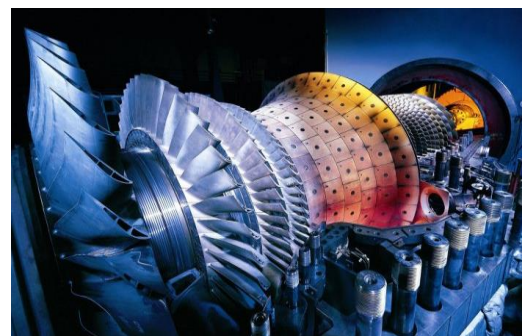


先进能源科技动态监测快报



本期重点

- 特朗普签署能源独立行政令 引发社会各界强烈反响
- IEA: 2016年全球经济增长3.1% 碳排放量却连续三年持平
- IEA: 2050年前全球亟需深度能源转型 以缓解气候变化
- IRENA: 2016年可再生能源新增装机161GW 创历史新高
- 美智库机构报告纠正西方对中国太阳能产业认识误区

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

决策参考

特朗普签署能源独立行政令 引发社会各界强烈反响.....1
IEA: 2016年全球经济增长3.1% 碳排放量却连续三年持平.....2
IEA: 2050年前全球亟需深度能源转型 以缓解气候变化.....4
IRENA: 2016年可再生能源发电新增装机161GW创历史新高.....6

中国研究

美智库机构报告纠正西方对中国太阳能产业认识误区.....7

项目计划

德国资助1.3亿欧元用于交通部门能源转型.....9
DOE与NASA合作推进放射性同位素动力系统研发.....10
TRI投资3500万美元引入人工智能加速先进能源材料研发.....10
通用日立与ARC Nuclear合作推进小型模块化钠冷快堆开发.....11
印度资助81亿卢比用于扩大太阳能发展规模.....12

前沿与装备

新型电解质添加剂增强锂金属电池循环寿命和充电效率.....12
科学家开发新型限硫法增强锂硫电池循环寿命.....13
新型双钙钛矿纳米纤维催化剂大幅提升析氧反应速率.....14
剑桥大学基于光催化开发全新低成本生物质制氢技术.....15

本期概要

美国总统特朗普签署了一份名为“推动能源独立和经济增长”总统行政令，旨在废除奥巴马时期的多项能源和气候变化政策法规，解除对美国能源开发生产各种不必要的监管，复兴美国能源产业，促进美国能源独立，振兴美国经济。该能源独立行政令主要内容包括：推动对美国丰富能源资源的清洁和安全开发，创造就业，促进经济增长和能源独立；可利用煤、天然气、核能、水以及可再生能源等资源来生产电力，以确保国家电力的实惠、可靠、安全、清洁；对美国现有的能源开发利用相关的法规政策开展全面审查，对有可能损害国内能源生产的政策法规进行审查，并暂停、修改或撤销这些不恰当的法律法规，解除对能源开发生产不必要的监管负担；要求国家环保局启动审议程序，以暂缓、修改或废除包括“清洁电力计划”在内的奥巴马时期气候政策等。该政令让美国落实其《巴黎气候协定》的气候承诺充满了不确定性，引起国际社会的忧虑，引发了各界的强烈反响。详见正文。

国际能源署发布最新研究显示，在 2016 年全球经济保持增长情况下，全球能源相关的二氧化碳排放量连续三年持平，表明了碳排放和经济活动的持续脱钩。这主要得益于可再生能源电力的增长、能源结构转型（从煤炭向天然气的转变）、能效的提高以及全球经济结构的变化：2016 年，中国和美国这两个世界上最大的能源消费国家的二氧化碳排放量大幅下降，而欧洲排放量维持稳定，从而抵消了世界上其他地区排放量的增加。2016 年，可再生能源提供了全球电力需求增量的一半以上，其中水电贡献了其中 50% 的份额。同期，全球煤炭需求下降，其中美国煤炭需求下降了 11%，成为降幅最大的国家，使其天然气发电量首次超越燃煤发电量。

国际可再生能源机构（IRENA）发布《可再生能源装机容量统计数据 2017》报告指出，2016 年全球可再生能源发电装机容量增长了 161 GW，创历史新高：其中太阳能增幅最大，达到 32%，新增装机容量达到创纪录的 71 GW；与此同时，风能同比增长 12%，新增装机 51 GW。这是自 2013 年以来，太阳能新增装机首次超过风能。值得注意的是，2016 年是生物质能源有史以来增长最为强劲的一年。亚洲地区是可再生能源新增装机容量增速最快的区域，增幅达 13.1%。截至 2016 年底，离网可再生能源装机容量达到 2800 MW。

斯坦福大学斯泰尔·泰勒能源政策和金融中心发布了由研究人员 Jeffrey Ball、Dan Reicher 等人共同撰写的题为《新太阳能系统：中国太阳能产业发展对美国及全球太阳能产业的影响》分析报告，指出全球能源系统和太阳能产业正在经历深刻变革，这一双重变革将给全球经济带来深远的影响。而中国太阳能产业在生产研发、产业布局和资金投入等方面都有优势，未来仍将是全球太阳能产业发展的主动力，其太阳能产业发展走势势必会对全球的太阳能产业产生举足轻重的影响。然而，当前西方国家仍然对中国的太阳能产业存在一些错误认识，主要体现在五个方面：（1）中国太阳能产业是即将破灭的金融泡沫；（2）中国太阳能产业缺乏自主创新；（4）中国的太阳能产业过于集中；（3）美国和欧盟针对中国太阳能企业征收的高关税能够限制其太阳能产业的发展；（5）中国的太阳能市场较为封闭。

特朗普签署能源独立行政令 引发社会各界强烈反响

3月28日，美国总统特朗普签署了一份名为“推动能源独立和经济增长”总统行政令¹，旨在废除奥巴马时期的多项能源和气候变化政策法规，解除对美国能源开发生产各种不必要的监管，复兴美国能源产业（尤其是煤炭产业），创造就业岗位，促进美国能源独立，振兴美国经济。该能源独立行政令主要内容包括：

