

**SOCIO-ECONOMIC
ANALYSIS OF
THE DEVELOPMENT OF
LIQUID FUELS
FROM BIOMASS**

**液态生物质燃料发展的
社会经济影响分析**

吴方卫 著

上海财经大学“十一五”“211”工程建设项目
教育部人文社会科学研究一般项目(08JA790080)
上海市自然科学基金项目(09ZR1420300)
上海市重点学科建设项目(B802)
联合资助

液态生物质燃料发展的 社会经济影响分析

吴方卫 著

 上海财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

液态生物质燃料发展的社会经济影响分析/吴方卫著. —上海:上海财经大学出版社, 2010. 7

ISBN 978-7-5642-0783-0/F · 0783

I. ①液… II. ①吴… III. ①液体燃料:生物燃料-影响-社会发展-研究-中国②液体燃料:生物燃料-影响-经济发展-研究-中国
IV. ①TQ517.4②TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 089385 号

YETAI SHENGWU ZHI RANLIAO FAZHAN DE SHEHUI JINGJI YINGXIANG FENXI

液态生物质燃料发展的社会经济影响分析

吴方卫 著

责任编辑 张虹 封面设计 张克瑶

上海财经大学出版社出版发行
(上海市武东路 321 号乙 邮编 200434)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海第二教育学院印刷厂印刷

上海叶大印务发展有限公司装订

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

890mm×1240mm 1/32 10.75 印张 309 千字

定价: 28.00 元

前 言

当前全球正面临着新兴国家经济高速发展、发达国家耗能居高不下和一次性能源资源的短缺现实,人类已在提高能源利用效率、改善能源结构、寻求能源多元化途径等方面达成共识。化石能源大量消费给环境、公众健康以及全球气候变化所带来的不利影响也促使我们必须考虑未来能源结构和能源多元化的路径,以保证我国经济社会的可持续发展与生态环境改善。所以,液态生物质燃料的开发就将成为未来我国实施能源多元化战略的重要一环,成为替代石油的应用燃料之一。液态生物质燃料在全球真正商业化应用的时间并不长,限制其发展的主要原因是原料问题,目前其生产原料基本都是人类食源产品。于是就产生了保障全球食物安全、消除饥饿与能源安全的矛盾。

我国作为一个人口众多、农业资源相对匮乏的国家,保障全国人民的粮食安全是头等大事,大规模采用农产品生产液态生物质燃料显然是不现实的。因此,未来中国液态生物质能源的发展必然要走以非粮、油作物原料为主的道路,也就是说,我国发展液态生物质燃料的原料来源也将是多元化的。以发展的眼光看,未来全球常规能源紧张趋势将会有增无减。因此,把开发液态生物质燃料作为实施能源多元化战略的重要一环,在立足于国内的基础上建立一个稳定、可靠、安全的国内能源体系,是保证我国经济社会可持续发展的重要举措。

本书是在我们近五年来一系列关于发展液态生物质燃料的社会经济分析研究工作基础上撰写而成,是课题组的共同研究成果,其中章辉参与了第2、第5、第6、第10章的撰写工作,汤新云参与了第3、第8章的撰写工作,沈亚芳、张锦华参与了第7章的撰写工作,曹俐参与了第

9 章的撰写工作。当然,液态生物质燃料的研究、开发以及经济分析在我国真正大规模展开的时间不长,基于学识、资料、数据等原因,我们的研究也存在不少问题和缺陷,本书在内容深度上、结构安排上存在不当之处自不待言,恳请各位读者不吝赐教,以共同促进我国液态生物质燃料研究的深入。

我们的研究和本书的撰写得到了学校和各个相关单位的支持和协助,这里一并表示感谢,特别感谢本书的责任编辑,上海财经大学出版社的张虹女士,是她辛苦细致的工作和对书稿的润色,才使本书得以顺利付梓。

