

槟榔初加工节能减排系统设计

李路吉、胡军、陈明、冯灿、孙中亮
(海南大学材料与化工学院, 海口市, 邮编 570228)

摘 要: 针对海南省 3000 多家槟榔初加工作坊每天锅炉燃煤所排放的煤烟气和槟榔煮水未作处理排放的问题, 我们对槟榔初加工过程的废水废气处理作了设计, 提出科学合理且切实可行的节能减排方法, 使槟榔初加工生产过程更趋于科学, 符合建设“美丽海南”的发展要求。

关键词: 槟榔初加工 节能减排 新技术应用 科学发展

引 言

槟榔产业是海南省农业中仅次于橡胶的第二大农作物支柱产业, 也是海南农民重要的经济来源之一。原本槟榔初加工产品分为“黑果”和“白果”两种。由于黑果采用烟熏青果而成, 污染严重。几年前政府已经禁止“黑果”的生产, 推行“白果”。然而, 在白果的生产加工中仍旧有锅炉燃煤产生的煤烟随意排放; 槟榔煮水使用后难处理; 可利用资源的浪费等问题。针对海南省槟榔加工的现状, 我们紧扣实际生产, 综合考虑煤烟与废水处理, 利用各自的特点, 以废治废, 使煤烟与废水处理成为一个系统, 得到综合治理。利用槟榔煮水含有大量有机质的特点, 将其发酵生产沼气作为锅炉补充燃料, 替代部分煤; 而沼渣、沼液则作为槟榔种植的肥料。利用热管式余热热水锅炉回收利用煤烟余热, 用于锅炉补给水和槟榔煮水的预热。

1. 设计背景

海南省目前约有 3000 多家槟榔加工作坊从事槟榔产品的初级加工, 主要分布在东部、中部和南部山区。作为全国槟榔种植大省, 海南槟榔产量占全国的比重达到了 95%。现槟榔初加工主要的污染问题是: 锅炉燃煤产生的煤烟和槟榔煮水随意排放造成的环境污染。槟榔加工生产是海南热带特色农业的重要内容, 是海南的第二大支柱产业, 槟榔产业, 同时也是国际旅游岛建设的重要内容。全力推进产品的清洁化、废弃物的再利用, 实现海南岛的绿色发展的必要途径。

2.海南槟榔初加工生产现状

槟榔初加工产品分为“黑果”和“白果”两种。经过实地调研，我们得知：“槟榔黑果”初加工工艺为：青果→选果→烟熏（在烘箱里用烟熏直到烘干，一般为9~11天）→“黑果”。槟榔白果初加工工艺为：青果→选果→煮果脱青（在100℃锅里煮45分钟左右）→烘干（60℃热空气烘烤，一般为3~4天）→“白果”。

黑果的烟熏主要靠橡木燃烧产生烟气进行熏干。白果的烘干主要由过热水蒸汽加热空气来进行烘烤，废气主要是燃煤生产的煤烟气。此外，槟榔白果生产还涉及“煮果”废水处理问题，由于大都即地排放，故对海南的水资源和环境造成了不容小觑的污染。于是我们借助机遇，利用所学知识，为较好地解决槟榔初加工过程的废水、废气问题积极“出谋划策”。改进后“白果”生产流程如图1所示：

