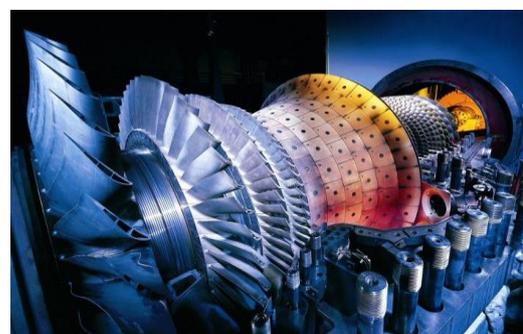


中国科学院武汉文献情报中心

中国科学院武汉先进能源战略情报研究中心

2016年第12期（总第266期）

先进能源科技动态监测快报



本期重点

- IEA 能源技术展望聚焦城市能源系统转型
- BP: 全球能源生产消费稳步向低碳转型
- REN21: 2015 年可再生能源创纪录发展 但挑战犹存
- BNEF: 至 2040 年可再生能源凸显成本优势
- 日本 NEDO 启动革新型动力电池实用化技术开发
- 哈佛科学家开发无机-生物杂化人工光合成系统效率近 10%

目 录

决策参考

IEA 能源技术展望聚焦城市能源系统转型	2
BP: 全球能源生产消费稳步向低碳转型	4
REN21: 2015 年可再生能源发展创纪录 但挑战犹存	6
BNEF: 至 2040 年可再生能源凸显成本优势	9

项目计划

美印加强清洁能源合作	10
ARPA-E 资助 3100 万美元改造窗户提高建筑物能效	11
DOE 投资 1050 万美元支持固态照明研发	12
日本 NEDO 启动革新型动力电池实用化技术开发	13

前沿与装备

澳科学家刷新非聚光四结叠层太阳能电池组件世界纪录	13
哈佛科学家开发无机-生物杂化人工光合成系统效率近 10%	14
日科学家研发新型钙离子电池	14
新型电解质催化剂将锂空气电池寿命延长 5 倍	15

本期概要

国际能源署 (IEA) 发布《能源技术展望 2016: 迈向可持续城市能源系统》报告指出, 城市必须在低碳能源转型中起到领导作用, 但目前较慢的进展将考验各国政府作出的承诺, 各国需要积极利用所有的政策工具和措施, 促进低碳技术的研发、示范和部署, 以下几条高层次政策建议可供国家决策者参考: (1) 协调政策框架与技术创新之间的关系能够推动城市能源系统采用新技术和商业模式。(2) 提高地方政府有效执行可持续能源政策的能力, 包括适当增加地方政府的立法权。(3) 降低城市融资成本、提高城市创收能力, 能够推动城市开展可持续能源项目和基础设施工程。(4) 国家可以通过大量借鉴国际组织经验, 开展能力建设, 提高地方官员整合土地利用和交通规划以及可持续能源发展规划的能力。(5) 建立信息交换中介 (clearing houses) 制度, 加强国家和地方政府以及其他能源利益相关者的对话与协调, 识别挑战, 加快推进城市能源转型, 探索新的解决方案。

英国石油公司 (BP) 发布《世界能源统计年鉴 2016》显示, 2015 年全球能源消费增长进一步放缓, 能源结构稳步向低碳燃料来源转型: 2015 年全球一次能源消费仅增长 1.0%, 远低于过去十年的平均值 (+1.9%)。不算金融危机后的 2009 年, 这一增幅是自 1998 年以来的最低值。新兴经济体占到增长量的 97%, 但其 2015 年的增幅 (+1.6%) 再次远低于过去十年的平均值 (+3.8%), 新兴经济体占到全球能源消费的 58.1%; 而 OECD 国家能源消费仅略有增长 (+0.1%)。从燃料类型来看, 2015 年石油仍是全球能源消费结构中占比最高的燃料来源, 占到 32.9%, 归因于低油价刺激终端消费, 自 1999 年以来石油占比首次有所增长。煤炭占比 (29.2%) 仍排名第二, 但其消费量降幅达到历史之最, 成为唯一市场份额有所减少的燃料来源。天然气占比达到 23.8%。水电占比达到 6.8%。非水电可再生能源发电增长持续强劲, 在一次能源消费中占比已达到近 3%。

21 世纪可再生能源政策网络 (REN21) 发布《全球可再生能源现状报告 2016》指出, 2015 年全球可再生能源装机增量和投资均创最高纪录, 但可再生能源应用挑战犹存, 尤其在交通、供热制冷等非电力部门, 为尽早促使可再生能源成为主流, 决策者需要采取如下措施: (1) 创建公平竞争环境, 取消化石燃料补贴, 同时消除阻碍可再生能源投资的风险; (2) 更多关注非电力部门, 加强供热制冷部门、交通部门和跨部门可再生能源应用的政策支持力度; (3) 前瞻设计推动分布式可再生能源发展的政策措施和商业模式, 强化分布式使能基础设施的研究、开发和部署; (4) 适应新的复杂能源系统, 需要采用系统化、交叉性方法扩大可再生能源应用。

彭博新能源财经 (BNEF) 发布《新能源展望 2016》报告预测, 虽然煤炭和天然气价格很可能将持续低迷, 但未来数十年 (至 2040 年) 全球电力系统发生根本性转型不可避免, 即向风能和太阳能等可再生能源和电池等系统平衡方案过渡: 风能和太阳能成本将急剧下降, 煤炭和天然气价格将持续低迷, 风能和太阳能成本将大幅下降, 化石燃料发电将吸引 2.1 万亿美元投资, 可再生能源将吸引最多投资, 约 7.8 万亿美元, 但实现 2°C 目标需要更多的资金支持。电动汽车市场繁荣将进一步促进电力需求增长。电池储能市场价值达到 2500 亿美元。中国燃煤发电将更加疲软。印度将成为未来全球碳排放走势的关键。

