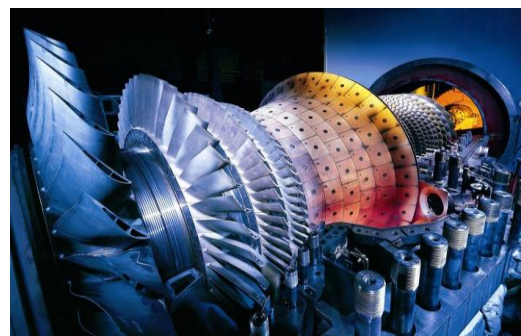


中国科学院武汉文献情报中心

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心

2016 年第 16 期（总第 270 期）

先进能源科技动态监测快报



本期重点

- 欧盟委员会报告预测 2050 年能源交通与减排发展趋势
- 欧盟 JRC 分析各成员国能源技术关注重点
- WEC：到 2020 年电动汽车销量占比需达 16%以满足能效要求
- 牛津学者分析中国“十三五”规划对石油市场的影响

目 录

决策参考

欧盟委员会报告预测 2050 年能源交通与减排发展趋势	2
欧盟 JRC 分析各成员国能源技术关注重点	5
WEC: 到 2020 年电动汽车销量占比需达 16%以满足燃效要求 ...	6

中国研究

牛津学者分析中国“十三五”规划对石油市场的影响	7
-------------------------------	---

项目计划

DOE 资助在 CO ₂ 封存地生产可用水的可行性研究	9
DOE 资助 6840 万美元推进 CO ₂ 安全永久封存技术开发	10
DOE 资助 1000 万美元用于小企业化石能源研究和技术转让	10
美国和沙特合作推动超临界 CO ₂ 动力循环技术研发	11

前沿与装备

液流电池新型有机电解质: 来自维生素 B2 的灵感	12
MIT 科学家研发新型锂-空气电池负极复合材料	12
韩科学家研发新型疏水无添加剂钙钛矿太阳电池空穴传输材料 ..	13
添加 CO ₂ 简化生物质制燃料流程	14



我中心现已开通微信公众号 (CASEnergy), 欢迎扫码关注

联系邮箱: jiance@whlib.ac.cn

出版日期: 2016 年 8 月 15 日

本期概要

欧盟委员会发布了最新展望报告《欧盟参考情景 2016》，对到 2050 年欧盟能源消费、交通和温室气体排放趋势进行了预测：在展望期内，欧盟能源消费在 2005 年达到峰值后，预计到 2040 年前将稳步降低，随后保持稳定。石油仍然占到最大比例，煤炭占比将出现显著下滑，而可再生能源占比将大幅增长，天然气和核能保持相对稳定。欧盟电力结构变化明显，到 2050 年可再生能源发电占比超过 50%，其中风力发电和太阳能发电占比达到 36%；其次是天然气发电，占比超过 20%；煤炭发电降幅最为显著，降至 2050 年的约 5%；核电占比逐步降低，从 2010 年的 27% 降至 2050 年的 18%。欧盟能效有显著改善，一次能源需求与 GDP 增长脱钩，欧盟经济体能源强度不断降低。电力在终端能源消费中占比逐步提高，从 2010 年的 21% 提高至 2050 年的 28%，而化石燃料占比均有所下降；从终端能源消费部门来看，交通行业仍是最大的用能部门。欧盟能源系统的脱碳化取得进展，但仍落后于长期气候目标。

欧盟联合研究中心（JRC）发布《欧盟各地区能源技术关注重点》报告，分析了欧盟各成员国对欧盟战略能源技术计划（SET-Plan）框架中的不同能源技术关注程度：能效、智能电网、电动汽车和风能技术是欧盟各国战略中关注度最高的前四种能源技术，其中能效关注度比例高达 23%，紧随其后的智能电网为 15%，电动汽车和风能分别为 13% 和 9%。欧盟各国对碳捕集、利用与封存技术（CCUS）都缺乏研究开发兴趣，这主要是由于 CCUS 相关技术都还没发展成熟。

世界能源理事会（WEC）发布《世界能源前景：交通电气化》报告指出，到 2020 年全球电动汽车（包括纯电动汽车和插电式电动汽车）销量占乘用车之比需要达到 16% 才能满足日益严苛的汽车燃料经济性标准：汽车制造商需要响应监管方提出的新要求，转型其汽车产品避免遭受处罚。汽车制造商还有机会与公用电力部门合作，为消费者传递更好的消费价值主张。决策者需要确保出台的消费者和制造商激励措施与排放标准保持一致。监控增长的电力需求带来的影响，以保证电网运行的完整性。监管方应研究燃料经济性标准如何与（财政性和运营性）激励措施相匹配，并与产业界合作实现减排目标。消费者评价电动汽车和其他道路替代交通方式的经济和环境效益，向监管方和制造商提供反馈。

英国牛津大学能源研究所发布题为《中国“十三五”规划对石油市场的影响》分析报告指出，中国经济改革对全球经济以及世界石油市场都将产生深远影响，世界各国必须对此作出调整以逐步适应中国经济发展的“新常态”：“十三五”规划特别强调了创新、城市化和环境保护的重要性，而这将会加速能源终端产品需求的转变，即从中间馏分油转向轻质油品。而遏制工业产能过剩的努力则会进一步打压柴油需求，但中国政府实行城市区域互联互通的计划则会避免该需求出现断崖式下降。另外，替代能源汽车的发展计划将会导致汽油需求不再保持过去十年两位数的增长率。最后，中国政府在努力尝试放开国内石油行业，让私人资本参与到石油市场，则证明了其对石油安全供应的思想转变，也表明了中国政府有更大的意愿让国有石油公司成为全球石油供应链与价格定制机制的参与者。中国国有石油公司的改革不太可能导致大规模的私有化，而是将迫使他们更加注重财政纪律，而这将导致石油上游资本支出的削减和更谨慎的对外投资。

欧盟委员会报告预测 2050 年能源交通与减排发展趋势

欧盟委员会 7 月 20 日发布了最新展望报告《欧盟参考情景 2016》¹，对到 2050 年欧盟能源消费、交通和温室气体排放趋势进行了预测。该报告基于目前已出台的政策框架开展展望研究，能够为决策者分析经济、能源、气候和交通的长期发展趋势提供参考。报告关键结论如下：

