

辽宁省碳排放预测及最优情境选择

侯 卉,殷 赞,卜曼曼,何 杰

(东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110169)

摘 要: 基于经济发展增速和节能减排约束,结合碳排放影响因素的 LMDI 分解模型,将经济社会发展变量和节能减排变量的相互不同模式组合为六种情境,运用扩展的 SPIRPAT 模型对各情境下的辽宁省 2016—2040 年的碳排放进行预测分析,得出“中增长强减排”情境是辽宁未来发展的最佳选择. 在最优情境下,2020 年辽宁较 2015 年的能源消费增量远低于 3550 万吨标准煤的约束标准;非化石能源比重在 2020 年完成省规划目标,在 2030 年完成国家规划目标;碳排放量降幅在 2023 年达到峰值,2020 年和 2030 年较 2005 年的碳排放强度降幅超额完成国家规划目标. 若能有效转变经济发展方式、调整产业结构尤其是降低工业比重、提升能源利用效率,加大清洁能源的开发利用,辽宁完全可以不以牺牲经济发展为代价而达到节能减排的目的.

关 键 词: 碳排放;能源消耗;情境预测;经济发展;节能减排

中图分类号: F 061.5 文献标志码: A 文章编号: 1005-3026(2019)08-1211-06

Prediction of Carbon Emission and Selection of Optimal Scenario in Liaoning Province

HOU Hui, YIN Yun, BU Man-man, HE Jie

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China. Corresponding author: HOU Hui, E-mail: hhhou@mail.neu.edu.cn)

Abstract: Based on the economic development growth rate, energy-saving and emission-reduction constraints, and LMDI decomposition model of the factors that influence carbon emission, the different models of economic/social development variables and energy-saving/emission-reduction variables were combined into six scenarios. The extended SPIRPAT model is used to predict and analyze the carbon emission of Liaoning from 2016 to 2040, and it is concluded that the ‘medium growth and strong emission-reduction’ scenario is the best choice for Liaoning. Under the optimal scenario, the increase of energy consumption in Liaoning in 2020 over 2015 will be much lower than the constraint standard. The provincial planning target of non-fossil energy sources proportion will be reached in 2020 and the national planning target will be reached in 2030. The drop of carbon emission will reach its peak in 2023, and the reduction in carbon emission intensity in 2020 and 2030 over 2005 will exceed the national planning target. If the government can change the mode of economic development effectively, adjust the industrial structure, and improve the development and utilization of clean energy, Liaoning would be able to achieve the goal of energy-saving and emission-reduction without the expense of economic development.

Key words: carbon emission; energy consumption; scenario prediction; economic development; energy-saving and emission-reduction

低碳经济是在全球气候变暖的背景下,以可
持续发展理念,尽可能地减少温室气体(主要是
指 CO₂)排放,通过技术制度创新、产业转型升
级、研发新能源等多种手段,实现社会发展与资源
环境和谐的经济形态。
碳排放预测方法主要有 EKC, STIRPAT,

LEAP, MARKAL 等;虽然模型不同,但预测时一般采用多情境设定的方式. 近年来学者如 Tolmasquim 等主要研究利用 IEPM 模型对巴西 CO₂ 排放情况进行预测,指出巴西高能源强度、高碳排放量、低能源效率 and 低工业附加值等尖锐的环境现状,提出大力发展新能源、研发新技术、调整产业结构等重要措施^[1]. Shimada 等在日本滋贺县的低碳情境路径研究中,提出到 2030 年实现碳排在 1990 年水平上减少 30% ~ 50% 的目标,滋贺县的总产出继续以年均 1.6% 增长是可能的^[2]. Shukla 等研究印度低碳社会发展方案,认为低碳社会情境模拟使社会、经济和技术转变等应对气候变化的因素可视化^[3]. Tunç 运用 TIMES 能源系统模型对欧洲 27 个主要温室气体排放国家的碳排放情况进行了分情境分析预测,结果表明不断优化能源消费结构、大力发展碳捕捉与节能技术对减少碳排放、改善环境有非常重要的意义^[4].

