

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2012年12月1日 第23期（总第181期）

先进能源科技专辑

本期重点

- 美能源部长《Nature》撰文论述可持续能源未来机遇与挑战
- 经合组织核能署：未来低碳电力系统需考虑系统成本
- 世界能源委员会发布能源可持续发展指数报告
- 欧洲太阳能行业组织开展光伏大规模并网研究
- 美能源部成立电池与储能能源创新中心
- 美能源部投资小型模块式反应堆设计与商业化
- 日本经济产业省启动人工光合作用研究项目

中国科学院高技术研究与发展局

中国科学院先进能源科技创新基地

中国科学院国家科学图书馆武汉分馆

中国科学院国家科学图书馆武汉分馆 武汉市武昌区小洪山西25号
邮编：430071 电话：027-87199180 电子邮件：jiance@mail.whlib.ac.cn

目 录

特 稿

美能源部长《Nature》撰文论述可持续能源未来机遇与挑战..... 2

决策参考

经合组织核能署：未来低碳电力系统需考虑系统成本..... 15

世界能源理事会发布能源可持续发展指数报告..... 16

弗劳恩霍夫协会分析欧盟 2050 年节能潜力 17

项目计划

欧洲太阳能行业组织开展光伏大规模并网研究..... 17

美能源部成立电池与储能能源创新中心 18

美能源部投资小型模块式反应堆设计与商业化..... 19

日本经济产业省启动人工光合作用研究项目 19

科研前沿

MIT 利用辉钼材料弹性应变扩大光谱吸收范围 20

莱斯大学研究人员研制出单界面储能材料 21

美首次示范结合热管和斯特林发动机的空间核动力系统 21

基于纳米晶捕光材料和镍基催化剂提高制氢效率..... 22

能源资源

页岩油会给美国带来能源自主? 23

本期概要

美能源部长《Nature》撰文论述可持续能源未来机遇与挑战：指出自工业革命以来，获取清洁、可负担和可靠的能源即成为了世界持续繁荣和经济增长的基石。为了保障未来能源来源的经济性、可获得性和可持续性，目前全球需要一场新的工业革命，而能效和节能以及能源脱碳将是其中的关键要素。文章关注于交通运输和清洁电力部门，重点分析了化石燃料高效利用、交通电气化、替代燃料、太阳能、风能、碳捕集与封存、核能和储能等关键技术面临的挑战和研发机遇，旨在解决经济发展、能源安全和气候变化等问题。

经合组织核能署：未来低碳电力系统需考虑系统成本：指出决策者需要将全电力系统成本纳入到能源选择方案考量当中，并且这类成本应根据“发电者支付”原则实现内部化。报告旨在从电力系统效应的角度来研究易变性可再生能源和可调度性发电技术（如核电）之间日益重要的相互作用，研究对象包括6种技术：核电、煤电、气电、陆上风电、海上风电和太阳能发电。

世界能源理事会发布能源可持续发展指数报告：对全球各国的能源可持续发展进行了定量评价分级，最终显示超过90%的国家还远远没有实现可持续的能源系统。报告指出，大多数国家仍然没有很好地管理以应对能源三重困境，即能源安全、社会公平和减少对环境的影响。如果想建立可持续发展的能源系统，就需要平衡好三重困境之间的取舍关系。根据WEC指数，排名前十的国家分别是瑞典、瑞士、加拿大、挪威、芬兰、新西兰、丹麦、日本、法国和奥地利。

弗劳恩霍夫协会分析欧盟2050年节能潜力：报告基于自下而上的方法比较显示，各种情景大部分时间都没有完全将能效方案作为减排的一种技术方案来考虑。此外，在分析能源供应侧时，关于部署能效措施的细节程度还远低于精度，特别是电力部门。通过对不同行业的分析，报告显示终端节能潜力最大的是建筑行业，而在交通运输部门可以得到最大的经济利益。到2050年，终端能源需求量可能会比基准预测减少57%，每年可节约成本约5000亿欧元。

美国能源部未来5年投资1.2亿美元成立电池与储能能源创新中心：由阿贡国家实验室领导，联合国家实验室、大学和私营企业的研发力量来实现电池性能方面的革命性进步。其他实验室伙伴包括劳伦斯伯克利国家实验室、西北太平洋国家实验室、桑迪亚国家实验室以及SLAC国家加速器实验室；高校包括西北大学、芝加哥大学、伊利诺伊大学芝加哥分校、伊利诺伊大学香槟分校和密歇根大学；四家私营企业分别是美国陶氏化学公司、应用材料公司、江森自控公司和清洁能源信托公司。

日本经济产业省未来十年投资150亿日元实施人工光合作用研究项目：研发用于借助太阳能利用水和二氧化碳制造重要化学物质的创新型催化剂和其他材料，将作为生产塑料、合成纤维、合成橡胶、溶剂和其他产品的原材料（石蜡，包括乙烯和丙烯）。该项目参与机构包括：INPEX公司、住友化学、日本精细陶瓷中心、富士胶片株式会社、三井化学和三菱化学，旨在推进大学与一线专家联合开展研究，以实现技术的商业化。

美能源部长《Nature》撰文论述可持续能源未来机遇与挑战

美国能源部长朱棣文和先进能源研究计划署(ARPA-E)前任署长Arun Majumdar在8月16日的《Nature》上联名发表了《可持续能源未来的机遇与挑战》展望文章¹，指出自工业革命以来，获取清洁、可负担和可靠的能源即成为了世界持续繁荣和经济增长的基石。为了保障未来能源来源的经济性、可获得性和可持续性，目前全球需要一场新的工业革命，而能效和节能以及能源脱碳将是其中的关键要素。文章关注于交通运输和清洁电力部门，重点分析了化石燃料高效利用、交通电气化、替代燃料、太阳能、风能、碳捕集与封存、核能和储能等关键技术面临的挑战和研发机遇，旨在解决经济发展、能源安全和气候变化等问题。

1 交通运输部门

石油基液体燃料占到目前交通部门能源来源的绝大部分。但石油资源供应的地理分布通常远离需求中心，如许多国家大量进口石油导致了贸易失衡问题，并使得国家安全面临严重挑战。2011年全世界石油消费量约26.9亿吨，其中有18.95亿吨原油和7.91亿吨精炼产品经过跨国贸易。此外，石油、天然气凝析液和天然气的重大发现有可能会影响全球能源图景。

改进交通工具能效能够大幅降低对石油的依赖。这些改进措施包括增加使用轻量材料，如超高抗拉强度钢、铝镁合金、聚合物和碳纤维增强复合材料等。减轻交通工具重量的潜力已经有所展示，在未来10-20年，有望在不影响安全性的前提下，实现将交通工具的整体重量再减轻20%-40%。交通工具每减轻10%的重量，燃料消耗将减少6%-8%。

降低摩擦导致的能耗也是有可能的。在摩擦学、轮胎、制动和废热回收等领域具有成本效益的技术进步以及空气动力学优化有望在短期内将能效提高20%，长期（15-25年）则有望提高60%以上。

¹ Steven Chu, Arun Majumdar. Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature*, 2012, 488 (7411): 294-303.

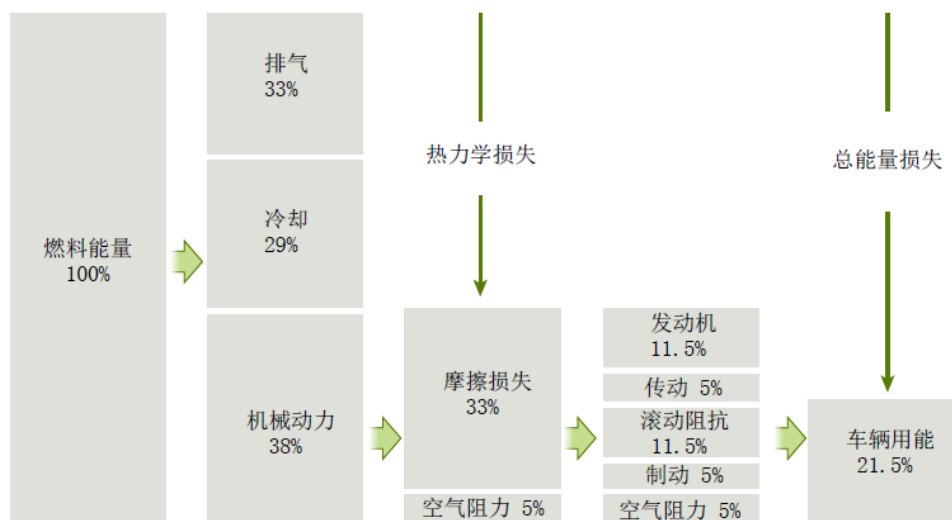


图 1 交通工具能源损耗

1.1 内燃机汽车

使用液体燃料的内燃机很有可能在未来数十年内继续起到主要作用。大部分点燃式发动机效率通常在 25%-35%，而压燃式柴油发动机效率在 40%-50%，存在着提升空间。利用直喷、贫燃和涡轮增压技术，使用高辛烷值优质汽油的点燃式内燃发动机能够接近柴油发动机的效率。结合原型内燃机设计原位测量和高性能计算细节模拟等方法，能够提高能效及降低排放。低成本废热回收也能够提高交通工具特别是重型卡车的能效，包括使用朗肯循环转化废热，开发低成本高效固态热电系统等。

