

中国能源贫困的统计测度、区域差异与动态演进

丁煜莹¹, 高志刚^{2*}, 克魁³

- 新疆财经大学经济学院, 乌鲁木齐 830012
- 新疆科技学院经济学院, 库尔勒 841000
- 新疆财经大学统计与数据科学学院, 乌鲁木齐 830012

摘要 利用2005—2021年中国30个省(自治区、直辖市)面板数据, 构建了综合评价指标体系, 并测算了能源贫困指数, 利用基尼系数二维分解方法、核密度估计、马尔科夫链等分析了中国能源贫困区域差异及分布动态。分析表明: 中国能源贫困整体有所缓解, 地区间差异明显; 总体差异呈收敛态势, 区域间差异最为明显, 用能结构差异程度最大; 能源贫困具有持续性, 且存在“俱乐部收敛”特征。

关键词 能源贫困; 统计测度; 区域差异

中国脱贫攻坚取得显著成就并解决绝对贫困问题后, 人们不再经受绝对贫困带来的沉重负担, 共同富裕伟大目标迈入新阶段, 实现共同富裕需要克服经济社会中的相对贫困问题。相对贫困问题中, 就包含能源贫困。能源是经济社会发展的重要物质基础, 与社会、经济、政治、文化等活动紧密相关, 构成复杂的社会关系, 而能源供应难以满足人们发展需求是目前能源贫困的重要表现。与绝对贫困不同, 能源贫困没有统一的衡量标准, 它与当下的能源需求相伴而生, 是建立在能源储备量以及

国际能源局势的基础上, 同时又随着经济社会发展而不断变化的一种动态的、相对的贫困。

2023年年底, 中国人口已经超过14亿, 庞大的人口规模与巨大的能源需求使中国成为全球最大能源消费国之一, 对能源高需求和高依赖使得中国能源安全难以得到切实保障。一方面, 中国作为最大的能源生产国之一, 能源保有量丰富, 但碍于人口庞大、经济发展水平不均衡, 能源基础设施建设均等化难度较大, 部分区域能源获取和利用较困难。另一方面, 中国能源依赖进口, 动荡的国际局

收稿日期: 2023-11-13; 修回日期: 2024-05-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(72064035); 自治区研究生创新项目(XJ2023G238); 新疆财经大学科研项目(XJWT202301); 新疆自然科学基金项目(2021D01B30); 新疆社会科学基金项目(2023CYJ040)

作者简介: 丁煜莹, 博士研究生, 研究方向为区域经济学, 电子信箱: 389635799@qq.com; 高志刚(通信作者), 教授, 研究方向为区域经济高质量发展, 电子信箱: gaozhg1206@163.com

引用格式: 丁煜莹, 高志刚, 克魁. 中国能源贫困的统计测度、区域差异与动态演进[J]. 科技导报, 2024, 42(17): 74-86;

doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.11.01734

势使中国能源供应受到影响,能源安全形势愈加严峻。为应对能源和环境危机,中国应推进能源转型,由传统的高碳、高污染能源向低碳、清洁、可持续能源转变[1],而要实现能源转型首先要解决能源贫困。

能源贫困有别于绝对贫困,指能源供给难以满足居民生产和生活需求的一种相对贫困的状态,是能源供给与能源需求之间是否均衡的一种动态变化过程,这种供需平衡因时代发展而变化,是能源供给无法满足当前发展阶段需求而产生的贫困。能源供给表现为量的供给和质的供给2个层面,根据能源供给可以将能源贫困分为2类,一类是能源短缺,能源供给难以满足生活和生产基本需求;另一类是能源资源储量较高,但因经济发展水平、地区分布不均等导致用能结构、用能能力和用能水平受限从而陷入能源贫困。中国部分地区经济发展水平受限,能源基础设施建设不完善,且能源消费更多依赖传统化石能源,对新型清洁能源的开发和利用还不够,从而陷入能源贫困,属于后者。为巩固中国脱贫攻坚成果、实现共同富裕,应重视解决能源贫困,实现能源共同富裕,使居民享受充足的能源物质基础,公平的能源分配制度以及实现全体人民共同参与^[2]。本文构建多维能源贫困指标体系,测算中国能源贫困发展现状,探究中国能源贫困的演变历程、地区差异、未来动向等。

1 研究概述

绝对贫困是一种固定状态,意指达不到最基本生活的状态^[3],世界银行在2015年将国际贫困线定为人均日收入低于1.9美元,一旦低于这条贫困线,则意味着这个国家、地区或家庭处在贫困阶段。相对贫困的含义比较宽泛,世界银行从发展机会的角度提出相对贫困意味着发展机会缺失^[4];也有研究人员从收入水平的角度指出相对贫困是指收入水平可以满足最低生活需求但低于社会平均水平^[5];更有研究人员为相对贫困赋予了更丰富的含义,认为相对贫困隐含着人们对平等发展机会、受保障的可行能力及发展权益、更好生活的向往与追求^[6]。

相对贫困是在绝对贫困得以缓解或已经克服的基础上衍生的,二者的经济基础和物质条件有着本质的区别,前者是在经济基础薄弱、物质条件极其匮乏的基础上发生的,后者则是在经济发展已经取得成效、物质条件变得丰盈时因供需难以适配而产生。对中国而言,绝对贫困已经得到妥善解决,而相对贫困没有终点,要满足人民日益美好生活的需要,回应社会主要矛盾发生变化的显性要求外,更要落实共享发展理念,使居民共享发展成果,实现共同富裕^[6]。

解决相对贫困,能源贫困是其中的重要内容之一,关于其概念内涵也有不同的说法。Lewis^[7]最先将能源贫困定义为:家庭无法维持室温及难以承担生活用能的情况。而后,Day等^[8]将能源贫困与需求和发展不足等联系起来,提出能源贫困不应仅体现在对能源服务的支付能力和获取能力,也应体现出人类发展的不可持续性。何可等^[9]从农村家庭的视角出发,认为是农村家庭难以获取负担得起的、可靠的和安全的现代能源服务,只能依靠薪柴、秸秆和煤炭等传统固体能源来满足烹饪、取暖等基本生活需求的情况,这与Day观点相近,都在关注现代、清洁能源的使用,强调能源的可持续利用。无独有偶,较多学者在研究能源贫困问题时将目光投向农村地区,认为农村地区经济发展水平滞后、收入水平低、能源基础设施建设不健全等,事实上,能源贫困不只发生在农村地区,城镇地区由于现代清洁能源难以满足新阶段发展需求也面临着能源贫困的问题。这里更倾向Yawale等^[10]的观点,认为能源贫困是缺乏足够的选择,无法获得足够的、负担得起的、可靠的、高质量的、安全的和环境友好的能源服务,以支持经济和人类发展。

