

# 脱硝系统声波吹灰器发声异常故障的处理

姜浩祖

(中煤能源新疆煤电化有限公司, 新疆 昌吉 831799)

**摘要:** 本文为解决脱硝系统声波吹灰器发声的异常故障问题进行研究, 对其声波吹灰器发声异常的主要问题进行了分析, 并提出一系列的解决措施, 对其故障现象、原因及基本处理方法进行了归纳和总结。为相关脱硝系统声波吹灰器问题提供参考。

**关键词:** 百万机组; 脱硝系统; 声波吹灰器; 发生头

**中图分类号:** TM621

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-7344(2022)47-0046-03

## 0 引言

选择性催化还原法(SCR)是当前脱硫技术的主流技术, 已被众多在建电厂采用。SCR脱氮设备的脱硫效率超过85%, 达到了环境保护的要求。在锅炉设计煤种燃烧后, 烟尘中 $\text{NO}_x$ 浓度高, 采用SCR烟气脱硝技术可以有效地提高脱硫效果, 并大幅度减少氮氧化物的排放。

## 1 声波吹灰器简介

声波吹灰机是一种利用声波引起的尘埃振动, 将灰尘从设备的表面剥离的一种低频高能喇叭。声波吹灰机在电厂脱硫、锅炉烟道、灰斗等行业中得到了广泛的应用。在某电厂百万千瓦机组中, 采用选择性催化剂还原烟气脱硫技术。为了避免烟灰阻塞催化反应器, 减小烟气的流阻, 从装置开机起, 采用程控方式投入了声波吹灰器, 实现了连续吹灰。由于其工作强度大, 声音不正常(闷响、无声), 严重影响了催化反应器工作的安全性和效率。

## 2 脱硝声波吹灰器异常对脱硝的影响

脱硝系统投入使用后, 除灰、确保催化剂的活性是实现脱硫、稳定运行的重要因素。在运行过程中, 由于烟尘中含有大量的灰份, 吹灰装置出现故障, 导致催化剂板结、催化剂中毒、催化剂活性降低、系统阻力增大、吸风机功率增大、催化剂催化效率降低、喷氨量增大、硫酸氢铵生成量增多、板结堵塞导致机组停机<sup>[1]</sup>。

## 3 声波吹灰器发声原理分析

经过查阅资料和实地调研, 维修人员得知, 这种装置的声音机理是: 在静止时, 隔板没有受到任何的压力, 是一种天然的平坦状态; 当压缩空气(通常为0.45MPa~0.65MPa)流入隔板左边的第一室时, 隔板被压向右侧, 从而形成一条气流通道, 从而使第一室的压缩空气流入第二室; 当金属薄膜在一定程度上发生变

形后, 会向左侧恢复弹性, 使进入第二腔的气流受到更大的压力, 从而形成低频率的音波, 通过弯曲的扩音器将其放大, 再通过SCR反应器的内部。

## 4 声波吹灰器的工作原理

声波吹灰系统主要包括: 压缩空气源, 电子控制器, 声源。它的工作原理是: 将空气过滤后, 通过音波发生器, 在电磁阀的作用下, 将压缩空气中的声波转化为声能, 然后以声波的形式传播出去, 声波被扩音器以一定的频率、程序和频率传送到容器中; 声波通过弹性介质传递, 通过反射、反射、绕射, 形成一个巨大的共振力场, 将所有的灰尘都压在一起, 再通过不断的循环, 产生一种循环的压力, 从而削弱和破坏灰粒与罐壁的粘附力。从微观上讲, 灰尘的产生是因为表面张力、颗粒与管壁之间的粘附力、分子粘附力、静电吸引力、化学亲和力等多种因素的影响, 而声波的作用就是让空气分子的振动速度加快, 使得空气分子的分布在这个空间中, 而在尘埃粒子的周围, 则是数以百万计的空气分子, 它们以同样的频率和强度来回运动, 所产生的力量也是不可小觑的。在音波的作用下, 灰烬和罐壁的粘附力下降到一定程度后, 就会因为疲劳而松动, 从而松软脱落, 或者被风吹走。

