

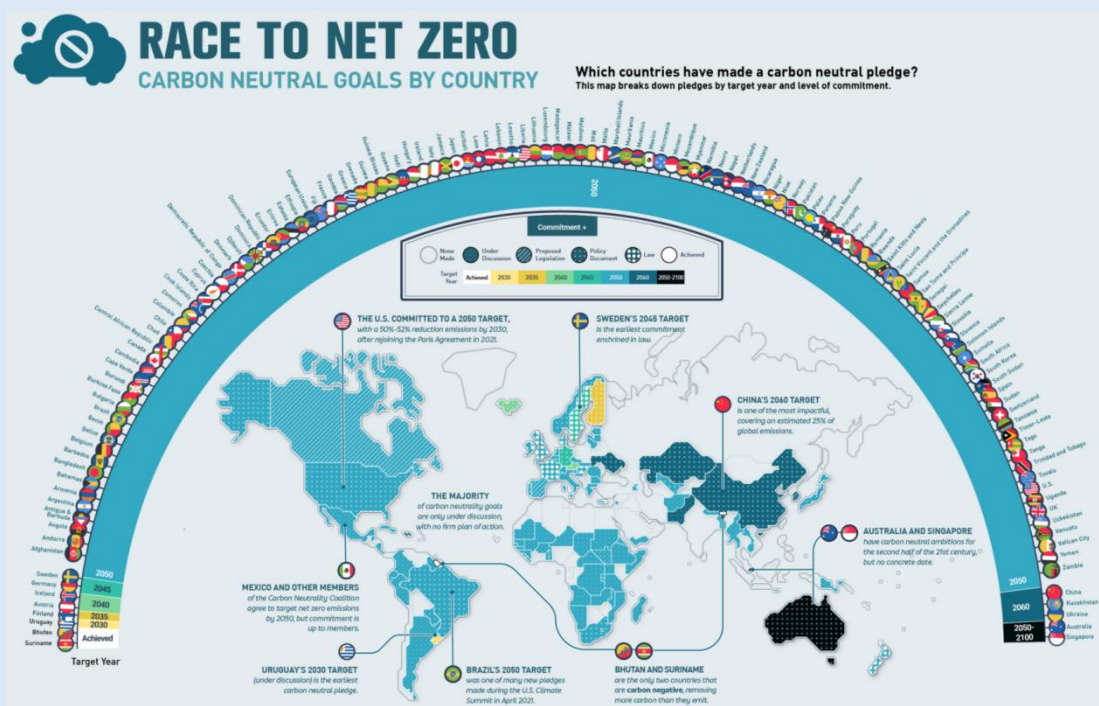
“变革性洁净能源关键技术与示范” A 类先导专项

“面向国家能源结构变革战略研究” 课题



洁净能源重大信息专报

2021 年第 04 期（总第 10 期）



发达国家碳中和战略行动分析及对我国启示

当前，百年大疫与百年变局不期而遇、叠加共振，深刻加剧经济社会系统性变革，深远影响全球治理体系。应对气候变化成为后疫情时代全球最为紧迫的议题，全球范围内的碳中和行动正加速全球绿色低碳转型大潮。碳中和将成为未来技术和产业发展的全球性标准，甚至是贸易和投资准入门槛，围绕这一新规则形成的国际秩序将重塑全球治理话语权。本期专报针对发达国家碳中和战略行动进行了梳理和总结，研判其对全球气候治理以及我国未来发展的影响，供决策参考。

中国科学院洁净能源创新研究院
中国科学院武汉文献情报中心

目 录

2021 年第 05 期 (总第 11 期)

一、发达国家和地区碳中和战略总体分析

- 1.1 气候立法成为强化碳中和约束性目标的重要手段..... 2
- 1.2 应对疫情、气候双重挑战推动实施“绿色新政” 4
- 1.3 通过统筹布局制定各经济部门分阶段的实施计划 7
- 1.4 加快绿色低碳技术研发创新是实现碳中和关键核心 8
- 1.5 实施碳市场碳金融政策工具包营造良好外部环境 9

二、对我国做好碳达峰碳中和工作的启示

- 2.1 构建完备的法律体系加强碳达峰碳中和目标的强制约束和监督 ... 11
- 2.2 加强顶层政策体系设计科学谋划绿色低碳发展蓝图11
- 2.3 加速推进碳中和关键技术研发创新，抢占未来制高点 12
- 2.4 加快传统产业转型和绿色低碳产业培育实现经济与碳排绝对脱钩 13
- 2.5 持续推动碳市场碳金融工具创新发挥市场决定性配置作用 14
- 2.6 深化中美中欧以及与“一带一路”“南南合作”国家气候治理合作 15

三、发达国家和地区碳中和战略行动细览

- 3.1 美国清洁能源革命计划提出 2050 年前实现 100%清洁能源经济.... 16
- 3.2 欧洲绿色协议推动在 2050 年成为首个实现碳中和的大陆 18
- 3.3 德国气候立法宣布在 2045 年实现净零排放目标 25
- 3.4 法国能源气候法案提出 2050 打造欧洲首个碳中和经济体 30
- 3.5 英国实施绿色工业革命计划助力 2050 年实现净零排放 34
- 3.6 日本碳中和绿色增长战略制定 14 个产业发展目标和任务 41
- 3.7 韩国 2050 年净零排放行动推动向绿色低碳经济转型 45

当前，百年大疫与百年变局不期而遇、叠加共振，深刻加剧经济社会系统性变革，深远影响全球治理体系。应对气候变化成为后疫情时代全球最为紧迫的议题，全球范围内的碳中和行动正加速全球经济绿色低碳转型大潮。欧盟、日本、美国等主要发达国家和地区先后提出碳中和行动目标，并发布相应的战略布局和规划计划，通过强化气候立法约束、实施经济复苏绿色新政、统筹布局各经济部门行动计划、加快绿色技术研发应用、引入减排政策工具包等一系列举措，以抢占全球气候治理主导地位。

本专报对主要发达国家和地区碳中和行动主要特征进行剖析，对比其战略目标、实施路径、支撑政策、技术研发等基本要素，研判其对全球气候治理以及我国未来发展的影响，并提出推动我国碳达峰碳中和工作的相关建议，供决策参考。

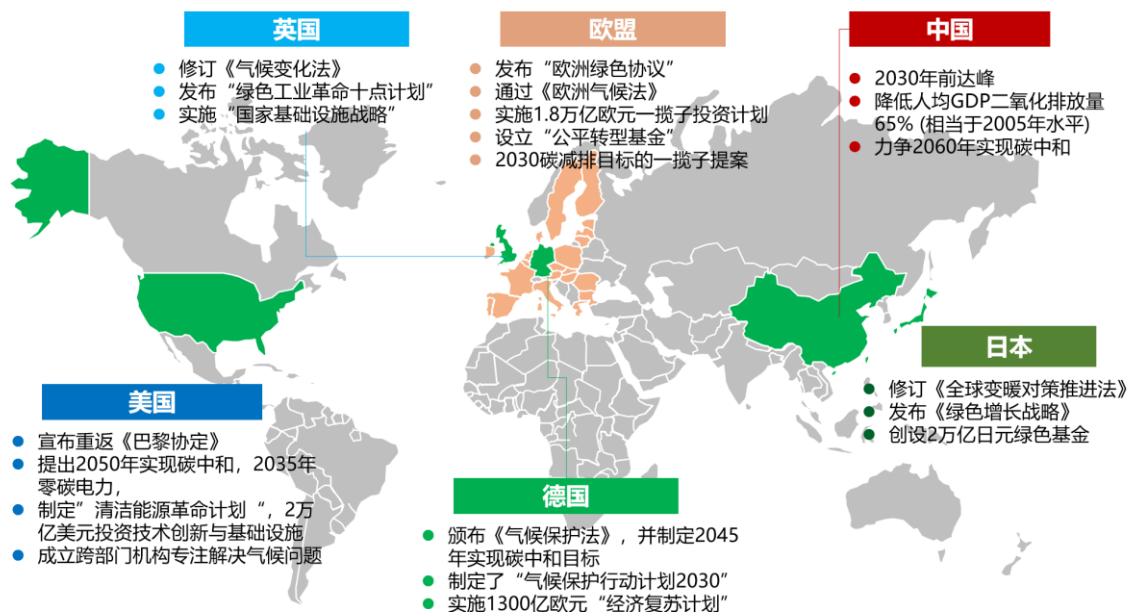


图 1 主要国家和地区碳中和战略行动计划

一、发达国家和地区碳中和战略总体分析

根据碳排放追踪平台和气候目标追踪平台的统计^{1 2}，截至2021年7月全球已有137个国家和地区承诺了碳中和目标，涵盖全球碳排放的73%。其中超过90%的国家将实现碳中和的时间节点设置为2050年。但这137个国家和地区支持碳中和的政治决心差异较大，目前只有英国、法国等6个国家正式实施了包含碳中和目标的约束性法律，还有欧盟、韩国等5个国家和地区正在履行立法程序，中国、美国等24个国家出台了正式的碳中和相关政策举措，其余大部分国家（99个）只是做出了口头的政治承诺。以欧盟、日本为代表的发达国家和地区碳中和工作起步较早，形成了相对完善的碳中和政策框架。

1.1 气候立法成为强化碳中和约束性目标的重要手段，多国建立气候政策评估专门机构或制度

自《巴黎协定》生效以来，因缺乏强制约束力导致政策减排目标的鸿沟加剧。尽管各国均出台相应的气候应对战略和规划，但所开展的行动力度有限，美国一度退出《巴黎协定》，欧盟因各成员国气候治理努力差距导致难以实现预期目标³，德国因煤炭结构备受诟病⁴，法国多次超出碳预算设定目标⁵，英国

¹ Net Zero Tracker. <https://eciu.net/netzerotracker>

² CAT Climate Target Update Tracker. <https://climateactiontracker.org/climate-target-update-tracker/>

³ Trends and projections in Europe 2019: Tracking progress towards Europe's climate and energy targets. <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-1>

⁴ The German Coal Commission: A Roadmap for a Just Transition from Coal to Renewables. <https://www.agora-energiewende.de/en/publications/the-german-coal-commission/>

⁵ Greenhouse gas emissions: The Government must justify within 3 months that the reduction path to 2030 can be achieved.

