

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2024.04.038.

贾天朝, 胡西武. 1985—2020年中国“两屏三带”生态屏障区土地利用时空动态演化特征[J]. 水土保持研究, 2024, 31(4): 348-363.

Jia Tianchao, Hu Xiwu. Spatiotemporal Dynamic Evolution Characteristics of Land Use in China's 'Two Screens and Three Belts' Ecological Barrier Areas from 1985 to 2020[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(4): 348-363.

1985—2020年中国“两屏三带”生态屏障区 土地利用时空动态演化特征

贾天朝¹, 胡西武^{1,2}

(1. 青海民族大学 经济与管理学院, 西宁 810007; 2. 天津大学-青海民族大学 双碳研究院, 西宁 810007)

摘要: [目的] 探索“两屏三带”生态屏障区土地利用时空动态演化特征, 揭示其分异规律, 为研究区土地资源整合和筑牢国家生态安全屏障提供依据。[方法] 基于“两屏三带”生态屏障区 1985—2020 年内 8 期土地利用数据, 采用单一土地利用动态度、综合土地利用动态度及转移矩阵等方法, 从土地利用结构、动态度和空间转移 3 个方面全面分析了土地利用变化的时空动态演化特征及分异规律。[结果] (1) 1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区除北方防沙带草地面积增加 20 618.03 km² 外, 其他四大屏障区均有所减少, 其中东北森林带草地面积减少最多, 为 18 031.03 km²; 五大生态屏障区建设用地面积均有所增加, 北方防沙带增加面积最多, 为 7 280.79 km²; 东北森林带生态用地显著减少、非生态用地显著增加, 这与生态屏障区的发展要求相违背。(2) 1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区中南方丘陵山地土地利用类型变化速率最高(平均综合动态度为 24.27%), 变化速率差异最大(综合动态度极差为 31.23%); 除东北森林带综合土地利用动态度下降外, 其他屏障区均呈上升状态。(3) 1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区土地利用转化程度都有所增强, 其中增强较为显著的为川滇—黄土高原屏障和北方防沙带, 分别上升 3.89%, 3.82%。各屏障区主要转化地类为耕地和草地, 未利用地在北方防沙带和青藏高原生态屏障转化中也占有较大比例。[结论] 1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区土地利用呈不均衡演化特征, 应因地制宜进行土地利用规划与管理, 进一步筑牢国家生态安全屏障。

关键词: 生态屏障区; 土地利用变化; 转移矩阵; 动态度; 时空动态

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2024)04-0348-16

Spatiotemporal Dynamic Evolution Characteristics of Land Use in China's 'Two Screens and Three Belts' Ecological Barrier Areas from 1985 to 2020

Jia Tianchao¹, Hu Xiwu^{1,2}

(1. School of Economics and Management, Qinghai Minzu University, Xining 810007, China;

2. Institute for Carbon Peaking and Carbon Neutrality, Tianjin University-Qinghai Minzu University, Xining 810007, China)

Abstract: [Objective] The aims of this study are to explore the spatiotemporal dynamic evolution characteristics of land use in the 'Two Screens and Three Belts' ecological barrier area, to reveal its differentiation rules, and to provide a basis for the integration of land resources in the study area and the construction of a national ecological security barrier. [Methods] Based on 8 periods of land use data from 1985 to 2020 in the 'Two Screens and Three Belts' ecological barrier area, methods such as single land use dynamic degree, comprehensive land use dynamic degree and transfer matrix, three models were used to comprehensively analyze the spatiotemporal dynamic evolution characteristics and differentiation rules of land use change from the aspects of land use structure, dynamic degree and spatial transfer. [Results] (1) In the

收稿日期: 2023-09-01

修回日期: 2023-09-24

资助项目: 国家自然科学基金(42061033); 青海省“揭榜挂帅”重大社科项目(JB2301); 青海省省级哲学社会科学重点项目(22ZD001)

第一作者: 贾天朝(1998—), 男, 安徽宿州人, 硕士研究生, 研究方向为青藏高原生态经济与资源开发。E-mail: jtc2517528185@163.com

通信作者: 胡西武(1973—), 男, 湖北荆州人, 博士, 教授, 主要从事生态经济与气候变化经济学研究。E-mail: 2827617701@qq.com

<http://stbcyj.paperonce.org>

‘Two Screens and Three Belts’ ecological barrier area from 1985 to 2020, except for the northern sand control belt whose grassland area increased by 20 618.03 km², the other four major barrier areas had decreased. Among them, the northeastern forest belt’s grassland area had decreased the most, reaching up to 18 031.03 km². The area of construction land in the five major ecological barrier areas all increased, with the northern sand control belt increasing the most, reaching up to 7 280.79 km². The ecological land in the northeastern forest belt significantly decreased, and the non-ecological land increased significantly, which was consistent with the ecological barrier area contrary to the development requirements. (2) From 1985 to 2020, the land use type change rate in the south-central hilly and mountainous areas of the ‘Two Screens and Three Belts’ ecological barrier area was the highest (the average comprehensive dynamic degree was 24.27%), and the difference in change rates among each stage was the largest (the comprehensive dynamic degree range was 31.23%). Except for the decrease in the dynamic degree of comprehensive land use in the northeastern forest belt, other barrier areas were on the rise. (3) The degree of land use conversion in the ‘two screens and three belts’ ecological barrier areas had increased from 1985 to 2020. Among them, the Sichuan-Yunnan-Loess Plateau barrier and the northern sand control belt had increased significantly, with increases of 3.89% and 3.82%, respectively. The main types of land converted in each barrier area were cultivated land and grassland, and unused land accounted for a large proportion of the ecological barrier conversion in the northern sand control belt and Qinghai-Tibet Plateau. [Conclusion] From 1985 to 2020, the land use in the ‘two screens and three belts’ ecological barrier area showed uneven evolution characteristics, land use planning and management should be carried out according to local conditions to further build the national ecological security barrier.

Keywords: ecological barrier area; land use change; transfer matrix; dynamic degree; spatiotemporal dynamics

土地是人类赖以生存和发展的物质基础,同时也是人类改造生态环境和进行社会经济生活的基本载体^[1-2]。土地利用状况反映了区域土地利用的结构、布局、利用程度和效果,是关乎全球环境变化和可持续发展的重要因素^[3-4]。随着城市化进程的不断推进,土地利用结构发生了较大改变,土地的可持续利用面临着较大的挑战^[5]。我国于2021年4月21日修订通过的《中华人民共和国土地管理法实施条例》指出,合理的国土空间规划需要调查当地土地条件,明确土地利用现状以及变化情况^[6]。因此,开展土地利用时空格局动态演变过程的定量研究,对区域土地科学利用与合理开发、实现区域生态经济的可持续发展具有重要意义^[7]。目前,学者们围绕土地利用变化已经对国家^[8]、省域^[9]、市域^[10]、县域^[11]、乡镇等^[12]行政区划和流域^[13]、丘陵区等^[14]自然边界的多尺度研究区域开展了大量研究,取得了较大的研究成果。通过梳理文献发现,以往研究多集中于城市化进程较快和经济发展水平较高的地区,对于我国生态禀赋脆弱区和功能区关注度不够。“两屏三带”生态安全战略格局是我国国土空间的“三大战略格局”之一,是我国典型的生态功能区,对于我国国土空间开发、改善生态环境质量、保障国家生态安全具有非常重要的意

义^[15]。目前中国“两屏三带”生态屏障区已有研究多集中在生态系统服务功能和价值^[16-17]、生态屏障水平和保护^[18-19]、生态系统风险等^[20]方面,但超30 a长时间尺度的生态屏障区土地利用时空格局演化规律还未有公开文献进行深入探讨。开展生态屏障区土地利用时空格局动态演化相关研究,能够了解区域土地利用变化情况,有针对性地进行生态系统保护和修复,保障和提升本地生态系统的质量和服务功能,同时增强其辐射效应,发挥生态屏障保护、防御、连通和阻隔的重要作用,实现生态安全^[21]。

基于此,本文以中国“两屏三带”生态屏障区为研究对象,以5 a为间隔选取研究区1985—2020年内8期数据,采用单一土地利用动态度、综合土地利用动态度及转移矩阵等方法,系统探究土地利用变化的演化过程,从土地利用结构、动态度、空间转移3个方面全面分析土地利用变化的时空动态演化特征及其分异规律,以期“两屏三带”生态屏障区因地制宜进行土地利用规划与管理、筑牢国家生态安全屏障提供相关参考。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

