

# 对用生物质原料生产燃料用乙醇之我见

倪维斗, 李政, 新晖

(清华大学, 北京 100084)

**[摘要]** 从资源、成本、能源安全、粮食安全和环境效益等方面对用粮食制取乙醇作为车用燃料作了分析, 指出这种措施可以是一种消化陈粮的短期做法, 但不能作为我国解决液体燃料短缺的长期战略措施, 因为我国的具体情况和美国及巴西有很大的不同。此外, 按照美国的经验, 掺入乙醇作为车用燃料需要有政府的大量补贴, 从长期角度看也是有问题的。对我国用酶水解方法由秸秆制造燃料用酒精也作了初步评估。最后从可持续发展的角度, 对缓解我国大量进口石油的压力、提高能源安全的战略措施提出了意见。

**[关键词]** 汽油-乙醇混合物; 乙醇; 玉米乙醇; 酶水解; 能源安全

## 1 引言

近几年来由于粮食丰收, 按媒体报道, 储粮的仓库十分紧张, 中央和地方政府拨出专款建造现代化永久性粮库。即使这样, 长期的粮食储存仍会导致霉变, 形成浪费。因而, 如何有效利用这部分粮食是一个很重要的问题。用部分粮食加工成乙醇, 以15%~20%的质量比掺入汽油中, 一方面可以作为汽油的替代物以减少汽油耗量, 另一方面在某种意义上说(实验证明)可以减少汽车尾气污染物的排放, 改善城市环境。再者, 若用补贴方法维持较高的粮价, 可以增加农民的收入<sup>[1,2]</sup>。所以, 这条技术路线在近期是可以的, 并应对此作详细的经济、技术、环境(包括生产过程和使用过程)的全生命周期分析。更为重要的是要对原料长期、持续不断供应的可能性, 生产规模以及在全国能源结构中可以占的份额作出详细的预测与分析。据闻, 国家已立项, 准备在吉林省建设年产 $80 \times 10^4$  t乙醇的生产厂, 某些其它省份亦拟筹建, 同时, 还提出用生物纤维质来大规模生产乙醇的创议。在这样情况下, 从全国角度出发, 更全面、更长期、更可持续发展来考虑这个方向, 让更多的专家来研究, 以

作出客观的安排就显得十分重要, 不然的话, 会给国家带来很大的损失和资金浪费。

## 2 关于用粮食生产乙醇

### 2.1 目前我国粮食过剩、仓库积压是暂时现象

这主要是我国粮食生产处于从计划经济、长期的“以粮为纲”过渡到市场经济的一种现象。从长远来看, 中国以世界7%的可耕地养活占世界22%的人口实属不易, 在将来, 粮食只会紧张, 不会过剩。

首先, 我国人口将以每年1000多万人的速度逐年递增, 到2030年, 人口预计将达到 $15.2 \times 10^8$ 人, 按人均消费粮食460 kg/a计算, 需要年产粮食 $7 \times 10^8$  t<sup>[3]</sup>。目前我国粮食年产约 $5 \times 10^8$  t, 将来能满足 $7 \times 10^8$  t/a的要求已属不易。由于耕地面积限制(实际上在不断减小!), 粮食产量显然不可能像GDP那样每年线性增长。据统计, 世界市场粮食资源出口总量不过 $2.1 \sim 2.3 \times 10^8$  t, 我国人口基数庞大, 解决粮食问题只能立足于国内。历史证明, 凡是大量进口粮食的年份, 都是国际粮食市场价格上升和较高的年份, 对粮食安全目标是一个威胁。

其次，我国人多地少，人均耕地已从新中国成立之初的 0.18 hm<sup>2</sup> 降至 1994 年的 0.08 hm<sup>2</sup>。随着经济建设发展，占用耕地的趋势还要继续下去，维持人民基本生活需求的压力将落在越来越少的耕地资源上，从长远看，人与耕地的矛盾将长期困扰我国农业。

