

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15期（总第269期）

先进能源科技动态监测快报



本期重点

- IEA 和 IRENA 联合发布报告指出太阳能电池板废料回收蕴含巨大商机
- IRENA：到 2030 年太阳能将满足全球 13% 的电力需求
- DOE 发布至 2050 年水电发展路线图
- MIT：到 2030 年风电有望满足中国 26% 的电力需求
- 韩国到 2020 年前将投资 42 万亿韩元发展新能源
- 瑞士科学家研发全新纳米多孔渗透能发电系统

目 录

决策参考

IEA 和 IRENA 报告指出太阳能电池板废料回收蕴含巨大商机2
IRENA: 到 2030 年太阳能将满足全球 13% 的电力需求4
DOE 发布至 2050 年水电发展路线图6

中国研究

MIT: 到 2030 年风电有望满足中国 26% 的电力需求8

项目计划

DOE 加速先进燃气轮机和超临界 CO₂ 动力循环技术开发9
DOE 资助 5000 万美元建立动力电池研发联盟9
日 NEDO 启动“新能源技术开发和商业化”项目10
韩国到 2020 年前将投资 42 万亿韩元发展新能源11

前沿与装备

高效高稳定性二维 Ruddlesden-Popper 相钙钛矿太阳电池12
瑞士科学家研发全新纳米多孔渗透能发电系统12
美科学家研发高效热稳定的单原子铂催化剂13



我中心现已开通微信公众号 (CASEnergy), 欢迎扫码关注

本期概要

国际能源署 (IEA) 和国际可再生能源机构 (IRENA) 联合发布了《太阳能电池板废料的循环回收管理》报告, 首次对 2016-2050 年全球太阳能电池板废弃量作出预测: 到 2050 年全球太阳能电池板累计废弃量将多达 7800 万吨, 如果这些废料能够得到合理处置和回收利用, 其潜在的价值相当于 150 亿美元。中国、美国和日本将成为全球太阳能电池板累计废料最多的三个国家。要充分挖掘太阳能光伏设备回收产业的潜在价值, 就需要制定和实施针对性政策和监管框架来管理太阳能光伏设备的回收利用。对此, 报告提出了如下的建议: 在实施针对性的太阳能电池板废料管理框架的同时, 还需要建立相应的实施和管理机构来执行上述政策; 不同地区和国家应该因地制宜制定与区域情况或国家国情相匹配的太阳能电池板废料回收管理的政策框架; 促进太阳能电池技术持续的研发创新是挖掘太阳能电池板废料回收潜在价值的有利支撑。

国际可再生能源机构 (IRENA) 发布了《拥抱太阳: 太阳能光伏如何变革电力系统》报告, 对太阳能产业现状和未来进行了全面的调研评估: 预计全球太阳能光伏装机容量将从 2015 年的 227 GW 增加到 2030 年的 1760 GW~2500 GW 之间, 届时太阳能将满足全球 13% 的电力需求。政策的大力扶持、市场的驱动和不断进步的能源技术等因素共同作用, 将会促使太阳能光伏发电的成本持续下降。要实现 2030 年太阳能电力占比 13% 的目标, 未来 14 年平均每年光伏装机增量都需要翻倍。为了确保这一目标的实现, 报告给出了如下五点建议: 基于最新的光伏技术创新及时更新政策; 政府对持续支持研发工作; 建立国际标准框架; 改变市场格局; 应用智能电网与储能等使能技术。

美国能源部 (DOE) 发布《水电愿景: 开启新篇章》报告指出, 作为全球最大的可再生能源电力来源, 水力发电装机容量有望从 2015 年的 101 GW 增加到 2050 年的 150 GW: 该报告对美国水力发电现状和未来发展机遇与挑战进行了全方位分析, 提出了确保水电资源优化、水力发电容量增益和确保可持续发展等三大发展原则, 以利用可再生水力发电资源帮助美国实现经济和环境效益双赢。为了实现上述水电发展愿景, 报告针对各利益相关方提出了高层次水力发电开发和应用的路线图, 包括五大主题行动: 推动水电技术进步; 水电可持续开发和运营; 改善水电收益和市场结构; 优化水电监管流程; 加强合作、教育和宣传。

麻省理工学院研究团队在《*Nature Energy*》上发表名为《煤电为主-风电为辅的一体化电力发展潜力模拟研究》论文, 指出只要中国采取恰当措施解决风电集成问题, 即将风电顺利地集成到现有的燃煤为主的电力系统中, 中国就能够扩大风电的部署规模: 通过建立模型, 研究指出在忽略一些不确定限制因素(如投资成本、电网集成技术成本和电网运营和维护成本等)的情况下, 预计到 2030 年中国风电每年将发电 2.6 PWh, 届时能够满足中国 26% 的电力需求, 而在 2015 年这一比重仅为 3%。中国充分挖掘潜在的巨大风能资源潜力面临的最主要挑战包括两个: (1) 电网系统灵活性问题, 需要构建灵活的电力系统, 改善电网运营, 包括采用储能技术、提供更多发电资源选择(如天然气)以及需求侧响应技术等。(2) 风电激励政策问题, 需要中国电力部门决策者制定合适、全新的电力运营机制、电力配额交易方案和监管框架等, 对现有的电力系统进行实质性改革, 以促进风电的大规模发展。

