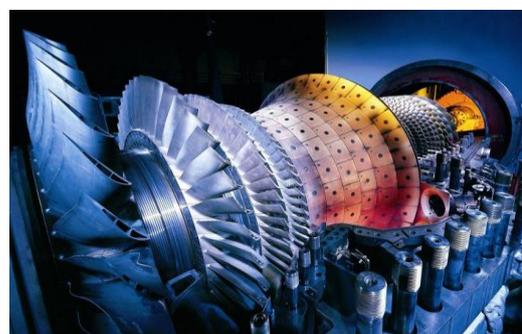


先进能源科技动态监测快报



本期重点

- BP 能源展望：能源需求持续增长，能源结构愈加多元化
- IRENA 将 2030 年欧盟可再生能源占比预测提高至 34%
- 外媒评中国经济腾飞和科技加速创新助力清洁能源快速崛起
- 欧盟资助 1000 万欧元加强电动汽车电池技术创新
- 华盛顿大学开发全球首个激光无线充电系统

主管：中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组

主办：中国科学院武汉文献情报中心



中国科学院武汉文献情报中心
Wuhan Library, Chinese Academy of Sciences
湖北省科学图书馆
Hubei Sciences Library



《先进能源科技动态监测快报》

中国科学院武汉文献情报中心

湖北省武汉市武昌区小洪山西 25 号 (430071)

网址:

<http://www.whlib.ac.cn>

联系人:

赵晏强

zhaoyq@whlib.ac.cn

郭楷模

guokm@whlib.ac.cn

电话:

027-87197630



先进能源情报网

<http://energy.whlib.ac.cn>



先进能源科技战略情报研究中心

微信公众号



先进能源情报网微信公众号

中国科学院文献情报系统先进能源情报网简介

中国科学院文献情报系统先进能源情报网是在中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组的整体组织和指导下,由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建,联合中国科学院文献情报系统能源领域相关研究所,共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。先进能源情报网将汇聚中科院文献情报系统内与领域相关的战略情报研究人员、学科情报人员、研究所科研管理人员、研究所文献情报人员,以及相关的管理和学科专家,通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式,创新院所协同的情报研究和服务保障模式,促进情报资源的共享、情报需求和情报供给的对接、情报技术方法的合作开发,实现情报能力的扩散和提升,进而对中国科学院各个层面(院层面、所层面、项目团队层面及科研人员层面)的重要情报需求提供坚实保障。

先进能源情报网成员单位

成员单位	单位名称
组长单位	武汉文献情报中心
副组长单位 (排名不分先后)	合肥物质科学研究院 大连化学物理研究所 青岛生物能源与过程研究所 广州能源研究所
成员单位 (排名不分先后)	上海高等研究院 山西煤炭化学研究所 上海应用物理研究所 兰州近代物理研究所 广州地球化学研究所 过程工程研究所 电工研究所 工程热物理研究所 武汉岩土力学研究所 武汉物理与数学研究所 苏州纳米技术与纳米仿生研究所 福建物质结构研究所

目录

决策参考

BP 能源展望：能源需求持续增长，能源结构愈加多元化2
IRENA 将 2030 年欧盟可再生能源占比预测提高至 34%4

中国研究

外媒评中国经济腾飞和科技加速创新助力清洁能源快速崛起7

项目计划

欧盟资助 1000 万欧元加强电动汽车电池技术创新9
DOE 资助 1000 万美元支持热电联产技术研发11
DOE 资助 160 万美元支持高校开展化石能源技术研发12

前沿与装备

华盛顿大学开发全球首个激光无线充电系统12
两维超薄二硫化钼保护层增强锂硫电池循环性能13
三维空心纤维网络阳极碳燃料电池碳利用率超 85.5%14
硅-石墨烯三维网络复合负极增强电池循环性能15

本期概要

英国石油公司(BP)发布《能源展望 2018》报告指出¹, 未来 25 年内(2016-2040 年), 新兴经济体将保持经济强劲增长态势, 受此驱动全球 GDP 预计将翻番, 同期全球能源需求在将增长约 35%; 全球能源强度(单位 GDP 能耗)预计下降 37%, 年均降幅 1.9%, 为 1965 年以来同期最快降幅; 全球能源相关的碳排放预计增加 10%: 在此期间, 石油和天然气仍将是主要的能源资源, 满足全球 50% 的能源消费需求; 2016-2040 年间, 天然气需求将持续旺盛态势, 年均增幅将达 1.6%, 是增长最快的化石燃料, 并将在 2025 年时超过煤炭成为第二大燃料来源; 到 2040 年, 可再生能源将成为增长最快的燃料来源, 在未来 25 年中将增长近五倍, 其在一次能源供应量中的占比将达到 14%; 届时, 石油、煤炭、天然气和非化石燃料将各占全球能源的 25%, 使得能源结构变得愈加多元化。到 2040 年中国能源需求年均增长率将放缓至 1.5%, 不到过去 20 年平均水平(6.3%)的三分之一。尽管能源需求增长放缓, 但在 2040 年中国能源消费需求仍将占到全球总能耗的四分之一左右。详见正文。

国际可再生能源机构(IRENA)发布《欧盟可再生能源前景》报告指出, 在恰当的政策环境下, 随着技术进步, 到 2030 年欧盟可再生能源比例完全可以实现 2014 年设定的 27% 的目标, 甚至达到 34%: 自 2014 年设定 27% 的可再生能源占比目标以来, 能源行业发生了翻天覆地的变化。太阳能光伏和海上风能等关键的可再生能源技术发电成本已经大幅削减, 在发展速度和规模上都超过了预期。欧盟正处于实现 2020 年的减排目标正确道路上, 然而, 仍需要进一步努力使长期能源发展趋势与 2050 年的脱碳目标保持一致。供暖和制冷终端用能将消耗三分之一以上的新增可再生能源。要实现欧盟远期的脱碳目标, 交通运输部门应该加快可再生能源部署步伐。

英国皇家化学学会 Chemistry World 杂志在其官网发布了名为《中国能源崛起》报告指出, 得益于中国经济的快速发展和科技创新加速, 中国在清洁能源领域取得了重大进展: 仅 2015 年, 中国可再生能源投资就高达 1030 亿美元, 约占全球投资总额的三成; 过去十年, 中国建立了众多的清洁能源研究中心, 开展的前沿研究领域也逐步扩大, 从光伏到电池再到二氧化碳(CO₂)捕集和资源化利用等, 并且均取得了非凡的成果。受益于清洁能源的发展, 中国整体的能源产量得到了显著改善, 这使得中国的人均能源用量增长速率已经超过了世界平均水平。

