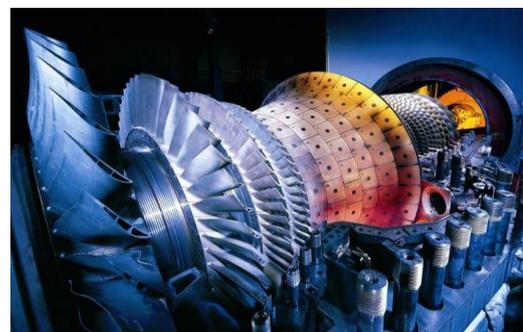


# 先进能源科技动态监测快报



## 本期重点

- 奥巴马《Science》发文：清洁能源大势所趋，低碳经济人心所向
- 美《四年度能源评估报告》第二卷聚焦电力系统变革
- DOE 研究核能和可再生能源耦合集成系统

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

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

# 目 录

## 决策参考

奥巴马《Science》发文：清洁能源大势所趋 低碳经济人心所向...2  
美《四年度能源评估报告》第二卷聚焦电力系统变革.....4  
DOE 研究核能和可再生能源耦合集成系统.....6

## 项目计划

DOE 资助近 2000 万美元加速先进车辆技术研发 .....8  
DOE 资助 1800 万美元加速插电式电动汽车和替代燃料研发 .....8  
DOE 资助超千万美元开展生物规模化制造技术试点工作.....9

## 前沿与装备

美科学家研发新型铂铅/铂核壳结构纳米片催化剂 ..... 10  
氧化铝涂层大幅降低石榴石型电解质和电极界面电阻..... 11  
日科学家揭露卤素碘钙钛矿太阳电池性能衰减之谜..... 12  
英科学家研发高效稳定的无铅无机钙钛矿太阳电池..... 13

**恭 祝 新 年 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：2017年1月15日

## 本期概要

奥巴马在《Science》杂志上发表了题为“清洁能源势不可挡”文章，指出人类活动相关的温室气体排放量不断增加，导致地表平均温度上升、极端气候出现以及海水酸化，解决气候变化问题刻不容缓：在过去8年间（2008-2015年），美国新能源产业蓬勃发展，美国经济持续增长，但温室气体排放量却持续下降，表明了发展新能源不仅有助于温室气体减排，还能推动经济增长。鉴于经济和科学数据，奥巴马指出清洁能源发展之路已是大势所趋、人心所向，经济增长与排放量脱钩，美国企业积极参与减排，美国电力能源结构发生了深刻变革，气候行动势不可挡。详见正文。

美国白宫发布了《四年度能源评估报告》第二卷，重点关注美国电力系统现代化变革进程中所面临的机遇和挑战，强调了实现国家电力系统现代化是一项至关重要的战略任务。为了让联邦政府能够与州、地方、行业和其他利益相关方开展高效的合作以推进国家电力系统现代化，充分释放美国经济潜力，维持并加强美国清洁能源创新的全球领导者地位，提出了六大战略性建议：（1）将电力系统作为国家安全资产加以保护；（2）实现电力经济价值和消费者权益最大化；（3）构建未来的清洁电力系统；（4）确保电力系统的可靠性、安全性和灵活性；（5）加大对现代化电力系统劳动力的培养；（6）加强北美电力一体化。详见正文。

美国能源部（DOE）能效与可再生能源助理部长和核能助理部长联合发文指出，DOE正在积极研究核能和可再生能源耦合集成系统的潜力和协同效应：核能-可再生能源耦合集成系统包括三个主要组成部分：产生热或电的核反应堆子系统；产生电或热的可再生能源子系统；以及产生汽油、饮用水或氢气等高价值产品的工业子系统。在给定时间情况下，该系统可以根据每种商品的价值来调整提供给工业子系统和电网的能量。能源和工业产品灵活的生产方式可以使集成系统更好地应对不断变化的市场，并为投资者带来更多利润。为了进一步增强对核能和可再生能源耦合集成系统的理解，DOE开展了三个案例研究：（1）美国工业部门产生和消耗的热能及减少碳排放的机会；（2）利用Modelica框架开发的组件模型：高温蒸汽电解厂和燃气轮机电厂；（3）三个核能-可再生能源耦合系统向工业提供热能的经济潜力评估。详见正文。

美能源部宣布资助1970万美元用于加速先进车辆技术项目研发，涵盖四大主题领域，包括：电池、轻质材料、先进内燃机以及创新的交通能效技术，旨在保障美国国家的能源安全，推进美国能源独立，减少交通运输系统的温室气体排放，增强美国的经济竞争力。

日本冲绳科技大学研究显示，基于碘卤素钙钛矿太阳能电池本身存在自我降解的特性，即碘蒸汽也会诱发碘卤素钙钛矿薄膜发生降解：该项研究通过控制变量法，系统地研究了碘蒸汽对不同制备方法制备的碘基钙钛矿薄膜降解作用机理，为改善钙钛矿电池稳定性问题提供了重要的理论参考。

