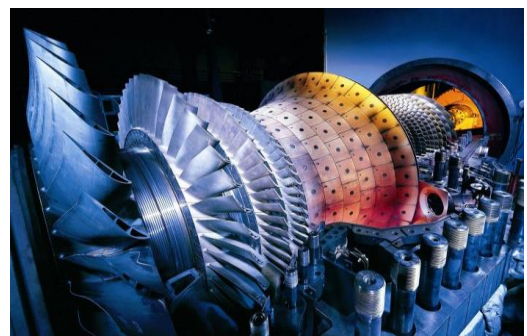


中国科学院武汉文献情报中心

中国科学院武汉先进能源战略情报研究中心

2016 年第 6 期（总第 260 期）

先进能源科技动态监测快报



本期重点

- IEA 提出未来低碳电力市场设计框架
- WEF 提出增强非经合组织国家电力投资吸引力建议
- 2015 年全球并网光伏发电新增装机超过 50 GW
- 2015 年美国风力发电量位居世界首位
- 哈佛报告评估中国乏燃料后处理选择方案
- WEC：非常规天然气给全球天然气市场带来结构性变化

目 录

决策参考

IEA 提出未来低碳电力市场设计框架	2
WEF 提出增强非经合组织国家电力投资吸引力建议	3
2015 年全球并网光伏发电新增装机超过 50 GW	4
2015 年美国风力发电量位居世界首位	5

中国研究

哈佛报告评估中国乏燃料后处理选择方案	5
--------------------------	---

项目计划

美加发布气候与能源合作联合声明	7
DOE 资助 2500 万美元开发下一代电机	8
英国挪威相继建设 GW 级风力发电项目	8
道达尔设立 2 亿美元可再生能源风险投资基金	9
日韩企业联合开发燃气轮机燃烧与量测技术	9

前沿与装备

MIT 制备出最轻最薄的有机太阳电池	9
CdTe 太阳电池开路电压首破 1V 大关	10
太阳能热电化学转化 CO ₂ 制碳纳米管电极	10
新型离子热电超级电容器	11
美科学家揭露二维半导体异质结内的能谷激子动力学特性	11
减少植物体木质素新方法或有助于开发低成本生物燃料	12

能源资源

WEC: 非常规天然气给全球天然气市场带来结构性变化	12
----------------------------------	----

本期概要

国际能源署（IEA）发布《重塑电力市场》报告指出，电力市场正在经历大幅度转型，从传统的燃煤发电为主导的电力市场向低碳电力市场转变：IEA 通过研究美国、澳大利亚和欧洲等发达国家和地区的电力市场设计实践经验，分析了如何设计未来电力市场以实现高效、经济地过渡到低碳电力系统。报告指出构建未来的低碳电力市场，需要一个全面的电力市场框架，即竞争性电力市场机制和配套政策的引导和支持，为各国政府、电力行业监管机构、企业和投资者在如何设计电力市场以过渡到低碳电力系统方面提供重要参考。

世界经济论坛（WEF）发布《新兴经济体未来电力》报告指出，为了让电力系统能够满足非经合组织国家经济快速发展的需求，需要进一步扩大这些新兴经济体电力行业的投资力度和规模：经合组织国家的电力消费需求增速将趋于放缓，而经济快速发展的非经合组织国家的电力消费需求仍将保持大幅增长。报告分析，到 2040 年非经合组织国家需要将其在电力行业的投资翻一番，即从 2015 年的 2400 亿美元增加到 2040 年的 4950 亿美元，才能保证电力供应能力能够赶上其经济快速发展的步伐。报告分析了提高非经合组织国家电力部门投资吸引力的最佳实践方案，并针对决策者、监管部门、企业与投资者给出了八项重点建议。

欧洲光伏产业协会发布统计数据显示，2015 年全球并网光伏发电新增装机容量 50.1 GW，截至 2015 年底累计装机容量预计达到 228 GW：2015 年欧洲并网光伏发电新增约 8 GW 装机容量，累计装机容量接近 100 GW，发电量占比达到约 4%，在德国、希腊和意大利等国家可达到 8% 左右。中国光伏发电累计装机容量超过 40 GW，取代德国成为全球光伏发电装机容量最大的国家。

根据全球风能理事会和美国能源部能源信息署的统计数据，2015 年美国风力发电量超过 190 TWh，仍然保持了世界第一的位置，占到全部发电量的 4.7%：而中国尽管风电装机容量接近美国的一倍（2015 年中国新增 30.5 GW，截至 2015 年底累计为 145.1 GW；美国新增 8.6 GW，截至 2015 年底累计为 74.5 GW），风力发电量却屈居其后，为 185.1 TWh。德国排名第三，为 84.6 TWh。

哈佛大学肯尼迪学院贝尔弗科学与国际事务中心发布对中国核乏燃料后处理选择方案的评述报告，认为中国计划中的 200 tHM/yr、800 tHM/yr 乏燃料处理厂耗资巨大，应该不是支持中国短期和长期核燃料循环计划的最好方案：而干式储存能够在未来数十年安全、可靠且经济合理地管理乏燃料。从长远来看，报告建议中国应积极推进新的核燃料循环技术的研发以适应未来发展需要，通过建设灵活的研发设施来探索多种新概念，从而以更低的成本建立在燃料后处理技术上的领导地位，这要好过投巨资建设基于过时技术的商业规模处理厂，这可能才是中国处理乏燃料等相关问题的最佳方式。报告还为中国如何选择乏燃料处理方式给出了若干建议。

