

阿依吐尔逊·沙木西, 刘新平, 祖丽菲娅·买买提, 等. 西部绿洲城市土地利用转型的生态环境效应:以乌鲁木齐市为例[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(2): 149-159.

AYTURSUN Xamxi, LIU Xin-ping, ZULPIYA Mamat, et al. Eco-environmental effects of land use conversion in oasis city in western China: A case study of Urumqi[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2019, 36(2): 149-159.

西部绿洲城市土地利用转型的生态环境效应 ——以乌鲁木齐市为例

阿依吐尔逊·沙木西¹, 刘新平¹, 祖丽菲娅·买买提¹, 陈前利^{1,2}, 冯 彤³

(1.新疆农业大学管理学院, 乌鲁木齐 830052; 2.南京农业大学公共管理学院, 南京 210095; 3.天津大学管理与经济学部, 天津 300072)

摘 要:为探讨土地利用转型对生态环境变化的影响,基于乌鲁木齐市2005年和2012年TM影像数据、土地利用现状矢量数据、中国高空间分辨率网格数据(CHRED),运用土地利用转型、生态系统单位面积生态服务价值评估和碳排放核算等方法,分析城市化过程中乌鲁木齐市土地利用转型前后生态环境变化效应。结果表明,研究区土地利用转型幅度较大,其中园林地、草地、城镇村及工矿用地和未利用地之间的转换较明显,未利用地转出面积最大(10.33万hm²),说明研究区土地开发程度较高。研究区生态服务价值均呈增加趋势,研究期间生态服务价值增加了89 227.32万元,其中,园林地、草地和水域土地利用转型对生态系统服务价值增加的贡献高。研究区土地利用碳排放量呈上升趋势,碳排放量较高的是城镇村及工矿用地。研究区内土地利用转型后净生态系统服务价值呈现增加趋势,但土地碳排放量变化速度远超生态系统服务价值增加速度,因此在乌鲁木齐市低碳城市建设中,要充分考虑土地利用结构调整与生态环境保护的平衡关系。

关键词:土地利用转型;生态服务价值;碳排放量;乌鲁木齐市

中图分类号:S159

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2019)02-0149-11

doi: 10.13254/j.jare.2018.0113

Eco-environmental effects of land use conversion in oasis city in western China: A case study of Urumqi

AYTURSUN Xamxi¹, LIU Xin-ping¹, ZULPIYA Mamat¹, CHEN Qian-li^{1,2}, FENG Tong³

(1.College of Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2.College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3.College of Management and Economic, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The paper used TM image data, land use vector data, and China's high spatial resolution grid data (CHRED) of Urumqi's center area in 2005 and 2012, and studied the change of Urumqi's ecosystem and environment with the conversion of land use. The method of land use conversion, ecosystem service value assessment and carbon emission accounting were employed in this study. Results showed that land use conversion was significant, among which the land conversions of garden land, grassland, urban village, industrial and mining land and unused land were more obvious. The unused land showed the greatest change (1.033×10^5 hm²) which indicated that the degree of land development in the study area was higher. With the conversion of land use, the value of ecosystem services showed an increasing trend. The net EVS value rose by 892.273 2 million yuan. The land conversion of garden land, grassland and water area contributed most to the increase of ecosystem service value. There was an uptrend in the carbon emission intensity of land use. The highest carbon emissions were induced by urban villages and industrial and mining land. Although the net ecosystem service value of the land use conversion was increas-

收稿日期:2018-05-08 录用日期:2018-07-20

作者简介:阿依吐尔逊·沙木西(1982—),女,新疆吐鲁番人,副教授,从事土地利用与规划、土地利用与土地生态研究。E-mail:aytex@xjau.edu.cn

*通信作者:刘新平 E-mail:lxping16@163.com

基金项目:国家自然科学基金项目(71663051, 71563052);国家博士后基金项目(2017M623336XB);新疆少数民族科技人才特殊培养计划科研项目(2017D03017)

Project supported: The National Natural Science Foundation of China(71663051, 71563052); The China Postdoctoral Science Foundation (2017M623336XB); Xinjiang Minority Science and Technology Talents Special Training Plan Research Project(2017D03017)

ing, the change of land carbon emission intensity was more quickly than the change of the ecosystem service value. Therefore, the balance between the adjustment of land use structure and the protection of the ecological environment should be considered by the government in the low-carbon construction of Urumqi.

Keywords: land use conversion; ecosystem service value; carbon emission; Urumqi

区域土地利用转型对生态环境的影响是全球气候变化研究的重要内容。土地利用转型是土地利用/覆被变化综合研究新途径之一,是人类活动和大自然变化的必然结果。由于人类在土地利用过程中过于追求经济价值,对生态系统和环境产生剧烈影响,并最终影响其为人类所提供的服务质量和价值^[1]。土地利用转型最早由英国学者 Grainger 在研究以林业为主的国家土地利用时提出^[2]。土地利用转型是一种土地利用形态的变化,包含有显性形态和隐形形态两种形式。目前国际上土地利用转型对生态环境影响主要从宏观角度研究了土地利用转型对全球或区域生态环境的影响^[3-4]。Bayramin 等^[5]选取了5种相邻地类,采用方差分析法,评价土地利用变化对土耳其半干旱地区高原生态系统土壤侵蚀灵敏度的影响。Carmona 等^[6]利用遥感卫星影像通过对智利南部森林覆盖变化的研究,探讨了土地利用转型与森林变化轨迹的关系。国内学者龙花楼^[7]在 Grainger 研究成果基础上将这一研究理念引入中国,并对其进行了具体阐释,认为土地利用转型是区域土地利用类型与经济社会发展阶段转型相对应的土地利用的数量、空间结构变化的显性形态和土地质量、产权、经营方式、投入、产出和功能等隐形形态的变化。其他学者开展了大城市空间扩展与土地利用结构转型^[8]、土地利用转型的必然性^[9]、转型与粮食产量关系^[10]、生态功能^[11]、生态风险^[12]、生态环境效应^[13-14]等方面的研究。杨皓然等^[15]指出土地利用转型影响土地生态,并以土地的投入产出作用于土地生态效应。宋小青^[16]梳理了土地利用转型的相关研究,探索了土地利用转型理论、机制和效应,明确指出土地利用转型是土地利用变化的长期性结果,两者在研究尺度、研究领域等方面都具有一定差异。陈龙等^[17]建立“三生”土地利用主导功能分类方案,分析土地利用转型及其生态环境响应。刘永强等^[18]对湖南省1995—2010年土地利用变化时空格局进行分析,测算了生态系统服务价值变化,研究结果显示土地利用方式改变对生态系统产生影响。刘秀慧等^[19]指出土地利用转型会产生经济风险、生态风险、社会风险,强调了在风险研究中应引入风险管

