中国“碳中和”目标的实现路径与模式选择

李 勇，高 岚

（华南农业大学 经济管理学院，广东 广州 510642）

摘 要： 围绕中国碳中和目标的实现路径与模式选择问题，提出了一个中国应对气候变化整体治理模式，即多阶段混合主导型碳中和实现模式。这一模式是以国家为核心，在一定时期和内外环境约束下，通过减排和增汇路径，对中国境内由人类活动造成的 CO_2 排放与人为 CO_2 吸收量之间关系进行调整和平衡的过程；其内部由宏观、中观和微观三层结构组成，每层结构各不相同。多阶段混合主导型碳中和实现模式的提出，拓展和完善了气候变化整体治理理论，为气候变化治理提供了机制借鉴。

关键词： 全球气候变化；温室气体排放；碳中和；森林碳汇；生态文明建设

中图分类号： F307.2 **文献标识码：** A **文章编号：** 1672－0202(2021)05－0077－17

一、引言

全球气候变化给世界经济和人类社会的可持续发展带来严峻挑战[1]。中国是世界第一大温室气体排放国，在全球气候变化治理中承担着关键作用[2]。中国政府和社会在应对和减缓全球气候变化问题上进行了长期大量努力，包括通过产业结构优化升级、能源结构调整和能源利用效率提升、全国性和地区性碳排放权交易试点市场建设、森林碳汇增加、海洋碳汇增加、碳捕集利用与封存技术（CCUS）研发应用等一系列努力[3]17－24，这些努力和行动取得了显著效果。具体表现有：经过长期努力，中国能源强度从 1980 年开始的 2.66 吨标准煤/万元下降至到 2018 年的 0.57 吨标准煤/万元[4]；2019 年，中国经济碳强度较 2005 年下降了 48.1%，并且提前和超额完成 2020 年气候行动目标[3]17；中国森林覆盖率从 2000 年的 16.55% 增加到 2018 年的 22.96%，森林蓄积量高达 175.6 亿立方米，年固碳量达 4.34 亿吨[5]；中国清洁能源发电累计装机容量已居世界第一[6]。2020 年 9 月 22 日，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上，首次宣布“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”[7]。碳中和目标的提出，既彰显了中国作为负责任大国的历史担当；也是中国在新发展阶段下，贯彻新发展理念，构建新发展格局的必然要求。

应对和减缓全球气候变化已经成为国际社会的广泛共识，世界主要国家基本都已提出其各自的长期减排目标、覆盖温室气体种类、减排重点领域和关键政策措施等[8]。相比于美国、德国、法国和日本等发达国家而言，中国的碳达峰、碳中和战略目标实现的任务更重、时间更紧，需要中国在更短的时间中通过有效模式创新和机制设计来实现更大体量和更高要求的国家和社会的碳中和目标。那么，中国应该如何实现碳中和目标？

中国气候治理（碳中和）目标的实现路径和模式研究一直是学术界研究的热点问题，许多中国

收稿日期： 2021－06－02 **DOI：** 10.7671/j.issn.1672－0202.2021.05.008

基金项目： 国家自然科学基金项目（7171101101）

作者简介： 李 勇（1990—），男，江西吉水，华南农业大学经济管理学院博士研究生，主要研究方向为林业碳汇。E-mail：972800689@qq.com

学者结合国内实际对该问题进行了积极探索与大量研究,取得了许多研究成果,如张贤等从技术实现路径视角对中国实现碳中和的技术发展总体目标、主要行业技术发展需求,以及需要优先部署的技术突破方向目标进行探讨[9];王灿等从政策实现路径视角对中国实现碳中和的法律法规、地方行动方案、行业和企业碳中和约束与激励,以及面向社区和个人的激励政策进行研究[10];余碧莹等则从减排实现路径视角对中国实现碳中和的二十多个减排重点行业的 CO_2 排放和减排责任进行分析[3]24;丁仲礼从框架实现路径视角对中国实现碳中和的能源供应端、能源消费端、人为固碳端进行探讨[11];刘满平则从现状实现路径视角对中国实现碳中和的目标意义、坚实基础、主要挑战和政策着力点进行分析[12]。根据所掌握的文献资料,从总体来看,目前国内对于中国碳中和目标的实现路径与模式研究存在"四多四少"问题,即对中国气候治理(碳中和)目标的实现路径与模式理论研究较多,结合中国制度环境和现实社会需求的中国碳中和目标的实现路径与模式研究相对较少;对碳交易、碳排放、碳政策等分散研究较多,但对于中国碳中和目标的实现路径与模式整体研究较少;对于国外的气候治理相关政策设计研究较多,对于国内的气候治理相关政策设计研究较少;对于中国碳中和目标的实现路径与模式的单一学科研究较多,跨学科研究较少。这些都表明当前关于中国碳中和目标的实现路径与模式相关研究还难以有效满足新时代下国家建立气候治理政策体系,以力争2060年前实现碳中和目标的内在要求,结合中国现实情况、工业化发展需要和社会承受能力,系统深入研究中国碳中和目标的实现路径与模式还存在大量探索空间,需要进行开拓性和跨学科研究,以满足国家发展需要。

二、实现碳中和目标的一般路径研究

全球气候变化从学术理论研究到达成国际共识,并最终进入行动实践,前后经历了一百多年的时间。1824年,法国科学家傅里叶首次提出"温室效应"概念;1938年,英国科学家卡林达发现,地球存在逐渐变暖趋势,这一发现引起国际社会重大反响[13]。20世纪中期,随着《寂静的春天》、《增长的极限》等书籍出版,环境问题终于开始引起国际社会的高度关注,环境问题也逐渐从环保组织的一个边缘议题逐渐变成国际社会的核心议题。在所有的环境问题中,全球气候变化问题始终居于核心地位,受到国际社会和全球民众的高度关注。根据相关研究估算,从1850年到2017年间,人类通过消耗化石能源大约向大气环境排放了约21000亿吨二氧化碳[14],温室气体浓度的急剧上升及其引起的全球气候变化已经深刻影响到人类社会和全球生态系统的方方面面。为有效应对和减缓全球气候变化给人类社会和世界经济发展的严重影响,国际社会和世界各国围绕温室气体减排问题,展开了艰难、漫长和反复的国际气候问题谈判。迄今为止,国际气候问题谈判大致经历了四个主要阶段,分别是第一阶段(前京都时代:1979—1994年)、第二阶段(京都时代:1995—2006年)、第三阶段(后京都时代:2007—2012年)、第四阶段(巴黎时代:2013年至今)。2015年通过的《巴黎气候变化协定》对2020年以后人类社会应对全球气候变化的总体目标、行动努力和技术路线等进行了统一安排。

尽管截至2020年10月,已经有127个国家和地区提出其各自气候治理目标的国家或地区承诺,但是从这些相关国家和地区的气候治理战略文件来看,世界各国并没有对气候治理进行严格的概念定义,也没有就气候治理目标的具体内含表述达成统一共识,已有的相关气候治理目标表述有气候中和(4个国家和地区采用)、碳中和(5个国家和地区采用)、净零碳排放(3个国家和地区采用)、净零排放(9个国家和地区采用)、其他表述(3个国家和地区)、多表述混用(5个国家和地区)、没有明确表述(57个国家和地区)[15]。

由于中国政府在提出自己的气候目标时,采用的是碳中和概念,因此本文也将以碳中和概念

为准。碳中和主要是指人类活动造成的 CO_2 排放与全球人为 CO_2 吸收量在一定时期内达到平衡[15]。从碳中和的概念定义中可以知道,碳中和目标实现主要有两条根本路径,分别是减排和增汇,其中减排的目的是通过相关政策和技术减少人类活动造成的 CO_2 排放,增汇的目的是通过相关政策和技术增加全球人为 CO_2 吸收量,只要减排量和增汇量在一定时期能够达到平衡,那么碳中和目标就能实现(见图 1)。

