

中国科学院武汉文献情报中心

中国科学院武汉先进能源战略情报研究中心

2015年第10期（总第240期）

# 先进能源科技动态监测快报



## 本期重点

- IEA 能源技术展望：创新是实现能源气候目标的唯一途径
- 世行报告提出实现无碳未来三大步骤
- JRC 指出欧盟在海洋能技术开发上处于领先地位
- MIT：美国亟待加强 15 个关键领域基础研究投入力度
- DOE 投 7500 万美元继续支持人工光合作用联合研究中心
- 美智库指出页岩气繁荣效益和可持续前景不明朗

# 目 录

## 决策参考

IEA能源技术展望：创新是实现能源气候目标的唯一途径.....2  
世行报告提出实现无碳未来三大步骤.....4  
JRC指出欧盟在海洋能技术开发上处于领先地位 .....5  
MIT：美国亟待加强 15 个关键领域基础研究投入力度.....6

## 项目计划

DOE投资 7500 万美元继续支持人工光合作用联合研究中心.....7  
DOE投入 1050 万美元资助开发下一代海洋能系统.....8  
美公私投入超 1000 万美元开发固态照明技术.....9

## 前沿与装备

美生物质催化热解制生物燃料技术取得重要进展..... 11  
钙钛矿太阳能电池中微观结构对载流子寿命的影响..... 11  
锂离子电池热失控发生和扩散过程实时追踪..... 11  
首次可视化观测锂离子电池枝晶形成过程..... 12  
强化混合离子-电子导体晶界离子电导性..... 12

## 能源资源

美智库指出页岩气繁荣效益和可持续前景不明朗..... 13

## 本期概要

**国际能源署《能源技术展望 2015：调动创新加速气候行动》**报告指出，**坚定不移推动能源技术创新是实现气候变化减缓的核心所在，同时也是实现经济发展和能源安全目标的重要支撑**：报告通过对可再生能源、核能、化石能源、主要行业用能、智能电网与储能等领域的技术和市场发展情况评估认为，尽管近年来可再生能源发电和电动汽车进展明显，但整体来看全球能源低碳化进程落后于预期，需大力推进。能源技术推广面临的主要挑战随着技术发展和应用的不同阶段而有所变化。目前的创新已不能只局限于技术本身，需要着眼于能源系统层面开展创新。决策者设计能源创新支持政策需要面向完整的创新价值链。鉴于中国新一届政府正在推动全面深化改革，明确提出了能源革命概念，且该国近年在低碳技术领域进展举世瞩目，对全球能源行业发展具有重要影响，报告单辟一章对中国能源技术创新进行了案例研究，并针对性地提出了近期的行动计划建议。

**世界银行《发展去碳化：通向无碳未来的三大步骤》**报告，通过数据、案例和政策建议向决策者阐述了实现温室气体净零排放并在本世纪内稳定气候变化的三个步骤：规划长期发展；实施纳入合理碳价的一揽子政策；保障受影响群体平稳过渡

**欧盟联合研究中心（JRC）《海洋能现状报告》**指出，过去十年海洋能新技术呈现缓慢但稳定的发展态势，**欧盟海洋能源发电技术处于世界领先水平**：有超过 50% 的潮汐能和 45% 的波浪能技术研发总部设在欧洲，同时多数的海洋能源基础设施也建于欧洲。报告指出，海洋能技术开发面临着四个主要瓶颈：技术发展、金融和市场、环境和政策问题以及电网问题。其中最根本的是解决技术瓶颈问题，需要行业、学术界和决策者共同针对不同类型海洋能源技术确定开发目标以及关键指标的定义和实现途径。

**麻省理工学院《未来延期：为什么基础研究投资下滑会威胁美国创新赤字》**研究报告指出，美国对基础研究投入力度的降低可能会影响到机器人、能源、医学、农业、空间、信息等 15 个关键领域的技术进步，从而使经济和社会效益无法实现最大化：报告提出了阿尔茨海默病、网络安全、空间探索、植物科学、量子信息技术、科学决策、催化、核聚变能、传染性疾病、国防技术、光子学、合成生物学、材料发现与加工、机器人和电池等 15 个领域基础研究重点，详见正文。

**美国能源部宣布对人工光合作用联合研究中心（JCAP）继续给予五年期（2015-2019 年）7500 万美元资助**：JCAP 第一个五年资助期（2010-2014 年）在太阳能分解水制氢原型制造方面取得了重要进展。在第二个五年资助期，JCAP 研究人员将关注利用人工光合系统在温和条件下将二氧化碳转化为燃料，目标包括：（1）发现和认知在温和的温度和压力条件下二氧化碳还原和析氧的高选择性催化机制；（2）加速发现电催化和光电催化材料以及高效吸光电极；（3）在试验台架验证人工光合系统二氧化碳还原组件和析氧组件的效率与选择性。

### IEA 能源技术展望：创新是实现能源气候目标的唯一途径

国际能源署 5 月 4 日发布《能源技术展望 2015：调动创新加速气候行动》<sup>1</sup>报告指出，坚定不移推动能源技术创新是实现气候变化减缓的核心所在，同时也是实现经济发展和能源安全目标的重要支撑。报告要点如下：