IEA 和 IRENA 报告指出太阳能电池板废料回收蕴含巨大商机

6月21日，国际能源署（IEA）和国际可再生能源机构（IRENA）联合发布了《太阳能电池板废料的循环回收管理》报告¹，指出随着全球太阳能市场蓬勃发展，太阳能电池板的部署数量将会持续增加，意味着全球太阳能电池板的废弃量也将不断增加。报告采用两种情景（太阳能电池板寿命到期正常退役情景<Regular-loss>和中途出现故障损坏直接报废失效的情景<Early-loss>）首次对2016-2050年全球太阳能电池板废弃量作出预测，到2050年全球太阳能电池板累计废弃量将多达7800万吨，如果这些废料能够得到合理处置和回收利用，其潜在的价值相当于150亿美元。

自2000年来，全球太阳能部署规模以前所未有的速度扩增。截止2015年年底，全球光伏累计装机容量达到222GW。到2050年，预计会增加到4500GW。中国、印度、美国、日本和德国将会是光伏累计装机容量最多的几个国家，依次为1731GW、600GW、600GW、350GW和110GW。光伏装机规模的增多意味着积累的光伏废料也会不断增加。正常退役情景下，到2050年预计全球累计光伏废料会达到6000万吨；而中途报废失效情景下为7800万吨（图1）。到2050年，中国、美国和日本将成为全球太阳能电池板累计废料最多的三个国家（图2）。

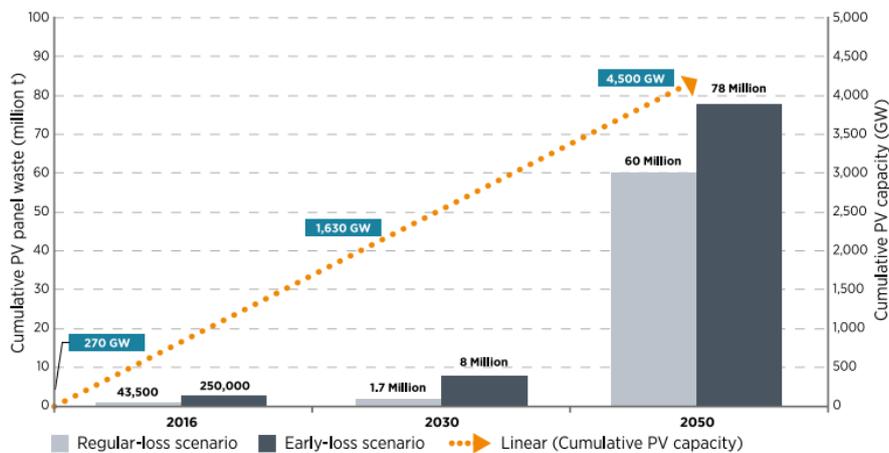


图1 2016-2050年全球光伏累计装机容量及两种情景下光伏废弃量发展态势预测

¹ End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels. http://www.iea-pvps.org/index.php?id=357&eID=dam_front_end_push&docID=3222

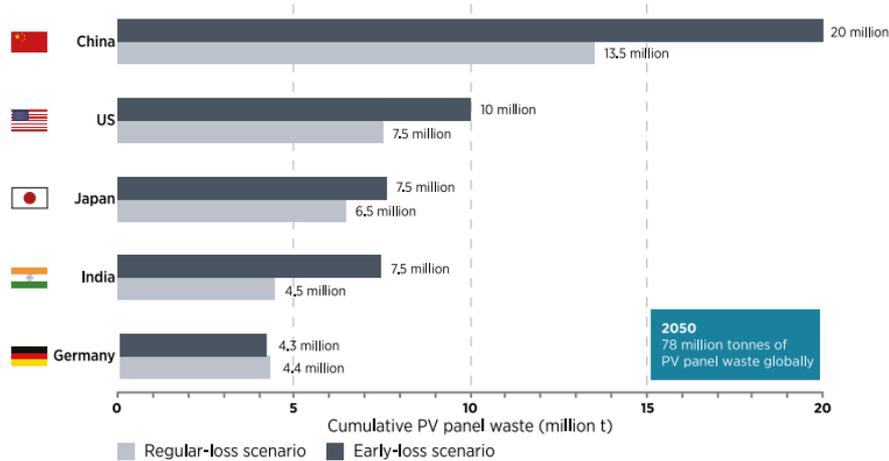


图 2 到 2050 年两种情景下光伏累计废弃量最多的前五位国家

不断增长的太阳能电池板废料虽然给环境保护带来了挑战，但也蕴含着巨大的潜在价值：回收的太阳能电池板废料当中有一些材料能够进行翻新，再将其作为原材料用于制造新的太阳能电池板，或者直接以大宗商品出售到全球市场保障未来原材料的供应安全。到 2030 年，回收利用太阳能电池板废料产生的经济价值预计达到 4.5 亿美元，这相当于 6000 万块新增太阳能电池板或 18GW 光伏电力的价值；到 2050 年，太阳能电池板回收利用产生的价值则会超过 150 亿美元，相当于 20 亿块电池板或 630GW 光伏电力的价值（图 3）。

