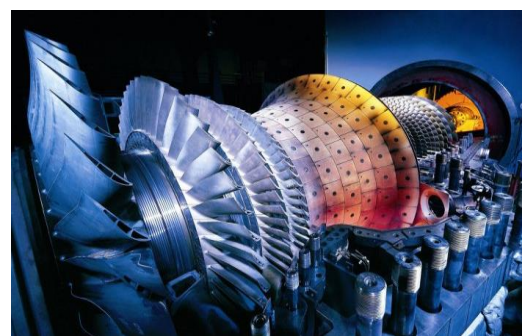


先进能源科技动态监测快报



本期重点

- 美国 2018 财年联邦预算研发经费增幅创十年新高
- UNEP: 全球可再生能源年度投资额连续 8 年超 2000 亿美元
- IRENA: 全球可再生能源装机连续 7 年保持年均超 8% 的增速
- DOE 资助 18 亿美元加速推进百亿亿次超算研发
- 澳科学家开发全球首个可充电质子电池原型

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

郭楷模

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

- 美国 2018 财年联邦预算研发经费增幅创十年新高2
UNEP: 全球可再生能源年度投资额连续 8 年超 2000 亿美元4
IRENA: 全球可再生能源装机连续 7 年保持年均超 8% 的增速6

项目计划

- DOE 资助 18 亿美元加速推进百亿亿次超算研发7
DOE 资助 700 万美元支持燃烧前碳捕集技术开发8

前沿与装备

- 澳科学家开发全球首个可充电质子电池原型9
新型有机电极材料良好匹配硫化物固态电解质9
疏水性聚合物保护层显著增强 Ni 基催化剂“抗毒性”10
锂电池微观电化学反应纳米尺度三维成像11

本期概要

美国众议院和参议院通过了一份价值 1.3 万亿美元的 2018 财年政府预算案，特朗普总统随即签字生效。新预算法案中联邦政府研发支出总额将达到近十年通货膨胀调整后的最高水平：其中，美国国家科学基金会（NSF）将获得 78 亿美元经费，较 2017 年增加 2.95 亿美元；美国国立卫生研究院（NIH）获得近年来最高拨款额 370 亿美元；能源部（DOE）的经费更是增加了 15%；美国国家航空航天局（NASA）获得 207 亿美元，较 2017 年上涨 11 亿美元。此外，国家海洋和大气管理局（NOAA）、标准与技术研究院（NIST）、地质调查局（USGS）和农业部（USDA）预算均比去年有所增加。详见正文。

联合国环境规划署和彭博新能源财经联合发布《全球可再生能源投资趋势报告 2018》，系统分析了 2017 年全球可再生能源投资和装机情况：2017 年全球可再生能源投资总额（不计大水电）增长 2% 至 2798 亿美元，连续第八年投资额超 2000 亿。其中，中国以创纪录的 1266 亿美元投资额继续领跑全球可再生能源投资排行榜，占同期全球投资总额的 45%。发展中经济体（包括中国、巴西和印度）2017 年可再生能源的投资额增长了 20% 达到 1770 亿美元，而发达国家下降了 19% 至 1030 亿美元。

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 2018》报告指出，2017 年全球可再生能源发电装机容量增长了 167 GW，同比增幅 8.3%，连续 7 年保持年均超 8% 增速：亚洲地区依旧是可再生能源新增装机容量增速最快的区域，增幅达 13.1%。欧洲和北美地区分别以新增装机 24GW（+4.8%）和 16GW（+4.9%）位列二、三位。同期，非洲和大洋洲地区的可再生能源也取得良好的发展，分别新增装机容量 3.5 GW（+5.4%）和 1.5 GW（+5.9%）。2017 年，离网可再生能源新增装机容量 6.6 GW，创历史新高。

美国能源部（DOE）宣布资助 18 亿美元用于开展“橡树岭、阿贡、劳伦斯利弗莫尔三个国家实验室合作计划第二轮（CORAL2）”超级计算机研发项目：新项目列出了三台拟开发的百亿亿次级超级计算机，其中两台拟定开发的超级计算机设定了明确的时间节点和要求：一是部署在橡树岭国家实验室的百亿亿次超级计算机必须在 2022 年之前投入使用，且必须采用与 Aurora 不同的架构；二是部署在劳伦斯利弗莫尔国家实验室百亿亿次超级计算机必须在 2023 年之前投入使用，既可采用与 Aurora 或部署于橡树岭国家实验室的计算机相同架构，也可以是另外一种全新架构。但第三台属于“潜在系统”，是否开发需视情况而定。

美国能源部（DOE）化石能源局宣布资助 700 万美元支持变革性燃烧前碳捕集技术设计与开发项目，涵盖两大主题领域，包括：（1）实验室层面的 CO₂ 捕集技术开发与计算机仿真研究；（2）在真实的合成气制备系统中对开发的 CO₂ 捕集技术进行现场验。