#### 一、能源低碳化进程整体落后于预期，需大力推进

全球能源消费增长正与国内生产总值（GDP）、人口增长脱钩，但要实现 2050 年 2°C 控温情景，需要将全球能源强度降幅从如今的年均 1.1% 提高到 2.6%。

尽管近年来可再生能源发电和电动汽车进展明显，但清洁能源技术总体发展速度不足以助力 2°C 控温目标的实现。需要以目前化石燃料价格较低为契机，进行补贴和定价改革，实质性激发低碳技术市场活力，推动研究、开发、示范和推广投资。

电力供应低碳化和电力利用效率提升是 2°C 控温情景的关键组成部分，到 2050 年电力在终端能源消费中占比将达到 26%，成为最大的能源载体，需要将全球电力生产的平均碳强度减少 90% 以上，包括加速推动光伏和太阳能等低碳电力供应方案、化石燃料发电配备 CCS 等。

建筑供暖与制冷系统低碳化的可待挖掘潜力巨大，目前 70% 用能依靠化石能源，需要广泛应用能效提升技术和向低碳能源载体（如低碳电力）转型，到 2050 年将这一数字降至 50% 以下。

#### 二、能源技术创新需超越技术本身，着眼于系统层面创新

能源技术推广面临的主要挑战随着技术发展和应用的不同阶段而有所变化。为充分发挥过去 20 年技术创新的成果效用，目前的创新不能只局限于技术本身，需要着眼于能源系统层面开展创新。

陆上风能和太阳能光伏将成为未来的主流能源，持续的技术创新需要从仅关注风能和光伏系统技术本身扩展到减少风能和太阳能波动性或增加电力系统灵活性的使能技术。实现高比例风能和太阳能需要进行需求侧整合、储能和智能电网基础设施的创新。

配备 CCS 能够使得化石燃料也成为可持续能源体系的一部分。不仅如此，CCS 对于工业行业减排同样具有关键作用。在系统层面考虑工业减排，推广创新可持续的工业生产工艺，需要集成碳捕集、改善资源利用效率、废弃工艺物料再利用、多样化产品替代应用等措施。

#### 三、能源创新支持政策设计需面向完整创新价值链

<sup>1</sup> Energy Technology Perspectives 2015: Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action.  
[http://www.iea.org/bookshop/710-Energy\\_Technology\\_Perspectives\\_2015](http://www.iea.org/bookshop/710-Energy_Technology_Perspectives_2015)

了解可行的政策工具对于不同技术及其在不同发展阶段的有效性，是取得成功的关键。目前的能源创新流程不是单向的，而是涉及多个利益相关方的交互式、迭代式创新。民间投资和政府支持都非常重要，两者应该针对创新的所有阶段（包括研发、示范和推广），应同时有益于渐进式创新和激进式创新。收集各个创新阶段的利益相关方反馈（包括电力、建筑、工业和交通等行业应用指标）以评估技术开发和推广进展，以支持“边研边学”和“边做边学”。

政府需要规划清洁能源未来长期愿景，特别应参照 2015 年 UNFCCC 气候协定进行规划。在此基础上颁布稳定的政策，明确针对具体行业和技术的行动方案和目标，通过降低投资者风险缓解融资难的问题，以加速能源行业的低碳化。政府应该确保在技术开发后继续提供支持，以克服政策壁垒和市场壁垒。低碳技术的融资成本会成为项目的主要障碍。支持新业务模式的政策框架（比如能源合同或绿色债券）有助于吸引投资者，克服融资挑战。

国际气候倡议支持下的多方合作能够大大加速实现全球气候目标必需的低碳技术创新，能源技术创新多边合作可以让各方对于国际联合行动与全球气候目标的一致性更有信心。经合组织国家应该支持新兴经济体的行动，并发展自身的技术研发、示范和推广战略，以应对新兴经济体的需求。这将使技术的提供方和接收方同时获益，也会为全球能源体系的低碳化做出贡献。

#### **四、中国能源技术创新案例研究**

中国已作出承诺到 2030 年二氧化碳排放达到峰值，并设定了 20% 的一次能源消费将来自非化石能源的目标，这有助于继续推动能源行业创新。近年来，中国采取了更加严格的空气污染防治和环境保护政策，并出台改善煤质和燃煤发电效率等措施为清洁能源创新提供了更多的激励。通过实施这些能源政策改革和技术革新，中国力图向一个更清洁、更可持续发展和更加市场化的能源系统转型，并在此过程中为经济增长创造新的机遇。

中国研发投入占 GDP 比重（研发强度）持续增长，但需要规模空前的政府和创新单元相互协调以保持长期创新。需要建立综合性政策、监管和市场框架来设定和追踪国家层面的目标，推动对创新支持政策的反馈，实施定价和市场改革，并将试点、典型范例和最佳实践进行拓展。

为实现成为全球低碳技术市场领导者的目标，中国需要加强大型国有企业及其他机构的创新能力。中国已经展示了其实现原始创新、集成创新和消化吸收再创新的能力，要取得持续的成功，需要不断扩大国际创新网络的参与度，发挥积极作用推动国内和全球能源体系的协同变革。

