

发展“燃料酒精”的建议

章克昌

(无锡轻工大学 生物工程学院 再生资源工程研究室, 无锡 214036)

[摘要] 文章从缓解能源短缺、缓解地球大气污染及国民经济新的增长点三个方面阐述了采用燃料酒精作汽车燃料的重要意义。介绍了我国实施燃料酒精计划需要解决的如原料供应、降低能耗、酒糟处理及投资效益等主要技术、经济问题及对策。最后提出了21世纪前10年研究课题的建议。

[关键词] 燃料酒精; 发酵; 温室效应; 能源

1 “燃料酒精”问题的来由

发酵酒精作车用燃料并不是一个新概念,早在1890年,以酒精为动力的拖拉机发动机已经设计成功。1920~1930年间约400万辆机动车采用酒精和汽油混合物作燃料^[1]。二次世界大战期间的一些缺油的国家比较普遍地使用这种混合燃料。但是,将它作为未来的一种可再生能源来考虑,以缓解世界性的能源短缺问题,则始于20世纪70年代。当时接连发生几次中东战争,中东国家对西方实行石油禁运(西方称为“能源危机”),使得一些主要西方国家能源严重短缺。人们开始认识到,有朝一日,廉价的原油是会用完的。人们开始大力研究开发新的,可再生的能源。利用可再生资源(如剩余的粮食或植物纤维)发酵生产酒精作为生物能源来代替或部分代替汽油再次被提到议事日程上。与此同时,甲醇也被不少人看好。甲醇和乙醇两者孰优孰劣,双方争论不下。直到对温室效应加剧,地球气温变暖的认识基本取得一致后,酒精才在竞争中占优势。因为,二氧化碳是主要的温室气体,从宏观上讲,发酵酒精燃烧不增加大气中的二氧化碳。

美国和巴西在利用发酵酒精作汽车燃料方面走在世界前列。许多汽油生产和供应商近年来鼓吹的

一些汽油助燃剂,如甲基叔丁基醚(MTBE)等,因为污染地下水等有害健康的原因将在美国若干州,并可能在全美被禁用。这必然又一次促进燃料酒精的发展。

我国的能源情况同样严重,目前已是原油净进口国。新世纪的能源供应情况不容乐观。开发包括生物能源在内的新能源势在必行。80年代初,我国有关部门曾对燃料酒精课题的可行性进行过论证,得出的结论是:(1)根据我国的耕地情况,暂时无法实施用粮食作原料,发酵生产燃料酒精的计划;(2)利用纤维素原料生产燃料酒精是努力方向。近20年过去了,情况有了很大变化,我国的农业生产有了质的变化,高效、节能和无污染的发酵酒精生产技术也有了重大发展。与此同时,由于经济的快速发展,能源短缺也更加严重,发展燃料酒精的紧迫性和可能性再次展现在我们的面前。

2 发酵酒精作车用燃料的重要意义

2.1 可缓解能源短缺问题

能源短缺是本世纪面临的重大课题之一,普遍认为地球上的原油资源将在50年内枯竭。为此,各国都在为开发新能源,特别是汽油的代用品而努力。发酵酒精作车用燃料有两种方式:其一是配制汽油和无水酒精的混合物——汽油醇,酒精在混合

物中的比例最高可达 25%。用汽油醇作汽车燃料时,可以利用原有的汽车发动机;其二是直接利用酒精作为汽车燃料,这时必需使用专门设计的,具有更高压缩比的发动机。在这方面,巴西走在最前面。早在 1989 年,巴西以甘蔗、糖蜜、木薯、玉米为原料年产发酵酒精 12 Mt 以上,几乎全部用来代替汽油,大部分采用第二种方式作为汽车的燃料。从那时起,巴西已经不再进口原油,少量国产原油还可出口^[1],率先实现了汽车燃料的酒精化。美国年产发酵酒精近 6 Mt,大部分用作生产汽油醇(gasohol)。这几年由于石油降价,美国发酵酒精的销路略差。但是,由于最近发现添加助燃剂 MTBE 的汽油从地下贮罐及输送管网中泄漏并污染地下水源,不少州开始禁止使用该剂。添加发酵酒精,其质量分数为 10%~20%的汽油醇将在美国热销。1999 年 2 月 1 日《今日美国报》发表题为“21 世纪的运转将依靠‘绿金’还是‘黑金’?”的文章指出“在今后 25 年内,工业农场主将能‘种植’出足够的燃料和化工原料,从而使我们几乎不再依赖于外国石油。专家估计,利用 5000 万英亩(约 $2 \times 10^7 \text{ hm}^2$) 尚未得到充分利用的农田,美国最终每年可以生产 750 亿加仑(约 283 GL)乙醇,而目前每年利用进口石油提炼的汽油总量为 700 亿加仑(约 265 GL)。”可见美国的燃料酒精将会有巨大的发展。

