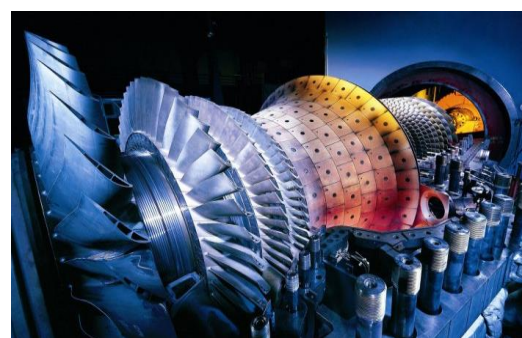


# 先进能源科技动态监测快报



## 本期重点

- 国际能源署发布首份海上能源展望报告
- IRENA：2017 年全球可再生能源行业从业人员首破千万大关
- DOE 资助 7800 万美元支持生物质能研究
- 美科学家最新研究显示调控外应力可以改变催化剂性能

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



**中国科学院武汉文献情报中心**  
Wuhan Library, Chinese Academy of Sciences  
**湖北省科学图书馆**  
Hubei Sciences Library



**《先进能源科技动态监测快报》**

中国科学院武汉文献情报中心

湖北省武汉市武昌区小洪山西 25 号 (430071)

网址:

<http://www.whlib.ac.cn>

联系人:

赵晏强

[zhaoyq@whlib.ac.cn](mailto:zhaoyq@whlib.ac.cn)

郭楷模

[guokm@whlib.ac.cn](mailto:guokm@whlib.ac.cn)

电话:

027-87197630



先进能源情报网

<http://energy.whlib.ac.cn>



先进能源科技战略情报研究中心  
微信公众号



先进能源情报网微信公众号

**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 武汉岩土力学研究所 武汉物理与数学研究所 苏州纳米技术与纳米仿生研究所 福建物质结构研究所

## 目录

### 决策参考

- 国际能源署发布首份海上能源展望报告 .....2  
IRENA: 2017年全球可再生能源行业从业人员首破千万大关 .....5

### 项目计划

- DOE 资助 7800 万美元支持生物质能研究 .....7  
DOE 资助 1450 万美元加速推进地热钻探技术研发 .....8  
DOE 资助 3900 万美元支持氢能和燃料电池技术研发 .....9

### 前沿与装备

- 铜铬氧化物无机空穴材料改善钙钛矿电池光稳定性 .....10  
高浓度锌离子水系电解质增强锌离子电池循环寿命 .....11  
局域高浓度电解液有效增加锂金属电池性能 .....12  
美科学家最新研究显示调控外应力可以改变催化剂性能 .....12

## 本期概要

**国际能源署（IEA）发布了旗下首份《海洋能源展望》报告指出，海洋能源正逐步发展成为全球能源系统中极为重要的能源资源：**一方面海洋能源是全球石油和天然气供应链的重要组成部分，全球石油和天然气有四分之一是在海上生产的，新政策情景显示，到 2040 年海上石油产量预计会从当前的 2700 万桶/日小幅增长至 2740 万桶/日，海上天然气产量将大幅增长至 17 万亿立方米，届时其在全球天然气总产量中的占比将超过 30%；另一方面，海洋还是重要的可再生能源资源来源，海上风力发电量到 2040 年预计增加 10 倍以上，即从当前的 45 TWh 增长至 583 TWh。到 2040 年，新政策情景中全球海洋能源累计投资将达到 5.9 万亿美元，同期可持续发展情景中全球海洋能源累计投资将达到 4.6 万亿美元。

**国际可再生能源机构（IRENA）发布《可再生能源行业就业现状 2018》报告显示：**2017 年全球可再生能源行业（包括大水电）从业人员数量首次突破 1000 万大关达到 1030 万人，同比增长 5.3%。全球可再生能源行业重心持续东移至亚洲，全球超 6 成的从业人员集中在该地区，其中仅中国就有 388 万人（不包括大水电）从事可再生能源行业，占全球该行业从业人员的近 38%。从地域来看，中国（388 万人）、巴西（89 万人）、美国（78 万人）、印度（43 万人）、德国（33 万人）和日本（28 万人）依旧是可再生能源行业从业人员最多的国家，合计创造的就业岗位数占全球 70%。从技术领域来看，太阳能光伏、生物燃料和风电行业、的从业人员处于领先地位。截止 2017 年底，全球范围内光伏行业从业人员达到 340 万人，生物燃料行业从业人员近 193 万人；风电行业从业人员达到约 115 万人。

**美国能源部（DOE）宣布资助 7800 万美元用于支持先进生物质能源技术研发项目，涵盖四大主题，包括：**（1）生物质能源和生物产品工程技术；（2）藻类生物燃料和生物制品；（3）先进生物燃料制备工艺和生物质发电技术；（4）可负担和可持续的能源作物；旨在使包括藻类、非粮能源作物（如玉米、甘蔗等）和各种废弃物（如植物秸秆、稻壳等）生物质在内的各类生物质能资源更有效地转化为经济实惠的生物燃料、及生物质电力和生物制品。

**美国能源部（DOE）宣布资助 1450 万美元用于支持先进地热钻井技术的研发项目，涉及三个主题，包括：**缩减非钻井时间、新型地热钻井技术开发和加快技术成果转化，以提升地热钻井技术水平，降低地热钻井过程中的风险和成本，提升地热资源开发利用效率。

**美国能源部（DOE）宣布资助 3900 万美元支持先进氢能和燃料电池技术的研发创新项目，涉及三大主题：包括电催化剂、氢能商业化开发应用和新型隔膜和液体燃料电池，旨在加快新材料、新技术的突破，降低氢能和燃料电池成本，加快氢能和燃料电池的商业化部署进程。**

