

# 先进能源科技动态监测快报



## 本期重点

- 2017年欧洲海上风电新增装机创历史新高
- IRENA：扩大新兴市场可再生能源投资需要克服多重挑战
- 欧盟资助 8.73 亿欧元推进清洁能源基础设施建设
- DOE 资助 2750 万美元支持先进化石能源发电系统研究
- 日科学家开发无定型聚合物给体高性能有机太阳能电池

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](mailto:zhaoyq@whlib.ac.cn)  
郭楷模  
[guokm@whlib.ac.cn](mailto: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

- 2017年欧洲海上风电新增装机创历史新高.....2  
IRENA: 扩大新兴市场可再生能源投资需要克服多重挑战 .....4

## 项目计划

- 欧盟资助 8.73 亿欧元推进清洁能源基础设施建设 .....6  
DOE 资助 2750 万美元支持先进化石能源发电系统研究 .....7  
IRENA /ADFD 联合资助 2500 万美元用于太阳能光伏项目 .....8

## 前沿与装备

- 无定型聚合物给体高性能有机太阳电池.....9  
廉价高效非掺杂共轭小分子空穴材料..... 10  
新型黑磷/钒酸铋二维异质结催化剂实现高效光解水产氢..... 11  
嵌锂活动原位观察揭示锂离子充放电过程局域浓度反转现象..... 12

**恭 祝 春 节 快 乐**

专辑主编: 陈 伟  
本期责编: 郭楷模

联系邮箱: [jiance@whlib.ac.cn](mailto:jiance@whlib.ac.cn)  
出版日期: 2018年02月01日

## 本期概要

欧洲风能协会 (Wind Europe) 发布《欧洲海上风电产业统计报告 2017》指出, 2017 年欧洲海上风电新增 560 台风力发电机并网, 新增装机容量 3.1GW, 较 2016 年翻了一番, 创历史新高: 2017 年, 累计共有 4149 台风力发电机并网, 装机总量达 15.8 GW, 分布在 11 个国家的 92 个风电场。新增并网海上风电主要分布在英国、德国和比利时, 其中英国 1.7 GW, 德国 1.3 GW, 比利时 165 MW。就装机总量来看, 英国依然是欧洲最大的海上风电国家 (6835 MW, 占比 43%), 紧随其后是德国 (5355MW, 34%), 丹麦则以 1266 MW (占比 8%) 跻身前三甲。风力涡轮机制造商市场占有率方面, 西门子依旧雄踞榜首, 市场占有率达 64%, 紧随其后的是三菱重工维斯塔斯 (18%) 和苏司兰 (5%)。截至 2017 年底, 欧洲海上风电场共计安装了 4555 个基座结构, 其中单桩式 (monopiles) 基座依然为主流基座结构, 占比超过八成。

国际可再生能源机构 (IRENA) 发布《扩大新兴市场可再生能源投资: 挑战、风险和解决方案》报告指出, 近年来得益于技术进步和成本下降, 可再生能源得到了快速发展: 2017 年全球可再生能源投资达到 2650 亿美元, 超过了传统电力。然而, 当前的投资水平还远不能满足《巴黎协定》所设定的目标, 要实现设定的目标, 年度投资水平需要提升至当前水平的三倍, 并且保持这个水平一直到 2050 年。因此, 如何为可再生能源营造良好投融资环境, 破解融资和扩大投资依然面临诸多挑战, 包括: 金融和盈利性、管理能力和政策和监管等挑战。为此, 报告提出了三大战略性建议: (1) 通过适当的工具和政策来解决财务和可持续性挑战; (2) 需要集中、加强和简化管理与审批机构, 减轻和解决土地所有制问题; (3) 建立健全的监管体系以及有效的法律框架, 建立长期可靠的可再生能源政策和市场条件。详见正文。

欧盟委员会宣布资助 8.73 亿欧元支持欧洲 17 个能源基础设施建设项目: 其中, 电力部门有 8 个 (6.8 亿欧元), 天然气领域有 9 个 (1.93 亿欧元); 4 项属于建筑工程项目 (7.23 亿欧元), 13 项属于科学研究项目 (1.5 亿欧元); 旨在促进欧盟能源市场一体化, 增强竞争力。

美国能源部 (DOE) 宣布资助 2750 万美元开展“先进化石能源发电技术研发创新”项目, 旨在提高现有和新建化石能源发电厂发电效率、经济性和稳定性, 涵盖两大主题: 包括: (1) 用于互联网化石能源发电厂的传感器和控制技术; (2) 开发用于化石能源先进制造技术的计算机仿真工具。

国际可再生能源机构 (IRENA) 和阿布扎比发展基金 (ADFD) 联合宣布开展第五轮金融投资项目: 资助 2500 万美元用于毛里求斯和卢旺达的两个太阳能光伏项目, 为低收入社区提供可持续、可负担的能源, 改善 250 多万人的用电需求, 同时降低空气污染, 为当地社区经济带来可观的收益。

大阪大学 Yoshio Aso 教授课题组设计合成了一种新颖的无定型 D-A 共聚物给体材料 DTS-HT-C0(F2), 并与富勒烯衍生物 PC71BM 受体形成活性层, 成功用于有机太阳能电池器件制备, 并获得了优异的性能: 电池的短路电流和填充因子分别达到了 17.72 mA cm<sup>-2</sup> 和 67%, 获得了 9.12% 的光电转换效率, 是迄今为止首个采用无定型活性层有机太阳能电池效率突破 9% 的器件。

