

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2022.04.009

唐山市土地利用碳排放驱动因素分析

邹珊珊, 胡道华, 王艳君

(湖北大学 资源环境学院, 湖北 武汉 430062)

摘要: 根据唐山市 2005—2019 年土地利用变更数据和唐山市能源消费数据, 测算出 2005—2019 年唐山市土地利用碳排放量, 并分析其碳源、碳汇、净碳排放量及碳排放强度的演变趋势, 通过 LMDI 模型进行碳排放驱动因素分解。结果表明: 2005—2019 年间唐山市土地利用碳排放量总体上不断增加, 部分年份碳排放量较前年有所下降; 唐山市的人均碳排放强度在研究期间呈现逐年上升的趋势, 单位地区生产总值碳排放强度呈现逐年下降的趋势; 影响唐山市碳排放最主要的正向驱动因素是经济效应, 其次是人口规模和能源结构效应, 负向驱动因素是技术效应。最后, 通过对唐山市碳排放驱动因素的分析, 对唐山市未来的节能减排和低碳经济的发展提出建议。

关键词: 土地利用碳排放; 唐山市; LMDI 模型; 驱动因素

中图分类号: F427; X321

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2022)04-0062-08

引文格式: 邹珊珊, 胡道华, 王艳君. 唐山市土地利用碳排放驱动因素分析 [J]. 湖南工业大学学报, 2022, 36(4): 62-69.

Driving Factor Analysis of Land Use Carbon Emission in Tangshan City

ZOU Shanshan, HU Daohua, WANG Yanjun

(Faculty of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan 430062, China)

Abstract: Based on the land use change data and energy consumption data of Tangshan City from 2005 to 2019, a calculation has been made of the carbon emissions from land use in Tangshan City from 2005 to 2019, followed by an analysis of the evolution trend of carbon sources, carbon sinks, net carbon emissions and carbon emission intensity, with the driving factors of carbon emission decomposed by LMDI model. The results show that the carbon emissions from land use in Tangshan City has been increasing from 2005 to 2019, with the carbon emissions in some years decreasing compared with the previous year. During the study period, the per capita carbon emission intensity of Tangshan City showed an upward trend year by year, while the carbon emission intensity per unit gross regional product kept decreasing year by year. Economic effect is the main positive driving factor affecting carbon emission in Tangshan City, to be followed by other factors as population size and energy structure effect, meanwhile the technological effect is the negative driving factor. Finally, an analysis is made of the driving factors of Tangshan's carbon emission, with some suggestions put forward on the future development of Tangshan's energy saving and emission reduction and low carbon economy.

Keywords: land use carbon emission; Tangshan City; LMDI model; driving factor

收稿日期: 2021-06-24

作者简介: 邹珊珊 (1998-), 女, 湖北公安人, 湖北大学硕士生, 主要研究方向为人文地理, E-mail: 378823996@qq.com

通信作者: 胡道华 (1969-), 男, 湖北松滋人, 湖北大学副教授, 博士, 主要研究方向为人文地理,

E-mail: hdh@hubu.edu.com

0 引言

碳排放问题成为当今国际政治、经济和外交领域共同关注的热点。2020年9月22日,习近平在第七十五届联合国大会上讲话表示:“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和。”土地作为人类活动的场所和直接劳动对象,在开发和建设过程中承载着人类各项生产生活活动,也是碳排放的主要来源之一^[1-2]。因此,从土地利用视角开展碳排放研究,探讨碳排放量的时间演变趋势和驱动因素,对于构建绿色低碳的社会环境有着重要意义。

目前,国内外学者围绕土地利用碳排放开展了一系列研究,主要集中于不同尺度下的碳排放时空分异格局^[3-6]、碳排放影响因素^[7-8]、碳排放与经济增长脱钩关系^[9-10]、碳足迹^[11]、土地利用结构的低碳优化^[12]等方面。在碳排放因素分解方面,李江元^[13]等利用扩展的Kaya恒等式分析框架和LMDI(logarithmic mean division index)模型对我国碳排放增长因素进行分析,测算建立了我国长时间序列碳排放数据(2004—2016年),并从国家级、区域级和省市级3个层面探讨了各驱动因素的碳排放变动效应,但由于研究范围较广,区域差异较大,文中未能提出较为可行的政策建议;王涛等^[14]运用STIRPAT(stochastic impacts by regression on population, affluence, and technology)模型对陕西省土地利用碳排放进行影响因素分析,将陕西省碳排放演变划分为减少、稳步增加、快速增加3个阶段,指出了建设用地对碳排放增加起主导作用,但对于碳排放影响因素分析时,仅仅考虑了人口数量和地区生产总值这2个因素对碳排放的影响,对于影响因素的分析略显不足。目前,已有研究主要集中在经济较发达地区、重要工业区、经济带或是生态环境较为脆弱地区,涉及工业、农业、交通运输业、旅游业、新能源等领域,而对于典型工业城市的碳排放跟踪分析研究较少。

