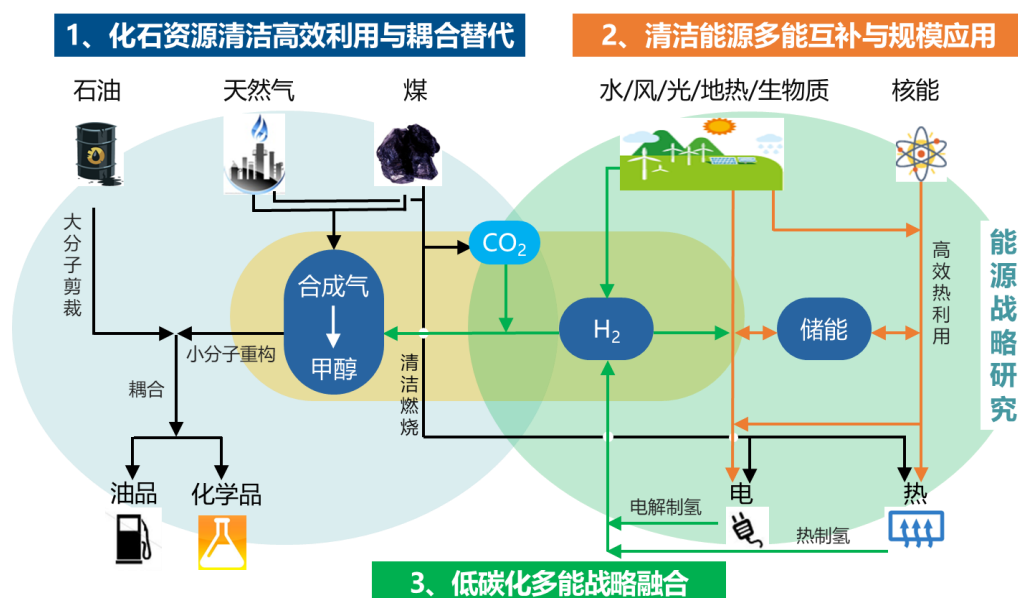




洁净能源科技动态监测快报

2020 年第 11 期（总第 13 期）



本期看点

- 世行《大宗商品市场展望》：疫情将对能源市场产生持久影响
- 欧盟发布《甲烷减排战略》
- IEA《世界能源展望 2020》预测至 2040 年能源走势
- 欧洲专利局和 IEA 发布《全球电池和电力储能技术专利分析》报告
- DOE 1.6 亿美元资助推进首批先进反应堆示范计划
- DOE 资助 8000 万美元支持先进零碳发电和制氢技术

◆ 化石资源清洁高效利用

- 世行《大宗商品市场展望》: 疫情将对能源市场产生持久影响..... 2
- 欧盟发布《甲烷减排战略》 7
- DOE 资助 8000 万美元支持先进零碳发电和制氢技术..... 10

◆ 清洁能源多能互补

- EPO 和 IEA 发布《全球电池和电力储能技术专利分析》报告11
- DOE 1.6 亿美元资助推进首批先进反应堆示范计划..... 16
- 英国投入 5900 万英镑开发核电站机器人和下一代高性能电池..... 17
- 澳大利亚投入 1500 万澳元支持开发高效低成本太阳电池..... 18
- 10 cm² 大面积全钙钛矿叠层太阳电池效率首破 20%..... 19

◆ 低碳化多能融合

- DOE 组建国家实验室联盟推进电解槽和燃料电池卡车研发 21
- 双金属氧化物催化剂助力甲烷高效催化转化..... 21
- 双金属异质结双功能电催化剂实现高效海水电解制氢..... 23

◆ 能源战略研究

- IEA《世界能源展望 2020》预测至 2040 年能源走势 25
- 欧盟评估成员国能源和气候计划并提高 2030 年减排目标..... 33

本期概要

世界银行发布《大宗商品市场展望》报告，重点分析了疫情对大宗商品市场的影响及未来走势：国际油价在疫情早期阶段急剧下跌，仅部分恢复到疫情前的价格水平，而金属价格下跌则较为缓和，目前已回到了震荡前水平。疫情对大宗商品市场的影响具有不均衡性，多数商品在疫情后价格上回升，有望在 2021 年取得温和增长，但对能源市场可能产生持久影响。

欧盟委员会发布《甲烷减排战略》报告，提出了减少欧洲以及国际甲烷排放的举措：重点针对能源、农业和废弃物处理部门（约占全球人为甲烷排放的 95%），介绍了将采取的欧盟层面及国际合作的 24 项减排行动。战略强调，能源是能够以最快速度、最低成本降低甲烷排放的部门，欧盟将采取领先行动，并与国际伙伴合作，解决自身及进口能源的甲烷排放问题；战略还提出，将改进甲烷排放量的监测和报告作为优先事项，欧盟将支持与联合国环境规划署、气候与清洁空气联盟以及国际能源署合作建立一个国际甲烷排放观测站。

欧洲专利局（EPO）和国际能源署（IEA）联合发布了《全球电池和电力储能技术创新专利分析》报告，分析了电力储能领域相关技术专利分布以及最受关注的储能应用类型：电池和储能领域的专利申请在过去 10 年中大幅增长，年增长率为 14%；储能领域中电池专利占据高达 90% 的份额，而其创新主要集中在可充电锂离子电池、电子设备和电动汽车领域；电动汽车的发展推动了新型锂离子技术的创新，以提高功率输出、耐久性、充放电速度和可回收性；将风能和太阳能等可再生能源整合到电网中的需求也推动了储能技术的进步。

美国能源部（DOE）宣布在“先进反应堆示范计划”（ARDP）框架下向泰拉能源公司和 X 能源公司资助 1.6 亿美元，建造两个可在 7 年内投入商业运行的先进反应堆：泰拉能源公司将联合其合作伙伴（包括通用电气、日立公司）开展钠冷快堆示范工作；X 能源公司将基于 Xe-100 高温气冷堆设计开发并交付一座由 4 个核电机组组成的新型商用核电站。

美国能源部（DOE）宣布未来五年将在“H₂@Scale”计划框架下投入 1 亿美元，支持两个由 DOE 国家实验室主导建立的氢能和燃料电池实验室联盟，以推进关键核心技术突破：“百万英里燃料电池卡车”（M2FCT）联盟将由洛斯阿拉莫斯和劳伦斯伯克利两个国家实验室共同领导，致力于卡车用燃料电池研发；“下一代电解槽电解水制氢”（H2NEW）将由国家可再生能源实验室和爱达荷两个国家实验室共同领导，致力于燃料电池电解槽研发。

国际能源署（IEA）发布《世界能源展望 2020》报告，针对未来 10 年关键时期提出走出疫情危机的有效途径：受疫情影响，预计 2020 年全球能源需求将下降 5%，能源相关 CO₂ 排放将下降 7%，能源投资将下降 18%；以太阳能为发展重点的可再生能源将扮演重要角色，满足全球电力需求增长的 80%，而化石燃料仍面临各种挑战；在太阳能、风能和能效快速发展的同时，未来 10 年氢能以及碳捕集、利用和封存将大幅扩张；经济衰退暂时抑制了碳排放，但是低速经济增长并不是低排放战略，只有更快地对能源生产和消费方式进行结构性改革，才能彻底改变排放趋势，使世界走上实现净零排放气候目标的道路。

化石资源清洁高效利用

世行《大宗商品市场展望》：疫情将对能源市场产生持久影响

10月22日，世界银行发布《大宗商品市场展望》报告¹，重点分析了疫情对大宗商品市场的影响及未来走势。报告指出，国际油价在疫情早期阶段急剧下跌，目前仅部分恢复到疫情前的价格水平；而金属价格下跌则较为缓和，目前已回到了震荡前水平。疫情对大宗商品市场的影响具有不均衡性，多数商品在疫情后价格上回升，有望在2021年取得温和增长，但对能源市场可能产生持久影响。政策制定者需要寻求解决方案，以使经济能够平稳发展适应新的常态。报告关键点如下：

一、能源市场走势及展望

2020年第三季度，油价反弹推动能源价格上涨了三分之一，部分扭转了前一季度能源需求急剧下降导致的局面。预计2021年全球石油均价为44美元/桶，高于2020年41美元/桶的预估价格。天然气价格预计将在2021年上涨，而煤炭价格将大致持平。

(1) 石油

预计2020年全球石油消费将大幅下降，主要原因是运输部门需求减少。2020年第二季度，全球原油消费同比下降16%。2020年第三季度，原油价格平均上涨了近40%，但仍比疫情前水平低30%左右，均价为42美元/桶（如图1A所示）。9月份和10月份，由于对北半球第二波疫情的担忧加剧，价格有所下降。预计2020年全球石油均价为41美元/桶，2021年价格将略升至44美元/桶，仍远低于2019年水平（61美元/桶）。4月石油消费下降主要集中在运输燃料部门，特别是航空燃料，并且由于航空旅行急剧减少，航空燃料消费的疲软状态预计将持续更久。柴油消费虽下降了近四分之一，但复苏势头相对强劲，预计2020年底将恢复至接近疫情前水平。值得注意的是，2020年第一季度中国石油消费略有下降，但随着经济活动向好和库存增加，石油消费已有所回升，第二季度的消费量高于往年同期水平。中国石油消费将继续增长，9月份原油进口量同比增长近18%。中国以外地区，随着封控措施的解除，石油消费已开始恢复，预计2020年全年需求将比2019年低8%，并在2021年将恢复为约增长6%，但仍比疫情前的预测趋势低5%。

今年5月全球石油产量暴跌12%。石油输出国组织欧佩克（OPEC）及非欧佩克组织的大幅减产，导致今年5月全球产量急剧下降，从1亿桶/天降至8800万桶/

¹ Commodity Markets Outlook. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/34621/CMO-October-2020.pdf>

天（如图 1B 所示），美国和加拿大原油产量下降了 1/5。虽然预计 2021 年非欧佩克组织石油产量将增加，但美国产量将进一步下降，主要是由于美国新增产项目不足以弥补成熟油田的减产和页岩油井的迅速枯竭。

A. 原油价格（2020年）



B. 全球石油消耗量与产量

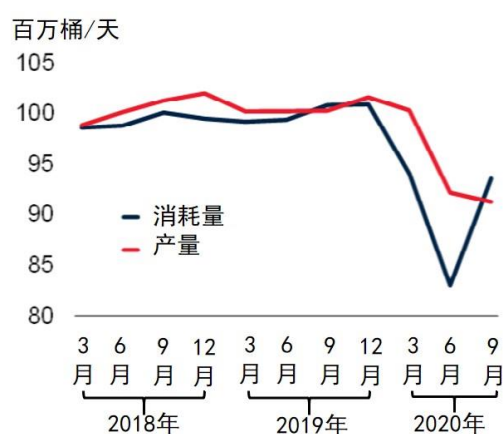


图 1 (A) 2020 年全球原油价格（单位：美元/桶）；(B) 全球石油消费量与产量（单位：百万桶/天）

受疫情影响，2020 年石油相关投资预计至少下降 20%。美国钻井平台数量在 8 月份暴跌 75%，达到历史最低水平。此外，美国页岩公司统计，在西德克萨斯中质原油价格超过每桶 50 美元或比目前水平高出 10 美元之前，新页岩油项目不会大幅增加。

(2) 天然气与煤炭

天然气价格在 2020 年上半年逐步下降，第三季度开始回升。全球疫情肆虐和经济衰退导致对天然气需求的下降，但其影响远小于对石油的影响，因为天然气的主要用途是发电、工业和住宅/商业供暖，而不是运输。随着价格跌至前所未有的低点，大多数天然气生产商削减了产量。由于天然气需求有所回升，2020 年第三季度天然气价格略有上涨（如图 2A 所示），但据国际能源署（IEA）估计，2020 年全球天然气需求将比 2019 年下降 3%，天然气需求疲软也降低了 2020 年液化天然气贸易量。

煤炭价格经历 2020 年第二季度下跌超过 20%之后在第三季度趋稳，与原油和天然气价格形成鲜明对比（如图 2B 所示）。疫情加速了煤炭消费下降的趋势，有利于天然气和可再生能源市场发展，而低天然气价格加速了煤改气的进行。哥伦比亚、印度尼西亚和美国等主要产油国煤炭产量都在减少，美国煤炭在能源消费占比在 2020 年首次降至比可再生能源占比要低。尽管需求不断增长、产量持平，但中国作为全球最大煤炭消费国自 5 月以来实施了严格的进口限制。预计 2020 年煤炭需求将

下降 7%，与石油需求降幅相似。

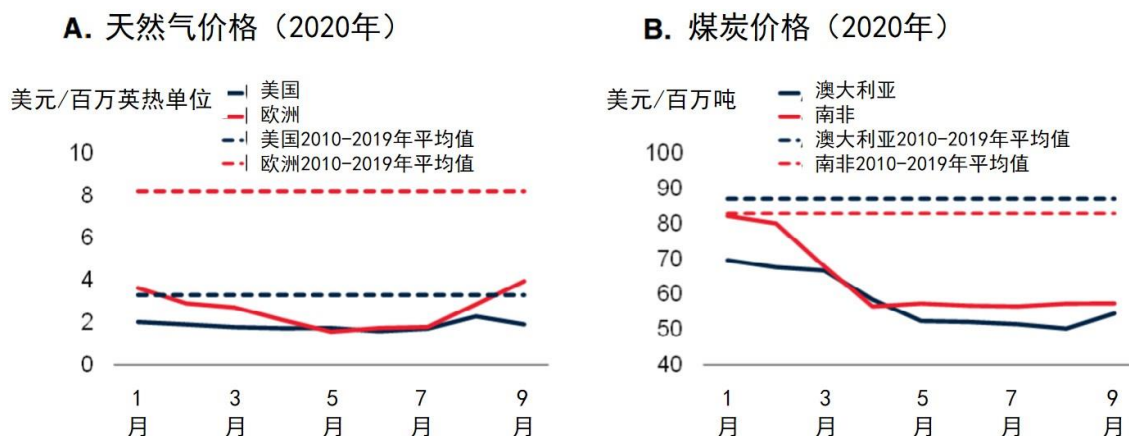


图 2 (A) 2020 年美国 and 欧洲天然气价格（单位：美元/百万英热单位）；(B) 澳大利亚和南非煤炭价格（单位：美元/百万吨）

2021 年天然气价格预计强势反弹，而煤炭价格维持稳定。天然气价格在 2020 年大幅下跌之后，预计将在 2021 年强劲反弹。随着全球经济活动的加强，强劲需求推动着天然气市场复苏，预计产量将逐渐增加。相比之下，煤炭价格将稳定在目前水平。煤炭市场发展将继续面临煤改气影响，但明年天然气价格上涨可能会增加其相对竞争力。与石油类似，煤炭和天然气面临的一个关键风险是疫情持续时间，尽管其相较于石油受到封控措施的影响稍小。在中短期内，各国政府齐心协力实施“绿色复苏”一揽子计划，可能有利于可再生能源替代煤炭的发展。过去十年里，可再生能源成本大幅下降，特别是太阳能光伏，各国增加了对可再生能源发展的投资。许多国家已宣布了实现净零排放的计划，根据“绿色协议”，欧盟计划到 2050 年实现碳中和，而中国则设定了 2060 年完成此目标。今年经合组织更倾向于支持绿色能源复苏。

二、金属与矿产市场走势及展望

世界银行的金属和矿产价格指数在 2020 年第三季度上涨了 19.5%，抵消了上半年的损失。尽管价格在 9 月和 10 月初有所平缓，但净涨幅可观，尤其是铜和铁矿石，本季度初超过了 2019 年的高点。金属价格预计在 2020 年下降 1%，2021 年将上升 2%。

