

# 中国城乡居民收入差距对碳排放强度的作用机制 ——基于面板数据的实证分析

闫东升<sup>1</sup>, 孙伟<sup>2</sup>, 李平星<sup>2</sup>

(1. 河海大学公共管理学院, 南京 211100;

2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所流域地理学重点实验室, 南京 210008)

**摘要:** 中国经济从高速增长转向高质量发展阶段, 协同实现城乡居民收入差距缩小与碳排放强度下降, 是“公平”与“效率”兼顾的重要内涵。在构建城乡居民收入差距影响碳排放强度机制基础上, 基于1998—2019年省级尺度面板数据, 定量探讨中国城乡居民收入差距对碳排放强度的影响, 并采用中介效应模型、调节效应模型探析作用机制。结果表明: 城乡居民收入差距扩大带来碳排放强度上升, 且经过多重稳健性检验依然成立。在影响机制分析发现, 城乡居民收入差距通过影响城镇化、抑制创新发展、强化资源错配等带来碳排放强度增加, 且市场化水平、政府行为在二者关系中呈现显著调节效应。城乡居民收入差距的碳排放强度效应呈现显著时空异质性: 一方面, 表现为1998—2011年显著正效应与2012—2019年不显著负效应差异; 另一方面, 表现为东部不显著负效应、中西部显著正效应对比。在要素驱动的经济增长过程中, 应发挥“有效市场”与“有为政府”协调作用, 通过优化城镇化模式、提升创新发展质量、推动城乡一体化发展等, 在进一步缩小城乡居民收入差距中实现“公平”与“效率”兼顾, 助力中国经济高质量发展。

**关键词:** 城乡居民收入差距; 碳排放强度; 效应; 机制; 异质性

改革开放以来, 中国经济持续高速增长并跃升为世界第二大经济体。但长期不均衡发展策略、低效率发展模式也带来诸多负面效应, 比较典型的是城乡居民收入差距主导的区域差距扩大、以碳排放快速增长为重要表征的生态环境恶化<sup>[1]</sup>。从表象来看, 城乡居民收入差距扩大受制于城乡二元结构, 环境污染加剧缘于产业被压制在低端环节, 但归根到底在于要素不合理配置<sup>[2,3]</sup>。未来, 缩小城乡居民收入差距、推动生态环境优化, 成为中国实现高质量发展必须解决的现实问题, 这不仅呼应新时代中国社会主要矛盾内涵, 也契合全球应对气候变化博弈的焦点<sup>[1,4]</sup>。因此, 在中国加快推动高质量发展的重要阶段, 迫切需要科学理清以下关键问题: 城乡居民收入差距、碳排放作为中国经济社会发展过程中的现实问题, 二者之间存在何种联系? 城乡居民收入差距通过何种机制影响碳排放?

科学谋求“公平”与“效率”协调, 长期以来便是社会各界广泛关注的经典话题<sup>[2,5]</sup>。随着以城乡居民收入差距扩大为表征的公平、环境污染加剧为主的效率问题显现, 学界

收稿日期: 2022-11-07; 修订日期: 2023-03-02

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42101183, 41871209, 41871119); 江苏省碳达峰碳中和科技创新专项项目 (BK20220014)

作者简介: 闫东升 (1990-), 男, 河南项城人, 博士, 讲师, 研究方向为城市发展与区域规划。

E-mail: yds1223@163.com

通讯作者: 李平星 (1982-), 男, 山东泰安人, 博士, 副研究员, 研究方向为区域发展与生态环境效应。

E-mail: pxli@niglas.ac.cn

针对二者互动关系研究逐渐增多<sup>[6,7]</sup>。总体上,与本文研究主题紧密相关内容主要如下:(1)鉴于不同收入人群环境需求、碳排放状况等存在显著差异,学者从理论层面对二者关系开展了探讨<sup>[8]</sup>。一方面,基于收入分配库兹涅茨曲线、环境库兹涅茨曲线的倒“U”型演变趋势对比,部分学者认为收入差距与环境状况可能呈同向变化趋势<sup>[9,10]</sup>。另一方面,由于不同收入阶层居民环境需求存在差异,且收入越高、高质量环境需求越强烈<sup>[4]</sup>,平等假说认为环境是财富、收入、市场等因素综合作用结果,缩小贫富差距是优化环境质量的重要举措之一<sup>[11,12]</sup>。(2)国内外关于收入差距与环境质量关系开展诸多实证研究,但尚未形成一致认识<sup>[4,10,13]</sup>。多数研究认为城乡居民收入差距扩大不利于环境质量改善<sup>[1,4,14,15]</sup>,如 Vona 等<sup>[15]</sup>发现收入差距扩大显著降低技术正外部性,阻碍经济增长与环保技术扩散。部分学者认为城乡居民收入差距扩大能够推动环境优化,倒逼政府优化发展模式、加快环境污染治理<sup>[16]</sup>。部分研究发现收入差距的环境污染效应存在门槛效应,如二者关系在低收入阶段的负相关、高收入阶段的正相关<sup>[17]</sup>,以及明显的区域异质性<sup>[14]</sup>。(3)识别城乡居民收入差距影响环境治理的机制,同样是已有研究的热点。在政治经济学框架、环境库兹涅茨曲线(EKC)、“中间人投票”理论、消费理论等基础上<sup>[4,9,14]</sup>,学者研究发现城乡居民收入差距通过产业结构、城镇化进程、技术进步、消费结构、能源结构、宏观政策等影响环境质量<sup>[3,11,15]</sup>,且这一过程受发展水平、市场化、开放水平、政府作用等的调节<sup>[4,12,17]</sup>。如城乡居民收入差距扩大通过消费结构、创新发展、宏观政策等影响环境质量,且这一效应受社会决策机制调控<sup>[6]</sup>。

科学理清城乡居民收入差距与碳排放关系,是支撑政策制定、优化政策实施的理论基础。尽管学者对这一问题进行了诸多探讨,但在以下方面依然存在深化空间:(1)尽管学者基于环境库兹涅茨曲线等探讨了收入的环境效应,但针对碳排放的研究依然处于起步阶段<sup>[2,4]</sup>,且城乡居民收入差距的大气污染、固体废弃物排放等环境效应尚未形成一致性结论<sup>[3,4,13]</sup>,这说明进一步探讨城乡居民收入差距的碳排放效应具有现实意义。(2)作为世界最大的发展中国家,中国在加快实现“共同富裕”关键时期,保持适度经济增长速度是必需的。但受制于工业结构、技术条件、资源禀赋等,经济增长可能带来碳排放规模增加<sup>[18]</sup>。因此,在降低碳排放强度基础上实现碳排放规模下降,对发展中国家而言具有更强现实可行性<sup>[19,20]</sup>。即与已有文献多关注碳排放规模不同,碳排放强度视角研究更契合中国发展现实<sup>[2,10,13]</sup>。(3)与二者互动关系实证研究相比,影响机制的研究较为欠缺<sup>[2]</sup>。此外,部分借鉴西方理论的机制分析,忽视了中国社会主义市场经济逐步完善过程中,市场与政府力量在其中发挥的关键作用。本文采用1998—2019年中国省级尺度面板数据,多角度检验城乡居民收入差距的碳排放强度效应与影响机制,探讨“公平”(城乡居民收入差距缩小)是否、何以促进“效率”(碳排放的环境效率提升),在丰富相关研究视角基础上,为推动中国高质量发展提供经验借鉴。

