

# 洁净能源领域动态监测快报



## 本期重点

- 国际能源署：生物能源技术的可持续发展路线图
- 2018 年中国生物质能源行业现状分析
- 美国科学家拟通过开发新的生物质产品来全面替代石油
- 蓝细菌光合细胞工厂开发的新视角---工业过程导向的代谢工程（iPOME）
- 青岛能源所研究人员实现 100% 光学纯 D-乳酸的生物合成
- 青岛储能院在高安全性阻燃隔膜和阻燃电解质领域取得系列进展
- 上海市生物柴油试点销售扩大到 200 个加油站

主办：中国科学院青岛生物能源与过程研究所

主管：中国科学院文献情报系统学科情报协调组

## 目 录

### 决策参考

美国能源信息署（EIA）更新 2018 年 2 月份生物能源预测报告 .....	1
国际能源署：生物能源技术的可持续发展路线图 .....	2
2018 年中国生物质能源行业现状分析 分布式热电联产受重视 .....	4

### 科技前沿

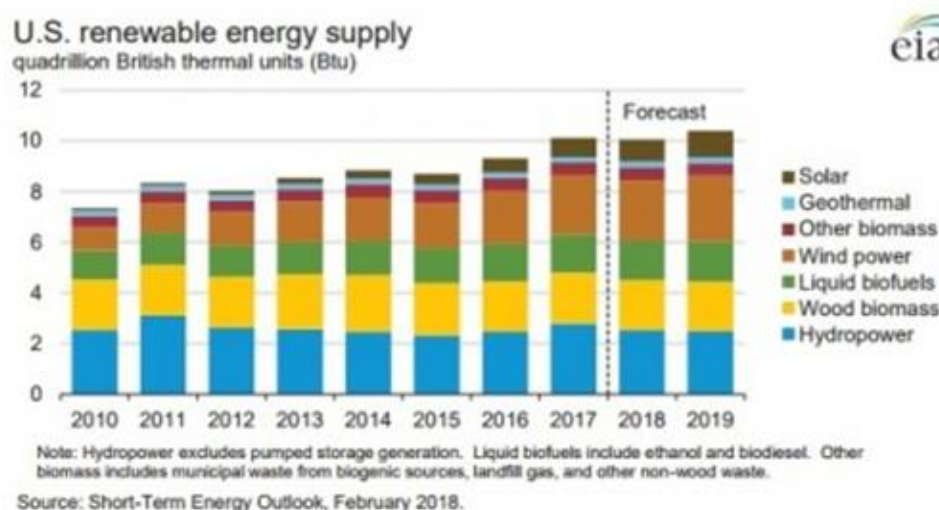
美国科学家拟通过开发新的生物质产品来全面替代石油 .....	8
科学家仿效蝴蝶翅膀结构开发高效太阳能电池 .....	9
工业生物技术基础研究助推我国生物产业快速发展 .....	9
蓝细菌光合细胞工厂开发的新视角---工业过程导向的代谢工程（iPOME） ...	10
青岛能源所实现纤维小体原位关键酶的纯化及解析 .....	13
青岛能源所研究人员实现 100% 光学纯 D-乳酸的生物合成 .....	15

### 产业动态

研究显示：美国生物质原料年产可达十亿吨 .....	16
日本养鸡场用鸡粪发电获得成功 .....	19
全额消纳：河北清洁能源发电近 54 亿千瓦时 .....	20
上海市生物柴油试点销售扩大到 2 0 0 个加油站 .....	21
青岛储能院在高安全性阻燃隔膜和阻燃电解质领域取得系列进展 .....	22

### 美国能源信息署（EIA）更新 2018 年 2 月份生物能源预测报告

美国能源信息署(EIA)发布了其短期能源展望 2 月版，预测 2018 年和 2019 年非水电可再生能源将提供全美发电量的大约 10%。



预计在 2018 年和 2019 年，木质生物质可提供每天约 115,000MWh 的电力。预计今年废弃生物质能源每天将产生大约 59,000MWh 的电力，明年每天将增加到 60,000MWh。

电力行业预计 2018 年消耗大约 0.286 万亿 Btu(英热单位)的废弃生物质，明年将增加到 0.291 万亿 Btu。预计该行业今年消耗木质生物量为 0.227 万亿 Btu，2019 年降至 0.226 万亿 Btu。

2018 年和 2019 年，工业行业预计每年将消耗 0.165 万亿 Btu 废弃生物质。而木质生物质消耗量预计 2018 年为 1.243 万亿 Btu，2019 年则下降到 1.239 万亿 Btu。

目前，商业行业预计 2018 年和 2019 年每年消耗 0.045 万亿 Btu 废弃生物质以及 0.08 万亿 Btu 木质生物质。

预计住宅行业今年将消耗 0.413 万亿 Btu 木质生物质，明年将增加至 0.42 万亿 Btu。

信息来源: <https://www.china5e.com/news/news-1021498-1.html>

# 国际能源署：生物能源技术的可持续发展路线图

## 引言

2015 年 12 月，巴黎气候大会通过的《巴黎协定》为 2020 年后全球如何应对气候变化做出安排。该协定表示各方应加强应对气候变化带来的威胁，要把全球平均气温较工业化前水平升高控制在 2°C 之内。2018 年 2 月，国际能源署发布《生物能源技术的可持续发展路线图》（Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy），阐述了生物能源在 2°C 要求下的新发展。

生物能源是当今可再生能源的主要来源，它可为发电、工业、建筑供暖、运输等提供能源。国际能源署表示，为兑现全球气候变化的承诺，现代生物能源将是未来低碳全球能源系统的重要组成部分。但是，现阶段的生物能源开发水平远低于国际能源署的要求，因此，有关国家有必要加快生物能源技术的可持续发展。

## 1 什么是生物能源？

过去的数千年中，人类通过燃烧庄稼等有机物质，即生物质，在一定程度上满足对能源的需求。但是，随着社会的不断发展，人类逐渐意识到这样获取能源的方式是“不可持续发展”的，燃烧效率低，排放出的气体有害健康与环境。现代的科学技术正在尝试将这些生物质转化成固体、液体或气体等形式，代替化石燃料，提高能源转化效率，降低对环境和人类的危害。

可产生生物能源的生物质种类非常多，如有机废水，包括污水、污泥，动物粪便，都市固定废弃物中的有机组成部分，农业、工业副产品或废弃物，木材，粮食作物，包括玉米、小麦、糖、植物油等，以及部分非粮食作物，如多年生木质纤维素植物等。

## 2 生物能源的转化

生物质转化为能源要进行若干步骤，生物质的类型、地理位置、转化过程采用的技术手段等因素都会导致生物能源的转化步骤有所不同。

通常来说，生物能源的转化过程可分为三个阶段：

- （1）燃料准备阶段。通过改变生物质的物理性质，使燃料的过程更易于处理，提高燃料的能量密度。
- （2）预处理阶段。改变原料的化学性质，生产出更易于转化的中间产品，方便终端产品的使用。
- （3）转换阶段，产生热能、电能，或二者兼有。

### 3 生物能源的应用

#### 交通运输中的生物能源

近些年，加氢植物油（可再生柴油）技术已经在市场上得到开发。它的原料多为油料和动物脂肪饲料的废弃物，能更好地适应寒冷天气。

#### 电力中的生物燃料

根据 2℃ 的要求，电力行业也开始尝试利用生物能源发电。其基础是固体燃料的直接燃烧，或利用厌氧消化和热气化的气体，亦或利用发动机或涡轮机中的废气和废渣。如今，基于气化和有机朗肯循环的发电系统正在进行小规模商业开发，但是，从长远看来，仍需要大力改进系统性能，降低成本。

#### 热力中的生物能源

高温环境下的应用：根据 2℃ 的要求，未来，高温环境工业中的生物能源使用比例将会加大，如水泥制造中将使用更多的生物燃料废弃物。但是，到目前为止，生物能源在其它高温工业中的应用仍很有限，尽管巴西的钢铁制造工厂开始尝试使用生物能源，但是还没有在世界范围内取得规模性成果，其主要原因在于部分地区生物质资源规模有限，燃料的供应和容量受到一定限制。

