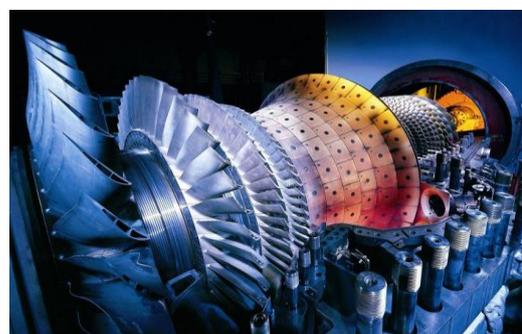


先进能源科技动态监测快报



本期重点

- IEA 提出可持续发展现代化公路货运政策措施
- 欧洲风能协会：到 2030 年欧洲海上风电占比有望达 7%-11%
- DOE 资助近 2000 万美元推进先进车辆技术研发
- IEA：未来五年全球天然气消费需求将快速增长
- 溶剂工程调控卤素离子新工艺创造钙钛矿太阳能电池新纪录

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 提出可持续发展现代化公路货运政策措施.....2
欧洲风能协会：到 2030 年欧洲海上风电占比有望达 7%-11%.....3

项目计划

DOE 资助近 2000 万美元推进先进车辆技术研发5
DOE 资助 780 万美元强化能源创新领域公私合作.....6
日本 NEDO 启动太阳能发电研发新项目7

项目计划

溶剂工程调控卤素离子新工艺创造钙钛矿太阳电池新纪录.....7
绿色元素铋有望开辟全新太阳电池技术.....8
新型粘合剂改善硅负极体积收缩膨胀率过大问题.....9
德科学家首次实验探测到氢化酶催化产氢中间态..... 10

能源资源

IEA：未来五年全球天然气消费需求将快速增长..... 11

本期概要

国际能源署 (IEA) 发布《未来货运对能源和环境的影响》报告指出, 货运卡车是导致运输燃料消耗增长以及二氧化碳和空气污染物排放量增长的主要原因: 自 2000 年以来, 货运卡车对石油需求的增长超过了其他领域, 包括客运汽车、航空、工业和石油化工等, 占到了这一期间全球石油需求增长的约 40%。公路货运占全球柴油使用量的一半左右, 占有与运输相关碳排放量的三分之一, 占氮氧化物 (NO_x) 排放量的五分之一, 成为空气污染物的关键来源之一。如果不采取有效措施, 到 2050 年公路货运的日均石油需求预计将增加 500 万桶, 约占全球石油需求增长的 40%, 届时这一增长估计将导致二氧化碳排放量大幅增加近 9 亿吨。为了提高公路货运效率, 减少能耗和排放, IEA 提出了三大建议: 包括: (1) 货运部门可以改善物流和系统运行, 以提高效率; (2) 能效改善, 包括使用空气动力学改造以减少空气阻力和应用低滚动阻力轮胎; (3) 使用天然气、生物燃料、电力和氢气等替代燃料, 使燃料供应多样化, 减少碳排放。详见正文

欧洲风能协会发布《释放欧洲海上风能潜力: 新资源评估》报告指出, 海上风电正从小众化潜力技术向主流低碳电力技术快速转型。随着技术的快速发展, 海上风电资本成本不断下降, 行业竞争力日益增强, 海上风电产业将日益壮大: 报告预计到 2030 年, 欧洲海上风电装机容量将达到 64-86GW (不同的情景下预测值不同), 届时将满足欧洲电力需求的 7-11%, 而这只是欧洲海上风力资源一小部分而已。为了充分挖掘和释放欧洲的海上风力资源潜力, 报告提出了 6 项战略建议, 包括: (1) 将海上风电发展纳入到国家能源、气候和经济发展计划的一部分; (2) 强化政府与企业合作, 提供持续、充分和可预见的项目规划路径, 吸引更多的投资和创造就业; (3) 协调所有海域的投标时间表, 以提高投资的透明度; (4) 在空间规划分析和现场开发方面进行合作, 以确保在所有需要的地方提供最低的平准化电力成本; (5) 促进国际电网基础设施发展, 包括海上电网连接枢纽, 以支持和利用最低的平准化电力成本资源; (6) 构建市场支持机制促进风电市场开展良性竞争, 并支持成功的项目交付。

美国能源部宣布资助 1940 万美元用于支持先进高能效车辆技术研发项目, 涵盖四大技术主题, 包括: 动力电池、能效交通系统、利用计算机材料工程制备低成本碳纤维和碳排放控制技术, 旨在降低车辆重量、提高车辆能效, 为企业及消费者节约能源成本, 减少碳排放, 增强国家能源安全。详见正文。

国际能源署 (IEA) 发布《天然气中期市场报告 2017》, 对全球天然气市场发展现状、未来五年天然气市场供需关系变化、贸易、投资等情况进行了分析展望: 受到新兴经济体经济快速发展和美国页岩革命的影响, 全球天然气需求料将快速增长, 预计未来五年 (2016-2022 年) 需求年均增幅将达到 1.6%, 即从 2016 年的 3.6 万亿立方米增加到 4 万亿立方米, 其中 90% 的需求增长来自发展中经济体, 而中国则是消费增长的主要驱动力, 占全球天然气消费增量的 40%。充足的天然气供应和有竞争力的价格将进一步扩大亚洲天然气市场份额。美国是世界上最大的天然气消费国, 尽管未来增速会有所放缓, 但仍将继续增长。同时美国是世界上最大的天然气生产国, 未来五年的产量将比其他任何国家都高出很多, 届时美国有望成为全球第一大液化天然气出口国。

IEA 提出可持续发展现代化公路货运政策措施

7月3日，国际能源署（IEA）发布《未来货运对能源和环境的影响》报告指出¹，货运卡车是导致运输燃料消耗增长以及二氧化碳和空气污染物排放量增长的主要原因。然而，决策者对该领域的关注度和政策支持力度远远低于客运汽车领域。当前，全球只有4个国家制定了重型卡车的能效指标；相反，约有40个国家设立了明确的客运车辆能效指标。提高公路货运的运输效率对于减少未来几十年石油需求、碳排放和空气污染至关重要。

