Statistics and Application 统计学与应用, 2026, 15(11), 108-124
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/sa
https://doi.org/10.12677/sa.2026.1511249

Hans汉斯

能源转型对就业结构的影响机制

——基于分组分位数回归的异质性分析

周杨霞

福建师范大学数学与统计学院，福建 福州

收稿日期：2026年10月12日；录用日期：2026年11月3日；发布日期：2026年11月13日

摘　要

在全球气候治理与“双碳”目标推动下，能源转型深刻影响中国就业规模、结构与质量，且对不同地区、产业和技能劳动者的影响存在异质性。本文基于2014~2023年中国30个省份面板数据，利用统计年鉴、百度指数和CEADs碳核算数据库等，从“绿色创造、转型冲击、服务升级、质量升级”四个维度构建就业结构指标体系，并构建能源转型指数PETI，采用面板分位数回归和分组分位数回归，考察能源转型对就业结构的影响及其区域、资源禀赋和政策干预层面的异质性。研究发现：第一，能源转型对就业结构的影响具有显著分布异质性，对低碳就业和生产性服务业的拉动主要集中在高分位省份，对高碳依赖就业的抑制在低中分位省份更明显。第二，资源禀赋异质性突出，非资源型省份呈现“绿色创造 + 传统削减 + 服务升级”的良性调整，高碳资源富集省则出现“绿色受抑、高碳未减”的结构性困境。第三，政策干预能有效缓冲转型冲击，高干预组高碳就业负向冲击更小，对生产性服务业和高薪技术服务业的拉动更强。第四，区域异质性显著，东部转型红利最突出，中部阵痛最剧烈，西部高薪技术岗位增长迅速，东北整体影响最弱。因此，能源转型对就业结构的影响并非“一刀切”，应制定差异化支持政策：对资源型省份建立公平转型机制和再就业培训体系，对中西部加大绿色产业培育，对东部持续引领技术创新，并强化政策干预在缓冲冲击、放大红利方面的作用。

关键词

能源转型，就业结构，分位数回归，异质性分析

The Impact Mechanism of the Energy Transition on Employment Structure

—A Heterogeneity Analysis Based on Grouped Quantile Regression

Yangxia Zhou

School of Mathematics and Statistics, Fujian Normal University, Fuzhou Fujian

Received: October 12, 2026; accepted: November 3, 2026; published: November 13, 2026

文章引用: 周杨霞. 能源转型对就业结构的影响机制[J]. 统计学与应用, 2026, 15(11): 108-124.
DOI: 10.12677/sa.2026.1511249

Abstract

Under the global climate governance and the "dual carbon" goals, the energy transition has profoundly affected the scale, structure, and quality of employment in China, with heterogeneous impacts across regions, industries, and skill levels. Based on panel data from 30 Chinese provinces over the period 2014~2023, and drawing on statistical yearbooks, Baidu Index, and the CEADs carbon accounting database, this paper constructs an employment structure indicator system from four dimensions: "green creation, transition shock, service upgrading, and quality upgrading" and develops an energy transition index (PETI). Using panel quantile regression and grouped quantile regression, it examines the impact of the energy transition on employment structure and its heterogeneity across regional, resource-endowment, and policy-intervention dimensions. The findings are as follows. First, the impact of the energy transition on employment structure exhibits significant distributional heterogeneity: its stimulating effect on low-carbon employment and producer services is mainly concentrated in high-quantile provinces, while its suppressive effect on high-carbon-dependent employment is more pronounced in low- and middle-quantile provinces. Second, resource-endowment heterogeneity is prominent: in non-resource-based provinces, the energy transition displays a benign adjustment pattern of "green creation , traditional reduction, service upgrading," whereas in high-carbon resource-rich provinces, a structural dilemma of "green suppression alongside undiminished high-carbon employment" emerges in the early stage of transition. Third, policy intervention effectively buffers transition shocks: in the high-intervention group, the negative impact on high-carbon employment is smaller, and the stimulating effects on producer services and high-wage technical services are significantly stronger than in the low-intervention group. Fourth, regional heterogeneity is significant: the eastern region enjoys the most prominent transition dividends, the central region experiences the most severe transition pains, the western region shows rapid growth in high-wage technical positions, and the northeastern region exhibits the weakest overall impact. These findings indicate that the impact of the energy transition on employment structure is not "one-size-fits-all" but varies significantly with regional conditions, resource endowments, and policy intervention intensity. Therefore, differentiated transition support policies should be formulated: establish fair transition mechanisms and retraining systems for resource-based provinces, intensify green industry cultivation in the central and western regions, sustain eastern leadership in technological innovation, and strengthen the positive role of policy intervention in buffering shocks and amplifying dividends.

Keywords

Energy Transition, Employment Structure, Quantile Regression, Heterogeneity

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

2026 年 4 月，国际能源署声明全球正遭遇史上最严重的能源危机。在“双碳”目标持续推进的背景下，能源转型已从能源部门内部的技术替代扩展为影响产业布局、资本投向、技术升级与劳动力流动的重要经济社会议题。国际机构研究表明，能源转型一方面带动可再生能源、储能、电网升级等领域岗位增长，另一方面也伴随传统高耗能行业的岗位替代、技能重配与地区间转移压力[1]-[3]。因此，就业结构是观察能源转型社会效应的直接窗口，尤其在我国地区间资源禀赋、产业基础、技术能力和政策支持差

异较大的背景下，其就业效应具有较强的区域差异性和情境依赖性[4]-[6]。现有研究多聚焦就业总量变化、岗位创造与流失及重点行业调整，从低碳化、高碳依赖调整、生产性服务化、高薪技术化等维度联合刻画就业结构重塑的研究仍有拓展空间[6] [7]，且能源转型整体水平作用于地区就业结构的证据尚不充分，分布异质性亦有待深化[8]。为此，本文聚焦“能源转型如何影响就业结构”这一问题，从能源系统状况、能源转型基础和能源转型推进三个层面综合刻画地区能源转型水平[4] [5]，并以低碳就业占比、高碳就业依赖度、生产性服务业占比和高薪技术服务业占比四类指标衡量就业结构，在固定效应框架下引入分位数回归，识别不同就业结构水平地区能源转型效应的差异化影响，重点回答能源转型是否显著推动就业结构优化、主要体现在哪些维度、以及在不同就业结构水平地区之间是否存在显著性差异，以期为“稳就业”与“促转型”的政策协调提供经验证据。