## 1 理论框架的构建

在要素驱动的经济社会发展中,城乡居民收入差距与环境污染是过度追求经济增长速度的负效应,也是中国经济社会发展中“不平衡”、“不充分”重要体现<sup>[7]</sup>。借鉴已有研究,本文重点从要素配置角度,提出城乡居民收入差距通过影响城镇化、创新发展、资源错配等,作用于碳排放强度演变。同时,探讨其他因素对这一效应的影响。从驱动机

制看,具体表现为:

(1) 实证研究发现,不同收入水平居民碳排放状况存在显著差距<sup>[8]</sup>。城镇偏向发展举措导致城乡处于不均衡地位,城乡居民收入差距扩大增强了要素“由乡入城”动力<sup>[2,6]</sup>,通过人口城乡集散、要素集聚规模报酬等机制,在城镇化进程中驱动区域碳排放演变<sup>[21]</sup>。一方面,城镇居民高耗能产品消费边际倾向显著高于农村的特征,带来城镇化进程中的碳排放强度提升<sup>[1,2]</sup>。此外,资本密集型、资源密集型主导的工业化引领的城镇化,增加了煤炭、石油、天然气等化石能源的消耗,低质量城镇化导致区域碳排放强度不断增加<sup>[2,4,10]</sup>。另一方面,生产要素的城镇集聚、乡村流出,能够有效激发城乡规模报酬递增效应、驱动碳排放强度下降,表现为城镇化带来的生产效率提升、低碳化发展转型<sup>[10,22]</sup>。理论上看,城乡居民收入差距扩大驱动的城镇化,对区域碳排放强度演变存在不确定性。然而,对于发展质量不高、重工业化主导的中国城镇化而言,长期以来产业高碳化驱动碳排放强度上升<sup>[4,10]</sup>。

(2) 生产技术的创新与应用,是实现经济高质量增长、碳排放强度下降的重要举措<sup>[1,11]</sup>。城乡居民收入差距演变,主要通过“需求引致创新”“人力资本供给”等机制,影响区域创新发展与碳排放强度演变<sup>[6]</sup>。从“需求引致创新”角度看,由凯恩斯消费理论可知,城乡居民收入差距扩大导致带来社会平均消费倾向、消费总规模的下降<sup>[6,23]</sup>;但在此过程中,城镇居民对高档消费品的消费意愿、支付能力也得以提升,允许创新主体对创新产品索取较高价格、增加创新收益等,进而促进区域创新发展<sup>[15]</sup>。从“人力资本供给”角度看,受限于收入水平刚性约束、未来收益贴现率增大,农村居民人力资本投资规模扩大有限;城乡发展差距带来的诸多优越感,在一定程度上抑制城镇人力资本投资积极性。此外,农村居民获取优质教育机会的减少、教育回报率下降,以及城镇居民生育成本增加、生育意愿下降,从人口规模角度降低人力资本增长<sup>[6,15]</sup>。总体上,在规模创新负效应、结构创新正效应等对比下,总效应取决于二者对比<sup>[4,20,24]</sup>。但从现有研究看,城乡居民收入差距扩大主要表现为抑制创新发展、带来碳排放强度增加<sup>[1,6,15]</sup>。

(3) “投入—产出”等理论认为,资源配置优化能够倒逼生产要素向低能耗、高效率的产业集聚,进而提升发展质量<sup>[25-27]</sup>。作为区域不均衡发展状态表征,城乡居民收入差距作用于区域资源错配,影响经济发展效率与区域环境质量<sup>[2,14,22]</sup>。首先,由于城乡在权力决策中的不平等地位,非农业部门配置了相对较多资本、相对较少的劳动力<sup>[14,22,28]</sup>,如工业用地低价出让的土地错配,通过降低资源配置效率、阻碍产业结构升级<sup>[22]</sup>。其次,城乡居民环境保护的“成本—收益”同样存在不对等<sup>[4,14]</sup>，“以环境换发展”模式导致农村成为区域污染产业“避难所”，增强了区域污染直排规模、抑制了产业转型升级动力<sup>[3]</sup>。最后,通过强化政府经济增长管理中的城镇偏向性举措,在扩大资源错配中带来碳排放强度增加<sup>[6]</sup>。如“短期”的任期制度与横向竞争,强化“以邻为壑”地方保护冲动、“大而全”低端产业发展模式,通过扭曲资源配置带来碳排放强度增加<sup>[1,29,30]</sup>。总之,中国显著分割的城乡二元制度,通过强化资源错配抑制生产效率提升、能源效率提高、产业结构升级等,带来区域城乡居民收入差距与环境污染加剧的共存<sup>[3,28]</sup>。

城乡关系是中国经济社会发展的基本关系之一<sup>[4]</sup>,探究城乡居民收入差距的碳排放强度效应,无法忽视在中国社会主义市场经济逐步完善过程中,“有效市场”与“有为政府”的关键作用。“有效市场”通过效益最大化机制引导要素的自由流动、优化配置等,

实现效率提升驱动的碳排放强度降低,但也可能带来市场失灵下的企业治污动力弱化、污染排放加剧。缩小城乡居民收入差距与治理环境污染,都是“有为政府”应对市场失灵的重要方面,但这要立足于地方政府参与横向竞争的“政治晋升”博弈这一客观现实,这也是地方政府经济管理的出发点、城镇偏向性资源配置的内在机制。此外,空间区位、要素禀赋、发展阶段等的差异,也可能带来城乡居民收入差距碳排放强度效应的显著时空异质性。对此,本文构建图1的理论框架。但是,现实中城乡居民收入差距如何影响碳排放强度,需要实证研究支持。

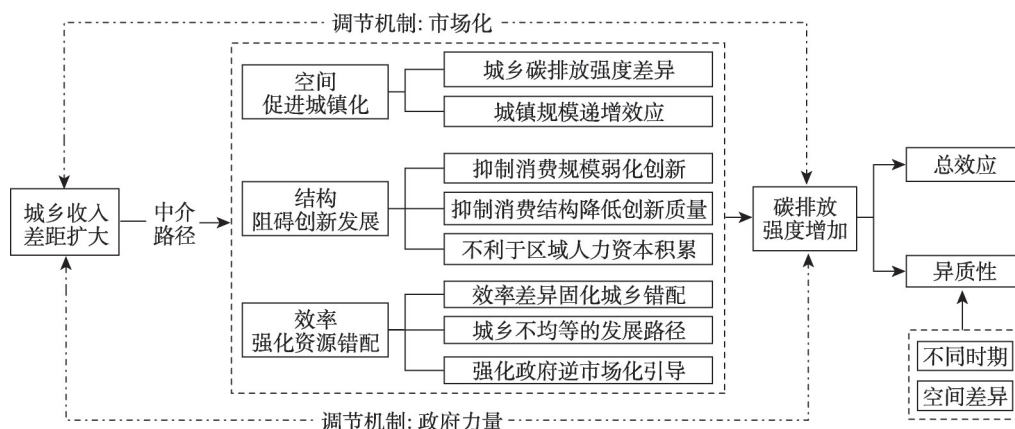


图1 城乡居民收入差距影响碳排放强度的理论机制

Fig. 1 Theoretical mechanism of urban-rural residents income gap affecting carbon emission intensity