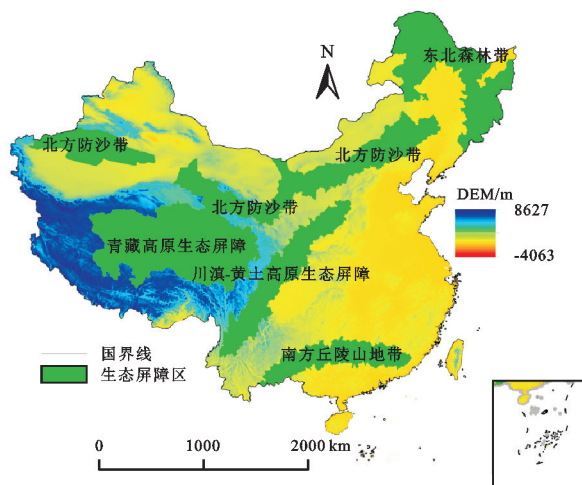
“两屏三带”生态屏障区横跨东西纵贯南北,包含

732 个区县,总面积达 313.52 万 km^2 , 占我国陆地国土总面积的 1/3(图 1)^[22]。研究区气候环境复杂,土地利用类型多样。地形西高东低,海拔高差约为 4 000 m,地貌类型从北到南依次为低山丘陵、草原、荒漠、高原及喀斯特地貌^[23]。其中,“两屏”指青藏高原生态屏障和川滇—黄土高原生态屏障,“三带”指东北森林带、北方防沙带和南方丘陵山地带。青藏高原生态屏障,主要发挥涵养大江大河水源和调节气候的作用;川滇—黄土高原生态屏障,主要发挥保障长江、黄河中下游地区生态安全的作用;东北森林带,主要发挥东北平原生态安全屏障的作用;北方防沙带,主要发挥“三北”地区生态安全屏障的作用;南方丘陵山地带,主要发挥华南和西南地区生态安全屏障的作用^[24]。

1.2 数据来源

1985—2020 年各期土地利用数据来源于武汉大学杨杰和黄昕教授团队发布的全国 CLCD 土地利用数据集^[25](分辨率为 30 m),该数据集基于 Google Earth Engine 上 335 709 景 Landsat 影像制作,总体精度达 80%。因此,会出现部分地类斑块识别失真现象,数据会产生一定误差。根据《GB/T21010—2017》,结合本文研究目的,将土地利用数据划分为耕

地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地 6 种土地利用类型^[26](图 2)。“两屏三带”生态屏障区矢量边界参考王晓峰等^[27]研究成果,来源于全球变化科学研究数据出版系统。高程数据来源于全球海洋和陆地地形模型网格数据集(GEBCO Compilation Group (2022) GEBCO_2022 Grid)网站(<https://www.gebco.net/>),分辨率为 500 m。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号 GS(2019)1822 号的标准地图制作,底图未作修改,下图同。

图 1 研究区示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the research area

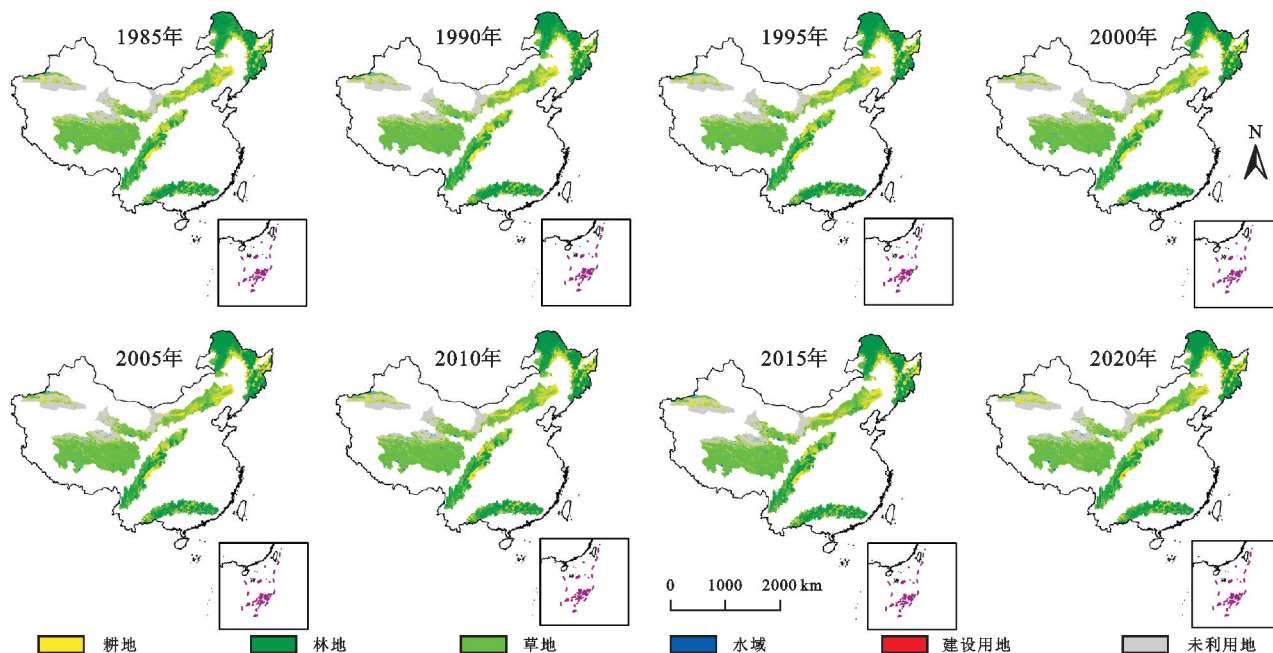


图 2 1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区土地利用空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of land use in the 'two screens and three belts' ecological barrier area from 1985 to 2020

1.3 研究方法

土地利用动态度可以反映一定时间内土地利用的变化情况,本文从单一土地利用动态度和综合土地利用动态度两个方面来探析“两屏三带”生态屏障区土地利用的变化速率和幅度。

1.3.1 单一土地利用动态度 单一土地利用动态度 (K) 可以反映研究区某一时间内某种土地利用类型的变化速率和幅度^[28]。 $|K|$ 越大,说明该土地利用类型变化速率越快。本文用来定量分析“两屏三带”5 个生态屏障区各个地类的变化速率和幅度。具体计算公式如下:

$$K = \frac{W_b - W_a}{W_a} \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (1)$$

式中: K 为单一土地利用动态度; W_a 、 W_b 分别为某土地利用类型的期初和期末面积; t 为研究期初与期末间隔时间。

1.3.2 综合土地利用动态度 综合土地利用动态度(P)可以反映研究区一定时间内所有土地利用类型的变化速率和幅度^[29]。 $|P|$ 值越大,说明区域内综合土地利用类型变化速率越快。本文用来定量分析“两屏三带”5个生态屏障区各自的综合变化速率和幅度。具体计算公式如下:

$$P = \sum_{ij} \frac{\Delta W_{i-j}}{W_i} \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (2)$$

式中: P 为综合土地利用动态度; ΔW_{i-j} 为某一研究期内第 i 类土地利用类型向其他土地利用类型转出的面积之和; W_i 为第 i 土地利用类型的期初面积; t 为研究期初与期末间隔时间。

1.3.3 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵主要原理来源于马尔科夫模型,它可以全面反映研究区域在某个研究期内各土地利用类型之间的转入和转出情况,揭示期末各土地利用类型的来源^[30]。本文用来分析“两屏三带”5个生态屏障区内土地利用的转化情况。具体计算公式如下:

$$Q_{ij} = \begin{pmatrix} Q_{11} & \cdots & Q_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Q_{n1} & \cdots & Q_{nn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

式中: Q 为面积; n 为土地利用类型数; i, j 分别为研究初期与末期土地利用类型。

2 结果与分析

2.1 土地利用结构变化特征

参考相关研究成果^[31],将“两屏三带”生态屏障区土地利用类型面积的变化特征分为波浪型(增加/减少)、增长型、衰退型、“U”型和倒“U”型5种。

由图3A、图4A可知,1985—2020年北方防沙带耕地、草地、水域、未利用地面积均呈波浪型变化特征,草地、水域面积分别波动增加20 618.03, 663.71 km²,耕地、未利用地面积分别波动减少8 270.63, 31 186.30 km²。林地、建设用地面积均呈增长型变化特征,分别增加10 894.41, 7 280.79 km²。其中,北方防沙带草地、建设用地增加面积在“两屏三带”中均位于第一位,尤其是1990—2015年间建设用地面积的增速都在20%以上。未利用地减少面积在“两屏三带”中最多,占比由41.42%降至37.83%,在1990—2015年处于持续减少状态。

由图3B、图4B可知,1985—2020年川滇—黄土

高原生态屏障耕地面积呈衰退型变化特征,减少14 930.08 km²,占比由23.91%降至20%,耕地减少面积在“两屏三带”中最多。林地、水域、建设用地面积均呈增长型变化特征,分别增加17 736.88, 634.51, 3 404.41 km²。其中,林地增加面积在“两屏三带”中最多,占比由50.79%升至55%,尤其在2005年之后增速持续加快;水域面积增加最显著的为2000—2005年,增加面积占总增加面积的67.18%;建设用地面积1990—2015年间的增速都保持在20%以上。草地、未利用地面积均呈波浪型变化特征,草地面积波动减少7 339.27 km²,未利用地面积由1 498.02 km²波动增加至1 991.57 km²,其中增加最显著的为1995—2000年,增速高达46.74%。

