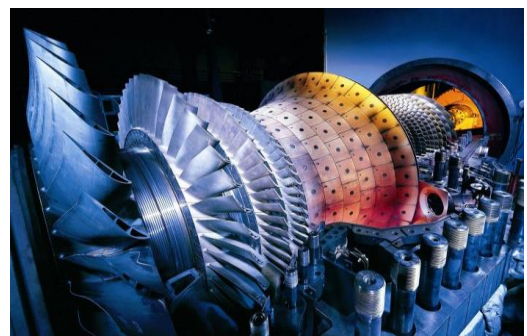


中国科学院武汉文献情报中心

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心

2016 年第 18 期（总第 272 期）

先进能源科技动态监测快报



本期重点

- 美国替代喷气燃料研发战略聚焦四大研究主题
- DOE 电力咨询委员会提出分布式储能在电网部署行动建议
- DOE 资助 1.37 亿美元研发提高车辆能效
- 美印加强智能电网与储能技术合作研发
- 日美联合开展高压直流供电系统应用示范

目 录

决策参考

美国替代喷气燃料研发战略聚焦四大研究主题	2
DOE 电力咨询委员会提出分布式储能在电网部署行动建议	6

项目计划

DOE 资助 1.37 亿美元研发提高车辆能效	8
美印加强智能电网与储能技术合作研发	10
日美联合开展高压直流供电系统应用示范	11

前沿与装备

新型二硒化钨二维纳米片催化剂高效还原 CO ₂	12
基于高离子导电性石榴石结构电解质的界面修饰全固态锂电池 ..	13
钙钛矿太阳电池性能与晶粒空间面取向密切相关	13
新型电解质隔膜拓宽质子交换膜燃料电池工作温度区间	14
加科学家成功研发高性能锌离子电池	15



我中心现已开通微信公众号 (CASEnergy), 欢迎扫码关注

联系邮箱: jiance@whlib.ac.cn

出版日期: 2016 年 9 月 15 日

本期概要

美国国家科学技术委员会 (NSTC) 公开发布了联邦政府替代喷气燃料研发战略，作为联邦政府的统一计划，明确提出了四大研究主题：(1) 生物质原料开发、生产和运输，总体目标是优化区域供应链系统，以降低成本、减少技术不确定性和风险、增加产量和优化替代喷气燃料的前端过程。(2) 生物质转化工艺与规模化，总体目标是在提高转化效率和燃料生产量的同时，降低生物化学、热化学和混合转化工艺的生产成本。(3) 燃料性能测试与评估，总体目标是核准更多的民用和军用替代喷气燃料，需要通过认证和资格评审过程，以及收集和分析包括燃烧排放在内的数据对燃料-发动机性能和安全性进行有效评价，提高对替代喷气燃料组分影响航空发动机燃烧排放和可操作性的科学认知。(4) 系统集成挑战，总体目标是采用跨学科、多因素方法，开发和验证一个综合的系统模型来支持可行的替代喷气燃料部署，了解燃料生产和使用过程环境可持续性，推广科技研发最佳实践。

美国能源部电力咨询委员会 (EAC) 发布了《分布式储能在国家电网的发展部署》报告，为 DOE 实施分布式储能战略和行动计划提出了八项建议：(1) 采集和追踪分布式储能项目市场开发的经验教训。(2) 为分布式储能开拓新市场和开发成本模型。(3) 为分布式储能开发先进的现代化电网物理模型。(4) 开发运营模型以验证其先进的控制作用。(5) 评估现有的公共事业规模分布式储能、分布式发电的规范和标准对于小规模分布式储能的适用性。(6) 进一步发挥 DOE 的独特作用。(7) 协助地方部署新的标准和规范。(8) 开发新技术提高分布式储能系统的性能、安全指数和成本效益。

美国能源部 (DOE) 宣布资助 1.37 亿美元用于加速新一代先进商用卡车和客车车辆技术研发，满足美国国家环保局 (EPA) 和美国运输部国家公路交通安全管理局 (NHTSA) 联合公布的卡车和客车燃效性能指标，其中：8000 万美元用于支持汽车制造商牵头的“超级卡车计划”二期项目 (SuperTruck II)，加速开发和示范具备成本效益的先进重型卡车技术，以提高其燃油效率，将卡车的货运效率翻倍；5700 万美元用于加速开发和部署新一代的尖端车辆技术，包括先进电池、电机驱动系统、更加耐用的轻量化汽车材料和更加高效的发动机，以提高客车和轻型卡车的燃油效率，减少碳排放。

美印加强智能电网与储能技术合作研发：在美印先进清洁能源合作研发计划 (PACE-R) 框架下，美国和印度将在未来五年向美印清洁能源联合研发中心 (JCERDC) 新增 3000 万美元资金，用于智能电网与电网储能技术领域的合作研发，扩大可再生能源部署，加速两国电网现代化技术的研发和部署。详情参见正文。

日美联合开展高压直流供电系统应用示范：日本新能源产业技术综合开发机构 (NEDO) 和 NTT 设施公司宣布，与美国得克萨斯大学奥斯汀分校联合启动光伏发电+高压直流供电系统 (HVDC) 的应用示范工作，旨在为能耗日趋增大的超算数据中心提供电力，利用 HVDC 有功损耗小的优点为数据中心节约电力消耗，以期将数据中心的能耗降低 15%。日本 NTT 设施公司今后将以此次示范试验的结果为基础，把 HVDC 作为数据中心的节能解决方案之一，以美国为中心，在欧洲和亚洲开展相关业务。

美国替代喷气燃料研发战略聚焦四大研究主题

8月17日，美国国家科学技术委员会（NSTC）公开发布了联邦政府替代喷气燃料研发战略¹，作为联邦政府的统一计划，明确提出了四大研究主题，以推进非石油基喷气燃料研发，解决存在的科学技术挑战，支持其在民用和军用航空领域的广泛部署。这四项研究主题包括：

