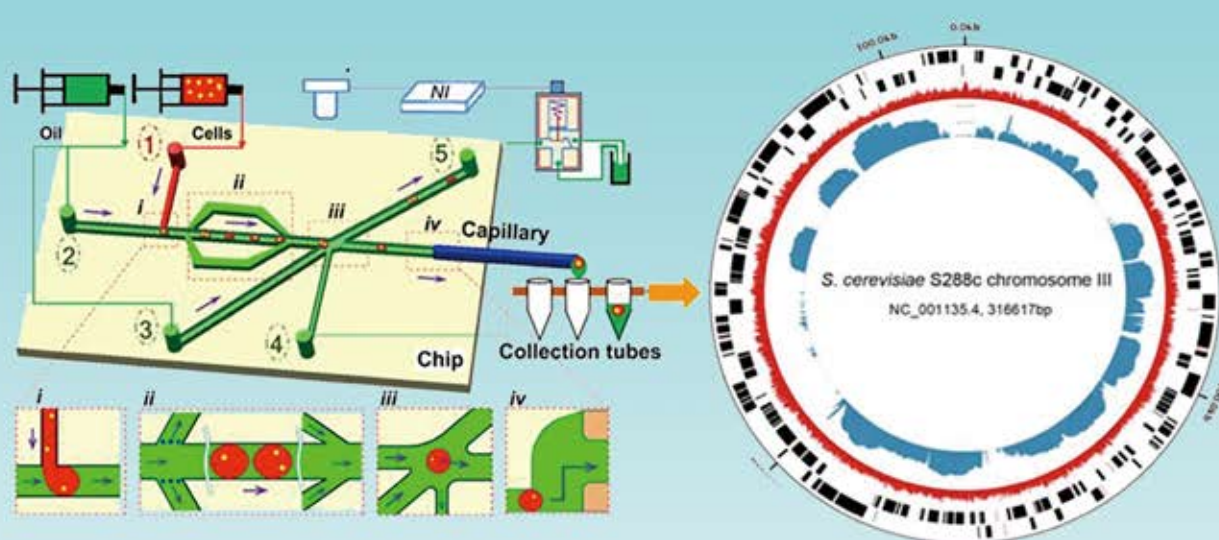


# 清源聚能

第 1 期

2017.03 总第二十二期



研究所发明简易高效的单细胞分选与测序对接技术

低速电动车无铅化研究取得系列进展

蛋白质氢键协同性研究取得重要进展



中国科学院青岛生物能源与过程研究所

Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, Chinese Academy of Sciences



主 编：彭辉  
执行主编：张瑞东  
责任编辑：南庆平 孔凤茹  
邮编：266101  
电话：0532-80662773 80662778  
E-mail: nanqp@qibebt.ac.cn  
网址：www.qibebt.cas.cn  
地址：青岛市崂山区松岭路189号

## 科研进展

- 2 研究所揭示木质纤维素丁醇发酵产物调控机制
- 3 低速电动车无铅化研究取得系列进展
- 5 微生物组大数据分析工具开发取得新进展
- 6 蛋白质五级相互作用研究取得重要进展
- 7 高温发酵褐藻产醇研究中取得进展
- 8 海藻多糖用于过渡金属硫属化合物剥离与智能驱动器件构筑方面取得进展
- 9 研究所发明简易高效的单细胞分选与测序对接技术
- 11 蛋白质氢键协同性研究取得重要进展

## 成果展示

- 12 项目1：高性能中空纤维沼气分离膜及膜法沼气提纯制压缩天然气工艺开发
- 13 项目2：植物医用淀粉胶的开发

## 所情快讯

- 14 刘伟平调研研究所

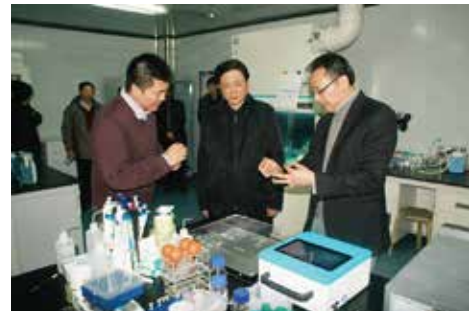
- 15 “微生物组大数据搜索引擎”入选“2016年中国医药生物技术十大进展”  
研究所大型仪器共享研发项目获批数位居青岛市科研院所第一
- 16 中科能源与材料创新中心建成将启用  
青岛市发改委党组成员、市蓝办主任任振刚一行调研研究所

## 两学一做

- 17 研究所党委开展“两学一做”专题民主生活会  
生物能源二级所党总支召开专题组织生活会
- 18 管理部门党支部认真开展“两学一做”专题组织生活会和民主评议党员活动

## 媒体聚焦

- 19 凤凰网：富功能生态鸡蛋走上岛城市民餐桌
- 20 青岛日报：青能所固态锂电池进军马里亚纳海沟
- 21 青岛日报：青能所提出钙钛矿太阳能电池薄膜气体修复技术



# 研究所揭示木质纤维素丁醇发酵产物调控机制

微生物资源团队开展了玉米秸秆水解液对产丁醇梭菌影响的深入研究，发现玉米秸秆水解液可以抑制梭菌生长和糖利用，这种抑制作用可以通过氢氧化钙脱毒方法去除。

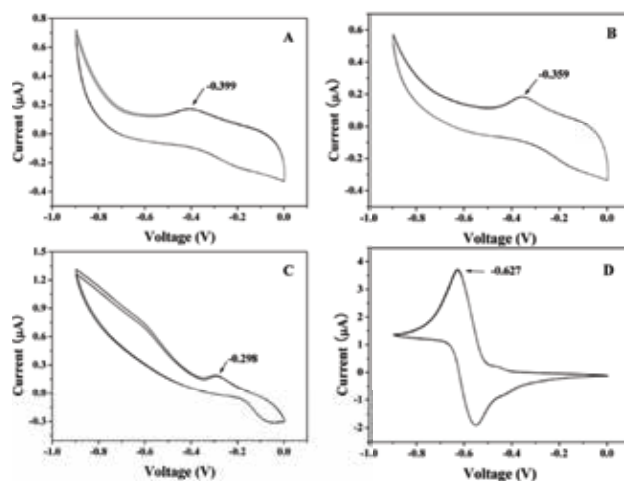
发展木质纤维素为原料的液体生物燃料，符合我国生物燃料“不与粮争地、不与人争粮”政策。玉米秸秆是我国农业生产中产生的一大类具有代表性的木质纤维素原料，分布广，产量大，处理不当易造成环境污染，生物转化玉米秸秆生产丁醇是一个变废为宝、一举多得的方向。

在以玉米秸秆为原料的生物发酵过程中，玉米秸秆的前期预处理，使得木质素降解并产生一系列结构各异的、可溶性的化合物，称为可溶性木素（Soluble lignin compounds）。可溶性木素会抑制下游的微生物发酵过程，显著改变发酵产物比例，虽然科学工作者对此抑制作用进行了大量研究，但具体机制并不明晰。微生物资源团队开展了玉米秸秆水解液对产丁醇梭菌影响的深入研究，发现玉米秸秆水解液可以抑制梭菌生长和糖利用，这种抑制作用可以通过氢氧化钙脱毒方法去除。水解液中的可溶性木素可以产生氧化压力，产丁醇梭菌在去除氧化压力的过程中，会消耗还原力（NADH），这造成在发酵终产物中丙酮和丁醇比率的变化，使得丙酮在总溶剂中的比率显著提高。在微生物发酵过程中，水解液中的可溶性木素可以提供电子，促进产丁醇梭菌氢气的产生。以上结果为今后以木质纤维素为原料的丁醇发酵研究提供了重要参考。研究成果在线发表在Applied Environmental Microbiology (AEM) 杂志上。该工作与研究所海洋碳汇团队、东北大学及中石化抚顺研究院合作完成。

