

世界燃料酒精工业发展现状与展望

张君,刘德华

(清华大学化学工程系,北京 100084)

摘要: 巴西是目前世界上年产燃料酒精最多的国家,以甘蔗为主要原料生产含水酒精和无水酒精,实现了酒精相对于汽油的经济竞争力。美国是世界第二大酒精生产国,其中80%为燃料酒精,预计2010年年产量将超过50亿加仑。主要以玉米为原料,3t原料能产1t酒精,还能产1t蛋白饲料和1tCO₂。我国石油年消费以13%的速度增长,若按车用油量的10%比例添加燃料酒精,每年则需燃料酒精381万吨。而至2005年底,我国燃料酒精的生产能力将达到132万吨/年,燃料酒精具有广阔的市场前景。(陶然)

关键词: 燃料酒精; 发展现状; 未来趋势

中图分类号: TS262.2-1; TQ223.122 文献标识码: A 文章编号: 1001-9286(2004)05-0118-04

Present Development Status and Forecast of Fuel Alcohol Industry in the World

ZHANG Jun and LIU De-hua

(Chemical Engineering Department of Qinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Brazil, where annual output of fuel alcohol is the highest in the world, produced hydrous alcohol and absolute alcohol with sugarcane as main raw materials and realized alcohol economic competitiveness against gasoline. United States, as the second largest alcohol production country in the world, 80% of the produced alcohol is fuel alcohol, and it is predicted that by the year 2010 the annual output of its alcohol would reach 5 billion gallon. 3t corn could produce 1t alcohol and 1t protein forage and 1t CO₂. In China, the annual consumption of gasoline increased at the speed of 13%, if addition of 10% fuel alcohol in gasoline for vehicle usage, China would be in need of 3.81 million tons of fuel alcohol annually. By the end of 2005, the production capability of fuel alcohol in China would reach 1.32 million tons a year. Accordingly, fuel alcohol has bright market foreground. (Tran. by YUE Yang)

Key words: fuel alcohol; present development status; future trend

酒精生产的方法主要有化学合成法和生物发酵法两种。化学合成法是以石油工业中石油裂解产生的乙烯为原料加水合成酒精的,其特点是产品含杂较多,且原料不可再生。而工业发酵生产酒精原料可以是淀粉质、糖蜜和纤维素生物质,经转化变成微生物可利用的糖类物质,再经发酵过程后提取发酵液中的酒精。其特点是产品纯度较高,原料可再生。世界上95%的酒精工业采用发酵法。酒精的用途主要有3种:工业用酒精、食用酒精和燃料酒精(见图1)^[1]。

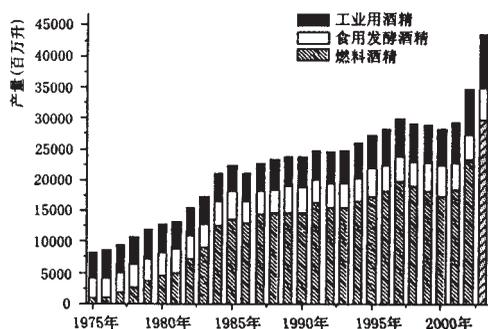


图1 1975~2003年世界酒精生产现状^[1](2003年的产量是估测)

关于燃料酒精,人们已不陌生。目前世界上普遍应用的燃料酒精有两种^[2],变性酒精和含水酒精。变性酒精是无水酒精(>99.3

%和汽油以一定比例混合作为车用燃料,酒精在混合物中的比例不超过25%时,可以利用原有的汽车发动机;而含水酒精是纯度为93.2%±0.6%的酒精,能够直接作为车用燃料,但需使用专门设计的具有更高压缩比的发动机。

1 世界燃料酒精工业发展现状和展望

1.1 巴西的燃料酒精工业^[1]

巴西是目前世界上年产燃料酒精最多的国家,也是世界上唯一不使用纯汽油作汽车燃料的国家,主要生产含水酒精和无水酒精。其历年产量见图2。

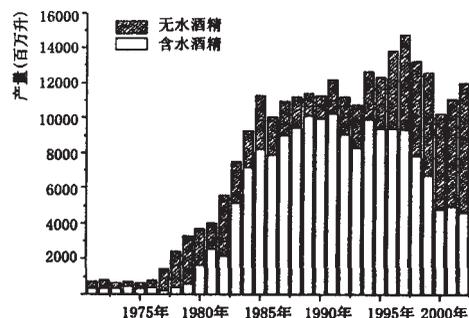


图2 1971~2003年巴西燃料酒精产量^[3]