一、生物质原料开发、生产和运输

该主题总体目标是优化区域供应链系统，以降低成本、减少技术不确定性和风险、增加产量和优化替代喷气燃料的前端过程，子主题的短中长期研究内容如下：

1、原料开发：提高作物产量、水和养分利用效率以及抗病虫害能力，改进原料转化特性

短期（<5年）：建立现有区域原料的就绪度基准，识别新的生物质原料来源，在数量、质量和成本上能满足现有或新兴转化平台的需求；识别地区性候选原料及分类特征，认识存在的研究差距；建立原料改良计划/伙伴关系加速作物改良；利用现有原料改良项目和遗传/基因组信息；评估/表征农林业残余物；开发风险管理工具，如作物保险来促进专用能源作物生产。

中期（5-10年）：识别新特性/基因以及开发基因组和标记辅助的选择能力；扩大下一代改良原料和大规模场地部署的评价研究；通过监管流程实现转基因作物的科学研究；评估和改善区域和季节多样性的第三代作物；开发高效的非传统作物，如藻类、微生物资源；利用合成生物学系统，以非饮用水或多余的CO/CO₂为原料，能够处理各种工业和市政废物作为能源来源。

长期（>10年）：扩大改良的下一代原料部署和大规模场地应用评价研究；扩大无环境释放的转基因作物部署和大型场地应用评价研究；评估和改善区域和季节多样性的第四代作物。

2、原料生产：用最少的投入开发可持续原料生产系统，该系统对环境压力要有较高的承受能力，能减少不良环境影响的风险

短期（<5年）：识别、评估和利用现有的区域研发成果来了解差距/需求；利用或建立区域研发伙伴关系，包括当地社区、大学、产业界、政府和非政府组织；设置和利用亚商业规模的试验场所开展现有的基因型/残余物研发；培训区域扩展/技术转让专家，与生产者、加工商和社区合作；通过供应链确定区域劳动力需求。

¹ Charting A Path for Sustainable Jet Fuels. <http://energy.gov/articles/charting-path-sustainable-jet-fuels>;
Federal Alternative Jet Fuels Research and Development Strategy. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/federal_alternative_jet_fuels_research_and_development_strategy.pdf

中期（5-10 年）：评估地区原料生产研发，以确定最佳实践和最好的地区原料/生产系统/转化平台配对；评估作物收割/管理系统的经济、环境和社会可持续性标准及指标；培训更多的区域扩展/技术转让专家，与生产者、加工商和社区合作；评估/修正劳动力发展需求和培训；评估政策和经济动机，促进可持续、专用生物质原料高效生产。

长期（>10 年）：评估地区原料生产研发，推荐长期的最佳实践和最好的地区原料/生产系统/转化平台配对；评估作物收割/管理系统的经济、环境和社会可持续性长期标准及指标分析；培养更多的区域扩展/技术转让专家，与生产者、加工商和社区合作。

3、原料运输

（1）改善生物质收割、采集、储存、致密化和预处理以及运输到转化设施过程

短期（<5 年）：识别、评估和利用现有的区域研发成果来了解差距/需求；研究区域物流的场景变化对现有原料/残余物的质量和生物基产品/副产品选择的影响；识别降低成本的目标，减少原料损失，并提高区域物流链每一环节的质量；建立/利用区域替代喷气燃料转化平台的反馈回路。

中期（5-10 年）：优化现有和新兴原料/残余物的区域物流链和转化技术；理解原料质量对选择生物基产品/副产品物流链的影响。

长期（>10 年）：根据需要审查和优化现有和新兴作物/残余物的区域物流链和转化技术；优化原料质量对选择生物基产品/副产品物流链的影响。

（2）改善市政固体废物采集、储存、致密化和预处理以及运输到转化设施过程

短期（<5 年）：识别、评估和利用现有的区域研发成果来了解差距/需求；研究区域物流的场景变化对现有垃圾原料质量的影响；识别降低成本的目标，减少原料损失，提高区域物流链每一环节质量。

中期（5-10 年）：优化垃圾区域物流链与现有/新兴转化技术；理解物流链原料质量对副产品选择的影响。

长期（> 10 年）：根据需要评估和优化垃圾区域物流链与现有/新兴转化技术；优化物流链原料质量对副产品选择的影响。

二、生物质转化工艺与规模化

该主题总体目标是在提高转化效率和燃料生产量的同时，降低生物化学、热化学和混合转化工艺的生产成本，子主题的短中长期节点目标如下：

1、开发、强化和扩大新型转化工艺，能够提高产量、效率和减少能源需求，提高替代喷气燃料成本竞争力

短期（<5 年）：通过延长催化剂寿命、有效除氧以及生产易于转换为喷气燃料的前体来改善转化工艺收益；开发新的有效预处理技术以提高生物质转化能力，包

括现有石油精炼厂的联合处理技术；开发和示范商业规模一体化燃料转化设施，将喷气燃料作为产品组成的一部分。

中期（5-10 年）：开发能够减少转化工艺步骤的新方法，如统一生物处理技术。

长期（>10 年）：研究经济可行和可持续工艺过程，能够使用多种原料生产喷气燃料，并以试点/示范规模运营。

2、开发以分布式方式利用多种原料生产喷气燃料的转化技术

短期（<5 年）：确定试点和示范规模联合培育生物量、废弃物和其他原料转化工艺的可行性。

中期（5-10 年）：使用其它无用资源（如空燃或浪费的天然气、生物质等）生产喷气燃料。

长期（>10 年）：开发并示范基于生物、化学、催化原理的转化技术，能够以分布式规模有效运行。

三、燃料性能测试与评估

该主题总体目标是核准更多的民用和军用替代喷气燃料，需要通过认证和资格评审过程，以及收集和分析包括燃烧排放在内的数据对燃料-发动机性能和安全性进行有效评价，提高对替代喷气燃料组分影响航空发动机燃烧排放和可操作性的科学认知，子主题的短中长期节点目标如下：