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究方法

综合分析环境库兹涅茨曲线、收入分配库兹涅茨曲线,本文认为对于发展中国家而言,城乡居民收入差距、碳排放强度可能呈现同向变动特征<sup>[10]</sup>。因此,构建如下基准计量模型:

$$Pcar_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Gap_{it} + \alpha_2 X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

EKC等理论分析与部分研究发现,经济社会发展中的城乡居民收入差距演变,对区域碳排放强度演变呈现非线性效应<sup>[14]</sup>。对此,同步构建如下非线性回归模型:

$$Pcar_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Gap_{it} + \alpha_2 Gap_{it}^2 + \alpha_3 X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中: $i$ 、 $t$ 分别表示地区、年份; $\alpha_0$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 为回归系数; $\varepsilon_{it}$ 为随机扰动项;被解释变量 $Pcar$ 表示碳排放强度;核心解释变量 $Gap$ 表示城乡居民收入差距; $X$ 为若干控制变量; $\eta_i$ 、 $\lambda_t$ 分别表示地区、时间固定效应。

基于理论机制分析,采用中介模型定量识别城镇化、创新发展、要素配置等在城乡居民收入差距影响碳排放强度中的中介效应。借鉴已有研究<sup>[31]</sup>,构建如下中介效应模型:

$$Pcar_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Gap_{it} + \alpha_2 X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$Med_{it} = \beta_0 + \beta_1 Gap_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$Pcar_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Gap_{it} + \gamma_2 Med_{it} + \gamma_3 X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中： $Med$ 为中介变量。

在中国“有效市场”“有为政府”特色社会主义市场经济制度下，借鉴调节效应模型<sup>[31]</sup>，探讨市场化水平、政府行为对城乡居民收入差距碳排放强度效应影响。相关模型设定如下：

$$Pcar_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 Gap_{it} + \varphi_2 Reg_{it} + \varphi_3 Gap_{it} \times Reg_{it} + \varphi_4 X_{control} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式中： $Reg$ 为调节变量。

## 2.2 变量测度方法

(1) 被解释变量：碳排放强度 ( $P_{car}$ )。与已有研究重点关注碳排放规模不同<sup>[2]</sup>，基于“用发展的办法解决发展中的问题”这一导向，本文将碳排放强度这一联接经济增长与碳排放的生态平衡指标作为被解释变量，即单位GDP的碳排放量<sup>[32,33]</sup>，单位为t/亿元。

(2) 核心解释变量：城乡居民收入差距 ( $Gap$ )。借鉴已有研究，以城镇居民人均可支配收入与农村居民人均纯收入之比，表征城乡居民收入差距<sup>[7,34]</sup>。

(3) 控制变量 ( $X$ )。① 不同经济发展阶段，碳排放强度存在明显差距，典型如环境库兹涅茨曲线假说<sup>[33]</sup>。经济发展水平采用人均GDP进行表征 ( $Pgdp$ )，单位为万元。② 产业结构通过影响生产效率、能源消耗等，作用于碳排放强度<sup>[33,35]</sup>。鉴于工业在碳排放中的主体地位<sup>[36]</sup>，采用第二产业增加值占GDP比例表征产业结构 ( $Str$ )，单位为%。③ 地方政府通过行政手段、宏观政策，调控经济社会发展状况、要素配置等，进而对区域碳排放产生影响。考虑到相关政策制定、落实需要财政支持，选择人均地方财政支出进行表征政府影响力 ( $Fis$ )，单位为万元。④ 对外开放通过要素集聚、产业变迁与创新演变等，影响城市碳排放状况<sup>[2]</sup>。开放水平采用进出口总额占GDP比例进行表征 ( $Ope$ )，单位为%。⑤ 基础设施特别是交通通过驱动公共设施共享、降低贸易成本等，影响要素效率和碳排放状况<sup>[37,38]</sup>。交通可达性采用城市客运量进行表征 ( $Tra$ )，单位为万人次，取自然对数后纳入计量模型。

(4) 中介变量 ( $Med$ )。采用城镇常住人口占常住人口的比例对城镇化率进行测度 ( $Urb$ )，探讨城乡居民收入差距能否通过促进城镇化影响碳排放强度，单位为%。采用专利授权量对创新发展水平进行测度 ( $Inno$ )，探讨创新发展在城乡居民收入差距影响碳排放强度中的中介效应，单位为件。鉴于劳动力在城乡收入、区域发展中的重要地位<sup>[30]</sup>，将劳动力资源错配作为要素配置的特征指标 ( $Mis$ )，探讨城乡居民收入差距能否通过资源配置影响碳排放强度。

(5) 调节变量 ( $Reg$ )。鉴于中国特殊所有制结构，特别是国有企业集中在资本密集性行业、更易获得政治资源等，并担负着更多社会责任<sup>[1]</sup>，借鉴已有研究<sup>[39]</sup>，采用私营部门就业人口占比衡量市场化水平 ( $Mark$ )，单位为%。鉴于经济增长对中国实现现代化的重要现实意义，且政府行为受经济保增长压力影响，采用经济增长目标与近三年实际经济增长率均值差距表征增长目标“加码水平”<sup>[30]</sup>，分析地方政府保增长行为 ( $Gov$ ) 在城乡居民收入差距与碳排放强度关系中的调节效应，单位为%。

## 2.3 数据来源

鉴于数据可得性等，以中国30个省市作为研究单元（不包括西藏、港澳台地区），研究期限为1998—2019年。其中，碳排放数据来自于CEADs数据库 ([www.ceads.net](http://www.ceads.net)) 的公开研究成果，这一数据库较高质量地估算了1998—2019年中国省级尺度下的碳排放

平衡面板数据，能够较好地满足研究需要，也是相关研究常用基础数据。

此外，其余经济数据主要来源于《新中国六十年统计资料汇编》、CEIC数据库、历年《中国统计年鉴》等。相关经济数据以1998年为基准，通过价格指数调整为可比价。

3 结果分析

3.1 基准模型回归结果

在面板数据分析之前，有必要对数据平稳性进行检验。利用面板数据单位根检验常用的LLC检验、ADF-Fisher检验方法，基于Stata 15.0软件的检验表明，本文基准模型中的被解释变量、解释变量、控制变量等均为稳定序列。鉴于部分研究发现，区域收入差距与碳排放水平之间呈现非线性关系<sup>[17]</sup>，将解释变量平方项纳入基准模型，进一步验证城乡居民收入差距与碳排放强度关系。表1报告了基准模型估计结果。一方面，考虑城乡居民收入差距二次项的非线性估计结果中，解释变量一次项的系数均不显著，说明研究期内中国城乡居民收入差距与碳排放强度之间呈现线性关系，即基准模型设定具有科学性。另一方面，差异化的基准模型回归结果中（模型1、模型3、模型5），解释变量系数均始终为正、通过5%显著性水平检验，说明研究期内城乡居民收入差距的扩大带来区域碳排放强度的增强。