我国酒精的生产情况是:酒精厂 200 多家(其中年生产能力 10~20 kt 的 70 多家,30 kt 的 21 家,50 kt 以上的 10 家。),酒精车间 700 多家,年生产能力 3 Mt。据有关方面预测,到 2005 年我国

车用汽油需求量为 43 Mt。如果用酒精质量分数为 25%的汽油醇(酒精汽油混合物)来替代,则需要 10 Mt 无水酒精。如果能使酒精产量增加到目前的 3 倍,则等于为国家多生产了 10 Mt 汽油。其意义是巨大的。

2.2 可缓解地球大气污染日益严重的趋势

使用燃料酒精可以缓解日益严重的大气污染问题。主要表现在以下几方面:

(1) 酒精的辛烷值比汽油高许多,既是抗爆剂,又是助燃剂,所以用汽油醇作燃料不用再添加四乙基铅或 MTBE,就可成为高标号燃料油。可消除空气中的铅的污染。

(2) 酒精作燃料可以缓解因地球温室效应加剧带来的气温升高及地球气候恶化等严重后果。

20 世纪 80 年代初,美国密西西比河流域大旱,造成农业、畜牧业严重失收,河流断航。人们开始寻找气候剧变的原因,并提出了由于温室效应加剧,造成地球气候剧变的说法。科学家进一步认为温室效应加剧是因为温室气体浓度增加引起的,而在诸多温室气体中二氧化碳是最主要的,它应负 50% 的责任。大气中二氧化碳来自各个方面,其中 50% 来自汽车尾气的排放。所以,控制汽车尾气是缓解温室效应的主要手段之一。如从减少大气中温室气体浓度,防止地球气温升高的观点出发,那么,发酵酒精将是除 H_2 和电能外,唯一现实的汽油替代品。因为发酵酒精作汽业的燃料不会使大气中的二氧化碳的浓度增加。

