

科技创新能力与能源利用效率 耦合协调评价研究

温兴琦^{1,2},周邦栋²



(1.武汉大学深圳研究院,广东深圳 518057;
2.武汉大学经济与管理学院,湖北武汉 430072)

摘要 提升科技创新能力与能源利用效率之间的耦合协调度,有利于促进我国节能减排及经济的高质量发展,推动创新驱动发展战略的落实并助力“双碳”目标的实现。以长江中游经济区为例,构建科技创新能力与能源利用效率的综合评价指标体系,利用耦合协调模型对鄂湘赣三省2005—2019年科技创新能力与能源利用效率的动态耦合情况进行量化分析。研究发现:2005—2019年,长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率均有大幅提升,二者呈现同步发展的态势但整体水平仍待提高,各省科技创新能力水平差异显著;科技创新能力与能源利用效率的耦合协调水平逐年向好,湖北省的耦合协调水平最高,江西省和湖南省的耦合协调度距离优质协调还有一定距离。由此从强化区域协同效应、因地制宜实施差异化战略及深化创新驱动的角度,提出应改善长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率耦合协调水平,推动长江中游经济区成为以绿色低碳的高质量发展为核心,经济、社会、生态全方位可持续发展的先行示范区。

关键词 科技创新能力; 能源利用效率; 耦合协调度; 长江中游经济区

中图分类号:F124.3;X322 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2023)05-0182-11

DOI编码:10.13300/j.cnki.hnwxb.2023.05.017

科技创新是我国高质量发展的重要驱动力,自党的十八大提出实施创新驱动发展战略以来,我国科技事业取得历史性成就,逐步跻身创新型国家行列。党的二十大再次强调,必须坚持“科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力”,完善科技创新体系建设,加快实现高水平科技自立自强^[1]。习近平总书记在第七十五届联合国大会提出“碳排放力争于2030年前达到峰值、2060年前实现碳中和”的目标^[2],绿色低碳转型作为实现“双碳”目标的重要支撑亟需加快其经济社会全面转型的进程。第十四届全国人大第一次会议中“流域治理”及“区域协同”相关建议的高频出现再次彰显环境保护的急迫与必要性,并为地区实现“1+1>2”的协同发展树立重要的风向标,其中赣鄂湘三省代表提出的《关于建设长江中游经济区的建议》^①是对“五新三主”战略部署中“生态环保、绿色低碳、创新驱动、区域协调”等对长江经济带发展提出的重大任务的呼应与具体落实。由此,科技创新与绿色发展成为区域高质量协同发展的主流。

长江中游经济区位于我国经济增长“四极”的几何中心,依托独特区位优势与战略纵深在过去10年GDP年均名义增速仅次于成渝经济区,是促进中部地区崛起、打造中国经济增长稳固“钻石型”结构的核心区域,承担着加快推动我国构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进新发展格局的使命担当,在引领我国科技创新及生态文明建设中发挥重要作用。然而,与长三角、京津冀、粤

收稿日期:2023-01-05

基金项目:深圳市哲学社会科学规划课题“建设全球创新之都背景下进一步促进深圳科技成果转化路径研究”(2021B017);国家社会科学基金项目“企业主导的产学研深度融合机制与路径研究”(23BGL062);教育部哲学社会科学研究后期资助项目“企业战略环境调适与企业环境创新研究”(19JHQ092)。

① 见《关于建设长江中游经济区的建议》,湖北日报,2023-03-11.<http://www.hppc.gov.cn/p/31031.html>.

港澳等成熟经济区相比,长江中游三省在创新能力、产业发展、要素生产率等方面落后显著,其技术创新能力与绿色发展水平尤待提高。2021年《长江中游城市群碳达峰碳中和绿色宣言》的发布对长江中游地区科技创新与绿色低碳高质量发展路径提出新的挑战^①,能源消耗是当前碳排放的主要来源,聚焦并提升能源利用效率愈发成为发展绿色低碳经济、助力实现“碳达峰”和“碳中和”的首要选择^[3]。科技创新与能源利用效率之间存在复杂的交互关系,厘清二者相互作用机理并测度区域科技创新与能源利用效率的耦合协调现状具有重要现实意义。本文以长江中游经济区为突破口,将该地区的科技创新与能源利用效率进行有机结合,为提升二者耦合协调水平提供建议,以促进科技创新及能源利用效率的发展,加强创新驱动与区域协调发展的落实,有利于推动打造中国经济增长“第五极”并助力“双碳”目标的实现。