自2000年以来，货运卡车对石油需求的增长超过了其他领域，包括客运汽车、航空、工业和石油化工等，占到了这一期间全球石油需求增长的约40%。当前卡车已占全球石油需求的近五分之一，即每天约1700万桶，相当于美国和加拿大的石油产量之和。公路货运占全球柴油使用量的一半左右，占有与运输相关碳排放量的三分之一，占氮氧化物（NO_x）排放量的五分之一，成为空气污染物的关键来源之一。货运卡车主要燃料为柴油，占其石油使用量的80%以上。虽然客运汽车的石油使用量在许多工业化国家已经开始下降，但公路货运车辆的石油使用量持续上升。总体来看，公路货运占交通运输二氧化碳排放量的35%以上，占能源相关二氧化碳排放总量的7%左右。

货运卡车是全球经济活动的关键推动者，从生产到销售经济价值链的每一个环节上均发挥着至关重要的作用。如果不采取有效措施，到2050年公路货运的日均石油需求预计将增加500万桶，约占全球石油需求增长的40%。到2050年，这一增长估计将导致二氧化碳排放量大幅增加近9亿吨，与燃煤电力和整个工业碳排放量增长之和相当。目前卡车石油消费需求的主要国家是美国、欧盟和中国，同时印度卡车石油需求也在持续增长。亚洲快速发展的经济体也将继续推动石油需求不断走高。为了应对需求增长和排放量的上升挑战，IEA提出了一系列可持续发展现代化公路货运政策措施，有望到2050年时将公路货运的能源消耗减少50%，排放量减少75%，具体内容如下：

（1）货运部门可以改善物流和系统运行，以提高效率。包括使用全球定位系统优化卡车路线、以及实时监控设备来采集在运卡车的燃油使用情况。加强整个供应链中数据和信息交换。提高每个行程的负荷效率，避免卡车在交付货物后出现零负荷的行驶。

（2）能效改善，包括使用空气动力学改造以减少空气阻力和应用低滚动阻力轮

¹ IEA study unveils key role for trucks in global oil-demand growth.
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TheFutureofTrucksImplicationsforEnergyandtheEnvironment.pdf>

胎。新的卡车可以使用额外的技术来减少空转，使用轻质材料，并改进卡车发动机、变速箱和传动系统。实现燃料的最大化利用，减少二氧化碳和污染物排放，普及混合动力、零排放卡车。

(3) 使用天然气、生物燃料、电力和氢气等替代燃料，使燃料供应多样化，减少碳排放。据报道，虽然有些改进可能成本高昂且工序复杂，但很多方面可以通过强有力的政策支持在短期内轻松实现。其中一些机遇包括提高燃油经济性标准，更好地利用数据，并为替代燃料的研发提供支持。

报告最后根据三个关键的推动因素提出了近期重要的能源政策机遇。包括提高燃油经济性标准并扩大地理覆盖范围，可以在未来几十年内加快燃油经济性的改善；可以通过支持不同的车辆税标准，以激励高效卡车的购买和运行；必须注意确保测试程序反映真实的工况，并且模拟工具依赖于准确的组件测试；数据可用性和数据共享是实现货运物流系统改进的一些潜在先决条件，利用数字技术的进步及其在道路货运各个方面的应用，包括供应链和车队管理，托运人之间的协作，并优化车辆运行；数据交换规则必须对所有人进行多边定义和透明化，并保护隐私；系统改进的一些潜力可以由单个运营商单独实现，但是系统设计得越好，涉及的运营商和其他利益相关者越多，其实现将越有效。

此外，对替代燃料和车辆的支持需要涵盖四个主要领域：研发和示范(RD&D)，替代燃料车辆的市场扩大，充足的充电或燃料添加基础设施以及替代能源载体的可用性。低排放或零排放燃料不仅在使用时，而且在整个供应链上都能够降低空气污染物和温室气体排放，因而可以帮助确保同时实现多个能源政策目标。

(吴勘 郭楷模)

欧洲风能协会：到 2030 年欧洲海上风电占比有望达 7%-11%

欧洲风能协会(Wind Europe)日前发布《释放欧洲海上风能潜力：新资源评估》报告指出²，当前全欧洲的海上风电装机容量约 12.6 GW，海上风电正从小众化潜力技术向主流低碳电力技术快速转型。伴随技术和工业的快速发展，海上风电资本成本不断下降，行业竞争力达到了前所未有的水平。报告预计到 2030 年，欧洲海上风电装机容量将达到 64-86 GW（不同的情景预测值不同），届时将占欧洲电力需求的 7%-11%，而这只是欧洲海上风力资源一小部分而已。为了充分挖掘和释放欧洲的海上风力资源潜力，报告评估分析了欧洲三大海域（波罗的海、北海和大西洋）潜在的具有经济竞争力的海上风力资源。报告关键结论如下：

•理论上，到 2030 年海上风能每年能够以 65 欧元/兆瓦时或更低成本产生 2600-6000 TWh 的电力，有潜力占到欧盟基准电力需求的 80%-180%。

² Unleashing Europe's offshore wind potential. A new resource assessment.
<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/Unleashing-Europes-offshore-wind-potential.pdf>

•理论上，在风力资源丰富且易获得的地方能够以平均 54 欧元/兆瓦时的电价满足多达 25%的欧盟电力需求。在基准情景下，这种情况能够在英国、丹麦、荷兰、德国和法国实现。在上行情景（即假设风电企业能够有效地利用政府积极的政策措施来减少风电成本和克服风电部署的一系列潜在障碍，诸如并网、资金支持、选址和供应链开发等），爱尔兰、波兰、拉脱维亚和立陶宛的海上风电装机容量将增加，涵盖所有三个海域。

