

由“中国科学院国家科学图书馆特色分馆”项目资助

科学研究动态监测快报

2014年10月10日第8期（总第65期）

生物能源与生物基材料专辑

中国科学院青岛生物能源与过程研究所主办

中国科学院青岛生物能源与过程研究所山东省青岛市崂山区松岭路189号

邮编：266101 电话：0532—80662646 电子邮件：bioenergy@qibebt.ac.cn

目录

科技

转基因烟草，向提高光合作用效率迈出第一步 1

3-D 成像技术助力生物燃料发展 4

上海硅酸盐所锂空气二次电池实用化研究获系列进展 5

政策

国家能源局局长吴新雄解读“十三五”能源规划方向 8

美国国防部投资 2.1 亿美元发展生物精炼项目 10

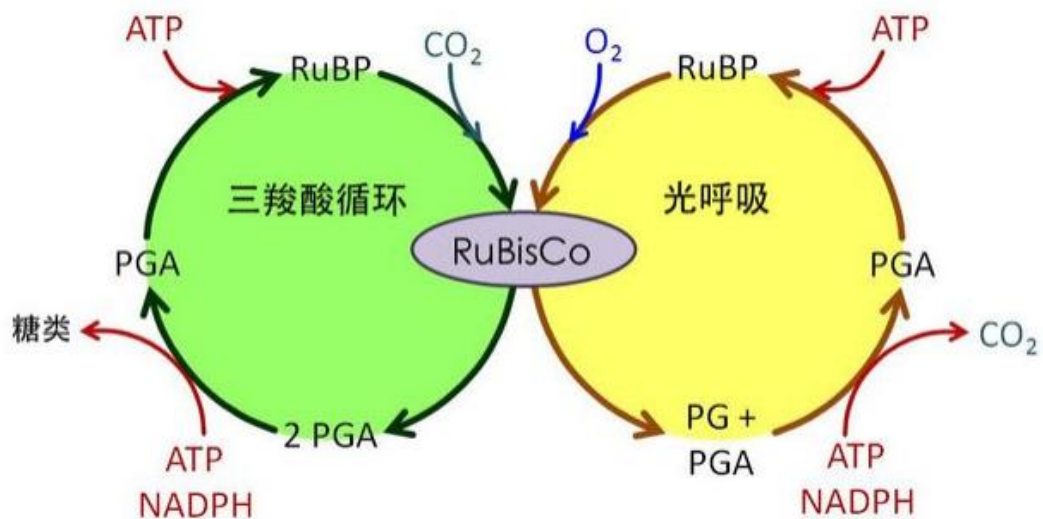
产业

美首家商业级纤维素乙醇工厂投产 10

转基因烟草，向提高光合作用效率迈出第一步

加强绿色植物的光合作用效率一直是不少科学家和工程师的目标。袁隆平先生曾设想过[1]，把玉米等 C4 植物的相关基因转到水稻上，从而增强它的光合作用效率——无独有偶，美国康奈尔大学的研究团队 9 月 18 日在《自然》杂志上发表了快报[2]，通过基因工程的手段将细长集球藻（*Synechococcus elongatus*）中的 1, 5-二磷酸核酮糖羧化酶（RuBisCo）替换掉了烟草（*Nicotiana tabacum*）原有的 RuBisCo，为进一步引入蓝细菌的二氧化碳富集机制，提高作物产量打下了基础。果壳网就此对论文的第一作者密林（Myat Lin）进行了采访。

作为利用太阳能的主力，绿色植物通过光合作用为生物圈源源不断地输送能量，固定二氧化碳。光合作用主要分为两步：光反应将光能固定为高能化学键，同时产生氧气；暗反应则利用这些高能键，将二氧化碳固定为糖。在暗反应中，最为关键的酶便是核酮糖-1,5-二磷酸羧化酶/加氧酶（RuBisCo）了——它是将二氧化碳固定下来的第一步，几乎能决定整个光合作用的效率。不过讽刺的是，这个光合作用中酶却耐受不了氧气；在氧气浓度过高时，它会将自己的底物氧化（而不是羧化），让光合作用的效率大打折扣。

