

# 旋风分离器在焦炉煤气净化中的应用研究

胡金昌

河南利源燃气公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i5.5965

**[摘要]** 近些年以来,在我国经济水平的不断发展的背景之下,炼焦行业也实现了质的飞跃,其中最为核心的就是煤气净化技术,其被广泛应用于焦化厂的生产制造中。旋风分离器对于焦炉煤气净化技术有着极其重要的应用价值,为了进一步提升焦炉煤气的整体净化效率和质量,本文就此展开研究,首先分析了旋风分离器的各项特征,然后重点探究了旋风分离器在焦炉煤气净化中的具体应用,最后分析了应用的可行性,希望能为有关人员提供参考。

**[关键词]** 旋风分离器; 焦炉煤气; 净化技术

## Research on the application of cyclone separator in coke oven gas purification

Hu Jinchang

Henan Liyuan Gas Company

**[Abstract]** In recent years, under the background of the continuous development of China's economic level, the coking industry has also achieved a qualitative leap, among which the most core and key is the gas purification technology, which is widely used in the production of coking plants. Cyclone separator for coke oven gas purification technology has extremely important application value, in order to further enhance the overall purification efficiency and quality of coke oven gas, this paper to research, first analyzed the characteristics of cyclone separator, and then explore the specific application in the cyclone separator in coke oven gas purification, finally analyzed the feasibility of the application, hope to provide reference for relevant personnel.

**[Key words]** Cyclone separator; coke oven gas; purification technology

### 前言

在进行炼焦生产过程中会产生一定量的焦油,当前,焦炉煤气在加压输送相关工艺中,产生的焦油杂质会严重影响活塞机的整体稳定性。而煤气输配过程中最重要的设备之一就是活塞式压缩机,其在具体应用过程中容易受到检修、维护保养以及煤气质量等因素的影响,导致活塞机可能出现无备机、检修频繁、备件消耗量相对较大和运行效率较低等情况,对顺利生产带来影响,基于此,本文就旋风分离器应用于焦炉煤气净化展开探讨。

### 1. 旋风分离器的基本简介

#### 1.1 旋风分离器的流场特征

旋风分离器具有不同的流场结构特征,各个流动区域中的关键部分也有着不同的速度分量,因此具有一定的差异性特征,分离器的操作参数以及结构参数是主要的流场特征影响因素<sup>[1]</sup>。

旋风分离器中的整体流动结构一般分为下行流和上行流,具体分界是轴向速度等于零的等值面;根据流动特征还可以将旋风分离器中的流场分成外环部分的准自由涡区以及中心区域的强制涡区,准自由涡通常可以看作下行流,而强制涡则可以看作上行流。因为流体主要以离心旋流展开运动,致使排气

顶部到排灰管的最底部内壁边界层均具有压力梯度,由此将会致使分离器的内部壁面周围出现二次流。产生的二次流又会推动流体朝排气管的外壁逐步向下进行流动,以此促使排气管最下方口的末端径向速度不断增大,此种现象也叫做排气管末端出现短路<sup>[2]</sup>。同时,旋风分离器中轴向位置的不同也会产生旋进涡核情况,且在排尘口以及排气管的周围最为明显,因为涡核中心为部分属于此区域内的最低点压力处,所以会导致周围的流体不断被卷入,从而使得分离效率进一步降低。

旋风分离器中的速度场通常分解成为径向速度、切向速度和轴向速度,其中轴向速度主要反映的是流体停留的时间长短,而切向速度则反映的是分离器实际分离能力,最后径向速度反映的是流体径向的实际迁移速度。较之于轴向和切向速度而言,径向的速度会相对较小,有助于降低壁面处的颗粒被不断推向中心而出现排气夹带;而分离器中最大的切向速度会逐步向中心位置移动,也就是扩大了准自由涡区域,缩小了内部强制区,此种变化在分离器锥段更为明显,则切向最大速度点处的径向位置和排气管下段口的内径有一定关系。随着温度的升高,气体的密度就会不断减小,而粘度会逐步增大,最终气体旋转强度就会受到影响而降低,由此表示切向速度会随着温度的不断升高而下降,并且切向最大速度的径向位移也会增

大,随后就会沿轴向逐步衰减,但是实际温度对于轴向速度影响并不大。随着压力的升高,气体的密度就会不断增大,气流总体的旋转强度也会逐渐增强,但是当压力在 3MPa 以上时,就会降低切向速度的整体升高幅度,由此可见压力基于轴向速度而言影响并不大。

