



可再生能源（生物质能）电站 生物质理化检测技术

主 编 张宏亮

副主编 李 薇 陈 伟



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



可再生能源（生物质能）电站 生物质理化检测技术

主 编 徐建强

副主编 李 强 周 伟

中国电力出版社

可再生能源（生物质能）电站 生物质理化检测技术

主 编 张宏亮

副主编 李 薇 陈 伟

参 编 钟丁平 陈天生 黄 奎 焦 阔 龚焕章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

我国属于石油资源紧缺国家,煤炭等化石类资源面临日益稀缺,而生物质可再生能源将是未来我国重要的能源供给,通过生物质直燃发电不仅节约煤炭,并且减少二氧化碳排放。目前我国生物质规模化发电项目总装机容量已达 850 万 kW,年累计耗用生物质燃料超过 1000 万 t,减少二氧化碳排放 700 万 t。

生物质理化性质检测技术属于生物质开发应用的技术基础,本书介绍了生物质发电技术现状,阐述了生物质理化检测技术基本原理,详细论述了检测具体过程和技术关键点,并对生物质理化性质专用检测仪器进行了介绍,本书最后对生物质燃料特性研究成果进行了总结和归纳。

本书内容全面,可供生物质发电厂工程技术人员、管理人员参考使用,也可作为从事生物质检测机构的检测参考工具,以及高等院校相关专业师生的学习教材。

图书在版编目(CIP)数据

可再生能源(生物质能)电站生物质理化检测技术/张宏亮主编. —北京:中国电力出版社, 2018.1

ISBN 978-7-5198-0184-7

I. ①可… II. ①张… III. ①再生能源—电站—生物质—检测②生物能—电站—检测
IV. ①TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 297795 号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:畅 舒(010-63412312)

责任校对:王开云

装帧设计:赵姗姗

责任印制:蔺义舟

印 刷:三河市百盛印装有限公司

版 次:2018 年 1 月第一版

印 次:2018 年 1 月北京第一次印刷

开 本:787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张:15.75

字 数:373 千字

印 数:0001—1500 册

定 价:52.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

随着世界各国更加重视环境保护、气候变化和能源短缺等问题,积极制定新的能源发展战略、法规和政策,发展可再生能源已成为世界能源发展的必然趋势。可再生能源中风能和太阳能资源储量巨大,但资源可控性差,需要采取技术手段或化石能源为其提供调峰服务,而生物质能可以在收、储、运、能源转换等各个环节进行人工干预和精确控制,不仅无须为其配置调峰服务,还可以增加电力系统的调峰能力。生物质能利用将有效促进可再生能源与化石能源的融合,对打造多元化的清洁能源体系有着极其重要的意义。目前我国生物质规模化发电项目总装机容量已达 850 万 kW,国家已颁布《可再生能源中长期发展规划》确定 2020 年生物质电站装机容量 3000 万 kW 的发展目标。广东省已建有世界上最大的生物质发电机组 2×50MW 湛江生物质电厂,生物质直燃发电事业方兴未艾。

准确定量分析生物质理化性质,建立生物质理化检测技术体系已成为合理开发利用生物质的基础和保障。本书共 12 章,第 1 章在介绍我国能源资源状态和生物质能源政策基础上,概述了世界各国生物质发电产业发展现状。第 2~10 章详细介绍了生物质关键理化性质指标检测方法,包括氧弹热值检测法、高温燃料灰分和挥发分检测法、库仑全硫法、高温燃料红外热导元素分析法、离子色谱氯含量和氟含量检测法等进行了重点详细介绍,阐述了生物质发热量、挥发分、灰分、全硫等指标的专用检测仪器,以及生物质燃料的样品制备设备。本书第 11、12 章阐述了生物质基本物化、动力学、热力学、着火、燃烧、燃尽特性以及燃烧产物特性,最后本书结合世界最大的湛江生物质电厂实际工程,详细分析了生物质发热量、工业分析、元素分析等指标间的相关性,建立生物质理化指标间的多元线性回归预测模型,实现了生物质灰分、碳元素、氢含量等指标的快速分析方法。

本书特点鲜明,重点突出,反映了国内外最新的研究进展,可作为能源、环境、生物等相关领域、电力能源行业科研、工程技术人员,以及高等院校相关专业参考用书。

本书由广东电网有限责任公司电力科学研究院张宏亮高级工程师、华北电力大学李薇教授、广东粤电湛江生物质发电有限公司陈伟副总经理等编著,其中张宏亮负责第 4~10 章,李薇、黄奎、焦阔、龚焕章负责第 11、12 章,陈伟负责第 1、2、13 章,钟丁平负责第 3 章,全书由张宏亮统稿,李薇负责进行审定。在本书的编写过程中,得到华北电力大学和生物质电厂工程技术人员的技术支持,在此表示感谢。

感谢中国电力出版社畅舒编辑的支持和帮助!