中低温环境下的应用：2℃ 拓宽了生物能源在温度相对较低的工业领域的应用，如造纸业、食品制造业，以及非能源密集型工业等领域。开发利用过程残留物和液体废水，提高热能生产率。在建筑领域，由于 2℃ 的要求，住宅楼和写字楼的传统供暖方式将在很大程度上受到限制，并将逐步采用低碳的生物能源。从长远来看，除偏远地区外，生物能源会在城市供热和制冷系统中发挥重要的作用。这些生物能源将与太阳能、地热能等其它能源为工厂、商住楼供暖提供所需能源。

### 4 促进未来生物能源技术可持续发展的关键

虽然生物能源在电、热、交通等领域的发展还远低于 2℃ 的要求，但为实现《巴黎协定》的承诺，各国要进一步推动实现生物能源技术的可持续发展。

为生物能源技术开发提供保障：实现 2℃ 需要大量适合市场运作的成熟生物能源技术和新科学技术。目前，人类已经在技术上取得一定成果，如利用植物油的废气和残渣、纤维素乙醇、气化、合成气转化等。为实现这些技术的可持续发展，相关各国政府需要在政策和资金等方面保证支持力度，如降低或减除化石燃料生产及使用的补贴；在税收和广泛的监管体系中，系统性地消除低碳能源生产的障碍等。

提高可持续发展的生物质原料的供给：为实现生物能源原料增长，即从目前的 23 艾焦耳到 2060 年的 128 艾焦耳左右，仅依靠废弃物做生物质原料是远远不够的，相关各国仍需要扩大生物质原料的来源，如通过技术创新，优化生命周期碳收益，在减小土地压力的基础上提高能源作物的产量，提高生物资源中碳的使用效率，生

物炭与可再生能源产生氢气结合使用等。

提高国际生物能源技术可持续发展的共同开发：目前，很多国际组织都有意愿开发生物能源。未来的国际倡议将以现有生物能源发展为基础，让更多的国际发展、环境和金融组织参与，建立必要的技术开发和监管机制，提高可持续生物能源的投资水平，共同推动生物能源技术的可持续发展，实现可持续发展的目标。

信息来源：<http://mp.weixin.qq.com/s/MRfbQIMbJzrYU8N1YUcSJw>

## 2018 年中国生物质能源行业现状分析 分布式热电联产受重视

生物质能源发电量和发电装机容量均得到快速发展 生物质能源在我国可再生能源中的比重逐步扩大

根据前瞻产业研究院发布的《2018-2023 年中国生物质能源行业市场前瞻与投资规划深度分析报告》监测的数据显示，到 2016 年底，全国生物质发电并网装机容量 1214 万千瓦(不含自备电厂)，占全国电力装机容量的 0.7%，占可再生能源发电装机容量的 2.1%，占非水可再生能源发电装机容量的 5.1%。2016 年，全国生物质发电量 647 亿千瓦时，占全国总发电量的 1.1%，占可再生能源发电量的 4.2%，占非水可再生能源发电量的 17.4%。

截至 2016 年底，共有 23 个省(区、市)投产了 254 个农林生物质发电项目，装机容量 636 万千瓦，占可再生能源发电装机容量的 1.1%，占非水可再生能源发电装机容量的 2.7%;年发电量 333 亿千瓦时，占可再生能源发电量的 2.1%，占非水可再生能源发电量的 9.0%;年平均利用小时数 5835 小时。数据显示，截止到 2016 年底，我国生物质发电项目达到了 665 个，仅 2016 年一年内就再添 66 个项目，成为投资领域的新宠。

2018 年 1 月 24 日，中国国家能源局新能源和可再生能源司副司长梁志鹏在北京出席发布会时作如上表示，2017 年，中国可再生能源发电量 1.7 万亿千瓦时，占全部发电量的 26.4%，其中，生物质发电 794 亿千瓦时，同比增长 22.7%。截至 2017 年底，中国可再生能源发电装机达 6.5 亿千瓦，占全部电力装机的 36.6%。其中，生物质发电装机 1488 万千瓦，同比增长 22.6%。

图表 1：2015-2017 中国生物质能发电量变化趋势图(单位：万千瓦，%)



资料来源：前瞻产业研究院整理

图表 2：2015-2017 中国生物质能装机容量变化趋势图(单位：单位：万千瓦，%)



资料来源：前瞻产业研究院整理

从我国能源结构的变化情况来看，我国生物质发电占可再生能源的结构不断上升，生物质能发电的地位不断上升。2017 年我国生物质能源发电量占可再生能源发电量的比重上升了 0.5 个百分点，达到 4.7%;我国生物质能源发电装机容量占可再生能源发电装机容量的比重省市 0.2 个百分点，达到 2.3%。



图表 3：2016-2017 年生物质能源发电量占可再生能源发电量比重变化情况(单位：%)



资料来源：前瞻产业研究院整理

图表 4：2016-2017 年生物质能源发电装机容量占可再生能源发电装机容量比重变化情况(单位：%)



资料来源：前瞻产业研究院整理

我国生物质能发电资源丰富，生物质能的利用潜力大，分布式热电联产将成为主要支持发展方向

我国生物质能资源广泛，主要有农作物秸秆及农产品加工剩余物、林木采伐及森林抚育剩余物、木材加工剩余物、畜禽养殖剩余物、城市生活垃圾和生活污水、工业有机废弃物和高浓度有机废水等。

全国农作物秸秆年产生量约为 8 亿吨，除部分作为造纸原料和畜牧饲料外，大



约 3.4 亿吨可作为燃料使用，折合约 1.7 亿吨标准煤;林木枝桠和林业废弃物年可获得量约 9 亿吨，大约 3.5 亿吨可作为能源利用，折合约 2 亿吨标准煤;甜高粱、小桐子、黄连木、油桐等能源植物(作物)可种植面积达 2000 多万公顷，可满足年产量约 5000 万吨生物液体燃料的原料需求;畜禽养殖和工业有机废水理论上可年产沼气约 800 亿立方米，全国城市生活垃圾年产生量约 1.2 亿吨。

目前，中国生物质资源转换为能源的潜力约为 4.6 亿吨标准煤，已利用量约 2200 万吨标准煤，还有约 4.4 亿吨可作为能源利用;今后随着造林面积的扩大和经济社会的发展，生物质资源转换为能源的潜力可达 10 亿吨标准煤。可见，我国生物质能的利用潜力巨大。

图表 5：中国生物质能的利用潜力(单位：万吨)

资源	可利用资源量(万吨)		已利用资源量(万吨)		剩余可利用资源量(万吨)	
	实物量	折合标煤量	实物量	折合标煤量	实物量	折合标煤量
农作物秸秆	34000	17000	800	400	33200	16600
农产品加工剩余	6000	3000	200	100	5800	2900
林业木质剩余物	35000	20000	300	170	34700	19830
畜禽粪便	84000	2800	30000	1000	54000	1800
城市生活垃圾	7500	1200	2800	500	4700	700
有机废水	435000	1600	2700	10	432300	1590
有机废渣	95000	400	4800	20	90200	380
合计	/	46000	/	2200	/	43800

资料来源：前瞻产业研究院整理

而根据我国《生物质能“十三五”规划》，到 2020 年我国生物质发电总装机容量将达到 1500 万千瓦，年发电量达到 900 亿千瓦时，其中农林生物质直燃发电 700 万千瓦，城镇生活垃圾焚烧发电 750 万千瓦，沼气发电 60 万千瓦，分布式热电联产将成为主要支持发展方向。

中国生物质能联盟的专家表示，生物质发电行业不仅仅能够带来经济效益，还能实现克霾减碳、清洁供暖。未来随着生物质行业自身发展和技术进步，将逐步向热电联产方向来提高效率以减少对国家补贴的依赖。同时，国家正在推进绿证购买形式的绿电指标，国家新能源补贴资金池短缺可以通过这种社会化的方式来运作、补助生物质发电产业，生物质发电行业未来发展前景是可期的。

来源：<https://www.china5e.com/news/news-1020350-1.html>

### 美国科学家拟通过开发新的生物质产品来全面替代石油

在对植物生产可再生燃料进行 10 年调查的基础上，由威斯康星大学麦迪逊分校领导的大湖生物能源研究中心(GLBRC)最近开始了一项新的使命：开发交通燃料的可持续替代品以替代石油。

