

Research on Peak Carbon Emissions in Commercial and Civil Areas in Henan Province

Xia'nan Xu

Henan Engineering Consulting Center, Zhengzhou Henan
Email: xxn@sina.com

Received: Jul. 11th, 2018; accepted: Jul. 25th, 2018; published: Aug. 7th, 2018

Abstract

Environmental issues have increasingly attracted people's attention. Green and low-carbon development has become a generally chosen development path for the international community. China attaches great importance to addressing climate change issues. The report of the 19th National Congress of the Communist Party of China comprehensively summarized ecological environmental protection and ecological civilization construction. The industrialization and urbanization of Henan Province are accelerating, and low-carbon development is the only way to achieve economic transformation. Therefore, this paper conducts a study on the peak carbon emissions of commercial and commercial sectors in Henan Province, which provides a reference for low-carbon development in Henan Province.

Keywords

Commercial, Civil, Carbon Emission, System Dynamics

河南省商用及民用领域碳排放峰值研究

徐夏楠

河南省工程咨询中心, 河南 郑州
Email: xxn@sina.com

收稿日期: 2018年7月11日; 录用日期: 2018年7月25日; 发布日期: 2018年8月7日

摘 要

环境问题日益引起人们的重视, 绿色低碳发展已成为国际社会普遍选择的发展路径, 我国高度重视应对

气候变化问题，党的十九大报告对环境保护和生态文明建设进行了全面总结和重点部署。河南省工业化、城镇化加速发展，低碳发展是实现经济转型的必由之路，因此本文进行河南省商民领域碳排放峰值研究，为河南省低碳发展提供参考。

关键词

商用，民用，碳排放，系统动力学

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国高度重视应对气候变化问题，党的十九大报告从推进绿色发展、着力解决突出环境问题、加大生态系统保护力度、改革生态环境监管体制等 4 个方面，对环境保护和生态文明建设进行了重点部署，力度更大、措施更严、要求更高。在 2014 年、2015 年发表声明，承诺计划 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值，到 2030 年单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 60%~65% [1]。河南省资源丰富，是全国农产品主产区和重要的矿产资源大省，正处于工业化、城镇化加快发展阶段。从历年能耗数据来看，河南省能源消耗强度始终高于全国平均水平，与经济发达的沿海地区相比更高。从能源消费角度考虑，河南省分部门能源消费中，农林牧渔业、工业、建筑业、交通运输、商业及其他、生活消费 6 个部门能源消费占比分别为 2.79%、77.06%、0.64%、5.35%、3.71%、10.45% [2]。商业及其他和生活消费部门(主要指除交通运输外的服务业)在能源消费中占比可以达到 14.16%，是第二大碳排放源。

根据国家统计局《三次产业划分规定》和《国民经济行业分类》(GB/T 4754-2011)中关于服务业的定位，本文将商业及其他和生活消费领域合并简称为商用和民用领域，广义上包括了除交通运输外的第三产业碳排放，具体包括：批发和零售业，仓储和邮政业，住宿和餐饮业，信息传输、软件和信息技术服务业，金融业，房地产业，租赁和商务服务业，科学研究和技术服务业，水利、环境和公共设施管理业，居民服务、修理和其他服务业，教育，卫生和社会工作，文化、体育和娱乐业，公共管理、社会保障和社会组织，国际组织，以及农、林、牧、渔业中的农、林、牧、渔服务业，采矿业中的开采辅助活动，制造业中的金属制品、机械和设备修理业[3] (图 1)。

2. 问题识别及系统边界

商用及民用相关的能源消费主要指商业活动居民生活工作中，由于采暖、空调、照明、炊事和电器使用等行为所引起用气、用电、用煤产生的碳排放，主要包括了城镇和农村居民生活以及服务业和其他行业的能源消费和碳排放。