由于时间仓促,兼作者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2017 年 9 月

前言

第 1 章 生物质发电技术现状	1
1.1 生物质燃料	1
1.2 生物质燃料发电的概念	1
1.3 生物质燃料发电的意义	2
1.4 生物质燃料发电技术的应用	2
1.5 生物质燃料发电的现状 & 前景	4
第 2 章 国内外生物质检测技术现状和研究情况	9
2.1 生物质性质指标检测标准研究现状	9
2.2 生物质热解燃烧研究进展	13
第 3 章 固体生物质燃料机械采样技术	20
3.1 固体生物质燃料机械采样设计	20
3.2 采样性能测试	23
3.3 机械采样图像识别分析系统	24
3.4 机械采样燃料专家分析系统	28
3.5 生物质燃料智能采样系统	31
3.6 机械取样与人工取样的比对分析	35
3.7 固体生物质燃料样品制备	41
第 4 章 生物质发热量测定	54
4.1 生物质发热量的定义、单位及表示方法	54
4.2 氧弹量热法原理	56
4.3 生物质燃料发热量检测	57
4.4 热容量标定和 v 与 $(t-t_j)$ 关系曲线的绘制	66
第 5 章 工业分析检测技术	69
5.1 生物质中水分的测定	69
5.2 生物质中灰分的测定	77
5.3 生物质中挥发分的测定	81
5.4 固定碳	83
第 6 章 生物质中全硫及其测定	85
6.1 生物质中的硫元素	85
6.2 测定硫的重要意义及方法	85
6.3 艾氏卡法	86

6.4	库仑滴定法	88
6.5	其他全硫测定方法	99
第7章	生物质元素分析	104
7.1	生物质中碳、氢、氮和氧测定的意义	104
7.2	三节炉法测定生物质中的碳、氢含量	105
7.3	生物质中氮的测定	110
7.4	高温燃烧-红外、热导联合法测定碳、氢、氮快速分析方法	113
7.5	高温燃烧-吸附解析-热导法测定碳、氢、氮快速分析方法	119
7.6	电量-重量法	123
第8章	生物质燃料灰熔融性测定	126
8.1	概述	126
8.2	生物质灰熔融性测定方法	127
8.3	影响生物质灰熔融性结果的因素	132
第9章	生物质燃料飞灰可燃物检测技术	134
9.1	微波谐振法	134
9.2	微波吸收法	135
第10章	固体生物质燃料灰成分检测	137
10.1	固体生物质燃料灰的化学组成及灰样制备	137
10.2	固体生物质燃料中 SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO 的测定	138
10.3	固体生物质燃料中钾、钠、铁、钙、镁的测定(原子吸收法)	146
10.4	固体生物质燃料中五氧化二磷的测定(磷钼蓝分光光度法)	152
10.5	固体生物质燃料中三氧化硫的测定(硫酸钡质量法)	154
10.6	能量色散 X 射线荧光法	156
第11章	生物质基础理化性质差异性研究	160
11.1	木质生物质与其他类别生物质工业分析指标差异性分析	160
11.2	木质生物质与其他类别生物质发热量差异性分析	167
11.3	木质生物质与其他类别生物质元素分析指标差异性分析	170
11.4	木质生物质与其他类别生物质结构分析相关指标差异性分析	175
11.5	木质生物质与其他类别生物质灰熔融性差异性分析	177
11.6	木质生物质工业分析、元素分析及热值等指标间相关性分析	181
11.7	湛江生物质发电有限公司木质生物质工业分析指标与低位发热量间相关性分析	193
第12章	木质生物质燃烧特性、挥发分析出过程、燃烧动力学及其产物分析	203
12.1	不同生物质燃烧特性研究	203
12.2	不同条件下木质类生物质燃烧挥发分析出过程研究	208
12.3	不同条件下木质类生物质燃烧动力学研究	216
12.4	不同生物质燃烧产物研究	221
12.5	木质生物质热解特性研究	226
12.6	混合生物质燃烧特性研究	234
参考文献		244



生物质发电技术现状

1.1 生物质燃料

能源问题已成为世界各国共同面临的难题，化石能源不仅不可再生，储量有限，且燃烧后释放大量的二氧化碳、氮、硫的氧化物及其他一些有害气体，严重污染了环境，导致温室效应、全球气候变暖、生物物种多样性降低、荒漠化等诸多生态问题。因此，出于环境保护、气候变化及能源短缺问题，作为清洁可再生能源的生物质能开发受到各国的高度重视，发展速度越来越快。作为可再生能源的重要组成部分，生物质能是一种取之不尽的可再生能源，也是唯一可以直接存储和运输的可再生能源。生物质能源是以农林等有机废弃物及边际土地种植的能源植物为主要原料进行能源生产的一种新兴能源。在 2010~2020 年，全球的能源使用模式可能快速转变，再生能源定会取代石化燃料。