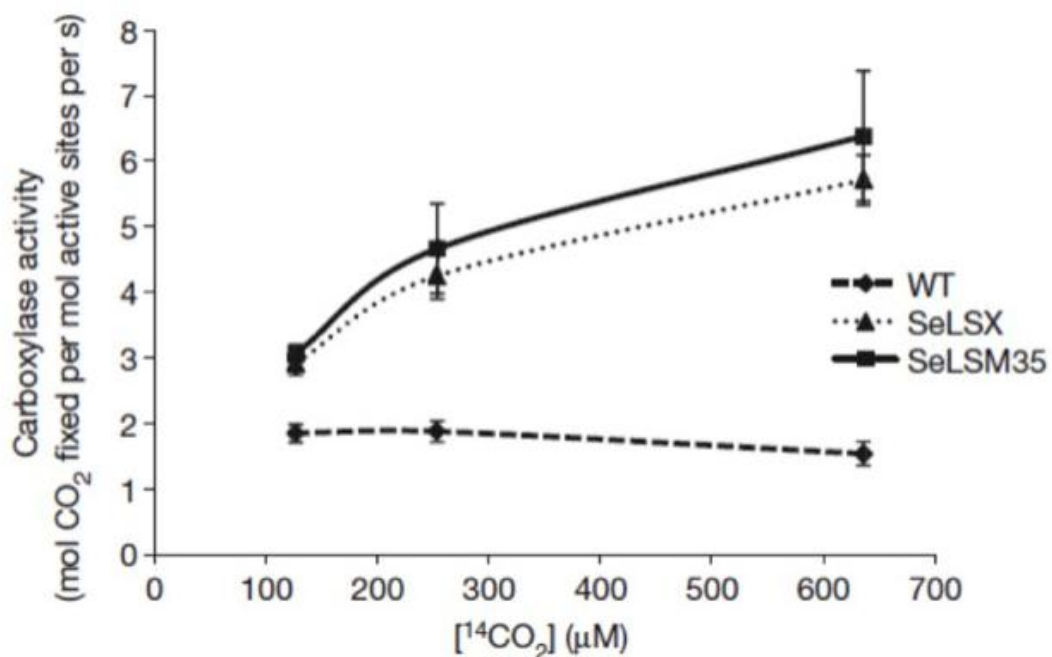


在光合作用中，RuBisCo是固定二氧化碳最关键的环节。它的底物是1, 5-二磷酸核酮糖（RuBP），RuBisCo能够结合二氧化碳将其羧化，也能结合氧气将其氧化。图片来源：cnx.org

这又是演化给我们带来的麻烦——由于第一个能固定无机碳的生物生活在海底热液区的无氧环境下，利用化学能固碳，随之出现的固碳分子自然不必耐受氧气。直到它们其中有些不小心游荡到了原始海洋的表面，才开始慢慢发掘阳光的美好，

开始用水的光解代替原先供能的化学反应。而这个时候，原始的固碳酶已经有了自己的代谢路径，演化才懒得从头“发明”一个耐氧的版本，便将就着这个版本加些补丁继续用了——毕竟还能凑合。

可是研究者们可不想继续在不到 10% 上[3]凑合。光合作用效率不仅有足够的提升空间，而且其提升意义重大。他们想到了蓝细菌（Cyanobacteria）。这些单细胞的原核生物不仅和叶绿体们共享一个祖先，更能够独立进行全套光合作用，而且还具有一套轻便的二氧化碳富集机制（CO₂-concentratin mechanism, CCM）。“现在认为蓝细菌的固碳效率更高是因为这套二氧化碳富集机制。”密林告诉果壳网，“这其中包括多种无机碳的运输蛋白和叫做羧酶体（carboxysome）的细菌微房室（microcompartment）。羧酶体中包裹着 RuBisCo 和碳酸酐酶，在它内部，底物（二氧化碳）浓度增加，RuBisCo 的光呼吸强度随之降低。这虽然会让蓝细菌的 RuBisCo 对二氧化碳的亲合力略下降，但同时催化效率却可大大提升。”密林还表示，这项工程相比将 C₃ 植物改造成 C₄，更有操作性。“C₄ 植物中的二氧化碳富集机制要求两种不同细胞（即叶肉细胞和维管束鞘细胞）的配合，与此不同，蓝细菌中的完整富集机制则有可能被整合入叶绿体。”