根据居民生活能源消耗建立模型，系统边界为居民工作生活用电、用煤、用气三个二级子系统，对系统行为产生影响的变量纳入系统边界内，无影响的变量不纳入。

假设模拟时间段内，人口增长速度稳定，居民用能方式没有新的科技替代(图 2)。

3. 因果关系图

民用和商用碳排放子系统因果关系图见图 3，图中主要回路为：能源消耗与排放 → +碳排放 → -居民生活 → +能源消耗与排放。

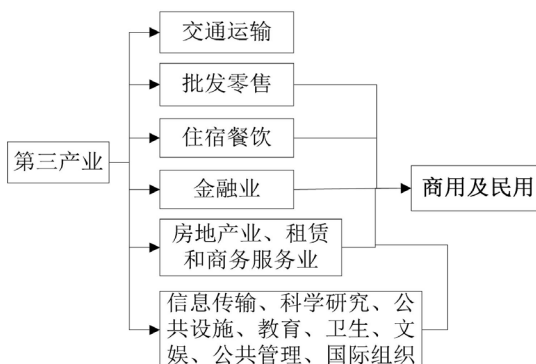


Figure 1. Commercial and civil carbon emission boundary map

图 1. 商用和民用碳排放系边界图

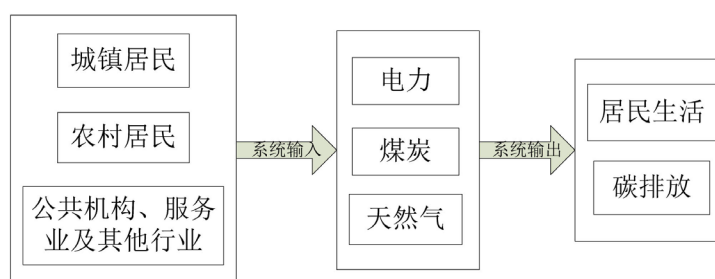


Figure 2. Commercial and civilian carbon emissions subsystem frame

图 2. 商用和民用碳排放系统框架图

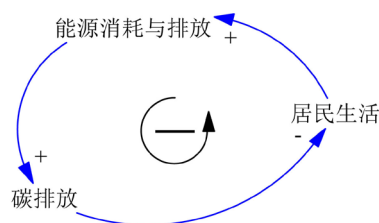


Figure 3. Commercial and civilian carbon emissions subsystem causal diagram

图 3. 商用和民用碳排放子系统因果关系图

4. 系统动力学流图

根据系统边界，本简化模型并未完全考虑所有现实因素(图 4)。

5. 模型变量及方程

5.1. 变量

商用和民用碳排放子系统模型中包含时间变量共 32 个变量，其中状态变量 5 个，速率变量 5 个，辅助变量 15 个，常量 7 个，整理如表 1。

5.2. 初始值和常量

用电量初始值：取《中国能源统计年鉴》中城镇居民、农村居民和第三产业(除交通运输)用电量的加和值，2005 年用电量初始值为 203.38 亿 kWh。

用气量初始值：根据《中国统计年鉴》中城市天然气供气总量，2005 年用气量初始值为 5.33 亿 m³。

Table 1. Model variables table
表 1. 模型变量表

序号	变量名称	变量类型	变量单位
1	电力能源消耗	辅助变量	亿 kWh
2	天然气能源消耗	辅助变量	万吨标煤
3	煤炭能源消耗	辅助变量	万吨标煤
4	用电碳排放	辅助变量	万吨
5	用气碳排放	辅助变量	万吨
6	用煤碳排放	辅助变量	万吨
7	电力折标系数	常量	万吨标煤/亿 kWh
8	天然气折标系数	常量	万吨标煤/亿 m ³
9	煤炭折标系数	常量	万吨标煤/万吨原煤
10	电力排放因子	常量	万吨 CO ₂ /亿 kWh
11	天然气排放因子	常量	吨 CO ₂ /吨标煤
12	煤炭排放因子	常量	吨 CO ₂ /吨标煤
13	商民用电量	状态变量	亿 kWh
14	商民用气量	状态变量	亿 m ³
15	商民用煤量	状态变量	万吨
16	用电量增长	速率变量	亿 kWh
17	用气量增长	速率变量	亿 m ³
18	用煤量增长	速率变量	万吨
19	商民能源消耗量	速率变量	万吨标煤
20	商民 CO ₂ 排放量	速率变量	万吨
21	商民能源消耗累积量	状态变量	万吨标煤
22	商民 CO ₂ 排放累积量	状态变量	万吨
23	电价	辅助变量	元/亿 kWh
24	电价影响因子	辅助变量	Dmnl
25	用电量随人口增长率	辅助变量	Dmnl
26	居民用电量上限	常量	亿 kWh
27	人口	辅助变量	万人
28	用电负荷制约因子	辅助变量	Dmnl
29	城镇化率影响因子	辅助变量	Dmnl
30	用气量随人口增长率	辅助变量	Dmnl
31	用煤量随城镇化增长率	辅助变量	Dmnl
32	Time	辅助变量	年

