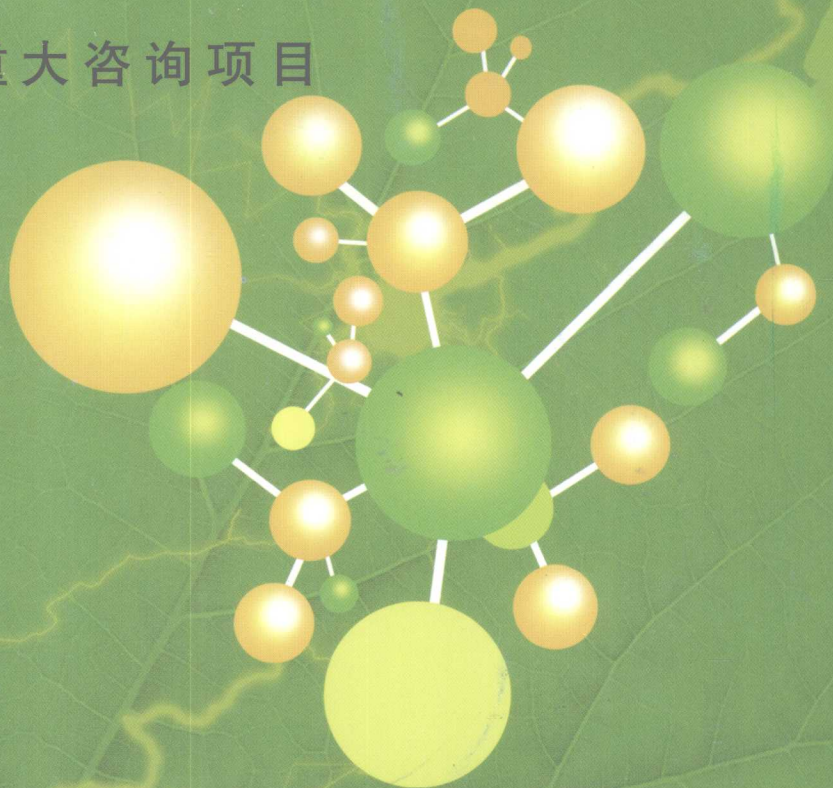


中国工程院重大咨询项目



中国可再生能源 发展战略研究丛书

生物质能卷

中国可再生能源发展战略研究项目组



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

中国工程院重大咨询项目

中国可再生能源发展战略研究丛书

生物质能卷

主 编 石元春
副主编 汪燮卿 尹伟伦 李十中



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

中国可再生能源发展战略研究丛书·生物质能卷/中国可再生能源发展战略研究项目组编. —北京: 中国电力出版社, 2008

ISBN 978-7-5083-7738-4

I. 中… II. 中… III. ①再生资源-能源经济-经济发展-研究-中国②生物能源: 再生资源-能源经济-经济发展-研究-中国 IV. F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 117571 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 11 月第一版 2008 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 242 千字

印数 0001—2000 册 定价 45.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《中国可再生能源发展战略研究丛书》

编 委 会

主 编	杜祥琬				
副 主 编	黄其励	汪燮卿	尹伟伦	李俊峰	
编 委	石元春	贺德馨	殷志强	邴凤山	倪维斗
	朱俊生	朱培林	赵士和	程回洲	李泽椿
	杨裕生	王仲颖	戴慧珠	赵玉文	孔 力
	许洪华	李十中	高 虎	赵勇强	胡润清
	马玲娟	时璟丽	杨伟国	王斯永	秦海岩
	陶树旺	王月冬	朱 蓉	赵 颖	周小雯
	蒋福康	吴创之	翟明普	王振海	

编委会办公室 王振海 左家和

《生物质能卷》编委会

主 编 石元春

副 主 编 汪燮卿 尹伟伦 李十中

参编人员 胡 林 韩志群 翟明普 蒋福康 李天成
付兴国 赵立欣 李怒云 吕 文 张彩虹
俞国胜

总 前 言



可再生能源是国际关注的主要研究领域，事关能源发展的方向与国家战略。随着我国社会经济的快速发展及技术进步，特别是能源与环境问题的日益突出，可再生能源受到国家及社会各界乃至世界各国越来越多的关注。为促进我国可再生能源的健康发展，中国工程院于 2005 年组织有关院士、专家启动了“中国可再生能源发展战略研究”咨询研究项目。根据研究工作的需要，项目分设水能、风能、太阳能、生物质能 4 个课题组和项目综合组，开展了一系列的研究。