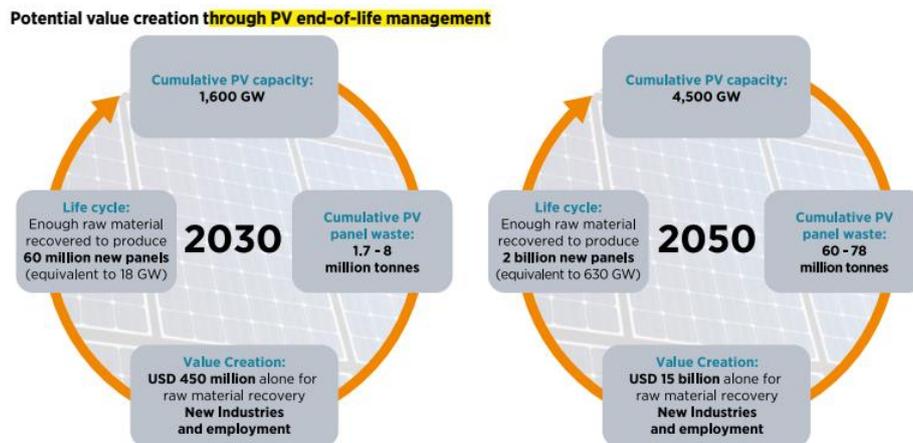


图 3 到 2030 年和 2050 年回收利用光伏设备废料所蕴含的潜在经济价值

太阳能电池板的废料回收将成为太阳能行业价值链重要的一环，并且对于世界经济过渡到一个基于可再生能源的可持续未来模式至关重要。然而目前，除了欧盟针对太阳能电池板废料回收管理制定了相关政策和监管框架外，全球大部分国家都没有相应的政策措施，只是将太阳能电池板废料当做普通废料和工业废料来处理。因此要充分挖掘太阳能光伏设备回收产业的潜在价值，就需要制定和实施针对性政策和监管框架来管理太阳能光伏设备的回收利用。对此，报告提出了如下的建议：

• 在实施针对性的太阳能电池板废料管理框架的同时，还需要建立相应的实施和管理机构来执行上述政策。应对日益增加的太阳能电池板废料问题，必须实施相应的具有法律约束力的政策和监管框架（例如设定太阳能电池板废料的回收、处理和再利用标准，同时建立相应的机构来执行上述政策，从而释放废料回收利用的潜在经济价值。

• 不同地区和国家应该因地制宜制定与区域情况或国家国情相匹配的太阳能电池板废料回收管理的政策框架。欧盟成员国统一设定了生产者责任延伸制度，结合本国国情，制定和实施了相应的太阳能电池板废料的管理框架，有效缓解了产品废弃后的环境压力，促进了产品及产品系统整个生命周期的环境经济效益。因此，各个国家和地区可以此为鉴，因地制宜制定和实施相应的太阳能电池板废料管理框架。

• 促进太阳能电池技术持续的研发创新是挖掘太阳能电池板废料回收潜在价值的有利支撑。目前，太阳能电池板废料的回收再利用技术还不成熟，回收后重新翻新的材料质量难以保证。因此，急需太阳能电池板回收、循环利用技术研发创新以克服上述问题，实现高效的回收利用。

报告最后指出，决策者和太阳能行业的各利益相关方应该携手合作积极应对日益增加的太阳能电池板废料，构建相应的回收、处理和循环利用系统，同时研究制定所需要的制度性措施以充分挖掘太阳能电池板废料的潜在经济价值。

（郭楷模）

IRENA：到 2030 年太阳能将满足全球 13% 的电力需求

6 月 22 日，国际可再生能源机构（IRENA）发布了《拥抱太阳：太阳能光伏如何变革电力系统》报告²，从技术、经济、应用、基础设施、政策和影响几个层面对太阳能产业现状和未来进行了全面的调研评估，指出持续快速下降的太阳能发电成本作为主要的驱动因素，将推动全球太阳能光伏部署规模不断扩大。报告预计全球太阳能光伏装机容量将从 2015 年的 227 GW 增加到 2030 年的 1760 GW~2500 GW 之间，届时太阳能将满足全球 13% 的电力需求。报告关键性结论包括：

• **光伏发电成本持续下降：**政策的大力扶持、市场的驱动和不断进步的能源技术等因素共同作用，将会促使太阳能光伏发电的成本持续下降。目前，公用事业规模的太阳能光伏发电成本在欧洲、中国、印度、南非和美国仅为 5~10 美分/kWh。2015 年，光伏发电在阿联酋、秘鲁和墨西哥更创下了低中标价格记录，依次为 5.84 美分/kWh、4.8 美分/kWh 和 4.5 美分/kWh。2016 年 5 月，在迪拜甚至拍出了 3 美分/kWh 的低价格（图 1）。这些低价纪录预示着光伏发电成本有着进一步降低的潜力。

² Letting in the Light: How Solar Photovoltaics Will Revolutionize the Electricity System. http://www.irena.org/News/Description.aspx?NType=A&mnu=cat&PriMenuID=16&CatID=84&News_ID=1455