国内学者如渠慎宁等在 STIRPAT 模型中加入了人均收入的平方项以及产业结构,设定 2009—2050 年模型各变量的变化情况并对中国的碳排放进行预测^[5]. 冯悦怡等利用 LEAP 模型,分析 BAU, LES 和 ICS 这 3 种不同情境下 2007—2030 年北京市能源需求、能源结构和碳排放的发展趋势^[6]. 黄蕊等利用 STIRPAT 模型,定量分析了江苏省能源消费碳排放量与人口、人均 GDP、能源强度和城镇化水平之间的关系,并设置 8 种不同的发展情境,分析了江苏省未来能源消费碳排放量的发展趋势^[7]. 刘晴川等通过 LMDI 因素分解法将影响碳排放的因素分解为人口、人均 GDP、产业结构、能源结构、能源强度和碳排放系数;利用扩展的 STIRPAT 碳排放模型,对 2013—2050 年重庆市碳排放进行预测,对比分析了各情境下的峰值大小及出现时间^[8].

目前,专家学者们运用这些模型方法对不同研究对象的碳排放量进行了预测,大大提高了碳排放预测的理论和实践水平. 但是,碳排放受制于诸多不确定因素,如何准确地预测碳排放仍是未来研究的重难点. 碳排放与能源消费有着密切联系,如何从能源消费的角度,基于碳排放的主要影响因素进行预测,也是未来低碳经济研究的热点. 国内外对国家层面碳排放的研究,从研究方法、研究角度方面都比较成熟、比较全面,但对中国各个地区,尤其是作为我国工业大省的辽宁省,在碳排放方面的研究比较少. 本文基于对辽宁碳排放实际情境的分析,以及经济发展增速和节能减排约

束,设置 6 种不同情境对碳排放情况进行预测并做出最优情境选择.

1 辽宁省碳排放的情境预测

1.1 辽宁省碳排放预测的约束条件

1.1.1 经济发展约束

《辽宁省第十三个五年规划纲要》中指出,到“十三五”末期实现地区生产总值年均增速不低于全国平均水平(6.5%),全省常住人口城镇化率达到 70%,努力建成国家老工业基地振兴发展先行区.

1.1.2 能源消耗约束

《辽宁“十三五”节能减排综合工作实施方案》指出,到 2020 年全省能源消耗增量控制在 3 550 万 t 标准煤以内,煤炭占能源消费总量下降到 58.6% 以下,非化石能源占一次能源消费比重达到 6.5%,天然气消费提高到 8% 左右.

1.1.3 碳排放约束

《辽宁省“十三五”控制温室气体排放工作方案》提出,到 2020 年单位地区生产总值碳排放比 2015 年下降 18%,碳排放总量必须得到有效控制.

1.2 碳排放预测模型的建立及拟合

1.2.1 模型的建立

IPAT 模型只考虑三个因素对环境压力的影响,且只能分析自变量对因变量的等比例影响,比较局限,因此采用随机形式的 STIRPAT 模型,表达式为

$$I = aP^bA^cT^dE. \tag{1}$$

式中: I 代表环境压力,以碳排放量表示; P 代表人口规模; A 代表富裕程度,以人均 GDP 表示; T 代表技术水平,以能源消费强度表示; a 是模型系数, b, c 和 d 分别是人口规模、人均 GDP 和能源消费强度的弹性系数; E 是误差项.

由先前的研究,运用 LMDI 分解模型,分析了辽宁的人口增长、经济发展、经济结构、能源消费结构、能源消费强度、城市化水平、居民生活水平等因素对辽宁省碳排放增长的贡献,可知人口规模(P)、人均 GDP(A) 和能源消费强度(T) 对辽宁省碳排放具有不同程度的影响,此外,经济结构对辽宁碳排放增长贡献率的波动性是最大的;城市化水平对辽宁的碳排放增长一直起到正向的促进作用,除人均 GDP 之外,城市化水平对碳排放增长的贡献率是最大的;能源消费结构对碳排放增长的作用很不稳定且波动性较大,表现为先促