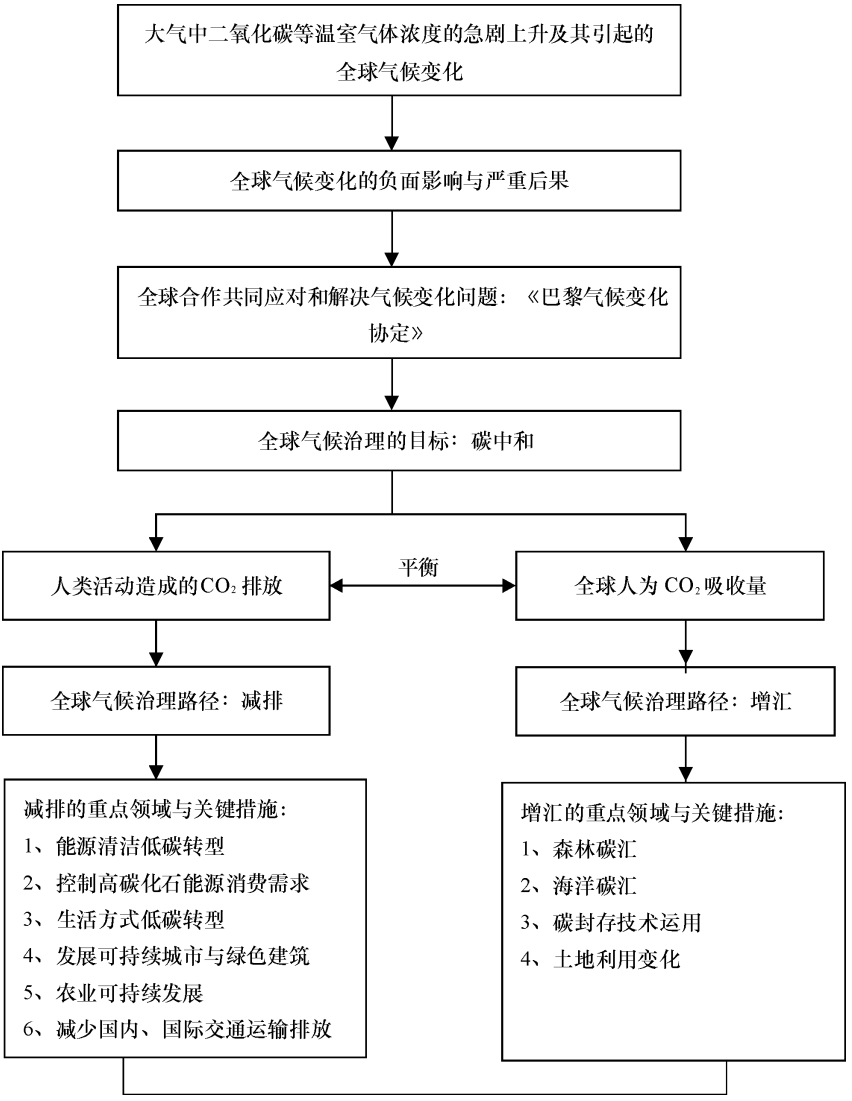


图 1　碳中和目标实现的一般路径图

国际可再生能源署的相关研究指出,包括钢铁、水泥和石灰、化工和石化、电解铝、航运、空运、长途货运等七大领域的温室气体排放量可能将在 2050 年占全球温室气体总排放量的 38% 以上[16]。结合温室气体排放相关研究[8,17-18],可以知道,气候治理的减排路径方面,其重点领域和关键措施主要有使用清洁能源、减少和控制使用化石能源、制造业生产技术脱碳化、生活方式低碳转型、发展可持续城市、推行绿色建筑、减少国际和国内交通运输排放等。而气候治理的增汇路径方面,陆地生态系统和海洋生态系是主要的碳储库,因此其重点领域和关键措施主要有森林碳汇、海

洋碳汇、土地利用变化、碳捕集与储存技术应用等。

三、多阶段混合主导型碳中和实现模式的提出

2021年3月15日,中央财经委员会第九次会议强调,“我国力争2030年实现碳达峰,2060年前实现碳中和,是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策,事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体”[19]。我国碳排放量从20世纪60年代的7.81亿吨增长到2020年的105亿吨,约占同期世界总排放量的三分之一。因此面对如此巨大的碳排放量需求和现状,中国需要通过有效的模式创新和机制设计来激发更多市场主体减排与增汇的积极性,进而实现更大体量和更高要求的国家和社会的碳中和目标。正是在这种背景下,本文提出了一个多阶段混合主导型碳中和实现模式(Multi stage Mixed dominant Carbon Neutralization mode,简称MMCN),这一模式,一方面是将碳中和目标实现分解为三个主要阶段,每个阶段的目标和重点都存在各自差异;另一方面,也充分利用各自市场主体力量和积极性,包括政府、企业、第三方组织、民众等。

MMCN中的多阶段主要是指根据碳排放量现状和温室气体特性,将碳中和目标实现过程分解为三个主要阶段[20]。第一阶段(2021—2030年),这一阶段的主要目标是实现碳达峰,减排路径方面,其重点领域和关键措施应该放置在提高能源利用效率、减少和控制使用化石能源、生活方式低碳转型;增汇路径方面,其重点领域和关键措施应该放置在增强陆地生态系统的固碳能力,尤其是需要通过森林经营方式提高森林质量,进而使得森林生态系统的固碳能力能够得到大幅提高。第二阶段(2031—2045年),这一阶段的主要任务是快速大幅降低碳排放量,随着技术进步,清洁能源的成本将会得到大幅下降,因此这一阶段,减排路径方面,其重点领域和关键措施应该放置在推动能源结构转型、发展可持续城市、推行绿色建筑和减少国际国内交通运输排放;增汇路径方面,其重点领域和关键措施应该放置在提高海洋生态系统碳汇能力。第三阶段(2046—2060年),这一阶段的主要目标是深度脱碳和低碳,实现碳中和,随着CCUS的技术逐渐成熟和低成本化,已经具备大规模推广的可能,因此在这一阶段中,减排路径方面,其重点领域和关键措施应该放置在制造业生产技术脱碳化;增汇路径方面,其重点领域和关键措施应该放置在碳捕集与储存技术应用的大规模应用。

MMCN中的混合主导型指的是在不同阶段,碳中和目标实现的主导力量存在差异,不仅需要发挥政府的领导性作用,也要发挥市场的主导性作用。

MMCN包含宏观、中观、微观三层结构,每层结构各自不同。宏观结构主要是从整体视角来对碳中和目标实现过程进行分解,中观结构主要是从重点领域和关键措施视角来对碳中和目标实现过程进行分解,微观结构主要是从技术实施视角来对碳中和目标实现过程进行分解。

首先是MMCN宏观结构方面(见图2)。陈诗一等对碳中和情景进行测算,其研究结果显示,碳中和目标下我国的碳排放总量空间约为1900亿吨,其中我国将可能会在2025年实现碳达峰(102亿吨),并最终可以在2060年实现碳中和[21]。因此在实现碳中和目标过程,需要围绕碳排放总量空间来进行设计。第一,减排路径方面,需要对不同地区、行业、城市和市场主体的碳排放量、必须减少量和可能减少量等进行核算,然后对它们各自的碳排放量和减少量核算结果进行权益化,之后对这些相关权益进行合理分配,以激励其减排积极性;增汇路径方面,需要对不同地区、生态系统的碳吸收量、吸收增量等进行核算,然后对它们各自的碳吸收量和吸收增量核算结果进行权益化,之后将这些相关权益进行合理分配,以激励其增汇积极性。第二,通过建立全国性的统一市场,为碳排放量和碳吸收量的相关权益交易提供交易平台,以保证这些权益的流动性和可变现性,进而充分激发减排主体和增汇主体的积极性,最大程度发挥其各自作用和潜力。第三,通过第三方机构或组织对碳排放、碳吸收和碳交易的具体真实情况进行严格监测与评估,以确保碳中和

目标实现的真实性、有效性和可持续性。第四,对碳排放、碳吸收过程中产生的各种权益进行核销,碳的相关权益核销需要经过碳核算、碳分配、碳交易、碳监测、碳评估一个完整过程,以保证碳中和路径和措施的合法性。