(1) 铝

铝价在连续 8 个季度下跌后，第三季度上涨了 14%，并在 10 月中旬攀升至疫情前水平。8 月份，中国原铝进口量同比增长了 8 倍，为 10 多年来最大月度增幅。美国的铝需求也有所上升。全球汽车销售也逐渐恢复。在供应方面，由于生产商投入成本（氧化铝和燃料价格）相对较低，以及新产能陆续上线，中国铝产量增加。预计 2020 年铝价将下降 7.5%，2021 年将上升 1% 左右。

(2) 铜

铜价在第三季度跃升 22%，为 2009 年年中以来的最高季度增幅，远高于疫情之前水平。中国需求强劲、进口激增，加上政府战略储备，导致价格上涨。疫情导致的供应中断也推高了价格。未来几年，随着主要铜生产国智利、刚果、印度尼西亚、蒙古、巴拿马和秘鲁的大型新项目或扩建项目上线，铜市场的供应紧张状况预计将有所缓解。预计铜价将在 2021 年上涨 4%。

(3) 铁

铁矿石价格继前两个季度小幅上涨后，第三季度涨幅超过 25%。价格飙升的主要原因是由于中国钢铁生产的强劲需求和供应中断，中国占海运铁矿石贸易的三分之二。在市场经济复苏的同时，短期内巴西的供应量不太可能大幅增长。预计今年铁矿石价格将比 2019 年平均水平高出 7%。到 2021 年，随着巴西供应量逐渐恢复，预计价格将下降 2%。

(4) 铅

第三季度，全球铅价格上涨了 12%，但仍比疫情前水平低 8% 左右。铅需求中 4/5 来自铅酸电池，9 月份中国轻型和商用车销量同比增长 12.8%，连续第六个月增长，而第三季度欧元区汽车登记量较上一季度增长 53%。预计铅价将在 2020 年下降 9%，2021 年则将增长约 2%。

(5) 镍

第三季度镍价格继续上涨，涨幅接近 17%。受中国不锈钢行业强劲需求和对镍生产短缺的担忧刺激，镍消费量不断上升，价格持续走高。预计镍价格将在 2020 年下降 3%，2021 年将上涨约 2%。

(6) 锡

锡价格在经历连续五个季度的下跌后，今年第三季度涨幅超过 12%。占锡消费量约一半的电子行业具有一定的弹性，部分原因是随着人们居家办公，对家用电子产品的需求增加。此外，中国一直在为其电子行业储备金属。预计 2020 年锡价将下降 9% 以上，而在 2021 年将上涨约 1%。

(7) 锌

锌价在第三季度上涨了 19%，抵消了上半年的巨大损失。预计 2020 年锌价平均下降约 14%，但 2021 年将上涨 4.5%。

三、贵金属市场走势及展望

世界银行的贵金属指数在 2020 年第三季度上涨了 16.5%。价格的飙升体现出避险资产外逃、疫情期间不确定性加剧以及主要央行继续实施扩张性货币政策时的超低利率，美元走弱和供应中断也支撑了贵金属价格。预计 2020 年贵金属价格平均上涨 27%，但随着全球经济复苏，到 2021 年将下降约 4%。价格上行风险来自全球经

济复苏慢于预期，如第二波疫情爆发或地缘政治和贸易紧张局势升级，而下行风险主要来自美元复苏。

(1) 黄金

黄金价格连续第八个季度上涨，2020年第三季度上涨约12%，8月6日达到每盎司2067美元的历史高点。2020年第二季度，对交易型开放式指数基金（ETF）的需求同比增长三倍多，而珠宝需求和官方部门购买量则下降了约一半。随着全球经济复苏，预计2020年价格平均上涨27.5%，2021年基本保持稳定。

(2) 白银

银价在2020年第三季度跃升50%，8月31日突破每盎司28美元，创七年来新高。9月份，黄金与白银的比率从3月份的125英镑的历史高点下降至75英镑，但仍高于长期平均水平。预计2020年价格平均上涨近30%，2021年将下降14%。

(3) 铂

得益于贵金属的避险功能，铂金价格在2020年第三季度上涨了15%。预计2020年其价格将小幅上涨，到2021年基本保持稳定。

四、疫情对大宗商品市场的持续性冲击

新冠疫情给全球经济造成了巨大冲击，并导致了二战以来最严重的全球衰退，远超2009年全球金融危机。疫情也影响了大宗商品市场，2020年1-4月，能源价格下降近60%，而金属价格下降15%。需求冲击对石油市场的影响可能持续更长时间。

商品价格变动分为短期和永久两部分，短期冲击包括三个部分：短期波动（一般在不到两年内消除）；2-8年传统商业周期，通常与经济活动有关；8-20年中期周期，往往与投资活动有关；永久冲击影响周期一般超过20年。在所有大宗商品中，永久性和暂时性冲击所占的比例大致相当，分别为47%和53%。暂时性冲击中，中期周期波动占32%、商业周期波动占17%，短期波动仅占4%。

自1970年以来，几乎所有的大宗商品都经历了三个中期周期，原油和天然气除外（两个中期周期）。永久性冲击的演变在不同大宗商品之间存在显著差异，对于能源商品价格，永久性冲击呈上升趋势，可能体现出资源的枯竭；而金属价格长期变动基本上是无趋势的，这可能反映了技术创新和资源枯竭的博弈。商业周期冲击对贱金属影响最大，反映出其在高周期性行业中的大量使用。对于石油价格而言，新冠疫情造成了一系列暂时性的冲击。

冲击的异质性体现出政策灵活性，特别是在商品出口国。反周期宏观经济政策可以帮助缓冲暂时性冲击的影响。依赖高度“周期性”商品出口的国家可在经济繁荣时期建立财政缓冲，并在萧条时期用于支持经济活动。相比之下，对于那些严重依赖商品出口的国家来说，长期受到冲击，可能需要结构性政策来促进对新经济环境的调整。

（汤匀）

欧盟发布《甲烷减排战略》

10月14日，欧盟委员会发布《甲烷减排战略》报告²，提出了减少欧洲以及国际甲烷排放的举措。该战略重点针对能源、农业和废弃物处理部门（约占全球人为甲烷排放的95%），介绍了将采取的欧盟层面及国际合作的24项减排行动。该战略强调，能源是能够以最快速度、最低成本降低甲烷排放的部门，欧盟将采取领先行动，并与国际伙伴合作，解决自身及进口能源的甲烷排放问题。该战略还提出将改进甲烷排放量的监测和报告作为优先事项，欧盟将支持与联合国环境规划署、气候与清洁空气联盟以及国际能源署合作建立一个国际甲烷排放观测站。具体内容如下：

一、特定部门及跨部门行动

欧盟于1996年通过了首个甲烷减排战略，随后采取监管措施推动了关键部门的减排。与1990年相比，能源部门甲烷排放已经减半，废弃物处理和农业部门则分别下降约1/3和1/5。欧盟当前的气候政策将使到2030年甲烷排放相比2005年降低29%，但甲烷仍将是欧盟最主要的非CO₂温室气体。欧盟提高了到2030年的温室气体减排目标对降低甲烷排放提出了更高要求，即到2030年甲烷排放比2005年减少35%-37%。在全球范围内，未来30年降低50%的人为甲烷排放将使全球温升下降0.18℃。全球人为甲烷排放中，农业占40%-53%，化石能源生产和使用占19%-30%，废弃物占20%-26%。欧盟的人为甲烷排放中，农业、废弃物和能源分别占53%、26%和19%。欧盟的气候目标计划影响评估表明，能源部门可实现最具成本效益的甲烷减排，其次是农业和废弃物处理部门。欧盟甲烷减排战略提出了积极的行动以解决上述部门的甲烷减排问题，同时将采取跨部门行动发挥协同作用，具体如下：

1、跨部门行动

(1) 欧盟委员会将支持所有相关行业的企业改进甲烷排放量的监测和报告，包括针对特定部门的举措。当前欧盟不同部门和成员国的甲烷排放监测和报告标准等级并不统一，仅少量成员国采用Tier 3标准，《甲烷减排战略》将在欧盟范围内的能源、化工和农业企业中广泛推行Tier 3标准。

(2) 欧盟委员会将支持与联合国环境规划署、气候与清洁空气联盟以及国际能源署等国际伙伴合作，在联合国框架内建立一个独立的国际甲烷排放观测站。该观测站的任务是收集、协调、核实和公布全球人为甲烷排放数据。

(3) 欧盟委员会将通过“哥白尼计划”利用卫星技术改善甲烷排放检测和监测，以期有助于欧盟协调探测和监测全球超级排放者的能力。该计划是欧盟和欧洲航天局合作的全球环境与安全监测项目，通过对欧洲及非欧洲国家或第三方现有和未来发射的卫星数据及现场观测数据进行协调管理和集成，实现环境与安全的实时动态监测，为决策者提供数据，以帮助他们制定环境法案，预计到2025年可以通过更高

² EU strategy to reduce methane emissions. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_methane_strategy.pdf

的分辨率和精准度，对全球甲烷泄露情况进行更为细致的识别。

(4) 为了实现 2030 年气候目标，欧盟委员会将审查相关的欧盟气候和环境立法，以更有效地解决与甲烷相关的排放，特别是《工业排放指令》和《欧洲污染物释放和转移登记册》。

(5) 欧盟委员会将通过即将出台的政策举措，提供有针对性的支持，以加快开发来自粪肥或有机废物和残留物等可持续来源的沼气市场，主要措施包括即将出台的天然气市场监管框架和修订的可再生能源指令。欧盟委员会将提出一个试点项目，以支持农村地区和农场社区建设沼气项目，并为农业废弃物生产沼气提供资金支持。

2、能源部门行动

(1) 欧盟委员会将在 2021 年就以下方面提出立法建议：①在石油和天然气甲烷伙伴关系（OGMP 2.0）的基础上，对所有能源相关甲烷排放进行强制性测量、报告和核实；②改进所有化石燃料基础设施以及生产、运输或使用化石燃料（包括作为原料）的任何其他基础设施的泄漏检测和修复。

(2) 欧盟委员会将考虑立法，消除能源部门涵盖整个供应链直至生产点的常规甲烷排放和燃烧。

(3) 欧盟委员会将努力把 OGMP 框架从目前的上游油气企业扩大到上、中、下游的更多油气企业，以及煤炭部门、封闭和废弃的场地。

(3) 欧盟委员会将推动煤炭地区转型平台（Coal Regions in Transition）下的工作，如有必要，将提出最佳做法建议和/或授权立法。煤炭地区转型平台目前为公正转型平台的一部分，可作为讨论良好实践和最佳可用技术的论坛。

3、农业部门行动

(1) 2021 年上半年，欧盟委员会将支持成立一个专家组，分析生命周期甲烷排放指标。该小组将研究家畜、肥料和饲料管理、饲料特性、新技术和实践以及其他问题，还将致力于建立一个关于牲畜总甲烷排放量的生命周期方法。

(2) 2021 年底，欧盟委员会将与部门专家和成员国合作，编制一份最佳实践和可用技术清单，探索和促进更广泛地实施创新缓解行动。这些行动将特别关注牲畜肠道发酵产生的甲烷。

(3) 为了鼓励农场碳平衡计算，欧盟委员会将在 2022 年之前提供一个数字碳导航模板和关于温室气体排放量和清除量定量计算的共同途径的准则。

(4) 2021 年起，欧盟委员会将通过在成员国及其共同农业政策战略计划中更广泛地部署“碳农业”来促进减排技术的采用。

(5) 在“地平线欧洲”资助计划的 2021-2024 年方案中，欧盟委员会将考虑就有效减少甲烷排放的不同因素提出有针对性的研究，重点针对基于技术和自然的解决方案以及有助于改变饮食习惯的因素。

4、废物和废水部门行动

(1) 欧盟委员会将继续打击非法行为，并向成员国和地区提供技术援助，以解决诸如低于标准的垃圾填埋场等问题。欧盟委员会还将帮助成员国和地区稳定可生物降解废物，然后进行处理，并将其越来越多地用于生产气候中性的循环生物基材料和化学品，并将这些废物用于沼气生产。

(2) 在 2024 年对《填埋指令》的审查中，欧盟委员会将考虑采取进一步行动，以改善填埋气体的管理，最大限度地减少其对气候的有害影响，并利用其潜在的能源收益。

(3) 在“地平线欧洲”计划的 2021-2024 年方案中，欧盟委员会将考虑提议对废物转化为生物甲烷技术进行有针对性的研究。

二、国际合作行动

欧盟将寻求与伙伴国家及国际组织的合作，共同推进甲烷减排行动。作为最大的油气进口市场，欧盟有能力在全球范围内促进减少能源相关的甲烷排放。据估计，与欧盟相关的外部 CO₂ 或甲烷排放量（即欧盟以外地区生产和向欧盟输送化石燃料产生的排放）是欧盟内部排放的 3-8 倍，欧盟委员会将动员一个主要进口国联盟以协调能源相关甲烷排放问题。欧盟将利用其在循环经济总体的领先地位和先进的农业实践促进降低农业甲烷排放的国际行动，还将通过未来的国际甲烷排放观测站及向全球合作伙伴提供欧盟卫星数据支持甲烷排放相关国际数据的共享。具体将采取的国际行动包括：

(1) 欧盟将加大对国际论坛工作的贡献，例如对气候和清洁空气联盟 (CCAC)、北极理事会 (Arctic Council) 和东南亚国家联盟 (ASEAN)。

(2) 作为欧盟外交和对外关系行动的一部分，欧盟委员会将与伙伴国家共同解决所有相关部门的甲烷减排问题，并推动全球协调以解决能源部门的甲烷排放问题。

(3) 欧盟委员会将通过与国际伙伴合作，在未来的国际甲烷排放观测站编制一个甲烷供应指数 (Methane Supply Index)，旨在提高能源部门的甲烷排放透明度。

(4) 在国际合作伙伴没有做出重大承诺的情况下，欧盟委员会将考虑制定欧盟化石能源消费和进口的甲烷减排目标、标准或其他激励措施。

(5) 欧盟委员会将支持利用欧盟卫星建立甲烷超级排放者探测和警报程序，并通过未来的国际甲烷排放观测站共享这一信息。

(6) 欧盟委员会将支持与国际伙伴的合作，包括全球甲烷倡议、世界银行的“减少全球天然气燃除合作伙伴”和“2030 年零空燃倡议”，以及与国际能源署的合作。

(7) 欧盟委员会将为 2021 年 9 月在纽约举行的联合国大会筹备期间的一系列重要国际活动做出贡献，以确保联合国能够建立在国际层面采取协调行动减少甲烷排放的途径。

(刘杨 岳芳)

DOE 资助 8000 万美元支持先进零碳发电和制氢技术

10 月 28 日，美国能源部（DOE）宣布在“Coal FIRST”计划框架下资助 8000 万美元³，支持 4 个先进零碳发电概念设计开发和系统集成项目。此次资助的项目将探索以煤炭、生物质、天然气等为原料的下一代净零排放发电技术，以及结合碳捕集、利用和封存（CCUS）技术生产氢气。项目将完成概念的设计开发、主场地评估和环境信息数据、投资案例分析以及工程规模原型的系统集成设计。具体内容如下：

1、配备碳捕集的先进加压流化床燃烧发电系统的设计开发和系统集成设计

该项目将设计一个先进燃煤电厂，在未来 5-10 年内通过示范并在 2030 年前开始投入市场。该项目将使用加压流化床燃烧（PFBC）技术完成 300 兆瓦先进燃煤电厂的概念设计和预前端工程设计（pre-FEED）研究，目标是完成先进 PFBC 电厂的开发设计，为后续建造原型电厂提供设计、选址、环境因素、CO₂ 处置策略和成本等信息。

2、混合燃气轮机和超超临界燃煤锅炉概念（HGCC）的发电厂前端工程设计，配备燃烧后碳捕集和储能系统

该项目将完成 HGCC 概念的系统集成设计研究，该系统将配备符合“Coal FIRST”计划要求的燃烧后碳捕集和储能系统，通过将电厂和组件设计改进、现场储能、提高燃料效率带来的环境收益和 CCUS 相结合，构建先进的现代化电厂，以灵活适应电网波动性可再生能源的增长。该系统将包含如下子系统：最先进的 270 兆瓦超超临界燃煤锅炉、87 兆瓦天然气燃气轮机、50 兆瓦储能、燃烧后碳捕集以及基于藻类的 CO₂ 利用系统。

