

中国居民消费碳排放的统计测算

周海燕¹

【摘要】 作为国内生产总值重要组成部分，居民消费是产生碳排放的主要因素。以居民消费碳排放为研究对象，构建一套包含居民消费直接碳排放和间接碳排放的综合评价指标体系，并采用 CRITIC-TOPSIS 法对中国居民消费碳排放进行实证研究。结果表明：中国居民消费碳排放整体呈现出“东部和东北高、中部平、西部低”的阶梯型变化；不同维度对中国居民消费碳排放量的影响不同，其中化石能源和热力消费对居民消费碳排放的影响最大。为此，应多措并举完善碳减排顶层设计、加快碳减排技术创新、推进产业绿色低碳转型、倡导国民养成低碳消费习惯，以降低居民消费碳排放。

【关键词】 居民消费碳排放 CRITIC-TOPSIS 法 低碳发展 碳达峰

【中图分类号】 F126.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1006-5024(2022)09-0072-10

一、引言

随着碳达峰、碳中和目标的提出，实现碳减排成为全世界经济社会的一场系统性变革，其中居民消费在减碳进程中扮演重要角色。居民生活消费水平提高后所产生的碳排放仅次于工业碳排放，是全球气候变暖、温室效应等环境问题频发的又一重要诱因。^[1]居民消费碳排放既包括日常出行、烹饪、消费、取暖等直接消耗能源所造成的碳排放，也包括大众在衣食住行等领域消费产品与服务间接产生的碳排放。据已完成工业化国家的经验，居民消费碳排放占总碳排放比重为 60%—80%，是国家碳排放的主要增长因素。联合国环境署《2020 排放差距报告》指出，当前全球碳排放量的 2/3 来自居民消费，优化大众消费结构已成为应对气候变化的必然选择。2021 年 4 月，国际公益环保组织自然资源保护协会（NPRD）发布的《政府与企业促进个人低碳消费的案例研究》显示，2021 年中国居民消费所产生的碳排放量约为 29.7 亿吨，是 2002 年的 2.27 倍。为此，测算居民消费碳排放量，分析其直接与间接影响因素，有利于国家更好地了解居民消费碳排放变化趋势和分析居民消费碳排放区域差异，进而实现居民消费碳减排与中国经济高质量发展。

二、文献综述

居民消费碳排放内涵最早被定义为由居民消费行为所引致的直接与间接碳排放，且有关居民消费碳排放的研究一直是学者们重点关注内容。^[2,3]通过探析居民消费碳排放概念，为评估中国碳排放影响因素与低碳增长绩效提供重要理论参考。学术界关于居民消费碳排放的研究主要集中在如下几方面。（1）从测算方法看，黄敏（2012）^[4]、王会娟和夏炎（2017）^[5]、徐丽等（2019）^[6]分别采用投入产出模型、非竞争投入产出分析法和 ARIMA 模型测算居民消费碳排放。（2）从测算视角看，杨莉和张雪磊（2020）^[7]立足空间视角，采用 CLA 模型和 ESDA 模型对江苏省居民生活消费碳排放空间格局进行测度，发现该地区居民消费碳排放呈现苏南>苏中>苏北的空间格局。崔盼盼等（2020）^[8]同样运用投入产出法对中国城镇居民消费碳排放的空间格局演变展开分析，得出中国城镇居民消费碳排放呈现东部高、中西部低空间分布特征。（3）从影响因素看，付云鹏等（2016）^[9]利用 STIRPAT 模型测度影响中国居民消费碳排放的因素，发现人口规模、消费结构、收入水平对居民消费碳排放的影响显著。郭文等（2017）^[10]以人口结构变动为出发点，指出人口城镇化是影响中国居民消费碳排放量变动的主要因素。Yin 等（2021）^[11]指出，能源消费结构对居

¹作者简介：周海燕，温州商学院管理学院副教授，硕士，研究方向为绿色低碳发展与区域经济。（浙江温州 325035）

基金项目：浙江省软科学研究计划项目“双碳目标下浙江绿色低碳创新发展演化机理、驱动因素及作用路径研究”（项目编号：2022C35007）

民消费碳排放强度产生直接与间接影响。Fatima 等 (2021)^[12]立足收入水平与碳排放视角,考察发现收入增加可有效调节居民消费碳排放比值和可再生能源消费结构。彭璐璐等 (2021)^[13]通过分析相关影响因素对居民消费间接碳排放的贡献程度发现,收入规模及直接碳排放强度对其影响程度较为突出。