再次，粮食生产的经济效益低于其它经济作物。加入 WTO 以后，粮食低价位和粮食生产低效益现象将持续下去。在市场经济条件下，农民种粮积极性将受到影响，对粮食生产发展不利。

最后，随着人民生活水平的提高，粮食生产除满足人们基本需求外，还要适应多样化和深层次的消费需求。从现在起到 2030 年是我国谷类食物人均消费增长最快阶段，主要动物性食物将持续增长，需要大量饲料，这都要以粮食为基础，因此，粮食状况就决定了整个食物状况。粮食安全问题始终是我国的核心问题。

因此，应该对我国的粮食生产和需求作出详细预测，不能以粮食的短期过剩产生我国粮食长期有富余的假象。

**2.2 我国人均水资源占有量比世界平均值低得多**

从某种意义上讲，水资源是更为重要的战略物资。生物质（粮食、秸秆）的生产需要耗费大量的水（我国农业耗水量很大），将来维持我国人民生活、生存所需的水（农产品、必要的草、森林、日常生活）是十分紧张的，也绝不可能用“南水北调”的水来种植粮食。总的来说，不可能用很多的水来种植用于生产乙醇的植物，这些（人均可生长植物面积，人均拥有水量…）与美国和巴西有本质的差异。

**2.3 要形成一定份额的替代效果，粮食需求量大**

我国 2000 年进口石油 7000 × 10<sup>4</sup> t，估计到 2003 年进口量将突破 1 × 10<sup>8</sup> t。我国的粮食产量约 5 × 10<sup>8</sup> t/a，这个数目在很长时期内不会有大幅度增加。一般来说，生产 1 t 乙醇要用 3 t 粮食，那么生产 2000 × 10<sup>4</sup> t 乙醇（按热值只相当于 1 600 多

10<sup>4</sup> t 汽油）要用掉 6000 × 10<sup>4</sup> t 粮食。用接近我国 1/8 的粮食总产量，去解决石油进口的一小部分，似乎不可取。

**2.4 美国的一些情况**

据了解，美国搞乙醇掺烧已有 20 年，但进展得很慢，从环境（全生命周期）和经济上都缺乏竞争力，长期以来靠政府的补贴生存。美国大规模生产尚且如此，何况中国？

图 1 所示是美国自 1995 年到 1998 年从玉米生产乙醇（用以掺混汽油）的产量和政府支付的补贴的情况<sup>[4]</sup>。

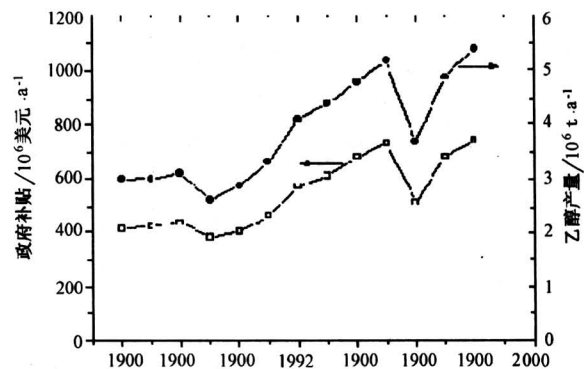


图 1 美国的乙醇生产（从玉米，用于汽车燃料）的产量与政府补贴

Fig.1 Production of ethanol from corn and Government subsidies in USA

1998 年美国乙醇产量约为 420 × 10<sup>4</sup> t，而消耗石油总量为 11 × 10<sup>8</sup> ~ 12 × 10<sup>8</sup> t，乙醇是其总量的 0.3%，所占份额是很小的。若按此份额，我国将生产乙醇 70 × 10<sup>4</sup> t（从某种意义上讲，我国的份额肯定要小一些，因为我国的粮食生产、耕地、灌溉用水肯定比美国少）。即使能达到这个产量，所需的政府补贴也是相当高的（美国政府每年补贴 7.5 × 10<sup>8</sup> 美元，即吨乙醇政府补贴约 180 美元，约合人民币 1500 元）。