世界能源理事会（WEC）发布报告指出，非常规天然气在全世界的普遍发展已成为一个全球现象，未来一段时间将对天然气市场动态和价格变化产生重大影响：当前市场中仍存在很多不确定因素，市场参与者应快速采取干预措施，以保证常规和非常规天然气的长期供应，在可持续能源转型中起到关键作用。

IEA 提出未来低碳电力市场设计框架

国际能源署（IEA）2月18日发布《重塑电力市场》¹报告指出，电力市场正在经历大幅度转型，从传统的燃煤发电为主导的电力市场向低碳电力市场转变。IEA通过研究美国、澳大利亚和欧洲等发达国家和地区的电力市场设计实践经验，分析了如何设计未来电力市场以实现高效、经济地过渡到低碳电力系统。报告指出构建未来的低碳电力市场，需要一个全面的电力市场框架，即竞争性电力市场机制和配套政策的引导和支持，为各国政府、电力行业监管机构、企业和投资者在如何设计电力市场以过渡到低碳电力系统方面提供重要参考。报告要点如下：

为了推动向低碳电力市场的转型，一方面电力行业需要加大在可再生能源（如风能、太阳能等）等低碳发电技术领域投资，降低其成本，提高其运营效率；同时还要保证低碳电力系统供电的可靠性、安全性。这就需要有效的电力市场机制和配套的政策相互作用。

为促进、激励对低碳发电的投资，需要施行针对低碳电源入网的基于差价合约的上网电价机制；并引入碳排放价格政策，减少投资者的顾虑，保障投资者的利益，同时保证碳排放价格公正合理，设立碳交易价格下限，激励投资者投资于低碳发电。

不仅低碳发电技术很关键，电网结构也同样关键，为了保障电力市场的稳定性和运行效率，防止电力价格波动过大，电力监管部门还需要引入需求侧响应，让消费者直接对市场价格信号作出反应，产生行为或消费方式改变，价格是由批发市场和零售市场之间互动的市场机制形成，避免了电力价格的过大波动。恰当的监管能够确保低碳电网规模发展壮大。

随着低碳电力市场的发展（即可再生能源电力并网容量加大），可再生能源供电间歇性会给电力系统安全运行和可靠供电带来显著的不利影响。为了应对旧燃煤电厂关闭和新建低碳电厂的间歇性和灵活性较差的问题，有必要引入容量市场（capacity markets）机制，以吸引电力基础设施建设的投资和需求侧参与市场，保障足够的发电量来达到政策设定的电力系统可靠性标准。

针对未来的低碳电力系统，目前还没有任何成型、有效的电力市场设计方案。但由于新技术推动系统转型不断深化，各国政府和电力行业必须加快调整，投资者、政府和消费者必须共同承担转型过程中的潜在风险，以确保有效、经济地过渡到一个安全、可持续和可负担的低碳电力系统。

（郭楷模）

¹ Re-powering Markets: Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/REPOWERINGMARKETS.pdf>

WEF 提出增强非经合组织国家电力投资吸引力建议

世界经济论坛（WEF）1 月 19 日发布《新兴经济体未来电力》²报告指出，经合组织（OECD）国家的电力消费需求增速将趋于放缓，而经济快速发展的非经合组织国家的电力消费需求仍将保持大幅增长，为了让电力系统能够满足非经合组织国家经济快速发展的需求，需要进一步扩大这些新兴经济体电力行业的投资力度和规模。报告分析，到 2040 年非经合组织国家需要将其在电力行业的投资翻一番，即从 2015 年的 2400 亿美元增加到 2040 年的 4950 亿美元，才能保证电力供应能力能够赶上其经济快速发展的步伐。

报告还认为现今的电力行业正在经历根本性变革，其发展规模远超过 100 多年前的电力系统，并且可再生能源发电占比不断扩大。非经合组织国家在未来将比经合组织国家部署更多的可再生能源发电，预计在 2015-2040 年间，非经合组织国家部署的可再生能源发电量将比经合组织国家多出 34%，因此非经合组织国家还需提高对可再生能源发电的投资，如技术研发和降低成本方面，以构建一个经济、可负担、可持续的电力供应系统。

受经济快速发展和电力发展规模扩大的双重因素刺激，要求非经合组织国家必须在电力行业投入更多的资金，但是政府的财政能力是有限的，这就要求政府制定相应的激励政策和措施来撬动更多的私人资本进入电力行业，共同助力推动非经合组织国家的电力系统发展，满足其经济快速发展对电力的需求。为此，报告分析了提高非经合组织国家电力部门投资吸引力的最佳实践方案，并针对决策者、监管部门、企业与投资者给出了八项重点建议，具体内容参见表 1。