控措施。目前已有研究主要集中在土地利用转型生态环境效应角度^[20-21],将生态价值和碳排放视角相结合分析土地利用转型生态环境效应的研究还很鲜见。基于以上研究,本文利用土地利用遥感数据、土地利用矢量图和高空间分辨率网格数据,分析乌鲁木齐市7个辖区一级类土地利用的数量和空间结构变化,表征乌鲁木齐市土地利用转型的显性形态,运用土地利用转型、生态系统服务价值估算和碳排放量估算方法,测算与分析乌鲁木齐市不同时期土地利用转型后生态系统服务价值及碳排放量的变化特征与差异,以期西部干旱地区土地资源有效利用及半干旱型绿洲城市建设提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

乌鲁木齐市是“一带一路”重要节点城市之一,气候干旱,植被稀疏,风沙危害严重,生态极其脆弱,属典型的温带半干旱绿洲城市。2012年,乌鲁木齐市土地总面积为95.61万hm²,其中耕地面积6.22万hm²、园林地面积3.43万hm²、草地面积49.52万hm²、水域面积2.68万hm²、城镇村及工矿用地面积5.77万hm²、未利用地面积27.47万hm²。草地面积占土地总面积的比例最大,为51.79%,未利用地土地开发潜力较大。近年来乌鲁木齐市城市化发展较快,2005—2012年城市化率增加了6%,人口由94.15万人增加到257.80万人。城市化和城市人口的快速发展导致城市土地利用转型频繁,对生态不同方面不同程度的影响效应不断显现。随着乌鲁木齐市城市建设的不断推进,城镇化进程加快,建设用地需求旺盛。研究期间,区域内城镇村及工矿用地面积净增加1.39万hm²,年均增长面积超过15.70%,且多来自城市周边耕地、草地等土地利用方式转型,使得资源利用与生态环境的矛盾日益突出。能源消费量从2005年的2046万t标准煤增加至2012年的3813万t标准煤,土地利用及能源消耗的显著变化对区域CO₂排放总量及格局的影响越来越大。本文研究范围包括乌鲁木齐市的7个辖区(图1),因乌鲁木齐县2005年的土地

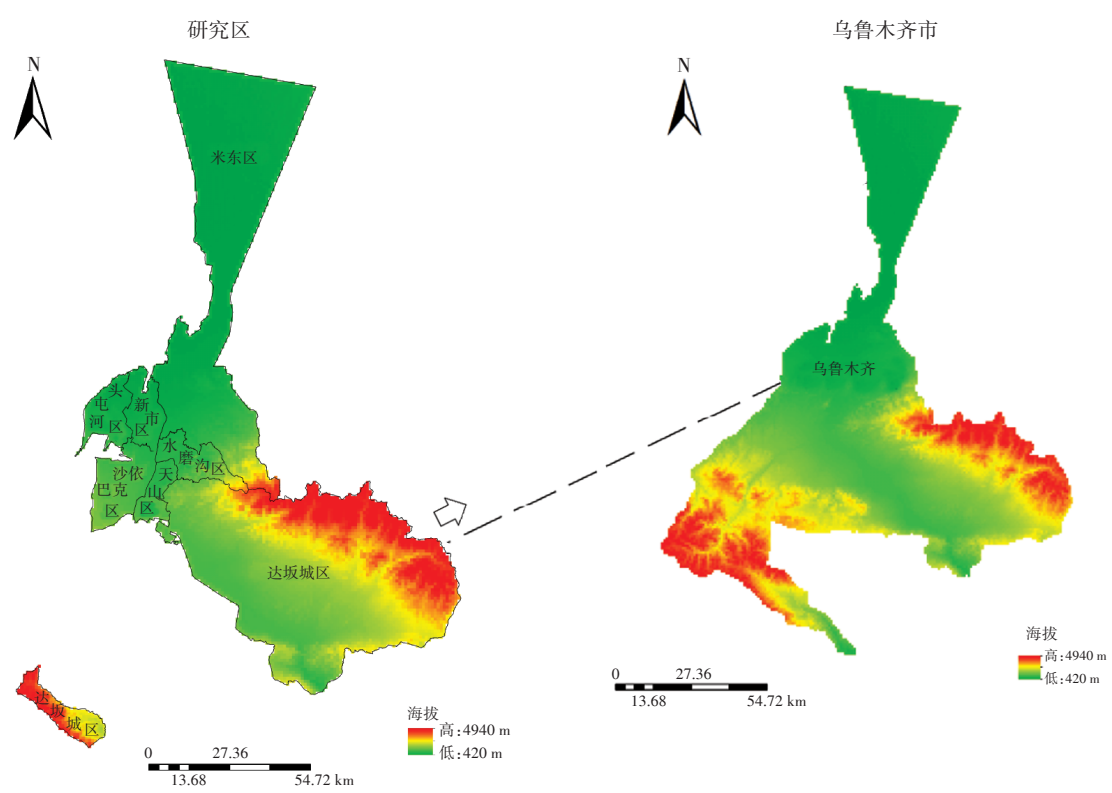


图1 研究区示意图
Figure 1 Map of research area

利用现状数据不全,故不计入本研究区域范围内。

1.2 数据来源与处理

本文使用数据包括土地利用数据、生态系统服务价值计算系数和碳排放数据。(1)以2005年和2012年1期Landsat TM影像解译数据和土地利用现状数据为基础,在ArcGIS 10.0软件支持下,利用其数理统计和空间叠置功能,得到乌鲁木齐市土地利用变化数据。文中土地利用类型划分以中国科学院的土地分类标准(六大类)和第二次全国土地调查土地分类标准(十二大类)为依据进行了归类合并,得出新的土地利用类型分类,主要分为7个一级类,34个二级类,其中一级类包括耕地、园林地、草地、水域用地、城镇村及工矿用地、交通用地、未利用地(表1);(2)考虑到乌鲁木齐市土地利用特征,根据已有的研究成果对谢高地等^[22]的生态系统单位面积生态服务价值表进行修正,以使结果符合实际;(3)利用2005年和2012年1 km高空分辨率网格数据建立CO₂排放清单数据^[23],与2005年和2012年土地利用现状图叠加,得到每种地类分布在不同网格的面积以及单位碳排放量,利用累积加权求得每种地类的碳排放强度。

表1 土地利用类型分类情况
Table 1 Classification of land use type

一级土地类型 Primary land type	二级土地类型 Second land type
耕地	旱地、水浇地、水田
园林地	果园、其他园地、灌木林地、有林地、其他林地
草地	天然牧草地、人工牧草地、其他草地
城镇村及工矿用地	城市、村庄、建制镇、采矿用地、风景名胜及特殊用地、设施农用地
交通用地	公路用地、管道运输用地、农村道路、机场用地、铁路用地
水域用地	河流水面、水库水面、湖泊水面、沟渠、坑塘水面、水工建筑用地、冰川及永久积雪、内陆滩涂
未利用地	沙地、盐碱地、沼泽地、裸地