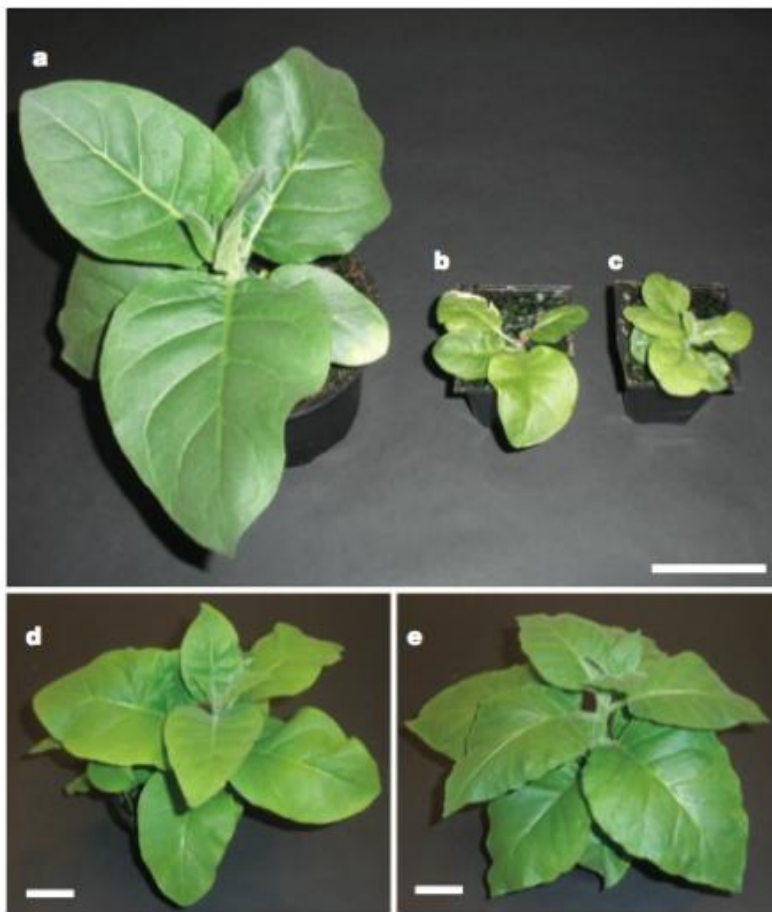


烟草植株中转入的重组RuBisCo在高浓度二氧化碳当量下比野生植株的催化效率高出许多。图片来源：
研究论文

这个研究组便利用了经典模式生物细长集球藻 PCC7942 菌株（Se7942）基因组中的 RuBisCo。“我们想到这个蓝细菌是因为，它是研究光合作用的模式细菌之一。”密林介绍道，“它的 RuBisCo 组装和二氧化碳富集机制是所有光合细菌中研究得最彻底的。”除了 RuBisCo 本身的基因之外，他们还一同锁定了另外两个分子伴侣，

RbX 和 CcmM35。“RbX 能够帮助蓝细菌的 RuBisCo 组装。”密林说，“最近其他课题组的研究表明，CcmM35 对于 RuBisCo 在羧酶体中的组装很重要。”

要将这些基因转到烟草里，做起来可远不如说起来那么简单，前人的尝试几乎都没成功。要将新的基因转入，首先得将“原配”基因从烟草和它的叶绿体基因组中给敲除掉。研究人员用基因枪将设计好的基因片段打入烟草叶绿体，等待它们将老片段“替换”掉了之后，用专门的培养基筛选出只含有这种叶绿体的烟草细胞，再通过组织培养最终获得成品。密林向我们解释道：“改善 RuBisCo 最难的地方在于这个蛋白的各个亚基，尤其是大亚基的折叠，以及让其组装成有功能的复合体。在植物中，这个更加具有挑战性，因为小亚基是从细胞核表达的，需要运输到叶绿体与大亚基进行组装。相比起先前的工作，我们目前掌握了更多关于蓝藻 RuBisCo 组装的信息。”



a. 6周大的野生型烟草；b、c. 6周大的转基因烟草；d、e. 10周大的转基因烟草。图片来源：研究论文

这个团队的一系列努力最终取得了阶段性成功：不仅这些基因在新的地方能够表达，在电镜下也能看见这些蛋白在叶绿体中组装成了与细长集球藻中类似的功能单位。“我们在 CcmM35 转化体中观测到了类似的组装。这意味着，如果我们能够成功地在叶绿体中构建出羧酶体，蓝细菌的 RuBisCo 是有可能被封装入羧酶体的。”密林表示。

同时，因为蓝细菌的 RuBisCo 结合二氧化碳的能力弱于绿色植物的，接受了新叶绿体的植株起初长势并不如野生植株（上图）。“我们预料到了这些转入新叶绿体的植株会比野生型长势差，因为这些植物还不具备完善的二氧化碳富集机制。”密林向我们解释道，“于是，这些植株中的光呼吸水平会更高，光合效率因而更低。”不过，这已足够表明，转进去的工程叶绿体已经能够发挥光合作用的功能。并且，这些重组 RuBisCo 的固碳效率在高二氧化碳浓度下远高于原来的 RuBisCo，展露出了大大的潜能。

