

◀ 能源战略与政策研究 ▶

国家自主贡献机制研究与中国实施路径探析

韩晓燕¹, 佟庆², 谷朝督³, 朱步琪³, 何燕¹

(1. 青岛大学机电工程学院, 山东 青岛 266071; 2. 清华大学核能与新能源技术研究院, 北京 100084; 3. 青岛科技大学机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要 国家自主贡献(NDCs)是《巴黎协定》的核心制度,要求各缔约方明确其在减缓温室气体排放、适应气候变化影响以及提供资金、技术、能力建设支持等方面的目标和措施,并每5年更新一次且应较之前有所进步。这一机制的诞生,体现了全球气候治理从“自上而下”向“自下而上”的转变。为有效监督各国在实现NDCs目标上的进展,围绕双年透明度报告,通过技术专家审评、促进性多边审议和全球盘点,确保各国在应对气候变化方面的努力是透明、连贯和有效的。定期更新、进展追踪、国际评估和国际合作,形成了NDCs更新机制的闭环管理。研究表明,发达国家与发展中国家在NDCs更新模式上存在显著差异:前者多采用绝对量化目标与覆盖范围扩展的更新模式,而后者则注重强度目标与适应性措施。中国2015年首次提交国家自主贡献,并于2021年更新目标。中国的森林蓄积量和风电、光伏总装机容量已提前完成目标,2023年碳排放强度下降51.8%,非化石能源占比达到17.9%。中国2030年碳达峰目标已进入攻坚阶段,但在能源结构转型与生态系统增汇领域仍面临双重挑战。中国需立足国情,深化减排政策协同,加速能源绿色转型,完善碳市场,为全球气候治理提供制度创新与实践范式。

关键词 国家自主贡献 全球气候治理 定期更新 进展追踪 森林蓄积量 碳排放强度

1 前言

《巴黎协定》的第四条提出,各缔约方应根据自身国情和发展阶段,制定并提交国家自主贡献(Nationally Determined Contributions,简称NDCs),明确其在减缓温室气体排放、适应气候变化影响以及提供资金、技术、能力建设支持等方面的目标和措施。国家自主贡献是《巴黎协定》各缔约方携手应对气候变化的核心策略,充分尊重各国主权,依据各国不同的国情、发展阶段和能力,制定符合自身实际的气候行动方案。这一重要机制的诞生,打破了传统国际气候合作中“一刀切”的模式,标志着全球气候治理进入了一个全新阶段,强调各国的自主行动与集体协作相结合,共同应对气候变化这一全球性的挑战。

国家自主贡献涵盖了多个关键领域,包括温室气体减排、适应气候变化影响、资金和技术支持等,在全球气候治理中具有不可替代的作用。国家自主贡献鼓励各国积极参与到全球气候行动中来,充分调动各国的积极性和主动性,通过各国自主设定目标并付诸行动,形成了自下而上、协同合作的全球

气候治理局面。各国在制定和实施国家自主贡献的过程中,也在不断探索符合国情的低碳发展路线^[1],对于推动全世界绿色转型、实现可持续发展目标具有重要意义。本文系统解析《巴黎协定》下国家自主贡献(NDCs)机制的核心特征,揭示发达国家与发展中国家在NDCs更新模式上的差异,为中国实现“双碳”目标提供路径参考。

2 国家自主贡献目标主要内容

国家自主贡献目标是各国基于自身可持续发展的长远规划、当前所处的发展阶段、拥有的资源禀赋以及实际的减排潜力等多方面因素,自主确定

基金项目: 国家自然科学基金项目“面向碳中和的环境协同治理研究”(编号:72140003)。

作者简介: 韩晓燕,青岛大学机电工程学院动力工程及工程热物理专业2024级硕士研究生,主要从事减缓气候变化研究。

通讯作者: 佟庆,清华大学核能与新能源技术研究院高级工程师,联合国气候变化双年透明度报告首席审评专家,主要从事减缓气候变化领域的研究工作,E-mail:tongqing@tsinghua.org.cn;何燕,青岛大学二级教授,主要研究方向为储能碳材料制备技术及应用、能源转化与节能技术等,E-mail:heyang@qust.edu.cn

的在一定时期内应对气候变化的具体目标及预期成果^[2]。面对全球气候变化问题,各国都应该主动承担减排责任,积极提交国家自主贡献目标。国家自主贡献目标强调“自主”,各国大致可以围绕减缓气候变化和适应气候变化提出目标、行动计划及预期

成果,主要内容包括温室气体减排目标与适应气候变化目标(见图 1)。各国在设定国家自主贡献目标时,需要综合考虑经济阶段、技术水平、资源禀赋等国情因素的影响和作用,从而确保目标的合理性和可行性。