声波以球形形式在容器中传播, 它具有高的速度、低的衰减和高的反射率, 它的功能是使容器充满而无死角, 重复、均匀的作用于容器的表面。钢的声阻(由介质的密度 $\rho$ 和声波的速度 $v$ 的乘积 $\rho v$ )要比空气中的声波要大的多, 通常可以认为, 在金属和空气的交界处, 声波是完全反射的。波的传播是一种振动的传播, 是一种能量的传输。在一个媒质中, 可以得到一个单位体积的机械能, 也可以是一个介质的动能 $ek$ 和一个弹性势能 $ep$ 的总和。在简谐振动中, 介质在单位体积内

的机械能是： $e=ek+ep=\rho a^2\omega^2\sin^2\omega(t-r/v)$ 。因此，介质的能量密度、振幅的平方、频率的平方、介质的密度，都是成比例的。能量密度的平均值是  $\rho a^2\omega^2$ 。波源是能量的源泉，它的速度是以波的速度为基础的。声波吹灰是一种以交变、快速、快速、反复波动的非接触吹灰方式。当介质的密度达到一定程度时，其能量密度与声波的振幅和频率有关。这就是音波的作用。

音波振幅可以被简单地理解为声波所得到的能量，频率代表着每隔一段时间空气颗粒的振荡。随着音波幅度的增大，振动频率的增大，对声波得的影响也会增强。但声波的幅值是有极限的，如果幅度过大，音波就会外泄，造成噪音的污染。同样的道理，如果音波的频率过高，那么声波的波长就会缩短，声波得的绕射性就会降低，而声波的衰减速度就会加快。但在低于 60Hz 的情况下，声波会损坏实体和机械设备。音波的大小和频率，是决定音波效果的两个因素，音波的强度和频率越高，音波的威力也就越大。

在 75Hz 和 147dB 的声场中，离声源 1m 的清灰区域为 4.5m，12m 的区域仍为 3.35m；而在 230Hz，147dB 的声波，距离声源 1m 的距离为 1.4m，6m 的距离仍然是 0.9m，8m 的距离就不起作用了。事实表明，随着声波的频率增加，它的衰减速度也会加快。

## 5 声波吹灰器的特点

音波吹灰机是一种集灰、板结于工业设备上的低频高能喇叭。它是利用声波的作用，使得灰尘粒子在装置的表面发生振动，从而达到清除灰尘的目的。按声音机制，通常将声波吹灰器分为吹灰器和膜片吹灰器：  
①旋笛式吹灰器。旋笛式吹灰器的工作原理是通过马达驱动一个转动的阀门，不断地打开和关闭空气，使得空气的流动断断续续，形成音波。  
②膜片式吹灰器，在普通的隔膜吹灰机中，隔膜声源中的隔膜声源可以发出一种特殊的高能声波（通常是 75Hz，147dB），将灰尘的原有结构摧毁，而在 0.48MPa~0.62MPa 的压力下，内部的高强度薄膜会振动，从而形成高能声波。膜片声波吹灰器的结构比较简单，它的控制比较简单，只要打开和关闭一个 3/4 的双通道膜片式电磁阀就可以实现。经过全面的测试，只要声音正常，供气正常，音质吹灰机就能正常工作。音波吹灰机占地面积较小，若采用套管式，则其外延与反应器的壳板之间的间距为 1.3m，与蒸汽吹灰机相比，几乎不占空间。同时，音波吹灰装置安装调试简单，通常 3 名工人一天能安装 5~6 个，安装时只要焊接牢固，不需专门的工具和吊具。在设备调试的时候，如果提前把管道打扫干净，一天之内就能全部调

