中国碳交易市场的规模、结构与影响因素分析

马 勇　李美仪

摘　要：促进碳交易市场的发展成为推进国家整体能源和环境战略的重要组成部分。本文对中国碳交易市场的发展状况进行了定性分析与定量测算，并在此基础上通过实证分析，研究了导致中国碳交易市场区域发展不平衡的原因。研究结果显示：中国的碳交易规模较小，市场活跃程度落后于发达国家，结构上各交易产品和市场之间发展不均衡，缺少统一的衍生品交易场所，市场流动性较差；目前国内各试点碳交易市场的发展水平主要受所在地经济水平、产业结构、碳强度以及研发投入等因素的影响，而这些因素在各个市场之间存在较大差异，这在很大程度上导致了国内碳交易市场发展的区域不平衡。在此基础上，本文提出促进中国碳交易市场发展的相关政策建议。

关键词：碳交易　碳减排　碳达峰　碳中和

引言与文献综述

世界范围内对于低碳经济的理论探索始于20世纪中叶。20世纪60年代Coase提出著名的产权理论，认为商品确权后的自由交易有助于实现资源的高效配置。Dales在此基础上提出排污权交易的设想，即，企业通过向政府购买或与其他企业交易获取足量排污权从而满足排放要求，由此衍生出碳排放权的交易。碳排放权交易（以下简称“碳交易”）是一种基于数量控制的市场化减排机制（石敏俊 等，2013），由于二氧化碳占据温室气体主要组成部分，因此这种基于温室气体排放权的交易也被称作碳交易。与普通商品不同的是，碳排放权作为一种稀缺资源代表了对环境资源的有限使用权，而这种使用权在进行交易前需要经过政府的核算与产权分配，企业在获得排放权后方可根据实际排放的盈余及短缺情况进行交易，最终满足政府对各主体提出的排放要求。在此过程中，市场通过竞价产生碳排放权的交易价格并将该信号传递给交易者，进而对市场参与者形成激励，最终起到优化环境资源配置的作用。基于一系列理论支撑，1997年《京都议定书》（下称《议定书》）获得通过，作为1992年《联合国气候变化框架公约》的补充条款推动了国际碳交易市场的落地。2005年《议定书》生效后，国

马勇，中国人民大学财政金融学院教授、博士生导师，中国财政金融政策研究中心研究员，中国金融学会理事；李美仪，中国人民大学财政金融学院。国家社科基金重大项目：中国建设现代中央银行调控制度研究（21ZDA044）。

际碳交易市场出现爆发式增长，欧盟、加拿大、美国等率先发力建设配额型交易市场，其碳交易市场凭借先发优势已发展至较高水平。伴随碳交易市场的发展，在过去的20年中，国外学者对碳交易及其市场的基本概念、市场建设的意义以及发展趋势进行了较为详细的讨论，例如，Henrik（2003）基于对国际碳交易平台的系统性讨论，对《议定书》的批准以及EU ETS的启动作出展望；Eric & Russell（2004）进一步分析了处于发展初期的碳交易市场，预测未来碳交易将成为日常性活动；Cameron（2007）详细讨论了《议定书》提出的三种机制，认为该类机制已取得一定的进展和成功，有效降低了环保治理的成本；在碳交易市场的全球化发展方面，Slobodan & Adisa（2011）指出应至少具备技术和系统间协调两大条件，并且需要持续的政策支持和稳定的国际经济环境，否则碳交易量的增长将面临不确定性。整体来看，国外尤其是发达国家的碳交易市场发展更早、更为成熟，在一些基本问题上已研究得较为详尽。

与发达国家相比，中国碳交易市场发展历史较短，大致经历了三个阶段：（1）前期探索阶段（2002—2011年），自2002年8月核准《议定书》起着力建设CDM市场，2005年成功注册国内第一个CDM项目，借力海外减排需求的增长实现起步。（2）区域试点阶段（2012—2016年），在北、上、广等七个省市启动碳交易试点并于2016年增设福建试点市场，探索强制减排和自愿减排并行的发展路径，推出可用于抵减排放量的碳信用机制，碳交易工具日渐丰富。（3）全面推进阶段（2017年至今），碳交易由区域试点向全国市场推进，2021年7月全国碳排放权交易市场正式启动，首批纳入的2 000余家发电企业年碳排放量超40亿吨，占全国碳排量总和的30%，一举成为国内规模领先的碳交易市场。然而，中国的碳交易市场在快速发展的同时也存在一些问题，包括市场活力较低（赖晓明，2021）、金融化程度较低（鲁政委，2021）、监管体系不够完善（刘明明，2021）等。这些原因使得中国的碳交易市场发展水平与发达市场相比存在一定差距。从现有研究来看，由于中国的碳交易市场方才兴起，国内学者的研究较多集中于市场机制等的定性探讨上，在定量研究方面主要关注碳交易市场在某个维度的发展水平测算以及国内不同地区的发展情况差异，对国内碳交易市场的整体发展状况及其影响因素的研究还相对较少，如易兰（2018）等从环境、市场和政策三个维度出发对区域试点市场进行发育度检验，陈智颖 等（2020）从市场深度和有效性两个方面对碳交易市场发展水平进行测算，在此基础上前述学者计算得到碳交易市场发展指标，并引入多项指标对市场发展的影响因素进行实证研究，整体来看市场机制、经济背景、环境政策、技术能力等都关系到碳交易市场的发展情况。相比之下，国外学者对碳交易市场的研究较为深刻，但

