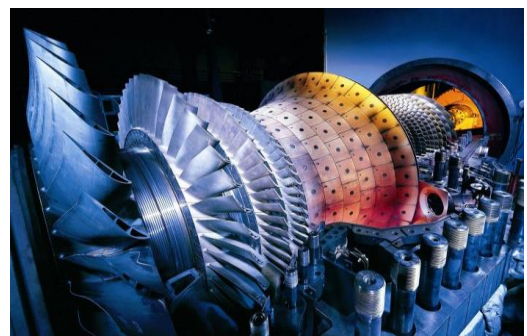


中国科学院武汉文献情报中心

中国科学院武汉先进能源战略情报研究中心

2016 年第 10 期（总第 264 期）

先进能源科技动态监测快报



本期重点

- EIA：至 2040 年亚洲发展中国家引领世界能源消费增长
- 美参议院通过新能源法案有望促进清洁能源研究
- GWEC：未来五年全球风电装机将翻一番
- 未来电网：发展中国家面临的主要问题和思考
- DOE 斥资 1 亿美元推动生物能源发展

目 录

决策参考

EIA: 至 2040 年亚洲发展中国家引领世界能源消费增长	2
美参议院通过新能源法案有望促进清洁能源研究	4
GWEC: 未来五年全球风电装机将翻一番	5
未来电网: 发展中国家面临的主要问题和思考	6
MIT 研究未来亚洲气溶胶排放对气候的影响	7

项目计划

DOE 斥资 1 亿美元推动生物能源发展	8
DOE 资助 2500 万美元推进太阳能发电大规模并网	9
DOE 资助 2000 万美元建立大学化石能源研究联盟	10
德国大力推动建筑节能领域研究与示范	10

前沿与装备

美开发高能量密度低成本锌锰电池	11
锂离子电池可用的“纸电极”	11
磁双曲超材料有望引领太阳电池新革命	12
量子点增强层状半导体的光电响应特性	12
溶液前驱体等离子喷涂技术有望显著提高燃气轮机性能	13

本期概要

美国能源部能源信息署（EIA）发布《国际能源展望 2016》指出，未来 30 年内全球能源需求将继续增长。在参考情景下，到 2040 年世界能源消费总量将增长 48%：非经合组织国家增长强劲，尤其是在亚洲。在 2012-2040 年预测期内，亚洲非经合组织国家（包括中国和印度）的能源消费增长占世界能源消费增长总量的一半以上。在参考情景下，到 2030 年亚洲非经合组织国家的能源消费量即超过全体经合组织国家，而到 2040 年亚洲非经合组织国家的能源消费量比全体经合组织国家高出 40 万亿英热单位（约合 14.4 亿吨标煤）。从能源结构变化来看，到 2040 年化石燃料仍占到全球能源消费的 78%，天然气消费增长最快，年均增长 1.9%，到 2040 年占到 26%；液体燃料（石油等）份额将从 2012 年的 33% 下降到 30%；煤炭的增长最缓慢，年均仅增长 0.6%，到 2030 年煤炭在能源消费中的占比将被天然气超越，到 2040 年占比 22%；可再生能源增长最快，年均增长 2.6%，到 2040 年占比 16%-17%；核电增速仅次于可再生能源，年均增长 2.3%，到 2040 年占到 6%。

美国国会参议院通过了一项新能源法案，要求大幅增加清洁能源研究项目的经费预算，推进可再生能源产业的发展，保障国家能源安全：该法案是自 2007 年以来美国首次就能源法律做出重大修正的一次尝试，其目的在于为联邦政府一系列新的能源研究项目制定激励政策和设定相应的资助额度。该法案提出，以 5% 的增幅逐年增加对能源部（DOE）科学局的经费预算，即从 2016 财年的 53.5 亿美元一直增加到 2020 财年的 71.3 亿美元；同期也将先进能源研究计划署（ARPA-E）的经费预算从 2.91 亿美元提高到 3.75 亿美元。本次参议院通过的新能源法案有很多标志性的创新之处，除了有助于增加研究经费，该法案还将促进美国能源法律的自我修正，以加快能源基础设施建设审批流程，更新升级部分地区的电网以及提高建筑能效等。但其目前还只是个雏形，参议院通过只是万里之行第一步，还不清楚该法案能否在今年通过众议院和白宫的最终裁决。

全球风能理事会（GWEC）发布《全球风能报告 2015》指出，2015 年全球风能产业创造了新的纪录，正在引领全球电力系统转型，未来五年风能产业仍将快速发展，在中国、欧洲和美国的带领下到 2020 年全球风电装机将几乎翻一番：到 2020 年全球年均新增风电装机接近 80 GW，届时风电累计装机容量将达到 792 GW，接近 2015 年年底的两倍。2016-2020 年期间，预计亚洲仍将主导全球风能市场的发展，将至少占到全球份额的 50%。报告对中国风能市场发展的分析显示，中国正在推进的能源生产消费革命为风能产业发展带来了新的机遇，目前的弃风现象仍将是风能产业面临的最关键挑战，政府持续提供电价补贴所带来的财政压力也将是未来发展挑战之一。