欧盟创新理事会(European Innovation Council)宣布在“地平线 2020”研发计划框架下启动总额 1000 万欧元电动汽车电池资助项目, 旨在增强车用动力电池的研发创新, 提升欧洲提高其电池制造能力, 本次资助主要涉及 6 大主题, 包括: (1) 安全性、可持续性和可回收性; (2) 提供与传统汽柴油车相同续航里程和充电时间; (3) 电动车应具有与汽油/柴油车相当或更好的全寿命成本; (4) 在使用寿命内, 电池可以稳定可靠地供电; (5) 电动车应具有与传统内燃车相当的性能标准; (6) 研发车用新材料, 减少材料进口。详见正文。

华盛顿大学研究人员开发出全球首个激光无线充电系统: 其能够在 4.3 米的距离变化范围内实现高效的电力传输, 且传输效率不随距离的变化而改变, 呈现良好的稳定性, 对无线充电技术的发展具有重要的推动作用。

BP 能源展望：能源需求持续增长，能源结构愈加多元化

2月20日，英国石油公司（BP）发布《能源展望 2018》报告指出¹，未来25年内（2016-2040），新兴经济体将保持经济强劲增长态势，受此驱动全球GDP预计将翻番，同期全球能源需求将增长约35%，年均增长率达1.3%；几乎所有能源需求增长来自新兴经济体，中国和印度占增长的一半以上；全球能源强度（单位GDP能耗）预计下降37%，年均降幅1.9%，是1965年有历史记录以来同期最快降幅；全球能源相关的碳排放预计增加10%。在此期间，石油和天然气仍将是主要的能源资源，满足全球50%的能源消费需求；到2040年，可再生能源将成为增长最快的燃料来源，在未来25年中将增长近五倍，其在一次能源供应量中的占比将从当前的4%增加至14%；届时，石油、煤炭、天然气和非化石燃料将各占全球能源的25%，使得能源结构愈加多元化。

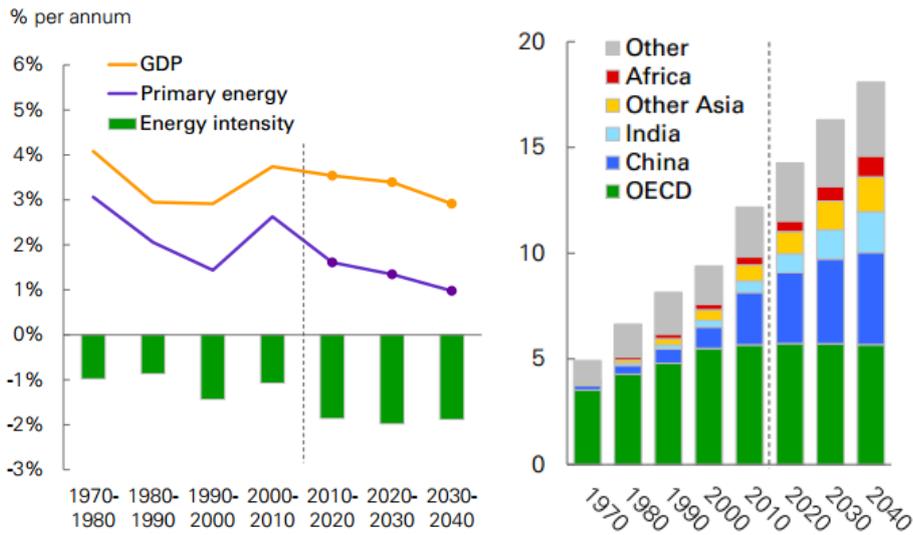


图1 全球GDP、一次能源消费增长变化态势（左图，单位：十亿吨油当量）和不同地区能源消费变化态势（右图，单位：十亿吨油当量）

预测期内（2016-2040年），得益于新兴经济体快速发展的工业化和电力需求，天然气需求持续旺盛，受此影响，天然气将以年均1.6%增幅增长，是增长最快的化石燃料，并将在2025年时超过煤炭成为第二大燃料来源；石油仍将是主要的燃料来源，其需求将持续增加，但年均增幅将放缓至0.5%，到2035年石油日均需求量将达到1.05亿桶，主要的增长源来自交通运输和石化行业；全球煤炭需求增长将出现停滞，到2040年煤炭在一次能源供应中所占份额将降至21%，为工业革命以来的最低水平，主要原因是中国和OECD国家向更清洁、更低碳的燃料转型致使全球煤炭

¹ BP Energy Outlook 2018 edition.
<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf>

需求大幅下降。非常规油气将强劲增长，到 2040 年以美国为首的北美地区将成为全球主要的天然气出口地，该地区的页岩气产量将占全球天然气供应增量的一半以上。液化天然气供应预计将快速增长，到 2020 年左右其贸易量将超过传统的管道天然气贸易。可再生能源将成为增长最快的燃料来源，以年均 7% 的速度增加，到 2040 年预计增加 404%，占到预测期内能源供应增量的 43%，届时其在一次能源中的占比将从 2016 年的 4% 提高到 14%，其中太阳能和风能增长最为强劲，年均增幅分别为 11.1% 和 6.9%，到 2040 年两者装机之和将占全球装机总量的 21%；水电和核电分别占到 7% 和 5%。预测期内，OECD 国家的能源需求增幅极小。到 2035 年，OECD 国家能源需求只占全球能源需求的三分之一，低于 2007 年的一半和 1979 年的三分之二。

