

中国生物质废弃物

资源空间分布及其燃气潜力

ZHONGGUO SHENGWUZHI FEIQIWU
ZIYUAN KONGJIAN FENBU JIQI RANQI QIANLI

陈利洪 著

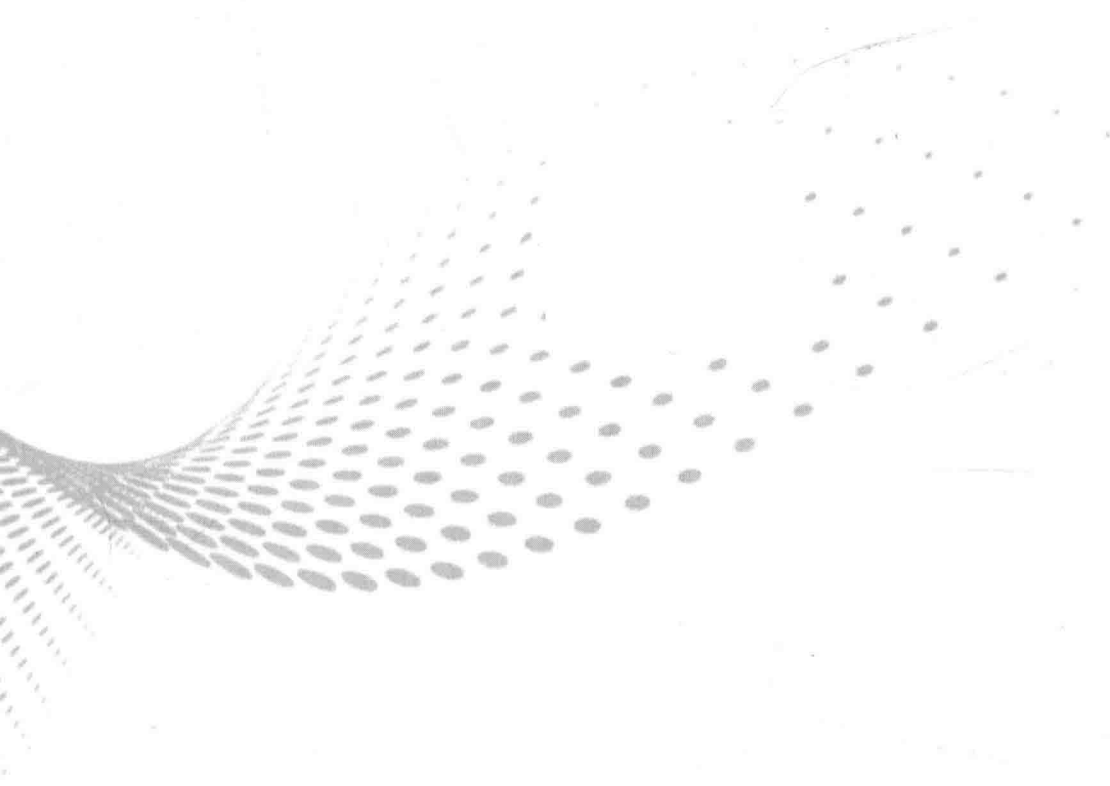


本书主要针对我国五大类生物质废弃物（农作物秸秆、农产品加工副产品、畜禽粪便、工业有机废物、城乡生活废物）的各种潜力进行了研究，估算了各类生物质废弃物的生物燃气开发潜力及其减排潜力，分析和探讨了我国生物燃气的产业化要素及优良模式

 中国农业出版社

中国生物质废弃物资源 空间分布及其燃气潜力

陈利洪 著



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国生物质废弃物资源空间分布及其燃气潜力 / 陈利洪著. —北京: 中国农业出版社, 2015. 12

ISBN 978-7-109-21095-0

I. ①中… II. ①陈… III. ①生物能源—废物综合利用—应用—城市燃气—资源开发—研究 IV. ①TK6
②TU996

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 262136 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘明昌

