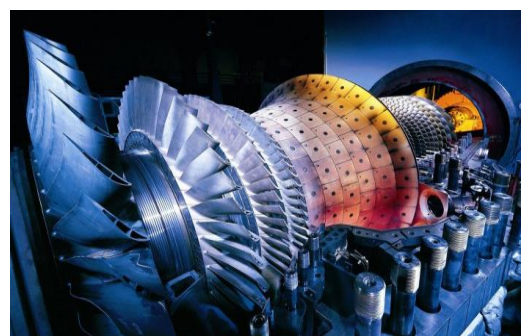


先进能源科技动态监测快报



本期重点

- 特朗普能源政策及对中国的影响简析
- IEA：2015 年全球能效取得显著改善 但提升空间依旧很大
- IRENA：到 2035 年可再生能源微网发电成本有望下降 60%
- 美公布一揽子计划加快电动汽车和充电基础设施部署

主管：中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组

主办：中国科学院武汉文献情报中心

中国科学院文献情报系统先进能源情报网简介

中国科学院文献情报系统先进能源情报网是在中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组的整体组织和指导下，由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建，联合中国科学院文献情报系统能源领域相关研究所，共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。先进能源情报网将汇聚中科院文献情报系统内与领域相关的战略情报研究人员、学科情报人员、研究所科研管理人员、研究所文献情报人员，以及相关的管理和学科专家，通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式，创新院所协同的情报研究和服务保障模式，促进情报资源的共享、情报需求和情报供给的对接、情报技术方法的合作开发，实现情报能力的扩散和提升,进而对中国科学院各个层面（院层面、所层面、项目团队层面及科研人员层面）的重要情报需求提供坚实保障。

先进能源情报网成员单位

成员单位	单位名称
组长单位	武汉文献情报中心
副组长单位 (排名不分先后)	合肥物质科学研究院 大连化学物理研究所 青岛生物能源与过程研究所 广州能源研究所
成员单位 (排名不分先后)	上海高等研究院 山西煤炭化学研究所 上海应用物理研究所 兰州近代物理研究所 广州地球化学研究所 过程工程研究所 电工研究所 工程热物理研究所

联系人: 赵晏强 zhaoyq@whlib.ac.cn

郭楷模 guokm@whlib.ac.cn

电 话: (027) 87197630

目 录

特稿

特朗普能源政策及对中国的影响简析 2

决策参考

IEA: 2015 年全球能效取得显著改善 但提升空间依旧很大 6

IRENA: 到 2035 年可再生能源微网发电成本有望下降 60%..... 8

项目计划

美公布一揽子计划加快电动汽车和充电基础设施部署..... 11

ARPA-E 资助 650 万美元支持宽禁带半导体晶体管研发 12

美以联合资助 400 万美元开展清洁能源技术研发项目 12

前沿与装备

美科学家首次获得室温下光合系统 II 水解产氧过程的 3D 图像... 13

美科学家通过晶格应变实现对铂催化剂活性的精确调控..... 14

热增强光致发光有望助力太阳电池突破光电转换效率极限..... 14

德科学家研发全新高效的 CO₂ 固定路径 15



我中心现已开通微信公众号 (CASEnergy), 欢迎扫码关注

专辑主编: 陈 伟

联系邮箱: jiance@whlib.ac.cn

本期责编: 郭楷模

出版日期: 2016 年 12 月 15 日

本期概要

美国当选总统唐纳德·特朗普是实用主义的代表，能源上奉行美国优先的政策，支持传统能源，对气候变化和新能源不屑一顾，本期特稿对特朗普能源政策框架及对中国的影响进行了简析：特朗普治国理政框架包括其在竞选期间多次提到的“能源独立”，重构美国能源政策，主要内容包括：（1）撤销奥巴马政府破坏美国就业的政策措施，消除美国能源开发生产的各种限制，创造就业，振兴美国经济。（2）彻底摆脱从石油输出国组织（OPEC）或敌视美国利益的任何国家进口能源；（3）减少对价值 50 万亿美元的美国化石能源生产活动的限制，开放外大陆架允许油气开发，允许在联邦政府所属国土上对外租赁能源资源开发权；（4）退出巴黎协定。美国新的能源政策必将对全球能源格局产生深远影响：首先，“能源独立”政策刺激全球煤炭产业；其次，放开油气开发利空原油市场；最后，新能源未来发展充满不确定性。特朗普能源政策对我国的影响包括有利面和不利面，详见正文。

国际能源署（IEA）发布《能效市场报告 2016》，指出受到《巴黎气候协定》以及各国能效政策的推动，2015 年全球能源效率提高了 1.8%（以 2014 年为基准），是 2003-2013 年平均增幅的三倍：新兴经济体能源强度下降了 2.5%，超过工业化国家。中国能源强度下降了 5.6%，成为推动全球能效提高的引擎。全球能效投资总额达到 2210 亿美元，同比增长 6%，且未来其市场规模将进一步扩大。尽管取得进展，但全球年均能源效率还需要提高至少 2.6%，才能确保全球实现气候目标并过渡到低碳经济时代。报告还为政策制定者和私营部门提供能效发展趋势和市场前景方面的参考：各国需要出台更多的能效政策，扩大政策所覆盖的能源消费领域，同时还要加强全球在能效领域的合作交流，以充分挖掘政策在提高能效方面的潜能，推动世界向可持续的安全能源系统转变。

国际可再生能源机构（IRENA）发布《创新展望：可再生能源微网》报告，指出随着可再生能源领域诸多方面的持续创新，包括新技术、新的商业模式及融资渠道，到 2035 年可再生能源微网发电成本有望下降 60%，为全球电力匮乏地区提供具有成本效益、环保、可靠的电力解决方案：报告详细评述了可再生能源微网未来发展面临的挑战与机遇，包括：（1）优化可再生能源微网系统的设计与规划；（2）开发创新的微网控制、管理与测试技术；（3）开发创新的储能技术；（4）开发创新的逆变器；（5）提高能效、优化用电策略。详见正文。