2. 文献综述与理论机制

2.1. 能源转型与就业结构

已有研究关于能源转型对就业结构的影响主要形成三种观点。一是就业创造效应。能源转型催生可再生能源、节能环保、绿色金融等新兴行业就业增长。Yang 等(2024)指出可再生能源产业链扩张持续创造绿色岗位[9]；Winkler 等(2024)发现绿色就业份额与人均 GDP 显著正相关[10]；Adamczyk 等(2026)测算全球约 31.7%的就业岗位包含绿色任务[11]。同时，就业由第一、二产业向第三产业转移的进程在能源转型背景下进一步加速，Zhao 和 Said (2023)发现数字经济显著提升第三产业就业占比，并抑制制造业与建筑业就业[12]。二是就业替代与转型冲击。Vona 等(2018)将碳密集型职业视为低碳转型中最易受冲击的“风险岗位”[13]；Gassen (2024)发现碳转型对制造业就业的影响存在显著空间异质性[14]；Yang 等(2024)指出传统化石能源岗位削减常伴随空间错配，加剧资源型地区结构性失业风险[9]。Xie 和 Hui (2025)基于中国低碳城市试点发现，政策初期高碳行业就业增长反而高于低碳行业，折射出地方政府依托高碳产业维持短期增长的行为逻辑[7]。三是就业结构优化与升级。Jing 等(2023)发现自愿型环境规制持续促进技能结构优化[15]；Wu 和 Yang (2022)指出数字经济对就业结构的影响呈非线性，最终推动形成“制造业–高技术–高技能”的新型就业格局[16]；Garcia-Lazaro 等(2025)测得高级数字技能工资溢价达 8.9%~9.7% [17]；Fang 和 Herrendorf (2021)则发现中国高技能劳动密集服务业就业份额仍显著低于国际可比水平，存在较大提升空间[18]。

2.2. 异质性来源

能源转型对就业结构的影响因区域特征、资源禀赋和政策干预强度而异。区域异质性方面，Zhang 等(2025)发现能源转型驱动因素具有显著空间异质性，经济增长呈正向效应，城镇化与产业结构高级化则呈负向关联，且作用强度在东西、南北区域间存在系统差异[19]。资源禀赋异质性方面，山西、内蒙古、陕西等高碳资源富集省份的就业结构深度绑定传统能源行业，转型冲击远大于非资源型省份；Vona 等(2018)的“碳密集型就业”或“风险岗位”概念可用于识别转型风险地区和岗位[13]，Yang 等(2024)进一步指出资源型地区的岗位空间错配矛盾尤为突出[9]。政策干预异质性方面，Zou 和 Wang (2024)发现强制性目标、财政补贴、税收激励与标准规制等政策安排构成转型的关键制度保障[20]；Wang 等(2025)指出碳排放权交易、绿色电力证书、用能权交易等市场化手段正逐步强化低碳能源的经济竞争力[21]。

2.3. 传导机制与研究假说

能源转型对就业结构的影响并非在所有地区同质发生，其效应强弱取决于地区资源禀赋与政策干预强度。一方面，资源型省份的就业结构深度绑定传统能源行业，劳动力技能、产业配套与财政来源均围

绕高碳产业形成路径依赖，能源转型难以迅速触动存量就业，其对就业结构的优化效应可能被资源禀赋削弱。另一方面，环境规制作为能源转型的核心政策工具，其强度直接影响高碳行业就业收缩速度与绿色行业就业创造速度，较强的环境规制可能通过加速高碳就业退出、引导绿色投资流向，放大能源转型的就业结构优化效应。

3. 研究指标与方法

本文考虑到数据的可得性与口径统一，选取 2014-2023 年 30 个省级行政区(不含西藏及港澳台地区)的面板数据作为研究样本。数据主要来源于各省各种统计年鉴、《中国劳动统计年鉴》(https://www.stats.gov.cn)、百度指数(https://index.baidu.com)以及 CEDAs 中国碳核算数据库(https://www.ceads.net.cn)。值得一提的是，本文所有就业数据均采用“城镇单位就业人员”，城镇单位口径是能够长期、连续、分行业获取就业数据的唯一来源，是就业结构研究的标准数据口径。

3.1. 变量设定

3.1.1. 就业结构

为全面刻画能源转型对就业结构的多维影响，本文从绿色创造、转型冲击、服务升级、质量升级四个维度构建被解释变量指标体系。具体指标以及计算方式如表 1 所示。

Table 1. Employment structure indicator system
表 1. 就业结构指标体系

指标	计算公式
低碳就业占比(Y1)	(信息软件 + 金融 + 科研技术 + 教育 + 卫生社工 + 文体娱乐 + 水利)/总就业
高碳就业依赖度(Y2)	(采矿业 + 制造业 + 电力热力燃气 + 交通运输仓储邮政)/总就业
生产性服务业占比(Y3)	(交通运输仓储邮政 + 信息软件 + 金融 + 租赁商务 + 科研技术)/总就业
高薪技术服务业占比(Y4)	(信息软件 + 金融 + 科研技术)/总就业

3.1.2. 能源转型指数

为全面评估中国各省份能源转型进程，本文借鉴世界经济论坛能源转型指数(ETI)框架及 Zhou 等(2025) [5]的研究，结合中国省级实际，构建省级能源转型指数(PETI)。如表 2 所示，该指标体系包含能源系统状况、能源转型基础和能源转型推进三个一级指标，下设 29 个二级指标，其中正向指标 20 个、负向指标 9 个。正向指标数值越大、负向指标数值越小，表示能源转型进展越好。

Table 2. Indicator system of energy transition
表 2. 能源转型指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	方向
能源系统状况	能源生产	一次能源生产量	+
		能源生产增长率	+
		能源自给率	+
	能源消费	能源消费总量	−
		原煤消费量	−

续表

		天然气消费量	−
		电力消费量	−
		能源消费增长率	−
		单位 GDP 能耗	−
	能源效率	单位 GDP 二氧化碳排放量	−
		碳排放量/能源消费量	−
能源转型基础	资源禀赋	地表水资源量	+
	技术创新与应用	技术市场成交额	+
	能源产业发展	国有经济能源行业固定资产投资	+
		电力、蒸汽、热水生产和供应业投资	+
		石油加工、炼焦业投资	+
		燃气生产供应业投资	+
		国有经济能源工业投资占比	+
能源转型推进	政府支持	节能环保支出	+
		科学技术支出	+
		工业污染治理投资	+
		环境污染治理投资	+
	人文要素	教育经费	+
		公众关注度	+
		规模以上工业企业 R&D 人员全时当量	+
	环境压力	人均二氧化碳排放	−
	经济发展	人均 GDP	+
		城镇化率	+
		每万人公共交通车辆	+

