

全球碳市场发展现状综述及中国碳市场建设展望

秦博宇¹, 周星月¹, 丁 涛¹, 师 文¹, 李恒毅¹, 文 亚²

(1. 西安交通大学电气工程学院, 陕西省西安市 710049; 2. 全球能源互联网发展合作组织, 北京市 100031)

摘要: 近年来, 由于全球工业化进程加快, 化石能源消耗巨大, 碳排放量居高不下, 极端天气频繁发生。为了缓解减排压力, 《京都议定书》提出了碳排放权交易机制, 碳市场建设在欧洲、北美、中南美洲以及东亚及东南亚等地区普遍开展。中国作为全球最大的发展中国家也进一步建立了国家层面的碳市场。中国碳排放量持续位居世界首位, 减排任务迫切, 全球碳市场发展经验对中国碳市场建设具有重要借鉴意义。首先, 介绍了全球主要碳市场的建设历程及发展现状。其次, 总结归纳了各国碳市场的关键机制, 评价了市场运行效果。然后, 结合市场运行实际, 分析了中国未来碳市场发展面临的难点和挑战。最后, 探讨了中国未来碳市场的发展方向及机制设计, 并从碳市场互联的角度提出了中国及周边国家的新型减排合作模式。

关键词: 碳市场; 碳排放; 碳中和; 中国碳市场建设

0 引言

近年来, 全球工业化进程加快, 碳排放量由1998年的241.5亿t跃升至2021年的363亿t^[1], 在能源尚未实现大规模低碳转型的情况下, 预计未来20年内全球气温将继续升高^[2]。为应对气候变化带来的挑战, 各国政府先后达成了一系列国际气候公约。1995年, 签署了《联合国气候变化框架公约》, 首次确定了国际基本减排合作框架。1997年, 签订了《京都议定书》, 提出了强制性量化减排目标, 规定了各国减排义务。此后的《巴厘行动计划》、哥本哈根会议、德班会议等对既有减排规定做出了补充和完善。2015年, 《巴黎协定》的签署进一步明确了2020年以后的国际气候治理格局及减排合作模式, 提出了全球减排新目标。2021年, 通过了《格拉斯哥气候协议》, 完成了对《巴黎协定》中市场机制、透明度等实施细则谈判。

碳排放权交易机制被视为有效的减排途径。《京都议定书》时期便鼓励各国通过碳排放权交易机制减排, 《巴黎协定》进一步形成了新一代国际碳减排交易机制^[3]。截至2022年1月, 全球已有25个碳排放权交易体系生效, 覆盖了全球约17%的温室气体排放量^[4]。其中, 欧洲、北美以及东亚等地区碳市场发展基础较好: 欧盟碳市场是全球最早启动的碳市

场, 也是首个超国家规模碳排放权交易体系; 北美地区的美国、加拿大碳市场较为成熟, 尽管尚未形成国家层面的碳排放权交易体系, 但地区级碳市场特色鲜明, 如美国的加州碳市场、区域温室气体倡议(Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI)和加拿大的魁北克碳市场等。同时, 墨西哥也顺利过渡到了全国碳市场阶段。东亚地区碳市场发展同样各具特色: 中国顺利建成了全国碳市场^[5]; 日本以地区碳市场为主, 同步开展了国家级自愿碳排放权交易; 韩国国家级碳市场平稳运行^[6]。大洋洲新西兰、中亚哈萨克斯坦也建成了全国碳市场。此外, 还有22个碳市场正在建设或考虑中, 主要集中在东南亚和南美洲。南亚、西亚、北非及撒哈拉以南地区则暂无碳市场发展。

中国碳排放体量巨大, 2021年碳排放量超过119亿t^[1], 约占全球的1/3, 减排需求迫切。碳交易与碳税均为有效的碳定价机制, 相比于碳税, 碳交易更适用于碳排放强度较高、交易成本较低的领域^[7], 符合目前中国等发展中国家的减排需求^[8]。作为碳排放大国, 中国碳市场的建设对全球气候治理进程有着至关重要的影响, 如何兼顾减排与经济的发展、探索符合中国实际的碳市场发展模式成为亟须解决的难题。此外, 中国周边多为发展中国家, 碳排放量逐年上升, 环境问题持续恶化, 对中国的环境治理产生了不容忽视的影响, 中国的减排道路与周边及世界各国息息相关, 实现减排目标需要各国的通力合作。国际碳市场为减排合作提供了新模式。然而,

收稿日期: 2021-09-12; 修回日期: 2022-04-23。

上网日期: 2022-09-22。

国家自然科学基金资助项目(52177112)。

当前国际碳市场处于全球割裂的局面,国际规则由发达国家主导建立^[9]。中国参与国际碳市场能与其他国家加强技术交流,建立友好合作关系,提高国际合作话语权,避免被边缘化的情况。同时,能够提高市场流动性,减少跨国“碳泄漏”的风险^[10]。

然而,中国碳市场存在市场规模有限、市场机制不健全等问题,且与其他国家的减排合作不够深入,难以切实有效地缓解减排压力。因此,本文从全局角度出发,总结了各大碳市场的运行经验,展望了未来中国碳市场发展及国际减排合作模式。本文结构如下:首先,全面、系统地梳理了全球主要碳市场的发展现状;其次,对比各大碳市场的交易模式,立足中国实际,分析中国碳市场建设的不足及参与国际碳市场面临的挑战;最后,借鉴欧美等碳市场运行经验,分别从国内与国际层面提出了中国碳市场发展建议,并从减排角度展望了未来中国电、碳市场的协同运行模式。

1 全球主要碳市场现状

目前,全球碳市场主要集中在欧洲、北美及东亚地区。其中,欧洲、北美等发达地区最早启动了碳市场建设,碳市场发展已相对成熟;东亚地区中、日、韩三国率先对碳排放权交易机制进行了探索,分别建立了地方特色型碳市场和国家级碳市场;泰国、菲律宾、越南等东南亚国家也在同步考虑引入碳排放权交易制度,筹备碳市场的建设。

1.1 欧洲碳市场

欧盟碳市场是全球历史最悠久、规模第二大的碳排放权交易体系,同时也是欧盟应对气候变化政策的基石,其由欧盟成员国组成,管控欧盟约40%的碳排放量,对欧洲气候治理具有重要作用^[11]。

1) 欧盟碳市场发展历程

欧盟碳市场起步较早:1998年,欧盟委员会首次提出了建立欧盟减排交易体系的想法;2003年,欧盟议会通过了欧盟碳市场指令,并将其作为欧盟碳市场的法律准则,统一规定了欧盟碳市场的覆盖范围、配额分配方案等相关程序。2005年,欧盟碳市场正式运行。目前,欧盟碳市场已经历了4个发展阶段^[11]:阶段1(2005—2007年),该阶段为摸索阶段,旨在积累碳市场运行经验,不强制完成减排目标;阶段2(2008—2012年),该阶段将减排任务划分至各成员国,各国需按时完成履约目标;阶段3(2013—2020年),该阶段为成熟发展阶段,基于前2个阶段的经验教训对市场制度进行了改革;阶段4(2020年至今),该阶段为实际减排阶段,旨在收紧

碳配额上限,发挥碳价格信号引导效应,实现减排目标。目前,欧盟碳市场正处于阶段4,并将根据2030年减排目标缩减总量范围,加大减排力度。

2) 欧盟碳市场发展现状

欧盟碳市场经过十余年的运行,积累了较为丰富的碳市场建设经验^[11]。在覆盖范围方面,欧盟碳市场行业覆盖范围广泛,纳入了发电、钢铁、水泥、玻璃等生产制造业以及商业航空公司等行业,覆盖欧洲约40%的碳排放量。

在碳配额总量方面,碳配额总量逐年收紧。前两阶段的碳配额总量为“自下而上”制定方式,由各成员国上报限额总和,但出现了供大于求、碳价长期低迷的局面;到了阶段3,碳配额总量改为“自上而下”分配,由欧盟层面统一设定,再分配至各成员国,总量每年线性递减。其中,阶段3的碳配额总量按1.73%速度递减,阶段4航空、固定污染源的碳配额总量每年减少2.2%。

在碳配额分配方面,欧盟碳市场的碳配额发放主要包括免费发放与拍卖两种,碳配额分配由松至紧。在前2个阶段,碳配额发放以免费发放为主,以强调控排主体对碳市场的适应;到了阶段3和阶段4,碳配额发放以拍卖为主,拍卖比例提高至57%,以强调市场的减排约束作用。

在碳市场灵活机制方面,欧盟碳市场建立了碳配额补充机制,允许减排企业在一定限度内使用欧盟外的减排信用以抵消配额缺口,但同时严格控制抵消上限。此外,还引入了市场稳定储备机制以保证配额的及时供应。

在碳排放核查履约方面,建立了碳排放监测核算、报告与核查(monitoring, report and verification, MRV)制度,在核算、报告、履约方面提出了明确的要求。其中,欧盟履约力度较为严格,若减排企业履约失败,则根据100欧元/tCO₂的处罚标准对超出且未能对冲的碳排放差额承担相应的处罚。

