

# 火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术研究

许鹏飞

国家能源准能集团行政管理中心 内蒙古 鄂尔多斯 010300

**摘要：**目前，我国为应对二氧化硫排放、NO<sub>x</sub>和颗粒物排放，已先后实施了脱硫、脱硝和除尘技术。而对于火电厂而言，脱硫、脱硝和除尘技术的投资量很大，而且分别处于不同的设备或系统中，操作工艺不同、单位面积的占地面积大，现场施工维护等工作量较大，这些给企业的生产和设备维护带来了一定的困难。因此，提升消除火电厂废气污染的技术越来越受到关注，推广一体化技术成为了必然趋势。

**关键词：**火电厂；脱硫脱硝除尘一体化技术；研究

## 1 脱硫脱硝除尘一体化的技术原理及分类

### 1.1 技术原理

火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术是指在火电厂中通过同一装置实现对三种污染物的去除。其中，脱硫处理是通过添加碱性物质来促进气体中的SO<sub>2</sub>转化为石膏或硫酸化合物，达到减少二氧化硫排放量的目的。脱硝处理主要通过添加在燃烧过程中添加催化剂，促进NO<sub>x</sub>的还原反应，从而达到减少NO<sub>x</sub>的排放量的目的<sup>[1]</sup>。最后，通过除尘设备将大气中的尘粒去除，以达到减少PM2.5等颗粒物的排放量的目的。

### 1.2 分类

根据技术的应用程度和工艺流程的不同，火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术主要分为湿法、半干法和干法三种不同类型。

1) 湿法一体化。湿法脱硫、脱硝、除尘一体化技术是将三种工艺装置集成在一个反应器中，同步完成脱硫脱硝除尘的过程。其原理是在从燃烧后产生的气体中喷洒水溶液，使气体中的SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>遇水形成二氧化硫和硝酸，再与喷洒的氨水和粉状活性炭等处理剂反应，形成硫酸铵、硝酸铵和炭的混合颗粒，在静电除尘器中收集。相比其他两种工艺，湿法一体化技术具有处理效率高、适用范围广的特点。2) 半干法一体化。半干法一体化技术是指在湿法处理的基础上，增加了干法处理的环节。这种工艺无需满足前后制处理剂料质分离的条件，处理剂仅需反应后形成颗粒流，这种颗粒流在脱硝环节通过相应的喷射均布后除尘，实现脱硫、脱硝、除尘一体化的环保标准。由于半干法对湿法处理节点的改进，处理效率得到了提高。3) 干法一体化。干法脱硫、脱硝、除尘一体化技术是指采用物理或化学方法，在干燥的气体中直接喷射流体，使主要污染物与反应剂接触反应后滞留在过滤材料上，同时达到除尘的效果。与湿法

处理的机理不同，干法处理将燃烧清洁工艺中的制剂液状态改为喷射粉状剂的状态，收集器由白烟蒸汽变为有形的粉尘流<sup>[2]</sup>。干法一体化技术具有无需增加水处理系统、产生废水的独特优势，但处理效率较低，需要通过提高沉降速度等方式来改善其效率。

## 2 脱硫脱硝除尘一体化技术的优势

1) 降低运行成本。脱硫脱硝除尘一体化技术的关键在于对多种污染物进行一次性处理。这种技术减少了多种设备的建设、维护和修理，从而降低了设备修理和调整的时间和成本，节约运行成本。2) 减少装置占地面积。脱硫脱硝除尘一体化技术通过整合脱硫、脱硝和除尘技术，能够减少安装所需的空间和建筑物的建设成本。传统的脱硫、脱硝和除尘技术存在独立的设备和控制单元，将有限的可用土地分配给多个独立的系统增加了成本。3) 实现全面的精细管理。采用脱硫脱硝除尘一体化技术，企业可以实现全面的精细管理，从而防止不同系统的交叉干扰和互相牵连，使得污染物的排放水平达到国家标准。企业能够更好地预测和控制运营过程，减少生产意外事件的发生。4) 减少污染物的排放。脱硫脱硝除尘一体化技术的一个主要优势是，可以有效地减少脱硫、脱硝和除尘设备对环境的污染物排放。相对于单一技术处理方式，一体化技术处理方式可以有效地组合调整处理工艺，从而使废气中的污染物被彻底处理。5) 降低总体环保投资。脱硫脱硝除尘一体化技术通过采用一整套高效且具有连锁效应的污染物处理技术，从而能够降低总体环保投资。采用一体化技术的企业可以在实现环保目标的同时，降低对整体产品的生产成本。

