

引用格式:刘丹,李琳娜. 1995-2015年中国北方边境样带土地利用时空格局演变及驱动因素[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1208-1221. [Liu D, Li L N. Spatiotemporal change and driving factors of land use in the northern border transect of China, 1995-2015[J]. Resources Science, 2021, 43(6): 1208-1221.] DOI: 10.18402/resci.2021.06.12

1995—2015年中国北方边境样带土地利用时空格局演变及驱动因素

刘 丹,李琳娜

(北京师范大学地理科学学部,北京 100875)

摘 要:随着“一带一路”倡议的推进,中国北方边境地区的战略地位日益显著,研究该区域的土地利用格局、过程与机理,对区域可持续发展至关重要。本文采用样带研究方法,基于1995年、2000年、2005年、2010年和2015年的土地利用/覆被数据,利用空间分析和多元回归分析揭示样带土地利用变化的时空格局演变及驱动因素。结果表明:①北方边境样带以林地、草地、水域、未利用地等生态保育用地为主,占比超过90%,20年间土地利用结构和空间格局变化较小。②研究期间,北方边境样带以城乡建设用地、粮食保障用地扩张和生态保育用地退化为主要特征,不同类型的土地利用/土地覆被变化表现出明显的时空差异,粮食保障用地、城乡建设用地扩张速度在2010年后显著加快,土地扩张模式逐渐由林草地开垦转向未利用地开发。③城镇化和经济发展是促进北方边境地区粮食保障用地和城乡建设用地扩张的主要因素,生态保育用地则受自然、气候、区位条件和农业技术水平的影响,在粮食保障用地和城乡建设用地主动式扩张过程中呈现被动减少趋势。同时,政策和制度的干预也是影响该区域土地利用变化的重要因素,作用于粮食保障用地和城乡建设用地的扩张和生态保育用地的保护恢复。总体而言,北方边境样带的生态保育用地虽然在政策和制度的干预下退化趋势有所减缓,但是,草地资源持续减少、水域面积缩减和未利用地不断开发等土地利用变化带来的生态环境危机仍然存在,影响该区域的可持续发展。

关键词:中国北方边境地区;样带;土地利用变化;时空格局;驱动因素;可持续发展

DOI :10.18402/resci.2021.06.12

1 引言

土地利用/土地覆被变化(以下简称“LUCC”)作为全球环境变化重要的研究方向^[1],受到国内外学者的广泛关注。20世纪90年代以来,诸多研究强调人类活动对地表土地利用/土地覆盖变化及其可持续发展的效应,以土地利用/土地覆盖变化为核心的人类-环境耦合系统研究也逐渐成为新趋势。其中,样带研究关注沿某一主导驱动因素在梯度上有规律变化或有显著差异特征的线状区域,被认为是研究全球变化问题最有效的途径之一^[2]。因此,样带方法已经成为研究自然和人文因素综合作用下

LUCC格局与过程的重要方法。已有研究分别从全球^[3]、跨国^[4]、全国^[5]、区域^[6]和城市^[7]等不同区域尺度探讨了LUCC的时空格局、过程、驱动因素和综合效应等,研究成果较为成熟,但长期以来对中国北方边境地区缺乏整体性的关注。中国北方边境地区为紧靠北方边境线内侧的区域,横跨新疆、甘肃、内蒙古和黑龙江四省^[8],拥有林业发展基地、天然草场和湿地保护区等生态用地,是中国重要的生态安全屏障,同时因其后备耕地资源丰富,也是中国重要的粮食主产区和资源接替区^[9]。中国十分重视北方边境地区的生态建设,通过实施退耕还林、退牧还

收稿日期:2020-06-10 修订日期:2020-08-12

基金项目:中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室开放基金项目(KF2018-01);国家自然科学基金项目(41701119;42071227)。

作者简介:刘丹,女,河南周口人,硕士生,研究方向土地利用和城乡发展。E-mail: liudan5626@163.com

通讯作者:李琳娜,女,湖南邵阳人,讲师,研究方向为土地利用、交通规划与城乡发展。E-mail: lilinna@bnu.edu.cn

2021年6月

草等一系列生态工程,探索区域可持续发展途径。此外,中国北方边境地区与俄罗斯、蒙古等国接壤,是国家对外开放,文化与经济跨国交流的重要地区和门户,不仅拥有丰富的矿产资源和旅游资源,也是多个少数民族汇集的地区。国家自20世纪90年代开始实施沿边开放、兴边富民工程和西部大开发战略,加速了北方边境地区的发展;近年来随着“一带一路”倡议的推进和“中俄蒙国际经济走廊”战略的提出,人类社会经济活动对边境地区的影响逐渐扩大。通过一系列生态建设和区域开发政策的实施,中国北方边境地区的土地利用方式受到深刻影响,亟需加强边境地区土地利用时空格局和影响因素方面的研究。

目前已有少量研究关注中国北方边境地区单一城市或多个城市形成的簇状或块状区域的耕地开垦^[10,11]、生态用地退化^[12,13]和建设用地扩张^[14]等特征,但多为单个边境城市的案例研究或山地林区^[15]、贸易地区^[16]和平原农垦区^[17]等局部区域研究,对横跨东西边境的整体性带状区域研究较少,尤其缺乏采用样带研究方法对区域LUCC的地带性规律和驱动机制进行的综合探索。然而,北方边境地区独特的地理位置和社会经济发展历程决定了其土地利用和开发方式不同于中国其他地区,本文选择北方边境地区作为LUCC的研究样带,具有一定的典型性和必要性。

综上所述,本文运用样带研究方法,揭示1995—2015年中国北方边境地区土地利用变化的时空格局,并借助多元回归模型探索多种土地利用变化类型的驱动因素及综合作用机制,旨在从土地利用的角度探索该区域的可持续发展战略,同时也为中国新时期推动兴边富民政策实施,保障地缘生态功能和国土生态安全提供理论支撑。

2 研究方法与数据来源

2.1 样带设定与概况

本文关注中国北方边境地区,参照刘彦随等^[8]提出的将北方边境线向南缓冲100 km所包含的县域设定为样带,跨新疆、甘肃、内蒙古和黑龙江4省(自治区),北面与塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、蒙古和俄罗斯接壤,从最西端的新疆阿克

陶县到最东端的黑龙江抚远县,共计97个县,大多为民族自治地区(图1)。样带位于 $73^{\circ}26'5''\text{E}$ — $135^{\circ}5'20''\text{E}$, $37^{\circ}24'\text{N}$ — $53^{\circ}33'\text{N}$,总面积165.85万 km^2 ,约占全国面积的17%,地形和气候具有明显的区域差异性。截至2015年末,样带总人口为2032.32万人,GDP为8387.57亿元。

中国北方边境样带具有以下特点:①覆盖多种地貌类型,样带总体地势为西高东低,西部的新疆、甘肃地区山脉与盆地相间排列,中部的内蒙古以戈壁和沙漠为主,东部的黑龙江主要由山地、台地、平原和湿地构成;②经历了社会经济迅速发展阶段以及由此带来的土地快速开发;③气候具有地域差异性和过渡性,样带跨第一、二阶梯,水热分布不均匀,从东到西,横跨湿润区、半湿润区、半干旱区和干旱区,包含中温带和寒温带,地表植被类型多样;④样带为少数民族聚居地区,各民族间生活方式和文化差异显著。总体而言,该样带的选取在自然资源和社会经济方面均具有显著的梯度差异性。

