

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

2016年第14期（总第268期）

# 先进能源科技动态监测快报



## 本期重点

- IEA：到 2040 年增加清洁能源投资可将空气污染致死率减半
- IEA：2015 年全球电动汽车保有量达到创纪录的 126 万辆
- IRENA：到 2025 年太阳能和风能电力成本将持续下降
- GE 联合循环电站发电效率达 62.22% 创吉尼斯世界纪录

# 目 录

## 决策参考

IEA: 到2040年增加清洁能源投资可将空气污染致死率减半 .....2  
IEA: 2015年全球电动汽车保有量达到创纪录的126万辆 .....3  
IRENA: 到2025年太阳能和风能电力成本将持续下降 .....5

## 项目计划

DOE 资助2200万美元加速可持续交通技术的开发和应用 .....6  
DOE 资助1600万美元推动先进能源技术商业化 .....7

## 前沿与装备

MAPbI<sub>3</sub>钙钛矿太阳能电池存在固有的热力学不稳定性 .....9  
表面等离子体共振增强的全固态无机太阳能电池 .....10  
西班牙ICFO研发新型AgBiS<sub>2</sub>薄膜太阳能电池 .....10  
哈佛大学研发新型强电子关联钙钛矿电解质燃料电池 .....11  
美日联合研发全新背向结构镍锌电池 .....11  
磁诱导有序结构石墨电极增强锂离子电池性能 .....12  
新表面处理技术同时改善钙钛矿氧化物催化性能和稳定性 .....13  
GE联合循环电站发电效率达62.22%创吉尼斯世界纪录 .....13

## 本期概要

**国际能源署 (IEA) 发布《世界能源展望 2016 特别报告：能源与空气污染》，首次对能源、空气污染和健康之间的关联影响进行了深度分析：**报告建立了多种情景模型详细阐述了空气污染问题的规模、原因和影响，以及能源行业如何可以为解决这一问题做出贡献。新政策情景显示，2040 年之前主要污染物的排放总量将呈缓慢下降趋势，即污染物排放增加和燃料消费增长脱钩，主要归功于空气污染控制技术的使用以及全球在更广泛的范围内向清洁能源转型。清洁空气情景下，到 2040 年期间全球能源投资仅增加 7%，但会大大改善健康状况：室外空气污染造成的早亡人数会减少 170 万，而室内污染造成的早亡人数会减少 160 万。报告指出，清洁空气情景依赖于一系列政策措施，需要根据各国国情制定合适的政策组合，并需要充分考虑在一个领域所采取的行动可能对其他领域产生的潜在影响，权衡不同领域政策之间的利弊得失。

**国际能源署 (IEA) 发布《全球电动汽车展望 2016》报告，指出各国政府强力的政策支持以及电动汽车技术的进步推动了全球电动汽车销量的快速增长，并于 2015 年累计保有量突破了 100 万辆大关，达到 126 万辆，同比增长 100%：**自 2010 年以来全球电动汽车销量一路攀升，纯电动汽车 (BEV) 上涨的态势要略快于插电式电动汽车 (PHEV)，其中美国、中国、日本、荷兰和挪威等国家的电动汽车市场贡献了 80% 的销量增长。动力电池持续下降的成本以及提高的能量密度让汽车制造商对未来的电动汽车市场信心满满。想要实现 2020 年的 BEV 和 PHEV 既定销量计划和 2030 年的碳减排目标，电动汽车市场规模还需要大幅扩张。IEA 指出，按照 2°C 情景发展，有 50% 的机会将全球平均升温限制在 2°C 以内；而为了实现这一目标，到 2030 年电动汽车全球保有量需要达到 1.5 亿辆。

**国际可再生能源机构 (IRENA) 发布《电力变革：到 2025 年太阳能和风能成本下降潜力》报告指出，在实施合适的太阳能和风力发电政策和监管框架的前提下，太阳能和风力发电平均成本能够到 2025 年及之后保持持续下降趋势：**逐步扩大的规模经济、市场驱动、更具有竞争力的供应链和不断进步的能源技术等因素共同作用将会促使太阳能和风力发电的成本持续下降；同时也会改善这些可再生能源资源在夜间和各种天气条件下的间歇性问题，提高其可用性。报告预计，到 2025 年（以 2015 年为基准），太阳能光伏 (PV) 和光热发电 (CSP) 的平均电力成本有望分别下降 59% 和 43%（至少降低 37%，取决于所用的技术）；而海上风电和陆上风电的平均电力成本有望分别下降 35% 和 26%。到 2025 年，全球太阳能光伏和陆上风电的平均成本将下降到约 5-6 美分/千瓦时。

**通用电气 (GE) 和法国电力集团 (EDF) 联合宣布，首座配备 GE 的 9HA 重型燃气轮机的联合循环电站在法国正式投产，该电站总装机容量超过 605 MW，发电净效率达到 62.22%，创造了最高效联合循环电站的吉尼斯世界纪录：**HA 燃气轮机末级叶片叶尖速度达到 1200 mph，1.5 倍于音速；其灵活性也超越以往产品，能够在 30 分钟内达到满负荷运行，有助于快速响应间歇性可再生能源并网对电网的冲击。此外，该电站还配备 GE 的数字化控制系统，利用实时数据优化预测以保障电站稳定高效运行。

### IEA：到 2040 年增加清洁能源投资可将空气污染致死率减半

6月27日，国际能源署（IEA）发布《世界能源展望 2016 特别报告：能源与空气污染》<sup>1</sup>，首次对能源、空气污染和健康之间的关联影响进行了深度分析。报告建立了多种情景模型详细阐述了空气污染问题的规模、原因和影响，以及能源行业如何可以为解决这一问题做出贡献。