研究对象主要是起源较早、较为成熟的欧美地区的发达碳交易市场，发展中国家的碳交易市场由于活跃度较低因此较少被关注。

本文尝试对中国碳交易市场的发展和影响因素进行更为全面系统的研究，包括纵向视角下对国内碳交易的发展做定量的回顾，以及横向视角下对国内外碳交易市场进行比较，同时在此基础上引入实证研究也可探索造成国内区域间发展水平存在差异的原因，从而全面、客观地反映当前中国碳交易市场发展状况，为碳达峰和碳中和目标的实现提供政策建议。

中国碳交易市场的发展现状

从碳排放权的来源来看，《京都议定书》提供的减排机制包括三类：（1）国际排放贸易机制（International Emission Trading，IET），国与国之间可对超出实际排放部分的减排单位（Assigned Amount Units，AAUs）进行交易，推广到国家或地区内部，相关企业也可对其盈余或短缺的减排单位进行交易；（2）联合履约机制（Joint Implementation，JI），需要承担减排义务的国家之间可通过跨境项目投资的方式实现本国减排目标，而这一途径产生的信用额签发过程只在《议定书》第一个承诺期有效，因此2012年已终止，之后不再有新的活动；（3）清洁发展机制（Clean Development Mechanism，CDM），发达国家为发展中国家提供资金、技术支持等帮助后者建设减排项目，进而换取核证减排量（Certified Emission Reductions，CERs）以实现本国减排目标，与此同时，企业、个人等主体也可以通过这一途径进行自愿减排，换取的减排量可以在碳交易市场出售以降低自身减排成本。在以上三种机制中，IET属于配额型市场，交易的是碳排放权，JI和CDM属于项目型市场，交易的是所投项目产生的碳减排量（表1）。目前不管从国际还是国内的角度来看，配额型交易仍是碳交易市场的主要组成部分。

与资本市场类似，碳交易市场也分为一级市场和二级市场，一级市场是排放配额、减排项目等的发行和审核市场，市场规模与政策关联度较高；二级市场则是与之相关的现货资产和衍生品资产流通的市场，为碳交易市场提供流动性，是本文重点研究的部分。为更好地对中国碳交易市场的发展现状进行描述，本文主要针对碳交易市场的规模与结构两个方面，选取交易规模、覆盖碳排放量两类指标进行衡量：在交易规模方面，分别对配额市场和项目

表 1 《京都议定书》提出的三种减排机制

机制名称	交易类型	广义交易主体
国际排放贸易机制（IET）	配额型交易	国家/地区之间、国家/地区内部
联合履约机制（JI）	项目型交易	发达国家之间
清洁发展机制（CDM）	项目型交易	国家/地区之间、国家/地区内部

市场的交易量、交易额以及市场结构进行考查；在覆盖碳排量方面，通过计算碳交易覆盖的碳排量在国家或地区总排量中的占比来反映碳交易市场的渗透率。

配额型市场规模与结构

由于配额总量的确定涉及政府行为，市场参与者的自主性不高，因此本文主要研究配额交易的二级市场，且考虑到发展中国家的碳交易市场发展水平普遍较低，本文主要以欧洲、美国、韩国等发达国家和地区的市场作为比较对象。如表2、表3所示，从总量角度来看近年来中国碳配额市场交易规模快速扩张，2016年至今翻了两番，2021年在全国碳交易市场的加持下交易量一举突破4亿吨二氧化碳当量，交易额达12.9亿欧元，增速非常迅猛。然而，与同样增长迅速的欧盟、美国碳交易市场相比，中国碳配额交易的规模仍然非常小。以2021年为例，中国碳配额交易量只相当于EU ETS的3%、美国主要碳交易市场的15%，碳配额交易额只相当于EU ETS的0.2%、美国主要碳交易市场的3%，而根据世界银行披露的碳排量数据（更新至2018年），目前中国的碳排量水平是欧盟的3.6倍、美国的2.1倍，可以看出国内目前的碳配额交易规模与实际排放情况不相符。

从市场结构的角度来看：（1）在交易工具方面，理论上碳配额既能通过现货市场交易也能通过衍生品市场交易，并且由于衍生品交易更为灵活，能够提供更多的流动性从而促进市场的价格发现功能（杨超 等，2011），同时为交易双方带来更为丰富的风险管理途径，从而避免现货