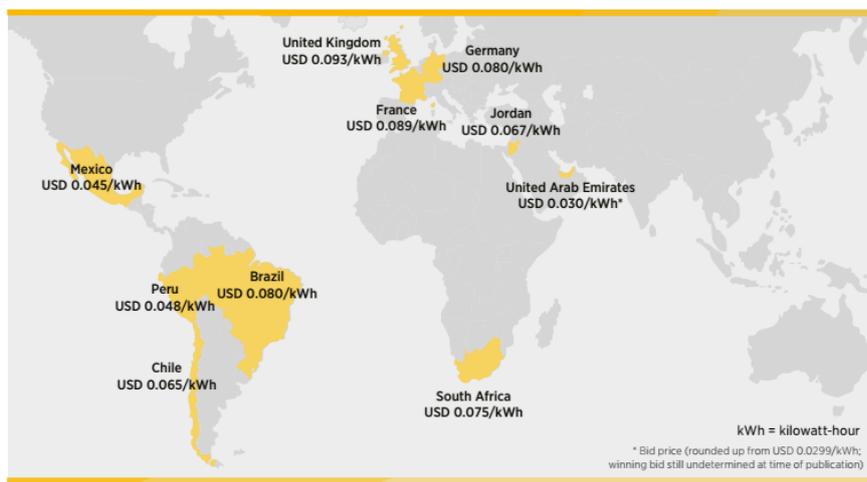


图 1 世界若干市场公用事业规模太阳能电力中标价格

• **光伏装机容量不断增加：** 鉴于庞大的光伏装机量，太阳能已经是世界上最广泛的自有电力来源。2015 年，太阳能占到所有新增电力的 20%。在过去 5 年，全球光伏装机容量从 40 GW 增长到了 227 GW，到 2030 年预计会增长到 1760 GW~2500 GW 之间（图 2）。

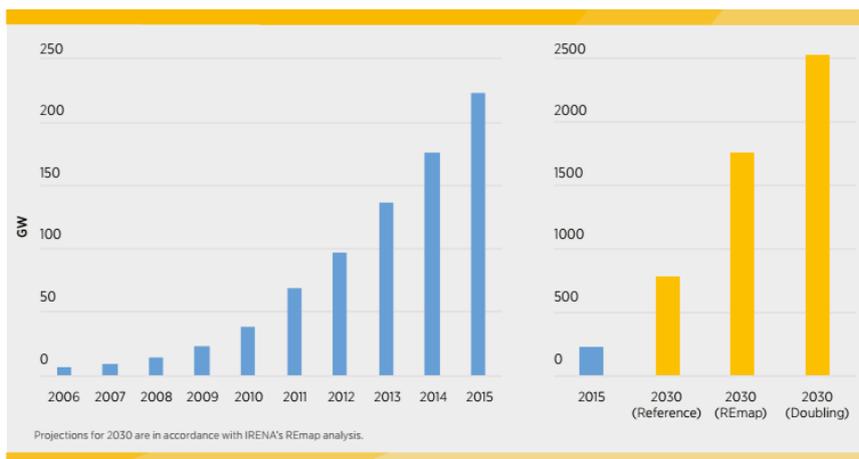


图 2 2006-2015 年光伏累计装机容量发展态势以及不同情景下到 2030 年发展规模预测

• **光伏投资规模扩大：** 光伏投资现在占到新能源投资的一半以上。2015 年，全球屋顶光伏的投资额达到了 670 亿美元，公用事业规模的光伏电站投资达到 920 亿美元，而离网应用的光伏投资更是翻了 15 倍，达到 2.67 亿美元。

• **创造新的就业：** 太阳能价值不仅体现在为人类提供了可持续的能源，蓬勃发展的太阳能产业还创造了新的就业岗位。太阳能光伏产业链在制造、装机和维护等领域提供了 280 万个就业岗位，是所有可再生能源中提供就业岗位最多的。

• **环境效益：** 开发利用太阳能是应对气候变化的政策核心。光伏发电使 CO₂ 排放量每年减少了 2~3 亿吨。到 2030 年 CO₂ 减排量有望达到 10~30 亿吨。因此，太阳能光伏还产生巨大的环境效益。

报告强调,伴随经济的快速发展,全球电力需求预计到 2030 年增长将超过 50%,而主要的增长点来自发展中国家和新兴经济体。为了满足增长的电力需求,并且实现全球可持续发展的目标,政府必须完善政策,使太阳能光伏可以发挥它全部的潜力。要实现 2030 年太阳能电力占比 13%的目标,未来 14 年平均每年光伏装机增量都需要翻倍。为了确保这一目标的实现,报告给出了如下五点建议:基于最新的光伏技术创新及时更新政策;政府对持续支持研发工作;建立国际标准框架;改变市场格局;应用智能电网与储能等使能技术。

(郭楷模)

DOE 发布至 2050 年水电发展路线图

7 月 26 日,美国能源部(DOE)发布《水电愿景:开启新篇章》³报告指出,作为全美最大的可再生能源电力来源,水力发电装机容量有望从 2015 年的 101 GW 增加到 2050 年的 150 GW。该报告对美国水力发电现状和未来发展机遇与挑战进行了全方位分析,提出了确保水电资源优化、水力发电容量增益和确保可持续发展等三大发展原则,以利用可再生水力发电资源帮助美国实现经济和环境效益双赢。为了实现上述水电发展愿景,报告针对各利益相关方提出了高层次水力发电开发和应用的路线图,包括五大主题行动,参见表 1。

