

Research on Land Use Change and Carbon Emissions in Qingdao, China

Guijun Zhang¹ Yiming Wang¹ Xia Wang²

1. Yantai Muping District Natural Resources Bureau, Yantai, Shandong, 264100, China

2. Shandong Tiancheng Land Planning and Design Institute Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250014, China

Abstract

Based on the land use data of Qingdao since the 21st century, this paper analyzes the land use change of Qingdao during the study period by using the land use quantity and degree change model, and then estimates the carbon emission of Qingdao city from the perspective of land use by combining the land use data with the energy consumption data. The results show that: (1) 2000-2018 Qingdao small variations in arable land, construction land and forest growth, grassland, water land and unused land decrease rate. (2) The degree of land use increased year by year, show that Qingdao is in the midst of the land use development, land use intensive degree will improve further. (3) The total carbon emission in Qingdao increases first and then decreases. Construction land is the main source of carbon emission, accounting for more than 95% of the total carbon emission, the carbon sink gradually decreases during the study period.

Keywords

land use; carbon emissions; Qingdao city

中国青岛市土地利用变化及碳排放研究

张贵军¹ 王艺茗¹ 王霞²

1. 烟台市牟平区自然资源局, 中国·山东 烟台 264100

2. 山东天诚国土规划设计院有限公司, 中国·山东 济南 250014

摘要

论文以中国青岛市21世纪以来的土地利用数据为基础,运用土地利用数量与程度变化模型,对该研究时段内青岛市的土地利用变化情况进行分析,然后将土地利用数据与能源消耗数据相结合,从土地利用的角度对青岛市碳排放进行了估算。研究结果表明:(1)2000-2018年青岛市耕地面积变化幅度较小,建设用地和林地增长幅度较大,草地、水域用地、未利用地减少幅度较大。(2)土地利用程度逐年提高,表明青岛市正处于土地利用发展时期,土地利用集约度将进一步提高。(3)青岛市碳排放总量先增加后减少,建设用地是碳排放的主要来源,占碳排放总量的95%以上,该研究时段内碳汇量逐渐减少。

关键词

土地利用; 碳排放; 青岛市

1 引言

土地利用的碳排放是最大限度发挥土地资源作用的重要前提,是全世界环境变化研究的一个热点问题。分析土地利用的变化情况,是进行土地利用总体规划的基础,也是促进土地资源可持续利用和经济社会可持续发展的重要条件。研究碳排放为城市的节能减排、低碳经济的发展提供了有益参考。当前,许多学者对这个领域进行了研究,其中纪爱华综合研究了近年来土地利用的动态变化和内在驱动力,建立了时空变化模型^[1];陶云等把能源消费与土地利用结合起来,运用专业知识对土地结构与碳排放之间的关系进行了研究^[2];张贞等对碳排放的空间格局和特征进行了研究,从中

分析土地利用变化规律^[3];孙艳等研究了不同土地利用方式与碳排放之间的关系^[4]。中国青岛市地处重要的战略位置,其发展事关半岛地区的整体经济发展,但目前对其碳排放方面的研究还较少,论文通过分析土地利用的数据,对青岛市的碳排放情况进行了研究,旨在为青岛市优化土地利用结构及发展低碳经济提供支持。

2 研究区域概况

青岛市处于胶东半岛东部,位于35°35'~37°09'N、119°30'~121°00'E之间,黄海在其东、南方,东北方、西方和西南方向分别与烟台、潍坊和日照市连在一起;其管辖

之下有六个区和四个县级市，总面积约 $1.1 \times 10^4 \text{km}^2$ ，市区面积 570km^2 。其中六区面积为 3293km^2 ，包括崂山区、城阳区、黄岛区、李沧区、市南区和市北区；四个县级市面积为 7989km^2 ，分别是莱西、平度、胶州和即墨；青岛属海滨丘陵类型的城市，东高西低，南北两侧地势较高，中间地势较低，主要有四种地形，分别是平原、山地、洼地和丘陵，平原面积最大约占 38%；气候属温带海洋性季风气候，四季分明，气温适宜，6-9 月份为雨季。据有关部门统计，到 2019 年底为止，常年居住人口已突破 949.98 万人；全市 GDP 超过 11741 亿元。