能源是经济社会发展的基础,能源贫困的存在会对经济、政治、生态、公共服务等产生不利影响。首先,能源贫困会使地区陷入“贫困陷阱”,在能源贫困与经济贫困之间难以挣脱。从宏观层面,当一个地区经济发展水平低下,建设能源基础设施的难度会比较大,自身科技创新水平有限,使得获取清洁和现代能源难度较高,用能只能依靠传统能源,能源利用效率低下和能源短缺将制约经济发展。

从微观层面,家庭可支配收入直接决定了能源可负担性,经济贫困程度较高的家庭能源支出占比较大,只能使用低效率和污染性能源,这又将导致家庭整体贫困并影响家庭福利^[11]。其次,能源贫困会降低居民福利水平。据王振霞等^[12]研究发现,当能源价格上涨时,由于缺乏可替代产品,通过替代效应获得的福利补偿普遍较小,最终导致困难家庭出现相对较高的福利损失。刘自敏等^[13]也指出能源贫困会通过健康、不平等渠道影响居民福利。最后,能源贫困也会对环境质量产生影响。Rao等^[14]对南亚经济体能源贫困与环境质量间不对称关系进行研究时得出结论,能源贫困使大多数经济体环境质量下降。Zhao等^[15]从电力使用的角度分析能源贫困与碳排放的关系,加大电力使用对“一带一路”沿线国家的碳排放未能产生抑制作用,而对于非沿线国家,电力使用能够消除能源贫困从而缓解温室效应。

能源消耗贯穿于一切经济社会活动,破解能源贫困难题,加快能源转型不仅是保障能源安全、实现碳减排目标的必要任务,更是防止陷入多重贫困的必要举措。现有研究多关注能源贫困产生原因及造成后果,关于能源贫困的深刻含义、类型、意义及能源贫困发展现状研究较少,围绕这些方面,本研究边际贡献如下:其一,对能源贫困含义进行解析,能够对能源贫困有更深刻、更明了的认识;其二,阐述解决能源贫困的重要意义,并指出能源贫困的2种类型,只有对当前能源贫困所属类型有清晰认知,才能提出适宜的应对措施;其三,在测算中国30个省(自治区、直辖市)能源贫困指数的基础上,运用双维基尼系数分解、核密度估计和马尔科夫链充分分析了中国能源贫困演变过程、地区差异、未来趋势等,便于把握中国能源贫困发展现状并提出具体建议。

2 研究设计

2.1 评价指标体系构建

考虑到中国能源贫困主要表现在用能水平、用能结构和用能能力等方面^[16],故从这3个维度构建能源贫困评价指标体系。(1) 用能水平能够直观反

映家庭用能情况,从生活能源消费量和能源供应能力2个层面来选取指标。其中,生活能源消费量主要涉及用电和用气,故选用居民人均生活用电量和城市人均生活用天然气量来衡量;能源供应能力选取城市燃气普及率和农村发电设备容量2个指标,除日常烹饪、洗漱外,居民冬季采暖也占据了相当比例的能源消耗量,所以将城市每百万人采暖度日集中供暖(蒸汽)量也纳入指标体系。(2) 用能结构可以反映能源结构是否低碳、清洁、现代化,也是最能体现能源贫困的关键指标,这里从用能结构低碳化和用能结构清洁化2个方面来构建指标体系。低碳化主要表现在对化石能源的依赖程度以及对风能、太阳能等新能源的利用,故选取非火力发电占发电量比重、天然气消费占总能源消费比重、农村太阳能热水器人均覆盖面积等指标,公共交通覆盖率和投入使用率也有助于减少碳排放,选用城市人均公共交通数来表征。用能清洁化则主要反映在污染物排放和处理方面,选取人均化学需氧量排放量、人均二氧化硫排放量和人均工业烟尘排放量来度量。(3) 用能能力包含能源投资能力和能源消费能力。能源投资能力用政府对能源行业的支持力度表征,选取人均煤气生产和供应业城镇投资及国有经济电力、蒸汽、热水生产和供应业人均固定资产投资额来代表;能源消费能力用居民在能源消费方面能够负担的经济实力表征,选用城镇居民生活能源消费支出占总消费比重、农村居民生活能源消费支出占总消费比重、城镇居民人均可支配收入及农村居民人均可支配收入来度量。

本研究始终秉持一个观点即能源贫困不只发生在农村地区,城镇地区也有涉及,在指标体系构建过程中尽量兼顾农村和城镇地区,但碍于部分具有代表性的农村地区数据库未能更新,故考虑研究后进行了取舍,具体指标体系如表1所示。本研究数据主要来源于《中国能源统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国农村统计年鉴》及各省(自治区、直辖市)统计年鉴。

2.2 研究方法

1) 熵权法。

首先对各年各指标根据指标的正负特征进行

表1 中国能源贫困综合评价指标体系

准则层	要素层	指标层	属性
用能水平	生活能源消费量	居民人均生活用电量[(kW·h)/人]	负向
		城市人均生活用天然气量(m ³ /人)	负向
	能源供应能力	城市每百万人采暖度日集中供热(蒸汽)量[t/(h·万人)]	负向
		城市燃气普及率(%)	负向
		农村发电设备容量(万千瓦)	负向
用能结构	用能结构低碳化	非火力发电占发电量比重(%)	负向
		天然气消费占总能源消费比重(%)	负向
		城市人均公共交通数(辆/万人)	负向
	农村太阳能热水器人均覆盖面积(m ² /人)	负向	
用能结构清洁化	废水中化学需氧量人均排放量(t/万人)	正向	
	二氧化硫人均排放量(t/万人)	正向	
	工业烟尘人均排放量(t/万人)	正向	
用能能力	能源投资能力	人均煤气生产和供应业城镇投资(元/人)	负向
		国有经济电力、蒸汽、热水生产和供应业人均固定资产投资额(万元/人)	负向
	能源消费能力	城镇居民生活能源消费支出占总消费比重(%)	正向
		农村居民生活能源消费支出占总消费比重(%)	正向
		城镇居民人均可支配收入(元)	负向
农村居民人均可支配收入(元)	负向		

标准化处理,避免各年权重不同而造成计算不可比,然后通过计算各个指标的熵值和差异性系数计算各指标权重,最后将各个指标加权求和得出各地区每年的能源贫困指数。

2) 基尼系数法。

基尼系数是衡量区域发展差异的重要指标,这里运用Dagum基尼系数从组内差异、组间差异和超变密度3个方面来描述能源贫困的差异性,并在此基础上加入能源贫困指标维度的基尼系数分解,从区域维度和指标构成维度2个层面对中国能源贫困内在结构进行深入剖析。具体计算公式如下:

