

中国西部地区城乡居民食物消费碳排放差异与驱动因素分析

付伟¹, 王煜承¹, 崔龙芳¹, 陈建成²

(1. 西南林业大学经济管理学院, 云南 昆明 650224; 2. 北京林业大学经济管理学院, 北京 100083)

摘要: 食物消费作为温室气体排放的重要部分, 研究其碳排放的城乡差异与驱动因素对推进“双碳”目标实现区域协同绿色发展具有重要意义。通过混合生命周期评价法测算2014—2023年中国西部地区城乡居民食物消费碳排放量, 结合泰尔指数、K-means聚类和地理探测器模型揭示其区域差异性与驱动因素。结果表明: (1) 2014—2023年中国西部地区居民人均食物消费碳排放总量呈增长趋势, 由 $1.51 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1}$ 上涨至 $2.05 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1}$ 。相较于城镇, 青海省农村地区人均食物消费碳排放量增速最为明显, 年均增长率为6.1%。(2) 区域差异主要源于省内差异, “省域内部消费不同步”成为空间分异的矛盾焦点。多数地区处于食物消费结构过渡期, 而内蒙古自治区、重庆市的食物消费碳排放量则主要受本地产业结构的影响。(3) 多因子交互作用以双因子增强为主, 且城乡异质性突出。城镇表现为人口规模与消费水平协同驱动, 农村则呈现交通设施与其他因素交互主导。

关键词: 居民食物消费; 区域差异; 驱动因素; 城乡发展; 中国西部地区

文章编号: 1000-6060(2026)05-1026-13(1026~1038)

2025年中央一号文件中强调“要构建多元化食物供给体系, 践行大农业观、大食物观”, 推动食物供给种类多样化^[1], 需大农业观与大食物观相辅相成, 协力解决食物供给端和需求端的错配问题。过去食物碳排放领域的研究多偏重于生产端和供应链环节, 对食物消费端的研究较少, 食物消费端是最直接联系每一位微观个体的端口, 且区域性饮食体系的可持续发展与个体差异化感知息息相关^[2-3], 食物消费链中的每一个环节都伴随着相应的碳排放, 是应对国际气候变化的重要领域之一^[4]。随着中国西部大开发战略的深入推进, 西部地区经济实力逐渐增强^[5], 居民生活条件逐渐改善, 食物消费的水平也随之增加。这种增长趋势不仅显著提升城乡居民的生活质量, 构建了多元化食物供给体系, 也带来对生态环境更大的压力^[6-7]。因此, 探讨中国西部地区城乡居民食物消费的减排措施对居民绿

色生活方式的发展具有重要作用。

城乡居民食物消费碳排放包括居民食用环节的直接碳排放和全产业链各阶段的间接碳排放^[8-9]。目前主流核算方法大多采用政府间气候变化专门委员会(IPCC)提出的碳排放系数法^[10]、生命周期评估法(LCA)、投入产出分析(IOA)^[11]以及两者结合的混合生命周期评价法(IOA-LCA)等多样化测算体系。在食物消费领域, LCA法用于测算各类食物及其相关产业链的全生命周期碳排放状况^[12]。IOA法借助构建宏观经济系统的投入产出矩阵, 测算终端消费需求间接产生的CO₂排放^[13], 适用于宏观层面的碳排放量化研究^[14]。IOA-LCA法结合前两者的优势, 通过系统性整合经济活动中的资源流动特征以及产品全生命周期环境影响数据, 实现更精确的碳排放测算。碳排放系数法广泛用于国家、地区、城市等宏观层面的碳排放评估, 重点在于借助各类

收稿日期: 2025-07-26; 修订日期: 2025-10-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(72264035); 云南省兴滇英才青年人才专项项目(990124085); 云南省哲学社会科学规划项目(YB202585); 西南林业大学校级文科项目(WKXS2402)资助

作者简介: 付伟(1986-), 女, 博士, 教授, 主要从事农林经济管理、资源经济、生态经济与可持续发展研究。E-mail: fuweiynlzd@163.com

碳排放系数与消费量来创建关联模型^[15-16]。

在食物消费碳排放差异的分析上,不同学者分别揭示家庭行为、城乡居民恩格尔系数、人口结构等对食物消费碳排放的影响^[17-18]。并通过对比分析不同消费模式在运输、加工、包装、储存及烹饪环节的碳排放差异,分析居民饮食行为习惯和食品消费结构调整对碳减排的潜在影响^[19]。张丽娜等^[20]基于城乡差异角度,以江苏省居民食物消费碳排放变化为研究对象,运用Shapley值对驱动因素进行了深入剖析,证明Shapley值相较于传统的对数平均迪氏指数法(LMDI)模型在碳排放分解结果上更为有效。曹志宏等^[21]利用洛伦兹曲线和基尼系数对中国各省(自治区、直辖市)食物消费碳排放的主要驱动因素进行了探讨。

在碳排放过程中,碳排放空间分布的非均衡性特征会加大西部地区气候风险和社会脆弱性问题,使得富裕群体通常拥有更高的碳排放量^[22],而贫困群体则遭遇更为严峻的气候变化威胁及其衍生后果,即碳不平等现象。受地区经济基础、产业结构和能源利用方式差异所影响,碳不平等指数表现出明显的空间分异特性^[23]。

以上文献虽已在食物消费碳排放领域中取得丰富研究成果,但仍存在以下不足:一是食物消费碳排放区域差异和驱动因素的研究主要集中于北京、江苏、安徽、福州及长三角地区等重点区域,对具有明显的空间异质性特征的西部地区关注度低且缺乏区域系统性探讨。二是多数研究在空间差异的分析上,未揭示食物消费碳排放的省域差异来源及其贡献率变化,未能深入分析省域层面上碳排放与城市化的空间分层结构的时间迁移过程。三是部分研究虽关注到城乡差异,但均以线性回归或单一分解驱动因素的方法,未能深入比较城乡不同驱动因素的解釋力强弱及其交互效应。在经济高质量发展和城乡居民收入不断增长的双重背景下,如何降低居民食物消费碳排放量成为西部地区亟须解决的问题。

基于此,本文以中国西部地区城乡居民食物消费碳排放为主要研究对象,同时引入泰尔指数分解和K-means动态聚类分析方法深入挖掘其城乡之间的区域差异性与省域的集聚特征,并结合地理探测器分析确定城镇与农村居民食物消费碳排放的关键驱动因素,为优化西部城乡居民食物消费结构、

实现碳减排目标及促进资源公平分配提供理论支撑和量化依据。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

本文地理范围涵盖中国西部地区的11个省(自治区、直辖市),具体包括广西、内蒙古、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆。西部地区城乡二元结构较为突出。城镇居民人均可支配收入与消费水平不断提升,食物消费结构正逐渐从以主食为主转向以副食为主。而偏远地区和牧区的居民收入水平相对较低,但受饮食传统影响,肉类消费仍处于重要地位。同时,西部地区在我国生态安全格局中占据重要地位,且承担着显著的粮食生产职能^[24]。因此,对西部地区开展食物消费碳排放特征研究,对于制定差异化的低碳饮食引导政策具有典型代表性和特殊研究价值。

1.2 数据来源

2014年公布的《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》开启了“新型城镇化”与消费升级的新阶段,随后经历“十三五”规划(2016—2020年)与“十四五”规划的前半程(2021—2023年)。该区间覆盖了城市化提速和结构转型时期,可识别不同时期内居民食物消费碳排放的变化程度。因此,本文选取2014—2023年的《中国统计年鉴》《中国人口统计年鉴》《中国食品工业年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国投入产出表》及西部地区各省(自治区、直辖市)统计年鉴的数据。其中,由于西藏自治区相关数据缺失,未纳入分析范围,个别省份缺失数据采用插值法填补。

1.3 研究方法

1.3.1 食物消费碳排放测算系统边界界定 本文将食物分为植物性食物与动物性食物两大类进行食物消费碳排放量计算,基于食物消费的系统分类,植物性食物包括粮食、植物油、蔬菜、瓜果、食糖,动物性食物包括猪肉、牛肉、羊肉、禽肉、蛋类、水产品、奶类^[25]。为准确反映居民个体食物消费的实际碳排放水平,本文将居民食物消费的直接与间接排放统归为“食物消费碳排放”这一指标,并将食物消费碳排放系统边界界定为食物直接碳排放、家庭间接碳排放和产业间接碳排放3部分。其中,食物消费全生命周期包括生产、加工、流通和消费4个环

