

一种多级旋风除尘器在生物质燃烧系统中的应用

江淳烁

(广东保绿泰华生物能源有限公司, 广东 揭阳 522000)

摘要 国内现有的旋风除尘器,大多数沿用以前的单一锥筒设计或采用多组锥筒简单并联过滤的方式,这种传统型的旋风除尘器除尘效果不理想以及过滤效率达不到目前的需求,故此需要进一步的改进。本文拟讨论一种多级旋风除尘器,可以在尽可能小的占地面积内大幅度提高旋风除尘器过滤的效率。根据目前市场上常见的旋风除尘器的过滤效率以及造价,该设计的多级旋风除尘器具有造价合理,过滤效果好的特点。本文将论述该多级旋风除尘器的设计以及其经济性和市场前景。

关键词 旋风除尘器 多级 过滤效率

中图分类号:TK28

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2021)10-0027-02

随着能源危机与环境问题的日益突出,全球各国对新型可再生能源的开发和利用愈发积极。提高非化石能源利用的比重也是当前有效缓解我国资源环境约束和应对气候变化的一种主要路径。

生物质是地球上最广泛存在的能源物质,包括所有的动物、植物和微生物,以及由这些有生命物质派生、排泄和代谢的许多物质。生物质发电是利用生物质所具有的生物质能进行发电(含农林生物质、垃圾焚烧和沼气发电)是可再生能源发电的重要组成部分。

为了更好的保护环境,强化大气污染防治,促进环境空气质量改善,国家对于锅炉大气污染物排放标准控制水平日益提高。由于生物质燃料灰分较大,通常在燃烧过程中更容易产生烟尘,又因为生物质燃料的含水量一般在30%~55%之间,含水量较大,烟气对布袋除尘器的使用寿命有着极为不利的影 响,传统的旋风除尘器显然不适用于目前的要求工况。

1 国内旋风除尘器的现状及设计特点

旋风除尘器于1885年开始使用,已发展成为多种形式,广泛应用于工业除尘,特别是应用于小型锅炉和多道除尘的预除尘中,它是利用旋转气流对灰尘产生离心力使其从气流中分离出来的。在传统的多道除尘系统中,旋风除尘器多用于扑灭高温烟气中的火星,降低烟气温度,起到保护后道布袋除尘器的效果,其过滤效果并不突出。

旋风除尘器结构简单,易于制造、安装和维护管理。由于旋风除尘器不需要电力驱动,因此其设备投资和操作费用都较低,在机械式除尘器中,旋风式除尘器是效率最高的一种。^[1]

国内现有的旋风除尘器一般采用单一锥筒的形式,传统的单筒旋风除尘器主要由进气管道、排气管道、直筒体、锥筒体和集灰斗组成。含尘烟气从除尘器进气管道沿切线方向进入除尘器后,沿着外壁由上向下作旋转运动,这股从上向下旋转的气流称为外旋涡。外旋涡到达锥筒底部后转而向上,沿轴心向上旋转,最后从排出管排出,这股从

下向上的气流称为内旋涡。向下的外旋涡和向上的内旋涡旋转方向是相同的。气流在旋转运动时,烟尘在离心力的作用下甩向外壁,到达外壁的烟尘在下旋气流和重力的共同作用下沿壁面落入集灰斗。这种单筒旋风除尘器存在除尘效果不佳以及过滤效率低下的问题。

为了提高旋风除尘器的过滤效率和烟气处理量,有一种改进的旋风除尘器采用多级单筒并联的形式。但这种只是简单的将多个单筒旋风除尘器并联到一起,并没有对单筒旋风除尘器原有的构造进行改进,无法很好地提升烟气的过滤效果。而且多个单筒旋风除尘器并联以后,会占用较大的空间,不利于项目现场的布置和使用。

2 多级旋风除尘器设计概述

经过前期的调研,目前国内大部分旋风除尘器的结构为单筒式(大单筒)或多级单筒并联式;按照气流进入方式,分为切向进入式和轴向进入式。在相同压力损失下,后者能处理的气体约为前者的3倍。普通旋风除尘器的除尘效率仅有70%,并联的旋风除尘器对 $3\mu\text{m}$ 的粒子过滤效果也可达到80~85%。

根据现有理论,结合已有的旋风除尘器结构(旁路式旋风除尘器,扩散式旋风除尘器,异形入口式旋风除尘器,旋流式旋风除尘器,多管式旋风除尘器),结合旋流式旋风除尘器和直通导叶式旋流管的特点,本文将探究一种采用侧进风的多级旋风除尘器在生物质燃烧系统中的应用。^[2]

3 以某生物质热电项目参数为例的多级旋风除尘器设计

3.1 项目烟气参数

(1) 烟气量: $50880\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

(2) 工作温度: 200°C 。

设备参数:

(1) 工作状态下的气体流量

$Q'=QT'/T=50880 \times (200+273)/273 \approx 88155$,取 $88500\text{Bm}^3/\text{h}$ 。