2.2 数据来源

本文以中国北方边境样带为研究区域,以样带范围内的县级行政单位为研究单元,主要数据包括研究区1995—2015年的土地利用、社会经济和自然环境数据。其中,土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心提供的1995、2000、2005、2010和2015年共5期30 m \times 30 m土地利用栅格数据,包括6个一级地类和25个二级地类,借鉴已有研究^[6],将耕地归为粮食保障用地,林地、草地、水域和未利用地归为生态保育用地,城乡、工矿和居民用地归为城乡建设用地。1995和2015年两期社会

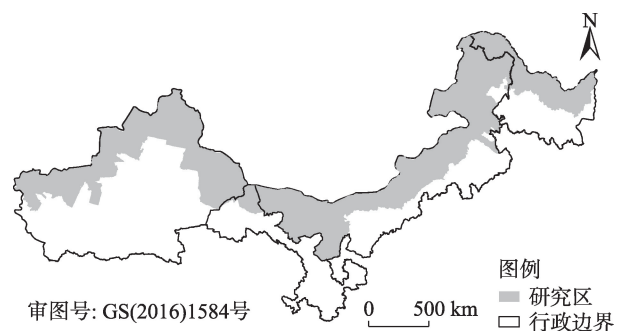


图1 研究区位置

Figure 1 Location of the study area

经济数据来源于新疆、甘肃、内蒙古和黑龙江的统计年鉴和统计公报,1995和2015年两期自然环境数据来源于中国科学院的自然资源数据库。

2.3 研究方法

(1) 样带研究方法

样带是沿着某一主导驱动因素在梯度上有规律变化的线状研究区域或具有明显差异特征的线状地域类型,在全球变化研究中得到了成功应用。本文采用样带研究方法探索区域土地利用变化,有利于揭示北方边境样带LUCC的地带性演变规律。

(2) 土地利用类型的变化率指数

土地利用类型的变化率指数,又称单一土地利用类型动态度。某一类型土地面积绝对量的变化仅能反映该类型土地的变化幅度,而变化率指数则能直观反映土地面积的变化速度,以土地利用类型的面积为基础,探究一段时间内该类型土地面积变化的结果。公式如下:

$$K_i = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: K_i 为 T 时间段 ($T=b-a$) 内第 i 种土地利用类型的变化率指数,当单位为年时, K_i 表示年变化率指数; U_a 和 U_b 分别为研究期初、期末该土地利用类型的面积。

(3) 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵 S_{ij} 用于描述区域土地利用变化的结构特征,揭示各土地利用类型变化的方向,不仅可以揭示各土地利用类型的流失去向,还能反映其来源构成。公式如下:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: S_{ij} 表示土地利用类型 i 转变为土地利用类型 j 的面积; n 表示土地利用的类型数; i 和 j 分别表示研究期初、期末的土地利用类型。

(4) 土地利用变化的驱动因素

LUCC受多重因素影响,形成机制较为复杂,主要驱动因素包括自然地理因素、社会经济因素和政策制度因素。首先,考虑到因子量化和可获取性,本文从人口因素、经济水平、农业技术、自然条件、气候条件、地理区位和经济区位7个方面,选取15个指标作为LUCC的影响因素(表1)。考虑到边境城市的对外贸易在一定程度上影响区域的城乡建设用地变化,而由于县级层面上的外贸进出口总额数据难以获取,所以本文参考已有研究^[18],采用到口岸城市的距离作为贸易因素的衡量指标。然后,对标准化后的自变量和因变量进行逐步回归分析,分别建立1995年和2015年各县的耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地和未利用地的多元回归模型。由于样带各县(市)行政单元面积差别较大,为消除行政面积大小造成的影响,自变量、因变量分别换算到单位面积上(1000 km^2)。此外,由于政策和制度因素难以量化,并且对北方边境地区LUCC的影响难以忽略,本文将采用定性分析。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型及变化的时间格局

土地利用结构反映该时期内研究区的土地利

表1 驱动因素指标体系

Table 1 Indicator system of driving factors

因变量	自变量			
	时间驱动因素		空间驱动因素	
耕地 (Y_1)	人口因素	总人口 (X_1)	气候条件	年均温 (X_9)
林地 (Y_2)		城镇化率 (X_2)		年均降水量 (X_{10})
草地 (Y_3)	经济水平	GDP (X_3)	经济区位	到地级市距离 (X_{11})
水域 (Y_4)		第二产业比重 (X_4)		到口岸城市距离 (X_{12})
城乡建设用地 (Y_5)	农业技术	农用机械总动力 (X_5)	地理区位	到主要公路距离 (X_{13})
未利用地 (Y_6)		化肥施用折纯量 (X_6)		到主要铁路距离 (X_{14})
	自然条件	高程 (X_7)		到主要水系距离 (X_{15})
		坡度 (X_8)		

2021年6月

用基本情况。由表2可知,研究期内,北方边境样带以生态保育用地(林地、草地、水域和未利用地)为主,占比超过90%,20年间土地利用结构变化不大。1995年,未利用地占比最大(约占38%),其次为草地(约占36%),再次是林地、耕地、水域和城乡建设用地。与1995年相比,2015年城乡建设用地和粮食保障用地占比增加;生态保育用地中除水域面积增加外,林地、草地、未利用地的面积均有所减少。从土地利用年变化率指数可以看出,城乡建设用地变化最为显著,年变化率指数达2.41%;其次是耕地,年变化率指数为0.96%。由此可见,粮食保障用地、城乡建设用地扩张和生态保育用地缩小是目前北方边境地区土地利用变化的主要特征。

土地利用类型的分阶段年变化率指数进一步揭示研究期内土地利用变化在时间上的演变规律。如表3所示,耕地和城乡建设用地增长速度呈现先减后增的趋势,扩张速度在2010—2015年期间显著加快。其中,耕地增长速度在1995—2010年期间保持减缓趋势,这与“退耕还林还草”等政策对土地过度开垦的控制有关,但由于北方边境地区农业发展的需求,耕地开垦面积和强度仍然较大,导致耕地面积持续增长;城乡建设用地增长速度在2010—2015年显著上升,可能源于中国“十二五”期

间继续深入推进西部大开发、振兴东北地区等战略,并提出“一带一路”倡议,加大财政转移支付和对“老、少、边、穷”地区的支持力度。林地和草地在1995—2000年阶段减速最快,而进入21世纪后减速呈现放缓,说明国家提出的“天然林保护工程”和“退耕还林还草”等生态工程在一定程度上遏制了林草地退化的速度。未利用地面积减少速度持续上升,尤其是2010—2015年期间减少速度显著加快,主要原因是未利用地的开发,取代林地、草地开垦,成为北方边境地区耕地扩张的主要来源^[19]。水域面积在1995—2000年期间呈现增加趋势,可能是气候暖湿化^[12,23]和农业水利设施建设导致,2000—2015年期间呈现减少趋势,反映出北方边境地区社会经济发展和生态环境变化对水资源带来的负面影响。

