

基于供需视角的中国煤炭消费演变特征及其驱动机制

王长建^{1,2}, 汪菲³, 叶玉瑶^{1,2}, 张新林⁴, 苏泳娴^{1,2},
姜璐^{1,2}, 李增⁵, 张虹鸥^{1,2}

(1. 广东省科学院广州地理研究所, 广东省遥感与地理信息系统应用重点实验室/广东省地理空间信息技术与应用公共实验室, 广州 510070; 2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广州 510070; 3. 中山大学新华学院资源与城乡规划系, 广州 510520; 4. 江苏师范大学地理测绘与城乡规划学院, 徐州 221116; 5. 广东工业大学环境科学与工程学院, 广州 510006)

摘要: 作为全球煤炭消费和碳排放最大的国家, 中国煤炭消费的演变趋势及其驱动机制, 一直是科研工作者和政策制定者比较关注的议题。以2013年中国煤炭消费总量28亿tce为关键时间节点, 对比分析煤炭消费动力机制的差异性。通过分别构建侧重供给侧分析的LMDI模型和侧重需求侧分析的IO-SDA模型, 以期揭示中国煤炭消费的演变特征及驱动机制。主要结论如下: (1) 基于供给端的因素分解分析, 中国的煤炭消费主要由经济增长效应、能源强度效应、产业结构效应和能源结构效应共同驱动。2013年以来的GDP增速放缓、产业结构和能源结构的深度调整, 以及能源消费强度的持续降低是煤炭消费总量下降的关键所在。(2) 基于需求侧的结构分解分析, 中国的煤炭消费主要由固定资本形成总额、出口和城镇居民消费所影响。出口紧随固定资本形成总额, 是煤炭消费增长的两大需求端驱动因素, 但是, 由出口诱发的煤炭消费量在2007年全球金融危机之后达到阶段性峰值。城镇居民消费在2017年超越出口, 成为当前煤炭消费增长的第二大需求端驱动因素。(3) 基于最终需求视角, 分行业煤炭消费呈现出由“出口到固定资本形成总额再到城镇居民消费”拉动的变化特征, 同时, 行业发展的煤炭资源依赖性逐步降低。

关键词: 煤炭消费; LMDI; IO-SDA; 中国

能源是人类社会发展和文明进步的物质基础。尤其是工业革命以来, 获取可负担的、稳定的、清洁的能源供给已经是世界经济增长和社会繁荣的基石^[1,2]。伴随着全球经济的不断增长, 全球能源消费也呈现同步增长趋势。1970—2018年的近50年间, 全球GDP由19.19万亿美元增长到82.63万亿美元(以2010年不变价), 增长了330.59%; 全球能源消费由69.66亿t标准煤增长到198.07亿t标准煤, 增长了184.35%^[3]。但是, 因其能源资源禀赋、经济发展阶段、能源利用技术、能源管理政策等的不同, 各个国家或地区的能源消费总量、增量及其结构具有显著的空间差异性^[4]。当前, 全球前十位经济体(美国、中国、日本、德国、法国、英国、印度、巴西、意大利、加拿大), 只有以中国和印

收稿日期: 2020-02-10; 修订日期: 2020-06-30

基金项目: 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)专项(GML2019ZD0301); 广东省科技计划项目(2018B030324002); 广东省科学院实施创新驱动发展能力建设专项(2016GDASRC-0101, 2019GDA-SYL-0302001)

作者简介: 王长建(1986-), 男, 河南南阳人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事经济地理、能源地理与可持续发展研究。E-mail: wwwangcj@126.com

通讯作者: 张虹鸥(1962-), 男, 广东梅州人, 博士, 研究员, 主要从事国土空间规划与区域可持续发展等研究。E-mail: hozhang@gdas.ac.cn

度为代表的新兴经济体是以煤为主的能源消费结构，且煤炭占一次能源消费总量的比例在55%以上^[3]，其他国家大多以石油和天然气为主。美国、法国、英国、意大利以石油和天然气为主，且石油占一次能源消费总量的比例在30%以上；巴西和加拿大以石油和可再生能源（水电）为主，同时，可再生能源占一次能源消费总量的比例在30%以上^[3]。相比于全球其他发达经济体以石油为主的能源结构，中国“富煤贫油少气”的能源禀赋决定了长期以来“以煤为主”的能源结构特征。中国作为全球最大的煤炭消费国家，消费总量占全球的50%以上。2000年以来，中国煤炭消费总量由2000年的10.07亿tce快速增长到2013年的28亿tce^[5]，快速的煤炭消费增长在助推中国经济快速发展的同时，也使得中国成为全球最大的能源消费国和二氧化碳排放国，煤炭消费也成为国内空气污染和雾霾频发的重要源头。为了积极应对温室气体排放引致的全球气候变化和降低煤炭消费导致的环境污染和健康风险，实现煤炭消费总量控制和煤炭转型发展，一直是中国能源生产和消费革命战略的立足点和首要任务。关于中国煤炭的已有研究，大量集中在煤炭资源开发^[6,7]、煤炭资源产能及供应^[8,9]、煤炭消费与经济增长的相互关系^[10]、经济增长的煤炭需求^[11]、煤炭贸易^[12]、煤炭消费的影响因素及驱动机制^[13]、煤炭消费峰值^[14]、煤炭产业政策变化^[15]、煤炭资源利用的环境效应^[16]等。这些研究大多都在回答中国的经济增长与煤炭消费能否实现背离，或者揭示促使煤炭消费需求下降的关键因素。要厘清煤炭消费需求变化的原因，首先要全面了解煤炭消费与经济增长之间的关系，即煤炭消费的演进特征；其次要系统揭示煤炭消费变动的影响因素及其作用机理。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

揭示煤炭消费的关键驱动因素，重点在于煤炭消费总量的演变特征及其作用机理。在定量识别关键驱动因子进而解析能源消费变化特征的方法模型中，指数分解分析（Index Decomposition Analysis, IDA）和结构分解分析（Structural Decomposition Analysis, SDA）是应用较为广泛的两种分析方法。指数分解分析采用相关影响因子相加或者相乘的形式表示，并且根据不同的权重确定方法进行总量分解，以确定各个影响因子的增量余额^[17]。Ang等^[18]在系统对比不同类型IDA方法的基础上，采用对数平均迪氏指数方法（Logarithmic Mean Divisia Index, LMDI）对工业能源消费进行无残差分解。LMDI模型不仅解决之前IDA方法中的“0”值问题，而且对于研究时段和研究数据具有较大灵活性^[19]。随后，在Kaya恒等式和IPAT模型的基础上，LMDI模型广泛应用于能源消费及其环境效应等研究领域^[20,21]。SDA与IDA在理论上具有相似性，但其建模过程和数据来源具有明显的差异^[22]。SDA模型主要基于投入产出（Input-output, IO）理论^[23]，很大程度上弥补了IDA模型对于最终需求端影响因素作用机理研究的不足^[24,25]。鉴于此，本文将结合IDA和SDA的研究优势，整合侧重供给侧的IDA方法和侧重需求侧的SDA方法，系统研究中国煤炭消费总量的演变特征及其驱动机制。

1.1.1 基于IPAT的LMDI模型构建

在已有研究基础上，构建基于IPAT模型的LMDI方法。IPAT模型的变形如下：

$$Coal(I) = Population(P) \times \frac{GDP}{Population}(A) \times \frac{Coal}{GDP}(T) \quad (1)$$

在测度人口规模效应 (P)、经济增长效应 (A) 和技术水平效应 (T) 的基础上, 进一步对 IPAT 模型进行拓展:

$$C = \sum_i \frac{C_i}{E_i} \times \frac{E_i}{G_i} \times \frac{G_i}{G} \times \frac{G}{P} \times P = p \times g \times \sum f_i \times e_i \times s_i \quad (2)$$