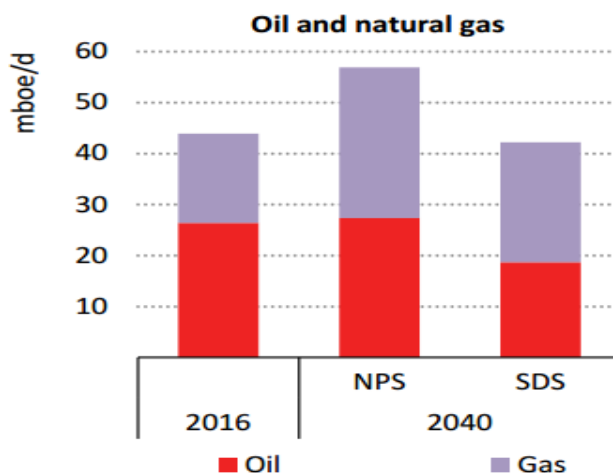
**布朗大学的 Peterson 教授带领的研究小组开发了一种基于力学的特征应力模型来系统研究应力对吸附物-催化剂结合的影响，结果显示：**外应力对催化剂的影响取决于反应物的内应力，即与催化剂表面结合的反应物分子会倾向于吸引或排斥催化剂晶格中的原子，这取决于反应物分子的特征和结合位点，该理论框架为设计开发高性能的催化剂积累了重要的科学理论参考。

# 国际能源署发布首份海上能源展望报告

5月初，国际能源署（IEA）发布了旗下首份《海洋能源展望》报告<sup>1</sup>指出，浩瀚的海洋蕴含着巨大能源资源，一方面海洋能源是全球石油和天然气供应链的重要组成部分，全球石油和天然气有四分之一是在海上生产的，主要集中在中东、欧洲北海、巴西、墨西哥湾和里海。尽管自2000年以来海上石油产量一直保持相对稳定，但同期海上天然气产量增长了50%以上；另一方面，海洋还是重要的可再生能源资源来源，如海上风电的快速发展，尤其是欧洲北海地区发展迅猛。由上可知，海洋能源在全球能源结构中所扮演的“角色”越来越重要。报告从能源市场、政策、技术和环境多个因素综合分析了海洋能的发展前景，主要内容如下：

## 1、海洋能源强势崛起

无论是新政策情景还是可持续发展情景，到2040年全球海洋能源开发项目预计均将大幅增加。新政策情景显示，到2040年海上石油产量预计会从当前的2700万桶/日小幅增长至2740万桶/日，但海上天然气产量将大幅增长至17万亿立方米，届时其在全球天然气总产量中的占比将超过30%。在专属政策扶持下，海上风力发电量到2040年预计增加10倍以上，即从当前的45 TWh增长至583 TWh。在可持续发展情景中，由于受到气候和可再生能源政策影响，海上石油产量预计小幅下降，海上天然气产量则小幅增长，相反海上风电将获得快速发展，到2040年全球海上风力发电量将增长至1217 TWh，届时其在全球发电量中的占比将提高数十倍，从当前的0.2%提升至4%。到2040年，新政策情景中全球海洋能源累计投资将达到5.9万亿美元，同期可持续发展情景中全球海洋能源累计投资将达到4.6万亿美元。由上可知，海洋能源正逐步发展成为全球能源系统中极为重要的能源资源。



<sup>1</sup> Offshore Energy Outlook.

[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017Special\\_Report\\_OffshoreEnergyOutlook.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017Special_Report_OffshoreEnergyOutlook.pdf)

图 1 不同情景中 2016-2040 年全球海上石油和天然气产量变化态势（单位：百万桶油当量）

## 2、海洋能源成本逐步下滑

近年来，受到页岩气革命带来的能源低价影响，众多海上油气开发商通过技术、运营模式等多方面创新实现了海上油气项目成本的下降。在 2014 年以前，挪威近海和美国墨西哥湾的海上石油盈亏成本价格要达到 60-80 美元/桶，然而现在的价格已经下探至 25-40 美元/桶。同样的情况出现在了海上风电领域，随着技术进步（更先进的涡轮机、转子、更大尺寸更轻量化叶片等）、运维成本的下降，海上风电平准化成本（LCOE）已从 2010 年的 200 美元/MWh 下降到了 187 美元/MWh。新政策情景显示，到 2025 年海上风电的 LCOE 预计将在现有的价格水平上再降三分之一，到 2040 年预计下降超过一半。

