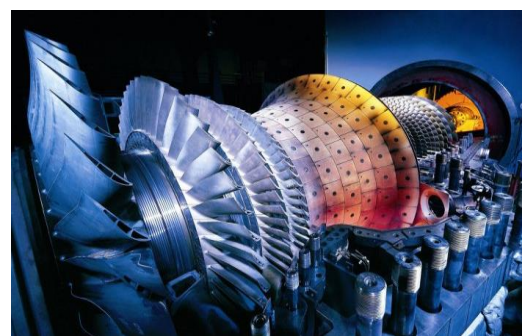


# 先进能源科技动态监测快报



## 本期重点

- Brookings: 美清洁能源技术专利下降 经济竞争力面临挑战
- 美国国家科学院评估报告提出先进汽车技术研发计划发展建议
- GWEC: 2021 年全球风电累计装机容量预计超过 800 GW
- 西门子公布电气化货运公路系统试验进展
- 全球首款电池-燃气轮机混合发电系统成功运行

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

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

电 话: (027) 87197630

## 目 录

### 决策参考

- Brookings: 美清洁能源技术专利下降 经济竞争力面临挑战.....2  
美国家科学院评估报告提出先进汽车技术研发计划发展建议.....5  
GWEC: 2021年全球风电累计装机容量预计超过800GW.....8

### 项目计划

- 欧盟资助436万欧元开发太阳高温热能工业应用..... 10  
西门子公布电气化货运公路系统试验进展..... 10

### 前沿与装备

- 全球首款电池-燃气轮机混合发电系统成功运行..... 13  
NREL 新型光电化学电池创造16.2%太阳能制氢新纪录 ..... 14  
新型氧化钼薄膜包覆铂基催化剂实现高效光解水产氢..... 15  
瑞科学家研发新型镁离子电池适用的高效固态电解质..... 16

## 本期概要

美布鲁金斯学会发布《专利发明：特朗普政府和国会的清洁能源创新趋势及优先事项》报告，分析了全美各大城市地区 14 种清洁能源技术（从太阳能、风能到核能和常规燃料）创新专利的趋势和问题，评估了美国国家和地区清洁能源技术创新企业的现状，得出了 5 个主要结论：（1）自 2001 年以来，美国清洁能源技术相关的专利数量已经显著增长，超过了美国其他领域的专利增幅，但近两年出现下滑趋势；（2）清洁能源技术专利集中在少数的几个技术领域；（3）美国清洁能源技术专利既集中在大都市区，也广泛分布在全国各地；（4）全美各都市区在清洁能源技术专利方面各具特色；（5）近年来，外资公司拥有的美国清洁能源技术专利份额有所增加，引发人们对美国企业全球竞争力的担忧。详见正文。

美国国家科学院发布“美国汽车能效和车用能源可持续研发创新（U.S. DRIVE）计划第五次评估报告”指出，受益于联邦政府推出的公私合作联盟，美国在先进汽车技术诸多研发领域取得了丰硕的成果。尽管如此，先进汽车仍然面临着技术成本高昂和氢燃料基础设施薄弱的严峻挑战。为了更好地推动 U.S. DRIVE 项目进行，加速先进轻型汽车技术商业化，减少温室气体排放，报告评述了项目进展和存在的问题，并提出了一系列建议，包括：U.S. DRIVE 合作联盟应该解决氢能基础设施成本高昂的问题，尤其要将重点放在基础使能技术研发上；先进燃烧和排放控制技术团队应积极主动地查找和评估替代发动机架构的性能数据；U.S. DRIVE 合作联盟应评估项目的短期或长期潜在影响，并对技术成熟度进行分类等。详见正文。

全球风能理事会发布《全球风电年度市场动态 2016》报告，对全球风电发展现状及到 2021 年的前景进行回顾与分析：2016 年全球风电新增装机 54.6 GW，分布于 90 多个国家，其中 9 个国家装机容量超过 10 GW，29 个国家达到 1 GW，累计装机容量增长 12.6%，达到 486.8 GW。全球并网风电在电力中的占比继续提高，其中丹麦以 40% 的比例冠绝全球，其次是乌拉圭、葡萄牙和爱尔兰都超过 20%，西班牙和塞浦路斯约 20%，德国为 16%。中国、美国和加拿大的风电并网率则分别为 4%、5.5% 和 6%。至 2021 年，全球风电装机增量有望达到 75 GW，届时累计装机容量将超过 800 GW。

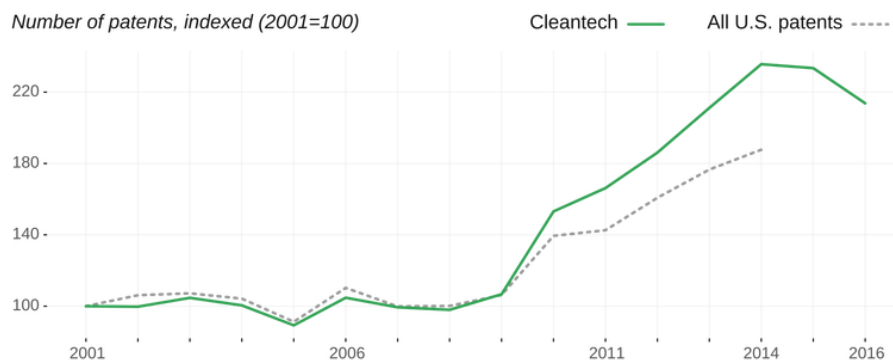
德国西门子公司披露了其电气化货运公路（eHighway）系统项目试验进展：2014 年 8 月，西门子在加利福尼亚州的公共道路上启动了 eHighway 系统示范项目，将在 2017 年进行测试，以了解不同的卡车配置与洛杉矶和长滩港口附近的 eHighway 基础设施之间的相互作用。2016 年 6 月，全球首个 eHighway 系统于瑞典开通运行。未来两年，西门子 eHighway 系统将在斯德哥尔摩北部 E16 高速公路两公里的地方进行实地测试。

通用电气公司和南加利福尼亚州爱迪生公司联合宣布，双方合作研发的全球首款电池-燃气轮机混合发电系统（Hybrid EGT）成功运行：Hybrid EGT 集成了一个 10MW 的电池储能系统、一个 LM6000 型的航改燃气轮机，以及一个升级版的控制系统，能够在需要时提供快速启动，快速升负荷功能，为日益增长的可再生能源发电容量提供调峰支持，应对可再生能源高比例并网带来的电网波动问题。

