

Biofuel Industry in China:
Strategy and Policy

中国生物液体燃料 发展战略与政策

王仲颖 赵勇强 张正敏 等著



化学工业出版社

F426.2
W478-2

Biofuel Industry in China:
Strategy and Policy

39

中国生物液体燃料 发展战略与政策

王仲颖 赵勇强 张正敏 等著

本书是在国家发改委相关课题研究成果的基础上修改、完善而成的,是国内可再生能源领域第一部全面论述生物燃料发展战略与政策的著作。本书通过分析国际上生物燃料产业发展趋势和经验,评估我国发展生物燃料的资源潜力、技术发展和产业现状,总结面临的问题和挑战,进而探讨我国生物燃料规模化发展的战略任务、总体思路、发展目标,并提出促进我国生物燃料产业发展的政策措施建议。

本书内容丰富、观点较新,是从事政策制定和发展战略研究工作的一份有价值的参考文献,可供大专院校政策研究的科技人员和研究生、政府决策人员参考,也可供生物燃料企业主管参阅。

图书在版编目(CIP)数据

中国生物液体燃料发展战略与政策/王仲颖,赵勇强,
张正敏等著. —北京:化学工业出版社,2010.1
ISBN 978-7-122-07402-7

I. 中… II. ①王…②赵…③张… III. 生物燃料:
液体燃料-燃料工业-经济发展战略-研究-中国 IV. ①F426.2
②TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 232832 号

责任编辑:王 斌 伍大维
责任校对:宋 玮

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张12¼ 字数305千字 2010年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:80.00 元

版权所有 违者必究

序

长期以来,石油、天然气等化石能源一直是人类社会发展的基本物质条件,今天仍然是国民经济发展的主要能源支柱。但是,这类能源同时存在一些难以克服的缺陷,即资源的有限性和对环境的污染,并日益严重地威胁着人类社会的安全和发展。尽管对石油等化石能源的开采寿命,学术界做过多种估计和预测,结论不尽一致,甚至千差万别,但有一点却是共同的,即石油等非再生能源资源的耗尽是不可避免的,总有一天将面临枯竭的问题。为了应对这一问题,人们不得不重新寻找新的清洁的可持续供应的液体能源。经过多年的探索和研究,人们已经得到多种可以替代石油的燃料技术,生物液体燃料(有时简称为生物燃料,即 biofuel)即是其中之一。

生物液体燃料是以生物质为原料生产的液体燃料,不仅可作为交通运输燃料,还是许多化学产品的原料。生物燃料既可以使用淀粉质和糖质原料,也可以用各种废弃油脂和木质纤维素来生产。作为替代能源,相对于煤基、气基液体燃料而言,生物液体燃料的优势十分突出:一是原料来源广泛,潜力大,可再生,不存在资源枯竭问题;二是能直接带动农村经济发展,有利于“三农”问题的解决。除此之外,生物液体燃料还拥有正面的节能与减排效益和有助于改善生态和环境的作用。因而,生物液体燃料已成为世界上一些国家竞相开发利用的重点课题。

目前,世界上较成熟的生物液体燃料是燃料乙醇和生物柴油。前者以玉米、蔗糖为原料,后者以大豆、油菜籽为原料,其产品被统称为传统生物液体燃料或第一代生物液体燃料,已成功地用作车用燃料,得到了广泛应用。但此类能源目前还存在着与人争粮、争油、争地、争水的缺点,目前正在转向先进生物液体燃料或第二代、甚至第三代生物液体燃料(如纤维素、乙醇、合成油和生物裂解油等)的开发,以避免过度使用糖、粮资源对人类粮食安全构成不良影响。

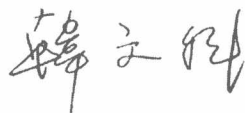
我国从2001年开始生物燃料的批量生产。在政府支持下,短短4年间即建立了4个以粮食为原料的燃料乙醇厂。到2006年,全国燃料乙醇和乙醇汽油的生产销售量分别达到132万吨和1544万吨,直接替代车用汽油约123万吨,已成为世界上继巴西、美国之后第三大生物燃料乙醇生产使用国,并在减少汽车尾气排放方面发挥了作用。与此同时,还兴建了一批生物柴油厂,在带动非粮生物燃料的发展方面起到了一定作用。

