

生物质成型燃料锅炉设计

李燕东，王述洋，汪莉萍，景果仙，李政

(东北林业大学机电工程学院，黑龙江哈尔滨150040)

摘要：介绍生物质成型燃料的燃烧特性，阐述了生物质成型燃料锅炉各部件设计及参数的确定。

农村能源资源是指可在农村就地开发和利用的能源物质，如薪柴、农作物秸秆、人畜粪便等，农村能源基本上是可再生资源，而且具有较强的地域性、分散性和间歇性。

农村能源利用率低，其生物质能源综合利用效率仅为16%，薪柴超伐量达54%，秸秆直接燃烧用量占60%。生物质能源的不合理消耗，加剧了农业生态平衡的失调。

生物质成型技术为高效利用农林废弃物、农作物秸秆等提供了一条很好的途径。为了更好地利用生物质成型燃料，使农村和乡镇用上高品位的能源，笔者设计了一种用于取暖和炊事等用途的生物质成型燃料锅炉。

1 生物质成型燃料燃烧特性

生物质成型燃料燃烧属于静态渗透式扩散燃烧。该燃料在锅炉中的燃烧可分为五个阶段，总时间约为50min。

生物质成型燃料表面可燃挥发物燃烧，进行可燃气体和氧气的放热化学反应，形成火焰；

除生物质成型燃料表面可燃挥发物燃烧外，成型燃料表层部分的炭处于过渡燃烧区，形成较长火焰；

生物质成型燃料表面仍有较少的挥发分燃烧，并且逐渐向成型燃料更深层渗透。焦炭燃烧产生的 CO_2 、 CO 及其它气体向外扩散， CO 不断与 O_2 结合生成 CO_2 ，成型燃料表层生成薄灰壳包围着火焰；

生物质成型燃料进一步向更深层燃烧，且主要是进行碳燃烧（即 $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ），在其表面则进行一氧化碳的燃烧（即 $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ），形成了较厚的灰壳，由于生物质的燃尽和热膨胀，灰层中呈现微孔组织或空隙通道甚至裂缝，还有较少的短火焰包围着成型块；