进后抑制又促进,说明辽宁省始终在对能源消费结构进行调整,但调整过程比较艰难,效果不是特别理想,煤炭在相当长的时期内还是最主要的辽宁的消费能源.结合辽宁的实际情况,将经济结构(Ir)、能源消费结构(H)和城市化水平(Ps)(见表 1)引入模型,两边取对数得拓展后的公式:

$$\ln I = \ln a + b \ln P + c \ln A + d \ln T + e \ln Ir + f \ln H + g \ln Ps + \ln E. \tag{2}$$

表 1 模型中变量的符号及其定义

Table 1 Symbols and definitions of variables in the model		
符号	变量	定义
I/万 t	碳排放总量	能源消费产生的碳排放量
P/万人	人口规模	人口总数
A/万元	人均 GDP	GDP(2010 年不变价)/总人口
T/(t·万元 ⁻¹)	能源消费强度	能源消费总量/GDP
Ir/%	经济结构	工业增加值/GDP
H	能源消费结构	非化石能源在一次能源中的占比
Ps	城市化水平	城市人口/人口总数

1.2.2 数据来源、处理及模型的拟合

2005—2015 年的各变量数据均来自《辽宁统计年鉴》和《中国统计年鉴》,或基于此计算得出.变量间的相关性检验:对模型拟合可知,多数变量之间存在高度的相关性,因此选择主成分回归方法对模型进行拟合;提取主成分,可知: F_1 和 F_2 的累积贡献率达到 95.807%,说明 F_1 和 F_2 能够反映 6 个解释变量 95.807% 信息,故可只选择 F_1 和 F_2 .

$$F_1 = 0.407\ 0 \ln P + 0.430\ 9 \ln A - 0.420\ 3 \ln T + 0.391\ 0 \ln Ir + 0.426\ 8 \ln Ps + 0.370\ 3 \ln H; \tag{3}$$

$$F_2 = 0.423\ 0 \ln P + 0.103\ 5 \ln A + 0.262\ 6 \ln T + 0.528\ 8 \ln Ir - 0.160\ 9 \ln Ps - 0.660\ 2 \ln H. \tag{4}$$

主成分回归和 ADF 单位根检验均为平稳的时间序列,可以直接进行回归,并各自检验通过,得到 $\ln I$ 关于 F_1 和 F_2 的方程:

$$\ln I = 0.379\ 4 F_1 + 0.600\ 5 F_2. \tag{5}$$

将式(3)和(4)代入式(5)可得回归方程:

$$\ln I = 0.408\ 4 \ln P + 0.225\ 7 \ln A - 0.001\ 8 \ln T + 0.465\ 9 \ln Ir + 0.065\ 3 \ln Ps - 0.256\ 0 \ln H. \tag{6}$$

将式(6)标准化还原为原始变量的最终拟合

方程:

$$\ln I = -39.052\ 5 + 4.895\ 0 \ln P + 0.109\ 4 \ln A - 0.001\ 5 \ln T + 1.675\ 1 \ln Ir + 0.197\ 7 \ln Ps - 0.073\ 6 \ln H. \tag{7}$$

1.2.3 模型拟合检验

对辽宁 2005—2015 年碳排放量测算,拟合值与实际值基本吻合,预测模型符合标准.

1.3 辽宁省碳排放情境预测及结果分析

1.3.1 预测情境的设置思路

本研究的 STIRPAT 模型中共有 6 个变量,分为两类:经济社会发展变量和减排变量.经济社会发展变量包括人口总量、人均 GDP 和城市化率;减排变量为工业化水平、能源消费强度、非化石能源占比.通过情境设置来预测不同模式下辽宁未来年份的碳排放情况.

将经济社会发展变量设为三种增长模式:高增长、中增长和低增长.减排变量只设置两种强度:强减排和中减排,因为从国家层面,节能减排力度只会越来越大,不会削弱.由这两类变量的不同模式,得到 6 种组合情境(表 2).中增长中减排情景设定为基准情境,剩余 5 种情境在基准情境基础上展开.

表 2 辽宁省碳排放预测的组合情境

组合情境		增长模式		
		低增长	中增长	高增长
减排强度	中减排	I	II	III
	强减排	IV	V	VI

1.3.2 预测变量的参数设定

人口参数:“十二五”期间辽宁人口年均增长率降至 0.03%,据联合国(2009)预测,中国人口将于 21 世纪 30 年代达到峰值,21 世纪 40 年代后人口逐步负增长,鉴于辽宁人口增长率低于全国平均水平,设定辽宁人口在三种模式下增长率如表 3 所示.