在指数构建上，首先采用极差归一化将原始数据缩放到 0~1 之间，使各指标无量纲且优化方向一致，具体如公式(1)和(2)所示。

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\left(x_{ij}\right)}{\max\left(x_{ij}\right) - \min\left(x_{ij}\right)} \tag{1}$$

$$y_{ij} = \frac{\max\left(x_{ij}\right) - x_{ij}}{\max\left(x_{ij}\right) - \min\left(x_{ij}\right)} \tag{2}$$

其中，x_{ij} 表示第 i 个维度，第 j 个指标的原始数据，y_{ij} 表示归一化后的无量纲指标值，$\max\left(x_{ij}\right)$ 表示该

指标在第 i 个维度的最大取值，$\min\left(x_{ij}\right)$ 表示该指标在第 i 个维度的最小取值。

其次，考虑到各维度并无明显权重差异，采用等权重法赋权，以保持透明性和聚合兼容性。最后，采用均方根法进行非线性聚合，以强调高分维度的影响力，三个维度得分及 PETI 指数的计算如公式(3)和(4)所示。

$$\mathrm{PETI}_i=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}y_{ij}^2},i=1,2,\cdots,k \tag{3}$$

$$\mathrm{PETI}=\sqrt{\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\mathrm{PETI}_i^2},i=1,2,\cdots,k \tag{4}$$

其中，k 表示一级指标的维度，PETI_i 表示第 i 个维度的得分，PETI 表示最终聚合后的综合指数得分。最终得到的 PETI 指数越高，表明该省份能源转型进程越领先。

3.1.3. 控制变量

为控制其他因素对就业结构的影响，本文选取以下控制变量：经济发展水平，采用人均地区生产总值的对数衡量，反映地区经济发达程度；城镇化水平，采用城镇人口占总人口比例衡量，反映人口集聚程度；人力资本水平，采用高等教育在校生数占总人口比例衡量，反映劳动力技能水平。

3.1.4. 分组变量

为考察能源转型对就业结构影响的异质性，本文从区域特征、资源禀赋、政策干预三个维度进行分组回归分析。

区域分组。不同区域在经济发展水平、产业结构和能源消费结构上存在显著差异，能源转型对就业结构的影响可能因区域而异。参照国家统计局的区域划分标准，将 30 个省级行政区(不含西藏及港澳台地区)分为东部、中部、西部、东北四个区域。

资源禀赋分组。高碳资源富集省份对传统能源产业的就业依赖程度较高，能源转型对其就业结构的冲击可能更为显著。本文根据对煤炭资源富集区的界定框架，采用“生产依赖 + 消费依赖”双重标准识别高碳资源富集省：一是采矿业就业占比排名全国前 8 名；二是原煤消费占比高于全国均值。根据该标准，本文选择山西、内蒙古、陕西、新疆 4 个省级行政区划入高碳资源富集省组。

政策干预分组。政策干预强度通过各省“节能环保财政支出占一般公共预算支出的比重”来衡量。该指标反映地方政府在环境治理和绿色转型上的财政投入力度，是衡量政策支持度的常用变量。该比值越高，说明政府对环保和能源转型越重视。本文考虑通过年度中位数进行分组，每年高于全国 30 个省份的中位数的省份，在该年份的观测值归入“高政策干预组”，低于中位数的归入“低政策干预组”。

3.1.5. 调节变量

资源禀赋。采用采矿业就业人员占就业总人口比重衡量。该指标反映地区劳动力对传统能源产业的依赖程度，数值越高，表明资源型经济特征越强、就业结构对高碳产业的路径依赖越深。该变量用于检验资源禀赋对能源转型就业效应的调节作用。

环境规制。采用工业污染治理完成投资占地区生产总值比重衡量。该指标反映地方政府在环境治理上的投入强度，数值越高，表明环境规制越严格。该变量用于检验政策干预强度对能源转型就业效应的调节作用。

3.2. 计量模型

为检验能源转型对就业结构的影响，并考察其在不同分位点上的异质性，本文采用面板分位数回归方法。

3.2.1. 基准模型：面板分位数回归

本文设定的分位数回归模型如下：

$$Q_{\tau}\left(Y_{it}\left|X_{it},Z_{it}\right.\right)=\alpha_i+\beta_{\tau}y_{it}+\gamma_{\tau}Z_{it}+\lambda_t \tag{5}$$

其中，Y_{it} 是被解释变量，表示省份 i 在年份 t 的就业结构指标；τ 是分位点；$Q_{\tau}\left(Y_{it}\left|\cdot\right.\right)$ 表示被解释变量在第 τ 分位点上的条件分位数；y_{it} 是核心解释变量，表示省份 i 在年份 t 的能源转型指数。Z_{it} 是控制变量向量；α_i 是省份固定效应，控制不随时间变化的省份特征；λ_t 是年份固定效应，控制时间趋势；β_{τ} 表示在分位点上能源转型对就业结构的边际影响；γ_{τ} 是控制变量的系数向量。

3.2.2. 异质性分析：分组分位数回归

为进一步考察能源转型影响的结构异质性，本文采用分组分位数回归策略。具体而言，根据三种分组方案，将全样本划分为若干子样本，在每个子样本内部分别进行分位数回归。模型设定如下：

$$Q_{\tau}\left(Y_{it}\left|X_{it},Z_{it}\right.\right)=\alpha_i^k+\beta_{\tau}^k y_{it}+\gamma_{\tau}^k Z_{it}+\lambda_t^k \tag{6}$$

其中，k 表示不同的子样本组别，其余字母含义与基准模型相同，通过比较不同子样本、不同分位点上的，可以检验能源转型对就业结构的影响是否因省份结构不同而异。

3.2.3. 调节效应分析

为检验资源禀赋与环境规制的调节作用，本文在基准模型基础上引入调节变量及其与 PETI 的交互项，设定如下：

$$Y_{it}=\alpha+\beta_1\cdot y_{it}+\beta_2\cdot y_{it}\times M_{it}+\beta_3\cdot M_{it}+\gamma Z_{it}+\mu_i+\lambda_t+\varepsilon_{it} \tag{7}$$