报告指出，空气污染每年会造成大约 650 万人死亡，是继高血压、饮食风险和吸烟之后的人类第四大健康威胁。而能源的生产和利用，尤其是不受监管、监管不力或效率低下的燃料消耗是迄今最重要的人造空气污染物排放源：85%的颗粒物和几乎所有的硫氧化物和氮氧化物都来源于此。

报告**新政策情景**显示，随着人们日益关注空气污染问题以及后 COP21 时代能源行业加速转型，2040 年之前主要污染物的排放总量将呈缓慢下降趋势，即污染物排放增加和燃料消费增长脱钩，主要归功于空气污染控制技术的使用以及全球在更广泛的范围内向清洁能源转型。到 2040 年全球能源需求较目前增长三分之一，但颗粒物排放总量预计会下降 7%、二氧化硫下降 20%、氮氧化物下降 10%。这一时期内，工业化国家污染物排放继续减少；中国开始出现下降，到 2040 年颗粒物排放会减少 40%；印度和东南亚温和增长；许多非洲国家则增速较快。尽管政策力度加大，但区域人口发展趋势和不断上涨的能源消费和城市化，意味着由于室外空气污染造成的早亡人数会继续增加，从现在的 300 万增加到 2040 年的 450 万，其中亚洲占到早亡增量的几乎 90%。而归功于清洁炉灶的推广应用，每年由于室内污染造成的早亡人数会从如今的 350 万左右降低到 2040 年的不足 300 万。

IEA 在报告中也提出了**清洁空气情景**，通过各国政府在以下三个领域开展工作，使污染物排放在新政策情景的基础上减半：（1）制定雄心勃勃的长期空气质量目标，分解到所有利益相关方，并对照这一目标评估各种污染防治方案的效果；（2）落实能源行业一揽子清洁空气政策实现长期目标，建立涵盖直接排放控制措施、监管措施和其他措施的经济有效的政策组合，适当考虑其他能源政策目标的协同效益；（3）确保有效的监督、执行、评估和宣传：要保持正确的战略方向就需要可靠的数据、持续遵守并完善政策，以及向公众提供及时透明的信息。

在清洁空气情景下，到 2040 年期间全球能源投资仅增加 7%，但会大大改善健康状况：室外空气污染造成的早亡人数会减少 170 万，而室内污染造成的早亡人数会减少 160 万。清洁空气情景中的投资包括额外的 2.3 万亿美元用于先进污染控制

<sup>1</sup> World Energy Outlook Special Report 2016: Energy and Air Pollution.  
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>

技术（其中三分之二用于满足更高的车辆排放标准），2.5 万亿美元用于加快能源行业转型。由此而获得的收益会成倍增加：到 2040 年时，全球二氧化硫和氮氧化物排放会降低 50% 以上，而颗粒物排放会减少将近四分之三。

报告最后指出，清洁空气情景依赖于一系列政策措施，需要根据各国国情制定合适的政策组合，包括：制定更高的能效标准，加大对非燃烧型可再生能源和用于交通的替代液体燃料的支持力度，改善公共交通和城市规划，创新技术减少污染治理成本，对化石燃料工厂和车辆进行严格的排放限制，控制工业生产过程，转用污染较少的燃料，严格监管燃料品质等。总体来看，设计良好的空气质量战略将会与其他政策目标产生协同效益，而且空气污染防控政策不只与能源政策相关，与致力于解决气候、交通、贸易、农业、生物多样性及其他问题的政策也同样密切相关。政策制定者需要协调行动，充分考虑在一个领域所采取的行动可能对其他领域产生的潜在影响，权衡不同领域政策之间的利弊得失。

（陈伟）

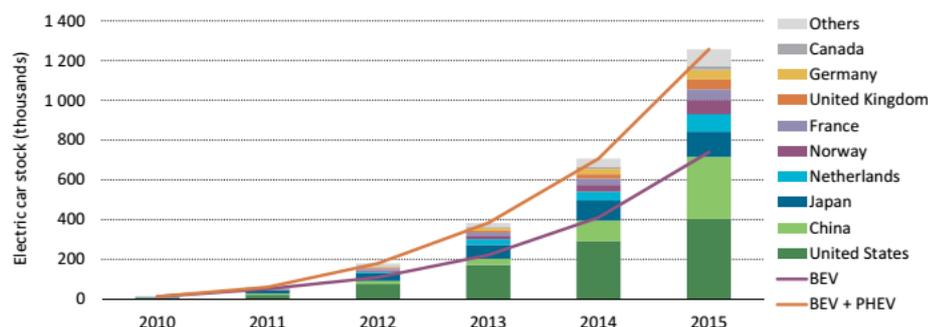
## **IEA：2015 年全球电动汽车保有量达到创纪录的 126 万辆**

6 月 3 日，国际能源署（IEA）发布了《全球电动汽车展望 2016》报告<sup>2</sup>，分析了近期全球电动汽车及其配套基础设施（如充电桩、专属车道等）的发展态势，指出各国政府强力的政策支持以及电动汽车技术的进步推动了全球电动汽车销量的快速增长，并于 2015 年累计保有量突破了 100 万辆大关，达到 126 万辆，同比增长 100%。报告强调了技术进步会促使电池性能进一步提高、成本进一步下降，从而继续推动全球电动汽车市场持续增长。报告要点如下：