上述研究获得国家自然科学基金、山东省杰青、所长创新基金、中石化合作项目等支持。■

## Reference

Zi-Yong Liu, Xiu-Qing Yao, Quan Zhang, Zhen Liu, Ze-Jie Wang, Yong-Yu Zhang, Fu-Li Li, (2017), Modulation of the Acetone/Butanol Ratio during Fermentation of Corn Stover-derived Hydrolysate by *Clostridium beijerinckii* NCIMB 8052. Appl. Environ. Microbiol. doi:10.1128/AEM.03386-16



图：玉米秸秆水解液发酵前后氧化还原电势测定（A和B），电子载体腐殖酸和中性红在P2培养基中氧化还原电势测定（C和D）





## 低速电动车无铅化研究取得系列进展

青岛储能院致力于低成本锂电材料体系开发研究，在国内首先提出并发展低成本的阻燃纤维素隔膜、利用废旧碳电极和高品质煤矿石发展低成本碳负极，在低成本锂离子电池材料领域取得一系列进展。



近年来，价格低廉且使用费用极低的低速电动车（ $\leq 70 \text{ km/h}$ ）极大便利了百姓的出行，丰富和满足了广大群众物质生活。其价格亲民使用方便，备受三线和四线城镇居民欢迎，2015年销量破70万辆，2016年高速增长销量突破100万辆。然而，大多数低速电动车使用的是铅酸蓄电池作为动力，铅酸蓄电池具有显著的成本优势，但是环境污染严重，已经不符合国家提出的“生态文明”社会建设的要求。据不完全统计，目前铅回收率不到30%，每年产生的废铅超过260万吨，严重污染水源和土壤，引起

人体血铅超标。因此，低速电动车的无铅化绿色发展已迫在眉睫。依托青岛能源所建设的青岛储能技术研究院在2012年建院之初，根据产业的迫切需求，把低速电动车的无铅化作为主要工作目标，创新性地提出了低成本锂离子电池技术、低成本水系锌电池技术和新型镁电池技术的三种解决方案，部署了50多人的技术团队进行技术攻关，取得阶段性进展。

为贯彻落实《中国制造2025》和《工业绿色发展规划（2016-2020）》，引导企业持续开发、使用绿色环保原材料，减少和降低有



害物质的应用,工信部编制并发布了《国家鼓励的有毒有害原料(产品)替代品目录》,明确提出了以锂电池替代铅酸蓄电池的要求,低成本绿色环保型锂电池将迎来更为广阔的市场空间。以市场需求为研究焦点,坚持研究成果可产业化落地的研发原则,青岛储能院致力于低成本锂电材料体系开发研究,在国内首先提出并发展低成本的阻燃纤维素隔膜(*ACS Appl. Mater. Interface*, 2013, 5, 128-134; *Prog. Polym. Sci.*, 2014, 43, 136-164.; *Electrochim. Acta*, 2016, 188, 23-30; 专利号ZL201110434221.6)、利用废旧碳电极和高品质煤矿石发展低成本碳负极(*Electrochim. Acta*, 2016, 196, 603-610, 专利号CN201610072072.6)、无氟环保硼酸锂盐(*Coordin. Chem. Rev.*, 2015, 292, 56-73; *J. Mater. Chem. A*, 2015, 3, 7773-7779; 专利号ZL201210425872.3, ZL201210425838.6)等低成本锂电池材料,在低成本锂离子电池材料领域申请专利16项,发表SCI论文10余篇。目前实现了低成本锂离子电池的中试,每瓦时成本控制到0.5元/Wh,成本接近铅酸电池,而性能大幅提升,目前正在跟相关企业进行产业化推广。

锌电池体系以低成本及高容量的优势在人类储能器件中占有一席之地,其使用材料和制备工艺无毒和无污染的特点更适合于低速电动车的绿色健康发展。锌电池利用水系电解液,成本上拥有更大竞争力。然而,大多数锌电极材料在水系电解液中不稳定,副反应多,电池循环寿命差。针对上述瓶颈,青岛储能院通过高浓金属有机盐基电解液改善锌电极电化学行为,成功解决了锌电池充电效率低和循环寿命

差的弊端。同时,该电解液体系显著提高了水系电解液的电位窗口,实现了锌电极与高电压正极材料的匹配,基于此电解液构筑的锌-磷酸铁锰锂电池能量密度达183 Wh/kg(基于活性物质),预计器件的能量密度略高于铅酸电池(*Electrochim. Commun.*, 2016, 69, 6-10; *ACS Appl. Mater. Interface*, 2015, 7, 26396-26399)。

相比于锂离子电池,可再充镁电池是一种高安全和低成本的二次电化学储能器件,是低速电动车无铅化的重要解决方案。青岛拥有丰富的镁资源优势,具有发展镁电池储能电源得天独厚的优势。青岛储能院创造性地提出了基于大半径、非亲核、氟化硼烷阴离子的镁盐设计思路,成功探索出同时满足易制备、镁负极兼容、高电导率、非亲核、不腐蚀集流体及宽电位窗口等六大性能要求的电解液体系(*Adv. Energy Mater.*, DOI: 10.1002/aenm.201602055);储能院还发展了高电导、耐腐蚀新型的裂解石墨膜集流体材料体系(*J. Mater. Chem. A*, 2016, 4, 2277-2285)。在此技术上,基于该电解液开发的新型低成本镁-硫电池能量密度达900Wh/kg(基于活性物质计算),器件的能量密度预计在300Wh/kg以上。该新型电池设计理念为未来低成本镁电池的发展提供了方向和思路。低成本锂电池技术的发展及新型镁、锌电池的前瞻性研究势必加速推动低速电动车环保绿色无铅化的进程,引导低速电动车能源转型升级,为山东乃至我国工业绿色发展做出巨大的技术贡献。■

(本项目得到国家杰出青年基金、青岛市储能基金和青能所“135”项目大力支持)



# 微生物组大数据分析工具开发取得新进展

单细胞研究中心发表了元基因组高性能计算分析软件Parallel-META 3，能够深入、全面、快速地将数量庞大的未知微生物组进行结构与功能解析，从而剖析疾病或生态灾害下微生物组的变化规律。

元基因组是当前微生物组大数据最主要的存在形式之一。由于元基因组数据的复杂性、异质性以及指数级增长的体量，从中深度且快速发掘微生物群落结构和功能上的变化规律，一直是业界的一个重要技术瓶颈。近日，单细胞研究中心发表了元基因组高性能计算分析软件Parallel-META 3，能够深入、全面、快速地将数量庞大的未知微生物组进行结构与功能解析，从而剖析疾病或生态灾害下微生物组的变化规律（图1）。

微生物组（又称“菌群”）在地球生态圈中无所不在，而一个微生物组元基因组的数据量可以是一个人类基因组的成百上千倍。因此，针对海量元基因组数据的深度且快速解析对于微生物组研究至关重要。但是，目前国际上已有的元基因组分析软件在计算精度和运算速度上已经无法满足当前微生物组技术的发展需求，而且其繁琐的安装和操作步骤也给国内外广大用户带来了困扰。因此，Parallel-META 3应运而生，其16S rRNA/18S rRNA片段提取、拷贝数修正、功能基因预测、多样性分析、生物标记筛选、共生网络分析等先进分析技术使其在准确性和全面性上具有显著优势，而且其全自动分析的设计理念大大简化了用户的安装和使用难度。与此同时，得益于全局并行化计算技术，Parallel-META 3在运算速度和数据吞吐量等性能方面有显著提高，真正实现了海量数据分析的“立等可取”。下一步Parallel-META 3将拓展到微生物基因的功能解析与进化分析，实现微生物组代谢网络的重建和比较，从而支撑微生物组大数据

