

2001—2020年包头市土地利用转型 演变特征与生态安全影响

薛建春, 曹力博

(内蒙古科技大学, 经济与管理学院 内蒙古 包头 014010)

摘要: [目的] 从土地利用数量转型和社会、经济综合评价两个角度分析内蒙古自治区包头市土地利用转型与生态安全之间的影响关系, 为打造北疆生态屏障区提供依据。[方法] 采用 ArcGIS 的信息图谱法分析包头市 2001—2020 年土地利用转移情况, 采用综合评价法分别测算土地生态安全、土地利用显性转型指数与隐性转型指数, 利用耦合协调分析模型探讨两者之间的协调发展关系, 利用计量统计法分析两者之间的因果关系。[结果] ① 研究时期内建设用地扩张主要以消耗耕地为主, 总共新增建设用地面积 489.91 km², 新减耕地面积 503.84 km², 新增草地面积 84.43 km²; ② 研究时期内包头市土地生态安全状况整体好转, 并与土地利用转型处于磨合阶段和高水平耦合阶段, 且显性转型与生态安全之间的耦合度大于隐性转型与生态安全之间的耦合度; ③ 土地利用显性转型负向影响土地生态安全, 土地利用隐性转型则正向影响土地生态安全。[结论] 包头市不仅要重视土地利用转型的数量, 更要重视已经转型土地的高效利用, 提高土地利用效率, 保证存量土地优化, 流量土地增效。

关键词: 土地利用转换; 生态安全; 信息图谱; 包头市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)01-0273-10

中图分类号: F205, U412.1⁺4

文献参数: 薛建春, 曹力博. 2001—2020 年包头市土地利用转型演变特征与生态安全影响[J]. 水土保持通报, 2022, 42(1): 273-282. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.01.036; Xue Jianchun, Cao Libo. Evolution characteristics of land use transformation and its impact on ecological security in Baotou City during 2001—2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(1): 273-282.

Evolution Characteristics of Land Use Transformation and Its Impact on Ecological Security in Baotou City During 2001—2020

Xue Jianchun, Cao Libo

(College of Economics and Management, Inner Mongolia University of
Science and Technology, Baotou, Inner Mongolia 014010, China)

Abstract: [Objective] The relationship between land use transformation and ecological security in Baotou City, Inner Mongolia Autonomous Region was analyzed from the perspectives of land use quantity transformation and social and economic comprehensive evaluation in order to provide a basis for building an ecological barrier area in Northern Xinjiang Uygur Autonomous Region. [Methods] Land use transfer of Baotou City during 2001—2020 was analyzed by using the information Atlas method of ArcGIS. The land ecological security, the dominant transfer index, and the invisible transfer index were calculated by using the comprehensive evaluation method. The coordinated development relationship was explored using the coupling coordination analysis model. The causal relationship was analyzed by using the econometric statistical method. [Results] ① The expansion of construction land was mainly based on the consumption of cultivated land during the study period, with a total of 489.91 km² of new construction land, 503.84 km² of new reduced cultivated land, and 84.43 km² of new grassland; ② The land ecological security in Baotou City had improved during the research period, and it was in the running stage and high-level coupling stage with land use transformation. The

收稿日期: 2021-06-29

修回日期: 2021-08-24

资助项目: 国家自然科学基金项目“低碳约束下黄河流域城市土地利用效率研究: 测度、驱动机理与提升路径”(42061051), 包头市哲学社会科学规划项目“包头市土地利用转型及土地生态安全研究”(2021-yy06)

第一作者: 薛建春(1978—), 女(汉族), 内蒙古自治区呼和浩特市人, 副教授, 博士, 主要从事土地资源经济与规划管理, Email: xuejc919@163.com.

coupling degree between dominant transformation and ecological security was greater than the coupling degree between recessive transformation and ecological security; ③ The dominant transfer of land use had a negative impact on land ecological security, while the recessive transfer of land use had a positive impact on land ecological security. [Conclusion] The planners should not only pay attention to the quantity of land use transformation in Baotou City, but also pay more attention to the efficient use of the transformed land, improving the efficiency of land use, and ensuring the optimization of stock and the flow of land efficiency.

Keywords: land use transformation; ecological security; information graphic; Baotou City

土地利用转型作为一种土地利用变化的表现形式,它是指与社会经济发展阶段相适应的区域土地利用形态在时序上的转变过程^[1-2],学者们多从土地利用显性转型与隐形转型两个方面进行评估^[3-4]、测度和影响机制分析^[5-6],也有学者将土地利用转型作为土地资源管理内容,分析其与生态环境、生态安全之间的耦合协调关系^[7-8],或者利用土地利用的多维效应助推城乡融合发展^[9]。研究表明,土地利用转型与生态安全均受自然、经济、社会、制度等多方面作用,区域耕地变化与人口规模及人口结构变化密切相关,建设用地变化与经济增长、城镇化建设、产业发展存在直接联系,同时还受政府政策刺激的方向引领,而林地、草地变化与自然条件和退耕还林还草等相关生态制度直接关联,受市场变化影响,为了追求经济效益,增加建设用地投入等引发的土地利用转型与空间重构,直接导致耕地、林草地面积降低,进而威胁区域土地生态安全,因此,土地生态安全综合评价也多从土地结构、社会、经济与环境方面开展^[10-11]。2010年后国家明确生态文明建设的战略地位,并基于国家整体需求变化进行了区域功能定位调整,将内蒙古建设成为北方重要的生态安全屏障,作为与蒙古接壤的内蒙古重要工业化能源型城市,包头市坚守绿色价值,深刻认识内蒙古的生态安全责任,坚持绿色引领,依靠生产生活变化引发的土地利用转型改变土地供给与需求变化,进而引导区域内不同土地利用类

型在空间上由冲突到协调的持续性重构^[12-13]。其与土地生态安全可以存在两条影响路径,其一是土地利用显性转型:政策引导下的社会—生态影响路径,另一条是土地利用隐性转型:政策引导下的经济—生态影响路径。

