

中国碳金融发展水平测度及其动态演化^①

陈智颖¹ 许 林¹ 钱崇秀²

(1. 华南理工大学经济与贸易学院; 2. 广东金融学院金融与投资学院)

研究目标: 通过构建碳金融发展评价指标体系对中国碳金融发展水平进行测度与评价。**研究方法:** 运用新古典理论模型构建碳金融发展评价指标体系, 测度中国碳金融发展水平, 并进行分维讨论和核密度分析, 构建面板回归模型实证检验碳金融发展水平的影响因素。**研究发现:** 第一, 碳排放权交易和碳减排投融资是碳金融发展的两个重要组成部分, 我国碳金融总体发展水平逐年提高, 但呈现不平稳的动态演化过程, 表明仍有很大发展空间; 第二, 各试点地区碳金融发展水平差异较大, 存在三个发展梯队和三类发展模式; 第三, 能耗水平、碳金融发展政策和地理位置是影响碳金融发展水平的主要因素。**研究创新:** 首次构建了碳金融发展评价指标体系, 测算中国碳金融发展水平, 提炼出三个碳金融发展梯队与三类碳金融发展模式, 深入探讨碳金融发展的动态演化。**研究价值:** 为构建全国碳交易市场提供有力的理论与实证支撑。

关键词 碳金融 评价指标体系 发展水平测度 动态演化

中图分类号 F832 **文献标识码** A

引 言

党的十八大以来, 以习近平同志为核心的党中央高度重视生态环境保护, 多次对打好污染防治攻坚战做出重大部署, 提出构建绿色循环低碳发展产业体系, 大力推动发展低碳经济。低碳经济代表低污染、低能耗、低排放的经济发展模式, 发展低碳经济已成为世界各国的共识。很多国家尤其是发达国家将低碳经济作为培育新的国家竞争优势的制高点, 竞相发展低碳技术与低碳产业。对中国而言, 发展低碳经济不仅是承担防止全球气候恶化责任的需要, 也是推动经济发展和转型升级的方向(厉以宁等, 2015)。

碳金融在世界经济“低碳转型”的大趋势中应运而生, 成为推动低碳经济发展和能源结构转型的重要引擎。2005年《京都议定书》生效后, 大部分国家在此框架下履行碳减排义务, 逐步建立起与之相关的碳金融体系, 包括碳排放权交易和针对碳减排的投融资活动, 截至2019年12月, 全球共有20个碳交易体系(覆盖27个国家和地区)已投入运行, 以服务可持续发展为目标的投融资活动。我国自2013年起, 陆续启动深圳、上海、北京、广东、天津、湖北、重庆和福建八个区域碳交易市场, 2017年12月, 国家发展和改革委员会印发了《全国碳排放权交易市场建设方案(发电行业)》, 明确以发电行业为突破口, 启动全国碳

^① 本文获得教育部人文社科基金项目(19YJC790163)、广东省自然科学基金项目(2018A030310370)、广东省省级科技计划项目(2019A101002079)、华南理工大学中央高校基本科研业务费(X2JMD2181970)资助。

排放权交易体系, 2018 年为基础建设期, 2019 年为模拟运行期, 2020 年为深化完善期, 发电行业主体间开展配额现货交易, 逐步扩大市场覆盖范围, 丰富交易品种和交易方式, 覆盖电力、钢铁、水泥等多个行业近 3000 家控排企业, 为建立全国碳排放权交易市场奠定了基础 (何建坤, 2019)。而在推进全国碳排放权交易市场建设的过程中, 科学评价碳金融发展水平尤为关键, 具有重要的理论价值与现实意义。

要想科学评价碳金融的发展水平, 首要是明确碳金融的内涵。学术界至今还未对碳金融形成统一的定义, 按广义和狭义可分为两类。广义的碳金融是指在一个碳排放受限的社会中, 通过市场化手段解决气候问题的金融工具和方法 (Labatt 和 White, 2007); 而狭义的碳金融是指出售基于项目的温室气体减排量或交易碳排放许可证所获得的一系列现金流的统称 (世界银行, 2011)。国内学者曾刚和万志宏 (2009) 认为碳金融是温室气体的排放权交易及与之相关的各种金融活动的总称; 汪小亚 (2010) 将碳金融定义为服务于各种碳交易的投融资和中介服务活动, 包括为碳交易买卖双方融通资金、基于碳交易的投资增值、依托碳交易的金融中介服务等。由此可见, 尽管国内外学者对碳金融的定义存在分歧, 但比较公认的定义是将碳金融视为以减少温室气体排放为目的的金融制度与金融交易活动。基于此, 本文讨论的碳金融市场是指以减少温室气体排放为目的的金融交易活动, 而按交易场所的不同, 又可进一步细分为碳排放权交易市场和碳减排投融资市场。

国外学者对碳金融市场的研究主要聚焦于三个方面。一是研究碳排放权交易市场的运行情况, 例如碳排放权交易市场的发展演变 (Svendsen 和 Vesterdal, 2003; Braun, 2009; Betsill 和 Hoffmann, 2011; Zhou 和 Li, 2019), 当前碳排放权交易市场的缺陷和解决措施 (Caney, 2010; Sovacool, 2011; Hall 等, 2018) 等。二是研究碳排放权及其金融衍生品的定价 (Paolella 和 Taschini, 2008; Chevallier, 2011; Zhao 等, 2017), 和价格影响因素 (Bredin 和 Muckley, 2011; Yu 和 Malloy, 2014)。三是研究碳金融市场的风险, 包括价格风险、政策风险、市场风险以及技术风险等 (Blyth 和 Buun, 2011; Reboredo 和 Ugando, 2015; Wu 和 Kung, 2020)。国内学者的研究也主要集中于三个方面: 一是碳排放权交易市场的运行效果, 范丹等 (2017)、谭静和张建华 (2018)、王文军等 (2018)、刘传明等 (2019) 采用合成控制法、双重差分法等检验了碳排放权交易市场的建立对碳减排政策、产业结构升级的影响, 发现碳排放权交易政策对碳减排、产业结构升级产生了一定影响, 但不同试点之间的效果也存在差异; 胡剑波等 (2019) 从国际贸易和省际贸易两个角度对中国 31 个省份的低碳贸易竞争力进行了测度与比较, 认为上海的低碳贸易竞争力最强, 青海最低, 各地区应因地制宜提高碳排放效率; 王勇和赵晗 (2019) 认为中国碳交易市场的启动提升了中国各省份的碳排放效率, 但也扩大了效率差距; 周迪和刘奕淳 (2020) 的研究则表明中国目前的碳交易试点政策显著且持续降低了 273 个地级市的碳排放强度。二是碳金融市场的价格预测, 采用的方法包括经验模态分解—粒子群算法—支持向量机 (高杨和李健, 2014)、多频组合模型 (张晨和杨仙子, 2016)、经验模态分解—遗传算法—神经网络 (崔焕影和窦祥胜, 2018) 等, 为国内外碳金融市场的价格预测、政策制定和风险防控提供了理论支持。三是碳金融市场的风险测度, 杨超等 (2011) 采用 VaR 参数估计法和极值估计法测算了国际碳交易市场的价格波动风险, 认为我国 CDM (Clean Development Mechanism) 项目审批存在周期长、效率低的问题; 蒋晶晶等 (2015) 采用 GARCH-EVT-VaR 模型对欧盟碳排放权交易市场的价格风险进行了测度, 认为该市场存在显著的极端价格波动风险; 柴尚蕾和周鹏 (2019) 采用非参数 Copula-CVaR 模型构建了针对国际碳金融市场的风险识别与

评估机制,对我国碳金融市场的风险管理提供了政策建议。然而,至今鲜有研究涉及中国碳金融市场整体发展水平的评估问题,刘蕴喆(2014)构建了一个省域碳金融发展指数衡量我国2007~2012年各省份的碳金融发展水平,认为北京、上海、广东、浙江等省份的碳金融发展水平较高,且全国区域性差异较为明显;易兰等(2017)从环境约束力、市场资源配置能力、配套政策与设施完成度三个方面构建了衡量我国7个碳交易试点发育情况评价指标体系,认为碳交易市场的运行机制尚不完善,三个评价层级的发育水平相互割裂。这些研究对评价我国碳金融发展水平有一定的参考价值,但仍存在几点不足:其一,碳金融的定义较为模糊,尚未厘清碳金融、碳排放权交易、低碳经济等概念之间的关系;其二,碳金融发展水平指标体系的构建缺少理论依据,能否恰当反映碳金融市场发展水平仍然存疑;其三,研究数据主要集中在2016年以前,不能全面反映我国7个碳排放权交易试点启动至今碳金融的发展情况,也缺乏比较研究的基础,政策建议的作用不大。基于此,本文运用新古典理论模型构建碳金融发展评价指标体系,以我国2014~2018年碳排放权交易试点数据为研究样本,测度试点地区碳金融发展水平,并进行分维讨论、核密度分析和面板回归分析,进而提出高质量发展我国碳金融的政策建议。

本文的主要贡献体现在:(1)首次从碳排放权交易市场与碳减排投融资市场两方面构建了综合评价碳金融发展水平的指标体系,并对我国7个碳排放权交易试点地区的碳金融发展水平进行了量化测度分析,相较于现有文献,本文构建的指标体系更加全面;(2)通过构建新古典理论模型刻画了发展碳金融如何降低碳排放对经济造成的负外部性,从而将碳金融发展与低碳经济发展相联系,因此在评价指标的筛选上较现有文献更客观;(3)选取了全国7个碳排放权交易试点地区2014~2018年的相关数据进行综合评价,对各试点地区碳金融市场总体水平、碳排放权市场发展水平以及碳减排投融资市场发展水平分别讨论,并利用核密度与面板回归分析,深入探讨了各试点地区碳金融发展水平的动态演化及差异性成因,据此提炼出三个碳金融市场发展梯队与三类碳金融市场发展模式。因此,本文的研究结果能更全面地反映我国碳金融市场的发展现状、取得的成绩以及存在的问题,为构建全国碳排放权交易市场提供了有力的理论与实证支撑。

