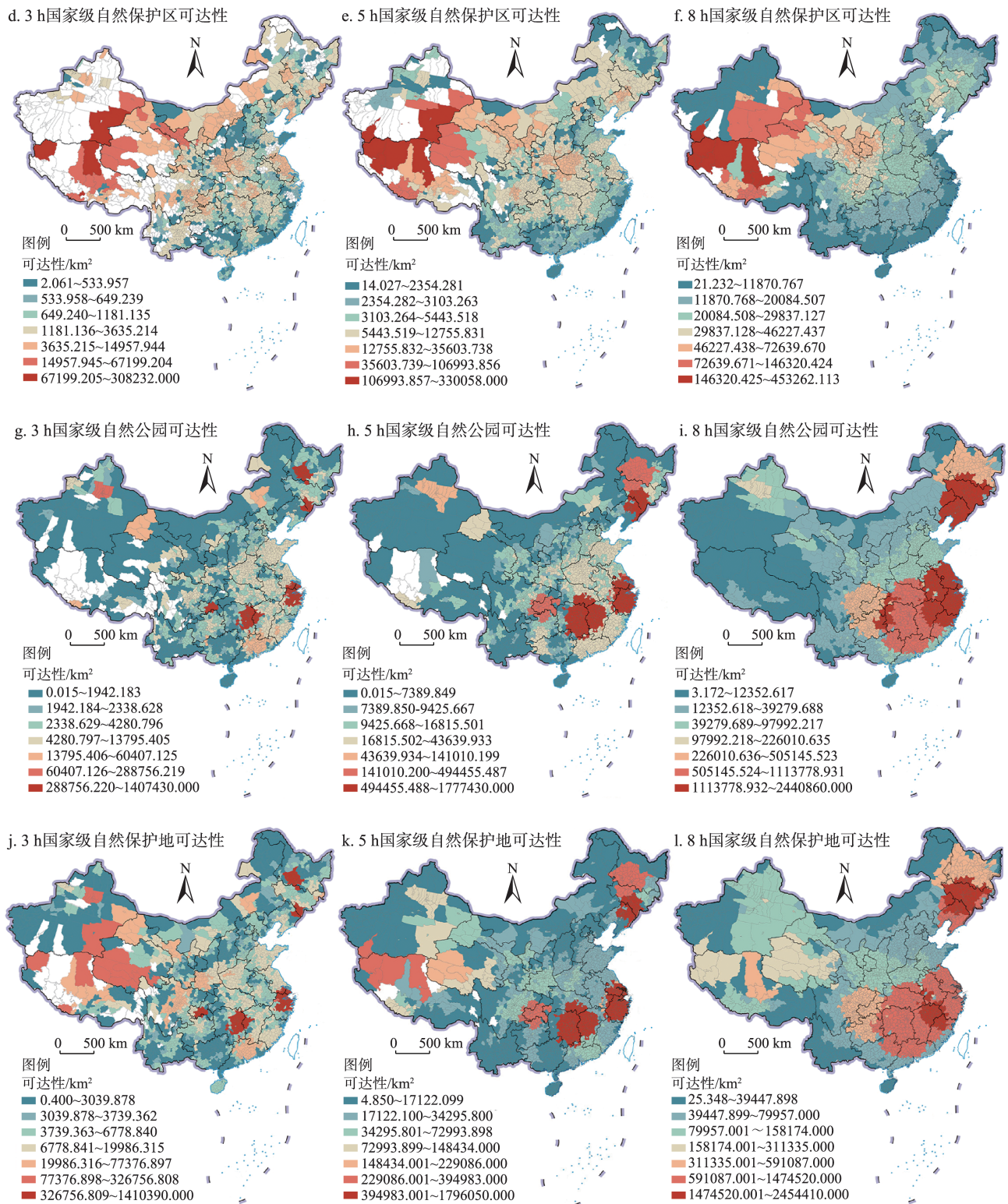


图2 不同时间阈值下3类国家级自然保护区可达性格局

Figure 2 Spatial patterns of accessibility to three types of national-level protected areas at different time thresholds

注:基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1697号的标准地图制作,底图无修改。因数据缺失未统计港澳台地区和三沙市。

3.2 国家级自然保护区可达性影响因素

国家级自然保护区的可达性高低受多种因素的综合影响,借鉴已有研究^[38,39],并结合本文实际,选取了5类指标共10个影响因子作为自变量,分别将3、5和8 h时间阈值下3类国家级自然保护区的可达性作为因变量,利用地理探测器分析各因子对国家级自然保护区可达性的影响程度。