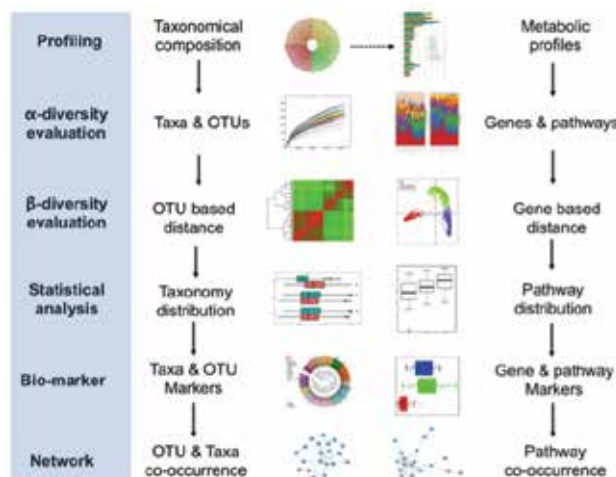


图1 Parallel-META 3工作流程

搜索引擎MSE（<http://mse.single-cell.cn>）服务业界的努力。

该项研究日前发表于Scientific Reports，并获得了软件著作权(登记号：2016SR053280)。它是苏晓泉副研究员带领的单细胞中心生物信息团队完成的，获得了科技部863、国家自然科学基金、山东省自然科学基金领军人才前瞻性研究专题等的前期支持。■

文章链接：Jing, et al., Parallel-META 3: Comprehensive taxonomical and functional analysis platform for efficient comparison of microbial communities, Scientific Reports, 7:40371, DOI:10.1038/srep40371, <http://www.nature.com/articles/srep40371>

软件下载：<http://bioinfo.single-cell.cn/parallel-meta.html>

# 蛋白质五级相互作用研究取得重要进展

仿真模拟团队利用该团队发展的核磁共振-远程化学位移扰动方法，研究了蛋白质在细胞裂解液环境下的五级作用力。

蛋白质的结构层次通常被分为一到四级。但是在细胞拥挤环境下，胞内其它大分子和目标蛋白质形成瞬态复合物，也被称为蛋白质“五级结构”，而导致五级结构形成的作用力被称为五级作用力（quinary interaction）。但是关于该作用力的研究难度大，相关报道很少。仿真模拟团队利用该团队发展的核磁共振-远程化学位移扰动方法（chemical shift perturbations, CSPs）（图1）（J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 12816），研究了蛋白质在细胞裂解液环境下的五级作用力。

研究发现，目标蛋白质和细胞裂解液中的大分子之间的五级作用削弱了蛋白质带电残基产生的电场（图2），但并不改变蛋白质的主链结构。进一步的研究表明，电场的削弱和侧链电荷的位置以及符号（正/负）有一定的关联。该结果暗示，五级作用力的存在可能会改变蛋白质在细胞内的功能，即从试管里获得的蛋白质性质和生理条件下蛋白质性质可能有一定的差异。

以上研究由仿真模拟团队姚礼

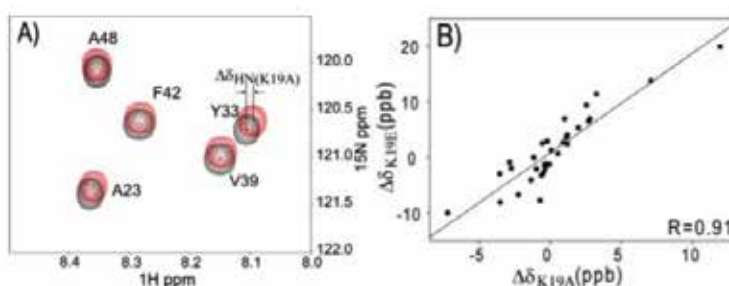


图1：核磁共振方法-远程化学位移扰动（CSPs）

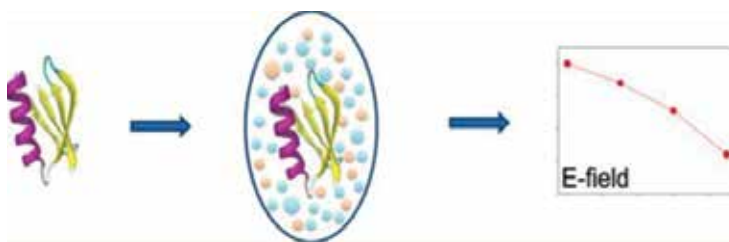


图2：细胞环境下五级作用力削弱带点残基产生的电场

山研究员主持完成，获得国家自然科学基金的支持。■

附录：

Zhang Ning†, An Liaoyuan†, Li Jingwen, Liu Zhijun, Yao Lishan\*.

Quinary Interactions Weaken the Electric Field Generated by Protein Side Chain Charges in the Cell-like Environment. J. Am. Chem. Soc., 2017. (DOI: 10.1021/jacs.6b11058, †co-authors)

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jacs.6b11058>



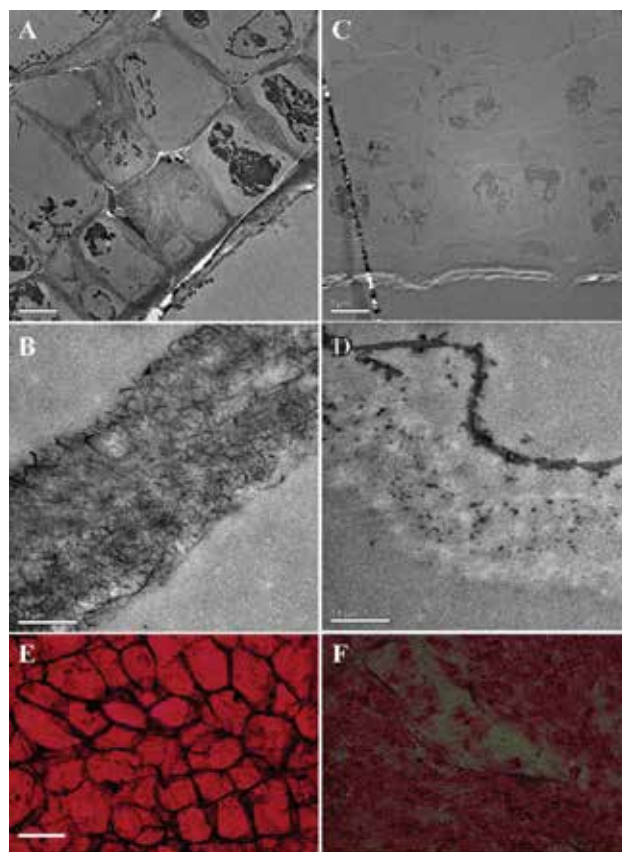


# 高温发酵褐藻产醇研究中取得进展

微生物资源团队近年来在近海沉积物挖掘了大量新颖的嗜热厌氧微生物资源。

我国是世界上最大的海藻养殖国，占世界人工养殖的72%。常见的褐藻如海带，生物量巨大，其糖类物质的含量可以达到干重的67%，主要是褐藻胶（alginate）、海带多糖（laminaran）和甘露醇（mannitol）等。发展大藻生物质能源具有很多方面的优势，如光合作用效率高、生长速度快、生物产量大，不需淡水、不与粮争地、可充分利用近海海洋资源，糖类物质丰富且不含木质素等难利用组分，可减轻二氧化碳和近海过营养化等环境问题。因此在继纤维素乙醇、微藻产油等概念的提出和发展后，大藻生物质以其独特的优势成为生物能源转化发展的新突破点。