表 1 报告提出增强非经合组织国家电力投资吸引力的八项建议

建议对象	建议内容
政策制定者	（1）寻求实现政策目标的最有效途径 决策者应该制定一个电力行业长期发展路线图，以平衡传统能源和可再生能源集中式和分布式发电的发展。鼓励电力需求方（如更高效的设备和建筑）和电力供应方（升级低效率老化的发电厂）采用高能效技术，能够减少新增发电装机的投入。通过这些措施，政策制定者能够支持经济发展，同时降低财政负面因素或利益相关方的压力导致的政策不稳定潜在风险。 （2）制定综合政策，确保电力系统整个价值链的均衡发展 政策制定需要综合考虑电力行业价值链各个部分，确保上游的燃料供应与发电、输电和配电均衡发展，保障投资者的利益，避免因缺乏燃料供应或缺乏电力消费需求，导致投资者的投资无法获得回报。综合政策既要考虑电力行业运营方面（如监管法规），还要考虑经济方面，如进口关税和监管税收对电力系统价值链中各个参与者的实际影响。

2 The Future of Electricity in Fast-Growing Economies. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Electricity_2016.pdf

	(3) 利用技术成本下降的有利因素 随着技术成本下降，在 2015-2040 年间，预计非经合组织国家增加的可再生能源发电量将比经合组织国家多 34%。增强能源数字化技术，以改善运营效率和可靠性，从而减少输配电成本。决策者应该利用技术成本下降的有利因素，加速推进可再生能源的部署。
监管机构	(4) 为技术创建一个公平的竞争环境，反映碳减排和电力供应的安全性 监管机构应构建一个更加科学合理的电力市场，即该市场能够识别技术的全部价值和成本。制定的政策法规不针对技术因素，只考虑电力系统灵活性、可靠性、碳减排属性、土地使用以及保障燃料供应所需的成本等因素。逐步取消传统化石燃料补贴，支持新技术发展，制定一个可行计划，确保新技术经过中长期发展能够成为具备成本竞争力的成熟技术。 (5) 确保电力系统的整个价值链在技术和经济上的可行性 监管部门应与供应商合作，减少非计量的供电损失；确保电价补贴或改进的电力税收结构是合理可行的。
企业与投资者	(6) 构建有效的公私合作关系，以吸引私营部门对电力的投资 私营部门（企业和投资者）应该参与到政策、监管条例制定当中，让公私合作双方都能对政策和管理条例有着清晰的认识，确保管理政策、监管条例的透明性和独立性，保障投资者长期投资的信心。 (7) 营造良好的投资环境 私营部门和公共部门共同制定必要的措施降低投资风险，减少投资成本。私营部门应该与公共部门积极合作，保证双方对电力行业的利润持有一致预期。根据当地的电力发展情况制定相应创新财政计划和平衡的方法。 (8) 积极投资教育和技术研发 私营部门和公共部门共同努力促进大学和研究机构的发展，共同助力于未来数十年内培养出具有改革、开发和管理电力行业能力的高级人才。

（郭楷模）

2015 年全球并网光伏发电新增装机超过 50 GW

3 月 3 日，欧洲光伏产业协会发布统计数据显示³，2015 年欧洲并网光伏发电新增约 8 GW 装机容量，同比增长 15%，这也是欧洲连续三年新增量同比下降后首次出现增长。欧洲新增量主要来自英国、德国和法国三个国家，占到 75%（5.3 GW），英国新增量最多，达到 3.7 GW。

全球并网光伏发电新增 50.1 GW 装机容量，同比增长 25%，截至 2015 年底全球并网光伏发电累计装机容量预计达到 228 GW，欧洲累计装机容量接近 100 GW，发电量占比达到约 4%，在德国、希腊和意大利等国家可达到 8%左右。中国光伏发电累计装机容量超过 40 GW，取代德国成为全球光伏发电装机容量最大的国家。

（陈伟）

³ 2015: A positive year for solar.

http://www.solarpowereurope.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1458125911&hash=06c305b484f6696fe5ac0a6914aab8ea568a5394&file=fileadmin/user_upload/images/Media/030316_A_positive_year_for_solar.pdf

2015 年美国风力发电量位居世界首位

根据全球风能理事会和美国能源部能源信息署的统计数据⁴, 2015 年美国风力发电量超过 190 TWh⁵, 仍然保持了世界第一的位置, 占到全部发电量的 4.7%, 而在艾奥瓦州风电占比已达到 31%, 美国共有 8 个州风电占比超过 15%。而中国尽管风电装机容量接近美国的一倍(2015 年中国新增 30.5 GW, 截至 2015 年底累计为 145.1 GW; 美国新增 8.6 GW, 截至 2015 年底累计为 74.5 GW), 风力发电量却屈居其后, 为 185.1 TWh⁶。德国排名第三, 为 84.6 TWh。

美国受益于联邦生产税收减免 (PTC) 等政策激励, 并在输电基础设计升级、风电场选址、风机技术、维护和所有权方面针对发电进行优化。而中国激励措施主要基于制造和装机, 2015 年弃风限电现象较为严重。

(陈伟)