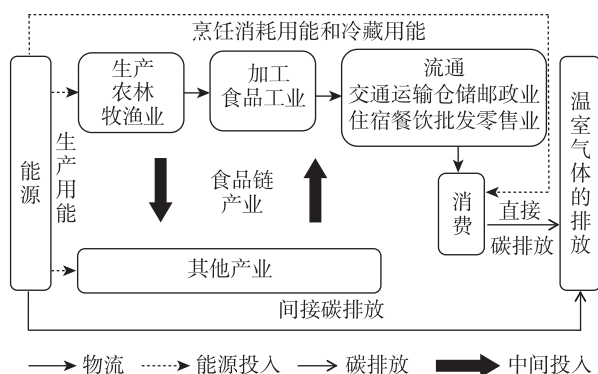


图1 居民食物消费碳排放测算系统边界示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the boundary for the carbon emission calculation system of residents' food consumption

节,但因数据限制,未纳入农业生产中的土壤碳排放、非商品能源消费排放及消费后端的废弃物处理能耗。在计算产业中间投入碳排放时,采用国民经济行业分类法,将产业分为与食物链密切相关的产业和其他国民经济行业。其系统边界如图1所示。

1.3.2 食物消费碳排放测算方法 本文将西部城乡居民食物消费碳排放分为直接碳排放和间接碳排放。直接碳排放主要指食物本身所产生的温室气体;间接碳排放则指食物在生产、加工、储存等环节所产生的温室气体。计算公式为:

$$C = C_d + C_h + C_q \quad (1)$$

式中: C 为人均食物消费碳排放总量($\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$); C_d 为食物消费人均直接碳排放量($\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$); C_h 为食物消费人均家庭间接碳排放量($\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$); C_q 为食物消费人均产业间接碳排放量($\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$)。

(1) 直接碳排放。采用综合碳折算系数法对食

物消费的人均直接碳排放量进行量化评估,根据各类食物消费量与综合碳折算系数的乘积进行计算^[26],计算公式为:

$$C_d = \sum_{i=1}^{12} Q_i K_i \quad (2)$$

式中: Q_i 为第 i 类食物的人均消费量($\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$); K_i 为第 i 类食物的综合碳折算系数($\text{kg C} \cdot \text{kg}^{-1}$);其中,食物种类 i 的取值范围为 1~12。各类食物综合碳折算系数是基于庞梦伊^[27]和罗婷文等^[28]研究,具体如表1所示。

(2) 间接碳排放。运用生命周期评估法测算食物消费的人均间接碳排放量,将各类食物的生命周期过程分为人均家庭间接碳排放量和人均产业间接碳排放量2部分分别进行测算^[29]。其中,食物消费人均家庭间接碳排放量是反映食物消费过程中的烹饪、储存等环节所产生的碳排放量,计算公式为:

$$C_h = C_b + C_f \quad (3)$$

$$C_b = \sum_{i=1}^{12} Q_i U_i \quad (4)$$

$$C_f = ab \frac{E}{n \times 100} \quad (5)$$

式中: C_b 为食品烹饪人均碳排放量($\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$); C_f 为食品冷藏人均碳排放量($\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$); U_i 为第 i 类食物的烹饪加工系数($\text{kg C} \cdot \text{kg}^{-1}$); a 为电冰箱年耗电量($\text{kW} \cdot \text{h}$); b 为电力碳排放折算系数($\text{kg C} \cdot \text{kg}^{-1}$); E 为每百户家庭电冰箱拥有量(台); n 为户均规模(户)。不同食物的烹饪加工系数如表2所示。

食物消费人均产业间接碳排放量的计算采用投入产出法,构建投入产出模型^[30],计算公式为:

$$C_q = M(I - A)^{-1}Y \quad (6)$$

表1 不同食物的碳折算系数

Tab. 1 Carbon conversion coefficients of different foods

食物种类	植物性食物					动物性食物						
	粮食	植物油	蔬菜	瓜果	食糖	猪肉	牛肉	羊肉	禽肉	蛋类	水产品	奶类
综合碳折算系数	0.3268	1.1588	0.0274	0.0498	0.3965	1.1892	1.3657	1.3657	1.0062	0.9026	0.7315	0.4256

表2 不同食物的烹饪加工系数

Tab. 2 Cooking and processing coefficients of different foods

食物种类	植物性食物					动物性食物						
	粮食	植物油	蔬菜	瓜果	食糖	猪肉	牛肉	羊肉	禽肉	蛋类	水产品	奶类
烹饪加工系数	0.1090	0.6540	0.0109	0.0000	0.0000	0.1588	0.1772	0.1772	0.1363	0.1363	0.0818	0.0164

注:瓜果、食糖多为直接食用,故烹饪折算系数为0。

$$M = \frac{\mu W}{S} \quad (7)$$

式中: M 为投入产出表中四大行业相关的能源碳排放系数矩阵; μW 为产业碳排放量(Mt); S 为行业总产出(10^4 元); μ 为能源碳排放系数矩阵; W 为各产业的能源消耗矩阵; I 为相应维度的单位矩阵; $(I-A)^{-1}$ 为列昂惕夫逆矩阵; Y 为居民食品相关的消费支出(10^4 元)。

1.3.3 泰尔指数 泰尔指数是衡量地区发展不均衡的重要手段,能分别测度区域内与区域间对整体差异的贡献度^[31]。本文利用泰尔指数分析西部地区区域内和区域间居民食物消费碳排放水平的差异,测算西部地区总体差异、区域内差异、区域间差异以及相关贡献率。计算公式为:

$$T_z = T_w + T_b \quad (8)$$

$$T_w = \sum_j \left(\frac{C_j}{C_p} \right) T_v = \sum_j \sum_z \sum_m \left(\frac{C_j}{C_p} \right) \left(\frac{C_{jm}}{C_j} \right) \ln \left(\frac{C_{jm}/C_j}{X_{jzm}/X_z} \right) \quad (9)$$

$$T_b = \sum_j \left(\frac{C_j}{C_p} \right) \ln \left(\frac{C_j/C_p}{X_{jz}/X_z} \right) \quad (10)$$

$$T_g = \left(\frac{C_j}{C_p} \right) \times \left(\frac{T_v}{T_z} \right) \quad (11)$$

式中: T_z 为西部地区城乡居民食物消费碳排放的总体差异,当 z 取值为1和2时分别对应生产总值和人口总数; T_1 为食物消费碳排放强度泰尔指数; T_2 为人均食物消费碳排放泰尔指数; T_v 为各区域内部差异; T_w 为区域内差异; T_b 为区域间差异;其中,区域内差异与总体差异的比值为区域内贡献率;区域间差异与总体差异的比值为区域间贡献率; C_p 为区域碳排放总量; C_j 为第 j 个区域碳排放量; X_z 为区域的地区生产总值或人口总数; X_{jz} 为第 j 个区域的地区生产总值或人口总数; C_{jm} 为各区域内部差异 j 区域内 m 省(自治区、直辖市)的碳排放量; X_{jzm} 为 j 区域内 m 省(自治区、直辖市)的地区生产总值或人口总数; T_g 为各区域对区域内总体差异的贡献率。

1.3.4 K-means 聚类 K-means 聚类算法是一种常用的动态聚类方法^[32],其核心思想为,将研究对象划分为 K 个类别,并从中选取 K 个对象作为初始聚类中心,计算每个对象到各个聚类中心的距离,将其划分到距离最近的聚类中心所在的类别中,再根据

当前聚类中的各个对象重新计算聚类中心。本文采用 K-means 聚类对人均食物消费碳排放量、人均收入和城市化率进行类型识别与演化跟踪,输出每年的样本-类型赋值和类中心。用以分析各省(自治区、直辖市)人均食物消费碳排放量的分层集聚格局及其时序迁移特征。可视化上采用三维散点图展示中碳-中收-中城地区和高碳-高收-高城地区2类样本与类中心的位置变化,从而直观呈现研究期内的分层集聚与迁移路径。