表 2 全球主要碳交易市场配额交易量（百万吨二氧化碳当量）

国家/地区	代表市场	2016	2017	2018	2019	2020	2021
中国	National & Pilot ETS	113	127	99	136	134	412
其中：强制减排（CEAs交易）		—	*81*	*73*	*93*	*71*	*242*
自愿减排（CCERs交易）		—	*46*	*26*	*43*	*63*	*170*
欧盟	EU ETS	5 145	5 129	7 754	8 706	10 478	12 214
美国	RGGI & California CaT	511	923	1 126	1 673	2 010	2 680
韩国	Korea ETS	5	7	22	38	44	51

资料来源：路孚特《Carbon Market Year in Review（2018—2021）》。

表 3 全球主要碳交易市场配额交易额（亿欧元）

国家/地区	代表市场	2016	2017	2018	2019	2020	2021
中国	National & Pilot ETS	2.0	2.0	1.7	2.5	2.6	12.9
欧盟	EU ETS	275.5	309.2	1 297.4	2 158.9	2 600.7	6 825.0
美国	RGGI & California CaT	49.1	92.4	128.7	223.7	260.3	492.6
韩国	Korea ETS	0.6	1.4	3.9	7.4	8.7	8.0

资料来源：路孚特《Carbon Market Year in Review（2018—2021）》。

市场集中时段交易对市场功能的破坏，故成为碳交易良好的定价工具。根据洲际交易所（ICE）、欧洲能源交易所（EEX）记录的最新数据，最近一年（2021年3月1日—2022年2月28日）EU ETS配额期货成交量高达100.59亿吨，现货成交量仅0.15亿吨，说明欧盟碳交易衍生品市场已相当发达，而这也为其提供了在国际上进行碳定价的市场地位，反过来推动该市场的发展。相比之下，中国目前的碳配额衍生品交易少量存在于场外市场，官方性质的衍生品交易平台仍在筹建中①，市场定价和流动性管理能力暂时落后。（2）在交易产品方面，中国二级市场的碳交易产品主要来自强制和自愿减排产生的盈余配额，前者碳排放配额（Carbon Emissions Allowance，CEA）主要通过相关部门审核后有偿或无偿的发放，后者国家核证自愿碳减排量（China Certified Emissions Reduction，CCER）则由企业申请对减排项目的减排效果核证后取得，可在一定范围内用于交易和抵消排量。从表2中可以看到，尽管2017年起国内CCER核证暂停，但其交易量的增长整体上是快于强制配额交易的，2017—2021年交易量累计增长270%（同期强制减排交易量累计增长199%），占比经短期调整后有所提升（由2017年的36%提升至2021年的41%），这在一定程度上反映了企业减排意愿的变化。（3）在区域分布方面，通过整理各交易所披露的交易数据（表4），不难看出自全国碳交易市场启动以来，全国市场的交易规模占据国内市场的90%以上，而以广东为首的市场则占据试点市场交易的主要部分，因此从试点市场切换至全国市场缓解了国内不均衡的碳交易状况，有利于形成区域间协同发展的更为均衡的市场结构。

表 4 中国分市场碳交易规模

2021. 07. 16—2021. 12. 31②	全国碳交易市场	试点碳交易市场							
		北京	上海	广东	深圳	天津	重庆	湖北	福建
碳交易量（万吨）	17 862	142	82	582	200	6	75	471	222
合计（万吨，括号内为占比）	17 862（91%）	1 780（9%）							
碳交易额（亿元）	76.60	1.14	0.33	2.45	0.19	0.02	0.27	1.62	0.32
合计（亿元，括号内为占比）	76.60（92%）	6.34（8%）							

资料来源：全国各碳交易所、Wind。

①2021年11月工信部等四部门发布《关于加强产融合作推动工业绿色发展的指导意见》，支持在广州期货交易所探索建设碳期货市场。

②为保证统计口径一致，各市场均选取2021年7月16日—12月31日之间的交易数据。

项目型市场规模与结构

项目型的碳交易类似于一种“国际政策期货”，也即是国家之间的政策安排推动产生的减排项目建设，建成并经过审核后方可交割，因此在达成协议到项目竣工之间的时间就存在较高的政策风险和交易对手风险。2002年起中国逐步加入全球CDM交易，彼时正值发达国家市场核证减排量（CER）交易高峰，全球参与热情高涨。根据联合国公布的数据，2008—2014年间中国CDM注册项目持续领先其他发展中国家，这也成为国内项目型市场的阶段性巅峰。然而进入2013年后，以EU ETS为首的碳交易市场面临短期内CER供给过多的情况，加之政策逐步收紧导致需求持续减少，供需共同作用下国际市场上CER的交易规模大幅度减小，中国作为CER的供给国也受到影响。因此，2012年起中国开始建设自己的自愿减排体系，推出国家核证自愿碳减排量（CCER），获得此类碳信用的企业可在相应的试点碳交易市场进行交易。2017年，为对CCER体系进行优化，国家叫停了项目备案过程，市场仅可对存量CCER进行交易。截至2021年4月，根据发改委披露的数据，中国目前共有2 871个CCER审定项目、861个备案项目以及254个减排量备案项目。然而根据世界银行披露的数据（表5），这其中被国际上认可的属于CDM范畴的独立项目并不多，截至2019年只有287个累计注册项目，加上

