

引用: 王子健, 白福高, 闫伟, 等. 重点国家碳排放历史趋势、碳中和政策特征及合作建议[J]. 中国石油勘探, 2022,27(6):98-109.
Wang Zijian, Bai Fugao, Yan Wei, et al. Carbon emission trend and carbon neutrality policy characteristics of key countries and cooperation suggestions[J]. China Petroleum Exploration, 2022,27(6):98-109.

重点国家碳排放历史趋势、碳中和政策特征及合作建议

王子健¹ 白福高² 闫伟¹ 徐金忠² 何欣¹

(1 中国石油勘探开发研究院; 2 中国石油勘探开发有限公司)

摘要: 文章将重点国家分为经济增长—能源消费驱动型、能源生产驱动型、经济增长—能源生产 / 消费驱动型 3 类, 回顾了重点国家碳排放历史趋势, 分析了其发展特征。其中, 经济增长—能源消费驱动型国家碳排放趋势符合倒“U”形环境库兹涅茨曲线特征; 能源生产驱动型国家能源生产与碳排放趋势呈现“双高”正相关关系; 经济增长—能源生产 / 消费驱动型国家碳排放趋势表现出“L”形和倒“L”形两种特点。梳理了不同驱动因素下, 欧盟、各大区油气资源国、美国的碳中和政策特征分为引领型、跟随性、自主型 3 类, 并对其碳中和政策要点进行解读。在此基础上建议妥善处理经济复苏与低碳发展的关系, 实现低碳发展政策工具多元化; 加大气候转型政策与市场研究, 提出应对资源国政策调整的预备方案; 加强同油气生产国、消费国、碳排放大国等沟通, 搭建国家及行业低碳发展对话平台。

关键词: 碳排放; 碳中和; 欧美国; 油气资源国; 政策特征

中图分类号: F416 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1672-7703.2022.06.011

Carbon emission trend and carbon neutrality policy characteristics of key countries and cooperation suggestions

Wang Zijian¹, Bai Fugao², Yan Wei¹, Xu Jinzhong², He Xin¹

(1 PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development; 2 PetroChina Exploration & Production Company)

Abstract: The major countries are classified into three types of economic growth-energy consumption driven type, energy production driven type, and economic growth-energy production/consumption driven type. Then the carbon emission history is reviewed and the development characteristics are analyzed of these countries. Among them, the carbon emission trend of economic growth-energy consumption driven type countries conforms to the inverted “U” shaped environmental Kuznets curve. The energy production and carbon emission show a “double high” positive correlation of energy production driven type countries. While the carbon emission trend of economic growth-energy production/consumption driven type countries is characterized by “L” shape and inverted “L” shape curves. Driven by various factors, the carbon neutrality policies of the European Union, resource countries in various regions, and the United States are categorized into three types of leading, following and independent types, and the key policies are interpreted in detail. On this basis, it is suggested to properly handle the relationship between economic recovery and low-carbon development, diversify low-carbon development policies, strengthen research on climate transition policies and market, and put forward preparatory plans to cope with the policy adjustment of resource countries. On the other hand, communication with energy production countries, energy consumption countries, and major carbon emission countries should be strengthened, and dialogue platforms for low-carbon development at international and industrial levels should be built.

Key words: carbon emission, carbon neutrality, western countries, resource country, policy characteristics

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司科学研究与科技开发项目“国际主要油气公司能源转型与数字化发展关键技术研究”(2021DQ0105-05)。

第一作者简介: 王子健(1988—), 女, 河北唐山人, 硕士, 2014年毕业于中国石油大学(北京), 工程师, 现主要从事油气战略研究及资源国投资环境评价方面工作。地址: 北京市海淀区学院路 20 号中国石油勘探开发研究院开发战略规划研究所, 邮政编码: 100083。

E-mail: wzjian@petrochina.com.cn

收稿日期: 2022-10-25; 修改日期: 2022-11-07

0 引言

应对气候变化已成为全球的核心议题之一，主要国家均制定了应对气候变化、实现“双碳”目标的政策框架，本文围绕重点国家碳中和政策框架和热点问题，梳理总结碳中和国际实践，选取了作为气候变化先行者的欧洲、与中国境外油气获取及能源安全供应密切相关的油气资源国，以及与中国同为世界主要经济体、能源生产和消费大国、碳排放量大国的美国作为重点国家，分析梳理其碳排放量历史发展趋势、碳中和政策特征，并提出中国低碳发展及油气行业未来投资合作的政策建议。

1 重点国家碳排放量历史趋势

20 世纪 70 年代至今，全球碳排放与全球经济发展基本呈现正相关关系。随着全球经济发展，全球碳排放总量、人均碳排放量均有大幅增长。经济总量和碳排放量增长加速了人们对各个经济部门能源的需求，而能源的利用会产生大量碳排放。在经济衰退、能源使用量下降时，碳排放量也出现阶段性下滑。基于经济增长、碳排放总量、能源生产与消费间的相互影响与作用关系，本文将重点国家分为经济增长—能源消费驱动型、能源生产驱动型、经济增长—能源生产/消费驱动型 3 类，回顾了以上类型国家碳排放历史趋势，并分析了其发展特征。

1.1 经济增长—能源消费驱动型：以英德为代表，碳排放趋势符合倒“U”形环境库兹涅茨曲线特征

欧洲主要国家为经济增长—能源消费混合驱动型。环境库兹涅茨曲线（Environmental Kuznets

Curve, EKC）揭示了经济增长与环境污染之间可能存在的倒“U”形关系^[1]（图 1）。

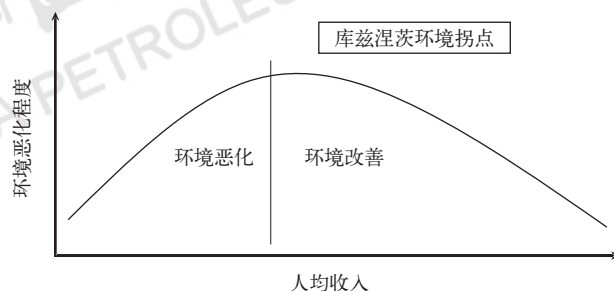


图 1 环境库兹涅茨曲线示意图（据文献[1]绘制）

Fig.1 Schematic diagram of environmental Kuznets curve (drawing according to [1])