（陈伟）

## 世行报告提出实现无碳未来三大步骤

世界银行 5 月 11 日发布报告《发展去碳化：通向无碳未来的三大步骤》<sup>2</sup>，通过数据、案例和政策建议向决策者阐述了实现温室气体净零排放并在本世纪内稳定气候变化的三个步骤：规划长期发展；实施纳入合理碳价的一揽子政策；保障受影响群体平稳过渡。

### 一、规划长期发展

报告指出各国要针对最终目标而非短期目标做好计划，政府应即刻作出积极决策，为未来发展奠定基础。同时避免不良发展模式以及在未来低碳环境下无法发挥效用的投资项目，降低资产搁浅风险。以 2012 年建成的化石燃料发电厂为例，其 40 年的预期使用寿命内将排放约 190 亿吨 CO<sub>2</sub>。报告警告，若推迟行动，下一代人承担的成本将会增加。如果到 2030 年才开始行动，则从现在起到 2050 年，每年把全球气温控制在 2°C 以下所需的成本将平均增加 50%。

报告指出，若采取的行动包含以下四个方面，则有利于实现净零排放：（1）电力行业从依赖化石燃料逐步转向使用清洁能源；（2）随着清洁能源用量不断增加，电力行业有可能实现大规模转型，进而扩大清洁能源覆盖面，淘汰污染燃料；（3）提高能效有助于降低能源需求；（4）通过改进森林与土地管理保持自然界良好的碳吸收和储存能力，抵消碳排放。

报告建议，各国应大力采用清洁能源、提高能效，利用良好的森林和土地管理保持自然碳汇的健康，以达到净零排放的最终目标。处于快速城镇化的地区，做好未来规划意味着需要对城市公共交通进行设计，投资未来 20-50 年所需的研究和技术开发。

### 二、实施纳入合理碳价的一揽子政策

激励措施和政策规划同样重要，能够确保规划的实现，帮助项目融资，从而将投资方式和观念转向低碳增长。碳定价是一个关键，可以解决市场无力将温室气体排放代价纳入考虑的问题。碳定价也是在增加收入的同时鼓励减少排放的有效方法。此外，碳税更易于征管，难于规避，它对于各种收入水平的国家都是有效的选择，但前提是所得收入需用于促进发展和消除贫困。

报告建议，碳定价尚不足以满足需求，还需要辅以配套政策，如能效的性能标准、节能车辆的返利、可再生能源配额制以及降低低碳技术和低碳商品的关税等。

### 三、保障受影响群体平稳过渡

向低碳增长过渡必然会产生经济影响。因此，改革必须致力于扶贫和共享繁荣。实现受影响最大群体的平稳过渡，帮助企业改造以适应更清洁的环境。目前，汽车

<sup>2</sup> Decarbonizing Development Three Steps to a Zero-Carbon Future.  
<http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/Climate/dd/decarbonizing-development-report.pdf>

制造厂商已启动了该进程，提高了燃油经济性，开发电动汽车和低排放汽车。

报告建议，取消主要富裕者受益的化石燃料补贴并实行排放总量控制与交易制度，以释放或创造教育、医疗、基础设施建设及向贫困人群提供直接援助所需的资金。若采用广泛的现金转移支付取代化石燃料补贴，将会有 60% 的底层人群从中受益。

（戴炜轶 张 军）

## JRC 指出欧盟在海洋能技术开发上处于领先地位

欧盟联合研究中心（JRC）5 月 5 日发布了《海洋能现状报告》<sup>3</sup>，指出在过去十年里，海洋能新技术呈现缓慢但稳定的发展态势，欧盟海洋能源发电技术处于世界领先水平，有超过 50% 的潮汐能和 45% 的波浪能技术研发总部设在欧洲，同时多数的海洋能源基础设施也建于欧洲。

海洋可再生能源包括潮汐能、波浪能、温差能、海流能及盐差能等。在欧洲乃至全球，不同的海洋能源技术开发和商业化发展程度各异。目前，波浪能和潮汐能相对比较成熟，而温差能和盐差能尚处于发展初期，但已经获得设备制造商和决策者的关注和支持。

根据 2009 年制定的欧盟各国可再生能源行动计划目标，到 2020 年潮汐能和波浪能的装机容量要达到 2250 MW。但是结合现有项目的进展，到 2018 年只能实现 40 MW 潮汐能和 26 MW 波浪能的装机容量。到 2016 年，英国有望部署第一个潮汐能发电项目。目前，潮汐能量转化装置的技术水平和商业化程度已成熟，出现了多种技术方案，包括常见的水平轴涡轮机、垂直轴涡轮机、振荡水翼、导管轮机、阿基米德螺旋、潮汐风筝等。

波浪能技术发展速度不如潮汐能快，但目前也有很多项目正在开展。波浪能还未形成成熟的技术方案，无法像潮汐能那样从风力发电技术中得到借鉴。现在研究重点是点吸收器、衰减器和振荡波涌转换器（OWSCs）。