2 月 18 日，得克萨斯州奥斯汀举行的美国科学促进会年会上，GLBRC 主任兼 UW-Madison 细菌学教授 Tim Donohue 强调了开发经济上可行的生物能源技术的十年，同时期待着未来五年将建立先进燃料和生物质制品生产线。

当大多数人想到生物燃料时，首先想到的就是第一代燃料乙醇。收获的玉米粒被分解并在炼油厂发酵。生成的产品乙醇占我们储存在油箱里的汽油的 10%。

当美国能源部的生物能源研究中心在十多年前就已经提出这个构思时，GLBRC 的目标是将更多的玉米植物(构成秸秆的茎和叶)转化为乙醇，同时开发多年生植物如柳枝稷和芒草(也称为银草)转化为潜在的原料。

“结果是近 1,100 种出版物，154 项发明披露，168 项美国和国际专利申请，89 项许可证，以及五家初创公司涉及改进的生物质作物、植物解构以及用于转化的下一代催化剂和微生物的开发。” Donohue 说。

现在，GLBRC 正在进一步执行其使命。GLBRC 的目标不是生产乙醇，而是致力于设计先进的生物燃料，如异丁醇。这些“插入式”燃料可以用来替代汽油而不用去改装发动机。通过设计生物能源作物以提高其环境 and 经济价值，并开展研究来自植物生物质的多种产品，这些改进可以优化从生物能源领域到产品的过程。

分解木质生物质复杂的生物组分以提取糖，进而发酵成燃料，是该过程的一个步骤。GLBRC 研究员兼威斯康星大学麦迪逊化学与生物工程学教授 James Dumesic 发现了一种用  $\gamma$ -戊内酯(一种来自植物本身的化学物质)来做到这一点。

GLBRC 的科学家和工程师也正在改善专用生物能源作物的产量和加工特性，以便在边缘或非农业用地上种植。通过智能管理，这些作物有可能使生态系统受益，有助于缓解气候变化，并为农民提供额外的收入来源。

Donohue 在 GLBRC 的专长是研究微生物如何消化这些植物碎片以生产有价值的产品。

“我们正在尝试重新设计本地通路，并设计新一代的微生物工厂，可以从可再生废物中制造出有价值的燃料和化学品，”他说。

GLBRC 专注于开发新的不同的生物炼制厂，既经济可行、又环保持续。实现这一目标将意味着可以提高生物质转化的效率，并从尽可能多的植物中产生特种生物燃料和环境友好型生物产品的混合物。一个这样的发现，将木质素的六碳环 - “芳香剂” - 分解为单个组分。传统上来源于石油的芳香族化合物广泛用于各种产品中，包括塑料汽水瓶、凯夫拉尔(一种用于防弹衣的高强度材料)、杀虫剂和药物，并且是喷气燃料的重要组成部分。

Donohue 说：“我们处于一个独特的位置，不仅能解决重大的社会挑战，还能为农民、农村社区和新一代生物精炼厂创造新的收入来源和经济机遇。”

来源：<https://www.china5e.com/news/news-1022260-1.html>

## 科学家仿效蝴蝶翅膀结构开发高效太阳能电池

德国联邦教研部(BMBF)近日宣布，在其资助下的卡尔斯鲁厄理工学院(KIT)研究人员发现了能高效提升太阳能电池吸光率的新途径，即通过仿效蝴蝶翅膀结构，可开发高效太阳能电池。新型电池的吸光率最高可提升 207%。

通常，在欧洲的气候条件下，太阳光大多被散射，很少垂直照到太阳能电池板上。优化光捕捉成为能量转换的基石。KIT 的研究人员观察一种凤蝶 (*Pachliopta aristolochiae*)，发现其显著特点是通体呈深黑色，因此吸光能力很好，很适宜于为自身获取热量。尤其是这种蝴蝶的翅膀表面为纳米结构，其微小的空洞结构较平滑表面显著增大对光的吸收范围。

仿效这种纳米结构生产太阳能电池，在光线垂直照射时吸光率可提升 97%，而当入射角度为 50 度时甚至能够达到 207%。用于太阳能电池的蝴蝶纳米结构是通过计算机模拟优化来实现的。

信息来源：[http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201803/t20180310\\_138515.htm](http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201803/t20180310_138515.htm)

## 工业生物技术基础研究助推我国生物产业快速发展

二十一世纪以来，随着化石资源的日益匮乏，以生物质为原料的高效、环保的工业生物过程在解决人类经济社会可持续发展面临的资源和环境问题方面发挥了重要作用。然而生物工业过程的进一步优化需从高效转化、过程强化以及系统集成这 3 个层面同时入手，探索如何从复杂生物原料出发，实现工业生物过程的“充分利

用、高效利用和最优利用”。

在 973 计划“工业生物过程高效转化与系统集成的科学基础研究”项目的资助下，北京化工大学谭天伟团队针对复杂生物原料，开展了一系列系统性研究。揭示了生物原料高效转化机制与调控规律，细胞内/外物质流和能量流耦合规律，胞内物质转运、反应/分离过程强化及系统集成原理，为复杂原料工艺生物质过程产业化提供了基础创新。

该团队在理论创新的基础上进一步研发了过程强化和系统集成的新方法，形成了一批具有自主知识产权的核心技术。在典型复杂原料的生物转化过程中，通过过程优化和系统集成，实现了原料总利用率提高 15% 以上，系统总能耗降低 15% 以上，废物排放量减少 30% 以上的目标，有效促进我国工业生物化学品、生物材料及生物能源的生产技术快速发展。

依托该项目的研究成果，实现了 10 余项产业技术的重大突破，提升了我国工业生物过程研究领域的国际地位，对改造和提升我国的相关传统产业，提升其国际竞争力具有较大的推动作用。

信息来源：[http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201803/t20180309\\_138485.htm](http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201803/t20180309_138485.htm)

## 蓝细菌光合细胞工厂开发的新视角---工业过程导向的代谢工程 (iPOME)

当今社会发展正面临着严重的资源短缺和环境污染问题，在此背景下，发展光合生物制造技术，以太阳能和二氧化碳为原料实现生物燃料和生物基化学品的清洁生产成为推动可持续发展的重要选择之一。蓝细菌是一种极具潜力的光合微生物底盘细胞，具有结构简单、生长快速、遗传操作便捷等优势，适宜于光驱固碳细胞工厂的开发。