欧盟碳市场碳价格信号较为强劲,2020年平均碳价为28.55美元/t,这是由于欧盟碳市场碳配额分配机制设置较为合理,避免了市场供大于求的现象,且增设了较为稳健的碳价格稳定机制,能够将碳价格稳定在合理范围内。

1.2 北美碳市场

北美碳市场起步较早,其中美国和加拿大碳市场发展较为成熟,可按区域分为两类:一是各国内部碳市场,如美国RGGI、美国加州碳市场、加拿大魁北克碳市场等;二是应对气候合作项目,如西部气候倡议(Western Climate Initiative, WCI)、中西部温室

气体减排协定等。本文将重点介绍美国加州碳市场、RGGI以及魁北克3个典型碳市场。

1) 北美碳市场发展历程

美国的气候政策跌宕起伏,碳市场发展一波三折。1963年出台了《清洁空气法》及其修正案,首次将总量控制与排放交易制度法律化^[12]。乔治·布什执政时期(2001—2008年),政府减排态度消极,拒绝签订《京都议定书》,联邦层面的碳市场法案推进受阻:2005年,美国康涅狄格、特拉华和缅因等9个州签订了RGGI框架协议,形成了美国首个温室气体排放贸易体系^[13];2007年,美国加州等西部7个州和加拿大中西部4个省签订成立WCI,建立了综合性碳市场^[14]。2009年,《清洁空气法》纳入了CO₂,成为了碳排放权交易制度的法律基础。2013年,加州碳市场正式启动。

加拿大作为北美发达国家之一,碳市场发展也较为成熟。2009年,魁北克省通过了《环境质量法案》,奠定了碳市场法律基础;2011年,发布了《关于碳排放权交易的规定》,公开了碳市场相关运行规则。2013年,正式启动魁北克碳市场,次年与加州碳市场链接,形成了北美最大的碳市场^[15]。安大略省于2016年通过了《减缓气候变化和低碳经济法案》,并于2017年正式启动了安大略省碳市场。

2) 北美碳市场发展现状

北美碳市场严格控制碳配额的发放数量,且重视碳价格稳定机制的建设,整体运行效果较好。

加州碳市场自2007年以来一直是WCI的一部分,覆盖了加州80%的温室气体排放,是美国较为成功的碳市场之一。值得注意的是,加州碳市场纳入了交通、电力和工业等绝大部分经济部门,碳配额总量根据减排目标逐年递减,削减因子由第1阶段的1.9%逐渐上升至第4阶段的4%。碳配额分配以免费和拍卖为主,且拍卖比例逐年提高,2020年高达58%。控排主体还可参加抵消项目,但为避免配额发放过于宽松,可抵消额度逐年降低。此外,加州加强了碳价格稳定机制的建设,增设了碳价格阈值,防止价格波动幅度过大。总体而言,加州碳市场自启动以来,碳价格较为稳定,2020年平均碳价为17.04美元/t,市场交易较为活跃。

RGGI是美国首个区域型强制性温室减排协议,仅纳入了电力行业^[13]。RGGI碳配额发放严格,不仅碳配额总量逐年递减(2014—2020年减排系数为2.5%,2021—2030年已调高至3%),而且碳配额全部有偿拍卖。在碳市场灵活机制方面,设置了碳配额抵消机制,通过缩小抵消比例和来源控制抵消

配额供给。此外,RGGI格外重视碳价格稳定机制的设计,设置了碳价格上下阈值,避免出现过高或过低的碳价格波动情况。经过几年运行,RGGI碳价相对稳定,但由于覆盖主体较为单一,碳价水平相对较低,2020年均价仅为7.06美元/t。

魁北克碳市场是加拿大主要的地区型碳市场,其覆盖了当地约78%的碳排,纳入了电力、工业、交通等部门。碳配额总量自2015年起逐年递减,碳配额发放以免费和拍卖为主,并采取有差别的分配方式,其中对于存在“碳泄漏”风险的行业采取部分免费发放形式,对于电力等高碳排行业采取100%拍卖方式。此外,在碳价格稳定方面,设置了碳价格控制储备机制,保持碳配额在市场中的流通性。在核查履约方面,未能履约的控排主体除了补缴对应配额之外,还需上缴3份配额作为惩罚。由于魁北克碳市场严格控制碳配额的发放,目前维持了较高的碳价格水平,2020年为16.97美元/t。

1.3 东亚碳市场

目前,东亚地区中、日、韩三国均已建立了碳排放权交易体系。中国现阶段碳交易试点与全国碳市场并行,并逐步向全国碳市场过渡;日本碳排放权交易体系以地区级碳市场为主,且实现了局部碳市场链接;韩国则建立亚洲首个国家层面的碳市场,现已完成两个阶段的市场交易。此外,三国就气候变化问题共同创建了中日韩环境部长会议机制,围绕碳定价及未来合作机制展开了多次研讨^[16-18],以加深气候减排合作。

1.3.1 中国碳市场

作为世界上最大的发展中国家,中国减排压力巨大。中国碳市场发展呈现由局部至整体的趋势,目前已建成全球规模最大的碳排放权交易平台。以下介绍中国碳市场的发展历程及关键运行机制。

1) 中国碳市场发展历程

为承担大国减排责任,履行减排义务,中国近年来始终保持积极的减排态度,不断探索碳市场建设。2011年计划开启两省五市碳排放权交易试点工作^[19]。2013年起陆续在深圳、上海、天津、北京、广东、湖北、重庆、福建共8个省市开展了碳交易试点^[20]。2014年,颁布了《碳排放权管理暂行办法》^[21],初步建立了全国碳市场基本框架。2017年发布了《全国碳排放权交易市场建设方案(发电行业)》^[22],提出以发电行业为突破口启动全国统一碳市场建设。2021年1月,发布《全国碳排放权交易管理办法(试行)》^[23],且于2021年2月施行,标志着全国碳排放权交易体系的正式运行。2021年7月,全

国碳市场正式启动。

2) 中国碳市场发展现状

中国碳市场分为碳交易试点和全国碳市场两个阶段。经过9年的建设,各试点形成了特色鲜明的交易制度,为全国碳市场的建立积累了丰富的实践经验。目前,各试点与全国碳市场并行,且逐步向全国碳市场过渡,重叠的行业由全国碳市场接管^[24]。以下分别介绍碳交易试点及全国碳市场发展。

中国碳交易试点均为总量控制型交易体系,市场交易体系较为完整,在行业覆盖范围、碳配额总量及分配、市场灵活机制以及核查履约等方面均做出了明确规定^[25]。在行业覆盖方面,多数试点纳入了电力、钢铁等行业^[26]。在碳配额分配方面,碳交易试点多数以免费分配为主^[27]。在市场灵活机制方面,建立了碳信用抵消机制以增强市场流动性,各试点碳配额抵消产品品种多样,如广东普惠核证减排量^[28]、福建林业核证减排量^[29]、天津无须由国家登记的自愿减排量等^[30]。此外,多数试点还通过价格设限、政府干预等手段调控市场价格。在核查履约方面,均建立了MRV机制,约束碳排。

全国碳市场处于起步发展阶段,但市场规模庞大,首批仅纳入电力行业,即已覆盖了约40亿t CO₂,目前在碳配额总量及分配、碳配额核查履约等方面做出了相关规定。在碳配额总量方面,由于中国碳排放数据基础较差,且未来碳排放量还会持续增长,存在较大的不确定性,很难实现精准的碳配额总量设定与分配,因此目前采用基于碳排放强度的总量控制方法,对控排主体施加相对上限,碳配额总量由各控排主体的碳配额上限汇总而成。在碳配额分配方面,为激发控排企业参与的积极性、维护碳价格稳定,采取碳配额事后分配政策,根据企业前年产出情况预分配给企业相应的碳配额数量,事后采用行业基准法^[31],对标行业先进碳排放水平,并将碳配额最终核算数量与实际碳排放量相挂钩,以合理控制碳配额发放数量,避免市场失灵^[32],碳配额分配过程公开透明。此外,允许控排主体使用国家核证自愿减排量(chinese certified emission reduction, CCER)参与市场交易^[33]。

在核查履约方面,中国碳市场建立了MRV制度^[4],共分为碳排放报告提交、报告核查、配额清缴、履约惩罚几步。国家生态环境部门首先发布了《企业温室气体排放报告核查指南(试行)》^[34],从适用范围、核算边界、碳排放源确定等方面对温室气体报告的编制做出了相关规定。控排主体按照指南规定编制上年度温室气体排放报告并提交。其次,省级

生态环境主管部门负责对报告进行核查,并将核查结果作为清缴依据。然后,控排主体应在规定时限内向省级环境部门足额清缴上年度碳配额。最后,省级环境部门依法对未能如期足额清缴配额的控排主体施加行政处罚。