- 推动对美国丰富能源资源的清洁和安全开发，创造就业，促进经济增长和能源独立；

- 可利用煤、天然气、核能、水以及可再生能源等资源来生产电力，以确保国家电力的实惠、可靠、安全、清洁；

- 对美国现有的能源开发利用相关的法规政策开展全面审查，对有可能损害国内能源生产的政策法规进行审查，并暂停、修改或撤销这些不恰当的法律法规，解除对能源开发生产不必要的监管负担；

- 要求国家环保局启动审议程序，以暂缓、修改或废除包括“清洁电力计划”在内的奥巴马时期气候政策；

- 撤销此前减少新建燃煤电厂温室气体排放的规定；

- 解除煤炭开采租赁联邦政府土地的临时禁令以及石油、天然气（包括页岩气）开采的相关限制；

- 要求环境质量委员会撤销2016年8月发布的有关气候变化的指引以及官方对二氧化碳、甲烷和一氧化二氮排放的社会成本估算。

尽管全新的“能源独立”行政令仍需数年时间才会完成法律程序而正式生效，但该政令为美国落实其《巴黎气候协定》承诺带来了不确定性，引起国际社会的忧虑，引发了各界的强烈反响²：

欧盟对特朗普“能源独立”行政令表示遗憾，并重申欧洲将在应对气候变化问题上继续发挥引领作用。美国国家城市联盟的市长们发表联合声明称，美国州政府、城市、企业和个人将继续推进应对气候变化行动，发展清洁能源，保护公共健康，创造一个更健康与更清洁的地球。

怀俄明大学能源经济学家 Robert Godby 对此表示，煤炭行业工作岗位的问题跟二氧化碳法规无关，所以特朗普“能源独立”行政命令恐怕并不会恢复煤炭业的就业机会。问题在于煤炭没有市场需求。

¹ Presidential Executive Order on Promoting Energy Independence and Economic Growth. <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2017/03/28/presidential-executive-order-promoting-energy-independence-and-economy-1>

² Trump attack on clean energy rallies opposition. <http://treealerts.org/type/alerts/2017/03/trump-attack-on-clean-energy-rallies-opposition/>

《联合国气候变化框架公约》前秘书长 Christiana Figueres 指出，在全球低碳经济转型势头增强的情况下，废除重要的国内减排法规将使美国走向倒退。在清洁可再生电力蓬勃发展带来清洁空气并不断创造大量就业的情况下，要保持化石燃料的竞争力也是违背经济发展规律的。

社会各界普遍认为在全球能源低碳转型的大背景下，特朗普“能源独立”政令将难以扭转清洁能源趋势，并做出如下相关分析：

特朗普宣称新政令可以重振传统的化石能源产业，将会为美国创造出更多的就业机会。然而，根据美国能源部 1 月公布的数据显示，美国可再生能源行业从业人数高达 65 万，是煤炭行业从业人数的 8 倍。此外，美国国务院文件显示，特朗普声称将创造近 3 万就业岗位的 Keystone XL 石油管道建设项目，实际也仅能提供 35 个永久岗位；此外文件还显示，2016 年全球燃煤电厂的淘汰步伐史无前例。专家指出，煤炭市场衰退的主要原因在于市场需求不断下降，放宽能源生产排放限制也不会使煤炭行业复苏。

清洁电力计划将使美国到 2030 年时减少 32% 的温室气体排放，并有效改善空气质量及公共健康。根据美国国家环保局估计，清洁电力计划将可避免每年 3600 例过早死亡。特朗普签发行行政命令当天，加州和纽约州州长随即发布联合声明，宣布了更为严苛的减排计划。两州承诺到 2050 年时，相比于 1990 排放水平减少 80% 温室气体排放。前纽约市市长指出，即使华盛顿不作为，消费者、城市、企业还会继续在公共健康和气候变化方面发挥领导作用。

（郭楷模）

IEA：2016 年全球经济增长 3.1% 碳排放量却连续三年持平

3 月 17 日，国际能源署（IEA）发布最新研究显示，在 2016 年全球经济保持增长情况下，全球能源相关的二氧化碳排放量连续三年持平，表明了碳排放和经济活动的持续脱钩³。这主要得益于可再生能源电力的增长、能源结构转型（从煤炭向天然气的转变）、能效的提高以及全球经济结构的变化。

根据 IEA 的估计，2016 年全球经济增长了 3.1%，而能源相关的全球碳排放量为 321 亿吨，连续三年持平。这主要是由于中国和美国这两个世界上最大的能源消费国家的二氧化碳排放量大幅下降，而欧洲排放量维持稳定，从而抵消了世界上其他地区排放量的增加。其中，美国降幅最大，二氧化碳排放量下降 3%，即减少 1.6 亿吨，而同期经济增长了 1.6%。其下跌原因是页岩革命导致页岩气供应激增，以及人们对环境友好的可再生能源倾向性增强了。2016 年美国碳排放量达到 1992 年以

³ IEA finds CO2 emissions flat for third straight year even as global economy grew in 2016.
<http://www.iea.org/newsroom/news/2017/march/iea-finds-co2-emissions-flat-for-third-straight-year-even-as-global-economy-grew.html>