其中，M 为调节变量，分别取资源禀赋和环境规制，交互项系数 β_2 刻画调节效应：若 β_2 显著，表明 PETI 对就业结构的边际效应随调节变量取值而变化。$\beta_2>0$ 表示调节变量增强 PETI 的效应，$\beta_2<0$ 表示削弱。所有连续变量经双向固定效应去均值处理，采用分位数回归($\tau=0.5$)估计。

4. 实证结果分析

4.1. 描述性统计分析

为了直观把握各省份能源转型发展与就业结构的总体水平与区域差异，本文基于 2014~2023 年 30 个省份的面板数据开展描述性统计分析。

4.1.1. 能源转型指数

如图 1 所示，该图反映了 2023 年全国各省份 PETI 的整体分布情况。可以看到，全国能源转型指数呈现出明显的阶梯式分化特征，整体来看，PETI 指数在全国范围内的相差较大，这说明能源转型进程在省级层面上存在显著的异质性和不均衡性。数据呈现出近似正态分布，分布曲线的右侧存在较长的拖尾，且在高分段仍有数据点分布。综合上述分布特征可以发现，PETI 得分存在右偏分布、多峰倾向及显著的异质性。这为后续采用分位数回归进行分析提供了一定的依据。

4.1.2. 就业结构分布

如图 2 所示，该图展示了 2014~2023 年就业结构的时间变化趋势。可以看到其经历了深刻的重构：低碳就业与生产性服务业占比呈现稳步上升的良好势头，印证了我国绿色发展战略在就业层面的积极成效；高碳就业占比总体呈下降通道，长期去产能、去煤化的政策导向使其逐步收缩；高新技术服务业虽占比基数较小，但表现出持续增长的韧性，反映了创新驱动发展战略对就业结构的优化作用。

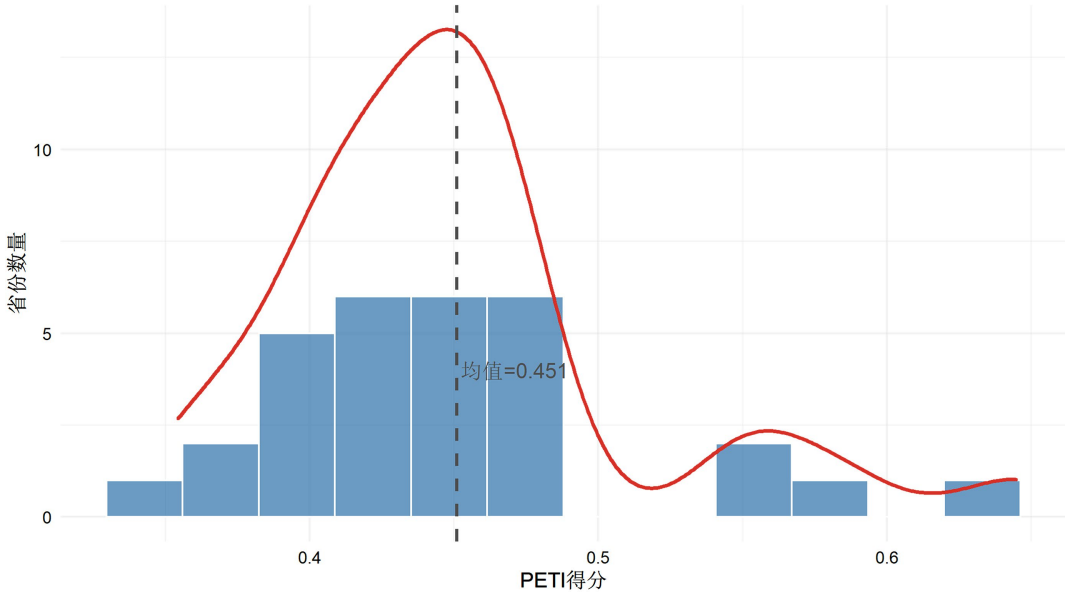


Figure 1. Distribution of PETI in China, 2023
图 1. 2023 年中国 PETI 分布图

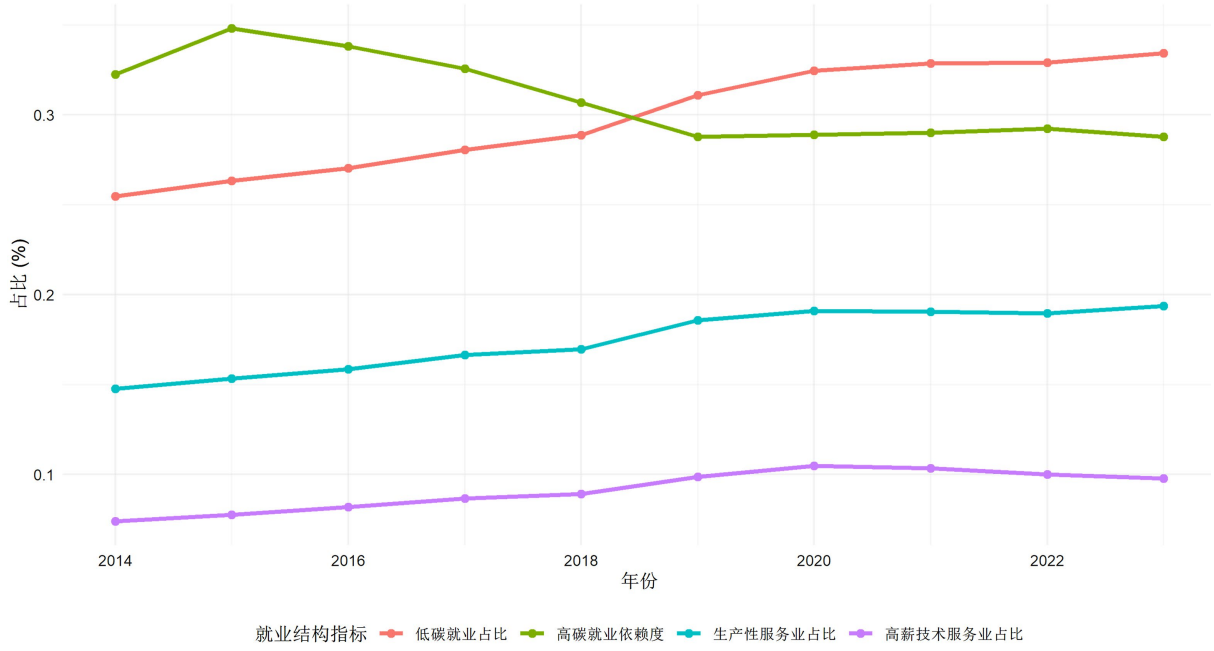


Figure 2. Temporal trends of national employment structure
图 2. 全国就业结构时间趋势图

4.1.3. 相关性分析

为了更细致地考察 PETI 对就业结构的影响，如图 3 所示，对 2023 年各省份的面板数据进行相关性分析。结果表明，PETI 与生产性服务业及高新技术服务业占比呈现显著的正相关关系，而与高碳就业依赖度呈微弱负相关。综合来看，2023 年的数据初步表明，能源转型与就业结构升级之间存在协同演进的趋势。能源转型对生产性服务业和高新技术服务业的正向促进作用最为显著，显示出能源转型对高端产业就业的强拉动作用。