### 奥巴马《Science》发文：清洁能源大势所趋 低碳经济人心所向

1月9日，美国总统奥巴马在《Science》杂志上发表了题为“清洁能源势不可挡”的文章<sup>1</sup>，指出人类活动相关的二氧化碳和其他温室气体排放量不断增加，导致地表平均温度上升、极端气候出现以及海水酸化。如果任其发展，到本世纪末全球平均气温将再升高4℃以上，解决气候变化问题刻不容缓。在过去8年间（2008-2015年），受益于美国私营企业在清洁能源方面的大力投资，新能源产业蓬勃发展，美国经济持续增长，但温室气体排放量却持续下降，表明了发展新能源不仅有助于温室气体减排，还能推动经济增长。鉴于经济和科学数据，奥巴马坚信清洁能源发展之路是大势所趋、人心所向，并阐述了四大理由，要点如下：

#### （1）经济增长与排放量脱钩

美国经验表明，温室气体减排与经济增长并不冲突，相反减排有助于能效、生产力和创新能力的提升。在过去的8年间（2008-2015年），美国经济增幅超过10%，而二氧化碳排放量则下降9.5%。同期，每单位GDP能耗几乎下降了11%，每单位能耗二氧化碳排放下降8%，每单位GDP二氧化碳排放量下降18%。排放量和经济增长脱钩现象不仅存在于美国，全世界都出现了类似的情况。国际能源署（IEA）的数据显示：2015年，全球经济呈现增长态势，但二氧化碳排放量却与前一年大致持平；在过去40年，只有四个时期出现了CO<sub>2</sub>排放量与上一年持平或降低，其中三个都是出现在经济低迷期间，依次为20世纪80年代初、1992年和2009年。相反，最近一次排放量下降情况则出现在经济增长时期。

此外，越来越多的科学证据表明，任何忽视气候变化的经济政策，都将给全球经济带来巨大负面影响。长期而言，会导致就业机会减少，经济增长放缓。如果放任不管，温室气体排放继续增加将导致全球平均气温在本世纪末再上升4℃以上，而这将直接导致全球经济每年损失约4%，其中美国年度经济损失将达到3400亿-6900亿美元。这还不包括温室气体排放增加可能引发的灾难性事件，包括格陵兰和南极冰盖的加速萎缩、海洋洋流的剧烈变化、冷冻土壤以及沉积物释放大量温室气体，这些都会加速气候变化，将影响全球的宏观经济。因此，必须采取针对性措施以避免气候变化带来的损害，即加强在节能减排上的投资。

#### （2）美国企业积极参与减排

越来越多的美国私营企业意识到减少排放不仅对环境有益，还有助于提高企业利润，降低消费者的成本，并为股东赚取投资回报。而能效或许是最引人注目的案

---

<sup>1</sup> Barack Obama. The irreversible momentum of clean energy. *Science*, Published online 09 Jan 2017, DOI: 10.1126/science.aam6284.

例。在这一方面，奥巴马政府制定了两个全新的政策：（1）构建燃油经济性标准，这将在 2012-2029 年间为美国削减超过 80 亿吨的碳排放；（2）制定了 44 个全新的家电能效标准和建筑能效法规，到 2030 年这一措施预计将削减 24 亿吨碳排放，为消费者节约 5000 亿美元的开支。企业投资能效技术的背后驱动力还是想节约能源方面的花销，将节约的资金用于其他的投资项目。而企业加大在清洁能源方面的投资，不仅可以节省资金，而且同时增加就业机会。美国能源部的报告数据显示，能效产品开发、安装和制造工作为全美提供了 220 万个就业岗位，而化石燃料生产行业只提供了 110 万个就业岗位。

### **（3）美国电力能源结构发生深刻变革**

美国电力部门（温室气体排放的最大来源）正在发生深刻的变革，其电力能源结构正在持续优化，从高排放量的煤电逐步转向低排放量的天然气发电。2008 年，天然气发电量占比约 21%；如今，这一数值已经增加至 33%。得益于新技术的应用，天然气发电成本一路下滑，已经比煤炭还低，因此公共事业部门不可能走回头路去建造成本更高昂的燃煤发电厂。

2008-2015 年间，美国可再生能源发电成本也大幅下降：风电成本下降了 41%，分布式屋顶光伏发电成本下降了 54%，公共规模太阳能发电成本下降了 64%。在可再生能源发展的过程中，公共政策发挥了至关重要的作用，而技术进步和市场规律将继续推动可再生能源进一步发展。实际上，在美国的一些地区在没有补贴的情况下，风能和太阳能发电的平准化成本已经低于燃煤发电成本。而这就是驱动美国企业走上可再生能源道路的潜在推动力。

### **（4）气候行动势不可挡，清洁能源经济大势所趋**

放眼全球，当前很多国家及企业都在大力发展新能源，希望通过清洁能源的发展，为国家和企业自身谋取利益。最开始，人们普遍认为减少温室气体排放，应对气候变化只有少数发达经济体应该承担的责任。但后来各国在《巴黎气候协定》中达成一致，认为所有国家都应该承担减排的责任，以共同应对气候变化。在马拉喀什会议上，来自全球 110 多个国家（占全球温室气体排放量的 75% 以上）已经批准了《巴黎气候协定》，气候变化行动已势不可挡。

尽管大势所趋，但下一届美国政府并不需要采用与现任政府完全相同的气候政策，其可以选择多种途径和机制，经济合理地实现美国在《巴黎气候协定》中设定的国家自主贡献目标。但如果美国退出《巴黎气候协定》，那么美国将会丢掉在全球气候谈判的主动权，而这必将损害美国的经济利益。