褐藻发酵产液体燃料技术是大藻生物能源发展的重要方向，但存在糖成分复杂、难以被已知的微生物转化等技术屏障。野生菌中尚未发现能同时发酵褐藻的主要成分的菌株。微生物资源团队近年来在近海沉积物挖掘了大量新颖的嗜热厌氧微生物资源。利用褐藻生物质为底物在高温条件下富集获得了一个高效发酵褐藻产醇的菌群，菌群的代表性菌株鉴定为新种*Defluviitalea phaphyphila*。该菌对褐藻三种主要成分的乙醇产率分别达到0.47 g/g-mannitol, 0.44 g/g-glucose和0.3 g/g-alginate，接近理论产率。更重要的是该菌株能够同时发酵三种不同氧化还原力的底物，有效平衡了褐藻厌氧发酵中氧化还原力不平衡的难题。经过72小时褐藻发酵该菌株可以产生10 g/



图：Defluviitalea phaphyphila发酵海带后，细胞结构的变化（ABE为发酵前的细胞壁和细胞，CDF为发酵后）。

L的乙醇，乙醇的产率高达0.25 g/g-生物质，该乙醇产量在嗜热野生乙发酵菌株中极为罕见。以上研究近期发表在Biotechnology for Biofuels上，主要由该团队冀世奇副研究员完成。论文发表后，受到Green Car Congress, EBSCO Information



Service, Advanced Biofuel USA等网站及媒体推介。该研究对我国发展褐藻生物转化产业具有重要意义。

上述研究获得了国家自然科学基金、山东省杰出青年基金、所长创新基金等支持。■

#### Reference

Shi-Qi Ji, Bing Wang, Ming Lu, Fu-Li Li (2016) Direct Bioconversion of Brown Algae into Ethanol by Thermophilic Bacterium *DeFluviitalea phaphyphila*. *Biotechnology for Biofuels*. 9:81.

## 海藻多糖用于过渡金属硫属化合物剥离与智能驱动器件构筑方面取得进展

仿生智能材料团队研究发现，低成本、环境友好的海藻酸钠（SA）能够在水溶液中辅助超声剥离过渡金属硫属化合物，并展现出高度选择性。

海洋覆盖了近四分之三的地表面积，是巨大的资源宝库，人类生产、生活中许多必需品都来源于海洋。比如，主要来源于褐藻的海洋多糖海藻酸盐（钠），具有易溶、增稠、易成膜、易凝胶化、生物相容、可降解等众多优良性能。海藻酸盐产量巨大且成本低廉，在食品、服装、保健、环境修复等领域展现出巨大的应用潜力。然而，海藻酸盐在纳米技术和智能器件等方面的研究及应用却鲜有报道。

近期，李朝旭研究员率领的仿生智能材料团队研究发现，低成本、环境友好的海藻酸钠（SA）能够在水溶液中辅助超声剥离过渡金属硫属化合物（TMDs，如MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub>、MoSe<sub>2</sub>、WSe<sub>2</sub>等）（图1A），并展现出高度选择性。在包含SA在内的一系列多糖中（如酰胺化壳聚糖、羧甲基纤维素、结冷胶、卡拉胶等），SA具有最高的剥离效率；在包含WS<sub>2</sub>在内的一系列TMDs

中（如MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub>、MoSe<sub>2</sub>、WSe<sub>2</sub>等），SA对WS<sub>2</sub>的剥离效率最高，在短短几个小时内（~8 h）其剥离浓度就可达到1.39 mg ml<sup>-1</sup>，产率亦高达18.5%。相比于现有文献报道，此方法具有显著优势。

该团队进一步探索发现，这种特异选择性可能源于SA特殊的化学结构，SA结构单元中的β-D-甘露糖醛酸与α-L-古洛糖醛酸含有大量羧基和羟基官能团，能够与WS<sub>2</sub>通过氢键（-OH...SH-）和配位键（-C=O...W...O=C-）形成很强的相互作用。借助SA和WS<sub>2</sub>纳米片之间的强相互作用，通过简单的铺膜工艺可以制备具有超强力学性能的SA/WS<sub>2</sub>纳米片杂化薄膜，其拉伸强度高达422.5 MPa、韧性可达25.76 MJ m<sup>-3</sup>，足以和天然珍珠层、牙齿及骨骼的力学性能相媲美。进一步结合WS<sub>2</sub>纳米片的高效光热转化性能和SA亲水及键合多价金属离子的能力，

该团队成功开发出一系列光驱动仿生智能器件，如光驱马达、爬动柔性机器人、仿生抓手等（图1B、C）。

这些发现有助于进一步拓展SA在生物技术、材料科学、纳米技术等领域的应用；将传统天然海洋多糖与新型二维材料有机结合同样有助于柔性机器人、智能材料与器件等技术领域的发展。以上研究成果发表于最新一期Advanced Materials（DOI: 10.1002/adma.201604691）上。

该研究获得了国家自然科学基金（No. 21474125、51608509）、中组部“青年千人计划”、博士后科学基金（2016M590670）、山东省“泰山青年学者计划”和山东省杰出青年基金（JQ201609）等项目的支持。■

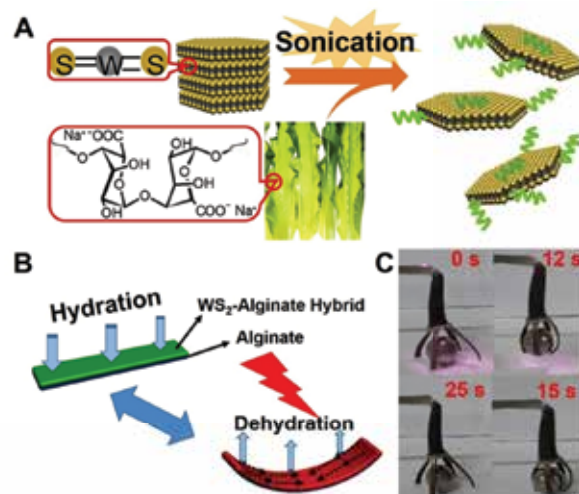


图1: (A) 海藻酸钠 (SA) 剥离WS2示意图; (B) SA/WS2杂化薄膜光热驱动示意图; (C) SA/WS2杂化薄膜构筑光驱动仿生抓手。

## 研究所发明简易高效的单细胞分选与测序对接技术

单细胞中心研究人员发明了一种名为“FOCOT (Facile One-Cell-One-Tube)”的方法，能够精确、高速、低成本地分离、获取与分装单个微生物细胞，从而与单细胞测序直接对接。

为了满足考察自然界中细胞“原位功能”这一共性科学需求，“现场”、“实时”的单细胞分选与测序已成为生命科学装备研制领域的一个重要发展趋势。尽管第三代测序技术已经实现了仪器微型化，但是与测序对接的单细胞精准分选装备却仍然相当笨重和昂贵，难以支撑各种科学考察中针对微生物组功能的“现场分析”。最近，单细胞研究中心马波研究员带领的微流控系统团队，通过设计简易高效的单细胞分选与测序对接装置，实现了每个试管有且只有一个细胞（“One-Cell-One-Tube”），有望服务于“现场”、“实时”乃至

“便携式”的单细胞分选与测序。

细胞是地球上生命的功能单元和进化单位，因此单细胞分选与测序技术能够在最“深”的精度解析生命的功能机制与进化历程。在微生物世界中，各种生境下微生物细胞的“原位活性”深刻地塑造着地球生态系统，但这些活性在样品转移与运输过程中往往发生难以预测的变化，在实验室环境下也通常难以准确保存与严格复制，因此“现场”、“实时”的单细胞分选与测序已成为微生物组方法学领域的共性挑战。

与人体和高等动植物细胞相比，微生物细胞通



常更小（0.1–10 微米），更加难于精准操纵，因此分离获取目标单细胞、并且实现测序反应要求的“**One-Cell-One-Tube**”是一个关键难点。目前的自动单细胞分离方法大多依赖于昂贵且体积庞大的荧光流式细胞分选仪（FACS）；而现有的手动单细胞分离和测序方案，在依赖于操作人员熟练程度的同时，同样需要显微单细胞移液平台、激光光镊等同样难以随身携带的大中型仪器。此外，单细胞分选及核酸制备过程极易受到环境中飘浮微生物及其DNA的污染，而且这种污染通常难以在测序数据处理环节完全去除。因此，尽管目前MinION等第三代测序仪已经实现了便携化，微生物单细胞分选和测序仍然操作繁琐、污染干扰严重、而且难以满足“现场”、“实时”乃至“便携式”的要求。