从图 1 和表 1 可见,光合作用合成一分子葡萄糖需要 6 分子的二氧化碳,酒精发酵和燃烧共释放

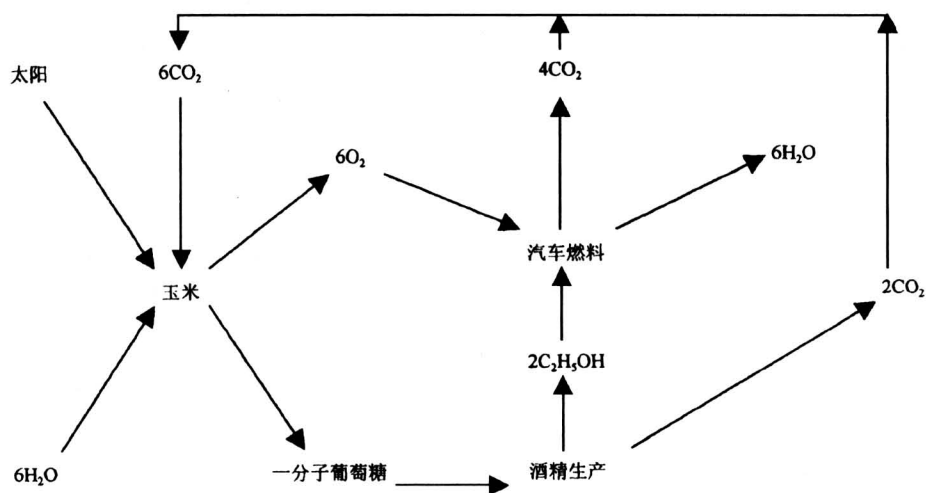


图 1 光合使用和燃料酒精

Fig.1 Photosynthesis and fuel alcohol

表1 不同燃料燃烧时释放的污染物

Table 1 Pollutants released through burning of fuels

	氮氧化物	蒸汽	二氧化碳	一氧化碳	产生臭氧	其他
汽油						
甲醇						甲醛
合成气						
酒精						

6 分子二氧化碳，所以酒精燃烧不增加大气中二氧化碳浓度。在这方面，酒精比甲醇好。所以，使用燃料酒精是消除由于汽车尾气中 CO₂ 排放引起的温室效应最有效的措施之一^[1]。巴西已经做到了这一点，美国也正在这么做。据报导，法国地区发展规划和环境部透露，为减少温室气体排放，法国政府将出台征收机动车燃油税等能源生态税。到 2010 年每排放 1 t 温室气体征收 500 法郎。以汽油为例，这相当每升汽油增加 0.35 法郎的生态税。法国还将征收耗电生态税，提倡水运等交通方式以减少温室气体的排放（法国于 1997 年在联合国“气候变化框架公约”中承诺，到 2010 年二氧化碳等温室气体的排放量将减少到 1990 年的 105 Mt 的水平。但是，1998 年，法国二氧化碳气体的排放量达 108 Mt，比 1997 年多排放了 3 Mt）。法国的这种做法再一次证明燃料酒精的重要性。

2.3 可成为新的经济增长点

发酵酒精生产是属于农产品深加工的范畴，它的发展不仅将促进许多工业部门的发展，而且也将很大程度上影响到农业的发展。就以下三点加以说明：

(1) 建设 10 Mt 发酵酒精生产能力大约需要 100 亿~150 亿投资和近 50 万劳动力，产值在 630 亿左右，将对机械加工，建筑，运输，电力，商业等许多国民经济部门起重要的拉动作用。

(2) 我国县以下的中小酒厂有几千家，近年来大多处于停产半停产状态，如果能通过燃料酒精计划，将这些酒厂改变成饲料联产粗酒精的生产企业（粗酒精送往布局合理的专业酒精厂加工成无水酒精），那么不仅能节约大量建设资金，而且也可使这几千家中小酒厂复活，这将对提高农民，特别是中西部农民的收入解决农村剩余劳动力起到极大的作用。因为这些酒厂大部在中西部，而且都曾当地财政的主要来源。

(3) 我国玉米的总产量已超过 100 Mt，供大

于求，又因深加工缺少良策，成本高于国际价格而大量积压。小麦的情况也和玉米相似，大量品质较差的麦子积压，河南省普通小麦库存达 25 Mt，河北达 12.4 Mt。另外，全国每年还有 25 Mt 不可食用的陈粮要处理。对于糖料作物来说情况尤其重要。为了扭转全国食糖供过于求和糖厂连年大幅度全面亏损的局面，国家被迫采取对糖厂和糖料作物种植面积进行调整，关闭近三分之一的糖厂和减少三分之一的糖料作物种植面积^[3]。这是无奈的救急办法。如果能通过燃料酒精计划使近 1000 万糖农仍旧种植他们所熟悉的产量高、价格高的糖料作物，这将使那些将停产的糖厂因转产酒精而得以开工，也使种植糖料作物地区政府的财政收入不致降低，这是一件大家都愿意看到的事情。事实上，甘蔗是一种具有特别高效光合作用的作物，巴西就是以它为主要原料直接发酵生产酒精的。

这些让国家有关部门头疼的大事对于燃料计划来说则是件好事，因为它解决了酒精生产的原料问题。农产品深加工的途径没有比燃料酒精计划更好的了。燃料酒精计划对国民经济的重要意义和拉动作用是显而易见的。