来的最低水平，但经济在此期间却增加了 80%。

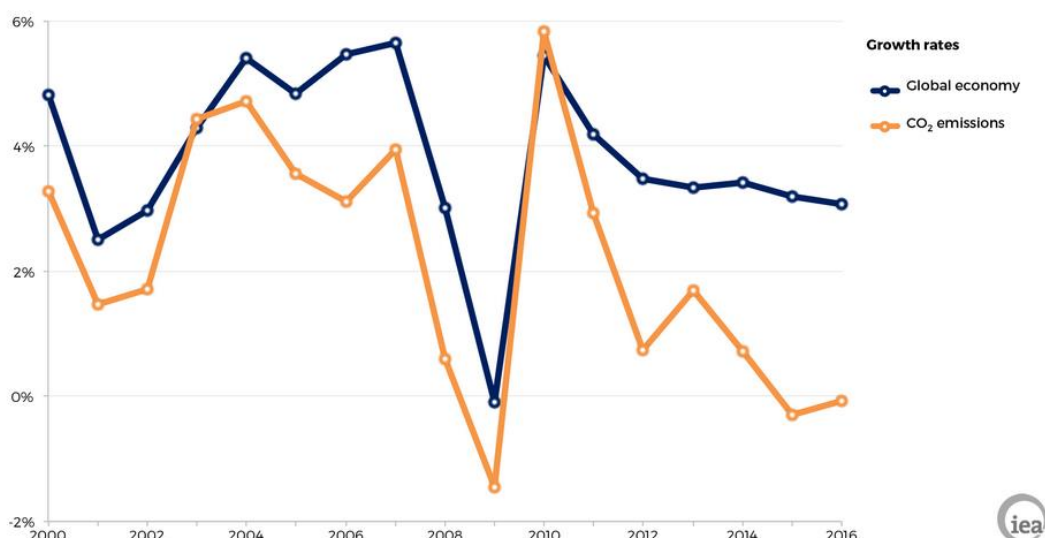


图 1 2000-2016 年全球经济增长和碳排放增长率变化态势

2016 年，可再生能源提供了全球电力需求增量的一半以上，其中水电贡献了其中 50% 的份额。随着中国、美国、韩国、印度、俄罗斯和巴基斯坦陆续推出新建反应堆，全球核电增长率达到了自 1993 年以来的最高水平。2016 年全球煤炭需求下降，其中美国煤炭需求下降了 11%，成为降幅最大的国家，使其天然气发电量首次超越燃煤发电量。

基于适当的政策规划和大量的页岩油气储量，美国天然气产量在未来几年将继续保持强劲增长。这可能产生三个影响：提高美国国内制造业竞争力，通过液化天然气出口向亚洲输送更具竞争力的天然气，以及向欧洲提供天然气供应替代来源。

由于可再生能源、核能和天然气在电力结构中的份额越来越大，工业和建筑行业的“气代煤（天然气替代煤炭）”需求转变，以及中国政府实施的环保政策，2016 年中国煤炭需求进一步下降，碳排放下降了 1%，而经济增长了 6.7%。2016 年，欧洲天然气需求上涨约 8%，煤炭需求下降 10%，排放量保持稳定。在英国，由于其天然气价格走低和碳交易价格制定，电力行业的“气代煤”步伐加速。

IEA 最后总结道，市场力量、技术成本下降、对气候变化和空气污染的关注是引起全球碳排放与经济增长脱钩的主要驱动力。虽然全球碳排放量已经显著下降，应对气候变化也取得了若干成绩，但仅仅这些努力不足以实现 2 摄氏度温控目标。为了充分发挥技术进步和市场力量的潜力，在世界各地建立起统一、透明和可预测的政策是必要的。

（吴勘 郭楷模）

IEA：2050年前全球亟需深度能源转型 以缓解气候变化

3月20日，国际能源署（IEA）和国际可再生能源机构（IRENA）联合发布《能源转型展望：能源低碳转型的投资需求》报告提出⁴，将全球平均温升限制在远低于2°C的水平，以及将年均能源相关投资翻番，不仅需要深度、有速度的能源转型，还需要加大能源相关投资。截止2016年，全球能源相关的二氧化碳排放量已经连续第三年出现停滞状态，这归因于全球能源结构转型，如可再生能源发电增长、从煤炭向天然气转变、能源效率提高以及全球经济结构变化等。为了实现更长期的气候目标，排放量需要在2020年之前达到峰值，至2050年降幅超过目前水平的70%。

报告指出，为了实现全球温升控制在2°C以内，全球能源生产和消费亟需进行深层次转型，报告提出相关建议如下：

1、推进能源转型实现全球温升2°C以内的气候目标，需要对现有政策进行改革、完善碳排放交易制度和持续的技术创新。

至2050年，全球约70%的能源供应总量必须是低碳能源，工业部门的二氧化碳强度将比现有水平下降80%。减排的最大贡献力量来自可再生能源以及能源效率的提高，而其他低碳技术（包括核能、碳捕集与封存）也将发挥重要作用。相比当前电力资源中仅有三分之一为可再生能源，届时接近95%的电力将是低碳的。

2、能源转型将需要大量额外的政策引导。

- 可再生能源将在电力行业发挥主导作用，高比例可再生能源并网技术将成为低成本能源转型的一个关键支柱。
- 电力市场改革对于确保可再生能源份额日益增加的电网灵活性至关重要。
- 通过部署清洁能源技术改善空气质量，以及确保获得现代能源服务的机会仍然是高度优先的。

3、能源供应总投资额不需要上升到超越当前的水平，但终端用能部门需要大量额外的投资。

- 需要适当的政策指引，以确保低碳技术投资力度能够满足全球温升控制在2°C以内的气候目标需求。
- 终端用能部门年均投资需要达到3.5万亿美元，约为目前投资水平的两倍。
- 工业、运输和建筑等终端用能部门面临的挑战更大。在2015年，约有2200亿美元用于更高效的电器、照明、汽车、卡车以及工业电机的研发；到2050年，这一投资额需要增加10倍，包括用于建筑和工业部门的热能生产、电动汽车和卡车等其他领域。为了使能源消费者能够获得更高效技术所带来的较低能耗，需要相关政策以调动更高的前期投资需求。

⁴ PERSPECTIVES FOR THE ENERGY TRANSITION Investment Needs for a Low-Carbon Energy System.
https://www.energiewende2017.com/wp-content/uploads/2017/03/Perspectives-for-the-Energy-Transition_WEB.pdf

4、到 2050 年，化石燃料将占能源需求的 40%，对化石燃料的投资仍有必要。

- 在化石燃料类型中，煤炭的使用量将大幅下降。
- 天然气作为过渡燃料和可再生能源的补充，将替代供暖和运输中的高碳排放燃料，以及继续在能源转型中发挥重要作用以确保电力部门的系统灵活性。
- 石油将会在一定程度上被低碳排放的能源资源所替代，但由于其替代品在石油化工等行业仍具有技术挑战性，因此对石油的投资也尤为重要。
- 可再生能源供应投资将增加 150%，对核电、输电和配电网的投资也将增加，CCS 将在电力和工业部门发挥重要作用。