3.2 土地利用变化的空间格局

图2反映了样带土地利用的空间格局,相较于1995年,2015年北方边境样带土地利用的整体格局并未发生较大的变化,其地类分布具有明显的空间异质性,黑龙江、内蒙古、甘肃、新疆等省份的土地利用结构相对单一,反映出土地利用方式明显的地域差异,这与不同地区的气候、地形、资源和民族文化有密切关系。具体而言,样带从东到西,由湿

表2 1995年、2015年北方边境样带土地利用结构变化

Table 2 Land use structure change of the northern border transect, 1995 and 2015

土地利用类型	1995年		2015年		1995—2015年 年变化率指数/%
	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%	
耕地	99894.22	6.09	119104.39	7.26	0.96
林地	286531.63	17.47	282576.81	17.23	-0.07
草地	592039.07	36.09	582959.54	35.54	-0.08
水域	27501.81	1.68	28084.52	1.71	0.11
城乡建设用地	6016.51	0.37	8914.63	0.54	2.41
未利用地	628415.35	38.31	618714.64	37.72	-0.08

表3 1995—2015年北方边境样带土地利用类型的分阶段年变化率

Table 3 Annual change rate of land use types of the northern border transect, 1995-2005 (%)

研究阶段	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
1995—2000年	1.46	-0.22	-0.17	0.91	1.20	-0.03
2000—2005年	0.78	0.02	-0.12	-0.25	0.89	-0.03
2005—2010年	0.37	-0.03	8.02E-05	-0.11	0.26	-0.05
2010—2015年	1.00	-0.04	-0.03	-0.10	6.43	-0.20

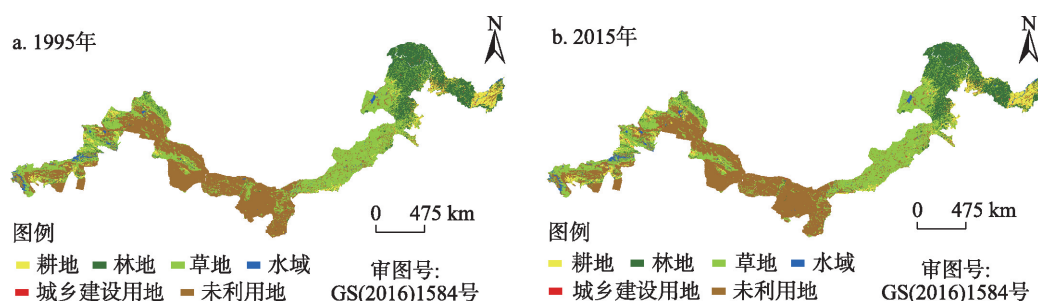


图2 1995年(a)和2015年(b)北方边境样带土地利用分布

Figure 2 Land use types of the northern border transect in 1995 (a) and 2015 (b)

润变干旱,地势总体呈升高趋势,从黑龙江的西北部起,向东南方向穿过黑龙江省境内为大兴安岭—小兴安岭分隔带,分隔带东边为三江平原区,西边为与松嫩平原过渡区,分隔带中以林地为主,两边则以耕地为主。向西南方向穿过内蒙古境内大兴安岭—阴山一线,此线大致位于农牧交错带,为东北平原和内蒙古高原分界线,以北主要为草地、荒漠和戈壁,人口稀疏,是历代游牧文化的重要发祥地,此线以南主要为林地和耕地,以农耕为主。进入甘肃、新疆境内,从肃北到阿勒泰地区南部,土地利用类型以未利用地为主,向西草地和耕地面积逐渐增加,主要与新疆地处内陆干旱区和“三山夹两盆”的地形地貌以及水资源分布有关。城乡建设用地在样带上则呈零星状分布。

将1995—2015年的土地利用数据分阶段叠加分析,得到不同阶段以及不同省份各类型土地利用的转移矩阵(表4、表5)。①样带的草地动态转化频繁,由表4可见,1995—2015年期间,未利用地转草地(12314.18 km²)、草地转耕地(11708.56 km²)和草地转未利用地(9821.82 km²)是转移量最大的三部分,分别占整个样带土地转移量的20.76%、19.74%和16.56%。空间上主要分布在内蒙古(未利用地与草地之间的转化)和新疆(草地转耕地)(表5)。从时间上看,未利用地转草地、草地转耕地和草地转未利用地的变化趋势相似,转移量均在1995—2010年期间呈减少趋势,2010—2015年期间呈增加趋势。这说明,一方面,随着生态环境的恶化,中国逐渐重视对草地的保护修复,并且取得一定成效;另一方面,草地资源被耕地挤占和草地退化现象仍然存在,且2010年以后有所反弹。②林地面积的变化

主要是林地转耕地,总体来看,林地转耕地量呈现逐渐减少的趋势,但在2010—2015年期间有小幅度的反弹。林地转耕地主要发生在黑龙江,约占样带林地转耕地的70%。③水域面积的变化主要发生在与草地、未利用地之间的转换,虽然水域面积在研究期间整体有所增加,但在2000—2015年期间一直呈缩减趋势(表3)。空间上在内蒙古表现尤为明显,说明该地区水资源面临严峻挑战。④耕地开垦来源逐渐由林地、草地开垦转向未利用地开发。耕地扩张主要集中在新疆(10893.49 km²)和黑龙江(5507.17 km²),但耕地扩张来源不同:新疆以草地(8162.58 km²)和未利用地(3698.14 km²)转换为主,分别占总转移量的46%和21%;黑龙江则以林地和未利用地为主,分别占总转移量的38%和23%。新疆和黑龙江由于历史农业发展,耕地开垦的强度和面积远大于退耕,因此,耕地扩展速度和范围依旧较大。内蒙古的耕地新增4176.37 km²,流失1364.56 km²,相较新疆和黑龙江而言,内蒙古耕地有更大比例转为草地(1001.32 km²),原因为内蒙古是退耕还草的主要实施区。⑤样带2010—2015阶段城乡建设用地扩张最为明显,主要来源是草地、未利用地和耕地,可能是由于“十二五”时期国家对边境经济合作区的一系列政策使边境地区战略地位显著提升。空间上,城乡建设用地扩张集中在新疆(1289.35 km²)和内蒙古(1469.68 km²),但扩张来源不同:内蒙古以草地和未利用地为主,新疆则以耕地和未利用地为主。

综上所述,1995—2010年期间,通过国家一系列的生态保护修复措施,北方边境地区林地、草地等生态保育用地减少的趋势逐渐放缓;但2010—

2021年6月

表4 1995—2015年北方边境样带土地利用转移矩阵(分阶段矩阵和总矩阵)

Table 4 Land use conversion matrix (matrices of four periods and total matrix) in the northern border region, 1995-2015

(km²)