由图3C、图4C可知,1985—2020年东北森林带耕地、林地、水域面积均呈波浪型变化特征,耕地、水域面积分别波动增加23 109.58, 635.37 km²,林地面积波动减少5 621.70 km²。其中,耕地增加面积在“两屏三带”中最多,占比由17.61%升至21%,林地减少面积在“两屏三带”中最多。草地、未利用地面积均呈衰退型变化特征,分别减少18 031.03, 4 058.09 km²。其中,草地减少面积在“两屏三带”中最多,减少最显著的为1990—1995年,减少面积占总减少面积的37.88%;未利用地较1985年减少92.43%,其中减少最为显著的为1990—1995年,减速高达59.82%。建设用地面积呈增长型变化特征,由3 020.24 km²增加至6 986.21 km²,增加131.31%。

由图3D、图4D可知,1985—2020年南方丘陵山地带耕地、林地、草地面积均呈波浪型变化特征,耕地面积波动增加2 803.38 km²,林地、草地面积分别波动下降3 299.74, 1 927.25 km²,三大地类占比增减均不明显。水域面积呈倒“U”型变化特征,总体上增加481.96 km²,1985年以来30年间持续增加,2015年之后开始减少。建设用地面积呈增长型变化特征,由1 163.67 km²增加至3 105.13 km²,增加166.84%。未利用地面积呈“U”型变化特征,以2005年为U点总体上增加了0.20 km²。

由图3E、图4E可知,1985—2020年青藏高原生态屏障耕地、林地、草地、建设用地、未利用地面积均呈波浪型变化特征,耕地、草地面积分别波动减少246.95, 13 539.67 km²,林地、建设用地、未利用地面积分别波动增加920.50, 0.10, 5 272.01 km²。其中,耕地、林地、建设用地面积占比增减均不明显,草地面积占比由77.78%降至76.33%,未利用地增加面积在“两屏三带”中最多。水域面积呈倒“U”型变化特征,增加7 585.10 km²,在“两屏三带”中水域面积增加最多。

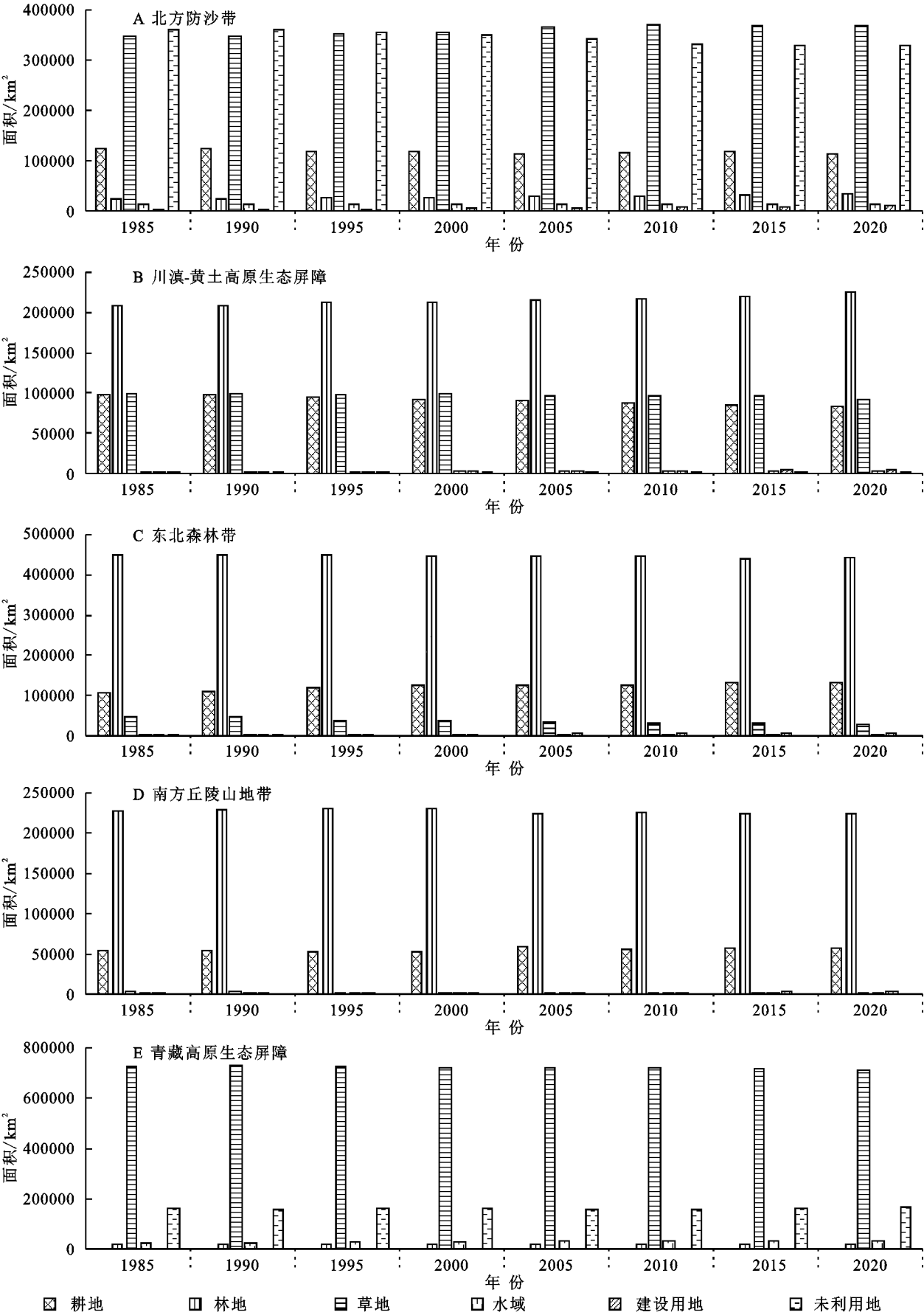


Fig. 3 Area of land use types in the ‘two screens and three belts’ ecological barrier area from 1985 to 2020

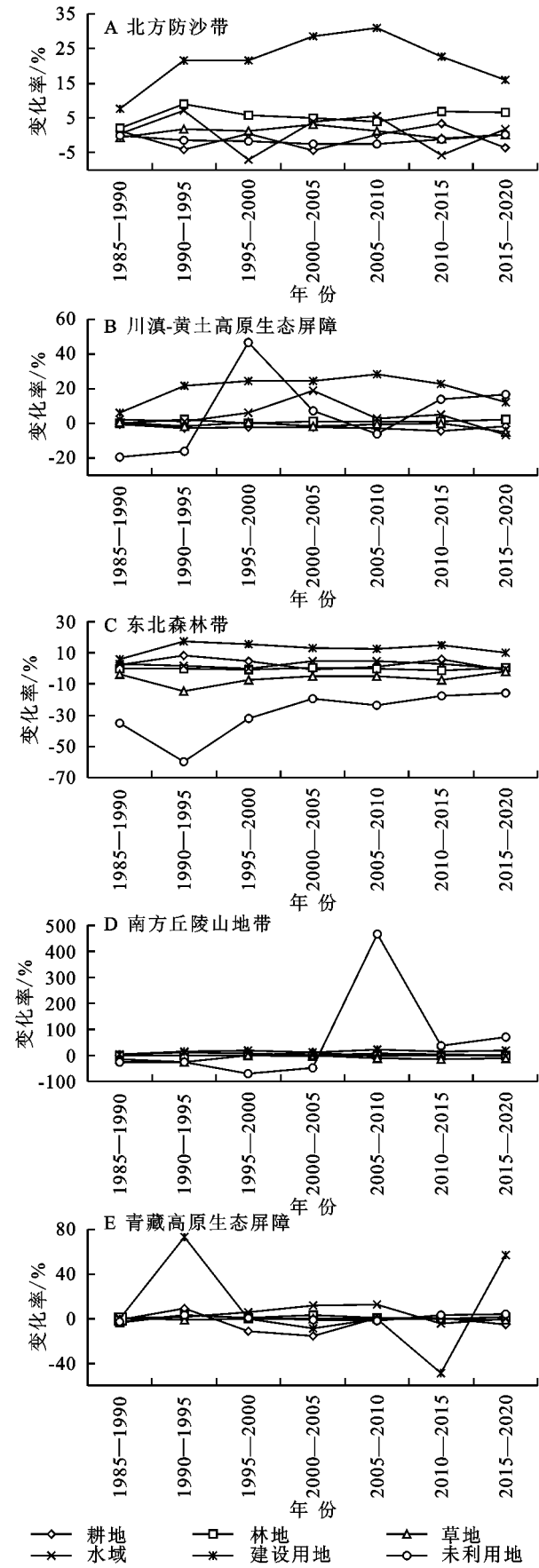


图 4 1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区土地利用类型变化

Fig. 4 Changes in land use types in the ‘two screens and three belts’ ecological barrier area from 1985 to 2020

2.2 土地利用动态变化

根据公式(1)–(2)计算 1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区单一土地利用动态度及综合土地利用动态度(表 1)。结果显示,1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区综合土地利用动态度除东北森林带呈下降状态,其他四大屏障区均呈上升特征,平均综合动态度排名为:南方丘陵山地带(24.27%)>川滇—黄土高原生态屏障(11.40%)>东北森林带(11.20%)>青藏高原生态屏障(8.85%)>北方防沙带(6.48%)。综合动态度极差排名为:南方丘陵山地带(31.23%)>青藏高原生态屏障(14.80%)>东北森林带(10.48%)>川滇—黄土高原生态屏障(9.07%)>北方防沙带(5.38%)。说明 1985—2020 年南方丘陵山地带在“两屏三带”生态屏障区土地利用类型变化速率最高,变化速率差异最大。

