

## 燃煤电厂烟气脱硫脱硝一体化技术发展趋势

钱旦

上海申欣环保实业有限公司, 上海 200233

DOI:10.33142/ec.v2i2.195

[摘要]燃煤中排放的硫化物及氮氧化物是造成大气污染的主要成分之一,经济且有效地控制燃煤电厂排放的SO<sub>2</sub>与NO<sub>x</sub>。本文分析了中国现今的脱硫脱硝技术并着重介绍了几种燃煤电厂烟气脱硫脱硝一体化技术,分析它们的特点及存在的问题。指出具有应用前景的脱硫脱硝技术并给出建议。

[关键词]烟气; 脱硫脱硝

## Development Trend of Integrated Technology of Flue Gas Desulfurization and Denitrification in Coal-fired Power Plant

QIAN Dan

Shanghai Shenxin Environmental Protection Industry Co., Ltd., Shanghai, China 200233

**Abstract:** Sulfides and nitrogen oxides emitted from coal-fired plants are one of the major components of air pollution, and the emission of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> from coal-fired power plants can be controlled economically and effectively. In this paper, the present desulfurization and denitrification technologies in China are analyzed, and several integrated technologies of flue gas desulfurization and denitrification in coal-fired power plants are emphatically introduced, and their characteristics and existing problems are analyzed. The application prospect of desulfurization and denitrification technology is pointed out and some suggestions are given.

**Keywords:** Flue gas; Desulfurization and denitrification

### 1 脱硫脱硝一体化技术

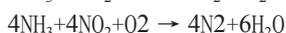
燃煤电厂烟气中的主要成分为SO<sub>2</sub>以及NO<sub>x</sub>,这两种物质都是属于酸性污染物,而也正是两者的污染性质都是相同的,才使它们具有了同时脱除的可能性。就目前而言,全球的脱硫脱硝一体化技术得到了非常迅速的发展,且技术种类也在不断增多,据统计显示,已经有七十多种脱硫脱硝一体化技术,不过,被广泛应用的技术却并不是很多,其中应用最为广泛的就是CuO吸附法、脉冲电晕法以及炭基催化法。

#### 1.1 CuO吸附法法脱硫脱硝技术

##### 1.1.1 脱硫脱硝原理

CuO吸附法主要是利用以CuO-SiO<sub>2</sub>和CuO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为主的吸附剂进行SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>的脱除。CuO在一定的温度(300℃-500℃)下可以与烟气中的SO<sub>2</sub>反应生成CuSO<sub>4</sub>:  $2CuO+2SO_2+O_2 \rightarrow 2CuSO_4$

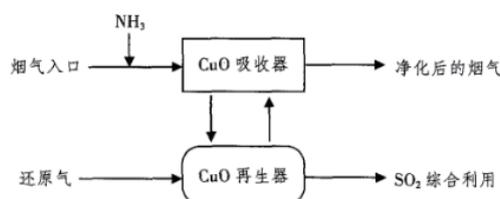
而生成的CuSO<sub>4</sub>和CuO是活性很高的催化剂,在通入NH<sub>3</sub>的情况下可以以SCR法催化还原NO<sub>x</sub>:



对于吸收饱和的CuSO<sub>4</sub>可以进行还原,再生成CuO重新利用副产物SO<sub>2</sub>可进行制酸。

##### 1.1.2 工艺流程

下图为CuO吸附法的主要工艺流程。燃煤电厂所产生的烟气被吸入到吸收器之前,首先在烟气中融入一些NH<sub>3</sub>,当烟气被吸入到吸收器之后,烟气中的NH<sub>3</sub>以及酸性污染物成分会产生一定的化学反应,从而实现烟气的脱硫脱硝,经处理之后的烟气,会成为原生态无害气体。



### 1.1.3 技术特点

通过对这一脱硫脱硝方法的应用，能够使烟气的脱硫率超过 90%，且能使烟气脱硝率超过 75%，相较于普通的脱硫脱硝方法，该方法的有效性更高。同时，在实际应用过程中，还能有效提高烟气除尘率，不会产生大量的废渣以及污染物，能够有效避免二次污染现象的发生，经过处理后的烟气可以直接排放到空气中，不会对环境造成污染。