为了能够利用最具成本效益的海域，实现至 2030 年海上风电在欧洲电力需求占比 7%-11%的预期，报告向决策者提出了六项建议：

（1）对 2030 年及以后海上风电的部署做出承诺，即将海上风电发展纳入到国家能源、气候和经济发展计划的一部分。

（2）政府与开发商和供应商合作，提供持续、充分和可预见的项目规划路径，吸引相关企业持续投资海上风电、开发新技术、创造就业机会和降低成本。

（3）协调所有海域的投标时间表，以提高投资的透明度。

（4）在空间规划分析和现场开发方面进行合作，以确保在所有需要的地方提供最低的平准化电力成本。

（5）促进国际电网基础设施发展，包括海上电网连接枢纽，以支持和利用最低的平准化电力成本资源。

（6）构建市场支持机制促进风电市场开展良性竞争，并支持成功的项目交付，直到不再需要这些机制。

未来风电投资趋势方面，低利率环境引发了动态的再融资市场，成熟的陆上风电市场利用有利的经济环境正在经历整合，在整个价值链的竞争压力下，海上风电融资也在发生变化。2017 年第一季度，欧洲向新项目投资了 18 亿欧元，包括在建项目和运营项目。预计 2017 年的投资额将下降，过度投标将导致主要风能市场的活动放缓。由于现有商业银行在市场上建立竞争地位，利率下降趋势预计也将放缓。

此外，Wind Europe 近日发布的《浮动式海上风力发电远景》报告显示³，浮动式海上风电已不再限于实验室，该技术切实可行且能够以工业规模推广。浮动式海上风电技术不但达到成熟，预计未来几年的成本也将大幅下滑。浮动式海上风电的主要优点是没有深度限制，风力涡轮机可以位于平均风速较高的深海海域，从而提高装机容量，导致电力发电量增加，预计到 2020 年其成本将降低 10%，到 2030 年将降低 25%。由于海洋中传统的底部固定技术吸引力较小，海上风能资源中有 80% 位于欧洲海域的 60 米深处，充分利用这一资源，对于扩大海上风电整体容量以及支持欧盟到 2020 年达到可再生能源占比 27%的目标至关重要。

（吴勘 郭楷模）

³ Floating offshore wind comes of age with break-through pipeline of projects.
<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/Floating-offshore-statement.pdf>

项目计划

DOE 资助近 2000 万美元推进先进车辆技术研发

7 月 12 日，美国能源部（DOE）宣布资助 1940 万美元用于支持先进高效车辆技术研发⁴，以加速革新型电池技术、车用轻量化材料、发动机技术和高效交通系统等领域的研究突破，旨在降低车辆重量、提高车辆能效，为企业及消费者节约能源成本，减少碳排放，增强国家能源安全。本次招标将关注动力电池、高效交通系统、利用计算材料工程制备低成本碳纤维以及碳排放控制技术四大主题领域的研究，具体内容参见表 1。

表 1 先进车辆技术研发项目四大主题研究内容

主题	研究内容	资助金额/ 百万美元
动力电池	<ul style="list-style-type: none">• 开发铁基正极材料以提高锂离子电池能量密度；基于三维纳米结构材料开发超高能量密度的锂离子电池• 利用冷却干燥法制备全固态锂电池正极材料；利用 3D 打印技术制备固态锂电池；探索无溶剂法制备全固态锂电池工艺；开发基于有机正极材料的高能量密度全固态锂电池• 开发新型锂离子导体界面材料以制备高性能锂金属电池正极• 针对固态电解质保护膜开发一种规模化制备方法，以提高锂硫电池性能；利用锂离子导体涂层开发高性能硫电极，以获得长寿命、高能量密度的锂硫电池；开发高负载量的硫正极和高导电性的碳隔膜；开发锂硫石墨烯复合正极材料制备新方法，提高锂硫电池寿命• 开发新型电解质以抑制锂金属电池枝晶的形成；利用实验和理论相结合的方法来分析固态电解质和锂金属负极界面的相互作用，探索抑制锂枝晶形成的潜在方法	4.9
高效交通系统	<ul style="list-style-type: none">• 开发具备预测功能的车辆控制算法、新型的车辆循环测试平台以验证混合交通系统达到能耗节约 10% 的目标• 开发集成节能路径选择功能的全新双向（交通系统和车辆之间）同步控制器，实现车辆的动态高效控制，降低 20% 能耗；评估依托大数据和仿真平台的无人自动驾驶汽车在节能方面的潜力	3.6
利用计算材料工程制备低成本碳纤维	<ul style="list-style-type: none">• 开发集成计算技术的多尺度评价方法，来评估新碳纤维前驱体的效果• 利用最先进的分子动力学辅助的密度泛函理论、机器学习等工具来开发先进计算工具以提高低成本碳纤维原料的遴选效率	6.7
碳排放控制技术	<ul style="list-style-type: none">• 为低温内燃机开发多功能、高效催化剂捕集技术（催化还原、氧化催化等）• 研发新型吸附技术减少发动机有害排放物（CO_x、NO_x 等）	4.2

（郭楷模）

⁴ Energy Department Announces \$19.4 Million Investment in Advanced Vehicle Technologies.
<https://energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-194-million-investment-advanced-vehicle-technologies>

DOE 资助 780 万美元强化能源创新领域公私合作

8 月 1 日，美国能源部（DOE）宣布资助 780 万美元以开发联邦政府研究机构与私营企业在能源创新领域合作的新模式⁵，强化公私合作，以撬动更多私人资本进入能源产业，充分发挥私营企业在能源技术创新活动中的灵活优势，解决政府研究机构产出的新能源技术研究成果难以迅速转化为商品的问题，以及破解私营部门更全面支持能源创新并将新能源技术快速推向市场的系统性障碍，加强美国在新能源技术领域的全球竞争力。本次资助的项目具体内容参加表 1。