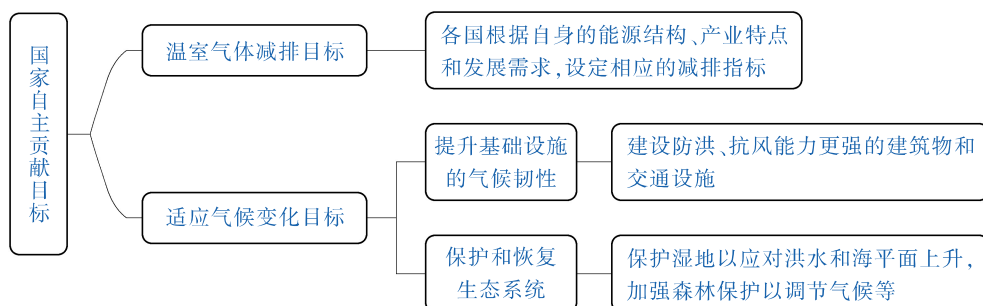


图 1 国家自主贡献目标主要内容

3 国家自主贡献更新机制

国家自主贡献是《巴黎协定》的核心制度,体现了全球气候治理从“自上而下”到“自下而上”的转变。国家自主贡献的更新机制,则是确保各国应对气候变化目标不断进步、推动全球气候治理有效实施的重要制度安排。

3.1 制度框架

《巴黎协定》要求各缔约方需在 2015~2016 年间首次提交其国家自主贡献目标,各国基于自身国情、发展阶段、资源禀赋和减排潜力等因素,自主确定应对气候变化的目标与行动方案,这种自主提出与国际框架整合的模式,打破了传统气候治理的强制约束逻辑。为了推动各国逐步提高气候行动的雄心,《巴黎协定》之下还进一步提出了国家自主贡献更新机制。根据《巴黎协定》第四条第 9 款,各缔约方需每 5 年更新一次其国家自主贡献。根据这一国际规则要求,许多国家在 2020~2021 年提出了第一次更新后的国家自主贡献。

同时,《巴黎协定》第四条第 3 款也明确要求各缔约方的连续国家自主贡献,应比之前提出的国家自主贡献有所进步,并反映其尽可能大的力度(包括提高减排目标的量化水平、调整减排目标类型和覆盖范围、增加适应目标和措施等),确保各国在应对气候变化方面的承诺不断增强,避免了气候治理行动的停滞或倒退。

另外,发展中国家在更新 NDCs 时,通常需要获得资金、技术和能力建设支持。《巴黎协定》要求发

达国家为发展中国家提供相关支持,帮助其实现 NDCs 目标,体现了“共同但有区别的责任”原则^[3]。

根据《巴黎协定》的规定,各缔约方首次提交的国家自主贡献以及后续每 5 年更新的国家自主贡献,都会被正式记录并公开于《联合国气候变化框架公约》(United Nations Framework Convention on Climate Change,简称 UNFCCC)秘书处管理的国家自主贡献登记簿上。国家自主贡献登记簿作为全球气候治理的重要信息平台,确保了各国 NDCs 的透明度、可追溯性和可比性,同时也为国际社会评估全球气候行动进展、开展全球盘点和促进国际合作提供了基础数据支持。

为有效监督各国在实现国家自主贡献目标方面的进展情况,从 2024 年起,要求各国每 2 年提交一次双年透明度报告(Biennial Transparency Report, BTR)。报告需详细阐述本国在温室气体排放、减排措施实施、适应气候变化行动等方面的情况^[4],以便国际社会准确掌握各国动态,进行科学评估。围绕双年透明度报告,一系列国际评估机制同步展开。国际评估主要包括以下三项机制:

① 技术专家审评(Technical Expert Review, TER):从 2024 年开始每 2 年一次,由技术专家对各缔约方的 NDCs 进行技术评估,确保其科学性和合理性。

② 促进性多边进展审议(Facilitative Multilateral Consideration of Progress, FMCP):从 2024 年开始每 2 年一次,旨在促进各国在气候行动方面的合作和经

验分享。

③ 全球盘点:从2023年开始每5年一次,对全球气候行动的整体进展进行评估,为各国制定和更新国家自主贡献提供指导。

通过以上各项机制,国际社会能够确保各国在应对气候变化方面的努力是透明、连贯和有效的,从而推动全球气候治理向更加公正和可持续发展的方向。

国际合作贯穿于整个国家自主贡献制度体系之中。在应对气候变化的过程中,各国面临不同程度的资金、技术和能力建设难题。通过国际合作,发达国家可向发展中国家提供相关支持,帮助其完善相关政策制定和执行体系^[5]。