美国白宫发布了加快普及电动汽车和部署充电基础设施一揽子计划，包括：（1）建设 48 条国家电动汽车充电走廊；（2）地方政府和私营企业携手参与充电走廊建设；（3）评估最佳的充电基础设施部署方案；（4）加强与各州、地方政府的合作推进电动汽车上路：旨在强化各级政府与私营部门合作，加大新型动力电池的研发创新力度，加速电动汽车的推广普及和加强充电基础设施建设部署，以应对气候变化、增加清洁能源使用并减少对石油的依赖。

特朗普能源政策及对中国的影响简析

一、特朗普能源政策概要

2016 年 11 月 10 日（美国当地时间 9 日），美国共和党总统候选人唐纳德·特朗普赢得 2016 年美国总统选举，成为美国第 45 任总统。国内外媒体普遍报道特朗普是实用主义的代表，能源上奉行美国优先的政策，支持传统能源，对气候变化和新能源不屑一顾。虽然特朗普上台后究竟会实施什么样的能源政策还有待密切观察，但目前从各种来源可以初步梳理出其对待能源发展的思路。在胜选的次日，特朗普在其政权交接网站上公布了治国理政框架，其中便包括其在竞选期间多次提到的“能源独立”，重构美国能源政策：

- 在维持美国空气清洁的前提下，让美国获得全面的“能源独立”。撤销奥巴马政府破坏美国就业的政策措施，消除美国能源开发生产的各种限制，创造数百万新的就业岗位，增加工人收入，降低能源价格，振兴美国经济。

- 将美国能源主导地位作为执政期间的战略性经济和外交政策目标之一。彻底摆脱从石油输出国组织（OPEC）或敌视美国利益的任何国家进口能源。

- 将减少对价值 50 万亿美元的美国化石能源生产活动的限制，大规模勘探开发美国蕴藏的页岩油、页岩气、常规天然气、清洁煤炭等化石能源。开放外大陆架允许油气开发，允许在联邦政府所属国土上对外租赁能源资源开发权，重新开启煤矿开采租赁，修订煤炭法规。重启美加 Keystone XL 输油管线项目。

- 退出巴黎气候协定，停止使用美国纳税人的钱向联合国气候变化部门的捐款。

二、特朗普能源政策对全球能源格局影响

美国是世界上能源生产量和消费量最大的国家之一，同时还是石油产量和消费量最大的国家，该国能源形势变化对全球能源行业的影响举足轻重。因此，新总统特朗普带来的能源新政策势必对美国及全球能源格局产生深刻影响。

（一）“能源独立”政策刺激全球煤炭产业

特朗普政权交接网站 11 日公布的政策框架中明确写到，美国将进行一场能源革命，将成为一个能源净出口国，这将带来数百万个就业岗位。特朗普声称将结束“煤炭战争”，并自上而下地重新检视奥巴马当局颁布的反煤炭规定，政府会开放本国和海外联邦土地和水域的对外租赁用于化石燃料开发。

在奥巴马主政期内，美国煤炭产量、消费量和就业人数持续下降。据美国能源信息署（EIA）11 月 3 日发布的《年度煤炭报告》显示，美国 2015 年煤炭产量下降到 8.97 亿短吨，降幅超过 10%，为 1986 年以来的最低生产水平。煤炭相关的发电、工业及其他消费的降幅也达到 13%。2015 年美国从事煤炭行业的人数约为 6.6 万人，

同比下降了 12%，是 1978 年以来的最低水平（图 1）。截至 2016 年 10 月 29 日，美国 2016 年的煤炭产量为 6.07 亿短吨，同比下降 20%。

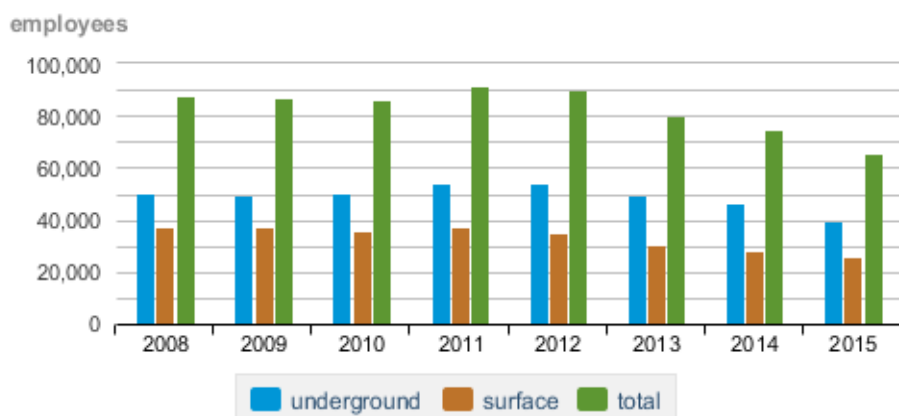


图 1 2008-2015 年美国从事煤炭工作的工人人数变化态势

来源：EIA. 2016-11-03. Annual Coal Report.

分析人士指出，特朗普计划投资 5000 亿美元用于基础设施建设，预计美国一方面通过增加基础设施建设以增加钢铁、电力需求，进而增加煤炭需求；另一方面通过解除对煤炭行业的环保限制，鼓励发展燃煤电厂，尤其是鼓励发展利用清洁煤，从而刺激美国煤炭需求，重振煤炭行业。

目前煤炭仍具有低成本优势，美国煤炭政策转向可能将引发全球其他国家煤炭政策的改变。之前在奥巴马政府大力倡导减少碳排放、发展清洁能源的背景下，很多国家受美国影响主动或被动限制煤炭行业发展，以减少碳排放。特朗普上台后，之前被动限制煤炭行业发展的国家，有望转变煤炭政策，促进燃煤电厂的发展，进而带动全球煤炭需求增加。

（二）放开油气开发利空原油市场

特朗普在其能源计划中提及将减少一系列油气开发的限制，包括减少对能源基建项目的限制，如重启和加拿大的 Keystone XL 管道计划，以此来重振石油和天然气离岸开采，摆脱对中东国家石油的依赖，获得美国能源安全。

EIA《石油供应月报》数据显示，在美国五大原油进口来源国中，加拿大是头号来源国，占到了 43% 的份额；之后依次为沙特 14%、委内瑞拉 11%、墨西哥 9%（图 2）。2015 年，美国每进口 10 桶原油，其中有 4 桶就是来自于加拿大，当年加拿大向美国出口原油达到 320 万桶/日，较 2014 年提升 10%。与此同时，加拿大也是美国出口原油的主要消化者。2015 年美国原油出口量为 45.8 万桶/日，其中 42.2 万桶出口至加拿大，占到总量的 92%。