在碳排放驱动因素分析中,主要运用的有3种数学模型:STIRPAT模型、GDIM(generalized division index decomposition model)模型以及LMDI模型。其中,STIRPAT模型分解因素包括环境影响、人口数量、富裕程度和技术^[15],在实际操作分析中部分指标难以量化计算,往往会出现分析的影响因素较少,难以进一步提出具体建议的情况。GDIM模型可以包含多个相对变量和绝对变量,能分解出更多影响碳排放的因素,往往是用于国家和省域尺度下的工业、农业、旅游业、交通运输业等单一行业内部的碳

排放影响因素分析^[16]。LMDI模型能够较好地解决分解残差问题,可随获取数据的详细程度对具体分解方向进行调整,应用范围较广,适合对于国家或某一区域整体碳排放影响因素的分析,是目前碳排放影响因素中应用最为广泛的数学模型。

本研究选取唐山市为研究对象,测算该城市2005—2019年间土地利用碳排放量和碳排放强度,分析时间演变趋势,并构建LMDI模型对唐山市土地利用碳排放驱动因素进行分解,分析碳汇量变化,为唐山市实现绿色低碳发展目标提供一定的参考。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域概况

唐山市位于117°31'~119°19'E,38°55'~40°28'N,地处河北省东部,总面积为13472 km²,毗邻北京、天津两个特大城市,处于环渤海经济圈的中心位置,是京津唐工业基地的中心城市,在京津冀一体化战略中有着不可或缺的作用。根据第七次全国人口普查结果,截至2020年11月1日零时,唐山市常住人口为771.8万人,其中城镇人口为496.39万人,城镇化率达到64.32%。根据《唐山统计年鉴》,1999年地区生产总值为832.56亿元,到2019年增长至6890亿元,年均增长率为23.53%。钢铁、机械、化工、陶瓷、水泥等产业基础较好,有首钢、唐钢、开滦煤矿、唐山车辆厂等大型企业。其土地利用变迁趋势具有典型性。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源及处理

本研究中所用的土地利用数据是2005—2019年土地利用变更矢量数据,以及唐山市统计局历年发布的土地利用统计数据。各类能源终端消费数据和社会经济统计数据均来自于唐山市统计局每年发布的《唐山统计年鉴》。采用历年唐山市地区生产总值数据,统一折算成2005年不变价格。各类型土地利用碳排放(碳汇)系数选取综合参考当地情况和已有研究成果,各类能源碳排放转换系数主要参考《2006年IPCC国家温室气体清单指南》,各类能源折算标准煤系数来源于《中国能源统计年鉴》。

1.2.2 碳排放量测算模型

根据唐山市土地利用现状,对该市耕地、林地、园地、草地、水域及未利用地的碳排放量,采用直接估算法进行测算,公式如下:

$$C = \sum e_i = \sum T_i \cdot P_i$$

式中: C 为直接碳排放总量;

e_i 为第 i 种土地类型产生的碳排放量;
 T_i 为第 i 种土地类型对应的实际面积;
 P_i 为第 i 种土地类型所对应的碳排放(吸收)系数; 其中碳排放系数为正, 碳吸收系数为负。

参考已有的研究成果并结合唐山市的具体情况, 综合选取不同土地类型的碳排放(碳汇)系数, 见表 1。

表 1 不同用地类型碳排放(碳汇)系数

Table 1 Carbon emission (carbon sink) coefficient based on different land use types

用地类型	碳排放(碳汇)系数(t _{hm} ⁻²)	参考来源
耕地	0.422	文献[17]
园地	-0.730	文献[18]
林地	-0.644	文献[19]
草地	-0.021	文献[20]
水域	-0.253	文献[20]
未利用土地	-0.005	文献[20]

表 2 各种能源碳排放转换系数、折算标准煤系数

Table 2 Carbon emission reference coefficient of various energy sources with their standard coal convert coefficient

能源	原煤	焦炭	天然气	汽油	煤油	柴油	液化石油气	燃料油	热力	电力
折算标准煤系数	0.714 3	0.971 4	13.300 0	1.471 4	1.471 4	1.471 4	1.714 3	1.428 6	0.034 1	1.229
碳排放转换系数	0.755 9	0.855 0	0.448 3	0.553 8	0.571 4	0.592 1	0.504 2	0.504 2	0.733 0	0.733

注: 能源碳排放转换系数来源于《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》; 各类能源折算标准煤系数来源于《中国能源统计年鉴》。