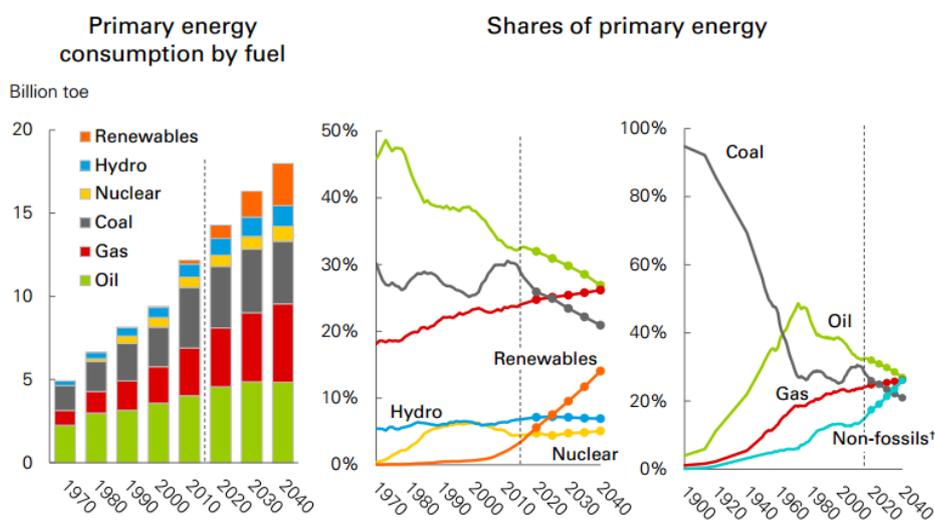


图 2 全球能源结构转型

BP 预计，到 2040 年中国能源需求年均增长率将放缓至 1.5%，不到过去 20 年平均水平（6.3%）的三分之一。尽管能源需求增长放缓，但在 2040 年中国能源消费需求仍将占到全球总能耗的四分之一左右。未来 25 年，中国年均能源强度降幅预计为 1.7%，降速较去年的预测（3%）有所下降。预测期内，中国的能源产量将增加 45%，而消费增长 41%，远高于全球 34% 和 35% 的平均水平；在此期间，中国在全球能源需求中的份额将从 2016 年的 23% 上升到 2040 年的 24%，而其能源需求增量占全球净增量的 27%。中国的能源结构将继续优化，煤炭占比将从 2016 年的 62% 下降到 2040 年的 36%，天然气占比翻番至 13%，可再生能源占比将上升到 18%。石油和天然气消费需求预计分别增加 28% 和 194%，煤炭需求大幅下降 18%，可再生能源、核能和水电也分别增长 789%、574% 和 32%。尽管中国的煤炭消费已在 2013 年达到了峰值，但到 2040 年，中国仍将是全球最大的煤炭消费国，将占全球煤炭消费总量的 41%。核能发电量将增加 8%，届时将占全球核能发电总量的 36%。化石燃料生产继续上升，其中天然气和煤炭的增加超过了石油的下降。到 2040 年，中国

将成为仅次于美国的全球第二大页岩气生产国，届时产量将增长到 22 亿立方英尺/天；同期，可再生能源将以年均 9.5% 的增幅快速增长，到 2040 年将占到中国一次能源供应的 18%。石油进口依存度从 2016 年的 63% 上升到 2040 年的 72%，天然气依存度从 34% 上升到 43%。随着能效提高和低碳转型，预测期内中国经济预计增长 115%，但能源强度降低 34%。

（郭楷模）

IRENA 将 2030 年欧盟可再生能源占比预测提高至 34%

2 月 21 日，国际可再生能源机构（IRENA）发布《欧盟可再生能源前景》报告²指出，欧盟各成员国均有潜力以更具成本效益的方式部署更多可再生能源。在恰当的政策环境下，随着技术进步，到 2030 年欧盟可再生能源比例完全可以实现 2014 年设定的 27% 目标，甚至达到 34%。而进一步扩大可再生能源部署规模能够为欧盟带来诸多的环境和经济效益。报告详细地介绍了可再生能源在推动欧洲能源体系长期低碳转型和实现温升控制在 2℃ 内的关键作用。报告要点如下：

（1）到 2030 年，欧盟能源结构中的可再生能源份额将成倍增长

自 2014 年设定 27% 的可再生能源占比目标以来，能源行业发生了翻天覆地的变化。太阳能光伏和海上风能等关键的可再生能源技术发电成本已经大幅削减，在发展速度和规模上都超过了预期。随着这些技术的进步，可再生能源的成本效益也会继续得到提高。分析表明，可再生能源方案有多种成本效益组合可以达到 27% 的目标；然而，REmap（可实现技术潜力情景）分析指出，在参考需求情景下，所有可再生能源方案的全面实施将使可再生能源在 2030 年的份额增加到 33%。如果考虑实现拟议的 30% 能源效率目标，在重新规划的情况下，同样的可再生能源使用将占 34% 的份额；如果考虑到更雄心勃勃的能效目标，可再生能源在同等水平部署中所占的份额可能会更高。

²Renewable energy prospects for the European Union.

http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap-EU_2018_summary.pdf?la=en&hash=818E3BDBFC16B90E1D0317C5AA5B07C8ED27F9EF

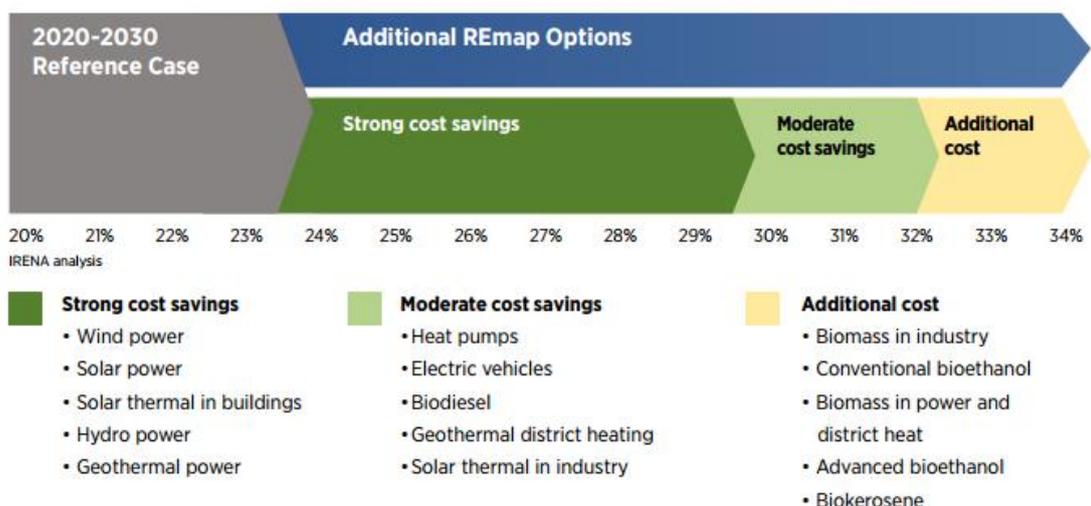


图 1 2030 年 REmap 情景中可再生能源占比将超过 27% 的减排目标

(2) 所有欧盟国家均有潜力以更具成本效益的方式部署更多可再生能源

2015 年，欧盟成员国的可再生能源比例从 5% 到 54% 不等。变化将持续到 2030 年，反映出多个因素如不同的起点、可用资源潜力、现有和计划的政策以及每个国家可再生能源的具体市场条件。然而，到 2030 年，这些差异可能会缩小，因为拥有较低可再生能源占比的成员国有可能增长得更快。从现有成员国的计划和对 2030 年的预测，可再生能源的总份额将低于欧盟 27% 的目标，因此，成员国必须作出额外努力，才能达到或超过拟议中的 2030 年目标。