5、能源领域的巨大转型将需要稳定和长期的价格引导才能具有经济效益，以便及时采用低碳技术并尽可能减少滞留的能源资产。

6、可再生能源和能源效率对于所有国家低碳转型的成功均至关重要，但根据各国能源政策和技术发展优先级的差异，还需要其他低碳技术的辅助。

7、能源领域的转型需要涵盖电力和各终端用能部门。

- 到 2050 年，电动汽车将占客运和货运等公路运输的主要份额。相对于目前的仅 1% 的水平，届时电动汽车占比将达到 70%。
- 可再生能源部署不能局限于电力部门，而要加大在供暖和交通运输领域的部署。
- 优先考虑经济合理、可靠和可持续的生物质能源供应。

8、技术创新是长期可持续能源转型的核心。

- 为技术创新进行短期大量的研发、示范和部署（RDD&D）支出将有助于确保关键技术的运用，并能进一步降低成本。
- 并不是所有减排都可以通过现有的技术来实现。目前市场上尚未提供的其他低碳技术，如电动卡车或蓄电池，将需要作为现有技术方案的补充。
- 技术创新必须辅以政策和法规支持、新的商业模式以及经济合理的融资途径。

9、深度能源转型必须要有公平的竞争环境以及辅助措施来保驾护航。

- 迅速取消化石燃料补贴，提高二氧化碳价格，开展广泛的电力市场改革以整合大量可再生能源，以及严格的低碳和能效改进方案。
- 政策还应充分考虑社会最贫困人群的能源需求，确保目前无法获得能源的数十亿人能够负担得起能源，并通过实际的政策咨询和更多的全球技术合作来促进低碳技术的开发和部署，以更好地支持能源转型。

10、能源转型可以带来重要的共同利益，如空气污染较少，进口国的化石燃料费用减少，家庭能源支出降低等。虽然总体能源投资需求很大，但低碳能源转型相关的投资增量需求却仅占世界国内生产总值的一小部分。

根据 IEA 的统计，与转型相关的额外投资需求将不会超过 2050 年全球 GDP 的

0.3%。而据 IRENA 统计，2050 年所需的额外投资将占全球 GDP 的 0.4%，对就业和经济增长产生积极的影响。

（吴勘 郭楷模）

IRENA：2016 年可再生能源发电新增装机 161GW 创历史新高

3 月 30 日，国际可再生能源机构（IRENA）发布《可再生能源装机容量统计数据 2017》报告⁵指出，2016 年全球可再生能源发电装机容量增长了 161 GW，创历史新高。截至 2016 年底，全球可再生能源装机总量累计超过 2000 GW，达到 2006 GW。

IRENA 统计数据显示，2016 年全球可再生能源发电装机容量增幅达 8.7%，其中太阳能增幅最大，达到 32%，新增装机容量达到创纪录的 71 GW；与此同时，风能同比增长 12%，新增装机 51 GW。这是自 2013 年以来，太阳能新增装机首次超过风能。此外，水电和生物质能新增装机容量分别为 30 GW 和 1 GW。值得注意的是，2016 年是生物质能源有史以来增长最为强劲的一年。同期，地热能新增装机容量不到 1 GW。

2016 年，亚洲地区是可再生能源新增装机容量增速最快的区域，增幅达 13.1%。去年，全球可再生能源新增装机容量 58% 来自亚洲，这使得亚洲地区可再生能源累计装机容量达到了 812 GW，约占全球可再生能源装机总量的 41%。同期，非洲地区新增装机容量 4.1 GW，较 2015 年翻了一番。

截至 2016 年底，离网可再生能源装机容量达到 2800 MW。其中约 40% 来自太阳能，10% 来自水能，其余大部分来自生物质能。据 IRENA 估计，离网可再生能源电力能够为全球约 6000 万户家庭（约 3 亿人口）解决用电匮乏问题。

2016 年主要的可再生能源发电新增装机容量情况如下⁶：

1、水电

2016 年，巴西和中国占水电新增装机容量的一半左右（共计 14.6 GW）。其他水电增长超过 1 GW 的国家还包括：加拿大、厄瓜多尔、埃塞俄比亚和印度。

2、风电

2016 年，中国、美国、德国和印度四个国家为全球贡献了近四分之三的风电新增装机，其中中国新增 19 GW，美国新增 9 GW，德国新增 5 GW，印度新增 4 GW。巴西以 2 GW 新增装机继续保持强劲增长。

3、生物质发电

2016 年，生物质发电新增装机主要来自亚洲地区（+5.9 GW），这使得亚洲（32%）在全球生物质发电装机总量的占比与欧洲（34%）越来越接近。同期，欧洲和南美

⁵ 2016 a Record Year for Renewables, Latest IRENA Data Reveals.

http://www.irena.org/News/Description.aspx?NType=A&mnu=cat&PriMenuID=16&CatID=84&News_ID=1486

⁶ RENEWABLE CAPACITY STATISTICS 2017.

http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2017.pdf

生物质发电新增装机分别为 1.3GW 和 0.9GW。

4、太阳能发电

2016 年，亚洲太阳能发电装机增幅最大，新增 50 GW，累计装机容量达到 139 GW。其中，中国增加 34 GW，约占新增装机容量的一半。其他大幅增长的國家包括：美国 (+11 GW)，日本 (+ 8 GW) 和印度 (+ 4 GW)。欧洲太阳能发电新增装机容量为 5 GW，累计装机容量达到 104 GW，德国和英国占增长的大部分。

5、地热发电

2016 年地热发电新增装机容量 780 MW，增长的主要国家包括肯尼亚 (+ 485 MW)，土耳其 (+150 MW)，印度尼西亚 (+95 MW) 和意大利 (+ 55 MW)。

(吴勘 郭楷模)

