

中国留美学者利用基因工程方法,绕过阻碍绿色生物燃料生产的能源和成本的障碍:

重新编程微生物开启清洁能源大门

□本报实习生 郑入瑞

利用遗传方法,亚利桑那州立大学生物设计研究所的研究人员刘新尧与 Roy Curtiss 教授让光合微生物分泌出了油——这就绕过了阻碍绿色生物燃料生产的能源和成本的障碍。他们的研究成果上周发表在《美国科学院学报》(PNAS)的网络先行版上。

开发一种能够与目前石油的可扩展性与低成本相竞争的可再生生物燃料,是多年来科学界不断探索的方向。“任何生物燃料生产的真正成本在于收获燃料前体并把它们转化成燃料,”生物设计研究所的传染病与疫苗学中心主任、生命科学学院教授 Roy Curtiss 说,“通过让细菌把它们珍贵的货物释放到细胞之外,我们优化了细菌代谢工程,从而开发出了生物燃料生产清洁能源的一种真正绿色的路径。”

称为蓝细菌的光合微生物比玉米或柳枝稷等植物具有诱人的优势,蓝细菌在太阳能输入的情况下能产生数倍于后者的能量产量,而且不一定占用耕地。

刘新尧和 Curtiss 的方法是,用基因工程的方法改写蓝细菌的 DNA 使其“疯狂”的生产出人类所需的绿色生物燃料。

寻找一条真正绿色的路径

如果从北京大学生物技术系的基础研究开始算起,刘新尧对微生物的研究已经进行了十几年。

1998年,刘新尧考上北大生物技术系,师从北大前副校长(现广西壮族自治区人民政府副主席)陈章良,一直研究如何使用微生物控制滇池水华。

“我的研究简单说就是如何用生物技术的方法杀死蓝细菌,或者抑制它们的生长。我分离了一些蓝藻病毒,杀藻细菌和食藻变形虫,结果发现它们在实验室里杀藻效果非常好,但是一到野生水体环境中效果就不理想,主要原因还是野生蓝细菌实在是太强硬了,实在弄不死。”刘新尧接受《科学时报》采访时说。

2007年,刘新尧发表了3篇优秀的论文后,即将结束他在北大9年的学习生活。录取他的是美国亚利桑那州立大学教授 Roy Curtiss——这位老教授甚至连最基本的推荐信都没有。

来到亚利桑那州立大学后,刘新尧从事的第一个研究是在“Tubes in the Desert”的课题里建立一个蓝细菌自动裂解系统,让它们产油之后自己爆开释放油脂。这项原计划需要花费两年的研究,刘只用了两个月。



位于维也纳市中心的垃圾电厂

□本报记者 陈欢欢

2009年底,广东番禺垃圾焚烧场遭附近居民集体抗议的事件给旷日持久的垃圾焚烧之争再填一笔新账。事后,当地政府邀请了32位业内专家讨论当地垃圾的去处问题。结果,几乎所有的专家都支持焚烧发电。

垃圾焚烧处理,专家都认同,但老百姓不买账。争议的焦点无非就在于燃烧产生的二噁英等污染物对人体健康有多大影响。

撇开种种利益博弈不谈,在科学层面上,是否存在能抑制二噁英排放的垃圾焚烧技术?

近日,在接受《科学时报》采访时,中国工程院院士岑可法表示,居民反对是可以理解的,但垃圾处理问题迫在眉睫,生活垃圾若不能及时处理,会引来更大的不满。浙江大学能源工程系教授、教育部长江学者严建华则指出,通过科学技术的提升和改进,一个设计良好和运行良好的现代垃圾焚烧厂能够做到二

课题的目标是在亚利桑那的荒漠中铺设巨大的透明管子,在管子里养蓝细菌,然后用蓝细菌榨油。“实际操作中我发现收集蓝细菌太困难了,需要离心或者过滤。榨油的过程也非常费事,需要用到非常污染环境的氯仿甲醇之类的有机溶剂。”刘新尧告诉《科学时报》,“我当时就觉得,直接从蓝细菌中提油是不可行的,必须用基因工程的方法把所有费钱费事的工艺都编码到基因组中去。”