表 1 公私合作新模式项目的研究内容

承担机构	研究内容
活化能公司	制定简单的标准化合作协议，减少大型企业与早期技术开发商之间建立伙伴关系的时间和复杂性，提高早期战略合作伙伴关系的建立速率。此外，还将建立一个基金，为早期投资者提供技术测试数据，旨在为早期投资者提供宝贵的见解
ADL 投资公司	开发一种可重复和可扩展的方法以更好地挖掘能源技术创新领域中小企业的潜力，强化双方的合作，帮助企业快速将新兴能源技术投放市场
阿尔法投资管理合伙人	将根据风险、潜在影响和发展情况，开发和测试一种能够预估初创公司最佳融资的方法，提高整体投资效率，从而推动基金和机构资本积极投资于能源创新
凯斯西储大学	设计一个新的投资组合，并从个人风险、回报和支付需求等方面验证其是否可以满足不同投资者要求
清洁能源信托基金	创建一个新的基金结构，利用慈善募捐资金来支持能源创新所需的费用
洛杉矶清洁技术孵化器	与私人贷款人合作，开发一种可扩展的方法，将低成本小额贷款提供给早期的硬件公司（该类公司业务增长但无法获得传统贷款）
Pecan Street	制定一项计划，将新兴技术的第三方验证与后续的投资决策关联起来，该模式将简化基于技术验证获取投资的过程，并为潜在的投资者提供具体数据，作为投资决策的参考依据
Powerhouse Accelerator	开发一个更有效的研讨会模式，以建立早期创新者和用户之间的伙伴关系，消除新产品投放市场所面临的各种潜在障碍
PRIME 联盟	为慈善投资者创建一个首创的基金组织，能够有效地组织各种资金和计划相关投资资本，为初创公司提供资金弥补早期的资金缺口，以降低初创公司的风险
Rho 人工智能公司	使用人工智能构建和测试合作伙伴匹配数据平台，以模拟来自高度联网的专家的建议，以大幅减少技术开发人员识别潜在合作伙伴、投资者和其他资源所需的时间和精力

（郭楷模）

⁵ Energy Department Announces Eleven Projects to Boost Private-Sector Support of Energy Innovation.
<https://energy.gov/articles/energy-department-announces-eleven-projects-boost-private-sector-support-energy-innovation>

日本 NEDO 启动太阳能发电研发新项目

6月26日，日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）宣布启动新一轮的太阳能发电研发项目⁶，旨在开发新技术，降低太阳能发电系统的平衡成本（BOS），提高发电效率，将太阳能发电量提高至少10%，使太阳能发电在没有上网电价补贴情况下具备与传统电力相当甚至更强的价格竞争力，从而扩大日本电力结构中太阳能发电占比。本次项目将关注四大主题领域，参见表1。

表1 日 NEDO 太阳能发电研发项目四大主题研究内容

主题	研究内容	承担机构
BOS 成本 削减	• 新型低成本长寿命光伏模块的开发和验证 • 开发新材料，降低用于光伏建筑一体化太阳能发电系统 BOS 成本，延长系统寿命，于 2019 年将住宅光伏发电系统（小于 10 千瓦）成本降至 30.8 万日元/千瓦以下，到 2020 年将非住宅光伏发电系统（10 千瓦以上）价格降至 20 万日元/千瓦	三洋电机有限公司，Kaneka 公司
提高系统 发电效率	• 开发新型、高发电效率的二次反射式太阳能集热发电系统和标准化太阳能发电系统墙壁（即用太阳能板替代传统建筑的玻璃板）安装流程 • 为多雪区域开发专用低成本、高发电效率的太阳能发电系统作为应急电源	Kaneka 公司，公共技术有限公司
长寿命、低 成本电池 模块开发	面向建筑一体化开发新型的住宅屋顶光伏发电技术，降低电池模块成本，延长电池寿命	三洋电机有限公司
双面进光 太阳电池 模块开发	开发双面进光太阳电池模块，提高太阳光的吸收利用率，从而提高发电效率，同时开发将其作为玻璃墙壁贴安装在建筑墙壁上的低成本安装工艺	Kaneka 公司

（郭楷模）

前沿与装备

溶剂工程调控卤素离子新工艺创造钙钛矿太阳电池新纪录

钙钛矿太阳电池具备制备工艺简单、低成本、效率高等优点，成为近年来光伏领域的研究热点，被认为是有潜力替代晶硅电池的新一代薄膜电池。由韩国蔚山国家科学技术研究所 Sang Il Seok 教授牵头的联合研究团队通过溶剂工程实现对有机-无机钙钛矿太阳电池中卤素离子的调控，减少了钙钛矿薄膜深层缺陷的数量，制备出了高结晶质量的钙钛矿薄膜，增强了薄膜的光吸收和载流子传输，从而增强了电

⁶ 太陽光発電コストのさらなる削減を目指す研究開発 4 テーマを新たに開始。
http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100785.html

池性能，小面积（小于 1cm^2 ）电池认证转换效率高达 22.1%，创造了新的世界纪录。研究人员首先制备了碘化铅（ PbI_2 ）和溴化铅（ PbBr_2 ）双卤素阴离子溶液，再配制了含有碘负离子（ I^- ）的溴化甲胺（ MABr ）和碘化甲脒（ FAI ）双阳离子的溶液，随后利用两步法在二氧化钛支撑层上制备了双阳离子、双卤素混合的钙钛矿薄膜。紫外可见光谱测试结果显示，得益于双阳离子溶液中额外引入的碘负离子，钙钛矿薄膜中阿尔法相结构的比例提高了（相比其他相结构，阿尔法相结构的钙钛矿薄膜光吸收能力更强），从而增强了薄膜的光吸收特性。光致发光谱表征显示，双阳离子的溶液中额外的碘负离子能够通过离子间的交换作用有效地抑制薄膜中深层缺陷的形成，从而减少了非辐射复合中心数量，有助于提高电池短路电流和开路电压。电流-电压曲线测试结果显示，采用含有碘负离子的阳离子溶液制备的小面积钙钛矿薄膜电池开路电压、短路电流和填充因子依次为 1.1V、 25 mA cm^{-2} 和 80.3%，从而获得了高达 22.1% 光电转换效率，并得到了国际权威太阳能认证机构 Newport 的认证，创造了全新的世界纪录。此外，该电池在室温环境下保存 13 个月后仍可维持初始效率的 93% 以上，表现出优异的稳定性。研究人员进一步制备了 1cm^2 的大面积电池器件，测试结果显示电池依然可以获得高达 19.7% 的转化效率，表明该工艺具备良好的拓展性。该项研究通过溶剂工程调控卤素阴离子实现了钙钛矿薄膜生长条件优化，有效地抑制了薄膜深层缺陷，为制备高质量的钙钛矿薄膜和电池提供了切实可行的方法，对推动钙钛矿电池的商业化进程具有重大的意义。相关研究成果发表在《*Science*》⁷。