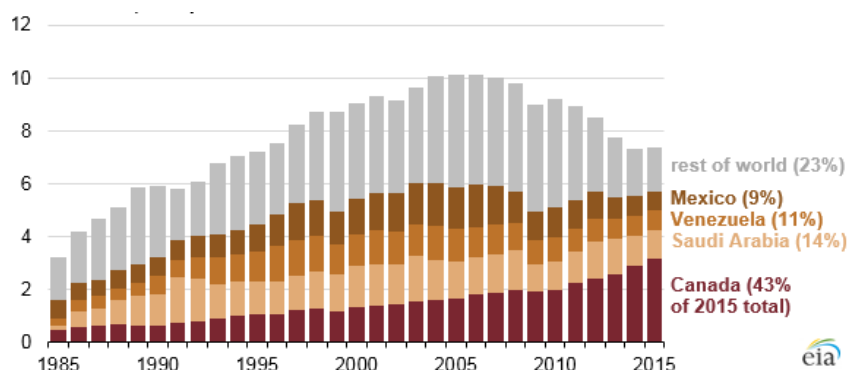


图 2 1985-2015 年美国原油进口总量变化态势（单位：百万桶/天）

来源：EIA. 2016-04-12. Petroleum Supply Monthly.

Keystone 管线在 2008 年提出建设，目的是将加拿大油砂生产地阿尔伯塔省出产的原油，直接输往美国墨西哥湾沿岸的石油炼化基地。因恐对奥加拉拉蓄水层造成危害，该提议于 2012 年 2 月遭到奥巴马政府的否决，因此不得不将该管线分为南段和北段管线。南段管线由俄克拉荷马州重要石油中转站库欣起步，一路南下直至休斯顿地区，已于 2014 年 1 月 22 日建成投用。北段管线即长期备受关注和争议的 XL 管线段，连接了加拿大阿尔伯塔省和美国内布拉斯加州，是真正能够将加拿大油砂输送进入美国的重要管线。XL 管线对于美国及加拿大来说是共同利益所在，如建成将使美国进一步削减对中东原油的依赖，在实现能源独立的同时拥有更多的石油市场话语权，OPEC 的失语现象将会越来越明显，对油价的控制力也会继续下降。此外，WTI 与布伦特的差价又将由负转正，WTI 的影响力将再度盖过布伦特，从而重写全球的原油格局，这或许就是特朗普想开拓的能源之路。此外，在特朗普松绑化石能源生产后，美国低价页岩油将继续保持对市场的冲击，石油和煤炭价格将长期受到压制。

（三）新能源未来发展充满不确定性

尽管全球新能源发展如火如荼，但特朗普曾在多个场合（主要是传统能源领域的内部行业会议）强调石油和天然气对美国经济的重要性，他认为石油是美国的生命线。特朗普倾向于支持传统化石能源而非新能源的态度明显，他宣称上任后将通过国会减少新能源的部分补贴，这在短期内势必对新能源发展造成一定程度的负面影响。受特朗普当选影响，新能源股价应声大跌：全球最大的风电设备制造商、丹麦维斯塔斯公司股价一度下跌 13%。光伏企业也受到重创，在华设有生产基地的光伏公司阿特斯于美国当地时间 11 月 9 日大幅下挫，深跌 13.49%，至 11.52 美元，美国本土光伏制造商 Sunpower 的股价下跌 14.17%，至 6.3 美元。在海外上市的国内光伏企业晶科能源下跌 8.44%，至 14.1 美元，英利新能源、天合光能股价也接连下滑。

然而在全国性的竞选辩论以及当选后的公开发言中，特朗普涉及能源的言论则要中性得多，比如“政府不应干扰各类能源技术创新”、“气候变化不是美国目前最

紧急的问题”等。此外，美国是个政体制度高度完善的国家，虽然总统会为能源政策划定一个大致走向，但他们在竞选期间提到上任后要出台的政策都需要通过一系列的程序才能成为现实，比如拟定新法规要通过国会的批准，而不一定全部兑现。另外，比如能源资源开采作业的许可和管控权都掌握在各州政府的手上，并非完全取决于总统。因此，就长期而言，未来美国新能源行业的发展充满了不确定性。

三、特朗普能源政策对我国影响分析

（一）有利面

特朗普明确反对《巴黎气候协定》，提出要放开美国的石油、页岩油和清洁煤的开采，提高工人的就业率，而这势必会增加全球的原油产量，长期而言将打压油价。

1. 有利于改善商品贸易成本

原油属于能源类大宗商品，其价格走低有助于降低我国进口成本、改善贸易条件（出口价格指数与进口价格指数之比）、扩大贸易顺差。中国海关总署 2016 年 7 月 13 日发布的统计数据显示，2016 年上半年我国货物贸易进出口总值 11.13 万亿元人民币，比去年同期下降 3.3%。其中，出口 6.4 万亿元，下降 2.1%；进口 4.73 万亿元，下降 4.7%；贸易顺差 1.67 万亿元，扩大 5.9%。铁矿石、原油、铜等大宗商品进口量保持增长，主要进口商品价格持续低位但跌幅较一季度收窄。上半年，我国进口原油 1.87 亿吨，增长 14.2%；铜 274 万吨，增长 22%。同期，进口成品油 1547 万吨，下降 2%；同期，我国进口价格总体下跌 8%。

2. 有利于降低生产成本，减缓经济下滑压力

国际油价低位运行，可直接降低石油进口成本和石化行业的运营成本，并通过产业链的传递，降低经济发展的成本。同时，原油也是物流业、工业和运输业发展所需的重要能源，低油价也可降低这些行业的发展成本。原油、铁矿石等能源大宗商品价格持续下跌，将带动制成品价格下行，直接节约家庭燃料开支，相当于给予消费者直接补贴而增加实际收入，进而扩大终端消费潜力，减缓经济下滑压力。

（二）不利面

为了让工作从中国回到美国，为美国创造更多就业机会，促进美国制造业发展，特朗普建议对来自中国的进口产品收取 45% 的高关税，毫无疑问这将严重影响中国对美国的贸易出口。