3、先进煤/生物质气化发电及制氢系统

该项目将进行系统集成设计，该系统将结合吹氧气化、水煤气变换、燃烧前碳捕集和变压吸附，利用煤/生物质混合物产生高纯氢气和可发电的燃料废气，发电机功率达到 50 兆瓦，氢气产量为 8500 千克/小时，并实现净零排放。该项目将从内布拉斯加州的两个厂址选取，当地已经进行了碳驱提高石油采收率（EOR）和碳封存潜力的研究，且具有低碳电力和氢气需求。生物质原料将采用当地丰富的玉米秸秆。

4、负排放制氢技术示范

该项目将重新发现有位于印第安纳州西特雷霍特市的煤气化电厂，将其改造为基于气化技术、燃料灵活的负碳排放发电和无碳氢联产。该电厂将现有气化设施与生物质（木质生物质和/或农业残留物）共同燃烧，实现负排放，同时产生氢气。CO₂ 将被捕集并封存在附近已经验证适合封存的深层盐穴中。

（岳芳）

³ U.S. Department of Energy Coal FIRST Initiative Invests \$80 Million in Net-Zero Carbon Electricity and Hydrogen Plants. <https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-coal-first-initiative-invests-80-million-net-zero-carbon-electricity>

清洁能源多能互补

EPO 和 IEA 发布《全球电池和电力储能技术专利分析》报告

9月22号，欧洲专利局（EPO）和国际能源署（IEA）联合发布《全球电池和电力储能技术创新专利分析》报告⁴指出，电池和储能领域的专利申请在过去10年中大幅增长，年增长率为14%，在储能领域中电池专利占据高达90%的份额，创新主要集中在可充电锂离子电池、电子设备和电动汽车领域。电动汽车的发展推动了新型锂离子电池技术的创新，以提高功率输出、耐久性、充放电速度和可回收性。将风能和太阳能等可再生能源整合到电网中的需求也推动了储能技术的进步。报告关键点如下：

一、电池与电力储能在能源转型中的作用

（1）全球储能技术发展低迷。可持续发展情景下，全球碳排放将从2018年的330亿吨降至2050年的不足100亿吨，在2070年实现净零排放。2020年储能技术发展无法满足可持续发展情景要求，电网级储能发展十年来首次减缓。电动汽车技术发展正步入正轨，未来十年预计持续呈指数增长，2040年充电桩数量将达到目前的100倍。

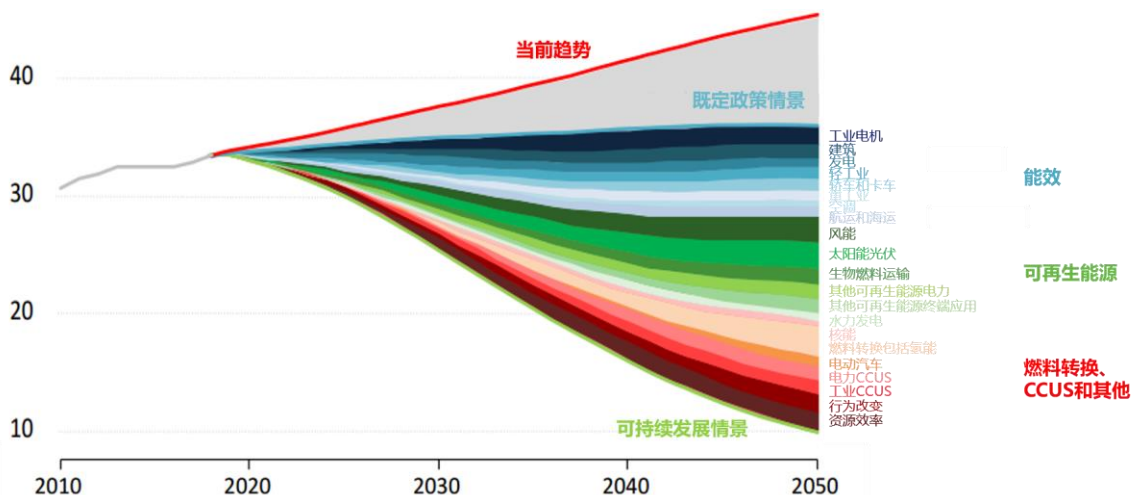


图1 可持续发展情景中 CO₂ 减排技术的贡献（单位：十亿吨 CO₂）

（2）可持续发展情景下电池和储能技术的部署将急剧扩张。当前，能源转型相关电池和其他储能技术的总需求已接近200吉瓦时/年，其中电动汽车领域占总需求的75%以上。可持续发展情景下，到2040年所有终端应用部门对电池和其他储能设备的需求接近10000吉瓦时。

（3）电动汽车电池创新有利于储能技术发展。储能未来发展的一个关键因素是：

⁴ Innovation in Batteries and Electricity Storage. <https://www.iea.org/reports/innovation-in-batteries-and-electricity-storage>

电动汽车技术发展能在多大程度上影响电网规模储能电池。鉴于电动汽车电池的市场规模已经是电网规模电池的 10 倍，创新和降低电动汽车成本的间接影响可能会带来显著的推动作用。目前，约 60% 的电网规模电池采用了镍钴锰酸锂（NMC）混合材料，这是受电动汽车的新兴技术发展推动的。因此，随着供应链向下一代性能更高的混合材料或技术迈进，对电动汽车吸引力下降的技术可能在电网上以较低的成本进行部署。下一代锂离子电池技术将在未来 5-10 年内进入市场，采用镍含量较低的正极材料如镍钴铝酸锂（NMC，镍含量低于 10%）或 NMC 811。虽然能量密度大大提高，但受城市实际交通情况影响，有些电动汽车不一定要达到最高的能量密度，但此类高能量密度材料更有可能满足电力部门的要求。2019 年，由于中国政府提高了电动汽车电池的能量密度要求，导致能量密度相对较低的磷酸铁锂（LFP）电池产能过剩，转而用于电网规模储能。

（4）电池和其他技术在储能领域的应用迅速扩大。全球储能总装机容量接近 200 吉瓦时，其中 90% 以上为抽水蓄能，而电池占比不到 3%。尽管如此，抽水蓄能和压缩空气储能的进一步应用受到选址的限制。固定式储能对电池的应用正呈现指数级增长。锂离子电池已迅速成为电池主导技术，2018 年其占到除抽水蓄能以外的新型储能技术新增装机容量的 93%。2019 年，大多数储能技术用于住宅、商业和工业部门。根据可持续发展情景，电池储能总装机容量将从 2019 年的 6 吉瓦增至 2040 年的 550 吉瓦。

二、电力储能专利申请主要趋势分析

储能相关技术主要包括四类：电化学储能（即电池）、电磁储能（例如超级电容器）、机械储能（例如抽水蓄能、飞轮储能）和热储能（仅限于储热和回收电能的技术）。本报告中的专利分析是基于国际专利家族概念，每个专利家族都代表一项独特的发明，包括在至少两个国家/经济体提交和公开的同族专利申请。

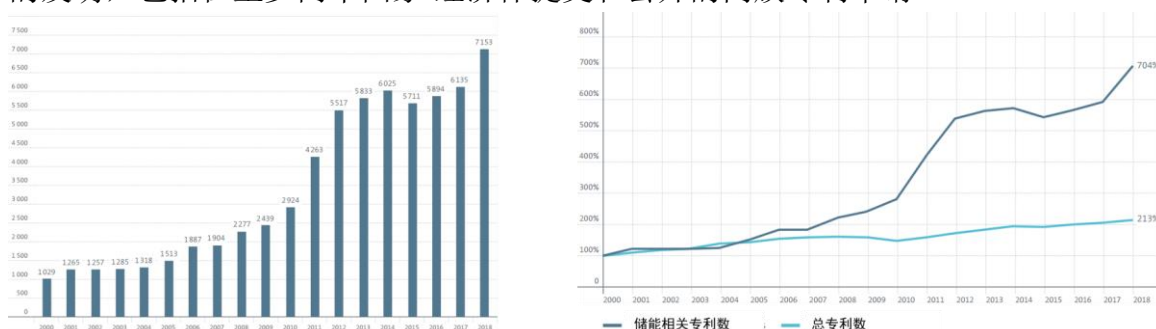


图 2 2000-2018 年储能相关专利申请数量（左图）及储能创新增长趋势（右图，以 2000 年专利数设为基准 100%）

（1）过去十年电力储能技术相关专利申请活动迅速增长。2000-2018 年，全球电力储能技术专利族申请量超过 6.5 万项，呈指数级增长。2005 年以后电力储能相关专利族申请量年均增长 14%，远超所有技术领域专利申请年均增长率（3.5%）。

2012 年之前，电力储能相关专利族数量呈指数级增长，随后几年趋于稳定。2018 年再次显著增长，增长率达到 16.6%。总体而言，2018 年电力储能相关专利族年申请量相较 2000 年增至 7 倍，同期所有专利族年申请量仅翻了一番。

(2) 电池技术主导电力储能创新。电力储能创新主要由电化学技术（即电池）主导，2018 年电力储能相关专利 80%以上是电池技术。电磁储能技术居第二，2018 年占有所有电力储能相关专利族数量的 7%，机械储能和热储能分别仅占 3%和 2%。不同技术的研究基础不同，但 2012 年前所有电力储能技术专利申请增长强劲，与 2000 年相比，电化学(电池)技术专利申请增长超过 400%，机械储能增长超过 1000%。但 2012 年以后，除电池外，其他技术都停滞不前甚至下降。

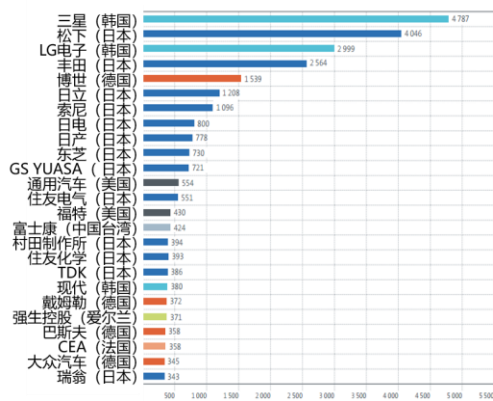
(3) 过去十年里电池创新相关专利申请活跃。2000 年以来，电池技术主要由电池单元创新推动。2018 年专利族数量同比增长 14.9%，占有所有电池相关技术专利近 3/4。2005 年以来，锂离子技术一直主导电池技术创新，尤其是便携式电子产品和电动汽车领域。2018 年，锂离子电池专利占电池相关专利总数的 45%。2009 年以后，电池组技术在汽车应用领域发展活跃。尽管汽车领域在过去十年里占据电池应用主导，但其他领域也从中受益，22%的汽车电池组相关专利也可用于其他两个应用领域。



图 3 2000-2018 年电池技术专利族数量（左图，单位：项）及不同应用领域电池组相关专利族数量（右图，单位：项）

三、电池技术专利申请人分析

(1) 亚洲企业在电池技术创新中占领先地位。电池技术创新主要来自亚洲，全球前 10 名申请机构中亚洲企业占 9 个，前 25 名中亚洲企业占 2/3。三星几乎在所有电池技术领域都名列前茅；松下拥有更加多样化和平衡的投资组合，在锂离子和其他电池领域都拥有相对较强的地位（专利族数量占比平均为 7.1%）；中国台湾富士康虽然在电池领域没有很强的影响力，但在电池组终端应用方面显示出强大的技术专长。



	电池相关专利数				电池单元相关专利数			
	电池单元	电池热管理	电池组	其他电池技术开发	锂/锂离子电池	其他电池	电池工程	电池制造
三星 (韩国)	9.1%	5.9%	8.7%	5.1%	8.9%	2.9%	11.9%	8.7%
松下 (日本)	7.0%	6.1%	6.2%	8.0%	7.1%	7.1%	6.6%	7.5%
LG电子 (韩国)	5.6%	6.9%	7.2%	3.0%	6.8%	1.0%	4.1%	7.4%
丰田 (日本)	4.3%	5.7%	3.7%	4.9%	4.7%	3.7%	3.1%	6.1%
博世 (德国)	2.3%	5.2%	4.7%	3.9%	2.6%	0.9%	2.4%	2.0%
日立 (日本)	2.1%	1.7%	1.3%	3.1%	2.3%	1.6%	1.7%	1.8%
索尼 (日本)	2.0%	0.6%	1.7%	1.9%	2.8%	0.9%	1.1%	2.2%
日电 (日本)	1.4%	0.4%	0.9%	1.8%	2.0%	0.2%	0.8%	1.9%
日产 (日本)	1.4%	1.5%	1.4%	1.1%	1.7%	0.3%	1.0%	2.1%
东芝 (日本)	1.3%	1.0%	1.7%	1.7%	1.7%	0.3%	0.9%	0.9%
GS YUASA (日本)	1.4%	1.0%	1.1%	1.0%	1.0%	2.7%	1.5%	1.3%
通用汽车 (美国)	0.7%	2.8%	1.0%	1.7%	0.9%	0.5%	0.4%	0.9%
住友电气 (日本)	0.9%	0.8%	1.5%	1.1%	0.4%	3.0%	1.3%	0.6%
福特 (美国)	0.3%	3.8%	2.3%	1.2%	0.2%	0.1%	0.7%	0.2%
富士康 (中国台湾)	0.3%	0.1%	3.2%	0.8%	0.3%	0.1%	0.2%	0.3%

图 4 2000-2018 年电池技术专利前 25 名申请机构（左图）及其技术分布概况（右图）

(2) 电池技术创新主要集中在大型企业。过去五年，排名靠前企业的电池技术创新活力略有下降。电池技术创新仍主要集中在大型企业，2000-2018 年，这些公司在所有电池相关专利中保持约 80% 的份额。2000-2018 年，约 70% 的专利申请来自成立 20 年以上的企业。过去十年，成立 10-20 年的企业提交专利数量占比几乎翻番，2018 年已上升至 18%。

四、电池技术创新区域分析

(1) 全球电池技术创新区域分布。2000-2018 年，日本在电化学储能和电磁储能领域的专利申请最为活跃，占比分别达到 40.9% 和 47.1%，超过排名第二和第三地区的总和。在机械储能和热储能领域，欧洲处于优势地位。2000 年以后，日本的电池专利申请全球领先，但并未转化为市场动力，其仅占有全球 2% 的电动汽车市场。过去十年，中国电池技术创新显著增长，2018 年专利申请数量已超越美国。欧洲电池技术创新主要由德国主导，其电池技术专利申请数量占据欧洲的一半以上。

(2) 日本在电池创新技术中占据绝对优势。韩国和日本在电池创新的专业化方面处于世界领先地位，而美国、中国和欧洲则相对较弱。在欧洲，德国是明显的领跑者。过去五年，虽然欧洲和美国在电池创新的相对贡献有所下降，但它们参与国际合作的比例却有所上升（欧洲从 8.3% 上升到 8.5%，美国从 11.8% 上升到 12.4%）。相比之下，中国在电池创新领域的迅速崛起伴随着中国涉外合作专利数量急剧下降（13.2% 降至 6.6%）。日本和韩国的电池创新主要由大企业主导，美国主要以中小企业和大学/科研机构为主。

五、锂离子电池技术进展

(1) 锂离子电池电极材料技术进展情况。自 2000 年以来，锂离子电池电极材料相关专利申请数量一直稳定增长。2010-2013 年间，从 355 件增加到近 900 件。到 2018 年，约 40% 电极专利均涉及锂离子技术。锂离子电池正极材料一直是发明竞争的焦点，因为它是决定电池的体积能量密度、质量能量密度等性能和降低成本的限制因素。体积能源密度对于便携式设备至关重要；体积能量密度和质量能量密度均对电动汽车极为重要，必须确保与内燃机汽车的性能和成本相当，同时保持车辆重量。