## 2017 年欧洲海上风电新增装机创历史新高

欧洲风能协会（Wind Europe）2月初发布《欧洲海上风电产业统计报告 2017》<sup>1</sup>指出，2017 年欧洲海上风电新增 560 台风力发电机并网，新增装机容量 3148 MW，较 2016 年翻了一番(图 1)，累计共有 4149 台风力发电机并网，装机总量达 15.8 GW，分布在 11 个国家的 92 个风电场（2017 年新增 14 个风电场，包括苏格兰建造的全球首个海上浮动式风电场）。2017 年，英国和德国还有 11 个风电项目正在建设当中，完成后将增加 2.9 GW 装机，使得到 2020 年全欧海上风电累计装机量有望达 25 GW。

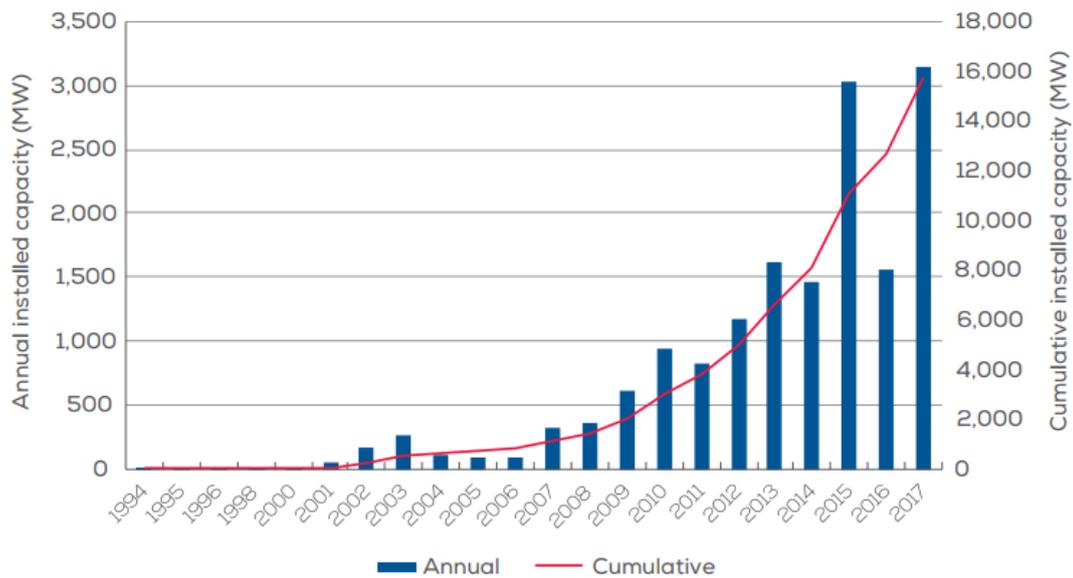


图 1 1994-2017 年欧盟海上风电年度装机容量变化态势（单位：MW）

2017 年欧洲新增并网海上风电主要分布在英国、德国和比利时。英国装机量占到一半以上（281 台，1.7 GW，占比 53%），德国次之（222 台，1.3 GW，占比 40%），第三大市场是比利时（50 台，165 MW，占比 5%）。主要风力涡轮机制造商是西门子（245 台，1487 MW，51.3%），其次是三菱重工维斯塔斯（164 台，842 MW，24.7%）。2017 年欧洲海上风力涡轮机平均容量同比增加 23% 至 5.9 MW，并网海上风电场平均规模为 493 MW，相比 2015 年增加了 34%。2017 年海上风力发电场的平均水深为 27.5 m，较 2016 年减少了 1.7 m，平均离岸距离从 2016 年 43.5 km 减少到了 41 km。

<sup>1</sup> Offshore wind in Europe grew 25% in 2017.  
<https://windeurope.org/newsroom/press-releases/offshore-wind-europe-grew-25-2017/>

