

多体式秸秆生物质气化炉的设计

鲍振博¹, 刘长安¹, 解光传², 彭锦星¹, 靳登超¹, 刘玉乐¹

(1.天津农学院工程技术学院, 天津300384; 2.天津市创辉津控科技发展有限公司, 天津300392)

摘要: 生物质能是一种清洁、可再生的能源, 秸秆生物质能的开发、应用具有广阔前景, 而气化燃烧是秸秆生物质能利用的一种形式。针对小型家用生物质气化炉在使用中存在气化气中焦油、灰分含量多, 物料连续添加工艺复杂, 而物料间断供给使用不便等问题, 提出一种多体式秸秆生物质气化炉的设计。通过3个气化燃烧炉体且内炉体可拆卸, 空气气化剂预热、均布供给, 焦油及灰尘杂质二级净化处置等结构设计, 可使得生物质物料装填工况满足家用炊事需求、保证气化反应工艺要求、有效去除气化气中焦油及灰尘杂质。多体式秸秆生物质气化炉的使用推广, 可实现对秸秆生物质能源有效利用, 也有助于解决秸秆生物质资源浪费及污染问题。

引言

能源问题关系着人类社会的生存与发展, 随着世界经济快速发展和交通工具数量的剧增, 石油、煤、天然气等能源急剧消耗, 由此引发的能源紧缺及生态环境破坏, 已成为世界关注的热点。开发和利用可再生的清洁能源, 减少对石化能源的依赖和消耗, 减少温室气体排放, 已成为缓解能源危机、解决环境污染问题的共识。生物质能是绿色植物经光合作用将太阳能转化储藏在生物质内的化学能, 是一种既清洁又可再生的能源, 是继石油、煤、天然气之后的第4大能源。生物质是直接或间接利用绿色植物光合作用形成的有机物质, 具有储量丰富、来源普遍及可再生等特点, 陆地每年生产1000亿t多生物质, 海洋每年生产500亿t。对生物质能源的开发和利用是解决生态环境问题和实现可持续发展的战略选择, 已经日益引起世界各国的重视。

1 秸秆生物质气化燃烧的形式

秸秆生物质属于农业废弃物, 是生物质的的重要组成部分。我国秸秆生物质数量大, 每年产量约为7亿t, 除一部分作为畜牧饲料、肥料还田、造纸原料等, 大约有4亿t秸秆可以作为生物质能源使用。秸秆生物质作为可再生的清洁能源, 具有低污染性: 一方面秸秆生物质的硫、氮含量低, 在利用转化过程中可以减少硫化物、氮化物和粉尘等排放; 此外, 在秸秆生物质再生过程中需要吸收CO₂气体, 可有效地减轻温室效应; 光合作用能释放出大量氧气, 还可改善生态环境。针对产量巨大的可再生、绿色清洁的秸秆生物质资源, 国内外科研工作者开展了多种秸秆生物质利用技术。

生物质气化燃烧是秸秆生物质能清洁利用的一种形式之一。生物质气化是以空气、水蒸气、氧气、富氧空气等作为气化介质(又称气化剂), 在高温条件下通过热化学反应, 将生物质燃料转化为气态产物的过程。生物质气化过程是热解、氧化、还原等许多反应的组合, 该过程可概括为: 生物质燃料遇热后首先发生热解, 然后热解产物和木炭进行燃烧, 最后燃烧产物被碳还原, 生成以CO、H₂、CH₄为主要可燃成分的气化气体。气化气体不仅可以作为燃料进行燃烧, 还可以进行燃烧发电等。

2 秸秆生物质气化燃烧技术中存在的问题

生物质气化技术的应用主要包括两大形式: 大型管网输气式生物质气化站和小型家用生物质气化炉。大型管网输气式生物质气化站是以一个村镇为供气区域建立供气站, 气化炉产生的气化气首先存储在储气柜中, 再通过输气管网送至最终用户。目前, 我国管网输气式生物质气化站中气化炉主要采取上吸式、下吸式固定床形式, 技术已逐渐成熟。但在推广应用过程中依然存在以下问题: 生物质气化气中焦油含量过高, 易造成输气管道或灶具堵塞, 影响气化系统的正常运行; 系统较为庞大, 造价较高, 使得一般经济相对落后的村庄难以接受; 一些气化机组使用中未达到设计中使用用户数量, 存在“大马拉小车”的问题; 气化机组运行不稳定, 不能保证稳定的气化气质量。