吴方卫

2010 年 7 月于上海财经大学

目 录

前言	(1)
第 1 章 引言——能源多元化战略与液态生物质燃料发展	(1)
1.1 液态生物质燃料概述	(1)
1.2 能源问题与能源多元化战略	(4)
1.3 能源多元化战略下的液态生物质燃料发展	(7)
第 2 章 液态生物质燃料发展的国际趋势	(11)
2.1 世界各国液态生物质燃料发展的主要动机	(11)
2.2 世界各国液态生物质燃料发展的规模、原料来源及技术特点	(15)
2.3 世界各国鼓励液态生物质燃料发展的政策法规	(27)
第 3 章 我国液态生物质燃料的发展历史及其现状	(39)
3.1 我国液态生物质燃料的发展历史	(39)
3.2 我国液态生物质燃料的发展现状	(51)
3.3 我国液态生物质燃料发展的的问题及可能的路径选择	(71)
第 4 章 液态生物质燃料的理化性质及其原料来源	(80)
4.1 液态生物质燃料的发展简史	(80)
4.2 液态生物质燃料的理化性质	(85)
4.3 液态生物质燃料的原料来源	(97)

第 5 章 生物燃料乙醇发展对我国汽油供求和汽车产业的影响	
.....	(108)
5.1 能源多元化与生物质能源开发	(108)
5.2 我国成品油需求现状及汽油供求未来趋势	(109)
5.3 生物燃料乙醇对汽车产业及经济可持续增长的影响 ...	(120)
5.4 燃料乙醇的未来发展路径	(138)
第 6 章 液态生物质燃料发展与我国的能源安全	(142)
6.1 能源安全的概念及世界主要国家的能源安全政策	(142)
6.2 我国能源安全面临的形势及主要问题	(149)
6.3 我国现行能源政策及存在问题	(155)
6.4 我国的新能源安全观及可再生能源发展	(160)
6.5 液态生物燃料产业发展对我国能源安全的影响	(164)
第 7 章 生物燃料乙醇发展与我国粮食安全	(176)
7.1 生物燃料乙醇发展与粮食安全	(177)
7.2 生物燃料发展对我国粮食安全影响的理论模型	(179)
7.3 生物燃料乙醇发展与“与粮争地”	(189)
7.4 生物燃料乙醇发展与“与人争食”	(207)
7.5 生物燃料乙醇发展与玉米贸易安全	(230)
7.6 我国生物燃料乙醇发展路径与政策措施	(251)
第 8 章 液态生物质燃料发展与农林资源综合开发	(257)
8.1 液态生物质燃料发展的农林资源选择	(257)
8.2 液态生物质燃料发展的农林资源潜力	(262)
8.3 液态生物质燃料发展与农林资源综合开发的关系	(283)
第 9 章 液态生物质燃料发展对生态环境的影响	(290)
9.1 液态生物质燃料发展对生态环境影响概述	(290)

9.2	液态生物质燃料发展对环境的影响	(291)
9.3	液态生物质燃料发展对生态的影响	(300)
第 10 章	我国液态生物质燃料的发展政策	(306)
10.1	我国鼓励液态生物质燃料发展的法律及中长期发展规划	(306)
10.2	我国鼓励液态生物质燃料发展的现行政策	(308)
10.3	液态生物质燃料的具体扶持政策	(311)
参考文献		(315)

第 1 章

引言——能源多元化战略与液态 生物质燃料发展

1.1 液态生物质燃料概述

液态生物质燃料是指采用生物质原料生产的、用于替代汽油和柴油的燃料乙醇和生物柴油。液态生物质燃料是一种重要的可再生清洁能源,其原料来源比较广泛,主要来自于动植物,包括动植物脂肪、粮食、糖料、纤维素(作物秸秆、林产废弃物等)、餐饮废油脂以及藻类等。

1.1.1 燃料乙醇

燃料乙醇(Fuel Ethanol)是以淀粉、糖类或纤维素等为原料,采用发酵方法获得的纯度为 99.2%以上的无水乙醇,将燃料乙醇按一定比例加入汽油中,就称为乙醇汽油(按乙醇加入汽油中的体积占汽油体积的百分比,称为 E5、E10、E25 等),混合后作为点燃式内燃机的燃料。作为燃料使用是目前世界乙醇最主要的用途,全球 80%以上的乙醇用于内燃机燃料。

燃料乙醇的生产工艺与食用乙醇基本相同,但燃料乙醇要求醇的体积含量在 99.2%以上,一般需要在食用乙醇的生产基础上进一步脱水,控制水的体积含量达到 1%以下。为了区别于食用乙醇,燃料乙醇

一般都掺兑 5% 体积含量左右的变性剂,变性剂一般为无铅汽油或无铅的烃类。

燃料乙醇既可以单独作为汽车燃料,也可与汽油混合成为车用乙醇汽油。车用乙醇汽油适用于装配点燃式发动机的各类车辆,汽油中燃料乙醇添加量在 10% 及以下时,汽车发动机无需改装,不仅对汽车的动力性、经济性无显著影响,而且使燃油的性能得到提高,具体的优缺点如下:

(1)提高燃油品质。燃料乙醇按 10% 的比例调配入汽油中,可使氧含量达到 3.5%,助燃效果好,也可使汽油中不能燃烧的部分充分燃烧,提高汽油的燃烧效率。

(2)减少污染排放。中国汽车技术研究中心于 2001 年所做的车用乙醇汽油 8 万公里行车试验检测数据表明:一氧化碳(CO)尾气排放明显降低,最大降低率已达 55%,平均降低率为 30.8%,碳氢(HC)化合物平均降低率为 13.4%。

(3)燃烧充分、减少积炭。车用乙醇汽油由于燃烧彻底,解决了普通汽油燃烧不完全所形成的炭粒积聚现象,能有效地预防和消除发动机燃烧室、气门、火花塞、排气管、消声器等部位积炭的产生。

(4)燃油系统自洁。具有良好的清洁作用,能有效地消除汽车油箱及油路系统中燃油杂质的沉淀和凝结,具有良好的油路疏通作用。^{〔1〕}

(5)乙醇在燃烧过程中会产生乙酸,对金属特别是铜有腐蚀作用。有关试验表明,在汽油中乙醇的含量在 0~10% 时,对金属基本没有腐蚀,但乙醇含量超过 15% 时,必须添加有效的腐蚀抑制剂。

(6)乙醇是一种优良溶剂,易对汽车的密封橡胶及其他合成非金属材料产生轻微的腐蚀、溶胀、软化或龟裂作用。

(7)乙醇易吸于水,车用乙醇汽油的含水量超过标准指标后,容易发生液相分离。

〔1〕 程斌等,“车用乙醇汽油使用常识简介”,《汽车维修与修理》,2005 年 7 月。

1.1.2 生物柴油

生物柴油(Biodiesel)是指以油料作物、野生油料植物和工程微藻等水生植物油脂以及动物脂肪、餐饮废油等为原料,通过酯交换工艺制成的、可代替柴油的一种清洁的可再生燃料。生物柴油是一种长链脂肪酸的单烷基酯混合物,其制造过程就是将植物油和动物脂肪通过一个称为“酯交换”的化学反应,用催化剂(通常为甲醇)将脂肪酸转变为烷基酯。生物柴油可以直接或者以任何比例与化石柴油混合,作为压燃式内燃机的燃料,添加有生物柴油的柴油被称为 B5、B10 或 B20,表示柴油中含有的生物柴油的百分比。

可以生产生物柴油的原料很多,包括植物油、动物脂肪、餐饮废油以及其他含脂原料,制造生物柴油原料的选择有很强的地域性,根据原料的来源与质量的不同,生物柴油的制造过程也略有差别。需要特别指出的是,并不是生物柴油与化石柴油混合物都可以称为生物柴油,只有 B20(20%生物柴油与化石柴油混合物)以上的柴油才被称为真正的生物柴油,未经“酯交换”的植物油和动物脂肪也不能称为生物柴油。

生物柴油使用简便、可降解、无毒,基本没有硫和芳烃。添加入化石柴油中之后,可以减少柴油车辆的可吸入微粒、一氧化碳、碳氢化合物、有害气体的排放水平。具体的优缺点如下:

(1)环保性能突出。生物柴油含硫量很低,可减少约 30%(有催化剂时为 70%)的二氧化硫及硫化物的排放;由于不含对环境会造成污染的芳烃,因而尾气对人体损害低于化石柴油。检测表明,与普通柴油相比,使用生物柴油可降低 90%的空气毒性,可降低 94%的患癌率;由于生物柴油含氧量高,使其燃烧时排烟少,一氧化碳的排放与柴油相比减少约 10%(有催化剂时为 95%);生物柴油的生物降解性高。

(2)燃油品质有所提高。生物柴油的无添加剂冷结点达 -20°C 摄氏度,因此具有较好的低温发动机启动性能;具有较好的润滑性能,使高压油泵、发动机缸体和连杆的磨损率低,延长使用寿命;闪点较高,在运输、储存、使用方面的安全性好;十六烷值高,使其燃烧性好于柴油,燃

