

我国生物质气化技术概况与发展

王建楠，胡志超，彭宝良，王海鸥，曹士峰

(农业部南京农业机械化研究所，南京 210014)

摘要：介绍了我国生物质气化技术的发展现状以及生物质气化供气、发电的基本工艺流程。同时，在简述生物质气化的概念及其转化方式基础上，着重论述了生物质气化技术在国内的研究及应用现状，并对生物质气化技术所需要的关键技术装备及原理等以图示出。

0引言

能源是人类赖以生存的物质基础，是国民经济的基本支撑。我国是能源消费大国，当前能源供应主要依靠煤炭、石油和天然气等化石能源，而化石能源资源的有限性及其开发利用过程对环境生态造成的巨大压力，严重制约着经济社会的可持续发展。同时，我国又是一个农业大国，每年有大量的农作物秸秆、畜禽粪便、农产品加工副产品和能源作物等植物生物质产生。而生物质气化技术正是以植物生物质为原料，采用热解法及热化学氧化法在缺氧条件下加热，使其发生复杂的热化学反应的能量转化过程，在反应条件下按照化学键的成键原理，变成一氧化碳、甲烷、氢气等可燃性气体的分子。最终利用这些气体进行集中供气、发电，从而可在某些情况下替代现有的煤电以及天然气。其不仅减轻了因焚烧秸秆而对环境造成的污染，而且提高了秸秆的利用效果，并为能源的可持续发展提出了有效途径。

农业生物质能不仅具有可永续利用，具有环境友好和可再生双重属性，而且发展农业生物质能产业，突破传统农业的局限，利用农产品及其废弃物生产新型能源，拓展了农产品的原料用途和加工途径，提升产品的附加值和市场竞争力，有利于转变农业增长方式，发展循环经济，延伸农业产业链条，提高农业效益，拓展农村剩余劳动力转移空间，在促进区域经济发展、增加农民收入等方面大有可为。因此，生物质气化技术已成为我国能源及农业研发领域的一个热点内容。

1生物质气化原理

生物质气化技术是一种热化学处理技术，通过气化炉将固态生物质转换为使用方便而且清洁的可燃气体，用作燃料或生产动力。其基本原理是将生物质原料加热，生物质原料进入气化炉后被干燥，伴随着温度的升高，析出挥发物，并在高温下裂解（热解）；热解后的气体和炭在气化炉的氧化区与供入的气化介质（空气、氧气、水蒸气等）发生氧化反应并燃烧；燃烧放出的热量用于维持干燥、热解和还原反应，最终生成了含有一定量CO，H₂，CH₄，C_nH_m的混合气体，去除焦油、杂质后即可燃用或者发电^[1]。生物质气化原理如图1所示。

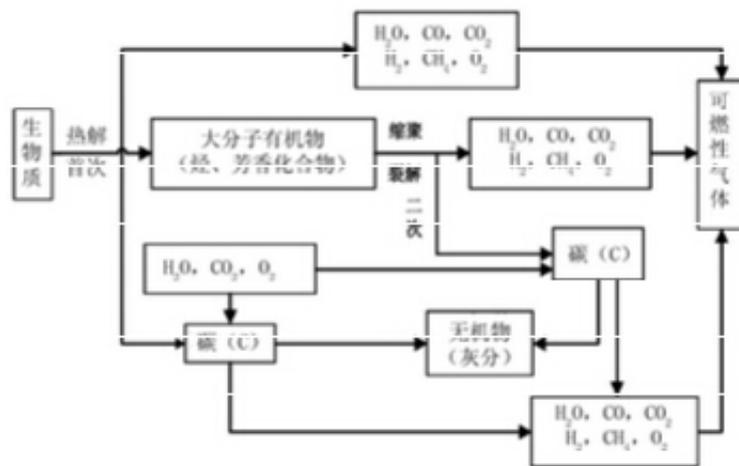


图1 生物质气化原理图

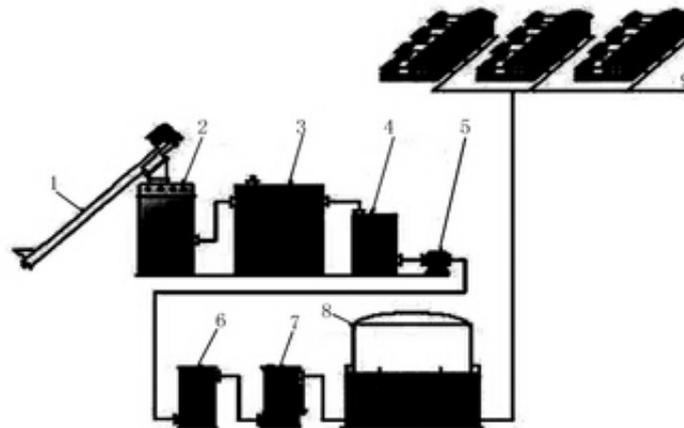
Fig.1 The chart of biomass gasification theory