梳理近年研究文献发现,有关居民消费碳排放的研究颇丰。但归纳上述研究成果发现:第一,文献多集中于测算居民生活能源使用产生的直接碳排放量,鲜少研究其他消费支出所产生的间接碳排放,也未将两者结合起来进行实证分析。第二,已有文献为研究顺利开展提供了坚实理论支撑,且为创新构建影响居民消费碳排放的直接与间接因素指标体系提供重要思路。但不可否认的是,现有文献仅单一考量居民消费与碳排放量间的相互作用关系,较少结合地区发展实际与空间位置探究上述因素对居民消费碳排放量的影响。因此,结合上述理论成果,本文从以下方面考察居民消费如何直接与间接影响碳排放:(1)利用 CRITIC-TOPSIS 法测算 2020 年中国 30 个省(区、市)(除去港澳台和西藏)的居民消费碳排放情况及区域特征;(2)从直接与间接两个方向入手,全面考察中国居民消费碳排放情况;(3)将空间因素引入实证研究,考察中国居民消费碳排放的空间特征,以更好解决不同区域对实证结果的影响偏差问题。

三、中国居民消费碳排放统计的理论与方法

(一) 理论分析

为应对气候变化,要推动以二氧化碳为主的温室气体减排。苏亮瑜等 (2017)^[14]的研究表明,国际上应对气候变化的主流方式为建立碳排放权交易制度,中国应逐步完善碳市场建设,为推动居民消费碳减排奠定政策基础。彭璐璐等 (2021)^[13]认为,中国居民间接碳排放的阶段性和区域性特征,对于制定碳减排策略意义重大。王会娟和夏炎 (2017)^[5]则将技术、消费结构和人口视为削减居民消费碳排放量的主要因素。因此,本文认为在消费结构不断优化升级背景下,应尽早采取必要措施减缓居民消费碳排放增长速度,以助推“30·60”目标全面达成。

一方面,长期以来中国工业化高速发展,而经济发展需要消耗大量煤炭和能源,碳排放量仍呈指数式增长。2020 年,中国碳排放量达到 98.99 亿吨,同比增长 0.6%,在全球碳排放量中所占比重也提升至 30.7%。李爱华等 (2017)^[15]研究发现,经济增长和产业结构二者之间存在正向关系。全世文等 (2019)^[16]也认为经济发展水平较高区域,碳排放回调速度相应更快。并且,随着个人消费水平提升,个人消费领域的碳排放量随之增加。朱宏城等 (2022)^[17]的研究表明,直接能源、食物、交通、日常用品以及废弃物所产生的碳排放量较为巨大,不利于居民消费升级。故此,本研究认为国家应大力优化消费结构,转变消费模式,以缓和居民消费碳排放带来的负面影响,助力经济实现更高质量发展。

另一方面,李猛 (2013)^[18]的研究认为,在现有能源与产业结构下,居民消费逐渐由生存资料消费转向发展资料消费乃至享受资料消费,致使碳排放量增加不可避免,加之消费者收入不断提升,其对于高耗能产品的消费需求不断增加,促使能耗与二氧化碳排放量居高不下。万文玉等 (2016)^[19]认为,随着经济社会不断发展以及人民生活水平提高,居民消费日益成为碳排放的主要增长点因素。该研究还指出除上述因素外,城市规模壮大、人均可支配收入以及年龄结构也极大增加居民消费碳排放量。基于此,刺激消费结构升级、拉动经济增长并兼顾碳达峰、碳中和目标,成为经济体制改革的主要方向。

(二) 指标体系

借鉴汪臻等 (2015)^[20]学者的研究,将居民消费碳排放划分为直接碳排放和间接碳排放。参考柴士改 (2016)^[21]研究,将居民消费直接碳排放划分为能源碳排放、热力消费碳排放以及电力消费碳排放。虽然居民不直接消耗原煤和原油,但其在取暖、炊事、出行以及家用电器使用方面产生大量二氧化碳。因此,用上述指标衡量居民消费直接碳排放。另外,结合赵玉焕等 (2018)^[22]研究结果,将食品、衣着、教育文化及娱乐、医疗卫生视为居民消费间接碳排放指标。这是因为日常生活中,居民衣食住行所消费的非能源商品在制造、运输以及使用过程中会消耗大量能源,成为居民消费碳排放产生的间接因素。相较于直接碳排放,间接

碳排放通常被隐含在居民的非能源商品和服务中。^[23]在此基础上,借鉴相关文献^[24,25,26],构建了包括2个维度、9个层级、16个指标的居民消费碳排放评价指标体系,刻画出影响中国居民消费碳排放的主要因素。