适合开发温差能的地区主要是热带或亚热带海域，终年形成 20℃ 以上的垂直海水温差。欧洲可开发的海水温差能较小。目前海水温差能发电的主要类型分为开式、闭式和混合系统。目前正在开发样机，将在马提尼克建成一个 10 MW 温差能装置。

盐差能是指海水和淡水之间或两种含盐浓度不同的海水之间的化学电位差能。目前主要的开发技术为反向电渗析（RED）和渗透压法（PRO）。在荷兰建设的一个 50 kW 盐差能设备已可实现运行。

报告指出，海洋能技术开发面临着四个主要瓶颈：技术发展、金融和市场、环境和政策问题以及电网问题。其中最根本的是解决技术瓶颈问题，需要行业、学术

<sup>3</sup> 2014 JRC Ocean Energy Status Report.  
[http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93521/jrc%20ocean%20energy%20report\\_v2.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93521/jrc%20ocean%20energy%20report_v2.pdf)

界和决策者共同针对不同类型海洋能源技术确定开发目标以及关键指标的定义和实现途径。

(戴炜轶 张 军)

## MIT：美国亟待加强 15 个关键领域基础研究投入力度

麻省理工学院 4 月 27 日发布《未来延期：为什么基础研究投资下滑会威胁美国创新赤字》研究报告<sup>4</sup>指出，美国对基础研究投入力度的降低可能会影响到机器人、能源、医学、农业、空间、信息等 15 个关键领域的技术进步，从而使经济和社会效益无法实现最大化。报告指出，美国研究开发经费在联邦预算中的占比已从 1968 年的约 10% 降至 2015 年的不到 4%，占 GDP 的比重从 1976 年的 0.6% 降至 0.4% 以下，这对美国未来发展构成了威胁，因此增强联邦政府对这些关键领域基础研究的投入对于美国国家安全、社会经济发展和人类福祉至关重要（表 1）。

表 1 MIT 报告指出 15 个关键领域基础研究重点

领域	基础研究重点
阿尔茨海默病	需要研究人体内部生理变化过程与衰老的关系，深入探索脑细胞相互沟通过程，绘制并理解大脑神经元回路，鉴别与病症相关的基因变异并理解其影响机制
网络安全	设计新型电脑系统架构消除结构性安全缺陷，能够运行大多数现有软件，比当前系统安全性高出多个数量级；开展经济/行为研究激励措施，加速向新型架构和用户多因素身份验证转变；研究网络不安全或引入新的安全技术对国际关系的影响
空间探索	探索地外生命，研究暗物质与暗能量，研究行星形成和星系演化等
植物科学	研究利用新的基因组消减方法增产粮食作物，利用 RNA 沉默等技术培育新型抗病害作物，开发和利用合成染色体和先进基因编程工具等新技术更好地理解植物生物学，包括培育自我营养增强型作物和将 C3 作物转化为 C4 作物等
量子信息技术	开发结合多个量子位之间的信息交换方法、测量和控制技术，以及设计实际应用的量子系统架构
科学决策	通过社会与经济研究、大数据分析来辅助决策者设计新的市场，理解人口健康、就业、教育、科研对经济社会的影响，科学制定保障经济长期增长的公共政策
催化	掌握催化反应机理，开发亚纳米级、针对性强的（如酶）新型催化剂，开发更强大的新型表征工具，开发新型廉价催化材料和先进计算化学资源
核聚变能	开展高温超导材料和磁体设计研究，尽快开发新一代强场高温超导聚变试验设施
传染性疾病	表征和理解每种高传染风险病毒详细的分子机制，研究病毒结构及如何通过改变表面蛋白入侵机体免疫系统的进化过程来开发有效疫苗，开发全新抗生素应对耐药性细菌威胁，开展新的细菌变化过程基础研究

<sup>4</sup> The Future Postponed: Why Declining Investment in Basic Research Threatens a U.S. Innovation Deficit. [http://dc.mit.edu/sites/default/files/innovation\\_deficit/Future%20Postponed.pdf](http://dc.mit.edu/sites/default/files/innovation_deficit/Future%20Postponed.pdf)

国防技术	开发先进纳米结构隐身涂层、智能纤维织物，开发纳米晶合金、石墨烯等新型防护材料，开发检测环境危害的新方法，开发新技术保证军事通信，保护军用及民用电子产品免受电磁干扰及电磁脉冲武器的影响，可采用轻质导电聚合物涂层、全光纤集成电路、辅以继电器的激光束等，通过实时监控预防事故、自愈合材料等延长防御体系的运行寿命
光子学	开发光子集成电路，使超级计算机、数据中心的数据传输与交换更为高效、节能，开发测量、传感等领域的光子应用
合成生物学	设计生物分子电路及在细胞层面对生物功能进行编程，创造具有专门功能的人造生命体或工程化改造生命体，确定技术误用风险并制定应对策略
材料发现与加工	下一代新材料与材料加工技术研究，包括晶体生长及相关设施、纳米材料与制造、计算材料学、多功能材料、3D 打印等
机器人	开发灵活性、感知能力、智能性更好的机器人，维持若干领域（如家用机器人、无人驾驶汽车、无人机等）竞争力
电池	利用第一性原理计算设计加速高储能电极材料、非易燃性电解质等新材料发现，利用纳米技术设计快速、可逆和稳定电荷存储的纳米尺度结构，控制电池关键组分界面间原子尺度结构，开发新型实验工具在空前的时空尺度范围实时探测和观察电池内部工作机制，开发全新电池设计和先进制造方法

