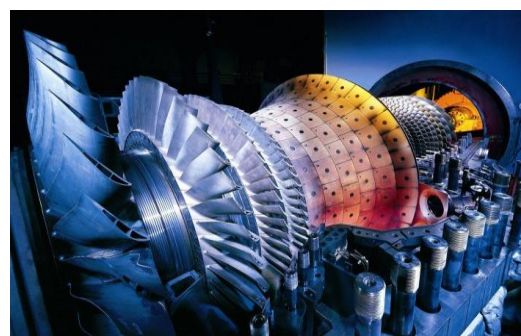


先进能源科技动态监测快报



本期重点

- IEA：巴黎协定助推全球能源转型 可再生能源引领能源未来
- WEC：可再生能源快速发展推动全球能源系统变革
- 欧盟提出清洁能源研究创新四大优先资助方向
- DOE 资助新技术研发推进实现太阳能计划 2030 年目标

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

IEA: 巴黎协定助推全球能源转型 可再生能源引领能源未来	2
WEC: 可再生能源快速发展推动全球能源系统变革	4

项目计划

欧盟提出清洁能源研究创新四大优先资助方向	9
DOE 资助新技术研发推进实现太阳能计划 2030 年目标	10
ARPA-E 资助研发高能效互联自动驾驶汽车技术	11
美加联合建立中试工厂发展先进富氧燃烧碳捕集技术	13
DOE 资助 760 万美元支持溶剂吸附碳捕集技术大规模试验	14

前沿与装备

新型光电催化系统太阳能到氢能转化效率突破 30%	14
新型钙钛矿材料提高太阳电池稳定性和效率	15
生物燃料电池和超容耦合的能源转化与储存一体化器件	15
法科学家研发毫米级 3D 全固态微型电池	16



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 1 日

本期概要

国际能源署 (IEA) 发布《世界能源展望 2016》报告指出,《巴黎气候协定》正式生效、可再生能源主导电力转型、能源效率提升和电动汽车行业的快速发展都将对全球能源格局带来深远的影响: 报告采用情景分析法对全球及主要地区到 2040 年化石燃料、电力、可再生能源、能效和电动汽车等各行业进行了展望和深度分析: 到 2040 年全球能源消费需求将增长 30%, 主要是由印度、中国、非洲、中东、东南亚和拉丁美洲的需求驱动。届时, 无须任何额外补贴, 大多数可再生能源将因为成本下降而变得极具价格竞争力。全球电动汽车销量有望超过 1.5 亿辆。全球石油需求将会一直增长, 但贸易重心转向亚洲。实现全球温度升高幅度限制在 2 摄氏度以内任重道远。

世界能源理事会 (WEC) 发布《世界能源资源报告 2016》指出, 全球能源系统正在经历前所未有的变革: 石油仍是主要燃料来源, 占全球总能耗的 32.9%。天然气是全球第二大电力来源, 为全球贡献了 22% 的发电量。尽管煤炭产量下降, 但其仍将为全球提供 70% 的电力。碳捕集与封存技术是能源走向低碳未来的关键技术, 但该技术能否发挥其在能源转型过程中的关键作用有赖于政策。水电是全球可再生能源发电的主要来源, 过去十年 (2005-2015 年) 全球水电装机容量增加了 39%。过去数十年, 太阳能装机容量经历了指数式的增长, 截止 2015 年底, 全球太阳能发电累积装机总量达到 227 GWe。受到海洋能开发技术不成熟的限制, 全球已商业运营的海洋能发电装机容量仅为 0.5 GW。受成本下降的驱动, 以及管理系统波动的工业应用需求的增加, 电力储能装机容量发生了翻天覆地的变化。

欧盟委员会在战略能源技术计划 (SET-Plan) 框架下发布了《加速清洁能源创新》报告, 明确提出了欧盟地平线 2020 计划在 2018-2020 年超过 20 亿欧元的能源领域研发资金将优先资助四个相互关联的研究方向: (1) 建筑脱碳化, 强化低碳建筑的建造技术和设计方案的研究和创新, 以进一步推进建筑低碳化, 以在 2050 年实现建筑近零排放甚至将建筑转变为能源的生产单位和储能设施, 构建新能源建筑一体化; (2) 下一代可再生能源技术和系统集成, 强化系统集成和开发新一代可再生能源技术, 以推动可再生能源发展成为主导能源和主要的电力来源, 促进碳密集型行业变革; (3) 开发经济合理的综合性储能方案, 解决可再生能源高比例并网问题 (4) 电动汽车和智能化城市交通系统, 加速开发和部署基于先进的电池技术和新动力系统的下一代电动汽车, 以及功能更加全面的基于全新数字技术的综合城市交通系统, 推进低碳交通系统的构建。

美国能源部 (DOE) 宣布 “太阳能计划 (Sunshot)” 框架下资助 6500 万美元开展太阳能光伏研发创新项目, 以实现到 2030 年将公用事业规模、商业和住宅规模太阳能光伏平准化发电成本依次降至 3 美分/千瓦时、4 美分/千瓦时和 5 美分/千瓦时, 这一目标比原定 2020 年的目标进一步降低了 50%: 2500 万美元用于新型光伏器件模块和系统设计与开发。3000 万美元用于开展太阳能全价值链创新, 涵盖了硬件和软件解决方案, 克服潜在的技术、市场和制度障碍, 加速太阳能技术和产品的商业化。1000 万美元用于开发全新的太阳能辐照度和功率预测模型, 更好地管理波动性太阳能, 以确保整个电网的灵活性和可靠性。

IEA：巴黎协定助推全球能源转型 可再生能源引领能源未来

11月16日，国际能源署（IEA）发布《世界能源展望 2016》¹报告指出，《巴黎气候协定》正式生效、可再生能源主导电力转型、能源效率提升和电动汽车行业快速发展都将对全球能源格局带来深远影响。报告采用情景分析法对全球及主要地区到2040年化石燃料、电力、可再生能源、能效和电动汽车等各行业进行了展望和深度分析，要点如下：

（1）全球能源需求将持续增长

报告新政策情景显示，到2040年全球能源消费需求将增长30%，主要由新兴经济体驱动，而经合组织国家能源消费总量呈下降趋势。天然气消费量将持续增加，到2040年将上涨50%。石油消费需求增速将放缓，但到2040年日均消耗量仍将超过1.03亿桶，亚洲发展中国家石油消费量到21世纪30年代中期将超过经合组织国家。煤炭消费增长接近停滞，主要原因是气候政策制约和中国经济模式转变。