1.2.3 碳排放驱动因素分解模型

目前, 用于定量分解指标变化的主要方法有两类: 结构分解法(structural decomposition analysis, SDA)和指数分解法(index decomposition analysis, IDA)。SDA法需要投入、产出数据为支撑; IDA法只需要使用部门数据和总数据, 特别适合分解含有因素较少, 以及包括时间序列数据的模型, 因此, IDA法更适合分析能耗和碳排放驱动因素。根据分解原理, IDA法又可以分为两种: Laspeyres指数分解法和 Divisia指数分解法。Divisia指数分解法主要包括算术平均 Divisia指数法和对数平均 Divisia指数法(LMDI)。其中, LMDI模型在分解对象之后没有无法解释的残差, 并且可以使用加法分解和乘法分解相对简单的转换表达式, 因此在建立碳排放驱动模型方面, LMDI模型应用更多。当前碳排放研究关注重点在能源消耗结构、能源利用效率、经济发展水平、人口规模以及城市化水平等对碳排放的影响, 主要考虑的驱动因素包括人口总量、人均 GDP、产业结构、能源强度和最终能源消耗结构等^[21]。

综上所述, 本研究采用 LMDI 方法进行因素分解, 由于所能获取的公开数据有限, 在历年《唐山统计年鉴》中的社会经济统计数据中, 选取能源消费结构、能源强度、人均地区生产总值和人口规模为驱动因素

对于居民用地及工矿交通用地等建设用地, 碳排放采用间接估算法进行测算, 具体公式如下:

$$C_c = \sum C_j = \sum E_j \cdot \theta_j \cdot f_j。$$

式中: C_c 为建设用地的间接碳排放总量;

C_j 为第 j 类能源的碳排放量;

E_j 为第 j 类能源的消耗量;

θ_j 为第 j 类能源的折算标准煤系数;

f_j 为第 j 类能源的碳排放转换系数。

各种能源碳排放转换系数、折算标准煤系数如表 2 所示。由于煤炭、石油、天然气和电力等能源消耗量在历年《唐山市统计年鉴》中已经换算为标准煤进行统计。因此, 只需要考虑各类能源的碳排放转换系数。

建立分解模型。计算公式如下:

$$C = C/E \times E/Y \times Y/P \times P。 \quad (1)$$

式中:

E 为能源消耗量;

Y 为实际地区生产总值;

P 为常住人口数量。

令 $S = C/E$, 为能源消耗的碳排放强度, 取决于能源消费结构; $T = E/Y$, 为能源强度, 即生产单位地区生产总值的能源消费数量, 取决于技术进步水平; $G = Y/P$, 为人均实际地区生产总值, 取决于经济发展水平。

则式(1)可改写为

$$C = S \times T \times G \times P。 \quad (2)$$

采用 LMDI 方法的加和因素分解方式对公式(2)进行因素分解, 可以使用如下公式:

$$\Delta C = C^t - C^0 = \Delta C_S + \Delta C_T + \Delta C_G + \Delta C_P。$$

式中: ΔC 为某一段时期的土地利用碳排放变化量;

C^t 为经过 t 期的土地利用碳排放量;

C^0 为最开始时的土地利用碳排放量;

ΔC_S 为结构效应, 反应能源结构改革对碳排放的驱动作用;

ΔC_T 为技术效应, 表示能源强度变化对于碳排放的驱动作用, 而能源强度一般取决于技术进步情况;

ΔC_G 为经济效应, 表示经济发展对碳排放的驱动作用;

ΔC_P 为人口效应, 表示人口规模对碳排放的驱动作用。

ΔC_S 、 ΔC_T 、 ΔC_G 、 ΔC_P 的表达式分别如下:

$$\Delta C_S = \frac{C^t - C^0}{\ln C^t - \ln C^0} \times \ln \frac{S^t}{S^0},$$

$$\Delta C_T = \frac{C^t - C^0}{\ln C^t - \ln C^0} \times \ln \frac{T^t}{T^0},$$

$$\Delta C_G = \frac{C^t - C^0}{\ln C^t - \ln C^0} \times \ln \frac{G^t}{G^0},$$

$$\Delta C_P = \frac{C^t - C^0}{\ln C^t - \ln C^0} \times \ln \frac{P^t}{P^0}。$$

以上4个因素对唐山市土地利用碳排放变化的贡

献率分别如下:

$$\mu_S = \frac{\Delta C_S}{\Delta C},$$

$$\mu_T = \frac{\Delta C_T}{\Delta C},$$

$$\mu_G = \frac{\Delta C_G}{\Delta C},$$

$$\mu_P = \frac{\Delta C_P}{\Delta C}。$$

2 结果与分析

2.1 唐山市土地利用碳排放分析

根据2005—2019年唐山市土地利用数据及能源终端消费数据, 计算出各类用地的碳排放量, 见表3。

表3 2005—2019年唐山市碳排放量统计表
Table 3 Carbon emission table of Tangshan City from 2005 to 2019