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{2n^2 \bar{y}} \quad (1)$$

式中, y_{ji} 、 y_{hr} 分别表示 j 、 h 区域内任意省份的能源贫困程度, n 表示省(自治区、直辖市)个数, \bar{y} 表示全部地区能源贫困指数的均值, k 表示区域划分的个数, n_j 、 n_h 分别表示 j 、 h 区域内省(自治区、直辖市)的个数。Dagum基尼系数可以分解为 G_w 、 G_{nb} 、 G_t ,且 $G=G_w+G_{nb}+G_t$ 。其中, G_w 表示能源贫困的区域内差异, G_{nb} 表示能源贫困的区域间差异, G_t 表示能源贫困的超变密度贡献。

3) Kernel密度估计。

核密度估计具体的计算公式如下:

$$f(x) = \frac{1}{Nd} \sum_{i=1}^N K\left(\frac{X_i - x}{d}\right) \quad (2)$$

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) \quad (3)$$

式中, $f(x)$ 为 x 点处的概率密度估计, N 表示观测值数量, d 表示所选取的带宽, X_i 代表独立同分布的观测值, x 表示均值, $K(\cdot)$ 为核函数,这里选取高斯核函数来估计。

4) 马尔科夫链及空间马尔科夫链。

马尔科夫链是一个满足 $\{X(t), t \in T\}$ 的随机过程,主要研究经济现象在不受外界因素干扰时的随机转移问题。具体公式如下:

$$M_{ab} = \frac{m_{ab}}{m_a} \quad (4)$$

式中, m_{ab} 表示 t 时刻 a 类型能源贫困转变为 $t+m$ 时刻 b 类型能源贫困的空间单元数量总和; m_a 表示研究期内所有时刻 a 类型空间单元数量总和; M_{ab} 表示 t 时刻 a 类型的空间单元能源贫困在 $t+m$ 时刻转变为 b 类型的概率。

空间马尔科夫链是将空间因素与传统马尔科夫链相结合,构建空间概率转移矩阵;通过空间滞后性与各省(自治区、直辖市)能源贫困的时间序列有效结合,将传统马尔科夫链转移概率矩阵分解为 k 个 $k \times k$ 的条件转移概率矩阵,分析周边地区的能源贫困程度对该地区能源贫困程度演变的影响。

2.3 研究区域及划分

根据中国能源分布和利用情况,结合已有研究结论,将中国各省(自治区、直辖市)划分到东部、中部、西部和东北地区4个区域,选用2005—2021年中国30个省(自治区、直辖市)(由于数据不全等原因,不含中国港澳台及西藏地区)数据,研究中国能源贫困的空间特征。

3 实证分析

3.1 中国能源贫困指数测算结果分析

采用熵权法测算中国30个省(自治区、直辖市)2005—2021年能源贫困指数,指数越高表明能源贫困程度越深,清洁和现代化能源获取难度越大,部分数据如表2所示。

1) 整体能源贫困情况分析。

表2中,中国能源贫困指数均有所下降,经济快速发展带来家庭可支配收入增长以及能源基础设施完善很大程度上改善了中国家庭能源获取困境。结合图1可以看出,能源贫困程度与经济发展水平呈反比,西部、中部和东北地区能源贫困程度

表2 中国能源贫困指数测算结果

地区	省(自治区、直辖市)	2005年	2007年	2011年	2013年	2015年	2017年	2019年	2021年
东部(10个)	北京	0.2931	0.2658	0.2620	0.2470	0.2353	0.2068	0.2131	0.2018
	天津	0.4219	0.3894	0.3863	0.3734	0.3624	0.2915	0.3015	0.2810
	河北	0.4746	0.4525	0.4641	0.4498	0.4208	0.3562	0.3557	0.3461
	上海	0.3720	0.3541	0.3092	0.2949	0.2892	0.2453	0.2350	0.2290
	江苏	0.4342	0.4043	0.3837	0.3666	0.3599	0.3287	0.3412	0.3259
	浙江	0.3830	0.3712	0.3415	0.3215	0.3043	0.2650	0.2533	0.2547
	福建	0.3747	0.3689	0.3592	0.3431	0.3381	0.2827	0.2811	0.2778
	山东	0.4768	0.4004	0.4155	0.3968	0.4011	0.3421	0.3707	0.3921
	广东	0.3831	0.4124	0.3460	0.3190	0.3075	0.2733	0.2761	0.2698
	海南	0.3601	0.4034	0.3406	0.3303	0.3221	0.2669	0.2826	0.2858
中部(6个)	山西	0.7399	0.6567	0.5832	0.5484	0.5394	0.4629	0.4833	0.4737
	安徽	0.4661	0.4267	0.4067	0.3860	0.3859	0.3267	0.3361	0.3282
	江西	0.4702	0.4468	0.4230	0.4080	0.4144	0.3545	0.3558	0.3477
	河南	0.5140	0.4935	0.4587	0.4321	0.4163	0.3134	0.3164	0.3055
	湖北	0.4526	0.3822	0.3733	0.3603	0.3577	0.3059	0.3390	0.3506
	湖南	0.5016	0.4646	0.3985	0.3768	0.3666	0.2982	0.3034	0.3089
西部(11个)	内蒙古	0.7645	0.6956	0.6916	0.7018	0.6629	0.3993	0.4040	0.4084
	广西	0.5888	0.5163	0.3932	0.3745	0.3587	0.3020	0.3162	0.3125
	重庆	0.5025	0.4469	0.4120	0.4017	0.3840	0.3071	0.3056	0.2875
	四川	0.4389	0.4037	0.3568	0.3274	0.3102	0.2584	0.2567	0.2495
	贵州	0.4849	0.5173	0.4937	0.4649	0.4082	0.3581	0.3414	0.3731
	云南	0.4444	0.4026	0.4155	0.4028	0.3620	0.3203	0.3166	0.3184
	陕西	0.5155	0.4936	0.4586	0.4426	0.4251	0.3015	0.2940	0.3024
	甘肃	0.5309	0.4730	0.4717	0.4440	0.4339	0.3277	0.3393	0.3629
	青海	0.5359	0.4855	0.4724	0.5157	0.5262	0.4963	0.5000	0.4825
	宁夏	0.7866	0.7386	0.7573	0.7371	0.6642	0.4308	0.4124	0.4298
	新疆	0.4407	0.4752	0.5277	0.5629	0.4926	0.3433	0.3459	0.3529
东北(3个)	辽宁	0.5186	0.5145	0.5066	0.4825	0.5055	0.3458	0.3642	0.3555
	吉林	0.4796	0.4684	0.4856	0.4552	0.4651	0.3443	0.3664	0.3759
	黑龙江	0.5010	0.4820	0.5077	0.5007	0.4832	0.3699	0.3758	0.3798