（2）能源投资向可再生能源倾斜

根据报告新政策情景，预计到2040年全球能源累积投资总额将达到44万亿美元，其中60%流向石油、天然气和煤炭的开采、供应及发电；另有近20%投向可再生能源。这较2000-2015年间能源投资情况发生了显著变化，彼时近70%的资金都投向化石燃料，意味着能源投资将向可再生能源倾斜，而这种情况将随可再生能源技术成本的下降进一步加剧。

（3）可再生能源成为主要电力来源

到2030年前可再生能源将成为全球最大的电力来源，而到2040年将近60%的新增电力装机来自可再生能源，届时大多数可再生能源在没有补贴的情况下将极具成本竞争力。而在450情景中，电力行业呈现出更为明显的低碳特性：到2040年电力生产的平均碳排放强度会降低到每度电80克，而当前是每度电515克。

（4）电力系统结构性改革解决弃风弃光问题

对现有的电力系统设计和运行模式进行结构性改革，才能确保高比例消纳波动性风电和太阳能电力，保障电力系统的低碳转型。发展需求侧响应和储能对于避免弃风弃光问题至关重要，可以把弃电量限制到风力和太阳能年均发电量的2.5%以下，从而为电力行业的深度低碳化铺平道路。

（5）能效是实现气候目标的关键环节

¹ World Energy Outlook 2016.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf>

电力行业是减排的主要目标对象，当前终端电机的电力消耗占到全社会电力消耗总额的一半以上，因此提高电机系统效率对于减少电力消耗意义重大。450 情景预计，仅工业部门只需新增 3000 亿美元的能效技术投资就足以把 2040 年全球电力消费需求减少约 5%，同时减少 4500 亿美元的发电投资。

（6）电动汽车快速发展

2015 年全球电动汽车保有量达到了 130 万辆，几乎是 2014 年的 2 倍。新政策情景预测，到 2025 年电动汽车保有量将会超过 3000 万辆，到 2040 年时会超过 1.5 亿辆。此外，如果能够进一步推广和加强政策支持，预计到 2040 年全球电动汽车保有量将达到 7.15 亿辆。

（7）原油市场复苏之路崎岖不平

2015 年获得开采批准的常规原油资源量跌到 20 世纪 50 年代以来的最低水平，且 2016 年也未显示反弹迹象。全球原油市场都在关注美国致密油在面对当前市场下行所表现出来的惊人抵抗力。如果 2017 年原油上游投资依旧低迷，那接下来几年传统能源的供应将面临重大风险，若长期维持（到 21 世纪 20 年代）这种低迷状态，那么全球石油再平衡就变得愈发不可能。

（8）全球天然气市场正在崛起

到 2040 年，天然气需求年均涨幅为 1.5%，届时，液化天然气贸易量将翻番。除日本外，几乎各地的天然气消费量都在增加，中国和中东是消费增长最大的地区。但目前天然气市场已经供应过剩，并还有 1300 亿立方米液化天然气产能正在建设中，因此全球天然气市场何时能够实现再平衡依然未知。随着美国液化天然气进入全球天然气贸易市场数量的增加，以及其他新兴天然气出口国（主要是东非国家）的出现和页岩气革命继续扩张，全球天然气供应将愈加多元化。

（10）煤炭发展举步维艰

当前全球煤炭供应过剩，且无任何好转的迹象，煤炭市场能否再平衡有赖于供应侧的减煤是否到位，尤其是中国和美国的减煤措施。此外，煤炭需求前景呈现出鲜明的地区差异：到 2040 年，欧盟和美国的煤炭需求（目前共占全球煤炭需求的 1/6 左右）分别会下降超过 60%和 40%；相反，新兴经济体（主要是印度和东南亚国家）对煤炭的需求将会增多；而中国正在从发展中国家向发达国家转型，在展望期内其煤炭需求预计将下降近 15%。总体而言，报告预测到 2040 年全球煤炭消耗所占比重将从当前的 75%跌至 45%。

（11）能源与水资源：关系愈加紧密

能源与水之间的相互依赖关系将逐步强化，因为能源行业对水的需求以及水资源行业对能源的需求都将上升。新政策情景显示，到 2040 年能源行业的用水将会再

增加 60%，而水资源行业的能源消耗量预计将增加一倍以上。因此管理好能源和水资源的关联关系对于成功实现一系列发展和气候目标十分重要。

（12）能够完成减排承诺但不足以实现 2℃ 目标

总体上，各国能够按计划完成《巴黎气候协定》中承诺的碳减排目标（把全球二氧化碳排放增量限定在年均 1.6 亿吨的水平），但距离实现 2℃ 目标还有比较大的差距。受到经济转型影响，中国能源密集型工业部门的能源需求逐渐减弱，且减弱趋势预计将持续到 2040 年，并拉低中国工业煤炭消费量。届时，中国几乎所有的新增发电量都来自煤炭以外的能源，煤炭在发电量中的占比会从当前的近 3/4 降低到 2040 年不足 45%；而印度煤炭在其电力中的份额会从当前的 75%降低到 2040 年的 55%。

（郭楷模）

WEC：可再生能源快速发展推动全球能源系统变革

10 月 12 日，世界能源理事会（WEC）发布《世界能源资源报告 2016》²指出，过去 15 年伴随可再生能源的快速发展（包括可再生能源投资增加、可再生能源电力增加、可再生能源技术性能提高和成本下降），全球能源系统正在经历前所未有的变革：全球经济增长逐渐与温室气体排放脱钩，可再生能源电力占比越来越高，大多数国家能源结构愈加多元化。报告详细介绍了不同能源资源发展的现状和趋势，要点如下：

- **石油**。石油仍是主要燃料来源，占全球总能耗的 32.9%。截至 2015 年底，原油价格创造了有记录以来的最大跌幅（-73%）。约 63%的石油消费用于交通运输行业。石油替代燃料的时代尚未来临，预计未来 5 年内石油被替代比率最多不超过 5%。非传统石油开采占全球可开采石油储量的 30%，页岩油储量至少是传统原油储量的 3 倍，估值约为 1.2 万亿桶。

² World Energy Resources 2016. http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Scenarios-2016_Full-Report.pdf