欧盟能源消费在 2005 年达到峰值后，预计到 2040 年前将稳步降低，随后保持稳定（图 1）。石油仍占到最大比例，煤炭占比将出现显著下滑，而可再生能源占比将大幅增长，天然气和核能保持相对稳定。尽管欧盟化石燃料产量预计将减少，但由于欧盟可再生能源不断增长、能效显著改善以及核能保持稳定，其能源进口量将降低，对外依存度仅略有增加，从 2010 年 53% 增至 2050 年 58%（图 2）。

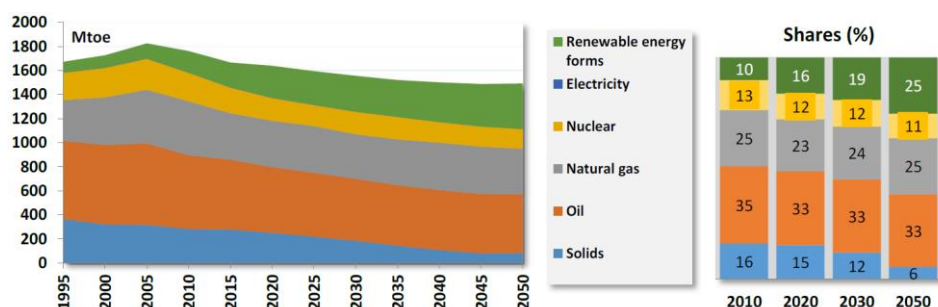


图 1 到 2050 年欧盟一次能源消费总量和结构发展趋势展望

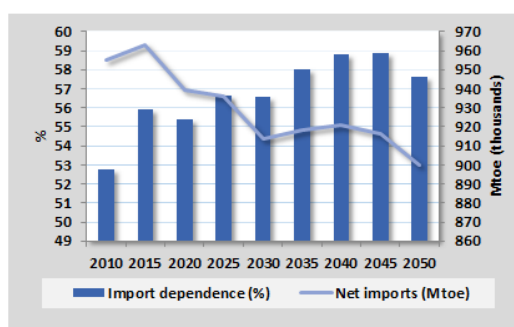


图 2 到 2050 年欧盟一次能源净进口量和对外依存度发展趋势展望

欧盟电力结构变化明显（图 3），到 2050 年可再生能源发电占比超过 50%，其中风力发电和太阳能发电占比达到 36%；其次是天然气发电，自 2030 年后开始加速增长，到 2050 年占比超过 20%；煤炭发电降幅最为显著，从 2010 年的 24% 降至 2050 年的约 5%；尽管部分核电站延寿且有新建核电站，但核能发电占比仍逐步降低，从 2010 年的 27% 降至 2050 年的 18%。

¹ EU Reference Scenario 2016 - Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050.
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/REF2016_report_FINAL-web.pdf

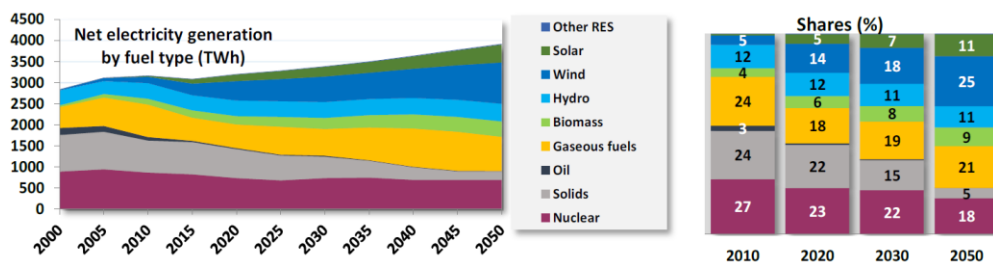


图 3 到 2050 年欧盟电力生产总量和结构发展趋势展望

由于欧盟实施了强有力的政策措施，能效有显著改善，一次能源需求与 GDP 增长脱钩，欧盟经济体能源强度不断降低（图 4）。从终端能源消费燃料来源来看，电力在终端能源消费中占比逐步提高，从 2010 年的 21% 提高至 2050 年的 28%，而化石燃料占比均有所下降；从终端能源消费部门来看，交通行业仍是最大的用能部门，占比从 2010 年的 31% 小幅增至 2050 年的 33%，高耗能工业用能占比出现下降，而其他工业部门、农业、服务业和家庭用能占比保持稳定（图 5）。