最后奥巴马总结道，大量的科学证据表明气候变化是真实存在的，必须采取积极的行动以应对气候变化挑战。无论美国未来政策是何走向，清洁能源发展大势已不可逆转。全球没有一个国家比美国更适合来引领全球应对气候变化的挑战，也没

有能够像美国一样从中获得那么多的低碳经济利益。美国应该继续参与《巴黎气候协定》，为美国人民和国际社会造福。

（郭楷模）

## 美《四年度能源评估报告》第二卷聚焦电力系统变革

1月6日，美国白宫发布了《四年度能源评估报告》第二卷<sup>2</sup>，重点关注美国电力系统现代化变革进程中所面临的机遇和挑战，强调实现国家电力系统现代化是一项至关重要的战略任务，可靠、可负担的电力不仅为消费者、商业和国防提供了必要的能源服务，并且对美国现代经济的每个领域起着关键的支撑作用。为了让联邦政府能够与州、地方、行业和其他利益相关方开展高效的合作以推进国家电力系统现代化，充分释放美国经济潜力，维持并加强美国清洁能源创新的全球领导者地位，报告提出了六大战略性建议：

### （1）将电力系统作为国家安全资产加以保护

- 修正《联邦电力法案》，包括新出台的《快速输电法案》，确认电力系统（从大电网到配电设施）作为国家安全资产的地位，使电力保护成为联邦政府的基本职责。
- 采用以区域为基础的综合性和电力安全规划和标准。
- 评估天然气/电力系统基础设施对网络安全保护的依赖性，以确定是否需要采取额外措施来保护电力系统。

### （2）实现电力经济价值和消费者权益最大化

消费者可选择的电力和能效服务种类已显著增加，其中智能电网和物联网贡献了一部分力量，另外的贡献力量来自消费者对新服务的需求。消费者现在可以通过分布式发电技术和先进的配电基础设施来实现电力生产和消费，意味着客户与电力生厂商的关系发生了重大变化。在这方面，需要进一步提高电力经济价值和消费者权益，包括：

- 增加联邦政府对各州构建现代化电网的支持力度。
- 评估改进激励和计划减少中低收入家庭电费的潜力。
- 通过在部落地区推进能源技术，支持电气化和经济发展的机会。
- 利用电力公用事业宽带建设扩大农村地区的公共宽带接入。

### （3）构建未来的清洁电力系统

减少温室气体和其他有害排放是电力部门的一个关键要素，确保清洁灵活的电力系统将需要不断降低能源技术的成本和改善环境性能。实现这些目标需要采取一些行动，包括：

- 显著增加清洁电力研究开发和示范的联邦投资，实施区域清洁能源创新伙伴关

---

<sup>2</sup> New Study Helps Map Out Road Ahead for U.S. Electricity System. <https://www.whitehouse.gov/blog/2017/01/09/new-study-helps-map-out-road-ahead-us-electricity-system>

系计划。

- 分析先进大型发电的融资模式，同时扩大对可再生能源发电、电动汽车和能源效率的税收激励。

- 延长核电生产税收抵免时间和总容量，并为碳捕集、利用与封存提供税收抵免。

- 到 2030 年，新建住宅和商业建筑的电力密度比典型的现代建筑减少至少 50%。

- 评估与联邦电力财政激励相关的商业模式，包括审查免税实体的税收抵免使用情况。

#### **(4) 确保电力系统的可靠性、安全性和灵活性**

传统的电力系统运行正在不断演变，可以创建更加动态和综合的电网，创造巨大的机会，也存在潜在的新风险和脆弱性。新出现的威胁环境，特别是网络安全和极端天气事件的威胁，对电力部门的可靠性、安全性和灵活性以及传统治理和监管机制构成了挑战。减少这些风险所需的关键步骤包括：

- 实质性地扩展现有的联邦计划，以展示分布式系统技术的集成和优化。

- 提供储能激励。

- 加强能源部门信息共享和分析的协调，以综合威胁分析并以及时和有用的方式将其分发给工业界。

- 支持面向网络威胁、物理威胁和气候威胁的小型公用事业。

- 在可靠性规划期间考虑新出现的威胁。

- 提供资金援助，以提高国家公共事业委员会的分析能力。

#### **(5) 加大对现代化电力系统劳动力的培养**

能够建设、运营和管理这种现代化电网基础设施的熟练劳动力对于 21 世纪电力系统至关重要。建设动态的电力工作人员队伍需要联邦政府的支持，包括：

- 加强联邦和区域协作，侧重于电力人力资源的发展和过渡援助。

- 支持网络物理系统（CPS）课程培训，以及网络现代化和网络安全教育。

- 加强和调整基于技能的培训和电力部门劳动力的继续教育。

#### **(6) 加强北美电力一体化**

美国、加拿大和墨西哥的领导人公开支持提高能源一体化，均认识到跨境电力贸易的好处可以通过更深入的系统集成得到改善。实现此目标所需的策略包括：

- 通过分享最佳实践和探索未来潜在的电网安全问题合作，推进北美电网安全。

- 通过扩大监管和许可信息工具包，促进允许跨境传输设施。

- 增加北美清洁能源技术协调，加强北美能源信息交流的合作。

(郭楷模)