表1 基准模型回归结果<sup>①</sup>  
Table 1 Regression results of the benchmark model

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6
<i>Gap</i>	0.657 <sup>**</sup> (1.99)	-0.419(-0.30)	1.273 <sup>***</sup> (3.77)	-0.307(-0.23)	0.973 <sup>***</sup> (2.77)	-0.480(-0.36)
<i>Gap</i> <sup>2</sup>		0.163(0.80)		-0.632 <sup>***</sup> (-5.33)		-0.685 <sup>***</sup> (-5.42)
控制变量	不控制	不控制	部分控制	部分控制	控制	控制
时空效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>Constant</i>	3.480 <sup>***</sup> (4.06)	5.084 <sup>**</sup> (2.34)	-2.146(-1.36)	0.235(0.09)	6.136 <sup>**</sup> (2.06)	8.246 <sup>**</sup> (2.34)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.113	0.087	0.202	0.195	0.386	0.381
<i>N</i> /个	660	660	660	660	660	660

注：括号内为*t*值，\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%水平下显著，下同。

但是，将平方项纳入回归模型判断系数显著性，仅仅是判断非线性关系是否存在的较弱证据。借鉴已有研究方法<sup>[40]</sup>，采用Utest检验进行深入分析，发现解释变量极值点并未在研究期数据范围内，且Utest检验的*P*值>0.1，表明研究期内城乡居民收入差距与碳排放强度之间呈现线性关系。本文与已有多数研究中城乡居民收入差距扩大不利于环境治理的结论相契合<sup>[1,5,14]</sup>，即在中国加快落实“碳达峰碳中和”目标过程中，推动城乡居民收入差距缩小能够显著降低区域碳排放强度，说明中国高质量发展中的“公平”与“效率”可以兼顾。

3.2 稳健性检验

(1) 基于泰尔指数的解释变量测度。部分研究认为，兼顾城乡人口比例的泰尔指

① 鉴于经济发展水平与产业结构对城乡居民收入差距、碳排放强度的较大影响，在模型3、模型4中仅控制这两个变量。

数，能够更科学地反映中国城乡居民收入差距状况<sup>[2,34]</sup>。借鉴已有研究<sup>[2]</sup>，采用泰尔指数对城乡居民收入差距水平再估计，并检验城乡居民收入差距的碳排放强度效应。结果表明（表2模型1），城乡居民收入差距扩大导致碳排放强度增加，即基准模型回归结果具有较强稳健性。

表2 稳健性检验结果  
Table 2 Robustness test results

变量	模型1	模型2	模型3	模型4
Gap	7.046*(1.68)	2.399*** (3.21)	0.970*** (2.72)	0.731*** (29.55)
SD			-0.0167(-0.05)	
控制变量	控制	控制	控制	控制
时空效应	控制	控制	控制	控制
Constant	12.945*** (5.27)	85.504*** (12.89)	6.127** (2.05)	-0.0953(-0.77)
R <sup>2</sup>	0.352	0.404	0.387	—
N/个	660	660	660	660

（2）基于能源消耗的碳排放估计。科学开展碳排放规模估算，是实证研究基础性难题。本节从能源消耗角度，对区域碳排放水平进行再估计：选择原煤、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、油田天然气等八种主要化石能源，省级单元的化石能源消费数据来源EPS数据平台下的中国能源数据库，化石能源碳排放系数来源于《省级温室气体清单编制指南》（发改办气候[2011]1041号）。结果表明（表2模型2），解释变量系数依然显著为正，表明城乡居民收入差距扩大导致碳排放强度增加，即基准模型回归结果具有较强可信度。

（3）控制外部冲击的影响。中央政府先后设立的多类型低碳试点，通过制定优惠政策、支持制度变革等，成为影响区域碳排放演变的重要因素之一<sup>[7]</sup>。如部分研究发现，中国碳排放交易试点的实施，能够显著降低缩小城乡居民收入差距<sup>[7]</sup>。研究期内，是否成为相关试点，可能对基准模型估计结果带来影响。对此，通过控制“碳交易市场试点”这一中央主导型低碳化试点政策，对基准模型进行再估算（表2模型3）。结果表明，控制碳交易市场试点的外部冲击后，解释变量系数依然显著为正，再次验证了基准模型回归结果的可信度。

（4）考虑内生性的工具变量估计。考虑到模型设定中可能存在的内生性，需要构建合适的工具变量进行再估算。滞后项在一定程度上可以排除当期因素的影响，外生于当期扰动项，能够避免解释变量与被解释变量之间的双向因果关系，在一定程度上缓解模型内生性。为此，本节将被解释变量滞后一期这一较易获得的工具变量纳入方程，采用GMM方法对模型进行再估计（表2模型4）。结果表明，城乡居民收入差距的碳排放强度效应依然显著为正，进一步印证了基准模型回归结果有效性。

3.3 中介效应的检验

（1）城镇化。城乡居民收入差距扩大增强了人口“乡村—城市”流动倾向<sup>[2,34]</sup>，且由于城乡产业结构、能源消耗等的差异，城镇化进程可能带来碳排放强度增加<sup>[3]</sup>。表3中模型1~模型3的检验中，受城乡要素流动壁垒、不完善统计制度等影响，城乡居民收入差距的城镇化效应未通过10%显著性检验。采用Bootstrap法检验间接效应是否显著，结果

表3 中介效应检验结果

Table 3 Regression results of mediating effect									
变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9
<i>Gap</i>	0.973*** (2.77)	0.00104 (0.15)	0.968*** (2.77)	0.973*** (2.77)	-0.154* (-1.95)	0.945*** (2.68)	0.973*** (2.77)	0.0220 (0.61)	0.958*** (2.73)
<i>Urb</i>			5.100** (2.56)						
<i>Inno</i>						-0.186 (-1.03)			
<i>Mis</i>									0.693* (1.75)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时空效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>Constant</i>	6.136** (2.06)	0.109* (1.80)	5.579* (1.88)	6.136** (2.06)	2.632*** (3.93)	6.626** (2.20)	6.136** (2.06)	1.059*** (4.36)	5.402* (1.80)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.386	0.121	0.386	0.386	0.575	0.387	0.386	0.583	0.330
<i>N</i> /个	660	660	660	660	660	660	660	600	600