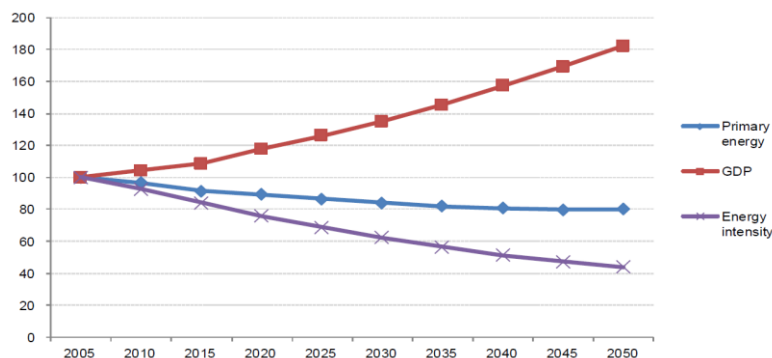


图 4 到 2050 年欧盟经济体能源强度持续降低（以 2005 年为基数 100）

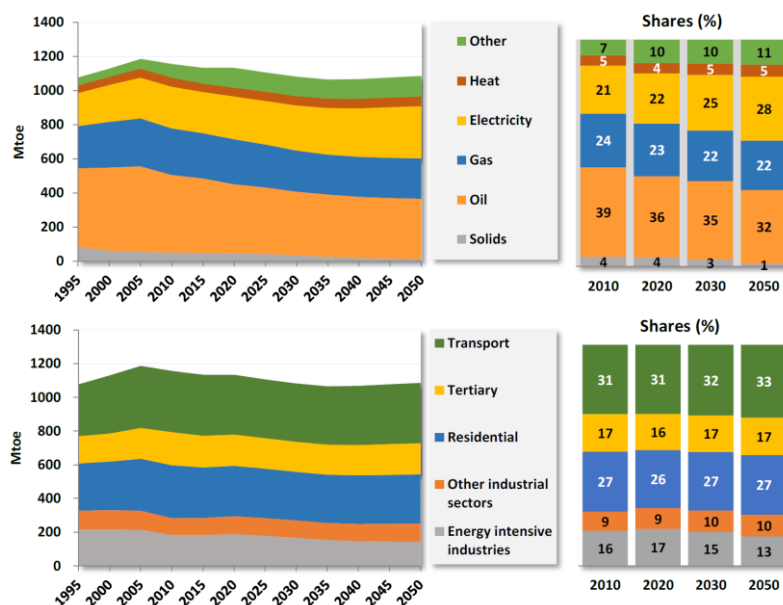


图 5 到 2050 年欧盟终端能源消费总量和结构发展趋势展望（上图为原料来源划分，下图为用能部门划分）

随着经济的不断发展，在展望期内欧盟交通活动预计将显著增加，但欧盟交通用能反而出现降低，这主要归因于燃效的提高以及新能源汽车的应用。石油基燃料仍占据欧盟交通部门用能的主导地位，到 2030 年占到 90%，到 2050 年降至 86%，其中柴油占到 50%以上，汽油占比从 2010 年的 26%下滑至 2050 年的 15%；天然气、生物燃料和电动汽车等低碳燃料来源均有提高（图 6）。

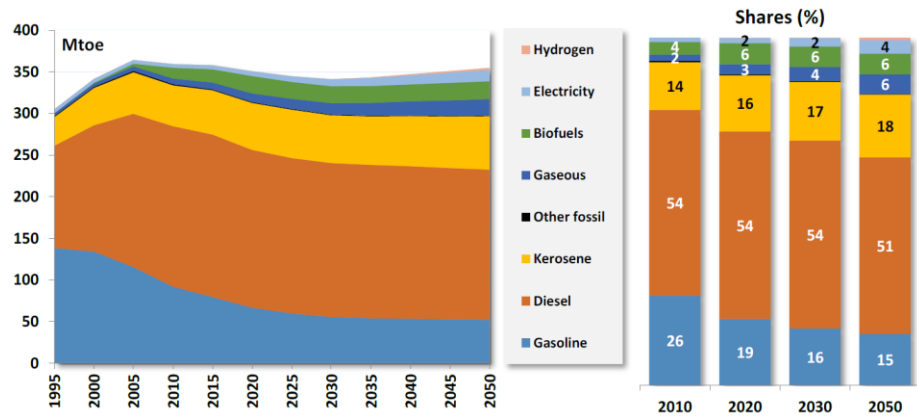


图 6 到 2050 年欧盟交通部门能源消费总量和结构发展趋势展望（按燃料来源划分）

欧盟能源系统的脱碳化取得进展，但仍落后于长期气候目标。到 2020 年、2030 年和 2050 年的温室气体排放总量将分别比 1990 年低 26%、35%和 48%，而欧盟设定的长期目标为减排 80%-95%。到 2020 年前欧盟 CO₂ 排放预计比 1990 年低 22%，到 2030 年低 32%，其中主要是电力脱碳化使得该部门 CO₂ 排放大幅降低（图 7）；到 2030 年前非 CO₂ 排放（甲烷、一氧化氮、氟氯烃等）降幅比 CO₂ 排放降幅更大，比 1990 年低 46%。

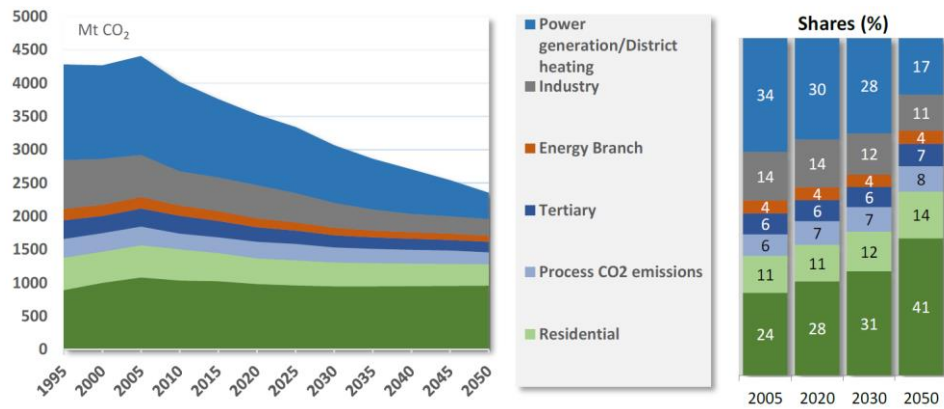


图 7 到 2050 年欧盟 CO₂ 排放总量和来源发展趋势展望（按部门划分）

由于可再生能源和能效的发展，欧盟到 2020 年前能源相关投资将大幅增加。受到化石燃料价格上涨的影响，欧盟能源系统整体成本占 GDP 的比例将从 2015 年的 11.2%提高到 2020 年的 12.3%。这一比例将稳定保持到 2030 年，随后由于可再生能源和能效投资的回报开始显现，能源系统成本占比将开始降低。在展望期内，由于化石燃料价格的上涨和核能安全性提高导致的资本投资增加，预计化石燃料发电和