## DOE 研究核能和可再生能源耦合集成系统

12月8日，美国能源部（DOE）能效与可再生能源助理部长和核能助理部长联合发文指出<sup>3</sup>，DOE正在积极研究核能和可再生能源耦合集成系统的潜力和协同效应，这两者均是美国能源系统的关键组成部分，能够为美国提供清洁、安全和丰富的能源。

核能-可再生能源耦合集成系统（图1）包括三个主要组成部分：产生热或电的核反应堆子系统；产生电或热的可再生能源子系统；以及产生汽油、饮用水或氢气等高价值产品的工业子系统。在给定时间情况下，该系统可以根据每种商品的价值来调整提供给工业子系统和电网的能量。能源和工业产品灵活的生产方式可以使集成系统更好地应对不断变化的市场，并为投资者带来更多利润。

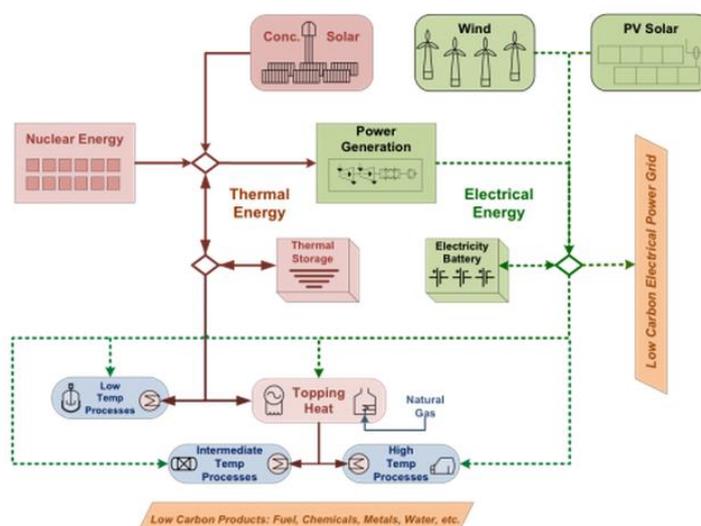


图1 核能-可再生能源耦合集成系统结构示意图

DOE核能局、能效与可再生能源局与爱达荷国家实验室（INL）和国家可再生能源实验室（NREL）合作，与工业界、学术界、决策机构和国际组织举办了一系列研讨会，明确了核能和可再生能源耦合集成系统的几个潜在优点，包括灵活生产零碳电力和热能，以及电力的短期和长期灵活性及可靠性。此外，DOE旗下的国家实验室进行了一系列技术和经济案例研究分析，证明了核能和可再生能源耦合集成系统的技术可行性，包括：

### （1）美国工业部门产生和消耗的热能及减少碳排放的机会

工业部门用能占到全美能源消耗总量的约30%，占全美碳排放总量的30%。工业用能大部分用于燃烧化石燃料来产生热量，从而将原材料转化为有价值的商品。该项研究调查了14个能源密集型和碳排放密集型产业活动，分析了每个行业制造过程中的热能和电能需求，并确定了可采取的先进技术，例如可以替代化石燃料产

3 Changing the Game by Linking Nuclear and Renewable Energy Systems. <https://www.energy.gov/ne/articles/changing-game-linking-nuclear-and-renewable-energy-systems>

生热量的小型模块化核反应堆、太阳能热发电、地热、核能和可再生能源耦合集成系统。研究得出，核能和可再生能源耦合集成系统完全可以满足生物燃料生产、废水净化、海水淡化、氢气生产、食品加工、合成汽油生产、化工制造、抽水蓄能和压缩空气储能等活动的热能和电能需求。

### (2) 利用 Modelica 框架开发的组件模型：高温蒸汽电解厂和燃气轮机电厂

为了更好地理解集成技术中热能与电电子系统之间的复杂相互作用，INL 在橡树岭国家实验室和阿贡国家实验室的支持下，使用 Modelica 编程语言开发了一个名为风险分析虚拟环境（RAVEN）的动态建模框架。RAVEN 允许实验室模拟高温电解器如何与核能和可再生能源耦合集成系统相互作用，以产生用于工业或交通运输领域的氢能。模拟集成系统每秒可能产生半公斤氢气，即每年可产约 13 吨，并且不产生任何有害排放物。

### (3) 三个核能-可再生能源耦合集成系统向工业提供热能的经济潜力评估

该项研究评估了能够为工业客户（如化工厂或造纸厂）提供热能产品（蒸汽或高温传热流体）的核能-可再生能源耦合集成系统的经济性。分析表明，在特定市场条件下，核能-可再生能源耦合集成系统可以向工业客户出售其热量而获利，大大减少了工业温室气体排放，同时也可以为电网提供短期和长期效益。图 2 展示了为工业应用提供热能的两种潜在核能-可再生能源耦合集成系统的结构示意图。