**（1）自 2010 年以来全球电动汽车销量一路攀升，纯电动汽车（BEV）上涨的态势要略快于插电式电动汽车（PHEV），其中美国、中国、日本、荷兰和挪威等国家的电动汽车市场贡献了 80% 的销量增长。**政府强力的政策支持和雄心勃勃的电动汽车发展计划促使电动汽车的价格持续下降，减少了消费障碍，推动了电动车的销量的增长（图 1）。2015 年，挪威、荷兰、瑞典、丹麦、法国、中国和英国 7 个国家的电动汽车销售份额已经超过 1%。其中，挪威和荷兰的市场份额更是高达 23% 和 10%。过去一年，中国的电动汽车市场一片欣欣向荣，销量首次超过美国，成为全球最主要的电动汽车市场之一。与此同时，中国也是世界上电动两轮车（自行车和摩托车）和电动公交车保有量最多的国家。与电动汽车蓬勃发展的市场类似，2015 年电动车充电基础设施的部署规模也大幅扩大，为电动车的长途行驶提供保障。电动车行业、政府和早期电动车采用者用实际行动成功地证明了电动汽车与传统汽车一样，能够提供实用性、可持续性、安全性和可购性特征，但电动汽车想要获得更

<sup>2</sup> Global EV outlook 2016. [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global\\_EV\\_Outlook\\_2016.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf)

高的普及率仍然需要政策扶持。



注：BEV-纯电动汽车；PHEV-插电式电动汽车

图 1 2010-2015 年全球电动汽车保有量发展态势

(2)动力电池持续下降的成本以及提高的能量密度让汽车制造商对未来的电动汽车市场信心满满。随着电池技术的进步，电动汽车动力电池成本自 2008 年以来持续下降，并将随时间推移进一步下降（图 2）；同时，电池能量密度需要继续提高，以推动电动汽车的续航里程增加和电池价格的继续走低，从而让电动汽车性价比能够匹敌传统内燃机车辆。

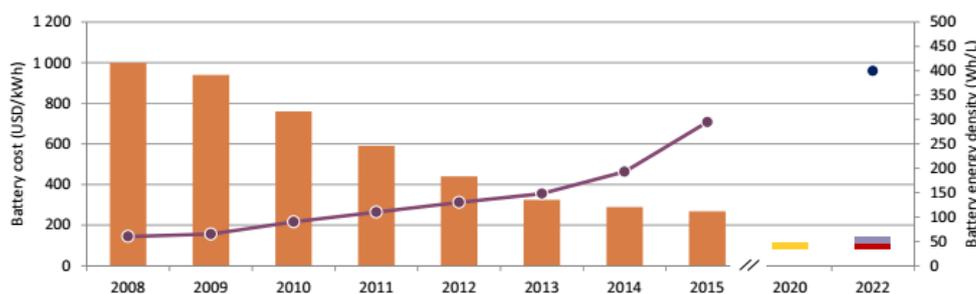


图 2 2008-2015 年电动汽车动力电池成本及能量密度发展态势

(3)想要实现 2020 年的 BEV 和 PHEV 既定销量计划和 2030 年的碳减排目标，电动汽车市场规模还需要大幅扩张。各种类型的电动汽车将构成未来可持续交通系统的核心，结合城市结构的优化，将有助于减少车辆行驶距离和推动公共交通工具普及。全球电动汽车更加广泛的部署是实现可持续发展目标的关键因素：巴黎气候峰会针对气候变化，呼吁全球积极部署和推广电动汽车，并设定了 2030 年实现 1 亿辆电动汽车和 4 亿辆两轮和三轮电动车的销量目标。IEA 指出，按照 2°C 情景发展，有 50% 的机会将全球平均升温限制在 2°C 以内；而为了实现这一目标，到 2030 年电动汽车全球保有量需要达到 1.5 亿辆（图 3）。相比之下，当前 126 万的电动汽车保有量是远远不够的，电动汽车市场还需要大规模扩张。

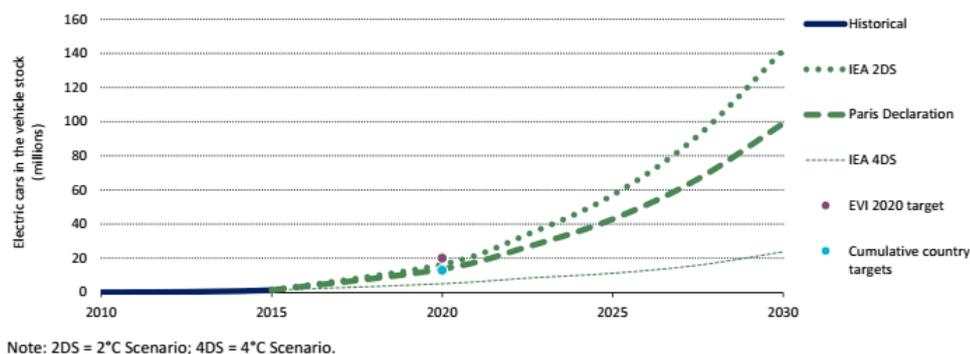


图 3 不同情景下到 2030 年电动汽车保有量发展趋势预测

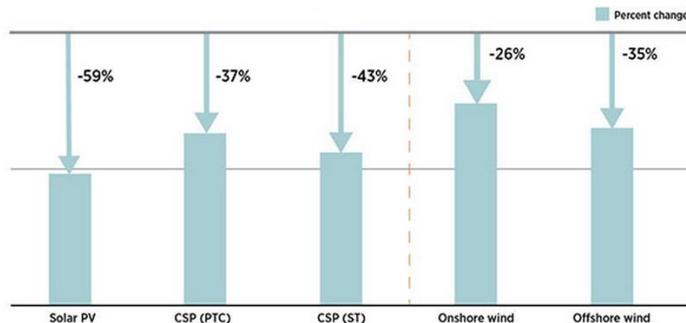
(郭楷模)