10⁴ t

年份	土地碳排放量							碳源	碳汇	净碳排放量
	耕地	建设用地	林地	园地	草地	水域	未利用地			
2005	23.859 8	4 741.625 2	-9.840 3	-3.401 8	-0.000 178 5	-3.858 2	-0.066 1	4 765.485 0	-17.166 6	4 748.318 4
2006	23.779 7	5 424.122 2	-9.705 0	-4.044 2	-0.000 193 2	-3.739 3	-0.064 9	5 447.901 9	-17.553 7	5 430.348 2
2007	23.754 3	5 832.794 0	-9.608 4	-4.474 9	-0.000 199 5	-3.600 1	-0.063 8	5 856.548 3	-17.747 5	5 838.800 8
2008	23.815 1	5 898.848 9	-9.486 1	-5.029 7	-0.000 231 0	-3.526 8	-0.059 6	5 922.664 0	-18.102 4	5 904.561 5
2009	23.826 1	6 344.750 8	-9.589 1	-5.204 9	-0.000 197 4	-3.486 3	-0.057 7	6 368.576 9	-18.338 2	6 350.238 6
2010	23.815 6	7 055.387 9	-9.782 3	-5.072 0	-0.000 199 5	-3.430 6	-0.056 4	7 079.203 5	-18.341 6	7 060.861 8
2011	23.816 0	8 044.928 2	-8.642 4	-5.825 4	-0.000 210 0	-3.218 1	-0.054 1	8 068.744 2	-17.740 4	8 051.003 8
2012	23.815 4	8 400.637 7	-8.230 3	-7.898 6	-0.000 201 6	-2.889 2	-0.053 6	8 424.453 2	-19.071 9	8 405.381 2
2013	23.815 0	8 485.665 0	-7.360 9	-8.745 4	-0.000 205 8	-2.691 9	-0.052 8	8 509.480 0	-18.851 2	8 490.628 7
2014	23.505 4	7 776.175 3	-7.161 2	-9.168 8	-0.000 252 0	-2.495 3	-0.051 6	7 799.680 7	-18.877 3	7 780.803 4
2015	23.779 7	7 782.423 4	-7.206 3	-8.723 5	-0.000 294 0	-3.099 2	-0.048 8	7 806.203 1	-19.078 2	7 787.124 8
2016	23.788 1	7 819.766 1	-7.129 0	-8.854 9	-0.000 273 0	-2.980 3	-0.047 0	7 843.554 2	-19.011 6	7 824.542 5
2017	23.935 8	7 462.180 5	-7.000 2	-8.949 8	-0.000 315 0	-3.079 0	-0.042 6	7 486.116 3	-19.072 0	7 467.044 2
2018	23.973 8	8 871.740 5	-7.174 1	-9.103 1	-0.000 336 0	-3.116 9	-0.042 4	8 895.714 3	-19.436 9	8 876.277 3
2019	23.931 6	9 010.380 4	-7.259 1	-9.563 0	-0.000 378 0	-3.261 1	-0.039 6	9 034.312 0	-20.123 3	9 014.188 7

从表3可知, 建设用地和耕地碳排放量占碳源总量的比例分别为99.6%, 0.4%, 其中建设用地产生的碳排放量要远超耕地碳排放量, 是唐山市土地利用碳排放中最主要的碳源, 在研究期间建设用地碳排放量呈现波动上升趋势, 2005年为4 741.625 2万t, 2019年增至9 010.380 4万t, 年均增长率为4.69%, 增幅较大。在2005—2019年间唐山市耕地碳排放量总体较为平稳, 耕地碳排放量年均变化率仅为0.021%, 总体增幅不大, 影响较小。

研究期间园地、林地、水域是贡献最大的碳汇源地。2019年园地、林地、水域的碳汇分别占总量的47.52%, 36.07%, 16.21%。其中林地在2013年以前是唐山市最大的碳汇源地, 所占比例曾达57.32%。在

研究期间林地面积出现明显缩减趋势, 碳汇作用被削弱。由于唐山市林地面积下降和园地面积不断增加, 使得近年来园地成为唐山市最大的碳汇源地。草地、未利用地实际面积较小, 占碳汇总量的比例较小, 研究期间变化不大, 其影响几乎可以忽略不计。

在2005—2019年间, 唐山市碳源、碳汇和净碳排放量三者总体上呈增长趋势。其中, 碳源虽然在一些年份有所下降, 但整体上仍然呈现出上升趋势, 累计增加了4 268.827万t, 年均增长率为4.69%; 碳汇在14 a间累计约增加了2.96万t, 年均增长1.14%, 唐山市碳汇增速远不及碳源增速。唐山市的净碳排放量由4 748.32万t增长到9 014.19万t, 年均增长率为4.68%, 这与唐山市建设用地碳排放量

