

湿式氨法烟气脱硫中气溶胶形成分析

李 博 (国能榆林化工有限公司, 陕西 榆林 719000)

摘 要: 气溶胶的形成是湿式氨法烟气脱硫过程存在的主要问题, 本文围绕湿式氨法烟气脱硫中气溶胶形成开展研究, 先对湿式氨法烟气脱硫加以概述, 然后对其实验操作和气溶胶形成进行具体研究。

关键词: 湿式氨法; 烟气脱硫; 气溶胶

Abstract: the formation of aerosol is the main problem in the wet ammonia flue gas desulfurization process. In this paper, the formation of aerosol in wet ammonia flue gas desulfurization is studied. Firstly, the wet ammonia flue gas desulfurization is summarized, and then the experimental operation and aerosol formation are specifically studied.

Key words: wet ammonia process; Flue gas desulfurization; aerosol

0 引言

现代社会发展期间, 对于生态环境保护理念的深化以及污染物质治理等方面问题非常关注, 煤炭燃烧期间会产生大量的二氧化硫气体和可吸入的颗粒物, 会对大气环境造成严重的污染, 因而会应用湿式氨法烟气脱硫, 而在脱硫的过程中气溶胶的形成对脱硫的效果有直接影响^[1]。湿式氨法烟气脱硫中, 气溶胶的形成会受到多样化因素的影响, 在脱硫工艺运行的过程中, 液氨与烟气当中的二氧化硫物质发生反应, 从而生成气溶胶, 气溶胶物质当中包含硫酸铵、亚硫酸铵以及亚硫酸氢铵等物质, 在湿式氨法烟气脱硫之后无法将气溶胶进行完全的消除, 实际脱硫工艺过程中气溶胶形成的状态具有一定的规律性, 需要采取有效措施对气溶胶形成进行管控, 因而对其形成进行研究具有必要性。

1 湿式氨法烟气脱硫的基本概述

煤炭燃烧产生的二氧化硫气体和可吸入颗粒物都是大气污染物质的主要组成, 湿式氨法烟气脱硫工艺的应用能够将烟气当中的颗粒物质和具有污染和有害性质的物质进行脱除, 因而该工艺得到了广泛的应用^[2]。在实践应用湿式氨法烟气脱硫系统期间, 能够对比较大的颗粒进行完全脱除, 对于比较细小的颗粒脱除的效果相对比较低。脱硫的过程中, 气溶胶比较容易形成, 并且形成的量比较多, 在脱硫处理完成之后, 会直接伴随着烟气直接排入到大气环境当中。

2 湿式氨法烟气脱硫实验操作

通过湿式氨法烟气脱硫系统运行实验, 来对脱硫过程的实际动态运行情况进行掌握, 湿式氨法烟气脱硫系统当中包含自动燃煤锅炉、脱硫塔装置, 并且为了精确的掌握脱硫运行实际过程信息, 在系统结构中设置相应的测试控制装置^[3]。在常规状态下, 将脱硫运行期间的额定烟气量设置为 $560000\text{m}^3/\text{h}$, 将烟气放入, 利用分离器将粒径规格超过 $10\mu\text{m}$ 的颗粒物质进行去除, 全部去除之后将烟气流入脱硫塔装置当中。应用脱硫塔, 塔体直径为 11m , 高度为 52m , 在塔内加装一层水洗段除雾器, 通过脱硫塔装置将烟气当中的硫进行消除, 然后利用水吸收、水洗段中有的填料成, 来将颗粒物除去。在

整体脱硫系统结构当中, 应用电称低压冲击器对粒径比较细的颗粒物质浓度进行实时监测, 针对烟气当中二氧化硫物质的浓度利用烟气分析仪进行测试, 对于颗粒形貌和元素组分的分析, 需要进行取样, 应用冲击盘上的聚碳酸酯膜来收集分析样品, 然后利用专业的显微镜对样品进行观察与分析, 而颗粒物相的组成物质, 应用射线衍射仪实施分析。