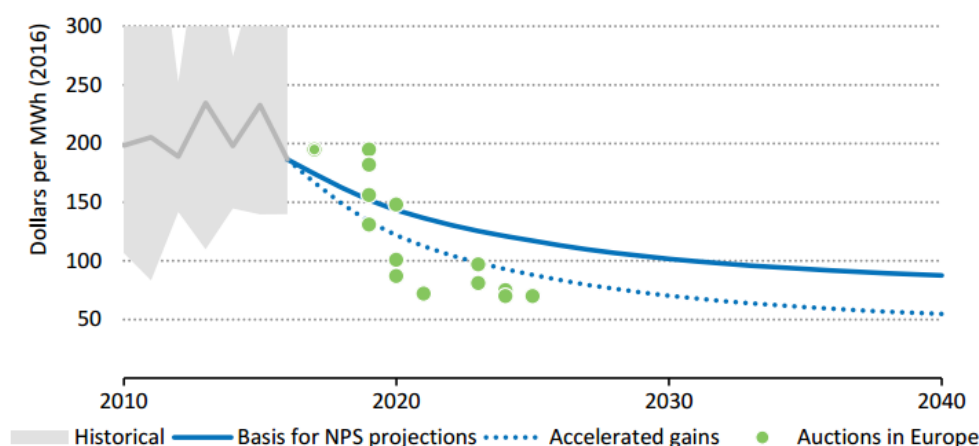


图 2 2010-2040 年海上风电 LCOE 变化态势（单位：美元/MWh）

## 3、海上能源项目将迎来一波退役挑战

海上能源开发活动不仅限于新建项目的投资，还涉及到旧能源开发平台设施退役问题（如海上石油钻井平台寿命到期），而这将成为未来海上能源开发面临的重大挑战。报告预计从现在到 2040 年，将有 2500-3000 个海上能源项目平台设施将要退役，因为它们将逐步达到其使用寿命期限。此外，正在退役的项目平台设施类型也将发生变化：迄今为止大部分海上项目设施平台是位于海洋浅水域的钢铁架构平台，但随着深海能源开发，未来还需要拆除深层水域中更复杂的平台结构。以欧洲北海为例，到 2050 年该地区将有 500 个海上平台和大约 5000 个钻井，以及为数众多的海底管道将逐步退役，初步估算处理上述平台基础设施退役的费用将达到 1000 亿美元。通常情况下，直接拆除海上平台相关基础设施是最大限度减少环境和安全风险的最佳途径，但在某些情况下可能会对设施平台重复使用或回收他用，这样有助于减少退役处理成本。例如，墨西哥湾有超过 500 个平台已经转化为永久人造礁石，成为人造的海洋生物栖息地。但需要指出的是上述处理方案并非适用于所有平台设施。

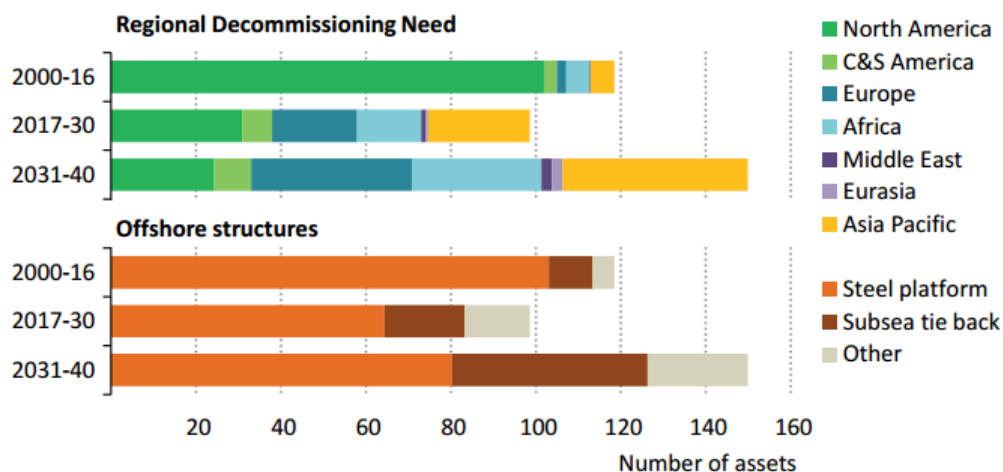


图 3 不同地区在 2000-2016、2017-2030、2031-2040 三个时间段内平均每年退役的海上能源开发平台数量

#### 4、海上风电产业不断壮大

得益于专属政策支持、技术进步和供应链的完善，海上风电逐渐成为可再生能源发电的一个重要的选择。与陆上风电相比，其在规模和高度方面的限制更少，因此近年来海上风电投资大幅增加。商用风力涡轮机的高度已经从 2010 年刚刚超过 100 米（3 MW）增加到 2016 年超过 200 米（8 MW），目前还在开发 260 米高的 12 MW 风力涡轮机。此外，风机装置也从浅水区逐步移向深水区，从而获得更加优质的风力资源。这些性能的改善有助于降低海上风力发电成本，从而提升海上风电的价格竞争力。2017-2040 年，新政策情景中全球海上风电累计投资将达到 5300 亿美元，而在可持续发展情景中累计投资额更是高达近万亿美元。在此期间，欧洲仍将是全球最大的海上风电投资市场，累计投资金额将达到 3300 亿美元（无论何种情景）；中国则是第二大风电投资市场，新政策情景中累计投资将达到 1100 亿美元，可持续发展情景则增长至 2600 亿美元。

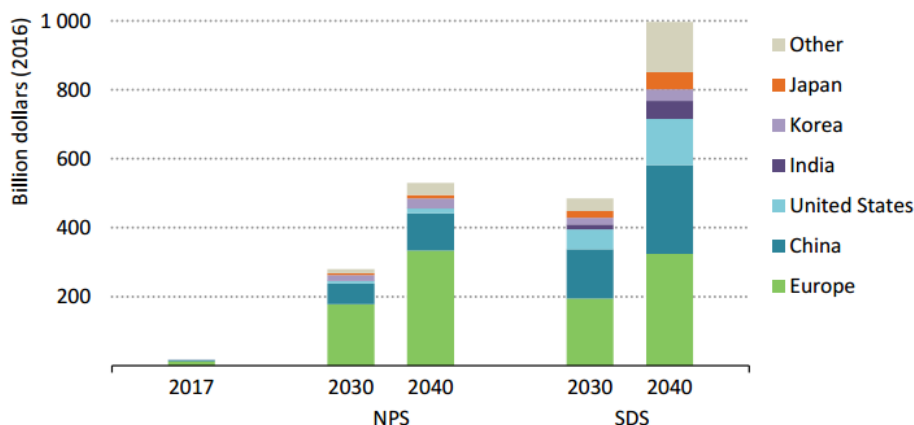


图 4 不同地区在不同情景下海上风电投资变化态势（单位：十亿美元）

报告最后总结道，海上风电产业不断成熟完善，使其与海上油气行业具备了潜在的协同效应；通过整合海上风电和油气行业，有助于降低成本、改善环境和提升

基础设施利用率，从而提升收益。海上风电和油气行业之间的协同耦合关系主要体现在三个方面：

- 海洋油气开发的相关部分知识、工具、供应链服务和设施平台可以拓展延用到海上风电项目领域。

- 可以利用海上风电为靠近风电场的海上石油和天然气开发生产平台供电，从而减少生产平台发电机对柴油或燃气消耗，以减少二氧化碳和空气污染物的排放。

- 在现有海上油气平台基础设施达到其运营寿命时，可以寻找新的用途以进行重新再利用，如运营寿命到期的平台可改造成海上风电场维护基地，利用风电进行电解水制氢气或氨，或利用碳捕集技术将二氧化碳注入到废弃油田中进行存储。