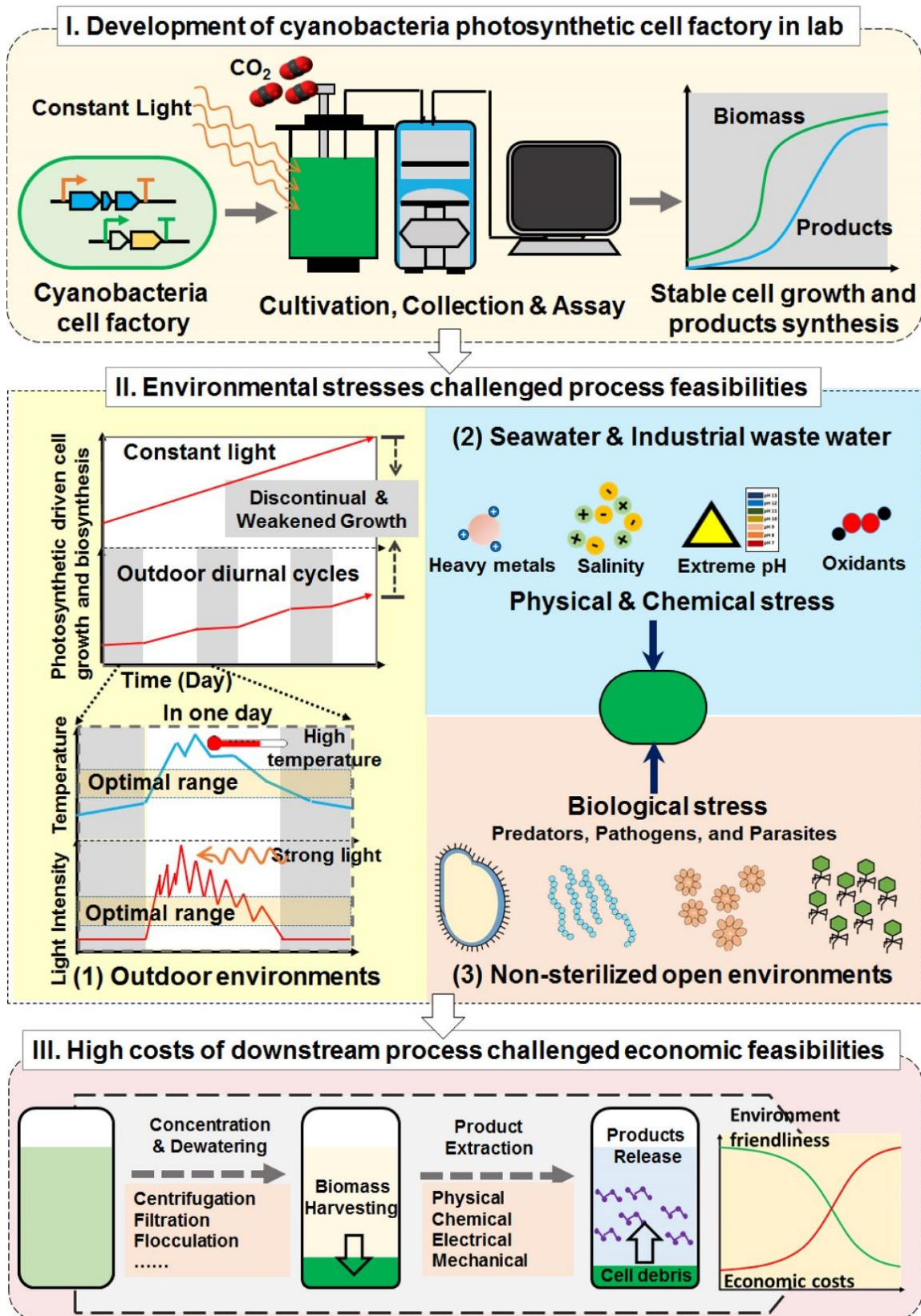
青岛能源所微生物代谢工程团队 (<http://mme.qibebt.ac.cn/>) 长期致力于蓝细菌代谢工程和合成生物学研究，以发展光合生物制造技术体系为导向，系统应用合成生物学和代谢工程技术手段，开发蓝细菌光合细胞工厂新型设计原则和构建策略，成功打通了蔗糖、乙醇、乙烯、脂肪醇、脂肪烃等能源和化工产品的光合合成路线，并在 Energy & Environmental Science、Metabolic Engineering、Biotechnology for Biofuels 以及 Applied and Environmental Microbiology 等期刊上发表了系列论文。近期，研究团队在生物技术领域重要综述期刊 Biotechnology Advances 上发表了题为“Tailoring cyanobacterial cell factory for improved industrial properties”的论文，介绍了关于蓝细菌光合细胞工厂开发的新视角。

近年来，微生物代谢工程团队在推动蓝细菌光合生物制造技术规模化应用的过程中发现，尽管实验室条件下工程藻株光合合成天然或非天然代谢产物的能力可以得到极大提升，其规模化应用却在技术性和经济性两个层面上受到诸多限制。基于整体成本和效益比的考虑，理想中的规模化光合生物制造应该能够在户外、开放式环境中进行，以自然光、经过简单处理的海水甚至工业污水和工业废气为主要原料，培养得到的生物质和目标产品的采收和提取也应该尽可能的便捷、快速以及低成本化。而实际情况是，面临远比实验室条件严苛的高温、高光胁迫以及昼夜循环条件下光照-温度-碳源供给的波动变化等条件下，蓝细菌细胞工厂难以维持目标产品的稳定合成；面临培养体系中的高盐、高碱以及潜在的生物污染条件，现有的蓝细菌底盘藻株的生理適切性和鲁棒性甚至都难以满足稳定培养的要求；同时，工业规模培养条件下，蓝细菌细胞生物质采收和目标产品提取都极为耗能且工艺复杂，从而极大地降低了整个技术链条的成本竞争力。

针对上述情况，微生物代谢工程团队在综述中系统性地提出了聚焦蓝细菌光合细胞工厂开发工业过程导向的代谢工程新观点（**Industrial Process Oriented Metabolic Engineering, iPOME**）。要实现蓝细菌光合生物制造技术的规模化应用，需要提升光合细胞工厂与工业过程和工艺体系的兼容性与适配性，特别是蓝细菌底盘藻株和工程藻株工业应用特性的针对性优化。研究团队从以下几方面总结了近期的相关研究进展，并对未来发展方向进行了分析与展望：1）改造蓝细菌以克服昼夜交替条件的限制，实现稳定、持续的细胞生长和产物合成；2）改造蓝细菌以提高藻株適切性和鲁棒性，实现逆境胁迫下的稳定光合生长和产物合成；3）改造蓝细菌细胞采收特性，实现生物质和光合产品的便捷、低成本的采收过程。综述论文最后提出，随着对蓝细菌生理活动和代谢机制的深入认识，以及各种高效、精确基因组编辑手段的发展完善，新一代具有良好工业应用特性的蓝细菌光合细胞工厂将能够成功“定制”，并极大的促进光合生物制造技术的规模化应用。

本综述论文和相关系列研究得到国家自然科学基金委杰出青年基金、国家自然科学基金委中德合作研究项目、山东省自然科学基金重大基础研究项目、中科院重点部署项目等的资助。（文/图 栾国栋）





蓝细菌光合生物制造技术规模化应用过程中的技术性和经济性挑战

信息来源: [http://www.qibebt.cas.cn/xwzx/kyjz/201801/t20180119\\_4936530.html](http://www.qibebt.cas.cn/xwzx/kyjz/201801/t20180119_4936530.html)



## 青岛能源所实现纤维小体原位关键酶的纯化及解析

纤维小体是细菌分泌的高效降解木质纤维素的多酶复合体，其高效降解机制及产纤维小体细菌的遗传改造是木质纤维素降解利用研究中的重要方向之一。热纤梭菌的 Cel48S 是其纤维小体的主要外切葡聚糖酶，是其纤维小体中含量最高的组分，在纤维素降解过程中起着关键作用。但是，Cel48S 的内在性质使得对 Cel48S 的纯化存在很大的困难，文献中对该酶的性质鉴定报道存在很多相互矛盾之处，与该酶在纤维小体中的重要作用并不相符，这使人们难以深入揭示纤维小体的高效降解机制。青岛能源所代谢物组学团队崔球研究员、冯银刚研究员、刘亚君副研究员等基于前期开发的热纤梭菌遗传改造工具，通过对纤维小体的定向改造，实现了对其原位 Cel48S 催化结构域的高效纯化，从而成功的对 Cel48S 的酶学与结构性质进行了系统解析，揭示了 Cel48S 在纤维小体中的真正作用。相关成果已于 2018 年 1 月 13 日在线发表于 *Biotechnology for Biofuels* (Liu YJ, et al, 2018, 11:6)。

木质纤维素水解糖化是实现木质纤维素生物物质的高值利用的第一步，是国内外的研究热点。为了打破国外酶制剂技术垄断、突破糖化技术瓶颈，代谢物组学团队长期致力于开发基于热纤梭菌纤维小体的新型整合生物糖化技术路线。在这一路线框架下，需要通过对纤维小体这一多酶复合体的机制解析以及定向改良从而获得高效的全菌催化剂。为此，代谢物组学团队针对梭菌系统地开发了非模式微生物基因操作工具(*J Microbiol Methods*, 2012, 89: 201-8.; *PloS One*, 2013, 8:e69032; *Appl Microbiol Biotechnol*, 2014, 98: 313-23.)，在热纤梭菌中实现了快速、准确的基因敲除、过表达和精准编辑，完成了对热纤梭菌纤维小体脚架蛋白的功能贡献、解除纤维小体反馈抑制的定向改造(*Biotechnol Biofuels*, 2015, 8: 36; *Biotechnol Biofuels* 2017, 10: 124) 等系列工作。同时，团队建立了成熟的 X 射线晶体学和生物大分子核磁共振等蛋白质结构解析平台，完成了多个纤维小体组分和工业酶催化机制的研究(*J Struct Biol*, 2014, 188: 188-193; *Appl Microbiol Biotechnol*, 2015, 100: 2203 - 2212)。在完善的遗传操作平台和蛋白质结构解析平台的基础之上，研究人员对纤维小体关键组分 Cel48S 进行了更系统深入的研究。