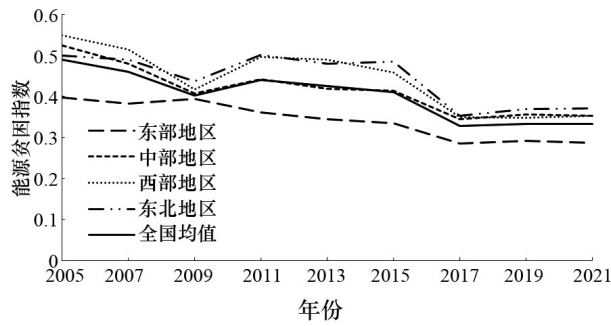


图1 中国能源贫困指数分布

明显高于全国平均水平,这与已有研究^[17]结论基本一致。除经济因素外,地形和地理环境也很重要,西部和东北地区受地理位置和地形限制,能源开发

难度较大,且能源基础设施建设投入成本更高,导致当地能源可获得能力较弱。另外,西部和东北地区能源需要供应东部地区,使得两区域自身能源供应量比较有限且能源价格较高,居民生活用能压力变大。相比能源存储量,经济水平更能决定一个地区能源贫困程度以及区域持续发展动力,经济快速发展可以很大程度上弥补资源缺口,对于后发地区,可以借助资源优势提高自身竞争力以取得经济发展,但要注意能源开发与生态保护的平衡关系。

2) 分地区能源贫困情况。

中国能源贫困虽有缓解,但整体贫困程度还较高,且地区间差异较大,为识别各地区能源贫困差异,分区域进行具体分析(图2)。

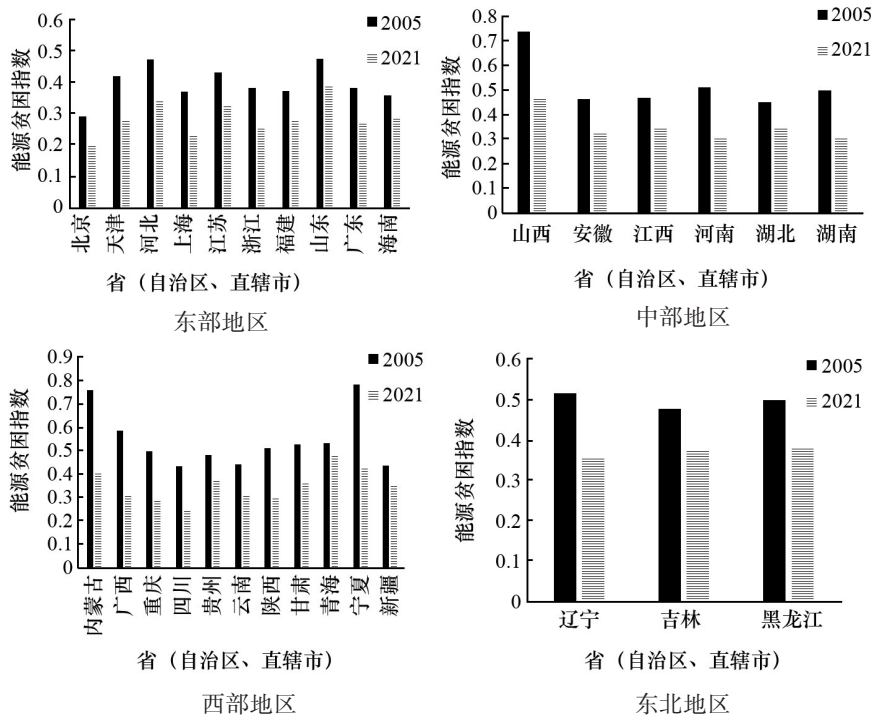


图2 各地区能源贫困指数对比

东部地区:对比2005和2021年数据,前期能源贫困指数均在0.3以上,河北、山东、天津和江苏程度最深;2021年能源贫困指数均有明显下降,除山东、河北、江苏外均已降至0.3以下。从变化趋势看,天津、河北、上海和浙江能源贫困改善效果最明显,山东和海南改善成效最弱,北京由于能源贫困程度低,改善程度相对小。

中部地区:除山西能源贫困最严重外,其他5省能源贫困指数2005年都在0.5左右,2021年降至0.3附近。山西作为资源大省,是中国能源贫困的典型地区,山西煤炭资源比较丰富,经济社会发展对煤炭依赖程度比较高,导致能源结构转型难度较大,面对清洁、现代化能源普及的发展大势,也同样陷入了能源贫困的处境。这为其他能源大省及能

源城市敲响了警钟。

西部地区:内蒙古、宁夏和青海能源贫困程度最深,四川和重庆程度较低。与其他地区不同,西部地区还存在西南和西北的分化,西北地区较西南而言能源资源更丰富,但能源贫困指数却高于西南,主要源于西南经济发展程度更高,能源可及性和能源可负担性更强,西北地区距离中部和东部经济腹地远,经济发展受限,能源结构调整难度较大。

东北地区:东北三省能源贫困指数内部差异较小,与中部和西部地区相比,东北地区能源贫困缓解程度较低。可能有3方面原因:一是未能把握东北振兴政策利好,经济发展较慢,基础设施建设不完备;二是人才流失严重,科技创新动力不足,能源开发和利用面临困难较多;三是能源消费对传统能源依赖较重,多使用化石燃料和传统生物质能,实施能源改革阻力重重。

3.2 能源贫困的空间差异及其双维度分解

前面对不同地区能源贫困差异进行简单对比,但还不足以识别中国能源贫困的空间非均衡性以及能源贫困差异来源,借助Matlab软件运用基尼系数双维度分解方法对中国2005—2021年东部、中部、西部和东北地区以及全国能源贫困的内在结构进行差异分析。

1) 中国能源贫困的总体差异。

如图3所示,中国能源贫困总体差异表现为缩小—扩大—缩小的变化态势,能源贫困大体向均衡优化方向转变。对应地,可将中国能源贫困总体差异划分为3个阶段:第一阶段(2005—2010年),这一阶段能源贫困总体差异波动递减,递减速度较缓;第二阶段(2011—2013年),这一阶段能源贫困总体差异明显增大,可能源于国际金融危机发生后