3.2.1 单因子分析

表1为不同时间阈值下的单因子探测结果。国家公园可达性的最主要影响因子为高程,其次为地形起伏度、县域面积和坡度;随着时间阈值的增加,

影响因子的重要性也发生变化,高程、地形起伏度和坡度对国家公园可达性的解释力随时间阈值的增加而逐渐加大,县域面积的解释力则有所下降。国家级自然保护区可达性的最主要影响因素为县域面积,但其解释力在8 h阈值下有所下降;高程是影响国家级自然保护区可达性的另一重要因子,并且随着时间阈值的增加其影响逐渐增强。国家级自然保护区可达性的主要影响因子为保护地密度、人口密度、高程,且它们对国家级自然保护区可达性的解释力随时间阈值的增加而逐渐加大。综合来看,高程与自然保护区分布密切相关,且影响交通基础

表1 3类国家级自然保护区可达性影响因素的单因子探测结果

Table 1 Single-factor detection results of influencing factors on accessibility to three types of national-level protected areas

保护地类型	变量类型	影响因子	3 h可达性	5 h可达性	8 h可达性
国家公园	保护地因素	保护地面积	0.012***	0.010***	0.022***
		保护地密度	0.009***	0.012***	0.012***
	交通因素	道路密度	0.012***	0.017***	0.021***
		行政区划因素	0.028***	0.021***	0.017***
		距区县距离	0.009***	0.010***	0.016***
	经济社会因素	人口密度	0.014***	0.015***	0.021***
		人均GDP	0.005*	0.006**	0.013***
	自然因素	高程	0.040***	0.065***	0.143***
		坡度	0.007**	0.019***	0.033***
		地形起伏度	0.015***	0.024***	0.038***
国家级自然保护区	保护地因素	保护地面积	0.022***	0.025***	0.026***
		保护地密度	0.009***	0.012***	0.028***
	交通因素	道路密度	0.009***	0.012***	0.024***
		行政区划因素	0.105***	0.179***	0.100***
		距区县距离	0.012***	0.018***	0.030***
	经济社会因素	人口密度	0.014***	0.020***	0.043***
		人均GDP	0.003	0.001	0.005*
	自然因素	高程	0.031***	0.054***	0.118***
		坡度	0.003	0.003	0.002
		地形起伏度	0.013***	0.016***	0.034***
国家级自然公园	保护地因素	保护地面积	0.005**	0.010***	0.023***
		保护地密度	0.081***	0.132***	0.188***
	交通因素	道路密度	0.033***	0.053***	0.059***
		行政区划因素	0.014***	0.026***	0.036***
		距区县距离	0.020***	0.035***	0.046***
	经济社会因素	人口密度	0.041***	0.059***	0.073***
		人均GDP	0.055***	0.050***	0.022***
	自然因素	高程	0.034***	0.094***	0.191***
		坡度	0.007***	0.013***	0.009***
		地形起伏度	0.012***	0.041***	0.073***

注: *表示 $p < 0.050$, **表示 $p < 0.010$, ***表示 $p < 0.001$ 。

2026年2月

设施布局与通行效率,是国家级自然保护区可达性的关键影响因子。地形起伏度和坡度的影响机理与高程类似。此外,由于国家级自然公园多分布于人口较多区域,人口密度成为影响其可达性的重要