IEA 能源技术展望聚焦城市能源系统转型

国际能源署（IEA）6月1日发布《能源技术展望 2016：迈向可持续城市能源系统》¹报告指出，城市必须在低碳能源转型中起到领导作用，其建筑和交通部门的脱碳化对于实现巴黎气候协定至关重要，但目前较慢的进展将考验各国政府作出的承诺，各国需要积极利用所有的政策工具和措施，促进低碳技术的研发、示范和部署。报告要点如下：

一、需要采取坚实行动实现气候协定雄心

巴黎气候协定是人类应对气候变化行动的一个里程碑，低迷的化石燃料价格对低碳技术部署既是挑战也有机遇，促进推出碳定价政策和取消化石燃料补贴。在 2°C 情景下，到 2050 年在能源加工、转化和终端利用部门部署低碳技术可将一次能源消费需求减少 30%、碳排放削减 70%。2013-2050 年对累计减排量贡献最大的将是终端能效提升（38%）和可再生能源（32%），碳捕集与封存（CCS）位居第三（12%），其次是核电贡献 7%。实现 2°C 目标的投入将在合理范围内，2016-2050 年实现电力部门脱碳需要新增 9 万亿美元投资，仅占到同期全球累计 GDP 的 0.1%；而实现建筑、工业和交通部门节能潜力需要新增 3 万亿美元投资。

二、城市能源转型在脱碳行动中处于核心地位

城市塑造能源格局，应成为可持续能源转型的核心，构建可持续的城市能源发展路径对于实现全球和国家的低碳目标至关重要。2013 年，全球超过一半的人口和约 80% 的 GDP 来自城市，占到全球约 2/3 的一次能源需求和 70% 与能源相关的 CO₂ 排放。伴随着城市化过程和城市经济日益活跃，城市地区的能源和碳足迹将不断增长，到 2050 年城市人口将达到全球的 2/3，GDP 将占全球总量的 85% 左右。在 2°C 情景下，到 2050 年与城市能源使用相关的减排潜力将占到减排总量的 70%。实现城市可持续能源潜力的关键之一在于提高终端用能的电气化（2°C 情景下电力将成为城市最大的能源载体），例如推广热泵和电动汽车，同时实现电力部门的脱碳化。新兴经济体应避免 OECD 国家的高碳城市设计格局，紧凑型和高密度城市发展是很多部门碳减排的一个结构性先决条件。

三、通过独特的经济可行方案和协同效应加速城市建筑部门脱碳

当前城市建筑能耗约占建筑部门终端能源消费总量的 2/3，实现建筑节能潜力的最重要措施是新建高效建筑、对现有建筑进行深度节能改造以及部署高效供暖制冷技术。供暖制冷是城市建筑最主要的能耗来源，占到总量的 40%，加速低碳技术部署能够在实现甚至改善热舒适需求的同时降低环境影响。增加高层建筑中家庭的集

¹ Energy Technology Perspectives 2016: Towards Sustainable Urban Energy Systems. <http://www.iea.org/etp/etp2016/>

聚度能够在维持相同终端服务水平的同时降低能源消费。地方决策者可通过多种方式促进城市建筑部门的脱碳，如实施建筑标准规范土地利用功能规划，以及制定高效、低碳或零碳区域能源网络规划。在国家层面可以从多个方面促进和补充城市低碳建筑政策，包括建立适用于整体建筑部门的机制（例如设置最低的能效标准、制定相关财政政策等），或者专门推出适用于城市建筑的可持续城市土地利用规划框架，并对地方规划人员进行能力建设培训。为了实现更加可持续的建筑能源利用，地方规划的一个重要前提是评估不同的清洁能源解决方案之间的利弊得失，因此信息收集与分析能力对于确保决策过程中全面理解各个方案的机会、挑战和利弊得失非常重要。

四、城市交通系统引领交通部门低碳转型

城市内与城市间的直接客运，以及为满足城市居民物资需求而间接发生的货运使城市成为全球交通需求的主要驱动力。2013年，城市交通占到全球交通部门能源消费总量和“从油井到车轮”温室气体排放总量的40%。提高燃油经济性和推广使用低碳燃料是主要的脱碳支柱，而通过降低出行次数和出行距离、转向公共交通出行和推广高效的低碳汽车可以抑制城市交通相关的碳排放。地方政府应该实施交通需求管理政策来支持非机动化交通、公共交通和电动车辆的共同发展，如定价政策（拥堵费、过路费等）、管制性政策（限行、限牌等）以及对公共交通和非机动化出行的投资与补贴。

五、城市低碳能源供应和智慧能源网络为地方和国家带来潜在利益

城市地区的可再生能源资源在满足能源需求的同时，也可以提高城市能源灵活性并在城市内具有经济价值。屋顶光伏发电可为满足城市电力需求做出重大贡献。在2℃情景下，到2050年屋顶光伏的技术潜力能满足城市32%的用电需求和全球17%的总用电需求。回收利用位于城市近郊的工业余热可以降低城市的供热碳足迹，为了提高工业余热利用，需要在工业领域应用工艺流程集成技术、促进工业流程整合，并匹配当地能源资源和需求关系。加强城市分布式能源服务的系统整合可以加速分布式能源资源和近郊可再生能源的开发，提高城市和国家能源系统灵活性和能源安全。智慧型城市能源基础设施是实现2℃情景目标的重要前提，信息通信技术应当纳入城市电网规划。在供暖需求高和许多城市基础设施仍待建设的国家（如中国），区域低温供热网络能提高国家电网的系统灵活性。城市能源系统的高效整合需要创新型商业模式，包括“微电网即服务”、将消费者转变为生产者和“产销合一者”等各种模式。