表 1 DOE 水电愿景报告提出五大主题行动

主题领域	主要行动
推动水电技术进步	<p>研发新一代的大坝水力发电和抽水蓄能(PSH)发电技术,提高水力发电效率,以降低投资成本,减少环境破坏。</p> <p>关注并改善新旧水力发电技术的环境效益,并确保这一改善工作持续不断进行。</p> <p>验证新式大坝水力发电和 PSH 发电技术性能及可靠性,促进水力发电装机容量进一步提高。</p> <p>确保水力发电技术能够应对电网系统中日益增多的波动性可再生能源,创新的水力发电技术能够将电网中日益增多的波动性可再生能源(如风能、太阳能)对水电设备的损耗降到最低。</p>
水电可持续开发和运营	<p>提高水力发电灵活性以应对气候变化,提供气候变化对水力发电的影响评估框架,改善水力发电应对气候变化的能力,提高其灵活性。</p> <p>强化水力发电行业各利益相关方的合作,通过水电开发计划加强合作,有助于经济、环境和电力多重目标的实现。</p> <p>提高盆地和流域内水利开发的集成度,创新的方法和工具能够提高多种水利开发工程的目标耦合度。</p> <p>评估新式水力发电设施的环境可持续性,开发量化的环境可持</p>

³ Hydropower Vision: A New Chapter for America's First Renewable Electricity Source. <http://www.energy.gov/eere/water/articles/hydropower-vision-new-chapter-america-s-1st-renewable-electricity-source>

	<p>续指标并应用到水力发电设施的开发和运营中，有助于国家、州和地区在水电资源开发方面达成一致。</p>
改善水电收益和市场结构	<p>改善水电在电力市场中的评估和补偿机制，改善现有的市场方案和开发新方案，有助于充分认识新式和现有水力发电的灵活性给电网带来的补偿效益。</p> <p>改善 PSH 在电力市场中的评估和补偿机制，改善电力市场中 PSH 相关的运营和调度市场规则，有助于充分发挥 PSH 技术的潜力和价值。</p> <p>消除水电项目的融资障碍，通过降低投资成本和投资者长期愿景共同作用，能够提高水电项目的经济效益。</p> <p>提高对参与可再生清洁能源市场的资质认识，创建一套工具以更好的理解政策规则和市场准入，可以减少开发者误解同时使其能够瞄准最高价值的市场。</p>
优化水电监管流程	<p>识别监管改善的结果，识别和传播最佳实践有助于水电管理过程中能源、环境和社会经济等多重效益的实现。</p> <p>加速各利益相关方获得新知识和创新技术用于实现监管目标，可以增强水电开发的环境效益，提高水电设施价值，降低许可、批准成本。</p> <p>分析不同政策情景的影响，提高从地方、区域和国家层面分析政策对市场、电力系统、生态系统和人口影响的能力，给决策者提供信息。</p> <p>加强各利益相关方对监管领域参与和理解，确保利益相关方获得必要的知识和经验从而有效地参与计划、决策和管理流程。</p>
加强合作、教育和宣传	<p>提高水电作为可再生能源的接受度，展示和宣传水电是一种核心的可再生能源，可以提高公众的理解，并促进将水电列入清洁能源计划中。</p> <p>编译、传播和实行最佳的实践和基准运营与研发活动，有助于改善水力发电的性能。</p> <p>开展水利发电专业知识和人才的培训课程，评估和开展全面涵盖高校、职业技术学校的水电知识和教育项目，培训新一代的水力发电专业技术人才，以满足水电行业的发展需求。</p> <p>利用现有的联邦研发团队研究分析数据，将其编译成可供决策者和机构投资人员使用的数据，以便做出合适的决策和投资。</p> <p>维护发展路线图以实现水电发展愿景，通过对水电技术研发和部署情况追踪，对水电发展愿景路线图应该定期给予更新，以识别应当优先开展的研究活动。</p>

(郭楷模)

MIT：到 2030 年风电有望满足中国 26% 的电力需求

6 月 20 日，麻省理工学院 Valerie Karplus 教授带领的研究团队在《Nature Energy》上发表了一篇名为《煤电为主-风电为辅的一体化电力发展潜力模拟研究》论文⁴，指出只要中国采取恰当措施解决风电集成问题，即将风电顺利地集成到现有的燃煤为主的电力系统中，中国就能够扩大风电的部署规模。通过建立模型，研究指出在忽略一些不确定限制因素（如投资成本、电网集成技术成本和电网运营和维护成本等）的情况下，预计到 2030 年中国风电每年将发电 2.6 PWh，届时能够满足中国 26% 的电力需求，而在 2015 年这一比重仅为 3%。

中国幅员辽阔，拥有丰富的风能资源，风电发展潜力巨大。研究论文预计到 2030 年，中国陆地和海上风能的发电潜力将分别达到 6~25 PWh/年和 1.4~11 PWh/年。并且中国风能资源分布广泛，其中较为丰富的地区主要集中在东南沿海及东北和西北地区。中国已成为全球风力发电规模最大、增长最快的市场。截至 2015 年年底，中国风电累计装机容量达到 129 GW，风力发电量达到 186 TWh/年，占中国总发电量的 3.3%。考虑诸如地理分布、输电成本、风电集成技术等不利因素的阻碍作用，研究预计到 2030 年中国最多能够开发 10% 的潜在风电资源并网，大约是 930 GW，但已足以满足中国 26% 的电力需求。研究进一步指出，只要中国能够实现上述比例的开发应用，其对于 2015 年巴黎气候峰会作出的 2030 年非化石能源占一次能源消费比重 20% 的承诺有着积极的推动作用，因为上述 10% 开发并网的风电将会占到非化石燃料电力的四分之三。