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 8.5

字数: 160 千字

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



陈利洪 1979年生，汉族，四川宜宾人。中国民主促进会成员，现就职于江苏师范大学测绘学院土地资源管理系，讲师。2013年6月毕业于北京师范大学资源学院土地资源管理专业并获管理学博士学位，师从北师大资源学院李晓兵教授和科技部中国农村技术开发中心主任贾敬敦教授。主要研究方向为生物质资源及其能源潜力评估、农业政策及温室气体减排。发表论文4篇（SCI期刊2篇、SSCI期刊1篇、EI期刊1篇），其中第一作者SCI一区期刊1篇。本书的出版得到了江苏师范大学博士学位教师科研项目（13XLR038）的资助。

.....
 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

我国每年都产生大量的有机废弃物，包括农作物秸秆、畜禽粪便、林木枝叶、有机工业废水和城市生活垃圾等，如果这些废弃物处理不当，会造成严重的温室气体排放和环境污染。进行资源化利用尤其是能源化利用，不仅可以生产大量的能源，而且可以有效减少温室气体排放。

书中介绍的企业案例充分说明了废弃物综合利用可以带来一系列显著的经济和社会效益，作为清洁发展机制下的典型案例，可以为我国相关企业如何处理和综合利用生物质废弃物提供参考。

生物质原料资源研究依然是一个新领域，尚有大量的科学问题、技术与工程问题亟待研究；研究方法也需要不断完善。本书是基于实现我国资源循环利用，应对气候变化的战略需求，以发展高品质生物能源为取向，对我国生物质废弃物资源利用和研究进行的一种有价值的探讨，希望能为从事相关研究的科技工作者、相关产业政策制定者和相关人员提供參考。

賈敬敦

[前 言]



近年来化石燃料的大量使用造成愈发严重的环境污染和温室效应问题得到了世界各国的重视。能源问题和全球变暖深刻影响着人们的生活和经济发展。清洁能源是能源发展的前沿，如何开发清洁能源成为全球关心的重大问题，并影响着我国未来的能源发展战略。

我国数量大、种类多的生物质是开发清洁能源的重要资源。生物质能源是当前全球研究的热点。目前对于生物质燃料的开发和使用也存在一些争议，其中包括是否影响粮食安全、究竟是增加或是减少温室气体排放等。

利用生物质废弃物生产生物燃气是一种清洁的能源利用方式，其既不会影响粮食安全，又能有效减少环境污染，还被证明具有良好的温室气体减排作用。生物燃气的开发和利用将是我国生物能源的一个重要发展方向。

在北京师范大学资源学院李晓兵教授和中国科技部中国农村技术开发中心主任贾敬敦教授两位导师的指导下，我将中国生物质废弃物资源的资源潜力及其燃气潜力作为博士论文选题进行了研究。两位导师的悉心指导使研究工作得以顺利进行，他们的谆谆教诲让我终生受益。

研究工作不可能是一蹴而就的，也很难在短期内达到尽善尽美。尽管研究时已经对比了很多相关计算模型和系数，但仍有进一步改进的可能。加之当时的计算数据主要基于2010年的基础数据，到现在已经有了更新的必要。此时，恰逢在江苏师范大学的博士学位课题（13XLR038）的支持下，我得以将研究进一步进行下去，主要工作是将研究数据更新为2013年的数据、加强生物质废弃物资源的空间分布研究以及更换了部分计算模型等。

石元春院士指出：生物质原料资源研究是个新领域，概念和边界不尽清晰，研究方法也不成熟。本书是基于宏观评估的需要且涉及多种废弃物资

源，因此在筛选计算模型时常常受到基础数据的限制。本书的出版，仅仅是对个人相关工作的一个总结，其中不足之处，还请各位专家、同仁不吝指教。

陈利洪
2015年8月

[目 录]



序 前言

1 绪论	1
1.1 研究背景和意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 国内外研究进展	3
1.2.1 相关概念	3
1.2.2 国内外发展及研究进展	7
1.3 研究目标	13
1.4 研究内容	13
1.4.1 中国生物质废弃物资源空间分布	13
1.4.2 中国生物燃气可开发潜力评估	13
1.4.3 中国生物燃气温室气体减排潜力评估	13
1.4.4 中国发展生物燃气的产业化要素及优良模式	13
1.4.5 中国生物燃气产业化的必要性及发展战略	13
1.5 技术路线图	13
2 中国生物质废弃物资源空间分布	15
2.1 研究方法	15
2.2 生物质废弃物资源量估算与空间分布	16
2.2.1 农作物秸秆	16
2.2.2 农产品加工副产品	25
2.2.3 畜禽粪便	27
2.2.4 工业有机废物	34
2.2.5 城乡生活废弃物	38
2.3 讨论和小结	41

2.3.1 讨论	41
2.3.2 小结	42
3 中国生物燃气产量分析	44
3.1 生物燃气总产量	44
3.2 户用生物燃气	45
3.2.1 户用生物燃气全国产量	45
3.2.2 主要户用生物燃气产区	46
3.3 农业工程生物燃气	47
3.3.1 农业工程生物燃气全国产量	47
3.3.2 主要农业工程生物燃气产区	48
3.4 工业废弃物工程生物燃气	49
3.4.1 工业废弃物工程生物燃气全国产量	49
3.4.2 主要工业废弃物工程生物燃气产区	49
3.5 讨论与小结	51
3.5.1 讨论	51
3.5.2 小结	53
4 中国生物燃气潜力估算	54
4.1 研究方法	54
4.2 生物燃气潜力估算	54
4.2.1 作物秸秆生产生物燃气潜力估算	54
4.2.2 农产品加工副产品生产生物燃气潜力估算	56
4.2.3 畜禽粪便生产生物燃气潜力估算	57
4.2.4 工业有机废物生产生物燃气潜力估算	60
4.2.5 城乡生活废弃物生产生物燃气潜力估算	65
4.3 中国各类生物质废弃物生物燃气可开发潜力	71
4.4 讨论与小结	72
4.4.1 讨论	72
4.4.2 小结	73
5 中国生物燃气温室气体减排潜力估算	75
5.1 研究方法	75
5.2 中国生物燃气 CO ₂ 减排潜力	75
5.2.1 农作物秸秆生物燃气 CO ₂ 减排潜力	75
5.2.2 农产品加工副产品生物燃气 CO ₂ 减排潜力	77
5.2.3 畜禽粪便生物燃气 CO ₂ 减排潜力	77

5.2.4 工业有机废物 CO ₂ 减排潜力	77
5.2.5 城乡生活废弃物 CO ₂ 减排潜力	82
5.3 温室气体减排与碳交易	82
5.3.1 碳交易市场的主要形式	83
5.3.2 CDM 项目模式、申请流程及市场风险	83
5.3.3 我国的碳交易市场	84
5.4 讨论和小结	84
5.4.1 讨论	84
5.4.2 小结	86
6 中国发展生物燃气的产业化要素及优良模式	89
6.1 中国生物燃气发展产业化要素	89
6.1.1 资源分布与潜力	89
6.1.2 技术支撑	92
6.1.3 投融资渠道	92
6.1.4 国家政策和法规	94
6.2 优良模式案例	96
6.2.1 生物燃气工程概况及工艺流程	97
6.2.2 生物燃气工程经济及社会效益分析	98
6.2.3 生态园循环经济评价	100
6.3 讨论和小结	102
6.3.1 讨论	102
6.3.2 小结	102
7 中国生物燃气产业化的必要性及发展战略	103
7.1 中国生物燃气产业化必要性	103
7.1.1 低碳高效的清洁能源是世界能源 发展的主方向	103
7.1.2 生物燃气产业化是中国发展清洁 能源的战略需要	103
7.1.3 中国生物燃气产业化具有很好的社会效益	104
7.1.4 中国生物燃气产业化已具备相当基础	105
7.2 中国生物燃气产业化发展战略	106
7.2.1 中国生物燃气产业化发展的战略思路	106
7.2.2 中国生物燃气产业化发展的战略目标	106
7.2.3 中国生物燃气产业化发展战略模式	107
7.2.4 中国生物燃气产业化发展的战略措施	108

7.3 小结	110
8 结论和展望	112
8.1 研究结论	112
8.1.1 清洁能源的开发是我国能源发展战略选择	112
8.1.2 中国生物燃气发展现状	112
8.1.3 中国生产生物燃气的资源保障	112
8.1.4 中国生物燃气生产及温室气体减排潜力	113
8.1.5 中国以生物燃气为主导的生物能源发展战略	113
8.2 研究不足和展望	113
参考文献	115

绪 论

1.1 研究背景和意义

1.1.1 研究背景

能源是人类生活的物质基础,也是社会经济发展的驱动力。能源安全问题从工业革命就开始出现。人类一方面享受着能源带来的科技进步和经济发展带来的利益,一方面也面临着一系列无法避免的能源安全挑战(王宇亮,2011)。石化燃料的大量使用,生成大量温室气体和有害气体。由于 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 等温室气体的增温效应,全球气候变暖已毋庸置疑。最近100年(1906—2005)全球温度增加线性趋势为 0.74°C (IPCC,2007)。气候变化是当今国际社会和全人类都面临的最为严峻的全球环境问题(董红敏等,2008)。清洁能源是世界能源发展的前沿。由于传统的生物质和化学燃料的使用对环境、健康和社会影响有害,人们寻找全球替代清洁能源的兴趣日益增长(Arthur et al.,2011)。在21世纪的前十年,清洁能源已经从一个隙缝产业发展成为每年对世界能源贡献达到60GW的产业。虽然有着较高的增长和规模,但清洁能源归根结底还是一个新兴的产业(黄海峰等,2012)。当前全世界都在应对新能源技术的重大变革,发展低碳的清洁能源和减缓气候变暖成为一种社会责任。我国当前能源需求旺盛,石化能源对外依存度很高,发展高品质的清洁的低碳能源也存在着诸多制约因素,对我国清洁能源发展进行战略层面的研究是解决这些难题的关键(段培君等,2012)。我国政府高度重视清洁的可再生能源的发展,先后出台了《中华人民共和国可再生能源法》《中华人民共和国循环经济促进法》《循环经济发展规划编制指南》《可再生能源中长期发展规划》《能源中长期发展规划纲要(2004—2020)》《可再生能源发展“十二五”规划》等。有了政策的规划和保障,我国的新能源发展前景一片光明(黄海峰等,2012)。

可再生能源是实现可持续发展的最有效的方法之一,可持续的能源未来取决于可再生能源的增加份额(Goldemberg,2007)。生物质能源就是可再生能源,利用生物质能源的主要优点是可以作为石化能源的有效补充,又具有清洁性和可再生的特点。生物质能源是当前全球研究的热点。在未来几十年尤其是发展中国家将需要大量的生物质能源产业的增长来解决社会需求并减少净碳排放量(Richard,2010)。世界上不少国家开始用生物质制造生物燃料。在过去十年中,世界各国尤其是美国、巴西和许多欧洲国家都已经做了加速生物燃料行业商业化的工作(An et al.,2011)。许多国家制定了相应的开发研究计划,如日本的阳光计划、印度的绿色能源工程、美国的能源农场等(沈志远,2006;陈晖等,2010)。目前生物质能供应着世界能源需求的14%(Vamvuka,

2011)。石元春(2009b)认为发展可再生能源的战略重点就是生物质能源。就现阶段而言,生物质能源在我国能源体系中的份额还很少,其产业发展还主要定位于改善农村的用能结构和促进新农村建设,进而促进“三农”问题的解决(周小玲, 2011)。

我国地广人多,拥有非常丰富的生物质资源,同时,每年也产生大量的生物质废弃物。生物质废弃物是人类生产、生活中产生的有机废物,如果这些废弃物不处理或处理不当,会导致严重的环境污染和温室气体的排放。生物质废弃物形式多样,其能源用途也比较广泛,其中最重要的能源利用方向就是生物燃气。气态生物燃料(包括生物甲烷)已被证明比液态生物燃料对环境更加有利(Patterson et al., 2011)。目前,生物燃气一般指沼气(刘晓风等, 2010; 郭铁成, 2011)。生物燃气是环境友好、清洁、廉价和多功能气体燃料(Balat, 2008)。一般的生物燃气含有50%~65%的甲烷(CH_4)、30%~45%的二氧化碳(CO_2)以及水分和微量的硫化氢(H_2S)(Tippayawong et al., 2010)。甲烷是高纯度生物燃气,也是高热值能源气体,1标准大气压下,其热值高达35.9MJ/m³,而普通生物燃气热值为20~25MJ/m³。生物燃气提纯后可以使用到现有的天然气发动机上,可实现车辆对环境的低毒性影响,特别适合在市区范围内运作,也能满足更为严格的监管限制(De Simio et al., 2008)。若被收集并利用,甲烷是一种很好的能源燃料。如果任由有机废弃物产生的甲烷排放空中,甲烷又将是一种重要的温室气体,其对温室效应的贡献率约为20%,仅次于二氧化碳(张培栋等, 2008)。

由于甲烷是生物燃气中最重要的组成部分,利用生物燃气的过程实际上也就避免了甲烷散逸空中,减少了温室气体的排放。同时,生物燃气的能源化使用又能减少其他石化能源的使用,从能源替代的角度也减少二氧化碳的排放。当前,已经有非常多的研究肯定了生物燃气除了可以作为能源补给外,还具有显著的温室气体减排作用(Bogner et al., 2008; Yu et al., 2008; Wegener et al., 2009; Meyer-Aurich et al., 2012)。联合国于1992年5月通过了《联合国气候变化框架公约》,规定不同的国家有不同的温室气体减排任务。中国承诺2020年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%~45%,就目前来看,这个任务是非常艰巨的。发展生物燃气是非常好的减排二氧化碳的措施之一。

1.1.2 研究意义

我国由于人口多、耕地少,粮食安全问题一直是国家和社会关注的焦点之一。我国生物质能源的发展受到了一些争议(程杰, 2011)。因此,发展生物质能源产业更要以非粮食类植物为主要原料(李十中, 2006)。生物质能的利用方式多样,选择适当的生物质能利用方式可以做到既不危及粮食安全,又能真正地实现温室气体减排与实现最大的社会福利化。利用各种有机废弃物生产生物燃气就是最好的能源利用方式之一。利用生物质废弃物生产生物燃气不会竞争农地和粮食,而且是循环经济的一个重要手段。升级生物燃气,将二氧化碳去除后的高品质生物燃气将会是一个很有吸引力的可再生能源(Scholz et al., 2013)。生物燃气经过净化和提纯得到的“生物天然气”性能与化石能

源天然气没有任何区别,可以直接注入天然气管网,也可以高密度压缩和气化(程序等,2011)。此外,生物燃气的生产除了能提供能源和肥料,还提供了一个极好的为减缓温室气体排放和减少全球变暖的机会(Pathak et al., 2009)。

21 世纪是低碳经济时代,要求废弃物减量化、资源化、综合化处理。农村废弃物资源的循环利用和生物能源化已经成为许多国家 21 世纪发展可再生能源的战略重点和具备发展潜力的战略性行业(贾敬敦等,2011)。从能源安全和气候变化的角度考虑,各国都把减少化石能源消耗、发展替代能源、保护人类共同的地球作为首要任务(李十中,2011)。我国拥有丰富的生物质资源,包括农林生物质、畜禽粪便、工业有机废物等。这些资源都是生产生物燃气的很好的原料。因此,我国具有雄厚的开发产业生物燃气的资源基础(程序等,2009)。但目前对这个领域的研究是不连贯或局部的,要么对某些类别的生物质资源的资源潜力或生物燃气潜力进行评估,要么对某一生物燃气项目的温室气体减排进行评估,缺乏对国内各类生物质废弃物资源潜力→生物质废弃物资源的生物燃气潜力→生物燃气的温室气体减排潜力的一个较为系统、完整的评估。因此,对我国适宜发展生物燃气的各类生物质资源潜力进行科学计算,对其生物燃气可开发潜力和温室气体减排潜力进行科学评估,并对其产业化发展中的一些关键问题进行探讨将对于促进我国生物燃气产业化发展具有积极的促进作用。

1.2 国内外研究进展

1.2.1 相关概念

1.2.1.1 清洁能源

清洁能源是指能源生产与消费的过程中,具有转化效率高、环境污染少(或无污染)并具有较好经济性的能源。清洁能源一般包括两个大的方面:可再生能源和非可再生能源。在可再生能源方面包括水电、风电、生物能源等;在非可再生能源方面包括天然气以及利用清洁技术处理后的其他化石类能源等(段培君等,2012)。

1.2.1.2 生物质废弃物和生物质能源

关于“生物质”(biomass)目前没有统一的定义,不同专业和方向定义也有所不同。一般认为生物质是指有机物中除化石燃料外的所有来源于动、植物的能再生的物质。生物质废弃物是生活、生产过程中产生的非第一目的性产品的衍生物,常见的生物质废弃物有农作物秸秆、农产品加工副产品、动物粪便等。

生物质能源(biomass energy 或 bioenergy)是指来自于生物质的并能够替代煤炭、石油和天然气等化石燃料的能源燃料,可以有固态、液态或气态三种贮能形式,具有环境友好和可再生双重属性的能源(田宜水等,2011;屈叶青等,2011)。

18 世纪之前,生物质能源曾长期作为最主要的能源资源供我们使用。目前生物质能源仍然是仅次于石油、煤炭、天然气的第四大能源,在世界一次能源供应量中的比重约为 10%(闫强等,2009)。世界上许多国家都在大力发展生物质能源。欧盟是大力促进生物质能源的发展和使用的主力军(Berndes et al., 2007)。土耳其可再生能源已经

成为仅次于煤的该国的第二大能源,其中 2/3 的可再生能源来自于生物质 (Erdogdu, 2008)。英国农民种植能源作物能得到政府的补助 (Upham et al., 2007)。在欧洲生物质能消费量最高的国家依次是法国、瑞典和德国,分别为 12.019、8.109、7.092 Mtoe,荷兰、比利时、卢森堡生物质能源占可再生能源产量的比例均在 92% 以上,占国内能源消费总量最高的国家分别为芬兰 (19.44%)、瑞典 (15.75%) 和奥地利 (9.98%) (龙慧灵, 2011)。

生物质资源潜力可以分为理论上、技术上的和经济上的潜力,理论上的生产潜力主要取决于自然条件并描述生物质资源量的增长;技术潜力取决于可利用的技术,随着技术的进步而变化;经济潜力随着经济条件的变化而变化 (Fishcher et al., 2001)。由于影响生物质能供应潜力的因素较为复杂,对全球的供应潜力的说法也不尽相同 (Bhattacharya et al., 2005; Sajjakulnukit et al., 2005)。未来情境下生物质能源潜力的估算是一个相当复杂的系统,国外在该方面的研究尚处于起步阶段,而国内涉及该部分内容的研究甚为罕见 (龙慧灵, 2011)。

准确估算我国生物质资源量,是确保我国生物质能源工业化生产和产业化发展的基础,也是准确估算我国生物燃气可开发潜力的前提。

1.2.1.3 生物燃气

生物燃气是有机物质在一定湿度、温度、酸碱度条件下,并在厌氧的环境中,经过微生物发酵及分解作用而产生的可燃性气体。生物燃气中最重要的可燃性气体是甲烷。

生物燃气是生物质能的一种气体表现形式。英语单词当中的“biogas”既是沼气的意思,也是生物燃气的意思。国外研究中也“气态生物燃料”(Gaseous biofuels) (Patterson et al., 2011) 的说法,一般指的是生物甲烷 (biomethane) (De Simio et al., 2008),即提纯后的生物燃气。国内目前关于生物燃气包含的范围并不统一且相关论述极其有限。刘晓风等 (2010) 认为生物燃气就是指沼气,卢元等 (2008) 认为生物燃气指的是氢气和沼气,郭铁成 (2011) 则认为生物燃气包括沼气、合成气和氢气,并认为目前只有沼气具有成本优势,所以郭铁成认为一般所说的生物燃气主要是指沼气。

本研究认为,生物燃气应该包括自然属性和社会属性两个方面,就自然属性而言由有机物质转化而来的可燃性气体都是生物燃气;就社会属性而言,生物燃气应具有经济性,是能广泛服务于社会生活的能源燃料。目前只有沼气最符合这两个条件。但在沼气市场化的进程中,“沼气”的称谓已经阻碍了其产业化进程,且除杂纯化后的沼气与天然气无异,已不适合再用“沼气”的称谓。生物燃气既包括一般的民用和工业沼气,也包括去杂提纯后的高品质燃气。用“生物燃气”代替“沼气”的称谓是其产业化进程的重要一步。更因为国家和地方政府在制定生物质能规划时,提到的生物燃气均指沼气,所以本研究以下章节除特别注明外,均以“生物燃气^①”指代“沼气”。未来随着科学技术的进步和产业化的发展,生物燃气的范围和内涵应会进一步延伸。

① 为方便与国家的相关规划和其他研究论文的数据做比较,本研究中的生物燃气若无特别说明,一般指 1 标准大气压下甲烷含量为 56% 左右的工业沼气。

农林生物质、畜禽粪便、工业有机废物和有机生活垃圾等经过厌氧消化均能产生生物燃气(图 1-1)。生物燃气是生物质二次能源的重要组成部分。目前,世界各国已经开始大力推广生物燃气的应用。参考沈剑山(2009)的研究成果,生物燃气具有广泛的用途:

(1) 可以用作民用燃料和照明

在广大的农村地区,生物燃气可以直接燃烧利用或者用于照明。农村推广生物燃气不仅是一种清洁卫生的能源补给,更重要的是生物燃气的原料资源在我国农村分布广泛,方便就地取材,也节省开支。

(2) 可以利用生物燃气发电

生物燃气经过预处理和提纯,去除其中的杂质和有害气体后可用于发电。若作为内燃发动机的燃料可以直接发动各种内燃机如汽油机、柴油机、煤气机等,通过燃烧膨胀做功产生原动力使发动机带动发电机进行发电。生物燃气发电的形式有两种:一种是直接燃烧发电,另一种是与汽油或柴油混合燃烧发电。生物燃气发电一般比油料发电便宜。

(3) 可以用作化工原料

生物燃气经过净化,可以得到很纯净的甲烷。甲烷是一种重要的化工原料,在高温、高压或有催化剂的作用下,甲烷能进行很多反应。甲烷在光照条件下,甲烷分子中的氢原子能逐步被卤素原子所取代,生成一氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷和四氯甲烷的混合物,四种产物都是重要的有机化工原料。在特殊条件下,甲烷还可以转变成甲醇、甲醛和甲酸等。一般的生物燃气中还有另一种主要成分二氧化碳也是重要的化工原料。生物燃气利用之前,若将二氧化碳分离出来,可以提高生物燃气的燃烧性能,还能用二氧化碳制造冷凝剂“干冰”,可制取碳酸氢铵肥料。

(4) 可以用于禽类的孵化

用生物燃气孵化禽类可避免温度不稳定现象,且生物燃气孵化操作方便,孵化率高且不污染环境。

(5) 可用于蔬菜种植

把生物燃气通入种植蔬菜的大棚或温室内燃烧,利用生物燃气燃烧产生的二氧化碳进行气体施肥,蔬菜增产效果明显,而且生产出的是无公害蔬菜。

(6) 可以用于贮粮防虫

生物燃气中含氧量极低,当向储粮装置内输入适量的生物燃气并密闭一段时间后会形成缺氧窒息的环境,害虫会因缺氧而窒息死亡。该方法可保持粮食品质,对粮食无污染,对人体和种子发芽均无影响。此项技术可节约贮存成本 60%以上,减少粮食损失 10%左右。

(7) 可以用作动力燃料

1m^3 的生物燃气的热量相当于 0.5kg 汽油或 0.6kg 柴油。当生物燃气作为汽车动力时,通常是将高压生物燃气装入气瓶,一车数瓶备用。由于热值较低,所以启动较慢,但尾气无黑烟,对空气的污染少。采用生物燃气与柴油混合燃烧,可以节省 17%的柴油。