具体技术进展如表 1 所示。

表 1 锂离子电池电极材料技术进展

正极材料	主要特点	目前主要应用领域
锂钴氧化物 (LCO)	优异的能量密度和高循环稳定性；高输出电压；由于钴的供应有限，成本高	便携式电子产品
锂镍钴氧化锰 (NMC)	高能量密度和高容量；高输出电压；镍可以提高容量，但化学稳定性低；钴改善了充放电动力学，但价格昂贵，供不应求；锰提高了化学稳定性；从 NMC 811 到 NMC 111，在降低放电能力的同时，获得了更好的热稳定性和容量保留	电动汽车；便携式电子产品
锂镍钴氧化铝 (NCA)	与 NMC 相比能量密度更高；阴极材料含镍量相近，容量大；安全性低于 NMC	电动汽车；便携式电子产品
氧化锂锰尖晶石 (LMO)	容量适中，能量密度适中，安全性好；寿命短	电动工具；医疗器械
磷酸铁锂 (LFP)	比 NMC 具有更高的热稳定性和化学稳定性，输出电压恒定，循环寿命长，价格便宜，无毒；能量密度和容量低于 NMC	固定式发电；电动汽车；电动工具
负极材料	主要特点	目前主要应用领域
氧化钛酸锂 (LTO)	安全性高、使用寿命长、充放电高、循环周期长、无毒；低能量密度、低容量、低输出电压	固定式发电；小型电动汽车
碳/石墨/软碳/硬碳	高压输出，高容量，高能量密度，良好的稳定性，低成本；有限的低温快速充电性能	高能量锂离子电池
锂金属	高能量密度，高容量，高输出电压；由于热失控和枝晶生长引起安全问题；制备昂贵，需要惰性气体	未用于二次锂电池
硅	高容量；由于在循环过程中体积膨胀导致循环稳定性差	与碳基负极少量结合

(2) 锂离子电池正极材料和负极材料专利申请趋势。目前，锂离子电池技术挑战重点已从提高体积能量密度和稳定性转向提高质量能量密度、耐用性、功率输出、充放电速度和可回收性等，正极材料也逐渐转向 NMC 和 LFP。2005 年 LCO 专利申请数量是 NMC 的两倍，但在 2011 年被 NMC 超越，NMC 的专利申请数在 2009-2018 年间增加了 400%。锂离子负极材料专利在过去十年增长了 200%。石墨作为一般性活性材料广泛用于便携式锂离子电池负极。然而，石墨负极也有其局限性，如锂的嵌入能力差。锂合金是目前第二大最常用的负极材料，在 2011-2018 年期间专利数增长了四倍。

(3) 锂离子电池相关专利申请机构所占份额差异明显。2014-2018 年，锂离子电池前 15 位申请机构中，电极材料和固态电池相关专利数占比略低于一般锂离子电池技术。不同领域申请机构所占份额差异很大（尤其是正极材料），前 15 位机构在主要材料如 NMC（50.6%）和 LMO（44.5%）的专利累计占比很高，而新兴材料如 NCA（27.9%）和 LFP（29%）专利占比相对较小。锂离子技术中 78% 的专利来自于大企业

业，但中小企业、大学和公共研究机构在新兴技术领域中也扮演着重要角色，如大学和公共研究机构在锂及其合金负极（23%）和 LFP（21%）领域具有优势，中小企业对 NCA（20%）技术拥有一定优势。

六、其他新兴技术进展

（1）氧化还原液流电池技术发展情况。氧化还原液流电池的创新最近几年才出现，该领域专利申请数量在 2012 年几乎翻了一番，到 2018 年已达到 166 项。2000-2018 年，中小企业、大学和公共研究机构在氧化还原液流电池技术发展中扮演着重要的角色，占该领域所有申请专利的近一半。排名前五的机构在该领域专利总占比为 18%，明显低于一般电池领域（28%）。美国在氧化还原液流电池领域占主导地位，2000-2018 年占该领域专利份额的 1/3，其次是欧洲（23.7%）和日本（19.2%）。

（2）超级电容器技术发展情况。2000 年以来超级电容器有了重大发展，2017 年专利申请量增至 500 多项。早期发展主要集中在静电超级电容器以及混合型、膜电容型和电化学超级电容器。2006 年以来，纳米管和石墨烯电极是一个不断增长的创新领域。除静电超级电容器（大型企业专利占比达 81.2%），超级电容器的大部分创新来自中小企业和公共研究机构。从超级电容器创新区域来看，日本是明显的领先者。2000-2018 年间，所有专利数量中日本几乎占了 50%，美国以 18.2% 的市场份额排名第二。

（汤匀）

DOE 1.6 亿美元资助推进首批先进反应堆示范计划

10 月 13 日，美国能源部（DOE）宣布在“先进反应堆示范计划”（ARDP）框架下向泰拉能源公司和 X 能源公司资助 1.6 亿美元⁵，旨在加速美国核能企业的下一代先进核反应堆技术研发和示范工作，建造两个可在 7 年内投入商业运行的先进反应堆，维持和强化美国在未来全球核电市场的领先地位。本次资助情况具体如下：

1、泰拉能源公司

泰拉能源公司将联合其合作伙伴（包括通用电气、日立公司）开展钠冷快堆示范工作。该类型的反应堆工作温度高，可以储存热能，能够提供灵活的电力输出，有助于解决可再生能源电力输出波动性问题。此外，泰拉能源公司还将建造一个新的核燃料制造设施，以满足反应堆示范工作需求。

确保开展的先进反应堆原型示范项目必须满足美国核能监管委员会（NRC）的设计、选址、许可等标准，并确保新型反应堆能够在签署合作协议之日起的未来 5~7 年完成 NRC 的认证、许可审查和监管活动，制定完善的运营流程和完整的操作员培

⁵ U.S. Department of Energy Announces \$160 Million in First Awards under Advanced Reactor Demonstration Program. <https://www.energy.gov/ne/articles/us-department-energy-announces-160-million-first-awards-under-advanced-reactor>

训、完成反应堆建造和示范工作，以确保先进的反应堆能够按计划实现最终商业运营。

2、X 能源公司

X 能源公司将基于 Xe-100 反应堆来设计开发并交付一座由 4 个核电机组成新型商用核电站。Xe-100 反应堆是一种高温气冷堆，不仅能够提供灵活电力输出，同时也能够为工业热应用（如高温制氢、高温海水淡化等）提供热能；该公司还将建造一座商业规模的三层各向同性碳包覆高丰度低浓铀核燃料制造设施。

编者按：“先进反应堆示范计划（ARDP）”于 2020 年 5 月启动，计划未来 7 年投入 32 亿美元，聚焦三大主题，包括先进反应堆示范、未来示范工作的风险管控和新概念先进反应堆研发，旨在依托“国家反应堆创新中心”促进美国核能企业的下一代先进核反应堆技术研发和示范工作，加速技术商业应用进程，维持和强化美国在该领域的全球领先地位。

（郭楷模）

英国投入 5900 万英镑开发核电站机器人和下一代高性能电池

9 月 10 日，英国政府宣布投入 5900 万英镑支持机器人和先进电池技术开发⁶，助力英国成为上述领域的全球技术领先者。该笔资助由英国政府的产业战略挑战基金（Industrial Strategy Challenge Fund）提供，资助详情如下：

1、下一代高性能电池

投入 4400 万英镑用于“法拉第电池挑战”，推动开发用于电动汽车和风力涡轮机的下一代高性能电池，也可用于电动飞机等新技术，该项资金还将用于完成首个英国电池工业化中心（UKBIC）的建设，将产生 100 个高技能工作岗位。UKBIC 是英国政府耗资 1.3 亿英镑建设的一个开创性概念，具有独特的电池生产设施，将制造、试验和创新结合在一起，促进已在实验室或原型规模研究中证明潜力的电池技术过渡到大规模生产。

2、开发机器人技术

投入 1500 万英镑支持开发用于“更安全的世界机器人挑战”，以开发检查、维护和修理核电站、卫星和风力涡轮机的机器人。

（岳芳）

⁶ Government investment to help build robots for nuclear plants and batteries for electric aeroplanes.
<https://www.gov.uk/government/news/government-investment-to-help-build-robots-for-nuclear-plants-and-batteries-for-electric-aeroplanes>

澳大利亚投入 1500 万澳元支持开发高效低成本太阳电池

10月2日，澳大利亚可再生能源署（ARENA）宣布投入 1514 万澳元⁷，支持 16 个太阳电池研究项目，以提高电池板效率、降低成本并解决回收再利用问题。此次资助重点关注四个主题：改进现有商用硅基面板生产工艺；使用叠层材料提高硅基面板的成本效益；开发新材料；太阳能面板回收再利用。资助详情如下：

1、改进现有商用硅基面板生产工艺

该主题领域投入 548 万澳元，支持如下技术研究项目：①高效硅基太阳电池用多晶硅钝化触点的气相沉积制造；②通过新型多功能介电层简化高效硅基太阳电池的工艺；③开发效率超过 24% 的异质接触-多晶硅混合交叉背接触（IBC）太阳电池；④使用低成本消费电子产品作为替代品优化传统的生产线工具，从而降低太阳能光伏制造成本；⑤示范改变太阳能电池板设计的方法，以改进运行稳定性，提高输出功率和耐久性；⑥开发机器学习算法降低太阳电池制造成本；⑦提高电池效率以降低当前商用太阳电池（钝化发射极及背局域接触电池、隧穿氧化物钝化接触电池）的成本。

2、使用叠层材料提高硅基面板的成本效益

该主题领域投入 431 万澳元，支持如下技术研究项目：①高效低成本硅/钙钛矿叠层太阳电池的创新概念和先进设计；②开发镱硫化合物上层电池以降低硅基叠层太阳电池的成本；③提高硅-钙钛矿叠层太阳电池的耐久性；④示范高效硅-钙钛矿-钙钛矿三结太阳电池，并进行技术经济性分析，确定电池设计和材料选择。

3、开发新材料

该主题领域投入 203 万澳元，支持如下技术研究项目：①提高钙钛矿太阳电池在局部遮光条件下的耐久性和可靠性；②利用多重激子生成（MEG）材料提高太阳电池效率。

4、太阳能面板回收再利用

该主题领域投入 332 万澳元，支持如下技术研究项目：①开发高效低成本电池回收系统以回收有价金属和硅；②开发低成本技术以回收太阳能组件和再利用回收材料，用于重新制造光伏组件；③开发高温火法冶金工艺，对报废硅基太阳电池进行大批量高产量的回收利用。

（岳芳）

⁷ Research boost for solar panel efficiency and cost reduction. <https://arena.gov.au/news/research-boost-for-solar-panel-efficiency-and-cost-reduction/>

10 cm² 大面积全钙钛矿叠层太阳电池效率首破 20%

将窄带隙和宽带隙的太阳电池进行串联构建叠层太阳电池被认为是电池效率突破肖克利-奎伊瑟效率极限值（30.5%）有效的技术路径。但目前叠层电池主要局限在传统的无机半导体（如晶硅、碲化镉等），制备工艺复杂、成本高昂，且应用范围有限。相比之下全钙钛矿叠层电池在成本、制备工艺上具备了更好优势，且具备良好的机械柔韧性，可以应用于各种复杂几何表面结构，应用范围更广。相关研究表明，窄带隙铅锡（Pb-Sn）混合钙钛矿薄膜电池是全钙钛矿串联电池良好的子电池选项。但由于该薄膜存在表面晶界缺陷且锡离子存在易于被氧化的问题（Sn²⁺氧化Sn⁴⁺），导致采用该薄膜电池的效率 and 稳定性不甚理想。由南京大学 Hairen Tan 教授课题牵头的国际联合研究团队通过在 Pb-Sn 混合薄膜中加入双极性抗氧化剂，成功实现了对其表面晶界缺陷的钝化和 Sn²⁺氧化问题的有效抑制。

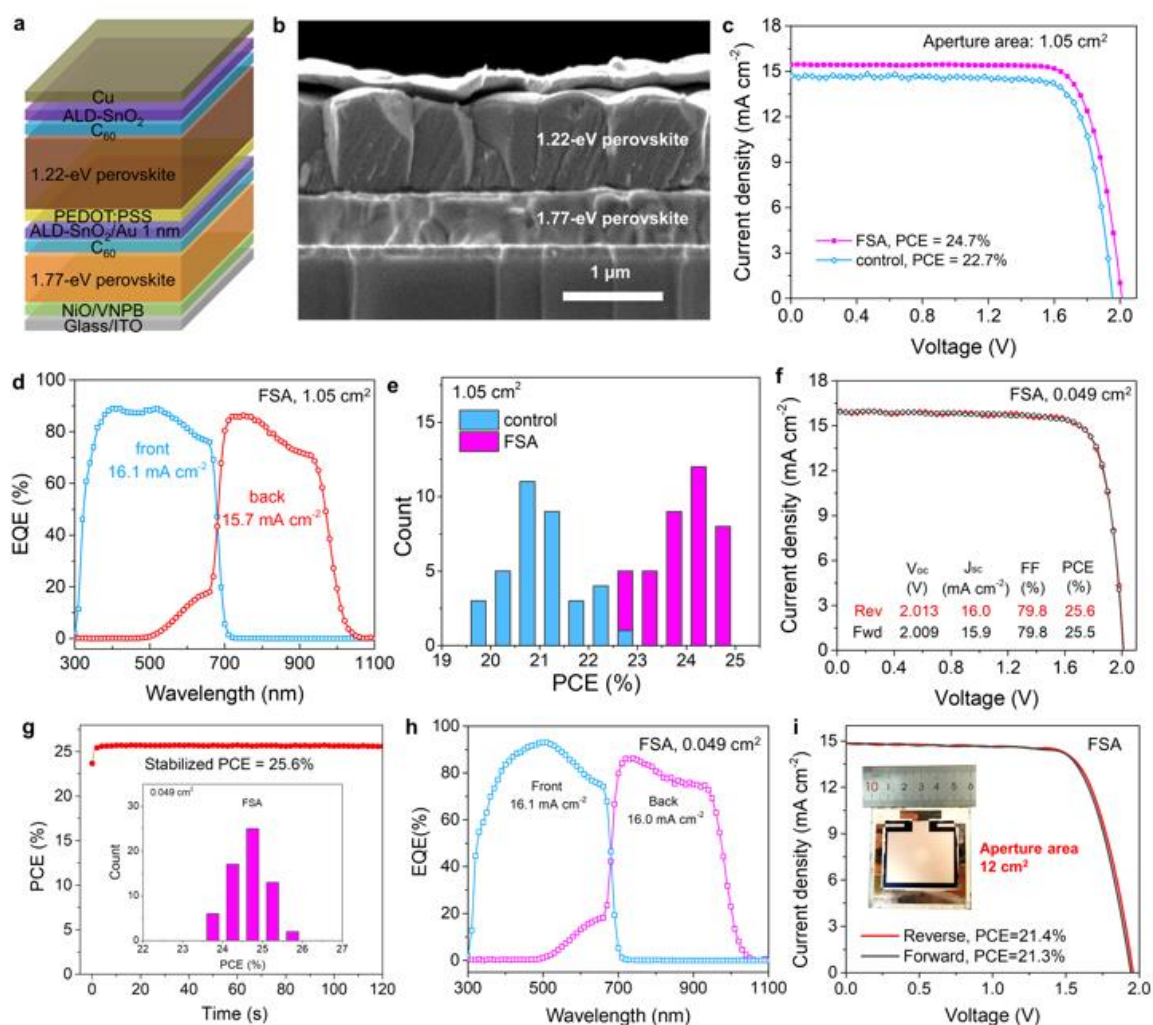


图 1 大面积全钙钛矿叠层太阳电池的光伏性能

研究人员首先配置两种 Pb-Sn 混合卤素钙钛矿薄膜前驱体，一种加入了两性离子抗氧化剂甲脒亚磺酸（FSA），另外一种是无 FSA 前驱体，随后利用抗溶剂法制备出相应的薄膜。X 射线衍射表征显示两种薄膜都是单一的钙钛矿相，且两类膜均