式中: C 表示煤炭消费总量 (万 tce); $i=1, 2, 3$ 分别表示第一产业、第二产业和第三产业; $P=p$ 与式 (1) 中 P 的含义相同; $\frac{G}{P}=g$ 与式 (1) 中 A 的含义相同; $\frac{E_i}{G_i}=e_i$ 与式 (1) 中 T 的含义相同; $\frac{G_i}{G}=f_i$ 表示产业结构效应 (F), 其中 G_i 表示第一产业、第二产业和第三产业的 GDP (亿元); $\frac{C_i}{E_i}=s_i$ 表示能源结构效应 (S), 其中 C_i 和 E_i 分别表示第一产业、第二产业和第三产业的煤炭消费总量 (万 tce) 和能源消费总量 (万 tce)。

那么, 从 0 年到 t 年的煤炭消费总量变化 ΔC 就可以表征如下:

$$\Delta C = C_t - C_0 = \Delta C_p + \Delta C_g + \Delta C_f + \Delta C_e + \Delta C_s \quad (3)$$

进而, 借助 LMDI 模型^[26]对于 0~ t 年的煤炭消费总量变化分解为五部分: 人口规模效应 (ΔC_p)、经济增长效应 (ΔC_g)、产业结构效应 (ΔC_f)、能源强度效应 (ΔC_e) 和能源结构效应 (ΔC_s)。其中:

$$\begin{aligned} \Delta C = & \frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{p^t}{p^0} \right) + \frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{g^t}{g^0} \right) + \sum_{i=1}^3 \left(\frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{f_i^t}{f_i^0} \right) \right) \\ & + \sum_{i=1}^3 \left(\frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{e_i^t}{e_i^0} \right) \right) + \sum_{i=1}^3 \left(\frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{s_i^t}{s_i^0} \right) \right) \end{aligned} \quad (4)$$

1.1.2 基于 IO 的 SDA 模型构建

在投入产出分析的基础上^[27], 借鉴已有的研究成果^[22,25], 构建“能源—经济”混合型投入产出分析框架。在价值型投入产出表的基础上, 嵌套以实物量表征的能源要素 (煤炭消费)。

$$C = E \times (I - A)^{-1} \times y \quad (5)$$

式中: E 代表分行业煤炭消费强度向量; A 表示直接消耗系数矩阵; $(I - A)^{-1}$ 代表 $n \times n$ 的列昂惕夫逆矩阵; y 为 $n \times 1$ 的最终需求列向量。最终需求包括投入产出表中第 II 象限的最终消费 (政府消费、城镇居民消费、农村居民消费)、资本形成总额 (固定资本形成总额和存贷增加) 和进出口总额 (进口和出口)。

基于 IO 的 SDA 模型的最大优势在于能够全面刻画最终需求部门对于煤炭消费总量变化的作用程度, 根据投入产出表中最终需求部门的不同类别, 将最终需求列向量 y 进行对角化处理, 得到公式如下:

$$C_k = E(I - A)^{-1} y_k \quad (6)$$

式中: y_k 表示第 k 类别的最终需求; C_k 表示第 k 类别的最终需求变化引起的煤炭消费总量 (万 tce)。

1.2 数据来源

基于 IPAT 的 LMDI 模型所需的人口规模数据、分三次产业 GDP 数据、分三次产业能源消费总量数据和分三次产业煤炭消费总量数据, 均来自《中国统计年鉴》和《中国能

源统计年鉴》。基于IO的SDA模型所需的分行业煤炭消费总量数据和投入产出（价值型）数据主要来自于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》和《中国投入产出表》（2002年、2007年、2010年、2012年和2017年）。为了与统计年鉴中分行业煤炭消费总量数据保持一致，特别将42部门的中国2002年、2007年、2010年和2012年投入产出表和149部门的中国2017年投入产出表按照一定的产业合并原则，将5张表格分别合并为23部门投入产出表（表1）。为了便于煤炭消费与经济增长的国际对比研究，1965年以来长序列的煤炭消费、一次能源消费和二氧化碳排放总量数据来自当前最新发布的2019年《BP世界能源统计年鉴》（<http://www.bp.com/statisticalreview>），人口规模和GDP（2010年美元可比价）数据来自于世界银行的WDI数据库（<http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>）。

表1 中国23部门投入产出行业分类表

Table 1 China's 23 sector input-output table

代码	产业	代码	产业
1	农、林、牧、渔业	13	交通运输设备制造业
2	采掘业	14	电气机械及器材制造业
3	食品加工制造及烟草加工业	15	电子及通信设备制造业
4	纺织服装业	16	其他制造业
5	木材及家具制造业	17	电力、热力的生产和供应业
6	造纸及文教用品制造业	18	煤气的生产和供应业
7	石油加工及炼焦业	19	自来水的生产和供应业
8	化学工业	20	建筑业
9	非金属矿物制品业	21	交通运输、仓储和邮政业
10	金属冶炼及压延加工业	22	批发、零售业和住宿、餐饮业
11	金属制品业	23	其他行业
12	通用、专用设备制造业		

2 结果分析

2.1 中国煤炭消费的演进特征分析

由图1分析，自1978年改革开放以来，伴随着中国经济的快速增长，能源消费总量和煤炭消费总量呈现同步增长趋势。GDP由1978年的3678.7亿元持续增长到2018年的135273.2亿元（1978年不变价），年均增长率为9.46%；能源消费总量由1978年的5.7亿tce增长到2018年的46.4亿tce，年均增长率为5.44%。从能源消费总量和GDP的增速分析，大致可以分为四个阶段：1978—2002年，GDP增速高于能源消费增速；2002—2007年，GDP和能源消费总量的增速均在10%以上，并且能源消费总量的增速远高于GDP增速；2007—2010年，全球金融危机之后，中国经济依然保持快速增长趋势，年均增长率为10.98%，但是，能源消费增速快速下降；2010—2018年，中国经济进入新常态，GDP增速自2010年的10.6%之后呈现持续下降趋势，能源消费增速同步呈现下降趋势。

煤炭消费总量与能源消费总量的变化趋势呈现高度一致性，尤其是在前三个发展阶段。但是，在2010—2018年间，伴随着GDP增速的持续下降，能源消费总量依然保持增长趋势，煤炭消费总量在2013年达到28.1亿tce之后，呈现出2014—2016年的连续总量

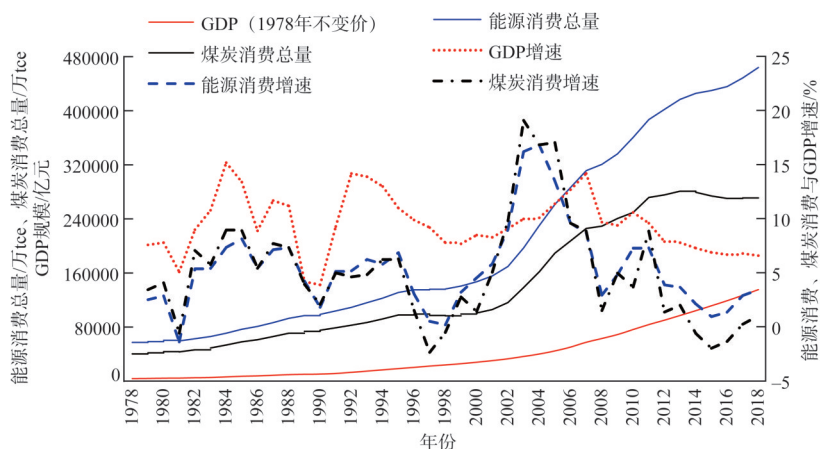


图1 中国经济增长、能源消费与煤炭消费的演进趋势图

Fig. 1 Evolution trends of economic growth, energy consumption and coal consumption in China