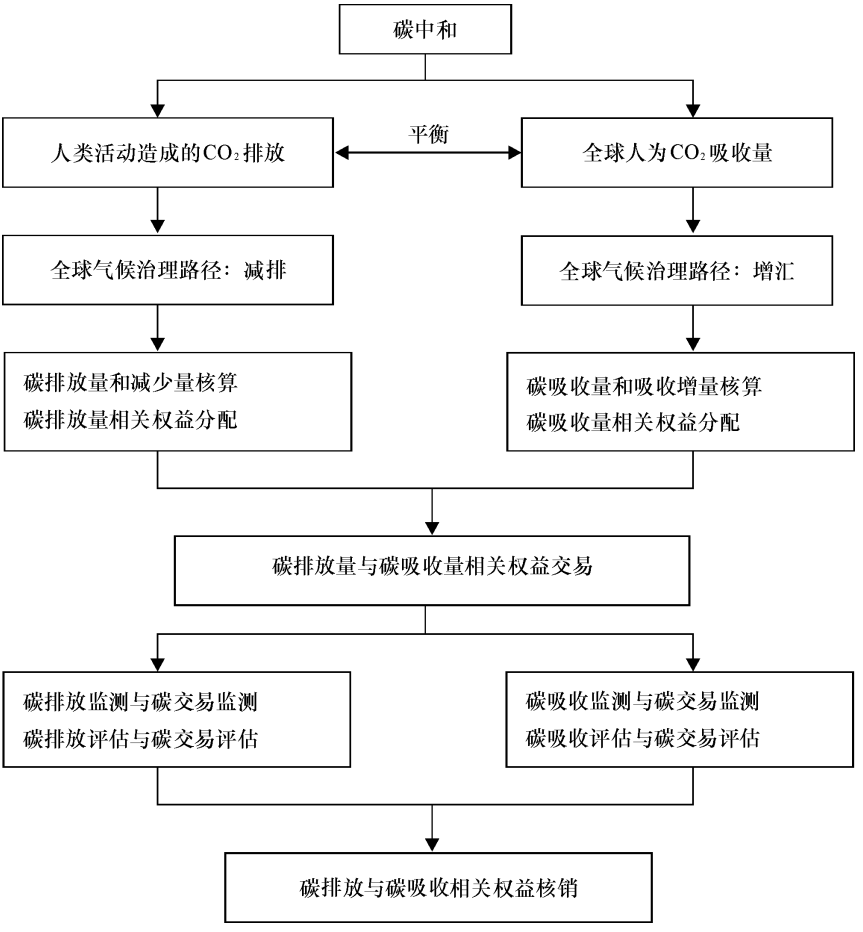


图 2　MMCN 的宏观结构

其次是 MMCN 中观结构方面(见图 3)。MMCN 的中观结构主要是从重点领域和关键措施视角来对碳中和目标实现过程进行分解,包括碳核算、碳分配、碳交易、碳监测、碳评估、碳核销等六个阶段(见图 3)。由于 CO_2 的外部性、稀缺性、公共物品性和风险性,因此在 MMCN 针对具体的领域采取具体的措施之前,需要对其 CO_2 吸收量或排放量进行核算,包括国家/地区核算、生态系统核算、经营单位核算、项目/产品核算,这一阶段主要以政府力量为主导,其他主体共同参与。然后是碳分配阶段,需要根据分配正义和分配程序的不同,由相应的分配主体根据不同的分配方式来对 CO_2 的吸收量和排放量相关权益进行分配,这一阶段由政府力量和市场机制共同主导。之后是碳交易阶段,不同市场主体根据各自需求将各自获得或所需的 CO_2 相关权益进行交易,主要包括全球交易、全国交易、地区交易、系统交易等不同形式,这一阶段由市场机制主导,其他主体共同参与。其次是碳监测阶段,这一阶段不仅包括对不同市场主体的经营活动所产生或吸收的 CO_2 进行监测,而且还需要对碳交易的具体实现进行监测,包括全球监测、国家/地区监测、生态系统监测、经营单位监测、碳交易监测等,这一阶段由监测机构主导。还有就是碳评估阶段,需要对之前的过程与阶段进行评估,包括核算评估、分配评估、交易评估和监测评估,这一阶段由评估机构主导。最后是碳核销阶段,碳循环所产生的各自权益和交易,最后都需要进行碳核销,要满足碳核销的条

件,就需要符合合法性、完整性、有效性、可持续性四个要求,这一阶段由政府力量主导。

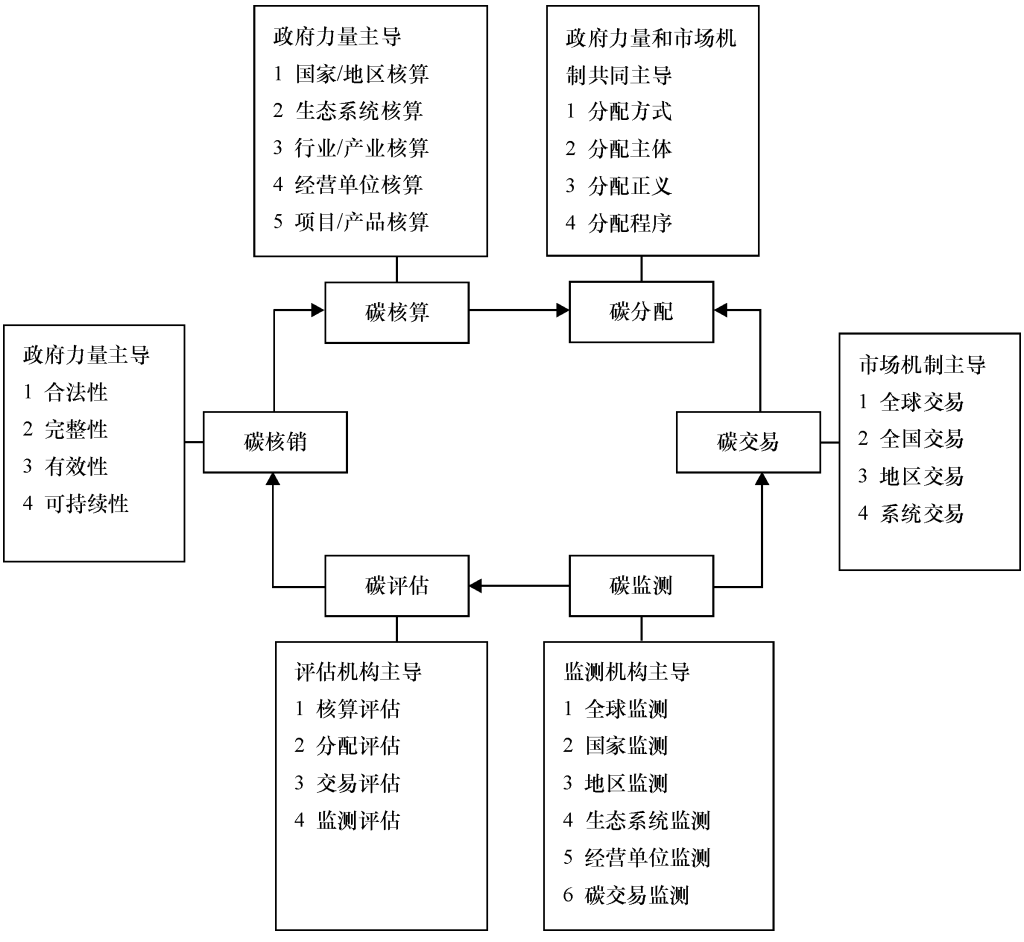


图3 MMCN的中观结构

最后是MMCN的微观结构(见图4)。MMCN的微观结构主要是从碳中和目标技术实施视角出发来进行设计,主要包括基本原则、制度条件和系统设计三个部分(见图4)。

基本原则主要是关于MMCN的一些原则性规定,包括限额性、交互性、渐进性、差别性和节约性。价值稀缺和目标实现共同要求对CO_2相关权益的数量进行限制,通过限额性原则来保障MMCN的顺利运行;MMCN是通过多主体、多阶段的共同协作来促使地球碳循环逆转,进而能够有效应对和减缓气候变化,因此在MMCN实际运行中,需要通过交互性原则,来保证其机制运行的灵活性和有效性;碳中和目标实现是一个长期过程,不能寄希望于短期快速解决,需要通过渐进性原则来保证MMCN的平稳运行,防止发生剧烈波动和严重危机;不同区域、不同主体和不同措施的效益或影响是存在差异和不同的,因此在MMCN运行中,需要通过差别性原则来保证碳中和目标的共同但有差别的实现;在MMCN运行过程中,会产生大量经济和社会行为,这些行为都有可能产生或大或小的交易成本,因此需要通过节约性原则来保证MMCN运行中不会出现因交易成本过高,而无法运行的结果。

制度条件主要包括产权制度、货币单位制度、核算认证制度、惩罚退出制度。产权制度主要是通过法律法规和相关政策明确CO_2的吸收量和排放量的相关权益归属问题,目的是为了保障MMCN相关参与主体的合法权益,通过适当激励的方式来促使相关参与主体能够最大发挥其自身

能力和作用。货币单位制度主要是运用现代计算机技术,通过货币单位的方式,将 CO_2 的吸收量和排放量的相关权益进行金融化,目的是保证 MMCN 顺利运行。核算认证制度主要是通过会计核算计量、技术核算认证和社会公示等方式,来解决 CO_2 的吸收量和排放量的相关权益的交易规范性和程序性问题,以保证 MMCN 运行顺利。惩罚退出制度主要是通过对 MMCN 可能出现的各种违法违规行为或事件进行预防,以保证 MMCN 顺利运行。

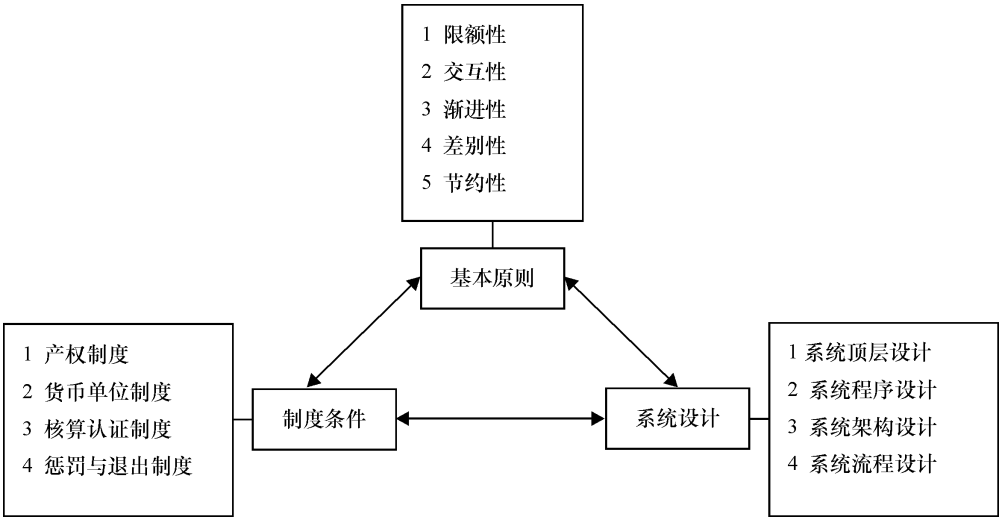


图 4　MMCN 的微观结构

系统设计主要包括系统顶层设计、程序设计、架构设计和流程设计。在确定基本原则和具备制度条件之后,就需要开始对 MMCN 进行顶层设计和程序设计,顶层设计主要是从国家层面来对 MMCN 进行系统设计,而程序设计主要是从市场交易(市场需求和市场供给)层面来对 MMCN 进行系统设计;在完成 MMCN 顶层设计和程序设计之后,就需要对 MMCN 的底层技术基础进行设计,包括架构设计和流程设计,架构设计主要是从底层技术层面来对 MMCN 进行系统设计,而流程设计则主要是从参与主体层面来对 MMCN 进行系统设计。