增速大致吻合。

进一步计算 2005—2019 年唐山市净碳排放逐年增长率，得出其年增长率变化趋势，如图 1 所示。

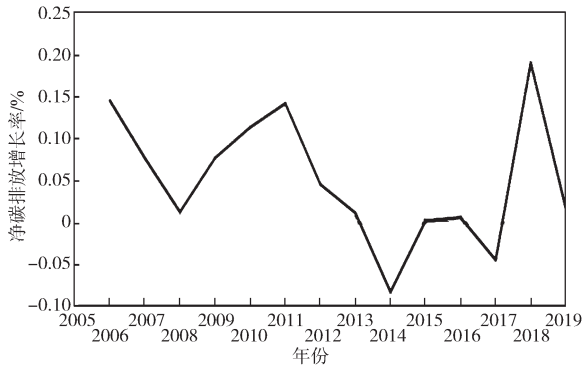


图 1 2005—2019 年唐山市土地利用净碳排放量年增长率变化趋势

Fig. 1 Change trend of annual growth rate of net carbon emissions from land use in Tangshan City from 2005 to 2019

由图 1 可知，在 2005—2019 年中唐山市的净碳排放量整体呈现波动变化，部分年份出现负增长，如 2014 年和 2017 年，由于唐山市自 2014 年实行供给侧改革、调整产业结构、压缩过剩产能、治理大气污染，使得其能源消耗量较前几年减少，净碳排放量增长速率放缓甚至出现负增长。从长期发展来看，唐山市的净碳排放量增长是受经济、社会等共同影响的结果，未来唐山市的净碳排放量还将保持增长趋势。

为了充分展示唐山市土地利用碳排放量的时间演变趋势，引入碳排放强度因子，计算 2005—2019 年唐山市单位地区生产总值碳排放强度与人均碳排放强度，所得结果如图 2 所示。

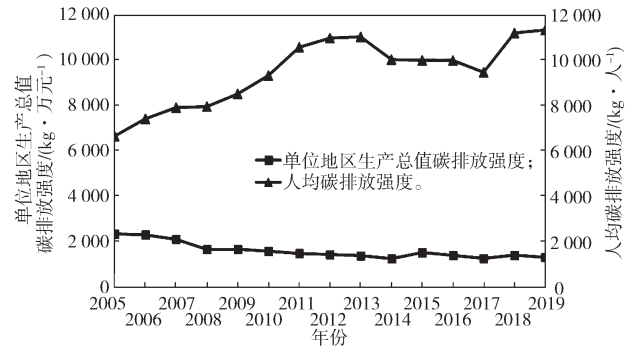


图 2 2005—2019 年唐山市碳排放强度变化趋势

Fig. 2 Change trend of carbon emission intensity in Tangshan City from 2005 to 2019

由图 2 中的曲线可以得出，唐山市近 15 a 来单位地区生产总值碳排放强度不断下降，由 2005 年的 2 341.798 kg/万元下降至 2019 年的 1 308.294 kg/万元，年均下降 4.07%；人均碳排放强度则大体呈上升趋势，由 2005 年的 6 645.521 kg/人上升至 2019 年的 11 318.408 kg/人，年均增长率为 3.87%。在研究期间由于唐山市通过对产业的调整升级，降低单位生产总值能耗，使得单位地区生产总值碳排放强度下降。但同时由于居民生活改善和消费水平的不断提高，生产生活中的能源消费增加，这使得唐山市人均碳排放强度增长。

2.2 LMDI 驱动因素分解及结果分析

根据 LMDI 驱动因素分解方法对唐山市土地利用碳排放变化进行分解，并根据分解结果深入分析能源消费结构、能源强度、人均地区生产总值和人口规模 4 个影响因素与土地利用碳排放变化之间的影响关系，所得结果如表 4 所示。

表 4 2005—2019 年唐山市碳排放因素分解结果

Table 4 Decomposition results of carbon emission factors in Tangshan City from 2005 to 2019

10⁴t

时间	结构效应 ΔC_s	技术效应 ΔC_t	经济效应 ΔC_G	人口效应 ΔC_p	综合效应
2005—2006	19.149 9	-113.082 3	645.993 9	129.968 3	682.029 8
2006—2007	0.037 3	-507.779 2	871.149 9	45.044 6	408.452 6
2007—2008	-3.885 1	-1 385.651 8	1 420.911 5	34.386 1	65.760 7
2008—2009	-8.156 8	35.836 2	388.895 8	29.101 9	445.677 1
2009—2010	-23.430 5	-330.176 0	962.294 0	101.935 7	710.623 2
2010—2011	4.401 3	-500.871 0	1 441.965 4	44.646 3	990.142 0
2011—2012	-13.961 8	-242.087 7	566.215 4	44.211 5	354.377 4
2012—2013	-14.995 2	-265.820 0	322.639 9	43.422 8	85.247 5
2013—2014	26.616 5	-873.535 7	73.859 4	63.234 5	-709.825 3
2014—2015	5.357 2	1 525.829 9	-1 557.863 7	32.997 9	6.321 3
2015—2016	19.221 7	-688.095 4	663.982 2	42.309 2	37.417 7
2016—2017	1.978 3	-776.972 0	365.604 7	51.8907	-357.498 3
2017—2018	36.517 9	861.345 8	471.464 0	39.905 4	1 409.233 1
2018—2019	-8.949 6	-653.904 4	768.804 9	31.960 4	137.911 3
累计效应	39.901 1	-3 914.963 6	7 405.917 3	735.015 3	4 265.870 1