3 研究方法 with 数据来源

3.1 数据来源

论文的研究区域为青岛市，土地利用数据来自中国科学院土地利用数据库，其他土地数据主要来源于 2005 年修订的《青岛市统计年鉴》、2010 年修订的《山东省统计年鉴》《青岛市土地利用总体规划（2006-2020）》及其相关文献资料。能源消耗数据分别来源于山东省统计年鉴、2001 年至 2006 年修订和 2011 年至 2018 年修订的青岛市统计年鉴；碳排放系数的数据主要借鉴了《IPCC 国家温室气体清单指南》。

3.2 研究方法

3.2.1 土地利用变化研究方法

论文根据中科院土地分类体系将该市土地划分为六大类，即：草地、林地、耕地、建设用地、水域用地和未利用地。针对 2000 年至 2018 年期间土地利用情况，综合运用数量变化和程度变化两种概念模型进行分析探讨，刻画出整个土地利用的动态度和程度变化^[5]。

(1) 单一土地利用动态度

它是指在指定的区域内某一时间段土地利用在数量上的变化情况，可表示为：

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

其中， K 为单一土地利用动态度； U_a 、 U_b 分别表示规定时间段的两个端点的土地类型数量； T 是时间段的时长，当 T 以年为单位时， K 就表示该类型的年变化率^[6]。

(2) 土地利用程度变化率

它主要是综合定量研究多种土地利用类型变化情况。按照刘纪远的土地利用变化分析法，可将自然平衡状态下的

土地利用划分为 4 级并赋予指数，把没有利用的土地规定为 1；林地、草地和水域用地为 2；耕地为 3；建设用地为 4^[1]。具体公式如下：

$$R = \left[\sum_{i=1}^n (A_i \times C_b) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_a) \right] / \sum_{i=1}^n (A_i \times C_a) \quad (2)$$

公式中： A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数； C_i 为第 i 级土地利用类型面积的百分比； n 是土地利用程度的分级数量； C_a 、 C_b 为 a 时间和 b 时间的第 i 级土地利用类型面积的百分比； R 为土地利用程度变化率， $R > 0$ ，表示研究区土地利用处于发展时期， $R < 0$ ，说明其处于调整或衰退期^[7]。

3.2.2 土地利用碳排放研究方法

论文土地利用碳排放主要指直接和间接两种类型的碳排放，间接碳排放指来自人类生产生活等人为因素造成的能源消耗，直接碳排放指自然状态下各种地表覆被所产生的排放，碳汇和碳源值决定着排放量的大小^[8]。从专用术语来讲，碳源主要指建设用地和农用耕地，碳汇包括草地、林地、水域用地和没有开发利用的土地。

(1) 直接碳排放系数法

耕地、林地、草地、水域用地及未利用地的碳排放量可利用直接碳排放系数计算，按照张贞等的相关研究成果，公式表达为：

$$E_c = \sum E_{ci} \times E_i \quad (3)$$

式中： E_c 为直接碳排放总量； E_i 为不同土地利用类型面积； E_{ci} 为不同土地利用类型的碳排放系数。

由于耕地碳源效应明显，碳排放能力比吸收能力强，所以论文选取 $0.0422 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 作为耕地的碳排放系数，林地选取 $-0.0578 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 作为碳排放系数，草地选取 $-0.0021 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 作为碳排放系数，水域用地选取 $-0.0252 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 作为碳排放系数，未开发利用的土地对碳的吸收和排放能力都比较弱，所以系数选取 $-0.0005 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ^[9]。

(2) 能源消耗法

建设用地碳排放的多少与生产生活等各种人为因素密切相关，是主要的碳源，所以该地类碳排放量就可根据能源消耗来估算^[3]。公式表示为：

$$E_c = \sum T_{ci} \times T_i \quad (4)$$

式中： E_c 为建设用地碳排放量， T_{c_i} 为各种能源的碳排放系数， T_i 为各种能源的消耗量^[9]。

按照该市的实际情况，选有代表性的几种能源进行计算，并根据陶云等选取研究区具有代表性能源计算碳排放的方法，结合青岛市自身的特点，对几种能源的碳排放系数进行确定，如表1所示。

表1 各类能源的碳排放系数

能源种类	原煤	焦炭	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	液化石油气
碳排放系数	0.7559	0.8550	0.5857	0.5538	0.5714	0.5921	0.6185	0.5042