论文作者表示，换掉 RuBisCo 只是第一步。以此为基础，他们想逐步将蓝藻中的二氧化碳富集机制复制到高等植物中，以提高它们对二氧化碳的利用率，增加产量，这对未来的农业发展和环境变化都是一记福音。“我们将来会加入蓝细菌二氧化碳富集机制中的其他组分，届时，这些植株将有望比野生植株长得更旺盛。”密林对此满怀憧憬。

参考文献：

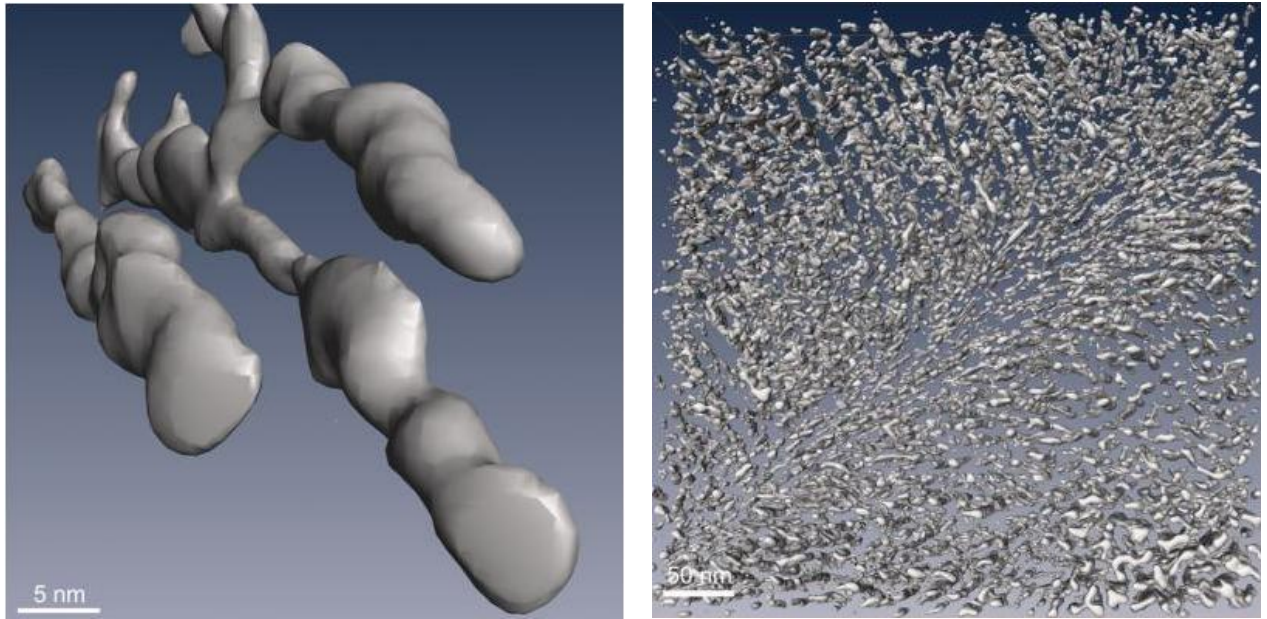
1. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2012/1/258258-3.shtml>
2. Myat T. Lin et al. A faster RuBisCo with potential to increase photosynthesis in crops doi:10.1038/nature13776
3. Miyamoto K. Chapter 1 - Biological energy production. Renewable biological systems for alternative sustainable energy production (FAO Agricultural Services Bulletin - 128). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

来源：果壳网

3-D成像技术助力生物燃料发展

植物材料用于生产生物燃料时，需要充分溶解组织的细胞壁，释放出细胞壁中的多糖，继而发酵生产生物燃料，深入了解细胞壁的构造对提高生物燃料产量非常重要。目前，科研人员对植物细胞壁内的纤维素、半纤维素、果胶和木质素等的三维结构仍然不清楚，仅限于二维结构、等高线测量和低质量的成像技术。

加州大学的科学家通过新的三维透射电子显微镜成像技术，更详细的呈现出了细胞壁的三维结构，有助于开发新的纤维素破碎技术，提高生物燃料产量。



图：细胞壁中微纤维沿细胞轴线的走向图：分段的细胞壁图像

原文检索：Sarkar P, Bosneaga E, Yap EG Jr, Das J, Tsai W-T, et al. (2014) Electron Tomography of Cryo-Immobilized Plant Tissue: A Novel Approach to Studying 3D Macromolecular Architecture of Mature Plant Cell Walls In Situ. PLoS ONE 9(9): e106928. doi:10.1371/journal.pone.0106928

苏郁洁 编译

上海硅酸盐所锂空气二次电池实用化研究获系列进展

锂空气二次电池(nonaqueousrechargeableli-airbatteries)理论上具有 3505wh/kg 或 3436wh/l 的能量密度。如果能成功应用于电动汽车，则有望实现与燃油汽车相比拟的续航里程 (>500 公里)。正因如此，近几年来锂空气二次电池成为研究热点。但是，前期研究表明，锂空气电池的实用化面临诸多问题和挑战。例如，电池的循环次数受限、能量转换效率低以及倍率性能差等。这些问题使很多人对锂空气电池的应用前景产生了怀疑，对是否需要开展相关研发犹豫不决。因此，当前迫切需要针对锂空气电池实用化的关键问题开展研究，解析导致这些问题的根本原因及怎样获得解决以上问题的有效方案，真正推进锂空气电池的发展。

中国科学院上海硅酸盐研究所高性能陶瓷和超微结构国家重点实验室离子导电能量转换材料与薄膜锂电池研究课题组围绕锂空气二次电池的实用化开展研究，取得了一系列进展：

(1) 针对电池的循环寿命问题，率先采用垂直定向碳纳米管作为空气电极，实现了关键反应产物 Li_2O_2 放电成核、长大以及充电溶解演变过程的可视化（如图 1 所示）。揭示了空气电极上 Li_2O_2 的可逆生成和分解是保证电池反复循环的核心，由副反应导致的碳酸盐的累积是电池循环容量衰减的主要因素（*j.phys.chem.c*, 117,2013,2623-2627; *j.powersources*235,2013,251-255）。

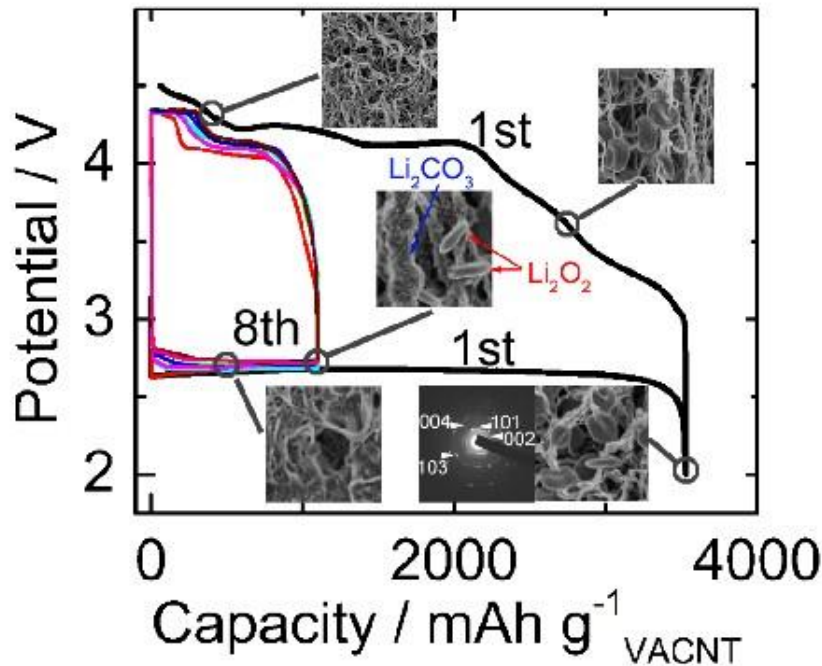


图 1: 电池充放电过程中空气电极表面产物形貌和成分的演变

进而通过控制电池工作过程中的锂氧反应深度，实现了 Li_2O_2 可逆性的增强、副产物碳酸盐生成的抑制，极大提高了电池的循环寿命（如图 2 所示）（*adv.energy.mater.*,3,2013,1413-1416; *energytechnol.*2,2014,317-324; *j.inorg.mater.*,29,2014,113-123）。

(2) 针对电池的能量转换效率，即电池充电平台和放电平台之间存在较大电压差的问题（也就是通常所说的过电势问题），首先考察了受人广泛关注的锂氧反应催化剂对能量转换效率或过电势的影响。发现虽然纳米 Au 颗粒和纳米 MnO 颗粒都可以促进氧还原反应，但是前者在氧析出反应中没有电子交换、只是起到了增加导电性和促进副产物分解的作用，而后者在初期循环的氧析出反应中存在电子交换。随着循环次数的增加，由于产物对纳米颗粒的包覆钝化，两者对 Li_2O_2 的分解促进作用都显著衰减（*j.phys.chem.c*, 118,2014,7344-7350; *j.powersources*267,2014,20-25）。进而，利用间歇恒电流电位滴定法技术对电池工作过程中过电势产生的根源进行了深入剖析（与中国科学院物理研究所李泓研究员合作），明确指出在热力学平衡的情况下，充放电之间的电位差可以为零（如图 3 所示）；热力学平衡电位随温度的升高

而减小。充电和放电的极化情况不同，前者主要是受 Li_2O_2 生长动力学的影响，后者还要受到副产物的影响。十分有趣的是，当用 Na 代替 Li 负极时，虽然放电过程中生成与锂空气电池非常类似的产物 NaO_2 ，但是该体系在循环过程中的过电势只有 0.2v（能量转换效率可达到 90%）。造成这一现象的主要原因是 NaO_2 在充电过程中易于分解 (phys.chem.chem.phys., 16,2014,15646-15652)。以上研究结果表明， Li_2O_2 生成和分解过程是过电势产生的主要原因，而使 Li_2O_2 在充电时易于分解将会是减小过电势、提高电池能量转换效率的有效手段。

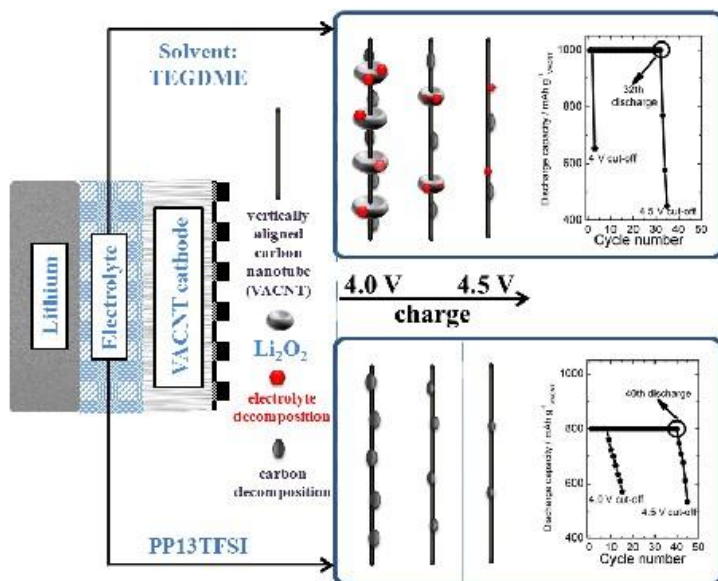


图 2：电池放电深度和充电截至电压对电池循环寿命的影响

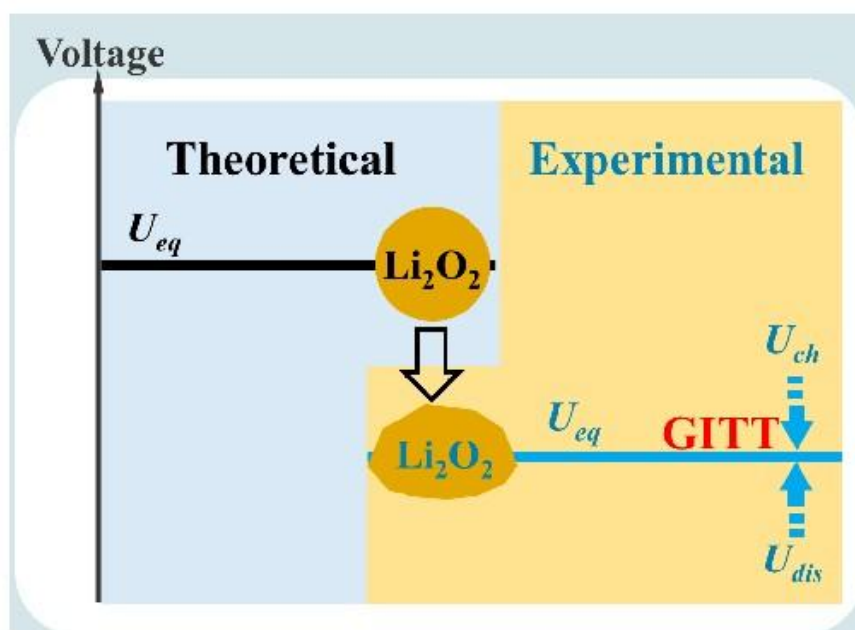


图 3：锂空气电池热力学平衡电位的实验值与理论值比较和数值为零的热力学平衡过电势

(3) 针对电池倍率性能差的问题，研究了 Li_2O_2 形貌、反应温度和气压、以及 Li_2O_2 的预成核对倍率性能的影响，发现有效调控产物形貌、提高反应温度和气压、以及预成核可有效提高电池的充放电倍率（相关结果正在整理发表过程中）。

(4) 制作了容量为 5ah 的软包锂空气电池。如以电池放电前的质量计算，可获得大约 400wh/kg 的质量能量密度，如计入放电后产物的质量，该数值大约为 340wh/kg。同时发现，在大容量电池模块中，空气正极的体积膨胀和 Li 负极的保护问题都会更为突出，需要格外受到重视；循环性能和倍率性能尤其需要提高。



图 4：软包锂空气电池原型器件

通过在锂空气二次电池实用化关键问题方面的系列研究，对制约锂空气电池应用的瓶颈问题加深了理解，获得了一些解决这些问题的有效手段。二次锂离子电池概念的提出是在上世纪 80 年代，其发展到应用大约经历了 10 年左右的时间。在当今科技研发实力大幅提高的今天，相信经过各方研发人员的共同努力，锂空气电池有望在 5 到 10 年得到应用（特别是在消费电子类产品领域）。

以上研究工作得到了中国科学院重点部署项目和国家自然科学基金的资助。

来源：中国储能网

政策

国家能源局局长吴新雄解读“十三五”能源规划方向

弱化项目审批优化能源结构

近年来，我国能源生产能力稳步提高，但能源形势依然复杂严峻。吴新雄表示，做好“十三五”能源规划，要转变能源管理方式，强化规划引导，弱化项目审批，最大限度减少审批机关的自由裁量权，让权力在阳光下运行。

当前，我国能源利用方式粗放问题突出。数据显示，2013 年，我国单位 GDP

能耗是世界平均水平的 1.8 倍。我国能源结构中化石能源比重偏高，非化石能源占能源消费总量的比重仅为 9.8%。

吴新雄说，面对这些矛盾，要求我们超前谋划、科学编制“十三五”能源规划，推进能源节约，大力优化能源结构，增强能源科技创新能力，推动能源消费革命、供给革命、技术革命和体制革命。

清洁高效开发利用煤炭

今后一段时期，煤炭作为我国主体能源的地位不会改变，清洁高效利用煤炭是保障能源安全的重要基石。

吴新雄表示，要持续提高发电用煤比重，实施煤电节能减排升级改造行动计划，新建燃煤机组供电煤耗低于每千瓦时 300 克标煤，污染物排放接近燃气机组排放水平，现役 60 万千瓦及以上机组力争 5 年内供电煤耗降至每千瓦时 300 克标煤。

同时，要制定煤炭消费总量中长期控制目标，加快淘汰分散燃煤小锅炉，因地制宜稳步推进“煤改电”、“煤改气”替代改造。

此外，在油气方面，吴新雄提出，要创新勘探体制机制，大幅提高油气储采比。同时，重点突破页岩气等非常规油气资源和海洋油气勘探开发。力争到 2020 年，页岩气和煤层气产量分别达到 300 亿立方米。

大幅提高可再生能源比重

大力发展可再生能源是推动能源结构优化的重要方面。截至 2013 年末，全国发电装机总量达 12.47 亿千瓦，其中，水电装机 2.8 亿千瓦，火电 8.6 亿千瓦，核电 1461 万千瓦，并网风电 7548 万千瓦，并网太阳能发电装机容量 1479 万千瓦。

吴新雄在此次会议上指出，一是在做好生态环境保护和移民安置的前提下，积极发展水电，到 2020 年，力争常规水电装机达到 3.5 亿千瓦左右。

二是坚持集中式与分布式并重、集中送出与就地消纳相结合，在资源丰富地区规划建设大型风电基地和光伏基地，在其他地区加快风能分散开发和分布式光伏发电，到 2020 年，风电和光伏发电装机分别达到 2 亿和 1 亿千瓦以上，风电价格与煤电上网电价相当，光伏发电与电网销售电价相当。

三是积极发展地热能、生物质能和海洋能等其他可再生能源，到 2020 年，地热能利用规模达到 5000 万吨标煤。

四是加强电源与电网统筹规划，积极发展智能电网，科学安排调峰、调频、储能配套能力，切实解决弃风、弃水、弃光问题。

安全发展核电

推进核电建设，对于保障能源安全、保护环境等有重要意义。数据显示，截至 2013 年，我国在建核电机组达到 31 台，装机 3385 万千瓦。

吴新雄提出，要在采用国际最高安全标准、确保安全的前提下，稳步推进核电

建设，到 2020 年，核电运行装机容量达到 5800 万千瓦、在建达 3000 万千瓦。

他说，要坚持引进消化吸收再创新，重点推进华龙 1 号、AP1000、CAP1400、高温气冷堆、快堆技术攻关，同时加快国内自主技术工程验证，重点建设好大型先进压水堆、高温气冷堆重大专项示范工程。加强国内天然铀资源勘查开发，完善核燃料循环体系。此外，要积极推动核电“走出去”，提前布局、系统谋划。