一、文献综述

关于科技创新与能源利用效率之间的影响关系,学界指出存在提升和降低两方面的效果。一方面,认为科技创新能够促进能源利用。李廉水等发现技术进步通过调整产业结构与促进要素利用率来影响能源效率^[4],科技创新对能源利用效率的正向驱动得到证实^[5-6]。另一方面,认为科技创新存在能源回弹效应。胡东兰等指出由于存在能源效率效应技术进步难以减少能源消耗^[7],技术进步在促进能源循环利用与经济快速增长时伴随产生新的能源需求会抵消掉所节约的能源^[8-9],且企业常以节约资本为基础进行科技创新而忽视环境问题,从而导致资源过度消耗并加剧环境污染。同时,如果能源利用效率的提升是通过行政手段维持的而非经济发展到一定程度的产物,往往会给科技创新的发展带来一定程度的障碍^[10],抑制技术进步。由此可见,科技创新能力强并不必然引致高的能源利用效率,反之亦然。回顾现有研究,学者们主要关注科技创新的时空演化^[11]、能源利用效率的空间分异及驱动因素^[12-13],基于两者相互作用关系的定量研究主要关注科技创新对能源利用效率的单向影响,如王班班等通过构建超越成本函数模型测度不同来源技术进步对中国工业能源强度的影响^[14],韩玉军等运用动态面板GMM方法证实OFDI逆向技术溢出的增加能够改善能源利用效率^[15]。综上,已有研究成果无疑为科技创新与能源利用效率关系的深入探讨奠定重要基础,但仍存在局限:就研究视角而言,已有研究较少聚焦能源利用效率视角探讨科技创新与绿色发展之间的关系,且研究尺度更多集中于全国、按传统标准划分的四大区、城市群及省域^[16-17],而中央关于区域协调发展的新要求使部分“经济区”比“城市群”更具战略使命与研究价值,但目前对“长江中游经济区”的相关研究较为少见;就研究内容而言,结合科技创新与能源利用效率间的研究有待深化,尤其缺乏对科技创新与能源利用效率耦合作用机理的深度分析;就研究方法而言,关于科技创新与能源利用效率相互影响的研究停留在定性描述层面,鲜有对科技创新与能源利用效率间互动机理及动态耦合关系进行量化探讨。

本文定量探讨2005—2019年长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率的耦合协调现状,并观察二者耦合协调的时空分异现象,在此基础上提出相关建议。研究的边际贡献在于:基于能源利用效率和长江中游经济区拓宽科技创新与绿色发展的研究视角,完善科技创新能力与能源利用效率的互动机理,丰富科技创新能力与能源利用效率的量化研究,深化二者在长江中游经济区高质量发展中的应用,为长江中游经济区实现创新驱动的高质量绿色发展提供科学支撑。

二、科技创新能力与能源利用效率的耦合机理分析

科技创新对能源利用的影响体现在能源作为生产要素投入经济系统到经济产出的全过程^[4],对能源利用效率的驱动通过将创新链上游的“科学发现”和下游的“技术发明”两个方面应用到生产与

^① 《长江中游城市群碳达峰碳中和绿色宣言》的发布对区域协同合作以促进“双碳”目标的实现提出新的要求,财讯网,2021-10-25.
https://m.tech.china.com/tech/article/20211025/102021_905766.html.

治理的过程中实现^[18]。作用过程可以具体归纳为四个方面:第一,科技创新能力通过促进产业结构优化提高能源利用效率^[19]。科技的进步促使我国第三产业比重增加,我国产业结构从低层次向高层次转化^[20],由于各产业能源消费密度不同^[21],能源强度整体降低,能源利用效率得到有效提升。第二,科技创新能力通过提升城市化水平影响能源利用效率。科技创新能够最大化地引起资源要素向城市聚集提升城市化水平^[22],产业组织结构和技术结构得到合理的调整^[23],各种资源配置的优化使能耗呈现下降趋势。第三,科技创新能力通过改善能源消费结构带动能源利用效率的提升。依托科技创新,能源过度依赖型的企业逐步被市场所淘汰,少量落后企业在科技创新的加持下朝着清洁且节能的生产方向发展,企业生产中不必要的资源损耗及环境污染隐患最大程度得以规避,能源消费结构得到改善,有效促进能源利用水平的提升^[15]。第四,科技创新能力通过创新绿色技术,助力居民绿色消费、构建绿色生活,进而提高能源利用效率。技术创新活动改变了居民的消费模式^[24],如共享单车理念的提出与技术的突破助力居民的绿色出行、节能环保技术的攻克推动实现绿色建筑等,生活方式的绿色化转变从源头减少了能源消耗。

能源利用效率也可以促进科技创新能力的提高,主要表现在:第一,能源利用效率通过倒逼产业结构优化改变经济结构^[25],促进科技创新。能源利用效率的提高可以促使经济结构向高级化、绿色化转型,吸引更多的教育资源、高技术产业及政策激励,以此吸纳更多高质量创新人才聚集该区域谋求发展。第二,能源利用效率通过提供创新资源促进科技创新。能源利用如果想要改变现存的效率低下、增速缓慢等问题,就必须向科技创新系统输入更多研发人员、研发经费、绿色技术知识等要素资源^[26],增强绿色创新源动力。第三,能源利用效率通过优化创新环境并增强环境规制的反馈作用来引领科技创新。能源利用效率的提升可以有效推动经济增长与基础建设的完善,营造良好的就业、生活与创新环境。良好的外部环境使社会整体的创新意识、学习能力等得到提升,为区域创新夯实基础^[27],且环境规制的加强引领科技创新朝着环境友好型发展^[28]。第四,提升能源利用效率是引领生态文明建设的重要指导。新能源发展目标的提出与相关政策的制定引领着科技创新的方向,积极的宏观政策对自主创新能力的提升和转化有正向作用^[29],助推研发人员探索绿色友好型技术创新的积极性。