### Brookings：美清洁能源技术专利下降 经济竞争力面临挑战

4月26日，布鲁金斯学会（Brookings）发布《专利发明：特朗普政府和国会的清洁能源创新趋势及优先事项》报告<sup>1</sup>指出，能源创新关乎美国的未来。但问题是，正当美国清洁能源创新企业有可能进入发展瓶颈期时，特朗普政府的预算案却提出了削减能源技术研发预算的措施，这引发了对美国低碳经济未来发展的担忧。报告通过对2001年至2016年间美国专利商标局（USPTO）的专利申请与授权情况调研，分析了全美各大城市地区14种清洁能源技术（从太阳能、风能到核能和常规燃料）创新专利的发展趋势和问题，评估了美国全国和各地区清洁能源技术创新企业的现状。数据显示，虽然清洁能源技术专利多年来一直在增长，但美国清洁能源技术创新的竞争力仍然面临严峻的挑战。此外，虽然美国众多专利来自少数几个大城市，但重大的清洁能源技术创新活动正蔓延到全国各地。报告关键点如下：

（1）自2001年以来，美国清洁能源技术相关专利数量已经显著增长，超过了美国其他领域的专利增幅，但近两年已出现下滑趋势。2001-2016年间，美国清洁能源技术领域授权专利数量已经翻了一番，从2001年的不到15000件增加到2016年约32000件，且在2014年达到35271件的历史高位。此外，清洁能源技术专利增长一直要快于许多其他重要的创新产业。然而，2014年至2016年期间美国清洁能源技术授权专利数量已经下降了9%。



Source: Brookings analysis of IP Checkups' Cleantech PatentEdge database

Note: All U.S. patents data are only available through 2014

图1 2001-2016年美国清洁能源技术授权专利数量相对值变化态势（以2011年为基数100）

（2）清洁能源技术专利集中在少数的几个技术领域。总体上，2011年至今，美国共有14个清洁能源技术领域共授予了186500件专利。其中，先进绿色材料、能源效率和交通运输用能技术领域各占专利总数的18%，而储能占15%。相比之下，

<sup>1</sup> Patenting invention: Clean energy innovation trends and priorities for the Trump administration and Congress. [https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/04/final\\_cleantech.pdf](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/04/final_cleantech.pdf)

其他清洁能源技术领域（如地热能、水电、海洋能源以及核电）的专利数量少了很多。这些技术领域在 2010 年后的清洁技术专利总数中占比不足 1%，反映出近年来在美国电力结构中，水电和核能这两个重要的清洁能源领域没有足够创新。核电领域的专利申请率尤为低下，如果没有改进的反应堆技术，例如降低成本、减少循环时间、更小型化以及更高的安全性能，核能将无法发挥更大作用。尽管波浪能和潮汐发电的潜力巨大，但其清洁能源技术专利申请活动也相对滞后。

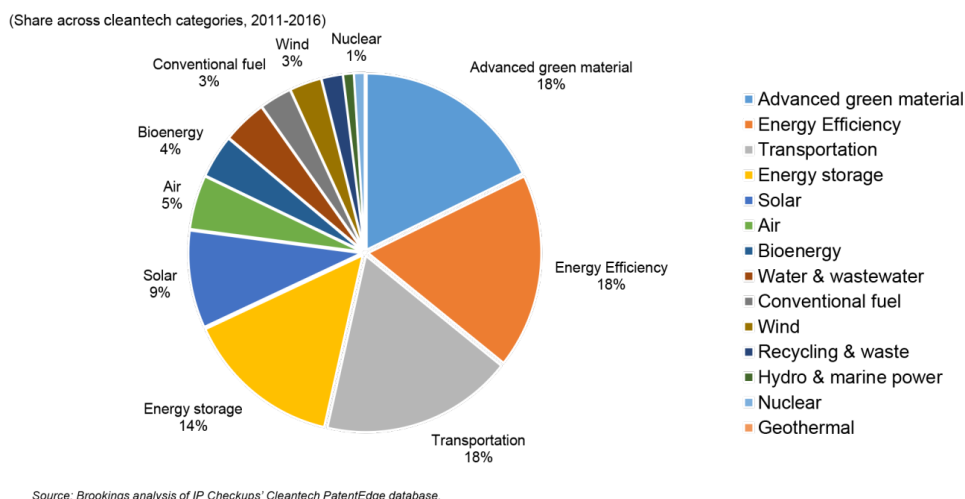


图 2 2001-2016 年美国清洁能源技术授权专利所属领域分布情况

(3) 美国清洁能源技术专利既集中在大都市区，也广泛分布在全国各地。在专利授权的绝对数量方面，清洁能源技术专利高度集中在少数几个大城市地区，如波士顿、底特律、休斯顿、明尼阿波利斯、旧金山和圣何塞等 10 个大城市总计占有清洁能源技术专利的 38%。但同时，专利数据表明，清洁能源技术创新也广泛分布在全美各地的大型和小型城市区域，如安阿伯、博伊西市、哥伦布、印第安纳、格林维尔和诺克斯维尔等。

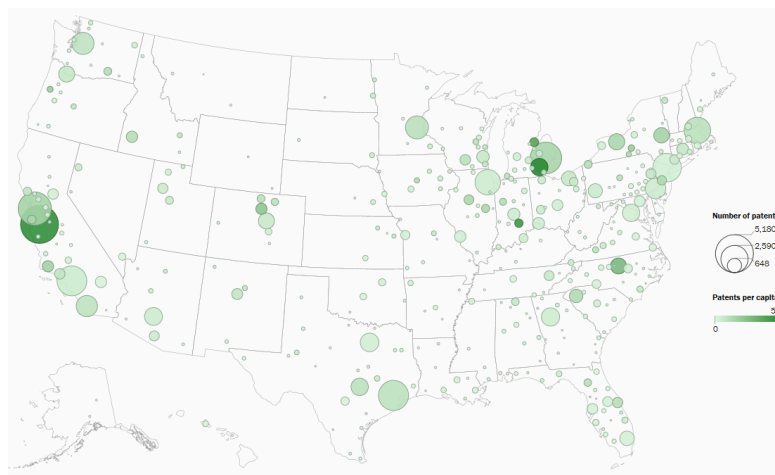


图 3 清洁能源技术专利在美国全国的分布情况

(4) 全美各都市区在清洁能源技术专利方面各具特色。全国最具创新力的城市

在低碳能源专利申请的专业化领域各不相同，意味着拥有特色产业集群的不同地区起到了全球重要创新中心的作用，通过强化当地企业、学术界和政府之间的合作以增强美国的经济竞争力。无论是大城市，如专注交通运输用能专利申请的底特律和专注常规燃料的休斯顿；还是较小的城市，如专注生物能源的爱荷华州艾姆斯市和专注核能的威明顿市，大量的美国都市区脱颖而出，成为技术创新的区域分化平台。

**(5) 近年来，外资公司拥有的美国清洁能源技术专利份额有所增加，引发人们对美国企业全球竞争力的担忧。**虽然清洁技术创新为美国带来了区域和国家层面的经济收益，但清洁技术专利越来越多地被外国公司所主导。2001年，美国本土和外国公司各自申请了大约47%的清洁技术专利。而到2016年，清洁能源技术专利的51%都是由大型跨国公司申请所有，而仅有39%属于美国本土公司。这一趋势反映了清洁能源技术行业的全球化，特别是在发达国家以及迫切需要减少碳排放和能源转型的亚洲发展中经济体。