(陈伟 万勇)

## 项目计划

### DOE 投资 7500 万美元继续支持人工光合作用联合研究中心

美国能源部 (DOE) 4 月 28 日宣布，对 2010 年建立的首批能源创新中心之一——人工光合作用联合研究中心 (JCAP) 继续给予五年期 (2015-2019 年) 7500 万美元资助<sup>5</sup>。JCAP 第一个五年资助期 (2010-2014 年) 在太阳能分解水制氢原型制造方面取得了重要进展：开发和表征了新的廉价催化剂与光吸收组件，开发了保护吸光半导体免受液体溶液腐蚀的新方法，并建造了高通量试验设施和全集成的试验台架来筛选、表征、评估和优化人工光合系统组件。在第二个五年资助期，JCAP 研究人员将关注利用人工光合系统在温和条件下将二氧化碳转化为燃料，目标包括：(1) 发现和认知在温和的温度和压力条件下二氧化碳还原和析氧的高选择性催化机制；(2) 加速发现电催化和光电催化材料以及高效吸光电极；(3) 在试验台架验证人工光合系统二氧化碳还原组件和析氧组件的效率与选择性。具体的研究领域参见表 1<sup>6</sup>。

<sup>5</sup> Energy Department to Provide \$75 Million for 'Fuels from Sunlight' Hub.

<http://www.energy.gov/articles/energy-department-provide-75-million-fuels-sunlight-hub>

<sup>6</sup> Joint Center for Artificial Photosynthesis. <http://solarfuelshub.org/downloads/2015%20JCAP%20Brochure.pdf>

表 1 人工光合作用联合研究中心第二阶段研究重点

领域	关键科学问题	关注重点
电催化	理解控制二氧化碳还原和析氧反应催化活性和选择性的结构与成分参数	发现和认知多相二氧化碳还原和析氧反应电催化过程
光催化和捕光	理解表面成分与结构和电子结构对二氧化碳还原和析氧反应光催化活性的影响	- 发现和认知二氧化碳还原和析氧光催化 - 开发和认知捕光光子体系架构
材料集成制造组件	- 理解界面现象的影响 - 光吸收和发电效率 - (光)电催化活性	开发和认知集成组装催化剂和吸光材料
建模、试验台架与基准	理解组件中的电荷与离子传输对集成器件效率的影响	器件参数和试验台架体系结构的模拟仿真

JCAP 正式成立于 2010 年 7 月，致力于模拟自然光合作用研发建立一套完整的人工光合成（太阳能制燃料）系统，利用太阳能、水和二氧化碳制取燃料，效率比自然植物高 10 倍以上。研究计划包括 8 个核心项目：光捕集与转化、多相催化、分子催化、高通量试验、催化剂与光吸收组件基准、分子与纳米尺度界面、膜与介尺度组装以及规模化和原型制造。JCAP 由加州理工学院和劳伦斯伯克利国家实验室共同领导，合作机构还包括 SLAC 国家加速器实验室、加州大学 Irvine 分校和加州大学圣迭戈分校。

(陈伟)

## DOE 投入 1050 万美元资助开发下一代海洋能系统

美国能源部 (DOE) 4 月 28 日宣布，将投入 1050 万美元支持最多 6 个项目设计和运行下一代创新海洋与流体动力系统<sup>7</sup>。此次项目招标关注两个主题领域：

(1) 提高波浪能转换系统在严苛环境下的耐受性，能够减少资本成本或延长其寿命。这一主题领域投资额 180 万美元，工作内容包括：

- 运用数值模拟设计全规模波浪能转换装置进行耐受性试验，确定何种波浪条件超出系统运行极限；
- 在相关的模型尺度（如 1/30 规模）开展数值模拟，建立预计的运动、加速度和负载等波浪条件数据集来定义波浪能转换装置的耐受性；
- 建立相关试验尺度的模型；
- 在极端负载条件下开展测试；
- 定义技术设计需求以进一步提高下一代设计的耐受性。

(2) 降低波浪能和海流能源转换系统安装、运行与维护的不确定性，能够减少

<sup>7</sup> Next-Generation Marine Energy Systems—Durability and Survivability.  
<https://eere-exchange.energy.gov/FileContent.aspx?FileID=8715a9da-8a96-4ad9-a760-e322e5aae7ed>

整体成本并提高长时间运行能力。这一主题领域投资额 870 万美元，工作内容包括：

- 设计创新方法降低安装、运行与维护成本；
- 利用风险管理框架或类似方法开展风险分析，消除这些风险并监测项目进展；
- 详细设计近全规模海洋与流体动力系统原型，在开放水域示范，设计必须继承测试仪表和传感器，不仅用于验证性能还可测量系统关键部件的负载与响应；
- 完成试验场址的审批许可流程；
- 建造近全规模海洋与流体动力系统原型，解决制造过程中确定的风险；
- 部署应用创新技术的海洋与流体动力系统；
- 在开放水域进行性能测试，包括系统回收修复或检测系统健康并重新部署进行进一步测试，并网是可选方案但不是本主题关注重点；
- 数据分析和技术设计需求定义，以进一步加强下一代设计的安装、运行与维护。