2006 年 10 月，国家能源领导小组办公室委托本项目综合组承担单位国家发展改革委能源研究所牵头组织“我国可再生能源发展若干重大问题研究”课题。鉴于两者研究内容相近、主要专家队伍相似，经协商决定将两项研究合二为一，但根据要求形成两份研究报告，一个是不包括水能部分的简本，作为“我国可再生能源发展若干重大问题研究”课题成果报国家能源领导小组；另一个是包括水能部分的全本，作为“中国可再生能源发展战略研究”项目成果，报国务院。同时，根据研究工作需要，又增加了相关专家参与了项目的研究。

本丛书是“中国可再生能源发展战略研究”项目系列成果，内容包括项目综合报告和 4 个课题报告及相关研究成果，并以综合卷、风能卷、水能卷、生物质能卷和太阳能卷的形式由中国工程院统一组织出版。

在项目研究过程中，财政部给予经费支持，同时得到了国家发展改革委、科技部、国家林业局、中国气象局以及相关科研院所、高校等单位的大力支持；参加研究和报告编写工作的各位院士、专家为此付出大量的心血和劳动，在此一并表示感谢。

可再生能源是一个发展中的领域，还有许多看不准的问题。本丛书是一个初步研究，有待继续深入，诚望各界专家和广大读者提出各种意见和建议。同时，由于种种因素，书中难免有疏漏或错误之处，敬请读者批评指正。

杜祥琬

二〇〇八年九月十二日

粮食 石油 生物燃料

(代前言)



近年来，油价飙升，粮价暴涨，闹得整个世界不得安宁。一个粮食，一个石油，都是大事，谁也得罪不起，游移于二者之间的生物燃料，是福是祸莫衷一是。只有还其实情，排除“噪音”，理清思路，才利求解。

1. 粮价危机的“数字解”

当前粮食危机的相关报道和文章中，震撼力较大的有“世界粮食供不应求，库存降到近 20 年最低点”，“小麦涨了三倍，泰国大米吨价过了 1000 美元”，“海地等 30 多个国家因粮价引发社会动乱”，“美国用数千万吨玉米生产燃料乙醇”，“中国人吃肉太多，印度人用粮过盛”等等，众说纷纭，眼花缭乱。为了弄清事情真相，笔者对联合国粮食与农业组织（FAO）及美国农业部（USDA）的相关资料作了一些整理和分析，得到一些粗浅认识。

粮食危机是因为供不应求和粮食短缺吗？否！近十多年，世界谷物、小麦、稻米和玉米的产量一直在增长，大米、小麦的年均增长率都在 1% 以上，玉米在 4% 以上。2006 年和 2007 年澳大利亚小麦和法国玉米因灾减产，除世界小麦产量稍有下降外，世界谷物总产仍在增长。十多年的世界粮食产量整体表现是好的、健康的，没有出现突发性减产迹象。消费量的增长曲线平稳向上，年均增长率与产量年均增长率十分接近或稍低一些。所以说因供需失衡而引起粮食危机是没有根据的。

世界粮食库存情况到底如何？从十多年的系统资料看，进入本世纪后的谷物及三大作物的库存确是减势，但表现是渐进的，且多在联合国粮农组织规定的粮食安全线（消费库存比 17%~18%）以上。2004 年与 2007 年两年的库存量及消费库存比最低，但非突然下滑，消费库存比也在 20% 以上。

世界粮食价格涨势到底如何？由于人为压低粮价和发达国家国内的高额粮补，世界粮价长期以来都是偏低的。2005 年开始渐进式上涨，2007 年夏开始快速上涨，2008 年初开始暴涨。2006/2007 年度小麦由每吨 120 美元涨到 200 美元，2007 年夏到 2008 年 3 月涨到 480 美元，上涨了 3 倍。2008 年 3 月 27

日，泰国 B 级大米出口报价从每吨 580 美元涨到 760 美元，一天涨了 30%，4 月 17 日突破 1000 美元大关。涨势比较平稳的倒是玉米，2007 年初到 2008 年 3 月的 15 个月里由 166 美元到 233 美元，只上涨了 40%。同期大米涨了 82%，小麦涨了 131%。

从以上这些基本数据中看出，此次危机并非是突发性粮食减产和供应出现问题引起的，确切地说，这次是“粮价危机”而不是“粮食危机”。

2. 粮价危机的短效因素

引发粮价危机的因素中，有短效性的，也有长效和根本性的。

既非粮食供应不上，又无其他突发性原因而年初以来大米、小麦价格的暴涨，在很大程度上是社会恐慌心理和金融因素发挥了想象不到的“发酵”作用。2006/2007 年度澳大利亚和法国因受灾和小麦的减产，具有了一定的心理暗示；2008 年 2 月 FAO 又发布了具有强大新闻效应和冲击力的消息——“世界粮食库存降到近 20 年的最低水平，全球粮食供应趋紧”；加之美元大幅贬值和次贷危机使大量过剩的游资进入包括粮食期货在内的各种投机市场对粮价推波助澜，不断加剧着社会的恐慌心理。2007 年 2 月印度宣布禁止小麦出口，随后俄罗斯、阿根廷、中国等为自保而相继出台限制本国粮食出口的措施，由此孕育和导致了此次粮价危机。有经济学家认为，恐慌心理和金融投机对此次粮价危机的贡献最大。