报告最后总结道，中国能否将潜在的风能资源最大限度地挖掘出来，受到诸多因素的影响，包括：风电政策、风能资源地理分布、风力发电站优化程度、风电集成并网技术和电力系统消纳风电的能力（即电网灵活性）等。而其中最主要的挑战包括两个：（1）电网系统灵活性问题，因为风电具有间歇性，当风电并入到传统的以燃煤发电为主的电网系统中，电网的供电稳定性和质量就会受到影响，这就需要构建灵活的电力系统，改善电网运营，包括采用储能技术、提供更多发电资源选择（如天然气）以及需求侧响应技术等。（2）风电激励政策问题，由于中国经济转型，中国整体的电力需求增长放缓，而且整个电力利益可供分配的规模有限，那么煤电行业和风电行业就存在一定的利益冲突，这就需要中国电力部门决策者制定合适、全新的电力运营机制、电力配额交易方案和监管框架等，对现有的电力系统进行实质性改革，以促进风电的大规模发展。（郭楷模）

⁴ Michael R Davidson, Da Zhang, Weiming Xiong, et al. Modelling the potential for wind energy integration on China's coal-heavy electricity grid. *Nature Energy*, 2016, 1: 16086.

项目计划

DOE 加速先进燃气轮机和超临界 CO₂ 动力循环技术开发

7月19日，美国能源部（DOE）宣布将在未来3年半的时间内向遴选的6个项目资助约3000万美元⁵，用于进一步开发先进燃气轮机部件，旨在将燃气联合循环发电效率从目前的61%提高至65%；以及超临界CO₂动力循环技术。项目概况参见表1。

表1 DOE 资助3000万美元加速先进燃气轮机部件和超临界CO₂动力循环技术开发

承担机构	项目内容	总金额（DOE 资助金额）/ 百万美元
Aerojet Rocketdyne 公司	开发和示范一种自吸气旋转爆轰发动机燃烧系统，用于发电燃气轮机	6.8（3.9）
GE 全球研究中心	开发涡轮终端密封装置和级间密封装置，用于大规模的超临界CO ₂ 动力循环，能够实现现场试验，主要关注于在新的和现有设施空气和超临界CO ₂ 环境中逐步增加的压力、温度和密封尺寸条件下进行终端密封装置测试	7.5（6.0）
GE 电力公司	开发高温陶瓷基复合材料涡轮喷嘴组件，用于能够实现65%发电效率的燃气轮机	8.4（5.9）
GE 电力公司	应用先进的微混合燃烧技术，使涡轮进气温度超过3100°F（1700°C），实现燃气轮机发电效率超过65%	8.5（5.9）
西门子能源公司	开发陶瓷基复合材料设计用于先进燃烧器，支持实现燃气轮机联合循环发电效率达到65%	7.4（5.9）
西南研究院	示范高进气温度的直燃式超临界CO ₂ 富氧燃烧器，用于先进的超临界CO ₂ 动力循环	4.0（3.2）

（陈伟）

DOE 资助5000万美元建立动力电池研发联盟

7月27日，美国能源部（DOE）宣布由西北太平洋国家实验室领导建立一个动力电池研发联盟 Battery500⁶，将在未来五年每年获得1000万美元的资助，目标是开发电动汽车用新型锂金属电池，将能量密度提高至500 Wh/kg，相当于目前商用电池性能（170-200 Wh/kg）的三倍，充电次数可达1000次，将电池组成本控制在100美元/kWh以内。联盟成员还包括：布鲁克海文国家实验室、爱达荷国家实验室、斯坦福国家加速器实验室、纽约州立大学宾汉姆顿分校、斯坦福大学、加利福尼亚大

⁵ DOE to Invest \$30 Million in Projects Developing Components for Advanced Turbine and Supercritical CO₂-Based Power Cycles. <http://www.energy.gov/fe/articles/doe-invest-30-million-projects-developing-components-advanced-turbine-and-supercritical>

⁶ Battery500 consortium to spark EV innovations. <http://www.pnnl.gov/news/release.aspx?id=4295>

学圣迭戈分校、得克萨斯大学奥斯汀分校、华盛顿大学、IBM 和特斯拉汽车公司。

研发联盟将关注于开发锂金属负极，代替现在通用的石墨负极，并将锂三元材料作为电池正极，发展新技术预防副反应。更重要的一点是，研发联盟所开发的技术方案需要满足汽车和电池制造商的需求，能够快速无缝地集成到工业流程中。为激励多元化创新，该联盟还将拿出 20% 的预算用于资助电池研究业界提出的创新培育项目。

(陈伟)

日 NEDO 启动“新能源技术开发和商业化”项目

7 月 15 日，日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）宣布启动“新能源技术开发和商业化”项目⁷，产学研共同参与，旨在加速促进有应用潜力的新能源技术（如太阳能、生物质能、燃料电池和蓄电池等）实用化。项目遴选了处于不同发展阶段的 19 个课题，参见表 1。