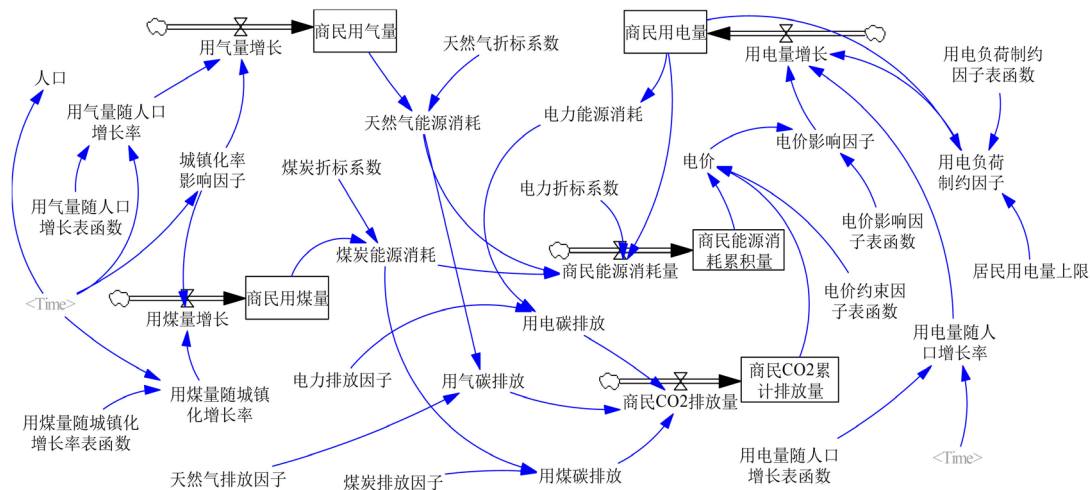


Figure 4. Commercial and civilian carbon emissions subsystem flow chart

图 4. 商用和民用碳排放子系统流图

用煤量初始值：取《中国能源统计年鉴》中城镇居民、农村居民和第三产业(除交通运输)煤炭用量的加和值，2005 年用煤量初始值为 1230.09 万吨。

电力折标系数：根据《综合能耗计算通则(GBT 2589-2008)》，取电力折标系数为 12.29 万吨标煤/亿 kWh。

天然气折标系数：根据《综合能耗计算通则(GB/T 2589-2008)》，取天然气折标系数为 0.0133 万吨标煤/亿 m³。

煤炭折标系数:居民生活用煤大部分为散煤,此处按原煤折标系数取值,为 0.7143 万吨标煤/万吨原煤。

电力排放因子：根据《国家发展改革委办公厅关于开展“十二五”单位国内生产总值二氧化碳排放降低目标责任考核评估的通知》发改办气候[2016] 1238 号，河南省电网排放因子为 80.63 万吨 CO₂/亿 kWh。

天然气排放因子：根据《国家发展改革委办公厅关于开展“十二五”单位国内生产总值二氧化碳排放降低目标责任考核评估的通知》发改办气候[2016] 1238 号，天然气排放因子为 1.63 吨 CO₂/吨标煤。

煤炭排放因子：根据《国家发展改革委办公厅关于开展“十二五”单位国内生产总值二氧化碳排放降低目标责任考核评估的通知》发改办气候[2016] 1238 号，煤炭排放因子为 2.64 吨 CO₂/吨标煤。