生物质燃料包括植物材料和动物废料等有机物质在内的燃料，是人类使用的最古老燃料的新名称。根据生物质能“十二五”发展规划，目前可以能源化利用的生物质资源总量为 4.6 亿 t 标准煤，其中，农林剩余物 1.7 亿 t，养殖场畜禽粪便 0.28 亿 t，生活垃圾和污水 0.12 亿 t，工业有机废水和废渣 0.2 亿 t。生物质燃料多为茎状农作物经过加工产生的块装环保新能源，其直径一般为 6~8mm，长度为其直径的 4~5 倍，破碎率 1.5%~2.0%，干基含水量 10%~15%，灰分含量小于 1.5%，硫含量和氯含量均小于 0.07%，氮含量小于 0.5%。我国生物质能源利用潜力见表 1-1。

表 1-1 我国生物质能源利用潜力

资源种类	实物量 (万 t)	折合标煤量 (万 t)
农作物秸秆	34000	17000
农产品加工剩余物	6000	3000
林业木质剩余物	35000	20000
畜牧粪便	84000	2800
城市生物垃圾	7500	1200
有机废水	435000	1600
有机废渣	95000	400
合计	—	46000

1.2 生物质燃料发电的概念

生物质燃料发电是利用生物质所具有的生物质能进行的发电，是可再生能源发电的一



种，一般分为直接燃烧发电技术和气化发电技术，包括农林废弃物直接燃烧发电、农林废弃物气化发电、垃圾焚烧发电、垃圾填埋气发电沼气发电。

生物质能直接燃烧发电是以农作物秸秆和林木废弃物为原料，进行简单加工，然后输送到生物质发电锅炉，经过充分燃烧后产生蒸汽推动汽轮发电机发电的高新技术。燃烧后产生的灰粉又加工成钾肥返田，该过程将农业生产原本的开环产业链转变为可循环的闭环产业链，是完全的变废为宝的生态经济。

生物质气化发电技术又称生物质发电系统，它是利用气化炉把生物质转化为可燃气体，经过除尘、除焦等净化工序后，再通过内燃机或燃气轮机进行的发电。该过程包括三方面：生物质气化、气体净化和燃气发电。该技术既可以解决可再生能源的有效利用，又可以解决各种有机废弃物的环境污染。正是基于以上原因，生物质气化发电技术得到了越来越多的研究和应用，并日趋完善。

1.3 生物质燃料发电的意义

生物质燃料发电可以缓解能源短缺的危机；增加我国清洁能源比重；改善环境；扩大乡镇产业规模，增加农民收入，缩小城乡差距。

秸秆发电的主要燃料来源于小麦秸秆、玉米秸秆、稻草稻壳、棉花秸秆、林业砍伐及加工剩余物等农林废弃物。秸秆发电变农民在田间无序焚烧为集中燃烧，并发电、造肥，节省了大量煤炭资源，并增加了农民收入。国家电网公司旗下的国能生物发电集团有限公司引进丹麦先进的生物质直接燃烧发电技术，于2006年12月1日建成投产了中国第一个生物质直接燃烧发电项目——国能单县（ $1 \times 25\text{MW}$ ）生物质发电工程，实现了中国大容量生物质直接燃烧发电零的突破。该电厂2007年全年稳定运行8200多小时，发电2.2亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，消耗农林剩余物20多万吨，为农民增加收入5000万元以上。农民生活用秸秆燃烧效率仅约为15%，而直接燃烧发电锅炉可将热效率提高到90%以上。

秸秆作为一种可再生能源，在生长和燃烧中不增加大气中二氧化碳的含量，不但可以替代部分化石燃料，而且还能减少温室气体排放量。据测算，中国可开发的生物质能资源总量近期约为5亿t标准煤，远期可达10亿t标准煤。即使按5亿t标准煤计算，生物质发电可满足中国能源消费量20%以上的电力，年可减少排放二氧化碳近3.5亿t，二氧化硫、氮氧化物、烟尘减排量近2500万t。除此之外，秸秆燃烧产生的灰分还可作为优质钾还田使用，一台2.5万 kW 生物质发电机组年生产达8000t左右灰分。