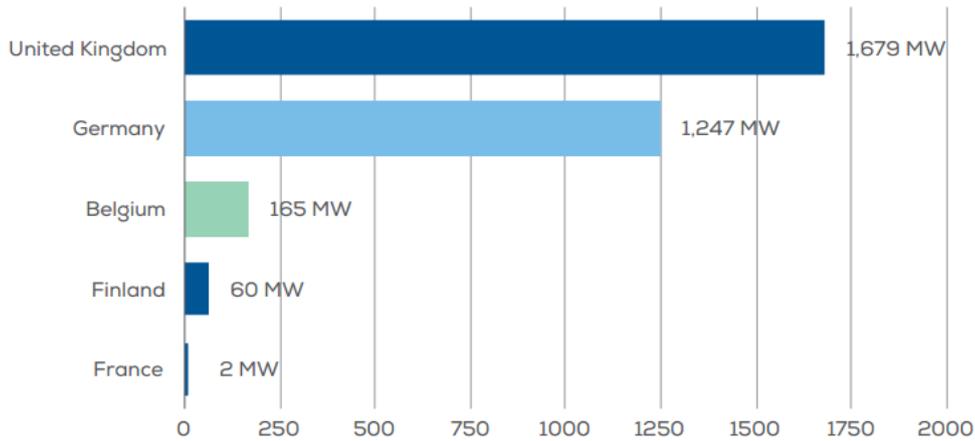


图 2 2017 年欧洲海上风电新增装机容量前六位国家基本情况（单位：MW）

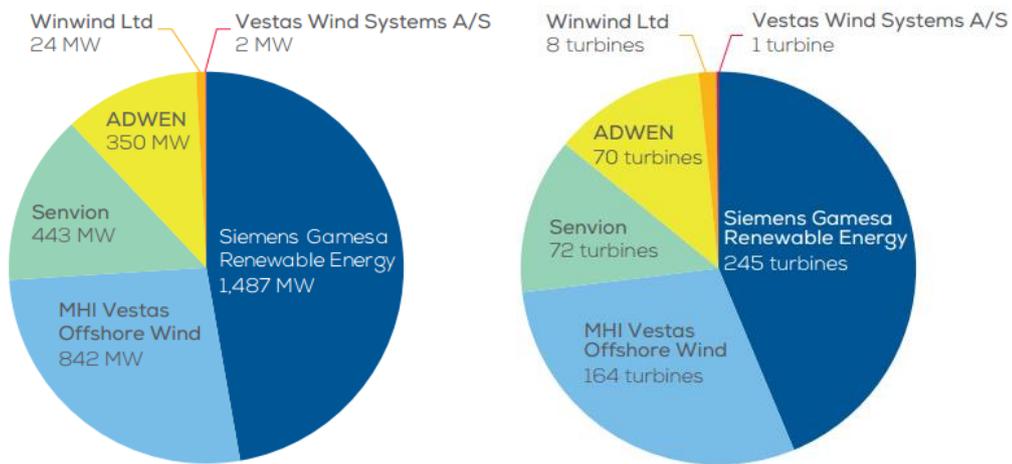


图 3 2017 年欧洲风力涡轮机制造商新增装机容量（单位：MW）和风力涡轮机并网情况

就装机总量来看，截至 2017 年底，英国依然是欧洲最大的海上风电国家，其累计装机总量达 6835 MW，占全欧总装机量的 43%；紧随其后是德国（5355 MW，34%），丹麦则以 1266 MW（占比 8%）跻身前三甲，荷兰和比利时分别以 1118 MW（7%）和 817 MW（6%）分居第四和第五位，上述五个国家累计装机容量之和占全欧累计装机总量的 98%。就风力涡轮机制造商市场占有率而言，西门子依旧雄踞榜首，市场占有率达 64%；紧随其后的是三菱重工维斯塔斯（18%）和苏司兰（5%）。截至 2017 年底，欧洲海上风电场共计安装了 4555 个基座结构，其中单桩式（monopiles）基座依然为主流基座结构，数量达到 3720 个（占比 81.7%）；其次是导管式（jackets）基座结构（315 个，6.9%）；随后依次为重力式（gravity）结构（283 个，6.2%）、三脚架结构（132 个，3.9%）和三桩式（80 个，2.9%）以及 7 个浮动式海上风力涡轮机。

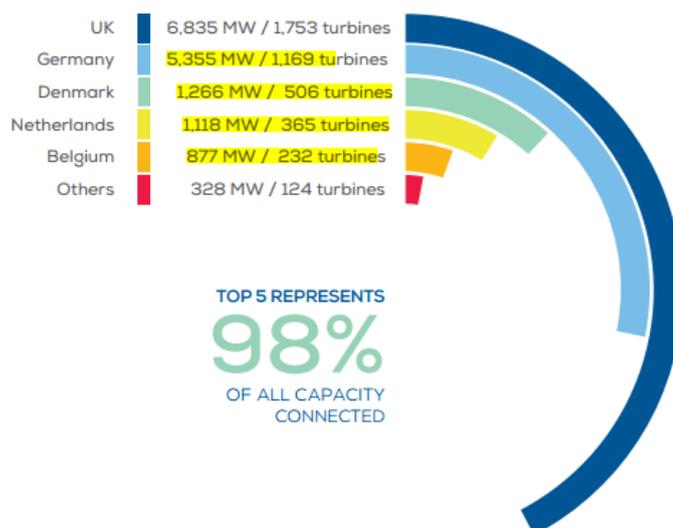


图4 截止 2017 年欧洲海上风电累计装机容量前五位国家情况（单位：MW）

考虑到英国 2016 年第三轮获准的海上风电建设项目被推迟到 2018 年完工，意味着风电并网容量在未来两年内将继续增加。欧洲风能协会指出，当前有 11.4 GW 的项目已获准建设，6.7 GW 的项目正在申请许可证，总计 57 GW 的项目正处于规划阶段。然而，由于欧盟成员国到 2020 年内要完成其“国家可再生能源行动计划”（NREAP），项目启动的数量将下降，容量增加将在 2020 年停止。到 2020 年，欧洲海上风电总容量预计将达 25 GW。

（郭楷模）

## IRENA：扩大新兴市场可再生能源投资需要克服多重挑战

1 月 13 日，国际可再生能源机构（IRENA）发布《扩大新兴市场可再生能源投资：挑战、风险和解决方案》报告指出<sup>2</sup>，2017 年全球可再生能源投资达到 2650 亿美元，超过了传统电力行业。然而，目前的可再生能源投资水平还远不能满足《巴黎协定》所设定的目标，后者需要将年度投资水平提升至当前水平的三倍，并且保持这个水平直到 2050 年。报告预计未来可再生能源投资份额的 85% 将来自私人融资，大约三分之二的资金发生在新兴可再生能源市场。因此，如何为可再生能源营造良好投融资环境，破解融资难题和扩大投资依然是一项重大挑战。报告系统分析了扩大可再生能源投资和发展中存在的重大挑战，提出了相关战略性建议，主要内容如下：

