

文章编号: 1008-8857(2012)01-0007-05

生物质能汽车的动力系统技术

付敏, 孙勇, 王述洋

(东北林业大学 机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 能源和环境问题成为本世纪世界各国共同面临的两个重大问题。寻找新的“清洁代用燃料”是人类的必然选择。生物质能源是一种可作为车辆发动机燃料的新型清洁低廉的可再生能源, 因此研究和开发生物质能汽车动力系统技术有利于改变我国能源消费结构、维护国家能源安全和环境保护。介绍了生物质燃料汽车动力系统技术, 主要包括固体燃料裂解气化技术、气体燃料净化技术以及使用燃气式发动机技术等。为研究和开发使用生物质燃料汽车提供了一定的指导和参考信息, 为其今后的深入研究提供了一定的参考。

关键词: 生物质能源; 汽车; 动力系统技术

中图分类号: TK64

文献标识码: A

新能源汽车是指除汽油、柴油发动机之外所有其它能源汽车, 包括燃料电池汽车、混合动力汽车、氢能源动力汽车和太阳能汽车等, 其废气排放量比较低。生物质燃料汽车是一种新能源汽车, 顾名思义, 原料是生物质, 但汽车发动机属于内燃机, 不可能直接燃用生物质, 而是利用由固体生物质燃料裂解气化生成的生物质裂解燃气, 因此必须有一套生物质能汽车的动力系统技术实现该汽车的动力功能。

生物质能汽车的动力系统技术主要包括生物质裂解气化技术、气体燃料净化技术以及使用燃气式发动机的各种技术等。

1 生物质裂解气化技术

生物质裂解气化技术是一种将各种农林废弃物转化为生物质裂解气(下称生物质气)的一种技术。生物质裂解气的主要成分为: CO 占 12%~16%; H₂ 占 10%~20%; CH₄ 占 2%~5%; O₂ 占 0.6%~1.5%; CO₂ 占 16%~24%; N₂ 占 45%~60%。生物质气的成分受气化装置的结构及温度、负荷及原料特性等多种因素影响, 而该气体的性质是由其成分决定的。生物质裂解气化技术可以将低品位的固态生物质原料在较高温度(>600℃)和缺氧状态下转化为相对高品位的可燃生物质气的过程。这种高效高品位的洁净气体, 可作为发动机代用燃料, 不仅可减少废弃生物质对环境的污染及其焚烧产生的二次污染, 也对改善能源结构具有重大意义。气化技术是

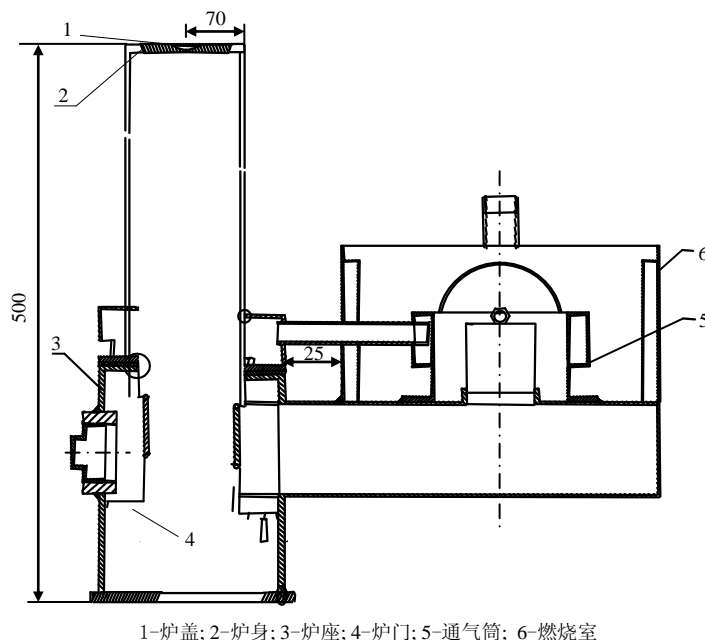
收稿日期: 2011-12-25

作者简介: 付敏(1969-), 女(汉), 副教授, fumin1996@163.com

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(E200937)

生物质热化学转化技术中最具实用性的一种。相对高品位的可燃气体,可用于驱动内燃机、热电机发电,锅炉和民用炉灶炊事采暖等场合。此技术的主要优点是提高了生物质能源利用率,解决了生物质因分散、体积密度小而燃用困难的问题。