短效因素中对生物燃料的不实报道也为社会恐慌心理提供了依据。2006 年和 2007 年，美国确是用 5340 万吨和 6500 万吨玉米生产了乙醇（有 1 亿吨的误报），但 2004~2007 年间美国的玉米出口量一直在增加，2007/2008 年度将创历史最高点（7680 万吨）。这是因为美国农民生产玉米的积极性和玉米产量的提高缓解了玉米市场供应上的矛盾。此次粮价危机中，恰恰是玉米产供增长率最高和价格最为平稳的年份，证明了生物燃料对世界粮价危机的影响很小，更不是什么“罪魁祸首”。一些人士和媒体未深入了解此事实真相而批评生物燃料，生物燃料的怀疑者和反对者包括一些国际组织中的人士更以此粮食危机对生物燃料发难。领导处理目前粮食价格危机工作的联合国副秘书长 John Holmes 最近出面表示反对以粮食价格上涨为由仓促限制使用快速增长的生物燃料。

玉米乙醇不是潘多拉魔盒，更没有失控。美国当局已经做好了向非粮的二代生物燃料过渡的部署。美国玉米乙醇的生产指标虽将由 2008 年的 2700 万吨增长到 2015 年的 4500 万吨，但以后就不再增加并会逐渐被纤维素乙醇所替代。到 2030 年，生物燃料替代 30% 化石运输燃料中，玉米原料只占 6.7%，九成以上是非粮原料。

危机中也有不少对消费增长的抱怨，一面是矛头指向美国的玉米乙醇，一面是美欧指责中国人吃肉多了，印度人粮食消费多了。就像一个吃一斤粮一斤肉的富人指责吃二两粮和四两肉的人过度消费一样，未免愚蠢和自讨没趣。其实，在具备供应条件的前提下，消费增长是正常的，是好事而不是坏事，特别是在中国印度等经济快速发展的国家，该抑制的应该是那些不合理的消费。

有一点是需要澄清的，媒体往往将生物燃料等同于玉米乙醇。生物燃料从原料到产品是非常多样的，原料有草灌乔和有机废弃物，产品有固液气三态，生物乙醇只是液态中的一种，生物乙醇的原料有甘蔗、甜高粱、薯类、作物秸秆和林业剩余物的纤维素等，玉米仅是其中的一种。把玉米乙醇影响粮食供应的“一盆脏水”倒在了整个生物燃料头上，误导了社会，也违背了媒体的科学公正准则。

3. 影响粮食问题的长效因素

这次粮价危机也为当代社会提供了一些有益的警示。

世界粮食库存量及消费库存比近七年的趋势性下降是应当受到关注的。联合国新任食物权问题的特别报告员奥·德许特上任的第一天就提出，粮食价格上涨危机源于过去 20 年的一系列错误政策导致国际组织和机构低估了投资农业的重要性，可谓一语中的。FAO 和国际应用系统研究所（IIASA）的多种预测方案都得出未来二三十年粮食将求大于供的结果，如果不改变忽视农业的政策和大力增加投入，严重后果将不仅是粮价危机而会是真正意义上的粮食危机。

第二个长效因素是粮食生产成本将持续走高。世界货币基金组织 2006 年 9 月发布的《世界经济展望 WEO》报告中指出，从 1957 年到 2006 年的 30 年里粮食价格降低了 60%。人为压低国际粮价是不正常的，2005 年至 2007 年间粮价的渐进式上涨却是正常的，它客观反映了石油价格攀升带动下粮食生产成本的增加。农田作业中需要消耗的化肥、燃油、电力、农药、塑膜等均源自于石油，油价的上涨必然增加粮食的生产成本。美国农业部的一份资料中说：“每消费一美元食品，农户只能拿到 19 美分，剩余的 81 美分是劳动力、燃料、运输、包装和其他非农成本。影响食品价格上涨的主要因素是非农成本，特别是创纪录的原油价格。”美国进步中心首席执行官 J. Podesta 最近指出：“美国上涨的谷物成本中用于种植和运输的化石燃料占了三分之二，石油价格上涨使 2007 年的农业成本增加了 25%。”此外，2007 年磷酸铵的吨价由 200 美元涨到 1200 美元，2008 年 1 月的国际尿素、磷二铵和钾肥价格较去年同期就分别上涨了 43%、162% 和 53%。