4 青岛市土地利用变化结果分析

4.1 土地利用数量变化分析

数量上的变化是土地利用变化最直观的体现，通过数量变化的分析可以看出整个土地利用的结构变化和发展趋势^[9]。如图1所示，是对该市四个不同年份土地利用数据进行分析所得出的结果。

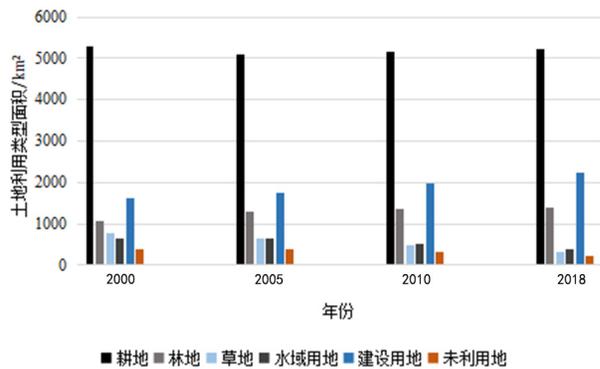


图1 青岛市各土地利用类型面积变化图

从图1可以看出，2000年至2018年期间，该市土地利用类型变化比较明显，总的来说，逐步增加的是建设用地和林地，先增后减的是水域用地，并且减少的幅度更大，这可能是近年来城镇化推进的结果。耕地呈现先减少后增加的发展趋势，总体变化幅度较小，未利用地和草地则呈现持续减少的趋势，且减少幅度增大。

图2、图3显示，2000年，耕地占土地总面积的54%、林地面积占比为11%、建设用地面积比例为16%，而草地仅占8%、水域用地占7%、未利用地占4%。与2000年相比，2018年各类用地面积中，比重较大的仍为耕地、建设用地和林地。其中，耕地面积的总体变化幅度较小，占比由54%下降至53%；建设用地和林地的总体增长幅度较大，建设用

地面积占比由16%上升至23%，林地面积占比由11%上升至14%；草地、水域用地及未利用地的比重进一步减小，且总体变化幅度较大，三者所占比重由2000年的19%下降至10%。

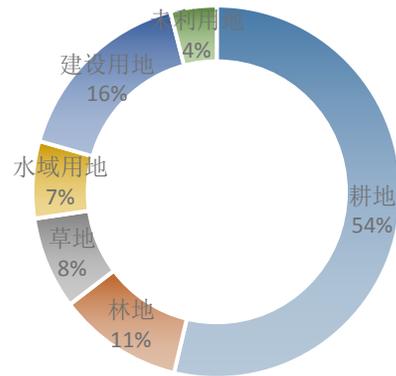


图2 2000年各类用地占比

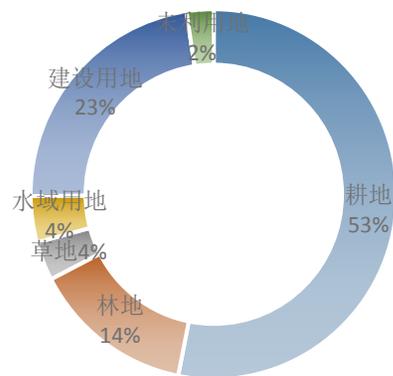


图3 2018年各类用地占比

4.2 土地利用变化速度分析

通过对该市土地变化的具体情况进行分析，并按照相关公式对其动态进行计算，就可以算出2000年至2018年期间三个不同时期该市土地变化的速度，如表2所示。

表2 2000-2018年青岛市土地利用动态度%

土地利用类型	动态度			
	2000-2005年	2005-2010年	2010-2018年	2000-2018年
耕地	-0.73	0.28	0.33	-0.07
林地	4.10	0.92	0.94	2.20
草地	-4.09	-4.94	-8.02	-4.11
水域用地	0.15	-4.12	-6.17	-2.84
建设用地	1.64	2.49	3.31	2.70
未利用地	-1.23	-2.84	-6.75	-2.94