美国历史上玉米高价和低价时的乙醇生产成本<sup>[5]</sup>（美元）见表 1。

表 1 美国在历史上玉米高价和低价时的乙醇生产成本

Table 1 Cost of corn-ethanol in USA with historical high and low net corn prices

美元

		1998 年每升乙醇的生产成本				2000 年总成本
		基本投资	运行费用	玉米净价格（扣除副产品）	总成本	
用湿磨老工艺，生产规模为 2.65 × 10 <sup>8</sup> L/a	玉米低价	0.112	0.101	-0.003	0.210	0.271
	玉米高价	0.115	0.101	0.197	0.413	0.533
用新的干磨工艺，生产规模为 0.76 × 10 <sup>8</sup> L/a	玉米低价	0.143	0.158	0.017	0.317	0.410
	玉米高价	0.146	0.158	0.207	0.510	0.658

从表 1 看出，即使是生产过程中所得到的副产品能全部抵消掉购买玉米的花费，即玉米本身净价格为零，所得到的乙醇由于基本投资和运行费用，成本仍然是比较高的，对两种不同工艺每 kg 的成本分别为 0.271 和 0.4 美元，折合人民币为 2.24 元/L 和 3.4 元/L。因此，在经济上缺乏竞争力，政府补贴是必然的。若为了提高种粮农民的积极性，提高玉米的收购价格，则所生产的乙醇成本更高。

要使掺烧乙醇与汽油相比具有竞争力，乙醇的成本不应大于表 2 所列的数据<sup>[6]</sup>。

表 2 掺烧乙醇与汽油竞争所要求的成本

Table 2 Ethanol production required costs to compete with gasoline

原油价格/ 美元·桶 <sup>-1</sup>	重整汽油/ 美元·L <sup>-1</sup>	乙醇成本/美元·L <sup>-1</sup>	
		含水酒精	无水酒精
20	0.176	≤0.132	≤0.176
25	0.220	≤0.165	≤0.220
30	0.264	≤0.198	≤0.264
35	0.308	≤0.221	≤0.308
40	0.352	≤0.264	≤0.352
45	0.396	≤0.297	≤0.396

假设：重整汽油的价格是原油的 1.4 倍（近似的数值）

1 L 含水乙醇可替代 0.75 L 汽油

1 L 无水乙醇可替代 1.0 L 汽油

由表 2 可见，在原油价格为 25~30 美元/桶（0.157~0.19 美元/L，目前的世界油价）时，无水酒精的成本必需低于 0.220~0.264 美元/L，即 1.8~2.2 元/L，这在目前条件下是很难做到的。而含水乙醇在应用中有许多问题，目前尚不在考虑之列。

### 2.5 环保性能的改善是相对那种情况？

这里有几个问题：

1) 根据美国国家再生能源实验室 (NREL) 的试验结果<sup>[7]</sup>，乙醇掺烧以后，有一些排放污染物减少，而另一些污染物则增加，如图 2 所示。

应该说，在汽油中掺 10%~15% 乙醇对排放有一定好处，但是另一种污染物乙醛缩二乙醇却有较大的增加（目前没有这方面的标准）。若用乙醇掺混来提高汽油的辛烷值，以替代近年来在美国广泛使用的、但由于污染地下水而在美国某些州禁用的甲基叔丁基醚 (MTBE) 应该说也有一定效果。

但总的来说，对现代电喷的发动机效果不是很明显。因为，发动机的排放在很大程度上取决于汽缸内燃烧过程的控制，若是采用电喷并加以精心调整，本来就可以把排放控制在较低水平。