国家自主贡献的定期更新、进展追踪、国际评估和国际合作,形成了更新机制的重要闭环,并与首次提交的国家自主贡献结合成为一个有机整体,体现了各国应对气候变化的责任与担当,深入推进全球气候治理,朝着实现《巴黎协定》的长远目标稳步迈进。图2为国家自主贡献目标的关键时间节点与机制关联。

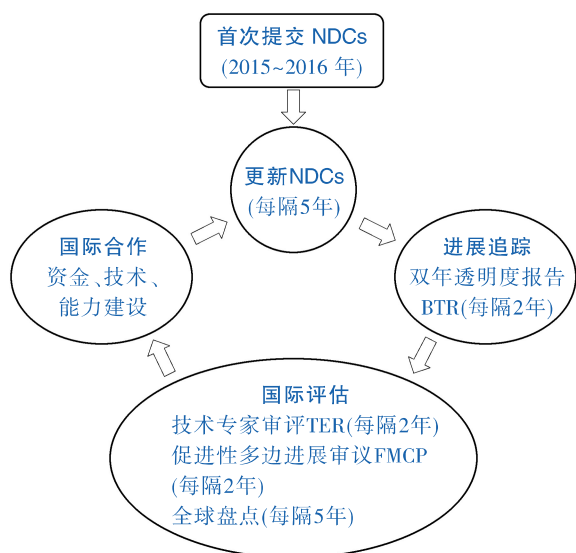


图2 国家自主贡献目标关键时间节点与机制关联

3.2 更新机制具体实施方式

尽管《巴黎协定》要求各国遵循“自下而上”的棘轮机制,每5年更新一次NDCs,但部分发达国家更新力度不足。例如欧洲方面,德国虽然提出2045年碳中和目标,但受俄乌战争影响,2022年煤炭发电量同比增长15%^[6];欧盟2023年NDCs更新中,

仅将2030年减排目标从55%提升至57.5%,增速低于科学碳目标倡议(Science-Based Targets Initiative, SBTi)要求的每年7.6%。基于全球变化评价模型(GCAM-TU)的研究发现^[7],2030年各国现有减排承诺下的能源相关二氧化碳排放路径,与2℃温升目标的最优路径仍存在显著差距,这印证了部分国家NDCs更新力度不足对全球减排进程的影响。

《巴黎协定》下的国家自主贡献更新机制,是推动全球气候行动不断向前发展的关键环节。国家自主贡献的更新,不仅是各国自主决定的气候行动目标的调整,更是各国在应对气候变化过程中展示决心、能力和合作意愿的重要体现。以下是各国在更新NDCs时采取的几种具体实施方式^[5]:

① 提高减排目标。许多缔约方通过提高减排目标来增强其气候行动力度。例如,挪威在更新的国家自主贡献中提出,到2030年,其温室气体排放将比1990年水平减少至少50%,并力争达到55%。这一目标较其在2015年提出的INDC目标提高了10个百分点,表明了挪威在应对气候变化方面的更高雄心。

② 调整减排目标类型和覆盖范围。部分缔约方通过调整减排目标的类型和覆盖范围来优化其气候行动。例如新加坡在其更新的国家自主贡献中扩大了减排目标的覆盖范围,将NF₃纳入目标气体清单。此前新加坡的国家自主贡献仅涵盖除NF₃以外的6种温室气体(即CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆),此次更新进一步体现了其在温室气体减排方面的全面性和系统性。

③ 强化适应气候变化行动的实施。适应气候变化是国家自主贡献的重要组成部分,许多缔约方在更新国家自主贡献时强化了适应行动的具体实施。例如,智利不仅在原有的适应性目标基础上进行了扩展,还计划在国家长期气候战略中进一步整合适应气候变化的措施。这表明各国在应对气候变化时,不仅关注减缓温室气体排放,也重视增强适应能力。

④ 增加2050年减排愿景。为了展示长期气候行动的雄心,新西兰、瑞士、巴西等国在其更新的国家自主贡献中提出了2050年实现净零排放或碳中和的愿景。各国在目标表述上有所差异,所覆盖的

温室气体种类也不尽相同。例如,巴西在其2050年目标中同时提出了“碳中和”和“气候中和”的概念。这种长期目标的设定,不仅为各国未来的气候行动提供了方向,也为全球气候治理注入了信心。

⑤ 增强透明性。尽管《巴黎协定》并未强制要求缔约方在更新国家自主贡献时适用信息和核算导则,但许多国家仍主动采用了这些导则,以提高国家自主贡献的透明度和可比性。71个缔约方参考了相应的信息导则,通报了相关内容,提升了透明度。