2我国生物质气化技术概况

我国生物质气化技术研究始于20世纪80年代初期，至今已开展了生物质能转换技术以及装置的研究和开发，形成了生物质气化集中供气、燃气锅炉供热、内燃机发电等技术，把农林废弃物、工业废弃物等生物质能转换为高效能的煤气、电能或蒸汽，提高生物

质能源的利用效率，实现以生物质替代气、油和煤的新型能源^[2]

。生物质气化集中供气即将生物质气化炉产生的气体通过净化除焦、除尘后通过用户管网送至用户以实现供暖、供热、供电。生物质气化集中供气系统工艺流程如图2所示。



1. 上料器 2. 气化炉 3. 净化器 4. 分离器
5. 罗茨风机 6. 沉淀器 7. 安全阀 8. 贮掘柜 9. 用户管网

图2 生物质气化集中供气系统工艺流程

Fig. 2 Process of concentrated gas supply of biomass gasification technology

我国通过消化吸收国外先进技术与自主创新并举，目前已研制出集中供气和户用气化设备，形成了多个系列气化炉产品，已进入实用化试验及示范阶段，可满足多种物料的气化要求，在生产、生活用能和发电、干燥、供暖等领域得到了一定利用。国内中科院广州能源所、山东能源研究所、大连市环境科学设计研究院及中国农业机械化科学研究院作为国内的生物质气化早期研究机构，相继研发了以下产品：中科院广州能源所对上吸式生物质气化炉的气化原理、物料反应性能进行了大量试验，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中得到了一定的应用；大连市环境科学设计研究院研制Lz系列生物质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；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型气化炉已在生产中得到了一定应用，并取得了一定的效益；云南省研制的QL - 50和QL - 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。

在我国生物质气化技术不仅在集中供气方面有应用，科研单位又将生物质气化技术进行衍生，利用生物质气化技术发电，并且取得了良好的经济效益和社会效益^[3]。生物质气化发电技术的基本原理，是把生物质转化为可燃气，再利用可燃气推动燃气发电设备进行发电。气化发电过程主要包括3个方面：一是生物质气化，在气化炉中把固体生物质转化为气体燃料；二是气体净化，气化出来的燃气都含有一定的杂质，包括灰分、焦炭和焦油等，需经过净化系统把杂质除去，以保证燃气发电设备的正常运行；三是燃气发电，利用燃气轮机或燃气内燃机进行发电，有的工艺为了提高发电效率，发电过程可以增加余热锅炉和蒸汽轮机^[4]，典型的系统如图3所示。

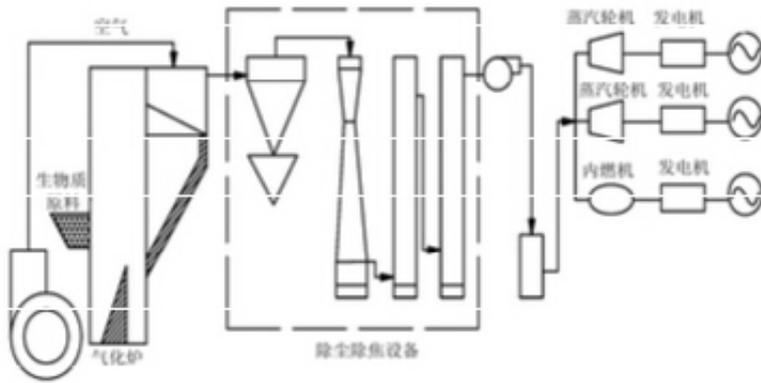


图3 生物质气化发电工艺流程示意图

Fig.3 The chart of biomass gasification power generation process

生物质燃烧发电是将生物质与过量的空气在锅炉中燃烧，产生的热烟气和锅炉的热交换部件换热，产生的高温高压蒸汽在燃气轮机中膨胀做功发出电能。生物质燃烧发电的技术已基本成熟，已进入推广应用阶段，这种技术在大规模下效率较高，单位投资也较合理，但它要求生物质集中，数量巨大^[5]。