世界资源研究所（WRI）发布《未来电网：发展中国家面临的主要问题和思考》报告指出，电力行业正在经历着一场转型，监管机构和政策制定者需要关注于三大领域挑战：（1）技术和基础设施，解决间歇性可再生资源与电网之间的兼容性和互联互通、可再生能源和需求中心之间的地域分离挑战。（2）制度安排，加强机构能力建设，更加注重跨界合作，涉及到重新思考体制框架和加强电力部门管理问题。（3）电力定价和权益，监管机构和电力公司将需要探索新的收费和定价机制，以确保合理的估价以及分摊系统成本和效益。

EIA：至 2040 年亚洲发展中国家引领世界能源消费增长

5 月 11 日，美国能源部能源信息署（EIA）发布《国际能源展望 2016》¹指出，未来 30 年内全球能源需求将继续增长。在参考情景下，到 2040 年世界能源消费总量将增长 48%，从 2012 年的 549 万亿英热单位增加到 2040 年的 815 万亿英热单位。非经合组织国家增长强劲，尤其是在亚洲。在 2012-2040 年预测期内，亚洲非经合组织国家（包括中国和印度）的能源消费增长占世界能源消费增长总量的一半以上。在参考情景下，到 2030 年亚洲非经合组织国家的能源消费量即超过全体经合组织国家，而到 2040 年亚洲非经合组织国家的能源消费量比全体经合组织国家高出 40 万亿英热单位（约合 14.4 亿吨标煤）（图 1）。



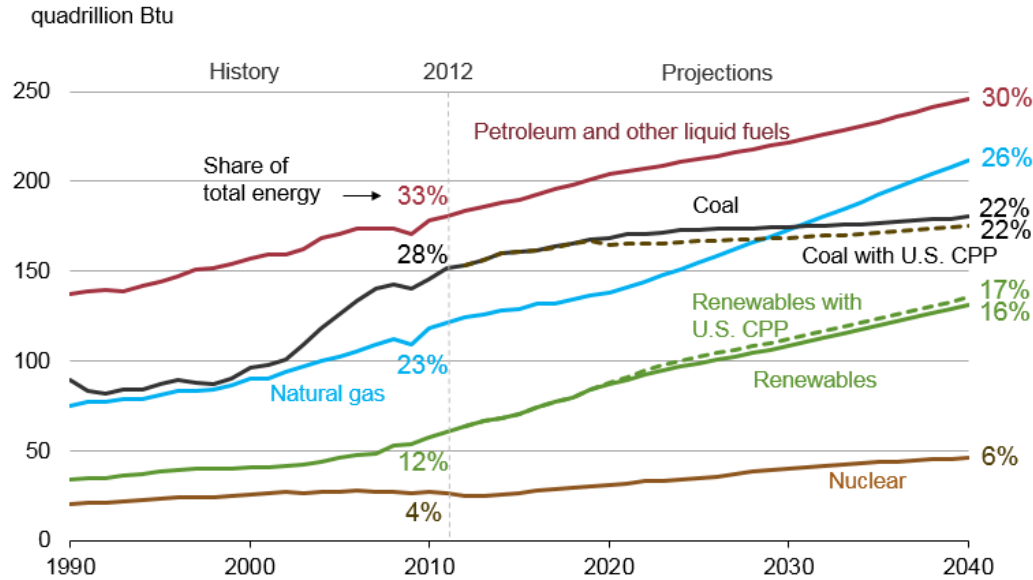
图 1 2012-2040 年全球发达地区和发展中地区能源消费变化情况

非经合组织国家/地区预期相对强劲和长期的经济增长带动了能源需求增加。2012-2040 年，非经合组织国家能源消费增长 71%，而经合组织国家的能源消费仅增长 18%。到 2040 年，非经合组织国家的能源消费几乎占到世界能源消费总量的三分之二。

从能源结构变化来看，尽管非化石燃料消费预计比化石燃料增长更快，但到 2040

¹ International Energy Outlook 2016. http://www.eia.gov/forecasts/ieo/exec_summ.cfm

年化石燃料仍占到能源消费的 78%。在化石燃料中天然气消费增长最快，全球天然气消费年均增长 1.9%。丰富的天然气资源（包括致密气、页岩气、煤层气）促进了天然气保持其强有力的竞争地位。尽管液体燃料（主要是石油类）仍然是世界能源消费的最大来源，但是到 2040 年液体燃料占世界能源消费的份额将从 2012 年的 33% 下降到 30%。从长远来看，油价的上涨会导致许多能源用户采用更节能的技术，在可行的情况下从液体燃料转向其他燃料。煤炭的增长最缓慢，年均仅增长 0.6%，到 2030 年煤炭在能源消费中的占比将被天然气超越。在预测期内，可再生能源增长最快。2012-2040 年，可再生能源消费年均增长 2.6%，到 2040 年占到能源消费的 16%-17%；核电仅次于可再生能源，在预测期内年均增长 2.3%，到 2040 年占到 6%（图 2）。到 2040 年煤炭、天然气和可再生能源在全球电力结构中占比大致相同（28%-29%），水电和风电是全球可再生能源电力增长的最大来源，占到预测期增量的 2/3。此外，几乎所有净增核电装机容量都在发展中国家，中国将主导这一趋势，在此期间装机容量净增 139 GW。