### 1.1.4 存在的问题

该方法也有着诸多的不足之处，比如吸附剂的稳定性较低，在实际使用过程中，往往会出现 CuO 活性的下降以及消失，严重影响烟气脱硫脱硝处理效果。同时，该技术的应用成本也比较高，需要大量的成本投入。

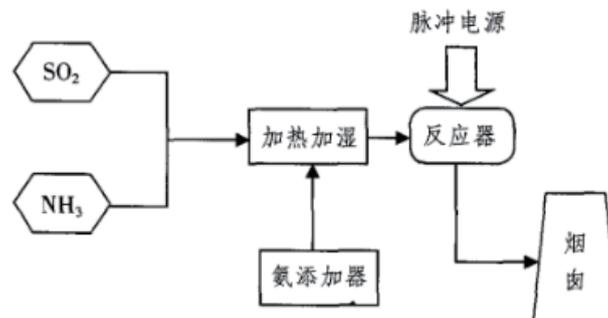
## 1.2 脉冲电晕法 脱硫脱硝技术

### 1.2.1 脱硫脱硝原理

脉冲电晕法的主要原理就是采用高压电源来进行电晕放电，使其替代代价较高的电子加速器来生产高能电子。它的反应机理为：采用交直流来将电源放到放电机上，对其产生高压脉冲电晕放电，从而使燃煤电厂烟气中的分子获得巨大能量，使正常分子与有害分子分离开来，从而实现烟气的脱硫脱硝，降低烟气的污染性，防止其给周边环境带来污染。

### 1.2.2 工艺流程

下图为脉冲电晕法的系统工艺流程，烟气在吸入到反应器之前，会对其进行加热加湿处理，然后在进入到反应器中，氧化 SO<sub>2</sub> 与 NO 会与反应器中的水蒸气产生反应，从而有效清除烟中的污染物成分。



### 1.2.3 技术特点

脉冲电晕法是由传统的电子束照射法发展出来的，不过，其在应用过程中，不需要采用电子加速器，这样也就有效避免了电子枪寿命以及 X 射线问题。通过对该技术的应用，不仅能够有效脱硫脱硝，还具有非常强的除尘能力。

### 1.2.4 存在的问题

该技术并没经过深入的研究与试验，添加剂和脉冲电晕放电对 SO<sub>2</sub> 以及 NO 的作用并不是特别明确，同时，所产生的副产品都是以细微粒子的形式存在的，很难对其进行收集。此外，该技术的应用成本也比较高，在实际应用的时候，会出现大量的能源消耗。

## 1.3 炭基催化脱硫脱硝法

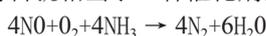
### 1.3.1 脱硫脱硝原理

炭基催化脱硫脱硝法在实际应用的过程中，需要使用到大量的炭基材料，最为常用的炭基材料主要有以下几种：活性炭、活性焦以及活性炭纤维等，这些炭基材料都具有着孔隙丰富、表面面积大以及吸附能力强等特点。通过对炭基材料的应用，可以实现有效的脱硫脱硝。该方法的反应机理为：

(1) 脱硫，由于炭基材料具有着较强的吸附能力，所以，SO<sub>2</sub> 会被吸附到炭基材料表面。吸附形式主要有两种，一种是物理式吸附，另一种则是化学式吸附。如果烟气中没有氧以及水蒸气的话，那么只会出现物理式吸附，吸附量就会特别小，反之，如果烟气中存在大量的 O<sub>2</sub> 以及水蒸气的话，那么将会使物理式吸附、化学式吸附共同出现，吸附量则会大大增加。烟气中所存在的 O<sub>2</sub> 会把 SO<sub>2</sub> 转化为 SO<sub>3</sub>，并形成 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>：

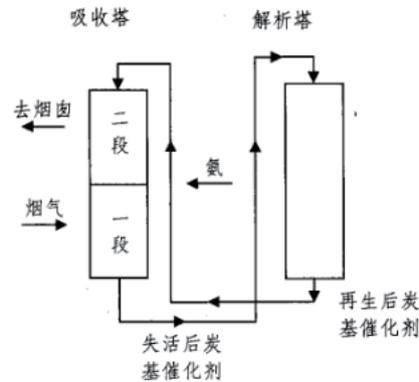


(2) 脱硝。当炭基材料的温度到达 90 度以上 250 度以下时，那么炭基材料会将 NO 转化为 N 以及水，这时候的炭基材料就相当于一种催化剂，能有效实现脱硝：