<https://www.conseil-etat.fr/en/news/greenhouse-gas-emissions-the-government-must-justify-within-3-months-that-the-reduction-path-to-2030-can-be-achieved>

在气候立法十多年来减排进展缓慢⁶，日本约 90% 的温室气体排放来自能源⁷，韩国人均碳排放量超过了全球水平的两倍⁸。为增强应对气候变化行动的强制性和约束力，主要发达国家和地区积极实施强有力的法律约束和气候监督机制。

(1) 强化碳中和目标法律约束效力。为加速弥合减排差距，发达国家和地区通过正式立法的形式，进一步确立碳中和目标的法律保障和约束效力，不因政权更迭而改变。英国⁹、德国¹⁰、法国¹¹先后通过国家层面气候立法，欧盟已将碳中和目标写入《欧洲气候法》草案¹²，正在履行立法程序；美国提出将在 2025 年前颁布立法，强化“清洁能源革命计划”法律保障¹³。

(2) 建立专门的气候政策评估机制。德国成立了跨学科的气候问题专家委员会¹⁴，对现有和计划中的气候政策措施开展评估，并通过了《淘汰煤炭法案》《可再生能源法修正案》《海上风能法草案》等领域立法；英国气候变化委员会（UKCCC）¹⁵定期开展气候政策评估和减排进展监测；《欧盟气候法》草案将考虑在 2023 年启动气候中性行动进程评估¹⁶；法国引入气候

⁶ Net Zero: The UK's contribution to stopping global warming.<https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2019/05/Net-Zero-The-UKs-contribution-to-stopping-global-warming.pdf>

⁷ The Carbon Brief Profile: Japan.<https://www.carbonbrief.org/carbon-brief-profile-japan>

⁸ OECD Environmental Performance Reviews: Korea 2017.https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-performance-reviews-korea-2017_9789264268265-en

⁹ The Climate Change Act 2008(2050 Target Amendment)Order 2019[DB/OL].(2021-06-26)[2021-04-06].<https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2019/1056/made>.

¹⁰ Loi énergie-climat[DB/OL].(2019-11-08)[2020-01-12].

<https://www.ecologie.gouv.fr/loi-energie-climat>

¹¹ Climate Change Act (Klimaschutzgesetz)[DB/OL].(2019-12-18)[2021-04-06].

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/kimaschutzgesetz-beschlossen-1679886>

¹² European Climate Law[DB/OL].(2020-03-04)[2021-04-06].

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588581905912&uri=CELEX:52020PC0080#footnote10>

¹³ The Biden Plan for A Clean Energy Revolution and Environmental Justice [EB/OL]. (2020-10-15)[2021-04-06].

<https://joebiden.com/climate-plan/>

¹⁴ Government announces members of new expert council on climate

issues.<https://www.cleanenergywire.org/news/government-announces-members-new-expert-council-climate-issues>

¹⁵ Climate Change Committee (CCC). The UK's independent adviser on tackling climate

change.<https://www.theccc.org.uk/>

¹⁶ Committing to climate-neutrality by 2050: Commission proposes European Climate Law and consults on the European Climate Pact.https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_335

政策评估的独立机构——国家气候变化高级委员会(HCC)¹⁷；美国将实施全面的环境司法计划(Environmental Justice)¹⁸。如表1所示。

表1 发达国家和地区碳中和行动目标约束情况比较

国家/地区	气候立法	监督评估机制
美国	2025年前颁布立法	环境司法计划
欧盟	《欧盟气候法》	2023年启动气候中性行动进程评估
德国	《气候变化法》	成立气候问题专家委员会
法国	《气候能源法案》	成立国家气候变化高级委员会
英国	《气候变化法》	成立气候变化委员会
日本	《全球变暖对策推进法》	

1.2 应对疫情、气候双重挑战推动实施“绿色新政”，先进电动汽车、氢能产业成为投资热点

在实现碳中和应对全球气候变化的大背景下，绿色化、低碳化、数字化增长路径已成为广泛共识。为应对气候危机和提振经济颓势，主要发达国家和地区积极制定以低碳转型为主题的经济复苏计划。其中，清洁低碳的先进电动汽车、氢能等产业成为投资的热点。

美国“清洁能源革命计划”¹⁹提出将在气候和环境领域投资2万亿美元，以实现100%的清洁能源经济。欧盟27个成员国

¹⁷ The High Council on Climate (HCC). The High Council on Climate (HCC) is an independent body established by the Decree of 14 May 2019. <https://www.hautconseilclimat.fr/en/>

¹⁸ The Biden Plan to Secure Environmental Justice and Equitable Economic Opportunity. <https://joebiden.com/environmental-justice-plan/>

¹⁹ The Biden Plan for A Clean Energy Revolution and Environmental Justice. <https://joebiden.com/climate-plan/>

通过了总金额为 1.8 万亿欧元的“绿色协议”一揽子投资计划²⁰，其中超过 50% 的资金将通过“欧洲地平线”框架计划支持研究和创新，30% 资金用于应对气候变化。德国“经济复苏计划”²¹将投入 1300 亿欧元（占 GDP 的 3.8%）推动向可持续、数字化和绿色零碳经济转型。法国发布经济社会和生态改革的路线图——“法国复苏（France Relance）”²²计划，将投入 300 亿欧元资金支持生态转型发展，以成为欧洲第一个主要的低碳经济体。英国“绿色工业革命十点计划”²³将投入 120 亿英镑公共资金、并撬动 400 亿英镑私人投资，以迈向经济绿色复苏之路。日本“绿色增长战略”²⁴旨在促进经济的持续复苏，预计到 2030 年和 2050 年将分别创造年均 90 万亿日元和 190 万亿日元的经济效益。韩国“绿色新政”²⁵旨在探索疫后经济复苏的新方式，加速由化石燃料依赖型经济向数字化、低碳化转型。

在电动汽车产业方面，美国提出加速电动汽车发展，计划在 2030 年底部署超过 50 万个新的公共充电桩。欧盟“可持续和智能交通战略”²⁶提出，到 2030 年零排放汽车保有量至少达 3000 万辆、100 个欧洲城市实现碳中和，到 2035 年零排放大型飞机将进入市场。德国提出延长电动汽车税收优惠时限，到

²⁰ EU budget: European Commission welcomes agreement on € 1.8 trillion package to help build greener, more digital and more resilient Europe. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_2073

²¹ Economic stimulus package: "An ambitious programme". <https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/konjunkturpaket-1757640>

²² France Relance. https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/plan-de-relance/annexe-fiche-mesures.pdf

²³ The ten point plan for a green industrial revolution.

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/936567/10_POINT_PLAN_BOOKLET.pdf

²⁴ 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略.

<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>

²⁵ Government Announces Overview of Korean New Deal.

<https://english.moef.go.kr/pc/selectTbPressCenterDtl.do?boardCd=N0001&seq=4940>

²⁶ Sustainable and Smart Mobility Strategy. https://ec.europa.eu/transport/themes/mobilitystrategy_en

2030 年电动汽车保有量达到 700~1000 万辆；加快商业和私人充电基础设施建设，到 2030 年建设 100 万个充电桩。法国投入 80 亿欧元资金提振汽车产业，到 2025 年清洁能源汽车超过 100 万辆。英国提出到 2030 年（比原计划提前十年），禁售新的汽油和柴油汽车及货车；到 2035 年，禁售混合动力汽车。日本提出到 2035 年左右，实现新车销量全部转变为纯电动汽车（EV）和混合动力汽车（HV）的目标，实现汽车全生命周期的碳中和目标。韩国提出到 2025 年电动汽车保有量达到 113 万辆、建设 15000 个快速充电站、30000 个标准充电站的目标。如表 2 所示。

表 2 发达国家和地区碳中和战略电动汽车目标比较

国家/地区	电动汽车目标	充电基础设施目标
美国		50 万个公共充电桩（2030 年）
欧盟	3000 万辆零排放汽车（2030 年）	
德国	700~1000 万辆（2030 年）	100 万个充电桩
法国	100 万辆清洁能源汽车	
英国	到 2030 年，禁售新的汽油和柴油汽车及货车；到 2035 年，禁售混合动力汽车	
日本	汽车全生命周期的碳中和目标（2035 年左右）	
韩国	113 万辆（2025 年）	15000 个快速充电站 30000 个标准充电站

在氢能产业方面，德国将投入 90 亿欧元促进氢能的大规模应用，促进氢能的大规模使用，以发挥在减排上的关键作用。法国投入 70 亿欧元支持发展绿色氢能，促进工业和交通等部门脱碳，助力法国打造更具竞争力的低碳经济。日本提出到 2030

年将年度氢能供应量增加到 300 万吨，到 2050 年达到 2000 万吨。韩国提出健全氢生产到利用的技术链条，到 2025 年氢燃料电池汽车保有量 20 万辆，建设 450 个氢燃料补给装置，打造 6 个氢能城市。

1.3 通过统筹布局制定各经济部门分阶段的实施计划，推动实现碳中和目标

发达国家和地区碳中和战略除了设定明确的总体目标和时间表外，专门提出了能源、电力、工业、交通、建筑、基础设施以及农业和生态等不同部门的实施计划和分阶段发展目标。其中，欧盟提出强化其 2030 年减排目标，由相比于 1990 年减排 40% 提升到 55%；美国提出加快电力脱碳进程，到 2035 年实现电力领域零碳排放；法国、德国、日本以及英国、韩国等均提出了较明确的分部门目标。此外，德国提出政府公务部门将在 2030 年前率先达成碳中和目标。如表 3 所示。

表 3 发达国家和地区碳中和总体目标及各经济部门减排行动对比

国家/地区	总体目标	能源	电力	工业	交通	建筑	农业	生态
美国	2050 年碳中和	√	2035 年零碳排放	√	√	到 2035 年建筑碳足迹减少一半	气候智慧型农业	√
欧盟	2050 年碳中和	√	√	√	√	√	√	√
德国	2045 年碳中和	到 2030 年减排 61%~62%	到 2030 年可再生能源占 65%	到 2030 年减排 49%~51%	到 2030 年减排 40%~42%	到 2030 年减排 66%~67%	到 2030 年减排 31%~34%	√
法国	2050 年碳中和	到 2030 年可再生能源占 33%	到 2035 年核电占比降至 50%	√	到 2035 年推出零碳飞机	√	√	√

英国	2050年碳中和	√	√	√	到2035年实现交通运输脱碳	√		√
日本	2050年碳中和	√	到2050年可再生能源电力占50%~60%	√	2050年碳中和	2050年碳中和	2050年碳中和	-
韩国	2050年碳中和	√	到2030年可再生能源电力占比20%	√	√	√	-	√

注：“√”表示制定了该经济部门相应的减排行动，“-”表示未涉及该部门行动。

1.4 加快绿色低碳技术研发创新是实现碳中和目标的关键核心手段，绿氢、储能等前沿突破性技术备受关注

从发达国家和地区碳中和战略的长期部署来看，关注的主要科学问题包括：下一代气候模型、碳循环、数字孪生、电化学储能、低碳供热制冷、氢和氨载体、气候弹性与适应性、土地管理、低排放粮食系统、气候变化与健康等。绿色低碳技术研发与应用的重点包括：（1）大力发展可再生能源，逐步减少煤炭等化石燃料使用，推动能源终端消费电气化；（2）顺应数字经济潮流，加快能源、工业、交通、建筑等部门智能化升级；（3）实施低碳交通出行，加大公共充电设施、加氢站等投入，完善清洁交通基础设施建设，推进铁路、航空和航运等电气化、绿色化；（4）加快绿氢、储能、智能电网、碳捕集利用与封存（CCUS）等先进技术商业化应用；（5）重点发展循环经济模式，建立低碳产业示范集群；（6）推行低碳生活生产方式，加速建筑节能改造和绿色转型，构建低碳智慧农业，发挥自然界固碳生态效益。