政府依据包头市自然地理条件,基于宏观视角考虑区域功能定位以及城镇化发展进程,借助生态环境政策、土地管理政策、空间治理政策等,开展土地生态工程、退耕还林还草工程、土地复垦建设、以及地区的环境治理等,将稀缺性的土地资源分类利用。这个途径中政策通过约束不同类型土地供给,引导区域土地利用形态发生变化,区域功能定位是其核心要素。另一方面经济发展引发土地需求,基于区域人口增长与迁移以及产业结构调整的思想,借助空间开发政策、产业发展政策以及对外开放政策等,实现产业优化,提高规划土地利用效率,增加市场参与,实现土地资源的市场价值。这种途径中政策通过调整土地需求,根据土地产出能力调整土地利用形态,人口增长与迁移是其核心要素。

两种途径都引发耕地与林草地之间、耕地、草地与建设用地之间的转移,这种转型不仅体现在数量、方向上,还有空间上的合理配置。两种途径之间的耦合或者拮抗关系直接影响作用力强的途径与土地生态安全发生更有效的关联。具体影响机制描述如图 1 所示。

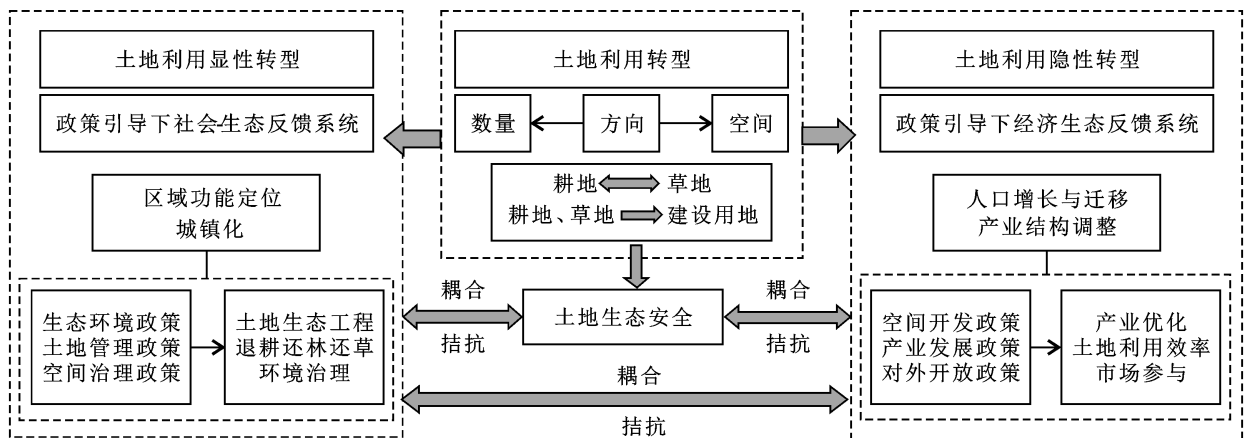


图 1 包头市土地利用转型与土地生态安全影响机制

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

包头市位于环渤海经济圈和沿黄经济带的腹地,地处黄河流域中游,地理位置为东经 $109^{\circ}15' - 110^{\circ}26'$,北纬 $40^{\circ}15' - 42^{\circ}43'$,海拔 $1\ 067.2\text{ m}$,东临呼和浩特,西接巴彦淖尔,北与蒙古国接壤,南濒黄河与鄂尔多斯隔河相望。是国家老工业基地和重工业城市,也是国家呼包银榆经济带和内蒙古呼包鄂经济圈的重要组成部分。全市土地总面积 $27\ 768\text{ km}^2$,辖 9 个旗县区和一个国家稀土高新技术产业开发区,是内蒙古占地面积最大的城市。2019 年,国家提出黄河流域高质量和生态保护协调发展,土地利用和生态环境的协调度评价是衡量可持续发展的重要内容^[12],本文首先评价包头市土地生态安全与土地利用转型指数,分析土地生态安全各指标在时间序列上的变化情况,然后分析土地利用转型与土地生态安全的耦合协调性,并对耦合协调度的影响因素进行分析,深入了解土地利用转型规律,为包头市土地资源的优化配置提供依据。

1.2 数据来源

社会经济数据主要来源于《包头市统计年鉴》(2001—2020)以及 WIND 数据库中相关数据。土地利用转型栅格数据来源于中国科学院资源环境与科学数据(www.resdc.cn),该数据是基于 Landsat TM/ETM+/OLI 的遥感影像,分辨率 30 m ,根据《全国生态遥感监测土地利用/覆盖分类体系》,土地利用被分为 6 个一级地类。

1.3 研究方法

(1) 地学信息图谱分析。土地利用图谱可以利用图谱单元记录土地利用变化时空复合信息,借鉴相关研究^[14-15],利用 ArcGIS 建立土地利用转型图谱,将研究初期和研究末期的土地利用图谱进行编码,利用地图代数叠加运算标注两个时期的土地利用图谱单元,得到某一地类的新增面积和萎缩面积,形成涨落势图谱。

(2) 耦合协调模型。本文将包头市土地生态安全与土地利用转型两个系统通过各自的元素相互作用彼此影响的现象定义为两者之间的耦合。耦合度是要素双方相互影响作用的强弱,是促进系统走向有序机理协同作用的一种度量、不分利弊^[16],耦合度越大,整体系统发展越有序,系统之间的关系也越趋于稳定,相反,耦合度越小,整体系统发展越混乱,系统之间的关系也缺乏稳定性。耦合度和协调度评价模型为:

$$C = \sqrt{(U_1 \cdot U_2) / \left(\frac{U_1 + U_2}{2}\right)^2} \quad (1)$$

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (2)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (3)$$

式中: C 表示土地生态安全与土地利用转型的耦合度; D 是两者之间的协调度; U_1 和 U_2 分别表示土地生态安全与土地利用转型的综合指数; α, β 分别表示两者在模型中的权重,耦合度 C 的取值在 $[0, 1]$ 之间,若 $C=1$ 表示两个子系统之间关系稳定,整体系统会向有序状态发展。耦合度和协调度的区间划分参考张明斗等^[17]研究,协调度的区间划分见表 1。