来源：新华网

美国国防部投资 2.1 亿美元发展生物精炼项目

9 月份，美国国防部通过“国防生产法案”为 Emerald 生物燃料公司、Fulcrum 生物能源公司和 Red Rock 生物公司提供了 2.1 亿美元的资助，用于生产有成本竞争力的军用生物燃料的生物精炼厂的建设。

在该资助下，公司将建设生产军用规格生物燃料的精炼厂，目标是到 2016 年使生物燃料价格降至 3.5 美元/加仑，可与石油基燃料竞争，并实现温室气体减排 50%。生物精炼厂建成后，军事规格的航空燃油和船用柴油的总产量将达到上亿加仑。最终目标是建立一个或者多个可直接生产生物燃料的产业链，包括：原料生产、物流、转化设施（综合生物炼制）、燃料混掺、运输和物流环节。在政府的组织下，产业链各环节相关企业建立合作伙伴关系，形成完整的生物燃料生产集团。

“国防生产法案”在杜鲁门政府时期通过，该法案允许国防部大范围的投资军用材料的产能建设，法案通过后，军方常常是许多新技术的第一个大客户，目前国防部已经通过该法案支持了二十几项新技术。

苏郁洁编译自：

<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/09/19/breaking-news-us-navy-doe-usda-award-210m-for-3-biorefineries-and-mil-spec-fuels/>

产业

美首家商业级纤维素乙醇工厂投产

荷兰皇家帝斯曼集团 9 月 5 日宣布，其和美国 POET 公司的合资企业 POET-DSM 先进生物燃料有限公司旗下的第一家商业级纤维素乙醇工厂近日正式竣工投产。

在业内看来，该工厂的投产被视为具有历史意义的进步，表明利用作物废料生产纤维素乙醇可作为技术可行、且具有商业价值的汽油替代品。而达到商业化级别

标志着在北美和世界其它地区广泛采用生物燃料具有了可行性。

该项目名为“LIBERTY 项目”，其将废弃玉米芯、玉米叶、玉米壳和玉米秸秆等生物质转化成可再生燃料。工厂现已正式投产，正在将第一批生物质加工成纤维素乙醇，并将持续运营。在满负荷运转的情况下，工厂每天将处理 770 吨生物质，每年生产 2000 万加仑乙醇。后续产量将提高到每年 2500 万加仑。这也是可再生燃料标准(RFS)实施的一项重大成就。RFS 旨在促进先进生物燃料项目投资，加速先进生物燃料技术开发。该标准也是助力美国实现燃料中乙醇含量超过 10%，并将这项新技术应用在美国其它地区的重要工具。

与此同时，纤维素乙醇在世界其它地区的发展，也有望得益于 POET-DSM 先进生物燃料公司的工艺和技术，有效转化农业废弃物。这将帮助全球生物质能产业的发展迎来契机。

来源：同花顺财经

版权及合理使用声明

中国科学院青岛生物能源与过程研究所《科学研究动态监测快报》（简称《快报》）由“中国科学院国家科学图书馆特色分馆”项目资助，包括《生物能源科技动态监测快报》和《生物能源产业动态监测快报》。2012年，快报品种调整为《生物能源动态监测快报》和《生物基材料动态监测快报》，2014年合并为《生物能源与生物基材料动态监测快报》，内容兼具此前两种快报范围，总第期数接《生物能源动态监测快报》总第57期。

《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权益，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。用于读者个人学习、研究目的之单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。除中科院国家科学图书馆外，未经本所同意，任何单位不得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，应向中科院青岛生物能源与过程研究所发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与中科院青岛生物能源与过程研究所签订协议。

欢迎对中科院青岛生物能源与过程研究所《科学研究动态监测快报》提出意见与建议。

编辑出版：中国科学院青岛生物能源与过程研究所

联系地址：山东省青岛市崂山区松岭路 189 号（266101）

联系人：苏郁洁，程静，张波，牛振恒

电话：（0532）80662646、80662648

电子邮件：niuzh@qibebt.ac.cn，bioenergymember@qibebt.ac.cn