4 国家自主贡献进展追踪

4.1 《巴黎协定》下的追踪框架

《巴黎协定》建立了一套全面的国家自主贡献进展追踪框架,其中,强化透明度框架(Enhanced Transparency Framework, ETF)是核心组成部分。ETF要求各国定期提交双年透明度报告(BTR),详细报告温室气体排放数据、减排措施的实施情况、适应气候变化行动的进展以及资金和技术支持情况(发达国家缔约方需报告其向发展中国家提供的资金、技术与能力建设支持,发展中国家自愿报告其获得的支持)等信息,为“自下而上”的NDCs机制提供数据支撑与评估基础。双年透明度报告,为在国际层面追踪各国的国家自主贡献目标进展提供了重要依据。

4.2 进展追踪所需的信息

根据《巴黎协定》相关要求,各国需要提供以下信息,专门用于追踪国家自主贡献方面取得的进展:①国家情况和体制安排;②国家自主贡献目标的说明与更新;③追踪在履行和实现国家自主贡献方面取得的进展所需的信息;④与履行和实现国家自主贡献有关的减缓政策、措施、行动和计划,以及可能获得的协同效益相关信息;⑤温室气体排放量和减排量概况。

根据《巴黎协定》下的强化透明度框架,以双年透明度报告的文字叙述和联合国通用表格格式(Common Tabulate Format, CTF)两种形式,报告在履行和实现国家自主贡献方面取得的进展。上述五部分信息项之下所要报告的主要内容如下:

4.2.1 国家情况和体制安排

与履行和实现国家自主贡献取得进展有关的

国情信息,主要包括对政府结构、人口概况、地理概况、经济概况、气候概况和部门详情等的描述^[1]。这些信息有助于国际社会了解各国的基本国情,为评估其应对气候变化的能力和行动提供背景依据。

4.2.2 国家自主贡献目标的说明与更新

各国需要详细介绍其国家自主贡献的目标、实施时限、范围和覆盖面等内容及其更新:

① 目标的设定及类型(例如全经济范围的绝对减排,排放强度降低,低于预计基线的减排,适应行动或经济多样化计划、政策和措施的减缓协同效益等);

② 目标年或目标期,以及目标是一年期目标还是多年期目标;

③ 目标的基准年与基准值等;

④ 目标的实施时限;

⑤ 范围和覆盖面(可涉及部门、类别、活动、源和汇、库和气体)等。

各国双年透明度报告中对于以上内容的详细介绍,有助于国际社会清晰了解各国的气候行动规划和意图。

4.2.3 进展追踪所需信息

各缔约方根据其国家自主贡献的实际情况,自主选择 and 确定进展追踪所需的指标,构建指标体系,追踪其国家自主贡献进展。国家自主贡献进展追踪的指标选择需要满足以下两项要求:

① 各项指标必须与该缔约方的国家自主贡献有关,具有明确的相关性。例如,与减缓气候变化目标相关的指标包括温室气体排放量和减排量、碳强度降低的百分比、特定政策或措施相关的定性指标等;适应行动和经济多样化计划的减缓协同效益等(如重新造林的公顷数、可再生能源使用或生产的百分比、碳中和、非化石燃料在初级能源消费中所占份额及非温室气体相关指标)。

② 对于每项选定的指标,缔约方应有明确的解释,包括基本假设、定义、基准年或起始点的相关情况、履约期内各年度的最新进展情况、所使用的方法、关键参数及数据来源等,都要进行详细的分析和说明。

指标可以是定性的,也可以是定量的。在实际应用中,各国通常将定量指标和定性指标结合使

用,两类指标相互补充,综合反映各国在应对气候变化方面的行动和成效。定量指标具有明确的数据衡量标准,能够直观地展示国家自主贡献进展情况,常用的定量指标包括温室气体排放量、碳排放强度、可再生能源占比等。定性指标从另一个角度评估气候行动的综合成效,包括政策实施效果、公众意识提升程度等。

4.2.4 相关的政策、措施、行动和计划

提交在履行和实现国家自主贡献方面颁布和实施的相关政策、措施、行动和计划,此处应当重点介绍对温室气体排放量与减排量影响最大,以及影响国家温室气体清单关键类别的相关政策、措施、行动和计划。在组织提交信息时,各缔约方应按下列部门划分方式来进行说明:能源、运输、工业生产过程和产品使用、农业、土地利用、土地利用变化和林业(LULUCF)、废弃物管理以及其他。

4.2.5 温室气体排放量和减排量概况

在温室气体排放数据报告方面,各缔约方需要按照《巴黎协定》的要求,采用统一的核算方法和标准^[8],确保数据的准确性和可比性。

5 国际评估与合作

5.1 国际评估机制

国际社会对各国国家自主贡献进展的评估,是确保全球气候行动有效性的重要环节。这种评估不仅有助于各国了解自身在实现目标过程中的优势和不足,也为国际合作提供了重要依据。国际评估采取促进性、非侵入性、非惩罚性的方式,尊重国家主权,避免给缔约方增加不必要的负担。