### 1、金融和盈利性挑战

任何投资的一个关键问题是某个项目是否具有可投资性，银行或内部投资委员会必须确信该项目将在融资期内按照计划执行并盈利。在当今竞争激烈的可再生能

<sup>2</sup>Scaling up of investment in emerging markets: CHALLENGES, RISKS AND SOLUTIONS.  
[http://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Articles/2018/Jan/Coalition-for-Action\\_Scaling-up-RE-Investment\\_2018.pdf?la=en&hash=43CD877460274F1BEA5C61444AC4B20C59A57702&hash=43CD877460274F1BEA5C61444AC4B20C59A57702](http://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Articles/2018/Jan/Coalition-for-Action_Scaling-up-RE-Investment_2018.pdf?la=en&hash=43CD877460274F1BEA5C61444AC4B20C59A57702&hash=43CD877460274F1BEA5C61444AC4B20C59A57702)

源环境中，利润空间越来越小，因此必须尽可能降低风险。在这种背景下，电力购买协议（PPA，与购电方签订的关于每单位电力生产支付多少费用的协议）至关重要。外购者或买方的财务状况需要足够强大，以说服贷方/投资者在融资期间承担风险。另一个需要缓解的风险是货币风险，即资本购买、融资或偿债服务以一种货币制成，但收入流或运营支出以另一种货币形式（通常为本地货币）。

## **2、管理能力挑战**

对于可再生能源项目的发展来说，时间极其重要。项目开发时间的延迟，无论来源如何，都可能导致项目最终可行与不可行之间的巨大差异。程序与决策过程的清晰度和及时性对创造良好的投资环境至关重要。决策不一定要对一方或另一方有利，只需要清楚地知道谁将制造，何时制造，以及制定什么样的决策标准。如果在这一过程中涉及太多的监管机构，可能会造成重大的延迟，同时也会导致审批程序和监管程序缺乏透明度。在世界许多地方，可再生能源项目面临的最困难问题之一是土地使用权。在项目开发过程中，缺乏明确的法律和土地控制规则是一个非常复杂的问题，可再生能源行业不应试图解决数十年或几个世纪的土地纠纷。

## **3、政策和监管挑战**

尽管政策和监管方面的挑战可能与不利的政策环境和电力市场设计有关，但无论如何，主要的监管风险是与在项目开发和工厂运营阶段的能源政策、程序、市场设计、输电网络或电厂调度方面的快速或意外变化有关。当地电网基础设施管理可再生能源项目产出的能力是开发商的一个关键要素。获取电网接入、优先调度权和限电补偿的规则是经常困扰国家可再生能源计划发展早期项目的众多问题中的一部分。在项目开发和执行的各个方面，有必要与银行达成协议，并包含明确及有效的争端解决机制。对各方而言，法治和透明度都是至关重要的。

减轻企业在可再生能源项目开发中面临的各种风险，可以通过明智的政策调整和工具来减轻。主要的建议如下：

### **(1) 克服金融和盈利性挑战的工具与政策**

最近的可再生能源发展趋势明显地使投资者多样化，并降低了融资成本。尽管这些都是积极的进展，为了扩大可再生能源的部署，还是需要克服挑战。通过适当的工具和政策来解决财务和可持续性挑战，使各国政府能够有效地将国家和全球目标转化为地方实施。IRENA 提出一系列风险缓解工具，特别是与购买者和货币风险相关的工具，这些工具可以增加投资者的信心，并调动可再生能源项目的融资。

货币风险是新兴市场融资项目的一个重大障碍。资本支出、零部件和海外工作人员的工资与支出中，有相当一部分通常是一种或多种外币，而收入来源、经营支出和当地工人的工资则以当地货币计算。从长远来看，如果是一个重要的市场，大部分支出将会被本地化，但投资新兴市场会产生货币风险。各种商业风险缓解工具

可供使用，例如，一些公共金融机构的货币兑换基金（TCX）提供货币对冲，但这些相当昂贵，大大增加了整体项目成本。最常见的缓解策略是以外币（通常为美元）提供 PPA。国际金融机构可以在提供对冲工具方面发挥一定的作用，这些风险从项目开发商转移到美元或欧元等硬货币。

### （2）克服管理能力挑战的工具和政策

政府在开发和运营管理框架方面缺乏能力，一个主要的障碍是缺乏关于可再生能源发电厂性质和要求的经验。虽然政府的电力和能源部以及财政部可能会关注可再生能源，但其他部门可能对 IPP 或广泛的可再生能源机制仅有非常有限的经验，这对政府从环境和土地使用许可到航空和运输的大量政策产生了影响。因此，需要集中、加强和简化管理与审批机构，减轻和解决土地所有制问题。