表 1 土地生态安全与土地利用转型协调发展分级体系和判别标准

耦合度 C	$0.0 \leq C \leq 0.3$			$0.3 < C \leq 0.5$			$0.5 < C \leq 0.8$			$0.8 < C \leq 1.0$		
分级	低水平耦合阶段			颀颀阶段			磨合阶段			高水平耦合阶段		
协调度 D	$0.0 \leq D \leq 0.4$			$0.4 < D \leq 0.6$			$0.6 < D \leq 1.0$					
分级	失调衰退区			过渡区			协调发展区					
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0		
	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调		
综合系数 U	$U_1 - U_2 > 0.01$			$ U_1 - U_2 \leq 0.01$			$U_2 - U_1 > 0.01$					
转型类型	土地利用转型滞后型			同步型			土地生态安全滞后型					

1.4 变量选取

参考生态环境部 2019 年 9 月 11 日印发的《国家生态文明建设示范市县建设指标》,以及原环保部印发的《生态县、生态市、生态省建设指标》,综合考虑与土地生态密切相关的经济、社会与环境因素^[18-19],根据科学性、动态性、实用性和可操作性原则,选择综合性、全面性的主导性指标进行量化^[20],包头市土地生态安全评价最终确定 23 个评价指标,其中负向指标 5

个,利用居民消费指数对价值类指标平减到 2001 年为基期的数值,指标体系见表 2;土地利用显性转型从土地的自然属性进行衡量,根据土地功能定位原则选用土地结构、耕地保障和交通密度 3 个指标评价;土地利用隐性转型从土地的附属属性进行衡量,根据人口增长、产业升级原则选用资本、人口和产业结构 3 类指标评价^[21];并采用熵值法^[22]确定所有指标权重,指标体系见表 2。

表 2 2001—2020 年包头市土地生态安全与土地利用转型评价指标体系

评价对象	指标	指标含义	权重	权重
环境因素	林草覆盖率/%	森林面积与草地面积与土地面积的比例	正	0.037 8
	环境空气质量/d	全年沙尘天数	负	0.019 7
	生活垃圾无害化处理率/%	城市及建制镇生活垃圾无害化处理量占垃圾产生总量的比例	正	0.040 5
	受保护土地占比/%	全市受保护地区面积/行政区划面积	正	0.053 1
	城镇污水处理率/%	(污水厂达标排放量+其他污水处理设施达标排放量)/城镇污水排放处理总量×100%	正	0.056 6
	工业固体废物处置利用率/%	工业固体废物综合利用量占工业固体废物产生量的百分率	正	0.053 7
土地生态安全	水土协调度/(10 ⁴ t·hm ⁻²)	区域内水资源与土地(耕地)资源的协调情况	正	0.060 9
	人均 GDP(10 ⁴ 元/人)	总 GDP/常住人口	正	0.050 0
	经济密度/(10 ⁴ 元·km ⁻²)	总 GDP/行政区划面积	正	0.051 8
	地均财政收入/(10 ⁴ 元·km ⁻²)	总财政收入/行政区划面积	正	0.054 1
	农牧民人均可支配收入/10 ⁴ 元	指乡镇辖区内农村常住居民家庭总收入中,扣除从事生产和非生产经营费用支出、缴纳税款、上交承包集体任务金额以后剩余的,可直接用于进行生产性、非生产性建设投资、生活消费和积蓄的那一部分收入农民每年纯收入	正	0.058 2
	城镇居民人均可支配收入/10 ⁴ 元	城镇居民家庭在支付个人所得税、财产税及其他经常性转移支出后所余下的人均实际收入	正	0.053 9
	第三产业占 GDP/%	第三产业产值/国内生产总值	正	0.052 8
	单位 GDP 能耗(t/10 ⁴ 元)(以标准煤计)	总能耗(t 标准煤)/国内生产总值(万元)	负	0.021 4
	土地财政/10 ⁸ 元	国有土地使用权出让金额	负	0.036 7
	社会因素	城镇化水平/%	城镇人口/常住人口×100%	正
恩格尔系数/%		居民的食品消费支出占家庭总收入的比例	负	0.022 4
人口密度/(人·km ⁻²)		全市人口密度	负	0.020 3
人均耕地面积(km ² /10 ⁴ 人)		常用耕地面积/常住人口	正	0.017 5
绿化水平/km ²		全市园林绿地面积	正	0.060 7
对外开放程度/%		外商直接投资实际使用金额/国内生产总值	正	0.054 5
科技水平/10 ⁸ 元		研究与试验发展(R & D)经费支出合计	正	0.036 1
人均住宅面积/m ²		城镇居民人均住宅建筑面积	正	0.039 0
土地利用转型	显性转型			
	土地结构	农用地/建设用地面积	正	0.290 4
	耕地保障/%	耕地面积占土地面积比重	正	0.268 8
	交通密度/%	交通运输用地/建设用地面积	正	0.392 0
隐性转型				
资本/10 ⁸ 元	固定资产投资	正	0.392 0	
人口因素/%	人口自然增长率	正	0.148 1	
产业结构/%	第二产业产值/GDP	正	0.459 9	

分析各指标权重,环境因素的水土协调度与社会因素的绿化水平是影响土地生态安全相对重要的因素,其权重均大于 0.061;其次环境因素中的城镇污水处理率、受保护土地占比、工业固体废物处置利用率,经济因素中的人均 GDP、经济密度、地均财政收入、农牧民人均可支配收入、城镇居民人均可支配收入、第三产业占 GDP,以及社会因素中的对外开放程度指标权重也都大于 0.050,属于影响土地生态安全的较重要指标。

2 结果与分析

2.1 包头市土地利用转型分析

2.1.1 土地利用转型数量分析 采用中国科学院资源环境科学与数据中心的包头市 2001,2010,2020 年空间分辨率 30 m×30 m 的土地利用遥感影像数据,首先通过随机抽样人工验证数据的属性值与真实值之间的符合程度^[23],然后构建 2001—2010,2010—

2020 年两个时期的包头市土地利用空间数据库,在土地利用分类上,参照《土地利用现状分类(GB/T21010-2007)》,将研究区土地利用类型分为:耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 6 类。为了方便后期的土地利用图谱分析,分别对以上地类设置编码为 1,2,3,4,5,6。