四、面向森林碳汇的 MMCN 微观结构设计

森林是陆地生态系统的主要组成部分,是陆地生态系统中最大的自然碳库,而且森林固碳效应不需要过多人为干预,固碳过程自然,经济成本较低,同时还兼具生物多样性保护、涵养水源等其他显著生态效益[22]。此外,凭借连续多年的大规模国土绿化行动和众多国家重大林业生态工程实施推进,我国森林面积和森林蓄积量已经连续 30 多年保持快速增长,目前我国森林覆盖率已达 23.04%,森林蓄积量超过 175 亿立方米,已经提前完成 2030 年森林方面目标要求[23]。加上由于我国过去 30 多年森林面积增长主要是依靠大规模植树造林和植被修复,因此我国目前森林整体处于以低龄林和中龄林为主的阶段,林木生长十分旺盛,固碳能力和潜力非常显著。

因此本文选择森林碳汇作为多阶段混合主导型碳中和实现模式(MMCN)的试点设计对象。多阶段混合主导型碳中和实现模式主要由宏观、中观、微观三部分构成,由于其宏观和中观结构涉及对象众多,过程非常复杂,因此本文在此,主要是对面向森林碳汇的多阶段混合主导型碳中和实现模式的微观结构设计进行探讨。面向森林碳汇的多阶段混合主导型碳中和实现模式的微观结构主要由基本原则、制度条件和系统设计三部分构成(见图 5),接下来对这三部分具体内容进行详细分析。

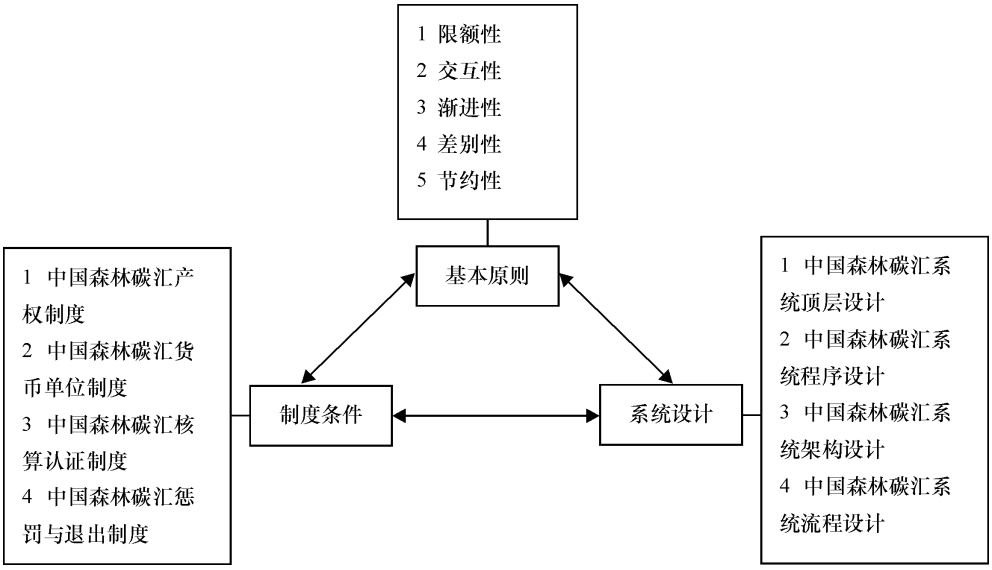


图5 面向森林碳汇的多阶段混合主导型碳中和实现模式设计

1. 基本原则

(1)限额性。限额性表现为不仅是要对森林碳汇交易总量进行额度限制,同时也要对森林碳汇交易项目单量和可交易额度进行限制。当前限额性主要表现在对总量上的限额,而对项目单量上还没有进行一定限制。总量上的限额性具体表现在政府对林业 CCER(国家核证自愿减排量,以下简称 CCER)的比重的限制上。目前政策和制度上允许的森林碳汇参与一般碳市场交易的唯一途径是 CCER,即通过发改委(国家生态环境部)核证后获得中国核证减排量从而进行入市交易,CCER 可作为清缴配额用于履约,从而抵消企业部分实际排放量,但一般都有上限限制,其中广东政策是控制在 10% 以内,另外广东省政府还规定 10% 的配额中必须有 70% 来自本省核证项目。对项目单量限额性上的忽视会造成一系列问题,不利于森林碳汇市场与一般碳市场的发展衔接,因此,本文建议相关制度设计要对不同类型森林碳汇项目单量和控排企业可购买林业抵消项目信用进行一定数量和范围的限制,以利于森林碳汇市场长期发展。具体而言,就是要对不同类型森林碳汇项目,包括 CDM(清洁发展机制,以下简称 CDM)类项目、CCER 类项目、VCS(国际核证碳减排标准,以下简称 VCS)类项目、林业生态工程类项目和其他类型项目的森林碳汇量进行方法学上的范围设定,鼓励发展中小型森林碳汇项目;而对控排企业而言,要对控排企业的可购买林业抵消项目信用进行上限设定,不得超越,以有效激励工业和能源企业能够真实有效地参与和促进温室气体减排当中。

(2)交互性。交互性表现为将政府作用和市场机制的交互结合。不管是一般碳市场,还是森林碳汇交易市场都具有强烈的政策属性,因此在相关市场设计、运行过程当中,必须要既确保政府对相关市场设计、运行处于主导、可控地位,又必须充分灵活地发挥好市场机制作用。鉴于当前碳交易地方试点情况,本文建议在进行面向森林碳汇的 MMCN 构建时最好是通过设置两个过渡期来使得森林碳汇交易市场能够顺利对接一般碳市场。首先是“命令—控制”过渡阶段,这一阶段政府居于主导地位,对森林碳汇总量、不同森林碳汇项目单量和控排企业可购买森林碳汇抵消信用进行严格规定和控制,为期 5 年,之后是“总量—交易”阶段,在完成对相关机制和市场主体的培育和完善阶段后,政府要视情况而定,进行角色转换,要逐渐退出主导地位,森林碳汇交易逐渐转型为

以市场机制为主,政府只在森林碳汇的核算、分配和核销等环节上发挥相关作用。这一阶段时间预计为 5 年。在两个过渡阶段结束后,再根据实际情况对相关体制、机制进行调整。

(3)渐进性。渐进性表现为森林碳汇交易市场设计、运行中要循序渐进、有序推进。要在保证宏观经济平稳增长,一般碳市场稳步发展,林业和森林可持续经营的情况下稳步推进森林碳汇交易市场化进程。具体表现为,既要对不同类型的森林碳汇项目进行严格的资格审定和类型限制,同时也要对整个森林碳汇市场交易过程,如核算、分配、交易、监测、评估、核销等不同环节进行严格控制,最后,还要对森林碳汇市场系统性风险和不同类型项目风险进行有效预测、预防和管控,防止森林碳汇市场发生剧烈波动和重大危机。

(4)差别性。差异性表现为不仅要对不同类型森林碳汇项目进行差别化管理,还要对不同时间点的项目造林和天然林进行差异化管理。目前国际上森林碳汇项目主要以 CDM 类为主,该类型主要是人工造林和再造林,同时考虑到我国大规模和长期性的政府生态林业工程的实施和推进,因此有必要在 CDM 类项目基础上,增加几种森林碳汇项目类型,以符合我国实际国情和发展需要,因此建议可以将森林碳汇项目分为五大类,即 CDM 类、VCS 类、CCER 类、林业政策性工程类、其他类型,在进行制度设计时要对这五类项目的实施细则、认证条件、核算规则、分配方式、监测与评估方法学、以及交易方式进行差别化管理。另外也要对不同时间点的项目造林和天然林进行差异化管理,根据相关事实和政策需要,本文建议项目人工造林以 2012 年为时间节点进行差异化管理,之所以选择该时间作为起始节点,主要是因为 2012 年我国开始正式进行碳交易地方试点,这标志着我国应对气候变化相关政策设计正式进入实践阶段;而且由于森林生长周期较长,选择以 2012 年为时间节点较为合适。