以上问题在一定程度上影响了集中供气技术的商业化推广和应用, 也间接推进了小型家用生物质气化炉的研发及推广使用。小型家用生物质气化炉以家庭为使用单位, 采用小型气化炉设备对生物质进行气化燃烧使用, 常用的气化炉结构形式主要有上吸式、下吸式固定床两种形式。小型家用生物质气化炉具有结构简单、管路短、操作维护便捷及耗资少等优点, 适宜广大农村居住分散且经济相对落后的现实条件。

但是, 小型家用生物质气化炉在使用中存在以下问题: 气化气中焦油、灰分含量过多; 物料连续添加的工艺复杂, 而物料间断供给使用不便; 气化炉原料适应性差, 气化炉产气不稳定。上述问题一定程度上影响小型家用生物质气化

炉的使用推广。

3多体式秸秆生物质气化炉总体结构设计

改进气化炉的结构，降低气化气中焦油及尘杂质，维护气化过程稳定运行，提高生物质能气化系统的热转化效率，获得洁净、高热值的气化气，有利于小型家用生物质气化炉在农村的推广使用。图1～图6是一种多体式生物质气化炉示意图。该多体式生物质气化炉由3个气化燃烧炉体构成，3个气化燃烧炉体彼此通过气化炉侧部上导气口和气化炉侧部下导气口依次联接成为一体。

每一单独的气化燃烧炉包括炉体、点火装置、空气气化剂供应系统、气化气输送系统及气化气净化系统等。炉体由气化炉上盖板、气化炉外炉体、气化炉内炉体、气化炉下底板、气化炉内炉体环形固定板、气化炉外炉体支撑块及气化炉内炉体支撑块组成。点火装置由气化炉点火口固定板、气化炉点火口挡块和气化炉点火口组成。空气气化剂供应系统包括底部和侧部供应系统：底部供应系统包括气化炉底部进气口挡板、气化炉底部进气口及十字槽盘头螺钉；侧部供应系统包括气化炉侧部进气口挡板、气化炉侧部进气口、十字槽盘头螺钉；经过气化炉底部进气口、侧部进气口进入的空气气化剂，通过气化炉内炉体均匀分布的壁孔进入到气化燃烧炉体中。

气化气输送系统包括向外输出和气化气内部循环两部分，气化气向外输出部分包括封口管螺母、气化炉上导气口及气化炉上固定套筒；气化气内部循环部分包括气化炉侧部固定套筒、气化炉侧部上导气口、三通管接头、短连接管、直角管接头、焦油及灰尘杂质回收器(1)、长连接管、焦油及灰尘杂质回收器(2)、气化炉侧部下导气口等。气化气净化系统主要是由气化气内部循环部分组成，其中焦油及灰尘杂质回收器(1)与焦油及灰尘杂质回收器(2)初步完成对气化气中冷凝的焦油及灰尘杂质的收集。此外，气化气中的焦油及灰尘杂质通过炉体中的生物质原料的截留得以进一步收集，截留的焦油在生物质原料进行气化燃烧过程中再次热解。