注：U.S. CPP-美国《清洁电力计划》。

图 2 至 2040 年全球能源结构变化情况

《国际能源展望 2016》参考情景分析不包括美国 2015 年公布的清洁电力计划（CPP）可能带来的潜在影响。EIA 初步分析认为，与参考情景相比，实施 CPP 可能将使到 2020 年美国煤炭消费减少 21%（约 4 万亿英热单位），到 2040 年减少 24%（约 5 万亿英热单位）；到 2020 年美国可再生能源消费将提高 7%（约 1 万亿英热单位），到 2040 年将提高 37%（约 4 万亿英热单位）；美国石油和其他液体燃料以及天然气的消费量将比参考情景略低。

（李桂菊）

美参议院通过新能源法案有望促进清洁能源研究

4月20日，美国国会参议院以85票对12票的表决结果通过了一项新能源法案²，其是由参议员 Lisa Murkowski（美国参议院能源委员会负责人）和 Maria Cantwell（资深民主党人士）通过收集和总结各方利益团体的反馈建议后起草的，要求大幅增加清洁能源研究项目的经费预算，推进可再生能源产业的发展，保障国家能源安全。

该法案是自2007年以来美国首次就能源法律做出重大修正的一次尝试，其目的在于为联邦政府一系列新的能源研究项目制定激励政策和设定相应的资助额度。该法案提出，以5%的增幅逐年增加对能源部（DOE）科学局的经费预算，即从2016财年的53.5亿美元一直增加到2020财年的71.3亿美元；同期也将先进能源研究计划署（ARPA-E）的经费预算从2.91亿美元提高到3.75亿美元。

本次参议院通过的新能源法案有很多标志性的创新之处，除了有助于增加研究经费，该法案还将促进美国能源法律的自我修正，以加快能源基础设施建设审批流程，更新升级部分地区的电网以及提高建筑能效，该法案代表性的修正条款包括：

- **生物质发电：**该法案中最为争议的一项条款便是认为燃烧木材发电是“碳中和”的供能方式。因为就长期来看，后续生长的树木能够通过光合作用将燃烧木材所产生的二氧化碳吸收消耗掉，从而不会增加大气中温室气体排放量。上述观点遭到了环保人士和一些科学家的反驳，他们指出新树木的生成需要几十年时间，根本无法及时消除温室气体，因此这么做将会严重破坏美国的森林生态环境；但是其他科学家则认为，出现上述的反对声音主要是未对上述条款加以澄清，即应该明确说明燃烧木材实际上是建议促进林业生物质能源的开发利用。

- **加快能源项目审批：**该法案承诺将改善和加快液化天然气（LNG）出口终端和水电站大坝建设许可，以及输电基础设施工程项目的审批流程。例如，DOE应该设定一个明确的审批期限，比如45天内对其他机构批准后的LNG出口终端做出最终裁决。

- **电网升级计划：**该法案不仅有助于改善国家电网安全，还将促进小型、分布式发电系统，如屋顶太阳能电池板在全美境内更加广泛的部署。它包括一个为期10年、总额5亿美元的大型储能研发计划，以解决可再生能源（如风能和太阳能）存在的间歇性问题，提高可再生能源发电的可靠性和稳定性。

- **水土保持基金：**该法案将使土地和水资源保护基金（其经费来源于联邦政府征收的石油和天然气矿权税）获得永久性再授权。该基金自1965年成立以来，已经保护了超过200万公顷的土地。

² New energy bill approved by U.S. Senate looks favorably on research. <http://www.sciencemag.org/news/2016/04/new-energy-bill-approved-us-senate-looks-favorably-research>

总体来看，该法案提出的内容对新能源技术的发展以及保持美国在能源技术领域的国际领先地位至关重要。但其目前还只是个雏形，参议院通过只是万里之行第一步。按照相关法律规定，新能源法案在生效前，还必须在众议院通过，并得到总统签字批准。因此，目前还尚不清楚该法案能否在今年通过众议院和白宫的最终裁决。

（郭楷模）

GWEC：未来五年全球风电装机将翻一番

4月19日，全球风能理事会（GWEC）发布《全球风能报告 2015》³指出，2015年全球风能产业创造了新的纪录，正在引领全球电力系统转型，未来五年风能产业仍将快速发展，在中国、欧洲和美国的带领下到2020年全球风电装机将几乎翻一番。

2015年全球风电新增装机容量突破了60 GW，年增长22%，打破了2014年创下的纪录。中国新增30.8 GW，继续引领发展趋势。未来五年，三大趋势将继续推动全球风能产业发展：全球气候变化达成新协定、风电成本持续下滑、美国风电支持政策恢复稳定性，到2020年全球年均新增风电装机接近80 GW，届时风电累计装机容量将达到792 GW，接近2015年年底的两倍。

2016-2020年期间，预计亚洲仍将主导全球风能市场的发展，将至少占到全球份额的50%；欧洲将继续稳步实现其2020年目标；北美由于有强有力的政策扶持，将继续快速发展；拉丁美洲市场仍将主要有巴西带动，阿根廷也将展现新的潜力；非洲和中东地区仍将多样化发展，短期内南非、埃及和摩洛哥将主导发展；由于澳大利亚政策趋于稳定，大洋洲地区将迎来大发展。