一、理论模型与指标体系

1. 理论模型

运用新古典理论模型推演分析了碳金融发展可以减少温室气体排放,从而实现经济的可持续发展,并以此为基础构建碳金融发展水平的评价指标体系。理论模型假设如下:

假设1:市场中存在两类机构,一类是生产型企业,共 M 家;另一类是金融机构,共 N 家。每类企业的平均产出为 q ,产品价格外生为 P ,且产量对价格的影响忽略不计。每家金融机构的资金总额为 v ,一般投资收益率为 r 。

假设2:一部分企业碳排放量较高,一部分企业碳排放量较低,故所有企业的平均碳排放系数为 c ,市场的碳排放总量为 $cQ=cMq$ 。政府要求各企业的碳排放量不能超过规定的配额,否则将缴纳罚金。因此令高排放企业超出配额的总排放量为 $CQ=\eta cMq$, η 代表分摊到每家企业的平均超额排放量。

假设3:如果不存在碳排放权的交易,则高排放企业需要向政府缴纳的罚金总额为 CQT ,相当于每家企业平均向政府缴纳的罚金 ηcqT 。碳排放权交易平台的建立使高排放的企业可以向低排放的企业购买排放权,因此为企业节省了罚金支出(假设碳排放权的供给充

足),而且由于排放权的买卖是企业之间的价值转移,故并不影响企业的平均收益。但碳排放权交易也存在成本,包括交易手续费、交易对手违约导致的损失等,总计为 $\eta c_0 q t$,并且 $t < T$ 代表交易成本系数。

假设 4: 平均碳排放系数 $c = c_0 (1 - v_c^\mu)$, 其中 c_0 代表初始平均排放系数; $1 - v_c^\mu$ 代表控排企业通过技术改良对碳排放量的降低程度, v_c 代表每家控排企业为开展技术改良项目而在金融市场上进行的平均融资量; $0 < \mu < 1$ 代表技术改良系数,并且技术改良的减排效果随着资金投入而边际递减。故全部企业融资总量为 $V_c = M v_c$, 融资成本率为 $r_c < r$, 即金融机构通常会以低于一般投资收益率的利率向企业提供减排融资,以鼓励企业开展减排项目。这些资金由全部金融机构共同提供,故每家金融机构的平均投资为 $v_f = M v_c / N$ 。

假设 5: 碳排放对整个经济都产生了负外部性,总量为 $D = d c Q = d c M q$, 其中 d 代表负外部性系数。因此每家企业与金融机构受到的平均负外部性为 $D / (M + N)$ 。

在上述假设下,如果不允许碳排放权交易,且金融机构不对企业提供减排项目融资,则每家企业与金融机构的收益函数分别为:

$$\begin{aligned}\pi_1 &= P q - \eta c_0 q T - d c_0 M q / (M + N) \\ \pi_2 &= v r - d c_0 M q / (M + N)\end{aligned}\quad (1)$$

如果允许碳排放权交易,并允许企业在金融市场融资以开展减排项目,则每家企业与金融机构的收益函数分别为:

$$\pi_1 = P q - \eta c_0 (1 - v_c^\mu) q t - v_c (1 + r_c) - d c_0 (1 - v_c^\mu) M q / (M + N) \quad (2)$$

$$\pi_2 = v r - M v_c (r - r_c) / N - d c_0 (1 - v_c^\mu) M q / (M + N) \quad (3)$$

企业将根据式 (2) 确定最优的融资规模,故有:

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial v_c} = 0 \Rightarrow v_c^* = \left\{ \frac{\mu c_0 q [\eta t + d M / (M + N)]}{1 + r_c} \right\}^{1/(1-\mu)} \quad (4)$$

将 v_c^* 代入式 (2)、式 (3) 得到最优融资规模下每家企业与金融机构的平均收益:

$$\pi_1^* = \{P - c_0 [\eta t + d M / (M + N)]\} q + \frac{(1 - \mu) \mu^{1/(1-\mu)} \{c_0 q [\eta t + d M / (M + N)]\}^{1/(1-\mu)}}{(1 + r_c)^{\mu/(1-\mu)}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned}\pi_2^* &= v r - \frac{d c_0 M q}{M + N} \\ &+ \left\{ \frac{d M (1 + r_c)}{\mu [\eta t + d M / (M + N)] (M + N)} - \frac{M (r - r_c)}{N} \right\} \left\{ \frac{\mu c_0 q [\eta t + d M / (M + N)]}{1 + r_c} \right\}^{1/(1-\mu)}\end{aligned}\quad (6)$$

如前文所述,碳金融的发展程度可以通过经济增长情况——企业的平均收益增长程度来衡量,故由式 (1)、式 (5) 可以得到:

$$\Delta \pi_1 = \pi_1^* - \pi_1 = \underbrace{(T - t) \eta c_0 q}_{\text{碳排放权交易 (CT)}} + \underbrace{\frac{(1 - \mu) \mu^{1/(1-\mu)} \{c_0 q [\eta t + d M / (M + N)]\}^{1/(1-\mu)}}{(1 + r_c)^{\mu/(1-\mu)}}}_{\text{碳减排投融资 (CI)}} \quad (7)$$

式 (7) 由两项组成,第一项为碳排放权交易对企业收益的影响 (简称为 CT)。CT 可以看作 $T - t$ 与 $\eta c_0 q$ 的乘积,前者代表碳排放权交易平台的建立使企业免于支付罚金,因此实际收益相当于罚金支出与碳排放权交易成本的差额,交易成本越低,企业的实际收益越

高；后者代表每家企业平均交易的碳排放权总量，成交量越大，企业通过碳排放权交易而避免的罚金支出越大，故企业的实际收益越高。

第二项为碳减排活动对企业收益的影响（简称为 CI ），即通过以直接融资（股票、债券、基金等）或间接融资（银行信贷）的方式获得资金进行技术改造，降低碳排放量，从而一方面减少碳排放权交易的支出，另一方面减少了碳排放导致的负外部性。对 CI 取对数可以得到：

$$\ln CI = \ln(1-\mu) + \frac{\mu}{1-\mu} \ln \mu + \underbrace{\frac{1}{1-\mu} \ln \{c_0 q [\eta t + dM/(M+N)]\}}_{\text{融资规模(FS)}} - \underbrace{\frac{\mu}{1-\mu} \ln(1+r_c)}_{\text{融资成本(RC)}} \quad (8)$$

式（8）由三部分组成：第一部分为 $c_0 q [\eta t + dM/(M+N)]$ ，代表碳排放导致的潜在损失（包括交易碳排放权的成本与碳排放导致的污染），间接反映了碳金融项目的融资规模——潜在损失越大，融资规模越高，企业的实际收益越高；第二部分为 $1+r_c$ ，代表碳金融项目的融资成本，成本越高，企业的实际收益越低；第三部分为与 μ 相关的项，代表减排项目的技术水平，技术水平越高，减排效果越好，实际上从侧面反映了资金的使用效率。易证当 $c_0 q [\eta t + dM/(M+N)] > 1+r_c$ 时， $\partial CI / \partial \mu > 0$ ，即资金使用效率越高，企业的实际收益越高。

此外， CI 不仅与企业自身的收益增长程度有关，而且与金融机构的收益变化有关。由式（1）、式（6）可以得到：

$$\Delta \pi_2 = \pi_2^* - \pi_2 = \left\{ \frac{dM(1+r_c)}{\mu [\eta t + dM/(M+N)](M+N)} - \frac{M(r-r_c)}{N} \right\} \left\{ \frac{\mu c_0 q [\eta t + dM/(M+N)]}{1+r_c} \right\}^{1/(1-\mu)} \quad (9)$$

如果 $\Delta \pi_2 > 0$ ，则对金融机构自身而言投资是有效的，因碳排放减少而降低的负外部性弥补了投资利差的损失；反之，如果 $\Delta \pi_2 < 0$ ，则企业收益的增长是以金融机构的收益降低为代价。由式（9）可以得到：

$$\Delta \pi_2 > 0 \Leftrightarrow \frac{N/M}{1+N/M} > \frac{\mu [\eta t + d/(1+N/M)](r-r_c)}{d(1+r_c)} \quad (10)$$

式（10）中， η 、 μ 的提高以及 r_c 的降低将增加企业平均收益，但会导致式（10）成立变得更加困难，因此实现企业与金融机构共同增长的路径主要有两条：一是提高 N/M ，即增加为每家企业提供碳金融服务的金融机构，它反映了碳金融服务的可得性；二是降低交易成本 t ，这表明交易成本不仅影响碳排放权交易本身，还通过融资规模影响金融机构的收益，因此市场有效性越高，企业与金融机构的收益都将越高。需要注意的是，当一般投资收益率 r 远高于碳减排项目收益率 r_c 时，金融机构投资碳减排项目的积极性将降低，从而对碳减排投融资的发展带来负面影响。

2. 碳金融发展水平的评价指标体系构建

根据上述理论模型分析，构建碳金融发展水平的评价指标体系如表1所示。

如表1所示，碳金融发展水平评价指标体系由 CT 与 CI 两个评价目标组成。其中， CT 包含两个评价层级：

一是市场深度。 CT 市场深度刻画碳排放权交易市场中企业进行交易的活跃度以及交易价格的稳定性，服务的企业范围越广，交易价格越稳定， CT 市场深度越深。本文采用碳排

放权配额、CCER 的成交量与控排企业总数之比来反映企业进行碳交易的活跃度，并采用碳排放权日成交平均价格的倒数来反映交易价格的稳定性。碳排放权配额的交易量以及碳排放权的日成交平均价格来源于 WIND 数据库；CCER 交易量来源于广州、湖北碳排放权交易所公开数据；控排企业总数来源于各试点地区发改委公开数据。