核电的平准化成本将出现上涨；而随着可再生能源技术的不断进步，大部分可再生能源发电技术的平准化成本将降至与化石燃料相当的水平（图 8）。

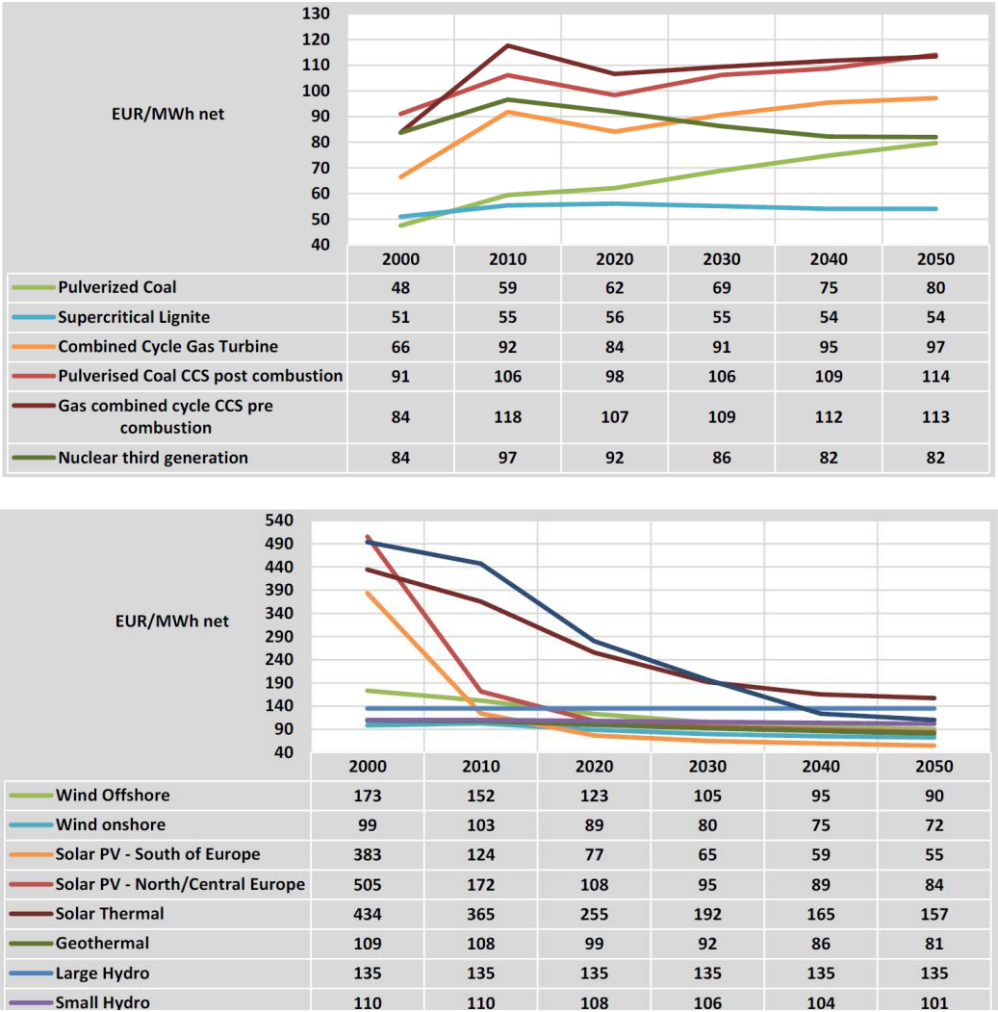


图 8 到 2050 年欧盟各种发电技术平准化电力成本发展趋势展望

（陈伟）

欧盟 JRC 分析各成员国能源技术关注重点

欧盟联合研究中心（JRC）7 月 5 日发布《欧盟各地区能源技术关注重点》²报告，分析了欧盟各成员国对欧盟战略能源技术计划（SET-Plan）框架中的不同能源技术关注程度，旨在从中发现欧盟各国对哪些能源技术拥有共同的研发兴趣。这不仅有助于促进共同关注于某项能源技术的不同国家或地区开展合作，也有益于相关决策者制定合适的能源行动计划和最大化现有可获取能源的效益，最终推动欧盟实现能源智能化战略和低碳经济转型。

报告从欧盟国家及地区层面对不同能源技术研发创新情况进行数据搜集和分

² Mapping regional energy interests for S3P-Energy.
http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC100520/reqno_jrc100520_online%20version.pdf

析，并绘制成相关图谱，结果显示能效、智能电网、电动汽车和风能技术是欧盟各国战略中关注度最高的前四种能源技术，其中能效关注度比例高达 23%，紧随其后的智能电网为 15%，电动汽车和风能分别为 13%和 9%（图 1）。

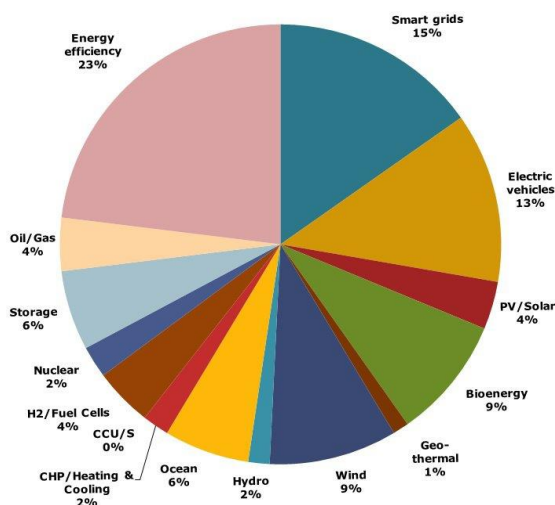


图 1 欧盟各成员国战略对不同能源技术的关注程度

报告进一步分析指出，欧盟各国对碳捕集、利用与封存技术（CCUS）都缺乏研究开发兴趣，这主要是由于 CCUS 相关技术都还没发展成熟。此外，在众多能源技术中，由于海上风能和海洋能资源存在地理因素限制，即主要集中在欧洲大西洋区域，因此分布在该区域的欧盟各国对上述能源资源的研究开发兴趣更高；而其他能源技术则不存在地理因素限制，如能效、智能电网和电动汽车技术等的研究开发活动基本覆盖全欧洲，因为它们的部署没有任何限制条件。

报告还指出，经济指标（如国内生产总值）和某个国家或地区感兴趣的能源技术数量之间没有显著相关性。此外，能源成本也不是某个国家或地区选择某种特定能源技术进行研发创新的决定性因素。

报告最后总结道，由于能源对社会各个方面都会产生影响，是经济发展的一个重要推动力。因此，从国家及地区层面来探究不同能源技术研发创新受关注程度的高低意义重大，这有助于加强跨国和跨地区能源技术研发合作，分享最佳的技术开发、创新和应用实践经验，从而进一步强化能源技术创新能力，消除欧洲能源联盟内部市场的障碍，为各国和地区带来长期的效益。