我国有着良好的生物质气化发电基础，在20世纪60年代就开发了60kW的谷壳气化发电系统，目前160~200kW的生物质气化发电设备在我国已得到小规模应用，显示出一定的经济效益^[6]。

辽宁省能源研究所于2006年6月在意大利建成的流化床生物质气化发电系统，采用木屑或稻壳为原料，发电量160kW；江苏吴江县生产的稻壳气化炉，利用碾米厂下脚料驱动发电机组，功率可达160kW，已进入示范应用阶段；MW级的中型BPGP系统也已在近些年研究开发出来，1998年10月中科院广州能源所完成1MW级的生物质循环流化床气化—内燃机发电系统（GIEC），5台200kW发电机组并联工作，由于受气化效率与内燃机效率限制，效率低于18%，单位电量生物质消耗量一般大于112kg/（kW·h）。在此基础上中国科学院广州能源研究所还在海南三亚建成了国内首个生物质木屑气化发电厂并于2000年下半年投入运行；中国林科院林产化学工业研究所用稻草、麦草等软秸秆和稻壳等农业剩余物为原料，并建成生物质气化发电装置，已经投入运行，具有明显的直接经济收益。设备正常运行时，每年可处理约3万t多秸秆、稻壳、木屑等生物质废料，每年大大减少CO₂的排放^[7]。

3 生物质气化技术的关键设备

生物质气化是通过气化装置的热化学反应，可将低效能的固体生物质转换成高效能的可燃气，因此气化炉自然是生物质气化过程中的关键设备之一。我国使用的生物质热解气化技术，主要有固定床、流化床和直接干馏热解3种工艺形式。固定床气化炉工艺一般采用空气为气化剂，气流方式有上吸式、下吸式或是平吸式，特点是设备结构简单、易于操作

操作

、可以实

现多种生物质原料

的热解气化、投资少等。但是得到的

生物质燃气热值低，通常在4200~7560kJ/m³

之间，属低热值可燃气体，且生物质气焦油含量高，容易造成管路堵塞。流化床气化炉的工作特点：气固接触混合良好，停留时间都较短，床内压力降较高，受热均匀，加热迅速，气化反应速度快，可燃气体得率高，炉内温度高而且恒定，可燃气体中焦油含量较小，但出炉的可燃气体中含有较多的灰分，可频繁启停，气化强度大、综合经济性好，非常适合于大型的工业供气系统，但结构复杂，设备投资较多，常见的气化炉类型如图4所示。直接干馏热解的特点是生物质在隔绝空

