

# Discussion on the Integrated Device Technology of Desulfurization and Denitration for Environmental Protection Machinery Equipment

Xiaoxu Hu

Henan Mechanical Design and Research Institute Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

## Abstract

In this paper, the traditional flue gas desulfurization technology and new desulfurization and denitrification technology, as well as environmental protection machinery and equipment desulfurization, denitrification integration device technology. Wet desulphurization, dry desulphurization and semi-dry desulphurization are commonly used in flue gas desulphurization. Secondly, its principle, process flow, advantages and disadvantages are introduced respectively. The new desulphurization and denitrification techniques include catalyst method, biological method, adsorption method and plasma method. Finally, the equipment structure, process flow, advantages and challenges, as well as its application prospect and development trend are introduced.

## Keywords

environmental protection machinery and equipment; desulfurization; denitration; integrated device; technology

## 浅谈环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置技术

胡小旭

河南省机械设计研究院有限公司, 中国·河南郑州 450000

## 摘要

论文首先介绍了传统烟气脱硫技术和新型脱硫脱硝技术,以及环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置技术。湿法脱硫、干法脱硫以及半干法脱硫是常用的烟气脱硫方法。其次,分别介绍了其原理、工艺流程、优点和缺点。新型脱硫脱硝技术包括催化法、生物法、吸附法和等离子体法。最后,介绍了环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置技术的设备结构、工艺流程、优点和挑战,以及其应用前景和发展趋势。

## 关键词

环保机械设备; 脱硫; 脱硝; 一体化装置; 技术

## 1 引言

近年来,随着工业化进程的加快和环境污染问题的日益严重,环保成为全球关注的焦点。特别是空气污染的问题,已经对我们的生活品质和身体健康产生了深远的影响。硫氧化物与氮氧化物构成了空气污染的重要来源。硫氧化物的主要源头是在燃烧煤炭以及工业制造的过程中形成的氧化物,相反,氮氧化物的主导因素是汽车的尾气以及工业的废弃物。这些污染物在大气中与水蒸气和氧气反应,形成硫酸和硝酸,进而形成酸雨,对环境和生态系统造成严重破坏<sup>[1]</sup>。因此,研究和开发高效的脱硫、脱硝技术成为环保领域的重要课题。

【作者简介】胡小旭(1984-),男,中国河南郑州人,工程师,从事大气污染治理研究。

## 2 环保机械设备传统烟气脱硫技术

### 2.1 湿法脱硫技术

#### 2.1.1 原理及工艺流程

湿法脱硫技术是一种传统的烟气脱硫技术,其原理是通过将烟气与吸收剂接触,这样二氧化硫( $\text{SO}_2$ )就会被吸附剂吸附,生成硫酸盐溶液,以此实现脱硫的效果。其工艺流程一般包括烟气预处理、吸收塔、氧化器、沉淀池和废水处理等步骤。

#### 2.1.2 优点和缺点

①优点:湿法脱硫技术具有较高的脱硫效率,可以达到90%以上的脱硫率;可以适应不同燃料的烟气脱硫,包括煤炭、石油、天然气等;脱硫剂可以循环使用,减少了脱硫剂的消耗和处理成本;可以同时去除烟气中的其他污染物,如颗粒物、重金属等。②缺点:湿法脱硫技术需要大量的水资源,对水资源的消耗较大;脱硫剂的使用和废水处理

会产生一定的环境污染；设备体积较大，占地面积较大；需要对废水进行处理，增加了处理成本和工艺复杂度。

## 2.2 干法脱硫技术

### 2.2.1 原理及工艺流程

干法脱硫技术是一种利用固体吸附剂或化学反应剂直接与烟气中的二氧化硫进行反应，将其转化为固体硫化物的脱硫方法。其原理是通过将固体吸附剂或化学反应剂喷入烟气中，让它们和烟气中的二氧化硫产生化学反应，形成固态硫化物，以此实现脱硫的效果。干法脱硫技术的工艺流程主要包括以下几个步骤：对烟气进行除尘处理，去除颗粒物和粉尘；将固体吸附剂或化学反应剂通过喷射装置喷入烟气中，与二氧化硫发生反应；将反应产物与烟气进行分离，通常采用除尘器进行分离；处理分离出的固体废物，通常采用填埋或焚烧等方式进行处理<sup>[2]</sup>。

### 2.2.2 优点和缺点

①优点：干法脱硫技术适用于各种燃煤设备和燃气设备，具有较好的适应性；干法脱硫技术能够达到较高的脱硫效率，并且能显著减少烟气中的二氧化硫浓度。脱硫干法技术作为一种古老的脱硫手段，其技术已经相当完善，并且被大量使用。②缺点：干法脱硫技术会产生大量的固体废物，需要进行处理和处置，增加了环境负担；干法脱硫技术需要额外的能源供应，增加了能耗成本；干法脱硫技术对设备的要求较高，需要配备专门的喷射装置和除尘器等设备。

## 2.3 半干法脱硫技术

### 2.3.1 原理及工艺流程

半干法脱硫技术是一种将湿法脱硫和干法脱硫相结合的脱硫方法。其原理是通过将烟气与干燥剂接触，使烟气中的SO<sub>2</sub>与干燥剂发生反应生成硫酸盐，并通过除尘设备将固体颗粒物与硫酸盐一同除去。其工艺流程主要包括烟气预处理、干燥剂喷射、反应吸收、除尘和排放等步骤。具体的工艺流程如下：将烟气经过除尘设备进行预处理，去除大部分的颗粒物和粉尘；将干燥剂通过喷射装置喷入烟气中，使其与烟气充分接触；烟气中的SO<sub>2</sub>与干燥剂中的成分发生反应，生成硫酸盐；通过除尘设备将固体颗粒物与硫酸盐一同除去；经过脱硫处理后的烟气达到排放标准，可以安全排放到大气中。

### 2.3.2 优点和缺点

①优点：半干法脱硫技术相比于湿法脱硫技术，具有较低的水耗量，可以节约水资源；干燥剂可以循环使用，减少了对干燥剂的消耗和处理成本；除尘效果好，可以同时去除烟气中的固体颗粒物和硫酸盐。②缺点：半干法脱硫技术相比于湿法脱硫技术，对SO<sub>2</sub>的去除效率较低；干燥剂的喷射和循环需要消耗一定的能量，增加了能耗成本；对干燥剂的选择和处理要求较高，需要考虑其成本和环境影响。

## 3 环保机械设备新型脱硫脱硝技术

### 3.1 脱硫脱硝一体化技术的概念和原理

脱硫脱硝一体化技术是指将脱硫和脱硝两个环保处理过程结合在一起，通过共享的设备和工艺流程来同时去除烟气中的二氧化硫和氮氧化物。该技术的主要原理是利用特定的催化剂、生物菌种、吸附剂或等离子体等物质，将烟气中的二氧化硫和氮氧化物转化为无害的物质或固定在吸附剂上，从而达到减少大气污染物排放的目的。

### 3.2 新型脱硫脱硝技术的分类和特点

新型脱硫脱硝技术的类型如图1所示。



图1 新型脱硫脱硝技术的类型

#### 3.2.1 催化剂法

在新型的脱硫脱硝工艺中，催化剂法主要涵盖了选择性催化还原（SCR）以及选择性非催化还原（SNCR）两种策略。CR方法是通过向烟雾中加入氨水或尿素，借助催化剂，把NO<sub>x</sub>这种氮氧化物变成氮气和水，进一步达到去除硝的效果。一般来说，催化剂会选择金属氧化物，如钒、钨、钼等。SCR反应过程中，由于催化剂的影响，氨水或尿素溶液会与NO<sub>x</sub>进行化学反应，从而产出氮气和水。SCR技术具有高效、可靠、稳定的特点，能够将NO<sub>x</sub>的排放浓度降低到很低的水平。SNCR技术则是直接在燃烧过程中喷射氨水或尿素溶液，利用高温下的非催化反应将NO<sub>x</sub>转化为氮气和水。SNCR技术相对于SCR技术来说，操作简单，投资成本较低，但脱硝效率相对较低。

#### 3.2.2 生物法

新型脱硫脱硝技术中的生物法主要包括生物脱硫和生物脱硝两种方法。生物脱硫利用硫酸还原菌或硫酸氧化菌将烟气中的二氧化硫（SO<sub>2</sub>）转化为硫酸盐，从而实现脱硫。硫酸还原菌能够将SO<sub>2</sub>还原为硫化氢，而硫酸氧化菌则能够将SO<sub>2</sub>氧化为硫酸。这些菌类通常生长在生物反应器中，通过将烟气与菌体接触，使其发挥脱硫作用。生物脱硝则利用硝化菌将烟气中的氮氧化物（NO<sub>x</sub>）转化为硝酸盐，再通过还原菌将其还原为氮气，从而实现脱硝。硝化菌能够将NO<sub>x</sub>氧化为硝酸，而还原菌则能够将硝酸还原为氮气。这些菌类通常生长在生物反应器中，通过将烟气与菌体接触，使其发挥脱硝作用。尽管生物方式在环境友好、节约能源和二次污染方面表现出色，然而它的实际运用仍然存在诸如技术的完善程度和操作的烦琐性等问题<sup>[3]</sup>。

#### 3.2.3 等离子体法

新型脱硫脱硝技术中的等离子体法主要包括等离子体催化氧化法和等离子体非热电子法两种方法。等离子体催化氧化法通过在烟气中产生等离子体，利用等离子体中的活性

氧化物将烟气中的二氧化硫(SO<sub>2</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)氧化为硫酸盐和硝酸盐,从而实现脱硫脱硝。等离子体通常通过高压电场或电子束产生,激发气体中的原子和分子,形成活性氧物质。等离子体非热电子法则是利用等离子体中的非热电子将烟气中的二氧化硫(SO<sub>2</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)还原为硫酸盐和硝酸盐,再通过吸附剂将其吸附,从而实现脱硫脱硝。非热电子具有较高的能量和反应活性,能够促进气体中的化学反应。等离子体法具有高效、快速、无需添加化学试剂等优点,但其设备复杂、能耗较高等问题仍需要解决。