计算结果数值为正值的是林地和建设用地，这说明它们

的总量是不断增加的,其中林地面积每年平均增长率为2.20%,特别是2000-2005年以年均4.10%的增长率高速增长,到后两个时期增长速度有所减缓。建设用地增长也比较快,在2000年至2018年期间,平均增长率从1.64%增长到3.31%,平均每年2.70%。耕地的面积变化比较特殊,前期为负值后期为正值,2000年至2005年期间增长率为-0.73%,说明面积逐年减少;2005年至2010年期间和2010年至2018年期间面积又不断增长,由于前期减少的幅度更大,使其在研究总时段内以年均0.07%的速度减少。水域用地的动态表现和耕地恰好相反,其动态在前期为正值,后两个时期转为负值,说明前期水域用地面积逐年增加,后两个时期逐年减少,且减少速度逐渐增加,其中2010-2018年变化率最大,为-6.17%,由于后两个时期减少的幅度更大,致使2000-2018年总的水域用地动态度呈负数,且以年均2.84%的速度在减少。草地和未利用地的动态度在各个时期均以负数出现,说明2000-2018年草地和未利用地的面积都是呈持续减少的状态,且减少速度不断加快,年均减少速度分别为4.11%、2.94%。

4.3 土地利用程度变化分析

土地利用程度是土地利用广度和深度的具体反映^[7],是对土地利用变化趋势和综合水平的定量分析^[9]。用变化率来表示,如图4所示。

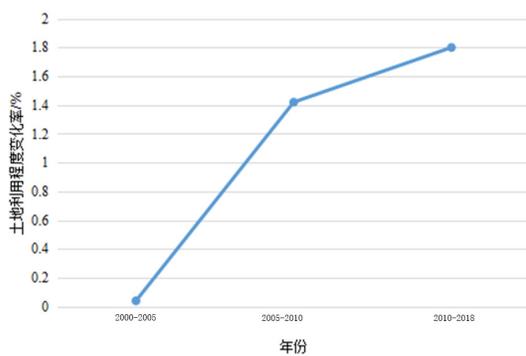


图4 2000-2018年青岛市土地利用程度变化情况

从图4、图5可以看出,2000年至2018年期间,该市变化率(土地利用程度)是不断提高的,2000年至2005年期间该数值为0.04%,这个数值接近于零,说明当时土地利用没有大的波动,是一个比较稳定的时期;2005年至2010年期间该数值为1.42%,2010年至2018年期间该数值为1.80%,这两个较大的数值表示当时土地利用变化较大,在这两个时

间段土地开发利用处于快速发展时期。

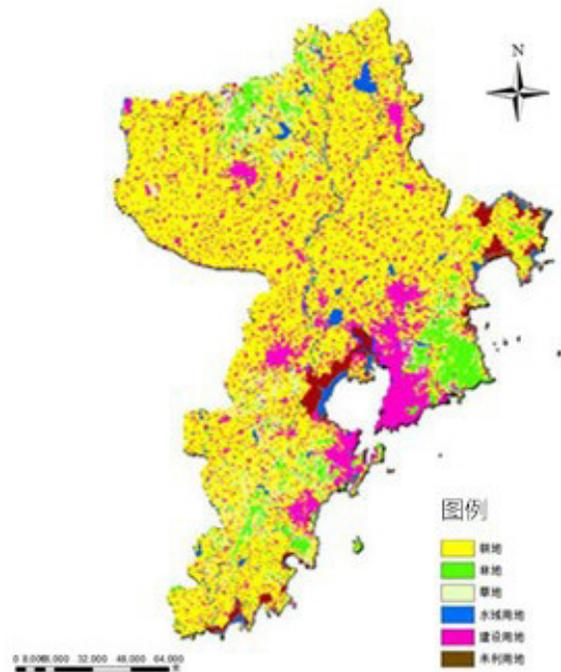
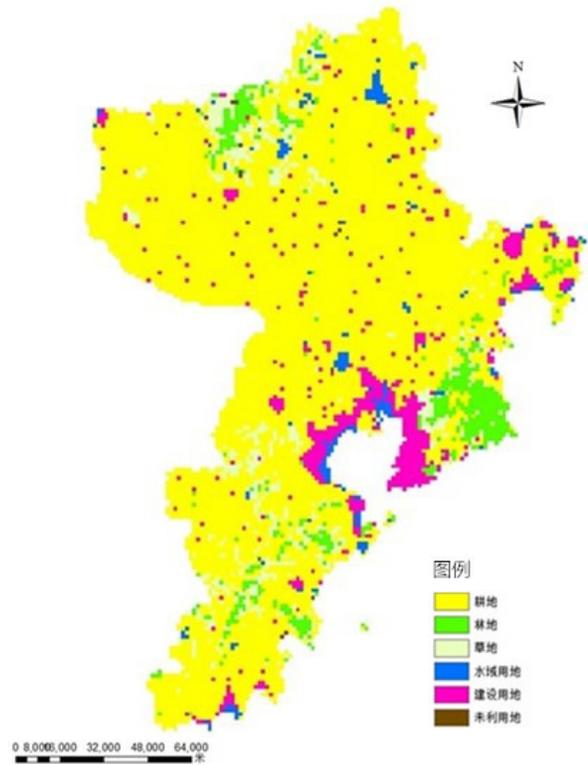