澳大利亚皇家墨尔本理工学院 Amandeep Singh Oberoi 教授课题组设计开发了全球首个可充电的质子电池原型（即以质子为电荷载流子，传统的电池技术主要采用碱金属离子或者铝离子作为电荷载流子）：5.5 平方厘米的原型电池就能够存储与当前商用的锂离子电池相当的能量，且其成本更加低廉，有望开辟全新的电池技术。

美国 2018 财年联邦预算研发经费增幅创十年新高

3 月 23 日，美国总统特朗普在国会两院投票通过 2018 财年综合预算法案后，将该法案签署为法律。法案连续两年拒绝了特朗普政府提出的削减联邦机构研究预算的提议，几乎所有美国联邦科研机构的拨款都有显著增加¹。美国国家科学基金会（NSF）将获得 78 亿美元，同比增加 2.95 亿美元；美国国立卫生研究院（NIH）获得近年来最高拨款额 370 亿美元；能源部（DOE）的经费更是增加了 15%。

根据美国科学促进会（AAAS）的估计，新预算案中联邦政府研发支出总额将达到近十年通货膨胀调整后的最高水平，基础研究和应用研究经费将获得自 2009 年以来的最大年度增幅。美国国立卫生研究院（NIH）获近年最高拨款额，比 2017 年增加了约 30 亿美元（8.3%），为该机构自 2003 年以来最大增长幅度。其中，阿尔茨海默病研究总计获得 18 亿美元；“大脑计划（BRAIN）”总计 4 亿美元；精准医疗研究 2.9 亿美元；临床和转化医学科学基金 5.43 亿美元。该法案还将提供 4000 万美元的新基金，用于研究通用流感疫苗（总经费为 1 亿美元）。此外，至少有 5 亿美元的新基金将用于研究阿片类成瘾。美国疾病控制和预防中心（CDC）的经费增加了 11 亿美元，达到 83 亿美元。

美国国家航空航天局（NASA）获得 207 亿美元，比 2017 年增加 11 亿美元。NASA 科学理事会的经费增加了 4.57 亿美元，增长 7.9%，总额为 62 亿美元。法案也要求 NASA 在 2022 年前利用太空发射系统（SLS）发射“木卫二快帆”，2024 年前发射着陆器。NASA 目前正在考虑在“火星 2020（Mars 2020）”中加入直升机，新法案也为此提供了 2300 万美元的拨款。SLS 和“猎户座（Orion）”飞船分别获得了 21.5 亿美元和 13.5 亿美元的拨款。

美国能源部基础科学研究经费在综合预算法案中获得 16% 的增长，达到 62.6 亿美元。先进科学计算研究预算将猛增 25%，达到 8.1 亿美元；而核聚变研究经费将增加 24%，达到 4.1 亿美元；核物理预算将增加 10%，达到 6.84 亿美元；包括生物燃料和气候模拟等的生物和环境研究预算将获得 10% 的增长，达到 6.73 亿美元；特朗普暂停先进能源研究计划署（ARPA-E）经费资助的提议也遭拒绝，其预算增加了 4700 万美元。国家科学基金会预算为 78 亿美元，增长了 3.9%。此外，国家海洋和大气管理局、标准与技术研究院、地质调查局和农业部预算均比去年有所增加。

¹Omnibus Would Provide Largest Research Increase in Nearly a Decade.
<https://www.aaas.org/news/omnibus-would-provide-largest-research-increase-nearly-decade>

FY 2018 Action on Select S&T Agencies and Programs

(total budget authority, millions of dollars. Contains non-R&D)

	FY 2017 Enacted	FY 2018 Budget	FY 2018 Omnibus	Percent Change	
				FY17	Request
Dept of Defense					
Science & Tech	13,979	13,224	14,844	6.2	12.2
Natl Institutes of Health					
Total Budget 1/	34,311	26,920	37,311	8.7	38.6
Dept of Energy					
EERE	2,090	636	2,322	11.1	265.0
Fossil Energy R&D	668	335	727	8.8	116.8
Nuclear Energy	1,017	703	1,205	18.5	71.4
ARPA-E	306	20	353	15.5	1666.6
Office of Science	5,392	4,473	6,260	16.1	40.0
NNSA RDT&E	1,842	2,028	2,043	10.9	0.7
NASA					
Space Technology	687	679	760	10.7	12.0
Science	5,765	5,712	6,222	7.9	8.9
Exploration	4,324	3,934	4,790	10.8	21.8
Aeronautics	660	624	685	3.8	9.8
Total Budget	19,653	19,092	20,736	5.5	8.6
National Sci Foundation	7,472	6,244	7,767	3.9	24.4
Dept. of Agriculture					
Ag Research Serv	1,270	894	1,343	5.8	50.3
Natl Inst Food Ag	1,363	1,253	1,408	3.3	12.4
AFRI	375	349	400	6.7	14.5
Econ Res Svc	87	77	87	0.0	13.1
Natl Ag Stats Svc	171	186	192	12.0	3.3
Dept. of Commerce					
NOAA OAR	514	350	549	6.7	56.7
NIST	952	725	1,199	25.9	65.3
Dept. of Homeland Security					
Science and Tech	782	627	841	7.6	34.1
Dept of the Interior					
US Geological Survey	1,085	922	1,148	5.8	24.5
EPA Science & Tech	706	397	706	0.0	78.0
VA Medical Research	673	640	722	7.3	12.9

