

有色冶炼烟气脱硝技术探析

刘武元

河南豫光冶金机械制造有限公司 河南 济源 459000

摘要:在我国金属冶炼行业高速发展的背景下,冶炼技术水平不断提升,同时国家对于有色冶炼的环保排放要求日益严格,烟气中氮氧化物排放面临着较大的挑战。为了提升有色金属冶炼行业的环保性,降低烟气排放对于环境的污染,需要加强对烟气脱硝技术的研究,通过技术创新降低污染物排放,从而实现有色金属冶炼行业的可持续发展。因此,本文将对有色冶炼烟气脱硝技术方面进行深入地研究与分析,并结合实践经验总结一些措施,希望可以对相关人员有所帮助。

关键词:有色金属;冶炼工艺;烟气脱硝;技术工艺;发展趋势

在有色冶炼行业发展过程中,污染物排放控制逐渐成为社会关注的重点领域,且国家以及相关行业的监督管理力度日益严格,要求有色冶炼实现超低排放,持续加大对环保指标超标的处罚力度。在对有色冶炼烟气进行脱硝处理时,需要采用科学的脱硝技术,确保经过脱硝处理后能够达到排放标准,但是结合当前实际情况来看,所采用的脱硝技术依然存在着一些局限性,比如处理效果不足、综合处理成本较高等,所以需要推动烟气脱硝技术创新,对于有色冶炼行业具有重要作用。

1 有色冶炼烟气脱硝技术的应用重要性分析

有色冶炼行业是一项能源、资源消耗极大的行业,同时也是大气污染排放的重要来源,其中烟气中的氮氧化物是对大气质量影响最为明显的污染物,脱硝技术的应用,对于保护大气环境、改善空气质量、降低环境风险具有极其重要的意义。烟气脱硝技术的应用,是实现有色冶炼行业绿色、可持续发展的重要途径,其重要性主要包括以下几项:(1)有效降低氮氧化物的排放浓度。氮氧化物是一种强致癌物质,长期暴露在高浓度氮氧化物的环境下,会对人体健康产生非常严重的危害,因此烟气脱硝技术的应用可以有效地降低氮氧化物的排放浓度,降低大气污染的程度,改善空气质量,保护人民群众的身体健康。(2)减少二氧化硫的排放。在有色冶炼过程中,二氧化硫是重要的污染物排放来源,烟气脱硝技术的应用可以降低氮氧化物排放浓度的同时,也可以减少二氧化硫的排放浓度,降低环境污染的程度。(3)促进有色冶炼行业技术创新和转型升级。有色冶炼行业的发展需要不断提高技术水平和提高产品质量,而烟气脱硝技术的应用则需要技术创新和转型升级来实现,因此,烟气脱硝技术的应用可以促进有色冶炼行业的技术创新和转型升级,推动行业可持续发展^[1]。

2 有色行业 NO_x 排放类型分析

2.1 制酸烟气

制酸烟气的产生与有色冶炼工艺具有密切关系,主要包括铜冶炼、铅锌冶炼、锡冶炼等,冶炼过程中酸性气体与含氮废气反应,生成大量的NO_x排放,制酸烟气中还包含有大量的氯化氢、二氧化硫等有害气体,对环境和人体健康都具有一定的危害。

2.2 炉窑烟气

炉窑烟气中NO_x排放主要来自燃烧过程,有色行业炉窑的燃烧方式包括燃煤、燃油、天然气等多种燃料,其中以燃煤炉窑为主。煤燃烧时,煤中的氮化物会在高温下与氧气反应生成NO_x。在炉窑操作中,为了提高生产效率,燃料的燃烧温度一般较高,因此NO_x的排放较为严重。熔炼过程中的烟气也是炉窑烟气中NO_x的重要来源,在炼铜、炼锌、炼镍等有色金属冶炼过程中,需要使用还原剂来还原金属氧化物,生成金属和还原气体;还原过程中,还原剂与氮气发生反应,生成大量的N₂和一定量的NO_x^[2]。

2.3 贵金属车间废气

NO_x是贵金属车间废气中的一种主要有害气体,NO_x的形成与高温燃烧有关,而贵金属车间中存在大量高温炉窑,因此NO_x的排放浓度较高。贵金属车间中的NO_x主要通过烟囱等方式排放到大气中。由于排放方式单一,对环境的影响也较为明显。贵金属车间的生产通常为分批进行,每一批生产的过程中都会产生NO_x等有害气体的排放,所以贵金属车间废气中NO_x的排放通常呈现出周期性的特点。在贵金属车间的洗涤废水处理系统中,也会产生NO_x等有害气体的排放,主要是因为洗涤废水处理过程中使用了含有氧化剂的化学药剂,化学药剂的使用会导致NO_x等有害气体的排放。

