

# 烧结烟气脱硫脱硝处理技术

王志春

陕钢集团汉中钢铁有限责任公司烧结厂 陕西 汉中 723000

**摘要:**近年来随着经济的快速发展,居民生活水平的提升,慢慢意识到了环境保护必要性,现阶段空气污染需高度重视,不能因经济发展而放弃了生态环境保护。在如今生态环境保护行业,烧结烟气脱硫脱硝一体化则是探索的关键目标,都是生态环境保护行业急需处理技术难题。烧结烟气脱硫脱硝技术以烧结烟气特性为基础,依据技术基本原理,开展烧结烟气技术可行性研究,为推进烧结烟气脱硫脱硝一体化技术的发展提供基础理论,为技术发展提供有效意见与建议。

**关键词:** 烧结烟气; 脱硫脱硝; 处理技术

## 引言

钢铁冶炼期内,烧结加工工艺造成氮氧化物(48%)、二氧化硫(51-62%),所产生的烟气污染水平比较严重,被钢铁行业纳入其生产运营的重要污染物。现阶段,依据生态环境保护相关的法律法规明确规定,一定要对烧结烟气开展系统化烟气脱硫和脱硝处理。据统计,依照2012年制定实施的《钢铁工业大气污染物排放标准烧结(球团)》规范,现在大部分钢铁行业氮氧化物和二氧化硫消耗量超标准。在当前火电厂脱硫脱硝技术日趋完善的条件下,完成烧结烟气脱硫脱硝整治逐渐发展变成当代环保企业的研究方向。

## 1 烧结烟气的特点

### 1.1 烟气体积大且变化幅度大

烧结烟气漏风率过高提升烧结烟气体积,每形成1吨烧结矿资源生约4000~6000m<sup>3</sup>的烟气,因为烧结原材料铺设的不匀和透气性差别等,烟气全面的阻力变化较大,最后烟气体积波动幅度增大,为60%~140%

### 1.2 二氧化硫浓度变化大

受矿石和燃料中硫含量产生的影响,烟气中S的排放浓度变化较大,全进口的矿渣微粉时SO<sub>2</sub>浓度值大约为500~800 mg/Nm<sup>3</sup>,国内精粉率及燃料硫含量高时SO<sub>2</sub>浓度值大约为1000~2000 mg/Nm<sup>3</sup>,在其中3000~5000 mg/Nm<sup>3</sup>。

### 1.3 烟气成分复杂

烟气不但带有SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>和烟气尘,还带有CO<sub>2</sub>、CO、氯化物、氟化物、二噁英、重金属超标等几种气态污染物和细颗粒物,烟气尘浓度高,烧结烟气一般通过电除尘或电袋复合除尘器除尘后进入后续脱硫脱硝系统<sup>[1]</sup>。

### 1.4 烟气温度变化大、含氧量与含湿量高

依据原材料、加工工艺实际操作、季节不一样,一

般在80~180℃,烧结原材料必须放水匀称造粒,因而烟气中含水量高达约10%~13%,漏风率高,因而烟气氧气含量高达约15%~18%。

## 2 烧结烟气污染物来源

### 2.1 SO<sub>2</sub>的来源

烧结原材料硫主要存在于铁矿砂及燃料中,铁矿砂里的硫主要是以硫酸盐和硫氰酸钾形式存在,而燃料里的硫主要是以单质硫和有机硫形式存在。烧结环节中绝大多数单质硫和硫酸盐被氧化成SO<sub>2</sub>,硫酸盐高温下溶解造成SO<sub>2</sub>,都以汽态方式进到烧结烟气中。烧结机头部和尾部风箱烟气含SO<sub>2</sub>浓度高,中间低,头部SO<sub>2</sub>最高值为打火燃料含有一定量的硫含量化学物质,它在燃烧现象中释放出来SO<sub>2</sub>,烧结后半段伴随着原材料层温度的升高,有吸收二氧化硫功效的潮湿带渐渐消失,与此同时原材料层内聚集的硫也全部释放,造成了极高的二氧化硫排放浓度。