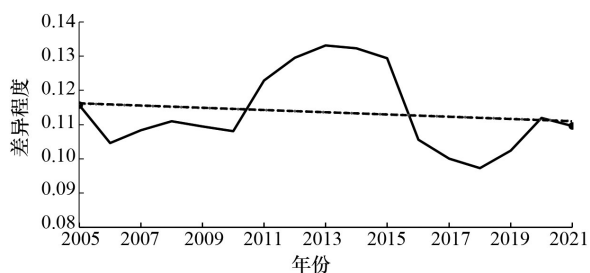


图3 中国能源贫困的总体差异

中国采取刺激政策,大量资金投放引起了新一轮通货膨胀,居民所持货币缩水,政策效果的滞后性导致未来几年居民可支配收入区域差异加剧,能源负担能力分化。第三阶段(2014—2021年),这一阶段中国能源贫困总体差异呈波动式收敛,且收敛速度较快,特别是2016年以后,一方面源于中国坚持脱贫攻坚的战略部署,贫困地区脱贫显著;另一方面在于中国清洁能源和现代化能源近几年装机量大幅增加,能源供应紧缺难题得到缓解。

2) 基于区域维度的分解。

将能源贫困区域差异分解为区域间差异和区域内差异,并探究区域内差异变动和区域间差异变动对总体差异变动的贡献情况。如表3所示,能源贫困基尼系数按区域分解后呈现如下特征。

第一,区域间差异是产生能源贫困差异的重要原因。区域间差异在研究期内占比较高,大体呈递减趋势,2011年以后贡献率低于60%,2016年以后基本保持在50%以内,不过近期有回涨态势。需要注意的是,区域内差异在2011年出现明显上涨,2016年以后逐步向30%逼近。这表明中国区域内能源抢占现象比较严重,导致区域内差异拉大。

第二,细数区域间差异来源,东部地区与中部、西部和东北地区能源贫困差异较大,特别是与西部和东北地区。前期,东部地区与西部地区差距最大,其次是与东北地区;后期,与东北地区差距拉大,在2009年、2015年和2020年差距赶超东部—西部差距;东北地区与中部和西部地区差距也呈扩大趋势;与之不同的是,西部地区与其他区域差距持续缩小,这表明在解决能源贫困时,东北地区面临的难题更多,挑战更大,需要政府给予更多的关注。

第三,在图4中,区域内差异依次表现为西部地区差异最大,其次是中部和东部地区,东北地区差异最小。西部地区内部能源贫困差异始终保持在0.1以上水平,2011—2016年期间达到0.13,个别年份逼近0.14;中部地区内部差异基本保持平稳态势,并在近期出现收敛;东部地区内部差异呈扩大趋势,后期仅次于西部地区;东北地区内部差异也呈扩大趋势,2021年一度超过西部地区,源于区域内能源供给侧结构性改革实施的力度不同,早期

表3 中国能源贫困区域差异的贡献率

年份	组间差异						组内差异				贡献率/%		
	(2-1)	(3-1)	(3-2)	(4-1)	(4-2)	(4-3)	1	2	3	4	G_w	G_{nb}	G_t
2005	0.1403	0.1638	0.1027	0.1141	0.0620	0.0809	0.0732	0.0854	0.1084	0.0174	23.18	60.87	15.95
2006	0.1163	0.1455	0.0995	0.1035	0.0659	0.0679	0.0758	0.0907	0.0941	0.0125	23.97	60.33	15.70
2007	0.1195	0.1491	0.1039	0.1219	0.0725	0.0724	0.0621	0.0924	0.1018	0.0210	23.13	59.52	17.35
2008	0.1181	0.1564	0.1057	0.1240	0.0696	0.0776	0.0621	0.0860	0.1050	0.0271	22.90	60.94	16.16
2009	0.1172	0.1510	0.0936	0.1684	0.0839	0.0808	0.0609	0.0761	0.0947	0.0471	21.31	63.67	15.02
2010	0.1122	0.1587	0.1024	0.1128	0.0591	0.0803	0.0553	0.0746	0.1044	0.0155	22.39	64.32	13.29
2011	0.1142	0.1664	0.1152	0.1617	0.0927	0.0920	0.0812	0.0786	0.1239	0.0098	23.92	58.78	17.30
2012	0.1126	0.1777	0.1247	0.1625	0.0947	0.1004	0.0808	0.0804	0.1337	0.0205	24.11	59.69	16.20
2013	0.1138	0.1844	0.1279	0.1642	0.0934	0.1037	0.0860	0.0749	0.1383	0.0211	24.23	59.68	16.09
2014	0.1174	0.1752	0.1253	0.1725	0.1073	0.1045	0.0946	0.0840	0.1326	0.0202	24.41	57.36	18.22
2015	0.1178	0.1697	0.1166	0.1839	0.0997	0.1087	0.0873	0.0730	0.1346	0.0185	24.12	58.36	17.52
2016	0.1156	0.1298	0.0999	0.1107	0.0686	0.0845	0.0844	0.0841	0.1096	0.0239	26.26	43.90	29.84
2017	0.1117	0.1234	0.0928	0.1079	0.0694	0.0766	0.0848	0.0794	0.1004	0.0161	26.11	44.68	29.21
2018	0.1059	0.1186	0.0945	0.0944	0.0662	0.0761	0.0795	0.0793	0.1025	0.0125	26.65	41.62	31.73
2019	0.1206	0.1215	0.0920	0.1189	0.0708	0.0817	0.0955	0.0797	0.0982	0.0070	25.96	45.34	28.70
2020	0.1257	0.1375	0.0948	0.1570	0.0885	0.0884	0.0987	0.0780	0.1007	0.0452	24.60	50.45	24.96
2021	0.1270	0.1356	0.0961	0.1345	0.0725	0.0792	0.1027	0.0777	0.1040	0.0146	25.67	44.87	29.46

注: 分组代号1, 2, 3, 4分别代表东部、中部、西部和东北地区。对应的(2-1)为中-东组间差异, (3-1)即西-东组间差异, 依次类推。 G_w 为组内差异, G_{nb} 为组间差异, G_t 为超变密度差异, 且满足 $G = G_w + G_{nb} + G_t$ 。

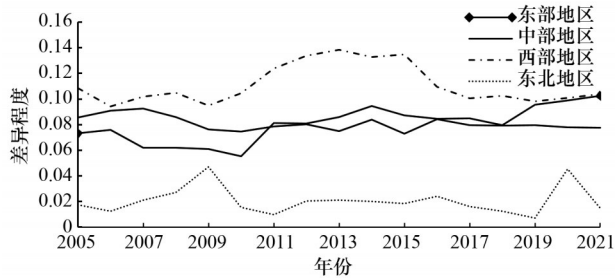


图4 各区域内能源贫困差异

辽宁能源贫困程度最深, 明显落后于黑龙江, 2007年后, 由于深入推进煤炭供给侧结构性改革, 能源优化配置能力大幅提升, 而其他两地进展则比较缓慢。

3) 基于能源贫困指标构成维度的分解。

本部分从用能水平、用能结构和用能能力3个维度对能源贫困总体差异进行分解, 通过测算分指标对总体差异的贡献率来对能源贫困空间差异的主要来源做进一步了解, 结果如表4所示。