(陈伟)

## 美公私投入超 1000 万美元开发固态照明技术

5月4日，美国能源部（DOE）宣布将对9个固态照明（SSL）研发项目予以资助，这些项目涉及SSL核心技术研究、产品开发和制造<sup>8</sup>。这9个项目将获得超过820万美元的政府资助，连同私营部门匹配的投资，总投资额将超过1150万美元。这是DOE在“固态照明核心技术与产品开发”领域的第10轮投资，也是DOE在“美国SSL制造研发”领域的第6轮投资。这9个项目概况参见表1。

表1 DOE 第10轮 SSL 核心技术与产品开发投资项目

<b>承担机构</b>	<b>Acuity Brands Lighting 公司</b>
标题	具有面板集成驱动和先进控制的 OLED 灯具
内容	开发一种 OLED 灯具，其特征是直流电流驱动与各面板集成，并具有一个可实现用户控制输入界面的基台，可为 OLED 面板供电，并将控制输入指令转换为所需的的面板功能。目标是展示功效在 65 lm/W，光强在 4000 lm 的 OLED 灯具。
投资额	DOE 投资：\$455,131      机构匹配：\$151,710
<b>承担机构</b>	<b>亚利桑那州立大学</b>
标题	基于单发光材料的稳定有效白光 OLED
内容	快速筛选开发一种高效、稳定的荧光材料，并与 OLED 尖端技术结合。目标是开发出使用单一发光材料的有效稳定白光 OLED。
投资额	DOE 投资：\$700,000      机构匹配：\$175,000

<sup>8</sup> DOE Announces Selections for SSL Core Technology Research (Round 10), Product Development (Round 10), and U.S. Manufacturing (Round 6) Funding Opportunities. <http://www.energy.gov/eere/ssl/doe-announces-selections-ssl-core-technology-research-round-10-product-development-round-10>

<b>承担机构</b>	<b>Cree 公司</b>
标题	高效能 LED 光引擎的材料与设计
内容	开发高效能、成本效益的 LED 光引擎，用于下一代灯具。目标是将新型芯片、下转换荧光材料、封装几何集成到一个示范性灯具中，使其在 3000 K 和 90 CRI 情况下的稳态功效>150 lm/W。
投资额	DOE 投资：\$1,499,971      机构匹配：\$374,993
<b>承担机构</b>	<b>洛斯阿拉莫斯国家实验室</b>
标题	下一代“巨型”量子点：照明性能开发
内容	寻求开发用于 LED 照明的量子点下转换材料。专注点在于合成红光量子点，揭示其缺陷机制，并对其进行加速生命周期测试。目标是展示用于高性能 LED 照明的磷替代技术。
投资额	DOE 投资：\$1,000,000      机构匹配：\$250,000
<b>承担机构</b>	<b>飞利浦北美研发中心</b>
标题	具有集成频谱自适应控制的创新办公照明系统
内容	开发一种创新型 LED 办公照明系统解决方案，该方案将集成光传输、光学、能效控制以及人员健康控制。该办公室解决方案将实现能效最大化，同时能够进行频谱调节和功能控制。
投资额	DOE 投资：\$499,131      机构匹配：\$166,377
<b>承担机构</b>	<b>RTI 国际公司</b>
标题	教室先进照明系统
内容	开发和展示下一代教室集成照明系统的先进设计，展示动态照明的优势，并收集来自教育工作者、主管部门及其他关键利益相关方对教室动态照明系统的意见。
投资额	DOE 投资：\$450,000      机构匹配：\$150,000
<b>承担机构</b>	<b>Sinovia 技术公司</b>
标题	用于 OLED 照明的集成塑料衬底
内容	结合阻隔薄膜技术和纳米线透明导电膜，制造一种可以提高 OLED 光萃取效率，并降低其成本的单一衬底产品。目标是展示一种衬底/封装技术，其阻值<1 ohm/sq，光萃取率>50%，目标成本控制在\$95/m <sup>2</sup> 以下。
投资额	DOE 投资：\$1,326,170      机构匹配：\$1,327,310
<b>承担机构</b>	<b>加州大学圣巴巴拉分校</b>
标题	确认和缓解 GaN 基 LED 的效率下降（Droop）机制
内容	旨在弄清最先进的商用 LED 效率下降的基本原因，将开发一台电发射光谱工具来研究 LED 在高电流密度和高温下效率发生下降的机制，然后对非极性和半极性 LED 进行优化，对“绿光屏障”（green gap）的原因进行定性，并评估高温效率下降的原因。
投资额	DOE 投资：\$1,000,000      机构匹配：\$250,000
<b>承担机构</b>	<b>密歇根大学</b>
标题	通过降低分子离解实现稳定高效的白色电致磷光有机发光器件
内容	将开发新的策略来提高蓝色磷光 OLED 的寿命。项目将利用计算机辅助方法，高效地找出可靠的蓝色磷光掺杂剂与主体分子配对。目标是创造一种白色磷光 OLED，其在可扩展平台上的效率达到 70 lm/W，显色指数达 85，色温达 2750 K。
投资额	DOE 投资：\$1,314,240      机构匹配：\$433,398

