

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05月07日第4期（总第61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](mailto:bioenergy@qibebt.ac.cn)

# 目录

## 专题报告

微藻生物质能研发现状..... 1

## 科技

Science: 科学家设计出更容易降解的细胞壁..... 15

美国海军宣布成功将海水转化为燃料..... 16

巴西生物燃料的发展趋势..... 17

## 报告推送

DOE 通过藻类群落培养技术提高藻类生物燃料产量..... 17

# 微藻生物质能研发现状

藻类生产生物燃料的工艺复杂，并且需要经过多个反应步骤。技术与系统的复杂程度比纤维素乙醇和生物柴油高得多，其中微藻的培养和采收过程消耗产能能量的 25%-70%，后续加工过程能耗约为产品能量的 15%-30% (Van B. JB., 2010)。能源产品的特征是大规模、低价值，这要求微藻能源的生产工艺必须最大限度的降低成本。由于藻株、所采用的技术、成分、生物转化工艺的不同，产品的成本和最终产品都会有区别，因此微藻能源技术应该结合藻类资源特点和产品特点，通过通用化设计与研发，最大限度的减少能耗，降低成本。

## 1 藻种选育

能源微藻藻种选育至少需要考虑其生长生理、代谢产物和藻株稳定性三个基本方面。根据培养方式、目标产物的不同，微藻藻种选育原则也有所差异。一般而言，优良的藻种应具有较高的产量、较强的适应能力和较易的燃料转化能力等三个基本特征，如以产油为目标，则还需要微藻具有较高的油脂含量。开放式培养对微藻选育的要求更为高一些，要考虑到微藻在自然条件下的生长能力，同时要比封闭式培养的微藻有更强的生存竞争能力以及抗病害能力。大规模的取样与育种研究中，要选育适应不同环境的藻种，以适应生产中对不同培养环境、代谢途径和代谢产物的需要。同时还要考虑微藻随时间、季节分布变化情况以及在同一水域中不同位置对微藻种类分布的影响。传统的微藻筛选使用富集培养法，藻种分离时间长、效率低下，并且经常重复筛选出已有的藻种。微藻能源所需藻种比其它用途限制条件更多，需要大规模、高效率进行藻种筛选，传统微藻筛选方法已经不能满足微藻能源产业发展要求，需要发展高通量自动筛选技术，如荧光活化细胞分选法 (FACS) (Surek, et al., 2004)等先进方法。

微藻育种技术包括选择育种、诱变育种、细胞融合育种及基因工程育种(梁英, et al., 2008)。选择育种是目前富油微藻育种中使用最多的方法，而且也获得了不少适于不同地域气候环境的富油藻株，但是这些藻株的可行性还有待进一步研究。同时更为可靠、简便的大规模筛选体系和技术也有待进一步建立和完善，以对不同地区不同生态环境的中更多微藻资源进行调查和研究，为丰富富油微藻资源库奠定基础。富油藻株分离、筛选的一般流程如下图：

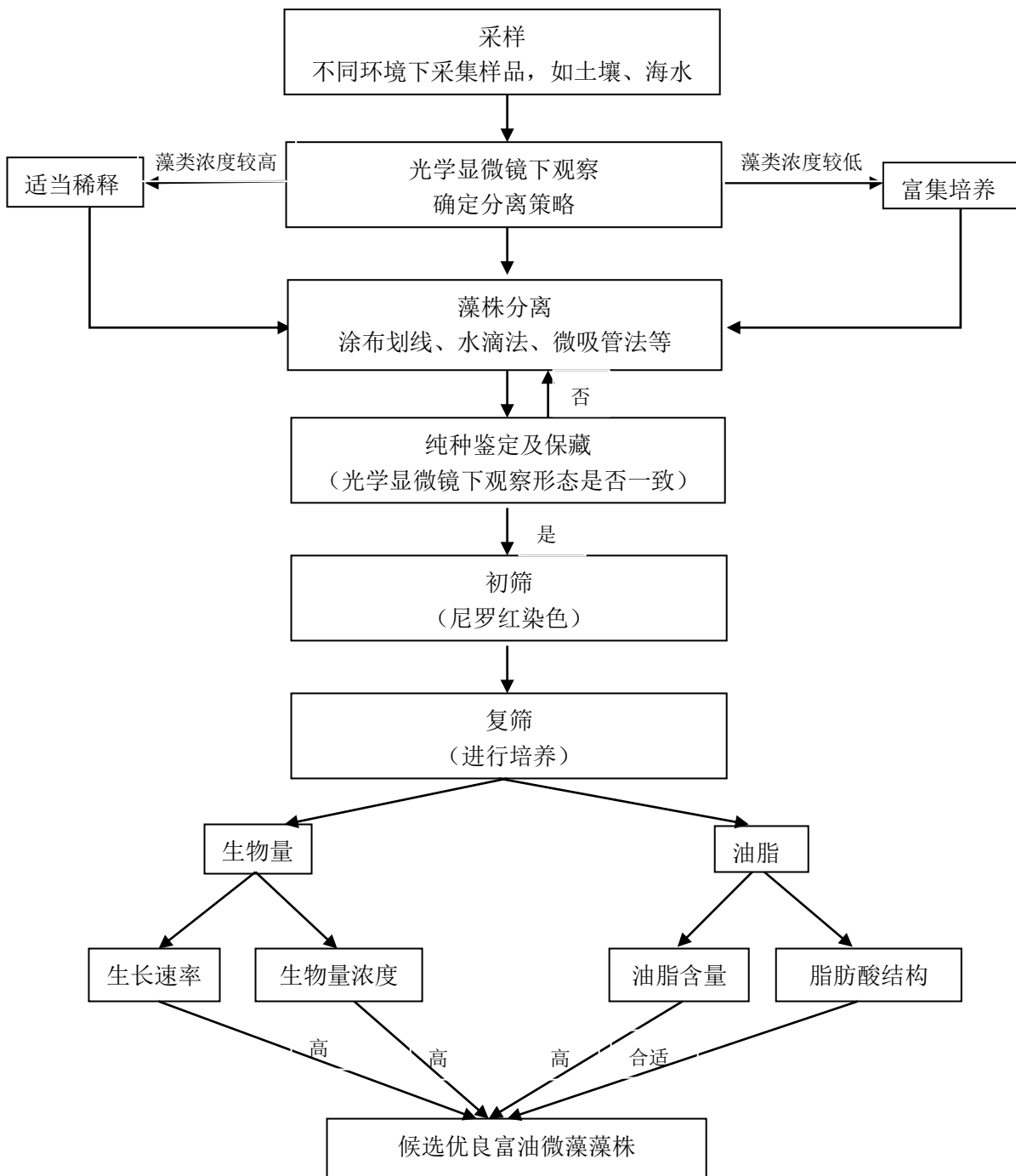


图 1: 富油藻株分离、筛选的一般流程 (张森等, 2013)