(三) 测度方法

本文选用 CRITIC-TOPSIS 法对中国居民消费碳排放各维度水平进行测度。首先,确定各基础指标并对其进行标准化预处理;其次,利用 CRITIC 法将经过标准化预处理的指标数据进行赋权;最后,采用 TOPSIS 法对中国 30 个省区市(除去港澳台和西藏)居民消费碳排放情况加以量化排序。CRITIC-TOPSIS 法具体操作步骤如下:步骤 1:确定基础指标并对其进行预处理。将指标划分为正向和负向两大类,负向指标与居民消费碳排放呈正相关,负向指标越大,居民消费碳排放量就越大。同时,由于指标在数量级和量纲方面具有差异性,无法直接合成,故运用极差法对居民消费碳排放评价指标体系中各基础指标进行标准化处理:

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} \frac{\beta_{ij} - \min(\beta_{ij})}{\max(\beta_{ij}) - \min(\beta_{ij})}, & \beta_{ij} \text{ 为正向指标} \\ \frac{\max(\beta_{ij}) - \beta_{ij}}{\max(\beta_{ij}) - \min(\beta_{ij})}, & \beta_{ij} \text{ 为负向指标} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, i 和 j 分别指代省份和各基础指标, β_{ij} 和 λ_{ij} 分别表示原始和经由标准化处理后的居民消费碳排放基础测度指标值, $\max(\beta_{ij})$ 和 $\min(\beta_{ij})$ 分别为 β_{ij} 的最大值和最小值。步骤 2:计算各指标信息量。若 j 个指标的信息量由 F_j 表示,那么 $F_j = \theta_j \sum_{i=1}^n (1 - \rho_{ij})^2$,其中, θ_j 为指标 j 的标准差, ρ_{ij} 代表指标 j 与指标 t 的相关系数。步骤 3:确定指标权重。将第 j 项指标的权重 w_j 表示为:

$$w_j = F_j / \sum_{i=1}^m F_j \quad (2)$$

步骤 4:构建中国居民消费碳排放的指标加权矩阵。加权矩阵表示为 $\Pi = [\phi_{ij}]_{n \times y}$,其中, $\phi_{ij} = w_j \times \lambda_{ij}$ 。

步骤 5:选取最优解和最劣解。分别用 Z_j^+ 和 Z_j^- 表示最优解和最劣解,公式表示为:

$$\begin{aligned} Z_j^+ &= (\max \phi_{i1}, \max \phi_{i2}, \dots, \max \phi_{in}) \\ Z_j^- &= (\min \phi_{i1}, \min \phi_{i2}, \dots, \min \phi_{in}) \end{aligned} \quad (3)$$

步骤 6:计算测度对象与最优解、最劣解间的距离。分别以 D_i^+ 和 D_i^- 表示测度对象与最优解、最劣解的欧式距离,公式表示为:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_j^+ - \phi_{ij})^2}, D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_j^- - \phi_{ij})^2} \quad (4)$$

步骤 7:评估相对接近度。将被测度对象 i 与其理想方案的相对接近度表示为 $\mu_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-)$,相对接近度 μ_i 代表第 i 个省份

的居民消费碳排放测度结果，位于 0—1 之间。 μ_i 越大就表示 i 省份的居民消费碳排放指数就越高，反之则越低。

（四）数据说明

选取 2020 年中国 30 个省（区、市）数据（除去港澳台和西藏）作为研究样本。其中，化石能源碳排放、热力消费碳排放和电力消费碳排放数据来源于碳交易网公布的官方数据，其余指标所使用的原始数据均来源于《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》。部分缺失数据从各省（区、市）统计年鉴中或采用平均增长率法加以补充。需要说明的是：（1）全国居民热力和电力消费碳排放量指标，数据来自《中国能源统计年鉴》中的《中国能源平衡表》，各类化石能源碳排放指标采用国家发展和改革委员会能源研究所中的数据；（2）居民间接消费碳排放指标的计算需要中国 30 个省（区、市）（除去港澳台和西藏）的投入产出表，由于缺乏完整年限的消费碳排放指数，故选取 2020 年的投入产出表作为样本期。

四、中国居民消费碳排放评价实证分析

（一）中国居民消费碳排放的分维检验

基于上文所构评价指标体系，借助 CRITIC-TOPSIS 法从两个维度测得 2020 年 30 个省（区、市）（除去港台和西藏）居民碳排放情况。根据国家统计局标准，将中国 30 个省（区、市）（除去港澳台和西藏）划分为东部、中部、西部和东北地区。由此可知，居民在热力类、电力类、医疗卫生类、教育文化及娱乐类商品消费引致的碳排放表现较为突出，平均得分在 0.2—0.7 之间，仍有较大减排空间。居民化石能源碳排放类、食品类、衣着类商品消费引致的碳排放值下降，平均得分在 0.4—0.6。而且，加快居民消费结构优化与完善、减少居民消费碳排放所带来不利影响，对提升中国消费水平与环境保护起重要支撑作用。^[27]

