

杨文平,邵怀勇,黄佳容,黄宝荣.青藏高原国家公园群生境质量评估.国家公园,2023,1(2): - .

Yang W P, Shao H Y, Huang J R, Huang B R. Habitat quality assessment of Qinghai-Tibet Plateau National parks. National Park, 2023, 1(2): - .

青藏高原国家公园群生境质量评估

杨文平¹, 邵怀勇¹, 黄佳容², 黄宝荣^{3,*}

1 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059

2 中南林业科技大学, 长沙 410004

3 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190

摘要: 基于 In VEST 模型对青藏高原国家公园群 13 个国家公园或国家公园建设候选区(后续均简称为国家公园)2010、2015 年 2020 年的生境质量进行了评估, 以期对未来国家公园群的建设、管理和生态保护修复工作提供支撑。结果表明: (1) 青藏高原国家公园群生境质量整体较高, 生境质量等级为高质量的区域占优势地位, 具有很高的保护价值, 其中, 羌塘、三江源、若尔盖、青海湖和高黎贡山国家公园生境质量相对较高, 帕米尔-昆仑山国家公园生境质量相对较差; (2) 2010—2020 年, 帕米尔—昆仑山、三江源、若尔盖、青海湖、羌塘和高黎贡山国家公园生境质量呈现上升的趋势, 珠穆朗玛、雅鲁藏布大峡谷、香格里拉、祁连山、贡嘎山、冈仁波齐和大熊猫国家公园呈现下降的趋势; (3) 国家公园群生境质量和重点保护野生动物物种丰富度在空间分布上存在差异性, 高黎贡山、大熊猫、若尔盖、青海湖、贡嘎山、雅鲁藏布大峡谷、珠穆朗玛和香格里拉国家公园, 生境质量较高的同时具有丰富的物种资源, 三江源、祁连山、羌塘等国家公园生境质量高、物种丰富度相对较低, 但分布有众多种群规模较大的特有种, 帕米尔-昆仑山国家公园生境质量和物种丰富度均相对较低; (4) 对于生境质量高、物种丰富度高但生境质量呈下降趋势的雅鲁藏布江大峡谷、贡嘎山、香格里拉、珠穆朗玛等国家公园候选区, 建议优先推动国家公园创建以减缓人类活动对高质量生境和重要野生动植物栖息地的破坏。

关键词: 国家公园; In VEST 模型; 物种丰富度; 生境质量

Habitat quality assessment of Qinghai-Tibet Plateau National parks

YANG Wenping¹, SHAO Huaiyong¹, HUANG Jiarong², HUANG Baorong^{3,*}

1 College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

2 Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China

3 Institute of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract: Based on In VEST model, this paper evaluates the habitat quality of 13 national parks or candidate areas for national park construction (hereinafter referred to as national parks) of Qinghai-Tibet Plateau National Park Group in 2010, 2015 and 2020 in order to provide support for the construction, management and ecological protection and restoration of National Park groups in the future. The results show that: (1) The overall habitat quality of national parks in Qinghai-Tibet Plateau is relatively high, and the areas with high quality of habitat quality rank occupy a dominant position and have high protection value. Among them, the habitat quality of national parks in Qiangtang, Three-River-Source, Zorgai, Qinghai Lake and Gaoligong Mountains is relatively high, while that of national parks in Pamir-Kunlun Mountains is relatively poor. (2) From 2010 to 2020, the habitat quality of Pamir-Kunlun Mountains, Three-River-Source, Zorgai, Qinghai Lake, Qiangtang and Gaoligong Mountains National Park showed an upward trend, while that of Qomolangma, Yarlung Zangbo Grand Canyon, Shangri La, Qilian Mountains, Minya Konka, Kangrinpoche and Giant Panda National Park showed a downward trend. (3) Habitat quality of National Park groups and species richness of wildlife under key

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究(2019QZKK0401)

收稿日期: 2023-01-05; **采用日期:** 2023- -

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: huangbaorong@casisd.cn

protection are different in spatial distribution. National parks such as Gaoligong Mountain, Giant Pandas, Zorgai, Qinghai Lake, Minya Konka, Yarlung Zangbo Grand Canyon, Qomolangma and Shangri La National Park have high habitat quality and abundant species resources. National parks such as Three-River-Source, Qilian Mountains and Qiangtang have high habitat quality and relatively low species richness. However, there are many unique species with large population size. The habitat quality and species richness of Pamir-Kunlun Mountain National Park are relatively low. (4) For the candidate areas of Yarlung Zangbo River Grand Canyon, Gongga Mountains, Shangri-La and Qomolangma with high habitat quality, high species richness but declining habitat quality, it is recommended that priority be given to promoting the establishment of national parks to alleviate the destruction of high-quality habitats and important wildlife habitats by human activities.

Key Words: National Park; In VEST model; species richness; habitat quality

生境质量是指一定时间空间范围内生态系统提供给适宜个体与种群持续发展与生存条件的能力,是衡量区域生态健康及可持续状态的重要指标^[1-3]。一般来说生境质量越好,则区域的生物多样性越高,生态系统也往往具有更高的生态系统服务供给能力。近年来,生境质量评价作为研究生态环境的热点,主要基于以下两个方面展开,一是野外实地测量区域物种数量,通过测算作为生境质量评价的指标^[4-5],该方法花费巨大且耗时耗力,只能应用在较小的尺度范围内,在大尺度的区域内实现起来较为困难;二是选取合适的遥感产品数据,运用 HIS 模型、Sol VEST 模型、In VEST 模型等生态模型计算评价指标来反映区域的生境质量状况^[6],该方法数据可获取性高,空间分析能力强,结果精确度高,可在大尺度的范围内应用。其中 In VEST 模型在生境质量评价方面应用最为广泛,如周婷等^[7]采用 In VEST 模型对神农架林区人类活动与生境质量的空间关系以及人类活动对生境质量的影响进行分析;周德志等^[8]运用 In VEST 模型评估陕北地区 1990—2020 年生境质量的时空变化特征;郑贱成等^[9]利用 FLUS-In VEST 耦合模型,对广东省 1980—2020 年生境质量变化及未来 2020—2035 年生境质量趋势进行了研究。