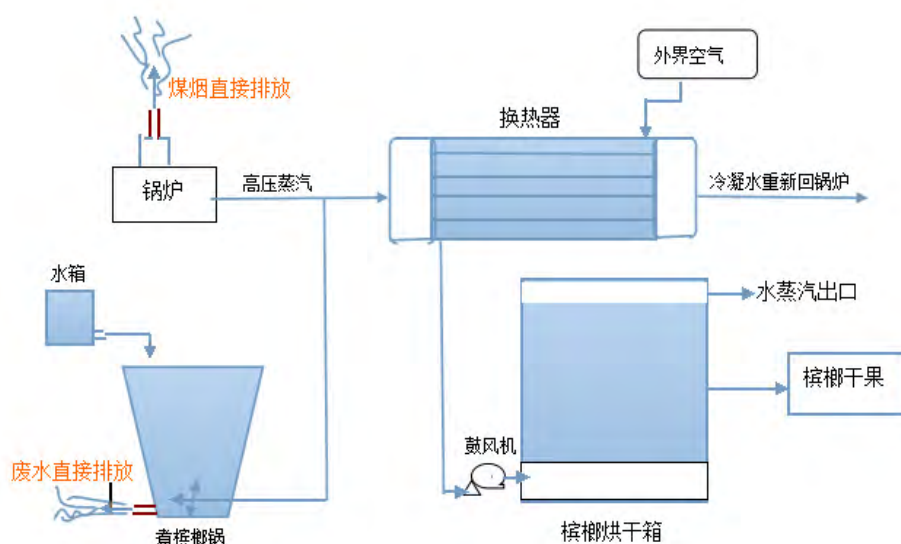


图1 海南槟榔初加工原工艺流程简单展示图

3.海南槟榔初加工业存在的问题

煤烟废气及废水未经任何处理，随意排放，威胁生态环境；

资源利用程度低，可利用的废物没有利用起来，如废水含有大量有机质，可作为沼气发酵原料；

槟榔加工过程能源利用率低下等等。

综上所述，废气废水治理现状总结为：未治理、难治理。废气特点为高温、高动力；废水、废气单独处理成本高。

3.废水及煤烟综合处理设计方案

以琼海伟豪槟榔初加工厂作为改造原型，在原来的槟榔初加工的基础上，我们增加了：煤烟处理及余热回收利用装置； 废水处理及利用系统。本系统将煤烟处理及废水处理有效结合，使得煤烟与废水“互惠互利”，其具体流程如图 3 所示：