表 1 碳金融发展水平的评价指标体系

评价目标	评价层级	评价因子	对应参数	指标性质
碳排放权交易 (CT)	市场深度	配额成交量/控排企业总数	η_{CO_2}	正向
		CCER 成交量/控排企业总数		
		1/日成交均价标准差		正向
	市场有效性	(1-交易手续费)×履约率	t	正向
		(国内市场价格-国外市场价格) ² /交易日		负向
碳减排投融资 (CI)	市场深度	低碳经济相关股票发行总量/控排企业总数	u_c^s	正向
		低碳经济相关基金发行总量/控排企业总数		正向
		低碳经济相关债券发行总量/控排企业总数		正向
	资金使用效率	碳排放强度年降低率/低碳经济相关金融工具规模	μ	正向
	金融服务可得性	金融机构总数/控排企业总数	N/M	正向
	金融服务成本	人民币加权贷款利率	r	负向

二是市场有效性。CT 市场有效性刻画碳排放权交易市场的交易成本以及交易价格偏离一般水平的程度。交易成本越高，交易价格偏离一般水平越大，市场有效性越低。本文采用“1-交易手续费率”与“履约率”的乘积来反映碳排放权交易成本，用“(国内市场价格-国外市场价格)²/交易日”反映国内市场与国际市场碳排放权价格的差异程度，差异越大，意味着价格被扭曲的程度越大，市场的有效性越低。交易手续费率和履约率的数据来源于各试点地区交易所以及发改委公布数据；国内市场价格选取各交易所日成交均价，国外市场价格选取欧洲气候交易所的碳排放权期货日结算价，并通过每日汇率折算为欧元进行对比。所有数据均来源于 WIND 数据库。

而 CI 包含四个评价层级：

一是市场深度。CI 市场深度刻画企业参与碳减排投融资活动的程度，参与程度越大，CI 市场深度越深。采用低碳经济相关金融工具规模（股票、基金、债券等的发行总量）与控排企业总数之比反映剔除数量影响后的企业平均融资规模，其中，“股票”选取 WIND 数据库中“环保概念”“地热能”“垃圾分类”“能源互联网”“尾气治理”“污水处理”“新能源汽车”等相关板块；“基金”选取东方财富网中“低碳经济”“环保工程”“节能环保”“氢能源”“新能源”“新能源车”等相关板块；“债券”选取“中国金融信息网——绿色金融债券数据库”中“绿色金融债”“绿色公司债”“绿色企业债”“绿色债务融资工具”“绿色资产支持债券”等相关类型。

二是资金使用效率。CI 资金使用效率刻画企业获得碳减排投资资金后减少碳排放的程度，单位投入下减排程度越高，资金使用效率越高。由于缺少低碳项目的实际减排量，本文

采用各试点地区碳排放强度年降低率与低碳经济相关直接融资总量（股票、基金、债券发行量之和）之比来估计资金。试点地区的碳排放强度为该地区全年碳排放总量与地区生产总值之比，由于目前国内没有公布具体的碳排放总量，因此通过“碳排放总量=Σ能源消耗×二氧化碳排放系数”的方式进行估算。各类能源的平均低位发热量、折标准煤系数、单位热值含碳量、碳氧化率等数据取自《综合能耗计算通则》（GB/T 2589—2008）、《省级温室气体清单编制指南》（发改办气候〔2011〕1041号），二氧化碳排放系数的计算公式为：二氧化碳排放系数=能源平均低位发热量×单位热值含碳量×碳氧化率×3.67，结果详见表2。各试点地区的能耗数据取自《中国能源统计年鉴》《深圳市统计年鉴》。

表2 各种能源能耗数据与二氧化碳排放系数对照

能源名称	平均低位发热量 (kJ/kg)	折标准煤系数 (kgce/kg)	单位热值含碳量 (吨碳/TJ)	碳氧化率	二氧化碳排放系数 (kg-CO ₂ /kg)
原煤	20908	0.7143	26.4	0.94	1.9003
焦炭	28435	0.9714	29.5	0.93	2.8604
原油	41816	1.4286	20.1	0.98	3.0202
燃料油	41816	1.4286	21.1	0.98	3.1705
汽油	43070	1.4714	18.9	0.98	2.9251
煤油	43070	1.4714	19.5	0.98	3.0179
柴油	42652	1.4571	20.2	0.98	3.0959
液化石油气	50179	1.7143	17.2	0.98	3.1013
天然气	38931kJ/m ³	1.3300kgce/m ³	15.3	0.99	2.1622 kg-CO ₂ /m ³

三是金融服务可得性。*CI* 金融服务可得性刻画控排企业能够获得投融资服务的情况，单位企业能够获得的投融资服务越多，表明金融服务可得性越高。本文采用试点地区金融机构总数与控排企业总数之比反映为每家企业提供金融服务的机构数量，该比值越高，企业越容易获得金融服务。由于各地区统计局对金融机构数量的统计口径不一致，本文以中国人民银行发布的《中国区域金融运行报告》为依据，用试点地区“银行业法人机构”“总部设在辖内的证券公司”“总部设在辖内的基金公司”“总部设在辖内的期货公司”以及“总部设在辖内的保险公司”之和代表金融机构总数。

四是金融服务成本。*CI* 金融服务成本刻画商业银行等金融机构进行低碳投资所需要花费的成本。本文采用各试点地区年末人民币加权贷款利率来反映金融机构投资低碳项目的机会成本。数据来源于《中国区域金融运行报告》。

二、中国碳金融发展水平测度

1. 碳金融发展指数构建

由于我国碳金融发展时间较短，考虑到碳排放权交易自2014年起才逐渐形成规模，故本文最终确定的样本区间为2014~2018年，涵盖深圳、上海、北京、广东、天津、湖北、重庆7个试点地区^①。本文借鉴刘亦文等（2018），利用变异系数法对表1的各指标赋权，测算步骤如下：

首先，对各指标进行标准化处理，以规避量纲不一致导致的影响，具体方法为：

^① 由于福建碳排放权交易市场起步时间较晚，本文未将其纳入数据分析。

$$\begin{aligned} X_{ijt}^+ &= \frac{x_{ijt} - m_{ijt}}{M_{ijt} - m_{ijt}} \\ X_{ijt}^- &= \frac{M_{ijt} - x_{ijt}}{M_{ijt} - m_{ijt}} \end{aligned} \quad (11)$$

其中, i 代表评价因子, j 代表试点地区, t 代表年份; X_{ijt}^+ 、 X_{ijt}^- 分别代表正向、负向指标的无量纲化方法; x_{ijt} 代表初始值; M_{ijt} 、 m_{ijt} 代表第 t 年各试点地区该指标的最大、最小值。

其次, 对各评价层级下的各评价因子进行赋权, 赋权方法为:

$$\omega_i = V_{ijt} / \sum_i V_{ijt} \quad V_{ijt} = \sigma_{ijt} / \bar{X}_{ijt} \quad (12)$$

其中, ω_i 代表评价因子 i 在 t 年的权重, V_{ijt} 代表指标的变异系数, σ_{ijt} 代表无量纲化后指标的标准差, $\bar{X}_{ijt}$ 代表无量纲化后指标的均值。

再次, 计算评价层级 n 的加权指数, 具体方法为:

$$CFI_{ijt} = 1 - \sqrt{\sum_i (1 - X_{ijt})^2 \omega_i^2 / \sum_i \omega_i^2} \quad (13)$$

最后, 对式 (13) 计算得到的各评价层级加权指数进行无量纲化和赋权, 得到碳排放权交易发展指数 (Carbon Trade Index, CTI)、碳减排投融资发展指数 (Carbon Investment Index, CII), 并以这两个指数进一步无量纲化和赋权, 最终得到碳金融发展指数 (Carbon Financial-development Index, CFI)。该指数取值在 $[0, 1]$ 区间内, 其值越大, 意味着碳金融发展水平越高。

2. 中国碳金融发展水平测度结果

(1) 总体发展水平测度结果。根据上述指数构建方法和相关基础数据, 得到我国 7 个试点地区的 2014~2018 年碳金融发展指数 (CFI), 如表 3 所示:

表 3 2014~2018 年各试点地区碳金融发展指数 (CFI)

地区	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	地区均值	2014 年排名	2018 年排名
深圳	0.121	0.306	0.103	0.204	0.187	0.184	6	5
上海	0.326	0.269	0.218	0.472	0.348	0.327	2	2
北京	0.226	0.343	0.081	0.305	0.110	0.213	3	6
广东	0.160	0.178	0.794	0.390	0.510	0.406	5	1
天津	0.221	0.154	0.085	0.329	0.308	0.220	4	3
湖北	0.590	0.217	0.266	0.340	0.213	0.325	1	4
重庆	0.028	0.080	0.031	0.168	0.069	0.075	7	7
时期均值	0.239	0.221	0.226	0.315	0.249	0.250		
标准差	0.181	0.092	0.264	0.104	0.152			

通过分析表 3 的测算水平数据, 主要得到以下结论: 第一, 各试点地区 CFI 最大值为 0.794, 最小值为 0.028, 各试点地区 CFI2014~2018 年的均值为 0.250, 且大部分时期的 CFI 在 0.3 以下, 由此可见我国目前的碳金融发展整体水平较低。第二, 时期均值代表某一特定年份 7 个试点地区的平均发展状况, 反映该年份我国碳金融发展的整体水平。2015~2017 年, 时期均值 CFI 呈逐年上升态势, 2018 年有所下滑, 但仍高于过去 5 年的平均水平, 由此可见我国碳金融发展的整体水平在逐步提高。第三, 从标准差的变化来看, 各地区