但是,从总体来看,我国生物燃料发展过程中遭遇的问题和风险仍十分严峻。首先是非粮原料资源基础薄弱,潜力不清,稳定供应不确定性大;其次是工艺技术不完善,产业化程度低,绝大多数非粮生物燃料技术基本上处于研究开发与试点示范阶段,不足以支撑规模化发展的需要;第三是,生产成本低,市场竞争能力弱。尽管通过提升规模经济和原料作物单产,继续改进工艺技术,生物燃料成本还有进一步下降空间,但随着能源和材料价格不断上涨以及人员工资的增加,又将推动生物燃料生产成本上升,直接对其抗风险能力构成负面影响,进一步加大市场风险;四是,政策滞后,体系不全,指导乏力,尤其是《可再生能源法》中已经明文规定要求尽快出台的实施细则等政策迄今仍未出台,进而对生物燃料发展造成不良影响。如市场流通与监管政策、投资补贴政策、燃料价格政策、财税优惠政策、行业准入政策和资源供应保障政策等,由于未能及时研究制定和颁布实施,已对生物燃料产业的

健康有序地发展造成影响。

基于此，国家发改委能源所可再生能源发展中心受原国家发改委能源局的委托，并在美国能源基金会“中国可持续能源项目”的支持下，启动了“中国生物液体燃料规模化发展研究”。该研究的目的是通过考察分析国际上生物燃料产业发展趋势和经验，评估我国发展生物燃料的资源潜力、技术发展和产业现状，总结面临的问题和挑战，进而探讨我国生物燃料规模化发展的战略任务、总体思路、发展目标，并提出促进我国生物燃料产业发展的政策措施建议。经过近两年的研究较好地完成了任务，并按时完成了研究报告。本书即是在研究报告基础上，经过补充、修改而形成的。

《中国生物液体燃料发展战略与政策》是我国可再生能源领域第一部全面论述生物燃料发展政策的著作。尽管由于时间、知识水平和实践经验的限制，书中难免出现不当之处，但我认为，从整体来看，该书内容丰富、观点较新，论述有深度，是从事政策制定和发展战略研究工作的一份有价值的参考文献，可供大专院校政策研究的科技人员和研究生、政府决策人员参考、阅读，也可供生物燃料企业主管参考和阅读。



国家发展和改革委员会能源研究所 所长

前 言

本书是在我们 2008 年完成的“中国生物液体燃料规模化发展研究”课题研究报告的基础上修改而成的。

该项课题启动于国内外生物液体燃料产业热潮正在兴起的 2006 年，开展于飙升的国际石油和农产品价格把生物液体燃料产业推向狂热阶段和争论漩涡的 2007 年和 2008 年，最后完成于生物液体燃料产业的发展热潮有所回落但争议犹存的 2008 年末。在该书形成的 2009 年末，国内外生物液体燃料产业正酝酿着一场长期而艰巨但意义深远的升级转型。

回顾这几年国内外生物液体燃料产业的发展历程，我们更感到冷静看待和科学发展生物液体燃料产业的重要性，也更加认识到开展此项研究工作的必要性和复杂性。生物液体燃料有百年的发展历史，与交通能源体系演进、农业经济发展、环境保护、粮食安全和近些年来日益突出的气候变化等一系列问题都有直接关系，并随着开发利用规模的扩大使得这些全球性人类发展问题日益密切而复杂地交织在一起，成为发达国家和发展中国家都必须认真思考和对待的一个新兴产业，也成为全球治理和不同领域的一个重要交汇点。

面对如此复杂的问题，希望本书能起到抛砖引玉的作用，引起更多、更深入的思考和研究，从而为推动中国生物液体燃料产业健康有序发展、切实有效促进可持续发展尽一些绵薄之力。本书存在一些不足和纰漏的地方，敬请读者批评指正。

参与本项课题研究和本书写作的人员还有国家发展和改革委员会能源研究所可再生能源发展中心的秦世平、任东明、高虎、胡润青、时璟丽、孟松等，以及中丹可再生能源项目的樊京春、张庆分和窦克军等，在此对他们所作的贡献予以感谢。能源基金会“中国可持续能源项目”及交通项目主管龚慧明先生对该项研究提供了大力支持，对其支持深表感谢。