青藏高原具有“世界屋脊”“第三极”之称,是全球生物多样性保护热点和关键区,分布有丰富多样、独具特色的特殊生态系统类型和珍稀动植物种类^[10]。青藏高原独特的自然地域格局和生态系统对我国的生态安全具有重要的屏障作用^[11]。为使青藏高原的生态安全功能持续稳定输出、发挥最大效应,2017 年第二次青藏高原综合科学考察队首次提出了建设青藏高原国家公园群的建议和科学方案,此举得到了学术界和地方政府部门的广泛认可和关注。2019 年第二次青藏高原综合科学考察国家公园分队基于生态安全屏障功能、资源景观价值、生态系统原真性等评价研究,初步提出由 21 个单体国家公园组成的青藏高原国家公园群科学布局方案^[10,12],至 2022 年,经过近三年的进一步深入实地科学考察、评估和论证,并与《中国国家公园总体空间布局研究》课题组研讨、对接,最终确定了 13 个单体国家公园组成的青藏高原国家公园群科学布局方案。根据科考认识,国家公园群候选建设区域的生物多样性丰富,是重要的野生动植物栖息地。青藏高原国家公园群作为保护青藏高原的生态系统而在国家层面划定的自然区域,可以实现自然资源的严格保护和合理利用,为区域实现生态保护和地方经济发展的双赢提供支撑。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

拟建的青藏高原国家公园群包含 13 个单体国家公园,是由雅鲁藏布大峡谷、三江源、珠穆朗玛峰、羌塘无人区以及青藏高原边缘地区所组成的全球集中度最高、覆盖地域最广的公园群,覆盖地域面积达 56.51 万 km²,占青藏高原总面积的 22.60%,该区域位于全球平均海拔最高的区域内,最高海拔 8744m,海拔最低 619m,平均海拔 4575 m,地势东高西低,边缘起伏不平,但内部起伏较为平缓(图 1)。青藏高原国家公园群依托青藏高原内本底环境,气候多为高原气候,气温低,气温和降水的空间分布极不均匀,植被类型丰富且覆盖度高^[13],动植物资源丰富且具有独特性,自然生态良好,生态系统以草原与草甸生态系统、森林生态系统和湿

地湖泊生态系统为主(表 1)。

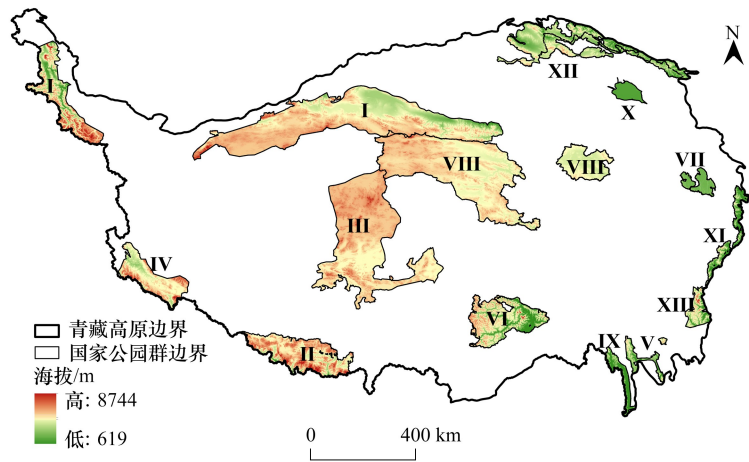


图 1 青藏高原国家公园群潜在建设区位置图
Fig.1 Location map of potential construction areas of national park groups on the Tibetan Plateau

表 1 国家公园群所处生态区和基本类型

Table 1 Ecological area and basic type of national park group

序号 Serial number	国家公园名称 National park name	生态区 Ecological area	基本类型 Basic type
I	帕米尔-昆仑山	昆仑山高寒荒漠	草原与草甸生态系统类型
II	珠穆朗玛	藏南山地灌丛草原	草原与草甸生态系统类型
III	羌塘	羌塘高原高寒草原	草原与草甸生态系统类型
IV	冈仁波齐	羌塘高原高寒草原	自然人文景观
V	香格里拉	云贵高原常绿阔叶林	草原与草甸生态系统类型
VI	雅鲁藏布大峡谷	喜马拉雅山东翼山地雨林季雨林	森林生态系统类型
VII	若尔盖	青藏高原东部高寒草甸	湿地湖泊生态系统类型
VIII	三江源	青海江河源区高寒草原	草原与草甸生态系统类型
IX	高黎贡山	南横断山针叶林	森林生态系统类型
X	青海湖	青海江河源区高寒草原	湿地湖泊生态系统类型
XI	大熊猫	青藏高原东部森林高寒草甸	野生生物类
XII	祁连山	祁连山针叶林高寒草甸	森林生态系统类型
XIII	贡嘎山	南横断山针叶林、青藏高原东部森林	森林生态系统类型

1.2 研究方法

1.2.1 生境质量指数计算

In VEST(Integrated Valuation of Ecosystem Ser-vices and Trade-offs)模型是由美国斯坦福大学、大自然保护协会(TNC)与世界自然基金会(WWF)联合开发的,初衷是为了能够在地图上标出自然景观的价值^[14]。In VEST 模型中产水量、生物多样性、碳储存和土壤侵蚀、生境风险评估等模块被广泛应用在多个国家和地区的空间规划、生态补偿、风险管理等环境管理决策中^[15-16]。本文使用 In VEST 模型的生境质量模块(Habitat Quality)计算生境质量指标,评估青藏高原生境质量的优劣,在此基础上重点分析青藏高原国家公园群生境质量。研究将草地、林地、河流水面、盐碱地等 16 个二级土地利用类型划分为适合物种栖息的生态用地类型,将设施农用地、沟渠、水工建筑用地、水田、水浇地、旱地等 22 个二级土地利用类型划分为非生态用地类型。生境质量指数由生态适宜性指数和生境退化指数共同决定,其中生态适宜性指数通过专家打分、参考相关资料进行确定,表 2 和表 3 参数的确定主要参考模型推荐的参考值以及参考文献^[17-18]。生境质量指数的具体计