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用转型方法

通过分析土地利用转型矩阵,可以明确某种土地利用类型的转入转出情况。利用乌鲁木齐市2005年和2012年2期Landsat TM影像解译数据和土地利用现状矢量数据,借助ArcGIS 10.0软件的空间统计和叠置分析功能,得到乌鲁木齐市土地利用转型数据。以转移矩阵为基础,测算某种地类的转入转出和净转

换面积^[24]。根据式(1)和式(2)计算研究期内不同用地类型的“转换减少”或“转换获得”在净转换面积所占百分比。

$$P_{\text{loss}(i),j}=(P_{j,i}-P_{i,j})/(P_i-P_j)\times 100\%, i\neq j \quad (1)$$

$$P_{\text{gain}(i),j}=(P_{j,i}-P_{i,j})/(P_i-P_j)\times 100\%, i\neq j \quad (2)$$

式中: $P_{\text{loss}(i),j}$ 是转换矩阵中行*i*土地利用类型转为*j*土地利用类型在行*i*土地利用类型净减少中所占的比例; $P_{\text{gain}(i),j}$ 是转换矩阵中行*i*土地利用类型转为*j*土地利用类型在行*i*土地利用类型净增加中所占的比例; $P_{i,j}$ 和 $P_{j,i}$ 是变化矩阵表中的单个数值。

1.3.2 生态系统服务价值估算方法

目前,国内外学者参照 Costanza 等^[25]提出的价值系数对不同地区生态系统服务价值进行大量研究。由于 Costanza 提出的价值系数与我国实际情况存在较大偏差^[26],我国学者谢高地等^[22]分别于2002年和2006年基于问卷调查的数据资料得出了2002年和2007年《中国生态系统单位面积生态服务价值当量表》。本文结合乌鲁木齐市土地利用特征对生态服务价值系数进行修正,即:园林地(森林生态系统)生态服务价值系数为园地系数和林地系数的平均值;交通用地(道路生态系统)具有控制侵蚀作用,其价值系数根据农村道路及交通用地在居民点及工矿用地控制侵蚀中所占比例估算得出;城镇村及工矿用地(城市生态系统)、水域(湖泊/河流生态系统)和耕地(农田生态系统)的生态服务价值系数主要参考祖皮艳木·买买提等^[27]的研究;草地(草地生态系统)和未利用地(沙漠生态系统)的生态服务价值系数直接参考谢高地等^[22]的研究成果(表2)。

依据 Costanza 等的全球生态系统价值评估模型,计算乌鲁木齐市区域生态服务功能价值。其公式为:

$$ESV=\sum A_k\times VC_k \quad (3)$$

式中:ESV为研究区生态系统服务总价值; A_k 为研究区内土地利用类型*k*的分布面积; VC_k 为土地利用类型*k*单位面积生态系统服务价值系数。

1.3.3 土地碳排放量估算方法

利用中国高空间分辨率网格数据(空间分辨率为1 km),建立城市CO₂排放数据集^[28-29]。本研究考虑的碳排放为城市行政边界内的所有直接排放和城市外调电力导致的间接排放。排放因子主要源于国家发改委的《省级温室气体清单编制指南》(发改办气候[2011]1041号),部分排放因子参考《中国温室气体清单研究》。工业过程排放计算方法同样参考《中国温室气体清单研究》。间接排放采用城市范围内的外调电量乘以城市所在区域电网排放因子。城市外调电量=城市用电量-城市发电量(当城市外调电量<0,将其取值设为0)。城市发电量(化石能源发电量+非化石能源发电量)基于发电企业点源数据库统计各城市范围内的企业发电量。

2 结果与分析

2.1 土地利用转型分析

2.1.1 土地利用现状

2005—2012年乌鲁木齐市各土地利用类型的面积变化整体呈现“五增两减”的特征,即城镇村及工矿用地、交通用地、园林地、草地和水域面积增加,耕地、未利用地面积减少。与2005年相比,2012年乌鲁木齐7个辖区草地面积净增加了4.23万hm²,园林地面积净增加了2.51万hm²,水域、城镇村及工矿用地和交通用地面积分别增加了1.05万、1.39万、0.19万hm²;耕地面积净减少2.74万hm²;未利用地面积净减少6.63万hm²;增加土地类型中草地和园林地增加幅度较大(图2)。

2.1.2 土地利用转型

根据2005—2012年的土地利用变化转移矩阵可知,研究期间乌鲁木齐市土地利用结构变化明显,整体呈现耕地、其他用地土地类型向城镇村及工矿用地、交通用地、园林地转化的特点。城镇村及工矿用地规模的扩张主要来源于草地、耕地和未利用地,分

表2 生态系统服务价值系数(元·hm⁻²·a⁻¹)

Table 2 Value coefficient of ecosystem services(yuan·hm⁻²·a⁻¹)

耕地 Cultivated land	园林地 Landscape ground	草地 Grass land	城镇村及工矿用地 Land for mining and industry	交通用地 Land for transportation	水域 Water areas	未利用地 Unused land	来源 Source
764	16 658	2025			70 533		Costanza 等 ^[25]
41 753	40 365	31 245	49 958		93 840		Costanza 等 ^[26]
3 547.86	12 628.69	5241	0		20 366.69	624.25	谢高地等 ^[22]
6 689.5	13 667.2	5241	82.6	44 782.4	44 542	624.25	本文修订后

别为1.14万、0.95万hm²和0.16万hm²;耕地面积减少主要在于退耕还林、退耕还草政策的实施和非农建设占用耕地面积大于其补充耕地面积,转出为这三种地类的耕地面积分别为1.13万、0.95万hm²和0.88万hm²;草地转型主要表现为向未利用地的转出,转出面