具体来看,北方防沙带 1985—1990 年综合动态度在“两屏三带”1985—2020 年间最低,建设用地的动态度一直高于其他土地利用类型且动态度变化最大。川滇—黄土高原生态屏障除了 1985—1990 年和 2000—2005 年,其他时间综合动态度均在 10%以上,土地利用变化较为剧烈;未利用地除 1995—2000 年动态度较高之外,其他时期都相对较低,其中动态度变化较大的分别为建设用地和未利用地。东北森林带 1990—2000 年之间综合动态度较高,其中 1990—1995 年综合动态度达 18.63%,土地利用变化较为剧烈;未利用地在土地利用变化最为剧烈且动态度变化最大,尤其是 1990—1995 年动态度高达 11.96%。南方丘陵山地带 2010—2015 年综合动态度高达 41.99%,在 1985—2020 年“两屏三带”综合动态度位于第一位,是“两屏三带”中唯一一个在研究期各时期综合动态度均超过 10%的生态屏障区;未利用地动态度尤为突出,尤其是 2005—2010 年达到 93.30%,是南方丘陵山地带综合动态度的最大“贡献者”。青藏高原生态屏障土地利用变化较为剧烈的为 2000—2005 年、2010—2015,综合动态度均位于 10%以上;建设用地动态度最为突出,在 1990—1995 年、2015—2020 年动态度均超过了 10%。

2.3 土地利用类型空间转移特征

2.3.1 北方防沙带 根据表 2,从整体来看,1985—2020 年各时期北方防沙带土地利用发生转移的面积分别为 22 169.67,60 197.50,64 365.23,58 338.90,55 281.92,56 748.90,55 383.42 km²,分别占土地总面积的 2.55%,6.93%,7.41%,6.71%,6.36%,6.53%,6.37%。可以看出,除了 1985—1990 年,其他 6 个时期土地转移程度较为接近。分时期来看:

表 1 1985—2020 年“两屏三带”生态屏障区土地利用类型动态度

Table 1 Dynamic degree of land use types in the ‘two screens and three belts’ ecological barrier area from 1985 to 2020								%
生态屏障区	时期	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	综合
北方防沙带	1985—1990	0.26	0.42	−0.14	0.11	1.54	0.01	2.40
	1990—1995	−0.81	1.80	0.35	1.43	4.34	−0.26	6.85
	1995—2000	0.09	1.14	0.23	−1.41	4.34	−0.34	7.74
	2000—2005	−0.87	1.00	0.60	0.76	5.69	−0.49	7.07
	2005—2010	0.03	0.81	0.27	1.13	6.18	−0.51	6.48
	2010—2015	0.67	1.39	−0.17	−1.13	4.56	−0.22	7.77
	2015—2020	−0.72	1.34	0.02	0.36	3.21	0.01	7.01
川滇—黄土高原生态屏障	1985—1990	−0.14	0.01	0.15	0.43	1.17	−3.89	6.58
	1990—1995	−0.57	0.41	−0.33	0.19	4.35	−3.21	15.65
	1995—2000	−0.42	0.03	0.13	1.19	4.94	9.35	10.93
	2000—2005	−0.41	0.25	−0.36	3.77	4.84	1.49	9.32
	2005—2010	−0.51	0.20	−0.11	0.54	5.70	−1.26	11.01
	2010—2015	−0.90	0.26	0.00	1.02	4.55	2.78	13.52
	2015—2020	−0.30	0.50	−1.00	−1.35	2.49	3.36	12.81
东北森林带	1985—1990	0.41	0.03	−0.73	0.62	1.16	−7.00	9.52
	1990—1995	1.66	−0.06	−2.97	0.36	3.51	−11.96	18.63
	1995—2000	0.95	−0.14	−1.47	−0.01	3.13	−6.36	13.33
	2000—2005	−0.13	0.09	−1.00	0.95	2.62	−3.88	9.36
	2005—2010	0.20	−0.01	−1.03	1.00	2.45	−4.76	9.85
	2010—2015	1.17	−0.26	−1.46	0.63	3.03	−3.57	9.59
	2015—2020	−0.27	0.08	−0.40	0.01	2.02	−3.16	8.15
南方丘陵山地带	1985—1990	−0.28	0.10	−2.70	0.38	0.95	−5.06	10.76
	1990—1995	−0.35	0.12	−5.45	2.06	3.15	−5.55	20.47
	1995—2000	−0.27	0.03	−0.29	1.81	3.71	−14.10	25.57
	2000—2005	2.30	−0.54	0.26	0.11	2.54	−9.84	20.70
	2005—2010	−0.73	0.16	−2.09	1.54	4.30	93.30	30.87
	2010—2015	0.60	−0.16	−3.24	0.56	3.15	7.12	41.99
	2015—2020	−0.11	0.01	−2.07	−0.73	3.42	13.71	19.55
青藏高原生态屏障	1985—1990	−0.25	−0.81	0.16	0.12	0.00	−0.62	3.04
	1990—1995	1.88	0.62	−0.16	0.32	14.62	0.62	6.32
	1995—2000	−2.32	0.19	−0.06	1.17	0.00	0.08	8.45
	2000—2005	−3.18	0.66	−0.04	2.42	−1.78	−0.30	10.39
	2005—2010	0.11	0.05	−0.01	2.50	0.00	−0.43	6.95
	2010—2015	0.14	−0.03	−0.08	−0.93	−9.76	0.56	17.84
	2015—2020	−1.09	0.29	−0.18	−0.01	11.43	0.78	8.97

1985—1990 年,主要转出地类依次为草地、耕地、未利用地,面积合计 21 849.63 km², 占总转出面积 98.56%;主要土地利用转移类型依次为草地转耕地、耕地转草地、草地转未利用地、未利用地转草地,分别占总转出面积 33.04%, 25.20%, 18.25%, 17.04%。1990—1995 年,主要转出地类依次为草地、耕地、未利用地,面积合计 59 141.12 km², 占总转出面积 98.25%;主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、未利用地转草地、草地转未利用地、草地转耕地,分别占总转出面积 26.77%, 25.24%, 19.17%, 18.76%。1995—2000 年,主要转出地类依次为草地、未利用地、耕地,面积合计 62 710.61 km², 占总转出面积 97.43%;主要土地利用转移类型依次为未利用地转草地、草地转耕地、耕地转草地、草地转未利用地,分别占总转出面积 28.50%, 23.60%, 23.25%, 18.95%。2000—2005 年,

主要转出地类依次为草地、耕地、未利用地,面积合计 57 088.26 km², 占总转出面积 97.86%;主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、未利用地转草地、草地转耕地、草地转未利用地,分别占总转出面积 29.77%, 27.12%, 20.36%, 14.48%。2005—2010 年,主要转出地类依次为草地、未利用地、耕地,面积合计 54 069.36 km², 占总转出面积 97.81%;主要土地利用转移类型依次为未利用地转草地、草地转耕地、耕地转草地、草地转未利用地,分别占总转出面积 27.13%, 23.72%, 23.31%, 14.41%。2010—2015 年,主要转出地类依次为草地、未利用地、耕地,面积合计 54 430.13 km², 占总转出面积 95.91%;主要土地利用转移类型依次为草地转耕地、未利用地转草地、耕地转草地、草地转未利用地,分别占总转出面积 25.38%, 23.94%, 18.70%, 17.71%。2015—2020 年,主要转出地类依次为草地、耕地、未利用地,面

积合计 53 842.37 km², 占总转出面积 97.22%; 主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、草地转未利用地、未利用地转草地、草地转耕地, 分别占总转出面积 24.78%, 23.50%, 21.53%, 17.15%。总的来说, 北方防沙带 1985—2020 年土地利用转化程度有所增加, 主要集中在草地、耕地、未利用地之间的相互转化。

2.3.2 川滇—黄土高原生态屏障 根据表 3, 从整体来看, 1985—2020 年各时期北方防沙带土地利用发生转移的面积分别为 7 458.53, 26 129.64, 22 822.14, 20 839.97, 21 473.36, 24 625.14, 23 363.00 km², 分别占土地总面积的 1.82%, 6.38%, 5.57%, 5.09%, 5.24%, 6.01%, 5.71%。与北方防沙带类似, 除了 1985—1990 年, 川滇—黄土高原生态屏障其他 6 个时期土地转移程度较为接近。