因素之一。

3.2.2 多因子交互作用分析

对驱动各类型国家级自然保护区可达性的有效因子进行交互探测(图3)发现,变量间均出现双

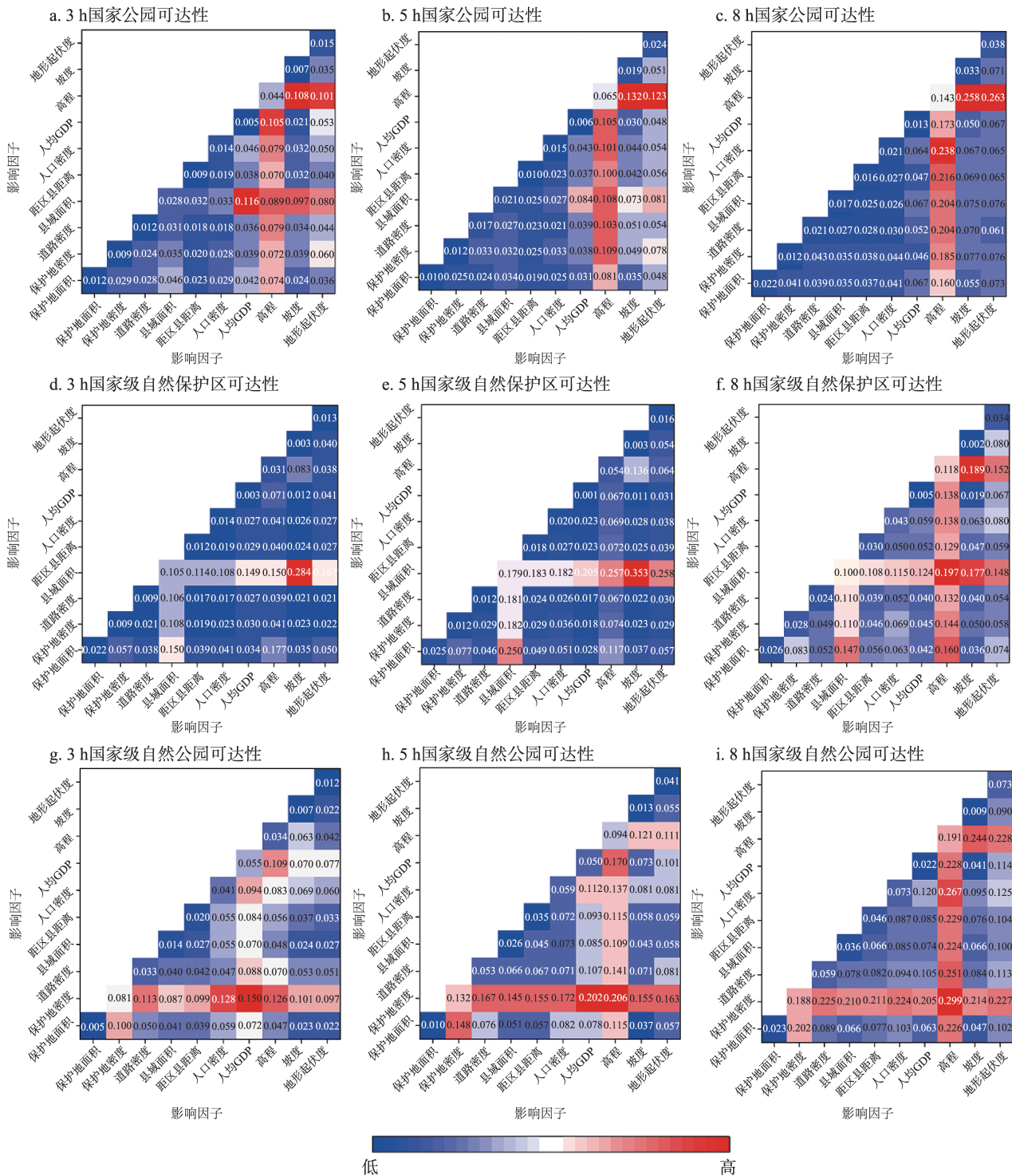


图3 国家级自然保护区可达性影响因子交互作用探测结果

Figure 3 Factor interactions influencing accessibility to national-level protected areas

因子增强现象,表现为双向增强或非线性增强,不存在减弱和独立关系,说明各类自然保护地可达性变化受多种因素相互影响;但其交互作用在不同时间阈值之间存在明显分异。

在3 h时间阈值下,县域面积与人均GDP的交互作用对国家公园可达性空间分异的解释力最强;但随着时间阈值的增加,该交互项的解释力逐渐下降。这主要因为国家公园多分布于偏远山区且以生态保护为主的地区,这些地区通常县域面积较大且经济发展相对滞后。国家级自然保护区的坡度与县域面积的交互作用在3 h和5 h时间阈值下最强,在8 h时间阈值下该交互作用的解释力有所下降;高程和坡度组合在8 h时间阈值下起到重要作用,说明随着可达性空间的扩展,以高程与坡度为代表的自然地理因素影响被逐渐放大。国家级自然公园的可达性影响因素中,保护地密度与人口密度、人均GDP和高程的交互作用在3 h时间阈值下提供了较高的解释力,且在5 h和8 h时间阈值下进一步增强,原因是国家级自然公园主要分布于东、中部经济比较发达地区。