中国研究

哈佛报告评估中国乏燃料后处理选择方案

哈佛大学肯尼迪学院贝尔弗科学与国际事务中心 1 月份发布了对中国核乏燃料后处理选择方案的评述报告⁷, 指出由于中国不断扩大其核电站发展规模 (截止 2015 年 11 月中国已经投运 31 座核电站, 总装机容量达到 28.5 GW, 并且计划再新建多座核电站, 到 2020 将核电装机容量提高到 58 GW), 将面临着一个重要的抉择: 即是否要投入巨额资金来建立设施 (后处理厂) 来处理乏燃料并在快中子增殖反应堆 (简称快堆) 中回收利用产生的钚, 还是暂时采用干式储存方法处理这些乏燃料以待未来决策。报告并对中国目前建设和运营核乏燃料后处理厂和快堆的所需费用进行了评估。

报告指出中国正计划建造一个自主研发的 200 吨/年 (200tHM/yr) 处理能力的后处理厂以及一个引进法国技术具有 800 tHM/yr 处理能力的后处理厂。报告利用中国现有的 50 tHM/yr 中试后处理厂建设经验进行模拟推算, 指出采用中国本土技术建造一个 200 tHM/yr 后处理厂的成本大概在 32 亿美元, 而引进技术建造一个 800 tHM/yr 处理厂的成本将超过 90 亿美元。

⁴ U.S. number one in the world in wind energy production.

<http://www.awea.org/MediaCenter/pressrelease.aspx?ItemNumber=8463>

⁵ Electric Power Monthly. <http://www.eia.gov/electricity/monthly/pdf/epm.pdf>

⁶ 编者注: 根据国家能源局的统计, 2015 年中国新增风电装机容量 32.97 GW, 截至 2015 年底累计并网装机容量达到 129.34 GW, 2015 年风力发电量 186.3 TWh。

⁷ The Cost of Reprocessing in China. <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/The%20Cost%20of%20Reprocessing-Digital-PDF.pdf>

报告进一步分析了后处理厂的国际经验，得出目前后处理厂实际建设和运营成本都会比以中试厂原型估算的数值高得多。而根据阿海珐（Areva）公司分析数据显示，中国乏燃料后处理厂的建设成本会更接近日本的情况，也即建设一座具有 800 tHM/yr 处理能力的乏燃料后处理厂大概需要投入约 219 亿美元资金。

通过对中试后处理厂以及国际经验的分析，报告得出了中国建设 200 tHM/yr 以及 800 tHM/yr 的乏燃料后处理厂的资本和运营成本估值情况，参见表 1。即使按照较低情况估值（即政府的贷款利率为 3% 情况下），在同样时间年限（40 年），乏燃料后处理厂的建设和运营成本都比干式储存处理方式所需的成本高出 4 到 7 倍，这意味着如果中国选择对乏燃料进行干式储存处理则可以少投入（节约）90 亿到 700 亿美元的成本。而且表 1 的估算费用不包括商业贷款成本，如果利用商业贷款形式筹措资金来建立后处理厂则会导致更高的成本。

表 1 不同规模后处理厂和不同乏燃料后处理方式的资本和运营成本估值

后处理厂	资本成本 /亿美元	运营成本 /亿美元	40 年年限处理厂成本 （无融资成本）/亿美元	40 年年限的干式储 存处理成本/亿美元
200tHM/yr, 低估值	32	1.9	108	16
200tHM/yr, 高估值	57	3.4	193	16
800tHM/yr, 低估值	80	4.8	272	64
800tHM/yr, 高估值	200	15	800	64

综上分析，报告认为计划中的 200 tHM/yr、800 tHM/yr 乏燃料处理厂耗资巨大，应该不是支持中国短期和长期核燃料循环计划的最好方案。干式储存能够在未来数十年安全、可靠且经济合理地管理乏燃料。从长远来看，报告建议中国应积极推进新的核燃料循环技术的研发以适应未来发展需要，通过建设灵活的研发设施来探索多种新概念，从而以更低的成本建立在燃料后处理技术上的领导地位，这要好过投巨资建设基于过时技术的商业规模处理厂，这可能才是中国处理乏燃料等相关问题的最佳方式。

报告最后还为中国如何选择乏燃料处理方式给出了如下建议：

- 中国应该从经济性、安全性、可靠性、防核扩散和废物管理效益和风险等方面，对近期投资建设后处理厂与快堆和继续采取乏燃料的干式储存处置方式进行全面考查，最终应选择能够在成本、风险和效益方面取得最佳平衡的方案。
- 同时投资堆内和集中式干式储存设施，保证核燃料循环选择方案的灵活性。
- 保障足够资金储备用于管理乏燃料，确保资金能够应付在未来实施相应管理办法需要的成本投入。
- 只有当乏燃料后处理和快堆项目实际投入成本仅高于早期估算成本的 2-3 倍，那么批准进行这些项目才合算。
- 避免技术和机制锁定在一条路线上，保持乏燃料后处理方法的灵活性，以适

应未来核电站的发展变化。

- 开展核燃料循环技术研发工作，让中国在这些技术领域处于世界领先地位。
- 要确保选择的乏燃料处理方式不会产生潜在的核扩散影响。
- 确保所选择的乏燃料处理方式满足最高的核安全、安保和废物管理标准。