综上,科技创新能力与能源利用效率之间的耦合作用机理如图1所示。

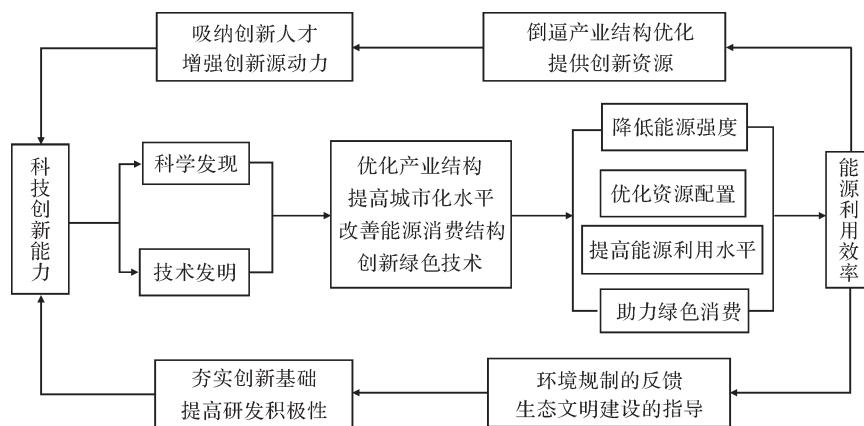


图1 科技创新能力与能源利用效率的耦合作用机理

三、指标体系与研究方法

1. 指标选取与数据来源

科技创新能力是衡量区域创新系统状况的重要尺度^[30],采用多层次、多指标的综合评价体系对复杂的创新系统进行测度更加准确^[31]。科技创新投入决定区域创新的规模和强度,科技创新产出反映研发水平及其向现实生产力转化的能力,科技创新环境是保障创新活动顺利开展并促进创新成果高质量转化的重要因素^[32]。借鉴中国科技创新课题组的研究成果及曹佳蕾等^[33]、武宵旭等^[34]的测度方

法,本文基于投入产出视角,重视环境要素对科技创新的影响,构建科技创新能力指标体系。其中,创新投入涵盖创新活动中的人力投入和财力投入,创新产出既包括科学知识的产出又包括将技术转化到市场应用端所带来的经济效益,创新环境本文主要从金融支持、经济基础、科技环境、信息环境和人才储备5个方面考虑。

关于能源利用效率的定量评价,学界尚未形成统一的测度体系。使用全要素能源效率测度能源利用效率更能反映地区综合能耗水平和利用效果^[35],能源利用强度是能源消耗与经济产出间关系的直观反映,环境可持续性是衡量污染排放及资源可持续利用的关键环节^[36],能源配置水平影响能源从投入产出及循环利用等各方面进而对能源利用效率产生重要影响^[37-38]。通过梳理近期关于能源效率的研究成果,并结合相关专家的意见,本文用能源利用强度、环境可持续性、能源配置能力来构建省际能源利用效率评价体系。能源利用强度用单位GDP能耗及单位工业增加值能耗来衡量^[39],环境可持续性综合考虑能源污染排放水平及污染治理能力^[40],能源配置能力选取劳动力、资本、产业结构3个方面^[37]。

遵循指标选取的科学性、系统性、可行性和可比性的原则,剔除相关性较大的指标后,本文构建的科技创新能力评价指标体系和能源利用效率评价指标体系如表1所示,其中指标权重的计算步骤见下文的研究方法。本文数据来源于2005—2019年《中国教育统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》及各省份统计年鉴。

表1 科技创新能力与能源利用效率评价指标体系及权重

总目标	一级指标	二级指标	类型	权重
科技创新能力	科技创新投入(0.264)	万人R&D人员全时当量/(人·年)	+	0.055
		高等学校专任教师人数	+	0.030
	科技创新产出(0.421)	R&D经费投入强度/%	+	0.047
		R&D经费内部支出/亿元	+	0.079
		地方财政科技投入占财政支出比重/%	+	0.053
		国内三种专利申请受理数	+	0.083
		国内三种专利申请授权数	+	0.084
	科技创新环境(0.315)	规模以上工业企业新产品销售收入/万元	+	0.071
		每万名科技活动人员技术市场成交额/万元	+	0.183
		年末金融机构贷款余额/亿元	+	0.070
		人均地区生产总值/元	+	0.056
		高新技术产业企业数	+	0.042
能源利用效率	环境可持续性(0.523)	邮电业务总量/亿元	+	0.125
		每10万人高等院校平均在校生人数	+	0.022
		单位GDP能耗/(吨标煤/万元)	-	0.081
		单位工业增加值能耗/(吨标煤/万元)	-	0.057
		人均生活二氧化硫排放量/(吨/万人)	-	0.132
	能源配置能力(0.339)	人均烟尘排放量/(吨/万人)	-	0.069
		环境污染治理投资总额/亿元	+	0.217
		工业固体废物综合利用量/万吨	+	0.105
		第三产业占GDP比重/%	+	0.107
		地方财政支出占GDP比重/%	+	0.107
		国有职工人数占职工总人数比重/%	+	0.125

2. 研究方法

(1)综合发展评价模型。利用信息熵测度各个指标对系统的影响程度以此确定指标权重并计算综合发展评价指数的方法称为熵值法,能够避免主观赋权的非客观性及偏差^[22],在测度多指标评价体

系时具有更高的可信度^[27]。具体步骤如下：

首先,采用极差法对正向、负向指标进行无量纲标准化处理,且为避免标准化后的指标无法取对数,在标准化过程中采用数据平移^[41]。公式如下:

$$X'_{ij} = \begin{cases} \frac{X_{ij} - \min\{X_{ij}\}}{\max\{X_{ij}\} - \min\{X_{ij}\}} + 0.001, & X_{ij} \text{ 为正向指标} \\ \frac{\max\{X_{ij}\} - X_{ij}}{\max\{X_{ij}\} - \min\{X_{ij}\}} + 0.001, & X_{ij} \text{ 为负向指标} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, X_{ij} 表示 i 省份的第 j 项指标的原始数据; X'_{ij} 为标准化后的数据; 其中, $i=1, 2, \dots, m$, 表示省份; $j=1, 2, \dots, n$, 表示指标。接着, 确定各指标的信息熵。

第 j 指标下第 i 省的贡献度:

$$p_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^n X'_{ij}} \quad (2)$$

第 j 指标的信息熵:

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (3)$$

最后,根据各指标的权重,计算综合发展评价指数。第 j 指标的权重:

$$W_j = \frac{1 - E_j}{m - \sum_{j=1}^m E_j}, j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

采用权重和指标加权求和的方法,计算综合发展评价指数:

$$U_j = \sum_{j=1}^m W_j X'_{ij} \quad (5)$$

(2)耦合协调度评价模型。为了揭示科技创新能力与能源利用效率间的相互作用强度,构建耦合度模型,计算公式如下:

$$C = \frac{2 \sqrt{U_1 \times U_2}}{U_1 + U_2} \quad (6)$$

耦合度不能表征科技创新能力与能源利用效率间是在高水平上相互促进还是低水平上相互制约,建立耦合协调度模型来衡量两系统间良性耦合的程度:

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (7)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

式(6)~式(8)中, U_1 和 U_2 分别表示科技创

表 2 耦合类型及耦合协调类型划分

耦合值/协调度	耦合阶段	耦合协调类型
(0.00, 0.09)	不耦合阶段	极度失调
(0.10, 0.19)		严重失调
(0.20, 0.29)	高度不耦合阶段	中度失调
(0.30, 0.39)		轻度失调
(0.40, 0.49)	低度耦合阶段	濒临失调
(0.50, 0.59)		勉强协调
(0.60, 0.69)	中度耦合阶段	初级协调
(0.70, 0.79)		中级协调
(0.80, 0.89)	高度耦合阶段	良好协调
(0.90, 1.00)		优质协调

新能力建设与能源利用效率系统的综合评价指数; U_1/U_2 表示科技创新能力相对于能源利用效率系统的发展程度,若比值小于 1 表明科技创新能力滞后于能源利用效率^[42]; T 表示科技创新能力和能源利用效率的综合协调发展指数; α 和 β 为待定权数,本文认为科技创新能力与能源利用效率同等重要,故取 $\alpha=\beta=0.5$; C 表示系统的耦合度, C 值越大,表明科技创新能力与能源利用效率之间相互影响程度越强; D 为耦合协调度, D 值越大,表明科技创新能力与能源利用效率之间和谐度越高;且 C 和 D 的取值范围均为 $[0, 1]$ 。参照已有研究^[26-27],为更加直观地反映长江中游经济区科技创新与能源利用效率的耦合协调状况,采用均匀分布函数法将耦合类型划分为 5 个阶段,将耦合协调划分为 10 个等级^[43-45],具体见表 2。

四、数据分析

1. 科技创新能力与能源利用效率综合评价结果分析

根据时间段的中心对称原则,选取2005年、2007年、2009年、2011年、2013年、2015年、2017年和2019年8个时间截面数据进行分析,取各地区各时间节点上的平均值代表长江中游经济区的总体态势。综合评价指数及相对发展系数的结果如表3。

表3 科技创新能力与能源利用效率综合评价指数及相对发展系数

变量		2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2019
科技创新能力综合评价指数(U_1)	长江中游经济区	0.041	0.091	0.148	0.199	0.285	0.390	0.525	0.737
	江西省	0.010	0.047	0.072	0.095	0.150	0.232	0.350	0.529
	湖北省	0.078	0.138	0.220	0.295	0.415	0.568	0.732	0.991
能源利用效率综合评价指数(U_2)	长江中游经济区	0.250	0.296	0.375	0.526	0.555	0.614	0.655	0.645
	江西省	0.329	0.360	0.425	0.599	0.620	0.651	0.709	0.704
	湖南省	0.299	0.330	0.393	0.539	0.536	0.575	0.737	0.724
相对发展系数(U_1/U_2)	长江中游经济区	0.120	0.197	0.306	0.438	0.510	0.615	0.518	0.507
	江西省	0.163	0.309	0.394	0.379	0.513	0.636	0.802	1.143
	湖北省	0.030	0.130	0.169	0.159	0.242	0.356	0.494	0.752
	湖南省	0.262	0.419	0.559	0.547	0.774	0.989	0.993	1.368
		0.277	0.453	0.493	0.472	0.568	0.603	0.952	1.364

对科技创新能力来说,长江中游经济区整体得到显著提升,从2005年的0.041上升至2019年的0.737,增长了1716.1%。科技创新能力在2005—2011年以相对平稳的速度增长,自2012年党的十八大提出实施创新驱动发展战略、将科技创新摆在发展全局的核心位置以来,长江中游经济区科技创新能力以较快的速度增强。目前,长江中游经济区科技创新能力的提升依然保持较高增速,这是党中央不断强调科技在发展中的重要地位及各省坚持创新驱动的成果。由于经济基础、创新投入与创新环境等差异的存在,三省科技创新能力差异显著,且差距呈现逐年扩大的趋势。其中,湖北省的科技创新能力在长江中游经济区处于核心地位,其科技创新优势较为突出,江西省和湖南省科技创新能力的发展相对缓慢,截至2019年,湖北省、江西省和湖南省的科技创新能力综合评价指数分别为0.991、0.529、0.691。地方财政科技投入不足、R&D人员数量落后、技术市场交易不活跃及经济基础相对薄弱是江西省与湖南省的科技创新能力落后于湖北省的重要原因。在2005—2007年间,江西省和湖南省科技创新能力的差距并不显著,但随着2008年全球金融危机阻碍我国出口导向型经济的发展,湖南省采取更加积极的应对措施,优先关注创新驱动对经济发展的重要性并采取加大科研经费、人力投入等措施促进技术的创新,其从2008年开始逐渐拉开与江西省科技创新能力的差距。