### 1.3.2 工艺流程

下图为炭基催化法的系统工艺流程。烟气在进入吸收塔之前，先进入冷却系统中进行冷化处理，然后再进入到吸收塔中并向上运动。在经过吸收塔的处理后，烟气中的 SO<sub>2</sub> 成分会被转化为 SO<sub>3</sub>，同时，会形成硫酸气溶胶，并吸附在活性炭空隙中。在处理过程中，需要加入一定的 NH<sub>3</sub>，从而清除烟气中的 NO 成分。活性炭在进入解吸塔之后，会在 400 度左右的时候进行再生，并形成一定量的 SO<sub>2</sub> 气体，这些 SO<sub>2</sub> 气体经过加工之后，可以转化为液态 SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>SO 以及单质 S，可以实现回收利用，从而有效降低燃煤电厂烟气脱硫脱硝处理成本。



### 1.3.3 技术特点

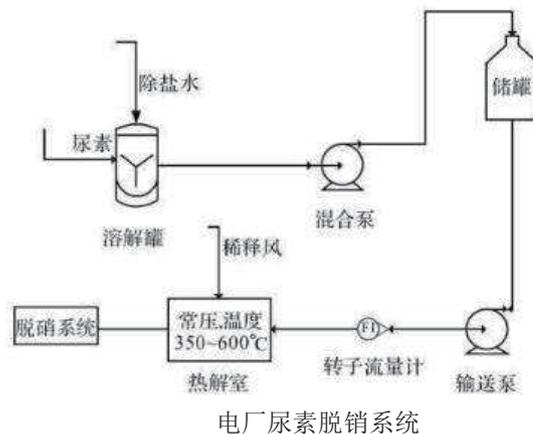
炭基催化法是一种再生工艺法，在燃煤电厂烟气处理中，通过对这一处理方法的应用，不仅能有效实现脱硫脱硝，还能回收烟气中的S。就目前而言，我国很多硫磺都是从国外进口而来的，国内的硫磺产量满足不了实际需求，所以说，炭基催化法的副产物是具有很大的经济价值的。同时该方法还拥有着操作方便、工艺简单等特点，在实际使用的时候，不需要对烟气进行什么特别的处理。此外，在烟气处理中应用该方法，还能有效清除烟气中的重金属污染物，能有效防止二次污染问题的发生。

### 1.3.4 存在的问题

炭基催化法的主要特点就是富集SO<sub>2</sub>，在进行烟气处理的时候，需要使用大量的炭基材料，而这些炭基材料的采购成本都是非常高的，这就大大增加了烟气处理成本。同时，吸收塔中的喷射氨会大大增加活性炭以及活性焦的吸附力，进而引发塔内气流不稳定现象。

## 2 尿素脱硝工艺流程

固体尿素在厂房内储存，在溶解罐内配置浓度为40%的尿素溶液，配置好的尿素溶液由输送泵打入存储罐中，然后经加压泵加压后通过管道输送到喷枪的喷头内，经过喷头雾化后直接喷入锅炉内。根据锅炉的实际情况，在锅炉内烟气温度为850~1000℃范围段处且气流喷腾剧烈的地方安装喷枪。烟气温度低于800℃，脱硝效率低，高于1200℃，还原剂反被氧化为NO<sub>x</sub>；锅炉内喷腾剧烈，有利于还原剂和NO<sub>x</sub>混合均匀。同时为了保证还原剂的还原效果，喷头的还原剂浓度和喷入量可进行自动和手动调节。



### 2.1 尿素溶液制备系统

尿素溶液配置系统由溶解罐、搅拌器、盘管加热器、输送泵模块以及溶解罐上的液位计和温度计等构成，在溶解罐进行40%尿素溶液配置，是整个系统的第一步。固体尿素运来后放于厂房内存储，现场工人根据所需喷洒尿素溶液浓度进行尿素溶液配制，配置好的溶液，经输送泵送入尿素溶液存储罐储存。溶解罐中设有相应的温度，压力传感器等检测设备，对溶解罐进行实时数据监测，确保设备正常运转。