（郭楷模）

绿色元素铋有望开辟全新太阳能电池技术

稳定性不佳、铅元素毒性问题是钙钛矿太阳能电池技术走向商业化应用的一大障碍。由英国剑桥大学 J. L. MacManus-Driscoll 教授课题组牵头的国际联合研究团队用无毒的绿色元素铋（Bi）取代铅（Pb）制备了碘氧化铋（ BiOI ）新型光敏薄膜材料，具备了极其优异的结构稳定性，在相对湿度 45%-67% 的空气环境中，连续受辐照 197 天仍然保持薄膜的初始结构不变，比钙钛矿薄膜稳定性高了 2 个数量级，应用于电池，获得了与钙钛矿电池类似的特性。研究人员首先利用化学气相沉积方法制备了 BiOI 薄膜，X 射线表征显示制备的 BiOI 薄膜是纯四方晶相结构，通过 Tauc 曲线算得薄膜的禁带宽度为 1.9 eV，呈现出钙钛矿相比拟的光谱响应范围。时间相关的单光子计数测试结果显示， BiOI 薄膜光致发光寿命超过 1 纳秒，意味载流子寿命足够长，能够及时将光生载流子传输到导电基底。通过计算机模型模拟薄膜结构，结果显示 BiOI 对于缺陷的容忍度可以和卤化铅钙钛矿相媲美。另外，在相对湿度 45%-67%

⁷ Woon Seok Yang, Byung-Wook Park, Eui Hyuk Jung, et al. Iodide management in formamidinium-lead-halide-based perovskite layers for efficient solar cells. *Science*, 2017, 356 (6345): 1376-1379.

空气环境和连续光照条件下，BiOI 薄膜可以保持长达 197 天的稳定，较卤化铅钙钛矿化合物有显著改善。上述种种特性表明 BiOI 具备了作为太阳电池光敏材料的潜力。随后他们将 BiOI 薄膜作为光敏剂夹在氧化锌（ZnO，作为电子传输层）和氧化镍（NiO_x，作为空穴传输层）两种氧化物电极之间，组装成一个完整的电池器件，外量子效率测试曲线显示该电池的外量子效率最高可达 80%，光电转换效率 1.8%，远高于先前文献报道的基于 BiOI 光敏材料的太阳电池性能。此外，该电池不存在钙钛矿电池的“迟滞”效应。更令人振奋的是，通过理论计算得出基于 BiOI 光敏剂的太阳电池光电转换效率的理论极限是 22%，足以媲美晶硅电池和钙钛矿电池。该项研究利用绿色无毒铋替代铅制备了全新的碘氧化铋光敏材料，具备了优秀的结构稳定性，以及与钙钛矿类似的缺陷容忍度，基于该新型光敏材料的太阳电池理论转化效率可达 22%，有望开辟全新的太阳电池技术。相关研究工作发表在《*Advanced materials*》⁸。

（郭楷模）

新型粘合剂改善硅负极体积收缩膨胀率过大问题

硅基材料负极由于丰富的储量和超高的理论比容量正逐渐成为电池企业和锂电材料商改善负极的最优先选择，是最具潜力的下一代锂离子电池负极材料之一。然而，充放电时硅负极体积收缩膨胀率过大容易引起电极材料破碎并形成不稳定的电极-电解质界面，导致电极的循环寿命缩短，电池性能衰减。韩国科学技术研究院的 Jang Wook Choi 教授带领的研究团队将聚轮烷（PR）引入硅电极粘结剂聚丙烯酸（PAA）中，制备出一种高弹性的双组分粘结剂（PR-PAA），克服了硅电极体积收缩膨胀率过大问题，延长了硅电极电池的循环寿命。研究人员通过酯键交联将传统粘结剂 PAA 与 PR 结合起来制备了复合粘结剂，其中 PR 的环状结构可随着硅颗粒的体积变化自由移动，可以将硅电极纳米颗粒较好地束缚着；而且由于 PR-PAA 粘结剂的高弹性，即使粉碎的硅颗粒也能保持聚结状态而不出现破碎。传统粘合剂（通常是简单的线性聚合物）的功能与 PR-PAA 粘合剂形成鲜明对比，其弹性有限，不能牢固地保持粉碎颗粒，导致粉碎的颗粒掉落，使得电极结构破损容量下降，电池性能衰减。随后研究人员以采用 PR-PAA 粘合的硅颗粒电极为负极、锂金属为正极组装电池并进行电化学性能测试，结果显示在 0.033C（100 mA g⁻¹）倍率下，采用 PR-PAA-Si 负极电池放电比容量达到了 2971 mAh g⁻²，库伦效率为 91.22%，经过 150 次循环后容量保持率为 91%；而采用传统的 PAA 粘合的硅负极电池放电比容量少了近 300 mAh g⁻²，为 2579 mAh g⁻²，库伦效率也下降到了 81.61%，且经过 50 次循环

⁸ Robert L. Z. Hoye, Lana C. Lee, Rachel C. Kurchin, et al. Strongly Enhanced Photovoltaic Performance and Defect Physics of Air-Stable Bismuth Oxyiodide (BiOI). *Advanced Materials*, 2017, 1702176.