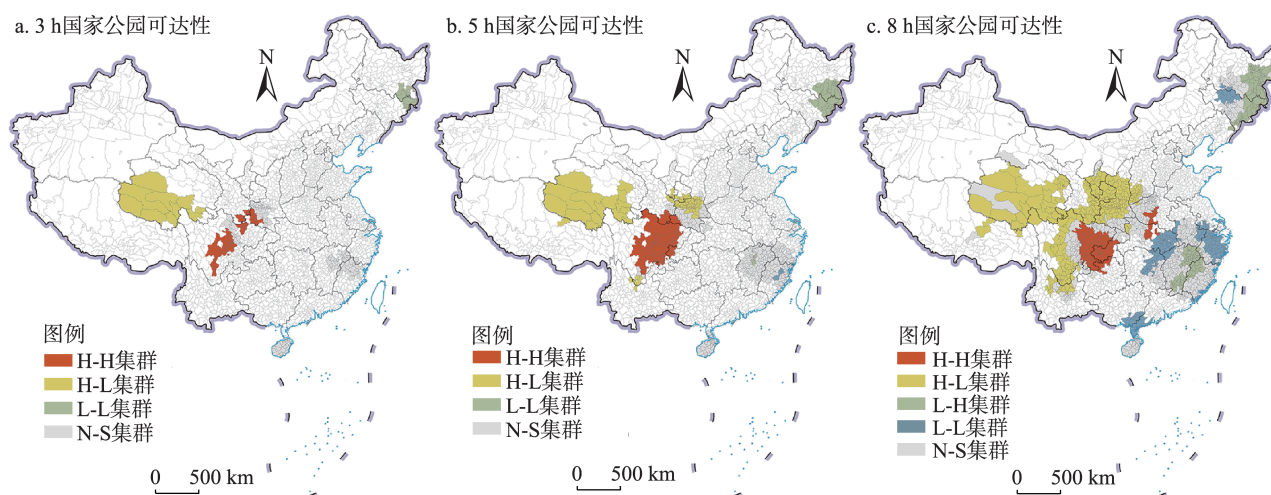
3.3 可达性与人口分布之间的空间关系

如果仅关注保护地的可达性差异而忽略人口分布,就可能对保护地空间优化造成误导。因此,本文利用双变量局部莫兰指数进一步探究各类自然保护地可达性与人口分布之间的空间关系。根据模型结果,各类自然保护地可达性与人口分布之间的空间关系可划分为5类:N-S为非显著集群;H-

H为高可达性、高人口数量集群;L-L为低可达性、低人口数量集群;L-H为低可达性、高人口数量集群;H-L为高可达性、低人口数量集群。

由图4a-4c可见,随着时间阈值由3 h增加到8 h,国家公园的H-H集群集中在四川盆地;H-L集群从青海南部扩大至西南西部和四川中部;L-H集群仅在8 h下出现,零星分布在两广南部、两湖东部、浙江、辽宁北部;L-L集群在8 h阈值下集中在闽赣交界与长白山区域。由图4d-4f可见,随着时间阈值由3 h增加到8 h,国家级自然保护区的H-H集群逐渐向四川盆地集聚;H-L集群也由376个增加至392个,主要分布在西北和西南地区西部;L-H集群则由1040减少至935个,主要集中于中东部地区;L-L集群主要分布在东北、华北、云南和新疆北部。由图4g-4i可见,随时间阈值由3 h增加到8 h,国家级自然公园的H-H集群向华南北部、华东北部和华中中部聚集;L-H集群由1030个减少至568个,8 h阈值下主要分布在华南南部和华北平原;H-L集群在3个时间阈值下相对较少,主要分布在东北部分地区;而L-L集群主要分布在西部和北部地区。

从3类自然保护地的整体分类结果(4j-4l)来看,H-H集群主要分布在四川盆地、长江三角洲、华南北部、华东北部和华中中东部,这些区域面临着较大的生态保护与人类活动冲突压力;H-L集群分布于西南和东北地区;L-H集群分布在华北平原和华南南部,在这些区域,如何提高自然保护地可达性以满足人们日益增长的生态需求是之后发展的重点;