六、开发城市可持续能源潜力需要国家和地方各级决策者的强力支持

在城市发展的早期阶段，即要采取协调有效的行动避免将城市锁定在低效的能源系统。城市降低终端需求和促进终端用能的低碳化、推动城市能源供应为国家政

策提供了战略支撑。城市是创新能源技术和商业模式的战略试验田，但需要地方和国家各级决策者提供支持。国家决策者可以通过多种方式推动城市积极开展能源可持续发展行动，包括对地方规划者进行能力建设培训、将税收立法权下放到地方、开展土地利用与交通规划以及为城市基础设施投资提供专项资金等。国家决策者还可以强制要求城市制定可持续发展规划，市政建筑与公共交通工具达到最低能效标准。此外，一些国家还通过财政立法，对地方征收土地开发使用费和房产税，鼓励紧凑型和高密度发展模式，限制城市无序蔓延。

报告最后指出，世界上没有适用于所有城市能源可持续发展的唯一模式，决策者需要根据城市和国家的特定情况选择合适的战略方案组合，以下几条高层次政策建议可供国家决策者参考：（1）协调政策框架与技术创新之间的关系能够推动城市能源系统采用新技术和商业模式。（2）提高地方政府有效执行可持续能源政策的能力，包括适当增加地方政府的立法权。（3）降低城市融资成本、提高城市创收能力，能够推动城市开展可持续能源项目和基础设施工程。（4）国家可以通过大量借鉴国际组织经验，开展能力建设，提高地方官员整合土地利用和交通规划以及可持续能源发展规划的能力。（5）建立信息交换中介（clearing houses）制度，加强国家和地方政府以及其他能源利益相关者的对话与协调，识别挑战，加快推进城市能源转型，探索新的解决方案。

（陈伟）

BP：全球能源生产消费稳步向低碳转型

英国石油公司（BP）6月8日发布《世界能源统计年鉴 2016》²显示，2015年全球能源消费增长进一步放缓，能源结构稳步向低碳燃料来源转型。报告要点如下：

1 概览

2015年全球一次能源消费仅增长1.0%，远低于过去十年的平均值（+1.9%）。不算金融危机后的2009年，这一增幅是自1998年以来的最低值。新兴经济体占到增长量的97%，但其2015年的增幅（+1.6%）再次远低于过去十年的平均值（+3.8%），新兴经济体占到全球能源消费的58.1%；而OECD国家能源消费仅略有增长（+0.1%），欧洲地区的增长抵消了美国和日本的下降。中国能源消费增长进一步放缓（+1.5%），是近20年来最低增长速度，但仍连续15年成为全球一次能源消费增长的最大来源。

从燃料类型来看，2015年石油仍是全球能源消费结构中占比最高的燃料来源，占到32.9%，归因于低油价刺激终端消费，自1999年以来石油占比首次有所增长。煤炭占比（29.2%）仍排名第二，但其消费量降幅达到历史之最，成为唯一市场份额

² BP Statistical Review of World Energy June 2016.

<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>

有所减少的燃料来源。天然气占比达到 23.8%。水电占比达到 6.8%。非水电可再生能源发电增长持续强劲，在一次能源消费中占比已达到近 3%。

2015 年世界各个地区的所有化石燃料价格均出现下滑，石油价格下降的绝对值和比例均创 1986 年以来的新高。布伦特原油年度平均价格同比降低了 47%，反映了原油生产和消费之间日益扩大的不平衡，布伦特和美国西德克萨斯轻质原油（WTI）之间的价差也缩至 2010 年以来的最小值。北美天然气价格降幅最大，美国亨利港气价降至 1999 年以来的新低。煤炭价格连续第四年下滑。

2 石油

2015 年全球石油消费增加 190 万桶/日，同比增长 1.9%，是近期历史增幅平均值的近一倍。OECD 国家石油消费量增加 51 万桶/日（+1.1%），而过去十年的平均增幅为-1.1%。美国（29 万桶/日，+1.6%）和欧盟（20 万桶/日，+1.5%）石油消费增长量都大幅超过了近期历史平均值，而日本石油消费量创造历史最大跌幅（-16 万桶/日，-3.9%）。非 OECD 石油净进口国取得创纪录的显著增长，中国（77 万桶/日，+6.3%）再次成为石油消费的最大增长来源，而印度（31 万桶/日，+8.1%）超过日本成为世界第三大石油消费国。但石油生产国消费量的疲软增长使得非 OECD 国家整体增长（140 万桶/日，+2.6%）低于近期历史平均值。

全球石油生产量连续第二年增长快过消费量，同比增加 280 万桶/日（+3.2%），是自 2004 年以来的最大增幅。伊朗（+75 万桶/日）和沙特（+51 万桶/日）石油产量增长到历史最高水平，使得 OPEC 产量增加 160 万桶/日，达到 3820 万桶/日，超过 2012 年的峰值。非 OPEC 国家的产量虽同比增长较慢，但仍增加了 130 万桶/日。美国成为全球石油产量年度增长最多的国家（+100 万桶/日），保持了其世界最大产油国的地位。

3 天然气

2015 年全球天然气消费量增长 1.7%，相比 2014 年的疲软有较明显回升，但仍低于过去十年的平均值（+2.3%）。和石油一样，非 OECD 国家天然气消费量占到全球的 53.5%，而增幅（+1.9%）低于历史平均值；但 OECD 国家增长（+1.5%）要高于历史平均值。新兴经济体中，伊朗（+6.2%）和中国（+4.7%）天然气消费量增长绝对值创造纪录，尽管中国增幅相比于过去十年（+15.1%）较低。OECD 国家中，美国天然气消费（+3%）占到最大增长量，欧盟消费量相比 2014 年有较明显反弹（+4.6%）。

全球天然气产量同比增长 2.2%，比消费量增长要快，但仍低于过去十年平均值（+2.4%）。美国产量仍创造最大增产纪录（+5.4%），伊朗（+5.7%）和挪威（+7.7%）均创纪录增产。北美洲、非洲和亚太地区天然气产量增长均超过历史平均值，但欧盟产量再次大幅下滑（-8%）。

4 煤炭

2015 年全球煤炭消费量下降 1.8%，远低于过去十年平均增长率（+2.1%），无论是消费量下降绝对值还是降幅均创造了 BP 有记录以来最大降幅。美国（-12.7%）和中国（-1.5%）的消费下降是主要驱动因素，而印度（+4.8%）和印尼（+15%）煤炭消费量有所增长。煤炭在全球一次能源消费结构中占比也降至 2005 年以来的最低值。全球煤炭产量下降 4%，美国（-10.4%）、印尼（-14.4%）和中国（-2%）均出现显著降低。