1、通过认证和资格评审过程，以及收集和分析包括燃烧排放在内的数据对燃料-发动机性能和安全性进行有效评价

短期（<5 年）：支持 ASTM D4054²⁰ 标准所需的测试，满足军用规格，包括完成可行的替代喷气燃料路线评估所需的燃料特性测试、组件/平台测试和飞机发动机测试等；建立一个协调过程来追踪和监测符合 ASTM 标准的喷气燃料在军事部队的应用进展，进行数据检查和测试活动，建立时间表和优先项目利用工具，如燃料就绪度；探索批准混合比例替代喷气燃料的新方法；表征传统航空燃油供应，以更好地理解喷气燃料性能基准和变化；推进燃料成分和燃烧性能建模、实验和分析；开发改进的更快速、高效、低成本燃料评价的资格认证测试方法以支持认证。

中期（5-10 年）：整合燃料成分和燃烧建模及测试替代喷气燃料审批流程，以支持包括混合燃料在内的审批。

长期（>10 年）：开发可以集成到替代燃料生产和分销基础设施的高速、高效、合理的测试方法，允许替代喷气燃料特性的实时成分验证，来减少或消除相关进程资格的必要性。

2、提高对替代喷气燃料组分影响航空发动机燃烧排放和可操作性的科学认知

短期（<5 年）：建立替代喷气燃料发动机可操作性测试和燃烧排放数据分析的国家数据库；支持替代喷气燃料涡轮发动机燃烧排放测量和分析；检查喷气燃料成

分变化尺度的依赖性和燃烧排放的类型。

中期（5-10 年）：扩大新的替代喷气燃料-涡轮发动机燃烧排放测试和分析；扩大新的替代喷气燃料的燃烧排放测量和分析的国家数据库；开发喷气燃料燃烧和燃烧排放相关的参数关系。

长期（>10 年）：开发预测喷气发动机燃烧排放的燃料组成函数的建模能力；采用燃料组分特征改进燃烧室可操作性，使燃烧室的设计能够适应更广泛的燃料性质。

四、系统集成挑战

该主题总体目标是采用跨学科、多因素方法，开发和验证一个综合的系统模型来支持可行的替代喷气燃料部署，了解燃料生产和使用过程环境可持续性，推广科技研发最佳实践，子主题的短中长期节点目标如下：

1、认识和提高替代喷气燃料生产和使用的环境可持续性

短期（<5 年）：推进对替代喷气燃料在所有层面生产和使用的环境影响的科学认识，包括生命周期排放的气候和环境变化影响；在区域和国家层面评估替代喷气燃料生产和使用的自然资源要求；编辑、评估及传播定义、协议、数据和工具以支持环境可持续性分析。

中期（5-10 年）：通过定量的可持续性分析开发国际公认的替代喷气燃料环境可持续性评估方法；开发最佳实践方法，以收集和分析符合每个阶段燃料和原料就绪度的替代喷气燃料生命周期库存数据。

长期（>10 年）：针对供应链的所有阶段和所有替代喷气燃料，开发改进的工具以及环境可持续性评估适用方法。

2、开发和验证一种综合的系统模型来支持可行的替代喷气燃料部署

短期（<5 年）：识别和量化多因素及相互作用，开发一个系统模型，用于创建替代喷气燃料部署的区域和国家场景，来反映标准环境、经济和社会可持续性；推进替代喷气燃料技术经济性和区域发展路径分析；评价替代喷气燃料生产在社会可持续性方面的影响。

中期（5-10 年）：为系统模型组件开发分析功能；开发一个经济、环境和社会综合模型来评估替代喷气燃料生产以及内部和跨区域使用的集成框架；为区域替代喷气燃料生产创建并验证一个系统模型，以支持“即插即用”（plug-and-play）工程决策。

长期（>10 年）：开发一个综合的系统模型，以检验替代喷气燃料生产和使用的场景，并确定可持续性的改进潜力，这一模型能够使用即插即用工程算法。

3、促进国内企业交流，推广科技研发最佳实践

短期（<5 年）：通过扩散联邦政府资助替代喷气燃料研发活动的产出，促进科技信息的传播；确定新的科学研究领域。

中期（5-10 年）：实施元分析方法来评估知识现状和识别未来研究挑战。

NSTC 最后指出，有效实施替代喷气燃料研发战略需要协调好联邦政府部门内部以及与学术界、产业界之间的合作关系，并开展国际合作以实现研发目标：

在联邦政府部门的协调方面，将建立正式和非正式的跨部门协调机制以及加强公私合作计划的协调工作。

在公私合作方面，联邦机构应继续与其他利益相关方合作开展研发活动，建立利益相关方联盟、公私部门计划、费用分摊协议和开发示范项目等机制。

在国际协调方面，联邦机构应该在三个主要领域推动相关工作：一是在多边和双边协议下进行科技研发引导，促进相互分担风险，减少重复工作，并从最佳实践中受益；二是协调定义可持续性标准以确保生物燃料实现温室气体减排目标，而不影响粮食安全和生物多样性；三是制定政策和开发替代喷气燃料全球市场，并积极参与联合国国际民用航空组织航空环境保护委员会的相关活动。

（吴勘 陈伟）

DOE 电力咨询委员会提出分布式储能在电网部署行动建议

8 月 9 日，美国能源部电力咨询委员会（EAC）发布了《分布式储能在国家电网的发展部署》建议报告²，对分布式储能技术和市场发展现状进行了综述，分析了分布式储能的益处与潜在挑战、公共政策和市场实践的影响，以及分布式储能应用所需的规范和标准制定问题等，以支持 DOE 实施分布式储能战略和行动计划。该建议报告是由 EAC 两个附属委员会（智能电网委员会和储能委员会）整理储能产业相关专家和储能行业参与者开放式问卷调查结果形成。

