

智能控制沼气生产气液一体化厌氧反应罐

安阳利浦筒仓工程有限公司研发中心 张一维

摘 要 通过分析现有厌氧反应罐存在的问题 ,详细阐述了智能控制沼气生产气液一体化厌氧反应罐的原理。

关键词 贮气膜 膜材料结构 厌氧消化过程 秸秆能源 沼气

doi:10.3969/j.issn.1673- 887X.2010.11.013

中图分类号 S216.4

文献标志码 A

沼气技术是一种把生物质废料通过生化反应转化为能源沼气的清洁能源利用方式 ,因具有生产沼气、处理废物、杀灭致病菌等特点而被广泛应用。目前我国沼气发展仍然以农村小型沼气罐为主 ,随着人们对节能减排认识的提高 ,对清洁能源需求的增加 ,以及对废水治理的需要 ,大中型沼气工程越来越受到社会和国家的重视。

当前城镇生活污水、淀粉废水、畜禽养殖粪便 ,以及污泥等 ,在厌氧反应罐与活性微生物进行反应时多为中温 (摄氏 36℃左右)发酵。因我国北方地区冬季时间长 ,气温低 ,如何在北方地区冬季对厌氧反应罐进行加温和保温 ,是厌氧反应是否能正常工作的最主要的因素 ,直接影响到沼气的生产。

发酵液内的有机物浮渣等密度小于水 ,常常会浮在反应物料液面的上部 ,并逐渐在液面结成硬壳 ,阻碍沼气的正常生产和降低产气率。避免浮渣结壳 ,使活性反应物料充分循环 ,是厌氧反应罐必须解决的问题。

厌氧反应产生的沼气需要一定容量的贮气柜 ,现有工程中多采用厌氧反应罐和生产的沼气贮存气柜分别建造 ,然而厌氧反应罐和贮气柜合为一体是减少投资和占用土地的优化方案。

1 现有厌氧反应罐工艺存在的问题

1.1 厌氧罐体外壁加热工艺

该工艺方法是将热循环加热管盘绕在厌氧罐体外壁 ,热源通过加热管和厌氧反应罐壁传至反应物料。一方面 ,反应罐中加热的温度很不均匀 ,反应罐中部温度较低 ,这

样直接影响到该区域厌氧反应和沼气的生产。另一方面加热管安装在罐体外部 ,虽然加热管外部有保温材料作保温 ,但仍然造成部分热量的损失 ,热效率利用低。

1.2 在厌氧罐内中心处搅拌的方法

虽然该工艺形式可将处于罐体下部、中部的浓度含量较高菌种和上部浓度含量较低菌种的发酵液进行搅拌 ,但由于有机物浮渣是漂浮在液面上 ,长时间仍难避免发酵液表面形成结壳 ,直接影响沼气产量。

1.3 循环气体搅拌工艺形式

采用气泵将发酵液表面已产生的沼气打回到发酵液下部来完成上下液的内循环搅拌 ,该方案仍然不能避免液面结壳现象的产生。

1.4 物料反应液体罐外循环和罐体下部搅拌器的工艺形式

该工艺通过设在罐体外部的泵 ,将罐体底部含量较高的菌种液从罐体液面上部打回。虽然该工艺可降低结壳的形成 ,但仍然有一些漂浮的有机物浮渣 ,以及从前处理池带入的各类稻草、麦草、玉米秸等杂物漂浮在液体表面 ,不能有效地进行发酵 ,因而直接影响沼气的产量。

1.5 钟罩式湿式沼气贮气柜

该贮气柜是将一个 U 形金属钟罩反扣在盛有水的罐体内 ,沼气通过罐体下部进气口经水液进入反扣的 U 形金属钟罩和液面上部空间组成的贮气柜 ,沼气流量的增加和减少可使金属钟罩上下移动 ,以便调整贮气空间。这种贮气柜造价较高 ,最大的缺点是当北方冬季温度降至摄氏 0℃

[收稿日期] 2010- 10- 27 [邮编] 455004

[作者简介] 张一维(1960—)男 ,河南安阳人 ,工程师 ,主要从事沼气工程设计、开发与制造工作。

以下时,罐体内的水结冰而使整个贮气柜将不能使用。

1.6 沼气发酵过程不稳定

实质上,沼气的生成是由上百种厌氧微生物菌群参与的复杂生物降解过程,是微生物的协同和群体作用,这与好氧发酵有很大的差别,整个沼气过程就如同“黑箱作业”。这些特点反映在工程上,可使建造沼气工程相对容易而运行沼气过程却很困难。实际上,很多沼气工程运行了不长时间后就出现了产气效率低下、易酸化、物料过载和物料浮渣结壳等问题,这也是困扰沼气工程长久发展的瓶颈之一。