(5)节约性。从当前相关项目实践来看[24],森林碳汇市场交易过程中交易成本过高问题非常突出,因此为节约交易成本,建议由国家林业和草原局主导,会同相关部门共同组织制定中国森林碳汇计量表,就不同尺度、不同固碳类型下不同树种或森林碳汇项目的固碳量、固碳速率、碳泄漏等关键计量问题进行国家层面的统一规定,这样就可以通过直接查表法来解决森林碳汇相关碳汇量的计量难题,当然特殊情况下可以采用实地测量法进行测算。此外,还需要对森林碳汇交易相关程序进行优化,最大程度实现森林碳汇网上交易、网上审核、网上结算,以节约相关交易成本。

2. 制度条件

面向森林碳汇的多阶段混合主导型碳中和实现模式的制度条件主要包括中国森林碳汇产权制度、货币单位制度、核算认证制度、惩罚与退出制度等四项制度安排,其中中国森林碳汇产权制度是面向森林碳汇 MMCN 运行的前提条件,而中国森林碳汇货币单位制度是面向森林碳汇 MMCN 运行的核心,最后的中国森林碳汇核算认证制度和中国森林碳汇惩罚与退出制度是面向森林碳汇 MMCN 的制度保障,这四项制度共同构成了面向森林碳汇 MMCN 的制度体系。

(1)中国森林碳汇产权制度

①坚持谁经营谁所有。依据我国《森林法》、《物权法》等法律相关规定,森林资源归国家或者集体所有;林木既可以归国家、集体所有,也可以归公民个人所有;林地归国家或者集体所有,但公民可以依法享有林地承包经营权。森林碳汇项目应按照碳市场的规范合同签订后立项,立项后,项目相关森林碳汇产权归项目经营方所有,相关权利义务按照规范合同进行交易和管理。②坚持登记确权管理。坚持项目实施前经主管部门备案并在森林碳汇统一交易系统内进行登记注册,项目实施后产生的中国森林碳汇单位必须在碳交易系统中进行确权登记。登记确权管理的关键要做到“三证齐全”方可入市公开交易,即项目实施经相关业务主管部门审核的“许可证”,项目报告

后经第三方机构确认的“核查证”,以及获得交易部门和管理部门发放的不同数量的中国森林碳汇单位,进而实现森林碳汇产权的登记确权管理的有效运行。

(2)中国森林碳汇货币单位制度

中国森林碳汇单位交易制度主要包括以下几个方面内容,一是国家林业与草原局为森林项目签发中国森林碳汇单位时,应该相应扣减项目所在区域省份的相应国家减排配额,同时森林碳汇项目的非履约主体(包括农户、农村集体、地方政府、企业等)在向国家申请签发林业碳汇项目中国林业碳汇单位时,应该得到当地相关管理部门的批准,并且应当加入森林碳汇交易体系中,从而获得交易资格;二是应该为中国森林碳汇单位和 CCER 碳汇证之间的过渡与转换设计相应的窗口时间,从而使得森林碳汇项目各方以及地方政府有关部门能够有充足时间和精力来进行有效证书转换,从而保证改革的顺利进行;三是对不同类型的森林碳汇项目进行分开登记、分开记录,总量核算,如 CDM 类、VCS 类、CCER 类、林业政策性工程类、其他类型等,以保证市场交易的公平性、完整性、合法性和持续性;四是持有中国森林碳汇单位的市场参与主体,可以和包括个体、企业和政府在内的任何市场主体进行交易,但是交易过程和交易验证时要接受相应的规制与管控,以保证市场交易的有效有序进行;五是由于森林碳汇项目的碳泄露以及森林碳汇项目减排的额外性,使得项目的经济效益和生态效益不能得到完全保证和完整实现,因此应该鼓励交易相关主体和履约主体自身采取更多减排措施,同时建议为履约主体设定使用中国森林碳汇单位抵消其履约目标的比例上限,建议在 10% 以内;六是中国森林碳汇单位的有效期设定问题,首先是基期设定,基期设定需要根据相应的森林清查数据,如对不同树种、土壤等碳汇速率、对森林抚育、林产品的储量变化等数据,但是总的来看,目前这方面的数据有所不足,有待后续加强和补充,因此本文在此建议以 2012 年为基期,理由是该年是国家发改委出台相应的碳市场制度设计国家正式文件的时间,在确定基期之后,是中国森林碳汇单位的有效期设定问题,考虑到森林碳汇项目的长周期性以及温室气体的无形性和扩散性,因此建议中国森林碳汇单位的有效期设定为 30 年,这样能够使得森林碳汇项目相关主体能够获得充分激励,以便于项目的长期实施和顺利进行。

(3)中国森林碳汇核算认证制度

森林碳汇核算认证制度包括三个部分,分别是会计核算计量、技术核算认证和社会公示。首先是会计核算计量。森林碳汇核算认证的关键是中国森林碳汇单位,中国森林碳汇单位是森林碳汇 MMCN 运行成败的核心所在。从法学上讲,中国森林碳汇单位是一种基于环境容量的用益物权,而从经济学上讲,中国森林碳汇单位则是一种界定环境稀缺性排放量的产权,具体从会计学上讲,中国森林碳汇单位是一种具有无形资产属性的环境资产[15]。从定义和特征上来看,中国森林碳汇单位都与之相符合,因此本文建议森林碳汇项目经营业主或相关企业以无形资产来对中国森林碳汇单位进行会计核算计量。中国森林碳汇单位的会计核算计量分为初始计量与后续计量,初始计量包括两种类型,一种是外购的中国森林碳汇单位,初始计量可以取得成本即成交价格入账,而对于免费分配获取的中国森林碳汇单位,则因以评估后的中国森林碳汇单位价值总量的公允价值计入无形资产,同时增加资本公积;后续计量则为,在中国森林碳汇单位经过初始计量确认后,无形资产应以重估价作为账面金额,主要采用公允价值进行计量确认,同时企业还要定期对所拥有的中国森林碳汇单位的价值进行有效评估。

之后是技术核算认证。在技术核算认证的时间选择、强度,以及技术核算认证的发放方面,应当坚持以下原则:一是所有森林碳汇项目必须取得技术核算认证证书,并且初次技术核算认证必须在第一个报告期立即进行,此后必须在某一时间内的固定年限时间进行再次技术核算认证,以

保证森林碳汇项目的合法性、有效性和持续性;二是要根据森林碳汇项目的大小、类型和区域进行差异化技术核算认证,对于超大规模的森林碳汇项目类型,要制定相应的技术标准进行核算认证,而对于大型和中等型规模的森林碳汇项目,则需要增强技术核算认证的强度和密度等要求,对于小规模森林碳汇项目,可以采取集中统一方式进行计算核算认证,同时对于不同类型的森林碳汇项目要根据不同类型的方法学进行具体技术核算认证,如碳汇造林方法学、碳汇林森林经营方法学等技术标准和要求;三是在碳市场和森林碳汇市场相关管理部门受到技术核算认证机构提交的技术核算认证证明和项目方提交的技术核算认证合格证书之后,才能申请获得中国森林碳汇单位,以保证森林碳汇交易的合法性和有序性;四是要定期对森林碳汇项目的技术核算认证进行社会公示。

(4)中国森林碳汇惩罚与退出制度

森林碳汇交易机制的顺利实施离不开违规惩罚机制的设计与明确,只有通过科学、合理和可行的违规惩罚机制设计,才能对交易过程中可能出现的违规违法行为进行适当和适量惩罚,以此保障交易的顺利实现和长期进行。本文建议交易违规惩罚机制应该包括但不限于以下几点:一是建议对现有相关法律进行适当性修改,特别是《森林法》,以适应森林碳汇发展的需要,要对碳汇林产权问题等关键核心问题进行明确规定和细化处理,以保障森林碳汇的发展;二是要根据碳汇林项目类型和相关主体需要,制定相应的利益分配规范性合约,对相关方的权利义务进行相应明确,以保障碳汇林项目各方的合法合理利益;三是碳汇林项目方要定期报告碳汇减排量,一旦发现项目报告碳汇减排量超过实际减排量的 5% 时,要给与项目方适当处罚,一旦发现项目报告碳汇减排量超过实际减排量的 30% 时,要取消碳汇林项目的中国森林碳汇单位的签发资格;四是进入森林碳汇市场交易的项目的履约期要由交易双方进行确定,要对履约期限、违规期限等关键问题进行明确合约规定,以保证碳汇林项目的顺利进行;五是项目进行森林碳汇单位交易后,没有按照碳市场和森林碳汇市场的相关规定的森林经营计划和监测计划,将会对项目业主进行适当性罚金惩处;六是建议对已取得中国森林碳汇单位的但未继续按照相关合约和方法学要求履约的项目,要支付一定罚金。

3. 系统设计

面向森林碳汇的多阶段混合主导型碳中和实现模式的系统设计主要包括中国森林碳汇系统顶层设计、系统程序设计、系统架构设计、系统流程设计等四项内容,其中中国森林碳汇系统顶层设计是面向森林碳汇 MMCN 运行的基础条件,而中国森林碳汇系统程序设计则是面向森林碳汇 MMCN 运行的核心,最后的中国森林碳汇系统架构设计和中国森林碳汇系统流程设计是面向森林碳汇 MMCN 的技术保障,这四个系统共同构成了面向森林碳汇 MMCN 的技术体系。