(姜山)

## 前沿与装备

### 美生物质催化热解制生物燃料技术取得重要进展

美国能源部 5 月 6 日宣布，Battelle 公司承担的先进生物燃料研发项目取得了里程碑式进展<sup>9</sup>。该公司仅用单次催化剂负载量实现了生物油脂加氢热解转化为即用型生物燃料工艺成功运行超过 1000 小时，达到 1200 小时。下一阶段期望实现 4000 小时运行里程碑，这将意味着商业精炼厂每年仅需换两次催化剂，使得商业可行性进一步提高。能源部西北太平洋国家实验室为项目合作伙伴之一，是加氢热解催化剂的技术提供方。Battelle 公司已建立了一个中试工厂，生物质日处理量超过 1 吨。此外，Battelle 公司还与 Equinox Chemicals 公司建立了战略合作伙伴关系，旨在利用这一热解平台生产生物基多元醇和化学品等高价值产品。

(陈伟)

### 钙钛矿太阳电池中微观结构对载流子寿命的影响

美国华盛顿大学 David S. Ginger 教授与英国牛津大学 Henry J. Snaith 教授两个课题组合作，使用装有扫描电子显微镜的共聚焦荧光显微镜研究了钙钛矿  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  (CI) 薄膜的光致发光 (PL) 衰减动力学原理，发现即使在同一薄膜中 PL 强度和寿命在不同晶粒之间也有所变化。晶界在成像图形中的颜色更加暗淡且表现出更快的无辐射衰减。同时能量色散 X 射线光谱图表明氯浓度和 PL 亮区域之间呈正相关性，且通过 PL 成像发现经用吡啶化学处理可激活先前的暗粒。该研究证明了钙钛矿薄膜中的缺陷限制了电荷的移动进而限制了太阳能电池效率，通过改造有缺陷的材料可进一步提高钙钛矿太阳能电池的性能，并可运用于 LEDs 和激光器等高性能发光器件。相关研究成果发表在《Science》<sup>10</sup>。

(潘璇)

### 锂离子电池热失控发生和扩散过程实时追踪

英国伦敦大学学院 Paul R. Shearing 教授率领的课题组首次运用高速同步辐射 X 射线计算机断层扫描和成像，并将其与热成像结合使用，以追踪锂离子电池在热失控发生和扩散过程中内部结构损坏和热行为的实时变化。样本采用商业锂离子电池 (LG18650 NMC cells)，并将其暴露于极热的条件中 (250°C 以上)，研究了包括气体诱导脱层、电极层塌陷和结构退化扩散在内的主要退化模式。具有内支撑的电池

<sup>9</sup> Milestone Reached: New Process Reduces Cost and Risk of Biofuel Production from Bio-Oil Upgrading. <http://energy.gov/eere/bioenergy/articles/milestone-reached-new-process-reduces-cost-and-risk-biofuel-production-bio>  
Battelle Team Passes Important Department of Energy Pyrolysis Milestone. <http://www.battelle.org/media/press-releases/battelle-team-passes-important-department-of-energy-pyrolysis-milestone>

<sup>10</sup> Dane W. deQuilettes, Sarah M. Vorpahl, Samuel D. Stranks, et al. Impact of microstructure on local carrier lifetime in perovskite solar cells. *Science*, 2015, 348 (6235): 683-686.

可一直保持稳定直至热失控发生（内部铜材料温度达~1000℃）；无内支撑的电池在热失控发生之前紧密封装的核心就已崩溃，增加了内部短路的风险和对邻近物体的危害。该项研究对理解电池失效的发生和扩散有重大意义，有利于改进电池安全性方面的设计。目前该课题组计划研究更大尺寸的电池样本，并从微观层面调查造成大范围电池失效的原因。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》<sup>11</sup>。（潘璇）

## 首次可视化观测锂离子电池枝晶形成过程

美国储能联合研究中心科学家将原位电化学实验台与透射电子显微镜（TEM）相结合，用TEM观测了锂离子电池充放电循环中发生在阳极的电化学过程。通过图像对比度反转发现固体锂元素形成物密度要低于周围的液体电解质和电极表面。这一对比可以在组成固体-电解质中间层的含锂化合物中识别出锂元素。通过关联显示锂元素电解沉积顺序和带有校准循环伏安特性曲线的固体-电解质中间层变化的图像，可以从纳米尺度上测量电沉积和电解质衰变过程。这一方法为快速显现和测量下一代电池系统的电极/电解液组合的电化学性能提供新的可能性。相关研究成果发表在《*Nano Letters*》<sup>12</sup>。（张凡）