## IRENA：到 2025 年太阳能和风能电力成本将持续下降

6 月 15 日，国际可再生能源机构（IRENA）发布《电力变革：到 2025 年太阳能和风能成本下降潜力》<sup>3</sup>报告指出，在实施合适的太阳能和风力发电政策和监管框架的前提下，太阳能和风力发电平均成本能够到 2025 年及之后保持持续下降趋势。

报告指出，自 2009 年以来，太阳能和风力发电成本已经大幅下降，其中太阳能光伏组件价格已下跌约 80%，而风力涡轮机价格降幅则在 30%~40%之间。逐步扩大的规模经济、市场驱动、更具有竞争力的供应链和不断进步的能源技术等因素共同作用将会促使太阳能和风力发电的成本持续下降；同时也会改善这些可再生能源资源在夜间和各种天气条件下的间歇性问题，提高其可用性。由于规模经济和技术进步，累计装机容量每增加一倍，太阳能光伏组件价格将下降 20%，而风力发电成本将下降 12%。

报告预计，到 2025 年（以 2015 年为基准），太阳能光伏（PV）和光热发电（CSP）的平均电力成本有望分别下降 59%和 43%（至少降低 37%，取决于所用的技术）；而海上风电和陆上风电的平均电力成本有望分别下降 35%和 26%（图 1）。到 2025 年，全球太阳能光伏和陆上风电的平均成本将下降到约 5-6 美分/千瓦时。



注：PTC-抛物槽式太阳能光热发电；ST-塔式太阳能光热发电

图 1 2015-2025 年不同太阳能和风力发电技术平准化电力成本下降趋势

<sup>3</sup> The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025. <http://www.irena.org/menu/index.aspx?mnu=Subcat&PriMenuID=36&CatID=141&SubcatID=2733>

报告最后指出，一直以来成本问题被视为从化石能源向可再生能源过渡的主要障碍，但现在情况已经发生变化（太阳能和风能组件、设备成本已经下降）；在未来，可再生能源发电成本进一步降低更多地依赖于系统平衡成本，如项目运营、管理和维护成本等。因此，想要进一步促进可再生能源成本下降，推动能源系统转型，可再生能源政策重点就必须转移到上述这些领域，从而最大限度地挖掘可再生能源的经济价值。

（郭楷模）

## 项目计划

### DOE 资助 2200 万美元加速可持续交通技术的开发和应用

6月6日，美国能源部（DOE）宣布将资助2200万美元用于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>4</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。项目资助的三大主题参见表1。

表1 DOE 资助 2200 万美元加速可持续交通技术开发和应用

主题	项目内容	资助金额/ 万美元
插电式电动汽车	研发适用中型和重型电动车辆技术，包括能够提供电力辅助或电力输出服务的车辆技术，以及车辆连接及以电气化为重点的自动驾驶功能，分三期进行：一期开展组件研发（如电池、电力传动系统等），二期重点关注电力传动系统集成到车辆的研究，三期开展电动汽车技术示范工作。在项目过程中采集和分析车辆示范工作中的数据，评估电动汽车的性能、成本和使用特性	780
直喷式丙烷发动机	基于现有市售发动机研发新型的直喷式丙烷燃料发动机，将新型发动机整合到车辆上并开展相应的示范和测试工作，收集发动机测试数据并结合阿贡国家实验室自动化车辆仿真模拟技术，分析数据研究发动机性能	450
采用替代燃料车辆的社区合作项目	部署采用替代燃料（如电力、氢能和生物柴油等）的先进车辆（如轻型、中型或重型车辆）和替代燃料加注基础设施	1000

<sup>4</sup> DOE Announces \$22 Million in Funding to Accelerate the Development of Plug-In Electric Vehicles and Use of Other Sustainable Transportation Technologies.  
<http://energy.gov/eere/articles/doe-announces-22-million-funding-accelerate-development-plug-electric-vehicles-and-use>;  
 Fiscal Year (FY) 2016 Vehicle Technologies Multi-Topic Funding Opportunity Announcement.  
<https://eere-exchange.energy.gov/FileContent.aspx?FileID=332fad3-6f29-4815-9a0c-d00c1e7aec23>

目 施，最大限度地结合正在开展的智能交通或智能城市倡议行动，部署先进的低碳车辆。搜集替代燃料车辆合作项目的相关数据和经验开发最佳实践、案例研究和成功示范，为其他社区合作提供参考模板，促进社区之间的经验分享，发展必要的专业知识，建立本地化服务以更好更快速地支持替代燃料车辆行业，展示采用替代燃料和先进车辆的可行性，并创建和实施相关的运营政策和流程来促进采用替代燃料的先进车辆和配套基础设施的部署。

(郭楷模)

## DOE 资助 1600 万美元推动先进能源技术商业化

6月21日，美国能源部（DOE）宣布首次和技术商业化基金（TCF）<sup>5</sup>框架下向12个国家实验室的54个项目资助近1600万美元，推动这些先进能源技术实现商业化<sup>6</sup>。这些项目包括58家私营机构参与，将提供与联邦资金相等的匹配投资。项目概况参见表1。