石油价格的高企和持续攀升及其对粮食生产成本增加的影响将是刚性的和

长效的，“告别低粮价时代”的提法是有道理的。有些人士和国际组织甚至将进入食物的“高价时代”也归咎于生物燃料而不说高企的油价，实在有失公允。

第三个长效或根本因素是一个“穷”字。此次粮价危机中受冲击最大的是粮食进口穷国中的低收入人群，商店有粮也买不起，政府对平抑粮价又有心无力，如果同时又是石油进口国，其境遇就更加糟糕了。如联合国亚太经济社会观察 2008 报告指出的，世界上最穷的 50 个国家中有 38 个是石油净进口国，其中 25 个国家的石油全部依赖进口。进口油价上涨已经使得这些国家的经济喘不过气来，进口粮食价格再上涨，无异于雪上加霜，怎能不引发社会的不稳定。而美欧富国的社会财富充盈，粮食储备丰满，低收入人群小，粮价易于掌控，又多是粮价危机中的主要受益方——粮食出口国。所以说，世界粮食危机的实质是穷国的粮价危机。

改善穷国经济处境主要依靠农业，而富国对其本国农业的高额补贴又打压着穷国农业的发展，这种世界格局不改变，粮食危机就像一柄“达摩克利斯之剑”悬在穷国和穷人头上。救济只解一时之困，帮助穷国振兴农村经济才是消除粮食危机隐患的根本。

4. 中国的粮食表现与问题

此次世界粮价危机中，中国的粮食表现是好的。自 2003 年后粮食连续四年增产，接近了历史的最高点。2003~2007 年间的大米和小麦消费库存比都高于 30%，玉米也在 20% 以上，明显高于联合国提出的粮食安全系数。中国的良好粮食表现得益于“立足国内”和“自给率 95%”的粮食安全战略和相关政策。由于粮储充足和 2008 年的粮食出口政策，在国际市场粮价暴涨中，国内粮食期货价却普遍下跌；国际米价突破吨价 1000 美元时，国内米价却低于 400 美元。

中国粮食安全问题更多的是在深层次上：人口众多，需求旺盛，耕地净减，用水无增，农民种粮积极性不高，以及粮食增产乏力等。1998 年中国粮食产量达 5.12 亿吨后持续减产到 2003 年的 4.3 亿吨，2007 年才重新迈上 5 亿吨台阶，要进一步实现 2020 年人年均占有粮食 380~400 公斤、总产 5.4 亿~5.8 亿吨的目标的难度却相当大。除加大投入、提高生产力水平外，多年的实践证明，中国粮食问题的症结在于农民的种粮积极性，目前的人为压低粮价政策只会适得其反。

中国粮食问题主要是增加饲料供应。随着收入和消费水平的提高，粮食的直接消费渐减和动物性食物消费激增是个常理，中国正是处在这个阶段。1986 年和 2006 年中国城镇居民直接粮食消费分别是 138 公斤和 76 公斤，乡村居民

分别是 275 公斤和 239 公斤，20 年分别减少了 45% 和 13%；而城市居民的动物性食品消费则由 35 公斤增加到 74 公斤，农村居民由 17 公斤增加到 34 公斤，20 年翻了一番。据专家预测，中国年人均粮食消费量（含直接消费与间接消费）将由 2000 年的 223 公斤下降到 2020 年的 160~202 公斤，约年需粮食 2.2 亿~2.8 亿吨。届时，人粮、畜饲将“两分天下”，玉米、薯类等饲料生产将占到“半壁河山”，粮、经、饲三元结构中的饲料份额将快速扩展。

粮食消费结构上的这种重大的趋势性变化将有利于缓解粮食总量上的压力。因为目前的水稻和小麦产量水平可基本满足 2020 年前后的人粮消费，而饲料的回旋余地和拓展潜力很大。除玉米、薯类、高粱、饼粕外，还可以利用边际性土地大力发展饲草，以及利用酒糟等农产品加工的有机废弃物。因而以农林废弃物和利用边际性土地进行原料生产的生物燃料，将与饲料生产相结合，形成物质和能量综合开发与循环利用的粮、经、饲、能四元结构的新生产体系。

5. 石油换代的阵痛

粮食与石油，一农一工，本是两股道上跑的车。随着油价拉升粮食成本和发展生物燃料替代石油以来，二者的关系就越来越密切了。

据国际权威机构（IEO 2005、IEO 2005 和 USGS 2000）资料的推算，全球石油剩余可采储量加上储量增长潜量（共 2297 亿吨）可用 39 年；再加上待发现的石油资源量（共 3574 亿吨）可用 53 年；而天然气和煤炭分别是 63 年和 90 年。如果说 20 世纪是化石能源的世纪，21 世纪将是化石能源换代的世纪。在这个能源的历史巨变中，怎会不引发社会与经济的分娩般的阵痛，此次粮食危机乃其一也。