作为热纤梭菌纤维小体中含量最高的的关键酶组分，Cel48S 的酶学性质及结构特点一直受到广泛的关注。团队前期通过核磁共振方法修正了文献中关于 Cel48S 的组装模块的结构，对纤维小体的组装方式有了新的认识 (*J Struct Biol*, 2014, 188: 188-193)。对于 Cel48S 的催化模块，由于难于异源表达，与纤维小体结合紧密难以从原位分离，文献中对其性质的报道相互矛盾，该酶在纤维小体中的真正作用并未得到有效阐明。为了解决这一问题，研究人员使用前期建立的热纤梭菌精准遗传操作工具，通过在 Cel48S 的催化结构域后面插入编码组氨酸标签和终止密码子的序列，实现了将 Cel48S 的催化结构域从纤维小体中分离并从培养物上清中一步直接纯

化。在此基础上，通过酶学测定和蛋白质结构分析，确定了天然 Cel48S 的高活性、结晶纤维素的底物偏好以及底物偶联的诱导契合效应，真正彻底阐明了纤维小体关键组分 Cel48S 的结构功能特性。同时，本研究提供了一个基于精准遗传操作实现分离纯化原位的纤维小体或其他分泌蛋白的方法，为进一步研究纤维小体木质纤维素降解机制及构建木质纤维素糖化的定向改良菌株提供了范例和基础。

相关系列研究得到了国家科技支撑计划、国家自然科学基金委员会以及山东省糖产业科学技术重点实验室联盟建设任务的资助。（文/图 刘亚君 冯银刚）

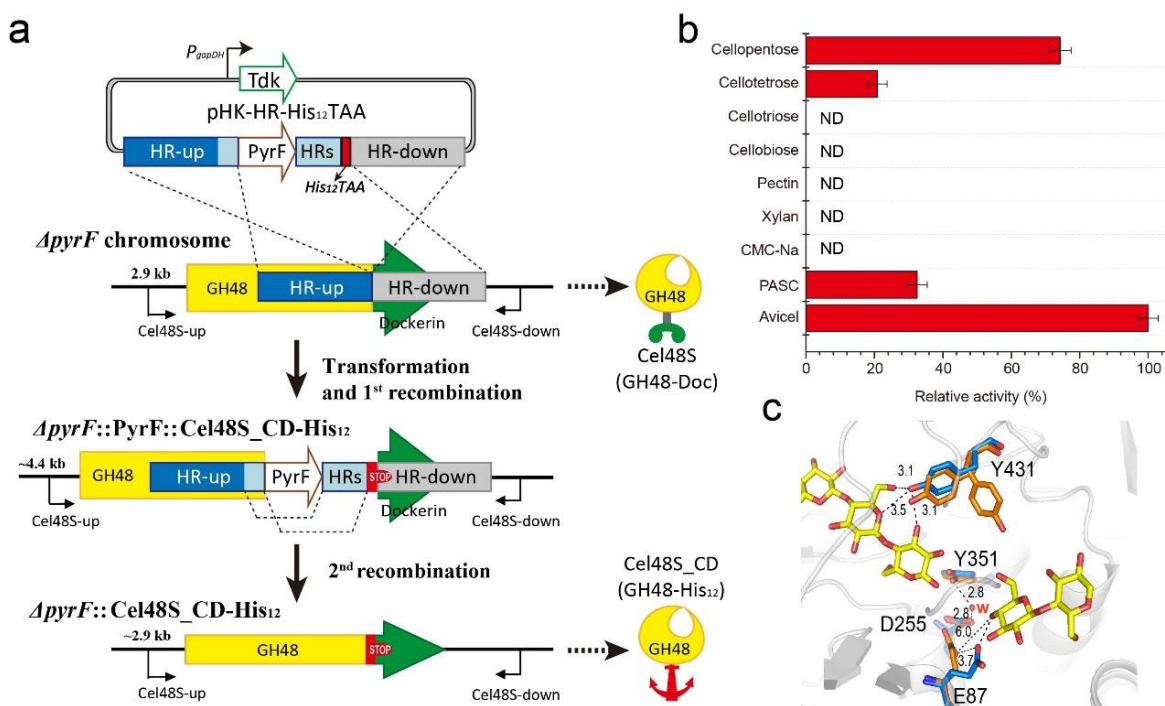


图 1. 热纤梭菌 Cel48S 定向改造示意图 (a)、Cel48S 底物偏好性 (b) 及结构分析 (c)

原文链接:

<https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-017-1009-4>

Liu, Y.-J., S. Liu, S. Dong, R. Li, Y. Feng and Q. Cui (2018). "Determination of the native features of the exoglucanase Cel48S from *Clostridium thermocellum*." *Biotechnology for Biofuels* 11(1).

信息来源: [http://www.qibebt.cas.cn/xwzx/kyjz/201801/t20180123\\_4937307.html](http://www.qibebt.cas.cn/xwzx/kyjz/201801/t20180123_4937307.html)

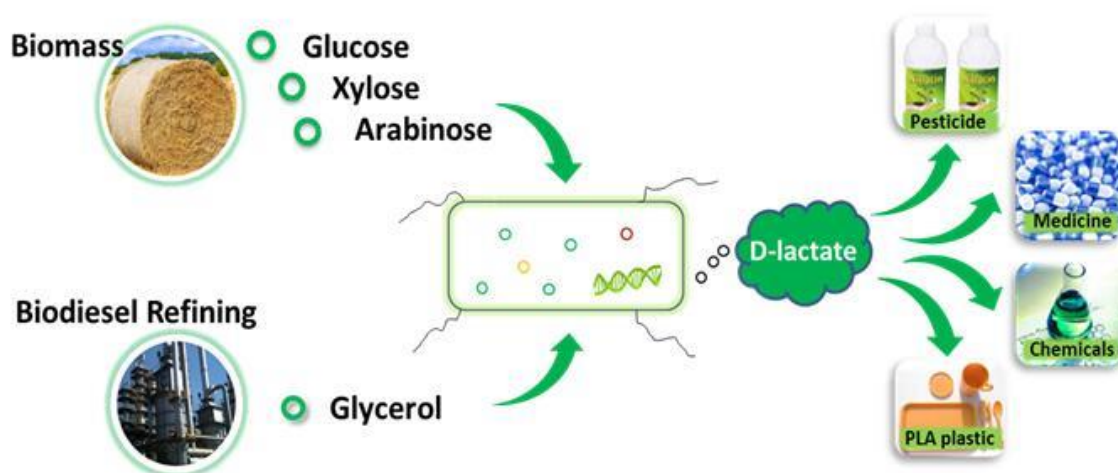
## 青岛能源所研究人员实现 100%光学纯D-乳酸的生物合成

D-乳酸作为一种基本有机化工原料，是合成多种手性物质的前体，光学纯度大于 98%的 D-乳酸在医药、农药、化工等方面具有广泛的应用。以高光学纯 D-乳酸为原料聚合而成的聚乳酸材料能够替代普通化工产品聚合而成的塑料、纤维制品，可以应用在高端消费领域：如医用骨内固定物、香烟过滤头、纺织用高级纤维等，此外还是 3D 打印技术的主要原材料。据估算，全球聚乳酸市场的年复合增长率为 20.9%，到 2020 年，全球聚乳酸消费市场将达到 51.6 亿美元，市场空间巨大。

D-乳酸可以通过化学合成法和微生物发酵法获得。化学合成法存在环境污染、成本昂贵、光学纯度较低等问题，很难满足应用要求；微生物合成光学纯 D-乳酸的潜力引起生物工程领域的广泛关注，但已有生物合成研究依然存在生产成本偏高、光学纯度较低等问题。青岛能源所生物基材料组群赵广研究组近期成功利用克雷伯氏菌实现了 100%光学纯 D-乳酸的合成，产量和转化率等指标均处于国际先进水平。

