

我国秸秆沼气工程发展现状与趋势

陈 羚, 赵立欣, 董保成, 万小春, 高新星
(农业部规划设计研究院 能源环保所, 北京 100125)

摘 要: 秸秆沼气的发展不仅可实现农业废弃物资源循环利用、改善农村环境和温室气体减排, 而且还能解决畜禽粪便沼气工程面临的地域与原料限制问题, 受到全国范围的广泛重视。文章简述了我国现有的秸秆沼气的工艺技术种类和特点, 介绍了秸秆沼气发展中存在的问题, 并展望了秸秆沼气的发展趋势。

关键词: 秸秆; 沼气工程; 现状; 趋势

中图分类号: TK6; S216.4 **文献标志码:** C **文章编号:** 1671-5292(2010)03-0145-04

The status and trends of the development of biogas plants for crop straws in China

CHEN Ling, ZHAO Li-xin, DONG Bao-cheng, WAN Xiao-chun, GAO Xin-xing

(Institute of Energy and Environment Protection, Chinese Academy of Agriculture Engineering, Beijing 100125, China)

Abstract: The biogas plants for crop straws, which can not only recycle agricultural wastes, improve the rural environment and reduce the greenhouse gas emissions, but also solve the limitations of region and feedstock faced by current biogas plants which is with manure as feedstock, it has been attached extensive attention in China. The category and characteristics of the technologies which have been applied by the biogas plants for crop straws, as well as the problems existed in the development of biogas plants are introduced in this paper. The trends of development of biogas plants for crop straws are also prospected.

Key words: crop straws; biogas plant; status; trend of development

0 引言

我国是农业大国, 每年生产农作物秸秆 7 亿 t 左右, 其中 4 亿 t 的秸秆资源可作为能源利用^[1]。长期以来, 大部分秸秆是我国农村居民的主要生活燃料、畜禽饲料和有机肥料, 小部分作为工业造纸原料^[2]。近年来, 随着社会主义新农村建设和城镇化的发展、能源消费结构的改善和各类替代原料的应用, 加上秸秆综合利用成本高、经济性差、产业化程度低等原因, 开始出现了地区性、季节性、结构性的秸秆过剩, 特别是在粮食主产区和沿海经济发达的部分地区, 露天焚烧现象屡禁不止, 既浪费资源、污染环境, 又威胁交通安全^[3]。

秸秆中含有大量的有机质、氮磷钾和微量元

素, 利用秸秆沼气技术分解秸秆产生沼气和沼渣, 不仅高效利用了农作物秸秆, 而且还能解决部分以畜禽粪便为原料的沼气工程缺乏发酵原料而闲置的问题, 打破了沼气建设对畜禽饲养的依赖性^[4-6]。特别是以秸秆为主要原料的集中供气技术, 以自然村为单元, 建设厌氧消化装置、储气设备, 通过管网把沼气输送到农户家中, 解决了农户炊事用能问题。同时, 农作物秸秆资源的收集、储存和运输过程, 增加了当地农户直接就业机会, 秸秆的出售增加了农民收入, 实现了变废为宝, 做到源于农民还于农民。因此, 秸秆沼气技术的研发和推广, 可以达到能源回收、物质循环、环境保护和促进农民增收等多重效果, 受到广泛重视。

收稿日期: 2010-04-21。

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划(2008BAD4B16)。

作者简介: 陈 羚(1981-), 女, 博士, 工程师, 研究方向为固体废弃物厌氧消化技术。E-mail: lym_chen00@126.com

通讯作者: 赵立欣(1967-), 女, 博士, 研究员, 主要从事可再生能源技术研发及宏观政策研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

1 我国秸秆沼气工程的发展现状

1.1 秸秆沼气的技术难点

秸秆沼气技术是指以秸秆为主要原料的厌氧消化技术。由于秸秆的特性,秸秆沼气技术存在以下难点。

(1) 秸秆的木质纤维素含量高,不易被厌氧菌消化^[7],导致消化效率不高,投入产出效益差;

(2) 秸秆不具有流动性,且密度小、体积大,进出料困难^[8];

(3) 秸秆的固体浓度高,在消化开始阶段容易产生酸的消耗不平衡,引起酸积累,造成酸中毒现象^[9],影响正常运行;

(4) 由于固体浓度高,反应器内传热传质不均匀,物料与接种物接触不充分,消化条件不易控制,而且高固体浓度给搅拌装置的选择和动力的配置等带来了困难^[10]。

1.2 秸秆沼气工艺类型

截至 2009 年底,我国已建成并正常运行的规模化秸秆沼气工程约 10 座,2009 年国家在黑龙江、内蒙古、天津、河北、河南、山东、山西、陕西等 13 个省(市、区)安排了 16 个试点工程。江苏、广西等省也在积极进行区域性的秸秆沼气技术及管理模式的探索^{[11],[12]}。从运行成功和在建的秸秆沼气示范点看,我国秸秆沼气工艺类型多样。根据秸秆物料在反应器中的形态,大致可分为液态消化、固态消化和固液两相消化工艺。液态消化是指秸秆物料在有流动水状态下进行的厌氧消化过程。固态消化是指没有或几乎没有流动水状态下进行的秸秆厌氧消化过程。固液两相厌氧消化是指固态和液态发酵原料分别在不同装置中进行厌氧消化的过程。

(1) 液态消化

应用于秸秆沼气工程的液态消化工艺以完全混合式和自载体生物膜厌氧消化工艺为主^[13]。该两种工艺比较成熟,发酵原料固体含量在 8% 左右,都是在厌氧消化器内安装有搅拌装置,通过适当搅拌改善厌氧菌群与物料接触和传质传热等效果,从而提高沼气生产效率的厌氧消化技术。由于采用了搅拌装置,消化装置内物料处于完全均匀或基本均匀的状态,因此微生物能和原料充分接触。

液态消化反应器为立式或卧式,通常采用序

批式或连续式进出料方式,沼液回流循环使用,减少了沼液外排。液态消化技术在国外已被大量应用于混合原料的处理。但由于物料含水率高,该技术所需消化器体积较大,加热和搅拌能耗高,且微生物容易随出料流失。

目前,我国已建立以液体消化工艺为核心技术的秸秆沼气工程多处。其中,山东省德州市秸秆沼气工程已运行 1 年以上。

(2) 固态消化

根据投料方式不同,固体消化也可分为序批式和连续式工艺。由于秸秆固体浓度高,进出料困难,因此我国秸秆沼气工程以序批式投料为主,主要有覆膜槽干式、车库(集装箱)式和红泥塑料厌氧消化工艺。由于单个消化周期内存在产气高峰、低谷明显等特点,因此序批式沼气工程大都采用多个不同消化阶段反应器并联的方式运行,以保证整个系统产气稳定。

覆膜槽干式消化工艺是以秸秆、粪便等为原料,通过好氧前处理——厌氧消化产气——剩余物处理 3 个阶段进行沼气生产的厌氧消化技术^[14]。其突出的特点:首先以好氧堆肥方法对物料进行机械搅拌,利用生物能使原料升温(同时实施秸秆生物预处理),再辅以高效的保温措施,不用外加热源就能达到中温厌氧消化所需温度,减少了系统的能耗。目前,在大兴建立的以该技术为核心的沼气工程已运行 2 年以上^[15]。

车库式厌氧消化工艺是指固体混合物料在多个并联的车库型或集装箱型厌氧反应器中进行的序批式厌氧消化技术^[16]。经粉碎的秸秆直接与富含菌种的沼渣接种,用铲车送入反应器进行批式消化,通过渗滤液回流喷淋达到连续接种和缓解过度酸化的效果。该工艺运行能耗低,易于操作,且无沼液排放。该工艺对车库门的密封和反应仓内甲烷含量检测要求较高,目前在德国已有成功案例,我国黑龙江也正在进行该工艺的示范。

红泥塑料厌氧消化技术是采用地下砖混或钢筋混凝土结构作为厌氧消化器,并用红泥塑料覆盖收集沼气的技术。该技术对秸秆预处理要求不高,不需切碎或粉碎,分层添加畜禽粪便作为接种物和营养调节剂,直接在地面或敞开的消化器内堆制处理 5~10 d。进料时往消化器内注入可淹没

池内物料的水量, 覆上红泥塑料并通过水封将消化器密封, 进行厌氧消化。消化器顶部的四周设置喷淋管, 定期添加液体或回流沼液, 以防止结壳, 提高产气效率。换料时可直接揭开红泥塑料覆皮, 采用机械进出料。红泥塑料吸热性能好, 能迅速提高消化器的温度^[17]。该技术需要的动力设备装置少, 能耗低, 且操作简便。采用该技术在江苏省金坛市和广西田阳县建造的秸秆沼气集中供气工程, 已成功运行 1 年以上。

(3) 固液两相消化工艺

固液两相消化工艺通过将固相和液相发酵原料分在不同区域, 以达到产酸相和产甲烷相分离, 并利用沼液回流实现循环接种。根据反应器个数的不同, 可分为分离式两相和一体化两相厌氧消化技术。