居民用电量上限, 取 6200 亿 kWh。

5.3. 方程

商民能源累计消耗量 = INTEG (能源消耗量, 0), Units: 万吨标煤

商民能源消耗量 = 天然气能源消耗 + 煤炭能源消耗 + (商民用电量 * 电力折标系数), Units: 万吨标煤

商民 CO₂ 累计排放量 = INTEG (商民 CO₂ 排放量, 0), Units: 万吨

商民 CO₂ 排放量 = 用气碳排放 + 用煤碳排放 + 用电碳排放, Units: 万吨

电力能源消耗=商民用电量 * 0.1, Units: 亿 kWh。由于河南省电力只有 10%是由外省电力调入，其余为省内自供，而省内自供部分能源消耗已在工业碳排放子系统中计算过，此处不再重复计算，在商用和民用碳排放子系统中只计算商民用电量的 10%作为商民电力能源消耗，进而计算由其产生的 CO₂ 排放量。

天然气能源消耗 = 商民用气量 * 天然气折标系数, Units: 万吨标煤
煤炭能源消耗 = 商民用煤量 * 煤炭折标系数, Units: 万吨标煤
用电碳排放 = 电力排放因子 * 电力能源消耗, Units: 万吨
用气碳排放 = 天然气能源消耗 * 天然气排放因子, Units: 万吨
用煤碳排放 = 煤炭排放因子 * 煤炭能源消耗, Units: 万吨
商民用电量 = INTEG (用电量增长, 203.38), Units: 亿 kWh
商民用气量 = INTEG (用气量增长, 5.33), Units: 亿 m³
商民用煤量 = INTEG (用煤量增长, 1230.09), Units: 万吨
用电量增长 = 用电负荷制约因子 * 用电量随人口增长率 * 电价影响因子, Units: 亿 kWh
用气量增长 = 用气量随人口增长率 * 城镇化率影响因子, Units: 亿 m³
用煤量增长 = 城镇化率影响因子 * 用煤量随城镇化增长率, Units: 万吨
电价影响因子 = 电价影响因子表函数(电价), Units: Dmnl
电价 = 电价约束因子表函数(CO₂ 累计排放量/2.75 + 能源消耗累积量)/2, Units: 元/亿 kWh
用电量随人口增长率 = 用电量随人口增长表函数(Time), Units: Dmnl
用电负荷制约因子 = 用电负荷制约因子表函数(商民用电量/居民用电量上限), Units: Dmnl
用气量随人口增长率 = 用气量随人口增长表函数(Time), Units: Dmnl
用煤量随城镇化增长率 = 用煤量随城镇化增长率表函数(Time), Units: Dmnl

6. 系统仿真及结果

在 Vensim 仿真程序中, 设定河南省商用和民用碳排放系统仿真时间为 2005 年~2030 年, 步长为 2 年, 模型中输入上文设定的初始值、参数估计值和方程, 运行系统, 得到商民用电量、商民用气量、商民用煤量、商民能源消耗量及商民 CO₂ 排放量预测值如图 5~9 及表 2 所示。

7. 模型检验

7.1. 模型有效性检验

在设立方程过程中, 已通过 check model 和 check Units 检验。选取三个状态变量, 即商民用电量、商民用气量及商民用煤量, 对比 2005~2015 年仿真值与实际值之间的误差来检验模型准确性, 如表 3, 可以看出这两个变量的预测误差都不超过 10%, 有较好的预测效果。

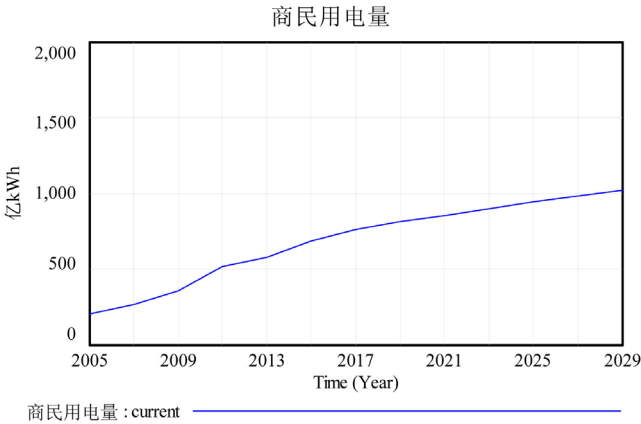


Figure 5. Commercial and civilian sub-system power consumption simulation results
图 5. 商用和民用子系统用电量仿真结果图

