

农村沼气工程动态发酵工艺的调控

邱 凌, 王兰英, 杨 鹏

(西北农林科技大学 农业部沼气产品质检中心西北工作站, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 以厌氧活性污泥滞留和附着膜技术为基础, 在研究阐明沼气发酵装置内物料流态和运行机理的基础上, 研制出旋动式沼气发酵装置, 与发酵装置相配套, 探索出自流进料、旋流布料、强回流搅拌、固菌成膜的动态连续发酵工艺, 解决了静态不连续发酵工艺存在的菌料分布不均和出料困难等技术问题。工程运行显示, 动态发酵工艺比静态发酵工艺年均产气量提高 31%~72.4%, 实现了全年产气、持续利用、方便管理的目标。

关键词: 沼气工程; 发酵工艺; 动态; 调控

中图分类号: X703; S216.4 文献标识码: B 文章编号: 1671-529X(2005)01-0047-03

Control on the dynamic fermentive technology of rural biomass project

QIU Ling, WANG Lan-ying, YANG Peng

(The Northwest Station of Biogas Products and Equipment Quality Test Center of the Ministry of Agriculture P.R.C, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling Shanxi 712100, China)

Abstract: The rotation biogas digesters is based on the techniques of detaining sludge and attaching film, and according to the material and running mechanism. It adopts new technics to resolve some questions, such as self-inputing stuff without impetus, spinning-flow, circumfluence with mixing, fixing bacterium to form membrane. Through applying and checking in practice, the dynamic digesters service and technics can grow 31%~72.4% more than that of static digesters, and performed objectives of yield gas all year, constant utilization, and simple management.

Key words: biomass project; fermentative technology; dynamic; control

静态沼气发酵装置在原料入池后, 随着时间的推移, 发酵间内就会出现严重的结壳、沉淀、分层现象, 导致发酵间的有效容积减小, 如不破壳和大换料就无法继续使用。由于没有破壳和清渣装置, 形成的结壳和发酵沉淀物只能从顶部的天窗口取出, 劳动强度大, 安全保障差, 容易发生事故, 致使大量的沼气池因出料难而无法使用。与此同时, 发酵间内菌料分布不均, 存在着“料液短路”、“发酵盲区”和“微生物贫乏区”以及活性悬浮污泥随出料流失, 微生物和新鲜原料不能充分接触的情况, 从而影响了沼气池的产气率。为此,

我们通过理论分析和工程实践, 研究发明了旋动式沼气池^[1], 并以此为根据, 探索出动态连续发酵工艺的调控技术, 使农村沼气工程进料连续均衡, 管理简便, 可全年产气用气。

1 工艺流程的构建

沼气发酵是复杂的微生物学过程, 要使沼气发酵装置持续高效的运行, 除了发酵装置结构和功能合理外, 还需要建立动态高效的发酵机制。只有有了大量的沼气发酵微生物, 并使各种类群的微生物得到最佳的生长条件, 各种有机原料才会在微生物的作用下转化为沼气。为此, 与旋动式沼

收稿日期: 2004-11-25

基金项目: 科技部攻关项目(2003BA870C); 国家科技成果重点推广计划(2002EC000397)

作者简介: 邱 凌(1957-), 男, 教授, 从事生物能源与环境工程的教学与科研工作。

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

气发酵装置相配套,构建形成了如图 1 所示的动态连续高效沼气发酵工艺流程。

畜禽舍和厕所的人畜粪污通过排污管道进入预处理间,经沉砂、除杂、酸化处理后,从进料口进

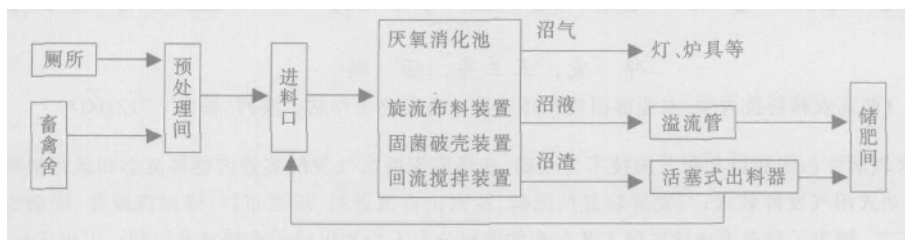


图1 农村沼气工程动态发酵工艺流程

入发酵间,通过厌氧发酵,将人畜粪污转化为沼气和沼肥,使人畜粪污得到无害化和减量化处理。通过设置在发酵间底部的抽渣管和管内的活塞,进行强制回流搅拌,提高菌料均匀度和产气率。发酵装置产生的沼气经脱水、脱硫净化处理后,供炊事、照明使用。从出料间溢出的沼液和抽渣管抽出的沼渣储存于储肥间,用作农作物有机肥料或淡水养殖的营养饵料,从而实现轻松管理和永续利用的目标。

2 发酵工艺参数的调控

2.1 配料启动

在沼气发酵中,要获得较高的装置产气率和原料转化率,必须为沼气发酵微生物创造适宜的生存和繁殖条件,必须有质优量足的沼气微生物和碳氮比适宜的发酵原料。从营养学和代谢作用角度看,沼气发酵微生物消耗碳的速度比消耗氮的速度要快 25~30 倍。因此,在其它条件都具备的情况下,原料碳氮比例配成 25~30:1 可以使沼气发酵在合适的速度下进行。理论研究和工程实践表明,沼气发酵启动需按接种物:原料:水=1:2:5 的比例配料,其中,接种物是富含沼气微生物的物质,来源广、易采集的接种物主要是正常产气的沼气发酵剩余物,一般需要添加 10% 以上。启动原料采用碳氮比为 25~30:1 的纯净牛粪、马粪、羊粪,或者一半猪粪搭配一半牛马粪。启动原料进入发酵装置前,应在含水率 60%~70% 左右的条件下堆沤处理 3~6 天,并加盖塑料薄膜封闭,以聚集热量和富集菌种。

2.2 温度调控

温度是沼气发酵的重要外因条件,温度适宜则细菌繁殖旺盛,活力强,厌氧分解和生成甲烷的速度快,产气量高。研究表明,化学反应速度随温度的升高而加快,温度每升高 10℃,反应速度增

加 2~3 倍,沼气发酵过程是由微生物进行的生化反应过程,在常温范围内符合这一规律^[2]。发酵温度低于 10℃,微生物休眠,产气很少,达不到使用的目的。因此,启动料液的温度要调控在 20℃ 以上,运行料液的温度要调控在 15℃ 以上,才能达到产气和使用的目的。对于户用沼气池,尤其是北方沼气池来讲,通过太阳能热利用技术,提高沼气池发酵料液的温度,对于提高产气量显得尤为重要。入冬前,对于“三结合”沼气系统,要用塑料薄膜覆盖太阳能畜禽舍顶面;对于“四位一体”沼气系统,要用塑料薄膜覆盖日光温室;对于露地沼气池,要为沼气池搭建简易温棚,进行保温越冬。

2.3 负荷调控

农村沼气工程的负荷常用容积有机负荷表示,即单位体积沼气装置每天所承受的有机物的数量,通常以 $\text{COD kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 为单位。农村沼气工程的负荷通常用发酵原料浓度来体现,适宜的干物质浓度为 4%~10%,即发酵原料含水量为 90%~96%。沼气微生物吸收养分、排泄废物和生存繁殖,都需要有适宜的水分,水分过多或过少都不利于沼气微生物的活动和沼气的产生。若水量过多,发酵料液中干物质含量少,单位体积的产气量减少;如果水量过少,发酵料液太浓,容易积累有机酸,使沼气发酵受阻,影响沼气产量。农村沼气工程启动料液浓度一般调控在 6% 以下,运行浓度随温度变化在 5%~10% 范围内调控。

2.4 酸碱度调控

沼气发酵是酸碱度中性条件下的厌氧发酵,其最适 pH 值为 6.8~7.4, pH 值 6.4 以下, 7.6 以上都对产气有抑制作用^[3]。在沼气工程启动和运行过程中,影响 pH 值变化的因素主要有 3 点:①发酵原料中含有大量有机酸,如果在短时间内大量向发酵装置内投入这类原料,就会引起发酵装置

内 pH 值的下降。但如果向正常运行的发酵装置内按发酵装置可承受的负荷投入原料,有机酸会很快被分解掉,因而不会引起发酵装置的酸化,所以不必对进料的 pH 值进行调整。②发酵装置启动时投料浓度过高,接种物中的产甲烷菌数量又不足时,以及在发酵装置运行阶段突然升高负荷,使产酸与产甲烷的速度失调而引起挥发酸的积累,导致 pH 值下降,往往是造成发酵装置启动失败或运行失常的主要原因。③进料中混入大量强酸或强碱,会直接影响发酵液的 pH 值。

在沼气工程启动或运行过程中,一旦发生酸化现象应立即停止进料。如果酸化程度不大,靠发酵装置内的甲烷菌逐渐分解积累的有机酸,使 pH 值逐渐恢复正常;如 pH 值在 6.0 以上,可适当投入石灰水、 Na_2CO_3 溶液或 NH_4HCO_3 溶液加以中和,如果 pH 值在 6.0 以下,则应在调整 pH 值的同时,大量投入接种污泥,以加快 pH 值的恢复。

2.5 吐故纳新

在沼气工程运行中,建立与沼气发酵微生物数量及活性相适应的新陈代谢机制,是维持沼气工程持续产气和应用的重要前提。沼气工程一旦启动,加入沼气发酵装置的发酵原料,经过沼气发酵微生物的分解利用,逐渐地被消耗或转化。如果不及及时补充新鲜原料,沼气微生物就会“吃不饱”、“吃不好”,产气量就会下降。为了保证沼气微生物有充足的食物,并进行正常的新陈代谢,使产气正常而持久,就要连续不断地补充新鲜原料。

户用沼气池正常启动使用 1~2 个月后,每天应保持 20 kg 左右的新鲜畜禽粪便入池发酵。户用“三结合”沼气系统,每天有 4~6 头猪或 1~2 头牛的粪便入池发酵即可满足需要,平时只需添加适量的水,以保持发酵原料的浓度。同时根据农作物生长情况,随时出料供肥,以保持池内相对稳定的料液量。农村小型沼气工程,每天早晚应各进占发酵装置总容积 2% 左右的发酵原料,以满足沼气微生物的需求。

2.6 强化搅拌

在生物反应器中,生物化学反应是依靠微生物的代谢活动进行的,这就要使微生物不断接触新的食料。搅拌是使微生物与食物接触的有效手段,沼气工程运行后,经常搅拌沼气发酵装置内的发酵原料,能使原料与沼气微生物充分接触,促进沼气微

生物的新陈代谢,使其迅速生长繁殖,提高产气率;可以打破上层结壳,使中、下层所产生的附着在发酵原料上的沼气,由小气泡聚积成大气泡,并上升到气箱内;可以使沼气微生物的生活环境不断更新,有利于它们获得新的养料。

沼气工程常用的搅拌方法有发酵液回流搅拌、沼气回流搅拌和机械搅拌。农村沼气工程一般采用发酵液回流搅拌方式,其搅拌方法有 3 种:其一是通过手动回流搅拌装置,进行强制回流搅拌;其二是通过在出料池设置小型污泥泵,依靠电力将发酵料液回流进发酵间,进行强制搅拌;其三是采用生物能气动搅拌和旋动搅拌装置,利用产气和用气的动力,自动搅拌池内发酵原料。

3 实践验证

通过在陕西乾县、澄城、陇县、洛川等地建立以旋动式沼气池为核心的庭园生态农业示范点,并按照动态连续发酵工艺运行管理,经过 8 年多的定点检测和实践验证,结果表明:旋动式沼气池将厌氧活性污泥滞留和附着膜等技术优化组装配套,实现了自流进料、旋流布料、强回流搅拌、固菌成膜等动态高效运行机制。底部沉渣只需通过设置在发酵间底部的抽渣管和管内的活塞便可抽出,无需揭开天窗盖,从池顶部出料,省工省时,实现了 100% 的正常使用率。

按照动态连续发酵工艺管理的旋动式沼气池,年平均产气量为 380~500 m^3 ^[1],比普通水压式沼气池的年平均 290 m^3 产气量提高了 31%~72.4%,使家用沼气池在冬季寒冷的西北地区能正常产气,改变了北方沼气池一年使用半年闲的历史。

以旋动式沼气池为纽带,建立鸡、猪主体联养,圈池上下联体,种、养、沼有机结合,能量和物质良性循环的能源-生态-经济系统,取得了“四省三增两减少一净化”(省煤、省电、省劳、省钱,增肥、增效、增产,病虫减少、水土流失减少,环境净化)的综合效益。

参考文献:

- [1] 邱凌,席新明,卢旭珍.生物能气动搅拌沼气发酵装置与技术研究[J].农业工程学报,2002,18(专刊):72.
- [2] 周孟津.沼气生产利用技术[M].北京:中国农业出版社,1999.115~121.
- [3] 邱凌.沼气生产工[M].北京:中国农业出版社,2004.144~150.