后电池容量便出现大幅衰减，下降到了 48%。由上可知，新型 PR-PAA 粘合剂确实较好地改善了硅电极体积膨胀系数大的问题，增强了电池的循环寿命和稳定性。研究人员指出，这种新型 PR-PAA 粘合剂之所以有如此好的弹性主要是聚轮烷中“机械粘合键”起到的重要作用，这种新型化学键的作用力远高于传统的聚偏氟乙烯 (PVDF) 粘结剂中微弱的范德华力。该项研究开发了全新的硅电极粘结剂，有效地克服了硅电极存在的体积膨胀收缩过大的问题，有助于大幅提高锂离子电池的电池容量，成为解决电动汽车续航问题的重要途径之一。相关研究工作发表在《Science》⁹。

(罗卫 郭楷模)

德科学家首次实验探测到氢化酶催化产氢中间态

氢化酶（其中心有一个两铁核心，因此也称为[FeFe]氢化酶）能够高效地将电子和质子转变成氢（H₂），每秒可以转化多达 10000 个氢分子。因此，氢化酶被认为是可再生能源领域极具应用前景的产氢酶。然而多年来，研究人员对氢化酶的催化制氢反应机理不甚明了。波鸿鲁尔大学 Thomas Happe 教授课题组使用敏感光谱方法来定位质子以及两个电子的转移过程，对[FeFe]氢化酶构成、催化作用形成和氢气形成进行了系统研究。结果显示第一个电子最初是转移到酶的铁中心；另一方面，第二个转移体是一个位于酶外围 Fe-S 簇，它形成了第二个电子的一个临时存储库。这种还原态可能就是高效氢化酶的关键因素所在。研究人员指出[FeFe]氢化酶可以在两个方向上发生作用：它们既可以将质子和电子转化成 H₂，也可以将 H₂ 分解成质子和电子。这些反应发生在氢化酶的活性中心——包含六个铁和六个硫原子的复合结构，称为 H 簇。在催化过程中，该 H 簇存在许多中间状态，如 H_{ox}，H_{red} / H_{red} 和 H_{sred} 等，可通过各种光谱技术进行表征。然而，在催化活性酶中，还有一种含有氢化物质的非稳态中间体（H_{hyd}），由于其独有的不稳定性，实验上很难探测到。研究人员利用实时衰减全反射（ATR）傅里叶变换红外（FTIR）光谱仪，根据[FeFe]-氢化酶的状态特异性的红外特征监控组成变化、不同缓冲液 pH 和气体组成。利用 Le Chatelier 的原理选择性地富集 H_{hyd} 的平衡浓度，通过同时增加底物和产品浓度（H₂/ H⁺）。通过定向操纵、靶向质子转移途径或 adt 配体，显著增强与 pH 无关的 H_{hyd} 积累，从而实现对其光谱的探测。波鸿鲁尔大学研究人员巧妙地利用氢离子增强了[FeFe]氢化酶 H_{hyd} 中间状态稳定性，从而首次在实验中探测到了氢化酶催化反应中间态，探明了氢化酶在催化制氢中的反应机理，为设计和开发高效的酶制氢催化剂奠定了理论基础。相关研究工作发表在《Nature Communications》¹⁰。

(朱好婷 郭楷模)

⁹ Sunghun Choi, Tae-Woo Kwon, Ali Coskun, et al. Highly elastic binders integrating polyrotaxanes for silicon nanoparticle anodes in lithium ion batteries. *Science*, 2017, 357(6348): 279-283.

¹⁰ Martin Winkler, Moritz Senger, Jifu Duan, et al. Accumulating the hydride state in the catalytic cycle of [FeFe]-hydrogenases. *Nature Communications*, 2017, (8): 16115.

IEA：未来五年全球天然气消费需求将快速增长

7月13日，国际能源署（IEA）发布《天然气中期市场报告 2017》¹¹指出，受到新兴经济体经济快速发展带动的需求上涨和美国页岩气崛起导致的低价格影响，全球天然气需求料将快速增长，预计未来五年（2017-2022年）需求年均增幅将达到1.6%，高于过去六年的平均值（1.5%）。此外，由于工业需求持续走强，天然气在未来五年的增速将超过石油和煤炭。过度供应的市场也将对价格造成压力，并阻碍上游天然气生产和液化天然气（LNG）的投资。报告详细分析了全球天然气市场发展现状，并对未来五年天然气市场供需关系变化、贸易和基础设施投资情况进行了展望，要点如下：

1、全球天然气消费需求快速增长

由于价格低廉、供应充足，以及其在减少空气污染和其他排放方面的积极作用，天然气需求在未来五年的增长速度将快于石油和煤炭。预计未来五年，天然气需求每年将以1.6%的速度增长，高于去年1.5%的预测增速，即到2022年的全球天然气消费量将从2016年的3.6万亿立方米增加到4万亿立方米，其中90%的需求增长来自发展中经济体，而中国则是消费增长的主要驱动力，占全球天然气消费增量的40%。中东地区的消费量将超过OECD国家，年均增幅将达到2.4%，年消费量将达到5400亿立方米。非洲的消费增长更快，年均增幅3.1%，年消费量将达到1500亿立方米。拉丁美洲地区年均消费增速预计为1.3%，年消费量将达到1760亿立方米。展望期内，OECD国家天然气消费增长需求极为缓慢，而增长主要来自美国市场（年均增幅0.8%），主要原因是美国工业需求强劲。

表 1 2016-2022 年全球不同地区天然气消费增量变化态势（单位：十亿立方米）

Region	2016*	2018	2020	2022	CAAGR 2016-22	Contribution to global growth
OECD Americas	973	991	1 012	1 028	0.9%	16%
OECD Europe	507	509	507	505	-0.1%	-1%
OECD Asia Oceania	218	213	211	206	-0.9%	-3%
China	205	245	292	339	8.7%	38%
Non-OECD Asia	312	330	352	375	3.1%	18%
FSU/non-OECD Europe	654	655	658	662	0.2%	2%
Middle East	471	495	517	542	2.4%	20%
Africa	127	137	146	153	3.1%	7%
Latin America	163	166	171	176	1.3%	4%
Total	3 629	3 740	3 866	3 986	1.6%	