Research and Development Estimates 2/

	FY 2017 Estimate	FY 2018 Budget	FY 2018 Omnibus	Percent Change	
				FY17	Request
Total R&D	156,684	149,429	176,810	12.8	18.3
Basic	34,743	28,935	37,969	9.3	31.2
Applied	40,366	34,924	45,201	12.0	29.4

Source: Agency budget documents and appropriations bills and reports.

All figures rounded to nearest million. Changes calculated from unrounded figures.

1/ Includes Interior appropriations and mandatory diabetes funding.

2/ AAAS estimates based on FY17 and FY18 omnibus bills, and agency documents.

表 1 美国联邦政府 2018 财年综合预算法案中各机构预算情况

编者按：特朗普政府制定的经济目标是，在未来 10 年削减 3.6 万亿美元政府开支，推动经济实现 3% 的增长，同时增加近 5 万亿美元的国防开支，并最终实现财政收支平衡。特朗普于 2017 年 3 月 16 日推出了执政后第一个年度预算纲要，要求大幅削减美国科研机构的财政预算。例如，2018 年财政预算打算以两位数的规模削减美国环境保护总局（EPA）和国立卫生研究院（NIH）的经费，其中包括放弃乃至退出环境和气候项目。5 月 23 日，美国白宫网站正式公布了提交给国会的完整版 2018 财年总统临时预算法案。联邦科研机构的科研经费继 2017 财年被提议大幅削减后，再次面临紧缩危机。2018 年 1 月 19 日，美国参议院仍无法通过该项临时预算法案，美国联邦政府因此正式停摆。这是自 2013 年 10 月以来，美国联邦政府再次陷入“关门”窘境。3 月 21 日，美国国会两党预算组终于达成共识，拟出一份 1.3 万亿美元的支出草案，由 7000 亿的防务支出和 5910 亿的非防务预算两部分组成。这份草案于 3 月 22 日、23 日分别获得美国国会参众两院表决通过。

（吴勳 陈伟）

UNEP：全球可再生能源年度投资额连续 8 年超 2000 亿美元

4 月初，联合国环境规划署（UNEP）和彭博新能源财经联合发布《全球可再生能源投资趋势报告 2018》²指出，2017 年全球可再生能源投资总额（不计大水电）上涨 2%，从 2016 年的 2416 亿美元增长至 2798 亿美元，连续第八年投资额超 2000 亿美元。自 2004 年以来，全球累计可再生能源投资额达到 2.9 万亿美元。

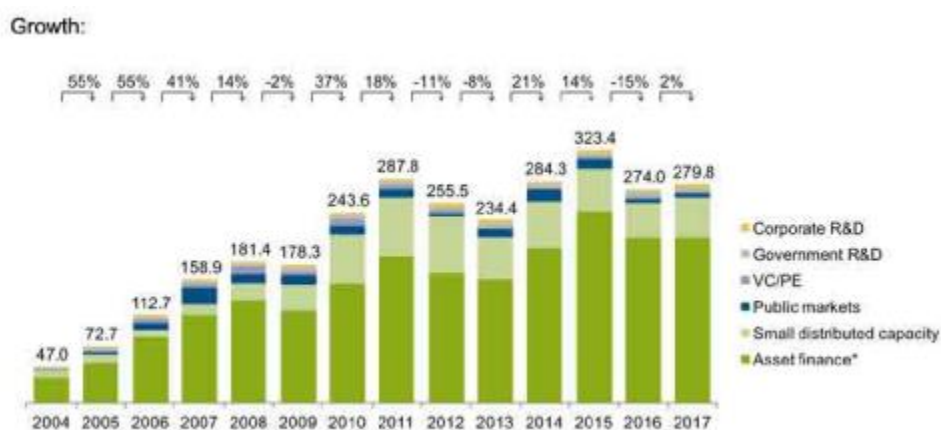


图 1 2004-2017 年全球可再生能源年度投资变化态势（单位：十亿美元）

报告主要内容如下：

从 2007 年至 2017 年，全球可再生能源投资达 2.7 万亿美元，使全球风能、太阳能、生物质能、废物能源化、地热能、海洋能和小型水电的发电比例从 5.2% 增加到 12.1%。目前可再生能源发电减少了约 1.8 亿吨二氧化碳排放量，与美国整个运输

²GLOBAL TRENDS IN RENEWABLE ENERGY INVESTMENT 2018.
<http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/gtr2018v2.pdf>