目前,中国全国碳市场主体单一,市场机制不够完善,与其他碳市场相比,碳价较为低迷,2020年平均碳价仅为4.49美元/t,且尚未建立碳价格稳定机制及相关风险防控机制,碳价格波动较大^[35]。

1.3.2 日韩碳市场

日本作为世界第三大经济体,工业体系发达,碳排放量始终位居世界前列。韩国作为亚洲的主要经济体之一,近年来经济飞速增长,碳排放量稳居全球前十^[1]。日、韩两国在碳市场方面积累了一定的经验,下面简要介绍两国碳市场的发展。

1) 日韩碳市场发展历程

日本先后试验了国家级和地区级碳市场。在国家层面,日本尝试了多种自愿性碳排放交易体系和以减排信用抵消机制为主的交易体系^[36-38],现计划启动全国性碳信用额度交易市场。在地区层面,2010年,日本成立了首个地区级总量限制型碳排放权交易体系——东京都碳排放交易体系;2011年,埼玉县碳市场随之诞生,并与东京都碳市场成功实现双向链接^[39],二者共同建立碳信用交易机制等合作机制,相互影响、紧密关联。

韩国碳市场起步较早。2009年,韩国政府出台了《气候变化对策基本法》^[40],提出了碳市场减排计划。2010年,首尔、釜山等先后被选中进行温室气体排放权交易试点;2011年,韩国政府建立了温室气体与能源目标管理体系,为韩国碳市场的建设积累了经验。2012年,韩国制定了温室气体排放配额分配与交易法案及其执行令。2015年,韩国碳市场正式建成。

2) 日韩碳市场发展现状

日本碳市场以地区型碳市场为主,且极具特色。本文以东京都碳市场为例展开介绍。东京都碳市场为总量控制型体系,在覆盖范围方面,创新性地以城市设施为主要管辖对象,纳入了建筑、工业、供热等高碳排行业。同时,根据减排目标为各管控设施设定排放上限,碳配额总量由各管控设施的碳排放上限自上而下汇总形成,且随减排目标逐年收紧。在核查履约方面,东京都碳市场MRV制度完整,并从碳配额体量和罚金两方面对违约主体实施惩罚。此外,东京都和埼玉县能够实现碳信用的相互认证,减轻了控排企业的履约负担^[6]。总体而言,

东京都碳交易体系制度完备,价格较为稳定,但由于碳市场规模较小、主体较为单一,导致碳价格偏低,2020年平均碳价为5.06美元/t。

韩国碳市场管理制度相对严格。在覆盖范围方面,覆盖气体种类齐全,行业覆盖面广,纳入了电力、工业、建筑、交通等行业,覆盖约全国73.5%的碳排。随着纳入行业数量的增多,碳配额总量逐渐扩大,但与2017—2019年相比,排放量下降了4.7%。在碳配额分配方面,逐渐降低免费分配比例,部分行业碳配额免费分配比例由阶段1的100%下降至阶段3的90%以下。此外,韩国碳信用抵消流程烦琐,控排企业申请碳信用需要经过多方审批。在核查履约方面,韩国碳市场设置了严格的MRV机制,未履约的企业将遭受高于市场平均价格3倍的罚金处罚^[4]。由于韩国碳市场近年来严格控制碳配额分配数量,碳价维持在高位水平^[41],2020年平均碳价为27.62美元/t。

1.4 东南亚碳市场

面对经济发展与环境保护相互制约的难题,东南亚各国减排需求迫切。为响应国际减排号召^[42],越南、泰国、菲律宾等多国已出台了系列碳交易政策或法案,积极筹备碳市场建设。

1.4.1 东南亚碳市场建设进程

印度尼西亚是该区域目前为数不多的已建立碳排放权交易法律制度的国家。2017年,印度尼西亚通过了《环境经济手段政府法规》,为实施碳交易体系奠定了法律基础;2018年,设计了MRV的整体框架,并在电力、水泥等部门启动了MRV系统的试运行;2022年,启动了“限额交易与税收”系统。越南、泰国和菲律宾等国也在积极筹备碳交易体系。2020年11月,越南国民议会通过了《环境保护法》^[4],授权建立排放交易计划,并计划2025年启动碳排放权交易体系。泰国将碳排放权交易建设列入国家发展计划,并于2013年开启了“泰国自愿排放交易计划”^[4]。菲律宾于2020年批准了总量管制与贸易法案^[4],着手建立限额与交易系统,并细化碳排目标、碳配额总量及分配等在内的碳交易规则。马来西亚计划在国内推行碳排放交易,并计划于2022年建立自愿碳交易平台。

1.4.2 东南亚碳市场发展现状

东南亚多数国家为发展中国家,目前暂无碳市场基础。亚洲开发银行发布的报告显示^[43],缅甸、菲律宾、泰国和越南等东南亚国家位列全球最易受到极端天气事件影响的10个国家名单。为应对气候变化带来的挑战,东南亚各国目前采用清洁发展

机制(clean development mechanism, CDM)^[44]、减少发展中国家森林砍伐和森林退化引起的温室气体排放机制^[45]、可再生能源固定电价上网制度^[46]及碳税^[47]等减排措施^[48]。在减排合作方面,以东盟为核心建立了东盟环境合作框架,陆续发布了《东盟应对气候变化联合声明》《东盟应对气候变化行动计划》及《东盟环境战略计划》^[49]等系列文件,形成了应对气候变化的框架体系。

1.5 国际碳市场机制发展

国际碳市场机制已发展十余年。2010年坎昆会议首次提出通过市场机制加深国际减排合作;2011年,德班会议正式建立了两个国际碳市场机制,即减排活动合作框架和新市场机制。2015年,巴黎会议重新提出了合作方法(cooperative approaches, CAs)和可持续发展机制(sustainable development mechanism, SDM),也成为目前较为主流的国际合作机制^[50]。

国际合作机制是指管理各类碳市场减排活动的国际框架。其旨在建立一般性的合作框架,管理各类减排活动^[51]。由于减排活动能够产生国际转让的减排成果(internationally transferred mitigation outcomes, ITMOs),ITMOs具体交易指标根据活动方式而定,缔约方能够通过转让ITMOs实现国家自主贡献(nationally determined contribution, NDC)。国际合作机制通过构建稳健的ITMOs核算体系以管理ITMOs转让,避免双重核算。一般而言,各国可通过碳市场链接、政府间减排成果转让及碳信用机制等方式展开国际减排合作,获得ITMOs。

可持续发展机制是指支持减排及可持续发展活动的新市场机制^[52]。其作为CDM的衍生机制,鼓励缔约方通过购买该机制下减排活动产生的碳信用从而帮助实现本国的NDC。可持续发展机制采用集中式管理模式,即组织专门的管理机构,对产生的碳信用进行统一签发、审核,同时赋予各国较大的自主权,以便于管理各国间交易的碳信用。

1.6 总结

全球主要碳市场进展不一,表1展示了全球主要碳市场的发展现状,从市场组织方式、覆盖范围、碳配额分配松紧程度及平均碳价等方面对各大碳市场的发展进行了直观的说明。由表1可以看出,欧盟碳市场运行相对成熟,以减排目标为导向严格限制碳配额发放数量,碳价格信号强劲,市场交易良好。北美碳市场碳配额总量均逐年递减,且严格限制了碳配额发放数量,此外,北美碳市场调节机制灵活多样,能够较好地维持市场供需平衡,因此碳价相

对稳定。中国碳市场处于起步适应阶段,碳配额发放较为宽松,碳价相对低迷,市场机制有待进一步完善。日本东京都碳市场减排目标明确,碳配额分配方案较为灵活,但市场主体较为单一,市场规模较