气条件下进行热分

解，产物为固体炭、液体的木焦油和

木醋液、可燃性气体，生产过程须外加能源^[8]。各气化炉的工作原理及气流走向如图5所示。

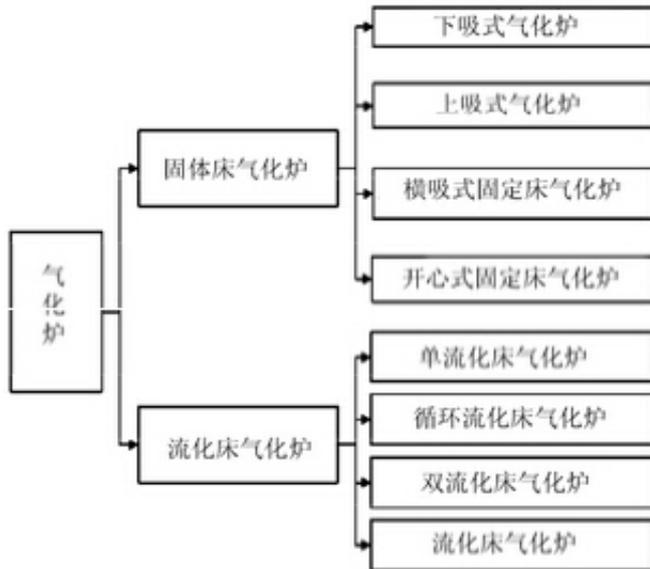


图4 气化炉类型

Fig. 4 Types of gasifier

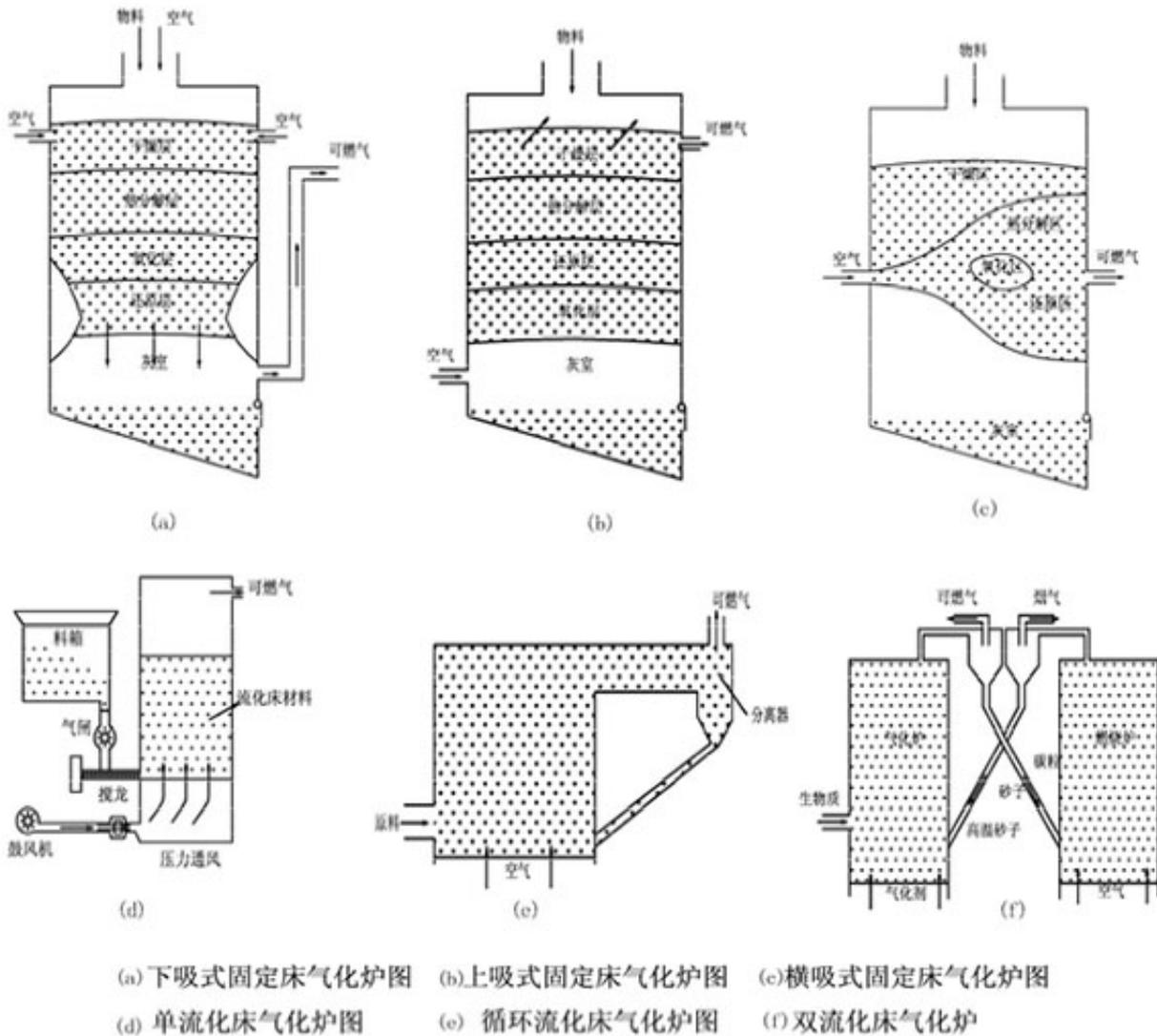


图 5 气化炉的工作原理及气流走向

Fig. 5 The theory and gas flow of gasifier

生物质气化产出物除可燃气体外，还有灰分、水分及焦油等物质^[9]。

。大部

分灰分由炉栅

落入灰室，可燃气体中的灰尘

需经除尘装置分离出，然后将可燃气体供给用户或者发电使用^[10]。

。收集到的灰分进一步处理，可加工成耐

热保温材料，或提取高纯度的SiO₂

，也可用作肥料。因此，通过除尘装置将可燃气体中的灰尘分离出来，不仅可以提高可燃气体的质量，减少对设备的损伤以及管道的堵塞，并且还可以提高产品附加值。

4 制约生物质气化技术快速发展的主要问题

1) 焦油问题。焦油问题是影响气化气使用的最大障碍，除了气化供热，气体燃料直接用于燃烧以外，无论是用于发电或供气，都有焦油问题。焦油会堵塞管路，污染气缸，堵塞火花塞或燃气孔，使发电与供气无法正常运行，还会引起二次污染。因此，焦油问题是气化发电技术的关键之一。解决焦油问题最彻底的方法就是把焦油裂解为永久性气