1.4 生物质燃料发电技术的应用

生物质燃料发电技术主要包括生物质直接燃烧发电技术、生物质气化发电技术和沼气发电技术三种途径。

1.4.1 生物质直接燃烧发电技术

生物质能转化为电力主要有直接燃烧后用蒸汽进行发电和生物质气化发电两种。生物质

直接燃烧发电技术已基本成熟，已进入推广应用阶段，对于生物质较分散的发展中国家不是很合适。从环境效益的角度考虑，生物质直接燃烧与煤燃烧相似，但生物质燃烧要比煤燃烧环境友好。生物质气化发电是更洁净的利用方式，它几乎不排放任何有害气体，小规模生物质气化发电比较适合生物质的分散利用，投资较少，发电成本也较低，适于发展中国家应用，目前已进入商业化示范阶段。大规模的生物质气化发电一般采用生物质联合循环发电技术，适合于大规模开发利用生物质资源，能源效率高，是今后生物质工业化应用的主要方式，目前已进入工业示范阶段。

直接燃烧发电的过程是生物质与过量空气在锅炉中燃烧，产生的热烟气和锅炉的热交换部件换热，产生的高温高压蒸汽在蒸汽轮机中膨胀做功发出电能。从 20 世纪 90 年代起，丹麦、奥地利等欧洲国家开始对生物质能发电技术进行开发和研究，经过多年的努力，已研制出用于木屑、秸秆、谷壳等发电的锅炉。

1.4.2 生物质气化发电技术

生物质气化发电技术是将生物质转化成可燃气，再将净化后的气体燃料直接送入锅炉、内燃发电机、燃气轮机的燃烧室中燃烧发电，其工艺流程如图 1-1 所示。生物质气化发电相对燃烧发电是更洁净的利用方式，它几乎不排放任何有害气体，小规模生物质气化发电已进入商业示范阶段，它比较合适于生物质的分散利用，投资较少，发电成本也低，比较合适于发展中国家应用。

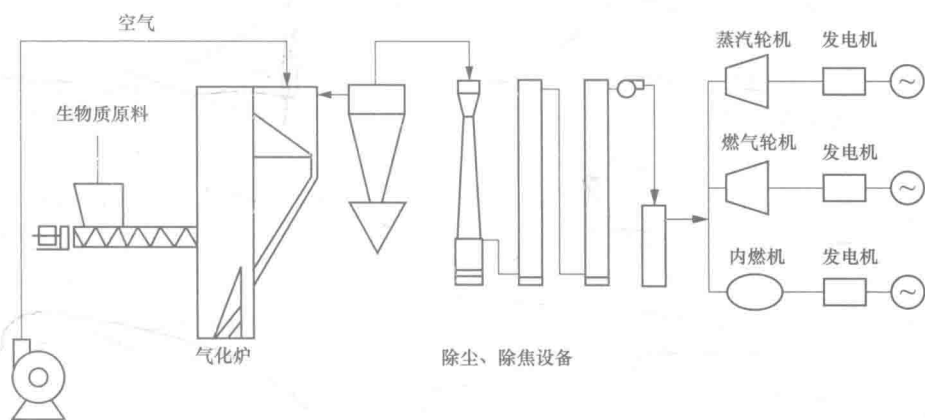


图 1-1 气化工艺流程

按发电规模分，生物质气化发电系统可分为小型、中型、大型三种。小型生物质气化发电系统多采用固定床气化设备，特别是下吸式气化炉，主要用于农村照明或作为中小企业的自备发电机组，一般发电功率小于 200kW。中型生物质气化发电系统以流化床气化为主，研究和应用最多的是循环流化床气化技术，主要作为大中型企业的自备电站或小型上网电站，发电功率一般为 500~3000kW，是当前生物质气化发电技术的主要方式。流化床气化技术对生物质原料适应性强，也可混烧煤、重油等传统燃料，生产强度大、气化效率高。大型生物质气化发电系统主要作为上网电站，它适应的生物质较为广泛，所需的生物质数量巨大，必须配套专门的生物质供应中心和预处理中心，系统功率一般在 5000kW 以上，虽然与



常规能源相比仍显得非常小，但在技术发展成熟后，将是今后替代常规能源电力的主要方式之一。一般来说，发电规模越大，单位发电量需要的成本就越低，也越有利于提高热效率和降低二次污染。

1.4.3 沼气发电技术

近年来随着国民经济的快速发展，农村用电量迅速增加，但是许多地区的用电量得不到满足，尤其是夏天用电高峰要对一些农村实施拉闸限电。为了缓解农村的这种矛盾，我国已投入大量人力物力开发新能源。采用沼气动力装置进行发电，已成为国际上趋同的技术路线。

沼气是在厌氧条件下由秸秆等有机物经多种微生物的分解与转化作用后产生的可燃气体，其主要成分是甲烷和二氧化碳，其中甲烷的含量一般为 60%~70%，二氧化碳的含量为 30%~40%。沼气是性能较好的燃料，纯燃气热值为 21.98MJ/m³（甲烷含量 60%、二氧化碳含量 20%）时，属中等热值燃料，并且沼气还是可再生的能源。

沼气发电工艺路线如下：沼气池→沼气→脱水脱硫→气水分离→过滤→压缩→气水分离→冷却→发电机组→配电室→用户→循环冷却。

1.5 生物质燃料发电的现状与前景

1.5.1 我国农林固体生物质燃料的特性

作为能源的农林固体生物质，与化石燃料能源有很大的区别。农林固体生物质具有可再生性，只要人类行为得当，这种能源就不会枯竭，可以周而复始地产生；生物质能的利用不会导致大气圈内主要温室气体二氧化碳的净增加积累，从而减缓地球的温室效应；农林固体剩余物的分布密度低，品种多样，依照区域、气候、地形、土壤、地形的不同而差别巨大，为原料的收集、运输、加工和规模化利用带来困难。生物质燃料的特点包括①挥发分含量高，一般超过 65%；②固定碳含量低，一般不超过 20%；③低位发热量约比煤小 40%；④含灰量显著低于煤，一般不超过 10%；⑤含硫量几乎比煤低一个数量级；⑥灰熔点比煤低 200~300℃。

生物质燃料的种类、物理特性和化学组成影响了整个利用过程（燃料供应、燃料系统、固体和气体污染物），生物质燃料的特性见表 1-2。

表 1-2 生物质燃料的特性（以 1t/h 锅炉为例）

项目		煤炭（Ⅱ类烟煤）	清柴油	天然气	生物质（秸秆）燃料
燃料发热量（kcal/kg）		4500	10200	8600	2000~3500
锅炉热效率（%）		60	90	90	80
密度（kg/m ³ ）		1100~1200	0.85	0.75~0.80	100~250
燃料气体排放	CO ₂ （mg/m ³ ）	218	199	137	0
	SO ₂ （mg/m ³ ）	1280	480	48	33.6
	NO _x （mg/m ³ ）	617	330	248	333
	烟尘 CO ₂ （mg/m ³ ）	510	89	16	66.75

续表

项目	煤炭（Ⅱ类烟煤）	清柴油	天然气	生物质（秸秆）燃料
市场参考价格	0.60 元/kg	6.5 元/kg	2.40 元/m ³	0.30 元/kg
燃料消耗	222kg/h	66kg/h	77.5m ³ /h	275kg/h
燃料费用	133.2 元/h	429 元/h	186 元/h	82.5 元/h
政府综合评价	禁用	不提倡	较好	最好
备注	燃料价格以当地当前价格为准			

1.5.2 生物质发电的现状

生物质直接燃烧发电已经在世界上以规模化大范围应用。在国外高效、节能的直接燃烧发电技术已经逐步成熟，生物质直接燃烧发电机组主要分布在美国、瑞典、荷兰、丹麦等科技技术较发达的欧洲国家。丹麦在生物质直接燃烧发电技术方面的成绩尤为显著，BWE 公司研发的生物质直接燃烧发电机组已经被联合国作为重点项目在世界各地进行推广。目前，坐落在丹麦的生物质发电机组每年可燃烧大约 160 万 t 的秸秆、甘蔗等农作物，这样就可以为丹麦提供约 6% 的电力。而在美国，大约有 1000 多座生物质直接燃烧机组，其主要以燃烧木材为主，大多机组装机容量为 10~25MW，另外芬兰、德国、荷兰、奥地利、巴西对生物质直接燃烧发电也很重视。

我国的生物质热解气化及热利用技术近年来也有了长足的发展。目前全国已建成农村气化站 200 多个，谷壳气化发电设备 100 多台（套）。由中国科学院广州能源研究所研发的“4MW 生物质气化联介循环发电系统”以谷壳、木屑、稻草等多种生物质废弃物为原料，发电效率可达 20%~28%，能满足农村处理农业废弃物的需要。中国生物质燃料发电已具有了一定的规模，主要集中在南方地区的许多糖厂利用甘蔗渣发电。广东和广西两省（区）共有小型发电机组 300 余台，总装机容量 800MW，云南也有一些甘蔗渣电厂。中国第一批农作物秸秆燃烧发电厂在河北石家庄晋州市和山东菏泽市单县建设。国家高科技发展计划（“863”计划）已建设 4MW 规模生物质（秸秆）气化发电的示范工程，系统发电效率可达 30% 左右。

世界生物质发电起源于 20 世纪 70 年代，当时，世界性的石油危机爆发后，丹麦开始积极开发清洁的可再生能源，大力推行秸秆等生物质发电。自 1990 年以来，生物质发电在欧美许多国家开始大发展。