5 核能与可再生能源

2015 年全球核能发电量增长 1.3%，中国（+28.9%）几乎贡献了所有增量，已超过韩国成为第四大核电国。俄罗斯（+8%）和韩国（+5.3%）核电量的增长抵消了瑞典（-12.6%）和比利时（-22.6%）的下降。欧盟（-2.2%）核电产出降至 1992 年以来的最低水平。核电占到全球一次能源消费的 4.4%。

全球水电产量增长 1%，低于过去十年平均值（+3%）。中国（+5%）仍是全球最大的水电生产国，几乎贡献了所有增量。非水电可再生能源发电同比增长 15.2%，增长绝对值（+213 TWh）创造新纪录。2015 年非水电可再生能源发电占到发电总量的 6.7%，占到全球能源消费的 2.8%。中国（+20.9%）和德国（+23.5%）创纪录的增长成为最大来源。风电（+17.4%）仍是发电量最多的非水电可再生能源，占到一半以上（52.2%），德国是最大增长来源；太阳能发电增长 32.6%，中国、美国和日本贡献最大，中国也超过德国和美国成为全球最大的太阳能发电国。全球生物燃料产量仅增长 0.9%，远低于过去十年平均值（+14.3%），巴西和美国贡献几乎所有增量。

（陈伟）

REN21：2015 年可再生能源发展创纪录 但挑战犹存

6 月 1 日，21 世纪可再生能源政策网络（REN21）发布《全球可再生能源现状报告 2016》³指出，可再生能源技术日益增强的成本竞争力、专属政策激励、改善的融资环境、能源安全与环境问题的关注以及发展中国家和新兴经济体对能源需求的与日俱增等诸多因素均推动可再生能源在全球快速发展，2015 年全球可再生能源装机增量和投资均创最高纪录；但可再生能源应用挑战犹存，尤其在交通、供热制冷等非电力部门，包括比例日益增加的可再生能源发电并网、政策不稳定性、监管障碍和财政约束等。

2015 年全球可再生能源电力装机新增 147 GW，风能和太阳能光伏发电连续第二年创纪录增长，占到这一增量的 77%，其余大部分是水电。目前世界可再生能源

³ Renewables Global Status Report 2016.
http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf

电力装机年度增量已超过化石能源电力装机年度净增量。截至 2015 年底，可再生能源发电能够满足全球 23.7% 的电力需求，其中水电能够满足 16.6%，可再生能源能够满足 19.2% 的终端能源需求（2014 年）。全球电力部门技术、经济和市场转型正在不断加速，许多国家已开始着手解决并网挑战。水电、地热发电和生物质发电普遍已能够与化石能源相竞争；在良好的资源条件或监管环境下，即使不计外部成本，陆上风电和光伏发电与新增化石能源装机相比也具有成本竞争力。在 2015 年和 2016 年早期，从拉丁美洲到中东北非地区再到印度，已出现了创纪录的电力拍卖低中标价格，证实了可再生能源成本还将进一步降低的预期。全球可再生能源发电仍由公用电力机构或大投资商拥有的大型发电站（兆瓦规模以上）主导，但分布式小型可再生能源发电已蓬勃兴起。

在供热制冷部门，可再生能源应用也在增长，但仍有诸多挑战限制了增长速度。现代可再生能源供应已占到全球建筑和工业供热制冷服务终端用能的 8%，大部分来自生物质，还有少部分由太阳能热利用和地热提供，但全球热力用能的 3/4 以上仍依赖化石能源。2015 年由于油价低迷，可再生能源供热制冷增速有所下滑，全球各地区发展趋势大相径庭，欧洲已有许多区域供暖系统中集成了太阳能，而在区域制冷系统中应用可再生能源还较为罕见。对可再生能源供热制冷的政策支持力度还远低于其它部门，但总体来看，未来在国际范围内对这方面技术的认知和政策支持将会加强。

2015 年可再生能源占到道路交通燃料用量的 4%，液体生物燃料仍是主要贡献力量，但在新市场和新应用方面也有进步，如生物燃料在航空领域的应用。压缩天然气车辆和加气站等基础设施在持续扩张，特别是在欧洲，为未来集成生物甲烷创造了机遇。交通电气化研究取得进展，有许多轻型和重型电动汽车将要投放市场，并且探索将可再生能源集成到电动汽车充电站的方法也在不断创新。但对交通部门可再生能源应用的政策支持力度还低于电力部门。

截至 2015 年底，至少有 173 个国家制定了可再生能源目标，有 146 个国家在国家/地方层面出台了可再生能源支持政策。电力部门仍是决策者主要关注的领域，特别是光伏发电和风电，截至 2015 年底，有 110 个地区颁布了上网电价政策，使其成为最广为接受的推动可再生能源发电的监管机制；而电力招标制近年来获得了越来越多的关注，至少有 64 个国家已开展了可再生能源电力招标。此外，有 52 个国家采用了净计量政策。包括资助、贷款和税收减免等优惠财政政策仍是推动新项目部署和可再生能源技术进步的重要工具。而反观供热制冷部门，对可再生能源的支持力度远低于其它部门，截至 2015 年底有 47 个国家制定了可再生能源供热制冷目标。已出台的政策主要关注可再生能源供热技术，而忽视了制冷技术，而且主要关注的是住宅和商业建筑的小规模太阳能热利用（如太阳能热水器）。在交通部门，截至

2015 年底已有 66 个国家出台了生物燃料指令，几乎所有的可再生能源支持政策都是用于道路的第一代生物燃料生产和利用，而促进先进生物燃料开发、可再生能源和电动汽车的集成以及在航空、航海和铁路运输中应用可再生能源的政策支持还较为迟缓。

