

文献著录格式: 周旭健. 沼气/生物天然气产业的发展 and 前景评述 [J]. 浙江农业科学, 2019, 60 (12): 2300-2303.

DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20191238

沼气/生物天然气产业的发展 and 前景评述

周旭健

(浙能集团 浙江天地环保科技有限公司, 浙江 杭州 311121)

摘要: 根据沼气发展面临的新形势, 沼气的能源定位和投资方向发生了较大的转变。政府重点鼓励发展规模化大型沼气工程, 鼓励开展规模化生物天然气工程。从能源结构、生态环保要求、碳减排和城镇化发展这 4 个方面阐述了中国开启生物天然气产业化进程的内在驱动和必然趋势。同时, 对照欧美等主要国家沼气产业化发展, 指出中国生物质资源丰富, 沼气潜力巨大, 生物天然气的产业化未来可期。

关键词: 沼气; 生物天然气; 生物质; 碳排放; 农业废弃物

中图分类号: X71

文献标志码: A

文章编号: 0528-9017(2019)12-2300-04

沼气是有机物经微生物厌氧消化而产生的可燃性气体, 其中甲烷 (CH_4) 含量通常在 50% ~ 70%, 其余为二氧化碳, 以及少量的氮、氢和硫化物, 是一种气体燃料, 其特性与天然气相似。沼气经简单的净化处理后可直接用于发电, 或经提纯制备成生物天然气 (CH_4 含量达 95% 以上), 热值与常规天然气一致。

我国从 20 世纪 50 年代就开始发展农村沼气, 主要是为了解决农村地区的能源问题和粪污处理。沼气作为一种农业废弃物处置过程中产生的补充性能源, 一直未形成较大的规模和产业。我国沼气工程以农村户用小沼气为主, 呈现“小”而“散”的特点。无论是沼气的生产技术、应用模式, 还是沼气在能源消费中的占比都与欧美等发达国家差距较大。但是, 随着国家能源需求的增加和能源、环保形势的日益严峻, 沼气作为一种可再生的清洁能源正逐渐受到关注和重视。沼气工程的功能被重新定位。

根据沼气发展面临的新形势, 从 2015 年开始, 中央调整了沼气的投资方向, 重点鼓励发展规模化大型沼气工程, 开展规模化生物天然气工程。2016 年 7 月, 国家能源局就《关于促进生物天然气产业化发展指导意见》向各相关单位征求建议。2018 年 8 月, 国家能源局发布《关于请上报生物天然气产业化示范储备项目的通知》, 首次提出“将生物天然气纳入能源发展战略和天然气发展战

略, 建立生物天然气优先利用机制”。2018 年 12 月, 国家能源局《关于请编制生物天然气发展中长期规划的通知》, 不仅要求各省统筹所在区域能源发展生物质天然气产业, 而且还要求中国船舶重工集团有限公司、中国海洋石油集团有限公司、中国华电集团有限公司、中国长江三峡集团有限公司、中国广核集团有限公司等 9 家有环保能源业务板块的央企根据自身情况, 统筹全国资源和项目布局, 制定本企业的生物天然气发展中长期规划, 正式开启了生物天然气产业化的进程。

1 生物天然气产业化的内在驱动

沼气/生物天然气工程涉及能源、环保、农业、市政、气候等多个领域。我国是个人口大国、能源消费大国、农业大国、碳排放大国, 能源供给侧的改革、生态绿色农业的建设、新型城镇化建设的趋势、国际和国内碳减排的需求等都为我国沼气的产业化进程提供了内在驱动。

1.1 能源结构转变和优化的需求

世界能源低碳化进程进一步加快, 天然气和非化石能源成为世界能源发展的主要方向。我国是原煤生产大国, 煤炭占能源消费总量的比重始终保持第一。近年来, 为应对国内外严峻的环保和气候形势, 我国政府一直着力优化能源结构, 提高天然气和可再生能源的消费比重, 把发展清洁低碳能源作为调整能源结构的主攻方向。但我国天然气资源相

收稿日期: 2019-10-22

基金项目: 浙能集团重点科技计划 (ZKNJ-2019-071)

作者简介: 周旭健 (1988—), 男, 浙江兰溪人, 工程师, 博士, 研究方向为固体废物处置与污染物控制, E-mail: zhxxj25@163.com。

对匮乏,进口依存度高。据邹才能等^[1]的估算,到2030年我国的天然气消费将达到5 500亿~6 000亿 m^3 ,对外依存度或将超过50%。

发展沼气/生物天然气,构建分布式清洁燃气生产消费体系,增加国内天然气的自主供应,是提高能源安全保证程度的必然要求。我国生物天然气资源丰富,具有弥补天然气缺口的巨大潜力。截至2015年,全国沼气年生产能力已达到158亿 m^3 ,折算成生物天然气(CH_4 含量按95%计)约为100亿 m^3 ,约为年天然气消费量的5%。《可再生能源中长期发展规划》指出,到2020年,沼气年利用量达到440亿 m^3 。我国生物天然气的生产潜力还远未完全释放,根据《全国农村沼气发展“十三五”规划》数据,仅在农业领域,2015年我国可供沼气生产的有机废弃物约为15亿t,沼气(CH_4 含量按60%计)生产潜力为1 227亿 m^3 ,折算成生物天然气为775亿 m^3 。

除农业领域外,市政领域的餐厨垃圾、污泥,以及工业领域的高浓度有机废水、工业有机污泥等都是沼气生产的原料。以餐厨垃圾为例,据行业机构的数据显示,2015年我国餐厨垃圾(主要是餐饮垃圾)产生量约为9 500万t,而有效处理率不足10%。随着我国垃圾分类的实施,餐厨垃圾(餐饮垃圾和厨余垃圾)的产量将呈现爆发式的增长。餐厨垃圾市场存在巨大的处置缺口和沼气生产潜力。

近年来,从中央高层的表态到政府各相关部门的政策和规划,都表明沼气正在从一种农村户用的补充性能源向着战略结构性能源(生物天然气)的方向转变和发展。《生物质能发展“十三五”规

划》表明,“十三五”期间要大力推动生物天然气规模化发展,生物天然气新增投资约1 200亿,占生物质产业新增投资的61.2%。

1.2 环保和生态农业建设的必然要求

近年来,环保形势趋于严峻,我国频出政策推动生物天然气产业化。

在大气领域,2018年6月发布的《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》提出要实施生物天然气工程,同年7月国务院印发的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》也提出,在具备资源条件的地方鼓励发展生物天然气。

在农业领域,目前我国存在严重的农业面源污染,农业已超过工业成为我国最大的面源污染产业,总体状况不容乐观。据统计,就农业面源污染中总氮和总磷的贡献度而言,化肥施用和畜禽养殖当属前2位^[2]。我国畜禽养殖每年产生粪污38亿t,目前综合利用率不足60%。大力推进畜禽粪污处理和资源化,是落实党中央、国务院战略部署的重要举措。2016年12月,习近平总书记主持召开中央财经工作领导小组第十四次会议,重点研究了加快推进畜禽养殖废弃物处理和资源化问题,强调和明确了“推进畜禽养殖废弃物处理与资源化要以沼气和生物天然气为主要处理方向,以农用有机肥和农村能源为主要利用方向”“支持集中化大型沼气工程的发展”。其后,国务院及各部门发布的相关政策充分体现和落实了这一会议精神。表1列举了近年中央及各部门发布的重要政策。政府对畜禽粪污处置的重视和决心,极大地推动了畜禽粪污的主要处理方向——沼气和生物天然气的发展。

