

焦炉烟气脱硫脱硝技术进展与建议

黄建斌

国家能源集团煤焦化西来峰公司焦化厂 内蒙古乌海

【摘要】随着我国社会经济的发展与进步，人民群众的生活品质日益提高，人们对环保生态问题日益关注，国家环保部门对焦炉烟气脱硫脱硝工艺技术的要求越来越高。在焦化厂焦炉烟气脱硫脱硝过程中会向大气排放含有氮氧化物和二氧化硫等污染物的烟气，不仅会对环境造成影响，而且会产生酸雨，对大气造成严重的污染。目前，焦化焦炉烟气脱硫脱硝技术已有了较大的改进，对焦化企业的烟气污染治理具有一定的借鉴意义。基于此，本文综述了焦炉烟气脱硫技术的发展现状，对焦化行业选择脱硫脱硝工艺提出了相关建议。

【关键词】焦炉烟气；脱硫脱硝技术；应用现状；发展建议

Coke oven flue gas desulfurization and denitrification technology progress and suggestions

Jianbin Huang

Coking Plant of National Energy Group Coal Coking and Xilai Feng Company, Wuhai, Inner Mongolia

【Abstract】 With the development and progress of China's social economy, the people's quality of life is increasingly improved, people are increasingly concerned about environmental and ecological issues, and the relevant departments have higher and higher requirements for coke oven flue gas desulfurization and denitrification process technology. In the process of coke oven flue gas desulfurization and denitrification in coke plants, flue gas containing pollutants such as nitrogen oxides and sulfur dioxide will be emitted to the atmosphere, which will not only affect the environment, but also produce acid rain and cause serious pollution to the atmosphere. At present, the coke oven flue gas desulfurization and denitrification technology has been greatly improved, which has certain significance for the flue gas pollution management of coking enterprises. Based on this, this paper reviews the development status of coke oven flue gas desulfurization technology and puts forward relevant suggestions for the selection of desulfurization and denitrification process in coking industry.

【Keywords】 Coke oven flue gas; Desulfurization and denitrification technology; Application status; Development suggestions

1 焦炉烟气概述

焦炉烟气是由焦炉加热用的焦炉煤气与空气在焦炉燃烧室汇合燃烧后产生的废气，经下降气流立火道、斜道区、蓄热室、小烟道、废气开闭器、分烟道、总烟道、脱硫脱硝装置、烟囱，排入大气。

焦炉的生产工艺比较特殊，它的烟气中包含着大量的氮氧化物，还有微量硫化物，对大气环境造成污染，所以在排放到户外之前，必须进行脱硝脱硫。结合实际情况来进行分析，焦炉内部烟气有以下几种特点：

首先，烟气的温度较高，一直维持在 210-320

摄氏度。其次，焦炉烟气组成成分比较复杂，焦炉废气中二氧化硫的含量较高，平均浓度为 500mg/Nm³，加大了管道的腐蚀程度。在焦炉烟气脱硫脱氮后，要维持露点以上的烟气温度，进行脱硝系统的调试，以确保该系统能够正常运行。此外，为了保证焦炉的稳定运行，保证相关员工的工作安全和工作环境，需要有关部门的高度重视。

2 焦炉烟气脱硫脱硝技术进展分析

2.1 脱硫技术

(1) 湿法脱硫技术

① 氨法

氨法脱硫技术的原理,是让氨与焦炉烟气中的二氧化硫相接触,产生化学反应。该技术脱硫效率高,且工艺流程简单,在应用过程中,无废渣,没有废气排放。但同时,该技术也存在一定的缺陷,那就是应用过程中,经常会出现氨逃逸情况,吸收剂的价格比较高,造成脱硫成本高。且该技术的应用过程中,不能有效去除重金属、二噁英等^[1]。

②石灰/石灰石法

该技术通过氧化钙或碳酸钙浆液在湿式洗涤塔中吸收 SO_2 ,与氨法脱硫技术相比,石灰/石灰石法的脱硫成本要低,且脱硫效率高达95%以上。因技术成熟且运行稳定得到广泛应用。但在应用过程中,也存在脱硫废水处理难度大等问题。

③双碱法

所谓的双碱法,指的是在处理 SO_2 过程中,先用碱金属钠盐吸收了 SO_2 ,然后再用石灰(石灰石)和反应生成的 Na_2SO_3 再次发生反应, SO_2 最终以石膏形式析出,碱金属钠盐还能够循环使用。该方法脱硫效率达90%以上,但由于工艺相对复杂,运行成本比较高,加上吸收液再生困难,制约了双碱法的推广应用。

(2) 半干法脱硫技术

①喷雾干燥法(SDA)