根据联合国环境规划署(UNEP)发布的《2023年排放差距报告》^[9],发达国家当前NDCs承诺的减排量仅能够覆盖其2030年所需减排量的40%,远低于发展中国家的65%。世界资源研究所(The World Resources Institute, WRI)2024年研究分析表明^[10],美国、加拿大等国的NDCs更多依赖森林碳汇等间接手段,在实际工业减排举措上进展缓慢,与发展中国家聚焦强度目标与适应性措施形成鲜明对比。这种执行分化在美国退出《巴黎协定》事件中尤为凸显:2017年美国宣布退出后,其2022年化石能源消费占比仍达79%^[11],碳排放下降幅度远低于承诺目标。但NDCs机制的“自主性”特征使其他国家并

未因美国退出而停滞不前——欧盟、中国等通过更新NDCs持续提升减排雄心,印证了该机制“多元主体驱动”的韧性,同时也暴露了缺乏强制约束可能导致的责任推诿问题。

5.2 国际合作

国际合作在国家自主贡献进展追踪中发挥着重要作用,各国通过共享数据和技术,能够提高追踪的准确性和有效性。

在数据共享方面,一些国际组织和平台促进了各国温室气体排放数据的交流与共享,使各国能够更好地了解全球气候变化的趋势和自身在全球格局中的位置。在技术合作方面,发达国家向发展中国家提供先进的监测、核算及评估技术,帮助发展中国家提高自身的能力^[3]。根据气候政策倡议组织(Climate Policy Initiative, CPI)的数据^[12],2021年全球气候融资为1.114万亿美元,其中跨国流动资金为2030亿美元,发达国家贡献部分约为1500亿美元。经合组织(OECD)数据显示^[13],2021年发达国家实际提供资金896亿美元(未完全达到1000亿美元承诺),其中约48%流向发展中国家。国际合作还可以促进各国在政策制定及实施方面的协调,避免出现政策冲突和重复建设等失误,提高全球气候行动的整体效果。2020~2021年间,根据世界银行的数据^[14],通过技术援助和公私合作模式,向发展中国家转移可再生能源技术的合同总额为32亿美元,占全球同类交易的64%。

6 中国的国家自主贡献目标与实施进展

中国政府于2024年12月31日,向联合国递交《中华人民共和国气候变化第一次双年透明度报告》,其中有专门的篇幅用于介绍中国的国家自主贡献进展情况。主要包括四部分内容:①国情和组织机构安排;②国家自主贡献目标描述;③国家自主贡献目标实施进展;④减缓气候变化政策行动及其成就。

《中华人民共和国气候变化第一次双年透明度报告》严格遵循前面所介绍的《巴黎协定》之下追踪国家自主贡献进展的相关格式、内容与要求。由于篇幅限制,本节仅介绍其中最核心的内容,即国家自主贡献目标描述及国家自主贡献目标实施进展两大部分。

6.1 中国国家自主贡献目标描述

6.1.1 首次提交的国家自主贡献目标

2015年6月,中国政府正式向国际社会递交《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》文件,系统规划了面向2030年的气候治理框架。该方案明确提出了多项关键承诺:温室气体排放总量预计在2030年前后实现达峰,并力争提前完成这一目标;单位GDP二氧化碳排放强度在2005年基础上降低60%~65%;非化石能源在一次能源消费结构中的占比提升至约20%;森林蓄积量较2005年水平增加约 $45 \times 10^8 \text{m}^3$ 。同时,文件着重强调构建系统性气候风险防御机制,增强生态系统的气候韧性,并制定涵盖能源转型、产业升级、生态保护等15个重点领域的实施路径。自政策框架确立后,中国积极务实地履行承诺,取得了显著进展。

6.1.2 更新后的国家自主贡献目标

2020年9月22日,在第七十五届联合国大会一般性辩论中,中国国家主席习近平向国际社会宣

告: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。

2021年10月,中国向《联合国气候变化框架公约》秘书处正式递交了《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》,对国家自主贡献目标进行了调整与更新。此次更新后的国家自主贡献目标为:二氧化碳排放努力争取在2030年前达到峰值,全力谋求在2060年前实现碳中和^[15]。到2030年,中国单位国内生产总值二氧化碳排放要比2005年降低65%以上,非化石能源在一次能源消费中所占比重将达到25%左右,森林蓄积量会比2005年水平增加 $60 \times 10^8 \text{m}^3$,风电、太阳能发电总装机容量将超过 $12 \times 10^8 \text{kW}$ 。