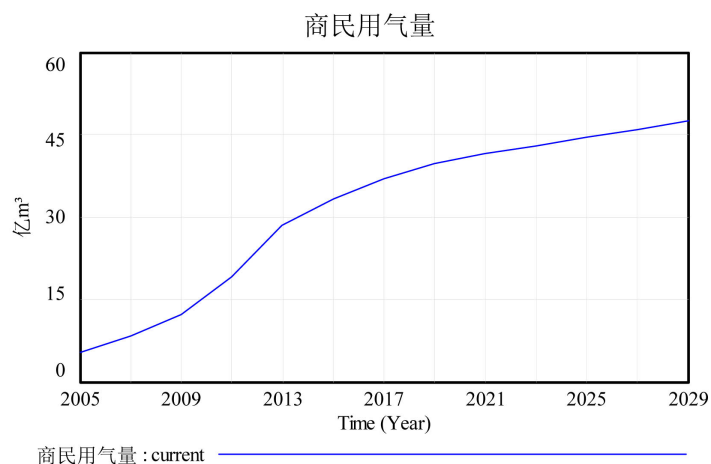


Figure 6. Simulation results of natural gas volume for commercial and civilian sub-systems
图 6. 商用和民用子系统用气量仿真结果图

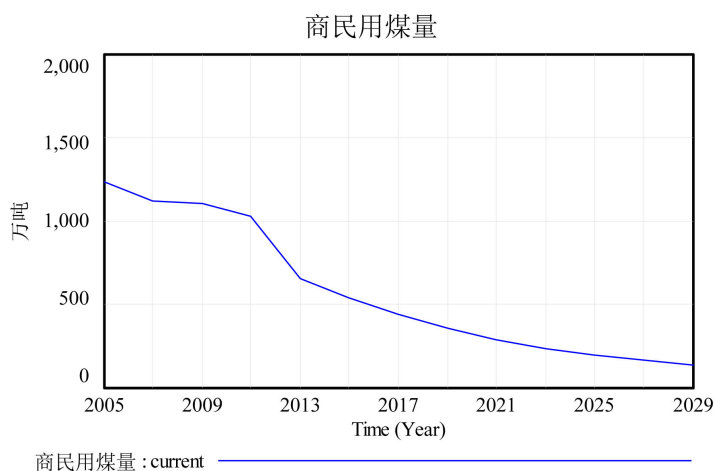


Figure 7. Simulation of coal usage in commercial and civilian subsystems
图 7. 商用和民用子系统用煤量仿真结果图

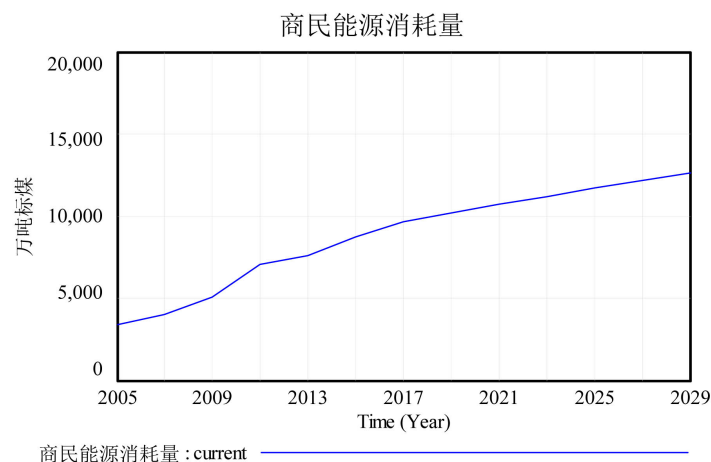


Figure 8. Commercial and civilian subsystem energy consumption simulation results
图 8. 商用和民用子系统能源消耗量仿真结果图

Table 2. Summary of simulation results of commercial and civilian subsystems
表 2. 商用和民用子系统仿真结果汇总表