烧残留物呈微酸性使催化剂和发动机机油的使用寿命加长。

(3)可再生性强。可以充分利用当地的可再生资源,减少对化石能源的依赖。

(4)目前生物柴油存在的问题,一是价格相对较高,二是氮氧化物(NO_x)的排放有些许增加。

1.2 能源问题与能源多元化战略

国际能源署(IEA)在2008年发表的《世界能源展望2007》中预测,全球2005~2030年间的一次能源需求将增加55%,年均增长率为1.8%。能源需求将达到177亿吨标准油,而2005年为114亿吨标准油。化石燃料仍将是一次能源的主要来源,在2005~2030年间的能源需求增长总量中占到84%。石油仍是最重要的单种燃料,尽管它在全球需求中的比重将从35%降至32%。2030年的全球石油需求量将达到1.16亿桶/日,比2006年多出3200万桶/日(增长37%)。

IEA的研究认为:全球能源需求的攀升对世界能源安全构成了现实的、日益严重的威胁。由于能源消费国越来越依赖从少数几个能源生产国进口石油和天然气,这预示着短期内的能源安全风险将加大。同样,能源安全更长期的风险也在增加。在全球能源需求较强劲的情况下,如果供应方的投资没有相应增长,或者没有通过更有力的政策举措来抑制所有国家的需求增长,那么所有地区在中期到长期都将面临较高能源价格。

IEA还对我国未来的能源趋势进行了情景模拟预测,2005~2030年间,中国的一次能源需求将翻一番多,从2005年的17.42亿吨标准油,增加到2030年的38.19亿吨标准油,年均增长率为3.2%。2010年之后不久,中国将取代美国成为世界第一大能源消费国。在到2015年这段时间内,中国的能源需求年均增长率为5.1%,2005~2030年间,交通运输业的石油需求会将近翻两番,占到中国石油需求增长总量的2/3以上。机动车数量将增加6倍,达到近2.7亿辆。到2015年前

后,化石燃料消费的增加将加重二氧化碳排放和当地空气污染状况,二氧化硫(SO_2)排放量将从2005年的2 600万吨增加到2030年的3 000万吨。^{〔1〕}

IEA在2008年6月初发表的《2008年能源技术展望》认为,人类在能源方面面临着严重的挑战。从现在到2050年,全球的经济将增长4倍,而像中国和印度这样处于发展中的国家的经济增长将近10倍。如果按照现有的模式发展,那么2050年时人们对原油的需求量将增加70%,而二氧化碳的排放量将增加130%,结果将导致全球气温上升6摄氏度或更高,有可能极大地改变生活的方方面面,并给自然环境造成不可逆转的变化。^{〔2〕}

能源问题受到了我国政府和全体人民的高度关注,2005年,国务院副总理曾培炎向十届全国人大常委会第十九次会议报告了我国当前能源形势与能源安全问题,曾培炎指出:“保障能源安全,包括影响能源稳定、经济、安全、清洁供应的各个方面,是维护经济安全和国家安全、实现现代化建设战略目标的必然要求。”

曾培炎将我国能源安全面临的问题总结为以下五大方面:

(1)能源需求持续增长对能源供给形成很大压力。我国正处于工业化、城镇化进程加快的时期,能源消费强度较高。随着经济规模进一步扩大,能源需求还会持续较快地增加,对能源供给形成很大压力,供求矛盾将长期存在,石油天然气对外依存度将进一步提高。

(2)资源相对短缺制约了能源产业发展。我国能源资源总量不小,但人均拥有量较低。资源勘探相对滞后,影响了能源生产能力的提高。同时,我国能源资源分布很不平衡,大规模、长距离地运输煤炭,导致运力紧张、成本提高,影响了能源工业协调发展。

(3)以煤为主的能源结构不利于环境保护。煤炭是我国的基础能

〔1〕 EIA, World Energy Outlook 2007, <http://www.iea.org/Textbase/about/copyright.asp>.

〔2〕 EIA, Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050.