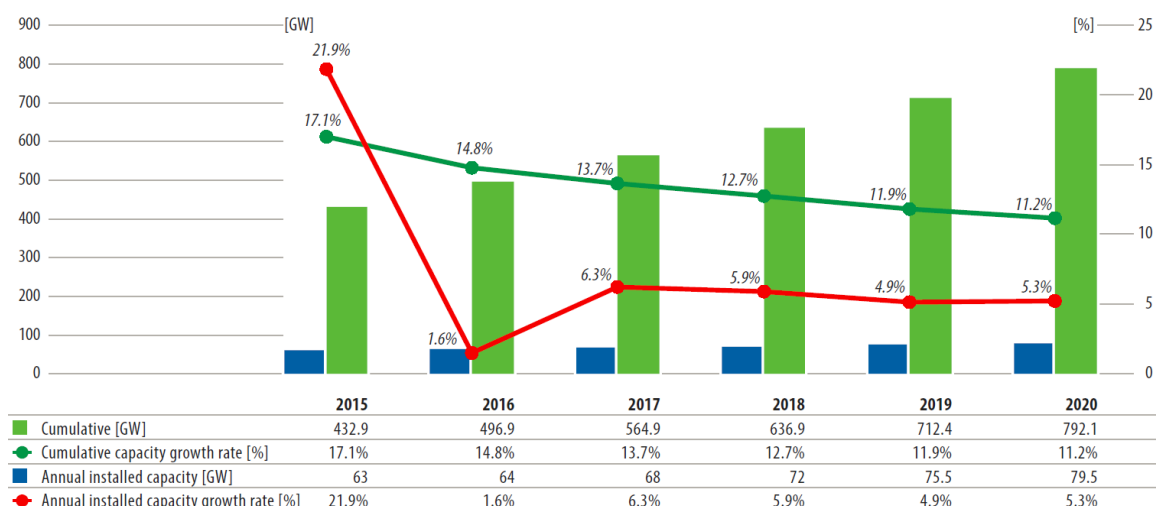


图1 2016-2020年全球风能市场预测

³ Global Wind Report: Annual Market update 2015.

http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-2015-Report_April-2016_22_04.pdf

报告还对主要国家的风能市场发展进行了展望。在中国章节中，报告指出中国正在推进的能源生产消费革命为风能产业发展带来了新的机遇，目前的弃风现象仍将是未来中国风能产业面临的最关键挑战，政府持续提供电价补贴所带来的财政压力也将是未来发展挑战之一。

（陈伟）

未来电网：发展中国家面临的主要问题和思考

世界资源研究所（WRI）5月中旬发布《未来电网：发展中国家面临的主要问题和思考》⁴报告指出，电力行业正在经历着一场转型，从集中式管理和运营（监管机构、公共电力机构、系统运营商和规划者）日益转向多种技术驱动、分散运营以及新的市场机制改革。这些变化带来很多的不确定性，机遇和挑战并存。

从全球来看，在过去的十年中，非水电可再生能源装机容量增长超过六倍，从 85 GW 到 657 GW，同时有 164 个国家已经设立了可再生能源装机目标。与此同时，清洁能源的成本也更加低廉。各国在清洁能源方面的投资巨大，2015 年美国投资了 3290 亿美元。对其他电力技术的投资也越来越多。2014-2023 年，全球在智能电网技术的累积投资总额预计将达到 5940 亿美元。

本报告主要分析四个发展中国家（巴西、中国、印度和吉尔吉斯斯坦）和两个发达国家（德国和美国）的发电部门，并基于全球数据和主要趋势报告对全球发展进行了概述。报告指出，监管机构和政策制定者需要关注于三大领域挑战，以为建设更现代化的电网做准备，包括：技术和基础设施、制度安排以及定价和权益问题。

（1）技术和基础设施

随着可再生能源利用的增加，电网基础设施将面临两大挑战：间歇性可再生能源与电网之间的兼容性和互联互通，可再生能源和需求中心之间的地域分离。向安全、可靠和经济的未来电网转型需要升级、扩充电网以及区域互联，同时有必要确保系统可靠性和提高服务质量。传统意义而言，电网的作用是为消费者提供可靠的电力供应。然而，随着可再生能源的增加，未来消费者可以选择更廉价的就地发电或非公共电力机构供电。再加上不断增加的技术复杂性，这种趋势可能会极大影响电力供应商考虑提高电网系统可靠性和服务质量的方式。

（2）制度安排

新一代技术的出现正在挑战传统的公共模式和电网特性，它将涉及到多个分布式发电，以及很多消费者、发电商以及未来消费群之间的电力流动。将有必要加强机构能力建设，更加注重跨界合作。这会涉及到重新思考体制框架和加强电力部门管理问题。监管机构必须考虑新的问题，如：谁为电网的改进和创新买单，以便从

⁴ The Future Electricity Grid - Key Questions and Considerations for Developing Countries.
http://www.wri.org/sites/default/files/The_Future_Electricity_Grid.pdf

新兴的基于可再生能源项目的电网中获益；如何增加基础设施要求的资助；以及如何分配成本。公共电力机构面临的新问题是：如何与客户建立联系，谁会日益成为电网的可选择途径。公共电力机构可能会失去市场份额和高价值客户，尤其是在电网不可靠的辖区。解决方案可能同时涉及到技术选项，以允许不同类型消费者大相径庭的需求；以及涉及到制度变化，允许公共电力机构更灵活地与其他利益相关者合作，吸引消费者和潜在的资金来源。