1. 加大我国经济下行压力

就我国能源贸易而言，首当其冲的便是我国的光伏行业。原本美国“双反”就给中国光伏企业造成了很大的压力，如今特朗普又要增加关税，这对光伏等产品出口到美国的中国能源企业来说，是双重的打击，而这势必抑制中国对美国以光伏为代表的新能源产品出口，让遭遇 25 年来最严重的经济增速放缓的我国经济雪上加霜，加大我国经济下行压力。

2. 不利于可再生能源战略的实施

在高关税的背景下，无论是消费者还是投资者，人们对太阳能开发利用、新能源汽车激励、燃油经济性标准等各种措施的兴趣便会大幅减弱，将可能延阻清洁能源取代煤炭、石油等化石能源的进程，不利于我国能源结构的调整。同时，会对我国政府正在实施的鼓励资源节约以及可再生能源发展的补贴政策带来更大的挑战，进而对节能减排的效果产生不利影响。

（郭楷模 综合编写）

决策参考

IEA：2015 年全球能效取得显著改善 但提升空间依旧很大

国际能源署（IEA）10 月 10 日发布《能效市场报告 2016》¹，对全球各国的能效政策实施进展情况进行追踪，指出受到《巴黎气候协定》以及各国能效政策的推动，2015 年全球能源效率提高了 1.8%（以 2014 年为基准），是 2003-2013 年平均增幅的三倍；尽管取得进展，但全球年均能源效率还需要提高至少 2.6%，才能确保全球实现气候目标并过渡到低碳经济时代。报告还为政策制定者和私营部门提供能效发展趋势和市场前景方面的参考。报告要点如下：

1. 2015 年全球能源强度得到改善，但改善速度需进一步加快

在全球低油价的背景下，2015 年全球能源强度仍然降低了 1.8%，超过 2014 年 1.4% 的下降幅度，是过去十年间平均下降幅度（0.6%）的三倍。尽管取得显著进展，但全球能源强度改善的速度还是太慢，不足以保证全球各国顺利走上低碳能源系统的可持续发展道路。IEA 分析强调，全球年均能源强度下降幅度至少达到 2.6%，才能确保《巴黎协定》的气候目标得以按期实现。

2. 2015 年新兴经济体能源强度显著改善

2015 年新兴经济体和发展中国家的能源强度下降了 2.5%，超过工业化国家的 2%。IEA 强调这一趋势需要维持和加强，即从现在到 2030 年非 OECD 国家的年均能源强度降幅要达到 3.7%，OECD 国家的年均能源强度降幅要达到 2.2%，才能在确保将全球温升控制在 2℃ 以内的目标得以实现。

3. 能效是推动能源强度和能源需求下降的驱动力

2000-2015 年间，IEA 成员国能效平均增长率为 14%，相当于节约了 4.5 亿吨油当量的能源，足够满足日本一整年的能源需求；而这还促使 2015 年全球终端（主要集中于建筑和工业）用能总支出降低了 5400 亿美元。2015 年 IEA 成员国 GDP 增加了 2%，但由于能效提高导致其一次能源需求增速放缓。

¹ World Energy Resources 2016. http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Scenarios-2016_Full-Report.pdf

4. 中国成为推动全球能效提高的引擎

2015 年中国能源强度下降 5.6%，高于之前十年的平均降幅（3.1%）。2015 年一次能源需求仅增长 0.9%，是自 1997 年以来的最低值，而同期 GDP 增长率为 6.9%。中国能效的提高对全球能效改进发挥着关键作用：2015 年，假如中国能效无任何改善，则全球能源强度下降幅度只能达到 1.4%，而不是当前的 1.8%。

尽管取得显著的进步，中国能效还有很大的提升空间：2015 年，中国的能源强度仍比 OECD 国家高出 50%，因此中国“十三五”规划设定了新目标，即为提高能效投资 2700 亿美元，以到 2020 年把能源强度在 2015 年的基础上再降低 15%，五年累计节约 5.6 亿吨油当量。考虑到中国庞大的国内能源消费规模，中国持续改善能效，将对全球能源市场产生更加深远的影响。

5. 政策是能效改善的关键保障

政策对促进能效提高至关重要。强制性政策如各种能效标准，对能源消费产生了实质性的影响。例如，2015 年针对轻型车辆设定燃油经济性标准为全球节约石油 230 万桶/天，占全球石油供应总量的 2.5%，约等于巴西的石油产量。

过去 15 年能效政策一直在改善，提高能效的强制性政策措施出台的数量稳步增加。2015 年，30% 的全球终端能源消费受强制性能效政策的约束，而 2000 年时这一比例仅为 11%。过去十年，受益于能效强制性政策，全球能效提高了 23%，节约了大量的能源。

政策不仅可以提高能源效率节省能源资源，还会带来众多额外效益，如增强能源安全、改善空气质量等。IEA 分析指出，从当前到 2040 年，提高能效和能源供给去碳化的政策将是某些地区减少空气污染物排放的主要推动力。

6. 在低油价背景下，政策还能起到保护能效市场的作用

低油价会降低能效投资的回报，从而抑制投资热情。当前，原油消费价格仍保持在一个相对稳定的区间。尽管原油价格在 2014 年中到 2016 年中下跌了 60%，但零售油价中的税率将油价的跌幅限制在 38%（美国）和 16%（德国）以内。

与此同时，多个国家采用的全新车辆燃油经济性标准推动新型汽车能效提高。在美国低燃油价格的背景下，2015 年轻型货车销量增幅创历史新高。由于这些货车能效比汽车低，这会拉低所有销售车辆的平均能效水平。好在全新能效标准得到推广，促进轻型货车的能效稳步提高，抵消了这种负面影响。在 2013-2015 年间，美国销售轻型货车的燃油经济性提高了 4.4%。而新型客车能效的年均提升幅度呈下降趋势，从 2005-2013 年的 1.8% 下降到 2013-2015 年的 1%。

7. 能效投资市场在不断增长

受益于政策的推动作用，能效投资市场规模不断增长。2015 年全球能效投资总额为 2210 亿美元，同比增长 6%，比同期传统发电领域的投资总额还多三分之二。

建筑节能成为全球能效投资增长最为强劲领域，占到 9%。美国建筑行业的能效投资接近所有能效投资的四分之一。中国已成为全球最大的能效汽车投资市场，占世界能效汽车投资总额的 41%。