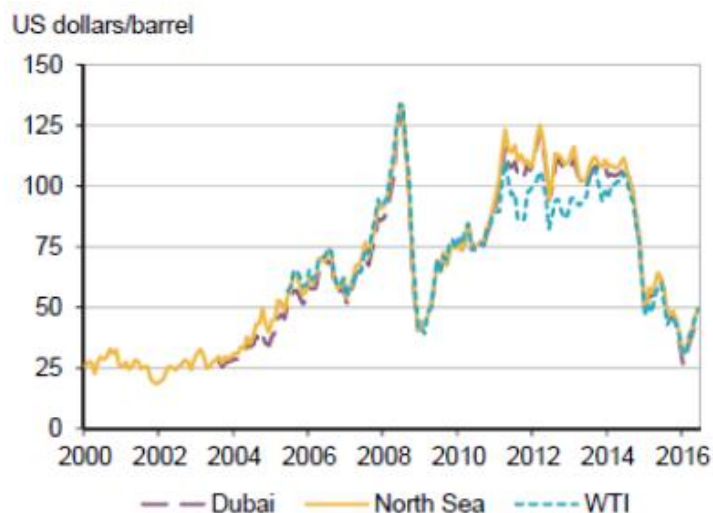


图 1 2000-2016 年迪拜、布伦特和 WTI 原油价格变化态势（单位：美元/桶）

• **天然气**。天然气是全球第二大电力来源，为全球贡献了 22% 的发电量；全球第三大一次能源供应来源（占 24%），也是化石燃料中唯一在一次能源供应占比会出现增长的能源资源，天然气预计将在能源转型中发挥重要作用，有助于实现更清洁、更经济以及更安全的能源未来。

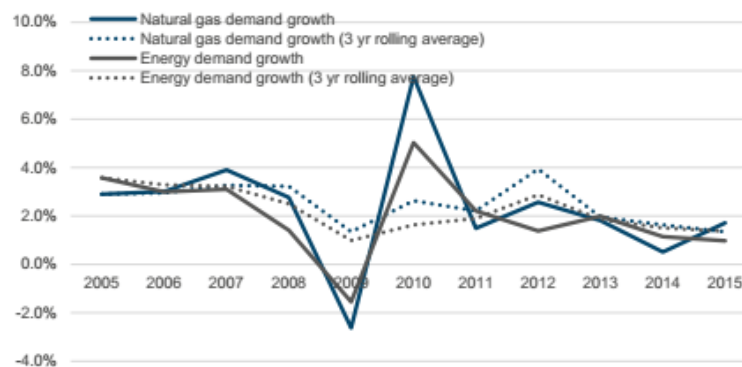


图 2 2005-2015 年天然气消费增量变化态势

• **煤炭**。2014 年，全球煤炭产量下降了 0.6%，2015 年进一步下降 2.8%，这是 1990 年以来全球煤炭产量首次出现下跌的情形。尽管如此，煤电仍满足了全球 70% 的电力需求。然而，应对气候变化要求能源供给向更清洁低碳的能源形式转变，同时其它电力资源竞争力的增加也将给煤炭行业带来强有力的冲击。

• **碳捕集与封存**。碳捕集与封存技术是能源走向低碳未来的关键技术，但该技术能否发挥其在能源转型过程中的关键作用有赖于政策，而非技术本身。2014 年 10 月，全球首个电力行业大规模 CO₂ 捕集技术在加拿大萨斯喀切温省边界大坝发电站部署并投入商用。目前全世界共有 22 个运行或在建的大型 CCS 项目，每年能够捕获 4000 万吨二氧化碳。

• **铀和核能**。2004-2014 年间，全球铀产量增长了 40%，主因是哈萨克斯坦（全球主要产铀国）提高铀产量导致。截至 2015 年底，全球在建的核反应堆共计 65 座，

其中有 40 座集中在中国、印度、俄罗斯和韩国四个国家。截至 2015 年 12 月，全球核电总装机容量达到 390 GWe，占全球电力供应总量的 11%。

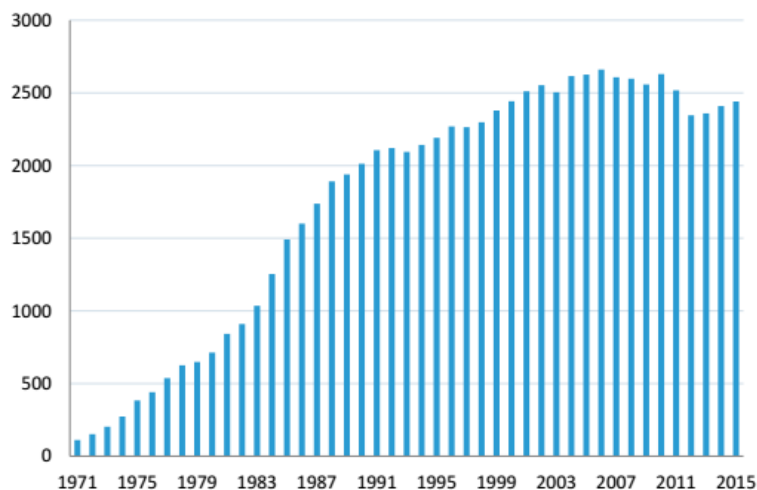


图 3 1971-2015 年全球核能发电量变化态势（单位：TWh）

• **水力发电。**水电是全球可再生能源发电的主要来源，过去十年（2005-2015 年）全球水电装机容量增加了 39%，年均增幅约为 4%，截至 2015 年底，累积水电装机容量达到 1209GW，占可再生能源电力装机总量的 71%。世界范围内未开发的水力发电潜力估值约为 10000 TWh/年。

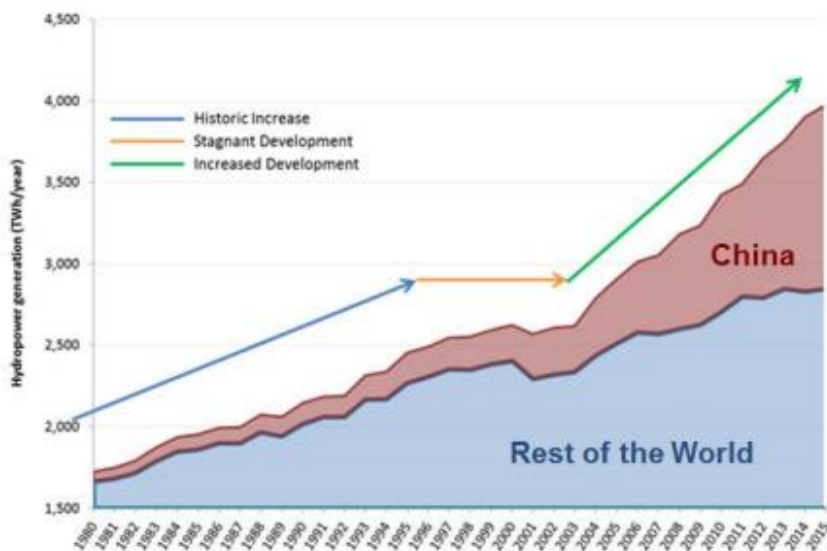


图 4 1980-2012 年全球水力发电量变化态势（单位：TWh/年）

• **风能。**2015 年全球风力发电容量达到 432 GW（其中 420 GW 来自陆上风电，12GW 来自海上风电），约占全球电力装机量的 7%。2015 年风电新增装机容量达到创纪录的 63 GW，这一年全球风能行业的总投资为 1090 亿美元。