试完毕，不需要进行任何的热态调试。通常，安装后的声波吹灰机的转矩大约为 375nm，中心距壳板 0.7m，声速吹灰机的清灰范围是 12m，1m 的振幅是 4.5m，12m 的振幅是 3.4m。在多个扩音器的交叠声场中，也可以增加音域。与常规的除灰器相比，声波吹灰器的主要特点是：  
①因为声波自身的绕射性，所以不会产生灰渣的盲区。  
②能量衰变得缓慢。利用水蒸气吹灰，其动能较大，在距离水蒸气 3m 时，其动能几乎为零，而在距离水蒸气 5m 时，其动能为 1/5。若采用适当的布置方式，并充分考虑混响的场得影响，可使声能的衰减减小。  
③没有任何的毒性和磨损。声波吹灰是以空气为媒介的，不会产生腐蚀。声波吹灰是一种能量循环的结果，它是一种不会损坏或磨损的疲劳效果。  
④它具有结构紧凑、可移动的零件少、完全自动化、很低的故障率，基本无须维修。  
⑤操作费用低廉、能耗低、不需蒸气、节能。声波吹灰机既有上述的优势，又有其局限性：  
①声波吹灰机利用声能吹灰具有一定的选择性，通常更适宜于干燥的松灰；  
②由于低能耗、低吹灰强度，声波吹灰机对结渣和粘稠的积灰效果不大，因而不能去除粘结性的灰尘、严重的堵塞和硬质的污物。

## 6 声波吹灰器故障分析

### 6.1 实拆情况分析

实拆情况具体如下：  
①发生头部内侧的隔膜起鼓面的功能，也就是受到压缩空气的挤压而产生的弹性变形，使隔膜的中部不断鼓起、恢复。在这个过程中，压缩空气被吹进了第二个房间，加快了它的声音。在此工作方式下，膜片的弹性保持和膜片与二次空腔的密封是非常关键的。  
②在隔膜和后端盖（后端盖内表面具有一定的锥形）之间的空间中，它是它与空气的惟一通路，使该空间的压强与大气保持一致。通气口的通畅对隔膜内外压力的建立有重要影响，而隔膜的反弹频率也与此密切相关。通过对薄膜的金属检测，发现薄膜是由钛合金制成，其中钛含量约为 99.3%，其他成分为钒、锡、铌等，具有很好的弹性变形性能。  
③正常情况下，出现问题的声波吹灰机的呼吸头是比较脏的。  
④隔膜与第二腔的一面的中央部分因高频撞击而产生了凹痕。  
⑤薄膜表面有明显的油污。维修人员原本以为，声波吹灰机的声音是因为管道堵塞而发出的，所以他们用锤子敲击了吹灰器的弯头，用圆钢将吹灰器的管子清理干净，但效果并不好。从发生头的内部构造可以看出，吹灰器的喇叭和管子是很难被彻底阻塞的，即使有少量的结块阻塞，它的位置也与吹灰机的声音相隔很远，不会对吹灰机的声音产生实质性的影响。

## 6.2 声波吹灰器故障主要原因

声波吹灰器故障的原因通常有以下6个方面:①在经过长时间的高频率下,膜片发生弹性变形后,会发生冷塑性变形,从而影响到二次空腔的压缩效果和密封性能。②在隔板上堆积的灰尘会对隔板的密封性和弹性变形造成不利的影晌。③呼吸嘴过于肮脏或阻塞,会对进入室内的压缩空气造成不良的影响。④声音不正常。声波除硝吹灰机是利用声波对灰尘进行处理的。一般情况下,75Hz和147dB的声波应该是低沉低沉的,不会对声波吹灰机的清灰效果产生影响。如果压缩空气质量不达标、气源压力不稳定、发声头配合间隙增大、膜片缺陷、系统漏气等,都会造成不发声或发出尖锐的声音,从而影晌正常的吹灰<sup>[4]</sup>。⑤传导节段阻塞。除硝声波吹灰机的扬声器与脱硫塔的烟囱壁是一个平面,由于烟气流动不均匀,大量的灰尘会流入扬声器,长期堆积灰尘会阻塞扬声器,从而使声波吹灰器失去吹灰功能,从而影晌除硝系统的正常运转。⑥套管节段阻塞。在使用过程中,由于烟气流场分布不均,飞灰通过喇叭和套管之间的缝隙向套管和B段扩散,使整个导风段、喇叭段和套管之间的灰尘变得更加严重,同时,压缩空气中的水分也会被灰尘吸附到B段的壁上,随着粉尘的增加,板结会越来越严重,最终堵塞了传导段,减弱了声波的正常传输,降低了除尘的效率。