克雷伯氏菌具有可利用碳源广、生长迅速等优点，是 1,3-丙二醇等产品的主要生产菌株，很少有研究关注该菌在乳酸合成方面的潜力。赵广研究组在前期研究中发现该菌可以利用甘油大量合成 D-乳酸，进而以克雷伯氏菌生产光学纯 D-乳酸为目标展开了深入研究。经过系统的代谢改造和调控、及发酵条件优化等措施，首次实现了 100%光学纯 D-乳酸的生物合成。研究发现，工程克雷伯氏菌不仅可以利用常用碳源葡萄糖和纯甘油，还可以高效利用生物柴油副产物甘油、生物质热解回收甘油等粗甘油，以及木糖、阿拉伯糖等五碳糖，扩大了底物利用范围；在阻断或抑制了 1,3-丙二醇、2,3-丁二醇等副产物的合成后，D-乳酸合成效率大幅度提升；可以在有氧条件下发酵生产，有效规避了乳酸合成必须严格厌氧发酵的缺点。目前，已成功完成了 500L 发酵罐的放大试验，工程克雷伯氏菌的光学纯 D-乳酸产量达到 150g/L，底物转化率 0.91g/g，生产效率大于 3g/L/h。相关研究建立了利用不同来源的廉价底物生产高光学纯 D-乳酸的生物合成技术，可以有效降低生产成本，应用潜力巨大，为 D-乳酸发酵技术的产业化应用奠定了基础。相关成果发表在 *Bioresource Technology*、*Microbial Cell Factories* 等重要期刊，申请发明专利 4 项，其中一项已获得授权。

相关系列研究获得了中科院百人计划项目、山东省自然科学基金、山东省博士后专项资金等的资助。（文/图 冯新军 赵广）



### 相关成果发表

1. Xinjun Feng, Yamei Ding, Mo Xian, Xin Xu, Rubing Zhang, Guang Zhao. Production of optically pure D-lactate from glycerol by engineered *Klebsiella pneumoniae* strain. *Bioresource Technology*, 2014, 172: 269-275.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852414013339>

2. Xinjun Feng, Liqun Jiang, Xiaojuan Han, Xiutao Liu, Zhiqiang Zhao, Huizhou Liu, Mo Xian, Guang Zhao. Production of D-lactate from glucose using *Klebsiella pneumoniae* mutants. *Microbial Cell Factories*, 2017, 16: 209.

<https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12934-017-0822-6>

3. Liqun Jiang, Nannan Wu, Anqing Zheng, Xiaobo Wang, Ming Liu, Zengli Zhao, Fang He, Haibin Li, Xinjun Feng. Effect of glycerol pretreatment on levoglucosan production from corncobs by fast pyrolysis. *Polymers*, 2017, 9(11): 599.

<http://www.mdpi.com/2073-4360/9/11/599>

信息来源: [http://www.qibebt.cas.cn/xwzx/kyjz/201803/t20180320\\_4978247.html](http://www.qibebt.cas.cn/xwzx/kyjz/201803/t20180320_4978247.html)

## 产业动态

### 研究显示：美国生物质原料年产可达十亿吨

农民每年可以生产 10 亿吨生物质来作为生物燃料的原料吗？

据北中区太阳资助中心主任 Vance Owens 称，这正是研究人员试图回答的问题。目标是用生物燃料替代美国石油消耗的 30%。

通过由美国能源部和 Sun Grant Initiative 建立的区域原料合作伙伴关系收集的长达 7 年的生产数据，相关分析结果支持美国能源部估计的吨数。到 2030 年，这个数字可以每年提供一次。

“我们对最有前途的生物原料进行了区域田间试验，”在成为 Sun Grant 总监之前从事柳枝稷生产的 Owens 解释道。“根据我们已经完成的这些数据和其他研究，随着生物经济的不断发展，我们仍然可以看到每年有超过 10 亿吨原料可以利用。”

南达科他州立大学是这个于 2007 年开始 2000 多万美元项目的牵头机构。该项目由美国能源部生物能源技术办公室资助。该项目涉及美国能源和农业部门，35 个授权大学，海德堡大学和多个工业合作伙伴以及爱达荷国家实验室，橡树岭国家实验室和阿贡国家实验室的研究人员。

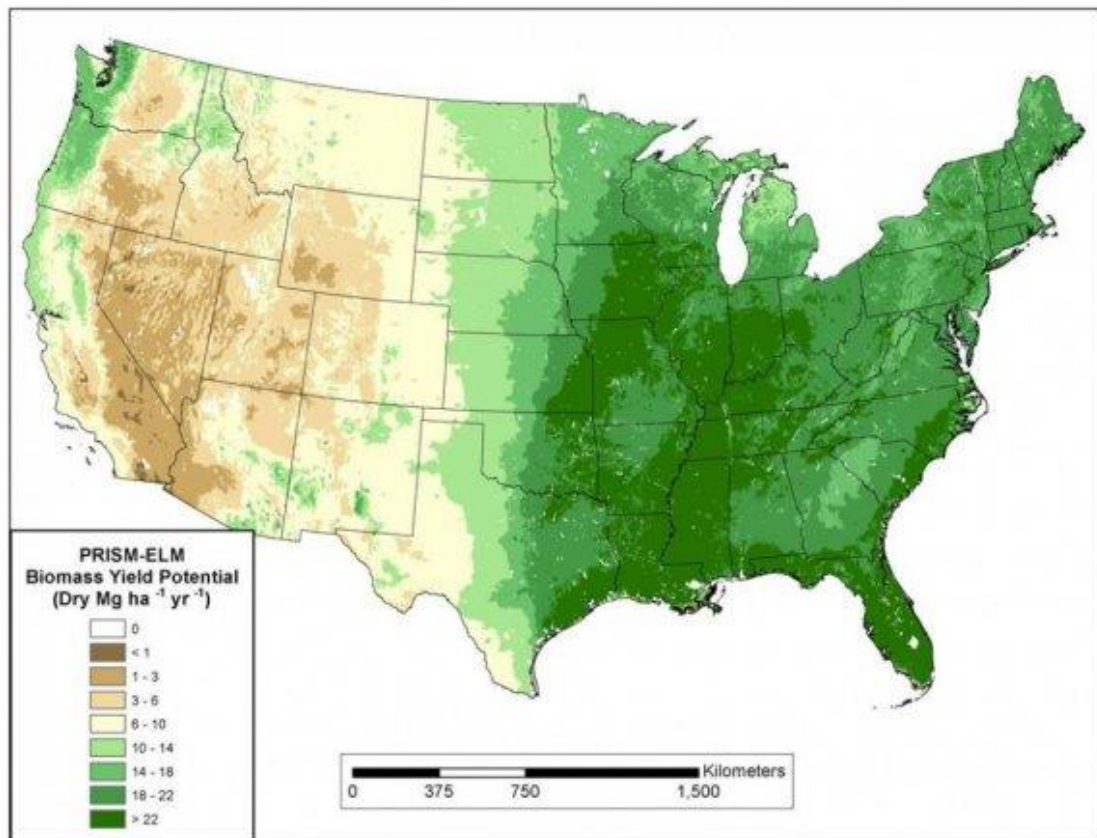
这个项目帮助弥补了从非粮作物生产生物燃料的重要信息缺口。南达科他州的农民可以在生产这些生物能源作物方面发挥作用，将生物质转化成生物燃料的生物精炼厂将建在靠近这些作物的地方。

#### **结果公布，数据可在网上查到**

草地作物(包括柳枝稷，能源用甘蔗，保护储备计划土地上的混合多年生草，巨型芒草和高粱以及木本原料杨树和灌木柳)的田间试验结果和产量预测可在网上查阅。

这项合作关系是 SDSU 研究与经济发展荣誉副总裁 Kevin Kephart 和 Sun Grant 以及其他成员努力的结果，Owens 解释说。该项目已发表了 130 多篇同行评议论文，包括与玉米秸秆相关的田间试验结果和产量项目。

现场试验的原始数据将可供公众使用，可在美国能源部网站的知识发现框架中访问。他说：“由于提供免费的数据访问，这项研究的影响将会更大。”