1. 居民消费直接碳排放的分维度水平

（1）化石能源消费碳排放缩减

2020 年国内居民对化石能源类商品消费所引致的碳排放均值为 0.595。横向看，青海（0.694）、新疆（0.651）、甘肃（0.698）等西部省份均高于 0.6；中部地区的山西（0.769），西部地区的宁夏（0.790）、内蒙古（0.717），东部地区的河北（0.773）以及东北地区的吉林（0.788）、黑龙江（0.703）、辽宁（0.712）均高于 0.7；其他省份化石能源碳排放得分均低于 0.6，如福建（0.535）、四川（0.581）等。究其原因，中西部地区煤炭产量较多，极大增加居民对于消费化石能源产品的消费，进而导致中西部地区多数省份碳排放量较大。^[28]相反，东部地区因具备先进科学技术而优化了化石能源生产与消费的方式，极大降低该地区整体碳排放量。^[29]进一步观察可知，排名第一的山东化石能源碳排放测度值高达 0.833，是排名末尾青海（0.294）的 2.1 倍。这反映出部分省份居民化石能源消费碳排放结构仍存在较大差异，亟需相关部门采取相关手段做好碳中和、碳达峰各项工作，降低居民消费碳排放所带来的各项危害。从整体看，东部沿海地区与中部、西部、东北地区居民消费碳排放指数差异正不断缩减。

（2）热力消费碳排放集中

居民热力消费碳排放得分最高的省份为山西省（0.820），主要原因在于其所处中部地区历来是中国主要煤炭生产地区。2020 年全国煤炭产量共计 38.44 亿吨，其中山西与内蒙古是煤炭产量最多的地区，分别占全国产量的 27.66% 与 26.04%，合计比重超过 50%。得分最低的省份为海南（0.038）。山西约是海南热力消费碳排放的 22 倍，且后者对热力的投入与产出明显低于全国均值。这说明居民热力消费所产生的碳排放存在较为显著空间异质性特征。从空间分布看，除山西外，内蒙古、黑龙江、江苏、山东、河北、新疆、辽宁、河南等地区热力消费碳排放高于 0.5，是国内居民使用热力消费所产生碳排放较多的省份。造成这一现象的原因在于这些省份煤炭资源较为丰富，对居民消费碳排放的影响作用相对显著。

（3）电力消费碳排放增长

电力消费碳排放增长得分最高的省份为广东和江苏，分别达 0.960、0.953；其次为山东、浙江、河南、河北、内蒙古，这些省份电力消费碳排放指数分别为 0.916、0.902、0.878、0.868、0.855，均位于东部和中部地区。而且，这 5 个省份电力消费碳排放指数均超过 0.850，造成其得分较高的原因各异。其中，广州新能源科技发达，拥有诸多大型新能源公司，为广东创新电力能源使用方式与实现碳中和、碳达峰提供重要技术支撑；江苏、山东、浙江单位电力能耗较低；内蒙古则采用风力发电，降低了电力消费碳排放指数及碳排放量。新疆是电力消费碳排放得分最低的省份，仅为 0.211；东部地区仅海南、天津的电力消费碳排放得分低于全国均值；东北地区为黑龙江、吉林；中部为江西；西部地区除四川外，其余省份得分均低于全国电力消费碳排放平均水平。

2. 居民消费间接碳排放

（1）食品、衣着层面引致的间接碳排放平衡

居民对食品、衣着消费所引起间接碳排放排名前 5 的为上海、北京、天津、四川、广东，得分为分别 0.753、0.732、0.718、0.699 与 0.696。其中，北京、上海、广东、天津由于地理位置优越、资源要素集聚及对外开放程度较高，促使其整体消费水平提升，故在食品、衣着方面的消费占比较大，引发较高消费碳排放。根据四川数据显示：由于疫情影响，地区居民居家时间增多与食品价格上涨，导致该地人均食品、衣着支出总体呈上涨趋势。食品、衣着消费碳排放得分最低的省份是贵州，仅为 0.107，表明不同地区居民对食品、衣着消费间接产生的碳排放存在显著空间极化现象，进一步反映出贵州地区碳排放较低、生态环境质量整体较好。此外，有 17 个省份得分低于全国平均水平（0.396），并集中于中西部地区，亟需依托国家“西部大开发”战略与“一带一路”倡议提高对外开放水平，以创造良好消费环境与提升政策吸引力，吸引国内外企业进入本区域。但需注意的是，相关政府部门重点要提高居民精神层面的消费水平，平衡精神与物质消费的结构以减少碳排放，最终实现国家碳中和、碳达峰目标。^[30]