表 3 设置了 2001—2010,2010—2020,2001—2020 年的土地利用转移矩阵。包头市不同时期的主要用地转移规模和转移方向存在差异。2001—2010 年转出地类以耕地、草地为主,且耕地转向草地是包头市 2001—2010 年最主要的用地转移类型,转移规模达 303.55 km²,其次是耕地向建设用地、草地向耕地转移,面积分别为 125.14,124.966 km²。转移规模最小的是建设用地转向未利用土地,规模仅 0.109 km²,根据转出规模大小排序,分别是耕地、草地、水域、林地、建设用地和未利用土地,说明这个阶

段的未利用土地并没有得到重视,土地利用转移还是关注质量较好的耕地开展。

2010—2020 年转出土地类型以草地和耕地为主,此时依旧是耕地转为草地的规模最大,且转移规模也较前 10 a 扩大了 2 倍多,10 a 间共转移出去 621.66 km²,其次是耕地转为建设用地,规模为 242.486 km²,与前一阶段的 125.14 km² 相比,也增长了近 2 倍。而草地作为转出规模最大的地类,主要转向耕地与林地,分

别为 488.67 km²,176.57 km²。与前一阶段相比较,草地转为耕地面积增长了 3 倍,说明这个阶段的土地利用转移依旧是在消耗质量较好的地块,但是,这个阶段未利用土地开始受到重视,未利用土地转为其他类型土地总面积 204.836 km²,相比前一个阶段,未利用土地的开发效率得到了有效改善。根据转出规模大小排序,分别是草地、耕地、林地、未利用土地、建设用地、水域。

表 3 2001—2020 年包头市不同时期土地利用转移矩阵

km²

年份	地类	2010 年					
		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2001	耕地	5 716.180	40.472	303.550	9.160	125.140	1.460
	林地	25.726	2 878.192	1.112	2.990	4.368	—
	草地	124.966	134.705	16 460.331	18.185	55.373	64.007
	水域	33.319	8.234	71.390	164.778	1.372	2.310
	建设用地	20.335	2.557	3.217	0.455	489.983	0.109
	未利用地	1.029	0.008	10.077	0.302	0.799	942.233
		2020 年					
2010	耕地	4 974.345	55.688	621.660	24.558	242.486	2.816
	林地	119.334	2 662.792	185.421	3.849	70.983	21.789
	草地	488.670	176.576	15 900.572	18.940	120.669	144.251
	水域	29.620	1.328	27.137	124.717	6.166	6.904
	建设用地	74.525	12.936	22.613	1.987	564.793	0.180
	未利用地	5.629	12.817	184.596	0.324	1.470	805.283
		2020 年					
2001	耕地	4 985.572	76.879	765.262	22.730	342.448	3.072
	林地	116.783	2524.610	180.743	4.589	64.102	21.560
	草地	460.792	286.738	15 759.595	21.221	172.769	156.452
	水域	50.827	5.212	84.965	124.425	7.349	8.626
	建设用地	71.623	10.583	16.489	1.130	416.686	0.145
	未利用地	6.526	18.115	134.944	0.281	3.214	791.368

纵观包头市 2001—2020 年的土地利用转移情况,土地利用转移主要发生在耕地、林地与草地之间,转出规模最大地类是耕地 1 210.39 km²,转入规模最大地类是草地 1 182.403 km²,转出规模最小的地类是建设用地 99.97 km²,转入规模最小地类是水域 49.95 km²。耕地转为其他地类总面积 1 210.39 km²,其他地类转为耕地总面积 706.55 km²,草地转为其他地类总面积 1 097.972 km²,其他地类转为草地总面积 1 182.403 km²。未利用土地总体开发强度不大,20 a 总计开发利用 163.08 km²,仅占未利用土地面积的 17%。

2.1.2 土地利用转型图谱分析 运用地图代数叠加运算对两个时期的土地利用类型图谱分析,设 N 为新生成的图谱编码, $N=A \times 10+B$ 。 A 、 B 分别代表研究初期和末期的土地利用图谱编码^[15]。2001—2010 年耕地转出到其他地类的图谱单元“耕地→其他地类”占转出不同地类图谱单元总面积的 44.98%,

这些土地主要分布在昆区、青山区、九原区、以及固阳县和达茂旗;其次是草地转出到其他地类的图谱单元“草地→其他地类”占转出不同地类图谱单元总面积的 37.24%,这些土地主要分布在青山区、土右旗、固阳县和达茂旗;对比 2010—2020 年,耕地转为其他地类的图谱单元主要分布在九原区、土右旗、固阳县和达茂旗,主要市辖区——昆区、青山区和东河区相对较少,且耕地转出面积占当期不同地类转移总面积的 35.27%,而草地转为其他地类的图谱单元主要分布在九原区、固阳县和达茂旗,且草地转出面积占不同地类转移面积的 35.34%。

2.1.3 土地利用转型涨落势图谱分析 利用涨势图谱分析方法分析包头市 2001—2010,2010—2020,2001—2020 年 3 个时序单元的土地利用类型增长情况,统计土地利用数量结构转型差异(表 4)。

2001—2010 年包头市土地利用类型未改变区域面

积约 26 651.70 km²,变化区域面积约 1 066.73 km²,分别占包头市行政区划面积的 96.15%和 3.85%。10 a 间包头市新增草地面积最多,为 389.346 km²,其次是耕地面积,为 205.374 km²,且新增的耕地、草地主要分布在固阳县和达茂旗境内,特别是达茂旗的东南地区,新增草地面积最多,而与蒙古国接壤的达茂旗西北地区,新增草地面积较少。新增林地主要分布在固阳县靠近石拐区的边界上,以及土默特右旗和青山区境内,而新增的建设用地则集中于昆区、九原区、青山区和白云鄂博区,相比较而言,作为市辖的东河区(包头市老城区)建设用地增加并不多;新增未利用地则集中于达茂旗的北部,占地面积 67.886 km²,主要是由境内草地转入。

表 4 2001—2020 年包头市土地利用涨势结构

年份	未变区域	新增耕地	新增林地	新增草地	新增水域	新增建设用地	新增未利用地
2001—2010	26 651.696	205.374	185.976	389.346	31.093	187.051	67.886
2010—2020	25 032.502	717.777	259.345	1 041.426	49.658	441.774	175.940