积为3.09万hm²;未利用地主要向草地转出,转出面积9.02万hm²,远大于草地转向未利用地的面积(表3)。

为了更为准确地测算各类土地利用转型程度,将土地利用转型归纳分为未变化部分、转入部分和转出部分3种类型(表4)。结果表明:(1)整个研究区未发

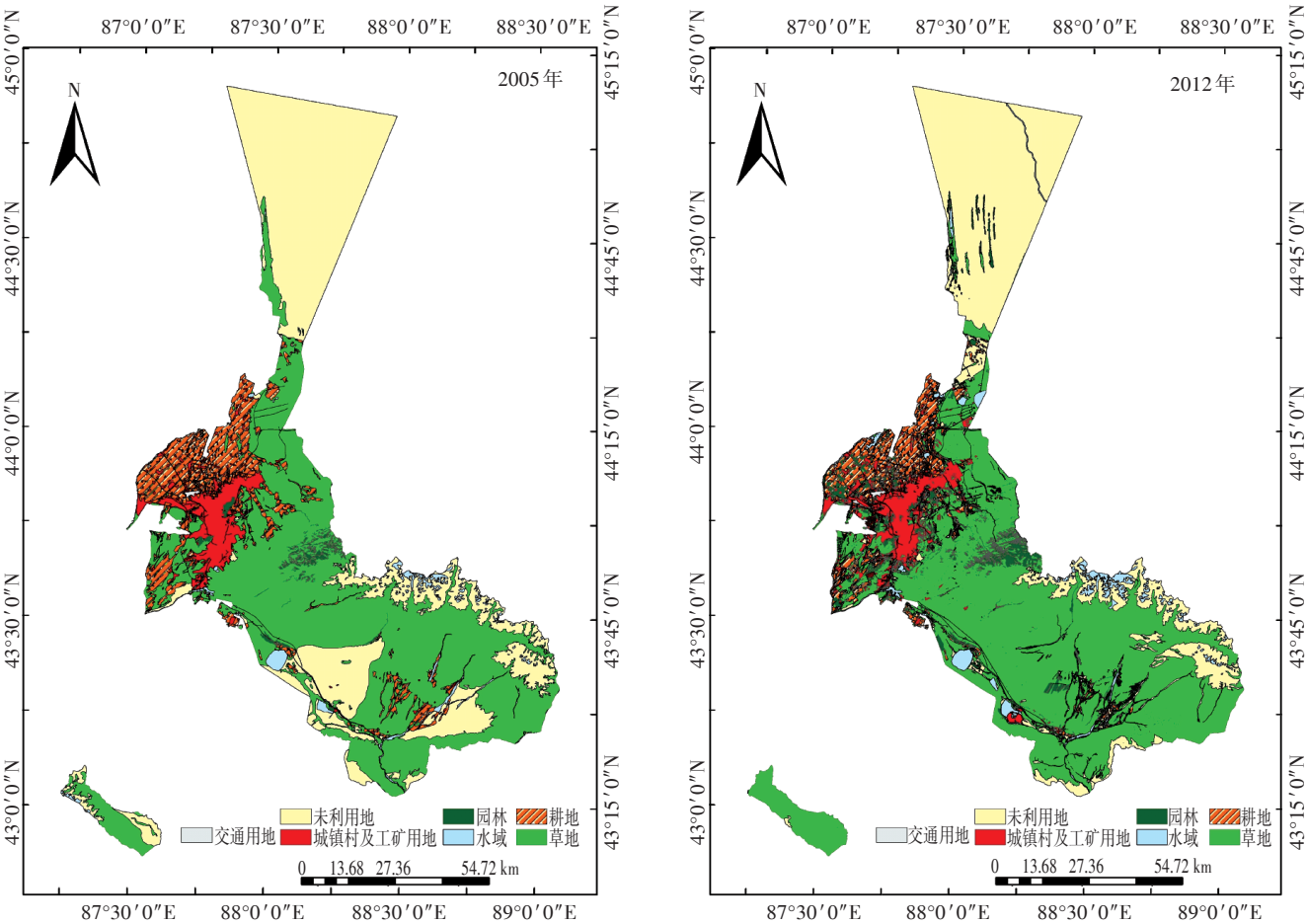


图2 2005年、2012年乌鲁木齐市土地利用状况
Figure 2 Land use of Urumqi in 2005 and 2012

表3 2005—2012年乌鲁木齐市土地利用变化转移矩阵(万hm²)
Table 3 The matrix of land conversion of Urumqi from 2005 to 2012(10⁴ hm²)

2005年土地利用类型 Land use type in 2005	2012年土地利用类型 Land use type in 2012						
	草地	城镇村及工矿用地	耕地	交通用地	园林地	未利用地	水域
草地	38.51	1.14	0.57	0.07	1.44	3.09	0.48
城镇村及工矿用地	0.38	3.46	0.17	0.07	0.23	0.04	0.03
耕地	1.13	0.95	5.43	0.03	0.88	0.31	0.22
交通用地	0	0	0	0.33	0	0	0
园林地	0.27	0.06	0.02	0	0.56	0	0.01
未利用地	9.02	0.16	0.03	0.02	0.31	23.79	0.79
水域	0.22	0.01	0	0	0.01	0.24	1.16

注:数据由ArcGIS 10.5软件制作转移矩阵整理得出。
Note:The transfer matrix is created by ArcGIS 10.5 software.

生变化的土地利用面积为73.23万 hm^2 。(2)土地转入部分:园林地、草地、城镇村及工矿用地和未利用地的土地转入较明显。其中,草地的转入面积最大、速度最快,转入面积11.01万 hm^2 ,占转入总面积的50.01%,转入速度1.57万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$;其次是未利用地,占转入总面积的16.74%,转入速度0.53万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$;园林地转入面积占转入总面积13.03%,转入速度0.41万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$;城镇村及工矿用地转入面积有2.31万 hm^2 ,转入占比10.49%,转入速度0.33万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$,说明在城市扩展过程中难以避免占用部分耕地。(3)土地转出部分:未利用地转出面积最大,转出面积10.33万 hm^2 ,占转出总面积的46.16%、转出速度为1.48万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$,主要向草地、水域、园林地、城镇村及工矿用地转出;草地转出面积6.78万 hm^2 ,占比30.30%、转出速度0.97万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$;耕地转出面积3.53万 hm^2 ,占比15.77%,转出速度0.50万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$,主要转向草地、城镇村及工矿用地和园林地。

选取土地利用转型幅度比较明显的8种转型方向进行分析,见表5。这8种土地利用转型面积为

16.34万 hm^2 ,占总土地利用转型面积的90.77%。草地向城镇村及工矿用地转型面积为1.14万 hm^2 ,转型幅度为54.40%,主要集中在头屯河区。草地向未利用地转型面积为3.09万 hm^2 ,由于达坂城区人为过度放牧和开垦以及自然鼠虫灾害,导致植被减少和退化。耕地转型主要表现在向城镇村及工矿用地和园林地转型,两者合计转出面积为1.83万 hm^2 ,其中转变为城镇村及工矿用地0.95万 hm^2 ,转型幅度为55.75%,占耕地面积总转出量的51.84%,主要分布在沙依巴克区、米东区和水磨沟区等城市中心和城市扩展区。耕地向园林地转型面积为0.88万 hm^2 ,主要集中在头屯河区。未利用地向草地、水域、城镇村及工矿用地、园林地转型共转出10.28万 hm^2 ,其中向草地转型面积最大,转型面积9.02万 hm^2 ,转型幅度140.21%,占总转型面积87.32%,主要原因在于天山区为改善城市生活环境、提高绿洲面积而扩大了绿地规模,达坂城区开始执行天然草地恢复政策,严格控制草地退化。未利用地向水域用地转型面积为0.79万 hm^2 ,未利用地向城镇村及工矿用地转型面积为