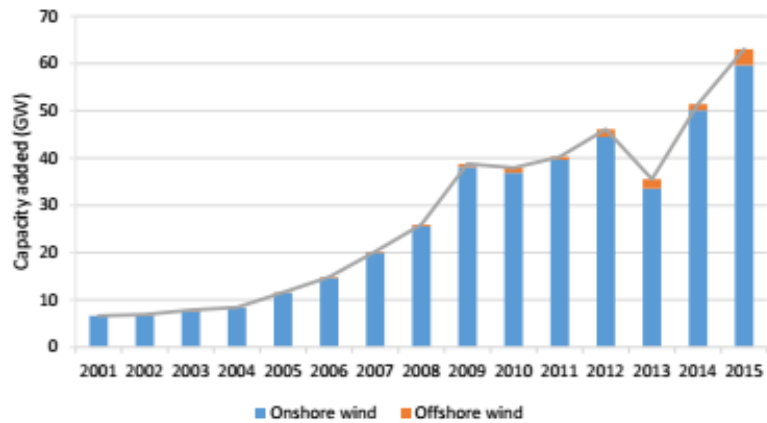


图 5 2001-2015 年全球风电装机年度增量变化态势 (单位: GW)

• **太阳能**。过去数十年，太阳能装机容量经历了指数式的增长，截止 2015 年底，全球太阳能发电累积装机总量达到 227 GWe，为全球提供了 1% 的电力。2015 年运营中的太阳能供暖制冷总容量估计为 435 GWth。由于太阳能光伏组件价格自 2007 年到现在已经下降约 80%（从 2007 年约 4 美元/W 到 2015 年约 1.8 美元/W），减少与平衡系统相关的成本是太阳能光伏产业下一个主要挑战。

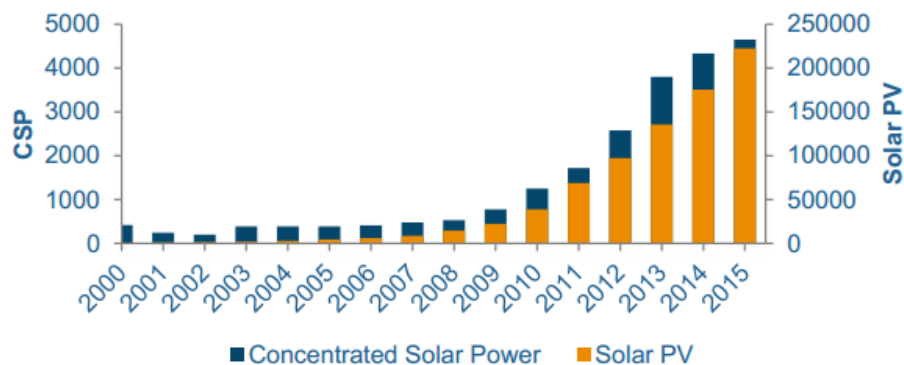


图 6 2000-2015 年全球太阳能发电装机容量变化态势 (单位: MW)

• **地热**。地热发电量不足全球发电总量的 1%。并且地热能的分布并不平均，主要集中在海岛国家或地区（占 43%），全球用于供暖和发电的地热能预计各为 75 TWh。

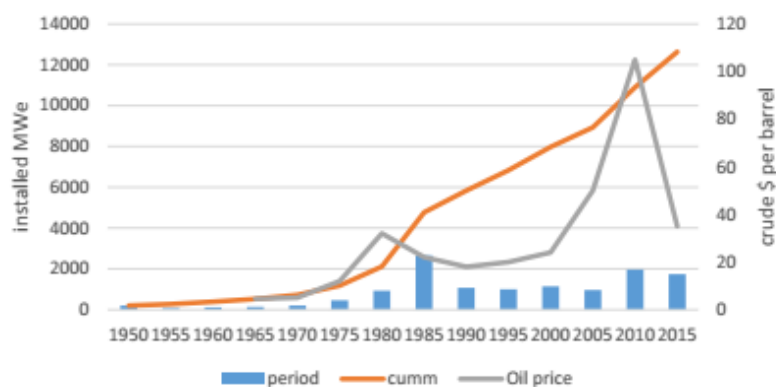


图 7 1950-2015 年全球地热发电装机容量变化态势 (单位: MW)

• **海洋能。**当前，受到海洋能开发技术不成熟的限制，全球已商业运营的海洋能发电装机容量仅为 0.5 GW，另有 1.7 GW 项目正在建设中，并且 99% 的海洋能来自潮汐能。波浪能理论年度发电量预计为 32 PWh。但海洋能受地理因素的影响较大、分布不均且技术成本过高，这些不利因素阻碍了海洋能的广泛应用。

• **垃圾发电。**尽管用于发电的垃圾资源在全部垃圾总量的占比不到 6%，但 2015 年全球垃圾发电市场估值约为 250 亿美元，并有望在 2020 年达到 360 亿美元，即 2015-2020 年间复合年均增长率预计为 7.5%。

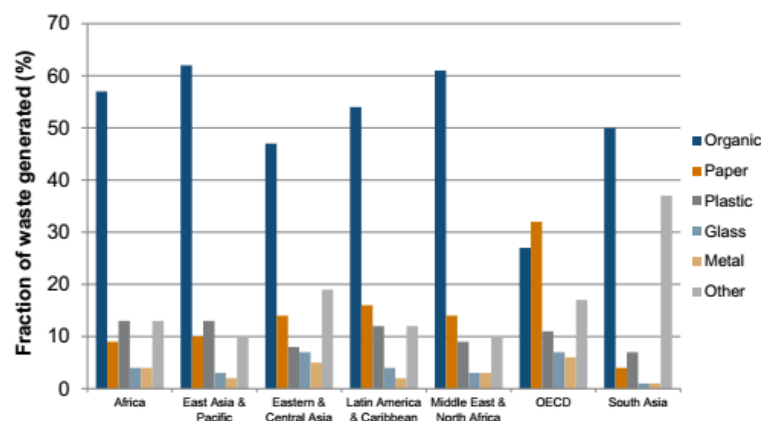


图 8 2012 年全球不同地区固态垃圾成分构成（单位：百分比）

• **生物质能。**生物能是能源结构中占比最大的可再生能源，占比达到 14%。其中生物燃料成为取代石油最可行、最环保的选择，未来的能源需求将来自于可再生能源在运输、供热和电力领域的贡献。