石油换代的阵痛在中国将尤为剧烈。中国化石能源剩余可采储量中，石油只占 4%，约合 35 亿吨标准煤，储产比已到警戒线 11（均按 2005 年计），而消费量却是世界第二，进口依存度近半，这是求供倒悬和无米之炊的“巨痛”。中国自 1994 年为石油净进口国后，2006 年的 3.2 亿吨石油消费中有 1.8 亿吨是进口的，进口量还将继续扩大。进口石油非“一买一卖，按价付款”那么简单，中国 70% 的进口石油来自不稳定的中东地区，要通过海盗猖獗、美舰游弋、危机四伏的马六甲海峡，需要多大投入才能保障这条海上石油通道？才能将俄罗斯和中亚的油气流入中国？这是需要付出巨大资金、政治、外交乃至军事代价和承当巨大风险的，其隐性成本比表观价格要高许多。

应对石油换代“阵痛”的另一条路是“走出去”开发国外石油资源，但我们已晚于西方国家一个世纪，这已是肉少骨多和争夺“最后一杯羹”的战场，而不是伊甸乐园。面对风云突变的国际舞台和形势不稳的石油资源国，这更是

一项代价和风险度极高的境外投资。国际能源组织报告 IEA2007 中就提醒中国和印度，要十分注意过分依赖中东石油的“海湾石油瘾”可能产生的近期和远期风险。

“扩大进口”和“走出去”可以“止痛”，但“替代”才能“治病”。可惜不久前颁布的《中国可再生能源发展规划》提出的目标是：“力争到 2010 年使可再生能源消费量达到能源消费总量的 10%，2020 年达到 15%。”其实，按国际惯例属于常规能源的大水电在 2006 年就已经占到一次能源消费总量的 7%了，即 2020 年的非水能可再生能源的发展目标实际是 7%左右，其中生物燃料对石油燃料的替代指标是 2%（欧盟是 10%，美国是 20%）。中国在化石能源替代上的决心和步伐显然是不大的。

此次世界粮价危机中中国良好的粮食表现，靠的是有个“立足国内”和“粮食自给率 95%”的好战略，而同样是国家战略物资的石油，进口依存度却已近 50%。按石油储产比 11 发展，到 2020 年将所剩无几，60%的进口依存度是打不住的，“立足国外”和“坐吃山空”的石油政策还能够维持多久？现在提出要向“非常规油气”进军，但“部分关键技术需要持续攻关，且投入大，周期长，经济效益短期内难以实现”。为什么不可以改变一下传统的工业思维模式，把目光多一些投放到生物燃料和“三农”上来，把石油替代真正抓起来。

设想如果像美国 2030 年生物燃料替代 30%的石油运输燃料那样，中国石油替代也能达到 30%，中国的能源安全和“三农”将会是什么样子？

6. 生物燃料是石油替代的唯一选择

1973 年世界石油危机发出警讯后，石油进口国就开始寻思“替代”了。

巴西和美国 20 世纪 70 年代就开始以甘蔗和玉米生产乙醇替代石油；90 年代美国进行了长达五年的以甲醇作为运输燃料的试验，但以失败而告终；1999 年，克林顿发布《开发和推进生物基产品和生物能源》总统令，大力推行生物燃料替代；布什上任后主张发展氢能和在世界掀起过一阵“氢能热”，后来又改口说“这不是近期的解决办法，也不是中期的解决办法，而确实是远期的解决办法”，转而大力支持生物燃料替代。2005 年美国颁布的《国家能源政策法》中要求“燃料制造商到 2012 年在汽油中必须加入 2250 万吨生物乙醇，可以每年减少 20 亿桶原油的消耗和向外商支付的 640 亿美元购油款，还可以使美国家庭减少 430 亿美元的开支”。2007 年初提出“twenty in ten”计划，即 10 年内减少 20%的汽油消耗，其中 15%源自生物燃料替代，5%靠提高汽车能效；2007 年底通过的美国《能源自主与安全法案》进一步提出了 2022 年生产生物燃料 1.08 亿吨及其相应的温室气体减排目标与计划。美国在

发展生物燃料上可以用“雷厉风行”和“紧锣密鼓”形容。

美国年消费石油 9.5 亿吨，净进口 6.4 亿吨，石油对美国经济和外交的压力越来越大。美国经过三四十年寻觅才找到能使自己绝处逢生的生物燃料，故不惜顶住国际社会强大的舆论压力，倾其 20% 乃至 40%（2015 年）的玉米及技术突破后的非食物性原料替代 30%（2030 年）甚至 50%（2050 年）的石油运输燃料。为减少与粮食供应的冲突，2006 年布什在国情咨文中要求 6 年内（到 2012 年）使纤维素乙醇的商业化生产成为现实，并以 1.6 亿美元建 3 个纤维素乙醇示范厂和投入 21 亿美元用于新技术研发，全面部署了由玉米乙醇向非粮二代生物燃料的战略过渡。“两利相权取其重，两害相权取其轻。”在发展生物燃料上，美国如此之坚定是有其道理的。