（郭楷模）

项目计划

美加发布气候与能源合作联合声明

3月10日，在加拿大总理特鲁多对美国进行首次国事访问之际，两国发布了《气候、能源与北极领导力联合声明》⁸，认为巴黎协议是全球应对气候变化和保障清洁能源发展的重要转折点，在未来几十年里美国和加拿大必须在国际低碳经济方面发挥领导作用，并强调了两国和墨西哥要在气候和能源行动方面紧密合作，致力于建设一个综合、持久的北美气候能源合作伙伴关系。

加拿大和美国政府在联合声明中承诺，将采取行动削减来自石油和天然气行业的甲烷排放，到2025年减少40%-45%，低于2012年的水平，并探索新的机会减排更多甲烷。具体行动包括：①制定新的条例监管石油和天然气行业现有甲烷排放源；②基于联邦政府项目、政策和战略合作来减少甲烷排放；③推动数据收集和排放量化，提高北美排放报告透明度，开展研发并推动低成本甲烷减排技术与实践的知识分享；④共同支持世界银行提出的到2030年实现油气零放空燃烧的倡议。

两国还承诺将努力加强北美能源安全，逐步取消化石燃料补贴，加快清洁能源发展，应对气候变化，促进可持续能源发展和经济增长。具体行动包括：①联合研究、鉴别和实施促进两国互联电网中可再生能源并网的方案；②到2020年更好地协调和完善两国家电和设备能效标准，并扩大能源之星计划合作；③加快清洁能源技术研发创新合作，涉及领域包括：减少甲烷排放，变革电网，加快电动汽车开发与集成，非常规油气开发利用，碳捕集、利用与封存以及其它尖端技术；④领导重要的多边合作（如创新使命倡议、清洁能源部长级会议）推动全球加快清洁能源发展；⑤制定两国联合战略规划来加强北美电网的安全性和灵活性，应对网络攻击以及气候变化影响带来的日益严重的威胁。

（秦汉时 陈伟）

⁸ U.S.-Canada Joint Statement on Climate, Energy, and Arctic Leadership.
<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/03/10/us-canada-joint-statement-climate-energy-and-arctic-leadership>
p

DOE 资助 2500 万美元开发下一代电机

3 月 11 日，美国能源部（DOE）发布“下一代电机计划”第二轮招标公告⁹，将资助 2500 万美元遴选 8~12 个应用研发项目，以推动高效电机技术发展，主要目标是以经济合理的方式进一步提高电机效率并减轻重量，同时解决电机部件中应用传统导电金属和掺硅电工钢的限制。这些项目将利用近期在纳米材料研究、炼钢 6.5% 渗硅工艺、高温超导体性能改善等方面取得的技术进展，还将推动先进磁体、高频绝缘材料、无铅低损耗轴承技术等高速电机关键技术的研发与部署。此次招标涉及的四大关键技术领域参见表 1。DOE “下一代电机计划”是清洁能源制造计划的一部分，第一轮资助已于 2015 年 9 月公布，为 5 家机构资助 2200 万美元，推动将宽禁带半导体器件中压驱动系统集成到高速、高功率密度兆瓦级电机中。

表 1 DOE 下一代电机计划第二轮招标关键技术领域

领域	DOE 资助情况	研究内容
高性能热电导体制造	3 年总共 300 万美元，2~3 个项目	改进绕组金属的导热及导电性能，减轻发电机和发动机重量，如利用碳纳米管改善铜、铝合金等
低损耗硅钢制造	3 年总共 400 万美元，2~3 个项目	以低成本方式提高软磁材料的电阻率，以降低发电机和发动机的磁芯损耗，如实现 6.5wt%Si 含量的硅钢制造成本与当前 3.2wt%硅钢成本相当
第二代高温超导线材制造	3 年总共 1300 万美元，2~3 个项目	将第二代高温超导线材在 77K、1.5T 条件下的载流性能从 480 A/cm-width 提高至 1440 A/cm-width，并降低制造成本
其他使能技术	3 年总共 500 万美元，2~3 个项目	开发无定形及纳米晶先进软磁材料、无铅无铍轴承材料、先进高频绝缘材料等

（万勇 陈伟）

英国挪威相继建设 GW 级风力发电项目

2 月 3 日，DONG Energy 公司做出最终投资决策，将在英国约克郡离海岸 75 英里远的 Hornsea 海域建设世界最大的海上风电场项目，总装机容量达到 1.2 GW，由西门子公司提供 7 MW 海上风力发电机，预计将于 2020 年全面投入运行¹⁰。

同样也是在 2 月，由挪威国家电力公司（Statkraft）、TrønderEnergi 及 Nordic Wind Power 联合成立的合资公司 Fosen VIND 于 23 日宣布将投资 11 亿欧元建设欧洲最大的陆上风电项目，分布在挪威 6 个风电场，总装机容量超过 1 GW，所用风力发电机将全部由丹麦维斯塔斯（Vestas）公司提供并安装，共计 278 台 3.6 MW 风力发电

⁹ Next Generation of Electric Machines: Enabling Technologies.