### 2.2 NO<sub>x</sub>的来源

烟气中NO<sub>x</sub>的主要来源有两种。一种是热量型,即燃烧空气中氮和氧高温下产生的NO<sub>x</sub>,另一种是燃料型,即燃料里的碳氢化合物通过分解反应和氧化还原反应产生的NO<sub>x</sub>。因为烧结反映温度一般小于1200℃,因此热力型NO<sub>x</sub>的生成量非常少,烧结烟气里的NO<sub>x</sub>大多为燃料型NO<sub>x</sub>,矿渣微粉当中中氮元素,因而烧结烟气里的燃料型NO<sub>x</sub>主要是由少许燃料里的氮和氧反应生成,与电厂烟气对比,烧结烟气中NO<sub>x</sub>含量较低<sup>[2]</sup>。

## 3 烧结烟气脱硫脱硝技术具体应用

### 3.1 SCR脱硝+湿法脱硫技术

选择性催化还原脱硝和脱硫塔技术分脱硝和烟气脱硫2个加工工艺完成。脱硫塔技术在比较早阶段得到广泛应用,也用于烧结机烟气脱硫,选择性催化还原脱硝技

术发展和技术水准就值得高度重视。选择性催化还原脱硝技术,即SCR脱硝技术,因为对于烟气具有很好的脱硝实际效果,在热电厂之中得到了广泛的应用。SCR脱硝技术是选择性催化还原技术中常用的催化剂的技术,使氧化剂二氧化氮和尿素溶液与 $\text{NO}_x$ 可选择性反映,形成 $\text{N}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ,是无毒性零污染的反应物。脱硝催化剂在这个技术中占据重要的地位,催化剂成分、使用期限、结构等可能会影响烟气的脱硝高效率。因为不同类型的催化剂必须选择不同排烟气系统温度,可以使用的温度为依据对催化剂进行筛选,包含持续高温、中柔和、超低温。针对持续高温选择性催化还原技术,常用催化剂的绝佳温度可以达到 $450\sim 600^\circ\text{C}$ ,常压选择性催化还原技术中催化剂温度一般在 $320\sim 450^\circ\text{C}$ 中间,超低温选择性催化还原技术的催化剂温度在 $180\sim 300^\circ\text{C}$ 范围之内。目前市面上所使用的催化剂温度一般在 $320\sim 450^\circ\text{C}$ 范围之内,即中温SCR催化剂。一般来说,烧结烟气的温度在 $120\sim 180^\circ\text{C}$ 范围之内,挑选超低温催化剂,其温度适用范围非常小。超低温SCR催化剂用以烧结烟气脱硝时,务必烧结烟气温度,使烧结烟气温度合乎超低温催化剂的需求,中小型和各类烧结机因为设备烟气产出量大,烟气温度比较难。除此之外,研究发现, $\text{SO}_2$ 危害超低温SCR催化剂的活性,从而会影响其脱硝实际效果,从投资角度观察,超低温催化剂在SCR脱硝中的运用销售市场不是很健全<sup>[3]</sup>。

### 3.2 臭氧法

臭氧法有利用臭氧强化学作用,把不可溶廉价氮氧化物空气氧化成可溶高价位氮氧化物,净化塔里的碱液将消化吸收氮氧化物和二氧化硫,从而完成烟气的烟气脱硝。在实际应用中,臭氧法脱硝率可以达到80%上下。现阶段,一些热电厂通常采用臭氧法,但这一技术并未得到广泛应用。主要因素包含以下几个方面:第一,臭氧法规定 $\text{NO}_x$ 原始浓度值不可以高过 $0.2\text{g}/\text{Nm}^3$ ,当然如果 $\text{NO}_x$ 原始浓度高,排出难易度会非常低;第二,大中型连铸机含烟气量大,也提高了对液氧的需求和具体使用成本;第三,为了确保安全,避免不必要的安全生产事故,液氧的贮存条件非常高;第四,臭氧强氧化还原反应之后形成 $\text{NO}_x$ , $\text{NO}_x$ 会和碱液反映,物质为磷酸盐和亚硝酸钠。据《硝酸工业酸工业污染物排放标准》详细介绍,现在很多公司废水中所含的总氮受到限制在 $0.07\text{g}/\text{L}$ ,必须经过一系列的处理方法才能实现环保标准,因此污水处理量大,难度很大,运作成本比较高<sup>[4]</sup>。

