北京林业大学学报
JOURNAL OF BEIJING FORESTRY UNIVERSITY

西藏地区自然保护区“三生”空间功能演变特征及生态环境效应

刘豪强 张丽波 王梓懿 陈翔宇 常江

Functional evolution characteristics and eco-environmental effects of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region, southwestern China

Liu Haoqiang, Zhang Libo, Wang Ziyi, Chen Xiangyu, Chang Jiang

引用本文:
刘豪强, 张丽波, 王梓懿, 陈翔宇, 常江. 西藏地区自然保护区“三生”空间功能演变特征及生态环境效应[J]. 北京林业大学学报, 2026, 48(1):129–143. doi: 10.12171/j.1000–1522.20250237
Liu Haoqiang, Zhang Libo, Wang Ziyi, Chen Xiangyu, Chang Jiang. Functional evolution characteristics and eco–environmental effects of “production–living–ecological” spaces in nature reserves of Xizang region, southwestern China[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2026, 48(1):129–143. doi: 10.12171/j.1000–1522.20250237

在线阅读 View online: https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20250237

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

黄河流域国家级自然保护区生态系统服务功能评估

Evaluation of ecosystem service function of national nature reserves of the Yellow River Basin

北京林业大学学报, 2024, 46(7): 90–100. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20230047

辽宁仙人洞国家级自然保护区森林生态服务物质量评估及权衡与协同

Material quality assessment and trade–off synergies of forest ecological service in Xianrendong National Nature Reserve, Liaoning Province of northeastern China

北京林业大学学报, 2023, 45(9): 83–94. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20220055

环境因子对长白山自然保护区森林群落分布的影响

Effects of environmental factors on forest community distribution in Changbai Mountain Nature Reserve of northeastern China

北京林业大学学报, 2023, 45(8): 57–64. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20220086

宁夏灵武白芨滩国家级自然保护区防风固沙功能辐射效益

Radiation effects of windbreak and sand fixation function in Baijitan National Nature Reserve, Lingwu, Ningxia of northwestern China

北京林业大学学报, 2022, 44(7): 78–89. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20210034

黑龙江丰林国家级自然保护区生态系统服务价值评估与分析

Evaluation and analysis on ecosystem service value of Fenglin National Nature Reserve in Heilongjiang Province of northeastern China

北京林业大学学报, 2021, 43(7): 100–110. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20210041

赛罕乌拉自然保护区西伯利亚狍的家域动态分析

Dynamic analysis of *Capreolus pygargus* home range in Saihanwula Nature Reserve, Inner Mongolia of northern China

北京林业大学学报, 2021, 43(12): 73–82. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20200369

DOI:10.12171/j.1000−1522.20250237

西藏地区自然保护区“三生”空间功能演变特征及生态环境效应

刘豪强[1]　张丽波[2]　王梓懿[1]　陈翔宇[1]　常　江[1]
（1. 中国矿业大学建筑与设计学院，江苏 徐州 221000；2. 中国雅江集团有限公司，西藏 拉萨 850011）

摘要:【目的】厘清西藏自然保护区“三生”空间功能演变规律及生态环境效应，旨在协调西藏自然保护区社会经济与生态环境保护之间的矛盾，为其“三生”空间布局完善与结构优化提供决策依据。**【方法】**以西藏 11 个国家级自然保护区为研究对象，构建“三生”空间分类体系，运用转移矩阵、动态度、生态环境质量指数及生态贡献率方法，对西藏自然保护区“三生”空间功能演变及生态环境效应进行量化分析。**【结果】**(1)2000—2020 年，西藏自然保护区“三生”空间演变表现为生态空间缩减、生活与生产空间快速扩张，其中 2015—2020 年为变化最剧烈阶段，综合动态度达 0.26%。空间转化集中在羌塘、色林错与雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤等保护区。(2)西藏自然保护区生态环境质量指数由 2000 年的 0.581 3 升至 2020 年的 0.589 4，生态环境质量呈现“东高西低”空间格局，改善区域是恶化区域的 2.3 倍。(3)西藏自然保护区生态环境效应呈现显著的区域差异，高质量区集中分布在类乌齐马鹿、芒康滇金丝猴、麦迪卡湿地、雅鲁藏布大峡谷及察隅慈巴沟保护区，中低质量区集中分布于雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤、色林错、羌塘北部与珠穆朗玛峰保护区南部。**【结论】**西藏自然保护区生态环境质量呈现“总体改善、局部恶化”态势，城乡生活与农业生产的无序扩张是局部生态环境恶化的关键因素，未来应严守生态保护红线与开发建设边界，继续推动林、草地保护与建设工程。研究结果可为促进区域生态修复及国土空间布局优化提供参考。

关键词：“三生”空间；空间功能演变；生态环境质量；自然保护区；西藏地区
中图分类号：F301.2；X171.1　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1000−1522(2026)01−0129−15
引文格式：刘豪强，张丽波，王梓懿，等. 西藏地区自然保护区“三生”空间功能演变特征及生态环境效应［J］. 北京林业大学学报，2026，48(1)：129−143. Liu Haoqiang, Zhang Libo, Wang Ziyi, et al. Functional evolution characteristics and eco-environmental effects of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region, southwestern China[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2026, 48(1): 129−143.

Functional evolution characteristics and eco-environmental effects of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region, southwestern China

Liu Haoqiang[1]　Zhang Libo[2]　Wang Ziyi[1]　Chen Xiangyu[1]　Chang Jiang[1]
(1. School of Architecture and Design, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221000, Jiangsu, China;
2. China Yajiang Group Co., Ltd., Lasa 850011, Xizang, China)

Abstract: ［**Objective**］This study clarified the functional evolution patterns and ecological effects of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region, southwestern China to reconcile socio-economic development with ecological conservation, thereby providing decision-making support for optimizing spatial configurations. ［**Method**］Focusing on 11 national-level nature reserves in Xizang region,

收稿日期: 2025−06−24　**修回日期:** 2025−11−25
基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (42401352)，中国矿业大学研究生创新计划（2024WLJCRCZL351）。
第一作者: 刘豪强。主要研究方向：土地利用变化与生态环境研究。Email: ts23190005a31@cumt.edu.cn　地址：221000 江苏省徐州市铜山区大学路 1 号中国矿业大学建筑与设计学院。
责任作者: 常江，教授，博士生导师。主要研究方向：矿业城市更新、工业遗产保护与再利用、矿区生态重建。Email: changjiang102@163.com　地址：同上。
本刊网址: https://j.bjfu.edu.cn; https://journal.bjfu.edu.cn

we established a “production-living-ecological” classification system and quantified functional transitions and ecological impacts using transfer matrices, dynamic degree, ecological quality indices, and ecological contribution rates. [**Result**] (1) From 2000 to 2020, the evolution of “production-living-ecological” spaces in Xizang nature reserves was characterized by a reduction in ecological space and rapid expansion of living and production spaces. Among these periods, 2015–2020 was the most drastic phase, with a comprehensive dynamic degree of 0.26%. Spatial transformations were concentrated in reserves such as Qiangtang, Selincuo, and the black-necked crane nature reserve in the middle reaches of the Yarlung Zangbo River Valley. (2) The eco-environmental quality index of Xizang nature reserves rose from 0.581 3 in 2000 to 0.589 4 in 2020, showing a spatial pattern of “higher in the east and lower in the west”. The area of improved regions was 2.3 times of degraded regions. (3) The eco-environmental effects of Xizang nature reserves exhibited significant regional differences. High-quality areas were concentrated in reserves including Riwoqe Red Deer, Markam Yunnan Snub-Nosed Monkey, Maidika Wetland, Yarlung Zangbo Grand Canyon, and Zayü Cibagou. Medium and low-quality areas were mainly distributed in the Black-Necked Crane Nature Reserve in the middle reaches of the Yarlung Zangbo River Valley, Selincuo Nature Reserve, northern Qiangtang, and southern Mount Qomolangma Nature Reserve. [**Conclusion**] The eco-environmental quality of Xizang nature reserves presents a trend of “overall improvement with local deterioration”. The uncontrolled expansion of urban-rural living spaces and agricultural production is the key factor leading to local ecological degradation. In the future, we should strictly adhere to ecological protection red lines and development-construction boundaries, and continue to promote forest and grassland protection and construction projects. The research results can provide a reference for promoting regional ecological restoration and optimizing territorial spatial layout.

Key words: “production-living-ecological” spaces; evolution of spatial functions; eco-environmental quality; nature reserves; Xizang region

随着生态文明建设的推进和以国家公园为核心的自然保护地体系构建，自然保护区空间布局的完善与结构优化成为关键任务[1]。自然保护区作为兼具独特生态功能与自然经济价值属性的复合型生态系统[2]，不仅是生物多样性保护的核心载体，而且在珍稀物种保育、典型生态系统功能维系及自然遗产传承中亦发挥着不可替代的作用[3]。截至 2021 年底，我国已设立 2 837 处自然保护区，其中国家级 474 处，已基本形成类型完备、布局合理且功能健全的自然保护体系[4]。然而，当前自然保护区不仅面临生态保护与原住民生计之间的平衡难题，还深陷历史遗留的大量生产经营活动所引发的多重矛盾之中[5]。在气候变化与快速城镇化的背景下，加剧了保护区内生活、生产与生态保护的矛盾，土地及生态环境受到前所未有的威胁和挑战[6]。土地利用研究是识别保护区人地关系现状的重要基础。党的十八大报告明确提出，要构建集约高效的生产空间、宜居适度的生活空间以及山清水秀的生态空间（即“三生”空间）。值得注意的是，“三生”空间的划分正是基于土地利用的功能属性，其不仅是人地系统协调发展的核心要素，还能有效推动国土空间系统的优化升级[7−8]。因此，深入剖析自然保护区“三生”空间功能演变特征，协调其平衡关系，旨在缓解人地矛盾、优化国土空间资源配置、降低生态潜在风险，这对于维护保护区生态系统结构稳定及功能发挥至关重要，直接关系到动植物栖息地可持续发展。西藏作为国家生态安全屏障和全球生物多样性保育热点区域[9]，同时也是气候变化敏感区和生态脆弱区，其保护成效直接关系青藏高原生态安全格局稳定。近年来，在气候暖湿化与人类活动强度加剧的双重影响下[10]，区域高寒生态系统结构功能受到冲击，导致自然保护区“三生空间”的人地矛盾加剧，持续引发草地退化、土地荒漠化及生物栖息地破碎化等一系列生态问题[11]。