当前，能效服务是一个庞大而独特的市场行业。2015 年，能效服务公司（ESCOs）总营业额为 240 亿美元。中国是全球最大的能效市场，2015 年有超过 60 万人受雇于 ESCOs，收入增长超过 7%。2015 年美国 ESCOs 收入为 64 亿美元，比过去十年内的两倍还要高。

证据显示未来几年内，能效市场将继续增长。能效服务公司的合并与兼并案例越来越多，公用事业公司、技术供应商和能源装备生产商都纷纷涌入到这一市场。IEA 国家低能源需求的预测推动一批传统能源公用事业公司纷纷开启能源服务作为增加收入的途径。此外，远距离监控和数据分析的发展提供了新的商业模式和服务方案。

报告最后总结道，政策在推进能源效率上起着核心推动作用。尽管能效政策的推广实施有效地节约了能源，并降低排放，但当前全球能源强度和能效还不足以实现《巴黎协定》承诺的全球温升控制在 2℃ 以内的气候目标。因此报告强调，各国需要出台更多的能效政策，扩大政策所覆盖的能源消费领域，同时还要加强全球在能效领域的合作交流，以充分挖掘政策在提高能效方面的潜能，推动世界向可持续的安全能源系统转变。

（张凡）

IRENA：到 2035 年可再生能源微网发电成本有望下降 60%

国际可再生能源机构（IRENA）10 月 8 日发布了《创新展望：可再生能源微网》报告²，详细评述了可再生能源微网的发展现状以及其未来发展面临的挑战与机遇，指出随着可再生能源领域诸多方面的持续创新，包括新技术、新的商业模式及融资渠道，到 2035 年可再生能源微网发电成本有望下降 60%，推动微网更大规模的部署，为全球电力匮乏地区提供具有成本效益、环保、可靠的电力解决方案。报告重要结论包括：

1. 优化可再生能源微网系统设计与规划，降低成本，简化可再生能源微网的并网集成流程

- 改善微网系统的设计与规划工具，开发电网模拟器，以模拟可再生能源微网不同设计部署方案所需要的成本投入与潜在的效益，以更加全面地评估可再生能源微网部署的潜力与风险，以选择最优的设计与规划方案。

- 提高电力负荷预测数据的有效性，提高对终端电力消耗需求的预测准确度，

² Innovation Outlook: Renewable mini-grids 2016. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Innovation_Outlook_Minigrids_2016.pdf

优化可再生能源微网的设计，以减少价格高昂的储能设备和智能控制系统的使用。

- **降低可再生能源评估成本**，开发全新的可再生能源（如太阳能、风能等）预测技术，提高预测的准确度，提高评估的可靠性。

2. 开发创新的可再生能源微网控制、管理和测试技术，提高可再生能源微网运行的稳定性

- **增加电网控制系统的智能化**，基于中心/分层级混合以及分布式控制系统开发更加智能的控制算法，以应对可再生能源微网多样化的运行模式（如孤岛、并网以及在上述两者间不断来回切换）。

- **改善可再生能源微网的信息通信技术和互操作标准**，开发先进的信息通信技术，以实现对电力运行系统进行实时监测并做出优化的电力分配方案。采用开放的行业标准提高可再生能源微网的互操作性，并减少制造商制备不同电网设备需要花费的时间。

- **改善电网的计量和监测技术**，开发智能自适应的电表技术，以实现分时定价功能，以满足可再生能源微网不同的商业模式需求。开发基于云平台的电网监测技术，以实现对电力用户的远程监控，同时运行用户利用移动设备完成电力支付。

3. 开发创新的储能技术，降低储能设备的成本，提高储能设备的寿命和可靠性、稳定性

- **探寻全新的廉价电池材料降低电池制备成本**，当前锂离子电池电极材料的成本占到了整个电池成本的近 44%，主因是采用价格高昂的重金属材料（如钴、镍等），因此需要开发全新的低成本电极材料，以及全新的电池结构以降低电池制造成本。

- **开发全新的电池热管理技术**，锂离子电池的热稳定性较差，其正常的工作温度范围上限在 50℃ 左右，超过上述温度，不仅电池性能急剧下降，而且有可能出现燃烧爆炸。因此需要研发全新的电池结构、电解质材料，提高其工作温度范围，提高电池的安全性。

- **提高储能设备输出功率**，开发全新的电化学储能设备，如研发基于石墨烯电极的超级电容器，将储能设备的输出功率提升 10 倍以上。持续研发新的飞轮储能技术，包括新的飞轮材料、轴承技术和功率转换器等，提高输出功率。降低超导磁储能电磁线圈低温冷冻的能量损耗，减少其制备成本。

4. 开发全新逆变器，降低逆变器的成本与质量

- **研究宽禁带半导体（如氮化镓、碳化硅）材料的商业潜力**，将氮化镓、碳化硅等宽禁带半导体材料应用到逆变器制造当中，以减少逆变器的尺寸、质量以及成本，同时提高其功率密度和拓宽工作温度。

- **研究基于纳米材料（如石墨烯、碳纳米管）晶体管的商业潜力**，将基于石墨烯、碳纳米管材料的晶体管应用到逆变器制造当中，以减少逆变器的质量、提高其

柔韧性，降低其制备的温度。

- **设计全新的逆变器**，利用全新的半导体材料开发全新的逆变器，以提高其直流和交流转换的效率。

5. 提高能效，优化用电策略，节约电量损耗

- **提高家用电器的能效**，如电冰箱、烘干机、洗衣机等用电设备，以节约电量；针对可再生能源微网的直流供电模式开发对应的节能电器，并提高其商业规模，以节约电量。

- **开发基于物联网技术的智能家居**，利用综合布线技术、网络通信技术、自动控制技术、音视频技术将家居生活有关的用电设施集成，构建高效的住宅设施与家庭日程事务的管理系统，提升家居用电设备的安全性、环保和节能特性。