表 1 2014 -2015 年可再生能源发展部分统计数据

	2014	2015
年度可再生能源新增投资（亿美元）	2730	2859
累计可再生能源电力装机容量（不含水电，GW）	665	785
累计可再生能源电力装机容量（包含水电，GW）	1701	1849
累计水力发电装机容量（GW）	1036	1064
累计生物质发电装机容量（GW）	101	106
年度生物质发电量（TWh）	429	464
累计地热发电装机容量（GW）	12.9	13.2
累计光伏发电装机容量（GW）	177	227
累计太阳能热发电装机容量（GW）	4.3	4.8
累计风力发电装机容量（GW）	370	433
累计太阳能热水器容量（GW _{th} ）	409	435
年度乙醇产量（亿升）	945	983
年度生物柴油产量（亿升）	304	301
制定有可再生能源政策目标的国家数量	164	173
制定有固定上网电价政策的国家/地方政府	110	110
制定有可再生能源配额标准政策的国家/地方政府	98	100
制定有竞争性招投标过程的国家/地方政府	60	64
制定有供热要求的国家/地方政府	21	21
制定有生物燃料掺混目标的国家/地方政府	64	66

报告最后指出，为尽早促使可再生能源成为主流，决策者需要采取如下措施：
 （1）创建公平竞争环境，取消化石燃料补贴，着眼长远从财政角度设计政策不鼓励向化石燃料和核能投资，同时消除阻碍可再生能源投资的风险；
 （2）更多关注非电力部门，加强供热制冷部门、交通部门和跨部门可再生能源应用的政策支持力度，去除妨碍可再生能源在这些部门扩大应用的供应侧和需求侧两方面障碍；
 （3）前瞻设计推动分布式可再生能源发展的政策措施和商业模式，强化分布式使能基础设施的研究、开发和部署（如电网、储能、需求侧响应和灵活发电等），私营部门也要为去中心化能源格局做好规划；
 （4）适应新的复杂能源系统，需要采用系统化、交叉性方法扩大可再生能源应用，强有力的政府引导对于推动能源转型非常必要，需要开展决策者和技术人员能力建设，还需要充分考虑可再生能源和能效在制定能源获取政策上的协同效应。

（陈伟）

BNEF：至 2040 年可再生能源凸显成本优势

6 月 13 日，彭博新能源财经（BNEF）发布《新能源展望 2016》⁴报告预测，未来 25 年（至 2040 年）全球电力装机投资将新增 11.4 万亿美元，虽然煤炭和天然气价格很可能将持续低迷，但未来数十年全球电力系统发生根本性转型不可避免，即向风能和太阳能等可再生能源和电池等系统平衡方案过渡，风能和太阳能成本将急剧下降。报告要点如下：

煤炭和天然气价格将持续低迷。BNEF 将对煤炭和天然气价格的长期预期分别下调了 33% 和 30%，表明两者将出现供应过剩，这又将降低燃煤和燃气发电成本。

风能和太阳能成本将大幅下降。到 2040 年，每兆瓦时陆上风电和光伏发电平准化成本将分别下降 41% 和 60%。到 2020 年代这两种技术将成为许多国家成本最低的发电方式，到 2030 年代它们将成为世界上大多数国家成本最低的发电方式。

化石燃料发电将吸引 2.1 万亿美元投资。燃煤和燃气发电投资仍将继续，特别是在新兴经济体，约 1.2 万亿美元将用于新增燃煤发电，另外 8920 亿美元将用于新增燃气发电。

可再生能源将吸引最多投资，约 7.8 万亿美元。其中大型并网、屋顶光伏和其他小型太阳能发电投资达 3.4 万亿美元，陆上和海上风电投资达 3.1 万亿美元，水电投资 9110 亿美元。

但实现 2°C 目标需要更多的资金支持。欧盟、美国和中国碳排放的降低将被印度和亚洲其他新兴经济体排放的大幅增加所抵消，预计到 2040 年全球温室气体排放量仍高出 2015 年水平约 5%。因此，除了上述 7.8 万亿美元绿色电力投资，全世界仍需在 2040 年前向零排放电源投资 5.3 万亿美元，以阻止大气中 CO₂ 浓度超过 450 ppm。

电动汽车市场繁荣将进一步促进电力需求增长。到 2040 年，电动汽车将使全球电力需求增加 2701 TWh 或 8%。BNEF 预测，届时电动汽车将占到全球轻型汽车新增销量的 35%，即 4100 万辆，是 2015 年数量的 90 倍。

电池储能市场价值达到 2500 亿美元。电动汽车的兴起将进一步削减锂离子电池成本，使其作为住宅和商用太阳能系统的辅助储能方案吸引力与日俱增。BNEF 预测，分布式储能容量将从当前的约 400 MWh 激增至 2040 年的 760 GWh。

中国燃煤发电将更加疲软。由于中国的经济转型和向可再生能源的过渡，BNEF 预测中国 10 年后的燃煤发电量将比去年预测值再低 1000 TWh 或 21%，中国燃煤发电装机量将于 2020 年达峰，燃煤发电量将于 2025 年达峰。

印度将成为未来全球碳排放走势的关键。2016-2040 年，印度的电力需求预计

⁴ Coal and Gas to Stay Cheap, But Renewables Still Win Race on Costs.
<http://about.bnef.com/press-releases/coal-and-gas-to-stay-cheap-but-renewables-still-win-race-on-costs/>

将增长 3.8 倍。尽管这一时期可再生能源投资达 6110 亿美元、核能投资达 1150 亿美元，印度仍将严重依赖燃煤发电来满足日益增长的电力需求，这将导致到 2040 年印度电力部门年度碳排放量增加两倍。

可再生能源将成为主导电源。可再生能源在全球发电量中占比到 2027 年将超过天然气，到 2037 年将超过煤炭。可再生能源在欧洲占主导地位，在美国超越天然气。到 2040 年，欧洲 70% 的电力将来自风能、太阳能、水电和其他可再生能源，而 2015 年这一占比仅为 32%。美国可再生能源发电占比将从 2015 年的 15% 提高至 2040 年的 44%，而同期燃气发电占比将从 33% 跌至 31%。