（3）电力定价和权益

可再生能源的兴起、电网复杂性增加、消费者需求不断变化以及化石燃料成本的波动都为电力定价带来新的问题。随着能源服务供应商包括更多的新角色，合理的估价及在用户之间分摊系统成本和效益将变得越来越重要，有必要重新思考上网电价政策。目前的上网电价确定方法主要基于平衡公共电力机构、消费者和政策的考虑，但由于净计量政策的复苏和更多的消费者频繁通过电网交易，需要一个更加动态的上网电价政策来吸引和保持投资，以克服电力短缺和提高供电质量。此外，监管机构将不得不解决普遍接入和承载能力的问题。因为上网电价的设计直接影响到电力接入和承载能力，监管机构和电力公司将需要探索新的资费和定价机制以确保合理的估价以及分摊系统成本和效益。目标必须是确保所有固定成本从所有消费者中公平回收，这些新的定价模式可以把重点放在电网服务的整套方案而不仅仅是售电。

（李桂菊）

MIT 研究未来亚洲气溶胶排放对气候的影响

美国麻省理工学院发表在《*Journal of Climate*》4月刊的一项研究显示⁵，尽管中国煤炭消费出现下降，但煤炭仍然是亚洲主要的发电来源。在中国和印度，这是造成人为二氧化硫排放的主要原因，造成大气中硫酸盐气溶胶浓度上升。这些气溶胶不仅危害这些地区的公众健康，而且会加剧当地和全球的气候变化。

全球气候变化将取决于未来几年和几十年亚洲的能源选择。一种极端情景是随着中国和印度以及其他亚洲国家的经济增长和能源需求，导致煤炭消费迅速增加，从而对气候变化带来更多影响；另一种情景是，亚洲逐步从煤炭向更清洁的燃料（如天然气和低碳能源技术，如风能和太阳能光伏）转变，可减轻这些影响。文中评估了这两种情景下气溶胶排放对气候的影响，得出亚洲气溶胶对区域地表温度和降水的影响（可能的上限和下限值）。

在这项研究中，主要讨论了两种气溶胶排放情景：一种浓度途径 4.5（RCP4.5）控制，表示预计人为气溶胶排放减少；一种是来自亚洲的人为气溶胶排放增加。文

⁵ Benjamin S. Grandey, Haiwen Cheng, Chien Wang. Transient Climate Impacts for Scenarios of Aerosol Emissions from Asia: A Story of Coal versus Gas. *Journal of Climate*, 2016, 29 (8): 2849-2867.

中使用了社区地球系统模式（CESM）大气-海洋耦合配置，包括社区大气模型第 5 版（CAM5）。亚洲气溶胶排放增加情景下证实对整个北半球有散热作用，可抵消部分温室气体引起的气候变暖，但气溶胶会影响东亚和南亚季风降水，亚洲气溶胶排放增加也会对世界其他地区造成影响。在澳大利亚，南半球夏季季风降水加强，热带辐合带向南转移，这是由于北半球气溶胶冷却带来的效果。在萨赫勒地区，由于西非西风急流的减弱，西非季风降水被抑制。这些结果表明，在亚洲的燃料使用及通过由此产生的气溶胶排放和相关的辐射效应，会对当地和全球的未来气候造成显著的影响。

（李桂菊）

项目计划

DOE 斥资 1 亿美元推动生物能源发展

5 月 6 日，美国能源部（DOE）宣布将资助 9000 万美元设立“生物燃料、生物基产品与生物质发电中试和示范规模制造项目开发”计划⁶，拟支持在未来 12 年设计、建造和运行三座中试或示范规模的一体化生物精炼厂，集成先进生物燃料、生物基产品和电力生产。此次计划主要包括三个主题领域：

（1）利用纤维素、藻类或沼气原料开展中试规模生物燃料生产。原料供应量最少需在 1 公吨/日以上（沼气在 160 亿英热单位/日以上），生物基产品和生物质发电仅作为一体化精炼厂的副产品。

（2）利用纤维素、藻类或沼气原料开展示范规模生物燃料生产。原料供应量最少需在 50 公吨/日以上（沼气在 8000 亿英热单位/日以上），生物基产品和生物质发电仅作为一体化精炼厂的副产品。

（3）利用固体和其他湿的废物原料生产电力或生物燃料。原料供应量最少需在 1 公吨/日以上，生物基产品作为一体化精炼厂的副产品。

项目需解决精炼厂全过程所面临的技术挑战，包括从原料处理直到生物燃料、生物基产品或生物质电力分配。资助分为两个阶段，第一阶段为精炼厂设计，通过 DOE 评审的项目才能获得第二阶段资助，开展精炼厂建设和运行工作。

5 月 9 日，DOE 和美国农业部国家粮食与农业研究所（NIFA）联合宣布，将通过“生物质研究与开发计划”向 7 个遴选项目资助共计约 1000 万美元，推动先进生物燃料和生物质产品开发。这 7 个项目概况参见表 1⁷。该联合研究计划由美国农业

⁶ Project Development for Pilot and Demonstration Scale Manufacturing of Biofuels, Bioproducts, and Biopower. <https://eere-exchange.energy.gov/FileContent.aspx?FileID=a341d9a7-c60d-4504-9fec-ece186eea0c6>

⁷ DOE and USDA Award \$10 Million to Advance Biofuels, Bioenergy, and Biobased Products.