诱变育种通常采用物理因素 (如激光、紫外线或放射线等) 或化学诱变剂 (烷化剂、核酸碱基类似物等) 使生物体细胞内的核酸发生突变, 再从突变体中筛选出有利的突变体。诱变育种对培育具有生长速率快、油脂含量高、适应环境能力强的藻株具有很大潜力。诱变技术成熟, 能在短时间内获得大量的微藻突变体, 但是从中快速筛选出突变株以及突变株性状是否稳定是诱变育种过程中不得不考虑的问题

(张森等, 2013)。

细胞融合技术不但可以提高物种变异频率,而且可以缩短育种周,是一种新型、高效的育种技术。虽然国内外采用体细胞杂交育种技术已在农作物新品种选育方面取得了较多的成果,但是在微藻育种中的应用研究还比较少(梁英, 2008)。沈继红(沈继红等, 2001)等曾将富含 EPA 和 DHA 的自养绿色巴夫藻和生长迅速的异养四鞭藻进行融合,虽然得到了一株在总脂、EPA、DHA 和 EPA/DHA 含量等各项指标均比异养亲本四鞭藻有较大提高的融合藻株,但是比起自养亲本效果还不够理想。除了微藻和微藻融合外,也有少部分研究将微藻(刘广发等, 1993)和大肠杆菌及微藻与酵母(江胜滔, 2004)融合,以此改善微藻生长和生化代谢特性。但目前采用细胞融合技术成功培育富油微藻藻株的研究还鲜见报道。将高油脂含量的微藻和生长速率较快、对环境适应性强或富含高价值代谢产物的微藻进行融合,筛选出具有多重优良性状的超级微藻在理论上是完全可能的,因此细胞融合技术对微藻藻种选育仍有较大的吸引力和研究潜力。

随着微藻生物学相关研究的不断深入,利用现代分子遗传技术对藻株进行遗传改造成为可能,可以有针对性地对藻株的特定性状进行改进,从而将育种周期大大缩短,并且极大降低了风险性,因而近年来人们越来越倾向于利用该技术对微藻进行光合效率、生长速度、抗逆性以及能源产品产量等相关性状的改良研究。提高微藻油脂合成能力的策略主要有两个方面,一是超表达与油脂合成直接或间接相关的关键酶;二是阻断与油脂合成途径竞争中间代谢物的其他途径的关键酶(姜进举等, 2010)。二十世纪九十年代首次发现了影响微藻光合作用的第一个乙酰辅酶 A 羧化酶基因样本(Roessler, et al., 1993)并首次利用转基因技术培育了 *C. cryptica* 和 *Naviculasaprophila* 两株具有产油潜力的转基因微藻(Dunahay, et al., 1995)。迄今为止,虽然转基因微藻的商业应用还未见报道,但一些通过基因工程改造的微藻已经显现出商业化的潜力(范晓蕾, et al., 2009)。转基因微藻面临的最大问题是富油真核微藻的遗传操作体系不成熟。目前遗传操作体系比较成熟的是莱茵衣藻,但不含油。因此,通过系统生物学技术认识富油微藻的生理生化机制,建立富油真核微藻的遗传操作体系,对于获得适于工业化应用的工程优质藻种具有重要意义。

世界上多个实验室已经筛选到大量各种类型的藻株,并建立了藻种库,如美国的 Texas 大学(UTEX)保存有约 3000 种、国家海洋浮游植物保藏中心 CCMP 保存藻种 2500 多种,日本的国家环境研究所(NIES)保存约 2150 种,澳大利亚联邦科学与工业研究组织(CSIRO)保存约 800 种,葡萄牙的 Coimbra 大学保存约 4000 种、德国 Goettingen 大学(SAG)保存 2213 种(Mata, et al., 2010, DOE, 2009),中国淡水藻种库保存了 800 多种(中国科学院水生生物研究所)。

相关研究工作发现了大量可产生油脂的藻种。如 ASP 项目从 3000 多种微藻中筛选出约 300 株的产油藻种（大部分属于绿藻和硅藻），在夏威夷大学建立了世界上第一个产油藻种库。中国产油微藻选育研究起步较晚，但发展迅速，目前已经筛选出富油富烃微藻 66 株(范晓蕾, et al., 2009)。

在水物种计划中，研究人员发现了一些有价值的产油藻种，但是没有一株具有工程化所需的所有特点，如微藻生长速率，尽管微藻培养过程中瞬时生长速率曾达到  $50 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ，但全年平均速率仅为  $10 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  左右，远不能达到工业化要求；更严重的是，研究中发现有些有益特征是互斥的，例如高产量与高含油率，如果一种藻种具有高产的特点，那么很难再有高含油的特点(Sheehan, et al., 1998)。目前已经发现大量的产油藻种，但天然藻种在光合作用效率、生长速度、抗逆性和能量产出等方面仍无法满足大规模经济生产的需要(范晓蕾, et al., 2009)，需要进一步进行良种培育。

## 2 微藻培养

### 2.1 培养方式的选择

微藻的培养方式主要有两种，一是选育高产藻种，构建单一培养体系。这种方法可以实现高产并得到最大数量的目标产物（如油脂等），缺点是不够稳定，藻种容易被污染，需要额外的投资除掉影响微藻正常生长的杂菌和病原体、以微藻为食的其它生物等。另外一种构建一个混合藻群形成稳定的生态群落、或者直接利用自然界中现存的混合藻群，并创造条件使生物量产量达到峰值。这种方式可以避免前一种方式的缺点，但产物复杂，要求配套的下游工艺能够充分利用产物中的油脂、蛋白质、糖类以及其它成分；同时，这种培养方式对藻种的要求很高，需要选育出适合不同温度、不同水深等条件的藻种。

一些公司和研究者开发了新的培养/采收方式。Livefuel 公司在营养丰富的开放的水体中（如河流入海口）养殖微藻，同时放养滤食性鱼类，然后将鱼类打捞、压榨出油脂用于生产燃料并得到其它副产品。Auburn 大学的 Ron Putt 提出两种培养方式(Putt, 2007)，一种是微藻和鲶鱼的共生系统：鲶鱼的粪便可以为微藻提供养料和碳源，微藻可为鲶鱼提供食物以及清洁的富氧水、除去有害杂质，从而改善整个系统的经济性；另外一种将微藻养殖与畜牧业结合：微藻副产品给畜牧业提供饲料，禽畜粪便发酵制沼气为微藻培养提供动力和碳源、沼液为微藻培养提供养料，实现废弃物资源综合利用。Kansas 州立大学的 Zhijian Pei、Wenqiao Yuan 提出一种新的微藻培养方案(ScienceDaily, 2009)，利用广阔的海洋培养微藻；他们计划开发一种具有适于微藻生长的表面、可以在水面上漂浮的固体载体用于培养微藻，整套方案还包括在海中收获微藻的设备和油脂提取设备等。Johnson 等开发了用于培养微藻的载