<https://eere-exchange.energy.gov/FileContent.aspx?FileID=1f03cedd-44ca-4b3e-8d4f-c7226547048a>

¹⁰ World's largest offshore wind farm to be built in the UK.

<https://www.gov.uk/government/news/worlds-largest-offshore-wind-farm-to-be-built-in-the-uk>

机，维斯塔斯还将提供 20 年的服务支持。项目建设工作将于 2016 年二季度开始，到 2020 年季末全部投入运行，每年可提供约 3.4 TWh 清洁电力¹¹。

（陈伟）

道达尔设立 2 亿美元可再生能源风险投资基金

法国道达尔公司 2 月 16 日宣布将在 4-7 年内投入 2 亿美元，建立一项新的风险投资基金¹²，专门投资于可再生能源领域的创新型公司。这一基金作为道达尔新设的新能源解决方案子公司的一部分，潜在投资主题包括：海上和陆上风能、太阳能、储能、交通用能、能效和智能电网等，主要与其他投资方联合投资，作为少数股东入股处于成长期的可再生能源新兴企业。

（陈伟）

日韩企业联合开发燃气轮机燃烧与量测技术

3 月 7 日，日本三菱日立电力系统公司（MHPS）和韩国电力公司（KEPCO）签署联合研究协议¹³，将就燃气轮机燃烧和量测技术开发开展合作，旨在能够更高效利用低热值燃料。两家企业将利用 MHPS 的燃烧室和 KEPCO 的燃气轮机燃烧试验台架联合开展为期三年的现场试验。此次合作基于 2014 年两家企业签署的合作备忘录，提出了召开年度技术交流会议和开展联合研究项目等合作方式。为能够在韩国开展燃气轮机研发工作，KEPCO 在 2015 年搭建了示范规模的燃气轮机燃烧试验台架，推动了燃烧调整技术的发展，并开发了燃烧调整模拟器。

（陈伟）

前沿与装备

MIT 制备出最轻最薄的有机太阳电池

麻省理工学院（MIT）Vladimir Bulović 教授研究团队在室温下利用原位真空气相沉积制备出了迄今为止最薄、最轻的有机太阳电池。该电池采用的是柔性塑料基底聚对二甲苯（polyethylene），类似于保鲜膜，但其厚度只有后者的十分之一（1.3 μm），

¹¹ Europe's largest onshore wind power project to be built in Central-Norway. <http://www.statkraft.com/IR/stock-exchange-notice/2016/europes-largest-onshore-wind-power-project--to-be-built-in-central-norway--/>

¹² Statoil launches USD 200m new energy investment fund. <http://www.statoil.com/en/NewsAndMedia/News/2016/Pages/16feb-energy-ventures.aspx>

¹³ MHPS to Jointly Research and Develop New Gas Turbine Combustion and Measurement Technology with KEPCO Aiming at more efficient combustion of fuels with low calorific values. <http://www.mhps.com/en/news/20160307.html>

质量大概为 3.6 g/m^2 ，比传统的玻璃硬基底轻了很多 ($\sim 8 \text{ kg/m}^2$)。该电池模块可置于肥皂泡上而不会将肥皂泡弹破。由于整个电池模块制备过程都是在真空环境中进行（从支撑基底到电池薄膜再到保护涂层），避免了电池制备过程中暴露于粉尘及其他污染物，电池光电转换效率也与传统的玻璃基底有机太阳电池相当，但是由于其质量更轻，因此其功率质量比远大于后者，大约为后者的 400 倍，达到了 6 W/g 。该项研究制备了迄今为止最轻、最薄、最大功率质量比的有机太阳电池，对那些对重量有严格要求的应用领域具有重要意义，如航天器、柔性可穿戴设备等；此外，该电池的制备新工艺具备一定的普适性，可适用于其他太阳电池制备，如量子点、钙钛矿电池等薄膜器件。相关研究成果发表在《*Organic Electronics*》¹⁴。（郭楷模）

CdTe 太阳电池开路电压首破 1V 大关

尽管 CdTe 太阳电池成本低于晶硅电池，性能也较后者稳定，但是开路电压较低导致 CdTe 太阳电池总体光电转换性能较差，成为其实际应用的一大限制因素。由美国能源部国家可再生能源实验室牵头的联合研究团队利用熔融生长法制备了高质量、高纯度的 CdTe 晶体薄膜，同时利用五族元素 P 对 CdTe 进行掺杂改性，增加了 CdTe 的空穴密度，促使 CdTe 导电性和载流子寿命提高了几个数量级；此外，研究人员还利用沉积技术在 CdTe 表面沉积一层 CdS 薄膜形成异质结，经过精细调控沉积条件，使得异质结接触界面的晶格错位程度控制在 10% 左右。得益于上述改进，研究人员首次获得了开路电压超过 1V 的 CdTe 电池器件，克服了 60 多年来 CdTe 电池开路电压较小的问题，提高了 CdTe 电池性能。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》¹⁵。