各国在碳中和行动计划中，均提出加大对氢能、储能、先进核能、下一代低碳建筑及 CCUS 等低碳关键技术的研发力度，绿氢、储能等前沿突破性技术地位日益突出。如表 4 所示。

表 4 发达国家和地区碳中和战略研发创新重点技术

国家/地区	重点技术
美国	小型模块化反应堆、核聚变和绿氢等前沿零碳技术； 电池储能、下一代低碳建筑、可再生能源、氢能和先进核能等技术
欧盟	可再生能源、氢能、综合能源系统、能源基础设施等技术
德国	绿氢、储能、交通电气化、数字化能源系统等关键技术
法国	无碳能源（尤其以“绿氢”为代表的未来技术）、可持续交通等技术
英国	储能、电池、氢能燃料、零碳飞机等技术
日本	可再生能源、氢能与氨燃料、热能、电动汽车、储能等技术
韩国	氢能源全流程、碳减排、低碳能源、替代燃料等技术

1.5 实施碳市场碳金融政策工具包推动经济社会绿色转型，营造良好外部环境

实现大规模的量化减排目标需要有效的政策支撑，发达国家和地区引入了税收优惠制度、绿色金融投资、碳预算、碳定价等多样化市场政策工具包。

（1）在**税收优惠**上：日本提出建立碳中和税收优惠制度，建立促进碳中和投资税收制度、提高研究开发税收限额等；德国采用下调增值税、提高通勤和出行补贴、延长电动汽车补贴时限等税收工具，倡导绿色出行方式。

（2）在**绿色金融**上：欧盟设立“公平转型基金”支持碳密集型行业转型，并将发布新的“可持续金融战略”促进私营资本重新流向绿色投资；英国致力打造全球最大的绿色科技金融中心，为 2050 年净零经济提供低碳融资，进一步释放绿色零排

放技术创新和开发的资金来源；日本提出十年内创设 2 万亿日元的绿色创新基金，激励企业投入 15 万亿日元推进研发和资本投资；法国将在未来两年通过国家投资银行筹集近 25 亿欧元的直接融资，以支持企业的能源与生态转型。

(3)在**碳排放交易机制**上：法国、德国均制定中期碳预算；英国正式启动国家碳排放交易系统；韩国考虑改革完善国家碳定价制度；美国正在考虑征收碳边境税²⁷；欧洲议会已正式通过了“碳边境调节机制（CBAM）”原则性框架议案²⁸，对进口高能耗、高排放商品征收碳税。碳边境调节机制本质上是一种单边措施，对低（零）碳税发展中国家的对欧贸易造成较大冲击，与此同时，由于违反 WTO 自由开放贸易规则，会极大伤害各方应对气候变化的积极性和能力。

(4)在**国际合作**上，日本提出将推动碳中和的国际一体化合作，加强与美国、欧洲等在创新政策、关键技术规则等方面的合作，帮助新兴经济体提出广泛的脱碳解决方案。

²⁷ Biden administration to consider carbon border tax as part of trade agenda:USTR.
<https://www.reuters.com/article/us-usa-trade-biden-idUSKCN2AT3EX>

²⁸ European Parliament backs carbon border adjustment mechanism.
<https://www.pinsentmasons.com/out-law/news/european-parliament-backs-carbon-border-adjustment-mechanism>

二、对我国做好碳达峰碳中和工作的启示

2.1 加快出台《应对气候变化法》《能源法》等构建完备的法律体系，加强碳达峰碳中和目标的强制约束和监督

当前，我国碳排放总量大、碳排放强度高、化石能源占比大、重工业结构高等问题依然突出，相较于欧美发达国家从碳达峰到碳中和的 50~70 年过渡期，我国只有 30 年时间缓冲期，更加陡峭的节能减排路径意味着前所未有的挑战。

为科学推动我国碳达峰、碳中和目标的实现，需加快新阶段国家应对气候变化立法进程，修订出台《应对气候变化法》《能源法》以及碳排放、污染治理等相关法律文件，通过国家法律的强制力保障减排目标的实现。同时，建立碳达峰碳中和行动监督机制，将单位 GDP 二氧化碳排放等指标纳入政府考核目标体系。建立碳中和行动目标审查与反馈机制，通过第三方专业机构开展碳达峰碳中和行动跟踪、评估研究。

2.2 加强碳达峰碳中和行动“1+N”政策体系设计，科学谋划绿色低碳发展“蓝图”

建立跨部门协调推进和会商研讨机制，统筹发改、能源、科技、工信、交通、生态、农业等多个部门，广泛凝聚科研机构、产业主体、智库机构等各方智力，制定并持续更新国家碳达峰碳中和中长期时间表、路线图和施工图。完善和丰富碳达峰碳中和行动政策体系，根据能源、电力、工业、交通、建筑、农业和生态等不同领域发展目标、行动方案及阶段任务，强化

财政、科技、能源、生态等机构之间的政策协同联动和分工。积极引导地方政府及相关产业主体，因地制宜、因时制宜，制定碳达峰碳中和差异化发展战略、规划和政策，并与国家层面规划和政策体系形成有效衔接、支撑。建立政府、学术、行业等多方的战略咨询评估体系，适时开展国家、地区、行业等行动实践的研究咨询、进程评估、科学调整。

2.3 加速推进碳中和关键技术研发创新，抢占未来低碳、零碳前沿科技制高点

将高水平科技自立自强作为高质量实现碳中和目标的核心创新要素。

一是系统谋划碳中和愿景的低碳、零碳、负碳技术创新路线图，统筹科技、发改、能源、生态环境等相关机构，持续完善面向碳中和的科技支撑体系。

二是聚焦碳达峰碳中和行动战略需求，有序推进碳中和相关国家重大科技专项和重点研发计划专项研发布局，以资源导向推动新一代可再生能源、绿氢、储能、智慧能源等前沿技术、颠覆性技术、原创新技术突破，抢占零碳科技竞争高地。

三是强化高水平科技供给，鼓励科研机构、高校等学术界优先开展绿色技术研发创新活动，加快部署零碳发电技术、智慧能源网络、新能源交通、绿色化工、零能耗建筑等技术的原始创新与技术迭代升级。

四是以更大力度推进节能低碳技术示范应用，加快推进风、光、生物质、地热、热泵、分布式能源、高效节能技术以及碳

捕集、利用与封存、生态固碳等技术示范，推动新一代数字化技术在清洁能源、节能和能效等领域的融合创新。

五是布局面向碳中和重大科技需求的国家科技创新基地体系，设立相应的国家重点实验室、国家工程研究中心、国家技术创新中心等，建立稳定的支持机制和联合攻关机制。

2.4 加快传统产业转型和绿色低碳新兴产业培育壮大，推动经济社会高质量发展与碳排放实现绝对脱钩

作为最大的发展中国家，我国正在探索一条在大规模实现工业化和城市化进程中，同时实现低碳甚至脱碳的全新发展路径，意味着需构建与应对气候变化、高质量发展逻辑相一致的绿色转型系统变革和全面创新。

一是以高质量发展为主线，持续推动经济体系全面绿色升级，倒逼高载能、碳密集等产业绿色低碳转型，鼓励发展零碳经济、循环经济，引导释放更多绿色创新活力。

二是推动能源供应侧、需求侧绿色革命，大力发展可再生能源，扩大清洁技术能源结构占比，推动工业、交通、建筑等主要用能和排放领域零碳转型。

三是加快光伏风电等清洁能源、特高压和智能电网、电动汽车等优势成熟技术规模化应用，培育关键低碳和零碳技术战略新兴产业，布局以绿氢、储能为代表的未来战略能源产业。

四是加大“新基建”绿色元素，利用 5G、人工智能、工业互联网等新一代信息技术，大力推进电网现代化、建筑绿色化、交通电气化等气候智能设施，以及特高压、充电加氢设施、规

模储能、智慧能源网等新型基础设施建设。

五是营造低碳、零碳社会浓厚氛围，倡导绿色生产、生活和节能消费方式，推广城市化进程中高能效、低能耗、低排放发展模式，加快生态环境脱碳、无碳治理实践，协同推进气候治理攻坚战与生态文明建设。

六是积极开展绿色低碳园区、地区等试点示范，支持有条件的区域先行先试，凝练总结典型碳达峰、碳中和发展路径与模式，构建致力零碳解决方案的高价值绿色供应链。

2.5 充分发挥市场起决定性配置作用机制，持续推动碳市场 碳金融工具创新

发挥市场在能源创新策源、排放权资源配置中的决定性作用，加强创新资本等要素支持，培育壮大绿色低碳创新主体。鼓励各级政府结合地区实际，设立“碳中和”引导投资基金，推动金融机构和社会资本支持绿色低碳发展。加快推动税收优惠、气候融资、绿色债券等产品创新，撬动更多的私人资本投入气候变化、绿色转型，激发资本市场对零碳技术和绿色经济的支持活力。

随着全国碳排放权交易系统的正式上线，未来应继续扩大碳市场交易主体覆盖范围，完善监管规则、测量核查、信息披露、激励约束、法律框架等配套政策。持续完善与国际标准接轨的碳交易市场机制，积极应对欧美碳关税壁垒，建立清晰的碳定价路线图，通过碳泄漏、碳核算等机制，提升中国出口产品竞争力，并对进口产品形成对等约束。

2.6 深化中美、中欧以及与“一带一路”“南南合作”国家气候治理合作

充分发挥我国在全球气候治理体系改革中的大国责任，利用绿色低碳转型契机，开展多层次、多平台、多主体的国际气候合作，提升我国在国际治理新体系中的话语权。一方面维持和扩大中美、中欧在低碳转型与绿色复苏上的“利益交集”，加强气候政策、能源转型、技术创新、绿色金融等方面的对话，适时开展不同层次合作。另一方面借助“一带一路”“南南合作”等平台，帮助发展中国家加快新型基础设施建设、制定气候治理解决方案、化解气候风险等，树立良好的气候治理全球形象。同时，利用清洁能源部长级会议、气候行动部长级会议、创新使命等平台，深度参与全球气候治理，为全球低碳复苏和生态文明建设做出贡献。

三、发达国家和地区碳中和战略行动细览

3.1 美国清洁能源革命计划提出 2050 年前实现 100%清洁能源经济

为应对新冠疫情带来的经济衰退以及应对气候变化危机，2021 年 1 月，新上任的拜登政府制定了雄心勃勃的绿色新政——“清洁能源革命计划”²⁹，宣布重返《巴黎协定》，并承诺在 2050 年之前实现 100%的清洁能源经济和净零排放，确保美国在世界应对气候紧急状况上发挥榜样作用。

