

Technology
实用技术



新 能 源 技 术 丛 书

生物质能

技术与应用

钱伯章 编



科学出版社

www.sciencep.com

新能源技术丛书

生物质能技术与应用

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。本书详尽介绍了生物质能利用前景与一般应用进展,生物燃料的发展现状与前景,石油和化工公司研发与生产生物燃料进展,世界各国(地区)生物燃料应用现状与前景,生物质生产生物燃料新技术,生物炼制和生物质化工技术与产业。

本书可用作从事能源以及生物燃料和生物化工领域的规划、科技、生产和信息人员的工作指南,也可供国家决策机构人员和相关人员参阅,并可作为工科院校相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

生物质能技术与应用/钱伯章编. —北京:科学出版社,2010

(新能源技术丛书)

ISBN 978-7-03-028486-0

I. 生… II. 钱… III. 生物能源-研究 IV. TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 149400 号

责任编辑: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>

北京天时捷彩色印刷有限公司 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:17

印数: 1—4 000 字数:320 000

定 价: 31.00 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给予极大重视,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 亿千瓦;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《中华人民共和国可再生能源法》(简称《可再生能源法》),“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t~120万t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t/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大责任和发展机遇。

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

生物质能是太阳能以化学能形式储存在生物质中的能量形式,即以生物质为载体的能量。它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用,可转化为常规的固态、液态和气态燃料,取之不尽、用之不竭,是一种可再生能源,同时也是唯一一种可再生的碳源。生物质能具有可再生性、低污染性、广泛分布性和可制取生物质燃料的灵活性特点。生物质能的原始能量来源于太阳,所以从广义上讲,生物质能是太阳能的一种表现形式。目前,世界很多国家都在积极研究和开发利用生物质能。

生物质能蕴藏在植物、动物和微生物等可以生长的有机物中,有机物中除矿物燃料以外所有来源于动植物的能源物质均属于生物质能,通常包括木材、森林废弃物、农业废弃物、水生植物、油料植物、城市和工业有机废弃物、动物粪便等。地球每年经光合作用产生的物质有 1730 亿 t,其中蕴含的能量相当于全世界能源消耗总量的 10~20 倍,但目前的利用率不到 3%。

生物质能是人类赖以生存的重要能源,它是仅次于煤炭、石油和天然气而居世界能源消费总量第四位的能源,在整个能源系统中占有重要地位。生物质能将作为未来可持续能源系统的组成部分,到 21 世纪中叶,采用新技术生产的各种生物质替代燃料将占全球总能耗的 40% 以上。

生物质能的应用包括:沼气、压缩成型固体燃料、气化生产燃气、气化发电、生产生物乙醇和生物柴油燃料等。

派克(Pike)研究公司的研究报告显示,全球生物燃料市场到 2020 年将达 2470 亿美元。预测表明,在仅仅 10 年内,生物燃料工业的市场就将在 2010 年价值 760 亿美元基础上翻三番。

生物燃料是生物质能用于生产运输燃料开发的重点和热点,有关生物乙醇和生物柴油生产的专有技术及其应用在《生物乙醇与生物丁醇及生物柴油技术与应用》中有专门论述,而有关生物燃料发展的综述与生物质生产生物燃料的新技术(生产生物油、气化/费托合成组合法、非发酵法/发酵法替代路线)以及生物炼制和生物质化工的评述则归纳在本书中阐述。

本书从全球视角出发,介绍生物质发电和沼气利用,生物燃料的产能效率、生物燃料的碳足迹、生物燃料的发展现状和前景、第二代生物燃料开发及其在航空业的应用,石油和化工公司研发与生产生物燃料进展,世界各国(地区)生物燃料应用现状与前景,生物油生产技术、气化加费托合成组合法、非发酵法和发酵法替代路线、生物质垃圾生产生物燃料的开发进展,并介绍了 CO₂ 制取清洁燃料开发进展,生物炼油厂开发动向、生物质化工产品开发技术和应用,以及微生物产生能源新途径。

目 录

第 1 章 生物质能利用前景与一般应用进展	1
1.1 世界生物质能利用前景	1
1.2 我国生物质能利用前景	3
1.3 生物质一般利用进展	8
1.3.1 生物质利用概述	8
1.3.2 生物质发电	10
1.3.3 国外应用进展	12
1.3.4 我国应用进展	20
1.4 生物质发酵产生生物气体(沼气)	26
1.4.1 国外利用进展	27
1.4.2 国内利用进展	30
第 2 章 生物燃料的发展现状与前景	39
2.1 减少对石油的依赖和减少温室气体排放的双重作用	39
2.1.1 减少对石油的依赖	39
2.1.2 有助于减少温室气体排放	41
2.2 生物燃料的产能效率	43
2.3 生物燃料的碳足迹	45
2.4 生物燃料对食品价格的影响	50
2.5 生物燃料的发展现状和前景	53
2.5.1 生物燃料生产发展现状	53
2.5.2 生物燃料发展的前景预测	55
2.5.3 生物燃料发展的竞争性	61
2.6 第二代生物燃料开发与应用	63
2.6.1 第二、第三代生物燃料加快开发	63
2.6.2 航空业使用第二代生物燃料方兴未艾	69
2.7 生物燃料应用案例	85
第 3 章 石油和化工公司研发与生产生物燃料进展	91
3.1 石油公司加快涉足生物燃料研发与生产	91
3.1.1 国外石油公司	91
3.1.2 中国石油公司	96

3.2	化工公司加入生物燃料开发行列	98
第4章	世界各国(地区)生物燃料应用现状与前景	103
4.1	北 美	103
4.1.1	美 国	103
4.1.2	加 拿 大	104
4.2	欧 洲	105
4.3	拉丁美洲	107
4.4	亚太地区	108
4.4.1	日 本	108
4.4.2	韩 国	108
4.4.3	新 西 兰	109
4.4.4	印 度 尼 西 亚	109
4.4.5	印 度	109
4.4.6	越 南	110
4.4.7	菲 律 宾	110
4.4.8	斯 里 兰 卡	110
4.4.9	中 国	111
第5章	生物质生产生物燃料新技术	113
5.1	发展机遇	113
5.2	生物质直接制备油(生物油)	114
5.2.1	生物油发展前景	114
5.2.2	世界开发进展	115
5.2.3	中国开发进展	121
5.3	气化与费托合成组合生产生物燃料路线	125
5.3.1	MPM 技术公司等离子体弧气化技术	125
5.3.2	美国爱德华国家实验室高温蒸汽电解与生物质气化组合技术	126
5.3.3	德国 Karlsruhe 公司生物质合成原油气化工工艺	127
5.3.4	广州能源所内循环生物质流化床气化炉技术	128
5.3.5	InEnTec 公司等离子强化熔融器技术	129
5.3.6	挪威 Norske Skog 公司木质生物质生产费托合成柴油方案	129
5.3.7	Choren 工业公司生物质制油技术	130
5.3.8	芬兰 NSE 生物燃料公司生物质制油装置	130
5.3.9	美国 Flambeau River BioFuels 公司生物炼油厂	131
5.3.10	鲁奇公司建设以纤维素为原料制取生物燃料中试装置	131
5.3.11	Rentech 建设生物质生产合成燃料和发电装置	131
5.3.12	美国 Chemrec 公司气化生产合成气可用于从再生原料	