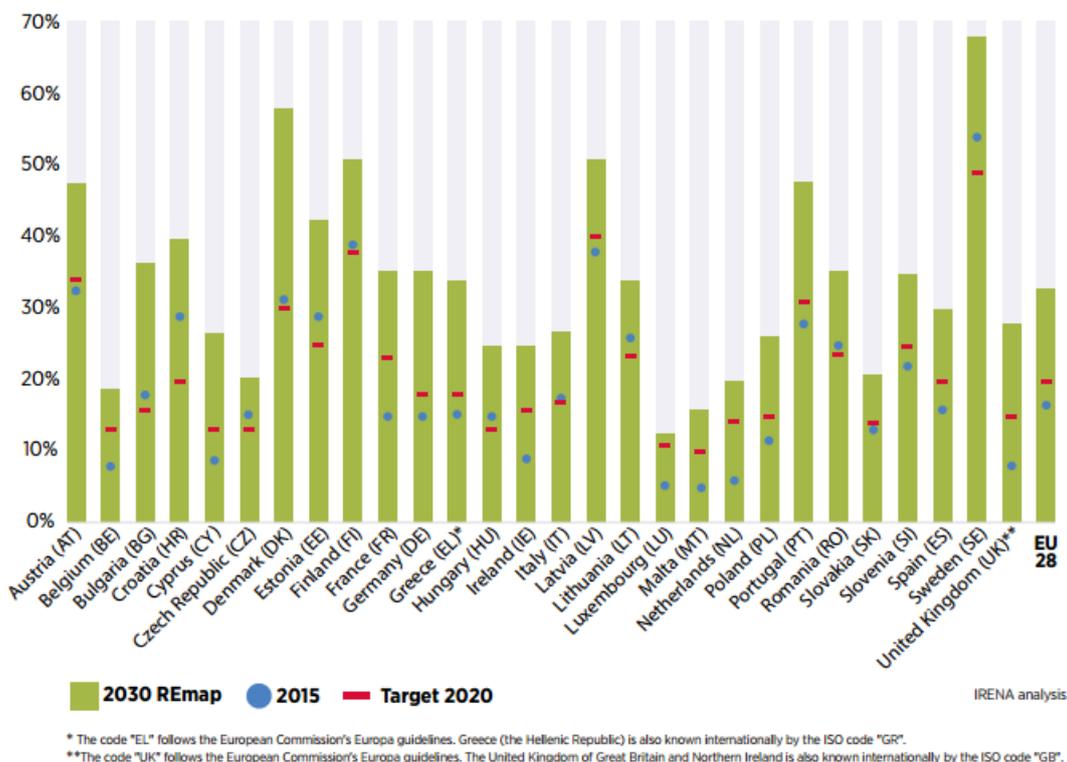


图 2 2015 年、2020 年目标和 2030 年可再生能源消费加速增长潜力

(3) 可再生能源对欧盟能源体系的长期脱碳至关重要

欧盟正顺利处于实现 2020 年的减排目标正确道路上，然而，仍需要进一步努力使长期能源发展趋势与 2050 年的脱碳目标保持一致，特别是在过去进展缓慢的终端用能部门（建筑、工业和运输）。即使欧盟在 2030 年之前实现其 40% 的减排目标，在 2030 年至 2050 年之间也将需要更大幅度的减排量（比现在和 2030 年水平所需的减排量要大两到三倍）。根据 Remap 情景预测，到 2030 年，电力行业可再生能源的比例将上升至 50%（2015 年为 29%），而建筑、工业和交通运输的可再生能源占比将分别为 42%、36% 和 17%。

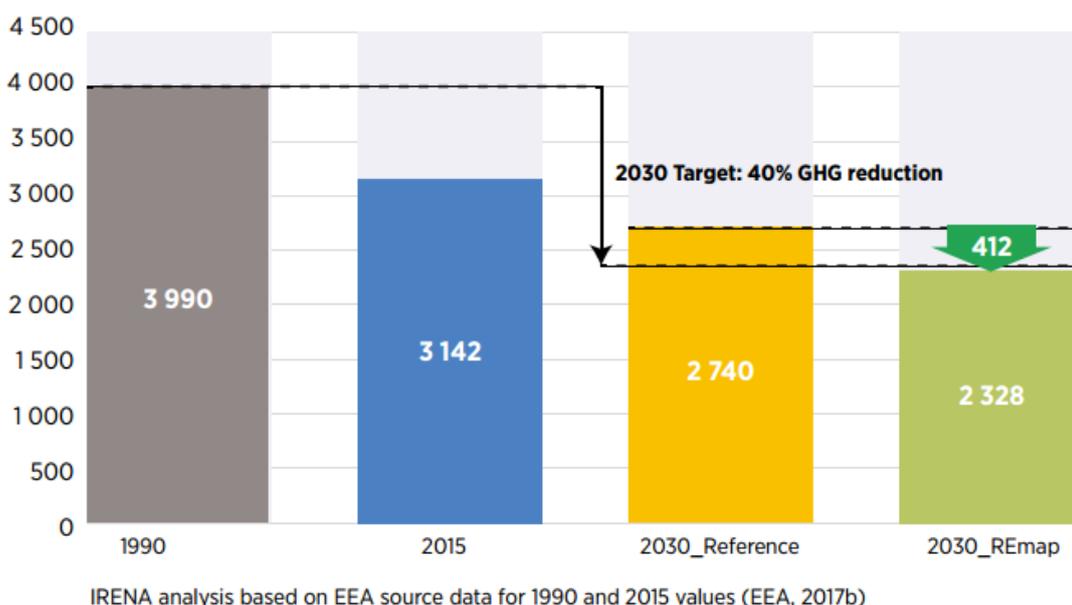


图 3 欧盟与能源相关的二氧化碳排放-1990 年、2015 年、2030 年参考案例以及 2030 年可再生能源的加速增长

（4）欧洲电力部门可以消纳更多的太阳能光伏和风电

在 Remap 情景下，太阳能光伏发电和风力发电占据了电力行业大部分容量的增加。风能装机容量为 327 GW（与参考情景相比增加 97 GW），太阳能装机容量为 270 GW（相比参考情景增加 86 GW），而包括生物质能、水电、地热、太阳能热发电（CSP）和海洋能在内的其他技术则贡献了 23 GW。

（5）供暖和制冷终端用能将消纳三分之一以上的新增可再生能源的

目前供暖和制冷领域的能源需求占了欧盟能源需求的一半，然而，在上述领域可再生能源的部署进度比在电力部门要慢。按照 Remap 情景，到 2030 年可再生能源在供暖和制冷方面所占的份额可达 34%，而在参考情景中这一比例为 25%。超过三分之二的可再生能源供暖和制冷方案比传统的替代方案要便宜。Remap 情景分析显示，加速热泵的部署有很大的潜力，这可能占到供热需求的 9%。如今，地区供热系统约占欧盟供热需求的 9%，然而大部分是用天然气和煤来生产的。将区域供热系统转化为可再生能源，是加速在供暖和制冷行业进行可再生能源利用的一种选择。

(6) 要实现欧盟远期的脱碳目标，交通运输部门应该加快可再生能源部署

在过去的十年中，欧盟在交通运输领域的可再生能源部署方面取得有限的进展。电动汽车的快速普及将是加速可再生能源利用的关键。到 2030 年，大多数出售的乘用车将是全电动或混合动力汽车，电动汽车可能占到欧洲汽车总销量的 16%。然而，即使电动汽车快速普及，到 2030 年，可再生能源仅占到该行业能源消耗的 3%。对于现有的内燃机车和运输模式来说，仍然需要使用先进和常规的液体生物燃料。到 2030 年，液体生物燃料的使用将比 2010 年的水平增加两倍，达到 660 亿升。