## 7 研究及治理措施

具体治理措施如下:①将过滤调节阀安装在气源支路上。除硝声波吹灰机的气源要求是0.6MPa~0.8MPa,仪表用的是压缩空气,其含油 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ,露点 $\leq -40^\circ\text{C}$ ,在运行过程中,由于系统气压不稳导致的声波吹灰器声音异常,在设备安装时,应在除硝声波吹灰机的气源母管上安装一个调节阀,由于整体的压缩空气管线比较复杂,导致空气不稳定,当气流通过气源支路时,会产生凝结,凝结液会损坏吹灰装置的膜片,从而降低设备的使用寿命。在每个风机的气源管分支处安装过滤和调节阀门,保证了各机组的压力稳定,并保证了空气的干燥和气压稳定。②传导段积灰治理的研究。在导电区B区安装了净化设备。在单台声波吹灰器气源支气管后安装变径三通连接气源软管,在发声头和B级之间安装短接(采用凸缘),在短接处安装气动球阀和电磁阀,气源软管与气源球、电磁阀相连,采用连续或断续的方式,将扬声器部分的积灰排出,防止灰尘附着在导流区。在变幅部安装了空气幕密封装置。经过分析,我们自行设计了密闭的空气幕墙,采用压缩空气幕墙来隔绝飞灰,不仅可以确保音波的传递,还可

以将飞灰隔绝在外。根据现场和设计图纸,在扩音器部分安装了一台吹风机,由于压缩空气的引入,为了防止在吹风机的吹风机中产生结露,在扩音器的壳体周围形成螺旋状的吹风机,通过排烟系统的烟尘温度对压缩空气进行自动加热。③管内段积灰的处理为解决套管内积灰的问题,飞灰可以从喇叭段和套管段的安装间隙中自由地扩散进入,安装说明书中清楚地指出:不允许将管段与套管焊接,要确保管段的振动能有效地进行扩音。经过充分的探讨,建议增设密封胶条、羊毛毡、密封风等,并综合考虑了声风的发声问题、密封风量、密封空气布置等问题,但都以失败告终。结果表明,采用硅酸铝柔性密封条可以很好地满足用户的需求,在扬声器末端安装了硅酸铝柔性密封条,该密封条厚度为40mm,宽度为8cm,具有密封功能,并可确保喇叭节段的振动<sup>[4]</sup>。

## 8 声波吹灰器的故障排除

故障排除方法如下:①将一、二室、隔板及后盖的灰尘清理干净。②在安装之前,反转已清洁的隔膜。③替换有严重损坏或变形的隔板。④对呼吸头部进行敲击、浸泡清洗或空气清洗。⑤若以上方法都不奏效,则可考虑喇叭孔阻塞的问题,或对压缩空气的参数进行调整,以另作处理。

## 9 结语

随着环境污染排放标准的不断提高,今后各工厂都要加大对脱硫设施的投资,因此,除硝过程中出现的问题也是在所难免的,要充分利用已有的运行经验,对技术进行总结,加强对环境的管理和保养,既能降低脱硫装置的污染,又能降低脱硫装置的不良影响,提高经济效益。

## 参考文献

- [1] 于媛美.声波吹灰器在烟气除硝装置中的操作方式及故障处理[J].中国仪器仪表,2020(12):57-59.
- [2] 张峰.声波吹灰器在锅炉吹灰中的应用研究[J].电声技术,2018,42(3):25-27.
- [3] 周磊,张举,宋梓源,等.内置阵列式声波吹灰器应用及节能分析[J].发电技术,2020,41(6):706-714.
- [4] 徐琰,谢灵鸥,胡建明.可调频声波吹灰器解决空预器硫酸氢铵沉积的原理及应用[J].电力设备管理,2020(3):105-108.
- [5] 陈建.吹灰器未退回无报警的处理[J].电力安全技术,2006,8(8):48.

作者简介:姜浩祖(1983—),男,汉族,甘肃会宁人,大专,工程师,主要从事发电厂热控管理工作。