小,碳价格信号略显低迷。韩国碳市场规模逐步扩大,市场机制相对严格,碳配额政策逐步收紧,碳价格能够保持较高水平。

表1 全球主要碳市场发展
Table 1 Development of major global carbon market

各地 碳市场	组织方式	覆盖范围			市场特征	碳配额分配 情况	碳配额下降情况	2020年碳价情况
		气体	行业	比例				
欧盟 碳市场	跨界联盟型; 由欧盟成员 国组成	CO ₂ , N ₂ O, 全氟化 合物 (PFCs)	电力行业、 工业和航空 业等	覆盖欧洲 40%的碳排 放量	总量控制与交易 型;运营最早、 最成熟	免费+拍卖; 目前拍卖比 例高达57%	总量削减因子: 阶段3、4分别为 1.73%和2.2%	碳价信号较为强 劲,平均碳价为 28.55美元/t
美国加 州碳市 场	地区型	6种温室 气体	电力、水泥、 钢铁等	覆盖加州约 80%的温室 气体排放	总量控制 与交易型	免费+拍卖; 以拍卖为主, 目前拍卖比 例高达58%	总量削减因子: 阶段1至4分别为 1.9%、3.1%、 3.3%、4%	碳价相对稳定, 平均碳价为 17.04美元/t
北美 RGGI	区域型;覆盖康 涅狄格州、特拉 华州、缅因州等 10多个州	仅覆盖 CO ₂	以电力行业 为主	覆盖RGGI 约10%的温 室气体排放	总量控制 与交易型	100%拍卖	总量削减因子: 2.5%(2014—2020 年)、3%(2021— 2030年)	平均碳价为 7.06美元/t
加拿大 魁北克 碳市场	地区型	6种温室 气体	电力、工业 等	覆盖魁北克 省约78%碳 排放量	总量控制 与交易型	免费+拍卖; 电力行业 100%拍卖	总量削减因子: 3.2%(2015—2017 年)、3.5%(2018— 2020年);2.2% (2021—2023年)	平均碳价为 16.97美元/t
中国全 国碳市 场	全国型	以CO ₂ 为主	目前仅纳入 电力行业	覆盖中国约 40%的碳排 放量	强度控制型; 全球规模最大 的碳排放市场	100%免费 分配	碳配额总量采 用基于强度设置法, 根据企业实际碳 排放量加总形成 碳配额总量自下 而上设置,各控排 主体碳排放上限 由基准年排放量 及履约系数决定	碳价较为低迷, 平均碳价为 4.49美元/t
日本东 京都碳 市场	地区型	仅覆盖 CO ₂	主要覆盖工 业、商业	覆盖东京都 约20%温 室气体排放	总量控制 与交易型	以免费分配 为主,配额数 量逐年降低	碳配额总量自下 而上设置,各控排 主体碳排放上限 由基准年排放量 及履约系数决定	碳价较为稳定, 平均碳价为 5.06美元/t
韩国 碳市场	全国型	6种温室 气体	工业、建筑、 交通等	覆盖韩国约 73.5%碳排 放量	总量控制 与交易型	免费+拍卖; 部分行业拍 卖比例降至 90%以下	随着纳入行业的 增多,碳配额总量 逐步扩大	碳价较为稳定, 平均碳价为 27.62美元/t

2 中国碳市场挑战

中国作为世界最大的碳排放国家,其减排进程对全球有着重要影响。目前,中国全国碳市场发展处于初级阶段,碳市场建设面临一系列挑战。此外,周边国家和地区的碳市场发展也对中国未来碳市场链接造成实质性影响。以下分别介绍中国碳市场建设挑战和中国参与国际碳市场面临的挑战。

2.1 国内碳市场建设挑战

中国碳排放体量巨大,经济发展与生态保护矛盾突出。为缓解减排压力,中国采取了以碳排放权交易为主的减排机制。然而,全国碳市场尚处于起

步阶段,存在市场规模有限、交易制度不完善、法律体系不健全等诸多问题,在行业、城市、地区、国家层面给中国碳市场发展带来一定挑战。

在行业层面,由于企业市场参与经验不足,面临成本增高、碳资产管理困难等挑战。严苛的碳交易制度如行业标杆法分配、减排目标强度提升等均将增加企业的碳交易履约负担,削弱企业碳减排的经济绩效,给碳排管控行业带来较大生产压力^[53]。此外,中国多数企业缺乏碳市场交易经验,存在碳市场相关人员技术储备不足、管理制度不清晰等问题^[54]。对于钢铁、石化、化工等规模大、流程多的高碳排行业,难以实现企业自身逐一碳盘查,从而导

致企业精力分散,降低了经营效率。同时,碳市场价格不稳定,时常呈现较大的波动性,会给企业带来一定的市场流动性风险与信用风险。

在城市层面,中国城市发展差异较大,碳排放管理困难。一方面,中国各地区在经济增长、产业结构、能源结构、人口、资源禀赋等方面存在较大差异,导致城市差异性成为全国碳市场建设不可避免的问题。另一方面,跨区贸易和产业结构调整导致了大量的碳排放转移,无法反映各区域的实际碳排放量,导致各地减排责任分担不均衡,影响了碳配额的公平性。例如,我国东部城市产业以轻工业为主,碳排压力较轻;中西部城市产业以重工业为主,化石能源消耗巨大。因此,城市差异性问题是处理碳市场公平与效率面临的重要挑战。

在地区层面,碳交易试点与全国碳市场的对接存在挑战^[55]。中国碳交易试点政策各异,导致试点与全国碳市场的对接存在一定难度。首先,中国碳交易试点的交易体系各不相同,关键要素设计差异较大,存在制度体系不兼容、碳配额分配标准不统一、监管核查体系不一致以及交易平台不协同等诸多问题,为试点与全国碳市场的顺利对接带来了较大挑战。此外,多数碳交易试点法律法规不健全、相关碳交易政策滞后、数据基础薄弱,无法有效支撑试点与全国碳市场的过渡衔接工作。

在国家层面,全国碳排放权交易制度有待完善。尽管全国碳市场交易制度已在碳配额分配及履约核查方面做出了相关规定,但仍存在以下不足:一是碳市场行业覆盖面较窄,目前仅覆盖了发电行业,市场流动性不足;二是市场规则有待健全。例如,中国碳配额分配方案存在局限性,碳配额分配方案仅适用于电力、石化、钢铁等碳排放量较高、数据基础较好的行业。未来全国碳市场不断发展,市场主体将更加多元化,目前的碳配额分配方法将难以适用;三是全国碳市场配套制度建设迟缓,市场价格稳定机制、风险预警及防控机制目前仍未建立,难以全国碳市场的良好运行提供长效保障^[56]。

2.2 中国参与国际碳市场面临的挑战

参与国际碳市场不仅可以提高国际话语权,而且可以为更多行业提供碳价格激励,激发控排主体的减排潜力^[57]。参与国际碳市场主要有碳市场链接和可持续发展机制两种形式。目前,作为新兴碳市场,中国在参与国际碳市场方面存在以下挑战。

1)在碳市场链接方面,受政策目标、市场规则不一致等影响,中国与其他国家碳市场链接困难^[58]。首先,碳价格差异较大,碳市场链接困难。碳价格水

平相近是进行碳市场链接的先决条件。但目前欧美国家碳价格普遍较高,且形成了碳价格壁垒^[59],而中国由于经济、政策等因素,在碳价格方面与欧美差距较大,处于交易被动地位,短期内很难与此类国家形成碳市场链接。其次,各国市场规则不一,市场要素融合面临挑战。中国与国外碳市场在碳配额分配、碳价格调节机制和核查履约等方面存在较大差异。例如,日本碳市场缺乏专门的碳价格调节机制,仅通过出售碳抵消信用进行价格调节,而中国碳价格调节机制多样,包括价格限定、信用抵消等多种机制^[60],两国机制存异,市场链接困难。

在可持续发展机制方面,相关制度不够完善,中国参与国际可持续发展机制受阻^[61]。可持续发展机制允许缔约方以东道国或购买国的身份使用该机制下所产生的减排量实现NDC,鼓励企业参与自愿减排项目获得碳信用,是控排单位获得碳价格激励的一条重要途径,能够帮助扩大减排范围。然而,目前中国可持续发展机制仍以项目为主,减排量有限。同时,中国的清洁发展项目大多集中在可再生能源和工业气体回收方面,且只有特定技术类型或指定区域的清洁发展项目才被允许开展,严重打击了中国对清洁发展项目投资的积极性。此外,可持续发展机制与碳交易制度为相互独立的两个机制,如何实现二者的相互兼容成为中国碳市场日后亟须解决的主要难题之一。

2.3 与电力市场协同运行挑战

电力市场同样是利用市场化方式促进能源清洁低碳化发展的有效手段。目前,中国电力市场交易体系主要由电能量市场、辅助服务市场及绿色证书(简称“绿证”)交易市场构成^[62]。其中,电能量市场以电能为市场交易标的物,形成市场价格信号,引导电能生产消费行为,且在现有交易框架下设置了独立的绿色电力交易品种,引导用户与风电、光伏等绿色发电企业直接交易;辅助服务市场能够提供一次调频、无功调节及黑启动等辅助服务,维持高比例新能源接入下的电力系统安全稳定运行;绿证市场以可再生能源配额制为基础,管控主体应消纳规定比例的可再生能源发电量,并获得签发的绿色证书^[63]。目前,绿证交易制度已在中国获得全面推行^[64],正逐步取代可再生能源补贴政策,成为促进中国可再生能源发展的重要举措。

因此,碳市场与电力市场减排目标一致,市场政策相互兼容,且发电企业为碳市场重点管控对象,二者市场主体高度重合,价格趋势高度相关。然而,中国电力市场与碳市场正处于起步发展阶段,各自独

立运行,电力市场与碳市场运行范围和覆盖主体不一,电力市场允许电力用户与发电企业同时进入市场交易^[65],而碳市场仅纳入了发电企业,二者缺乏有效协同,将会引发一系列问题。