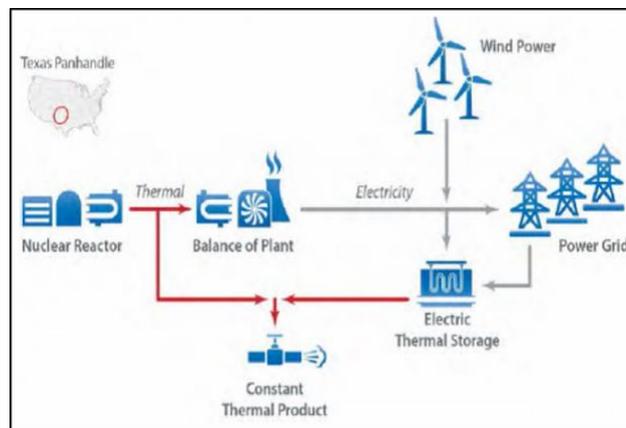


图 2 为工业提供热能的核能-可再生能源耦合集成系统

DOE 的研究分析表明，核能-可再生能源耦合集成系统确实能够为工业提供零碳电力、零碳能源，还可以生产合成汽油等高价产品以及改善电网的运行。展望未来，DOE 将研究核能和可再生能源技术如何能够以低成本高效率的方式协作来生产无碳能源以及诸如氢气等高价产品，以助力美国经济向低碳转型。

（吴勤）

## 项目计划

### DOE 资助近 2000 万美元加速先进车辆技术研发

12 月 15 日，美国能源部（DOE）宣布资助 1970 万美元用于支持先进车辆技术项目研发<sup>4</sup>，涵盖四大主题领域：电池、轻质材料、先进内燃机以及创新的交通能效技术，旨在保障美国国家能源安全，推进美国能源独立，减少交通运输系统的温室气体排放，增强美国的经济竞争力。四大主题领域的研究内容如下：

**(1) Battery500 核心项目：**作为动力电池研发联盟计划的一部分，该项目将致力于开发电动汽车用新型锂电池技术，将当前电池能量密度提高至 500 Wh/kg，以获得尺寸更小、质量更轻、价格更便宜的动力电池组，推动电动汽车成本的下降。

**(2) 基于综合计算材料工程（ICME）开发低成本碳纤维轻质材料：**开发低成本碳纤维，同时推进 ICME 技术，以加快所有轻质材料系统开发部署的时间。

**(3) 先进内燃机的排放控制技术：**开发和示范催化剂材料和尾气后处理技术，以提高采用先进内燃机的车辆燃油经济性，满足近零排放标准。

**(4) 交通能效技术的研发：**开展车辆能效原型技术概念验证研究，即在未来交通场景概念下，采用先进的交通能效技术最大限度地提高车辆人员或货物运输的能效。

（吴勤）

### DOE 资助 1800 万美元加速插电式电动汽车和替代燃料研发

12 月 22 日，美国能源部（DOE）宣布资助 1800 万美元，加速插电式电动汽车（PEV）和其他可持续交通技术的研发、示范和部署<sup>5</sup>，旨在通过研发新型替代燃料、开发和部署先进的内燃机、车辆电气化及其他先进车辆使能技术，改善发动机系统性能，提高车辆燃油效率，减少燃油消耗和碳排放。资助的五个项目内容参见表 1。

表 1 研发项目具体内容

承担机构	项目内容	资助金额/ 万美元
欧达因系统公司	为 7 级卡车开发和示范插电式混合动力技术，将该类型卡车的燃油消耗量降低超过 50%，同时消除卡车平稳运行中的燃油消耗	290

<sup>4</sup> DOE Announces Nearly \$20 Million to Accelerate Energy Efficient Transportation and Systems. <https://energy.gov/eere/articles/doe-announces-nearly-20-million-accelerate-energy-efficient-transportation-and-systems>

<sup>5</sup> Energy Department Announces \$18 Million Investment to Accelerate the Development of Plug-In Electric Vehicles and Use of Other Alternative Fuels.

<https://energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-18-million-investment-accelerate-development-plug-electric>

蓝鸟主体公司	研发和示范车辆推进系统能效达 20%-30% 的电动校车技术，同时确保其能够联网充电	490
布洛斯曼公司	开发 4.3L 直喷式丙烷发动机和排放控制系统，将其应用于货运卡车上开展示范工作，以期改进发动机性能和节省燃料	200
太平洋公司	在犹他州、爱达荷州和怀俄明州的 I-15、I-80、I-70 和 I-84 公路上部署电动汽车充电走廊，以加速 PEV 的部署应用	390
燃气技术研究所	沿密歇根州休伦港到北达科他州边境的 I-94 公路部署多元化的燃料站（包括电动汽车充电站、压缩天然气、生物燃料和丙烷站）	490

（吴勘）

## DOE 资助超千万美元开展生物规模化制造技术试点工作

12 月 28 日，美国能源部（DOE）宣布资助 1290 万美元用于支持“生物燃料、生物制品和生物电力规模制造技术的试点示范工程”计划主题下遴选的 6 个一期研发项目<sup>6</sup>，旨在利用热化学、生物化学、藻类和混合转化技术在综合生物精炼厂开展先进纤维素生物燃料、生物制品、生物精炼中间体和生物能源的试点示范工程项目。6 个一期研发项目涵盖三大技术主题，包括开发综合性的生物规模化精炼设施、综合性的生物规模化精炼厂试点和垃圾能源化的规模化转化试点，具体内容参见表 1。