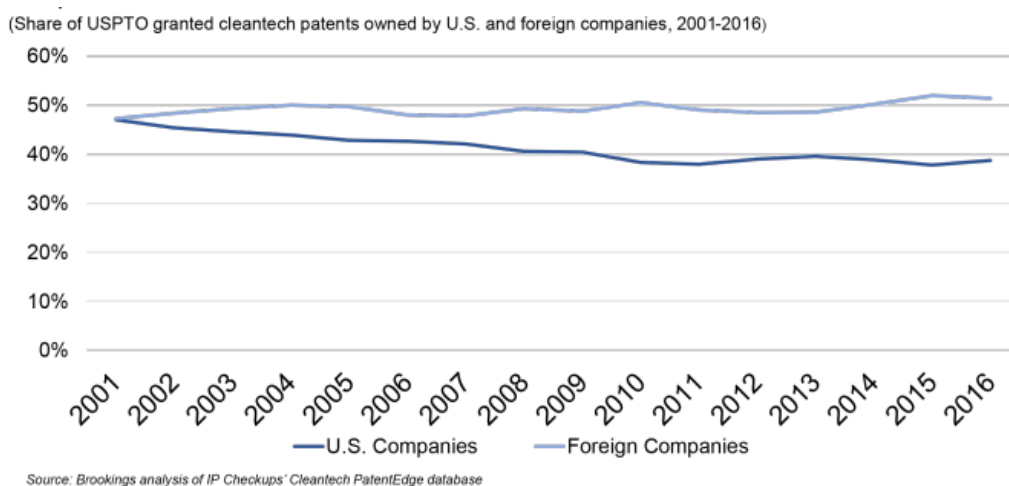


图4 2001-2016年美国本土公司和外资公司在清洁能源技术专利中份额变化情况

最后，报告对特朗普政府早前发布的2018财年联邦预算削减清洁能源研发的提案提出了建议：鉴于全球清洁能源经济1.4万亿美元的市场规模，美国不应将其在蓬勃发展的全球清洁能源技术市场的创新领导地位让与中国或其他国家；国会应该驳回预算，并借鉴多年来在能源创新上的两党支持，支持低碳能源技术的创新发展；将清洁能源研发预算维持在恰当的水平；最大限度地发挥能源部17个国家实验室的清洁能源技术创新能力；保留先进能源研究计划署（ARPA-E），同时维持和扩大国家能源创新中心和研究机构规模；此外，各州、地区和私营企业应该加大在低碳技术创新方面的投资力度，以及争取必要的联邦支持。

（吴勘 郭楷模）

# 美国家科学院评估报告提出先进汽车技术研发计划发展建议

4月25日,美国国家科学院发布“美国汽车能效和车用能源可持续研发创新(U.S. DRIVE)计划第五次评估报告”<sup>2</sup>指出,受益于联邦政府推出的公私合作联盟(该联盟致力于促进高效轻型汽车技术的研发创新和商业化),政府和企业间的合作得到了强化,使得美国在先进汽车技术诸多研发领域取得了丰硕的成果,包括先进燃烧技术、氢燃料电池耐久性和成本以及电池、电机和电控等电力驱动系统。但挑战仍存,基本上所有正在开发的技术成本都较为高昂,部署燃料电池汽车的氢燃料基础设施还较为薄弱。为了更好地推动 U.S. DRIVE 计划进行,加速先进轻型车辆技术(如插电式、纯电动、混合动力、燃料电池汽车等)、清洁可持续车用燃料(如氢能、电力等)及其相关基础设施(如充电桩、加氢站等)研发和部署,以提高燃料经济性、减少传统化石燃料消耗和温室气体排放,报告详细地分析了计划进展和存在的问题,并提出了相关的建议,关键结论如下:

## 1、先进内燃机和排放控制

U.S. DRIVE 合作联盟的先进燃烧和排放技术研究团队(ACECTT)设定了2020年的研究目标,即在2010水平上将内燃机的燃烧效率提升20%,同时确保新内燃机技术商业化。为此,ACECTT积极开展多项研究,包括燃料燃烧化学反应机理研究、替代内燃机架构研发、不同运行条件对内燃机性能的影响研究以及为“优化动力学控制”的发动机-燃料系统开发,旨在促进内燃机低温燃烧技术获得突破,改善燃烧效率减少排放。尽管经过数轮的项目推进,U.S. DRIVE 合作联盟在先进内燃机和排放控制技术领域取得了一定的成果,但仍有改进的空间。

**建议:**先进燃烧和排放控制技术团队(ACECTT)应积极主动地查找和评估替代内燃机架构的性能数据,将其与当前的研究项目得出的性能参数进行对标。

## 2、内燃机用燃料

美国能源部(DOE)设定了2025年的燃料燃烧效率目标,即现有的水平上将燃料燃烧产生的排放量减少30%。为此,U.S. DRIVE 的燃料研究工作组(FWG)积极研究新型低碳石油燃料、石油-生物燃料混合等先进燃料,并通过发动机燃料来测试和评估新型燃料在清洁柴油发动机、低温燃烧内燃机中的燃烧效率和排放情况。此外,DOE还建立了联合优化计划来收集相关实验数据以帮助优化内燃机-燃料系统的建设,但尚未解决如何在轻型汽车中部署这样的系统。

**建议:**DOE应进一步解释联合优化计划在商业实践中如何起到推广优化的发动机-燃料系统作用。这一计划与U.S. DRIVE计划之间应该就优化的发动机-燃料概念达成共识,还需要采用旨在提高交通运输能效和减少二氧化碳排放的先进燃烧系统

---

<sup>2</sup> Review of the Research Program of the U.S. DRIVE Partnership - Fifth Report. <https://www.nap.edu/html/24717/RH-USDRIVE.pdf>



和燃料的计划。

### 3、氢燃料电池汽车（HFCVs）和氢能

DOE 资助了众多的氢燃料电池技术研发项目，并设定了 2020 年的研究目标，包括峰值效率达 65%、寿命达 5000 小时、功率密度 650W/L 以及 40 美元/千瓦成本等。但评估报告显示，当前燃料电池汽车成本仍较高昂，为 53 美元/千瓦，平均寿命仅为 3900 小时，且氢燃料基础设施薄弱。尽管成本高昂、产能有效以及氢燃料基础设施匮乏，但国内外汽车公司近期的活动表明，氢燃料电池汽车商业化已经进入了大规模的示范运行阶段，很快将投放市场与消费者见面。随着美国不同州的燃料电池汽车公司的快速发展，近期和长期项目之间界限将变得愈发清晰。