表 1 NEDO 新能源技术开发和商业化项目 19 个课题具体内容

发展阶段	技术课题	参与机构
阶段 A (可行性研究)	基于分布式双轴跟踪和散射光组合的聚光追踪型太阳电池开发	Sun Mario 公司，长冈科学技术大学
	无二氧化碳排放的制氢技术	伊藤工业机械公司，北九州市立大学
	固体废物二相式沼气发酵处理技术开发	TPJ 公司，东京农工大学
	基于碳氟化物（CF _x ）干性涂层的高性能燃料电池气体扩散层开发	Promatequ 公司，立命馆大学
	高效率、长寿命的金属氧化物太阳光吸收体开发	Nano Frontie 公司，信州大学
	以废旧轮胎为核心燃料的热水锅炉实用化技术和热能利用系统开发	JNS 技术服务公司，3BEST 公司，福岛工业高等专科学校
	利用地热、废热发电的新原理及新技术开发	Tohnic 公司，东京工业大学
阶段 B (基础研究)	混合型太阳能回收系统开发	ACTREE 公司，石川县工业试验场，东京大学
	基于可再生能源发电的人工智能实时竞价自动化技术开发	Optimizer 公司
	超低温焦油改良催化剂，用于生物质转化发电技术开发	Kin 产业集团，NEO 公司，群馬大学

⁷ 新エネルギーベンチャー技術革新事業で 4 分野・19 テーマを採択。http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100607.html

	磁应变型震动发电传感器元件的技术开发	MTC 集团, 东北大学, IHI 基础设施系统公司
	开发将地下热交换器热交换功率提高 3 倍、成本降低一半的技术	生态规划公司, 福井大学
阶段 C (实用化研究开发)	低成本太阳能电池光谱吸收系统的商业化技术开发	VIC 国际公司
	高效率、紧凑型真空变压吸附制氢技术开发	吸附技术工业集团
	可控的蓄电池高度利用技术研究开发	Loop 公司, Orel 公司
	利用热源的空调机实用化技术研究开发	GF 技术研究公司
阶段 D (大规模示范研究)	陀螺追踪型太阳能发电技术大规模示范	SolarFlame 公司
	将废弃油脂转化为电能为城市供电的示范研究	TBM 公司
	锂二次电池高性能负极制造技术	3DOM 公司

注：阶段 A：新能源技术商业可行性研究，项目周期 1 年以内，资助经费 1000 万日元以内；

阶段 B：新能源技术基础研究，项目周期约 1 年，资助经费 5000 万日元以内；

阶段 C：新能源技术实用化研究，项目周期约 1 年，资助经费 5000 万日元以内；

阶段 D：新能源技术大规模示范，项目周期 1~2 年，资助经费 7500 万~3 亿日元。

(郭楷模)

韩国到 2020 年前将投资 42 万亿韩元发展新能源

7 月 6 日，韩国贸易、产业与能源部宣布，到 2020 年前将向新能源行业投资 42 万亿韩元（约合 366 亿美元），以扩大国内环境友好型电力供应系统⁸。在该计划下，韩国政府将向可再生能源行业投资 33 万亿韩元，向储能系统投资 4.5 万亿韩元，向智能电表投资 2.5 万亿韩元，以及向电力设施投资 2 万亿韩元。到 2020 年前新增的可再生能源发电设施每年将提供 1300 万千瓦电力，相当于 26 个燃煤电厂。此外，该部门还宣布到 2018 年将可再生能源配额标准（RPS）提高至 5%，而原定目标是 4.5%；到 2020 年提高至 7%，原定目标是 6%。由于 RPS 的提高，韩国政府预计额外还有 8.5 万亿韩元将投向可再生能源行业，能够再增加 3 亿千瓦的可再生能源电力。韩国政府还将实施专门计划，以允许可再生能源发电参与能源市场交易，将激励更多的私营部门进入市场。

(陈伟)

⁸ Korea to invest 42 trillion won in new energy businesses by 2020. <http://english.motie.go.kr/?p=6657&paged=0>

前沿与装备

高效高稳定性二维 Ruddlesden-Popper 相钙钛矿太阳能电池

有机无机杂化钙钛矿太阳能电池光电转换效率在短短几年时间内已突破了 22%，但其环境稳定性和光稳定性相对较差，限制了实际规模化应用。美国洛斯阿拉莫斯国家实验室 Aditya D. Mohite 课题组采用了热基板旋涂方法（即对基板先进行预热处理再用于旋涂制备钙钛矿薄膜）制备了一种接近单晶的二维 Ruddlesden-Popper 相结构的钙钛矿晶体薄膜。通过原子力显微镜（AFM）和扫描电子显微镜（SEM）表征发现，热基板旋涂法制备的钙钛矿薄膜的晶粒尺寸（~400nm）大于传统室温基板旋涂制备所得的二维钙钛矿晶粒（~150nm），因此形成了更加致密均匀的薄膜结构，有助于提高电池性能。研究人员进一步采用掠入射广角 X 射线散射（GIWAXS）研究钙钛矿薄膜的结晶性，测试结果显示室温基板上旋涂的钙钛矿结晶呈现无序型，而预热基板上旋涂的钙钛矿薄膜则呈现较好的结晶有序性。并且其无机钙钛矿成分的晶面相对于平面太阳能电池中的触点进行面外取向排列，有利于电荷传输，避免了之前二维钙钛矿的缺陷。得益上述改进，研究人员获得了高性能的钙钛矿电池。通过电流-电压（ $J-V$ ）曲线测试，结果显示，基于热基板二维钙钛矿薄膜组装的电池开路电压（ V_{oc} ）达到 1.01V，短路电流达到 16.76mA，填充因子达到了 74.13%，从而获得了高达 12.51% 的转换效率，远超室温基板制备的二维钙钛矿电池（3%~4%）。最关键的是，研究人员发现热基板二维钙钛矿薄膜电池稳定性得到大幅提高：未封装的器件光电转换效率能够在持续光照 2250 小时后仍保持在初始值的 70%，在 65% 的相对湿度情况下其衰减周期达到 60 小时，这些性能都大大超过了三维钙钛矿电池器件（同样时间连续光照下，效率下降到初始值的 10% 左右；同样湿度条件下，10 个小时测试性能就基本衰退殆尽）。而当器件进行封装后，在同样连续光照或者潮湿环境中，效率基本没有下降。该项研究不仅将二维钙钛矿太阳能电池性能提高到一个新的高度，同时大幅改善了钙钛矿电池器件的性能稳定性，为制备高性能钙钛矿电池提供了新途径，推进其商业化进程。相关研究成果发表在《*Nature*》⁹。（郭楷模）