1995年	2000年					
	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
耕地	97737.57	569.43	991.74	30.75	245.67	319.07
林地	3085.16	282447.19	832.74	40.14	9.89	116.52
草地	5276.83	341.21	583411.31	457.55	76.21	2475.03
水域	18.85	11.40	28.33	27353.34	0.18	89.71
城乡建设用地	0.05	0.00	0.07	0.08	6015.99	0.32
未利用地	1082.54	64.39	1842.78	877.65	29.64	624510.00
2000年	2005年					
	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
耕地	105883.80	257.84	728.11	36.71	82.08	212.47
林地	518.17	282038.56	694.87	34.11	15.35	132.55
草地	3029.66	1225.84	580691.40	163.62	66.01	1930.43
水域	30.83	14.89	173.75	27842.05	3.12	694.86
城乡建设用地	11.45	2.05	5.02	2.29	6354.92	1.85
未利用地	1887.92	136.48	1413.59	314.11	138.92	623619.63
2005年	2010年					
	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
耕地	111060.33	67.54	148.00	31.12	22.07	32.78
林地	467.92	283059.24	111.83	24.23	2.43	10.01
草地	932.90	34.27	582133.08	51.74	65.30	489.44
水域	37.13	2.86	147.77	28030.35	0.70	174.09
城乡建设用地	19.72	0.58	0.44	1.50	6637.48	0.67
未利用地	930.13	37.28	1167.96	92.84	18.53	624345.06
2010年	2015年					
	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
耕地	112381.52	36.88	594.01	10.45	384.73	36.21
林地	970.24	281923.93	159.18	13.39	71.16	60.62
草地	2961.23	476.45	572700.64	250.78	1033.95	6277.98
水域	77.79	2.44	222.09	27350.11	14.85	564.22
城乡建设用地	80.76	2.87	116.80	9.38	6509.46	26.94
未利用地	2630.72	132.36	9162.73	450.23	900.31	611778.88
1995年	2015年					
	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
耕地	95984.65	795.31	1897.80	85.51	691.02	435.49
林地	4890.00	279412.48	1744.05	102.75	93.54	285.55
草地	11708.56	2008.10	566566.45	665.98	1259.18	9821.82
水域	145.48	23.20	316.24	26088.75	16.63	911.22
城乡建设用地	106.14	3.30	116.68	12.67	5748.43	28.99
未利用地	6267.42	332.53	12314.18	1128.68	1105.64	607259.93

2015年期间有所反弹,且除水域以外,总体仍然呈现减少趋势。在空间分布上则主要反映为新疆的耕地侵占草地、内蒙古的草地减少和黑龙江的耕地

蚕食林地,因此,北方边境地区仍然面临林草地资源持续减少、水域面积缩减和未利用地不断开发等土地利用变化带来的生态环境危机。

表5 1995—2015年北方边境样带不同省份的土地利用转移矩阵

Table 5 Land use conversion matrix in the different provinces of the northern border region, 1995-2015

(km²)

1995年	2015年						
新疆	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	流失
耕地	27819.22	117.78	725.99	62.55	513.98	243.39	1663.69
林地	583.57	22653.15	76.89	45.15	24.19	25.21	755.01
草地	8162.58	187.26	210144.90	311.23	288.64	609.39	9559.10
水域	102.51	15.66	152.30	17400.95	7.51	79.67	357.65
城乡建设用地	10.38	0.25	3.81	2.69	1666.10	0.20	17.33
未利用地	3698.14	80.58	694.76	518.04	472.36	325517.30	5463.88
新增	12557.18	401.53	1653.75	939.66	1306.68	957.86	—
净增加(新增-流失)	10893.49	-353.48	-7905.35	582.01	1289.35	-4506.02	—
黑龙江	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	流失
耕地	44167.96	526.49	170.47	10.13	74.46	95.26	876.81
林地	3412.58	128984.80	833.15	35.86	52.55	143.31	4477.45
草地	800.21	263.59	15316.69	55.98	23.63	57.88	1201.29
水域	25.08	3.58	2.20	2898.15	1.26	11.33	43.45
城乡建设用地	43.16	0.83	0.83	0.78	1755.80	0.78	46.38
未利用地	2102.95	97.58	114.47	68.36	3.85	11555.66	2387.21
新增	6383.98	892.07	1121.12	171.11	155.75	308.56	—
净增加(新增-流失)	5507.17	-3585.38	-80.17	127.66	109.37	-2078.65	—
内蒙古	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	流失
耕地	23997.18	151.04	1001.32	12.83	102.58	96.79	1364.56
林地	893.85	127737.91	831.11	21.74	16.81	108.43	1871.94
草地	2745.77	1554.98	337086.06	298.35	944.04	8705.03	14248.17
水域	17.90	3.97	161.75	5789.64	7.86	820.22	1011.70
城乡建设用地	52.61	2.22	111.97	9.20	2325.22	27.68	203.67
未利用地	466.25	143.95	10996.49	535.73	602.06	244109.21	12744.47
新增	4176.37	1856.16	13102.63	877.84	1673.35	9758.15	—
净增加(新增-流失)	2811.81	-15.78	-1145.54	-133.86	1469.68	-2986.32	—
甘肃	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	流失
耕地	0.29	—	0.02	—	—	0.04	0.06
林地	—	36.67	2.89	—	—	8.60	11.49
草地	9.00E-04	2.26	4018.78	0.41	2.87	449.51	455.05
城乡建设用地	—	—	0.07	—	1.31	0.32	0.39
未利用地	0.08	10.43	508.46	6.56	27.38	26077.81	552.91
新增	8.09E-02	12.69	511.44	6.97	30.25	458.47	—
净增加(新增-流失)	2.09E-02	1.20	56.39	6.97	29.86	-94.44	—

3.3 土地利用变化的空间异质性特征

图3反映了1995—2015年样带各土地利用类型变化率的空间分布格局。可以看出,北方边境样带的粮食保障用地、城乡建设用地扩张和生态保育用地退化幅度表现出明显的地域差异。首先,耕地变化幅度呈现西高东低的分布格局,以新疆阿勒泰地区扩张幅度最大,这得益于该地区平坦的地势、

气候暖湿化和良好的水利条件,利于绿洲农业的发展和耕地的扩张。而作为老农垦区的三江平原耕地增加幅度并不突出,原因是该地区耕地扩张潜力趋于饱和,湿地保护政策有效控制了湿地农田化。其次,城乡建设用地增加幅度呈现中部高,东西低的趋势,扩张速度较快的区域主要分布在新疆的阿勒泰地区、甘肃的肃北蒙古族自治县和内蒙古的阿