(郭楷模)

## IRENA：2017 年全球可再生能源行业从业人员首破千万大关

5月初，国际可再生能源机构（IRENA）发布《可再生能源行业就业现状 2018》<sup>2</sup>报告指出，得益于成本下滑和政策扶持，2017 年全球可再生能源行业（包括大水电）从业人员新增 50 多万人，使得这一领域累计创造的就业人数首次突破 1000 万大关达到 1030 万人，较 2016 年增长 5.3%。全球可再生能源行业重心持续东移至亚洲，全球超 6 成的从业人员集中在该地区；其中，仅中国就有 388 万人（不包括大水电）从事可再生能源行业，占全球该行业从业人员总数的近 38%。

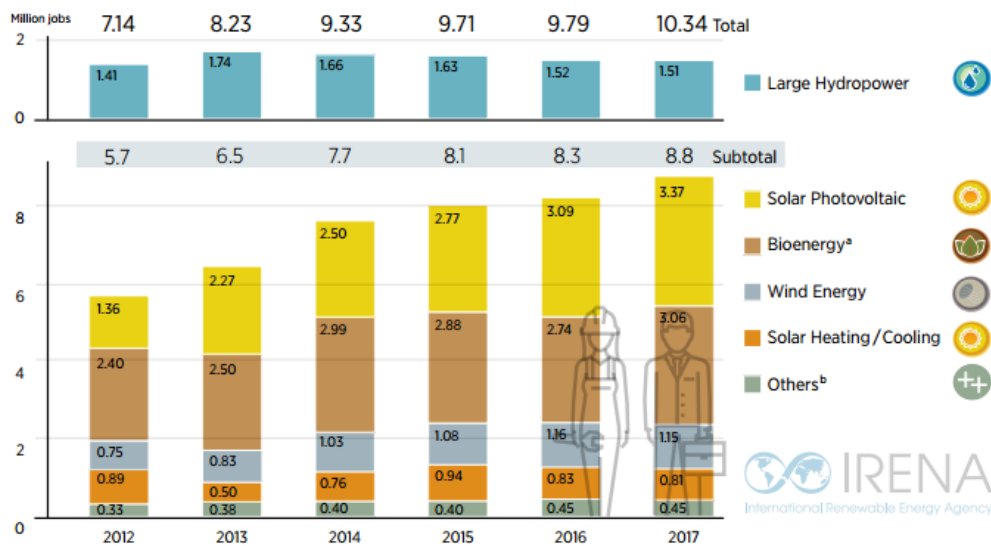


图 1 2012-2017 年可再生能源行业就业人员数量变化情况（单位：百万人）

从地域来看，中国（388 万人）、巴西（89 万人）、美国（78 万人）、印度（43 万人）、德国（33 万人）和日本（28 万人）依旧是可再生能源行业从业人员最多的

<sup>2</sup> Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2018.

<http://irena.org/publications/2018/May/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2018>



国家，合计创造的就业岗位数占全球 70%。尽管越来越多的国家开始加入到可再生能源行业当中，但大部分就业人员仍旧集中在少数的亚洲国家，2017 年全球有 60% 的可再生能源相关工作集中在该地区（图 2），尤其是安装与制造方面的工作。受益于光伏发电行业从业人员的大幅增加，2017 年中国可再生能源行业的从业人数同比增长 5%，保持了全球可再生能源第一就业大国地位。受到液体燃料和大型水电行业蓬勃发展的驱动，巴西可再生能源行业就业人数小幅增长 2%。美国可再生能源从业人员小幅增加了 1%，是风能快速发展的结果。得益于生物质发电和风力电行业一片欣欣向荣，欧盟范围内可再生能源从业人员从 2016 年的 119 万人增加到了 2017 年的近 127 万，其中德国以 33 万就业岗位成为欧盟可再生能源从业人员最多的国家，英国和法国分别以 11 万和 10 万位列二三位。受到上网电价补贴取消和土地缺乏的影响，日本光伏行业遭遇了滑铁卢，从业人员大幅下滑 10%，受此影响整个可再生能源产业的从业人员减少约 3 万人。