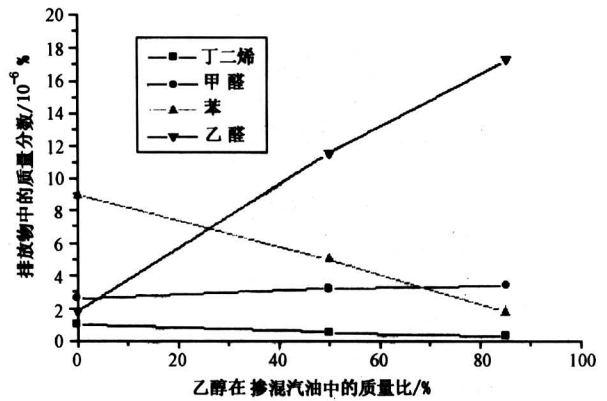


图 2 乙醇掺入汽油后的排放

Fig.2 Emissions from cars fueled with gasoline-ethanol mixture

2) 不能以落后的化油器发动机作为比较的基础，因为发动机技术进步十分迅速，很快就要实施欧-II 标准，电喷已成必然发展趋势。

3) 汽车发动机的排放不仅仅是燃料问题，它是一个系统工程、是一个完整的体系，至少含有三个部分，即燃料、发动机本身和尾气净化系统（如三元催化器），只有综合考虑、优化匹配，在此基础上加以比较，才能得到正确的结论。我国的各大城市近年来盲目上马油改气 (LPG)，似乎 LPG 能显著改善汽车排放，但由于这三个系统没有很好匹配，对减少汽车尾气排放、净化城市空气来说作用不大，实际上是走了弯路。

### 2.6 掺烧乙醇能减少温室气体 CO<sub>2</sub> 的排放吗？

乙醇的原料是玉米（或其它粮食作物），它们在生长过程中吸收大气中的二氧化碳，在作为燃料使用过程中放出 CO<sub>2</sub>，似乎是属于温室气体零排放的可再生能源。如果只是考虑生长和终端使用，情况确实是这样。但是这是很片面的，至少有两个因素必需考虑，一是生产玉米本身要耗费的能源（机耕、机播、浇水、收割、脱粒、运输...），二是从玉米制成乙醇过程所需的能耗。考虑了这两个方面以后，乙醇及汽油掺烧能减排 CO<sub>2</sub> 的说法就很难站得住脚了。对任何一种能源，它是否能减排各种污染物或是温室气体，必需作全生命周期分析

(total life cycle analysis), 从摇篮到坟墓 (from cradle to grave), 不然的话会导致错误的结论。用玉米生产乙醇及其使用可以有以下的能量比:

$$\text{能量比} = \frac{\text{乙醇燃料所生成能量} - \text{生产乙醇所消耗的能量}}{\text{生物质原料本身所具有的能量}}$$

这个值可以是  $-2.5\% \sim +11\%$ , 这意味着生产 1 L 乙醇所消耗的能量有可能大于乙醇本身的能量 (能量比为负值), 至少这个值不大。若是生产乙醇所消耗的能量来自于燃煤, 在使用过程中排放了  $\text{CO}_2$ , 从总体来说, 没有达到温室气体减排的目的, 最多是“易地”排放。从这个角度讲, 不能说乙醇是“完全”的绿色能源。

### 2.7 关于增加农民收入问题

有一种说法, 用乙醇替代部分汽油, 国家加以补贴, 可以增加农民收入, 刺激种粮食的积极性。从本质上来说, 国家的补贴应该用在更需要的地方, 从长远来看, 补贴粮食生产是否是一个好办法? 近几年来经验证明, 要使农民增收首先是调整农业产品结构, 多种高增值的经济作物和提高农产品的质量, 富裕的农村走的都是这样的道路。在中国地少人多的情况下, 即使粮食生产有一些补贴, 对每个农户来说还是很有限的。

## 3 关于用秸秆制造乙醇

理论上, 或是对某一些国家 (地多人少, 水比较丰富, 大规模农业产业…), 从长远来看, 利用农林纤维废弃物生产乙醇是一个十分吸引人的方向, 世界上很多国家在进行这方面的研究工作。但是, 在我国是否可行, 就必需结合国情作出详细的分析。任何一种技术, 不能孤立地从技术上来判断是否有前途, 而是要从原料的供应、收集、运输、价格, 生产设备的投资, 运行费用, 生产规模的影响等一系列环节进行详细的调查研究。