体(Johnson, et al., 2010), 并在污水中培养微藻, 得到了 2.57 g/m<sup>2</sup>/day 的干生物质产量和 0.23 g/m<sup>2</sup>/day 的油脂产量。结合污水处理培养微藻以改善微藻培养的经济性受到广泛关注, 但污水成分复杂, 对藻种筛选、培养的稳定性以及成熟微藻采集提出了更高的要求。

## 2.2 反应器的选择

微藻培养的反应器主要有两类, 一种是开放池 (open pond), 即模拟微藻天然的生长环境构建敞开放式培养设施, 或者直接利用天然池塘。目前生产中主要采用跑道式开放池。开放池培养成本相对较低, 但是微藻生长所达到的细胞密度较低, 某些情况下容易被当地其它微藻侵染, 水蒸发量大(Ugwu, et al., 2008); 适合开放池培养的微藻应具有较高的生长竞争优势, 但目前适合开放池培养的藻种油脂含量普遍较低。另外一种封闭式光生物反应器 (photobioreactor, PBR), 主要应用的有平板式和管道式两种, 由中央储存器循环反应器中的微藻培养液, 密闭培养可达到较高的藻细胞密度, 不易被杂藻侵染, 培养条件易于控制, 介质蒸发量小, 但反应器造价和运转成本较高, 微藻易在反应器壁附着而影响透光性 (Pulz, et al., 2001)。密闭培养可达到较高的藻细胞密度, 不易被杂藻侵染, 培养条件易于控制, 介质蒸发量小, 但反应器造价和运转成本较高、微藻易在反应器壁附着而影响透光性。两类反应器的优缺点如表所示。总体上开放池和光反应器目前都不是成熟的技术(Pienkos, et al., 2009), 需要在规模化生产中做进一步的验证。

表 1 开放池与光生物反应器的优缺点比较

	封闭体系 (PBRs)	开放体系 (Ponds)
污染物控制能力	容易	困难
污染风险	低	高
无菌状态	可实现	不能实现
过程控制	容易	困难
物种控制	容易	困难
混合程度	完全	很低
操作方式	间歇或半连续	间歇或半连续
空间需求	与生产能力有关	与 PBRs 差不多
比表面	高	低
细胞浓度	高	低
投资	高	低
操作费用	高	低
单位操作费用	比 Ponds 高 3-10 倍	较低
光利用效率	高	低
温度控制	容易	难
生产能力	比 Ponds 高 3-5 倍	较低
水损失量	与冷却系统设计有关	较高*

微藻承受水压	由高到低分布	很低
培养介质挥发量	低	高
气体传质控制能力	高	低
CO <sub>2</sub> 损失	与介质 PH 值相关	与 PBRs 差不多
O <sub>2</sub> 抑制	存在很大问题	比 PBRs 强
生物质浓度	是 Ponds 的 3-5 倍	较低
放大	困难	较易**

\*原文为“PBRs ~ Ponds” \*\*原文为“Difficult”资料来源: Mata, et al., 2010

### 2.3 微藻培养规划化的技术障碍

微藻规模化培养还处于研究阶段, 在培养物稳定性、培养可持续性、培养系统产率的计量标准、水资源的保护及循环使用等方面存在许多问题。

#### (1) 碳供应问题

微藻快速生长需要大量的 CO<sub>2</sub>, 如果微藻生物量积累速率为 20 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, 那么相应的二氧化碳吸收速率约为 40 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, 依靠水面自然吸收大气中的 CO<sub>2</sub> 仅能达到 0.35 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 的传质速率, 远远不能满足微藻的生长需要(Putt, 2007)。仅靠搅拌或鼓泡的方式强化传质以达到满足微藻高速生长需求 CO<sub>2</sub> 传质速率, 其能耗就已经超出了微藻培养的能源产出, 因此, 必须直接提供浓度较高的 CO<sub>2</sub> 气流, 这就要求微藻培养设施必须有配套的 CO<sub>2</sub> 供给源, 如发电厂烟道气、煤化工过程的 CO<sub>2</sub> 排放气等。

#### (2) 大规模培养的稳定性

保持微藻培养系统的稳定性首先要保证培养液组成的稳定性。开放式大规模培养微藻将利用如城市生活污水、工业废水等低质的水源以体现微藻能源低水耗的优点, 这些水源成分复杂多变, 对持续稳定地培养微藻提出了挑战, 水中潜在微藻病原体、浮游生物、各种杂质等将对培养系统的稳定性将产生不可预料的影响。

#### (3) 培养系统生产能力

高产是微藻能源发展的基础。目前培养系统中微藻远不能达到理论产量, 尤其是高产与高含油不能兼得, 在适合高产的条件下微藻不能高效地将能量转化为油脂。即使在实验室最优条件下, 一般估算所采用的微藻产量的 25g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 以及 50% 的含油率也很难实现兼得(DOE, 2009)。提高培养系统产率, 需要在微藻生物学基础研究、培养方法和工程学三方面下功夫, 能够稳定地、廉价地、高效率地培养微藻还须相关技术实现突破。

#### (4) 培养基营养成分的影响

培养液一般含氮、亚磷酸盐、铁和硅的配比。由于生长速率快, 微藻中的对无机营养需求量很大, 从而提高了培养液的成本。同时, 如果培养水循环利用, 如何控制培养液中成分稳定性也是一个难题。



对培养基中的营养成分控制至关重要。关键营养短缺会对生物量产生严重影响，但是培养过程中还需要限制某些营养成分的供给，提高微藻的产油率，如利用氮胁迫或硅胁迫的方法提高微藻中油脂含量。

#### (5) 水资源的管理、保持和可持续利用

微藻能源的优势之一是可以利用农业不能使用的水资源，如废水、海水。但是水资源的管理使用也是微藻生物燃料生产最大问题之一，如果处理不当会使其成为阻碍微藻燃料发展的因素。

水的蒸发问题。在大型开放式微藻培养系统中，水需求量巨大，且有大量水蒸发散失，导致水质越来越差。封闭式培养设备可以避免水分蒸发，但可能需要额外的能量调节培养液温度。

水的循环使用问题。微藻培养过程中，生物量会在一天中增加一倍，也就意味着每天需要处理一半的培养液。出于经济性考虑，大部分的废水都要回收的，但是盐分和其它化学物质、生物抑制剂等在回收的水中积累，从而影响微藻的生长。

进水和排水的处理问题。进水（地表水、地下水、废水、海水等）可能如果不适合微藻的生长则需要经过净化、消毒等处理过程。另外排水中可能含有盐分、残余的氮磷肥料、毒素、重金属、残留的微藻细胞等，如果将其直接排到当地水体，会影响临近生态系统及生物多样性，而将排水净化则增加了成本和能耗。