把秸秆、薪柴等农林废弃物等生物质燃料经过气化转变成生物质裂解燃气,需要用生物质气化炉来完成。气化炉的种类不同产生生物质裂解燃气的品质也随之不同。生物质气化炉按设备运行方式可以分为固定床气化炉和流化床气化炉两种类型。从先期开发、技术、实际汽车尺寸和投资使用成本的角度考虑,选择固定床下吸式气化炉作为生物质燃料汽车裂解燃气的气体发生装置。固定床下吸式气化炉的突出优点是其产出气的焦油含量相对较少,经适当净化处理后,较易满足生物质裂解燃气发动机的使用要求,所以可选用此装置作为固体生物质燃料汽车的燃气发生装置。若一次加料产气量为 13.6 m^3 ,设计的炉体外径为 140 mm ,安装高度为 500 mm ,如图1所示。



1-炉盖;2-炉身;3-炉座;4-炉门;5-通气筒;6-燃烧室

图1 生物质气化炉外观图

Fig. 1 Schematic of biomass gasifier

2 生物质裂解燃气净化技术

在固定床的热分解层,温度在 200°C 以上,生物质的纤维素、半纤维素和木质素开始热分解,生成焦炭、焦油、木醋液及其他气体。因此,从生物质气化炉出来的气化燃气中杂质含量较高,约占 $100\sim 200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$;其成份比较复杂,主要是焦油和灰尘。它们的存在有诸多方面的不利影响。首先,降低了气化炉的气化效率;其次,当此气体用于发动机燃料时,由于焦油低温时凝结,容易和灰分、水、炭颗粒等杂质结合,造成内燃机管道的堵塞、零部件的腐蚀及磨损加剧、燃烧困难、气缸积碳等严重后果;再者,凝结为细小液滴的焦油较燃气难以燃尽,在燃烧时容易产生碳黑等颗粒,这不仅大大降低了燃气的利用价值,而且对内燃机的损害相当严重。另外,下吸式气化炉产出气温度相对较高,将使生物质裂解燃气发动机输出功率偏低。因此,将生物质裂解燃气用作发动机燃料,必须对其进行净化和冷却以满足发动机的使用要求。

从气化炉产出生物质燃气中所含的杂质量 $10\sim 200\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$, 而在国家规定的民用燃气标准中, 焦油和灰尘含量小于 $10\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 这是长期稳定供气的重要指标。目前, 国内外对燃气中焦油和灰尘的净化技术主要有湿式净化、干式净化、裂解净化、电捕焦油法和微生物法等五种形式。

湿式净化法: 采用水洗的方法脱除焦油和灰尘的一种净化方式。目前使用此法除焦的设备为冷却洗涤塔。为提高净化效率, 湿式净化系统一般把多个水洗喷淋系统连接起来。湿式净化系统操作方便、成本较低, 此方式在生物质气化技术初期经常采用, 现正逐渐被淘汰, 因为: 气化气中焦油能量一般占总能量的 $5\%\sim 15\%$, 大量焦油随水流失, 造成能量浪费; 洗过焦油后的污水直接排放造成严重的二次污染; 净化效果不理想。

干式净化法: 又称过滤法, 将吸附性很强的材料(如活性炭、棉花或粉碎的玉米芯等)装在容器中, 让可燃气穿过吸附材料, 从而把可燃气中的焦油、飞灰等杂质过滤出来。该净化系统主要特点是滤料来源广、价格便宜, 用过的滤料可以作为气化原料投入气化炉中烧掉, 这样既可以减少环境污染, 又可回收过滤杂质中的能量, 大大提高了能量利用率, 不用水洗涤粗气中的尘粒和焦油, 可避免二次污染。

裂解净化: 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(如 H_2 、 CO 、 CO_2 等)。其方法有热裂解、催化裂解、电裂解等。目前国内外已研究的用于生物质气化焦油裂解的催化剂有白云石、镍基催化剂和碱金属催化剂等。这种净化技术较好地回收利用了焦油中所含的能量, 可达到焦油的去除和回收固体生物质燃料的双重目的。其净化效率比较高, 但工艺复杂, 成本太高。催化裂解需要独立的装置, 且装置需要连续高温运行(否则效率太低), 整个系统复杂, 燃气出口温度较高。这就限制了其适用性。