（郭楷模）

WEC：到 2020 年电动汽车销量占比需达 16%以满足燃效要求

世界能源理事会（WEC）6 月 29 日发布《世界能源前景：交通电气化》报告指出，欧盟、美国和中国年度新增乘用车需求量超过 4000 万辆，这三个全球最大的汽车市场均已设定了汽车燃料经济性标准，从 2014-2020 年目标值提高了约 30%。到

2020 年全球电动汽车（包括纯电动汽车和插电式电动汽车）销量占乘用车之比需要达到 16%才能满足日益严苛的汽车燃料经济性标准，而目前这一比例不到 1%。因此，需要将电动汽车置于低排放交通政策和技术方案的中心地位予以考量³。

报告显示，为满足各地区的汽车燃料经济性标准，到 2020 年欧盟电动汽车销量需达到 140 万辆，占到该地区乘用车销量的 10%；美国电动汽车销量需达到 90 万辆，占到 11%；而中国需达到 530 万辆，占到 22%。电动汽车的广泛普及面临着成本和续航里程障碍，各国政府正在采取不同干预或激励手段试图解决这些问题，还需要监管方和市场参与者进一步的合作。

报告还指出，道路交通占到欧盟和美国温室气体排放来源的约 1/4、占到中国温室气体排放的 10%。主要地区均出台了新的汽车燃料经济性标准显示各国监管部门已认识到，削减交通部门排放是解决环保和气候变化问题的优先事项之一。推广电动汽车将对实现减排目标产生重大影响，还将为公用电力部门带来潜在的发展机遇，如电动汽车普及将使欧盟、美国和中国电力消费分别增长 37 亿千瓦时、45 亿千瓦时和 262 亿千瓦时。应对这一变化需要合理的规划和采用新兴技术（如“汽车到电网”<V2G>）解决方案。为此，报告为各利益相关方提出建议如下：

产业界：汽车制造商需要响应监管方提出的新要求，转型其汽车产品避免遭受处罚。汽车制造商还有机会与公用电力部门合作，为消费者传递更好的消费价值主张。

决策者：确保出台的消费者和制造商激励措施与排放标准保持一致。监控增长的电力需求带来的影响，以保证电网运行的完整性。监管方应研究燃料经济性标准如何与（财政性和运营性）激励措施相匹配，并与产业界合作实现减排目标。

消费者：评价电动汽车和其他道路替代交通方式的经济和环境效益，向监管方和制造商提供反馈。

（陈伟）

中国研究

牛津学者分析中国“十三五”规划对石油市场的影响

英国牛津大学能源研究所研究员 Michal Meidan 博士在 6 月份发布了题为《中国“十三五”规划对石油市场的影响》分析报告⁴，指出中国正在从计划经济转变到市场经济，其经济发展模式从出口导向型向消费驱动型转变，这一经济结构转变将面

³ World Energy Perspective 2016: 'E-mobility: closing the emissions gap'. http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/06/E-Mobility-Closing-the-emissions-gap_full-report_FINAL_2016.06.20.pdf

⁴ China's 13th Five-Year Plan: Implications for Oil Markets. <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2016/06/Chinas-13th-Five-Year-Plan-Implications-for-Oil-Markets.pdf>

临诸多困难和挑战。但中国领导人对此做出承诺，将以壮士断腕的决心坚定不移地推进改革。尽管中国经济增长放缓，但其经济仍然占到世界经济总量的 15%、全球贸易的 13%和全球石油需求增长的 30%左右。因此，中国经济改革对全球经济以及世界石油市场都将产生深远影响，世界各国必须对此作出调整以逐步适应中国经济发展的“新常态”。

鉴于这种经济模式转变过程的复杂性和结果的不确定性，全球的中国政策研究专家和中国观察家们急切地想要一探中国政府第十三个五年规划（2016-2020 年）究竟，以了解北京未来几年的政策重点。报告强调就石油市场受到的影响而言，“十三五”规划有三个关键点：。

首先，要认清中国的经济转型成功（或失败）可能带来的全球影响。在这方面，“十三五”规划不可能平息石油市场的恐慌，因为中国政府将尝试新的市场驱动机制，但它对能源市场自由化不明朗的态度将继续造成石油市场的波动。

其次，即使中国经济转型没有像中国领导人设想的那样彻底，但中国经济再平衡是大势所趋（图 1）。这意味着交通、生活消费品、轻质油需求将会增加。此外，中国崛起的消费者，尤其考虑到政府强调发展物联网，一个充满活力的电子商务领域将增强对石化产品的需求。

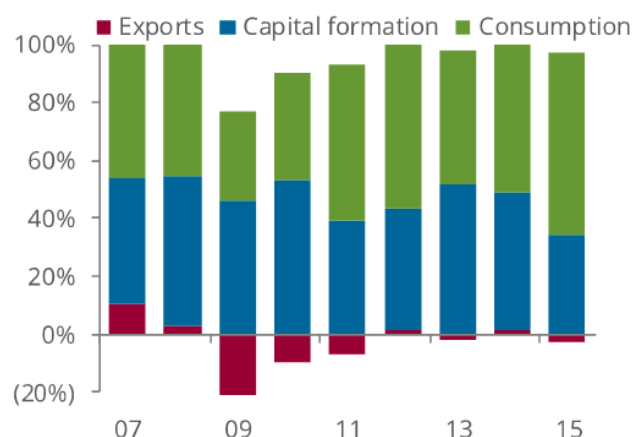


图 1 2007-2015 年净出口、投资和消费“三驾马车”占中国 GDP 的份额

最后，中国对能源战略思想的转变，特别是“十三五”规划将环境保护的重要性与能源供应安全置于同等地位。在过去，中国石油需求按照每年递增 50 万桶/日的速度增长，中国经济仍然保持两位数的增长率，政府的首要任务是确保能源供应充足；但是现在情况已经发生变化，能源需求年均增长率预计仅为 2%-3%，且中国能源供应来源更加多样化，战略石油储备建设速度加快，且能源下游变得更加错综复杂。中国政府越来越关注石油质量的改进，将放缓石油炼厂的扩产步伐，而将更多地关注更高质量规格、更环保的燃料。