2021年6月

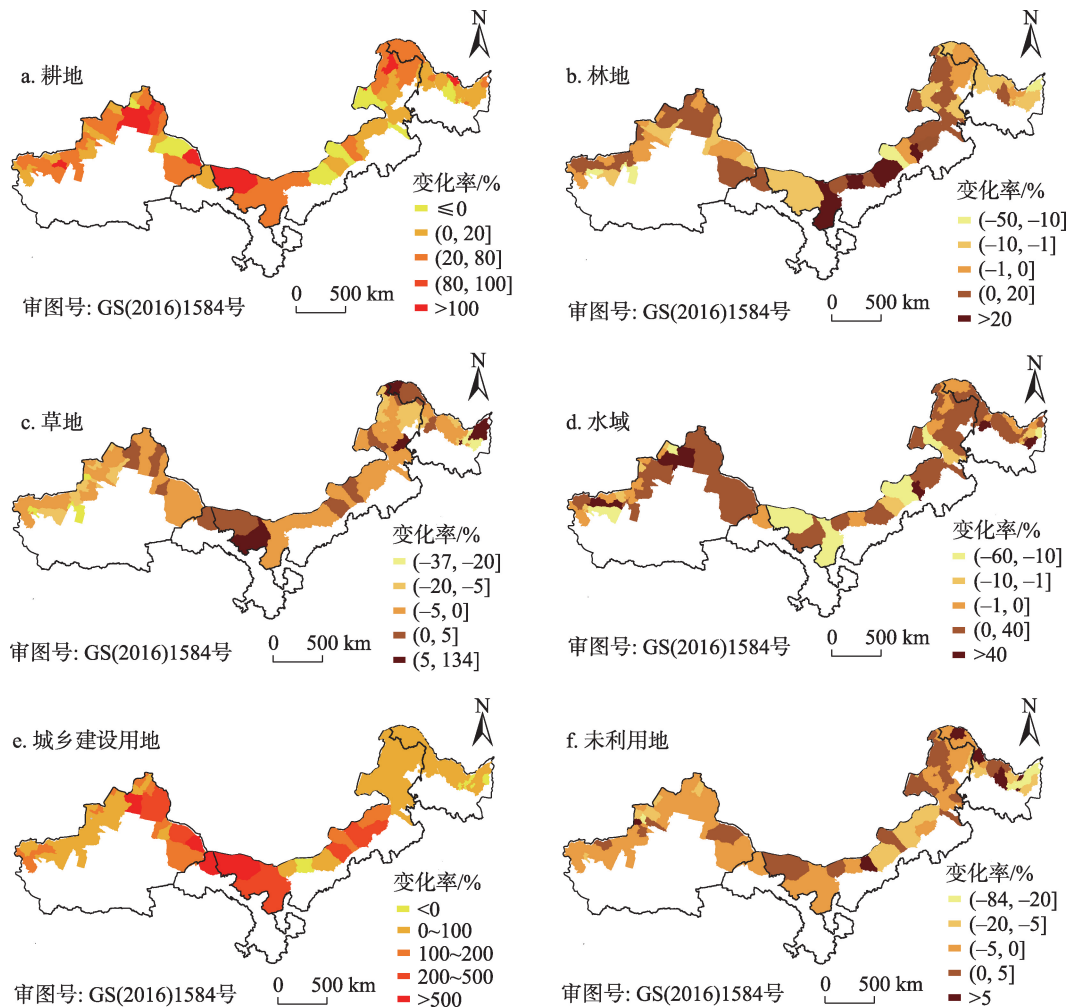


图3 1995—2015年不同类型土地利用的变化率空间分布

Figure 3 Spatial distribution of the change rate of different types of land use, 1995-2015

拉善盟、锡林郭勒盟,多为地形平坦的资源型城市和口岸城市,由于样带位置的特殊性,其城乡建设用地扩张受自然本底胁迫条件和经济社会发展进程的多重因素影响^[13]。再次,生态保育用地中,林地变化的区域差异性较大,整个样带林地减少幅度较大区域主要分布在黑龙江,主要是耕地扩张导致林地资源锐减。草地和未利用地变化在空间分布上呈现整体减少、局部增加的趋势,表明草地面积缩减和未利用地开发是北方边境地区生态保育用地减少的共有特征和趋势,也反映出近年来出台的一系列保护草地,控制土地开发的政策,对局部地区确有改善作用,但尚未遏制整个北方边境地区生态用地退化的趋势。最后,水域用地呈现整体增加、局部减少的趋势,其中,水域面积的增加主要与

气候变暖和农业水利设施修建有关,水域面积的减少在内蒙古的部分干旱地区、新疆和黑龙江的部分农耕区均有分布,表明气候变暖虽有利增大降雨量和径流量,但是生活、生产用水需求以及建设用地需求之间矛盾仍然突出,导致北方边境地区水域面积面临缩减的严峻挑战。

3.4 土地利用变化的驱动因素分析

3.4.1 粮食保障用地驱动力

研究期内,北方边境样带的耕地面积由1995年的99894.22 km²增加至2015年的119104.39 km²(表2),共增加19210.17 km²。表6的回归结果显示,1995年和2015年人口因素和经济水平对耕地的回归系数均显著且绝对值较大,且和已有研究结果一致。其中,1995年,耕地面积主要受到城镇化率、第

表6 驱动因素回归分析结果

Table 6 Regression analysis of driving factors

解释变量	因变量	耕地		林地		草地	
		1995年	2015年	1995年	2015年	1995年	2015年
人口因素	城镇化率	3.30***	0.44**				
经济水平	GDP		-0.59***				
	第二三产业比重	-3.28***	-0.13**		0.16**		
农业技术	农用机械总动力						-0.28***
	化肥施用折纯量	0.88***	0.48***			-0.31***	
自然条件	高程	-0.23***		-0.67***	-0.66**	0.36***	0.36***
	坡度		-0.15**	0.52***	0.48***		
气候条件	年均温度		0.34***		-0.20**		
	年均降水量		0.52***	0.37***	0.21*		
经济区位	到地级市距离						
	到口岸城市距离		-0.14**				
地理区位	到主要公路距离			0.25***	0.22***		
	到主要水系距离		-0.17***				
拟合度(R^2)		0.69	0.78	0.65	0.67	0.30	0.28
解释变量	因变量	水域		城乡建设用地		未利用地	
		1995年	2015年	1995年	2015年	1995年	2015年
人口因素	城镇化率			0.47***		-0.22***	
经济水平	GDP			0.33**	0.78***		
	第二三产业比重						
农业技术	农用机械总动力			0.20***	0.21***		
	化肥施用折纯量						-0.28***
自然条件	高程			-0.12***			
	坡度	0.34***	0.35***				
气候条件	年均温度					0.30***	0.39***
	年均降水量					-0.49***	-0.46***
经济区位	到地级市距离				-0.08***	0.16**	
	到口岸城市距离						
地理区位	到主要公路距离			-0.17***			
	到主要水系距离						
拟合度(R^2)		0.11	0.12	0.90	0.94	0.57	0.57

二三产业比重、化肥施用折纯量和高程的影响；2015年，耕地面积主要受到城镇化率、GDP、第二三产业比重、化肥施用折纯量、坡度、年均温度、年均降水量、到口岸城市距离和到主要水系距离等因素的影响。相较于1995年，2015年耕地的显著影响因子增多，说明影响耕地变化的因素多样化。

首先，人口因素、农业技术、气候条件与耕地面积呈显著正相关(表6)。目前相关研究认为人口增长是促进耕地面积增加的主要影响因素之一^[10]。回归结果显示，城镇化率与耕地面积回归系数为正，

表明耕地多分布于城镇化率较高的区域。但是随着城镇化的推进，一部分耕地流向城乡建设用地。农业技术也对耕地的利用产生影响，随着农田节水灌溉方式的推广应用和化肥的使用，水、土资源对耕地开发的限制作用逐渐减弱，进而促进耕地面积扩张。同时，降水和温度等气候因素的波动显著影响耕地的变化，相关研究表明^[11,20]，研究期间新疆地区的降水量呈增加趋势，随着全球变暖，温度有所上升，气候变暖增湿的优势加快了耕地开垦的速度。