碳金融发展水平的差异性较大,但2016年以后区域差异在逐步缩小。第四,地区均值反映了试点地区过去5年的碳金融发展平均水平,可以粗略分成三个梯队:第一梯队为广东、上海和湖北,其中广东的地区均值CFI达到0.406,也是唯一地区均值达到0.4以上的试点,并且在2016年达到CFI历史最高值0.794,这与广东作为我国第一经济大省和金融大省的情况是相一致的;上海与湖北的地区均值CFI在0.3以上,前者是我国的金融中心,且背靠长三角经济腹地,后者是中部地区最重要的工业大省,因此这两个地区都具有发展碳金融的良好基础;第二梯队为深圳、北京和天津,三个试点的地区平均CFI在0.2左右,深圳与广东存在一定的区域竞争,而北京、天津所辐射的华北地区金融业不及上海和广东地区发达,因此这些地区的碳金融发展水平稍显逊色;第三梯队为重庆,地区均值仅为0.075,由此可见西部地区的碳金融发展水平尚处于初期阶段。上述地区碳金融发展水平的差异反映在图1中。

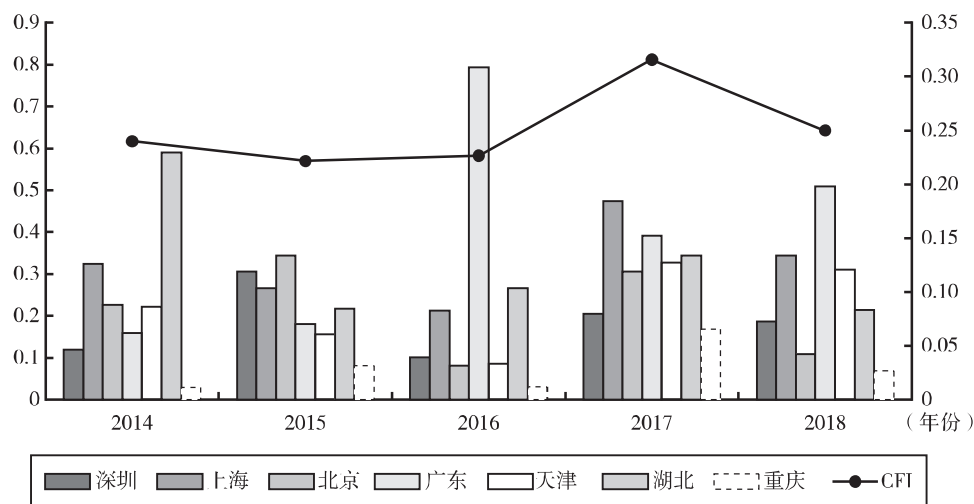


图1 2014~2018年各试点地区碳金融发展水平的动态变化情况

(2) 碳排放权交易发展水平测度结果。表4给出了各试点地区的碳排放权交易发展指数(CTI),其内部各评价层级指数的变化情况反映在图2中。

表4 2014~2018年各试点地区碳排放权交易发展指数(CTI)

地区	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	地区均值	2014年排名	2018年排名
深圳	0.101	0.299	0.090	0.147	0.174	0.162	6	5
上海	0.305	0.181	0.212	0.499	0.332	0.306	2	2
北京	0.206	0.406	0.072	0.287	0.096	0.213	4	6
广东	0.148	0.119	0.864	0.415	0.550	0.419	5	1
天津	0.211	0.146	0.076	0.244	0.302	0.196	3	3
湖北	0.618	0.229	0.261	0.327	0.189	0.325	1	4
重庆	0.000	0.043	0.008	0.115	0.042	0.042	7	7
时期均值	0.227	0.203	0.226	0.291	0.241	0.238		
标准差	0.197	0.121	0.294	0.138	0.171			

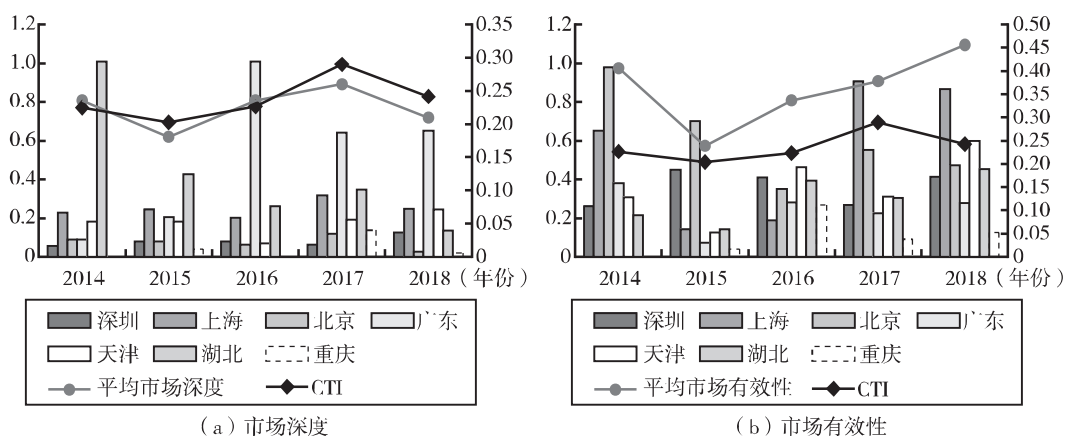


图2 碳排放权交易发展指数及其内部各评价层级指数变化情况

由表4、图2可知,我国碳排放权交易试点地区的碳排放权交易发展水平存在以下特征:

第一,碳排放权交易的发展水平低于总体发展水平,各试点地区平均CTI为0.238,低于平均CFI值0.257。这是由于我国碳排放权交易自2013年起才开始试运行,而低碳经济相关的投融资业务早在1990年就已出现,经过多年的运行形成了稳定的规模和交易量,市场成熟度高。因此现阶段的碳金融市场主要以碳减排投融资为主。从时期均值来看,2015年和2018年的CTI出现了下滑,但2018年仍高于平均水平和2014年水平,这表明尽管有所起伏,但碳排放权交易的发展水平也在逐渐提高。

第二,CTI与其市场深度指数的变化基本保持一致,但与其市场有效性则存在一定差异,这表明碳排放权交易的发展水平主要受其市场深度影响,即单位企业的碳排放配额、CCER成交量与价格的稳定性,而交易手续费、履约率、国内外价格差等因素主要起完善碳排放权交易市场的作用,这与理论模型的内涵是一致的。

第三,从地区均值来看,广东试点的碳排放权交易发展水平最高,CTI均值达到0.419,且在2016年以后保持在0.4以上;其中,市场深度均值达到0.518,且在2016年以后保持在0.6以上。广东试点具有三个特点:其一,2016年后,碳排放配额与CCER成交量同时放大,截至2018年底,配额累计成交量7348万吨,而2016年以后的累计成交量为6567万吨;CCER累计成交量3362万吨,而2016年以后的累计成交量为3261万吨,说明广东试点碳排放权交易步入了快速发展期。其二,在碳排放权交易水平最高的三个试点(广东、上海、湖北)中,广东的控排企业数量最少,2018年为249家,这进一步提高了其单位企业的成交量。其三,广东试点的碳排放权交易价格在2016年以后非常稳定,并没有受成交量放大的影响,2016年、2017年、2018年日成交均价标准差分别为2.07、1.71、2.52,基本保持在各试点地区最低。相比之下,广东的碳排放权交易市场有效性较低,均值仅为0.245,主要原因是碳排放配额的日成交均价与欧洲市场偏差较大,并且在2017年、2018年出现了企业到期未履约的情况,直接影响了市场效率。

第四,上海、湖北试点地区的CTI均值达到0.3以上,但两个试点各具特点。上海试点的CCER交易规模在各试点地区中最高,截至2018年底累计成交量达到7449万吨,接近其他全部试点CCER累计成交量的总和(7933万吨),也远超其配额市场交易总额,表现出

以 CCER 交易为主、配额交易为辅的特征；此外，得益于上海成熟的金融市场体系，碳配额价格的波动性较小，交易手续费率在所有试点中最低，日成交均价与欧洲市场也很接近，市场深度与市场有效性都较高。湖北试点的重要特点在于庞大的工业基础支撑，截至 2018 年，湖北碳配额累计成交量达到 5173 万吨，仅次于广东，而 CCER 市场因起步时间较晚，截至 2018 年累计成交量仅 602 万吨；此外，湖北市场的交易价格在剧烈震荡中逐年上升，2018 年全年日成交均价标准差为 6.37，拉低了其评价结果。

第五，深圳、北京和天津三个试点的均值在 0.2 附近。深圳、北京试点的情况较为相似，两者的优势均在于市场交易规模较大。其中，深圳试点的累计交易总量为 4919 万吨，北京试点的累计交易总量为 3202 万吨，而最大的劣势在于控排企业数量较多，2018 年分别为 794 家、903 家。尽管控排企业数量众多，但并没有带来更高的碳排放权交易规模。天津试点虽然碳排放配额、CCER 交易总量相对较低，但其控排企业数量在各试点地区中最少，因此单位企业的成交量较大，从而提高了其市场深度。此外，天津试点最突出的特点在于碳排放权交易价格稳定，2018 年日成交均价标准差仅为 1.17，为各试点中最低，但由于其成交量很少，因此该稳定性的基础不一定可靠。

第六，重庆试点地区的碳排放权交易发展水平最低，平均值为 0.042。尽管碳排放权交易市场累计成交量达到 844 万吨，超过天津试点，但 CCER 目前尚无成交量。此外，碳排放权交易价格波动较大，与欧洲市场的价格偏差较高。可以说，重庆的碳排放权交易市场还处于起步阶段。

从以上分析可知，试点地区碳排放权交易发展水平与总体发展水平基本一致，而市场深度是决定碳排放权交易发展水平的关键因素。

(3) 碳减排投融资发展水平测度结果。表 5 给出了各试点地区的碳减排投融资发展指数 (CII)，其内部各评价层级指数变化情况反映在图 3 中。

表 5 2014~2018 年各试点地区的碳减排投融资发展指数 (CII)