作 者
2010 年 1 月

目 录

第一篇 总 论

第一章 基本概念	2
第一节 生物质能	2
一、生物质能概述	2
二、生物质能资源	3
三、生物质能利用技术	6
第二节 生物液体燃料	14
一、生物液体燃料概述	14
二、生物液体燃料资源	15
三、生物液体燃料转化技术	18
第二章 发展生物液体燃料的战略意义	23
第一节 生物液体燃料的复兴	23
第二节 生物液体燃料发展前景展望	24
第三节 中国发展生物液体燃料的重要意义	25
一、增加车用替代燃料, 弥补石油燃料不足	25
二、保护环境和减排温室气体, 促进可持续发展	26
三、创建新的经济增长点, 促进农民增收和新农村建设	26
四、培育战略性新兴产业, 参与全球产业发展竞争	27
第三章 中国生物液体燃料的发展现状与挑战	28
第一节 市场需求	28
第二节 发展现状	28
一、燃料乙醇	28
二、生物柴油	30
第三节 主要问题和挑战	31
一、发展道路存在不同意见	32
二、原料资源基础仍然薄弱	32
三、技术产业发展水平不高	33
四、缺乏竞争力和抗风险能力	33
五、扶持政策和市场环境不完善	34
第四章 发展生物液体燃料的基本原则和战略任务	36
第一节 基本原则	36
一、立足非粮原料, 坚持多元发展	36
二、优先培育资源, 稳步发展产业	36
三、坚持统筹规划, 确保协调发展	36
四、强化政府引导, 依靠市场运作	37
第二节 战略任务	37
一、转变扩大原料结构, 夯实资源基础	37

二、完善优化产品结构, 提高经济效益	37
三、调整产业组织结构, 提高产业效率	38
四、转变产业发展理念, 确保可持续发展	38
五、健全产业政策体系, 促进产业健康发展	38
第三节 战略目标	38
一、近期: 促进技术产业化	39
二、中长期: 初步产业化和规模化发展	39
三、长远期: 全面实现大规模发展	39

第二篇 国际生物液体燃料发展趋势和政策实践

第一章 全球生物液体燃料发展历程和形势	40
第一节 生物液体燃料的兴衰和复兴: 机遇真的来了吗	40
第二节 美国: 加速发展的全球领先者	42
第三节 巴西: 农业大国的曲折及成功范例	43
第四节 欧盟: 全球环保领军者的持续努力	44
第五节 其他国家	44
第六节 近期争议	45
第二章 生物液体燃料发展方向和前景	46
第一节 生物液体燃料市场需求	46
第二节 生产应用技术路线和经济竞争力	47
一、传统生物液体燃料	48
二、先进生物液体燃料	49
第三节 能量平衡和温室气体排放影响	51
第四节 资源条件和发展潜力	53
第五节 小结	55
第三章 生物液体燃料对粮食安全和农业经济发展的影响	56
第一节 国际社会关于生物燃料威胁粮食安全的争论	56
第二节 生物液体燃料对粮食安全的影响分析	57
第三节 生物液体燃料产业与农业经济发展	61
第四章 主要国家生物液体燃料产业政策实践与分析	63
第一节 未来政策选项	63
第二节 主要国家生物液体燃料产业政策实践	64
一、多重目标、扶持与监管并重的政策体系	64
二、技术政策	65
三、环境政策	67
四、可持续准则和认证	68
五、贸易政策	69
六、小结	70
第三节 生物液体燃料产业: 全球治理的重要交汇点	70
一、作为全球治理交汇点的生物液体燃料产业	70
二、生物液体燃料产业的全球治理框架初探	71
第五章 对我国发展生物液体燃料的启示	75