¹¹ IEA sees global gas demand rising to 2022 as US drives market transformation. <http://www.iea.org/Textbase/npsum/gas2017MRSsum.pdf>

印度、印尼等国家对化肥的强劲需求致使对天然气使用日益增多，以及中国越来越多使用天然气代替煤，使得工业天然气需求不断增加，展望期内工业将取代电力成为天然气消费增长的主要动力，预计未来五年该行业天然气需求增长将占全球天然气需求预测增量的一半。尽管基数较低，但交通运输行业天然气消费量也快速增长，预计从 2016 年的 1200 亿立方米增加到 2022 年的 1400 亿立方米。电力作为主要的天然气消费行业，其需求继续扩大，但增速放缓到年均不到 1%。在许多成熟市场（如欧洲、北美地区）中，可再生能源发电量迅速增长，加上电力需求增长放缓，火力发电需求显著减少。然而在许多依赖进口天然气的新兴市场，特别是没有碳排放价格或严格空气污染规定的新兴市场，天然气仍然面临来自煤炭的激烈竞争。

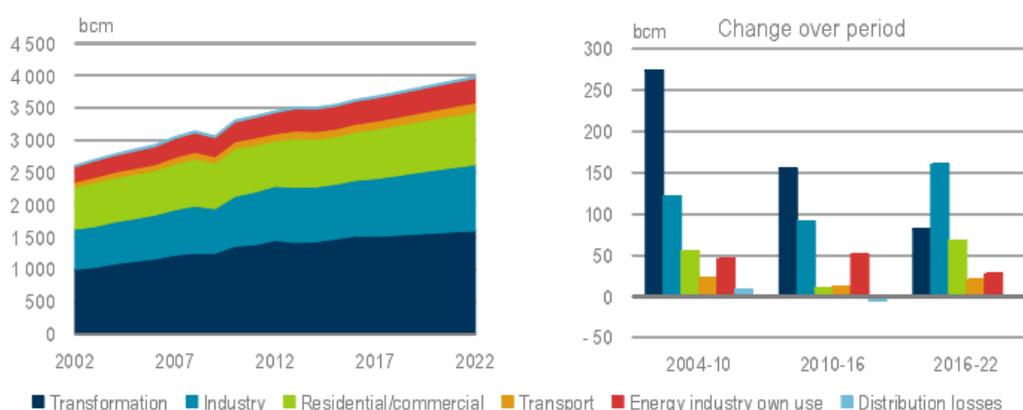


图 1 2004-2022 年全球不同行业天然气需求变化态势 (单位: 十亿立方米)

当前，全球众多国家正在开展天然气市场改革，以增加天然气的使用量并吸引新投资：如墨西哥、中国和埃及等，正积极采用各种手段推进天然气市场改革，包括允许更多的私营企业参与到天然气的供应、运输和销售，并在天然气基础设施领域批准了第三方准入，这些改革措施将使整个供应链获得更多投资，并产生可持续的需求和供应平衡。包括天然气在内的各种燃料补贴在中东、北非、拉丁美洲和亚洲的许多地区都大幅减少，这将使天然气与其他燃料和能源技术竞争变得愈加激烈，但反映市场基本面的价格仍将引导更有效的消费，并鼓励对新供应的投资。

2、南亚和东亚地区天然气市场欣欣向荣

充足的天然气供应和有竞争力的价格将进一步扩大亚洲天然气市场份额，展望期内仅中国的需求增长就将占到全球增量的 40%。得益于改善空气质量的环境政策驱动，未来五年中国的天然气需求预计将以年均 8.7% 的增速上涨。期间，中国的“十三五”规划为天然气提供了强有力的政策支持，帮助其在各个行业与煤炭展开竞争，包括发电、家庭供暖和工业应用部门（如纺织、食品以及制造业等），这将大幅提升中国天然气的使用量。到 2022 年，中国天然气消费量将上升至近 3400 亿立方米，其中进口量将从 2016 年的 700 亿立方米翻番至 2022 年的 1400 亿立方米，成为亚洲地区天然气消费的增长引擎。印度是亚洲地区仅次于中国的第二大天然气消费市场，

但当前天然气在印度一次能源需求中的占比仅为 5%，有很大的上升空间。随着印度经济增长对电力、工业等行业的刺激，电力行业和以化肥为主的工业对天然气的使用量将显著增加，预计需求量从 2016 年的 550 亿立方米增加到 2022 年的近 800 亿立方米。由于较低的 LNG 价格以及天然气在电力和工业中使用量的增加，巴基斯坦和孟加拉国等南亚其他国家也显示出类似的强劲增长。

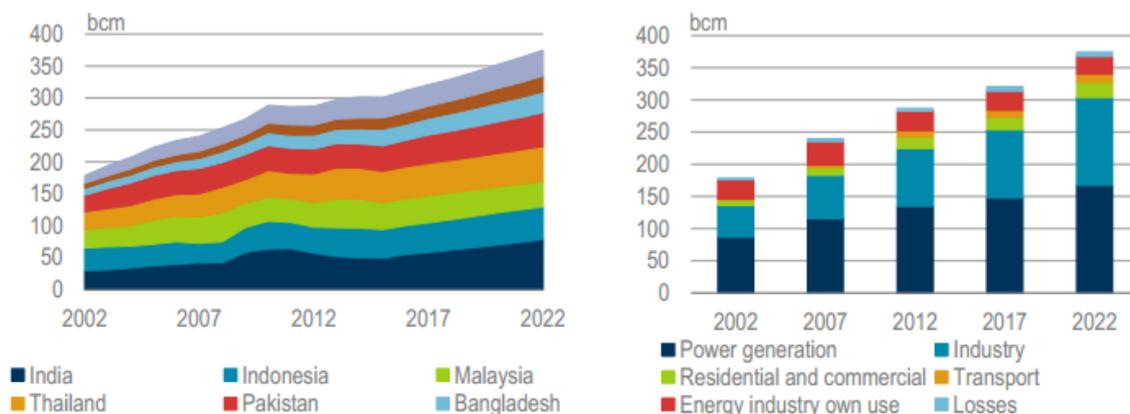


图 2 2002-2022 年非 OECD 亚洲国家及其不同行业天然气需求变化态势（单位：十亿立方米）

资源丰富的中东和非洲地区天然气需求依旧旺盛。展望期内，中东地区的天然气年均消费需求预计达到 2.4%，到 2022 年需求量将达到 5400 亿立方米。非洲的消费量增长速度将更快，预计将达到年均 3.1% 的增幅，届时消费量将达到 1500 亿立方米以上。其中，埃及、阿尔及利亚和尼日利亚将是推动非洲地区消费增长的主要国家。另外，拉丁美洲年度天然气需求增长平均为 1.3%，而俄罗斯、东欧及中亚地区的消费前景预计不甚乐观。