### 3.3 碳酸氢钠干法脱硫

与SCR脱硝技术合用的碳酸氢钠干式脱硫加工工艺

指的是在适度的温度区段( $130\sim 200^\circ\text{C}$ )向排烟气道内喷雾器粒度较细碳酸氢钠粉末状,在排烟气道内及布袋除尘布袋表面,碳酸氢钠与烟气里的 $\text{SO}_2$ 反映,亚硫酸氢钠和盐酸此方法脱硫高效率可以达到90%之上,对烟气中原始 $\text{SO}_2$ 浓度值偏低的情况有良好的脱硫实际效果。脱硫除灰后烟气经热交换器、热风锅炉提温至 $200\sim 220^\circ\text{C}$ ,进到SCR反应釜,在催化机理下再次去除烟气里的 $\text{NO}_x$ ,形成氮气和水分,最后经烟气筒排出来。该方法运行时不用考虑到污水处理难题,与其它脱硫系统对比,干试脱硫设备降低,系统投资成本低,平常运行管理任务量比较少,但是由于连铸机烟气量一般过大,脱硫系统原材料耗费多,使用成本高。

### 3.4 湿法烟气脱硫脱硝一体化技术

湿式吸收既可以有效去除烟气里的氮硫化合物,又可避免金属催化剂活性减少和催化剂中毒等问题的发生,优势多,具备广阔的发展前景。因为湿吸收加工工艺在原理上不尽相同,可划分为不同种类的,主要包含两大类。

#### 3.4.1 氧化吸收法

空气氧化吸收法有根据造就强氧化环境更改煅烧烟气的特性,用碱性物质吸收物质方式。在空气氧化吸收中,最难的是一氧化氮的转化,因而技术的关键在于氧化物的制取。现阶段,双氧水和高锰酸钾溶液等氧化物适用范围较广,在其中双氧水更有优势,不容易造成污染,且在使用过程中无毒性化学物质形成。总而言之,空气氧化吸收法在脱硫烟气脱硝层面效果较好,吸收率超过80%,但是由于此方法费用较高,限制它在具体煅烧烟气审核中的应用范围<sup>[5]</sup>。

#### 3.4.2 还原吸收法

还原吸收法是指通过氧化剂将一氧化氮复原为 $\text{N}_2$ 的办法,尿素是应用率最高的氧化剂,氧化剂最后产生的水溶液能够回收再利用,避免二次污染的产生。实验说明,环境温度、氧化剂浓度值等因素脱硫烟气脱硝率,期间常用水溶液不具备挥发性,且常用设备投资相对性不太高,反映生产原料反映物质运输方便,工艺简单,操作简便,优点明显。

### 3.5 烟气循环流化床

烟气生物质锅炉技术是把固态硫化工艺用以煅烧烟气脱硫烟气脱硝,主要是通过吸收剂吸收烟气里的氮硫化学物质,吸收剂大多为石灰。石灰与烟气反映,吸收这其中的一氧化氮、二氧化硫等成分,与此同时体系里水分流失形成干态脱硫物质。这时应用旋风除尘收集器把它进行下一步处理,从而完成脱硫烟气脱硝。与其它脱硫脱硝装置对比,新式循环流化床具备工程费用小、