**建议：**U.S. DRIVE 合作联盟应评估项目的短期或长期潜在影响，并对技术成熟度进行分类。合作联盟应不断评估其优先项目进程，并应继续解决长期目标和竞争前（低技术成熟度时期）目标。

### 4、车载储氢

研发高效、安全、低成本的车载储氢系统对发展氢燃料电池汽车至关，然而当前的车载储氢技术诸多性能指标（如储氢效率、成本、安全性等）不够完善。为了加速该技术的创新和商业化，DOE 成立了储氢技术研发团队并开展了相关研究。DOE 还设定了 2020 年的研发目标，要求到 2020 年系统在 700 巴压力下的储氢质量超过 9%，体积储氢密度大于 50g/L。要实现氢燃料电池汽车的广泛普及，就要求燃料汽车能够实现一次加氢后的续航里程要达到 300 英里和短加氢时间。然而，当前这些目标都尚未实现。

**建议：**明确储氢技术团队的任务分工和目标，同时为实现这些目标制订一个详细的计划。储氢技术团队应该增加与其他技术团队的合作，以扩大合作的领域，促进技术的研发突破，要及时地更新研发技术路线图，确保研发路径的正确性。

### 5、氢气生产与运输

无论氢的来源如何，氢燃料电池汽车能否大规模普及很明显取决于氢燃料的可获得性。目前氢气的生产和运输成本仍然是非常高昂，实际上也没有氢燃料基础设施，这使得氢燃料电池汽车的市场推广成为一个艰巨的挑战。此外，电动汽车及其相应的充电桩已经开始逐渐部署，这使得燃料电池汽车的发展面临额外的挑战。当前，U.S. DRIVE 合作联盟仍然没有设定明确的氢气运输成本目标（当前的运输成本为 13~16 美元/千克），与 DOE 多年前设定的 4 美元/千克的运输成本目标相去甚远。此外，天然气生产公司具有丰富的产氢、储氢和运输氢气的经验，但目前合作联盟还没有将其作为固定合作伙伴参与技术研发。

**建议：**U.S. DRIVE 合作联盟的执行指导小组（ESG）应解决与氢燃料基础设施相关的问题（例如，如何安装加氢站，谁负责生产氢气，以及在道路上没有足够的

燃料电池车辆的情况下，如何激发企业投资氢燃料基础设施的兴趣，反之亦然等），还应评估 U.S.DRIVE 合作联盟在制定行动计划解决上述问题和障碍的作用；根据现有的技术和市场，DOE 应该及时修正氢气的运输成本目标，以提高氢燃料电池汽车的竞争力；U.S.DRIVE 合作联盟应该将天然气企业设定为固定合作伙伴，以发挥这些企业氢气生产、运输和分配方面的经验，加速技术研发突破。

## 6、电机与电控系统

U.S. DRIVE 合作联盟先进汽车技术研发的目的之一便是降低电力驱动系统组件（包括电机、电子控制系统等）成本、减小尺寸重量，以增强电力驱动系统市场竞争力，从而扩大市场份额，促进轻量化电动汽车的普及。然而目前的电力驱动系统还是存在诸多问题，如由于电机采用稀土永磁材料（占到电机成本的一半）导致成本高昂（7 美元/千瓦），电子控制系统（当前体积功率密度仅为 12 kW/L）存在较高的功率损失，导致冷却系统制造成本增加以及系统效率（93%）不够高等。U.S.DRIVE 合作联盟已经开展了相关研究项目，来探索将宽带隙材料用于电力电子器件技术领域的潜力。尽管这些项目大多集中在碳化硅上，但氮化镓的成本要低得多，并且可能是汽车应用的潜在首选。

**建议：**U.S.DRIVE 合作联盟应加强对电力电子器件氮化镓技术的重视，以加快其商业化应用的进程。

## 7、电化学储能

所有电动汽车都需要改进电化学储能技术，如电池模块的能量密度、循环寿命和安全性。而电池模块的高成本（当前成本为 268 美元/千瓦时）仍然是插电式电动汽车进一步推广普及的主要障碍，因此电池性能必须得到改善以将成本降至 125 美元/千瓦时，同时还需要解决安全问题。尽管在 2012 年已设定了各类电动汽车用的新储能技术目标，但这些目标的表述并不一致。

**建议：**U.S.DRIVE 合作联盟应该建立一个单一的权威网站，以为各种电动汽车设定特定的储能技术目标，它应该成为未来几十年研究人员开展储能技术研究活动的技术路线图；其次要加快锂电池固态电解质的研发，提高电池安全性。

## 8、交通电气化对电网的影响

电力的便利性、可负担性和环境影响对于未来的插电式电动汽车和氢燃料电池汽车都是非常重要的。技术的快速发展加上全球日益增强的减排需求正在为电网带来革命性和不可预知的变化。各州的监管机构会比联邦政府将这种电网转型的步伐和方向推进到一个更加深入的程度。

**建议：**U.S.DRIVE 合作联盟应密切关注电网的变革，以了解车辆设计如何能够有效匹配新兴电力市场发展，以增加非石油车辆的市场份额，如氢燃料电池汽车和纯电动汽车。

## 9、车辆结构材料

提高车辆效率，从而提高燃油经济性的主要方法是减少汽车的重量。虽然 U.S.DRIVE 材料技术团队确定的一些减轻车辆重量和成本的中期目标是合理的，但提出的长期目标和基本目标是不切实际的。

**建议：**U.S.DRIVE 合作联盟应确定减轻汽车重量成本的长期目标与其他技术团队的长期成本目标相互匹配。制定中期目标的做法也应该继续下去。同时要保证 DOE 和 U.S.DRIVE 拥有一套一致的参考目标。

(郭楷模)

## GWEC：2021 年全球风电累计装机容量预计超过 800 GW

4 月 25 日，全球风能理事会（GWEC）发布《全球风电年度市场动态 2016》报告指出<sup>3</sup>，2016 年全球风电新增装机 54.6 GW，分布于 90 多个国家，其中 9 个国家装机容量超过 10 GW，29 个国家达到 1 GW，累计装机容量增长 12.6%，达到 486.8 GW。中国继续引领全球风电新增装机和累计装机量，其累计装机容量约是第二名美国的两倍，新增装机量约是美国的四倍。

报告显示，全球并网风电在电力结构中的占比继续提高，其中丹麦以 40% 的比例冠绝全球，其次是乌拉圭、葡萄牙和爱尔兰都超过 20%，西班牙和塞浦路斯约 20%，德国为 16%。中国、美国和加拿大的风电并网率则分别为 4%、5.5% 和 6%。GWEC 对未来 5 年的预测显示，2017 年新增风电装机容量将达到近 60 GW，至 2021 年有望达到 75 GW，使得 2021 年底累计装机容量将超过 800 GW（图 1）。