表 3 辽宁省 2016—2040 年人口的增长率预测

Table 3 Prediction of population growth rate in Liaoning Province in 2016 – 2040					
增长率	2016—2020	2021—2025	2026—2030	2031—2035	2036—2040
	%				
低	0.01	0.005	-0.10	-0.20	-0.30
中	0.02	0.01	0.005	-0.10	-0.20
高	0.03	0.02	0.01	0.005	-0.10

人均 GDP:辽宁省“十三五”规划中要实现 GDP 年均增长约 6.5%,低碳化发展条件下,设定

中增长模式。“十三五”后人均 GDP 增长率下降空间会逐渐缩小,如表 4 所示。

表 4 辽宁省 2016—2040 年人均 GDP 的增长率预测 Table 4 Prediction of per capita GDP growth rate in Liaoning Province in 2016 –2040 %					
增长率	2016— 2020	2021— 2025	2026— 2030	2031— 2035	2036— 2040
低	6. 00	5. 00	4. 10	3. 30	2. 60
中	6. 50	5. 50	4. 80	4. 20	3. 70
高	7. 00	6. 30	5. 70	5. 20	4. 80

城市化水平:辽宁城市化进程一直高于全国平均水平,结合辽宁发展目标,根据发达国家经验,假设当城市化率达到 80% 时开始出现下降,见表 5。

表 5 辽宁省 2016—2040 年城市化率预测 Table 5 Prediction of urbanization rate in Liaoning Province in 2016 –2040 %					
城市化率	2020	2025	2030	2035	2040
低	69.00	70. 5	71. 80	72. 80	73. 50
中	70.00	72. 5	74. 80	76. 50	78. 00
高	71.00	74. 5	77. 80	80.00	79.00

工业化水平:“十二五”期间,辽宁工业增加值年均增长率为 -0.34%。与全国水平相比,辽宁工业占比仍处于高位,设“十三五”后的工业占比降幅逐渐增大,且增大的幅度先增后减,见表 6。

表 6 辽宁省 2016—2040 年工业化水平增长率预测 Table 6 Prediction of industrialization level growth rate in Liaoning Province in 2016 –2040 %					
增长率	2016— 2020	2021— 2025	2026— 2030	2031— 2035	2036— 2040
中	-0.35	-0.65	-1.00	-1.40	-1.70
强	-0.50	-1.00	-1.50	-1.90	-2.20

能源消费强度:辽宁“十三五”提出到 2020 年全省单位地区生产总值能耗比 2015 年下降 15%。随着节能减排力度的增大以及技术因素的制约,节能减排难度会随着时间推移逐渐加大,设定能源强度的下降速度逐渐降低,见表 7。

表 7 辽宁省 2016—2040 年能源消费强度增长率预测 Table 7 Prediction of energy consumption intensity growth rate in Liaoning Province in 2016 –2040 %					
增长率	2016— 2020	2021— 2025	2026— 2030	2031— 2035	2036— 2040
中	-3.20	-3.00	-2.50	-2.00	-1.50
强	-4.36	-4.00	-3.50	-3.00	-2.50

非化石能源比重:要实现 2020 年非化石能源比重达到 15% 的目标,“十三五”期间要提升 13.26% 非常困难,按照辽宁现有水平设其增长率如表 8 所示。

表 8 辽宁省 2016—2040 年非化石能源比重增长率预测 Table 8 Prediction of proportion of non-fossil energy growth rate in Liaoning Province in 2016 –2040 %					
增长率	2016— 2020	2021— 2025	2026— 2030	2031— 2035	2036— 2040
中	18.11	14.87	9.34	6.34	4.32
强	30.16	16.59	7.39	4.56	2.29