电捕焦油法: 其原理是焦油雾滴在高压静电作用下被电离, 带电的雾滴将吸引不带电的微粒并结合成较大的复合物, 在重力作用下脱离气流或者带电雾滴向与之极性相反的电极移动, 最终沉降在相反电极上, 从而达到除焦的目的。电捕焦油器是一种高效的除焦油灰尘设备, 尤其对 $0.01\sim 1\ \mu\text{m}$ 焦油灰尘微粒有很好的分离效率, 具有燃气处理量大、阻力损失小等优点, 但颗粒的比电阻值在 $1\times 10^4\sim 2\times 10^{10}\ \Omega\cdot\text{cm}^{-1}$ 、浓度在 $30\text{ mg}\cdot\text{Nm}^{-3}$, 以下净化效果较好。该方法设备造价和运行费用高, 对操作管理的要求也较其它方法高。

微生物法: 目前, 该法还处在实验室研究阶段, 不具备产业化条件。

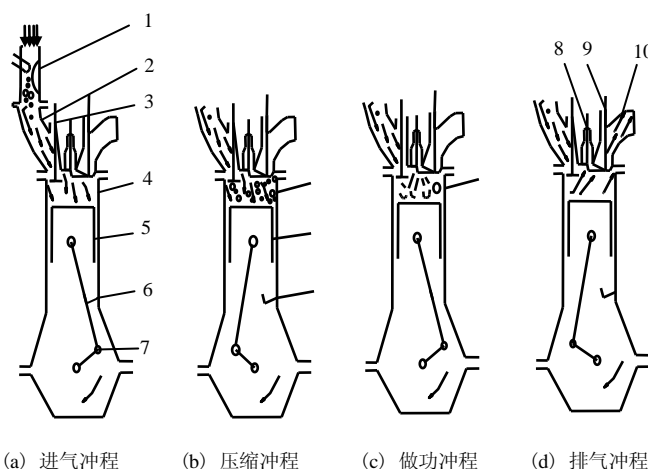
生物质能汽车应用的主要是采用多级过滤的净化方法, 在固定床下吸式生物质气化机组中采用两级旋风除尘器除尘、一级管式冷却器和箱式过滤器净化系统。

3 生物质裂解燃气发动机相关原理及其特点

生物质裂解燃气发动机的工作原理与现有汽油机或柴油机的工作原理相似, 只是燃料是气体。生物质裂解燃气发动机性能受多方面的因素影响。除本身的结构外, 还有路况、工况等因素。本节仅就发动机本身结构参数分析影响其性能的主要因素; 在分析生物质裂解燃气的热化学特性和对比该类气体与汽油的理化特性的基础上, 详述相对于汽油发动机而言的生物质裂解燃气发动机的特点。

3.1 生物质裂解燃气发动机的工作原理

生物质裂解燃气发动机是把利用生物质气化技术将固体生物质原料转化来的可燃生物质裂解燃气与适量空气混合后, 通入气缸内点火燃烧, 将混合气燃烧得到的热能转变为机械能的设备。以图 2 为例介绍其单缸四冲程生物质裂解燃气发动机的工作原理。



1-化油器; 2-进气管; 3-进气门; 4-气缸; 5-活塞; 6-连杆; 7-曲轴; 8-火花塞; 9-排气门; 10-排气管

图2 生物质裂解燃气发动机的工作原理

Fig. 2 Working principle of the biomass cracking-gas engine

进气冲程(图 2a), 活塞下移, 进气门开启, 排气门关闭, 生物质裂解燃气和空气的混合气随着活塞从上止点向下止点移动而被吸入气缸。当活塞到达最低位置后, 改变运动方向向上移动, 进入压缩冲程(图 2b), 进、排气门关闭, 缸内混合气受到压缩, 压缩终了时, 火花塞将混合气点燃。然后进入做功行程(图 2c), 可燃混合气膨胀燃烧放出大量的热量, 燃气的压力和温度也急剧上升, 高温高压的燃气推动活塞从上止点向下止点运动, 通过连杆使曲轴旋转输出机械能, 完成热能向机械能的转换。当膨胀接近终了时, 排气门打开, 首先靠废气的压力自由排气, 活塞向上止点移动过程中又强制排出废气, 此行程为排气冲程(图 2), 至此发动机完成了个工作循环。在一个工作循环内曲轴旋转两圈, 活塞往复运动四次, 依次完成进气、压缩、做功、排气四个冲程。