报告最后强调，持续不断的技术创新是推动可再生能源微网广泛部署的驱动力，并为决策者和其他利益相关方提出相关行动建议：

- 政府决策者、企业、学术界和非营利机构需要共同协作，以保障可再生能源微网的创新工作可持续性。

- 决策者能够提供关键的市场政策，一方面可以为可再生能源微网装备的商业化提供支持保障，推动微网产业的发展壮大；另外，还能避免微网创新成果无法有效的商品化、产业化而进入“死亡之谷”。

- 可再生能源微网相关监管标准仍处于起步阶段，因此公共部门应注重采用全新的灵活监管标准以鼓励其发展，避免过时的监管标准阻碍其创新发展。可再生能源微网监管面临的挑战是如何从传统的具有普适性的电网监管框架中构建可适用于可再生能源微网的政策法规。

- 通过国际合作和产业支持，政府将推动可再生能源微网的知识传播，而这也是促进电气工程师和技术人员的培训模式持续创新需要。

- 私营机构的投资对基础研究、试点项目，以及知识和技术成果的转移将发挥关键作用。

- 学术界和大学在可再生能源微网的创新过程中扮演着极其重要的角色。除了驱动微网基础研究和应用研究创新，学术界可以合作制定研究议程和开展最高难度的微网实验。

（郭楷模）

美公布一揽子计划加快电动汽车和充电基础设施部署

11月4日，美国白宫发布了“加快普及电动汽车和部署充电基础设施”计划³的声明，旨在强化各级政府与私营部门合作，加大新型动力电池的研发创新力度，加速电动汽车的推广普及和加强充电基础设施建设部署，以应对气候变化、增加清洁能源使用并减少对石油的依赖。本次推出的一揽子计划具体内容包括：

1、建设 48 条国家电动汽车充电走廊：美国交通部联邦公路管理局（FHWA）宣布，计划在美国 35 个州以及华盛顿特区建设 48 条国家电动汽车充电走廊。该项目将涵盖美国 55 条州际高速公路，总里程达到 2.5 万英里。此外，为了使驾驶员在行车途中更容易识别和定位充电站和其他替代燃料设施所在的位置，FHWA 还将为上述基础设施开发类似于加油站、食品和住宿提示标识。计划每隔 50 英里（约合 80 公里）建设一座充电站，主要位于高速公路服务区或高速公路出口位置，以确保电动汽车能够及时充电。

2、地方政府和私营企业携手参与充电走廊建设：28 个州、公共事业单位和汽车制造商将携手致力于加快交通部（DOT）充电走廊项目中充电设施的部署。这些初期规划和正在建设中的充电走廊将为未来的全国性电动汽车充电基础设施网络奠定坚实的基础，以实现美国公路汽车零排放的宏伟目标。

3、评估最佳的充电基础设施部署方案：美国能源部计划在明年年初推出两个研究项目，旨在通过整合国家实验室和一系列利益相关方力量，以加速电动汽车充电基础设施以及 DOT 替代燃料走廊的部署。第一个研究项目是国家电动汽车基础设施分析，以在不同电动汽车销量占比市场情景下确定充电站的最佳部署数量。第二个研究项目将全面评估充电基础设施的系统规格、选址、电源可用性、资本和维护成本，以挖掘充电设施最佳安装实践方案。

4、加强与各州、地方政府的合作推进电动汽车上路：迄今已有 24 个州和地方政府加入联邦政府的交通运输电气化计划。根据联邦政府政策，到 2025 年将交通运输行业温室气体排放量减少 30%。24 个州和地方政府做出了一系列承诺，包括购买更多的电动汽车、部署更多的充电站等。联邦政府、州政府和地方当局通过合作来明确电动汽车的需求情况，从而提高汽车制造商的需求确定性，降低购买成本，促进电动汽车创新和推广，加快国家电动汽车基础设施建设。

（吴勘）

³ Obama Administration Announces New Actions To Accelerate The Deployment of Electrical Vehicles and Charging Infrastructure.<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/11/03/obama-administration-announces-new-actions-accelerate-deployment>

ARPA-E 资助 650 万美元支持宽禁带半导体晶体管研发

11 月 2 日，美国能源部先进能源研究计划署（ARPA-E）宣布资助 650 万美元设立“宽禁带低成本晶体管用于控制高效系统”（SWITCHES）主题研究计划⁴，旨在研发革新的宽禁带半导体材料、创新半导体器件结构及其制备工艺，以制备出新一代高性能、低成本的单芯片半导体晶体管，以突破当前硅晶体管的功能缺陷（包括高启动电压、开关速度低、不耐高温等），提高半导体晶体管的开关频率和工作温度，降低集成晶体管的能源系统功率损耗，提高能源系统能效。SWITCHES 主题计划本次招标主要关注两大核心技术主题，参见表 1。

表 1 SWITCHES 主题计划关注两大核心技术主题

技术主题	研究内容
全新的宽禁带半导体晶体管器件结构与制备工艺	开发全新的晶体管器件结构，如垂直氮化镓（GaN）晶体管器件结构，以提高晶体管的大电流特性，获得高模电流额定值，同时确保新的器件结构能够匹配传统硅晶体管生产线，以降低制造成本；开发能够重复利用基底的晶体管器件制造新工艺，降低制造成本，同时保证新工艺能够快速制备出高质量的外延生长厚膜，以满足高电压器件的需求
全新的宽禁带半导体衬底生长技术	开发全新的低成本晶体衬底生长和切片工艺，包括新的氮化镓、氧化锌、氧化锡、氧化铝或其他宽禁带衬底外延生长技术以及衬底精炼技术，以减少衬底晶体的畴结构数量，降低缺陷密度，提高结晶质量，满足上述新型高性能（低开启电压、开关速度快、耐高温等）晶体管器件的制造需求

（郭楷模）

美以联合资助 400 万美元开展清洁能源技术研发项目

11 月 10 日，美能源部（DOE）宣布和以色列国家基础设施、能源和水资源部（MIEW）以及以色列科技创新部联合资助 400 万美元用于支持在“双边能源研发计划（BIRD）”框架下遴选的五个清洁能源研发项目⁵，旨在汇集两国顶尖能源科学家的智慧，强化双边的合作，共同努力推进清洁能源技术的研发创新，以降低清洁能源技术的成本，扩大清洁能源技术的部署应用，推动能源低碳转型应对气候变化的挑战。五个清洁能源研发项目具体内容如下：