2026年2月

续图 4

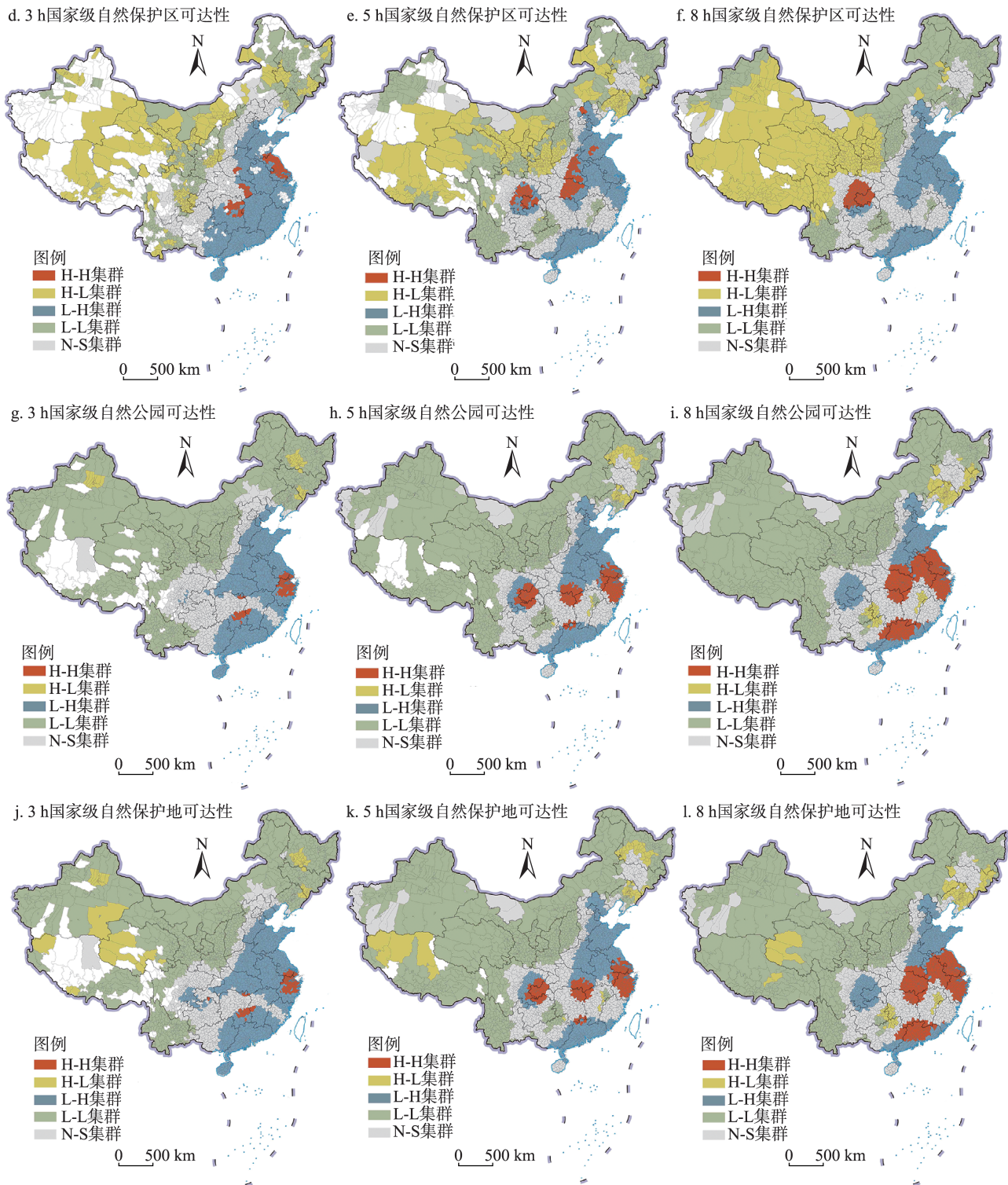


图4 不同时间阈值下3类国家级自然保护区可达性与人口分布的空间关系

Figure 4 Spatial relationship between accessibility and population distribution of three types of national-level protected areas at different time thresholds

注:基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1697号的标准地图制作,底图无修改。因数据缺失未统计港澳台地区和三沙市。

L-L 集群则广泛分布于西北、西南、华北和东北北部。

4 结论、政策建议与研究展望

4.1 结论

可达性是平衡自然保护地生态保护与人类活动的关键因素。本文以全国尺度的3类国家级自然保护地为研究对象,基于TIQS对其可达性进行测算,并结合地理探测器方法识别可达性影响因子及交互作用。主要结论如下:

(1)3类国家级自然保护地可达性具有显著的空间分异特征,国家公园与国家级自然保护区呈现“西北高、东南低”的格局,国家级自然公园则相反,在空间上形成互补关系。

(2)在不同时间阈值下,高程、地形起伏度和县域面积所表征的自然地理因素与区位特征是影响国家公园和国家级自然保护区可达性的主导因素,相比之下,国家级自然公园可达性则主要受保护地密度与高程的影响。

(3)3类国家级自然保护地面临的生态保护-人类活动矛盾呈现显著差异。高国家公园和自然保护区可达性、高人口数量地区生态保护压力突出,以四川盆地典型;而西部更广大地区仍以高可达性、低人口数量或低可达性、低人口数量特征为主,生态旅游的发展动力相对不足。

4.2 政策建议

基于以上结论,本文提出以下政策建议:

(1)基于类型分异的国家级自然保护地差异化发展

国家公园面积较大,生态敏感性较高,人类活动也可能引发严重的生态问题^[40]。需要特别关注可达性较高且服务人口较多的国家公园,应确保其在生态保护优先前提下进行科学合理开发利用。对于可达性较差的国家公园,可通过“云旅游”等措施提高其生态服务供给。位于西部、可达性较高的国家级自然保护区其保护与利用矛盾相对缓和。而华南地区南部与华北地区中部等可达性较差但人口较多的区域则可以通过构建绿色通道等措施提高国家级自然公园可达性。