(7) 生物质能仍将是可再生能源的一个重要组成单元

如果考虑到可持续发展的问题，2030 年之前生物质能仍然是能源转型的关键。这种情况尤其适用于在短期和中期不容易转化为电力的用途（如工业高温过程热、用于道路运输的先进生物燃料等）。在 Remap 情景中，生物能源的整体部署将比现在的水平翻一番。然而，由于其他可再生能源的贡献超过了生物能源，其在可再生能源总消费中所占的份额将从 2010 年的 67% 下降到 2030 年的 55%。

（吴勘 郭楷模）

中国研究

外媒评中国经济腾飞和科技加速创新助力清洁能源快速崛起

2 月 23 日，英国皇家化学学会 Chemistry World 杂志在其官网发布了名为《中国能源崛起》报告³指出，得益于中国经济的快速发展和科技创新加速，中国在清洁能源领域取得了重大进展：仅 2015 年，中国可再生能源投资就高达 1030 亿美元，占全球总投资的近 1/3；过去十年，中国建立了众多的清洁能源研究中心，开展的前沿研究领域也逐步扩大，从光伏到电池再到二氧化碳（CO₂）捕集和资源化利用等，并且均取得了非凡的成果。受益于清洁能源的发展，中国整体的能源产量得到了显著改善，这使得中国的人均能源用量增长速率已经超过了世界平均水平。报告以光伏、氧化还原全钒液流电池和 CO₂ 捕集与资源化利用三个主题，系统解读了中国在上述清洁能源产业领域取得的重大进展。要点如下：

(1) 全钒液流电池产业

由于可再生能源固有的间歇性问题，导致其并网、消纳和利用等方面存在众多困难和挑战。通过引入电网级别的电池储能技术，能够有效提高可再生能源并网电力系统运行稳定性，提高电力设备利用率等，促进可再生能源的并网和使用。相比锂离子电池，全钒液流电池具有易于规模化生产、使用寿命更长和安全性更高等优

³China powers up.
<https://www.chemistryworld.com/feature/renewable-energy-in-china/3008533.article>

势，被视为是极具发展前景的电网级别的储能技术之一。

由大连博融控股集团和中国科学院大连化学物理研究所共同组建“融科储能技术发展有限公司（下称融科储能）”是全球唯一具备全钒液流电池全产业链技术开发和生产能力的企业。中国科学院大连化学物理研究所首席科学家张华民研究员带领的全钒液流电池研发团队，目前已成功开展了近 30 项应用示范工程，其中包括当前正在实施的 200MWh/800MWh 液流电池储能调峰电站项目，建成之后将成为当前全球规模最大的化学储能电站，远远超过特斯拉公司在澳大利亚建成的世界最大锂电池蓄电站（129MWh）。中国目前已经是全钒液流电池的最大生产国。全钒液流电池大规模应用的最大障碍之一是全氟磺酸质子交换膜（Nafion）膜高成本和易于堵塞的问题。针对该问题，融科储能成功开发了一种基于非氟化聚合物的隔膜，不仅比 Nafion 膜便宜 80%，还具有更小的孔隙，可以实现更好的离子选择性。这使得质子可以通过膜加速，将电池中的电流密度翻番至 160 毫安/平方厘米，并显著提高输出功率。得益于多年的技术创新，融科储能已经成功将全钒液流电池的成本减半至 500 美元/千瓦时，并且有望在未来数年再降至 300 美元/千瓦时。

（2）光伏产业

十年前，光伏（PV）发电成本基本上都是超过 5 美元/瓦；然而，当前中国制造的晶硅光伏电池发电成本则低于 0.25 美元/瓦。在过去的十年中，中国的光伏产业呈现出爆发式的增长态势，主要原因是中国公司能迅速改进生产流程，并及时采用最新的太阳能技术。中国是目前全球最大的太阳能光伏组件生产国，2016 年常州天合光能公司销售的光伏模块占到全球总销量的 10%；此外，中国还安装了全球最多的太阳能电池板。仅在 2016 年，中国的太阳能装机容量就已经从 43GW 跃升至 77GW。2016 年 12 月，中国宣布了一项全新的光伏发展五年计划，目标是到 2020 年光伏装机容量达到 110GW。然而根据彭博新能源财经在 2018 年 1 月统计数据 displays，仅 2017 年中国就完成了足以超越这一目标的光伏装机容量。

新的光伏五年计划将发射极和背面钝化电池（PERC）列为重点支持的光伏技术。与标准光伏电池相比，PERC 电池背面包含一层高反射系数的绝缘材料（如氧化铝），这有助于将未吸收的光反射回半导体，从而提高电池的整体效率。市场研究机构 Energy Trend 预计中国的 PERC 电池产量将从 2016 年的 15 GW 增加到 2020 年的 61GW，届时将占硅基太阳电池市场的 45% 左右。

中国不仅在传统的太阳电池领域发力，也极其重视新一代的光伏技术研发。钙钛矿太阳电池转换效率从 2009 年的不到 4% 提升到了超过 22%，被视为是有望替代晶硅太阳电池的新一代光伏技术。市场研究机构 Lux Research 的数据显示，中国正处在钙钛矿太阳电池这一研究领域的最前沿：截至 2015 年，该领域有近四分之一的研究论文是由中国学者发表的。此外，中国的科研人员们已经在着手进行钙钛矿

电池的商业化开发。

(3) CO₂ 捕集和资源化利用

尽管中国在清洁能源领域取得了长足的进步，但现阶段中国的能源主体依然是煤炭。中国的燃煤电厂装机总量超过 900GW，占总发电量的三分之二。预计到 2030 年时，煤炭在中国能源结构中的占比仍将超过 50%。燃烧煤炭是温室气体的主要来源方式，据统计，当前中国燃煤电厂的 CO₂ 排放量占到全国碳排放的 80%，并且中国 CO₂ 排放量的增长率也超过了其它国家。因此，加快碳减排已经被提到了国家战略高度。