报告指出，分布式储能是目前储能市场增长率最高的部分。由于激励措施的实施和成本的下降，分布式储能项目开展数量在美国和全球显著增加。分布式储能项目的快速增长与太阳能广泛部署、商业/工业高关税费用、需求管理激励和自发电激励政策密切相关。为了支持 DOE 通过技术分析和开发来扩大分布式储能市场部署规模，报告为 DOE 提出了八项切实可行的行动建议：

- **采集和追踪分布式储能项目市场开发的经验教训。**已有多个跟踪储能市场发展状况的组织向 DOE 表达了合作开发一个与电力储能数据库类似的分布式储能项目数据库。鉴于分布式储能大规模的安装潜力，类似的方法也可适用于跟踪小型太阳能项目。

- **为分布式储能开拓新市场和开发成本模型。**分布式储能是不断增长的分布式能源市场最新的增长点。扩大分布式储能市场需要采用新的方法，以允许更多小型

² National Distributed Energy Storage in the Electric Grid. <http://energy.gov/sites/prod/files/2016/08/f33/EAC%20National%20Distributed%20Energy%20Storage%20in%20the%20Electric%20Grid%2C%20March%202016....pdf>

储能设施参与到批发电力市场或一个新的分布式能源市场。

- **为分布式储能开发先进的现代化电网物理模型。**大多数电网物理模型将关注重点集中在电气系统和集成的元件。现有的配电模式相对简单，主要用于分析故障及其对电气系统的影响。因此必须构建全面的电网物理模型以满足现代化配电系统的需求，以确定下一代配电系统架构，并优化分布式储能使其发挥的最佳作用。

- **开发运营模型以验证其先进的控制作用。**必须构建先进的运营模型满足包含分布式储能的配电系统和其他分布式电力系统的运营需求。开发控制模型和控制方法以最大限度地发挥分布式储能的作用，确保合适的配电系统控制方法能够较好地作用于配电系统控制架构。此外，通过对 DOE 支持的测试平台和采用的案例研究进行模拟，来验证控制方法和策略的正确性。

- **评估现有的公共事业规模分布式储能、分布式发电的规范和标准对于小规模分布式储能的适用性。**任何有益于分布式储能发展的应用经验教训和/或察觉的任何关键变化，都需要纳入到现有分布式储能的使用规范和标准制定当中。开展大量的分布式储能使用规范和标准设计工作，从而保证新设计的储能设备和子组件能够满足上述规范和标准，使其能够无缝与其他设备和系统实现互操作和通信。

- **进一步发挥 DOE 的独特作用。**DOE 可能特别有助于促进地区标准、规范和监管发展等方面的积极对话，这可能包括绩效评估、融资服务、单独的储能资产类别和其他相关领域。鉴于 DOE 技术专长及其公正的地位，它可以在这一过程中发挥重要作用。

- **协助地方部署新的标准和规范。**在部署新的标准和规范方面，DOE 起着重要的教育宣传作用，尤其是在州和地方层面，因其资源跟踪以及实施新标准和规范的能力是有限的。

- **开发新技术提高分布式储能系统的性能、安全指数和成本效益。**由于分布式储能部署在集成环境当中，因此需要在材料、产品和系统层面开发新技术，以全方位改善分布式储能性能、安全性和成本，减少部署风险。

（郭楷模）

项目计划

DOE 资助 1.37 亿美元研发提高车辆能效

8月16日，美国能源部（DOE）宣布资助1.37亿美元用于加速新一代先进商用卡车和客车车辆技术研发³，改善车辆技术性能，提高燃油效率，减少碳排放，满足美国国家环保局（EPA）和美国运输部国家公路交通安全管理局（NHTSA）联合公布的卡车和客车燃效性能指标。其中：

（1）8000 万美元用于支持汽车制造商牵头的“超级卡车计划”二期项目（SuperTruck II），加速开发和示范具备成本效益的先进重型卡车技术，以提高其燃油效率，将卡车的货运效率翻倍。SuperTruck II 遴选了4个研发团队，每个团队将获得2000万美元资助开展技术研究项目，参见表1。

表1 超级卡车计划二期资助4个研究项目

承担机构	具体内容	资助金额 /百万美元
康明斯公司	设计和开发更加高效的发动机和先进的动力总成技术	20
戴姆勒卡车北美公司	开发和示范一套牵引拖车技术方案，包括主动空气动力学、停缸技术、混合动力和电气化配件	20
纳威司达公司	设计和开发包括电动发动机的动力总成系统，提升发动机效率，设计一个更加符合空气动力学的驾驶室	20
美国沃尔沃科技有限公司	开发和示范一套拥有轻型驾驶室牵引拖车技术方案，包括替代发动机和各种系统技术，提高卡车货运效率	20

（2）5700 万美元用于车辆技术开放式招标遴选11个研发主题共35个研发项目，旨在加速开发和部署新一代的尖端车辆技术，包括先进电池、电机驱动系统、更加耐用的轻量化汽车材料和更加高效的发动机，以提高客车和轻型卡车的燃油效率，减少碳排放，参见表2。

表2 车辆技术开放式招标的11个研发主题

研发主题	具体内容	资助金额 /百万美元
插电式电动汽车示范工程	在美国中西部主要汽车市场开展插电式电动汽车和纯电动汽车的公共交通领域示范工作，推广和示范插电式电动汽车	2.5
现代化电网与电动汽车	为插电式电动汽车开发和示范非车载的双向直流充电系统，评估电网服务对纯电动汽车电池的影响； 为中型插电式货运车辆开发高效、双向无线充电系统	4.0