生产合成燃料	131
5.3.13 南非 AFC 公司推行费托法燃料和化学品生产工艺	132
5.3.14 美国合资企业将使新一代生物炼油厂推向商业化	132
5.3.15 美国能源环境研究中心将使纤维素生物燃料技术推向商业化	133
5.3.16 福斯特惠勒公司与 PetroAlgae 公司开发生物质制燃料技术	133
5.3.17 法国开发第二代生物燃料项目	133
5.3.18 BNP Paribas 与 ClearFuels 技术公司合建生物炼油厂	134
5.3.19 Rentech 公司将建一体化生物炼油厂项目	134
5.3.20 英国航空公司将使用费托合成生物喷气燃料	134
5.3.21 ClearFuels 公司在美国开发商业化规模生物炼油厂	135
5.3.22 伍德公司推进生物质制油 BioTfuel 工艺	136
5.3.23 使用膜可提高费托合成 BTL 的烃类产量	138
5.3.24 制造生物燃料的新气化方法	138
5.4 非发酵法和发酵法生产生物燃料的其他替代路线	139
5.4.1 将生物质糖类催化转化成可再生燃料路线	140
5.4.2 将生物质转化为燃料中间体,再改质为工业化学品和可再生汽油	141
5.4.3 从农业废弃物生产生物燃料和生物塑料的化学中间体工艺	142
5.4.4 将纤维素转化为“呋喃”类物质用作燃料的简易过程	143
5.4.5 从生物质催化制取燃料和化学品用呋喃的二步法化学工艺	143
5.4.6 将纤维素转化为葡萄糖和 HMF 一步法新工艺	144
5.4.7 生产生物喷气燃料的热催化裂化和分离工艺	145
5.4.8 从生物质生产可再生汽油和柴油的三步法工艺	146
5.4.9 发酵法生产可再生柴油燃料	147
5.4.10 微生物新陈代谢路径生产可再生燃料和化学品获验证	148
5.4.11 生物质酶法制甲基卤化物作为生物烃类燃料前身体	149
5.4.12 LS9 公司商业规模验证生产可再生柴油	150
5.4.13 太阳能驱动生物质气化途径生产合成生物燃料	152
5.4.14 生产生物烃类燃料的 BioForming 工艺	153
5.4.15 生物质预处理加发酵法生产绿色汽油	154
5.4.16 木质材料转化为燃料的 TIGAS 技术	155
5.4.17 基于烯烃易位转化工艺处理可再生油的生物炼油厂	155
5.4.18 新的纳米混合催化剂可使生物燃料增产	156
5.4.19 催化水蒸气热解工艺将植物油转化成生物燃料	156
5.4.20 生物质中间体 γ -戊内酯转化为运输燃料新技术	158
5.4.21 高产率化学水解过程生产纤维素燃料和化学品	160
5.4.22 Virent 与壳牌公司投产生物汽油装置	160
5.4.23 离子液体可用于使生物质转化为糖或羟甲基糠醛	161

5.4.24	生物质制汽油的另一潜在途径:水相加氢脱氧化	162
5.4.25	生物基 γ -内酯在汽油和柴油中的共混特征	163
5.5	从生物质垃圾生产生物燃料	164
5.6	用 CO_2 制取清洁燃料	172
5.6.1	借助太阳能使 CO_2 转化生成烃类燃料	173
5.6.2	太阳能光催化可使 CO_2 和水蒸气转化为烃类燃料	175
5.6.3	生物催化过程使 CO_2 转化为低碳烃类	176
5.6.4	采用传统的费托合成催化剂提高 CO_2 制取高碳烃类的产率	178
5.6.5	CO_2 通过蓝藻可直接转化为液体燃料	179
5.6.6	塔式生物固碳使烟气中 CO_2 可制取生物油	179
5.6.7	CO_2 生产甲醇	180
第6章	生物炼制和生物质化工技术与产业	183
6.1	生物炼油厂纷至沓来	184
6.1.1	生物炼油厂脱颖而出	184
6.1.2	生物炼制发展动向	188
6.1.3	德国加快开发工业化生物炼油厂	194
6.1.4	生物炼油厂生产乙醇、糠醛和费托合成柴油的潜力	195
6.2	生物质化工产品开发技术和应用	197
6.2.1	生物质化工产品开发和应用将加快发展	197
6.2.2	脂肪和植物油的应用不断增长	202
6.2.3	生物质生产乙烯	202
6.2.4	生物质生产丙二醇	204
6.2.5	生物质生产丁二醇	206
6.2.6	生物质生产丁醇和丙醇	209
6.2.7	生物质生产乙二醇	210
6.2.8	生物质生产多元醇	211
6.2.9	微藻生产异丁醇	213
6.2.10	生物质生产丁二酸	213
6.2.11	生物质生产醋酸	214
6.2.12	生物基醋酸乙酯生产	215
6.2.13	生物基己二酸生产	215
6.2.14	生物质生产甲基丙烯酸酯单体	216
6.2.15	生物质生产乳酸及其衍生物	216
6.2.16	生物质生产琥珀酸	217
6.2.17	生物质生产异戊二烯	219
6.2.18	生物质生产丙烯酸	220

6.2.19	生物法生产甲乙酮	222
6.2.20	生物质生产二甲醚	222
6.2.21	生物油生产烷烃	223
6.2.22	生物质生产合成氨	224
6.2.23	纤维素生物质制取芳烃	225
6.2.24	新型生物质降解塑料	225
6.2.25	生物质制氢	242
6.2.26	生物质制造轮胎	244
6.2.27	生物润滑油	245
6.3	微生物产生能源新途径	247
6.3.1	生物酶市场	247
6.3.2	微生物产生能源新实例和新进展	247
参考文献		255

第 1 章 生物质能利用前景 与一般应用进展

1.1 世界生物质能利用前景

随着后化石经济时代的到来,用可再生的生物质资源来替代化石资源已成必然。生物质能是目前应用最广泛的可再生能源,消费总量仅次于煤炭、石油、天然气,位居第四位。生物质能是太阳能以化学能形式储存在生物中的一种能量形式,它直接或间接地来源于植物的光合作用,是以生物质为载体的能量。生物质主要指薪柴、农林作物、农作物残渣、动物粪便和生活垃圾等。生物能与风能、太阳能等都属于可再生能源。到 21 世纪中叶,采用新技术生产的各种生物质替代燃料将占全球总能耗的 40% 以上。目前,国外对生物质的利用侧重于把生物质转化成电力和优质燃料。

全球每年有 2000 亿 t 光合成有机物,其能量相当于全球每年消耗能量的 10 倍,但是目前其利用率还不足每年消耗能量的 7%。自然界每年贮存的生物质能相当于世界主要燃料的 10 倍,而现在全世界能源的利用量还不到其总量的 1%,因此生物质将成为 21 世纪主要的新能源之一。目前生物质能源占全球能源利用总量的 11%,但是部分来自不可持续的采伐。据预计,到 2020 年全世界生物质能源的商业化利用将达到 1 亿 t 油当量,并形成千万 t 级规模的生物液体燃料的生产能力。据联合国开发计划署(UNDP)估计,可持续的生物质能潜力巨大,可满足当前全球能源需求量的 65% 以上。

地球上每年生物体产生的生物质总量约在 1700 亿 t,目前被人类利用的生物质量只有约 60 亿 t,仅占总量的 3.5%。其中 37 亿 t 作为人类的食物,20 亿 t 用作材料和能源,3 亿 t 被用于满足人类其他需求。纤维素、半纤维素和淀粉是生物质中最主要的成分,它们占生物质的 65%~85%,也是地球上储量最大的物质。但这些物质不能被微生物直接发酵利用,只有水解成单糖才能被微生物发酵再利用。

近年来,生物质发电、燃料乙醇和生物柴油等生物质能产业在世界范围内快速发展,生物燃料在一些国家也已实现规模化生产和应用。尤其是进入 21 世纪,随着国际

石油价格的不断攀升及《京都议定书》的生效,生物质能的发展得到世界许多国家的广泛关注,成为国际可再生能源领域的热点。总体而言,美国在开发利用生物质能方面处于世界领先地位。

据分析,2007年全部生物质为世界一次能源 470 EJ($1\text{EJ}=10^{18}\text{J}$)贡献了约 10%,但主要是传统的非商业用途的生物质。液体生物燃料现供应全球运输燃料的 1%~2%,在今后二三十年内,这一份额有望增大。

现在一些作物专用于生产生物燃料,仅利用了世界总的土地面积 132 亿 hm^2 中的 0.25 亿 hm^2 。在巴西,超过汽油总需求量的 40%由甘蔗生产的乙醇提供,除了生产生物燃料外,用作能源的一些作物也常常提供一些联产品,如动物饲料、化肥和电力。

对于生物质未来的潜力,利用适用土地、森林和城市闲土,并种植四季能源作物,则到 2050 年可望达到 150~400 EJ/a(高达世界一次能源的 25%)。一些达 10 亿 hm^2 、不适宜生产食品的边际和低质土地也可通过种植有选择性的能源作物来加以利用。

世界自然基金会和德国应用生态学研究所分别发表研究报告,强调生物能作为可再生能源对未来全球能源发展的重要性。该报告说,生物能的巨大潜力一直因政治因素而被忽视,如果不充分开发利用生物能资源,西方工业国家可能无法实现《京都议定书》制定的减少排放温室气体的目标。报告说,到 2020 年,西方工业国家 15%的电力将来自生物能发电,而目前生物能发电只占整个电力生产的 1%。届时,西方将有 1 亿个家庭使用的电力来自生物能。报告称,生物能资源的开发和利用还能为社会创造大约 40 万个就业岗位。

另外,据德国应用生态学研究所的报告估计,到 2030 年,德国大约 14%的能源需求将由生物能来满足。报告称,到 2030 年,德国 16%的电力、10%的供暖以及 15%的汽车燃料等所需能源都可能来自生物能。

根据法国的能源政策,到 2015 年,全国使用生物燃油的比例将提高到 10%。

芬兰、澳大利亚、瑞典和美国等国家已从木材和木材加工废弃物中获得大量低成本能源。芬兰 20%的能源需求可由生物质能提供,2001 年芬兰建成世界上最大的生物质能热电联产项目,总装机容量达 550MW。

生物质能与煤炭的混合燃烧 also 具有很大的潜力。这项技术十分简单,并且可以迅速减少 CO_2 的排放量。这一技术在斯堪的纳维亚半岛和北美地区使用相当普遍。在美国,有 300 多家发电厂采用生物质能与煤炭混燃技术,装机容量达 6000MW。还有更多的发电厂将可能采纳这一技术。

世界生物能协会(WBA)于 2009 年 12 月 18 日在瑞典农业科技大学发布报告称,世界有潜力能采用可持续的方式生产足够的生物质以满足全球能源需求。

世界生物能协会的报告指出,基于不同的科学研究,生物能生产可望到 2050 年达到 1135~1548 EJ。据国际能源局的预测,总体而言,目前世界消费能源 490 EJ,到 2050 年将会超过 1000 EJ。报告指出,生物能最大的潜力将来自过剩农业土地和退化

土地的生物质生产。现在使用生物质能量仅 50 EJ,为全球能源消费的 10%。生物能源作物在 2500 万 hm^2 土地上生长,这仅为世界总土地面积的 0.19%和总的农业土地的 0.5%。与其他技术相比,生物能有清洁之优势,许多小规模 and 廉价的生物能解决方案可直接予以实施。



1.2 我国生物质能利用前景

我国以石油为原料的大宗化学品长期供不应求,大量依靠进口。如 2005 年己二醇进口 400 万 t,对外依存度高达 78%。解决大宗化学品产量不足及对石油的严重依赖,加快原料多元化的研究开发迫在眉睫。我国科技部已将“非石油路线制备大宗化学品关键技术开发”列为“十一五”国家科技支撑计划重点项目。以可利用的天然气及煤层气、煤炭、工业废气、生物质等四大类非石油资源为原料,通过对化学工业竞争力大幅提升的若干重大关键共性技术的突破,将为节约和部分替代石油资源及工艺路线的变革提供技术支撑。通过若干非石油路线大宗化学品产业化示范,将培育形成自主知识产权的战略性产业。生物质资源将是非石油路线制备化学品的重要来源。

生物质能作为可再生能源是仅次于煤炭、石油、天然气之后第四大能源,它在整个能源系统中占有重要的地位。我国农村的生物质能主要包括农作物秸秆、人畜粪便、农产品加工副产品和能源作物等几大类。目前,我国农村生物质能开发利用已经进入了加快发展的重要时期。统计显示,截至 2005 年底,我国农村中使用沼气的农户达到 1807 万多户,建成养殖场沼气工程 3556 处,产沼气约 70 亿 m^3 ,折合 524 万 t 标准煤,5000 多万能源短缺的农村居民通过使用了清洁的气体燃料,生活条件得到根本改善。

生物质能包括农作物秸秆、林业剩余物、油料植物、能源作物、生活垃圾和其他有机废弃物。目前,每年可作为能源使用的农作物秸秆资源量约为 1.5 亿 t 标准煤,林业剩余物资源量约 2 亿 t 标准煤,小桐子(麻风树)、油菜籽、蓖麻、漆树、黄连木和甜高粱等油料植物和能源作物潜在种植面积可满足年产 5000 万 t 生物液体燃料的原料需求。工业有机废水和禽畜养殖场废水资源量,理论上可以生产沼气近 800 亿 m^3 ,相当于 5700 万 t 标准煤。根据目前我国生物质能利用技术状况,生物质能利用重点将是沼气、生物质发电、生物质液体燃料等。

我国生物质资源十分丰富,可用于生物质能源的农林等有机废弃物年产能潜力为 3.82 亿 t 标准煤,可用于种植能源植物的边际性土地年产能潜力为 4.15 亿 t。此外,中国已拥有一批可产业化生产的能源植物,如南方的木薯和甘蔗,北方的甜高粱和旱生灌木,中国广大地区还可发展木本油料等油脂植物。

生物质能源是唯一可再生、可替代化石能源转化成液态和气态燃料以及其他化工原料的碳资源,其含硫量低、灰分含量少、含氢量高。利用生物质能源可以弥补化石燃料的不足,缓解我国 50%石油依靠进口的被动局面,而且利用生物质能源几乎不产生污染。

在未来十年内,我国生物质资源的开发将达到 15 亿 t 标准煤/a,如果将其中的 40%用来生产乙醇、生物柴油、二甲醚等液体燃料,每年可向市场提供 3 亿 t 的石油替代品。

我国的生物质能资源虽然非常丰富,但利用率十分低下,而且主要被作为一次能源在农村使用。生物质能约占农村总能耗的 70%,但大部分被直接作为燃料燃烧或废弃,利用水平低,浪费严重,且污染环境。因此,充分合理开发使用生物质能,对改善我国尤其是农村的能源利用环境,加大生物质能源的高品位利用具有重要的经济意义。

改革开放 20 多年以来,我国以能源消费翻一番支持了国内生产总值翻两番,能源利用效率有了显著提高。但总体来看,我国仍然没有摆脱“大量生产、大量消费、大量废弃”的传统发展方式,能源资源少、结构不合理、利用效率低和环境污染严重等问题仍然非常突出。我国计划 2020 年实现国内生产总值比 2000 年再翻两番,能源消费即使翻一番,一次能源消费总量也将达到 30 亿 t 标准煤,石油的进口依存度也将进一步增加,能源供应安全将面临更大的挑战。从长远发展来看,如果不能在节约能源、优化能源结构和发展新兴可再生能源方面取得实质进展,我国的能源安全问题将更加突出,环境污染和生态破坏的压力将更加沉重,能源和环境形势将进一步恶化,势必严重阻碍经济社会的可持续发展。

生物质能源产业是在近几年全球油价飙升的背景下快速发展起来的。然而,在 2008 年 7 月中旬创出新高之后,国际原油价格急剧回落,给生物质能源产业带来了巨大挑战。截至 12 月初,国际油价已跌至每桶 50 美元以下,此后又回升至 70 美元/桶左右,油价在高位盘旋,说明发展生物质能源更有价值。调整原料和产品路线,仍是当前推动生物质能源产业继续发展的关键。

当前,我国生物质转化利用的产品包括固体燃料、液体燃料油(包括乙醇、生物柴油、生物油等)、气体燃料和生物质气化发电。从这几年我国生物质利用情况来看,生物柴油存在原料不足、成本高的问题,这些问题在国际油价下跌之时曾一度阻碍了它的发展。目前具有一定种植规模的原料油如菜籽油、大豆油以及棉籽油等价格过高,均高于生物柴油成品,而具有一定价格优势的油品如地沟油、酸化油、泔水油等又缺乏国家统一规范管理,原料过于分散,原料质量参差不齐,导致生物柴油的生产存在规模化程度低、原料预处理难、催化剂活性低且分离困难等问题,生物柴油产业化进程长期停滞不前,远远落后于市场需求。在生物质气化发电技术方面,发电转化效率低,一般只有 12%~18%,不能满足大工业规模应用的需求,中大型的气化发电技术和设备的核心技术缺乏研究,燃气热值低,气化气体中的焦油含量高,二次污染严重;生物质压缩成固体燃料由于在压缩和烘干中要消耗大量的电能,能量转换并不划算。

针对我国生物质利用存在的原料、成本等障碍,生物质利用亟须解决发展定位问题,从实践来看,首先应当把成本低的农林废弃物作为原料路线,我国每年仅林业剩余物就超过 2 亿 t,约合 1 亿 t 标准煤,是一个巨大的绿色能源与资源库。其次要把液体燃料油作为生物质利用的产品路线,但当前大多数液体燃料油工程采用简单工艺和简

陋设备,设备利用率低,转换效率低下;研究开发技术单一,缺乏综合利用与其他化工产品统筹研发,各项技术或系统间缺乏必要和有机的集成。

当前还不是我国生物质能源大规模发展与利用的时期,对生物质利用不能期望太高。像生物柴油在建的生产能力就达 350 万 t/a,一哄而上,不注重技术的研发,只能自己把自己束缚。国家有关部门应当把生物质利用作为战略产业来进行扶持,根据不同地域、不同原料建立适度规模的示范工程,连续运行,把可能出现的问题都反映出来,积累经验和数据,重点改造和突破。针对生物质能源产业的优惠和鼓励政策还要具有可操作性,重点要形成发展机制。

我国生物质能发展大事记:

(1) 2001 年,国务院决定在吉林、安徽、河南等四省建陈化粮乙醇厂,生产能力为 73 万 t,2006 年产量达 130 万 t。

(2) 2005 年 6 月,《可再生能源法》通过。其第十六条规定:“国家鼓励清洁、高效地开发利用生物燃料,鼓励发展能源作物。将符合国家标准生物液体燃料纳入其燃料销售体系。”

(3) 2006 年 3 月,《中华人民共和国经济和社会发展“十一五”规划纲要》规定:“加快发展生物质能,支持发展秸秆、垃圾焚烧和垃圾填埋发电,建设一批秸秆和林木质电站,扩大生物质固体成型燃料、燃料乙醇和生物柴油生产能力。”

(4) 2006 年 4 月,国家发改委在全国立项建 30 个左右生物质能源高技术示范工程项目。

(5) 2006 年 8 月,国家发改委、农业部、林业局联合召开“全国生物质能源开发利用工作会议”。

(6) 2006 年 11 月 12 日,财政部、国家发改委、农业部、国家税务总局、国家林业局等五部委联合发布《关于发展生物能源和生物化工财税扶持政策的实施意见》。