表4 2005—2012年乌鲁木齐市土地利用转型情况表
Table 4 Land use conversions of Urumqi from 2005 to 2012

土地类型 Land type	未变化部分 Unchanged land/万 hm^2	转入部分 Inward transferring land			转出部分 Outward transferring land		
		面积/ 万 hm^2	占比/%	转入速度/ 万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$	面积/ 万 hm^2	占比/%	转出速度/ 万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$
耕地	5.43	0.79	3.61	0.11	3.53	15.77	0.50
园林地	0.56	2.87	13.03	0.41	0.36	1.60	0.05
草地	38.51	11.01	50.01	1.57	6.78	30.30	0.97
城镇村及工矿用地	3.46	2.31	10.49	0.33	0.92	4.10	0.13
交通用地	0.33	0.19	0.86	0.03	0	0.01	0
水域	1.16	1.16	5.26	0.17	0.47	2.12	0.07
未利用地	23.79	3.69	16.74	0.53	10.33	46.16	1.48
区域总体	73.23	22.01	100	3.14	22.38	100	3.20

表5 2005—2012年乌鲁木齐市土地利用的转移矩阵
Table 5 The matrix of land use conversion of Urumqi from 2005 to 2012

土地利用转型 Land use conversion	土地利用转型面积 Land use conversion area/万 hm^2	土地利用转型幅度 Land use conversion ratio/%	土地利用变化速度 Land use change rate/万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$
草地-城镇村及工矿用地	1.14	54.40	805.65
草地-未利用地	3.09	89.40	-658.79
耕地-城镇村及工矿用地	0.95	55.75	671.28
耕地-园林地	0.88	34.41	50.79
未利用地-草地	9.02	140.21	91.27
未利用地-水域	0.79	52.83	8.38
未利用地-城镇村及工矿用地	0.16	8.25	112.62
未利用地-园林地	0.31	11.97	19.08

0.16万hm²,未利用地向园林地转型面积0.31万hm²。

2.2 生态服务价值变化特征分析

根据公式(3)计算得出乌鲁木齐市2005年生态系统服务价值为418 822.82万元,2012年的生态系统服务价值为508 050.14万元,比2005年净增加89 227.32万元。其中,除耕地和未利用地所提供的生态系统服务价值呈减少趋势外,其余各地类的生态服务价值均呈增加趋势。耕地和未利用地生态服务价值分别减少了18 295.27万元和4 139.83万元;水域生态系统服务价值增加量最大,共增加46 617.93万元,占总增加值的41.75%;园林地、草地和交通用地生态服务价值分别增加了34 292.82万、22 157.69万元和8 478.99万元;城镇村及工矿用地生态服务价值增加值最小,为114.91万元(图3)。上述结果可归因于退耕还林、退耕还草等政策推动了园林地和草地的快速扩张,导

致耕地和未利用地的面积减少。

土地利用转型后生态系统服务价值呈增加趋势,净生态系统服务价值增加了72 936.43万元。由图4可知,草地和水域的面积增加对生态系统服务价值增加的贡献率较大,两者生态系统服务价值分别增加了57 697.12万元和51 579.64万元;草地和耕地面积减少对生态系统服务价值减少影响幅度较大,生态系统服务价值分别减少了35 539.75万元和23 607.91万元。园林地、草地和水域转型后净生态系统服务价值分别增加了34 293.74万、22 157.38万元和30 444.46万元;耕地和未利用地转型后的生态系统服务价值分别减少了18 295.11万元和4 139.81万元,耕地生态系统服务价值减少占总减少价值的81.55%,说明在城市发展过程中控制耕地的转出十分必要。

为了进一步明确土地利用转型对生态系统服务

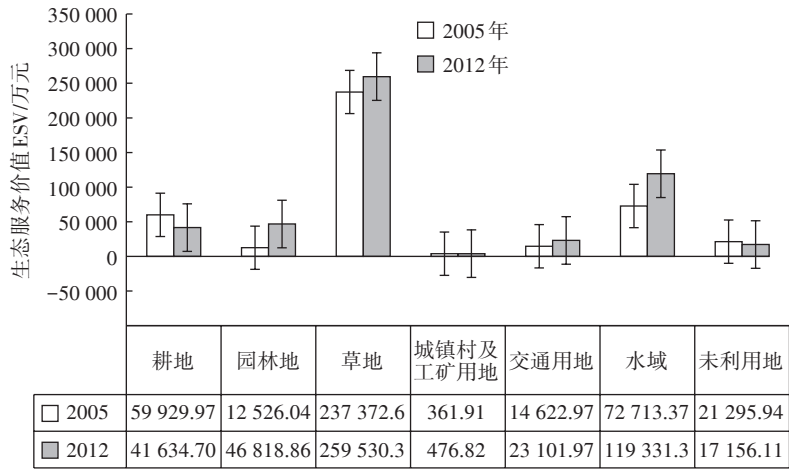


图3 2005—2012年生态服务价值变化
Figure 3 The difference of ESV from 2005 to 2012

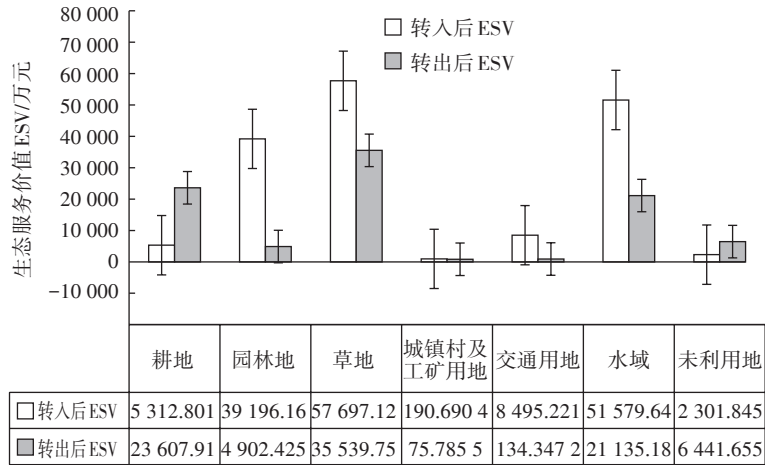


图4 土地利用转型前后ESV变化
Figure 4 The difference of ESV with the conversion of land use

价值变化的影响程度,对土地利用转型幅度较大的7种转型路径的生态系统服务价值前后变化进行分析。由表6可知,研究期内草地主要转为城镇村及工矿用地和未利用地,使得生态系统服务价值分别减少5 880.58万元和14 264.99万元;耕地转为城镇村及工矿用地后生态系统服务价值减少6 276.56万元,但耕地转为园林地促进了生态系统服务价值总量的增加;未利用地转