2009年4月,刘新尧前往犹他的雪鸟(Snowbird UT)开会时,听到别人可以使大肠杆菌分泌脂肪酸。就是这次偶然的机会,刘新尧茅塞顿开。

“我认为任何大肠杆菌能做的事情,蓝细菌同样可以!”刘新尧掩饰不住兴奋。

同时他也意识到,如果能让蓝细菌过度生产脂肪酸,它们在细胞壁内部的积累最终将导致这些脂肪酸通过细胞膜和细胞壁扩散出去。为了避免这种情况,刘新尧向蓝细菌引入了一种特定的酶,称为“疏脂酶”。

这种酶有能力把脂肪酸从复杂的载体蛋白质上分离,把在细胞内部积累的脂肪酸解放出来,直到细胞开始分泌油。

“我使用了能把脂肪酸从脂类合成路径中‘偷走’的基因。”刘新尧说。疏脂酶有效地剪断了把脂肪酸和更复杂的分子连接起来的键。这种使用修改过的疏脂酶导致脂肪酸的分泌的方法是在十多年前首先由伊利诺伊大学的 John Cronan 在大肠杆菌上实现的。

“我和一位计算机专业的朋友讨论过,这就好像写了一段DNA程序,然后通过基因工程的方法将这段程序放到蓝细菌的基因组中,蓝细菌就会按照程序做我计划让它做的事情,比如说产油、分泌油、细胞太老了就自杀等等。”刘新尧表示。

刘新尧一共给蓝细菌编了10条“新程序”使它疯狂地分泌油。这10条程序大概分为三类:第一类,引入“偷油”基因,这些基因可以从细菌的脂肪酸合成途径中“偷出”大量的脂肪酸;第二类,弱化细胞壁使其通透性更好,脂肪酸就能够顺利地从胞内释放到胞外;第三类,去掉竞争脂肪酸合成的碳代谢途径。比如蓝细菌本身可以合成生物塑料,但是我们不需要生物塑料,合成生物塑料会消耗大量脂肪酸需要的宝贵碳源。

这项研究为实际使用这种有前途的清洁能源打开了大门。

微生物生物燃料与众不同

大规模、低成本的制取绿色生物



刘新尧和导师 ROY CURTISS 探讨重新编程微生物问题

燃料一直以来都是科学界努力的方向。生物柴油被称为碳中性的清洁能源,它在燃烧过程中释放的CO₂是蓝细菌在生长过程中从空气中固定的,所以整个过程不会有CO₂的排放。“使用生物柴油有助于解决全球气候变化问题。”刘新尧强调。

2009年,刘新尧团队已经有能力修改蓝细菌,引发它们自我裂解,并释放出它们的脂质。

然而,通过他们的努力,研究取得了更加可喜的进展——在提取富含能量的脂肪酸的过程不再需要杀死这些细胞。

中国古代有一句谚语叫,杀鸡取卵。刘新尧研究组通过努力正是为了避免“杀鸡取卵”。

“我们并没有杀死这些蓝细菌,而是巧妙地重新修改了它们的遗传结构,产生了通过细胞壁持续分泌脂肪酸的突变菌株。这些蓝细菌本质上就像微型生物燃料生产厂。”刘新尧说。

据刘新尧介绍,现在还有其他两大类生物燃料比较热门。

一是种植物,比如甘蔗,玉米,木薯,油菜等等。用其糖分酿酒精,或者用其油分炼生物柴油。

“现在我在院子里种菜,有一个强烈的感觉,和细菌比起来植物实在长得太慢了,我的细菌8个小时翻一倍,植物却需要半年。”刘新尧说。另外,种植物需要耕地,而细菌什么地方都能养,滇池、巢湖、海洋,甚至亚利桑那的沙漠。