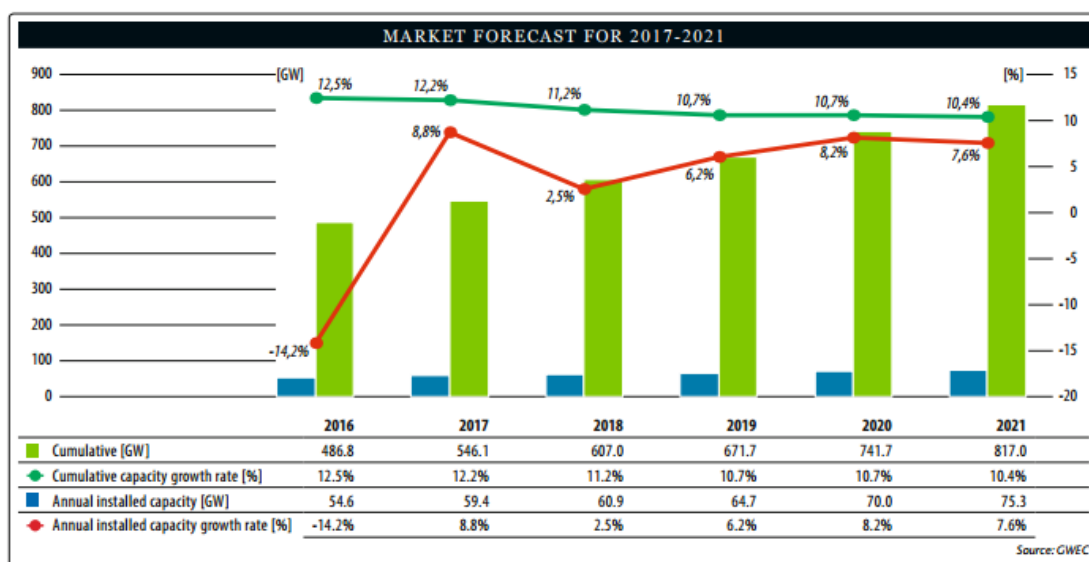


图 1 2017-2021 年全球风电累计装机容量市场预测（单位：GW）

截止 2016 年底，亚洲地区的总装机容量达到 203.7 GW，预计未来将持续稳定

<sup>3</sup> Strong Outlook for Wind Power.  
<http://www.gwec.net/strong-outlook-for-wind-power/#>

增长。中国继续处于市场领先地位，2016 年中国新增装机容量相对于 2015 年创纪录的 30 GW 有所下滑，但依然达到 23.4 GW，占全球新增装机容量的近一半。鉴于 2017 年以来整体电力系统管理不善，中国风电发电量减少 17%，加上国家需求增长的放缓以及发展太阳能计划，估计 2017 年风电新增装机容量仍将少于 2015 年的水平。印度在 2016 年创下全新的装机纪录，2017 年仍将保持强劲增长。在亚洲其他地区，日本和韩国将继续缓慢增长，巴基斯坦和菲律宾市场将强劲增长。此外，预计 2017 年期间将出现重大的监管变化。总体而言，预计未来五年亚洲市场新增装机容量将达到 153.5 GW（图 2），到 2021 年底累计装机容量将达到 357 GW（图 3）。

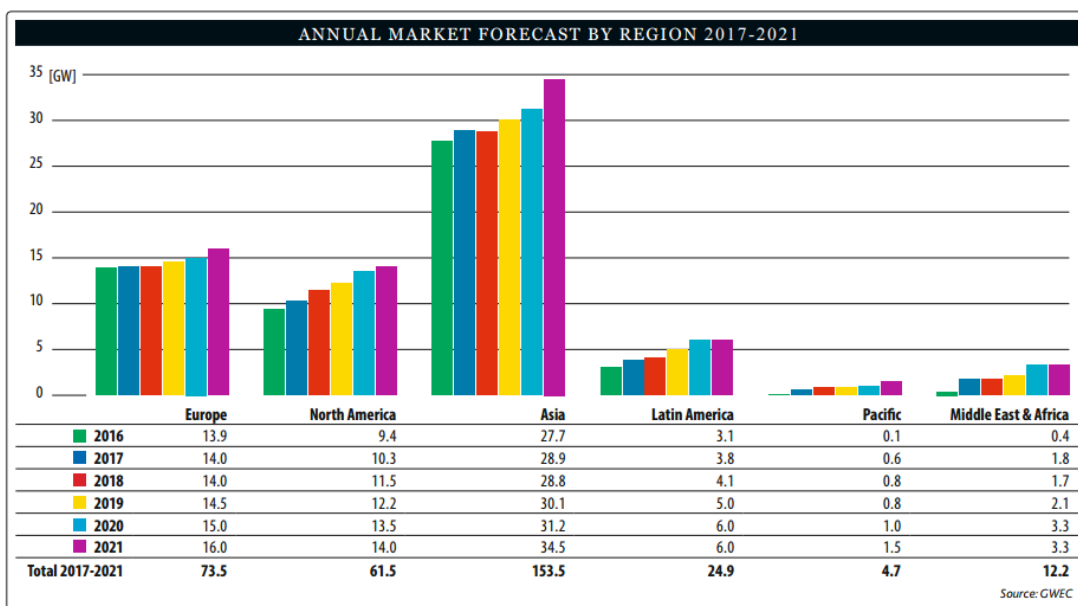


图 2 2017-2021 年全球不同区域新增风电装机容量预测（单位：GW）

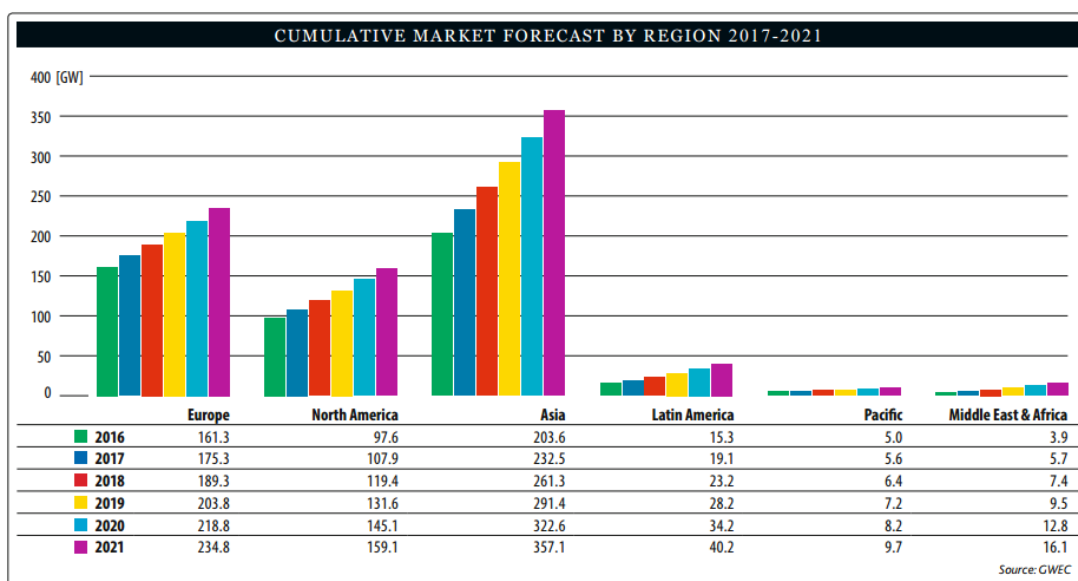


图 3 2017-2021 年全球不同区域累计风电装机容量预测（单位：GW）

欧洲风电市场近年来上升的趋势不明显，2016 年仅新增 12.5GW 装机容量，较

2015 年下滑 3%。德国在 2016 年累计装机容量超过了 50 GW，在 2017 年新的电力拍卖制度开始之前也将保持强劲势头。法国、土耳其和荷兰在 2016 年都有大幅增长，预计 2017 年将继续增长。海上风电设施预计将在 2017 年以及随后的几年内再次上升，至 2020 年以后增长幅度进一步加大。总体而言，预计欧洲将继续按照 2020 年的目标发展，欧盟对 2020 年可再生能源制度的建议以及欧元区经济的加强，对推动市场上升均起到了积极的作用。到 2021 年，预计欧洲风电新增装机容量将达到约 73GW，累积装机将达到 234.8GW。