图5 青岛市2000、2018年土地利用现状图

5 青岛市土地利用碳排放结果分析

5.1 土地利用碳排放变化

利用能源消耗法和碳排放系数法能够很好地估算出该市2000年至2018年期间的碳排放情况,如表3所示。

表3 2000-2018年青岛市主要土地利用类型碳排放量 10⁴t

年份	耕地	林地	草地	水域用地	建设用地	未利用地	碳排放总量
2000	22.291	-6.220	-0.166	-1.658	786.555	-0.020	800.782
2005	21.481	-7.495	-0.137	-1.671	1390.484	-0.019	1402.642
2010	21.778	-7.840	-0.103	-1.327	2330.316	-0.016	2342.807
2018	22.066	-8.136	-0.070	-1.007	2091.023	-0.012	2103.871

按照既定的数据和公式可以计算出该市碳排放量的变化情况,建设用地和耕地碳源效应比较明显,其他类型的土地表现出碳汇效应。2000年至2018年期间该市碳排放量呈现出先快速增加后缓慢减少的趋势,2000年至2005年增长比较快,达到 14.03×10^6 t,2005-2010年快速增长至 23.43×10^6 t,2010-2018年,碳排放量缓慢下降至 21.04×10^6 t。在此时段内,碳源的排放量先增加后减少,从2000年的 8.09×10^6 t上升至2010年的 23.52×10^6 t,2018年减少至 21.13×10^6 t,碳汇的吸收量在波动中有所下降。

从表4中可以得知,碳源的排放量在总量中占比最大,其中又以建设用地碳排放量最多,是主要的碳排放来源,2000-2010年,占比一直保持在95%以上,且呈上升趋势,2018年占比稍有下降;碳排放量占比小的是耕地,2000年至2010年期间不断下降,2018年所占比例有所增加。林地的碳汇效应明显,对碳的吸收量占比不断增加,在2000年至2018年期间,其吸收量由 6.22×10^4 t上升至 8.14×10^4 t;草地碳吸收量占比不断降低,未开发利用土地对碳的吸收量最少,且其比例不断减小,水域用地碳吸收量所占比例也在波动中下降。

表4 2000-2018年青岛市土地利用的碳源与碳汇变化情况

年份	碳源			碳汇				
	碳排放量 (106t)	耕地 (%)	建设用地 (%)	碳吸收量 (104t)	林地 (%)	草地 (%)	水域用地 (%)	未利用地 (%)
2000	8.09	2.76	97.24	8.06	77.13	2.05	20.57	0.25
2005	14.12	1.52	98.48	9.32	80.40	1.47	17.93	0.20
2010	23.52	0.93	99.07	9.29	84.42	1.11	14.29	0.17
2018	21.13	1.04	98.96	9.22	88.26	0.76	10.85	0.13

5.2 土地利用对碳排放的影响

2000年至2018年期间,耕地面积与碳排放量变化是一致的,都是先减后增,主要是因为后期加大了对耕地的管理与保护,充分利用宜农耕地,使耕地的面积有所增加,其碳排放量也随之有所增加;碳排放主要来自建设用地,2000年至2010年期间,建设用地的面积与碳排放量变化相同,都是