1. 为聚光光伏热发电厂开发定日镜自动清洁系统，提高电力生产率降低运营成本。

参与机构：BrightSource 工业有限公司（以色列），Dynamis Solutions 公司（美国）。

⁴ ARPA-E Announces New Funding Opportunity Announcement (FOA). <http://us5.campaign-archive2.com/?u=20161faad3e4173fdfa01d223&id=56620dfbe4>

⁵ Energy Department Announces Five Clean Energy Projects through BIRD Energy Partnership with Israel. <http://www.energy.gov/articles/energy-department-announces-five-clean-energy-projects-through-bird-energy-partnership>

2.开发全新的、基于第二代木质纤维素原料的低成本乙醇制备工艺，作为替代燃料以减少石油依赖性。

参与机构：CelDezyner 公司（以色列），POET 研发公司（美国）。

3.为商业和工业应用的屋顶光伏开展市场分析，以促进太阳能市场的开拓。

参与机构：Solview Systems 公司（以色列），Yarotek PR 公司（美国）。

4.为能量储能和发电设备开发低成本催化剂，改善器件性能，以解决可再生能源的间歇性问题或作为备用能源系统。

参与机构：以色列理工学院（以色列），帕哈里托电力公司（美国）。

5.利用石墨烯基的纳米活性膜材料来开发全新的静电扬声器，以实现显著的节能。

参与机构：波音公司（以色列），弗吉尼亚理工学院（美国），弗吉尼亚州立大学（美国）。

BIRD 计划始于 2009 年，是 2007 年能源独立和安全法案出台的结果。该计划旨在通过联合资助的形式以鼓励和加强美国和以色列公司开展一系列的清洁能源技术合作，包括能源效率，生物燃料和太阳能等。迄今为止，BIRD 计划已经资助了 32 个研究项目，累积资助经费总额达到约 2600 万美元。

（吴勘）

前沿与装备

美科学家首次获得室温下光合系统 II 水解产氧过程的 3D 图像

科学家一直尝试各种方法以了解植物将水分解成氧气、质子和电子的工作机理（水氧化过程涉及 5 种不同的存在状态，从 S_0 到 S_4 [即 S 态循环]），为开发出高性能人工光合系统奠定坚实的理论基础。劳伦斯伯克利国家实验室 Junko Yano 教授牵头的国际联合研究团队利用超快 X 射线自由电子激光结合计算机模拟，首次实现室温下对光合系统 II 捕获太阳能光子进行光解水产氧工作过程的 3D 成像研究，系统地探测底物水分子在锰簇中的结合方式和结合位点以及放氧复合体在发生 S 态循环时的结构变化。研究人员首先培养了光合系统 II 微晶体（色素蛋白复合体），随后利用喷墨印刷的技术将这些微晶体放置于传送带上，接着利用绿光照射晶体样品，在光合系统 II 中触发光合反应。在光合反应的过程中，研究人员利用超快 X 射线自由电子激光来表征晶体经历 S 态循环各阶段的结构并收集相应的衍射数据，最后结合利用计算机仿真技术将数据转化为 3D 可视化图像，分辨率达到了 2.25 埃，获得了光合系统 II 工作状态的首个 3D 图像。该项研究利用超快 X 射线自由电子

激光对光合系统 II 工作状态的结构变化进行了追踪，并结合计算机仿真技术，在室温下获得了光合系统 II 工作状态的首个高分辨率 3D 图像，推进对光合作用机理的进一步认识，为制备高效低成本的人工光合系统奠定了理论基础。相关研究成果发表在《Nature》⁶。

（郭楷模）

美科学家通过晶格应变实现对铂催化剂活性的精确调控

铂（Pt）纳米催化剂被广泛应用于燃料电池和水裂解等能源领域，其催化活性的优劣很大程度上取决于表面电子结构，因此通过压缩或者拉伸 Pt 催化剂晶格应力来调控其表面原子之间的距离（晶格间距），即可调控表面电子结构从而实现催化活性调控。斯坦福大学 Yi Cui 教授课题组开发了一种在原子尺度微调 Pt 金属催化剂的新方法。研究人员利用锂离子电池的电极材料锂钴氧（ LiCoO_2 ，LCO）作为基底支撑层，通过化学沉积将 Pt 催化剂沉积在 LCO 基底上形成复合电极 LCO-Pt。由于在充放电过程中锂离子会反复地嵌入或者脱离 LCO 电极夹层空间，而这会引起电极材料的体积和晶格间距发生变化：充电过程中，一半的锂离子会脱离 LCO 夹层（锂离子原本都被八面体的 Co-O 面夹在中间）形成 $\text{L}_{0.5}\text{TO-Pt}$ 电极，导致同性 Co-O 面（带负电）发生相互排斥，引起晶格间距变大；相反，放电时候锂离子又嵌入 LCO 夹层，电极间距则恢复到原始尺寸。因此，可以通过对 LCO 电极充放电调控，实现对负载在 LCO 表面的 Pt 纳米催化剂的应力调控。X 射线衍射测试显示，LCO 电极（003）晶面的 X 射线衍射峰在充电后发生偏移，从 18.92° 移动到 18.42° ，由谢乐公式可知其间距从 4.69 埃增大到了 4.82 埃，增幅 3%，即产生了拉伸应力；相反，对 $\text{L}_{0.5}\text{TO-Pt}$ 电极进行放电则会引起 3% 的压缩应力。因此，充放电过程确实可以引起 LCO 晶格和体积发生变化，而这自然会引起负载在其表面的 Pt 纳米颗粒的晶格发生变化。在 $\text{L}_{0.5}\text{TO-Pt}$ 电极进行放电后，通过球差校正透射电镜测试，研究人员直接观察到了 Pt 纳米颗粒的晶格间距发生变化，其（111）面间距从 2.29 埃缩减到 2.18 埃，即产生了 5% 的压缩应力，此时对催化剂进行电化学测试（0.1M KOH， O_2 饱和条件下），结果显示 Pt 催化剂的氧化还原（ORR）活性提高了 90%；相反，对 LCO-Pt 进行充电后，则引起 Pt 纳米颗粒产生拉伸应变，其 ORR 活性则下降了 40%。该项研究利用层状电极材料充放电过程中的晶格应变，通过应力转移实现了对负载在电极表面的 Pt 纳米催化剂晶格应力的精细调控，从而实现了对 Pt 催化剂 ORR 活性的调控，为改善催化剂的性能提供了全新的路径，有望应用于燃料电池和水裂解制氢等相关清洁能源技术领域。相关研究成果发表在《Science》⁷。（郭楷模）

⁶ Iris D. Young, Mohamed Ibrahim, Ruchira Chatterjee, et al. Structure of photosystem II and substrate binding at room temperature. *Nature*, 2016, 540 (7633): 453–457.