1.3.5 地理探测器 地理探测器主要用于探究地理要素的空间分异性及其背后的驱动因素^[33],可有效探测2个变量之间存在的空间关联形式和因果关系,广泛应用于社会经济因素和自然环境因素的影响机理研究范畴^[34-35]。本文运用地理探测器的因子探测与交互探测功能,解析西部地区城乡居民食物消费碳排放的空间分布格局的主导驱动因子,并深入挖掘其中的关键交互作用机理,计算公式^[36]为:

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (12)$$

$$SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (13)$$

$$SST = N\sigma^2 \quad (14)$$

式中: q 为因子对因变量城乡居民食物消费碳排放空间异质性的解释力; h 为探测因子 X 的分类层级; L 为变量的分层数量; N 和 N_h 分别为全区总数量和层 h 的单元数量; σ^2 和 σ_h^2 分别为全区方差和层 h 的方差; SSW、SST 分别为层(级)内方差之和、全区总方差。

2 结果与分析

2.1 西部地区城乡居民食物消费碳排放量分析

2014—2023年西部地区城乡居民食物消费人均碳排放总量整体呈现波动上升趋势(图2)。其中,2014—2019年稳步增长主要得益于西部大开发战略的深化及《西部地区鼓励类产业目录》等政策的落地,推动收入提升,促使饮食结构向高碳食物转型;2020年因疫情导致餐饮消费受限、家庭食物储备结构变化,食物消费碳排放量出现短期回落,属于外部冲击下的短期效应,之后随经济复苏回升。

在城镇层面,内蒙古自治区的食物消费碳排放量持续处于最高位,主要由于其独特的资源禀赋与

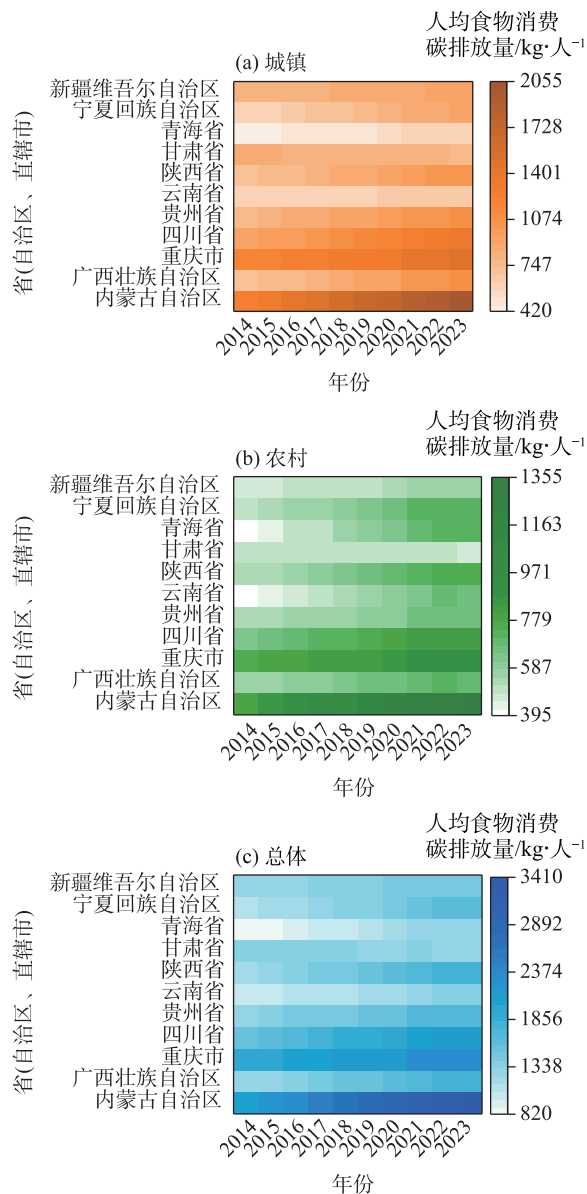


图2 2014—2023年中国西部地区城乡居民人均食物消费碳排放量变化情况

Fig. 2 Changes in per capita food consumption carbon emissions among urban and rural residents in the western region of China from 2014 to 2023

本地居民长期形成的以牛羊肉和乳制品为主的饮食结构,形成“资源依赖型”的高碳消费模式。相比之下,云南省和青海省由于其传统农业形成的以植物性食物为基底的膳食模式,从源头上限制了高碳食物的可得性与普及性。

在农村层面,内蒙古自治区作为典型的传统畜牧业省份,其农村居民食物消费碳排放量显著高于其他省(自治区、直辖市),凸显了以畜牧业为主导的生产结构对食物消费碳足迹的刚性制约。宁夏

回族自治区、陕西省和青海省的农村地区食物消费碳排放量增速最为明显,主要源于脱贫攻坚和乡村振兴的推进,使得农村居民收入提高,促进膳食结构升级,逐步改变以谷物蔬菜为主的传统低碳饮食模式。

2.2 西部地区城乡居民食物消费碳排放区域差异性分析

2.2.1 泰尔指数分析 本文根据地理位置将西部地区11个省(自治区、直辖市)划分为西北地区 and 西南地区(表3),并运用泰尔指数进行区域差异分析。

2014—2023年西部地区居民食物消费碳排放强度的总体差异呈波动下降后小幅回升的趋势(表4),从2014年的0.027下降至2023年的0.0171,说明区域内部食物消费碳排放强度的整体不平等程度有所缓和。

从结构差异来看,组内差异始终是总体差异的主要来源,其贡献率从2014年的52.21%上升至2023年的86.79%,这源于西部地区城镇居民收入水平的提高,而农村居民受限于收入增长相对滞后、传统饮食习惯的惯性等因素,食物消费碳排放强度增长相对缓慢。这种城乡之间的“消费不同步”效应,导致省域内部差距持续拉大,成为区域差异的主要来源。乡村振兴战略实施初期,农村内部收入分化加大,部分城郊农村率先融入城市消费体系,而偏远农村变化较小导致2019年以后组内差异贡献率持续超过85%。相比之下,组间差异的贡献率从2014年的47.79%逐步下降至2023年的13.21%,说明不同省(自治区、直辖市)间的食物消费碳排放强度差距在缩小。这是由于跨省食物供应链的完善,削弱了因地理隔绝导致的消费结构的省际差异,从而促使省际食物消费碳排放强度差距缩小。

从地理分区来看,西北地区的内部差异贡献率普遍高于西南地区。西北各省(自治区)因资源禀赋、产业结构及城镇化进程不均衡,导致省内差异

表3 根据地理位置的中国西部地区划分结果

Tab. 3 Division result of the western region of China based on geographical location

区域	省(自治区、直辖市)
西北地区	内蒙古自治区、陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区
西南地区	广西壮族自治区、重庆市、四川省、贵州省、云南省

表4 中国西部地区城乡居民食物消费碳排放强度泰尔指数

Tab. 4 Theil index of carbon emission intensity from food consumption among urban and rural residents in the western region of China

年份	总体差异	组内差异	组间差异	组内	
				西北地区	西南地区
2014	0.0270	0.0141(52.21%)	0.0129(47.79%)	0.0260(39.80%)	0.0057(12.41%)
2015	0.0203	0.0119(58.69%)	0.0084(41.31%)	0.0223(43.84%)	0.0050(14.85%)
2016	0.0157	0.0102(64.79%)	0.0055(35.21%)	0.0184(45.39%)	0.0050(19.40%)
2017	0.0145	0.0114(78.32%)	0.0032(21.68%)	0.0236(60.63%)	0.0041(17.69%)
2018	0.0145	0.0111(76.34%)	0.0034(23.66%)	0.0233(60.47%)	0.0037(15.87%)
2019	0.0165	0.0158(95.74%)	0.0007(4.26%)	0.0263(56.48%)	0.0100(39.25%)
2020	0.0157	0.0155(98.85%)	0.0002(1.15%)	0.0241(53.17%)	0.0110(45.68%)
2021	0.0155	0.0147(94.76%)	0.0008(5.24%)	0.0210(47.96%)	0.0113(46.81%)
2022	0.0166	0.0145(87.00%)	0.0022(13.00%)	0.0191(42.17%)	0.0118(44.83%)
2023	0.0171	0.0149(86.79%)	0.0023(13.21%)	0.0194(41.88%)	0.0122(44.91%)