#### (6) 能量产出效率问题

净能量产出比 (Net Energy Ratio, *NER*) 是衡量生产工艺能量效率的重要指标。藻类培养技术中的 *NER* 为培养提取消耗的能量与干生物质能量的比值，如果 *NER* 小于 1，则该工艺生产的能量大于消耗的能量。Raphael 总结了 8 种开放式跑道池反应器和 3 种封闭式光反应器的 *NER*，其中 6 种跑道池反应器的 *NER* 小于 1，所有 PBR 的 *NER* 都大于 1。跑道池培养系统消耗的能量主要是使培养介质流通的水泵 (22%-79%) 和池塘建设 (8%-70%)，培养中氮肥的消耗也消耗了部分能量 (6%-40%)。PBR 培养系统中，培养介质的流通消耗了大部分的能量，对于管状 PBR 为 83%-92%，对于平板 PBR 约为 22%，另外系统建设约占能量消耗的 6%-12% (Slade 等, 2013)。

### 3 微藻采收与干燥

#### 低能耗采收技术

微藻培养液中微藻浓度低，一般开放池的浓度约为 0.5~1g/L，封闭培养的约为 5~10g/L (Chisti, 2007, Pienkos, et al., 2009)，同时，微藻密度与水差不多，且细胞内含有大量水份，因此，微藻收获和干燥过程难度大、成本高、能耗高。

目前微藻采收方法主要包括絮凝、过滤、离心、气浮等技术。这些分离方法原理简单，技术成熟，但成本和能耗相当高，尤其是能耗，一些分离方法（如离心分

离) 仅分离过程能耗就已经超出了微藻所能提供的能量, 就能源生产来说, 能耗过大的分离方法没有实际应用价值。絮凝技术包括生物絮凝、化学絮凝和电絮凝, 在絮凝过程中, 微藻细胞彼此粘附, 形成重聚集体后沉淀为浓缩物。该技术需要的能量较低, 是最有发展前景的微藻收获技术 (Uduman 等, 2010)。

其它采收技术还包括在可移动的介质上固化培养微藻, 利用声波(Surek, et al., 2004, Guclu-Ustundag, et al., 2007)或电场等使微藻在培养液中聚集等, 这些方法尚处于研究阶段。用于传统化工固液分离的技术如电渗析、膜分离等技术等曾作为备选方案。

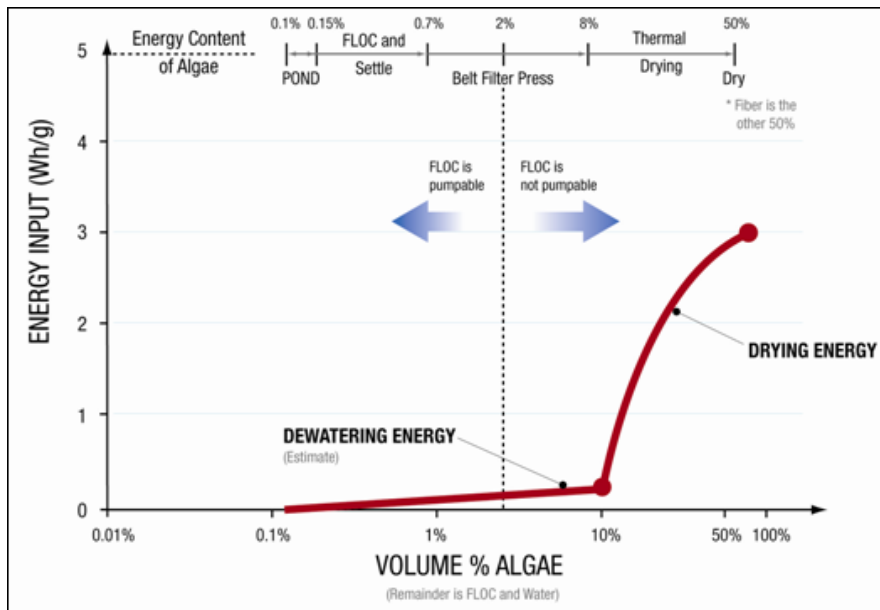


图 2 微藻采收、脱水和干燥过程的能耗示意图

资料来源: DOE, 2009

分析表明, 由于干燥过程消耗能量过大, 目前任何包含微藻干燥过程的采收/提取方案, 在能量平衡方面都是不可取的, 需要至少微藻所含全部能量的 60% (如图所示)。如 Aquatic Biofuels 的年产微藻燃料示范厂, 用于干燥微藻而燃烧的天然气可提供微藻培养所需全部二氧化碳的 30%(Tony, 2010)。当然可以利用日晒、风干等自然干燥办法, 但这将给生产厂选址带来新的问题。降低收获和干燥方面的能耗可从两方面着手解决, 一是提高培养液中微藻的浓度和粒度、或者直接在水中将微藻转化为易于分离的物质 (如采用在生长中可分泌出油脂到水中、以微藻为食的异养细菌或微藻); 另一条路径是开发更有效的分离方法, 可以不经过干燥的过程。

#### 4 油脂提取

微藻可以生产高品质的油脂、碳水化合物和蛋白质, 这是微藻生产的特点, 可

以借此生产高附加值产品以降低微藻生产成本，但同时也增加了下游提取工艺的复杂性，因此油脂提取过程的能耗控制是关键。

由于藻体细胞被具有韧性的细胞壁包裹，因此在油脂提取件需要对微藻进行破壁处理。现在，最主要的微藻油脂提取工艺包括有机溶剂混合物油脂萃取工艺、机械破碎工艺、亚临界溶剂提取法、快速溶剂萃取工艺、超临界甲醇/CO<sub>2</sub>工艺等。而最为常用的微藻油脂提取方法为机械破壁法与有机溶剂提取法相结合的方式。

未来，需要开发利用物理及化学手段对湿藻泥进行预处理，并采用多项多级萃取工艺，以提高提取效率。开发出提油效率高、质量稳定、油品好、能耗低、溶耗低、污染少、易于工业放大的湿藻提油工艺。此外，微藻油脂提取技术还应实现集成化，发展原位酯化或原位萃取的微藻油脂工艺，利用生物相容性有机溶剂实现油脂的连续合成和在线提取（张芳，2012）。

#### 4.1 溶剂萃取

溶剂萃取的方法已经广泛应用于实验室中微藻油脂的提取。萃取剂一般采用石油醚、正己烷、乙醇、丁醇、乙醚、丙酮、氯仿等，也可利用混合溶剂提取油脂，研究发现甲醇/氯仿（1: 2, V/V）混合溶剂系统提取效率较高，但是如果有水存在，水会在脂质的表面形成一层保护层，使其难溶于氯仿等弱极性溶剂而致使提取效果变差，因此要求微藻必须干燥，从而增加了成本；此外混合溶剂系统需要高温高压环境以提高萃取效率，但同时也会提高工艺成本。