首先,电力市场与碳市场独立运行,将放大市场价格变动、市场流动性不足以及市场信息不对称等潜在风险^[66]。其次,电、碳市场之间相互作用,若政策目标不一,将会削弱市场减排效用。例如,可再生能源消纳目标过高将会导致碳价下降,控排主体的碳排放量随之上升,削弱了碳市场的减排约束力,而过于严格的碳限额上限亦将导致绿证市场交易低迷^[67-69]。最后,市场机制不健全,缺乏有效融合,市场效用降低。一方面,绿证市场与碳市场缺乏有效互认制度,导致市场功能重复,交易流程冗余,运行效率降低。另一方面,缺乏有效的碳成本传导机制^[70],发电企业碳成本无法向下游传导,增加了企业履约负担,降低发电企业碳市场参与积极性,无法实现低成本减排、挖掘减排潜力。

3 中国碳市场发展展望

为加快减排进程,中国一方面应加强全国碳排放权体系的完善,深化制度改革,同时推动碳交易试点向全国碳市场的顺利过渡;另一方面,应注重碳市场衔接要素,在配额分配、价格调控、碳抵消机制、MRV履约力度等方面提高与国际碳市场制度的兼容性,以便于实现与国际碳市场的顺利链接。

3.1 中国国内碳市场建设展望

为确保全国碳市场建设的顺利进行,中国可借鉴欧盟碳市场管理经验,采取“国家-地方”的分级管理模式,尽快出台全国碳市场法律法规,制定市场交易准则,规范市场主体行为,为全国碳市场的运行提供基本法律保障。具体地,可分别从行业、城市、地区和国家层面采取措施。

在行业层面,考虑碳市场对不同行业碳排放量、能源消费结构和利润的影响,采取相应的碳配额免费分配比例和分配方法。以电力行业为例,由于相当比例的用户仍在电价管制范围内,电力行业的碳成本难以通过价格机制转移到下游用户,因此在碳市场初期,碳配额全部免费分配,以减轻企业的履约负担,后期逐步扩大拍卖碳配额的比例。同时,由于电力行业的碳排放数据易于监测与获取,因此适合采用基准法核算各电力企业配额量。此外,可建立碳资产管理制度^[71],构建碳排放信息管理平台,实时跟踪管理碳排放数据,实现碳排放数据透明化管理,使得企业能够及时掌握自身碳资产情况,降低市

场参与风险,从而提高企业参与碳市场的积极性。

在城市层面,应充分考虑城市的碳排放特征,进行碳排放管理。基于公平、效率及可持续性原则,结合当地产业特色、减排潜力、技术水平等多重因素,构建差异化、多元化的碳配额核算体系。在覆盖范围方面,重庆、香港等建筑群密集的城市可借鉴日本东京都的碳市场建设经验,以城市建筑作为主要纳入实体,其中炊事、采暖等直接碳排放来源可直接参与碳市场交易,电力等间接碳排放来源可通过使用绿电获得碳配额盈余。沈阳、鞍山、抚顺等重工业发达的城市则可重点纳入高能耗产业。在碳配额分配方面,生态系统服务水平高、自然环境优越的城市可承受碳排能力强,可被赋予较高的碳排放权。例如,吉林白山市和内蒙古呼伦贝尔市森林和湿地面积大,应被赋予较高的碳配额数量。北京、上海等城市经济水平高、产业结构完整、减排能力强,碳配额数量可适量减少^[72]。

在地区层面,推动试点向全国碳市场的平稳过渡,实现地区与国家碳市场的有序配合^[73]。在制度方面,试点碳市场应逐步向国家碳市场标准靠拢和统一,例如对达到国家碳市场纳入标准的企业采用“清零重启”等方法合理实现配额结转,其余不符合国家碳市场纳入标准的企业由地方自行处理。此外,地方应积极协助国家建立统一的注册登记与核查管理平台,实现全国范围内碳市场要素的标准化和统一化。在立法方面,地方碳市场一方面应明确自身管辖范围,有序管理;另一方面,结合本地资源禀赋、产业特征和创新能力,在遵循国家一般性法规的基础上制定适合当地发展的碳市场政策。

在国家层面,加强全国碳市场顶层设计,提高市场运行效率。在行业选择方面,应提高行业覆盖率,由电力行业逐步扩展至石化、化工、钢铁、建材等高能耗行业^[74],增强市场流动性。在碳配额方面,进一步细化碳配额总量及分配方案,统筹构建科学的碳配额核算体系,坚持“总量从宽、适度从紧”的原则,结合减排目标与实际碳排放水平设定碳配额总量;针对未来多元化的市场参与主体,采取差异化的碳配额核算方法,保证碳配额的合理分配;在市场调节方面,可借鉴欧美碳市场建设经验,建立碳价格稳定机制、碳配额储备机制等市场灵活机制,通过调节碳配额维持市场供需平衡,维持碳价稳定。在核查履约方面,健全MRV体系机制,实现碳市场履约核查的规范化标准化,提高市场运行程序的透明度,增强市场信息的可信度。

未来,可同步实施碳税机制。碳税同为碳定价

机制,税率稳定,在未来减排进程中可逐步引入碳税制度,扩大减排范围,并防止碳市场失灵。基于北欧、日本等地区碳税实施经验^[75],碳税与碳市场的覆盖范围应形成互补,覆盖餐饮等中小企业居多的行业。在初始阶段可以以低税率起步,循序渐进,逐步提高税率水平,并对达到减排效果的企业给予一定程度的税收减免和优惠。

3.2 中国参与国际碳市场的展望

中国应从碳市场链接与国际可持续发展机制方面提高国际碳市场参与程度,加强国际减排交流。

在碳市场链接方面,中国可以从以下两点考虑:1)在碳定价方面,建立公正合理的碳定价机制^[76]。一方面,中国可首先与经济实力相近的国家相互链接,缩短碳价格差距;另一方面,与其他碳市场大国共同推动建立国际碳价格标准,打破碳市场价格壁垒,重塑碳定价权分配格局。2)在市场规则方面,中国可首先考虑与日韩等国实现局部碳市场链接,采用渐进链接的方式,从碳配额分配、补偿处理和质量标准等关键要素入手进行试验性链接,提高市场机制的标准化和兼容性,为未来实现国家层面的碳市场链接做铺垫。此外,受地缘政治、商业及经济利益等复杂因素影响,短期内难以建立全球范围内的统一碳市场^[77]。因此,中国可在近期推动建立以区域政治贸易体系为依托的区域性碳市场,远期同各国共同建立更高流动性的全球碳市场。

在可持续发展机制方面,同样可从以下两点考虑:在国际层面,一方面秉持公开透明、协商一致的原则,与各缔约方共同推动SDM实施细则的优化,保障SDM体系科学化、合理化建设,明确SDM减排覆盖范围、完善SDM基线设定与类型、健全碳排放核查监测体系^[78-79]。另一方面,可基于丰富的国际清洁项目交易经验,借助“一带一路”“南南合作”等开展与沿路国家的碳信用双边或多边交易,扩大减排合作范围。在国内层面,采用稳定性和灵活性相结合的方式,在发展全国碳市场的同时进一步构建SDM与国内碳市场的衔接制度,有序协调SDM机制与全国碳市场的对接与互动,同时完善国内气候法法律体系,扩大体系覆盖范围。

3.3 中国电、碳市场协同运行展望

电、碳市场协同运行能够简化市场运行程序,降低市场管理成本,分散市场风险,提高市场运行效率,推动全局范围内的能源有效配置,实现能源结构优化升级。因此,应统筹电力市场与碳市场的顶层设计,考虑电力市场与碳市场间的耦合关系,研究市场主体在多市场中的决策交互行为,以市场协同关

系、主体交互机理为关键要素,构建新型电、碳市场协同机制与参与模式^[80],有以下具体措施。

1)强化市场顶层设计。在市场覆盖范围方面,电力市场应持续扩大市场范围,实现电力行业全覆盖,有序提升可再生能源市场交易比例。同时,逐步放开碳市场准入条件,纳入更多高碳排企业,实现市场主体多元化,增强与电力市场的耦合关系。在政策协调方面,电、碳市场应该以减排为导向,兼顾双方政策目标,实现市场政策的有机配合。碳配额总量的设置应充分考虑现有可再生能源的消纳要求,从而避免两项政策的冲突。此外,针对市场运行中时空信息不对称、履约数据不透明等问题,可采用区块链技术建立公开透明、开放共享的市场联合交易系统,覆盖绿证交易与碳交易的全部环节,实时追踪,降低市场参与风险^[81-83]。

2)构建电、碳市场协同运行机制。一方面,构建绿证与碳信用互认制度,提高市场交易的灵活性,激发市场主体的积极性。绿证既可在发电厂之间交易,也可在电力用户与发电厂之间交易。若交易对象集中在发电厂之间,则对于同时满足绿证与碳配额核发标准的可再生能源发电商而言,应扣除其重复额;对于火力发电商而言,若绿证与碳配额同时出清,可将绿证按市场边际价格转换为对应数量的碳配额,再次进入市场交易。未来中国碳市场覆盖主体将逐步多元化,除发电集团以外,碳市场还将覆盖钢铁、化工等大型电力用户,电力用户既可将获得的绿证转换为碳配额通过碳交易获利,也可将碳配额转换为绿证,抵消一定的消纳比例。另一方面,建立电、碳市场价格传导机制,将发电企业碳排成本部分或全部传递给电力用户,共同承担发电碳排成本,减轻发电企业履约负担,充分激发控排主体减排潜力。同时碳成本的引入可进一步鼓励用户参与绿电交易,推动清洁电能的发展。