分时期来看: 1985—1990 年, 主要转出地类依次为耕地、草地、林地, 面积合计 7 040.92 km², 占总转出面积 94.40%; 主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、草地转耕地、林地转耕地、耕地转林地, 分别占总转出面积 31.89%, 22.88%, 14.62%, 12.82%。1990—1995 年, 主要转出地类依次为耕地、草地、林地, 面积合计 25 364.04 km², 占总转出面积 97.07%; 主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、草地转耕地、草地转林地、耕地转林地, 分别占总转出面积 29.51%, 24.61%, 14.18%, 14.12%。1995—2000 年, 主要转出地类依次为耕地、草地、林地, 面积合计 22 335.09 km², 占总转出面积 97.87%; 主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、草地转耕地、林地转耕地、草地转林地, 分别占总转出面积 34.88%, 19.21%, 16.44%, 12.26%。2000—2005 年, 主要转出地类依次为耕地、草地、林地, 面积合计 20 394.19 km², 占总转出面积 97.86%; 主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、草地转耕地、耕地转林地、草地转林地, 分别占总转出面积 29.53%, 26.39%, 13.40%, 10.84%。2005—2010 年, 主要转出地类依次为草地、未利用地、耕地, 面积合计 20 781.62 km², 占总转出面积 96.78%; 主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、草地转耕地、林地转耕地、耕地转林地, 分别占总转出面积 27.18%, 19.17%, 15.10%, 14.12%。2010—2015 年, 主要转出地类依次为耕地、草地、林地, 面积合计 23 741.18 km², 占总转出面积 96.41%; 主要土地利用转移类型依次为耕地转草地、草地转耕地、耕地转林地、林地转耕地, 分别占总转出面积 29.64%, 16.98%, 13.87%, 13.76%。2015—2020 年, 主要转出地类依次为草地、耕地、林地, 面积合计 22 466.92 km², 占总转出面积 96.16%; 主要土地利用转移类型依次为草地转耕地、耕地转草地、耕地转林地、草地转林地, 分别占总转出面积 27.08%,

20.33%, 19.12%, 14.60%。总的来说, 川滇—黄土高原生态屏障 1985—2020 年土地利用转化程度有所增加, 主要集中在耕地、草地、林地之间的相互转化。

2.3.3 东北森林带 根据表 4, 从整体来看, 1985—2020 年各时期北方防沙带土地利用发生转移的面积分别为 11 732.49, 27 542.39, 26 644.40, 19 029.06, 17 777.30, 18 229.79, 14 861.07 km², 分别占土地总面积的 1.91%, 4.47%, 4.33%, 3.09%, 2.89%, 2.96%, 2.41%。与北方防沙带与川滇—黄土高原生态屏障不同, 东北森林带 1985—2020 年各时期土地转移程度都比较接近。

分时期来看: 1985—1990 年, 主要转出地类依次为耕地、草地、林地, 面积合计 10 142.08 km², 占总转出面积 86.44%; 主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、耕地转林地、草地转耕地、耕地转草地, 分别占总转出面积 25.29%, 21.16%, 15.58%, 11.15%。1990—1995 年, 主要转出地类依次为林地、草地、耕地, 面积合计 25 649.31 km², 占总转出面积 93.13%; 主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、草地转耕地、草地转林地、耕地转林地, 分别占总转出面积 35.59%, 16.49%, 15.73%, 15.34%。1995—2000 年, 主要转出地类依次为林地、耕地、草地, 面积合计 25 984.43 km², 占总转出面积 97.52%; 主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、耕地转林地、耕地转草地、草地转耕地, 分别占总转出面积 41.04%, 18.25%, 12.12%, 11.57%。2000—2005 年, 主要转出地类依次为耕地、林地、草地, 面积合计 18 686.58 km², 占总转出面积 98.20%; 主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、草地转林地、耕地转草地, 分别占总转出面积 29.40%, 23.65%, 16.90%, 15.43%。2005—2010 年, 主要转出地类依次为耕地、林地、草地, 面积合计 17 385.19 km², 占总转出面积 97.79%; 主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、耕地转林地、草地转耕地、耕地转草地, 分别占总转出面积 35.45%, 25.94%, 11.17%, 10.83%。2010—2015 年, 主要转出地类依次为林地、耕地、草地, 面积合计 17 905.65 km², 占总转出面积 98.22%; 主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、耕地转林地、草地转耕地、耕地转草地, 分别占总转出面积 51.27%, 14.41%, 13.92%, 7.16%。2015—2020 年, 主要转出地类依次为耕地、林地、草地, 面积合计 14 593.53 km², 占总转出面积 98.20%; 主要土地利用转移类型依次为耕地转林地、林地转耕地、耕地转草地、草地转耕地, 分别占总转出面积 32.44%, 25.93%, 15.15%, 12.39%。总的来说, 川滇—黄土高原生态屏障 1985—2020 年土地利用转化程度仅略微增加, 主要集中在林地、耕地、草地之间的相互转化。

表 2 1985—2020 年北方防沙带土地利用转移矩阵
Table 2 Land use transfer matrix in the northern sand control belt from 1985 to 2020 km²

年份	1990 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1985 年	耕地	116672.94	47.65	5585.67	48.84	167.90	0.00
	林地	20.46	23255.01	102.44	0.00	0.01	0.00
	草地	7325.01	561.48	336574.40	71.50	39.78	4045.30
	水域	34.52	0.51	105.30	11877.52	2.83	37.89
	建设用地	0.00	0.00	0.00	16.08	2564.96	0.00
	未利用地	66.03	0.00	3777.18	109.34	3.95	356056.59
年份	1995 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1990 年	耕地	107253.57	179.66	16113.05	175.52	376.84	20.31
	林地	38.02	23513.27	313.33	0.02	0.02	0.00
	草地	11295.04	2310.11	320434.76	368.24	198.91	11537.91
	水域	138.28	4.00	227.67	11467.23	13.85	272.25
	建设用地	1.07	0.00	0.35	47.49	2730.49	0.02
	未利用地	377.58	0.01	15192.15	932.85	62.93	343574.26
年份	2000 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1995 年	耕地	103951.40	98.56	14582.95	88.28	367.71	14.66
	林地	41.39	25864.71	100.86	0.01	0.06	0.00
	草地	14796.78	1516.80	323600.26	220.96	260.27	11886.26
	水域	215.37	3.12	258.82	11494.69	38.45	980.92
	建设用地	0.08	0.00	0.36	15.11	3367.43	0.06
	未利用地	663.88	0.01	17871.63	259.32	82.56	336527.35
年份	2005 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2000 年	耕地	102037.17	147.77	16993.76	115.43	368.30	6.47
	林地	36.64	27211.47	234.77	0.01	0.31	0.00
	草地	11621.96	1498.03	334116.39	293.24	617.52	8267.73
	水域	246.04	2.79	256.20	11122.48	46.16	404.69
	建设用地	0.23	0.00	0.44	22.31	4093.46	0.04
	未利用地	529.58	0.00	15480.14	986.61	161.72	332251.20
年份	2010 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2005 年	耕地	100738.54	143.82	12886.67	137.11	558.68	6.80
	林地	35.31	28669.80	149.01	0.01	5.94	0.00
	草地	13114.78	1206.90	343780.41	187.94	823.86	7967.80
	水域	220.50	6.29	244.83	11540.43	150.76	377.27
	建设用地	0.41	0.00	0.23	21.97	5264.84	0.02
	未利用地	559.72	0.02	14997.38	1361.69	116.18	323895.14
年份	2015 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2010 年	耕地	103143.02	156.92	10610.18	170.08	582.45	6.63
	林地	111.87	29771.97	133.17	0.09	9.73	0.01
	草地	14400.77	2189.90	344401.84	189.38	824.08	10052.56
	水域	162.66	1.75	192.49	11237.08	80.81	1574.37
	建设用地	0.25	0.00	0.36	51.12	6868.44	0.11
	未利用地	677.70	0.13	13585.71	851.17	132.48	316999.83
年份	2020 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2015 年	耕地	103994.06	199.08	13724.22	125.10	444.08	9.72
	林地	102.10	31946.54	66.11	0.04	5.88	0.00
	草地	9496.62	2124.85	343322.25	241.49	723.75	13014.79
	水域	99.40	1.73	196.76	11195.03	99.03	906.97
	建设用地	0.26	0.00	2.96	59.34	8434.95	0.47
	未利用地	559.91	0.12	11923.21	1101.28	154.15	314894.84

表 3 1985—2020 年川滇—黄土高原生态屏障土地利用转移矩阵

Table 3 Sichuan-Yunnan-Loess Plateau ecological barrier land use transfer matrix from 1985 to 2020 km²