美国 2050 年净零排放战略的核心是，采取有史以来最强烈的政策决心应对全球气候变化，实现经济与环境协调发展。其目标致力于构建清洁能源主导地位，通过国家实验室和大学的研发创新引擎，推动从化石燃料依赖转型为以风能、太阳能和其他可再生能源为动力的绿色模式，建立更具弹性的可持续经济发展体系³⁰。

“清洁能源革命计划”在气候和环境领域投资 2 万亿美元，以实现 2050 年实现碳中和目标，具体如下：

(1)发展可再生能源以扭转特朗普政府在气候问题上带来的所有破坏。包括：对油、气运营商制定严格的甲烷污染排放限值；加大对生物液体燃料（如沼气、燃料乙醇、生物柴油等）的投入；加强植树造林；开发可再生能源。

²⁹ The Biden Plan for A Clean Energy Revolution and Environmental Justice .
<https://joebiden.com/climate-plan/>

³⁰ The Biden Plan to Build A Modern, Sustainable Infrastructure and An Equitable Clean Energy Future.
<https://joebiden.com/clean-energy/>

(2) 在清洁能源、基础设施等方面投入 2 万亿美元以实现 2050 年 100% 净零排放目标。具体为：重建基础设施；到 2035 年在电力部门实现净零排放；4 年内对 400 万栋建筑物进行升级；构建气候智能型农业，力争成为全球首个实现农业净零排放国家。

(3) 重新加入并主导全球应对气候变化合作，以应对严峻的气候威胁。包括：1) 重新加入《巴黎气候协定》，召开一次应对气候危机的全球首脑会议。2) 接受《蒙特利尔议定书》的《基加利修正案》，遏制碳氢氟化合物排放增长势头。

(4) 在未来十年内向清洁能源创新投资 4000 亿美元。包括：1) 建立一个专注于解决气候问题的跨领域和跨部门研究机构“气候高级研究计划署”(ARPA-C)；2) 为飞机研制新的可持续燃料；3) 提高对碳捕集、利用和封存项目的税收优惠；4) 研究核能应用中安全性、废物处理及环境影响等问题；5) 加大对“前沿”零碳技术的投资，如小型模块化反应堆、核聚变和绿氢等。

(5) 加快清洁技术在美国的应用。包括：1) 到 2035 年将美国建筑物碳足迹减少 50%；2) 加速电动汽车产业发展，计划在 2030 年底部署超过 50 万个新的公共充电桩，并在 21 世纪全球汽车工业竞赛中拔得头筹；3) 进行更好的农业技术实践和沼气的部署；4) 确保企业和工人学习新技术，帮助小型和大型制造商在低碳市场中具有竞争力。

3.2 欧洲绿色协议推动在 2050 年成为首个实现碳中和的大陆

2019 年 12 月，欧盟委员会在雄心勃勃的“欧洲绿色协议”³¹中宣布，欧洲将在 2050 年成为首个实现碳中和的大陆，并推行以技术革命为核心的绿色经济变革，促使绿色经济成为新的增长引擎，要求各成员国加快实施协调一致的气候行动，以走出经济增长持续低迷的困境，克服气候变化和环境恶化危机。

3.2.1 “欧洲绿色协议”提出八大主题行动计划

“欧洲绿色协议”涵盖了所有经济领域，阐明了欧洲迈向碳中和循环经济体的行动路线，提出了包括提高欧盟 2030 和 2050 年应对气候变化的目标，提供清洁、可持续及安全的能源，推动各产业向可循环模式发展，实现能源资源的有效利用等八大主题行动计划：

（1）提高 2030 和 2050 年气候目标。2020 年 3 月，欧盟将“欧洲绿色协议”所设定目标纳入法律文件《欧洲气候法》³²，最终将 2030 年目标定位温室气体排放量较 1990 年减少 55%，2050 年实现净零排放，并于 2020 年 12 月 18 日向联合国气候变化框架公约（UNFCCC）提交最新的国家自主贡献文件³³。

（2）提供清洁、可负担和安全的能源。为确保到 2050 年实现温室气体净零排放，欧盟明确要求各成员国加速能源领域的立法、修法进程。根据“欧洲绿色协议”，27 个成员国均提

³¹ The European Green Deal sets out how to make Europe the first climate-neutral continent by 2050, boosting the economy, improving people's health and quality of life, caring for nature, and leaving no one behind.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_19_6691

³² European Climate Law.https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/law_en
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588581905912&uri=CELEX:52020PC0080#footnote10>

³³ Update of the NDC of the European Union and its Member States.
https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/European%20Union%20First/EU_NDC_Submission_December%202020.pdf

交了 2021 年至 2030 年的《国家综合能源和气候计划》，欧盟于 2020 年 9 月对 27 个国家进行了政策评估³⁴。此外，欧盟将制定《能源基础设施的法规框架》，促进创新技术和基础设施的部署，例如智能电网、氢网络、CCUS、储能等。

（3）推动各个行业向清洁循环经济模式发展。2020 年 3 月，欧盟发布了“欧洲新工业战略”³⁵，提出保持欧洲工业的全球竞争力和世界领先地位、2050 年碳中和、塑造数字未来三大远景，推动欧洲工业向碳中和以及数字化转型变革。为支持各行业以实现气候中立，欧盟出台了新的“循环经济行动计划”³⁶，推动纺织、建筑、电子和塑料等能源密集型行业的脱碳与现代化改革。同时，欧盟正加快电池立法，对投放到欧盟市场上的所有电池（工业、汽车、电动汽车和便携式电池）提出了强制性要求，完善电池循环链（到 2025 年和 2030 年相较目前 45% 的回收率，分别提升至 65% 和 70%），以最大程度降低电池对环境的影响³⁷。2020 年 10 月，欧盟发布了发布首份限制甲烷排放的纲领性草案“甲烷减排战略”³⁸，提出 2030 年甲烷排放比 2005 年减少 35%-37% 的目标，并敦促降低欧洲乃至全球范围内甲烷排放。

³⁴ National energy and climate plans (NECPs).

<https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans/en>

³⁵ A New Industrial Strategy for Europe.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-eu-industrial-strategy-march-2020_en.pdf

³⁶ EU Circular Economy Action Plan.<https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>

https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf

³⁷ Green Deal: Sustainable batteries for a circular and climate neutral economy.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2312

³⁸ An EU strategy to reduce methane emissions.

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_methane_strategy.pdf

(4) 促进建筑业的绿色转型发展。推进公共和私人建筑的翻新工作，将建筑物排放纳入欧洲碳排放交易体系进行管理，以应对能效和能耗双挑战。同时，欧盟计划推出一个涵盖建筑管理部门、地方政府、建筑师和工程师的开放平台，以加强各利益相关方的合作，并通过创新融资计划，为企业提供更好的融资条件。

(5) 发展可持续和智能交通。根据“欧洲绿色协议”“新工业战略”要求，2020年12月，欧盟公布了“可持续和智能交通战略”³⁹，提出对欧盟的交通系统和基础设施进行数字化和智能化改造，进一步削减交通运输领域的碳排放。该战略提出，到2030年零排放汽车保有量至少达3000万辆，100个欧洲城市实现碳中和；到2035年，零排放大型飞机将做好市场准备；到2050年，几乎所有的汽车、货车、公共汽车以及新型重型车辆实现零排放。此外，加快可再生和低碳燃料基础设施建设，到2030年安装300万个电动汽车公共充电桩和1000个加氢站。

(6) 建立公平、健康、环保的食品体系。欧盟将根据气候和环境标准评估原有的战略计划，帮助各成员国发展精准农业、有机农业生态系统；采取包括立法在内的措施，显著减少农药、化肥和抗生素的使用；强化欧盟农民和渔民在应对气候变化、保护环境和生物多样性等方面的作用。2020年5月，欧盟委员

³⁹ Sustainable and Smart Mobility Strategy. https://ec.europa.eu/transport/themes/mobilitystrategy_en
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/AUTO/?uri=CELEX:52020DC0789>

会发布了“从农场到餐桌战略”⁴⁰，旨在推动向更健康、可持续的农业食品体系转变，确保农、渔、水产养殖业以及食品价值链为碳中和目标做出适当的贡献。

(7) 保护恢复生态系统和生物多样性。2020年5月，欧盟公布了新的“生物多样性战略”⁴¹，并将于2021年制定具有法律约束力的自然恢复目标。欧盟还将扩大陆地和海洋保护区的范围，正计划拟定新的“森林战略”⁴²以保护和恢复森林，更新“大西洋行动计划2.0”⁴³以构建可持续、更具弹性和竞争力的“蓝色经济”，为欧盟和欧洲大陆经济绿色复苏提供动力，同时满足欧盟应对气候变化多重需求。

(8) 构建零污染的无害环境。欧盟表示将于2021年出台防范空气、水和土壤污染的“零污染行动计划”⁴⁴，确保经济与能源、气候实现循环增长，并不会增加环境污染。

3.2.2 2030 碳减排一揽子提案公布 2030 年温室气体至少减排 55% 目标

2021年7月，欧盟委员会公布了欧盟2030减排目标一揽子提案⁴⁵，旨在到2030年温室气体净排放量较1990年至少减少55%。未来十年，实现这一减排目标对于欧洲到2050年成为世界上第一个碳中和的大陆至关重要。具体内容如下：

⁴⁰ A Farm to Fork Strategy.<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381>

⁴¹ EU Biodiversity strategy for 2030.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1590574123338&uri=CELEX:52020DC0380>

⁴² Forests-new EU strategy.