(1)中国森林碳汇系统顶层设计

具体设想如下(见图 6):可以首先由国家生态环境部根据我国温室气体减排国际承诺、中国相关资源禀赋情况、经济发展要求测算出一定时期内的碳减排量,然后将这些碳减排量按一定比例换算成相应数量的中国碳信用权,随后森林碳汇按 10%(森林的碳汇效益)的抵消额获得相应中国碳信用权,由国家林业和草原局代持,再由国家林业和草原局按一定比例将所持有的中国碳信用权换算成一定数量的中国森林碳汇单位,最后再根据各省市林业自然资源禀赋、造林前景、森林经营质量差异等标准,将中国林业碳汇单位分为四个部分,即分别是①用于发放 2012 年前的合法合规的人工份额,②为用于 CDM 类项目份额,③为 CCER 类和 VCS 类项目份额,④为林业生态工程类和其他类型项目份额,最后国家林业和草原局再根据相关规则和程序对不同份额的中国森林碳汇单位进行分发和处理。

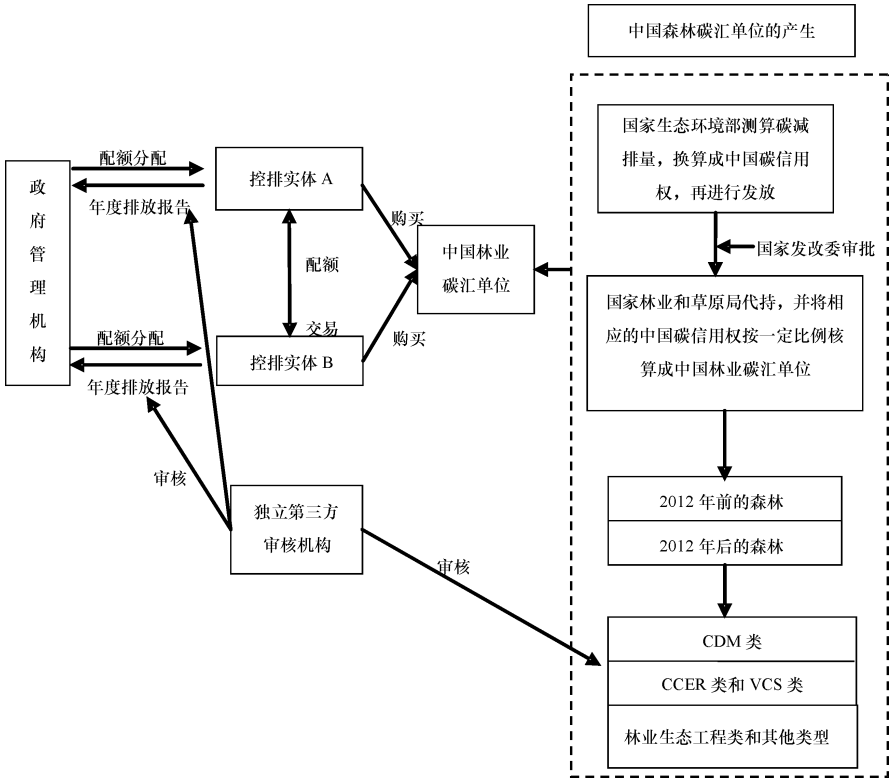


图 6 林业碳汇顶层设计图

(2)中国森林碳汇系统程序设计

中国森林碳汇系统程序设计主要是在新西兰模式基础,结合我国实际国情、相关资源禀赋情况和中国对国际社会的温室气体减排承诺等因素上进行了相应的制度创新。本文将主要从两个方面对相关程序进行相应介绍,即森林碳汇供给方和需求方进入森林碳汇交易市场程序,具体如下:

①森林碳汇供给方进入森林碳汇市场程序:

一是对 2012 年前的森林(包括 2012 年),天然林不参与森林碳汇交易,而对于具有合法合规证明的人工林则以免费申领中国森林碳汇单位的形式参与森林碳汇市场交易中。具体而言,即对于具有合法合规证明的人工林,政府将若干数量中国森林碳汇单位按人工林林地大小、树种类型、权属规范性等标准发放给人工林实际现有经营者,并且与他们签订若干条约细则。即一,若人工林林地实际经营者选择获得政府免费发放的中国森林碳汇单位,但却对 2012 年前的人工林进行采伐,则即使其进行补种,但仍然需要接受一定惩罚,其惩罚额为采伐森林碳储量乘以中国森林碳汇单位市场价;二是如果人工林林地实际经营者选择获得政府发放的中国森林碳汇单位后,若有合法或合理的采伐需要或人工林所在区域发生自然灾害,则需要在原有区域进行重新造林;三是对于之前发生过毁林情况的人工林,政府将会强制林地实际经营者加入该计划,并且暂时不予发放中国森林碳汇单位,待其完成相关审查工作后,再视情况决定是否向其免费发放中国森林碳汇单位;四是政府将向人工林林地实际经营者承诺,将在未来某个时间内以合理价格回收中国森林碳汇单位;五是人工林地实际经营者既可以将其获得的中国森林碳汇单位直接进入市场进行交易,也可以将其获得的中国森林碳汇单位兑换成中国碳信用单位,然后再进入一般碳市场进行交易。

二是 2012 年后的森林,将进一步细分为两类参与森林碳汇市场交易。一类是 2012 年后至森林碳汇全国统一市场建立期内,这段时间内的人工林将按三种不同类型即(CDM 类、VCS 类、CCER

类、林业政策性工程类、其他类型)分别申领相应的中国森林碳汇单位,其具体细则为,符合期限要求和类型标准要求的人工林的实际经营者首先在统一交易系统登记注册,然后再向系统提交符合文本标准要求的森林碳汇核算报告,最后还须向政府等方承若,若发生合理合法性采伐,则需归还所有已申领的中国森林碳汇单位,若已售出,则应在公开市场按市价买回归还政府;若发生毁林现象,则不仅需要进行重新造林,还需归还全部已申领的中国森林碳汇单位。第二类是在森林碳汇全国统一市场建立后,森林碳汇相关项目需要按照项目类型和不同方法学要求,在相应地方管理部门进行备案和资格审核,然后项目业主方要在统一交易系统登记注册,提交相应项目文件、监测计划和已经第三方核证的减排量报告等文件,再由主管部门统一进行内容审核和合法性审核,待通过相关部门和机构的严格审查后,获得申领相应数量的中国森林碳汇单位,之后项目业主方既可以直接将已获得的中国森林碳汇进行公开市场出售,又可以将已获得的中国森林碳汇单位兑换成相应数量的中国碳信用权单位进行市场交易,此外项目业主方还必须严格按照相应森林管理计划和监测计划进行项目实施,如果违反相关规定和规则,则需承担相应责任和惩罚。

②森林碳汇需求方进入森林碳汇市场程序:首先由控排实体向统一交易系统提交申购中国森林碳汇单位或中国碳信用权的预约申请,然后由交易系统管理机构进行初步审核,再在交易系统内进行发布需求,之后由森林碳汇需求方和供给方自行达成相关协议,森林碳汇供给方既可以直接提供相应数量的中国森林碳汇单位,又可以将中国森林碳汇单位兑换成中国碳信用权进行交付,最后控排实体将购买的中国森林碳汇单位或中国碳信用权用于履约,以完成相应减排义务。

(3)中国森林碳汇系统架构设计

中国森林碳系统架构设计将结合当前信息科学前沿技术,包括云计算、大数据、区块链等,将这些先进技术与面向森林碳汇 MMCN 相结合,以此来作为森林碳汇市场交易制度体系的技术支撑架构。中国森林碳汇系统交易架构如图 7 所示,主要包括区块链技术部分、交易部分、平台接口部分,其中,区块链技术部分包括分布式账本技术、非对称加密算法、智能合约等,是整个中国森林碳汇系统架构设计的底层技术部分,主要提供记账、对账和账本传输功能;交易部分主要包括生态环境部门管理中心、林业管理部门管理中心、中国森林碳汇单位交易中心、森林碳汇供给方、森林碳汇需求方、核算认证管理中心等,主要是为森林碳汇交易各相关主体提供相应的服务与应用,平台接口部分主要包括碳排放权交易平台、支付机构平台、金融、发改委等,主要是为森林碳汇各主要外部监管部门与相关交易机构提供接入接口,实现森林碳汇交易信息与数据的交互与共享。

(4)中国森林碳汇系统流程设计

①接入中国森林碳汇单位信用链。本文以森林碳汇供给方 B 的项目注册过程来说明中国森林碳汇单位信用链的交易流程(见图 8)。第一步,森林碳汇供给方 B 向林业部门提出森林碳汇项目注册申请及相关材料;第二步,由林业主管部门主导,会同生态环境部门、税务部门、支付机构等相关部门机构进行审核,达成共识,同意森林碳汇供给方 B 的项目申请;第三步,林业主管部门向森林碳汇供给方 B 发放项目资格证书及相关入网材料;第四步,第三方监测机构对注册项目进行定期监测;第五步,森林碳汇供给方 B 在项目实施完成后,通过系统向林业部门申请相应数量的中国森林碳汇单位,林业部门在对项目相关材料进行审核后,向森林碳汇供给方 B 发放中国森林碳汇单位;第六步,通过交易链的信息,上述活动与步骤会被写入相应的区块。当森林碳汇供给方 B 在接入中国森林碳汇单位信用链后,其项目的相关信息与交易信息都将被记录在区块上,区块与区块之间首尾相连,形成链式的结构,并且公布给该系统网络中的所有节点,节点与节点之间通过相应的共识机制形成共识,系统网络中的节点成员可根据权限查阅相关项目记录与交易信息,但是任何单一节点都不能对整个网络的数据进行随意更改,区块具有不可篡改性。