源,富煤、少气、贫油的能源结构较难改变。我国煤炭清洁利用水平低,煤炭燃烧产生的污染多。这种状况持续下去,将会给生态环境带来更大压力。

(4)能源技术相对落后影响了能源供给能力的提高。我国能源技术虽然已经取得较大进步,但与发展的要求相比还有较大差距。可再生能源、清洁能源、替代能源等技术的开发相对滞后,节能降耗、污染治理等技术的应用还不广泛,一些重大能源技术装备自主设计制造水平还不高。

(5)国际能源市场变化对我国能源供应的影响较大。我国石油天然气资源相对不足,需要在立足国内生产保障供给的同时,扩大国际能源合作。但目前全球能源供需平衡关系脆弱,石油市场波动频繁,国际油价高位振荡,各种非经济因素也影响着能源国际合作。这要求我们统筹国内开发和对外合作,提高能源安全保障程度。^[1]

正因为以上五大方面的问题将长期困扰我国的增长与发展,且在未来全球常规能源紧张趋势有增无减、能源价格持续上涨、供给形势日趋严峻的形势下,开发新能源,实施能源多元化战略,在立足于国内的基础上建立一个稳定、可靠、安全的国内能源体系,是保证我国经济社会可持续发展的重要举措。

能源多元化战略主要包括两方面内容,即能源品种多元化和解决措施多元化。能源品种多元化,就是要在大力发展化石能源的同时,大力发展和利用核能、水电以及太阳能、风能、生物质能、地热能等新能源和可再生能源,拓宽能源品种资源,从根本上改变我国能源的生产消费结构,相对减少对化石能源的依赖程度,同时使得生态和环境获得有效的保护与提升。解决措施多元化,就是要采取系统的全方位综合措施,有效解决能源短缺问题。

[1] 曾培炎,“我国能源安全面临五大问题 形势复杂”,新华网, http://news.xinhuanet.com/politics/2005-12/27/content_3977114.htm。

1.3 能源多元化战略下的液态生物质燃料发展

目前全球正面临着新兴国家经济高速发展、发达国家耗能居高不下和一次性能源资源短缺的严重问题,因此,提高能源效率、改善能源结构、寻求多元化的能量来源已经成为人类的共识。21世纪以来,国际能源署发表的一系列文件都明确地把改善能源结构、开发可再生能源放到极其重要的地位,认为在未来能源结构中,可再生能源将是需要大力投资和开发的对象。结构多元化将是未来人类能源利用的主流方向,生物质能源、太阳能、风能等可再生能源将成为能源供应的重要组成部分,环境友好的可再生新能源的研究与应用受到普遍的关注与重视。

中国工程院院士倪维斗教授指出,全球石化类能源的可开采年限分别为石油 39 年、天然气 60 年、煤 211 年,而其分布主要在美国、加拿大、俄罗斯和中东地区。我国是石油资源相对贫乏的国家。已有专家测算,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”。^{〔1〕}

中国能源的瓶颈在于石油,国民经济的高速发展使得我国石油的对外依存度逐年提高,1995 年我国石油净进口量仅为 1 200 万吨,到 2008 年这一数值提高到 1.9 亿吨,年平均递增率接近 24%,远高于 GDP 的递增速度,而石油的对外依存度也从 7.5% 迅速提高到了 51.3%。据国内外有关研究机构和学者的预测,到 2020 年我国石油的年消费量将在 4.5 亿~6 亿吨,石油的对外依存度也将提高到 65%~75%,这使得我们不得不担忧届时国家的能源安全问题。与此同时,化石能源大量消费给我国环境、公众健康以及全球气候变化所带来的不利影响也促使我们必须考虑未来我国的能源结构和能源多元化的路

〔1〕 王正忠等,石油替代产业发展调查系列稿,http://news.xinhuanet.com/report/2005-08/04/content_3308754.htm。