报告最后总结道，“十三五”规划作为中国经济“再平衡”的纲领性文件，将对中国经济增长和能源需求模式产生深远影响。“十三五”规划特别强调了创新、城市

化和环境保护的重要性，而这将会加速能源终端产品需求的转变，即从中间馏分油转向轻质油品。而遏制工业产能过剩的努力则会进一步打压柴油需求，但中国政府实行城市区域互联互通的计划则会避免该需求出现断崖式下降。另外，替代能源汽车的发展计划将会导致汽油需求不再保持过去十年两位数的增长率。最后，中国政府在努力尝试放开国内石油行业，让私人资本参与到石油市场，则证明了对石油安全供应的思想转变，也表明了中国政府有更大的意愿让国有石油公司成为全球石油供应链与价格定制机制的参与者。中国国有石油公司的改革不太可能导致大规模的私有化，而是将迫使他们更加注重财政纪律，而这将导致石油上游资本支出的削减和更谨慎的对外投资。

（郭楷模）

项目计划

DOE 资助在 CO₂ 封存地生产可用水的可行性研究

美国能源部（DOE）6 月份宣布，将在“盐水提取储存试验”（BEST）计划框架下资助 3100 万美元用于遴选的两个成本共担项目，开展新的增强型水回收技术（EWR）在 CO₂ 封存地生产可用水的可行性研究⁵。BEST 计划的目标是开发和验证在盐水提取过程中管理地层压力和地下气泡运动的工程化策略和方法，并将帮助寻找高性价比方法来处理盐水以供给可用水，支持 DOE 在发电、油气开发和工业过程中改善水管理与保护的目标，尤其是在缺水地区。项目概况参见表 1。

表 1 DOE 资助 3100 万美元开展在 CO₂ 封存地生产可用水的可行性研究

承担机构	研究内容	DOE 资助金额（总金额）/百万美元
电力研究院	利用现有的废水处理井和新井示范和调整地层压力、流体流动和压差泡沫行为的管理策略，利用一个自适应过程将一口井的主动水抽提与另一口井的被动卸压相结合。计划同样包括建设一个增强型水回收装置，用于处理提取的盐水。水处理装置将允许项目参与者测试和验证新型盐水淡化技术	15（21）
北达科他大学能源与环境研究中心	评估为管理地层压力、预测和监测压差泡沫以及验证压力和盐水流模型预测而开发的主动油藏管理方法（ARM）。项目将使用工程化盐水注入和提取测试，监测和确认操作实践，以及利用迭代拟合模型去评估和理解不同 ARM 策略的作用。还将建立运行一个增强型水回收试验台装置，用于评估所选择的盐水处理技术	16（20）

（张凡）

⁵ Energy Department Selects Projects to Demonstrate Feasibility of Producing Usable Water from CO₂ Storage Sites. <http://www.energy.gov/fe/articles/energy-department-selects-projects-demonstrate-feasibility-producing-usable-water-co2>

DOE 资助 6840 万美元推进 CO₂ 安全永久封存技术开发

美国能源部（DOE）6 月 24 日宣布，将设立一个新的计划“碳封存认证与设施事业”（CarbonSAFE）⁶，资助 6840 万美元用于 CO₂ 安全和永久封存技术研发，确定开发陆上/近海地质封存复合体，能够达到商业规模 CO₂ 累积封存量 5000 万公吨以上的可行性，能够于 2025 年前完成建设并获得许可投入运营。

CarbonSAFE 计划第一阶段：提供商业规模地质封存场址的预可行性研究。目标包括成立一个 CCS 协调小组，能够解决任何与商业规模 CO₂ 封存项目部署相关的监管、法规、技术、公共政策、商业、财务等问题。遴选的项目将制定一套计划，包含最终封存项目的技术要求、经济可行性和公众接受度。此外，项目还将对次级盆地和潜在 CO₂ 排放源开展高水平技术评估。

CarbonSAFE 计划第二阶段：对具有高潜力的封存复合体进行初步表征，评估复合体商业封存的可行性（5000 万公吨以上）。这一阶段目标包括并扩大了第一阶段的预可行性研究工作，聚焦于封存复合体内的一个或多个具体的储层，工作还包括数据采集；地质分析；制定计划满足合同和监管要求；地下建模支持地质表征、风险评估和监测；以及公众关系维护等。

（张凡）

DOE 资助 1000 万美元用于小企业化石能源研究和技术转让

美国能源部（DOE）6 月 23 日宣布，在小企业创新研究与技术转让（SBIR/STTR）计划框架下遴选了 10 个研究项目，共资助 1000 万美元用于小企业开展化石能源研究和相关技术转让，包括两个主题领域，参见表 1⁷。

表 1 DOE 资助 1000 万美元用于小企业化石能源研究和技术转让

承担机构	研究内容	资助金额/ 百万美元
主题一：洁净煤和碳管理		
NanoSonic	利用无线网络化传感器检测水中的重金属。传感器能够实时识别潜在的污染物，快速确定水污染事件，帮助实施补救措施	1
Sporian Microsystems	利用一种新型快速/远程可部署的无线全集成传感器系统，通过一系列参数和污染物种类监测水质，包括危险重金属污染物	1
TDA Research	开发高温气体多种污染物联合移除系统，提供可行的技术加强大范围和环境友好的煤炭应用	1
Envergenx	开发一种新型技术，能够从燃料基污染物中分离氧载体材料，以减少化学链燃烧系统的温室气体排放，促进技术的进一步开发	1

⁶ DOE Announces \$68.4 Million in Funding to Advance the Safe and Permanent Storage of CO₂.

<http://www.energy.gov/fe/articles/doe-announces-684-million-funding-advance-safe-and-permanent-storage-co2>

⁷ DOE Awards \$10 Million to Small Businesses for Fossil Energy Research and Technology Transfer.