注：括号内数值为贡献率。下同。

更为显著。而西南地区由于多省(自治区、直辖市)同属山地丘陵地形,且以植物性为主的食物消费结构明显,城镇化与旅游业带动的发展模式相对均衡,故省内食物消费碳排放强度分化程度相对较低,但随经济发展略有扩大。

2014—2023年西部地区人均食物消费碳排放的总体差异主要源于省内差异(表5)。区域差异总体呈波动下降趋势,反映出不同地区间的食物消费碳排放水平向更加均衡的方向发展。

从结构差异来看,组内差异同样是主要贡献来源。2019年以后趋于稳定,揭示城乡差异作为区域差异的核心地位。同时,组间差异的贡献率从48.04%收缩至13.32%,表明各省(自治区、直辖市)

间人均食物消费碳排放水平趋于接近,主要归因于消费模式的“省际趋同”,经济发展水平不同的省(自治区、直辖市),其居民也能通过市场获得相似种类和数量的食物,降低了人均食物消费碳排放的省际落差。

从地理分区来看,西北地区内部差异的贡献率始终显著高于西南地区,反映了西北地区内部人均食物消费碳排放水平的极度不均衡。相比之下,西南各省(自治区、直辖市)饮食结构相对近似且以植物性为主,内部差异较小。

2.2.2 K-means 聚类分析 采用人均食物消费碳排放量、人均收入、城市化率3个指标作为变量指标值,利用K-means聚类分析过程中的最佳聚类算法

表5 中国西部地区城乡居民人均食物消费碳排放泰尔指数

Tab. 5 Theil index of per capita food consumption carbon emissions among urban and rural residents in the western region of China

年份	泰尔指数	组内差异	组间差异	组内	
				西北地区	西南地区
2014	0.0261	0.0136(51.96%)	0.0126(48.04%)	0.0290(37.20%)	0.0058(14.76%)
2015	0.0197	0.0115(58.52%)	0.0082(41.48%)	0.0244(41.63%)	0.0050(16.89%)
2016	0.0153	0.0099(64.57%)	0.0054(35.43%)	0.0195(43.00%)	0.0050(21.57%)
2017	0.0138	0.0107(77.58%)	0.0031(22.42%)	0.0241(58.27%)	0.0040(19.31%)
2018	0.0137	0.0103(75.36%)	0.0034(24.64%)	0.0236(57.96%)	0.0036(17.40%)
2019	0.0160	0.0153(95.66%)	0.0007(4.34%)	0.0268(56.21%)	0.0095(39.45%)
2020	0.0155	0.0153(98.84%)	0.0002(1.16%)	0.0247(53.87%)	0.0105(44.97%)
2021	0.0152	0.0144(94.70%)	0.0008(5.30%)	0.0215(47.57%)	0.0108(47.13%)
2022	0.0162	0.0141(86.84%)	0.0021(13.16%)	0.0197(40.79%)	0.0112(46.06%)
2023	0.0168	0.0145(86.68%)	0.0022(13.32%)	0.0202(40.60%)	0.0116(46.07%)

进行分析,以动态聚类结果识别西部地区 11 个省(自治区、直辖市)的食物消费碳排放分层集聚及时序迁移特征(表 6)。

为更好地呈现西部地区城乡居民人均食物消费碳排放的 *K*-means 动态聚类结果,以 3 a 为间隔,分为 4 个时间节点(图 3)。中碳-中收-中城地区涵盖 9 个省(自治区),其人均食物消费碳排放量、人均

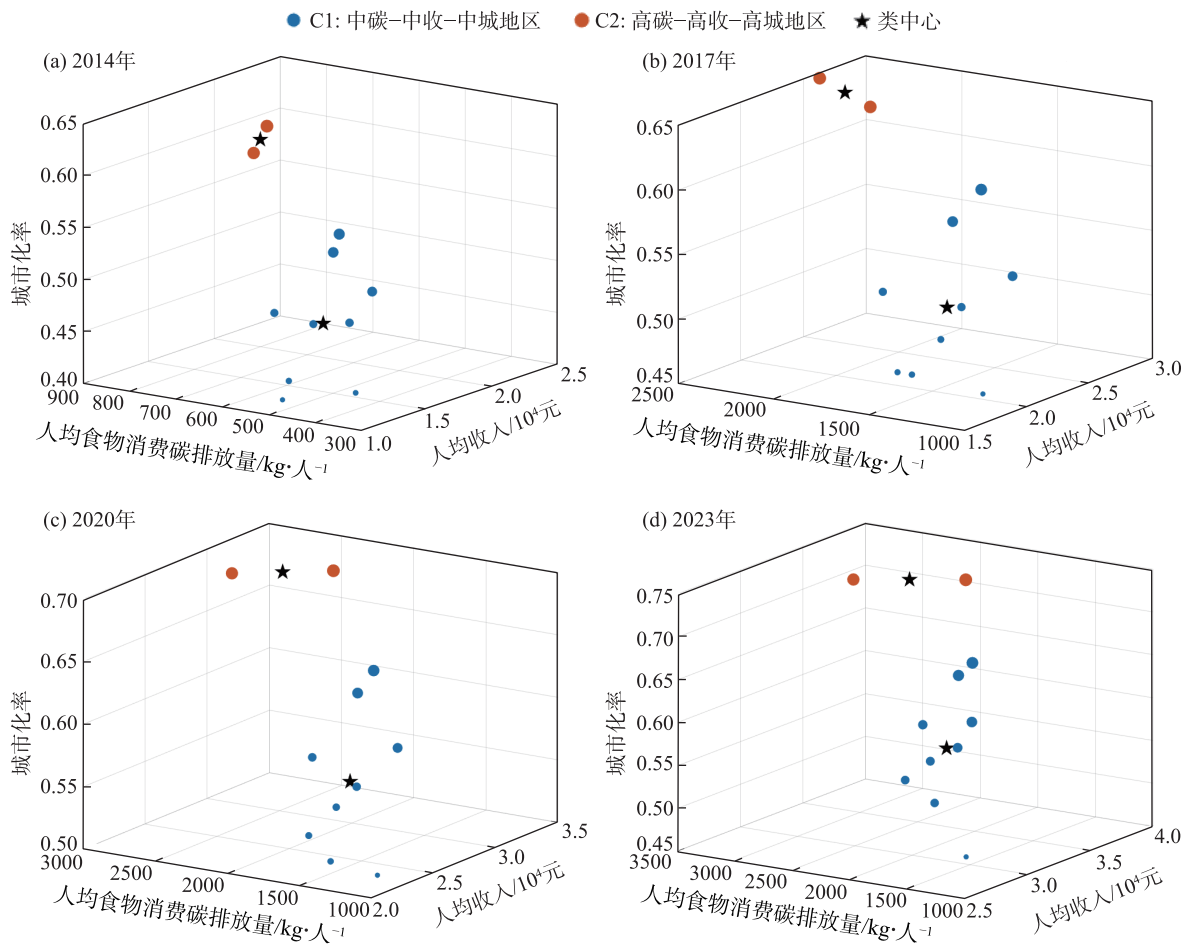
收入与城市化率均处于中等区间,代表了西部地区主流的消费模式,其消费结构正处于由传统膳食向高碳饮食过渡的阶段,但受限于收入水平与城市化率变化缓慢,高碳食物的消费扩张幅度有限,食物消费碳排放量在一定程度上受到抑制。相比之下,高碳-高收-高城地区表现出较高的食物消费碳排放特征,主要是由于高收入与高城市化率推动了居民饮食结构向高蛋白质、高脂肪动物性食物转变,肉类、乳制品及外卖等碳密集型消费比例显著提升。

2.3 西部地区城乡居民食物消费碳排放驱动因素分析

2.3.1 驱动因子选取 西部地区城乡居民食物消费碳排放总量的变化趋势是区域经济发展、人口流动、居民消费水平、交通物流等多因素综合作用的结果。通过文献梳理^[37-40],从经济结构、人口结构、