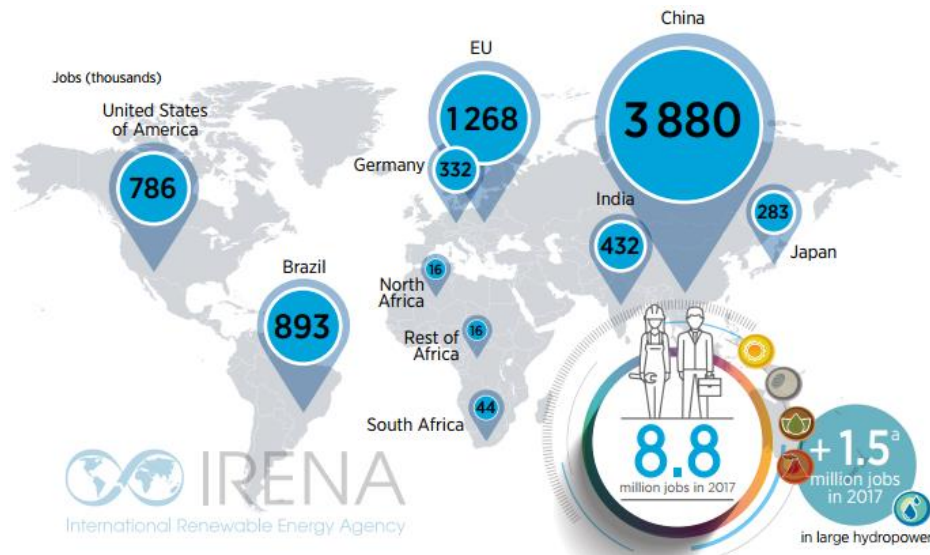


图 2 2017 年全球各地区可再生能源行业（不包括大水电）从业人员

从技术领域来看，2017 年太阳能光伏产业依然是可再生能源产业最大的就业领域，其在制造、安装、维护及运营等方面共创造了近 340 万个就业岗位，同比增长 8.7%。其中中国光伏行业就业人员数量增加 13% 至 220 万人，占全球光伏行业就业人员总量的近三分之二，是全球第一大光伏就业市场。美国和日本就业人数均出现下滑情况，但即便如此，两国依旧是继中国之后的第二、第三大光伏就业市场。印度就业人数出现强劲增长，是光伏装机大幅增长的结果。而欧盟则继续呈现下滑态势，主要原因是欧盟新增光伏装机有限。2017 年风电行业从业人员数量较去年小幅下降 0.6% 至 115 万人，与光伏产业类似，大部分就业人数都集中在少数的几个国家。其中仅中国风电就业人员数量就占到全球风能就业总量的 44%，其次是欧洲和北美，分别占 30% 和 10%。生物燃料行业从业人员总数较去年增长了 12%，达 193 万人，

大部分的工作集中在农作物原料供应链领域（生物质原料种植和收集）。拉丁美洲是生物燃料就业人数最多的地区，占全球生物燃料行业就业总人数的近 50%，其次是东南亚（21%）、北美（16%）和欧洲（10%）。水力发电行业就业人数为 179 万人，其中小型水电从业人员 29 万人，大型水电 150 万人。大型水电行业就业人员数量较 2016 年下降 10%，主要原因是中国和巴西水电装机低于预期。尽管装机少于预期，但中国依旧是全球大型水电就业人数最多的国家，占全球大型水电就业人数总量的 21%，其次是印度（19%）、巴西（12%）、俄罗斯（4%）和巴基斯坦（4%）。

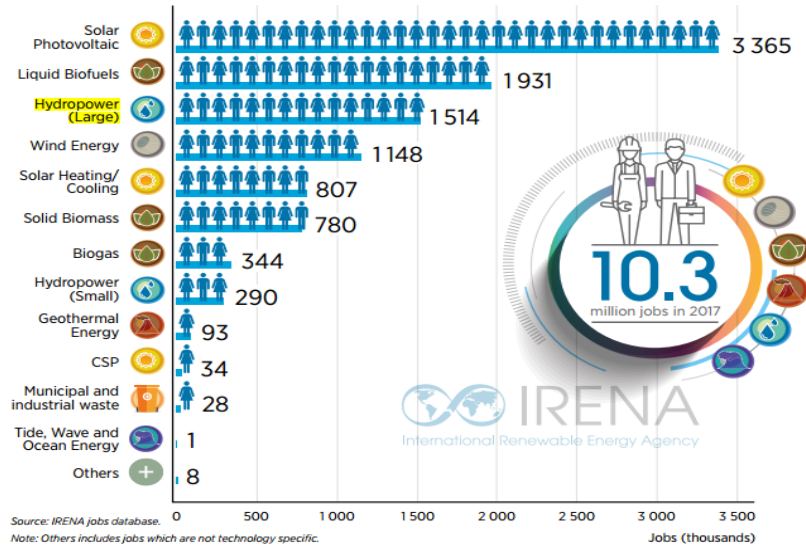


图 3 2017 年全球可再生能源不同行业从业人员情况

（郭楷模）

## 项目计划

### DOE 资助 7800 万美元支持生物质能研究

5 月初，美国能源部（DOE）宣布资助 7800 万美元用于支持先进生物质能源技术研发项目<sup>3</sup>，旨在使包括藻类、非粮能源作物（如玉米、甘蔗等）和各种废弃物（如植物秸秆、稻壳等）生物质在内的各类生物质能资源更有效地转化为经济实惠的生物燃料、及生物质电力和生物制品研发项目的伟大意义写简略一些。本次资助的项目涵盖四大主题，具体内容如下：

**（1）生物质能源和生物产品工程技术（资助金额 2800 万美元）：**旨在开发高效的生物质转化工艺，以降低生物燃料和生物基制品生产成本，提高经济性。包括以下几项研究内容：

- 用于热化学处理的新型催化剂

<sup>3</sup>Secretary Perry Announces Up to \$78 Million for Bioenergy Research Funding Opportunities.  
<https://www.energy.gov/articles/secretary-perry-announces-78-million-bioenergy-research-funding-opportunities>

- 用于提高转换效率的生物学新方法
- 开发性能优于传统材料（如塑料、聚合物等）的新型生物基产品
- 将有机废物转化为生物燃料、生物制品和生物药品
- 将二氧化碳（CO<sub>2</sub>）转化成燃料和其他化学品
- 分解木质素和合成更高价值生物燃料和生物制品的新工艺