(陈伟)

项目计划

美印加强清洁能源合作

6 月 6-8 日，在印度总理莫迪访美期间，双方就加强清洁能源和气候变化合作达成了多项协议⁵，包括民用核能、可再生能源、能效、清洁能源投资和研究创新等：

- 西屋电气和印度核电有限公司将在 2017 年 6 月之前完成合同谈判，前者将于 2030 年内在印度新建 6 座 AP1000 核反应堆。发电量约为 600 万千瓦，总耗资预计将达 200 亿美元。

- 美国将支持国内企业在印度建设 5.4 GW 光伏装机，还包括两家政府机构宣布扩大在印度三个邦的屋顶光伏建设合作，采取措施加强大规模可再生能源并网，双方合作提高印度太阳能资源地图的质量和精确度。

- 双方将合作升级节能建筑标准，支持地方层面的政策制定，并在制冷领域开展密切合作。

- 美国宣布新建清洁能源融资中心，将作为协调机构与印度融资机构开展合作，增加在印度的可再生能源投资力度，并成立美印清洁能源融资工作小组和发起清洁能源融资计划，以调动 14 亿美元资金投向印度太阳能项目。美国进出口银行还与印度可再生能源开发署（IREDA）继续合作，资助美国产可再生能源和能效产品与服务出口印度。

- 双方继续支持美印清洁能源联合研发中心（PACE-R）建设，未来五年投资 1 亿美元继续支持 3 个现有的太阳能、建筑能效和先进生物燃料中心，并投资 3000 万美元新增智能电网与储能合作研究领域。美国能源部和印度石油天然气部将联合开展甲烷水合物合作研究项目，促进科技人员交流，推动在印度建立甲烷水合物技术

⁵ FACT SHEET: The United States and India – Moving Forward Together on Climate Change, Clean Energy, Energy Security, and the Environment.
<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/06/07/fact-sheet-united-states-and-india-%E2%80%93-moving-forward-together-climate>

中心，加速对两国大陆边缘甲烷水合物地质产状、分布的认知和开发。

(陈伟)

ARPA-E 资助 3100 万美元改造窗户提高建筑物能效

5月23日，美国能源部先进能源研究计划署（ARPA-E）宣布资助3100万美元用于“高热绝缘性透明单窗格窗户设计”（SHIELD）主题研究计划下遴选的14个创新项目⁶，涵盖三个技术主题：（1）开发透明热绝缘涂层材料；（2）开发适用于当前单层窗户的隔热型玻璃；（3）开发创新的生产制造技术以满足（1）和（2）的需求。SHIELD 主题研究计划旨在改造现有的建筑窗户，减少其热量损失，提高建筑物能效，为业主和住户节约能源成本。3100万资金中有800万美元是专门用于支持3个小型企业开展技术创新研发（SBIR）和技术转移（STTR）项目。14个创新项目具体内容参见表1。

表1 SHIELD 主题计划下的14个创新项目

承担机构	研究内容	资助金额/ 百万美元
阿贡国家实验室	利用先进的分子工程和材料合成技术，制备热绝缘性、隔音效果良好的透明涂层，用以提高单窗格玻璃的热绝缘性和隔音能力	3.1
亚利桑那州立大学	采用超离子凝胶喷雾技术制造具有多层保护层（如透明的 SiO ₂ 薄膜、隔热薄膜、以及聚合物薄膜）的单窗格玻璃，改善热绝缘性，减少热量损失，增强抗冷凝能力和机械韧性	2.2
Aspen Aerogels 公司	利用超临界干燥方法和新模具来制作包含二氧化硅气凝胶的窗玻璃，提高窗户绝热性、保温性和抗冷凝性	2.8
Eclipse 能源系统公司	开发专有的卷对卷制造技术，生产高透明、低辐射的“Eclipse TEC”窗户薄膜材料，改善窗户的热绝缘性，减少热量损失	1.2
橡树岭国家实验室	开发低成本高透明的多层（包括热绝缘层、隔音层和抗冷凝层）复合的单窗格窗户薄膜材料	2.5
PARC 公司	研发含有新型透明、低热导率和高机械性能的聚合物气凝胶的单窗格玻璃，利用卷对卷技术进行生产制造，同时建立一个小型中试工厂示范该技术原型，最终实现该制造技术的规模化生产	2.9
加利福尼亚大学洛衫矶分校	研发透明多层纳米 TiO ₂ /SiO ₂ 多孔涂层薄膜，利用沉积技术涂覆在单窗格窗玻璃表面，改善热绝缘性和抗冷凝性。开发兼容传统平板玻璃制造工艺的先进高温喷雾涂层技术	1.2

⁶ Single-Pane Highly Insulating Efficient Lucid Designs (SHIELD). http://arpa-e.energy.gov/sites/default/files/documents/files/SHIELD_Project_Descriptions_Final.pdf

SRI 国际公司	开发具有热绝缘性的声子晶体超材料透明薄膜涂层，同时改善单窗格窗户的热绝缘性和隔音性	3.0
加利福尼亚大学圣迭戈分校	开发低成本聚合物材质的透明双层复合涂层薄膜（内层薄膜可以保温，外层薄膜则具有较低的热辐射系数和良好的抗冷凝特性），用于改善窗户热量损失和抗冷凝能力	1.4
科罗拉多大学波尔得分校	利用食品工业废料合成廉价的低热辐射特性的液晶相纳米纤维素气凝胶，在此基础上生产低成本、高透明、柔性的适用于现有的单窗格窗户的涂层薄膜，以减少窗户热量损失	1.8
弗吉尼亚联邦大学	开发先进的技术来改进现有的 SiO ₂ 气凝胶窗户涂层制造工艺，提高该涂层薄膜的透明性，降低制造成本	0.8
IR Dynamics 公司	开发具有良好热绝缘性能的透明纳米材料，将其整合到柔性窗户薄膜中，改善窗户的热绝缘性和减少热量损失	2.0
NanoSD 公司	开发可应用于现有的单窗格窗户玻璃的透明热绝缘纳米薄膜，同时研发低热辐射的涂层结合纳米薄膜进一步增强窗户的热绝缘性同时提高抗冷凝特性，最终整合上述技术步骤到卷对卷制造工艺中，获得具有成本竞争力的窗户能效技术	3.0
Triton Systems 公司	开发复合多层涂层薄膜（低反射率的纳米薄膜和热绝缘性多孔中间层薄膜构成）制造技术；同时将纳米密封边缘耦合到抗反射的碱石灰浮法玻璃当中，提高窗户的热绝缘性，能效和耐用性	3.2