现在巴西每年有至少250万辆车由含水酒精驱动,1550万辆

收稿日期: 2004-06-28

作者简介: 张君(1980-),女,硕士研究生,主要从事燃料酒精研究。

车由含 22% 变性酒精的燃料驱动, 全国共有 25,000 家出售含水酒精的加油站, 其燃料酒精总产量超过了全国汽油消耗总量的 1/3, 平均替代原油 20 万桶/d, 累计节约近 18 亿美元^[3]。巴西大规模酒精的利用分为 3 个阶段: 起先是无水酒精以 20% 的比例作为汽油的添加剂, 后来上升至 22%。从 1980 年开始, 巴西研制出了特别针对含水酒精的发动机, 含水酒精开始作为纯燃料在车辆中使用。从那时起, 巴西对进口石油的依赖程度迅速下降, 在全世界率先实现了汽车燃料的酒精化。1984 年, 含水酒精驱动的车辆生产已经占国内汽车总产量的 94.4%。源于对抱怨汽油过剩的巴西国内石油公司的救济, 巴西年生产酒精专用车的比例从 1986 年开始逐年下降, 酒精又重新作为添加剂成为主要运输燃料。如今, 全国法定的车用燃料酒精浓度为 20%~24% ($\pm 1\%$)。

巴西燃料酒精工业的主要原料是甘蔗。在巴西有 300 多家酒精厂, 其中的 200 多家是联合产糖的^[3]。因为燃料酒精需求量逐年上升, 和巴西生产酒精的原料长期以来一直比较单一, 燃料酒精工业在国内的大力发展使得糖产量出现逐渐下降的趋势(如图 3), 截止 2003 年 4 月共减少出口 220 万吨^[3]。针对这一现象巴西政府采取多项措施, 例如扩大甘蔗的种植面积; 尝试使用其他生产原料; 削减一部分酒精的产量(主要指向国外出口酒精的产量); 适当比例控制国内含水酒精车的增长数量等, 将甘蔗原料产糖和酒精的分配比例逐步调整为 2003 年的 46.8% 和 53.2%^[4]。

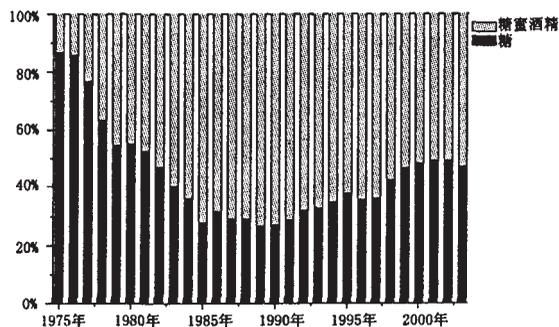


图3 巴西甘蔗原料生产糖和酒精比例变化图^[3]

巴西的燃料酒精及其相关工业已经为巴西开辟了 70 多万个新工作岗位, 给巴西的生态环境带来了许多积极影响, 仅温室气体的排放就减少了 20%; 燃料酒精及其相关产业的技术需求和开发, 推动了国内科技水平的发展; 随着燃料酒精普及率的提高, 政府付给燃料酒精厂商的补贴正逐年降低, 直至 2003 年被彻底取消^[5]。除此之外, 由于生产成本的进一步降低, 政府放开了对燃料酒精价格的管制, 在巴西的加油站里含水酒精的售价已经降为汽油的 60%~70%^[5], 在全球率先实现了酒精相对于汽油的经济竞争力。

1.2 美国的燃料酒精工业

美国是世界第二大酒精生产国, 其中 80% 为燃料酒精, 仅次于巴西的产量。

图 4 是历年美国燃料酒精年产量^[6]和到 2010 年的预测产量。从图中可看出, 2003 年乙醇产量比 2002 年增幅高达 37% 以上。预计 2004 年底还将增加产能 25%, 全美消耗汽油的 30% 将被用于生产变性酒精。乙醇需求量将由目前的 28 亿加仑/年增至 2004 年的 34.9 亿加仑/年, 2010 年将超过 50 亿加仑/年^[7]。