当前，国内外关于自然保护区的研究多集中于生物多样性保护[12]、土地利用[13]、生态系统服务的权衡协同[14]、空间分布[15]等方面。现有土地利用研究成果中，李春霖等[16]以甘肃民勤连古城保护区为对象，揭示其景观破碎度长期稳定，但土地利用多样性不足、生态系统稳定性偏低的特征。金伟等[17]通过遥感监测浙江省江山仙霞省级保护区发现，近 30 年，其植被质量显著提升，证实保护区建设对生态环境和生物多样性保护有积极作用。顾羊羊等[18]以沅江源自然保护区为对象，通过遥感影像对其生态环境质量演变进行监测，表明退耕还林工程显著提高了

区域生态环境质量。王琯鑫等[19]基于遥感影像，对赛罕乌拉国家级自然保护区 1995—2006 年土地利用变化进行分析，发现保护区受到自然和人为活动干扰，导致草地显著缩减，而随着生态保护政策的实施，草地和林地实现快速恢复。截至目前，相关研究多围绕单一保护区尺度的土地利用变化展开，尚缺乏对区域整体格局的系统探讨，且从研究视角看，多聚焦用地面积增减与格局演变，对于土地利用变化的系统性分析不足。“三生”空间作为国土空间功能划分的重要框架，为这一空白提供了关键视角。“三生”空间本质是人地关系在空间维度的映射与表征，其核心在于通过“三生”功能的协同配置，实现空间资源的优化利用[20]。

当前学界关于“三生”空间功能的探讨围绕 3 个方向展开。一是功能识别与分类体系构建，如李广东等[21]基于土地、生态系统和景观 3 大功能维度，建立城市“三生”空间分类体系，进而识别其主导功能，并分析不同功能在空间上的邻近关系；逯承鹏等[22]则通过测度黄河流域甘肃段县域的“三生”功能指数，揭示其区域功能的时空格局特征，并探究影响空间分异的作用机制。二是演化规律与耦合机制研究，如熊加辉等[23]分析长江流域“三生空间”演变及其生态质量，用 FLUS-Markov 模拟未来 30 年自然发展、耕地与生态保护 3 情景格局，预测长江流域“三生”空间分布格局及未来生态环境的变化。三是空间统筹优化和管控模式研究，如袁文华等[24]在陆海统筹视角下，以山东莱州为研究区，通过陆海拼接融合识别多功能分类及空间特征，强调应统筹陆海空间功能，通过单一功能优势区的多元转化及三重功能区的统筹提升，推进沿海区域高效发展。总体来看，现有研究在模型方法、实践分析等方面已有较好积累，但仍存在一定的局限，研究尺度多集中于区域、行政区划等尺度，现有成果也多集中于单个自然保护区，缺乏对于青藏高原等特殊生态地理区多个保护区“三生”空间的整体分析，其次多侧重于“三生”空间的格局描述，对“三生”功能转化与生态质量变化之间关联机制的量化分析仍较薄弱，且多数研究采用通用“三生”空间分类标准，未考虑高寒保护区生态脆弱性、物种特有性等特征优化分类体系。土地利用变化的环境影响是全球变化研究的关键议题[25]，涉及大气、生态系统等多领域。相关生态环境效应影响的研究多聚焦气候变化[26]、水生态环境[27]、物种多样性[28]等单一要素剖析。Houghton[29]指出，自 1850 年以来，约 35% 的人类活动碳排放源于土地利用变化。在生态系统服务功能方面。Pimm[30]发现，土地利用变化会引发生物多样性下降、生境破碎及水土生态功能退化等连锁反应。与此同时，土地变化对景观生态格局的影响亦受到关注[31]。基于土地利用主导功能转化所导致的水环境恶化、土壤质量下降及生态质量退化等问题已成为社会关注的焦点[32]。然而，当前研究鲜有从土地利用“三生”功能转化视角解析人地交互作用对生态环境的影响。

鉴于此，为弥补现有研究在区域整体性分析、生态环境效益机制及高寒特色分类体系方面的不足，本文以西藏 11 个国家级自然保护区为研究对象（图 1），基于土地利用主导功能，构建西藏自然保护区“三生”空间分类体系，探究其动态演变特征，并量化不同空间功能转化的生态环境效应。最后基于定量结果，识别生态恶化关键区域及过程，提出“分区分类、精准施策”的空间优化策略，为协调西藏自然保护区生态保护与经济发展矛盾、优化国土空间功能布局提供科学依据。

1　研究区概况与研究方法

1.1　研究区概况

西藏自治区位于我国西南部（26°50′～36°53′N，78°25′～99°06′E），作为青藏高原核心区域，平均海拔超过 4 000 m，高原地貌占据绝对主导地位。受高海拔地理环境影响，区域以高原山地气候与温带半干旱季风气候为主，呈现降水量空间差异显著、强辐射、昼夜温差大等典型特征，年降水量自东南向西北递减，东南部湿润区在 700～800 mm，中部半干旱区约 400 mm，而西北部干旱区仅约 100 mm；年均温为 −3～12.0 ℃，气候垂直与水平分异特征突出[33]。此外，特殊的地形与气候塑造了多样的地貌景观，区内拥有众多高原湖泊，河流和冰川广布，是独特的“亚洲水塔”的重要组成部分。植被分布呈现显著的水平地带分异特征，自东南向西北依次分布森林、草甸、草原、荒漠和高山植被，形成从湿润区到干旱区的完整梯度。这种多元的自然环境孕育了极为丰富的物种资源，不仅是藏羚羊（*Pantholops hodgsonii*）、黑颈鹤（*Grus nigricollis*）等濒危物种的重要栖息地，更是全球生物多样性保护的关键区域[34]。

1.2　数据来源

西藏自治区国家级自然保护区的数据资料主要来源于中华人民共和国生态环境部（https://www.mee.gov.cn/）公布的《2017 年全国自然保护区名录》。保护区边界数据主要来源于中国自然保护区标本资源共享平台的地理信息库栏目（http://www.papc.cn/html/folder/946895—1.htm）。

本研究使用的 2000—2020 年 5 期土地利用数据主要来源于武汉大学 CLCD 数据集[35]，分辨率为

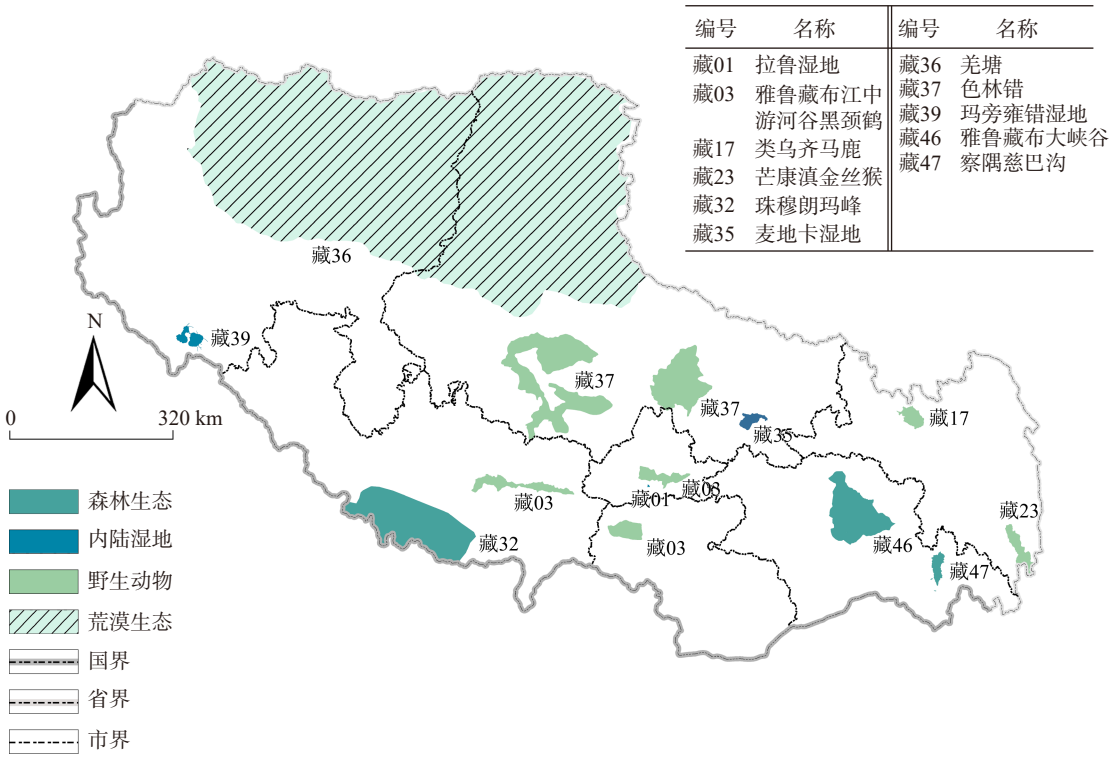


图 1 西藏地区国家级自然保护区空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of national nature reserves in Xizang region

30 m，同时参照来自地理空间数据云（http://www.gscloud.cn/）土地利用遥感影像数据，对于土地利用数据进行修正得到最终数据。

1.3 研究方法

1.3.1 模糊评价法与面积加权法

在本研究中，用模糊评价法[36]，结合西藏自然保护区特征，将生态环境质量指数从定性转化为定量指数，通过专家调查结合实际调研，选取水源涵养、生物多样性、气候调节、人为干扰（负面）、生态服务 5 项核心指标来构建判断矩阵，经归一化处理，结合面积加权采用加权平均值，对各“三生”空间类型的生态环境质量进行模糊赋值。

