

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2020.04.017

同心圆电袋一体除尘器结构设计

林小英,曾炜鹏,钟琴华,陈杰钦,鲁传麒

(福建工程学院 生态环境与城市建设学院,福建 福州 350118)

摘要: 基于传统的电袋除尘一体技术,提出了一种新型电袋一体除尘器,通过将滤袋除尘单元和电除尘单元以同心圆的形式依次由内到外排布和独特的灰斗设计形式,使除尘器结构更为紧凑,有效减少了现有电袋除尘器所存在的二次扬尘问题。

关键词: 电袋结合;除尘器;结构设计

中图分类号: X701.2

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2020)04-0399-04

Structure design of concentric electrostatic fabric dust collector

LIN Xiaoying, ZENG Weipeng, ZHONG Qinhu, CHEN Jieqin, LU Chuanqi

(School of Ecological Environment and Urban Construction, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: A new type of electrostatic fabric dust collector is proposed on the basis of the traditional electrostatic fabric dust removal technology. The new design makes the structure of the dust collector more compact by arranging the filter bag's dust removal unit and the electric dust removal unit in the form of a concentric circle from inside to outside and adopting the unique design form of the dust bucket. It effectively reduces the secondary blowing dust problem of the existing electrostatic fabric dust collector.

Keywords: electrostatic fabric; dust collector; structure design

2012 年新颁布的《空气质量标准》(GB3095-2012)中调整了环境空气功能分类,将三类区并入二类区,增加了细颗粒物(PM_{2.5})的控制标准,可见衡量空气质量的“尺子”变得更加严苛。粉尘的危害广、影响大,对人体健康产生巨大威胁,可吸入颗粒物会危害呼吸道、肺等器官,细颗粒物甚至可以进入人体的血液系统,在体内积累后引发心血管疾病,粉尘逸散到大气中通过降尘的形式对河流、土壤、植被造成影响,破坏生态环境^[1]。

目前广泛应用的电袋一体式除尘设备主要是对已有的电除尘设备进行改造和升级,例如在电除尘设备后接滤袋除尘设备,或者是在电除尘设备的集尘板之间设置滤袋除尘单元^[2-3],先经过电除尘单元的处理,将气流中的大颗粒粉尘去除后,再进入滤袋除尘单元进行进一步的处理,使气

体达到排放标准。但前置式电袋除尘器运行时阻力较大、费用高,而嵌入式电袋除尘器对所处理的烟气的成分和烟气的温度比较敏感^[4-5],而且这两种电袋一体除尘设备在清灰过程中都存在二次扬尘问题,为此,本文设计了一种新型同心圆电袋一体化除尘器。

1 设计概述

本系统主体由两块呈同心圆布置的集尘极板组成,在两集尘极板间布置有电晕线,内圆布置滤袋,进气口处设有导流板,灰斗分为两级。它具有以下多个优点:

- (1)导流板使气流均匀分布、减小气流阻力;
- (2)在圆形分布的电场中,因为气流做的是部分环流运动,带有电荷的粉尘在电晕线外侧受到的离心力与电场力的方向一致,更有利于对大

收稿日期: 2020-04-22

第一作者简介: 林小英(1974—),女,福建上杭人,教授,博士,研究方向:污染控制与资源再生利用。

颗粒粉尘的收集；

(3) 离线清灰的方式以及集尘板与灰斗相连的特殊结构,有效地防止了二次扬尘的产生；

(4) 采用流线型设计、结构紧凑等。同心圆电袋一体化除尘器整体结构如图 1 所示。

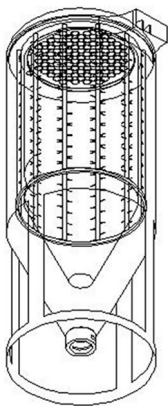


图 1 同心圆电袋一体除尘器立体图
Fig.1 Stereogram of the concentric electrostatic fabric dust collector