表 6 根据 *K*-means 分层聚类的中国西部地区划分结果
Tab. 6 Division result of the western region of China based on *K*-means hierarchical clustering

区域	省(自治区、直辖市)
高碳-高收-高城地区	内蒙古自治区、重庆市
中碳-中收-中城地区	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区、广西壮族自治区、四川省、贵州省、云南省



注:圆点大小表示城市化率大小。

图 3 中国西部地区城乡居民食物消费碳排放量的聚类分析结果

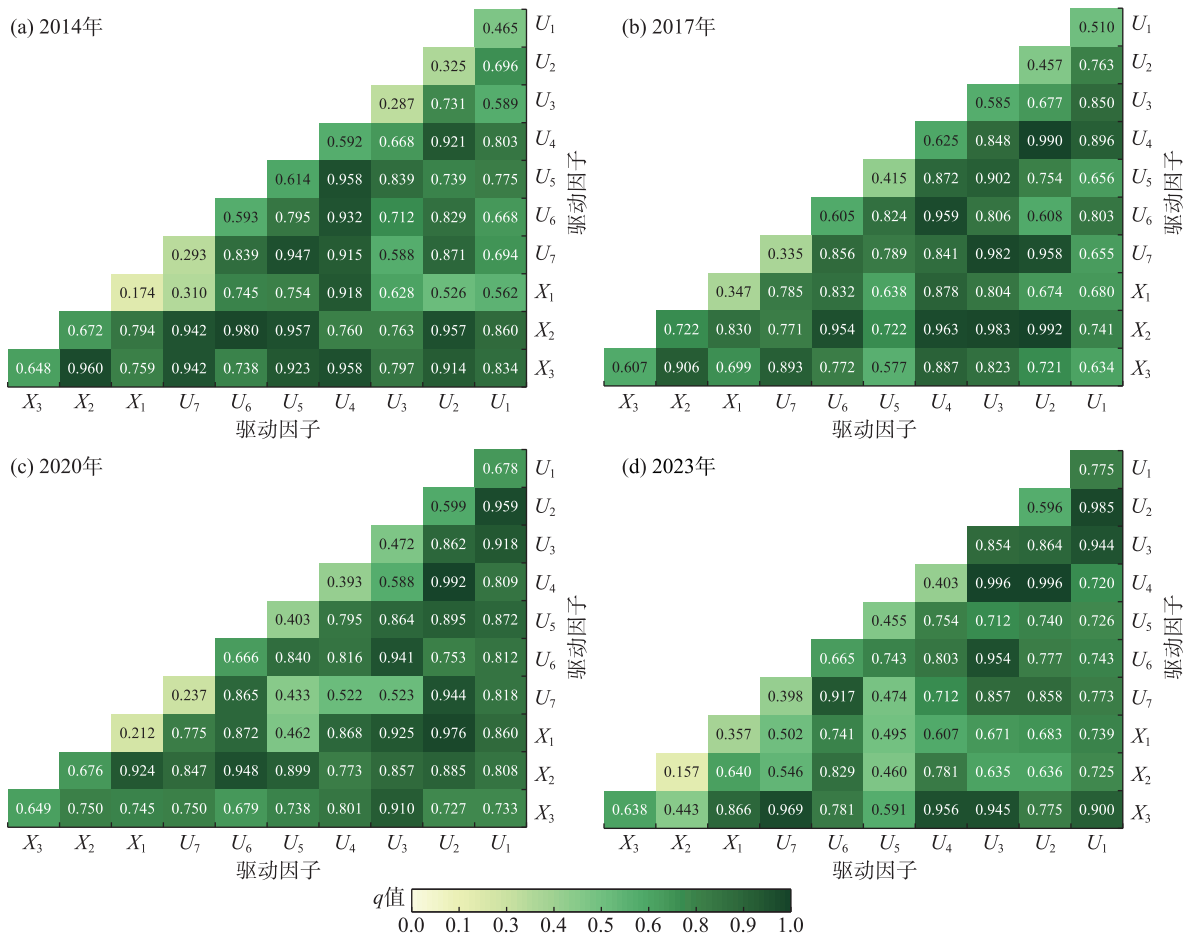
Fig. 3 Results of cluster analysis on food consumption carbon emissions among urban and rural residents in the western region of China

消费结构、交通结构4个维度17个指标探测各变量对西部地区城乡居民食物消费碳排放的驱动能力(表7)。

2.3.2 城镇居民食物消费碳排放驱动效应分析 本文将西部地区城镇居民食物消费碳排放的驱动因子两两进行组合进行交互作用探测(图4)。其中,城镇居民消费价格指数(U_2)和城镇人口规模(U_4)在2017、2020年和2023年的相互作用均高于0.95,说明物价水平变动时,庞大的城镇人口基数会使其总体消费需求产生巨大弹性,共同作用于食物消费的总量与结构。且城镇居民人均动物性食物消费量(U_6)、城镇居民恩格尔系数(U_7)、旅客周转量(X_2)3个变量对城镇居民食物消费碳排放的变化具有显著的影响力,当与其他因子交互作用时,将产生碳排放倍增效应,这反映出经济增长、人口集聚推动膳食结构升级带来的高碳食物需求,同时依赖并驱

表7 变量说明
Tab. 7 Variable description

类型	变量名称
经济结构	城镇居民人均可支配收入(U_1)/元·人 ⁻¹
	城镇居民消费价格指数(U_2)
	城镇居民商品零售价格指数(U_3)
	农村居民人均可支配收入(R_1)/元·人 ⁻¹
人口结构	农村居民消费价格指数(R_2)
	农村居民商品零售价格指数(R_3)
	城镇人口规模(U_4)/人
	农村人口规模(R_4)/人
消费结构	城镇居民人均植物性食物消费量(U_5)/kg·人 ⁻¹
	城镇居民人均动物性食物消费量(U_6)/kg·人 ⁻¹
	城镇居民恩格尔系数(U_7)/%
	农村居民人均植物性食物消费量(R_5)/kg·人 ⁻¹
	农村居民人均动物性食物消费量(R_6)/kg·人 ⁻¹
	农村居民恩格尔系数(R_7)/%
	人均家庭电冰箱拥有量(X_1)/台
交通结构	旅客周转量(X_2)/人·km
	货物周转量(X_3)/t·km



注: $U_1\sim U_7$ 、 $X_1\sim X_3$ 含义见表7; q 为因子对因变量城乡居民食物消费碳排放空间异质性的解释力。下同。

图4 中国西部地区城镇居民食物消费碳排放驱动因子的交互作用分析

Fig. 4 Analysis of the interaction effects of driving factors on food consumption carbon emissions of urban residents in the western region of China