面积加权法[37]是指在计算一个整体区域的综合指标时，将该区域划分为多个子区域。每个子区域的指标值会乘以其自身面积占整体总面积的比例，再将所有结果相加，最终得到整体区域的综合指标。简单来说，面积越大，其指标值在最终结果中的权重就越大。

$$W_e = \frac{A_e}{A_m} \tag{1}$$

式中：W_e表示第e个子区域的面积权重，A_e为第e个子区域的实际面积，A_m表示区域总面积。

$$X = \sum_{e=1}^{n} X_e \times W_e \tag{2}$$

式中：X表示整体区域的面积加权平均值，X_e为第e个子区域的目标属性值，n为“三生”空间总数。

1.3.2 “三生”空间分类体系

作为人类需求的空间表征，土地利用类型的功能属性与配置方式直接影响土地功能的实现效率，而国土空间作为各类土地功能落地的物质载体，为土地利用的合理布局提供了空间基础与实施框架。本文基于武汉大学 CLCD 土地利用分类体系，借鉴张红旗等[38]关于中国“三生”用地分类体系与刘继来等[39]对全国的“三生”空间划分范式，并结合西藏独特的土地利用特征，构建适用于西藏自然保护区的“三生”空间分类体系，包括 3 个一级类、7 个二级类（表 1），特别将兼具水源涵养和生物多样性保护等核心生态功能的冰雪与湿地单独划分为重点生态用地，突出高海拔地区关键生态要素的保护需求；生态容纳地主要涵盖植被覆盖度低、气候条件恶劣且不适宜人类活动的土地类型，如沙地、盐碱地、裸岩石砾地和戈壁等[7]。在此基础上，本研究借鉴李晓文等[40]提出的生态环境质量评估方法，结合西藏自然保护区的地貌特征、植被分布及土地利用格局，采用模糊评价法对各土地类型的生态属性进行量化，结合面积加权法构建“三生”空间地类的生态环境质量指数。

1.3.3 “三生”空间转移矩阵

“三生”空间转移矩阵可以量化分析各类空间类型的动态转化过程，可系统分析各类空间类型的动

表 1　“三生”空间主导功能分类体系及生态环境质量指数

Tab. 1　Dominant function classification system of “production-living-ecological” spaces and eco-environmental quality index

“三生”空间类型			土地利用分类	生态环境质量指数
一级地类	二级地类			
生活空间	Ⅰ	城乡生活用地	不透水面	0.20
生产空间	Ⅱ	农业生产用地	农田	0.25
生态空间	Ⅲ	林地生态用地	森林、灌木	0.78
	Ⅳ	草地生态用地	草地	0.67
	Ⅴ	生态容纳地	裸地	0.24
	Ⅵ	重点生态用地	冰雪、湿地	0.80
	Ⅶ	水域生态用地	水体	0.58

态转化过程，进而揭示不同空间类型的结构特征、规模演变趋势及相互转化规律[41]，其表达式为

$$A_{ij}=\begin{bmatrix} A_{11} & \cdots & A_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{n1} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix} \tag{3}$$

式中：A_{ij}表征研究时段内第i类“三生”空间向第j类“三生”空间转化的土地面积（km^2），n为“三生”空间分类总数。该转移矩阵的行向量表征第i类“三生”空间类型的转出路径，而列向量则反映第j类的转入来源，通过行、列对应关系可完整呈现空间类型间的双向转化特征。

1.3.4　“三生”空间动态度

“三生”空间动态度是衡量研究区单位时间内不同空间类型转化速率及其强度差异，揭示研究区国土空间格局的时空异质性特征。其数值受时间尺度选择的显著影响，与空间稳定性成负相关关系，即动态度越高，表示其空间稳定性越弱[42]。单一“三生”空间变化动态度可以反映区域内该类空间类型的变化速率，其表达式为

$$K=\frac{L_a-L_b}{L_b}\times\frac{1}{T}\times 100\% \tag{4}$$

式中：K表征特定“三生”空间类型动态度（%），L_b、L_a分别表征研究初期与末期对应空间类型的面积（km^2），T表示研究周期的时间跨度（年）。

综合动态度则表征在研究时段内，各类功能空间结构变化的综合指标，可量化反映在特定时间段内“三生”空间各类型整体转化烈度[43]，其表达式为

$$\mathrm{LU}=\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta LS_{ij}}{2\sum_{i=1}^{n}LS_i}\right]\times\frac{1}{T}\times 100\% \tag{5}$$

式中：LU表示T时段内区域空间转换的综合动态度（%）；LS_i表征基准年第i类“三生”空间类型初始面积（km^2）；ΔLS_{ij}为在T时间跨度内第i类“三生”空间向第j类“三生”空间转化面积的绝对值（km^2）；n为“三生”空间类型总数。

1.3.5　生态环境质量指数（EV_k）

鉴于生态环境质量指数对地理空间数据的尺度依赖性，研究尺度差异可能导致结论出现偏差。为科学确定最优格网尺寸，研究采用经验公式法进行参数设定，根据采样点数量优化格网规模，将格网数量设定为采样点总数的 1/2 左右[44]。本文结合西藏自然保护区空间尺度差异特征，最终选取 1 km × 1 km 等距网格，对研究区域实施空间采样，共生成近 36 万个样区单元，通过定量分析生态单元内“三生”空间的生态质量指数及占比，综合评估研究区域生态环境状况[45]，表达式如下。

$$\mathrm{EV}_k=\sum_{i=1}^{n}N_{kh}\times Z_h/N_k \tag{6}$$

式中：EV_k表征第k个生态单元的生态环境质量指数；N_{kh}为第k个生态单元中第h类“三生”空间面积；Z_h代表第h类“三生”空间类型的生态环境质量指数；N_k为第k个生态单元的总面积；n为“三生”空间的类型总数量。

1.3.6　“三生”空间用地转化的生态贡献率

生态贡献率用以衡量某一类“三生”空间类型的转移对自然保护区生态环境所造成的影响程度[46]，其表达式为

$$\mathrm{FEI}=(\mathrm{FE}_1-\mathrm{FE}_0)\times\frac{\mathrm{FA}}{\mathrm{TA}} \tag{7}$$

式中：FEI表征生态贡献率；FE_0、FE_1依次代表变化初始、末期的“三生”空间类型所对应的生态环境质量指数；FA表征发生变化的用地面积；TA表示研究区域总面积。

2　结果与分析

2.1　“三生”空间演变分析

2.1.1　“三生”空间格局及结构变化

由表 2 可知，2000—2020 年，西藏自然保护区“三生”空间格局总体稳定，空间演变呈“1 减 2 增”的动态变化，即生态空间减少了 191.86 km^2,而生活空间增加了 35.52 km^2、生产空间增加了 156.34 km^2。从二级地类空间布局看（图 2），作为自然保护区,人为干预较少，草原生态用地和生态容纳地分布最为广泛，前者主要分布在羌塘、色林错以及珠穆朗玛峰等保护区，后者主要集中在羌塘、雅鲁藏布大峡谷等保护区。二级地类变化呈现出“2 减 5 增”特征，即

生态容纳地与草地生态用地减少，而城乡生活、农业生产、林地生态、重点生态及水域生态用地均呈持续扩张态势，其中水域生态用地增幅最大，为 4 982.84 km^2。生态容纳地持续缩减 7 337.68 km^2，草地生态用地呈先减后增趋势，2000—2010 年有所减少，而 2010—2020 年呈增加趋势，累计减少了 180.95 km^2。结果表明，2000—2020 年，西藏自然保护区“三生”空间表现为生态空间面积减少，生活与生产空间增加。其中，水域生态用地显著扩张，而生态容纳地大幅缩减，草地生态用地呈“V”形变化特征，城乡生活与农业生产用地快速增加。

2.1.2 “三生”空间用地时间转化分析

为直观反映西藏自然保护区“三生”空间用地的内部转化路径，借助 ArcGIS 对 2000 与 2020 年的土地利用数据进行叠加分析，构建转移矩阵（表 3）并绘制桑葚图（图 3）。

2000—2020 年，西藏自然保护区生态容纳地和草地生态用地持续缩减，其他用地类型均呈扩张态势。其中，水域生态用地主要源自草原生态用地与生态容纳地，转入占比分别为 56.26% 和 36.94%，重点生态用地增加则主要来源于草原生态用地和生态容纳地，转入占比分别 57.66% 和 38.57%；林地生态

表 2 西藏地区自然保护区各时期“三生”空间用地面积及比例

Tab. 2 Land use area and proportions of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region in various periods

空间分类	2000年		2005年		2010年		2015年		2020年	
	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%
城乡生活用地	16.39	0.00	17.84	0.00	24.17	0.01	31.68	0.01	51.91	0.01
农业生产用地	441.00	0.12	432.81	0.12	584.12	0.16	598.51	0.17	597.38	0.17
林地生态用地	7 982.96	2.21	8 126.53	2.25	8 756.28	2.42	8 860.19	2.45	8 859.81	2.45
草地生态用地	256 478.45	70.87	255 106.78	70.49	251 050.60	69.37	252 831.24	69.86	256 297.49	70.81
生态容纳地	75 510.70	20.86	74 649.52	20.63	75 217.11	20.78	72 363.01	19.99	68 173.02	18.84
重点生态用地	7 360.86	2.03	7 398.28	2.04	9 234.08	2.55	9 361.79	2.59	8 852.40	2.45
水域生态用地	14 117.93	3.90	16 177.42	4.47	17 046.17	4.71	17 865.83	4.94	19 100.77	5.28

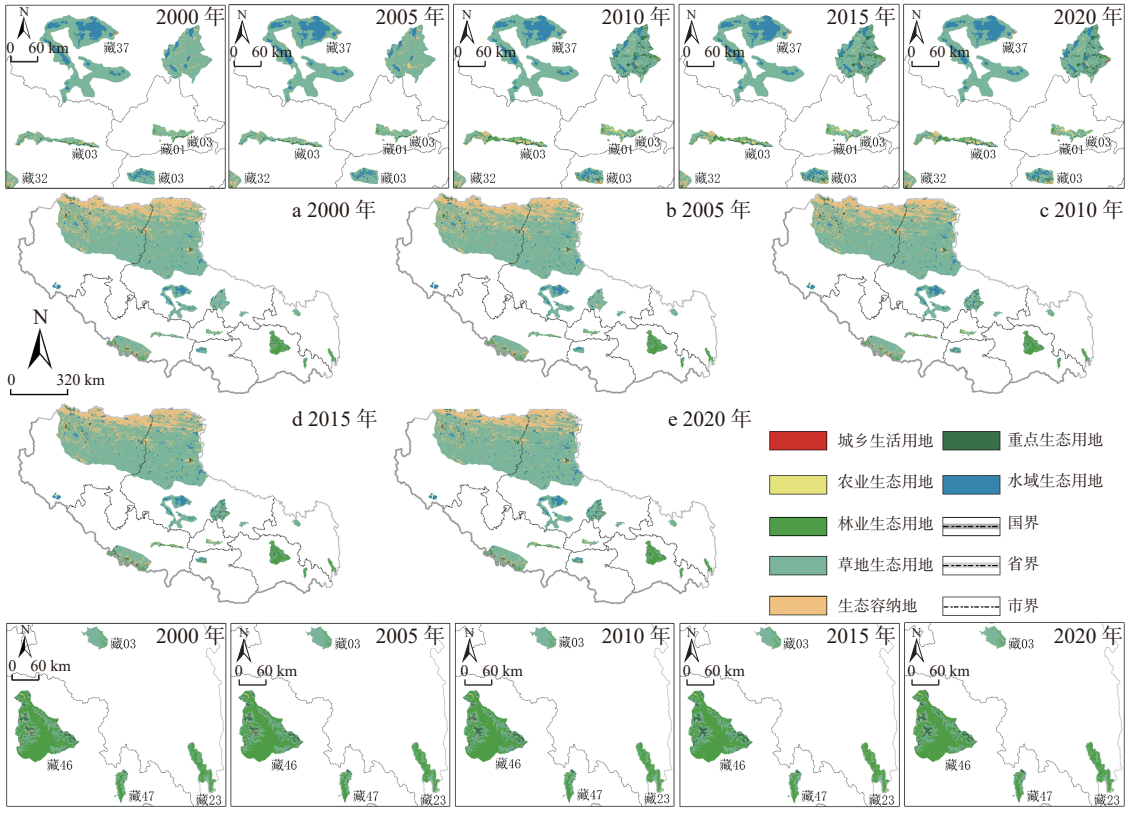


图 2 2000—2020 年西藏地区自然保护区“三生”空间二级地类分布

Fig. 2 Distribution of secondary land categories in “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region in 2000–2020