中国研究

美智库机构报告纠正西方对中国太阳能产业认识误区

3 月 20 日，斯坦福大学斯泰尔·泰勒能源政策和金融中心发布了由研究人员 Jeffrey Ball、Dan Reicher 等人共同撰写的题为《新太阳能系统：中国太阳能产业发展对美国及全球太阳能产业的影响》分析报告⁷，指出全球能源系统和太阳能产业正在经历深刻变革，这一双重变革将给全球经济带来深远的影响。而中国又处于变革的中心，其太阳能产业在生产研发、产业布局和资金投入等方面都有优势，未来仍可能是全球太阳能产业发展的主动力，其太阳能产业发展走势势必会对全球的太阳能产业产生举足轻重的影响。然而，当前西方国家仍然对中国的太阳能产业存在一些错误认识，如中国太阳能技术缺乏自主创新、中国太阳能市场处于较为封闭状态等。报告针对上述错误认识进行了详细阐述，让西方乃至全球对中国太阳能产业能够有全新的认识。

1、打破对中国太阳能产业认识误区

西方国家对中國太阳能产业一直存在认识误区，主要体现在 5 个方面：

误区一：中国太阳能产业是即将破灭的金融泡沫

事实：实际上，中国的太阳能企业正在改革和优化他们的资本结构，让投资资金变得更加有经济效益。

误区二：中国太阳能产业缺乏自主创新

事实：实际上，中国在太阳能领域开展了众多的创新工作，不仅在传统的太阳能生产制造工艺方面，还包括太阳能技术的基础研发领域。

误区三：全球太阳能产业集中在中国

⁷ The New Solar System China's Evolving Solar Industry And Its Implications for Competitive Solar Power In the United States and the World. <https://www-cdn.law.stanford.edu/wp-content/uploads/2017/03/2017-03-20-Stanford-China-Report.pdf>

事实：实际上，从地理分布上看，由中国企业主导的全球太阳能产业已显示出分散化的初步迹象。

误区四：美国和欧盟针对中国太阳能企业征收的高关税能够限制其太阳能产业的发展

事实：实际上，对中国的太阳能光伏产品征收高关税反而变相刺激了中国太阳能企业不断地探索新的光伏技术，从而推动中国太阳能产业的发展；此外，美国的高关税也促使中国对美国的多晶硅光伏产品征收高关税，也阻碍了美国光伏产品进入中国市场。

误区五：中国的太阳能市场较为封闭

事实：实际上，中国政府希望西方企业积极投资中国太阳能产业，以进一步发展太阳能产业，从而帮助中国实现温室气体减排目标。

2、中国太阳能产业日臻完善

（1）财务状况

在短期内，中国主要的太阳能制造商会受困于其采用的市场战略——积极扩大产能以增加他们的全球市场份额。然而，长期而言其财务状况会得到改善。因为中国的太阳能企业正在改变其市场战略和资本结构，当前中国太阳能企业的兼并和重组正在全面展开，这就就会产生技术、竞争力、企业规模更加强大的太阳能企业。中国太阳能企业的利润率虽然低，但不断在改善。尽管企业债务仍然较高，但其负债率相比 2012 年行业低迷时期已下降很多。

（2）研发技术

西方国家对中国太阳能研发技术一直存在误区，认为中国太阳能产业没有自主创新，而仅仅是依靠进口欧美国家，尤其是德国的先进光伏技术来降低其生产成本。但事实上，中国在太阳能技术研发方面创新显著，这不仅反映在中国的传统强项太阳能生产工艺方面，也日益体现在太阳能基础研究领域。此外，中国政府的“十三五”规划也提出了通过技术“引进”和“自主创新”双管齐下的方式来升级太阳能产业，这对中国太阳能技术的研发创新起到了积极的推动作用。

（3）制造产业

中国是全球太阳能制造第一大国。在 2016 年，中国占据了全球多晶硅产量的 52%，太阳能硅晶片产量的 81%，晶硅太阳能电池产量的 59%，晶硅太阳能电池模块的 70%。相反，美国仅占全球多晶硅产量的 11%，硅晶片产量的 0.1%，晶硅太阳能电池产量的 1%，晶硅太阳能电池模块的 1%。

中国太阳能制造业日趋成熟，体现在几个方面：整个行业分工明确，行业价值链相当完善，从上游到下游全面覆盖；中国太阳能企业正在积极通过生产线的升级改造来扩大产能，而非通过增建产房；中国太阳能企业正在提高出口到国外的光伏

产品价格，以应对美国和欧盟的反倾销高关税。

(4) 部署情况

2010 年底，中国境内的太阳能装机容量仅为 800 MW。而到 2016 年底，装机容量便跃升至 7.6 GW。未来五年，中国将部署更多的太阳能，装机容量将持续增大。在可预见的未来数年内，中国仍将是世界上最大的太阳能市场。中国的“十三五”规划提出了到 2020 年将太阳能装机总容量增加到 110GW 目标。然而目前，中国传统的电力运营商一直对太阳能上网持拒绝态度；此外，光伏产地和用电中心的逆向分布引发太阳能消纳困难，导致了弃光现象。以上问题成为了阻碍中国太阳能进一步扩大部署的关键症结。

3、对美建议

最后，报告针对中国太阳能产业对全球及美国可能产生的影响，为美国政府和各利益相关方提出了三大建议：

- 持续致力于太阳能技术研发创新，进一步降低太阳能发电成本；
- 积极接纳和融入到太阳能产业全球化的进程中；
- 明确太阳能产业资助的优先等级，太阳能基础研发和部署为最优先等级，其次才是太阳能制造技术。

(郭楷模)

项目计划

德国资助 1.3 亿欧元用于交通部门能源转型

2 月 27 日，德国联邦经济事务与能源部（BMWi）发布资助计划，将在未来三年内提供约 1.3 亿欧元的资金用于交通运输部门能源转型⁸，通过积极创新和系统研发项目来鼓励协同合作，使能源部门、交通运输部门和海运业在技术与创新政策方面更为紧密地联系。

该计划重点资助生产和使用低排放的替代燃料，即推进交通运输部门电气化发展，并将最新技术纳入能源领域的研究项目。基于跨部门方案，联邦经济事务与能源部也为在港口区域使用合成燃料和智能微电网的海事系统研究与开发提供资金。电力驱动系统可广泛用于客车、货车、海运船舶、建筑设备或固定式工业发动机。同时，使用低碳低排放燃烧发动机也能够为德国工业带来新的机遇。

(吴勘)

⁸ Green light for the “energy transition in the transport sector” funding initiative.