算公式如下：

$$Q_{xj} = H_j \left[1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + K^z} \right) \right]$$

式中, Q_{xj} 为土地利用类型 j 中栅格单元的生境质量值, K 为栅格单元大小尺值的一半; H_j 为土地利用类型 j 的生态适宜性指数; z 为默认参数, 通常取 2.5; D_{xj} 是土地利用类型 j 中栅格单元 i 的生境退化程度。

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} \left(\frac{\omega_r}{\sum_{r=1}^R \omega_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr}$$

式中, ω_r 表示威胁源权重、 r_y 表示威胁源强度、 i_{rxy} 表示威胁源在生境的每个栅格中产生的影响、 β_x 表示生境抗干扰水平、 S_{jr} 表示每种生境对不同威胁源的相对敏感程度。在模型中, 通过威胁因子影响距离表, 可以在空间上反映出威胁因子对于生境的影响。威胁因子的影响因子可以由下式求得：

$$i_{rxy} = 1 - \left(\frac{d_{xy}}{d_{rmax}} \right), \text{线性}$$

$$i_{rxy} = \exp \left[- \left(\frac{2.99}{d_{rmax}} \right) d_{xy} \right], \text{指数}$$

式中, i_{rxy} 表示威胁因子影响程度的大小; d_{rmax} 表示威胁因子作用的最大距离; d_{xy} 表示两个地类 x, y 之间的距离。

威胁的空间影响主要由威胁因子与生境的距离和衰减方式两个参数影响。衰减方式为线性衰减和指数衰减两种类型组成。农业生产活动产生的威胁最小, 农业生产的威胁是由耕作、收割时产生的机械活动或者人为踩踏形成; 人口密集区域产生的威胁较大, 考虑到工厂机械化生产、工厂排污、风景名胜区的游览踩踏等, 将人口密集区分为城市、镇、村庄等; 道路产生的威胁主要是废气、废水、噪音等影响动物迁徙。因此最大影响距离应为人口密集区产生的威胁大于道路交通产生的威胁大于农业生产活动产生的威胁。农业活动受人为影响较为平均, 采用线性衰减, 人口聚集区和道路越接近栖息地对生境影响越严重, 且衰减慢, 所以应该采用指数衰减。

表 2 威胁因子权重和最大影响距离

Table 2 Threat factor weight and maximum influence distance

威胁因子 Threat factor	最大影响距离 Maximum influence distance /km	权重 Weight	衰减方式 Attenuation mode	威胁因子 Threat factor	最大影响距离 Maximum influence distance /km	权重 Weight	衰减方式 Attenuation mode
设施农用地 Facility agricultural land	2	0.5	线性	城市 City	5	1	指数
沟渠 Ditch	2	0.4	线性	建制镇 Town	4	0.9	指数
水工建筑用地 Hydraulic building land	2	0.5	线性	村庄 Village	3	0.8	指数
水田 Paddy field	3	0.4	线性	采矿用地 Mining land	5	1	指数
水浇地 Irrigated land	3	0.4	线性	风景名胜及特殊用地 Scenic spots and special land use	4	0.9	指数
旱地 Dry farmland	3	0.5	线性	铁路用地 Railway land	4	1	指数
田坎 Farmland ridge	2	0.4	线性	公路用地 Highway land	3	1	指数
果园 Orchard	2	0.4	线性	农村道路 Rural roads	2	1	指数
茶园 Tea garden	2	0.4	线性	机场用地 Airport land	3	1	指数
其它园地 Other gardens	2	0.3	线性	港口码头用地 Wharfs Land	3	0.9	指数
水库水面 Reservoir surface	3	0.5	线性	管道运输用地 Pipeline transportation land	3	0.9	线性

表 3 生境适宜度因子权重表和威胁敏感度量表

Table 3 Habitat suitability factor weight table and threat sensitivity quantification table																						
土地覆盖类型 Land cover	生境 适宜度 Habitats itability	设施 农用地 Facility agricultural land	水库 水面 Reservoir surface	沟渠 Ditch	水工建 筑用地 Hydraulic building land	水田 Paddy field	水浇地 Irrigated land	旱地 Dry farmland	果园 Orchard	茶园 Tea garden	其它 园地 other Gardens	城市 city	建制镇 Town	村庄 Village	采矿 用地 Mining land	风景 名胜 Scenic spots	铁路 用地 Railway land	公路 用地 Highway land	农村 道路 Rural road	机场 用地 Airport land	港口码 头用地 Wharfs Land	管道运 输用地 Pipeline transportation land
天然牧草地 Natural grassland	1	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	1	0.9	0.7	1	1	1	1	1	1	1	1
人工牧草地 Artificial grassland	0.9	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0.9	0.7	1	1	1	1	1	1	1	1
其他草地 Other grasslands	0.8	0.9	0	0.4	0.4	0.9	0.9	0.9	0	0	0	1	0.9	0.7	1	1	1	1	1	1	1	1
有林地 Forest land	1	0.1	0	0	0	0.4	0.4	0.5	0	0.8	0.8	0.7	0.6	0.4	1	0.8	1	1	0.5	0	0	0.7
灌木林地 Shrub	0.9	0.2	0	0	0	0.5	0.5	0.6	0	0.9	0.9	0.8	0.5	0.3	1	0.9	1	1	0.6	0	0	0.8
其他林地 Other forest land	0.8	0.3	0	0	0	0.6	0.6	0.7	0	1	1	0.9	0.4	0.2	1	1	1	1	0.7	0	0	0.9
河流水面 River surface	1	0.1	1	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	1	0.9	0.7	1	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7	0.8	0.9
湖泊水面 Lake surface	1	0.2	0.9	0	0	0.3	0.3	0	0	0	0	1	0.9	0.7	1	0.8	0.5	0.8	0.7	0.7	0.8	0.4
坑塘水面 Pond surface	0.7	0.3	0.8	0	0	0.4	0.4	0	0	0	0	1	0.9	0.7	1	0.8	0.4	0.7	0.6	0.7	0.8	0.3
沿海滩涂 Tidal flat	0.7	0.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.9	0.7	1	0.7	0.3	0.4	0.3	0.7	0.8	0.2
内陆滩涂 Inland mudflat	0.7	0.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.9	0.7	1	0.7	0.3	0.4	0.3	0.7	0.8	0.2
冰川及永久积雪 Glaciers and permanent snow cover	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
盐碱地 Saline-alkali land	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0
沼泽地 Swampy land	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0
沙地 Sand land	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0.5	0	0	0	0.5	0.3	0	0.7	0.1	0	0	0
裸地 Bare land	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0.6	1	0.9	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.1	0.5	0.5	0.5