目前美国现有乙醇生产厂 75 家, 产能 32 亿加仑/年, 在建的 12 个新厂总产能 4.5 亿加仑/年, 大部分可望在 2004 年底投产。到

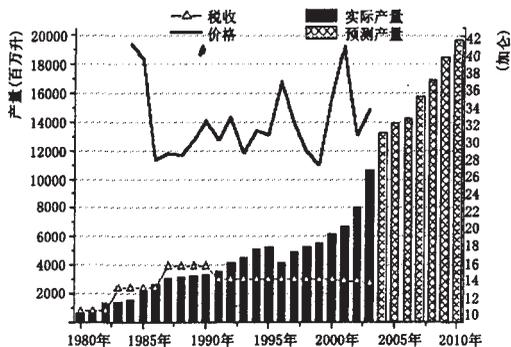


图4 美国燃料酒精产量、价格和税收鼓励

2006 年还将有规划另建的 39 个项目共计 13 亿加仑/年的产能投产^[8]。

2003 年全美以玉米为原料的酒精生产厂有 67% 采用干磨法, 33% 采用湿磨法。其生产水平是每蒲式耳玉米生产 2.5(湿磨法)-2.75 加仑的乙醇, 产率为 0.3125(湿磨法)-0.3375(干磨法)^[9]。投料 3 t 玉米除能生产 1 t 酒精外, 还能生产近 1 t 蛋白饲料和 1 t 二氧化碳。随着酒精产量的增长, 美国正着眼于开拓酒精生产中高附加值的副产品市场。

大力发展燃料酒精工业给美国带来诸多有利影响: 首先是提高了国家能源安全性。美国只拥有世界 3% 的石油储量, 而原油使用量却占世界原油总消耗量的 25%, 而且对进口原油的依赖程度逐年攀升(如图 5)。就目前美国燃料酒精工业的发展速度预计, 到 2012 年全国将累计减少原油进口量 16 亿桶^[6]。其次是刺激了农业发展。美国是世界上第一大玉米生产国, 生产酒精的工厂 90% 以上以玉米为原料^[9]。2004 年全美将消耗 13 亿蒲式耳的玉米来生产酒精, 总计 32 亿美元^[7]。预计 2012 年, 美国燃料酒精工业将为国内农民增收 552 亿美元^[6]。第三是对城市的环保做出重要贡献。汽油中加入酒精能减轻汽车尾气中 CO, VOCs, NOx 和 PM10 的污染, 不增加温室气体。2003 年, 美国由于使用清洁能源而减少温室气体排放 570 多万吨 (CO₂ 当量计算), 相当于 85.3 万辆汽车一年的排放总量^[6]。2003 年的统计结果显示, 燃料酒精工业已经为美国新增 21.4 万个工作岗位^[6]。

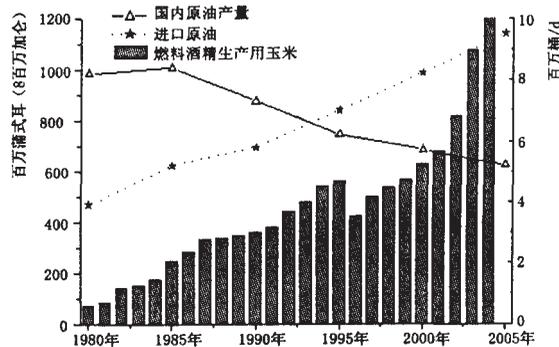


图5 玉米作为燃料酒精原料的情况和美国原油产量与进口量的比较图^[6]

与巴西不同的是, 美国使用的燃料酒精大多数是汽油中添加 10% 无水酒精的变性酒精(E10)。目前在美国有近 300 万辆能以 E10, E85 或其他任何介于两者之间比例混合的酒精为燃料的灵活燃料车(Flexible Fuel Vehicles), 由于它的用途广泛, 以它在巴西普

及的速度来预测,美国在未来几年,其数量将以200万辆/年的速度继续增长^[6]。如果2010年以前美国的燃料酒精年产量达到50亿加仑,也只能满足其规划中的车用燃料需求的3.05%^[10],还需要增加生物柴油等其他可再生清洁能源的生产,或是进一步提高酒精产量。提高酒精产量最终需要以廉价的可再生的纤维素生物质为原料。目前,美国对降解纤维素、半纤维素废料生产燃料酒精方面的研究进展很快,已形成由能源部、农业部和环保局共同负责,并由相关研究所承担有关研究项目的研发体系。主要研究机构为:国家再生能源实验室、农业部农业研究局的研究中心、普渡大学、佛罗里达大学等。美国联邦政府每年投入巨额资金保证研究的进行。