同理,观察 2001—2010,2010—2020 年土地利用减势图谱(表 5),发现 2001—2010 年减少的耕地面积主要分布在昆区、青山区、九原区、固阳县北部和达茂旗的东南部,对比同期的涨势图谱,证实这个时期主要是将城中村居民的耕作土地转为了建设用地,而达茂旗境内的耕地则转为了草地,这与包头市区的城镇化建设密切相关。此外白云鄂博矿区境内的草地转为建设用地,达茂旗石宝铁矿附近的草地转为了未利用土地。2010—2020 年减少的耕地碎片化的分布在

2010—2020 年包头市土地利用地类未改变区域面积 25 032.50 km²,变化地类面积 2 685.90 km²,分别占包头市行政区域面积的 90.31%和 9.69%。这个阶段的新增草地和新增耕地依旧面积最大,分别为 1 041.426 km²,717.777 km²,占变化区域面积的 38.77%和 26.73%,地块主要分布在九原区、东河区、土右旗、固阳县和达茂旗的南部,值得一提的是前一阶段达茂旗境内的未利用土地在这一时期转变为新增草地,这也是境内退牧还草的有效成果。这个阶段的新增建设用地也不再集中在市辖区,而是零星分布在包头市各区和旗县境内,集中连片新增建设用地主要出现在土右旗的东北部。新增未利用土地依旧在达茂旗境内,约占变化地类土地面积的 6.55%。

九原区、土右旗、固阳北部和达茂旗的南部。且从图谱上可见,减少的耕地以转入草地为主,减少的林地则主要分布在土右旗北部靠近石拐区附近,以及固阳县的南部清晰可见斑块,改变类型也是以草地为主。从减势图谱中还可以清晰发现,昆都仑区南部的一小块水域转变为耕地或者草地,而达茂旗北部与蒙古接壤附近有很多的未利用土地转变为草地,这也恰是包头市响应国家生态屏障建设,努力提高境内林草覆盖率的成果。

表 5 2001—2020 年包头市土地利用落势结构

年份	未变区域	新减耕地	新减林地	新减草地	新减水域	新减建设用地	新减未利用地
2001—2010	26 651.696	205.374	185.976	389.346	31.093	187.051	67.886
2010—2020	25 032.502	717.777	259.345	1 041.426	49.658	441.774	175.940

2.2 包头市土地利用转型与生态安全影响分析

对表 2 中所有指标进行离差标准化处理,然后采用综合评价法分别计算包头市各年的土地生态安全指数、土地利用显性转型指数和土地利用隐性转型指数,基本公式可以描述为:

$$U_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} \times w_j \quad (4)$$

式中: U_i 表示待计算第 i 年的指标指数值; x_{ij} 表示第 j 个指标第 i 年的标准化值; w_j 表示第 j 个指标的权重,土地利用转型综合指数是将土地利用显性转型指数与隐性转型指数分别赋权重 0.5 计算所得。图 2 显示各类指数的时序变化情况。

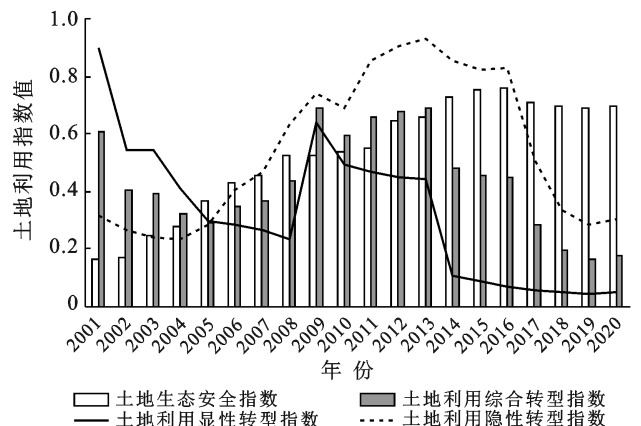


图 2 2001—2020 年包头市土地生态安全与土地利用转型时序变化特征

由图 2 可知,包头市土地生态安全指数 2001—2008 年呈现快速上升阶段,2008—2012 年改为缓慢上升,2013—2016 年再次呈现较高的增长速度,2016 年之后则出现下降态势。20 a 土地生态安全指数增长了 0.536 1,并从高速发展进入低速波动发展阶段,说明在研究后期开展土地生态安全活动要较之前更困难。土地利用显性转型指数总体趋势下降,但在 2009 年出现了一次快速的增长,这与包头市的土地生态保护政策[《包头市绿色矿山建设实施方案》《包头市自然保护区内矿业权退出办法》和规范土地出让程序和行为《市四区经营性用地国有建设用地使用权招拍挂出让程序》《包头市国有建设用地使用权出让流程》《关于促进包头市现代服务业加快发展实施差别化地价政策的意见(试行)》]等政策息息相关。土地利用隐性转型指数在 2004—2013 年快速上升,2013 年后则持续下降。这与包头市的现实经济发展状况相吻合。

2.2.1 耦合协调分析 根据公式(1)分别得到 4 个耦合度 C_1, C_2, C_3, C_4 。 C_1 表示土地显性转型与土地利用隐性转型之间的耦合度, C_2 表示土地生态安全与土地利用显性转型指数之间的耦合度, C_3 表示土地生态安全与土地利用隐性转型指数之间的耦合度, C_4 表示土地生态安全与土地利用综合转型指数之间的耦合度。具体结果见图 3。

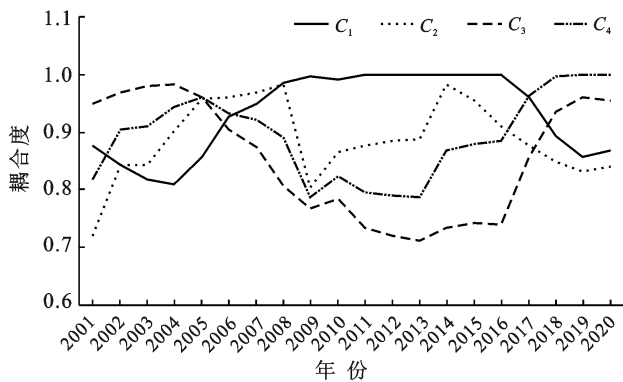
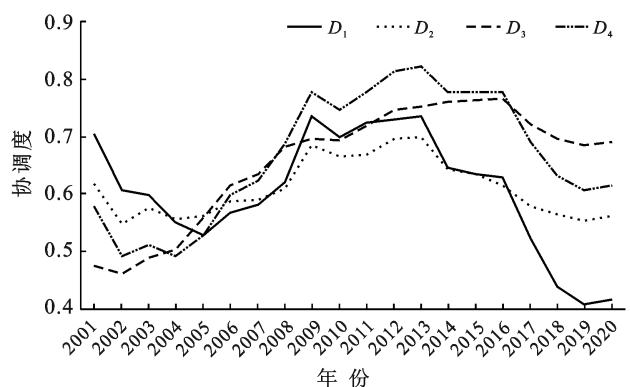