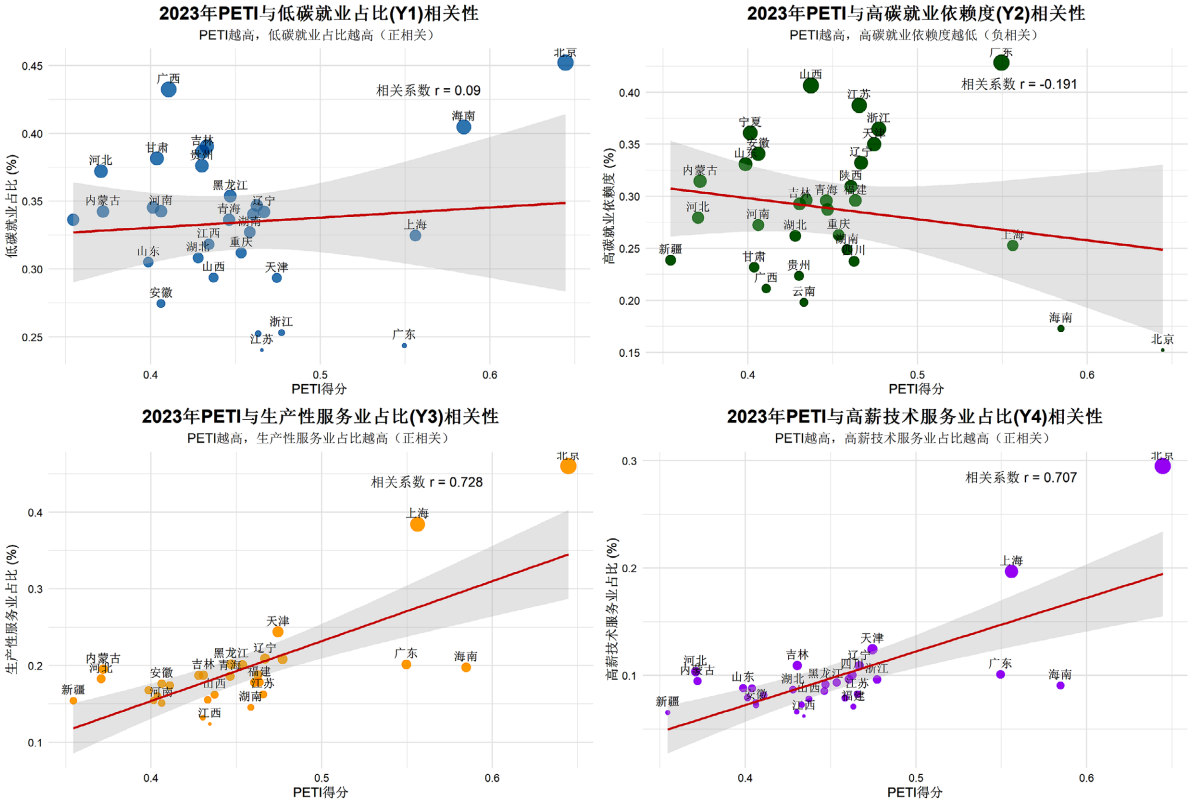


Figure 3. Correlation between PETI and Employment Structure by Province, 2023
图 3. 2023 年各省 PETI 与就业结构相关性图

4.2. 基准模型：面板分位数回归

为检验能源转型对就业结构的总体影响，本文首先基于全样本数据，对低碳就业占比(Y1)、高碳就业依赖度(Y2)、生产性服务业占比(Y3)和高薪技术服务业占比(Y4)分别进行分位数回归。

如表 3 所示，整体来看，PETI 对高碳就业依赖度的影响始终为负，说明能源转型有助于降低高碳行业就业占比，但其负向作用随分位点上升而减弱，表明高碳依赖较高地区的转型阻力更大。对生产性服务业和高薪技术服务业占比整体为正，且在高分位点作用更强，说明能源转型更容易在产业基础较好的地区推动就业结构升级。对低碳就业占比虽多为正向，但系数较小且稳定性不足，因此只能说明其具有一定促进倾向，不能作过强解释。总体而言，能源转型的就业效应主要体现为“降低高碳依赖”和“促进服务化、高技术化升级”。

Table 3. Quantile regression results of PETI on employment structure
表 3. PETI 对就业结构的分位数回归结果表

变量	分位数 τ	估计值	标准误	P 值
Y1	0.10	0.112	0.150	0.458
	0.25	0.172	0.090	0.055*
	0.50	0.059	0.116	0.614
	0.75	0.117	0.078	0.133
	0.90	0.131	0.080	0.103

续表

	0.10	−0.764	0.111	0.000***
	0.25	−0.758	0.162	0.000***
Y2	0.50	−0.519	0.089	0.000***
	0.75	−0.460	0.187	0.014**
	0.90	−0.288	0.226	0.203
	0.10	0.165	0.059	0.005***
	0.25	0.239	0.030	0.000***
Y3	0.50	0.228	0.058	0.000***
	0.75	0.322	0.059	0.000***
	0.90	0.485	0.078	0.000***
	0.10	0.002	0.032	0.940
	0.25	0.095	0.035	0.006***
Y4	0.50	0.141	0.026	0.000***
	0.75	0.227	0.032	0.000***
	0.90	0.345	0.066	0.000***

4.3. 异质性分析：分组分位数回归

基准分位数回归揭示了能源转型在不同就业结构水平的省份的异质性影响，但是这种异质性是否因省份的结构特征的不同而产生变化还未知。因此，为进一步探究能源转型对不同就业结构水平省份的影响是否因省份的不同特征而异，本文将样本划分分别进行分位数回归，以检验能源转型的影响是否以及如何受到这些结构性因素的调节。