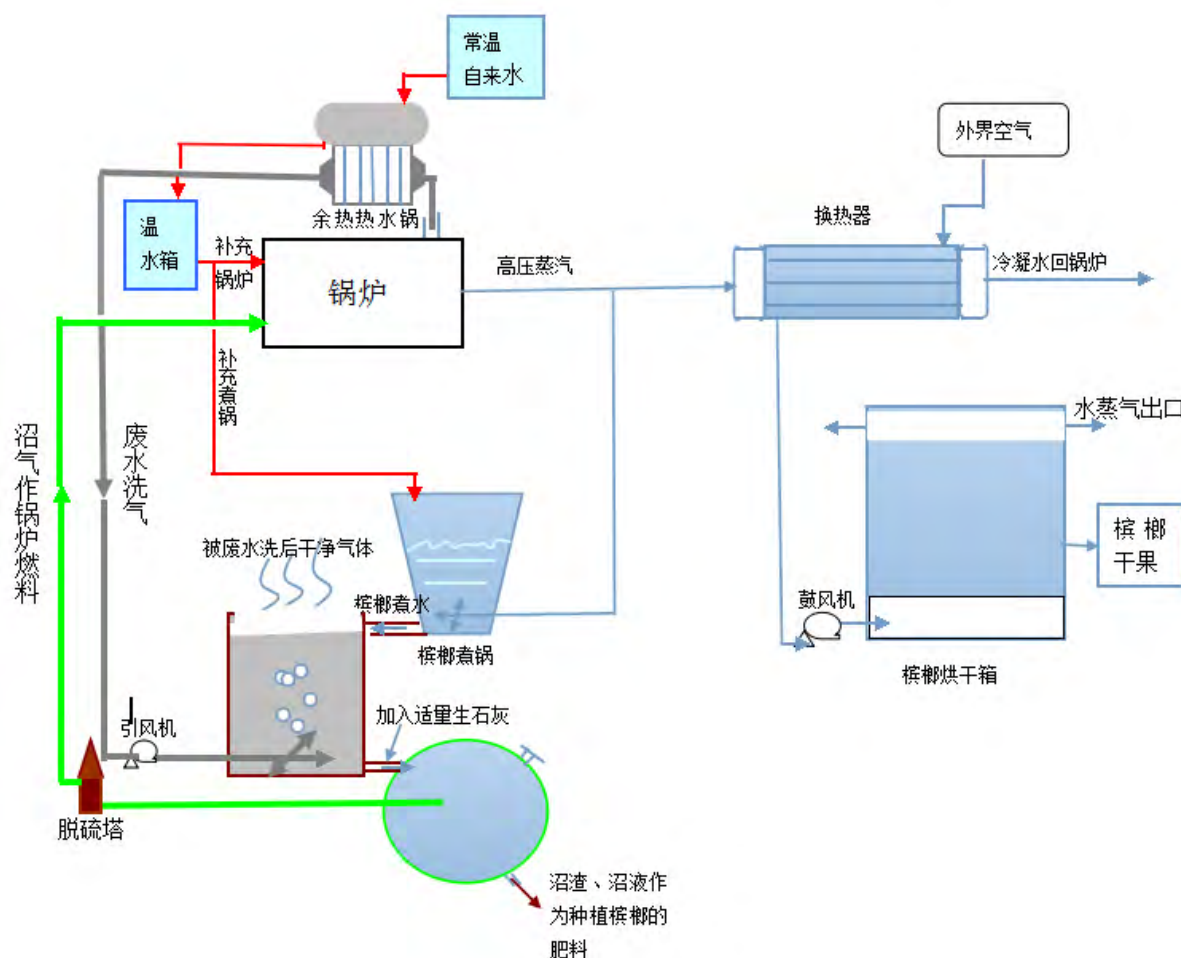


图 3 煤烟及废水处理系统流程示意图

系统设计说明：

首先,在原工艺不变的基础上,将槟榔煮水集中通入缓冲池里,然后将锅炉燃煤产生的煤烟从池底部通入,利用废水对煤烟进行水洗吸收和沉降,排出符合排放标准的废气;之后,在缓冲池里加入适当的生石灰,调节因吸收微量煤烟中硫的氧化物等而变得偏酸性的废水,使其达到沼气发酵所需的最适 pH(一般为 7.0~7.5)值;最后,排入沼气池进行厌氧发酵处理。废水通过栅格网将较大的固体颗粒和悬浮物截留在缓冲池里,半年清理一次缓冲池即可。产生的沼气,经过脱硫处理后,储存在储气罐里,经压缩机压缩输入锅炉,作为锅炉燃料可替代部分燃煤。沼渣、沼液作为种植槟榔的有机肥料,改善土壤。

为了使燃煤热能最大化利用,我们在设计中选用了专门用于锅炉余热回收利用的热管式余热热水锅炉,在保证煤烟降温不达到其酸点以节约设备防腐费用的情况下,对煤烟余热进行利用,加热后的热水用于锅炉补给及槟榔煮水。此阶段未能被完全利用的余热随废气进入废水,使废水一定程度升温而有利于沼气的发酵,充分利用废气余热。

3.1 废水处理设计方案——沼气发酵处理废水

槟榔煮水含有大量有机质,我们利用废水进行发酵产生沼气补充能源。沼气发酵处理废水的工艺流程如下:

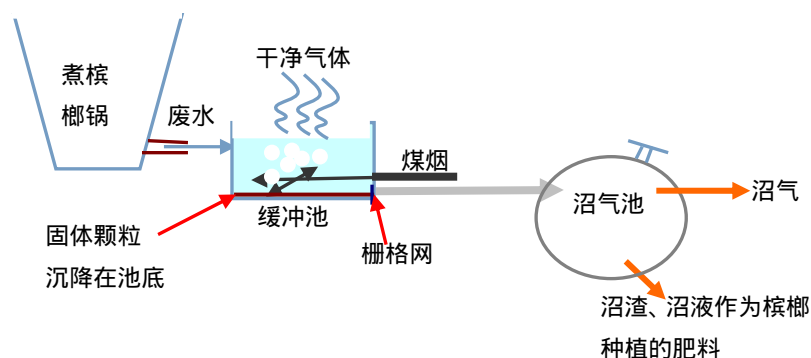


图 5 废水发酵处理的工艺流程示意图

说明:沼气发酵处理废水的工艺流程如图 5 所示,槟榔煮水集中在缓冲池中,为后续处理做好准备;先利用废水量大、易吸收的特点,对煤烟的污染物进行洗气处理,再将废水通入沼气池发酵处理(注意在缓冲池中加入适量的生石灰,以控制沼液的最适 $\text{pH}=7.0\sim 7.5$)。沼气发酵最适温度为 50 或 35 左右。由于煤烟尚有未能被利用的余热,这部分余热进入沼液,加热发酵原料,使其更有利于微生物发酵,实现烟气余热的最大化利用。这里的沼气用于锅炉燃烧,替代部分煤,节约燃料成本;沼渣、沼液作为槟榔种植的肥料。