## 3 工艺流程设计

火电厂在燃煤发电时，会产生大量的烟气污染物，包括二氧化硫、氮氧化物、烟尘等。其中二氧化硫和氮氧化物等有害气体对环境 and 人体健康都会造成很大的危

害<sup>[3]</sup>。为了保护环境和人类健康,近年来火电厂开始广泛地采用脱硫、脱硝、除尘等一体化技术进行处理。本文将详细介绍火电厂脱硫、脱硝、除尘一体化技术工艺流程的设计方案。

### 3.1 烟气处理前的准备工作

在处理烟气前,首先需要对燃料进行分类和筛选,以去除燃料中的杂质和过大或过小的颗粒。然后,将燃料送入锅炉进行燃烧,随后产生的烟气会通过烟道进入脱硫脱硝除尘一体化设备。

### 3.2 烟气脱硫处理

烟气在进入一体化设备的第一步是进行脱硫处理。脱硫处理是采用化学吸收法进行脱硫的过程。在此过程中,将烟气通过脱硫塔,将石灰石、石膏等固体物质通过水的形式混合后加入脱硫塔中,与烟气进行反应,将烟气中的二氧化硫、三氧化硫、亚硫酸气体等化学吸收,形成硫酸钙等物质,最后排出脱硫塔尾气排出,实现对二氧化硫的脱除。

### 3.3 烟气脱硝处理

脱硝处理通常采用选择性催化还原方法,此方法能够有效地减少氮氧化物的排放。在这一过程中,烟气通过一系列催化还原剂后进入SCR反应器,催化还原剂氨气在催化剂催化下与烟气中的氮氧化物进行反应,产生氮气和水,从而达到脱硝的效果。

### 3.4 烟气除尘处理

除尘处理通常采用电除尘和袋式除尘器等方法。在这一过程中,烟气经过布袋过滤器的过程中,经过对物理和化学的过滤,最终将烟气中的颗粒物过滤出来,使环保排放达标。

### 3.5 废水处理

脱硫、脱硝和除尘处理产生的废水也需要进行处理。这种废水是酸性废水,为了防止其对环境和自身水质造成影响,需要进行中和处理<sup>[4]</sup>。在中和过程中对废水进行氢氧化钙混合,使其中和,并将其放入废水处理设备,排放到指定处理地点,这将大大降低环境污染和资源浪费。

## 4 脱硫脱硝除尘一体化技术的应用现状

目前,脱硫脱硝除尘一体化技术已经在一些火电厂、钢铁厂和水泥厂等工业领域中得到应用。这种技术的应用可以显著降低废气排放的总量,并且可以使排放物达到国家标准。

### 4.1 脱硫脱硝除尘一体化技术在电力工业中的应用

目前,我国工业中采用脱硫脱硝除尘一体化技术最为广泛的是电力工业,在燃煤发电等领域得到广泛应

用,特别是在高污染地区,用以达到污染物排放要求。

1) 一体化技术的发展状况。在电力工业中,脱硫、脱硝和除尘技术已经逐步发展、完善,从最初的单设备处理到后来的多设备组合处理,再到现在的一体化处理。我国电力企业已广泛采用脱硫脱硝除尘一体化技术,如国电能源、华能电力、大唐集团、神华集团等企业均已推广应用该技术。2) 技术优势。脱硫脱硝除尘一体化技术将脱硫、脱硝和除尘这三项技术合并成一个系统,能够在同样或更小的设备空间内完成整个处理过程,并同时预防每个处理单元间的相互影响,能够有效地提高污染物去除效率,降低设备占用空间和建设成本,是当前应对工业废气污染的重要技术之一。3) 技术的应用实例。例如,2012年,保利发电(珠海)有限公司推行脱硫脱硝除尘一体化技术,采用了该技术,实现了全流程废气的一次性处理,极大地降低了设备重复结构造成的占地面积,减少了二氧化硫排放量,提高了燃料利用率,减少了能源的消耗,经济效益显著。国家电网公司广东分公司也推广了脱硫脱硝除尘一体化技术,该公司改造后的火电厂,脱硝、脱硫和除尘采用一体化技术后,极大地降低了污染物的排放,提高了设备的使用效率,降低了能源消耗。