### 3.3 案例分析

某燃煤电厂位于中国某省份,年发电量约为1000万千瓦时。鉴于燃煤电厂排放的二氧化硫(SO<sub>2</sub>)与氮氧化物(NO<sub>x</sub>)给环境带来的巨大破坏,为了达到国家环保标准,该电厂决定引进环保机械设备新型脱硫脱硝技术进行改造。

技术方案:该电厂引进了一套新型脱硫脱硝技术,采用湿法石膏脱硫和选择性催化还原(SCR)脱硝技术相结合的方案。具体技术参数见表1、表2。

表1 湿法石膏脱硫技术参数

烟气进口 SO <sub>2</sub> 浓度	2000mg/Nm <sup>3</sup>
烟气出口 SO <sub>2</sub> 浓度	50mg/Nm <sup>3</sup>
石膏产量	100 吨 / 小时
石膏含水率	10%

表2 选择性催化还原(SCR)脱硝技术参数

烟气进口 NO <sub>x</sub> 浓度	500mg/Nm <sup>3</sup>
烟气出口 NO <sub>x</sub> 浓度	50mg/Nm <sup>3</sup>
氨水消耗量	10kg / 小时
脱硝效率	90%

通过引进环保机械设备新型脱硫脱硝技术,该燃煤电厂成功将烟气中的SO<sub>2</sub>浓度降低至50mg/Nm<sup>3</sup>以下,将NO<sub>x</sub>浓度降低至50mg/Nm<sup>3</sup>以下,达到了国家环保标准要求。同时,湿法石膏脱硫技术还能产生100吨/小时的石膏,可用于其他工业用途。SCR脱硝技术通过催化还原反应,将NO<sub>x</sub>转化为氮气和水,减少了对大气的污染。这个案例表明,环保机械设备新型脱硫脱硝技术在燃煤电厂中的应用能够有效降低烟气中的SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>排放浓度,达到环保要求,同时还能产生有价值的副产品<sup>[4]</sup>。

## 4 环保设备脱硫和脱硝的一体化设备技术

### 4.1 设备结构和工艺流程

环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置是一种用于减少燃煤电厂和工业锅炉等燃烧设备排放的二氧化硫和氮氧化物的装置。它主要由脱硫系统和脱硝系统组成。脱硫系统通常采用湿法脱硫工艺,包括石灰石石膏法、海水脱硫法和氨

法脱硫等。其中,石灰石石膏法是最常用的湿法脱硫工艺。该工艺通过将石灰石喷入烟气中,与烟气中的二氧化硫进行化学反应,产生石膏,以此实现脱硫的效果。脱硝系统通常采用选择性催化还原(SCR)工艺。该工艺通过将氨水或尿素溶液喷入烟气中,与烟气中的氮氧化物发生反应,生成氨和水,从而达到脱硝的目的。整个装置的工艺流程一般为:烟气经过除尘设备去除颗粒物后,进入脱硫系统,经过脱硫处理后的烟气再进入脱硝系统,最后经过除雾器去除水分和细小颗粒物后排放<sup>[5]</sup>。

### 4.2 优点和挑战

环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置具有以下优点:能够有效降低二氧化硫和氮氧化物的排放,满足环保标准;设备结构紧凑,占地面积小,适用于燃煤电厂和工业锅炉等场所;脱硫、脱硝一体化设计,减少了设备数量和能耗,降低了运行成本;可根据不同燃料和烟气特性进行调整和优化,提高脱硫、脱硝效率。然而,环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置也面临一些挑战:设备投资和运维成本较高,需要长期投入;对设备运行和维护要求较高,需要专业技术人员进行操作和管理;部分脱硫、脱硝工艺对燃料和烟气特性要求较高,适用范围有限。

## 5 结语

综上所述,通过对传统烟气脱硫技术和新型脱硫脱硝技术的介绍,可以看出环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置技术在解决大气污染问题方面具有重要的作用。传统的湿法、干法和半干法脱硫技术在脱硫效率和工艺流程上各有优缺点,而新型脱硫脱硝技术则通过催化剂法、生物法、吸附法和等离子体法等不同的方式实现了脱硫脱硝的一体化。环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置技术的优点在于提高了脱硫脱硝效率,减少了能耗和废水排放,同时也面临着技术挑战和成本压力。然而,随着环保意识的提高和政府对于大气污染治理的要求,环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置技术的应用前景仍然广阔,未来的发展趋势将是更高效、更节能、更环保的技术的不断涌现和应用。

### 参考文献

- [1] 陈晓辉.浅谈脱硫脱硝脱碳一体化技术[J].电子乐园,2021(7):1-2.
- [2] 李军.烟气循环流化床一体化脱硫、脱硝技术探究[J].中国科技投资,2020(20):160-162.
- [3] 李博文.脱硫脱硝环保工程中机电设备安装质量管理研究[J].石河子科技,2020(3):16-17.
- [4] 王海舰.催化装置脱硫脱硝设备的运行问题及对策[J].科技创新与应用,2020(2):123-124.
- [5] 闫洪彬.低温烟气脱硫脱硝除氨一体化装置分析[J].科学与财富,2020(7):25.