3 有色冶炼烟气脱硝常用技术分析

3.1 选择性非催化还原法

选择性非催化还原法 (Selective Non-Catalytic Reduction, SNCR) 是有色冶炼烟气脱硝的一种常用技术, 是通过向烟气中加入还原剂, 在高温下使 NO_x 与还原剂发生反应, 还原成氮气和水, 从而实现脱硝的目的。SNCR法的应用原理是基于一定条件下的还原反应, NO_x 在高温条件下与 NH_3 发生反应生成氮气和水, 反应式为: $\text{NO}_x + \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。其中, 反应的温度、氧含量和氨适量是影响反应效率的关键因素, 通常反应温度在850—1100℃之间, 氧含量低于5%时, 反应效率较高。相比于其他脱硝技术, 选择性非催化还原法的反应温度低, 催化剂使用量也少, 能够有效减少能耗和成本, 且选择性非催化还原法对烟气中的氮氧化物有高度的选择性, 能够高效地将烟气中的 NO_x 还原成 N_2 。同时, 选择性非催化还原法也可以同时去除烟气中的 SO_2 等其他污染物, 具有较为全面的净化效果^[3]。

3.2 选择性催化还原法

SCR (Selective Catalytic Reduction) 烟气脱硝系统是利用选择性催化还原技术降低烟气中 NO_x 浓度的一种方法, 该系统一般由催化剂反应器、喷射器、 NH_3 供应系统、控制系统等组成。烟气经过预处理后, 进入催化剂反应器, 再喷射 NH_3 , 通过催化剂表面与 NO_x 发生反应, 最终生成氮气和水, 达到脱硝的目的, 其脱硝效率一般在70%—90%左右。选择性催化还原法是目前工业上应用最广泛的一种烟气脱硝技术, 其原理是利用铜铁等金属催化剂促进氨在一定条件下与 NO_x 发生反应生成氮气和水。催化还原反应主要发生在催化剂表面上, 通常选择铜、铁、钒等金属作为催化剂、金属催化剂能够使氨与 NO_x 发生反应生成氮气和水, 通常反应温度在150—450℃, 反应时间短, 一般在0.5秒左右, 氨的添加量要足够, 在烟气中的摩尔比一般在0.8-1.2左右。

3.3 臭氧氧化吸收脱硝法

臭氧氧化吸收脱硝法的原理是通过向烟气中喷洒臭氧 (O_3) 气体, 在氧化剂的作用下将 NO_x (主要是 NO 和 NO_2) 氧化为易于被吸收的亚硝酸气体 (HNO_2) , 之后使用吸收剂 (如氢氧化钠溶液) 将 HNO_2 吸收, 并在吸收液中与其他氮氧化物一起转化为硝酸盐。通过臭氧氧化吸收脱硝法, 可以将烟气中的 NO_x 转化为易于吸收的亚硝酸气体, 并最终以硝酸盐的形式被吸收剂吸收。该技术的脱硝效率可以达到90%以上, 同时还可以同时去除烟气中的二氧化硫和微小颗粒物, 具有较好的综合脱污效果。臭氧氧化吸收脱硝技术可以分为单级和双级两种方

式, 单级方式是将臭氧和吸收剂混合在同一反应器中, 烟气在反应器内与臭氧和吸收剂接触反应, 达到脱硝效果; 双级方式则将臭氧和吸收剂分别放在两个反应器中, 先将烟气中的 NO_x 氧化为 NO_2 , 然后在另一个反应器中与吸收剂接触反应, 实现脱硝^[4]。

3.4 高分子脱硝法

高分子脱硝法是利用聚合物吸附剂的吸附作用, 将烟气中的氮氧化物吸附在聚合物吸附剂表面, 并在一定条件下将其还原脱除的技术。高分子脱硝法的核心在于吸附剂的选择和制备, 通常高分子脱硝法使用的吸附剂为在聚合物的骨架中引入具有亲硝官能团的基团, 例如氨基基团、氰基基团等, 亲硝基团可以有效地吸附氮氧化物。在吸附饱和后, 可以通过加热或在一定条件下加入还原剂, 将吸附在聚合物表面的氮氧化物还原脱除。高分子脱硝法的应用主要有两种方式, 分别为湿式法和干式法, 湿式高分子脱硝法是将高分子吸附剂溶解在溶剂中, 形成吸附剂溶液, 将其喷入烟气中与氮氧化物反应生成吸附产物, 再通过除尘器将产物和吸附剂一起去除; 该方法操作简单, 但是需要使用溶剂, 会增加成本, 并且需要进行吸附产物的处理。干式高分子脱硝法是将高分子吸附剂粉末直接喷入烟气中, 通过静电吸附等方式将其附着在烟气颗粒上, 形成颗粒吸附剂, 在一定条件下, 通过加热或加入还原剂使吸附剂脱除氮氧化物, 产生还原产物, 再通过除尘器将颗粒吸附剂和产物一起去除; 该方法无需使用溶剂, 操作简单, 并且颗粒吸附剂可以直接作为资源进行回收利用, 能够有效节约成本。