另一种是养藻榨油。刘新尧认为,藻类确实有一定的油脂含量,但是榨油这个过程太贵了,收集藻,萃取油,最后产的一点点油还不够成本的一个零头。

“我的细菌的优势是可以编码,

我通过遗传工程可以把所有高成本的处理编码到细菌的基因组中,这样,‘改码’细菌就直接自己把昂贵的加工步骤完成,不需要额外投钱。”刘新尧告诉记者。

“主要的好处就是省钱,一下子去掉了‘细胞收集’和‘萃取油脂’两个极其花钱而且污染环境的步骤。”刘新尧表示。当前的这项研究进展非常快,从最初研究开始到产生首批菌株只用了大约6个月的时间,原因在于刘新尧掌握了微生物遗传操纵领域的强大专家技能。

“我不认为其他任何研究组有能力做得这么迅速。”刘新尧强调。

刘新尧的导师 Curtiss 教授表示同意,他指出:“这个开创性的进展是把一些此前在其他细菌和植物中描述的遗传修改和酶活动在改造过的蓝细菌菌株中结合起来,并且引入了新发现的修改,从而增加脂肪酸的生产和分泌。迄今为止,结果令人鼓舞,而且我们有信心取得更大的改进,从而实现目前研发的菌株的更高的生产力。此外,优化与扩大规模有关的生长条件也将改善生产力。”

不过,刘新尧心中仍存顾虑。“成本是目前生物柴油面临的最主要问题。”刘新尧坦言。此外,该工艺还处于实验室阶段,他预计该工艺在扩大到大规模生产的过程中会遇到很多挑战,比如其他生物的人侵,遗传不稳定性,生产条件的控制等等。

商业化生产道路漫长

在基因工程创造出可以分泌油脂的蓝细菌之前,生物柴油几乎看

不到希望,因为生产的成本实在是太高了。

“目前,流行的藻油方案成本约为200美元每加仑。我的分泌型蓝细菌最吸引人的优势就在于能极大地降低生产成本。不用养完藻之后离心,也不用破碎细胞,也不用有机溶剂萃取,油脂直接被分泌到水中,油水不混溶,直接在水面上撇油就行了。”刘新尧告诉记者。

相关研究表明,石油的生成至少需要200万年的时间,在现今已发现的油藏中,时间最老的可达5亿年之久。

“目前我能把这几亿年的工作一个星期就搞定了。”刘新尧说,“钱根本不是问题,主要的价值在于解决人类的能源危机问题,按照中美两国耗能的现状,上亿年形成的石油50年内就会用完。到时候如果还想开汽车,就必须使用生物柴油或其他替代能源。”

“如果没有生物柴油的话,油价飙到200美元一加仑也不要吃惊。”刘新尧提醒。

“我的目标是10~15年内把蓝细菌生物柴油的价格降到10美元每加仑,估计和10~15年后的油价差不多。”刘新尧指出。

据悉,埃克森美孚研究与工程公司(EMRE)于2009年7月14日推出从光合成海藻生产先进生物燃料研发计划,埃克森美孚与SGI(Synthetic Genomics Inc)公司已组建战略研发联盟。按照计划,埃克森美孚公司预计将投资超过6亿美元,包括3亿美元内部成本。SGI公司将开发与海藻基生物燃料与有关产品相关的技术。

“美孚公司估计藻油10年后可以看到一些商业生产的希望,我认为那是不可能的。尽管我的技术是一个飞跃性的突破,我还是愿意保守估计10~15年之后我们会看到希望。”刘新尧直言。

目前刘新尧的研究主要集中在遗传改良,基因工程,实验室规模试验等方面。

“要知道,整个课题才启动8个月,还有一些需要进一步研究的问题。我也作了一些扩大化的实验以预测以后将会遇到的挑战。”刘新尧表示。

刘新尧预测,在商业化生产之前他们会遇到遗传稳定性问题、脂肪酸代谢疲劳问题、其他微生物入侵以及污染问题等等的挑战。

“这些问题发现得越早越好,全解决了才能实现商业化生产。”刘新尧说。

刘新尧透露,下一步他们将继续“改码”蓝细菌,使之能够更好地运用于大规模工业化的生物柴油生产,最终解决人类能源和环境危机。

金红光：应大力发展中低温太阳能互补发电技术

□本报记者 刘丹



太阳能热发电正成为世界范围内可再生能源领域的投资热点。在中国,太阳能光热发电刚刚起步,但由于其成本高、效率低和规模小等限制,当前太阳能热利用率仅占我国一次能源供应的1%。对此,中科院工程热物理研究所金红光研究员认为,太阳能热利用要突破瓶颈,有效提高在一次能源利用中的比重和实现国家节能减排目标,大力发展适合我国特点的中低温太阳能互补发电技术是必然之路。