(2)基于区域格局的国家级自然保护地分区发展

通过可达性与人口分布的空间关系识别,结合

区域差异性保护与利用协调理论^[41],在我国东部的高可达性、高人口数量区域,应适当增加国家级自然保护区与国家级自然公园数量,推动生态服务的末端供给与下沉。而西部地区的低可达性、低人口数量型区域,可通过加大财政转移支付和落实生态补偿机制,为其生态保护与社区发展提供资金基础。

4.3 研究展望

本文揭示了中国国家级自然保护地可达性格局及其影响因素,但可能存在以下局限:首先,受限于保护地空间数据的公开程度,仅基于现有有效数据对国家级自然保护地名录进行整合,在数据时效性和精确性方面仍有不足;其次,仅考虑了机动车交通可达性,未将公共交通及多方式衔接纳入分析。再次,没有兼顾公众对自然保护地的认知。未来研究可结合多交通方式与公众认知等方面,进一步完善国家级自然保护地可达性研究体系,为生态保护与服务功能的协同优化提供支撑。

参考文献(References):

- [1] Gatiso T T, Kulik L, Bachmann M, et al. Effectiveness of protected areas influenced by socio-economic context[J]. *Nature Sustainability*, 2022, 5: 861-868.
- [2] Stolton S, Shadie P, Dudley N. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories[M]. Gland: IUCN, 2008.
- [3] 陈东军, 虞虎, 钟林生, 等. 国家公园建设背景下区域生态-经济-社会耦合协调发展评价: 以神农架林区为例[J]. *资源科学*, 2023, 45(2): 417-427. [Chen D J, Yu H, Zhong L S, et al. Regional coupling and coordination development of ecology-economy-society under the background of national park construction: A case study of Shennongjia Forest District[J]. *Resources Science*, 2023, 45(2): 417-427.]
- [4] Pinheiro R O, Triest L, Lopes P F M. Cultural ecosystem services: Linking landscape and social attributes to ecotourism in protected areas[J]. *Ecosystem Services*, 2021, DOI: 10.1016/J.ECOSER.2021.101340.
- [5] 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[M]. 北京: 人民出版社, 2019. [General Office of the Central Committee of the Communist Party of China, General Office of the State Council. Guiding Opinions on the Establishment of a System of Natural Protected Areas with National Parks as the Main Body[M]. Beijing: People's Publishing