系统所产生的排放量大致相当。

全球可再生能源投资在 2017 年小幅上升 2% 至 2798 亿美元，自 2010 年以来累计投资达到 2.2 万亿美元，自 2004 年以来增加到 2.9 万亿美元。最新的资金增长是在风能和太阳能成本进一步下降的背景下发生的，这使得购买兆瓦级设备比以往更便宜。

2017 年，中国继续领跑全球可再生能源投资排行榜，投资额达创纪录的 1266 亿美元，占同期全球投资总额的 45%。其中，太阳能投资额为 865 亿美元，增长了 58%。

发展中经济体（包括中国、巴西和印度）2017 年可再生能源投资额增长了 20% 达到 1770 亿美元，而发达国家下降了 19% 至 1030 亿美元。直到 2015 年，发展中国家在绿色能源方面的投资才首次超过发达经济体。

一些较大市场的可再生能源投资下降。美国的可再生能源投资远低于中国，投资额下降 6% 达到 405 亿美元；欧洲下降 36% 至 409 亿美元；英国下降 65% 至 76 亿美元，反映了对陆上风电和公用事业规模太阳能补贴的结束，以及海上风电项目拍卖之间存在巨大差距；德国下降 35% 至 104 亿美元，主要是由于海上风电成本较低以及对陆上风电招投标项目的不确定性；日本由于电网连接问题下降 28% 至 134 亿美元。澳大利亚的投资大幅增长 147% 至 85 亿美元，墨西哥增长 810% 至 60 亿美元，瑞典增长 127% 至 37 亿美元。在世界排名前十的国家之外，埃及的投资增长了近 6 倍，达到 26 亿美元；阿联酋的投资增长了 29 倍，达到 22 亿美元。

2017 年太阳能在全球新能源发电投资中占据主导地位，获得的投资额高达 1608 亿美元，比其他技术高出 18%。由于资金成本的下降和效率的提高，2017 年太阳能的成本继续下降。公用事业规模光伏项目的基准成本降至 86 美元/兆瓦时，同比下降 15%，自 2009 年以来下降了 72%。

世界各地的可再生能源发电项目招投标合同价格创下历史新低。2017 年 11 月，墨西哥太阳能中标合同的平均价格为 20.8 美元/兆瓦时，而陆上风电的平均价格为 18.6 美元。

清洁能源的股价在 2017 年有所增长，在威尔德希尔新能源全球创新指数中上涨了约 28%。然而，到目前为止，还没有导致专业公司的股票发行大幅上涨。相反，公共市场对可再生能源的投资下降 6% 至 57 亿美元，为 5 年来的最低水平。风险资本和私募股权投资（VC/PE）也很弱，下降 33% 至 18 亿美元，是自 2005 年以来的最低水平。

未来几年该行业面临的另一个潜在问题可能是利率上涨。近年来创纪录的低利率有助于降低总体成本，同时也吸引机构投资者投入新资金进行项目融资。

（吴勘 郭楷模）

IRENA：全球可再生能源装机连续 7 年保持年均超 8% 的增速

4 月初，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 2018》报告³指出，2017 年全球可再生能源发电装机容量增长了 167 GW，同比增长 8.3%，延续了 2011 年以来 8%-9% 的年均增幅。截至 2017 年底，全球可再生能源累计装机容量达到 2179 GW。其中，水电累计装机容量达 1152 GW，占比最高，为 53%；风能和太阳能占据其余主要份额，装机容量分别为 514 GW（占比 23%）和 397GW（18%）；剩余 6% 份额的可再生能源主要包括：生物质能 109 GW、地热能 13 GW 和海洋能（潮汐、波浪能等）500 MW。