<https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12674-Forests-new-EU-strategy>

⁴³ Atlantic action plan 2.0: A revamped maritime strategy to foster a sustainable blue economy and the EU Green Deal.https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/press/atlantic-action-plan-20-revamped-maritime-strategy-foster-sustainable-blue-economy-and-eu_en

⁴⁴ Zero pollution action plan: Towards a zero pollution ambition for air, water and soil.

https://ec.europa.eu/environment/strategy/zero-pollution-action-plan_en

⁴⁵ European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541

(1) 在欧盟排放交易体系 (ETS) 中引入碳价，并降低某些能源终端部门的碳排放上限。欧盟委员会提议进一步降低总体碳排放上限，并提高其年度减排速率；逐步取消航空部门碳排放免费额度，首次将航运排放纳入欧盟 ETS 中；为其运输和建筑部门单独建立一个新的排放交易系统。

(2) 欧盟各成员国应将其碳排放交易的全部收益用于气候和能源相关项目，以作为欧盟预算中气候相关支出的补充。

(3) 在《共尽职责条例》⁴⁶中对每个欧盟成员国在建筑、道路和国内航运、农业、废弃物、小型工业等方面分配了更严格的减排目标。鉴于每个成员国的起点和能力不同，这些目标的设定将以各国人均国内生产总值为基础，并结合成本效率进行调整。

(4) 各成员国还需共同承担从大气中除碳的责任。因此，《土地使用、林业和农业条例》⁴⁷为欧盟自然碳汇设定了一个总体目标，相当于到 2030 年减排 3.1 亿吨二氧化碳。欧盟要求各成员国扩大本国碳汇以实现这一总体目标。到 2035 年，欧盟应力争在土地使用、林业和农业部门实现碳中和，包括农业部门的非二氧化碳排放，如来自化肥使用和畜牧业的排放。欧盟将颁布“欧盟林业战略”提高森林质量、数量和恢复力。该战略将支持护林人员和以森林为基础的生物经济，同时保持采伐和生物质利用的可持续性，保护生物多样性，并制定到 2030 年在欧洲种植 30 亿棵树的计划。

⁴⁶ Effort Sharing Regulation. https://ec.europa.eu/info/files/effort-sharing-regulation_en

⁴⁷ Revision of the Regulation on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry. https://ec.europa.eu/info/files/revision-regulation-inclusion-greenhouse-gas-emissions-and-removals-land-use-land-use-change-and-forestry_en

(5) 能源生产和消耗占欧盟碳排放的 75%，需加快向绿色能源系统转型。“可再生能源指令”⁴⁸将设定一个更高的目标，即到 2030 年可再生能源占欧盟能源供应的 40%。所有成员国均需为实现这一目标做出努力，并提出交通运输、供暖和制冷、建筑和工业方面的可再生能源占比目标。为实现气候和环境目标，需加强生物能源使用的可持续性标准，成员国必须以符合林木生物质阶梯式利用原则的方式，制定生物能源支持计划。

(6) 《能效指令》⁴⁹将在欧盟层面上设定一个更有约束力的年度指标，以减少能源总消费量、降低碳排放和解决能源贫困问题。该指令将指导如何确定国家贡献，并使成员国的年度节能义务翻番。其中，公共部门将被要求每年翻新 3% 的现有建筑，以推动建筑翻新浪潮，创造就业机会，降低能源消耗和纳税人的用能成本。

(7) 需采取有力措施解决交通运输部门日益突出的碳排放问题，以补充碳排放交易体系。对轿车和货车实施更严格的碳排放标准将加快向零排放汽车转型，该标准要求新车的平均碳排放量到 2030 年和 2035 年相比 2021 年分别降低 55% 和 100%。因此，到 2035 年所有注册的新车都将实现零排放。为确保能够在覆盖整个欧洲的可靠基础设施网络为车辆充电或加注燃料，修订后的《替代燃料基础设施条例》⁵⁰将要求各成员国根据本国零排放汽车的销售情况扩大充电桩数量，并要求在主要公路上

⁴⁸ Amendment to the Renewable Energy Directive to implement the ambition of the new 2030 climate target. https://ec.europa.eu/info/files/amendment-renewable-energy-directive-implement-ambition-new-2030-climate-target_en

⁴⁹ Proposal for a Directive on energy efficiency (recast). https://ec.europa.eu/info/files/proposal-directive-energy-efficiency-recast_en

⁵⁰ Revision of the Directive on deployment of the alternative fuels infrastructure. https://ec.europa.eu/info/files/revision-directive-deployment-alternative-fuels-infrastructure_en

设定固定式充电桩和加氢站，以实现每 60 公里有充电桩，每 150 公里有加氢站。

(8) 航运和海运燃料会造成严重污染，需采取专门行动以补充排放交易体系。《替代燃料基础设施条例》要求飞机和船舶在主要机场和港口能获得清洁电力供应。《ReFuelEU 航空倡议》⁵¹将要求燃料供应商不断提高可持续燃料在现有航空燃料中的占比，包括合成低碳燃料。同样，“FuelEU 海运计划”⁵²将通过对欧洲港口停靠船舶能源使用相关温室气体排放含量设定最大限值，以刺激可持续航运燃料和零排放技术的采用。

(9) 能源产品税收制度需通过设定合适的激励机制来保障和完善单一市场并支持绿色转型。修订后的《能源税收指令》⁵³建议将能源产品的税收与欧盟的能源和气候政策保持一致，推进清洁能源技术创新，取消目前鼓励化石能源消费的税收减免政策。新规则旨在减少对能源可持续发展有害的影响，帮助成员国从绿色税收中获益。

(10) 欧盟新的《碳边境调节机制》⁵⁴将对特定产品的进口设定碳价，以确保欧洲的气候行动不会导致“碳泄漏”。这将确保欧洲的减排措施有助于全球减排行动，而不是导致欧洲以外地区的碳密集型生产。该机制还旨在鼓励除欧盟及其国际合作伙伴以外地区的行业采用相同措施，朝着实现全球减排目标共同努力。

⁵¹ ReFuelEU Aviation – sustainable aviation fuels. https://ec.europa.eu/info/files/refueeu-aviation-sustainable-aviation-fuels_en

⁵² FuelEU Maritime – green European maritime space. https://ec.europa.eu/info/files/fueeu-maritime-green-european-maritime-space_en

⁵³ Revision of the Energy Tax Directive. https://ec.europa.eu/info/files/revision-energy-tax-directive_en

⁵⁴ Carbon border adjustment mechanism. https://ec.europa.eu/info/files/carbon-border-adjustment-mechanism_en

3.3 德国气候立法宣布在 2045 年实现净零排放目标

为弥合减排目标差距，以及保持弃核、弃煤⁵⁵后的气候雄心和工业竞争力，德国联邦政府于 2019 年 12 月 17 日颁布《气候变化法》⁵⁶，首次以法律形式确定德国中长期温室气体减排目标，到 2030 年实现温室气体排放总量较 1990 年至少减少 55%，到 2050 年实现温室气体净零排放。其中，联邦政府应在所有投资和采购过程中考虑减排目标，在 2030 年率先实现公务领域的温室气体净零排放。2021 年 5 月，德国总理默克尔在第十二届彼得斯堡气候对话中宣布将净零排放目标期限提前至 2045 年⁵⁷，并写入最新修订的《气候变化法》。

3.3.1 “2030 气候保护行动计划”以期达成温室气体减排 55%的目标

根据《气候变化法》，德国于 2019 年同步制定了“2030 气候保护行动计划”⁵⁸，以 2030 年作为新的时间节点，加速经济去碳化进程。

该计划制定包括碳定价、建筑节能改造、提高能源效率、资助研发等具体措施，涵盖能源、建筑、交通、工业、农业等多个领域⁵⁹。具体包括：

（1）能源领域：到 2030 年，能源领域减少 61%~62%的温室气体排放；增加可再生能源系统发电容量，到 2030 年扩大一

⁵⁵ Final decision to launch the coal-phase out – a project for a generation.
<https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2020/20200703-final-decision-to-launch-the-coal-phase-out.html>

⁵⁶ Federal Climate Change Act (Bundes-Klimaschutzgesetz, KSG).
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Gesetze/ksg_final_en_bf.pdf

⁵⁷ Germany to pull forward target date for climate neutrality to 2045.
<https://www.cleanenergywire.org/news/germany-pull-forward-target-date-climate-neutrality-2045>

⁵⁸ Klimaschutzprogramm 2030. <https://www.bmu.de/publikation/klimaschutzprogramm-2030/>

⁵⁹ Kli-ma-schutz hat Prio-ri-tät.

<https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Klimaschutz/2019-10-09-finanzierung-klimaschutzprojekt.html>

倍，达到 200 GW 左右，并增强电网系统的稳定性；加快可再生能源电力建设，提高太阳能和风力发电量，将可再生能源发电比例提高至 65%；推进热电联产现代化发展，构建高效智能化供热网络；建立能源转型仿真实验室（Energiewende），专注氢能、储能、交叉领域等关键技术创新与应用转化；促进欧盟地区合作，包括逐步淘汰煤炭、发展可再生能源等。

（2）建筑领域：到 2030 年，建筑领域碳排放较 1990 年减少 66%~67%；给予建筑物节能改造税收支持；设立高效建筑基金，刺激可再生燃料供热系统发展，到 2026 年将禁止燃油供暖；改造城市制热、制冷等基础设施；加强气候与环境友好型建筑领域的研发创新。

（3）交通领域：到 2030 年，交通领域碳排放较 1990 年减少 40%~42%；推进交通网络电气化以及替代燃料（氢能和电池）无碳化发展，在 2030 年前投入 860 亿欧元更新铁路网⁶⁰，于 2020 年 1 月增加空中交通税，而长途火车票的增值税将从 19% 降至 7%，同时提高通勤和出行补贴；倡导绿色交通方式，从 2021 年每年 10 亿欧元用于改善公共交通条件，2025 年增加到每年 20 亿欧元支持电动和氢动力公共汽车，到 2030 年 50% 的城市公交车采用电动汽车；开发交通领域替代燃料，发展氢基燃料电池技术等；支持先进生物燃料研发创新，开发生物质液态和气态燃料；扩大现代货运列车网络，提升内陆水道和港口

⁶⁰ Federal Government and DB sign the largest ever modernization programme for the rail network. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/PressRelease/2020/001-scheuer-rail-network-sign-lufv.html>

现代化水平；降低汽车碳排放量，到 2030 年电动汽车保有量达到 700~1000 万辆，延长税收优惠时限，提高新能源汽车购买补贴，大力发展燃料电池技术；加快商业和私人充电基础设施建设，到 2030 年建设 100 万个充电桩；支持购买包括氢能技术在内的可替代能源货车，鼓励发展燃料和基础设施，到 2030 年大约 1/3 里程的重型公路运输由电力或基于电力的燃料提供能源。

（4）工业领域：提高能源生产效率，促进节约型循环经济发展，到 2030 年工业领域减少碳排放量 1.40~1.43 亿吨，较 1990 年减排 49%~51%；发展固碳和碳利用产业；促进低排放工业生产技术研发与示范推广。

（5）农业领域：到 2030 年，减少 5800 万吨~6100 万吨二氧化碳当量的温室气体（包括甲烷、一氧化二氮等）排放，较 1990 年减排 31%~34%。

（6）其他领域：开展垃圾填埋排放甲烷的利用。

（7）土地利用、土地利用变化及林业（LULUCF）：激活土壤碳汇潜力，制定生态农业碳富集措施，发展草原固碳；保护森林和沼泽地，促进可持续和高效益利用。

该计划明确提出制定固定的碳价体系，2021 年每吨二氧化碳 10 欧元、2022 年 20 欧元、2023 年 25 欧元、2024 年 30 欧元、2025 年 35 欧元。此外，由政府总理牵头的气候保护委员会将继续保留并发挥作用。

3.3.2 “经济复苏计划”投入 1300 亿欧元支持向绿色零碳经济转型

2020 年 6 月，德国政府出台雄心勃勃的“经济复苏计划”⁶¹，投入 1300 亿欧元（占 GDP 的 3.8%）帮助德国实现重新增长，向可持续、数字化和绿色零碳经济转型。具体如下：

（1）财税支持政策。作为经济复苏计划的一部分，联邦内阁同意在 2020 年下半年将增值税下调 3%（从 19% 下调到 16%）；大力促进电动交通的发展，将电动汽车的购买补贴翻番；到 2021 年，通过国家预算补贴降低电力成本，以保持可再生能源竞争力；2020 年、2021 年增加 10 亿欧元用于建筑脱碳，总额达 25 亿欧元⁶²；2020-2029 年，对住宅和建筑物的节能改造提供税收补贴，从应纳税额中减免 20% 的费用⁶³。

（2）基础设施建设。经济复苏计划将大力推动可再生能源、氢能和电动汽车的发展，其中将提供 500 亿欧元资金用于可再生能源、公共交通、电动汽车、充电基础设施及数字化等领域⁶⁴。为扩大可再生能源的使用，联邦政府于 2021 年 1 月通过了《联邦需求计划法案》，提出未来将继续优化和扩展输配网络，消除智能电网瓶颈，并重申 2030 年可再生能源电力占比 65% 的目标⁶⁵。

⁶¹ Economic stimulus package: "An ambitious programme".