2 主要结构设计

电袋一体除尘器由进气单元、电除尘单元、滤袋除尘单元、清灰单元、灰斗等组成,整个箱体由支架支撑固定,细部详见图 2。

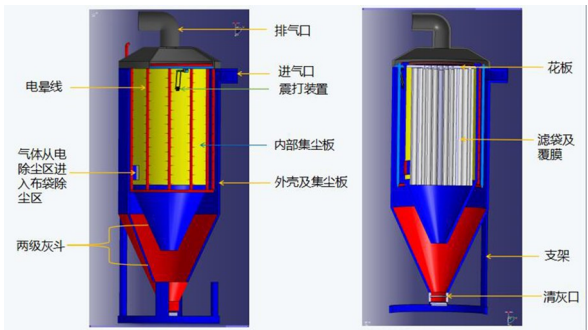


图 2 同心圆电袋一体除尘器 3D 剖面图
Fig.2 3D section view of the concentric electrostatic fabric dust collector

2.1 进气单元

该装置采用的进气方式为侧方进气口进气,进气口设在箱体的侧上方,在进风口内设置有导流板,一方面减小进气阻力,使气流均匀分布在电场中,另一方面确保电除尘集尘板的有效集尘面积,防止气体过快进入到滤袋除尘部分,使滤袋除尘单元和电除尘单元间的烟气分布更加均匀。由

于断面增大,气流速度减小,大颗粒粉尘在惯性及重力的作用下率先沉积下来。滤袋除尘部分与电除尘部分由内集尘板上的一个开口相连通,电除尘部分处理后的烟气经过这个开口进入滤袋除尘部分。滤袋除尘单元采用外滤式,烟气自下而上的运动,经过滤袋,粉尘颗粒被截留在滤袋外表面,洁净气体透过滤袋从正上方的烟气出口排出,气流走向如图 3 所示。

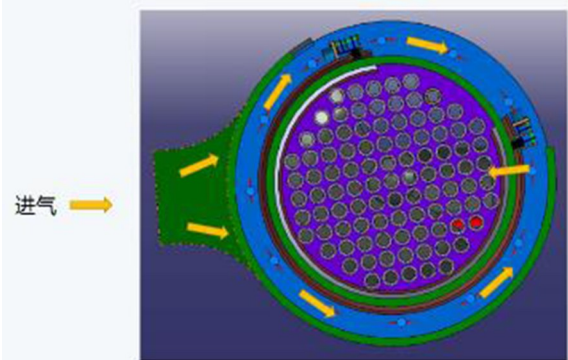


图 3 同心圆电袋一体除尘器截面气流走向
Fig.3 Cross-section airflow direction of the concentric electrostatic fabric dust collector

2.2 电除尘单元

电晕电极是电除尘单元的重要组成部分,是产生电晕放电的装置,其放电性能将直接影响到电除尘单元的除尘效果。在多数情况下,要求电晕电极的起晕电压低,火花电压高,具有较高的机械强度和一定的耐腐蚀性能,能保持准确的极距和方便清灰。

芒刺形电晕线因其独特的放电形式而具有比其他电晕线更高的放电强度。在正常情况下,芒刺形电晕线产生的电晕电流是星形电晕线产生的电晕电流的两倍,而起晕电压比星形电晕线要低。由于芒刺形电晕线尖端周围产生的电子流和离子流都特别集中,所以在尖端的延伸方向上增强了电风现象,可以有效防止因粉尘浓度过大而出现的电晕闭塞现象。

综上所述,芒刺形电晕线很适合用于处理粉尘浓度高且比电阻大的气体。固本设计在电极设置上采用芒刺形电晕线。放电齿片厚度设计为 1.5 mm,放电点的曲率半径设计为 1.5 mm,芒刺形电晕线均匀地排布在圆形电场中,见图 4。