拒绝原假设，即城乡居民收入差距扩大通过加快人口、要素从乡村向城镇集聚，能够带来碳排放强度增加，说明中介变量呈现部分中介效应。这一结论印证了中国城镇化质量不高的现实，如高耗能、高排放的工业化进程，以及农村往往成为城镇“污染天堂”，表明缩小城乡居民收入差距、提高城镇化质量，对于高质量发展具有重要现实意义。

(2) 创新发展。依赖技术进步实现清洁化生产，是协调经济增长与环境保护的关键举措之一<sup>[4,20]</sup>，这也是环境库兹涅茨曲线技术效应的关键内涵<sup>[1,4]</sup>。表3中模型4~模型6的依次检验中，城乡居民收入差距对中介变量作用显著。这与已有研究文献结论相一致，即城乡居民收入差距扩大通过影响人力资本积累、消费市场规模等，显著抑制区域创新发展<sup>[4,17]</sup>。Bootstrap法检验拒绝原假设，说明城乡居民收入差距扩大通过抑制创新发展带来碳排放强度增加，表明中介变量存在部分中介效应。理论研究认为，创新通过提升效率、优化结构等降低碳排放强度<sup>[13,25]</sup>。然而，在中国创新质量不高、产业与创新脱节等因素制约下，创新发展对碳排放强度的降低效应并未通过10%显著性检验。因此，在依赖技术创新实现绿色发展中，关键在于提升中国创新质量与产业转化率。

(3) 资源错配。不均衡发展驱动的城乡要素不均衡配置、城镇要素资源错配等，是带来碳排放强度居高不下这一“不充分”状况的重要机制<sup>[28,30]</sup>。表3中模型7~模型9的依次检验中，解释变量系数的不显著正效应，表明城乡居民收入差距能够抑制资源优化配置，成为影响要素配置效率的重要因素之一<sup>[22]</sup>。但在经济增长带来的市场化水平提升、政府宏观政策引导等制约下，这一效应未通过10%显著性检验。中介变量系数显著、通过10%显著性检验，Bootstrap法检验拒绝原假设，即城乡居民收入差距通过强化资源错配带来碳排放强度增加，说明资源错配存在部分中介效应。这一结论印证了资源配置效率提升在环境治理中的重要作用，表明要素驱动的经济增长中，推动市场化改革对于促进绿色发展具有重要意义。

3.4 调节效应的检验

(1) 市场化。市场化水平演变，不仅是影响城乡居民收入差距的重要因素，也通过

影响要素资源配置、产业转型升级、能源利用效率等，进而作用于城乡居民收入差距的碳排放效应<sup>[20]</sup>。加入调节变量及交互项后（表4模型1），交互项系数显著为负，表明市场化水平在城乡居民收入差距的碳排放强度效应中呈现明显的负向调节效应。可能原因如下：一方面，市场化水平越高、要素自由流动越强，通过优化要素配置驱动区域发展质量提升。另一方面，市场化水平越高，寻租成本越高、市场竞争越充分，高端要素集聚能力、创新主体创新动能更强，通过推动城市产业转型、创新水平提升等，带来碳排放强度下降。

（2）政府行为。在中国“政治分权、经济分权”体制下，地方政府为完成甚至超额完成预设经济增长目标，同样对城乡居民收入差距、碳排放及其互动关系产生影响。结果表明（表4模型2），交互项系数显著为正，即保增长压力提升显著增加了碳排放强度。相关机制可能如下：一方面，“加码水平”越高，反映地方政府发展经济冲动越强，经济增长中环境规制弱化、重工业化战略强化等，带来碳排放强度提升。另一方面，“加码水平”越高、地方政府“逆市场化”资源配置倾向越强，通过强化资源错配推动碳排放强度增加。这表明，在推动经济增长“公平”与“效率”兼顾过程中，科学优化政府行为，同样具有重要现实意义。

3.5 异质性分析

对于幅员辽阔、发展状况差距显著的中国而言，城乡居民收入差距的碳排放强度效应是否存在异质性？鉴于中国经济增长阶段特征、显著东中西差距，重点从时间、空间两个角度开展异质性检验。

（1）时间异质性。作为一个动态过程，随着经济增长而来的产业结构升级、市场化制度完善、宏观政策转变等，都通过影响要素集散、发展质量等，对城乡居民收入差距的碳排放强度效应产生影响<sup>[2,4,10]</sup>。党的“十八大”在推动中国经济社会转型发展方面发挥着重要作用，不仅加快推动城乡关系迈入全面融合阶段，也引导中国经济从“数量型”增长向“质量型”发展转型，特别是将环境保护提高到重要地位。兼顾宏观政策的转变、不同时期的样本平衡性等，本节重点对比1998—2011年、2012—2019年两个时期内城乡居民收入差距的碳排放强度效应差异。估计结果表明（表5模型1、模型2），不同时期城乡居民收入差距碳排放强度效应呈现显著正效应向不显著负效应转变特征。本文认为，造成这一异质性主要机制如下：① 1998—2011年是中国经济快速腾飞、城镇化加速推进阶段，重工业主导、低端化发展为主的经济增长，伴随着化石能源大量消耗、二氧化碳排放增加。此外，城乡要素资源非市场化配置，抑制了产业结构升级、生产效率的提升，带来经济高增长、高排放特征<sup>[2,28]</sup>。② 2012—2019年是中国增长模式快速转变时期，随着经济发展水平提升、居民环保意识日益增强、城乡均衡发展战略实施，地方政

表4 调节效应检验结果

Table 4 Regression results of moderating effects		
变量	模型1	模型2
<i>Gap</i>	1.619*** (3.74)	1.174*** (2.70)
<i>Mark</i>	0.0951** (2.35)	
<i>Gap</i> × <i>Mark</i>	-0.0359* (-2.23)	
<i>Gov</i>		0.135** (2.51)
<i>Gap</i> × <i>Gov</i>		0.0290** (2.33)
控制变量	控制	控制
时空效应	控制	控制
<i>Constant</i>	1.919 (0.58)	3.548 (1.08)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.319	0.347
<i>N</i> /个	600	600

府在提高城镇化质量、引导工业转型升级中,致力于科学协调经济增长与环境保护关系,带来区域碳排放强度的下降<sup>[10,17,28]</sup>。但在城镇化、工业化快速发展期,以及经济增长质量不高的结构调整阵痛期,城乡依然处于不均衡发展地位,带来二者之间的不显著负效应。总体上,二者关系的动态性要求相关政策制定应“与时俱进”,且2012—2019年不显著负效应,关键机制在于中国城乡的不均衡地位与发展质量的不高。