4 结语

目前,中国碳市场存在市场对接困难、交易制度不完善等问题。同时,在国际碳市场方面,中国进行国际碳市场链接、参与可持续发展机制也面临一定困难。此外,中国碳市场与电力市场缺乏有效协同机制,无法充分发挥市场减排功用。因此,本文从行业、城市、地区以及国家4个维度提出了未来中国碳市场的发展建议;结合国际碳市场合作机制及全球各国的碳市场发展实践给出了未来中国参与国际碳市场的发展路径;最后论述了电力市场与碳市场的耦合关系,提出了未来电、碳市场协同机制。

参 考 文 献

- [1] BP International Limited. Statistical review of world energy 2021 (70th edition)[EB/OL]. [2021-09-15]. <https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>.
- [2] 赵宗慈,罗勇,黄建斌.未来20年全球继续变暖吗? [J].气候变化研究进展,2020,16(5):652-656.
ZHAO Zongci, LUO Yong, HUANG Jianbin. Will global warming continue in the next 20 years? [J]. Climate Change Research, 2020, 16(5): 652-656.
- [3] JIA Z J, LIN B Q. Rethinking the choice of carbon tax and carbon trading in China [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2020, 159: 120187.
- [4] International Carbon Action Partnership (ICAP). Emissions trading worldwide status report 2021 [EB/OL]. [2021-03-26]. https://icapcarbonaction.com/zh/?option=com_attach&task=download&id=683.
- [5] SONG Y Z, LIANG D P, LIU T S, et al. How China's current carbon trading policy affects carbon price? —an investigation of the Shanghai emission trading scheme pilot [J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 181: 374-384.
- [6] 齐绍洲,程思,杨光星.全球主要碳市场制度研究[M].北京:人民出版社,2019.
QI Shaozhou, CHENG Si, YANG Guangxing. Study on the system of global major carbon market [M]. Beijing: People's Publishing House, 2019.
- [7] HU X, YANG Z J, SUN J, et al. Carbon tax or cap-and-trade: which is more viable for Chinese remanufacturing industry? [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 243: 118606.
- [8] CAO J, HO M S, JORGENSEN D W, et al. China's emissions trading system and an ETS-carbon tax hybrid [J]. Energy Economics, 2019, 81: 741-753.
- [9] 王谋,吉治璇,陈迎.格拉斯哥会议后全球气候治理格局、特征与趋势——兼议对我国气候治理的影响及其策略选择[J].治理现代化研究,2022,38(2):89-96.
WANG Mou, JI Zhixuan, CHEN Ying. The pattern, characteristics and future trends of global climate governance after Glasgow Conference—impacts on China and its responses [J]. Governance Modernization Studies, 2022, 38(2): 89-96.
- [10] 曾文革,江莉.《巴黎协定》下我国碳市场机制的发展桎梏与纾困路径[J].东岳论丛,2022,43(2):105-114.
ZENG Wenge, JIANG Li. The development of China's carbon market mechanism under the Paris Agreement: challenges and responses[J]. Dongyue Tribune, 2022, 43(2): 105-114.
- [11] European Commission. EU emissions trading system[EB/OL]. [2021-11-18]. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en.
- [12] United States Environmental Protection Agency. Overview of the clean air act and air pollution [EB/OL]. [2021-12-05]. <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview>.
- [13] Center for Climate and Energy Solutions. Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI)[EB/OL]. [2020-12-15]. <https://www.c2es.org/content/regional-greenhouse-gas-initiative-raggi>.
- [14] WCI. Program design and implementation[EB/OL]. [2021-09-22]. <https://wci-inc.org/our-work/program-design-and-implementation>.
- [15] International Carbon Action Partnership (ICAP). Emissions trading worldwide status report 2014 [EB/OL]. [2014-02-06]. https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_attach&task=download&id=349.
- [16] TEMM20. Joint communiqué of the 20st tripartite environment ministers meeting among Japan, Korea and China [EB/OL]. [2018-06-24]. https://www.env.go.jp/earth/coop/temm/archive/pdf/comm unique_E20.pdf.
- [17] 吴琼静.中日韩三国首次就碳定价机制展开研讨探求合作共赢[EB/OL].[2016-09-18].<https://world.huanqiu.com/article/9CaKrnJXFni>.
WU Qiongjing. China, South Korea and Japan for the first time on the carbon pricing mechanism to seek win-win cooperation [EB/OL]. [2016-09-18]. <https://world.huanqiu.com/article/9CaKrnJXFni>.
- [18] TEMM22. Joint communiqué of the 22st tripartite environment ministers meeting among Japan, Korea and China [EB/OL]. [2020-09-25]. https://www.env.go.jp/earth/coop/temm/archive/pdf/com munique_E22.pdf.
- [19] 国家发展改革委办公厅.国家发展改革委办公厅关于开展碳排放权交易试点工作的通知[EB/OL].[2012-01-13].https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201201/t20120113_964370.html.
General Office of the National Development and Reform Commission. Notice of the general office of the National Development and Reform Commission on the pilot work of carbon emission trading [EB/OL]. [2012-01-13]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201201/t20120113_964370.html.
- [20] 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,2020,40(1):453-464.
ZHOU Di, LIU Yichun. Impact of China's carbon emission trading policy on the performance of urban carbon emission and its mechanism[J]. China Environmental Science, 2020, 40(1): 453-464.
- [21] 国家发展和改革委员会.碳排放权交易管理办法[EB/OL]. [2014-12-10]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2818456.htm.
National Development and Reform Commission. Interim measures for the management of carbon emission rights trading [EB/OL]. [2014-12-10]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2818456.htm.
- [22] 国家发展改革委.国家发展改革委关于印发《全国碳排放权交易市场建设方案(发电行业)》的通知[EB/OL].[2017-12-20].https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/201712/t20171220_960930.html.
National Development and Reform Commission. Notice of the national development and reform commission on printing and distributing the construction plan of the national carbon emission trading market (power generation industry) [EB/OL]. [2017-12-20]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/201712/t20171220_960930.html.
- [23] 中华人民共和国生态环境部.关于公开征求《全国碳排放权交易管理办法(试行)》(征求意见稿)和《全国碳排放权登记交易结算管理办法(试行)》(征求意见稿)意见的通知[EB/OL].