### 4.2 脱硫脱硝除尘一体化技术在钢铁、水泥领域中的应用

随着环境保护压力的不断增大,钢铁、水泥工业也逐渐开始采用脱硫脱硝除尘一体化技术进行废气处理。

1) 在钢铁领域中的应用。在钢铁领域中,由于采用的高炉和转炉等设备的燃烧方式会产生大量的废气,这些气体中含有大量的二氧化硫、一氧化碳、有机物和粉尘等,对环境造成污染,因此,采取有效的治理措施显得尤为重要<sup>[5]</sup>。近年来,许多钢铁公司采用脱硫脱硝除尘一体化技术,进行废气处理。例如,2007年,宝钢集团在上海宝山区开展了升级改造项目,采用了脱硫脱硝除尘一体化技术,以减少和控制废气排放,并达到环保标准。目前,该项目已形成了全企业的污染物治理新模式。2) 在水泥领域中的应用。在水泥领域中,采用的燃烧设备方式同样会产生大量的废气,如烧成窑炉,其中的氮氧化物和二氧化硫是主要的空气污染物。因此,采用脱硫脱硝除尘一体化技术进行废气处理是解决水泥工业废气pollution问题的一种有效途径。改造后的废气处理系统与物料输送系统相结合,实现了一次性全部处理。例如,中国建材集团设计的一种水泥生产线采用了一体化技术,可以减少400吨的氮氧化物排放,减少2000吨石灰石和2000吨煤炭的消耗。其他一些水泥企业也采用了

一体化技术，如青岛东岳集团、中材科技、太原重工、淮安盛洲等。

#### 4.3 应用效果

火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术的应用在全球范围内逐渐普及，取得了明显的效果。1) 改善环境质量。通过一体化技术的应用，火电厂的大气污染物排放源得到有效控制，空气质量得到明显改善。2) 提高能源效率。应用一体化技术，可通过降低烟气回收率等方式，兼顾环保和经济收益。3) 减轻水资源压力。相较于传统的脱硫技术，湿法一体化处理技术对水资源利用要求较高。相对来说，半干法一体化技术对水资源的利用较少，节约了水资源。

#### 5 未来发展方向

火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术未来发展的主要方向包括：1) 取缔低效技术。传统的脱硫、脱硝和除尘工程已经相对落后，在脱硫脱硝一体化技术得到广泛应用后，传统的脱硫、脱硝和除尘技术将逐步停用。2) 发展新型一体化技术。当前，湿法一体化技术虽然处理效率高，但处理成本高；干法一体化技术虽然处理成本低，但处理效率低。因此，未来火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术将发展出新型的一体化处理技术。例如，“干湿一体化”技术，可减小湿法工艺中出现的高成本和困难问题，同时兼顾干法的经济性。3) 加强废渣化处理。当前，对于脱硫脱硝除尘一体化技术所产生的垃圾，尚未形成有效的处理方式，导致资源浪费，增加环境负担。未来，需要加强废渣化处理技术的研究，提高资源利用率，降低环境污染。4) 推广应用领域向非大型火电厂扩展。目前，火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术主要应用在大型火电厂，未来需要将其应用范围向小型火电厂、锅炉房等碳排放源扩展。5) 进一步提高技术成熟度<sup>[6]</sup>。火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术的应用在研究开发阶段，其技术成熟度还有待提高。未来需要在稳定生产的基础上，进一步完善配套设施以提高技术成熟度及运行

稳定性。综上所述，火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术在近年来发展迅速，取得了明显的效果。未来将继续针对特定的火电厂条件，完善一体化技术，寻求最佳效益的脱硫、脱硝、除尘方案。同时，在推广应用该技术的同时，探索相关处理技术以及废渣的资源化利用，共同推动火电厂绿色化运营，实现生态建设与经济发展的协调发展。

#### 结语

脱硫脱硝除尘一体化技术是处理工业废气的一种重要技术手段之一，具有较高的净化水平，减少了占地面积、降低了投资成本等优点。电力、钢铁和水泥等行业普遍采用该技术进行废气处理，已经取得了一定的效果。但是，该技术仍存在局限性，需要进一步提高动态调控的精度、降低处理成本、解决治理成本不平衡等问题。在未来，如何进一步完善和优化脱硫脱硝除尘一体化技术，从而更好地解决工业废气污染问题，是一个值得关注的问题。

#### 参考文献

- [1]刘欢,魏泽华,郭洪涛,宋宁,孙逊,孙梓淇,江来.火电厂脱硫脱硝环保设备改造后的控制优化探讨[J].电站系统工程,2022,38(06):79-80+84.
- [2]张宏.如何提升火电厂改造脱硫脱硝设备的控制水平[J].现代工业经济和信息化,2022,12(03):155-156.
- [3]刘克良,苏红石,郭正昊.探析火电厂大气污染排放现状及烟气脱硫脱硝技术[J].中国设备工程,2022(01):211-212.
- [4]李博.火电厂脱硫技术探讨及脱硫脱硝一体化发展趋势[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2018,(08):165-166.
- [5]王松涛.火电厂脱硝技术与脱硫脱硝一体化发展研究[J].科学技术创新,2018,(22):20-21.
- [6]程超,赵兴杰,马旭旭.火电厂脱硫技术探讨及脱硫脱硝一体化发展趋势[J].山东工业技术,2018,(09):179.