<http://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2017/20170227-startschuss-fuer-foerderinitiative-energiewende-im-verkehr.html>

DOE 与 NASA 合作推进放射性同位素动力系统研发

2月27日，美国能源部（DOE）与国家航空航天局（NASA）宣布携手开展放射性同位素动力系统研发，确定了将少量新生产的钷氧化物作为热源用于“火星2020”探测任务⁹。该任务将利用放射性同位素动力系统“多任务放射性同位素热电发生器”（MMRTG）获得电力来源。MMRTG将自然衰变的钷-238产生的热量转换成可用于运行航天器及其科学仪器的电力。放射性同位素动力系统可以在太阳光不充裕、被灰尘遮蔽或因距离变暗的情况下完成供电任务驱动太空飞船，以弥补其他电力来源不足的问题。

1960-1980年代，DOE在萨凡纳河场址制造了钷-238，但由于该场址的反应堆已停止运行，无法继续生产钷-238。此后，NASA利用现有的钷-238库存和来自俄罗斯的补充采购，以支持到2020年中期的太空探索任务。2012年，DOE和NASA开始利用橡树岭国家实验室和爱达荷国家实验室现有的研究堆重建钷-238生产能力。2015年下半年，DOE在橡树岭国家实验室首次产出了钷-238，由此转化的钷氧化物作为热源已通过分析验证能够用于太空探索任务，双方已经同意试点示范，其中包括用于“火星2020”探测任务在建的MMRTG将使用一小部分钷氧化物作为新热源。洛斯阿拉莫斯国家实验室将会把新的热源材料与现有库存相结合，为放射性同位素动力系统制造燃料包壳。

虽然新的热源材料只会对“火星2020”任务的MMRTG性能产生名义上的影响，但通过使用这种材料来示范钷-238生产的完整供应链，是重建这一独特能力的重要战略步骤。这次试点示范信息将用于确保DOE能够继续满足NASA太空探索的任务需求。

（吴勘）

TRI 投资 3500 万美元引入人工智能加速先进能源材料研发

3月30日，丰田研究院（TRI）宣布在未来四年内资助3500万美元用于支持与研究机构、大学和企业联合开展“人工智能加速先进能源材料研发”的主题研发项目¹⁰，旨在通过引入人工智能，与先进的计算机材料建模、实验数据库结合，加速先进能源新材料（如蓄电池材料、燃料电池催化剂等）的设计研发，并识别具有应用于未来能源系统潜力的新材料，从而大幅缩减新材料设计开发时间，以推进未来的零排放汽车生产制造，加速实现丰田在2050年之前将新车型CO₂排放量降低90%的愿景。项目初期主要合作伙伴包括密歇根大学、斯坦福大学、麻省理工学院、纽

⁹ A Step Forward in Reestablishing the Radioisotope Power Systems Supply Chain.

<https://www.energy.gov/ne/articles/step-forward-reestablishing-radioisotope-power-systems-supply-chain>

¹⁰ Toyota Research Institute Brings Artificial Intelligence to the Hunt for New Materials. <http://pressroom.toyota.com/releases/tri+artificial+intelligence+new+materials+march30.htm>

约州立大学布法罗分校、康涅狄格大学以及英国 Ilika 材料科技公司，后续还将有新增的合作伙伴加入。本次合作项目将聚焦三大领域：

- 为电化学电池和燃料电池开发新模型和新材料。
- 探索机器学习、人工智能和材料信息学方法的全新用途，用以指导新能源材料的设计和研发。
- 通过整合计算机仿真、机器学习、人工智能和机器人等技术，开发一个全新的新材料自动识别系统。

TRI 是丰田汽车北美公司的全资子公司，成立于 2015 年，旨在完善丰田汽车公司的研究架构，其优先事项包括人工智能和计算机科学、家庭机器人技术和辅助技术以及材料设计与发现。

（郭楷模）

通用日立与 ARC Nuclear 合作推进小型模块化钠冷快堆开发

3 月 13 日，通用日立核能（GEH）公司和先进反应堆概念有限责任公司（ARC Nuclear）签署了一项合作协议¹¹，以推进基于第四代钠冷快中子反应堆技术的先进小型模块化反应堆（aSMR）开发和许可。两家公司同意进行合作，联合设计可在全球应用的 aSMR，并在加拿大率先部署。其将在美国技术许可成功的基础上，通过供应商设计审查流程在加拿大核安全委员会进行初步监管审查。该商业化合作计划还包括确定预计建设和运营成本的短期目标，以及确定铅工厂的所有者和运营商。

GEH 和 ARC Nuclear 各自开发了基于 EBR-II 的先进反应堆设计，EBR-II 是由阿贡国家实验室开发的一体化钠冷快堆，其原型堆在爱达荷州成功运行了 30 多年。GEH 的 PRISM 和 ARC Nuclear 的 ARC-100 这两个反应堆设计专注于不同的目标。ARC-100 是 100 兆瓦级别的 aSMR，旨在实现高效灵活的发电，能够运行长达 20 年且无需加料；相比之下，PRISM 每 12 至 24 个月加一次料，主要关注于通过消耗超铀元素的闭合燃料循环。但两种 aSMR 设计均含有诸如高能中子、液态钠冷却和金属燃料等共同特征，与传统的水冷反应堆相比，具备固有安全性能以及更经济的核电厂架构。

（吴勘 郭楷模）

¹¹ GE Hitachi Nuclear Energy and ARC Nuclear Announce Cooperation to Accelerate Commercialization of Advanced Small Modular Reactor.
<https://www.genewsroom.com/press-releases/ge-hitachi-nuclear-energy-and-arc-nuclear-announce-cooperation-accelerate>

印度资助 81 亿卢比用于扩大太阳能发展规模

2 月 22 日，印度内阁经济委员会宣布资助 81 亿卢比开展太阳能发电园区和超大型太阳能发电建设计划¹²，在全国各地建立至少 50 个发电装机达 500 MW 及以上的太阳能发电园区，旨在将太阳能发电装机容量目标从 20 GW 提高到 40 GW。该计划考虑了印度各州对太阳能发电园区的需求，同时也考虑了在喜马拉雅山区和其他丘陵地区建设较小规模的发电园区。