用地扩张的 94.14% 源于草地生态用地的转入，这与“十五”至“十三五”期间，天然林保护工程及“两江四河”造林绿化行动直接相关。农业生产用地的增加主要依靠草地生态用地与林地生态用地的转入，占比分别为 76.93% 和 12.16%，城乡生活用地增加的 79.67% 来自草地生态用地转入，4.43% 来自农业生产用地转入。结果表明，西藏自然保护区“三生”空间转化主要表现为生态容纳地与水域和草地生态用地的生态空间内部转化，以及草地、林地生态空间向城乡生活与农业生产用地的持续转化。

2.1.3　“三生”空间用地空间转化分析

2000—2020 年期间，各阶段生态用地转化格局呈现显著差异（图 4）。具体而言，2000—2005 年阶段，羌塘与珠穆朗玛峰保护区以生态容纳地与草地生态用地之间的高强度双向转化为主导特征，而色林错保护区则主要发生草地生态用地向水域生态用地的单向转化；2005—2010 年，色林错保护区表现为生态容纳地、草地与水域的多向转化，而雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤与拉鲁湿地呈现草地向农业、城乡生活用地的逆向转入；2010—2015 年，羌塘与珠穆朗玛峰区的生态容纳地多转化为草地生态用地；2015—2020 年，转换范围扩展至雅鲁藏布大峡谷，色林错东侧出现部分草地生态用地向城乡生活用地、重点生态用地向水域生态用地的逆向转换；雅鲁藏布大峡谷呈现林草生态用地交替转换。结果表明，西藏自然保护区“三生”空间用地转化集中发生于羌塘、色林错黑颈鹤、雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤、拉鲁湿地、雅鲁藏布大峡谷及珠穆朗玛峰等六个保护区，其中雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤保护区空间转化最为复杂，各保护区空间转化方向呈现区域分异特征。

2.1.4　“三生”空间用地动态变化

根据（图 5）可知，2000—2020 年间西藏自然保护区“三生”空间发生显著动态变化，城乡生活、农业生产和水域生态用地分别以 10.83%，1.77% 和 1.76% 的动态度持续扩张，其中，城乡生活用地在 2015—2020 年增幅最为明显，动态度达 12.78%，这与西藏“十三五”基础设施、生态搬迁等工程的集中推进有关，但也伴随对生态环境脆弱区的过度开发压力[47]。同期，生态容纳地持续缩减，动态度为 −0.49%，且在 2015—2020 年缩减最为显著，动态度

表 3　2000—2020 年西藏地区自然保护区“三生”空间转移矩阵

Tab. 3　Transition matrix of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region in 2000–2020　　km²

	空间分类	2020年							转出
		城乡生活用地	农业生产用地	林业生态用地	草地生态用地	生态容纳地	重点生态用地	水域生态用地	
2000年	城乡生活用地		4.26	0.04	2.63	0.43	0.53	0.07	7.95
	农业生产用地	6.26		25.15	89.91	12.82	16.56	8.73	159.44
	林业生态用地	0.34	38.28		130.84	2.21	3.35	4.45	179.47
	草地生态用地	34.57	242.23	995.60		10 864.63	1 537.82	2 006.73	15 681.58
	生态容纳地	1.78	3.41	17.05	14 840.62		1 028.76	3 056.20	18 947.82
	重点生态用地	0.08	20.34	8.60	255.33	534.83		355.78	1 174.95
	水域生态用地	0.35	6.37	11.12	158.18	191.70	80.22		447.94
	转入	43.39	314.89	1 057.55	15 477.52	11 606.62	2 667.23	5 431.96	

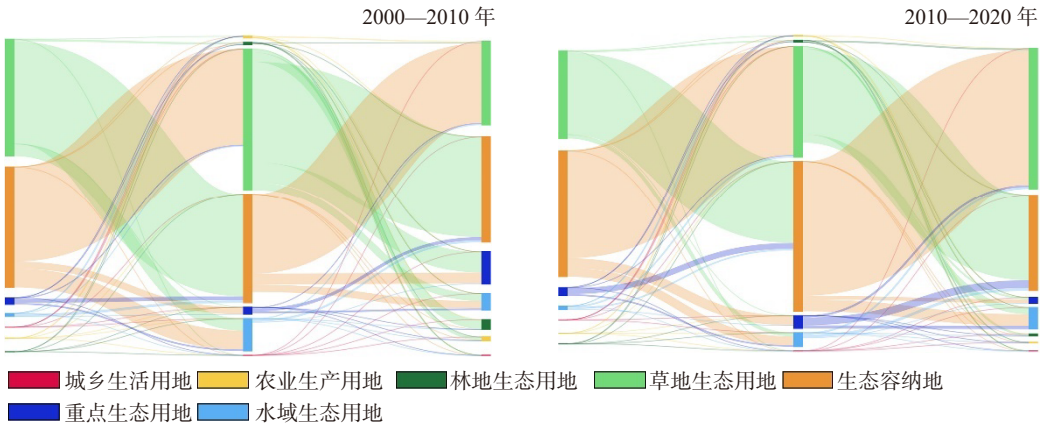


图 3　2000—2020 年西藏地区自然保护区“三生”空间用地转移桑葚图

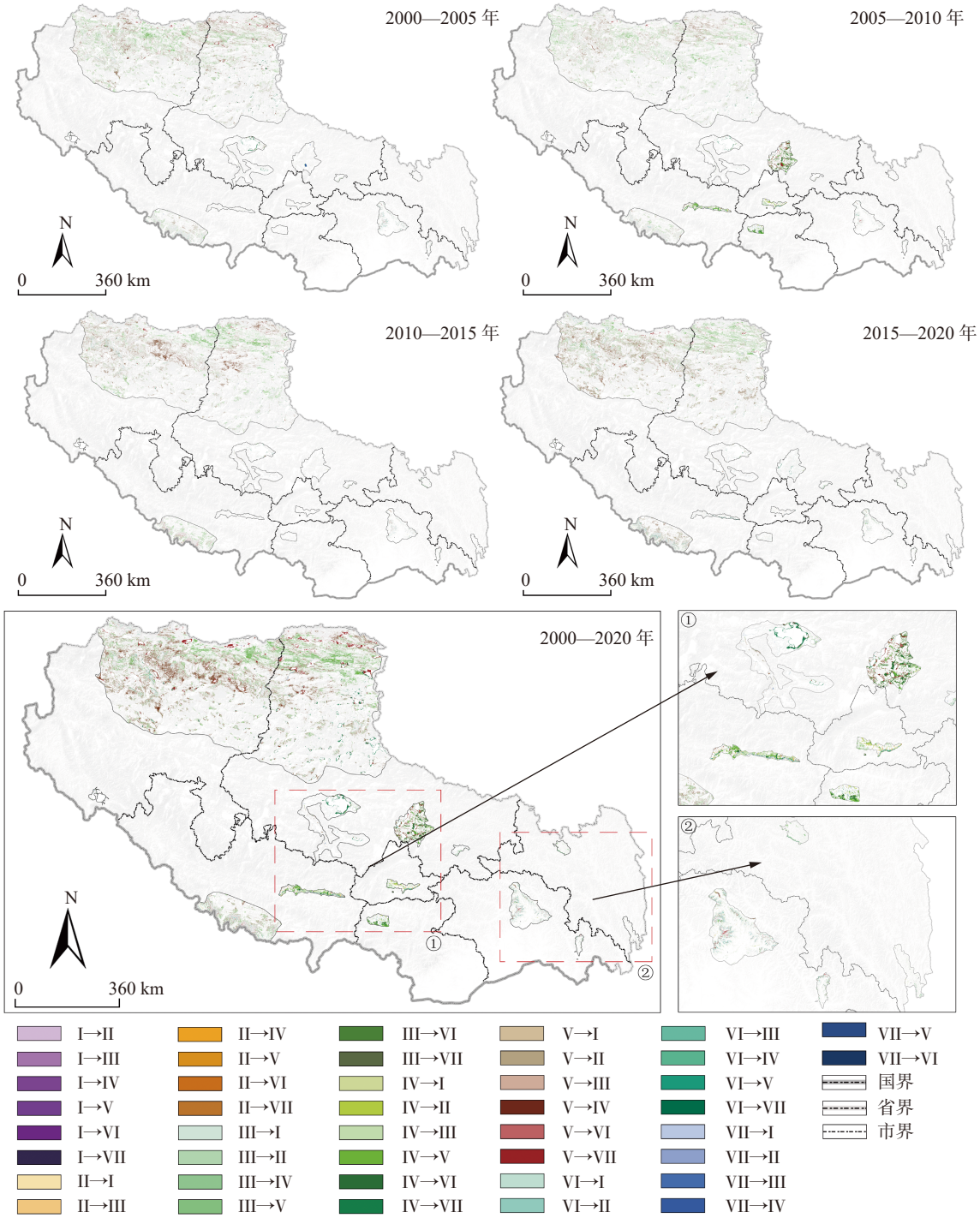
Fig. 3　Land use transfer sankey diagram of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region in 2000–2020

高达−1.16%；草地生态用地则呈现“先减后增”的特征，至 2020 年基本恢复至初期水平。研究结果表明，西藏自然保护区“三生”空间 20 年综合动态度为 0.10%，其中 2015—2020 年综合动态度最高为 0.26%，表明该时段空间格局变化最为剧烈。