4.3.1. 区域异质性

如表 4 所示，该表展示了在不同区域内部，能源转型对不同就业结构水平省份的影响。研究发现，能源转型对就业结构的影响存在显著的区域与分布的双重异质性：东部地区在低碳就业和生产性服务业就业上受能源转型影响最为显著；中部地区在高碳行业就业依赖度上受到全方位的负面冲击；西部地区在高薪技术服务业上表现出最强的拉动效应，能源转型对西部高薪技术服务业的拉动作用很强，这可能与西部丰富的风光资源催生的新能源技术岗位有关；东北地区整体影响最弱，仅在少数分位点上显著。

Table 4. P-values of grouped quantile regression results by region
表 4. 区域分组分位数回归 P 值表

变量	分位数 τ	东部	中部	西部	东北
	0.10	0.033**	0.231	0.215	0.909
	0.25	0.005***	0.553	0.063*	0.143
Y1	0.50	0.113	0.009***	0.041**	0.025**
	0.75	0.117	0.114	0.815	0.854
	0.90	0.000***	0.000***	0.128	0.817

续表

	0.10	0.000***	0.000***	0.031**	0.821
	0.25	0.000***	0.000***	0.350	0.345
Y2	0.50	0.003***	0.000***	0.345	0.260
	0.75	0.594	0.002***	0.123	0.309
	0.90	0.512	0.000***	0.000***	0.001***
	0.10	0.000***	0.950	0.612	0.430
	0.25	0.001***	0.000***	0.029**	0.567
Y3	0.50	0.059*	0.045**	0.002***	0.918
	0.75	0.017**	0.230	0.012**	0.644
	0.90	0.001***	0.282	0.002***	0.952
	0.10	0.040**	0.376	0.643	0.182
	0.25	0.003***	0.425	0.000***	0.984
Y4	0.50	0.512	0.744	0.000***	0.297
	0.75	0.313	0.143	0.000***	0.014**
	0.90	0.003***	0.343	0.000***	0.080*

4.3.2. 资源禀赋异质性

如表 5 所示，该表展示了资源禀赋分组的分位数回归结果。对于低碳就业，在非富集省，能源转型对低中分位点的低碳就业均有显著正向拉动；而在高碳富集省，反而对低碳就业产生显著负向冲击，且高分位省份的负向效应更大。对于高碳就业依赖度，在非富集省，能源转型显著削减了低中分位点的高碳就业依赖度；而在高碳富集省，反而显著增加了高碳就业依赖度。对于服务行业就业，在非富集省，能源转型均有显著的全面拉动效应，且随分位点升高而递增；而在高碳富集省，影响较弱。

Table 5. Quantile regression results of resource subgroups
表 5. 资源分组分位数回归结果表

变量	分位数 τ	非富集估计值	非富集 P 值	高碳富集估计值	高碳富集 P 值
	0.10	0.487	0.000***	−0.532	0.000***
	0.25	0.309	0.001***	−0.450	0.007***
Y1	0.50	0.276	0.025**	−0.460	0.042**
	0.75	0.356	0.002***	−0.958	0.000***
	0.90	0.103	0.178	−1.156	0.000***
	0.10	−0.981	0.000***	0.618	0.003***
	0.25	−1.210	0.000***	0.802	0.003***
Y2	0.50	−0.822	0.000***	0.951	0.001***
	0.75	−0.558	0.000***	1.029	0.002***
	0.90	−0.222	0.306	0.530	0.116

续表

	0.10	0.218	0.009***	0.015	0.892
	0.25	0.269	0.000***	0.108	0.266
Y3	0.50	0.275	0.000***	0.237	0.080**
	0.75	0.433	0.000***	−0.014	0.893
	0.90	0.491	0.000***	0.034	0.716
	0.10	−0.014	0.782	−0.119	0.188
	0.25	0.105	0.001***	0.087	0.027**
Y4	0.50	0.140	0.000***	0.128	0.200
	0.75	0.246	0.000***	0.131	0.173
	0.90	0.320	0.002***	0.129	0.219

4.3.3. 政府干预异质性

如表 6 所示，政府环保投入强度显著调节了能源转型对就业结构的影响。在低政策干预组，能源转型对高碳就业的负向冲击更大，而在高政策干预组的冲击明显减弱，且仅发生在低中分位点。这说明，政府的环保财政投入能够有效缓冲能源转型对传统高碳行业的就业冲击。在高政策干预组，能源转型对生产性服务业和高薪技术服务业的拉动效应全面显著，且系数显著大于低政策干预组。这表明，政府政策投入能够有效放大能源转型对高质量就业的创造效应。而在低政策干预组的 0.10 分位点，Y3 和 Y4 出现负向系数，反映缺乏政策支持时，转型可能抑制基础薄弱地区服务业发展，加剧区域就业质量差距。

Table 6. Grouped quantile regression results of policy intervention
表 6. 政策干预分组分位数回归

变量	分位数 τ	高政策估计值	高政策 P 值	低政策估计值	低政策 P 值
	0.10	0.156	0.359	0.357	0.031**
	0.25	−0.033	0.768	0.293	0.135
Y1	0.50	0.005	0.975	0.098	0.488
	0.75	0.047	0.573	0.218	0.044**
	0.90	−0.019	0.904	0.205	0.283
	0.10	−0.670	0.000***	−1.277	0.000***
	0.25	−0.456	0.001***	−0.872	0.000***
Y2	0.50	−0.300	0.083*	−0.723	0.000***
	0.75	0.153	0.610	−0.690	0.000***
	0.90	−0.182	0.178	−0.715	0.106
	0.10	0.338	0.000***	−0.182	0.068*
Y3	0.25	0.224	0.001***	0.168	0.033**
	0.50	0.247	0.002***	0.231	0.006***

续表

	0.75	0.540	0.000***	0.288	0.000***
	0.90	0.445	0.000***	0.290	0.023**
Y4	0.10	0.107	0.027**	−0.119	0.043**
	0.25	0.080	0.048**	0.087	0.075*
	0.50	0.177	0.001***	0.128	0.001***
	0.75	0.416	0.000***	0.131	0.002***
	0.90	0.254	0.001***	0.129	0.001***