20 世纪 80 年代，瑞典在斯德哥尔摩市对九种燃料车进行了十多年的替代化石燃料试验，最后选择了沼气和乙醇两种生物燃料。欧盟先以生物柴油为重点，继而启动了一个发展生物乙醇的激进计划，并于 2007 年 3 月制定了 2020 年生物燃料不得少于运输燃料 10% 的目标。日本国会 2002 年通过了《日本生物质综合战略》，制定了相应发展目标和计划；印度 2002 年成立了国家生物燃料委员会，在 9 个邦推广 E5 乙醇汽油；菲律宾 2006 年制定了“生物燃油法”（RA9367），提出 2010 年的燃料乙醇必须达到汽油消费量 10% 的指标。

2007 年全球生物乙醇产量已经达到 4500 万吨，其替代规模是其他可再生能源不能比拟的。2020 年前后将发展到 2 亿吨，约相当于现在世界石油生产量的 5%，生物燃油对化石燃料的替代已经驶上了快车道。石油的生物燃料替代是多个国家经三十多年选择的结果，正如欧盟委员会提出的：“生物燃料是唯一可以大规模获得的替代运输燃油的能源。”生物燃料已经成为石油替代的一种世界共识和趋势。

7. 生物燃料是个绕不过去的坎

替代石油难道非要生物燃料吗？

不是可以煤制油吗？中国某集团 2007 年在内蒙古等地已经试生产了，据该集团网站称，转化成 1 吨燃油需要消耗 4 吨煤炭和用水 10 吨，二氧化碳排放量是原油精炼的 7~10 倍。我国煤炭产地主要在缺水的北方，内蒙古项目就年需耗水 1000 万吨左右，宁夏东部、陕西榆林以及新疆黑山等都是严重缺水地区，如处理不当，这将又是一场新的生态灾难。

不是可以用煤转化为甲醇和二甲醚吗？按能量投入产出比，得到 1 份能量的甲醇燃油需要投入 4~6 份能量的煤，生产 1 吨煤基甲醇要排放 8.25 吨二氧化碳（二甲醚是 12 吨），还有腐蚀机械、储存困难、影响人体健康等诸多问题尚难以解决。美欧经多年试验均已宣布失败，目前世界上还没有一个国家以甲

醇为运输燃料。

更重要的是，煤变油和转化甲醇、二甲醚的原料都是不可再生的煤炭，这种高资源投入、高环境和高经济代价的“拆东墙补西墙”，有必要吗？

不是可以用“清洁燃料汽车”吗？所谓“清洁燃料汽车”，是一种用蓄能电池技术和以电或氢为动力驱动的汽车。与汽油相比，电能与氢能要清洁许多，但它们都是由一次能源转化而来的二次能源，它清洁了城市，而发电厂和转化氢能的污染依旧。电与氢的能效比汽油低，比生物燃料低得更多，且蓄能电池适于城市短程而不便长途使用。

不是可以用水能、风能、太阳能、地热能、海洋能和核能替代吗？不行，这些能种只适合于转化为物理态的电能和热能，唯有生物质能才是经植物光合作用转化成的化学态能量，最适合于转化为液态燃料。

还有一条是绝对绕不过去的，那就是生物燃料可以与化石能源一样地生产塑料和化工原料等物质性产品，这是任何其他能源都做不到的。所以美国 1999 年的总统令中提到的不仅是“生物能源”，还有“生物基产品”。USDA 能源政策和新用途办公室主任 R. Conway 不久前说：“20 世纪之初，石油基工业制品逐渐取代了生物基工业制品；21 世纪之初，生物基工业制品重新回归，将逐渐替代石油基工业制品。2025 年生物基产品产值将是 2005 年 212 亿美元的 23~29 倍。”

生物燃料的石油替代之所以是“绕不过去的坎”，这是它和其他能源自身的特性所决定的，不依人的意志为转移。

8. 是魔鬼还是天使？是克星还是救星？

当前，媒体对生物燃料的负面报道很多，“与人争粮”、“人道危机”、“粮食危机的元凶”、“破坏生态”（毁坏雨林与湿地种棕榈与大豆）等等，好像是个面目狰狞的魔鬼。凡事都有它的多面性和相互关联，面对越来越复杂的当今世界和社会，更需要人们的冷静、耐心和客观。以上已对此“魔鬼”形象有所剖析了，下面再说说事实的另外一面。