2.2 “三生”空间用地转化对生态环境质量的影响

2.2.1 生态环境质量指数及时空演变分析

2000—2020 年间，西藏自然保护区整体生态环境质量指数由 0.581 3 上升至 0.589 4，表明区域生态环境质量持续优化态势，也印证用地演变对生态环境改善具有促进作用。为进一步探究区域生态环境质量的空间分布规律，将 36 万个生态单元的生态环境质量指数赋值于样区中心点，采用克里金地统计插值法，结合自然断点法，将生态环境质量划分为低质量区（EV ≤ 0.3）、较低质量区（0.3 < EV ≤ 0.45）、中等质量区（0.45 < EV ≤ 0.55）、较高质量区



I.城乡生活用地；II.农业生产用地；III.林业生态用地；IV.草地生态用地；V.生态容纳地；VI.重点生态用地；VII.水域生态用地。

图 4 2000—2020 年西藏地区自然保护区“三生”空间用地转移图谱

Fig. 4 Land use transfer map of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region in 2000–2020

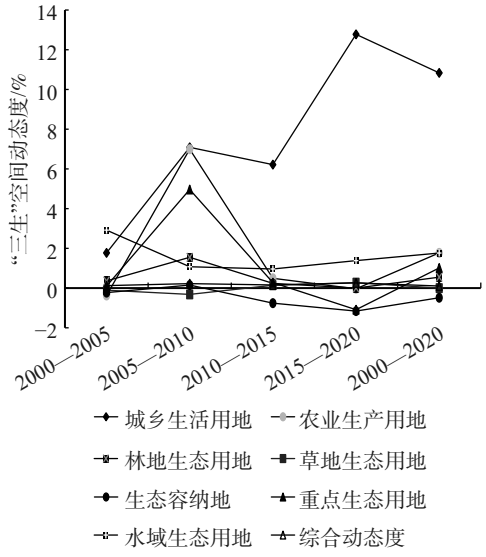


图 5　2000—2020 年西藏地区自然保护区“三生”空间动态度

Fig. 5　Dynamic degree of “production-living-ecological” spaces in nature reserves of Xizang region in 2000–2020

（0.55 < EV ≤ 0.65）、高质量区（EV > 0.65）5 个等级，生成生态环境质量分布图（图 6）。从空间分布格局来看，西藏自然保护区生态环境质量呈现“东高西低”空间格局。

2000—2020 年间，西藏自然保护区生态环境质量的空间格局呈现显著优化。高质量区由 46.69% 增至 50.85%，是区域生态环境质量的主体区（表 4），其余质量等级区域占比呈缩减趋势。转移矩阵（表 5）表明，20 年间生态环境等级提升的区域为 51 759.33 km^2，占研究区的 14.3%，其中高质量区新增 21 517.13 km^2 主要来自较高质量区转入；等级降低区域面积为 22 315.76 km^2，占比为 6.17%，主要表现为高质量区退化为较高质量区，较高质量区向中等质量区和低质量区的逐级递减转化。总体来看，改善区域是恶化区域的 2.3 倍，表明高生态质量等级区域的持续扩张是推动区域整体生态环境质量改善的重要原因。

从空间分布特征来看，西藏自然保护区生态环境质量呈现显著的空间异质性。高质量区集中分布于藏东的类乌齐马鹿、芒康滇金丝猴等保护区及羌塘南部、珠穆朗玛峰北部，功能类型以林地与草地生态用地为主，分布格局与西藏“东南湿润、西北干旱”的植被分布规律及地形地貌特征高度契合；中低质量区则主要集中于拉鲁湿地、雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤和色林错等保护区，以及珠穆朗玛峰南部、羌塘北部。结果表明，羌塘与珠峰保护区高质量区稳步扩张，中低质量区持续缩减但仍维持一定比重，在雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤与色林错保护区的中低质量区仍呈上升趋势。

2.2.2　“三生”空间用地转化的生态环境效应时空分析

西藏自然保护区空间用地转化对生态环境产生改善与恶化双重效应，两者对冲特征，表现出整体功能的相对稳定，然而，生态环境质量指数的总体平稳并不意味着生态环境未发生实质性变化。

具体来看（表 6），2000—2020 年生态环境改善的主要贡献类型包括：生态容纳地向草原生态用地转化（75.84%）、向水域生态用地转化（12.35%）、向重点生态用地转化（6.85%）及草地生态用地向林地生态用地转化（1.30%）；造成生态环境恶化的主要贡献类型包括：草地生态用地向生态容纳地转化（84.98%）、重点生态用地向生态容纳地转化（5.45%）、草地生态用地向水域生态用地转换（3.29%）及农业生态用地转换（1.85%）。总体而言，2000—2020 年间，生态容纳地向草原、水域以及重点生态用地的转化是区域生态环境质量改善的核心过程，草地、重点生态用地向生态容纳地、水域生态用地及城乡生活与农业生产的转化是生态环境恶化的重要因素。

3　讨　　论

西藏自然保护区空间布局存在显著失衡。大面积的保护区集中分布于高海拔无人区，该区域物种丰富度低、种群数量有限、人类活动强度低，因此人地冲突整体较弱。而在物种丰富且人类活动强度较高的藏东南低海拔河谷地区，保护区数量多，但覆盖面积占比偏低，保护成效受限。尽管近年保护区数量与面积逐年增加，但保护区的规划与管理仍以抢救性保护为主，重数量轻质量，缺乏对人类活动强度动态评估及生物多样性热点区识别[48]，导致保护区资源本底不清，大量无人区被简单划入保护范围，造成空间划定科学性不足，功能交叉重叠及人口密集区保护空缺多重矛盾[49]。在气候变化和人类活动的双重影响下，未来应按照“保护面积不减少、保护强度不降低、保护性质不改变”的原则，基于生物多样性保护紧迫性与生态评估结果，作为优化保护区空间布局及规划管理的依据。

西藏自然保护区“三生”空间结构与分布不合理，在部分保护区出现明显的占用生态空间及生态空间内部转换频繁等现象，呈现生活与生产空间的持续扩张导致的生态空间缩减的态势。研究表明，在高海拔羌塘保护区以生态用地为主导，而低海拔河谷雅鲁藏布江中游的拉鲁湿地、黑颈鹤及色林错保护区生产、生活空间占比持续上升，从 2000 年 18.78% 上升至 2020 年 24.23%，雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤和拉鲁湿地保护区因毗邻拉萨，受城镇化工农化

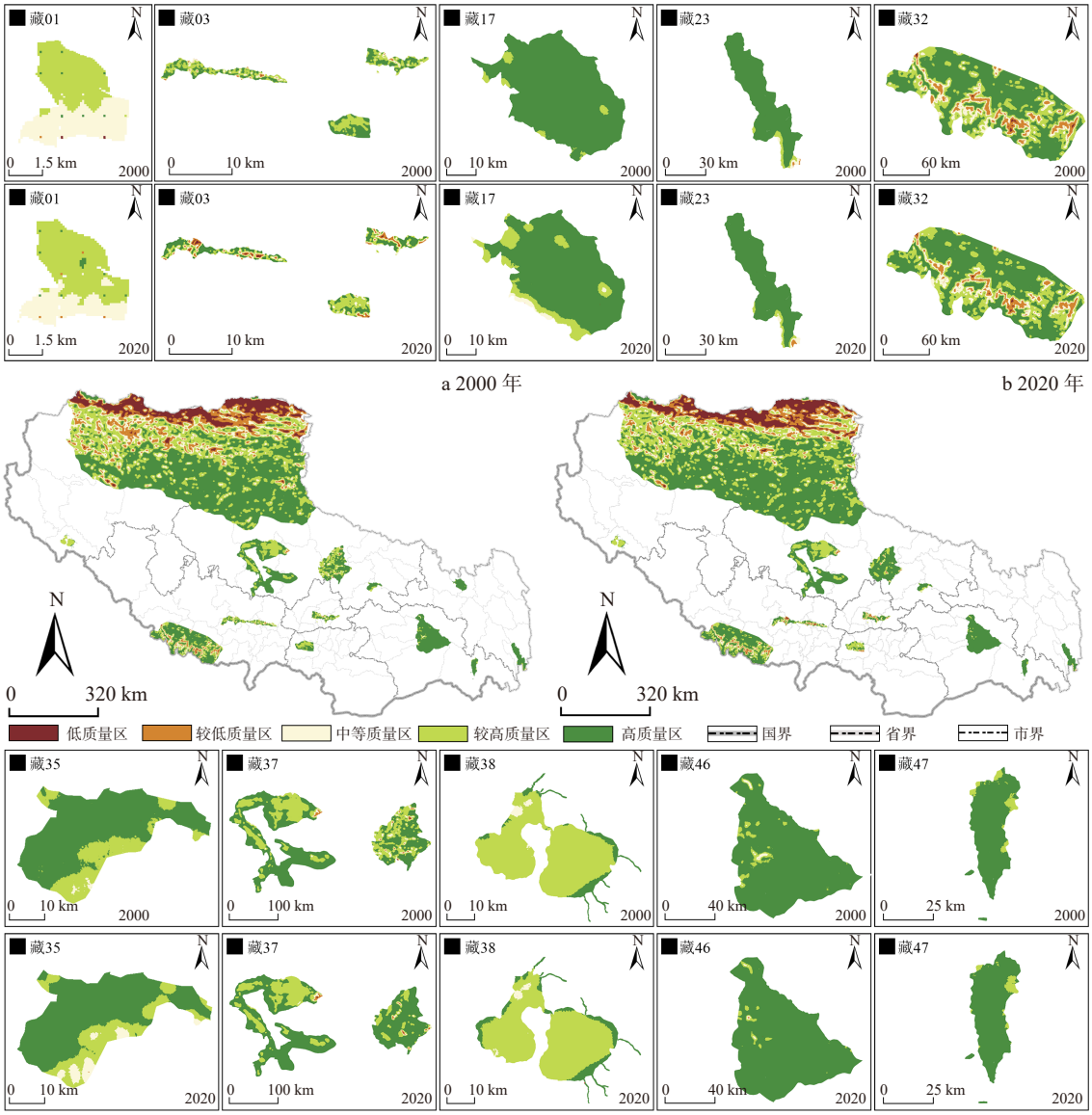


图 6 2000—2020 年西藏地区自然保护区生态环境质量空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of eco-environment quality of nature reserves in Xizang region in 2000–2020