下降趋势。2017—2018年，煤炭消费总量又呈现增长态势，但是，2018年的27.4亿tce还未超过2013年的阶段性峰值。那么，2013年之后，中国煤炭消费总量的降低，是否可以完全归因于经济的缓慢增长？

由图2分析，自1978年以来，中国“以煤为主”的能源消费结构仍未发生太大变化。煤炭消费占据中国能源消费的主体地位，其次是石油、天然气和可再生能源形成能源消费的有效补充。按照煤炭消费占能源消费总量的比例划分，中国的能源消费结构演变趋势可以大致划分为两个阶段：1978—2012年煤炭消费占能源消费总量的比例大多在70%以上；2012—2018年煤炭消费比例自2012年的68.5%之后连续下降；2018年煤炭消费占一次能源消费比例首次低于60%，非化石能源和天然气消费总量明显提升^[5]。2012年中国风电累积装机容量为61597 MW，超过美国的累积装机容量60208 MW，成为全球累积风电装机容量最大的国家。2018年，中国风电累积装机容量为184696 MW，占全球累积装机容量的32.7%；美国为94295 MW，占全球的16.7%；德国为59420 MW，占全球

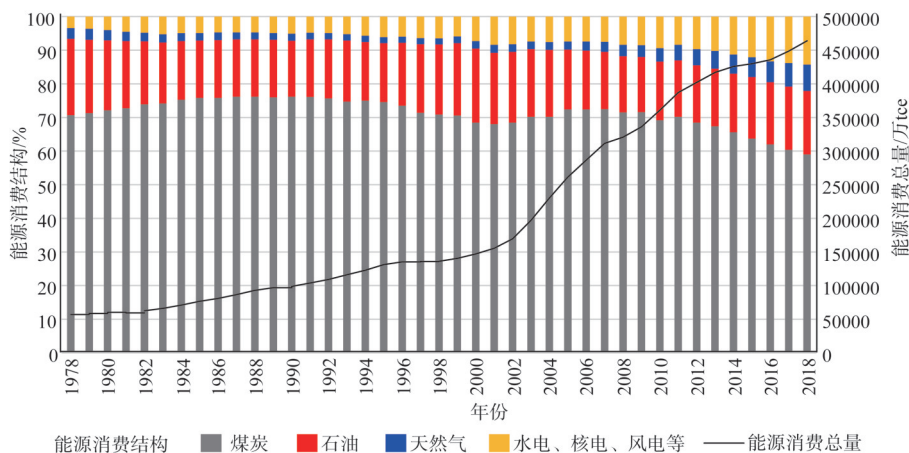


图2 中国能源消费总量及能源消费结构演进特征

Fig. 2 Evolution characteristics of total energy consumption and energy consumption structure in China

的10.5%^[3]。2015年中国光伏电累积装机容量达到43552 MW，超过德国的累积装机容量39245 MW，成为全球累积光伏电装机容量最大的国家。2018年中国光伏电累积装机容量为175032 MW，占全球累积装机容量的35.9%；美国为51450 MW，占全球的10.5%；日本为55500 MW，占全球的11.4%；德国为45932 MW，占全球的9.4%。中国清洁能源迅猛发展，自2013年以来，可再生能源占一次能源消费总量的比例由10.2%增长到2018年的14.3%。那么，以可再生能源主导的能源结构调整是否是煤炭消费总量降低的关键驱动因素？

2.2 基于LMDI模型的煤炭消费总量变化的因素分解分析

基于以上定性分析，经济的缓慢增长和能源结构的优化都是中国煤炭消费总量降低的潜在关键影响因素。借助基于IPAT构建的LMDI模型，依据式(1)，对1978—2018年中国逐年煤炭消费的变化进行“人口—经济—技术—结构”的多层次因素分解分析，结果如图3所示。总体上，1978年以来，中国煤炭消费的增长主要是由经济增长效应和人口规模效应共同驱动，其中经济增长效应的作用程度最强。特别是2000—2007年，经济增长效应逐年增强，煤炭消费增量由2000—2001年的5101.62万tce快速拉升到2006—2007年的18393.34万tce。能源消费强度一直是遏制中国煤炭消费快速增长的最主要贡献因素，除2002—2005年间，中国能源消费强度呈现波动增长。能源消费结构在2007年之后，才发挥显著的节能减排效应。

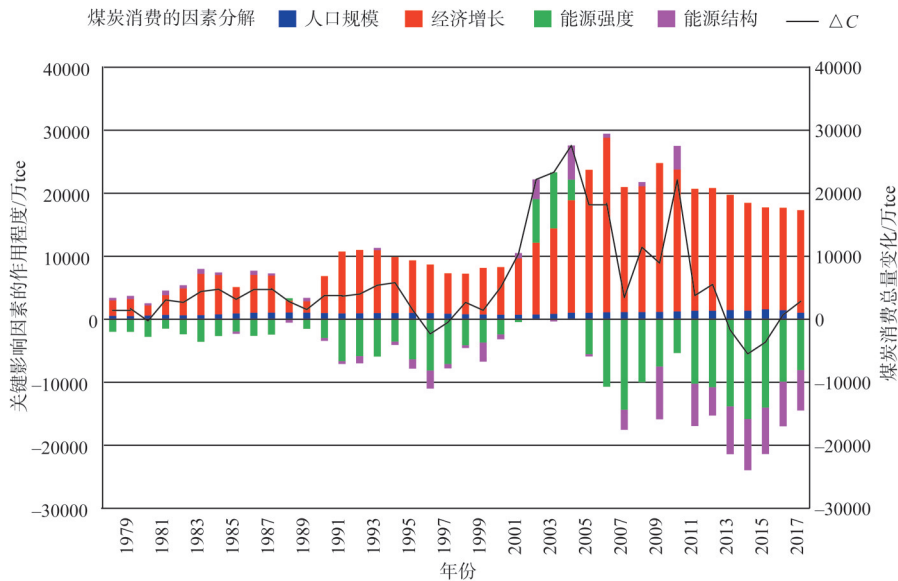


图3 1978—2018年中国煤炭消费的因素分解分析

Fig. 3 Factor decomposition analysis of China's coal consumption from 1978 to 2018

为进一步揭示2000年以来中国煤炭消费总量变化的复杂趋势，在式(1)的基础上进一步纳入产业结构效应，根据式(2)，对2002—2018年间煤炭消费总量变化的驱动力制进行分阶段的对比分析，结果如图4和表2所示。