图 3 2001—2020 年包头市土地利用生态安全与土地利用转型耦合度时序特征

总体而言,包头市土地生态安全与利用转型之间的耦合度 20 a 仅有 4 a 处于磨合阶段,其他年份耦合度都大于 0.8,属于高水平耦合阶段,即土地利用转型并没有破坏土地生态安全,而且随时间推进,耦合度还在持续增长,说明两者之间的发展正在形成一种互相促进的协同关系。2006—2017 年土地生态安全与土地利用显性转型的耦合度大于土地生态安全与土地利用隐性转型之间的耦合度,其他时间则相反。而

且,土地生态安全与土地利用显性转型之间的耦合度,仅 2001 年处于磨合阶段,其他时间虽经历了先上升后下降再上升的发展,但是也都处于高水平耦合阶段,土地生态安全与土地利用隐性转型之间的耦合度在 2009—2016 年处于磨合阶段,其他时间都处于高水平耦合阶段。而土地利用显性转型与隐性转型之间则始终处于高水平耦合阶段。说明包头市土地利用转型内部耦合性较好,与土地生态安全之间的耦合度降低主要是由于土地利用隐性转型造成。

根据公式(3),设定土地生态安全与土地利用显性转型或隐性转型之间的权重相同,即 $\alpha = \beta = 0.5$,协调度时序变化结果见图 4。可以发现,20 a 土地生态安全与土地利用转型综合指数之间的协调发展水平为勉强协调—濒临失调—勉强协调—初级协调—中级协调—初级协调—良好协调—中级协调—初级协调。2006 年后,土地生态安全与土地利用隐性转型之间的协调度持续大于土地生态安全与土地利用显性转型之间的协调度,且二者的差距有进一步扩大的趋势。2016 年前土地生态安全与土地利用隐性转型之间的协调度呈现逐年递增趋势,但土地生态安全与土地利用显性转型之间的协调度自 2014 年已经出现下降趋势。2018 年前土地利用显性转型与隐性转型之间始终处于勉强协调及以上的协调发展阶段,2018 年进入濒临协调阶段。说明“十三五”后期包头市土地利用转型与土地生态安全之间的不协调更多来自土地利用转型的内部不协调。



注: D_1 是土地生态安全与土地利用综合转型指数之间的协调度; D_2, D_3 分别是土地生态安全与土地利用显性转型指数、土地利用隐性转型指数之间的协调度; D_4 是土地利用显性转型与隐性转型之间的协调度。

图 4 2001—2020 年包头市土地利用生态安全与土地利用转型协调度时序特征

继续分析各年所处的协调阶段,土地利用显性转型与隐性转型之间的协调度呈现先下降后上升再下

降的态势,且随着时间推进隐性转型滞后过渡到显性转型滞后。从土地生态安全与显性利用转型角度分析,20 a 中仅有 5 a 是土地生态安全滞后,其余 15 a 都是土地利用显性转型滞后,从土地生态安全与隐性利用转型角度分析,20 a 中有 12 a 是土地生态安全滞后,7 a 土地利用隐性转型滞后,2003 年土地生态安全与土地利用隐性转型同步发展,且协调度处于濒临协调阶段。可见,土地利用显性转型滞后是导致土地生态安全与土地利用转型不协调的主要原因。从土地生态安全与土地利用转型综合指数角度分析,仅 2012—2016 年处于两者的协调发展区(中级协调),其余时间都处于协调发展的过渡区,且 11 a 土地利用转型滞后,9 a 土地生态安全滞后,验证了前述结论。造成这种土地利用显性转型滞后的主要原因是,作为工业化的资源型城市,包头的工业产值比重一直相对较高。第三产业的发展也总是围绕着工业生产展开,没有大力拓展和扶持更多服务业和其他三产业,在当前严格的耕地保护和生态保护国策下,土地显性发展略显滞后。

包头市的土地生态安全与土地利用转型之间在研究时间内基本处于协调发展状态的过渡区,2017 年后由于土地利用显性转型与隐性转型的双重影响导致城市从中级协调发展阶段又回落到初级协调阶段,今后,包头市不仅要重视土地利用转型的数量,以及城市的工业用地效率,更要重视积极营造良好的营商环境和创业环境,大力丰富第三产业,提升产业结构的高级化发展,确保已经转型存量土地的高效利用,提高新增转型土地利用效率,保证存量土地优化、流量土地增效。

2.2.2 因果关系分析 采用计量分析方法分析土地利用显性转型指数与隐性转型指数与土地生态安全之间的影响关系,可以得到如下公式:

$$y=0.4877-0.5910x_1+0.4245x_2 \quad (5)$$

式中: y 代表包头市土地生态安全; x_1 与 x_2 分别代表土地利用显性转型指数和隐性转型指数。结果显示土地利用显性转型指数和隐性转型指数均在 1% 水平显著影响土地生态安全,但是影响方向相反,显性转型指数逆向影响,隐性转型指数正向影响(表 6)。根据公式理解,显性转型指数每增加一个单位,土地生态安全降低 0.5910 个单位,而隐性转型指数每增加一个单位,土地生态安全增加 0.4245 个单位。因此,包头市要想进一步提高土地生态安全,关键是进行存量土地优化,提高各类存量土地利用效率,促进自然资源的高质量利用。

表 6 2001—2020 年包头市土地利用转型影响土地生态安全分析

指标	相关系数	标准误
x_1 (显性转型指数)	-0.591 0***	-0.074 9
x_2 (隐性转型指数)	0.424 5***	-0.069 2
_cons(常数)	0.487 7***	-0.049 0
Adj-R ² (决定系数)	0.843 7	—
N(样本量)	20	—