动交通物流系统的扩张。

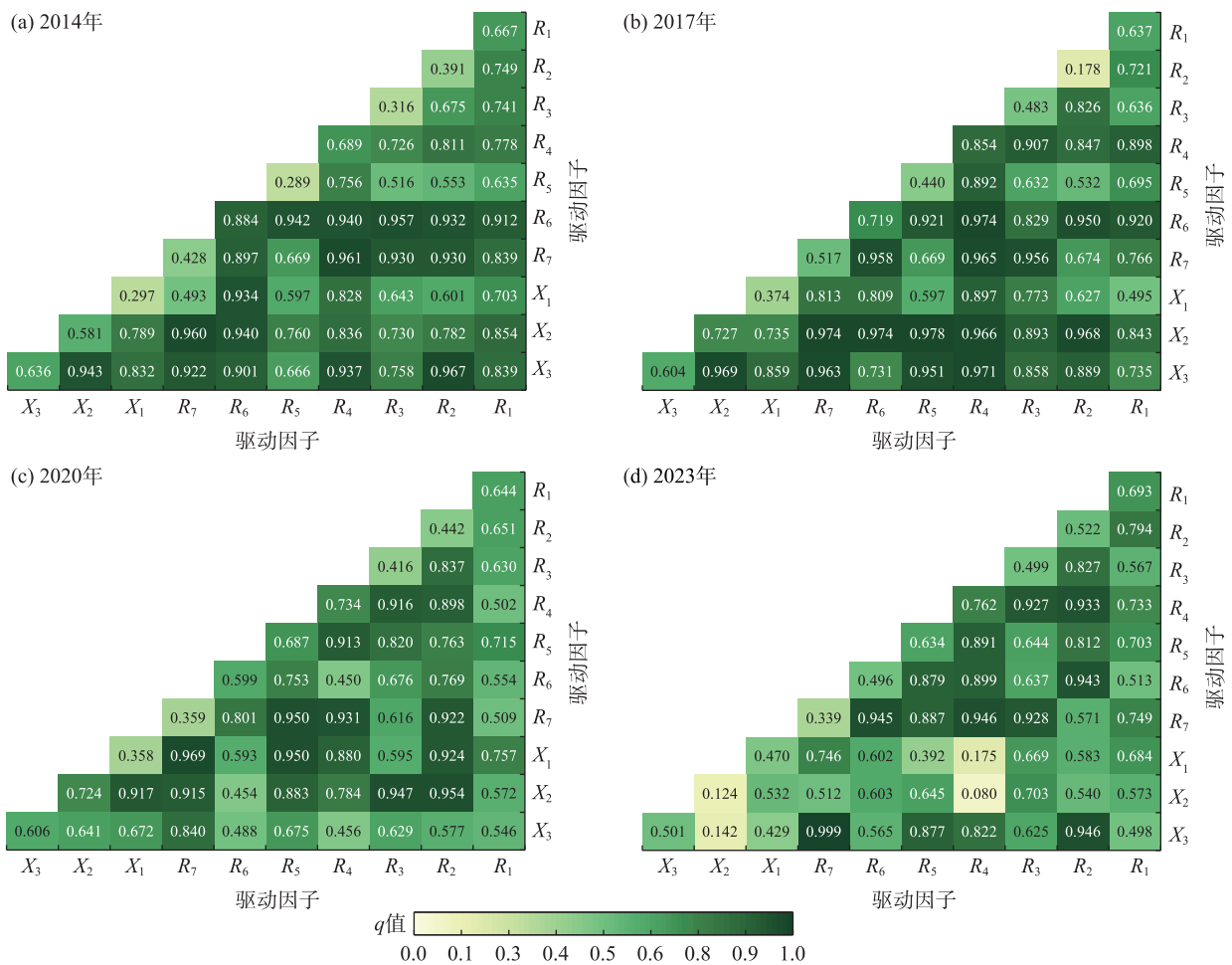
2.3.3 农村居民食物消费碳排放驱动效应分析 通过探测影响西部农村居民食物消费碳排放的各个因子,发现农村系统内部经济、人口、消费与交通等多维度因素存在复杂的耦合关系(图5)。旅客周转量(X_2)、货物周转量(X_3)几乎与其他因素在2017年都产生了强交互作用,表明农村食物系统的运转深度依赖区域交通网络,当农村消费需求增长与高碳的物流运输系统相结合时,食物消费碳排放推动力被急剧放大。特别是农村居民恩格尔系数(R_7)这一变量作为衡量生活水平和消费结构的核心指标,与农村居民人均植物性食物消费量(R_5)、人均家庭电冰箱拥有量(X_1)及货物周转量(X_3)的交互进一步揭示了农村生活方式的现代化转型,这表明在恩格尔系数仍较高的阶段,农村家庭对高碳动物性食物的

需求增加,而这一需求需通过长距离运输网络才得以满足,同时也影响了储存阶段的碳排放变化,最终进一步放大了碳排放效应。

3 讨论

本文系统分析了2014—2023年中国西部地区城乡居民食物消费碳排放的时空格局、区域差异及驱动机制,创新性地识别出不同区域的差异化特征与核心矛盾,深入剖析了城乡二元结构下驱动路径的显著差异。结果表明,西部地区食物消费碳排放不仅总量呈波动上升态势,而且城乡二元结构已超越省际地理差异,成为区域不平等最核心的来源。

一是食物消费碳排放总量方面,其在各省(自治区、直辖市)中皆呈现上升趋势,与现有研究中关



注: $R_1 \sim R_7$ 含义见表7。

图5 中国西部地区农村居民食物消费碳排放驱动因子的交互作用分析

Fig. 5 Analysis of the interaction effects of driving factors on food consumption carbon emissions of rural residents in the western region of China

于居民食物消费碳排放的变化趋势高度一致^[9,21]。二是区域差异方面,通过泰尔指数分析,发现在西部地区,组内差异是总体差异的主导成分,且其贡献率持续扩大至85%以上。结合K-means动态聚类识别出的“高碳-高收-高城”与“中碳-中收-中城”2类典型区域,直观展现了西部地区的空间分异。本文的特色在于揭示了“高碳-高收-高城”这一区域与内蒙古自治区等资源型省(自治区、直辖市)的高度关联,印证了“资源依赖型”消费模式的存在,这与王宇杰等^[41]对区域资源禀赋与消费结构的研究发现相契合。而占主导的“中碳-中收-中城”区域则代表了西部地区大部分省(自治区、直辖市)正处于传统膳食与现代消费文化模式交织的“过渡阶段”,其未来走向将对西部整体碳足迹产生决定性影响。三是驱动因素方面,在城乡发展方面,城乡居民存在显著差异^[20,26,38],本文通过运用地理探测器进一步揭示了城乡二元系统各自的驱动机制。城镇是内生性、消费主导的碳排放,而农村则是外源性、设施依赖型的碳排放。对于城镇居民,城镇碳排放是典型的“经济-人口-消费”耦合系统内部多重因素共同作用的结果,各环节相互嵌套、正向反馈,形成了强大的“碳锁定”效应。这与林志富等^[42]对云南省碳排放驱动机制的研究有相似之处,说明西部地区城镇驱动的共性。农村居民食物消费碳排放在很大程度上是一个“被运输的碳排放”问题。农村交通因素几乎与其他所有因素均产生强交互作用,这说明农村居民食物消费碳排放量当前在很大程度上仍是由碳密集型交通结构所影响。这与城镇居民以消费结构升级为主导的驱动模式存在本质区别,凸显了城乡食物系统碳减排路径的差异化。

本文对于西部地区城乡居民食物消费碳排放量的区域差异和驱动因素的研究上取得了一定的进展,但还存在一定的局限性。本文主要基于宏观数据进行测算与分析,对微观个体食物消费行为及其动因的挖掘不够深入,未来可通过微观数据库进行细致补充。

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 2014—2023年西部地区城乡居民食物消费碳排放总量整体上呈增长趋势。城镇与农村居民

食物消费碳排放受西部区域经济活跃度、城镇化进程及政策时效性共同驱动,均呈现显著的区域分异。

(2) 西部地区食物消费碳排放量呈现显著空间异质性。区域差异主要源于省内城乡分化而非省际差别,城乡居民食物消费水平的差距,已成为空间分异的矛盾焦点。其中,西部地区多数地区处于食物消费结构变迁的过渡期,内蒙古自治区和重庆市因其产业结构会从根本上塑造本地的消费碳排放基准线。

(3) 西部城乡居民食物消费碳排放的驱动因素间的交互作用均以双因子增强和非线性增强为主导。城镇主要由人口规模与消费水平的协同作用主导驱动,而农村则主要由交通基础设施与其他因素的交互作用主导。

4.2 建议

(1) 对居民而言,城镇居民应以遏制高碳外源性食物消费为重点,推广“植物性为主、动物性为辅”的膳食模式,倡导餐饮行业提供“小碗菜”“精准份餐”,抑制消费端浪费。农村居民应强化清洁能源替代与农业绿色生产技术推广,加快沼气、太阳能等在农村炊事、冷链环节的应用,避免因收入提升引发高碳饮食结构的无序扩张。

(2) 在省级层面,实施“分区引导”的差异化治理策略,对于内蒙古自治区等资源型高碳区,重点推动畜牧业低碳转型,支持牧场现代化改造和粪污资源化利用。对于处于过渡期的多数省(自治区、直辖市),加强消费引导与产业升级的协同,避免形成新的高碳锁定效应。对于“高碳-高收-高城”城镇集群,建议试点“碳标签+阶梯电价”组合政策,抑制高碳食物消费的过度扩张。对于“中碳-中收-中城”农村集群,提出设立“绿色炊事券”补贴机制,形成城乡碳平衡新路径。

(3) 在城乡层面,针对城镇地区,重点控制人口密集区的消费总量与结构,发展智慧物流体系,提升流通效率。针对农村地区,加快推进交通能源清洁化改造,优化农村冷链物流网络布局,降低基础设施建设的碳足迹。

参考文献(References)

- [1] 杜鹏,章征科. 系统观念视域下的“大农业观大食物观”: 出场背景、核心要义与践行进路[J]. 经济学家, 2025(4): 120-128. [Du Peng, Zhang Zhengke. The “comprehensive agriculture perspec-

tive and diversified food systems concept" under the framework of systems thinking: The background, core essence and synergistic approach[J]. *Economist*, 2025(4): 120–128.]