(2) 区域异质性。改革开放以来,中国不均衡发展战略、资源禀赋差异等,带来显著区域发展差距,特别是东中西发展差距<sup>[4,13]</sup>。对此,将样本分为东部、中部、西部三类<sup>②</sup>,对比研究中国城乡居民收入差距碳排放强度效应的区域异质性。估计结果发现(表5模型3、模型4、模型5),呈现东部不显著负效应、中西部显著正效应的差异,且中部显著大于西部。本文认为,空间异质性主要机制如下:①东部地区经济社会发展水平普遍较高、产业结构服务化趋势显著,且高端消费带来的“需求引致创新”、政府较强的创新扶持等,都带来碳排放的相对较低。但是,在规模报酬递增牵引下的城镇要素集聚态势中,城乡居民收入差距并未同步收敛。总体上,碳排放显著下降与城乡居民收入差距相对稳定,带来二者不显著负相关。②中部地区经济增长中的高耗能、高排放特征明显,在承接东部产业转移时,也伴随着高质量要素的外溢,加之城乡居民收入差距扩大抑制的消费提升、产业转型升级,带来二者之间相对较强显著正效应。③西部地区经济发展水平相对较低、城乡居民收入差距普遍较高,且中东部“虹吸效应”导致高素质劳动力外流明显、人力资本存量相对较低。城乡居民收入差距驱动的“城—乡”要素流动,通过提高城镇化率、加快工业化进程等推动经济增长,但创新水平较弱、生产效率不高,成为碳排放强度较高重要因素。总体上,城乡居民收入差距与碳排放强度关系的区域异质性,表明相关政策制定“因地制宜”的现实需求。

表5 异质性分析回归结果

Table 5 Regression results of heterogeneity test

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
Gap	1.381 <sup>***</sup> (2.64)	-0.310(-0.74)	-0.296(-1.00)	1.131 <sup>**</sup> (1.93)	0.819 <sup>**</sup> (2.12)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
时空效应	控制	控制	控制	控制	控制
Constant	3.095(0.81)	-0.354(-0.07)	4.248 <sup>**</sup> (2.15)	2.447 <sup>***</sup> (3.67)	1.117(0.15)
R <sup>2</sup>	0.316	0.362	0.588	0.503	0.281
N/个	420	240	242	176	242

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

随着中国新时代社会主要矛盾发生明显变化,科学协调城乡居民收入差距的“公平”与低碳化绿色发展的“效率”,成为实现高质量发展的重要基础。本文基于1998—2019年省级尺度面板数据,系统评估了城乡居民收入差距的碳排放强度效应及影响机制。研究结果发现:

(1) 要素驱动的经济增长过程中,城乡居民收入差距扩大显著带来区域碳排放强度

② 东部地区包括京、津、冀、辽、沪、苏、浙、闽、鲁、粤、琼;中部地区包括黑、吉、晋、皖、赣、豫、鄂、湘;西部包括川、渝、贵、滇、陕、甘、青、宁、新、桂、蒙。

增加。作为影响高质量发展的两个方面,本文基于省级尺度面板数据的实证发现,不均衡要素配置导致的城乡居民收入差距扩大,能够显著带来区域碳排放强度增加,且这一结论经过多角度的稳健性检验依然成立。本文研究结论表明,通过优化城乡要素配置、缩小城乡居民收入差距,是协同推动共同富裕与绿色发展的重要举措之一。

(2) 基于中介效应、调节效应的实证检验发现,城乡居民收入差距通过影响要素配置驱动碳排放强度增加,且这一效应受区域发展状况的影响。一方面,城乡居民收入差距通过影响城镇化、创新发展、要素配置等,带来区域碳排放强度增加,表明中国经济高质量发展不仅要优化要素空间配置,更要加快转变经济增长动力转变。另一方面,市场化水平、政府行为等在城乡居民收入差距与碳排放强度关系中发挥着差异化调节效应,印证了中国推动市场化改革的现实意义,以及优化“有为政府”行为的现实必要性。

(3) 异质性检验发现,城乡居民收入差距的碳排放强度效应呈现明显时空异质性。从时间异质性看,呈现1998—2011年显著正效应向2012—2019年不显著负效应转变,表明二者关系受到经济发展水平、宏观战略等的深刻影响。从区域异质性看,呈现东部不显著负效应、中西部显著正效应的差异,表明宏观政策的制定、实施要“因地制宜”。

## 4.2 讨论

本文定量探讨了城乡居民收入差距与碳排放强度的关系,一定程度上回答了“公平”与“效率”能否兼顾这一科学问题。基于理论分析与实证研究,获得如下启示:

(1) 作为世界上最大的发展中国家,在高质量发展中协同实现城乡居民收入差距缩小与碳减排的“双赢”具有现实可行性。在中国加快推动“碳达峰碳中和”与共同富裕背景下,实现碳排放强度稳步下降,应当成为高质量发展的可行举措<sup>[32,33]</sup>。国内外学者对环境污染治理提出了诸多可行方法,如依赖强化环保、工信等部门法律法规,推动绿色发展、环境保护<sup>[4,16]</sup>。本文研究表明,通过深化收入分配制度改革、缩小城乡居民收入差距等,同样是实现城乡协调发展与环境改善“双赢”的重要方向。未来,政府除加大对农村基础设施、教育等公共服务的扶持力度,激发农村发展活力外,还应着力建立健全城乡公平的经济、社会发展环境,使全体居民共享高质量发展成果、提高中国经济增长的“含绿量”。必须强调的是,区域一体化推动的产业链创新链协同、要素流动加快等,也必然带来跨界合作的强化,如城市尺度的研究均验证了城乡居民收入差距、碳排放之间的显著空间相关性<sup>[33,34]</sup>。因此,地方政府制定、实施旨在缩小城乡居民收入差距、加快碳减排的政策过程中,也需要强化与周边区域,以更大区域协同助力中国“碳达峰碳中和”战略的实现。

(2) 通过优化配置、提高要素效率助力高质量发展中,同样要注重相关政策的“因地制宜”性。本文实证检验后认为,中国在城镇化快速推进、构建双循环新发展格局过程中,应关注城镇化质量、创新发展水平与优化资源配置。在此过程中,重点在于完善城乡社会保障、构建良性消费结构、引导人力资本积累等,并以市场化举措优化产业结构、提升经济增长效率。如,大力发展先进制造业、战略性新兴产业等高效率、低排放产业,引导城乡协同探索绿色低碳生产生活方式,切实加快实现经济高质量发展。但必须强调的是,如何放大相关举措的效应、规避可能的负面效应,同样值得政策制定者关注<sup>[5,13,21]</sup>。对于幅员辽阔的中国而言:一方面,在典型区域实施试点政策,总结、推广相关先进成功经验,成为一个可行的路径。另一方面,政府应充分考虑区域发展状况以制

定“因地制宜”政策,如东部地区重点强化创新驱动优化产业结构、培育经济高质量发展的内生动力,中西部重点构建有利于缩小城乡居民收入差距、集聚高质量要素的营商环境以“借力”实现更高质量发展。

