

生物质燃气净化技术及其装置研究

张全国 孔书轩 刘圣勇 杨群发 徐桂转 王素兰

(河南农业大学可再生能源农业部重点开放实验室, 河南 郑州 450002)

摘要：生物质秸秆燃气中的木焦油理化性质测试结果及其吸附和凝结特性的对比实验表明，生物质秸秆燃气的净化关键在于细小颗粒焦油尘的凝聚。据此，本文提出了快速冷凝悬浮净化的技术工艺，并研制出YN01型生物质燃气净化机，样机运行试验表明已克服了目前生物质秸秆燃气净化系统普遍存在的初投资大、设备复杂、净化效率低等缺点，有较高的实用价值和推广应用前景。

1前言

生物质能一直是人类赖以生存的重要能源之一，在世界能源消耗中，生物质能占总能耗的14%。从环境的观点来看，开发生物质能有助于减轻温室效应，减轻酸雨酸雾、粉尘等全球性环境污染。生物质能高品位利用成为近年来可再生能源发展最迅速的技术之一。

生物质气化是生物质能高品位利用的一种主要转换技术，是将生物质原料在缺氧状态下燃烧和还原的能量转换过程，它可以将固态生物质原料转换成高品位的可燃气体。

但其热解气化过程中产生的焦油会对管道、灶具、燃气透平等造成堵塞、污染和腐蚀，因此须对所产的生物气进行适当的净化处理，但目前的生物气净化装置投资较大，净化效果不理想，使得净化系统运行寿命短，经济效益差，不宜推广应用。因此，生物质燃气的净化已成为制约生物质热解气化技术商业化推广的主要因素，是国内外生物质能科学领域所急待解决的重要课题。

目前，国内外对燃气中焦油尘的净化技术主要有湿式净化、干式净化和裂解净化这三种形式。

湿式净化系统主要是采用水洗涤的方法除去焦油和灰尘。这种净化系统一般是把两个或两个以上的水洗滤清器连接在一起对生物质燃气进行净化，系统成本较低，操作简单，生物质气化技术初期的净化系统一般都采用这种方式，但这种方式由于存在以下几个缺点而逐渐被淘汰：1. 含焦油废水通常直接排放而造成水污染；2. 大量焦油随水流失，造成能量的浪费；3. 净化效果不好。

干式净化是为避免水污染问题且根据生物质燃气中所含杂质的特点，采用多级过滤的净化方法，如在固定床下吸式生物质气化机组中采用的两级旋风除尘器除尘、一级管式冷却器和箱式过滤器净化系统，这样不用水洗涤粗气中的尘粒和焦油，可避免对水和土壤的二次污染。但该净化系统去除焦油的效果不好，焦油的沉积严重。

裂解净化技术是将气化中所产生的焦油利用某种方法使其裂解为可利用的一次性气体，其方法有热裂解、催化裂解、电裂解等，这种净化技术较好地回收利用了焦油所含的能量，净化率也比较高，但其工艺复杂，难以在我国农村利用推广。如催化裂解需要独立的装置，而且要求高温，裂解装置需要连续运行(否则效率太低)，这就限制了适用性，而且整个系统复杂，燃气出口温度较高。

我国生物质资源十分丰富，据统计，每年的秸秆产量7亿t左右。目前这些秸秆仅有50%被利用，其余大量的农作物秸秆在田间地头被直接焚烧，既造成了资源的浪费，污染了环境，并引发了一系列社会问题。因此，为推进生物质气与集中供气技术的商业化，需尽快研制适合我国农村特点的小型低廉高效的净化装置。

2生物质燃气理化特性

2.1 焦油性质的测试

测试所用的焦油取自河南省林州市五龙镇生物质秸秆气化站，气化原料为玉米芯。收集的试样是进入水封前管道中凝结而流出的焦油。

经实验分析，焦油试样的主要特性如下：

(1)焦油为粘稠状黑色液体，15℃时的密度为1560kg/m³。

(2)焦油在140℃以下的蒸发绝大部分为焦油中水的蒸发；焦油主要蒸发阶段在140℃~150℃；焦油凝结下来的液体的颜色随温度的升高而加深。

(3)在相同测定条件下，实验中所采用的几种吸附剂(活性炭、玉米芯、硅胶)中活性炭对焦油的吸附率最高，而且吸附随管程的增加而增加；吸附剂对焦油的吸附率随吸附剂

颗粒的大小而变化，颗粒越小，吸附率越高。

(4)当焦油冷却到35℃时，焦油的凝结率为95%。

2. 2生物质燃气组成

河南省林州市五龙镇生物质秸秆气化站用玉米芯作气化原料时的生物质燃气成分是利用气相色谱仪进行分析的，结果见表1。

表 1 燃气组成分析结果(%)

组成	CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	C _n H _m	N ₂
含量	13.3	1.3	21	3.2	14.8	0.5	45.9

2.3理化特性分析

一般从气化炉出来的生物质燃气中所含的杂质量为10~200g/m³

，而在国家规定的民用燃气标准中，焦油和灰尘含量小于10mg/m³

，这是长期稳定供气的重要指标。焦油、水和灰尘的存在，将会造成管道的堵塞、污染和腐蚀。尤其是焦油的存在对气化有多方面的不利影响。首先，它降低了气化效率，气化中焦油产物的能量一般占总能量的5%~15%，这部分能量在低温时难以与可燃气体一道被利用，大部分被浪费；其次，焦油的成分非常复杂，可以分析出的成分有100多种，还有很多成分难以确定，主要成分有：糠醛、乙酸、丙酮、呋喃、酚、苯的多种衍生物等。

焦油在低温时凝结为液态，容易和水、灰尘等结合而堵塞输气管道；其中所含的有机酸对输气管道和灶具有很强的腐蚀作用。

从以上的实验和分析可知，生物质燃气中所含的杂质颗粒细小，其中的固态颗粒粒径大于0.5μm，焦油是一些较为稳定的小分子有机物的混合物，在一般情况下很难用化学的方法去除，同时生物质在气化过程中要产生大量的水蒸汽，焦油和水蒸汽是呈雾状进入生物质燃气流的，焦油雾的粒径小于1μm，而粒径小于0.1μm的粒子具有和气体一样的行为，和气体混在一起的焦油和水蒸汽在凝结点以下也难凝结，这也是目前生物质燃气较难净化的主要原因，因而生物质燃气的净化关键是焦油和水蒸汽的凝结。

3生物质燃气净化装置的设计

根据我国农村的情况，所要设计的生物质燃气净化装置要求具有操作简单、净化效率高、焦油尘易收集、成本低、投资少等特点。

为此，本文根据生物质燃气中所含杂质的特点，设计出用快速冷凝悬浮净化的方法去除焦油尘。快速冷凝悬浮净化技术就是把生物质燃气快速冷凝到一定温度，在冷凝的过程中，利用生物质燃气中所携带的固体颗粒(灰尘)作为焦油和水蒸汽的凝结核，使焦油和水蒸汽凝结于灰尘颗粒上而加大颗粒直径，再利用物理悬浮分离的方法沉降去除杂质。其气体流程如图. 中箭头所示。该净化装置的主要结构包括两个部分：热交换器和焦油尘悬浮分离器。为了便于安装和连接，避免管道积灰，本文将热交换器和焦油尘悬浮分离器设计为一个整体(国家发明专利号99116313.3)，并研制出YN01型生物质燃气净化机，其结构简图如图. 所示。

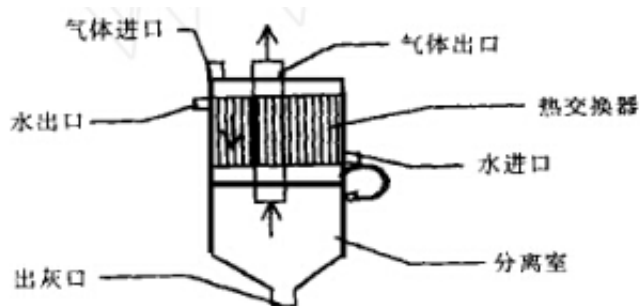


图 1 YN01 型生物质燃气净化装置简图

4运行试验结果

为了检测该净化技术及YN01型生物质燃气净化机在实际运行中的净化效果,笔者于1998年11月在林州市五龙镇生物质秸秆气化站进行了运行试验,试验系统如图2所示,主要检测了生物质燃气经过净化机前后所含杂质(水、焦油、灰尘)的重量变化,结果平均净化率超过85%。



图 2 运行试验系统示意图

1. 气化炉 2. 冷凝器 3. 吸附器 4. 压力表 5. 温度计 6. 累计流量计 7. 抽气泵 8. 罗茨风机

本文研制的YN01型生物质燃气净化机为一个单体设备,既缩小了设备面积,又提高了焦油等杂质的去除率,而且系统操作简单。用动态分析法对YN01型生物质燃气净化机进行了经济评价(以净化机运行十年计),其评价结果为:净现值(NPV)为1337,益本比(B/C)为1.0412V,说明本研究所设计的生物质燃气净化系统在经济上也是可行的。

参考文献

- [1]孔书轩.生物质燃气净化系统的研究〔D〕.郑州：河南农业大学，1999.
- [2]张全国.燃烧理论及其应用〔M〕.郑州：河南科学技术出版社，1993，226～248.
- [3]何元斌.介绍四种生物质气化的滤清系统〔J〕.农村能源，1993(3)：15～17.
- [4]山东能源所.秸秆气化集中供气技术的示范〔J〕.新能源，1998(2)：22～26.
- [5]吴创之.生物质焦油裂解的技术关键〔J〕.新能源，1998(3)：3～8.
- [6]李定凯.秸秆气化集中供气系统技术评价〔J〕.农业工程学报，1999(1)：42～47.
- [7]Zhang Quanguo, WangSulan, KongShuxuan.Study of the purifier of biomass gasification system〔B〕.In:Zeng

Dechao, Wang Maohua eds. Innovation of Agricultural Engineering Technologies for the 21 st Century, International Conference on Agricultural Engineering(99-I-CAE) [C] .Beijing:China Agricultural University Press, 1999-III.59~62

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/82212.html>