⁷ H. Wang, S Xu, C Tsai, et al. Direct and continuous strain control of catalysts with tunable battery electrode materials. *Science*, 2016; 354 (6315): 1031-1036.

热增强光致发光有望助力太阳电池突破光电转换效率极限

受限于太阳电池吸光材料的带隙特性，其只能吸收部分的太阳光能量并转换为电能，其他部分则以热能的形式耗散损失，从而将电池理论最高转换效率限制在了 30% 左右（即 Shockley-Queisser limit，S-Q 极限）。以色列理工学院 Carmel Rotschild 教授课题组研发了一种全新的光致发光材料 Cr:Nd:Yb，能够吸收低能光子（波长大于 850nm 的太阳光谱，该区域光谱光伏器件一般无法吸收利用）的热能，并将其转换成高能光子。该新型光致发光材料有望应用于太阳电池以克服 S-Q 极限，进一步提高电池性能。通过调控 Cr:Nd:Yb 吸光体温度，研究人员发现随着温度的提升，其光子发光效率增强，即具备热增强光致发光（TEPL）特性。因此，研究人员将其与光伏器件 GaAs 组合，通过理论模拟来研究最佳带隙匹配的 Cr:Nd:Yb 吸光体带隙为 $E_{g,abs}$ ，GaAs 带隙为 $E_{g,pv}$ ，以实现最佳的热上转换效率，最大限度地提高电池效率。模拟研究发现，在 1140K 温度下，当 $E_{g,abs}=0.5\text{eV}$ 、 $E_{g,pv}=1.45\text{eV}$ 时（假定 GaAs 外量子效率 100%），组合器件的热上转换效率最高理论效率可达 70%。考虑到实际情况，研究人员将 $E_{g,abs}$ 设定为 1.1eV，发现在一个太阳光照射、温度 500K 时，组合器件的热上转换效率达 50%；进一步升高温度（1000K-1300K）时，效率提高到 57%；为了完全模拟真实情况，研究人员将 GaAs 外量子效率重新设定为 24.5%（当前报道的最高纪录），在一个太阳光照射下，温度 1500K 时，组合器件的热上转换效率达 48%，此时 GaAs 电池效率则被提高到了 50%。基于上述模拟结果，研究人员制备了 $E_{g,abs}=1.1\text{eV}$ 的 Cr:Nd:Yb 和 $E_{g,pv}=1.45\text{eV}$ 的 GaAs 电池并组合，通过测试发现，在温度 600K、914nm 的单色光照射下，组合器件的热上转换效率达到 1.4%。该项研究通过实验和计算机模拟系统研究了一种新型的热增强光致发光材料的热上转换特性，其能够将热损耗能量重新吸收利用，为提高太阳电池的效率、克服 S-Q 极限提供了全新的途径。相关研究成果发表在《Nature Communications》⁸。

（郭楷模）

德科学家研发全新高效的 CO₂ 固定路径

植物能够通过光合作用来固碳（本质是一系列的酶促反应），但由于催化这一固碳反应的酶催化剂存在催化效率偏低以及易发生氧化反应的缺陷，导致植物固碳整体效率不高。德国马普学会陆生微生物研究所 Tobias J. Erb 教授课题组利用基因工程对来自不同生物体的酶进行改造和组合，设计研发了一种全新的高效人工二氧化碳固定系统。研究人员首先对一系列的羧化酶进行了生物化学和酶动力学检测，以

⁸ Assaf Manor, Nimrod Kruger, Tamilarasan Sabapathy, et al. Thermally enhanced photoluminescence for heat harvesting in photovoltaics. *Nature Communications*, 2016, 7: 13167.

筛选出催化性能更优的羧化酶，通过一系列计算模拟、酶工程调控和测试，发现巴豆酰-辅酶 A 羧化/还原酶（CCR）具备了优异的催化性能，相比于 RuBP（1,5-二磷酸核酮糖[Ribulose-1,5-disphosphate]）羧化酶（RuBisCo），CCR 的二氧化碳固定效率是前者的 20 倍。基于 CCR，研究人员又从生物界的古菌域、真细菌域和真核域的 9 种不同生命体中找到了完成整个 CO₂ 固定过程（也即暗反应循环）所需的另外 17 种酶，并通过基因工程，修改了甲基琥珀酰辅酶 A 脱氢酶（Mcd）的三个氨基酸，将其转化为可以直接用氧气分子作为氢受体的甲基琥珀酰辅酶 A 氧化酶（Mco），从而将催化固定 CO₂ 的反应速率大幅提高。基于上述来源于不同生物体酶的组合与改造，研究人员构建了一个全新的人工光合暗反应循环系统 CETCH，经过优化后该系统的二氧化碳固定速度可达 5 nmol 每分钟每毫克蛋白，是自然植物体的开尔文循环固碳速度的十几倍。而且，CETCH 系统能够将二氧化碳最终转化为苹果酸，是一种广泛应用于生物燃料或药品工业生产的原材料。该项研究通过利用计算机模拟和基因工程来筛选和改造各种光合暗循环酶促反应所需的一系列酶类，从而搭建出一个全新高效的 CO₂ 固定路径，开辟了 CO₂ 捕集和资源化利用的新方法，有助于人类社会迈向绿色低碳经济时代。相关研究成果发表在《*Science*》⁹。

（郭楷模）

⁹ Thomas Schwander, Lennart Schada Von Borzyskowski, Simon Burgener, et al. A synthetic pathway for the fixation of carbon dioxide in vitro. *Science*, 2016, 354 (6314): 900-904.

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心

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，历年来承担和参与了多项国家级、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