燃烬壳不断加厚，可燃物基本燃尽，在没有强烈干扰的情况下，形成整体的灰球，灰球表面几乎看不出火焰，灰球变暗红色，至此完成整个燃烧过程。

2 生物质成型燃料锅炉设计

生物质成型燃料锅炉由灰室、炉排、炉膛、炉门、二次配风环、烟筒水套等组成，其结构如图1所示。

本次设计的生物质成型燃料锅炉主要是用于农村取暖，其供暖能力（面积）为 100m^2 。

2.1 采暖热负荷及燃料计算

采暖热负荷计算公式为：

$$Q_h = q_h \cdot A \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

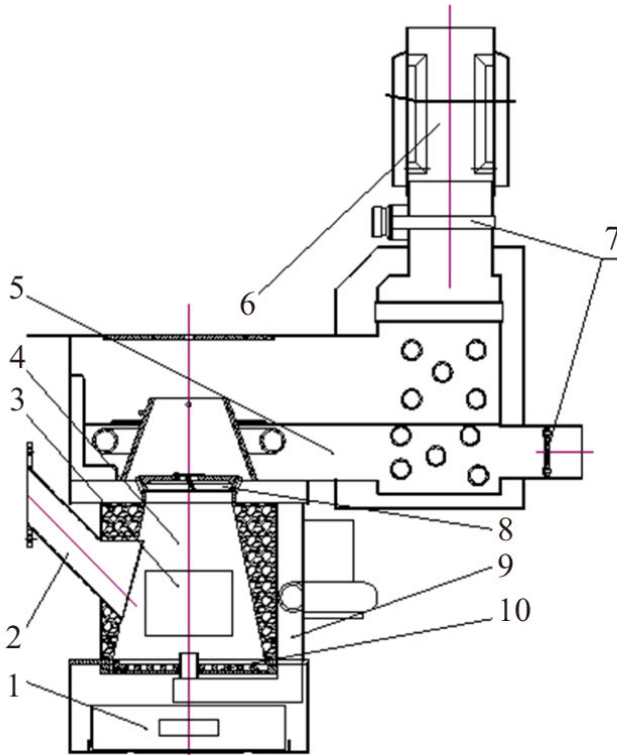


图 1 生物质成型燃料锅炉结构简图

- 1.灰室;2.进料管;3.炉门;4.炉膛;5.水套;6.烟筒水套;7.翻板;
8.二次配风环;9.配风管;10.炉排

式中： Q_h 为采暖热负荷 (kW)； A 为采暖建筑面积 (m^2)； q_h 为采暖热指标 (W/m^2)。

民用住宅采暖热指标推荐值为 58~64，取 $q_h=60W/m^2$ 。
则采暖热负荷为：

$$Q_h = 6.0kW = 21600kJ/h$$

根据参考文献[6]，玉米秸秆成型燃料的低位发热量 $Q=15658kJ/kg$ 。假设本次设计的锅炉热效率 $\eta=70\%$ ，
则每小时需要的燃料量为：

$$B = \frac{Q_h}{\eta \cdot Q} \quad (2)$$

经计算得： $B=1.971kg/h$ 。

2.2 炉膛参数确定

炉膛指炉算上部到炉口下部的部分，燃料在这里充分燃烧。优化炉膛的几何形状可提高热气流的对流和辐射作用，使之有利于炉膛温度的升高，从而增强水套和锅与烟气之间的传热；同时炉膛容积要适中，既不浪费燃料又不影响通风，避免燃烧不充分。

决定炉膛容积大小的主要指标是炉膛容积热负荷，即每立方米炉膛容积中每小时燃料燃烧的发热量大小。炉膛容积热负荷过大，燃料在炉内停留的时间短，不易完全燃烧；炉膛容积热负荷过小，炉膛容积过大，则燃烧分散，火力不集中。

炉膛容积计算公式为：

$$V = \frac{BQ}{3600q_v} \quad (3)$$

式中： q_v 为炉膛体积热负荷 (kW/m^3)； B 为燃料消耗量 (kg/h)； Q 为燃料低位发热量 (kJ/kg)。

根据参考文献[6]，取 $q_v=300\text{kW}/\text{m}^3$ ，经计算得：

$$V=0.02857585\text{m}^3。$$

根据所用燃料特点，将炉膛设计为空气进口大、炉口小的圆台状，平直的炉壁有利于减小空气进入炉膛的阻力，促进空气与燃料充分混合，增加空气与燃料接触的比表面积，促进燃烧；直径较大的空气进口使进入的空气可均匀地分布在燃烧室下方，空气在烟囱抽力作用下向上方移动，较均匀地供给燃料形成燃烧，而直径较小的炉口可以起到聚集火焰、增加火力强度的作用。

本次设计的生物质成型燃料锅炉上方较小的炉口直径 d 为15cm。

2.3 吊火高度

吊火高度是指锅炉底与炉排之间的垂直距离。吊火高度的确定与所烧燃料种类和锅炉的大小有关。根据经验和本次设计的锅炉结构确定吊火高度 h 为31cm，比一般炉具的30cm吊火高度要高。本炉具专门设计了拔火筒（主要在炊事时使用），其有利于火焰聚集，拔高火苗的高度，使锅具能够受到高温火焰的冲刷，有利于提高上火速度和热能利用率。

2.4 炉排总面积与炉算

①炉排总面积：

本文中炉排总面积指炉算炉条总面积及炉条之间缝隙总面积之和。

根据以上分析和图 1 可知炉膛为圆台形，其体积表达式为：

$$V=\pi h(r^2+r \cdot R+R^2) / 3 \quad (4)$$

式中： h 为圆台高，即吊火高度 (m)； R 、 r 为圆台大、小半径 (m)。

将 $V=0.02857585\text{m}^3$ ， $h=0.31\text{m}$ ， $r=d/2=0.075\text{m}$ 代入式 (4) 得：

$$R=0.252\text{m}, \text{取 } R=0.25\text{m}。$$

则炉排总面积：

$$A=\pi \cdot R^2=0.19625\text{m}^2$$

②炉排热负荷：

锅炉炉排热负荷公式为：

$$q_t=\frac{B \cdot Q \cdot \eta}{3600A} \quad (5)$$

将已知数值代入式 (5)，得：

$$q_t=29.25\text{kW/m}^2$$

该值可作为设计炉排面积的参考数据。

2.5 烟囱和通炕烟道

烟囱设计在水套的上方；通炕烟道设计在水套后面，方便与农村火炕相连接。在烟筒和通炕烟道内部设计有翻板，可以任意调节其开口的大小，用于控制烟气的流量，进而控制进入炉具的空气量和燃烧状况。这种设计生产的产品不但可以烧炕，而且还能做饭。