1.3.3 情境预测结果

将各变量代入式(7),得到各情境下辽宁 2016—2040 年的各项指标预测值。结果见表 9 和图 1。

表 9 各组合情境下碳排放的预测结果 Table 9 Prediction results of carbon emission under different scenarios					
组合情境	累积 总量 万 t	峰值 万 t	达峰 年份	较基准情境的变化	
				总量/万 t	峰值/万 t
I	36.18	15 481.21	2025	-2.92	-813.67
II (基准)	39.10	16 294.88	2029	0	0
III	42.29	18 049.64	2036	3.19	1 754.76
IV	32.73	14 512.50	2019	-6.37	-1 782.38
V	35.31	14 748.36	2023	-3.79	-1 546.51
VI	38.07	15 645.70	2031	-1.03	-649.17

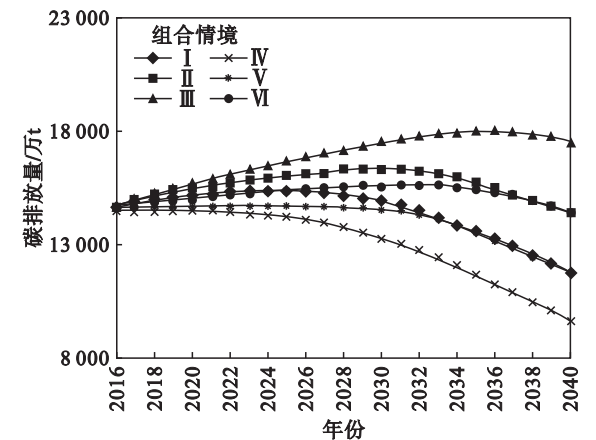


图 1 2016—2040 年碳排放量预测趋势
Fig. 1 Prediction trend of carbon emission under different scenarios in 2016 –2040

在 6 种组合情境(见表 2)下,辽宁省 2016—2040 年碳排放累积总量大小的排序为:Ⅲ>Ⅱ>Ⅵ>Ⅰ>Ⅴ>Ⅳ。与基准情境Ⅱ相比,只有Ⅲ情境下的碳排放累积总量是上升的,其余 4 种组合情境都是下降。进一步地,分别控制经济增速(或减

排力度)不变,看不同减排力度(或经济增速)对辽宁未来 25 年间碳排放累积总量的影响.见表 10(中减排为基准)和表 11(中增长为基准).

表 10 经济增速不变情况下减排力度对碳排放量的影响
Table 10 Impact of carbon emission reduction intensity on carbon emission at the same economic growth rate

经济增速	减排力度	累积总量及变动率		峰值及变动率		达峰年份
		总量/ 亿 t	变动率/ %	峰值/ 万 t	变动率/ %	
低	中	0	0	0	0	0
	强	-3.44	-9.52	-968.71	-6.26	2034
中	中	0	0	0	0	0
	强	-3.79	-9.69	-1 546.51	-9.49	2034
高	中	0	0	0	0	0
	强	-4.22	-9.98	-2 403.93	-13.32	2035

表 11 减排力度不变情况下经济增速对碳排放量的影响
Table 11 Impact of economic growth rate on carbon emission under the same carbon emission reduction intensity

减排力度	经济增速	累积总量及变动率		峰值及变动率		达峰年份
		总量/ 亿 t	变动率/ %	峰值/ 万 t	变动率/ %	
中	低	-2.92	-7.48	-813.67	-4.99	2036
	中	0	0	0	0	0
	高	3.19	8.16	1 754.76	10.77	2047
强	低	-2.58	-7.30	-235.87	-1.60	2036
	中	0	0	0	0	0
	高	2.76	7.82	897.34	6.08	2048

2 辽宁省碳排放最优情境的选择

最优情境的选择应该考虑经济增速必须是合理的,从发展时间上要求较快且较好地完成节能减排目标.可以看出,“中增长强减排”情境是辽宁省未来发展的最佳选择,在满足经济社会发展的同时能实现节能减排目标.

2.1 经济社会发展情境

最优情境下,各经济变量的增长率充分考虑了辽宁省实际发展状况,以及政府“十三五”规划中对经济社会发展的预期,见表 12.

2.2 能源消费情境

如表 13 所示,短期内辽宁省非化石能源比重很难达到国家平均水平,但辽宁拥有发展非化石能源的有利条件,如能充分利用,以超过国家上升幅度的速度完成国家 2030 年的规划目标是有可能的.