由表4的数据可知, 经济发展水平因素和人口规模因素对唐山市碳排放的增长有正向驱动作用。其中经济发展水平因素是影响唐山市土地利用碳排放的主要正向驱动因素。2005—2019年间唐山市地区生产总值由2 027.637 4亿元增长至6 890.030 2亿元, 年均增长率为9.13%, 受到经济快速增长的影响, 唐山市累计碳排放量增加了7 405.917 3万t。而人口规模对于唐山市土地利用碳排放增长的促进作用仅次于经济发展的影响。人口的增长导致建设用地扩张和道路交通规模扩大, 能源消耗增加, 间接导致了碳排放总量的增长。随着唐山市的常住人口由714.51万人增长至796.42万人, 由人口增长而产生的碳排放量累计达到735.015 3万t。

从结构效应看, 大多数年份为正值, 部分年份为负值, 2005—2019年间累计增加39.901 1万t碳, 说明唐山市能源消耗结构在这一时期的变动未能有效降低碳排放量。目前唐山市的能源消耗结构中仍然以原煤和焦炭为主, 约占能源消耗总量的86.05%。受唐山市能源消耗结构的影响, 唐山市的煤炭消耗量将直接影响唐山市的碳排放量。

从技术效应看, 技术效应对碳排放变化的影响呈现出阶段性变化特征, 技术效应只有2008—2009年、2014—2015年和2017—2018年为正值, 其余年份的都为负值, 技术进步使得唐山市实现累计减少3 914.963 6万t碳排放量。单位地区生产总值能耗变化趋势如图3所示。由图3可知, 唐山市单位地区生产总值能耗在2005—2019年间总体呈现下降趋势, 相较于2005年, 2019年唐山市单位地区生产总值能耗降低约1.321 2 t/万元。总体上, 技术进步对唐山市碳排放具有负向驱动作用, 提高能源的利用效率, 推动技术进步将是唐山市未来节能减排的一个重要发展方向。

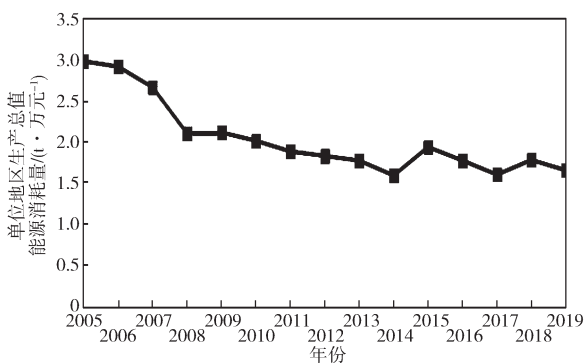


图3 2005—2019年唐山市单位地区生产总值能耗变化趋势
Fig. 3 Change trend of energy consumption per unit gross regional product in Tangshan City from 2005 to 2019

根据表4进一步计算能源消费结构、技术进步水平、经济发展水平和人口规模对唐山市土地利用碳排放的累计贡献率, 所得结果如表5所示。

表5 2005—2019年唐山市土地利用碳排放各影响因素累计贡献率

Table 5 Cumulative contribution rate of influencing factors of land use carbon emission in Tangshan City from 2005 to 2019

时 间	贡献率/%			
	能源消费结构	技术进步水平	经济发展水平	人口规模
2005—2006	0.448 9	-2.650 9	15.143 3	3.046 7
2006—2007	0.000 8	-11.903 3	20.421 4	1.055 9
2007—2008	-0.091 1	-32.482 3	33.308 8	0.806 1
2008—2009	-0.191 2	0.840 1	9.116 4	0.682 2
2009—2010	-0.549 2	-7.739 9	22.558 0	2.389 6
2010—2011	0.103 2	-11.741 3	33.802 4	1.046 6
2011—2012	-0.327 3	-5.675 0	13.273 2	1.036 4
2012—2013	-0.351 5	-6.231 3	7.563 3	1.017 9
2013—2014	0.623 9	-20.477 3	1.731 4	1.482 3
2014—2015	0.125 6	35.768 3	-36.519 2	0.773 5
2015—2016	0.450 6	-16.130 2	15.565 0	0.991 8
2016—2017	0.046 4	-18.213 7	8.570 4	1.216 4
2017—2018	0.856 0	20.191 5	11.052 0	0.935 5
2018—2019	-0.209 8	-15.328 7	18.022 2	0.749 2
累计	0.935 3	-91.774 0	173.608 6	17.230 1