年份	1990 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1985 年	耕地	94413.02	956.26	2378.38	52.35	98.14	0.00
	林地	1090.73	206620.31	251.84	0.00	0.01	0.00
	草地	1706.59	477.99	96460.79	13.07	2.02	13.54
	水域	5.98	15.94	60.42	1980.56	1.76	2.48
	建设用地	0.00	0.00	0.00	23.46	1317.79	0.00
	未利用地	0.02	0.03	264.72	42.64	0.17	1190.45
年份	1995 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1990 年	耕地	85521.79	3690.45	7709.56	23.82	270.69	0.04
	林地	2419.36	204878.31	772.67	0.01	0.19	0.00
	草地	6430.92	3705.46	88938.89	40.09	35.03	265.76
	水域	85.57	46.30	74.43	1856.69	16.11	32.95
	建设用地	1.75	0.01	0.04	16.01	1402.08	0.00
	未利用地	1.64	1.12	289.13	195.90	4.62	714.05
年份	2000 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1995 年	耕地	84263.05	1726.86	7959.67	125.95	385.50	0.01
	林地	3752.67	208109.41	458.55	0.62	0.39	0.00
	草地	4384.10	2796.97	89859.85	153.03	32.21	558.56
	水域	54.84	12.03	31.64	1879.56	34.89	119.57
	建设用地	0.00	0.00	0.00	29.31	1699.40	0.00
	未利用地	1.05	0.96	128.66	70.88	3.21	808.05
年份	2005 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2000 年	耕地	82941.42	2793.15	6154.84	78.84	487.46	0.02
	林地	2095.68	210195.64	353.75	0.12	1.04	0.00
	草地	5500.60	2260.02	90009.07	258.72	52.39	357.57
	水域	19.57	5.05	19.54	2148.31	19.46	47.42
	建设用地	0.16	0.00	0.00	40.48	2114.94	0.00
	未利用地	0.36	0.06	133.11	159.12	1.44	1192.10
年份	2010 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2005 年	耕地	80841.61	3031.06	5836.66	116.60	731.81	0.05
	林地	3241.88	211468.38	541.01	0.17	2.46	0.00
	草地	4115.64	2868.58	89390.40	57.21	68.94	169.54
	水域	32.97	9.31	87.62	2430.48	29.43	95.78
	建设用地	0.49	0.00	0.00	70.44	2605.79	0.00
	未利用地	0.17	0.13	282.02	82.63	0.74	1231.42
年份	2015 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2010 年	耕地	76616.14	3414.28	7300.04	153.43	748.69	0.19
	林地	3388.46	213443.36	543.22	0.25	2.15	0.00
	草地	4182.32	3367.83	87947.25	116.69	62.41	461.21
	水域	57.73	6.37	153.28	2349.21	33.63	157.32
	建设用地	0.33	0.00	0.08	64.87	3373.88	0.00
	未利用地	0.20	1.35	195.38	213.11	0.31	1086.46
年份	2020 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2015 年	耕地	74551.83	4467.02	4749.97	42.03	433.84	0.50
	林地	2035.36	217816.26	378.88	0.06	2.62	0.01
	草地	6327.66	3411.44	85782.63	96.09	101.19	420.25
	水域	52.80	3.14	89.17	2450.98	17.61	283.86
	建设用地	0.22	0.00	0.03	31.03	4189.79	0.00
	未利用地	0.21	1.91	334.05	81.45	0.61	1286.95

表 4 1985—2020 年东北森林带土地利用转移矩阵
Table 4 Land use transfer matrix of Northeast forest belt from 1985 to 2020

km²

年份	1990 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1985 年	耕地	104322.44	2482.57	1308.01	85.96	178.64	0.00
	林地	2966.81	445675.50	0.04	0.00	0.64	0.00
	草地	1828.34	1254.23	44611.26	23.73	12.23	0.89
	水域	17.69	9.18	1.62	3305.85	3.45	0.20
	建设用地	0.00	0.00	0.00	21.02	2999.32	0.00
	未利用地	1474.14	0.00	57.08	4.99	1.06	2853.08
年份	1995 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1990 年	耕地	103785.18	4223.68	1988.52	166.42	445.55	0.06
	林地	9801.98	439557.67	32.28	1.76	27.78	0.00
	草地	4540.38	4332.74	37016.73	20.23	62.38	5.54
	水域	72.81	35.17	7.09	3284.95	40.70	0.83
	建设用地	1.12	0.03	0.02	21.64	3172.52	0.01
	未利用地	1574.62	20.48	103.43	8.54	6.59	1140.51
年份	2000 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1995 年	耕地	111030.49	4861.55	3228.54	214.37	440.91	0.22
	林地	10934.12	437142.10	46.00	1.78	45.76	0.00
	草地	3083.75	3063.30	32936.89	17.56	35.30	11.27
	水域	130.14	28.56	16.91	3243.10	82.42	2.41
	建设用地	0.02	0.01	0.01	20.78	3734.71	0.00
	未利用地	310.77	13.13	47.10	4.02	3.67	768.25
年份	2005 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2000 年	耕地	117371.47	4500.52	2936.99	228.29	451.81	0.23
	林地	5595.29	439389.11	61.33	1.96	60.97	0.00
	草地	1545.71	3216.57	31426.25	13.58	64.13	9.21
	水域	44.90	30.15	14.00	3371.54	39.44	1.58
	建设用地	0.27	0.09	0.02	49.39	4293.01	0.00
	未利用地	133.21	4.62	20.23	2.43	2.17	619.51
年份	2010 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2005 年	耕地	117458.10	4611.48	1925.90	227.99	467.26	0.10
	林地	6301.45	440742.28	34.51	3.20	59.63	0.00
	草地	1985.64	1593.63	30705.14	68.09	98.59	7.71
	水域	75.38	65.63	4.76	3491.01	29.76	0.64
	建设用地	0.29	0.03	0.00	57.04	4854.16	0.01
	未利用地	130.29	2.96	20.05	2.47	2.82	471.95
年份	2015 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2010 年	耕地	121239.88	2626.15	1305.01	183.72	596.18	0.20
	林地	9346.98	437546.37	18.69	0.28	103.69	0.00
	草地	2537.57	999.89	28965.60	36.30	114.74	36.26
	水域	77.71	4.70	2.04	3697.65	65.67	2.04
	建设用地	0.13	0.00	0.01	47.47	5464.58	0.03
	未利用地	104.52	0.25	11.71	6.56	1.29	356.07
年份	2020 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2015 年	耕地	125681.17	4821.41	2251.11	98.13	454.75	0.22
	林地	3853.00	437178.95	68.26	4.27	72.88	0.00
	草地	1840.79	1014.93	27333.57	4.67	97.64	11.47
	水域	68.33	4.64	19.63	3823.61	51.17	4.60
	建设用地	0.14	0.00	0.03	40.21	6305.69	0.08
	未利用地	43.76	1.35	27.06	2.46	4.08	315.89

2.3.4 南方丘陵山地带 根据表5,从整体来看,1985—2020年各时期南方丘陵山地带土地利用发生转移的面积分别为5 418.54,11 785.93,10 875.55,12 646.29,13 084.13,17 253.85,14 018.20 km²,分别占土地总面积的1.88%,4.08%,3.77%,4.38%,4.53%,5.98%,4.86%。与北方防沙带与川滇—黄土高原生态屏障相同,除1985—1990年,南方丘陵山地带其他6个时期土地转移程度都比较接近。

分时期来看:1985—1990年,主要转出地类依次为耕地和林地,面积合计4 781.45 km²,占总转出面积88.24%;主要土地利用转移类型依次为耕地转林地、林地转耕地,分别占总转出面积49.59%,34.18%。1990—1995年,主要转出地类依次为耕地、林地、草地,面积合计11 684.94 km²,占总转出面积99.14%;主要土地利用转移类型依次为耕地转林地、林地转耕地,分别占总转出面积45.22%,38.45%。1995—2000年,主要转出地类依次为耕地和林地,面积合计10 126.16 km²,占总转出面积93.11%;主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、耕地转林地,分别占总转出面积41.79%,41.52%。2000—2005年,主要转出地类依次为林地和耕地,面积合计11 993.01 km²,占总转出面积94.83%;主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、耕地转林地,分别占总转出面积69.12%,19.15%。2005—2010年,主要转出地类依次为耕地和林地,面积合计12 268.95 km²,占总转出面积93.77%;主要土地利用转移类型依次为耕地转林地、林地转耕地,分别占总转出面积49.17%,36.46%。2010—2015年,主要转出地类依次为林地、耕地、建设用地,面积合计16 469.18 km²,占总转出面积95.45%;主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、耕地转林地、建设用地转水域,分别占总转出面积43.88%,33.36%,13.13%。2015—2020年,主要转出地类依次为耕地、林地,面积合计13 277.80 km²,占总转出面积94.72%;主要土地利用转移类型依次为林地转耕地、耕地转林地,分别占总转出面积44.22%,44.11%。总的来说,南方丘陵山地带土地利用转化程度有所增加,主要集中在耕地与林地之间的相互转化。

2.3.5 青藏高原生态屏障 根据表6,从整体来看,1985—2020年各时期青藏高原生态屏障土地利用发生转移的面积分别为10 874.70,30 205.89,33 506.76,28 279.37,25 785.39,31 168.63,35 077.88 km²,分别占土地总面积的1.17%,3.24%,3.60%,3.04%,2.77%,3.35%,3.77%。与东北森林带相同,青藏高原生态屏障1985—2020年各时期土地转移程