1.2.2 物种名录

研究证实,鸟类、哺乳类的物种丰富度的分布能代表大多数物种的真实分布情况,是区域生物多样性很好的指示物种^[19]。因此本文选取哺乳类、鸟类动物作为代表物种,分析国家公园群潜在建设区物种丰富度格局。以国家公园群潜在建设区为范围,依据 2020 年版《重点保护动物名录》以及专著《中国鸟类分类与分布名录》^[20]、《中国哺乳动物多样性及地理分布》^[21]、世界自然保护联盟濒危物种红色名录和中国动物主题数据库 <http://www.zoology.csdb.cn/>,最终确定了分布在国家公园群范围内的哺乳和鸟类动物名录。

1.2.3 数据来源

本研究所涉及数据主要包括国家公园群 13 个国家公园边界数据、土地利用/覆被数据以及国家重点保护野生哺乳类、鸟类动物潜在栖息地范围矢量数据。青藏高原国家公园群 13 个国家公园候选区边界数据根据第二次青藏高原综合科学考察国家公园科考分队基于多年的野外科学考察和综合评估,并与《中国国家公园总体空间布局研究》课题组衔接后确定,与 2022 年国家林业和草原局等部门联合发布的《国家公园空间布局方案》中青藏高原范围内国家公园候选区边界基本一致^[22]。研究所需的 2010 年、2015 年、2020 年三期土地利用数据来源于中国国土勘测规划院数据中心,土地利用数据采用二级分类系统,分为耕地、园地、林地、草地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他土地(设施农用地、田坎、盐碱地、沼泽地、沙地、裸地)8 个一级分类共 38 个二级分类,数据集空间分辨率为 30m。国家重点野生哺乳类、鸟类保护动物潜在栖息地范围矢量数据来源于世界自然保护联盟濒危物种红色名录(International Union for Conservation of Nature) <https://www.iucnredlist.org>,物种濒危等级及潜在栖息地分布评估主要由自然保护联盟物种生存委员会(SSC)、红色名录机构(RLA)、红色名录合作伙伴或从事自然保护联盟主导的评估项目的专家进行。

2 结果分析

2.1 青藏高原国家公园群物种潜在分布与丰富度格局

根据 IUCN 红色名录获取的物种分布数据最终确定了分布在青藏高原国家公园群范围内的重点保护野生哺乳和鸟类动物共 262 种,占国家重点保护野生动物的 26.73%,隶属于 27 目 62 科;其中哺乳类动物 7 目 18 科 77 种,鸟类动物 20 目 44 科 185 种,其中哺乳类占全国重点保护野生哺乳动物的 41.62%,鸟类占全国重点保护野生鸟类动物的 46.95%。

结合 ArcGIS 的可视化功能,将其中的每一个物种空间分布数据进行二值化处理(有分布为 1,无分布为 0),最后累加得到物种潜在空间分布图(图 2),分析青藏高原国家公园群潜在建设区重点野生保护动物的空间分布格局。青藏高原国家公园群潜在建设区重点保护野生动物的多样性分布格局呈现出从东南部至西北部逐渐递减的趋势,青藏高原东南部国家公园群是物种丰富度表现较高的区域。从国家公园群布局来看,国家重点野生保护动物集中分布在高黎贡山、香格里拉、贡嘎山和大熊猫国家公园内,其中高黎贡山国家公园的重点保护野生动物最多(栅格单元值最大为 127 种,范围内包括 154 种);珠穆朗玛、雅鲁藏布大峡谷、若尔盖和青海湖国家公园也具有相对较多的重点野生保护物种,祁连山、冈仁波齐、羌塘、三江源和帕米尔国家公园的重点野生保护物种相对较少。

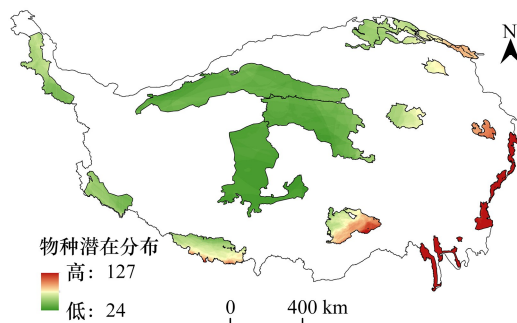


图 2 国家公园群潜在建设区重点野生哺乳纲和鸟纲保护动物分布格局

Fig.2 Distribution pattern of protected wild mammals and ornithae in potential construction areas of national parks