Time (Year)	商民用电量 (亿 kWh)	商民用气量 (亿 m ³)	商民用煤量 (万吨)	商民能源消耗量 (万吨标煤)	商民 CO ₂ 排放量 (万吨)
2005	203.38	5.33	1230.09	3378.26	3959.61
2007	260.189	8.41113	1121.2	3998.71	4212.39
2009	351.774	12.287	1099.84	5109.08	4910.65
2011	514.032	19.1623	1029.53	7053.1	6086.5
2013	578.052	28.559	655.903	7573.15	5898.32
2015	681.673	33.3748	537.495	8762.14	6510.63
2017	760.156	36.9509	439.416	9656.68	6958.57
2019	811.256	39.7961	354.704	10,224.2	7210.9
2021	854.696	41.5544	285.974	10,709	7431.59
2023	897.647	43.0144	235.384	11,200.8	7682.54
2025	940.171	44.4779	197.231	11,696.2	7953.49
2027	982.516	45.9532	165.929	12,194.3	8235.93
2029	1022.25	47.5285	136.474	12,661.5	8500.76

Table 3. Commercial and civilian carbon emissions subsystem simulation history checklist
表 3. 商用和民用碳排放子系统仿真历史检验表

Time (Year)	项目	商民用电量(亿 kWh)	商民用气量(亿 m ³)	商民用煤量(万吨)
2005	实际值	203.38	5.33	1230.09
	预测值	203.38	5.33	1230.09
	误差	0.00%	0.00%	0.00%
2007	实际值	260.69	8.52	1122.11
	预测值	260.189	8.41113	1121.2
	误差	0.19%	1.28%	0.08%
2009	实际值	353.4	12.67	1109.31
	预测值	351.774	12.287	1099.84
	误差	0.46%	3.02%	0.85%
2011	实际值	538.93	19.47	1029.7
	预测值	514.032	19.1623	1029.53
	误差	4.84%	1.61%	0.02%
2013	实际值	594.86	28.86	652.44
	预测值	578.052	28.559	655.903
	误差	2.91%	1.04%	0.53%
2015	实际值	732.89	33.28	568.67
	预测值	681.673	33.3748	537.495
	误差	7.51%	0.28%	5.80%



Figure 9. Simulation results of CO₂ emissions from commercial and civilian subsystems
图 9. 商用和民用子系统 CO₂ 排放量仿真结果图

7.2. 模型灵敏度检验

选 2009 年和 2013 年两个时间点,取模型中的状态变量(商民用气量、商民用电量、商民用煤量)和速率变量(商民能源消耗量、商民 CO₂ 排放量)做灵敏度分析。使所选定的变量的值增加或减少 10%,将改变后的变量值重新录入系统,运行模型,计算系统中状态变量结果的变化率,结果如表 4 和表 5。由表 4 和表 5 可以看出,河南省商用和民用碳排放子系统灵敏度值均小于 0.03,说明系统稳定性可以满足模拟预测要求。

8. 情景设计

考虑到 2030 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 60%~65%的目标约束,根据系统动力学中改变参数取值的原则和河南省商用和民用领域碳排放实际情况,本文分别选取用电量随人口增长率和居民用电量上限变量调控以进行情景分析。

通过合理改变以上选定的变量值,反复运行试验调节参数值,观察结果变化后,确定河南省低碳发展的不同情景方案 2 种,为现情景和强约束情景。现情景是结合河南省实际,以目前的经济发展和宏观调控水平下的河南省各领域碳排放结果走势,是仿真结果的对照情景;强约束情景是在现情景的基础上,考虑 2030 年比 2005 年碳排放强度下降 60%~65%的目标,在现情景的基础上加强与碳排放有关的各项指标约束。经过反复实验改变各领域所选定的参数值,本文确定现情景和强约束情景下各领域所选定参数值的改变情况如表 6。

9. 能耗和排放对比分析

模拟运行河南省商用和民用领域碳排放强约束情景得到系统结果,对比现情景结果,得到能源消耗和 CO₂ 排放量对比见图 10、图 11、表 7。由图表可知,强约束情景下能源消耗和 CO₂ 排放从 2021 年左右开始低于现情景能源消耗和 CO₂ 排放,到 2029 年,河南省商民能源消耗、CO₂ 排放量分别为 11,321.1 万吨标煤、7621.34 万吨 ce,对比现情景的 12,661.5 万吨标煤、8500.76 万吨 ce 分别下降了 10.59%、10.35%。