1) 用秸秆生产乙醇, 其工艺要比用粮食复杂得多 (纤维要用酶水解), 相应成本亦高, 要有一个详细的技术经济分析。

近年来, 我国的浙江大学、山东大学等单位在利用植物纤维原料生产乙醇方面已进行了大量的研究, 在纤维素酶生产、纤维原料酶法糖化及酒精发酵等几个关键环节取得可喜进展<sup>[8]</sup>。根据浙江大学在河北省完成的以玉米棒芯生产乙醇的中试结果, 乙醇的总成本是 3500~4000 元/t, 作为燃料价格是很高的。在总成本中玉米棒芯原料价格占 945 元/t (生产 1 t 乙醇需玉米棒芯 4.5 t, 每吨

210 元)。

在国外, 虽然很多实验室已做了多年研究, 但这个技术仍处于实验室和小试阶段, 没有形成商业化的大规模生产。曾经有过很多乐观的预测, 在 1990 年用植物纤维生产酒精大约是 0.4 美元/L, 那时认为在 2000 年, 在大规模生产、采用最新工艺流程条件下, 成本可降至 0.2 美元/L。实际上这个目标远远没有达到。

2) 我国的秸秆资源总量从 1995 到 2000 年大致稳定在  $6.2 \times 10^8$  t 左右<sup>[9]</sup>, 除去还田、用作饲料、用于造纸 (这部分不大) 外, 可用作燃料的约  $3.5 \times 10^8$  t。这个量在很长时间内不会增加, 只会略有减少。若以 1 t 秸秆 (干) 相当于 0.52 t 标准煤计算, 所有用于能源的秸秆约相当于  $1.8 \times 10^8$  t 标准煤, 这是理论总量。特别要指出的是, 这些秸秆高度分散, 且体积庞大, 大规模收集十分不易 (尤其是在中国条件下, 不是美国的大农场)。据我们在吉林省 (粮食大省, 以玉米为主) 的调查研究和分析, 在把秸秆当作能源时, 当运输半径大于 5~6 km 时, 在价格上就不合算了。用拖拉机运输密度很小的秸秆, 又要消耗掉很多宝贵的液体燃料。我国不可能像美国或巴西那样搞生物质的大规模种植、大规模收集 (压缩, 打包)、大规模制乙醇装置。而大量的小规模分散制乙醇在经济上、质量上、产品标准上都会有问题。

3) 结合中国具体情况, 应是一村 (或一镇) 为单位搞秸秆气化, 用于村庄 (或小城镇) 的炊事或取暖, 有条件时, 还可用于小型发电 (几十 kW 到 200 kW), 以改善农村用能效率, 减少污染, 尤其是室内污染, 提高农村妇女生活质量。这样做可以取代秸秆直接在灶中的低效率燃烧, 取代一部分煤和石油液化气 (实际上减少石油的耗量), 若能发电亦可降低电网供电量, 有一定的经济和环境效益。这样做, 许多地方的秸秆也就“消化”完了。

总之, 应从我国再生能源总体优化利用上来看问题, 若大量的秸秆都收集起来制乙醇, 且不谈经济上是否可行, 广大农民的炊事, 采暖及部分用电如何解决? 随着科学技术的发展, 还会因地制宜地不断开发出秸秆和稻草的新的、高增值用途。如近日报载, 浙江省慈溪市把稻草用于覆盖大规模种植的雷竹, 促使其早出笋, 当地每捆稻草可卖 2 元钱。当然, 在某些特殊地区, 如吉林 (产玉米大省)、广西、广东利用甘蔗渣和木薯以及某些盐碱



地种植耐旱的甜高粱来制乙醇作为代替燃料是可行的,但对全国来看份额是很小的。

#### 4 几点结论与建议

1) 用粮食生产乙醇,在一定程度、一定时期内节省一些汽油消耗虽然技术上可行,但只是一个短期和份额有限的措施。此外,技术上难度虽然不大,但在改装设备及基础设施上会带来不少麻烦。譬如说,在油槽车和加油站油罐底部不可避免地有一些积水,就会引起无水酒精和汽油分层。更为重要的是,千万不要犯“一哄而起”搞项目的老毛病,这是绝对不符合我国国情的;