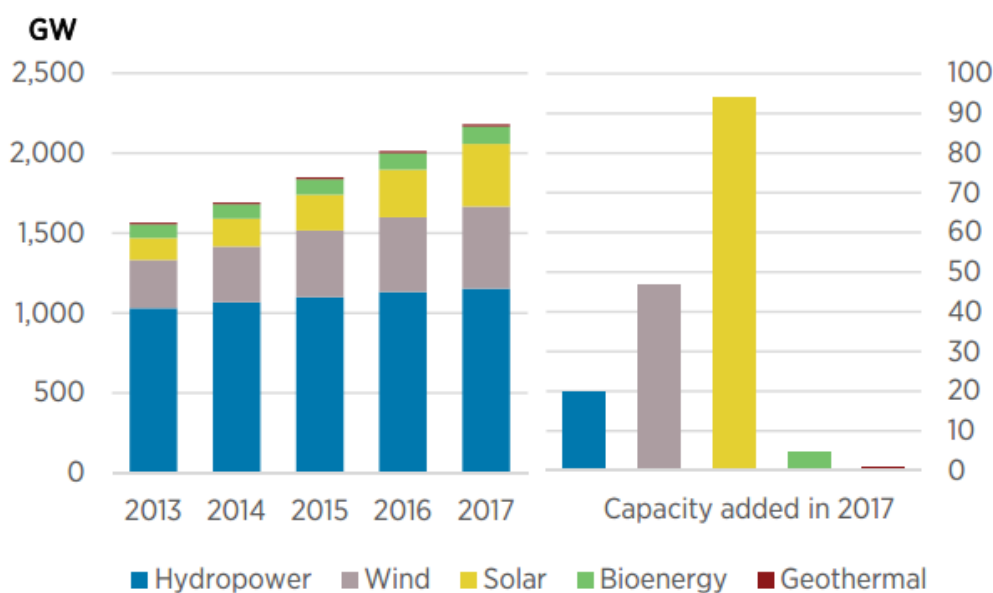


图 1 2013-2017 全球可再生能源装机量变化态势（单位：GW）

2017 年，太阳能光伏再次领跑新增装机容量排行榜，新增装机容量达到创纪录的 94 GW，同比增幅 32%。其次为风电，新增装机容量 47 GW，同比增长 10%。水电和生物质能装机容量分别增长 21 GW（+2%）和 5 GW（+5%）。同期，地热能新增装机容量不到 1 GW。

与去年一样，亚洲地区依旧是可再生能源新增装机容量增速最快的区域，增幅达 13.1%。2017 年，全球可再生能源新增装机容量 64% 来自亚洲，使得亚洲地区可再生能源累计装机容量达到了 919 GW，约占全球可再生能源装机总量的 42%。欧洲和北美地区分别以新增装机 24 GW（+4.8%）和 16 GW（+4.9%）位列二、三位。同期，非洲和大洋洲地区的可再生能源也取得良好的发展，分别新增装机容量 3.5 GW（+5.4%）和 1.5 GW（+5.9%）。

2017 年，离网可再生能源装机容量取得了 6.6 GW 创纪录的增长，同比增长 10%。

³ Global Renewable Generation Continues its Strong Growth, New IRENA Capacity Data Shows. <https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2018/Apr/Global-Renewable-Generation-Continues-its-Strong-Growth-New-IRENA-Capacity-Data-Shows>

据 IRENA 估计，当前离网可再生能源电力解决了约 3 亿人口的用电匮乏问题。

2017 年主要的可再生能源发电新增装机容量情况如下：

1、水电

2017 年水电新增装机容量是过去十年来的最低水平。主要的增长来自巴西和中国，两国合计新增 12.4 GW， 占有新增水电装机容量的 60%。其他水电增长超过 1 GW 的国家还包括：安哥拉和印度。

2、风电

2017 年，中国、美国、德国、英国和印度五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 15 GW，美国新增 6 GW，德国新增 6 GW，英国新增 4 GW，印度新增 4 GW。巴西和法国均超过 1 GW ， 继续保持强劲增长态势。

3、生物质发电

2017 年，亚洲持续占据生物质能新增装机容量的大部分份额，其中中国增长 2.1 GW，印度增长 510 MW，泰国增长 430 MW。同期，欧洲增长 1 GW，南美洲增长 0.5 GW。

4、太阳能发电

2017 年，亚洲太阳能新增装机 72 GW，继续领跑全球太阳能新增装机容量排行榜。这一增长主要由三个国家引领：中国 53 GW（同比增长 68%），印度 9.6 GW（+100%）和日本 7 GW（+17%），而仅中国一国新增装机容量就占到全球新增装机容量的一半。其他新增装机容量超过 1 GW 的还有美国（8.2 GW）、土耳其（2.6 GW）、德国（1.7 GW）、澳大利亚（1.2 GW）、韩国（1.1 GW）和巴西（1 GW）。

5、地热发电

2017 年地热发电新增装机容量 644 MW，主要的增长动力来自印度尼西亚（+ 306 MW）和土耳其（+243 MW）。截止 2017 年底，土耳其地热发电累计装机容量超过 1 GW，而印度尼西亚地热发电累计装机容量接近 2 GW。

（郭楷模）

项目计划

DOE 资助 18 亿美元加速推进百亿亿次超算研发

4 月初，美国能源部（DOE）宣布资助 18 亿美元用于支持 “橡树岭、阿贡、劳伦斯利弗莫尔合作计划第二轮（CORAL2）” 超级计算机研发项目⁴，旨在整合全美最先进的计算机技术、专业知识和资源，加速推进新一代百亿亿次超级计算机的研发，重夺超级计算的霸主地位，保持美国在高性能计算领域的领导地位，增强国

⁴ Secretary of Energy Rick Perry Announces \$1.8 Billion Initiative for New Supercomputers.
<https://www.energy.gov/articles/secretary-energy-rick-perry-announces-18-billion-initiative-new-supercomputers>