对能源利用效率来说,长江中游经济区整体呈现上升的格局,从2005年的0.250上升至2019年的0.645,增长了158.2%。在2005—2011年三省的能源利用效率均以较快的增速发展,其中,江西省和湖北省的能源利用效率在2005—2011年的增长均速都达到了22.1%以上,湖南省能源利用效率在2005—2011年的增长均速达到54.2%。之后在2011—2013年,政府将重心过于聚焦经济发展而忽视能源的循环利用及污染的防治,三省能源利用效率增速均发生骤降,江西省、湖北省和湖南省在2013年能源利用效率的增速分别降低至3.4%、-0.6%和16.4%。2015—2019年,各省能源利用效率的增长依旧不稳定。在粗放经济增长及科技创新转化意识淡薄的冲击下,各省的能源利用效率均出现负增长,如2019年江西省、湖北省和湖南省的能源利用效率分别为-0.7%、-1.8%、-2.3%,这与长江中游三省致力打造“中国绿心”的目标相悖^①,警示各省需要进一步注重生态保护和污染防治。

^① 长江中游三省协同推动高质量发展座谈会议明确要协同发展加快绿色崛起,并提出“共抓生态保护,建设中国绿心”的目标,湖北日报,2021-09-10.<https://ml.mbd.baidu.com/r/15wff2zdEiY? f=cp&u=e0ca44c72b5e97c4>.

从相对发展系数来看,长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率的比值逐年提高,从2005年的0.163上升至2019年的1.143。虽然长江中游经济区科技创新能力水平滞后于能源利用效率水平,但由于科技创新能力提升的速度快于能源利用效率,科技创新能力与能源利用效率的比值呈现快速上升的态势。且截至2019年,湖北省和湖南省的科技创新能力与能源利用效率实现同步发展,但江西省科技创新能力发展滞后的情况(0.752)依然明显,这也成为制约该地区能源利用效率取得进一步提升的重要原因。

综上,长江中游经济区的科技创新能力和能源利用效率水平虽然都有大幅提升,但区域间仍存在较大差异,因此鄂湘赣三省打造长江中游协同发展共同体的战略有待进一步落实,科技创新能力与能源利用效率整体水平仍待提高。且尽管样本期间内科技创新能力逐年提升,但能源利用效率却出现零增长甚至负增长的情况,表明各省对绿色低碳发展及能源高效利用理念的重视程度不够,要避免能源利用效率水平发生倒退或出现能源利用效率发展停滞的情形。

2. 科技创新能力与能源利用效率耦合协调度评价

根据耦合度公式,可以得到2005—2019年长江中游经济区的耦合度结果(图2)。从整体来看,2005—2019年长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率的耦合水平从中度耦合上升至高度耦合,2005年的耦合度最小为0.658,2019年的耦合度最大为0.989,且从2007年开始长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率的交互作用处于较高且稳定的水平。从各省来看,长江中游经济区各省的耦合度呈现上升趋势,仅2010—2011年发生轻微波动。其中湖北省和湖南省科技创新能力与能源利用效率的耦合度一直大于0.80,处于高度耦合,说明科技创新能力与能源利用效率之间存在较强的相互作用。江西省科技创新能力与能源利用效率的耦合水平在2005—2013年先后经历高度不耦合阶段、低度耦合阶段、中度耦合阶段,此时科技创新能力对能源利用效率的驱动作用和能源高效利用对科技创新的支撑作用尚未充分发挥;江西省科技创新能力与能源利用效率的耦合度在2014—2019年处于高度耦合,科技创新能力与能源利用效率之间的相互作用得到强化。

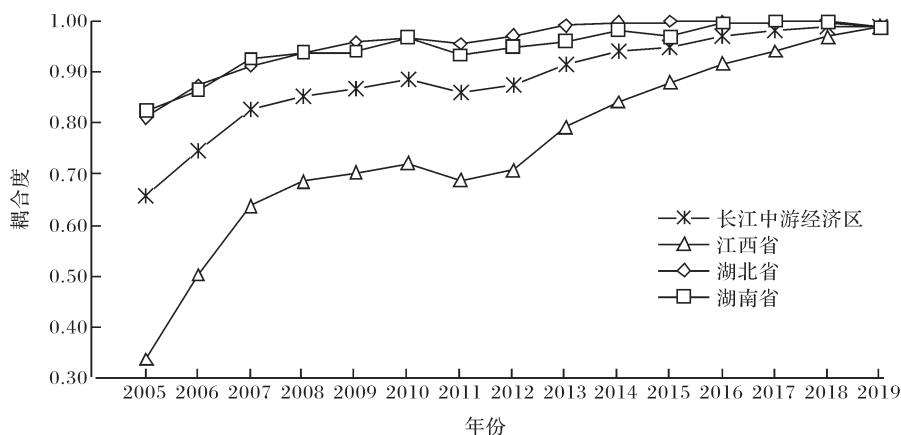


图2 科技创新能力与能源利用效率耦合度的时间演变

根据耦合协调度公式,可以得到2005—2019年长江中游经济区耦合协调度结果(图3)。从整体来看,长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率耦合协调度在时序上呈上升态势,在2005—2009年先后经历中度失调、轻度失调及濒临失调,至2010年提升为勉强协调阶段(0.504),到2013年进入初级协调阶段(0.620),再到2016年发展为中级协调阶段(0.730),在2019年最终实现良好协调(0.824),15年总共提升了179.9%。忽视能源循环利用及缺乏环境保护理念是创新发展与能源效率间未能和谐发展的重要原因,而随着绿色发展、高质量发展等概念的提出及国务院指明要将长江经济带建设成生态文明建设先行示范带,中游三省逐渐加大节能减排力度并开始注重产业技术的绿色友好发展,长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率的耦合协调度在15年内实现由中度失调到良好协调的转变。从各省来看,湖北省先后经历了从轻度失调(0.392)到优质协调(0.920)的转变,其