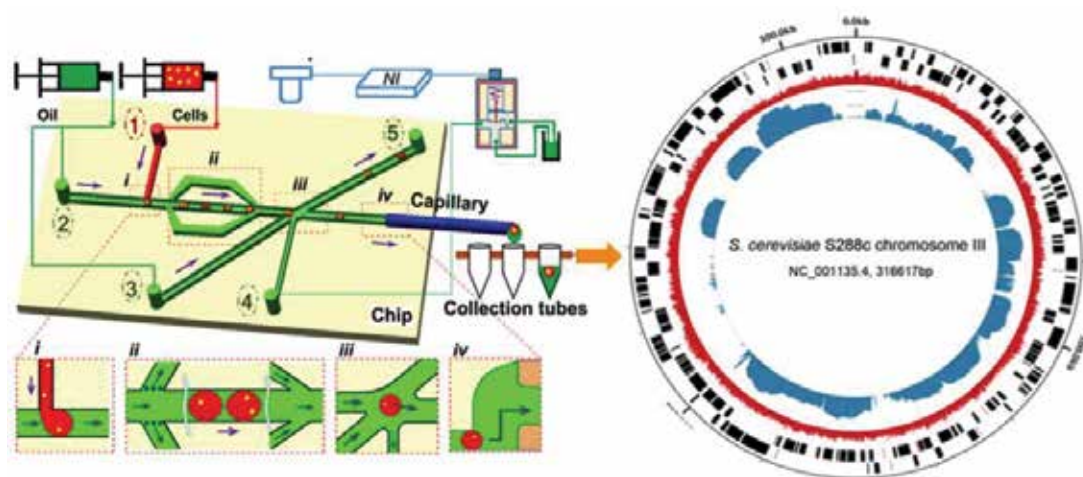
针对上述挑战，单细胞中心张强和王婷婷等发明了一种名为“**FOCOT（Facile One-Cell-One-Tube）**”的方法，能够精确、高速、低成本地分离、获取与分装单个微生物细胞，从而与单细胞测序直接对接。首先，通过微流控技术，将细胞分散包裹在数十微米直径的油包水微液滴中。其次，基于液滴显微光学成像识别技术，分选出单细胞包裹液滴。第三，将单细胞包裹液滴顺序分布于系列试管中，从而快速实现单个细胞的分离，以及每个试管有且只有一个细胞，以实现与单细胞全基因组扩增与测序的直接对接。

FOCOT平台主要有三个特色。第一，在简易方

便方面，FOCOT平台除自行设计的芯片之外，仅需要电磁阀、平板电脑和普通光学显微镜，不需外接任何高成本商品化仪器平台，具有易获取、易替换、低成本等优势。同时，模块化、小型化、操作简便的设计使得该装置适合在自然环境实地采样条件下的携带、装配和使用，也几乎不需要额外的人员培训和技术维护，因此尤其适用于面向各种极端自然环境的科学考察，也有利于在普通实验室的推广应用。

第二，在分选高效方面，FOCOT平台通过显微镜下对包裹有单个细胞的液滴的准确识别和分选，能有效避免假阳性；而且其20秒每个的分选速度，与显微单细胞移液、激光光镊等现有的商品化分选装备相比具有明显优势。同时，单细胞获取率高于90%，培养成功比例至少80%，证明该方法能有效避免芯片表面吸附所导致的输运过程中细胞流失，而且对细胞活性没有或较小损伤。

第三，在污染控制方面，FOCOT平台涉及部件少，体积小型化，相对封闭，故在实验过程中，能够方便地实现超洁净环境空间控制、芯片消毒等操作，严格控制环境DNA的污染。对分离获取的单个酵母细胞进行全基因组扩增与测序后结果显示，99%的有效序列可以与参考基因组匹配，表明该方法能有效避免环境中微生物带来的DNA污染，平均基因组覆盖率达到43.3%，与在昂贵的超净空间设施中采用FACS等大型仪器系统分离获取单细胞所获得的测序结果相当。







目前，通过耦合FOCOT与中心前期开发的单细胞拉曼成像、拉曼流式细胞分选等技术，单细胞中心正在构建一个服务于岸基、船基乃至手基等不同需求的非标记式单细胞分析装备体系，以服务于能源、环境、健康、海洋、土壤等诸多微生物组应用领域。

上述工作由单细胞中心马波和徐健共同主持完成，获得了国家基金委科学仪器基础研究专项、面上项目和中科院生物高通量分析技术服务网络（STS）

等项目的支持。■

附录：

Qiang Zhang, Tingting Wang, Qian Zhou, Peng Zhang, Yanhai Gong, Honglei Gou, Jian Xu, and Bo Ma, Development of a facile droplet-based single-cell isolation platform for cultivation and genomic analysis in microorganisms. *Sci Rep*, 7:41192, DOI: 10.1038/srep41192

## 蛋白质氢键协同性研究取得重要进展

仿真模拟团队发展了一种基于NMR H-D交换方法成功检测了IgG结合蛋白质GB3  $\alpha$ -螺旋主链氢键的协同性。

复杂的非共价相互作用网络对于维持蛋白质结构，实现蛋白质的功能至关重要。作为最常见的非共价作用，氢键网络的耦合或者协同性是非常复杂的，相应的实验研究也非常的困难。仿真模拟团队发展了一种基于NMR H-D交换方法成功检测了IgG结合蛋白质GB3  $\alpha$ -螺旋主链氢键的协同性。其主要原理是蛋白质主链氢键N-H...O=C由H交换成D后，其氢键强度会削弱，进而会引起其他氢键的响应，这种响应可以利用化学位移变化进行检测。并通过点突变、pH调节、温度调控来改变H-D的交换速度，将相应H-D的交换速度与氨基酸的化学位移变化进行拟合，进而可以定量描述不同氢键之间的协同关系。

研究表明：对某个位点*i*的氢键扰动会影响到*i*-3到*i*+3位点的六个氢键，这些氢键和位点*i*的氢键存在一个正协同效应（图1）。进一步的量子化学计算表明，这一协同效应主要来源于静电极化。该极化作用改变了形成氢键肽平面的偶极矩进而影响其所成氢键的强度。该工作首次实现了在蛋白质 $\alpha$ -螺

旋上的氢键协同性检测。这一技术也可以用于 $\beta$ 折叠片或者其他生物分子如DNA和RNA氢键协同性质的研究。

以上研究由仿真模拟团队姚礼山研究员主持完成，获得国家自然科学基金的

附录：

Jingwen Li, Yefei Wang, Jingfei Chen, Zhijun Liu, Ad Bax, and Lishan Yao. Observation of  $\alpha$ -Helical Hydrogen-Bond Cooperativity in an Intact Protein. *Journal of the American Chemical Society*, 2016, 138, 1824-1827.