从各影响因素累计贡献率(表5)来看, 在正向驱动因素中, 14年间经济发展水平、人口规模和能源消耗结构的累计贡献率分别为173.608 6%, 17.230 1%, 0.935 3%, 这进一步说明了经济发展是推动唐山市土地利用碳排放增长的最主要驱动因素。负向驱动因素中, 技术效应累计贡献率达到91.774 0%, 单位地区生产总值能耗的下降成为控制唐山市土地利用碳排放增长的最主要驱动因素。唐山市能源消费结构的贡献率在若干年份都起到负向驱动作用, 但由于唐山市以煤炭为主的能源消费结构并未发生变动, 该因素对唐山市土地利用碳排放的影响较小。

3 结语

唐山市作为我国典型的工业城市, 通过估算2005—2019年唐山市各类土地的碳排放总量和变化趋势, 其碳排放大部分来自于建设用地, 林地、园地等碳汇所发挥的碳吸收作用相对有限。基于LMDI因素分解模型, 经济发展和人口规模扩大均对碳排放增长起正向驱动作用, 技术进步水平对碳排放增长起着较为显著负向驱动作用, 各效应累计贡献率绝对值由大到小依次是经济发展水平、技术进步水平、人口规模、能源消费结构。

第二产业在唐山市地区生产总值中占有较大份

额,但总体碳排放强度不断降低。应积极清退落后产能,运用低碳技术改造和提升传统产业,提高能源转化和利用效率,推动工业绿色低碳可持续发展。积极开发新能源和替代能源,促进可再生能源的利用,优化能源消费结构,减少对化石能源的依赖。针对部分年份唐山市出现的建设用地面积过快增长、林地面积下降、水域面积缩减、碳吸收能力下降等问题,在国土空间规划编制过程中,要强化用途管控,从严控制建设用地的扩张,适当增加林地、园地、水域等碳汇面积,充分保障生态空间不被挤占,因地制宜合理布局生产、生活、生态空间。提高公共交通服务水平,加快城市基础设施绿色化、低碳化改造,系统推进推动低碳社区、低碳园区、低碳城区的建设。

参考文献:

- [1] 曲福田,卢娜,冯淑怡.土地利用变化对碳排放的影响[J].中国人口·资源与环境,2011,21(10):76-83.
QU Futian, LU Na, FENG Shuyi. Effects of Land Use Change on Carbon Emissions[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(10): 76-83.
- [2] 周勇,赵伟.西安市土地利用结构碳排放核算及低碳优化研究[J].生态经济,2018,34(5):21-25.
ZHOU Yong, ZHAO Wei. Study on Carbon Emission Accounting and Low-Carbon Optimization of Land Use Structure in Xi'an[J]. Ecological Economy, 2018, 34(5): 21-25.
- [3] 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,2015,35(3):154-162.
SUN He, LIANG Hongmei, CHANG Xueli, et al. Land Use Patterns on Carbon Emission and Spatial Association in China[J]. Economic Geography, 2015, 35(3): 154-162.
- [4] 苑韶峰,唐奕钰.低碳视角下长江经济带土地利用碳排放的空间分异[J].经济地理,2019,39(2):190-198.
YUAN Shaofeng, TANG Yiyu. Spatial Differentiation of Land Use Carbon Emission in the Yangtze River Economic Belt Based on Low Carbon Perspective[J]. Economic Geography, 2019, 39(2): 190-198.
- [5] 杨国清,朱文锐,文雅,等.20年来广东省土地利用碳排放强度与效率空间分异研究[J].生态环境学报,2019,28(2):332-340.
YANG Guoqing, ZHU Wenrui, WEN Ya, et al. Spatial Differentiation in the Intensity and Efficiency of Carbon Emission from Land Use in Guangdong Province in Past Two Decades[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2019, 28(2): 332-340.
- [6] 范建双,虞晓芬,周琳.南京市土地利用结构碳排放效率增长及其空间相关性[J].地理研究,2018,37(11):2177-2192.
FAN Jianshuang, YU Xiaofen, ZHOU Lin. Carbon Emission Efficiency Growth of Land Use Structure and Its Spatial Correlation: A Case Study of Nanjing City[J]. Geographical Research, 2018, 37(11): 2177-2192.
- [7] 冯杰,张胜,王涛.中国省际土地利用碳排放及其影响因素分析[J].统计与决策,2019(5):141-145.
FENG Jie, ZHANG Sheng, WANG Tao. Analysis on Carbon Emission and Its Influencing Factors of Interprovincial Land Use in China[J]. Statistics & Decision, 2019(5): 141-145.
- [8] 杨文学,张小平.甘肃省土地利用碳排放变化及影响因素分解[J].安徽农业科学,2016,44(33):49-53.
YANG Wenxue, ZHANG Xiaoping. Carbon Emission Effect of Land-Use and Influencing Factors Decomposition of Carbon Emission in Gansu Province[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016, 44(33): 49-53.
- [9] 陈芷君,刘毅华,林华荣.广东省土地利用碳排放与经济增长之间的脱钩分析[J].生态经济,2018,34(5):26-32.
CHEN Zhijun, LIU Yihua, LIN Huarong. Decoupling Analysis of Land-Use Carbon Emissions and Economic Development in Guangdong Province[J]. Ecological Economy, 2018, 34(5): 26-32.
- [10] 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,2015,35(2):313-318.
WANG Qiuxian, WANG Dengjie, YAN Xiaomei, et al. An Analysis on Carbon Emission Effects in Yantai City Based on Decoupling Theory[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2015, 35(2): 313-318.
- [11] 卢俊宇,黄贤金,陈逸,等.基于能源消费的中国省级区域碳足迹时空演变分析[J].地理研究,2013,32(2):326-336.
LU Junyu, HUANG Xianjin, CHEN Yi, et al. Spatiotemporal Changes of Carbon Footprint Based on Energy Consumption in China[J]. Geographical Research, 2013, 32(2): 326-336.
- [12] 孟梅,崔雪莹,王志强.低碳视角下乌鲁木齐市土地利用结构优化研究[J].江苏农业科学,2019,47(19):261-265.
MENG Mei, CUI Xueying, WANG Zhiqiang. Study on Land Use Structure Optimization in Urumqi City at Background of Low-Carbon[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(19): 261-265.
- [13] 李江元,丁涛.我国碳排放增长的驱动因素分解:基于LMDI模型[J].煤炭经济研究,2020,40(6):

