

声波吹灰技术在SCR脱硝中的应用研究

摘要：本文通过搜集数据，详细分析了声波吹灰器的工作原理、优缺点以及吹灰器的结构和安装，不管是从节能与经济性方面考虑，还是从运行的安全性和可靠性角度讲，声波吹灰都要比蒸汽吹灰更具有优势。

目前脱硝技术较多，其中选择性催化还原脱硝法（Selective Catalytic Reduction，简称SCR）是应用最为广泛，技术也最为成熟[1]。SCR系统优点是对锅炉效率影响较小、对硝的脱出效率很高，已在火电厂得到了大量的应用[2]。

火电厂煤燃烧产生的烟气含有大量的灰尘，当烟气进入SCR系统后，会降低催化剂的活性，同时使催化剂的寿命缩短[3]。为了减少和防止催化剂表面产生大量灰尘覆盖，有必要采用吹灰器对催化剂表明进行吹灰处理。本文针对声波吹灰器的工作原理、优缺点以及吹灰器的结构和安装等进行了阐述。

1 声波吹灰技术介绍

1.1 声波吹灰器的工作原理

声波吹灰器的工作原理为：动力源采用压缩空气，将空气经过净化后导入电子控制器，电子控制器作用一是提供能量以使声波产生，二是对频率进行调控，以对吹灰器的工作周期进行控制；压缩空气最终通入声波发生器，压缩空气冲击金属膜片而使之发生震动，进而产生声波。声波通过扩音喇叭或者输音管进入到反应器内，声波在反应器内会产生大量的折射、绕射、反射以及渗透等，使整个音场产生了共鸣，最终声波能扩散到整个SCR系统。

声波在空气中的传播为周期性进行，对反应器表面的灰渣产生的作用力也是周期性的，对灰渣施加了循环往复的拉扯作用，这种拉扯力会有效地减弱和破坏结垢物与催化剂表面之间的作用力，从而使结垢物最终脱离催化剂表面。

1.2 声波吹灰器的优缺点

1.2.1 声波吹灰器的优点

过去的吹灰器是通过高速蒸汽流动对反应器表面进行冲击从而实现吹灰目的。蒸汽吹灰器缺点有很多：当反应表面相距蒸汽发射源特别近时，高强度的蒸汽流会造成受热面变薄；而距离发射面较远的受热面或在受热面覆盖有阻挡物体时，由于高速蒸汽流的速度会迅速减慢，最终到达受热面时汽流会很慢，不足以将积灰表明吹洗干净。而声波吹灰器则从一定程度上克服了这些确定，具有以下优势。

1) 声波吹灰器的有效工作范围较大，能遍布整个反应器角落、空间。这种除灰方式不用和反应表面产生直接接触，而是通过声波震动使反应器表的灰尘脱除，声波的频率和声波的强弱决定了除灰效果，除灰半径与波长成正相关关系。当声波传递到反应器表面时，会产生大量的折射、反射、投射等，这有利于将声波传递到整个反应器区域。

在SCR系统中的蜂窝状催化剂内部空隙较多，结构复杂，采用蒸汽吹灰时蒸汽往往不能进入催化剂内部，而声波则能很轻易的进入催化剂内部，无论吹灰器的布置方式和发射方向如何，声波除灰方式都能达到很好的除灰效果，进而改善催化剂的使用效果，增加SCR系统的经济效益。

2) 声波吹灰器的声波能量衰减较为缓慢。采用蒸汽吹灰器时，其射流压力的衰弱反比于射流距离的平方，射流动能的衰弱反比于射流距离的立方；对于声波吹灰器，声波压力的衰弱正比于传送距离的一次方，声波强度的衰弱反比于传送距离的平方。

显然，和蒸汽吹灰方式相比，声波吹灰在相同传送距离内的衰减要小得多，因而声波吹灰有更远的吹灰距离，同时能量削减也更低。如果声波发声器采用更为合理的布置方式，会加强混响声场，进一步削弱声波能量的衰减。此外，蒸汽吹灰还会对锅炉内煤燃烧产生一定的影响，使燃烧场发生改变而影响燃烧效率，声波吹灰则不会产生这方面的问题，空气分子只是在做往复的振动，而位移不会发生改变，因此只有较少的能量消耗。因此，从能量消耗和传播距离方面考虑，声波吹灰方式有更明显的优势。

3) 声波吹灰不会产生副作用，对反应器表面也不会产生磨损。吹灰器发出声波的频率在人体听力能够承受的范围，声波处理器外围有消声处理装置，声波经过消声处理后只会产生极少的噪声，同时声波除灰器是间断运行的，每天累计运行时间较短，对周围工作人员和居民产生的危害可以忽略，声波发声器产生的噪声在国家规定的安全标准以