表 1 生物规模化制造技术试点工程一期项目具体内容

承担机构	项目内容	资助金额/ 万美元
开发综合性生物规模化精炼示范设施	<ul style="list-style-type: none"> <li>将现有的生物质制乙醇工艺与乙醇到喷气燃料的制备工艺结合起来，开发一个综合性生物规模化精炼示范设施，实现生物质到喷气燃料的高效转化，以及纤维素到可再生柴油和其他生物制品的高效生产</li> <li>设计、建造和运营一个综合规模化的生物精炼厂示范工程，以实现利用工业废气每年生产 300 万加仑的低碳喷气燃料和柴油燃料</li> </ul>	770
综合性生物规模化生物精炼厂试点	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善开放池塘藻类的养殖能力，提高藻类的产率，设计一个综合性藻类生物燃料规模化制造设施试点</li> <li>设计一个综合性生物精炼试点厂，实现以木质废物和农业原料来生产液体燃料</li> </ul>	200

<sup>6</sup> Energy Department Announces Six Projects for Pilot- and Demonstration-Scale Manufacturing of Biofuels, Bioproducts, and Biopower.  
<https://energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-six-projects-pilot-and-demonstration-scale-manufacturing>

- 基于先进的高温裂解技术设计综合性生物精炼设施，将城市固体废物和废水中提取出来的废弃物转化为高营养肥料，实现每天转化 300 吨生物质功效
- 设计一个规模化的综合性生物精炼试点厂，实现将污水处理厂污泥和固体转化为生物原油、沼气和化肥。而生物原油经过升级便可转化为汽油、喷气燃料和柴油，而沼气则可以用来发电

“生物燃料、生物制品和生物电力规模制造技术的试点示范工程”计划将分两期进行。第一期开展规模化生物制造设施设计和规划工作。第二期将在 2018 财年进行，建设和运营规模化的生物制造试点或示范设施，其中规模化设施试点项目可以获得额外 1500 万美元资金，而规模化设施示范工程项目可获得 4500 万美元资金。

(吴勘)

## 前沿与装备

### 美科学家研发新型铂铅/铂核壳结构纳米片催化剂

氧还原反应 (ORR) 作为燃料电池和金属空气电池中的重要反应，近年来被广泛关注。常见的 ORR 反应催化剂都是贵金属，其中铂 (Pt) 催化性能最优。如何减少电极催化剂中的 Pt 负载量和增强单位质量 Pt 的催化反应活性成为电催化研究领域的核心课题。美国能源部布鲁克海文国家实验室 Xiaoqing Huang 教授课题组牵头的国际联合研究团队利用化学油相合成的方法制备了一种全新的铂铅 (PtPb) 金属复合催化剂。通过透射电镜和扫描电镜表征显示，该复合催化剂为两维六方纳米片，且呈现高度的单分散特性，纳米片厚度约 4.5 nm，棱边长度约 16nm。进一步采用扫描透射电镜电子能量损失谱 (STEM-EELS) 对制备的样品进行元素分布分析，结果显示 PtPb 六方纳米片周围覆盖着一层约 4-6 个原子厚度的 Pt 壳层，即形成了独特的 PtPb/Pt 核壳结构六方形纳米片。因此形成了 2 套的晶体晶面，一套是核壳结构六方形纳米片顶部 (或者底部)  $\text{PtPb}\{010\}/\text{Pt}\{110\}$ ，另外一套则是侧边的  $\text{PtPb}\{001\}/\text{Pt}\{110\}$ 。由于晶格间距的不同，PtPb/Pt 核壳结构六方形纳米片顶部出现了很强的拉伸应力，这有助于优化 Pt-O 键强度，增强催化剂 Pt{110} 晶面的 ORR 性能。通过循环伏安测试显示，该 PtPb/Pt 催化剂在 0.9 V (相对于可逆氢电极 RHE) 下，比面积活性和比质量活性分别达到  $7.8 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ 、 $4.3 \text{ A}\cdot\text{mgPt}^{-1}$ ，是商业 Pt/C 催化剂的 27 和 34 倍。更为关键是，该新型 PtPb/Pt 催化剂在经历 50000 次电压循环后比质量活性仅衰减 7.7%，远低于商业 Pt/C 催化剂 66.7% 的衰减率，并且没有明显的结构和组成变化，呈现出极其优异的稳定性，这主要是得益于 PtPb/Pt 核壳纳米片表面均匀的 Pt

壳保护层。该项研究通过制备独特的核壳结构金属复合催化剂，通过晶格错位产生的拉伸应力实现了对 Pt 催化剂 ORR 活性的调控，为探索 and 开发更好的高性能催化剂，促进燃料电池快速发展起到了重要的推动作用。相关研究成果发表在《*Science*》<sup>7</sup>。

(郭楷模)