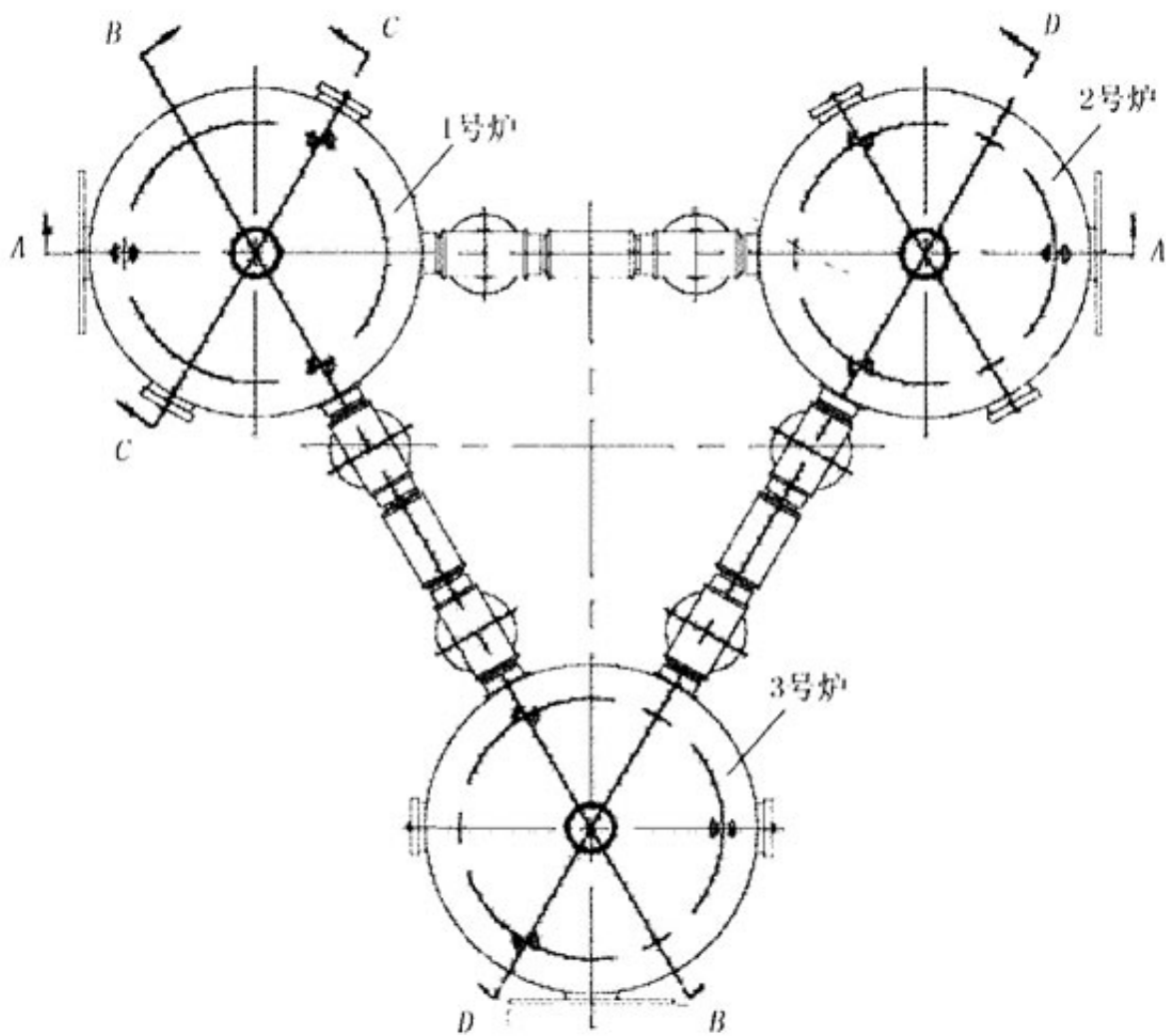
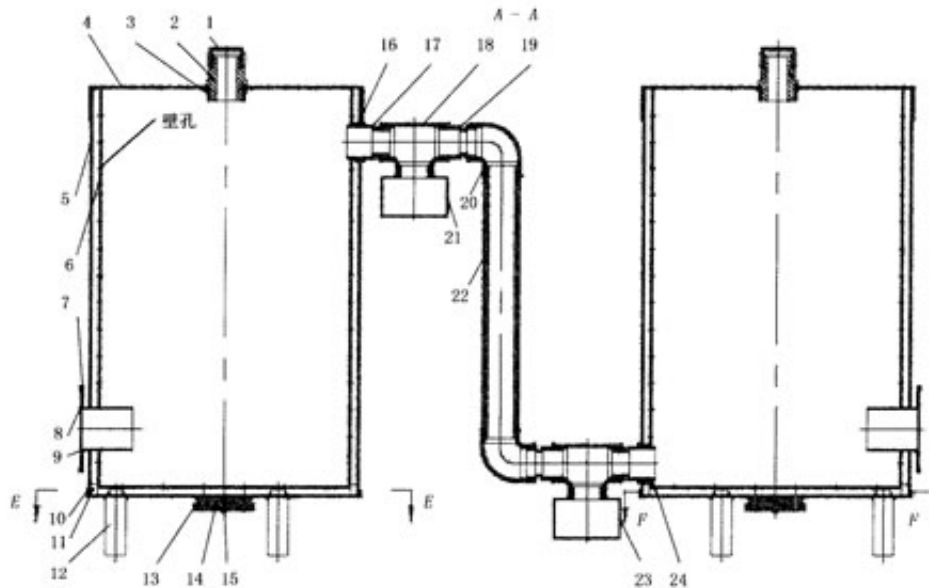