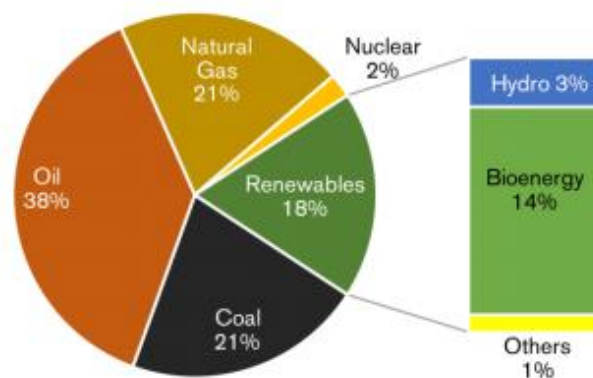


图 9 2013 年全球不同能源资源在能源消耗总量中的占比

• **电力储能。**受成本下降的驱动，以及管理系统波动的工业应用需求的增加，电力储能装机容量发生了翻天覆地的变化：截至 2015 年底，全球电力储能容量达到了 146 GW，涵盖 944 个储能项目；仅在德国就有约 25000 个民用储能装置。预测表明到 2020 年全球储能市场增长率为 1.4 GW/年，尤其是电化学储能市场将会强劲增长。

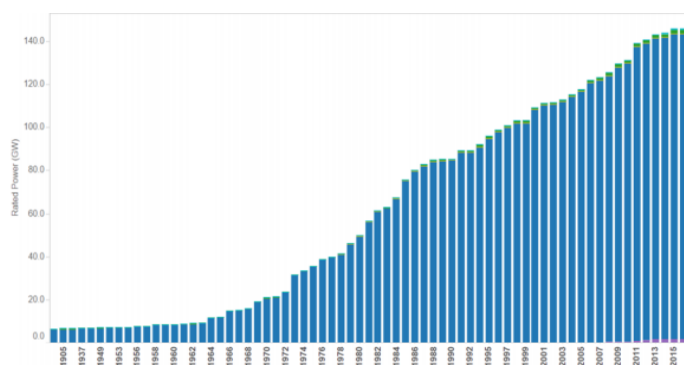


图 10 1905-2015 年全球电力储能容量变化态势（单位：GW）

（吴勘）

项目计划

欧盟提出清洁能源研究创新四大优先资助方向

11 月 30 日，欧盟委员会在战略能源技术计划（SET-Plan）框架下发布了《加速清洁能源创新》报告³，以加强欧盟成员国、学术界和产业界的合作，加速清洁能源技术的研发创新，保持和强化欧盟清洁能源技术的全球领导地位。为此，报告明确提出了欧盟地平线 2020 计划在 2018-2020 年超过 20 亿欧元的能源领域研发资金将优先资助四个相互关联的方向，具体内容如下：

（1）建筑脱碳化

欧盟现有的建筑总面积约 250 亿平方米。建筑能耗占到欧盟总能耗的 40%，远高于其他行业的能耗。因此，降低建筑能耗是欧盟能源低碳转型的一项重要举措。尽管欧盟拥有全球领先的低碳建筑技术，但欧盟仍将强化低碳建筑的建造技术和设计方案研究和创新，以进一步推进建筑低碳化，以在 2050 年实现建筑近零排放甚至将建筑转变为能源的生产单位和储能设施，构建新能源建筑一体化。

（2）下一代可再生能源技术和系统集成

强化系统集成和开发新一代可再生能源技术，不仅推动可再生能源发展成为主导能源和主要电力来源，也能够促使碳密集型行业发生深刻变革，如交通领域可以利用可再生能源电力、先进生物燃料和以二氧化碳和其他温室气体为原料的合成燃料等。欧盟将给予专门研究和创新的支持，同时强化产学研紧密合作，以维持欧盟可再生能源技术的全球领先地位。

³ Accelerating Clean Energy Innovation. http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v6_0.pdf

（3）开发经济合理的综合性储能方案

欧盟将加速开发更加经济的综合性储能设备（包括化学、电化学、电气、机械和热储能），以将其集成到能源系统，解决可再生能源高比例并网问题，确保欧盟顺利过渡到低碳能源系统。

（4）电动汽车和智能化城市交通系统

加速开发和部署基于先进电池技术和新动力系统的下一代电动汽车，创新的充电基础设施和相关商业和服务模式，以及功能更加全面的基于全新数字技术的综合城市交通系统和欧洲全球卫星导航系统，以提高能源效率，推进低碳交通系统的构建。

（郭楷模）

DOE 资助新技术研发推进实现太阳能计划 2030 年目标

11 月 14 日，美国能源部（DOE）宣布在“太阳能计划（Sunshot）”框架下资助 6500 万美元开展太阳能光伏研发创新项目⁴，旨在进一步提高太阳能电池效率，以实现到 2030 年将公用事业规模、商业和住宅规模太阳能光伏平准化发电成本依次降至 3 美分/千瓦时、4 美分/千瓦时和 5 美分/千瓦时，这一目标比 Sunshot 计划原定 2020 年的目标进一步降低了 50%，体现了美国加速推进太阳能光伏更广泛应用部署的决心。其中：

（1）2500 万美元用于新型光伏器件模块和系统设计与开发，旨在促进太阳能光伏系统的快速部署和集成互联

- **太阳能小型创新项目（SIPS）**：将关注全新的、具有潜在颠覆性影响、高风险的太阳能光伏技术研究领域，以识别其中最具有前景的新兴光伏技术，为进一步光伏技术研发创新奠定基础。

- **太阳能光伏模块的设计、制造和表征**：开发全新的光伏模块制造技术，以大幅改善光伏模块的性能、能量输出、可制造性和可靠性；通过采用全新的光伏模块表征、诊断和模拟工具，以进一步深入了解光伏模块和系统的工作机理，从而为设计和开发高性能的光伏器件提供重要的理论指导。

- **太阳能光伏系统的快速部署**：针对现有的光伏系统结构和互联技术局限性，开发全新的软硬件解决方案，以加速太阳能光伏系统的许可、审查和互联流程，促进太阳能光伏系统的快速部署。

