

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2009年4月1日 第7期（总第64期）

先进工业生物科技专辑

中国科学院国家科学图书馆成都分馆主办

中国科学院国家科学图书馆成都分馆 四川省成都市一环路南二段十六号
邮编：610041 电话：028-85228846 电子邮件：zx@clas.ac.cn

目 录

重点关注

清醒看待藻类生物柴油 1

短 讯

科技政策与科研计划

DARPA 资助藻类合作研究项目 3

研究与开发

土壤细菌“呼吸”有毒金属 4
地球平流层发现新微生物 5
细菌生物膜的自然选择 6
美国开发新型生物燃料酶 7

清醒看待藻类生物柴油

最近，大规模藻类生物柴油的生产离现实越来越近，不过一些被业界大行推荐的生产方式也许并没有所描绘的那么容易实现。3月，加拿大学者向英属哥伦比亚创新协会提交的题为《藻类生物柴油的技术、可行性与障碍》(Current Technology, Suitability & Barriers to Implementation)的报告正式公布，报告详细探讨了这一问题。

第一代生物燃料所利用的原料通常是小麦、玉米等农产品，第二代生物燃料则主要以麦秆、秸秆和木材等纤维素生物质为原料，而近来谈论最多的第三代生物燃料还包括以藻类为原料的生物柴油和生物乙醇。Seed Science 公司花费数月时间对哥伦比亚省的藻类生物柴油开发进行了技术经济可行性分析，认为无论是对于本地区还是世界其他地区，藻类生物柴油开发的成熟性还存在一些疑问。

藻类生长的优势在于其生长速率高，能够减小单位质量生物燃料所需的土地面积。同时，藻类生长可以利用非农业土地种植，不会与农业用地相竞争。壳牌石油、雪佛龙公司等大企业和美国军方都正在积极探索藻类生物燃料的开发。在过去几年中，一些藻类开发企业已经在该领域投入了数百万美元资金。那么，藻类生物柴油何时才能投入商业化生产和使用呢？

光生物反应器运行费用

本报告的主要研究对象是光生物反应器，它是目前所倡议的用于藻类生物柴油原料培养的主要技术。报告中所指的光生物反应器是利用自然光培养藻类的场所，包括玻璃或聚丙烯管道、水泵、混凝土和温室大棚。目前所知至少有 15 家公司正在发展光生物反应器，这些公司主要在美国和加拿大。光生物反应器在技术上是完全可行的，目前已经有成功运行的实例。然而，要想利用这种方式经济地生产出廉价的生物燃料等产品，还面临几个严重的挑战。

光生物反应器要面临的首要问题就是费用太高。在经济规模下，报告估计费用约为每公顷 150 万美元；然而，报告的专家认为这一估计仍然过低，可能仅为实际价格的 1/2 或 1/3。这种资本耗费下每升藻类生物柴油的价格约为 7-15 美元，具体价格视可用的太阳光和藻类原料及产品的种类而定。计算时已经包括了副产物销售的收益，例如可用于乙醇生产或动物饲料的藻渣。这一成本高于当前柴油价格，报告认为前景并不乐观。

其次，用光生物反应器培养藻类还包含额外的成本。从目前的经验来看，每公顷需要 1-15 名设备维护人员。根据工业化国家的人力成本标准，如果每公顷只雇佣 1 人，每升产品的劳动力成本为 1.5-3 美元。

最后，施肥、电力、维修等操作成本为 3-6 美元/升。肥料成本在过去的几年大

幅升高，不过藻类培养的主要操作费用仍来自电力消耗。藻类培养需要培养液不间断流动，假设光生物反应器的干物质浓度为 5 克/升，每收获 1 吨藻类就需要 19 升水。在每年温度较高时，还需要耗费更多水或借助空调来降温。在较暖气候地区运行光生物反应器可能会导致净能量值为负。表 1 列出了藻类生物柴油的各项成本。

表 1 三种藻类生产技术的基础投资和生产成本

	沟道式	光生物反应器	发酵罐
初始投资 (\$/L)	52	111	2
生产成本	\$ (每升柴油产品的成本)		
劳动力成本	4.03	2.96	0.29
其他生产成本	3.71	6.37	2.06
资金成本	7.35	15.56	0.28
总成本	15.09	24.89	2.63
出售藻渣获益	0.65	0.29	0.05
净总成本	14.44	24.60	2.58
油脂含量	15%	25%	50%
每公斤藻类成本	2.66	7.32	1.54