4.4. 调节效应分析

表 7 报告了资源禀赋的调节效应检验结果。交互项 PETI 和资源禀赋在四个维度上均显著(P 值均小于 0.5)，这表明，采矿业就业占比越高的省份，能源转型对就业结构的优化效应越弱，资源禀赋显著削弱了 PETI 对低碳就业和高附加值服务业的拉动作用，同时削弱了其对高碳就业依赖的抑制作用。该结果与分组分位数回归中资源型省份“绿色受抑、高碳未减”的发现相互印证，为“资源省份困境”提供了连续型调节变量的定量证据。控制交互项后，PETI 主效应依然显著，说明核心结论不因资源禀赋差异而改变。

Table 7. Test results of the moderating role of resource endowment
表 7. 资源禀赋的调节效应检验结果

调节变量	Y1	Y2	Y3	Y4
PETI	0.152*** (0.004)	−0.272*** (0.002)	0.137*** (0.002)	0.073** (0.046)
资源禀赋	0.252** (0.013)	0.099*** (0.007)	0.138 ** (0.026)	0.011*** (0.009)
PETI × 资源禀赋	−0.793** (0.038)	0.816** (0.027)	−0.495 ** (0.046)	−0.487** (0.008)
控制变量	是	是	是	是
双向固定效应	是	是	是	是
观测值	300	300	300	300

表 8 报告了环境规制的调节效应检验结果。交互项 PETI 和环境规制在四个维度上均显著(P 值均小于 0.5)，这表明，环境规制强度越高的地区，能源转型对就业结构的优化效应越强，强有力的政策干预放大了 PETI 对低碳就业和高附加值服务业的拉动作用，同时加速了对高碳就业依赖的抑制。该结果与分组分位数回归中“高政策干预组受益更显著”的发现相互印证，说明政策干预是能源转型就业效应的重要放大机制。

4.5. 稳健性分析

为确保基准分位数回归以及分组分位数回归结果的可靠性，本文分别采用两种方法对其进行了稳健性检验：一是滞后一期。将核心解释变量 PETI 滞后一期，以缓解反向因果的内生性问题；二是 Bootstrap 方法。重复抽样 200 次，以检验标准误估计的稳健性。

Table 8. Test results of the moderating role of environmental regulation
表 8. 环境规制的调节效应检验结果

调节变量	Y1	Y2	Y3	Y4
PETI	0.158 ** (0.014)	−0.197*** (0.001)	0.144 *** (0.001)	0.080** (0.014)
环境规制	0.001** (0.025)	−0.003*** (0.008)	0.003** (0.039)	0.002* (0.070)
PETI × 环境规制	0.006 ** (0.019)	−0.054 ** (0.013)	0.071** (0.048)	0.020*** (0.007)
控制变量	是	是	是	是
双向固定效应	是	是	是	是
观测值	300	300	300	300

4.5.1. 全样本分位数回归稳健性

如表 9 所示，该表汇报了 Y2 和 Y3 的稳健性检验结果。对于 Y2 高碳行业就业依赖度，在低中分位点上，滞后一期和 Bootstrap 的系数大小与显著性水平与基准模型高度一致，均通过了 1%的显著性检验。对于 Y3 生产性服务业就业占比，除 0.10 分位点的 Bootstrap 结果在常规水平上边缘显著外，其余分位点上三种方法的估计结果均保持一致。考虑到 0.10 分位点上样本量较小可能导致标准误估计偏大，且系数方向和大小与基准模型一致，可以认为基准结论具有较好的稳健性。

Table 9. Robustness results of the full sample
表 9. 全样本稳健性结果表

变量	检验方法	$\tau = 0.10$	$\tau = 0.25$	$\tau = 0.50$	$\tau = 0.75$	$\tau = 0.90$
Y2	基准模型	0.000***	0.000***	0.000***	0.014**	0.203
	滞后一期	0.000***	0.000***	0.000***	0.001***	0.166
	Bootstrap	0.000***	0.000***	0.001***	0.092*	0.184
Y3	基准模型	0.005***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***
	滞后一期	0.031**	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***
	Bootstrap	0.125	0.000***	0.000***	0.005***	0.000***

4.5.2. 分组分位数回归稳健性

如表 10 所示，该表展示了资源禀赋分组下 Y2 的稳健性检验结果。可以看到，在非富集省中，滞后一期和 Bootstrap 的估计结果与基准模型高度一致。三种方法的系数均为负且均通过 5%显著性检验，这表明，能源转型对非富集省高碳就业依赖度的负向冲击具有高度稳健性。在高碳富集省中，稳健性检验显示部分分位点存在不稳定性。具体而言，在中高分位点上，三种方法均显著或边缘显著，结论基本稳健；但在 0.10 分位点上，滞后一期和 Bootstrap 均不显著，效应不够稳健。这一不稳定性可能与高碳富集省样本量较小以及四省之间的转型路径差异有关。总体而言，非富集省的核心结论非常稳健；高碳富集省的中高分位点结论基本稳健。

Table 10. Robustness results of the resource endowment grouping
表 10. 资源禀赋分组稳健性结果表

变量	检验方法	$\tau = 0.10$	$\tau = 0.25$	$\tau = 0.50$	$\tau = 0.75$	$\tau = 0.90$
非富集省	基准模型	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.306
	滞后一期	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.304
	Bootstrap	0.000***	0.000***	0.000***	0.046**	0.436
高碳富集省	基准模型	0.003***	0.003***	0.001***	0.002***	0.116
	滞后一期	0.341	0.019**	0.017**	0.071*	0.648
	Bootstrap	0.144	0.101	0.015**	0.004***	0.242

5. 结论与政策建议

5.1. 主要结论

本文基于 2014~2023 年中国 30 个省份的面板数据，从能源系统状况、能源转型基础和能源转型推进三个维度构建省级能源转型指数 PETI，以低碳就业占比、高碳就业依赖度、生产性服务业占比和高新技术服务业占比刻画就业结构，采用分位数回归模型，考察能源转型对就业结构的影响及异质性。主要结论如下：

第一，能源转型推动就业结构“创造性破坏”，但效应呈维度分化。全样本结果显示，转型显著降低高碳就业依赖度，促进生产性服务业和高新技术服务业扩张，但对低碳就业提升作用不稳健，说明当前转型主要体现为“降高碳依赖”和“促服务化、高技术化”，直接创造低碳就业仍存时滞。

第二，就业效应存在显著分布异质性，呈现“马太效应”。对生产性服务业和高新技术服务业的促进效应随分位点升高持续增强，即高端岗位更倾向初始条件较好的省份；而对高碳就业依赖度的抑制效应随分位点升高减弱，表明高碳依赖越重的地区转型阻力越大。