表1 DOE 资助 1600 万美元推动先进能源技术商业化

国家实验室	项目内容	资助金额/ 万美元
艾姆斯国家实验室	制造先进铝镍钴合金（Alnico）永磁体用于高效率牵引电机	32.5
阿贡国家实验室	生物精炼厂应用树脂-晶圆电极电离技术	60
	移除水中新兴的疏水微量有机物的超薄纳米膜，具有低外加电压和能耗	15
	超高密度内插器（Interposer）的先进制造	25
	石墨烯涂层干气密封应用	~58
	基于 UNCD 的电场发射源用于加速器应用	15
布鲁克海文国家实验室	通过电沉积高性能核壳结构催化剂直接组装燃料电池电极	10
	氮化物稳定的铂核壳结构电催化剂用于燃料电池阴极	10
爱达荷国家实验室	配备预测工具的先进断电控制中心	~6
	核应用变化监测系统的商业化研发	~6
	基于计算机的现场人员流程系统	13
	强化动力和电力储能锂离子电池安全性	~12
	微观结构表征和计量的振动声学测试	15
	添加制造作为硅化铀燃料组装的替代制造工艺	15
	开发内核三欧米伽热传导性探头	~7
增强和小型化无线阀位指示器原型	~15	

<sup>5</sup> 参见本刊 2015 年第 5 期报道。

<sup>6</sup> DOE Announces \$16 Million for 54 Projects to Help Commercialize Promising Energy Technologies: Technology Commercialization Fund Will Support 12 National Labs and 58 Private Sector Partners.  
<http://www.energy.gov/technologytransitions/articles/doe-announces-16-million-54-projects-help-commercialize-promising>

	车辆控制器区域网络 (CAN) 总线网络安全防范体系	15
劳伦斯伯克利国家实验室	大面积聚合物保护的锂金属电极, 具有工程化防止枝晶生成能力	~7
	烈焰供能的固体氧化物燃料电池发电机	15
劳伦斯利弗摩尔国家实验室	防火和防水预过滤器	15
	冷冻压缩氢气罐技术在内燃机中的应用	~43
洛斯阿拉莫斯国家实验室	在铀原位回收场址的高效地下水复原, 以加强国内铀生产	70
	从地质断层特性到多相潜流和输运仿真	15
国家能源技术实验室	固体氧化物燃料电池电极工业化过程的协同开发	~25
	开发喷动床反应器用于赤铁矿还原成磁铁矿	~75
	激光诱导击穿光谱 (LIBS) 地下传感器	~25
	拉曼气体分析仪协作开发	~11
国家可再生能源实验室	应用风力发电厂集成系统工程化模型 (WISDEM™) 改进风力发电厂控制	
	新的用于电信设施的直流电力系统拓扑	14
	利用生物质衍生的二甲醚规模化生产高辛烷值生物燃料	74
	平面封装电力电子器件的热管理	25
橡树岭国家实验室	熔盐反应堆中子工具	15
	用于二氧化碳捕集的新型高渗透性膜	15
	车载发射传感器	15
	热固性电池结构的添加制造	50
	碳纤维等离子体表面处理	50
	液体盐环境蠕变试验系统开发和商业化	70
	在液体氟化盐环境下高温服役的新型高强度镍基合金	~14
	住宅燃气热泵	75
	环境中性自动化建筑电气节能平台	~62
西北太平洋国家实验室	汽车应用的异种铝合金组装	50
	从粉煤灰生产控释固体氮化物肥料: 示范流化床合成和环保性能	~12
	固态处理当前和下一代水电组件, 改进性能	20
	风能和太阳能不确定性预测工具用于概率电网运营的商业化	29
	使用先进的双添加剂硫酸钒电解液的千瓦级液流电池示范	60
	在宽温度范围应用的锂离子电池电解质开发	~38
	1 千瓦热区的保护涂层开发	~12
	使用 ShAPE 制造工艺的直接挤压高导电性铜芯电机制造	60
	碟式 STARSTM 商业化	~68
	低或零氧化硼含量的玻璃密封件, 用于高温固体氧化物燃料电池	~18
	玻璃陶瓷密封件的耐久性和可靠性测试, 用于普莱克斯的氧气运输膜	60
	自供电声发射机	15

桑迪亚国家实验 室	桑迪亚冷却器的商业化 高温 BA-BZT-BT 电容器	~17 5
--------------	--------------------------------	----------

(陈伟)

## 前沿与装备

### MAPbI<sub>3</sub> 钙钛矿太阳能电池存在固有的热力学不稳定性

有机无机杂化钙钛矿材料对湿度、光照和温度都较为敏感,导致其性能不稳定,阻碍了其实际的应用。加利福尼亚大学戴维斯分校 Alexandra Navrotsky 教授研究团队采用热量测量的方法对三种不同卤素的有机无机杂化钙钛矿材料 (MAPbCl<sub>3</sub>、MAPbBr<sub>3</sub>、MAPbI<sub>3</sub>, MA=CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>) 进行热力学稳定性分析,研究了影响钙钛矿材料稳定性的潜在原因。通过 X 射线表征可知,MAPbCl<sub>3</sub>、MAPbBr<sub>3</sub> 和 MAPbI<sub>3</sub> 都是纯相的钙钛矿结构,其中前两者为立方相,后者为四方相。热重分析 (TGA) 结果显示,在 250°C 以下,三种钙钛矿材料质量没有发生变化,即没有发生物质分解,表明材料都是无水的;但当温度超过 250°C 后,热重曲线开始下降,出现质量损失,即发生了分解反应。研究人员将上述三种钙钛矿材料置于 5M 的盐酸溶液中,测试它们的焓值,结果显示 MAPbI<sub>3</sub>、MAPbBr<sub>3</sub> 和 MAPbCl<sub>3</sub> 的焓值依次为 34.50±1.01 kJ/mol、6.69±1.41 kJ/mol 和 -9.03±0.68 kJ/mol,即三者热力学稳定性顺序为 MAPbCl<sub>3</sub> > MAPbBr<sub>3</sub> > MAPbI<sub>3</sub>,也即 MAPbI<sub>3</sub> 热力学稳定性最差。为了了解出现上述现象的潜在原因,研究人员又分别计算了三种钙钛矿材料的容忍因子和键能,结果显示 MAPbI<sub>3</sub>、MAPbBr<sub>3</sub> 和 MAPbCl<sub>3</sub> 容忍因子依次为 0.91、0.93 和 0.94,因此三者的稳定性逐渐增强;而键能计算结果显示,三者中 Pb-Cl 键能最大,Pb-Br 次之,而 Pb-I 最低,也表明了 MAPbI<sub>3</sub>、MAPbBr<sub>3</sub> 和 MAPbCl<sub>3</sub> 热力学稳定性逐渐增加。由上述可知,元素种类、容忍因子和键长决定了钙钛矿材料的稳定性。而就目前而言,高效率钙钛矿太阳能电池大都基于 MAPbI<sub>3</sub>,但是其固有的热力学稳定性较差,导致 MAPbI<sub>3</sub> 电池很难具备良好的长程稳定性(性能出现衰退),即 MAPbI<sub>3</sub> 钙钛矿材料难以满足日常条件的工作环境需求。该项研究从理论角度揭露了现有钙钛矿材料 MAPbI<sub>3</sub> 存在固有的热力学不稳定性,指出基于目前钙钛矿材料的电池在日常条件下难以维持长期稳定性,为设计性能稳定的钙钛矿太阳能电池提供了重要理论参考。相关研究成果发表在《*Proceedings of the National Academy of Sciences*》<sup>7</sup>。(郭楷模)