显示出相似的结晶度和晶体学取向。X 射线光电子能谱测试发现，引入 FSA 后，Pb-Sn 钙钛矿薄膜中 Sn^{2+} 的氧化被有效地抑制；相比之下，没有 FSA 薄膜中的 Sn^{2+} 会被快速氧化；表明了 FSA 引入能够改善薄膜稳定性。光致发光光谱 (PL) 测试显示，含有 FSA 的薄膜 PL 光强度是无 FSA 的三倍，意味着 FSA 有效地抑制了 Pb-Sn 钙钛矿薄膜非辐射复合；而 PL 寿命显示 FSA 薄膜的 PL 衰减寿命达到了 188 ns，近三倍于无 FSA 薄膜 (64 ns)，表明引入 FS 后载流子寿命得到了延长。接着以上述薄膜为光敏层组装成电池并进行光电性能测试，结果显示采用 FSA 薄膜小面积电池效率较无 FSA 器件显著提升，从 16.1% 增加到了 21.7%，大面积 (1.05 cm^2) 电池效率为 16.1%。最后研究人员以 FSA 电池为子电池构建了全钙钛矿双结串联电池， 0.1 cm^2 小面积器件效率达到 25.6%，大面积 (1.05 cm^2) 器件为 24.7%；最后研究人员制备了 12 cm^2 的大面积全钙钛矿双结串联电池，器件转化效率首次突破了 20%，是迄今为止面积大于 10 cm^2 钙钛矿电池（无论单、双结）的效率最高值，创造了该类型电池世界纪录。而在 $54\text{-}60^\circ\text{C}$ 条件下，封装后的 FSA 串联器件连续工作 500 个小时后，仍能保持其 88% 的初始性能，表现出良好的长程稳定性，证明该电池具备了产业化应用的潜力。

该项研究通过在铅锡卤素混合钙钛矿薄膜中引入双极性的抗氧化剂，一方面有效地抑制了锡离子的氧化，另一方面实现了对薄膜晶界缺陷的钝化，从而显著提升了基于上述薄膜单结电池器件的性能和稳定性；而基于该电池的双结全钙钛矿电池的小面积器件效率高达 25.6%，而超 10 cm^2 大面积的串联器件效率突破了 20%，创造了 10 cm^2 大面积器件的世界纪录。相关研究成果发表在《*Joule*》⁸。

（程向阳 郭楷模）

⁸ Xiao, K., Lin, R., Han, Q., et al. All-perovskite tandem solar cells with 24.2% certified efficiency and area over 1 cm^2 using surface-anchoring zwitterionic antioxidant. *Joule*, 2020, DOI:10.1038/s41560-020-00705-5

低碳化多能融合

DOE 组建国家实验室联盟推进电解槽和燃料电池卡车研发

10月8日，美国能源部（DOE）宣布未来五年将在“H₂@Scale”计划框架下投入1亿美元⁹，支持两个由DOE国家实验室主导建立的实验室联盟，以更好地整合国家实验室、高校和产业界研究力量，充分利用国家实验室世界级的科研设施与专业知识联合攻关，以推进氢能和燃料电池关键核心技术突破，进一步提升电解槽和重型卡车用燃料电池性能，并降低成本，加速其在交通运输行业中的部署进程。每个联盟将聚焦各自的核心研究工作，分别为：

1、第一个国家实验室联盟为“百万英里燃料电池卡车”（M²FCT），将由洛斯阿拉莫斯和劳伦斯伯克利两个国家实验室共同领导，致力于卡车用燃料电池研发。重点围绕长途重型卡车应用，开发新的燃料电池技术，以进一步提升燃料电池的性能、耐用性并降低成本，从而加速燃料电池在卡车领域部署进程。

2、第二个国家实验室联盟为“下一代电解槽电解水制氢”（H₂NEW），将由国家可再生能源实验室和爱达荷两个国家实验室共同领导，致力于燃料电池电解槽研发。重点是针对重型卡车来开展高性能、低成本的大型电解槽研发，以实现高效低成本产氢，降低氢气成本，使燃料电池卡车具备与传统燃油卡车相当的成本竞争力，促进氢能的部署。

编者按：“H₂@Scale”计划于2016年11月提出，旨在整合国家实验室、高校和企业的研究力量，共同探索解决氢能规模化应用面临的技术和设施挑战，从而在美国多个行业实现成本合理、运行可靠的大规模氢气生产、运输、储存以及利用。在该计划框架下，DOE于6月提出了成立国家实验室联盟的设想，本次正式启动了实验室联盟的建设工作，将有力支撑DOE部署的“H₂@Scale”计划。

（郭楷模）

双金属氧化物催化剂助力甲烷高效催化转化

将甲烷（CH₄）催化转化为液体燃料（如甲醇、丙醇等），不仅有助于应对温室气体效应，还有利于解决能源问题。然而，由于甲烷中的碳-氢（C-H）键键能较高，室温下不易氧化成甲醇（反应动力学缓慢）。因此，开发室温下的高效低成本催化剂是该领域的研究重点。路易斯安那大学拉法叶分校 Xiao-Dong Zhou 教授课题组牵头的国际联合研究团队设计开发了一种胶囊状的双金属氧化物催化剂，其独特

⁹ DOE Launches Two Consortia to Advance Fuel Cell Truck and Electrolyzer R&D.
<https://www.energy.gov/eere/articles/doe-launches-two-consortia-advance-fuel-cell-truck-and-electrolyzer-rd>

的催化剂结构和电子转移路径，一方面降低了甲烷解离能，另一方面提升了电子的转移速率，从而增强了室温下催化转化甲烷的活性，在 13.35 mA/cm^2 催化电流密度下，甲烷高效转化为丙醇的产率超过 56%，且可以稳定运行 40 余小时。

相关研究表明，氧化锆 (ZrO_2) 具有丰富的 Lewis 酸活性中心和电子可接受性，对 CO_3^{2-} 具有显著的吸附能力。一些过渡金属氧化物 (TMO) 如氧化镍 (NiO) 和氧化钴 (Co_3O_4) 等，可以掺杂到 ZrO_2 中形成 TMO/ ZrO_2 复合材料，在室温下显示出甲烷氧化的潜力。与 NiO 和 Co_3O_4 相比，铜基催化剂在室温下催化 C1 反应体系形成液态有机物时具有较高的活性和长期耐久性。此外，其对 CH_4 和甲醇也具有良好的吸附性能。为此，研究人员通过一步水热法制备了 $\text{ZrO}_2:\text{CuO}_x$ 复合材料。X 射线衍射表征显示，材料衍射峰对应于 ZrO_2 、 Cu_2O 和 CuO 的相关特征峰。

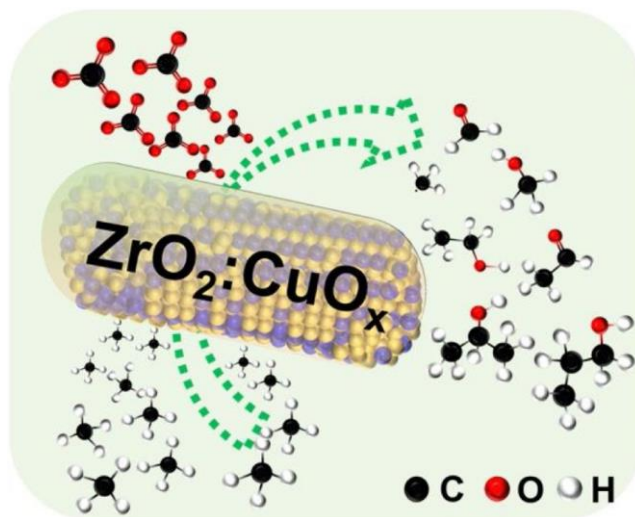


图 1 $\text{ZrO}_2:\text{CuO}_x$ 催化剂

透射电镜测试发现，制备的复合材料存在两套晶格常数，其中 0.369 nm 、 0.261 nm 和 0.187 nm ，分别对应于 ZrO_2 的 (110)、(020) 和 (022) 晶面； 0.248 nm 对应于铜基氧化物的 (111) 面。且 ZrO_2 纳米粒子均匀地生长在 CuO_x 纳米杆周围形成类似胶囊的形貌。随后通过三电极法，在 0.5 mol 的碳酸盐电解液中对研究 $\text{ZrO}_2:\text{CuO}_x$ 、 ZrO_2 和 CuO_x 催化剂的催化活性，实验结果显示， $\text{ZrO}_2:\text{CuO}_x$ 催化电流密度为 13.35 mA/cm^2 ，分别是 ZrO_2 (1.27 mA/cm^2) 和 CuO_x (1.85 mA/cm^2) 的 10 倍和 7 倍，且三者中 $\text{ZrO}_2:\text{CuO}_x$ 的 Tafel 斜率最小 (21 mV/dec)，因此表现出更强的催化活性、更快的反应动力学。反应产物检测显示，反应 18 h 后收集到大量的 1-丙醇 ($2105.8 \text{ }\mu\text{g/mL}$) 和 2-丙醇 ($2084.8 \text{ }\mu\text{g/mL}$) 作为主要的醇产物，其生产效率 $>56\%$ ，且整个催化反应能够稳定运行 40 小时而几乎没有性能衰退，表现出了优异的稳定性。密度泛函理论计算表明，催化活性增强的主要原因是，独特的催化剂结构形成了稳定的 $\text{ZrO}_2/\text{CuO}_x$ 二元金属氧化物结构，具有长期稳定性；且双金属复合材料导电性得到增强形成了电子快速转移路径。

该项研究精心设计开发了基于铜基催化剂的双金属氧化物电催化剂，其独特的催化剂结构和快速电子转移路径，增强了催化剂的室温催化活性，实现了甲烷到液态醇的高效稳定催化转化，为开发高效低成本的二元金属氧化物电催化剂开辟了新思路。相关研究成果发表在《*Applied Catalysis B: Environmental*》¹⁰。（郭楷模）

¹⁰ Nengneng Xu, Cameron A. Coco, Yudong Wang, et al. Electro-conversion of methane to alcohols on “capsule-like” binary metal oxide catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2020, DOI: 10.1016/j.apcatb.2020.119572

双金属异质结双功能电催化剂实现高效海水电解制氢

氢气是一种清洁、无污染的新能源，而利用可再生能源电解水制氢被认为是大规模制氢的理想方法。然而，传统高性能的电解水产氢催化剂主要是基于贵金属材料（如 Pt/C），具有资源稀少、价格昂贵等缺点，不利于氢能的规模化应用；其次，电解水制氢主要涉及两个半反应，即析氧反应（OER）和析氢反应（HER）；再则，目前电解水制氢主要聚集中在资源较少的淡水电解，也不利于商业化生产；因此开发高性能、低成本的双功能催化剂实现高效海水电解制氢成为了当前研究前沿热点。美国休斯敦大学 Zhifeng Ren 教授课题组通过“原位生长-离子交换-磷化”三步合成方法制备了双金属异质磷化物，具备了 OER 和 HER 双功能催化特性，得益于独特的异质结构，实现了对海水的高效稳定全分解产氢。

相关研究表明，金属异质磷化物具备高效的 HER 和 OER 双功能催化活性，但相关催化裂解水产氢研究主要限于淡水领域。为此研究人员以商用泡沫镍为基底和镍源，利用“表面刻蚀-原位生长”方法将泡沫镍表面转变成多孔 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 纳米片，再通过和硝酸铁溶液进行离子交换形成 $(\text{Ni}, \text{Fe})(\text{OH})_2$ 前驱体，最后利用高温磷化合成双金属异质磷化物 $\text{Ni}_2\text{P}-\text{Fe}_2\text{P}$ ，且该反应在室温下便可以完成，比实验室常用的水热反应和电化学沉积简单得多，利于规模化生产。

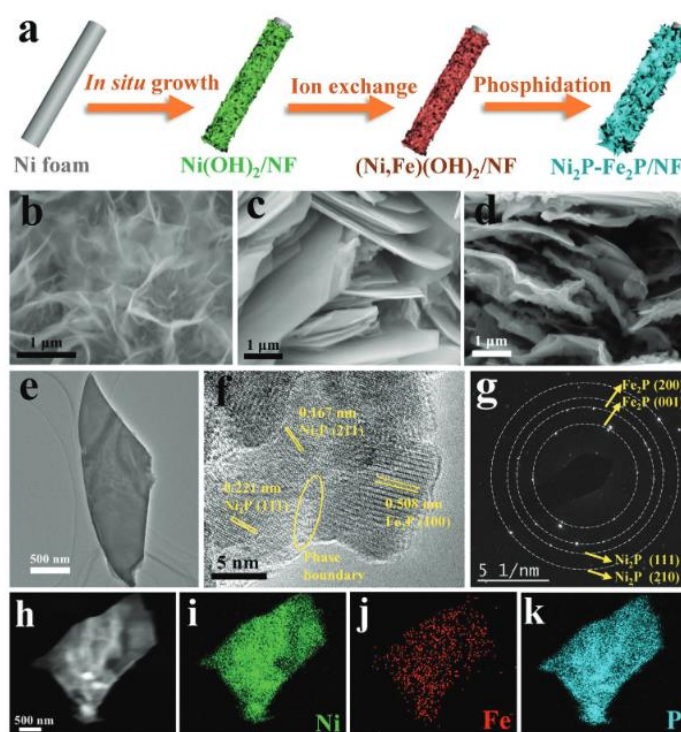


图 1 “原位生长-离子交换-磷化”三步合成方法制备的双金属异质磷化物

透射电镜表征显示 $\text{Ni}_2\text{P}-\text{Fe}_2\text{P}$ 为两维的微米片，平均长度为 $10 \mu\text{m}$ ，平均厚度为 7.4 nm ，这种结构不仅有利于增加更多的活性位点暴露且有助于电子的快速传输。该异质材料还表现出对淡水和海水良好的接触性。随后研究人员对合成的 $\text{Ni}_2\text{P}-\text{Fe}_2\text{P}$ 催化活性开展测试：实验发现在 1 mol 氢氧化钾（KOH）纯水电解液中， $\text{Ni}_2\text{P}-\text{Fe}_2\text{P}$ 异质结具有优异的全解水催化性能。在 OER 方面， $\text{Ni}_2\text{P}-\text{Fe}_2\text{P}$ 异质结分别只需要 218 、 261 和 337 mV 的过电势就能够达到 10 、 100 和 1000 mA/cm^2 的电流密度，优于诸多已报道的自支撑过渡金属磷化物（TMP）和部分自支撑层状双金属氢氧化物（LDH）催化剂。在 HER 方面，此催化剂也呈现出优异的催化性能，分别需要 128 、 225 和

333 mV 的过电势来达到 10、100 和 1000 mA/cm² 的电流密度。且在催化反应过程中表现出优异的稳定性。相比于单金属磷化物 Ni₂P-Ni₅P₄, Fe 元素的引入提升了 Ni₂P-Fe₂P 催化剂的导电性,增大了其电化学活性面积(ECSA)并提高了转换频率(TOF)。考虑到 Ni₂P-Fe₂P 异质结出色的全解水催化活性以及 TMP 材料优异的抗腐蚀性,研究人员进一步在海水中对催化剂催化活性进行测试。实验结果显示, Ni₂P-Fe₂P 异质催化剂在 1 mol KOH 海水中分别需要 305 和 431 mV 的过电势来达到 100 和 1000 mA/cm² 的电流密度。同时,它能够在 100 和 500 mA/cm² 的大电流密度分别稳定运行超过 36 和 23 个小时而性能基本没有衰退。气体产物测试表明:在 100 mA 的电流下,催化剂具有接近 100% 的法拉第效率,进一步证明其作为电解海水催化剂不仅具有高稳定性,同时具有高转化效率。把 Ni₂P-Fe₂P 异质结同时作为 OER 和 HER 电极用于全解海水时,在 1 mol KOH 海水中,它需要 1.682 和 1.865 V 电压来达到 100 和 500 mA/cm² 的电流密度,优于贵金属基的 IrO₂ 和 Pt/C (分别需要 1.695 和 1.954 V 电压来达到相同的电流密度)。同时,全解水系统在 500 mA/cm² 大电流密度下能稳定运行超过 40 小时。