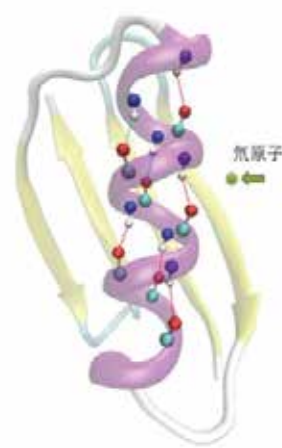


图1：H-D交换引起的周围氢键的响应

## 项目1：高性能中空纤维沼气分离膜及膜法沼气提纯制压缩天然气工艺开发

### 技术优势：

与传统分离方法相比，膜分离过程具有设备体积小、能耗低、投资低、操作维修便捷等优点，更为重要的是膜分离技术也更加安全，容易规模化放大，不添加额外的有害化学物质，再处理规模不太大，而且二氧化碳含量较高的沼气净化过程中更具优势。膜分离法提纯沼气可以使产品气甲烷浓度达到95%以上，回收率高于92%。而且与水洗、吸收等方法相比，无需大量水或化学吸收剂，操作压力低，对外部环境要求低，并且为模块化系统，在气源枯竭或需要另外选址时，容易搬迁移动。

### 性能指标：

以进料组成为54%CH<sub>4</sub>、44.7%CO<sub>2</sub>、0.3%O<sub>2</sub>、1%N<sub>2</sub>的垃圾填埋场沼气为例，经过2级膜处理后，甲烷浓度可以达到96.4%，CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>含量则分别降低到1.62%、0.19%、0.76%，完全符合车用压缩天然气或管网天然气的技术指标。

### 市场分析：

以产沼气400Mm<sup>3</sup>/h的垃圾填埋场利用膜法制备压缩天然气（CNG）为例进行投资预算及效益分析：

#### （1）工程规模：

每天产沼气量为：400Mm<sup>3</sup>/h × 24h = 9600 Nm<sup>3</sup>/d

制备的CNG为：5520 Nm<sup>3</sup>/d

#### （2）投资预算及效益分析：

序号	项目	单价	
1	投资成本		
1.1	前处理单元	132	万元
1.2	膜组件	83	万元
1.3	CNG压缩机	70	万元
1.4	CNG储气瓶组	40	万元
1.5	仪表及控制、电气、安装及其他费用等	250	万元
	合计	575	万元
2	操作成本（操作时间 8000h/a）		
2.1	脱硫剂	2.25	万元/年
2.2	沼气压缩机	35.84	万元/年
2.3	空冷器风机	2.24	万元/年
2.4	膜组件更换费用	16.5	万元/年
2.5	CNG压缩机	16.8	万元/年
2.6	设备折旧	41.5	万元/年
2.7	人员费用	50	万元/年
2.8	合计	165	万元/年
2.9	操作成本/Nm <sup>3</sup> 原料气	0.52	元
3	回收价值		
	CNG	552（230 Nm <sup>3</sup> /h、3元/m <sup>3</sup> ）	万元/年
4	年利润	386.88	万元
5	投资回收期	1.5	年

**合作方式：**合作开发、技术入股

**联系方式：**江河清，0532-80662716、jianghq@

qibebt.ac.cn

## 项目2：植物医用淀粉胶的开发

（授权专利：ZL 201410077779.7、201410077833.8）

### 技术优势：

（1）以低价易得、安全可靠的淀粉为原料替代价格昂贵的明胶生产药用胶囊（明胶胶囊5-7万，纤维素胶囊7万，淀粉胶囊成本<5万）；

（2）以成熟胶囊生产设备和生产工艺为基础，设计淀粉胶系统，不需要投入大量资金和物力开发新设备和工艺,缩短产业化进程。

### 性能指标：

淀粉胶产品黏度不高于2500cps,所得淀粉胶囊强度不低于40Mpa,崩解时间不超过10分钟，满足药用胶囊国家标准。

### 市场分析：

随着纯天然概念的深入，消费者愈加崇尚自然健康的产品，淀粉胶囊顺应“自然、健康”的理念，正成为胶囊剂型的新选；同时，对制药和功能食品企业而言，采用植物胶囊可为其产品区分和品牌价值提升提供更多的可能性。

据统计，2007年，全球空心胶囊总销量已经超过3100亿粒，其中94%是明胶空心胶囊，而另外6%则来自于非动物源性胶囊，即植物空心胶囊，其年增长率超过25%，到2009年，植物空心胶囊的销量已达到300亿粒左右。2012年仅中国空心胶囊销量已超过3000亿粒，约占世界总量的30%，其中植物胶囊不高于10%。非动物源性空心胶囊销售的大幅增长，反映了国际上崇尚天然产品的消费趋势。仅以美国为例，“从未吃过动物源性产品”的人口有7000万，有“素食意愿”的人口占总人口的20%。除了天然概念之外，非动物

源性空心胶囊还具有各自独特的技术特点，如植物空心胶囊含水量极低，韧性好，适合于吸湿性与水分敏感性的内容物。

淀粉原料天然、安全无毒，可生物降解，生产工艺简单，因此植物淀粉胶囊具有不可比拟的性能及价格优势，使其具有更大的市场需求。

**合作方式：**技术入股、转让、专利授权许可

**联系方式：**姜义军，0532-80662726、  
jiangyj@qibebt.ac.cn

**附图：**淀粉胶囊产品





# 1

## 刘伟平调研研究所

2月9日,中国科学院党组副书记、副院长刘伟平参加研究所领导班子成员调整民主推荐工作,期间调研相关实验室并与所领导班子成员和科研管理骨干就研究所的发展进行座谈。

刘伟平调研了研究所单细胞中心实验室,听取了徐健研究员的工作汇报。在研究所展厅详细听取了彭辉副所长介绍的研究所发展历程,咸漠、崔光磊、吕雪峰分别介绍了研究所在生物材料、储能、微生物藻类资源等领域的科研进展情况汇报。

刘伟平对青岛能源所10年来的建设和发展所取得的成绩表示肯定,希望研究所要认真总结10年发展的成功经验,团结一致、充满信心,继续推进研究所的科研事业发展迈上新的台阶。并就如何贯彻落实院党组的部署,做好下一步与大连化学物理研究所的融合发展提出三点要求:一是要从全局和大局出发,充分认识、坚决拥护院党组的决策部署,积极抓住发展机遇,通过融合发展推动研究所做大做强。二是要发扬改革创新精神,坚持互补共赢的科研创新机制,发挥两所融合发展的最大效能;坚持既定的优势发展方向,不断凝练和优化“一三五”规划;坚持人才强所,用足用好人才政策,培养和凝聚更多优秀人才,补齐创新链上的人才短板,在融合发展中实现更大的创新发展。三是融合后的领导班子要充分调动全所上下的力量,在凝心聚力上发挥更好作用。研究所党委要发挥好政治核心和监督保障作用,着力推动“两学一做”常态化制度化,引导广大党员增强“四个意识”,牢固树立为“两个一百年”奋斗目标多做奉献,当好人民科学家、办好人民研究所的理念。同时也要发挥好学术委员会、职代会的作用,各司其职、群策群力去思考和谋划改革和科研发展,扎实推进融合发展的各项工作。

研究所领导班子将带领全体职工和学生,坚决执行院党组关于两所融合发展的战略决策,积极探索两所融合发展的新模式。



## 2

## “微生物组大数据搜索引擎”入选“2016年中国医药生物技术十大进展”

由中国医药生物技术协会和《中国医药生物技术》杂志共同主办的“2016年中国医药生物技术十大进展评选”揭晓。单细胞研究中心研发的“微生物组大数据搜索引擎”(Microbiome Search Engine; MSE)入选。

该评选分为推荐申报、公众评选、专家审评和新闻发布4个环节。为了体现评选的专业性和权威性,21个候选项目被提交至相关领域的10名院士进行专家函审,根据项目是否具有技术创新性突出、经济效益或社会效益显著、推动行业科技进步作用明显等标准进行不记名投票,最终确定本年度的中国医药生物技术十大进展。

MSE是单细胞中心生物信息团队负责人苏晓泉与中心主任徐健等主持研发的,获得了科技部863、国家自然科学基金、山东省自然科学基金领军人才前瞻性研究专题等的前期支持。

## 研究所大型仪器共享研发项目获批数位居青岛市科研院所第一

## 3

青岛市科技局开展了大型科学仪器共享研发项目奖励工作,对加盟青岛市大型科学仪器共享服务平台的大型科学仪器管理单位,就大型科学仪器及设施分析测试方法研究、分析测试标准制定、仪器新功能开发、仪器升级改造等四类技术研发项目进行评审和择优奖励。