其他成本影响因素

那么，藻类生物柴油的碳固定效果如何呢？大气中的碳只能暂时被固定，最终将会燃烧。按照大多数工业化国家的生物燃料发展指令，碳抵消额并不能用于出售，除非该燃料的生产是额外的，或超出指令范围的。生物燃料的附加值是体现在其较高的市值和税费减免方面的。即使藻类生物燃料的使用是额外的，其碳抵消额能够交易，其收入也不能与其高生产成本相抵消。

那么在规模经济和技术进步的前提下又会怎样呢？报告在极为宽松的假设下分析了规模经济的情况，如果提高自动化程度、通过基因手段提高藻类的含油量，或降低光损耗，经济性将会有所提高。但主要的混凝土、玻璃和设备等原材料的价格下降机会不大。由于藻类的油脂和淀粉产量的限制，光生物反应器在目前不能提高生物燃料的竞争性，在未来也很难说。藻类生物柴油的价格大体上比化石燃料的价格高 10 到 15 倍。

此外，报告还探讨了生产高值化学品的可能，认为这种方式并不能从根本上改善藻类生物燃料的经济性。报告得出的结论无疑是出人意料的，但这些结论从很多独立的来源都得到了证实，可以为世界上各个地区的相关研究与发展提供参考。

陈方 译自http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=3313&q=&page=all,
www.bcic.ca/media-and-press/media-releases/132-2009/598-high-technology-a-priority-for-agriculture

e, 检索日期：2009 年 3 月 24 日

DARPA 资助藻类合作研究项目

两个藻类研究项目获得了由美国国防高级研究项目署（the U.S. Department of Defense's Defense Advanced Research Projects Agency, 简称 DARPA）提供的大额研究经费支持。DARPA 的生物能源计划旨在开发能源替代品和提高燃料效能，以减少军队对传统燃料的依赖性并降低使用成本。

两个项目均由圣地亚哥有经验的国防项目团队主持。Atomics 将军领导了一支由 18 个大学和企业组成的团队加入一个为期三年的项目，DARPA 将向该项目提供共 4300 万美元研究资金。Science Applications International Corp. 公司从一个藻类开发全过程研究项目中得到了 2500 万美元的资助，另有来自于乔治亚州、佛罗里达州、夏威夷和德克萨斯州的多家学术机构参加了该项目。这两个项目的目的都是要开发一个廉价、大规模生产可替代 JP-8 型飞机燃料的藻类燃料的可扩展工艺。

Atomics 将军介绍，该项目将要测试所有藻类转化为飞机燃料的各个方面，目的是为了使其成为国防部可选的可靠、可负担的长期燃料。研究内容包括确定成本的关键影响因素、检验增加产量的多种途径、减少操作费用和资金投入等。该项目将解决藻类选择和培养，水、二氧化碳和氮供应，藻类收获，油料萃取和燃料转化等多种问题，并最终实现中试。除了将藻类转化成燃料以外，该团队已经研究了将废塑料、垃圾和生物质转化为能源的多种技术。Atomics 将军领导的团队已广泛测试了如核能、激光、电磁能等多种能源，以及无人机等工业和国防领域的技术。

Science Applications International 公司是一家为国防部、或其他政府机构，以及商业市场开发国家安全、能源环境、关键基础设施、卫生领域的科学工程和技术应用的公司。其所负责项目的目标是研制每加仑 3 美元的藻类 JP-8 飞机燃料，尽管选择藻类的种类的研究内容与 Atomics 将军团队相似，但二者的甘油三酸酯转化、提纯工艺和经济模型不同。根据合约该项目将分为两个阶段：第一阶段，着重于技术的选择和开发、试验工厂设计、系统整合以及经济性模型分析等，实现实验室级产能的最大化，工业化生产前设计和提交测试样本。该公司也将研发详细的商品化和标准化方案，以适应商业和军用系统的不同要求。第二阶段则着重于最后的设计和中试前产能的整合与运行。

郑颖 译自 http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=3295

检索日期：2009 年 3 月 24 日

土壤细菌“呼吸”有毒金属

研究人员正在研究一些常见的土壤细菌，这些细菌“吸入”有毒金属，然后将这些有毒金属以无毒的形式“呼出”。美国俄亥俄州立大学研究人员利用独特的综合型显微镜，能够看到希瓦氏菌 *Shewanella oneidensis* 如何分解金属，化学吸氧。这项研究发表在 3 月 16 日的《应用与环境微生物学报》上。该研究发现希瓦氏菌能够将细菌细胞内的蛋白质移动到细胞外膜，与金属直接接触，细菌通过蛋白质与金属氧化物的结合来利用氧气。将来这些细菌可能会用于清理几十年前核武器生产遗留下来的有毒化学物质。

美国俄亥俄州环境与自然资源学校助理教授 Brian Lower 解释说，这一过程称为呼吸，生物通过呼吸产生能量。人类通过呼吸氧气释放食物中的能量，但自然界中细菌并不总能获得氧气。不过无论细菌埋在土壤还是水中，都能够依靠金属获得需要的能源，这是一种古老的呼吸形式。从进化的角度看，这样的呼吸方式非常有意义，不过人们的兴趣在于如何利用这些细菌修复铀、钍和铬等化合物的污染（其中后 2 种化合物是钚的副产品）。美国能源部正在赞助这项研究工作，以便发现治理上世纪六、七十年代核武器废物的新方法。希瓦氏菌存在于核废料堆放点（如美国华盛顿州恒福堆放点）的土壤中，科学家在更好地了解细菌的这种能力后，也许将来会构建出希瓦氏工程菌株，提高修复此类废弃物的效率。如果能让这种细菌产生更多的关键蛋白质，增强其降解铀的能力，这种细菌就可能成为这些核污染地点生物治理的一种方式。核废料堆放点的危险在于这些有毒金属具可溶性，能够通过渗透进入当地的水供应系统。但是希瓦氏菌能将这些可溶性金属转换成不溶的形式，这些金属将继续留在原来的地方，但是它们将是稳定的固体而非不稳定的液体。

在这项研究中 Lower 使用了原子力显微镜（an Atomic Force Microscope）来测试细菌如何作用于金属矿物赤铁矿。原子力显微镜在某种程度上有点类似于微型留声机的针——一枚小针垂悬于研究对象表面之上的悬臂上。悬臂测量小针在被研究表面上升和下降的距离，检测探针针尖与材料表面之间的原子力，可以测量到小于 1 纳米的表面。Lower 将原子力显微镜与光学显微镜结合在一起，获得了细菌在赤铁矿上确切位置的分布图。虽然细菌非常小，但仍比原子力显微镜探针的尖端大数千倍，因此显微镜能够在细菌表面滑动，检测细胞表面与金属接触的单个蛋白质分子。研究人员怀疑希瓦氏菌利用 OmcA 蛋白质来“呼吸”金属，于是他们在探针针尖上涂上蛋白质 OmcA 抗体，当探针划过 OmcA 蛋白，抗体涂层将附着在蛋白质上。通过测量拉动这两部分的力量微小增量，研究人员可以找到蛋白质在细菌表面的

位置。显微镜检测到了细菌接触赤铁矿的边缘上所有的 OmcA 蛋白，表明这些蛋白的确帮助细菌“呼吸”赤铁矿。这些正从细菌渗出的蛋白质成凝胶软泥形状，表明希瓦氏菌可能产生类似于淤泥状的蛋白质，以便从更广泛的金属表面获得能源。未来 Lower 和合作者还想采用这一新的显微镜技术对其他类型的细胞进行测试，他们还想测试希瓦氏菌在接触铀和钍时是否也产生 OmcA 蛋白。

这项研究的合作单位还包括康宁公司、太平洋西北国家实验室、奥地利约翰内斯林茨大学、瑞士联邦理工洛桑学院和瑞典于默奥大学等。

王春明 译自 <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/03/090316151031.htm>

检索日期：2009 年 3 月 24 日

地球平流层发现新微生物

印度科学家在地球的平流层中发现了三种新的细菌，这些细菌具有很高的耐紫外线辐射的能力。其中一种细菌以杰出的天体物理学家 Fred Hoyle 的名字命名为 *Janibacter hoylei*，第二株菌以是印度空间研究组织（ISRO）命名为 *Bacillus isronensis*，第三株以印度天文学家 Aryabhata 命名为 *Bacillus aryabhata*。

该实验由印度塔塔基础研究学院（the Tata Institute of Fundamental Research, TIFR）实施，利用体积为 75.6 万 m³ 的气球携带浸泡在 38kg 液体氦中的有效载荷 459kg 的科学设备，这些科学设备由一个含有 16 个真空灭菌的不锈钢探针的低温采样器组成。整个飞行过程中探针都浸泡在液体氦中。这些气瓶在不同高度（20km 至 41km）收集空气样本后，被空降下来并安全回收。海得拉巴细胞和分子生物学中心与浦那国家细胞科学中心的科学家分别独立对这些样本进行分析，这两个实验室遵循相同的协议，以相同的程序完成试验。

样品中发现了 12 种细菌和 6 种真菌菌落，其中 9 种微生物的 16S RNA 基因序列与地球上已知物种具有 98% 以上的相似度。另外 3 个菌落（PVAS-1、B3 W22 和 B8 W22）则完全是新物种，这 3 个新发现的物种与最近的亲缘关系相比，具有更高的抗紫外线辐射的能力。

这些微生物菌种来源于平流层，虽然目前的研究并没有建立起外太空起源的微生物库，但是它积极地鼓励科学家继续探索生命的起源。

这是一项多机构的合作研究，其中来自天文学与天体物理学大学间中心的贾扬纳里卡是首席调查员，印度空间研究组织的科学家支持指导实验，细胞与分子生物学中心与国家细胞科学中心负责生物学研究，印度塔塔基础研究学院负责气球设施，印度空间研究组织还负责准备和运行复杂的有效载荷。

这是第二次由印度空间研究组织负责的类似的实验（第一次是 2001 年），尽管

第一次实验已取得了积极成果，但是科学家们还是决定再次重复该实验，同时尽可能小心以确保这些微生物不污染地球。

王春明 译自 <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/03/090318094642.htm>

检索日期：2009年3月24日

细菌生物膜的自然选择

生物膜无处不在，存在于牙菌斑、耳道、隐形眼镜与水管道的表面，2月23日出版的 *FEMS Microbiology Letters* 杂志最近的一项研究还发现，细菌使得生物膜随着时间增加获得更多的弹性。细菌生物膜紧贴表面，除了增加感染，还阻塞管道，弄坏机器，阻碍工业生产。由于生物膜上的细菌能够抵抗抗生素，因此这项研究可能对医药研究产生长期的影响，研究人员希望在未来能够开发出更好的药物，减少设备感染。这项研究得到了美国国家科学基金会和美国空军科研办公室的资助。

本研究作者南加州大学分子生物学副教授 Steven Finkel 和研究生 Alison Kraigsley 发现了单一细菌生物膜的自然选择证据。最初形成生物膜的细菌与后来收获的生物膜细菌并不相同，突变体比起初的生物膜构建者更能适应变化。Hansen 等人 2007 年曾发表文章证明细菌生物膜上的自然选择，但仅限于物种竞争导致的自然选择。新研究认为生物膜上的细菌会由于饥饿或其他外部压力而演化，第一次论述了单一菌种生物膜中的细菌可以响应环境条件变化而变化。

由于微生物能够非常迅速地进行多代繁殖，使得它们成为研究自然选择的理想的模型系统。

Finkel 培养了 33 天大肠杆菌生物膜，生长了约数百代大肠杆菌。然后除去旧生物膜上的细菌，接种上新生物膜上的细菌，目的是观察经过数代生长后，谁将占据主导地位。为了防止出现旧生物膜细菌更习惯这个环境而不是基因不同这一可能性，研究人员在开始生长竞争之前，把这些细胞都放在一个中性培养基中培养了 20 代。他们宣称从未发现一天龄的生物膜细菌消灭了旧生物膜的细菌。旧生物膜细菌仍然比竞争对手生长得更好，这表明优势来自它们的基因。

该生物膜实验以 Finkeld 的著名工作为基础并有所改变。他们在研究封闭环境中饥饿的微生物时发现出现了一种主导类型的细菌，被称为 GASP 突变体，在固定相中具有生长优势。这些 GASP 突变体消灭了来自新生物膜上的细菌，研究发现其关键因素与微生物个体的年龄无关，而与这些微生物培养液的年龄相关——GASP 突变体后代表现出与父辈同样的生长优势。

王春明 译自 <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/03/090312150731.htm>

检索日期：2009年3月24日

美国开发新型生物燃料酶

美国加州理工和基因合成公司 DNA2.0 的研究人员在从纤维素原料中提取酶方面又迈出了新的一步，所提取的糖能够轻易地被转化为乙醇和丁醇等可再生燃料。

该研究项目名为“基于结构引导重组构建热稳定真菌纤维素多酶体系”，资金来自军方-企业共建的合作生物技术研究所和加州理工创新研究所。研究成果发表在新近出版的《美国科学院院刊》(PNAS) 上，Frances H. Arnold 等合成了 15 种新型高稳定性的真菌酶催化剂，能够在高温下高效地降解纤维素，得到糖类产物——此前已知的真菌纤维素水解酶不超过 10 种。除了具备出色的稳定性，此次开发的酶还能够在较温和的条件下工作。

与淀粉类原料不同，纤维素原料的降解十分困难，不能像前者那样仅仅依靠一种酶，而是需要一整套的酶协同完成。目前工业上用的酶都是从不同种类的使植物腐化的丝状真菌中分离出来的，作用很慢而且不稳定，因此整个过程的成本偏高。Arnold 表示，要想得到经济的可再生燃料和化学品，至少要将其成本降低一半。

Arnold 等通过利用一个被称为结构引导重组的过程，创建了这 15 种新型酶。通过使用计算机程序设计的基因重组方案，他们将三种已知的真菌纤维素酶的序列“杂交”，获得了超过 6000 个全新的后代序列，但其编码的蛋白质都保持了上一代序列的结构和纤维素降解能力。通过分析一小部分序列编码的酶，研究人员成功地从这 6000 多种新的酶中筛选出了稳定性、特别是热稳定性最好的酶。热稳定性是高效纤维素酶必备的性质，因为在 70-80℃ 的高温条件下化学反应更迅速。此外，纤维素会在高温下膨胀，令降解反应更易进行。不过，已知的纤维素酶在高于 50℃ 的温度下就会失效。Arnold 介绍，热稳定性好的酶意味着催化效果更持久，即使是在较低温度下也是如此，这样的酶能够降解更多的纤维素，从而降低成本。

按照计算机设计的序列，研究人员在实验室中合成了实际的 DNA 序列并将其转化成了酵母，继而测试了该酵母生成酶的纤维素降解能力和效率。论文中报道的 15 种新酶都具有更好的稳定性和高温 (70-75℃) 稳定性，与上一代酶相比，在相同温度下能够降解更多的纤维素。Arnold 认为这是合成生物学应用的绝好范例，利用合成生物学方法，研究人员可以在实验室里快速地合成新的有趣的生物物质，而不需要依赖自然界中的物质。DNA2.0 公司根据研究人员提供的数据库和重组设计要求合成了 DNA，在这一过程中研究人员根本不需要接触真菌。

下一步，研究人员计划使用结构引导重组过程，进一步完善其中的 6 种纤维素酶，开发出用于纤维素降解的工业化多酶体系。Arnold 团队的最终目标将是建立一个低成本高效率的纤维素生物乙醇生产方案。

陈方 译自 http://www.eurekalert.org/pub_releases/2009-03/ciot-csc032009.php

检索日期：2009 年 3 月 24 日

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《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。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能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，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其它单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》(简称系列《快报》)是由中国科学院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中科院上海生命科学信息中心编辑出版的科技信息报道类半月快报刊物,由中国科学院规划战略局、基础科学局、资源环境科学与技术局、生命科学与生物技术局、高技术局研究与发展局等中科院职能局、专业局或科技创新基地支持和指导,于2004年12月正式启动。每月1日或15日出版。2006年10月,国家科学图书馆按照统一规划、系统布局、分工负责、系统集成的思路,对应院1+10科技创新基地,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象首先是中科院领导、中科院专业局职能局领导和相关管理人员;其次是包括研究所领导在内的科学家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科学家。系列《快报》内容将恰当地兼顾好决策管理者与战略科学家的信息需求,报道各科学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、重大研发与应用、科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。

系列《快报》现有13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《交叉与重大前沿专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由上海生命科学信息中心承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100190)

联系人:冷伏海 朱相丽

电话:(010) 62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; zhuxl@mail.las.ac.cn;

先进工业生物科技专辑

联系人:邓勇 房俊民

电话:(028) 85228846、85223853

电子邮件:dengy@clas.ac.cn; fjm@clas.ac.cn