图1 多体式生物质气化炉的总体结构示意图

Fig. 1 The overall structure of multi-body straw biomass gasifier



1. 封管螺母 2. 气化炉上导气口 3. 气化炉上固定套筒 4. 气化炉上盖板 5. 气化炉外炉体 6. 气化炉内炉体 7. 气化炉点火口固定板
8. 气化炉点火口挡块 9. 气化炉点火口 10. 气化炉下底板 11. 气化炉内炉体环形固定板 12. 气化炉外炉体支撑块 13. 气化炉底部进气口挡板
14. 气化炉底部进气口 15. 十字槽盘头螺钉-H 型 M5×14 16. 气化炉侧部固定套筒 17. 气化炉侧部上导气口 18. 三通管接头 19. 短连接管
20. 直角管接头 21. 焦油及灰质回收器(1) 22. 长连接管 23. 焦油及灰质回收器(2) 24. 气化炉侧部下导气口

图2 多体式生物质气化炉的总体结构 A-A 剖视示意图

Fig. 2 The overall structure A-A cross-sectional view of multi-body straw biomass gasifier

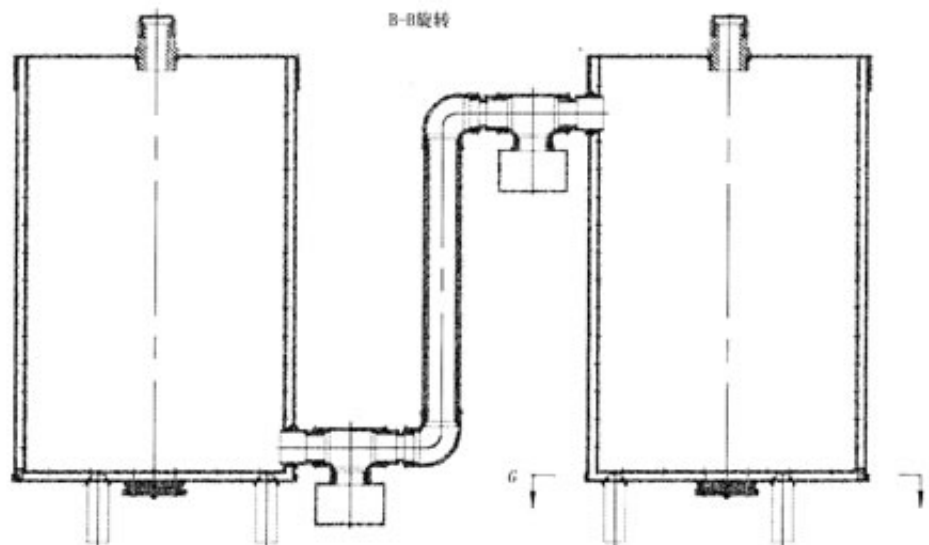


图3 多体式生物质气化炉的总体结构 B-B 剖视示意图

Fig. 3 The overall structure B-B cross-sectional view of multi-body straw biomass gasifier

多体式秸秆生物质气化炉的工作过程：将气化炉上盖板移开，将生物质物料装填在气化炉内炉体中，气化炉内炉体在气化炉外炉体中位置的限定通过气化炉内炉体环形固定板实现，将气化炉上盖板放置好。通过底部和侧部供应系统，将空气气化剂通入气化炉外炉体中，通过转动调整底部进气口挡板与气化炉底部进气口的相对位置及侧部进气口挡板与气化炉侧部进气口的相对位置来调整控制空气气化剂的流量。进入到气化炉外炉体与气化炉内炉体之间夹层的空气气化剂，通过气化炉内炉体上的壁孔，均匀进入到气化炉内炉体中。通过点火装置中的气化炉点火口将一个气化炉(如1号炉)中的生物质点燃，调整气化炉点火口挡块与气化炉点火口固定板的相对位置，可以关闭或调整通过点火口进入气化