第一, 3个维度对总体差异的贡献按强弱程度依次表现为用能结构、用能水平和用能能力。用能结构在区域内差异和区域间差异中均保持最高影响水平, 表明中国能源贫困短板主要在清洁能源和

现代化能源获取方面。比较特殊的是, 前中期中部地区内分指标作用强度均表现为用能水平、用能结构和用能能力, 地区间获取传统能源的差异比较大, 可能存在能源抢占或基础设施建设不均衡等现象; 后期中部地区内分指标作用强度则表现为用能结构、用能能力和用能水平, 这与经济社会发展速度放缓, 消费和投资疲软等有关, 东部地区内部以及中-西地区间在后期也出现这种现象。

第二, 从区域内差异看, 大体呈现东部、西部、中部、东北地区逐次减弱的分布趋势, 且四大板块能源贫困差异与分项指标差异基本保持一致, 比如东部地区内部差异占总体差异的贡献率最高, 其各分项指标的区域差异与其他区域相比同样保持第一位次。解决中国能源贫困空间差异需要树立系统观, 把握能源利用内部联系, 从各个分指标入手, 统筹应对能源供应和消费问题。

第三, 从区域间差异看, 各分项指标中排名前3的为东-西差距、东-中差距和东-东北差距, 排在其后的是西-中差距和西-东北差距, 东部地区和西部地区与其他区域差距明显。东部地区凭

表4 中国能源贫困各分项指标对总体差异的贡献率(单位:%)

构成	2005年				2013年				2021年			
	用能水平	用能结构	用能能力	合计	用能水平	用能结构	用能能力	合计	用能水平	用能结构	用能能力	合计
G_w	0.4163	1.0271	0.0482	1.4916	0.2850	1.0908	0.0747	1.4505	0.1777	0.9853	0.1451	1.3081
G_1	0.2157	0.6071	0.0312	0.8540	0.0897	0.7585	0.0487	0.8969	0.0546	0.5804	0.0932	0.7282
G_2	0.0740	0.0562	0.0116	0.1418	0.0611	0.0509	0.0182	0.1301	0.0236	0.1531	0.0240	0.2007
G_3	0.1040	0.3115	0.0016	0.4171	0.1370	0.2204	0.0082	0.3657	0.0924	0.2153	0.0282	0.3359
G_4	0.0226	0.0523	0.0038	0.0787	-0.0028	0.0610	-0.0004	0.0578	0.0071	0.0365	-0.0003	0.0433
G_{nb}	1.2187	2.9547	0.1220	4.2951	0.5257	4.6384	0.0414	5.2056	0.3975	3.5778	0.1946	4.1699
G_{21}	0.2385	0.6391	0.0320	0.9096	0.1204	0.8951	0.0341	1.0496	0.0895	0.6931	0.0820	0.8646
G_{31}	0.3630	0.9636	0.0413	1.3678	0.1338	1.3203	0.0314	1.4855	0.1276	1.0846	0.0656	1.2778
G_{32}	0.1887	0.3743	0.0248	0.5878	0.0432	0.6755	0.0137	0.7324	0.0328	0.4342	0.0457	0.5127
G_{41}	0.2073	0.3248	0.0179	0.5500	0.1798	0.2539	0.0332	0.4670	0.0861	0.4362	0.0452	0.5676
G_{42}	0.1083	0.2578	0.0074	0.3734	0.0437	0.6004	-0.0219	0.6221	0.0324	0.3397	-0.0101	0.3620
G_{43}	0.1129	0.3951	-0.0014	0.5065	0.0048	0.8932	-0.0491	0.8490	0.0291	0.5900	-0.0338	0.5852

借先发优势,在能源设施建设、能源获取、技术研发及能源消费等方面占据领先地位,西部地区则因发展动力不足、能源设施建设不完善、消费潜力较低等陷入能源贫困。

3.3 能源贫困的分布动态及演进趋势

1) 能源贫困的核密度估计。

从全国层面看(图5),首先,初期核密度曲线靠右侧分布且呈右拖尾,表明中国能源贫困在2005年时整体情况不乐观,部分地区面临严重的能源贫困问题。其次,核密度曲线持续左移,随着能源结构优化、居民收入水平提高,中国能源贫困问题逐渐得到缓解。在左移过程中,2009年和2013年核密度曲线主峰有所下降,曲线变得平缓且保持拖尾,说明中国克服能源贫困困难重重,阻

力较大,进展比较缓慢。再次,2017年核密度曲线主峰增高,且宽度收紧,说明在此阶段中国能源贫困取得可喜成效,能源贫困程度明显降低,且地区差异较小。最后,2021年核密度曲线有右移趋势且主峰降低,右侧有拖尾倾向,说明中国部分地区出现能源“返贫”现象,在能源改革中需要加以注意,谨防大面积“返贫”现象发生。

从区域层面看(图6),首先,在研究初期,中部、西部和东北地区陷入严重的能源贫困,东部地区情况相对较好,呈左边拖尾,表明东部个别省份能源贫困程度较轻。其次,与全国核密度曲线一致,四大区域核密度曲线也不断向左移动。东部地区在2009年时不仅左移且主峰颇高无拖尾,表明东部地区产业结构转型较快,对能源市场能够先判先行,快速适应能源改革和节能降碳发展趋势。中部地区和西部地区在能源脱贫过程中呈减轻—加重—减轻(相对而言)持续波动状态,表明这两个地区能源依赖还比较重,特别是对传统能源,能源脱贫难度较大。东北地区前期曲线比较平稳,后期峰值明显,表明近年来能源贫困内部差异比较小。最后,2021年中部、西部和东北地区核密度曲线出现右移趋势,这为中国能源脱贫工作敲响警钟,新时代要加快能源技术创新和新型能源开发利用,调整能源结构和推进能源转型,以巩固能源脱贫成果,防微杜渐。