（2）教育文化及娱乐引致的间接碳排放升级

教育文化及娱乐间接消费碳排放得分最高的是北京，为 0.743。紧随其后的是得分为 0.735、0.724 的天津与上海，表明上述省份居民对于教育文化及娱乐的消费较高。究其原因：一是由于居民生活水平、质量提升，北京、上海地区居民更重视教育、文化、娱乐等精神层面的享受，进而间接提升居民消费碳排放指数。二是域内拥有丰富教育、文化与娱乐资源，对居民消费间接碳排放起带动作用。其中，有 15 个省份的教育文化及娱乐间接消费碳排放得分在 0.100 以下，占比为 50%。此外，得分低于 0.2 的有广西（0.137）、山东（0.134）、江西（0.106）、黑龙江（0.179）、内蒙古（0.149）。从上述数据可以看出，这些地区在教育、文化及娱乐等精神层面的消费较弱，依旧重视物质层面的消费，忽视精神层面的享受与消费。而且，出现该种现象也可能与地区消费水平存在较大联系。对多数省份而言，消费结构协调偏低是国内存在的普遍性、共性层面的问题，亟需相关政府部门通过产业转型升级提升居民消费水平，逐渐打破不合理消费结构与低端化，以优化地区碳排放结构。^[31]

（3）医疗卫生引致的间接碳排放推进

医疗卫生消费间接引致碳排放得分最高的是北京，达到 0.894，是全国居民消费间接碳排放最高的地区。医疗卫生消费碳排放得分在 0.400—0.600 之间的省份共计 15 个，占比达 43.3%；剩余 15 个省份医疗卫生消费碳排放得分均低于 0.400，且多数省份属于西部地区，其次为中部地区，与全国居民消费间接碳排放存在显著差距。究其原因，全国医疗卫生消费水平呈现出明显的“东高西低”阶梯式分布，也反映出全国污染情况较严重与碳排放指数较高的地区主要在东部地区。^[32]对此，加快中西部地区医疗卫生设施完善显得尤为重要。

（二）中国居民消费碳排放的综合水平

依托上述各维度中国居民消费碳排放得分情况，本文采用 TOPSIS 法计算得出 2020 年中国各省（区、市）（除去港澳台和西藏）居民消费碳排放综合指数，结果如图所示。由图可知，样本期内中国居民消费碳排放综合得分区间为 0.089—0.443。其中，分数最高与分数最低的省份分别为宁夏（0.443）、海南（0.089）。上述数据表明，2020 年中国居民消费碳排放量整体处于较高水平，但各省份居民消费碳排放量存在一定区域差异。

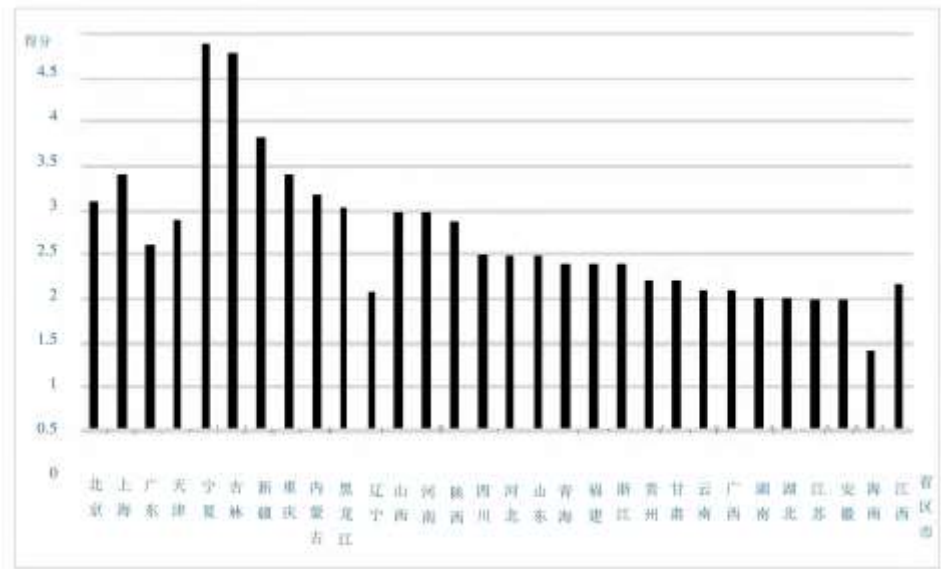


图 2020 年中国居民消费碳排放综合水平得分

注：因数据因素，未包括港澳台和西藏。

为进一步直观了解省份间居民消费碳排放差异情况，借助 Ward 系统聚类法对 2020 年全国 30 个省（区、市）（除去港澳台和西藏）居民消费碳排放综合得分展开聚类分析，并用平方 Euclidean 距离衡量分类标准可知，上述省（区、市）居民消费碳排放综合得分最终被划分为三种类型：不合理型（0.175—0.443）、趋于合理型（0.010—0.175）和较合理型（0.089—0.010）。