为草地和园林地后生态系统服务价值分别增加41 640.83万元和4 043.24万元,而转为城镇村及工矿用地后造成生态系统服务价值减少86.70万元。

2.3 土地利用碳排放量变化分析

从图5分析可知,乌鲁木齐市7个区2005—2012年碳排放总量从3 431.49万t上升到5 247.96万t,涨幅高达52.94%。其中,城镇村及工矿用地碳排放量

表6 2005—2012年乌鲁木齐市土地利用转型生态系统服务价值变化情况(万元)

Table 6 The differences of Urumqi's ESV with the land use conversion from 2005 to 2012(10⁴ yuan)

土地利用转型 Land use conversion	转型前 ESV ESV before conversim	转型后 ESV ESV after conversion	净 ESV 变化 Net ESV
草地-城镇村及工矿用地	5 974.74	94.16	-5 880.58
草地-未利用地	16 194.69	1 929.71	-14 264.99
耕地-城镇村及工矿用地	6 355.03	78.47	-6 276.56
耕地-园林地	5 886.76	12 027.14	+6 140.38
未利用地-草地	5 632.99	47 273.82	+41 640.83
未利用地-城镇村及工矿用地	99.92	13.22	-86.70
未利用地-园林地	193.60	4 236.83	+4 043.24
总计	40 337.72	65 653.34	+25 315.62

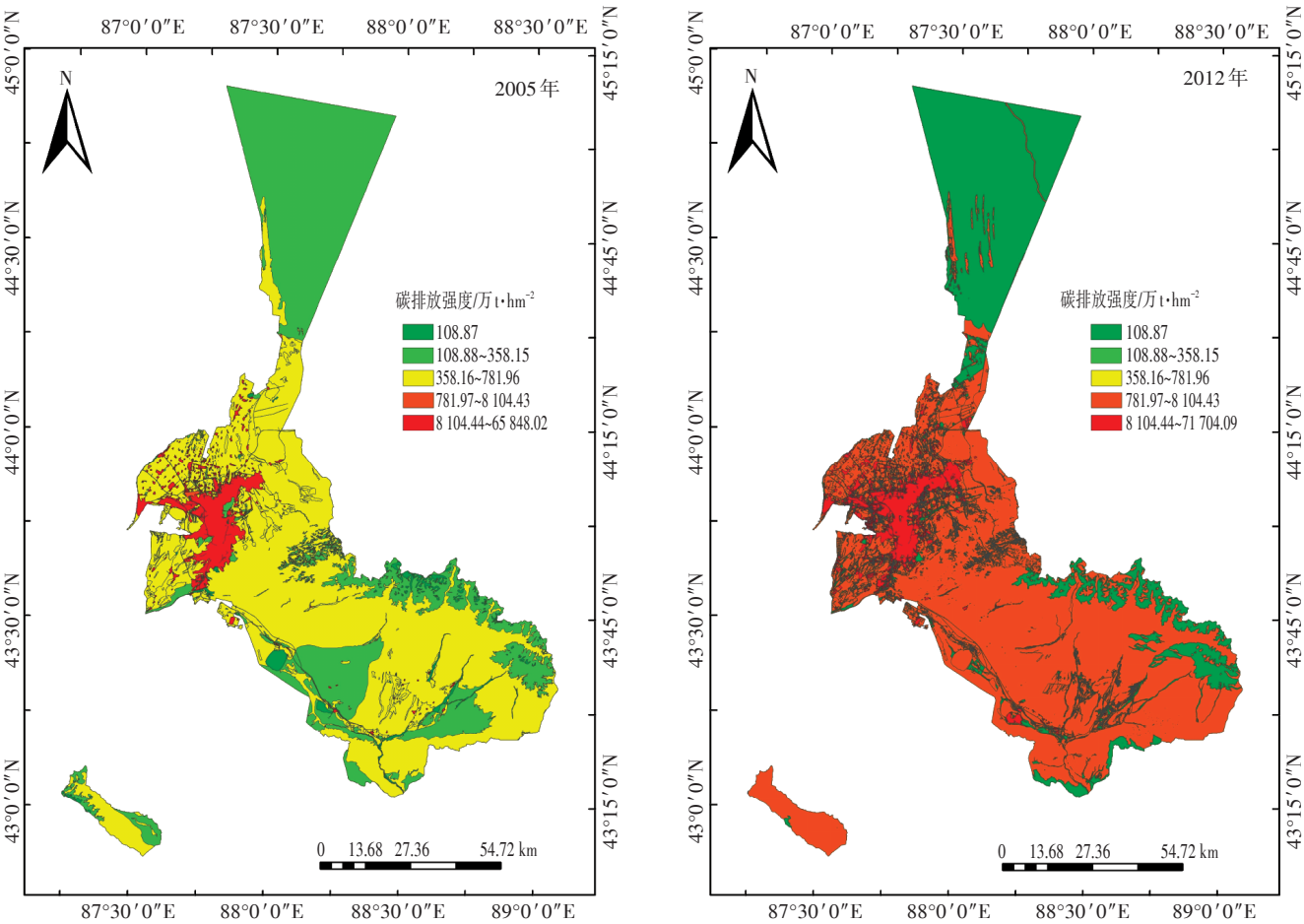


图5 2005年和2012年乌鲁木齐市1 km 网格CO₂排放

Figure 5 1 km grid carbon emission of Urumqi in 2005 and 2012

和碳排放变化量最高,2005年和2012年城镇村及工矿用地碳排放量分别为2 885.15万t和4 139.15万t,7年来共增加1 253.99万t;草地和林园地的碳排放量增加幅度也比较大,分别增加298.00万t和220.64万t;水域和交通用地的碳排放量分别增加了34.40万t和24.64万t;未利用地碳排放量减少了69.54万t,减少幅度比较大,占碳排放量减少总量的70%。

根据上述土地利用转型的碳排放量变化分析得到结果如下:(1)草地向城镇村及工矿用地转型后碳排放量增加了805.65万t,草地向未利用地转型碳排放量减少了658.79万t;(2)耕地转型为城镇村及工矿用地后碳排放量增加了671.28万t,耕地向园林地转型后碳排放量增加50.79万t;(3)未利用地向草地转型后碳排放量增加了91.27万t,未利用地向城镇村及工矿用地转型后碳排放量增加了112.62万t,未利用地向园林地转型后碳排放量增加了19.08万t(图6)。