部和能源部共同开展，旨在推动可再生燃料和生物基产品发展，以替代交通应用汽油和柴油。项目研究包括三个领域：原料开发、生物燃料和生物基产品开发、生物燃料开发分析。

表 1 生物质研究与开发计划向 7 个项目资助 1000 万美元

承担机构	研究内容
俄亥俄州立大学	利用化学链气化技术将生物质气化，以生产高价值化学品和液体燃料，相比于传统工艺有潜力将合成气生产成本降低 44%
麻省理工学院	加强酵母对木质纤维素乙醇生产过程中三种常见抑制剂的耐受性。类似的耐受机制同样可用于改进乙二醇等产品的生产
加利福尼亚大学 河边分校	通过预处理和木质聚合物合成将杨木转化为乙醇和聚氨酯，有望增加生物精炼利润，并抵消预处理成本
蒙大拿大学	关注西黄松、混合针叶林以量化生态和经济机遇；确定创新管理路径以量化利用林业生物能源替代化石燃料的财政、环保和公共健康效益
北卡罗来纳生物 技术中心	解决原料发展问题，优化中大西洋地区高粱生产的教育资源开发
达特茅斯学院	通过生物加工工程中的物理萃取，克服木质纤维素难以降解障碍，提高木质纤维素的溶解性将有潜力降低预处理成本
纽约州立大学	开展柳木和林业生物质用于热力和电力生产、热电联产以及热水萃取制生物燃料的全生命周期经济和环境分析

(陈伟)

DOE 资助 2500 万美元推进太阳能发电大规模并网

美国能源部（DOE）5 月 2 日宣布，在“电网现代化”计划下将资助 2500 万美元用于开展“太阳能发电实时大规模并网”（ENERGISE）项目⁸，旨在开发一系列整合传感、通信和大数据分析技术的现代化分布式能源并网管理和运行平台解决方案，实现对并网的波动性分布式发电资源实时动态监测、自动化控制和管理，保证分布式发电的供电可靠性和微电网稳定性。ENERGISE 项目将要解决的具体应用挑战包括：双向功率流；太阳能发电波动性；输配电系统的交互作用以及可视化微电网控制。

此次项目招标将支持通过公私合作，开发 10 到 15 个分布式能源并网管理和运行平台的软硬件解决方案，并通过公共电力机构进行试点运行，研究测试上述实时并网技术的实际运行效能，并在技术成熟后向全国推广。具体的目标要求如下：

- 近期目标（到 2020 年）：开发可商用、灵活的分布式发电资源的实时管理方

<http://www.energy.gov/eere/articles/doe-and-usda-award-10-million-advance-biofuels-bioenergy-and-biobased-products>
2016 Biomass Research and Development Initiative Awards.

<https://nifa.usda.gov/2016-biomass-research-and-development-initiative-awards>

⁸ Energy Department Announces \$25 Million to Accelerate Integration of Solar Energy into Nation's Electrical Grid. [http://energy.gov/articles/energy-department-announces-25-million-accelerate-integration-solar-energy-nation-s-enabling-extreme-real-time-grid-integration-of-solar-energy-\(energise\)](http://energy.gov/articles/energy-department-announces-25-million-accelerate-integration-solar-energy-nation-s-enabling-extreme-real-time-grid-integration-of-solar-energy-(energise)). <https://eere-exchange.energy.gov/FileContent.aspx?FileID=059448a7-63a8-4f65-8def-15a3965227a5>

案，以期在现有的电网架构设施的基础上实现太阳能以经济、稳定和可靠方式实现高比例（配电峰荷超过 50%）无缝并网。

- 远期目标（到 2030 年）：开发变革性、高度灵活的即插即用的实时电网管理技术，以匹配先进的电网架构（如分布式发电系统、动态电网拓扑结构、微电网和配电级能源市场），实现太阳能更高比例（配电峰荷超过 100%）的并网。

（郭楷模）

DOE 资助 2000 万美元建立大学化石能源研究联盟

5 月 11 日，美国能源部（DOE）宣布选择宾夕法尼亚州立大学作为牵头机构，建立大学化石能源研究联盟⁹。该联盟将汇集来自参与大学的不同学科研究团队，推动基础和应用能源研究，加强大学、国家能源技术实验室之间的多学科合作，解决阻碍化石能源技术发展的重大挑战。DOE 将为联盟提供为期六年总计 2000 万美元的资助，联盟成员开展的研究将直接支持 DOE 化石能源局的煤炭和油气项目，关注领域包括但不限于：先进化石能源系统、碳捕集与封存、天然气资源和基础设施以及陆上和海上油气技术等。

宾夕法尼亚州立大学将协调调动联盟成员的专业知识、实验设施及相关资源，这些成员包括：麻省理工学院、普林斯顿大学、德州农工大学、肯塔基大学、南加利福尼亚大学、怀俄明大学、塔尔萨大学、弗吉尼亚理工大学。合作架构非常灵活，允许在研究生命周期内新的大学成员提供额外的研究能力和合作支持，联盟成员还将积极寻求产业界参与研究项目，并推动技术向私营部门的转移转化。

（陈伟）

德国大力推动建筑节能领域研究与示范

4 月 11 日，德国联邦经济事务与能源部（BMWi）和联邦教研部（BMBF）联合启动了一项“太阳能建筑/节能城市”研究计划¹⁰，从技术、政策和社会经济多个维度关注于能效技术的应用和可再生能源的集成，推动建筑、社区和城市的能源转型，旨在实现到 2050 年建筑部门的一次能源需求相比于 2008 年降低 80% 的目标。德国政府拟为这一计划在未来五年拨款 1.5 亿欧元。同期，BMWi 还启动了“能效建筑 2050”计划，与“太阳能建筑/节能城市”计划形成互补，将提供 3500 万欧元用于建筑部门创新示范项目。