1999 年发布的“发展生物基产品和生物能源”美国总统令中，开宗明义地说：“目前生物基产品和生物能源技术有潜力将可再生农林业资源转换成能满足人类需求的电能、燃料、化学物质、药物及其他物质的主要来源。这些领域的技术进步能在美国乡村给农民、林业者、牧场主和商人带来大量新的、鼓舞人心的商业和雇佣机会；为农林业废弃物建立新的市场；给未被充分利用的土地带来经济机会；以及减少我国对进口石油的依赖和温室气体的排放，改善空气和水的质量。”克林顿在总统令发布会上还说：“这项计划将给美国农民每年新增 400 亿美元的收入。”2002 年美国农业部提交的发展生物燃料报告的标

题就是：“创建一个更具活力的美国农村”。美国共和、民主两党凡事互相攻讦，而在发展生物燃料上却高度一致，连提出的发展指标都十分接近。最近美国的一项国外政策指数（Foreign Affairs Index）调查显示，60%以上的美国人希望通过发展生物燃料实现能源自给。

德国农业部长 R. Kuenast 2004 年在北京的一次国际论坛的演讲中说：“到 2010 年，德国能源消费总量中可再生能源的比例将提高两倍，2050 年要占到 50%。替代化石燃料的最快又最廉价的办法就是生物燃料，并以此提高农民的收入。”在种种质疑和当前粮食危机形势下，联合国粮农组织（FAO）负责人 J. Tschirley 指出：“FAO 要求各国在出台扶持生物燃料的政策和投资前，需要注意到可能产生的对粮食安全和环境的影响，但也不能忽视生物燃料对发展中国家农村发展和改善经济的作用而延误这个产业的发展。”联合国亚太经济社会观察 2008 报告中也提出，生物燃料产业的发展势不可挡，它非常有利于增加农民收入、提供创造就业机会和抑制石油价格。

巴西发展生物乙醇的先驱和成功者——车用乙醇已不再需要财政补贴和税收优惠，而且价格已经低于汽油，带动了本国经济和出口。巴西总统卢拉在 2007 年 7 月的“生物燃料国际会议”上说：“巴西十分注重通过发展生物燃料带动农业增长，使农民富裕起来，更好地解决粮食与贫困问题。”2008 年 4 月卢拉会见荷兰总理时又说：“生产乙醇是发展中国家，特别是非洲、拉美和亚洲经济发展的希望。对于今天的海地，如果我们到那里去投资建设生物燃料产业将会使海地人民和投资国双方受益。”这是一国总统的切身感受。

看来，在发展生物燃料的实践中越来越显示出，它不仅是替代石油的唯一选择，也是促进农村经济使农民脱贫致富和缓解粮食问题的一把钥匙。如果说此次危机是穷国的粮价危机，根子在“穷”字上，那么，生物燃料将是发展中国家改善穷国境遇和应对粮食危机的一种“经济武器”。生物燃料是魔鬼还是天使，是粮食和穷人的克星还是救星，应当是很清楚的。

为什么面对生物燃料的种种质疑和此次粮食危机中的千夫所指，美、欧、巴西等国政府仍是态度坚定和一路高歌猛进，难道不值得我们思考吗？

9. 中国的非粮原料非常丰富

中国政府已经提出了发展生物燃料的非粮原则，既保障了粮食安全又指出了发展之路，既符合中国国情又顺应国际发展趋势。令人振奋的是，中国的非粮原料资源非常丰富。

2005 年美国能源部和农业部的联合研究报告提出，为满足美国 2030 年替代 30% 石油运输燃料，需要和可以动用的本土生物质原料资源是 13.66 亿吨，其中 10% 来自玉米和大豆，32% 来自能源植物，58% 来自农林废弃物。笔者

参加中国工程院可再生能源咨询项目研究中提出的中国可利用的生物质原料资源的年产能潜力是 8.99 亿吨标准煤，其中农林废弃物占 53%，能源林占 35%，能源作物占 12%。看来，中国生物质原料资源丰度显著高于美国。中国是个农业大国，小麦年产是美国的 1 倍，水稻是 21 倍，猪存栏是 8 倍，农业废弃物当然比美国要多得多；中国北纬 30 度以南的广大亚热带及热带地域也是美国所没有的。

我国可用于石油替代的非粮生物质原料有两类，一类是现即可用的薯类、甜高粱、甘蔗、木本油料、畜禽粪便及农产品加工产生的有机废水、废渣、废糖蜜；另一类是尚待技术突破后（约需 5~10 年）方能进入商业化生产的作物秸秆、林业剩余物和能源植物的纤维素原料。此两类原料的年当量燃料乙醇潜力分别为 1.52 亿吨和 2.80 亿吨，二者可替代石油 2.7 亿吨，是现进口量的 1.5 倍。