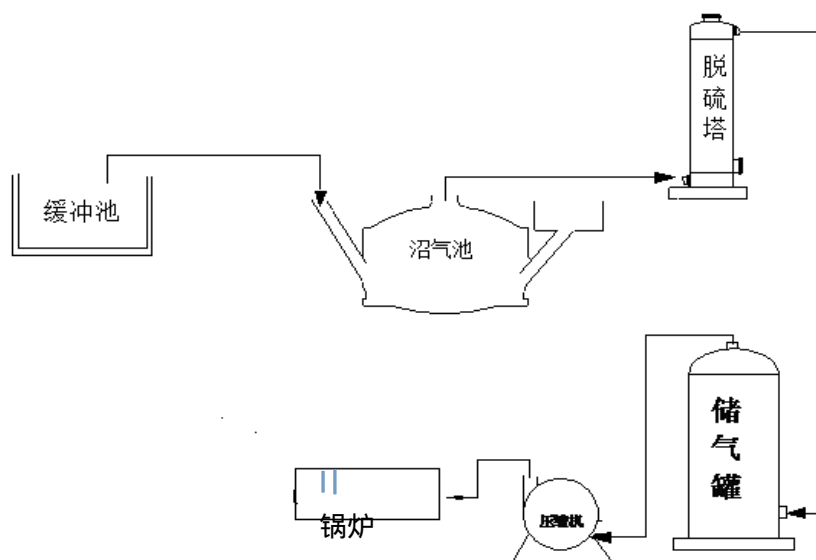


图 6 废水发酵沼气设备流程图

3.2 煤烟处理方案——利用废水处理煤烟污染

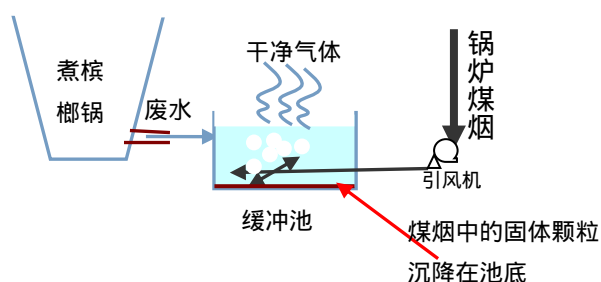


图 8 利用槟榔煮水处理锅炉煤烟示意图

说明：如图 8 所示，将槟榔煮水集中到缓冲池；将锅炉煤烟从池底部通入（池中管道末端为交叉型构造），利用废水对煤烟中的固体颗粒进行吸附和沉降。煤烟在余热锅炉里动力减弱，增设引风机提供动力。

3.3 锅炉煤烟余热利用设计方案——热管式余热热水锅炉

煤燃烧产生大量的热，而有一部分的热量随废气排走，煤烟废气温度可达 230 多度，未加以利用直接排到大气中是一种浪费，利用这部分热量可预热锅炉补充水和煮果用水。余热回收利用过程如图 9 所示：

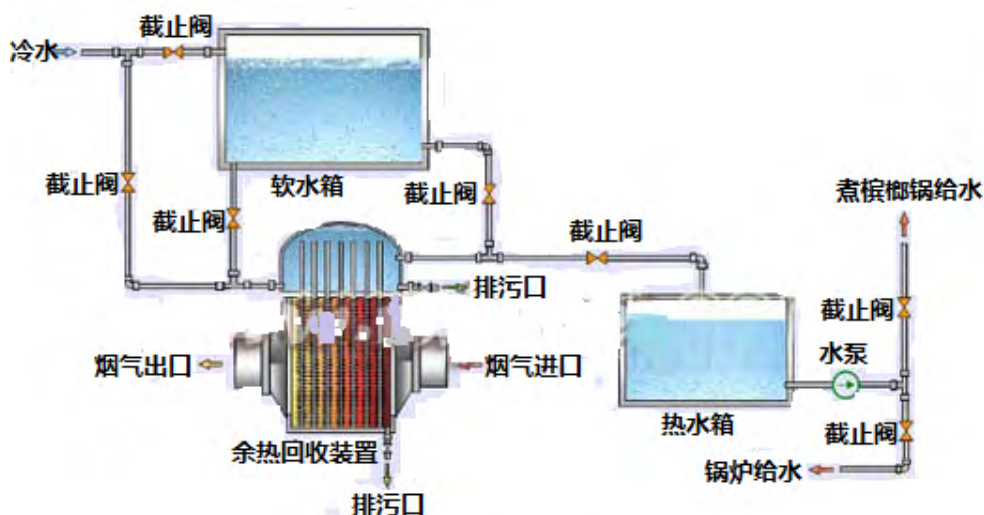


图9 余热回收循环再利用简单示意图

说明：锅炉的煤烟高达 230℃，本设计方案选用热管式余热热水锅炉将这部分热量利用起来，加热后的水，用来补充锅炉用水和槟榔煮水，减少煤的消耗量，从而达到节约能源的目的。