3、众多发达国家的天然气市场趋近饱和，但美国的天然气消费量继续增长

美国是最大的天然气消费国，尽管未来增速会比 2010-2016 年期间有所放缓，但仍将继续增长。发电行业的气代煤发展需求是美国是近期天然气需求增长的主要驱动因素。美国大部分天然气消费增长都来自工业部门，预计展望期内该部门的需求年均增速将达到 1.7%，从 2016 年的 1650 亿立方米增加到 2022 年的 1800 亿立方米。到 2022 年北美地区的整体需求量将超过 1 万亿立方米，占全球天然气消费量的四分之一。由于较低的天然气价格和燃煤电厂退役，欧洲天然气需求量在 2016 年有所上升，但预计直到 2022 年都将保持平稳。日本和韩国的天然气消费预计将会下降，但都存在不确定性。

4、页岩革命使美国在全球天然气供应中处于领先地位

到 2022 年，预计全球天然气产量将在 2016 年的 3.6 万亿立方米水平上增加 10%，达到 4 万亿立方米。其中美国是世界上最大的天然气生产国，未来五年的产量将比其他任何国家都高出很多，占全球产量增长的近 40%。虽然美国整体产量在 2016 年下滑，但 Marcellus 盆地的产量继续增长，美国天然气钻井公司通过提高效率和减

少钻机以增强天然气生产能力，来抵消价格下降的影响。Marcellus 和 Utica 页岩的持续发展得到了阿巴拉契亚地区管道基础设施扩建的支持，能够将更多的天然气运送到美国东北部、中西部地区和东南部地区以及加拿大东部地区的市场。在预测期间，美国天然气产量预计每年将增长 2.9%，增加至 1400 亿立方米。到 2022 年，美国的产量将达到 8900 亿立方米，占全球天然气总产量的 22%。尽管美国国内天然气需求量由于工业需求的增加而增长，但一半以上的产量将转为 LNG 出口。IEA 估计，到 2022 年美国有望超过澳大利亚和卡塔尔成为全球 LNG 第一大出口国。

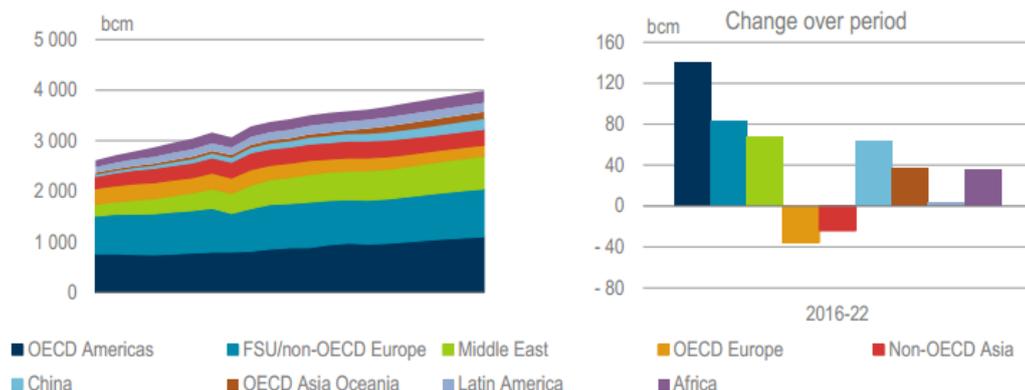


图 3 2016-2022 年全球主要国家/地区天然气产量变化态势 (单位: 十亿立方米)

俄罗斯是继美国之后的世界第二大天然气生产国，在亚马尔半岛有大量未充分开发利用的天然气资源，但其天然气产量将仅平均增长 1.5%。随着电力和工业部门天然气需求的不断增长，2022 年中东地区的产量将增加至 6500 亿立方米。到 2022 年，中国国内天然气产量预计将在现有的水平上增加 650-2000 亿立方米之间，年均增长率 6.6%，届时中国将成为世界第四大天然气生产国。

5、全球 LNG 贸易正在增长，同时市场寻求适当的平衡

随着新出口国和进口国的出现，LNG 贸易流动的数量和多样性也在迅速增加。预计到 2022 年，从最初的澳大利亚带动至后期的美国驱动，LNG 产量将增长 1600 亿立方米。随着日本等一些大型传统 LNG 进口国的需求下降，LNG 价格将走低，出口商必须努力开拓新市场。LNG 进口国家数量迅速增长，目前已从 2005 年的 15 个国家增长到了 39 个。LNG 的增长得益于更多地使用浮式储存和再气化装置，预计到 2022 年将有 8 个国家增添 LNG 进口设施。然而尽管 LNG 需求将快速增长，但在预测期结束前，这一增长幅度还难以让原本供应过剩的 LNG 市场重新再平衡。

LNG 的充分利用对传统天然气定价和营销方式带来了压力。管道贸易继续增长，但在市场中面临激烈竞争。在澳大利亚，较高的 LNG 出口增加了国内对供应安全的担忧，其他主要生产国也出现了对天然气供应安全的担忧。尽管一旦国际市场出现紧缩状况，美国将会有所动作，但天然气安全的长期风险也可能来自于新的天然气供应基础设施投资不足。

(吴勘 郭楷模)

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