表 4 2000—2020 年西藏地区自然保护区生态环境质量等级面积及占比

Tab. 4 Area and proportions of eco-environment quality grades in nature reserves of Xizang region in 2000–2020

类型区	2000年		2020年	
	面积/km²	占比/%	面积/km²	占比/%
低质量区	27 016.97	7.46	26 736.86	7.39
较低质量区	33 267.73	9.19	28 845.41	7.97
中等质量区	36 857.83	10.18	30 510.78	8.43
较高质量区	95 818.82	26.47	91 816.49	25.36
高质量区	169 031.19	46.69	184 093.4	50.85

扩张影响强烈，拉鲁湿地东端的城镇居民区不断侵占拉鲁湿地，导致草地生态用地向农业生产和城乡生活用地的转化[50]。色林错保护区，自 20 世纪 60—70 年代“农业学大寨”时期移民北进开辟牧场[51]，到近年来因毗邻那曲市中心城区导致生活生产空间扩张，持续挤压生态空间。为缓解保护与发展矛盾，未来保护区规划应衔接《西藏生态安全屏障保护与建设规划(2008—2030 年)》与《青藏高原区域生态建设与环境保护规划(2011—2030 年)》等一系列生态政策规划[52]，在科学评估“三生”空间基础上系统推进保护区范围拓展与布局优化，识别“保护与发展”冲突区域，通过人地关系精准调控构建规划体系。

西藏自然保护区内“三生”空间演变受自然与人为因素的共同作用。由于不同保护区在自然环境禀赋、生态系统敏感性及人类活动强度上的差异，两类因素的影响程度不同，进而导致不同保护区内“三生”空间转化方向上差异。有研究指出，自 20 世纪 90 年代以来，西藏草地处于加速退化状态，多数学者认为是自然与人为因素共同作用的结果，恶劣生境、脆弱土壤、气候变化及鼠虫害是导致其退化的自

表 5　2000—2020 年西藏地区自然保护区生态环境质量等级转移矩阵

Tab. 5　Transfer matrix of eco-environment quality level in nature reserves of Xizang region in 2000–2020

年份	类型区	2020年					转出
		低质量区	较低质量区	中等质量区	较高质量区	高质量区	
2000年	低质量区		4 593.39	274.94	36.87	14.03	4 919.23
	较低质量区	4 169.33		7 586.60	2 267.18	171.40	14 194.51
	中等质量区	347.02	3 966.82		14 262.20	1 035.59	19 611.63
	较高质量区	101.13	1 030.34	5 008.40		21 517.13	27 657.00
	高质量区	21.86	181.18	395.41	7 094.27		7 692.72
	转入	4 639.34	9 771.73	13 265.35	23 660.52	22 738.15	

表 6　2000—2020 年影响西藏地区自然保护区生态环境质量的主要用地转化及贡献率

Tab. 6　Main land use transformations and their contribution rates affecting eco-environment quality in nature reserves of Xizang region in 2000–2020

类型	土地利用转化类型	生态贡献度	贡献率/%	类型	土地利用转化类型	生态贡献度	贡献率/%
生态环境改善	Ⅴ—Ⅳ	0.017 428 2	75.84	生态环境恶化	Ⅳ—Ⅴ	0.012 759 0	84.98
	Ⅴ—Ⅶ	0.002 837 9	12.35		Ⅵ—Ⅴ	0.000 818 0	5.45
	Ⅴ—Ⅵ	0.001 573 4	6.85		Ⅳ—Ⅶ	0.000 493 2	3.29
	Ⅳ—Ⅵ	0.000 546 0	2.38		Ⅳ—Ⅱ	0.000 277 8	1.85
	Ⅳ—Ⅲ	0.000 299 1	1.30		Ⅵ—Ⅶ	0.000 213 8	1.42
	Ⅱ—Ⅳ	0.000 103 1	0.45		Ⅶ—Ⅴ	0.000 178 0	1.19
	Ⅶ—Ⅵ	0.000 048 2	0.21		Ⅵ—Ⅳ	0.000 090 7	0.60
	Ⅶ—Ⅳ	0.000 038 9	0.17		Ⅲ—Ⅱ	0.000 055 4	0.37
	合计	0.022 874 8	99.55		合计	0.014 885 9	99.15

然因素，而过度放牧、人口增长及滥挖药材等人为因素加剧了退化速度[53]。羌塘与珠穆朗玛峰高寒区气候暖湿化加剧，冰川融化增加且牧草生长期延长，促进生态容纳地与草地的双向转化，体现高海拔生态系统对气候变化的敏感性[54]；尽管两处保护区以自然地类为主,但其低海拔范围已出现耕地和建设用地开发对自然覆被的侵蚀，亟需加强管控[55]。雅鲁藏布江中游“一江两河”地区作为西藏人口最稠密、农业与经济最发达的区域，承载全区 70% 的人口[56]。在该保护区内，人类对于生产、生活用地需求的持续增长，直接导致草地退化及黑颈鹤栖息地生态质量的显著恶化[57]。色林错保护区受气候暖湿化与生态工程共同影响，导致水域与草地生态用地扩张[58]，然而，剧烈且密集的人类活动仍使色林错地区草地生态用地面临着退化风险[59]。研究表明，不同的保护区空间转化受自然环境与人类活动的影响存在显著差异。因此，自然保护区的管理及生态修复需因地制宜，高寒无人区应聚焦气候变化影响，强调自然恢复为主，人口密集的河谷区则更侧重人类活动管控，通过人工干预来缓解生态空间恶化。

西藏自然保护区 20 年间整体生态环境呈现改善趋势，与既有研究结论一致[60]，但部分自然保护区出现生态环境持续恶化。雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤、拉鲁湿地及色林错保护区内中低质量区呈现扩张趋势，因其保护区内出现草地生态向城乡生活、农业生产及生态容纳地的恶化性空间转化。从区域整体看，生态容纳地向草地与水域的转化是生态环境改善的主因，截至 2017 年，西藏草原综合覆盖度比 2011 年增加了 2.3%，表明西藏实施草原生态保护补助与湿地生态效益补偿等生态政策的积极作用[61]，反应出退牧还草、禁牧休耕等措施有效遏制了草场退化，推动区域生态环境持续向好[62]。而草地向生态容纳地的转换贡献了 84.98% 的生态恶化效应，表明气候变化与人为因素仍是导致草地退化的主要威胁[63]。

西藏自然保护区未来规划管控应关注以下方面：一应构建以国家公园为主体、生态保护红线为底线、生态系统完整性为核心的分区分类治理体系。在高寒生态脆弱区例如羌塘，应确立保育优先、自然恢复的布局原则，最大限度减少人为干预，将生态系统的自然演替作为功能优化的主要手段。在经济活跃的河谷地带坚持刚性约束、内涵提升的布局策略，严控建设用地增长，探索生态产业化转型，如生态旅游替

代传统农牧业，以缓解生计需求对生态空间的压力。在生态退化风险区，将识别低质量区作为优先修复区，进一步开展以草定畜、退牧还草等修复工程，恢复草地生态功能。二是同步完善生态补偿与气候适应。深入落实草原生态保护补助奖励政策的基础上，探索基于生态贡献的差异化补偿标准；强化气候适应与生态风险防控，分析自然保护区在气候变化和人类活动影响下的科学性及局限性，适时对其规划和建设做出调整，将气候适应性纳入保护区规划体系。

本文仍存在两方面局限。在研究方法上，多基于李晓文等人的既有方法，对于不同土地利用类型的生态环境指数的精准量化较为宏观，尚未讨论不同尺度与分类体系差异对评价结果有何影响。在数据采集上，尚未深入分析自然、经济、人文等驱动因素对空间演变的影响机制，限制了对人地互动机制的解析。未来研究可从两方面继续深化：一是结合高精度遥感与实地调研数据，引入牧区管理、载畜量等精细信息，对于草地的生态与生产功能进行精细化识别与分析；二是构建多源数据融合的分析框架，纳入自然、社会等多维度驱动因子，揭示生态空间演变机制。通过上述拓展，有望更精准掌握西藏自然保护区生态现状，为西藏生态保护与可持续发展提供更科学的决策支撑。

4 结　　论

本文基于 2000—2020 年五期土地利用数据,运用转移矩阵，同时引入生态环境质量指数与生态贡献率等指标，不仅揭示了西藏自然保护区“三生”空间演变规律与特征，更量化评估了转化过程所引起生态环境效应。主要结论如下：2000—2020 年间，西藏自然保护区“三生”空间演变表现为生态空间缩减，生活与生产空间快速扩张，保护区“三生”空间转化方向及其产生的生态环境效应存在显著区域差异性，生态环境质量呈现“总体改善，局部恶化”的趋势，城镇化快速推进过程中，城乡生活与农业生产空间的无序扩张是造成雅鲁藏布中游河谷地区及色林错保护区生态环境恶化的主导因素。未来西藏应继续落实区域生态工程建设，重点关注生态质量变差及其未来可能恶化的区域，严守生态红线与开发建设边界，进一步优化并完善生态保护规划，摒弃均质化保护区管理模式，实施“分区分类、精准施策”的差异化空间治理体系，以协调各类保护区的功能关系及优化其空间布局。

参 考 文 献

[1] 徐菲菲, 钟雪晴, 王丽君. 中国自然保护地研究的现状、问题与展望 [J]. 自然资源学报, 2023, 38(4): 902−917.
Xu F F, Zhong X Q, Wang L J. Status, problems and prospects of domestic research on protected areas [J]. Journal of Natural Resources, 2023, 38(4): 902−917.

[2] 王金凤, 徐洁, 徐基良, 等. 黄河流域国家级自然保护区生态系统服务功能评估 [J]. 北京林业大学学报, 2024, 46(7): 90−100.
Wang J F, Xu J, Xu J L, et al. Evaluation of ecosystem service function of national nature reserves of the Yellow River Basin [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2024, 46(7): 90−100.

[3] 王昌海, 谢梦玲. 以国家公园为主体的自然保护地治理: 历程、挑战以及体系优化 [J]. 中国农村经济, 2023(5): 139−162.
Wang C H, Xie M L. Governance of nature reserves with national parks as the main body: history, challenges, and systemic optimization [J]. Chinese Rural Economy, 2023(5): 139−162.

[4] 李鸿飞, 常凯. 中国国家级自然保护区时空分布特征与空间网络构建 [J]. 干旱区地理, 2025, 48(11): 1971−1982.
Li H F, Chang K. Spatial and temporal distribution characteristics and spatial network construction of national nature reserves in China [J]. Arid Land Geography, 2025, 48(11): 1971−1982.