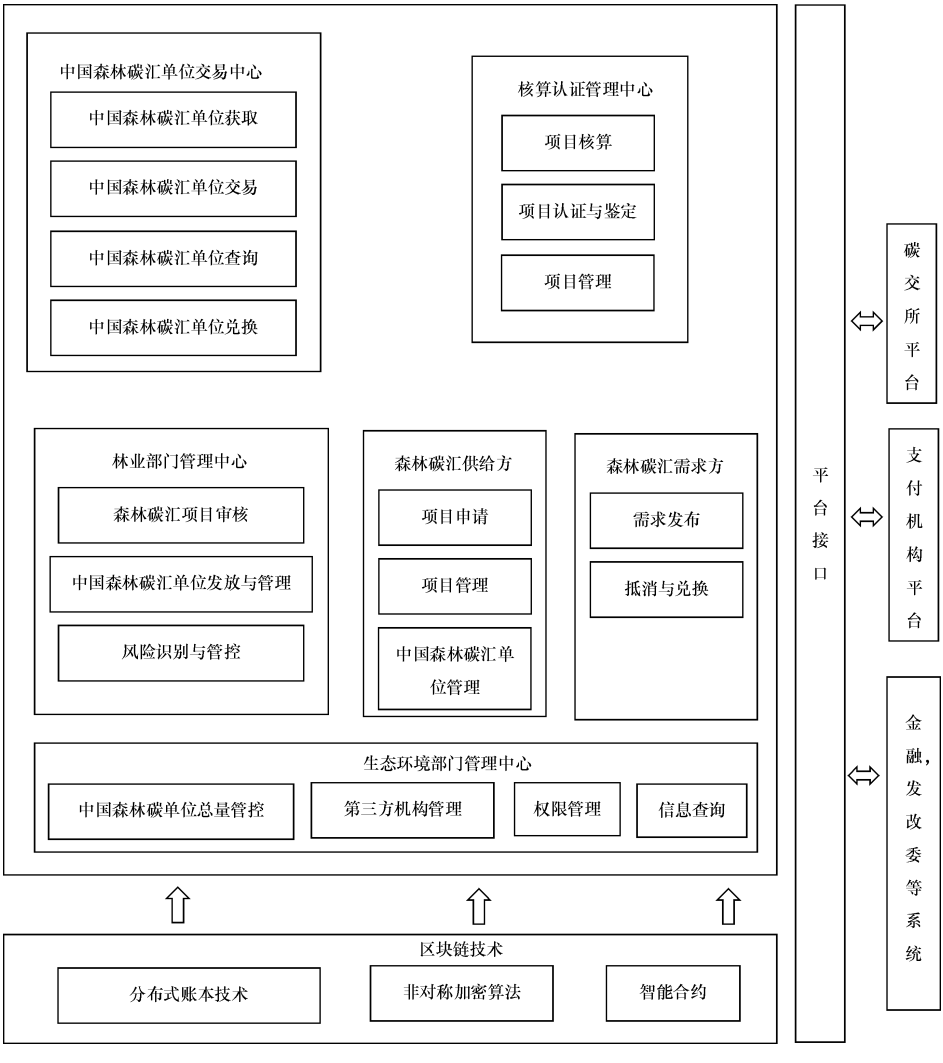


图7 中国森林碳汇系统架构设计

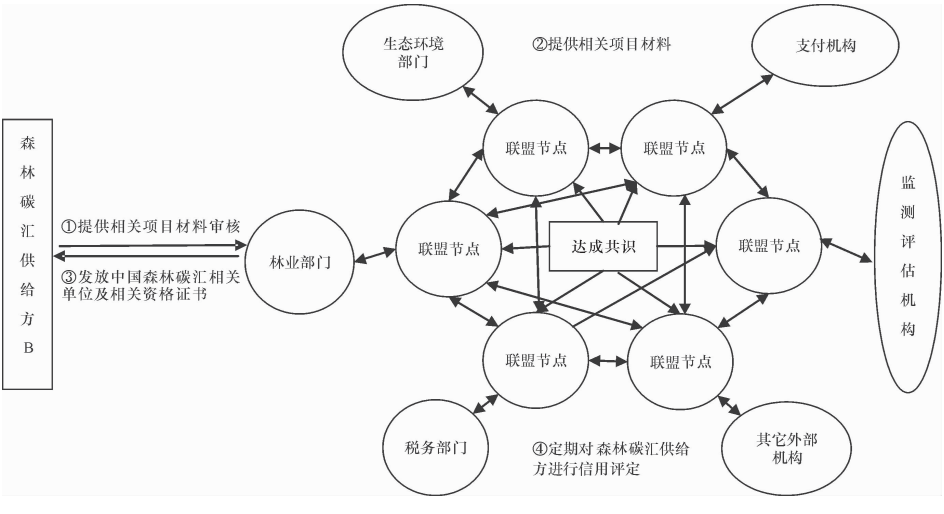


图8 中国森林碳汇单位信用链示意图

②接入森林碳汇交易链。森林碳汇交易链的相关交易信息产生主要过程如图 8 所示。森林碳汇供给方通过第三方机构核证后,通过相关部门审批,获得相应数量的中国森林碳汇单位,然后凭借获得的中国森林碳汇单位,加入森林碳汇交易平台,进行相应市场交易,其相关市场交易行为与信息会通过区块进行记录与保存。林业部门、生态环境部门、税务部门、金融支付机构等各类监管主体通过接入区块链,通过相关专业技术对中国森林碳汇市场交易进行风险识别与科学管理。

一个简单的完整中国森林碳汇供需双方交易流程如图 9 所示:第一步,森林碳汇需求方 A 通过森林碳汇交易系统发布中国森林碳汇单位需求信息,选择相应的智能合约,交纳一定合约订金;第二步,森林碳汇供给方 B 根据自身掌握的中国森林碳汇单位数量,选择履行合约,向 A 支付相应数量的中国森林碳汇单位,获得相应订金;第三步,森林碳汇需求方 A 在收到相关信息,进行验证后,通过支付机构支付后续资金;第四步,中国森林碳汇交易系统对相关信息进行记录与跟踪,双方机构完成相应转账;第五步,交易结束,合约结束,相关交易信息自动上传到云空间。