### （3）克服政策和监管挑战的工具和政策

应对监管方面的挑战需要建立健全的监管体系以及有效的法律框架，建立长期可靠的可再生能源政策和市场条件。尽管可预测性最为重要，但灵活性也应该被视为适应快速变化的市场环境和技术发展的关键要素。需要实施全面和整体的能源战略与政策，政府可以采取有效措施来缓解政策风险，在长期内建立和维持明确的政策，制定渐进的政策变化，从而在市场上树立信心。制定争端解决机制和独立的司法系统，提供开放、透明和非歧视性法律法规。在可再生电力供应方面，提供稳定的收入机制，降低资本成本；参与多边和国际协议，如国际贸易促进、投资保护或知识产权等，促进在政治和经济一体化项目上的合作，为制度设计、政策定义、规则制定、市场监督和最佳实践共享方面带来好处。

（吴勘 郭楷模）

## 项目计划

### 欧盟资助 8.73 亿欧元推进清洁能源基础设施建设

1 月 25 日，欧盟委员会宣布资助 8.73 亿欧元支持欧洲 17 个能源基础设施建设项目<sup>3</sup>，连通欧洲设施（CEF）的泛欧基础设施支持计划负责向项目提供资金，旨在使欧洲能源体系更具竞争力，最终为所有欧洲消费者提供更廉价和更安全的能源。

欧洲向清洁和现代经济转型是能源联盟的目标，建设欧洲基础设施以适应未来的能源需求至关重要。互联的电力线路和天然气管道构成了一体化欧洲能源市场的支柱。在选定的 17 个项目中，电力部门有 8 个（6.8 亿欧元），天然气领域有 9 个（1.93 亿欧元）；4 项属于建筑工程项目（7.23 亿欧元），13 项属于科学研究项目

<sup>3</sup>More growth and jobs: EU invests €873 million in clean energy infrastructure.  
[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-383\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-383_en.htm)

(1.5 亿欧元)。

在电力领域, CEF 资助 5.78 亿欧元推进比斯开湾法国-西班牙的电力互联互通, 新的电力连接将更好地将伊比利亚半岛融入内部电力市场。该项目拥有 280 公里长的海岸段, 其中包含有关卡布布雷顿峡谷和法国陆地部分完全地下设计的技术创新解决方案。届时将使两国之间的联网能力几乎翻倍, 从 2800 兆瓦增加到 5000 兆瓦, 并将使西班牙的联网目标从目前的 6% 达到接近 10%。这种飞跃将有助于加强可再生能源的整合, 从而为清洁能源转型以及欧盟的清洁能源转型政策做出巨大贡献。资助 7000 万欧元用于德国最大的能源基础设施项目之一 SuedOstLink, 该项目包含铺设在地下的 580 公里高压电缆, 电力线将在北方的风力发电与德国南部的消费中心之间建立一个重要联系渠道, 从而更好地整合可再生能源, 并加强与邻国欧盟成员国的能源跨境交流。资助 2700 万欧元用于支持 Cernavoda 和 Stalpu (RO) 之间新建的 400 千伏内部电力线建设, 将有助于增加罗马尼亚和保加利亚之间的互联能力, 并帮助整合来自黑海沿岸的风力发电。

在天然气领域, CEF 将支持对两个岛屿国家重要的基础设施项目。其一, 资助 1.01 亿欧元用于塞浦路斯 Gas2EU 项目, 通过在塞浦路斯引进天然气, 解决当前塞浦路斯的能源孤立问题, 实现多样化, 并通过将发电燃料从重质燃料油切换到天然气来帮助减少空气污染和排放。其次, 资助 370 万欧元用于研究马耳他-意大利天然气联网, 旨在解决马耳他和欧洲天然气网络的隔离问题。该研究致力于将马耳他连接到意大利市场, 以类似的方式加强岛上天然气供应的安全性, 类似于欧盟早期为电力行业所做的海底电缆资助计划。此外, 还将资助 170 万欧元用于 STEP 项目的许可授予过程研究, 目的是在法国和西班牙之间建立一个新的天然气互联点, 以增加伊比利亚半岛和法国之间的双向流动, 并通过东部天然气轴的发展, 改善与国内天然气市场的联系。

CEF 在 2014-2020 年期间共向欧洲能源基础设施划拨了 50 亿欧元。其所资助的项目必须符合“共同利益项目”指标, 项目建成后, 将为至少两个成员国带来重大利益, 增强供应安全, 促进欧盟能源市场一体化, 增强竞争力, 减少二氧化碳排放。CEF 已于 2014 年向 34 个项目提供 6.47 亿欧元, 2015 年向 35 个项目提供 3.66 亿欧元, 2016 年为 27 个项目提供 7.07 亿欧元。

(吴勘 郭楷模)

## **DOE 资助 2750 万美元支持先进化石能源发电系统研究**

美国能源部 (DOE) 2 月初宣布资助 2750 万美元开展“先进化石能源发电技术研发创新”项目<sup>4</sup>, 旨在提高现有和新建化石能源发电厂发电效率、经济性和稳定性,

---

<sup>4</sup> U.S. Department of Energy Announces \$2.75 Million for Innovative Technology Development to Enhance Fossil Power Systems.