地区	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	地区均值	2014 年排名	2018 年排名
深圳	0.377	0.320	0.361	0.386	0.284	0.346	4	6
上海	0.617	0.479	0.331	0.405	0.477	0.462	1	1
北京	0.500	0.236	0.257	0.358	0.213	0.313	2	7
广东	0.300	0.307	0.332	0.327	0.291	0.312	7	5
天津	0.336	0.169	0.267	0.663	0.353	0.358	6	3
湖北	0.361	0.193	0.351	0.377	0.412	0.339	5	2
重庆	0.413	0.157	0.596	0.335	0.291	0.358	3	4
时期均值	0.415	0.266	0.357	0.407	0.332	0.355		
标准差	0.110	0.114	0.113	0.116	0.089			

由表 5、图 3 可知，我国碳交易试点地区碳减排投融资发展水平具有以下特征：

第一，碳减排投融资发展水平相较于碳排放权交易发展水平的地区差异性更小，而且 2014~2018 年，7 个试点地区的整体水平并无明显提高，反而在 2018 年有所下降，这可能是碳减排投融资市场趋于稳定、饱和的体现。

第二，各年度 CII 受评价层级的影响情况是不确定的。结合图 3 可以看出，整体来看，资金使用效率与 CII 的吻合度最高，这是因为碳减排投融资发展水平更需要考量的是项目的

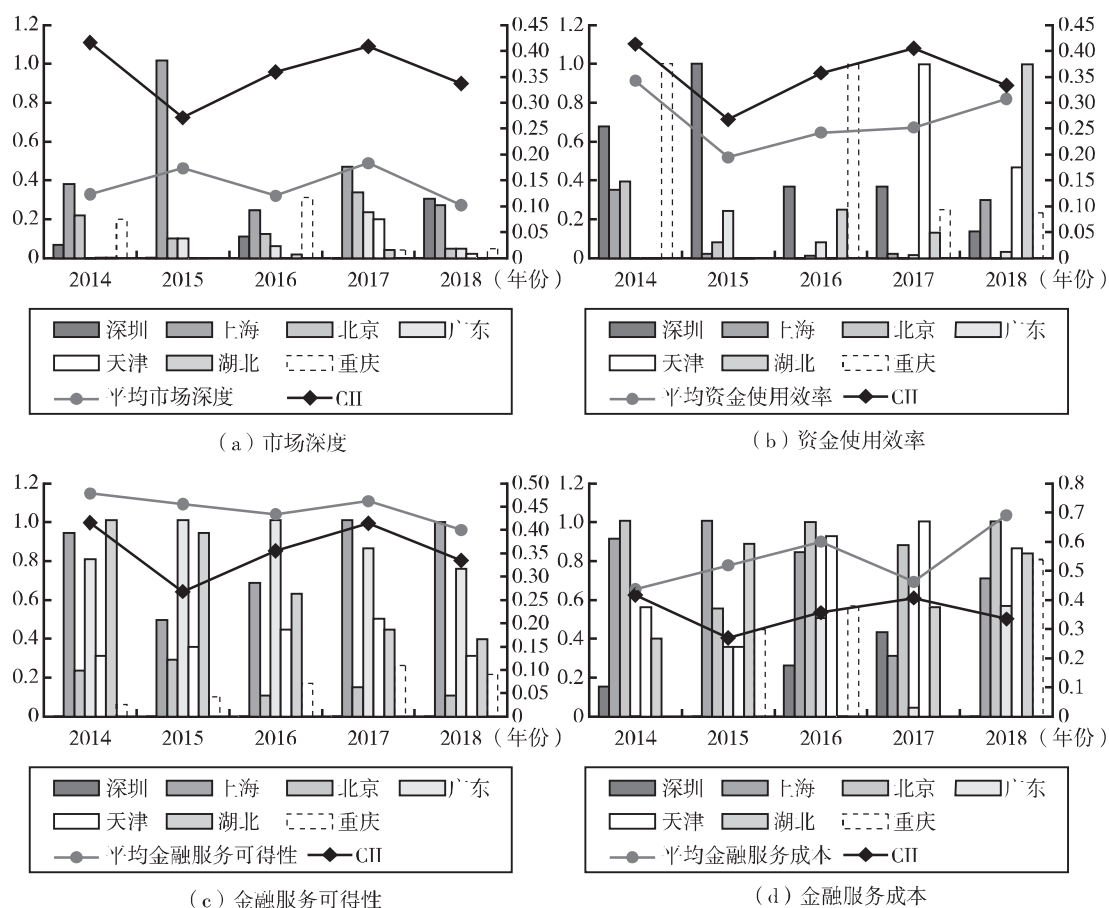


图3 碳减排投融资发展指数及其内部各评价层级指数变化情况

实际减排效果。2016年以后,市场深度、金融服务可得性与CII的吻合度较高,原因在于2016年以后控排企业直接融资规模出现显著提升,尤其是债券发行量大幅增加,使得金融服务可得性和市场深度对CII产生巨大的推动作用。金融服务成本与CII的吻合度相对较低,原因可能是服务成本对碳减排投融资市场的影响存在一定的滞后性。

第三,上海的碳减排投融资发展水平最高,CII均值达到0.46,主要优势体现在三个方面:一是市场深度最高,截至2018年底累计直接融资规模接近1200亿元,其中债券融资比重最高超过1000亿元,尽管总量略逊于北京,但上海的控排企业总数不足北京的一半,因此单位企业的直接融资规模长期保持在各试点地区之首,这与上海较为成熟的资本市场密切相关。二是金融服务可得性较高,2018年拥有银行类法人、证券和保险类金融机构共374家,金融机构与控排企业数量之比接近1,这也为当地企业寻求碳金融支持提供了便利。三是金融服务成本较低,过去五年的平均贷款利率约为5.51%,仅次于北京和天津,使得金融机构更积极地投资于碳金融领域。

第四,深圳、天津、湖北和重庆四个试点的CII均值在0.35附近。深圳试点的优势在于资金使用效率较高,过去五年平均每亿元直接融资的碳排放强度下降幅度为0.85%,为各试点地区之首。但因深圳以高科技产业为主导,排污企业较少,碳排放强度已是各试点最低,其资金使用效率在近年来开始逐渐走低。天津试点的优势在于金融服务成本较低,过去

五年平均贷款利率为 5.49%，仅次于北京；但天津试点的市场深度很低，几乎没有低碳金融相关的基金发行，相关股票和债券的发行量也不高。因此，尽管天津的控排企业数量最少，其单位企业直接融资规模仍很低，直接降低了 CII 水平。湖北试点的优势在于金融服务可得性相对较高，2018 年拥有银行类法人、证券和保险类金融机构共 167 家，平均每 2 家控排企业能够分享 1 家金融机构提供的投融资服务，仅次于上海和广东。然而，较为充足的金融机构资源并没有为湖北提供足够多的直接融资服务，其市场深度为各试点最低，与低碳相关的股票和基金发行量均为 0。重庆试点的优势与深圳相似，资金使用效率很高，但重庆的碳排放强度降低率正在逐年提高，2018 年已经达到历史最高点 8.25%，这与西部地区正处于产业升级的发展阶段，正在从高污染高排放的生产模式向低碳环保的生产模式转变密切相关。

第五，北京和广东的 CII 均值在 0.32 附近。广东试点的优势在于金融服务可得性相对较高，除去深圳的金融机构，2018 年广东省其他地区仍拥有银行类法人、证券和保险类金融机构总部共 194 家，与北京较为接近，但广东的控排企业总数仅为北京的 1/4。北京的优势在于金融服务成本相对较低，2018 年贷款利率仅为 4.93%，过去五年平均为 5.31%，均为各试点最低。两个试点都具有一定的市场深度，其中北京的债券发行量为各试点最高，截至 2018 年底累计发行绿色债券 1775 亿元。广东与北京试点的劣势在于资金使用效率均不高，特别是在 2016 年以后出现了明显下滑。

综上所述，7 个试点的碳减排投融资发展水平各有特点，并不像碳排放权交易发展水平那样存在明显的档次差距，各个试点都存在一定的优势与劣势。综合碳排放权交易市场和碳减排投融资市场发展特征，7 个试点可以具体分成三类发展模式。

第一类为碳排放权交易与碳减排投融资协同发展模式。代表试点为上海，原因在于上海背靠长三角经济腹地，工业基础雄厚，也拥有全国最成熟的金融市场，因此不仅有足够规模的排放权交易，而且能够为高排放企业的减排项目提供充分的金融支持。

第二类为碳排放权交易为主、碳减排投融资为辅的发展模式。代表试点为广东、湖北，原因在于这两个试点的工业基础扎实，企业减排意愿强，因此碳排放权交易发展水平高。但碳减排投融资的发展水平稍逊，除去深圳后，广州和武汉是这两个试点地区的区域金融中心，而省份内其他城市的金融发展水平相对较弱，存在区域金融发展不平衡、投资回报低的问题，也一定程度上抑制了金融机构对碳减排项目的支持力度。

第三类为碳减排投融资为主、碳排放权交易为辅的发展模式。代表试点为深圳、北京、天津、重庆，这四个地区的特点是碳排放权交易量不高，碳排放权交易市场的潜能尚未完全激发出来。但这些地区凭借金融市场对减排项目的支持，也为低碳经济的发展做出了贡献。

三、中国碳金融发展水平的动态演化特征及原因分析

1. 中国碳金融发展水平动态演化的特征分析

不同试点地区碳金融发展观念的变化和碳排放权交易、碳减排投融资业务的拓展是一个动态演化的过程，从时间序列上进行定量测度与解构有助于更清晰地了解碳排放权交易试点以来中国碳金融发展水平的整体情况。故此，本文采用 Rosenblatt (1956) 和 Parzen (1962) 提出的核密度估计法 (Kernel Density Estimation) 对碳金融发展指数 (CFI)、碳排放权交易发展指数 (CTI) 和碳减排投融资发展指数 (CII) 进行统计分析，以评价中国碳金融发

