**烟气中氮氧化物和硫氧化物的处理**

**英才实验学院 张志豪**

**指导老师：薛卫东**

**摘要：**本文简要介绍了几种常见的烟气脱硫以及烟气脱氮技术，并简要地分析了每种技术的优点以及不足

**关键词：**烟气脱硫；烟气脱氮；废气治理

**一、前言**

随着工业的不断发展，工业污染已经成为一个世界性的话题。工业生产过程中，通常会产生三废——废水、废渣和废气。近几年来，空气污染越来越严重，在部分地区已经影响到了人们的正常生活，重视生活质量的人们越来越关注空气的质量，国家也越来越重视对于废气的治理。工业生产中的废气主要由硫氧化物SOX和氮氧化物NOX构成，他们也是主要的大气污染物，二氧化硫的主要来源是金属冶炼工业（如铁、铜等）和能源工业（如煤、石油和天然气等），而氮氧化物主要来自化石燃料电镀等工业废气。氮氧化物和硫氧化物中的和以及和能对人体有一定的毒性、可以损害植物、形成酸雨酸雾等，并与碳氢化合物产生光化学烟雾，对臭氧层造成破坏。如何尽快处理这些废气是一个亟待解决的问题。

本文在已有资料的基础上，综述了现在工业上已有的一些烟气脱硫脱氮的方法。

**二、烟气脱硫技术**

**1.石灰石-石膏法**

工艺过程中的化学反应可简述如下:吸收塔分为一个洗涤器和一个起氧化作用的循环槽。用石灰石作吸收剂,S02在洗涤器中转化,其总的反应式如下:

**CaCO3+2S02+H2O=Ca(HSO3)2+CO2。(l)**

含CaCO3的悬浮液与从塔下部进入的烟气接触,烟气中的S02被吸收,生成Ca(HSO3)2,然后通过鼓入的空气使Ca(HSO3)2氧化成CaSO4,结晶生成石膏:

**Ca(HSO3)2+02+CaCO3+3H2O=2CaSO4·2H2O+CO2。(2)**

当浆液中的石膏达到一定的过饱和度时,抽出一部分浆液送往石膏处理站,制成工业石膏。同时向循环槽中加入新鲜浆液,以保持吸收剂浆液的pH值。

石灰石-石膏法其主要优点是:脱硫效率高,适应煤种广,吸收剂的利用率高,设备运的转率高,脱硫剂CaCO3来源丰富而廉价，在脱除了烟气中的SO2的同时又得到了有用的副产品石膏,实现了烟气中硫的资源化。它也存在着一些的缺点:投资费用较高,运行费用也比较高,同时设备占地面积大,管理操作相对复杂,长时间使用后腐蚀以及结垢现象较为严重,废水较难处理等。

**2.氨法**

氨法脱硫是基于碱性脱硫剂(氨或者氨水)与酸性S02发生化学反应形成(NH4)2SO4的过程。主要包括2个基本的化学反应过程:①吸收:SO2被吸收形成亚硫酸铵;②氧化:亚硫酸铵被氧化成硫酸铵。吸收反应：

**(NH4)2SO3+ SO2+ H2O→NH4HSO3**

**NH4HSO3+NH3→(NH4)2SO3**

氨法脱硫具有以下优点:反应具有强动力;烟气条件适应性强;脱硫副产物有较大应用市场、附加值高;无废水、废渣与CO2的排放;投资较小。

氨法脱硫对含各种质量分数的硫的煤均能适应，尤其适合于高硫煤的脱硫。若采用氨法，尤其是采用废氨水作为脱硫吸收剂时，由于副产物硫酸铵价值较高，煤中硫的质量分数越高，副产物硫酸铵的产量越大，得到的经济价值也越高。同时在生产过程中不会有废水、废渣的产生，无二次污染，而且使用的高硫煤也可以降低企业的投入成本。氨法是气液反应，反应速度较快，SO2的吸收率很高，有较高的脱硫效率，同时系统较为简单、设备体积小、能耗也小。缺点主要有吸收剂氨水的价格高,如果销售副产品的收入不能在一定程度上抵消吸收剂费用,则不可以应用氨法。

**3. 双碱法**

双碱法种类比较多,有钠钙双碱法、碱性硫酸铝法等,最常用的双碱法是钠钙双碱法.它采用纯碱吸收SO2,吸收液，再利用石灰进行再生,生成亚硫酸钙和硫酸钙的少量沉淀物,再生后将溶液送回至吸收器,进行循环使用.循环吸收过程中发生的反应如下:

**(1)**

**(2)**

**(3)**

其中式(1)是启动阶段纯碱溶液吸收SO2反应方程;式(2)是运行过程的主要反应式;式(3)是再生液pH较高时的主要反应式。

(2)再生反应

****

****

式(4)为再生反应的主要反应式;式(5)为再生液处于高pH值时的再生反应.

(3)氧化反应吸收液中还含有Na2SO4,系吸收液中的Na2SO3被烟气中的O2氧化所生成,反应式如下:

**2Na2SO3+O22Na2SO4(6)**

将再生过程生成的亚硫酸钙(CaSO3·12H2O)氧化,可制成石膏(CaSO4·2H2O),反应式如下:

**CaSO3·H2O+O2+H2OCaSO4·2H2O**

与石灰石-石膏法相比,双碱法具有以下优点:(1)脱硫渣在反应池中而不在塔内生成,减少了结垢机会;(2)钠基清液吸收SO2速率快.可用小液气比达到高脱硫率;(3)对脱硫与除尘一体化的技术而言,可以避免尚未反应完的石灰颗粒混在沉灰池的灰渣中,从而提高石灰的利用率。而它的缺点是增设了一道工序,增加了建设的投资。