科技创新能力与能源利用效率的耦合协调度发展最为迅速且远高于其他两省,得益于湖北省在打造中部地区“科技创新中心”的同时更注重绿色科技研发的产出,有效增强了创新驱动能源利用效率提升的作用和效果。江西省先后经历了从中度失调(0.240)到中级协调(0.781)的转变,其科技创新能力与能源利用效率的耦合协调度虽有提升但目前距离良好及优质协调还有一定距离,原因在于该地区研发投入力度不够、科教基础薄弱且创新氛围不浓厚,导致科技创新的发展速度难以满足能源高效利用对其提出的绿色低碳成果转化要求。湖南省同样先后经历了从中度失调(0.252)到中级协调(0.770)的转变,其科技创新能力与能源利用效率的耦合协调度依然存在较大进步空间,该地区的科技资源较为丰富但是未能形成有核心竞争优势且辐射带动作用强的科技创新高地,绿色创新前沿技术有待突破、绿色发展观念仍需深化。加快创新驱动发展、增强生态文明建设及促进区域协同发展是长江中游经济区未来发展需要长期遵循的战略指引,鄂湘赣三省应当不断加强对提升科技创新能力与能源利用效率相互促进的重视并采取合理措施。

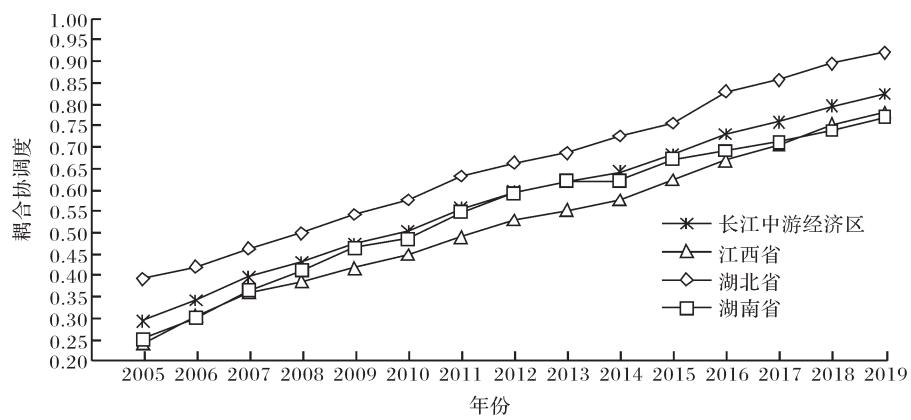


图3 科技创新能力与能源利用效率耦合协调度的时间演变

五、结论与建议

1. 结 论

基于对科技创新能力与能源利用效率耦合互动的分析,本文得出如下结论:(1)长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率均有大幅提升,二者呈现同步发展的态势但整体水平仍待提高。其中科技资源、创新投入与创新环境等差异的存在导致各省科技创新能力水平差异显著,长江中游协同发展战略有待进一步落实;对绿色低碳发展理念重视程度不够及科技创新转化意识淡薄使得各省能源利用效率水平存在倒退或发展停滞的情形,与长江中游三省致力打造“中国绿心”的目标相悖且不利于“双碳”目标的实现。(2)长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率的耦合水平从中度耦合上升至高度耦合,湖北省和湖南省15年来两系统间相互作用的程度一直较高且稳定,江西省两系统间相互作用的关系实现从高度不耦合到中度耦合的转化。表明科技创新能力与能源利用效率之间存在较强的相互作用,要重视科技创新能力对能源利用效率的驱动作用和能源高效利用对科技创新的支撑作用。(3)长江中游经济区科技创新能力与能源利用效率的耦合协调度稳步上升,由中度失调转变为良好协调。各省耦合协调水平不断改善得益于绿色发展理念的持续贯彻及创新驱动战略取得阶段性成果,但由于绿色科技成果转化缓慢、低碳前沿技术落后、政府缺乏对绿色创新氛围的营造等因素,致使江西省和湖南省的耦合协调度距离优质协调还有一定距离。

2. 建 议

基于上述研究结论,本文从强化区域协同效应、因地制宜实施差异化战略及深化创新驱动3个方面提出政策建议:

第一,重视长江中游经济区各省科技创新能力差异显著且能源利用效率水平发展停滞的问题,

加强鄂湘赣三省在科技创新与生态文明建设方面的合作,强化区域协同效应。充分发挥湖北省科技创新的引领优势,以武汉东湖新技术开发区为中心辐射带动长株潭国家自主创新示范区、鄱阳湖自主创新示范区等高新技术产业开发区的发展,深化科技创新人才、信息、技术等资源跨区域互认互通,打造具有核心竞争力的长江中游协同创新共同体。同时要注重科技成果在能源高效利用中的转化应用,以产学研合作平台为基础,推进实现产学研和区域之间的密切合作,促进更多的创新成果转化成现实生产力。积极落实碳达峰碳中和决策部署,深化生态环境系统治理并持续推进能源浪费的联防共建,完善中游地区省际协商合作机制,共同促进能源利用效率的提升。