中国是一个农业大国，生物质资源十分丰富，各种农作物每年产生秸秆 6 亿多 t，其中可以作为能源使用的约 4 亿 t，全国林木总生物量约 190 亿 t，可获得量为 9 亿 t，可作为能源利用的总量约为 3 亿 t。如加以有效利用，开发潜力将十分巨大。

生物质资源经处理可以用于电力生产，发电过程的剩余能量还可以用于供热和制冷等资源的综合利用。目前，生物质发电技术主要包括生物质直接燃烧发电、混合燃烧发电、气化发电、垃圾焚烧发电，以及生物质热电联产等。最近几年来，国家电网公司、五大发电集团等大型国有、民营以及外资企业纷纷投资参与中国生物质发电产业的建设运营。

2015 年，我国生物质发电总装机容量约 1030 万 kW，其中，农林生物质直燃发电约 530 万 kW，垃圾焚烧发电约 470 万 kW，沼气发电约 30 万 kW，年发电量约 520 亿 kWh，



生物质发电技术基本成熟。全国生物质能利用现状见表 1-3。

表 1-3 全国生物质能利用现状

全国生物质能利用现状					
利用方式	利用规模		年产量		折标煤
	数量	单位	数量	单位	万吨/年
生物质发电	1030	万 kW	520	亿 kWh	1520
户用沼气	4380	万户	190	亿 m ³	1320
大型沼气工程	10	万处			
生物质成型燃料	800	万 t			400
生物燃料乙醇			210	万 t	180
生物柴油			80	万 t	120
总计					3540

2016 年我国生物质发电项目装机容量达 1224.8 万 kW，生物质发电项目达到 665 个，全年发电量达 634.1 亿 kWh。

我国生物质发电发展较好的省区主要集中在东中部生物质资源富集且经济相对发达的省份，具体见表 1-4。

表 1-4 生物质发电装机前 10 省

省份	发电量（万 kW）	省份	发电量（万 kW）
山东省	107.0	湖南省	38.0
江苏省	72.0	湖北省	37.8
黑龙江省	52.4	安徽省	37.3
河北省	50.0	浙江省	36.6
河南省	47.0	广东省	32.7

1.5.3 生物质发电的前景

目前，世界能源消费构成是以煤、石油、天然气等不可再生能源为主。不可再生能源的过度开发和利用，不仅带来了能源危机，更带来了日益严重的环境污染问题。燃煤电厂、工业锅炉及民用锅炉向大气中排放大量 SO₂ 和 NO_x，使中国的酸雨污染问题日趋扩大；燃煤还产生大量的温室气体 CO₂；同时，粉尘的大量排放，造成空气质量下降。据估计，我国大气中 90% 的二氧化硫、70% 的烟尘和 85% 以上的二氧化碳均来自煤炭的燃烧。

中国作为一个迅速崛起的国家，要在保护环境的前提下实现国民经济的持续增长，必须改变传统的能源生产和消费方式，开发低污染、可再生的新能源。生物质作为能源有许多特点：生物质是一种可再生的绿色能源；生物质生长过程中吸收的 CO₂ 与其燃烧利用中排放的 CO₂ 是相等的，在 CO₂ 总量上实现了零排放，消除了产生温室效应的根源；与煤相比，生物质含灰少，含 N、S 也少，排放的 SO₂ 和 NO_x 远小于化石燃料。因此，生物质能的利用已经成为新能源的一个重要方向。

世界各国在调整本国能源发展战略中，都已把高效利用生物质能源摆在技术开发的一个相当重要的地位，作为能源利用中的重要课题。许多国家都制定了相应的开发研究计划。

2000 年 11 月由美国 TeehniealInsights, Inc. 出版的论文集《Biomass Market & Technology: An Opport unity for the 21st Century》曾预言, 到 2050 年, 世界上 38% 的直接燃料将来自于生物质。

截至 2015 年, 全球生物质发电装机容量约 1 亿 kW, 其中美国 1590 万 kW、巴西 1100 万 kW。生物质热电联产已成为欧洲, 特别是北欧国家重要的供热方式。国外生物质发展趋势主要为: 一是生物质能多元化分布式应用成为世界上生物质能发展较好国家的共同特征。二是生物天然气和成型燃料供热技术和商业化运作模式基本成熟, 逐渐成为生物质能重要发展方向。生物天然气不断拓展车用燃气和天然气供应等市场领域。生物质供热在中、小城市和城镇应用空间不断扩大。三是生物液体燃料向生物基化工产业延伸, 技术重点向利用非粮生物质资源的多元化生物炼制方向发展, 形成燃料乙醇、混合醇、生物柴油等丰富的能源衍生替代产品, 不断扩展航空燃料、化工基础原料等应用领域。

2005 年 2 月 28 日, 全国人大常务委员会通过了《中华人民共和国可再生能源法》, 并于 2006 年 1 月 1 日开始正式实施。国家发改委根据《可再生能源法》的要求, 在总结我国可再生能源资源、技术及产业发展状况, 借鉴国际可再生能源发展经验的基础上, 制定了《可再生能源中长期发展规划》, 并于 2007 年 9 月颁布。2016 年 10 月 28 日国家能源局也正式对外发布《生物质能发展“十三五”规划》(以下简称《规划》), 规划中提出了到 2020 年, 生物质能基本实现商业化和规模化利用。生物质能年利用量约 5800 万 t 标准煤。生物质发电总装机容量达到 1500 万 kW, 年发电量 900 亿 kWh, 其中农林生物质直燃发电 700 万 kW, 城镇生活垃圾焚烧发电 750 万 kW, 沼气发电 50 万 kW; 生物天然气年利用量 80 亿 m³; 生物液体燃料年利用量 600 万 t; 生物质成型燃料年利用量 3000 万 t, 具体见表 1-5。

表 1-5 《生物质能发展“十三五”规划》

“十三五”生物质能发展目标					
利用方式	利用规模		年产量		替代化石能源折标煤
	数量	单位	数量	单位	万 t/年
生物质发电	1500	万 kW	900	亿 kWh	2660
生物质天然气			80	亿 m ³	960
生物质成型燃料	3000	万 t			1500
生物液体燃料	600	万 t			680
生物乙醇燃料	400	万 t	210	万 t	380
生物柴油	200	万 t	80	万 t	300
总计					5800

到 2020 年生物质能产业新增投资约 1960 亿元, 其中生物质发电新增投资约 400 亿元, 生物质天然气新增投资约 1200 亿元, 生物质成型燃料供热产业新增投资约 180 亿元, 生物液体燃料新增投资约 180 亿元。

预计到 2020 年, 生物质能合计替代化石能源总量约 5800 万 t, 年减少 CO₂ 年排放量约 1.5 亿 t, 减少烟尘年排放量约 5200 万 t, 减少 SO₂ 年排放量约 140 万 t, 减少氮氧化物年排放量约 44 万 t。可再生能源的开发利用将节约和替代大量化石能源, 显著减少污染物和温室气体排放。“十三五”期间, 生物质重点产业将实现规模化发展, 成为带动新型城镇化建设、



农村经济发展的新型产业。预计到 2020 年,生物质能产业年销售收入 1200 亿元,提供就业岗位 400 万个,农民收入增加 200 亿元,经济和社会效益明显。

我国生物质能资源主要有农作物秸秆、树木枝娅、畜禽粪便、能源作物(植物)、生活垃圾等。全国农作物秸秆年产生量约 7 亿 t,除部分作为造纸原料和畜牧饲料外,大约 3 亿 t 可作为燃料使用,折合约 1.5 亿 t 标准煤。树木枝娅和林业废弃物年可获得量约为 9 亿 t,大约 3 亿 t 可作为能源利用,折合约 2 亿 t 标准煤。如果能够将其中的一部分合理有效地利用,就会带来很可观的经济效益和环境效益。

因为生物质能具有资源丰富、发展潜力巨大,适合发展分布式电力系统,接近终端用户,能够改善生态环境,发展农业生产和农村经济等优点,对我国节约能源,建设节约型的社会有重大帮助。同时,一系列的法律、法规和综合利用的政策出台,保障了生物质能开发利用处于良好的政策环境,应该说当前发展生物质能发电的时机很好,发展前景十分广阔。



国内外生物质检测技术现状和研究情况

生物质能源是一种具有广泛内涵的新能源,主要由农林废弃物、有机污水、禽畜粪便和生活垃圾等丰富可再生资源构成,储量巨大、清洁、可持续利用。在化石能源日趋紧张和环境污染日益严重的今天,生物质能源已成为新能源的一个重要发展方向。在生物质能源应用过程中,其燃料特性对应用情况具有较大影响,所以要对生物质燃料特性进行检测分析,如灰成分测定分析、工业成分分析、全水分测定分析等。目前世界各国正在积极开展生物质燃料特性检测方法研究及分析标准的制定工作。现在我国和国际标准化组织基本建立起成熟的、完善的、行之有效的检测方法和相关标准。而为了提高热利用效率,如何对其燃烧利用技术进行深入研究也已成为国内外相关研究人员普遍关注的问题。

2.1 生物质性质指标检测标准研究现状

随着传统能源(如煤炭、石油等)资源的逐渐枯竭和环境保护及可持续发展的需求,对新型能源的开发利用越来越受到全世界的关注。由于生物质能源可充分利用农业和工业的废弃物以及城市的部分固体废弃物,具有可再生和环境友好的双重特点,因而其开发利用现已成为热门的研究课题,引起世界各国的高度重视。