（陈伟）

⁹ NETL Launches a University Coalition for Fossil Energy Research at Pennsylvania State University.
<http://www.energy.gov/fe/articles/netl-launches-university-coalition-fossil-energy-research-pennsylvania-state-university>

¹⁰ New research initiative fosters energy transition in buildings and cities.
<http://www.bmwi.de/EN/Press/press-releases,did=765046.html>

美开发高能量密度低成本锌锰电池

相比锂离子电池，锌锰电池能量密度更大、成本更低且更安全，因此被认为是理想的电网规模储能设备之一，但其较差的循环寿命限制了其实际应用。美国西北太平洋国家实验室 Jun Liu 教授带领的联合研究团队设计制备了全新的锌锰氧化物电池，大幅改进了循环寿命和库伦效率，有望应用于电网规模的可再生能源储能。研究人员制备了以液体 ZnSO_4 电解质、以金属锌为负极和 α 相二氧化锰 ($\alpha\text{-MnO}_2$) 纳米纤维为正极的锌锰 (Zn/MnO_2) 电池，并对电池进行循环伏安测试，发现该类型电池的工作机理应该是基于 MnOOH 和 MnO_2 之间的氧化还原反应，而并非类似锂离子电池一样发生 Zn^{2+} 插层反应（嵌入到 MnO_2 夹层）。基于上述发现，研究人员对电池进行了改进，即往 ZnSO_4 电解液中添加一定量的 MnSO_4 ，以抑制 MnO_2 电极中的 Mn^{2+} 溶解到电解质中。电池循环伏安测试表明，经过上述改进处理，电池性能得到很好的改善：在 1.44V 的工作电压下，其能量密度达到 285 mAh g^{-1} ，循环寿命和库伦效率也大幅提高，经过 5000 次循环后，电池容量仍然能够维持初始状态的 92%。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》¹¹。（郭楷模）

锂离子电池可用的“纸电极”

基于硅或者石墨烯负极材料的锂离子电池的理论质量比容量非常高，因此这两者被认为是较为理想的锂离子电池的负极材料。然而，较低的体积比容量和库伦效率，以及较差的循环稳定性限制了上述电极材料的实际应用。美国堪萨斯州立大学 Gurpreet Singh 教授课题组设计合成了一种基于碳硅氧化物 (SiOC) 和多孔石墨烯 (rGO) 阵列纳米薄膜有序层状交叠的自支撑复合电极，由于 SiOC 的质量密度 ($\sim 2.1 \text{ g cm}^{-3}$) 极低，使得整个复合电极犹如纸片一样轻薄（其质量相比传统电极减少了 10%），所以研究人员将该电极命名为“纸电极”。其中，高导电性、高机械强度的 rGO 阵列薄膜负责收集电子同时充当集流体，同时保障了电池的机械柔韧性；而负载于 rGO 阵列薄膜上的 SiOC 纳米颗粒则提高了电极的存锂容量，同时保证了电池的化学和热力学稳定性。研究人员将该复合电极用于组装电池，并进行循环伏安测试。研究发现，得益于上述的优势整合，基于该新型纸电极的锂离子电池呈现出高质量比容量 ($\sim 588 \text{ mAh g}^{-1}$) 和体积比容量 ($\sim 393 \text{ mAh cm}^{-1}$)、长循环寿命和高库伦效率特性，电池经过 1020 次的循环后其库伦效率仍然接近 100%（高达 99.6%）。研究人员进一步测试发现，该电池还具有传统锂离子电池不具备的耐低温特性，其

¹¹ Huilin Pan, Yuyan Shao, Pengfei Yan, et al. Reversible aqueous zinc/manganese oxide energy storage from conversion reactions. *Nature Energy*, Published online 18 April 2016, DOI: 10.1038/nenergy.2016.39.

在-15℃的低温环境下，仍然能够照常工作，能量密度达到了~200 mAh g⁻¹。该项研究制备出了高机械韧性、高能量密度、耐低温的轻量化电池，一方面有潜力应用于柔性可穿戴设备领域，此外还有望应用于低温环境下运行的设备（如无人机和太空探索）。研究人员下一步将进行机械弯曲试验，探究机械弯曲对电池性能的影响。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》¹²。（郭楷模）

磁双曲超材料有望引领太阳电池新革命

传统太阳电池需要在光照条件下，才能够实现光电转换，也即其存在能量间歇性问题。因此，开发出能够在无光照条件下照常工作的电池器件，将具有重要意义。澳大利亚国立大学 Yuri S. Kivshar 教授团队联合美国加州大学伯克利分校研究人员利用分子束蒸发技术在氮化硅（Si₃N₄）基底上交替生长 10 层 Au 和 MgF 薄膜（其中 Au 薄膜的厚度为 30nm，MgF 薄膜厚度为 45nm），形成新型的复合纳米超材料。为了探究该材料的光学特性，研究人员进行了光干涉测量和同频率等高线表征。测试结果发现，该超材料呈现出全新的物理特性——磁双曲色散，即超材料和光的磁场分量发生强烈的耦合作用，使得其色散呈现出双曲线分布形式，也即形成了一种定向、连贯和偏振的热辐射。而对于天然常规材料来说（玻璃、水晶等），它们的色散表面具有简单的形式，表现为球形或者椭圆形，即热辐射的方向是全方位的。并且，进一步研究发现，通过改变该超材料的几何结构可以调控热辐射频率和强度。研究人员指出，如果发射器和接收器的间距能达到纳米级，辐射热在二者之间传递的效率比传统材料要高 10 倍。因此，该超材料作为热光伏电池发射器可以实现良好的匹配度，从而有望大幅提高聚光（热）光伏电池的热电转换效率。该项研究有望进一步推动高效聚光（热）光伏电池的发展，推动太阳电池的产业革命。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》¹³。（郭楷模）

