

生物质气化工工艺及装置研究进展

高翔, 李海英, 武志飞(河北理工大学, 河北唐山)

摘要: 文章分析了生物质气化技术的发展现状, 介绍了几种典型的生物质气化工工艺及装置, 比较了固定床、流化床等气化装置的优缺点, 并分析了现有气化工艺存在的问题以及生物质热解气化技术的发展前景。

0引言

21世纪人类将面临能源问题的严峻挑战, 随着人类的开发利用, 化石矿物资源正在逐渐减少, 已不能满足社会发展对能源的日益增长的需求, 出现了能源紧张。开发利用可再生能源是事关国民经济可持续发展、国家安全和进步的重大课题。生物质能是仅次于煤炭、石油和天然气而居于世界能源消费总量第四位的能源^[1]。

而且在众多可再生能源中, 它也是发展速度最快, 产业前进最好的能源之一。我国生物质能极为丰富, 仅秸秆等农林生物质废弃物资源量年约 7×10^8 t, 相当于 3.1×10^8 t吨标煤, 但相当多的生物质废弃物被废弃或焚烧, 不但造成了资源浪费, 又会对环境造成污染。所以大力开发和有效利用生物质能, 有利于促进自然生态环境向良性循环方向发展。生物质气化技术是对生物质进行利用的有效手段。

一些国家的生物质能技术和装备已经达到商业化应用程度, 实现了规模化生产, 其将生物质作为能源的利用, 多采用高投入、高产出的方式, 建设大型的生物质能转化工程, 将传统的生物质能转化为现代能源利用。在欧盟国家中, 开发利用的所有新能源和可再生能源(包括水电在内)中生物质能源已占总和的59.6%^[3]。

2007年9月中国政府专门发布了《可再生能源中长期发展规划》, 将生物能源确立为可再生能源的重要组成部分, 制定了到2020年我国生物能源的具体发展目标。生物质资源丰富的地方政府, 也将生物能源开发作为地方经济发展的重点, 我国生物能源开发正迎来前所未有的历史发展机遇。

1生物质气化技术的发展现状

生物质气化技术是通过热化学反应将固态生物质转换为气体燃料的过程。生物质气化过程是复杂的物理变化和化学变化过程。它通过气化装置的热化学反应, 可将低品位的固体生物质转换成高品位的可燃气。

生物质气化技术已有160多年的历史, 但较大规模应用生物质热解气化技术, 始于20世纪30、40年代, 第二次世界大战期间, 为解决石油燃料的短缺, 用于内燃机的小型气化装置得到广泛使用。从七十年代初开始, 受石油危机影响, 这一技术有了新的发展。

在本世纪四十年代初期, 我国部分地区曾以木炭和木块为燃料经气化驱动民用车辆, 五十到六十年代初期, 我国部分城乡曾以木质燃料气化驱动内燃机, 取代柴油和汽油, 用于驱动汽车和提水发电设备。现在, 它作为矿物能源的补充能源更加受到各国重视。

国外生物质气化装置一般规模较大, 自动化程度高, 工艺较复杂, 以发电和供热为主, 气化效率可达60%~90%, 可燃气热值为 $1.7 \sim 2.5 \times 10^4$ kJ/m³。

目前, 在该领域具有领先水平的国家有瑞典、美国、意大利、德国等。美国近年来在生物质热解气化技术方面有所突破, 研制出了生物质综合气化装置——燃气轮机发电系统成套设备, 为大规模发电提供了样板。

我国对生物质能源利用极为重视, 已连续在四个国家五年计划中将生物质能利用技术的研究与应用列为重点项目, 在生物质气化与气化发电方面的研究与开发取得了积极的进展。我国自行研制的集中供气 and 户用气化炉产品已进入实用化试验及示范阶段, 形成了多个系列的炉型, 可满足多种物料的气化要求, 在生产、生活用能、发电、干燥、供暖等领域得到利用。

如中国农业机械化科学研究院研制的ND系列生物质气化炉, 其中ND-600型气化炉已进行较长时间的生产运行, 并取得了一定的效益; 江苏吴江县生产的稻壳气化炉, 利用碾米厂的下脚料驱动发电机组, 功率达到160kW, 已达到实用阶段; 中科院广州能源所, 对上吸式生物质气化炉的气化原理、物料反应性能作了大量试验, 并研制出GSQ型气化炉; 山东能源研究所研制的XFL系列秸秆气化炉在农村集中供气的应用中也获得了一定的社会、经济效益; 大连市环境科学设计研究院研制的LZ系列生物质干馏热解气化装置建成了可供1000户农民生活用燃气的生物质热解加工厂;

云南省研制的QL-50, 60型户用生物质气化炉已通过技术鉴定并在农村进行试验示范。目前, 我国已进入实用阶段的生物质气化装置种类较多, 用途广泛, 取得了良好的社会、经济效益。近年来, 已将煤气化技术引入到生物质气化方面来, 如沸腾流化床技术可用在细粒状的生物质气化, 克服了此类原料在固定床连续加料的困难, 同时生物质流化床技术也被很多研究单位和高校重视, 有关该项技术的实验研究也在进行中^[2]。