生物质能源的开发利用主要有三种方式,一种为将其转化为液体燃料如乙醇和柴油等而使用;另一种为将其转化为气体燃料使用;再一种就是作为固体燃料直接燃烧(通过单独燃烧或与煤炭混烧),将其生物能转换为热能而被利用。第三种方式由于技术上和工艺上比较简单易行,环保意义重大,国内外都有不少机构在研究开发利用。欧洲已有燃烧生物质燃料的电厂建成和正常运行,我国近几年来也积极开展了该领域的研究开发工作。为能充分、高效地利用生物质能源,各国在大力开发固体生物质燃料的应用的同时,也正在积极开展固体生物质燃料特性的试验方法研究及相关标准的制定工作。目前国际标准化组织和我国基本建立成熟的、现行有效的固体生物质燃料特性的检验方法和相关标准。美国也发布了一些固体生物质燃料的检验方法标准试用,并需进一步改进和完善。

2.1.1 国外生物质性质指标检测标准现状

欧盟许多国家较早就开展了固体生物质燃料的研究、开发和利用工作,现已有成熟的工业化应用。国际上欧盟和美国发布了有关固体生物质燃料检验方法的技术规范或标准。欧盟的标准(或技术规范)比较完整并已系列化,今后有可能成为制定国际标准的基础;美国材料与试验协会(ASTM)标准比较零散,不如欧盟标准全面和系列化,但主要试验



方法和技术内容与欧盟标准相近。欧盟固体生物质燃料标准化工作始于 2000 年。按照欧盟的要求，由欧盟标准化委员会（CEN）组织生物质固体燃料研讨会，识别并挑选了一系列需要建立的固体生物质燃料技术规范，欧盟标准化委员会准备了 30 个技术规范，分为术语；规格、分类和质量保证；取样和样品准备；物理（或机械）试验；化学试验等五个方面。

1. 术语

CEN/TS 14588—2004《固体生物燃料——术语、定义和描述》按照逻辑关系进行分类，共有 147 项术语和定义，范围包括农产品和林产品、农业和林业加工废弃物、农产品加工业的废弃物、木材废弃物、造纸黑液等。

2. 规格、分类和质量保证

本部分包括两项技术规范，分别为 CEN/TS 14961—2005《固体生物燃料——燃料规范和等级》和 CEN/TS 15234—2006《固体生物燃料——燃料质量评价》。

CEN/TS 14961 定义了固体生物质燃料的分类和规格，分类的基本原则是基于燃料来源、交易类型（块状、颗粒、粉末、锯末、木屑、圆木、整树、草捆、树皮等）和特性，共分为四个层次。第一层分为四个类型，分别为木本生物质、草本生物质、果树类生物质和混合物。

规格仅针对主要的商品生物质燃料制定。其中，固体生物质燃料的特性分为规范性和信息两类。规范性特性是决定性的，其中重要的特性有含水量、尺寸和含灰量。热值、密度等特性则是自愿的，仅用于提供有关的信息。规格的分级相当灵活，因此生产者和消费者都可以从中选择符合要求的类别。

质量管理体系依据 ISO 9001 制定，包括质量计划、质量控制、质量保证和质量改进。CEN/TS 15234 涵盖了燃料的质量保证和质量控制，定义了生物质燃料从生产到交付给最终用户整个供应链的质量保证程序，描述了满足质量要求需要履行的程序，确保整个供应链在可控范围之内。

3. 取样和样品准备

CEN/TS 14778—2005《固体生物燃料——抽样——第 1 部分：抽样办法》适用于所有类别，描述了手工和机械两种抽样方法，取样场所分为固定和移动两种形式。

CEN/TS 14778—2005《固体生物燃料——抽样——第 2 部分：卡车运输的颗粒物质的取样方法》，描述了卡车运输固体生物质燃料的取样方法，适用于类别 1 和 2。

CEN/TS 14779—2005《固体生物燃料——取样——取样计划和取样证书的准备方法》适用于所有类别，定义了合并样品必要的体积计算方法，抽样检验方法，抽样验证的完整和详细准备过程。

CEN/TS 14780—2005《固体生物燃料——样品制备方法》适用于类别 1、2 和 4。它描述了合并样品缩小至实验室样品的方法，以及实验室样品缩小成子样品和普通样品的方法，包括样品分割和规格减少。上述技术规范适用于测试样品的机械、物理和化学特性时采用。

4. 物理和机械特性检测标准

CEN/TS 14918—2005《固体生物燃料——热量值的测定方法》定义当生物质固体燃料