<http://www.energy.gov/fe/articles/doe-awards-10-million-small-businesses-fossil-energy-research-and-technology-transfer>

Mikro Systems	将一种利用增材制造生产工具的快速制造方法与一种新型材料系统结合，可以用工业标准材料、粉末金属和陶瓷大规模生产部件	1
Mechanical Solutions	使用高压/高温 CO ₂ 作为润滑流体开发一种先进的箔轴承，用以开发更高效的发电设备，以此达到节能和减少相关温室气体排放的目的	1
Altex Technologies	采用该公司的新型低成本工艺从整体煤气化联合循环发电厂的合成气中脱除碳，降低总体 CO ₂ 水平，同时改善空气和水质量	1
Porifera	利用一种前瞻的渗透膜系统，通过 CO ₂ 和废热处理能源生产中产生的废水。项目将开发出一套系统，能在电厂中协同捕集碳和处理污水。与目前的技术相比，该系统将拥有更高的水回收率，以及使用更少能量处理更多的废水	1
主题二：石油和天然气技术		
Amethyst Research	建立一套采用离子束分析提供数据的新型表征技术，可以改善对一些复杂岩层的理解，促进提高油气生产率	1
Physical Sciences	开发一种高性能机载激光扫描仪，用于无人机进行常规的地形测绘	1

（张凡）

美国和沙特合作推动超临界 CO₂ 动力循环技术研发

美国和沙特在 6 月份宣布，双方将建立国际合作，促进超临界 CO₂ 动力循环技术的研究、开发和示范⁸。两国的合作建立于双方在促进超临界 CO₂ 技术开发上开展的行动，通过合作分享知识和最佳示范，以减少技术壁垒和降低超临界 CO₂ 动力循环技术商业化的风险。双方还将邀请其它致力于超临界 CO₂ 技术研发的国家（如韩国）加入到这一合作中。

与水蒸气动力循环相比，以超临界 CO₂ 为工作流体的动力循环有提高热效率、降低建设成本和总电力成本的潜力。这些优势意味着超临界 CO₂ 动力循环有应用到许多热源，包括核能、太阳能热发电、地热能、废水回收和化石能源的机遇。迄今为止，超临界 CO₂ 动力循环的开发很大程度受限于小规模试验回路，首个达到 6 MW 规模基于 CO₂ 的系统正在开发测试中，用于废热回收。目前超临界 CO₂ 动力循环的技术开发风险对私营部门而言投资太高，需要初始的政府投资。

美国能源部在 2016 年 3 月已宣布资助一个 10 MW 规模的超临界 CO₂ 动力循环发电设施，将评估一系列工况条件下电力循环和组件的性能，开发出中试规模的技术以促进超临界 CO₂ 动力循环的商业化。而沙特 Aramco 石油公司正致力于开发先进发电技术，包括超临界 CO₂ 动力循环各种组件相关的建模和实验工作，以达到在相当规模示范这一技术的目标。

（张凡）

⁸ U.S., Saudi Arabia Announce International Collaboration on Supercritical CO₂ Tech Development.
<http://www.energy.gov/fe/articles/us-saudi-arabia-announce-international-collaboration-supercritical-co2-tech-development>

液流电池新型有机电解质：来自维生素 B2 的灵感

氧化还原液流电池 (RFBs) 凭借成本低、能量转换效率高和存储容量大等优点, 具有良好的发展前景。但由于存在正负极电解液渗透、毒性和成本问题, 阻碍了 RFBs 的进一步发展。哈佛大学 Roy G. Gordon 教授课题组从维他命 B2 分子获得启发, 采用一步法在室温常压以下以苯二胺衍生物和四氧吡啶为反应原料, 在酸性溶液中合成了与维生素 B2 有机分子结构骨架部分 (异咯嗪) 分子结构类似的互变异构体——咯嗪 (alloxazine) 有机分子。研究人员进一步对咯嗪分子进行官能团修饰, 即在其分子 7、8 位引入含氧官能团羧酸基团, 合成了咯嗪的衍生物 ACA (alloxazine 7/8-carboxylic acid), 以提高其在碱性溶液中的溶解度。随后, 研究人员用 ACA 制作有机电解液应用到 RFBs 中, 并做了循环伏安测试。结果显示, 使用 ACA 有机电解液的 RFBs 性能极为优异: 开路电压接近 1.2V, 面电阻为 $1.03 \Omega \text{ cm}^{-2}$, 电流密度达到了 0.1 A cm^{-1} 。经过 400 次循环后, 容量保持率为 99.98%, 电流效率达到 99.7%。研究人员还通过理论计算发现, 如果将咯嗪的 7、8 位引入羧酸官能团替换为羟基或甲氧基, 可以将开路电压再提高 10%。该项研究开发出了一种全新的低成本、无毒、高效的有机电解液, 且制备方法简单、产率高, 有助于降低液流电池制造成本, 应用前景光明。研究人员下一步将继续深入探索其他有应用潜力的有机电解质, 以进一步提高电池性能。相关研究成果发表在《Nature Energy》⁹。

(郭楷模)

MIT 科学家研发新型锂-空气电池负极复合材料

锂-空气电池具有极高的理论比容量和比能量 (11140 Wh kg^{-1} , 考虑氧气的质量时为 5200 Wh kg^{-1}), 是目前高性能锂离子电池的 10 倍多, 接近汽油的能量密度, 且环境友好, 成为了备受关注的电化学储能器件。但其循环稳定性差、能量转换效率低限制了实际应用。麻省理工学院 Ju Li 教授课题组牵头的联合研究团队研发了一种新型锂-空气电池负极材料, 采用了无定型态锂氧化物 (Li_2O) 纳米颗粒和氧化钴 (Co_3O_4) 的复合物, 即将 Li_2O 纳米颗粒填充到催化剂 Co_3O_4 纳米骨架中形成复合负极 (其中 Co_3O_4 质量比 33%, Li_2O 占 67%)。通过选区电子衍射以及能谱表征, 发现 Li_2O 纳米颗粒为球形, 平均粒径约为 5 nm, 被 Co_3O_4 纳米晶骨架包围着, 电极负载量超过 2.2 g cm^{-3} 。通过循环伏安测试发现, 这一纳米多孔包覆结构能够将氧气以凝聚态的形式局域在纳米 Co_3O_4 骨架中, 即从外界吸入的氧气在电池充放电过

⁹ Kaixiang Lin, Rafael Gómez-Bombarelli, Eugene S. Beh, et al. A redox-flow battery with an alloxazine-based organic electrolyte. *Nature Energy*, 2016, 1: 16102.