1.2 电动汽车

油电混合动力车和全电动汽车有潜力替代交通部门中大量的液体燃料应用，所面临的主要挑战是电池系统的性能和成本。科学界近 5、6 年在电池阴极、阳极和电解质研究方面已取得了显著进展。基于石墨阳极和锂锰氧化物复合阴极的锂离子电池已实现商业化。在未来数年，电池堆有望实现 200 Wh/kg 能量密度，完全充电仅需 3 小时的目标，到 2030 年车用电池生产成本有望从目前的每千瓦时 650 美元降至 150 美元以下。

美国能源部正在支持插电式混合动力车和全电动汽车的研发工作，在 10 年内实现与内燃机车相当的竞争力，电池系统成本每千瓦时降低 190-300 美元。第三代锂离子电池要开发在高压下稳定和耐受 55°C 的阳极保护材料和不易燃电解质。开发锂硫和锂空电池，能量密度能够达到目前锂离子电池的 10 倍，但需要开展阳极和阴极保护材料研究以及在大电位区间电化学稳定的不易燃电解质。

电池堆通常仅使用电池总容量的 50%，并且充电速度受限以延长使用寿命。如果开发传感技术能够持续监测单个电池单元的状态，如内阻抗、温度和充电状态等，将能够提升使用寿命和可用容量。设计用于集成到原始设备制造商电池组热管理系统的标准电池单元也能够降低成本。

1.3 燃料电池汽车

高效燃料电池车是未来交通电气化的潜在可行方案。自 2005 年以来铂族催化剂负载量已减少了 5 倍，但仍需进一步降低，或研发其他廉价催化剂材料。通过研发更高导电率和更高温度隔膜、改进系统平衡部件（如湿度调节器和压缩机）以及热流设计与控制等能够降低成本和提升效率。

体积能量密度过低是储氢的固有问题。700 bar 碳纤维复合材料高压储氢罐是目前用于私家车的最佳选择，但其成本高达 3000 美元。科学界正在开展降低复合材料储氢罐成本的材料和制造工艺研究。同时，研究人员还在探索具有高比表面材料的低压储氢方法，能够进行物理吸附或弱化学吸附，保持快速加燃料时间。

低碳来源制氢的供应基础设施也是一个挑战。页岩气开采技术进步以及欧洲、亚洲和北美的储量潜力将对交通部门产生重要影响。除了直接利用天然气作为车用燃料外，低成本天然气能够激励建设就地重整制氢加氢站。此外，建立混合发电厂制氢也可作为一种经济的制氢来源。但长期来看，还需要开发一种具有成本竞争力、碳净排放极低的制氢方法。

1.4 天然气汽车

未来数十年美国天然气的低成本预计将使得天然气汽车使用更为广泛。利用液化天然气（LNG）代替柴油作为长途运输重型卡车的燃料已经经济可行，同时还在考虑将 LNG 用作货运列车燃料。而压缩天然气（CNG）通常用于轻型车辆，为使其在没有补贴的情况下经济可行，需要开发低成本 CNG 储存技术，包括高压轻质储气罐用纤维复合材料以及低压储气用吸附剂。还可设计使用多种燃料的内燃机，前 30-60 km 使用 CNG，之后转用汽油，这种类似于插电式混合动力车的 CNG-汽油内燃机汽车能够减少所需 CNG 加气站数量。

还可以利用费托合成或甲醇工艺将天然气转化为液体燃料。需要研究碳氢键活化和碳碳键合成的替代方法，如利用嗜甲烷菌生产长链碳氢化合物的生物方法值得探索。利用天然气制甲醇已实现工业规模生产，甲醇可用于汽油-乙醇掺混中，但纯甲醇或高比例甲醇交通面临着分配-基础设施的挑战。

1.5 替代液体燃料

液体石油基燃料因其高能量密度成为主要的交通用能，在车辆加注燃料过程中的能量转移率约为 6 兆瓦，相反充电过程仅为数十千瓦。除去电池化学的固有限制之外，电连接器的实际尺寸也限制了兆瓦级电力传输。研究人员开发了多种替代燃料生产方法（图 2），预计的未来（10-15 年）成本相差较大（图 3）。代谢工程学和合成生物学知识能够用于利用微生物生产先进生物燃料，成功实现这类技术的商业化部署将取决于微生物的生产力和活性。微生物原料成本也是一个主要因素。包括农林业废弃物的木质纤维素原料成本要比糖类和淀粉类作物低一个数量级，目前研

究更多关注于降低将木质纤维素转化为更易于被微生物利用的原料的成本。

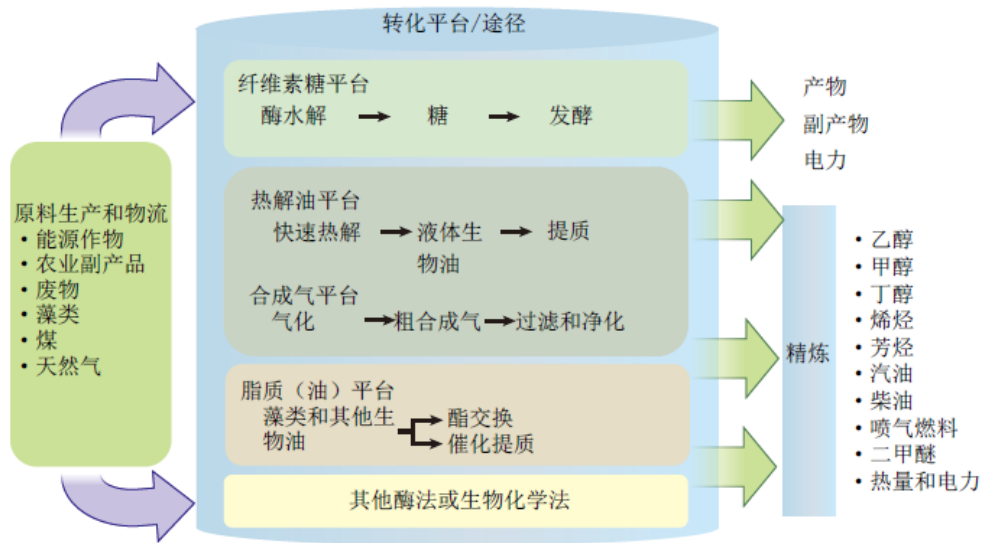
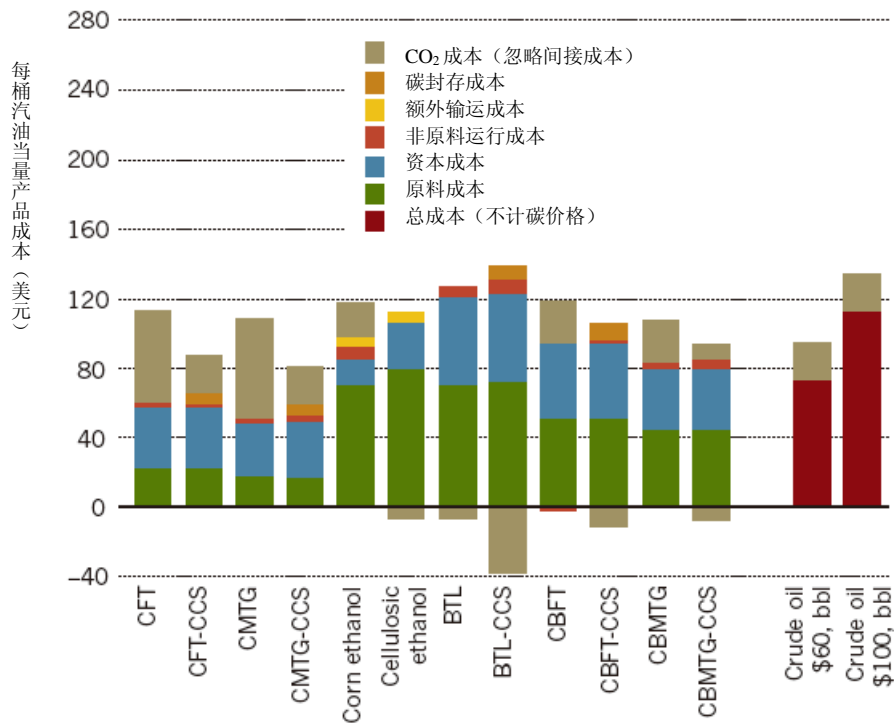


图 2 替代燃料生产多种方式



注：CFT-煤制液体燃料，费托合成；CCS-碳捕集与封存；CMTG-煤制液体燃料，甲醇制汽油；Corn ethanol-玉米乙醇；Cellulosic ethanol-纤维素乙醇；BTL-生物质制液体燃料；CBFT-煤和生物质制液体燃料，费托合成；CBMTG-煤和生物质制液体燃料，甲醇制汽油。

图 3 替代燃料成本

年均单位面积能源净产量是决定原料成本的主要因素。不同生物燃料总体产量差距较大。为提高生物精炼的规模经济，特别是热化学精炼，提高原料收集半径是必要的。如果在收集过程中开发一种高效富集生物质的方法（如结合木质原料的收

割和造粒)，能够增加生物燃料的竞争力。

藻类可用来生产下一代生物燃料，能够提供高燃料产量。但相比于草本和木本能源作物，在封闭系统中藻类生长需要非常高的资本投资。而在开放池系统中，耗水量是一个主要问题，但可以通过使用那些能够利用咸水或盐水生长的藻类品种得到一定程度的缓解。