在高压环境下,旋风分离器中的切向速度和轴向速度与正常压环境下相差并不大,压力和切向速度的提升属于正相关。分离器的结构参数影响最大的就是流场,减小入口的宽度和高度可以提升切向速度,但是会导致压力损失不断增大。入口的宽度超过排气管和分离器之间的间隙距离后,就会出现产生噪声和排气管震动。

### 1.2 主要功能

旋风分离器主要是用来去除气体输送中所携带的液滴和颗粒杂质,实现气固液的分离,从而确保设备和管道的正常运转。

### 1.3 工作原理

旋风分离器关键是依靠气流的切向引入来展开旋转运动,将液滴或者固体颗粒甩向外壁面并分开。含尘气体会从圆筒长方形上部切线进入到设备中的旋风分离区域,再沿圆筒的内壁进行旋转流动;密度较大的尘粒和液滴会再离心力的推动之下甩向器壁,同时再重力的作用之下,沿着内壁逐步落入到灰斗之中,使得气流存在内层中,有效分离气固;对于圆锥部分而言,其旋转的半径会逐渐缩小,相反的切向速度就会不断增大,此时颗粒和气流会进行螺旋运动,圆锥底部周围的气流主要以旋转上升运动为主,最后再从设备的最顶部缓慢流出。

## 2. 分离原理

对于非均相物系而言,分散状态下的物质一般被称之为分散相或者分散物质,比如分散在流体中的气泡、固体颗粒以及液滴等,其对分散物质进行包围并长时间在连续状态下的流体就被成为分散介质或者连续相。按照连续相的实际状态来看,非均相物系一般还被分为以下两种类型:液态非均相和气态非均相两种物系,前者有乳浊液、悬浮液等,后者则包括含尘气体和含雾气体等;因为非均相物系内连续相和分散相的物理性质各不相同,由此具体的分离操作需要严格按照流体力学相关规律展开,在工业上主要以机械形式来完成分离,气态非均相的物系在分离时主要是以离心沉降合重力沉降等方式展开,基于惯性离心场内开展的沉降属于离心沉降,一般气固非均相的物系离心沉降均位于旋风分离器内开展。

借助旋风分离器来代替过滤罐,可以促使焦炉煤气通过一定速度从分离器上部附近的切向缓慢进入,当焦炉煤气含有一定的焦油液滴并从切向一直进入到分离器内部时,在离心力推动下,液滴就会从一开始的向外壁靠近逐步变为沿器壁进行旋转的液滴带,由于焦炉煤气在经过水洗之后焦油就会以气溶胶的形态存在,但是焦油液滴有着极其剧烈的布朗运动。液体粒径较小的会出现明显的扩散,因为粒径较大的焦油液滴和焦炉煤气间相差较大的密度,由此液滴的沉降以及分离效果会相对较好。在器壁和液滴进行碰撞期间,液滴整体附着力会超过焦炉煤气所产生的曳引力,因此焦炉煤气每的液滴会在分离器内

旋转时碰到器壁并被器壁进行收集,在液滴完成碰撞之后所产生的反弹也相对较小。壁面收集起来的压低会在重力影响之下沿着器壁缓慢滑进分离器下部的椎部中,最后将会被收集器进行收集,少数焦油液滴会被带进内旋流中,转而进行向上运动,最后进入到中心区域并从上部排气管中排出。

## 3. 旋风分离器在焦炉煤气净化中的应用探讨

旋风分离器属于工业中最常用的一种离心分离器具,为了减小压强降和提升分离效率,需要对标准的旋风分离器展开有效优化,创新其结构型式。下面探讨的属于标准型的分离器,结构形式上部属于圆筒形,而下部呈圆锥形,分离器各个部分的尺寸和上部圆筒的直径为比例关系。

旋风分离器在含尘浓度相对较高以及颗粒尺寸相对较大的情况下能够实现气体的有效净化,在实践生产过程中,合理提升入口的气体速度和降低整体气体温度能够进一步提升分离器在工作中的效率,但是入口处气体速度较快的化会促使压强将增大并产生涡流,一般情况下,最为理想的气体速度通常控制在 10-30m/s 之内,标准型分离器的压强将通常在 400-2000Pa 之内<sup>[3]</sup>;在实际工业生产过程中经常使用若干旋风分离器展开操作,通过分离器组来对大流量气体进行分离和处理。