第一阶段：2002—2007年，中国于2000年进入WTO，出口贸易拉动的加工制造业快速发展，且大多为能源资源驱动的高耗能产业，如电力、钢铁、水泥、玻璃、炼铝等

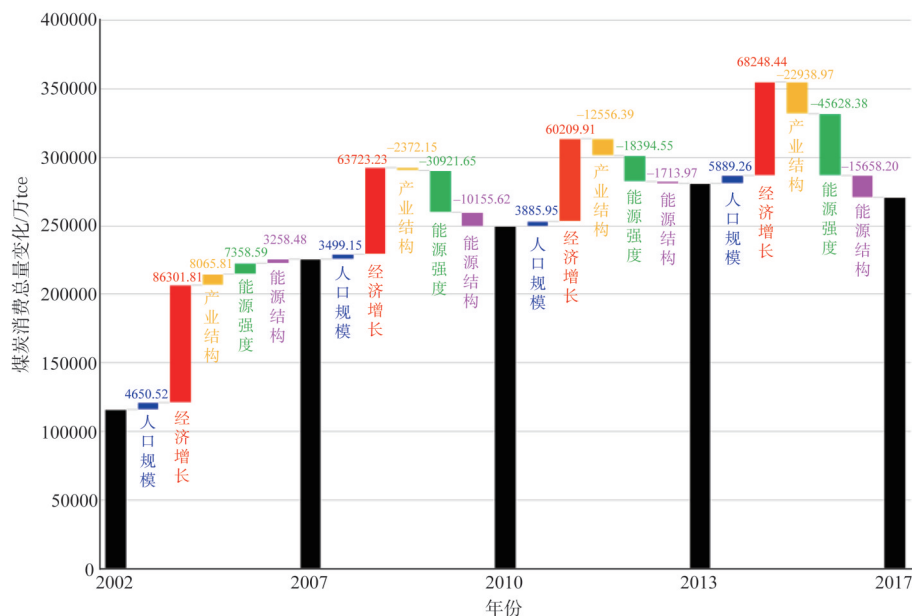


图4 关键影响因素对中国煤炭消费作用程度的变化趋势

Fig. 4 Impact of key factors on China's coal consumption

表2 中国煤炭消费关键影响因素的分阶段指数分解分析

Table 2 Index decomposition analysis of key influencing factors of coal consumption in China in different periods (万 tce)

年份	p	g	f_1	f_2	f_3	ΔC
2002—2007	4650.52	86301.81	-454.14	8487.76	32.19	109635.21
2007—2010	3499.15	63723.23	-131.88	-2321.14	80.87	23772.97
2010—2013	3885.95	60209.91	-90.75	-12715.38	249.75	31430.95
2013—2017	5889.26	68248.44	-288.39	-23137.60	487.03	-10087.85
时段/年	e_1	e_2	e_3	s_1	s_2	s_3
2002—2007	-60.35	7489.70	-70.76	186.39	4511.78	-1439.68
2007—2010	-873.23	-29715.18	-333.24	-183.98	-11075.96	1104.32
2010—2013	-92.16	-17909.64	-392.75	-126.44	-1253.49	-334.04
2013—2017	2.98	-44861.87	-769.49	416.51	-16087.36	12.65

的快速扩张，经济增长模式粗放^[28]，也是这一时期能源消费强度上升的原因所在，反映出经济增长对能源要素投入存在较强依赖性。煤炭消费总量由2002年的11.62亿 tce 急速增长到2007年的22.58亿 tce，增长率为94.38%。煤炭消费总量的主要影响因素中人口规模、经济增长、产业结构、能源强度和能源结构均呈现正效应。经济增长、产业结构、能源强度、人口规模和能源结构产生的煤炭消费增量分别为86301.81万 tce、8065.81万 tce、7358.59万 tce、4650.52万 tce和3258.47万 tce。同时，产业结构效应、能源强度效应和能源结构效应均由第二产业主导 (f_2 、 e_2 和 s_2)。

第二阶段：2007—2010年，全球金融危机之后，中国经济增长速度放缓，中国经济结构进入深化调整时期^[29]，同时，节能减排政策措施的执行力度大大加强。高耗能的第二

产业比例稳步下降，第三产业比例不断提升。煤炭消费总量由2007年的22.58亿tce增长到2010年的24.96亿tce，增长率为10.53%。经济增长对于煤炭消费总量的推进作用明显低于前一阶段，导致煤炭消费的增量为63723.23万tce；人口规模仍然呈现相对微弱的正效应，带来的煤炭消费增量为3499.15万tce。能源强度、能源结构和产业结构依次为遏制煤炭消费增长的重要影响因素，导致煤炭消费减量分别为30921.65万tce、10155.62万tce和2372.15万tce。

第三阶段：2010—2013年，中国经济进入新常态，不再以追求GDP高速增长为经济发展目标，多年10%以上的GDP增速开始回落。生产要素持续向第二产业和第三产业转移，产业结构不断优化。中国服务业迅速发展，第三产业增加比例进一步提升，且在2012年超越第二产业。煤炭消费总量由2010年的24.96亿tce增长到2013年的28.10亿tce，增长率为12.59%。经济增长对于煤炭消费总量的推进作用明显低于前两个阶段，导致煤炭消费增量为60209.91万tce；人口规模仍然呈现相对稳定且微弱的正效应，带来的煤炭消费增量为3885.95万tce。能源强度、产业结构和能源结构依次是遏制煤炭消费增长的重要影响因素，导致煤炭消费减量分别为18394.55万tce、12556.39万tce和1713.97万tce。产业结构效应超过能源结构效应，成为这一时期遏制煤炭消费增长的第二大影响因素。

第四阶段：2013—2017年，实施创新驱动发展战略，逐步摆脱劳动力以及资源能源驱动的经济增长模式。随着我国经济增长和收入水平继续提高，进入到以低能耗的服务业为主的发展阶段，这一时期第三产业增加值比例超过50%，能源消费强度持续降低，同时，可再生能源消费比例提升到10%以上。煤炭消费总量由2013年的28.10亿tce下降到2017年的27.09亿tce，增长率为-3.59%。经济增长对于煤炭消费总量的推进作用明显强于前两个阶段，导致煤炭消费的增量为68248.44万tce，经济增长一直是四个阶段中促进煤炭消费增长的最重要的贡献因子。但是，经济增长对于促进煤炭消费的作用程度从2002—2007年逐步降低到2010—2013年阶段，这三个阶段GDP的增幅分别为73.64%、32.73%和27.48%，2013年以来虽然GDP增速放缓，但是中速增长^[30]，依然使这一阶段GDP的增幅达到30.71%。人口规模仍然呈现相对稳定且微弱的正效应，带来的煤炭消费增量为5889.26万tce。人口规模对于煤炭消费或能源消费的贡献作用远低于经济增长的促进作用，人口规模的促进作用一直保持稳定的正效应，其主要原因在于我国的现行人口政策，人口规模的年均增长率大致保持在5.3‰左右。能源强度、产业结构和能源结构依次是遏制煤炭消费增长的重要影响因素，导致煤炭消费减量分别为45628.38万tce、22938.97万tce和15658.20万tce。能源强度、产业结构和能源结构对于遏制煤炭消费增长的作用程度明显强于前一发展阶段，并且第二产业能源强度效应(e_2)、第二产业产业结构效应(f_2)和第二产业能源结构效应(s_2)作用显著。2013—2017年， e_2 带来的煤炭消费总量下降为44861.87万tce，降幅远远高于2010—2013年的17909.64万tce，其主要原因在于第二产业的能源强度由2013年的1.89 tce/万元GDP快速下降到2017年的1.59 tce/万元GDP，能源强度的降幅远高于从2010年的2.02 tce/万元GDP到2013年的1.89 tce/万元GDP。2013—2017年， f_2 带来的煤炭消费总量下降为23137.60万tce，降幅远远高于2010—2013年的12715.38万tce，其主要原因在于第二产业的比例由2013年的44.18%调整到2017年的40.54%，第二产业占GDP比例的降幅高于从2010年的46.39%到

2013年的44.18%。第二产业的能源消费强度和产业结构的下降,对于有效控制煤炭消费总量的作用显著。但是,并不能一味只关注工业生产端对煤炭消费的影响,也应重视第三产业对煤炭消费的影响。研究期内,第三产业能源强度效应持续发挥遏制煤炭消费增长的负效应,但是,第三产业结构效应对于煤炭消费增长发挥持续的正效应,同时,第三产业能源结构效应对于煤炭消费的影响程度不稳定,降低第三产业对于煤炭的消费需求也是控制煤炭消费的关键。