CO₂ 捕集和资源化利用则是实现减排的重要手段。中国在碳捕集、利用和封存 (CCUS) 技术方面投入大量的研发经费，因为 CCUS 可以捕获化石燃料燃烧后释放的二氧化碳，将其储存在地下岩层，或者将其用作化学原料。2017 年，陕西延长石油有限责任公司正式开工建设碳捕集与封存示范项目，其目标是每年从两座煤化工工厂捕获约 40 万吨 CO₂，然后将捕获的 CO₂ 注入乔家洼油田，以帮助开采石油。中国计划发展七个以上的 CCUS 项目，并有望在未来二十年成为该领域的主要参与者。另外一种碳减排的方式就 CO₂ 资源化利用，也即以 CO₂ 为原料将其转化为高附加值的化学品，如通过氧气和水蒸汽来处理煤炭以产生合成气（氢气和一氧化碳的混合物），然后通过“费托合成方法”来制造液态烃燃料，或者生产诸如甲醇的关键化学品。在 CO₂ 资源化利用方面，中国科学院大连化学物理研究所技术处于国内领跑地位，该所李灿院士带领的研究团队在 2017 年报道了一种氧化锌-氧化锆双金属催化剂，可以将 H₂ 和 CO₂ 高效地转化为甲醇，该新型催化剂能够稳定保持活性 500 小时，且甲醇产量超过 90%。

(郭楷模)

项目计划

欧盟资助 1000 万欧元加强电动汽车电池技术创新

2 月 23 日，欧盟创新理事会(European Innovation Council)宣布在“地平线 2020”研发计划框架下启动总额 1000 万欧元电动汽车电池资助项目⁴，旨在增强车用动力电池的研发创新，提升欧洲电池制造能力，提高电动汽车普及率，改善城市空气质量和居民健康，并保持其在科学创新领域的全球领先地位。本次资助的电池技术研发要求如下：

(1) 安全性、可持续性和可回收性

⁴ Commission launches €10 million EIC Horizon Prize for innovative batteries for electric vehicles.
https://ec.europa.eu/info/news/commission-launches-eu10-million-eic-horizon-prize-innovative-batteries-electric-vehicles-2018-feb-23_en

电池必须确保生产者、用户和环境安全。任何问题（例如热失控导致的火灾或电池爆炸）都必须予以解决和消除。此外，应消除电池使用或生产过程中通过与有毒物质接触造成的任何对工作人员的健康威胁，并且必须向评审委员会合理地证明这一点；

电池材料应可回收并容易拆卸，并符合循环和绿色经济的框架下可回收性、耐用性和可持续性的要求；

电池必须满足现有监管框架下的其他要求。

(2) 在续航里程和充电时间方面，提供与传统汽柴油车相同的体验和便利

电池续航里程应保证欧盟新车安全评鉴协会（Euro NCAP）所界定的“小型家用轿车”连续行驶至少 600 公里；

电池充电时间应少于 5 分钟。对于电池“二次充电”的界定是，在充电站将电池充满（不包括在行驶过程中通过回收能量或从街道上的架空线充电）。对于电池“一次充电”的界定是在充电站处用充满电的电池替换电量耗尽电池（类似于车辆在加油站加油过程）；

在加速度、噪音、工作温度范围（大约-20 至+50 摄氏度）、干燥和/或潮湿环境的容忍度、正常路况下的舒适性及可靠性等方面，电池驱动的电动车应达到或超过一般内燃机动力车水平。电池工作温度不应妨碍乘客的舒适度，也不应使用耗能的冷却装置。

(3) 电池驱动的电动车应具有与汽油/柴油车相当或更好的全寿命成本

整个声明周期成本（包括考虑电池的资本性支出 CAPEX 和运营成本 OPEX）应具有市场竞争力。这需要通过市场研究和市场预测来证明。对于一次电池，分析应包括电池生产、物流、安装和回收/处置成本。

(4) 在使用寿命内，电池可以稳定可靠地供电，不存在明显的性能损失。新电池供电寿命应高于现有电池水平

对于二次电池，电池的使用寿命和质量应保证在正常工作条件下至少可以运行 5 年，并且维护和维修工作量极少。根据 2020 年可用技术，通过建模、计算和基于实验室的加速老化测试程序，应该尽可能评估电池寿命。根据 2020 年最佳可用方法记录/验证电池老化情况，其结果应符合上述要求。电池应该具有可忽略的“记忆效应”（随着时间的推移最大存储容量的恶化），并且应该能够从任何放电状态点再充电。欧盟委员会保留由独立实验室（例如 JRC 的电池测试实验室）进行测试以验证电池持久性。

对于一次电池，应证明保质期至少为 2 个月，漏电量忽略不计，电池交换结构将安装在车内，应保证至少 5 年内安全可靠运行。

(5) 新电池驱动的电动车应具有与传统内燃车相当的性能标准（汽车加速度、

安全性等)

电池应该是相当轻巧的，以便能够安装在标准小型家用车上，不需要在车身上应用成本密集型减重措施或重大升级，也不需要改造悬挂系统来补偿额外的电池重量。

对于二次电池，应该证明在必要时，可以方便地拆卸以进行修理。

(6) 展示新材料技术的重大进步，同时避免依赖进口材料（例如昂贵、稀有和不可持续的材料）

电池在很大程度上应该由欧洲自产材料制成，尽可能少地使用稀土和关键原材料或欧盟内不易获得的材料，以避免材料供应短缺。这些材料应该有助于实施具有竞争力的欧洲电池价值链，并允许从材料到最终电动汽车的价值链中的垂直整合。

生产电池所产生的 CO₂ 应尽可能低。

(黄健 郭楷模)

DOE 资助 1000 万美元支持热电联产技术研发

2 月 23 日，美国能源部 (DOE) 宣布资助 1000 万美元用于先进热电联产技术的研发⁵，旨在开发经济、高效、多种燃料源可用的新型热电联产 (CHP) 技术，减少电力损失和电网基础设施的限制，增加能源效率和电力的可靠性、灵活性，为用户提供更高效、更低成本的电力服务，降低能源消耗和减少有害气体的排放。本次资助项目涵盖两大技术主题，包括：(1) 兆瓦级的电力电子和控制系统开发，(2) 热电联产系统发电组件，具体内容参见表 1。

表 1 热电联产技术研发项目具体内容

主题	研究内容
兆瓦级的电力电子和控制系统开发	开发适用于兆瓦 (1-20MW) 级别 CHP 系统的先进电力电子和控制系统，以将 CHP 系统的安装成本降至 1800 美元/千瓦以下，提升现有的或者新建的 CHP 系统的经济性，提升发电厂的运行性能、效益和稳定性
热电联产发电组件开发	针对兆瓦 (1-20MW) 级别的 CHP 系统，开发新型的发电组件，使得基于活塞式发动机的 CHP 系统单元机组热电转换效率达到 45%，整体的发电系统效率达到 85%，发电单元能够在 2 分钟内从 50% 的额定容量增加到 100%

(郭楷模)

⁵ Department of Energy Announces \$10 Million for Combined Heat and Power Technology Research to Provide Cost-Effective Support to the Electric Grid.
<https://www.energy.gov/eere/articles/department-energy-announces-10-million-combined-heat-and-power-technology-research>