2026年2月

- House, 2019.]
- [6] Bučko M S, Magiera T, Górka-Kostrubiec B, et al. Ecological quality of the “Torfowisko pod Węglińcem” Nature Reserve (SW Poland) based on magnetic and geochemical studies[J]. *Journal of Applied Geophysics*, 2023, DOI: 10.1016/j.jappgeo.2022.104874.
- [7] Spiliopoulou K, Brooks T M, Dimitrakopoulos P G, et al. Protected areas and the ranges of threatened species: Towards the EU Biodiversity Strategy 2030[J]. *Biological Conservation*, 2023, DOI: 10.1016/J.BIOCON.2023.110166.
- [8] He X, Ziegler A D, Elsen P R, et al. Accelerating global mountain forest loss threatens biodiversity hotspots[J]. *One Earth*, 2023, 6(3): 303–315.
- [9] 提杨, 庄鸿飞, 陈敏豪, 等. 天津市自然保护区与区域生境质量的时空演变格局[J]. *生态学报*, 2023, 43(7): 2770–2780. [Ti Y, Zhuang H F, Chen M H, et al. Spatio-temporal evolution pattern of protected areas and regional habitat quality in Tianjin[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(7): 2770–2780.]
- [10] 王方邑, 赵智聪, 王沛, 等. 中国自然保护区碳中和贡献的初步评估及三个关键研究课题[J]. *中国园林*, 2023, 39(3): 6–13. [Wang F Y, Zhao Z C, Wang P, et al. The preliminary assessment and three key issues of carbon neutrality contribution of Protected Areas in China[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2023, 39(3): 6–13.]
- [11] 钟乐, 杨胜兰, 许欢, 等. 中国自然保护区温室气体排放核算框架构建研究[J]. *中国园林*, 2023, 39(3): 14–19. [Zhong L, Yang S L, Xu H, et al. A study on greenhouse gas emission accounting framework for protected areas in China[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2023, 39(3): 14–19.]
- [12] 王清韵, 周丁扬, 安萍莉, 等. 自然保护区政策对区域生态环境质量的影响: 以三江源地区为例[J]. *应用生态学报*, 2023, 34(5): 1349–1359. [Wang Q Y, Zhou D Y, An P L, et al. Impacts of nature reserve policy on regional ecological environment quality: A case study of Sanjiangyuan region[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2023, 34(5): 1349–1359.]
- [13] 林雅莉, 范少贞, 廖凌云, 等. 福建省自然保护区管理有效性评估: 基于保护地快速评估和优先性确定方法[J]. *生态学报*, 2022, 42(8): 3119–3133. [Lin Y L, Fan S Z, Liao L Y, et al. Evaluating the management effectiveness of protected areas based on RAPPAM in Fujian[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(8): 3119–3133.]
- [14] 张茂莎, 周亚琦, 盛茂银. 建立以国家公园为主体的自然保护区体系的思考与建议综述[J]. *生态科学*, 2022, 41(6): 237–247. [Zhang M S, Zhou Y Q, Sheng M Y. Thoughts and suggestions on the establishment of nature reserve system with national park as the main body[J]. *Ecological Science*, 2022, 41(6): 237–247.]
- [15] 张香菊, 钟林生, 陈东军. 世界自然保护区旅游治理模式及对我国的启示[J]. *世界林业研究*, 2023, 36(2): 7–13. [Zhang X J, Zhong L S, Chen D J. Tourism governance models of global protected areas and their implications for China[J]. *World Forestry Research*, 2023, 36(2): 7–13.]
- [16] Watson J E M, Darling E S, Venter O, et al. Bolder science needed now for protected areas[J]. *Conservation Biology*, 2016, 30(2): 243–248.
- [17] Zhong L, Wang J. Investigation and analysis on situation of ecotourism development in protected areas of China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(24): 7450–7457.
- [18] Jones K R, Venter O, Fuller R A, et al. One-third of global protected land is under intense human pressure[J]. *Science*, 2018, 360(6390): 788–791.
- [19] 骆军强, 张子宁, 张培蕾, 等. 中国都市圈人地关系演变中的城镇化与生态环境质量耦合[J]. *资源科学*, 2025, 47(2): 281–293. [Luo J Q, Zhang Z N, Zhang P L, et al. Coupling of urbanization and eco-environmental quality in the evolution of human-environment relationships in China’s metropolitan regions[J]. *Resources Science*, 2025, 47(2): 281–293.]
- [20] 王松茂, 牛金兰. 山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化研究[J]. *地理学报*, 2023, 78(10): 2591–2608. [Wang S M, Niu J L. Co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience in Shandong Province[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(10): 2591–2608.]
- [21] Zeng Y X, Zhong L S. Identifying conflicts tendency between nature-based tourism development and ecological protection in China[J]. *Ecological Indicators*, 2020, DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105791.
- [22] Sinclair M, Ghermandi A, Moses S A, et al. Recreation and environmental quality of tropical wetlands: A social media based spatial analysis[J]. *Tourism Management*, 2018, 71: 179–186.
- [23] 金文纨, 朱晟君, 林雄斌, 等. 交通运输影响区域产业动态的研究进展与展望[J]. *资源科学*, 2025, 47(6): 1209–1220. [Jin W W, Zhu S J, Lin X B, et al. Research progress and prospects on the impact of transportation on regional industrial dynamics[J]. *Resources Science*, 2025, 47(6): 1209–1220.]
- [24] Schirpke U, Meisch C, Marsoner T, et al. Revealing spatial and temporal patterns of outdoor recreation in the European Alps and their surroundings[J]. *Ecosystem Services*, 2018, 31(2): 336–350.
- [25] 董寅, 金贵, 邓祥征. 中国国土空间布局优化研究[J]. *地理学报*, 2024, 79(3): 672–687. [Dong Y, Jin G, Deng X Z. Optimization of territorial space layout in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2024, 79(3): 672–687.]
- [26] Zeng Y X, Zhong L S, Wang L, et al. Measuring the conflict tendency between tourism development and ecological protection in protected areas: A study on national nature reserves in China[J].