表 5 中国及世界主要机制下 CDM 注册情况（截至 2019 年）

碳信用机制		项目名称	隶属于CDM范畴累计注册数	碳信用累计发放量（百万吨二氧化碳当量）
中国	中国温室气体自愿减排计划	CCERs	287	53
	福建林业碳汇抵消机制	FFCERs	12	2
	广东碳普惠抵消信用机制	PHCERs	48	1
	北京林业碳汇抵消机制	BFCERs	4	0.2
合计（占全球比例）			351（2.08%）	56.2（1.45%）
国内机制合计				391
独立机制合计				616
国际机制合计				2 874
全球合计			16 854	3 881

资料来源：世界银行《State and Trends of Carbon Pricing（2020）》。

表 6 中国 CCER 中完成减排量备案项目情况（截至 2021 年 4 月）

细分领域	风力发电	光伏发电	农村户用沼气	水力发电	生物质发电	瓦斯发电	天然气发电	其他
项目数占比	35%	19%	16%	13%	6%	2%	2%	7%
减排量占比	24%	5%	12%	25%	5%	5%	11%	13%

资料来源：中创碳投，http://www.sinocarbon.cn。

区域试点的部分仍只占全球数量的2%，对应碳信用的排放量不足1亿吨，在国际市场的比重更低。可以看到，由于减排项目的审核存在不确定性，监管机制尚不完善，国际和国内的自愿减排体系都面临监管难题，从而出现市场供需错位和增长速度放缓的问题，并且由于中国自主建设该项目的时间较晚，相对而言更不成熟。

从市场结构来看：（1）在行业分布方面，完成减排量备案的254个CCER的减排量可在碳交易市场上进行买卖，作为配额交易的补充机制帮助企业完成清缴，其中，根据中创碳投的数据（表6），从细分行业的视角来看风力发电和水力发电

表 7 全球主要配额型市场碳交易体系覆盖全球碳排量比例

国家/地区	代表市场	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
中国	National & Pilot ETS	1.49%	2.09%	2.08%	2.45%	2.45%	2.45%	2.45%	2.45%	8.59%
欧盟	EU ETS	4.26%	4.06%	4.11%	4.11%	4.11%	4.11%	4.11%	4.11%	3.14%
美国	RGGI	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.30%
	California CaT	0.23%	0.23%	0.69%	0.69%	0.69%	0.69%	0.69%	0.69%	0.65%
加拿大	Alberta TIER	0.24%	0.25%	0.24%	0.24%	0.24%	0.24%	0.24%	0.24%	0.28%
	Québec CaT	0.05%	0.04%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.11%
韩国	Korea ETS	—	—	0.90%	0.90%	0.90%	0.90%	0.90%	0.90%	0.95%

资料来源：世界银行《Mapping Carbon Pricing Initiatives: Developments and Prospects（2013）》《State and Trends of Carbon Pricing（2014—2021）》。

表 8 全球主要配额型市场碳交易体系覆盖当地碳排量比例

国家/地区	代表市场	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
中国	National & Pilot ETS	40%~50%	35%~60%	35%~60%	35%~60%	35%~60%	—①	—	—	21%~37%
欧盟	EU ETS	45%	45%	41%	41%	41%	41%	41%	49%	39%
美国	RGGI	20%	20%	21%	21%	21%	21%	18%	18%	23%
	California CaT	35%	35%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	80%
加拿大	Québec CaT	30%	30%	85%	85%	85%	85%	—	—	78%
韩国	Korea ETS	60%	60%	66%	68%	68%	68%	70%	70%	74%

资料来源：世界银行《Mapping Carbon Pricing Initiatives: Developments and Prospects（2013）》《State and Trends of Carbon Pricing（2014—2021）》。

① 世界银行对2018—2020年中国各交易所及所在地区数据进行了合并，与其他年份不具有可比性，故在此处略去；加拿大魁北克碳交易市场2019—2020年同理。

项目覆盖的碳排量占比近50%，是国内发展较为成熟的清洁能源领域，也是CCER体系的重要组成部分。（2）在区域分布方面，目前在自愿减排机制下国内受认可的CDM来自国家统一市场和试点市场（表5），其中前者（CCERs）仍是主要构成部分，地区（FFCERs、PHCERs、BFCERs）之间发展极不平衡，并且受CDM认可的项目仅占审定CCER的约10%，可见高标准建设的减排项目尚未主导中国项目市场。由此可以看出，不论是配额还是项目交易，中国市场的发展水平都较低，在全球的占比较小。