**（2）藻类生物燃料和生物制品（资助金额 1500 万美元）：**旨在提高藻类生物燃料和生物制品的成本竞争力。包括两个主题领域：

- 通过提高废物二氧化碳排放的吸收和转化，例如发电厂或工业设施的排放，以提高藻类生产力。

- 开发新的、可负担得起的技术，直接从空气中捕获 CO<sub>2</sub>，以增强藻类的生长。

**（3）先进生物燃料制备工艺和生物质发电技术（资助金额 2000 万美元）：**将支持早期研究，以开发综合工艺，包括：

- 生产具有成本竞争力的完全替代型生物燃料，包括可再生航空燃料和可再生柴油

- 将城市固体废物和生物固体转化为生物能源的过程

**（4）可负担和可持续的能源作物（资助金额 1500 万美元）：**将支持生产可负担、可持续且可用作生物燃料和生物制品的生产原料的早期研究与开发。包括三个主题：

- 对新能源作物品种进行小规模现场测试
- 测量与传统种植和牧场系统相关的作物生长表现以及环境影响
- 开发具有成本效益的种植、收获、收集以及储存生物质的方法

（吴勘 郭楷模）

## DOE 资助 1450 万美元加速推进地热钻探技术研发

4 月 23 日，美国能源部（DOE）宣布资助 1450 万美元用于支持先进地热钻井技术的开发项目<sup>4</sup>，旨在提升地热钻井技术水平，降低地热钻井过程中的风险和成本，提升地热资源开发利用效率。本次资助主要关注三大主题领域，具体内容如下：

### 1、缩减非钻井时间

借助人工智能和大数据对地热钻井全过程进行实时的监控和数据分析，以实现钻井自动化，同时开发双径套管一次性固井技术，以减少井漏、卡钻、填砾堵塞等事故的发生，以减少非钻井作业时间的延误，提升钻井效率。单个项目资助额在 100~200 万美元之间，项目周期最长不得超过 24 个月。

### 2、新型地热钻井技术开发

<sup>4</sup> Department of Energy Announces \$14.5 Million to Advance Geothermal Drilling Technologies.  
<https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-145-million-advance-geothermal-drilling-technologies>

开发新型钻井材料、技术和工艺（如耐高温钻井材料、耐磨性更强的钻头、高效破岩、定向井技术等），提升钻井速度，改善地热的开发效率。单个项目资助额在 100~200 万美元之间，项目周期最长不得超过 24 个月。

### 3、加快技术成果转化

强化研究机构、地热能源企业和相关投资商的合作，形成更加高效的合作机制，促进技术成果和验证数据信息的共享，同时引入第三方的技术评估机构减少技术的投资风险，以吸引地热能源企业和投资商的兴趣，消除新型有发展前景地热开发技术的市场化壁垒（如融资困难），加快技术的成果转化。单个项目资助额在 50~100 万美元之间，项目周期最长不得超过 24 个月。

（郭楷模）

## DOE 资助 3900 万美元支持氢能和燃料电池技术研发

4 月 17 日，美国能源部（DOE）宣布资助 3900 万美元用于支持先进氢能和燃料电池技术的研发创新工作<sup>5</sup>，旨在加快新材料、新技术的突破，降低氢能和燃料电池成本，加快氢能和燃料电池的商业化部署进程。此次资助将重点关注燃料电池商业化关键技术问题和氢能生产、存储、输运相关的基础设施问题，研究内容涵盖三大主题，具体内容如下：

### 主题 1：电催化剂

- 电催化（ElectroCat）联盟将加速开发新材料、新工艺以研发出非贵金属的廉价高效电催化剂，以降低燃料电池成本，提高美国制造的燃料电池汽车和其他燃料电池能量转换装置的经济竞争力。

### 主题 2：氢能商业化开发应用

- 研究基于可再生能源及先进核能的制氢技术，研究低成本的氮基、硼基、铝基、镁基和碳基等轻质元素储氢材料，开发高压碳纤维复合材料及储氢罐设备的工业化制造技术。

- 开发具有能耗低、电解液不易流失和腐蚀的新型廉价电解槽，降低氢气发生器的成本，减少电解水制氢的成本，提高氢能的经济性，推进氢能商业化。

- 开发适用于长距离输送的低损耗氢气输送管道，开发高性能、低成本的低温绝热液态储氢罐和真空多层绝热液氢输送管道，研究开发新型的加氢站建设技术，降低投资运营成本。

### 主题 3：新隔膜和液体燃料电池

- 开发高质子传导率、高氧化还原、高机械强度和优异热稳定性的新型燃料电池

<sup>5</sup>Department of Energy Announces \$39 million for Innovative Hydrogen and Fuel Cell Technologies Research and Development.  
<https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-39-million-innovative-hydrogen-and-fuel-cell-technologies>

电解质膜，以提高燃料电池的工作温度、湿度范围和寿命，改善隔膜的选择性以减小气体等其他燃料渗入量。

●开发具有燃料来源广、能量转化率高、低污染、储存和运输方便等优点的直接液体燃料电池（如甲醇、乙醇、甲酸等），以克服气体燃料电池气体燃料制备、存储和运输成本高昂问题。