在北美地区，风电市场继续强劲发展。在 2015 年底达成减税协议之后，美国风电行业进入了历史最长的政策稳定期，而 2016 年的市场则出现下滑。加拿大市场在 2011-2015 年间的年均装机容量达到最高峰 1-1.5 GW，但预计之后的市场将稳定在 0.7-1 GW/年。墨西哥预计在 2017 年装机容量首次超过 1GW，并按照新的能源改革和政府目标持续发展。总体而言，预计未来五年北美地区新增装机容量约为 61.5 GW。

拉丁美洲方面，尽管巴西的政治和经济不利，但该地区其他新兴国家如阿根廷、乌拉圭、智利和秘鲁填补了该区域风电市场的空白。中部美洲的小市场将继续作出贡献，加勒比共同体国家的新气候和能源目标意味着其在风电方面将会有重大的活动。总体而言，预计在 2021 年之前该地区的新增装机容量将达到 24.9 GW。

非洲在 2017 年发展前景广阔，主要由肯尼亚、南非和摩洛哥所引领。南非新的综合资源计划如果落实为政策，也将有助于非洲市场发挥其潜力。

澳大利亚市场经过一段时间的平静后，在未来几年将建设一个大型项目。随着 2016 年澳大利亚强制性可再生能源目标（MRET）的实施，将导致新风电项目的大幅增加。

（吴勘 郭楷模）

## 项目计划

### 西门子公布电气化货运公路系统试验进展

4 月 11 日，德国西门子公司在其官网披露了其电气化货运公路（eHighway）系统项目试验进展<sup>4</sup>。eHighway 系统将为电力混合驱动的重型货运卡车架设电气化接触网系统提供电力，该系统的效率是传统内燃机的两倍。eHighway 在环境和经济方面对频繁使用的卡车路线尤其有效，例如在港口或工业园区和货运中心之间，或矿场和转运码头之间。

世界可持续发展工商理事会（WBCSD）预测，从 2000 年至 2050 年期间，全球

<sup>4</sup> eHighway – Solutions for electrified road freight transport.  
<http://www.siemens.com/press/en/feature/2015/mobility/2015-06-ehighway.php>

货运量将增长 200%。到 2050 年，道路货运的二氧化碳排放量将翻一番。乘用车的创新理念早已存在，现在亟需为道路货运提供经济的化石燃料替代品。道路货运的电气化将大大减少二氧化碳排放量，并确保未来交通能源的可用性。其主要优点是电力可以通过许多不同的方式产生，包括通过常规电站和可再生来源。西门子 eHighway 解决方案的核心技术内容如下：

### **(1) 架空电气化接触网**

电力直接从架空电气化接触网传输到车辆中，实现了 80% 以上的最佳效率水平。

通过接触网相互交换能量来制动和加速卡车，例如在具有山脉地形的区域，卡车能够恢复制动能量并将其送回电网。

现有的架空线路，例如无轨电车系统，证明了道路应用技术的安全性。

铁路和电车业务的经验证明其使用寿命长，维护费用相对较低。

该技术可以很容易地集成到现有的道路基础设施中，并不会对其他道路使用者构成障碍。

### **(2) 混合动力系统**

混合动力驱动系统能够使卡车保持灵活性，例如在超车和非电气化路线中。

与传统内燃机相比，混合动力驱动效率更高，使用寿命更长，维护更少。

eHighway 系统可以开展多种不同的混合配置。

### **(3) 智能集电器**

智能集流器使车辆能够在高达 90 公里/小时的速度时与接触网系统连接和断开，并补偿车辆在车道内的运动。

不需要车道引导系统。

与纯电动无轨电车相比更显创新，无轨电车只能运行在固定路线上，而混合动力卡车可以用于露天煤矿。

此前，西门子公司已经开展了一些研究示范项目并开通运行了首个电气化道路货运系统，具体如下：

#### **(1) 研究项目 ENUBA 1**

由德国联邦环境部、自然保护和核安全部（BMU）资助了 ENUBA 项目“重型商用电动汽车降低对人口稠密地区的环境影响”，目标是使重型货车交通变得更加节能、环保和清洁。在这个项目的背景下，西门子公司为重型货车交通的电气化手段提供了一个整体的概念，并且在德国柏林北部的专门测试轨道上进行了该系统的技术可行性测试。该测试轨道证明了重型货车电气化系统的整体技术可行性。随着研究的深入，涉及到诸如电力运输的数量和内燃机的比较等各种因素，证实了与架空接触线相连的重型货车在降低冲击方面的潜力。

#### **(2) 研究项目 ENUBA 2**

ENUBA 2 项目是德国联邦政府名为“电力移动概念”灯塔项目的一部分，旨在为新型的生态型货运打下基础。与斯堪尼亚公司进行合作开发，通过架空接触线使重型货车电气化，并对其技术可行性进行了适当测试。重点是优化车辆驱动系统和集电弓的整合，并提供必要的交通控制系统。该研究项目已经在 Gross Doelln 建立了一个新的扩展测试道路，以反映现实生活中的路况。

### (3) 位于加州和瑞典的示范项目

2014 年 8 月，西门子在加利福尼亚州的公共道路上启动了 eHighway 系统示范项目。在美国的洛杉矶和长滩港口附近，西门子为混合动力电动卡车安装了一个两英里的架空接触线系统。西门子在加州开展的 eHighway 示范项目与汽车制造商沃尔沃和当地卡车转换公司合作开展。测试在 2017 年进行，以了解不同的卡车配置与洛杉矶和长滩港口附近的 eHighway 基础设施之间的相互作用。项目已经在 Carson 市的一条公路上沿两个方向建立了一英里的基础设施。这段距离是从洛杉矶和长滩的港口到海岸附近货运中心的一部分道路，每天有数千辆货车经过。南加州负责空气洁净政策的环境机构希望收集这条道路的信息，以确定 eHighway 系统是否适合商业用途。

2015 年 6 月，西门子在瑞典斯德哥尔摩北部的 E16 高速公路两公里单线路段建设了 eHighway 系统示范项目。2016 年 6 月，全球首个 eHighway 系统于瑞典开通运行。未来两年中，西门子卡车系统将在斯德哥尔摩北部 E16 高速公路两公里的地方进行测试。试验将使用两台由斯堪尼亚制造的柴油混合动力车辆，并与西门子公司合作，在接触网系统下运行。