4.原工艺耗能预算

我们经过调研得到：槟榔煮锅的体积为 4.7m^3 。实验测得槟榔密度为： $1.002\text{g}/\text{cm}^3$ 。煮一锅含槟榔的体积为 3.5m^3 ，质量为 2400 斤=1200kg。

锅里的水的体积为 1.2m^3 煮一锅槟榔捞出来后锅里水的剩余量为锅的 $1/3$ ，即 1.57m^3 。（蒸发在 100℃ 进行）。由上计算得出，煮一锅槟榔的水的蒸发量为： 0.73m^3 。根据实地考察，工厂一天能煮 8 锅。所以该厂一天由槟榔煮水蒸发损失的能量为 52737536kJ 。

由工厂经验得湿干槟榔的烘干比为 1:4。一箱槟榔 4000kg，则水的含量为 3000kg。该厂共有 4 条烘干生产线，每条 15 个烘箱。烘干在 80℃ 进行，烘干一箱槟榔平均需要 9 天。该厂一天由于烘槟榔所损失的能量为 47509998kJ 。该厂全年生产天数为 9 个月，约为 270 天，按传递效率 0.8 计算，锅炉效率为 60% 计算，则锅炉每天需要提供的热量为 200495068kJ 。工厂所用的煤设为 5000 大卡/千克，得煤需要消耗量为：每年为 2589.03t，由此可见巨大的耗煤量。

5. 设计特色

(1) 煤烟及废水处理综合考虑,充分利用了废水量大,废气可溶的特点。使槟榔初加工煤烟及废水两大处理工艺系统地结合起来,“以废治废、变废为宝”体现了废气治理的生态工艺学理念和回收、再利用的主导思想,尽可能节省工程投资,获得较佳的经济环境效益;

(2) 最大化减少能源浪费,锅炉煤烟携带有高热量,选用热管式余热热水锅炉,使得余热回收循环再利用,进一步解决锅炉燃煤量大的问题,提高能源利用效率,具有较高的经济价值。充分体现了以资源的高效利用和循环利用为核心的循环经济理念,符合可持续发展理念的经济增长模式,是对“大量生产、大量消费、大量废弃”的传统增长模式的根本变革;

(3) 不能被回收利用的余热则进入缓冲池里的废水,为后续的沼气发酵需要较高的温度奠定了基础,提高微生物发酵活性,提高沼气产量;

(4) 废水经过沼气池处理后全身都变成了宝物,产生的沼气经过脱硫后,可以替代部分燃煤,节约燃料成本;而沼渣、沼液则做为相当好的有机肥料,用于槟榔种植。可谓变废为宝;

(5) 设计巧妙、实施简单,所选用的沼气池、热管式余热热水锅炉都是现在市面上已有型号;将锅炉煤烟通入废水中仅仅是管道铺设的问题,可行性非常之高。对现有工艺进行设计改进,简单易行且成本低,具有“小投入,大回报”的经济效益和环境效益。

(6) 紧扣实际生产,大规模推广容易实现。

6. 应用前景

我组以海南琼海一家名为琼海伟豪槟榔初加工厂为设计原型,该厂为典型的海南槟榔初加工企业,极具代表性。本套废气、废水治理及利用的理念适用于海南省绝大多数的槟榔初加工厂,对海南省的槟榔初加工工艺具有相当重要的意义。

参考文献

- [1].任南琪,马放,杨基先等编著.污染控制微生物学[M].哈尔滨工业大学出版社,2004年9月第二版
- [2].匡国柱,史启才.化工单元过程及设备课程设计[M].北京.化学工业出版社,2002
- [3].柴诚敬主编,化工原理[M].北京.高等教育出版社,2010年6月第二版

作者:李路吉,1995年9月生。专业:化学工程与工艺卓越工程师试点班。联系电话:15501857885.邮箱:l j952016@163.com