³ Energy Department Announces \$137 Million Investment in Commercial and Passenger Vehicle Efficiency. <http://energy.gov/articles/energy-department-announces-137-million-investment-commercial-and-passenger-vehicle>; FY 2016 Vehicle Technologies Program - Wide Funding Opportunity Announcement Selections DE-OA-001384. <http://energy.gov/sites/prod/files/2016/08/f33/FY%2016%20VT%20Program-Wide%20Selection%20Table.pdf>

加速开发和部署低成本汽车镁合金材料	研究镁合金材料在车辆领域的应用, 解决合金化、冲压、焊接和腐蚀保护等方面的挑战	5.6
为轻量化汽车开发新型的耐腐蚀材料和异种焊接材料	示范利用现有的点焊接基础设施制备钢铝和铝/碳纤维复合材料, 以加强材料热塑性; 开发新的涂层材料和粘合剂, 以增加碳纤维、铝封装面板热塑性, 验证腐蚀测试方法; 验证金属箔蒸发器焊接是一种可以用于制备多材料、轻量化汽车的异种金属焊接工艺	6.7
推进电动汽车低成本电机的生产	利用多层电机转子, 设计和开发无重稀土元素的汽车电机; 开发具有独特双结构的电工钢, 应用于制造功率 30 kW 的电动汽车电机; 开发一种性能超越现有含稀土电动机的无稀土永磁电机; 采用全新的软和硬磁性材料, 演示一种能够满足 DOE 标准的具备快速切换功能的无稀土永磁电动机	14.8
开发先进的高电压电解质和添加剂、以及具有自修复功能的固态电解质和锂金属保护层	设计锂金属和集流体复合材料, 抑制枝晶形成; 开展碱性卤素基固态电解质基础研究, 演示自修复特性; 设计高质量比能量(600 Wh/kg)和体积比能量(1400 Wh/L)的三维金属氟化物固态电池; 开发可在 4.5V 工作的含氟碳酸酯电解质, 提高能量密度; 开发自修复锂金属电极保护层, 提高电池循环效率(>99.7%); 设计自修复功能的新型凝胶电解质以抑制枝晶形成, 以及捕获多硫聚合物改善锂硫电池循环寿命; 集成高导电性无机纳米纤维网络与导电聚合物开发新的固态电解质, 以抑制枝晶形成, 改善循环性能	10.8
开发先进的电池材料表征技术	开发高性能综合性诊断技术, 以更好地理解固态电解质界面机械/化学性能衰减的机理, 增强锂离子电池的性能和循环寿命; 开发先进的显微成像和光谱技术, 以深入了解锂离子电池正极中氧离子迁移对电池电流性能的影响	2.5
开发先进的电池材料模型	开发多尺度的模拟方法来研究电解质的化学结构和固态电解质的界面层; 开发综合电池模型来探索潜在应用前景的固态锂电池材料; 开发电化学-机械模型以协助设计人工固态电解质界面涂层	3.8
开发用于汽车发动机和动力总成的使能技术	开发、构建和测试可规模化的电驱动动态跳转点火汽缸气门; 开发和演示一个紧凑的低温汽油内燃机系统, 改善燃料经济性, 以达到排放指标; 开发规模化、低成本过程制造隔热涂层, 将其应用到汽车发动机部件中, 包括阀面、活塞头和排气口, 改善燃料经济性	5.0
替代燃料汽车基础设施的安全性	为车库设施升级和建筑设施改造创建培训和指导材料, 以更好地为天然气汽车、丙烷汽车、氢气汽车提供服务; 开发一个统一的、符合设计需求的参考指导, 并为个人提供天然气汽车、丙烷汽车、氢气汽车设施维护的最佳实践经验	1.5
开放性主题和探索性研究	为 7 级、8 级重型卡车开发先进的解决方案, 以消除或减轻当前双燃料卡车柴油排放废气后处理装置的负面影响;	2.9

为非轮胎组件开发一种新的二氧化硅填料，将燃油效率提高2%，使新填料的性能优于当前的混合填料；
为汽车行业设计耐高温、高强度、轻量化合金材料，包括采用3D 打印技术制造内燃机

（郭楷模）

美印加强智能电网与储能技术合作研发

8 月 10 日，在美印先进清洁能源合作研发计划（PACE-R）框架下，双方承诺将在未来五年向美印清洁能源联合研发中心（JCERDC）新增 3000 万美元资金，用于智能电网与电网储能技术领域的合作研发⁴，扩大可再生能源部署，加速两国电网现代化技术的研发和部署。相关研发创新内容如下：

（1）智能电网

详细研究配电系统运营（DSO）各种功能，以确保对分布式能源资源（DER）实现最佳的利用和管理，同时在分布式能源资源高电网渗透率的情况下，保证电网安全、可靠和灵活性。

设计一个具备最基本功能的通用 DSO 框架，分析 DSO 运营功能、相关数据、通信和控制系统的要求。

设计和实施一套测试案例，研究在不同环境下（包括人口稠密的大城市、中小城市和农村环境以及大型工商业环境）配电系统的需求、运营能力和客户多样性。

深刻理解可再生能源高比例并网情况下的 DSO 和微电网的概念。分布式能源并网与配电管理系统（DMS）、微电网能源管理系统（uEMS）和分布式能源管理系统（DERMS）密切相关，DSO 需要执行的功能取决于各种相互关联的发电资源配置情况。

上述研究能够填补 DMS 和 DER 集成控制技术的缺口，识别 DMS 和 DER 控制系统的交互功能以支持 DSO 的电网运营，通过建模来表征集成控制和管理功能的电网系统。通过智能电网研究为美印两国解决微电网和配电网运营商信息交换的技术问题奠定坚实的基础。进行原型概念仿真来评估美国和印度组建的集成了控制和管理系统的微电网和配电商的效能，构建一个全面的演示方法和计划。