1.3 欧洲的燃料酒精工业

欧洲燃料酒精工业起步较晚,而且发展速度也不是很快,EU制定的燃料酒精发展计划大部分归属于整个生物燃料的发展规划中。欧洲的农业发展形式和美国的大不相同。玉米在欧洲的大部分国家都生长得不是很好。小麦和甜菜则更多地被用于乙醇生产。欧洲生物燃料的发展很不平均。大多数产品产自法国、德国和意大利,少量的出自西班牙、比利时、澳大利亚和瑞典(如图6),英国和其他欧盟国家几乎不生产。EU最近出版的计划书宣布成员国可以选择发展适合于本国实际情况的一种或几种生物燃料,目标是到2005年,15个成员国的生物燃料在交通燃料中所占的比例是2%,2010年达到5.75%(见表1)^[12]。

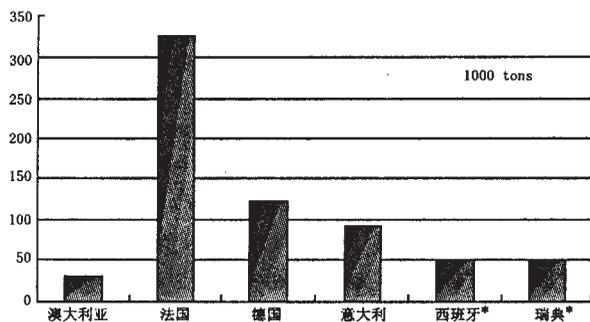


图6 1999 (2000*)年EU生物燃料产量^[11]

生物燃料种类	2003 产量(1000 t/年)	2010 产量(1000 t/年)
生物柴油	625	2000
燃料乙醇	375	3000
总量	1000	5000

1.4 亚洲和大洋洲的燃料酒精工业

14.1 我国的燃料酒精工业

我国石油年消费以13%的速度增长,而能源产量只能满足国内需求的70%,是世界仅次于美国的石油进口国,2003年进口原油9112万吨,2004年将超过1亿吨,至2020年要实现GDP翻两番的目标,我们要支付巨大的“能源账单”。我国原发酵酒精生产能力达450~500万吨,约有1100家生产企业,其中大部分(占酒精企业80%以上)是小型企业,年产量在万吨以下。截止2002年,我国产量万吨以上能常年正常生产的酒精企业共有52家左右,年产量超过3万吨的有16家,超过4万吨的14家,超过5万吨的7家^[13]。根据国家“十五”规划,2003年改造和建成了年生产能力为102万吨的4个大型燃料酒精生产项目:吉林燃料乙醇有限责任公司30万吨/年(一期)、河南天冠集团30万吨/年、安徽丰原生物化学股份有限公司32万吨/年和黑龙江华润酒精有限公司10万吨/年

^[14]。2005年底吉林燃料乙醇有限责任公司60万吨/年的工程建设将全部完工,届时我国燃料酒精的生产能力将达到132万吨/年,而这些试点地区要基本实现车用乙醇汽油替代其他汽油(军队特需、国家和特种储备用油除外),E10使用总量将达到1000万吨以上,约占全国汽油消费量的四分之一^[14]。

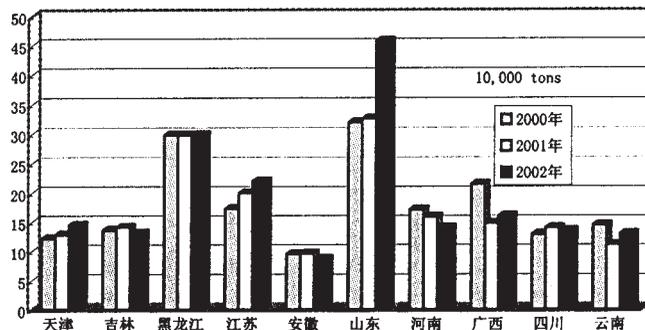


图7 2000~2002年中国各省酒精产量(前十位)^[13]