（吴勘 郭楷模）

## 前沿与装备

### 铜铬氧化物无机空穴材料改善钙钛矿电池光稳定性

近年来，有机无机杂化钙钛矿太阳电池快速发展，转换效率已经突破 22%，被认为是最有希望替代晶硅电池的新一代薄膜太阳电池技术。然而，稳定性差（如水、紫外光诱发的钙钛矿材料降解）问题成为了该电池技术走向商业化应用的一大障碍。由华盛顿大学 Alex K-Y Jen 课题组牵头的联合研究团队制备了新型的铜铬氧化物（ $\text{CuCrO}_2$ ）纳米晶薄膜，替代常规的氧化镍（ $\text{NiO}_x$ ）薄膜作为空穴传输层，应用于倒置结构的钙钛矿太阳电池，有效吸收了紫外可见光，避免了钙钛矿的光降解，从而显著改善了电池光稳定性。研究人员采用水热法制备了  $\text{CuCrO}_2$  纳米晶，透射电子显微镜表征显示， $\text{CuCrO}_2$  纳米晶呈现片状形貌，平均尺寸在 10 nm 左右。X 射线衍射测试结果表明， $\text{CuCrO}_2$  纳米片为纯六方相结构，即结晶度高有助于空穴传输。随后在室温下（25℃，远低于传统的  $\text{TiO}_2$  基钙钛矿电池 500℃左右的制备温度）通过旋涂法在 ITO 衬底上制备了一层  $\text{CuCrO}_2$  纳米片薄膜作为空穴传输层，透射率测试显示，当传输层的厚度不超过 58 nm 情况下，在 400-800 nm 的光谱区域， $\text{CuCrO}_2$  纳米片空穴传输层的透射率超过了 70%，即具备了良好的透射率。最后研究人员制备了以  $\text{CuCrO}_2$  纳米片为空穴的倒置结构钙钛矿电池，并测试了电池性能。结果显示，电池器件的效率与  $\text{CuCrO}_2$  空穴层的厚度有关，当厚度从 10 nm 逐步增加到 20 nm 时，器件效率逐渐增加。结合扫描电镜测试发现，厚度在 45 nm 时器件性能达到最优，短路电流密度、开路电压、填充因子和转换效率依次为  $21.94 \text{ mA cm}^{-2}$ 、1.07V、0.81 和 19%；而基于传统  $\text{NiO}_x$  空穴的钙钛矿电池短路电流密度、开路电压、填充因子和转换效率依次为  $21.45 \text{ mA cm}^{-2}$ 、1.05V、0.76 和 17.1%。研究人员进一步采用紫外光对电池进行辐照研究其光稳定性，发现以  $\text{NiO}_x$  为空穴的电池器件的短路电流密度在照射 300 h 后发生大幅下降 30%，从而导致器件效率也大幅衰减。而以  $\text{CuCrO}_2$  为空穴的器件效率基本不发生变化，表明了  $\text{CuCrO}_2$  能够有效地对紫外光进行阻挡，从而提高了器件的光稳定性。该项研究设计合成了全新的抗紫外光的无机空穴材料，在保障电池高效率的前提下，有效地阻挡了紫外光，大幅改善了钙钛矿电池

器件的光能稳定性，为制备高效稳定的钙钛矿电池提供了新途径，为钙钛矿电池工业化应用起到积极推动作用。相关研究成果发表在《*Advanced Energy Materials*》<sup>6</sup>。

(郭楷模)

## 高浓度锌离子水系电解质增强锌离子电池循环寿命

金属锌 (Zn) 凭借其较高的理论比容量、储量丰富、成本低廉和环境友好等诸多优点，被视为水系电池理想的负极材料之一。然而，金属 Zn 易于在碱性溶液中发生化学反应导致库伦效率下降、枝晶生长以及水消耗等问题，导致电池循环寿命大幅减短。马里兰大学 Chunsheng Wang 教授课题组牵头设计制备了全新的超高浓度的 Zn 离子水系电解质，应用于 Zn 离子电池，有效地抑制了枝晶的形成，从而显著地增强电池性能和循环寿命。研究人员将 1 摩尔的双三氟甲烷磺酰亚锌 ( $\text{Zn}(\text{TFSI})_2$ )、20 摩尔双三氟甲烷磺酰亚胺锂 ( $\text{LiTFSI}$ ) 和水溶剂混合配置成 pH 为中性的高浓度 Zn 离子电解质，随后与 Zn 负极组成半电池进行恒电流循环测试。结果显示，基于中性高浓度锌离子电解质的半电池循环次数可达 500 余次，即循环寿命长达 170 小时；相反，采用传统碱性电解质循环寿命大幅缩减至 5 小时。扫描电镜表征显示，采用中性高浓度锌离子电解质电池 Zn 电极表面循环反应前后均呈现光滑的表面，即没有枝晶形成，而采用碱性电解质的电池 Zn 电极则出现明显的“树突”状枝晶。随后研究人员将制备的中性高浓度锌离子电解质、锂锰氧 ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ) 正极、Zn 负极组装成完整的纽扣电池，并测试了电池的电化学性能。在 0.4C 倍率下，电池能量密度可达  $180 \text{ Wh kg}^{-1}$ ，经过 4000 次循环后，电池仍可保持 85% 的初始容量，库伦效率近 100%；而将该电解质应用于以氧气为正极的 Zn 空气电池中同样获得了优异的性能，即电池能量密度可达  $300 \text{ Wh kg}^{-1}$ ，循环次数达 200 余次。上述结果表明，新型的高浓度中性 Zn 离子电解质能够有效地抑制充放电循环中枝晶的形成，从而显著改善电池循环稳定性和寿命。而结构表征、谱学研究以及分子动力学综合研究揭露了该电池性能增强原因来源于高浓度水系电解质中  $\text{Zn}^{2+}$  的溶剂化-保护层结构，即  $\text{Zn}^{2+}$  周围被大量双三氟甲烷磺酰亚胺阴离子迫包围，避免其与水分子接触从而形成离子对  $(\text{Zn-TFSI})^+$ ，有效抑制  $(\text{Zn}-(\text{H}_2\text{O})_6)^{2+}$  的形成，进而避免化学惰性的氧化锌枝晶的形成。该项研究设计制备了新型的高浓度水系锌离子电解质，有效地抑制了枝晶的形成，增强了电池性能和循环寿命。为设计和开发高性能的可逆锌金属电池开辟了全新的道路，并为其他类型的不可逆电池提供了借鉴。相关研究工作发表在《*Nature Materials*》<sup>7</sup>。

<sup>6</sup> Hua Zhang, Huan Wang, Hongmei Zhu, et al. Low-Temperature Solution-Processed  $\text{CuCrO}_2$  Hole-Transporting Layer for Efficient and Photostable Perovskite Solar Cells. *Advanced Energy Materials*, 2018, DOI: 10.1002/aenm.201702762