能的.

表 12 最优情境下的各经济和社会发展变量
Table 12 Variables of economic and social development under the optimal scenario

年份	人均 GDP /美元	年末人口 总量/万人	年末城市 化率/%
2020	13 162.51	4 386.38	70.00
2025	17 202.56	4 388.71	72.50
2030	21 746.79	4 389.81	74.80
2035	26 585.62	4 371.83	76.57
2040	31 881.56	4 328.29	78.07

表 13 最优情境下的能源消费
Table 13 Energy consumption under the optimal scenario

情境	能源强度 降幅/%	能源消耗 增量/万 t	非化石能源占比/%		
			2015	2020	2030
规划目标	15.00	3 550.00	12.00	15.00	20.00
基准情境	15.01	3 398.54	1.74	4.00	12.66
最优情境	19.98	1 999.18	1.74	6.50	20.17

注:能源强度降幅和能源消耗增量均为 2020 年与 2015 年相比较.

2.3 碳排放情境

如表 14 所示,最优情境下碳排放量降幅在 2023 年就可达到最大,提前 7 年完成国家规划目标.

表 14 最优情境下的碳排放
Table 14 Carbon emissions under the optimal scenario

组合情境	碳排放强度降幅 (与 2015 年相比)/%		实现最大 降幅碳排 放量时间
	2020 年	2030 年	
规划目标	40.00 ~ 45.00	60.00 ~ 65.00	2030 年
基准情境(Ⅱ)	52.95	55.16	2031 年
最优情境(Ⅴ)	55.16	73.27	2023 年

3 结 论

1) 在低增长中减排、中增长中减排、高增长中减排、低增长强减排、中增长强减排、高增长强减排这 6 种组合情境下,辽宁省碳排放总量分别在 2025 年、2029 年、2036 年、2019 年、2023 年和 2031 年达到峰值,峰值大小分别为 15 481.21、16 294.88、18 049.64、14 512.50、14 748.36 和 15 645.70 万 t,不同情境下具有较大的浮动.

2) 同一经济增速下,加强减排力度,碳排放峰值下降.经济增速越高,碳排放峰值对减排力度越敏感,经济增速越低,碳排放量达峰时间对减排力度越敏感;同一减排力度下,提高经济增速,碳

排放峰值上升.减排力度越大,碳排放峰值对经济增速敏感度越低,碳排放量达峰时间对经济增速的敏感度越高.

3)以“经济增速合理,较快且较好完成节能减排目标”为标准,“中增长强减排”情境为辽宁省未来低碳发展的最佳选择.在此情境下,辽宁省2020年的人均GDP达13 162.51美元;2020年较2015年的能源消费增量为1 999.18万t标准煤,远低于3 550万t标准煤;非化石能源比重在2020年达到6.5%且在2030年达到20.17%;碳排放量达峰时间为2023年,峰值为14 748.36万t.

4)依据辽宁自身的特点,政府应该在以下几方面发挥政府统筹作用:转型升级传统产业,加快发展新兴产业;优化能源消费结构,加大使用清洁能源;强化节能减排技术,完善支撑服务体系;倡导低碳生活方式,提高人民低碳意识;完善相关支持政策.

参考文献:

[1] Tolmasquim M T, Cohen C, Szklo A S. CO₂ emissions in the Brazilian industrial sector according to the integrated energy planning model (IEPM) [J]. *Energy Policy*, 2001, 29 (8): 641 – 651.

[2] Shimada K, Tanaka Y, Gomi K, et al. Developing a long-term local society design methodology towards a low-carbon economy: an application to Shiga Prefecture in Japan [J]. *Energy Policy*, 2007, 35 (9): 4688 – 4703.

[7] Sørensen F, Jensen J F. Value creation and knowledge development in tourism experience encounters [J]. *Tourism Management*, 2015, 46: 336 – 346.

[8] Skarmeas D, Zeriti A, Baltas G. Relationship value: drivers and outcomes in international marketing channels [J]. *Journal of International Marketing*, 2016, 24 (1): 22 – 40.