图7是中国酒精产量最多的10个省份(直辖市)。我国80%左右的酒精用淀粉质(玉米、小麦、高粱、甘薯、木薯等)作原料,约有10%的酒精以糖蜜(甘蔗、甜菜、甜高粱)为原料,以亚硫酸盐纸浆废液等纤维原料生产的酒精占2%左右,合成酒精占酒精总产量的3.5%左右^[15]。国内技术相对成熟的工厂发酵成熟酒精含量能长期保持在平均酒精度12%~13%。按国内生产工艺和操作条件计算,每生产1t酒精需耗用粮薯原料3.0~3.2t。发酵法酒精生产能耗中,蒸煮工艺占30%~35%,蒸馏工艺占45%~50%,其他工艺只占10%~20%^[13]。酒精生产节能的主攻方向是蒸煮工艺和蒸馏工艺。对此,有关科研单位与企业进行了大量的研究工作,相继开发了低温蒸煮、生淀粉酒精发酵、固定化细胞连续发酵、选育耐高温酒精酵母、差压蒸馏等技术和其他新型的酒精产品分离技术,包括膜分离、气提等,其中部分成果已用于生产。对玉米秆或稻草等纤维废物生物转化生产酒精技术,国内也开展了一些研究。但是由于基础研究不够,生产成本过高,只有很少成果能投入实际应用。

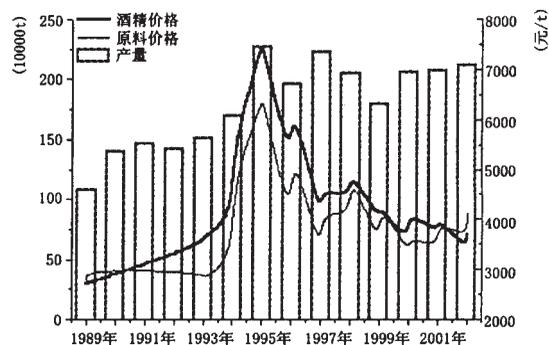


图8 我国历年酒精产量和酒精售价与原料(主要指玉米、薯类)价的比较^[13]

根据我国汽油消耗水平计算(如图9),2002年车用汽油消耗量占汽油产量的87.9%,如果按10%比例添加生产燃料酒精换算,需要燃料酒精381万吨,而全年酒精总产量仅为211.7万吨(见图8)。如果在不久的将来,能用燃料酒精替代500万吨等量的汽油,就可为我国节省外汇15亿美元。在目前中国人均石油开采储量仅有2.6t的低水平条件下,开发新能源成为社会发展、推动

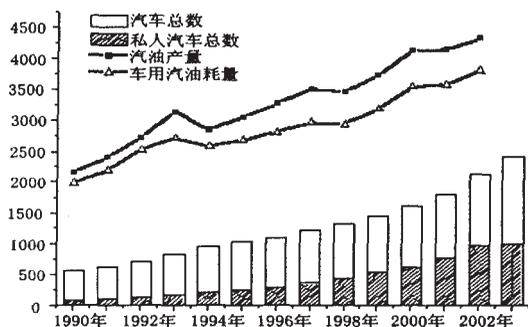


图9 我国汽车总量、私人汽车数量^[16](2003年数据是估算)以及汽油产量和车用汽油消耗量增长情况图^[17]

经济增长的动力,燃料酒精作为国家战略部署的新型能源之一,在我国具有广阔的市场前景。

1.4.2 日本的燃料酒精工业

日本从1983年开始实施燃料酒精开发计划。自1997年《京都议定书》出台以来,日本一直注重减少温室气体的排放,计划到2012年将CO₂的排放量减少5.2%^[18]。因此日本正考虑出台一个鼓励使用混合变性燃料作为车用燃料的政策。虽然是世界上最大汽油消费国之一,但是日本没有额外的农产品用来生产燃料酒精,因此政府积极开发用农、林产废物等资源发酵生产酒精的技术,另外还要依靠从国外进口来满足对生物燃料的需求。据估算,日本对燃料酒精(用来调制E10)的需求大约是每年600万升^[18]。由于用进口原油生产的价格低廉的汽油在国内供应相对充足,日本还没有开始大规模使用燃料酒精。

1.4.3 东南亚和澳大利亚的燃料酒精工业

为了进一步发展燃料酒精工业,泰国2003年底调整了甘蔗原料的价格,预计2004年全年将有2600万吨甘蔗被用于生产酒精。泰国政府还致力于发展酒精原料的多样化,木薯、甘蔗渣和糖蜜已经在工业中得到应用。2003年泰国总产甘蔗7400万吨,燃料酒精的生产水平是每吨甘蔗产酒精70升^[18]。