<sup>7</sup> G P Nagabhushana, Radha Shivaramaiah, Alexander Navrotsky. Direct calorimetric verification of thermodynamic instability of lead halide hybrid perovskites. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2016, 113 (28): 7717-7721.

## 表面等离子体共振增强的全固态无机太阳电池

日本北海道大学 Hiroaki Misawa 教授研究团队联合台湾国立交通大学的研究人员利用等离子体共振效应获得了性能稳定的全固态太阳电池，为制备高性能高稳定性的太阳电池提供了新思路。研究人员利用旋涂法在 In-Ga 基底上旋涂一层含有 Au 纳米颗粒 (Au-NP) 的 Nb-TiO<sub>2</sub> 薄膜，然后将其置于氮气氛围中 800℃ 退火处理成薄膜结晶。随后在上述薄膜上继续利用原子沉积法 (ALD) 沉积上一层 NiO 薄膜，并同样进行退火处理 (空气氛围中 500℃)，构造出 Nb-TiO<sub>2</sub>/Au-NP/NiO 结构的等离子体无机全固态太阳电池。扫描电镜表征结果显示，Au 纳米颗粒的尺寸在 4.5~12nm 之间，覆盖了 Nb-TiO<sub>2</sub> 薄膜 27.8% 左右的区域，NiO 薄膜的厚度约为 200nm。紫外可见光谱测试发现，沉积 NiO 薄膜后，由于介质环境的改变导致 Au 纳米颗粒的局域表面等离子体共振吸收峰发生红移，中心从 610nm 移动到了 670nm。通过短路电流-开路电压 (I-V) 测试，研究人员考察了 NiO 薄膜退火前后对 Nb-TiO<sub>2</sub>/Au-NP/NiO 电池性能的影响。测试结果显示，相比未退火处理，退火处理后电池的开路电压上升 (从 0.56V 提高到 0.73V)，但其他参数 (短路电流、填充因子) 下降了，这主要是由于退火处理后 NiO 薄膜晶界空隙增多导致电池串联内阻增大所致。研究人员进一步测试了电池的稳定性，在连续光照三天的情况下，电池仍然呈现稳定的电流输出，表明了这种全固态等离子体太阳电池具备了良好的稳定性。而这主要是受益于电池的全固态无机结构，即不含有有机成分和液体电解质，不存在分解和液体挥发问题。研究人员下一步将致力于研究等离子体诱导的电荷分离机制和等离子体纳米结构，以增强太阳电池的光电转换性能。相关研究成果发表在《*The Journal of Physical Chemistry Letters*》<sup>8</sup>。

(郭楷模)

## 西班牙 ICFO 研发新型 AgBiS<sub>2</sub> 薄膜太阳电池

西班牙光子科学研究所 (ICFO) 研究人员在低温下利用热注入的方法合成了一种全新的无毒纳米吸光材料 AgBiS<sub>2</sub>，并研发了全新的太阳电池结构，证实了 AgBiS<sub>2</sub> 复合物薄膜具备了优秀的光吸收特性和导电性，有潜力应用到其他类型的薄膜太阳电池领域。AgBiS<sub>2</sub> 吸光材料既具有良好的光吸收特性 (全光谱吸收，光响应范围：300nm 到 1100nm)，还具有良好的导电性，且来源丰富、成本低，有助于提高太阳电池性能，降低电池成本。透射电镜 (TEM) 表征结果显示，AgBiS<sub>2</sub> 纳米晶体的平均尺寸约为 4.6nm；此外可见光谱测试表明其具备较高的吸光系数 ( $10^5$  到  $10^3 \text{ cm}^{-1}$ )，与铜铟镓硒 (CIGS) 薄膜相当。研究人员进而采用溶液处理方法在低温条件下制备了基于 AgBiS<sub>2</sub> 吸光体的半透明全固态薄膜太阳电池，通过实验优化获得了性能最优

<sup>8</sup> Keisuke Nakamura, Tomoya Oshikiri, Kosei Ueno, et al. Properties of Plasmon-Induced Photoelectric Conversion on a TiO<sub>2</sub>/NiO p-n Junction with Au Nanoparticles. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 2016, 7 (6): 1004.