有人认为生物质原料高度分散，不好收集。其实不存在这个问题，植棉与纺织，种蔗与制糖，还有烟、茶、酒和造纸等加工业用的都是农产品原料，生物燃料有什么不可以？有人认为生物燃料不像煤、油、气可以规模化工业生产，其实小规模和分布式更有利于原料地靠近市场和促进农村经济，英国经济学家 E. F. 舒马赫说：“小的是美的。” USDA 新能源办公室最近的一份报告称：“到 2007 年 4 月，美国 223 个生物燃料生产厂大部分都分散在农村和由农民自办，美国发展玉米乙醇的最大受益者是中部各州农民。”我们不是也可以为中国的“三农”多谋些福祉吗？

发展非粮生物燃料可以不与粮食争地，即使在以纤维素为原料的第二代生物燃料尚未取得技术突破和商业化之前，我国的甜高粱和薯类就能扮演重要角色，人称它们是 1.5 代生物燃料。它们的最大优势是耐旱、耐瘠、耐盐碱、生长快、产量高，可以在全国大部分盐碱地、沙地、丘陵坡地等低质土地上种植，且种植管理简单，生产成本低，增产潜力大。1 公顷甜高粱或薯类一般可转化燃料乙醇 3~5 吨，高者可达 10 吨。我国耕地中有非粮低产田 5024 万公顷（其中薯类播种面积 1000 万公顷）可供调整作物种植结构；还有 734 万公顷的宜垦后备土地均可种植。我国还拥有领先于世界其他国家的甜高粱生产和发酵时间短、收率高、工艺简捷、基本不用外来化石能源、不产生废水的加工技术。

10. 中国太需要生物燃料了

中国太需要生物燃料了，因为：

——生物燃料是改变中国石油“立足国外”现状的基本途径，是实现石油替代绕不过去的坎。

——能源农业可以为现代农业开辟一个前景广阔、需求无限的新战场；可以为推进农村工业化和城镇化，以及富余劳动力就近转移开辟一个全新路径；可以为农民增收和脱贫致富开辟一条新渠道。

——生物燃料可以将产能潜力 4.7 亿吨标准煤的农林废弃物利用起来；可以将产能潜力 1.2 亿吨标准煤的尚无经济价值或价值很低的低质土地利用起来种植能源作物；可以将产能潜力 3.1 亿吨标准煤的能源林资源利用起来。

——生物燃料可以让中国的能源农业走出国门，以我国的资金和技术与非洲和东南亚等发展中国家的丰富水土资源结合起来发展生物能源产业，做到合作共赢，共同致富。

这四条原因难道不足以说明发展生物燃料产业在解困中国石油和“三农”两大难题中的重要作用吗？

21 世纪之初，中国曾为解决陈化粮压库而批建了四个燃料乙醇厂，先后在吉林等五省及冀、鲁、苏、鄂 27 个地市推行使用 E10 乙醇汽油，2006 年销售量达 1544 万吨。出于粮食安全考虑和避免失控，国家发展改革委 2006 年底发文不再新批玉米乙醇项目，鼓励发展非粮生物燃料。这既使生物燃料与粮食安全脱钩，又指明了一条健康的非粮发展道路，中国在石油的生物燃料替代上有了一个好的开始。

11. 关于主动替代与被动替代

20 世纪是石油的世纪，美欧等发达国家得天时与地利而纵横捭阖。是 20 世纪 70 年代的全球石油危机和世纪之交的资源性枯竭震撼了这些石油巨鳄，使他们“如鲠在喉”，坐卧不宁。他们积三十余年之探觅，终于找到了替代之途，于是置种种质疑和指责不顾，雷厉风行地发展起生物燃料来。为减少玉米乙醇与粮食供应间的碰撞，又大踏步地迈向了非粮的二代生物燃料时代。他们敢于幡然自悟地批判自己的“石油瘾”，提出 2020 年替代 20%、2030 年替代 30% 和 2050 年替代 50% 的目标；宣布“结束依靠中东石油的历史”和为能源的自主与安全而立法。

“镜于水知容，镜于人知吉凶。”中国石油形势较这些发达国家严峻十倍而动作十分迟缓。面对复杂多变的国际形势和对能源资源的激烈争夺，我们必须把握目前的战略机遇期，尽快将“立足国外”转移到立足国内的“替代”上来，解中国石油与“三农”两大心腹之患于倒悬。

当前中国在石油生物燃料替代上的犹豫和被动，一曰怕影响粮食安全，既然政府已经叫停玉米乙醇并鼓励非粮方向，就没有必要自己吓唬自己地迟迟不见行动。二曰石油替代上有煤基为主与生物基为主之争，如果立足于国家利益而不是部门和某些企业集团利益，这个问题是显而易见的。三曰对发展生物燃