第二,正确认识长江中游经济区各省科技创新能力与能源利用效率的耦合协调现状,结合本省客观发展实际因地制宜制定差异化战略。湖北省应当立足现有科技创新的基础,充分利用武汉、襄阳、宜昌作为国家创新型城市为区域发展提供的“源动力”,主动承接高新技术产业转移,积极引导创新成果在能源利用、环境保护等方面实现产业规模化的应用。江西省应当积极参与长三角、泛珠三角区域发展,深度融入“一带一路”建设,促进更高层次的对外开放,引进培育先进技术;同时,要明确自身的资源优势,发挥以鄱阳湖生态经济区为核心的旅游资源优势,带动经济增长的同时注重科技创新的投入,优化产业结构,完善创新激励机制,激发区域创新活力。湖南省应当发挥长株潭国家自主创新示范区的辐射作用,充分利用科教资源优势,培育吸收更多的先进科技人才;同时,重视科技创新的生态价值,弘扬郴州市国家可持续发展创新示范区积极探索绿色低碳发展的新模式,打造具有核心竞争力的绿色科技创新高地。此外,鄂湘赣三省应当依托国家对长江中游地区经济、社会、生态等全方位战略支持,牢牢把握战略纵深的独特机遇及优势。

第三,深化创新驱动,加强政府在推进绿色低碳发展中的作用,持续优化科技创新环境。长江中游经济区应加快科技创新驱动高质量发展战略的落实,认识到科技创新能力与京津冀、粤港澳等发达经济区的差距,尤其需要采取加大教育资源、科技研发等创新资源的投入。同时应强化政府在实现创新发展与能源高效利用中的重要作用,通过深化绿色科技体制与评价改革解决区域间绿色科技成果转化信息共享不畅、轻视“市场应用”等问题,依靠健全相关法律法规与政策加快企业生产低耗转型升级并促进绿色发展前沿技术布局,加大绿色理念的宣传及强化创新激励以优化科技人才创新创业环境,为推进碳中和、二氧化硫移除与高循环利用率等前沿绿色低碳技术研究累积更多创新人才。将长江中游经济区打造成以绿色低碳的高质量发展为核心,经济、社会、生态全方位可持续发展的先行示范区。

参 考 文 献

- [1] 习近平.高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[R/OL].(2022-10-25)[2023-01-18].https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm.
- [2] 新华社.习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[R/OL].(2020-09-22)[2023-01-18].<https://3g.china.com/act/news/13000776/20200923/38776130.html>.
- [3] 岳立,苗菊英.碳减排视角下黄河流域城市能源高效利用的提升机制研究[J].兰州大学学报(社会科学版),2022,50(1):13-26.
- [4] 李廉水,周勇.技术进步能提高能源效率吗?——基于中国工业部门的实证检验[J].管理世界,2006(10):82-89.
- [5] 李光龙,孙宏伟,周云雷,等.财政分权下科技创新与城市绿色发展效率[J].统计与信息论坛,2020,35(9):83-93.
- [6] 侯纯光,程钰,任建兰,等.科技创新影响区域绿色化的机理——基于绿色经济效率和空间计量的研究[J].科技管理研究,2017,37(8):250-259.
- [7] 胡东兰,申颖,刘自敏.中国城市能源回弹效应的时空演变与形成机制研究[J].中国软科学,2019,347(11):96-108.
- [8] HERRING H, ROY R. Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect [J]. Technovation, 2007, 27(4): 194-203.
- [9] SAUNDERS H D. A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoom-Brookes [J]. Energy policy, 2000, 28 (6-7): 439-449.
- [10] 韩永楠,葛鹏飞,周伯乐.中国市域技术创新与绿色发展耦合协调演变分异[J].经济地理,2021,41(6):12-19.
- [11] 朱玉春,付辉辉,黄钦海.我国区域之间技术创新能力差异的实证分析[J].软科学,2008(2):107-112.