经过形式审查,专家评审,2017年度共有来自高校、科研机构、企业的22个共享研发项目获批,其中研究所条件保障部申报的5项全部获批,占总项目的23%,获批项目数为青岛市参评单位第一,得分前十中有四项,分列第1、4、5、9位。条件保障部公共实验室以服务所内科研实际需求为根本宗旨,以需求为牵引,通过《仪器分析实验技术专刊》、设立实验技术系列讲座等举措,提升仪器主管技术能力和专业水平,凝练分析测试新方法、新技术,从而更好地为团队提供分析测试服务。此次青岛市大型科学仪器共享研发项目奖励工作是对相关工作的肯定。

此外,公共实验室多年连续获得青岛市大型仪器共享先进单位、多个机组和个人获先进机组和个人荣誉称号,在近日青岛市科技局公布的大型仪器共享补贴中位列青岛市总第6位,高校科研院所第1位。



## 4

### 中科能源与材料创新中心建成将启用

1月8日,由青岛能源所与泰科达科技公司签约共建的“中科能源与材料创新中心”一期12000平米的育成空间建成并即将投入使用。

共建创新中心是研究所全面推动十三五规划实施、促进成果转化和创新创业发展的重要举措。创新中心由中科院青岛育成中心牵头组织,围绕绿色能源与先进材料领域集聚科技产业化项目、创新创业团队等科技资源,为更好地服务创业团队和项目转化,育成中心将联合泰科达组建专业团队,创新运营模式,灵活配置资源,发起成立种子基金,构建创新创业生态,在两年内分别申报认定为区、市两级孵化器,并争取必要政策支持。

创新中心的整体建设规划为30000平米,一期建成后可容纳引进高新技术创业项目100个以上。创新中心的建成启用将为研究所的科技创业项目就近落地、集聚发展创造良好的生态环境。

### 青岛市发改委党组成员、市蓝办主任任振刚一行调研研究所

## 5

近日,青岛市发改委党组成员、蓝办主任任振刚,节能办副主任纪中华,重点办主任戚永战,节能办副处长林群,高新处主任科员宋小杰一行到研究所调研。副所长彭辉、许辉,所长助理郑永红及科技发展部、技术转移部、条件保障部、育成中心等部門相关人员参加座谈。

任振刚主任对研究所在科技成果产出、高层人才集聚等方面取得的成绩给予了充分肯定,对研究所服务地方社会经济发展所做出的贡献表示赞赏,并对研究所在低碳工作中给予发改委提供的技术支撑表示感谢。希望双方今后加强交流,充分发挥研究所在低碳领域的人才和技术优势,为区域低碳技术和产业的发展提供更大支撑。

通过此次交流,进一步明确了合作方向和内容,为后期工作的开展奠定了良好的基础。

## 研究所党委开展“两学一做”专题民主生活会

1月9日，研究所党委组织了钱行“两学一做”精神，增强发现和解决问题的能力专题民主生活会。沈阳分院分党组书记姬兰柱，院长助理、组织人事处处长毕伟到会指导。

吕雪峰副书记代表所领导班子，按照“两学一做”精神要求，从理想信念、政治纪律和政治规矩、作风建设、担当作为、组织生活、落实从严治党等方面进行了全面的剖析，对存在的不足提出了明确的整改措施。所领导班子成员对自身进

行了全面的对照检查，班子成员之间坦诚地开展了批评与自我批评，进一步凝聚了要团结共进，努力创新，为研究所更好地创新发展达成共识。

分党组书记姬兰柱充分肯定了研究所民主生活会的组织过程，指出在研究所发展面临重大挑战的时期，所领导班子勇于担当，团结奋进，带领研究所取得了新的成绩。班子成员相互之间坦诚交流，凝聚共识，成为研究所发展的核心。研究所

已经形成了积极、务实、和谐的文化氛围，“格物致知、笃志行远”的创新文化理念已经形成了较强的文化凝聚力。他同时要求研究所领导班子在今后的工作中要进一步加强自身建设，重视后备干部的培养；进一步研讨、凝练学科布局，抓人才促重大成果产出，同时要全面落实好党建第一责任人的责任，落实好党风廉政建设“一岗双责”的责任体系，促进研究所全面健康快速的发展。■

## 生物能源二级所党总支召开专题组织生活会

2月14日，生物能源所党总支组织全体党员召开了“两学一做”专题组织生活会并开展民主评议党员工作，青岛能源所党委副书记吕雪峰代表所党委到会指导。

生物能源所党总支书记周功克同志首先代表党总支委员会作了对照检查发言，回顾了过去一年党总支组织党员开展“两学一做”学习教育活动方面的情况，也总结了党总支班子在工作上的不足，对党总支将来的

工作提出了具体的要求。

随后，由党委副书记吕雪峰和总支书记周功克同志带头，到会党员依次对照“四讲四有”合格党员标准进行自我批评，做出自我评价，接受其他党员民主评议。大家纷纷表示接下来要主动加强党的理论学习，积极参加党员活动，提高个人修养，进一步做好科研本职工作。

党委副书记吕雪峰同志作了总结发言。在发言中，他肯定了党总支

过去一年在“两学一做”和创建先进基层党组织方面取得的成绩；并对党总支在发展党员、服务中心科研工作方面提出了新的要求；进一步强调了做“四讲四有”合格党员在提高个人党性修养和业务成绩方面的重要性；勉励大家进一步坚定理想信念，围绕院党组决策部署和研究所发展战略布局，各尽所能，团结协作，争取个人事业和研究所发展更上一层楼。■

## 管理部门党支部认真开展“两学一做”专题组织生活会和民主评议党员活动



2月17日,按照《中共中国科学院青岛生物能源与过程研究所委员会关于在“两学一做”学习教育中召开专题组织生活会和开展民主评议党员的通知》要求,管理部门党支部认真开展了“两学一做”学习教育专题组织生活会和民主评议党员活动,会议由张瑞东支部书记主持,支部全体党员参加了会议。

会议按照“自我批评、互相批评、民主测评”的形式,首先由张瑞东代表支委会作对照检查发言,通报党支部班子查摆问题、开展批评和自我批评情况。随后党支部党员逐一以“四讲四有”、研究所合格党

员标准为标尺,结合自身工作职责、工作作风和政治思想等方面的表现,认真进行了深刻对照检查和自我剖析,积极开展了批评与自我批评。最后与会者采取测评表测评的方式,对全体党员进行了民主投票测评。

党员民主评议后,研究所党委委员滕晓龙作总结点评,他首先肯定了管理支部“两学一做”工作,学习教育活动中无论规定动作还是自选动作都有创新性,组织活动新颖生动。随后他强调,“两学一做”学习教育是继党的群众路线教育实践活动、“三严三实”专题教育之后,

党内教育的深化延伸。管理部门党支部党员要牢记把握合格党员标准,每名党员要以“四讲四有”为标尺,以学促做抓落实,“知行合一”扎实工作,在研究所新发展时期主动作为,形成合力,提升管理部门整体战斗力,做好应有的模范带头作用。

与会党员一致认为,通过召开组织生活会和民主评议活动,开展批评和自我批评,直面问题、坦诚相见,进一步增进了相互之间的思想和认识交流,看到了彼此之间的差距和需要解决的问题,进一步增强了党组织的凝聚力和归属感。■





## 凤凰网：富功能生态鸡蛋走上岛城市民餐桌

科技进步为人们的生活带来更多的便利，在日常饮食中潜移默化补充多种营养素（即营养素食品化）成为趋势及潮流。新一代绿色、健康、营养强化食品——富含DHA、ARA等智慧营养及虾青素、角鲨烯等功能脂质的鸡蛋正在逐渐走进大家的生活。