2) 用秸秆制乙醇要对资源情况、原料收集、成本问题、用水情况、全生命周期、环境效应作出详细的分析,同时,要和其他利用秸秆的方法(如气化,分散使用等)作详细的技术,经济,环境的对比。广西,广东地区可作特殊情况考虑(如甘蔗、木薯等),但对总资源量要有一个概念;

3) 美国鼓励掺烧乙醇的政策有它自己的国情并给予补贴,我国准备长期(10年,15年)补贴下去吗?大规模发展风电是再生能源利用中最现实的、最有潜力的,政府要补贴的话,首先也应当用于风电;

4) 我国目前已有  $500 \times 10^4$  t 乙醇的生产能力,效益低下,开工不足,有  $250 \times 10^4$  t 的能力闲置。若要消化陈粮,在一段时期内掺烧乙醇以替代部分汽油,应充分利用现有的生产能力,加以必要的技术改造,而不是大规模投资(几十个亿)新建生产能力,以免将来又形成更多的闲置生产能力,给国家造成基本建设投资的浪费和潜在的人员下岗隐患。此外,我国在无水乙醇生产方面已有先进技术,是否有必要再去引进美国的分子筛吸附技术?从经济上考虑,要新建厂自身按市场规律运作,付息还贷是不可能的,除非又是按计划经济的模式,行政干预;

5) 目前我国消耗石油  $2 \times 10^8$  多 t,在使用中也有不少浪费,同时有许多技术成熟的用其它燃料替代的方法和措施,节油潜力极大,至少有数千万吨。第一,汽车节油大有可为,若把轿车的平均油耗降到 6~8 L 每 100 km,加上科学交通管理,车畅其流,全国就可以节省大量汽油。第二,现在还有大量的锅炉燃用重油,在可能情况下应取消燃油的中小锅炉,代之以燃煤或燃气的锅炉,或是用水

煤浆代油,这些技术也是成熟的。第三,现在大型电站锅炉为了调峰经常在低负荷喷油稳燃,消耗不少重油,应该尽可能采用能低负荷运行、不需喷油稳燃的燃烧器(Burner),可以在 50% 负荷(甚至更低)稳定运行。这类燃烧器在国内早已有自己开发的技术并广泛运用。清华大学、华中理工大学、浙江大学等都有这方面的成熟技术。第四,目前我国城市和城郊普遍使用液化石油气(LPG),在进口石油中有很大一部分(需要作调查)用于 LPG,1999 年成品 LPG 进口量高达  $546 \times 10^4$  t。因此,应该尽快地用二甲醚(DME)取代 LPG,前者在物理性质上与 LPG 相似,但由于含氧,从燃烧性能和排放角度优于 LPG。第五,加速进行在柴油机中应用 DME 的研究和开发工作。从燃烧和排放角度 DME 要大大优于柴油,关键是供给 DME 的燃料系统和喷射系统,以及相应的基础设施,在这方面还有大量工作要做,是一个系统工程。但 DME 作为柴油的替代燃料前景是非常诱人的。国外正在积极开展这方面工作,国内西安交通大学多年来从事 DME 在内燃机中应用的研究工作,已取得了十分喜人的成果,Ford 公司和其它国外大公司对此成果亦十分感兴趣。

总之,节油和替代有巨大潜力,其作用比掺烧酒精要大得多。从能源安全,减少液体燃料的进口角度讲,上述措施应放在第一重要的位置。

6) 要大规模解决液体燃料短缺问题还是要从煤上做文章,因为我国有数千亿吨可采的资源(部分还可以利用比较分散的煤层气和天然气)。可以通过煤的氧吹气化转换成合成气( $\text{CO} + \text{H}_2$ )再通过已成熟的工艺过程来生产汽油,柴油,甲醇,二甲醚等液体燃料。当石油价格在 25 美元/桶(157 美元/ $\text{m}^3$ )以上时,这条路线有很大的竞争力与生命力,这是解决我国能源安全最有效的方法。至于  $\text{CO}_2$  排放,已经有不少技术路径(如作为化工原料,促进藻类和植物生长,用回注方法强化煤层气开采和石油开采,回注到废弃采空的天然气田中,埋存到深海底...),这些措施也在逐渐成熟之中。