其他生物燃料生产方法包括调控光合细菌来合成生物燃料。生物酶能够以空前的高专一性合成碳-碳键，但光合作用不是唯一将阳光转化为碳氢燃料的途径。研究人员正在探索其他一些非光合作用方法，有潜力克服光合作用的许多限制。这一能量转化过程可分为三步：首先鉴别除通过 **PSI** 和 **PSII** 捕获的太阳光子外，什么还原当量可被不同微生物接受。部分微生物已知能够依靠硫化氢、氢、电子、氨和还原性离子（如二价铁）生长。第二步是调研利用除了 C_3 和 C_4 植物以外的方式来固碳。有潜力的系统包括反克雷布斯循环（reverse Krebs cycle）、产乙酸菌利用的 Woods-Ljungdahl 循环、羟基丙酸甲酯-羟基丁酸酯循环或其他新设计的生物化学途径。最后一步是确定是否能够将直接碳产物代谢工程化为一种如乙酰辅酶 A 的分子，这是许多高能燃料的前驱体。美国能源部先进能源研究计划署（ARPA-E）正在通过 Electrofuels 计划支持针对上述三个步骤培育工程化自养微生物。

研究人员还在调研高效的非生物基能源转化过程，利用阳光分解水，还原 CO_2 制燃料。美国能源部资助成立的人工光合作用能源创新中心正在探索丰度高、强大吸光能力的吸光材料，优化其能带隙以高效收集阳光，同时加速太阳能制燃料转化反应的催化剂发现步伐，并提供系统集成和放大方案，能够将实验室成果快速转化为商业应用原型。

2 清洁可负担的电力部门

国际能源署（IEA）对直到 2035 年的发电结构所作的预测如图 4 所示。在新政策情景中，碳排放量增长的速度降低，但总量并未下降。情景假定在一些经合组织国家及中国政府实施如碳定价等政策，但是对可再生能源成本降低的预测太过保守。如 IEA 预计到 2020 年，陆上风能的平准化电力成本（LCOE）是每兆瓦时 90 美元（以 2010 年实际美元计）。而美国能源信息署（EIA）估计，到 2016 年风能 LCOE 就将达到大约每兆瓦时 80-120 美元（图 5）。

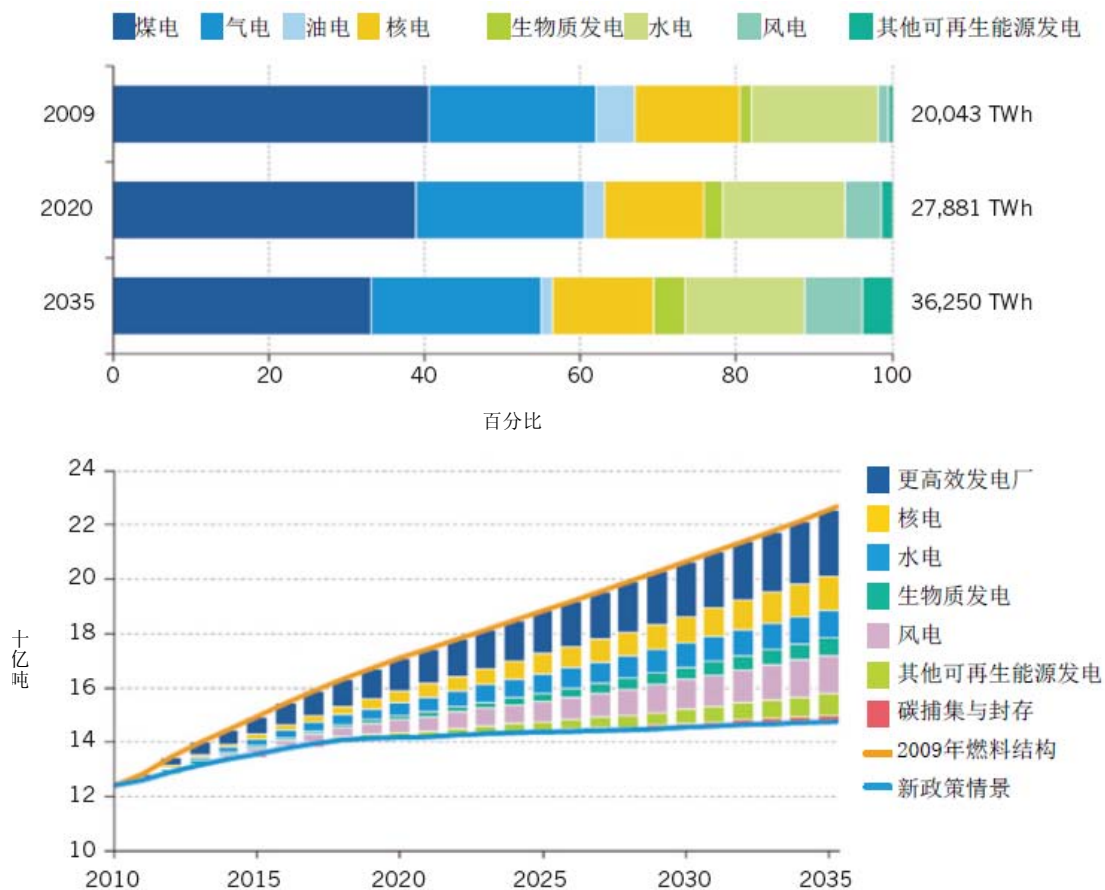
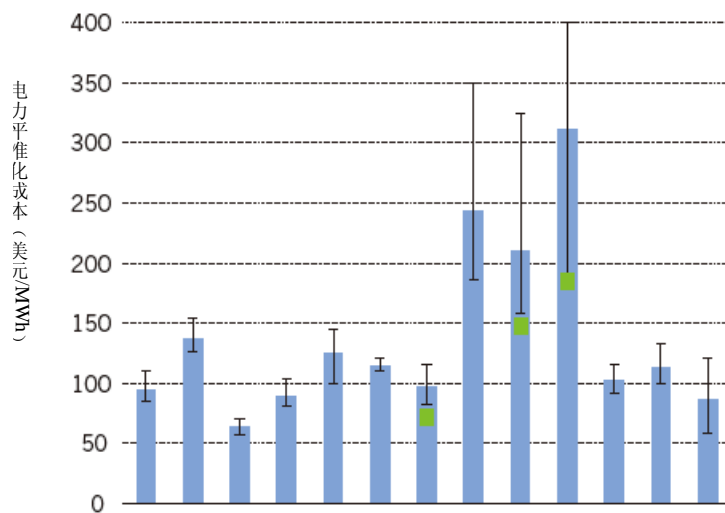


图 4 IEA 预测的到 2035 年电力结构和碳排放情景

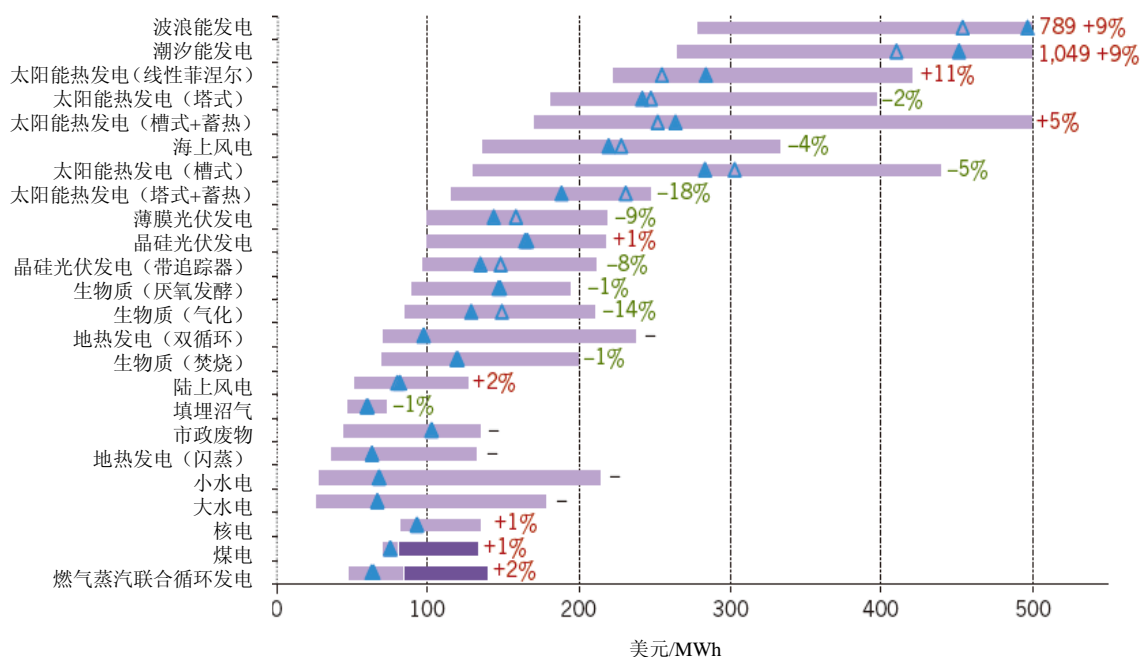


注：横坐标从左到右依次是：传统燃煤发电，配备有碳捕集与封存的先进燃煤发电，先进天然气联合循环发电，配备有碳捕集与封存的先进天然气联合循环发电，传统天然气发电，先进核电，陆上风电，海上风电，太阳能光伏发电，太阳能热发电，地热发电，生物质发电，水电。