- [2] 戴俊骋. —“鲜”难求? 地方流动对可持续饮食系统的影响机制[J]. *人文地理*, 2022, 37(4): 32–38, 74. [Dai Juncheng. Hard to find a “fresh” meal? Research on place mobility and sustainable food systems[J]. *Human Geography*, 2022, 37(4): 32–38, 74.]
- [3] 郭帅辰, 李德龙, 李兵抗, 等. 中国家庭食物浪费影响因素识别及形成机理——基于扎根理论的质性研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2025, 39(6): 117–131. [Guo Shuaichen, Li Delong, Li Bing-kang, et al. Identification of influencing factors and formation mechanism of household food waste in China: A qualitative study based on grounded theory[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2025, 39(6): 117–131.]
- [4] 薛佳敏, 徐明岗, 张建杰. 食物系统碳足迹研究进展[J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2024, 32(2): 196–205. [Xue Jiamin, Xu Minggang, Zhang Jianjie. Proceedings in carbon footprint research of food systems[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2024, 32(2): 196–205.]
- [5] 马倩倩, 陈诗一. 经济收敛与环境失衡: 基于西部大开发战略的研究[J]. *世界经济*, 2023, 46(8): 108–133. [Ma Qianqian, Chen Shiyi. Economic convergence and environmental disparities: Evidence from the western development program[J]. *The Journal of World Economy*, 2023, 46(8): 108–133.]
- [6] 孙豪, 桂河清, 何伟. 消费升级、碳排放与中国碳达峰目标实现[J]. *财经研究*, 2025, 51(7): 79–93. [Sun Hao, Gui Heqing, He Wei. Consumption upgrading, carbon emissions, and the achievement of China’s carbon peak target[J]. *Journal of Finance and Economics*, 2025, 51(7): 79–93.]
- [7] 樊胜根, 张玉梅. 中国农业食物系统低碳转型战略思考[J]. *农业经济问题*, 2024(12): 15–23. [Fan Shenggen, Zhang Yumei. Strategic thinking on the low-carbon transformation of agrifood systems in China[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2024(12): 15–23.]
- [8] Feng W, Cai B M, Zhang B. A bite of China: Food consumption and carbon emission from 1992 to 2007[J]. *China Economic Review*, 2020, 59: 100949, doi: 10.1016/j.chieco.2016.06.007.
- [9] 黄和平, 李亚丽, 杨斯玲. 中国城镇居民食物消费碳排放的时空演变特征分析[J]. *中国环境管理*, 2021, 13(1): 112–120. [Huang Heping, Li Yali, Yang Siling. Spatio-temporal evolution characteristics of carbon emissions from food consumption of urban residents in China[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2021, 13(1): 112–120.]
- [10] Elliott M, Bhunnoo R. Scenarios for transforming the UK food system to meet global agreements[J]. *Nature Food*, 2021, 2(5): 310–312.
- [11] 谢金良, 郭静, 黄雨婷, 等. 基于多源数据的中国家庭碳排放核算与占比估计[J]. *环境工程学报*, 2024, 18(11): 3081–3091. [Xie Jinliang, Guo Jing, Huang Yuting, et al. Accounting for household carbon emissions and estimating their proportion in China

based on multi-source data[J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2024, 18(11): 3081–3091.]