2.3 滤袋除尘单元

滤袋除尘单元中滤袋采用的材料为玻璃纤维

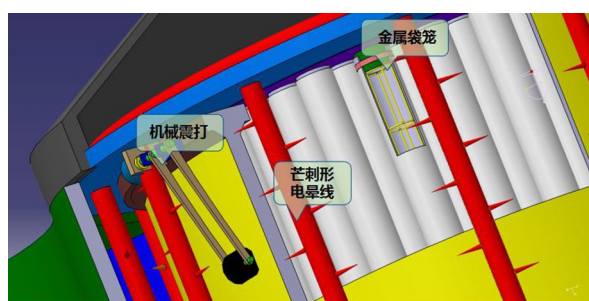


图4 同心圆电袋一体除尘器 3D 局部放大图

Fig.4 3D local magnification of the concentric electrostatic fabric dust collector

针刺毡,纤维直径为 $6\ \mu\text{m}$,可连续承受 $250\ ^\circ\text{C}$ 的高温,最高瞬时可承受温度达 $290\ ^\circ\text{C}$,具有成本低,过气量大,耐腐蚀性好,过滤效果好等优点^[6-7]。PTFE(聚四氟乙烯)材料具有摩擦系数小的特点,制得的微孔膜表面光滑、致密而又多孔,粉尘无法透入过,粗细粉尘全部沉积在薄膜表面。而普通的织造滤袋或普通非织物滤袋,粉尘进入织物内部后,会形成一定厚度的粉尘初层对后续进入的粉尘产生截留效果,从而实现深层过滤,但随着使用时间的增加,粉尘层厚度增加,滤袋的阻力增大,直到粉尘堵塞织物而无法使用。

因此本装置在滤袋表面覆 PTFE 制微孔过滤膜,将粉尘截留在膜表面,又因 PTFE 制微孔过滤膜的表面光滑,有非常好的化学稳定性,具有不易老化、憎水的特性,使截留在微孔过滤膜表面的粉尘易于剥落^[8],同时起到保护滤袋、延长使用寿命的作用,降低除尘器的使用成本^[9]。为了避免烟气直接冲击滤袋降低滤袋的使用寿命,将滤袋的底部设计为两层滤袋结构,几乎没有过滤作用;同时将滤袋套在金属袋笼上固定,防止滤袋的扭转晃动和扭转。

2.4 清灰单元

清灰单元是除尘系统的重要组成部分。电除尘单元和滤袋除尘单元,在长时间的工作后,其集尘部件上均会积聚一定程度的粉尘,如果不及时清除这些粉尘,会严重阻碍除尘系统进行正常工作。若粉尘长时间的累积,将使电除尘单元无法有效形成电场,中断除尘过程,同时由于滤袋上积聚了大量粉尘,增大了滤袋过滤压力,最终导致系统闭塞。

为避免产生二次扬尘,本设计对除尘系统采

用离线清灰的模式进行清灰,一台系统进行清灰操作时,由与其并联的另外一台系统继续进行工作。电除尘单元采用的清灰方式是机械震打模式,摆锤(如图4所示)由电机带动齿轮传动,在通道间前后摆动,能同时对两块集尘板进行清灰震打,震打力度的大小则根据粉尘在集尘板上的粘滞阻力等特性进行设置。因脉冲清灰成本较高,而且本装置中的滤袋为圆形布置,较为集中,滤袋除尘单元采用的清灰方式是逆气流反吹模式。为防止清灰周期设计不合理损伤滤袋,电除尘单元与滤袋除尘单元两部分不同时间进行清灰操作。分别在集尘板及滤袋底部安装压敏感应器,当集尘板表面压力变化或滤袋两侧压差达到预设值时,清灰控制系统对该部分启动进行清灰。

2.5 灰斗

本设计中灰斗设置为两部分,滤袋除尘单元灰斗为内部灰斗,下文简称灰斗1,末端处于封闭状态,将两部分分隔开,电除尘单元灰斗为外部灰斗,两块同心圆集尘板分别与两灰斗相连接。当滤袋除尘部分进行清灰操作时,灰斗1底端打开,灰从中排出,当电除尘部分进行清灰操作时,灰斗1底端封闭,附在集尘板上的粉尘层上由上往下滑,由于惯性,大部分的粉尘仍贴着集尘板滑到灰斗底端,加上本装置采用的是离线清灰,减少了二次扬尘的产生。