2021年6月

其次,经济水平、自然条件、经济区位和地理区位与耕地呈负相关(表6)。经济水平方面,GDP和第二三产业比重均与耕地面积负相关,可见,经济发展是刺激耕地向建设用地转变的重要因素。自然条件方面,样带跨东西边境,受到海拔和坡度等限制性因素的影响,样带的耕地多分布于新疆和黑龙江的三江平原等坡度较缓的地区。经济区位方面,到口岸城市距离、第二三产业比重与耕地呈负相关,说明随着口岸经济区的快速发展,边境城市贸易增多,产业结构发生改变,导致建设用地的需求增大,占用耕地的现象逐渐增多。而地理区位方面,到水系距离与耕地的回归结果在1995年不显著,在2015年则为负相关,反映出样带耕地开垦与水资源利用的矛盾,随着科技水平的提高,农业灌溉技术得到提升和推广,水资源对耕地开垦的限制作用变小,在扩大耕地面积的趋势下,传统上不利于耕地开垦(沙漠、戈壁、盐碱地等)或具有生态价值(湿地等)的用地类型被大量开垦。

再次,政策和制度的干预是影响北方边境样带耕地变化的重要因素,中国北方边境地区有关耕地的政策总体分为两个阶段。1995—2000年,中国粮食生产重心从东部地区逐渐向中西部和东北转移,北方边境4省成为中国重要的粮食主产区,“十四届五中全会”提出将新疆建设成为国家最大的商品棉生产基地和重要的粮食生产基地,北方边境进入了提高单产与扩大耕地面积的结合期^[21],以新疆为重点开发区的北方边境灌溉技术水平不断提高,农业水利设施建设不断完善,因此该时期北方边境的耕地面积扩展速度最快。2000年以后,伴随着土地开垦的快速推进,追求粮食产量和经济利益的同时,出现了一系列生态环境问题,如草地退化、林地锐减和沙尘暴等,水资源利用矛盾日益突出,致使该阶段的土地政策发生转变;针对耕地过度开垦,国家采取了退耕还林还草、禁止新疆地区非法打井开荒和划定湿地保护区以阻止湿地农田化等一系列措施,使得耕地扩张速度放缓。

3.4.2 城乡建设用地驱动力

研究期内,北方边境样带的城乡建设用地共增加2898.12 km²(表2),与GDP、城镇化率呈正相关(表6),可见经济水平提高和城镇化推进是刺激建

设用地扩展的主要原因。城乡建设用地变化除受自然本底胁迫条件和经济社会发展过程的影响外^[13],政策也是主要影响因素。其中,1995—2010年期间,自1992年国家开始实施沿边开放战略,边境社会经济逐渐开始发展;1999年,为配合西部大开发战略,振兴边境,国家民委联合多部门倡议发起了“兴边富民行动”边境建设工程,并将“兴边富民行动”纳入“十一五”规划。这一系列振兴边境地区发展的政策对该阶段城乡建设用地的影响主要体现在基础设施建设面积增加,截至2010年,中央财政在少数民族发展资金中累计安排兴边富民补助资金22.1亿元,在交通、水利、农村、医疗和教育等方面开展了具有带动作用的基础设施建设项目^[22],因此该阶段北方边境地区的城乡建设用地面积呈现稳步增加状态。2010—2015年期间,“兴边富民行动”纳入“十二五”规划,包含一系列对边境城市的扶持政策和对口支援行动,并在“十二五”期间提出“一带一路”倡议,由前文建设用地变化速率可以发现,该阶段北方边境地区的城乡建设用地增加速率与2010年以前相比显著上升,因此该阶段是在前一时期的边境地区交通等基础设施建设不断改善的基础上,通过“一带一路”政策带动,依靠区位优势,实现了经济水平的大幅提高,引起了城乡建设用地的迅速扩张。

3.4.3 生态保育用地驱动力

研究期内,北方边境样带的林地减少了3954.82 km²,受经济水平、农业技术、自然条件、气候条件、经济区位和地理区位多种因素的影响,具体表现为高程、坡度、年均降水量、到口岸城市距离和到主要公路距离,在此基础上,2015年的第二三产业比重、年均温度也对林地面积具有显著效应。首先,坡度、年均降水量、到口岸城市距离、到主要公路距离和第二三产业比重,与林地面积呈现正相关。样带上林地主要分布于大兴安岭、小兴安岭等坡度较大的地区,降水量大,有利于林地等植被生长。到主要公路距离与林地面积呈正相关,主要体现在交通区位条件好的地区,林地被侵占更为显著。其次,第二三产业比重与林地面积呈现正相关,说明第二三产业比重的上升可以在一定程度上抑制林地向耕地转化,减缓林地减少的趋势。再

次,高程、年均气温与林地呈现负相关,体现出自然条件和气候对林地分布的影响,说明样带的林地主要分布在海拔较低、年均气温较低的东部地区。

草地共减少9079.53 km²,回归结果显示草地分布与高程呈现正相关,说明样带的草地主要分布在海拔较高的中西部地区。除此之外,草地面积还与农业机械总动力、化肥使用折纯量呈负相关,这些指标主要通过影响耕地的扩张范围,进而影响草地的退化速度。

水域共增加582.71 km²,回归结果显示,水域的分布与坡度呈现正相关,这说明北方边境样带的水域主要分布在坡度较大的区域。北方边境样带水域面积的增加主要来源于新疆、黑龙江等地区未利用地和草地的转化,水域面积减少主要表现在内蒙古地区,这可能与样带不同地区对气候变暖的响应不同有关,在内蒙古由于干旱加剧,水域面积持续减少,而在新疆和黑龙江,由于冰川、雪地的融化,引起河流径流量增大和湖泊水域面积的扩大。除此以外,在新疆和黑龙江的部分农耕区,修建的大量农业基础设施也会使得水域面积增加^[23]。从时间分布来看,水域主要在1995—2000年增加,在2000年以后每个阶段均呈现不同速度的减少(表3),因此,虽然水域面积在1995—2015年总体呈现增加趋势,但近年来,随着人类活动对北方边境地区干扰度加强,作为粮食主产区的北方边境地区,水资源开发增长空间有限,农田灌溉用水、牲畜用水和生活用水之间竞争激烈,未来北方边境地区将面临水域面积持续缩减、水资源短缺的风险。

未利用地共减少9700.71 km²,主要由于耕地开垦侵占了大量的未利用地,空间上集中分布在新疆和黑龙江。西部大开发政策鼓励新疆大量进行土地开发,以及黑龙江的三江平原湿地农田化,都导致了未利用地向耕地转化。

政策性因素是影响北方边境样带生态保育用地变化的重要因素,主要作用于林草地恢复和湿地保护等,阻止生态环境的恶化。结合相关研究结果和前文的分析可知,1995—2015年北方边境样带的林草地减速放缓,且分省的土地利用转移矩阵显示内蒙古的耕地、未利用地向草地转移面积显著大于其他地区,表明“退耕还林还草”“退牧还草”和“天