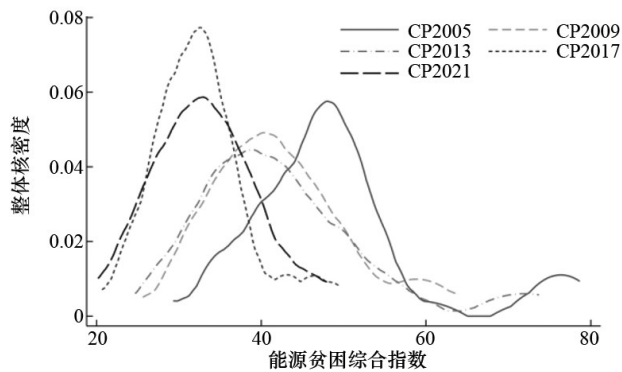


图5 全国主要年份能源贫困二维核密度图

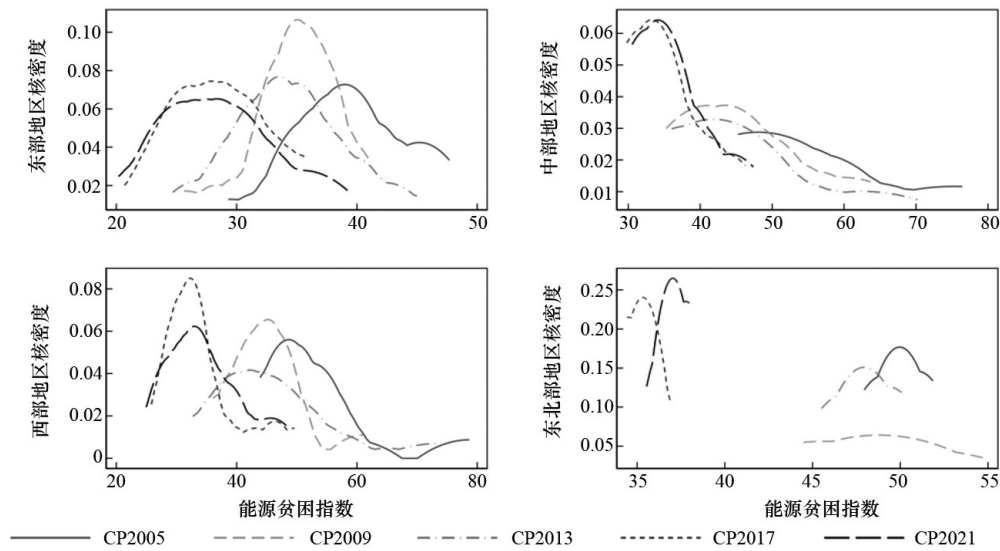


图6 四大区域主要年份能源贫困二维核密度图

2) 能源贫困的马尔科夫链分析。

相比核密度估计,马尔科夫链分析方法可以刻画中国能源贫困水平的转移方向及对应的概率大小,故使用马尔科夫链分析方法进一步考察中国能源贫困的动态演进趋势。

传统马尔科夫链分析。本研究按照自然断点法将中国30个省(自治区、直辖市)能源贫困划分为低、中低、中高和高4个等级水平,得出2005—2021年时间跨度为1年的马尔科夫转移矩阵。从表5看,转移矩阵中对角线概率值远大于0.5,在不考虑空间因素的情况下,中国能源贫困表现稳定,持续性强,短时间内消除能源贫困的难度较大,且不同省份之间难以实现等级跃迁。一般来讲,状态转移通常发生在相邻类型之间,从表5可以发现,除对角线外,每个状态类型向相邻类型转变的概率相对较大,其他转移概率基本为0,几乎不可能实现跨越式发展。

表5 中国能源贫困的传统马尔科夫转移概率矩阵

类别	低	中低	中高	高
低	0.9375	0.0625	0.0000	0.0000
中低	0.2109	0.6875	0.0938	0.0078
中高	0.0313	0.2031	0.5703	0.1953
高	0.0104	0.0208	0.2188	0.7500

空间马尔科夫链分析。空间马尔科夫链分析是在传统马尔科夫链分析的基础上将空间毗邻矩阵纳入时间跨度的趋势分析方法,这里仅考虑时间跨度为1的情况(表6)。首先,空间马尔科夫转移概率矩阵中对角线上的转移概率总体上要高于非对角线区域的转移概率,这说明即使在考虑了相邻地区能源贫困的影响后,中国各省(自治区、直辖市)能源贫困依然倾向于维持当前水平。其次,单个省(自治区、直辖市)的能源贫困与区域能源贫困类型具有协同性。当周边地区能源贫困类型为低时,在t期处于低程度类型的省(自治区、直辖市)数量要多于其他类型,当周边地区能源贫困类型为高时,在t期处于高程度类型的省(自治区、直辖市)数量要多于其他类型。再次,与能源贫困程度低的地区为邻,该省(自治区、直辖市)能源贫困类型向下移的概率更大,能源贫困缓解的可能性会大;与能源贫困程度高的地区为邻,该省能源贫困类型向上转移的概率更大,能源贫困缓解的可能性会小。最后,中国能源贫困出现“俱乐部收敛”现象,即在能源贫困程度低的区域,能源贫困程度降低的概率会上升,在能源贫困程度高的区域,能源贫困程度加重的概率会更高。可见,中国能源贫困的改善与相邻省份有着紧密联系,关注重点地区能源贫困问题很有必要。

表6 中国能源贫困的空间马尔科夫转移概率矩阵

类型	t 期类型	$t+1$ 期类型			
		低	中低	中高	高
低	低	0.9467	0.0533	0.0000	0.0000
	中低	0.2857	0.6857	0.0286	0.0000
	中高	0.0000	0.3333	0.5333	0.1333
	高	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
中低	低	0.9091	0.0909	0.0000	0.0000
	中低	0.1719	0.7031	0.1250	0.0000
	中高	0.0000	0.3684	0.5789	0.0526
	高	0.0000	0.0833	0.4167	0.5000
中高	低	0.9500	0.0500	0.0000	0.0000
	中低	0.2069	0.6552	0.1034	0.0345
	中高	0.0526	0.1053	0.6579	0.1842
	高	0.0244	0.0000	0.0976	0.8780
高	低	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	中低	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	中高	0.0357	0.1786	0.5179	0.2679
	高	0.0000	0.0250	0.2250	0.7500

4 结论与建议

4.1 结论

根据中国30个省(自治区、直辖市)2005—2021年面板数据,构建能源贫困综合评价指标体系,并运用熵权法对此进行测算,在此基础上分析中国能源贫困空间非均衡性及动态演进过程。随着中国经济发展水平提升,居民人均可支配收入增长,能源贫困整体得到缓解,其中,东部地区低于全国平均水平,西部、中部和东北地区高于全国平均水平。相比资源存储量,经济水平更能决定一个地区能源贫困程度以及区域持续发展动力,但后发地区可以凭借资源优势打造自身竞争力来取得经济高质量发展。能源贫困总体差异有所收敛,目前区域间差异最明显,用能结构是造成地区差异的主要因素。另外,能源贫困虽持续缓解但近期有回升趋势且具有“俱乐部收敛”特征。

4.2 建议

中国能源贫困还存在诸多问题亟待解决,能源贫困程度整体还有待缓解。为满足中国居民生产、生活活动需求,促进绿色发展,消除相对贫困,防范多重贫困问题发生,针对能源贫困的解决,提出以下对策建议。