- [12] 陈钊,陈乔伊.中国企业能源利用效率:异质性、影响因素及政策含义[J].中国工业经济,2019,381(12):78-95.
- [13] 岳立,宋雅琼,江铃峰.“一带一路”国家能源利用效率评价及其与经济增长脱钩分析[J].资源科学,2019,41(5):834-846.
- [14] 王班班,齐绍洲.有偏技术进步、要素替代与中国工业能源强度[J].经济研究,2014,49(2):115-127.
- [15] 韩玉军,王丽.OFDI逆向技术溢出对中国能源利用效率的影响[J].经济问题,2016(3):95-101.
- [16] 华坚,胡金昕.中国区域科技创新与经济高质量发展耦合关系评价[J].科技进步与对策,2019,36(8):19-27.
- [17] 尚英仕,刘曙光.中国东部沿海三大城市群的科技创新与绿色发展耦合协调关系[J].科技管理研究,2021,41(14):46-55.
- [18] 滕堂伟,孙蓉,胡森林.长江经济带科技创新与绿色发展的耦合协调及其空间关联[J].长江流域资源与环境,2019,28(11):2574-2585.
- [19] 奚潭.中国能源利用效率改进作用机制研究[J].统计与决策,2010(20):82-84.
- [20] 邱灵,申玉铭,任旺兵,等.中国能源利用效率的区域分异与影响因素分析[J].自然资源学报,2008(5):920-928.
- [21] 周建.中国能源利用效率改进作用机制实证研究——兼论“十一五”末单位GDP能耗降低20%的合理性[J].财经研究,2007(7):82-91.
- [22] 刘雷,喻忠磊,徐晓红,等.城市创新能力与城市化水平的耦合协调分析——以山东省为例[J].经济地理,2016,36(6):59-66.
- [23] 阙大学,罗良文.我国城市化对能源强度的影响——基于空间计量经济学的分析[J].当代财经,2010(3):83-88.
- [24] 肖黎明,李泗旭,肖沁霖,等.中国区域绿色创新与绿色发展的协同及互动——基于耦合协调与PVAR模型的检验[J].科技管理研究,2019,39(20):9-20.
- [25] 周肖肖,丰超,魏晓平.能源效率、产业结构与经济增长——基于匹配视角的实证研究[J].经济与管理研究,2015,36(5):13-21.
- [26] 严翔,成长春,周亮基.长江经济带经济发展—创新能力—生态环境耦合协调发展研究[J].科技管理研究,2017,37(19):85-93.
- [27] 蒋天颖,刘程军.长江三角洲区域创新与经济增长的耦合协调研究[J].地域研究与开发,2015,34(6):8-13,42.
- [28] 涂正革,谌仁俊.工业化、城镇化的动态边际碳排放量研究——基于LMDI“两层完全分解法”的分析框架[J].中国工业经济,2013(9):31-43.
- [29] 郑妍妍,郭瑞琪.全球价值链参与和中国企业的自主创新能力[J].贵州大学学报(社会科学版),2021,39(1):63-76.
- [30] 巴吾尔江,董彦斌,孙慧,等.基于主成分分析的区域科技创新能力评价[J].科技进步与对策,2012,29(12):26-30.
- [31] 杜江,张伟科,范锦玲,等.科技金融对科技创新影响的空间效应分析[J].软科学,2017,31(4):19-22,36.
- [32] 谷斌,廖丽芳.新基建投入与科技创新能力耦合协调发展水平测度及时空演进[J].科技进步与对策,2023,40(11):60-70.
- [33] 曹佳蕾,李停.基于熵权GC-TOPSIS的区域科技创新能力评价与实证[J].统计与决策,2020,36(15):171-174.
- [34] 武宵旭,任保平,葛鹏飞.黄河流域技术创新与绿色发展的耦合协调关系[J].中国人口·资源与环境,2022,32(8):20-28.
- [35] 原毅军,郭丽丽,孙佳.结构、技术、管理与能源利用效率——基于2000—2010年中国省际面板数据的分析[J].中国工业经济,2012(7):18-30.
- [36] 薛静静,沈镭,刘立涛,等.中国区域能源利用效率与经济水平协调发展研究[J].资源科学,2013,35(4):713-721.
- [37] 黄丽,林诗琦,陈静.中国区域创新能力与能源利用效率的时空耦合协调分析[J].世界地理研究,2020,29(6):1161-1171.
- [38] 袁壮.双碳经济背景下江西省工业能源利用效率评价研究[D].南昌:南昌大学,2022.
- [39] 郑翔中,高越.FDI与中国能源利用效率:政府扮演着怎样的角色?[J].世界经济研究,2019(7):78-89,135.
- [40] 喻胜华,王婷婷.基于稀疏主成分的能源利用效率综合评价及影响因素分析[J].湖南大学学报(社会科学版),2021,35(5):60-68.
- [41] 马林静.基于高质量发展标准的外贸增长质量评价体系的构建与测度[J].经济问题探索,2020(8):33-43.
- [42] 韩永楠,葛鹏飞,周伯乐.中国市域技术创新与绿色发展耦合协调演变分异[J].经济地理,2021,41(6):12-19.
- [43] 许经勇.地方政府助推中国经济高速增长机理研究[J].湖湘论坛,2022,35(3):76-83.
- [44] 向云波,王圣云,邓楚雄.长江经济带化工产业绿色发展效率的空间分异及驱动因素[J].经济地理,2021,41(4):108-117.
- [45] 吴传清,高坤.长江经济带高技术制造业绿色发展效率研究[J].长江大学学报(社会科学版),2022,45(4):65-73.

A Study on the Evaluation of Coupling and Coordination Between Scientific and Technological Innovation Capacity and Energy Utilization Efficiency

WEN Xingqi, ZHOU Bangdong

Abstract Enhancing the coupling coordination degree between scientific and technological innovation capacity and energy utilization efficiency is conducive to promoting energy conservation and emission reduction as well as high-quality economic development in China, promoting the implementation of the strategy of innovation-driven development and helping to realize of carbon peaking and carbon neutrality goals. Taking the middle reaches of the Yangtze River Economic Zone as an example, this paper constructs a comprehensive evaluation index system of scientific and technological innovation capacity and energy utilization efficiency, and uses the coupling coordination model to quantitatively analyze the dynamic coupling between scientific and technological innovation capacity and energy utilization efficiency in Hubei, Hunan and Jiangxi provinces from 2005 to 2019. The study found that from 2005 to 2019, both scientific and technological innovation capacity and energy utilization efficiency in the middle reaches of the Yangtze River Economic Zone have been significantly improved, and both of them show synchronous development, but the overall level still needs to be improved, with significant differences among provinces in scientific and technological innovation capacity. The coupling coordination level between scientific and technological innovation capacity and energy utilization efficiency is improving year by year, with the highest level of coupling coordination in Hubei Province, and the coupling coordination in Jiangxi and Hunan Provinces is still some distance away from quality coordination. Therefore, suggestions are put forward to improve the coupling coordination level of scientific and technological innovation capacity and energy utilization efficiency in the middle reaches of the Yangtze River Economic Zone from the perspectives of strengthening regional coordination effect, implementing differentiation strategy according to local conditions and deepening innovation driven, so as to promote the middle reaches of the Yangtze River Economic Zone to become a pilot demonstration zone for all-around sustainable development in economy, society and ecology, while taking “green, low-carbon and high-quality development” as the core.

Key words scientific and technological innovation capacity; energy utilization efficiency; coupling coordination degree; the middle reaches of the Yangtze River Economic Zone

(责任编辑:陈万红)