<https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/konjunkturpaket-1757640>

⁶² Koalitionsausschuss beschließt Marshallplan 2.0.

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Wirtschaft/konjunkturpaket.html>

⁶³ Klimaschutz Umweltfreundliches Verhalten wird gefördert.

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutz-steuerrecht-1681880>

⁶⁴ Germany implements the most comprehensive economic stimulus package in history focused on "green" actions. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunkt Papier-corona-folgen-bekaempfen.pdf?__blob=publicationFile&v=6

⁶⁵ Energiewende Engpässe im Stromnetz beseitigen.

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/buerokratieabbau/stromnetz-wird-ausgebaut-1790264>

(3) 产业支持政策。大力扶持对气候友好的电动汽车发展，例如未来 2 年内给汽车行业 20 亿欧元研发扶持资金；投资 25 亿欧元用于充电设施和电动交通、电池的研发；12 亿欧元支持商用汽车、公共汽车和卡车的电动化；投资 20 亿欧元用于汽车生产商和供应商的技术创新；未来四年内提供超过 2.5 亿欧元的资金支持公共交通示范项目；总价 4 万欧元以下的电动车可获最高 6000 欧元的购置补贴等。氢能被视为德国能源转型的重要组成部分，德国政府将通过经济复苏计划投入 90 亿欧元，促进氢能的大规模使用，以发挥在减排上的关键作用。其中，70 亿欧元用于德国氢能技术的市场推广，20 亿欧元用于国际合作。2020 年 6 月，德国政府推出了《国家氢能战略》⁶⁶，积极利用海上风电生产绿色氢气，规划 2030 年绿色氢气将占氢气总供应量的 20%。为此，德国将进一步资助绿色氢气的研究和创新，投入 6.5 亿欧元支持氢能技术，7 亿欧元开发使用燃料电池的供热系统，6 亿欧元用于实验室和地区一级的试点项目，2500 万欧元用于研究利用氢能的航运和海运等。

(4) 研发创新计划。经济复苏计划还制定了支持研发创新的政策，例如投资 0.3 亿欧元支持数字化耦合的能源系统技术研发。

⁶⁶ The National Hydrogen Strategy.
<https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.html>

3.4 法国能源气候法案提出 2050 打造欧洲首个碳中和经济体

近年来，法国政府越来越意识到全球气候变化的严重性和极大危害性，试图通过内部和外部努力建成一个“环保大国”，以打造雄厚的生态文明软实力。

3.4.1 《能源与气候法案》重申建立核电与可再生能源并重的混合电力系统

根据 2015 年 8 月公布的《绿色增长能源转型法案》⁶⁷，法国政府制定了应对气候气候变化路线图——“国家低碳战略”⁶⁸。2019 年 11 月，法国国会通过《能源与气候法案》⁶⁹，正式以立法形式明确 2050 年实现碳中和的目标。该法案着重以下五个主要领域：

(1) 逐步淘汰化石燃料，发展可再生能源。到 2030 年，实现多年期计划中提出可再生能源占比 33% 的目标，并将投入 710 亿欧元的预算发展可再生能源。到 2030 年，化石燃料消耗量较 2012 年减少 40%（之前为 30%）；到 2022 年，停止使用煤炭发电；在仓库、商业建筑、高速公路等领域推广太阳能电池板或可再生能源技术；发展可再生能源社区；发展低碳和可再生氢能技术，到 2030 年达到工业氢总消费量的 20% 至 40%。

(2) 供热控制。修改住宅供热指令，减少建筑碳足迹。

(3) 引入气候雄心和政策评估的独立机构，建立国家气候变化高级委员会，将负责国家低碳战略目标完成情况的监测。

⁶⁷ Loi de transition énergétique pour la croissance verte. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/loi-transition-energetique-croissance-verte>

⁶⁸ STRATEGIE NATIONALE BAS-CARBONE.

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/SNBC_SPM_Eng_Final.pdf

⁶⁹ LOI n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat (1).

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000039355955&dateTexte=20200216>

从 2023 年起，由该机构牵头制定一项五年监测评估计划，包括可再生能源、能源消耗、化石燃料淘汰、节能指令等内容。

(4) 电力和天然气监管，构建稳定合理的能源供应体系。

(5) 减少对核电的依赖，到 2035 年将核电占比从 75% 降至 50%。

3.4.2 法国复苏计划投入 300 亿欧元打造欧洲首个低碳经济体

为消除新冠肺炎疫情对国内经济造成的严重影响（二战以来最严重的经济衰退⁷⁰），2020 年 9 月法国发布“法国复苏”

（France Relance）经济计划⁷¹，将投入 1000 亿欧元（占 GDP 的 3.7%，其中 400 亿欧元来自欧盟）推动经济在两年内恢复到疫情前的水平。该计划作为法国经济社会和生态改革的路线图，提出了三大优先事项：生态转型、提升竞争力与社会团结。其中，生态转型目标是在 2050 年实现碳中和，成为欧洲第一个主要的碳中和经济体。为此，法国将投入 300 亿欧元资金支持生态转型发展，推动经济、生产、交通、基建及国内消费等领域实现绿色与可持续转型，有效降低温室气体排放，支持农业转型、循环经济与生物多样性，并高度重视环保领域的研究与创新。具体如下：

(1) 能源重构。2021-2022 年期间投入 20 亿欧元，开展家庭住宅能源基础设施升级；投入 40 亿欧元开展公共建筑节能改造，带动相关中小企业发展；投入 5 亿欧元开展大规模建筑翻

⁷⁰ France unveils €100 billion economy 'reboot' rescue plan.
<https://www.france24.com/en/20200903-live-france-unveils-%E2%82%AC100-billion-economy-rescue-plan>

⁷¹ France Relance.<https://www.gouvernement.fr/france-relance>
https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/plan-de-relance/annexe-fiche-mesures.pdf

新；投入 2 亿欧元支持中小企业生态转型。

(2) 生态多样性。维持和修复生态多样性，增强风险预防能力，建设更节能的生态城市，开展闲置土地循环改造，保障用水安全，最大限度实现“零干扰”。

(3) 工业脱碳。2020-2022 年期间投入 12 亿欧元资金，以提高工业能源效率，特别是通过电气化，促进工业生产实现热脱碳。

(4) 循环经济。ADEME 循环经济基金将在 2020-2022 年提供 2.26 亿欧元，加速发展循环生产和消费模式，减少塑料制品的使用（特别是一次性塑料），每年增加 70 万吨回收塑料的掺入能力；投入 2.74 亿欧元，发展可回收废物和生物废物的分类和利用，以及固体燃料的能源生产。

(5) 农业转型。加速农业生态转型，为所有人提供健康安全、可持续和高质量的粮食供应体系，构建面向生物安全的畜牧业，更新现代化基础设施，打造可持续、多功能森林生态；同时，启动国家植物蛋白战略，投入 1 亿欧元支持“可持续健康与营养”研究创新。

(6) 海洋经济。打造绿色港口，支持清洁能源技术应用，发展可持续水产养殖业。

(7) 绿色交通基础设施。根据 2019 年颁布的《交通定向法》⁷²，将投入 12 亿欧元支持未来友好交通方式，发展自行车、

⁷² Loi d'orientation des mobilités (Mobility Orientation Law).
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000039666574&categorieLien=id>

地铁、有轨电车等公共交通枢纽；投入 47 亿欧元发展现代化、数字化铁路网络，鼓励零排放或低排放技术应用；加快运输基础设施建设，投入 1.8 亿欧元用于国家公共车辆的电动汽车替换，投入 19 亿欧元支持清洁车辆转型，到 2021 年底电动汽车公共充电桩数量增加到 10 万个；加快农村电网电气化设施更新。

（8）绿色技术。大力发展可再生能源和低碳绿色技术，发展氢动力汽车，到 2023 年将提供 34 亿欧元的资金，到 2030 年将高达 72 亿欧元；到 2023 年，法国将通过第四期“未来投资计划”（PIA4）⁷³投入 34 亿欧元支持创新，包括无碳能源、循环技术、可持续交通和出行、负责任的农业和粮食生产、未来城市等，尤其是对未来技术（如无碳氢）；保持有竞争力的核工业，并加强放射性废物管理。投入 26 亿欧元支持汽车和航空业振兴计划，以提振产业竞争力，发展下一代飞机和电动汽车、氢动力汽车。

（9）建立新的“气候融资”产品。法国国家投资银行（Bpifrance）将在经济复苏计划期间筹集近 25 亿欧元的直接融资，以支持企业的能源与生态转型。

⁷³ <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/actualites/france-reliance/4eme-programme-d-investissement-d-avenir-pia-dotation-de-20-mdeu>

3.5 英国实施绿色工业革命计划助力 2050 年实现净零排放

英国政府于 2019 年 6 月修订《气候变化法》⁷⁴，成为全球首个立法承诺 2050 年实现净零排放的主要经济体。为兑现 2050 年净零排放目标，英国实施“绿色工业革命十点计划”“国家基础设施战略”等一系列行动计划。同时，英国皇家学会发布碳中和 12 个科学技术问题，为政府决策提供参考。

3.5.1 “绿色工业革命十点计划”制定十个优先领域具体举措

英国“绿色工业革命十点计划”⁷⁵制定了十个优先领域净零排放的目标和具体举措，推动公共部门和私营部门共筑绿色复苏之路。该计划将投入 120 亿英镑资金，拟在 2030 年前撬动 3 倍以上、超过 400 亿英镑的私营部门投资，预计将创造 25 万个就业机会。具体如下：

（1）推进海上风电。到 2030 年实现风力发电量翻两番，达到 40 吉瓦，吸引私营部门投资约 200 亿英镑，带动就业 6 万人。

（2）推动氢能增长。制定氢能商业模式和收益机制，到 2030 年实现 5 吉瓦的低碳氢能供应，在十年内建设首个完全由氢能供能的城镇，并将予以 2.4 亿英镑的净零氢产业基金以及超过 40 亿英镑的私营部门投资等一系列支持措施。

（3）增加新的先进核能。启动 3.85 亿英镑先进核基金支

⁷⁴ The Climate Change Act 2008 (2050 Target Amendment) Order 2019.