然保护林工程”等生态保护修复的措施在局部地区取得了一定成效^[14]。同时,为了应对大量具有生态功能的盐碱地、沼泽地农田化的危机,国家通过建立三江平原、五大连池自然保护区、实施生态功能区划和《全国湿地保护工程规划》等一系列措施,一定程度上保护和恢复了部分湿地资源。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文采用样带研究方法,揭示了1995—2015年中国北方边境地区土地利用变化的时空格局,并借助多元回归模型系统分析了粮食保障用地、城乡建设用地和生态保育用地等不同土地利用类型变化的驱动机制。结果表明:

(1)1995—2015年,中国北方边境样带土地利用结构以生态保育用地(林地、草地、水域和未利用地)为主,占比超过90%,是中国重要的生态安全屏障。北方边境样带土地利用格局呈现出显著的空间差异,从样带东部的黑龙江三江平原和松嫩平原以耕地为主,大兴安岭—小兴安岭分隔带以林地为主,过渡到样带中部的大兴安岭—阴山以西至新疆阿勒泰地区以未利用地和草地为主,再到样带西部的新疆阿尔泰以西地区草地和耕地面积逐渐增加;城乡建设用地则在整个样带上呈零星状分布。

(2)1995—2015年,中国北方边境样带土地利用变化以粮食保障用地和城乡建设用地扩张、生态保育用地退化为主要特征,呈现出明显的时空差异。1995—2010年期间粮食保障用地和城乡建设用地扩张速度较慢,以林草地占用为主;2010年以后,扩张速度逐渐加快,以未利用地开发为主。20年间,样带东部的黑龙江以林地占用为主,中西部的内蒙古、新疆以草地占用为主,而未利用地开发则是整个北方边境样带土地利用变化的共有特征和主要趋势。

(3)中国北方边境样带的土地利用/覆被变化是多重因素综合作用的结果。一方面,政策和制度的干预是中国北方边境地区LUCC的重要驱动力,退耕还林还草政策使得生态保育用地减速放缓,使得粮食保障用地增长速度保持减缓趋势,而“兴边富民行动”“一带一路”倡议等政策助使城乡建设用地面积持续增加。另一方面,粮食保障用地和城乡建

2021年6月

设用地的扩张还受到城镇化和经济发展的影响,生态保育用地的变化则受自然、气候、区位条件和农业技术水平的影响,在粮食保障用地和城乡建设用地主动式扩张过程中呈现被动减少趋势,具体表现为林草地资源持续减少、水域面积缩减和未利用地不断开发等,由此导致的生态环境危机仍然存在。

4.2 讨论

通过本文的探索发现,中国北方边境样带的土地利用是一个极其复杂的系统,面临着巨大的挑战。首先,作为“一带一路”倡议和国家“兴边富民”战略推进过程中的关键地区,北方边境地区面临着城市建设和耕地开垦的社会经济发展机遇,与此同时,作为中国重要的生态安全屏障,北方边境地区也面临着林地、草地退化流失和水资源短缺的生态环境挑战,需要走生态优先、绿色发展之路,进一步加强生态文明建设。其次,北方边境样带土地利用格局呈现出明显的时空差异,样带内部不同区域需要根据具体的土地利用问题,采取差异化的土地资源管理措施。再次,城镇化进程和经济发展对北方边境地区土地利用变化的作用逐渐突显,生态、生产和生活三者矛盾下产生的土地利用问题是北方边境地区当下需要重视和解决的。综上所述,中国北方边境地区需要结合边境地区特点,将对外开放、国家需求和地区发展三者结合,在把握机遇发展经济的同时,重视地域功能开发和生态用地保护,加强对各地区的土地利用监测,探索区域可持续发展道路,以期达到人口-土地-产业协同发展的目标。此外,受到土地利用数据的精度和驱动因素的数据限制,本文未能对土地利用变化的所有驱动因素进行考虑,同时,本文采用传统的土地利用分类,对土地利用变化驱动因素进行分析,难以从整体上分析北方边境地区土地利用变化的主导因素,未来有必要进一步对北方边境地区土地利用变化的驱动因素进行系统性和综合性的探索。

参考文献(References):

[1] 龙花楼,李秀彬.长江沿线样带土地利用变化时空模拟及其对策[J].地理研究,2001,20(6):660-668.[Long H L, Li X B. Spatio-temporal modelling of land use changes in transect of the Yangtse River and corresponding countermeasures[J]. Geographi-

cal Research, 2001, 20(6): 660-668.]

- [2] 王权.全球变化陆地样带研究及其进展[J].地球科学进展,1997,12(1):43-50.[Wang Q. Advance research on terrestrial transects[J]. Advance in Earth Sciences, 1997, 12(1): 43-50.]
- [3] 李秀彬.全球环境变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J].地理学报,1996,51(6):553-558.[Li X B. A review of the international researches on land use/land cover change[J]. Acta Geographica Sinica, 1996, 51(6): 553-558.]
- [4] 董昱,闫慧敏,杜文鹏,等.基于供给-消耗关系的蒙古高原草地承载力时空变化分析[J].自然资源学报,2019,34(5):1093-1107.[Dong Y, Yan H M, Du W P, et al. Spatio-temporal analysis of grassland carrying capacity in Mongolian Plateau based on supply-consumption relationship[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(5): 1093-1107.]
- [5] 刘纪远,张增祥,张树文,等.中国土地利用变化遥感研究的回顾与展望:基于陈述彭学术思想的引领[J].地球信息科学学报,2020,22(4):680-687.[Liu J Y, Zhang Z X, Zhang S W, et al. Innovation and development of remote Sensing: Based land use change studies based on Shupeng Chen's academic thoughts[J]. Journal of Geo-Information Science, 2020, 22(4): 680-687.]
- [6] 张佰发,苗长虹.黄河流域土地利用时空格局演变及驱动力[J].资源科学,2020,42(3):460-473.[Zhang B F, Miao C H. Spatio-temporal changes and driving forces of land use in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(3): 460-473.]
- [7] 杨建新,龚健,高静,等.国家中心城市土地利用变化稳定性和系统性特征:以武汉市为例[J].资源科学,2019,41(4):701-716.[Yang J X, Gong J, Gao J, et al. Stationary and systematic characteristics of land use and land cover change in the national central cities of China using intensity analysis: A case study of Wuhan City[J]. Resources Science, 2019, 41(4): 701-716.]
- [8] 刘彦随,杨忍.中国县域城镇化的空间特征与形成机理[J].地理学报,2012,67(8):1011-1020.[Liu Y S, Yang R. The spatial characteristics and formation mechanism of the county urbanization in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(8): 1011-1020.]
- [9] 罗海平,潘柳欣,余兆鹏.基于粮食安全贡献度的中国粮食主产区粮食供求格局演变[J].浙江农业学报,2020,32(11):2077-2087.[Luo H P, Pan L X, Yu Z P. Evolution of grain supply and demand pattern in major grain-producing areas in China based on contribution rate to food security[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2020, 32(11): 2077-2087.]
- [10] 徐咏梅,周黎明,张兆彤.新疆昌吉州耕地开垦轨迹对土壤肥力变化的影响[J].地理研究,2021,40(3):657-672.[Xu Y M, Zhou L M, Zhang Z T. Effect of cultivated land reclamation tracks on soil fertility changes in Changji Prefecture, Xinjiang[J]. Geographical Research, 2021, 40(3): 657-672.]