分离式两相消化工艺是指固相和液相分别在不同消化器中进行的厌氧消化工艺^[18]。两相分离有利于产酸菌和产甲烷菌在各自的反应区内保持适宜的生长环境, 同时, 秸秆在产酸反应器中转化成易于消化的渗滤液, 作为产甲烷消化器的原料生产沼气, 沼液作为接种物回流至产酸反应器。该工艺可通过固相消化器的连续投料或多个处于不同消化阶段的序批消化器并联达到整个系统的连续稳定运行。但由于设置多个消化器的投资成本较高, 目前应用较多的是以固体连续投料消化器为核心的两相秸秆沼气工程, 如浙江省开化县和山东省淄博市的示范工程, 其中开化县黄石村秸秆沼气工程已正常稳定运行两年。

一体化两相厌氧消化技术是在同一反应器内实现固相和液相分区消化的连续厌氧工艺。秸秆经粉碎、青贮等预处理后, 与回流的沼液混合, 从消化器顶部均匀布料, 由于沼液与秸秆密度不同, 秸秆在消化器顶部呈相对静止“填料”状态, 富含微生物的沼液部分向下流动, 形成两相反应区, 可提高微生物的活性。同时, 沼液回流可实现对物料的循环接种, 有效解决秸秆厌氧消化容易酸化的技术难题。该技术通过连续性投料、出料, 使得沼气生产连续稳定, 适合处理干秸秆、青贮秸秆等类物料。目前, 该技术在我国得到广泛应用, 河北青县、天津四党口、四川省双流县、山西省高平市等地工程均已正常运行 1 年以上^{[19],[20]}。

1.3 秸秆沼气工程发展存在的问题

(1) 秸秆沼气技术处于起步阶段

目前, 国内对秸秆沼气技术的研究处于起步阶段, 已建成的秸秆沼气工程运行还不足 3 年, 除一体化两相厌氧消化技术外, 均未经省部级科技部门鉴定, 不同工艺技术类型还都存在一些技术、经济及管理方面的问题, 运行效果不明显, 还需要经过实践的检验。

(2) 秸秆沼气工程自负盈亏能力较低

与畜禽粪便沼气工程相比, 由于秸秆沼气工程增加了原料收集、贮存、处理过程, 需要增加设施设备, 如消防设施等, 使土建、设备等一次性投资较高; 秸秆原料的来源稳定性受季节影响较大, 秸秆直接从农民购入导致价格可控性较差, 以及工程能耗等因素导致运行成本较高; 我国秸秆沼气工程主要以集中供气为主, 可售产品为沼气和沼渣, 沼气福利性低价出售给村民作为炊事用能, 沼渣可制成有机肥还田, 但由于农民对沼渣还未完全接受, 目前基本免费提供给村民使用, 加上 CDM 机制暂未引入, 沼气工程的收益不高。工程投资、运行成本高, 产品收入低, 造成秸秆沼气工程自负盈亏能力较差。

(3) 支持秸秆沼气工程运行的政策较少

近年来, 党中央、国务院非常重视农村沼气的建设, 特别是自 2008 年以后增加了对秸秆沼气的扶持力度。中央投入资金主要用于支持秸秆沼气工程建设, 包括土建、设备投资, 很少有针对工程后期运行和终端产品的政策和奖励机制, 单靠沼气工程产品的市场盈利很难调动业主的积极性。因此, 存在未满足负荷运行, 甚至停运的沼气工程。

2 秸秆沼气工程的发展趋势

秸秆沼气工程能充分利用农村秸秆资源, 改善农村环境, 同时为农村居民提供高品质的清洁能源, 正受到全国范围的广泛重视。我国的秸秆沼气工程将在中央的大力支持下, 向标准化、规模化方向发展, 发展趋势将体现在以下几方面。

(1) 沼气工程的原料将从畜禽粪便向以秸秆为主要原料的多元化物料转化^[21]。为保障秸秆沼气工程的原料来源稳定, 势必加入生活垃圾、粪便等易获取的替代原料, 以克服秸秆原料受季节性和价格不可控性影响较大的缺点。

(2) 秸秆沼气工程的建设地点将从农村扩大

到城镇结合部地区。规模化生产和利用沼气是当前国际发展的趋势,也是降低成本、提高经济效益的出路之一。小城镇是利用农村、小城镇有机废弃物,规模生产沼气的理想区域^[22]。我国农村城镇化的发展加大了对能源的需求,面对能源的短缺,在城乡结合部建设以秸秆沼气为核心的废弃物循环利用工程,将是改善城乡环境和发展循环经济、实施可再生能源发展战略的重要组成部分。

(3)更加重视高效、高值和综合利用秸秆沼气工程产品。由于世界范围内的能源紧张,沼气的高附加值开发利用将是今后的发展趋势,例如沼气纯化后装罐用于民用燃料或作为汽车燃料;针对目前沼渣沼液消纳难及具有季节性等问题^[23],开发沼渣沼液在种植业和养殖业中的综合利用生态模式也是发展的重点。

(4)秸秆沼气工程的运营管理模式将向专业化方向发展。秸秆沼气工程持续发展的关键是运行管理机制,委托专业的沼气公司标准化运行管理沼气工程,并引入 CDM 机制增加沼气工程效益,将是今后的发展方向。

3 结语

我国是农业大国,作物秸秆产量极其丰富,发展不受畜禽养殖业制约的秸秆沼气技术是实现废弃物处理和资源化利用的重要途径。我国秸秆沼气技术处于起步阶段,现阶段工艺种类多样,各有特点,应加大针对不同秸秆种类、不同工艺适用性的研究和应用,为各区域因地制宜地选择合适的秸秆沼气工艺提供理论和实践依据。

参考文献:

[1] 张培栋,杨艳丽,李光全,等.中国农作物秸秆能源化潜力估算[J].可再生能源,2007,25(6):80-83.

[2] 韩鲁佳,闫巧娟,刘向阳,等.中国农作物秸秆资源及其利用现状[J].农业工程学报,2002,18(3):87-91.

[3] 张荣成,李秀金.作物秸秆能源转化技术研究进展[J].现代化工,2005(6):14-17.

[4] 石磊,赵由才,柴晓利.我国农作物秸秆的综合利用技术进展[J].中国沼气,2005,23(2):11-19.

[5] 陈小华,朱洪光.农作物秸秆产沼气研究进展与展望[J].农业工程学报,2007,23(3):279-283.

[6] 薛民琪,任彬,陆胜龙.秸秆沼气关键技术研究与应用[J].农业环境与发展,2009,26(6):34-38.

[7] 武少菁,刘圣勇,王晓东,等.秸秆干发酵产沼气技术

的概述和展望[J].中国沼气,2008,26(4):20-23.

[8] 李世密,张晓健,曲静霞,等.秸秆类木质纤维素原料厌氧发酵产沼气的研究 [A].2007 中国生物质能科学技术论坛[C].营口:辽宁省能源研究所,2007.328-332.

[9] 张望.稻草干法厌氧发酵生产生物气的试验研究[D].北京:北京化工大学,2008.

[10] 朱洪光,陈小华.用沼气技术进行秸秆生物能转化的技术分析 [A].2006 可再生能源规模化发展国际研讨会暨第三届泛长三角能源科技论坛论文集[C].南京:东南大学,2006.404-408.

[11] 殷志明,王一线.淮安市秸秆沼气技术示范推广实践与思考[J].中国沼气,2009,27(5):49-50.

[12] 黄惠珠,叶夏,肖弘建.谈秸秆生物气化技术在沼气建设中的应用研究[J].能源与环境,2007(3):60-61.

[13] 庞云芝,王奎升,李秀金.以秸秆为原料规模化生产沼气关键技术与推广应用 [J]. 化工进展,2008,27(S):120-123.

[14] 韩捷,向欣,李想.覆膜槽沼气规模化干法发酵技术与装备研究[J].农业工程学报,2008,24(10):100-104.

[15] 中国新能源网.北京大兴区在全国首家应用沼气干发酵技术[J].北京农业,2007,31:46-46.

[16] 李想,赵立欣,韩捷,等.农业废弃物资源化利用新方向——沼气干发酵技术 [J]. 中国沼气,2006,24(4):23-27.

[17] 黄惠珠.红泥塑料在规模化畜禽养殖场沼气工程中的应用——介绍福建省永安文龙养殖场沼气工程[J].中国沼气,2007,25(3):23-26.

[18] 鲍安红.两相连续固体床厌氧消化反应器的试验[J].农机化研究,2009,31(2):153-154.

[19] 钟燕平.秸秆沼气发酵工艺技术获重大突破[J].农业知识(科学养殖),2009(9):10-10.

[20] 姜森林,温宏宇.大型沼气纯秸秆高速干发酵工艺在高平市一次点火成功 [A].2008 年山西省可再生能源开发利用研讨会论文集 [C]. 南京:东南大学,2008.131-133.

[21] 成官文,朱宗强,胡乐宁,等.几种常见农业有机废物产沼气研究[A].2008 年(第十届)中国科协年会论文集[C].郑州:中国科协,2008.1-6.

[22] 阮文权,郁丹,邹华,等.小城镇废弃物沼气生产技术创新[J].中国沼气,2006,24(4):28-35.

[23] 赵希彦.沼气发酵残留物在养殖业中的综合利用[J].安徽农业科学,2009,37(26):12592-12594.