## 氧化铝涂层大幅降低石榴石型电解质和电极界面电阻

石榴石型固态电解质凭借离子导电率高、电化学窗口宽、空气稳定性好等优点，成为了固态电解质研究领域的热点。然而，石榴石型电解质和电极材料之间界面阻抗过大问题导致基于该类型固态电解质电池一直未取得突破性进展。马里兰大学 Liangbing Hu 教授课题组联合克拉克杰姆斯工程学院研究人员利用原子沉积法在石榴石型固态电解质锂镧钙锆铌氧化合物 ( $\text{Li}_7\text{La}_{2.75}\text{Ca}_{0.25}\text{Zr}_{1.75}\text{Nb}_{0.25}\text{O}_{12}$ , LLCZN) 表面沉积一层超薄的氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 薄膜。随后研究人员分别将有涂覆和没有涂覆  $\text{Al}_2\text{O}_3$  涂层的 LLCZN 固态电解质应用于组装半电池，并测试电化学阻抗谱 (EIS)。结果显示，室温下 LLCZN 离子导电性达到了  $2.2 \times 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ，含有  $\text{Al}_2\text{O}_3$  涂层的 LLCZN 固态电解质和锂金属负极的界面电阻大幅下降至  $1 \Omega \cdot \text{cm}^2$ ，远低于无  $\text{Al}_2\text{O}_3$  涂层的 LLCZN 固态电解质和锂金属负极的界面电阻 ( $1710 \Omega \cdot \text{cm}^2$ )。通过第一性原理计算发现，界面电阻显著改善主要是因为氧化铝涂层的引入改善了 LLCZN 固态电解质对锂金属负极的浸润性和化学稳定性，以及氧化铝涂层在发生嵌锂反应后并未阻碍锂金属和石榴石电解质间锂离子的运输结果。为了进一步研究  $\text{Al}_2\text{O}_3$  涂层对电池性能的影响，研究人员以沉积了  $\text{Al}_2\text{O}_3$  涂层的 LLCZN 做固态电解质，以锂金属作负极、高电压材料  $\text{Li}_2\text{FeMn}_3\text{O}_8$  (LFMO) 作为正极组装了一个完整的全电池。在 0.1C 倍率下 ( $1\text{C}=150 \text{ mA} \cdot \text{g}^{-1}$ )，对全电池进行循环伏安测试，结果显示电池首次的放电比容量为  $103 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ ，达到 LFMO 电极理论比容量的 70%；经过 50 次的循环后电池放电比容量稳定在  $110 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$  水平，表现出优异的倍率性能和循环稳定性。最后研究人员还成功利用该电池驱动了 LED 灯发光。该项研究巧妙地在固态电解质和锂金属负极之间引入了超薄的氧化铝涂层，改善了电解质和电极之间的浸润性和化学稳定性，大幅降低了两者之间的界面阻抗，为推动固态锂离子电池技术大规模商业化起到了积极推动作用。相关研究成果发表在《*Nature Materials*》<sup>8</sup>。

(郭楷模)

<sup>7</sup> L Bu, N Zhang, S Guo, et al. Biaxially strained PtPb/Pt core/shell nanoplate boosts oxygen reduction catalysis. *Science*, 2016, 354 (6318): 1410-1414.

<sup>8</sup> Xiaogang Han, Yunhui Gong, Kun (Kelvin) Fu, et al. Negating interfacial impedance in garnet-based solid-state Li metal batteries. *Nature Materials*, Published online 19 December 2016, DOI: 10.1038/nmat4821.

## 日科学家揭露卤素碘钙钛矿太阳能电池性能衰减之谜

有机无机卤化物钙钛矿太阳能电池的认证效率已经高达 22.1%，加上其低成本和易制备等优势，成为极具发展潜力的新一代太阳电池技术。但钙钛矿电池的长期稳定性依然是个问题，而先前的研究报道指出钙钛矿不稳定性主要受到水汽、紫外线、热应力和电应力等因素影响。日本冲绳科技大学 Yabing Qi 教授课题组最新的研究结果显示，基于碘卤素钙钛矿太阳电池发生降解不只是受到水汽、紫外线、热应力和电应力等因素影响，其本身存在自我降解的特性，即碘蒸汽也会诱发碘卤素钙钛矿薄膜发生降解。研究人员首先利用真空沉积法在手套箱内（避免空气、水分和氧气氛的影响）制备了甲基胺碘化铅（MAPbI<sub>3</sub>）钙钛矿薄膜，随后在手套箱内充入碘蒸汽，研究 MAPbI<sub>3</sub> 晶体薄膜暴露在碘蒸汽氛围中、可见光环境下的变化情况。通过 X 射线谱跟踪测试发现，随着暴露时间的推移（数分钟后），MAPbI<sub>3</sub> 薄膜主要特征衍射峰 14°和 28.3°（分别对应（110）和（220）晶面）的峰强度逐渐减弱，并且新的特征衍射峰陆续出现，包括 12.7°、25.5°、38.7°和 52.4°，分别对应碘化铅（PbI<sub>2</sub>）晶体的（110）、（002）、（003）和（004）晶面，表明了碘蒸汽诱导了 MAPbI<sub>3</sub> 薄膜发生降解，向 PbI<sub>2</sub> 转变。碘蒸汽暴露前后扫描透射电镜测试显示，在暴露前 MAPbI<sub>3</sub> 薄膜呈现致密、均匀的表面形貌；而暴露在碘蒸汽后的 MAPbI<sub>3</sub> 薄膜形貌则发生了显著变化，从致密均匀变成了孤立颗粒状态，进一步证实了薄膜确实发生了结构变化。随后研究人员重复了上述实验，但剔除光照因素，实验结果显示，MAPbI<sub>3</sub> 薄膜同样发生类似的降解反应，意味着碘蒸汽是诱发 MAPbI<sub>3</sub> 薄膜降解的主要因素而非可见光。为了进一步证实碘蒸汽诱因，研究人员利用不同的制备方法液相旋涂法重新制备了 MAPbI<sub>3</sub> 薄膜，并将其暴露在碘蒸汽（有光和无光条件），实验结果呈现类似的结果，也发生了降解产生了 PbI<sub>2</sub>。另外，为了确认碘蒸汽诱因的普适性，研究人员制备其他碘基钙钛矿薄膜，包括甲脒碘化铅（FAPbI<sub>3</sub>）和甲脒铯碘化铅（FA<sub>0.8</sub>CS<sub>0.2</sub>PbI<sub>3</sub>），并同样置于手套箱碘蒸汽环境中，结果显示 FAPbI<sub>3</sub> 和 FA<sub>0.8</sub>CS<sub>0.2</sub>PbI<sub>3</sub> 同样发生了降解，意味着碘蒸汽是碘基钙钛矿薄膜发生降解的主要诱因，具有普适性（不同制备方法、不同的成分碘基钙钛矿薄膜）；而发生降解潜在原因则是碘蒸汽会与游离的 I<sup>-</sup>和 MA<sup>+</sup>离子发生反应，随后引起了一系列的化学链反应，导致了薄膜最终彻底降解。该项研究通过控制变量法，系统地研究了碘蒸汽对不同制备方法制备的碘基钙钛矿薄膜降解作用机理，为改善钙钛矿电池稳定性问题提供了重要的理论参考。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》<sup>9</sup>。（郭楷模）