3 我国发展燃料酒精需解决的主要问题及其对策

在我国实施燃料酒精计划需要解决的主要问题如下：

3.1 原料供应问题

每生产一吨酒精需要 2.7 吨粮食作原料。如果每年要生产几千万吨酒精，而且都用粮食作原料，显然是不可能的。最终解决燃料酒精原料供应的办法是利用纤维素生产酒精。我国每年仅农作物秸秆就有 500 Mt 左右，可生产 72.56 Mt 无水酒精^[4]。潜力十分巨大。但是，由于至今纤维素酶的成本仍太高，导致纤维素酒精的价格无法与粮食酒精相竞争。一旦酶的生产技术等有了突破，燃料酒精的原

料就不成问题了。

目前重点还只能放在用粮食生产酒精上。生产 10 Mt 酒精需要 30 Mt 粮食。这些粮食从哪里来？首先，应切实贯彻执行原轻工部提出的酒精联产饲料的方针，从每年 120 Mt 饲料粮中取出 20% 来生产燃料酒精，酒精糟与余下的饲料粮混合做复合饲料。那么，在不影响饲料的“饲料报酬”的前提下，可解决 8 Mt 燃料酒精生产所需的原料，其次，全国每年有 25 Mt 陈粮和变质的粮食，取其 25% 可生产 2 Mt 酒精。再则，如果恢复糖料作物原有的种植面积，增加的原料可生产 1.5 Mt 酒精。这样，生产 10~11.5 Mt 酒精的原料就有了出处。

3.2 能耗问题

作为燃料酒精来说，其燃烧时释放的能量应该大于酒精生产时投入的能量。根据国外计算，酒精生产投入的能量加上粮食生产所需能量要大于燃烧时放出的能量。为此，大幅度地降低燃料酒精生产能耗是一个必要前提。

采用固态发酵、低温发酵、浓醪发酵、减压蒸馏、非蒸馏回收酒精，DDG + 滤液回流工艺等已经成熟的和正在发展中的新技术，有望将酒精生产的能耗降低一半以上，能耗问题应该可以解决。

3.3 酒精糟的处理

酒精糟的处理已经有许多成功的实践。问题是要选一个投资少，运行消耗低，效果好的方案。从国外引进的 DDGS 工艺是一种处理得比较彻底的方法，但投资很大，运转能耗也高。现在看来，酒精经固液分离后，湿滤渣送去烘干成 DDG，90% 以上的滤液回用，余下不到 10% 的滤液用于生产高附加值的产品或用其它方法处理可能是最理想的方案。

另外，固态（半固态）酒精发酵工艺也是减轻酒精糟处理负担的良好措施，它可使酒精糟量降低 50% 以上。

3.4 投资、价格和效益问题

(1) 投资问题 从报纸获悉，我国将与哈萨克斯坦合作开发该国的石油资源，并将投资 20 亿美元在哈境内铺设一条输油管，以便每年获得 10 Mt 原油（原油加工成汽油的投资不在内）。10 Mt 原油只能加工得到约 7 Mt 汽油。20 亿美元相当 165.4 亿人民币。如果在 21 世纪初，我们能将酒精联产饲料、固态发酵和上述其它一系列先进技术都研究成功，并应用到酒精生产中去，加上利用大量现有中小白

酒（酒精）厂场地、厂房和设备，则每万吨酒精投资 1000 万已有可能。这样，投资 100 亿就可以得到 10 Mt 燃料酒精，相当于 10 Mt 汽油。与此同时，可至少增加 50 万人的就业机会。因此，这笔投资是划得来的。

(2) 价格问题 目前酒精的成本大约比汽油高 2/5，在采用上述多项增效、节能、降低成本和综合利用新技术后，有望将成本降低 1/5 以上，加上政府在财政和税收等方面的优惠政策，燃料酒精的价格与汽油相当是做得到的。

(3) 效益问题 燃料酒精开发应用的目的在于石油短缺时能部分替代汽油，作汽车的燃料。当前特别强调保护环境和可持续发展，全世界都已公认气候正在变暖，这将危及整个人类的生存，控制 CO₂ 的排放量已成为环境保护的极重要内容，玉米等农产品的深加工成为我国国民经济发展的一个重大课题，我们应充分认识到应用燃料酒精会给人们带来的环境效益和社会效益。能否有经济效益，取决于国家的决策及我们科技工作者的智慧和努力。