表1 近年畜禽粪污处置方面的重要政策

时间	文件名	发布部门	要点
2017年2月	《关于深入推进农业供给侧结构性改革 加快培育农业农村发展新动能的若干意见》	中共中央、国务院	大力推行高效生态循环的种养模式,加快畜禽粪便集中处理,推动规模化大型沼气健康发展
2017年6月	《国务院办公厅关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》	国务院、办公厅	以沼气和生物天然气为主要处理方向,支持集中化大型沼气工程的发展,到2020年全国畜禽粪污综合利用率达到75%以上
2017年8月	《全国畜禽粪污资源化利用整县推进项目工作方案(2018—2020年)》	国家发展改革委、农业农村部	到2020年完成586个畜牧大县中的200个以上畜禽粪污整县推进任务,大型沼气工程投资最高一次性补助3 000万元
2018年5月	《关于做好2018年畜禽粪污资源化利用项目实施工作的通知》	农业农村部、财政部	整县推进地区畜禽粪污综合利用率达到90%以上,扩大沼气利用渠道,落实中央财政对项目的支持

沼气工程上联养殖业,下促种植业,是生态农业建设的重要纽带。为应对化肥过度施用带来的农业面源污染,国家正大力推广有机肥替代化肥,以及水肥一体化等行动。2017年农业部印发《开展

果菜茶有机肥替代化肥行动方案》,对有机肥的销售和利用进行了较大力度的补贴。畜禽粪污集中化处置的沼气工程,一方面,可以制备沼气和提纯生物天然气;另一方面,沼渣和沼液可加工成有机肥

替代传统化肥。据测算,农村沼气年可生产沼肥 7 100 万 t,按氮素折算可减施 310 万 t 化肥,每年可为农民增收节支近 500 亿元。

在市政领域,沼气和生物天然气也逐渐成为市政餐厨、污泥等行业的主要处理方向。据公开资料显示,根据对 111 座已知技术路线的餐厨垃圾处理设施(处理量 $50 \text{ t} \cdot \text{d}^{-1}$ 以上)的统计,采用厌氧发酵技术制备沼气的有 80 座,处理能力 $1.60 \text{ 万 t} \cdot \text{d}^{-1}$,处理能力占比 76.1%。

1.3 碳排放交易的机遇

“碳排放”是当今世界关注的主要问题之一。据报道,2015 年,我国 CO_2 的排放量约占当年全球 CO_2 排放总量的 27%,年排放量已跃居世界第一。中国在《巴黎协定》中承诺“将于 2030 年左右,使 CO_2 排放达到峰值,非化石能源占一次能源消费比重达到 20% 左右”。中国在经济的高速发展中面临着巨大的碳减排压力。2017 年 12 月,国家发改委宣布全国碳市场正式启动,并于 12 月 20 日正式印发了《全国碳排放权交易市场建设方案(发电行业)》,积极应对国内的碳减排压力,履行国际责任。碳减排为我国的产业和能源结构优化升级提供了契机。

沼气是一种可再生的生物质能源,有机废弃物制备沼气的过程和沼气替代传统能源都可直接或者间接减少 CO_2 的排放。《全国农村沼气发展“十三五”规划》提出,“积极探索碳排放权交易机制,开展碳排放权交易试点”。其实早在《京都议定书》的框架内,中国就已有较多的沼气工程项目成功注册了“清洁发展机制(CDM)项目”,在国际市场进行碳排放交易。

2009 年,湖北恩施州户用沼气项目是我国第一个成功注册 CDM 的户用沼气工程^[9]。恩施全州累计建成户用沼气池 54.5 万口,年核证减排量为 58.4 万 t CO_2 ,CDM 期限为 10 a,买方为世界银行社区发展碳基金(CDCF)。该项目涵盖湖北恩施 8 个县的 33 000 个农户,每年可获得减排收入约 82 万美元。同年,山东民和大型沼气发电项目(3 MW)成为我国第一个注册 CDM 的大型沼气发电项目,该项目每年可减排 CO_2 6.64 万 t,碳交易价为 14 美元 $\cdot \text{t}^{-1}$,每年碳减排收益约为 634.85 万元^[9]。