- [2020-11-05]. http://www.gov.cn/xinwen/202011/05/content_5557519.htm.
- Ministry of Ecological Environment of the People's Republic of China. Notice on public solicitation of comments on the administrative measures for national carbon emission trading (trial) (draft for comments) and the administrative measures for national carbon emission trading and settlement(trial) (draft for comments) [EB/OL]. [2020-11-05]. http://www.gov.cn/xinwen/202011/05/content_5557519.htm.
- [24] 中华人民共和国生态环境部.关于公开征求《碳排放权交易管理条例(草案修改稿)》意见的通知[EB/OL].[2021-03-30]. http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202103/t20210330_826642.html.
- Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Notice on publicly soliciting opinions on the interim regulations on the administration of carbon emission trading (revised draft) [EB/OL]. [2021-03-30]. http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202103/t20210330_826642.html.
- [25] ZHANG W, LI J, LI G X, et al. Emission reduction effect and carbon market efficiency of carbon emissions trading policy in China[J]. Energy, 2020, 196: 117117.
- [26] 重庆市发展和改革委员会.关于印发《重庆市工业企业碳排放核算和报告指南(试行)》的通知[EB/OL].[2014-06-04]. <https://tpf.cqggzy.com/news/objects/93.html>.
- Chongqing Development and Reform Commission. Notice of printing and issuing guidelines for carbon emission accounting and reporting of industrial enterprises in chongqing (trial implementation) [EB/OL]. [2014-06-04]. <https://tpf.cqggzy.com/news/objects/93.html>.
- [27] 王文举,赵艳.全球碳市场研究及对中国碳市场建设的启示[J].东北亚论坛,2019,28(2):97-112.
- WANG Wenju, ZHAO Yan. Research on global carbon market and its enlightenment to China's national carbon market construction[J]. Northeast Asia Forum, 2019, 28(2): 97-112.
- [28] 广东碳排放交易所.广东省省级碳普惠制核证减排量(PHCER)项目竞价公告[EB/OL].[2021-01-21]. <http://www.enemission.com/article/news/jysgg/202101/20210100002070.shtml>.
- Guangdong Carbon Emission Exchange. Bidding announcement of Guangdong provincial GSP certified emission reduction (PHCER) project [EB/OL]. [2021-01-21]. <http://www.enemission.com/article/news/jysgg/202101/20210100002070.shtml>.
- [29] 中国碳排放交易网.福建林业碳汇(FFCER)开发及核证签发全流程揭秘[EB/OL].[2017-09-10]. <http://www.tanpaifang.com/tan hui/2017/0910/60515.html>.
- China Emissions Trading Network. Disclosure of the whole process of Fujian Forestry Carbon Sequestration (FFCER) development and certification issuance[EB/OL]. [2017-09-10]. <http://www.tanpaifang.com/tanhui/2017/0910/60515.html>.
- [30] 天津碳排放权交易所.自愿减排量[EB/OL].[2013-12-25]. <https://www.chinatcx.com.cn/list/78.html>.
- Tianjin Carbon Emission Exchange. Voluntary emission reduction[EB/OL].[2013-12-25]. <https://www.chinatcx.com.cn/list/78.html>.
- [31] 中华人民共和国生态环境部.关于印发《2019—2020年全国碳排放权交易配额总量设定与分配实施方案(发电行业)》《纳入2019—2020年全国碳排放权交易配额管理的重点排放单位名单》并做好发电行业配额预分配工作的通知[EB/OL].[2020-12-30]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202012/t20201230_815546.html.
- Ministry of Ecological Environment of the People's Republic of China. On the issuance of the implementation plan for the setting and allocation of total carbon emission trading quotas in 2019—2020 (power generation industry), the list of key emitters included in the management of national carbon emission trading quotas in 2019-2020, and the pre-allocation of quotas in the power generation industry [EB/OL]. [2020-12-30]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202012/t20201230_815546.html.
- [32] 刘明明.论碳排放权交易市场失灵的国家干预机制[J].法学论坛,2019,34(4):62-70.
- LIU Mingming. On the state intervention mechanism for the failure of the carbon trading market[J]. Legal Forum, 2019, 34 (4): 62-70.
- [33] 李峰,王文举,闫甜.中国试点碳市场抵消机制[J].经济与管理研究,2018,39(12):94-103.
- LI Feng, WANG Wenju, YAN Tian. The offset mechanism of China's pilot carbon markets[J]. Research on Economics and Management, 2018, 39(12): 94-103.
- [34] 中华人民共和国生态环境部.关于印发《企业温室气体排放报告核查指南(试行)》的通知[EB/OL].[2021-03-29]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202103/t20210329_826480.html.
- Ministry of Ecological Environment of the People's Republic of China. Notice on printing and distributing the guidelines for verification of enterprise greenhouse gas emission report (trial) [EB/OL]. [2021-03-29]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202103/t20210329_826480.html.
- [35] 唐人虎,林立身.全国碳市场运行现状、挑战及未来展望[EB/OL].[2022-04-07]. <https://news.bjx.com.cn/html/20220407/1215896.shtml>.
- TANG Renhu, LIN Lishen. Current status, challenges and future prospects of national carbon market[EB/OL]. [2022-04-07]. <https://news.bjx.com.cn/html/20220407/1215896.shtml>.
- [36] SUGIYAMA M, FUJIMORI S, WADA K, et al. Japan's long-term climate mitigation policy: multi-model assessment and sectoral challenges[J]. Energy, 2019, 167: 1120-1131.
- [37] 日本环境省.关于自主参与型国内排放交易制度(JVETS)第7期(2011年采纳,2012年实施)的排放减少实绩和交易结果(通知)[EB/OL].[2014-01-16]. <http://www.env.go.jp/press/17616.html>.
- Japanese Environment Ministry. Emission reduction achievements and trading results of JVETS Phase 7 (adopted in 2011 and implemented in 2012) (notice) [EB/OL]. [2014-01-16]. <http://www.env.go.jp/press/17616.html>.
- [38] 日本环境省.关于设立抵消信用(J-VER)制度的通知[EB/OL].[2008-11-14]. <http://www.env.go.jp/press/10418.html>.
- Japanese Environment Ministry. Notice on the establishment of an offsetting credit (J-VER) system [EB/OL]. [2008-11-14]. <http://www.env.go.jp/press/10418.html>.

- [39] 朱晓慧. 碳交易市场跨国链接法律问题研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2020.
- ZHU Xiaohui. Study on legal issues of transnational links in carbon trading market[D]. Qingdao: Qingdao University, 2020.
- [40] 国际能源网. 韩国推出绿色新政: 确立低碳增长战略[EB/OL]. [2009-09-24]. <https://www.in-en.com/article/html/energy-525589.shtml>.
- International Energy Network. South Korea launches green new deal to set low carbon growth strategy[EB/OL]. [2009-09-24]. <https://www.in-en.com/article/html/energy-525589.shtml>.
- [41] 碳交易网. 韩国碳排放权交易市场规模全球第二, 韩国交易所拟向机构和个人开放碳交易[EB/OL]. [2020-12-10]. <http://www.tanjiaoyi.com/article-32392-1.html>.
- Carbon Trading Web. South Korea, the world's second largest carbon trading market, plans to open carbon trading to institutions and individuals [EB/OL]. [2020-12-10]. <http://www.tanjiaoyi.com/article-32392-1.html>.
- [42] Asian Development Bank. Southeast asia and the economics of global climate change stabilization [EB/OL]. [2016-04-17]. <http://www.adb.org/sites/default/files/publication/178615/sea-economics-globalclimate-stabilization.pdf>.
- [43] Germanwatch. Global climate risk index 2021[EB/OL]. [2021-01-25]. <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/content/469594/global-climate-risk-index-2021/>.
- [44] 杜彬. CDM下的国际碳排放权交易市场研究——机制与实证[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- DU Bin. A research on international carbon emissions trading market under CDM—mechanism and empirical analysis [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013.
- [45] Estelle Fach. Side event at UNFCCC Talks, Bonn, August 2010 [EB/OL]. [2010-10-09]. programme-191/governance-452/other-workshops-side-events-956/side-event-at-unfccc-talks-bonn-august-2010-832.html.
- [46] 肖云鹏, 王锡凡, 王秀丽, 等. 面向高比例可再生能源的电力市场研究综述[J]. 中国电机工程学报, 2018, 38(3): 663-674.
- XIAO Yunpeng, WANG Xifan, WANG Xiuli, et al. Review on electricity market towards high proportion of renewable energy[J]. Proceedings of the CSEE, 2018, 38(3): 663-674.
- [47] 陈嘉龙. 从“环境威权主义”到“环境民主”: 新加坡生态环境建设经验探究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2018.
- CHEN Jialong. The experiences of Singapore's ecological environment construction: from Environmental Authoritarianism to Environmental Democracy [D]. Wuhan: Central China Normal University, 2018.
- [48] 张朋远. 东盟应对气候变化政策分析[D]. 武汉: 华中科技大学, 2015.
- ZHANG Pengyuan. Analysis on the policy of addressing climate change in ASEAN [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2015.
- [49] 黄栋. 东盟国家应对气候变化政策分析[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
- HUANG Dong. Analysis of the policies of ASEAN countries to cope with climate change[M]. Beijing: Science Press, 2017.
- [50] UNFCCC. Paris Agreement [EB/OL]. [2018-09-05]. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf.
- [51] Asian Development Bank. Decoding article 6 of the Paris Agreement[R]. 2018.
- [52] HEALY S. Quick facts on Article 6: market mechanisms[R]. Berlin, Germany: German Emissions Trading Authority (DEHSt), 2017.
- [53] LIU X B, FAN Y B. Business perspective to the national greenhouse gases emissions trading scheme: a survey of cement companies in China[J]. Energy Policy, 2018, 112: 141-151.
- [54] SHEN W. Chinese business at the dawn of its domestic emissions trading scheme: incentives and barriers to participation in carbon trading [J]. Climate Policy, 2015, 15(3): 339-354.
- [55] 庞韬, 周丽, 段茂盛. 中国碳排放权交易试点体系的连接可行性分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(9): 6-12.
- PANG Tao, ZHOU Li, DUAN Maosheng. Study on the linking of China's emissions trading pilot schemes [J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(9): 6-12.
- [56] IEA (2020). China's emissions trading scheme [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://www.iea.org/reports/chinas-emissions-trading-scheme>.
- [57] FLACHSLAND C, MARSCHINSKI R, EDENHOFER O. To link or not to link: benefits and disadvantages of linking cap-and-trade systems[J]. Climate Policy, 2009, 9(4): 358-372.
- [58] FANKHAUSER S, HEPBURN C. Designing carbon markets. Part I: carbon markets in time[J]. Energy Policy, 2010, 38(8): 4363-4370.
- [59] VELLA H. Last chance for carbon trading? Leaders at the COP26 climate conference will consider how to create a framework for global cooperation on carbon markets, which could be a key breakthrough for climate change mitigation [J]. Engineering & Technology, 2021, 16(10): 1-4.
- [60] 于潇, 孙悦. 《巴黎协定》下东北亚地区应对气候变化的挑战与合作[J]. 东北亚论坛, 2016, 25(5): 3-15.
- YU Xiao, SUN Yue. The challenge and cooperation of coping with climate change in northeast Asia under the Paris Agreement [J]. Northeast Asia Forum, 2016, 25(5): 3-15.
- [61] 高帅, 李梦宇, 段茂盛, 等. 《巴黎协定》下的国际碳市场机制: 基本形式和前景展望[J]. 气候变化研究进展, 2019, 15(3): 222-231.
- GAO Shuai, LI Mengyu, DUAN Maosheng, et al. International market mechanisms under Paris Agreement: basic form and future prospects[J]. Climate Change Research, 2019, 15(3): 222-231.
- [62] 孙素苗, 迟东训, 于波, 等. 构建新型电力市场体系及电价机制[J]. 宏观经济管理, 2021(3): 71-77.
- SUN Sumiao, CHI Dongxun, YU Bo, et al. Build a new-type electric market system and an electric pricing mechanism [J]. Macroeconomic Management, 2021(3): 71-77.
- [63] SONG X H, HAN J J, SHAN Y Q, et al. Efficiency of tradable green certificate markets in China [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 264: 121518.
- [64] 中国新闻网. 中国启动绿色电力交易试点[EB/OL]. [2021-09-07]. <https://www.chinanews.com/cj/2021/09-07/9560478.shtml>.
- China News. China launches green power trading pilot [EB/OL]. [2021-09-07]. <https://www.chinanews.com/cj/2021/>