**三、烟气脱硝技术**

**1，选择性催化还原法(SCR法)**

有多种还原剂NH3、H2与CO等可将NOx还原成N2其中NH3可以按下式选择性地和NOx反应



通过选用合适的催化剂:上述反应可以在200℃~450℃的温度范围内有效地进行;/的条件下:可以达到80%以上的脱硝率，在反应过程中，由于可以有选择性地与NOx反应生成和，而不是被氧化:因此反应被称为“选择性催化还原法”。

选择性催化还原法具有净化率较高,工艺设备紧凑,运行稳定可靠,氮气放空,不产生二次污染等有带你,但此法存在投资与运行费用相对较高,消耗氨液,氮氧化物无法回收等缺点。若在联合SCR/VOC催化系统中,气流将首先通过一种氧化催化剂将VOC转化成CO2和H2O。该法的NOX脱除率可高达99.%。

**2.非催化选择性还原性(SNCR法)**

SNCR法脱硝原理选择性非催化还原技术(SNCR)是一种不使用催化剂，在850～1250℃范围内，于烟气中直接还原NOx的工艺．SNCR把还原剂如氨气、氨水、尿素稀溶液等喷入炉膛温度为850～1250℃的区域，还原剂迅速热分解出NH3并与烟气中的NOx进行反应生成N2和H2O．在无催化剂作用下，氨或尿素等氨基还原剂可选择性地还原烟气中的NOx，其中:

（1）氨为还原剂．

**NH3+NOx→N2+H2O**

（2）尿素为还原剂．

**CO(NH2)2→2NH2+CO**

**NH2+NOx→N2+H2O**

**O+NOx→N2+CO2**

（3）高温情况下，氨还会被氧化成NOx．

**NH3+O2→NOx+H2O**

由于反应温度较高,此法要合理控制反应的温度,以免出现氨被氧化成氮氧化物的情况。该方法的净化率约为50%～60%,其特点是无需催化剂,旧设备改造相对少,投资较SCR法小。但是对氨液消耗量较SCR法更多。近年来有关于用尿素代替NH3作为还原剂的研究,该方法可以使操作系统更加安全，更加可靠,而不必担心因NH3的泄漏形成新污染。

**三、烟气脱硫脱氮一体化技术**

**（1）吸附剂吸收技术**

采用浸渍了碳酸钠的γ-Al2O3圆球作为吸附剂同时去除烟气中的氮氯化物和二氧化硫。处理过程包括吸收、再生等步骤。吸收过程反应式为:

Na2CO3+Al2O3→2NaAlO2+CO2

2NaAlO2+H2O→2NaOH+Al2O3

2NaOH+SO2+O2→Na2SO4+H2O

2NaOH+2NO+O2→2NaNO3+H2O

采用天然气,一氧化碳可对吸附剂进行再生,再生反应式如下:

4Na2SO4+CH4→4Na2SO3+CO2+2H2O

4Na2SO3+3CH4→4NO2S+3CO2+6H2O

Al2O3+Na2SO3→2NaAlO2+SO2

Al2O3+Na2S+H2O→2NaAlO2+H2S

此法对烟气中的二氧化硫的净化率高达90%,而对氮氧化物的净化率也可达70%～90%,但此技术需要大量的吸附剂,设备体积庞大,投资、运行动力消耗也大。选用循环流化床的锅炉是控制燃煤锅炉的氮氧化物排放的较为先进技术,循环流化床炉膛的燃烧温度比较低,只有850～950℃,在该温度下产生的氮氧化物非常少,再加上有分极燃烧的,可有效地抑制氮氧化物的生成。同时要在炉膛内加入适量的石灰石固硫,炉膛温度恰好是该脱硫反应的最佳的温度。因此,循环流化床锅炉技术已被公认为是煤炭燃烧技术的重大革新。从环境保护、劣质燃料选用与三废利用等角度去考虑,循环流化床都在经济性与社会效益两个方面具有强劲的生命力。

**四、总结**

为了减少烟气中氮氧化物与硫氧化物的含量，对烟气的净化处理是十分有必要的，目前国内外已经出现超过两百种烟气处理技术，其中一部分已经广泛应用于工业生产之中，为保护环境作出贡献。考察一项烟气处理技术要从成本，脱除率，产物处理，运行费用等多方面进行评价，选用时也要根据具体情况选择合适的方法，例如沿海地区的石灰石运输成本与价格都较低，可以考虑石灰石—石膏法节省成本。目前在烟气处理技术上，国外的相关研究更早也更加深入，适当地引进先进的技术是有必要的，但未来必须掌握其中的关键技术。

工业生产是经济建设与社会发展中必不可少的一环，但在要考虑到对环境的长远影响以及对人们健康的影响，可持续发展才是正确的道路。

**参考文献：**

[1]彭会清,胡海祥,赵根成,田爱堂.烟气中硫氧化物和氮氧化物控制技术综述[J].广西电力,2003(04):64-68.

[2]李守信,于军玲,纪立国,方小宝.石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺原理[J].华北电力大学学报,2002(04):91-94.

[3]蔡震峰.氨法烟气脱硫技术综述[J].现代化工,2012,32(08):9-10.

[4]吴忠标,刘越,谭天恩.双碱法烟气脱硫工艺的研究[J].环境科学学报,2001(05):534-537.

[5]宣小平,姚强,岳长涛, 等.选择性催化还原法脱硝研究进展[J].煤炭转化,2002,25(3):26-31. DOI:10.3969/j.issn.1004-4248.2002.03.006.

[6]马瑞,徐有宁.SNCR法脱硝在循环流化床锅炉中的应用[J].沈阳工程学院学报(自然科学版),2013,9(01):47-49.

[7]钱斌.燃煤锅炉氮氧化物的污染及控制技术综述[J].有色冶金设计与研究,2000(02):41-46.