该项研究精心设计制备了一种双金属的异质磷化物双功能催化剂,微米片结构和 Fe 元素的引入增加了暴露面积、提供丰富的活性位点和提升导电性,而亲水特性的表面增强了电解液扩散和气泡的释放,因此该催化剂表现出优异的 OER 和 HER 催化活性,实现了对海水高效稳定的催化裂解产氢,为高效低成本规模化产氢开辟了全新路径。相关研究成果发表在《*Advanced Functional Materials*》¹¹。

(郭楷模)

¹¹ Libo Wu, Luo Yu, Fanghao Zhang, et al. Heterogeneous Bimetallic Phosphide Ni₂P-Fe₂P as an Efficient Bifunctional Catalyst for Water/Seawater Splitting. *Advanced Functional Materials*, 2020, DOI:10.1002/adfm.202006484

能源战略研究

IEA《世界能源展望 2020》预测至 2040 年能源走势

10 月 13 日，国际能源署（IEA）发布《世界能源展望 2020》报告¹²，着眼于未来 10 年关键时期，探索走出疫情危机的有效途径。报告指出，受疫情影响，预计 2020 年全球能源需求将下降 5%，能源相关 CO₂ 排放将下降 7%，能源投资将下降 18%。在所有情景（既定政策情景、延迟复苏情景、可持续发展情景和新 2050 净零排放情景¹³）分析中，以太阳能为发展重点的可再生能源都将扮演重要角色，将满足全球电力需求增量的 80%，而化石燃料仍面临各种挑战。在太阳能、风能和能效快速发展的同时，未来 10 年氢能以及碳捕集、利用和封存应用将大幅扩张。经济衰退暂时抑制了碳排放，但是低速经济增长并不是低排放战略，只有更快地对能源生产和消费方式进行结构性改革，才能彻底改变排放趋势，使世界走上实现净零排放气候目标的道路。报告要点如下：

1、疫情对全球能源系统带来巨大冲击

疲软的经济前景使全球能源在诸多方面陷入停滞。在既定政策情景中，全球经济将在 2021 年恢复到 2019 年水平，一次能源需求将在 2023 年恢复到 2019 年水平。而在延迟复苏情景中，全球经济活动将在 2023 年才能恢复到危机前水平，一次能源需求要到 2025 年才能恢复。可再生能源在未来二十年中将满足全球电力需求增量的 90%，而到 2040 年煤炭在全球能源需求中占比将首次降至 20% 以下（如图 1 所示）。

只有完全可持续的复苏才能促使碳排放量长期下降。按照既定政策情景和延迟复苏情景模型，当前已制定政策导致的碳排放反弹比 2008-2009 年金融危机之后要慢得多，但并未在改变全球 CO₂ 排放趋势方面取得决定性的突破。既定政策情景中，在 2020 年预期下降 7% 之后，预计 2021 年全球 CO₂ 排放将反弹，2027 年将超过 2019 年水平，2030 年将上升到 360 亿吨。延迟复苏情景中的碳排放趋势比既定政策情景略低，但这是由于经济活动的减少，而非能源消费或生产结构发生变化。

¹² World Energy Outlook 2020. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.

¹³ 既定政策情景：受疫情影响，2021 年全球经济恢复到危机前水平；延迟复苏情景：受疫情进一步扩散影响，2023 年全球经济恢复到危机前水平；可持续发展情景：清洁能源政策和投资激增使能源体系步入正轨，全面实现可持续能源目标；新 2050 净零排放情景：包括一个详细的分析模型，设定未来十年全球碳排放必须走上 2050 年净零排放轨道。

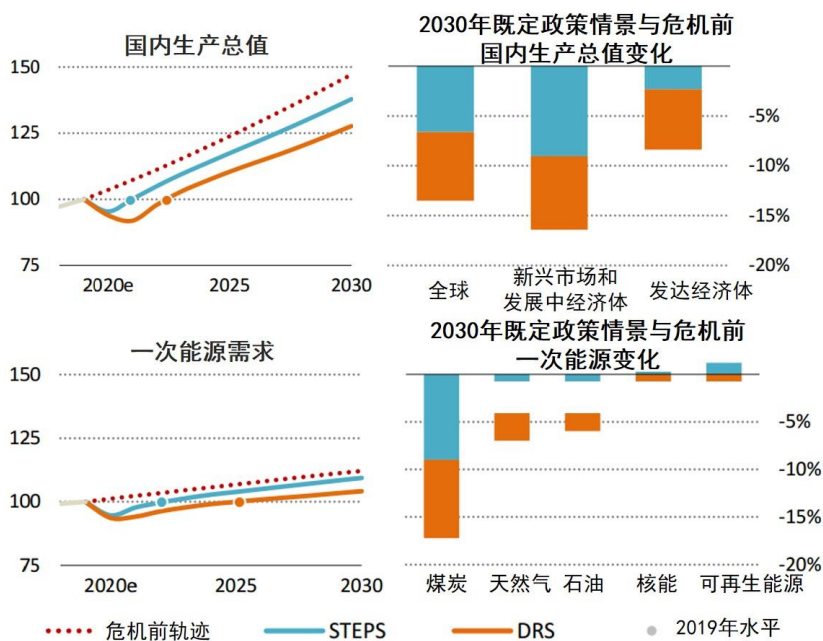


图 1 2018-2030 年不同情景下国内生产总值和一次能源需求预测（指数：2019 年=100）
 注：2020e：2020 年估算值；危机前轨迹：由《世界经济展望 2019》政策情景预测得到；
 STEPS：既定政策情景；DRS：延迟复苏情景

石油市场在经历了 2020 年上半年的动荡之后，正逐渐企稳。石油消费较早受到封控措施的严重打击，短期内仍处于低位，2020 年第三季度油价约为 40 美元/桶。在疫情发生前，石油需求增长速度已明显放缓，主要是受到燃油效率的提高和电动汽车的崛起导致。在既定政策情景中，2030 年石油需求将比去年的预测值减少 200 万桶/天，延迟复苏情景则减少 600 万桶/天。到 21 世纪 30 年代，这两种情景下石油消费都将趋于平稳。

疫情加剧了石油天然气行业面临的困境。到 2020 年，用于新油气供应的投资预算面临着尤为严重的削减，几乎无法通过进一步削减成本来缓解冲击。与 2019 年相比，石油和天然气供应投资平均下降了三分之一。2019 年，新建液化天然气（LNG）液化工厂的审批创下历史新高，接下来的一年里，新项目不太可能获得批准。

封控措施导致全球电力需求下降，预计 2020 年下降 2%。对电力需求实时数据分析显示，封城措施导致电力需求迅速下降，随着封控措施的缓解，电力需求稳步回升，预计 2020 年全球电力需求将下降约 2%。电力数据体现出经济活动的影响，受影响最大的是印度和欧盟等长期封城的经济体，以及美国和巴西这类服务业在经济中占较大比重的国家。相比之下，2020 年中国电力需求将增长近 2%。

疫情导致全球煤炭行业遭受重创。煤炭和石油成为受疫情影响最大的燃料，预计 2020 年全球煤炭使用量将下降 7%左右。近三分之二的煤炭用于发电，随着电力消费的下降，燃煤发电量随之下降。在印度，燃煤发电容量的平均利用率降至 50% 以下。中国占全球煤炭使用量的一半以上，其在疫情中的较快复苏避免了全球煤炭需求更大幅度的下降。2020 年上半年，中国新增燃煤发电装机容量审批速度相比

2019 年有所加快。

疫情对贫困地区的破坏性最大，其能源进展明显受挫。撒哈拉以南非洲地区由于国家财力有限，现有债务水平高，社会基础设施脆弱，特别容易受到延迟复苏情景中长期衰退的影响，预计约 6% 的用电人群将在 2020 年失去支付基本电力服务的能力。在延迟复苏情景中，预计该地区将有 6.3 亿人在 2030 年仍然无法使用电力，无法使用洁净烹饪方式的人数将上升至近 11 亿人。

2、加快向清洁能源转型，确保走上实现净零排放目标的轨道

太阳能光伏发电逐渐成为电力供应的重要方式。可再生能源发电，尤其是太阳能发电的发展在可持续复苏情景更加引人注目。可持续复苏情景下，到 2025 年太阳能光伏发电年装机容量将增长两倍，并将持续增长到 2030 年。2030 年太阳能光伏和风能在全发电中的总份额将从 2019 年的 8% 上升至近 30%。太阳能光伏发电和煤炭发电的前景对比明显（图 2）。未来 10 年，全球电厂建设将逐步摆脱对煤炭依赖，煤炭在全球发电结构中的比重将从 2019 年的 37% 下降到 2030 年的 28%。

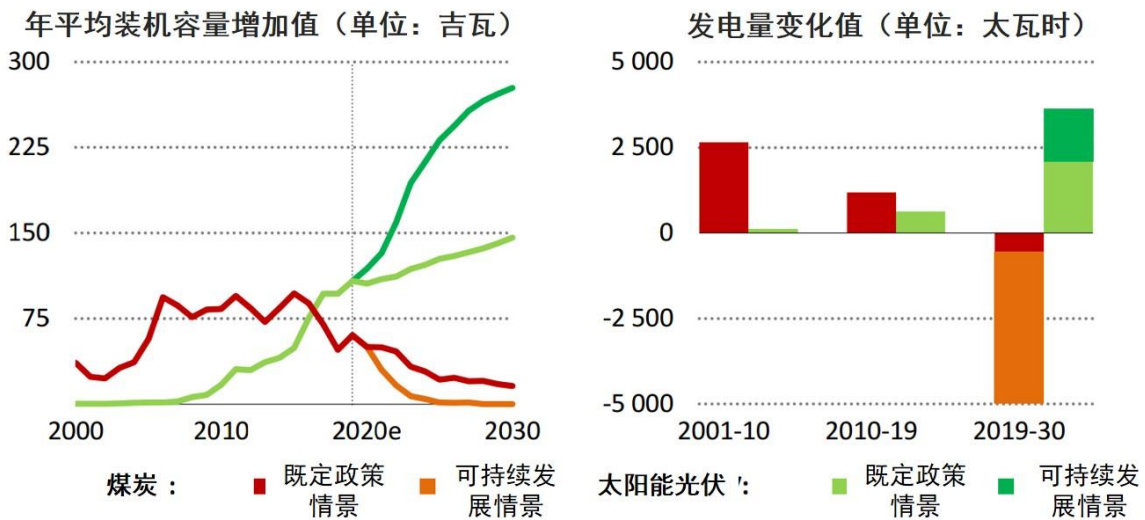


图 2 不同情景下全球太阳能光伏和煤炭年平均装机容量增加值和发电量变化情况

天然气行业将通过向可再生能源转型降低碳排放。既定政策情景中，南亚和东亚地区到 2040 年天然气需求将增长 30%，而发达经济体的需求将小幅下滑。可持续发展情景中，预计到 2040 年印度和中国天然气需求将稳步增长，而对于新兴市场和发展中经济体整体而言，天然气需求将在 2040 年前停止增长。就全球而言，到 2040 年，天然气消费量将比 2019 年水平低至少 10%，呈下降趋势。

现有能源设施碳排放将导致气温升高 1.65°C。基于现有和在建的基础设施，预计 2030 年全球能源相关碳排放量约为 265 亿吨，2050 年为 100 亿吨，2070 年将实现净零排放。这将导致全球气温上升约 1.65°C。在可持续发展情景中，对燃煤电厂采取改造或退役，将使得 2030 年煤炭排放量减少 50%。与既定政策情景相比，2019-2030 年，使用 CCUS 或生物质共燃技术对一些燃煤电厂进行改造，并重新调整其他

电厂的用途，可累计减排约 150 亿吨 CO₂。

可持续发展情景中主要空气污染物浓度急剧下降。到 2030 年，能源相关 NO_x、SO₂ 和 PM_{2.5} 的排放量将下降 40%-60%，因空气污染导致过早死亡人数将比既定政策情景下减少 250 万人；全球 CO₂ 排放量将下降到 270 亿吨，比既定政策情景减少约 90 亿吨；甲烷排放量也将显著减少，将比 2019 年减少 75%。2030 年，低碳发电几乎占全球发电总量的三分之二；工业活动的排放强度降低了 40%；电动汽车将占新车销量的 40%左右。

清洁能源投资将大幅增加。在可持续发展情景中，清洁能源和电网投资将从 2019 年的 0.9 万亿美元增加到 2030 年的 2.7 万亿美元，其中近 70%的清洁能源和电网投资来自私人投资。

3、未来十年碳排放水平需比前十年减少 45%才能实现 2050 年净零排放目标

到 2050 年实现全球净零排放需要做出巨大努力。在可持续发展情景中，到 2030 年太阳能光伏年新增装机容量将从 2019 年的 108 吉瓦增至超过 280 吉瓦，风能新增装机容量将增加 140%，而未配备 CCUS 的燃煤发电量将减半。到 2030 年，电动汽车约占新车销量的 40%（2019 年为 2.5%）。到 2050 年全球能源部门要实现净零排放，意味着在 2030 年能源和工业部门 CO₂ 排放量较可持续发展情景分别再减少 201 亿吨和 66 亿吨。

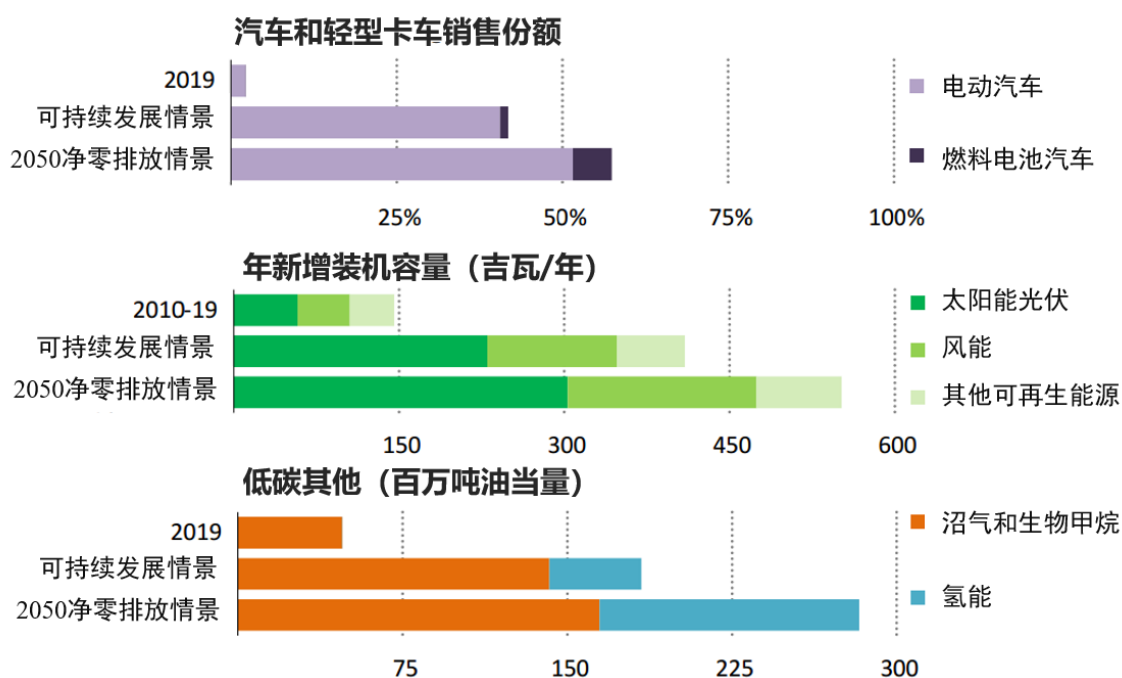


图 3 可持续发展情景和新 2050 净零排放情景中相关技术发展趋势

在煤炭主要消费国，太阳能光伏将发挥关键作用。目前全球太阳能电池板装机容量为 160 吉瓦，在新 2050 净零排放情景下，预计 2025 年装机容量将达到 300 吉瓦，2030 年达到 500 吉瓦。2019-2030 年，全球太阳能光伏装机容量将以每年近 20%