体。目前虽有焦油热裂解与催化裂解的试验，但距实用仍存在一段距离，因此目前要解决焦油问题还应加大力度研究焦油裂解的经济实用方法^[11]。

2) 二次污染问题。为了处理生物质气化中产生的焦油和对气体进行除尘，气化装置、净化装置需用大量的水作为除尘、除焦介质。除尘、除焦后的水含有焦油和灰分等有害物质，在排放前需进行无害化处理，并尽可能循环使用，使排放的废水中有害物质高于环保要求，从而减少由于除焦、除灰带来了二次污染。对于灰污染问题处理比较简单，只要提高气化效率，并对灰进行煅烧处理，即可满足要求。对于废水问题，就比较难处理，根本方法就是减少焦油的产生，因为其主要来源于水洗除焦油^[12]。

3) 气体热值偏低问题。由于生物质气化气可燃成分少，热值一般是天然气热值的1/17~1/7，热值偏低。为了满足热负荷的要求，就要消耗大量的气体，这就使得贮气柜体积增大，使贮气柜的投资增加。

4) 提高气化技术的经济效益问题。目前已经建成运行的气化站，多数将燃气供给农民炊事之用，除极少数冬季运行的气化站产气应用于采暖外，其它的应用形式很少，这样就影响了气化气的运行效果，气化机组闲置时间较长（一般只运行2~3h/d），售出气量少，影响了气化站的经济效益，同时也在一定程度上也影响了气化站建设单位或个人的积极性。

5 生物质气化技术展望

显著的技术优势和良好的经济性

构成了生物质气化技术装备进入市场的基本动力^[13]

。可以预见，随着农村整体经济实力增强，对高效能的洁净气化能源的需求增大，生物质能必将与太阳能、风能、地热、沼气等一起被列为农村能源开发与利用的重点，而且其市场覆盖面会越来越广阔。同时，生物质气化技术具有原料可再生及对环境友好的特点，因而受到关注程度越来越高，并在过去几十年里取得了重要进展，尤其是近20年我国在生物质气化发电研究方面已经取得了相当的成就，目前正是该技术步入商业化运用的关键阶段。

我国是一个农业大国，有着丰富的生物质资源，大力发展生物质气化发电技术对于解决当前电力供应不足、增加农民收入以及减少环境污染等方面具有十分重要的意义，生物质气化技术也为能源的可持续发展指明了道路。同时，发展生物质气化技术最终可实现以科技创新推动农村环境保护，建立农业生物质综合利用技术为主体的农村环保科技支撑体系，为加快社会主义新农村建设步伐，加快改善我国农民生产与生活环境的进程提供技术保障。

参考文献：

- [1] 刘晓娟，殷卫峰. 国内外生物质能开发利用的研究进展[J]. 洁净煤技术，2008，14（4）：7-9.
- [2] 应浩，蒋剑春. 生物质气化技术及开发应用研究进展[J]. 林产化学与工业，2005，25（10）：151-155.
- [3] 马学良，方宪法，陈开化. 我国生物质气化技术装备现状与展望[J]. 新能源，1995，17（7）：25-28.
- [4] 谢军，吴创之，阴秀丽，等. 生物质气化发电技术及应用前景[J]. 上海电力，2005，18（1）：54-57.
- [5] 黄英超，李文哲，张波生. 生物质能发电技术现状与展望[J]. 东北农业大学学报，2007，38（2）：270-274.
- [6] 米铁，唐汝江，陈汉平，等. 生物质气化技术及其研究进展[J]. 化工装备技术，2005，26（2）：50-56.
- [7] 杨启岳. 生物质气化技术[J]. 能源工程，1994，1（3）：41-43.
- [8] 姚志彪，李云全. 应用生物质气化技术实现农业废弃物资源化[J]. 能源研究与利用，2005（3）：35-37.
- [9] 万仁新. 生物质能工程[M]. 北京：中国农业出版社，1995.
- [10] Gahly M，Piskorz J. The hydro gasification of wood[J]. IndEng ChemRes，1988，27：256-264.
- [11] 邱钟明，陈砾. 生物质气化技术研究现状及发展前景[J]. 可再生能源，2002（4）：16-19.

[12]宋秋，任永志，孙波.生物质气化技术应用的问题及对策[J].新能源及工艺，2001（6）：28 - 29.

[13]刘圣勇，张杰.生物质气化技术现状及应用前景展望[J].资源节约与综合利用，1999（2）：24 - 27.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/95987.html>