- 09-07/9560478.shtml.
- [65] 中国电力企业联合会.2021年全国电力市场交易简况[EB/OL].[2022-01-21].<https://cec.org.cn/detail/index.html?3-306005>.
- China Electricity Council. A brief overview of transactions in the national electricity market in 2021 [EB/OL]. [2022-01-21]. <https://cec.org.cn/detail/index.html?3-306005>.
- [66] WANG G, ZHANG Q, SU B, et al. Coordination of tradable carbon emission permits market and renewable electricity certificates market in China[J]. Energy Economics, 2021, 93: 105038.
- [67] ZHOU Y, ZHAO X G. The impact of renewable portfolio standards on carbon emission trading under the background of China's electricity marketization reform [J]. Energy, 2021, 226: 120322.
- [68] YI B W, XU J H, FAN Y. Coordination of policy goals between renewable portfolio standards and carbon caps: a quantitative assessment in China[J]. Applied Energy, 2019, 237: 25-35.
- [69] FENG T T, LI R, ZHANG H M, et al. Induction mechanism and optimization of tradable green certificates and carbon emission trading acting on electricity market in China [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2021, 169: 105487.
- [70] 李兴,刘自敏,杨丹,等.电力市场效率评估与碳市场价格设计——基于电碳市场关联视角下的传导率估计[J].中国工业经济,2022(1):132-150.
- LI Xing, LIU Zimin, YANG Dan, et al. Power market efficiency evaluation and carbon market price design—estimation of pass-through rate based on the perspective of power-carbon market correlation [J]. China Industrial Economics, 2022(1): 132-150.
- [71] YANG X Y, JIANG P, PAN Y. Does China's carbon emission trading policy have an employment double dividend and a porter effect?[J]. Energy Policy, 2020, 142: 111492.
- [72] ZHOU H J, PING W Y, WANG Y, et al. China's initial allocation of interprovincial carbon emission rights considering historical carbon transfers: program design and efficiency evaluation[J]. Ecological Indicators, 2021, 121: 106918.
- [73] CHEN Z, SONG P, WANG B L. Carbon emissions trading scheme, energy efficiency and rebound effect—evidence from China's provincial data[J]. Energy Policy, 2021, 157: 112507.
- [74] CHEN Z L, YUAN X C, ZHANG X L, et al. How will the Chinese national carbon emissions trading scheme work? The assessment of regional potential gains [J]. Energy Policy, 2020, 137: 111095.
- [75] 刘磊,张永强.基于碳排放权交易市场的碳税制度研究[J].税务研究,2019(2):46-52.
- LIU Lei, ZHANG Yongqiang. A research on the carbon tax system based on a carbon emission trading market[J]. Taxation Research, 2019(2): 46-52.
- [76] 杨博文.《巴黎协定》后国际碳市场自愿减排标准的适用与规范完善[J].国际经贸探索,2021,37(6):102-112.
- YANG Bowen. Application and improvement of voluntary emission reduction standards in international carbon market after the Paris Agreement [J]. International Economics and Trade Research, 2021, 37(6): 102-112.
- [77] LI Y L, CHEN B, CHEN G Q. Carbon network embodied in international trade: global structural evolution and its policy implications[J]. Energy Policy, 2020, 139: 111316.
- [78] GAO S, LI M Y, DUAN M S, et al. International carbon markets under the Paris Agreement: basic form and development prospects [J]. Advances in Climate Change Research, 2019, 10(1): 21-29.
- [79] 吕江,朱玉婷.《巴黎协定》可持续发展机制与中国行动方案——兼析欧盟碳减排实践探索及其经验启示[J].价格理论与实践,2021(4):71-74.
- LYU Jiang, ZHU Yuting. Sustainable development mechanism of the Paris Agreement and China's solutions—both analyze the practical exploration of EU carbon emission reduction and its experience enlightenment [J]. Price: Theory & Practice, 2021 (4): 71-74.
- [80] 康重庆,杜尔顺,李姚旺,等.新型电力系统的“碳视角”:科学问题与研究框架[J].电网技术,2022,46(3):821-833.
- KANG Chongqing, DU Ershun, LI Yaowang, et al. Key scientific problems and research framework for carbon perspective research of new power systems [J]. Power System Technology, 2022, 46(3): 821-833.
- [81] 冯昌森,谢方锐,文福拴,等.基于智能合约的绿证和碳联合交易市场的设计与实现[J].电力系统自动化,2021,45(23):1-11.
- FENG Changsen, XIE Fangrui, WEN Fushuan, et al. Design and implementation of joint trading market for green power certificate and carbon based on smart contract[J]. Automation of Electric Power Systems, 2021, 45(23): 1-11.
- [82] 杜晓丽,梁开荣,李登峰.基于区块链技术的电力行业碳减排奖惩及碳交易匹配模型[J].电力系统自动化,2020,44(19): 29-35.
- DU Xiaoli, LIANG Kairong, LI Dengfeng. Reward and penalty model of carbon emission reduction and carbon trading matching model for power industry based on blockchain technology [J]. Automation of Electric Power Systems, 2020, 44(19): 29-35.
- [83] 吉斌,昌力,陈振寰,等.基于区块链技术的电力碳排放权交易市场机制设计与应用[J].电力系统自动化,2021,45(12):1-10.
- JI Bin, CHANG Li, CHEN Zhenhuan, et al. Blockchain technology based design and application of market mechanism for power carbon emission allowance trading [J]. Automation of Electric Power Systems, 2021, 45(12): 1-10.

秦博宇(1989—),男,博士,副教授,博士生导师,主要研究方向:电力系统稳定性分析与控制、低碳电力系统、能源政策与低碳经济。E-mail:qinboyu@xjtu.edu.cn

周星月(1996—),女,硕士研究生,主要研究方向:电力碳排放及碳市场风险防控、碳交易市场机制。E-mail:zxy10158542@stu.xjtu.edu.cn

丁 涛(1986—),男,通信作者,教授,博士生导师,主要研究方向:电力系统经济运行与优化调度、能源政策与低碳经济。E-mail:tding15@mail.xjtu.edu.cn

(编辑 代长振)

Review on Development of Global Carbon Market and Prospect of China's Carbon Market Construction

QIN Boyu¹, ZHOU Xingyue¹, DING Tao¹, SHI Wen¹, LI Hengyi¹, WEN Ya²

(1. School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization, Beijing 100031, China)

Abstract: In recent years, due to the accelerated process of global industrialization, fossil energy consumption is huge and carbon emissions remain high, leading to the frequent extreme weather. In order to alleviate the pressure of emission reduction, the Kyoto Protocol proposed a carbon emission trading mechanism, and the carbon market has been widely constructing in Europe, North America, Central and South America, East Asia and Southeast Asia. China, as the largest developing country in the world, has further established a national carbon market. China's carbon emissions rank the first in the world, and the task of reducing emissions is urgent. The experience of global carbon market development is of great significance for China's carbon market construction. This paper first introduces the construction process and development status of major global carbon markets. The key mechanisms of carbon markets in various countries are summarized and the market operation effect is evaluated. Then, combined with the actual operation of the market, the difficulties and challenges faced by China's future carbon market development are analyzed. Finally, this paper discusses the development direction and mechanism design of China's future carbon market, and puts forward a new model of emission reduction cooperation between China and neighboring countries from the perspective of carbon market interconnection.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 52177112).

Key words: carbon market; carbon emission; carbon neutrality; carbon market construction in China