（2）3000 万美元用于开展太阳能全价值链的创新，涵盖了硬件（如太阳能技术、太阳能光伏模块制造技术等）和软件（如商业模式、太阳能并网集成等）的解

⁴ Energy Department Announces More than 90% Achievement of 2020 SunShot Goal, Sets Sights on 2030 Affordability Targets. <http://energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-more-90-achievement-2020-sunshot-goal-sets-sights-2030>

决方案，进一步降低成本，克服潜在的技术、市场和制度障碍，加速太阳能技术和产品的商业化

- **硬件解决方案：**加速太阳能关键组件的概念到早期原型功能产品的转化过程；加速早期原型产品到实验室制造、商业化原型产品的转化过程；开发和示范创新的制造技术、工艺或设备，以获得最佳的成本优势。

- **软件解决方案：**加快原型概念（如电网集成、监测方案；太阳能制造和运维的监测方法等）或商业计划向内部测试版本和早期客户试验产品的转变；通过软件公共测试版，向用户收集意见和建议，最后完善并发行正式版软件。

（3）1000 万美元用于开发全新的太阳能辐照度和功率预测模型，让电力运营商能够将上述预测模型与能量管理系统结合起来，实现更好地管理并入电网的波动性太阳能，以确保整个电网的灵活性和可靠性

- **开放全新的高精度太阳能辐照和功率预测模型，**提高其预测的空间分辨率（1km 范围以内）和时间分辨率（72 小时以内），减少预测误差，尤其是多云天气。
- **开发一个集成太阳能预测工具和能量管理系统的解决方案，**以更好地管理并入了波动性太阳能的电网。
- **为太阳能辐照和功率预测模型开发一个测试框架，**包含各种详细的测试规则和指标，以便产业界和学术界更好评估上述开发的预测模型。

（郭楷模）

ARPA-E 资助研发高能效互联自动驾驶汽车技术

11 月 2 日，美国能源部先进能源研究计划署（ARPA-E）宣布在“新一代高能效互联自动驾驶汽车技术”（NEXTCAR）主题研究计划下资助 3200 万美元用于 10 个研发创新项目⁵，旨在充分利用基于云平台、大数据的互联和自动驾驶技术，包括智能传感器、智能巡航控制和车速自动控制系统等，以提高互联自动驾驶车辆实时识别路况和应急反应能力，实时选择最佳行车路线和巡航车速，实现将车辆能效降低 20% 的目标。此次资助的项目概况参见表 1。

表 1 新一代高能效互联自动驾驶汽车技术主题计划资助项目概况

项目承担机构	研究内容	资助金额/ 百万美元
通用汽车公司	车辆动力学和动力总成控制（VD&PT），为传统内燃机汽车开发全新、具备实时路况预测功能的车辆动力学和动力总成控制(VD&PT)技术用于四个领域：自动泊车、自动启停、选择最佳行车路线、自适应巡航，以实现对实时路况	4.2

⁵ Department of Energy Announces 10 New Projects to Improve Connected and Automated Vehicle Efficiency.
<http://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-10-new-projects-improve-connected-and-automated-vehicle>

	的全面分析和未来路况的精准预测和，准确控制行车速度	
密歇根理工大学	用于轻量化插电式电动汽车 VD&PT 的互联无人驾驶控制技术 ，开发一个移动互联云计算中心，以及一个基于 VD&PT 模型预测控制器(MPC)，具备实时车联网(V2X)数据分析、互联自动驾驶交通建模、车速预测和环保路线功能，从而使安装 MPC 的插电式电动汽车可实时获得更多关于交通和周边环境的信息，实现自适应的巡航以及选择最佳的行车路线，减少堵塞，提高行车效率实现节能	2.8
橡树岭国家实验室	改善车辆与基础设施（车辆云平台）的互联 ，利用车辆和道路基础设施之间的网络通信（V2I）技术，开发控制技术实现对行车车辆和动力总成控制系统的同步优化，将该控制技术置于 PHEVs 上以实现一系列功能，包括：计算最优路行车路线避开交通拥堵、保护车辆和行人之间的距离减少交通事故、以及消除其他影响交通情况的事件；基于周边道路交通状况实现加速和减速优化；以及实现车载动力系统的效率优化	3.4
俄亥俄州立大学	开发变革性点火技术改善车辆能效 ，利用新型点火和空气管理控制技术开发变革性 VD&PT 解决方案，包括一个独特的发动机控制和硬件组合，能够使节油缸选择性失活，同时新型动力总成控制系统还能通过利用互联网通信实现二级自动化驾驶，从而实现汽车能效的显著提高。搭载该新型控制技术的车辆示范工作将借助哥伦布市的智能城市基础设施开展	5
宾夕法尼亚州立大学	改善车辆与车辆的互联，以及车辆和基础设施的互联 ，开发一个综合 VD&PT 系统，即采用车辆与车辆（V2V）和车辆与道路基础设施（V2I）通信技术来预测交通堵塞和发出提示信号；开发技术以协调行驶的卡车之间的距离和速度；优化行车路线和行驶速度；优化车辆动力系统，包括：发动机启/停、汽缸钝化、动力传动系统接触、脱离和换挡；以提高重型柴油卡车的能效	3
普渡大学	为 8 级卡车开发新一代动力控制系统 ，采用各种技术方案来改善重型柴油卡车（8 级）性能，包括：动力总成优化；利用预见性信息实现对排气后处理系统的高效维护；基于云计算的远程发动机和变速器校准、以及发动机和传动控制。同时，采用模拟和实际测试相结合的方法对各种技术方案进行评估和分段改进	5
加利福尼亚大学伯克利分校	将云平台、大数据与车辆 VD&PT 优化整合 ，基于预测和数据驱动方法，开发一个创新的 VD&PT 控制系统，优化 PHEVs 性能，实现安全高效地通过交叉路口，车速预测和调整，环保路线和转弯。该系统还能够采集司机、目的地、交通条件、基础设施、道路等级和道路曲率等行车情况和周围环境的实时和历史数据来改善个人车辆运营效率	3.3
加利福尼亚大学	为混合动力公交车（天然气和电力混合）设计、开发和测	2.8