注:***表示在 0.01 水平上差异显著。

3 结论

本文以能源城市包头作为研究对象,采用 ArcGIS 的信息图谱法分析包头市 20 a 土地利用转移情况,采用综合评价法分别测算土地生态安全、土地利用显性转型指数与隐性转型指数,利用耦合协调分析模型分别探讨两者之间的协调发展关系,最后利用计量统计法分析土地利用转型与土地生态安全的因果关系。

(1) 根据土地利用转移矩阵和图谱分析,2001—2010 年土地利用转出以耕地、草地为主,转入以耕地、林地、草地为主,2010—2020 年土地利用转出依旧以耕地、草地为主,转入以耕地、草地、建设用地为主,研究期内主要转出地类始终是耕地与草地,20 a 总共转出耕地面积 1 210.39 km²,草地面积 1 097.97 km²,同时转入耕地面积 706.55 km²,草地面积 1 182.4 km²,建设用地面积 589.882 km²,因此,20 a 里建设用地面积净新增 489.91 km²,耕地面积净新减 503.84 km²,草地面积净新增 84.43 km²,未利用土地净新增 26.775 km²。说明包头市在过去的 20 a 建设用地扩张主要以消耗耕地为主。

(2) 2001—2020 年期间,包头市土地生态安全经历了快速增长、缓慢增长和缓慢下降 3 个发展阶段,整体发展状况趋好;土地利用显性转型指数则呈现波动下降趋势,隐性转型指数 2013 年前逐年递增,2013 年后缓慢下降。而且 2005 年后土地利用隐性转型指数持续高于显性转型指数。

(3) 研究期间内土地显性转型与隐性转型始终处于高水平耦合阶段以及协调发展的过渡区,自 2006 年开始土地生态安全与土地显性转型之间的耦合度高于土地生态安全与土地隐性转型之间的耦合度。土地生态安全与土地利用综合转型之间的协调性则由勉强协调逐步升级到中级协调后又回落到初级协调阶段,期间土地利用转型与生态安全波动性滞后。

(4) 根据因果关系分析,土地利用显性转型负向影响土地生态安全,土地利用隐性转型正向影响土地生态安全,且土地利用显性转型的影响效果更强烈。

4 讨论与建议

作为内蒙古的老工业城市,包头市近几年面临人口流失、产业转型与新旧动能转化的局势,这也是近期土地利用显性转型滞后的主要原因。伴随“黄河流域生态保护和高质量发展”战略和黄河“几字弯”都市圈新发展规划的实施,包头市应当紧抓机遇、制定各种利好规划与政策,配合重点生态功能区规划、草原生态治理、防护林建设、矿区生态功能修复等政策更有效推进城市生态安全建设。本研究针对前述结论,针对包头市土地利用转移和土地生态保护提出以下建议。

(1) 以“三生”空间协同为原则,落实“三规合一”。借助共同的空间规划平台,将城市总体规划、国民经济和社会发展规划、土地利用规划三者协同,严格耕地保护政策与优化基本农田政策在规划中进一步落实。城市建设用地布局根据人口增长与迁移的实际情况以及区域功能定位确定规划期内建设用地的开发、生态用地保护的数量与质量,规划既要顾忌生产也要考虑生活,切实保证基本农田的耕种数量与质量,合理测度土地开发的社会、经济与生态影响,避免建设用地无序扩张以及对耕地、林地、草地的挤占。此外,还可以考虑呼包鄂城市群空间协同规划中包头的地位和作用,发挥规划在区域空间资源一体化中的引领与保障作用。

(2) 城市治理体系中植入绿色环保的生态理念和生态优先的营商与创业环境。“包头”蒙古语是有鹿的地方,其生态多样性的思想不言而喻,自国家第一届文明城市评比开始,包头市连续蝉联,文明理念深入人心,生态保护持之以恒。因此,深入贯彻环境保护、生态安全理念进入市民心中有利于土地利用合理转移和生态安全健康发展,其次有利于加强工业企业的废弃物处理水平与污水处理能力,指导企业绿色生产。在良好的生态环境下,依靠合理土地转移促进就业、创业和招商引资,建设城市创新活力将极大的推动包头市的社会、经济建设,进一步获得改善土地生态安全的条件和资本。例如,增加研究与试验发展(R & D)经费支出比例,依靠科技减少环境污染,增加每万人拥有的生态游憩场所,适度增加脆弱生态保护面积,提升城市的水土协调度等,建设宜居城市。

(3) 以规划土地供给侧改革倒逼城市发展方式转型、新旧动能转化。包头自建市开始,定位就是工业型资源城市,包钢、铝厂、一机、二机、一电厂、二电厂、稀土厂以及分布于各旗县的大小煤矿、洗选煤厂等都见证了包头工业化的发展,但随之而来的是生态

环境的污染,因此,改变过去土地利用转出类型主要以耕地、草地为主的方式,努力开发裸地、未利用土地为土地利用转出类型,强化土地利用隐性转型对土地生态安全的促进作用,减弱土地利用显性转型对土地生态安全的羁绊,特别加强包头市北部地区(达茂旗和固阳县)草地的生态治理,以及黄河沿岸的水土保持功能。

(4) 突出“以人为中心”土地利用转移和生态保护价值取向。改变过去土地利用转出类型的限制思想,新增建设用地考虑生态旅游、生态文化建设,包头全市 2.71×10^6 常住人口,但是周末或者小长假能让居民感受生态环境带来的惬意地方少之又少,经常看到的是黄河水源地、昆都仑水库、梅力更景区人多车满,导致很多居民出去后没有体会到周末的惬意而是人山人海的烦躁,因此,包头市民开始涌入附近的呼和浩特、鄂尔多斯(例如野生动物园、响沙湾、温泉酒店等),这不仅不利于包头市的城市建设,也降低包头市的国民收入。因此,“以人为中心”的土地利用转移不仅有利于生态保护,而且可以促进经济高质量发展,挽留和吸引更多人才进入包头市,提升人口密度,形成自然生态、经济生态、社会生态、人文生态共同发展的空间治理思维。