图 5 美国能源信息署预测到 2016 年不同电源的平准化发电成本

相较于这些预测，一项基于投资和购电合同已完成的项目数据，对不同形式可再生能源的分析表明，目前美国第四等级风力资源地区的陆上风电 LCOE 大约为每

兆瓦时 73 美元（图 6）。这些成本还不包括输电线的成本，平均为每千瓦 300 美元。一些专家估计，到 2020 年，上述地区的陆上风电 LCOE 将下降到每兆瓦时 60 美元以下。不算补助金（除去美国投资税收抵免），美国 2011-2012 年安装的公用事业规模的太阳能光伏发电项目的成本为大约每兆瓦时 150 美元，这和彭博新能源财经预计的一致。在光照良好的地区，公用事业规模的太阳能光伏发电成本预计在每兆瓦时 60-120 美元之间。假定天然气成本为每百万英热单位 3-4 美元，美国天然气联合循环发电的最低 LCOE 大约为每兆瓦时 50-60 美元。尽管 LCOE 是一个很重要的因素，但发电时间、不同规模下的 LCOE 以及储能潜力同样也很重要。



注：数据基于已完成投资或购电合同的项目。为在全球层面比较各种能源的平准化成本，分析假定公司税率为 35%，年度通货膨胀率为 2%，权益投资人内部收益率为 10%。三季度中心情景为实心三角形，二季度中心情景为空心三角形。

图 6 2012 年第三季度不同电源的平准化成本

在某些能源成本超过每兆瓦时 200 美元的地区，可负担和环境友好的发电方式已能够实现电网平价。基于目前和预测的风能和太阳能经验曲线，可再生能源在全球范围内的经济性将日益增强。此外，耐用廉价的电池储能也使得微型或中型电网能够满足偏远农村地区的需求。

尽管像风能和太阳能这类可再生能源的成本在持续走低，但是要全面实现这些易变性能源的经济效益，还需要将更成熟的发电方式和可再生能源集成到输电、配电、负荷响应和电力储存各个环节。到 2050 年美国将有可能实现可再生能源占比达到 80%，但即使仅实现这个目标的一半，也需要基于技术进步以及新的经营方式、商业模式以及监管方法来实现电力系统的转型。

2.1 太阳能

2010年，美国能源部开始实施 Sunshot 计划，旨在到 2020 年不用补助将太阳能（光伏和热）LCOE 成本降至每兆瓦时 50-60 美元。对于公用事业规模的光伏发电，整体装机成本要达到每瓦约 1 美元，包括太阳能电池组件的 0.5 美元，并网用电力电子器件的 0.1 美元和系统平衡部件（包括安装、许可和所有其他费用）的 0.4 美元。

从 2008 年第二季度到 2012 年第二季度的四年间，晶硅电池组件的实际现货市场价格从每瓦 4 美元降至每瓦 1 美元。尽管部分原因是由于暂时的供应过剩和世界范围内的经济衰退，但持续的工程和制造创新也加速了这一下降趋势，并很可能在未来几年持续发挥作用：未来交付合约成本是每瓦 0.8 美元，同时在 2020 年将实现每瓦 0.5 美元的目标。相应地，系统平衡方面的成本，特别是诸如许可、互联和检验、融资和顾客购置成本等软性成本也有下降，但速度要慢得多。鉴于此，美国能源部 Sunshot 计划的关注点之一便是降低所有系统平衡成本。

通过提高太阳能电池的效率同时减少其生产成本会对整体成本产生影响。Shockley - Queisser 极限（S-Q 极限）是单结太阳能电池的理论效率限制。硅基电池的 S-Q 理论极限是 32.7%，但实际限制是 29%。太阳能到电能的最终转换效率是由卡诺热机决定的。这一限制为 94%，基于太阳黑体 5800 K，电池温度约 350K。因此，还有很大的空间来超过 S-Q 极限。

目前大部分太阳能电池由晶体硅制成，大规模生产的最高效率可达 23%，但大部分电池效率在 17%-19% 之间。多晶硅电池的效率一般在 14%-16% 之间，而最近的技术进步显示，体硅生产的改良将使得仅使用一半的硅锭材料就能够达到与单晶硅电池类似的转换效率。太阳能级硅的成本占到了太阳能电池组件的一半。在传统硅基电池生产中，有大约一半的硅在体硅切割成厚度为 150-200 微米硅片的过程中损失掉了。采用合适的陷光工艺，硅片厚度可以小于 50 微米。其他减少成本的方法还包括单晶外延生长和剥离，以及采用大而整齐的硅晶粒直接制造硅片的无切口制造方法。

其他具有竞争力的方法是基于像碲化镉和铜铟镓硒（GIGS）等直接带隙半导体。薄膜太阳能电池可沉积在轻质低成本衬底上以减少其总成本和重量，从而方便运输和安装。但沉积在异质衬底上的薄膜会产生缺陷，限制了大规模生产的碲化镉和 CIGS 薄膜太阳能电池效率为 12%-14%，而它们的实际极限效率可达 29%。如果在生产时能够减少碲化镉薄膜的缺陷，将会提高载流子的寿命和效率。这就需要大量投资于薄膜界面作用的研究开发工作，以理解缺陷产生的根源，以及减少和控制它们的方法。

除了科学认知，还需要开发工程化在线监控系统来提高制造质量控制并持续改进。目前，碲化镉薄膜制成的太阳能电池板成本最低（大约为每瓦 0.7 美元）。太阳能电池效率从 17% 提高到 20% 将大大减少电池板和部分系统平衡成本，这将与效率达到 18% 以上的多晶硅电池类似，对光伏市场产生变革性影响。

由于具有更高的载流子流动性和更优的材料性质，III-V 族直接带隙半导体制成

的薄膜太阳能电池非常具有吸引力。III-V 族半导体电池能实现高得多的转换效率，接近实际最高上限。例如，III-V 族太阳能电池的效率已达到约 29%，接近任何单结带隙材料 33.5% 的 S-Q 极限。尽管高品质的薄膜通常在晶体衬底上实现，但使用体材料成本过高。主要挑战是在低成本衬底如塑料或金属薄板上实现 III-V 族薄膜的结晶品质。对于使用硅外延生长随后剥离的太阳能电池生产工艺来说，在从体晶外延生长和剥离薄膜晶砷化镓层的大规模制造方面取得了重要进展。

提高太阳能电池组件的效率也可以采用能捕获更广泛太阳能光谱的多结电池、多激子生成、多光子吸收或光子上转换以及聚光等方法。研究人员正在探索利用量子点和分子来实现上述方法，这将更深入地理解关于光和介质间的相互作用。太阳能技术的竞争是非常激烈的，要对太阳能发电产生影响，科学知识必须转化为工程系统，能够实现商业规模太阳能电池板每瓦 0.5 美元的技术经济目标。

采用聚光光伏也可能实现以每兆瓦时 50-60 美元的成本发电。大部分成本集中在系统平衡部件上，包括反光镜、透镜和追踪系统，而光学系统中的太阳能电池成本占比相对较少。当多结太阳能电池效率超过 40% 时将是理想情况。目前正在开发低成本高品质的反光镜、低价的菲涅尔光学器件以及低成本追踪器。

太阳能热发电技术将吸收的太阳辐射转化为热能（一般低于 450°C），然后用热机以大约 30%-35% 的效率发电。可以采用蓄热技术以更好地匹配需求。要减少热发电 LCOE 到每兆瓦时 50-60 美元，必须提高热机效率。这就需要 600°C 的高温，意味着需要获得更高的聚光度。需要研究来探寻利用相变焓或超过 600°C 的化学反应来蓄热，以及高效储存和在需要时获取焓来驱动热机发电的系统工程的方法。此外，还需要研究设计低成本高温材料及其在工程系统中的使用，以及在超高温下运行太阳能热反应器。

尽管大部分聚光太阳能发电工作是光伏或热发电途径中的一种，但也可以将两者结合起来。例如，太阳辐射的可见光部分可用于聚光光伏，其余留给太阳能热发电用。此外，太阳能热发电很少使用全部的聚光太阳辐射，因为太阳能吸收器通常都会有溢出。将光伏技术同太阳能热吸收器结合起来将是可能的。太阳能热吸收器高于 600°C 的高温也可以使它同天然气联合循环中的燃气轮机结合起来，将使得太阳能和天然气发电厂结合起来共同承担基荷和峰荷。

要将直流电转换为交流电同时将太阳能发电并入电网，电力电子器件是很关键的，它们的成本也必须减少到每瓦 0.1 美元或者更少，这大概是现在成本的一半。目前电力转换的电子设备实现了较大进展，引入了碳化硅和氮化镓等宽禁带半导体、低损耗软磁材料、固态电容器和新回路拓扑等。电子设备运行频率有了明显提升，在不改变电阻抗的条件下减小了感应器和电容器的尺寸。尺寸的减少能实现同一平台上不同组件的集成，能够减少成本和重量。使用固态电容器能够大幅提高可靠性，

相应降低了太阳能 LCOE。

在太阳能发电占比较高时，解决太阳能技术的间歇性问题就变得非常重要。在规划电力调度时，有必要预测随时间变化的太阳光照射量。同时，需要开发应对太阳能发电波动的储能技术。