（2）电网储能

通过联合印度的大学、研究机构、储能和智能电网协会以及其他政府部门，为印度的电力系统拓扑结构和配置（包括负载、发电、储能等）建立一组原型模型。

对现有的美国能源部智能电网项目馈线装置进行改造，结合储能和智能电网结

⁴ Energy Department Announces \$30 Million Expansion of U.S.-India Partnership to Advance Clean Energy Research. <http://energy.gov/articles/energy-department-announces-30-million-expansion-us-india-partnership-advance-clean-energy>;
U.S.-India Joint Clean Energy Research and Development Center Funding Opportunity Announcement. http://www.iusstf.org/cms/newsimages/file/JCERDC%20Track%20II/Funding_Opportunity_Announcement.pdf

构，也为美国建立一套类似的电力系统模型。

将智能电网概念整合进上述电网系统的原型模型当中，能够识别分布式储能的最佳位置、规模和持续时间，以大幅提高电网的可靠性和效率。整合了智能电网概念的电网原型模型将包含更加丰富的环境预测情况（如阴天、峰值负载条件、日食天气等），以更好地探索电网储能系统设计的最佳方案、规模、选址和性能属性。

2009 年，美国和印度正式启动先进清洁能源合作研究计划（PACE-R），意在推进两国清洁能源技术的研究和部署。作为 PACE-R 的优先工作之一，双方于 2010 年建立了清洁能源联合研发中心（JCERDC），第一期将太阳能、先进生物燃料和建筑节能作为三个优先领域开展合作研究。2015 年双方签署了第二期合作协议，公私联合投资达到 1.25 亿美元，除了延续之前的三个优先领域外，还新增了智能电网与储能技术领域。

（郭楷模 陈伟）

日美联合开展高压直流供电系统应用示范

8 月 26 日，日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）和 NTT 设施公司宣布，与美国得克萨斯大学奥斯汀分校联合启动光伏发电+高压直流供电系统（HVDC）的应用示范工作⁵，旨在为能耗日趋增大的超算数据中心提供电力，利用 HVDC 有功损耗小的优点为数据中心节约电力消耗，以期将数据中心的能耗降低 15%。在奥斯汀分校的数据中心节能系统示范工作涵盖下列三个方面的内容：

- 该校引入的节能示范系统是由 500 kW 级大容量 HVDC 供电系统装置（整流装置及分电盘）、锂离子电池，以及支持 HVDC 的服务器、空调设备、照明设备和太阳能光伏发电系统组成（图 1）。

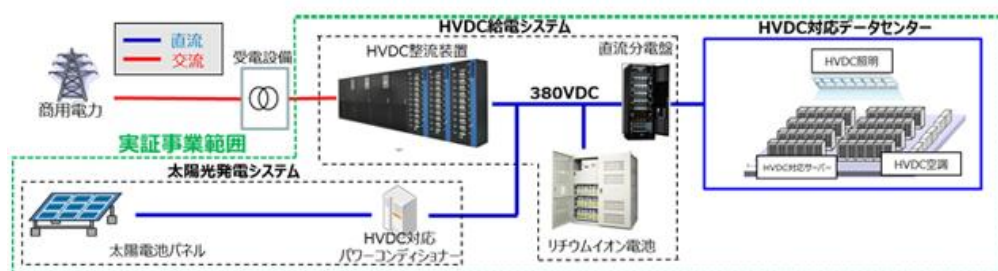


图 1 得克萨斯大学奥斯汀分校数据中心 HVDC 节能示范系统示意图

- 对使用现有的交流供电系统和新引进的直流供电系统进行对比研究，将采用每能量单位数据中心性能（DPPE）作为性能指标对该节能示范系统的效率性能进行评价，以定量评估新引入的供电系统的优越性。

- 此次的示范工作将 HVDC 与太阳能发电系统进行互联，再根据太阳能发电系

5 高電圧直流給電の実証システムで、15%の省エネ効果目指す。 http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100622.html

统的发电量来控制高压直流整流器的操作单元数量，旨在示范 HVDC 实现最优供电。

日本 NTT 设施公司今后将以此次示范试验的结果为基础，把 HVDC 作为数据中心的节能解决方案之一，以美国为中心，在欧洲和亚洲开展相关业务。

（郭楷模）

前沿与装备

新型二硒化钨二维纳米片催化剂高效还原 CO₂

高效捕获 CO₂ 并将其转化可用的燃料是应对全球气候变化和能源短缺问题行之有效的办法。目前主要通过电催化将 CO₂ 还原成碳氢燃料；然而 CO₂ 的高稳定性使其较难活化，成为了电还原 CO₂ 过程的一大障碍。伊利诺伊大学芝加哥分校 Amin Salehi-Khojin 教授研究团队联合阿贡国家实验室研究人员研发了一种全新的二硒化钨（WSe₂）二维纳米片电催化剂，并与电解液（由 1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐和去离子水按照 1:1 体积比混合而成的离子液体）组合形成电化学电池，实现了 CO₂ 到 CO 的高效还原转化。循环伏安测试结果显示，在 54 mV 超低过电位作用下，电流密度达到了 18.95 mA cm⁻²，远大于同条件下传统贵金属 Ag 纳米颗粒和 Ag 块材催化剂的电流密度，依次为 1.57 mA cm⁻² 和 0.19 mA/cm²。CO 的法拉第效率高达 24%，CO 形成的转换频率（TOF）达到了 0.28 s⁻¹；相反，同样条件下（过电位为 50mV），贵金属 Ag 催化剂 CO 的法拉第效率和 TOF 均为 0。上述结果表明了新催化剂具有更高的催化转化活性，能够更加高效地断开 CO₂ 化学键，即更高的催化还原 CO₂ 能力。研究人员进一步将上述新型 WSe₂ 催化剂整合到人工树叶平台，成功实现在无外加电势的情况下，利用太阳光能实现 CO₂ 到 CO 的转化。而 CO 化学活性高，可直接作为合成气用于燃烧产生能量，也可以进一步转化为柴油或其他碳氢燃料（如甲醇）。并且该新型 WSe₂ 催化剂的耐用性也极其优异，使用寿命可以超过 100 小时。最重要的是其成本只有传统贵金属催化剂的二十分之一。该项研究研发出低成本、高性能新型二维纳米片电催化剂，为制备高效的 CO₂ 电还原催化剂提供了新思路；此外，将该催化剂和人工树叶结合后实现了将空气中的 CO₂ 高效地转化为燃料，有望同时解决温室气体和能源问题。相关研究成果发表在《Science》⁶。