居民消费碳排放划分为不合理型的省份有 18 个，占整体考察样本总数的 30%，包括北京、上海、天津、浙江、广东、山东、河北、福建、吉林、山西、黑龙江、宁夏、重庆、四川、内蒙古、青海、新疆、陕西。这些省份经济发展实力与整体消费水平较高，且居民消费碳排放综合指数较高，进而产生大量二氧化碳，一定程度上对地区生态环境发展起遏制作用。宁夏、吉林居民消费碳排放量分别居全国第一位与第二位。这与两个地区在各分维度中的得分情况密切相关。从上文分析可知，宁夏、吉林均在化石能源消费碳排放与热力消费碳排放上得分较高，一定程度上促使这两个地区居民消费碳排放量上升。新疆排在全国第三位，主要原因在于该地区居民消费直接碳排放量同样位于全国前列。重庆排在全国第四位，主要原因在于该地区人均间接消费嵌入式碳排放量在各维度表现出保守排放现象，即重庆碳排放量总体较低。上海、内蒙古、北京、黑龙江依次列于第五至第八位，这些地区居民消费碳排放均在某一维度呈现出较高排放情况。其中，上海在电力消费碳排放维度得分居全国第二，反映出其在居民直接消费碳排放层面的结构逐渐趋于合理；内蒙古同样在电力消费碳排放维度得分处于全国上游水平，这与其长期采用风力发电的清洁能源有密切联系，极大降低了内蒙古碳排放量。

居民消费碳排放程度划分为趋于合理型的地区为 11 个，分别为辽宁、江苏、湖南、湖北、安徽、江西、河南、云南、广西、

贵州、甘肃。这些地区居民消费嵌入式碳排放量表现出趋于合理态势，即消费碳排放程度居中，有进一步优化空间。其中，辽宁、江苏在食品、衣着消费层面所产生的碳排放量居全国前列，但其居民消费碳排放量综合得分处于全国滞后型分布区间。这表明该地区其他领域消费嵌入式碳排放量并未带来碳排放量的减少与改善，亟需通过不断贯彻国家碳中和、碳达峰发展理念，转变消费方式，促进居民消费碳排放量趋于较低水平。居民消费碳排放程度划为较合理型的省份仅 1 个，为海南。究其原因，海南非常重视物质层面消费，以及消费某一领域促使碳排放大量产生的商品，相反在清洁能源与绿色能源领域的消费较少，故导致该省份居民消费嵌入碳排放量表现出高低不均衡的现象。

从区域差异看，2020 年东部地区和东北地区居民消费碳排放综合得分均值为 0.504 和 0.431，明显高于全国均值 0.412；中部地区得分为 0.382，略低于全国平均水平，而西部地区得分为 0.319，落后于全国居民消费碳排放平均水平。从整体看，中国居民消费碳排放总量在空间格局上呈现出“东部和东北高、中部平、西部低”梯度递减分布差距。

在居民消费碳排放类型分布中，东部地区主要以不合理型为主，18 个省份中有 8 个隶属东部地区，约占东部省份总数的 47%。这反映出东部地区多数省份消费水平较高，位于全国前列，导致人均消费嵌入式碳排放量较高。中部地区省份居民消费碳排放趋势主要以趋于合理型为主。6 个居民消费碳排放为趋于合理型的省份中有 1 个隶属中部地区，约占 17%。这反映出中部地区多数省份居民消费碳排放量处于中等水平，预示着其消费日益向节能环保产品领域迈入，极大减少碳排放量。较合理型省份仅涵括东部地区的海南省。这也说明东部地区仅海南居民消费碳排放量处于较低情况，且低于全国平均水平，反映出该省份碳排放量总体趋于合理且逐渐达到国家所要求的碳中和、碳达峰标准。