河滨分校	试一个全新的环保车辆动力总成系统，该系统将采用一系列新兴的车辆互联和自动化技术，包括：交叉路口交通信号灯预测技术、交叉路口自动刹车技术和自适应巡航等，以优化公交车途经停车标志和公交车站时的泊车和重新启动，以减少反复起停带来的能耗，从而提高公交车的能效。同时，还将采用交通状况和道路等级预测系统，基于对交通情况的实时分析和预测所产生的大量数据前提下，通过管理内燃机输出、电机输出和电池负荷状态，实现对公交车的动力系统的优化	
密歇根大学	为互联自动驾驶车辆整合车辆功率和热管理技术，开发四个技术解决方案，包括：管理和优化推进功率和辅助热负荷；互联自动驾驶电动汽车热预测管理；通过预测未来的状况优化动力总成和排气后处理系统；将动力总成和车辆热管理系统进行耦合集成。同时保证上述技术解决方案适用于内燃机动力汽车、混合动力、插电式混合动力和纯电动汽车动力系统	1.5
明尼苏达大学	利用云平台改善车辆动力系统实时应急能力，利用双向车辆与云平台互联技术(V2C)实时优化中型货运卡车的动力总成系统，以改善其能效。此外，还将通过优化电池负荷状态和发动机运行策略，以及结合智能环保路线，以进一步提高混合动力电动汽车的能效。采用云互联技术获取实时在途的车辆交通和天气信息，保证车辆能够定期下载最新、最有效的动力总成系统校准信息	1.4

（郭楷模）

美加联合建立中试工厂发展先进富氧燃烧碳捕集技术

10月18日，美国能源部（DOE）和加拿大自然资源部（NRCan）联合宣布投运一个1 MW_{th}的新中试设施，用来测试增压流化床富氧燃烧（Oxy-PFBC），以更高效、经济地捕集CO₂，促进碳捕集、利用和封存技术（CCUS）在美国和加拿大的商业化⁶。Oxy-PFBC基于富氧燃烧工艺，它采用纯氧代替空气助燃燃料，产生热能发电，中间不产生其它污染物。通过在涡轮机燃烧之前浓缩产生的CO₂，Oxy-PFBC工艺能够提高效率，大幅降低CO₂捕集的成本。

DOE化石能源先进燃烧计划向该项目提供经费1300万美元，由美国燃气技术研究所（GTI）牵头实施，林德集团、美国电力研究院、阿尔斯通和阿尔伯塔创新公司参与合作。这一项目是美加两国在清洁能源技术（包括CCUS）领域加强合作的一部分，同样反映了美加两国致力于“创新使命”的承诺。

（张凡）

⁶ DOE, Natural Resources Canada Announce Pilot Plant to Advance Oxy-Combustion Carbon Capture. <http://www.energy.gov/fe/articles/doe-natural-resources-canada-announce-pilot-plant-advance-oxy-combustion-carbon-capture>

DOE 资助 760 万美元支持溶剂吸附碳捕集技术大规模试验

10 月 12 日,美国能源部(DOE)宣布将在挪威西部的 Mongstad 技术中心(TCM)试验第二代 CO₂ 溶剂技术⁷。这一名为“ION 工程化”的项目是 DOE 碳捕集计划首个在国外开展的项目。作为挪威国家石油公司 Mongstad 精炼厂的一部分,TCM 拥有世界上最大、最先进的碳捕集试验设施。DOE 将为此资助 760 万美元,TCM 将匹配 670 万美元。

与传统液态 CO₂ 吸附技术相比,ION 新型系统能提供更高能效的工艺,具有高 CO₂ 捕集能力,同时降低耗水量。这项捕集技术的商业部署将提高 CO₂ 捕集的效率和经济性,促进 CCUS 的商业化。ION 溶剂体系在阿拉巴马州美国国家碳捕集中心(NCCC)进行的小型中试规模试验(1 MWe)中首次获得成功。在 TCM 进行的项目将在这一工作的基础上扩大规模至 12 MWe,专注于使用工业烟气模拟燃煤电厂环境下 CO₂ 吸附系统的改进和验证。(张凡)

前沿与装备

新型光电催化系统太阳能到氢能转化效率突破 30%

氢能具有高效、清洁和燃烧无有害副产品等优点,有潜力成为未来能源载体,是各国竞相开发的战略性能源技术,然而现有的制氢成本过于高昂,阻碍了其大规模商业化应用。斯坦福大学 Thomas Jaramillo 教授课题组设计研发了全新的太阳能光电催化系统,该新型光电催化系统由三结串联太阳电池(磷化镓/砷化镓/砷氮镓)和两个串联的聚合物电解质薄膜电解槽(其中正极电解槽含有负载铂催化剂的全氟磺酸,而负极电解槽则含有铱(Ir)催化剂)组成。研究人员首先对三结串联电池进行了电流电压测试,在一个标准太阳光照射下(受照面积为 0.316 cm²),该串联电池获得了 2.79 V 的开路电压、13.9 mA·cm⁻² 短路电流;而当在 42 倍的聚光条件下时,开路电压增大到了 3.21 V,短路电流更是高达 584 mA·cm⁻²,最终获得高达 39%的光电效率。随后研究人员测试了整个复合光电催化系统太阳能到氢能的转化效率,研究发现在初始运行 20 分钟,整个系统效率超过了 31%,运行 20 多小时后仍超过 30%;超过 48 小时后,仅仅略微下降到 28%。这一系统太阳能到氢能平均转化效率高达 30%以上,创造了新的世界纪录。实现了太阳能到氢能的高效转化,转化效率创下高达 30%的新世界纪录。研究人员通过太阳能光伏器件和电化学系统的耦合集成开发了全新的太阳能制氢装置,一方面实现了太阳能到氢能高效

⁷ DOE-Funded Carbon Capture Technology Moves Forward to Large-Scale Testing. <http://www.energy.gov/fe/articles/doe-funded-carbon-capture-technology-moves-forward-large-scale-testing>

转换，有助降低制氢成本，推进氢能的商业化应用；同时也为太阳能存储提供了全新的解决方案。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》⁸。（郭楷模）

新型钙钛矿材料提高太阳能电池稳定性和效率

钙钛矿电池器件性能的不稳定性成为了该类电池技术迈向商业化的一大阻碍，基于对钙钛矿吸光材料成分的替换和调控来提高电池效率和稳定性是解决这一问题的主要方向。瑞士和美国科学家最近在这方面的研究取得了重要进展。

瑞士洛桑联邦理工学院 Michael Grätzel 教授课题组将稳定的氧化态铷离子（ Rb^+ ）引入到钙钛矿晶格中，构建了全新的多阳离子混合的钙钛矿材料铷铯甲胺甲脒（ Rb_xCsMAFA ， x 为引入的 Rb^+ 的摩尔比）。基于该新型钙钛矿材料，电池器件的稳定性和效率得到大幅提升。小面积（ 0.1cm^2 ）电池器件平均稳态光电转换效率达到 20.2%，而稳态最高效率则高达 21.6%，非辐射能量复合损失极小，仅为 0.39eV，比晶硅太阳能电池都小（0.4eV），是迄今为止带隙能量损失最小的光伏材料。研究人员对电池器件进行老化试验，在 85℃ 下 1 个标准太阳光连续辐照 500 小时后，器件的效率仍然可以维持初始的 95%，呈现出优秀的稳定性。相关成果发表在《*Science*》⁹。