分析原因,主要是碳排放目标的提高,节能减排力度更加加大,随着绿色低碳理念的宣传深入人心,公共机构、居民生活和出行过程中注意节能减排,减少照明、电器的待机能耗,降低生活用电。且由于经济衰退到复苏过程较为缓慢,各领域节能减排逐渐进入瓶颈期,因此,参数调整后,能耗和 CO₂ 排放

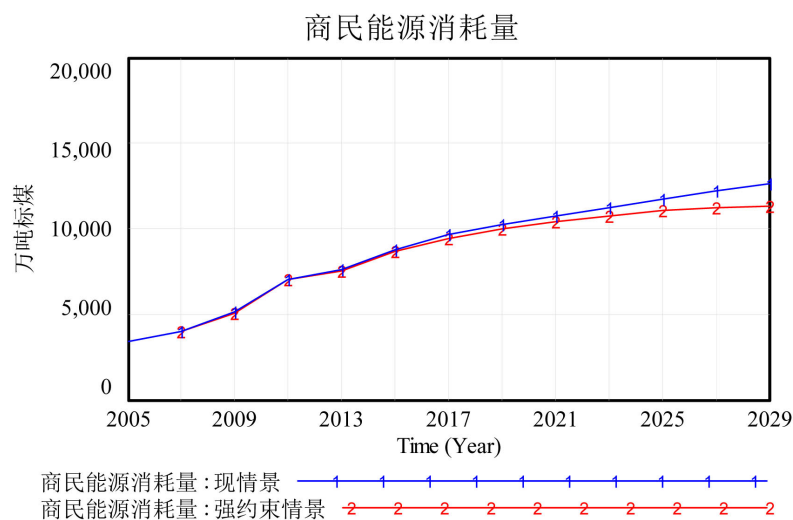


Figure 10. Comparison of commercial and civilian energy consumption

图 10. 商用和民用能源消耗对比分析

Table 4. Sensitivity test for 2009

表 4. 2009 年灵敏度检验

	电价影响因子	城镇化率影响因子	用煤量随城镇化增长率
商民用气量	0.0221	0.0127	0.0000
商民用电量	0.0055	0.0173	0.0608
商民用煤量	0.0095	0.0008	0.0231
商民能源消耗量	0.0147	0.0034	0.0161
商民 CO ₂ 排放量	0.0041	0.0174	0.0257

Table 5. Sensitivity test for 2013

表 5. 2013 年灵敏度检验

	电价影响因子	城镇化率影响因子	用煤量随城镇化增长率
商民用气量	0.0063	0.0079	0.0000
商民用电量	0.0444	0.0100	0.0002
商民用煤量	0.0217	0.0294	0.0002
商民能源消耗量	0.0195	0.0163	0.0003
商民 CO ₂ 排放量	0.0232	0.0083	0.0013

Table 6. The parameters of carbon emission control parameters in different conditions of Henan province

表 6. 不同情景河南省碳排放系统调控参数取值

序号	参数	单位	现情景	强约束情景
1	居民用电量上限	亿 Kwh	6200	5000
2	用电量随人口增长率	Kwh/人	随人口增长，逐渐增大	同现情景，略低

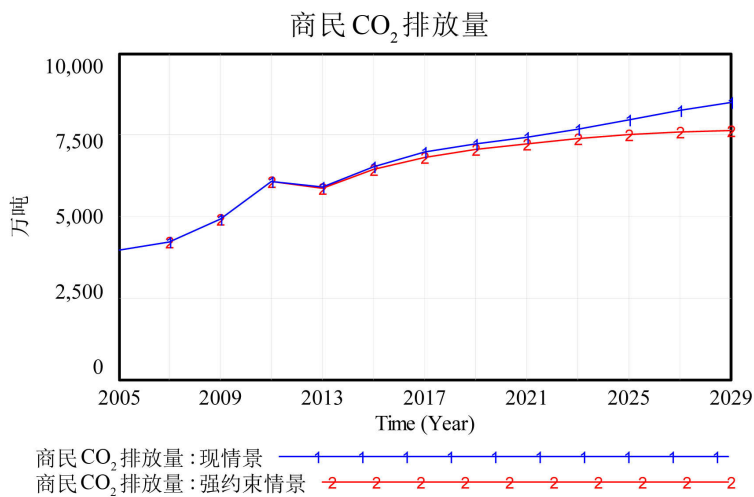


Figure 11. Comparison of CO₂ emissions from commercial and civilian
图 11. 商用和民用 CO₂ 排放量对比分析