覆盖碳排量

除了对市场碳交易量进行分析外，本文对世界主要碳交易体系覆盖的碳排量比例也进行了梳理（表7、表8），由于项目型市场多以跨国形式存在，其覆盖的碳排量不便于计入单个国家和地区，此处不作讨论。可以看到，作为碳排量大国，2021年全国碳交易市场启动后中国碳交易覆盖的碳排量超过欧盟成为全球第一，反映出中国可供交易的碳排量很大。与此同时，由于前期只包含电力等部分行业，中国的试点碳交易市场覆盖的碳排量在当地总碳排量中的占比长期保持在20%～60%，从区域市场的角度来看，与美国RGGI、加州交易所以及加拿大魁北克交易所相比，国内试点市场覆盖碳排量比例处于中等偏下水平，部分试点市场如重庆等发展水平仍然较低，即便纳入全国市场后覆盖比例将保持在30%以上、接近欧盟水平，但与邻国韩国相比仍然较低，因此从渗透率来看中国碳交易市场仍有提升空间。

不难看出，基于可供交易总量的视角中国碳交易市场规模处于绝对领先地位，然而结合上文对于实际交易规模的分析，目前国内碳交易市场活跃程度大幅落后，呈现市场规模较小、深度不足的情况。本文认为造成以上差距的主要原因在于：（1）起步时间较晚。中国属于发展中国家，根据《京都议定书》的安排需从2012年起承担减排任务，与欧盟、加拿大、美国等相比平均落后5年左右。（2）涉及领域和准入主体较少。根据国家发改委2017年12月发布的《全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）》，目前中国碳交易仍主要覆盖发电行业，仅部分试点市场纳入供水、建材、造纸、航空等领域主体，相比之下发达国家和地区碳配额交易涉及领域更为丰富，纳入交易范畴的排放量更大。此外，国内仅部分试点市场允许控排企业以外的其他主体参与交易，全国市场则只允许控排企业参与，而欧美等地区允许包括金融机构及其他投资者在内的市场主体参与其中，放大了市场交易量。（3）政策导向较强。目前中国碳交易过程政策属性较强，市场化调节力度不够，市场主体自发参与交易的意识较弱。

中国碳交易市场发展的影响因素

如前文所述，21世纪初以来中国碳交易市场的发展程度显著提升，然而整体来看，一方面，中国碳交易市场与发达市

场之间仍存在一定差距，市场渗透水平较低，市场主体参与程度不高；另一方面，单就国内市场而言，全国市场以及各试点市场之间发展不均衡，在诸多方面存在较大差异，这在一定程度上不利于全国统一大市场的构建。为对中国碳交易市场的综合发展提出更具针对性的政策建议，本文进一步对市场发展背后的影响因素进行研究。

研究设计

考虑到项目型市场受政策调节的影响较大且目前仅为存量交易状态，相比之下配额型市场参与自由度与市场化水平更高，因此本章研究主要围绕中国配额碳交易市场展开。进一步地，由于全国碳交易市场成立时间较短，覆盖期间不足一个完整的履约周期，因此主要对8大试点市场进行研究，揭示中国碳交易市场发展水平的区域性差异及其成因。

如表9所示，参考易兰 等（2018）、陈智颖 等（2020）的做法，本文主要从市场规模、市场运行效率和市场风险水平三个方面对碳交易市场发展水平进行讨论，为确保不同试点市场之间数据的可比性，本文选择计算过程相对简单的变量进行度量，其中市场规模分别用碳交易量、碳交易额表示，市场运行效率分别用有效交易日比例、交易量集中度表示，市场风险水平分别用碳交易价格对数、对数收益率的标准差表示。解释变量方面，同样参考易兰 等（2018）、陈智颖 等（2020）的做法，本文从供需两个角度选定中国碳交易

表 9 变量定义表

变量		符号	定义和度量
被解释变量	市场规模	*Volume1*	碳交易市场交易量（万吨二氧化碳）
		Volume2	碳交易市场交易额（亿元）
	市场运行效率	*Efficiency1*	有效交易日比例（%）①
		Efficiency2	交易量集中度（%）②
	市场风险水平	*Risk1*	碳交易价格对数的标准差
		Risk2	碳交易价格对数收益率的标准差
解释与控制变量		*Economy*	人均GDP（万元）
		Structure	第二产业占比（%）
		Energy	能源强度（吨标准煤/万元），=能源消费总量/GDP
		Carbon	碳强度（吨二氧化碳/万元），=碳排量/GDP
		R&D	研发投入（亿元），取各地区研究与试验发展经费支出
		Market	市场虚拟变量（部分情况使用），控制各试点碳交易市场的固定效应，北京、上海、广东（除深圳）、深圳、天津、重庆、湖北和福建市场依次记为1~8