生物质裂解燃气发动机与普通汽油或柴油发动机相比, 需要特别设计燃料供给系统。影响生物质裂解燃气发动机性能的主要因素有压缩比、可燃混合气浓度、充气效率、点火系统(点火提前角和点火能量)等。欲使燃用生物质裂解燃气发动机具有良好的性能, 必须根据该气体特点, 对汽油发动机的压缩比、燃料供给系统、空燃比、配气相位、点火系统等进行相应改变。

为了提高适用于生物质裂解燃气燃用的发动机的性能, 以满足汽车的行驶要求, 可以从以下两方向考虑:

(1) 购买市场现有汽油发动机进行改进设计。可以保留或拆除现有汽油发动机的燃料供气系统, 加装生物质裂解燃气的发生与供气系统即可, 用户可以自由选择运用何种燃料。

(2) 设计或购买专门适用于生物质裂解燃气燃烧的发动机, 即专业生物质裂解燃气发动机。

从先期开发、技术、实际汽车尺寸和投资使用成本的角度考虑, 本文选择了购买某公司生产的专业生物质裂解燃气发动机。

4 结束语

生物质能汽车的动力技术包括生物质裂解气化技术、生物质燃气净化技术和生物质燃气

发动机的使用技术等。本文设计了适合车用的燃气发生装置,产气量为 13.6 m^3 ,炉体外径为 140 mm ,安装高度为 500 mm 。燃气的净化采用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。最后对生物质燃气发动机的使用进行了分析,使生物质能汽车可以通过调整发动机影响因素进一步改善汽车的动力性能。

生物质能汽车的动力技术在社会大力提倡可持续发展的背景下有很大的发展空间,只要技术不断改进,就一定能为社会的能源节约与利用做出很大的贡献。

参考文献:

- [1] 乔国朝,王述洋. 生物质热解液化技术研究现状及展望[J]. *林业机械与木工设备*, 2005, **33**(5): 4-7.
- [2] 刘会粉. 固体生物质燃料汽车关键技术的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010, 6-10.
- [3] 刘会粉,王述祥. 生物质燃料汽车的发动机改装技术与设计[J]. *机电产品开发与创新*, 2009, **72**(6): 12-15.
- [4] 孙天松. 能源危机与内燃机发展前景[N]. *上海科技报*, 2007-04-25(2).
- [5] 杨秀山,赵军,骆海鹏,等. 微生物降解生物质气化洗焦废水和焦油的研究[J]. *中国环境科学*, 2001, **31**(2): 109-111.
- [6] 刘畅,曹彦春. 新能源车发展——体系先行研发跟进[J]. *中国汽车界*, 2009, **16**(10): 1-3.
- [7] 马宁. 他山之车——美日法等国新能源汽车发展概览[J]. *监督与选择*, 2009, **16**(6): 1-2.
- [8] ANTONIO Paul. Conversion of waste water organic compounds and biomass into oil[C]// The 2nd International Conference on Electronics, Communications and Control. Berne: Switzerland Journal, 2002, 59-62.
- [9] Gibson, C B and Birkinshaw, J. The antecedents, consequences and mediating role of organizational ambidexterity[J]. *Academy of Management Journal*, 2004, **47**(2): 209-226.
- [10] MORRIS Gregory Paul. Biomass as an energy resource[J]. *An economic and environmental investigation*, 1982, **75**(5): 209-210.

Power system technologies for biomass energy automobiles

FU Min, SUN Yong, WANG Shu-yang

(College of Electromechanical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Energy and environment are the two major issues facing the world in this century. Searching for new "clean alternative fuels" is an inevitable choice for human beings. Biomass energy is a new type of clean, low-cost renewable energy that can be used as automobile engine fuel. The research and development of biomass-energy power system technologies for automobiles are therefore beneficial to improving the national energy consumption structure, safeguarding national energy security, and protecting the environment. This paper introduced the power system technologies for biomass-fuel automobiles, including the cracking gasification technology of solid fuels, the purification technology of gas fuel, and the gas engine technology. Guidance and suggestions were offered for research and development of biomass fuel automobiles.

Key Words: biomass energy; automobile; power system technology