太阳能高温发电存在瓶颈

太阳能热发电主要有槽式聚焦系统、塔式聚焦系统、碟式聚焦系统和反射菲涅尔聚焦系统等4种方式。目前已经商业化运行的主要是槽式和塔式。在光电效率方面,除了碟式达到30%以上,其他3种基本为15%左右。

目前,制约太阳能热发电发展的主要技术障碍是聚光成本较高,在不稳定太阳辐照下的系统光学效率和热功转换效率低和太阳能发电规模难以实现突破。

“这些太阳能光热发电技术并未完全成熟。”金红光告诉《科学时报》,太阳能高温发电的核心技术尚未掌握,引进国外技术和照搬国外模式需付出巨额的经济代价,聚光装置和蓄能部件、复杂而昂贵(聚光占总投资成本的48%~58%,蓄能占20%)。同时,通过聚集高达800℃~900℃的高温太阳热,产生300℃左右的低温、低压蒸汽发电,造成500℃~600℃巨大温差的太阳辐射热浪费,因此年平均发电效率仅为10%~12%,效率较低。

这些聚光集热式太阳能发电技术,在某些应用领域各具优势,但没有一种技术能在所有领域独占鳌头。在这些技术成本的相对竞争中,将会出现一些重大创新和变化。

太阳能中低温发电新思路

相对于目前聚集高温热发电的单一太阳能发电模式,金红光提出的“中低温太阳能互补发电技术”具有其独特的优势。

据介绍,这项技术基于国内已成熟的“中低温太阳能技术”,通过采用低聚光比抛物槽式太阳能集热器,产生500℃以下的太阳热,并与水电站发电技术及燃料电池发电技术等匹配共建,实现能源互补利用。

值得一提的是,这项技术可以应用于更新改造部分中小水电站。聚集300℃以下的中低温太阳能替代部分或全部水电站的回热系统的蒸汽抽汽,一方面使汽轮机增容、节约煤耗,另一方面,充分利用中低温太阳热与高压、高参数的汽轮机技术相结合,可使太阳能热发电单机达到几十万千瓦的容量。

面对中国9亿千瓦/年的火电总装机容量,这项技术显然具有其特殊的意义。

倘若用这项技术改造三成的中小火电,初步估算,每年可节约3685万吨标煤,以2009年煤价780元/吨考虑,年经济效益可达287亿元。

“这项技术的优势在于能使太阳能聚能蓄能部件成本投入降低90%左右的同时大幅度提高太阳能热转化效率和单机容量。而且能够大幅度提高火力发电和化石能源转化效率,降低煤耗。”金红光告诉《科学时报》。

建立太阳能与化石能源互补基地

继2006年金红光团队在北京通州建成15千瓦试验台之后,这项技术已经获得国内大型电力企业的高度关注。据介绍,与华电集团合作建设的200千瓦装置正在建设中。

这项技术同时得到了国际同行的高度评价,ASME Solar Energy Technology 杂志前主编、瑞士苏黎世工学院A. Steinfeld教授评价道:“对太阳能高效利用是一个重要的研究领域,这原创性地建立了评价太阳能中低温利用过程的理论框架。”

这种以中低温太阳能热转化为核心的发电系统的优势在于:一是将聚集的中低温太阳能提升到高品质燃料化学能的形式,不再拘泥于简单的热利用,实现了中低温太阳能与化石燃料的梯级利用;二是中低温太阳能燃料可通过燃烧产生高温蒸汽的方式推动热机做功,可使太阳能热发电效率达到35%,同时设施占地面积减少40%~60%、投资成本降低40%~50%,将是太阳能热发电技术的重大突破和变革。