①有效交易日比例=年度发生交易的交易日数量/交易日总数。

②交易量集中度=年度交易量前20%交易日的交易总量/年度交易总量。

市场发展的影响因素，供给方面主要考察政府创新投入，需求方面主要考察产业结构、能源消耗情况以及碳排放情况，此外经济发展水平既是节能减排的推动力量，也能间接影响市场主体的参与热情，因此对供需两端都有影响，其中，以人均GDP代表经济因素，第二产业占比代表产业结构因素，能源强度代表能源消耗因素，碳强度代表碳排放因素，研发经费支出代表政府创新投入因素。此外，本文引入市场虚拟变量，以期控制各试点碳交易市场的固定效应，探究各市场发展水平存在差异的具体原因。配额核算与分配方面，目前全国碳交易市场使用基准法进行配额量核算，区域试点市场则使用多种方法进行核算，尽管这些方法在应用上存在差异，但整体均为参照企业过去或行业整体的实际排放情况进行计算，随后采用免费为主、有偿为辅的方式进行分配。考虑到中国碳配额交易仍处于发展早期，各市场分配政策整体保持稳健，由配额总量设定及分配带来的市场供需波动相对有限，因此本文未引入相关指标进行单独讨论。本文选取2013年以来先后成立的8家试点碳交易所及其所在地区为初始样本，数据取自各碳交易所、国家统计局、各省市统计局、中国能源统计年鉴、各省市统计年鉴、中国碳核算数据库、Wind，部分指标为手动计算，其中涉及广东省的各项数据均已拆分为广东（除深圳）和深圳两部分。

$$Y_{i,t}=\alpha_0+\alpha_1\times Economy_{i,t}+\alpha_2\times Structure_{i,t}+\alpha_3\times Energy_{i,t}+\alpha_4\times Carbon_{i,t}+\alpha_5\times R\&D_{i,t}+\varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$Y_{i,t}=\alpha_0+\alpha_1\times Economy_{i,t-1}+\alpha_2\times Structure_{i,t-1}+\alpha_3\times Energy_{i,t-1}+\alpha_4\times Carbon_{i,t-1}+\alpha_5\times R\&D_{i,t-1}+\varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

其中i=1，2，…，8，α为截距项以及各解释变量的系数，ε为残差项，对市场规模影响因素进行研究时因变量Y取*Volume1*、*Volume2*，对市场运行效率影响因素进行研究时取*Efficiency1*、*Efficiency2*，对市场风险水平影响因素进行研究时取*Risk1*、*Risk2*。实证模型（1）使用当期回归，由于目前各省市能源消费总量、碳排量数据仅更新至2020年，因此t=2013，2014，…，2020。在此基础上，考虑到经济发展、能源使用、碳排放以及研发投入等因素的影响可能不会在当期显现，例如某地区上一期的研发投入较大使得企业在节能减排方面取得技术进展，从而具备自愿减排的能力，那么下一期这种改变将使得企业获得多余的可交易配额并反应在碳交易过程中，因此，本文在实证模型（2）中使用滞后一期回归，考察各解释变量影响的时滞，此时t=2013，2015，……，2021。进一步地，对市场规模被解释变量和解释变量进行固定效应的冗余变量似然比检验和Hausman检验，然后将被解释变量依次替换为市场运行效率和市场风险水平重复该过程。检验结果显示，对三类被解释变量的检验采用固定效应变截距模型的效果均优于混合回归模型，其中对市场规模和市场风险水平的检验应使用随机效应模型，对市场运行效率的检验应使用固定效应模型，即，当Y=*Efficiency*时，实证模型（1）

和（2）中还需引入市场虚拟变量Market以控制固定效应。

实证结果与分析

描述性统计分析

对有效样本进行描述性统计分析（表10），发现：（1）中国区域市场发育水平不一，碳交易规模差异较大，尤其是交易额方面，50%以上的样本显示年度成交额不足1亿元；（2）市场运行效率方面，一半以上的样本显示年度发生交易的交易日数量占比已超过70%，但其中仍由少量的交易日实现了全年主要交易任务，体现在年度交易量前20%交易日的交易总量在全年交易量中的比例超过50%，约一半样本甚至超过90%，不符合市场运行规律；（3）从市场风险来看，不论是碳交易对数价格还是对数收益率的标准差其跨度都比较大，意味着交易过程中存在较强的不确定性。

实证结果分析

附表1①报告了市场规模影响因素的实证检验结果。模型（1）一栏对当期数据进行研究，回归结果表明：产业结构中第二产业占比对市场碳交易规模有正向作用，第二产业占比每提高1%意味着该地区碳交易市场交易量增加7 454.03万吨二氧化碳、交易额提高11.66亿元；研发投入水平同样对碳交易市场增长有正向作用，研究与试验发展经费支出每增加1亿元，对应该地区碳交易市场交易量增加1.63万吨二氧化碳、交易额提高0.003亿元，其原因可能是研发投入推动了包括节能减排在内的技术进步，意味着企业可以节省一部分碳排放配额从而用于交易，相比之下第二产业增长产生的碳排放和交易需求是带动碳交易市场规模扩张的主要因素。模