度都比较接近。

分时期来看:1985—1990年,主要转出地类依次为未利用地和草地,面积合计9 652.46 km²,占总转出面积88.76%;主要土地利用转移类型依次为未利用地转草地、草地转未利用地,分别占总转出面积63.66%,19.91%。1990—1995年,主要转出地类依次为未利用地、草地,面积合计28 112.25 km²,占总转出面积93.07%;主要土地利用转移类型依次为草地转未利用地、未利用地转草地,分别占总转出面积50.21%,32.36%。1995—2000年,主要转出地类依次为草地和未利用地,面积合计31 503.19 km²,占总转出面积94.02%;主要土地利用转移类型依次为草地转未利用地、未利用地转草地,分别占总转出面积44.09%,39.33%。2000—2005年,主要转出地类依次为未利用地和草地,面积合计26 913.21 km²,占总转出面积95.17%;主要土地利用转移类型依次为未利用地转草地、草地转未利用地、未利用地转水域,分别占总转出面积39.14%,37.86%,9.28%。2005—2010年,主要转出地类依次为未利用地和草地,面积合计24 553.47 km²,占总转出面积95.22%;主要土地利用转移类型依次为未利用地转草地、草地转未利用地、未利用地转水域,分别占总转出面积38.53%,36.85%,13.13%。2010—2015年,主要转出地类依次为草地、未利用地、水域,面积合计30 317.14 km²,占总转出面积97.27%;主要土地利用转移类型依次为草地转未利用地、未利用地转草地、水域转未利用地,分别占总转出面积41.42%,33.10%,11.13%。2015—2020年,主要转出地类依次为草地、未利用地、水域,面积合计34 283.01 km²,占总转出面积97.73%;主要土地利用转移类型依次为草地转未利用地、未利用地转草地、水域转未利用地、未利用地转水域,分别占总转出面积47.98%,31.48%,6.87%,5.49%。总的来说,青藏高原生态屏障土地利用转化程度有所增加,主要集中在草地与未利用地之间的相互转化。

3 结论

(1) 1985—2020年“两屏三带”生态屏障区除北方防沙带草地面积增加20 618.03 km²外,其他四大屏障区均有所减少,其中东北森林带草地面积减少最多,为18 031.03 km²;五大生态屏障区建设用地面积均有所增加,北方防沙带增加面积最多,为7 280.79 km²;东北森林带生态用地显著减少、非生态用地显著增加,这与生态屏障区的发展要求相违背。

表 5 1985—2020 年南方丘陵山地带土地利用转移矩阵

Table 5 Land use transfer matrix in southern hilly and mountainous areas from 1985 to 2020

km²

年份	1990 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1985 年	耕地	51884.94	2687.04	96.08	36.64	65.50	0.00
	林地	1851.87	225967.02	44.04	0.00	0.28	0.00
	草地	251.35	337.28	2743.90	4.08	2.23	0.07
	水域	13.29	8.16	2.47	1504.53	2.23	0.00
	建设用地	0.00	0.00	0.00	14.75	1148.92	0.00
	未利用地	0.02	0.00	0.97	0.12	0.05	3.16
年份	1995 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1990 年	耕地	48095.99	5329.31	214.52	149.01	212.64	0.00
	林地	4531.63	224340.51	116.94	1.24	9.20	0.00
	草地	386.65	705.81	1767.01	22.17	5.34	0.48
	水域	31.09	14.46	2.03	1504.32	8.19	0.02
	建设用地	0.41	0.02	0.00	43.36	1175.42	0.00
	未利用地	0.05	0.00	0.52	0.64	0.18	1.83
年份	2000 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1995 年	耕地	47571.19	4515.13	519.53	182.99	256.96	0.02
	林地	4545.02	225738.58	88.13	0.43	17.95	0.00
	草地	187.78	439.81	1456.78	10.11	6.39	0.15
	水域	35.36	17.27	6.01	1649.62	12.46	0.02
	建设用地	0.00	0.01	0.01	32.18	1378.78	0.00
	未利用地	0.02	0.00	0.21	1.49	0.11	0.50
年份	2005 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2000 年	耕地	49234.19	2409.00	424.27	73.78	198.14	0.01
	林地	8741.30	221822.98	123.51	0.46	22.55	0.00
	草地	315.26	205.05	1539.45	3.48	7.35	0.07
	水域	66.15	6.88	9.83	1782.45	11.51	0.00
	建设用地	0.19	0.00	0.02	27.06	1645.38	0.00
	未利用地	0.01	0.00	0.31	0.04	0.07	0.27
年份	2010 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2005 年	耕地	50993.88	6433.24	362.33	204.45	362.81	0.39
	林地	4770.08	219538.13	91.38	0.44	43.87	0.00
	草地	395.68	262.85	1414.60	7.45	15.52	1.30
	水域	57.15	16.30	10.25	1787.68	15.84	0.06
	建设用地	0.30	0.01	0.01	32.09	1852.59	0.00
	未利用地	0.01	0.07	0.02	0.01	0.23	0.00
年份	2015 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2010 年	耕地	49756.71	5755.57	282.89	108.48	313.31	0.14
	林地	7571.83	218532.37	100.61	0.51	45.20	0.01
	草地	489.18	165.95	1188.38	15.76	17.93	1.44
	水域	74.09	7.32	1.97	1938.77	9.80	0.18
	建设用地	0.12	0.00	25.60	2264.91	0.00	0.00
	未利用地	0.11	0.00	0.86	0.00	0.09	0.92
年份	2020 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2015 年	耕地	50910.44	6182.93	359.45	52.03	387.04	0.15
	林地	6199.35	218165.01	56.77	0.65	39.43	0.00
	草地	339.76	209.38	991.28	3.84	27.85	2.61
	水域	123.60	6.15	3.61	1944.76	10.89	0.11
	建设用地	0.20	0.00	0.01	11.35	2639.67	0.00
	未利用地	0.22	0.00	0.54	0.01	0.26	1.65

表 6 1985—2020 年青藏高原生态屏障土地利用转移矩阵

Table 6 Qinghai-Tibet Plateau ecological barrier land use transfer matrix from 1985 to 2020 km²

年份	1990 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1985 年	耕地	1017.64	0.51	42.31	6.76	0.00	0.00
	林地	0.04	18475.73	898.74	0.00	0.00	0.00
	草地	35.77	109.73	722135.20	98.67	0.00	2165.37
	水域	0.05	0.09	194.68	24963.61	0.00	79.06
	建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
	未利用地	0.17	0.00	6922.59	320.17	0.00	154026.36
年份	1995 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1990 年	耕地	915.24	0.80	135.78	1.40	0.00	0.45
	林地	0.12	17604.00	981.93	0.00	0.00	0.00
	草地	233.47	1553.96	712963.18	275.58	0.00	15167.32
	水域	1.51	0.30	392.79	24416.05	0.00	578.55
	建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
	未利用地	2.26	0.03	9773.74	1105.88	0.02	145388.87
年份	2000 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1995 年	耕地	888.07	0.13	261.81	2.47	0.00	0.11
	林地	0.07	18418.54	740.48	0.00	0.00	0.00
	草地	123.25	920.22	707698.22	733.64	0.00	14772.09
	水域	0.90	0.25	182.01	24800.41	0.00	815.35
	建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
	未利用地	6.76	0.03	13179.49	1767.71	0.00	146181.21
年份	2005 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2000 年	耕地	731.00	0.09	283.57	4.25	0.00	0.13
	林地	0.35	18980.42	358.36	0.00	0.00	0.03
	草地	123.58	994.12	708843.53	1396.71	0.00	10704.07
	水域	0.48	0.20	116.46	26584.86	0.00	602.23
	建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
	未利用地	1.45	0.44	11068.53	2624.31	0.00	148074.04
年份	2010 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2005 年	耕地	704.01	0.11	148.91	3.71	0.00	0.13
	林地	0.11	19374.11	601.03	0.00	0.00	0.00
	草地	154.72	653.88	709439.98	920.54	0.00	9501.33
	水域	1.43	0.50	104.37	30132.23	0.00	371.62
	建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
	未利用地	1.21	0.02	9935.12	3386.65	0.00	146057.50
年份	2015 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2010 年	耕地	726.10	0.19	133.59	1.55	0.00	0.04
	林地	0.14	19312.53	715.96	0.00	0.00	0.00
	草地	137.16	689.26	705891.10	601.66	0.00	12910.24
	水域	3.29	0.69	463.92	30505.54	0.00	3469.69
	建设用地	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
	未利用地	0.89	0.07	10315.49	1724.80	0.00	143889.34
年份	2020 年						
	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2015 年	耕地	668.17	0.08	197.52	1.58	0.00	0.23
	林地	0.09	19407.28	595.37	0.01	0.00	0.00
	草地	149.16	887.41	698898.50	754.38	0.01	16830.60
	水域	1.37	0.20	279.71	30141.62	0.00	2410.67
	建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
	未利用地	1.47	0.05	11042.96	1925.02	0.00	147299.80

(2) 1985—2020年“两屏三带”生态屏障区中南方丘陵山地土地利用类型变化速率最高(平均综合动态度为24.27%),各时期变化速率差异最大(综合动态度极差为31.23%)。除东北森林带综合土地利用动态度下降外,其他屏障区均呈上升状态。

(3) 1985—2020年“两屏三带”生态屏障区土地利用转化程度都有所增强,其中增强较为显著的为川滇—黄土高原屏障和北方防沙带,分别上升3.89%,3.82%。各屏障区主要转化地类为耕地、草地,未利用地在北方防沙带、青藏高原生态屏障转化中占有较大比例。

参考文献(References):