2.3 基于IO模型的煤炭消费总量变化的结构分解分析

以上的因素分解分析,主要从经济增长、产业结构、能源强度和能源结构等方面,侧重供给侧的影响机理分析。为了更全面地揭示中国煤炭消费的驱动机制,在供给侧分析基础上,构建“能源—经济”混合型投入产出分析框架,依据式(5),开展中国煤炭消费的需求侧影响因素的结构分解分析,结果如图5所示。

基于需求端研究视角,固定资本形成总额、出口和城镇居民消费是中国煤炭消费总量变化的最重要影响因素。固定资本形成总额一直是煤炭消费总量增长的最大

需求端驱动因素,尤其是2007年之后,由固定资本形成总额引致的煤炭消费快速增长,由2007年的12.30亿tce增长到2010年的15.53亿tce,占煤炭消费总量的比例由2007年的54.46%快速提升到2010年的62.22%。其原因主要是,为应对2007年全球金融危机对中国经济的负面影响,国家实施“四万亿”投资计划,投资大多集中在住房建设、农村基础设施建设、交通运输重大基础设施建设等。全社会固定资产投资总额由2002年的4.35万亿元,快速增长到2007年的13.73万亿元、2010年的25.17万亿元、2012年的37.47万亿元和2017年的64.12万亿元,且该时期房地产开发投资占全社会固定资产投资的比例在18%以上。出口是煤炭消费总量增长的第二大需求端驱动因素,自2000年中国加入WTO以来,出口导致的煤炭消费快速增长,由2002年的34914.82万tce增长到2007年的102679.94万tce,占煤炭消费总量的比例由2002年的30.06%快速提升到2007年的45.47%。对比之前的研究^[31,32],由出口导致的煤炭消费自2007年之后,呈现持续下降趋势,由2010年的89873.42万tce下降到2012年的88178.27万tce,进而快速下降到2017年的71482.83万tce,占煤炭消费总量的比例由2010年的36.01%持续下降到2012年的32.01%和2017年的26.39%。自全球金融危机之后,中国的贸易结构进入深度调整期,出口贸易结构也持续发生深刻变化,中国在国际贸易中的角色、参与全球价值链的程度、处于全球价值链的位置使得出口贸易由劳动密集型和资源密集型产品向低能耗的高附加值产品转变,倒逼生产结构升级^[33]。居民消费是煤炭消费总量变化的第三大需求端驱动因素,尤其是城镇居民消费。由城镇居民消费诱发的煤炭消费量由2002年的

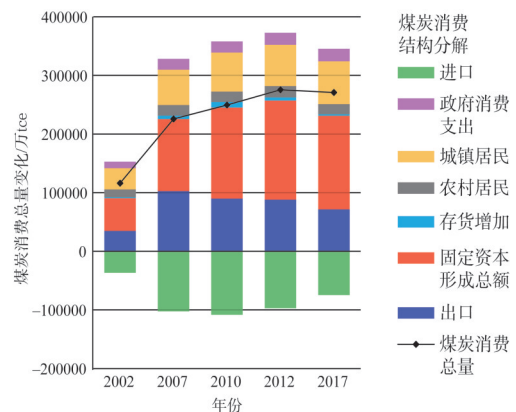


图5 2002—2017年中国煤炭消费的结构分解分析

Fig. 5 Structural decomposition analysis of China's coal consumption from 2002 to 2017

36224.09万 tce, 持续增长到2007年、2010年、2012年和2017年的60309.71万 tce、66623.25万 tce、70500.20万 tce和73125.36万 tce。2017年, 城镇居民消费诱发煤炭消费占煤炭消费总量的比例为26.99%, 超越出口诱发煤炭消费占煤炭消费总量比例的26.39%, 成为当前中国煤炭消费总量增长的第二大需求端驱动因素。伴随着中国经济的快速增长, 中国的城镇化水平由2002年的39.09%快速提升到2017年的58.52%, 超过世界平均水平3.72%; 城镇居民人均消费性支出由2002年的6030元/人快速提升到2017年的24445元/人。在当前, 我国社会的主要矛盾转变为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分发展之间的矛盾的背景下, 居民消费端的节能减排在未来显得格外重要。

根据式(6), 进一步揭示不同需求类别对于分行业煤炭消费的作用机理, 结果如图6所示。基于不同阶段的对比分析, 受固定资本形成总额的较强诱发作用, 建筑业(20)从2002年到2017年一直是需求端拉动煤炭消费增长最高的行业, 但是, 2012—2017年, 需求端对于建筑业的煤炭消费拉动作用明显下降。2002—2017年, 建筑业占全社会固定资产投资的比例一直在18%以上, 2002—2012年间, 建筑业投资年均增速为25.0%; 2012—2017年间, 建筑业投资年均增速为9.0%, 建筑业投资年均增速的快速下滑, 进一步引致钢铁、水泥等高煤耗产品的需求降低。

2002—2007年, 分行业煤炭消费的增量呈现出明显的出口拉动特点, 尤其是煤炭消费增量排名前十位的行业中, 主要包括电子及通信设备制造业(15)、通用及专用设备制造业(12)、电气机械及器材制造业(14)等资本密集型行业, 以及金属冶炼及压延制造业(10)、化学工业(8)、纺织服装业(4)等高耗能行业。这些行业同样是我国参与全球化程度较高的行业门类, 特别是2000年以来, 进一步承接国际产业转移, 这些行业出口占总产值的比例较高, 且主要由外国资本构成。

2007—2010年, 煤炭消费增量最大的行业均由固定资本形成总额拉动, 主要包括交通运输设备制造业(13)、电气机械及器材制造业(14)、通用及专用设备制造业(12)等设备制造业; 煤炭消费增量最小的行业均受出口减缓的影响, 比如金属冶炼及压延加工业(10)、纺织服装业(4), 主要是因为全球金融危机之后, 钢铁、服装等高耗能产品的出口减少。这一时期的变化, 其主要原因在于国家实施农村、水利、交通等基础设施建设的“四万亿”投资计划, 进一步在需求端拉动了设备制造业的煤炭需求。纺织服装业对煤炭消费的需求与上一阶段明显相反, 其主要原因在于全球金融危机影响下的需求端的出口减少。

2010—2012年, 煤炭消费增量最大的行业需求端驱动因素呈现复杂趋势, 主要包括交通运输仓储和邮政业(21)、造纸及文教用品制造业(6)、石油加工及炼焦业(7)、农林牧渔业(1), 这些行业呈现出主要由城镇居民消费拉动的特点, 且产品更贴近居民生活的需求。煤炭消费增量最小的行业主要受固定资本形成总额和出口降低的影响, 主要包括电子及通信设备制造业(15)、电气机械及器材制造业(14)、其他制造业(16)。2010年以来, 我国经济增长进入新旧动能的转换期, 逐步改善需求侧的高出口和高投资的特点, 以期通过扩大国内消费来带动国民经济增长。

2012—2017年, 煤炭消费增量最大的行业受城镇居民消费拉动的特点更加明显, 主要包括其他服务业(23)和食品加工制造及烟草加工业(3)。煤炭消费增量最小的行业主要受固定资本形成总额和出口降低的影响, 主要包括交通运输设备制造业(13)、电气