表 10 变量描述性统计

VARIABLES	N	St. Dev	Mean	Min	p5	p25	Median	p75	p95	Max
Volume1	58	856.593	571.357	0.260	1.720	101.134	241.791	717.456	2 686.046	4 538.358
Volume2	58	1.694	1.267	0.001	0.004	0.158	0.711	1.827	3.956	8.543
Efficiency1	58	0.288	0.654	0.007	0.064	0.512	0.714	0.900	0.992	1.000
Efficiency2	58	0.116	0.878	0.556	0.665	0.817	0.899	0.981	1.000	1.000
Risk1	58	0.180	0.225	0.002	0.034	0.099	0.171	0.278	0.644	0.782
Risk2	58	0.089	0.107	0.014	0.032	0.052	0.084	0.141	0.296	0.469
Economy	58	4.092	10.301	4.714	4.791	6.662	10.005	12.899	18.313	20.349
Structure	58	0.096	0.381	0.158	0.165	0.341	0.410	0.449	0.487	0.506
Energy	58	0.128	0.388	0.160	0.182	0.298	0.385	0.499	0.596	0.602
Carbon	58	0.255	0.674	0.249	0.265	0.464	0.690	0.839	1.124	1.153
R&D	58	508.333	956.433	201.900	302.200	526.800	850.939	1 328.280	1 969.090	2 326.600

①附表1~3为增强出版，读者可在中国知网—《金融市场研究》2023.04期查询。

型（2）一栏对滞后一期数据进行研究，回归结果显示当期产业结构和研发投入对下一期碳交易仍有正向作用，第二产业发展产生的排放需求以及研发与技术突破产生的配额供给均对市场规模有正向作用；相反，经济因素对市场交易有一定抑制作用，人均GDP每提升1万元意味着该地区碳交易市场交易量减少75.56万吨二氧化碳、交易额减少0.17亿元，推测原因可能为，在当前各试点碳交易市场仍处于成长初期的情况下，参与碳排放的经济效益暂未显现出来，而随着经济发展居民及企业环保意识逐步提升，市场主体超额排放的可能性降低，参与碳交易的意愿有所减退，从而导致碳交易需求减少。

附表2报告了市场运行效率影响因素的实证检验结果。经济因素在模型（1）和模型（2）中均对市场效率有负向影响，对于市场整体发展尚不成熟的国内市场而言，一方面经济较为发达地区的碳交易量虽然较大，但是套利行为比较严重，导致其市场效率反而偏低；另一方面，经济发展也意味着企业效益良好，这使得市场参与者对于不能按规排放与及时清缴的容忍度增强，因此参与碳交易的积极性也随之降低。此外根据模型（1）一栏的回归结果，第二产业占比对有效交易日比例有正向作用，第二产业占比每提高1%，有效交易日比例提高约4.70%，这是因为第二产业的增长产生了潜在的排放和交易需求，有利于活跃碳交易市场；碳强度对有效交易日比例有负向作用，碳强度每提高1吨二氧化碳/万元，有效交易日比例降低约1.42%，而这种影响在滞后模型中不再显著。研发投入变量的回归系数不具备经济学意义上的显著性，此处不作讨论。

附表3报告了市场风险水平影响因素的实证检验结果。可以看到不论是模型（1）还是模型（2），第二产业占比的提升对碳交易市场风险都有较为显著的正向作用，这是由于第二产业中的企业往往单个排放量较多，第二产业占比提升意味着部分企业在相同的交易期间需要买卖更多配额，因此对市场价格的冲击更大；与此同时，考虑到当前碳交易主要针对第二产业的企业，因此当期第二产业占比的提升也将引发监管当局采取相关行动解决由此产生的环境问题，如加强排放监管、配额审核等，而这些外生变量很可能对碳交易市场形成冲击。与之相反，碳强度的提升对碳交易市场的风险有一定负向作用，尤其是在滞后模型中这种负面影响更强，其原因可能是市场主体需要每年向有关部门汇报当年实际碳排量从而获得下一年的排放配额，而当年较高的碳排量可能使得企业获得更多配额，其交易需求将有所减弱，履约带来的市场短期冲击将有所缓解。实证模型（2）的回归结果显示，能源强度升高对下一期的碳交易市场风险有正向作用，当期每万元GDP产生的能源消费量每增加1吨标准煤，下一期碳交易价格对数收益率的标准差就升高

0.7389，推测这一影响可能也源自国家对高耗能企业的监管政策；此外，尽管经济因素对收益率波动有较为显著的正向影响，但考虑到回归系数仅为0.0099，即人均GDP每提升1万元碳交易价格对数收益率的标准差将有不到0.01的提升，不具备经济学意义上的显著性，同理研发投入对当期和下一期碳交易市场风险水平的影响也不具备显著的经济学意义。