（郭楷模）

6 Mohammad Asadi, Kibum Kim, Cong Liu, et al. Nanostructured transition metal dichalcogenide electrocatalysts for CO₂ reduction in ionic liquid. *Science*, 2016, 353 (6298): 467-470.

基于高离子导电性石榴石结构电解质的界面修饰全固态锂电池

传统锂离子电池由于采用的电解液为可燃性液体，存在易燃易爆的安全问题，从而限制了其大规模应用。瑞士苏黎世联邦理工学院的 Jennifer L. M. Rupp 教授课题组设计合成了一种高离子导电性的石榴石结构（也即立方相结构）的全固态电解质 $\text{c-Li}_{6.25}\text{Al}_{0.25}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (c-LALZO) 应用于锂离子电池，其中负极为 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO)，正极为 Li 金属。为了改善固态电解质 c-LALZO 和负极 LTO 之间的物理连接性，降低两者界面间的离子传输阻抗，研究人员采用两种方式处理 c-LALZO 和 LTO：一是直接将 LTO 粉末和添加剂（导电颗粒）直接采用化学方法沉积在固态电解质 c-LALZO 表面，基于上述电极和电解质的电池定义为非修饰电池；二是将电极 LTO 和电解质 c-LALZO 混合后制备梯级结构电极/电解质复合材料，基于这一混合结构电极/电解质的电池定义为界面修饰电池。通过扫描电镜表征，结果显示非修饰电池电解质薄膜表面呈现出光滑平整和致密的形貌特性，且电极和电解质拥有清晰的分界线；相反界面修饰电池电解质表面呈现出无序多孔结构，同时电极和电解质之间无分界线，意味着电极材料完全嵌入到电解质中，两者物理接触良好，有助于减少界面阻抗。通过直流阻抗谱（95℃）测试表明，界面修饰电池界面阻抗相比非修饰电池下降了两个数量级。研究人员进一步对两种电池做了恒电流充放电测试（95℃），测试结果显示非修饰电池存在明显的极化现象，最大的放电比容量不超过 3 Ah kg^{-1} ；相反，界面修饰电池的放电比容量则达到了 15 Ah kg^{-1} 以上，且极化大幅减弱，呈现出优秀的电化学性能。界面修饰电池进一步的电化学测试显示，呈现出极其优异的循环倍率性能和稳定性，在 1.0-2.5V 内，放电电流分别为 2 A kg^{-1} 下，放电比容量为 16 Ah kg^{-1} ，且经过 25 次循环后，放电比容量为 13 Ah kg^{-1} 。该项研究合成了一种全新的固态电解质，还精心设计了电池结构，改善了全固态锂离子电池的电化学性能，提高了安全性，为制备高性能的全固态锂离子电池提供了新的方法。相关研究成果发表在《*Advanced Energy Materials*》⁷。（郭楷模）

钙钛矿太阳电池性能与晶粒空间面取向密切相关

钙钛矿太阳电池是极具发展前景的一类薄膜电池技术，其转换效率以前所未有的速度攀升，且成本比传统硅电池更低。但目前对其潜在的工作机理还没完全掌握。劳伦斯伯克利国家实验室研究人员利用光电导原子力显微镜表征钙钛矿薄膜，从纳米尺度探究影响钙钛矿电池性能的潜在因素。研究人员制备了基于双卤素的钙钛矿电池（ $\text{MAPbI}_{3-x}\text{Cl}_x$ ）和一个基于 $\text{MAPbI}_{3-x}\text{Cl}_x$ 薄膜的半成型结构电池（即略去空穴传输层和顶电极）用于电镜表征。电化学测试结果显示钙钛矿电池平均效率达到了

⁷ Jan van den Broek, Semih Afyon, Jennifer L. M. Rupp. Interface-Engineered All-Solid-State Li-Ion Batteries Based on Garnet-Type Fast Li^+ Conductors. *Advanced Energy Materials*, Published online 12 July 2016, DOI: 10.1002/aenm.201600736.

15.7%。通过原子力显微镜表征发现，钙钛矿薄膜粗糙度约为 19.1nm，晶粒平均尺寸约为 142 ± 38 nm；晶粒的外观呈现出多面体几何结构特性，即 $\text{MAPbI}_{3-x}\text{Cl}_x$ 薄膜不同晶粒之间以及单个晶粒内部存在不同的面取向。通过对半电池局域电流（ I_{sc} ）和电压（ V_{oc} ）的测试，发现仅仅单个晶粒内部不同面取向的电流就存在较大的差别，其数值的波动范围达到一个数量级；电压也出现类似情况，即晶粒内部不同区域电压数值存在差异性。根据上述测试结果，研究人员制备了一个“效率分布图”，发现效率高的区域对应的电流和电压都高，反之则相反。通过分割和分水岭算法，研究人员对晶粒 2000 多个不同面取向随机选取计算，结果也显示其电流和电压呈现出与面取向相关的规律性分布，即理论计算和实验都证明了钙钛矿电池的性能与钙钛矿晶粒的空间面取向密切相关。研究人员指出，在假定填充因子都一样的条件下，高性能面取向钙钛矿电池的性能要比平均电池性能高出 50%，意味着一些择优取向晶粒的电池性能有望进一步提升至接近理论极限（31%）。该项研究首次在微观尺度揭露了钙钛矿晶粒的空间面取向对电池性能的影响，为优化、设计高性能的钙钛矿电池奠定坚实的理论基础。研究人员下一步将致力于制备高质量的择优取向钙钛矿薄膜，以进一步提高电池性能。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》⁸。（郭楷模）