使用成本小、系统简易等特点,使用时优势明显,循环系统利用率高,无污水发生,具有很高的实用价值。但烟气生物质锅炉存有不能有效运用反映副产品的缺陷,限制其全面推广。

### 3.6 活性焦脱硫脱硝一体化

焦化厂脱硫脱硝工艺能同时清除烟气里的 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、二恶英、重金属超标等污染物,是一种可资源化再生脱硫技术,通常采用移动床加温再生工艺。活性焦最先吸附清除烟气里的 $\text{SO}_2$ ,然后向烟气中喷雾器 $\text{NH}_3$ 。在活性焦的催化反应下, $\text{NO}_x$ 与 $\text{NH}_3$ 反应生成 $\text{N}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ,吸附饱和状态后活性焦进到再生塔持续高温在生产该办法可以同时清除烟气里的多种污染物质,脱硫烟气脱硝环节中无污水发生,脱硫副产品为盐酸,可资源利用,造成二次废弃物伴随着空气质量标准越来越严,这项技术愈来愈获得重视。本工艺方案繁杂,占地总面积大,项目投资高,运行时活性焦化厂磨损大,消耗高,运行费用高。活性焦也是有易燃性风险,对操作人员的素养要求比较高。因为煅烧烟气含水量远远高于燃煤蒸汽锅炉,烟气中水份先于 $\text{NH}_3$ 和 $\text{NO}_x$ 与活性焦上活性位融合,危害催化反应氧化反应,国内目前投入使用的活性焦法脱硫烟气脱硝一体化工程项目脱硝效率比较低<sup>[6]</sup>。

### 3.7 SDA脱硫+SCR脱硝

与湿式脱硫对比,SAD不会产生脱硫污水,系统不用防锈处理。因为脱硫国际贸易中烟气排出系统温度比较高,促使脱硫反映温度与SCR反应温度的差值减少,减少了GGH换热器的热传导水平。SCR系统打火提温时,必须减少发热量,对应的气耗降低,脱硫塔阻力小,系统能耗低。SDA系统的脱硫高效率受脱硫反应釜内潜在性流量的影响较大,煅烧烟气的风量和温度转变对SDA系统的脱硫高效率比较比较敏感,这就需要SDA脱硫工业设备具有很高的运作精度和比较高的仪表盘可靠性。该工艺脱硫副产物产量大,现在还没有完整的脱硫副产物处理工艺。

### 3.8 低温液相螯合还原脱硫脱硝技术

第一,该技术标准的温度比较低:可以从40摄氏度至180摄氏度范围之内排烟道中组装反映捕捉仓或引入系

统软件,用以后面反映;第二,该技术的设备组装非常简单:假如煅烧企业已经有烟气脱硫洗涤器,只需要在洗涤器里加入专用化学剂,就能同时进行脱硫除尘和去除,不会有设备拆卸和改造等难题,设备占地总面积非常小,也降低了公司的使用成本;第三,该技术具备规范化的设备:脱硝剂传输系统箱模块化设计,自动控制系统的智能化,脱硝剂贮存和引入系统软件规范化。与在线监控的计算机软件联接,完成氮氧化物排放的自动控制系统;第四,该技术不容易造成二次污染:在仪器设备使用中,该技术能够收集消化吸收污水中的 $\text{NO}_x$ ,造成零污染的 $\text{N}_2$ 。就设备所产生的废料来讲,其含有的无毒性废料可以作为水泥助磨剂,也可以卖给建材企业回收再利用,完成了垃圾的回收利用;第五,该技术市场广阔:该技术的烟气脱硫脱硝设备适合于各行各业。

## 4 结束语

总的来说,灵活运用烧结烟气脱硫脱硝处理工艺,可以有效充分发挥煅烧烟气脱硫脱硝的处理效果,对冶炼厂的不断安全运行具备积极的促进作用。因而,相关人员在实践过程中应积极推进更合理的技术,并和有关工业废气规定与标准相一致。

## 参考文献

- [1]吴振山,吕万峰,宋克龙,等.活性炭烟气脱硫脱硝技术在烧结机中的应用调试[J].硫磷设计与粉体工程,2020(4):38-42
- [2]张浩,范威威.烧结烟气脱硫脱硝用活性炭混合钢渣复合材料的光谱学分析[J].光谱学与光谱分析,2020,40(4):1195-1200.
- [3]苗慧源,隋孝利,吴迪,等.河钢承钢烧结烟气治理现状及超低排放改造[J].河北冶金,2019(Suppl 1):141-145.
- [4]宋鑫晶,徐辉.烧结烟气一体化脱硫脱硝工艺应用[J].冶金动力,2020,241(3):70-74.
- [5]胡长庆,张玉柱,张彩霞.烧结过程物质流和能量流分析[J].烧结球团,2020,32(2):16-21.
- [6]樊响,殷旭.烧结烟气脱硫脱硝一体化技术分析[J].矿冶,2020,22(增刊):168-173.