



新 能 源 技 术 丛 书

生物乙醇与生物丁醇 及生物柴油技术与应用

钱伯章 编

17.4
9



科学出版社

www.sciencep.com

新能源技术丛书

生物乙醇与生物丁醇 及生物柴油技术与应用

钱伯章 编

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书是“新能源技术丛书”之一,解读了世界各国,特别是我国的生物燃料发展现状及前景、技术进展、副产品利用、原材料等,主要内容包括生物乙醇及纤维素乙醇、生物丁醇、生物柴油。

本书可作为从事能源及生物燃料领域规划、科研、生产及信息工作的读者的工作参考书,也可作为工科院校相关专业师生的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

生物乙醇与生物丁醇及生物柴油技术与应用/钱伯章编. —北京:科学出版社, 2010

(新能源技术丛书)

ISBN 978-7-03-028476-1

I. 生… II. 钱… III. ①生物能源-无污染燃料-乙醇-研究 ②生物能源-无污染燃料-丁醇-研究 ③生物能源-无污染燃料-柴油-研究 IV. TE626.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 148937 号

责任编辑:喻永光 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:郝恩誉

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 9 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 9 月第一次印刷 印张: 9

印数: 1—4 000 字数: 168 000

定 价: 23.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛书序

世界可再生能源的资源潜力巨大,但由于成本和技术因素的限制,其利用率还很低。水能、生物质能的应用技术相对成熟;风能、地热能、太阳能得益于政策的支持,近年来发展比较迅速;对海洋能(包括潮汐能、波浪能、温差能、盐差能等)的利用尚处于研发和验证阶段,距大规模商业化应用还有一段距离。

当今世界各国都在为获取充足的能源而拼搏,并对解决能源问题的决策极其重视,其中可再生能源的开发与利用尤其引人注目。新技术的发展,使得风能、生物质能以及太阳能等可再生能源得到快速开发和利用。随着化石能源的日趋枯竭,可再生能源终将成为其替代品。

在国际油价持续上涨的背景下,风能、太阳能、生物质能等新能源有望成为全球发展最迅速的产业之一,中国的新能源产业也正孕育着更多的投资机会。

我国新能源与可再生能源资源丰富,可开发利用的风能资源约 2.53 亿 kW;地热资源的远景储量为 1353.5 亿 t 标准煤,探明储量为 31.6 亿 t 标准煤;太阳能、生物质能、海洋能等储量更是处于世界领先地位。在国际石油市场不断强势震荡,国内石油、煤炭、电力资源供应日趋紧张的形势下,开发利用绿色环保的可再生能源和其他新能源,已经成为中国能源发展的当务之急。中国国家能源领导小组描绘了可再生能源的诱人前景:到 2010 年,中国可再生能源在能源结构中的比例将提高到 10%;到 2020 年,将达到 16% 左右。中国已出台的《中华人民共和国可再生能源法》(简称《可再生能源法》)和“十一五”规划中也明确提出,要加快发展风能、太阳能、生物质能等可再生新能源。

以“为国家提供优质能源”为己任的中国石油天然气集团公司(简称中石油)、中国石油化工股份有限公司(简称中石化)、中国海洋石油总公司(简称中海油),除了进一步加快石油、天然气的开发速度外,也将目光投向了生物质能、太阳能发电、风能利用、地热、煤层气等新能源开发上。

中石油继在中国石油勘探与生产分公司成立新能源处之后,其可再生能源计划已经有多个项目进入实质阶段,有望于“十一五”期间首先在生物质能、太阳能发电、风能利用、地热开发等领域取得突破。虽然投资巨大与风险并存,但作为国内最大的石油、天然气生产商和供应商,中石油仍然积极探索开发利用可再生能源,目的是为我国经济和社会发展增加新的能源选择。2003 年,中石油与中粮集团有限公司(简称中粮集团)合资开发的吉林燃料乙醇项目成为“十五”重点建设工程,也是国家生物质能产业的试点示范工程。2006 年,中石油成立了新能源处和相应的研发机构,现已启动一批可再生能源项目。其中,在西藏那曲地区、辽河油田、新疆油田等地建设了一批光伏发电、风力发电、地热资源开发利用等示范项目,并取得良好效果。2006 年 11 月,中石

油与四川省政府签署了用红薯和麻风树开发生产乙醇燃料和生物柴油的合作协议。2006年12月,中石油与云南省政府签署框架协议,拟在以非粮能源作物为原料生产燃料乙醇、以膏桐等木本油料植物为原料制取生物柴油等方面进行合作。