<sup>7</sup> Fei Wang, Oleg Borodin, Tao Liang, et al. Highly reversible zinc metal anode for aqueous batteries. *Nature Materials*, 2018, doi:10.1038/s41563-018-0063-z

## 局域高浓度电解液有效增加锂金属电池性能

可充电的锂金属电池具有高达  $3860 \text{ mAh g}^{-1}$  的理论比容量，是一款极具发展前景的高能量密度电池。然而该电池在充放电过程中会产生大量枝晶，枝晶不仅会断裂和加速电解液分解导致电池容量衰减，还可能刺透隔膜使电池短路引发严重安全问题。美国能源部西北太平洋国家实验室 Ji-Guang Zhang 教授研究团队设计合成了一种全新的局部高浓度电解质应用于锂金属电池，有效地抑制了锂枝晶的形成，大幅增强了电池循环寿命。研究人员采用“惰性”稀释剂 2,2,2-三氟乙基醚 (BTFE) 稀释高浓度电解质双氟磺酰亚胺锂碳酸二甲酯混合液 (LiFSI/DMC, 双氟磺酰亚胺锂浓度为 5 摩尔)，以获得局部 1.2 摩尔高浓度电解质双氟磺酰亚胺锂的碳酸二甲酯/2,2,2-三氟乙基醚混合溶剂 (LiFSI/DMC-BTFE)。接着以锂金属为负极、锂镍锰氧化合物为正极，与 LiFSI/DMC-BTFE 结合组装成完整的锂金属电池。电化学性能测试显示，在  $2 \text{ mA cm}^{-2}$  (2C 倍率) 的恒电流充放电循环下，采用传统电解质的电池获得了  $140 \text{ mAh g}^{-1}$  的放电比容量，100 次循环后容量大幅衰减至初始状态的 40%，库伦效率不到 98%；相反，采用局部高浓度新型电解质 LiFSI/DMC-BTFE 的电池获得了高达  $150 \text{ mAh g}^{-1}$  的放电比容量，且 300 次循环后仍可维持初始容量的 95%，库伦效率高达 99.5%，而当降低倍率至 C/2 时，电池表现出更强的循环寿命，700 次循环后容量保持率超过 80%，表现出极其优异的循环稳定性。通过对充放电循环产物的扫描电镜表征，结果显示采用新型局部高浓度电解质电池的电解液和电极表面没有形成树突状的产物，也即采用 LiFSI/DMC-BTFE 电解质确实有效地抑制了锂枝晶的形成。该项研究设计开发了全新的局域高浓度电解液，有效地抑制锂枝晶生长，大幅增强锂金属电池的循环寿命，不仅为锂金属电池性能改进提供了新方向，这一局部高浓度电解质概念也还可以延伸拓展应用到其他电解液的锂金属电池，如锂硫电池、锂空气电池等，具备了良好的可扩展性。相关研究工作发表在《*Advanced Materials*》<sup>8</sup>。

(罗卫 郭楷模)

## 美科学家最新研究显示调控外应力可以改变催化剂性能

近年相关科学研究表明，通过调控金属催化剂应力(无论是压应力还是拉应力)可以在某些情况下改变它们的催化性能。布朗大学 Peterson 教授带领的研究小组开发了一种基于力学的特征应力模型来定性地预测表面位点上的结合能对应变的响应

<sup>8</sup> Shuru Chen, Jianming Zheng, Donghai Mei, et al. High-Voltage Lithium-Metal Batteries Enabled by Localized High-Concentration Electrolytes. *Advanced Materials*, 2018, 1706102 DOI: 10.1002/adma.201706102

特性，并且使用该模型来系统研究应力对吸附物-催化剂结合的影响。研究结果显示，外应力对催化剂的影响取决于反应物的内应力。这个新理论可以为不同的化学反应改良催化剂提供科学理论参考。该模型表明，结合能对应变响应的情况取决于被吸附物诱导的本征应力与所施加的应变的耦合。因此，拉伸应变可以使结合更强或更弱，这取决于表面上被吸附物的本征应力特征。Peterson 和他的研究小组表明，外部应变对催化剂的影响取决于化学反应物的内部应变，即与催化剂表面结合的反应物分子会倾向于吸引或排斥催化剂晶格中的原子，这取决于反应物分子的特征和结合位点。使催化剂原子晶格拉伸的拉应力，会使催化剂对晶格分开的分子反应活性更高。同时，对于将晶格拉在一起的分子反应，拉应力会降低，以提高它们的反应活性。而压应力-压缩晶格则具有相反的效果，使催化剂原子晶格压缩的压应力，会使催化剂对晶格拉近的分子反应活性提高。对于将晶格分离的分子反应，压应力会降低，以提高它们的反应活性。催化剂表面吸附分子的位点可能会在桥位或四叠位，两个位置之间的根本区别在于：在桥位，受到拉应力作用相邻的原子被往外拉伸；而在四叠位，受到的是压应力，相邻原子被拉向内部。因此，桥位的正本征应力和拉应力稳定相互作用，而四叠位的负本征应力和压应力稳定相互作用。该项研究揭露了外应力是影响催化剂性能关键因素，增强还是削弱取决于化学物质与催化剂原子晶格的相互作用，以及在催化剂表面施加应力的方式，为设计开发高性能的催化剂提供了重要的科学理论参考。相关研究工作发表在《*Nature Catalysis*》杂志上<sup>9</sup>。

（刘竞 郭楷模）

---

<sup>9</sup> Alireza Khorshidi, James Violet, Javad Hashemi, Andrew A. Peterson. How strain can break the scaling relations of catalysis. *Nature Catalysis*, 2018, 1 (4): 263-268.



## 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 吴勘

电话：（027）87199180

电子邮件：[jiance@whlib.ac.cn](mailto:jiance@whlib.ac.cn)

微信公众号：CASEnergy