欧洲作为第一次工业革命的发源地、第二次工业革命的中心，碳排放历史趋势与环境库兹涅茨曲线较为相近^[2]。（1）经济起步期：欧洲经济发展初期以农业为主，经济发展水平、环境污染程度均较低。（2）经济高速增长期：两次工业革命爆发后，欧洲经济进入高速发展期，重工业逐步取代农业，由此引发高污染、高碳排放问题。据统计，自第一次工业革命以来，人类因化石燃料已向大气排放量累计超过 1.5×10^{12} t 二氧化碳当量，其中 25% 来自美国，20% 来自欧洲^[3]。英国、德国作为两次工业革命的先驱，碳排放量显著高于欧洲国家平均水平，特别是 19 世纪 70 年代至 20 世纪初的第二次工业革命期间，德国碳排放量居高不下。（3）经济“拐点”后期：当经济发展到一定程度，出现临界“拐点”，经济发展放缓，环境质量改善，碳排放量实现达峰。德国于 1990 年实现碳达峰，峰值碳排放量为 10.23×10^8 t 二氧化碳当量；英国于 1991 年实现达峰，峰值碳排放量为 6.25×10^8 t

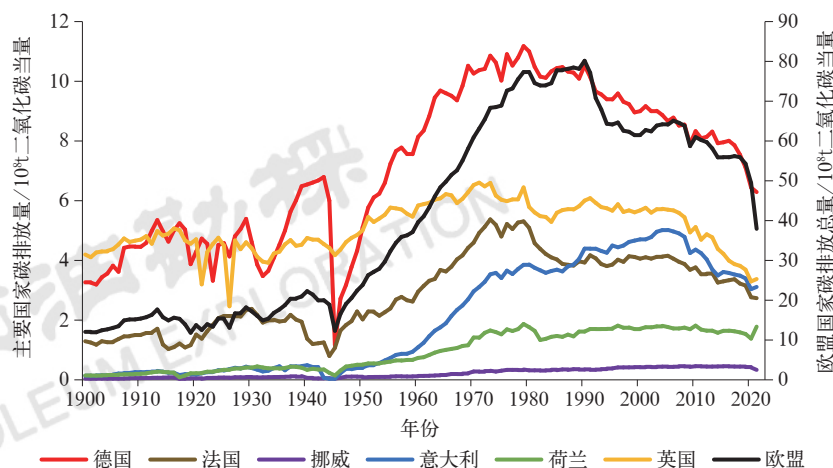


图 2 欧盟及主要国家碳排放量历史趋势图（1990—2021 年）（据文献[4—5]绘制）

Fig.2 Historical trend of carbon emissions of European Union and major countries (1990–2021) (drawing according to [4–5])

二氧化碳当量(图2)。但以化石能源为主的消费结构,导致欧洲国家实现碳达峰后,碳排放量仍处于较高水平。2021年,欧洲一次能源消费结构中化石能源占比为70.57%,其中,石油占比为33.47%,天然气占比为24.95%,煤炭占比为12.15%^[4](图3)。

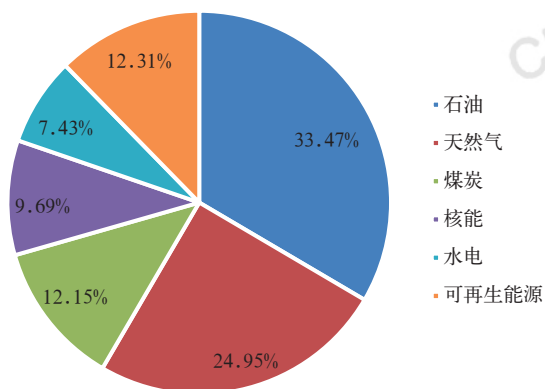


图3 2021年欧洲一次能源消费结构图(据文献[4]绘制)

Fig.3 Structure of the primary energy consumption of Europe in 2021 (drawing according to [4])

1.2 能源生产驱动型：俄罗斯、印度尼西亚化石能源产量与碳排放量呈现“双高”趋势

俄罗斯是全球最重要的油气资源国与生产国之一。石油生产方面,俄罗斯石油产量从2000年的 $3.27 \times 10^8 \text{t}$ 增长至2021年的 $5.36 \times 10^8 \text{t}$,增长了64%,2021年全球排第二位、占比为12.7%。天然气生产方面,俄罗斯天然气产量从2000年 $5371 \times 10^8 \text{m}^3$ 增长至2021年的 $7017 \times 10^8 \text{m}^3$,增长了31%,2021年全球排名第二、占比为17.4%。煤炭生产方面,俄罗斯煤炭产量从2000年的 $2.62 \times 10^8 \text{t}$ 增长至2021年的 $4.33 \times 10^8 \text{t}$,增长了65%,2021年全球排名第七位、占比为8.8%。早在1990年以前,苏联就已经实现碳达峰,苏联解体时为全球第二大碳排放国,1992年,俄罗斯碳排放量居于世界第四位,仅次于美国、中国和印度。2021年俄罗斯碳排放量为 $21.72 \times 10^8 \text{t}$ 二氧化碳当量,全球占比为5.6%^[4](图4)。

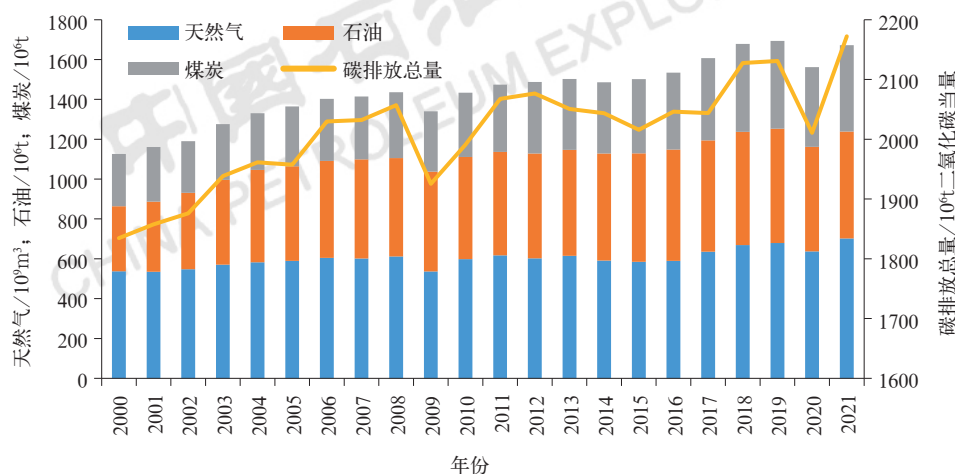


图4 俄罗斯化石能源产量及碳排放总量图(2000—2021年)(据文献[4]绘制)

Fig.4 Fossil energy production and total carbon emissions of Russia (2000—2021) (drawing according to [4])

印度尼西亚是煤炭生产大国,其煤炭产量从2000年的 $7700 \times 10^4 \text{t}$ 增长至2021年的 $6.14 \times 10^8 \text{t}$,增长了697%,全球排名第三位、占比为9.2%。该国计划到2030年煤电占发电量的64%,未来煤炭仍为该碳排放的主要来源。该国石油产量从2000年的 $7180 \times 10^4 \text{t}$ 减少至2021年的 $3380 \times 10^4 \text{t}$,天然气产量从2000年的 $707 \times 10^8 \text{m}^3$ 减少至2021年的 $593 \times 10^8 \text{m}^3$ 。印度尼西亚尚未实现碳达峰,2021年碳排放量为 $7.13 \times 10^8 \text{t}$ 二氧化碳当量,全球占比为1.8%^[4](图5)。

1.3 经济增长—能源生产/消费驱动型：以中美为代表,中国碳排放量逐年上升,呈现“L”形,美国碳排放量先升后降,呈现倒“L”形

中国和美国分别是世界上最大的发展中国家和发达国家,两国均为全球主要的油气生产和消费大国。美国是全球累计碳排放量最大的国家。历史上,美国碳排放量先升后降,呈现倒“L”形,于2007年实现碳达峰,当年碳排放量为 $60.03 \times 10^8 \text{t}$ 二氧化碳当量(图6),2021年碳排放总量为 $51.68 \times 10^8 \text{t}$ 二氧化

碳当量,全球占比为13.3%^[4]。中国碳排放量逐年增长,呈现“L”形。中国尚未实现碳达峰,2021年碳排放量为 $120.40 \times 10^8 \text{t}$ 二氧化碳当量,占全球总排放量的30.9%^[4]。两国逐步拉开差距的原因在于中

国经济处于高速发展时期,尚存较大发展潜力,能源消费需求旺盛,碳排放量逐步攀升;美国经济社会发展相对放缓,节能技术发展相对成熟,碳排放量总体趋势平缓。

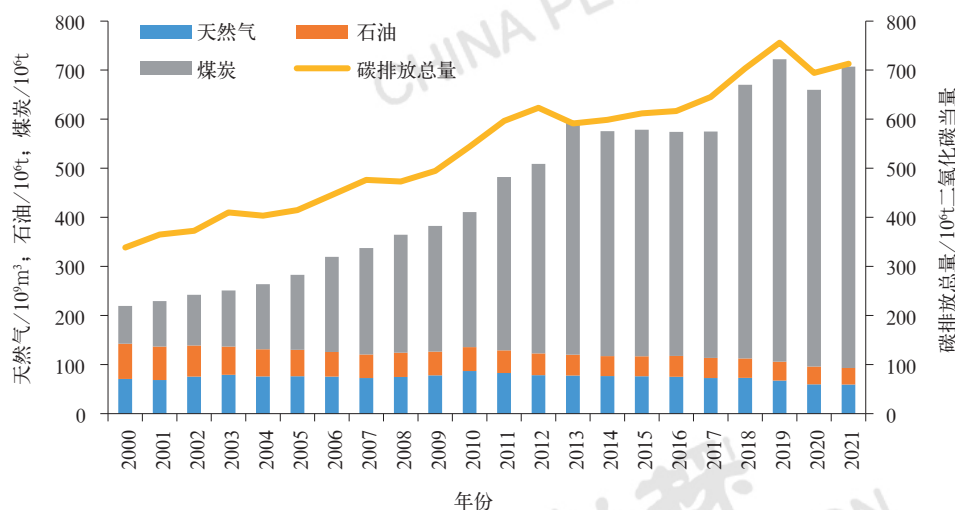


图5 印度尼西亚化石能源产量及碳排放总量图(2000—2021年)(据文献[4]绘制)

Fig.5 Fossil energy production and total carbon emissions of Indonesia (2000—2021) (drawing according to [4])

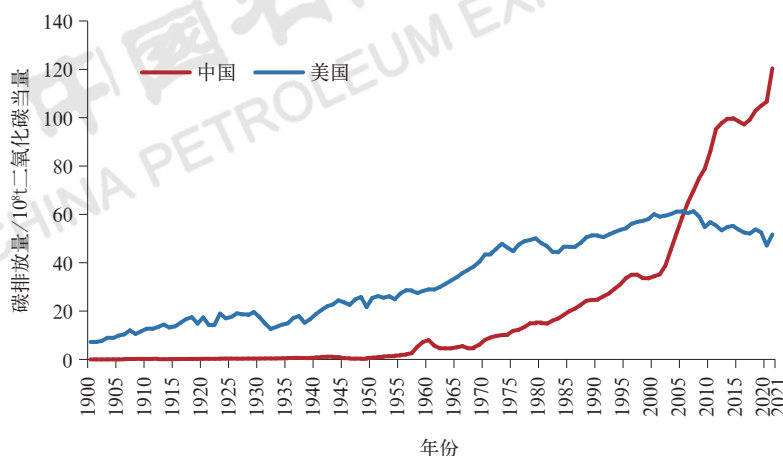


图6 中国与美国碳排放量历史趋势图(1990—2021年)(据文献[4]绘制)

Fig.6 Historical trends of carbon emissions of China and the United States (1990—2021) (drawing according to [4])

2 重点国家碳中和政策特征

基于碳排放量与经济增长方式、能源生产消费结构之间的关联性,重点国家从调整能源结构出发,其气候治理与能源转型政策并行不悖。按照气候治理与能源转型的态度、碳中和政策体系的完善程度,将重点国家分为“引领型、追随型、自主型”3类。以德国为例,作为传统工业强国,其较早实现碳达峰,气候治理具有先发优势,政策体系较为完备,为“引领型”;沙特阿拉伯、俄罗斯、莫桑比克、澳大利亚等

主要资源国依赖能源生产和出口创收,气候政策不够积极,为“追随型”;美国作为经济强国和碳排放大国,其政策从政党利益出发,不同政党执政反复变化,为“自主型”。

2.1 德国“引领型”政策:具有气候治理先发优势,政策法律成体系

德国是欧洲第一大经济体、世界第四大经济体,作为传统的工业强国,一直以来能源消费量巨大,目前是世界第七大能源消费国。德国是全球能源转型的

先行者，早在 20 世纪 80 年代就致力于发展可再生能源，调整能源结构，并于 1990 年实现碳达峰。在全球气候治理快速发展的背景下，德国能源转型与气候

治理紧密联系、相互融合。
自 1980—2021 年间，德国发布了 14 份有代表性的政策文件（表 1），政策大致分为 4 个阶段。

表 1 德国气候变化政策表（1980—2021 年）
Table 1 German climate change policies (1980—2021)

| 时间 | 政策文件 | 内容要点 |
|------|---------------------|--------------------------------------|
| 1980 | 《能源转型：没有石油与铀的增长与繁荣》 | 首次提出能源转型概念 |
| 1995 | 《柏林授权书》 | 修订减排目标：到 2005 年二氧化碳排放量较 1990 年减少 25% |
| 1997 | 《京都议定书》 | 发展可再生能源、降低能耗 |
| 1999 | 《生态税改革法》 | 对化石能源征收生态税 |
| 2000 | 《可再生能源法》 | 完善可再生能源发电上网价格机制与补贴政策 |
| 2002 | 《国家可持续发展战略》 | 提出到 2020 年二氧化碳排放量较 1990 年减少 40% |
| 2007 | 《能源利用和气候保护一揽子方案》 | 重申 2020 目标，是气候保护政策指导性文件 |
| 2008 | 《德国适应气候变化战略》 | 实施适应气候变化政策、气候援助政策等 |
| 2010 | 《能源政策行动纲领》 | 提出未来 40 年德国能源行动路线图 |
| 2014 | 《国家能效行动计划》 | 计划通过提高能效，增加温室气体减排量 |
| 2016 | 《2050 年气候行动计划》 | 提出 2050 年实现碳排放中和 |
| 2019 | 《2030 年气候行动计划》 | 以 2030 年作为新节点，加速去碳化进程 |
| | 《德国联邦气候保护法》 | 确定 2030 年减排目标与 2050 年碳中和目标 |
| 2021 | 《联邦气候变化法》 | 修订目标，到 2045 年温室气体达到净零排放 |

（1）第一阶段（1980—1987 年）：发展可再生能源，高度重视能源转型发展。

历史上，煤炭在德国能源消费中占据重要地位。20 世纪 50 年代，煤炭在德国一次能源消费结构中占比一直保持 85% 以上。随着世界油气工业的发展及第二次工业革命的推进，石油较快地替代了煤炭，成为德国的主导能源，但德国的石油供应几乎完全依靠进口，在两次石油危机之后，能源供应安全愈发受到重视。为减少对进口石油的依赖、解决能源短缺问题，德国将核能作为能源发展的重心。20 世纪 50—70 年代，德国发起了 4 个国家核计划，投入了大量资金发展核电技术、建设核电设施。然而，同期在欧美发生的几次核电事故，使德国国内反核呼声日益壮大。1980 年，由反核人士、和平主义者等组成的绿党正式成立，其政策目标之一就是要关闭德国境内的所有核电厂。1982 年，德国应用生态研

究所出版了《能源转型：没有石油与铀的增长与繁荣》一书，首次提出了能源转型（Energiewende）的概念^[6]并引起了德国政府的高度重视。1986 年，切尔诺贝利核事故不仅坚定了德国民众反核的态度，也使政府重新审视核能发展的定位及替代能源发展方向。

（2）第二阶段（1987—2005 年）：将气候治理与能源转型相互融合。

1987 年德国成立了大气层预防性保护委员会^[7]，这是首个应对气候变化的政府机构。1988 年，联合国政府间气候变化专门委员会发布了第一份报告，阐明了温室气体排放的严重后果。1990 年，德国政府公布了减少二氧化碳排放方案，计划在 2005 年实现较 1987 年减排 25% 的目标。1992 年，德国政府签署了《联合国气候变化框架公约（UNFCCC）》。1995 年，第一届联合国气候变化大会（COP1）在德

国柏林举行，会议通过了《柏林授权书》^[8]，德国宣布修订其二氧化碳减排目标，即到2005年二氧化碳排放量较1990年减少25%。1997年，德国签署了《京都议定书》，为实现议定书规定的目标，德国制定了系列的政策措施，包括大力发展可再生能源、降低能耗等。

1999年，德国颁布了《生态税改革法》，对化石能源征收生态税，以激励节约能源与降低能耗、促进可再生能源发展。2000年，德国制定并颁布了《可再生能源法（EEG）》，为可再生能源发电入网、入网电价以及财政补贴等方面的政策实施提供了法律依据。德国曾先后6次修订《可再生能源法》，完善相关价格机制与补贴政策。在2020年的修订中，德国提出“在2030年可再生能源发电量占用电总量的65%，2050年前实现生产与消费环节的电力碳中和”^[9]。2002年，德国制定了《国家可持续发展战略》，提出了到2020年二氧化碳排放量较1990年减少40%的减排目标，并明确了到2010年停止煤炭补贴，停止核电，大力发展利用可再生能源等措施。

(3) 第三阶段（2005—2015年）：适应气候变化，高度重视气候治理技术研发。

2007年，德国通过了《能源利用和气候保护一揽子方案》，该方案公布了一系列的气候保护政策措施，其主要目的是提高能源效率和加大可再生能源利用范围。方案重申了到2020年二氧化碳减排40%的目标，被认为是德国政府气候保护政策的指导性文件（表1）。2008年，德国政府从全局出发通过了《德国适应气候变化战略》，内容包括德国气候变化的趋势及影响、可采取的应对措施、气候援助政策、进一步政策等方面。

2010年，德国发布了《能源政策行动纲领》（以下简称《纲领》），明确提出能源转型的行动路线图，确定了未来40年德国能源转型的具体目标，其中，温室气体减排目标是到2050年将温室气体排放量在1990年的基础上减少80%到95%。2011年，德国对《纲领》进行了补充完善。《纲领》核心目标是到2050年将德国的能源消费系统转变为以可再生能源主导的低碳、无核、高效的体系。2014年，德国推出了《国家能效行动计划》以及《2020气候保护行动方案》，计划通过提高能效措施，增加温室气体减排量。

(4) 第四阶段（2015年至今）：明确碳中和目标，全面推进气候政策。

2016年，德国政府在马拉喀什气候大会上宣布

通过《2050年气候行动计划》，该计划为完成气候保护目标有关的能源供应、建筑与交通、工业和经济、农业和林业领域指明了指导方针、转型路径与战略措施，其核心内容是在2050年使德国基本实现碳排放中和。《2050年气候行动计划》的提出标志着德国成为全球首个通过详尽减排计划的国家。

2019年，德国通过了《2030年气候行动计划》^[10]，将2030作为新的节点，计划通过加速去碳化进程，弥合减排差距；提出到2030年温室气体排放较1990年减少55%的新的目标。同年11月，德国通过《德国联邦气候保护法》，以立法形式确定了德国2030年减排目标与2050年实现碳中和目标。《德国联邦气候保护法》建立了行业目标分解的年度排放预算许可制度，分行业对能源、工业、建筑、交通等重点行业设立了具体的减排目标。

2021年，德国政府批准了《联邦气候变化法》（Federal Climate Change Act 2021），该法案在2019年气候行动计划基础上，对德国国家气候目标进行修订。该法案规定德国温室气体排放量比1990年水平逐步减少，到2030年减少65%，到2040年减少88%，到2045年温室气体达到净零排放。2021年12月，德国新政府上台，新政府进行了机构重组，设立了经济事务和气候部，负责制定气候政策。除现有政府计划外，德国政府出台了一系列应对新冠疫情的经济刺激计划，包括将投资90亿欧元支持德国及伙伴国家开发氢能等。

2.2 沙特阿拉伯“被动追随型”政策：推动能源转型，实现经济多元化

中东地区资源国碳中和政策特征为“被动追随”，多迫于国际压力出台碳中和政策措施。中东各国均未实现碳达峰。目前，仅有沙特阿拉伯、阿拉伯联合酋长国出台碳中和政策措施。沙特阿拉伯的政策措施是中东国家中较完备的国家之一（表2）。2021年10月，沙特阿拉伯王储穆罕默德·本·萨勒曼在首届绿色倡议论坛上首次提出将在2060年前实现净零排放目标^[11]，并计划实施60多项投资近1900亿美元的一揽子计划。在能源供应领域，体现为4个方面：一是为化石能源提供补贴。沙特阿拉伯化石能源补贴额度居于全球前三，主要用于石油、天然气等化石能源发电领域。2019年，沙特阿拉伯该项补贴额度高达近300亿美元。二是推广循环碳经济（CCE）和建立碳交易市场。沙特阿拉伯计划于未来10年投资100亿

美元发展循环碳经济,并通过沙特阿拉伯公共投资基金(PIF)和沙特阿拉伯证券交易所(Tadawul)建立中东和北非碳交易市场。三是大力发展氢能等可再生能源。沙特阿拉伯政府的目标是成为全球氢能市场的主要参与者。2020年,沙特阿拉伯国际电力与税务公司、沙特阿拉伯智慧城市倡议组织与美国空气产

品公司签署三方协议,将共同耗资50亿美元在沙特阿拉伯西北部工业新城打造以可再生能源供电的“绿氢工厂”,美国空气产品公司还将另外投资20亿美元建设氢燃料分销基础设施^[12]。四是降低能耗。重点关注占沙特阿拉伯能源消耗90%的工业、交通和建筑领域。

表2 中东资源国碳中和政策着力点一览表

Table 2 Focus points of carbon neutrality policies of Middle East resource countries

| 国家 | 政策 | | 投资 | 技术 | 平台 | 落地项目 |
|----------|------|-----|----|----|----|------|
| | 化石能源 | 新能源 | | | | |
| 沙特阿拉伯 | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| 阿拉伯联合酋长国 | | | | | ✓ | |
| 卡塔尔 | | | | ✓ | | |
| 伊拉克 | ✓ | ✓ | | | | |
| 阿曼 | ✓ | ✓ | | | | ✓ |

阿拉伯联合酋长国注重搭建气候目标国家对话平台(表2)。2022年5月,阿拉伯联合酋长国气候变化和环境部正式启动“气候目标国家对话平台”,推动各部门实施“2050年净零排放战略倡议”。借助该对话平台,阿拉伯联合酋长国将组织针对水泥、制造业、废弃物处理、交通、能源等行业的专题会议,讨论行业发展及如何加大行业在碳减排方面的贡献。

卡塔尔以国有能源公司为代表注重发展低碳技术(表2)。2022年3月,卡塔尔国有能源公司公布了可持续发展战略。按照该公司可持续发展战略,计划到2035年,通过CCS技术捕集超过 1100×10^4 t二氧化碳,上游碳强度降低25%,天然气设施碳强度降低35%。目前该公司未披露可持续发展战略更多细节。

伊拉克注重摆脱化石能源依赖,大力发展清洁能源(表2)。2021年,伊拉克的石油出口收入占中央政府收入的90%以上。伊拉克政府已采取初步措施来重组其经济,以摆脱对化石能源的依赖。2021年10月,在中东绿色倡议论坛上,伊拉克提出未来每年投资30亿美元,用天然气替代石油发电,到2025年将永久停止伴生气燃烧。伊拉克政府为支持能源转型并已开始投资光伏,计划到2025年光伏发电装机容量达10GW。

阿曼通过经济多元化减少对化石能源依赖(表2)。2021年,阿曼制定了《阿曼2040年愿景》,涉及减少对石油的依赖,并通过现代经济要素实现经济多元化。主要目标包括吸引外国直接投资并将其比例增至GDP的10%,将石油消费降低到GDP的10%以下,在全球竞争力和创新指数中排名进入前20等。在液化天然气领域,2021年6月,阿曼国有液化天然气公司与壳牌公司签署了碳中和LNG项目协议,将从阿曼东北部Ash Sharqiyah地区苏尔附近的Qalhat终端交付中东第一批碳中和LNG;在风能和光伏领域,阿曼正在大举建设风力发电厂。2021年1月,壳牌(阿曼)公司已启动了25MW的Qabas太阳能发电厂。

2.3 俄罗斯“差异追随型”政策:降低煤炭消费比例,加强气候变化监测

中亚地区资源国碳中和政策特征为“差异追随”,多立足本国资源禀赋,采取差异化策略(表3)。目前,俄罗斯已实现碳达峰,俄罗斯碳中和目标年为2060年^[13]。2021年11月,俄罗斯政府正式批准了《俄罗斯到2050年前实现温室气体低排放的社会经济发展战略》法案,对俄罗斯应对气候变化提出政策调整及战略规划,主要包括6项举措^[14]:一是提出了减排目标,即到2050年前,温室气体净排放量在2019

年水平上降低 60%，相比 1990 年水平降低 80%，到 2060 年全面实现碳中和；二是降低煤炭在能源消费结构中的比例，到 2050 年煤炭在俄罗斯能源消费中所占比例降至 4%~5%；三是逐步于 2023 年启动企业强制性碳报告制度，并在萨哈林设置碳中和试验区；四是开发碳强度监测系统，计划到 2030 年投资 340 亿卢布用于创建高效的气候变化监测系统，接收完整可靠的数据信息；五是逐步实行碳税征收，引入碳交易、碳抵消与排放情况披露、污染者问责机制等；六是大力推进 LNG 项目建设，计划到 2035 年前，使俄罗斯 LNG 产量增加到 $1.4 \times 10^8 \text{t/a}$ ，并占据约 20% 的国际市场份额。

表 3 中亚资源国碳中和政策着力点一览表
Table 3 Focus points of carbon neutrality policies of Central Asia resource countries

| 国家 | 政策 | | 投资 | 技术 | 平台 |
|--------|------|-----|----|----|----|
| | 化石能源 | 新能源 | | | |
| 俄罗斯 | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| 哈萨克斯坦 | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 土库曼斯坦 | | | ✓ | | ✓ |
| 乌兹别克斯坦 | | ✓ | | | |

哈萨克斯坦注重低碳投资和技术发展。2021 年 10 月，哈萨克斯坦发布了《2060 年前实现碳中和政策声明》，以法律形式确定了哈萨克斯坦 2060 年碳中和总体目标。通过基准情景和碳中和情景模拟，哈萨克斯坦设定了 2060 年实现净零排放总体目标及各行业具体目标，包括：化石能源在一次燃料和能源消费结构中的份额下降 3.4 倍，降至 29%，可再生能源份额增加至 70%；工业部门能耗占比为 65%，建筑业能耗降至 23%，运输能耗降至 9%；剩余碳排放量将通过 CCS 技术抵消等。为支持该政策声明相关领域实现有效脱碳，哈萨克斯坦计划在未来 40 年内投资 6500 亿美元用于低碳技术发展。

土库曼斯坦注重低碳投资、搭建氢能发展战略平台。2019 年 12 月，土库曼斯坦通过了《关于气候变化的国家战略》。该战略规定了到 2020 年中期和 2030 年前土库曼斯坦限制温室气体排放和适应气候变化的 18 个社会经济关键领域，以加强各行业之间的协调和利益互动为主要机制，资金来源主要是全球环境基金、全球绿色基金、土库曼斯坦国家预算、外国石油公司产品分成协议产生的财政义务、能源部门及油气部门自行筹措和执行清洁发展机制项目等资金。在平台建设领域，2021 年 9 月，土库曼斯坦正式发布《氢能发展国际路线图》，邀请国际专家参与氢能发展战略制定，设立氢能研发和配套实验中心，成立跨部门工作组等。

乌兹别克斯坦着眼于电力部门脱碳。2021 年 1 月，乌兹别克斯坦能源部、外贸投资部在欧洲复兴开发银行和日本政府支持下，制定了《2050 年前电力部门碳中和路线图》。该路线图指出，到 2030 年乌兹别克斯坦电力需求最高为 400GW，风能技术潜力为 1000GW，光伏为 3000GW。此外，乌兹别克斯坦还将建设核电站，装机容量为 2.4GW，以及采取可再生能源制氢等方式弥补季节性因素导致发电需求过旺问题。

2.4 莫桑比克“适应追随型”政策：确保化石能源供应和获取，推广清洁技术

非洲国家在气候治理上表现出一种发展困境，即便气候变化对各国影响有限，也必须减少赖以生存的化石能源开发，导致各国对出台碳中和政策较为消极。

与非洲其他国家相比，莫桑比克的气候政策更具有借鉴意义。2012 年 11 月，莫桑比克发布了《国家减缓和适应气候变化战略》，其愿景是建立一个繁荣、适应能力强、社会和经济可持续发展的莫桑比克，总体目标是促进低碳和绿色经济发展^[15]。具体目标分为两个阶段：2015—2019 年，提高区域复原能力，减少贫困，鼓励低碳发展并纳入省级规划；2020—2025 年，提高国家复原能力，减少贫困，在国家层面鼓励低碳发展并将其纳入国家规划，即国家气候变化综合方案行动计划实施。该战略还提及改善可再生能源获

取途径、提高能源效率、确保采掘业的排放符合监管标准、推进低碳城镇化等要求,具体内容包括:推广使用沼气、生物质能、太阳能、风能、地热能、潮汐能等可再生能源;确保低碳化石能源的供应和获取,在发电站推广清洁煤技术;从油气中回收甲烷,评估碳捕集和封存的可能性;推广工业和民用天然气作为公共和私人交通替代等。近年来,莫桑比克在气候变化的国际合作上也获得多项支持。2021年10月莫桑比克得到世界银行森林碳伙伴基金(FCPF)支持,成为该基金首个获得资助的国家^[16]。2022年1月,莫桑比克与埃克森美孚公司签署了通过碳捕集技术实现在莫桑比克300亿美元的LNG项目绿色化的协议^[17]。

2.5 澳大利亚“积极追随型”政策:制定低碳技术投资框架,加强立法审查

澳大利亚天然气资源丰富,是全球第二大LNG出口国。2021年,澳大利亚石油产量为 $1810 \times 10^4 \text{t}$,消费量为 $4420 \times 10^4 \text{t}$;天然气产量为 $1472 \times 10^8 \text{m}^3$,全球占比为1.8%,天然气消费量为 $394 \times 10^8 \text{m}^3$ 。澳大利亚于2006年实现碳达峰,碳排放总量为 $4.4 \times 10^8 \text{t}$ 二氧化碳当量;2021年碳排放总量为 $4.33 \times 10^8 \text{t}$ 二氧化碳当量,全球占比为1.1%^[4]。前总理莫里森执政期间,澳大利亚在2030年前关键期的气候行动几

乎为零,且拒绝更新2015年提交的2030年目标。虽然政府表示在2050年实现净零排放,但表示该目标依靠的是全球技术的进步而非国内政策的大力支持^[18]。2020年9月,澳大利亚政府发布《低碳排放技术声明》^[19],列出5项澳大利亚优先发展的技术,包括清洁氢、能源储存、低碳材料、碳捕集与储存和土壤碳测量。根据该声明,澳大利亚政府将开展11项关键行动,包括建立一个技术投资框架,并优先安排政府对新技术的投资;向一个新能源技术一揽子计划投资19亿美元;建立澳大利亚第一个地区氢燃料出口中心,以及King Review联合投资基金、CCS部署基金和未来燃料基金,以支持新技术和新兴技术;对澳大利亚可再生能源机构(ARENA)和澳大利亚清洁能源金融公司(CEFC)进行立法改革,以使其董事会能够灵活应对政府的优先事项;要求关键机构(ARENA、CEFC和CER)集中精力加速优先技术的开发;指示关键机构公开报告他们为加速优先技术正在采取的措施;建立一个包括关键机构主席在内的常设技术投资顾问委员会,就第二份年度报告的制定提供建议;利用年度报告来指导、跟踪和衡量新能源技术投资的影响;扩大澳大利亚与贸易伙伴的国际合作;对低碳与新能源技术使用的立法或法规障碍进行审查等(表4)。

表4 南美洲、亚太资源国碳中和政策着力点一览表

Table 4 Focus points of carbon neutrality policies of South America and Asia-Pacific resource countries

| 国家 | 政策 | | 投资 | 技术 | 平台 |
|------|------|-----|----|----|----|
| | 化石能源 | 新能源 | | | |
| 澳大利亚 | | ✓ | | ✓ | |
| 巴西 | | | ✓ | | |
| 秘鲁 | | | ✓ | | |

巴西注重加强低碳领域投资(表4)。2021年10月25日,巴西宣布推出“国家绿色增长计划”,计划的首要举措为经济激励。根据该计划,巴西将斥资4000亿雷亚尔(722亿美元)用于实现降低碳排放、开展森林保护和合理利用自然资源三大目标。

秘鲁依赖外部资金扶持推进低碳转型(表4)。2020年9月,秘鲁获得了德国复兴信贷银行2.5亿欧元贷款,期限15年,宽限期5年。信贷协议旨在帮助小企业和员工度过当前疫情导致的经济危机,同

时在经济复苏后用于促进气候友好型投资。2020年10月,秘鲁和瑞士签署了一项碳信用协议,瑞士将为秘鲁的可持续发展项目提供资金,同时减排量将计入瑞士的国家自主贡献。

2.6 美国“自主型”政策:从政党利益出发,不同总统执政反复变化

美国将气候治理作为国家安全战略的重要组成部分。早在20世纪70年代,美国环境政策研究中心《重

塑国家安全》报告中就提出，人与自然关系将对美国威胁大于国家间关系。20 世纪 80 年代末 90 年代初，东欧剧变、苏联解体等国际局势发生翻天覆地变化，美国政府开始重新定义国家安全，将其定义拓展至资源、环境、人口因素等范围^[20]。此外，美国政府应对气候变化的立场与态度因民主党和共和党执政而反复变化（表 5），民主党总体对气候治理持积极态度，积极制定联邦法律，鼓励可再生能源发展；而共和党对气候治理持消极态度，曾执意退出《京都议定书》《巴黎协定》。

表 5 美国气候政策特点一览表
Table 5 Characteristics of US climate policies

| 党派 | 执政时间 | 政策特点 |
|-----|-------------|-----------------|
| 共和党 | 1989—1993 年 | 强调低成本治理环境污染 |
| 民主党 | 1993—2001 年 | 着重推进低碳减排 |
| 共和党 | 2001—2009 年 | 对实现碳达峰、碳减排态度消极 |
| 民主党 | 2009—2017 年 | 发展清洁能源，担当气候领导者 |
| 共和党 | 2017—2021 年 | 抵制气候政策，退出《巴黎协定》 |
| 民主党 | 2021— | 投资创新研发，构建治理新范式 |

拜登上台以来，为消除共和党对气候治理消极态度的负面影响，推出了《清洁未来法案》等一系列环保法案。2022 年 7 月，美国参议院通过并公布了《降低通货膨胀法案》（IRA 第 5376 号决议，以下简称《法案》），《法案》规定，2024 年开始征收甲烷排放税，2024—2026 年间税收标准分别为 900 美元/t、1200 美元/t、1500 美元/t，2026 年后将维持在 1500 美元/t。《法案》还规定陆上与海上油气生产、陆上天然气加工处理、陆上油气管输、地下储气库与 LNG 储罐存储和 LNG 进出口设施等环节，甲烷年排放超过 2.5×10^4 t 二氧化碳当量的项目将缴纳排放税，并且这些生产环节需要向美国环保局定期上报温室气体排放情况，这也是美国联邦政府首次直接对温室气体排放征税。同时，拜登政府还计划支出 3690 亿美元用于能源安全和应对气候变化，旨在降低能源成本、推动能源转型，预期到 2030 年，美国温室气体排放量较 2005 年减少约 40%。2022 年 11 月美国将进行中期选举，为兑现就职时的承诺，拜登政府在 6 月发表声明，将对气候污染造成的威胁和金融行业面临的风险加强监管，并将在中期选举前公布以下三方面的详细规定：一是控制能源行业的温室气体排放，尤其是控制甲烷的排放；二是要求上市公司披露与温室气体排放和气候变化相关的信息；三是加强对基金命名的监管，要求其 80% 的投资与基金名称匹配，特别是与 ESG（环境、社会和公司治理）相关的基金^[21]。

3 对中国低碳发展及油气行业投资合作建议

低碳发展不仅是中国实现碳中和目标的根本遵循，也是油气行业转型升级的关键步骤之一。在全球低碳发展的大背景下，中国油气行业对外投资合作既面临着资源国愈发严苛的气候政策约束，又面临着国际市场竞争环境转变的不确定性风险。同时，在油气资源国低碳转型过程中，也出现部分油气与新能源项目合作、基础设施建设等广泛机遇。所以亟待构建油气行业长效发展机制，从国家层面统筹协调油气行业未来发展路径，从企业层面积极适应资源国气候政策，适时参与到气候治理的对话与沟通中，切实履行中国企业国际社会责任。

3.1 妥善处理经济复苏与低碳发展的关系，实现低碳发展政策工具多元化

一是持续稳步推进治理体系和治理能力现代化，充分发挥政府在推动经济和能源行业低碳转型中的政策引导作用，明确、细化低碳发展方案，以 3 年或 5 年为周期，颁布能源行业中短期发展指导性文件，保障我国低碳发展政策的连续性。二是进一步完善“绿色经济”的配套措施，以低碳金融支撑体系为核心，构建低碳基金、低碳保险、低碳信贷等多种形式投融资体系。

3.2 加大气候转型政策与市场研究, 提出应对资源国政策调整的预备方案

一是尽早研判油气资源国政策法律调整趋势、主要风险点, 重点解决资源国低碳政策的硬约束、软约束应对策略。硬约束是指, 资源国降低化石能源生产比例, 可能导致部分高碳排放量项目被迫或永久关停; 软约束是指, 资源国加重税赋以转移本国低碳发展压力。二是提前谋划油气资产“轻量化”经营预备方案, 在油气行业营收下降、成本上升、盈利缩减、低碳投资加大等多重不利因素下, 有步骤地进行资产的淘汰、出让等投资策略调整。三是跟踪调研国际大油公司与部分资源国光伏、风电大型项目落地实施情况, 并择机参与基础设施建设、低碳技术研发等相关合作。

3.3 加强同油气生产国、消费国、碳排放大国等沟通, 搭建国家及行业低碳发展对话平台

一是通过搭建国际化低碳发展对话平台, 了解油气生产国技术、资金、项目需求, 定期开展由技术专家、金融专家、项目经营者等组成的低碳对话交流会, 以直接对话形式丰富信息获取来源, 视新冠疫情发展形势及资源国的需求迫切程度, 派驻专家组进行技术支持, 通过对话推动一批“油气+”项目落地实施。二是协调消费国与碳排放大国的政策立场, 建立碳排放量监测、碳排放量披露、CCUS等区域国别、油气行业联合研发机制, 推动COP27等达成更多共识。

4 结论

通过对重点国家的分类及碳排放量回顾, 可以看出各国的碳排放总量受到经济发展水平和能源利用方式的影响, 发达国家即便较早实现碳达峰, 其一次能源消费结构仍以化石能源为主, 达峰后碳排放量仍保持高位。发展中国家实现碳中和时间紧、任务重, 相比发达国家面临的低碳转型问题更为严峻。为实现碳减排, 世界各国亟待优化能源消费结构, 促进经济向低资源密集型转型。通过分析不同类型资源国碳中和政策, 可以看出欧洲国家气候治理政策具有较强的继承性和延续性, 为争夺气候治理主导权奠定了基础。油气资源国高度依赖油气行业创收, 其低碳转型态度较为被动, 结合自身资源禀赋制定了符合本国国情的政策。美国在气候治理上具有较多话语权和政策自主

性, 然而其随执政党反复变化的政策, 为实现碳中和发展目标增加了难度。在重点国家低碳转型发展领域, 未来仍有诸多领域可以深入研究, 如重点国家油气政策与新能源政策的融合发展路径, 以及低碳背景下油气行业投资合作的政策风险与机会。

参考文献

- [1] Mike Moffatt. Essential economics terms: Kuznets curve[EB/OL]. (2019-04-10)[2022-10-21]. <https://www.thoughtco.com/kuznets-curve-in-economics-1146122>.
- [2] 宋晓辉. 基于IPAT扩展模型分析人口因素对碳排放的影响[J]. 环境科学研究, 2012, 25(1): 110-115.
Song Xiaohui. Analysis of impacts of demographic factors on carbon emissions based on the IPAT model[J]. Research of Environmental Sciences, 2012, 25(1): 110-115.
- [3] 观察者网. 自工业革命以来, 人类已向大气排放了超过1.5万亿吨的二氧化碳, 美国4000亿吨[EB/OL]. (2021-06-14)[2022-10-21]. <https://user.guancha.cn/wap/content?id=531552>.
Guanchazhe. Since the industrial revolution, humans have pumped more than 1.5 trillion tons of carbon dioxide into the atmosphere, 400 billion in the United States[EB/OL]. (2021-06-14)[2022-10-27]. <https://user.guancha.cn/wap/content?id=531552>.
- [4] bp. Statistical review of world energy[EB/OL]. (2021-06-28)[2022-10-21]. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- [5] Our World in Data. CO₂ and greenhouse gas emissions[EB/OL]. (2021-08-01)[2022-10-21]. <https://ourworldindata.org/CO2-and-other-greenhouse-gas-emissions>.
- [6] 朱彤. 如何消化能源转型带来的矛盾之德国镜鉴[EB/OL]. (2016-07-19)[2022-10-21]. <https://news.bjx.com.cn/html/20160719/752887.shtml>.
Zhu Tong. How to resolve the contradictions brought by energy transition: a German mirror image[EB/OL]. (2016-07-19)[2022-10-21]. <https://news.bjx.com.cn/html/20160719/752887.shtml>.
- [7] 搜狐. 联合国气候变化框架公约(COP)简介[EB/OL]. (2009-11-19)[2022-10-21]. <http://green.sohu.com/20091119/n268339946.shtml>.
SOHU. Introduction to the United Nations framework convention on climate change (COP) [EB/OL]. (2009-11-19)[2022-10-21]. <http://green.sohu.com/20091119/n268339946.shtml>.
- [8] 中华人民共和国商务部. 德国应对气候变化的政策和措施[EB/OL].

- (2010-12-15)[2022-10-21]. <http://de.mofcom.gov.cn/article/ztdy/201012/20101207309190.shtml>.
- Ministry of Commerce of the People's Republic of China, 2010. Germany's policies and measures to cope with climate change[EB/OL]. (2010-12-15)[2022-10-21]. <http://de.mofcom.gov.cn/article/ztdy/201012/20101207309190.shtml>.
- [9] 张剑智, 张泽怡, 温源远. 德国推进气候治理的战略、目标及影响[J]. 环境保护, 2012, 49(10): 67-70.
- Zhang Jianzhi, Zhang Zeyi, Wen Yuanyuan. Germany's strategy, goal and influence to promote climate governance[J]. Environmental Protection, 2012, 49(10): 67-70.
- [10] Bundesregierung. Climate action programme 2030[EB/OL]. (2019-09-20)[2022-10-21]. <https://www.bundesregierung.de/breg-en/issues/climate-action/klimaschutzprogramm-2030-1674080>.
- [11] SGI. His royal highness the crown prince announces the kingdom of Saudi Arabia's aims to achieve net zero emissions by 2060[EB/OL]. (2021-10-23)[2022-10-21]. <https://www.zawya.com/en/press-release/his-royal-highness-the-crown-prince-announces-the-kingdom-of-saudi-arabias-aims-to-achieve-net-zero-emissions-sqq68im0>.
- [12] 分布式能源网. 全球最大绿色制氢工厂落户沙特[EB/OL]. (2020-07-20)[2022-10-21]. http://www.chinaden.cn/news_nr.asp?Small_Class=3&id=22768.
- China Distributed Energy. World's largest green hydrogen production plant in Saudi Arabia[EB/OL]. (2020-07-20)[2022-10-21]. http://www.chinaden.cn/news_nr.asp?Small_Class=3&id=22768.
- [13] 孙祁, 张炳辰. 俄罗斯计划2060年前实现碳中和[J]. 检察风云, 2022(4): 56-57.
- Sun Qi, Zhang Bingchen. Russia plans to be carbon neutral by 2060[J]. Prosecutorial View, 2022(4): 56-57.
- [14] Climate Action Tracker. Russian federation[EB/OL]. (2022-02-07)[2022-10-21]. <https://climateactiontracker.org/countries/russian-federation/>.
- [15] Green Policy Platform. National climate change adaptation and mitigation strategy[EB/OL]. (2014-09-17)[2022-10-21]. <https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/policy-database/MOZAMBIQUE%29%20National%20Climate%20Change%20Adaptation%20and%20Mitigation%20Strategy.pdf>.
- [16] 碳交易网. 世界银行集团宣布多项支持各国气候行动的举措[EB/OL]. (2020-12-11)[2022-10-21]. <http://www.tanjiaoyi.com/article-32403-1.html>.
- Carbon Trading. The world bank group announced a number of initiatives to support countries' climate actions[EB/OL]. (2020-12-11)[2022-10-21]. <http://www.tanjiaoyi.com/article-32403-1.html>.
- [17] 国际能源网. 埃克森美孚表示将计划在莫桑比克开发价值300亿美元的液化天然气项目[EB/OL]. (2020-12-11)[2022-10-21]. <https://www.in-en.com/article/html/energy-2310731.shtml>.
- International Energy. ExxonMobil says it plans to develop a liquefied natural gas project valued at 30 billion dollars in Mozambique[EB/OL]. (2020-12-11)[2022-10-21]. <https://www.in-en.com/article/html/energy-2310731.shtml>.
- [18] Climate Action Tracker. Australia[EB/OL]. (2022-05-23)[2022-10-21]. <https://climateactiontracker.org/countries/australia/>.
- [19] 北极星氢能网. 澳大利亚发布低碳排放技术声明清洁氢被列为优先技术[EB/OL]. (2020-09-25)[2022-10-21]. <https://news.bjx.com.cn/html/20200925/1106878.shtml>.
- Polaris Hydrogen Energy. Australia has issued low carbon emissions technology statement, listing clean hydrogen as a priority technology[EB/OL]. (2020-09-25)[2022-10-21]. <https://news.bjx.com.cn/html/20200925/1106878.shtml>.
- [20] 刘原媛. 欧美气候变化政策比较研究[D]. 北京: 外交学院, 2014.
- Liu Yuanyuan. A comparative study of climate change policies in Europe and America[D]. Beijing: Foreign Affairs University, 2014.
- [21] 窦立荣. 国际油公司碳中和路径[M]. 北京: 石油工业出版社, 2022.
- Dou Lirong. The carbon neutral path of international oil companies[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2022.