- [1] 李聪慧,马彩虹,滑雨琪,等.黄河上游荒漠绿洲生态系统服务对三生用地变化的响应:以银川市为例[J].资源科学,2023,45(1):190-203.
Li C H, Ma C H, Hua Y Q, et al. Response of desert oasis ecosystem services to the production-living-ecological land change in the upper reaches of the Yellow River: A case study in Yinchuan City[J]. Resources Science, 2023,45(1):190-203.
- [2] Veldkamp A, Lambin E F. Predicting land-use change[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2001,85(1/3):1-6.
- [3] de Koning G H J, Verburg P H, Veldkamp A, et al. Multi-scale modelling of land use change dynamics in Ecuador[J]. Agricultural Systems, 1999,61(2):77-93.
- [4] 陈相标,丁文荣.滇中高原湖泊流域土地利用变化及生态系统服务功能[J].水土保持研究,2022,29(3):205-212.
Chen X B, Ding W R. Land use change and ecosystem service function in lake basin of central Yunnan Plateau[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022,29(3):205-212.
- [5] 彭焕智,周国华,崔树强,等.湘江流域土地利用多功能性评价及障碍因子识别[J].水土保持研究,2022,29(4):308-315.
Peng H Z, Zhou G H, Cui S Q, et al. Evaluation and obstacle factor identification of multifunctionality of land use in Xiangjiang River Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022,29(4):308-315.
- [6] 许丽婷.乌江流域土地利用变化的自然因子[J].水土保持研究,2022,29(5):319-326.
Xu L T. Natural factors of land use change in Wujiang River Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022,29(5):319-326.
- [7] 夏春华,李阳兵,陈爽,等.三峡库区腹地土地利用动态演变路径分析:以奉节县为例[J].地理科学,2022,42(11):1975-1985.
Xia C H, Li Y B, Chen S, et al. Dynamic evolution path of land use in the hinterland of the Three Gorges Reservoir Area: A case study of Fengjie County[J]. Scientia Geographica Sinica, 2022,42(11):1975-1985.
- [8] 匡文慧,张树文,杜国明,等.2015—2020年中国土地利用变化遥感制图及时空特征分析[J].地理学报,2022,77(5):1056-1071.
Kuang W H, Zhang S W, Du G M, et al. Remotely sensed mapping and analysis of spatio-temporal patterns of land use change across China in 2015—2020[J]. Acta Geographica Sinica, 2022,77(5):1056-1071.
- [9] 张兴榆,黄贤金,赵小凤,等.快速城市化地区土地利用动态变化及结构效率分析:以江苏省为例[J].中国土地科学,2008,22(10):24-30.
Zhang X Y, Huang X J, Zhao X F, et al. Analysis on dynamic changes and structural efficiency of land use in rapid urbanization regions: A case of Jiangsu Province[J]. China Land Science, 2008,22(10):24-30.
- [10] 陈磊,孙佳新,姜海,等.南京市土地利用结构时空格局及驱动因素[J].水土保持研究,2020,27(1):197-206.
Chen L, Sun J X, Jiang H, et al. Spatiotemporal pattern and driving factors of land use structure in Nanjing City[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2020,27(1):197-206.
- [11] 王阳,魏建兵,程雨露,等.浑河上游新宾县土地利用演变对水源涵养能力影响评价[J].水土保持研究,2023,30(4):169-176.
Wang Y, Wei J B, Cheng Y L, et al. Evaluation of the impact of land use evolution on water conservation capacity in Xinbin County, upper reaches of Hunhe River[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023,30(4):169-176.
- [12] 王力,牛铮,尹君,等.基于遥感技术的小城镇土地利用变化分析:以黄骅镇为例[J].资源科学,2006,28(5):68-75.
Wang L, Niu Z, Yin J, et al. Analyzing land use change of small towns based on RS technology: A case study in Huanghua Town[J]. Resources Science, 2006,28(5):68-75.
- [13] 吴菲,吴俊锋,凌虹,等.太湖流域土地利用变化研究[J].中国人口·资源与环境,2018,28(S1):143-145.
Wu F, Wu J F, Ling H, et al. Analysis on land use change of Taihu Basin[J]. China Population, Resources and Environment, 2018,28(S1):143-145.
- [14] 武爱彬,刘欣,赵艳霞,等.浅山丘陵区土地利用格局的地形梯度特征与变化研究[J].干旱区资源与环境,2015,29(1):181-185.
Wu A B, Liu X, Zhao Y X, et al. The distribution and change of the land use types in hilly region based on terrain features[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015,29(1):181-185.
- [15] 樊杰.中国主体功能区划方案[J].地理学报,2015,70

- (2):186-201.
- Fan J. Draft of major function oriented zoning of China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015,70(2):186-201.
- [16] 尹礼唱,王晓峰,张琨,等.国家屏障区生态系统服务权衡与协同[J].*地理研究*,2019,38(9):2162-2172.
- Yin L C, Wang X F, Zhang K, et al. Trade-offs and synergy between ecosystem services in National Barrier Zone [J]. *Geographical Research*, 2019,38(9):2162-2172.
- [17] 武燕,吴映梅,李琛,等.基于 MAUP 下川滇生态屏障区生态系统服务价值多尺度空间分异及地理探测响应[J].*水土保持研究*,2023,30(2):333-342.
- Wu Y, Wu Y M, Li C, et al. Multi-scale spatial differentiation and geographic detection response of ecosystem service value in Sichuan-Yunnan ecological barrier based on the modifiable areal unit problem [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2023,30(2):333-342.
- [18] 孙鸿烈,郑度,姚檀栋,等.青藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J].*地理学报*,2012,67(1):3-12.
- Sun H L, Zheng D, Yao T D, et al. Protection and construction of the national ecological security shelter zone on Tibetan Plateau [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012,67(1):3-12.
- [19] 傅伯杰,欧阳志云,施鹏,等.青藏高原生态安全屏障状况与保护对策[J].*中国科学院院刊*,2021,36(11):1298-1306.
- Fu B J, Ouyang Z Y, Shi P, et al. Current condition and protection strategies of Qinghai-Tibet Plateau ecological security barrier [J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021,36(11):1298-1306.
- [20] 高彬斌,李琛,吴映梅,等.川滇生态屏障区景观生态风险评价及影响因素[J].*应用生态学报*,2021,32(5):1603-1613.
- Gao B P, Li C, Wu Y M, et al. Landscape ecological risk assessment and influencing factors in ecological conservation area in Sichuan-Yunnan Provinces, China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2021,32(5):1603-1613.
- [21] 傅伯杰.北方生态安全屏障建设的四大科学问题[J].*人与生物圈*,2021(1):8-11.
- Fu B J. Four scientific problems in the construction of ecological security barrier in Northern China [J]. *Man and the Biosphere*, 2021(1):8-11.
- [22] 傅伯杰,王晓峰,冯晓明.国家屏障区生态系统评估[M].北京:科学出版社,2016.
- Fu B J, Wang X F, Feng X M. *Ecosystem Assessment of National Ecological Barrier* [M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [23] 王晓峰,勒斯木初,张明明.“两屏三带”生态系统格局变化及其影响因素[J].*生态学杂志*,2019,38(7):2138-2148.
- Wang X F, Lesi M C, Zhang M M. Ecosystem pattern change and its influencing factors of “two barriers and three belts” [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2019,38(7):2138-2148.
- [24] 张静白.中国生态屏障区的土地利用/土地覆盖分类、评估与预测[D].兰州:西北师范大学,2023.
- Zhang J B. *Land Use/Land Cover Classification, Assessment and Prediction of Ecological Barrier Areas in China* [D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2023.
- [25] 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.
- [26] 张瑞华,金钊,杨思齐,等.1985—2015年洛川塬土地利用/覆被变化及人类活动影响:以陕西省洛川县为例[J].*地球环境学报*,2023,14(1):74-85.
- Zhang R H, Jin Z, Yang S Q, et al. Land use/land cover change and impacts of human activities in Luochuan tableland in 1985—2015: A case study of the Luochuan County of Shaanxi Province, China [J]. *Journal of Earth Environment*, 2023,14(1):74-85.
- [27] 王晓峰,尹礼唱,张园.关于生态屏障若干问题的探讨[J].*生态环境学报*,2016,25(12):2035-2040.
- Wang X F, Yin L C, Zhang Y. Discussion on some issues of ecological barrier [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2016,25(12):2035-2040.
- [28] 刘卫林,李香,吴滨,等.修河中上游流域土地利用变化对径流的影响[J].*水土保持研究*,2023,30(3):111-120.
- Liu W L, Li X, Wu B, et al. Impact of land use change on runoff in the middle and upper reaches of Xiuhe River Basin [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2023,30(3):111-120.
- [29] 韩会然,杨成凤,宋金平.北京市土地利用变化特征及驱动机制[J].*经济地理*,2015,35(5):148-154,197.
- Han H R, Yang C F, Song J P. The spatial-temporal characteristic of land use change in Beijing and its driving mechanism [J]. *Economic Geography*, 2015, 35(5):148-154,197.
- [30] 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.
- [31] 李细归,吴清,周勇.中国省域旅游生态安全时空格局与空间效应[J].*经济地理*,2017,37(3):210-217.
- Li X G, Wu Q, Zhou Y. Spatio-temporal pattern and spatial effect of Chinese provincial tourism eco-security [J]. *Economic Geography*, 2017,37(3):210-217.