(吴勘 郭楷模)

## 欧盟资助 436 万欧元开发太阳高温热能工业应用

4 月 19 日，欧盟委员会公布了资助 436 万欧元用于为期 4 年的 SOLPART 项目概况<sup>5</sup>，参与国家包括法国（为项目协调员）、瑞士、德国、西班牙、英国、比利时和摩洛哥。项目旨在构建太阳高温热能反应器，为高温、高能源强度的工业生产活动（如水泥、石灰、化石燃料等生产活动）提供所需的能量，以减少二氧化碳排放和燃料消耗。科学家已经建立了两座实验室规模的太阳高温热能反应器，为石灰和水泥生产中的碳酸钙分解反应提供能量：回转窑位于德国航空航天中心（DLR），流化床反应器位于法国国家科研中心（CNRS）。在水泥和石灰生产过程中，如果使用太阳热能作为能量来源，那么每公斤产能可节省约 0.15 升燃料。SOLPART 项目的工作原理和技术重点如下：

---

<sup>5</sup> Harnessing the sun to clean up industrial processes.

[http://ec.europa.eu/research/infocentre/article\\_en.cfm?id=research/headlines/news/article\\_17\\_04\\_19\\_en.html?infocentre&item=Infocentre&artid=43916](http://ec.europa.eu/research/infocentre/article_en.cfm?id=research/headlines/news/article_17_04_19_en.html?infocentre&item=Infocentre&artid=43916)

### (1) 工作原理：由太阳热能驱动的化学过程

为了生产用于水泥行业的石灰，必须将石灰石加热至 900-1000°C 才能分解。热量会导致石灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) 损失二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )，并将其转化为生石灰，即氧化钙 ( $\text{CaO}$ )。工业上通常会燃烧燃料以达到如此高的温度，但这会产生温室气体的排放。SOLPART 项目有望将太阳热能反应器提升至更高的工作温度，达到 900 至 950°C 之间，其高温工艺可用于分解石灰石中的碳酸钙颗粒。利用太阳热能替代这一生产过程中使用的燃料，有望将二氧化碳排放量减少 20%。

### (2) 技术重点：建设和测试太阳高温热能反应器

为了进行这种高温化学反应，科学家需要构建高温设备。在 SOLPART 概念中，太阳高温热能反应器将热反应产生的高能粒子存储在粒子存储器中，以模拟一天 24 小时运行的工业过程。目前 10 千瓦反应器的实验室测试已经开始，并将在 2017 年之后继续进行。一旦测试过程完成，项目团队将决定扩大反应器规模，比目前的实验室反应器扩大三至五倍。当 SOLPART 项目的工作完成，科学家们就可以开始建造一个 500 kW-1 MW 反应器的工业试点项目。这将使他们能够将太阳能技术应用于水泥和石灰等工业生产活动，甚至其他材料的大规模生产。

(吴勘 郭楷模)

## 前沿与装备

### 全球首款电池-燃气轮机混合发电系统成功运行

4 月 18 日，通用电气公司 (GE) 和南加利福尼亚州爱迪生公司 (SCE) 联合宣布，双方合作研发的全球首款电池-燃气轮机混合发电系统成功运行<sup>6</sup>。该系统全称 LM6000 混合燃气轮机发电系统 (Hybrid EGT)，其集成了一个 10MW 的电池储能系统和一个 LM6000 型的航改燃气轮机，以及一个升级版的控制系统。Hybrid EGT 可以在需要时提供快速启动，快速升负荷功能，为 SCE 日益增长的可再生能源发电容量提供调峰支持，应对可再生能源高比例并网带来的电网波动问题。

Hybrid EGT 的核心是开创性的控制系统，可将电池和燃气轮机之间的输出完美结合。电池的能量存储能力经过了专门设计，提供足够的时间范围以允许燃气轮机启动并达到其指定的功率输出。因此，该系统允许燃气轮机在待机模式下运行，而无需使用燃料，并可立即响应不断变化的电力调度需求。这种创新的组合以及全新的排放控制技术提高了操作灵活性，还可将每年的温室气体排放减少约 60%，节省

<sup>6</sup> GE and Southern California Edison Debut World's First Battery-Gas Turbine Hybrid.  
<http://www.genewsroom.com/press-releases/ge-and-southern-california-edison-debut-world's-first-battery-gas-turbine-hybrid>



200 万加仑的水，延长设备的使用寿命，降低维护成本。此外，Hybrid EGT 还有利于 SCE 扩大对太阳能、风能和其他可再生资源的利用，提高电网的可靠性，减少对环境的影响，以及降低公司运营及其客户的成本。

(吴勘 郭楷模)

## NREL 新型光电化学电池创造 16.2% 太阳能制氢新纪录

利用太阳光照射裂解水产生氢气的光电化学方法，由于其原理简单、过程环保且氢气燃料能量密度高而备受瞩目。美国国家可再生能源实验室 (NREL) Todd G. Deutsch 教授课题组开发了全新的多结半导体串联光电化学电池，实现了 16.2% 太阳能到氢气 (STH) 的转换效率，刷新了世界纪录。研究人员首先利用外延沉积方法对传统的光电化学电池结构 p 型镓铟磷 (顶层)/砷化镓 (底层) (p-GaInP/GaAs) 进行改造，即用带隙更窄 (带隙更窄意味着光响应的范围更宽，吸收利用太阳光越多) 的 GaInAs (带隙为 1.2 eV) 替代 GaAs (带隙为 1.4 eV)，并在 GaInAs 和 GaInP 薄膜之间沉积一层浓度渐变的缓冲层 (减少晶格错配带来的性能损失)，随后在 GaInP 顶层依次沉积铂钌 (PtRu) 复合催化剂纳米颗粒、n-GaInP、n-AlInP (作为界面钝化层)、n-GaInP 薄膜 (界面保护层避免电解液对钝化层的腐蚀)，最后在 GaInAs 底层沉积一层金电极，从而形成全新的 III-V 族化合物多结半导体光电化学电池。电化学测试结果显示，在一个标准的模拟太阳光照射下，传统的双结 p-GaInP/GaAs 光电化学电池的短路电流密度为  $7.6 \text{ mA cm}^{-2}$ ，STH 转换效率为 9.3%；而新型的多结半导体光电化学电池光电流大幅增加 42%，达到了  $13.2 \text{ mA cm}^{-2}$ ，STH 转换效率一举冲破 16%，达到了 16.2%，刷新了光化学电解水产氢的世界纪录 (先前的世界纪录为 14%，由德国亥姆霍兹柏林材料与能源研究中心、弗劳恩霍夫太阳能系统研究所、伊尔梅瑙理工大学和美国加州理工学院联合创造)。更为关键的是，该新型电池还具备了极其优异的性能稳定性 (耐久性)，在电解水产氢工作模式最初的 20 分钟时间，其一直保持稳定的光电流输出，即使连续工作 1 小时后，光电流密度仍可维持初始值的 85%，而先前世界纪录的光电化学电池其耐久性仅为数分钟。该项研究通过对光电化学电池器件结构的优化，构造出了全新的多结半导体光电化学电池，获得了 16.2% 创纪录的太阳能到氢气转换效率，为廉价、高效制氢生产工艺打下了基础，同时也为解决未来的能源问题提供了潜在路径。相关研究工作发表在《*Nature Energy*》<sup>7</sup>。

(郭楷模)

<sup>7</sup> James L Young, Myles A Steiner, Henning Döscher, et al. Direct Solar-to-hydrogen Conversion via Inverted Metamorphic Multijunction Semiconductor Architectures. *Nature Energy*, 2017, 2: 17028.