径,以保证我国经济社会的可持续发展与生态环境改善。所以,液态生物质燃料的开发就将成为未来我国实施能源多元化战略的重要一环,成为替代石油的应用燃料之一。

燃料乙醇和生物柴油真正商业化应用的时间并不长,限制其发展的主要原因是原料问题。目前生产燃料乙醇和生物柴油的主要原料还是来自于粮食、糖料和油料等农林产品,如玉米、小麦、甘蔗、油菜、大豆以及动物脂肪等,基本都是人类食源产品。因此,其原料的供应受到多方面牵制,于是就产生了保障全球食物安全、消除饥饿与能源安全的矛盾。2007年,世界粮价飞涨,小麦价格上涨112%,玉米上涨47.3%,随即其他粮食价格也不断攀高,导致多个国家的粮食恐慌和随之而来的骚乱。原因就在于2007年1月23日美国总统布什在国情咨文中宣布的能源政策,“到2017年,美国将把乙醇和其他替代能源的生产提高近5倍,达到每年350亿加仑,取代汽车所消耗的部分汽油燃料,降低20%的汽油消耗”。^[1]2005年美国燃料乙醇产量约为37亿加仑,2006年达到46亿加仑,2007年达到近65亿加仑,2008年创纪录地超过了92亿加仑,大约消耗了超过8500万吨玉米,相当于全球近2.7亿人一年的粮食消费。

我国作为一个人口众多、农业资源相对匮乏的国家,保障全国人民的粮食安全是头等大事,大规模采用农产品生产液态生物质燃料显然是不现实的。因此,未来中国液态生物质能源的发展必然要走以非粮、油作物原料为主的道路,也就是说,我国发展液态生物质燃料的原料来源也将是多元化的。

尽管我国农业资源比较紧张,未来液态生物质燃料的发展并非没有很大的潜力可挖,其一是土地资源还有潜力,根据国土资源部的一项调查^[2],如果把未利用或未充分利用的土地资源,如苇地和滩涂,以及

[1] George W. Bush, 2007 *State of the Union Address*, <http://www.americanrhetoric.com/speeches/stateoftheunion2007.htm>.

[2] 温明炬、唐程杰,《中国耕地后备资源》,中国大地出版社2005年版。

未利用地中的荒草地、盐碱地、沼泽地、裸土地和其他未利用的边际土地都作为后备土地资源,其面积可达 13.311 亿亩,占我国国土面积的 9.33%。但这些后备土地资源由于受各种自然环境条件的限制,尤其是水资源和土地生态环境的制约,目前尚未有效开发。而这些土地给我们发展甜高粱、木本油料以及新型能源作物提供了较大的空间,事实上这些能源作物通常也能够适应在这些贫瘠的土地上生长。其二是非粮原料潜力,甜高粱是公认的能源作物,适应性强,在盐碱地、涝洼地、滩涂地、新开垦的荒地等都能实现大规模种植。按寇建平(2007)^{〔1〕}的估计,若开发我国现有 1 000 万公顷盐碱地的 1/5 来种植甜高粱,那将是 200 万公顷,产量按开发面积 50% 计,收获甜高粱茎秆 0.9 亿吨,可生产 1 500 万吨燃料乙醇。因此,只要能充分开发利用现有资源,以甜高粱等为原料发展燃料乙醇具有广阔的空间。中国是世界上最大的甘薯生产国,甘薯耐旱、耐瘠薄,在其他粮食作物较难生长的地方,种植甘薯也能获得较好的收成,目前,适合甘薯种植的四川、山东、重庆、河南、安徽、河北尚有 460 多万公顷荒地可供开发,如进行合理规划,在不“与粮争田”的情况下,甘薯燃料乙醇有很大的发展空间。从木薯来看,2005 年我国木薯种植面积约 60 万公顷,总产量 1 100 万吨。在适合木薯生长的广西、广东、海南、福建、云南五省区,约有荒草地、裸土地、后备宜林、宜农、宜牧荒山、荒地等未利用土地 1 300 万公顷,若开发 1/5,则用于种植面积至少为 270 万公顷,收获 8 000 万吨木薯,如果按照 10 吨木薯出 1 吨燃料乙醇算,可生产燃料乙醇约 800 万吨。其三是纤维素潜力,农作物秸秆、壳皮等废弃物每年估计近 7 亿吨、林产废弃物包括树枝、落叶、林业边角余料等,估计约 1.3 亿吨,农林废弃物总量在 8 亿吨以上,这些农林废弃物中有 50%~75% 含量不等的纤维素和半纤维素,均是良好的纤维素资源。这些资源目前除在作为饲料、燃料以及肥料等用途消耗约为 2 亿吨外,其余的农林废弃物均可以作为生物

〔1〕 寇建平,“我国能源作物的区域分布”,中国生物柴油信息网, <http://www.biodieselinfo.cn/xwzx/show.asp?id=4834>。