2 生物质热解气化工工艺及应用

生物质气化有多种形式。如果按气化介质分, 可分为使用气化介质和不使用气化介质, 其中使用气化介质的技术又分为干馏气化、空气气化、氧气气化、水蒸气气化和氢气气化等。目前应用最广泛的是空气气化。如果按产气的用途来分, 可分为生物质气化供气技术、供热技术、发电技术和合成化学品技术等。目前各种技术的实际应用都在进行, 生物质气化供气技术由于技术起点低, 投资相对较低, 很适合在我国农村大力发展。

空气气化技术直接以空气为气化剂, 气化效率高, 是目前应用最广, 也是所有气化技术中最简单、最经济的一种。富氧气化使用富氧气体做气化剂, 反应温度高, 反应速率快, 可得到焦油含量低的与城市煤气相当的中热值气, 但成本较高。水蒸气气化是以水蒸气作为气化剂, 燃气质量好, 氢气含量高, 产生的也是中热值气。氢气气化是使氢气同碳及水发生反应生成大量的甲烷的过程, 其反应条件苛刻, 需在高温高压且具有氢源的条件下进行, 可产生热值在22 260-26040kJm³之间的高热值气。干馏气化不使用气化介质, 产生固定碳、焦油与可燃气。

气化炉是生物质气化系统中的核心设备, 生物质在气化炉内进行气化反应, 生成可燃气。生物质气化炉可以分为固定床气化炉和流化床气化炉两种类型, 而固定床气化炉和流化床气化炉又都有多种不同形式, 如图1所示。

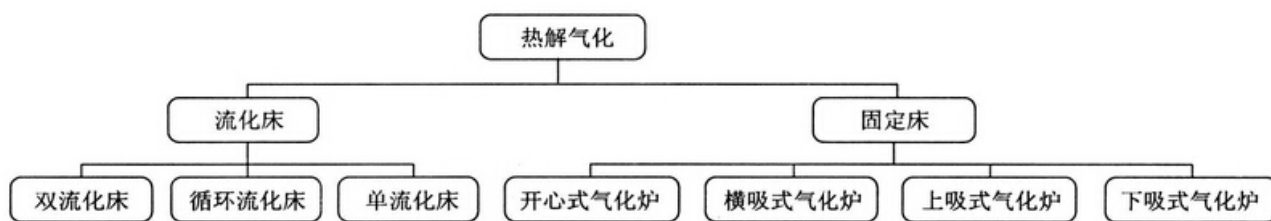


图1 气化炉分类示意图

固定床气化炉分为下吸式气化炉、横吸式气化炉和开心式气化炉。

在下吸式气化炉中, 气流是向下流动的, 通过炉栅进入外腔。原料由上部加入, 依靠重力下落。经过干燥区后水分蒸发, 在裂解区分解出的二氧化碳、一氧化碳、氢气、焦油等热气流向下流经气化区。在气化区发生氧化还原反应。同时由于氧化区的温度高, 焦油在通过该区时发生裂解, 变为可燃气。

炉内运行温度在400~1200 左右, 燃气从反应层下部吸出, 灰渣从底部排出。下吸式固定床气化炉工作稳定, 产生的气体成分相对稳定; 可燃气中焦油含量较少。但可燃气中灰分含量较多, 出炉可燃气温度高, 炉内热效率低。

在上吸式气化炉的气流流动方向与物料运动方向相反。物料由气化炉顶部加入, 气化剂由炉底部经过炉份进入气化炉, 产出的燃气通过气化炉内的各个反应区, 从气化炉上部排出。向下流动的生物质原料被向上流动的热气体烘干脱去水分, 干生物质进入裂解区后得到更多的热量, 发生裂解反应, 析出挥发分。

产生的炭进入还原区, 与氧化区产生的热气体发生还原反应, 生成一氧化碳和氢气等可燃气。上吸式气化炉生产的可燃气可直接作为锅炉或加热炉的燃料气或向系统提供工艺热源。该种炉型主要应用于欧洲和东南亚国家。上吸式气化炉有一个突出的缺点, 就是在裂解区生成的焦油没有通过气化区而直接混入可燃气排出, 这样产生的气体中焦油含量高, 且不易净化。

开心式固定床气化炉的结构与气化原理与下吸式固定床气化炉相类似, 是下吸式气化炉的一种特别形式。开心式固定床气化炉是由我国研制出的, 主要用于稻壳气化, 并已投入商业运行多年^[2]。