<https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2019/1056/contents/made>

⁷⁵ The ten point plan for a green industrial revolution.

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/936567/10_POINT_PLAN_BOOKLET.pdf

持核能发展，包括大型核电站及下一代小型反应堆、先进核反应堆开发，并为先进反应堆研究和开发提供 1.7 亿英镑资金。

(4) 加速向零排放汽车转型。政府将投入 10 亿英镑支持供应链电气化、13 亿英镑加速基础设施更新、5.8 亿英镑购车补贴，到 2030 年(比原计划提前十年)禁售新的燃油车，到 2035 年禁售混合动力汽车，以成为 G7 中首个实现道路运输脱碳化的国家。

(5) 绿色出行。打造更受欢迎的零碳出行方式，投资数百亿英镑推进铁路电气化，42 亿英镑用于城市公共交通，50 亿英镑用于公共汽车、自行车和步行，2021 年将投资 1.2 亿英镑更新至少 4000 辆国产零排放公共汽车，并发布有史以来第一个国家公共汽车战略。

(6) 推动航空和航运绿色清洁研发创新。一是引领全球零排放飞机革命，投资 1500 万英镑委托航空航天技术研究所(ATI)开展为期 12 个月“净零飞行”(Fly Zero)研究；投资 1500 万英镑支持可持续航空燃料(SAF)研发竞赛，并加快电池和氢能燃料基础设施研发。二是启动清洁海事示范计划，投资 2000 万英镑开发清洁海事技术创新，建设氢燃料港口。

(7) 绿色建筑。2021 年将投入 10 亿英镑，加速住宅、学校和医院的高效低碳燃料替代，通过“公共部门脱碳计划”减少公共建筑物废气排放，“家庭升级补贴”改善供暖系统，到 2028 年安装 60 万个热泵。

（8）碳捕集、利用和封存（CCUS）。充分挖掘 CCUS 产业潜力，设立 10 亿英镑基础设施基金助力成为全球技术领导者。到本世纪 20 年代中期，建立两个 CCUS 设施产业集群，并计划到 2030 年建立四个站点，每年清除 1000 万公吨二氧化碳。

（9）自然环境保护。启动绿色复苏挑战基金第二轮 4000 万英镑的投资，用于英国各地的自然保护和恢复，改善生物多样性和应对气候变化，创造更多的绿色就业机会，从 2025 年起每年种植 3 万公顷树木，到 2030 年保护和改善 30% 的英国土地。

（10）绿色金融与创新。打造全球最大的绿色科技和金融中心，为 2050 年净零经济提供所需的低碳融资。到 2027 年将国家研发投入总额提高到 GDP 的 2.4%，并进一步扩大绿色零排放技术创新和开发的资金来源。加快电力、建筑和工业领域低碳创新技术、系统和流程的商业化，启动 10 亿英镑净零创新投资组合，专注于该计划的十个优先领域（浮动式海上风力发电；先进模块化核反应堆；灵活性储能；生物质能源；氢能；住宅；直接空气碳捕集和先进 CCUS；工业燃料转型；颠覆性技术，如能源领域人工智能等）。

3.5.2 国家基础设施战略计划打造实现净零排放的基础设施网络

基础设施投资是实现净零排放目标的关键。2020 年 11 月，英国制定了《国家基础设施战略》⁷⁶，围绕经济复苏、平衡和加

⁷⁶ National Infrastructure Strategy.

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/938049/NIS_final_web_single_page.pdf

强联盟以及到 2050 年实现净零排放三个中心目标，阐述了政府改造国家基础设施网络的计划。其中，在净零排放目标主要措施如下：

（1）大力投资海上风力发电、现代化港口和制造业基础设施，以扩大可再生能源发电的份额；

（2）提供 5.25 亿英镑的资金，以推动大规模核能和先进核技术的快速发展；

（3）投资 10 亿英镑支持建立 4 个碳捕集和封存工业集群；

（4）投资 13 亿英镑支持充电基础设施建设，以加速电动汽车大规模普及，在 2030 年前实现禁售新的汽油和柴油汽车；

（5）促进私营投资，建立持久的监管环境，以此推动能源效率提升；

（6）支持热泵、氢能等现有和新兴技术开发与推广，实现热脱碳；

（7）根据气候变化委员会建议，每年植树 3 万公顷；

（8）到 2027 年投资 52 亿美元，抵御洪水、海岸侵蚀等气候风险。

3.5.3 英国皇家学会发布碳中和 12 个科学技术问题

2021 年 5 月，英国皇家学会发布气候变化科学解决方案简报，提出实现净零温室气体排放、应对气候变化的 12 个重大科学技术问题⁷⁷。该简报针对 12 个技术领域，提出到 2050 年实现净零排放的研发部署优先事项，为政府决策提供参考。详情如下：

⁷⁷ Climate change: science and solutions. <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/climate-change-science-solutions/>

(1) 下一代气候模型。新一代高分辨率模型可以彻底改变气候缓解和适应相关信息的质量，涵盖从全球和区域气候影响到极端天气和危险气候变化风险。应通过开展国际合作，建立一个基于百亿亿次计算和数据设施的国际下一代气候建模中心，实现分辨率和计算能力的跨越式变化，充分了解公里范围内的气候变化对全球的影响，以支持净零技术路线图和气候适应方面的投资。

(2) 碳循环。碳汇的未来将取决于大气中的 CO₂ 水平及其上升或下降的速度、气候变化的影响以及可能的直接人类干预。通过人为干预增强自然碳汇对于实现净零排放至关重要，包括可持续造林、重新造林、农业土壤管理和泥炭地恢复。提高对碳循环理解的研究应包括：通过现场和卫星数据对大气、陆地和海洋进行连续观测监测；更好地了解碳汇的潜在不稳定性；以及开发更全面表征碳循环复杂性的模型。

(3) 数字技术。基于大量数据，计算科学有可能创建“数字孪生”，模拟和优化多个经济部门，到 2030 年显著减少碳排放。数字技术可以通过在全球经济中实现减排并限制计算本身造成的排放，在低碳转型中发挥重要作用。

(4) 未来电池储能解决方案。未来净零世界中，低碳交通和稳定的电力供应需要更强大、更持久、更快充电的电池。可持续的未来电池还需要使用资源丰富的材料和零碳制造工艺。

(5) 低碳供热和制冷。供热和制冷占能源相关碳排放量的 40%，住宅、商业和工业环境中的低碳供热和制冷技术处于不同发展阶段，部署进展缓慢。研究、开发和部署关键领域包括：

热泵、电加热器、区域系统、可再生能源供热和氢气。

(6) 通过氢和氨应对净零挑战。目前，氢和氨已经广泛用于工业和农业，但其生产具有较高的温室气体足迹。通过对现有和新技术的脱碳，可以显著减少温室气体排放。两种燃料都面临着技术挑战，包括生产、储存和使用，特别是实现净零生命周期排放的成本问题。需要进一步研究、开发、示范和部署，以确定氢和氨在实践中可以产生重大影响的领域。

(7) 碳捕集与封存 (CCS)。CCS 对于在使用化石燃料或以任何其他方式释放碳的经济体中实现净零排放至关重要，研究表明，大多数可能的净零排放路线都需要 CCS 来实现。CCS 是电力和工业部门脱碳的成熟技术选择。对于重工业等难以脱碳的领域，CCS 可能是降低碳排放的最后一道防线。

(8) 气候弹性和适应性。即使全球温升被限制在 1.5°C 以内，人类生计和基础设施也会越来越多地受到气候变化和极端天气的影响，这可能导致数百万人流离失所。气候适应相关成本会随气温升高的程度而增加，因此应投资于气候适应性，通过更好的预测、适应气候变化的基础设施和基于自然的解决方案增强气候适应。

(9) 气候变化与土地。以可持续的方式保护、恢复和管理土地有助于实现净零排放目标以及适应气候变化的影响。到 2050 年，将全球温升控制在 1.5-2°C 所需的净减排量，陆地可以占到 20%-30%，但只有与化石燃料的快速和深度减排相结合才能有效。陆地减排的优先事项是保护现有的富含碳的生态系统、恢复退化的生态系统以及改善农业和林业管理。有效的陆地气

候缓解和适应方案将涉及当地社区，并有助于实现许多联合国可持续发展目标。

（10）弹性粮食生产。全球粮食系统约占人类活动温室气体排放量的 1/3。因此，需在实现粮食安全、增强抵御气候变化影响的同时减少排放，在饮食改变、可持续农业实践和食品生物技术创新方面开展活动，开发支持可持续、创新、气候智能型的全球粮食生产系统。

（11）气候变化与健康。气候变化直接和间接影响人类健康，影响程度将随着时间的推移而增加，严重程度将取决于为缓解和适应气候变化而采取的行动。气候变化的驱动因素，例如化石燃料燃烧，也会对人类健康产生负面影响。因此，为缓解和适应气候变化而采取的行动将通过多种途径在近期和长期内有益于人类健康。

（12）政策选择和经济前景。政策和经济工具在净零技术部署方面发挥着重要作用。应对气候变化挑战需要世界经济迅速、协调一致的转型。随着越来越多国家做出净零承诺，需采取措施将承诺转化为具体行动计划。在个别国家，可以通过确定“敏感干预点”来实现减排。通过部署诸如“边境碳调节”等机制，在已采取积极脱碳政策的国家和尚未采取措施的国家之间创造公平竞争环境，可以实现更大程度的行动协调。跨学科研究有助于为应对气候变化和其他相关挑战所需的社会和环境转型提供信息。

3.6 日本碳中和绿色增长战略制定 14 个产业发展目标和任务

1. 主要背景

为有效应对全球升温对经济增长的制约，2020 年日本首相菅义伟在第一份施政报告中，明确表示日本将致力于到 2050 年实现净零排放⁷⁸。日本经济产业省发布并修订《绿色增长战略》⁷⁹，确定了日本到 2050 年实现碳中和目标，该目标将最终写入修订后的《全球变暖对策推进法》，首次以立法的形式明确减排目标⁸⁰。

2. 战略目标

2020 年 12 月，日本经济产业省发布了《绿色增长战略》⁸¹，确定了日本到 2050 年实现碳中和目标，构建“零碳社会”，以此来促进日本经济的持续复苏，预计到 2050 年该战略每年将为日本创造近 2 万亿美元的经济增长。2021 年 6 月，日本经济产业省对《绿色增长战略》进行修订完善，更新为《2050 碳中和绿色增长战略》⁸²，提出通过调整预算、税收优惠、金融体系、监管改革、制定标准以及国际合作等措施，推动企业研发创新，实现产业结构和经济社会转型。

3. 主要内容

该战略针对包括新一代可再生能源、氢能与氨燃料、新一

⁷⁸ New Prime Minister Suga Enthusiastic for Carbon-Free Society by 2050.