不断增加。建设用地的碳排放量是碳排放源的主体,2000-2010年建设用地碳排放量持续增加,与建设用地面积的变化趋势一致,2018年其碳排放量出现了下降,之所以出现拐点,主要是由于建设用地上能源消耗量减少了,能源利用率有所提高,并且高耗能产业有所减少,第三产业发展较多;林地表现出碳汇效应,面积增加,对碳的吸收量也随之增加。水域用地的碳吸收量次于林地,随着水域用地面积的变化而变化;草地的碳吸收量随着草地面积的减少而逐渐减少;未开发利用的土地对碳的吸收有限,因此它的面积减小,碳的吸收量随之减少。

6 结论与建议

(1) 通过研究得出,21世纪以来随着青岛市经济的快速发展,其土地利用变化较为明显,其中建设用地面积显著增加,用以满足工业化和城镇化的发展;林业用地主要是近年来人们对自然资源的认识提高,从政府层面加大了林地保护力度,还有退耕还林政策的实施,使林地面积得到了增加;耕地面积先减少后增加,主要是因为后期青岛市重视利用耕地,进行土地复垦、整理,充分利用宜农耕地;水域用地面积先增加后减少,是因为前期发展水产养殖较多,之后由于填海项目的开展,导致水域用地面积减少;在土地财政和房地产行业利益驱使下,建设用地逐渐被获得批准,许多原来的草地变成了建设用地,面积不断减小;未利用地同样是在经济快速发展的环境下得到开发利用,大多成了建设用地,使其面积下降幅度比较大。不断提高的是该市土地利用程度,它的变化率为正值,说明土地开发利用处于发展期。

(2) 从计算结果看出,该市在整个研究时间段内碳排放量变化是先增后减,其中碳源的变化对其产生的作用最为明显,而碳源中建设用地对其影响最大,因此在建设用地增加的情况下,碳排放量随之增加,这从另一个侧面说明碳排放量受土地利用影响比较大,也说明它们之间的关联性比较密切。我们可以通过对土地利用结构进行调整,来降低碳排放量,从而实现低碳环保发展的目标。

(3) 根据以上综合情况论述,在将来的发展和工作中,应当着眼提高土地利用效率,从优化土地资源配置入手,适当调整土地利用结构,从政府层面加大综合治理和管理力度,持之以恒,常抓不懈,一定能够取得良好效果。建设用地是碳排放与能源消耗之间调整的关键所在,适当控制建设用地

的扩张具有重要意义,它能够有效减少能源消耗排放。另外,还可以通过产业结构的调整,大力倡导发展第三产业,使能耗降下去,以第三产业的发展弥补工业能耗比重,从而使全市碳排放降下来,为低碳经济发展创造良好环境。

参考文献

- [1] 纪爱华. 青岛市土地利用动态变化及驱动力探究 [J]. 青岛理工大学学报, 2013(06):33-38.
- [2] 陶云, 梁红梅, 房乐楠, 等. 烟台市土地利用结构与能源消费碳排放关联测度 [J]. 水土保持通报, 2016(05):156-161.
- [3] 张贞, 高金权, 薛雅君. 天津市不同土地利用的碳排放特征及空间格局研究 [J]. 资源与环境, 2016(04):437-442.
- [4] 孙艳, 吴昕贤, 徐恒省, 等. 苏州市不同土地利用方式对碳排放的初步分析 [J]. 环境监控与预警, 2018(06):54-57.
- [5] 邢容容, 刘乐军, 马安青. 青岛市 1990-2011 年土地利用 / 覆被变化研究 [J]. 水土保持通报, 2013(03):220-225.
- [6] 吴大放, 姚漪颖, 刘艳艳, 等. 1996-2012 年广州市土地利用变化及驱动力分析 [J]. 广州农业科学, 2015(06):166-175.
- [7] 包银丽, 赵碧云. 安宁市土地利用变化及演变趋势分析 [J]. 环境科学导刊, 2011(01):34-38.
- [8] 王秋贤, 王登杰, 颜晓妹, 等. 基于脱钩理论的烟台市碳排放效应分析 [J]. 水土保持通报, 2015(02):313-318.
- [9] 王丽娟, 陈兴鹏, 庞芳兰, 等. 兰州市土地利用变化及其社会驱动力研究 [J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2007(02):88-92.
- [10] 孙赫, 梁红梅, 常学礼, 等. 中国土地利用碳排放及其空间关联 [J]. 经济地理, 2015(03):154-162.