#### 参考文献

- [1] 章克昌. 发展“燃料酒精”的建议[J]. 《中国工程科学》, 2000, 2(6): 89~93
- [2] 王政. 汽车“烧”玉米即将成为现实[N]. 人民日报, 2000-12-25, (9)
- [3] 尹光红等. 当前我国粮食若干问题的分析与探讨

- [J]. 农业信息探索, 2000, (4)
- [4] Ethanol From Corn in USA[R]. 美国 Princeton 大学  
研究员 Eric Larson 报告, 2000
- [5] Wyman, Bain, Hinman and Stevens, 1993
- [6] Macedo, 2000
- [7] National Renewable Energy Laboratory (NREL),  
Bioethanol Strategic Roadmap, Preliminary Draft,  
Golden Colorado, 18 Feb., 1999
- [8] 余燕村等. 利用农业纤维废弃物生产酒精的社会经  
济效益[J]. 江西农林科技, 1998, (6)
- [9] 国家计委基础产业司. 中国新能源与可再生能源  
1999 年白皮书[M]. 中国计划出版社, 2000

## Thinking Concerning the Utilization of Anhydrous Ethanol From Biomass as Fuel

Ni Weidou, Li Zheng, Jin Hui

(Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**[Abstract]** Recently, there are quite a lot of discussions and proposals concerning the utilization of gasoline-ethanol mixture as fuel for automobiles. This paper analyzes the benefits and problems of this kind of use from the point of view of resources, cost, energy security, grain security and environment. The conclusion remarks are: utilization of corn - produced ethanol as fuel for cars could be one the measures for "digesting" the stale grain, but should not be the long term strategic solution to the liquid fuel shortage problem. This is because the concrete situation in China is different from USA and Brazil. Besides, according to the experience in USA, utilization of gasoline - ethanol mixture needs strong government subsidies, it is not reasonable form long term point of view. A preliminary assessment related to production of ethanol by enzymatic hydrolysis of cellulose materials is also presented in this paper. Finally, in order to mitigate the pressure of increasingly import of oil and ensure energy security in China, some strategic measures derived for sustainable development are proposed.

**[Key words]** gasoline-ethanol mixture; ethanol; corn-ethanol; enzymatic hydrolysis; energy security

### 《中国工程科学》2001 年第 3 卷第 6 期要目预告

- |  |   |
|--|---|
| 高性能计算机的关键技术和发展趋势 .....<br>..... 金怡濂等<br>绿色供热系统——经济建设中的重大课题 .....<br>..... 宋之平<br>工程 工程系统 工程系统论与工程科学体系 .....<br>..... 王连成<br>努力培养 21 世纪的中国工程师 ..... 王沛民等<br>关于钢铁企业的结构与钢铁工业的发展模式 .....<br>..... 殷瑞钰<br>海洋鱼类人工繁殖和苗种培育高新技术的<br>研究进展和前景 ..... 林浩然 | 水的良性社会循环与城市水资源 ..... 李圭白等<br>面向格式转换的数字视频处理方法及其<br>硬件实现 ..... 张光烈等<br>机载机电系统总线管理研究 ..... 王占林等<br>区域水环境质量的区间可拓评价方法及<br>应用 ..... 胡宝清<br>青藏高原多年冻土地带爆破研究 ..... 何广沂<br>中国地震区划 ..... 时振梁等<br>立堵截流戗堤堆石分叉特性研究 ..... 贺昌海等<br>一个基于混沌的分组密码算法的分析 ..... 金晨辉 |
|--|---|