的电池，其结构为 ZnO/AgBiS<sub>2</sub>/PTB7/MoO<sub>3</sub>，其中 ZnO 充当电子传输层，PTB7 作为空穴传输层。通过短路电流-开路电压 ( $J$ - $V$ ) 曲线测试，结果显示 AgBiS<sub>2</sub> 太阳能电池的短路电流高达 22 mA · cm<sup>-2</sup>，光电转换效率达到 6.31%，创造该类型太阳能电池的世界纪录，该实验结果得到了国际权威太阳能效率认证机构美国理波公司光伏实验室的认证。更重要的是，AgBiS<sub>2</sub> 太阳能电池不存在钙钛矿电池的“回线”问题，即不同的扫描测试(前扫和后扫)方向对器件性能无影响。相关研究成果发表在《*Nature Photonics*》<sup>9</sup>。

(郭楷模)

## 哈佛大学研发新型强电子关联钙钛矿电解质燃料电池

哈佛大学研究人员利用强关联电子体系中电子-电子的相互作用，实现了对强关联电子材料的相转变的控制，制备出基于强关联电子电解质材料的高性能燃料电池，为制备高性能的燃料电池电解质隔膜提供了新思路。研究人员通过氢化改变钙钛矿材料镍酸钐 (SmNiO<sub>3</sub>, SNO) 的电子结构，使其产生一个很宽的能隙，即驱动材料发生 Mott 金属导体到绝缘体的相转变，氢化后绝缘态的 H-SNO 用作电解质隔膜，应用到固态氧化物燃料电池 (SOFC)。通过研究发现，在加注氢燃料的初始阶段，由于强导电性导致了漏电，基于 SNO 电解质隔膜的燃料电池没有功率输出；但随着氢燃料逐渐增多，氢气不断侵入 SNO 表面使其氢化 (即氢分离产生质子和电子，电子将 Ni<sup>3+</sup> 还原到 Ni<sup>2+</sup>) 形成 H-SNO，使其发生 Mott 相转变，形成绝缘层，从而使其电子导电性大幅下降，抑制了电子穿透隔膜的可能，迫使电子只能从外电路移动，从而形成电流；而质子却可以在电势差驱动下穿透隔膜。因此当 H-SNO 形成后，电池就达到稳态，从而具备了稳定的功率输出。通过电流-电压曲线表征，发现电池呈现典型的活化极化、浓度极化和欧姆极化现象，在 500℃ 的工作温度下，输出功率最大值达到了 225 mW cm<sup>-2</sup>，最大的开路电压达到 1.03V，与性能最好的质子导电的燃料电池相当。相关研究成果发表在《*Nature*》<sup>10</sup>。

(郭楷模)

## 美日联合研发全新背向结构镍锌电池

镍锌 (Ni-Zn) 二次电池具有高功率密度、高能量密度、安全指数高、生产成本低等优点，是一种环境友好型高性能二次电池。但由于充电过程中锌负极会沉积放电产物形成枝晶而刺穿隔膜导致电池短路失效，严重制约着镍锌电池的应用和发展。斯坦福大学 Yi Cui 教授课题组联合丰田中央研究所研究人员设计开发了全新的背向结构的镍锌电池，利用绝缘的聚合物将 Zn 金属负极和 Ni 正极隔开，使得放电过程中在 Zn 金属表面沉积形成的枝晶只能够在 Ni 正极相连的 Cu 箔集流体的背向生长，

<sup>9</sup> Mar á Bernechea, Nichole Cates Miller, Guillem Xercavins, et al. Solution-processed solar cells based on environmentally friendly AgBiS<sub>2</sub> nanocrystals. *Nature Photonics*, 2016, DOI: 10.1038/NPHOTON.2016.108.

<sup>10</sup> You Zhou, Xiao Guan, Hua Zhou, et al. Strongly correlated perovskite fuel cells. *Nature*, 2016, 534 (7606): 231-234.

避免枝晶刺穿隔膜致使两极连通导致电池短路，获得了循环稳定的高性能镍锌电池。通过恒电流充放电测试（以  $1 \text{ mAh cm}^{-2}$  电流充电 3 分钟，以  $20 \text{ mAh cm}^{-2}$  放电 3 分钟，放电截止电压设置为  $1.3\text{V}$ ），研究人员对背向结构和传统正向结构镍锌电池做了对比研究，发现正向结构镍锌电池经过 100 次循环后，充放电曲线开始下降，到 150 次循环周期时下降到 0，意味着电池短路失效；相反，背向结构镍锌电池则呈现出稳定的循环稳定性，经过 800 次的充放电循环后，电池的放电比容量为  $\sim 246 \text{ Wh kg}^{-2}$ ，容量保持率为 88%，表明电池充放电过程中没有出现短路情况，即背向结构设计很好地克服了枝晶引起的短路问题。该项研究设计了全新结构镍锌电池，克服了枝晶短路问题，获得了稳定循环性能；更重要的是，该设计方案具有一定的普适性，可以延用到类似金属电极电池中（如锂金属电池），解决相同的短路问题。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》<sup>11</sup>。（郭楷模）