提取油脂时，溶剂必须能够透过包围脂质的细胞器与脂质接触，然后将脂质溶解。植物器官的结构会阻止溶液进入细胞器，因此需要在加入萃取剂前，对藻体进行破壁预处理。常见的预处理方法分为物理、化学和生物化学破壁法。

物理破壁法常用的方法有：冷冻干燥后研磨、液氮中冷冻后研磨细胞、超声波法、微波法、蛋白珠法等方法。物理破碎工艺可以省去萃取工艺中的高温高压过程。化学与生物化学破壁法主要包括酸热法、化学渗透法、酶溶法等。采用化学与生物化学破壁法具有破壁高、能耗低的特点，但是需要引入化学试剂或酶试剂，对后期生产过程中产物分离与提纯增加了难度（蒋晓菲，2012）。

#### 4.2 亚临界溶剂萃取法

亚临界溶剂提取技术是一种新的加速萃取技术，这种工艺利用亚临界溶剂作为萃取剂，将样品在密闭容器中加温加压，加速被提取物从原料颗粒基质中解析，使原料中脂溶性成分进入到液态溶剂中，再通过减压蒸发将萃取剂与目标产物分离。

目前，已有采用不同的亚临界溶剂技术从微拟球藻湿藻泥中提取油脂（陈闯，2011）的研究报道，结果表明，亚临界乙醇-正己烷比亚临界乙醇对湿藻细胞具有更高取油率，且加入少量硫酸可进一步提高油脂提取率、降低溶剂用量。在真菌油

脂提取实验中研究人员发现（李植峰，2001），在氯仿、甲醇有机溶剂萃取的基础上加入酸，能大大缩短样品的处理时间，且油脂提取率优于超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法。

此外，还有亚临界水萃取法应用于植物组织中提取香精油(Eikani, et al., 2007)、微藻中提取功能成分(Herrero, et al., 2006)、油籽中提取皂角素(Guclu-Ustundag, et al., 2007)等的研究报道。大规模连续生产装置的设计是该方法目前面临的主要问题，需要庞大的加热/冷却系统，过程的能量的回收利用也必须考虑。

### 4.3 超临界甲醇/CO<sub>2</sub> 萃取工艺

超临界液体提取工艺将气态物质易传递的特性和液态物质的溶解性相结合，提取效率要大大高于通常的液体溶剂(De Castro, et al., 1999)。CO<sub>2</sub> 由于其合适的临界性质（压力 72.9ATM，温度 31.1℃）、低毒、化学惰性等优势，使用广泛。其它液体包括甲醇、乙醇、水、二氧化氮、六氟化硫等都可以考虑作为溶剂(Herrero, et al., 2006)。这一方法的最大优点是：在提取过程技术后，提取物质溶解在超临界液态溶剂中，在下游工艺中只要将温度和压力恢复到气态条件，提取物质自然就会与溶剂分离。目前，关于超临界萃取的研究很多，也有用于商业生产的报道，但对于以大规模生产能源为目的的微藻油脂提取过程来说，超临界萃取工艺的能耗和装置的大型化是商业化的最大障碍。

### 4.4 快速溶剂萃取技术

快速溶剂萃取（Accelerated Solvent Extraction, ASE）(Richter, et al., 1996)利用溶剂在高于其沸点的温度和高压下进行萃取。除了可以提高收率，大大缩短提取时间外，在提取的各个步骤中可以分步除去提取到产品中所含杂质，从富含油脂的材料中将各种有用的产品分离出来，将油脂从生物样品中分离出来，并且可以直接加入吸附剂提高最终产品的纯度(Peterson, et al., 2007)。ASE 技术面临同亚临界溶剂萃取、超临界萃取技术类似的工业化障碍，即装置放大问题和能耗问题。

### 4.5 挤奶式提取

研究人员使用十碳烷和十二烷等溶剂提取活体细胞中的甘油三酯，不损害细胞的生存能力，提取细胞壁上结合的游离脂肪酸(Hejazi, et al., 2002)。理论上，提取油脂后这些细胞可以在生物反应器中继续生长并产生甘油三酯，这就是所谓的“Cell Milking”技术，这一技术已经获得专利，并在一些生产中小规模应用。该技术的细胞存活率等问题还需要进一步验证，如果可行，这将是一条降低微藻生物燃料生产成本的途径。

### 4.6 耦合法提取

耦合法提取伪造油脂主要包括：超声辅助提取法、微波辅助提取法、脉冲电场辅助提取法以及酶提取法等。

超声辅助提取法是利用超声波的热效应、机械效应和空化效应，强化有机溶剂提取过程，减少溶剂用量，缩短提取时间，提高油脂提取率。Cravotto (Cravotto, 2008) 等采用超声辅助溶剂法提取 *Cryptocodiniumcohnii* 微藻的油脂，将油脂提取率提高到了 25.9%。

微波辅助提取法是利用微波的热效应，对微藻细胞进行破壁同时，强化有机溶剂提取过程，减少溶剂用量，缩短提取时间，提高油脂提取率。Cravotto (Cravotto, 2008) 等采用微波辅助提取 *Cryptocodiniumcohnii* 微藻的油脂，可以将优质提取率提高到 17.8%。

高压脉冲电场是一种新型的非热加工技术，利用高压脉冲电穿孔机理将细胞膜穿孔，对于提取细胞内的成分具有很好的效果。该项技术是一种具有发展潜力的微藻油脂辅助提取技术，目前以应用于玉米油、大豆油、橄榄油等植物油的提取过程。2011 年 2 月，美国 Diversified 技术公司宣布，其开发的脉冲电场预处理技术有助于从微藻细胞中萃取油脂，这样可大大降低从微藻中提取生物柴油的成本。

酶提取法是指在水相中，利用生物酶分解微藻细胞比，将油脂从细胞内释放出来，然后通过离心等后处理方式使油水分离，提取微藻中的油脂 (蒋晓菲, 2012)。

## 5 生物燃料转化

微藻可以转化为氢气，甲烷等气体燃料，也可以转化为液态碳氢化合物和含氧化合物、热解油和焦炭，其中，汽油、柴油和航空燃料等液态交通燃料是主要发展方向。微藻转化为燃料的技术大致分为以下三类：

- (1) 不通过提取工艺，直接将微藻转化为可再生燃料。
- (2) 加工处理全部微藻生物质转化为燃料。
- (3) 加工微藻提取物 (如脂质、碳水化合物) 生产燃料。

微藻直接生成生物燃料产品的工艺因为减少了加工过程中的操作步骤，而降低了成本 (尤其是降低了微藻从水中分离出来的难度)，生产工艺也与提取微藻油脂生产生物燃料，特别是生物柴油有很大的不同。主要产品是乙醇、烷烃类和氢气。