2 智能控制沼气生产气液一体化厌氧反应罐原理

2.1 柔性双膜恒压沼气储气柜技术原理

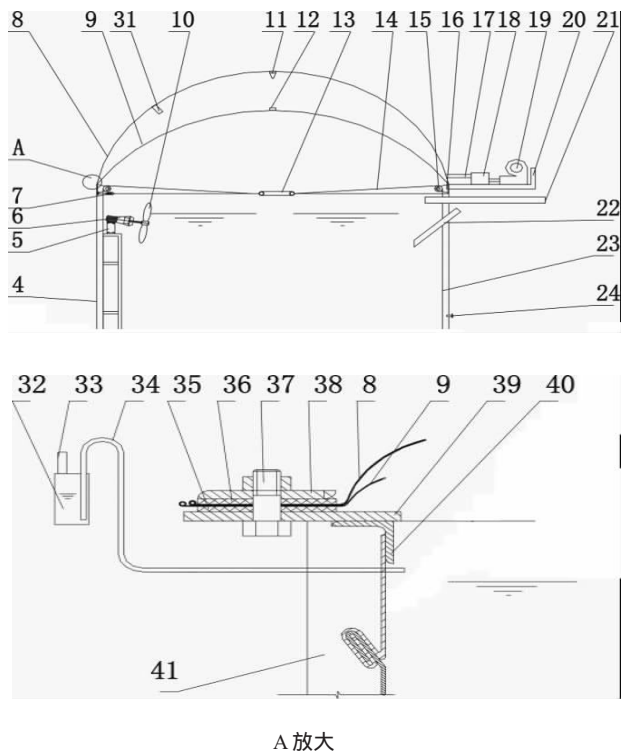
柔性双膜恒压沼气储气柜技术原理见图 1。如图 1 所示,罐体 4 顶部设置有采用柔性德国米乐公司沼气专用材料聚偏氟乙烯(PVDF)制作的具有膨胀、收缩功能的半球体状贮气内膜 9 和贮气外膜 8,该贮气内膜与罐体液面构成了密闭半球形贮气柜,罐体 4 的液面位置处设置有潜水式搅拌机 6,该搅拌机的叶片轴的轴线以朝向液面、并向下倾斜的方式设置,且安装在叶片轴上的叶片 10 的一部分露出反应物料的液面,贮气内膜 9 和贮气外膜 8 通过环绕罐体 4 上沿口 40 设置的下垫板 39 以及橡皮密封下块 35、橡皮密封上块 36 和螺栓 37 以密闭的方式固定在罐体的上沿口处,所述上沿口 40 焊接在罐体 4 上端部,形状为 L 形角铁或 U 槽钢板,以保证罐体 4 上端口的强度。

在罐体上安装有恒压防爆风机 19,该风机的出风口通过安全阀 18、外膜进气管 17 与由贮气内膜 9 和贮气外膜 8 组成密闭腔连通;恒压防爆风机 19 的开启和停机由安装在贮气外膜 8 内的压力传感器 31 输出的信号经控制电路控制,恒压防爆风机 19 通过安全阀 18 和半球体状外膜进气管 17 向由贮气内膜 9 和贮气外膜 8 构成的密闭腔充气并确保其恒定的压力,当沼气产量增加时贮气内膜 9 膨胀,安全阀 18 排出贮气外膜 8 密闭腔内的一定量空气。当沼气产量减少时贮气内膜 9 向下萎缩,贮气外膜 8 内的压力下降,贮气外膜 8 内安装的压力传感器 31 发出信号启动固定在罐体 4 外部上端托架 20 上的恒压防爆风机 19,通过安全阀 18 和外膜进气管 17 向贮气外膜 8 内充气,以便维持正常所需压力。

在液面上方的管壁上设置有稳压安全阀 32,该稳压安全阀 32 的管口通过 U 型进气管 34 与位于液面上方的贮气柜相连通。当贮气柜内压力高于设定压力时,气体通

过稳压安全阀 32,由稳压安全阀出气口 33 溢出。

在贮气外膜内中心处设置有超声波探头 11,通过安装在贮气内膜中心处的超声波定位块 12 回声定位,确定贮气内膜 9 因贮气柜容积变化得知沼气的当前容量。



4—罐体 5—支架 6—潜水式搅拌机 7—涨紧器 8—贮气外膜;
9—贮气内膜;10—叶片;11—超声波探头;12—超声波定位块;13—拉环;14—钢丝;15—转动滑轮;16—滑轮支架;17—外膜进气管;
18—安全阀;19—恒压防爆风机 20—托架 21—沼气出气口 22—上清液出料管 23—锁紧钢丝 24—取料口 31—压力传感器 32—稳压安全阀 33—稳压安全阀出气口 34—稳压安全阀 U 型进气管 35—橡胶下垫块 36—橡胶上垫块 37—螺栓 38—上压板 39—下垫板;
40—上沿口 41—保温层。

图 1 柔性双膜恒压沼气储气柜技术原理

2.2 取样回路连续监测系统原理

取样回路连续监测系统原理见图 2。取样回路连续监测型厌氧发酵罐包括发酵罐主体,监测系统取样装置,搅拌器构,加热装置和储气装置;发酵罐主体包括安装在基座 18 上的罐体 3,在位于液面上方的罐体内壁上设置由若干条通过连接拉环和涨紧器连接的钢丝组成的涨紧网 19,在涨紧网 19 上方设置具有膨胀、收缩功能的半球体状储气柜内膜 6 和储气柜外膜 8,储气柜内膜 6 与罐体液面构成的密闭半球形储气柜,在罐体上安装有恒压防爆风机

20,该风机的出风口与由储气柜内膜和储气柜外膜共同组成密闭腔连通,储气柜内膜6和储气柜外膜8组成密闭腔连通,中间充满空气,充盈程度由压力或物位传感器和防爆风机等确定;储气柜内膜6内气体为物料16发酵产生的沼气5,通过内外膜间的充盈空气7保证内膜内沼气的压力安全和输送;监测系统取样装置包括安装在发酵罐罐壁上设置的温度监测口2处的温度传感器和安装在沼液循环回路管12上设置的pH值监测口13处的pH传感器,以及分别安装在沼气出气管道9上设置的甲烷浓度监测口10处和沼气流量监测口11处的甲烷浓度传感器、沼气流传感器;由于微生物厌氧发酵的代谢产物主要存在于液相和气相中,监测系统取样装置主要是对沼气发酵过程的气相和液相中的变数进行监测,特别是pH监测,由于pH是物料微生物发酵生化反应的直观指示,因此安装在沼液循环回路管上的pH值传感器实现了pH的连续监测和在线校准;搅拌器结构是由设置在罐体的液面位置处的潜式搅拌器4构成,该搅拌器的叶片轴的轴线以朝向液面、并向下倾斜的方式设置,且安装在叶片轴上的叶片的一部分露出反应物料16的液面,所述加热装置17设置在罐体下方的基座18上,是由以夹层方式平铺在基座内的内置式加热管和设置在基座中部的外置式螺旋加热管组成。

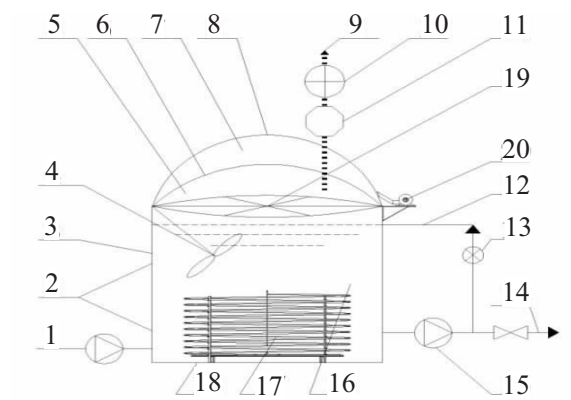
涨紧网通过锁紧重垂以及连接在锁紧重垂与拉环之间的锁紧钢丝使涨紧网始终处于绷紧状态,以托住储气柜内膜,避免其同反应物料和搅拌器接触。在沼液循环回路管12上设置有污泥泵15和沼渣出料管口14。

厌氧发酵启动后,将粪便等物料和一定量的活性菌株由进料装置1进入发酵罐内,发酵罐底部中央的加热装置将给厌氧微生物的反应提供合适的温度,设置在侧壁上的潜式搅拌器4将保证厌氧微生物与发酵物料的充分混合。一段时间后,厌氧发酵开始产生沼气,液相和气相的监测装置通过监测沼气流、沼气浓度和沼液酸碱度等,掌握微生物厌氧发酵的情况,使得厌氧反应稳定高效运行。于此同时,安装在侧壁的搅拌器对反应物料进行搅拌,使反应物料能够形成有效的立体式上下充分混和循环,同时对漂浮在反应物料上层的有机物浮渣和其他漂浮物进行破碎,以防止在液面结成硬壳。

厌氧反应产生的沼气将贮存在反应物料液面和储气柜内膜之间组成的密闭半球形储气柜内,沼气的出口一端通入储气柜内,另一端向外输出。通过压力安全阀设置内

膜储气柜内沼气产量的豁值,沼气产量达到豁值后直接通过沼气管道输出。输出后的沼气流和浓度将被在线连续监测,从而直观的反映物料发酵的情况。位于内膜和外膜之间的空气时刻保持充盈,通过压力或物位控制保持内膜内沼气的压力恒定。

3 智能控制沼气生产气液一体化厌氧反应罐技术特点



1—进料装置 2—监测口 3—罐体 4—潜式搅拌器 5—沼气;
6—储气柜内膜 7—充盈空气 8—储气柜外膜 9—沼气管道;10—
甲烷浓度监测口;11—沼气流监测口;12—沼液循环回路管;13—pH
值监测口;14—沼渣出料管口;15—污泥泵;16—反应物料;17—加热装
置;18—基座;19—涨紧网 20—恒压防爆风机。

图2 取样回路连续监测系统原理

该反应罐核心技术是有效地将厌氧反应罐与生产出的沼气储气柜组合成一体,半圆球型气柜置于厌氧反应罐顶部,可极大地节约工程占地,结构上打破了传统的湿式气柜形式。气柜形式为近几年欧洲新型式的干式双膜恒压结构,解决了我国北方地区冬季传统的浮筒钟罩湿式气柜结冰不能正常使用的问题。

气柜材料采用德国米乐公司生产的最新型的柔性专用沼气管PVDF(聚偏氟乙烯),该材料具有抗紫外线能力强,使用年限长,成本低,安装和维护方便等优点。

取样回路连续监测系统,为发酵罐实现在线运行提供必要的条件。在有机物料厌氧发酵过程中,温度、pH值、甲烷气体浓度、气体流量、中间代谢物、反应时间等参数可通过选用的监控系统实现在线连续监测。这些数据连续存储在电脑中,并通过人机界面显示,整个沼气发酵过程完全实现在线化。通过内窥镜式操作,提高发酵罐的利用效率和运行性能,从而使得产能效率显著提高。另外,能效方

(下转第35页)

枝 120~150 条 /m² 为宜。在枝条上留 2~3 芽短截,疏除细弱枝和过密枝,剪除基部 30 cm 以下的萌蘖枝。整个生长季都要及时疏除过多的枝条,保证群体的通风透光环境,减少无效枝条、叶片对养分的消耗。

5.5 采收

一般每株苗木短截后从顶部往下可同时抽生出 4~6 个嫩芽,最多可达 10 余个。待幼芽长度在 12 cm 以上时为最佳采摘时间,此时嫩芽及嫩叶淡绿色,气味芳香。采摘时应及时将上部嫩芽采摘,以促进下部芽生长,每次采摘时留 2~3 片复叶,以利于花椒苗(树)光合作用,促进下芽萌发,并留 1~2 个侧芽不采,使其自然生长,培养树体,以利于更新。整个生长季节要及时清除过密枝和细弱枝,保证群体通风透光,尽量减少无效叶片对养分的消耗。采摘下的嫩芽、叶片应逐一检查,除去部分残留的老叶、茎、刺,做到叶嫩、茎嫩、刺嫩,并及时装入塑料袋或泡沫蔬菜箱中待售。在采摘芽菜时,要根据芽菜的生长情况分批、分期及时采摘,不能过迟或过早,以免影响到花椒芽菜的产量,一般 20~25 d 采收 1 茬。当年育苗,当年每 0.067 hm² 可采摘芽菜 100 kg 左右,3 年后产量可达 900 kg/0.067 hm² 以上,1 次定植可连续采收 10 年以上。