主要结论与政策建议

本文对中国碳交易市场的发展进行了定性与定量研究，重点测算了其规模和结构并与国际上的发达碳交易市场进行对比，在此基础上对国内区域市场发展水平的影响因素进行探究。研究结果表明：（1）市场发展现状方面，尽管中国碳交易市场可供交易总量优势明显且仍有非常大的增长空间，但不论从强制减排还是自愿减排的角度来看实际交易规模都不高，市场活跃程度显著落后于发达国家和地区的碳交易市场，并且缺少统一的衍生品交易市场，缺乏风险管理和套利的途径导致市场参与者积极性不高。（2）影响因素方面，各试点市场发展水平主要受当地经济水平、产业结构、碳强度以及研发投入等因素的影响，而这些因素在当前的八个市场之间存在较大差异，一定程度上导致了全国碳交易市场发展不均衡的情况。综合上述分析，中国碳交易市场经过近二十年的发展已初步成形，但与发达国家和地区的碳交易市场相比规模仍然较小，市场渗透率不高，地区之间发展较为不均衡，整体来看政策属性依然强于金融属性。

作为中国实现碳达峰和碳中和目标的重要抓手，节能减排已成为经济和社会发展绕不开的话题，除了对相关产业的发展建设进行政策引导外，碳交易作为一种市场化的调节机制，有望对市场主体形成更深层次的激励作用。基于以上研究结果，为进一步发挥碳交易的积极意义、提高中国碳交易市场发展水平，本文提出以下三条政策建议：（1）针对中国碳交易主体参与度不高、市场交易规模偏小的问题，应加大全国碳交易市场建设力度，在以发电行业为主导的基础上涵盖更多领域、覆盖更大的碳排量，同时改良市场机制，逐步引入并推广配额拍卖等更为市场化的分配方式，为更多企业和个人提供参与交易的机会的动力，更好地发挥碳交易市场的资源配置作用；另外在自愿减排方面，作为对配额交易方式的有力补充，针对建设期较长的主动减排项目应尽早完善和恢复核证自愿减排量的管理体系，以加强激励效果。（2）针对试点市场之间发展不均衡的情况，应增进试点碳交易市场之间的联系，提高各地区间的政策互通性，避免出现试点市场各自为战的情况，为尽快形成国内统一市场做好准备；同时，应为碳交易市场的发展提供良好的外部环境，加快产业结构转型，持续探索经济高质量增长路径，同时要加大创新产业投入，调动企业参与碳减排事业的积极性。（3）针对中国碳交易市场政策属性较强、金融属

性偏弱的情况，应尽快启动碳配额衍生品市场，为市场参与者提供套期保值等风险管理手段，提高市场活跃度，同时也有助于发挥衍生品交易的定价功能，为中国这一碳排放大国争取到更强的碳排放定价权。N

学术编辑：曾一已

参考文献：
[1] 陈智颖,许林,钱崇秀.中国碳金融发展水平测度及其动态演化[J].数量经济技术经济研究,2020,37(08):62-82.
[2] 刘明明, 论中国碳金融监管体制的构建[J].中国政法大学学报, 2021(5): 42-51.
[3] 鲁政委, 叶向峰, 钱立华, 方琦. “碳中和”愿景下我国碳市场与碳金融发展研究[J].西南金融, 2021(12): 3-14
[4] 石敏俊,袁永娜,周晟吕,李娜.碳减排政策:碳税、碳交易还是两者兼之?[J].管理科学学报,2013,16(09):9-19.
[5] 徐晓飞.中国碳金融市场发展的评价体系研究[J], 经济研究导刊, 2020(2): 154-156.
[6] 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, 28(4): 94-109.
[7] 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, 28(2): 134-140.
[8] Hepburn C. Carbon trading: a review of the Kyoto mechanisms[J]. Annu. Rev. Environ. Resour., 2007, 32: 375-393.
[9] Hasselknippe H. Systems for carbon trading: an overview[J]. Climate Policy, 2003, 3(sup2): S43-S57.
[10] Johnson E, Heinen R. Carbon trading: time for industry involvement[J]. Environment International, 2004, 30(2): 279-288.
[11] Perdan S, Azapagic A. Carbon trading: Current schemes and future developments[J]. Energy policy, 2011, 39(10): 6040-6054.

Research on China's Carbon Trading Market: Scale, Structure and Influencing Factors

MA Yong　LI Meiyi
(School of Finance, China Financial Policy Research Center, RUC)

Abstract Promoting the development of carbon trading market has become an important part of the overall national energy and environmental strategy. This paper makes a qualitative and quantitative analysis of the evolution of China's carbon trading market and examines the reasons for the imbalance in regional development to date. The research results show that the scale of carbon trading in China is small, the market activity lags behind that of developed countries, the product mix and market structure are unevenly developed, and there is a lack of unified venues for trading derivatives. These factors all lead to insufficient market liquidity. The paper also finds that the development level of each pilot carbon trading market in China is mainly influenced by the carbon intensity, the general level of economic development, the industrial structure, and the extent of investment in research and development in each location. These factors differ greatly from market to market, thereby contributing to the regional imbalances in domestic carbon trading markets. The paper also makes policy recommendations to promote the development of China's carbon trading market.

Keywords Carbon Trading, Carbon Emission Reduction, Carbon Peaking, Carbon Neutrality
JEL Classification D45　O25　Q01