展水平的动态演化特征。分析过程使用 Stata15.0 软件，核密度二维图如图 4、图 5、图 6 所示。

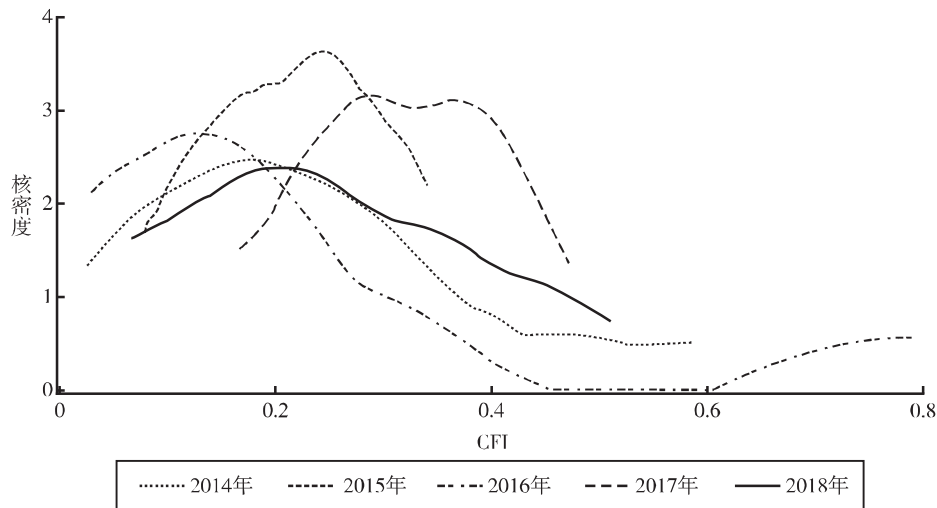


图 4 2014~2018 年中国碳金融发展水平动态演化

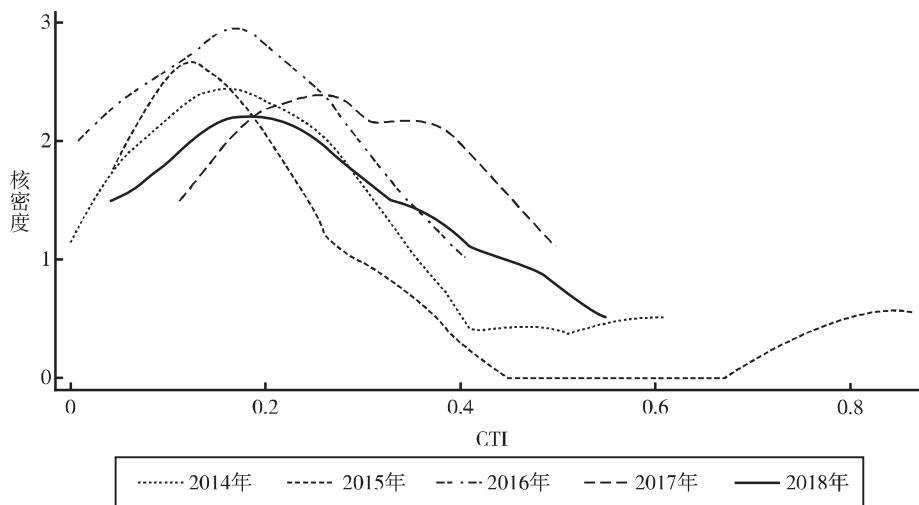


图 5 2014~2018 年中国碳排放权交易发展水平动态演化

由图 4 可知，2014~2018 年曲线峰值中心分布均偏左，表明碳金融发展水平较低的地区占比大，具有很大的发展空间。按时间序列分析可以得到如下结论：第一，2014 年，密度分布曲线呈现出宽度大、峰值中心低、双尾厚的特征，表明碳排放权交易试点初期各地区低碳经济基础不一，碳金融发展水平差异大，且存在明显的碳金融发展水平低的试点地区。第二，2015 年，密度分布曲线呈现明显的宽度窄、峰值中心高的特征，峰值向右移动且明显上升，表明碳金融发展水平有所提升，且具有较高发展水平的地区增多；同时，宽度缩窄，表明试点地区间的碳金融发展水平更为接近。第三，2016 年，峰值出现下降且左移，说明我国碳金融发展水平在 2016 年出现回落，前一年部分表现较好的地区，例如深圳、北

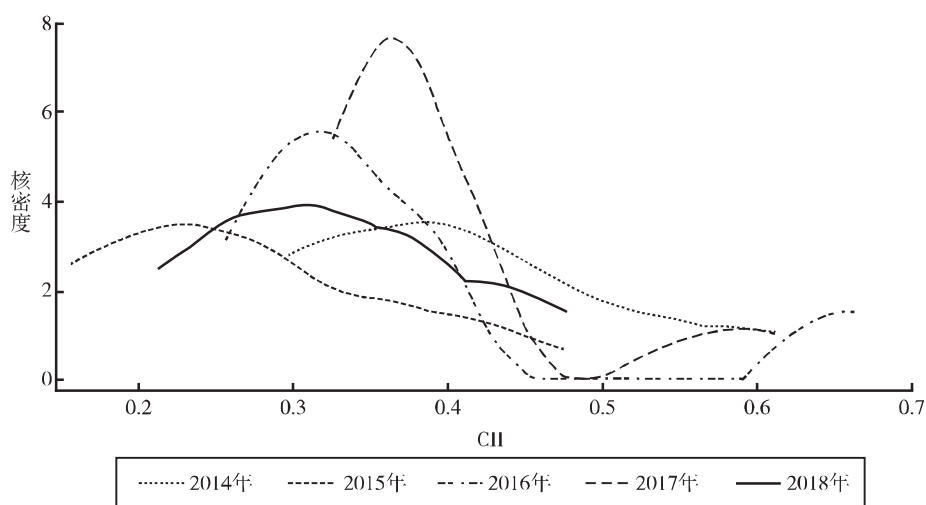


图6 2014~2018年中国碳减排投融资发展水平动态演化

京、天津出现退步；同时宽度拉大，存在明显的右拖，表明地区间差距拉大，出现了一些碳金融发展水平很好的地区，例如广东。第四，2017年，密度分布曲线呈现出明显的双峰特征，但双峰间距不大，宽度再次缩窄，峰值中心向右移动且上升，表明碳金融发展水平再次提升且地区间差异缩小。第五，2018年，曲线分布形态宽度较大，峰值低，表明碳金融发展水平再次回落，地区间差异有所增大。整体来看，碳排放权交易试点以来，我国碳金融发展水平有所提高，但经历了不稳定的演化过程。

进一步，分别考察碳排放权交易发展水平和碳减排投融资发展水平的动态演化特征。图5为2014~2018年中国碳排放权交易发展指数（CTI）的核密度函数分布图，图6为2014~2018年中国碳减排投融资发展指数（CII）的核密度函数分布图。

由图5可知，2014~2018年碳排放权交易发展水平演化曲线峰值中心分布均偏左，表明碳排放权交易发展水平较低的地区占比大，同样具有很大发展空间。按时间序列分析得到如下结论：第一，2014年，密度分布曲线呈现出峰值中心高、宽度长、右尾厚的特征，表明碳排放权交易试点初期各地区的碳排放权交易水平非常接近，且交易水平低，仅有个别地区碳排放权交易水平较高。结合前文的数据分析可知，湖北试点在2014年的碳排放权交易中表现远超其他地区。第二，2015年，曲线峰度中心下降且略微左移，宽度明显收窄，表明地区间的碳排放权交易水平差异缩窄，包括湖北在内的部分试点地区碳排放权交易水平有所下降。第三，2016年，峰度中心继续下降且左移，但曲线宽度明显拉长，表明部分地区碳排放权交易水平继续下降，但地区间差异增大，结合前文数据分析可知，2016年广东试点的碳排放权交易发展水平有较大提升且明显高于其他地区。第四，2017年，曲线呈现明显的双峰，且峰值中心明显右移，宽度缩窄，表明碳排放权交易发展水平有所提升，具有较高发展水平的地区增加，地区间差异缩窄。第五，2018年，曲线峰值中心左移，宽度拉长，表明地区间差异再次增大，具有较低和较高发展水平的地区均增加。整体来看，碳排放权交易试点实施以来，我国碳排放权交易发展水平的演化过程同样是不稳定的。

由图6可知，2014~2018年碳减排投融资发展水平演化曲线峰值中心同样偏左，表明碳减排投融资发展水平依然是较低的地区占比大，但峰值范围明显高于碳排放权交易发展水

平的峰值范围,说明传统的投融资业务在碳金融发展中发挥着重要作用。按时间序列分析可以得到如下结论:第一,2014年,密度分布曲线呈现较为显著的平滑特征,峰值中心低,宽度较大,表明地区间的碳减排投融资业务差异明显,极少地区的碳减排投融资发展水平接近。第二,2015年,曲线峰值明显左移但高度几乎未变,表明碳减排投融资发展水平下降,宽度略微缩窄,表明地区间差异略微减小。第三,2016年,曲线峰值中心明显右移且升高,宽度拉长,尾部特征明显,表明碳减排投融资发展水平明显提升,具有更高发展水平的地区增加,结合前文数据分析,重庆在2016年的碳减排投融资水平有较大提升且明显高于其他地区。第四,2017年,曲线峰值中心继续右移且明显提高,表明碳减排投融资水平进一步提升,具有更高发展水平的地区进一步增加,尾部特征明显,结合前文的数据分析,2017年天津的碳减排投融资水平有较大提升且明显高于其他地区。第五,2018年,曲线恢复到平缓的状态,但峰值中心较2014年略高且宽度明显缩窄,表明地区间的差异减小,碳减排投融资发展水平较低的地区仍然是大多数。整体来看,碳排放权交易试点以来,我国碳减排投融资发展水平的演化过程具有不稳定性。