五、结论与建议

（一）结论

本文构建了包含居民消费直接和间接碳排放的评价指标体系，并利用 CRITIC 赋权的 TOPSIS 法，测算 2020 年中国 30 个省（区、市）（除去港澳台和西藏）居民消费碳排放情况。结果显示：居民在热力类、电力类、医疗卫生类、教育文化及娱乐类商品消费产生的碳排放较为突出，平均得分在 0.2—0.7 之间，仍有较大减排空间。居民化石能源碳排放类、食品类、衣着类商品消费引致的碳排放值下降，平均得分位于 0.4—0.6 之间。化石能源和热力消费碳排放维度平均得分较高，各地区差异相对明显；电力、食品衣着、教育文化及娱乐、医疗卫生消费碳排放维度平均得分较低，各地区分数相差较小。具体来看，吉林的化石能源消费碳排放量最大，山西热力消费碳排放得分最高，电力消费碳排放最高的是广东和江苏，北京的间接消费碳排放得分最高。中国居民消费碳排放量整体处于较高水平，分数分布较为均匀。在此基础上，采用 Wald 聚类法对所考察样本的居民消费碳排放进行区间划分，结果为不合理型（18 个）、趋于合理型（11 个）和较合理型（1 个）。总体上中国居民消费碳排放水平呈现“东部和东北高、中部平、西部低”的梯度分布特点。

（二）建议

围绕研究结论，本文对降低居民消费碳排放量提出如下建议：

1. 多措并举完善碳减排顶层设计

第一，实施能耗双控政策。一方面，相关政府部门在全国范围内实施能耗总量与强度“双控行动”，并按照省市区设定能耗总量与强度控制目标，从全国层面减少居民消费碳排放总量；另一方面，建立健全能耗总量与强度控制标准，对不符合要求的项目严格把关。第二，制定碳排放市场化机制。相关政府部门应积极制定碳排放市场化机制，实时追踪居民消费碳减排机制实施情况。在此基础上，充分发挥中央生态环境保护督察的利剑作用，引导地方政府加强区域碳排放市场化机制的衔接与协调。同时，鼓励公众参与监督碳减排，保持追踪信息透明化，确保碳减排措施落实到位。第三，完善碳减排考核机制。围绕碳减排目标完成

情况、跨周期因素，各地区、各部门应进一步创建与完善居民消费碳排放总量考核机制，积极优化考核频次，强化污染防治攻坚战成效考核。

2. 加快碳减排技术创新

第一，研发无碳技术，从源头上减少居民消费碳排放。具体而言，相关部门应大力研发以无碳排放为核心的清洁能源技术，逐渐取代化石能源，提高能源利用效率。同时，采用清洁生产与其他技术降低居民消费能耗，发挥清洁技术的潜力，降低并减少二氧化碳排放。第二，攻关碳捕集技术，避免二氧化碳直接排放于大气中。科研院所应积极同第三方能源技术研究院不断攻关碳捕集技术，建立碳捕集装置，并积极对标国际碳排放标准，保证碳排放达到合理范围。第三，开发去碳技术，对居民消费产生二氧化碳进行二次利用。针对不同地区居民消费结构与碳排放特点，结合地区资源条件、居民消费结构，各省区市相关部门可根据本地试点碳减排项目创新去碳技术，强化二氧化碳二次利用，以减少本区域居民消费碳排放总量。

3. 推进产业绿色低碳转型

一是建设绿色低碳制造体系。企业应加快食品加工、纺织服装、工艺美术等绿色产品的改造提升，不断革新绿色产品、材料、工艺等方面的技术，搭建绿色低碳制造体系，引导居民消费结构优化，减少居民消费碳排放总量。二是推进低碳绿色服务业发展。各地区应加快发展节能低碳服务业，完善能源管理商业模式，形成从生产到运维全周期的低碳消费模式，优化居民消费碳减排质量。三是培育新型绿色环保产业。立足居民低碳生活消费方式，围绕新材料、新医药、节能环保等重点领域，实施战略新型产业工程，全力建设新型低碳消费产业体系，培育形成降低居民消费碳排放的新动能。