（郭楷模）

太阳能热电化学转化 CO₂ 制碳纳米管电极

美国范德堡大学 Cary L. Pint 教授课题组联合乔治华盛顿大学研究人员利用后者开发的太阳能热电化学（STEP）方法¹⁶成功实现将大气中的 CO₂ 转化为多壁碳纳米管，并将其作为电极材料替换锂离子电池、钠离子电池传统的石墨负极。研究发现，基于 CO₂ 转化成的碳纳米管电极的锂离子电池库伦效率接近 100%，比容量超过 370 mAh/g ，电池性能稳定、循环寿命长，经过 2.5 个月持续 200 次充放电循环，电池比容量仍可维持在 360 mAh/g 左右。采用该碳纳米管电极材料的钠离子电池出现类似的性能增强情况，循环寿命长达 600 次，且其比容量高达 130 mAh/g ，接近

¹⁴ Joel Jean, Annie Wang, Vladimir Bulović. In situ vapor-deposited parylene substrates for ultra-thin, lightweight organic solar cells. *Organic Electronics*, 2016, 31: 120–126.

¹⁵ J M Burst, J N Duenow, D S Albin, et al. CdTe solar cells with open circuit voltage breaking the 1 V barrier. *Nature Energy*, 2016; 16015.

¹⁶ 参见本刊 2015 年第 19 期报道。

3.5 倍于传统石墨电极的钠离子电池，克服了钠离子电池一直以来存在的比容量小的问题。相关研究成果发表在《*ACS Central Science*》¹⁷。（郭楷模）

新型离子热电超级电容器

瑞典林雪平大学 X. Crispin 教授课题组开发了一种新型离子热电超级电容器，该超级电容器同时兼具热电转换和电容器储能的双重功能，最大特点在于采用的流体电解质，其含有小质量的带正电离子和大质量的带负电导电聚合物，当将超级电容器置于温度梯度环境中，由于离子热电效应，电解质中小质量正电荷离子就会发生定向移动聚集到电极，而大质量的带负电导电聚合物留在原位，出现电荷分离形成电势差，实现了热电转换并储存了电能。而当消除温度差时，电容器又可以将存储的电能释放，充当电源。研究人员将制备的新型超级电容器暴露于太阳光下，成功地实现了将太阳热能转换成可储存的电能；经过对电解质进一步优化，研究人员可以将该器件的热电转换效率提高 100 倍（对比未优化的器件）。该新型离子热电超级电容器可比传统的电容器和热电发电机组多转换和存储 2500 倍左右的太阳热能，大幅提高了太阳热能的利用率。该项研究开发了全新的储能设备，为利用太阳能光热发电提供了新途径；并且，该超级电容器的制备工艺简单，条件温和，成本低，易于商业化生产，材料环保，有助于发展绿色能源产业。相关研究成果发表在《*Energy & Environmental Science*》¹⁸。（郭楷模）

美科学家揭露二维半导体异质结内的能谷激子动力学特性

华盛顿大学 Xiaodong Xu 教授带领的国际联合研究团队成功通过电子束光刻技术将两种单原子层厚度的半导体材料 WSe_2 和 MoSe_2 结合在一起形成半导体异质结，研究了该二维半导体异质结的界面处（中间夹层）的能谷激子极化动力学机制。电子除了具有两个内禀自由度，即电荷和自旋，其还拥有一个谷自由度。所谓的谷自由度，就是半导体材料能带结构的极值点。与电子的自旋自由度类似，谷自由度也称作赝自旋。借鉴自旋电子学中对电子自旋自由度的研究思路，可以利用谷自由度作为信息载体，调控谷自由度设计并实现相关功能器件即谷电子学（Valleytronics）。研究人员采用圆偏振脉冲激光来激发调控处于半导体异质结界面处的能谷激子（谷自由度），并通过光致发光谱来观测界面处能谷激子的动力学行为。研究发现，能谷激子拥有很长的寿命，并且存在一定的漂移扩散，形成 0 到 60 度的扭转角，这是半导体电子自旋和谷自旋相互作用的结果，而这个扭转角反过来会影响能谷激子和激

¹⁷ Stuart Licht, Anna Douglas, Jiawen Ren, et al. Carbon Nanotubes Produced from Ambient Carbon Dioxide for Environmentally Sustainable Lithium-Ion and Sodium-Ion Battery Anodes. *ACS Central Science*, Published online March 2 2016, DOI: 10.1021/acscentsci.5b00400

¹⁸ D Zhao, H Wang, Z U Khan, et al. Ionic thermoelectric supercapacitors, *Energy & Environmental Science*, Published online February 8 2016, DOI: 10.1039/C6EE00121A.