### 5.1 乙醇

*Chlorella vulgaris* 和 *Chlamydomonasperigranulata* 等微藻可以通过厌氧发酵淀粉类生物质生成乙醇或者其它醇类 (Hon-Nami, 2006, Hirayama, et al., 1998)。微藻可在光合作用过程中生产、贮藏淀粉，也可以直接在培养基中添加糖，在黑暗条件下，通过厌氧发酵，将这些贮藏的碳源转化为醇类。如果微藻产生的醇类可以分泌到细胞外，则可以直接从培养基中提取，省去微藻采收过程浓缩的步骤，可以节省大量成本和能量消耗。

实现这一技术的商业化应用还需要对过程工艺和系统工艺进行大规模改进，提

高效。通过代谢途径的基因工程改造、代谢流分析、基因组学工具等构建可商业化应用的藻种。

除了乙醇外，还可以生产甲醇、丁醇等，生产工艺类似。

## 5.2 烷烃

烷烃也可以通过微藻厌氧发酵途径产生。理论上，产生的烷烃可以直接分泌到细胞外进行回收，但实际上还是需要经过微藻的脱水和提取才能回收需要的烷烃。影响藻类产烃的因素包括营养类型、培养方式、营养物浓度和比例、光照、温度、抑制剂等(梅洪, 2008)。目前的工艺通常采用密闭的塑料管道培养器，不需要阳光，异养培养。

异养培养与典型的光合自养培养技术相比有许多优点：首先，微藻在黑暗中比在阳光下会产生更多的烷烃，因为光合作用途径被抑制，而将糖分转化为烷烃的代谢途径活性增大。其次，微藻生长速率增加。因为不需要顾及太阳光透射率，培养液中微藻密度可以大大提高，也使得脱水工艺更为高效。但异养的最大问题是本身不固定能量，只是一个化学能相互转化的过程。

异养微藻实际的竞争对手是微生物发酵。与微生物发酵纤维素材料产生物燃料相比，微藻转化纤维素材料产生物燃料有独特的优点。在木质纤维素生物质预处理、酶解后，会产生一些有毒物质如醋酸盐、呋喃和木质素单体。其它工艺中，要在转化步骤之前除去这些有毒物质，但是微藻可以耐受这些化合物的存在，因此可省去这一步骤，降低成本。

## 5.3 氢气

微藻产氢工艺是目前制氢领域的研究热点，根据产氢途径的不同，这一技术可分为：光合作用产氢（直接生物光解产氢、间接生物光解产氢）和发酵产氢（光发酵和暗发酵）。

目前面临的问题有：质子梯度累积对光合作用合成氢气的限制，二氧化碳对光合氢气的竞争性抑制等。

微藻产氢工艺的发展不仅依赖于技术的发展，如通过基因工程的方法提高微藻光合作用效率和光合生物反应器的提高。还需要考虑经济发展、社会接受程度和全国氢气基础设施的建设发展。目前，通过实验室的研究发现，在光照较强地区微藻间接生物光解水产氢的成本可以达到市场接受的生产成本，因此这种方法是具有开发前景的。

## 5.4 使用微藻直接产生物燃料

对于糖类较多、脂类含量较少的微藻，采收后不经过油脂提取而产生物柴油也是一个可选择的工艺。这类转化方法包括热解、气化转化生产 FT 合成油和醇醚

燃料、发酵生产沼气等，与普通的生物质生产燃料方法类似。由于微藻木质素含量低，同时本身比较细小，与纤维素类生物质相比少了预处理过程中的破碎步骤，具有一定优势。

### 5.5 微藻油脂的转化

油脂转化为液体燃料的过程可以说是整个微藻能源技术中难度最低的技术，是目前唯一不存在商业化障碍的环节。目前，微藻制备生物柴油的主要方法是使用微藻油脂通过酯交换反应制取的。微藻油脂与一般的植物油性质差别不大，而植物油生产脂肪酸甲酯已经是成熟的技术，广泛应用于生物柴油的生产。化学催化法是传统的工艺，是目前大多数生物柴油的生产方法，如酸催化法、碱催化法，而酶催化法、超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法是新开发的技术，在实际生产中也有应用。目前，实现微藻制备生物柴油产业化的瓶颈是难以获得具有高产量、高含油量藻种，并利用这些藻种以较低成本生产生物柴油（唐喆，2009）。

此外，油脂还可以通过加氢、脱羰基的方法除去分子中的氧转化为高十六烷值的直链柴油，目前芬兰的 Neste Oil Corp. 已经有工厂在运作。

### 5.6 其他化学品

微藻除了含有糖类、蛋白质等可作为食物、药物或饲料，还有各种游离的脂肪酸和不饱和脂肪酸，而有些不饱和脂肪酸是人体必需的，如从微藻中提取的 EPA 是治疗心脏病的药物，是一种  $\omega$ -3 不饱和脂肪酸。此外，还可以从微藻制取的生物柴油中提取甘油等。

程静，苏郁洁编写

#### 参考文献:

- Chisti, Y. (2007) Biodiesel from Microalgae[J]. *Biotechnology Advances*, 25, 294-306.
- Cravotto G, Boffa L, Mantegna S, et al. (2008). Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and /or microwaves[J]. *UltrasonSonochem*, 15( 5) : 898-902.
- De Castro, M. D. L., Jimenez-Carmona, M. M., Fernandez-Perez, V. (1999). Towards More Rational Techniques for the Isolation of Valuable Essential Oils from Plants[J]. *Trac-Trends in Analytical Chemistry*, 18,708-716.
- DOE. (2009). National Algal Biofuels Technology Roadmap. Available from: [https://e-center.doe.gov/iips/faopor.nsf/UNID/79E3ABCACC9AC14A852575CA00799D99/\\$file/AlgalBiofuels\\_Roadmap\\_7.pdf](https://e-center.doe.gov/iips/faopor.nsf/UNID/79E3ABCACC9AC14A852575CA00799D99/$file/AlgalBiofuels_Roadmap_7.pdf).
- Dunahay, T. G., Jarvis, E. E., Roessler, P. G. (1995). Genetic Transformation of the Diatoms *Cyclotella Cryptica* and *Navicula Saprophila*[J]. *Journal of Phycology*, 31, 1004-1012.
- Eikani, M. H., Golmohammad, F., Rowshanzamir, S. (2007). Subcritical Water Extraction of Essential Oils from Coriander Seeds (*Coriandrum Sativum* L.)[J]. *Journal of Food Engineering*, 80, 735-740.
- Guclu-Ustundag, O., Balsevich, J., Mazza, G. (2007). Pressurized Low Polarity Water Extraction of Saponins from Cow Cockle Seed[J]. *Journal of Food Engineering*, 80, 619-630.
- Hejazi, M. A., de Lamarliere, C., Rocha, J. M. S., et al. (2002). Selective Extraction of Carotenoids from the Microalga *Dunaliella Salina* with Retention of Viability[J]. *Biotechnology and*

*Bioengineering*, 79,29-36.