- [12] Boehm R, Wilde P E, Ver P M, et al. A comprehensive life cycle assessment of greenhouse gas emissions from US household food choices[J]. *Food Policy*, 2018, 79: 67–76.
- [13] 刘莉娜, 曲建升, 黄雨生, 等. 中国居民生活碳排放的区域差异及影响因素分析[J]. *自然资源学报*, 2016, 31(8): 1364–1377. [Liu Lina, Qu Jiansheng, Huang Yusheng, et al. Analyze on the spatial-temporal pattern and influence factors of China’s per capita household carbon emissions[J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(8): 1364–1377.]
- [14] 刘莉娜, 曲建升, 曾静静, 等. 基于文献计量的居民食物消费碳排放研究进展及发展态势[J]. *生态学报*, 2023, 43(17): 7331–7340. [Liu Lina, Qu Jiansheng, Zeng Jingjing, et al. Research progress and development trend of carbon emissions from residents’ food consumption based on bibliometrics[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(17): 7331–7340.]
- [15] 李梦冉, 徐小任, 王梁, 等. 黄河流域农业碳排放时空变化特征及影响因素分析[J]. *干旱区地理*, 2025, 48(5): 854–865. [Li Mengran, Xu Xiaoran, Wang Liang, et al. Spatial-temporal characteristics and influencing factors of agricultural carbon emissions in the Yellow River Basin[J]. *Arid Land Geography*, 2025, 48(5): 854–865.]
- [16] Long Y L, Hu R Z, Yin T, et al. Spatial-temporal footprints assessment and driving mechanism of China household diet based on CHNS[J]. *Foods*, 2021, 10(8): 1858, doi: 10.3390/foods10081858.
- [17] Corrado S, Luzzani G, Trevisan M, et al. Contribution of different life cycle stages to the greenhouse gas emissions associated with three balanced dietary patterns[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 660: 622–630.
- [18] 祁闯, 孙璇, 黄雅丽, 等. 中国城乡居民食品消费模式及其碳足迹演化特征[J]. *环境科学*, 2025, 46(1): 66–75. [Qi Chuang, Sun Xuan, Huang Yali, et al. Transition of food consumption patterns and carbon footprint of urban and rural residents in China[J]. *Environmental Science*, 2025, 46(1): 66–75.]
- [19] 蒋璐, 汪瑞, 刘蓓蓓. 食品消费模式的碳足迹差异研究[J]. *中国环境科学*, 2023, 43(12): 6755–6762. [Jiang Lu, Wang Rui, Liu Beibei. Differences in carbon footprint of food consumption patterns[J]. *China Environmental Science*, 2023, 43(12): 6755–6762.]
- [20] 张丽娜, 郝宵, 庞庆华, 等. 城乡分异视角下居民食品消费碳排放驱动效应研究——以江苏省为例的实证分析[J]. *软科学*, 2021, 35(2): 54–59. [Zhang Lina, Hao Xiao, Pang Qinghua, et al. Study on the driving effect of carbon emissions from residential food consumption based on the perspective of urban and rural differentiation: Taking Jiangsu Province as the example[J]. *Soft Science*, 2021, 35(2): 54–59.]
- [21] 曹志宏, 郝晋珉, 邢红萍. 中国居民食物消费碳排放时空演变趋势及其驱动机制分析[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(1): 91–99. [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.]
- [22] Aptri A E, Bamba B W W, Edoh E D, et al. Wealth inequality and carbon inequality[J]. *Ecological Economics*, 2025, 227: 108406, doi: 10.1016/j.ecolecon.2024.108406.
- [23] Li S J, Chen W M. Regional carbon inequality and its impact in China: A new perspective from urban agglomerations[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2024, 480: 144059, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.144059.
- [24] 曹开军, 商宁, 王秘秘. 中国西北五省乡村旅游重点村时空分布格局与可达性分析[J]. *干旱区地理*, 2023, 46(7): 1196–1205. [Cao Kaijun, Shang Ning, Wang Mimi. Spatial distribution pattern and accessibility analysis of the key rural tourism villages in the five northwestern provinces of China[J]. *Arid Land Geography*, 2023, 46(7): 1196–1205.]
- [25] 杨旺舟. 中国农村居民食品消费碳排放的时空格局及其影响因素[J]. *中国环境管理*, 2022, 14(3): 112–117. [Yang Wangzhou. Spatio-temporal pattern and its driving forces on carbon emission of food consumption from rural households in China[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2022, 14(3): 112–117.]
- [26] 智静, 高吉喜. 中国城乡居民食品消费碳排放对比分析[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(3): 429–434. [Zhi Jing, Gao Jixi. Analysis of carbon emission caused by food consumption in urban and rural inhabitants in China[J]. *Progress in Geography*, 2009, 28(3): 429–434.]
- [27] 庞梦伊. 中国城乡居民食品消费碳排放时空演变特征及影响因素分析[D]. 长春: 吉林大学, 2023. [Pang Mengyi. Analysis of the spatial and temporal evolution characteristics and influencing factors of carbon emissions from food consumption of urban and rural residents in China[D]. Changchun: Jilin University, 2023.]
- [28] 罗婷文, 欧阳志云, 王效科, 等. 北京城市化进程中家庭食物碳消费动态[J]. *生态学报*, 2005(12): 3252–3258. [Luo Tingwen, Ouyang Zhiyun, Wang Xiaoke, et al. Dynamics of urban food-carbon consumption in Beijing households[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005(12): 3252–3258.]
- [29] 辛良杰, 李鹏辉, 范玉枝. 中国食物消费随人口结构变化分析[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(14): 296–302. [Xin Liangjie, Li Penghui, Fan Yuzhi. Change of food consumption with population age structure in China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(14): 296–302.]
- [30] Pan W, Pan W L, Shi Y D, et al. China's inter-regional carbon emissions: An input-output analysis under considering national economic strategy[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 197: 794–803.
- [31] 杨骞, 刘华军. 中国二氧化碳排放的区域差异分解及影响因素——基于1995—2009年省际面板数据的研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2012, 29(5): 36–49, 148. [Yang Qian, Liu Huijun. Regional difference decomposition and influence factors of China's carbon dioxide emissions: A study based on interprovincial panel data from 1995 to 2009[J]. *Journal of Quantitative and Technological Economics*, 2012, 29(5): 36–49, 148.]
- [32] 杨俊闯, 赵超. K-Means聚类算法研究综述[J]. *计算机工程与应用*, 2019, 55(23): 7–14, 63. [Yang Junchuang, Zhao Chao. Survey on K-Means clustering algorithm[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2019, 55(23): 7–14, 63.]
- [33] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. *地理学报*, 2017, 72(1): 116–134. [Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116–134.]
- [34] 孙黄平, 黄震方, 徐冬冬, 等. 泛长三角城市群城镇化与生态环境耦合的空间特征与驱动机制[J]. *经济地理*, 2017, 37(2): 163–170, 186. [Sun Huangping, Huang Zhenfang, Xu Dongdong, et al. The spatial characteristics and drive mechanism of coupling relationship between urbanization and eco-environment in the Pan Yangtze River Delta[J]. *Economic Geography*, 2017, 37(2): 163–170, 186.]
- [35] 王彬燕, 田俊峰, 程利莎, 等. 中国数字经济空间分异及影响因素[J]. *地理科学*, 2018, 38(6): 859–868. [Wang Binyan, Tian Junfeng, Cheng Lisha, et al. Spatial differentiation of digital economy and its influencing factors in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(6): 859–868.]
- [36] 王兴民, 吴静, 白冰, 等. 中国CO₂排放的空间分异与驱动因素——基于198个地级及以上城市数据的分析[J]. *经济地理*, 2020, 40(11): 29–38. [Wang Xingmin, Wu Jing, Bai Bing, et al. Spatial differentiation and driving factors of CO₂ emissions: Analysis based on 198 cities at prefecture level and above in China[J]. *Economic Geography*, 2020, 40(11): 29–38.]
- [37] 马海清, 陈强强. 甘肃省农业碳排放时空分异特征及影响因素[J]. *干旱区地理*, 2025, 48(5): 879–892. [Ma Haiqing, Chen Qiangqiang. Spatio-temporal differentiation characteristics and influencing factors of agricultural carbon emissions in Gansu Province[J]. *Arid Land Geography*, 2025, 48(5): 879–892.]
- [38] 高晶, 唐增, 李重阳. 中国城乡居民食物消费碳排放的对比分析[J]. *草业科学*, 2018, 35(8): 2022–2030. [Gao Jing, Tang Zeng, Li Chongyang. A comparative analysis of food consumption on carbon emission of urban and rural residents in China[J]. *Pratacultural Science*, 2018, 35(8): 2022–2030.]
- [39] 杨思存, 霍琳, 王成宝, 等. 基于STIRPAT模型的甘肃省农业碳排放特征分析[J]. *干旱区地理*, 2023, 46(9): 1493–1502. [Yang Sicun, Huo Lin, Wang Chengbao, et al. Characteristics of agricultural carbon emission in Gansu Province based on STIRPAT model[J]. *Arid Land Geography*, 2023, 46(9): 1493–1502.]
- [40] 袁长伟, 张帅, 焦萍, 等. 中国省域交通运输全要素碳排放效率时空变化及影响因素研究[J]. *资源科学*, 2017, 39(4): 687–697. [Yuan Changwei, Zhang Shuai, Jiao Ping, et al. Temporal and spatial variation and influencing factors research on total factor efficiency for transportation carbon emissions in China[J]. *Resources Science*, 2017, 39(4): 687–697.]

- [41] 王宇杰, 段霄东, 薛颖, 等. 中国资源型城市碳排放特征、达峰态势及驱动因素分析[J]. 生态经济, 2025, 41(3): 43–49, 63. [Wang Yujie, Duan Xiaodong, Xue Ying, et al. Analysis of carbon emission characteristics, peaking situation and driving factors in China's resource-based cities[J]. Ecological Economy, 2025, 41(3): 43–49, 63.]
- [42] 林志富, 陶楠, 单立先, 等. 县域尺度下云南省碳排放时空演变特征及驱动机制[J]. 水土保持研究, 2026, 33(2): 264–273. [Lin Zhifu, Tao Nan, Shan Lixian, et al. Spatiotemporal evolution characteristics and driving mechanisms of carbon emissions at county scale in Yunnan Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2026, 33(2): 264–273.]

Carbon emission differences and driving factors of food consumption among urban and rural residents in the western region of China

FU Wei¹, WANG Yucheng¹, CUI Longfang¹, CHEN Jiancheng²

(1. College of Economics and Management, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. College of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Food consumption is an important part of greenhouse gas emissions. Studying its urban-rural differences in carbon emissions and driving factors is critical to promoting regional coordinated green development to achieve the “dual carbon” goals. Food consumption carbon emissions among urban and rural residents in the western region of China from 2014 to 2023 were calculated using the hybrid life cycle assessment method. The regional differences and driving factors were revealed by combining the Theil index, *K*-means clustering, and the geographical detector model. The results revealed that (1) From 2014 to 2023, the total per capita food consumption carbon emissions in the western region exhibited an increasing trend, rising from $1.51 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{person}^{-1}$ to $2.05 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{person}^{-1}$. Compared with that of urban areas, the per capita food consumption carbon emissions in rural areas of Qinghai Province increased most significantly, with an average annual growth rate of 6.1%. (2) The regional differences mainly stem from intraprovincial disparities, with “asynchronous consumption within provinces” becoming the focal point of spatial differentiation. Most regions are in a transitional period of food consumption structure, while the food consumption carbon emissions in Inner Mongolia Autonomous Region and Chongqing Municipality are mainly influenced by the local industrial structure. (3) The interaction of multiple factors is mainly characterized by the enhancement of two-factor interactions, and the urban-rural heterogeneity is prominent. In urban areas, it is driven by the synergy of population size and consumption level, whereas in rural areas, it is dominated by the interaction of transportation facilities and other factors.

Keywords: residents' food consumption; regional differences; driving factors; urban and rural development; western region of China