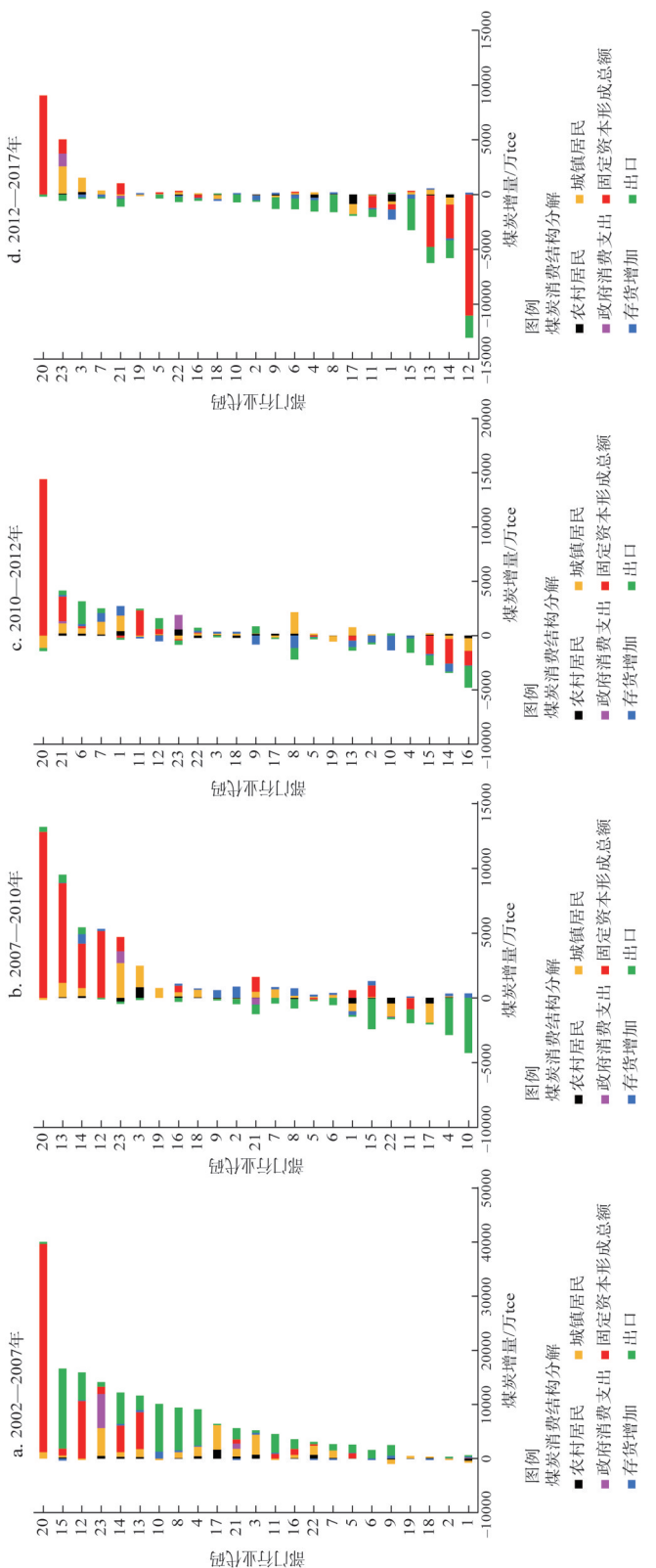


图6 中国分行业分阶段煤炭消费的结构分解分析

Fig. 6 Structural decomposition analysis of coal consumption by sectors in China in different stages

机械及器材制造业（14）、通用及专用设备制造业（12）。在经济结构调整升级过程中，国内市场需求进一步扩大。随着城镇化水平的提升和居民可支配收入的增长，城镇居民消费逐步成为拉动煤炭消费的需求侧因素。

3 结论与讨论

3.1 结论

基于1978—2018年的中国煤炭消费数据，通过构建侧重供给侧的LMDI模型和侧重需求侧的IO-SDA模型，以期系统揭示中国煤炭消费的关键驱动因素。同时，以2013年中国煤炭消费总量28亿tce为关键时间节点，对比分析煤炭消费动力机制的差异性，得出主要结论如下：

（1）基于生产端的因素分解分析，中国的煤炭消费主要由经济增长效应、能源强度效应、产业结构效应和能源结构效应共同驱动，经济增长效应一直是驱动中国煤炭消费增长的最主要的影响因素，能源强度效应一直是遏制中国煤炭消费增长的最重要的贡献因子。产业结构效应和能源结构效应在各个阶段发挥的控煤作用各不相同。但是，2013年以来煤炭消费总量的下降，经济进入新常态以来的GDP增速放缓是一方面重要的原因；产业结构和能源结构的深度调整，以及能源消费强度的持续降低是另一方面的关键所在。

（2）基于需求侧的结构分解分析，中国煤炭消费主要由固定资本形成总额、出口和城镇居民消费所影响。固定资本形成总额一直是中国煤炭消费总量增长的最大需求端驱动因素。出口紧随固定资本形成总额之后，是煤炭消费总量增长的第二大需求端驱动因素。但是，自2007年全球金融危机之后，中国出口结构进入深度调整期，出口产品逐步摆脱对于煤炭消费的依赖。由2007年的出口隐含煤炭消费总量10.27亿t持续下降到2010年的8.99亿t、2012年的8.82亿tce、2017年的7.15亿tce，说明中国出口隐含煤炭消费量已经在2007年全球金融危机之后达到阶段性峰值。城镇居民消费是持续拉动煤炭消费总量增长的需求端驱动因素，由城镇居民消费诱发的煤炭消费量在2017年超越出口诱发的煤炭消费量，成为当前中国煤炭消费总量增长的第二大需求端驱动因素。在当前人民日益增长的美好生活需要的背景下，居民消费端的节能降耗在未来显得尤为重要。

（3）基于分行业的结构分解分析，由于受最终需求规模、需求结构变化的影响，需求端的煤炭消费总量增长呈现出“由出口拉动到由固定资本形成总额拉动再到由城镇居民消费拉动”的变化特征。最终需求拉动煤炭消费增长最快的行业，由全球金融危机之前的电子及通信设备制造业、通用及专用设备制造业、交通运输设备制造业和电气机械及器材制造业，转变为经济进入新常态以来的其他服务业、交通运输仓储和邮政业、造纸及文教用品制造业和食品加工制造及烟草加工业。最终需求诱发煤炭消费增量最少的行业，全球金融危机之后，主要由出口减少所致；经济进入新常态以来，主要由固定资本形成总额和出口共同作用。比如，钢铁、服装等高耗能产品的出口减少，直接导致金属冶炼及压延加工业和纺织服装业在需求端的煤炭消费大幅降低，煤炭资源的行业依赖性进一步降低。

3.2 讨论

基于以上的系统分析，中国在经历改革开放40多年来的高速发展之后，以高质量发展为目标的经济增长模式逐步确定。中国煤炭消费演变特征具有明显的发展阶段性，驱

动机制具有显著的时间异质性，各个影响因素对于中国煤炭消费变化的作用机理和影响程度在不同发展阶段各不相同。经济缓慢增长、产业结构和能源结构深度优化、能源强度持续降低，再加上节能减耗政策措施的实施力度加强，中国自2013年实现2014年、2015年和2016年连续三年的煤炭消费总量降低。再加之，作为“世界工厂”的中国，其出口产品隐含的煤炭消费量在2007年已经出现明显拐点。中国的煤炭消费总量，似乎在2013年已经达到峰值，或者已经进入峰值阶段。