家的安全、繁荣和经济竞争力。

本次 CORAL2 百亿亿次超级计算机研发项目是 2017 年 6 月资助的美国首台百亿亿次超级计算机系统（代号“**Aurora（极光）**”）的延续，列出了三台拟开发的百亿亿次级超级计算机，但第三台属于“潜在系统”，是否开发需视情况而定，预计每台的研发费用将在 4-6 亿美元左右。而其中两台拟定开发的超级计算机设定了明确的时间节点和要求：一是部署在橡树岭国家实验室的百亿亿次超级计算机必须在 2022 年之前投入使用，且必须采用与 Aurora 不同的架构；二是部署在劳伦斯利弗莫尔国家实验室百亿亿次超级计算机必须在 2023 年之前投入使用，既可采用与 Aurora 或部署于橡树岭国家实验室的计算机相同架构，也可以是另外一种全新架构。新开发的百亿亿次超算系统的性能将比当前美国最快的超级计算机高出 50 到 100 倍。伴随新超算系统投入应用，下一代材料研发、高能物理研究、癌症研究、核安全评估和密码破译等诸多领域都将受益，从而极大推动美国的科学研究和产业发展。

编者按：CORAL 超级计算机合作研发计划始于 2012 年，是依托橡树岭、阿贡、劳伦斯利弗莫尔三个国家实验室的合作研发计划，旨在推进下一代高性能超级计算机的研发，解决超级计算机发展面临的并行计算、存储、可靠性以及能耗四个关键挑战，持续保持美国在高性能计算领域的领先地位。Aurora（极光）超级计算机是美国第一台百亿亿次级超级计算机，目前正处于开发阶段，该计算机将部署在阿贡国家实验室，按计划将于 2021 年投入使用。

（郭楷模）

DOE 资助 700 万美元支持燃烧前碳捕集技术开发

3 月 6 日，美国能源部（DOE）化石能源局宣布资助 700 万美元支持变革性燃烧前碳捕集技术设计与开发项目⁵，旨在提升二氧化碳捕集系统的性能、降低捕集成本，提升燃煤电厂的发电效率，减少能耗和排放，进而将发电成本减少 30%，增强燃煤电厂的竞争力。本次资助项目将重点关注于两大主题领域，具体内容如下：

（1）实验室层面的 CO₂ 捕集技术开发并通过计算机模拟验证其在合成气制备中的效果

将开展以实验室为基础的变革性二氧化碳捕集技术的应用研发，这些技术有望能够超越最先进的捕集技术所带来的成本和性能限制。

（2）在真实的合成气制备系统中对开发的 CO₂ 捕集技术进行现场验证

在真实的合成气制备系统中开展 CO₂ 捕集技术的现场测试，以验证新研发的 CO₂ 捕集技术的科学性和可行性，加快实验室成果尽快转化为现实的生产力，使现

⁵U.S. Department of Energy Announces \$7M Funding Opportunity for Transformational Pre-Combustion Carbon Capture Technologies.
<https://www.energy.gov/fe/articles/us-department-energy-announces-7m-funding-opportunity-transformational-pre-combustion>

有或未来的工业合作伙伴能够采用该技术进行未来的试点规模测试。

(吴勘 郭楷模)

前沿与装备

澳科学家开发全球首个可充电质子电池原型

随着社会的发展，人们对电池的能量密度提出了更高的要求，传统的锂离子电池较小的能量密度以及稀有的锂金属资源使其难以满足未来的电力发展需求，因此开发高能量密度新型廉价电池技术成为了储能领域的研究热点。澳大利亚皇家墨尔本理工学院 Amandeep Singh Oberoi 教授课题组设计开发了全球首个可充电的质子电池原型（即以质子为电荷载流子，传统的电池技术主要采用碱金属离子或者铝离子作为电荷载流子），5.5 平方厘米的原型电池就能够存储与当前商用的锂离子电池相当的能量，且其成本更加低廉，有望开辟全新的电池技术。研究人员首先通过酚醛树脂制备了多孔碳电极，随后将其浸润到具有质子导电性能的硫酸中进行酸化处理使其具备质子传导能力，随后将其用作电极与全氟磺酸质子膜电解质、聚四氟乙烯粘连剂组成电池。本质上，该质子电池是氢燃料电池和化学电池的混合体。其工作原理是：当充电的时候，水会被电解分离产生氢质子，然后通过全氟磺酸质子导电膜传输到碳电极并结合，以氢原子的形式将氢存储起来，而不产生氢气；在放电的时候，存储在碳电极的氢质子会被释放出来并重新恢复成氢质子，然后再通过全氟磺酸质子导电膜传输到另一侧电极并与来自空气的氧和电子结合重新生成水。实验结果显示，在常压充电模式下，多孔活性炭电极能够在电极中储存质量分数约为 1% 的氢，这与储氢合金在 10 个大气压下的储氢能力相当；而在放电模式下，多孔碳电极有可以释放出质量分数约 0.8% 的氢，即表现出良好的可逆性。并且，仅 5.5 平方厘米的有效电池工作面积就可以拥有 0.1 kWh/L 的体积比能量，与商用的锂离子电池 (0.2 kWh/L) 相当，呈现出优异的比能量特性，但其电极仅为廉价的碳材料，成本远低于锂电池。该项研究首次展示了基于活性炭电极的可充电质子电池技术的可行性，为设计和开发低成本、高性能的非锂储能电池提供了新技术路径。相关研究工作发表在《*International Journal of Hydrogen Energy*》⁶。

(郭楷模)

新型有机电极材料良好匹配硫化物固态电解质

硫化物固态电解质因为具有更好的可加工性与电极材料有更好的界面接

⁶ Shahin Heidari, Saeed Seif Mohammadi, Amandeep Singh Oberoi, et al. Technical feasibility of a proton battery with an activated carbon electrode. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2018, 43(12): 6197-6209.