Table 7. Summary of simulation results for energy and CO₂ emissions from strong consumption scenarios
表 7. 强约束情景商民领域能源消耗及 CO₂ 排放量仿真结果汇总表

Time (Year)	强约束情景		现情景	
	能源消耗(万吨标煤)	CO ₂ 排放量(万吨 ce)	能源消耗量(万吨标煤)	CO ₂ 排放量(万吨)
2005	3378.26	3959.61	3378.26	3959.61
2007	3992.61	4208.39	3998.71	4212.39
2009	5090.4	4898.39	5109.08	4910.65
2011	7004.15	6054.38	7053.1	6086.5
2013	7506.54	5854.62	7573.15	5898.32
2015	8663.26	6445.77	8762.14	6510.63
2017	9435.03	6813.15	9656.68	6958.57
2019	9961.78	7038.72	10,224.2	7210.9
2021	10,407.9	7234.03	10709	7431.59
2023	10,748.6	7385.88	11,200.8	7682.54
2025	11,032.5	7518.06	11,696.2	7953.49
2027	11,242.1	7611.26	12,194.3	8235.93
2029	11,321.1	7621.34	12,661.5	8500.76

量变化在时间和强度上虽都较为微小但也有一定效果显现。总的来说，CO₂ 排放源的减少，汇的增加，会导致河南省全社会 CO₂ 排放量的下降，从而促使河南省 CO₂ 排放总量的早日达峰，实现国家所设定的 2030 年碳排放强度比 2005 年下降 60%~65%。

10. 结论

通过对河南省商用和民用领域能源消耗和碳排放进行综合整理以及系统分析，同时通过运用系统动

力学对河南省商民领域碳排放情景进行模拟,并进一步比较现情景和强约束情景,综合考量能源结构、城镇化率等因素,得到河南省商民领域碳排放结论如下:

能源刚性需求快速增长,节能降碳有压力。随着全省经济社会仍将保持平稳发展、城市化进程继续加快、建筑规模持续扩大势头,商民领域能源刚性需求将大幅增加,不断增长的能源消费需求与能源消费总量控制间的矛盾日渐突出,实现以有限的能源消耗和较低的碳排放保障经济社会的持续较快发展压力大,继续实现有限能源消耗和低碳排放保障经济社会持续较快发展的难度逐步加大[4]。

根据上文分析和结论,为河南省早日实现碳排放量达到峰值,和更好参与全国碳排放权交易市场建设做好准备,河南省需加快转变发展方式、调整经济结构、推进产业升级,走节能低碳发展道路。在商民领域,本文提出以下建议:

弘扬节能低碳文化,实施全民节能低碳行动。通过实施节能减排全民行动、节俭养德全民节约行动,开展社团组织节能低碳专项宣传行动等多方位开展节能低碳教育,普及生活方式低碳化的知识和方法。倡导低碳消费理念,提高消费者低碳环保意识,倡导绿色低碳消费模式,开展反过度包装、反食品浪费、反过度消费等全社会反对浪费行动。推行绿色生活方式,提倡家庭节约用电,倡导低碳出行,减少一次性用品使用,完善居民社区再生资源回收体系。保持和增加森林碳汇,鼓励植树造林和加强森林管理。

参考文献

- [1] 中美元首气候变化联合声明[Z], 2015.
- [2] 王莹,徐夏楠. 河南省碳排放状况浅析[J]. 价值工程, 2017, 36(7): 44-48.
- [3] 国家统计局. 2017年国民经济行业分类(GB/T 4754-2017) [S]. 北京: 国家统计局, 2017.
- [4] 河南省人民政府. 河南省“十三五”控制温室气体排放工作方案[Z]. 郑州: 河南省人民政府, 2017.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7924, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jlce@hanspub.org