

利用剑麻废水(叶汁)制取沼气 生产性扩大试验报告

方日明 司徒华 邓红 李爱玲 贺鹰搏

(华南热带作物产品加工设计研究所*)

摘要

本文叙述利用剑麻加工废水制取沼气的生产性扩大试验结果。生产每吨剑麻纤维产品可收集含COD值2700ppm左右的废水15~16吨,可制取含甲烷60%以上的沼气250m³左右,相当于6000千卡/千克热值的煤220千克左右,按热值计算把废水利用起来制取沼气取得的能量,可相当于现生产上实际干燥纤维所需煤量(350gk/t产品)的60%以上。

一、前言

剑麻是我国占第二位的热带作物,分布于广东、广西、福建等省区。其中广东的东方红、金星、火炬三个农场的纤维产量占全国的一半多。加工制成1吨纤维产品需要20—25吨剑麻叶片,排出带水的麻渣约20吨。为了开发利用可再生生物能源,变废为利,我们进行了利用剑麻叶汁制取沼气的研究。在实验室10升和100升装置试验的基础上,于1983至1985年进行50m³规模的发酵池扩大试验。

由于剑麻废水成分较复杂,扩大试验费时较长,历时两年多,才获得成功。

二、试验方法

1、废水采集及预处理

本试验用的剑麻废水,是从刮麻机排出的废渣压出的叶汁(回收乱麻渣时要将废渣

压干),经过滤后流入贮池备用。

2、废水的化学性状

剑麻废水(叶汁)中所含的化学成分都来自叶片,没有任何外加物质。鲜叶汁含有大量叶肉细胞,呈墨绿色。刚采集的叶汁其酸碱度在pH5左右,放置后pH值迅速下降,叶汁色泽变为黄色,并发生沉淀,24小时后pH值为4左右(保持很久不变)。流入洗涤麻纤维废水的稀叶汁,COD值一般在27000mg/L左右(BOD值约为COD值的一半)。从堆积的麻渣中(或压水机压出不喷水)流出来的浓麻水为70000mg/L左右。浓麻水含2%左右的可溶性糖,0.1%皂甙,0.1—0.3%的草酸,含0.02—0.035mg/L的氰化物,其他成分尚不清楚。挥发酸一般为4000—6000mg/L,碳氮比为26:1—44:1;平均为35:1。

3、工艺设备与设计

试验工艺路线见工艺流程示意图。

发酵部分:

(1)预发酵池和沼气发酵池,是吸收了农村小沼气池和工业污水处理上流污泥床反应器的特点加以改进的,在设计上力求操作方便,结构简单。即在农村小沼气池结构形式上,在底部加进料分配器,以污泥作填料,相当于上流式厌氧污泥床,采用间歇加料办法进行操作。预发酵和沼气发酵容积比为1:2。为了观察池的深度对发酵的影响,设计了两个等体积,但深度不同的发酵池。

(2)池预加水池,使池内温度相对稳

* 湛江农垦局国营东方红农场协作完成本试验。
编者注:该试验已于今年7月通过部级鉴定。

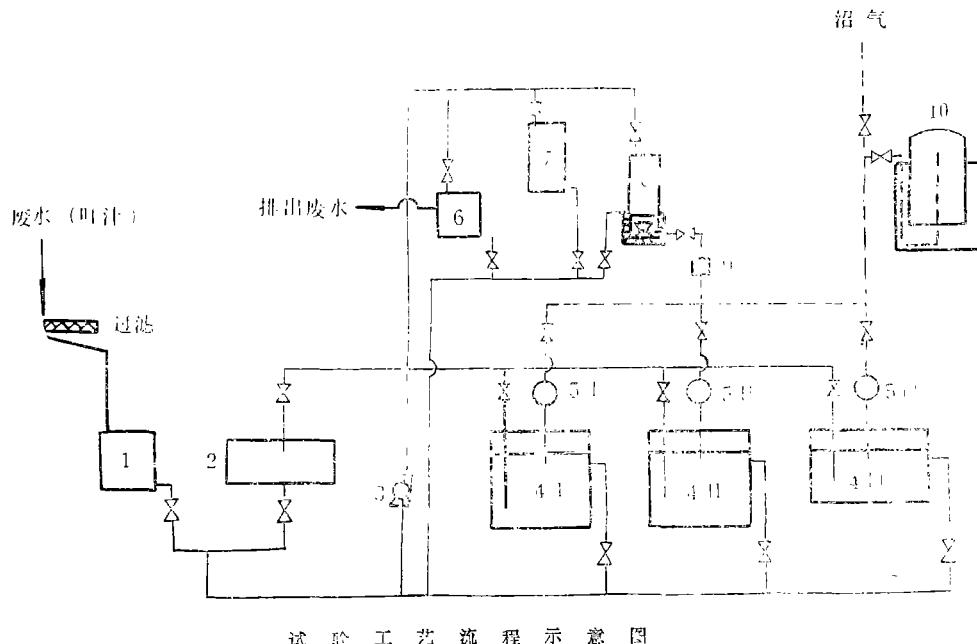
定，防止太阳曝晒顶盖产生龟裂漏气，同时又使外观整齐。

(3) 用高位槽计量进料。

(4) 采用污泥泵回流搅拌调节 pH 值，不用中和剂。

(5) 用钟罩式气罐稳定沼气压力 (2157.5Pa)，有利于发酵。数十米内不用加压即可输送沼气，并且燃烧稳定。

(6) 发酵温度：剑麻加工为全年性工作，一般只在春节前后停产 1—2 个月进行设备维修保养。本试验在 4 月至 10 月份采取常温 (池温 26~28℃) 发酵法；当废水温度低于 28℃ 时，要用沼气池所产生的沼气将发酵液加温到 45℃ 左右，送回发酵池以保持池温，一年需加温的时间为 3 个月左右，要用去此阶段所产沼气的 30—40% 左右。



根据实验室试验结果，试验设计采取二步发酵法，即：酸性（预发酵）和碱性发酵（沼气发酵）两个阶段，其容积比为 1:2，设计预发酵池投料量为 $2.5 \sim 3.5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{d}$ ，沼气发酵池的产气率为 $0.7 \sim 0.8 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{d}$ 左右，投料量控制 COD 值为 $1.2 \sim 1.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 。由于剑麻废水成分复杂，COD 值及挥发酸含量高，投料过量时，易使发酵池挥发酸升高，产气率和沼气甲烷含量降低。为了使运行稳定，故采取低负荷运转。

主要设备和规格见表 1。

4、接种和启动

大中型发酵池的启动和小型试验不同，关键在于接种的污泥菌种要好，活性要高。本试验用经过选择的产气率较高并经放大预培养的活性污泥作接种物，用塘泥作填料。

接种后静止培养一个月，逐步投入废水进行驯化培养，不断地测定发酵液的挥发酸值、COD 值，根据测定数据推算原料的单位产气率和池容的产气率，判断污泥的活性情况。由于剑麻废水成分复杂，为使发酵稳定，采取低负荷操作。

5、分析测定方法及仪器

(1) pH 值用酸度计测定：

(2) 化学耗氧量 (COD 值) 以重铬酸钾法测定：

(3) 挥发酸以醋酸汁，采用半微量马氏蒸馏器蒸出后滴定的方法测定。

(4) 产气量用气体流量计 (无流量计时用气罐计总产气量) 测定；

(5) 气体成分采用 QF—1904 型气体分析仪及气相色谱测定。

表1 试验用主要设备和规格

名 称	数 量	规 格
麻水贮池	3	8m ³
1号预发酵池(酸化)	1	50m ³ 深4m
2号发酵池	1	50m ³ 深4m
3号发酵池	1	50m ³ 深3m
废水池	1	20m ³ 深3m
沉降池	1	20m ³ 深4m
高位槽	1	3m ³
贮气罐	1	50m ³
化验室泵房	1	18m ²
污水泵	2	2.5pW
冬季加热炉及炉间	1	加热炉2.5m ³ ,房间10m ²