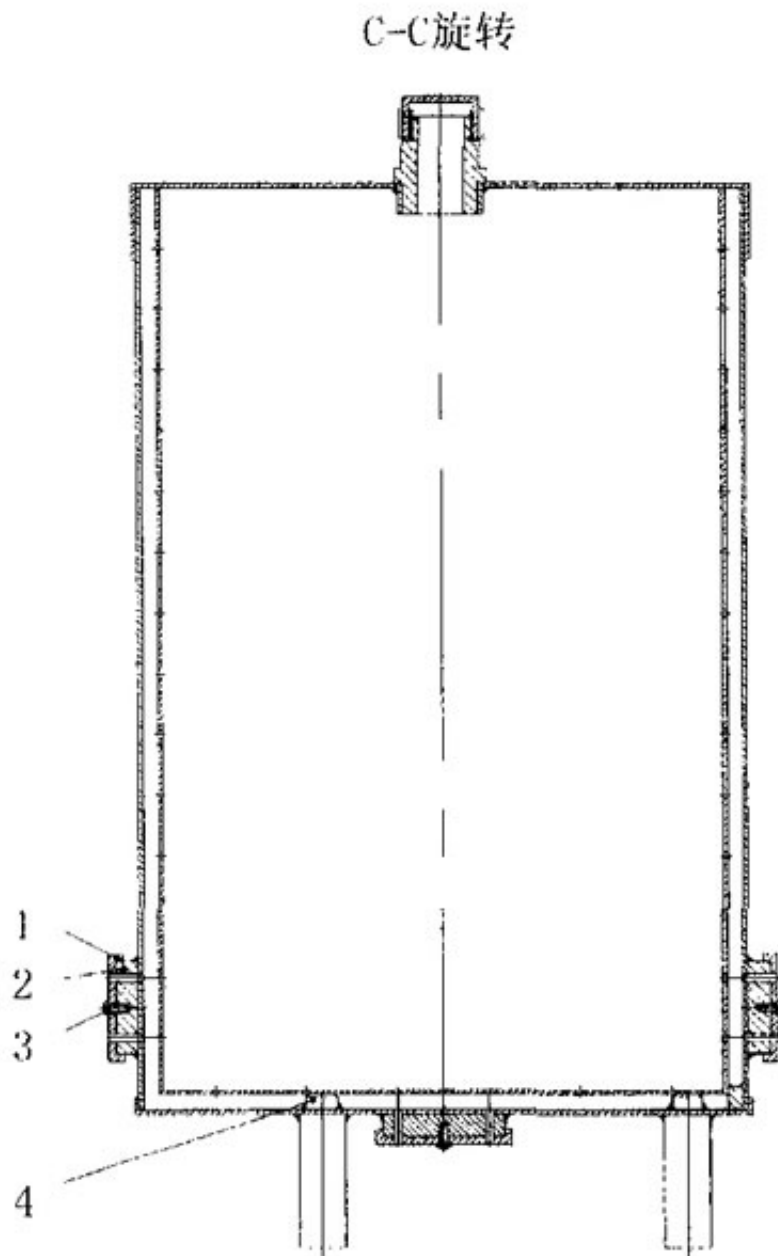
炉的空气气化剂的

流量大小。生物质在缺氧条件下，在

一个气化炉(如1号炉)中气化燃烧产生包括 H_2 、 CO 、 CH_4 、 C_nH_m

等可燃气体，通过气化炉内部循环部分的通道，即包括气化炉侧部固定套筒、气化炉侧部上导气口、三通管接头、短

连接管、直角管接头、焦油及灰尘杂质回收器(1)、长连接管、焦油，以及灰尘杂质回收器(2)、气化炉侧部下导气L₁等进入下一个气化炉(如2号炉)中；通过气化气向外输出部分的气化炉上导气口进行收集或直接输送至灶具进行燃烧使用。在气化可燃气体进行内部循环输送过程中，通过焦油及灰尘杂质回收器(1)和焦油及灰尘杂质回收器(2)对气化气中的焦油及灰尘等杂质进行收集；气化气通过气化炉(2号炉)下导气口进行外部输送过程中，炉体中的生物质原料对气化气中的焦油及灰尘杂质进行截留净化，获得较为洁净的气化可燃气体。



1. 气化炉侧部进气口挡板 2. 气化炉侧部进气口
3. 十字槽盘头螺钉-H 型 M5×12 4. 气化炉内炉体支撑块

图 4 多体式生物质气化炉的总体结构 C-C 剖视示意图

Fig. 4 The overall structure C-C cross-sectional view of multi-body straw biomass gasifier

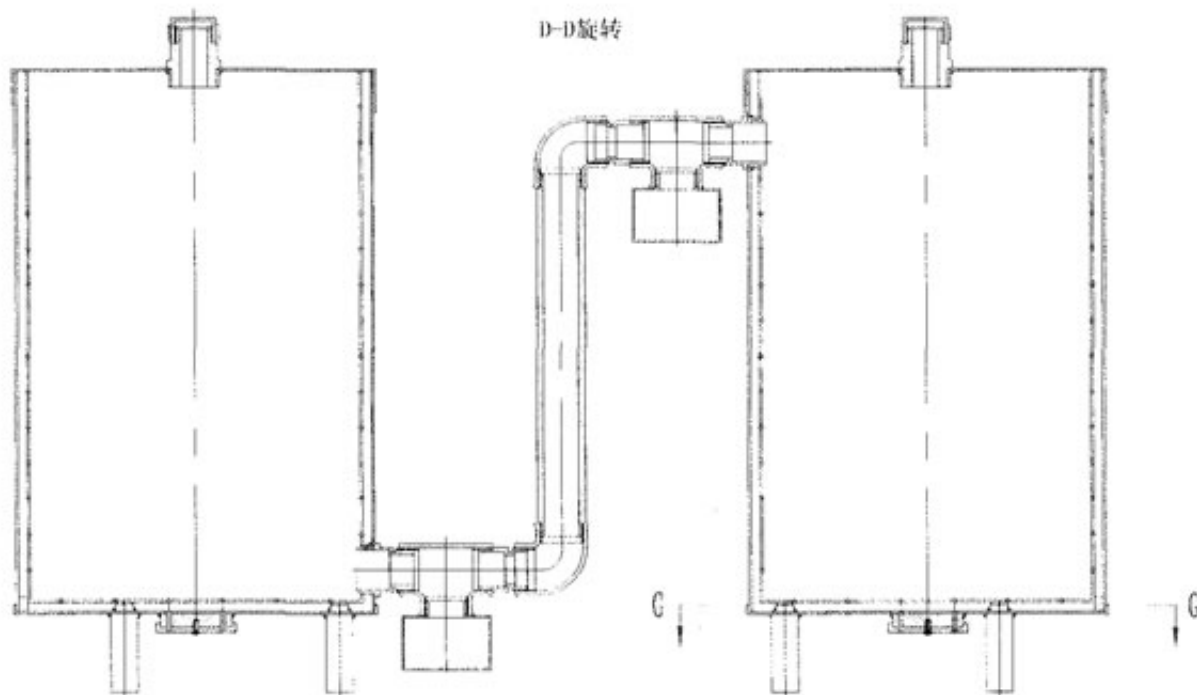


图5 多体式生物质气化炉的总体结构 D-D 剖视示意图

Fig. 5 The overall structure D-D cross-sectional view of multi-body straw biomass gasifier