DOE 资助 160 万美元支持高校开展化石能源技术研发

2 月 8 日，美国能源部（DOE）化石能源局宣布资助 160 万美元支持高校（包括煤炭研究院、黑人院校和少数民族机构）开展化石能源技术研究和开发项目⁶，旨在支持实验室的大学本科和研究计划，培训下一代科学家和工程师，推动以煤为基础的化石能源资源的相关基础研究和应用创新。资助项目将重点关注两个领域：

（1）电厂废水中的煤污染物分离

将支持分析不同燃料、电厂和运行参数对电厂污水中煤污染物形成的影响。这些项目将产生支持优化发电厂环境控制的成果，同时最大限度地降低所需的成本和能源用量。

（2）由机器人技术实现自动化工厂组件检查、分析和修复

选定的项目将在化石燃料电厂使用的几项技术（如自动化、无损评估、机器人和修复）整合方面取得进展。主要关注以下任何或全部子目标：

- 机器人检测系统；
- 机器人维修系统；
- 检测数据的自动化收集和分析。

（吴勤 郭楷模）

前沿与装备

华盛顿大学开发全球首个激光无线充电系统

无线充电技术可通过电磁感应、电磁耦合谐振和射频等方式实现非物理接触式的电力传输，从而实现为各种用电设备（如手机、平板电脑、电动汽车等）进行无线充电，将极大地改善人们的生活方式。然而，电力传输距离短、电力传输效率低等问题阻碍了该技术的大规模普及应用。华盛顿大学 Shyamnath Gollakota 教授研发团队研发出全球首个激光无线充电系统，其能够在 4.3 米的距离变化范围内实现高效的电力传输，且传输效率不随距离的变化而改变，呈现良好的稳定性，对无线充电技术的发展具有重要的推动作用。该套无线充电系统主要组成部件包括激光发射器、光伏电池、热电机、微型声学系统，其工作原理是：激光发射器发射出近红外波段的聚焦充电光束（作为发射场线圈），通过微型声学系统自动精准定位发出特有频率的智能用电设备位置，从而将充电光束射向事先安装了具有光束接收器电池的智能用电设备上进行充电。实验结果显示，该激光无线充电系统可为 4.3 米半径距离范围内、97 平方厘米面积用电设备提供 2 瓦的稳定电力，并且其充电速率可以

⁶ Energy Department to Invest \$1.6 Million to Support University Programs.
<https://www.energy.gov/fe/articles/energy-department-invest-16-million-support-university-programs>

与传统的 USB 线缆传输速度相当。并且理论模拟结果显示，经过优化后，该激光无线充电系统工作半径能够得到进一步扩展，即可为 12 米半径范围内任意位置的 100 平方厘米面积用电设备提供电力传输。由于充电的光束属于高功率激光光束，因此存在一定危险性，研究人员还精心地为该无线充电系统设计了完善的安全防护功能：发射器中还包含了低功率防护光束，当有人体移动到保护光束的路径中时，便可以感知到，发射器就关闭高功率充电光束；同时为了避免充电光束过度加热手机，研究人员还在智能设备上安装铝条进行散热。该项研究开创性地研发了全球首个激光无线充电系统，不仅具备优异的无线充电功能，同时具备良好的快速安全响应机制，为无线充电技术开辟了全新技术路径。相关研究工作发表在《*Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*》⁷。

（郭楷模）

二维超薄二硫化钼保护层增强锂硫电池循环性能

锂硫电池是极富潜力的下一代高能电池系统，其理论能量密度可达 2600Wh kg^{-1} ，是锂离子电池理论能量密度的 3-5 倍。然而金属锂负极容易形成枝晶带来安全隐患，从而使锂硫电池实用化困难重重。北德州大学 Wonbong Choi 教授带领的研究团队制备了一种二维超薄二硫化钼薄膜并进行锂化处理，随后作为保护层应用于锂硫电池，有效地抑制了锂枝晶的形成，减小电极/电解质界面电阻，从而显著增强电池性能和循环稳定性，在 0.5C 条件下循环 1200 次后电池容量仍可保持初始状态的 84%。为了有效地抑制锂枝晶的形成，研究人员首先通过原子沉积的方法在锂负极表面沉积一层二维结构的二硫化钼（2D MoS₂）薄膜保护层，扫描电镜显示薄膜均匀覆盖整个锂负极表面，而原子力显微镜表征显示薄膜厚度仅为 10 nm。接着，研究人员对 2D MoS₂ 薄膜保护层进行锂化处理，以减少包覆 2D MoS₂ 薄膜保护层后锂电极/电解质界面电阻，促进 Li⁺在体相锂金属负极中的高效嵌入和脱嵌。电化学性能测试显示，在 0.1C 倍率下，采用无 2D MoS₂ 薄膜保护层锂负极锂硫电池循环 150 次后，比容量就衰退殆尽。相反，基于 2D MoS₂ 薄膜保护的锂负极电池 300 次循环后，容量保持率可达 96%；而在更高的 0.5C 倍率下，电池仍可呈现出优异的性能，0.5C 初始循环比容量为 1105mAh g^{-1} ，经过 1200 次循环后比容量仍可维持初始状态的 84%，即 940mAh g^{-1} ，比能量密度可达到 589Wh kg^{-1} ，功率密度 295W kg^{-1} ，库伦效率高达 98%，展现出了优秀的高倍率性能和循环稳定性。研究人员指出电池性能大幅提升主要原因是：一方面，2D MoS₂ 薄膜保护层可有效防止金属锂负极与电解液直接接触，消除了锂枝晶的成核位点，减少了枝晶的形成，形成了较为稳定的固态电解质（SEI）膜；另一方面，MoS₂ 保护层超薄的原子层结构以及半导体-金属相变特性

⁷ Vikram Iyer, Elyas Bayati, Rajalakshmi Nandakumar, et al. Charging a Smartphone Across a Room Using Lasers. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2018, DOI: 10.1145/3161163.

有效地解决了电极/电解质界面高阻抗问题。该项研究设计制备了全新两维二硫化钼包裹的锂金属负极材料,在保持了电极良好导电性的前提下,形成了稳定的 SEI 膜,有效地抑制了锂枝晶的形成,增强了电池性能和循环寿命。为设计和开发高性能的锂硫电池提供了新的路径。相关研究工作发表在《*Nature Nanotechnology*》⁸。

(郭楷模)