第一,发达地区应发挥领先优势,加强新能源开发和利用。在实证研究中,中国东部地区与西部、中部和东北地区能源贫困差距明显,东部地区在能源转型中占据领先地位,受能源贫困影响较小。在分维度分析差异来源时,用能结构影响水平最高,表明中国能源贫困短板主要表现在清洁能源和现代化能源获取方面,目前以化石能源等不可再生能源为主的能源消费结构不利于中国经济高质量发展,开发和利用可再生能源很有必要。发达地区应发挥领先优势,加强能源技术创新,开发新能源品种,积极推广新能源技术,尽快推进新能源投入生产和生活活动,缓解中国用能困难。

第二,欠发达地区应利用地理优势,增加能源多样性选择。欠发达地区受地理位置和地形限制,能源开发难度较大,能源基础设施建设投入成本高,对传统能源依赖较重,多使用化石燃料和传统生物质能,可替代能源较少,这种传统能源结构使欠发达地区深受能源贫困困扰,特别是西部和东北地区。为解决欠发达地区用能困难,能源支持政策应向欠发达地区倾斜,鼓励西部、中部和东北地区利用独特地理优势,发展风能、水能、太阳能、地热能等新型能源,提高能源多样性,推进欠发达地区能源结构调整和能源转型,通过提升能源生产潜力

和消费能力降低能源贫困水平。

第三,资源型地区应改造传统能源产业,减轻能源依赖。山西等资源型地区由于对能源依赖比较重,能源结构转型难度较大,使得在新时代同样遭遇能源贫困的发展困境。为摆脱发展困境,寻求新发展机会,资源型地区应加大科技研发投入,借助已有能源产业基础,对高碳、高耗能产业加以改造,加强能源终端设备使用,提升能源利用效率,减轻能源依赖。同时,为避免资源产业产生路径依赖,加快产业结构转型升级,向多元化产业方向发展,大力发展低碳产业,打造地方发展新亮点。

第四,制定能源协同发展机制,加强地区间能源合作。前面提到,中国能源贫困区域间差异明显,区域内部能源抢占现象比较严重,为实现能源共同富裕,应制定能源协同发展机制,加强地区间能源开发和利用合作。首先,发达地区在能源技术创新、新型能源开发利用方面具有明显优势,应鼓励发达地区向欠发达地区提供技术援助,加快当地能源研发技术改革。其次,发达地区在传统能源使用中仍然依赖西北、西南等欠发达地区,应建立两地间能源合作机制,发达地区向欠发达地区提供能源基础设施建设援助,尤其是新型电力基础设施建设,提高新能源利用能力,提高当地用能能力、改善当地用能结构。最后,应重点关注农村和偏远地区,缩小城乡和区域间能源差距。

参考文献(References)

- [1] 张万洪, 宋毅仁. 中国式现代化背景下能源正义与公正能源转型的新思考[J]. 江汉论坛, 2024(3): 36-43.
- [2] 郭之天, 陆汉文. 相对贫困的界定: 国际经验与启示[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2020, 20(4): 100-111.
- [3] 《世界发展报告》翻译小组. 世界银行 1981 年世界发展报告[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1983: 9.
- [4] 乌德亚·瓦格尔, 刘亚秋. 贫困再思考: 定义和衡量[J]. 国际社会科学杂志(中文版), 2019, 36(3): 191-200.
- [5] 向德平, 向凯. 多元与发展: 相对贫困的内涵及治理[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2020, 34(2): 31-38.
- [6] 阮敬, 王继田, 杨蕊. 从“患寡”到“患不均”: 共享视域下的相对贫困测度研究[J]. 数理统计与管理, 2024, 43(2): 331-342.
- [7] Lewis P. Fuel poverty can be stopped[M]. Bradford: National Right to Fuel Campaign, 1982: 16.
- [8] Day R, Walker G, Simcock N. Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework[J]. Energy Policy, 2016, 93: 255-264.
- [9] 何可, 朱信凯, 李凡略. 聚“碳”成“能”: 碳交易政策如何缓解农村能源贫困? [J]. 管理世界, 2023(12): 122-143.
- [10] Yawale S K, Hanaoka T, Kapshe M, et al. End-use energy projections: Future regional disparity and energy poverty at the household level in rural and urban areas of India[J]. Energy Policy, 2023, 182: 113772.
- [11] Shi X J, Cui L, Huang Z H, et al. Impact of internal migration on household energy poverty: Empirical evidence from rural China[J]. Applied Energy, 2023, 350: 121780.
- [12] 王振霞, 闫冰倩. 居民福利变化视角下的能源与贫困问题探析[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(9): 100-118.
- [13] 刘自敏, 邓明艳, 崔志伟, 等. 能源贫困对居民福利的影响及其机制: 基于 CGSS 数据的分析[J]. 中国软科学, 2020(8): 143-163.
- [14] Rao J F, Ali S, Nazar R, et al. From darkness to light: Unveiling the asymmetric nexus between energy poverty and environmental quality in South Asia[J]. Heliyon, 2024, 10(5): e27100.
- [15] Zhao J, Dong K Y, Dong X C. How does energy poverty eradication affect global carbon neutrality? [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2024, 191: 114104.
- [16] 徐盈之, 魏瑞. 双重环境规制、能源贫困与包容性绿色发展[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2021, 27(2): 109-125.
- [17] 苏扬舟, 孙鹏. 区域能源贫困的时空演进与影响因素分析[J]. 统计与决策, 2023, 39(22): 63-66.

Statistical detection, regional differences and dynamic evolution of energy poverty in China

DING Yuying¹, GAO Zhigang^{2*}, KE Han³

1. School of Economics, Xinjiang University of Finance & Economics, Urumqi 830012, China

2. School of Economics, Xinjiang University of Science & Technology, Korla 841000, China

3. School of Statistics and Data Science, Xinjiang University of Finance & Economics, Urumqi 830012, China

Abstract After China has made remarkable achievements in tackling poverty, overcoming relative poverty has become a difficult problem in the new period. Overcoming energy poverty will be an important task for China to promote energy transformation and achieve common prosperity. Based on the panel data of 30 provinces (autonomous regions and municipalities directly under the Central Government) in China from 2005 to 2021, this paper constructs a comprehensive evaluation index system to measure the energy poverty index, and studies the regional differences and distribution dynamics of energy poverty in China by using the two-dimensional decomposition method of Gini coefficient, kernel density estimation and Markov chain. Come to a conclusion: China's energy poverty has eased as a whole, with obvious regional differences; The overall difference is convergent, with the most obvious difference between regions and the largest difference in energy consumption structure. Energy poverty is persistent and characterized by "club convergence". The above conclusions will provide inspiration and decision-making reference for understanding the current situation of energy poverty in China and solving it.

Keywords energy poverty; statistical measure; regional differences ●



(责任编辑 傅雪)