触，被视为是极具应用前景的全固态电池电解质体系。然而，较窄的电压窗口以及与传统无机电极材料工作电压窗口的不兼容问题使得该电解质应用受到了一定限制。休斯顿大学 Yan Yao 教授研究团队首次将有机材料作为电极，替代常规的无机电极应用于硫化物全固态电解质电池中，较好地解决无机电极材料与硫化物电解质的不兼容性问题，获得了优异的电池性能。研究人员对玫瑰酸钠($\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$ ，一种天然有机碳酸钠材料)颗粒进行化学还原得到了 $\text{Na}_4\text{C}_6\text{O}_6$ ，扫描电镜显示 $\text{Na}_4\text{C}_6\text{O}_6$ 的平均粒径在 200-300 nm 之间，远小于 $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$ 的粒径 (5 μm)，尺寸缩小可以增加比表面积从而增加材料和电解质的接触有助于电荷传输。通过 X 射线光电子谱、循环伏安等一系列测试表征，结果显示 $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$ 和固态钠离子硫化物电解质 Na_3PS_4 具有极佳的电化学兼容性，因此可以作为良好的电极材料。随后，研究人员以 $\text{Na}_4\text{C}_6\text{O}_6$ 有机电极材料和 Na_3PS_4 硫化物固态电解质组装成完整的电池器件并测试其性能。当 $\text{Na}_4\text{C}_6\text{O}_6$ 作为正极时，在 0.1C 放电电流密度下，电池可逆比容量达到 182 mAh/g，接近于 90% 的理论比容量 (205 mAh/g)，首次循环的库伦效率达到 99%；更为关键的是，经过 100 次循环后，电池比容量为 140 mAh/g，容量保持率为 76%；而提升循环电流密度到 0.2C 时，400 次循环后仍可获得 107 mAh/g 的比容量，容量保持率为 70%，这是迄今为止全固态钠离子电池所获得的最优性能。而当 $\text{Na}_4\text{C}_6\text{O}_6$ 作为负极时，电池也获得了优异的性能，在 0.1 C 倍率下，获得了 172 mAh/g 可逆比容量，400 次循环后容量保持率为 77%；在 0.2 C 倍率下，经过 400 次循环，容量保持率 68%。最后研究人员还以 $\text{Na}_4\text{C}_6\text{O}_6$ 同时作为正、负极构建了对称电池，50 次循环获得了 66% 容量保持率。该项研究通过化学方法制备了全新的有机电极材料，改善了电极和硫化物固态电解质兼容性，增强了全固态钠离子电池的倍率性能、循环稳定性和能量密度，有望开辟全新的二次电池技术。相关研究工作发表在《*Angewandte Chemie International Edition*》⁷。

(郭楷模)

疏水性聚合物保护层显著增强 Ni 基催化剂“抗毒性”

燃料电池是一种清洁高效的电化学能量转换器件，在新能源汽车领域拥有广阔的应用前景。然而空气中微量的氧气、一氧化碳等气体进入燃料电池，会使得催化剂“中毒”（反应原料中含有的微量杂质使催化剂的活性、选择性明显下降或丧失的现象）失活，导致电池性能大幅衰退。因此，开发高效、抗“毒”能力强的催化剂成为关键因素。由德国波鸿鲁尔大学 Olaf Rüdiger 教授课题组牵头的国际研究团队开发了一种新型的聚合物薄膜，将其保护层与镍催化剂结合，有效地保护镍基催化剂免受空气中氧气的侵害，显著增强催化剂的抗毒能力，提升催化剂的稳定性，

⁷ Fan Zhang, Chuan Xia, Jiajie Zhu, et al. Tailored Organic Electrode Material Compatible with Sulfide Electrolyte for Stable All-Solid-State Sodium Batteries. *Angewandte Chemie International Edition*, 2018, 57, 2630-2634.