## 新型氧化钼薄膜包覆铂基催化剂实现高效光解水产氢

光解水系统需要非常高效的催化剂，以加速将水解离生成氢气和氧气的化学反应，同时防止气体发生逆反应重新结合形成水。由阿卜杜拉国王科技大学 Kazuhiro Takanabe 教授课题组牵头的国际研究团队研发出一种新型的钼薄膜包覆铂/钛酸锶 (Pt/SrTiO<sub>3</sub>) 新型催化剂 MoO<sub>x</sub>/Pt/SrTiO<sub>3</sub>，这种新型催化剂可以实现高效光解水产氢并且有效地抑制逆反应的发生。许多材料会在酸性条件下快速降解，因此在酸性电解液中找到一种在水分解中效果良好的包覆材料是一个巨大挑战。研究人员探索了许多金属化合物作为 Pt 基催化剂包覆材料时的稳定性、性能和作用。研究表明，在有利于氢析出的条件下，MoO<sub>x</sub> 在酸性介质中的综合性能最佳。这些 MoO<sub>x</sub> 暴露于空气中时不稳定，因此找到一种检测其钼涂层催化剂性能的方法成为另一个主要挑战。当将水分解成氢气和氧气时，反应的气体产物很容易重新回到水中，因此避免这种情况也至关重要。研究人员发现，MoO<sub>x</sub> 包覆的 Pt 基催化剂 MoO<sub>x</sub>/Pt/SrTiO<sub>3</sub> 能够选择性地从水中产生氢，同时抑制水形成的逆反应。为探究 MoO<sub>x</sub>/Pt/SrTiO<sub>3</sub> 在电解水产氢过程中催化剂的局部结构和价态，从而揭示逆反应不产生的原因，研究人员使用配备了专门定制的电化学电池的原位 X 射线吸收光谱仪，分别测试了不包覆和包覆钼涂层的铂催化剂的水电解反应性能。原位 X 射线吸收光谱确定了被还原的 Pt 表面包覆了一层由聚阴离子 [Mo<sub>3</sub>O<sub>13</sub>]<sup>4-</sup> 三聚体组成的无定形羟基氧化钼水合物薄膜。这种富含水的无机薄膜层可用于传输 H<sub>2</sub>O 和 H<sup>+</sup>，有利于析氢反应的发生。此外，这种薄膜能阻止氧气靠近铂表面，从而抑制水的形成。该研究团队还研究了该催化剂在光解产氢领域的应用。研究人员对比氧化钼/铂/钛酸锶 (MoO<sub>x</sub>/Pt/SrTiO<sub>3</sub>) 和标准铂钛酸锶 (Pt/SrTiO<sub>3</sub>) 催化剂在光解水产氢反应中的性能。结果表明，在光照下 Pt / SrTiO<sub>3</sub> 催化剂由于逆反应的发生而效率下降，6 小时后氢气不再增产。停止光照后，基于 Pt/SrTiO<sub>3</sub> 催化剂光解水制氢气的量随时间增加而下降，表明大量的气体重新结合形成水，标准的 Pt/SrTiO<sub>3</sub> 催化剂产氢法拉第效率为~42%。相比之下，钼薄膜包覆的催化剂可保持 24 小时氢气增产，一天内可生产约两倍于 Pt/SrTiO<sub>3</sub> 生产的氢气，产氢法拉第效率为~94%。此外，氢产量在暗场（无光照）条件下保持稳定，证实 MoO<sub>x</sub> 薄膜能抑制水的形成。该项研究合成了新型的钼薄膜包覆铂基催化剂，有效地抑制了光解水逆反应发生，为设计和开发高效光解水产氢催化剂提供了新思路。相关研究工作发表在《*Angewandte Chemie*》<sup>8</sup>。

(朱好婷 郭楷模)

<sup>8</sup> Angel T Garcia-Esparza, Tatsuya Shinagawa, Samy Ould-Chikh, et al. An Oxygen-Insensitive Hydrogen Evolution Catalyst Coated by a Molybdenum-Based Layer for Overall Water Splitting. *Angewandte Chemie*, 2017, DOI: 10.1002/ange.201701861

## 瑞科学家研发新型镁离子电池适用的高效固态电解质

镁元素 (Mg) 在地球上的储量丰富, 没有爆炸的风险; 此外, 镁具有非常高的离子电导率, 30°C 下可达到  $5 \times 10^{-8} \text{S/cm}$ , 70°C 下可达到  $6 \times 10^{-5} \text{S/cm}$ ; 更重要的是镁离子有两个正电荷, 而锂 (Li) 只有一个, 这意味着它在相同的容量中储存的能量几乎是 Li 的两倍, 其理论比容量可达  $3833 \text{mAh cm}^{-3}$ , 因此 Mg 是很好的负极材料。瑞士联邦材料科学与技术实验室 Arndt Remhof 教授领导的研究团队为镁离子电池开发了全新的安全、高效固态电解质, 增强了镁离子电池的性能。研究人员通过硼氢化镁和乙二胺的机械化学反应制备固态镁离子导体 (即固态电解质), 配位络合物是结晶的, 支持在 1.2V 的电势窗口下完成充放电循环, 并允许镁电镀/剥离。为了促进镁离子的迁移, 研究人员开发了具有晶体结构的固体电解质, 通过用钠或镁代替锂, 研究人员彻底改造了结晶结构, 并且使用新的组分和制造工艺。研究人员发现由乙二胺配体限制的电化学稳定性必须改善以达到有竞争力的能量密度, 他们的结果表明, 部分螯合的  $\text{Mg}^{2+}$  络合物是开发全固态镁电池的有前景平台。该项研究开发了全新的镁离子电池适用的固态电解质, 增强了电池的性能和安全。相关研究工作发表在《*Scientific Reports*》<sup>9</sup>。

(罗卫 郭楷模)

---

<sup>9</sup> Elsa Roedern, Ruben-Simon Kühnel, Arndt Remhof, Corsin Battaglia. Magnesium Ethylenediamine Borohydride as Solid-State Electrolyte for Magnesium Batteries. *Scientific Reports*, 2017, 7: 46189.1

## 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](mailto:jiance@whlib.ac.cn)

微信公众号：CASEnergy