3 湿式氨法烟气脱硫中气溶胶形成分析

3.1 细颗粒特征的变化分析

在湿式氨法烟气脱硫当中, 可以应用水 (H_2O), 在脱硫塔的出口位置, 排出的烟气当中细颗粒的数量浓度, 在时间的推移下会产生相应的变化, 在脱硫实验当中烟气当中的二氧化硫的浓度值为 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$, 当烟气从入口进入脱硫塔装置时, 温度值为 140°C , 液体与气体的比例恒定为 $4\text{L} \cdot \text{m}^{-3}$ 。以此确定实验条件之后, 常规情况下脱硫塔出口排出的烟气温度水平是在 45 度到 50 度之间, 而脱硫塔内部的温度基本是在 50 度以上且 60 度以下的状态^[4]。

当不对脱硫塔增加任何操作时, 细颗粒的浓度情况为 6.8×10^6 个 $\cdot \text{cm}^{-3}$, 在运行 150 秒之后对脱硫塔设置操作行为, 应用水作为脱硫洗涤剂。在这种情况下, 细颗粒的浓度水平有下降的行为出现, 当将脱硫塔的操作进行停止之后, 颗粒的浓度恢复到了最初的状态。通过以上情况的对比, 可以发现在湿式氨法烟气脱硫工艺运行当中, 存在气溶胶颗粒形成的现象, 这是颗粒浓度出现上升的主要原因, 在相同实验阶段当中颗粒含量浓度的波动偏差能够控制在 3% 以内, 稳定性和重复性比较优良。

经过试验分析, 产生的颗粒类型为亚微米级颗粒, 应用水溶液作为洗涤液时, 颗粒的浓度会下降, 分级脱除的效率基本维持在 20% 水平, 粒径分布变化不具备明显性。因而氨法脱硫运行当中明显有颗粒物产生, 生成的颗粒粒径大于 $0.07\mu\text{m}$ 且小于 $0.7\mu\text{m}$ 。在系统的进口与脱硫完成之后, 颗粒物的形貌特征可见图 1 所示。

从图 1 可以明确, 在初始的烟气结构当中, 细颗粒的形状基本都是球形, 并且都处于比较均匀的状态, 颗

粒当中的包含钙、氧、硅、铝等主要物质,占比在 75% 以上,其余还包括钠、镁等次要物质。经过脱硫处理之后,细颗粒的形态有明显的改变,颗粒的表面呈光滑状,为晶体结构,形体有立方体、棱柱体等类型,导致这一变化的生成,是由于在没有进行脱硫洗涤时,烟气中细颗粒是燃烧飞灰物质,然后经过汽化与凝结、破碎等反应操作最终生成新颗粒物质。 NH_3 脱硫期间经过气相反应能够产生晶体颗粒,盐液滴蒸发也会析出固体状的晶粒物质,综合作用下使颗粒物质产生明显的变化。并且应用液氨作为脱硫洗涤剂,硫含量会大幅度提高,铝和硅的含量会非常微少,颗粒的主要组成元素为氧、硫等,具体的元素组成能谱分析结果如表 1。

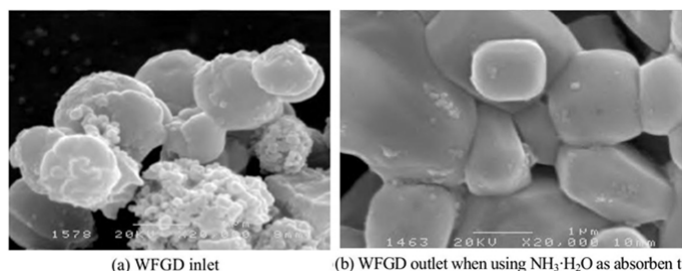


图 1 湿式氨法烟气脱硫系统进出口颗粒的 SEM 图像

3.2 气溶胶颗粒的形成分析

在液氨脱硫的过程中,氨水物质比较容易产生挥发反应,液氨物质就会与烟气当中的二氧化硫产生气相反应,生成硫酸铵、亚硫酸铵以及亚硫酸氢铵这几种物质。在气相反应期间水还具备催化功能,合成物硫酸铵、亚硫酸铵在达到相应分压水平之后,就会通过核化凝结形成固态气溶胶颗粒。气溶胶颗粒的组成主要决定于 SO_2/NH_3 比值、温度以及烟气 O_2 与 H_2O 含量。此外,液氨吸收烟气中 SO_2 生成的含 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NH_4HSO_3 等产物的部分脱硫液会由于高温烟气的蒸发作用,析出固体晶粒,也能加剧气溶胶微粒的形成^[5]。