除尘系统内部温度过高会降低滤袋的使用寿命,除尘系统运行时产生的二次扬尘则影响除尘效率,因此我们在集尘板与灰斗的连接处安装温度、烟气浓度监测装置,当监测到温度过高或烟气浓度过高时,该台设备停止工作,启动备用的并联设备继续工作,进入滤袋除尘部分的入口挡板滑动,将粉尘挡在外面,从而有效地防止烧袋或大颗粒粉尘对滤袋的磨损。

需要注意的是,本设计的除尘器烟气处理量较其他电袋一体化除尘器要小,适用范围受限。其含尘气流温度较高,会降低滤袋的使用寿命,所以可处理气体温度受限,考虑袋表面虑覆膜成本较高,处理高温烟气时可在除尘器前安设热交换装置进行前处理。设计的集尘板与灰斗相连,长期的机械清灰可能使支架受损,所以固定支架与上部的箱体连接需设置减震措施,灰斗采用绝缘材料制作。

3 除尘效果

同心圆电袋一体化除尘器属于中型除尘器,运行时至少由两台除尘器并联运行,当除尘器进行清灰操作或发生故障时启用与其并联的除尘器进行除尘工作。除尘器设计最高进气温度为 250℃,进气含尘浓度为 15–25 g/m³,过滤风速为 0.8 m/s,单台设计处理烟气量为 15 000 m³/h,除尘效率为 99.9%,出气达到《环境空气质量标准》(GB3095–2012)中相关标准要求。在运行过程中,若进口烟气温度和含尘浓度高于除尘器设计进气温度和含尘浓度要求时,需要在除尘器进气口前增设前端预处理装置对烟气进行预处理,避

免对除尘器结构造成损坏,影响除尘效果。

4 结语

本设计是一种新型的电袋一体除尘器,将滤袋除尘单元和电除尘单元以同心圆的形式由内到外进行排布,有效提高了除尘效率,减小了设备占地面积,独特的灰斗设计,减少了二次扬尘的产生。本设计结构参数均在理想气流分布下得出,没有考虑其他方面的影响因素,因此在实际生产实践中,应结合相关理论,通过试验的方法,得出同心圆电袋一体除尘系统各运行参数间的关系,并由此合理分配电袋两部分的除尘负荷比,以达到最优的除尘效果。

参考文献:

- [1] 刘睿劼,张智慧. 中国工业粉尘排放影响因素分解研究[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(12): 244–248.
- [2] 罗香鑫. 电袋复合除尘器技术进展及应用研究[J]. 机电信息, 2019(36): 92–94.
- [3] 曲鹏. 电袋复合除尘器的研究进展及其在燃煤电厂中的应用[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版), 2019, 29(3): 47–49.
- [4] 宿雅威,董冰岩,孙宇,等. 嵌入式电袋复合除尘器除尘性能实验研究[J]. 环境监测管理和技术, 2017, 29(6): 22–26, 64.
- [5] 刘学军,胡汉芳,鹏建国,等. 2019 年电除尘行业发展评述及展望[J]. 中国环保产业, 2020(2): 12–18.
- [6] 陈秀娟. 燃煤电厂烟尘治理用滤袋选择[J]. 中国环保产业, 2019(11): 44–49.
- [7] 徐涛,费传军. 袋除尘技术的发展及国产覆膜滤料的应用[J]. 水泥技术, 2018(5): 96–100.
- [8] 彭歌亮,王钧为,谈志林,等. 超净电袋复合除尘器滤料的选择与分析[J]. 华电技术, 2019, 41(9): 42–44.
- [9] 胡明. 浅析电袋除尘器滤袋的设计选型[J]. 电力科技与环保, 2012, 28(1): 42–45.

(责任编辑:方素华)