第三篇 中国生物液体燃料技术发展和评价

第一章 主要生物液体燃料技术特点和发展状况	77
第一节 粮食乙醇	77
第二节 木薯乙醇	80
第三节 甘薯乙醇	81
第四节 甜高粱乙醇	82
第五节 纤维素乙醇	84
一、纤维素的预处理	84
二、水解糖化	86
三、纤维素糖化产物的发酵	87
四、纤维素生物燃料酒精技术的发展方向	88
第六节 生物柴油	92
一、均相催化法	92
二、非均相催化法	92
三、酶催化法	92
四、不用催化剂的超临界法	93
第七节 生物质裂解油	96
第八节 生物合成燃料	98
第九节 藻类生物柴油	100
一、微藻生物柴油的特点	100
二、微藻培养与光生物反应器	101
三、微藻脂质提取与转化	103
第二章 我国生物液体燃料经济性分析	104
第一节 生产成本估计	104
第二节 成本影响因素分析	107
第三章 化石能源平衡和温室气体排放分析	109
第一节 国外研究分析结果	109
第二节 国内相关研究的初步结论	111
第四章 粮食安全与生物液体燃料	114
第一节 中国粮食和糖油供需形势和政策	114
第二节 中国土地和水资源开发利用形势和政策	114
第三节 中国粮食安全对发展生物液体燃料产业的影响	115
第五章 主要生物液体燃料原料资源开发潜力	116
第一节 废弃糖类和动植物油脂资源	116
第二节 非食用粮糖油类作物资源潜力	116
一、木薯	116
二、甘薯	117
三、甜高粱	118
四、油料植物	119
第三节 纤维素生物质资源	120
一、秸秆	120

二、薪柴	121
第四节 小结	122
第六章 中国生物液体燃料技术发展方向选择	123
第一节 基本要求	123
第二节 发展方向	123
附录 部分生物液体燃料技术经济指标的比较	124

第四篇 中国生物液体燃料产业发展政策

第一章 现行政策实施回顾与评价	127
第一节 现行政策分类与特点	127
第二节 现行政策基本内容和要求	128
一、第一类政策：战略规划和计划	128
二、第二类政策：法律、法规和条例	129
三、第三类政策：行政监督与管理	129
四、第四类政策：经济激励与财税优惠	131
第三节 现行政策实施效果和存在问题	132
一、实施效果	132
二、存在问题	133
附录 我国生物液体燃料现行政策概览	135
第二章 中国生物液体燃料产业政策框架	139
第一节 生物液体燃料产业政策框架	139
一、生物液体燃料产业的政策需求	139
二、生物液体燃料政策框架构想	139
第二节 各项制度的基本内容和要求	140
一、生产项目国家审核制度	140
二、非粮原料监管和保障制度	141
三、政府指导价统一收购制度	142
四、逐步实施灵活便利的使用制度	143
五、原料和产品进出口监管制度	143
六、经济激励与监管惩罚制度	143
附录 案例研究：木薯种植收购保障模式与机制研究	145
第三章 促进生物液体燃料产业发展的重要政策措施	178
第一节 开展重点地区资源详查评价	178
第二节 制定颁布专项发展规划	179
第三节 颁布实施非粮生物液体燃料产业政策	180
第四节 组织示范项目建设和车用混合燃料试点工作	180
第五节 组织制定技术和产业发展路线图	181
第六节 加大经济激励和财税扶持力度	181
第七节 研究制定实施可持续生产准则规范	182
第八节 加强国际生物液体燃料政策协调	182
参考文献	183

第一篇 总 论

生物液体燃料指以可再生的生物质资源为原料生产的液体燃料，主要用作交通燃料以补充替代石油燃料。随着全球石油供应形势的日益紧张和价格高涨，生物液体燃料产业已成为许多国家能源、环境和农业发展战略的重要组成部分，生产应用规模迅速扩大，国际化程度不断增强，成为一个方兴未艾的新兴产业，可望在未来全球经济和能源体系中产生重要作用和广泛影响。尤其是国际金融危机以来，新兴产业被视为推动未来世界经济发展的主导力量，发展战略性新兴产业、争夺经济和科技制高点成为世界主要国家的战略方向。作为战略性新兴产业中的一个热点和焦点，生物液体燃料备受关注和重视。

但是，生物液体燃料产业在总体上仍处于初级发展阶段，其技术、产品和市场仍在快速变化更新，该产业的快速扩张对全球粮食安全和自然生态环境的潜在影响也日益明显，许多国家的生物液体燃料产业相关战略和政策也正在加紧制定完善之中，其未来发展既存在广阔潜力，也面临显著的不确定性和较大挑战。

中国作为世界上最大的发展中国家，在保障能源安全、保护自然和生态环境、应对气候变化和促进农村农业发展等方面都面临着巨大挑战。近年来中国政府出台了一系列促进生物液体燃料发展的政策措施，有效地推进了生物液体燃料产业发展。但总的来看，在化石燃料供应日益紧张和石油价格上涨预期的背景下，面对全球生物液体燃料产业的快速扩张及其带来的争议，中国的生物液体燃料产业也面临着朝什么方向发展、走什么样的发展道路、如何去发展等一系列产业发展初期所必须回答的问题。如果这些问题得不到及时回答和解决，不仅会严重影响国内生物液体燃料市场的健康稳定发展，也使产业发展战略判断陷入困境。因此，科学回答和解决这些问题成为中国生物液体燃料产业突破困局、破茧而出、实现良性和可持续发展的迫切需要。

由此，在当前的政策框架下，深入考察评估国际生物液体燃料产业发展前景和影响，探讨中国生物液体燃料产业及相关领域的发展战略和对策，研究和选择适合中国国情的生物液体燃料产业发展路线图，无论是对于提高国家经济和科技竞争力，还是对于促进经济、社会和自然可持续发展，都具有较强的现实意义和深远的战略意义。

基于上述背景，国家发展和改革委员会能源研究所在原国家发展和改革委员会能源局可再生能源处的指导下，在美国能源基金会的资金支持下，开展了中国生物液体燃料规模化发展战略与政策的研究工作。研究过程中，能源所组织相关领域专家深入分析了当前全球生物液体燃料发展的新形势，从不同角度阐述了中国发展生物液体燃料的战略意义，探讨了中国生物液体燃料规模化发展面临的困难和障碍，剖析了其深层次原因，总结、分析并结合国际经验，从国家角度明确了发展生物液体燃料的指导思想、基本原则和战略任务，指出了生物液体燃料产业发展的技术和产业方向和路线，提出了适合中国国情的规模化发展生物液体燃料的政策建议。

第一章

基本概念

第一节 生物质能

一、生物质能概述

生物质是广泛存在地球上的物质，它包括所有动物、植物和微生物以及由这些有生命物质派生、排泄和代谢的有机质。生物质的生长主要通过光合作用来完成，即生物质吸收来自太阳的能量，经过一系列复杂的物理化学变化，将二氧化碳和水化合成自己的组织，同时释放出氧气。可以说生物质就是一个储存太阳能的有机能量库，这个能量库中的能量可以通过化学和物理的转化方式被人类作为能源所使用，这类能源就是我们所说的生物质能。

光合作用的过程可用图 1-1-1 表示，绿色植物通过叶绿体，在光能作用下，生成初产物葡萄糖，生物质就是这类初产物及其各类衍生物的总称。通过光合作用可以将太阳能转化为化学能，这些能源是植物赖以生长的主要物质来源和全部能量来源，也是其他直接或间接依靠植物生存生物的有机物和来源。可以说，光合作用是地球生命活动中最基本的物质代谢和能量代谢。

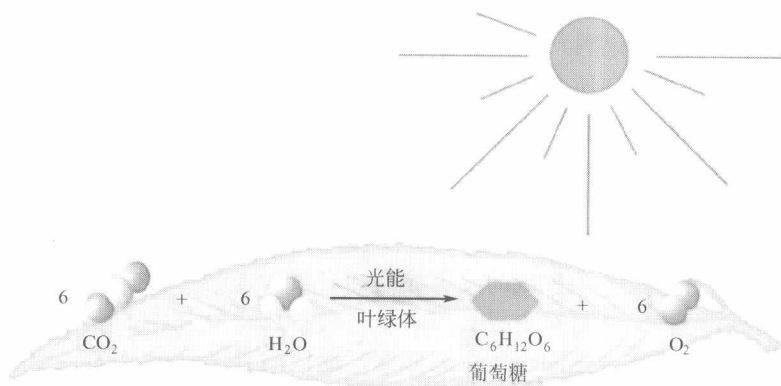


图 1-1-1 光合作用原理图

生物质吸收太阳能辐射的效率约在 8%~15% 之间，但根据地区的环境和土壤条件等因素会有所不同，一般不会低于 2%。一般来讲生物质每固定 1 摩尔碳可吸收 470 千焦（112 千卡）的能量。但从生成总量来看，地球上每年生长的生物质资源总量达 1400 亿~1800 亿吨（干重），这些生物质通过光合作用所贮存的能量，约相当于目前世界总能耗量的 10 倍，如与目前人类所消耗的矿物能源相比，世界生物质的生产量相当于矿物能源的 20 倍。