2. 中国碳金融发展水平动态演化的原因分析

由前文分析可知,2014年以来,我国碳金融发展水平的演化过程并不平稳,且地区间的差异很大,为了进一步讨论试点地区碳金融发展水平差异成因,提出更好推动我国碳金融发展的政策建议,本文采用2014~2018年7个碳金融试点地区为研究样本,构建面板回归模型,实证分析影响碳金融发展的主要因素。本文选取的影响因素涵盖四个方面。一是发展碳金融的紧迫性,紧迫性越高,推动碳金融发展可能越积极,发展水平可能越高。二是当地政府发展碳金融的推动力,推动力越强,发展水平可能越高。三是发展碳金融的阻力,推动碳金融发展的阻力越大,发展水平可能越低。四是试点地区所处的地理位置,沿海地区可能因观念、技术和人才优势,能够取得更好的碳金融发展成绩。参照杨骞和刘华军(2012)、潘文卿等(2017)的研究,用单位能耗碳排放($Energy$,吨/吨标准煤)反映发展碳金融的紧迫性;用政策哑变量($Policy$,当年发布有利于碳金融发展的政策则取1;否则取0)反映发展碳金融的推动力;用产业结构($Structure$,第二产业GDP占比)反映发展碳金融的阻力;用位置哑变量($Location$,沿海地区取1,内地取0)反映沿海或内陆对碳金融发展的影响。

建立如下面板回归模型:

$$CFI_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Energy_{it} + \alpha_2 Policy_{it} + \alpha_3 Structure_{it} + \alpha_4 Location_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

其中, i 为试点地区个体代码, t 为观察年度代码。 α 表示截距项和各变量的系数, μ 代表不同试点地区不随时间变化的个体异质性特征, ε 为随机干扰项。解释变量数据来自WIND数据库、《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《深圳市统计年鉴》和中国碳排放权交易网,被解释变量CFI为前文测算得到的试点地区碳金融发展指数,因其属于典型的离散型变量,存在明显的极值,故采用10%缩尾处理。考虑到能耗水平、政策措施和产业结构对碳金融发展的影响可能存在时滞,在上述模型回归之后,用滞后一期替换当期数据,进一步考察碳金融发展的影响因素。经相关性检验,解释变量之间不存在多重共线性,固定效应模型F检验不能拒绝原假设,故采用混合OLS回归模型。回归结果如表6所示,其中,组(1)为当期回归结果,组(2)为滞后期回归结果。

由表6可知,滞后期回归组对碳金融发展水平具有更强的解释力,碳金融发展水平主要受到地区能耗碳排放、碳金融发展政策和地理位置的影响,且该影响具有时滞效应,其原因

可能是试点地区发改委每年公布下一年的控排企业与碳排放额度，并在下一年的核查日对控排企业过去一年的碳排放情况进行核查，因此前一年的经济环境将直接影响发改委对控排企业的筛选，以及对碳排放额度的确定，从而对本年度的碳金融发展水平产生影响。具体而言，滞后一期的能耗水平对碳金融发展水平的影响最为显著，说明在当前打好污染防治攻坚战的要求下，发展绿色经济的紧迫性越强，碳金融发展水平越高。滞后一期的碳金融发展政策对金融发展水平的影响也较显著，说明试点地区政府和发改委等管理部门在推动碳金融发展中能够发挥较有力的积极作用，当然这种作用需要一定的时间才能充分显现出来。此外，地理位置对碳金融发展水平也具有明显的影响作用，说明绿色发展的观念、技术和人才等在推动碳金融发展中发挥着重要作用。这些结论暗含了高质量发展碳金融需要总结推广沿海试点地区的先进经验，同时配以国家政策及时推动，然后带动其他地区跟进发展碳金融，逐步为建设全国碳交易市场提供重要的现实基础。

表6 碳金融发展水平的影响因素回归结果

(1)		(2)	
<i>Energy</i>	0.004 (0.688)	<i>Energy_{t-1}</i>	0.078*** (2.779)
<i>Policy</i>	0.010 (0.212)	<i>Policy_{t-1}</i>	0.066* (1.742)
<i>Structure</i>	-0.110 (-0.464)	<i>Structure_{t-1}</i>	-0.245 (-1.236)
<i>Location</i>	0.074* (1.735)	<i>Location</i>	0.101** (2.645)
<i>Constant</i>	0.233** (2.432)	<i>Constant</i>	0.117 (1.239)
Observations	35	Observations	35
Prob>F	0.434	Prob>F	0.013
R ²	0.116	R ²	0.335

注：括号内为P值及t值。*、**和***分别表示参数的估计值在10%、5%和1%的水平上显著。

四、结论与政策建议

本文在梳理国内外关于碳金融的定义和相关研究的基础上，运用新古典理论模型，将碳金融分为碳排放权交易和碳减排投融资两个组成部分，构建包括市场深度、市场有效性等不同细分维度在内的碳金融发展水平的评价指标体系，对试点地区碳金融发展相关指数进行测算分析和核密度分析，并构建面板回归模型实证检验碳金融发展水平的影响因素，主要得到如下四点结论。

第一，碳金融发展包括碳排放权交易和碳减排投融资两部分内容，二者相辅相成，缺一不可。其中，碳排放权交易使得高碳排放企业向低碳排放企业购买排放权，从而节省了罚金支出，同时使低碳排放企业获得额外的收入，间接促进低碳经济发展。碳减排投融资表示控排企业通过直接融资或间接融资获得资金并进行技术改造，从源头上减少污染物排放，直接促进低碳经济发展，并进一步影响碳排放权交易企业的碳排放水平，实现良性循环。

第二,试点地区碳金融整体发展水平表现出明显的三个发展梯队。第一梯队为广东、上海和湖北,第二梯队为深圳、北京和天津,第三梯队为重庆。梯队之间的差异较为明显,与各地的经济和金融发展水平表现出类似特征。从碳排放权交易与碳减排投融资两个不同维度来看,试点地区碳减排投融资发展水平整体高于碳排放权交易发展水平,这与我国传统金融市场发展较早有关。试点地区碳排放权交易发展水平表现出与碳金融发展水平一致的梯队特征,各试点地区又各具特色。广东的控排企业数量少且碳交易价格稳定,上海的碳交易规模大且交易成本低,湖北的碳交易规模大;深圳、北京和天津的碳交易活力不足;重庆的碳排放权交易则还处于起步阶段。试点地区碳减排投融资发展水平较为稳定,且地区间的差异较小。

第三,试点地区的碳金融整体发展水平呈现三类发展模式:第一类为碳排放权交易与碳减排投融资协同发展模式,代表试点为上海,第二类为碳排放权交易为主、碳减排投融资为辅的发展模式,代表试点为深圳、天津、湖北和重庆,第三类为碳减排投融资为主、碳排放权交易为辅的发展模式,代表试点为北京和广东。区域之间的差异主要受到金融发展水平、企业低碳基础及资金使用效率等因素的影响。

第四,试点地区之间的碳金融发展水平差异较大,广东地区、湖北地区、重庆地区在个别年份的碳金融发展情况明显好于其他地区,但都未能持续。整体来看,我国碳金融发展水平、碳排放权交易发展水平、碳减排投融资发展水平较低的地区占比较大,因此仍具有很大的发展空间。并且,碳金融发展具有明显的政策效应,地区政府和发改委在推动碳金融发展中发挥着重要作用,前期的能耗水平是推动碳金融发展的压力,同时也是巨大动力,沿海地区因可能存在的观念、技术和人才优势而具有更高的碳金融发展水平。

基于以上结论,本文提出进一步发展碳金融的四点政策建议:

第一,在推进全国碳排放权交易市场建设中,应注重碳交易市场深度与市场有效性的协调发展。一是发挥试点地区在全国碳排放权交易市场构建中的作用,放大碳排放配额和CCER交易量,稳定碳交易价格,加深碳交易市场深度。二是学习试点地区先进经验,压低交易手续费率,盯住国际碳交易市场,提高碳交易市场有效性。此外,本文分析发现,试点地区存在碳交易市场深度加大时有效性降低、市场深度减小时有效性提高的现象。这可能是因为市场交易量的提高伴随着违约率提升,是发展质量不高的表现。因此,全国碳排放权交易市场的发展需要在市场深度和市场有效性之间做好平衡,在增大市场规模的同时要严把交易质量。

第二,在推进碳排放权交易市场发展的同时,应提高碳减排投融资水平,助力绿色金融发展。一是创新碳减排投融资产品,大力发展绿色银团贷款、建立绿色基金,创新对绿色项目的直接融资和间接融资模式。二是加强对碳减排投融资业务的监督管理,搭建碳减排投融资信息共享平台,建立资金融入、运用和产出的监测机制,加强对金融机构碳减排投融资业务的评价考核。

第三,提升试点地区碳金融发展水平,发挥全国碳金融发展“领头羊”的作用,为建设全国碳交易市场打下现实基础。在碳交易方面,处于第一梯队的广东、上海和湖北试点需要保持现有优势,补齐相应的短板;处于第二梯队的深圳、北京和天津试点需要探寻建立更有效的政策措施,激发市场活力;处于第三梯队的重庆试点则需要丰富市场层次,推动CCER项目开展与交易,稳定市场价格,逐步与国内市场和国际市场接轨。在碳减排投融资方面,完善各地金融市场发展,并加强低碳项目与资本市场和信贷市场的对接,注重贷后监督,提高资金使用效率。