太阳能发电园区和超大型太阳能发电项目将于 2019-2020 年间建成，运营后每年将生产 640 亿千瓦时电力，在其生命周期内每年将减少约 5500 万吨二氧化碳排放。印度新能源与可再生能源部在 2014 年已实施了太阳能发展计划，提出要建设至少 25 个太阳能发电园区，总装机容量达到 20 GW。截至目前已批准了 34 个园区建设计划，总装机量已满足设定目标。

(吴勘 郭楷模)

前沿与装备

新型电解质添加剂增强锂金属电池循环寿命和充电效率

金属锂电极的理论比容量高达 3860mAh g^{-1} ，且氧化还原电势低（为 -3.04V 相对标准氢电极），是一种十分理想的锂离子电池负极材料。然而，金属锂负极在充放电循环过程中会在表面析出锂枝晶，刺穿隔膜导致电池短路失效，这一缺陷成为了锂金属电池商业化应用的一大阻碍。西北太平洋国家实验室 Wu Xu 教授课题组通过对电解质进行微量添加剂的修饰，形成了稳定的 SEI 膜有效地抑制了锂枝晶的形成，改善了电极/电解液固液界面的稳定性，增强了电池的循环稳定性和倍率性能，为设计和开发高性能电解质提供了新思路。研究人员向双三氟甲基磺酰亚胺锂-双草酸硼酸锂/碳酸溶剂构成的双盐电解质 (LiTFSI-LiBOB) 中添加少量的化学添加剂六氟磷酸锂 (LiPF_6)，制备出了全新复合双盐电解质 $\text{LiTFSI-LiBOB+LiPF}_6$ ，与锂金属负极和锂镍锰钴氧 (LNMC) 正极组装成完整的电池。在 30°C 、 1.75mA cm^{-2} 充放电电流下对电池进行循环性能测试，结果显示无 LiPF_6 添加剂的双盐电解质 LiTFSI-LiBOB 电池经过 450 次的循环后，电池容量便出现大幅衰减，容量保持率仅为 74.5%；相反，基于 $\text{LiTFSI-LiBOB+LiPF}_6$ 电解质的电池循环性能大幅增强，500 次循环后电池放电比容量仍然高达 140mAh g^{-1} ，容量保持率高达 97.1%。随后研究

¹² Cabinet approves enhancement of capacity from 20,000 MW to 40,000 MW of the Scheme for Development of Solar Parks and Ultra Mega Solar Power Projects. <http://pib.nic.in/newsite/pmreleases.aspx?mincode=28>

人员将充放电电流提高至 3.5 mA cm^{-2} ，研究结果显示无添加剂的 LiTFSI-LiBOB 电池经过 92 次循环后电池性能便大幅衰退，而 LiTFSI-LiBOB+LiPF₆ 电解质的电池循环寿命可达 200 多次，表现出优秀的倍率性能（即具备快速充电的能力）。研究人员进一步研究了工作温度对电池性能的影响，将电池工作温度从 30°C 提高到 60°C，LiTFSI-LiBOB 电解质电池循环寿命仅为 213 次，而 LiTFSI-LiBOB+LiPF₆ 电解质的电池经过 400 次循环后，放电比容量仍维持初始值的 90%，达到 147 mAh g^{-1} ，具备了较宽的工作温度区间。研究人员指出，电池充电性能和循环稳定性大幅增强主要是得益于引入 LiPF₆，使得在锂金属表面形成了稳定的、高导电性的固体电解质界面膜（SEI）抑制了锂枝晶，提高了电极/电解液固液界面的稳定性。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》¹³。

（郭楷模）

科学家开发新型限硫法增强锂硫电池循环寿命

锂硫电池以硫为正极活性物质，基于硫与锂之间的可逆电化学反应来实现能量储存和释放，其理论比能量可达 2600 Wh kg^{-1} ，是商用锂离子电池的 3-5 倍，有望作为动力电池应用于便携式电子产品、电动汽车等领域。特拉华大学 Bingqing Wei 教授课题组牵头的国际联合研究团队首次利用铁电材料的内建电场来束缚多硫聚合物，以抑制多硫聚合物溶解引起的穿梭效应，增强了电池的电化学性能。研究人员首先通过水热法制备了钛酸钡（BTO）铁电纳米颗粒，扫描电镜和透射电镜表征结果显示 BTO 纳米颗粒呈立方形貌，平均粒径为 100nm。随后将 BTO 纳米颗粒与硫纳米颗粒负载的空心碳球复合材料（C/S）混合形成复合电极 C/S+BTO，作为正极应用于锂硫电池。为了对比，研究人员还制备了无 BTO 添加的 C/S 正极。充放电循环测试结果显示，在 0.2C 倍率下，采用 C/S+BTO 正极电池首次循环的放电比容量为 1143 mAh g^{-1} ，100 次循环后的放电比容量稳定在了 835 mAh g^{-1} ；相反，无 BTO 添加的 C/S 正极电池经过 100 次循环后，其放电比容量大幅衰减至 407 mAh g^{-1} ，表明了加入具有“自发极化”的铁电 BTO 颗粒能够有效地抑制穿梭效应，增强电池循环稳定性。研究人员进一步研究了 BTO 纳米颗粒对电池的倍率性能。在 0.5C、1C、2C 和 5C 的倍率下，C/S 正极电池的放电比容量分别为 545、457、382 和 286 mAh g^{-1} ，而基于 C/S+BTO 正极电池其放电比容量依次为 793、701、622 和 438 mAh g^{-1} ，全部高于前者，表明了 BTO 的引入还能增强锂硫电池的倍率性能。研究人员指出，电池性能增强的主要原因是 BTO 铁电材料自发极化产生的内建电场将极性的多硫聚合物有效地吸附束缚。该项研究开发了一种抑制多硫聚合物穿梭效应的新方法，从而

¹³ Jianming Zheng, Mark H Engelhard, Donghai Mei, et al. Electrolyte additive enabled fast charging and stable cycling lithium metal batteries. *Nature Energy*, 2017; 2 (3): 17012.