4 21 世纪前 10 年燃料酒精发展计划的建议

建议国家有关部门在十年规划中确立以下重点研究课题：

4.1 木质纤维素资源的开发

木质纤维素（简称纤维素）是地球上数量最大的一种再生资源，如将每年光合作用生成纤维素量的十分之一转化为能量，就能满足全球的能量需要。

(1) 以基因工程手段选育高产纤维素酶、木质素酶菌种。

(2) 纤维素酶生产技术研究，重点是固体发酵技术，解决目前存在的污染率高和成本高的问题。

(3) 纤维素，首先是甘蔗渣，甜菜粕等工业副产品的预处理、酶水解（包括酸酶法水解）及水解液发酵生产酒精等技术的研究。

4.2 高效、节能、节粮酒精发酵新技术的研究

(1) 酒精浓醪发酵技术，薯干原料的发酵醪中酒精的体积分数达 13%，玉米和木薯为原料时达 16% 以上，发酵时间 60 小时，出酒率不低于目前的一般发酵。

(2) 在淀粉质原料酒精发酵过程中应用纤维素酶的研究，以提高 6%~7% 的淀粉利用率。使每

吨酒精的粮耗从 2.7 t 降为 2.5 t。

(3) 非蒸馏回收酒精技术的研究，使回收酒精过程能耗大幅度的下降。

4.3 清洁生产工艺的研究

(1) 固态酒精发酵新技术。不再有酒糟处理问题。

(2) 酒糟综合利用技术，利用酒糟，酒糟滤液或其浓缩液生产农药，农肥，乳酸等较高附加值的产品。

(3) 浓醪发酵条件下的 DDG+ 滤液回用工艺。

4.4 酒精联产饲料工艺的研究

(1) 利用现有中小酒厂生产粗酒精发酵工艺的研究。

(2) 固态（半固态）酒精醅蒸馏技术的研究。

(3) 固态酒精糟配制复合饲料技术的研究。

4.5 甘蔗、甜菜直接发酵生产酒精的研究

(1) 高强度、低能耗发酵生产酒精工艺（细菌发酵）。

(2) 直接发酵产生的酒精废液的处理技术。

上述各项研究完成后，我们在 2005 年前实施用粮食生产 10 Mt 燃料酒精计划的技术部分基本完成，也为在以后利用纤维素原料生产燃料酒精奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 章克昌主编. 酒精与蒸馏酒工艺学 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995
- [2] 邢国春, 刘美菊, 李林等. 糖是苦还是甜? [N] 中国食品报, 1999 年 5 月 3 日 (A1)
- [3] 邢国春, 刘美菊, 李林等. 糖治标莫忘治本 [N]. 中国食品报, 1999 年 5 月 9 日 (A1)
- [4] 高寿清. 我国酒精工业现状与玉米生产酒精展望 [A]. 见: 玉米深加工发展战略研讨会论文集 [C]. 北京: 中国发酵协会, 1999
- [5] 岑可法、池涌、方梦祥等. 洁净煤与环境工程 [A]. 见: 中国科学技术前沿 [M]. 北京: 1998. 389~422

Fuel Ethanol: Recommendations and Suggestions

Zhang Kechang

(Wuxi University of light Industry, Wuxi, Jiangsu 214036, China)

[Abstract] There are three main viewpoints in this article: First, the author elucidated the major benefits of using ethanol as the automobile fuel — reducing air pollution, relieving energy shortage and providing new economic growth. Second, this article provided a detailed analysis of technical requirements for implementing the ethanol project in China, such as raw material supply, energy consumption reduction, waste treatment, investment and profitability. The possible solutions for these requirements were also discussed. In the end, the author laid out a blueprint for the research and development projects in the field of ethanol fermentation for the first decade of the new century.

[Key words] fuel ethanol; fermentation; green house effect; energy

* * * * *

《中国工程科学》(月刊) 是中国工程院院刊
欢迎读者直接向本刊编辑部订阅