[5] 刘超. 国家公园体制建设中环境私人治理机制的构建 [J]. 中州学刊, 2021(4): 48−55.
Liu C. Building environmental private governance mechanism in the construction of national park system [J]. Academic Journal of Zhongzhou, 2021(4): 48−55.

[6] 甘娜, 陈红利. 政策因素对川滇藏交界区域三生空间重构的作用——以中央西藏工作座谈会有关生态建设精神为中心 [J]. 西藏大学学报 (社会科学版), 2021, 36(1): 175−185.
Gan N, Chen H L. The role of policy factors in the reconstruction of the space for production, life and ecology in the border area of Sichuan, Yunnan and Tibet: focusing on the spirit of ecological construction at Tibet Work Forum of the CPC Central Committee [J]. Journal of Tibet University, 2021, 36(1): 175−185.

[7] 高亚培, 刘玮, 李成英, 等. 青藏高寒区“三生空间”演变及碳排放多情景模拟: 以青海省为例 [J]. 环境科学, 2025, 46(8): 4923−4933.
Gao Y P, Liu W, Li C Y, et al. Evolution of production-living-ecological spaces and multi-scenario simulation of carbon emissions in the Qinghai-Tibet Plateau vulnerable region: a case study of Qinghai Province, China [J]. Environmental Science, 2025, 46(8): 4923−4933.

[8] 胡锦涛. 坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进 为全面建成小康社会而奋斗——在中国共产党第十八次全国代表大会上的报告 [N]. 人民日报, 2012−11−19(4).
Hu J T. Firmly March on the path of socialism with Chinese characteristics and strive to complete the building of a moderately prosperous society in all respects: report to the Eighteenth National Congress of the Communist Party of China[N]. People's Daily, 2012−11−19(4).

[9] 魏伟, 益西才措, 尹力, 等. 西藏自治区国土空间格局演变特征及驱动力分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2025, 34(3): 558−572.
Wei W, Yixicaicuo, Yin L, et al. Evolution characteristics and driving forces of territorial space pattern in the Xizang Autonomous Region [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2025, 34(3): 558−572.

[10] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应 [J]. 地理学报, 2014, 69(1): 54−63.
Wu L N, Yang S T, Liu X Y, et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo River Basin since 1976 [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 54−63.

[11] 魏彦强, 胡华伟, 王文颖, 等. 青藏高原自然保护区建设现状及未来规划建议 [J/OL]. 自然保护地, 1−20[2025−10−17]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1417.s.20240808.1523.074.html.
Wei Y Q, Hu H W, Wang W Y, et al. Current status and future planning recommendations for the construction of natural reserves on the Qinghai-Tibet Plateau[J/OL]. Natural Protected Areas, 1−20. [2025−10−17]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1417.s.20240808.1523.074.html.

[12] 赵新全, 徐世晓, 赵亮, 等. 三江源国家公园生物多样性保护创新及实践 [J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(12): 1833−1844.
Zhao X Q, Xu S X, Zhao L, et al. Innovation and practice on biodiversity conservation in Sanjiangyuan National Park [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(12): 1833−1844.

[13] 朱鹤, 刘家明. 旅游导向下自然保护区外围区空间演变——以长白山国家级自然保护区外围区为例 [J]. 自然资源学报, 2023, 38(4): 918−933.
Zhu H, Liu J M. Spatial evolution of the peripheral area of nature reserve under the guidance of tourism: taking the peripheral area of Changbai Mountain National Nature Reserve as an example [J]. Journal of Natural Resources, 2023, 38(4): 918−933.

[14] 向洪莉, 曹茜, 眭海刚, 等. 神农架国家公园生态系统服务权衡/协同及供需关系 [J]. 生态学报, 2025, 45(10): 4774−4788.
Xiang H L, Cao Q, Sui H G, et al. Ecosystem services tradeoff-synergy and supply-demand relationships in the Shennongjia National Park [J]. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(10): 4774−4788.

[15] 尹华康, 张晋东, 黄金燕, 等. 四川马边大风顶自然保护区大熊猫主食竹空间分布特征 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2025, 49(1): 187−193.
Yin H K, Zhang J D, Huang J Y, et al. Spatial distribution of bamboo, the staple food of giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) in Mabian Dafengding Nature Reserve, Sichuan Province [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2025, 49(1): 187−193.

[16] 李春霖, 汤萃文, 卢国春, 等. 2002—2020 年甘肃民勤连古城自然保护区土地利用及景观格局时空变化特征 [J]. 生态科学, 2024, 43(5): 31−42.
Li C L, Tang C W, Lu G C, et al. Spatiotemporal changes of land use and landscape pattern in Gansu Minqin Liangucheng Nature Reserve from 2002 to 2020 [J]. Ecological Science, 2024, 43(5): 31−42.

[17] 金伟, 余著成, 徐全, 等. 1991—2021 年江山仙霞岭省级自然保护区土地覆被动态变化遥感监测 [J]. 自然保护地, 2024, 4(4): 84−94.
Jin W, Yu Z C, Xu Q, et al. Remote sensing monitor on dynamic change in land cover of Jiangshan Xianxialing Provincial Nature Reserve from 1991 to 2021 [J]. Natural Protected Areas, 2024, 4(4): 84−94.

[18] 顾羊羊, 黄贤峰, 邹长新, 等. 沅江源自然保护区生境质量变化遥感监测 [J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(6): 764−772.
Gu Y Y, Huang X F, Zou C X, et al. Monitoring habitat quality changes in Yuanjiangyuan Nature Reserve based on landsat images [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2019, 35(6): 764−772.

[19] 王琎鑫, 孙紫英, 周梅, 等. 基于 Landsat 影像赛罕乌拉国家级自然保护区土地利用变化研究 [J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学版), 2021, 42(5): 26−31.
Wang Z X, Sun Z Y, Zhou M, et al. Research on land use change in Saihanwula National Nature Reserve based on landsat image [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University (Natural Science Edition), 2021, 42(5): 26−31.

[20] 苑韶峰, 吴妙豪, 杨丽霞, 等. 浙江省城乡国土空间“三生”功能协同效应时空演变、区域差异及驱动因素分析 [J/OL]. 农业工程学报, 1−11[2025−10−17]. https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.202505083.
Yuan S F, Wu M H, Yang L X, et al. Spatiotemporal evolution, regional disparities, and driving mechanisms for the synergistic effects of production-living-ecological functions in urban-rural land spaces in Zhejiang Province of China[J/OL]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1−11[2025−10−17]. https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.202505083.

[21] 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.
Li G D, Fang C L. Quantitative function identification and analysis of urban ecological-production-living spaces [J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(1): 49−65.

[22] 逯承鹏, 纪薇, 刘志良, 等. 黄河流域甘肃段县域“三生”功能空间时空格局及影响因素识别 [J]. 地理科学, 2022, 42(4): 579−588.
Lu C P, Ji W, Liu Z L, et al. Spatial-temporal pattern and influencing factors of the “production-living-ecological” functional space of the Yellow River Basin at county level in Gansu, China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(4): 579−588.

[23] 熊加辉, 胡亚瑾, 李玲, 等. 基于 FLUS-Markov 模型的长江流域“三生空间”多情景模拟及生态环境效应分析 [J/OL]. 环境科学, 2025[2025−10−16]. https://doi.org/10.13227/j.hjkx.202505199.
Xiong J H, Hu Y J, Li L, et al. Multi-scenario simulation and ecological environmental effects analysis of “production-living-ecological spaces” in the Yangtze River Basin based on the FLUS-Markov Model[J/OL]. Environmental Science, 2025[2025−10−16]. https://doi.org/10.13227/j.hjkx.202505199.

[24] 袁文华, 周晓雨, 刘海玲, 等. 陆海全域融合视角下国土空间多功能解析及统筹优化研究——以山东省莱州市为例 [J]. 中国土地科学, 2025, 39(6): 32−44.
Yuan W H, Zhou X Y, Liu H L, et al. Research on multifunctional identification and spatial pattern optimization of territorial space from the perspective of land-sea coordination: taking Laizhou City in Shandong Province as an Example [J]. China Land Science, 2025, 39(6): 32−44.

[25] Long H. Land use policy in China: introduction [J]. Land Use Policy, 2014, 40: 1−5.

[26] 梁国付, 丁圣彦. 气候和土地利用变化对径流变化影响研究——以伊洛河流域伊河上游地区为例 [J]. 地理科学, 2012, 32(5): 635−640.
Liang G F, Ding S Y. The lmpacts of climate and landuse changes on the runoff effects: case in the upper reaches of the Yihe River, the Yiluo River Basin [J]. Geographical Science, 2012, 32(5): 635−640.

[27] 于兴修, 杨桂山, 王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向 [J]. 地理科学, 2004, 24(5): 627−633.
Yu X X, Yang G S, Wang Y. Advances in researches on environmental effects of land use/cover change [J]. Geographical Science, 2004, 24(5): 627−633.

[28] 郭建晓, 桑会勇, 翟亮. 青藏高原植被覆盖度时空变化特征及其驱动因素 [J]. 生态学杂志, 2023, 42(11): 2665−2674.
Guo J X, Sang H Y, Zhai L. Spatiotemporal variations and driving factors of vegetation coverage on the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Chinese Journal of Ecology, 2023, 42(11): 2665−2674.

[29] Houghton R A. Carbon flux to the atmosphere from land-use changes: 1850 to 1990: ORNL/CDIAC−131 [J]. Scientific & Technical Information Technical Reports, 2001, 13(3): 12−20.

[30] Pimm S. Extinction by numbers [J]. Nature, 2000, 403: 843−845.

[31] 吴健生, 冯喆, 高阳, 等. 基于 DLS 模型的城市土地政策生态效应研究——以深圳市为例 [J]. 地理学报, 2014, 69(11): 1673−1682.
Wu J S, Feng Z, Gao Y, et al. Research on ecological effects of urban land policy based on DLS model: a case study on Shenzhen City[J]. Acta Geographica Sinica 2014, 69(11): 1673−1682.

[32] 崔佳, 臧淑英. 哈大齐工业走廊土地利用变化的生态环境效应 [J]. 地理研究, 2013, 32(5): 848−856.
Cui J, Zang S Y. Regional disparities of land use changes and their eco-environmental effects in Harbin-Daqing-Qiqihar industrial corridor [J]. Geographical Research, 2013, 32(5): 848−856.