2.2 风能

涡轮机、叶片和齿轮箱的重要改进以及风塔高度的增加是风能成本下降的原因。尽管风机最大容量已达到了 7.5 MW，但目前大部分已安装的风机是 1.5-2 MW。

随着风机高度和尺寸的增加，作用在齿轮箱、叶片和风塔上的机械应力也显著增加。直驱型风机受到了越来越大的关注，这类发电机目前使用的永磁体是由像钕和镝这类稀土材料制成的。需要研究无需稀土金属能够产生大的磁能量密度的磁性材料。例如，铁基化合物（如 Fe_{16}N_2 ）在一定相下可以产生相当高的磁晶体异向性，但在常温环境条件下获得和保持这种材料稳定很困难。当今的计算机能力可用来组合搜索预测磁行为，这将有助于引导发现具有高晶体异向性和可获得稳定相的磁性材料。通常要获得这些亚稳相材料需要使用纳米技术和诸如软性磁体等材料复合物制造技术。

海上风电可建在居民区附近同时又足够远而不至引起当地的反对。然而，由于需要建造能多年不用替换的可以承受恶劣海上环境的稳定海上结构，海上风电的成本很高。此外，由于重型维护目前需要平静的海面，海上风机必须高度可靠。维修最高风机的一个办法是设计一种能自己爬上风塔的起重机，这和修建高层建筑用的自动提升式起重机相似。

2.3 化石燃料脱碳

继续利用化石燃料发电需要在未来十年大幅削减主要固定排放源的碳排放量。通过热力学效率的高性价比改进、热电联产和废热利用可以实现更高效的一次能源利用，从而减少碳排放。然而，效率最大化还不够，燃煤和天然气电厂及其他的主要排放源（如水泥厂、钢铁厂）配备碳捕集与封存技术（CCS）也很有必要。

二氧化碳捕集的成本可大致分为两部分：一是资本成本，主要是基于吸附剂的二氧化碳分离装置、吸附剂再生装置和二氧化碳压缩机；二是运行成本，主要是捕集和压缩二氧化碳的能耗增加成本。资本成本取决于分离装置的大小，它和二氧化碳与吸附剂反应的速率常数成反比。而能耗成本取决于二氧化碳吸附剂离解反应的焓值。当前吸附剂的吸附和离解反应的动力学和热力学是正相关的（图 7）。

需要研究确定速率常数大于 $10000 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ 而焓值为 $40\text{-}80 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 的吸附剂。可以通过调整仲胺和叔胺、金属有机骨架材料以及离子液体等反应来获得接近理想的动力学和热力学性能水平（图 7）。在生物有机体中，酶（如碳酸酐酶）能大幅降低二氧化碳捕集和排放的自由能障。研究人员正通过基因改变碳酸酐酶的性能，以使

其能够在燃煤电厂排气口的恶劣条件下提高低焓值吸附剂的动力学性能。

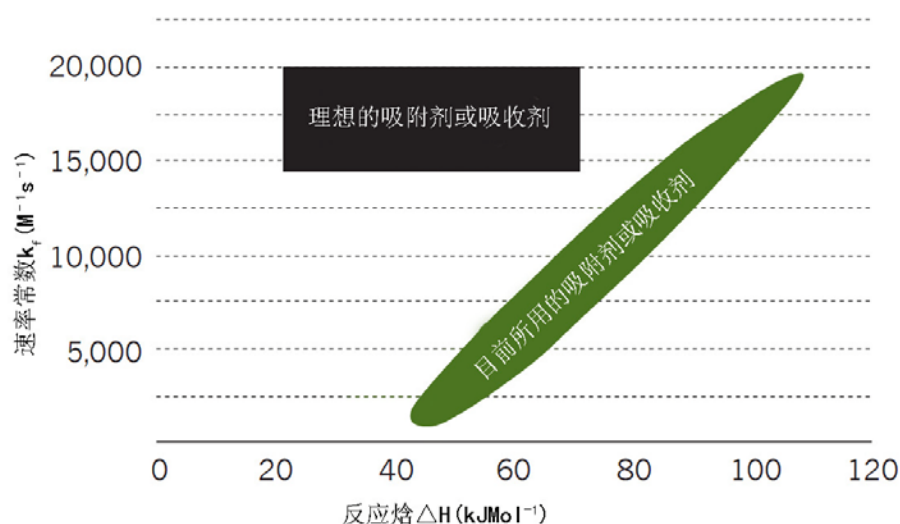


图 7 当前吸附剂或吸收剂的速率常数与反应焓呈线性相关

现有粉煤电厂利用可用技术实现 90%二氧化碳捕集率的改造成本估计接近原始电厂的资本成本。此外，电厂能量的 20%-40%也将被用于二氧化碳的分离、压缩和传输，因此只有热力学效率最高的超临界和超超临界机组可考虑实施改造。

如果有高度集中的二氧化碳排放流，那么二氧化碳的捕集会相对容易实现。这可以通过富氧燃烧（粉煤电厂或天然气电厂）或整体煤气化联合循环（IGCC）技术来实现。从空气中低温分离氧气是工业规模生产最常用的方法。

选择富氧燃烧还是燃烧后捕集并没有一个明确的答案，但明确的是在实现大规模部署之前需要开发、中试和示范接近商业规模的创新型化学和物理分离方法。由于没有合理的二氧化碳价格，私营部门不愿在技术开发上做更多投资。基于这一原因，旨在提高采油率和可促进地热能利用的碳捕集、利用与封存（CCUS）技术的研发为碳捕集技术的投资提供了财政激励措施。

可以采用计算模拟优化系统性能的高性能计算而非高成本的预商用计划来发展 CCS 和 CCUS 技术。高仿真度模拟也可用来减少将小型示范项目放大到大规模系统的风险，因而能够加速工业界实施这些项目。

2.4 核能

核电在减少发电部门的碳排放方面发挥了重要的作用。2009 年核电占到全世界发电总量的 14%左右，但在 2011 年这一比例下降到了 12%，主要是德国和日本减少了 180 TWh 的发电量。各国对 2011 年日本福岛核灾难的反应不一：部分有核国家开始谨慎推进核电的发展，而其他国家继续开展核电计划，有些国家维持其发展计划，还有一些国家选择放弃核能或淘汰计划中的核电项目。

越来越多的老式核电站如果想要继续运行的话将需要延长其运行许可证时限。

在美国运行一个核电站完全分期等额偿还法的成本预计是每兆瓦时 23 美元，包括付给乏燃料处理的核废料基金的每兆瓦时 1 美元。每个电站的退役成本（包括乏燃料和场地恢复成本）预计为 5 亿美元。目前运行反应堆的低成本要和安全问题、乏燃料处置和核武器扩散的风险相平衡。尽管有很多重大挑战，仍需要发展非碳基荷电源（核电站和运用 CCS 技术的化石燃料电厂）来缓解气候变化的最坏风险。

第三代核电站比前面的几代要安全得多。当核反应堆紧急关闭时，最初几天由于衰变热量最大且亟需驱散是最危急的。正在建设的新反应堆采用了头三天内在不和电网或应急电源连接或不使用堆外冷却水时能安全冷却的设计。最终目标是实现非能动安全性。

新核电站的 LCOE 约为每兆瓦时 100-120 美元，尽管这一成本和天然气比不具竞争力，但是它比采用 CCS 技术的化石燃料电厂的预计成本要低。另一个挑战是单个大型反应堆（1.0-1.5 GW）相关的冷却和配电需求。核反应堆的工程、采购和施工、运行和维护以及退役成本约为每千瓦装机 6000-6600 美元，这比一个相当规模的天然气电厂资本成本高五倍，大约要高 60-100 亿美元。较大的财政压力和建造与许可延期的风险还会推高电站融资成本。

美国能源部正在支持由核监管委员会颁布许可的 80-300 MW 小型模块式反应堆的工程设计。在一个工厂中建造很多小型反应堆而不是在每个地方分别建一个的方式将使安全的核电站更加经济可行。此外，由于降低了许可和建造延期风险，小型模块式反应堆代表了核电建设中的一种新范式。美国能源部还成立了一个能源创新中心来开发多物理场计算模拟工具，用以减少传统反应堆和小型模块式反应堆诸多环节设计和确定的时间。

2.5 电网储能

电网级别能量储存将提高输配电系统的可靠性和效率。平衡和优化负荷与发电是一个挑战，需要改良的技术、商业和监管愿景。间歇性电力供应和需求的不匹配发生在多个时间和能量尺度上。对于秒-分级尺度，电压和频率的稳定目前是通过电网辅助设备来实现的，大部分是利用大型电容器组和化石燃料电厂的热旋储备，也会使用电池组和机械飞轮。热旋储备也用于支持数分钟到数小时的发电。现代天然气碳循环电厂的设计能达到每分钟 50 MW 的功率快速增加，当与改进的电网传感和控制相结合时足以解决大部分可再生能源的间歇性问题。对于小时-隔夜尺度，将需要成百上千兆瓦和兆瓦时级别的功率和能量容量，还可以使用许多小型（成百上千千瓦级别）分布式储能。

成本最低的中长期储存电力的方式是利用抽水蓄能电站和压缩空气储能，资本成本大约为每千瓦时 100 美元。然而地理因素限制了这两种方法的发展。新的电化学系统和模块式低成本压缩空气储能系统具有较好的发展前景。

3 展望

考虑到化石燃料发现和开采预期的技术进步，化石能源成本在未来数十年和非碳能源相比仍将具有竞争力。此外，美国能源结构表明，能源转型将需要大概半个世纪的时间（图 8）。如果需要及时缓解气候风险，则广泛采用商业规模的清洁能源技术的速度必须加快。为了加速利用经济可行的清洁能源，政府需要颁布政策来激励投资、创新和引导市场力量。