(2) 烟气流速

$V=Q'/3600=88500/3600=24.58\text{m}^3/\text{s}$

未考虑允许的压力损失, 烟气流速可在 12~25m/s, 根据经验, 选择 $v=20\text{m/s}$ 。

(3) 除尘器入口截面积

$$A=Q/1800v=88500/1800*20 \approx 2.45 \text{ m}^2, \text{ 取 } 3 \text{ m}^2。$$

3.2 设备结构

3.2.1 设备主要结构

多级旋风除尘器采用多级多筒式设计, 包括除尘器本体以及由多组旋风锥筒、上升管组成的旋风除尘机构, 除尘器本体包括除尘腔室, 除尘腔室内设置上基座和下基座, 上基座以及下基座之间与除尘器主体侧板形成进风室, 在位于进风室的一侧设置有进风口, 在由上基座与除尘器主体顶板及侧板之间形成排风室, 在位于排风室的一侧设置有排风口。

旋风锥筒的顶部设置有旋风叶轮, 上升管的下端穿过旋风叶轮中间延伸进入锥筒中上部, 上升管的上端与上基座连接。多级旋风除尘器的下基座均匀分布有与旋风锥筒相匹配的安装孔; 当旋风除尘机构安装完毕后, 进入多级旋风除尘器的烟气需要先经过旋风叶轮, 在旋风锥筒内部形成气流旋转, 通过离心力将灰尘甩出, 过滤后的洁净空气经上升管进入排风室。

在下基座与上基座部形成的进风间隔部, 为了保证烟气在除尘器内前后的压差, 使得各个旋风锥筒之间风量分配均匀, 避免出现串流现象; 该间隔部采用阶梯式设计, 位于高侧的进风间隔部的上升管高度为相邻进风间隔部的上升管高度的 1.2~1.6 倍, 这种结构保证了各个旋风子的阻力相同, 详见下图 1。

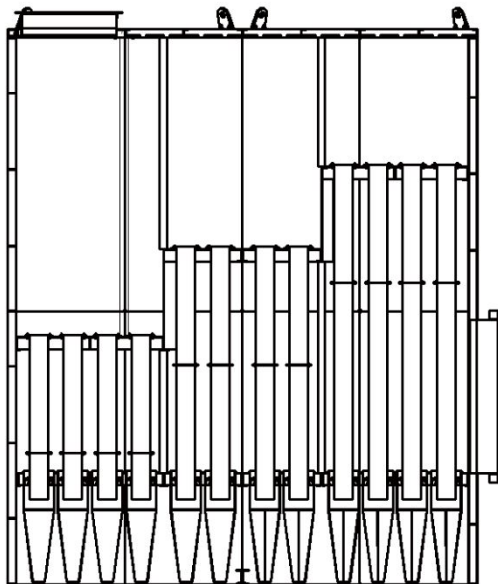


图 1

3.2.2 主要部件材质说明

总体框架: 型钢 (Q235)。

旋风锥筒: 耐磨钢 (NM450)。

升气管: 无缝钢管 (Q235)。

旋风叶轮: 铸钢 (ZG200-400)。

外板: 钢板 (Q235)。

保温层: 岩棉 (Rockwool 100kg/m³)。

3.2.3 旋风叶轮

该设计含尘烟气不靠切向进入除尘器本体形成气流旋转, 而是从中部进入除尘器内部后, 通过升气管外部的旋风叶轮, 在旋风锥筒内部形成气流旋转, 通过离心力把灰尘甩出, 洁净空气再由除尘器下部进入升气管, 从除尘器上部出去。

旋风叶轮选用铸钢件, 材质为 ZG200-400, 采用失蜡铸造工艺, 叶片对称分布, 切向角为 35°。

3.2.4 集灰和排灰装置

该多级旋风除尘器在除尘器主体底部设置有集灰槽, 用于收集分离出来的灰尘, 集灰槽底部设置螺旋输灰器, 通过螺旋输灰器将积灰排出; 螺旋输灰器的出灰口设置有双摆卸灰阀。

螺旋输灰器与集灰槽底部采用螺栓连接, 连接面涂密封胶, 保证密封性。双摆卸灰阀采用单电机驱动曲轴双摆板卸灰; 双摆板及摆板支架采用耐磨钢, 接触面经过 CNC 加工, 保证密封性。^[3]

3.3 模拟分析

本次模拟分析主要针对于多级旋风筒其中的一个筒做局部 CFD 分析, 分析表明, 当升气管顶部的密封性不好时, 会对旋风分离的效果产生较大的影响。所以保证进风间隔部的密封对于过滤效率十分关键。

3.4 设计依据及标准

《锅炉大气污染物排放标准》GB 13271-2014。

《火电厂大气污染物排放标准》GB 13223-2011。

《环境空气质量标准》GB 3095-2012。

《工业锅炉旋风除尘器技术条件》JB/T 8129-2002。

4 结语

不同于现有传统旋风除尘器的结构, 本文所述的多级旋风除尘器采用多级多筒布置, 大大提高了烟气的过滤质量。采用阶梯式的设计, 在有利于烟气在除尘器内的均匀分布的同时, 也可以降低除尘器的体积, 尽量减小占地面积。根据目前市场上常见的旋风除尘器的过滤效率以及造价, 该多级旋风除尘器具有造价合理、过滤效果好的特点, 尤其适用于生物质燃烧系统。根据技术性跟经济性的可行性分析来看, 具有较为良好的市场前景。^[4]

参考文献:

- [1] 张殿印, 刘瑾. 除尘设备手册 (第二版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2019.
- [2] 王韶斌, 张孝山, 陈兴桥, 高海强. 旋风除尘器的结构探讨 [J]. 加工技术与应用, 2012(06):7.
- [3] 化学设备全书编辑委员会. 除尘设备设计 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [4] A·C·霍夫曼. 旋风分离器: 原理设计和工程应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.