(3) 中国经济转向高质量发展阶段,相关问题解决不能脱离“有效市场”与“有为政府”的协同,特别是科学宏观政策体系的“保驾护航”。与已有研究相比<sup>[2,17]</sup>,本文基于调节效应模型的实证检验,验证了市场与政府在二者关系中的显著调节效应。因此,应科学协调市场与政府力量,以更好地推动高质量发展。一方面,坚决破除制约要素自由流动的各种利益藩篱、市场壁垒,优先采用市场化手段引导乡村地区的产业结构与能源消费转型,拓宽农民参与环保、表达权力的渠道,以全局性思维开展绿色发展与污染治理行动,依赖市场化实现经济效率提升、城乡居民收入差距收敛。另一方面,坚持以“绿色经济”的理念推动经济增长,积极发挥政府“有形的手”在应对市场失灵中的关键作用,完善生态保护、城乡协调发展等制度,特别是要基于自身发展潜力制定经济增长目标、优化相关政策。这也要求中央政府改革相关政治考核、监督制度,提升经济转型成效、环境保护质量在政治晋升、考核中的地位,在保障经济平稳运行基础上实现高质量发展行稳致远。

本文系统评估了城乡居民收入差距的碳排放强度效应,对优化经济管理、推动绿色发展等,都具有重要的借鉴意义。鉴于相关问题的复杂性,本研究同样存在进一步优化的空间:考虑数据可得性,城乡居民收入差距这一指标的测度有待深化;仅在省级层面开展实证研究,对城市层面探讨可与省级尺度研究形成互补,有助于全面把握经济低碳转型发展过程中的关键瓶颈;中介变量识别存在进一步拓展空间,且相关变量之间可能存在交互作用;重点探讨城乡居民收入差距的碳排放强度效应,并未涉及地方政府相关具体行动的影响。未来,随着相关数据与方法的积累、完善,在更细尺度、更深角度对相关问题开展深入地考察,以发现更有价值结论,都成为后续研究努力的重要方向。

### 参考文献(References):

- [1] 杨寓涵. 收入差距促进了环境污染吗? 基于省级面板数据的实证检验. 云南财经大学学报, 2019, 35(5): 21-32. [YANG Y H. Does the income gap promote environmental pollution? An empirical test based on provincial panel data. Journal of Yunnan University of Finance and Economics, 2019, 35(5): 21-32.]
- [2] 孙华臣, 孙丰凯. 城乡收入差距对碳排放影响的经验证据: 兼论“公平”何以提升“效率”. 宏观经济研究, 2016, (1): 47-58. [SUN H C, SUN F K. Empirical evidence of the impact of urban-rural income gap on carbon emissions: Also on how "Equity" improves "efficiency". Macroeconomics, 2016, (1): 47-58.]
- [3] DU M B, HE L, ZHAO M X, et al. Examining the relations of income inequality and carbon productivity: A panel data analysis. Sustainable Production and Consumption, 2022, 31: 249-262.
- [4] 井波, 倪子怡, 赵丽瑶, 等. 城乡收入差距加剧还是抑制了大气污染?. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(10): 130-138. [JING B, NI Z Y, ZHAO L Y, et al. Does rural-urban income gap exacerbate or restrain air pollution. China Population, Resources and Environment, 2021, 31(10): 130-138.]
- [5] JIA Z J, WEN S Y, LIU Y. China's urban-rural inequality caused by carbon neutrality: A perspective from carbon footprint and decomposed social welfare. Energy Economics, 2022, 113: 106193, Doi: 10.1016/j.eneco.2022.106193.
- [6] 杨曼莉. 收入差距是否影响环境质量?. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(4): 116-124. [YANG M L. Does income inequality affect environmental quality?. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(4): 116-124.]
- [7] YU F, XIAO D, CHANG M S. The impact of carbon emission trading schemes on urban-rural income inequality in China: A multi-period difference-in-differences method. Energy Policy, 2021, 159: 112652, Doi: 10.1016/j.en-

- pol.2021.112652.
- [8] THEINE H, HUMER S, MOSER M, et al. Emissions inequality: Disparities in income, expenditure, and the carbon footprint in Austria. *Ecological Economics*, 2022, 197: 107435, Doi: 10.1016/j.ecolecon.2022.107435.
- [9] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110(2): 353-377.
- [10] 胡雷. 城乡收入差距会影响二氧化碳排放吗? 基于 IPAT 扩展模型的实证研究. *城市与环境研究*, 2015, (4): 87-99. [HU L. Would the income gap between urban and rural areas affect carbon dioxide emissions? Empirical research based on the extended IPAT model. *Urban and Environmental Studies*, 2015, (4): 87-99.]
- [11] COONDOO D, DINDA S. Carbon dioxide emission and income: A temporal analysis of cross-country distribution patterns. *Ecological Economics*, 2008, 65(2): 375-385.
- [12] ZHANG M, WANG L, MA P, et al. Urban-rural income gap and air pollution: A stumbling block or stepping stone. *Environmental Impact Assessment Review*, 2022, 94: 106758, Doi: 10.1016/j.eiar.2022.106758.
- [13] ZHANG C, ZHAO W. Panel estimation for income inequality and CO<sub>2</sub> emissions: A regional analysis in China. *Applied Energy*, 2014, 136: 382-392.
- [14] BOYCE J K. Inequality as a cause of environmental degradation. *Ecological Economics*, 1994, 11(3): 169-178.
- [15] VONA F, PATRIARCA F. Income inequality and the development of environmental technologies. *Ecological Economics*, 2011, 70(11): 2201-2213.
- [16] SCRUGGS L A. Political and economic inequality and the environment. *Ecological Economics*, 1998, 26(3): 259-275.
- [17] BAI C, FENG C, YAN H, et al. Will income inequality influence the abatement effect of renewable energy technological innovation on carbon dioxide emissions?. *Journal of Environmental Management*, 2020, 264: 110482, Doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110482.
- [18] 李在军, 尹上岗, 姜友雪, 等. 长三角经济增长与碳排放异速关系及形成机制. *自然资源学报*, 2022, 37(6): 1507-1523. [LI Z J, YIN S G, JIANG Y X, et al. Analysis of allometric relationship and formation mechanism between economic growth and carbon emissions in the Yangtze River Delta. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(6): 1507-1523.]
- [19] 徐英启, 程钰, 王晶晶, 等. 中国低碳试点城市碳排放效率时空演变与影响因素. *自然资源学报*, 2022, 37(5): 1261-1276. [XU Y Q, CHENG Y, WANG J J, et al. Spatio-temporal evolution and influencing factors of carbon emission efficiency in low carbon city of China. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(5): 1261-1276.]
- [20] 闫东升, 孙伟. 长江三角洲一体化区域扩容对城市碳排放强度的影响评估与机制. *资源科学*, 2022, 44(7): 1358-1372. [YAN D S, SUN W. Impact of regional integration area enlargement on urban carbon emission intensity and mechanism: An empirical study based on the Yangtze River Delta. *Resources Science*, 2022, 44(7): 1358-1372.]
- [21] WU S, HU S G, FRAZIER A E, et al. China's urban and rural residential carbon emissions: Past and future scenarios. *Resources, Conservation and Recycling*, 2022, 190: 106802, Doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106802.
- [22] 陈坤秋, 龙花楼. 中国土地市场对城乡融合发展的影响. *自然资源学报*, 2019, 34(2): 221-235. [CHEN K Q, LONG H L. Impacts of land market on urban-rural integrated development in China. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(2): 221-235.]
- [23] LEWIS A. Economic development with unlimited supplies of labor. *The Manchester School of Economic and Social Studies*, 1954, 22(2): 139-191.
- [24] HE W J, WANG B, DANISH, et al. Will regional economic integration influence carbon dioxide marginal abatement costs? Evidence from Chinese panel data. *Energy Economics*, 2018, 74: 263-274.
- [25] BRANDT L, TOMBER T, ZHU X D. Factor market distortions across time, space and sectors in China. *Review of Economic Dynamics*, 2013, 16(1): 39-58.
- [26] BIAN Y, SONG K, BAI J. Market segmentation, resource misallocation and environmental pollution. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 228: 376-387.
- [27] HSIEH C T, KLENOW P J. Misallocation and manufacturing TFP in China and India. *Quarterly Journal of Economics*, 2009, 124(4): 1403-1448.
- [28] 郭王玥蕊, 张伯超. 二元经济要素错配的收入分配效应研究. *现代经济探讨*, 2022, (6): 33-46. [GUO W Y R, ZHANG B C. Research on the income distribution effect of the mismatch of dual economic factors. *Modern Economic*