生物质流化床气化的研究的起步比较晚。

流化床气化炉在吹入的气化剂作用下, 物料颗粒、砂子、气化介质充分接触, 受热均匀, 在炉内呈“沸腾”状态,

因此又叫沸腾床,反应温度一般为750~850。流化床气化炉有一个热砂床,生物质的燃烧和气化反应都在热砂床上进行。

气化反应速度快,产气率高。与固定床相比,流化床没有炉栅,一个简单的流化床由燃烧室、布风板组成,气化剂通过布风板进入流化床反应器中。按气化器结构和气化过程,可将流化床分为鼓泡流化床和循环流化床。流化床气化反应速度快,产气量大,燃气热值高焦油含量低,是惟一在恒温床上反应的气化炉,原料适应性广,可大规模、高效利用。

但可燃气体中灰分含量较多,结构比较复杂。按气化炉结构和气化过程,可将流化床气化炉分为单床气化炉、双床气化炉、循环流化床气化炉及携带床气化炉四种类型;如按气化压力,流化床气化炉可分为常压流化床和加压流化床。

生物质气化技术的多样性决定了其应用类别的多样性。不同的气化炉,不同的工艺路线其最终的用途是不同的;同一气化设备,选用不同的物料,不同的工艺条件,最终的用途也是不同的。因此,在不同的地区,根据不同的条件,选用不同的气化设备、净化设备,不同的工艺路线来决定如何使用生物质燃气是非常重要的。生物质气化技术的基本应用方式主要有四个方面,即用于供热、用于发电、用于供气及用于化学品的合成。

3 生物质气化技术现存问题及发展前景

国内外关于生物质气化流化床的研究较多,而在固定床中较全面的研究比较少^[4]

。但我国实际应用的生物质热解气化技术,主要用固定床工艺,设备结构简单、易于操作、可以实现多种生物质原料的热解气化、投资少。一般采用空气为气化剂,但由于空气中含有大量氮气,使得得到的生物质燃气热值低,一般只有5000kJNm³

,且生物质气中焦油含量高,生物质气体中焦油含量

如表2所示^[5]

,容易造成管路堵塞。国内对于焦油的处理,工业上大都用水洗法,产生的洗焦废水会造成二次污染且目前洗焦废水的生化处理工艺仍不成熟。彻底解决焦油的污染问题,将是今后要着重解决的重要问题。流化床工艺得到的生物质燃气热值高,可达12000kJNm³

左右,燃气产率和气化效率也分别达到了95%和63%左右。但是这一工艺设备复杂,操作不易掌握。另外目前的集中供气系统普遍存在着所谓的“大马拉小车”问题,即许多气化工程欠户现象严重,达不到设计要求的户数,使生物质气化设备的利用率降低,并且焦油问题难以根绝,致使大型输气管网易堵塞,拆卸和清洗不便,气化站运营和维护成本及难度都很高^[6]

,燃气的热值和气化强度依然偏低,不能充分满足用户使用要求。导致大部分气化站开工率低,基本处于停产和半停产状况。

表 2 不同气化炉的气体中焦油含量

生物质气化工艺	焦油含量
常规上吸式	80000 100000
常规下吸式	1500 3000
层式下吸式	900 1000(床层高度 300 800mm)
层式下吸式	1200 1400(床层高度 1000 1200mm)

目前,我国除部分经济能源充裕地区大面积推广普及沼气池和节柴灶外,大部分农村地区还是延用传统的生活用能方式,对秸秆、锯屑等农林废弃物未经过加工直接燃烧,其转换效率仅为10%~15%,而且不方便、不卫生,生态环境效益差,生物质能占中国农村能源消费总量的61%。

近年来,中国开始发展生物质能气化技术,所以生物质高校利用技术才刚刚起步,在生物质转换技术上,原来生物质生产固体燃烧已经成熟,但由于成本问题一直很难推广。生物质液体燃料的研究也已开展,但大部分处于实验室小试阶段,根据目前的条件及社会需求情况,中国的生物质发展将具有很大潜力。

4结语

综上所述，随着生物质能利用技术的不断成熟，合理充分利用生物质能对于缓解能源紧张有及其重大的意义，发展潜力巨大。生物质热解气化技术不断受到人们的重视，气化工艺不断完善，气化技术研究工作已经进行到一定高度，但燃气热值低和焦油含量高仍是但生物质气化供气技术存在的两大主要叛点问题，还需进一步的研究。

参考文献

- [1]周中仁，吴文良.生物质能研究现状及展望[J].农业工程学报，2005，21：12-15.
- [2]刘春生.小型生物质气化系统的设计与性能实验研究[D].江苏大学，2008：19-27.
- [3]马隆龙，吴创之，孙立.生物质气化技术及其应用[M].北京：化学工业出版社，2003(4)：15-56.
- [4]孙云娟，蒋剑春.生物质热解气化行为的研究[J].林产化学与工业，2007，27(3)：15-20.
- [5]钟浩，谢建，杨宗涛，张无敌，宋洪川.生物质热解气化技术的研究现状及其发展[J].云南师范大学学报，2001，21(1)：41-45.
- [6]顾念祖，嵇文娟.秸秆气化炉的研究与探讨[J].工业锅炉，2004，85(3)：21-23.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/86136.html>