对于这项技术的应用前景,金红光充满信心。他告诉记者:“我国新疆、内蒙古等西部地拥有丰富的太阳能资源,同时煤炭资源又占全国煤炭资源总量约90%。在我国西部地区建立数千万千瓦级大型太阳能与化石能源互补的综合基地,将煤基多联产与太阳能燃料转化技术结合,规模化生产清洁燃料或制氢、发电,再将其输送到东部,从而形成全国新型能源网络,不仅可以大力增加太阳能热利用在我国能源结构的使用比率,而且会对未来太阳能发电技术发展起到历史性转变作用。”

“从长远来看,太阳能高温发电技术会成为主流,但目前来看,太阳能中低温发电技术是符合我国中短期需求的实用技术。”金红光说。

浙江大学能源工程系教授严建华:

垃圾焚烧发电是可行的资源化利用

个200吨/天的现代化焚烧炉排放量相当。

其实,发达国家采用焚烧方法处理垃圾占相当的比重,尤其在日本、欧洲、美国东海岸等土地资源稀缺的地区。连核电站都遭到反对无法建成,但垃圾焚烧技术却推进很快。并且很多垃圾发电厂都建在市中心,外形美观。如法国鲁昂市中心的垃圾电厂位于塞纳河边,外形像一艘行驶在河中的船。位于维也纳市中心的垃圾电厂外形酷似城堡,烟囱类似旋转餐厅,马路对面就坐落着一家五星级饭店。

另一方面,城市中的垃圾确实无处可理了。

统计数据显示,截至2008年末,中国城镇化率达到了45.7%,拥有6.07亿城镇人口,形成建制城市655座,历史上已堆积或填埋各类垃圾60多亿吨。随着城市土地资源日益成为稀缺资源,垃圾无处可埋已成为我国城镇化进程中的一个突出问题。

严建华说:“现在一方面垃圾包围城市,一方面城市强调节能,但垃圾的资源化无害化利用却一直未得到足够重视。据悉,目前已排放可燃固体废弃物的能源化利用率尚不足10%。”

据介绍,6吨左右城市生活垃圾蕴含的能源潜力相当于1吨标准煤。2007年一年全国的城市垃圾产量就达到了1.5亿吨以上,相当于2000多万吨左右标煤。

严建华表示,垃圾是一种低品位的能源,虽然做不到替代一次能源,但是对节能减排也有较大贡献。他

说:“我们强调多元化能源构成对现时之中国非常重要。”

“吃粗粮”的技术效益好

我国发展垃圾焚烧发电确实面临着一些挑战,如垃圾的来源和组成成分十分复杂,与常规燃料燃烧显著不同;相关的基础研究仍很薄弱;公众关心的二噁英和灰灰重金属排放问题长期未得到有效解决。

而经过一段时间的研究和创新技术开发积累,浙江大学热能工程所完成了生活垃圾低品位能源的高效清洁利用,其生活垃圾循环流化床清洁焚烧发电集成技术获得了2006年国家科技进步二等奖;城市生活垃圾异重流化床焚烧集热处理装置获2006年中国第九届专利优秀奖。

据记者了解,目前,浙江大学等研究机构在原有研究基础上,正在进一步研究开发基于高效清洁热化学转化的新一代可燃固体废弃物能源化利用体系。通过深入系统的基础研究和开发具有自主知识产权的先进集成技术体系实现二噁英排放远低于每浓度单位1纳克的国家标准,甚至低于0.1纳克的欧盟标准,可望做到近零排放。

作为前期研究工作积累,获得国家科技进步二等奖的前述这套技术也引起了国外科学家的注意。国际废弃物能源化理事会主席、美国工程院院士、哥伦比亚大学Themelis教授也曾指出,浙江大学垃圾循环流化床焚烧技术是现今世界上的主要的五大主流焚烧技术之一。

据国家有关统计数据显示,截至