[33] 古晋锴, 李晴婉, 李庆琳, 等. 2000—2020 年西藏土地利用变化分析 [J]. 草地学报, 2025, 33(3): 871−878.
Gu J K, Li Q W, Li Q L, et al. Analysis of land use change in Xizang from 2000 to 2020 [J]. Acta Agrestia Sinica, 2025, 33(3): 871−878.

[34] 陈巧娥, 周继华, 来利明, 等. 青藏高原植被时空分布变化特征及驱动因素 [J]. 应用与环境生物学报, 2025, 31(3): 322−333.
Chen Q E, Zhou J H, Lai L M, et al. Spatiotemporal distribution change of vegetation and driving factors on the Qinghai-Xizang Plateau [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2025, 31(3): 322−333.

[35] Yang J, Huang X. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019 [J]. Earth System Science Data, 2021, 13(8): 3907−3925.

[36] 宋立东. 雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤保护区生态环境质量评价研究 [D]. 北京: 中国地质大学, 2019.
Song L D. A research on the ecological environment quality evaluation in the middle Yarlung Zangbo River-the Black-necked Crane Nature Reserve[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2019.

[37] 朱志超, 刘燕燕, 范天瑜. 东湖水质状况的面积加权法评价分析 [J]. 环境科学与技术, 2006(1): 67−68,119.
Zhu Z C, Liu Y Y, Fan T Y. Evaluation analysis of East Lake's water quality with area weighting fact or method [J]. Environmental Science & Technology, 2006(1): 67−68,119.

[38] 张红旗, 许尔琪, 朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局 [J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1332−1338.
Zhang H Q, Xu E Q, Zhu H Y. An ecological-living-industrial land classification system and its spatial distribution in China [J]. Resources Science, 2015, 37(7): 1332−1338.

[39] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析 [J]. 地理学报, 2017, 72(7): 1290−1304.
Liu J L, Liu Y S, Li Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of “production-living-ecological” spaces in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(7): 1290−1304.

[40] 李晓文, 方创琳, 黄金川, 等. 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应——以甘肃河西地区为例 [J]. 第四纪研究, 2003(3): 280−290, 348−349.
Li X W, Fang C L, Huang J C, et al. The urban land use transformations and associated effects on eco-environment in northwest China arid region: a case study in Hexi Region, Gansu Province[J]. Quaternary Sciences, 2003 (3): 280−290, 348−349.

[41] 陈美景, 王庆日, 白中科, 等. 碳中和愿景下“三生空间”转型及其碳储量效应——以贵州省为例 [J]. 中国土地科学, 2021, 35(11): 101−111.
Chen M J, Wang Q R, Bai Z K, et al. Transition of “production-living-ecological” space and its carbon storage effect under the vision of carbon neutralization: a case study of Guizhou Province [J]. China Land Science, 2021, 35(11): 101−111.

[42] 满卫东, 刘明月, 王宗明, 等. 1990—2015 年东北地区草地变化遥感监测研究 [J]. 中国环境科学, 2020, 40(5): 2246−2253.
Man W D, Liu M Y, Wang Z M, et al. Remote sensing investigation of grassland change in Northeast China during 1990–2015[J]. China Environmental Science, 2020, 40(5): 2246−2253.

[43] 菅政博, 罗浩, 单娜娜. “双碳”目标下新疆“三生”空间时空演变特征及碳效应 [J]. 干旱区研究, 2024, 41(7): 1238−1248.
Jian Z B, Luo H, Shan N N. A study on the spatial and temporal evolution and carbon effects of production-living-ecological in Xinjiang under carbon peak and carbon neutrality goals [J]. Arid Zone Research, 2024, 41(7): 1238−1248.

[44] Sudhira H S, Ramachandra T V, Jagadish K S. Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2004, 5(1): 29−39.

[45] 胡丰, 张艳, 郭宇, 等. 基于 PLUS 和 InVEST 模型的渭河流域土地利用与生境质量时空变化及预测 [J]. 干旱区地理, 2022, 45(4): 1125−1136.
Hu F, Zhang Y, Guo Y, et al. Spatial and temporal changes in land use and habitat quality in the Weihe River Basin based on the PLUS and InVEST models and predictions [J]. Arid Land

Geography, 2022, 45(4): 1125−1136.

[46] 胡自治. 草业与青藏高原的经济、环境和社会发展 [J]. 青海畜牧兽医杂志, 2001(4): 3−4.
Hu Z Z. Grassland industry and economic, environmental, and social development in the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Chinese Qinghai Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2001(4): 3−4.

[47] 陶仆. 西藏新型城镇化现状、制约因素及其路径研究 [J]. 西藏发展论坛, 2025(3): 87−95.
Tao P. Current status, constraints, and pathways of new-type urbanization in Xizang [J]. The Theoretical Platform of Tibetan Development, 2025(3): 87−95.

[48] 杨明, 周桔, 曾艳, 等. 我国生物多样性保护的主要进展及工作建议 [J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(4): 399−408.
Yang M, Zhou J, Zeng Y, et al. Main progress of biodiversity conservation in China and some suggestions for further work [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(4): 399−408.

[49] 魏辅文, 平晓鸽, 胡义波, 等. 中国生物多样性保护取得的主要成绩、面临的挑战与对策建议 [J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(4): 375−383.
Wei F W, Ping X G, Hu Y B, et al. Main achievements, challenges, and recommendations of biodiversity conservation in China [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(4): 375−383.

[50] 刘晓曼, 庄大方, 屈冉, 等. 基于遥感数据的 1989—2009 年拉鲁湿地变化研究 [J]. 湿地科学, 2013, 11(4): 433−437.
Liu X M, Zhuang D F, Qu R, et al. Change of Lalu Wetlands from 1989 to 2009 based on remote sensing data [J]. Wetland Science, 2013, 11(4): 433−437.

[51] 唐芳林, 高军, 郭倩. 西藏色林错自然保护区生态旅游路径初探 [J]. 林业建设, 2017(2): 8−13.
Tang F L, Gao J, Guo Q. A brief study on the eco-tourism path of Selincuo Nature Reserve in Tibet [J]. Forestry Construction, 2017(2): 8−13.

[52] 赵英伟, 刘黎明, 白晓飞. 西部大开发草地资源可持续利用评价与发展对策 [J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 20−23.
Zhao Y W, Liu L M, Bai X F. Evaluation and countermeasures of the sustainable utilization of grassland resources in development of western China [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2004, 12(2): 20−23.

[53] 武爽, 冯险峰, 孔玲玲, 等. 气候变化及人为干扰对西藏地区草地退化的影响研究 [J]. 地理研究, 2021, 40(5): 1265−1279.
Wu S, Feng X F, Kong L L, et al. Effects of climate variation and human activities on grassland degradation in Tibet [J]. Geographical Research, 2021, 40(5): 1265−1279.

[54] Che M L, Chen B Z, Innes J L, et al. Spatial and temporal variations in the end date of the vegetation growing season throughout the Qinghai-Tibetan Plateau from 1982 to 2011[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2014, 189−190: 81−90.

[55] 石运杰, 蔡葵, 吴文春, 等. 基于地形特征分异的土地利用分布研究——以珠穆朗玛峰国家级自然保护区为例 [J]. 水土保持研究, 2021, 28(2): 394−400.
Shi Y J, Cai K, Wu W C, et al. Research on land use distribution based on topographic differentiation: a case study of Qomolangma National Nature Reserve [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(2): 394−400.

[56] 杨乐, 仓决卓玛. 浅谈促使黑颈鹤保护与农业生产协调发展的有效途径——以雅鲁藏布江中游黑颈鹤自然保护区为例 [J]. 西藏农业科技, 2013, 35(3): 45−48.
Yang L, Cangjuezhuoma. Effective ways to precipitate the coordinated development of black necked cranes (*Grus nigricollis*) conservation and agricultural production in middle reaches of Yarlung Zangbo River Natural Reserve [J]. Tibet Journal of Agricultural Sciences, 2013, 35(3): 45−48.

[57] 马竞一, 曾卫, 王梦君. 2000—2020 年西藏雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤国家级自然保护区生态系统格局变化及驱动因素研究 [J]. 高原科学研究, 2023, 7(1): 9−18.
Ma J Y, Zeng W, Wang M J. Study on the changes in ecosystem patterns and drivers of the Black-Necked Crane National Nature Reserve in the middle Yarlung Tsangpo River Valley, Tibet in year 2000−2020 [J]. Plateau Science Research, 2023, 7(1): 9−18.

[58] 孟慧美. 气候变化背景下青藏高原草地植被生产力动态研究 [D]. 西藏: 西藏大学, 2024.
Meng H M. Research on the dynamics of grassland vegetation productivity on the Qinghai-Tibet Plateau in the context of climate change[D]. Xizang: Tibet University, 2024.

[59] 马长辉. 青藏高原色林错地区草地利用强度空间量化研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2022.
Ma C H. Spatial quantification of grassland utilization intensity in the Selinco region of the Qinghai-Tibetan Plateau[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2022.

[60] 张云霞, 汪仕美, 李焱, 等. 2000—2020 年青藏高原生态质量时空变化 [J]. 生态学杂志, 2023, 42(6): 1464−1473.
Zhang Y X, Wang S M, Li Y, et al. Spatiotemporal patterns of ecological quality across the Qinghai-Tibet Plateau during 2000−2020 [J]. Chinese Journal of Ecology, 2023, 42(6): 1464−1473.

[61] 刘世好. 西藏自治区湿地生态效益补偿实践与优化策略研究 [J]. 林业建设, 2023, 41(4): 36−39.
Liu S H. Research on the practice and optimization strategy of wetland ecological benefit compensation in Tibet [J]. Forestry Construction, 2023, 41(4): 36−39.

[62] 王敬龙, 曲广鹏, 夏菲, 等. 西藏草地生产力与草原生态功能提升发展现状与建议 [J]. 西藏农业科技, 2024, 46(4): 1−5.
Wang J L, Qu G P, Xia F, et al. Development status and suggestions for the enhancement of grassland productivity and grassland ecological function in Tibet [J]. Tibet Journal of Agricultural Sciences, 2024, 46(4): 1−5.

[63] 吴晓燕, 平措. 西藏高原草地生态系统及其生态修复研究 [J]. 环境保护科学, 2021, 47(1): 109−114.
Wu X Y, Ping C. Study on grassland ecosystem and its ecological restoration in Tibetan Plateau [J]. Environmental Protection Science, 2021, 47(1): 109−114.

（责任编辑　范　娟　李　契
责任编委　臧润国）