中石化和中粮集团于2007年4月中旬签订合作协议,共同发展生物质能及生物化工,拟在五年内合作建设年产100万~120万吨燃料乙醇的生产装置,双方通过项目招标赢得了合资建设广西合浦20万吨/a生物燃料乙醇项目;合作还将涉及生物化工领域,双方拟共同致力于生物化工制品的研究、开发、生产和应用并形成产品规模,以推动中国化工行业的进一步发展。

新能源基金会(NEF)和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会(CREIA)于2008年3月底发布了中国2007年前10项可再生能源开发现状报告,指出2007年中国光伏电池量(不包括中国台湾)已超过美国,继日本和德国之后位居世界第三位。

2008年,中国在投资可再生能源方面仅次于美国而居世界第二位,中国和美国的投资分别为1760亿美元和2000亿美元。据HSBC(汇丰银行)估算,中国经济刺激计划投入绿色项目的资金达2210亿美元,为美国的两倍多,相当于中国2008年GDP的5%。

在《可再生能源法》及《可再生能源中长期发展规划》等推动下,中国可再生能源已步入快速发展阶段。截至2007年底,可再生能源占中国一次能源供应的8.5%,电力供应的16%;2008年,可再生能源利用量约为2.5亿t标准煤,约占一次能源消费总量的9%,距离2010年可再生能源在能源消费结构中的比重占10%的目标仅有一步之遥。到2020年,可再生能源占一次能源供应和占电力供应的比例将分别达到15%和21%。

加快发展包括可再生能源在内的新能源,是时代赋予我们的重要使命和发展机遇。

本丛书以“中国走向世界,并融入世界”为主线,以可再生能源和其他新能源的技术与应用的新进展为出发点,全面介绍太阳能、风能、水力能、海洋能、地热能、核能、氢能、生物质能、醇醚燃料、天然气和煤基合成油、新能源汽车与新型蓄能电池以及热电转换技术等领域的技术发展、应用状况、研发成果、生产进展与前景展望。本丛书力求以最新的数据、最广的视角和最大的集成,使读者了解中国乃至世界在上述领域的新技术、新产能、新应用、新动向。

前 言

生物乙醇和生物柴油是当今正迅速发展的两大生物燃料。生物丁醇与乙醇相似，是生物加工的醇类燃料，可与常规汽油或柴油原料调和使用，也是有发展前景的生物燃料。

生物燃料长期的发展潜力在于使用非食用原料，包括农业、城市和林业废弃物，以及高速增长的高纤维素的能源作物，如换季牧草、谷物秸秆等。新的生物燃料技术（如纤维素乙醇等）的发展可望使生物燃料发挥更大的作用。

世界瞭望学会称，采用新技术后，在今后 25 年内，生物燃料可望占美国运输燃料的 37%，欧盟使用生物燃料也可望替代 20%~30% 的石油。

可再生燃料联盟（GRFA）的预测显示，2010 年全球乙醇总产量将增长 16.2%，生产量将达 859 亿 L，可替代 3.7 亿桶石油。

预计 10 年内，全球燃料乙醇（包括使用 ETBE）消费量将达到 160 亿~180 亿 gal，合 4481 万~5041 万 t/a。虽然其总量小于全球汽油需求量的 5%，但乙醇产量的增长将会对汽油市场产生重要影响。

Global Data 公司的预测报告显示，21 世纪第一个 10 年全球生物柴油市场累计年均增长率为 41.9%，全球生物柴油生产量从 2001 年的 9.59 亿 L 增长到 2009 年的 157.60 亿 L。2020 年生物柴油产量可望达到 452.91 亿 L，2009~2020 年年均增长率为 10.1%。

本书以全球视角，用全方位的数据和资料解读了世界各国的生物燃料发展现状及前景、技术进展、副产品利用、原材料等，试图为从事生物燃料领域规划、科研、生产及信息工作的同仁提供参考。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 生物乙醇	1
1.1 世界各国生物乙醇发展概况	1
1.2 北美国家的生物乙醇发展现状及前景	3
1.2.1 美 国	3
1.2.2 加拿大	7
1.3 欧洲国家的生物乙醇发展现状及前景	8
1.3.1 德 国	8
1.3.2 英 国	9
1.3.3 欧洲其他国家	10
1.4 拉美国家的生物乙醇发展现状及前景	11
1.4.1 巴 西	11
1.4.2 拉美其他国家	18
1.5 非洲国家的生物乙醇发展现状及前景	19
1.6 亚太地区(不含中国)的生物乙醇发展现状及前景	20
1.6.1 印 度	20
1.6.2 日 本	21
1.6.3 泰 国	22
1.6.4 菲 律 宾	23
1.6.5 印度尼西亚	24
1.6.6 新 西 兰	24
1.6.7 澳 大 利 亚	24
1.6.8 越 南	24
1.6.9 哈 萨 克 斯 坦	25
1.7 中国的生物乙醇发展现状及前景	25
1.7.1 乙醇生产和推广进程	25
1.7.2 乙醇使用技术进步	26
1.7.3 燃料乙醇标准化	27
1.7.4 燃料乙醇产销量	27
1.7.5 近期装置建设进展	29
1.7.6 燃料乙醇政策	30
1.7.7 坚持非粮为主生产燃料乙醇方向	30

1.7.8 边际土地种植能源作物潜力巨大	31
1.7.9 非粮乙醇生产建设态势	32
1.8 乙醇生产技术与发展趋势	34
1.8.1 发酵法	35
1.8.2 化学合成法	35
1.8.3 乙醇提浓技术	35
1.8.4 新型酶和酵母技术	37
1.8.5 发酵过程强化技术	38
1.8.6 乙醇生产副产物利用	38
1.8.7 利用海藻将 CO ₂ 转化以生产乙醇	38
1.8.8 细菌消耗 CO 生产乙醇	39
1.8.9 利用西瓜生产乙醇	40
第 2 章 纤维素乙醇	41
2.1 用生物质生产纤维素乙醇的潜力	41
2.2 美国的纤维素乙醇发展现状及前景	42
2.3 加拿大的纤维素乙醇发展现状及前景	51
2.4 欧洲的纤维素乙醇发展现状及前景	52
2.5 中国的纤维素乙醇发展现状及前景	54
2.5.1 发展纤维素乙醇的意义	54
2.5.2 纤维素乙醇技术研发进展	55
2.5.3 纤维素乙醇项目试点	57
2.5.4 纤维素乙醇开发国际合作	58
2.5.5 国家科技支撑计划	59
2.6 亚太地区(不含中国)的纤维素乙醇发展现状及前景	60
2.6.1 日本	60
2.6.2 澳大利亚	61
2.6.3 印度	62
2.7 其他国家的纤维素乙醇发展现状及前景	62
2.7.1 巴西	62
2.7.2 乌干达	62
2.8 纤维素乙醇生产技术与发展趋势	62
2.8.1 降解技术	62
2.8.2 发酵技术	63
2.8.3 精馏和脱水技术	64
2.8.4 纤维素预处理技术及改进	65
2.8.5 热化学转化法	68

2.8.6 组合法工艺技术	69
2.9 纤维素的其他利用途径	71
第3章 生物丁醇	73
3.1 丁醇的市场潜力	73
3.2 国外生物丁醇发展现状及前景	74
3.2.1 生产进展	74
3.2.2 技术进展	74
3.3 我国生物丁醇发展现状及前景	77
3.3.1 生产规模	77
3.3.2 技术进展	77
第4章 生物柴油	79
4.1 生物柴油的优点、标准和调和性能	80
4.1.1 优点	80
4.1.2 标准	80
4.1.3 调和性能	83
4.2 世界各国生物柴油发展概况	84
4.3 欧洲国家的生物柴油发展现状及前景	89
4.3.1 德国	90
4.3.2 法国	90
4.3.3 英国	91
4.3.4 爱尔兰	92
4.3.5 西班牙	92
4.3.6 芬兰	92
4.3.7 荷兰	93
4.3.8 奥地利	93
4.3.9 意大利	93
4.3.10 瑞典	93
4.3.11 欧洲其他国家	94
4.4 北美国家的生物柴油发展现状及前景	95
4.4.1 美国	95
4.4.2 加拿大	97
4.5 亚太地区(不含中国)的生物柴油发展现状及前景	97
4.5.1 马来西亚	98
4.5.2 印度尼西亚	99
4.5.3 菲律宾	99
4.5.4 新加坡	100

4.5.5 泰 国	101
4.5.6 日 本	101
4.5.7 印 度	101
4.5.8 韩 国	102
4.6 拉美国家的生物柴油发展现状及前景	102
4.6.1 巴 西	102
4.6.2 阿 根 廷	103
4.6.3 拉美其他国家	104
4.7 非洲国家的生物柴油发展现状及前景	104
4.7.1 南 非	104
4.7.2 冈比亚	105
4.7.3 刚 果	105
4.7.4 尼日利亚	105
4.7.5 肯尼亚	105
4.8 中东国家的生物柴油发展现状及前景	105
4.9 中国的生物柴油发展现状及前景	106
4.9.1 生产规模	106
4.9.2 技术进展	108
4.9.3 原料选用	109
4.9.4 多原料工艺的开发	111
4.10 生物柴油生产技术及发展趋势	111
4.10.1 新反酯化法	111
4.10.2 生物酶合成法	113
4.10.3 新的催化工艺	113
4.10.4 新生产工艺	116
4.10.5 新型催化剂	117
4.10.6 生物柴油稳定剂	117
4.10.7 副产甘油利用的新途径	118
4.11 生物柴油原料来源	122
4.11.1 椰子油及其他植物油	122
4.11.2 海(微)藻	123
4.11.3 麻风树	128
4.11.4 其他原料	131
参考文献	133

第 1 章 生物乙醇



1.1 世界各国生物乙醇发展概况

由于降低对石油产品的依赖以及减少污染的需要,生物乙醇的全球生产量正持续增长。巴西和美国合计占世界生物乙醇生产量的 90%,两国政府自 1970 年起就大力支持乙醇生产。表 1.1 是世界前 5 位乙醇生产国(地区)。

表 1.1 世界前 5 位乙醇生产国(地区)生产量

国家(地区)	2005 年/ML	国家(地区)	2008 年/亿 gal
巴西	16 067	美国	90
美国	14 755	巴西	64
中国	1000	欧盟	7.336
欧盟	950	中国	5.01
印度	300	加拿大	2.34

注:1gal(US)=3.785 43L,下同。

2000~2005 年,世界乙醇生产量(图 1.1)在 5 年间翻了 1 倍多,仅 2005 年就较上年增长了 19%。2007 年,世界乙醇生产量超过 570 亿 L,仅美国的生产量就超过了 240 亿 L。截至 2007 年,美国成为世界领先的乙醇生产国,占世界乙醇生产量的 48%,领先于巴西(占 31%)。

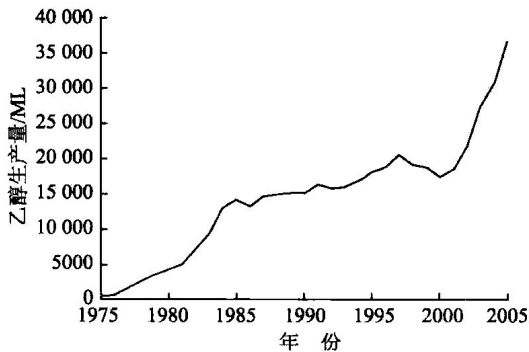


图 1.1 1975~2005 年世界乙醇生产量

2008年,世界乙醇生产量超过170亿gal。其中,美国为90亿gal,占第1位;巴西为64亿gal,占第2位;西欧为7.336亿gal;中国为5.01亿gal;加拿大为2.37亿gal。图1.2是2000~2008年世界乙醇生产量走势图。

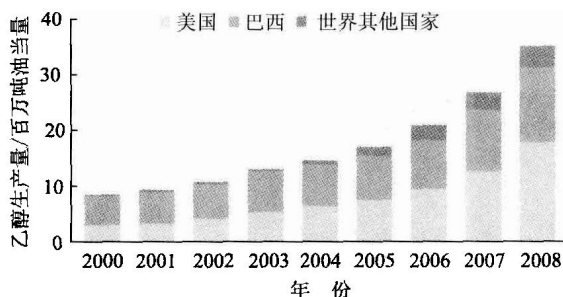


图 1.2 2000~2008 年全球乙醇生产量走势

2009年9月初发布的REN21全球可再生能源发展年度报告指出,2008年巴西燃料乙醇生产快速增长,达到270亿L,第一次占到非柴油汽车燃料消费的一半以上。美国仍保持乙醇生产的领先国地位,2008年的生产量为340亿L。生产燃料乙醇的其他国家还有澳大利亚、加拿大、中国、哥伦比亚、哥斯达黎加、古巴、多米尼加、法国、德国、印度、牙买加、马拉维、波兰、南非、西班牙、瑞典、泰国和赞比亚等。

据燃料乙醇工业领先的酶供应商Novozymes(诺维信)北美公司分析,截至2006年9月,全球乙醇生产能力为99.8亿gal(377.7亿L)。其中,北美占48%,拉美(主要是巴西)占44%。预计到2010年,乙醇生产量将达到257亿gal,4年内增长158%;到2020年,将达到约310亿gal,10年内增长21%。

全球工业分析公司2008年11月13日发布的报告认为,2012年世界乙醇市场将达到277亿gal。一些国家禁用MTBE并用乙醇来替代;美国可再生燃料标准指令要求到2012年使用约80亿gal乙醇。另外,政府补贴将推动乙醇消费,灵活燃料汽车(FFV)和含氧柴油(乙醇和柴油燃料的混配物)的日益普及也将增大世界乙醇市场。

经济合作与发展组织(OECD,简称经合组织)和联合国食品局2008年5月底发布的报告,预计2017年全球乙醇生产量将达到约1250亿L,是2007年生产量的2倍。随着原油价格的上涨,2009年乙醇价格超过55美元/100L,但2008~2017年生产能力扩增将使乙醇价格跌落至52~53美元/100L。国际乙醇贸易将快速增长,2010年至60亿L,2017年至近100亿L。

国际知名咨询公司埃森哲公布的一份研究报告指出,阿根廷、澳大利亚、泰国、危地马拉、南非和哥伦比亚将是世界乙醇工业发展的“潜力之国”,这6个国家的乙醇年产量总和有望达到目前美国年产量的50%左右。

根据全球可再生燃料联盟(GRFA)于2010年3月24日发布的预测报告,2010年全球乙醇总产量将增长16.2%,生产量将达859亿L。2010年乙醇产量的增长将使生物燃料增加100多万桶/d,可替代3.7亿桶石油。而2010年美国将生产超过450亿L乙醇,仍然是全球领先的乙醇生产区。

预计 10 年内,全球燃料乙醇(包括使用 ETBE)消费量将达到 160 亿~180 亿 gal (4481 万~5041 万 t/a),虽占全球汽油需求量的比例仍小于 5%,但乙醇生产量的增长将对汽油市场产生重要影响。到 2025 年,世界可望使用生物乙醇替代汽油需求量的 10%,北美和南美将各保持约 40% 的市场份额,但欧洲和中国也将占有重要份额。

按照热能基准,每加仑乙醇的能量比汽油低 34%。乙醇工业必须克服与原料来源和生物乙醇性能相关的问题。生物乙醇现主要由食品基原料(如谷物、油籽和甘蔗)生产,纤维素乙醇是发展方向。



1.2 北美国家的生物乙醇发展现状及前景

1.2.1 美国

随着美国汽油中掺加 MTBE(甲基叔丁基醚)禁令的推行,生物法生产 MTBE 替代品——燃料级乙醇的进程被不断加快。2001 年,美国乙醇生产量增加了 10%,达到 496 万 t。到 2003 年底,美国乙醇总生产能力达到约 840 万 t。2004 年,美国乙醇总生产能力达到约 1240 万 t(44.29 亿 gal,1676.4 万 m³)。2005 年,又新增乙醇能力 193 万 t(6.89 亿 gal,260.8 万 m³)。

2004 年内,美国的 MTBE 用量从稍高于 1288 万 t/a 的高峰减少到 729 万 t/a;另一方面,乙醇用量从 2002 年初的 515 万 t/a 增加到 1001 万 t(35.74 亿 gal,1352.7 万 m³)。

随着对炼商实施禁用对地下水有污染的 MTBE,乙醇作为清洁燃烧汽油的调和组分,其需求也快速增长。据美国可再生燃料协会(RFA)统计,截至 2005 年 11 月初,美国拥有 91 套乙醇装置,生产能力超过 40 亿 gal/a;20 套乙醇装置和 3 套主要扩建项目正在建设中,总能力超过 11 亿 gal/a。为加快替代汽油中掺加 MTBE 的步伐,截至 2006 年 2 月,美国乙醇产量达到 30.2 万桶/d(约 1270 万 gal/d),比上年同期增长 23%。至此,美国已拥有 97 套乙醇装置,总能力达到 42 亿 gal/a;另有 35 套装置和 9 套扩建项目正在进行中,将增加产能 22 亿 gal/a。为满足需求的增长,截至 2006 年 8 月,美国拥有 101 套乙醇装置,总的年生产能力超过 48 亿 gal;此外,39 套新装置和 7 套扩建项目正在建设中,将增加产能 25 亿 gal/a。2007 年,美国生产燃料乙醇 65 亿 gal(245 亿 L)。截至 2008 年,美国拥有 172 套乙醇生产厂,估算生产量为 105 亿 gal/a。

截至 2009 年 2 月中旬,因经济走软,美国闲置了乙醇生产能力的 15%~20%。

因发展灵活燃料汽车(FFV)和中高含量乙醇汽油调和基础设施,截至 2009 年 2 月中旬,已有 700 万辆燃用乙醇汽油的汽车在美国上路,燃用高于 10%乙醇的调和汽油,约占美国现运营汽车总量(2.2 亿辆)的 3%。

1. 政府目标和生产量

经过几年酝酿,美国国会于2005年8月通过综合能源法,其中很重要的一项内容是可再生燃料标准(RFS)。RFS要求在汽油中加入特定数量的可再生燃料,而且逐年递增:从2006年的40亿gal/a(占汽油总量约2.8%)增加到2012年75亿gal/a,此后保持2012年可再生燃料与全部汽油的比例。在RFS要求下,美国近50%的汽油将需要调和乙醇,典型调入量为10%。绝大部分调和将在中西部地区进行,那里将生产大量乙醇。RFS标准和新配方汽油质量规格将支配中西部的调和作业,绝大多数中西部地区汽油都将调和10%乙醇,中西部以外地区所有汽油的30%也将调和乙醇。

美国汽车商使用表明,E85是当今使用的最高含氧量汽油,其环保效益好,燃烧比汽油更完全(更清洁),可减少排放。美国环保局表示,高调和乙醇的燃料(如E85),可减少有害的CO排放40%和烟尘污染物排放15%。包括通用汽车公司在内的一些美国汽车生产商,都生产灵活燃料汽车(FFV),可以使用普通汽油、也可以使用E85。E85的缺点是其能量密度低于汽油,发动机使用E85行驶的里程数低于汽油,因此在美国也还未广泛使用。据美国可再生燃料协会(RFA)截至2007年7月中旬的统计,美国17万座加油站有约1200座加油站可加注E85;到2008年底,加注E85的加油站数翻1倍。

2007年11月28日,美国环保局(EPA)发布新的(2008年)可再生燃料标准(RFS),确定汽油中的乙醇加入量为4.66%,以满足2005年能源政策法的要求。美国参议院于2007年12月7日通过一项能源法案,其中要求到2022年使乙醇用量提高5倍。

2009,美国提高汽油供应中使用的乙醇数量目标至111亿gal。美国环保局(EPA)设定其2009年可再生燃料使用标准(RFS)为10.21%,相当于111亿gal乙醇;2008年可再生燃料使用标准(RFS)为7.76%,相当于90亿gal乙醇。

2009年3月初,美国生物燃料协会表示,希望美国环境保护局颁布命令,允许销售掺混13%乙醇的燃料。相关人士乐观地认为,政府将很快使乙醇掺混率从10%上调到13%。而乙醇生产商一直要求将掺混率上调至20%,以鼓励生物燃料行业发展。IOWA州州长称,美国环境保护局会非常严谨地考虑生物燃料掺混率。奥巴马和农业部长已经表示支持提高生物燃料用量,减少对海外原油的依赖,上调到13%只是第一步,希望继续提高燃料供应中的乙醇掺混量。

美国农业部(USDA)于2009年2月12日发布农业长期预测报告称,今后10年内美国乙醇工业将会继续增长,基于谷物生产的乙醇将会缓慢增长,这反映了美国整个汽油消费将适度增长。USDA发布为期10年的预测指出,到2018年,乙醇生产将占美国谷物使用量的35%左右,谷物基乙醇生产量将超过汽油年消费量的9%。图1.3为美国谷物用途预测。

据美国能源情报署(EIA)2010年3月2日发布的统计数据,2009年12月美国乙醇生产量达到又一次新高,为78.8万桶/d,比2008年同期增加13.1万桶/d。

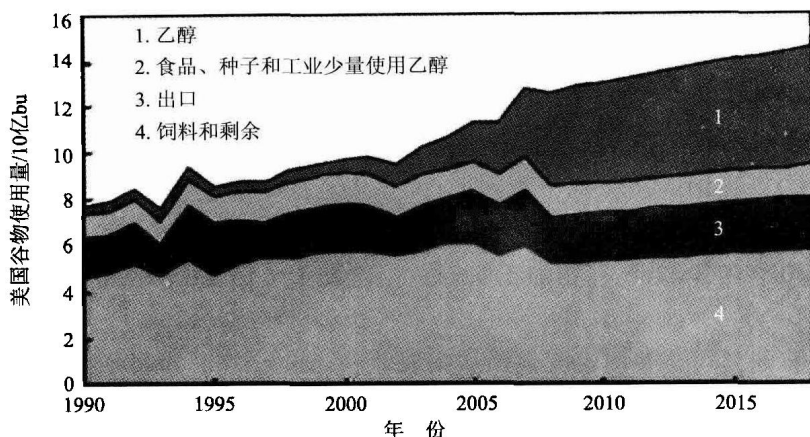


图 1.3 美国谷物用途预测

2. 乙醇装置的建设进程

Poet 公司从谷物生产乙醇已有 20 多年历史,拥有 26 套装置,累计每年生产替代燃料约 15.4 亿 gal。

VeraSun 能源公司位于 Hankinson 附近的乙醇生物炼油厂于 2008 年 7 月 23 日开工,年产 1.1 亿 gal 乙醇。这是 VeraSun 能源公司投运的第 12 座生物炼油厂,从而使该公司的乙醇年产能提高到 12 亿 gal。2009 年 2 月 7 日,VeraSun 能源公司宣布向美国最大的石油炼制商之一瓦莱罗公司出让其旗下的 6 处乙醇生产基地,总生产能力为 6.7 亿 gal/a。

瓦莱罗能源公司是北美地区最大的炼油商,旗下运营着 15 座炼油厂,合计炼油能力达到 310 万桶/d。美国新出台的可再生燃料标准(RFS)提高了可再生燃料在汽油和柴油中的掺入比例,这使得瓦莱罗能源公司成为了北美地区最大的乙醇消费者之一。瓦莱罗能源公司在 2009 年 3 月份出资 4.77 亿美元收购了 VeraSun 旗下的 7 套乙醇装置,满负荷生产能力为 7.8 亿 gal/a,但仍不能满足瓦莱罗能源公司调和汽油的需要。2009 年 12 月 20 日,瓦莱罗能源公司宣布,其瓦莱罗可再生燃料公司同意以 2.72 亿美元收购 3 套乙醇装置,这使得其乙醇生产能力达到 11 亿 gal/a。

美国太平洋乙醇公司是美国西海岸最大的乙醇生产商,其在俄勒冈州 Boardman 的 4000 万 gal/a 乙醇装置于 2007 年 10 月 5 日投产,生产的乙醇符合 Portland 市可再生燃料标准(RFS)。太平洋乙醇公司的目标是 2008 年中期达到 2.2 亿 gal/a 乙醇生产能力,2010 年底达到 4.2 亿 gal/a 乙醇生产能力。

生物能源国际公司和卢克美国公司在 Clearfield 郡建有 1.08 亿 gal/a 乙醇装置,于 2008 年下半年投运。卢克美国公司的下游子公司 East Meadow 公司同意购买该装置所产的全部乙醇调入汽油,在美国东北和中部大西洋地区的 13 个州销售。生物能源公司也在俄克拉荷马州 Lake Providence 建有 1.08 亿 gal/a 乙醇装置,于 2006 年第 4 季度投产。另外,替代能源公司(AES)在伊利诺伊州 Kankakee 建有 1.1 亿 gal/a 乙醇装置,在 IOWA 州 Boone 郡建设的第 1 套乙醇装置也是 1.1 亿 gal/a 的

规模。

BioEnergy 公司 2008 年 3 月 14 日宣布在美国宾夕法尼亚开始新建生物炼油厂, 年生产 1 亿 gal 谷物基乙醇, 于 2010 年投运。

美国生物燃料行业也正在吸引来自其他公司的投资。位于 Denver 的私营 Bio-Fuel 能源公司在美国 Midwest 开发、拥有和运作至少 5 套生物乙醇装置, 每套能力均超过 1 亿 gal/a。

嘉吉公司也在其 Blair 谷物加工联合企业建设 1.1 亿 gal/a 乙醇装置, 于 2007 年下半年建成。

马拉松石油公司与美国俄亥俄州从事农业的 Andersons 公司各持股 50% 组建的乙醇合资企业 Andersons 马拉松乙醇公司, 在俄亥俄州 Greenville 建设的 1.1 亿 gal/d 乙醇装置于 2008 年 2 月上旬投产。

GEA 集团子公司鲁齐公司为 Panda 能源公司建设了美国最大的生物乙醇装置, 年产约 1 亿 gal 生物乙醇, 并利用生物气体副产物发电供给装置使用。鲁齐公司还承揽了美国东北生物燃料公司 9500 万欧元(1.2 亿美元)的建设合同, 于 2007 年底在纽约州 Volney 建成生物乙醇装置, 利用谷物生产 30 万 t/a 乙醇, 同时产生 36.7 万 t/a 蒸馏釜粒料用作饲料, 以及 32.6 万 t/a CO₂ 用于食品和饮料工业。

2006 年 5 月, Bunge 北美公司和 Ergon 乙醇公司组建合资企业, 在密西西比州 Vicksburg 建设乙醇装置, 年产能力超过 6000 万 gal。该装置将 Bunge 公司在密西西比州和路易斯安那州的谷物处理设施与 Ergon 公司的炼油资产结合在一起。

美国 Headwaters 公司和大江能源公司在明尼苏达州 Elk River 的乙醇装置于 2007 年 2 月底投产, 该乙醇装置与 1100MW 煤电站联建, 利用煤电站的剩余热能供过程应用, 将 1800 万 bu(1bu=35.239L) 谷物转化成 5000 万 gal/a 的燃料乙醇。

美国生物能源公司在明尼苏达州靠近 Waseca 郡的 Janesville 建有乙醇装置, 年产 1 亿 gal(约 28 万 t)乙醇和 32 万 t 蒸馏釜粒料, 加工 3700 万 bu 谷物。另有 2 套在建装置: 美国生物 Albert 城市公司在 Iowa 的 1 亿 gal/a 装置, 以及美国生物 Superior 谷物公司在靠近 Woodberry 的 4500 万 gal/a 装置。