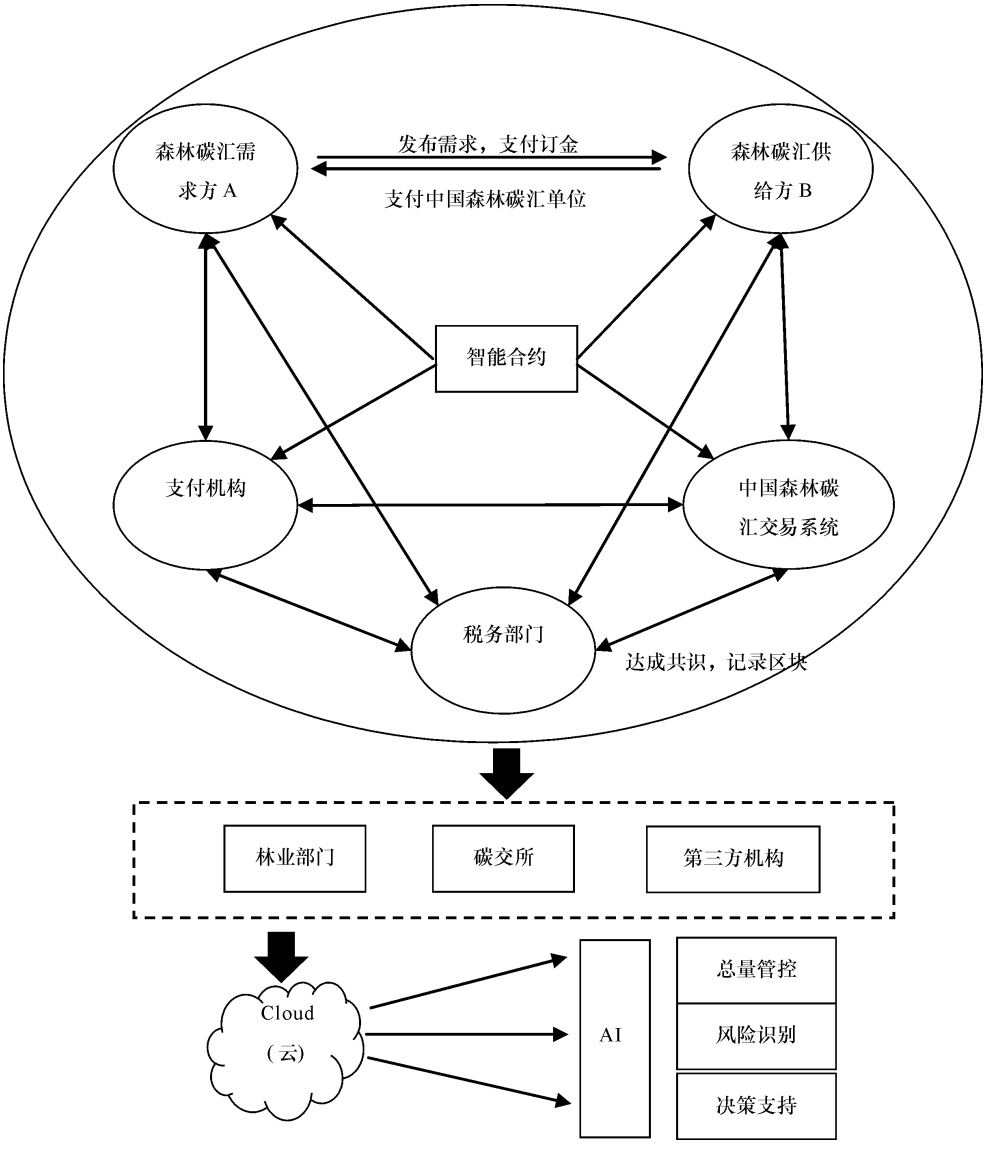


图 9　中国森林碳汇供需双方交易流程

五、结论

通过对碳中和目标实现的一般路径研究,分析了中国碳中和目标的实现路径与模式选择问题。与以往气候变化治理研究不同,本文跳出了气候变化治理框架的传统范畴,通过跨学科研究,对中国碳中和目标的实现路径与模式选择的整体设计进行了探索。在实现路径整体设计方面,中国政府在《巴黎气候变化协定》框架下,以时间期限目标管理(2030 年实现碳达峰,2060 年实现碳中和)方式,通过减排和增汇路径,对能源清洁低碳转型、生活方式低碳转型、森林碳汇、海洋碳汇等重点领域与关键措施进行分步推进,在目标管理压力体制下实现应对气候变化的全面社会动员,以实现碳中和目标。在模式选择整体设计方面,结合国情与温室气体特性,本文提出了一个气候变化治理新模式,即多阶段混合主导型碳中和实现模式,这一模式,在整体结构、细分领域和技术实现等方面,都与传统的气候变化治理模式具有较大差异。

从现实需求层面来讲,碳中和目标实现路径与模式选择研究是在结合中国现实情况、工业化发展需要和社会承受能力下进行的,这一研究不仅将深化和丰富了传统气候变化治理研究,而且还将能为中国碳达峰、碳中和目标的实现找到新的实现可能。习近平总书记在2020 年联合国大会上,向国际社会郑重承诺中国将力争在 2060 年前实现碳中和目标,这为中国经济社会未来发展和国家生态文明建设指明了方向和明确了目标。同时由于中国仍然处于工业化发展阶段,在未来一段时间内对于化石能源需求量和消耗量以及碳排放总量仍将会以较高速度增长;再加上中国从碳达峰到碳中和的过渡期时间设定非常严格,只有 30 年;还有碳中和目标实现的资金需求十分巨大,预计可能将高达百万亿级别,这些都意味着中国的碳中和战略目标实现的任务更重、时间更紧,因此需要中国在更短的时间中通过有效模式创新和机制设计来实现更大体量和更高要求的国家和社会的碳中和目标。

从政策设计层面来讲,本文通过对碳中和目标实现的一般路径研究,提出了气候变化整体治理的一个新模式,这对中国气候变化治理和碳中和目标实现都具有重要意义。多阶段混合主导型碳中和实现模式(MMCN)是以国家为核心,在一定时期和内外环境约束下,通过减排和增汇路径,对中国境内由人类活动造成的 CO_2 排放与人为 CO_2 吸收量之间关系进行调整和平衡的过程;其内部由宏观、中观和微观三层结构组成,每层结构各不相同,宏观结构主要是从整体视角来对碳中和目标实现过程进行分解,中观结构主要是从重点领域和关键措施视角来对碳中和目标实现过程进行分解,微观结构主要是从技术实施视角来对碳中和目标实现过程进行分解。多阶段混合主导型碳中和实现模式的提出,拓展和完善了气候变化整体治理理论,为气候变化治理提供了机制借鉴,有助于建立适应和满足现代中国社会、经济和生态发展需要的国家气候治理政策体系。

参考文献:

[1]雷温,查尔斯·A·Lin. 全球气候变化及其影响[J]. 水科学进展,2003(5):667-674.

[2]胡鞍钢,管清友. 应对全球气候变化:中国的贡献——兼评托尼·布莱尔《打破气候变化僵局:低碳未来的全球协议》报告[J]. 当代亚太,2008(4):9-27.

[3]余碧莹,赵光普,安润颖,等. 碳中和目标下中国碳排放路径研究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2021,23(2).

[4]冯烽. 中国能源消费驱动因素分析与促进"双循环"发展的启示[J]. 中国能源,2021(2):10-18.

[5]国家林业局. 中国森林资源报告[M]. 北京:中国林业出版社,2018.

[6]刘晓龙,崔磊磊,李彬,等. 碳中和目标下中国能源高质量发展路径研究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2021(3):1-10.

[7]杨长进,田永,许鲜. 实现碳达峰、碳中和的价税机制进路[J]. 价格理论与实践,2021(3):342-348.

[8]陈怡,刘强,田川,等. 部分国家长期温室气体低排放发展战略比较分析[J]. 气候变化研究进展,2019(6):633 – 640.
[9]张贤,郭偲悦,孔慧,等. 碳中和愿景的科技需求与技术路径[J]. 中国环境管理,2021(1):60 – 70.
[10]王灿,张雅欣. 碳中和愿景的实现路径与政策体系[J]. 中国环境管理,2020(6):60 – 66.
[11]丁仲礼:中国科学院公布“碳中和”框架路线图研究进展[EB/OL]. (2021 – 05 – 30). https://baijiahao. baidu. com/s? id = 1701172558255582998&wfr = spider&for = pc.
[12]刘满平. 我国实现“碳中和”目标的意义、基础、挑战与政策着力点[J]. 价格理论与实践,2021(1):421 – 426.
[13]巢清尘. 全球合作应对气候变化的新征程[J]. 科学通报, 2016(11):6 – 8.
[14]国际气候研究中心[EB/OL]. (2021 – 06 – 01),https://cicero. oslo. no/en/carbonbudget – for – dummies.
[15]邓旭,谢俊,滕飞. 何谓碳中和? [J]. 气候变化研究进展,2021(1):107 – 113.
[16]孙一琳. 实现碳中和,我们还差多少[J]. 风能, 2020(10):42 – 44.
[17]蔡博峰,曹丽斌,雷宇,等. 中国碳中和目标下的二氧化碳排放路径[J]. 中国人口·资源与环境,2021(1):7 – 14.
[18]胡鞍钢. 中国实现 2030 年前碳达峰目标及主要途径[J]. 北京工业大学学报(社会科学版),2021(3):1 – 15.
[19]习近平主持召开中央财经委员会第九次会议[EB/OL]. (2021 – 03 – 15),https://baijiahao. baidu. com/s? id = 1694303804509433187&wfr = spider&for = pc
[20]林伯强. 中国将如何迈向“碳中和”? [M]. 21 世纪经济报道, 2020. 12. 25(4):1 – 3.
[21]陈诗一,李志青. 能源转型推动中国经济深度“脱碳”[J]. 复旦金融评论,2021(11):42 – 46.
[22]田国双,邹玉友. 供需视域下森林碳汇研究综述与展望[J]. 林业经济,2018,(8):81 – 87.
[23]自然资源部. 中国森林覆盖率已达 23. 04% [EB/OL]. (2020 – 12 – 17),https://baijiahao. baidu. com/s? id = 1686308373734399889&wfr = spider&for = pc
[24]林德荣. 森林碳汇服务市场交易成本问题研究[J]. 北京林业大学学报(社会科学版),2005(4):46 – 49.

Implementation Path and Mode Selection of China's Carbon Neutralization Goal

LI Yong, GAO Lan

(*School of Economics and Management*, *South China Agricultural University*, *Guangzhou* 510642, *China*)

Abstract: Focusing on the path and mode selection of China's carbon neutralization goal, this paper puts forward a comprehensive governance mode of China's response to climate change, that is, a multi-stage mixed dominant carbon neutralization mode. The first mock exam is to adjust and balance the relationship between China's CO_2 emissions from human activities and the amount of anthropogenic CO_2 absorbed by the state through the reduction of emissions and the increase of foreign exchange channels under the constraints of the state and within the environment. It is composed of three structures – – – macro-, meso- and micro – – – each of them is different. The proposal of multi-stage mixed dominant carbon neutralization mode expands and improves the theory of integrated governance of climate change, and provides mechanism reference for climate change governance.

Key Words: global climate change; greenhouse gas emissions; carbon neutral; forest carbon sink; ecological civilization construction