该图显示了草本作物如巨芒草，高粱和柳枝稷的产量潜力。

### 学习时间，协作增加数据的价值，建模

Owens 指出，这项研究的时间跨度是独一无二的。“通常情况下，这些项目持续两到三年，但就长期产量潜力而言，进行长达七年的试验是非常重要的。例如，研究人员能够收集关于潜在生物燃料作物对 2012 年的全国干旱以及它们在某些情况下如何在随后几年中恢复。”欧文斯解释说：“虽然一年生作物会遭受损失，但多年生植物可以忍受一年的干旱。能够看到这是一个巨大的优势，而且只有通过两年的研究才能看到这一结果。”

在草本能源作物中，对适合在 CRP 土地上使用的柳枝稷和混合多年生牧草进行了使用传统农业设备的实地试验，而由于缺乏营养种植材料，较小的个别地块被用于能源甘蔗和大芒硝种类。

“作物的潜力因地区而异，”欧文斯解释说。“没有一个地方可以代表全部，这只是一个局部环境。全国产量潜力地图追踪哪些作物最适合特定地区。”

“例如，在北部的一些地区，柳枝稷比芒草更有生产力，因为芒草不耐冬季的寒冷。另一方面，能源甘蔗在南方的深度适应性强、产量高。”他说。在未来，研究人员希望在不同环境中对不同物种进行比较，以更好地了解其产量潜力。

用于估计产量潜力的模型(称为 PRISM-ELM)包括产量限制因素，如水分利用率、



冬季低温和夏季高温响应、土壤 pH 值、盐度和排水。来自每个物种组的建模者和农学家会定期会面交流信息并审查产量潜力图。

欧文斯说：“这是为所有参与方提供的独特服务，这有助于使模型更可靠。例如，多年生禾草的模型必须根据植物在土壤剖面深处发育根的能力进行调整。”

来源：<https://www.china5e.com/news/news-1022371-1.html>

## 日本养鸡场用鸡粪发电获得成功

岩手县一家大型养鸡场近日对外宣布，他们开发的鸡粪能源获得成功，饲养的 5000 万只鸡群的粪便能给 1 万多户人家提供用电。



资料图：养鸡场。中新社发 司伟 摄

据报道，岩手县二户市一家大规模的鸡肉产品公司“十文字鸡肉”从核灾中汲取了教训，致力于肥料发电研究，近日在这领域取得成功。该公司组成的研究队伍下足心思，用废弃的鸡粪来实验发电。

2016 年，该厂出资 65 亿日元，完成占地 6700 平方米的四层楼高生物肥料发电厂。这一设施就是它能源事业的里程碑，将饲养的鸡群排泄物作为发电原料。鸡粪经燃烧和处理后，每小时可传输 6250 千瓦的电力。

目前，鸡场将电源输送到送电业者处，再分销给东京首都圈和东北用户。全年

供应的电量，足够 1 万多户人家使用。

该公司发电部门主管松本圭由指出，“还未开始研发前，这些粪便都是废物，我们还得花钱请业者来协助处理。现在，它们都是宝贵的能源，这一转变让人难以置信。”

该公司为庆祝新能源事业取得成功，近期展开的促销活动之一是，给“鸡电”用户赠送一大包炸鸡。日本媒体指出，养鸡场卖鸡又卖电，这在日本还是头一遭。

日本新能源的使用与研发，在 2011 年核灾后受到重视。2012 年 8 月，日本政府公布了有关发展再生能源的战略，以 2030 年为目标，要将风力、地热、海洋以及生物质发电提升到 2010 年度的 6 倍以上。在生物肥料的再生能源上也标出，要从 2010 年制造的 240 万千瓦电力提高到 600 万千瓦。

据介绍，利用家畜粪便发电，在环保上能起着很大作用。日本重视自然能源的地区如北海道，之前也在推行以牛粪来发电。日本也在尝试跨部门合作，希望能推动这技术的普及。

来源：<https://www.china5e.com/news/news-1022393-1.html>

## 全额消纳：河北清洁能源发电近 54 亿千瓦时

2017 年，河北省南部电网清洁能源发电工程成效显著，全年消纳风、光等清洁能源发电 53.68 亿千瓦时，减排二氧化硫等大气污染物 450 余万吨。

“十三五”期间，按照大气污染防治和煤炭压减、电力去产能等要求，河北省计划将淘汰火电装机 400 万千瓦，同时大力发展风电、光电等清洁能源。

国家电网河北省电力有限公司相关负责人表示，在风、光能源发电迅猛发展下，河北省南部电网连续保持了“不弃风、不弃光、全额消纳”的良好局面。截至目前，河北南网新能源装机规模达到 416.6 万千瓦，全年消纳风、光能源发电 53.68 亿千瓦时，同比增长 49.5%，折合节约标煤 173 万吨，减排二氧化碳 449 万吨，减排氮氧化物 1.28 万吨，减排二氧化硫 1.47 万吨。

到 2020 年，河北省南部电网将持续提升清洁能源消纳能力，跨区跨省受电能力将达到 1400 万千瓦以上，外受电和清洁能源发电比例达到 50% 以上，全面满足河北省南部地区经济社会发展的电力需求。

信息来源：[http://www.nea.gov.cn/2018-02/07/c\\_136956241.htm](http://www.nea.gov.cn/2018-02/07/c_136956241.htm)

## 上海市生物柴油试点销售扩大到200个加油站

上海市政府确定，2018年，以“地沟油”为原料的生物柴油将在全市近200个加油站提供，实现一年3万多吨“地沟油”的全消纳。

目前生物柴油已经在全上海市21个加油站试点，每天有2000多辆车“喝上”生物柴油，在一些加油站，提供的柴油百分之百都是生物柴油。“在2018年，生物柴油预计将扩大到全市将近200个加油站，把上海一年产生的3万多吨‘地沟油’全部消纳。”

上海市质量技术监督局副局长沈伟民说，生物柴油从资源综合利用、循环利用角度来说，是一个非常好的创新技术产品，上海质监部门进行的质量安全风险监测中，9家加油站的生物柴油质量都是合格的。

下一步，上海质监部门将扩大生物柴油的监测范围，指导区级市场监管部门开展生产企业的监督检查和生物柴油的抽样检测，指导生产企业建立健全质量管理制度，强化市场主体、生产主体的作用，加强全面质量管理，切实保障产品质量安全。

信息来源: [http://www.nea.gov.cn/2018-02/12/c\\_136969847.htm](http://www.nea.gov.cn/2018-02/12/c_136969847.htm)

## 我国光伏年发电量首超1000亿千瓦时

国家能源局：2017年1至11月，我国光伏发电量达1069亿千瓦时，同比增长72%，光伏年发电量首超1000亿千瓦时。

据介绍，1069亿千瓦时的光伏发电量可替代3300万吨标准煤，减排二氧化碳9300万吨。

2017年我国光伏发电发展呈现三个新特点：

一是分布式光伏发展提速。分布式光伏新增装机1723万千瓦，为2016年同期新增规模的3.7倍。

二是光伏新增装机分布地域转移特征明显。西北地区光伏新增装机占比同比下降17%，而中东部成为我国光伏发电热点地区，其中华东地区和华中地区新增装机同比分别增加9%和6%。

三是新方式促进光伏发电发展。“光伏领跑者”计划效果明显，光伏产业技术进步明显，成本大幅下降。

来源: [http://www.gov.cn/shuju/2018-01/02/content\\_5252660.htm](http://www.gov.cn/shuju/2018-01/02/content_5252660.htm)

## 青岛储能院在高安全性阻燃隔膜和阻燃电解质领域取得系列进展

随着社会的发展和进步，人们日常生活对高能量密度锂离子电池的依赖程度越来越高。但近年来，涉及到锂离子电池燃烧和爆炸的安全事件频发，提高锂离子电池安全性成为科研的重点和热点。在锂电池安全性上，具有可燃性的聚烯烃类隔膜（也易热收缩造成电池短路）和液态有机电解质是商品锂离子电池中最大的安全隐患。因此，开发新型阻燃耐热收缩隔膜和阻燃型液态有机电解质是大幅提升锂离子电池安全性的重要途径。