如图7所示，全球部分主要经济体在发展过程中，正在或者已经逐步摆脱对于煤炭消费的依赖。由于各个国家发展阶段的不同，因此采取《京都议定书》的基准年和IPCC第一次评估报告的1990年以来为对比研究时段。英国、法国和德国自1990年以来，煤炭消费都处于不断下降趋势（图7a~图7c）。随着煤炭消费峰值的到来，德国的能源消费总量以及能源消费二氧化碳排放总量均呈现明显的下降趋势；英国的能源消费总量在2005年实现3.32亿tce峰值，其能源消费二氧化碳排放量自2006年57989万t之后处于快速下降趋势，同时，2019年5月，英国实现自工业革命以来的第一个无煤炭供电周（coal-free electricity week）；法国的能源消费总量在2004年实现3.80亿tce峰值，其能源消费二氧化碳排放量自2005年38996万t之后处于快速下降趋势^[3]。作为当前全球煤炭消费前三位的国家（中国、印度和美国），美国的煤炭消费总量在2005年实现7.79亿tce峰值，之后处于快速下降趋势（图7d）。美国在煤炭消费总量实现峰值之后，能源消费总量及其能源消费二氧化碳排放总量均在2007年实现33.06亿tce和586110万t的峰值^[3]。中国和印度作为全球排名第一和第二的煤炭消费大国，随着人均GDP的不断增长，煤炭消费总量处于快速增长趋势（图7e、图7f）。但是，中国的煤炭消费总量历经几十年的快速增长之后，自2013年的28亿tce以来，实现2014年、2015年和2016年的连续下降^[34]。对比美国、德国、法国和英国的发展经验，四个国家在煤炭消费总量实现峰值之后，其能源消费总量和二氧化碳排放总量均在煤炭峰值之后实现阶段性的拐点。此外，已有的研究表明，实现能源消费碳排放持续降低的18个发达经济体中，大多数国家均已实现煤炭消费的峰值^[35]。那么，中国是否在2013年实现煤炭消费的阶段性峰值，对于中国的能源

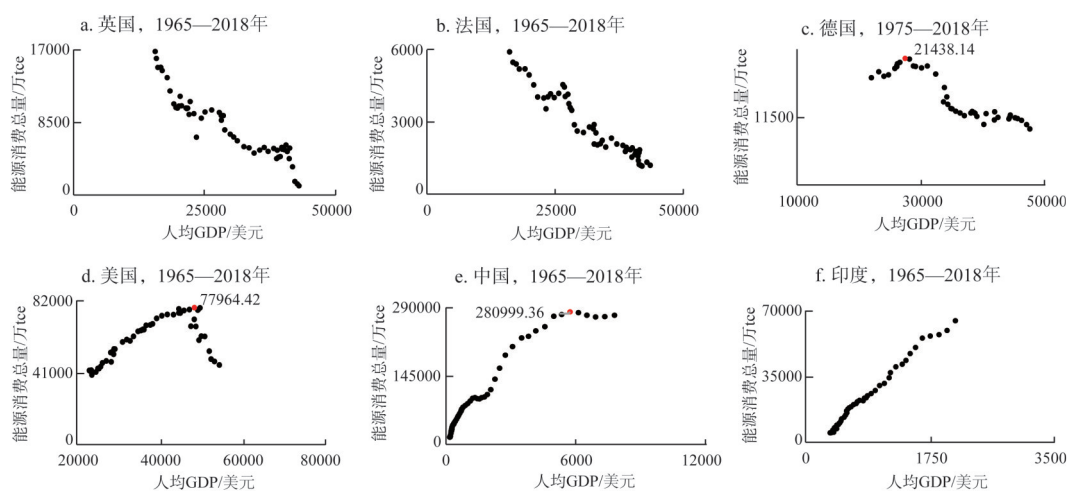


图7 全球主要经济体煤炭消费与经济增长的演进趋势图（横轴人均GDP为2010年美元可比价）

Fig. 7 Coal consumption and economic growth in global major economies

消费总量控制和二氧化碳减排显得极其重要。假如, 中国在2013年实现煤炭消费峰值, 其人均GDP为5710.59美元(2010年可比价), 远远低于2005年美国实现煤炭消费峰值的人均GDP(48499.81美元)(图7)。如果中国在相对低的人均GDP水平下实现煤炭消费峰值, 其达峰策略和达峰路径对于广大发展中国家和新兴经济体更具参考价值。如图7所示, 作为全球能源消费总量和二氧化碳排放第三位的印度, 其煤炭消费总量还没有明显的下降趋势。但是, 中国和印度的能源消费和二氧化碳的总量控制, 对于应对全球变化具有较强的促进作用。

但是, 煤炭消费影响机制的复杂性和不确定性, 会使峰值阶段呈现波动性。2017年和2018年, 中国的煤炭消费总量出现反弹趋势, 一方面由于火力发电带来的煤炭需求, 另一方面现代煤化工带来的煤耗新增长点^[36]。尽管, 煤炭消费依然是当前中国能源消费的主体结构, 2018年的煤炭消费增长仍未达到2013年的阶段性峰值, 并且煤炭消费占一次能源消费比例首次低于60%。这些都可以视为中国煤炭消费治理进入关键转型期的重要信号, 中国的节能降耗减排政策在推进能源结构调整和控制煤炭消费总量等方面已经取得显著成效。

参考文献(References):

- [1] CHU S, MAJUMDAR A. Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature*, 2012, 488(7411): 294-303.
- [2] 杨宇, 刘毅. 世界能源地理研究进展及学科发展展望. *地理科学进展*, 2013, 32(5): 818-830. [YANG Y, LIU Y. Progress and prospect of world energy geography in China. *Progress in Geography*, 2013, 32(5): 818-830.]
- [3] BP. *Statistical Review of World Energy*. 2019.
- [4] 杨宇, 王礼茂, 江东, 等. 美国对伊朗石油禁运与全球能源安全. *地理研究*, 2018, 37(10): 1879-1898. [YANG Y, WANG L M, JIANG D, et al. U.S. sanctions policy on Iran's oil export and its influence on global energy security. *Geographical Research*, 2018, 37(10): 1879-1898.]
- [5] 中华人民共和国国家统计局. *中国统计年鉴*. 2019. [National Bureau of Statistics of China. *China Statistical Yearbook*. 2019.]
- [6] 石敏俊, 黄文, 李娜. 资源优势能否转化为产业优势: 煤炭开发重心西移对能源密集型产业空间格局变化的影响. *自然资源学报*, 2015, 30(6): 891-902. [SHI M J, HUANG W, LI N. Can resource advantage become industrial advantage: Impact of the westward shift of coal production on the spatial pattern of energy intensive industries in China. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(6): 891-902.]
- [7] 朱孟珏, 庄大昌, 李涛. 1990—2014年中国煤炭运输网络的时空特征研究. *自然资源学报*, 2018, 33(3): 454-466. [ZHU M J, ZHUANG D C, LI T. Spatial characteristics of coal transportation network in China during 1990-2014. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(3): 454-466.]
- [8] WANG J, DONG Y, WU J, et al. Coal production forecast and low carbon policies in China. *Energy Policy*, 2011, 39(10): 5970-5979.
- [9] 柳君波, 高俊莲, 徐向阳. 中国煤炭供应行业格局优化及排放. *自然资源学报*, 2019, 34(3): 473-486. [LIU J B, GAO J L, XU X Y. Pattern optimization and carbon emissions of coal supply in China. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(3): 473-486.]
- [10] LI R, LEUNG G C K. Coal consumption and economic growth in China. *Energy Policy*, 2012, 40: 438-443.
- [11] 林伯强, 吴微. 中国现阶段经济发展中的煤炭需求. *中国社会科学*, 2018, (2): 141-161, 207-208. [LIN B Q, WU W. Demand for coal in current chinese economic development. *Social Sciences in China*, 2018, (2): 141-161, 207-208.]
- [12] RIKER D A. International coal trade and restrictions on coal consumption. *Energy Economics*, 2012, 34(4): 1244-1249.
- [13] STECKEL J C, EDENHOFER O, JAKOB M. Drivers for the renaissance of coal. *PNAS*, 2015, 112(29): 3775-3781.
- [14] 林伯强, 李江龙. 环境治理约束下的中国能源结构转变: 基于煤炭和二氧化碳峰值的分析. *中国社会科学*, 2015, (9): 84-107, 205. [LIN B Q, LI J L. Transformation of China's energy structure under environmental governance con-