考虑到焦油等相应的杂质具有一定物理特性,因此可以将旋风分离器的下部锥体外侧处适当增加一个伴热装置,由此保持内壁收集的焦油处于液体状态,促使其流动性得以提升,有助于焦油能够夹带杂质缓慢向分离器下方锥体划滑入,锥体中的杂质和焦油就会通过管道慢慢进入收集池或者焦化工序中,当收集池中存积一定量之后,就可以借助罐车来将之前收集的杂质或者焦油送至焦化工序展开下一步处理。通过活压机完成加压之后,就可以向冷轧厂进行输送,由于焦炉煤气管的管线较长,产生冷凝液就容易存积在管网中并形成一定的阻力,对于煤气输送产生巨大影响;通过旋风分离器来进行干预,能够将焦油等相应的杂质进行分离,还可以对煤气内原有水分进行分离,尽可能的降低了外排管网冷凝液涉及的大量物力和人力消耗。

## 4. 在焦炉煤气净化中应用的可行性

焦炉煤气通过旋风分离器进行净化后,出炉的粗煤气内大概含有 12%的 CH<sub>4</sub>,在当前主要围绕天然气为目的煤化工产品中,此部分产品具有一定的优势。然而由于此项工艺主要使用的是强度较差、热稳定性较低且挥发分较高的煤种,导致在气化炉反应期间容易产生大量粉尘和焦油<sup>[4]</sup>。要想确保后续净化工艺能够顺利推进,就需要脱出粗煤气内的粉尘物质以及焦油等,现阶段,天然气工艺大多使用的是废锅、洗涤冷却器等相应的设备来展开除尘、出油和喷淋工作,此项工艺环节存下以下几个问题:首先,容易形成过量浓度较低的含尘、含油等煤气水,对于油尘分离而言具有一定的阻碍;其次,当气化炉不稳定运行或者入炉的煤粒级没有得到良好控制时,就会使得出炉的煤气中含有大量的分成,导致下游设施设备的管道出现

下转第 233 页

TIRP 的影响。

### 3.2 总全向辐射灵敏度测试 TIRS

#### (1) 测试布置

为了进行智能家电的测试,需要将其放置在 OTA 暗室中,并确保其三维几何中心与静区中心对齐。同时,测试夹具也应该能够稳固地固定住待测物。在测试过程中,智能家电需要处于典型工作状态或模拟该状态。如果由于 OTA 暗室的环境限制而无法完全模拟典型工作状态,智能家电应尽可能保持最完备的功能状态。

#### (2) 测试配置

在进行总全向辐射灵敏度测试时,需要关闭智能家电的 Wi-Fi 搜索模式、省电模式、蓝牙功能以及蜂窝模块,以确保测试结果的准确性。测试应在 ACK 模式下进行,以测量智能家电在特定频率和速率下的辐射功率水平。

#### (3) 测试步骤

智能家电的辐射接收性能是通过测量其周围不同球面位置的接收灵敏度数值计算得出的。通过分析采样球面上各个采集点的接收灵敏度数据,经过计算得到家电产品的有效接收灵敏度,从而获得智能家电的空间三维辐射接收特性。

测试流程如下:设置测量仪器的衰减值;设置接收端的衰减;设置测量仪器在指定信道、调制方式、数据速率下发射信号;智能家电与测量仪器建立连接;测量仪器以指定的发包方式向智能家电发送数据包;智能家电收到数据包后回复 ACK 给测量仪器;测量仪器计算误包率,并增加测量仪器的衰减,直至误包率降至 90%以下;转换测量点,重复测试流程。

在球坐标的 Theta 轴和 Phi 轴分别间隔 30° 取一个测量点,在 Theta=0° 和 Theta=180° 不用测试,每个极化方向共计测试 90 个点。将每个点采集到的数据通过特定的公式计算,即可得出智能家电的总全向辐射灵敏度。

$$TIRS \approx \frac{2NM}{\pi \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left[ \frac{1}{EIS_{\theta}(\theta_i, \phi_j)} + \frac{1}{EIS_{\phi}(\theta_i, \phi_j)} \right] \sin(\theta_i)} \quad (2)$$

#### (4) 测试结果

测试结果应按照表格 10 的格式记录,并生成相应的三维

图形进行保存。

表 10 TIS 记录表

待测物编号				
测试制式	测试带宽	测试信道	测试速率	总全向辐射灵敏度

#### (5) 性能改进

按照 (1)、(2)、(3) 步骤,测试智能家电在待机模式下的 TIRS,并将测试结果与典型工作模式下的 TIRS 进行比较,分析产生差异的原因,并采取措施减小工作电路对 TIRS 的影响。

## 4 结语

综上所述,目前智能家电仅将 Wi-Fi 传导射频测试纳入国内市场准入测试要求,相较于空间射频测试方法,传导射频测试更多是评估无线模块的性能,并不能反映智能家电在实际工作中的射频性能。采用本文提出的在 OTA 暗室中测试智能家电 Wi-Fi 的射频性能的方法,可以模拟智能家电工作环境,有效评估产品结构、天线位置、内部电路辐射对 Wi-Fi 射频性能的影响,根据其测试结果,可以为家电厂商对产品的改造升级提供思路并加以验证。随着更多智能无线通信产品进入居家环境,各设备间的无线共存干扰将对智能家电产品的射频性能提出更高要求,在智能家电产品投入市场前,对其进行空间射频性能测试将比以往任何时候更加重要。

### 【参考文献】

- [1]《智慧家庭空间分类及设计导则》标准解读[J]. 胡亚欣;焦利敏;亓新;黄橙;刘冬阳.中国标准化,2021(22)
- [2]GB/T 28219-2018. 智能家用电器通用技术要求[S]. 2018
- [3]一种无线通信系统性能测试方法[J]. 任学敏,卢莉萍. 纺织高校基础科学学报,2002(03)
- [4]对 IEC 60335-16.0 版本附录 U 的分析[J]. 卜宏泽;程儒;胡湘洪;彭琦.电子产品可靠性与环境试验,2021(06)
- [5]智能家居产品通信可靠性测试评价标准解读[J]. 陈丽芬;赵鹏;亓新.标准科学,2021(04)

## 上接第 229 页

严重磨损;最后,油尘混合物长时间粘壁容易致使废锅的换热效率进一步降低,严重的还会致使设备管道出现堵塞。以上问题常见于煤制天然气的相关项目中,但是对应的方法也只有对入炉的煤粒径进行严格控制,应对的措施相对单一,很难提升生产期间的稳定性以及操作弹性。

此时就可以通过旋风分离器来脱除液滴以及粉尘颗粒等,其可以高效去除超过 5 μm 大小的固体颗粒,且对于液滴整体的分离效率也相对较高,所以该设备常被应用于气流床、流化床的气化工艺中进行粗煤气的净化<sup>[5]</sup>。当通过旋风分离器来净化粗煤气时,粉尘颗粒以及焦油液滴就会在分离器的流畅内进行聚并和碰撞,有助于两者的合成以及分离,实现协同促进脱除的良好效果。同时,焦油液滴能够促使入口的颗粒浓度进一步增大,促进整个分离器的压降不断降低,增大分离的效率;此时在分离器壁面附着的含尘焦油有一定的粘性,能够促使粉尘颗粒以及焦油液滴被高效捕捉;在此过程中,如果焦油淤积于分离器的器壁上,可以借助刮刀来进行刮除,或者使用加热夹套的形式来促使焦油粘度进一步降低,从而增强其流动性并进行排出。

### 结束语

总而言之,旋风分离器对于焦炉煤气的净化有着极其重要

的价值,其不仅代替了传统的过滤罐净化方式,还提升了焦炉煤气的整体净化工艺,优势如下:首先,促使焦炉煤气整体净化效果得到提升,高效分离了焦炉煤气内含有的各种杂质以及焦油等;其次,旋风分离器内有助于降低外部焦炉管网进行抽水作业的物力和人力消耗;最后,尽可能的减少密封部件、滤芯以及气阀等部件的检修次数和消耗,促进活塞机的运行周期得以有效延长。

### 【参考文献】

- [1]王智微,任海,张晓康,朱大立,华海峰,张建东.循环流化床锅炉旋风分离器对物料平衡的影响分析及应用[J].锅炉制造,2022(06):9-12.
- [2]谭卫川,吕国强,杜树忠,杜汕霖,马文会,顾光凯,付博强.基于有机硅单体合成反应器的旋风分离器性能优化的模拟研究[J].昆明理工大学学报(自然科学版),2022,47(06):61-67+86.
- [3]白长盛.催化裂化沉降器顶旋风分离器直连改造后料腿结焦原因分析[J].炼油技术与工程,2022,52(06):19-22.
- [4]胡璐,徐勋达,潘威,吴宏观,余国贤.焦炉煤气络合铁净化及源头消除脱硫废液的研究[J].化工设计通讯,2021,47(03):151-153.
- [5]段一凡.焦炉煤气净化工序 VOCs 废气综合利用的探索[J].内蒙古煤炭经济,2021(12):135-136.