## 磁诱导有序结构石墨电极增强锂离子电池性能

瑞士苏黎世联邦理工学院 Andr R. Studart 教授课题组联合瑞士保罗谢尔研究所的研究人员合作研发了一种更简单、更经济的方法，来制备适用于锂离子电池的高性能、有序结构石墨电极。研究人员对片状单元组成石墨电极进行表面修饰，即在其外围包覆一层具有超顺磁性的铁氧化物（ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ）纳米颗粒，再将包覆后的片状结构石墨置于弱磁场中（磁场强度为 100 毫特斯拉），通过调整磁场方向控制  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  纳米颗粒修饰的片状石墨的取向，使其从随机无序状态转变成垂直于集流体的有序结构，有助于减少锂离子传输路程，提高其扩散速率和嵌入与脱嵌反应速率，增大电池的充放电倍率。X 射线衍射和扫描电镜的表征结果也验证了磁场诱导片状石墨形成了有序结构。通过电化学测试发现，基于磁场诱导有序结构石墨电极的锂离子电池在高放电倍率下的性能得到大幅提高，经过 50 次循环后，在同为 2C 的倍率下，基于有序结构电极电池的锂离子存储容量是无序结构电极电池的 1.6 倍；而在更高的 1C 倍率下，前者的锂离子存储容量更是后者的 3 倍。上述结果表明，磁诱导有序结构石墨电极能够大幅改善锂离子电池的高倍率充放电循环性能。该项研究为设计制备高性能的锂离子电池电极材料提供了新思路；更重要的是，该方法可扩展到其他类型的电池（如钠离子电池）电极材料 设计制备中，有望进一步改善储能电池技术。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》<sup>12</sup>。（郭楷模）

<sup>11</sup> Shougo Higashi, Seok Woo Lee, Jang Soo Lee, et al. Avoiding short circuits from zinc metal dendrites in anode by backside-plating configuration. *Nature Communications*, 2016, 7: 11801.

<sup>12</sup> Juliette Billaud, Florian Bouville, Tommaso Magrini, et al. Magnetically aligned graphite electrodes for high-rate performance Li-ion batteries. *Nature Energy*, 2016, 1: 16097.

## 新表面处理技术同时改善钙钛矿氧化物催化性能和稳定性

麻省理工学院 Bilge Yildiz 教授研究团队联合劳伦斯伯克利国家实验室的研究人员开发了新的钙钛矿氧化物催化剂材料表面处理技术，首次同时提高了催化性能和稳定性，为其在电化学电池和热化学储能领域的应用提供了新途径。研究人员用形成氧空位所需焓数值不同的氧化物 ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{V}_2\text{O}_5$ ) 来修饰钙钛矿材料  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CoO}_3$  (LSC) 表面，其中除了  $\text{V}_2\text{O}_5$  氧空位形成焓数值比 LSC 低，其他均比 LSC 高。研究人员利用溶液法将上述不同的氧化物甩到 LSC 表面，形成一层单原子厚度的覆盖层，并详细地研究了上述不同氧化物层对 LSC 材料催化性能的影响。研究发现，覆盖层为  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的 LSC 样品电化学活性和稳定性都得到提高；相反，覆盖层为  $\text{V}_2\text{O}_5$  的 LSC 样品电化学性能和稳定性基本无变化。研究人员推测这应该这是由于还原性弱的  $\text{Nb}^{5+}$ 、 $\text{Ti}^{4+}$ 、 $\text{Zr}^{4+}$  和  $\text{Hf}^{4+}$  离子引入增加了 LSC 中 Co 元素的氧化态数量，填充了 LSC 材料表面的氧空位，使得氧空位减少，同时抑制 Sr 元素向表面富集形成分离相，从而提高了 LSC 材料表面的电化学活性（氧化性）和稳定性。而室温压力 X 射线吸收谱 (AP-XAS) 和光电子能谱 (AP-XPS) 的测试结果则证实了上述推测。基于上述结果，研究人员猜想这些阳离子充当掺杂物的角色（类似于半导体掺杂），引入后会改变 LSC 材料表面的电子特性及降低焓值。研究人员最后发现，存在一个最佳的氧空位浓度值使 LSC 催化性能达到最优，高于或低于该数值，都会削弱其催化活性。相关研究成果发表在《*Nature Materials*》<sup>13</sup>。（郭楷模）

## GE 联合循环电站发电效率达 62.22% 创吉尼斯世界纪录

6 月 17 日，通用电气 (GE) 和法国电力集团 (EDF) 联合宣布<sup>14</sup>，首座配备 GE 的 9HA 重型燃气轮机的联合循环电站在法国正式投产，该电站总装机容量超过 605 MW，发电净效率达到 62.22%，创造了最高效联合循环电站的吉尼斯世界纪录，之前的记录为西门子公司 SGT-8000H 燃机 61.5% 的联合循环发电效率<sup>15</sup>。HA 燃气轮机末级叶片叶尖速度达到 1200 mph，1.5 倍于音速；其灵活性也超越以往产品，能够在 30 分钟内达到满负荷运行，有助于快速响应间歇性可再生能源并网对电网的冲击。此外，该电站还配备 GE 的数字化控制系统，利用实时数据优化预测以保障电站稳定高效运行。

（陈伟）

<sup>13</sup> Nikolai Tsvetkov, Qiyang Lu, Lixin Sun, et al. Improved chemical and electrochemical stability of perovskite oxides with less reducible cations at the surface. *Nature Materials*, Published online 13 June 2016, DOI: 10.1038/nmat4659.8.

<sup>14</sup> GE Sets Guinness World Records™ Title For Most Efficient Power Plant.

<http://www.genewsroom.com/press-releases/ge-sets-guinness-world-records%E2%84%A2-title-most-efficient-power-plant-283038>

<sup>15</sup> 参见本刊 2016 年第 4 期报道。

## 中国科学院武汉先进能源战略情报研究中心简介

中国科学院武汉先进能源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：钙钛矿太阳能电池 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：陈伟 郭楷模

电话：（027）87199180

电子邮件：jiance@mail.whlib.ac.cn