第四,学习贯彻习近平生态文明思想,鼓励地方政府和发改委在推动碳金融发展过程中发挥重要的指导作用。加强碳金融发展相关研究工作,发布清晰有力的引导政策,优先发展沿海地区的试点城市,并加大地区碳排放权交易所之间的战略合作、人才交流与技术共享,从而带动内陆城市跟进发展碳金融,推动全国碳金融发展取得明显成效。

在我国建立全国碳交易市场的关键时期,构建碳金融发展评价指标体系,测度碳交易试点地区的碳金融发展水平,对推动绿色金融和低碳经济发展具有重要的借鉴意义。当然,本文也存在不足之处,由于我国碳排放权交易试点起步较晚,碳金融发展水平测度的数据基础有限,未能对碳金融发展评价指标体系进行更大范围的应用与检验,这也是未来研究需要完善之处。更进一步,采用准自然实验法对碳排放权交易试点的政策效应进行评估检验,也将是下一步重要的研究方向。

参 考 文 献

- [1] Betsill M., Hoffmann M. J., 2011, *The Contours of "Cap and Trade": The Evolution of Emissions Trading Systems for Greenhouse Gases* [J], *Review of Policy Research*, 28 (1), 83~106.
- [2] Bredin D., Muckley C., 2011, *An Emerging Equilibrium in the EU Emissions Trading Scheme* [J], *Energy Economics*, 33 (2), 353~362.
- [3] Blyth W., Bunn D., 2011, *Coevolution of Policy, Market and Technical Price Risks in the EU ETS* [J], *Energy Policy*, 39 (8), 4578~4593.
- [4] Braun M., 2009, *The Evolution of Emissions Trading in the European Union-The Role of Policy Networks, Knowledge and Policy Entrepreneurs* [J], *Accounting, Organization and Society*, 34 (3-4), 469~487.
- [5] Caney S., 2010, *Market, Morality and Climate Change: What, If Anything, is Wrong with Emission Trading?* [J], *New Political Economy*, 15 (2), 204~205.
- [6] Chevallier., 2011, *Nonparametric Modeling of Carbon Prices* [J], *Energy Economics*, 33 (6), 1267~1282.
- [7] Hall S., Roelich K. E., Davis M. E., Holstenkamp L., 2018, *Finance and Justice In Low-carbon Energy Transitions* [J], *Applied Energy*, 222 (7), 772~780.
- [8] Labatt S., White R. R., 2007, *Carbon Finance: the Financial Implications of Climate Change* [M], Hoboken. N. J. John Wiley and Sons.
- [9] Paoletta M. S., Taschini L., 2008, *An Econometric Analysis of Emission Allowance Prices* [J], *Journal of Banking & Finance*, 32 (10), 2022~2032.
- [10] Parzen, E., 1962, *On Estimation of Probability Density Function and Mode* [J], *The Annals of Mathematical Statistics*, 33 (3), 1065~1076.
- [11] Reboredo J. C., Ugando M., 2015, *Downside Risks in EU Carbon and Fossil Fuel Markets* [J], *Mathematics and Computers in Simulation*, 111 (5), 17~35.
- [12] Rosenblatt, M., 1956, *Remarks on Some Nonparametric Estimates of A Density Function* [J], *The Annals of Mathematical Statistics*, 27 (3), 832~837.
- [13] Sovacool B. K., 2011, *The Policy Challenges of Tradable Credits: A Critical Review of Eight Markets* [J], *Energy Policy*, 39 (2), 575~585.
- [14] Svendsen G. T., Vesterdal M., 2003, *How to Design Greenhouse Gas Trading in the EU?* [J], *Energy Policy*, 31 (14), 1531~1539.
- [15] Wu T., Kung C-C., 2020, *Carbon Emissions, Technology Upgradation and Financing Risk of the Green Supply Chain Competition* [J], *Technological Forecasting & Social Change*, 152 (3), 1~7.

- [16] Yu J., Mallory M. L., 2014, *Exchange Rate Effect on Carbon Credit Price via Energy Markets* [J], *Journal of International Money and Finance*, 47 (10), 145~161.
- [17] Zhao X., Han M., Ding L. L., Calin A. C., 2017, *Forecasting Carbon Dioxide Emissions Based on a Hybrid of Mixed Data Sampling Regression Model and Back Propagation Neural Network in the USA* [J], *Environmental Science and Pollution Research*, (16), 1~12.
- [18] Zhou K., Li Y., 2019, *Carbon Finance and Carbon Market in China: Progress and Challenges* [J], *Journal of Cleaner Production*, 214 (3), 536~549.
- [19] 柴尚蕾、周鹏:《基于非参数 Copula-CVaR 模型的碳金融市场集成风险测度》[J],《中国管理科学》2019 年第 8 期。
- [20] 崔焕影、窦祥胜:《基于 EMD-GA-BP 与 EMD-PSO-LSSVM 的中国碳市场价格预测》[J],《运筹与管理》2018 年第 7 期。
- [21] 范丹、王维国、梁佩凤:《中国碳排放交易权机制的政策效果分析——基于双重差分模型的估计》[J],《中国环境科学》2017 年第 6 期。
- [22] 高杨、李健:《基于 EMD-PSO-SVM 误差校正模型的国际碳金融市场价格预测》[J],《中国人口·资源与环境》2014 年第 6 期。
- [23] 何建坤:《全国碳排放权交易市场初具规模》[N],《光明日报》2019 年 9 月 27 日。
- [24] 胡剑波、任香、高鹏:《中国省际贸易、国际贸易与低碳贸易竞争力的测度研究》[J],《数量经济技术经济研究》2019 年第 9 期。
- [25] 蒋晶晶、叶斌、马晓明:《基于 GARCH-EVT-VaR 模型的碳市场风险计量实证研究》[J],《北京大学学报(自然科学版)》2015 年第 3 期。
- [26] 刘传明、孙喆、张瑾:《中国碳排放权交易试点的碳减排政策效应研究》[J],《中国人口·资源与环境》2019 年第 11 期。
- [27] 刘亦文、丁李平、李毅、胡宗义:《中国普惠金融发展水平测度与经济增长效应》[J],《中国软科学》2018 年第 3 期。
- [28] 刘蕴喆:《中国省域碳金融发展水平及影响因素的分析与路径》[J],《经济问题探索》2014 年第 7 期。
- [29] 厉以宁、朱善利、罗来军、傅帅雄:《构建中国低碳经济学》[N],《人民日报》,2015 年 4 月 22 日。
- [30] 潘文卿、刘婷、王丰国:《中国区域产业 CO₂ 排放影响因素研究:不同经济增长阶段的视角》[J],《统计研究》2017 年第 3 期。
- [31] 世界银行:《碳金融十年》[M],石油工业出版社,2011。
- [32] 谭静、张建华:《碳交易机制倒逼产业结构升级了吗?——基于合成控制法的分析》[J],《经济与管理研究》2018 年第 12 期。
- [33] 王文军、谢鹏程、李崇梅、骆志刚、赵黛青:《中国碳排放权交易试点机制的减排有效性评估及影响要素分析》[J],《中国人口·资源与环境》2018 年第 4 期。
- [34] 王勇、赵晗:《中国碳交易市场启动对地区碳排放效率的影响》[J],《中国人口·资源与环境》2019 年第 1 期。
- [35] 汪小亚:《认知与发展碳金融,助推经济增长转型》[N],《金融时报》2010 年 10 月 11 日。
- [36] 杨超、李国良、门明:《国际碳交易市场的风险度量及对我国的启示——基于状态转移与极值理论的 VaR 比较研究》[J],《数量经济技术经济研究》2011 年第 4 期。
- [37] 杨睿、刘华军:《中国二氧化碳排放的区域差异分解及影响因素——基于 1995~2009 年省际面板数据的研究》[J],《数量经济技术经济研究》2012 年第 5 期。
- [38] 易兰、李朝鹏、杨历、刘杰:《中国 7 大碳交易试点发育度对比研究》[J],《中国人口·资源与环境》2018 年第 2 期。
- [39] 曾刚、万志宏:《国际碳金融市场:现状、问题与前景》[J],《国际金融研究》2009 年第 10 期。
- [40] 张晨、杨仙子:《基于多频组合模型的中国区域碳市场价格预测》[J],《系统工程理论与实践》

2016年第12期。

[41] 周迪、刘奕淳：《中国碳交易试点政策对城市碳排放绩效的影响及机制》[J]，《中国环境科学》2020年第1期。

Measurement and Dynamic Evolution of China's Carbon Finance Development Level

Chen Zhiying¹ Xu Lin¹ Qian Chongxiu²

(1. School of Economics and Commerce, South China University of Technology;

2. School of Finance and Investment, Guangdong University of Finance)

Research Objectives: To construct a carbon finance development evaluation index system, measure and evaluate the development level of China's carbon finance. **Research Methods:** Using the neoclassical theoretical model to construct the carbon finance development evaluation index system, this paper measures the development level of China's carbon finance, conducts fractal dimension discussion and nuclear density analysis, constructs a panel regression model to empirically test the influencing factors of carbon finance development level. **Research Findings:** First, carbon emission trading and carbon emission reduction investment and financing are two important components of carbon finance development. The development level of carbon finance in China had been improved year by year, but presented an unstable dynamic evolution process, indicating that there is still great room for development. Second, the development level of carbon finance in each pilot area was quite different, three development echelons and three types of development models were found. Third, energy consumption level, carbon finance development policy and geographical location were the main factors affecting the level of carbon finance development. **Research Innovations:** For the first time, a carbon finance development evaluation index system was established, China's carbon financial development level was measured, three carbon finance development echelons and three types of carbon finance development models were extracted, and the dynamic evolution of carbon finance development were discussed in depth. **Research Value:** This paper provides a strong theoretical and empirical support for the construction of the national carbon trading market.

Key Words: Carbon Finance; Evaluation Index System; Development Level Measurement; Dynamic Evolution

JEL Classification: O13; O16

(责任编辑：王喜峰)