以实现近零排放。本次资助项目涵盖两大技术主题，包括：（1）用于互联网化石能源发电厂的传感器和控制技术，（2）开发用于化石能源先进制造技术的计算机仿真工具，具体内容参见表 1。

表 1 先进化石能源技术研发项目具体内容

主题	研究内容
用于互联网化石能源发电厂的传感器和控制技术	开发先进的分布式传感器网络、安全的数据传输传感器和自动化控制技术，增强互联网化石能源发电厂的网络安全，提升发电厂的运行性能和稳定性
开发用于化石能源先进制造技术的计算工具	开发先进的计算机仿真工具提升先进制造技术水平，获得全新的组件设计，同时缩短制造周期和成本，准确预测基于先进制造技术生产、用于化石能源发电厂的极端环境材料的结构和性质，从而开发出提升化石能源发电厂运行效率的极端环境材料

（郭楷模）

## IRENA /ADFD 联合资助 2500 万美元用于太阳能光伏项目

1 月 13 日，国际可再生能源机构（IRENA）和阿布扎比发展基金（ADFD）联合宣布光伏项目投资计划，即资助 2500 万美元用于毛里求斯和卢旺达的两个太阳能光伏项目<sup>5</sup>，这是 IRENA/ADFD 第五轮金融投资计划。项目将通过为低收入社区提供可持续、可负担的能源，改善 250 多万人的用电需求，同时降低空气污染，为当地社区的经济带来可观的收益，为全球社区的长期经济繁荣做出贡献。

在毛里求斯，作为政府扶贫努力的一部分，ADFD 资助 1000 万美元帮助中央电力局在万户家庭的屋顶上安装太阳能光伏系统，同时为实现到 2025 年能源结构中可再生电力达到 35% 的国家目标做出贡献。据估计，在低收入人群中，有 3.5 万人将受益于显著的电费节省。该项目将实现 10 MW 新的可再生能源产能，从而在项目周期内节约超过 3500 万美元的化石燃料进口费用，并改善该国的能源安全。

在卢旺达，ADFD 资助 1500 万美元在全国各地安装 50 万个离网太阳能光伏发电系统，为照明、移动电话和无线充电提供清洁电力。该项目是政府农村电气化战略的重要组成部分，也是非洲最实惠的支付方案之一。其采用灵活的移动支付平台，对银行和交通基础设施服务不佳的地区至关重要。预计农村地区将有 250 万人受益于改进的电力供应，并将创造超过 2000 个当地就业岗位。

IRENA/ADFD 总共为期七轮的金融投资计划成立于 2013 年，计划以贷款形式向发展中国家提供总额约 3.5 亿美元发展基金，用于帮助这些国家发展电力建设。

<https://energy.gov/fe/articles/us-department-energy-announces-275-million-innovative-technology-development-enhance>

<sup>5</sup>ADFD Approves USD25 Million for Solar PV Projects in Mauritius and Rwanda.

<http://irena.org/newsroom/pressreleases/2018/Jan/ADFD-Approves-USD25-Million-for-IRENA-Recommended-Solar-PV-Projects-in-Mauritius-and-Rwanda>

自 2014 年以来，ADFD 已经为 21 个项目提供了 2.14 亿美元资助，并从政府和发展基金获得额外的共同融资 4.2 亿美元。

(吴勘 郭楷模)

## 前沿与装备

### 无定型聚合物给体高性能有机太阳电池

聚合物太阳电池具有光电转化效率可观、成本低、质量轻、柔性可弯曲等诸多优点，近年来引起广泛关注。大阪大学 Yoshio Aso 教授课题组设计合成了一种新颖的基于氟替代的苯并二氧环己烷噻吩受体结构单元的 D-A 共聚物给体材料 DTS-HT-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>)，并与富勒烯衍生物 PC<sub>71</sub>BM 受体形成活性层，成功用于高性能富勒烯太阳电池器件制备。二噻吩并噻咯类 (DTS) 给体的空穴传输能力较低，为此研究人员引入了极性的氟替代的苯并二氧环己烷噻吩给体单元进行修饰形成 DTS-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>) 共聚物给体，以增强增强侧链和主链间的相互作用，提升空穴传输能力；与此同时，为了改进共聚物的光吸收特性，研究人员进一步在 DTS-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>) 引入二维结构的 3-己基噻吩 (3-HT) 共轭侧链形成 D-A 共聚物给体材料 DTS-HT-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>)，以显著增强侧链和主链之间的  $\pi$ - $\pi$  共轭作用，进而改善聚合物在 300-800nm 波长区域内的光谱吸收强度。掠入射广角 X 射线散射 (GIWAXS) 表征结果显示，新型的 DTS-HT-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>) 给体材料呈现无定型态而非晶态。随后研究人员分别将 DTS-HT-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>) 和 DTS-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>) 与富勒烯衍生物 PC<sub>71</sub>BM 结合形成 D-A 共聚物活性层，应用于太阳电池器件并测试了器件性能。基于 DTS -C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>) / PC<sub>71</sub>BM 活性层的有机太阳电池电路电流为 16.71 mA cm<sup>-2</sup>，开路电压为 0.77 V，填充因子为 51%；而在引入二维结构的 3-HT 后，电池的短路电流和填充因子得到了显著的改善，分别增加到 17.72 mA cm<sup>-2</sup> 和 67%，进而将电池效率提升到了 9.12%，是迄今为止首个采用无定型活性层有机太阳电池效率突破 9% 的器件。空穴传输特性测试结果显示，新型 DTS-HT-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>) 给体材料的空穴传输效率较 DTS-C<sub>0</sub>(F<sub>2</sub>) 提升了一个数量级，即性能的提升主要是得益于给体材料增强的空穴传输性能。该项研究利用化学工程对无定型 D-A 共轭结构给体材料进行分子结构优化，改善了给体材料的性能，增强了电池器件的转化效率，为设计和开发高效的无定型聚合物给体的有机太阳电池开辟了全新的路径。相关研究成果发表在《Advanced Energy Materials》<sup>6</sup>。

(郭楷模)

<sup>6</sup> Yutaka Ie, Koki Morikawa, Wojciech Zajaczkowski, et al. Enhanced Photovoltaic Performance of Amorphous Donor-Acceptor Copolymers Based on Fluorine-Substituted Benzodioxocyclohexene-Annelated Thiophene. *Advanced Energy Materials*, 2018, 1702506.