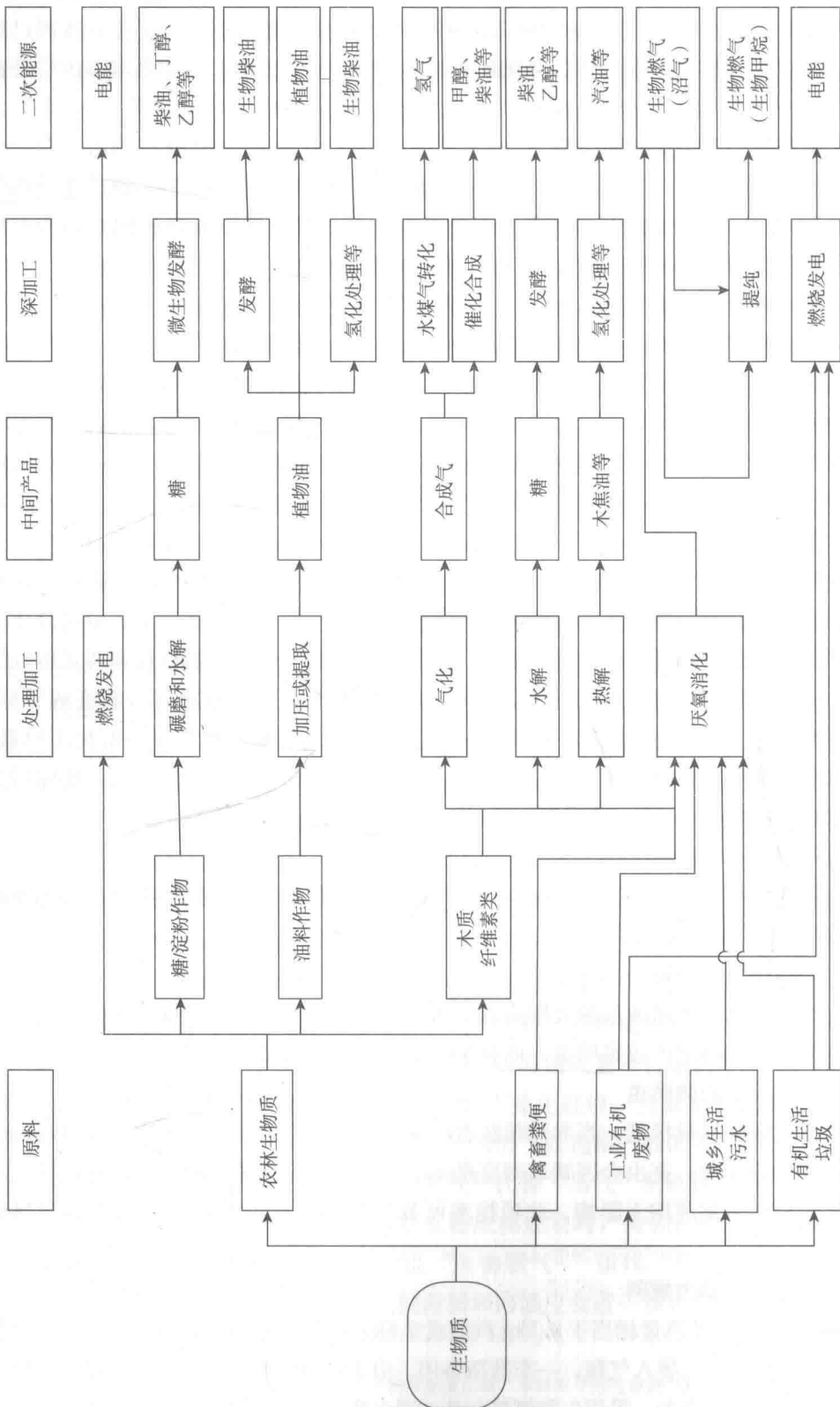


图 1-1 中国生物质二次能源源图