## 强化混合离子-电子导体晶界离子电导性

混合离子-电子导体被广泛用于能源转化和存储设备中。这些材料中的晶界处于纳米尺度的空间规模，会因为掺杂物的隔离对离子传输产生实质性的阻碍。美国南卡罗来纳大学和克莱姆森大学研究人员研究了 $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}-\text{CoFe}_2\text{O}_4$  复合材料中定位新生相的形成，这一新生相可以增强晶界的离子导电性，从而极大地提高电池和燃料电池的效率。通过使用透射电子显微镜和能谱仪的方法，研究人员调查了随两组分间相反应进行晶界的电荷分布和化学环境的变化。新生相的形成有效避免了钐掺杂物的隔离和 $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}-\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}$ 晶界处氧空位的消耗，从而使晶界的离子电导性得到提高，强化的氧渗透通量实验同样证实了这一点。这项工作同时表明通过晶界缺陷分布的诱导改性，可以在混合离子-电子导体复合材料中实现介尺度水平的运输特性控制。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》<sup>13</sup>。（张凡）

<sup>11</sup> Donal P. Finegan, Mario Scheel, James B. Robinson, et al. In-operando high-speed tomography of lithium-ion batteries during thermal runaway. *Nature Communications*, 2015, 6: 6924.

<sup>12</sup> B. L. Mehdi, J. Qian, E. Nasybulin, et al. Observation and Quantification of Nanoscale Processes in Lithium Batteries by Operando Electrochemical (S)TEM. *Nano Letters*, 2015, 15 (3): 2168–2173.

<sup>13</sup> Ye Lin, Shumin Fang, Dong Su, et al. Enhancing grain boundary ionic conductivity in mixed ionic–electronic conductors. *Nature Communications*, 2015, 6: 6824.

### 美智库指出页岩气繁荣效益和可持续前景不明朗

世界观察研究所 4 月 21 日发表《美国页岩气繁荣的效应和可持续性》研究报告指出<sup>14</sup>，任何国家对页岩气（不管是产自国内还是国外）的强烈依赖可能会在近期和长期产生不良的影响。

初步预计世界范围内页岩气技术可采资源量为 7299 万亿立方英尺（tcf），主要分布在中国（1115 tcf）、阿根廷（802 tcf）、阿尔及利亚（707 tcf）、加拿大（573 tcf）、美国（567 tcf）、墨西哥（545 tcf）和澳大利亚（437 tcf）。然而，深入调查会使目前的预测数据发生变化，尤其是经济可采资源所占比例。

目前只有三个国家通过水力压裂法在商业规模上生产页岩气：美国、加拿大和中国。美国 2014 年页岩气产量达到新高：329 亿立方英尺/日，在 2013 年底页岩气日产量即超过了非页岩气日产量，使之成为天然气的主要来源。加拿大处于第二位，截至 2014 年 5 月产量为 39 亿立方英尺/日。中国处于第三位，目前产量只有 2.5 亿立方英尺/日。还有几个国家已开始页岩气勘探，包括阿尔及利亚、阿根廷、澳大利亚、哥伦比亚、墨西哥和俄罗斯。但这些国家至今还没有商业规模生产，主要限制因素包括资源地质深度、地表构成、现有基础设施以及目前天然气市场价格等。

美国页岩气开发为当地带来工作机会，但大多数相关工作是暂时性的，许多工作不是由当地工人完成，只给当地经济带来短暂的效益。而矿井建设和废水运输所需的重型卡车流量对当地公路的损失以百万美元计。车辆和柴油发电机所带来的空气污染会危害人的健康。从矿井流出的有毒废水被排入地下，包含化学品、水和沙，没有经过合理的处理，给土壤和含水层带来危害。在美国和其它国家，在考虑页岩气开发时，这些影响因素需要进行严密评估。美国电力生产从煤炭转化为天然气在短期内降低了国内温室气体的排放。但是从长期来看，这种降低对全球的益处是值得怀疑的，因为水力压裂释放了大量的甲烷，它比 CO<sub>2</sub> 导致全球变暖的效应要大得多。此外，未来美国页岩气的产量是否依旧乐观仍然是一个问题。

由于有限的国内资源，大多数欧洲国家的能源依赖于天然气进口，然而俄乌冲突使得欧洲呼吁降低或多样化对外能源的依赖。德国、英国和保加利亚等几个欧洲国家对水力压裂应用仍有争论。这一地区可采页岩气储量仍不确定，其它阻碍欧洲页岩气资源开发的因素还包括：矿产产权归属的争论以及持续的环境和安全担忧。

迄今为止，中国已经在页岩气开发上投资了超过 10 亿美元。但该国气藏大多在山区，要么埋藏太深或离水力压裂需要的水资源太远。这使得钻井以及建立必要的基础设施（如公路和管道）更具有挑战性和付出更昂贵的成本。（张凡）

<sup>14</sup> Effects and Sustainability of the U.S. Shale Gas Boom. <http://www.worldwatch.org/node/14634>

## 中国科学院武汉先进能源战略情报中心简介

中国科学院武汉先进能源战略情报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分析机构，历年来参与了多项国家级、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《先进能源动态监测快报》（每月两期）、《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 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 .....

编辑出版：中国科学院武汉文献情报中心 中国科学院武汉先进能源战略情报研究中心

联系地址：武汉市武昌区小洪山西 25 号（430071）

联系人：张 军 陈 伟 李桂菊

电 话：（027）87199180

电子邮件：jiance@mail.whlib.ac.cn