2.6 水套部分设计

锅炉燃烧所产生的热量，绝大多数都被水套吸收，水套吸收的热量越多，锅炉的热效率就越高。水套设计的是否合理对锅炉的热效率影响很大，水套的设计要求烟气能顺利通过，并且要尽可能长时间地停留在水套里，以便吸收更多的烟气热量；同时要求焊缝严密不漏水、不漏气。

本炉具水套采用2mm厚的Q235钢板焊接而成，结构简单。水套的夹层厚度为20mm，中央有一个直径为244mm的环形水管，根据实验得知，该环形水管的吸热效果非常明显。为了充分吸收烟气的热量，在水套后半部分纵向还设置了10根钢管。

炉体烟筒部分也设有水套，以便进一步吸收烟气余热。烟筒水套的截面为圆环形，内径146mm，夹层厚度为23mm，也采用2mm厚的Q235钢板焊接而成，用法兰与水套相连接。这部分可以根据用户的要求安装在水套上，不需要时可拆卸下来。

2.7配风系统设计

进风口：进风口的作用是供给空气，调节风量，清除灰渣。进风口的截面形状为110mm×150mm的方形，采用2mm厚的Q235钢板焊接而成。

配风管：为了在炊事时提高上火速度，本锅炉还配置了一个30W的鼓风机。风机安装在炉体后侧，从风机出来的风（空气）被分成上下两部分，下面的风被配风管引导从炉箅子下面吹入炉膛，作为一次风供燃料燃烧使用；从上面吹入的风被配风管引导，经二次配风环出来，供没有完全燃烧的挥发物燃烧，以提高燃料的利用率和减少有害物质的排放。配风管的截面形状为方形，采用厚度为1mm的Q235钢板点焊而成。

二次配风环：二次配风环的作用是把从配风管出来的风（空气）均匀地分布在炉口，使其能够与气体挥发物混合均匀进而充分燃烧。二次配风环四周均匀分布有若干个螺旋配风槽，使火焰呈螺旋状，有聚集火焰的作用，以提高火焰冲刷锅底的时间和热效率。

二次配风环为圆台状，其上开有螺旋配风槽的盖可以取下来。

2.8炉体壁、保温层和炉体外壳

根据设计结构要求，炉体壁为圆柱形，尺寸为 304mm×263mm，采用2mm厚的钢板焊接而成。

保温层的材料为耐火水泥，其厚度是由上炉口和炉箅子的尺寸决定的，形状为喇叭形。上炉口的保温层厚度为75mm，炉箅上部的保温层厚度为20mm。

炉体外壳（在图1中未画出）的作用是使炉具美观，本设计的炉体外壳采用喷涂工艺，使其更加漂亮。

炉体壁和炉体外壳之间填充有岩棉，以免发生烫伤事故，同时还可增加炉体外壳的刚度。

3结束语

生物质成型技术为高效利用农林废弃物、农作物秸秆等提供了一条新途径，该锅炉的研制为生物质成型燃料燃烧提供了配套新型炉具，为农村取暖开辟了一条新路。

参考文献：

- [1]郝芳洲，贾振航，王明洲.实用节能炉灶[M].北京:化学工业出版社，2004.
- [2]侯中兰.家用生物质成型燃料炉具设计与研究[D].郑州：河南农业大学硕士论文，2006.
- [3]王秀，李应军，王红.燃烧生物质燃料锅炉的设计[J].节能技术，2001，19（5）.
- [4]赵红艳，陈扬乐.开发我国泥炭燃料补充和发展农村能源[J].中国能源，1993.
- [5]刘小二，刘圣勇，等.生物质成型燃料灶具的设计[J].生物质化学工程，2008，42（1）.

[6]赵迎芳.新型生物质成型燃料热水锅炉的设计与研究[D].郑州：河南农业大学硕士论文，2007.

[7]薛凡勤，许瑞英.我国炉具的发展方向[J].农村能源，1999，（6）.

[8]马孝琴.秸秆着火及燃烧、燃尽特性的试验研究[J].河南职业技术师范学院学报，2002，16（2）：69-73.

[9]王海滨.国外生物质能转换技术与应用[J].能源基地建设，2000，12（6）：15-16.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/95925.html>