参考文献：

- [1]王锋,吴丽华,杨超.中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J].经济研究,2010,(2):123-136.
- [2]CAO Zhihong,HAO Jinmin,XING Hongping. Spatial-temporal Change of Chinese Resident Food Consumption Carbon Emissions and its Driving Mechanism[J].Progress in Geography,2020,39(1):91-99.
- [3]Sheng Zhonglin,Gu Kan,He Weida. Estimation of Carbon Emissions of Domestic Energy Usage by Chinese Residents Based on Input-Output Method[J].E3S Web of Conferences,2018,72(5):174-178.
- [4]黄敏.中国消费碳排放的测度及影响因素研究[J].财贸经济,2012,(3):129-135.
- [5]王会娟,夏炎.中国居民消费碳排放的影响因素及发展路径分析[J].中国管理科学,2017,(8):1-10.
- [6]徐丽,曲建升,李恒吉,等.中国居民能源消费碳排放现状分析及预测研究[J].生态经济,2019,(1):19-23+29.
- [7]杨莉,张雪磊.江苏居民消费碳排放测度与影响因素研究——基于 GTWR 模型的实证分析[J].生态经济,2020,(5):31-38.
- [8]崔盼盼,赵媛,张丽君,等.基于不同需求层次的中国城镇居民消费隐含碳排放时空演变机制[J].生态学报,2020,(4):1424-1435.
- [9]付云鹏,马树才,宋宝燕.中国城乡居民消费碳排放差异及影响因素——基于面板数据的实证分析[J].经济问题探索,2016,(10):43-50.

-
- [10]郭文,孙涛.人口结构变动对中国能源消费碳排放的影响——基于城镇化和居民消费视角[J].数理统计与管理,2017,(2):295-312.
- [11]Jiuli Yin,Qing Ding,Xinghua Fan. Direct and Indirect Contributions of Energy Consumption Structure to Carbon Emission Intensity[J].International Journal of Energy Sector Management,2021,15(3):665-677.
- [12]Fatima Tehreem,Shahzad Umer,Cui Lianbiao. Renewable and Nonrenewable Energy Consumption, Trade and CO₂Emissions in High Emitter Countries:Does the Income Level Matter?[J].Journal of Environmental Planning and Management,2021,64(7):1227-1251.
- [13]彭璐璐,李楠,郑智远,等.中国居民消费碳排放影响因素的时空异质性[J].中国环境科学,2021,(1):463-472.
- [14]苏亮瑜,谢晓闻.碳市场发展路径与功能实现:基于碳排放权的特殊性[J].广东财经大学学报,2017,(1):24-31+56.
- [15]李爱华,宿洁,贾传亮.经济增长与碳排放协调发展及一致性模型研究——宏观低碳经济的数理分析[J].中国管理科学,2017,(4):1-6.
- [16]全世文,袁静婷.我国经济增长与碳排放之间的变协整与阈值效应[J].改革,2019,(2):37-45.
- [17]朱宏城,田甜.微观视角下居民消费碳排放结构及影响因素研究——基于 PLS-SEM 模型的实证分析[J].干旱区资源与环境,2022,(1):59-65.
- [18]李猛.居民消费行为的文化根源[J].中共中央党校学报,2013,(1):102-105.
- [19]万文玉,赵雪雁,王伟军.中国城市居民生活能源碳排放的时空格局及影响因素分析[J].环境科学学报,2016,(9):3445-3455.
- [20]汪臻,汝醒君.基于指数分解的居民生活用能碳排放影响因素研究[J].生态经济,2015,(4):51-55.
- [21]柴士改.中国居民消费结构对居民消费碳排放系数的阈值协整效应[J].软科学,2016,(1):81-85.
- [22]赵玉焕,李玮伦,王淞.北京市居民消费间接碳排放测算及影响因素[J].北京理工大学学报(社会科学版),2018,(3):33-44.
- [23]范玲,汪东,等.我国居民间接能源消费碳排放的测算及分解分析[J].生态经济,2014,(7):28-32.
- [24]刘汉初,樊杰,曾瑜哲,等.中国高耗能产业碳排放强度的时空差异及其影响因素[J].生态学报,2019,(22):8357-8369.
- [25]邹圆,唐路元.中国工业高质量发展水平的统计测度[J].统计与决策,2021,(18):95-98.
- [26]林伯强,刘希颖.中国城市化阶段的碳排放:影响因素和减排策略[J].经济研究,2010,(8):66-78.
- [27]刘晓燕.基于 STIRPAT 模型的工业能源消费碳排放影响因素分析[J].生态经济,2019,(3):27-31.

-
- [28] 曾军, 姚庆国, 李跃, 等. 新旧动能转换背景下煤炭产业碳减排路径仿真研究——以山东省为例[J]. 数学的实践与认识, 2019, (23): 312-321.
- [29] 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, (4): 13-20.
- [30] 邢天才, 张夕. 互联网消费金融对城镇居民消费升级与消费倾向变动的影响[J]. 当代经济研究, 2019, (5): 89-97+113.
- [31] 刘玉飞, 汪伟. 城市化的消费结构升级效应——基于中国省级面板数据的分析[J]. 城市问题, 2019, (7): 17-29.
- [32] 李华, 董艳玲. 中国基本公共服务均等化测度及趋势演进——基于高质量发展维度的研究[J]. 中国软科学, 2020, (10): 74-84.