美国西太平洋能源公司与夏威夷 Kaua 岛公用事业公司(KUIC)于 2008 年 12 月底宣布在 Kaua 岛建设糖类乙醇工厂, 这是美国的第 1 座糖类乙醇工厂。西太平洋能源公司将改造 Gay & Robinson 公司的 Kaumakani 糖厂, 以生产 1500 万 gal/a 乙醇和利用甘蔗渣燃烧发电 30MW。

美国两家淀粉生产商也投资乙醇生产。私人投资公司 Riverstone 控股公司和风险管理公司 Blackstone 能源公司合作, 将 Collingwood 的一套现有淀粉生产装置转产乙醇 1500 万 gal/a。另外, 为造纸、纺织和食品工业供应特种化学淀粉的 Penford 公司投资 4200 万美元, 在其 Cedar Rapids 工厂生产 4 万 gal/a 乙醇。两套装置都采用基于谷物的生物加工技术。

3. 发展动向

美国卡内基-梅隆大学的化学工程专家成功设计出一种新工艺, 可以大幅提高以

玉米为原料生产乙醇的效率,这将有助于推广使用新型燃料乙醇汽油。新工艺的关键在于重新设计了蒸馏过程,采用了一种“多柱系统”以及能量回收网络,最终使得乙醇生产过程中的耗能“大户”——蒸汽的消耗量大幅降低,从而使乙醇生产成本从原来的 1.61 美元/gal 降到 1.43 美元/gal。测算显示,在此基础上再结合其他新技术,以玉米为原料的乙醇生产厂的整个运行成本能够降低 60% 以上。

美国内布拉斯加州大学的研究人员发表的关于柳枝稷的大规模田间试验研究报告引起了业界广泛关注。报告指出,以柳枝稷为原料制造生物燃料乙醇所产生的能量,是柳枝稷从播种、生长、收割、转化为乙醇的整个过程中所耗费能量量的 5 倍多。因此,在那些不太肥沃的田间地头种植柳枝稷,不仅对环境有益,且能够用作生物质燃料原料。更为重要的是,利用它来生产燃料乙醇可减少对玉米和其他食用作物的消耗量,从而打消了人们以前的“生物乙醇产业可能导致与人争粮”的顾虑。

Abengoa 生物能源公司于 2010 年 1 月 20 日宣布,成功实现乙醇出口。Abengoa 生物能源是世界唯一在美国、欧洲和南美洲生产乙醇的制造商。其在美国印第安纳州和伊利诺伊州各有一套新设施,每套的满负荷生产能力为 9000 万 gal/a。另外,该公司在欧洲有 5 套设施,在鹿特丹还有 1 套设施,总生产能力超过 8 亿 gal/a,消耗约 2500t/d 的各种生物质原料(82% 的玉米秸秆、7% 的稻草、7% 的高粱茬和 4% 的柳枝稷),生产 70MW 生物电力、1600 万 gal/a 乙醇以及 2.9 万 t/a 木质素。

2008~2009 年,乙醇调和汽油消费的下降而影响到了乙醇业的发展。2009 年上半年,美国大多数乙醇工厂经营亏损,但由于此后谷物价格较低和需求增长,2009 年下半年乙醇生产的平均利润提高至约 0.40 美元/gal。

美国能源情报署(EIA)于 2010 年 1 月 27 日发布预测,认为美国乙醇行业 2010 年将发生逆转性的增长。EIA 指出,乙醇生产量将会继续增长,以满足可再生燃料标准对数量的要求,乙醇生产量将从 2009 年 111 亿 gal 增加到 2010 年 129.5 亿 gal。

加利福尼亚州已强制性地使其生物燃料调和比例从 5.7% 提高到 2010 年的 10%。同时,乙醇业正等待美国环境保护局(EPA)的决定,以批准在常规汽车中允许的生物燃料调和比例从目前水平的 10% 提高至 15%。

1.2.2 加拿大

加拿大于 2008 年 5 月初确定生物燃料发展目标:到 2010 年,汽油中含 5% 的乙醇。指令计划确定对乙醇的需求为 20 亿 L;对生物燃料生产商给予的补贴定为 15 亿加元(14.7 亿美元),即 20 加分/L,以确保从作物生产生物燃料。

截至 2008 年 5 月初,加拿大乙醇工业已拥有 16 套装置,包括 IGPC 装置在内,总能力为 16.2 亿 L/a。其中,8 套装置采用谷物原料,生产能力为 11.06 亿 L/a;7 套装置采用小麦原料,生产能力为 5.12 亿 L/a;1 套装置被纤维素生产商 Iogen 公司拥有,采用小麦秸秆为原料,生产能力为 200 万 L/a。

2008 年 8 月 15 日,北美最大的小麦乙醇装置在加拿大 Saskatchewan 投产,设计年生产能力约为 1.5 亿 L 乙醇和 16 万 t 蒸馏釜干粒料。