从而增强了电池的性能。研究人员将同时具备了疏水和氧化还原活性两种功能的聚合物（聚(甲基丙烯酸缩水甘油酯-共聚-丙烯酸丁酯-共聚(乙二醇)甲基丙烯酸酯), P(GMA-BA-PEGMA)) 作为催化剂支撑骨架, 把催化氧化氢气最有效的非贵金属催化剂氮、磷掺杂的镍催化剂 ($\text{Ni}(\text{P}_2\text{N}_2)_2$) 嵌入到聚合物骨架中, 确保形成两个分离的反应层, 得益于 P(GMA-BA-PEGMA) 保护膜疏水性, 使得 $\text{Ni}(\text{P}_2\text{N}_2)_2$ 催化剂有效与氧气隔离, 经过连续 18 天的催化反应, 催化电极仍可维持初始电流密度的 75%, 展现出优异的催化稳定性; 相反, P(GMA-BA-PEGMA) 保护膜的催化电极在连续 3 天催化反应后就完全丧失催化活性。研究人员指出, 由于聚合物 P(GMA-BA-PEGMA) 具有疏水性质, 可在含水系电解质中形成稳定的薄膜。同时 $\text{Ni}(\text{P}_2\text{N}_2)_2/\text{P}(\text{GMA-BA-PEGMA})$ 能够形成两个不同功能的反应层: 接近电极表面的催化“活性”层 $\text{Ni}(\text{P}_2\text{N}_2)_2$ 和聚合物/电解质界面处的“保护”层。催化剂能够有效屏蔽 O_2 的机制是: 接近电极表面的是“活性”层中的催化剂将 H_2 氧化并与产生电流的电极交换电子。在聚合物和电解质之间的界面附近, 形成“保护”层, 为了防止催化剂的阳极再氧化, 质子化的 Ni^0 复合物通过使用由 H_2 提供的电子, 将进入的 O_2 催化还原成 H_2O , 从而起到屏蔽 O_2 的效果。在 H_2 氛围中, 不存在 O_2 的情况下, “保护”层中的 Ni 复合物呈质子化的 Ni^0 态, 但是由于它与电极电绝缘, 所以电子不会穿过电极。然而, 当 O_2 到达“保护”层/电解质界面时, 会遇到还原的 Ni 复合物, 然后将进入的 O_2 形成 H_2O 而减少, 从而保护电催化层免受 O_2 损害。聚合物形成的反应层的厚度, 关乎到对 O_2 的屏蔽作用是否有效。研究人员发现较薄的反应层使 H_2 氧化产生更高的催化电流, 但反应层对 O_2 的屏蔽作用微乎其微, 一旦 O_2 进入到气体进料中, H_2 氧化电流就会发生衰减。即需要形成恰当的保护层厚度, 以平衡抗 O_2 毒性和催化活性。该项研究开发了新型聚合物薄膜保护的金属镍基催化剂, 能够有效避免氧中毒失活, 增强催化剂的稳定性, 从而提升燃料电池性能。相关研究工作发表在《*Nature Communications*》⁸。

(刘竞 郭楷模)

锂电池微观电化学反应纳米尺度三维成像

电池性能是由固体电极上电化学反应相变的效率和可逆性决定的, 因此实现对电池电化学反应的高分辨率原位成像以深入了解固态相变的反应机理和动力学过程, 对开发和设计性能与稳定性更加优异的电极材料和电池至关重要。由劳伦斯伯克利国家实验室 David A. Shapiro 教授课题组牵头的联合研究团队开发了一种新型纳米级分辨率 (空间分辨率 11 nm) 的软 X 射线断层扫描三维成像技术, 实现了对锂离子

⁸ Alaa A. Oughli, Adrian Ruff, Nilusha Priyadarshani Boralugodage, et al. Dual properties of a hydrogen oxidation Ni-catalyst entrapped within a polymer promote self-defense against oxygen. *Nature Communications*, 2018. doi:10.1038/s41467-018-03011-7

子电池内部电化学反应纳米尺度三维成像。研究人员从磷酸铁锂 (LiFePO_4) 纳米片组成的电极中选取充电 50% 状态下的磷酸铁锂纳米片进行系统的软 X 射线断层扫描三维成像表征。通过层析重建 (Tomographic reconstruction) 构建出了分辨率为 11 nm 左右的三维空间成像, 随后将每个三维像素转换为光学密度 (optical density, OD), 成功实现了对电池化学成分变化的三维定量成像。通过该成像技术, 研究人员实现了在纳米尺度上对电池内部电极粒子运动实时高精度的观测。研究人员开发了一种全新的技术实现了对锂离子电池微观电化学反应的纳米尺度三维成像, 系统研究了 LiFePO_4 电极纳米片中化学相分布与形态学之间的复杂关系, 实现对电池中高度复杂的电化学传输机制更深层次的认识, 为设计开发高性能锂电池奠定了良好的理论基础。相关研究工作发表在《*Nature Communications*》⁹。

(罗卫 郭楷模)

⁹ Young-Sang Yu, Maryam Farmand, Chunjoong Kim, et al. Three-dimensional localization of nanoscale battery reactions using soft X-ray tomography. *Nature Communications*, 2018, DOI: 10.1038/s41467-018-03401-x

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：jjance@whlib.ac.cn

微信公众号：CASEnergy