(5) 注重愿景目标思维向底线型过程控制转化,开展存量建设用地的低效减量化。针对包头市目前的低效工业用地和零星闲置宅基地开展存量增效或者减量建设,根据《包头市城镇低效用地盘活再利用工作实施方案》合理确定城镇建设用地利用效率评估指标体系,开展全市存量建设用地效率定量评估,将低效用地重新进行增效利用或者通过土地整治、复垦规划等手段,减少存量用地低效利用,减少生态安全隐患,增加城市优质资产。

[参 考 文 献]

- [1] 龙花楼.论土地利用转型与土地资源管理[J].地理研究,2015,34(9):1607-1618.
- [2] Grainger A. The forest transition: An alternative approach [J]. Area, 1995,27(3):242-251.
- [3] 杜文星,赵志忠,吕晓,等.城乡土地利用转型研究进展及展望[J].土壤通报,2021,52(2):493-504.
- [4] 马丽君,程久苗,程建,等.土地利用隐性转型影响因素分析[J].中国土地科学,2019,33(7):81-90.
- [5] 田俊峰,王彬燕,王士君.东北地区土地利用转型特征测度与机制探索[J].经济地理,2020,40(9):184-195.
- [6] 陈龙,周生路,周兵兵,等.基于主导功能的江苏省土地利用转型特征与驱动力[J].经济地理,2015,35(2):155-162.

- [7] 王惠存.论县级及以下土地利用转型与土地资源管理的主要对策措施[J].现代农业,2020(10):72.
- [8] 宋家鹏,陈松林.福建省土地利用隐性形态与土地生态安全耦合协调分析[J].水土保持研究,2020,27(4):301-307.
- [9] 龙花楼,陈坤秋.基于土地系统科学的土地利用转型与城乡融合发展[J].地理学报,2021,76(2):295-309.
- [10] 解进飞,余健,房莉,等.熵权模糊物元模型在土地生态安全动态评价中的应用[J].安徽农业科学,2019,47(04):1-7,11.
- [11] 王文萱,李明孝.基于 DPSIR 的湖南省土地生态安全时空变化[J].生态学杂志,2020,39(08):2724-2736.
- [12] 陈珏,雷国平.大庆市土地利用与生态环境协调度评价[J].水土保持研究,2011,18(3):116-120.
- [13] Lu Xiao, Shi Yangyang, Chen Changling, et al. Monitoring cropland transition and its impact on ecosystem services value in developed regions of China: A case study of Jiangsu Province [J]. Land Use Policy, 2017, 69:25-40.
- [14] 史洋洋,吕晓,郭贯成,等.基于 GIS 和空间计量的耕地利用转型时空格局及其驱动机制研究[J].中国土地科学,2019,33(11):51-60.
- [15] 张文慧,吕晓,史洋洋,等.黄河流域土地利用转型图谱特征[J].中国土地科学,2020,34(8):80-88.
- [16] 吴文恒,牛叔文,郭晓东,等.中国人口与资源环境耦合的演进分析[J].自然资源学报,2006,21(6):853-861.
- [17] 张明斗,莫冬燕.城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析:以东北三省 34 个地级市为例[J].资源科学,2014,36(1):8-16.
- [18] 李子君,王硕,马良,等.基于熵权物元模型的沂蒙山区土地生态安全动态变化及其影响因素研究[J].土壤通报,2021,52(2):425-433.
- [19] 董建红,张志斌,笪晓军,等.“三生”空间视角下土地利用转型的生态环境效应及驱动力:以甘肃省为例[J].生态学报,2021,41(15):5919-5928.
- [20] 李昊,李世平,银敏华.中国土地生态安全研究进展与展望[J].干旱区资源与环境,2016,30(9):50-56.
- [21] 曹海涛,严金泉,鲁成树.土地利用隐性转型及其对生态环境的影响[J].安徽农业科学,2020,48(3):69-72.
- [22] 薛建春,郑海潮,王雅荣.基于熵值法的呼包鄂区域土地利用效益与城市化水平耦合协调研究[J].水土保持通报,2019,39(3):256-262.
- [23] 田俊峰,王彬燕,王士君.东北地区土地利用转型特征测度与机制探索[J].经济地理,2020,40(9):184-195.

(上接第 272 页)

- [14] Yi H, Srinivasan R S, Braham W W. An integrated energy-emergy approach to building form optimization: Use of EnergyPlus, emergy analysis and Taguchi-regression method [J]. Building and Environment, 2015,84:89-104.
- [15] Singh R J, Ghosh B N, Sharma N K, et al. Energy budgeting and emergy synthesis of rainfed maize-wheat rotation system with different soil amendment applications [J]. Ecological Indicators, 2016,61:753-765.
- [16] 邓楚雄,郭方圆,黄栋良,等.基于 INVEST 模型的洞庭湖区土地利用景观格局对生境质量的影响研究[J].生态科学,2021,40(2):99-109
- [17] 戴尔阜,王亚慧.横断山区产水服务空间异质性及归因分析[J].地理学报,2020,75(3):607-619.
- [18] 许丁雪,吴芳,何立环,等.土地利用变化对生态系统服务的影响:以张家口—承德地区为例[J].生态学报,2019,39(20):7493-7501.
- [19] 朱文博,张静静,崔耀平,等.基于土地利用变化情景的生态系统碳储量评估:以太行山淇河流域为例[J].地理学报,2019,74(3):446-459.
- [20] 黄木易,岳文泽,冯少茹,等.基于 InVEST 模型的皖西大别山区生境质量时空演化及景观格局分析[J].生态学报,2020,40(9):2895-2906.
- [21] 汪杰.洞庭湖生态经济区生态系统服务价值评估[D].湖南长沙:湖南师范大学,2020.
- [22] 包玉斌,刘康,李婷,等.基于 InVEST 模型的土地利用变化对生境的影响:以陕西省黄河湿地自然保护区为例[J].干旱区研究,2015,32(3):622-629.
- [23] 邓楚雄,钟小龙,谢炳庚,等.洞庭湖区土地生态系统的服务价值时空变化[J].地理研究,2019,38(4):844-855.
- [24] 耿纪文,帅红,张英,等.洞庭湖生态经济区土地生态系统服务价值的时空变化[J].中南林业科技大学学报(社会科学版),2020,14(4):53-61.