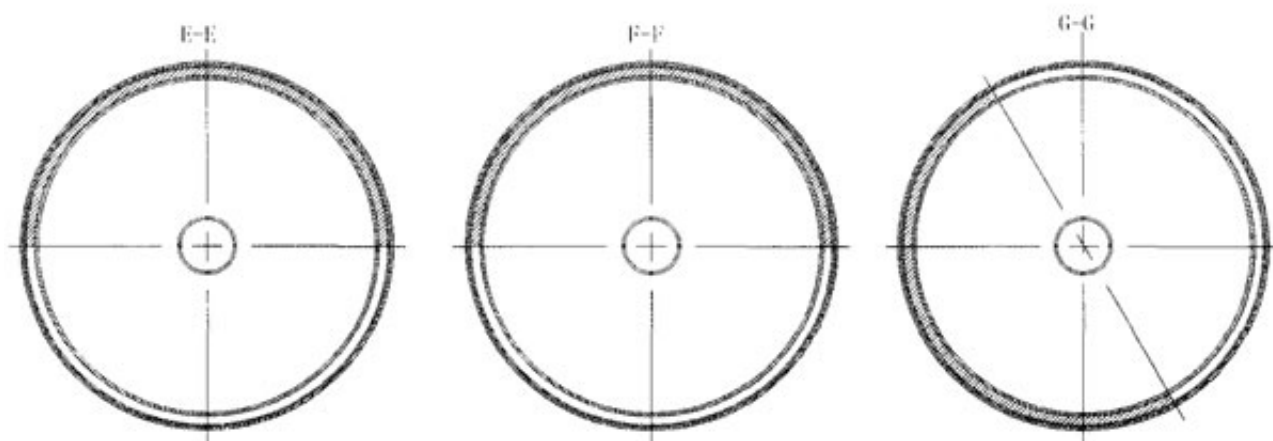


图6 多体式生物质气化炉的总体结构 E-E、F-F、G-G 剖视示意图

Fig. 6 The overall structure E-E, F-F and G-G cross-sectional view of multi-body straw biomass gasifier

4多体式秸秆生物质气化炉关键结构设计

在家用生物质气化炉的使用过程中，能否便于生物质物料的有效供给，降低气化可燃气体中焦油及灰尘杂质的含量，保证及延长气化炉具的使用寿命，提高可燃气体的品质，对于家用生物质气化炉的使用及推广，有重要影响。在多体式秸秆生物质气化炉设计中，综合考虑生物质物料装填工况满足日常家用炊事的需求、空气气化剂的有效预热控制供给、气化可燃气体中焦油及灰尘杂质的有效去除等，进行优化设计。

1)采用3个气化燃烧炉体，而且内炉体可拆卸，生物质物料装填工况能满足家用炊事需求如图1所示：正常情况下，1号炉、2号炉、3号炉3个气化炉体的一次性装填生物质物料可满足家用炊事需求，如首先对1号炉的生物质原料进行气化燃烧；接着对2号炉的生物质原料进行气化燃烧。在需求量大的情况下，对1号炉体的生物质原料进行气化燃烧使用后，可接着对2号炉体生物质进行气化燃烧使用，此时可通过移开气化炉上盖板，用装满生物质原料的备用气化炉内炉体对1号炉内的气化炉内炉体进行更换，完成生物质原料的装填。

2)空气气化剂进行预热、均布供给，保证气化反应工艺要求。如图2、图4所示，每个气化燃烧炉设置一个气化炉底部进气口、两个气化炉侧部进气口，从进气口进入的空气流量大小可以分别通过转动调节气化炉底部进气口挡板与气化炉底部进气口、气化炉侧部进气口挡板与气化炉侧部进气口的相对位置来实现。从气化炉底部进气口、气化炉侧部进气口进入的空气气化剂首先进入到气化炉外炉体与气化炉内体炉的夹层中；生物质气化燃烧中产生的热量透过气化炉内炉体的外壁，对夹层中的空气气化剂进行预热处置；经预热后的空气气化剂通过气化炉内体炉均匀分布的壁孔进入气化炉内体炉中，更好参与气化燃烧反应。

3)采取二级净化处置，对气化气中焦油及灰尘杂质进行有效去除。气化可燃气体中的焦油及灰尘杂质一方面通过焦油及灰尘杂质回收器(1)和焦油及灰尘杂质回收器(2)进行初级收集处置；另一方面，气化燃烧产生气化气经过气化气内部循环的通道，即包括气化炉侧部固定套筒、气化炉侧部上导气口、三通管接头、短连接管、直角管接头、焦油及灰尘杂质回收器(1)、长连接管、焦油及灰尘杂质回收器(2)及气化炉侧部下导气口等进入下一个气化炉中，通过炉体中的生物质原料对气化气中的焦油及灰尘杂质进行二级截留净化处理，获得较为洁净的气化可燃气体。洁净的气化可燃气体通过气化炉上导气口进行收集或直接输送至灶具进行燃烧使用；截留的焦油在生物质进行气化燃烧过程中再次热解。

5结论

秸秆生物质气化技术的开发及应用，不仅有利于减少化石能源的使用，提升农民生活用能质量，而且有利于农村环境改善，符合新农村建设目标。小型家用生物质气化炉具有结构简单、操作便捷、维护及运营成本低等特点，可满足农户经济成本承受性较低的现实需求，使得农村来源广泛、产量巨大的秸秆生物质资源获得有效利用。这对于缓解矿物质能源危机、温室效应、雾霾恶劣天气等，以及改善农村环境，建设现代社会主义新农村具有积极现实意义，可获得经济、环保的双重效益。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/140425.html>