瑞士科学家研发全新纳米多孔渗透能发电系统

瑞士洛桑联邦理工学院研究人员设计了一种基于三个原子厚度的单层纳米多孔二硫化钼（ MoS_2 ）半透膜的渗透能发电系统，能量密度高达 100 万 W/m^2 ，而太阳能的理论最高值也只有 500 W/m^2 。研究人员利用透射电镜表征显示， MoS_2 纳米孔的尺寸在 2-25nm 之间。 MoS_2 隔膜表面富集亲水基团，具有优异的输水功能；且水

⁹ Hsinhan Tsai, Wanyi Nie, Jean-Christophe Blancon, et al. High-efficiency two-dimensional Ruddlesden-Popper perovskite solar cells. *Nature*, 2016; DOI: 10.1038/nature18306

在膜中的传输性能和隔膜的厚度成反比，因此研究人员将隔膜的厚度控制在 0.65nm。接着利用这一渗透膜将两种不同浓度的盐溶液隔开，会产生渗透压，水会从浓度低的溶液流向浓度高的溶液；同时该薄膜还允许盐水中的正离子自由通过半透膜，而屏蔽负离子渗透，直到两边溶液的浓度一样，这样就会形成电荷的重新分布（一边为正电荷、一边为负电荷），从而形成电势差产生电流，其工作原理参看图 1。研究人员经过计算得出，该纳米多孔渗透能发电系统的性能极其优异：一张 1 m²、孔隙覆盖率为 30%的 MoS₂ 薄膜可以产生 1 MW 的电力，足够驱动 5 万只标准节能灯泡工作。并且研究人员利用 MoS₂ 纳米多孔发电机为 MoS₂ 晶体管供能，驱动其工作，成功构建了一个自供能纳米系统。此外，MoS₂ 薄膜材料的原料丰富、制造工艺简单，具有大规模推广的潜力。研究人员下一步将致力于在扩大薄膜面积的同时，保证纳米孔均匀地分布在薄膜上，以为日后工业化制造奠定基础。相关研究成果发表在《Nature》¹⁰。

（郭楷模）

美科学家研发高效热稳定的单原子铂催化剂

美国新墨西哥大学、通用汽车、华盛顿州立大学和西北太平洋国家实验室组成的一支联合研究团队，利用廉价的氧化铈（CeO₂）材料开发出能够在化学反应中降低贵金属铂催化剂用量的方法，并提高了铂催化剂的反应效率和稳定性，可广泛应用于清洁能源、绿色化工和低碳汽车行业。研究人员将不同纳米形貌（纳米立方体、纳米棒和纳米多面体）的氧化铈粉末作为载体与质量分数 1%的铂/镧-氧化铝（Pt/La-Al₂O₃）催化剂物理混合，并以常规负载型的单原子铂催化剂作参照对比研究了氧化铈载体对铂单原子催化剂性能的影响。在高温处理（800℃）后，透射电镜表征结果显示，常规催化剂中铂原子团聚成尺寸更大的纳米颗粒，导致催化活性下降。相反，含有氧化铈载体的单原子催化剂中铂是以分散的状态存在的，且在杆状和多面体的氧化铈表面存在原子级别分散的铂，从而使得铂原子催化剂能够在高温下保持稳定单原子分散状态而不发生团聚，维持高效催化性能。研究人员还发现，不同形貌的氧化铈捕获稳定铂原子的能力不同，由弱到强依次为立方体、棒状、多面体。研究人员巧妙地利用氧化铈作为催化剂载体材料成功捕获并固定住了铂原子，保持其分散的原子状态，在高温下也维持了其高效的催化性能，为制备高性能单原子催化剂提供了新思路和新途径。相关研究成果发表在《Science》¹¹。（郭楷模）

¹⁰ Jiandong Feng, Michael Graf, Ke Liu, et al. Single-layer MoS₂ nanopores as nanopower generators. *Nature*, 2016; DOI: 10.1038/nature18593.

¹¹ John Jones, Haifeng Xiong, Andrew T. DeLaRiva, et al. Thermally stable single-atom platinum-on-ceria catalysts via atom trapping. *Science*, 2016, 353 (6295): 150-154.

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