<https://www.jaif.or.jp/en/new-prime-minister-suga-enthusiastic-for-carbon-free-society-by-2050/>

⁷⁹ 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略。 <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>

⁸⁰ 地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案の閣議決定について。

<http://www.env.go.jp/press/109218.html>

⁸¹ 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略。 <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>

⁸² 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略を策定しました。

<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005.html>

代热能等在内的 14 个产业提出了具体的发展目标和重点发展任务：

(1) 新一代可再生能源(海上风电、太阳能、地热产业)。

包括：1) 海上风电，到 2030 年安装 10 吉瓦海上风电机组，到 2040 年达到 30-45 吉瓦，同时在 2030-2035 年间将海上风电成本削减至 8-9 日元/千瓦时。到 2040 年风电设备零部件的国产率提升到 60%。2) 太阳能，到 2030 年太阳能发电成本降至 14 日元/千瓦时。为扩大固定式太阳能发电的普及，2030 年家用太阳能电池安装成本需控制在 7 万日元/千瓦时(包含建设工程费)。3) 地热，到 2030 年实施调查井的钻井试验，并对开发的钻井技术和外立面材料等构件进行验证；到 2040 年验证包括涡轮等地面设备的整个发电系统；到 2050 年开展新一代地热发电技术示范。

(2) 氢能与氨燃料产业。包括：1) 氢能，到 2030 年将氢能年度供应量增加到 300 万吨，其中清洁氢(由化石燃料+碳捕集、利用与封存/碳循环或可再生能源等方式生产的氢)的供应量力争超过德国的 2030 年可再生氢供应目标(约 42 万吨/年)水平，到 2050 年氢能供应量达到 2000 万吨/年。力争在发电和交通运输等领域将氢能成本降至 30 日元/立方米，到 2050 年降至 20 日元/立方米。2) 氨燃料，2021-2024 年期间在火力发电厂中完成 20%混合氨燃料的示范验证；到 2050 年在火力发电厂实现使用含有 50%氨的混合燃料。氨燃料生产方面，到 2030 年，推进配套设备的制造，构建稳定的氨燃料供应链体系；到 2050 年，提高在发电领域的氨混烧率和开发燃烧纯氨技术，并

应用于船舶和工业领域。到 2030 年实现氨燃料年产量 300 万吨，到 2050 年达到 3000 万吨。

(3) 新一代热能产业。到 2030 年向所有供热基础设施中混入 1%的合成甲烷，结合其他方式实现 5%的气体燃料脱碳；2050 年将混有 90%合成甲烷的气体燃料通入供热设施，结合其他方式实现供热气体燃料的完全脱碳。此外，到 2030 年，用于船舶动力的天然气燃料逐步用合成甲烷替代。到 2050 年实现年度合成甲烷 2500 万吨，且合成甲烷价格与当前的液化天然气价格（40-50 日元/立方米）相当。

(4) 核能产业。到 2030 年争取成为小型模块化反应堆（SMR）全球主要供应商，到 2050 年将相关业务拓展到全球主要的市场地区（包括亚洲、非洲、东欧等）；到 2050 年将利用高温气冷堆过程热制氢的成本降至 12 日元/立方米；在 2040-2050 年间开展聚变示范堆建造和运行。

(5) 汽车和蓄电池产业。到 21 世纪 30 年代中期时，实现新车销量全部转变为纯电动汽车（EV）和混合动力汽车（HV）的目标，实现汽车全生命周期的碳中和目标；到 2050 年将替代燃料的经济性降到比传统燃油车价格还低的水平。

(6) 半导体和通信产业。将数据中心市场规模从 2019 年的 1.5 万亿日元提升到 2030 年的 3.3 万亿日元，届时实现将数据中心的能耗降低 30%；到 2030 年半导体市场规模扩大到 1.7 万亿日元；2040 年实现半导体和通信产业的碳中和目标。

(7) 船舶产业。在 2025-2030 年间开始实现零排放船舶的商用，到 2050 年将现有传统燃料船舶全部转化为氢、氨、液化

天然气（LNG）等低碳燃料动力船舶。

（8）交通物流和建筑产业。到 2050 年实现交通、物流和建筑行业的碳中和目标。

（9）食品、农林和水产产业。打造智慧农业、林业和渔业，发展陆地和海洋的碳封存技术，助力 2050 碳中和目标实现。

（10）航空产业。推动航空电气化、绿色化发展，到 2030 年左右实现电动飞机商用，到 2035 年左右实现氢动力飞机的商用，到 2050 年航空业全面实现电气化，碳排放较 2005 年减少一半。

（11）碳循环产业。发展碳回收和资源化利用技术，到 2030 年实现 CO₂ 回收制燃料的价格与传统喷气燃料相当，到 2050 年 CO₂ 制塑料实现与现有的塑料制品价格相同的目标。

（12）下一代住宅、商业建筑产业。到 2050 年实现住宅和商业建筑的净零排放。

（13）资源循环产业。发展各类资源回收再利用技术（如废物发电、废热利用、生物沼气发电等），促进资源回收再利用技术开发和社会普及，优化资源回收、再利用技术，降低产业发展成本，到 2050 年实现资源产业的净零排放。

（14）生活方式相关产业。到 2050 年实现碳中和生活方式。

3.7 韩国 2050 年净零排放行动推动向绿色低碳经济转型

2020 年 7 月，韩国政府颁布“韩国新政：伟大国家战略”⁸³，旨在依靠“数字新政”、“绿色新政”探索疫后经济复苏的新方式，加速向数字化、低碳经济转型，并开辟净零排放之路。在此背景下，韩国政府提出将与国际社会一道，积极应对气候变化，并在 2050 年前实现碳中和，由化石燃料依赖型经济转向生态友好型经济。2020 年 12 月，韩国紧急经济中央对策本部会议正式公布“2050 碳中和促进战略”⁸⁴，旨在推进韩国社会转型和绿色技术创新。

3.7.1 韩国“绿色新政”旨在探索疫后经济绿色复苏新路径

“绿色新政”在绿色城市、低碳分布式能源和绿色产业创新三大战略领域制定了八项具体实施举措⁸⁵：

(1) 绿色城市。到 2025 年共投资 30.1 万亿韩元，创造 38.7 万个就业岗位。1) 支持可再生能源设备和高性能隔热材料研发应用，推动公共设施零能耗转型，目标覆盖 22.5 万套公共租赁住房、440 个公共日托中心和 1148 个文化设施。2) 恢复陆地、海洋和城市生态系统，到 2022 年将在 25 个区域推出基于环境技术和通信技术的定制解决方案；3) 实施清洁安全用水智能化，目标覆盖 48 个区域间供水系统和 161 个地方供水系统。

(2) 低碳分布式能源。到 2025 年共投资 35.8 万亿韩元，

⁸³ Korean New Deal: National Strategy for a Great Transformation.
<https://english.moef.go.kr/pc/selectTbPressCenterDtl.do?boardCd=N0001&seq=4948>

⁸⁴ 韩政府公布“2050 碳中和促进战略”。
http://world.kbs.co.kr/service/news_vod_view.htm?lang=c&Seq_Code=69972

⁸⁵ Government Announces Overview of Korean New Deal.
<https://english.moef.go.kr/pc/selectTbPressCenterDtl.do?boardCd=N0001&seq=4940>

创造 20.9 万个就业岗位。4) 建立管理更有效的智能电网，发展先进智能电表，在 42 个岛屿区域建立生态友好型发电系统，采用地下电缆取代架空电缆。5) 促进可再生能源公平转型，分阶段建立大型海上风电，推动可再生能源优先推广。6) 扩大电动汽车和氢动力汽车的供应，到 2025 年电动汽车保有量 113 万辆，建设 15000 个快速充电站、30000 个标准充电站；健全氢生产到利用的技术链条，到 2025 年氢燃料电池汽车保有量 20 万辆，建设 450 个氢燃料补给装置，打造 6 个氢能城市。

(3) 绿色产业创新。到 2025 年共投资 7.6 万亿韩元，创造 6.3 万个就业岗位。7) 鼓励有潜力的企业引领绿色转型，建立绿色低碳产业园区，到 2021 年建成“绿色创业小镇”，设立支持清洁空气、生物材料、氢能、未来废物资源和资源回收等“绿色综合产业集群”；8) 通过研发和金融部门为绿色创新提供资金支持，设立 1.9 万亿韩元的贷款投资和 2150 亿韩元的公私联合绿色基金。

3.7.2 “2050 碳中和促进战略”提出 2050 年愿景五大关键要素

2020 年 12 月，韩国政府正式公布“2050 碳中和促进战略”⁸⁶，提出加快能源转型，发展可再生能源等绿色技术，旨在到 2050 年实现碳中和。该战略提出了 2050 愿景五大关键要素：在所有部门扩大清洁电力和氢能的使用，显著提升能源使用效率，脱碳技术和其他未来技术的商业化应用，扩大循环经济规模促进工业可持续发展，扩大碳汇。

⁸⁶ 2050 Carbon Neutral Strategy of The Republic of Korea: Towards A Sustainable And Green Society. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_RKorea.pdf

该战略分为三大部分，即：（1）**经济结构低碳化**，转变钢铁、水泥、石化等高度依赖化石能源、碳排放量较多的产业结构。将钢铁产业转换成氢气还原炼铁和电气化体系，在炼油产业中引入碳回收技术；降低核电和煤炭电力结构，打造以可再生能源为中心的电力系统，到 2025 年可再生能源装机容量由 12.7 GW 增加到 42.7 GW，到 2030 年可再生能源发电量占比达 20%；提前普及氢能和电动汽车，作为温室气体和 PM2.5 治理重要措施。（2）**新兴低碳产业集群**，打造有发展前途的新型低碳产业生态系统，积极培育新一代环保汽车电池、氢能、低碳半导体和生物能源等产业。（3）**公平公正低碳社会**，公正推动碳中和社会转变，以保护在转变过程中受影响的产业和就业。



《洁净能源重大信息专报》

编辑出版：中国科学院武汉文献情报中心

联系地址：武汉市武昌区小洪山西 25 号 (430071)

联系人：陈伟 郭楷模 岳芳

联系电话：(027) 87199180

电子邮件：energy@whlib.ac.cn