- straints: A peak value analysis of coal and carbon dioxide. *Social Sciences in China*, 2015, (9): 84-107, 205.]
- [15] SHEN L, GAO T M, CHENG X. China's coal policy since 1979: A brief overview. *Energy Policy*, 2012, 40: 274-281.
- [16] WANG J, LEI Y, YANG J, et al. China's air pollution control calls for sustainable strategy for the use of coal. *Environmental Science Technology*, 2012, 46(8): 4263-4264.
- [17] ANG B W, LEE S Y. Decomposition of industrial energy consumption: Some methodological and application issues. *Energy Economics*, 1994, 16(2): 83-92.
- [18] ANG B W, CHOI K H. Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: A refined division index method. *Energy Journal*, 1997, 18(3): 59-73.
- [19] ANG B W. The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide. *Energy Policy*, 2005, 33(7): 867-871.
- [20] 王长建, 汪菲, 张虹鸥. 新疆能源消费碳排放过程及其影响因素: 基于扩展的Kaya恒等式. *生态学报*, 2016, 36(8): 2151-2163. [WANG C J, WANG F, ZHANG H O. The process of energy-related carbon emissions and influencing mechanism research in Xinjiang. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(8): 2151-2163.]
- [21] 何则, 杨宇, 宋周莺, 等. 中国能源消费与经济增长的相互演进态势及驱动因素. *地理研究*, 2018, 37(8): 1528-1540. [HE Z, YANG Y, SONG Z Y, et al. The mutual evolution and driving factors of China's energy consumption and economic growth. *Geographical Research*, 2018, 37(8): 1528-1540.]
- [22] 王长建, 张小雷, 张虹鸥, 等. 基于IO-SDA模型的新疆能源消费碳排放影响机理分析. *地理学报*, 2016, 71(7): 1105-1118. [WANG C J, ZHANG X L, ZHANG H O, et al. Influencing mechanism of energy-related carbon emissions in Xinjiang based on the input-output and structural decomposition analysis. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(7): 1105-1118.]
- [23] DIETZENBACHER E, LOS B. Structural decomposition techniques: Sense and sensitivity. *Economics Systems Research*, 1998, 10(4): 307-324.
- [24] WANG C, WANG F, ZHANG X, et al. Influencing mechanism of energy-related carbon emissions in Xinjiang based on the input-output and structural decomposition analysis. *Journal of Geographical Sciences*, 2017, 27(3): 365-384.
- [25] WANG C, WANG F, ZHANG X, et al. Analysis of influence mechanism of energy-related carbon emissions in Guangdong: Evidence from regional China based on the input-output and structural decomposition analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, 24(32): 25190-25203.
- [26] WANG C, WU K, ZHANG X, et al. Features and drivers for energy-related carbon emissions in mega city: The case of Guangzhou, China based on an extended LMDI model. *PLOS ONE*, 2019, 14(2): e0210430, DOI: 10.1371/journal.pone.0210430.
- [27] LEONTIEF W. Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 1936, 18(3): 105-125.
- [28] 贺灿飞, 王俊松. 经济转型与中国省区能源强度研究. *地理科学*, 2009, 29(4): 461-469. [HE C F, WANG J S. Economic transition and energy intensity in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(4): 461-469.]
- [29] 刘卫东, 唐志鹏, 夏炎, 等. 中国碳强度关键影响因子的机器学习识别及其演进. *地理学报*, 2019, 74(12): 2592-2603. [LIU W D, TANG Z P, XIA Y, et al. Identifying the key factors influencing Chinese carbon intensity using machine learning, the random forest algorithm, and evolutionary analysis. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(12): 2592-2603.]
- [30] 陆大道. 中速增长: 中国经济的可持续发展. *地理科学*, 2015, 35(10): 1207-1219. [LU D D. Moderate-speed growth: Sustainable development of China's economy. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(10): 1207-1219.]
- [31] MINX J C, BAIOCCHI G, PETERS G P, et al. A "Carbonizing Dragon": China's fast growing CO₂ emissions revisited. *Environmental Science Technology*, 2011, 45(21): 9144-9153.
- [32] PETERS G P, WEBER C L, GUAN D, et al. China's growing CO₂ emissions a race between increasing consumption and efficiency gains. *Environmental Science Technology*, 2007, 41(17): 5939-5944.
- [33] 贺灿飞, 陈航航. 参与全球生产网络与中国出口产品升级. *地理学报*, 2017, 72(8): 1331-1346. [HE C F, CHEN H H. Participation in global production networks and export product upgrading. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(8): 1331-1346.]
- [34] WANG C, WANG F. China can lead on climate change. *Science*, 2017, 357(6353): 764.
- [35] LE Q, KORSBAKKEN J I, WILSON C, et al. Drivers of declining CO₂ emissions in 18 developed economies. *Nature Climate Change*, 2019, 9(3): 213-217.
- [36] IEA. *Global Energy & CO₂ Status Report 2018: The latest trends in energy and emissions in 2018*. 2019.

Evolving characteristics and driving mechanism of coal consumption in China

Based on the perspective of supply and demand

WANG Chang-jian^{1,2}, WANG Fei³, YE Yu-yao^{1,2}, ZHANG Xin-lin⁴,
SU Yong-xian^{1,2}, JIANG Lu^{1,2}, LI Zeng⁵, ZHANG Hong-ou^{1,2}

(1. Key Lab of Guangdong for Utilization of Remote Sensing and Geographical Information System, Guangdong Open Laboratory of Geospatial Information Technology and Application, Guangzhou Institute of Geography, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China; 2. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Guangzhou 510070, China; 3. Department of Resources and Urban Planning, Xinhua College of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510520, China; 4. School of Geography, Geomatics and Planning, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, Jiangsu, China; 5. School of Environmental Science and Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: China has been the world's largest energy consumer and carbon dioxide emitter. The evolution trend of China's coal consumption and its driving mechanism have always been a topic of concern to researchers and policy makers. Taking China's total coal consumption of 2.8 billion tons of standard coal in 2013 as the key time point, a comparative analysis of the differences in the dynamics of coal consumption mechanisms has been conducted. An extended LMDI model based on the classical IPAT identity and an input output-structural decomposition analysis (IO-SDA) model were adopted to determine the main driving factors for coal consumption in China. The impacts and influences of various factors on coal consumption were different in different development stages. China's coal consumption was mainly driven by the effects of economic growth, energy intensity, industrial structure and energy structure. The slowdown in GDP growth since the economy entered the "New Normal", the in-depth adjustment of the industrial structure and energy structure, and the continuous decline in energy consumption intensity were the key to the decline in total coal consumption since 2013. Based on the demand-side structural decomposition analysis, China's coal consumption was mainly affected by capital formation, exports, and urban household consumption. The embodied coal consumption of Chinese exports has peaked after the global financial crisis in 2007. Coal consumption induced by urban household consumption surpassed export-induced coal consumption in 2017, which became the second largest demand-side driver of China's total coal consumption growth. Based on the perspective of final demand, coal consumption by sectoral industry performed a changing feature of "driven by exports→driven by capital formation→driven by urban household consumption". The industry's coal resource dependence has gradually decreased. China's total coal consumption has entered a peak stage with the maximum value appearing in 2013.

Keywords: coal consumption; LMDI; IO-SDA; China