随着我国国内碳市场的启动和碳减排交易体系的建立和完善,任何企业都不会被置于减排大潮之外,因此,提前做好企业的碳资产管理和低碳产业

布局就显得尤为重要。据报道,国内的湖北、四川等省份已率先开展了农村沼气的核证自愿减排量(CCER)项目。随着沼气和生物天然气工程大型化的发展,沼气碳减排的作用、地位和效益将愈发突出,同时国家碳排放的需求也将进一步推动沼气和生物天然气工程产业化发展,为国家的碳减排行动做出贡献。

1.4 新型城镇化建设的必然趋势

党的十八大明确提出了“新型城镇化”的概念。中国的新型城镇化,摒弃了原来资源掠夺型、能源利用高耗型、污染严重型的发展模式,其核心是要把生态文明理念和原则全面融入城镇化全过程,走集约、智能、绿色、低碳的新型城镇化道路。新型城镇化给新时代的新农村建设、农业现代化、城乡一体化带来了新的发展机遇。大量农村农业人口的集聚、农业规模化现代化的发展,都对未来区域循环经济的发展 and 清洁能源的应用提出了新的要求。而以生物质为基础的沼气是“农业-农村-能源-生态”之间的纽带,具有绿色、低碳、可再生等特点,对新城镇化区域供电、供热、供气具有优势。农村户用小沼气向着集中化、规模化的发展是大势所趋。

2 前景和展望

沼气是一种重要的可再生的生物质能源,可以在一定程度上保证国家能源安全;沼气具有绿色环保的特点,可以有效减少温室气体排放;沼气技术可以高效环保地处理废弃物。从全球发展来看,在欧美等发达国家的能源结构朝着绿色低碳发展的进程中,沼气始终占据着一定的地位,并起着重要的作用。

欧洲是沼气产业最发达的地区。在欧洲各国中,德国一直是沼气生产和使用大国,沼气产业在其能源体系的构建中处于重要位置^[9]。截至 2014 年,德国建成沼气工程 10 786 个,占欧洲的 62.6%,沼气发电装机容量超过 3 800 MW,并提出到 2050 年将可再生能源发电占发电总量的比例提高到 80%^[9]。丹麦为应对能源危机,在 20 世纪 80 年代就建立了世界上第一座集中化大型沼气工程,沼气与天然气享有同等权利进入天然气管网进行输配^[7-9]。沼气是丹麦到 2050 年实现无化石能源目标的重要一环。瑞典是利用沼气作为汽车燃料最普遍的国家,26% 的沼气提纯后用作车用燃料^[9]。英国自 2002 年实行绿色证书系统以来,沼气一直

是该系统中最具代表性的可再生能源,人均沼气产量占欧洲首位。此外,美国、日本等致力于研究沼气燃料电池,已形成了一定的产业规模^[9]。

与欧洲各国相比,我国沼气的产业化开展较晚,但生产潜力巨大,无论是农业领域的秸秆、畜禽粪污,市政领域的餐厨垃圾、市政污泥,还是工业领域高浓度有机废水、有机污泥等,都存在无害化处置和环保消纳的巨大需求,沼气产业拥有坚实的原料基础。近年来,从国家和各地方出台的相关政策可以看出,政府对沼气的能源定位和态度发生了较大的转变。与欧洲各国一样,我国政府同样逐渐地在建设补贴、上网电价、税收优惠等多方位对沼气产业进行支持和培育,投资方向要求从户用小沼气转向大型化沼气工程,利用方向从沼气发电引导到提纯生物天然气。沼气/生物天然气在国家能源战略和生物质循环经济中的地位在逐渐提升。

沼气拥有可再生、生物质、绿色、低碳等多重标签,沼气工程是能源供给侧改革、现代生态农业、生物质循环经济和环境保护间的纽带。随着政策支持力度的加强、厌氧发酵技术的完善,以及市场潜力的释放,无论是基于对绿色能源的需求,还是对生物质逐级的高值化利用的要求,我国的沼

气/生物天然气的产业化进程都已经开始,且未来可期。

参考文献:

- [1] 邹才能,赵群,陈建军,等. 中国天然气发展态势及战略预判 [J]. 天然气工业, 2018, 38 (4): 1-11.
- [2] 武淑霞,刘宏斌,刘申,等. 农业面源污染现状及防控技术 [J]. 中国工程科学, 2018, 20 (5): 23-30.
- [3] 徐琬莹,周传斌,陈永根,等. 农村户用沼气项目的碳减排效益核算:以湖北省恩施州为例 [J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29 (4): 449-453.
- [4] 山东民和牧业股份有限公司. 山东民和沼气工程 CDM 项目建设与循环农业探索 [J]. 农业工程技术, 2009 (12): 23-24.
- [5] 周玮,李冰峰,王海. 德国沼气工程相关政策法律与产业现状 [J]. 中国农学通报, 2015, 31 (32): 117-122.
- [6] 乔玮,李冰峰,董仁杰,等. 德国沼气工程发展和能源政策分析 [J]. 中国沼气, 2016, 34 (3): 74-80.
- [7] 陈子爱,邓良伟,王超,等. 欧洲沼气工程补贴政策概览 [J]. 中国沼气, 2013, 31 (6): 29-34.
- [8] 朱颖,胡后春,汤晓玉,等. 丹麦集中式沼气工程发展模式分析与启示 [J]. 世界农业, 2016 (11): 149-155.
- [9] 韩文彪,王毅琪,徐霞,等. 沼气提纯净化与高值利用技术研究进展 [J]. 中国沼气, 2017, 35 (5): 57-61.

(责任编辑:高峻)

(上接第 2299 页)

关的农村沼气后续服务队伍,为农村沼气的运行维护提供服务。及时总结、引进先进的农村沼气安全运维模式,并加以推广。

参考文献:

- [1] 韩娅新,张成明. 不同农业有机废弃物产甲烷特性比较 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (1): 258-264.
- [2] 骆林平,单胜道,虞方伯,等. 诸暨市安家湖村联户沼气工程及效益分析 [J]. 浙江农业科学, 2017, 58 (12): 2108-2110.
- [3] 樊战辉,孙家宾,陈光年. 四川省新村低能耗沼气集中供气工程实例 [J]. 中国沼气, 2017, 35 (6): 70-74.

- [4] 吴晓梅,吴斌. 规模化养猪场沼气发电工程实例分析 [J]. 能源与环境, 2018 (2): 67-70.
- [5] 谷伟楠,兰艳艳,洪俊杰. 蔬菜废弃物规模化沼气工程资源化综合利用模式探讨 [J]. 节能环保, 2019 (1): 31-32.
- [6] 董越勇,聂新军,王强,等. 不同养殖规模猪场沼气工程沼液养分差异性分析 [J]. 浙江农业科学, 2017, 58 (12): 2089-2092.
- [7] 冯晶,刘国华,马继涛,等. 规模化秸秆沼气工程集成技术及工程运行效果研究 [J]. 农业工程学报, 2018, 34 (增刊): 81-85.

(责任编辑:吴益伟)

(上接第 2269 页)

- [2] 姜丽英,徐法三,黄振东,等. 柑橘黑点病的发病规律和防治 [J]. 浙江农业学报, 2012, 24 (4): 647-653.
- [3] MONDAL S N, VICENT A, REIS R F, et al. Efficacy of pre- and postinoculation application of fungicides to expanding young citrus leaves for control of melanose, scab, and alternaria brown

spot [J]. Plant Disease, 2007, 91 (12): 1600-1606.

- [4] 蒋飞,吴丹丹,张喜喜,等. 上海柑橘黑点病田间发生规律研究 [J]. 浙江柑橘, 2018, 2: 16-19.

(责任编辑:高峻)