程中以 Li_2O 、 Li_2O_2 和 LiO_2 三种凝聚态形式来回迁移，而不重新形成氧气体，很好地限制了充放电产物锂氧化物纳米颗粒的长大，避免体积过度膨胀从而保证电池结构完整，同时能够提供 Li^+ 离子快速传输路径及提高催化剂活性。研究人员将其与 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 正极材料结合，同时填充电解质，形成完整电池结构。循环伏安曲线表明，电池充放电电压差只有 0.24V，仅为之前锂-空气电池的五分之一，电压降损失大幅减少，最终电池获得了 587 Ah kg^{-1} 放电比能量；并且电池表现出优异的循环稳定性，经过 130 次充放电循环，电池容量损失仅为 1.8%。该项研究克服了锂-空气电池过大的充放电电压差带来的能量损失和循环不稳定性，获得了优异的电池性能，且制备材料成本低廉，有望推动车用、电网规模储能技术的进步。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》¹⁰。（郭楷模）

韩科学家研发新型疏水无添加剂钙钛矿太阳能电池空穴传输材料

常规的钙钛矿太阳能电池空穴传输材料都需要引入适量的添加剂（如双三氟甲磺酰亚胺<LiTFSI>、叔丁基吡啶<tBP>等）来提高其空穴传输性能。然而这些添加剂极易潮解，导致钙钛矿薄膜分解使得电池性能衰退，即所谓的湿度稳定性问题。韩国浦项科技大学研究人员研发出一种全新的疏水性、无添加剂共聚物空穴传输材料，主要由苯并二噻吩（BDT）和苯并噻二唑（BT）组成。其中 BDT 具有 π - π 堆垛结构，有助于电子传输，而 BT 具有很强的给电子能力，能够拉低 HOMO（占有电子的能级最高的轨道）能级，有助于空穴传输。因此，该新型的疏水性无掺杂随机共聚物（RCP）同时兼具良好的空穴迁移能力和合适的 HOMO 能级。通过载流子迁移率测试发现，该 RCP 空穴传输材料的空穴迁移率高达 $3.09 \times 10^{-3} \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，而当进一步添加 LiTFSI 后，其数值则会增大到 $3.34 \times 10^{-3} \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。随后，研究人员将 RCP 作为空穴传输层，构造了 $\text{FTO}/\text{SnO}_2/\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{RCP}/\text{Au}$ 结构的平板型钙钛矿电池。 J - V 曲线测试结果显示，采用无添加剂的 RCP 空穴的太阳能电池转换效率高达 17.3%，不仅远超传统的基于无添加剂的基于 Spiro-MeOTAD 空穴的电池转换效率，甚至还略高于传统的含有添加剂的基于 Spiro-MeOTAD 空穴的电池效率。更重要的是，由于 RCP 的疏水特性（即作为保护层隔绝空气中的水分与钙钛矿层接触），使得基于 RCP 空穴的电池表现出极其优异的湿度稳定性，在高达 75% 的湿度环境下，经过 1400 小时（近 2 个月时间），采用无添加剂 RCP 空穴的电池效率依然能够维持在初始效率。该项研究开发出了高性能无需添加剂的新型空穴材料，一方面为制备高性能钙钛矿电池提供了新途径，另外也降低了空穴的制造成本，加速了钙钛矿电池技术的商业化进程。相关研究成果发表在《*Energy & Environmental Science*》¹¹。（郭楷模）

¹⁰ Zhi Zhu, Akihiro Kushima, Zongyou Yin, et al. Anion-redox nanolithia cathodes for Li-ion batteries. *Nature Energy*, 2016, 1: 16111.

¹¹ Guan-Woo Kim, Gyeongho Kang, Jinseok Kim, et al. Dopant-free polymeric hole transport materials for highly efficient and stable perovskite solar cells. *Energy & Environmental Science*, 2016, 9 (7): 2326-2333.

添加 CO₂ 简化生物质制燃料流程

传统的生物燃料预处理过程中需要使用碱性离子液体，而这种碱性液体对酶（作用于预处理后的纤维素浆料，即糖化过程）和微生物（负责将糖转化为生物燃料，即发酵过程）的活性有负面影响，从而影响了后续糖化和发酵过程。因此，一般都需要对预处理后的离子液体进行净化处理（水洗中和调控 PH 值、分离），再继续后续过程，导致制备流程冗长、成本增加。美国能源部桑迪亚国家实验室 Seema Singh 教授研究团队和劳伦斯伯克利国家实验室研究人员在联合生物能源研究中心（JBEI）开展了最新的简化生物质制燃料步骤的实验，将 CO₂ 气体作为添加剂引入到生物质制燃料的预处理过程中，用以调节离子液体的 PH 值，保证酶和微生物的活性，以省去预处理后的水洗中和和分离等步骤，大幅简化生物质制燃料的制备流程。研究人员之所以选择引入 CO₂ 添加剂，是由于 CO₂ 可以增加液体的酸度，即降低 PH 值就能够中和碱性离子液体。研究人员对 15 种不同浓度的离子液体逐一进行了实验，发现赖氨酸胆碱（[Ch][Lys]）（由赖氨酸、胆碱和氨基酸混合而成的离子液体）和商用酶、微生物的亲合性最好；且当 CO₂ 浓度达到每平方英尺 145 磅时，整个反应的乙醇产率最高，达到 83%。此外，微生物在发酵的时候又可以释放出 CO₂，将这些 CO₂ 用于预处理过程，即上述调节 PH 值的过程是可逆的，可以在一个反应中多次重复预处理过程，省去了分离和提纯预处理后的离子液体步骤，简化实验流程，降低了成本。根据初步的技术经济分析，与传统离子液体预处理方法相比，新方法可以把成本降低 50%-65%；更重要的是，该技术很容易整合到现有的工业生产设备中。该项研究研发出全新的低成本、高效的生物燃料制备的预处理方法，大幅简化了制备流程，进一步推动了生物燃料产业的发展。相关研究成果发表在《*Energy & Environmental Science*》¹²。

（郭楷模）

¹² Jian Sun, N V S N Murthy Konda, Jian Shi, et al. CO₂ enabled process integration for the production of cellulosic ethanol using bionic liquids. *Energy & Environmental Science*, Published online 01 July 2016, DOI: 10.1039/C6EE00913A.

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心简介

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：钙钛矿太阳能电池 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