Herrero, M., Cifuentes, A., Ibanez, E. (2006). Sub- and Supercritical Fluid Extraction of Functional Ingredients from Different Natural Sources: Plants, Food-by-Products, Algae and Microalgae - a Review[J]. *Food Chemistry*, 98, 136-148.

Hirayama, S., Ueda, R., Ogushi, Y., et al. (1998). Ethanol Production from Carbon Dioxide by Fermentative Microalgae[J]. In *Advances in Chemical Conversions for Mitigating Carbon Dioxide*, eds. T. Inui, M. Anpo, K. Izui, S. Yanagida & T. Yamaguchi, 657-660.

Hon-Nami, K. (2006) A Unique Feature of Hydrogen Recovery in Endogenous Starch-to-Alcohol Fermentation of the Marine Microalga, *Chlamydomonas Perigranulata*[J]. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 131, 808-828.

Johnson, M. B., Wen, Z. Y. (2010). Development of an Attached Microalgal Growth System for Biofuel Production[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, 525-534.

Mata, T. M., Martins, A. A., Caetano, N. S. (2010). Microalgae for Biodiesel Production and Other Applications: A Review[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 14, 217-232.

Peterson, J., Richter, B. (2007). Accelerated Solvent Extraction Techniques for in-Line Selective Removal of Various Interferences[J]. *Lc Gc North America*, 49-49.

Pienkos, P. T., Darzins, A. (2009). The Promise and Challenges of Microalgal-Derived Biofuels[J]. *Biofuels Bioproducts & Biorefining-Biofpr*, 3, 431-440.

Pulz O.(2001). Photobioreactors: production systems for phototrophic microorganisms[J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 57, 287-93.

Putt, R. 2007. Algae as a Biodiesel Feedstock: A Feasibility Assessment. Available from: [http://www.bioenergy.msu.edu/feedstocks/algae\\_feasibility\\_alabama.pdf](http://www.bioenergy.msu.edu/feedstocks/algae_feasibility_alabama.pdf).

Richter, B. E., Jones, B. A., Ezzell, J. L., et al (1996). Accelerated Solvent Extraction: A Technique for Sample Preparation[J]. *Analytical Chemistry*, 68, 1033-1039.

Roessler, P. G., Ohlrogge, J. B. (1993). Cloning and Characterization of the Gene That Encodes Acetyl-Coenzyme-a Carboxylase in the Alga *Cyclotella-Cryptica*[J]. *Journal of Biological Chemistry*, 268, 19254-19259.

ScienceDaily. 2009. Engineers Strive to Make Algae Oil Production More Feasible.

Sheehan, J., Dunahay, T., Benemann, J. (1998). A Look Back at the Aquatic Species Program. Available from: [www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24190.pdf](http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24190.pdf).

Slade R, Bauen A. (2013). Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects[J]. *Biomass Bioenerg*, 53, 29-38.

Surek, B., Melkonian, M. (2004). CCAC - Culture Collection of Algae at the University of Cologne: A New Collection of Axenic Algae with Emphasis on Flagellates[J]. *Nova Hedwigia*, 79, 77-92.

Tony, P. (2010). Demo Plant in Louisiana: "Aquatic Energy" to Yield 9500 Lts of Algae Oil in 4000m2 Ponds. Available from:

<http://aquaticbiofuel.com/2010/01/18/demo-plant-in-louisianas-aquatic-energy-to-yield-9500-lts-of-algae-oil-in-4000m2-ponds/>.

Uduman N, Qi Y, Danquah MK, Hoadley AFA. (2010). Marine microalgae flocculation and focused beam reflectance measurement[J]. *Chemical Engineering Journal*.162,935-40.

Ugwu, C. U., Aoyagi, H., Uchiyama, H. (2008). Photobioreactors for Mass Cultivation of Algae[J]. *Bioresource Technology*, 99, 4021-4028.

Van Beilen JB.(2010). Why microalgal biofuels won't save the internal combustion machine[J]. *Biofuels Bioprod Biorefining*, 4,41-52.

陈闽, 陈晓琳, 刘天中,等 (2011).不同亚临界溶剂从微拟球藻湿藻泥中提取油脂[J]. *过程工程学报*, 11( 3): 380-385.



范晓蕾, 郭荣波, 魏东芝 (2009). 能源微藻与生物炼制. 中国基础科学, 59-63.

姜进举, 苗凤萍, 冯大伟等(2010). 微藻生物柴油技术研究现状及展望. 中国生物工程杂志, 30(2), 134-140.

江胜滔, 施巧琴, 黄建忠等(2004). 酿酒酵母与雨生红球藻的融合子的 RADP 鉴定. 福建师范大学学报, 20(4), 76-79.

蒋晓菲, 周红茹, 金青哲, 王兴国 (2012). 微藻油脂制取技术的研究进展[J]. 中国油脂, 37(10): 62-66.

李植峰, 张玲, 沈晓京 (2001). 四种真菌油脂提取方法的比较研究[J]. 微生物学通报, 28(6): 72-76.

梁英, 陈书秀 (2008). 微藻育种的研究现状及前景. 海洋通报, 27, 88-94.

刘广发, 楼士林, 李庆顺等(1993). 杜氏藻与大肠杆菌跨界融合初探. 海洋科学, 4, 35-39.

梅洪, 张成武, 殷大聪, 耿亚红, 欧阳峥嵘, 李夜光 (2008). 利用微藻生产可再生能源研究概况 [J]. 武汉植物学研究, 26(6): 650-660.

沈继红, 林学政, 刘发义等(2001). 细胞融合法构建 EPA 和 DHA 高产异藻株的研究. 中国水产科学, 8(6), 63-66.

唐喆, 芮蕾, 张颖, 郭庆祥 (2009). 利用伪造支取生物燃料的研究进展[J]. 现代化工, 29(7): 12-17.

张森, 刘平怀, 杨勋, 郝宗娣, 张玲, 罗宁(2013). 富油微藻育种技术研究进展. 广东农业科学, 4, 232-235.

张芳, 程丽华, 徐新华, 张林, 陈欢林 (2012). 能源伪造采收及油脂提取技术[J]. 化学进展, 24(10): 2062-2072.