近年来，依托青岛能源所建设的青岛储能产业技术研究院（简称“青岛储能院”）自主开发出阻燃型耐热收缩的芳纶(Solid State Ionics, 2013, 245-246, 49-55)、生物质纤维素基复合隔膜(Scientific reports, 2014, 4, 3935; Journal of The Electrochemical Society, 2015, 162, A834-A838)、聚芳砜酰胺(Journal of the Electrochemical Society, 2014, 161, A1032-A1038)、聚酰亚胺(Nano Energy, 2014, 10, 277-287)等系列隔膜材料，为高安全性锂离子电池的开发奠定了基础。

随着电动汽车产业的快速发展，锂离子电池单体容量也变的越来越大（通常大于 10Ah），需要进一步采用阻燃型液态有机电解质来保证电池在严苛使用条件下（过充、过热或在极端外力情形（挤压、针刺））不会起火燃烧和爆炸。但是在目前商品液态电解质中常用的磷酸酯类阻燃添加剂用量大（通常大于 20%，质量分数）且会严重恶化锂离子电池的性能。基于此种现状，近日，青岛储能院开发出两大类对锂离子电池性能影响非常小的阻燃添加剂，即环三磷腈类(乙氧基五氟环三磷腈、苯氧基五氟环三磷腈、六烯丙胺基环三磷腈等)和磷基低聚物(Journal of The Electrochemical Society, 2017, 164, A1559-A1563)。受传统中医药方和西医“药物协同联用”思想的启发，青岛储能院进一步发展了“功能添加剂协同联用”策略(Energy Technology 2017, 5, 1979-1989)，成功地将乙氧基五氟环三磷腈应用在下一代高能量密度高电压  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ /石墨锂离子电池体系中（见插图 1），相关研究成果已发表在国际期刊 Advanced Energy Materials (Adv. Energy Mater. 2017, DOI: 10.1002/aenm.201701398)。近期，青岛储能院还将环三磷腈类阻燃剂应用于 48 Ah 的大容量三元材料动力锂电池中，能够大幅提高电池的安全性能（针刺，挤压，热冲击和热扩散测试），满足动力锂离子电池国家安全标准，同时对电池的电化学性能影响较小（见插图 2）。

以上工作得到中国科学院纳米先导专项、青岛市储能行业科学研究智库联合基金和青岛能源所“135”项目、国家自然科学基金、山东省自然科学基金的大力支持。（文/图 崔光磊 许高洁）



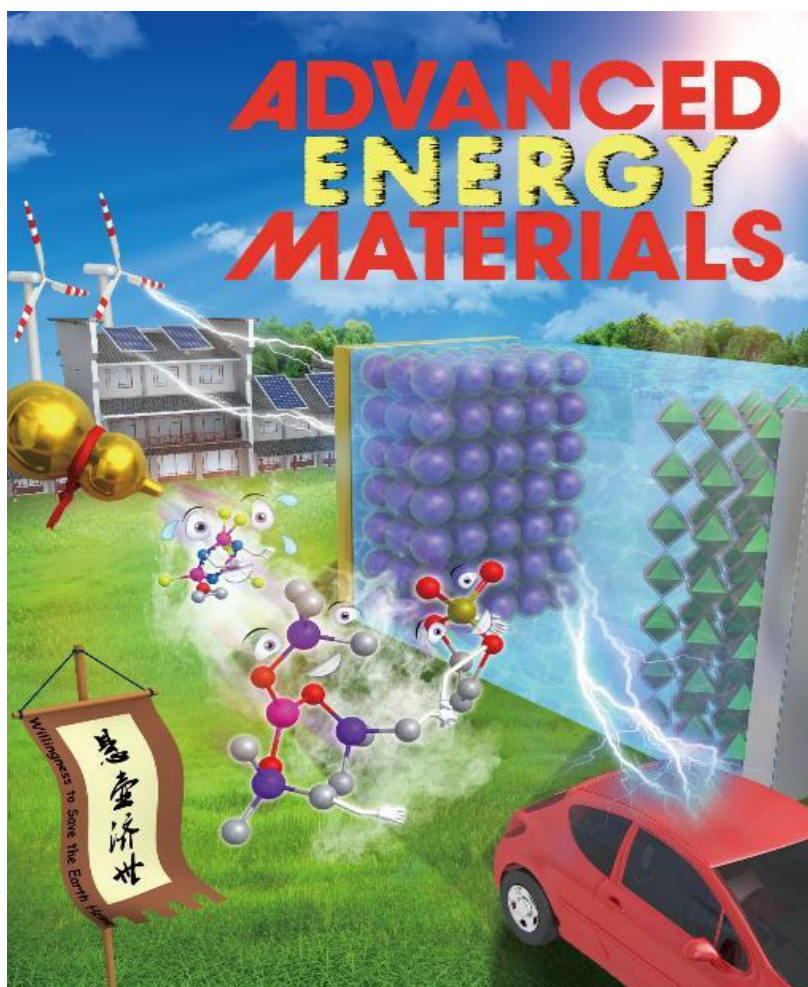


图 1

## 大容量48Ah三元动力电池热失控实验

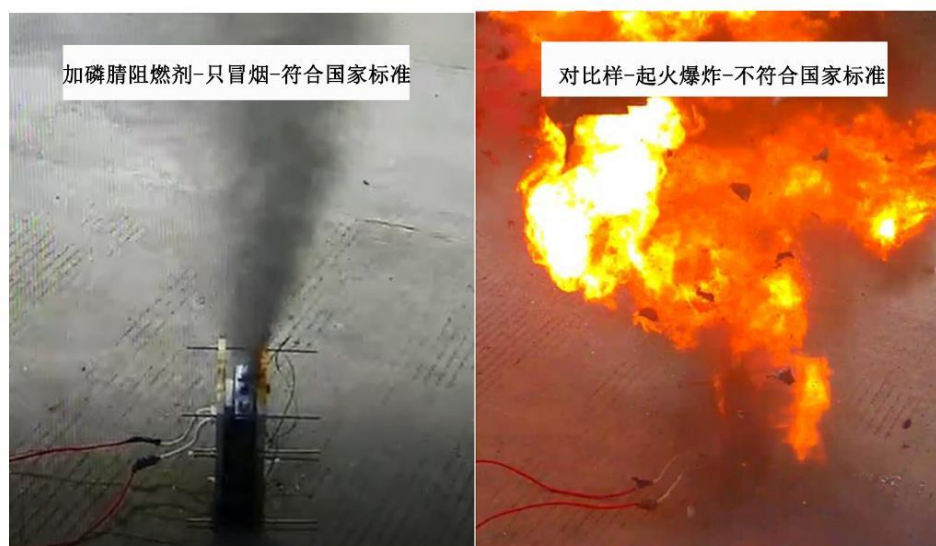


图 2

信息来源: [http://www.qibebt.cas.cn/xwzx/kyjz/201802/t20180211\\_4947037.html](http://www.qibebt.cas.cn/xwzx/kyjz/201802/t20180211_4947037.html)

## 中国科学院文献情报系统先进能源情报网简介

中国科学院文献情报系统先进能源情报网是在中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组的整体组织和指导下，由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建，联合中国科学院文献情报系统能源领域相关研究所，共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。先进能源情报网将汇聚中科院文献情报系统内与领域相关的战略情报研究人员、学科情报人员、研究所科研管理人员、研究所文献情报人员，以及相关的管理和学科专家，通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式，创新院所协同的情报研究和服务保障模式，促进情报资源的共享、情报需求和情报供给的对接、情报技术方法的合作开发，实现情报能力的扩散和提升，进而对中国科学院各个层面（院层面、所层面、项目团队层面及科研人员层面）的重要情报需求提供坚实保障。

### 先进能源情报网成员单位

成员单位	单位名称
组长单位	中国科学院武汉文献情报中心
副组长单位 (排名不分 先后)	中国科学院合肥物质科学研究院 中国科学院大连化学物理研究所 中国科学院青岛生物能源与过程研究所 中国科学院广州能源研究所
成员单位 (排名不分 先后)	中国科学院上海高等研究院 中国科学院山西煤炭化学研究所 中国科学院上海应用物理研究所 中国科学院兰州近代物理研究所 中国科学院广州地球化学研究所 中国科学院过程工程研究所 中国科学院电工研究所 中国科学院工程热物理研究所

中国科学院青岛生物能源与过程研究所

联系人：牛振恒 电话：（0532）80662648