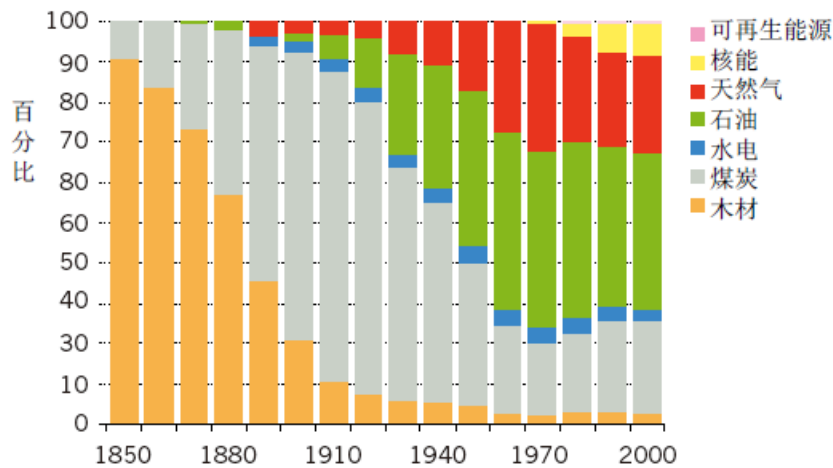


图 8 美国能源结构历史变化情况

随着过去 30 年诸如极端温度、洪涝、野火、干旱和暴风雨等极端天气事件的增加，总的损失已超过每年 1500 亿美元。有越来越多的证据表明这些改变都和气候变化相关。尽管缓解或适应这些变化的总成本还有很强的不确定性，但是谨慎的风险管理不等于不作为的不确定性。需要颁布政策使不同能源的整体成本更直接地反映到其市场价格中。

这一展望重点分析了科学、工程和政策上面临的挑战和机遇。发现和开采化石燃料的能力在持续提升，在未来数十年里，世界各地的经济可采储量也将很可能同日益增长的需求同步。石器时代的结束不是因为我们把石头用完了，而是因为我们转向了更好的选择。现在同样的机会也摆在我们面前，这次是能源效率和清洁能源。

陈伟 郭雅玲 编译自《Nature》

检索时间：2012 年 11 月 16 日

经合组织核能署：未来低碳电力系统需考虑系统成本

11月29日，经合组织核能署（OECD-NEA）发布题为《核能与可再生能源：在低碳电力系统中的系统效应》报告指出，决策者需要将全电力系统成本纳入到能源选择方案的考量中，并且这类成本应根据“发电者支付”原则实现内部化。

报告旨在从电力系统效应的角度来研究易变性可再生能源和可调度性发电技术（如核电）之间日益重要的相互作用，研究对象包括6种技术：核电、煤电、气电、陆上风电、海上风电和太阳能发电。系统效应指的是超出发电厂层面，以给定的负载和供应安全水平提供电力的那部分成本。报告关注于电网层面系统成本，包括：

（1）扩张和加强输配电网以及连接新电力装机的成本；（2）提高短时平衡和维持电力供应长期充足性的成本。

报告的关键结论如下：

虽然所有技术都会产生系统成本，但可调度性技术比易变性可再生能源技术至少要低一个数量级。报告发现，取决于不同国家、技术和所占比例，易变性可再生能源带来的电网层面系统成本最高会将电力供应总体成本提高1/3。可调度性技术的电网层面系统成本低于每兆瓦时3美元，而陆上风电、海上风电和太阳能发电最高可分别达到每兆瓦时40美元、45美元和80美元。此外，可再生能源占比越高，带来的系统成本越高。

目前这类电网层面成本通过更高的电网付费由电力消费者承担，以及以减少利润和更低的负载系数的形式由使用可调度性发电技术的发电商承担。不计算系统成本意味着易变性可再生能源不仅获得了大量的显性补贴，还增加了隐形补贴。只要这种情况继续，可调度性发电技术直到退役之前都不会被替代，因此供应安全性将会削弱。为保持易变性可再生能源占比较大的脱碳电力系统电力供应的高度安全性，需要实施激励措施将系统成本内部化，以及进行市场设计保证所有可调度性发电技术（包括核能）都能够得到充分补偿。

由于可变成本较低，在短期内核电相比于煤电或气电要稍好一些，但长期来看，当需要作出新的投资决策时，降低的负载系数将极大地影响核电这种具有高固定成本的技术。在目前使用核能的系统中，引入易变性可再生能源有可能导致整体碳排放的增加，因为需要使用更多的碳排技术作为后备电源。

相当规模系统成本的存在意味着需要做出重大改变以产生灵活性，使得脱碳化电力系统中的核能和可再生能源能够在经济可行的情况下共存。这类变化措施包括更广泛地利用碳定价机制、长期购电合约和发电容量机制等，能够为投资提供足够

的激励。

报告摘要参见: <http://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2012/system-effects-exec-sum.pdf>。

陈伟 编译自: <http://www.oecd-nea.org/press/2012/2012-08.html>

检索时间: 2012年11月30日

世界能源理事会发布能源可持续发展指数报告

世界能源理事会(WEC)于12月1日发布的2012年度能源可持续发展指数报告对全球各国的能源可持续发展进行了定量评价分级,最终显示超过90%的国家还远远没有实现可持续的能源系统。

报告中指出,大多数国家仍然没有很好地管理以应对能源三重困境,即能源安全、社会公平和减少对环境的影响。WEC认为,如果想建立可持续发展的能源系统,就需要平衡好三重困境之间的取舍关系。

根据WEC指数,排名前十的国家分别是瑞典、瑞士、加拿大、挪威、芬兰、新西兰、丹麦、日本、法国和奥地利。不过,即使这些国家的表现排前十,在一些特定的领域还是面临着挑战。

报告主要结论包括:

- 减缓环境影响仍然是一个普遍问题。在一般情况下,随着国家人均GDP的增长,这个指数评价得分就会提高。如果他们使用低碳能源资源,就有可能成功地减少二氧化碳排放来改善空气和水的质量。

- 对于发展中国家和新兴经济体而言,提供高品质、可负担得起的能源服务仍然面临着巨大的挑战。主要挑战是供需双方稀缺的财政资源限制了市场的运作和吸引能源投资的能力。

- 处于不同发展阶段的国家都面临着能源安全的挑战。发展中国家和新兴经济体由于强劲的消费增长,能源安全面临挑战。另一方面,一些发达国家努力扩大国内能源生产来满足增长的需求。不过,人均GDP较高的前十国家,通过政治支持、强有力的体制框架和必要的资金支持,使其能源供应更为安全。

报告参见: <http://www.worldenergy.org/documents/2012-energy-sustainability-index-vol-ii.pdf>。

李桂菊 编译自: <http://www.energyinst.org/media-relations/media-centre/240>

检索日期: 2012年12月1日

弗劳恩霍夫协会分析欧盟 2050 年节能潜力

由于温室气体的排放导致全球变暖的风险及其可能产生的后果，欧盟已经承诺到 2020 年至少比 1990 年的温室气体排放水平减少 20%，到 2050 年至少减少 80%。德国弗劳恩霍夫协会针对上述目标，发布了题为《政策报告：促进欧盟直到 2050 年气候保护的能效措施》的政策报告，详细分析了要做到什么程度的节约能源来实现到 2050 年的目标，以及需要什么样的技术来实现节能潜力。

报告基于自下而上的方法，通过清晰的比较显示：在各种情景中，大部分时间都没有完全将能效方案作为减排的一种技术方案来考虑。此外，在分析能源供应侧时，关于部署能效措施的细节程度还远低于精度，特别是电力部门。

通过对不同行业的分析，报告显示终端节能潜力最大的是建筑行业，而在交通运输部门可以得到最大的经济利益。到 2050 年，终端能源需求量可能会比基准预测减少 57%，每年可节约成本约 5000 亿欧元。关于一次能源需求，还需要考虑提高从一次能源到终端能源的转换效率。向高效电力部门转型将会减少 25% 的一次能源需求量和 15% 的温室气体排放量，与终端能源使用相关的节能方案又分别可以减少 42% 和 52%。

报告参见： <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-media/docs/e/de/publikationen/BMU-Policy-Paper-20121022.pdf>。

李桂菊 编译自：

http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/e/projekte/bmu_eu-energy-roadmap_315192_ei.php

检索日期：2012 年 12 月 1 日

项目计划

欧洲太阳能行业组织开展光伏大规模并网研究

11 月 15 日，欧洲 20 多家行业组织、公用事业单位和研究机构共同启动了一个光伏配电网大规模集成项目——PV GRID，该项目受欧盟委员会欧洲智慧能源计划资助，为期两年（到 2014 年 10 月截止）。

PV GRID 旨在确定欧洲范围内光伏发电并网的解决方案，克服配电网对光伏发电现存的监管和规范标准方面的障碍。近年来随着欧洲部分国家的电网面临光伏发电所占份额越来越高的局面，产生了一些新的技术、经济和管理上的挑战。

相关利益方认为，光伏发电已成为成熟和主流的技术，需要无缝并入电网，这需要电网运营方、政策制定者和光伏行业本身做出改变，但困难并非不可克服。根

据欧洲光伏行业协会（EPIA）的报告《连接太阳：光伏走上大规模并网之路》²，光伏的大规模并网是可以实现的。

这一项目的参与方包括 14 个国家的光伏行业协会、欧洲光伏行业协会、三家配电网运营商、eclareon 管理咨询公司、欧洲分布式能源实验室以及 COMILLAS 天主教大学，以德国太阳能行业协会为协调人。这个项目联盟之前曾承担了欧洲智慧能源计划下的旗舰项目 PV LEGAL（于 2012 年 2 月结束），是解决欧洲光伏系统安装中存在的行政性障碍。