3 讨论

3.1 土地利用转型特征

2005—2012年乌鲁木齐市整体呈现草地、耕地和未利用地向城镇村及工矿用地、交通用地、园林地和水域等土地类型转化的特点,但不同土地类型在不同区域范围内转型强度有明显的差异。在土地利用转入中,草地转入速度最快,主要来源于未利用地,说明研究区重视扩展绿地规模。在未利用地开发利用的同时仍有部分其他利用类型的土地因盐碱化、土地沙化等原因转入未利用地。林地转入的主要来源是耕地、草地、未利用地,证实了退耕还林政策在乌鲁木齐市落地实施。在土地利用转出中,未利用地、草地

和耕地等土地利用类型转出较明显,未利用地的转出面积远大于转入面积,表明研究区土地开发程度较高。因部分草地被城市扩展区占用和草地退化原因,草地主要向城镇村及工矿用地和未利用地转型,为缓解这种趋势,应对宜草土地进行开发,补充绿地面积。耕地的转出面积远大于转入面积,因此在今后城市发展中要控制耕地的转出,尤其是向城镇村及工矿用地转型。

3.2 土地利用生态服务价值变化特征

土地利用转型直接影响自然生态系统结构,并引起生态系统服务价值的变化。园林地、草地和水域土地利用转型对生态系统服务价值增加的贡献较高,耕地和未利用地转型造成生态系统服务价值减少,且耕地面积变化造成生态系统服务价值减少幅度很大,说明研究区在城市扩展过程中耕地转型是导致生态系统服务价值减少的主要原因之一。在研究期间,7种土地利用转型后生态系统服务价值呈增加趋势,但从土地利用转型的趋势来看,在未来一定时间内土地利用转型会引起生态服务价值的减少。因此,在城市扩展过程中严格遵循土地利用规划和城市规划,控制城镇村及工矿用地占用草地和耕地,积极落实占用耕地补偿制度和退耕还林、退耕还草政策,切实保护耕地,严格控制草地退化规模等是避免生态服务价值大幅下降、有效保护生态系统的必要举措。

3.3 土地利用碳排放量变化特征

城市经济的快速发展和城市扩展区建设引起城市产业结构的变化,诱发了土地利用转型,最终造成碳排放的显著变化。研究期间乌鲁木齐市碳排放总量呈增加趋势,各土地利用类型的碳排放量变化存在

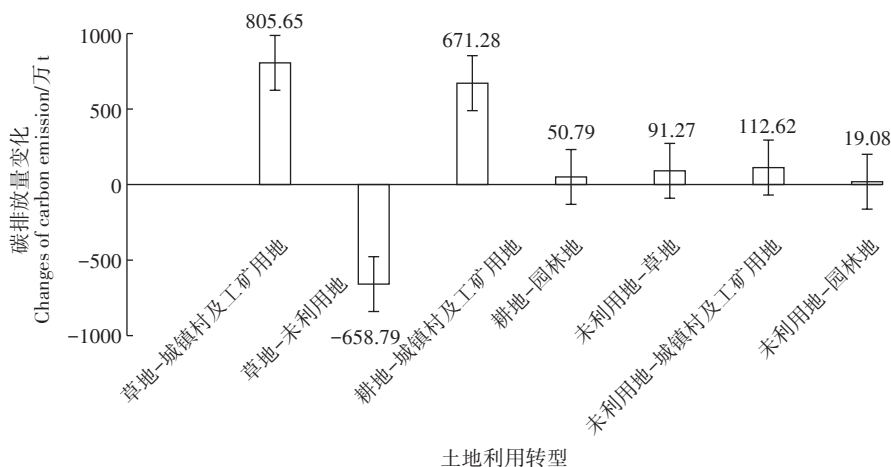


图6 2005—2012年乌鲁木齐市土地利用转型净碳排放量

Figure 6 Net carbon emission of land use conversion of Urumqi from 2005 to 2012

较大差异。其中城镇村及工矿用地碳排放量变化对总碳排放量增加影响最大,究其原因在于城镇村及工矿用地主要是由草地和耕地转入,因此在未来城市发展中要控制城镇村及工矿用地占用草地,积极开展生态修复,提高生态效应,同时要控制城镇村及工矿用地占用耕地,在土地利用适应范围内,推进退耕还林政策,加强生态保护力度。

4 结论

(1)2005—2012年,乌鲁木齐市7个辖区内土地利用转型中,园林地、草地、城镇村及工矿用地和未利用地的土地转入较为明显,转出的主要土地类型是未利用地和耕地。

(2)乌鲁木齐市土地转型后生态系统服务价值呈增加趋势,但从土地利用类型的变化趋势来看,在未来一定时间内土地利用转型会引起生态系统服务价值的减少。

(3)乌鲁木齐市城市扩展区占用其他类型土地中,城镇村及工矿用地对城市碳排放贡献率最高,耕地、草地和未利用地向城镇村及工矿用地转型导致碳排放量增加,草地向未利用地转型使得碳排放量减少。

由于土地生态系统服务价值和土地利用碳排放量核算中只核算一级土地分类,因此本文未深入探讨34个二级类之间的转型对生态系统服务价值和碳排放量的影响。任何一种土地利用类型的变化都会引起生态功能不同程度的变化,日后需要进一步结合土地利用转型后的土地利用景观变化进行分析,以揭示其生态环境效应等相关问题,在如何精准确定不同土地利用类型的碳排放量,以及不同土地利用分类系统对生态环境有何影响等方面也有待进一步分析。

参考文献:

- [1] 张雁,李占斌,李鹏,等.商洛水源地土地利用总体规划环境影响评价[J].水土保持学报,2016,30(4):308-311.
ZHANG Yan, LI Zhan-bin, LI Peng, et al. Environmental impact assessment of land use planning in the water source area of Shangluo[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2016, 30(4):308-311.
- [2] Grainger A. The forest transition: An alternative approach[J]. *Area*, 1995, 27(3):242-251.
- [3] Rindfuss R R, Walsh S J, Turner B L, et al. Developing a science of land change: Challenges and methodological issues[J]. *PNAS*, 2004, 101(39):13976-13981.
- [4] López S, Wright C, Costanza P. Environmental change in the equatorial Andes: Linking climate, land use and land cover transformations[J]. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 2017, 8:291-303.
- [5] Bayramin I, Basaran M, Erpul G, et al. Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2008, 140(1/2/3):249-265.
- [6] Carmona A, Nahuelhual L. Combining land transitions and trajectories in assessing forest cover change[J]. *Applied Geography*, 2012, 32(2):904-915.
- [7] 龙花楼.论土地利用转型与乡村转型发展[J].地理科学进展,2012,31(2):131-138.
LONG Hua-lou. Land use transition and rural transformation development[J]. *Progress in Geography*, 2012, 31(2):131-138.
- [8] 吕立刚,周生路,周兵兵,等.区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究——以江苏省为例[J].地理科学,2013,33(12):1442-1449.
LÜ Li-gang, ZHOU Sheng-lu, ZHOU Bing-bing, et al. Land use transformation and its eco-environmental response in process of the region development: A case study of Jiangsu Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(12):1442-1449.
- [9] 刘永强,龙花楼,李加林.长江中游经济带土地利用转型及其生态服务功能交叉敏感性研究[J].地理研究,2018,37(5):1009-1022.
LIU Yong-qiang, LONG Hua-lou, LI Jia-lin. Study on the land use transition and its cross-sensitivity of ecological service function in the middle of Yangtze River economic belt[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(5):1009-1022.
- [10] 戈大专,龙花楼,屠爽爽,等.黄淮海地区土地利用转型与粮食产量耦合关系研究[J].农业资源与环境学报,2017,34(4):319-327.
GE Da-zhuan, LONG Hua-lou, TU Shuang-shuang, et al. Coupling relationship between land use transitions and grain yield in Huang-Huai-Hai Plain, China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 34(4):319-327.
- [11] 郭椿阳,高建华,樊鹏飞.基于格网尺度的永城市土地利用转型研究与热点探测[J].中国土地科学,2016,30(4):44-51.
GUO Chun-yang, GAO Jian-hua, FAN Peng-fei, et al. Land use transition and hotspots detection in Yongcheng City based on the grid scale[J]. *China Land Sciences*, 2016, 30(4):44-51.
- [12] 魏慧,赵文武,张骁,等.基于土地利用变化的区域生态服务价值评价——以山东省德州市为例[J].生态学报,2017,37(11):3831-3839.
WEI Hui, ZHAO Wen-wu, ZHANG Xiao, et al. Regional ecosystem service value evaluation based on land use changes: A case study in Dezhou, Shandong Province, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(11):3831-3839.
- [13] 傅伯杰,张立伟.土地利用变化与生态系统服务:概念、方法与进展[J].地理科学进展,2014,33(4):441-446.
FU Bo-jie, ZHANG Li-wei. Land-use change and ecosystem services: Concepts, methods and progress[J]. *Progress in Geography*, 2014, 33(4):441-446.
- [14] 高亚鸣,孙慧兰.基于土地分类利用下伊犁河谷地区的生态服务价值研究[J].生态科学,2017,36(1):193-200.
GAO Ya-ming, SUN Hui-lan. Ecological service value of the Ili Riv-

- er Valley based on land use cover classification[J]. *Ecological Science*, 2017, 36(1):193-200.
- [15] 杨皓然, 吴群. 碳排放视角下的江苏省土地利用转型生态效率研究——基于混合方向性距离函数[J]. *自然资源学报*, 2017, 32(10):1718-1730.
- YANG Hao-ran, WU Qun. Study on the eco-efficiency of land use transformation in Jiangsu Province from the perspective of carbon emission: Based on the Mixed Directional Distance Function[J]. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(10):1718-1730.
- [16] 宋小青. 论土地利用转型的研究框架[J]. *地理学报*, 2017, 72(3):471-487.
- SONG Xiao-qing. Discussion on land use transition research framework[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(3):471-487.
- [17] 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.
- CHEN Long, ZHOU Sheng-lu, ZHOU Bing-bing, et al. Characteristics and driving forces of regional land use transition based on the leading function classification: A case study of Jiangsu Province[J]. *Economic Geography*, 2015, 35(2):155-162.
- [18] 刘永强, 廖柳文, 龙花楼, 等. 土地利用转型的生态系统服务价值效应分析——以湖南省为例[J]. *地理研究*, 2015, 34(4):691-700.
- LIU Yong-qiang, LIAO Liu-wen, LONG Hua-lou, et al. Effects of land use transitions on ecosystem services value: A case study of Hunan Province[J]. *Geographical Research*, 2015, 34(4):691-700.
- [19] 刘秀慧, 卓成刚. 土地利用转型风险与管控研究[J]. *湖北农业科学*, 2017, 56(14):2778-2781.
- LIU Xiu-hui, ZHUO Cheng-gang. A summary on the risks and risk control in land use transformation[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2017, 56(14):2778-2781.
- [20] Du X J, Huang Z H. Ecological and environmental effects of land use change in rapid urbanization: The case of Hangzhou, China[J]. *Ecological Indicators*, 2017, 81:243-251.
- [21] Wang X C, Dong X, Liu H M, et al. Linking land use change, ecosystem services and human well-being: A case study of the Manas River basin of Xinjiang, China[J]. *Ecosystem Services*, 2017, 27:113-123.
- [22] 谢高地, 张钰铨, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. *自然资源学报*, 2001, 16(1):47-53.
- XIE Gao-di, ZHANG Yu-li, LU Chun-xia, et al. Study on valuation of rangeland ecosystem services of China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(1):47-53.
- [23] 蔡博峰, 王金南, 杨姝影, 等. 中国城市 CO₂ 排放数据集研究——基于中国高空间分辨率网格数据[J]. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27(2):1-4.
- CAI Bo-feng, WANG Jin-nan, YANG Shu-ying, et al. China city CO₂ emission dataset: Based on the China high resolution emission gridded data[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2017, 27(2):1-4.
- [24] 杨清可, 段学军, 王磊, 等. 基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应——以长江三角洲核心区为例[J]. *地理科学*, 2018, 38(1):98-106.
- YANG Qing-ke, DUAN Xue-jun, WANG Lei, et al. Land use transformation based on ecological-production-living spaces and associated eco-environment effects: A case study in the Yangtze River Delta[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(1):98-106.
- [25] Costanza R, D'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387:253-260.
- [26] Costanza R, De Groot R, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. *Global Environmental Change*, 2014, 26:152-158.
- [27] 祖皮艳木·买买提, 赛迪古丽·哈西木, 玉米提·哈力克, 等. 1976—2011年间博斯腾湖小湖区湿地生态系统服务价值变化分析[J]. *水土保持研究*, 2016, 23(3):328-337.
- ZULPIYA Mamat, SAIDIGU Haximu, UMUT Halik, et al. Changes of the ecosystem service values of the wetlands of small lake in Bosten Lake basin during the period from 1997 to 2011[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2016, 23(3):328-337.
- [28] 蔡博峰, 王金南. 长江三角洲地区城市二氧化碳排放特征研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(10):45-52.
- CAI Bo-feng, WANG Jin-nan. Analysis of the CO₂ emission performance of urban areas in Yangtze River Delta region[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(10):45-52.
- [29] 陈前利, 蔡博峰, 胡方芳, 等. 新疆地级市 CO₂ 排放空间特征研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27(2):15-21.
- CHEN Qian-li, CAI Bo-feng, HU Fang-fang, et al. Spatial characteristics of CO₂ emissions of prefecture-level cities in Xinjiang[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2017, 27(2):15-21.