三、试验结果及讨论

1、实验室一步发酵和二步发酵的结果表明(1),剑麻废水采用一步发酵法,要使产气稳定,投料量只能达到0.5gCOD/L·d,产气率只能达到0.2L/L·d。二步发酵法投料量达到1.8gCOD/L·d,发酵运转正常;产气率提高,达1L/L·d左右。本扩大试验采用二步发酵法,麻水经过预发酵后,再进入沼气发酵池。预发酵的试验结果列于表2。结果表明,预发酵产气率很低,而且所产气体的热值低(纯氢热值为11,704kJ/m³),在生产上没有多大回收应用价值。但有机物分解产生大量挥发酸有利于第二阶段沼气发酵。至于产气率与实验室结果差异大的原因,可能为实验室使用的麻水(叶汁)多数都已存放10天以上,较有利于发酵产气。可燃性气体成分主要是氢气而不是甲烷(在实验室用气相色谱测定)。剑麻废水在酸性条件下发酵产氢这一现象较特殊,在用其他原料预发酵时尚未观察到。据报道用薯芋作发酵原料时只产氢气不产甲烷⁽²⁾(薯芋中含有皂素,薯芋皂素。剑麻废水也含有皂素,

只是它们的结构和含量与薯芋皂素有少许差异)。

2、从表2结果还看到COD值降低平均14.7%,对回收生物能源来讲是一种损失。但这是工艺的需要,否则,就不能得到稳定的产气率。至于废水经过预发酵后组分含量的变化情况,目前尚未完全清楚,只测定了皂素含量变化,通过预发酵,皂素99%以上分解成不溶于水的皂甙沉积在预发酵池的污泥中(皂素中的皂甙在新鲜麻水中与葡萄糖等结合溶于水中,经过微生物分解,皂甙所带糖基脱落而不溶于水)。

3、表3、表4和表5列出发酵池的试验结果,表明剑麻废水成分虽然比较复杂,但只要从工艺操作上加以控制,开发利用剑麻废水这种生物能源是完全可能的。而且也可看出剑麻废水制取沼气,公斤COD产气率较高。

4、表4和表5的结果还表明,在2号池负荷比3号池(3号池投料量未达到要求)高的情况下,2号池发酵液的挥发酸和排出液的,COD值仍低于3号池,说明池型和结构对沼气发酵效果的重要性,为发酵池设计提供了参考依据。

5、经济效益分析。

扩大试验结果表明,生产每吨纤维产品,从麻渣压水机排出的废水(已冲入部分清水)有15—16m³(COD值为27000mg/L),可产沼气为250m³左右。热工效率按50%计算,如果纤维改用烟道气直接干燥,则所产生的沼气刚够纤维干燥之用。如按现行的间接加热干燥工艺:用沼气烧锅炉发生蒸气,只相当于实际生产用煤(350公斤煤/吨纤维)热量的70%,即干燥每吨纤维预计约可节煤250公斤。按每年供销进煤量计量,平均实际耗煤550—600公斤/吨纤维,加工吨纤维产品则可节煤385—420公斤;一间10吨/日的剑麻加工,年产2500—3000吨纤维,如将从麻渣压出的叶汁全部用来发酵生产沼气,需投资80万元左右,一年可节煤962.5

表2 1号池(预发酵池)试验结果*

试验 天数	进料 COD值 (mg/L)	出料 COD值 (mg/L)	进料 挥发酸 (mg/L)	出料 挥发酸 (mg/L)	COD值 降低 (%)	产气量 (m ³ /d)	产气率 (m ³ /m ³ .d)	气体成分 (%)
41	33,300	27,198	6,615	8,075	14.7	4.34	0.087	H ₂ 30—40 CO ₂ —60以上

* 7月11日装好气体流量计后连续测得结果

表3 2、3号池(用气罐计量)试验结果*

数据组编	试验天数	每天进料量 (m ³)	每天进 COD量 (kg)	进料 COD值 (mg/L)	出料** COD值 (mg/L)	COD 去除率 (%)	每天产 气量 (m ³)	产气率 (m ³ /m ³ . 日)	每kg COD产 气量 (m ³)	每m ³ 废水产 气量 (m ³)	每m ³ 产气量 (m ³)	负荷率 (kgCOD/m ³ .日)
1	38	4.26	119.8	27518	4878	82.3	59.35	0.594	0.495	13.9	1.198	
2	25	5.1	172.2	31203	4669	85	85.6	0.856	0.497	15.9	1.72	

*装流量计前, 以贮气罐集气体积计量的试验结果。

**数据为两个池的平均数。

表4 2、3号池(发酵池)试验结果*

池号	试验天数	每天进 料量 (m ³)	每天进 COD量 (kg)	进料 COD值 (mg/L)	出料 COD值 (mg/L)	COD 去除率 (%)	每天产 气量 (m ³)	产气率 (m ³ /m ³ .d)	kgCOD 产气量 (m ³)	每m ³ 废水产 气量 (m ³)	发酵液 挥发酸 (mg/L)	负荷率 (kgCOD/ m ³ .日)
2	18**	3.59	113.4	30181	3985	86.8	64.89	1.3	0.57	18.07	683	2.27
3	39	2.46	65.1	27199	5113	81.2	37.71	0.75	0.58	15.4	996	1.30

*装上流量计后分别测定的试验结果。

**由于煤气流量不适应沼气, 20天就坏了, 只取18天数据。

表5 2、3号池稳定试验结果*

池号	试验天数	进料量COD 值(kg/日)	产气率 (m ³ /m ³ .日)	负荷率COD值 (kg/m ³ .日)	排出液COD值 (mg/L)	发酵液挥发酸 (mg/L)	池温 (°C)
2	110	68.28	0.75	1.37	2480	145.4	23.5~28.5
3	110	55.31	0.68	1.11	4230	680.2	23.5~28.5

*1. 操作条件: 按预定产气率控制在0.7~0.8m³/m³.d, 进料量在60~80kgCOD/m³.d。

2. 时间 8月21日~12月11日(当年停割)。

—1050吨, 节省煤费8—10万元(煤每吨包括运费约90元)。直接经济效益虽然不高, 但预计每年将为国家节约1000吨煤左右, 对节约能有一定的意义。

参考文献

[1] 贺鹰搏等: 热带作物加工, 第2期(总第17期), 31—34页, 1985。

[2] 马最瑶等: 微生物通报, 11(1): 12—15, 1984。

农 村 沼 气 池 池 型 的 研 究

中国科学院成都生物研究所

我们吸取国内外各类型沼气池的设计原理和优点，按我国农村的实际情况，设计了改良式沼气池、套式沼气池、卧式沼气池、两级发酵沼气池，并把它们与圆小浅式沼气池和印度哥巴式沼气池进行比较试验。现将试验研究结果报告如下，供选用参考。

一、设计思想

根据农村的具体情况，主要考虑以下几个方面：

1. 活性污泥流失少，以利于发酵产气。
2. 保证原料停留时间，以便被微生物充分分解和利用。
3. 进出料及管理维修方便、安全，花劳动力要少。
4. 气压稳定或维持低气压，利于沼气发酵和减少漏气。

5. 减少气箱部分和进出料口的漏气。
6. 防止或减少浮渣结壳。

二、池型特点

设计的改良式、套式、卧式、两级发酵沼气池及对照的圆小浅式、印度哥巴式沼气池如图所示。新设计的沼气池的特点有：

1. 四种沼气池均为大开口，池口直径100~120cm，宛如一个泡菜坛口。坛盖係用抗碱玻璃纤维增强水泥薄壳顶罩，重量120kg左右。盖顶盛水密封。这样，大进料和大出料、维修等甚为方便。
2. 发酵池的进料口设在离池底30cm处，并改出料口为溢料口。发酵原料中不可避免地带进的一些泥沙，通过发酵很快沉至池底。泥沙层之上为原料堆积区，即活性区，是沼气发酵微生物聚集的地方。添加

Biogas Production from the Wastewater of Sisal Fibre Processing

Fang Riming et al.

This paper describes the results of production tests using sisal processing effluent for producing biogas. While producing one ton sisal fibre, we can collect 15~16 tons effluent with COD value about 27000 ppm and produce from it about 250m³ biogas containing more than 60% methane, which corresponds to about 220 kg coal with heat value 25080 kJ/kg. According to this heat value, if the sisal processing effluent can be used for producing biogas, the energy obtained will correspond to more than 60% coal consumed during actual production for drying sisal fibre (350 kg coal will be consumed for producing one ton sisal fibre).