印度每年进口原油1.1亿吨,占原油总需求量的70%^[18]。为了减少对原油进口的依赖,印度制定了详尽的计划加大变性燃料酒精的生产。据2002年的统计资料显示,在印度的马哈拉施特拉和阿塔普拉德地区的329个加油站共售出1200万升的变性酒精(E5)燃料^[19]。目前印度主要以粉碎和发酵甘蔗废料生产酒精^[18]。

澳大利亚农业部对燃料酒精工业发展制定了详细的规划,在2001年公布的一个计划中提到,争取2010年,年产酒精3.5亿升,相当于现有汽油市场的7%,整个液体燃料市场的1%。农业部发布的信息还包括,2010年以前,确保生物燃料占澳大利亚全国运输燃料总量的2%,为此要在相关项目建设中至少投资5000万美元,至少新建5家酒精厂,新增建筑2300个和新增工作岗位1100个^[20]。

2 结论

从世界范围来看,从“黑色能源”走向“绿色能源”是大势所趋。使用燃料酒精不仅能够有效延长地球上有限石油资源的使用时间,还能对人类争取到宝贵时间开发新的替代能源,延长实施过渡措施的时间,并为其他种类生物燃料的使用积累经验。

参考文献:

- [1] Christoph Berg, F.O. Licht. World Fuel Ethanol—Analysis and Outlook[R]. Ministry of Economy Trade and Industry (METI) (Japan). August 25,2003.
- [2] Specifications for Anhydrous Fuel Ethanol (“AEAC”) and Hydrus Fuel Ethanol (“AEHC”)[S]. Technical Regulation DNC - 01/91. Brazil National Department of Fuels.
- [3] Arnaldo Vieira de Carvalho. The Brazilian Ethanol Experiences Fuel as Fuel for Transportation[R]. Biomass Energy Workshop and Exhibition. The World Bank. February 26, 2003.
- [4] Rubens A. Barbosa. Liberalizing International Trade in Sugar[R]. Unica— São Paulo Sugarcane Agroindustry Union. May 14,2003.
- [5] Jose Goldemberg, Suan Teixeira Coelho, Plinio Mario Nastari, et al. Ethanol learning curve—the Brazilian experience[J]. Biomass and Bioenergy, 2004(26):301-304.
- [6] Scenery in Energy— Ethanol Industry Outlook 2004[R]. RFA—Renewable Fuel Association. February, 2004.
- [7] Ethanol Had A Good Year (Renewable Fuels Association)[J]. Industrial Bioprocessing 2003, 25(3) 2.
- [8] U.S. Ethanol Industry Produces All-time Monthly Record in January[R]. Renewable Fuels Association. March 30, 2004.
- [9] Bruce S. Dien, Rodney J. Bothast, Nancy N. Nichols, and Michael A. Cotta. The U.S. corn ethanol industry: An overview of current technology and future prospects[J]. INT. SUGAR JNL. 2002, 104(1241): 204.
- [10] Beer, Kenn. Ethanol as a sustainable transport fuel[J]. Engineers Australia, 2003, 75(7) 32.
- [11] Slavnic, Dean. Alcohol talking[J]. Automotive Engineer (London), 2003, 28(6) 53-54.
- [12] European Biofuels[J]. Industrial Bioprocessing, 2003, 25(8):10-11.
- [13] 王异静, 秦人伟. 酒精工业技术资料要览[C]. 北京: 中国食品发酵工业研究院, 2002.
- [14] 高露, 杨大鹏. 九省汽车试用“乙醇汽油”[N]. 经济参考报, 2004-02-25.
- [15] 马赞华. 酒精高效清洁生产新工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [16] 中华人民共和国国家统计局. 1990-2002年公路水路交通行业发展统计公报[R]. 1990-2002年中国统计年鉴.
- [17] 汽车工业信息网 <http://www.autoinfo.gov.cn>; 全国清洁汽车行动信息网 <http://www.cleauto.com.cn> 依据国家统计局 1990-2002年中国统计年鉴
- [18] Per Carstedt. Systems perspective on the global development for bioethanol[R]. BioAlcohol Fuel Foundation. 2002 (12)
- [19] <http://www.ethanolindia.org>
- [20] Selwyn Johnston. Ethanol in Australia[R]. QUEENSLAND INDEPENDENT SENATE TEAM. September 25, 2002.

《酿酒科技》 全国中文核心期刊