### 2.2 尿素溶液存储系统

该系统主要由尿素溶液存储罐、加热器、液位计和温度计、以及相应的管路阀门等。溶液配置好后，存放在存储罐中，存储罐中的尿素溶液可供系统使用7天左右。

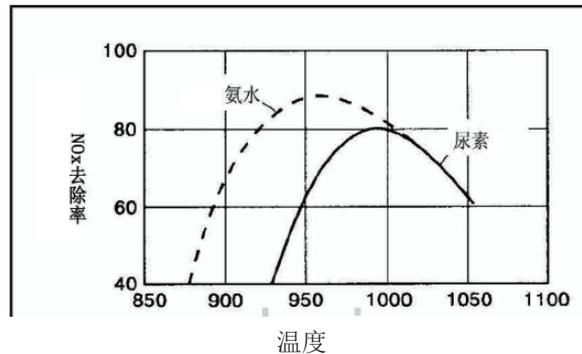
### 2.3 加压和冲洗系统

该部分主要由加压泵站、冲洗模块、测量仪表和相应的管路阀等组成。加压泵站对尿素溶液进行过滤加压，并输送至喷射系统。泵站设有两台多级泵，一备一用，定时换泵，延长水泵使用寿命。冲洗模块在系统停用时，对管路进行冲洗，防止残留在管路中的尿素溶液低温结晶，堵塞管路。保证设备使用安全及延长设备使用寿命。水泵采用中国驰名商标，保质保量，主要部件采用不锈钢制作，防腐，耐磨，寿命长，保证系统正常稳定的运行。

### 2.4 溶液喷射系统

溶液喷射雾化系统是整个系统的关键部分。SNCR 喷枪材质为特种耐高温不锈钢，还原剂通过喷枪前端的雾化喷嘴雾化，形成 70um 左右的小颗粒，喷入锅炉，与 NO<sub>x</sub> 发生还原反应。喷枪用软管与尿素溶液和压缩空气管路连接，在锅炉外壁 360 度均匀布置，全方位对 NO<sub>x</sub> 进行捕捉，保证脱硝效率。

### 2.5 氨水尿素的最佳反应温度



### 3 结束语

现如今，我国对于炭基催化脱硫脱硝法的应用还不够成熟，仍然处于实验阶段，为了使该方法的应用效果得到有效提高，并使燃煤电厂的经济效益得到进一步提高，需要加强对活性焦的活化以及改进方法的研究，开发出高质量、经济性高的活性焦。同时，在烟气脱硫脱硝中，还需要加强对副产物的利用，这样能够有效降低系统的运行成本，从而给燃煤电厂带来非常可观的经济效益以及社会效益。此外，还应当加强对脱硫脱硝设备的升级与创新，在实际工作中，不仅需要老旧的脱硫脱硝设备进行改进与升级，还需要加强对脱硫脱硝一体化设备机组的研究，尽早的实现脱硫脱硝一体化，从而使燃煤电厂的工业化水平得到进一步提高。

技术方法	添加剂	脱硫率 %	脱硝率 %	副产品	技术评价
CuO 吸附法	NH <sub>3</sub>	90	75	液态 SO <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、单质 S	高温下脱除率高、无二次污染、吸附剂成本高且稳定性差
脉冲电晕法	NH <sub>3</sub>	95	85	硫硝氨复合盐	效率高、无二次污染、技术不成熟、能耗高
活性炭法	活性炭	90	85	液态 SO <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、单质 S	运行费用低、无需水、无二次污染活性炭成本高

主要脱硫脱硝一体化技术表

#### [参考文献]

- [1] 巩梦丹, 尹华强. 燃煤电厂锅炉烟气脱硫脱硝技术及展望[J]. 热电技术, 2013(2): 1-4.  
 [2] 王洪. 脱硫脱硝协同技术的应用与发展[J]. 电站系统工程, 2013, 29(3): 80-81.