光的相互作用。进一步研究发现，界面处的能谷激子所携带的信息量比单个异质结层内的能谷激子携带信息量大得多。该项研究不仅首次揭露了二维半导体界面处的能谷激子的动力学规律，让人们更深入地了解了半导体异质结的能谷激子物理特性；此外，能谷激子这些新揭露的物理特性有助于发展新兴的自旋和能谷电子学器件，如激光技术、发光二极管和光捕获设备、信息技术等。相关研究成果发表在《Science》¹⁹。（郭楷模）

减少植物体木质素新方法或有助于开发低成本生物燃料

美国劳伦斯伯克利国家实验室 Dominique Loque 教授带领的联合研究团队对生物酶(HCT)进行调控,成功抑制了植物体内木质素单体(coniferyl 和 sinapyl alcohols)的生成,减少了木质素的产量,增加了糖产量。HCT 酶会与特定的分子键合形成木质素单体进而形成木质素,因此抑制木质素单体形成的过程就能够减少木质素的产量。研究人员通过酵母表达系统研究了 HCT 酶基质多样性 (substrate promiscuity),即探究该 HCT 酶是否也会与其他类似特定分子结构的分子结合。他们分别从五种植物体(苔藓、白杨、柳枝、松树和拟南芥)中提取出 HCT 酶,将这些 HCT 酶置于酵母溶液中,该酵母溶液中含有与特定分子结构类似的其他分子。研究发现,这些 HCT 酶能毫无选择地接受这些结构类似的分子,从而使得 HCT 酶原本接受特定分子的位点被占据无法形成木质素单体,也就无法进一步形成木质素。进一步详细测试发现,采用该方法处理拟南芥,其内部的木质素产量相比未处理的减少了 30%。这意味着通过调控 HCT 酶确实可以减少木质素,并且还适用于大多数植物体。该项研究采用生物方法调控 HCT 酶来减少植物体内木质素的产量,有助于降低将生物质转化为碳中性燃料的成本,同时为开发其他生物燃料提供了思路。相关研究成果发表在《Plant & Cell Physiology》²⁰。（郭楷模）

能源资源

WEC：非常规天然气给全球天然气市场带来结构性变化

世界能源理事会（WEC）2月15日发布《非常规天然气：一个全球现象》²¹报告指出，非常规天然气在全世界的普遍发展已成为一个全球现象，在未来一段时间将对天然气市场动态和价格变化产生重大影响。报告主要要点如下：

¹⁹ P Rivera, K L Seyler, H Yu, et al. Valley-polarized exciton dynamics in a 2D semiconductor heterostructure. *Science*, 2016; 351 (6274): 688.

²⁰ Aymerick Eudes, Jose H. Pereira, Sasha Yogiswara, et al. Exploiting The Substrate Promiscuity of Hydroxycinnamoyl-CoA:shikimate Hydroxycinnamoyl Transferase to Reduce Lignin. *Plant & Cell Physiology*, Published online February 8 2016, DOI: 10.1093/pcp/pcw016

²¹ Unconventional gas: a global phenomenon.

http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/02/Unconventional-gas-a-global-phenomenon-World-Energy-Resources_Full-report.pdf

非常规天然气与市场动态变化之间的关系不容低估。澳大利亚煤层气和美国页岩气以液化天然气（LNG）的形式出口到全球市场上，影响将不只局限于区域市场。尤其是三种趋势在全球背景下具有重大意义：①相互关联的市场：随着市场供给出现过剩，在亚洲、欧洲和北美洲三个主要区域中心已出现了价格正常化以及其它趋向于更加全球化和透明市场的结构调整。②非常规天然气的国际性增长：除北美地区以外，澳大利亚、中国和阿根廷的勘探与生产商在增加非常规天然气供给上也取得进展。③投资组合分布调整：在这一不确定时期，美国非常规天然气成为具有成本竞争力的资产类型，继续吸引着产业资本向灵活的短周期投资的北美页岩气资产转移。

北美地区之外的主要不确定因素在于天然气是否能在满足消费者价格需求的同时，也能向供应商提供动力继续进行基础设施投资。非常规天然气减少了关于供给安全的担忧，它带来新的天然气供应商，给市场带来了竞争、流动性、消费者议价能力和一个清晰的价格信号。国有石油公司基于提供经济合理的天然气的目的，在非常规资源开发方面正在取得进展。这种趋势将对一些常规天然气资产投资造成竞争，同时对区域市场间的贸易流发展产生影响。

美国页岩气 LNG 进入国际市场，打破了全球固有的供给结构，与许多常规天然气资产相比具有经济竞争力。技术革新提高了勘采活动的生产力、效率和运行灵活性，使一些新的投资者能快速跟进 LNG 出口项目。由于到 2020 年市场疲软将逐渐化解，价格将更接近于供给成本，美国占据了有利地位，能够快速响应成为 LNG 边际供应商。

世界能源理事会预测到 2030 年天然气在全球能源结构中的占比将达到 25%，其中非常规天然气供给有望占据很大一部分，持续改变天然气的供给模式。然而，当前市场中仍存在很多不确定因素，市场参与者应快速采取干预措施，以保证常规天然气和非常规天然气的长期供应，在向可持续能源未来转型中起到关键作用，相关建议如下：

- 工业界需要提高对投资组合分配、风险管理和效率的关注，并继续寻找新的创新性投资合作伙伴关系来交付项目。
- 决策者需要制定政策促进流动性市场和竞争，以满足供给安全和形成明确价格信号的需要。
- 消费者需要评估在发电、工业、交通和化工方面应用天然气使能源资产多元化的经济和环境效益，并考虑创新性投资合作伙伴关系保证安全供给。

（张凡）

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