3.3 气溶胶形成的影响因素

气溶胶的形可以通过液氨挥发与烟气的二氧化硫进行气相反应而生成气溶胶颗粒,挥发的氨气浓度与气溶胶颗粒的含量之间是成正比例变化的关系。气溶胶还可以通过液氨吸收烟气二氧化硫后经过脱硫液滴与高温环境,通过蒸发析出晶粒,形成气溶胶颗粒,气溶胶颗粒含量与烟气和液氨脱硫液的温度有直接的关联,并且液氨脱硫液的温度影响效果更加显著,温度越高的情况下,

气溶胶的形成数量也就越多。

3.4 气溶胶排放量降低的建议

根据气溶胶形成的特点,可以通过对湿式氨法烟气脱硫工艺运行的条件进行合理的调整,来控制气溶胶生成量,比如可以应用运行温度比较低的脱硫液,这种护理方法会对气相反应和液相脱硫的实际效果产生一定的影响,因而在依据温度选择脱硫液时,还需要从气溶胶和脱硫反应两个角度综合分析,找到适中的解决办法。还可以针对气溶胶进行脱除处理,通过物理化学反应机理,让气溶胶细颗粒转换成大颗粒,然后进行脱除处理。比如应用蒸汽相变反应机理,在脱硫塔进口烟气或脱硫净化高湿烟气中添加适量蒸汽建立蒸汽相变所需的过饱和水汽环境促进细颗粒凝结,最终生成大粒径的颗粒结构,之后应用脱硫液和除雾器就能够将其进行除去^[6]。另外,根据本人实践经验,针对氨逃逸和气溶胶可以通过加装一层水洗段除雾器对颗粒物进行去除。

4 结束语

湿式氨法烟气脱硫工艺,脱硫的速度比较快,脱硫之后的副产物能够进行回收再利用,在燃煤企业当中应用非常广泛,发挥着重要的作用。关于湿式氨法烟气脱硫的应用人们更多的是对脱硫性能进行关注,对于气溶胶的形成与排放的重视度还相对较弱,气溶胶排放对大气环境有不良影响,必须要根据其形成特征,采取有效措施降低排放量。

参考文献:

- [1] 袁平华. 220t/h 锅炉烟气氨法脱硫特点及存在问题 [J]. 氮肥与合成气, 2021, 49(06): 14-19+23.
- [2] 马学峰. 湿式氨法烟气脱硫联合臭氧氧化实现同时脱硫脱硝的反应机理及应用 [J]. 中国设备工程, 2021(02): 81-82.
- [3] 王维平, 陈瑜, 张贺. 火电厂烟气脱硫脱硝技术与节能环保措施 [J]. 广东化工, 2021, 48(11): 300-301.
- [4] 尤小会. 湿式氨法烟气脱硫工艺优化设计研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2017.
- [5] 刘超, 王勇. 湿式氨法脱硫技术在煤粉锅炉烟气脱硫中的应用 [J]. 化工设计通讯, 2016, 42(06): 8.
- [6] 潘建, 廖金能, 朱德庆, 周仙霖, 于鸿宾, 阮志勇. 烧结烟气湿式氨法同时脱硫脱硝实验研究 [J]. 环境工程, 2015, 33(07): 96-100.

表 1 进出口细颗粒部分元素组成 /%(wt)

元素组成成分	O	Na	Al	Si	Ca	Mg	S	K	Fe
氨水洗涤前	39.56	2.38	15.9	15.01	7.14	0.91	6.91	0.83	5.14
氨水洗涤后	42.55	6.11	1.12	1.18	0	0.86	46.64	1.02	0