第三，就业效应呈现区域梯度分化。东部已进入“全面收获期”，同步实现降高碳依赖与高端服务业扩张；中部以“高碳挤出”为主，低碳就业初显尚不稳定；西部呈现“高端服务业先行”特征，但低碳就业培育不足；东北整体最弱，结构性困境突出。

第四，资源禀赋显著削弱能源转型的就业结构优化效应。资源禀赋交互项在低碳就业、生产性服务业和高薪技术服务业上显著为负，在高碳就业依赖上显著为正，表明采矿业就业占比越高的省份，能源转型对就业结构的改善作用越弱。

第五，环境规制显著放大能源转型的就业结构优化效应。环境规制交互项在低碳就业、生产性服务业和高薪技术服务业上显著为正，在高碳就业依赖上显著为负，表明环境规制越强的地区，能源转型对就业结构的改善作用越强。

5.2. 政策建议

基于上述研究结论，本文提出以下政策建议：

第一，坚持分类施策，制定差异化区域转型与就业策略。东部应推动低碳化与高端化融合；中部加快培育接续产业，提升服务业就业承载力；西部统筹高端服务业与普惠性就业；东北需通过产业多元化与技能重塑破解高碳锁定困局。

第二，聚焦资源型省份，实施“公正转型”方案。针对山西、内蒙古、陕西、新疆等高碳富集省(区)，

设立转型专项基金，支持传统产业工人技能培训与转岗安置，同时发展清洁能源产业链，提供“就地转型”就业通道，防止转型成本过度集中。

第三，强化政策干预的“缓冲器”与“放大器”功能。地方政府应加大节能环保与科技创新投入，将就业效应评估嵌入转型政策的事前论证与事后评估；对基础薄弱地区，通过财政转移支付与跨区域协作，缓解转型初期服务业就业抑制效应。

第四，加快人力资本积累与技能重构。构建绿色技能培训与认证体系，重点培养清洁能源技术、碳管理、绿色金融等领域人才；推动高等教育与职业教育对接绿色产业需求，弥合技能供给与岗位需求的结构性错配。

第五，建立就业结构动态监测与预警机制。构建分区域、分行业的就业监测指标体系，重点关注高碳依赖度较高地区的就业变动趋势，及时识别风险点，为精准施策提供数据支撑。

参考文献

[1] OECD (2023) World Energy Employment 2023. OECD Publishing.

[2] IRENA and ILO (2024) Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2024. International Renewable Energy Agency and International Labour Organization.

[3] OECD (2023) Doing Green Things: Skills, Reallocation, and the Green Transition. OECD Publishing.

[4] Su, X. and Tan, J. (2023) Regional Energy Transition Path and the Role of Government Support and Resource Endowment in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **174**, Article 113150. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113150

[5] Zhou, D., Chen, T., Ding, H. and Wang, Q. (2024) Tracking the Provincial Energy Transition in China: A Comprehensive Index. *Energy*, **304**, Article 131879. https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131879

[6] Chen, T., Zhou, D., Ding, H. and Shi, X. (2025) Implications of Energy Transition on Regional Employments in China. *Energy Policy*, **206**, Article 114742. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114742

[7] Xie, L. and Hui, S. (2025) Low-Carbon Transition Policy and Employment Structure: Evidence from China's Low-Carbon City Pilot. *Cities*, **162**, Article 105985. https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105985

[8] Kozar, Ł.J., Matusiak, R., Paduszyńska, M. and Sulich, A. (2022) Green Jobs in the EU Renewable Energy Sector: Quantile Regression Approach. *Energies*, **15**, Article 6578. https://doi.org/10.3390/en15186578

[9] Yang, Y., Xia, S., Huang, P. and Qian, J. (2024) Energy Transition: Connotations, Mechanisms and Effects. *Energy Strategy Reviews*, **52**, Article 101320. https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101320

[10] Winkler, H., Di Maro, V., Montoya, K., *et al*. (2024) Measuring Green Jobs: A New Database for Latin America and Other Regions. World Bank.

[11] Adamczyk, W., Delaporte, I., Escudero, V., *et al*. (2026) Assessing the Size of the Green Economy: Global Evidence from Harmonized Labour Force Surveys. International Labour Organization.

[12] Zhao, Y. and Said, R. (2023) The Effect of the Digital Economy on the Employment Structure in China. *Economies*, **11**, Article 227. https://doi.org/10.3390/economies11090227

[13] Vona, F. (2019) Job Losses and Political Acceptability of Climate Policies: Why The 'Job-Killing' Argument Is So Persistent and How to Overturn It. *Climate Policy*, **19**, 524-532. https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1532871

[14] Gassen, N. (2024) The Carbon Transition in the Manufacturing Sector and Regional Employment Dependencies: Analysing Exposures and Resiliencies of German Administrative Districts Using Spatial Analysis. Universidade Nova de Lisboa.

[15] Jing, Y., Hu, M. and Zhao, L. (2023) The Effect of Heterogeneous Environmental Regulations on the Employment Skill Structure: The System-GMM Approach and Mediation Model. *PLOS ONE*, **18**, e0290276. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290276

[16] Wu, B. and Yang, W. (2022) Empirical Test of the Impact of the Digital Economy on China's Employment Structure. *Finance Research Letters*, **49**, Article 103047. https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103047

[17] Garcia-Lazaro, A., Mendez-Astudillo, J., Lattanzio, S., Larkin, C. and Newnes, L. (2025) The Digital Skill Premium: Evidence from Job Vacancy Data. *Economics Letters*, **250**, Article 112294. https://doi.org/10.1016/j.econlet.2025.112294

[18] Fang, L. and Herrendorf, B. (2021) High-Skilled Services and Development in China. *Journal of Development*

Economics, **151**, Article 102671. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102671

[19] Zhang, S., Yang, D., Meng, H., Wan, M., Ji, Y., Zhang, J., *et al*. (2025) Spatiotemporal Pattern Evolution and Driving Factors of China's Energy Transition from a Heterogeneity Perspective. *Journal of Cleaner Production*, **487**, 144624. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144624

[20] Zou, Y. and Wang, M. (2024) Does Environmental Regulation Improve Energy Transition Performance in China? *Environmental Impact Assessment Review*, **104**, Article 107335. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107335

[21] Wang, Y., He, Y. and Gao, X. (2025) Can China's Renewable Energy Policy Synergies Help Clean Energy Transition? *Sustainability*, **17**, Article 1801.