的速度增长。在新 2050 净零排放情景中，风能也将迅速发展，目前主要煤炭消费国将迅速增加风力发电部署，装机容量从 2019 年的 60 吉瓦增至 2025 年的 160 吉瓦，在 2030 年达到 280 吉瓦。

工业部门低碳氢的使用范围将大幅扩大。与可持续发展情景相比，在新 2050 净零排放情景中，更多低碳氢将用于燃料供应中。新 2050 净零排放情景中低碳氢消费约为 4500 万吨油当量，而可持续发展情景中为 1000 万吨油当量。尽管其占 2030 年工业部门能源消费不到 2%，但为其提供了一个重要的早期应用市场。预计 2030 年，低碳氢将作为化学原料满足 15% 的氨和甲醇生产需求，而目前这一比例很低。

化石燃料需求量将进一步下降。新 2050 净零排放情景中，2019-2030 年全球煤炭需求预计下降近 60%，降至不足 23 亿吨煤当量，全球煤炭市场规模将回到 20 世纪 70 年代水平。煤炭总需求下降的 80% 来自电力部门煤炭使用量的减少，为燃煤电厂配备 CCU 将有助于避免大量燃煤电厂提前退役，使这些电厂的使用与可持续发展目标保持一致，同时保障能源安全。

到 2030 年，电动汽车销量将占汽车总销量的一半以上。新净零排放情景中，电动汽车销量将在 2025 年上升至 2500 万辆，2030 年超过 5000 万辆，占乘用车年销量的 50% 以上（可持续发展情景中这一比例为 40%）。其他零排放汽车如燃料电池汽车也将快速增长。

4、随着经济复苏，满足能源需求的燃料和技术组合将朝着更绿色的方式转变

可再生能源发展强劲，煤炭需求日益衰减。能源需求将在 2023 年初恢复 2019 年疫情前的水平，但由于可再生能源的强劲增长和煤炭需求的减少，CO₂ 排放量将在 2027 年回升至 2019 年水平。在既定政策情景中，预计 2030 年 CO₂ 排放量将增至 360 亿吨，低于去年的预测值。然而，在可持续发展情景中，各国政府将采取更积极行动，预计 2030 年 CO₂ 排放量将下降至 270 亿吨。可再生能源需求增长主要由太阳能光伏发电和风力发电推动。预计 2030 年现代生物能源需求年均增长 3%。预计 2030 年发达经济体煤炭需求将比 2019 年下降近 45%；中国作为迄今为止全球最大的煤炭消费国，煤炭消费将在短期内出现反弹，在 2025 年前后达到峰值，之后逐渐下降。

石油需求缓慢回升，未来十年石油化工产品将助推石油需求的增长。受疫情影响，石油需求在 2020 年断崖式下降，预计将在 2023 年逐渐超过疫情前水平。与《世界能源展望 2019》既定政策预测相比，2030 年和此后的石油需求将减少 200 万桶/天。汽车周转率将放缓，预计 2020 年有 900 万消费者推迟换车，但电动汽车销量依然坚挺。过去十年，公路运输占石油需求增量的 60%，而未来十年石油化工产品将取代交通运输业地位，占石油增量的 60%，主要原因是塑料需求的增加。尽管航空业需要一段时间才能从疫情中恢复，但长远来看，消费者行为的巨大改变对石油需

求总体影响有限。

2020 年全球天然气需求将迅速复苏。2021 年，天然气需求将反弹近 3%，到 2030 年，天然气需求将比 2019 年高出 14%，其增长主要集中在亚洲。天然气供应充足和创纪录的低价刺激了全球天然气市场的发展。在成熟市场中，煤改气的溢出效应将在 2025 年基本耗尽，此后，由于环境因素、可再生能源竞争加剧、能效提高、终端应用电气化和替代低碳气体（包括氢气）的发展，天然气前景开始恶化。

未来十年全球能效将有所下降。能效下降主要由于燃料价格下降，以及在疫情之后经济衰退，使得公司和家庭减少购买高能效设备、电器和新的车辆。这将导致未来十年年均能效值比《世界能源展望 2019》预测值低 10%。

5、疫情巩固了电力系统在现代经济体中的重要地位

既定政策情景中，未来新兴经济体电力需求复苏速度将高于发达经济体。按照既定政策情景，全球电力需求将在 2021 年恢复。预计到 2030 年，印度电力需求增长最快（较 2019 年增长 160%），其次是东南亚和非洲。电力需求增长速度将超过所有其他燃料。到 2030 年，电力将占全球终端能耗的 21%。对于发达经济体，电力需求将在 2023 年恢复到疫情前水平，然后在交通和热能电气化的推动下持续增长，预计到 2030 年年均增长 0.8%。对于发展中国家和新兴经济体，家用电器和空调拥有率的上升，加上商品和服务消费的增长，预计到 2021 年将恢复到疫情前水平。

可再生能源发电在疫情期间表现出较强的弹性，有望实现强劲增长。预计 2020-2030 年，可再生能源电力需求将逐步增长三分之二，将占全球电力需求增量的 80%。可再生能源将在 2025 年取代煤炭成为主要发电方式，到 2030 年，水能、风能、光伏、生物能、地热和海洋能将提供近 40% 的电力供应。中国在此领域发展突出，到 2030 年，其可再生能源发电量将增加近 1500 太瓦时，相当于法国、德国和意大利 2019 年发电量的总和。

太阳能光伏发电成为新的电力供应支柱，并有望大规模扩张。2020-2030 年，预计全球太阳能光伏发电量平均每年增长 13%，占电力需求增量近 1/3。由于资源广泛利用、成本下降以及 130 多个国家的政策支持，到 2021 年全球太阳能光伏装机容量将超过疫情前水平，并在 2022 年之后每年都创新高。对于利用高质量资源的低成本融资项目来说，太阳能光伏是最便宜的电力来源。

煤炭发电量进一步下降，到 2025 年全球退役燃煤发电装机容量将与新增燃煤装机容量持平。受电力需求下降、可再生能源产量增加以及与燃气发电成本竞争加剧等因素影响，2020 年全球煤炭发电量预计减少 8%，为历史最大降幅。此后，全球燃煤发电量将不再达到危机前 2018 年的峰值。预计 2030 年，煤炭在全球发电量占比将降至 28%，而 2019 年其所占份额为 37%。具有挑战性的市场环境将导致到 2025 年全球燃煤发电装机容量减少 275 吉瓦（占 2019 年总量的 13%），其中美国减少 100

吉瓦、欧盟减少 75 吉瓦，欧盟 27 个成员国中有 16 个国家计划逐步淘汰所有不减排的燃煤发电。但这一减少量将被新建煤电机组容量所抵消，其中 130 吉瓦的新建产能主要集中在中国、印度和东南亚。预计到 2024 年，全球电力相关 CO₂ 排放量将接近 13 亿吨，并在 2030 年趋于稳定，但不会增至疫情前水平。在可持续性发展情景中，2020-2030 年全球碳排放量将下降 38%。

灵活性是现代电力系统电力安全的基石。多数输电系统运营商的收入将在 2020 年下降，如不迅速恢复，将带来电力安全风险。在既定政策情景中，随着电网现代化和数字化的发展，预计 2030 年电网投资将达到 4600 亿美元，比 2019 年增加 2/3，预计未来十年将增加 200 万公里的输电线路和 1400 万公里的配电线路，比过去十年的增长高 80%。

6、疫情导致燃料需求和价格大幅下降，给燃料供应带来了极大的不确定性

既定政策情景中，石油市场的复苏需要上游投资的注入，预计 2030 年油价将升至每桶 75 美元。近年来，美国致密油行业一直是石油供应增长的主要动力，但推动该行业增长的是如今已收紧的宽松信贷政策。高库存将使得短期内全球石油市场供应充足，既定政策情景中，预计到 2022 年美国致密油产量将恢复到 2019 年水平。能抵御较大金融冲击的低成本产油国，如沙特阿拉伯、俄罗斯、科威特和阿拉伯联合酋长国，处于更加有利的位置。炼油厂吞吐量的增长速度仅为过去十年的一半，产能与成品油需求之间不断扩大的差距，给竞争力较弱的老旧炼油厂带来了巨大压力。炼油企业的应对策略包括多元化经营石化和低碳业务，这些策略在可持续发展情景中变得更加重要。

未来十年天然气需求小幅下降。既定政策情景中，与 2019 年预测相比，2030 年全球天然气需求将下降 2%，但远小于 2030 年煤炭需求降幅（9%）。在这种前景下，美国的页岩气产量相对较快地反弹，但卡塔尔和俄罗斯由于拥有大量的低成本供应储备，在供应增长方面处于有利地位。既定政策情景中，全球天然气市场在 2025 年前仍保持充足供应，在约 1500 亿立方米的 LNG 合同即将到期之际，维持了价格下行压力。疫情后的延迟复苏削减了对 LNG 的短期需求，而更长期的不利因素则来自于更强有力的气候政策。

需求下降给煤炭供应行业带来了持续的下行压力。由于中国和印度这两个最大的煤炭进口国提高国内产量，国际煤炭贸易进一步受到挤压，可持续发展情景中所有煤炭供应商的压力进一步增加。

既定政策情景中，可再生固体生物质、液体生物燃料和沼气供应稳步增长。政策支持是低碳燃料发展的一个关键变量，特别是在化石燃料价格较低的环境中。目前需要进一步提高支出和投资水平，以实现可持续发展情景中政府雄心勃勃的目标。

低碳氢在能源转型战略中的重要性日益凸显。一些国家正在加快努力，扩大低

碳氢相关基础设施、需求和专业知识。缩小低碳氢与竞争燃料的成本差距是一项关键的近期挑战，预计到 2030 年这一差距将大大缩小。

**7、即使疫情传播得到遏制，经济复苏也可能不如预期强劲，能源需求受到抑制
延迟复苏情景中，全球经济进一步下滑，到 2030 年比既定政策情景低 10%。**

在既定政策情景和可持续发展情景下，预计 2021 年疫情蔓延得到控制，随后经济复苏，到 2025 年全球经济仅比危机前下降 5%。然而，考虑疫情进一步蔓延，在延迟复苏情景中，到 2030 年全球经济规模将比既定政策情景缩小近 10%，能源需求和 CO₂ 排放量相应减少，能源部门结构性变化将减缓。更清洁的新型能源技术存在投资不足和对现有资本存量过度依赖的弊端。

石油需求增长缓慢，将比既定政策情景延迟 4 年恢复到 2019 年水平。延迟复苏情景中，石油需求量要到 2027 年才能恢复到 2019 年水平，这比既定政策情景推迟 4 年，此后全球石油消费量将在 1 亿桶/天的水平上趋于平稳。与既定政策情景相比，延迟复苏情景中汽车、建筑和石化产品石油使用量减少程度相对较低，而工业、公路运输、航运和海运受经济衰退影响更大。石油需求和价格的下降增加了主要油气生产国的经济和社会压力。

电力需求将下降 6%，可再生能源在总发电量中所占份额略高。风能和太阳能产能的增速相对强劲，但与既定政策情景一样，可再生能源在长途运输和工业等难以应用的行业面临着更为严峻的前景。电网不断增加的投资需求与电网运营商收入下降之间的差距，显示能源转型和电力安全的重要性。

煤炭消费持续下降，化石燃料和低碳投资活动减缓。延迟复苏情景中，煤炭需求进一步受到打击，到 2030 年，全球煤炭使用量下降至约 45 亿吨煤当量，较既定政策情景相比下降了 9%。与工业用煤相比，电力用煤受影响更为严重（到 2030 年与既定政策情景相比降幅达到 12%），新建燃煤电厂减少，退役电厂增加，在运电厂的运营时间减少。到 2030 年，对化石燃料的投资将减少 10%，对低碳技术的投资活动也将同样放缓。

（汤匀）

欧盟评估成员国能源和气候计划并提高 2030 年减排目标

9月17日，欧盟委员会公布了“成员国2021-2030年《国家能源和气候计划》(NECP)对欧盟影响”的评估报告¹⁴，详细评估了成员国在可再生能源、能效、温室气体减排、能源投资、公正转型、能源安全、国内能源市场、研究创新和竞争力、区域合作、环保等方面的举措和目标。评估显示，基于现有的政策和计划，欧盟有望超预期实现原定到2030年温室气体排放比1990年减少40%的目标。为此，欧盟委员会当日提交了一份《欧洲气候修正法案》，提出了新的2030年减排目标，即比1990年排放水平减少55%¹⁵。评估报告关键点如下：

一、可再生能源、能效和温室气体减排

1、可再生能源

欧洲可再生能源行业处于全球领先地位，2018年市场增长达到800亿欧元（每年增长6%-8%）。对NECP的评估表明，按照现行计划措施，到2030年欧盟范围内可再生能源发电占比将达到33.2%-33.7%（高于2030年32%的目标）。此外，分析人士认为，尽管受到疫情的不利影响，可再生能源及相关行业投资仍显示出较强的弹性。因此，到2020年欧盟有望实现可再生能源在终端能源消费占比20%的目标。部分成员国设定了雄心勃勃的目标，如奥地利和瑞典分别设定到2030年和2040年实现100%可再生能源发电。据估计，欧盟实现到2030年温室气体排放相比1990年减少55%，将需要其可再生能源发电占比达到38%-40%。

NECP释放出成员国的明确政策信号，即支持加快以经济高效的方式向以可再生能源为基础的灵活碳中和经济快速过渡，这将有利于更多的私营部门投资。例如，至少10个成员国在未来几年内将逐步淘汰煤炭发电，并主要通过可再生能源技术来替代退役容量；通过在海事规划、技术升级和基础设施规划方面实施新方法，确定可利用的海上可再生能源的潜力；探索并最大程度地利用余热/冷能，并使其成为可再生能源社区的一部分，同时促进基于可再生能源的交通运输电气化以及各种可再生能源发电项目；推进大型海上可再生能源发电以及将可再生能源与储能（特别是可再生氢）相结合的项目实施，以解决适应日益分散的发电问题。

2、能效

评估表明，能效总体目标将使2030年欧盟一次能源消费和终端能源消费分别降低29.7%和29.4%，达到11.76亿吨油当量和8.85亿吨油当量。然而与欧盟设定的到2030年至少降低32.5%的目标相比仍有差距。尽管能效对实现所有目标，特别是减

¹⁴ COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS An EU-wide assessment of National Energy and Climate Plans Driving forward the green transition and promoting economic recovery through integrated energy and climate planning. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1600328628076&uri=COM:2020:564:FIN>

¹⁵ State of the Union: Commission raises climate ambition and proposes 55% cut in emissions by 2030. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_1599

少温室气体排放起着关键作用，但大多数 NECP 仅对“能效优先原则”的应用给出了有限的细节。因此，欧盟委员会正在为实施“能效优先原则”制定专门指南，以指导整个经济领域中与能源相关的政策规划和投资决策。欧盟能源系统集成战略和即将发布的能源基础设施监管框架修订版（包括跨欧洲能源网络 TEN-E）将在提案中做出改变。

考虑到特别需要针对建筑采取额外的行动，所有 NECP 以及迄今为止提交的国家长期翻新战略都广泛支持建筑翻新措施。例如，保加利亚设定了每年要翻新 5% 以上的公共建筑的目标；拉脱维亚计划到 2030 年翻新 2000 套多户公寓和 3000 套单户住宅；罗马尼亚制定了多项具体融资计划；塞浦路斯资助了 2100 栋住宅楼和 164 家中小企业的翻修。