<sup>9</sup> Shenghao Wang, Yan Jiang, Emilio J. Juarez-Perez, et al. Accelerated degradation of methylammonium lead iodide perovskites induced by exposure to iodine vapour. *Nature Energy*, Published online 22 December 2016, DOI: 10.1038/nenergy.2016.195.

## 英科学家研发高效稳定的无铅无机钙钛矿太阳电池

铅元素毒性和器件稳定性问题是钙钛矿太阳电池技术迈向商业化的阻碍。英国华威大学 R. A. Hatton 教授课题组制备了全无机的钙钛矿材料 B- $\gamma$  相铯锡碘 ( $\text{CsSnI}_3$ ) 吸光体应用于电池当中, 系统研究了 4 种不同锡卤化物添加剂 ( $\text{SnI}_2$ 、 $\text{SnBr}_2$ 、 $\text{SnF}_2$ 、 $\text{SnCl}_2$ ) 对  $\text{CsSnI}_3$  钙钛矿薄膜物理化学性质及其电池性能的影响。通过研究紫外可见光谱随时间的变化曲线, 发现含有  $\text{SnCl}_2$  的  $\text{CsSnI}_3$  薄膜光吸收衰减最为缓慢; 并且 X 射线谱测试结果显示, 当暴露在空气中时, 含有  $\text{SnCl}_2$  的  $\text{CsSnI}_3$  薄膜主要特征衍射峰 (202) 的峰强度在 3 个小时后仍可以维持初始强度的约 80%, 为四个添加剂  $\text{CsSnI}_3$  薄膜最大值, 相反不含添加剂的  $\text{CsSnI}_3$  薄膜 (202) 衍射峰则完全消失。上述结果表明了过量的  $\text{SnCl}_2$  能够大幅提高  $\text{CsSnI}_3$  薄膜稳定性。研究人员进一步将含有  $\text{SnCl}_2$  的  $\text{CsSnI}_3$  薄膜用以组装电池, 构造了无电子阻挡层的平板式钙钛电池 ITO/ $\text{CsSnI}_3$ +10%  $\text{SnCl}_2$ /PCBM/BCP/Al, 研究了不同  $\text{SnCl}_2$  含量 (依次为 0%、5%、10% 和 5% 摩尔比) 对钙钛矿太阳电池性能的影响。电流电压测试结果显示, 在没有经过优化的情况下, 10%  $\text{SnCl}_2$  含量的钙钛矿电池光伏性能最佳, 转换效率达到 2.75%, 远高于无  $\text{SnCl}_2$  添加剂的钙钛矿电池效率 (0.58%), 并且 3 周后其效率仍可维持初始值的 78%; 经过进一步优化后, 电池效率进一步上升至 3.56%, 为当前无机无铅钙钛矿太阳电池的最高效率。上述结果表明了  $\text{SnCl}_2$  添加剂引入使得电池的性能和稳定性都得到了提高。该项研究使用锡替代铅生产一种环保型钙钛矿太阳电池, 同时通过过量的  $\text{SnCl}_2$  改善了电池的稳定性, 为全无机的无铅钙钛矿太阳电池的发展提供了一种全新的技术路线, 对无铅钙钛矿电池的发展具有重要意义。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》<sup>10</sup>。

(郭楷模)

<sup>10</sup> K P Marshall, M Walker, R I Walton, et al. Enhanced stability and efficiency in hole-transport-layer-free  $\text{CsSnI}_3$  perovskite photovoltaics. *Nature Energy*, Published online 21 November 2016, DOI: 10.1038/nenergy.2016.178.

## 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

电 话：（027）87199180

电子邮件：[jiance@whlib.ac.cn](mailto:jiance@whlib.ac.cn)

微信公众号：CASEnergy