张 军 编译自：http://www.pvgrid.eu/fileadmin/templates/sunbeam/PV_GR

ID_PR_November_2012_English.pdf

检索日期：2012 年 11 月 16 日

美能源部成立电池与储能能源创新中心

11 月 30 日，美国能源部（DOE）宣布将在未来 5 年资助由阿贡国家实验室领导的合作团队 1.2 亿美元，成立一个电池与储能能源创新中心——储能联合研究中心（JCESR）。该中心联合 DOE 五个国家实验室、五所大学和四家私营企业的研发力量来实现电池性能方面的革命性进步。

该中心将几个成功的独立性研究项目整合为一个较大的合作项目以突破电池进展方面的限制。在电池和储能技术上的进步对于努力创建一个减少对进口石油依赖的新能源经济、将间歇性可再生能源如风能和太阳能并入电网以及交通部门向更灵活的电力动力转变都至关重要。

该中心将带动美国目前最先进的储能研究项目的开展。该中心的其他实验室伙伴包括劳伦斯伯克利国家实验室、西北太平洋国家实验室、桑迪亚国家实验室以及 SLAC 国家加速器实验室；高校包括西北大学、芝加哥大学、伊利诺伊大学芝加哥分校、伊利诺伊大学香槟分校和密歇根大学；四家私营企业分别是美国陶氏化学公司、应用材料公司、江森自控公司和清洁能源信托公司。

背景：JCESR 是 DOE 自 2010 年以来建立的第四个能源创新中心，其他三个中心分别开展核反应堆的建模及仿真、建筑节能以及利用太阳光制取燃料。今年年初宣布的第五个中心主要针对关键材料的研究，目前还处在申请阶段³。

郭雅玲 编译自：[http://energy.gov/articles/team-led-argonne-national-lab-selected-doe-s-batteries-an](http://energy.gov/articles/team-led-argonne-national-lab-selected-doe-s-batteries-and-energy-storage-hub)

d-energy-storage-hub

检索日期：2012 年 12 月 1 日

² 参见本快报今年第 21 期报道。

³ 参见本快报之前报道。

美能源部投资小型模块式反应堆设计与商业化

11月20日，美国能源部（DOE）宣布将支持一项小型模块式反应堆（SMR）的设计、授权及商业化项目。该项目将由 Babcock & Wilcox 公司领导，连同田纳西河流域管理局和 Bechtel 公司共同开展。此外，DOE 还宣布将面向其他的公司和制造商资助 SMR 的效率、运行和设计方面的研究。通过为期五年的成本分担协议，DOE 最高将承担项目总投资的一半费用，其他工业合作方则以至少一比一的比率承担其余成本。

DOE 将帮助 B&W 公司取得核监管委员会的许可，并在 2022 年左右实现 SMR 的商业化运行，为美国公共事业提供低碳选择，同时创造重要的出口机会，提高美国在这一新兴工业领域的竞争优势。该项目基地将设在田纳西州，同时支持其他供应商在其他州开展业务。

SMR 大约是目前核反应堆的三分之一大小，紧凑且可升级的设计有许多安全、建造和经济上的优点。SMR 可以用在电站，也可运送到其他地方实现即插即用，这样在减少投资成本的同时也缩短了建造时间。更小的尺寸也使得这类反应堆成为小型电网和不支持大型反应堆地区的理想选择，它可以随着生产需要的不同灵活地改变规模。

随着这个新兴行业的持续发展，DOE 承诺将支持推进研发高效、安全和具有成本效益的 SMR 技术。同时，计划推出新的融资机会来实现发展目标，同时为后续的创新型 SMR 的技术设计和鉴定提供支持。

郭雅玲 编译自：<http://energy.gov/articles/energy-department-announces-new-investment-us-small-modular-reactor-design-and>

检索日期：2012 年 11 月 23 日

日本经济产业省启动人工光合作用研究项目

11月28日，日本经济产业省（METI）启动了人工光合作用研究项目，决定通过未来十年（2012-2021年）大约投资150亿日元，研发用于借助太阳能利用水和二氧化碳制造重要化学物质的创新型催化剂和其他材料。这些化学物质将作为生产塑料、合成纤维、合成橡胶、溶剂和其他产品的原材料（石蜡，包括乙烯和丙烯）。该项目将由人工光合作用化学过程技术研究协会（ARPCHEM）负责开展，该协会组成成员包括：INPEX公司、住友化学、日本精细陶瓷中心、富士胶片株式会社、三井化学和三菱化学。旨在推进大学与一线专家联合开展研究，以实现技术的商业化。

催化剂技术的应用需要长期的投入，而且需要承担的风险很高，但是该项目将对日本的经济社会产生巨大的影响，为日本带来长远的优势。通过这些举措，METI

在克服资源和环境挑战的同时，试图努力减少日本对石油燃料的依赖。

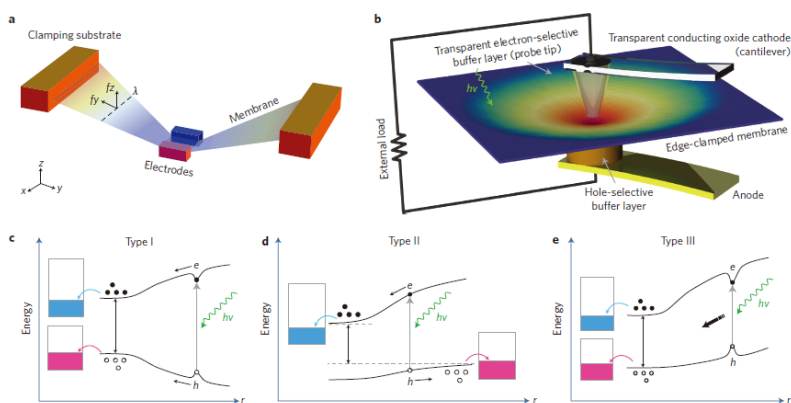
郭雅玲 编译自：http://www.meti.go.jp/english/press/2012/1128_02.html

检索日期：2012年11月30日

科研前沿

MIT 利用辉钼材料弹性应变扩大光谱吸收范围

麻省理工学院研究人员利用计算机模拟在辉钼 (MoS_2) 单原子层材料中心用显微探针施加压力，使中心凹进形成弯曲漏斗形状，材料表面各向产生不同的弹性应变改变原子带隙能够响应不同波长的光，不仅包括可见光还包括部分不可见光谱，引起电子势能随距离“漏斗”中心的远近不同而变化，最终使光生激子向缩进中心汇聚，有助于提高光伏材料收集光子效率。研究人员指出，目前的四大趋势使得操控材料弹性应变成为新的研究方向：一是开发如碳纳米管和辉钼等能够无限期保持大量弹性应变的纳米材料；二是开发原子力显微镜和下一代纳米力学仪器，能够以受控方式施加力；三是可直接测量弹性应变场的电子显微镜和同步加速器设施；四是预测弹性应变对材料物理和化学性质影响的电子结构计算方法。研究人员下一步计划开展实验以验证弹性应变产生的效果。相关研究成果发表在《*Nature Photonics*》上⁴。



出，目前的四大趋势使得操控材料弹性应变成为新的研究方向：一是开发如碳纳米管和辉钼等能够无限期保持大量弹性应变的纳米材料；二是开发原子力显微镜和下一代纳米力学仪器，能够以受控方式施加力；三是可直接测量弹性应变场的电子显微镜和同步加速器设施；四是预测弹性应变对材料物理和化学性质影响的电子结构计算方法。研究人员下一步计划开展实验以验证弹性应变产生的效果。相关研究成果发表在《*Nature Photonics*》上⁴。

陈伟 编译自：<http://web.mit.edu/press/2012/funneling-the-suns-energy.html>

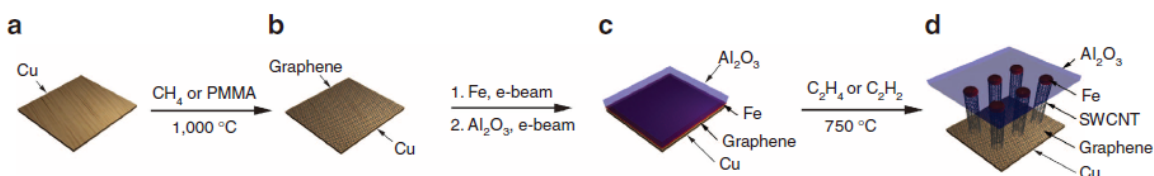
检索时间：2012年11月28日

⁴ Ji Feng, Xiaofeng Qian, Cheng-Wei Huang, et al. Strain-engineered artificial atom as a broad-spectrum solar energy funnel. *Nature Photonics*, 2012, 6(12): 866–872.