6.2 中国国家自主贡献目标及其内涵

中国国家自主贡献各目标及内涵见表1,与联合国层面对国家自主贡献目标的说明与更新的要求保持一致。

表1 中国国家自主贡献目标及内涵

项 目	二氧化碳达峰	碳排放强度下降	非化石能源比重	森林蓄积量	风电、太阳能发电总装机容量
目标的设定及类型	阶段性目标:二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值 ^[16]	中国在2009年提出:到2020年单位国内生产总值二氧化碳排放要比2005年下降40%~45%;在2021年提出:到2030年,中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上。属于排放强度降低类型的目标	2030年非化石能源占一次能源消费比重达到25%左右。属于能源结构优化类目标	到2030年森林蓄积量将比2005年增加 $60 \times 10^8 \text{m}^3$,通过提升森林资源总量增强生态系统碳汇能力。属于基于生态系统的碳汇增强目标	2030年风电、太阳能发电总装机容量将达到 $12 \times 10^8 \text{kW}$ 以上,大力发展可再生能源发电。属于可再生能源发展目标,助力能源结构清洁化
基 年	不涉及	2005年,基准年值为100%	不涉及	2005年,基准年森林蓄积量约为 $130 \times 10^8 \text{m}^3$	不涉及
目标年	2030年,为单年目标	2030年,为单年目标,时间跨度为25年	2030年,为单年目标	2030年,为单年目标,时间跨度为25年	2030年,为单年目标
目标的实施时限	计划在2030年前达成,从提出目标起至2030年为实施推进阶段,在此期间通过一系列政策、措施逐步落实				
范围和覆盖面	口径:燃料燃烧以及工业生产过程和产品使用的二氧化碳排放; 覆盖领域:能源、工业生产过程和产品使用,气体种类为二氧化碳	口径:2030年单位可比价格国内生产总值能源相关二氧化碳排放相比2005年的下降率; 覆盖领域:能源活动和工业生产过程和产品使用	不涉及温室气体排放相关覆盖领域和气体种类		

6.3 中国国家自主贡献主要目标实施进展

6.3.1 追踪指标

① 二氧化碳达峰。追踪对象:燃料燃烧以及工业生产过程和产品使用所产生的二氧化碳排放。其

口径和定义与国家自主贡献目标中的二氧化碳达峰完全一致,与目标紧密相连,数据依据对应年份的国家温室气体清单进行统计。

② 碳排放强度下降。追踪内容:单位可比价格国内生产总值能源相关二氧化碳排放,即能源相关二氧化碳排放与当年可比价格国内生产总值的比值。同时,碳排放强度下降率是通过基准年的碳排放强度减去目标年份的碳排放强度后,再与基准年的碳排放强度进行比值计算得出。其中,能源相关二氧化碳排放、可比价格和国内生产总值的口径与定义,均与国家自主贡献目标中的碳排放强度下降相同,数据来源涵盖对应年份的国家温室气体清单以及国家统计局公布的官方数据^[17]。

③ 非化石能源比重。口径和定义:与国家自主贡献目标中的非化石能源比重保持一致,与目标直接相关。非化石能源比重的计算方式是能源消费总量扣除煤炭、石油、天然气在能源消费总量中的比重,数据取自中国国家统计局公布的对应年份的官方数据。

④ 森林蓄积量。追踪对象:中国的森林蓄积量,其口径和定义与国家自主贡献目标中的森林蓄积量完全相同,与目标紧密结合。数据来源为全国森林资源清查和全国林草生态综合监测。

⑤ 风电、太阳能发电总装机容量。追踪内容:风力发电机组的装机容量和太阳能发电机组的全口径装机容量,与国家自主贡献目标直接相关,数据由国家能源局公布的对应年份的官方数据予以支持。

6.3.2 追踪国家自主贡献目标进展

① 二氧化碳达峰的进展。根据中国最新温室气体清单,2021年燃料燃烧以及工业生产过程和产品使用的二氧化碳排放量为 $116.2 \times 10^8 \text{t}$ ^[17]。

② 碳排放强度的进展。根据中国最新温室气体清单,2021年碳排放强度相比2005年水平下降50.9%^[17]。

③ 非化石能源比重的进展。据国家统计局网站发布的数据,2023年中国煤炭、石油、天然气占能源消费总量的比重分别为55.3%、18%和8.5%,非化石能源比重为17.9%^[18]。

④ 森林蓄积量的进展。根据2021年全国林草

生态综合监测的成果,全国森林蓄积量为 $194.93 \times 10^8 \text{m}^3$,与2005年相比增加了 $64.93 \times 10^8 \text{m}^3$,提前达成了国家自主贡献目标。

⑤ 风电、太阳能发电总装机容量的进展。根据国家能源局公布的信息,到2023年底,中国并网风电装机容量约为 $4.4 \times 10^8 \text{kW}$,并网太阳能发电装机容量约为 $6.1 \times 10^8 \text{kW}$,风电、太阳能发电总装机容量约为 $10.5 \times 10^8 \text{kW}$;截至2024年10月,并网风电装机容量约为 $4.9 \times 10^8 \text{kW}$,并网太阳能发电装机容量约为 $7.9 \times 10^8 \text{kW}$,风电、太阳能发电总装机容量约为 $12.8 \times 10^8 \text{kW}$ ^[17]。

6.3.3 碳中和技术框架

作为全球气候治理的关键参与者^[19],中国在国家自主贡献目标实施中展现出显著成效与长远战略规划。中国碳中和机制聚焦“三端发力”^[20]:

能源端:2030年后新建电厂100%配套碳捕集、利用与封存(CCUS),2050年可再生能源发电占比超90%,构建“风光储氢”一体化系统。

工业端:乙烯、钢铁等行业推广全电裂解、氢基还原技术,2040年工业领域绿氢使用量达到 $5000 \times 10^4 \text{t}$,碳捕集利用率超70%。

碳汇端:建立“森林碳汇+海洋碳汇”双体系,2060年森林蓄积量达到 $210 \times 10^8 \text{m}^3$,海洋碳汇年增量 $1.5 \times 10^8 \text{t}$,通过CCER(国家核证自愿减排量)机制实现碳汇市场化交易。

6.3.4 中国NDCs执行细节与最优减排路径

通过梳理中国国家自主贡献机制执行情况与远期规划,可以看到中国在能源结构转型方面成效显著。截至2024年,中国非化石能源装机容量达到 $17.8 \times 10^8 \text{kW}$,占总装机容量的60%,风电、光伏装机超 $12.8 \times 10^8 \text{kW}$,提前完成2030年目标;2023年单位GDP能耗较2005年下降56.4%,碳排放强度下降51.8%^[20]。工业领域也积极推进减排,如宝武集团开展绿氢炼钢试点,减排效果达12%;新疆化工领域落地CCUS项目,年封存二氧化碳 $300 \times 10^4 \text{t}$ 。在政策协同方面,全国碳市场覆盖年排放量 $45 \times 10^8 \text{t}$,2023年碳价稳定在60~80元/t,推动电力行业减排 $1.5 \times 10^8 \text{t}$ 二氧化碳;绿色金融工具发行规模超3.5万亿元,重点支持可再生能源项目。

从《巴黎协定》自主减排工具出发,构建“三阶

段协同路径”,成为对经济发展损失最小的优选方案。短期内(2025~2030年),以能源替代为主,加速淘汰煤电,经测算此阶段GDP损失率小于0.8%;中期(2030~2040年),重点推进工业深度脱碳,推广CCUS技术,虽然需要新增投资,但能拉动相关产业GDP增长1.2%;长期(2040~2060年),以绿氢经济为核心,预计2050年绿氢可替代30%工业用能,同时完善碳汇交易机制,最终实现经济与环境双赢。该路径充分考虑了中国各阶段的经济发展需求与减排潜力,在保障经济平稳发展的同时,稳步推进碳减排目标的实现。

7 结语

本文系统解析了《巴黎协定》下国家自主贡献(NDCs)机制的核心特征,构建了兼顾公平与效率的全球气候治理新模式。结合《巴黎协定》第6条市场机制,中国正推动全国碳市场与国际碳边境调节机制(CBAM)对接,2025年启动跨国企业碳足迹核算,2030年实现“一带一路”项目低碳标准互认,确保碳中和目标与全球治理体系协同。研究表明,发达国家与发展中国家在NDCs更新路径上呈现显著分化:前者多采用绝对量化目标叠加覆盖范围扩展的升级模式,后者则聚焦强度目标与适应性措施的双轨并行。中国作为全球气候治理的关键贡献者,其2030年碳达峰目标已进入攻坚阶段,同时2060年碳中和愿景仍然面临能源结构转型压力与生态系统增汇瓶颈的双重挑战^[21]。中国需要立足“双碳”目标的时间表与路线图,深化减排政策的跨部门协同,加速能源系统绿色低碳转型,完善生态系统碳汇计量体系,为全球气候治理提供制度创新与实践范式。

参考文献:

- [1] IPCC.Climate change 2021:The Physical Science Basis[R].Cambridge University Press,2021.
- [2] IPCC.Climate Change 2014:Mitigation of Climate Change[R].Cambridge University Press,2014.
- [3] 孙永平,张欣宇,施训鹏.全球气候治理的自愿合作机制及中国参与策略——以《巴黎协定》第六条为例[J].天津社会科学,2022(4):93-99.
- [4] DING Hongda,GAO Qihui,GAO Xiang,et al.Interpretation of Transparency Rules under the Paris Agreement[R].Bei Jing:National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation(NCSC),2020.
- [5] 樊星,高翔.国家自主贡献更新进展、特征及其对全球气候治理的影响[J].气候变化研究进展,2022,18(2):230-239.
- [6] 杜哲宇.德智库:德国2022年煤炭发电量增加 危及气候目标[EB/OL].(2023-01-11).<http://world.people.com.cn/n1/2023/0111/c1002-32604322.html>.
- [7] 王利宁,杨雷,陈文颖,等.国家自主决定贡献的减排力度评价[J].气候变化研究进展,2018,14(6):613-620.
- [8] IPCC.2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R].Institute for Global Environmental Strategies,2006.
- [9] UN Environment Programme.Emissions Gap Report 2023[R].Nairobi,KEN:UNEP,2023.
- [10] World Resources Institute.Global Climate Pledges:A Progress Report[R].Washington DC:WRI,2024.
- [11] 刘玲玲.2022年美国化石能源消费占比仍高达79%[N].中国煤炭报,2023-07-18(7).
- [12] Climate Policy Initiative.Global Landscape of Climate Finance 2023[R].CPI,2023.
- [13] Organisation for Economic Co-Operation and Development.Climate Finance Provided and Mobilised by Developed Countries in 2013-2021[R].OECD,2023.
- [14] World Bank Group.Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) Technical Report 2021[R].Washington DC:World Bank Group,2021.
- [15] 中华人民共和国中央人民政府.国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知[EB/OL].(2021-10-26).https://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content_5644984.htm.
- [16] 陈迎,巢清尘.碳达峰、碳中和100问[M].北京:人民日报出版社,2021.
- [17] 中华人民共和国生态环境部.中华人民共和国气候变化第一次双年透明度报告[R].北京:生态环境部,2024.
- [18] 国家统计局能源统计司.中国能源统计年鉴2023[M].北京:中国统计出版社,2024.
- [19] 张春海,赵璐.中国在全球气候治理中展现大国担当[N].中国社会科学报,2017-09-22(2).
- [20] 柴麒敏,傅莎,温新元.中国实施国家自主贡献的路径研究[J].环境经济研究,2019,4(2):110-124.
- [21] 魏一鸣,余碧莹,唐葆君,等.中国碳达峰碳中和时间表与路线图研究[J].北京理工大学学报(社会科学版),2022,24(4):13-26.

(编辑 张 峰)

Research on the Mechanism of Nationally Determined Contributions and China's Implementation Paths

Han Xiaoyan¹, Tong Qing², Gu Chaodu³, Zhu Buqi³, He Yan¹

(1.School of Mechanical and Electrical Engineering, Qingdao University, Qingdao Shandong 266071; 2.Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 100084; 3.School of Mechanical and Electrical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao Shandong 266061)

[Abstract] Nationally Determined Contributions (NDCs) are the cornerstone of the Paris Agreement, requiring each Party to specify their goals and measures for mitigating greenhouse gas emissions, adapting to climate change impacts, and providing support in finance, technology and capacity-building. NDCs shall be updated every five years with enhanced ambition compared to previous versions. The establishment of this mechanism reflects the transition of global climate governance from a "top-down" to a "bottom-up" approach. To effectively monitor the progress of the countries in achieving their NDC targets, efforts are centered on biennial transparency reports, and technical expert review, facilitative multilateral consideration and global stocktake are conducted to ensure that the countries' endeavors in addressing climate change are transparent, consistent and effective. Regular updates, progress tracking, international assessments and international cooperation form a closed-loop management system for the NDC update mechanism. Studies indicate that there are significant differences in NDC update models between developed and developing countries. Developed countries mostly adopt an update model featuring absolute quantitative targets and expanded coverage, while developing countries focus on intensity targets and adaptive measures. China submitted its first NDC in 2015 and updated its targets in 2021. China has already achieved its targets for forest stock volume and total installed capacity of wind and photovoltaic power ahead of schedule. In 2023, China's carbon emission intensity decreased by 51.8%, and the share of non-fossil energy reached 17.9%. China's 2030 carbon peaking target has entered a critical stage, yet it still faces dual challenges in energy structure transformation and ecosystem carbon sink enhancement. China needs to base itself on its national conditions, deepen policy coordination for emission reduction, accelerate green energy transition, improve the carbon market, and provide institutional innovations and practical paradigms for global climate governance.

[Keywords] nationally determined contributions; global climate governance; regular updates; progress tracking; forest stock volume; carbon emission intensity

· 广告目次 ·

封面: 中国石化催化剂有限公司北京奥达分公司
封底: 中石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院
封二: 国家电网有限公司
封三: 厦门国际精细化工产业大会暨展览会
前插 1: 克隆集团
前插 2~3: 中国石化催化剂有限公司

前插 4: 天津中瑞邦络克管道联接技术有限公司
后插 1: 中石化胜利石油工程有限公司
钻井工艺研究院
后插 2~3: 中国石化催化剂有限公司北京奥达分公司
后插 4: 北京飞燕石化环保科技发展有限公司