3.5 联合脱硝技术

联合脱硝技术是指将不同的脱硝技术组合使用, 以达到更高的脱硝效率和更好的经济效益, 常见的联合脱硝技术包括选择性催化还原法与非选择性催化还原法的组合、选择性催化还原法与吸收法的组合以及选择性催化还原法与臭氧氧化吸收脱硝法的组合等。在选择性催化还原法与非选择性催化还原法的组合中, 选择性催化还原法对 NO_x 的还原具有较高的选择性, 但对于 NO_x 浓度较低的烟气, 其脱硝效率较低, 而非选择性催化还原法能够在较低的温度下对 NO_x 进行还原, 但其还原反应的选择性较低, 将两种技术组合使用, 可以在保证高脱硝效率的同时, 降低催化剂的使用量和运行成本。再比如, 在选择性催化还原法与吸收法的组合中, 吸收法是指通过溶液吸收烟气中的 SO_2 和 NO_x 等有害物质, 达到脱硫和脱硝的目的, 选择性催化还原法与吸收法的组合, 能够提高脱硝效率, 并能同时完成脱硫和脱硝的工艺, 达

到一体化运行的效果,且吸收法还能减少烟气中的氨气量,降低 NO_x 和 NH_3 的二次污染^[5]。

3.6 脱硫脱硝一体化技术

脱硫脱硝一体化技术是将脱硫和脱硝工艺合并到一个系统中,通过反应和吸收的方式同时去除烟气中的 SO_2 和 NO_x 。该技术的原理是将烟气通过脱硫设备后再进入脱硝设备,利用脱硫废水中的还原剂(如 SO_2 、 H_2S 等)还原氮氧化物。该技术的核心是利用还原剂还原 NO_x ,其中 SO_2 、 H_2S 等是常用的还原剂。在脱硫设备中, SO_2 或 H_2S 与吸收剂(如氧化钙、氨水等)反应生成硫酸或硫酸铵等,同时脱硝废气进入脱硝设备,经过还原剂的作用, NO_x 被还原成氮气和水,通过一个系统就可以同时完成脱硫和脱硝的工作。例如,湿法脱硫一体化脱硝技术是将湿法脱硫设备与SCR脱硝设备相结合,主要用于高浓度 SO_2 的排放源,该技术的主要优点是废气排放浓度低,同时还能利用脱硫废水中的还原剂还原 NO_x ,减少了再次投加还原剂的成本,达到了节能减排的效果。

4 有色冶炼烟气脱硝技术的发展趋势分析

随着环保法规的日益完善和环保意识的不断提高,有色冶炼烟气脱硝技术的发展也在不断推进。未来,有色冶炼烟气脱硝技术将呈现如下几项发展趋势:(1)节能减排的要求将更加严格。未来,随着能源消耗和环境污染问题的不断加剧,政府对企业的环保要求将会越来越高,该背景下有色冶炼企业将会更加重视烟气脱硝技术的应用,从而实现节能减排的目标。(2)技术创新将更加关键。随着烟气脱硝技术的不断发展,有色冶炼企业将会面临更加严峻的技术挑战,未来技术创新将成为企业在环保领域取得竞争优势的关键。有色冶炼企业需要加强技术研发,不断推陈出新,提高烟气脱硝技术的效率和可靠性。(3)多种技术的联合应用将成为主流。

目前,有色冶炼烟气脱硝技术已有多种选择,但是各种技术都有其适用的场景和局限性,未来多种技术的联合应用将成为主流趋势,通过不同技术的协同作用,实现烟气脱硝效率的最大化。(4)自主创新将成为企业发展的重要途径。随着国内环保技术的不断进步,国内有色冶炼企业将会面临更加激烈的国内市场竞争,自主创新将成为企业发展的重要途径,有色冶炼企业需要加强科研力量,不断提高技术水平,通过技术创新来提高企业的核心竞争力。(5)产业链的协同作用将越来越明显。有色冶炼烟气脱硝技术的应用需要涉及产业链上的多个环节。未来产业链的不断完善和协同作用的不断加强,有色冶炼企业将能够更加有效地推动烟气脱硝技术的创新发展。

结束语

综上所述,本文简要阐述了有色冶炼烟气脱硝技术的应用重要性,并对有色行业 NO_x 排放类型进行分析,总结了多项常用烟气脱硝技术的关键要点,最后对其发展趋势进行分析,希望对有色冶炼行业起到一定的借鉴与帮助作用,不断促进烟气脱硝技术创新。

参考文献

- [1]赵志龙,王芳,童震松.有色冶炼烟气脱硝技术现状及展望[J].有色金属(冶炼部分),2021(03):19-21+35.
- [2]童震松,赵志龙.有色行业冶炼烟气脱硫技术现状及展望[J].有色金属(冶炼部分),2021(03):22-27.
- [3]赵明.烟气脱硝技术装备脱硝效率测定的不确定度评定[J].科学技术创新,2022(35):25-28.
- [4]卜钰.燃煤电厂锅炉烟气脱硝技术应用发展[J].内蒙古煤炭经济,2022(18):139-141.
- [5]李晶.有色冶炼烟气脱硝技术存在问题及对策[J].世界有色金属,2022(14):26-28.