内。

声波吹灰过程中不会引入新的物质，因而不会对受热器表明产生腐蚀。声波吹灰过程中对管壁的作用力是周期性的，平均作用力较小，属于疲劳效应，因而不可能造成受热器表明磨损。同样的，声波吹灰不会造成催化剂产生磨损，从而延长其使用周期，使得SCR的运行成本得到了有效控制。

在蒸汽吹灰过程中，主要依靠高速运动蒸汽与受热表明碰撞产生的冲击力进行除灰，这个过程中受热表面在高速蒸汽冲击下必然会产生磨损，同时也会对催化剂表面造成强烈的冲刷，使催化剂产生大量流失，缩短了催化剂的使用期限，最终使得运行成本升高。

4) 声波吹灰器的零部件很少，有着较为简单的结构，占用空间面积小，并且容易操控；采用压缩空气作为能量传递介质，相比蒸汽发生器不需要额外的蒸汽发生装置，使得设备更加简化；运行过程中为自动控制，减少了人为操作故障，声波发生器的维护频率很低。

5) 安装过程简单，减少了安装成本。一台机组只用安装一条压缩空气管线，不用安装其它支撑结构，大大减少了安装成本。

6) 声波吹灰器运行频率较高，在催化剂表明积灰较少时就进行除灰，从而降低了灰尘的积累，使得大部分时间催化剂表明灰尘积累较少；蒸汽吹灰运行频率较低，是在催化剂表面的灰尘达到一定厚度后才运行。实际的实验数据表明，采用声波吹灰不会对催化剂产生额外的副作用，而采用蒸汽吹灰时，蒸汽在催化剂表明凝结，湿润催化剂表明，从而降低了催化剂的催化效果，有时还会腐蚀催化剂，堵塞催化剂内部的空隙。

1.2.2 声波吹灰器的缺点

相比蒸汽吹灰器，声波吹灰器虽然有很多优点，但也有以下缺陷。

1) 声波吹灰器不是对所有种类的积灰都有明显效果，往往对干松灰的清除效果最明显。声波吹灰的能量不大，对积灰的冲击力量很小，因此对和受热面结合紧密的灰垢以及粘结性积灰的脱出效果非常差。

正是考虑到这方面原因，需要增大声波吹灰的频率，以减少在催化剂表面积累较厚的灰尘。在SCR系统内的高温区域，由于高温使得灰尘变成了熔融状态，粘结性较强，声波吹灰效果也较差。总体来说，声波除灰的强度要明显弱于蒸汽除灰。

2) 声波吹灰过程中有可能引起电厂其他设备产生共振。目前，电厂所采用的声波吹灰系统中产生声波通常为次声波以及低频声波。低频声波的频率多为100Hz左右，而电厂设备的频率不在此范围内，在此频率下声波不会引起电厂设备的共振。声波能量正比于声波频率，为了产生更强的声波，提高除灰的效果，有必要采用频率低于20Hz的次声波吹灰器。在该频率范围内，有可能引起电厂设备的共振，有必要采取措施避免共振而引起电厂设备的损坏。

1.3 声波吹灰器的结构与安装

进行声波吹灰器的安装时，要根据除灰需求和烟气参数进行计算以求得所需吹灰器的技术参数和安装数量。吹灰器按照催化剂的分层也进行分层布置。采用合理的布置方式能够提高声波吹灰器的吹灰效率，使得声波传播范围更广，尽可能达到SCR系统内每个角落和空间。

2 结论

本文对声波吹灰器的工作原理进行了说明，即采用压缩空气作为动力介质，将压缩空气通入声波发声器以产生声波，同时对声波的频率进行调节，实现控制吹灰器工作周期的目的；声波周期性的作用于催化器表面灰尘，使得灰尘脱离催化剂表最终实现除灰目的。

相比于蒸汽吹灰器，声波吹灰器有下述优点：除灰效率高、较高的经济性、对人体副作用小、安装操作简便，对催化剂不会产生磨损，提高了催化剂使用效率等。

参考文献

[1]邵春宇, 吴凤玲, 江辉, 等.不同吹灰器在SCR脱硝系统中的特性比较及实例应用[J].能源与环境, 2014 (5) : 79-80.

[2]谭青, 冯雅晨.我国烟气脱硝行业现状与前景及SCR脱硝催化剂的研究进展[J].化工进展, 2011 (S1) : 709-713.

[3]田静, 阎贵富.声波除灰技术的应用研究[J].声学学报, 1997 (5) : 469-473. (李冰浪 朱志辉)

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/107617.html>