2.2 青藏高原国家公园群生境质量时空变化特征

2.2.1 生境质量空间分布特征

基于对青藏高原的生境质量指数估算结果,获得青藏高原国家公园的生境质量结果,采用等间距方法划分 5 个等级,生成生境质量等级图(图 3)。可以看出,青藏高原国家公园群生境质量高(质量指数为 0.8—1)的区域占 63.45%,处于优势地位,反映了国家公园群整体较高的生境质量。青藏高原国家公园群内生境质量具有明显的区域差异性,青藏高原中部地区的国家公园生境质量普遍较高,聚集大范围的高质量和较高质量生境,如羌塘、三江源、若尔盖和青海湖四个国家公园高质量生境分别占 90.71%、91.06%、81.96%和 93.75%,这几个国家公园土地利用类型以草地、湿地等为主,生态系统受人类活动的干扰相对较少,为大量珍稀、特有物种如藏羚羊、藏野驴、野牦牛、白唇鹿、湟鱼等繁衍生息提供了优质生境;青藏高原西北部地区的国家公园低和较低质量生境聚集,如帕米尔-昆仑山国家公园呈现大面积的低生境质量区域,生境质量均值只有 0.34,低质量生境占 57.96%,土地利用类型主要为盐碱地、裸地、草地,生态系统的生境适宜性较差;分布在青藏高原边缘区域的生境质量次之,中等和高质量生境聚集,如大熊猫、雅鲁藏布大峡谷等国家公园,尽管国家公园范围内以森林生态系统为主,生境适宜性较高,但人类活动干扰相对较多,使部分受人类活动干扰的区域生境质量较低。

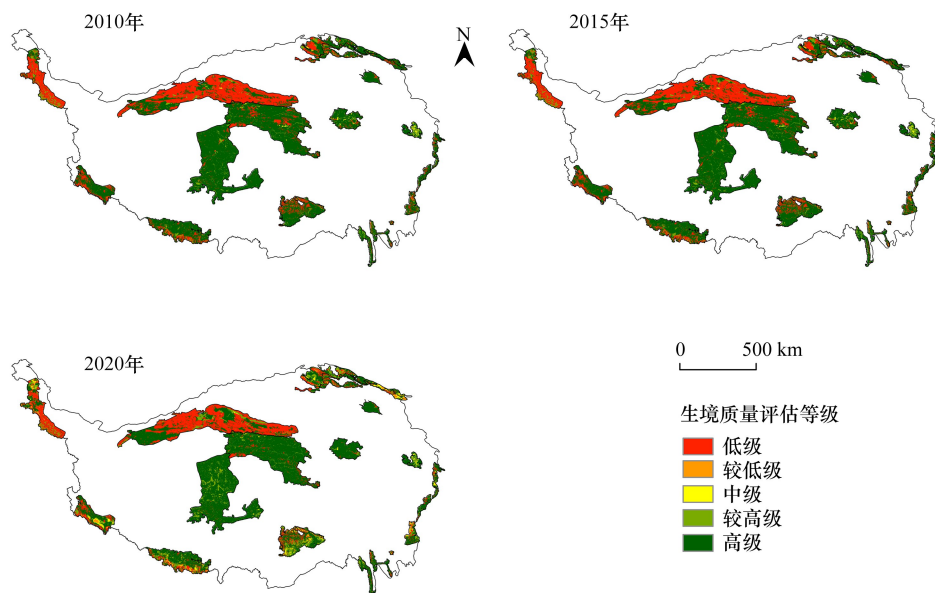


图 3 2010—2020 年生境质量评估等级空间分布

Fig.3 Spatial distribution of habitat quality assessment grades from 2010 to 2020

2.2.2 国家公园群 2010—2020 年生境质量变化

为了更清楚的了解 2010—2020 年国家公园群生境质量的变化情况,将 2010、2015 和 2020 年的生境质量栅格计算结果分别相减(2015 减 2010、2020 减 2015、2020 减 2015)得到三个生境质量指数差值图,图像值为“+”“-”分别表示生境质量值增大和减少,将结果按手动距离间隔分类为 $[-1, -0.6)$ 、 $[-0.6, -0.1)$ 、 $[-0.1, 0.1]$ 、 $(0.1, 0.6]$ 和 $(0.6, 1]$ 五类(图 4)。假设 $[-0.1, 0.1]$ 区间值为误差或者生境质量正常的波动区间,生境质量稳定; $[-0.6, -0.1)$ 和 $(0.1, 0.6]$ 区间值分别反映生境质量略有恶化和略有改善, $[-1, -0.6)$ 和 $(0.6, 1]$ 区间值分别反映生境质量显著恶化和显著改善。结果表明,2010—2015 年国家公园群范围内生境质量基本维持稳定,2015—2020 年变化相对较大(图 4),生境质量总体改善,其中生境质量稳定的区域面积占 78.16%;生境质量下降的区域占 10.36%,其中生境质量略有恶化的面积占比 7.81%,生境质量显著恶化的面积占 2.55%;生境质量上升的区域面积占 11.47%,其中略有改善的区域占 5.15%,显著改善的区域占 6.33%。