量子点增强层状半导体的光电响应特性

带隙可调的特性让层状二硫化金属（layered metal dichalcogenides, LMDs）半导体材料在光电子器件领域展现出了潜在应用价值，但其较弱的光吸收能力成为其实际应用的一大制约因素。针对上述问题，美国布鲁克海文国家实验室 Mircea Cotlet 教授带领的联合研究团队将具备优秀光吸收特性量子点与具备良好导电性 LMDs 结合形成杂化材料，使强的光吸收和高载流子迁移特性集成到一种材料上。基于上述构想，研究人员将 CdSe/ZnS 量子点与层状的 SnS₂ 结合，形成 CdSe/ZnS 量子点-SnS₂

¹² Lamuel David, Romil Bhandavat, Uriel Barrera, et al. Silicon oxycarbide glass-graphene composite paper electrode for long-cycle lithium-ion batteries. *Nature Communications*, 2016, 7: 10998.

¹³ Sergey S Kruk, Zi Jing Wong, Ekaterina Pshenay-Severin, et al. Magnetic hyperbolic optical metamaterials. *Nature Communications*, 2016, 7: 11329.

杂化物，光致发光谱测试证实该杂化材料光谱响应（光吸收）能力得到增强。进一步通过单晶光致发光谱测试，研究人员确认了 CdSe/ZnS 量子点-SnS₂ 杂化物是通过非辐射能量传递的机理相互作用，即 CdSe/ZnS 量子点将吸收的太阳光能量传递给 SnS₂，以激发后者产生更多光生载流子，即增强了后者的光响应；并且这一非辐射能量传递速度会随着 SnS₂ 层数的增加而加快。这一研究结果为 CdSe/ZnS 量子点-SnS₂ 杂化物应用奠定了理论基础。相关研究成果发表在《ACS Nano》上¹⁴。

基于上述研究结果，研究人员设计 CdSe/ZnS 量子点修饰 SnS₂ 场效应晶体管（FET），即 QD-SnS₂ FET，得益 CdSe/ZnS 量子点优秀的光吸收特性，以及其发射光谱与 SnS₂ 的吸收谱良好匹配度，QD-SnS₂ 光响应特性得到大幅增强，相比单纯 SnS₂ FET，QD-SnS₂ FET 的光响应能力提高了 5 倍。研究人员还发现，CdSe/ZnS 量子点的引入和光照会增强 SnS₂ 的载流子迁移能力。该研究表明了基于能量传递的量子点敏化作用确实能够作为一种改善光电子器件光响应性能的方法。相关研究成果发表在《Advanced Energy Materials》¹⁵。（郭楷模）

溶液前驱体等离子喷涂技术有望显著提高燃气轮机性能

燃气轮机在高温运行时消耗燃料更少，运行效率会更高，而且可以使碳捕集技术更有效，但问题是，保护涡轮机的高耐热材料（被称为热障涂层）在温度超过 1200℃ 以上时会降解失效。在美国能源部国家能源技术实验室（NETL）小企业技术转移项目资助下，来自 HiFunda 有限公司和康涅狄格大学的研究人员成功证明通过相对较新的工艺——“溶液前驱体等离子喷涂”（SPPS）沉积的钇铝石榴石（YAG）氧化物可作为一种热障涂层，有潜力在 1500℃ 高温条件下应用¹⁶。这项技术的适用温度相比当前最先进的空气等离子喷涂热障涂层技术还要高 300℃。目前九大行业合作伙伴正在测试和评估这项技术。此外，研究人员已成立了溶液喷涂技术有限责任公司作为这项热障涂层新技术的服务提供商。如果这项技术在整个燃气轮机产业中采用，可显著提高涡轮效率，降低整体燃料消耗。这项技术还有助于下一代、高温、高效率系统的开发，将为发电厂中采用更有效的碳捕集技术奠定基础，并有助于推动清洁能源经济。（李桂菊）

¹⁴ Huidong Zang, Prahlad K Routh, Yuan Huang, et al. Nonradiative Energy Transfer from Individual CdSe/ZnS Quantum Dots to Single-Layer and Few-Layer Tin Disulfide. *ACS Nano*, 2016, DOI: 10.1021/acsnano.6b01538.

¹⁵ Xiaolong Zhang, Yongbing Tang, Fan Zahng, et al. A Novel Aluminum-Graphite Dual-Ion Battery, *Advanced Energy Materials*, 2016, DOI: 10.1002/aenm.201502588.

¹⁶ Breakthrough Could Improve Turbine Performance, Reduce Carbon Emissions from Power Plants. <http://www.energy.gov/fe/articles/breakthrough-could-improve-turbine-performance-reduce-carbon-emissions-power-plants>

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