- Applied Geography, 2022, DOI: 10.1016/j.apgeog.2022.102690.
- [27] 曹开军, 商宁, 王秘秘. 中国西北五省乡村旅游重点村时空分布格局与可达性分析[J]. 干旱区地理, 2023, 46(7): 1196–1205. [Cao K J, Shang N, Wang M M. Spatial distribution pattern and accessibility analysis of the key rural tourism villages in the five northwestern provinces of China[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(7): 1196–1205.]
- [28] Wang S, Wang M, Liu Y. Access to urban parks: Comparing spatial accessibility measures using three GIS-based approaches[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2021, DOI: 10.1016/j.compenvurbysys.2021.
- [29] Fan J, Meng X, Tian J, et al. A review of transportation carbon emissions research using bibliometric analyses[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2023, 10(5): 878–899.
- [30] Lee T H, Hsieh H. Indicators of sustainable tourism: A case study from a Taiwan's wetland[J]. Ecological Indicators, 2016, 67: 779–787.
- [31] Xu H, Cui Q, Sofield T, et al. Attaining harmony: Understanding the relationship between ecotourism and protected areas in China [J]. Journal of Sustainable Tourism, 2014, 22(8): 1131–1150.
- [32] 杨文越, 李昕, 陈慧灵, 等. 基于多出行模式两步移动搜索法的广州多尺度绿地可达性与公平性研究[J]. 生态学报, 2021, 41(15): 6064–6074. [Yang W Y, Li X, Chen H L, et al. Multi-scale accessibility of green spaces and its equity in Guangzhou based on multi-mode two-step floating catchment area method (M2SFCA) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(15): 6064–6074.]
- [33] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116–134. [Wang J F, Xu C D. Geodetector: Principle and perspective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116–134.]
- [34] 葛军莲, 张翎, 刘民士, 等. 景区动态承载力估算方法及其应用[J]. 自然资源学报, 2021, 36(11): 2797–2810. [Ge J L, Zhang L, Liu M S, et al. Dynamic estimation method of scenic area carrying capacity and its application[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(11): 2797–2810.]
- [35] Zhao T, Miao C, Wang J, et al. Relative contributions of natural and anthropogenic factors to the distribution patterns of nature reserves in China's mainland[J]. Science of the Total Environment, 2022, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157449.
- [36] 秦青, 孟冬, 仇剑, 等. 道路建设对大熊猫栖息地的干扰作用: 基于核密度估计的分析[J]. 资源开发与市场, 2022, 38(11): 1314–1320. [Qin Q, Meng D, Qiu J, et al. Interference of road construction to the habitat of giant panda: Analysis based on kernel density estimation[J]. Resources Development & Market, 2022, 38(11): 1314–1320.]
- [37] Li Y, Song Z. Have protected areas in China achieved the ecological and economic “win-win” goals? Evidence from the Giant Panda Reserves of the Min Mont Range[J]. Forest Policy and Economics, 2022, DOI: 10.1016/j.forpol.2022.102845.
- [38] 何小芊, 刘策. 长江经济带国家级自然保护区空间可达性及影响因素[J]. 长江科学院院报, 2022, 39(11): 9–16. [He X Q, Liu C. Spatial accessibility of national nature reserves in the Yangtze River Economic Belt and its influencing factors[J]. Journal of Changjiang River Scientific Research Institute, 2022, 39(11): 9–16.]
- [39] Zhang Y, Li Z, Li Z, et al. Study on the spatial accessibility and influencing factors of traditional villages in the Central Plains urban agglomeration of China[J]. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2025, 24(5): 4073–4087.
- [40] 肖沁霖, 邓宗兵, 王炬, 等. 中国生态文明发展的空间关联网络及其空间收敛特征[J]. 资源科学, 2023, 45(6): 1123–1138. [Xiao Q L, Deng Z B, Wang J, et al. Spatial correlation network and spatial convergence of eco-civilization development in China[J]. Resources Science, 2023, 45(6): 1123–1138.]
- [41] Yin Z, Tang Y, Liu H, et al. Coupling coordination relationship between tourism economy–social welfare–ecological environment: Empirical analysis of Western Area, China[J]. Ecological Indicators, 2023, DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110938.

Spatial patterns and influencing factors of accessibility to national-level protected areas in China

YANG Wenyue, CHEN Yani, CONG Yanguo

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: [Objective] This study analyzes the accessibility to various types of protected areas and their influencing factors at the national scale, aiming to provide a basis for balancing ecological conservation and development utilization in these areas. [Methods] Based on data from 3464 national-level protected areas in 2021 (national parks, national nature reserves, and national natural parks), this study used the Travel O-D Point Intelligent Query System (TIQS) and Geodetector to investigate the differences in the accessibility to national-level protected areas, their influencing factors, and the spatial relationship between accessibility and population distribution across 2846 county-level administrative divisions. [Results] (1) Accessibility to national parks and national nature reserves showed a pattern of “high in the northwest and low in the southeast”, while national natural parks showed a pattern of “high in the southeast and low in the northwest”. The accessibility to the three types of protected areas formed a spatial complementary pattern. (2) Elevation, terrain relief, and county area were the dominant factors affecting the accessibility to national parks and national nature reserves, while protected area density and elevation were the dominant factors affecting the accessibility to national natural parks. (3) The contradictions and pressures between ecological conservation and human activities faced by the three types of national-level protected areas exhibit significant differences. [Conclusion] There are notable spatial disparities and complementary relationships in accessibility among different types of national-level protected areas. Differentiated conservation and development strategies should be formulated by taking into account multiple factors such as population distribution, resource endowment, and economic development level.

Key words: protected areas; national park; nature reserve; natural park; accessibility; Geodetector; China