6 病虫害防治

6.1 病害防治

花椒芽菜常见病害的主要有花椒锈病、花椒落叶病、花椒炭疽病、花椒溃疡病等。

6.1.1 花椒锈病 主要危害叶片,发病时叶背面出现锈红色的不规则环状或散生孢子堆,严重时扩及全叶,引起花椒叶片大量脱落,影响花椒芽菜产量与品质。防治方法:落叶后及时清除地面枯枝和杂草并集中烧毁,萌芽前喷施 5 Be' 石硫合剂 1 次;发病时可喷 1:1:100 倍的波尔多液、质量分数为 15% 的粉锈宁可湿性粉剂 1 000 倍液,或体积分数为 80% 的抗菌素(402)1 000 倍液进行防治,加强水肥管理,铲除杂草,适当修剪,改善植株通风透光条件,增强树势,提高抗病力,结合落叶病防治及时剪除

枯枝,清除园内带病落叶,集中烧毁,减少越冬菌源。

6.1.2 落叶病 主要为害叶片,其次是嫩梢,致使椒叶提前衰老、枯死而大量脱落,严重影响花椒生长,连年发病,则加速花椒老化,甚至枯死。防治方法:加强苗木检疫。在调运时应应对苗木进行严格检疫,以防病害传播,减少侵染源,发病初期用扑海因可湿性粉剂、杜邦易保水分散剂或品润干悬浮剂喷雾,连喷 2~3 次喷药保护。另外采用药剂代森锰锌、波尔多液、托布津,防治效果也较好。

6.2 虫害防治

花椒芽菜常见的虫害有花椒蚜虫、山楂红蜘蛛等。

6.2.1 花椒蚜虫 花椒蚜虫又叫蜜虫、油虫,以刺吸口器吸食叶片及嫩梢的汁液。被害叶片向背面卷缩,畸形生长,同时排泄蜜露,使叶片表面油光发亮,影响叶片的正常代谢和光合功能,并诱发烟霉病的发生。防治方法:①生物防治。当蚜虫开始危害且虫口密度小时,可向树体投放七星瓢虫,瓢蚜比为 1:200,或在树上喷洒蜜露或蔗糖液引诱十三星等瓢虫,利用它消灭蚜虫。②叶面喷药。可选用体积分数为 10% 的吡虫啉乳油 1 500 倍液、质量分数为 50% 的抗蚜威可湿性粉剂 2 000~3 000 倍液、体积分数为 50% 的蚜净乳剂 4 000 倍液、体积分数为 2.5% 的功夫乳油 3 000 倍液,或质量分数为 10% 的蚜克西可湿性粉剂 2 000~3 000 倍液交替喷洒,喷药时加少量洗衣粉或洗洁精,能增强药液附着力,提高药效。③物理防治。包括架设防虫网,使用黄板诱杀和根据蚜虫对灰色具有的负趋性,使用银灰色遮阳网等。

6.2.2 山楂红蜘蛛 红蜘蛛在花椒树发芽时开始活动,并危害幼芽。越是高温干旱天气,发生更为严重。防治方法:芽体膨大时,向树体和主干基部周围土壤喷 50~80 倍液索利巴,或 5 Be' 石硫合剂,把越冬成虫消灭在产卵之前;生长季节虫口密度大时,喷 1.8 集琦虫螨乳油 4 000 倍液、体积分数为 73% 的克满特乳油 1 000 倍液、体积分数为 2.5% 的天王星乳油 2 000 倍液、体积分数为 5% 的卡死克乳油 2 000 倍液。

(上接第 32 页)

面,本罐体内下部的循环加热方式使得热量由下向上传递,不仅使得菌种处于正常的反应过程,而且最大化地利用热能,降低了能源损失和成本。使沼气的生产比传统沼气生产工艺产气量提高了 50%~100%。

通过厌氧反应罐体上部储存气室内安装的压力传感

器采集的储存气室内的压力数据,经控制程序按照设定的压力上限和压力下限,由电磁自动控制压力安全阀的开启和关闭,可以保证储存气室内的正常压力。在沼气生产过程中出现正负压时,内膜因采用专用沼气柔性材料,因而可进行上下浮动调整,确保了厌氧反应罐的安全。