三维空心纤维网络阳极碳燃料电池碳利用率超 85.5%

直接碳燃料电池(DCFCs)是一种由丰富而廉价的固体碳燃料驱动的高效发电机。然而,由于碳燃料、电极和电解质之间缺乏良好的直接接触,燃料电极中有限的三相边界会抑制性能而导致燃料利用率差,且电池需要在高温条件(700-900℃)才能运行,上述苛刻条件限制了该电池技术的实际应用。爱达荷国家实验室 Ting He 教授研究团队设计一种新的直接碳燃料电池,有效地解决了这些缺点,使得电池在 600℃ 低温下也可以有效地运行并获得优异性能。研究人员将钷掺杂的氧化钪($\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{1.95}$, GDC)和碳酸复合物($\text{Li}/\text{Na}_2\text{CO}_3$)混合作为复合电解质,通过浸泡和压缩的方法将氧化镍(NiO)和 GD 复合制成由空心的纤维单元组成的三维网络骨架以作为阳极,而 $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_3$ (SSC)作为阴极组装成完整的 DCFCs。由于电解质由固体碳和碳酸盐制成,在工作温度 500-600℃ 下,碳酸盐属于流体,易流入阳极当中,优化电极与电解质之间的界面接触。当熔融碳酸盐将固体碳带入阳极时,增加了燃料电池的功率密度。而空心纤维构成的三维结构阳极的中空和多孔特性为熔融碳酸盐携带固体碳的渗透提供了足够的空间,可以最大限度地增加电极与碳燃料发生化学反应的表面积,即提供更多的活性位点。在电池运行过程中,研究人员发现,熔融的碳酸盐将固体碳通过阳极三维骨架上的孔道与空心纤维单元充分接触,使得电极和电解质之间建立了良好的接触,解决了阳极内碳分布的问题,这是增强电荷转移的关键步骤。在碳燃料中添加碳酸盐,让燃料碳、电极和电解质之间接触更加充分,有助于延伸三相边界区域,从而提高电池性能。电化学性能测试显示,在 500、550 和 600℃ 下基于该新型阳极的 DCFCs 最大功率密度分别为 143、196 和 325 mW/cm^2 ,显示出优异的低温性能。更为关键的是,在 500℃ 时,电池可以在 0.15 A/cm^2 恒定电流密度、0.13 W/cm^2 额定功率密度下稳定运行,碳利用率更是超过 85.5%。该项研究开发了最新的空心纤维三维网络阳极材料,大幅提升了电极和电解液的接触面积,从而提升了碳燃料利用率,使得采用该阳极的直接碳燃料电池能够在更低的温度下高效运行,为设计和开发低温高效的直接碳燃料电池提供了新思路。相关研究工作发表在《*Advanced Materials*》⁹。

⁸ Eunho Cha, Wonbong Choi, Juhong Park, et al. 2D MoS_2 as an efficient protective layer for lithium metal anodes in high-performance Li-S batteries. *Nature Nanotechnology*, 2018, doi:10.1038/s41565-018-0061-y

⁹ Wei Wu, Yunya Zhang, Dong Ding, et al. A High-Performing Direct Carbon Fuel Cell with a 3D Architected Anode Operated Below 600 °C. *Advanced Materials*, 2017, 1704745.

(刘竞 郭楷模)

硅-石墨烯三维网络复合负极增强电池循环性能

硅负极由于丰富的储量和超高的理论比容量正逐渐成为电池企业和锂电材料商改善负极的最优先选择，被视为是最具潜力的下一代锂离子电池负极材料之一。然而，体积膨胀和低导电性问题阻碍了硅负极锂电池的商业化进程。英国华威大学 Rohit Bhagat 教授研究团队开发出了全新的硅-石墨烯复合负极，不仅延长了电池寿命还将锂离子电池储量提升 1 倍。研究人员将纳米硅颗粒 (Si)、分层石墨烯 (FLG) 和碳黑混合制成复合电极材料 Si-FLG。扫描电镜显示，复合电极呈现出分层级三维网络结构，Si 纳米颗粒均匀地分散在 FLG 组成的三维网络空间，其中 FLG 有助于增强三维网络平面内的长程导电性，而炭黑则增强了上下平面间的短程导电性，即上述结构能够有效克服传统 Si 负极低导电性缺陷，同时三维网络结构能够有效地缓冲 Si 纳米颗粒的膨胀问题。随后，研究人员以锂箔为正极，六氟磷酸锂为电解质、Si-FLG 为负极组装成电池进行电池性能测试研究。在 5 mV-1V 之间、以 C/20 (90 mA/g) 倍率进行恒流循环，结果显示基于纯 Si 电极电池经过 50 次循环后电池容量就大幅衰退，锂化平台明显降低，电压减小约为 0.25 V。相反 Si-FLG 电极电池表现出来良好的循环稳定性，经过 230 次循环后，电池容量保持率为 80%，且没有明显的平台减少或峰移，即新型结构的 Si-FLG 复合电极能够显著改善电池循环性能，以及克服 Si 电极较低电阻而减少的电压滞后问题。该项研究创新设计制备了硅-石墨烯三维网络复合电极，一方面三维网络结构改善了 Si 电极体积膨胀破损问题，另一方面高导电性的石墨烯克服了硅电极导电性弱的问题，因此增强了电池循环稳定性，改善了电池性能，为硅负极电池的设计开发提供了新的思路。相关研究工作发表在《*Scientific Reports*》¹⁰。

(罗卫 郭楷模)

¹⁰ Qianye Huang, Melanie J. Loveridge, Ronny Genieser, et al. Electrochemical Evaluation and Phase-related Impedance Studies on Silicon-Few Layer Graphene (FLG) Composite Electrode Systems. *Scientific Reports*, 2018, DOI: 10.1038/s41598-018-19929-3

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心是服务国家和中科院能源决策管理、科技创新、产业发展的专业情报研究机构，历年来承担和参与了多项国家级、中科院、省部级能源科技战略规划和重要科技计划研究。中心的主要产品包括《先进能源发展报告》、《先进能源动态监测快报》（半月刊）、《能源与科技参考》及各类深度能源情报研究分析报告，主要研究方向包括能源科技领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大成果工程应用、重要科技政策与管理研究。

	研究内容	特色产品
战略规划研究	开展科技政策与科研管理、发展战略与规划研究等相关服务，为科技决策机构和管理部门提供信息支撑。	先进能源发展报告：科技引领能源 国际能源战略与新能源技术进展 金融危机背景下的能源战略 世界能源强国能源科技创新体系分析报告 美国能源科技计划管理机制及启示
领域态势分析	开展特定领域或专题的发展动态调研与跟踪、发展趋势研究与分析，为研究机构、企业的科研项目提供情报服务。	核电技术国际发展态势分析报告 太阳能热发电技术国际发展态势分析报告 智能电网国际发展态势分析报告 规模化电力储能技术国际发展态势分析报告 高端洁净煤发电技术国际发展态势分析报告
技术路线研究	开展产品、成果、专利或标准的情报研究，分析相关行业的现状及发展趋势，为企业发展与决策提供参考。	国际能源领域技术路线图解析 低阶煤热解/气化/循环流化床专利态势分析 新型煤气化技术发展报告 太阳能技术新突破：钙钛矿太阳电池 我国能源互联网发展重要战略问题研究

编辑出版：中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心

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 吴勘

电话：（027）87199180

电子邮件：jjance@whlib.ac.cn

微信公众号：CASEnergy