## 科技

### *Science*: 科学家设计出更容易降解的细胞壁

植物细胞壁中的木质素和半纤维通过共价键或是氢键交联, 从而将纤维素包埋在其形成的网状基质中。因而, 木质纤维类生物乙醇的生产需要对原材料进行预处理, 使纤维素的立体结构利于纤维素酶的降解, 从而释放出葡萄糖单体用于乙醇发酵。由于原材料的预处理和纤维素酶的使用, 导致当前木质纤维素类乙醇的生产成本显著高于淀粉或蔗糖乙醇。20 世纪 90 年代中期, 威斯康辛大学的约翰拉尔夫教授首次提出通过在木质素中引入弱键设计更容易降解的植物细胞壁, 以减少造纸制浆过程中的能源损耗。美国能源部大湖生物研究中心的科学家 Wilkerson 带领的研究团队通过基因工程设计杨树木质素结构, 实现了细胞壁的自动解构, 文章发表在 4 月 4 日的 *Science* 杂志上。

杨树可在不适于种植粮食的边际土地密集生长, 是很好的生物燃料原料。Wilkerson 教授及其研究团队以杨树为模式生物, 首先对表达合成各样分子胶单体的基因进行了鉴定和分离, 然后成功地将基因转入杨树, 工程杨树不但表达了这些单体并将这些单体结合在木质素中, 从而在木质素中引入了比较弱的链接, 使其更容易降解。

苏郁洁 摘译自: <http://www.sciencemag.org/content/344/6179/90.full>

## 美国海军宣布成功将海水转化为燃料

美国海军研究实验室（NRL）的研究人员成功地从海水中提取出二氧化碳和氢气，并转化为碳氢化合物液体燃料。

研究采用新型的电解阳离子交换模块（E-CEM），通过碳酸盐和重碳酸盐与二氧化碳的重新平衡，提取海水中溶解的和已经结合的二氧化碳，同时产生氢气，产生的气体在反应器中以金属催化剂催化生成液体烃。然后，通过可控的聚合反应将烯烃转化为 C9-C16 化合物，可作为替代石油基喷气燃料。二氧化碳在海水中的浓度大约是空气中的 140 倍（100 毫克/升），其中 2-3% 以碳酸的形式溶解于海水中，1% 以碳酸酯的形式存在，96%-97% 与阳离子结合生成碳酸盐。



图：E-CEM 碳捕获装置

NRL 在将从海水中提取的二氧化碳和氢气转化为 C9-C16 烃的工艺上取得了重大进展，并获得专利。开发了二氧化碳转化率高达 60% 的铁基催化剂，并为了获得长链不饱和烃而减少了甲烷的产量。过程中产生的高附加值的碳氢副产物可用于生产化学品或生产其他燃料。

下一步科学家打算研究如何从海水中提取出更多的二氧化碳和氢气。魏劳尔博士称：“我们已经证实了该技术的可行性，接下来我们将研究如何提高转化效率。”

目前，美国海军研究实验室的科学家已经用这种“海水燃料”，让模型飞机成功试飞。使用该技术生产的喷气燃料的成本预计为 3 美元-6 美元/加仑，只要有足够的资金和合作者，预计未来 7-10 年可实现该技术的商业化使用。

苏郁洁 摘译：

<http://www.nrl.navy.mil/media/news-releases/2014/scale-model-wwii-craft-takes-flight-with-fuel-from-the-sea-concept>

## 巴西生物燃料的发展趋势

世界可再生能源网对今年巴西生物燃料的发展趋势做了分析预测，并总结了2014年的发展趋势，包括原料多样化、销量发展趋势、生物燃料的混掺比例、项目发展等方面。

**原料多样化方面**，Nexsteppe 公司4月份宣布公司售卖了1000多公顷高产生物质高粱土地所生产的高粱用于生物发电，这使得公司占了巴西高粱生物能源市场65%的份额。由于今年天气干旱，巴西的水电资源短缺，而Nexsteppe公司的耐热耐旱高粱长势良好，由于高粱水分含量低，相对于其它生物能源收获和运输成本更低。Ceres公司和先正达公司去年10月份在巴西签署协议，促进甜高粱和高生物量高粱在巴西乙醇厂中的应用。去年12月份，国家农业部部长表示政府正在探索对玉米乙醇生产的补贴办法，立法促进玉米乙醇的生产。过去11年中巴西玉米的产量已经翻番，有大量盈余。美国乙醇巨头POET计划在巴西南部建设投资3.5亿美元的玉米乙醇项目，该项目将每年消耗35万吨玉米生产5000万升乙醇。以蓖麻子为原料的生物燃料在巴西蓬勃发展。巴西最大的地主Evofuel公司与重要的农业企业SLC Agricola公司签署合作协议，在巴西商业化生产Evofuel公司研制的蓖麻品种，并出售给当地石油生产商。

**销量方面**，2013/14收获年巴西国内乙醇的销售量达到230.7亿升，去年同期销售量仅186.8亿升。含水乙醇的销售量增加了16%，无水乙醇的销售量增加了36%。混掺比提高，4月份，巴西农业部确认正研究将无水乙醇在汽油中的混掺比例由目前的25%提高到27.5%，以降低巴西的石油进口。

**项目方面**，Amyris公司宣布其位于巴西东南部工业化发酵工厂在经过短暂休整后已经恢复工业化生产。公司在布罗塔斯的生物精炼厂将在2014年生产首款香水油——广藿香和生物基化学品法尼烯。公司在2013年成功的规模化生产并销售了可再生烃类燃料，建成规模化生产金合欢烯的厂房并投产，由可再生产品带来的收入增加了50%。

苏郁洁 摘译自：

<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2014/04/top-10-trends-in-brazil-biofuels-for-2014>

### 报告推送

## DOE 通过藻类群落培养技术提高藻类生物燃料产量

2014年4月，美国能源部发布了探索利用藻类群落培养技术提高藻类生物燃料

产量的报告。报告分为四个部分：藻类生物燃料研发的目标及项目、陆地培养系统混合培养的经验及理论背景、藻类混合培养的发展背景及研究综述、通过固定化培养提高藻类生物燃料产量的建议。

美国能源部 BETO 办公室为藻类生物燃料发展制定了详细的计划，到 2014 年产量达到 1500 加仑/亩\*年、到 2018 年产量为 2500 加仑/亩\*年、2030 年达到 5200 加仑/亩\*年以上，每加仑汽油当量的藻油价格为 13.13 美元、2018 年将到 6.3 美元、2030 年达到 3 美元。

2012 年 9 月，针对如何提高藻类生物质液体燃料的品质，BETO 提出了两种方法，一是通过生物化学和热化学技术提取浓缩藻脂，二是全藻水热液化 (Whole Algae Hydrothermal Liquefaction, HTL)。HTL 技术因为不受细胞大小、脂肪含量等表型特征的一项，适合复杂藻类群落的油脂提取。

报告通过模型对藻类燃料成本进行了量化，藻类生物量生长率对成本的影响在 -2 美元/加仑到 +4 美元/加仑之间。Dzialowski 等认为培养单一藻种非常不稳定，受藻类的天敌或害虫及资源的可用性等影响，培养系统容易崩溃。Owen Smith 等认为通过构建藻类培养池的稳定生态系统，可以增加藻类产量。混合培养藻类生态系统与 HTL 油脂提取技术结合具有广阔的商业化应用前景。

苏郁洁 摘译自：[http://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/complex\\_algal\\_communities.pdf](http://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/complex_algal_communities.pdf)

## 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