生物质能是人类最早利用的能源，古人钻木取火、伐薪烧炭，实际上就已开始了对

生物质能源的使用。但传统的生物质能利用方式是低效而不经济的,随着工业革命的进程,化石能源的大规模使用,使生物质能逐步被以煤和石油天然气为代表的化石能源所替代。时过境迁,随着化石能源的枯竭和科技的发展,利用高新技术手段开发生物能源成为可能,生物质能正在成为替代化石能源的主要可再生能源之一,受到世界各国能源领域的关注。

二、生物质能资源

生物质能资源十分广泛、开发利用途径多样。依据生成方式和来源,生物质能资源主要包括两大类,一是工农业和生活中产生的各类废弃生物质,包括农业废弃物、林业废弃物、生活废弃物和工业废弃物;二是潜在的人工培育生物质资源,包括各类能源农作物、能源林木、工程微藻等。目前利用的生物质能资源主要包括农作物秸秆、林木生物质、畜禽粪便、城市生活垃圾、工业有机废水和能源作物。

(一) 农业废弃物

农业废弃物主要包括农作物秸秆和农产品加工剩余物。

农作物秸秆是指去除果实的农作物茎、秆部分,它包括各类粮食作物、经济作物、油料作物的秸秆,如玉米秸、高粱秸、麦秸、稻草、豆秸和棉麻秆等。中国作为一个农业大国,具有丰富的秸秆资源,它是各类生物能源资源中最为大量和具有稳定产量的一种。在经济较为发达的东南沿海省市,以及东北等秸秆大量剩余地区,尚存在着将废弃的秸秆在田间焚烧的现象(图 1-1-2)。专家估计,每年焚烧的秸秆达 7000 万吨以上。这不但严重危害周边环境,同时也浪费了大量资源。因此对于秸秆的利用,目前我国已受到了极大的关注。



图 1-1-2 我国农村被废弃和焚烧的秸秆

农产品加工剩余物主要来自于粮食加工厂和制糖厂,如碾米厂产生的稻壳和蔗糖厂加工后剩余的蔗渣等,这些生物质资源对加工厂来说是需要处理的废弃物,如作为能源使用则可实现资源的循环利用,可有效提高工厂自身的经济效益。

(二) 林业资源

林业生物质资源包括林木生物能资源和林业废弃物资源。

林木生物质能源主要是指对林木生物质采取工业化利用技术转化为工业能源。这类资源的利用在西方国家较为广泛,我国主要以薪炭林为主。

林业废弃物资源包括林业“三剩物”(采伐剩余物、造材剩余物、木材加工剩余物)和

废旧木质材料，其主要来源如下。

(1) 采伐剩余物 采伐剩余物主要包括枝丫、树梢、树皮、树叶等，其剩余比例会随森林类型、树种、木材的利用方式不同而发生变化。

(2) 造材剩余物 树木采伐后生产原木时需要经过造材工艺，此工艺过程会有残余物产生。

(3) 木材加工剩余物 木材加工剩余物主要来源于商品材，农民自用材主要用于房屋建设和薪材，产出的剩余物很少，商品材多数用于木材加工企业，产出的剩余物比较多，进入制材厂的原木，从锯切到加工成木制品，将产生树皮、板皮、边条和下脚料、锯末和刨花等剩余物（图 1-1-3）。



图 1-1-3 林业加工产生的木屑

(4) 废旧木质材料 主要来源于危房改造和家具更新淘汰，这类资源在国外发达国家得到了有效和回收利用。

尽管林业资源来源渠道多种多样，但都与森林的发展和采伐有着不可分割的关系。所以，林业生物质的获取必须充分考虑到森林的生长和保护的需要，否则将带来严重的生态环境问题。

（三）畜禽粪便

畜禽粪便是包括猪、牛、羊等牲畜和鸡、鸭等家禽所产生的粪便，这些动物目前在我国主要有两种饲养方式：一种是小型养殖场和家庭户养，如羊、马、鸭等，这类饲养方式会使粪便散失，很难进行收集利用；另一种是大中型畜禽养殖场，如牛、猪和鸡等，大中型养殖场的畜禽粪便可进行集中处理，易于收集，因此目前畜禽粪便的利用主要集中于大中型养殖场的粪便处理上。

畜禽粪便是农业生产中的宝贵资源，如果大量流失或弃之不用，不仅造成严重的环境污染，而且也是资源的巨大浪费。畜禽粪便的能源化利用，不仅可以遏制畜禽粪便的随意排放产生的环境污染，而且可以产生高品位能源。畜禽养殖场产生的污染物主要有污水、固体粪便和恶臭气体。规模化养殖业的粪尿排泄物及废水中含有大量的氮、磷、悬浮物及致病菌，污染物数量大而且集中，尤其以水质污染和恶臭对环境造成的污染最为严重，因此对大中型养殖场的畜禽粪便处理是极具开发潜力的。

（四）工业有机污水

工业有机污水主要来自于轻工业、制药、化工和食品加工等行业。可利用沼气技术进行处理的工业污水主要有：

- ① 食品工业中的屠宰场废水、甜菜、甘蔗制糖废液、水果罐头加工的废水、水产品加工的废水和下料等；
- ② 酿造工业的酒糟、蒸馏残液、废水和酵母残液；
- ③ 造纸工业的稻草纸浆废水、含微细纤维废水、黑液和白液；
- ④ 化工厂排出的有机酸、醇、酯、醛、酮类的废水及稀有机溶剂废液；
- ⑤ 轻纺工业排出的脂肪类、类脂化合物，如甘油废水、洗毛废水、畜毛皮制品废水。

这些行业的污水一直是国家环境治理整顿的重点污染源，对这类污水的处理技术大部分使用厌氧消化技术，可产生大量的沼气，如可实现沼气的能源化利用，将为相关的行业带来巨大的经济效益。因此工业有机污水的利用有着巨大的开发潜力。

（五）城市生活垃圾

城市生活垃圾是指城市人口在日常生活中产生或为城市日常生活提供服务而产生的固体废物，如废纸、木屑、蔬菜、瓜果等废弃物。垃圾是人类工业生产和日常生活中必然产生的废弃物品。同时，城市垃圾也是一个长期存在的污染源。随着自然资源的不断开发和工业的迅猛发展，特别是人口的快速增长和高度向城市集中，各国的城市垃圾均以快于其经济增长近3倍的速度增长，这些对城市构成日益严重的威胁。城市垃圾处理成为直接影响城市建设和人民生活水平提高的主要环境问题。城市垃圾主要会产生以下的危害：

（1）大气污染 垃圾露天堆放时，大量氨、硫化物等有害气体释放，严重污染了大气环境。

（2）严重污染水体 垃圾不但含有病原微生物，在堆放腐败过程中还会产生大量的酸性和碱性有机污染物，并会将垃圾中的重金属溶解出来，形成有机物质、重金属和病原微生物三位一体的污染源，雨水淋入产生的渗滤液必然会造成地表水和地下水的严重污染。

（3）生物性污染 垃圾中有许多致病微生物，同时垃圾往往是蚊子、蝇、蟑螂和老鼠的孳生地，这些必然危害着城市居民的身体健康。

（4）侵占大量土地 城市生活垃圾如不加以利用，需要占用土地进行堆放据估算，每堆放1万吨垃圾约占用1亩土地。

（5）发生安全事故 垃圾爆炸事故不断发生。随着城市中有机物含量的提高和由露天分散堆放变为集中堆存，只采用简单覆盖易造成产生甲烷气体的厌氧环境，易燃易爆。

生活垃圾的能源化利用将使垃圾在无害化处理的同时，产生用于发电或供热的能量，遵循了我国垃圾处理“无害化、减量化、资源化”的基本方针。

（六）能源作物

能源作物是指经专门种植，用以提供能源原料的草本和木本植物，许多能源作物是自然生长的，收集比较困难。现在人们已在有意识地利用山地、荒地等未利用土地，选择适合当地生长条件的品种进行培育和繁殖，以获得高产能源作物。这些作物主要包括以下几种。

1. 速生林木

以能源为目的的植树造林是最近年才发展起来的，其种植目标是要产量高而且又要使生长期（轮伐期）短。在巴西，桉树已被广泛用作能源（木炭生产），能源用林的覆盖面积总

计约 200 万公顷。桉树从种植到成树砍伐一般需 7 年的时间。砍伐后还会自然再生，通常是在重新栽种之前反复砍伐两次或更多次。据报道，每公顷林地的年产量可达 30~50 吨。

2. 糖类和淀粉类作物

这类作物主要可用于生产生物乙醇，如甜高粱、木薯和甘蔗等（图 1-1-4）。高粱属作物作为一种能源作物正受到人们的极大关注。它的气候适应性强，种植方法简单，有很好的遗传可变性，而且全世界很多地方都掌握了种植高粱的经验。高粱的耐干旱性比玉米强，而且对水分的利用效率也远高于玉米，它还有很强的土壤适应性，对营养的要求也较低。一些杂交品种的产量已达到 10 吨/公顷谷物，同时还可生产 100 吨/公顷含糖高的绿色秸秆物质。



图 1-1-4 主要的糖类作物

甘蔗是世界很多地方都可以生长的作物，传统上都是用它作为生产糖和酒精的原料。除此之外，它还是潜在的纤维素原料。现在已培育出一些高产的“能源型甘蔗”杂交品种，其试验产量已达到 253 吨/公顷。

木薯作为生产乙醇的替代原料已引起人们的注意，因为木薯可以在酸性和贫瘠的土地里种植，所以可用来做甘蔗的补充代用品来进行乙醇生产。

3. 木本油料植物

中国现已查明的油料植物（种子植物）种类为 151 科 697 属 1554 种，其中种子含油量在 40% 以上的植物为 154 个种，但是，分布广，适应性强，可用作建立规模化生物柴油原料基地的乔灌木种接近 10 种，分布集中成片可建作原料基地，并能利用荒山、沙地等宜林地进行造林建立起规模化的良种供应基地的生物柴油木本植物仅几种，如：漆树科的黄连木，无患子科的文冠果，大戟科的麻疯树，山茱萸科的光皮树等（图 1-1-5）。这些油料植物在未来的生物柴油生产中都将具有巨大的开发潜力。

三、生物质能利用技术

人类早期对生物质能的利用，仅限于通过燃烧的方式获取它的热量，直到 20 世纪，现代化生物质能转换技术才得以快速发展。目前的生物质能利用已从单纯的热利用转变为热、气、电及液体燃料等多种能源形态利用，主要的转化方式大体可分为三类：一是通过加热来促进化学反应的热化学转化；二是依靠生物质本身的活性获取能源的生物质化学转化；三是利用加压等物理手段提高生物质能量含量的物理转化（图 1-1-6）。



图 1-1-5 我国主要的油料作物

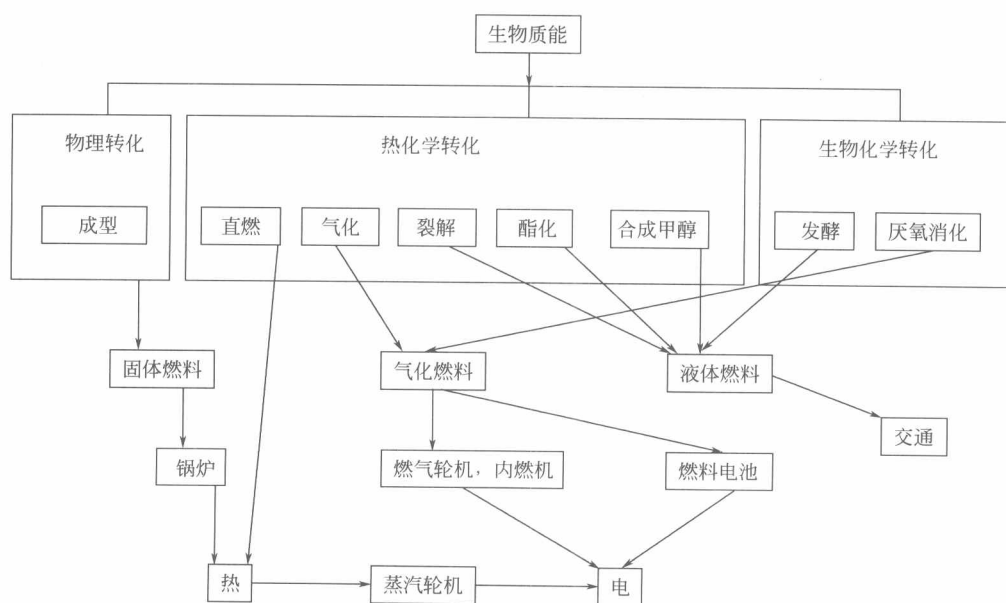


图 1-1-6 生物质能转换技术示意