（郭楷模）

DOE 投资 1050 万美元支持固态照明研发

6 月 10 日，美国能源部（DOE）宣布向 9 个固态照明（SSL）项目资助 1050 万美元⁷，用于加快高品质 LED 与 OLED 的开发，降低家庭和企业的能源成本，提高美国的全球竞争力。这些项目是 DOE 多年期 SSL 计划的一部分，研究内容包括 LED 与 OLED 相关核心技术研究、产品开发和制造技术研发。项目概况参见表 1。

表 1 美能源部资助 1050 万美元支持 9 个固态照明项目

承担机构	研究内容
科瑞公司	开发一种高效 LED 照明灯具，具有很好的显色性以及其他特性，如可以调节光色等
哥伦比亚大学	开发更好的量子点技术，提高 LED 能效并降低其成本
GE 全球研究中心	开发一种高效 LED 灯具，其特点是由通用型模块构成，可实现简易化制造，性能规格可实现定制化
爱荷华州立大学	示范一种新的方法，通过改变白光 OLED 的内部特征显著提升其光输出

⁷ Energy Department Invests More than \$10 Million in Efficient Lighting Research and Development. <http://www.energy.gov/articles/energy-department-invests-more-10-million-efficient-lighting-research-and-development>

Lumenari 公司	开发一种窄带宽红光荧光体，提高荧光体转换型 LED 的发光效率
Lumileds 公司	改善 LED 的设计，利用蓝宝石图形衬底的倒装芯片架构，提高 LED 的效率
北卡罗莱纳州立大学	开发一种新的方法，利用低成本的波纹衬底提高 OLED 的光输出
宾夕法尼亚州立大学	开发一种方法，更好地了解和预测 OLED 发光面板的短路情况，从而降低故障率
密歇根大学	开发三种创新方法，对 OLED 内部光线进行利用

(姜山)

日本 NEDO 启动革新型动力电池实用化技术开发

5月18日，日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）宣布启动电动汽车革新型动力电池研究项目第二阶段实用化技术开发工作（RISING II）⁸，旨在使性能超过锂离子电池的革新型动力电池实用化，到2030年能量密度达到目前的5倍（500 Wh/kg），成本降至1万日元/kWh，续航里程达到500 km。项目为期5年（2016~2020年），预算为150~180亿日元，京都大学作为项目牵头机构，协调产业技术综合研究所、索尼、丰田、本田等13所大学、13家企业和4家科研机构参与。

NEDO 在 2009~2015 年开展了革新型动力电池项目第一阶段尖端科学基础研究工作（RISING I），选定了锌空气电池、硫化物电池、纳米界面电池这三种技术路线。此次的 RISING II 项目将开展电池正极、负极及电解质等材料开发以及电池单元设计技术，制造出 5 Ah 电池原型开展验证。另外，RISING II 还将推进电池高精度分析平台的开发，综合利用中子衍射、同步辐射 X 射线、核磁共振、高精度电化学测试仪器、电子显微镜以及计算机仿真模拟技术，目标是使时间分辨率达到原来的 10 倍，空间分辨率达到原来的 3 倍，表面深度分辨率达到原来的 5 倍，更加深入全面地了解电池材料的构成、内部电化学反应、电极材料以及电解质界面的变化，促进实现高性能、长寿命电池的开发。

(陈伟 郭楷模)

前沿与装备

澳科学家刷新非聚光四结叠层太阳能电池组件世界纪录

澳大利亚新南威尔士大学 Martin Green 教授研究团队设计开发了一种内嵌棱镜的四结叠层太阳能电池（Si/GaInP/GaInAs/Ge）组件，面积为 28 cm²，在无聚光器的情况下，光电转换效率高达 34.5%，获得了国际权威认证机构美国国家可再生能源

⁸ 革新型蓄電池の实用化に向けた共通基盤技術の開発に着手.
http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100570.html

实验室 (NREL) 的认证, 刷新了该类型电池的世界纪录⁹。该叠层电池之所以能够获得如此高的转换效率在于其引入了具有分光作用的棱镜 (亦称为分光镜) 以及具有不同带隙结构的单元电池, 其中分光镜一侧的 Si 电池带隙为 1.1eV, 而分光镜另一侧则是由顶层的 GaInP 电池、中层的 GaInAs 电池和底层的 Ge 电池组成, 带隙分别为 1.88eV、1.41eV 和 0.67eV。分光镜首先将入射的太阳光光谱分成了两种不同波段的太阳光谱, 其中一部分被分光镜一侧的 Si 电池吸收利用, 而另一部分太阳光谱则被另一侧的 GaInP/GaInAs/Ge 逐层吸收利用。从而实现了最大限度的太阳光谱能量吸收利用, 减少了太阳光能量损失浪费。该电池将美国阿尔塔设备公司 (Alta Devices) 先前创造的该类型电池世界纪录 (24%) 提高了近 44%, 但阿尔塔公司电池组件面积达到了 800 cm²。研究人员指出, 设计与阿尔塔公司一样大小的电池组件, 他们也能够获得超过前者的效率。 (郭楷模)