由于目前的计划目标、指标和完成度似乎不足以实现欧盟 2030 年能效目标，因此欧盟委员会审查并可能修改《能效指令》以及《建筑物能效指令》中的相关具体规定。同时，委员会还将促进“革新浪潮”和“能源部门整合战略”的实施，以补充针对公共采购、能源审计、供热和制冷以及废热回收、能源服务、行政能力的其他行动。此外，委员会还正在制定生态设计和能源标签工作计划，以确定未来几年的优先事项，同时继续与成员国合作，促进全面有效的实施。

成员国应探索在提供经济复苏刺激措施时加快建筑翻新的潜力。同时，成员国需要起草和提交国家长期翻新战略，并在区域和地方各级采取行动。截至 2020 年 8 月底，只有 12 个成员国提交了长期战略。

NECP 以及迄今为止提交的“革新浪潮”中提出的政策构想，将为应对建筑行业跨领域挑战提供政治动力。“革新浪潮”将建立三个基本框架：坚实的监管框架；充足的融资以及基于长期计划和利益相关方参与的强大治理框架。其将提出前瞻性立法和非立法文书以及扶持性工具，包括重要的融资要素，以确保在欧盟、国家、地区各级采取行动。

3、温室气体减排

据目前的汇总数据显示，到 2030 年欧盟计划在未纳入排放交易系统（ETS）的部门（不包括土地使用、土地变更和林业部门）减排 32%。与 NECP 草案相比，这一目标提升了约 4 个百分点。对 NECP 的评估显示，在现有和计划措施下，包括 ETS 涵盖部门，到 2030 年欧盟经济活动相关温室气体排放将比 1990 年减少 41%，将超过 40% 的减排目标。

为实现减排目标，NECP 制定了一系列部门和跨部门措施，几个成员国打算更多使用碳定价。例如，德国通过了逐步推行的国家排放交易法，涵盖了迄今未纳入欧盟 ETS 的化石燃料二氧化碳排放，尤其是交通和建筑行业。卢森堡计划对所有化石燃料逐步提高最低碳税。爱尔兰计划在 2020 年将碳税提高 30%。比利时等其他成

员国正在研究设计建筑和交通碳定价机制。此外，所有成员国均可利用土地使用、土地变更和林业方面的信贷来帮助实现其成果共享法规（ESR）目标。

目前，NECP 中的部门政策往往侧重于解决交通运输领域的广泛措施，这是目前最大的非 ETS 行业，因此，对其采取的措施均与减排有关。NECP 将采取的措施有助于促进对清洁零排放和低排放车辆的需求，以减少 CO₂ 和污染物排放。此外，还将促进部署更多的零排放和低排放车辆的充电和加油基础设施，以及对交通价值链中绿色转型（例如电池、氢燃料电池）的投资。

为减少农业排放，增强土地利用、变更和林业的协同增效作用，NECP 提出的主要重点是通过优化肥料使用、优化畜牧部门放牧管理、动物育种和饲养、增加自然保护区等措施来减少碳排放。成员国将共同农业政策（CAP）及其农村发展计划作为支持减少农业排放、加强可持续森林管理以及造林和森林复原力措施的主要工具。

工业部门是另一个减排重点部门。欧盟一级法规和政策框架（例如欧盟 ETS、创新基金、新的产业政策和循环经济行动计划）以及国家一级的法规和政策框架可以帮助支持和加速能源密集型产业生态系统的现代化和深度转型，包括通过使用氢能和碳捕集、利用和封存（CCUS）技术。

二、促进投资和公正转型

1、投资

成员国在其 NECP 中对实现各种目标、指标和贡献所需的预期投资进行了更全面的概述。根据欧盟委员会的估计，为实现当前的欧盟 2030 年气候和能源目标，2021-2030 年与能源生产和使用相关的年平均投资需增加 GDP 的 1% 以上，即每年增加约 2600 亿欧元。如果将温室气体减排目标提高到 55%，这个数字将增加到 3500 亿欧元左右。

能源和气候投资的优先权反映在欧盟委员会的 2021-2027 年长期预算提案中。其在“凝聚力基金”和“欧洲区域与发展基金”中专门设定了用于绿色和低碳欧洲的投资部分。在多年期资助框架和复苏振兴一揽子计划下，可以使用拨款和金融工具（贷款、担保、权益）等多种形式支持。欧盟排放交易系统特定立法工具提供的资金，将被优先考虑用于对清洁能源转型至关重要的领域。

根据 2030 年气候目标和能源系统集成设想，估计欧盟能源基础设施（传输和分配网络、供热和制冷、运输和存储）的投资需求每年为 590 亿欧元。到 2030 年，电解制氢装置的总投资需求估计在 240-420 亿欧元，扩大规模和直接连接 80-120 吉瓦的太阳能和风能机组所需投资约需 220-340 亿欧元，氢的运输、分配和储存投资大约需要 650 亿欧元。

2、公正转型

NECP 还涉及清洁能源转型可能带来的社会和领土影响。采掘业（硬煤、褐煤、泥煤或油页岩）和碳密集型产业（水泥、钢铁、铝、化肥或造纸）的转型将对严重依赖此类活动的地区构成重大挑战。由于全球化石燃料价格的变化和可再生能源成本的下降，这一转变进一步加速。欧洲正以比最初预期的更快速度淘汰煤炭，这有助于减少温室气体排放和空气污染。共有 21 个成员国已经无煤或已承诺逐步淘汰煤炭，并在其 NECP 中指定了具体日期，2 个成员国（斯洛文尼亚和捷克共和国）仍在考虑淘汰煤炭，而 4 个成员国（波兰、罗马尼亚、保加利亚和克罗地亚）尚未计划淘汰。在这种情况下，预计到 2030 年煤炭使用量将比 2015 年减少 70%，而可再生能源发电将占欧盟发电量的 60%。

公正转型将重点关注面临最大挑战的地区、行业和工人。欧盟关于“公正转型基金条例”的立法提案要求公正转型计划（“领土公正转型计划”）必须与 NECP 中确定的目标和投资需求保持一致。成员国需要进一步开展工作以制定具体行动，在受影响最严重的地区实现清洁、公正的能源转型，包括动员私人投资以及与其他资金来源和区域合作机制的协同作用。在这方面，公正转型的第二支柱（投资欧洲计划）和第三支柱（欧洲投资银行公共贷款融资）将提供新的融资途径，特别是利用公共和私人投资。

煤炭地区是欧盟在转型时期面临的一大挑战。欧盟委员会将协助建立跨区域联盟，确定转型相关项目，并与投资机会相匹配，以推进煤炭地区的转型。

欧盟委员会还将继续通过《市长公约》（已覆盖 1 万多个城市的 3.2 亿欧盟公民）、《欧盟岛屿清洁能源倡议》（包括 25 个成员国中的 56 个岛屿）促进与地方当局之间的对话与合作，并制定新的气候公约。社会住房相关的公私伙伴关系可以为公共部门在地方一级消除能源贫困的措施提供补充。

三、能源安全、国内能源市场、研究创新和竞争力

1、能源安全

疫情凸显了可靠的能源系统的重要性，检验了关键能源基础设施的恢复能力，强调了不同部门之间的相互联系以及能源系统数字化和分散化趋势，能源安全越来越重要。

在外部能源安全方面，欧盟主要能源消费有一半仍依赖进口，但其供应途径较为多样，特别是天然气部门。在这方面，区域合作至关重要。七个成员国（保加利亚、意大利、爱沙尼亚、德国、波兰、克罗地亚和爱尔兰）正考虑进一步扩大液化天然气合作，以确保天然气供应安全或增加市场竞争力。

部分成员国将核能作为其能源结构的一部分，在其 NECP 中介绍了核能计划。欧盟委员会指出相关成员国应在核供应链全链条保持适当的能力，确保燃料供应安全，并着重于建立退役和核废物再处理能力。

成员国需要确保其能源系统能够应对极端事件（如风暴、干旱、洪水、热浪）和长期变化（如水资源短缺、海平面上升、冻土融化）带来的挑战，不仅在欧盟内部，而且在能源进口方面也要应对其境外挑战。欧盟正在提供资金，通过创新技术开发下一代太阳能光伏制造模块，将整个价值链整合到一起以减少对商用模块的依赖。

作为解决关键基础设施和网络安全的新“安全联盟战略”的一部分，委员会提议采取行动解决关键能源基础设施在综合能源系统和基础设施中面临的具体风险，将制定电力网络安全规范和具体行业规则。

2、国内能源市场

完全整合且运作良好的内部能源市场可提供价格信号，以指导绿色能源和技术的投资，确保能源供应并通过智能技术以最低成本实现气候中和。在这种情况下，NECP 作为一种工具，可帮助确保实现电力和天然气内部市场立法的目标，并制定正确的政策和财务框架，以最低的成本应对气候中和的挑战，同时维护能源安全。

化石燃料补贴是高成本效益能源内部市场有效转型的主要障碍，成员国在报告能源和化石燃料补贴金额以及逐步取消补贴的措施方面略有改善，提供必要的细节对于评估化石燃料补贴在多大程度上阻碍了气候目标至关重要。目前，只有三个国家（意大利、丹麦和葡萄牙）对化石燃料补贴进行了全面的盘点，打算逐步取消补贴或制订具体政策的成员国寥寥无几。成员国应履行其义务，报告能源补贴（特别是化石燃料补贴），并逐步淘汰补贴措施。

电力互连以及地方电网是实现脱碳、市场整合、供应安全和竞争的关键推动力。大多数成员国已经实现甚至超过了欧盟设定的到 2030 年实现 15% 互联互通的目标。欧盟委员会将继续协助其余成员国提高电网互连能力，并确保充分利用现有的互连能力，以最大限度地发挥内部能源市场的效益。在互连方面，德国表示需要 550 亿欧元来升级其现有的输电系统并在 2030 年前建立新的陆上输电基础设施，到 2030 年还需要 210 亿欧元的海上输电系统投资，才能安装 17-20 吉瓦的海上风能发电。西班牙计划加强和扩大输配电系统，包括岛屿之间的输配电，以及与邻国（尤其是法国）的互连。关于与能源系统集成和灵活性相关的投资，爱沙尼亚表示到 2028 年抽水蓄能将达到 500 兆瓦，希腊计划对无法经济有效互连的岛屿实施“智能”政策，如建立创新的混合可再生能源发电与储能系统。为此，欧盟委员会将审查“TEN-E”和“TEN-T”法规以及“替代燃料基础设施指令”，以及“十年网络开发计划”的范围和管理，并加快对基于智能、高效、可再生能源的电力、区域供热/制冷以及 CO₂ 基础设施的投资。

3、研究、创新和竞争力

电池将在欧盟的交通脱碳和低成本发电方面发挥同样重要的作用。欧盟委员会

于三年前发起“欧洲电池联盟”，旨在为工业利益相关方提供必要支持以推动欧洲电池行业发展。该联盟现已有 500 多个参与者，吸引了超过 1000 亿欧元的投资。最初建造的 11 家欧盟工厂将在 2022-2023 年投产，到 2030 年将交付 270 吉瓦时/年的电池产品。行业估计，从 2025 年起每年将增加 2500 亿欧元的市场价值，创造 400 多万个就业机会；到 2030 年，包括公路和铁路在内的交通电气化将为欧盟带来 60 万个就业机会。在 2020 年底之前，委员会将采用新的适应未来的电池监管框架，确保投放到欧盟市场的所有电池（不论其来源如何）在性能、耐用性、安全性、负责任的原材料采购以及最小环境影响方面达到最高标准，包括其生命周期内的低碳足印。

一些成员国特别关注诸如 CCUS 之类的长期技术，这些技术可能有助于在 2030 年之前使某些难以减排的行业脱碳并实现氢气脱碳，同时在更多近期技术（如碳氢化合物）方面进行创新，而能效、风能和太阳能等较近期技术的渐进式创新较少受到关注。

大多数成员国的 NECP 都承认氢能在能源转型中的作用。欧盟委员会、成员国和工业界将在清洁氢联盟中共同努力，以实施最近发布的《欧盟氢能战略》。许多项目正在进行中，丹麦和德国正在博恩霍尔姆建造 3-5 吉瓦的海上风能，其中包括一个为卡车、公共汽车、轮船和飞机提供燃料的电解制氢设施。自提交 NECP 以来，西班牙正计划在 Puertollano 建造一座 100 兆瓦的光伏电站，包含 20 兆瓦时的锂离子电池储能系统和电解制氢系统。

四、区域合作和环境

1、成员国间的合作和多层次对话

成员国应更好地利用区域合作，包括利用现有平台解决影响能源转型优先事项的常见问题，尤其是能效、交通、智能电网和可再生能源，从而增强区域能源转型。为此，成员国应充分利用区域论坛、复苏基金、连接欧洲设施（CEF）和区域援助基金以及欧盟可再生能源融资机制。成员国还可针对突破性的能效或能源生产技术进行试点合作，以确定最有效和最具成本效益的技术并促进其工业化生产。

2、环保政策

《治理条例》要求欧盟成员国报告工业、农业、交通和能源政策措施对空气污染的影响，并与环境立法挂钩。但在成员国的最终计划中，仍未充分报告所计划的政策和措施对空气污染物排放的预计影响。然而，值得注意的是，一些成员国分析了计划采取的措施对《国家减排承诺指令》监管的所有空气污染物排放的影响，这有助于更有效地确定缓解措施。

所有成员国都应加强国家空气污染控制计划（NAPCPs）和 NECP 之间的联系，并加强地方一级的执行力度。需进一步整合和量化与循环经济政策有关的温室气体减排量，评估特定政策与生物多样性之间的协同作用与权衡取舍。在评估开发生物

能源的潜力时，成员国还应评估与其他可再生能源相比的效率。根据《生物多样性战略》规定，欧盟将优先考虑海洋能、海上风能等解决方案，以及对生物多样性有利的太阳能电池农场和可持续生物能源等。

五、最终结论

评估表明，所有成员国都提交了高质量的最终计划，为按照《欧洲绿色协议》以及拟议的《欧洲气候法》实现气候中和目标奠定了基础。欧盟一级的综合评估确定了以下关键要点和趋势：

(1) 在欧盟广泛的气候中和目标推动下，成员国正在加速其能源和气候转型。到 2030 年，欧盟温室气体减排量将超过当前目标（比 1990 年减少 40%）；几乎所有成员国都在逐步淘汰煤炭或已设定了淘汰日期，到 2030 年煤炭使用量将比 2015 年减少 70%，可再生能源发电量将达到发电总量的 60%。

(2) 根据现有和计划措施，到 2030 年欧盟可再生能源发电占比可能达到 33.1%-33.7%，超出当前的 2030 年目标（32%）。NECP 中确定的对可再生能源进一步投资和改革，有助于进一步推动提高这一比例。

(3) 关于能效，实现 2030 年目标的差距仍然存在。尽管 NECP 草案相比差距有所缩小，但与 2030 年将能效提高至少 32.5% 的目标相比，一次能源消费和终端能源消费减少仍有 2.8 个百分点和 3.1 个百分点的差距。但随着欧盟对这一问题日益重视，委员会已采取一系列行动，如通过“革新浪潮”计划以及对能效指令的审查和可能的修订，以及对“能效优先原则”的指导。

(4) 需要在重点方面精准施策，例如在确定投资需求、调动资金、研究与创新和竞争力、区域合作、土地使用、土地变更和林业开发、能源公正转型等方面。此外，成员国需加大力度逐步淘汰化石燃料补贴。

编者按：据悉，欧洲议会 10 月 6 日以 352 票对 326 票、18 票弃权，通过了气候修正法案，将 2030 年温室气体减排目标进一步提升至 60%。该法案将提交至欧盟部长理事会，以获得最终批准。

（汤匀 岳芳）



《洁净能源科技动态监测快报》

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