### 多不饱和脂肪酸有益于人体健康 国人普遍摄入不足

多不饱和脂肪酸（英文缩写：PUFA）是一类对人体有重要生理功能的营养成分，其中花生四烯酸（ARA）及二十二碳六烯酸（DHA）是目前应用广泛的典型代表。多不饱和脂肪酸的作用贯穿着人的一生。在妊娠期间补充多不饱和脂肪酸可以促进婴儿的大脑发育和视网膜成熟，优化孕期长度；儿童时期可以提高记忆力和认知能力；成年后，多不饱和脂肪酸可以改善视觉疲劳并降低心血管疾病的风险；老年后，增加多不饱和脂肪酸的摄入可以降低罹患老年痴呆症、糖尿病等疾病的风险。

发达国家一向重视DHA、ARA的研究、生产和使用，国际推荐DHA的每日摄入量为300mg。由于地理环境和饮食习惯的差异，中国居民（特别是内陆居民）从日常膳食中摄取多不饱和脂肪酸的量远低于权威机构建议水平，例如DHA的平均摄入量每天不到37mg。因此，需要通过专门的DHA及ARA产品补充。另外，由于ARA和DHA共同服用具有增效作用，我国国家标准GB10765-2010《食品安全国家标准婴儿配方食品》中规定在婴幼儿配方食品中DHA和ARA要同时使用。



### 生产富功能脂质营养强化型鸡蛋 已实现工业化生产

传统的DHA主要来源是从深海鱼类中提取（深海鱼油），但鱼类本身并不合成DHA等多不饱和脂肪酸，而是将DHA的直接生产者海洋微生物（如海洋微藻）通过消化吸收并经食物链传递富集。由于海洋污染日益严重、过度开发导致深海鱼类资源逐步匮乏，深海鱼类来源的DHA难以持续。中国科学院青岛生物能源与过程研究所的相关研究团队从自然海洋环境中选育了高产DHA、ARA、EPA等多不饱和脂肪酸的海洋微藻，并实现了安全、清洁的工业化生产流程，这一新型绿色环保、低成本的多不饱和脂肪酸生产技术可以用于研发营养强化食品，为广大的普通群众提供便利，促进我国公共健康事业的发展。

禽蛋为人们经常食用的食品，含有丰富的营养物质，营养价值极高。每500g鸡蛋中，含蛋白68.2g、脂肪58g、矿物质55g。鸡蛋中含有丰富的脂肪（约12%），这些脂肪不仅利于消化吸收，同时又是多种脂溶性维生素的载体，对维持人体的正常生理功能，促进生长发育具有十分重要的作用。

但是普通鸡蛋中多不饱和脂肪酸，特别是花生四烯酸（ARA）和二十二碳六烯酸（DHA）含量很低。因此食用普通鸡蛋对补充人体多不饱和脂肪酸摄入不足所起的作用很小。另外，由于蛋黄中含有较高的胆固醇，一定程度上影响了鸡蛋的消费。多项研究表明通过在家禽日粮中添加富含PUFA的饲料可降低蛋黄中胆固醇的含量，且PUFA在蛋中具有较好的稳定性，食用富含PUFA的鸡蛋可以显著降低血浆和肝脏中总胆固醇水平。

中科院青岛生物能源与过程研究所开发的富功能脂质营养强化鸡蛋技术采用了隐甲藻、金藻、微拟球藻等海洋微藻品种，以及高山被孢霉等真核微生物来制备蛋鸡强化饲料，经饲喂

后就可实现DHA、ARA及其它功能脂质营养强化鸡蛋。这种方法具有成本低，可大面积推广的特点，适合普通大众的消费且不影响日常生活习惯。

相比于市面上其他鸡蛋，中国科学院青岛生物能源所研发的这种鸡蛋实现了不同营养元素的多重富集，具有很好的协同增效作用，可以根据不同人群的需求定制不同富集种类及浓度的生态鸡蛋，每天1-2个鸡蛋即可满足大部分人群对DHA的需求；同时具备安全稳定的产品质量，以安全无害的海洋微藻为饲料原料，无重金属及有机物污染风险。■

摘自2017年1月17日凤凰青岛

## 万米深海之下还能充放电 首次进行全海深示范应用

# 青岛日报：青能所固态锂电池进军马里亚纳海沟

□青岛日报/青岛观/青报网记者 王 嫔

本报讯 由中科院青岛生物能源与过程研究所研发的固态锂电池随中科院深海所的深潜器出海，启程远赴马里亚纳海沟进行全海深示范应用。据悉，这是我国首个自主研发可应用于深潜器的高能量密度、高性能全固态锂电池，即使在万米深海之下依然能够安全稳定地充放电。

长期以来，人们使用的锂电池基本都是液态锂电池。液态锂电池工艺成熟、生产效率高、传导效果好，但同时也存在易漏液着火爆

炸的安全隐患，因而科研人员一直在综合性能更高的固态锂电池研究方面孜孜以求。依托青能所建设的青岛储能产业技术研究院研发团队在陈立泉院士和国家杰出青年科学基金获得者崔光磊的带领下，针对固态电池发展中固界面阻抗过大的瓶颈问题，创造性地提出了“刚柔并济”聚合物电解质的设计理念，创新性地构建了复合电解质材料体系，制备出一系列综合性能优异的固态聚合物电解质体系，研发出全



新的高能量密度全固态锂电池。

据了解，这种全固态锂电池的能量密度已经达到300瓦时/千克，商业化应用价值是目前液态锂电池的2倍。通过五次穿钉实验，固态电池并未起火和爆炸，安全性能极佳，而且在拔除钉子后电压有所恢复，再一次彰显出固态电解质良好的自修复性能和安全性能。相关技术已申请中国发明专利29项，国际PCT专利3项。

“由于深海的压力巨大，深潜器下海搭载高能量密度、高安全性全固态锂电池是最理想的能源动力。”据青能所锂电池研发团队的科研人员介绍，2016年12月初他们研发的固态锂电池已经通过了中科院深海所11000米模拟压力舱120兆帕在线压力测试。此次随科考船远赴马里亚纳海沟，是首次进行全海深示范应用。■

摘自2017年1月16日《青岛日报》

将使钙钛矿器件从实验室走向产业化

## 青岛日报：青能所提出钙钛矿太阳能电池薄膜气体修复技术

□青岛日报/青岛观/青报网记者 王 嫔

本报讯 记者从中科院青岛生物能源与过程研究所获悉，青岛储能产业技术研究院在钙钛矿膜材料制备方面取得阶段性进展，提出了钙钛矿太阳能电池薄膜的气体修复技术，为钙钛矿器件从实验室到产业化快速过渡奠定了坚实的基础。

有机—无机钙钛矿材料是钙钛矿太阳能电池、光敏器件的关键材料，应用前景广阔。近年来，发展大面积高度均匀的钙钛矿薄膜制备技术是有机—无机钙钛矿材料实现产业化应用的首要问题。青能所青岛储能院与美国布朗大学、美国可再生能源实验室紧密合作开发了甲脒铅碘新钙钛矿材料体系，提出了钙钛矿太阳能电池薄膜的气体修复技术。

青岛储能院研究开发了物理方法精确控制有机离子和分子交换工艺，为将来制备高效率钙钛矿



太阳能电池提供了重要技术支撑。在调控有机单元修复钙钛矿薄膜缺陷结构方面，首次提出了甲胺气体后修复技术，该工艺是目前最有效的制备大面积钙钛矿薄膜的新技术，为改善薄膜质量提供了新途径，《科学》杂志就此进行了亮点报告。■

摘自2016年12月12日《青岛日报》





中国科学院

青岛生物能源与过程研究所

[www.qibebt.cas.cn](http://www.qibebt.cas.cn)

中国科学院青岛生物能源与过程研究所  
QINGDAO INSTITUTE OF BIOENERGY & BIOPROCESS TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES