

2011 INDUSTRIAL BIOTECHNOLOGY DEVELOPMENT REPORT



2011 工业生物技术 发展报告

中国科学院生命科学与生物技术局 编著



科学出版社

2011 工业生物技术的发展报告

2011 Industrial Biotechnology Development Report

中国科学院生命科学与生物技术局 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是基于工业生物技术知识环境出版的信息产品之一,主要报道了工业生物技术领域内的重大规划与政策、技术和产品的研发进展、产业发展等。为了能够全面了解工业生物技术发展的最新进展,本书设置了规划政策篇、基地进展篇、研发进展篇、产业篇、青年人才篇、文献计量篇。在选题上,着重突出了工业生物技术领域的热点和前沿。为了突出各领域的技术进展并使内容更有层次感,本书在研发进展篇采用主题的形式组织稿件,重点报道了合成生物学、工业蛋白质、化学与生物技术、微藻在工业生物技术领域中的应用、绿色工艺过程、工业微生物基因组与生物信息学等内容。为了扩大本报告的读者范围,使国外读者能了解中国工业生物技术的现状、产业情况,我们在形式上增加了英文题名和英文摘要,以及作者英文简介。此外,我们通过对2010年国内外工业生物技术领域重要事件的回顾,与读者一起梳理过去一年本领域发展的整体脉络。

本书可供相关科研院所、高等院校和企业等从事工业生物技术和开发工作的科研管理人员、科研工作者和研发生产人员借鉴与参考。

图书在版编目(CIP)数据

2011 工业生物技术的发展报告/中国科学院生命科学与生物技术局编著. —北京: 科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-032516-7

I. ①2… II. ①中… III. ①生物工程-技术发展-研究报告-中国-2011 IV. ①Q81-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 205977 号

责任编辑: 罗 静 王 好 吴兆东/责任校对: 林青梅

责任印制: 钱玉芬/封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2011 年 10 月第一次印刷 印张: 23 3/4

字数: 548 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编 者 按

中国科学院根据我国经济社会发展的需要，在知识创新工程三期中提出了“1+10”科技创新基地的战略布局。“先进工业生物技术创新基地”是其中之一。作为一个典型的知识型组织，基地针对科研活动、战略研究与知识管理的需求，“十一五”期间，开展了“工业生物技术战略研究与知识环境建设”项目的研究；“十二五”期间，在院“创新 2020”方案的指引下，为支持先进工业生物技术创新基地取得更大发展，“知识环境”项目组的成员单位将延续性地开展“工业生物技术知识服务研究与应用”项目研究。该项目将在“十一五”原有工作基础上，进一步扩大关注领域、深化研究内容，加强信息网络建设与情报研究工作的有机结合，开展本领域发展态势监测、战略情报和竞争力分析研究，提供专业化的信息服务与情报研究服务，逐步构建智能化的工业生物技术知识服务体系，致力于推动我院乃至我国先进工业生物技术的长足发展。

《工业生物技术发展报告》是中国科学院知识创新工程重要方向项目“工业生物技术战略研究与知识环境建设”推出的系列年度报告，是基于工业生物技术知识环境出版的信息产品之一，每年出版一册。在“工业生物技术知识服务研究与应用”项目的支持下，将继续推出《工业生物技术发展报告》。

《2011 工业生物技术发展报告》是该系列报告的第五册。为了能够全面了解工业生物技术发展的最新进展，该报告设置了规划政策篇、基地进展篇、研发进展篇、产业篇、青年人才篇和文献计量篇。在选题上，本报告着重突出了工业生物技术领域的热点和前沿。为了突出各领域的研发进展并使内容更有层次感，本报告在研发进展篇中采用主题的形式组织稿件，重点报道了合成生物学、工业蛋白质、化学与生物技术、微藻在工业生物技术领域中的应用、绿色工艺过程、工业微生物基因组与生物信息学等内容。2011 年是“十二五”的开局年，本报告还设置了基地进展篇，对中国科学院先进工业生物技术创新基地在“十一五”期间取得的成果进行总结；设置了文献计量篇，通过文献和专利分析反映过去 5 年里，国际和我国生物能源领域科技发展态势。为了鼓励青年学者在该领域自由探索和创新，本报告继续设置“青年人才篇”，反映青年学者的新观点和新看法。

为了扩大本报告的读者范围，使国外读者能了解中国工业生物技术的现状、产业情况，本报告在形式上继续设置了英文题名和英文摘要，以及作者英文简介。此外，我们通过对 2010 年国内外工业生物技术领域重要事件的回顾，与读者一起梳理过去一年本领域发展的整体脉络。

《2011 工业生物技术发展报告》将服务于中国科学院的科研管理者和科研工作者，以及全国从事工业生物技术研究 and 开发的科研院所、高等院校和企业。本书博采专家之

观点,从工业生物技术领域的重大政策规划、重要技术的发展情况,以及产业发展现状等方面,阐释工业生物技术的现状和发展趋势,为广大读者提供借鉴和参考。

本书编者感谢各位专家、作者、组稿人在报告形成过程中付出的辛勤劳动,并对一直以来给予我们项目支持和指导的领导、专家,以及相关人士表示由衷的感谢!由于时间和水平有限,本书可能会有诸多不妥之处,恳请国内外同行专家和读者批评指正!

《2011 工业生物技术发展报告》编写组

2011 年 7 月

目 录

编者按

规划政策篇

工业生物技术领域重大规划与项目·····	(3)
----------------------	-----

基地进展篇

加强战略研究 打造网络架构管理 积极推进技术创新和产业转化 ·····	(21)
-------------------------------------	------

研发进展篇

主题一 合成生物学 ·····	(30)
-----------------	------

合成、重构和改造微生物基因组 ·····	(31)
----------------------	------

DNA 的从头合成·····	(39)
----------------	------

人工生物系统的设计与构建 ·····	(51)
--------------------	------

主题二 工业蛋白质 ·····	(61)
-----------------	------

工业蛋白质中的结构生物学 ·····	(62)
--------------------	------

植酸酶的性质、应用和三维结构 ·····	(70)
----------------------	------

主题三 化学与生物技术 ·····	(84)
-------------------	------

集成生物催化与有机合成技术, 实现新产品产业设计与绿色清洁生产 ·····	(85)
---------------------------------------	------

主题四 微藻在工业生物技术领域中的应用·····	(100)
--------------------------	-------

全基因组代谢网络重构·····	(101)
-----------------	-------

微藻酶法破碎提取油脂制备生物柴油的研究进展·····	(113)
----------------------------	-------

能源微藻规模化培养中的关键问题分析·····	(122)
------------------------	-------

光生物反应器研究现状及其分析与发展思路·····	(137)
--------------------------	-------

主题五 绿色工艺过程·····	(155)
-----------------	-------

微生物制造食品香精香料的研究进展·····	(156)
-----------------------	-------

食品资源中硬蛋白的酶法改造——弹性蛋白酶、角蛋白酶的作用研究·····	(168)
-------------------------------------	-------

主题六 工业微生物基因组与生物信息学·····	(178)
-------------------------	-------

Molecular Approaches to Study the Insect Gut Symbiotic Microbiota at the “Omics” Age ·····	(179)
---	-------

微生物群落元基因组的生物信息学研究: 现状与展望·····	(214)
-------------------------------	-------

产业篇

酶制剂工业现状及未来发展趋势·····	(229)
---------------------	-------

发酵有机酸工业发展现状及问题探讨·····	(236)
-----------------------	-------

淀粉糖行业现状及问题探讨·····	(242)
-------------------	-------

氨基酸产业发展现状及问题探讨·····	(249)
---------------------	-------

青年人才篇

秸秆炼制工业生物转化过程的研究及其技术体系的建立·····	(259)
-------------------------------	-------

应用三级生物加工系统实现绿色生物制造·····	(267)
微生物改造的几点思考·····	(277)
木质纤维素燃料乙醇预处理新技术的开发·····	(283)
文献计量篇	
从文献和专利简析生物能源研发态势·····	(295)
从文献和专利简析纤维素乙醇研发态势·····	(305)
从文献和专利简析生物丁醇研发态势·····	(316)
从文献和专利简析生物柴油研发态势·····	(326)
从文献和专利简析微藻生物柴油研发态势·····	(337)
从文献和专利简析生物制氢研发态势·····	(351)
2010 年工业生物技术要闻回顾 ·····	(358)
彩版	

The background of the page features a stylized, monochromatic illustration of a mountain range and foliage. The mountains are depicted with soft, rounded peaks and are partially covered by dense, layered foliage that resembles bamboo or reeds. The style is minimalist and artistic, using various shades of gray and white to create depth and texture. The composition is split diagonally, with the illustration occupying the upper left and the title occupying the lower right.

规划政策篇

工业生物技术领域重大规划与项目

徐 萍¹ 王慧媛¹ 游文娟¹ 于建荣¹ 吴林寰² 陈 方³ 邓 勇³ 马俊才²

(1 中国科学院上海生命科学信息中心, 上海 200031;

2 中国科学院微生物研究所, 北京 100101;

3 中国科学院国家科学图书馆成都分馆, 成都 610041)

1 美国

美国是生物能源最积极的倡导者。金融危机爆发后, 由于生物燃料可创造新的就业机会、促进经济增长、加强能源结构多元化, 以及减少温室气体排放等因素, 促使美国更加积极地发展生物燃料。2010 年, 美国政府继续加强对先进生物燃料的支持。

从具体措施来看, 2010 年 1 月 8 日, 美国公布了一项 23 亿美元的税收优惠计划, 旨在通过推动绿色能源来增加就业。2010 年 2 月 3 日, 奥巴马政府和美国国家环境保护署 (Environmental Protection Agency, EPA) 联合宣布了于 2010 年实施的全国性可再生燃料标准计划 (Renewable Fuel Standard, RFS), 呼吁加快美国生物燃料的开发。标准第二阶段 (RFS2) 于 2010 年 7 月 1 日实施。2010 年下半年, 相继出台的税收减免、补贴和掺混等政策, 对生物能源的发展起到了积极的促进作用。生物质原料的充足和成本左右生物能源产业的发展, 因此美国通过补贴计划鼓励农民种植生物质作物, 并积极开发生物质原料。美国军方通过制定购买计划, 推动生物燃料的使用。美国能源部 (DOE) 在 2010 年的投资和资助上更注重生物能源的商业化应用。

1.1 美国实施第二阶段可再生燃料标准

2007 年《能源独立与安全法》设定可再生燃料标准, 该标准的第二个阶段始于 2010 年 7 月 1 日, 其实施条款在美国 EPA 的《可再生燃料标准第二阶段最终规则》中详细列出。可再生燃料标准第二阶段制定的强制性目标是, 到 2022 年使美国每年交通运输燃料供给中的可再生燃料达到 360 亿加仑^①, 这将为美国农业创造新的市场机遇。2010 年 11 月, EPA 根据可再生燃料标准, 为四种燃料确定了最终的 2011 年可再生燃料比例标准, 纤维素生物燃料 660 万加仑, 占燃料使用量的 0.003%; 生物质柴油 8 亿加仑, 占燃料使用量的 0.69%; 先进生物燃料 13.5 亿加仑, 占燃料使用量的 0.78%; 可再生燃料 139.5 亿加仑, 占燃料使用量的 8.01%。

1.2 EPA 宣布 E15 混合燃料销售解禁

2010 年 10 月 13 日, EPA 宣布, 经过详细的实验分析和慎重研究, 同意将美国汽

^① 1 加仑 $\approx$ 3.785L, 后同。

油中的乙醇含量上限由目前的 10% 提高到 15%。EPA 此举将对汽油、可再生能源、农产品生产等行业产生深远影响。根据美国 DOE 等机构一系列的汽车测试数据表明, 2007 年后生产的汽车、轻型卡车和中型客车, 采用乙醇含量为 15% 的汽油 (E15) 可以保证汽车尾气达到排放标准, 因此 EPA 允许这类汽车使用 E15 汽油。

1.3 继续采取积极的财政政策

1.3.1 税收优惠政策

2010 年 12 月 17 日, 美国总统奥巴马签署了 H. R. 4853 税收减免、失业保险重新授权和增加就业 2010 法案。法案延长了 2011 年乙醇税收优惠政策, 追溯和延长了生物柴油税收激励政策、延长了 2011 年可再生柴油激励政策, 法案还延长了 2011 年对巴西乙醇征收 54 美分关税的政策。

1.3.2 贷款担保

2010 年 3 月 3 日, 美国农业部 (USDA) 宣布为 Range 燃料公司提供 8000 万美元的贷款担保, 资助该公司位于佐治亚州的植物木屑纤维素生产生物燃料项目; 由《2008 年食物、环境保护和能源法案》(*Food, Conservation and Energy Act of 2008*) 授权美国农业部生物炼制援助计划 (USDA's Biorefinery Assistance Program) 担保, 由美国农业部乡村发展局 (USDA Rural Development) 实施。该公司正式运营之后, 年产纤维素乙醇 2000 万加仑。2010 年 4 月, 美国 USDA 计划通过贷款和补贴等方式帮助促进非玉米生物燃料生产, 将小型非玉米生物燃料生产试点推广到商业生产, 美国 USDA 将提供多达 2.5 亿美元的贷款资金, 发展及建设商业非玉米生物燃料厂。

1.4 保证生物质原料供应的措施

1.4.1 农作物补贴

2010 年 10 月 28 日, 生物质农作物补贴项目 (Biomass Crop Assistance Program, BCAP) 的执行方案确定, 该项目获得《食物、环境保护和能源法案》的授权支持, 可生产新型非粮生物质作物。按照方案规定, USDA 将重新资助合格的生物能源原料种植者。项目采用双管齐下的方法, 支持生物能源生产的本土化。它将为合格的可再生生物质农作物特定产业区的建设提供联邦政府基金。持有农作物补贴项目合同的作物种植商可获得高达 75% 的资助, 以补贴种植符合条件的多年生作物的成本。这些资助合同规定一年生或者多年生非木本作物的有效期长达五年, 木本多年生作物的合同期可持续 15 年。

1.4.2 美国 USDA 发布生物燃料原料区域路线图

为实现美国 2022 年可再生燃料标准, 美国农业部于 2010 年 6 月 23 日发布报告 *A USDA Regional Roadmap to Meeting the Biofuels Goals of the Renewable Fuels Standard by 2022*, 该报告的内容包括: 提供加强生物燃料生产各种模式的实用信息,

确定各种挑战和机遇，以及提供这项浩大工程的解决方案。报告涉及多个机构，包括农村发展部、自然资源保护局、林业局、农业部和首席经济学家办公室，旨在对现有合格的原料供应和土地供应、现有和潜在的基础设施能力，以及现有和潜在的区域消费需求进行评估。在该报告中，美国农业部评估了到 2022 年哪种原料将被采用，每种原料将为 RFS2 提供多少加仑燃料。报告对实现 RFS2 目标所需生物燃料加工厂的数量和建设成本进行了分析和评估。报告评估了美国全境各地区的先进生物燃料的生产潜力。报告主要阐述了美国可再生运输燃料现状与地区策略开发计划，涉及生物燃料的生产、销售和分销。

1.4.3 美国能源部和农业部共同资助生物能源植物研究

2010 年 9 月 2 日，美国 DOE 与 USDA 宣布将共同致力于提高和加速生物遗传育种技术发展，改良生物能源植物。DOE-USDA 联合项目的资助重点为生物质基因组学研究，研究目标为难降解纤维素材料，特别是多年生植物，包括树木等可用于生物燃料生产的非粮植物。

新项目第一年的目标是提高植物原料的产率、产量及对营养和水资源的利用效率，研究集中于对植物基本生理生化过程的研究，包括植物细胞壁构成的调节、植物结构、细胞大小、营养分配、木质素形成、营养摄取、碳分配及温度和干旱所引起的反应等。这一项目结合了美国 DOE 在大规模基因组技术领域的优势与美国 USDA 作物育种领域的丰富经验，项目中将会使用系统生物学技术。美国 DOE 科技办公室将对 7 个项目提供 690 万美元资助，美国 USDA 国家食品和农业研究所将对 2 个项目提供 200 万美元资助。

2010 年 6 月 2 日，美国 DOE 宣布提供 500 万美元的资助，用于支持大规模非粮生物能源原料的发展，主要是针对能源作物和农业废弃物的大规模种植和使用的不同策略，对环境产生的影响进行量化评估。

1.5 美国海军出台生物燃料使用规划

2010 年 1 月 21 日，美国 USDA 和海军部（DON）签署了一项关于鼓励发展先进生物燃料和其他可再生燃料系统的谅解备忘录，共同研究如何增加生物燃料生产以满足海军可再生燃料需求，这一合作的战略目标是减少世界上局势动荡地区在战争中对化石燃料的依赖。谅解协议与已经实施的可再生能源项目和措施结合。

在 2010 年 4 月 6 日的能源、设备和环境论坛上，DON 宣布了海军和海军陆战队的生物燃料目标，分别是：到 2012 年，建立一支由生物燃料驱动的，由船只和核潜艇组成的绿色部队；到 2016 年，这支部队将会继续扩充，包含核动力船只，配备由生物燃料驱动的混合能源电力系统装备的水面战斗舰艇和生物燃料驱动的战斗机；到 2015 年，将 50 000 台非战斗车辆和商业舰队汽油使用量的一半，分期更换为电动汽车和混合燃料驱动；到 2020 年，通过可再生能源提供岸上基础设施一半的能源需求，另外 50% 的岸上设备实现零耗能设备；到 2020 年，DON 用于轮船、飞机、坦克、车辆和地上设备总能源消耗的 50% 为替代能源。2010 年 12 月 14 日举行的工业

生物技术和生物能源环太平洋地区首脑会议上，美国海军 Chris Tindal 参与会议并讨论了到 2020 年生物燃料生产企业为美国海军提供 3.36 亿加仑可直接使用的生物燃料的计划及规划。

1.6 美国能源部的规划和投资

1.6.1 美国能源部 2011 财年预算

2010 年 2 月 1 日，美国总统奥巴马向国会提交了高达 3.83 万亿美元的 2011 财年预算报告，其中美国 DOE 的预算为 284 亿美元。

“能效和可再生能源”预算总额为 23.6 亿美元（占 2011 财年总预算的 8.3%），其中“生物质和生物炼制系统研发”预算额为 2.2 亿美元，占“能效和可再生能源”总预算的 9.3%，而 2010 财年该比例为 9.8%（表 1）。

表 1 2009~2011 年“能效和可再生能源”的经费分配情况（单位：百万美元）

资助方向	FY 2009 实际拨款	FY 2009 ARRA 实际拨款	FY 2010 批准拨款	FY 2011 预算	FY 2011 vs FY 2010	
					\$	%
太阳能	172	116	247	302	+55	22
风能	54	107	80	123	+43	53
地热技术	43	393	44	55	+11	25
生物质和生物 炼制系统研发	214	777	220	220	—	0
氢技术	165	43	174	137	-37	-21
交通技术	267	109	311	325	+14	5
建筑技术	138	319	222	231	+9	4
RE-ENERGYSE	—	—	—	50	+50	—
联邦能源援助	516	11 545	270	385	+115	43
其他	587	3 363	674	528	-147	-22
总计	2 157	16 772	2 243	2 355	+113	5

ARRA：美国经济复兴与再投资法案（American Recover and Reinvestment Act）；RE-ENERGYSE：恢复能源科学和工程地位（Regaining Our Energy Science and Engineering Edge）。

1.6.2 投资和研究资助

2010 年，美国 DOE 宣布了多个先进生物燃料投资和资助计划，涉及研发、生产、项目管理等多个环节，尤其是在促进生物燃料商业化生产方面投入较多，旨在加快美国生物燃料发展进程，以确保美国在生物燃料未来的领先地位。

1) 投资 8000 万美元用于先进生物燃料研究和燃料设施建设

2010 年 1 月 13 日，美国 DOE 部长朱棣文宣布投资 8000 万美元用于先进生物燃料研究和燃料设施建设，这将有助于清洁的、可持续的运输燃料的发展。该项经费来自于《美国经济复兴与再投资法案》（American Recovery and Reinvestment Act, ARRA）。

两个研究团体获得了近 7800 万美元的资助，用于研究藻类生物燃料和其他先进生物燃料，部分经费用于继续资助美国 DOE 资助的研究内容，以鼓励能源自主为目标，增加就业机会。这两个研究团体将致力于解决藻类生物燃料和其他的先进生物燃料如绿色航空燃料、柴油和汽油进行商业化的障碍。同时，实现这些燃料能够在现有的燃料设施中进行运输和售卖使用。这两个研究团体分别是先进生物燃料和生物产品国家联盟（National Alliance for Advanced Biofuels and Bioproducts, NAABB，获得 4400 万美元的资助）和国家先进生物燃料联营公司（National Advanced Biofuels Consortium, NABC，获得超过 3380 万美元的资助）。

2) 投资异丁醇研究

2010 年 3 月 4 日，美国 DOE 下属的高级能源研究计划署与杜邦公司签署技术投资协议，拨款 880 万美元用于杜邦海藻转化糖类生产新一代生物燃料异丁醇的研究。

3) 资助研究先进生物燃料项目工程管理

2010 年 3 月 9 日，美国 DOE 向科学应用国际公司（SAIC）子公司 RW Beck 资助 2100 万美元，专门用于先进生物燃料项目的工程管理。

4) 资助先进生物燃料过程开发设施

2010 年 3 月 31 日，美国 DOE 拨款 1800 万美元 ARRA 资金，资助 Lawrence Berkeley 国家实验室创建一个先进生物燃料过程开发设施（Advanced Biofuels Process Development Unit, PDU），用于研究人员和私营机构对先进技术的测试和整合，从而加速先进生物燃料商业化。生物质计划（Biomass Program）已经利用 7.18 亿美元的 ARRA 资金加速先进生物燃料的商业化和美国生物工业的可持续增长。这些投资将有助于生物工业完成强制的先进生物燃料产量要求，即从 2010 年年产 9.5 亿加仑增加到 2022 年年产 210 亿加仑的目标。

5) 资助生物油改质一体化工艺

2010 年 5 月 28 日，美国 DOE 发布招标指南，支持小规模开发生物油（生物质快速热解油）改质一体化工艺技术，以生产烃类运输燃料。拟议的改质工艺必须能生产最终的烃类液态运输燃料，可与符合 ASTM（American Society for Testing and Materials）标准的石油燃料进行高达 30%（ m/V ）的调和，或生产改质的生物油，能与现有的石油炼制操作相兼容。

6) 资助可再生燃料生产重大计划

2010 年 9 月 8 日，美国 DOE 宣布以高达 1650 万美元支持两项扩大可再生燃料生产的重大计划。根据第一项计划，DOE 将在未来三年内投资 1200 万美元用于 4 个项目的开发。采用热解法在无氧条件下加热生物质可以创造出生物基液体燃料，这些项目将尝试各种催化工艺以使液体燃料升级成为所谓的完全替代型（drop-in，包括生物基原油替代物以及各种生物基汽油、柴油和喷气燃料等，它们可以在现有的炼油厂内以与石油基产品相同的加工方式来生产）生物燃料，并与现有的燃料基础设施兼容。根据第二项计划，DOE 将提供 450 万美元支持 3 个项目，主要开发生物质作物的可持续性生产方法。此类项目将设计和建立生物质生产系统的模型，并在全国不同地区全面应用该系统，同时考察诸如植物如何影响土壤侵蚀和水质等关键因素，量化能源作物不同的种植

和利用策略对环境的影响。

7) 资助小型企业的研发

2010 年 10 月, 美国 DOE 发布了 2011 财政年度小型企业创新研究 (SBIR) 和小型企业技术转化 (STTR) 年度第一阶段共计 3800 万美元的基金公告 (Funding Opportunity Announcement, FOA)。该公告中一个重要的主题领域就是“生物能源的生产和纤维素及非食物生物质生物燃料”。该主题下的项目包括: 生物质原料的稳定和干燥、生物质的干燥、先进生物燃料的糖催化剂和化合物媒介、热解聚作用。另一个与生物质有关的主题为“从煤中获得清洁能源和氢气的技术”, 包括的项目有: 水气转化高效率催化剂, 以及费托合成法用于煤和生物质气化融合产生燃气的概念; 煤/生物质混合物直接气化的概念及其他。能源部希望有 250 个左右的小型企业可以获得 FOA 的经费资助。第一阶段 SBIR 项目将在 2011 财政年度获得最高 15 万美元的资助, 而 STTR 项目将获得最高 10 万美元的资助。

8) 发布《藻类生物燃料技术路线图》

2008 年 12 月 9~10 日, 美国 DOE 能效与可再生能源办公室的生物质项目组在马里兰大学召开了“藻类生物燃料技术路线图”研讨会, 收集关于建立以藻类为基础的大规模生物燃料产业所存在的潜在障碍以及实现这一目标的战略, 该路线图草图于 2009 年 6 月在网上发布, 进行广泛的意见征询。2010 年 6 月 28 日, 美国《藻类生物燃料技术路线图》(*National Algal Biofuels Technology Roadmap*) 正式发布 (表 2), 对目前以藻类为原料进行液态运输燃料生产的研发现状、面临的挑战及解决途径进行了描述, 从科学、经济、政策前景等方面对藻类生物燃料的研发投资进行支持与指导。

表 2 美国《藻类生物燃料技术路线图》

过程步骤		研发挑战
原料	藻类生物学	- 从大量环境野生菌株中分离模式菌株; - 开发小规模、高通量筛选技术; - 开发开放式存储的数据库, 收集现有的具有详细特征的菌株; - 探索燃料原料生产的遗传学和生化途径; - 通过基因手段和育种技术得到标准菌株。
	藻类培养	- 整合多种方法 (如开放、闭合、混合系统; 光能自养、厌氧等培养方式); - 实现健全稳定的商业化规模培养; - 优化操作系统, 提高藻类燃料的原料生产力; - 对土地、水源和营养的利用进行可持续、低成本的管理; - 鉴定并解决环境风险和影响问题。
	收获与脱水	- 整合多种收获方法 (如沉淀、絮凝、溶气气浮、过滤、离心等); - 尽可能地减少过程能耗; - 降低生产与运营成本; - 从整个系统的兼容性和可持续性方面评估每一项技术。

续表

跨越藻类生物燃料研发壁垒：技术目标		
过程步骤		研发挑战
转化	提取与分馏	- 整合多种方法（如声波降解法、超临界流体、亚临界水、选择性萃取等）； - 提高预期中间体的产量，保留副产物； - 尽可能地减少过程能耗； - 探索循环机制，减少废弃物； - 克服过程放大壁垒，如操作温度、压力、容量、副反应和分离等。
	燃料转化	- 研究多种方法实现液体运输燃料生产； - 提高催化剂的特异性、活性和耐受性； - 减少杂质和反应抑制物； - 尽可能地降低过程能耗和尾气排放； - 提高放大条件下的转化速率。
	副产物	- 鉴定、评估藻类残余物中的高附加值化学品、能源、材料等副产物； - 优化副产物的提取和复原过程； - 进行市场分析，包括质量和安全性试验，确保达到适用性标准。
基础设施	分配与利用	- 确定不同存储和运输条件下污染物、气候对藻类生物质、中间体、生物燃料和生物制品性质的影响，以及可能造成的不稳定性 and 终产物变异； - 优化能源和成本在设施、选址等方面的分配； - 遵从各项利用规则，满足所有客户需求。
	资源与选址	- 在培养条件综合评估的基础上，为藻类生产系统进行选址； - 综合利用污水处理和（或）CO₂ 排放系统（光能自养法条件下）； - 注重盐平衡、能量平衡、水和营养再利用以及热量管理。
追求战略研发：技术-经济模拟与分析		
技术-经济模拟与分析贯穿整个从藻类到生物燃料的供应链，为实现可行的、可持续的藻类生物燃料产业及其副产品工业提供了机会，对指导科研实践至关重要。		

9) 资助藻类生物燃料研发

2010年6月28日，美国DOE宣布对三个解决藻类生物燃料商业化进程中主要障碍的研究团队提供2400万美元的资助，计划持续三年（表3）。

表3 美国DOE资助的藻类研究团队

团队	组成	资助金额	内容	任务
可持续藻类生物燃料联盟	亚利桑那州立大学带领	600 万美元	测试藻类生物燃料作为石油燃料替代品的相容性	藻类转化为生物燃料和生物基产品的生化转化方法，分析藻类燃料和燃料中间体的物理化学性质
藻类生物燃料商业化联盟	加利福尼亚大学圣地亚哥分校带领	900 万美元	藻类作为生物燃料原料的研究	藻类保护途径、藻类对养分利用和回收、开发基因操作工具
Cellana 公司联盟	Cellana 公司带领	900 万美元	海水中培养微藻技术和燃料的大规模生产	整合最新藻类收获技术和中试规模的培养测试设备，将海洋养殖藻类作为水产养殖饲料

2 欧盟及成员国

2.1 欧盟建立可持续生物燃料认证制度

欧盟委员会于 2010 年 6 月 10 日公布一项政策性文件, 决定鼓励欧盟国家政府、企业 and 非政府组织建立可持续生物燃料的自愿认证系统, 以便在欧盟范围内建立可持续生物燃料认证制度。

欧盟委员会在一份公报中说, 欧盟国家政府、企业 and 非政府组织建立的自愿认证系统要得到欧盟委员会的认可, 必须满足一定的条件, 其中包括遵守欧盟现行的法规。根据欧盟有关法规, 生物燃料应保证温室气体排放量大幅减少, 而且这些燃料不应源自森林、湿地和自然保护区。

欧盟需要减少温室气体排放, 减少对进口化石燃料的依赖, 实现到 2020 年将交通运输中使用的可再生能源比例提高到 10% 的目标。在交通运输中使用生物燃料是实现这一目标的重要途径。因此, 欧盟委员会提议建立可持续生物燃料认证制度, 促使生物燃料生产以可持续的方式进行。

2.2 欧盟资助新的生物炼油厂项目

2010 年 3 月 10 日, 由欧盟资助的新的生物炼油厂项目将可大大提高欧盟生物炼油厂的功能。名为应用于可持续生物质加工的欧洲多边一体化生物炼油厂设计 (European Multilevel Integrated Biorefinery Design for Sustainable Biomass Processing, EUROBIOREF) 的项目旨在使成本下降 30%、能量使用降低 30% 和原料消耗减少 10%。

为期 4 年的项目总投资为 3700 万欧元, 其中 2300 万欧元来自欧盟第七框架计划 (FP7)。

如果欧盟达到这一创建生物基经济的目标, 则生物炼油厂工艺过程必须提高。EUROBIOREF 目标旨在通过促进协调和合作来克服生物燃料领域存在的障碍。

合作伙伴将开发一体化的生物炼油厂概念, 涵盖宽范围的原料和不同的工艺 (化学、生物化学和热化学)。这一一体化的系统将可生产各种产品, 范围从化学品、聚合物和材料到高能量的航空燃料。

该项目合作伙伴来自于 14 个国家: 比利时、保加利亚、丹麦、法国、德国、希腊、意大利、马达加斯加、挪威、波兰、葡萄牙、瑞典、瑞士和英国。

2.3 德国联邦政府通过《国家可再生能源行动计划》

2010 年 8 月 4 日, 德国联邦政府内阁正式通过了《国家可再生能源行动计划》。该行动计划是德国联邦政府落实欧盟可再生能源指令 (2009/28/EC) 所规定义务的重要措施。行动计划设定了到 2020 年底可再生能源消费量占德国能源消费总量的 18% 甚至达到 20% 的约束性指标 (目前这一比例约为 10%)。行动计划还规定了各行业的具体发展目标, 例如, 供热/制冷行业, 可再生能源利用率要达到 15.5%; 交通