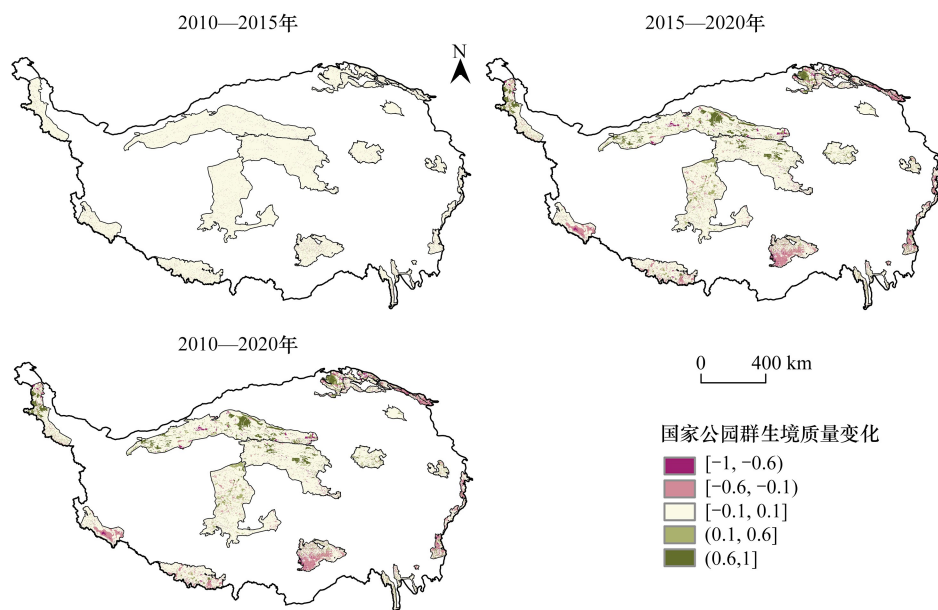


图 4 2010—2020 年国家公园群生境质量变化

Fig.4 Habitat quality changes of national park groups from 2010 to 2020

为了更清楚直观的了解各国家公园 2010—2020 年生境质量变化情况,统计各国家公园 2010—2020 年生境质量值变化幅度及其比例(表 4)。结果显示,2010—2020 年间,国家公园群中有 6 个(帕米尔—昆仑山、三江源、若尔盖、青海湖、羌塘、高黎贡山)国家公园生境质量呈现上升的趋势,7 个(珠穆朗玛、雅鲁藏布大峡谷、香格里拉、祁连山、贡嘎山、大熊猫、冈仁波齐)国家公园呈现下降的趋势。帕米尔—昆仑山国家公园生境质量上升趋势明显,16.81%的区域的生境质量值在升高,包括 12.13%的区域的生境质量显著改善,仅有 4.80%的区域的生境质量值在降低,且仅有 2.59%的区域生境质量显著恶化。三江源国家公园有 8.57%的区域的生境质量在上升,包括 5.94%的区域生境质量显著改善,主要集中在长江源区域内,仅有 2.77%的区域的生境质量在下降,生境显著恶化的区域仅有 0.94%,生境质量改善得益于三江源国家公园的建设和更加严格的生态保护措施。高黎贡山、若尔盖、羌塘和青海湖国家公园生境质量高且生境质量维持稳定,生境质量上升和下降的区域面积较小,且生境质量上升的面积大于生境质量下降的面积,生境显著改善的区域占比大于生境显著恶化的区域占比,整体来说生境质量呈现小幅度上升的趋势。大熊猫、贡嘎山和雅鲁藏布大峡谷国家公园生境质量下降的区域普遍在 30%左右,且生境质量显著恶化的区域占比较大,如大熊国家公园东北部地区、贡嘎山国家公园北部地区及雅鲁藏布大峡谷国家公园西南部地区,在图 3 中表现为大范围生境略有恶化和显著恶化聚集区,而且这三个国家公园生境质量上升的区域较少,总体而言生境质量下降较为明显;近年来这些区域社会经济特别是旅游业的发展迅速,人类活动频次和活动范围加大,对当地的生境质量造成潜在威胁。冈仁波齐国家公园生境质量相对较高,但生境质量呈下降的趋势,主要集中在该国家公园的中部地区成片状分布,生境质量下降的区域达到 26.33%,生境质量显著恶化的区域占 3.37%。祁连山国家公园生境质量下降幅度较小,但表现出大范围的生境质量下降聚集,生境质量下降的区域占 25.35%,且主要集中在祁连山国家公园的东南部地区,该部分区域是开采矿产、发展旅游和建设工程等人类活动的主要聚集地^[23];同时有 18.98%的区域的生境质量值在上升,主要集中在祁连山的西北地区。珠穆朗玛和香格里拉国家公园的生境质量变化较小且生境质量上升和下降的差别不明显,但生境质量均有小幅度下降的趋势。

表 4 国家公园群 2010—2020 年生境质量年均值及不同生境质量变化趋势区域面积百分比/%
Table 4 Annual mean value of habitat quality and variation trend of different habitat quality in national park groups during 2010—2020