## 廉价高效非掺杂共轭小分子空穴材料

当前高效的钙钛矿太阳能电池均是采用离子掺杂的改性的 2,2',7,7'-四[N,N-二(4-甲氧基苯基)氨基]-9,9'-螺二芴 (spiro-OMeTAD)。然而离子掺杂不仅提升了电池整体制备工艺难度和成本,同时离子添加剂引入也会对电池稳定性带来负面影响,因此亟需开发高效廉价非掺杂空穴材料。韩国国民大学的 Sung-Yeon Jang 教授课题组开发了非掺杂共轭小分子空穴传输材料,基于该小分子空穴钙钛矿太阳能电池不仅效率得到提升,器件稳定性也得到显著改善。研究人员以二(1-苯并噻吩)并[3,2-b:2',3'-d]吡咯 (DBTP) 为核心设计合成了非掺杂共轭小分子空穴传输材料 mDPA-DBTP。通过超紫外光电子能谱 (UPS) 研究了空穴的能级,结果显示 spiro-OMeTAD 空穴 HOMO (已占有电子的能级最高的轨道) 是 -5.26 eV, 而 mDPA-DBTP 空穴 HOMO 则更低,为 -5.31 eV, 意味着电池可以获得更高的开路电压;同时 -5.31 eV 的 HOMO 又能够与钙钛矿价带 -5.40 eV 完好匹配,保障电子和空穴的高效分离和抽取。通过二维掠入射 X 射线衍射 (2D-GIXD) 进一步研究了上述空穴薄膜的分子间堆积以及取向特性,数据显示 spiro-OMeTAD 沿着各个角度具有均一的衍射环,即无取向性,而 mDPA-DBTP 衍射环不均匀,即具有较强的垂直薄膜面向取向,这种垂直方向取向有利于电荷传输。随后研究人员分别以 mDPA-DBTP、掺杂 spiro-OMeTAD 和无掺杂 spiro-OMeTAD 空穴制备了钙钛矿电池器件,系统研究了器件的光伏性能:基于 mDPA-DBTP 空穴钙钛矿电池拥有最高的转化效率为 18.09%, 高于掺杂 spiro-OMeTAD (17.82%) 和无掺杂 spiro-OMeTAD (6.75%) 器件。而就器件的稳定性而言,在湿度~40%、温度~25°C 条件下,未封装的掺杂 spiro-OMeTAD 器件在 33 天后就丧失了空穴传输能力,光伏性能衰退殆尽,而未掺杂的 spiro-OMeTAD 器件 33 天则仍可保持初始效率的 79%,表明了通过离子掺杂虽然可以提升器件性能但会造成稳定性下降;而基于非掺杂的小分子空穴 mDPA-DBTP 的器件在 33 天后仍能保持 81% 的初始效率,表现出优秀的稳定性。该项研究设计合成了全新的非掺杂小分子空穴材料,在保障器件高效率的基础上增加了稳定性,为制备高效稳定的钙钛矿电池提供了新途径,推进其商业化进程。相关研究成果发表在《*Nano Energy*》<sup>7</sup>。

(郭楷模)

<sup>7</sup> Randi Azmi, So Youn Nam, Septy Sinaga, et al. High-performance dopant-free conjugated small molecule-based hole-transport materials for perovskite solar cells. *Nano Energy*, 2018, 44, 191-198.