- Research, 2022, (6): 33-46.]
- [29] CHU X, GENG H, GUO W. How does energy misallocation affect carbon emission efficiency in China? An empirical study based on the spatial econometric model. *Sustainability*, 2019, 11(7): 1-16.
- [30] 刘春济, 高静. 地方经济增长的目标管理与资源错配. *商业研究*, 2020, (10): 1-9. [LIU C J, GAO J. Management by objectives and misallocation of resources of local economic growth. *Commercial Research*, 2020, (10): 1-9.]
- [31] 侯学博, 余国新, 李先东. 风险规避、非牧用途使用与牧户草原流转行为. *自然资源学报*, 2022, 37(1): 233-249. [HOU X B, YU G X, LI X D. Risk aversion, grassland used for non-animal-husbandry purpose and herdsmen's grassland transfer behavior. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(1): 233-249.]
- [32] JOTZO F, PEZZEY J C V. Optimal intensity targets for greenhouse gas emissions trading under uncertainty. *Environmental & Resource Economics*, 2007, 38(2): 259-284.
- [33] WANG S J, HUANG Y Y, ZHOU Y Q. Spatial spillover effect and driving forces of carbon emission intensity at the city level in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2019, 29(1): 231-252.
- [34] 闫东升, 孙伟, 陈东, 等. 长江三角洲城镇化率与城乡收入差距的关系研究. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(5): 28-36. [YAN D S, SUN W, CHEN D, et al. Relationship between urbanization rate and urban-rural income gap in the Yangtze River Delta. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(5): 28-36.]
- [35] 周迪, 王雪芹. 中国碳排放效率与产业结构升级的耦合度及耦合路径. *自然资源学报*, 2019, 34(11): 2305-2316. [ZHOU D, WANG X Q. Research on coupling degree and coupling path between China's carbon emission efficiency and industrial structure upgrade. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(11): 2305-2316.]
- [36] UÂAK H, ASLAN A, YUCEL F, et al. A dynamic analysis of CO<sub>2</sub> emissions and the GDP relationship: Empirical evidence from high-income OECD Countries. *Energy Sources Part B: Economics Planning & Policy*, 2015, 10(1): 38-50.
- [37] LI J, LIN B. Does energy and CO<sub>2</sub> emissions performance of China benefit from regional integration?. *Energy Policy*, 2017, 101: 366-378.
- [38] 黎文勇, 杨上广, 吴玉鸣. 区域市场一体化对碳排放效益的影响研究: 来自长三角地区的空间计量分析. *软科学*, 2018, 32(9): 52-55, 71. [LI W Y, YANG S G, WU Y M. Study on the impact of regional market integration on carbon emission benefits: The spatial econometric analysis from the Yangtze River Delta Region. *Soft Science*, 2018, 32(9): 52-55, 71.]
- [39] 贺光辉, 吴晓刚. 市场化、经济发展与中国城市中的性别收入不平等. *社会学研究*, 2015, 30(1): 140-165, 245. [HE G Y, WU X G. Marketization, occupational segregation, and gender earnings inequality in urban China. *Social Science Research*, 2015, 30(1): 140-165, 245.]
- [40] LIND J T, MEHLUM H. With or without U? The appropriate test for a U-shaped relationship. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 2010, 72(1): 109-118.

## Research on the mechanism of urban-rural residents income gap on carbon emission intensity: A panel data analysis

YAN Dong-sheng<sup>1</sup>, SUN Wei<sup>2</sup>, LI Ping-xing<sup>2</sup>

(1. School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 211100, China; 2. Key Laboratory of Watershed  
Geographic Sciences, Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** Since the reform and opening-up in the late 1970s, China's economy has continued to grow rapidly and has become the world's second largest economy. However, the long-term unbalanced development policy and the inefficient development model have brought many

negative effects to China's economic and social development. Typically, the regional development gap dominated by the urban-rural residents income gap continues to expand, and the ecological environment is rapidly deteriorating, which is characterized by a sharp increase in the scale of carbon emissions. In the process of factor-driven economic growth, unreasonable factor allocation structure is one of the important factors that lead to the large urban-rural residents income gap and carbon emission intensity in China. China's economy has shifted from high-speed growth to high-quality development. Whether the urban-rural residents income gap and the carbon emission intensity can be reduced in coordination, has become an important connotation of both "equity" and "efficiency". By constructing the mechanism of urban-rural residents income gap affecting carbon emission intensity, this research quantitatively explores the effect of urban-rural residents income gap on carbon emission intensity based on provincial-level panel data from 1998 to 2019. On this basis, the mediation effect model and the moderation effect model are used to explore the mechanism of the urban-rural residents income gap affecting the carbon emission intensity. The results show that the widening of the urban-rural income gap leads to an increase in carbon emission intensity. And after multiple robustness tests, this conclusion is still significant. The analysis of the impact mechanism shows that the urban-rural income gap increases carbon emission intensity by affecting urbanization, innovation development, and resource misallocation, and the levels of marketization and government behavior have significant moderating effects. For a large country in rapid development with a vast territory and significant regional disparities, the effect of urban-rural residents income gap on carbon emission intensity exhibits significant spatial and temporal heterogeneity: On the one hand, there is a significant positive effect in 1998-2011 and no significant negative effect in 2012-2019. On the other hand, there is no significant negative effect in the east and a significant positive effect in the central and western regions. Therefore, we should give full play to the coordination role of "effective market" and "promising government", and achieve both "equity" and "efficiency" in narrowing the urban-rural residents income gap by optimizing the urbanization model, improving the quality of innovative development, and promoting the urban-rural integrated development. However, it must be emphasized that the formulation and implementation of relevant policies should fully consider the local development. For example, the eastern region should focus on optimizing the industrial structure, while the central and western regions should still focus on narrowing the urban-rural residents income gap through the reform of the income distribution system.

**Keywords:** urban-rural residents income gap; carbon emission intensity; effect; mechanism; heterogeneity