莱斯大学研究人员研制出单界面储能材料

美国莱斯大学研究人员在石墨烯薄片上快速生长出碳纳米管,长度可以达到120微米,以形成大量的表面积,更重要的是看起来类似超级储能电容器。研制的这种无缝石墨烯/碳纳米管复合材料,或可作为最好的电极界面材料,在诸多储能和电子器件得到应用。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》上⁵。

研究人员在高温下通过掺有悬浮型催化剂的薄片在碳衬底上可以制造出高度密集的纳米管。在这项工作中,研究人员将铁催化剂和铝氧化物缓冲层置于铜衬底上单独生长的石墨烯层的顶部。当加热时,碳纳米管通过催化像摩天大楼一样在石墨烯层上开始向上生长,它们将铝氧化物层顶起,整个过程看起来就像有很多线牵着的风筝。铜作为三维复合材料的优良集电器。电子显微镜图像显示单壁、双壁和三壁纳米管都牢牢地嵌在石墨烯内,同时电测试显示在交接处电流可无阻抗通过。

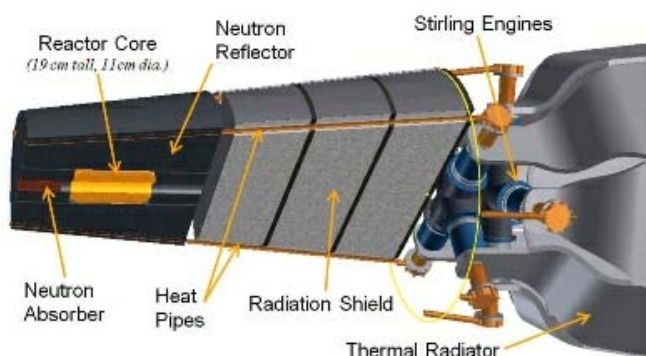


李桂菊 编译自: <http://news.rice.edu/2012/11/27/james-bond-a-graphenenanotube-hybrid/>

检索日期: 2012年11月29日

美首次示范结合热管和斯特林发动机的空间核动力系统

美国能源部洛斯阿拉莫斯国家实验室、美国宇航局(NASA)格伦研究中心和国家安全技术公司(NSTec)组成的联合研究团队近日首次示范了利用热管来冷却小型核反应堆,并驱动斯特林发动机产生电力的动力装置试验。研究人员期望将这一技术用于未来执行空间飞行任务的可靠动力源。这一“平顶裂变示范试验”(DUFF)利用内部装有水的热管从小型核反应堆的轴裂变获得热量,随后转移到斯特林发动机发电。一座完整的动力系统包含6个部分:重达23 kg的浓缩铀核心、堆芯铍反射层、控制棒、辐射屏蔽、8根热导管与用来发电的8台斯特林发动机相连接以及散热片。



⁵ Yu Zhu, Lei Li, Chenguang Zhang, et al. A seamless three-dimensional carbon nanotube graphene hybrid material. *Nature Communications*, 2012, 3: 1225, DOI: 10.1038/ncomms2234.

整个装置结构紧凑且具有非能动安全特性，依靠核物理原理调整反应性和功率输出，而不依靠任何额外的设备。反应堆采用模块化设计，预期装机容量为 500 We，可按需直接添加零部件。DUFF 试验按比例缩小的反应堆装机容量为 24We，实验中的核特性和热功率水平与反应堆驱动空间飞行的理念十分相似，两者最大的区别在于斯特林发动机的输入温度还需要进一步提升，以能达到航天任务所需的效能和功率输出。这一试验也是美国自 1965 年以来的首次空间反应堆动力系统示范，从概念到完成仅耗时 6 个月，耗资少于 100 万美元。

洛斯阿拉莫斯国家实验室在 1963 年即发明了热管技术，一根内部装有传热流体的密封管可将反应堆的热量迅速传递到热源外而无需活动部件。斯特林发动机是相对简单的闭合回路发动机，利用压缩气体驱动活塞将热能转化为电力。将两种设备结合使用开发出简单可靠的动力供应装置，有望应用于太空领域。

陈伟 编译自：

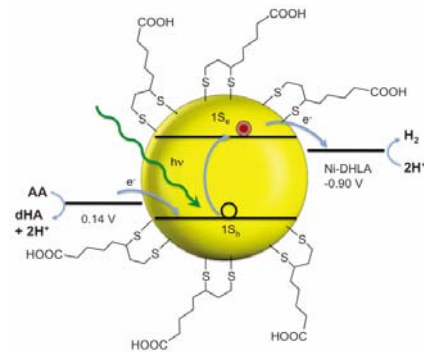
<http://www.lanl.gov/newsroom/news-releases/2012/November/11.26-space-travel.php>;
http://www.world-nuclear-news.org/C-Nuclear_and_Stirling_engines_spur_space_exploration_271112a.html

检索时间：2012 年 11 月 30 日

基于纳米晶捕光材料和镍基催化剂提高制氢效率

目前制氢方法的缺点之一是光吸收材料耐用性不够，美国罗切斯特大学化学家正在尝试开发基于纳米晶捕光材料和镍基催化剂来大幅提高制氢效率并降低成本。

研究人员将硒化镉（CdSe）量子点（纳米晶）作为发色团捕光材料，硝酸镍作为催化剂。纳米晶体被 DHLA（二氢硫辛酸）覆盖使其可溶，同时在水中添加抗坏血酸作为电子给体。光子激发纳米晶中的电子传输到镍催化剂，然后两个可用电子与水中质子结合形成氢分子（H₂）。这项工作还处于基础研究阶段，研究人员还将进一步了解纳米晶体的性质。相关研究成果发表在《*Science*》上⁶。



李桂菊 编译自：<http://www.rochester.edu/news/show.php?id=4892>

检索日期：2012 年 11 月 28 日

⁶ Zhiji Han, Fen Qiu, Richard Eisenberg, et al. Robust Photogeneration of H₂ in Water Using Semiconductor Nanocrystals and a Nickel Catalyst. *Science*, 2012, 338 (6612): 1321-1324.

页岩油会给美国带来能源自主？

麻省理工学院《科技创业》资深能源编辑Kevin Bullis在 15 日撰文指出，虽然国际能源署（IEA）《世界能源展望 2012》报告⁷表示，归功于从页岩中提取石油的新技术，未来 10 年内美国石油产量将会大幅提升，使其超过沙特成为世界第一大产油国，但这种领先地位很可能是暂时的，也不会让美国停止进口石油。除非石油生产出现技术突破或者消费量大幅降低，在可预见的未来美国仍需要依赖进口石油。

截止 2011 年底，美国石油产量已经增加到了每天 810 万桶，产量的增加几乎完全来自于页岩油。美国两大页岩油藏，北达科他州的 Bakken 岩层与得克萨斯州的 Eagle Ford 页岩合在一起目前产量每天约 90 万桶。然而页岩油藏是有限的。IEA 预计到了 21 世纪 20 年代中叶产量会逐渐下降，到那时沙特将重返榜首。

荷兰皇家壳牌公司的前高管，现在麻省理工学院做访问学者的 Richard Sears 指出，页岩油产量有多大，以及生产速度有多快，主要取决于两个因素：油价以及克服当地反对水力压裂的难度。页岩油的成本明显高于沙特和世界许多地区生产的石油，所以对于开发这种资源的石油公司，油价必须维持在高水平。另一个潜在的问题是当地社区对水力压裂的反对是否会阻碍页岩油的发展。对水力压裂可能污染饮用水的担忧使得许多地区反对使用这种技术，同样也有人担心开采页岩油需要开掘的钻井要远多于传统石油生产。

尽管美国能够快速开发其页岩油资源，但还是不大可能完全停止石油进口。IEA 预计在 2035 年美国仍会每天进口 340 万桶石油。而美国每天消耗近 1900 万桶石油，即使是页岩油生产预计达到巅峰的 21 世纪 20 年代中期，仍存在每天超过 700 万桶的缺口。不过，IEA 预计在交通运输中生物燃料和天然气使用量的增加，以及机动车效率的提升，会令石油需求量降低，使得这个缺口减小一部分。

IEA 的确推断到 2035 年美国可以接近实现能源自给，但这是用煤和天然气的出口抵消了石油进口后得出的结论。要实现真正的能源自主，美国需要投资于将天然气和煤转化为交通运输液体燃料的技术，或者取得其他可以令石油需求迅速减少的技术突破，例如改良电池或生物燃料等。

陈伟 编译自：<http://www.technologyreview.com/news/507446/shale-oil-will-boost-us-production-but-it-wont-bring-energy-independence/>

检索日期：2012 年 11 月 18 日

⁷ 参见本快报上期特稿报道。

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《快报》）遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法利益，并要求参阅人员及研究人员认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将《快报》用于任何商业或其他营利性用途。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能以任何方式整期转载、链接或发布相关专题《快报》。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题《快报》内容，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其它单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》

《科学研究动态监测快报》(以下简称系列《快报》)是由中国科学院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中科院上海生命科学信息中心编辑出版的科技信息报道类半月快报刊物,由中国科学院基础科学局、资源环境科学与技术局、生命科学与生物技术局、高技术研究与发展局、规划战略局等中科院职能局、专业局或科技创新基地支持和指导,于2004年12月正式启动。每月1日或15日出版。2006年10月,国家科学图书馆按照统一规划、系统布局、分工负责、系统集成的思路,对应院1+10科技创新基地,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象一是中科院领导、中科院专业局职能局领导和相关管理人员;二是中科院所属研究所领导及相关科技战略研究专家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科技战略研究专家。系列《快报》内容力图恰当地兼顾好科技决策管理者与战略科学家的信息需求,报道各科学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、重大研发与应用、科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。

系列《快报》现分13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《基础科学专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由上海生命科学信息中心承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100190)

联系人:冷伏海 王俊

电话:(010) 62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; wangj@mail.las.ac.cn

先进能源科技专辑

联系人:陈伟 李桂菊

电话:(027) 87199180

电子邮件:jiance@mail.whlib.ac.cn