- 47-56.
LI Jiangyuan, DING Tao. Driving Factors for the Growth of China's Carbon Emissions Based on LMDI Model[J]. Coal Economic Research, 2020, 40(6): 47-56.
- [14] 王 涛, 冯 杰. 陕西省土地利用碳排放演变与影响因素分析研究 [J]. 环境科学与管理, 2016, 41(12): 25-29.
WANG Tao, FENG Jie. Analysis of Influential Factors and Evolution of Land Use Carbon Emission in Shaanxi Province[J]. Environmental Science and Management, 2016, 41(12): 25-29.
- [15] 孙贤斌. 安徽省会经济圈土地利用变化的碳排放效益 [J]. 自然资源学报, 2012, 27(3): 394-401.
SUN Xianbin. Effects of Carbon Emission by Land Use Patterns in Hefei's Economic Circle of Anhui Province[J]. Journal of Natural Resources, 2012, 27(3): 394-401.
- [16] 赵荣钦, 黄贤金, 钟太洋, 等. 区域土地利用结构的碳效应评估及低碳优化 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(17): 220-229.
ZHAO Rongqin, HUANG Xianjin, ZHONG Taiyang, et al. Carbon Effect Evaluation and Low-Carbon Optimization of Regional Land Use[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(17): 220-229.
- [17] 张若楠, 杨 瑾. 陕西省土地利用碳排放与碳足迹研究 [J]. 农业与技术, 2020, 40(5): 126-130.
ZHANG Ruonan, YANG Jing. Study on Carbon Emission and Carbon Footprint of Land Use in Shaanxi Province[J]. Agriculture and Technology, 2020, 40(5): 126-130.
- [18] 石洪昕, 穆兴民, 张应龙, 等. 四川省广元市不同土地利用类型的碳排放效应研究 [J]. 水土保持通报, 2012, 32(3): 101-106.
SHI Hongxin, MU Xingmin, ZHANG Yinglong, et al. Effects of Different Land Use Patterns on Carbon Emission in Guangyuan City of Sichuan Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2012, 32(3): 101-106.
- [19] 李 键, 毛德华, 蒋子良, 等. 长株潭城市群土地利用碳排放因素分解及脱钩效应研究 [J]. 生态经济, 2019, 35(8): 28-34, 66.
LI Jian, MAO Dehua, JIANG Ziliang, et al. Research on Factors Decomposition and Decoupling Effects of Land Use Carbon Emissions in Chang-Zhu-Tan Urban Agglomeration[J]. Ecological Economy, 2019, 35(8): 28-34, 66.
- [20] 冯宗宪, 高 赢. 中国区域碳排放驱动因素、减排贡献及潜力探究 [J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2019, 21(4): 13-20.
FENG Zongxian, GAO Ying. Study on China's Regional Driving Factors of Carbon Emission, Emission Reduction Contribution and Potential[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2019, 21(4): 13-20.
- [21] 王 勇, 王 颖. 中国实现碳减排双控目标的可行性及最优路径: 能源结构优化的视角 [J]. 中国环境科学, 2019, 39(10): 4444-4455.
WANG Yong, WANG Ying. Feasibility and Optimal Pathway of China's Double Targets for Carbon Reduction: The Perspective of Energy Structure Optimization Full Text Replacement[J]. China Environmental Science, 2019, 39(10): 4444-4455.

(责任编辑: 姜利民)