加州大学伯克利分校 Alex Zettl 教授课题组联合劳伦斯伯克利国家实验室研究人员将两种不同带隙结构的钙钛矿材料进行优化整合，设计制备了一种含有双层钙钛矿吸收体的渐变带隙钙钛矿电池。通过电压电流扫描测试，5 分钟后，电池呈现出稳定电压和电流输出，平均稳态效率为 18.4%，而稳态最高效率达到 21.7%，此时填充因子和短路电流分别高达 75% 和 $42.1\text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ ，是该类型电池的目前获得的最高电流数值，瞬态峰值效率更是高达 26%。相关成果发表在《*Nature Materials*》¹⁰。（郭楷模）

生物燃料电池和超容耦合的能源转化与储存一体化器件

将生物燃料电池等绿色能源转化装置与储能设备有效的集成耦合，对新能源的开发利用有着重大意义。德国鲁尔-波鸿大学 Sergey Shleev 教授课题组联合瑞典马尔默大学研究人员设计合成了新型的聚合物电子介体，并结合生物酶催化剂开发了一种生物燃料电池和超级电容耦合集成的能源转化与存储一体

⁸ Jieyang Jia, Linsey C Seitz, Jesse D Benck, et al. Solar water splitting by photovoltaic-electrolysis with a solar-to-hydrogen efficiency over 30%. *Nature Communications*, 2016, doi: 10.1038/ncomms13237

⁹ Michael Saliba, Taisuke Matsui, Konrad Domanski, et al. Incorporation of rubidium cations into perovskite solar cells improves photovoltaic performance. *Science*, 2016, DOI: 10.1126/science.aah5557

¹⁰ Onur Ergen, S Matt Gilbert, Thang Pham, et al. Graded bandgap perovskite solar cells. *Nature Materials*, 2016, doi:10.1038/nmat4795

化器件，为新能源开发利用提供了全新的路径。研究人员设计合成了一种全新氧化还原聚合物聚丙烯酰胺和聚[氮-乙烯基咪唑]螯合 $[\text{Os}(4', 4' \text{-二氯-}2', 2' \text{-联吡啶})_2\text{Cl}]^{+/2+}$ (Os-P)，将其作为电子介体应用到生物燃料电池，其中吡咯并喹啉酮和葡萄糖脱氢酶蒾合包覆 Os-P 形成的复合膜 (GDh-Os-P) 作为阳极，胆红素氧化酶包覆 Os-P 形成的复合膜 (Box-Os-P) 作为阴极。在 $\text{PH}=7.4$ ， $25\pm 3^\circ\text{C}$ 温度下，电化学器件电势达到了 0.45V ，阳极电流密度达到 $55\ \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ ，阴极电流密度达到 $85\ \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ ，输出功率可达 $3.9\ \text{mW}\cdot\text{g}^{-1}$ 。基于上述材料耦合的超级电容器面积比电容达到了 $147\ \text{mF}\cdot\text{cm}^{-2}$ ，质量比电荷达到了 $1700\ \text{mC}\cdot\text{g}^{-1}$ ，远大于先前报道的同类型能源转化与储能一体化器件，并且整个器件的质量也极小，仅为 $0.5\ \text{mg}$ 。相关研究成果发表在《*Angewandte Chemie International Edition*》¹¹。

(郭楷模)

法科学家研发毫米级 3D 全固态微型电池

小型化、高能量密度和大功率微型动力电池在自主微尺度致动器、分布式无线传感器、发射器、监视器以及便携式、可植入医疗设备等领域有着广阔的应用前景，因此吸引了全球科研人员的广泛关注。法国国家科学研究中心 Christophe Lethien 教授研究团队和美国阿贡国家实验室研究人员合作利用平板印刷和刻蚀技术制备了面积放大倍数高达 30 的 3D 硅微管阵列（阵列间距和微管内径均为 $1\ \mu\text{m}$ ），微管的长径比达到了 80。以该 3D 硅微管阵列为基底，研究人员进一步采用原子沉积技术 (ALD) 在该基底上依次沉积上氧化铝 (Al_2O_3) 绝缘层、铂 (Pt) 集流体层、二氧化钛 (TiO_2) 负极层和磷酸锂 (Li_3PO_4) 固态电解质层，构造出了 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Pt}/\text{TiO}_2/\text{Li}_3\text{PO}_4$ 层状堆叠的 3D 微型电池。透射电子显微镜和同步辐射 X 射线谱测试结果证实了上述层状堆叠结构，且各个沉积层都是厚度均匀无孔隙结构。研究人员进一步通过循环伏安测试，研究不同放电倍率对 3D 微型电池性能的影响：在 $0.1\ \text{mV s}^{-1}$ 扫描速率和 4.2V 放电电压条件下，当循环倍率为 C/16 时，其面积放电比容量为 $0.37\ \text{mAh cm}^{-2}$ ；当循环倍率增大到 2C 时，面积放电比容量下降到了 $80\ \mu\text{Ah cm}^{-2}$ 。为了对比，研究人员还在纯平面的硅基底制备了完全一样结构的平板微型电池，同样的测试条件下 ($0.1\ \text{mV s}^{-1}$ 扫描速率、 4.2V 放电电压条件下和 C/16 循环倍率)，其面积放电比容量仅为 $3.5\ \mu\text{Ah cm}^{-2}$ ，即 3D 微型电池放电比容量是平板微型电池 100 多倍。该项研究设计开发了一种全新的毫米级的全固态微型电池，推进了电池的小型化和便携化。相关研究成果发表在《*Advanced Energy Materials*》¹²。

(郭楷模)

¹¹ Dmitry Pankratov, Felipe Conzuelo, Piyanut Pinyou, et al. A Nernstian Biosupercapacitor. *Angewandte Chemie International Edition*, 2016, DOI: 10.1002/anie.201607144

¹² M L  tiche, E Eustache, J Freixas, et al. Atomic layer deposition of functional layers for on Chip 3D Li-ion all solid state microbattery. *Advanced Energy Materials*, October 2016 DOI: 10.1002/aenm.201601402

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 高端洁净煤电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