哈佛科学家开发无机-生物杂化人工光合成系统效率近 10%

哈佛大学 Daniel G. Nocera 教授带领的研究团队基于先前研究工作开发了一种全新的人工树叶光合作用系统, 其最大的改进在于采用了具备生物相容性的钴磷合金催化剂替换了原先的镍钼锌合金催化剂, 克服了后者反应过程中产生的活性氧杀死细菌从而导致后续的燃料合成过程受阻, 以及高电压驱动运行人工树叶光合系统的缺陷。得益于此, 这一系统能够在低压 (3.0V) 条件下高效地利用太阳能裂解水产氢和氧。研究人员进一步将其与含有罗尔斯通氏菌的菌室进行耦合集成构成无机-生物杂化水裂解与合成系统, 然后将氢气连同二氧化碳一同输入菌室, 菌室中的罗尔斯通氏菌可将氢气和二氧化碳作为原料合成生物质液体燃料, 且在纯二氧化碳环境条件下, 其光合成转换效率高达 9.7%, 近 10 倍于自然界植物的光合作用 (约 1%); 如果让细菌自己从空气中捕捉二氧化碳的话, 杂化系统光合成转化效率就会下降到 3%~4%, 但仍然高于自然界的光合作用效率。同时该人工树叶具备了优异的自愈能力, 保持高效的光合作用状态。该项研究很好地融合了无机化学与生物学, 获得了里程碑式的成果, 为制备高性能人工光合成系统开辟了新途径。相关研究成果发表在《Science》¹⁰。 (郭楷模)

日科学家研发新型钙离子电池

相比锂离子电池, 钙离子电池理论比容量更高 (是前者的两倍), 电池成本更低, 化学稳定性也更好, 被认为是有望取代锂离子电池的新一代电化学电池。但由于钙

⁹ Milestone in solar cell efficiency by UNSW engineers.

<http://newsroom.unsw.edu.au/news/science-tech/milestone-solar-cell-efficiency-unsw-engineers>

¹⁰ Chong Liu, Brendan C. Colón, Marika Ziesack, et al. Water splitting–biosynthetic system with CO₂ reduction efficiencies exceeding photosynthesis. *Science*, 2016, 352 (6290): 1210-1213.

离子半径（112pm）远大于锂离子的半径（76pm），因此一直以来没有发现合适的电极材料能够提供足够的“空间（晶格间隙）”让钙离子发生可逆的插层反应，从而限制了发展。日本丰桥科技大学研究人员研发了一种全新的基于六氰合铁酸衍生物（ $K_xMFe(CN)_6 \cdot nH_2O$, $KMFe-PBA_s$ ）的电极材料，由于 $KMFe-PBA_s$ 独特的晶格结构（M 原子的位置是过渡金属），使其拥有足够大的间隙空间，为钙离子进行可逆的嵌入和脱嵌提供了三维隧道，同时其扩散系数也比较大，因此研究人员将其作为电极材料结合钙盐电解液（ $Ca(TFSI)_2$ ）组成电池，研究了 M 原子位置分别为 Ni、Mn 和 Co 电极对应的电池性能。循环伏安测试结果表明 M 原子位置为 Ni 的电极性能最优（即电极为 $KNiFe-PBA$ ），初次充放电循环的比容量为 $\sim 50 \text{ mAh g}^{-1}$ ，经过 12 次充放电循环后比容量有所减少但稳定在约 40 mAh g^{-1} ，库伦效率达到约 92%，呈现出优秀的充放电循环稳定性，表明电极三维隧道骨架结构是足够稳定，反复的充放电并不会破坏上述骨架。通过 XRD 和 XPS 表征可知该结构稳定性得益于 $KNiFe-PBA$ 化合物中的强原子键作用。相关研究成果发表在《*Electrochimica Acta*》¹¹。（郭楷模）

新型电解质催化剂将锂空气电池寿命延长 5 倍

美国德克萨斯大学达拉斯分校 Kisuk Kang 教授课题组联合韩国首尔大学的研究人员开发了一种全新的锂空气电池可溶性电解质催化剂（亦称为氧化还原电对）二甲基吩嗪(5,10-dimethylphenazine(DMPZ))，通过密度泛函理论计算得出该催化剂的氧化还原电动势约为 3.1V，比锂空气电池的放电产物过氧化锂（ Li_2O_2 ）的形成电压高（2.96V），因此可以作为锂空气电池的催化剂。进而研究人员将其溶解到四乙二醇二甲醚（TEGDME）溶液中形成电解质，再将其应用于锂空气电池。通过循环伏安测试发现，基于该可溶性电解质催化剂 DMPZ 的锂空气电池发生副反应（即放电过程产生 Li_2O_2 ）的强度大幅下降，意味着 Li_2O_2 大部分被催化剂 DMPZ 分解，重新还原为 Li 和 O_2 ，因此减少了固体反应物 Li_2O_2 的生成，克服了空气极碳孔堵塞问题，大幅提高了锂空气电池的循环寿命稳定性，相比传统锂空气电池其寿命延长五倍。DMPZ 之所以有如此高效的催化性能，除了其拥有合适的氧化还原电动势之外，其可溶性特性是一大贡献：由于其可溶，具有良好的流动性，因此能够和放电产物更充分接触，即催化反应的位点更多，所以分解放电产物效果更显著，因此电池性能得到了大幅提高。相关研究成果发表在《*Nature Energy*》¹²。（郭楷模）

¹¹ Tomohiro Tojo, Yosuke Sugiura, Ryoji Inada, et al. Reversible Calcium Ion Batteries Using a Dehydrated Prussian Blue Analogue Cathode. *Electrochimica Acta*, 2016, 207: 22-27.

¹² Hee-Dae Lim, Byungju Lee, Yongpin Zheng, et al. Rational design of redox mediators for advanced Li-O₂ batteries, *Nature Energy*, Published online 23 May 2016, DOI: 10.1038/nenergy.2016.66.

中国科学院武汉先进能源战略情报中心简介

中国科学院武汉先进能源战略情报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：中国科学院武汉文献情报中心 中国科学院武汉先进能源战略情报研究中心

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@mail.whlib.ac.cn