新型电解质隔膜拓宽质子交换膜燃料电池工作温度区间

传统低温质子交换膜燃料电池（PEMFC）受到全氟磺酸隔膜（Nafion）的限制，工作温度必须低于 100℃；而高温 PEMFC 采用磷酸（PA）掺杂的聚苯并咪唑（PA-doped PBI）作为电解质隔膜，工作温度高达 180℃，但当温度低于 140℃时电池性能却大幅下降。针对上述高低温 PEMFC 的工作温度区间错位问题，洛斯阿拉莫斯国家实验室 Yu Seung Kim 教授带领的联合研究团队开发了全新的季铵-二磷酸离子对配位的聚亚苯基（PA-doped QAPOH）隔膜，改善了燃料电池工作温度区间范围，使其能够在 80~180℃温度区间有效的运作。研究人员对 PA-doped PBI 和 PA-doped QAPOH 两种聚合物隔膜进行了对比研究，发现前者的水分子含量更多，表明了 PA-doped PBI 更容易吸收水分子。PA 保持研究显示，在 80℃/40%湿度条件下，44 小时后 PA-doped QAPOH 维持了初始质量的 93%；而 PA-doped PBI 只维持了初始质量的 54%。在 220℃/0%湿度条件下，PA-doped QAPOH 维持了初始质量的 77%；而 PA-doped PBI 维持了初始质量的 67%。上述结果表明了两种聚合物隔膜通过 PA 蒸发产生的 PA 差异性要小于通过水分子凝结产生的差异性。研究人员进一步研究了 PA 保持对两种聚合物隔膜质子导电性的影响：在 80℃、湿度循环从 5%到 90%，在第一次循环结束后，质子导电性下降；而当进一步循环后，PA-doped PBI 的 PA 损失了 68%，质子导电性下降了三个数量级。而 PA-doped QAPOH 的 PA 保持

⁸ Sibel Y Leblebici, Linn Leppert, Yanbo Li, et al. Facet-dependent photovoltaic efficiency variations in single grains of hybrid halide perovskite. *Nature Energy*, 2016, 1: 16093.

量则在五次循环后保持稳值，且只损失了 40% 的量，质子导电性先增强后减小。不同温度（80℃，120℃）下 H₂/O₂ 燃料电池性能对比研究显示，采用 PA-doped QAPOH 作为隔膜的 PEMFC 比基于 PA-doped PBI 和 Nafion 的 PEMFC 性能都优越。温度继续升高到 160℃，PA-doped PBI 燃料电池高频率阻抗增大，导致电池性能逐渐下降；而 PA-doped QAPOH 燃料电池性能则没有出现明显变化。研究人员还测试了无额外加湿情况下 PA-doped QAPOH 燃料电池性能，结果显示当温度从 80℃ 升高到 180℃，电池功率密度达到了峰值为 800mW cm⁻²，高频率阻抗从 0.68 Ω cm⁻² 下降到 0.23 Ω cm⁻²；继续升温到 200℃，电池性能基本无变化。该项研究开发了新型的低成本 PA-doped QAPOH 聚合物电解质隔膜，拓宽了 PEMFC 工作温度区间，促进了该类型燃料电池技术的商业化，为 PEMFC 在固定电站和交通运输方面的应用奠定了技术基础。相关研究成果发表在《Nature Energy》⁹。（郭楷模）

加科学家成功研发高性能锌离子电池

加拿大滑铁卢大学 Linda F. Nazar 教授课题组采用微波水热方法合成了一种廉价、无毒正极材料 Zn_{0.25}V₂O₅ · nH₂O。通过扫描电镜表征显示，Zn_{0.25}V₂O₅ · nH₂O 呈现层状纳米带形貌，长度为几十微米，宽度为 10~20nm 左右，其中 Zn 夹层离子作“小柱子”用于支撑电极的层状结构，而层状结构则有利于 Zn 离子发生嵌入和脱嵌反应。透射电镜表征结果揭露该电极为单晶，晶格常数为 0.537nm，对应（200）晶面。研究人员将其用于组装电池，构造出 Zn|ZnSO₄|Zn_{0.25}V₂O₅ · nH₂O 结构的 Zn 离子电池，其中 Zn 金属为负极，ZnSO₄ 水溶液为电解质。通过循环伏安测试，发现电池呈现出优异的电化学循环稳定性和高倍率性能：在 8C 倍率下（1C=300mA g⁻¹），电池比能量达到 260 mAh g⁻¹，经过 1000 次循环后，电池的容量保持率超过 81%；在更高的 15C 倍率下（1C=300mA g⁻¹），电池比能量为 220 mAh g⁻¹，经过 1000 次循环后，电池的容量保持率仍然超过 80%，表明了 Zn 电极表面无枝晶形成。更为关键的是成本仅为传统锂离子电池的一半，有望应用于电网规模储能领域，解决可再生能源并网问题。相关研究成果发表在《Nature Energy》¹⁰。（郭楷模）

⁹ Kwan-Soo Lee, Jacob S Spendelow, Yoong-Kee Choe, et al. An operationally flexible fuel cell based on quaternary ammonium-biphosphate ion pairs. *Nature Energy*, 2016, 1: 16120.

¹⁰ Dipan Kundu, Brian D Adams, Victor Duffort, et al. A high-capacity and long-life aqueous rechargeable zinc battery using a metal oxide intercalation cathode. *Nature Energy*, 2016, 1: 16119.

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心简介

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 高端洁净煤电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
微信公众号：CASEnergy