(7) 2006 年 11 月 17 日,国家发改委通过生物乙醇“十一五”发展规划及政策建议论证。

(8) 2006 年至 2009 年,众多特大型国有企业及大量中小企业,在广西、海南、新疆、内蒙古、山东、云南等地积极投入生物质能源产业开发。

(9) 2007,国家限制粮食大量用于生物能源的生产,保障人畜使用为第一原则,中国生物能源发展开始转向非粮食作物。

农业生物质开发利用是当前国内外广泛关注的重大课题,既涉及农业和农村经济发展,又关系到能源安全。我国农业生物质资源主要有农作物秸秆、能源作物、畜禽粪便和农产品加工业副产品等。大力加强农业生物质开发利用,既是我国开拓新的能源途径、缓解能源供需矛盾的战略措施,也是解决“三农”问题、保证社会经济持续发展的重要任务。农业部生物质工程中心于 2006 年 12 月中旬成立,近期目标是:构建开放式农业部生物质工程中心平台,加强农业生物质技术与工程集成,在固化成型、燃烧、沼气、燃料乙醇、生物质材料等方面的关键技术研究 and 装备开发方面取得突破性进展,创新一批具有自主知识产权的技术和产品;推广一批先进的生物质工程技术;建成

一批生物质产业化示范工程;开展我国农业生物质资源现状调查,初步查清我国农业生物质资源的拥有量和分布情况,建立农业生物质资源数据库,促进我国农业生物质产业的形成与发展。中远期目标包括:全面推进生物质工程科技创新,在生物质能源转化和材料利用等方面达到国际先进水平,部分技术达到国际领先水平,增强我国农业生物质产业的国际竞争力;提高生物质能和产品在能源消费中的比重,通过生物质利用解决农村生活燃料短缺问题;基本实现农业废弃物的资源化利用,促进我国生态环境保护和可持续发展的。

国家林业局对生物质能源已经做出初步规划,准备拿出2亿亩(1亩=666.6m²)林地作为生物质能源种植基地。有些树种的果实含油量为50%以上,通过发展生物质能源实现林油一体化,既解决了能源的可替代问题,也解决了生态问题。

国家发改委就我国生物燃料产业发展做出三个阶段的统筹安排:“十一五”实现技术产业化,“十二五”实现产业规模化,2015年以后大发展。预计到2020年,我国生物燃料消费量将占到全部交通燃料的15%左右,建立起具有国际竞争力的生物燃料产业。我国是石油资源相对贫乏的国家。据测算,我国石油稳定供给不会超过20年,很可能在我们实现“全面小康”的2020年,就是石油供给丧失平衡的“拐点年”。为缓解能源压力,我国政府未雨绸缪,有关生物能源和生物材料产业研究已有数十年历史,在生物质能加工转化及相关环保技术方面有了一定的积累。我国完全有条件进行生物能源和生物材料规模工业化和产业化,可以在2020年形成产值规模达万亿元,在“石油枯竭拐点”形成部分替代能力。为实现“三步走”目标,国家发改委要求开展四项工作:一是开展可利用土地资源调查评估和能源作物种植规划;二是建设规模化非粮食生物燃料试点示范项目;三是建立健全生物燃料收购流通体系和相关政策;四是加强生物燃料技术研发和产业体系建设。

财政部对中国能源与生物化工产业将采取弹性亏损补贴、原料基地补助、示范补助、税收优惠四项财税扶持政策,为生物能源与生物化工产业的健康发展提供有力保障。在对生物质能发展实行财税扶持政策的同时,财政部将坚持三项原则:坚持不与粮争地,鼓励开发未利用土地建设生物能源原料基地;坚持产业发展与财政支持相结合,要有利于鼓励企业提高效率,有利于科技进步;坚持生物能源与生物化工发展积极稳妥,引导产业健康有序发展,避免投资过热。此外,科技部在“十一五”(2006~2010年)期间投入1.5亿元实施国家科技支撑计划重大项目“农林生物质工程”,进行以生物质能源与生物质化工为主的研发,为生物质能源产业提供技术支撑。

我国已连续三个五年计划将生物质能源技术开发和应用列为重点。

根据《可再生能源中长期发展规划》确定的发展目标,到2010年,我国生物质发电量、沼气产量、固体成型燃料、非粮食液体燃料将分别达到550万kW·h、190亿m³、100万t和120万t;到2020年,这四项指标将分别提升至3000万kW·h、440亿m³、5000万t和1000万t。

根据中国国情和借鉴国外经验,并经可行性分析与论证,中国生物质能源发展的中期目标:到2020年,生产生物乙醇2300万t、生物柴油及共生产品500万t、车用甲