国家公园名称 National park name	年均值 Annual mean			2010—2015 年变化 Changes from 2010 to 2015						2015—2020 年变化 Changes from 2015 to 2020						2010—2020 年变化 Changes from 2010 to 2020							
	2010 年	2015 年	2020 年	显著 恶化	略有 恶化	维持 稳定	略有 改善	显著 改善	显著 恶化	略有 恶化	维持 稳定	略有 改善	显著 改善	显著 恶化	略有 恶化	维持 稳定	略有 改善	显著 改善	显著 恶化	略有 恶化	维持 稳定	略有 改善	显著 改善
国家公园群	0.70	0.70	0.73	0.55	0.78	97.36	0.78	0.54	2.58	7.84	78.05	5.16	6.37	2.55	7.81	78.16	5.15	6.33	2.55	7.81	78.16	5.15	6.33
大熊猫	0.84	0.84	0.78	1.62	1.50	93.76	1.42	1.70	4.60	23.88	65.62	2.11	3.80	4.58	23.84	65.62	2.12	3.84	4.58	23.84	65.62	2.12	3.84
冈仁波齐	0.72	0.72	0.64	0.96	0.80	96.59	0.72	0.92	3.45	22.97	71.27	0.66	1.64	3.37	22.96	71.49	0.63	1.54	3.37	22.96	71.49	0.63	1.54
高黎贡山	0.85	0.85	0.87	1.99	2.87	90.15	2.95	2.04	2.34	8.24	71.60	14.06	3.75	2.40	8.27	71.34	14.14	3.86	2.40	8.27	71.34	14.14	3.86
贡嘎山	0.76	0.76	0.70	2.36	1.77	92.03	1.47	2.38	8.10	26.66	50.17	5.55	9.52	7.98	26.69	50.37	5.51	9.46	7.98	26.69	50.37	5.51	9.46
帕米尔-昆仑山	0.34	0.34	0.43	0.34	0.33	98.51	0.47	0.34	2.65	2.26	78.24	4.67	12.18	2.59	2.21	78.39	4.68	12.13	2.59	2.21	78.39	4.68	12.13
祁连山	0.69	0.69	0.66	0.83	1.30	95.86	1.21	0.81	7.92	17.53	55.43	10.45	8.66	7.85	17.50	55.67	10.38	8.60	7.85	17.50	55.67	10.38	8.60
羌塘	0.92	0.92	0.94	0.16	0.65	98.37	0.66	0.16	0.34	4.38	85.94	7.99	1.36	0.33	4.35	86.02	7.97	1.34	0.33	4.35	86.02	7.97	1.34
青海湖	0.94	0.94	0.95	0.30	0.47	98.58	0.42	0.23	0.67	0.86	94.03	3.10	1.34	0.72	0.92	93.98	3.07	1.32	0.72	0.92	93.98	3.07	1.32
若尔盖	0.88	0.88	0.90	0.18	1.65	96.32	1.68	0.17	0.51	7.27	81.96	9.84	0.42	0.52	7.29	81.88	9.89	0.42	0.52	7.29	81.88	9.89	0.42
三江源	0.89	0.89	0.94	0.35	0.41	98.48	0.41	0.34	0.96	1.86	88.58	2.65	5.96	0.94	1.83	88.66	2.63	5.94	0.94	1.83	88.66	2.63	5.94
香格里拉	0.82	0.81	0.79	2.15	3.48	89.18	3.09	2.10	4.73	10.13	74.92	6.63	3.59	4.79	10.20	74.73	6.68	3.60	4.79	10.20	74.73	6.68	3.60
雅鲁藏布大峡谷	0.77	0.77	0.69	1.20	1.97	93.94	1.72	1.17	5.66	29.95	56.55	4.18	3.66	5.68	29.97	56.51	4.19	3.65	5.68	29.97	56.51	4.19	3.65
珠穆朗玛	0.78	0.78	0.76	0.80	1.11	96.21	1.12	0.76	2.81	11.16	79.79	3.54	2.70	2.76	11.07	80.07	3.47	2.62	2.76	11.07	80.07	3.47	2.62

3 结论与讨论

本文运用 In VEST 模型计算了 2010—2020 年青藏高原国家公园群潜在建设区的生境质量,并通过文献资料和物种空间分布数据确定了国家公园群内的重点野生哺乳类和鸟类保护动物名录,得到了国家公园群物种潜在栖息地空间分布信息及生境质量时空变化特征,获得如下结论。

(1) 青藏高原国家公园群生境质量整体较高,生境质量等级为高质量的区域占优势地位,具有很高的保护价值。国家公园群生境质量具有明显的区域差异性,羌塘、三江源、若尔盖、青海湖和高黎贡山国家公园表现较高的生境质量,香格里拉、大熊猫、珠穆朗玛、贡嘎山、雅鲁藏布大峡谷、祁连山、冈仁波齐等国家公园也有相对较高的生境质量,帕米尔-昆仑山国家公园生境质量相对较差。2010—2020 年,帕米尔-昆仑山、三江源、若尔盖、青海湖、羌塘和高黎贡山国家公园生境质量呈现上升的趋势,其中,帕米尔-昆仑山、三江源国家公园生境质量改善较为明显;珠穆朗玛、雅鲁藏布大峡谷、香格里拉、祁连山、贡嘎山、冈仁波齐和大熊猫国家公园呈现下降的趋势,其中,冈仁波齐、贡嘎山、雅鲁藏布大峡谷国家公园生境质量下降较为明显。

(2) 青藏高原国家公园群潜在建设区重点保护野生动物的多样性分布格局呈现出从东南部至西北部逐渐递减的趋势,青藏高原东南部国家公园群是物种丰富度表现较高的区域。高黎贡山国家公园的重点保护野生动物物种最丰富,珠穆朗玛、雅鲁藏布大峡谷、若尔盖和青海湖国家公园也具有相对较多的重点野生保护物种,祁连山、冈仁波齐、羌塘、三江源和帕米尔-昆仑山国家公园的重点野生保护物种相对较少。

(3) 青藏高原国家公园群生境质量和重点保护野生动物物种丰富度在空间分布上存在差异性。高黎贡山、大熊猫、若尔盖、青海湖、贡嘎山、雅鲁藏布大峡谷、珠穆朗玛和香格里拉国家公园,生境质量较高的同时具有丰富的物种资源,该类国家公园主要位于青藏高原西南部、东南部和南部地区,气候条件良好,生态系统类型以森林生态系统和湿地湖泊生态系统为主,生态环境优越,较适合各类物种生存繁衍。三江源、祁连山、羌塘和冈仁波齐国家公园表现出高生境质量低物种丰富度的现象,该类国家公园主要位于海拔 2027m 以上,最高海拔 7677m,生态系统类型草原与草甸生态系统为主,适应于这类地理气候条件和生态系统类型的野生动物相对较少,但由于生境质量较高,这几个国家公园成为众多青藏高原特有物种包括藏羚羊、藏野驴、白唇鹿、野牦牛,以及生境质量指示物种雪豹繁衍生息的乐园,物种丰富度相对较低,但种群规模相对较大,具有很高的保护价值。帕米尔-昆仑山国家公园主要位于帕米尔高原和昆仑山脉地区,土地利用类型以天然牧草地、裸地和高寒荒漠为主,受自然条件的限制,该国家公园为低生境质量和低物种丰富度。

(4) 针对不同生境质量状态、变化趋势和物种丰富度的国家公园,需要采取不同的国家公园建设和生态保护策略。对于生境质量高、物种丰富度高但生境质量呈下降趋势的雅鲁藏布、贡嘎山、香格里拉、珠穆朗玛等国家公园建设候选区,建议作为国家公园建设的优先区域,加快推动国家公园的创建,通过国家公园建设减少人类活动对高质量生境和重要野生动植物栖息地的破坏;对于生境质量高,物种丰富度低、但特有物种多种群规模大,生境质量持续改善的三江源、羌塘国家公园,进一步维持当前的国家公园管理或生态保护策略;对于生境质量相对较低、物种丰富度也相对较低但生境质量持续改善的帕米尔-昆仑山国家公园应进一步采取基于自然的解决方案实施山水林田草湖草生态保护修复工程,促进生境质量特别是藏羚羊重要繁殖地生境质量的进一步改善,久久为功,持续推进国家公园创建工作。