[9] Homburg C, Wieseke J, Hoyer W D. Social identity and the service-profit chain [J]. *Journal of Marketing*, 2009, 73 (2): 38 – 54.

[10] Jones C, Volpe E H. Organizational identification: extending our understanding of social identities through social networks [J]. *Journal of Organizational Behavior*, 2011, 32 (3): 413 – 434.

[11] Zhu X, Woo S E, Porter C, et al. Pathways to happiness: from personality to social networks and perceived support [J]. *Social Networks*, 2013, 35 (3): 382 – 393.

[12] So K K F, King C, Sparks B A, et al. The influence of customer brand identification on hotel brand evaluation and loyalty development [J]. *International Journal of Hospitality Management*, 2013, 34: 31 – 41.

[3] Shukla P R, Dhar S, Mahapatra D. Low-carbon society scenario for India [J]. *Climate Policy*, 2008, 8 (supl): 156 – 176.

[4] Tunç G I, Türit-Aşık S, Akbostanci E. A decomposition analysis of CO₂ emissions from energy use: Turkish case [J]. *Energy Policy*, 2009, 37 (11): 4689 – 4699.

[5] 渠慎宁, 郭朝先. 基于 STIRPAT 模型的中国碳排放峰值预测研究 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20 (12): 10 – 15.
(Qu Shen-ning, Guo Chao-xian. Forecast of China's carbon emissions based on STIRPAT model [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2010, 20 (12): 10 – 15.)

[6] 冯悦怡, 张力小. 城市节能与碳减排政策情景分析——以北京为例 [J]. *资源科学*, 2012, 34 (3): 541 – 550.
(Feng Yue-yi, Zhang Li-xiao. Scenario analysis of urban energy saving and carbon emission reduction policies: a case study of Beijing [J]. *Resources Science*, 2012, 34 (3): 541 – 550.)

[7] 黄蕊, 王铮, 丁冠群, 等. 基于 STIRPAT 模型的江苏省能源消费碳排放影响因素分析及趋势预测 [J]. *地理研究*, 2016, 35 (4): 781 – 789.
(Huang Rei, Wang Zheng, Ding Guan-qun, et al. Trend prediction and analysis of influencing factors of carbon emissions from energy consumption in Jiangsu Province based on STIRPAT model [J]. *Geographical Research*, 2016, 35 (4): 781 – 789.)

[8] 刘晴川, 李强, 郑旭煦. 基于化石能源消耗的重庆市二氧化碳排放峰值预测 [J]. *环境科学学报*, 2017, 37 (4): 1582 – 1593.
(Liu Qing-chuan, Li Qiang, Zheng Xu-xi. The prediction of carbon dioxide emissions in Chongqing based on fossil fuel combustion [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2017, 37 (4): 1582 – 1593.)

[13] Brown T J, Dacin P A. The company and the products: corporate associations and consumer product responses [J]. *Journal of Marketing*, 1997, 61 (1): 68-84.

[14] Zagenczyk T J, Gibney R, Few W T, et al. Psychological contracts and organizational identification: the mediating effect of perceived organizational support [J]. *Journal of Labor Research*, 2011, 32 (3): 254 – 281.

[15] Eisenberger R, Armeli S, Rexwinkel B, et al. Reciprocation of perceived organizational support [J]. *Journal of Applied Psychology*, 2001, 86 (1): 42 – 51.

[16] Chiu H C, Hsieh Y C, Li Y C, et al. Relationship marketing and consumer switching behavior [J]. *Journal of Business Research*, 2005, 58 (12): 1681 – 1689.

[17] Voss K E, Spangenberg E R, Grohmann B. Measuring the hedonic and utilitarian dimensions of consumer attitude [J]. *Journal of Marketing Research*, 2003, 40 (3): 310 – 320.

[18] 张新安. 中国消费者的顾客价值形成机制: 以手机为对象的实证研究 [J]. *管理世界*, 2010 (1): 107 – 121, 188.
(Zhang Xin-an. The formation mechanism of the value of the customers of China's consumers: a case study based on users of mobile phones [J]. *Management World*, 2010 (1): 107 – 121, 188.)