大幅提升了电池的循环寿命，推动锂硫电池在电网规模储能领域的应用。相关研究成果发表在《*Advanced Materials*》¹⁴。

(郭楷模)

新型双钙钛矿纳米纤维催化剂大幅提升析氧反应速率

电催化析氧反应 (OER) 是电解水和金属-空气电池中的重要反应，然而传统高效 OER 催化剂主要为价格高昂的贵金属氧化物，不利于商业化推广，因此开发廉价高效的 OER 催化剂对推动氢燃料电池和金属-空气电池商业化发展意义重大。佐治亚理工学院 Meilin Liu 教授课题组利用掺杂和纳米工程技术，对锶钡钴氧 (PrBaCo₂O_{5+δ}, PBC) 钙钛矿催化剂的 A、B 位进行锶 (Sr) 和铁 (Fe) 元素原位替代共掺，制备了全新锶钡锶钴铁氧双钙钛矿 (PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+δ}, PBSCF) 纳米催化剂粉末，透射电镜显示颗粒平均尺寸在 0.4 微米到 2 微米之间，由于与 Pr 和 Ba 原子半径不同，Sr 和 Fe 的共掺杂改变了钙钛矿催化剂的晶体结构，增强了催化剂的电化学性能，从而将催化剂的 OER 催化活性提升了 4.7 倍，密度泛函理论 (DFT) 计算的结果也证实了实验结果。随后，研究人员利用静电纺丝技术，并结合退火处理，制备了一维纤维状结构的 PBSCF 催化剂，通过调控制备工艺获得了直径分别为 196 nm、83 nm 和 20 nm 三种不同尺寸的 PBSCF 催化剂纳米纤维。电催化活性研究发现，得益于纳米尺度的缩减，PBSCF 的比表面积增大，以及材料表面部分还原致使 e_g 电子 (3d 轨道) 占据情况发生变化，催化剂的催化活性得到进一步增强，其中又以 20 nm 直径 PBSCF 纳米纤维催化性能最佳，相比粉末 PBSCF 又提升了 20 倍。并且在 0.37V 的过电位下，PBSCF 纳米纤维 OER 单位质量催化活性比无掺杂的 PBC 钙钛矿粉末催化剂提高了 71 倍，也比商用的氧化铱 (IrO_x) 催化剂高出一个数量级 (约 2.5 倍)，是迄今为止文献报道的 OER 催化性能最佳的钙钛矿催化剂。更为关键的是，该 PBSCF 还具有优异的 OER 催化稳定性。该项研究采用全新的共掺杂和纳米技术，通过合成工艺的调控制备出了全新高效廉价的双钙钛矿催化剂，显著提高了 OER 催化活性，可以加速水分解和金属空气电池中的电化学反应，而且其还具备较好催化稳定性，为探索和开发更好的 OER 催化剂提供了全新的思路。该新型催化剂有望加速燃料电池、金属-空气电池等能量转换和储存设备的商业化应用进程。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》¹⁵。

(郭楷模)

¹⁴ Keyu Xie, You You, Kai Yuan, et al. Ferroelectric-Enhanced Polysulfide Trapping for Lithium-Sulfur Battery Improvement. *Advanced Materials*, 2017; 29 (6): 1604724 DOI: 10.1002/adma.201604724

¹⁵ Bote Zhao, Lei Zhang, Dongxing Zhen, et al. A tailored double perovskite nanofiber catalyst enables ultrafast oxygen evolution. *Nature Communications*, 2017; 8: 14586 DOI: 10.1038/ncomms14586

剑桥大学基于光催化开发全新低成本生物质制氢技术

传统生物质制氢主要通过高温气化（一般为 750℃ 以上）的方法，并且反应过程还会产生一氧化碳、二氧化碳以及甲烷等副产物，制备条件苛刻，能耗和成本较高，而效果有限，阻碍了生物质制氢技术的商业化推广应用。剑桥大学研究人员基于光催化反应，在室温条件下成功实现生物质到氢能及有机化学品的转化，为制备清洁的氢燃料创造了全新技术路径。研究人员首先制备了硫化镉（CdS）量子点催化纳米颗粒，透射电镜表征显示 CdS 量子点的平均粒径为 5nm；随后将其分散到 10 mol 的氢氧化钾（KOH）溶液中，原位的 X 射线光电子能谱显示 CdS 量子点表面形成了一层极薄的 CdO_x 壳层，即在碱性溶液中 CdS 转变成了 CdS/CdO_x 核壳纳米颗粒，而 CdO_x 壳层能够抑制非辐射的电子空穴复合，有助于提高 CdS 催化活性。此外，碱性溶液有助于提高纤维素等生物质的溶解度。因此，研究人员将纤维素（反应基）、CdS 量子点一并溶解到 10 mol 的 KOH 溶液中，用可见光照射混合液，在 25℃ 的室温下，CdS/CdO_x 催化纳米颗粒在光驱动下成功实现了生物质到氢气的催化转化，并且在此条件下可以实现连续 6 天的稳定产氢，产氢效率达到 600 mmolH₂ g_{Ca}⁻¹，表现出优秀的催化稳定性。产物的核磁共振碳谱（C-NMR）解析结果显示，气体产物中无一氧化碳副产品而只有氢气。随后研究人员将纤维素反应原料替换成其他的一系列的木质素（甘蔗渣、木屑和树叶）反应原料，同样可以实现产氢，表明了该光催化转换制氢方法具有良好的普适性。该项研究开发了一种全新的光催化转化制氢方法，能在室温、无预处理的情况下，实现生物质到氢能的高效转化，大幅降低了制氢成本和工艺难度，为低成本量产氢气提供了全新技术路径，对氢能的商业化应用具有重大的推动作用。相关的研究成果发表在《*Nature Energy*》¹⁶。

（郭楷模）

¹⁶ David W Wakerley, Moritz F Kuehnel, Katherine L Orchard, et al. Solar-driven reforming of lignocellulose to H₂ with a CdS/CdO_x photocatalyst. *Nature Energy*, 2017; 2: 17021.

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