- [11] 卢龙辉, 瓦哈甫·哈力克, 黄玲. 近40年克里雅绿洲人口时空变化对土地利用/覆盖变化的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(11): 234–242. [Lu L H, Wahap H, Huang L. Effect of temporal and spatial changes of population on land use and cover change in Keriya Oasis in past 40 years[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(11): 234–242.]
- [12] 贺可, 吴世新, 杨怡, 等. 近40 a 新疆土地利用及其绿洲动态变化[J]. 干旱区地理, 2018, 41(6): 1333–1340. [He K, Wu S X, Yang Y, et al. Dynamic changes of land use and oasis in Xinjiang in the last 40 years[J]. Arid Land Geography, 2018, 41(6): 1333–1340.]
- [13] 黄麟, 翟俊, 祝萍, 等. 中国草畜平衡状态时空演变指示的草地生态保护格局[J]. 地理学报, 2020, 75(11): 2396–2407. [Huang L, Zhai J, Zhu P, et al. Spatiotemporal evolution characteristics of livestock-carrying pressure in China and its implications for grassland ecosystem conservation pattern[J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(11): 2396–2407.]
- [14] 高倩, 方创琳, 张小雷, 等. 丝绸之路经济带核心区新疆城镇建设用地扩展的时空演变特征及影响机理[J]. 生态学报, 2019, 39(4): 1263–1277. [Gao Q, Fang C L, Zhang X L, et al. Spatio-temporal evolution characteristics and mechanisms of influence of urban construction land expansion in Xinjiang, the core area of the Silk Road Economic Belt[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(4): 1263–1277.]
- [15] 朱粤琳, 吴相利, 刘迪. 近20年来小兴安岭典型山地林区土地利用变化及驱动机制探究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2017, 33(4): 62–71. [Zhu Y L, Wu X L, Liu D. Study on Xiao Hinggan Mountains' land use change and driving mechanism in recent 20 years[J]. Natural Science Journal of Harbin Normal University, 2017, 33(4): 62–71.]
- [16] 刘郑伟, 付梅臣, 丁茜. 边境贸易地区土地利用变化驱动力演变研究[J]. 资源科学, 2018, 40(4): 729–736. [Liu Z W, Fu M C, Ding Q. Driving force evolution of land use change in a border trade area of China[J]. Resources Science, 2018, 40(4): 729–736.]
- [17] 金晓敏, 李颖, 付波霖, 等. 1954–2015年不同地貌分区下湿地农田化过程时空特征: 以完达山以北三江平原为例[J]. 生态学报, 2017, 37(10): 3286–3294. [Jin X M, Li Y, Fu B L, et al. Spatiotemporal characteristics of wetland to farmland conversion processes in different geomorphological divisions during 1954–2015: A case study in the Sanjiang Plain north of the Wanda Mountains [J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(10): 3286–3294.]
- [18] 李恩康, 陆玉麒, 陈娱. 中国外贸货物出口的地理格局演化及影响因素分析: 基于货物出口距离和GTWR模型[J]. 地理研究, 2019, 38(11): 2624–2638. [Li E K, Lu Y Q, Chen Y. Geographic pattern evolution of China's merchandise export and its influencing factors: Based on the analysis of merchandise export distance and the GTWR model[J]. Geographical Research, 2019, 38(11): 2624–2638.]
- [19] 陈红, 吴世新, 冯雪力. 新疆耕地时空变化特征[J]. 地理科学进展, 2010, 29(3): 312–318. [Chen H, Wu S X, Feng X L. Research of changes in cultivated land in Xinjiang based on RS and GIS[J]. Progress in Geography, 2010, 29(3): 312–318.]
- [20] 方梓行, 何春阳, 刘志峰, 等. 中国北方农牧交错带气候变化特点及未来趋势: 基于观测和模拟资料的综合分析[J]. 自然资源学报, 2020, 35(2): 358–370. [Fang Z H, He C Y, Liu Z F, et al. Climate change and future trends in the Agro-Pastoral Transitional Zone in Northern China: The comprehensive analysis with the historical observation and the model simulation[J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(2): 358–370.]
- [21] 樊自立, 吴世新, 吴莹, 等. 新中国成立以来的新疆土地开发[J]. 自然资源学报, 2013, 28(5): 713–720. [Fan Z L, Wu S X, Wu Y, et al. The land reclamation in Xinjiang since the founding of New China[J]. Journal of Natural Resources, 2013, 28(5): 713–720.]
- [22] 朱玉福. 兴边富民行动10周年: 成就、经验及对策[J]. 广西民族研究, 2011, (1): 161–168. [Zhu Y F. Ten years' program to develop border areas and improve the lives of the people: Achievements, experiences and countermeasures[J]. Guangxi Ethnic Studies, 2011, (1): 161–168.]
- [23] 迪丽努尔·阿吉, 艾克巴尔. 新疆主要湖泊水域面积动态变化研究[J]. 水文, 2010, 30(5): 91–95. [Diliner A, Aikebaer. Study on dynamic change of main lakes water area in Xinjiang[J]. Journal of China Hydrology, 2010, 30(5): 91–95.]

Spatiotemporal change and driving factors of land use in the northern border transect of China, 1995–2015

LIU Dan, LI Linna

(Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: With the promotion of the Belt and Road initiative, the strategic position of the northern border region in China is increasingly significant. It is critical to study the land use pattern, process, and mechanism of change of this region for its sustainable development. Based on the land use/land cover change data in 1995, 2000, 2005, 2010, and 2015, this study adopted the transect research method and applied spatial analysis and multiple linear regression to reveal the spatial-temporal pattern and driving factors of land use change in the northern border region. The main results are as follows. First, the northern border transect is dominated by ecological conservation land including forest land, grassland, water area, and unused land, accounting for more than 90% of the total area. The land use structure and spatial pattern had changed little in 20 years. Second, cultivated land and construction land expansion and ecological land degradation were the main characteristics of land use change in the region. Different types of land use/cover change in the northern border transect of China showed obvious temporal and spatial differences. Cultivated land and rural-urban construction land increased significantly after 2010. The pattern of land expansion gradually shifted from forest land and grassland conversion to the cultivation of unused land. Finally, urbanization and economic development were the main factors that promoted the expansion of cultivated land and construction land. Ecological land decreased passively in the process of active expansion of cultivated land and construction land, affected by natural, climatic, geographic, and agricultural technology level factors. Meanwhile, the intervention of policy and institution had a significant effect on the expansion of cultivated land and rural-urban construction land and ecological protection and restoration. The degradation of ecological land was contained overall, whereas risks of ecological environment deterioration such as the continued decline of grassland, shrinking water areas, and conversion of unused land in the northern border transect still exist.

Key words: northern border region of China; transect; land use change; spatiotemporal pattern; driving factors; sustainable development