## 新型黑磷/钒酸铋二维异质结催化剂实现高效光解水产氢

光催化分解水能得到清洁的氢能源，是解决化石能源危机和气候变化挑战的关键途径之一。然而，当前高效的催化剂大都光响应范围较窄，即只吸收紫外光，对可见光和近红外基本不吸收，且需要牺牲剂和额外的能耗。大阪大学 Mamoru Fujitsuka 教授将二维结构的黑磷（BP）和钒酸铋（BiVO<sub>4</sub>）进行复合制备了全新二维 BP/BiVO<sub>4</sub> 复合异质结催化剂，具备了紫外到可见光宽光谱响应范围以及优异电子空穴分离性能，在无需牺牲剂和额外能耗的情况下仍可获得优异的光解水制氢效率。研究人员首先利用超声剥离法和水热法依次制备了二维 BP 和 BiVO<sub>4</sub> 纳米片，随后利用静电作用将两者复合形成异质结 BP/BiVO<sub>4</sub>。投射电镜表征探测到二维复合材料 BP/BiVO<sub>4</sub> 拥有两套的晶格条纹，一个是 0.31nm 间距条纹，另一个是 0.26 nm 间距，分别对应 BiVO<sub>4</sub> 的 (-121) 和 BP 的 (040) 晶面，即通过静电相互作用很好将两者结合在一起。对复合材料进行紫外-可见光测试，发现 BP/BiVO<sub>4</sub> 光吸收的截止点达到了 531nm，意味着其在紫外-可见光区域都具备良好的光吸收能力，有助于提升太阳光利用率提升催化性能。随后对制备的 BP、BiVO<sub>4</sub> 和 BP/BiVO<sub>4</sub> 三种催化剂进行催化性能测试，结果显示：在 420 nm 以下的光谱照射下，不添加牺牲剂的单独 BP 催化剂体系无法探测到氢气，而当加入牺牲剂后则探测到氢气产出，但是效率较低，仅为 0.09  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ，即无牺牲剂时 BP 无法表现出催化裂解水的性能；而在 BiVO<sub>4</sub> 催化剂上，无论是否添加牺牲剂，都无法探测氢气或者氧气，意味单独采用 BiVO<sub>4</sub> 催化剂无法裂解水；而二维复合的异质结 BP/BiVO<sub>4</sub> 催化剂，则呈现出优秀光解水性能，在没牺牲剂和外加能耗的情况其产氢和析氧的效率分别为 0.80  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  和 0.51  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ，在 420 纳米处的量子产量高达 89%，而当进一步加入共催化剂碳酸钴时候，其产氢和析氧的效率又分别提升到 3.9  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  和 2.3  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 。研究人员指出，BP/BiVO<sub>4</sub> 复合催化剂之所以能够同时拥有良好的产氢和析氧性能，主要原因是两种材料带隙匹配，以及强烈的界面相互作用提升了电子和空穴的分离转移性能。为了进一步证明该复合材料的界面相互作用，研究人员进行了 X 光电子图谱分析。该项研究设计合成了全新的 BP/BiVO<sub>4</sub> 复合光催化剂，在紫外和可见光区域具备了优异的光吸收特性，且电子空穴分离效率高，无需牺牲剂和外加能耗情况下仍然展现出高效产氢和析氧性能，为设计和开发高效光解水催化剂提供了全新的思路。相关研究成果发表在《*Angewandte Chemie International Edition*》<sup>8</sup>。

（郭楷模）

<sup>8</sup>Mingshan Zhu, Zhichao Sun, Mamoru Fujitsuka, et al. Z-Scheme Photocatalytic Water Splitting on a 2D Heterostructure of Black Phosphorus/Bismuth Vanadate Using Visible Light. *Angewandte Chemie International Edition*, 2018, DOI: 10.1002/anie.201711357

## 嵌锂活动原位观察揭示锂离子充放电过程局域浓度反转现象

纳米电极（如  $\text{Li}_x\text{FePO}_4$ ）在锂离子电池中的应用中具有独特的优势，因为它有效地缩短了锂离子非平衡扩散的路径，从而从根本上提高了锂离子电池的功率密度。然而，当前对纳米电极单个纳米粒子嵌锂反应机理仍然不甚明了，因此亟需探明潜在的工作机理。密歇根大学 Feng Wang 教授研究团队联合美国能源部布鲁克海文国家实验室将透射电镜和 X 射线技术结合起来首次实现原位追踪观测电极纳米颗粒在嵌锂反应时的锂离子浓度变化。研究人员通过将氢氧化锂水溶液、磷酸和聚乙二醇混合形成乳白色悬浮液，随后将硫酸铁溶液加入白色悬浮液中搅拌形成混合液，最后将混合液转移到高压反应釜中，在  $180^\circ\text{C}$  下高温高压反应 9 个小时，在  $80^\circ\text{C}$  真空干燥 12 小时得到反应产物含硫的 LFP 纳米粒子粉末。在无水乙腈条件下，用四氟硼酸硝基铵 ( $\text{NO}_2\text{BF}_4$ ) 对 LFP 粉末进行化学脱硫，制得纯净的 LFP 纳米粉末。以 80% LFP 和 20% 碳为原料制备了复合电极。电解液由在含有六氟磷酸锂的碳酸亚乙酯/碳酸二甲酯混合溶液组成。研究人员利用 X 射线束表征了 LFP 纳米粒子内锂离子浓度进行原位表征观测。结果显示，与传统的认知（发生嵌锂时候，电极纳米颗粒中锂离子的浓度会单向持续增加）不同，当电池的电极由纳米颗粒组成时，纳米颗粒在局部区域内锂浓度先上升后下降，即发生了反转现象，也即锂离子在电极中的运输属于非平衡运动，而这会对电极结构带来不可逆的结构损坏，从而引起电池性能衰退甚至失效。这项研究首次实现了纳米颗粒电极中嵌锂活动原位实验观察，揭露了锂离子在充放电过程中的局域浓度反转现象，进一步理解了锂离子电池的工作机理，为设计和开发高性能锂离子电池奠定了理论基础。相关研究成果发表在《*Science Advances*》<sup>9</sup>。

（罗卫 郭楷模）

---

<sup>9</sup> Wei Zhang, Hui-Chia Yu, Lijun Wu, et al. Localized concentration reversal of lithium during intercalation in to nanoparticles. *Science Advances*, 2018, DOI: 10.1126/sciadv.aao2608.

## 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：[jiance@whlib.ac.cn](mailto:jiance@whlib.ac.cn)

微信公众号：CASEnergy