(5) 生境质量是衡量区域生态环境的重要指标^[23],本研究基于 InVEST 模型评估生境质量,In VEST 模型在计算生境质量时生境适宜度因子权重和威胁敏感度和威胁因子权重和最大影响距离的设置对计算结果影响较大。而研究区范围跨度较大,在评估不同国家公园生境质量时,按理需要对相关的参数进行调整,但由于缺乏科学验证数据,本文在计算确定参数时统一引用了模型推荐参考值以及相关参考文献推荐值^[17],未考虑参数设置的区域差异性,因此会对评估结果的精确性造成一定影响。未来需要进一步基于更深入的科学考察,针对每个国家公园自然地理、生态、生物物种和人文特征,调整优化其生境质量评估所需各类参数,以获取更加精准的评估结果。

参考文献(References):

- [1] 王耕, 王佳雯. 丹东沿海地区土地利用变化对生境质量的影响研究. 生态环境学报, 2021, 30(3): 621-630.
- [2] Terrado M, Sabater S, Chaplin-Kramer B, MandleL, Ziv G, Acuña V. Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning. Science of the Total Environment, 2016, 540: 63-70.
- [3] 黄鑫, 程文仕, 李晓丹, 杨昌裕, 邢秀为. 甘肃省生境质量变化的图谱特征. 应用生态学报, 2020, 31(9): 3131-3140.
- [4] 高峰, 向劲, 谢宜兴, 邓智勇, 陈家法, 谢玉坤, 欧东升, 王崇瑞. 基于大型无脊椎动物群落多样性的张家界野生大鲵生境质量评价. 淡水渔业, 2023, 53(1): 102-112.
- [5] Hillard E M, Nielsen C K, Groninger J W. Swamp rabbits as indicators of wildlife habitat quality in bottomland hardwood forest ecosystems. Ecological Indicators, 2017, 79: 47-53.
- [6] 勾蒙蒙, 刘常富, 李乐, 肖文发, 欧阳帅, 王娜, 胡建文. 三峡库区典型流域生境质量时空演变特征与情景模拟. 生态学杂志, 2022, 42(10): 1-12[2022-10-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1148.Q.20220620.1031.004.html>
- [7] 周婷, 陈万旭, 李江风, 梁加乐. 神农架林区人类活动与生境质量的空间关系. 生态学报, 2021, 41(15): 6134-6145.
- [8] 周德志, 关颖慧, 张冰彬, 陈容, 王秀茹. 基于土地利用变化的陕北地区生境质量时空演变及其驱动因素. 北京林业大学学报, 2022, 44(6): 85-95.
- [9] 郑贱成, 谢炳庚, 游细斌. 基于土地利用变化的广东省生境质量时空演变特征. 生态学报, 2022, 42(17): 6997-7010.
- [10] 陈东军, 钟林生, 樊杰, 虞虎, 杨定, 曾瑜哲. 青藏高原国家公园群功能评价与结构分析. 地理学报, 2022, 77(1): 196-213.
- [11] 钟祥浩, 刘淑珍, 王小丹, 朱万泽, 李祥妹, 杨俐. 西藏高原国家生态安全屏障保护与建设. 山地学报, 2006, 24(2): 129-136.
- [12] 樊杰, 钟林生, 黄宝荣, 虞虎, 王亚飞, 陈东, 郭锐, 刘宝印. 地球第三极国家公园群的地域功能与可行性. 科学通报, 2019, 64(27): 2938-2948.
- [13] 邓冉, 邵怀勇, 黄宝荣, 张丛林, 周中仁, 樊杰. 青藏高原生态系统完整性远程评价与国家公园群建设时序研究. 生态学报, 2021, 41(3): 847-860.
- [14] 吴哲, 陈歆, 刘贝贝, 初金凤, 彭黎旭. InVEST 模型及其应用的研究进展. 热带农业科学, 2013, 33(4): 58-62.
- [15] 闫玉玉, 孙彦伟, 刘敏. 基于生态安全格局的上海国土空间生态修复关键区域识别与修复策略. 应用生态学报, 2022, 33(12): 3369-3378.
- [16] 屠越, 刘敏, 高婵婵, 孙彦伟, 蔡超琳, 苏玲. 大都市区生态源地识别体系构建及国土空间生态修复关键区诊断. 生态学报, 2022, 42(17): 7056-7067.
- [17] 韩艳莉, 陈克龙, 于德永. 土地利用变化对青海湖流域生境质量的影响. 生态环境学报, 2019, 28(10): 2035-2044.
- [18] 王宏杰. 基于 InVEST 的三江源生境质量评价. 价值工程, 2016, 35(12): 66-70.
- [19] 李智琦, 欧阳志云, 曾慧卿. 基于物种的大尺度生物多样性热点研究方法. 生态学报, 2010, 30(6): 1586-1593.
- [20] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录. 4 版. 北京: 科学出版社, 2023.
- [21] 蒋志刚, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚. 中国哺乳动物多样性及地理分布. 北京: 科学出版社, 2015.
- [22] 唐小平, 欧阳志云, 蒋亚芳, 马伟, 徐卫华, 陈尚, 刘增力. 中国国家公园空间布局研究. 国家公园, 2023, 1(1): 1-10.
- [23] 勾蒙蒙, 刘常富, 李乐, 肖文发, 欧阳帅, 王娜, 胡建文. 三峡库区典型流域生境质量时空演变特征与情景模拟. 生态学杂志, 2023, 42(1): 180-189.