该方法主要以碱液、石灰乳、石灰石浆液等作为吸收剂,在机械或者气流的作用下,把吸收剂雾化,继而烟气充分接触反应,完成脱硫。该技术在应用过程中,效率可达85%以上,工艺简单,不会对设备造成严重腐蚀。但该工艺对自动化的要求是比较高的,且吸收剂的用量不好控制^[2]。

②循环流化床法(CFB)

以循环流化床的原理为基础,实现吸收剂的反复循环利用,提高吸收剂的利用以及脱硫效率。该方法运行成本低,不会对下游设备产生腐蚀、堵塞等问题,但由于核心技术以及配套设备依赖进口,限制了该工艺的广泛应用。因此,针对国内实际情况,因地制宜,研制出符合我国国情、拥有自主知识产权的循环流化床焦炉烟气脱硫技术,已成为国内学者研究的热点。另外,本工艺的副产品中亚硫酸钙的含量比硫酸钙高,必须靠近烟气露点运行才能获得较高的脱硫速率,导致反应器中吸收剂的富集,这也是CFB脱硫技术需要进一步完善的地方^[3]。

(3) 干法脱硫技术

①炉内喷钙脱硫技术

炉内喷钙脱硫技术是一种常见的商用干法脱硫工艺。基本工艺都是将 CaCO_3 或 CaO 粉末在锅炉的 $800^\circ\text{C}\sim 1150^\circ\text{C}$ 部位喷入,石灰石粉粒度粒径约为1mm以下,小的粒径不小于 $120\mu\text{m}$,堆积密度介于 $0.9\sim 1.1\text{t}/\text{m}^3$,脱硫剂在高温下迅速分解产生 CaO ,同时与烟气中的 SO_2 反应生成 CaSO_3 ,起到部分固硫作用,炉内喷钙脱硫效率往往不高,脱硫剂利用率也较低。

②小苏打干法脱硫(SDS干法脱硫)

该工艺以小苏打为脱硫剂,将碳酸氢钠粉末喷射到脱硫塔内,经过高温烟气的催化,快速地将硫酸钠、二氧化碳、硫碳酸钠与烟气中的二氧化硫发生反应;再经过吸附、纯化,经处理后的产品进入除尘器进行清洗,再将废气送入低温SCR反应器,在还原剂的帮助下,产生氮气、水。该工艺过程相对来说比较简单,前期投入小,实验场地小,可以在很短的时间内完成。采用这种工艺,脱硫率大于95%,脱硝效率大于93%,采用的原料是碳酸氢钠、氨水,温度也较高^[4]。释放出的物质是硫酸钠和不合格的催化剂。该方法的生产具有较高的安全性,且维护和操作相对简单。该工艺不产生废水,不产生腐蚀性气体。

2.2 脱硝技术

(1) 低氮燃烧技术

低氮燃烧技术是根据 NO_x 产生机制,通过改变燃烧工况,达到控制 NO_x 产生的目的。焦炉加热技术主要有烟气再循环、分段加热、实际燃烧温度控制等。烟尘回收是目前炼焦行业中最常用的一种低氮燃烧技术,在国内已有的焦炉中多采用这种技术。实践证明,在10%~20%的范围内,烟气再循环的适宜控制量为10%~20%,30%以上的话,会使燃烧效率下降。在焦炉分段加热时,通常采用空气和煤气分段加热,以减小其燃烧强度,以达到降低热态氮氧化物产生量的目的。

(2) 低温SCR焦炉烟气脱硝工艺

该技术是在一定的温度下,将还原剂如氨、尿素等,通过专用的催化剂反应器,使还原剂与烟气中的 NO_x 进行还原反应,形成氮气、水,实现脱硝。低温SCR烟气脱硫技术是当前焦炉烟气脱硫技术中

较为成熟、可靠的一种脱硝技术，其脱硝效率高、操作简单、操作安全、不会造成大气二次污染；低温 SCR 脱硝技术的关键在于催化剂的催化作用，它可以减少催化剂的进口依赖，防止催化剂中毒，解决催化剂的二次污染^[5]。

3 焦炉烟气脱硫脱硝技术的比较

表 1 脱硫脱硝效率和工艺技术对比

序号	工艺技术指标	活性炭干法脱硫脱硝	SDA 半干法脱硫 + 低温 SCR 脱硝	SDS 干法脱硫 + 低温 SCR 脱硝
1	脱硫效率	可达 85% 以上	可达 80%~90%	可达 95% 以上
2	脱硝效率	可达 70% 以上	可达 93% 以上	可达 93% 以上
3	脱硫剂	活性炭	细生石灰粉	磨细的工业级碳酸氢钠
4	脱硝剂及原理	液氨, 催化还原	低温 SCR 催化剂、液氨, 催化还原, 反应温度 200~280 °C	低温 SCR 催化剂、液氨, 催化还原, 反应温度 180~240 °C

表 2 物料消耗和副产物对比

序号	工艺技术指标	活性炭干法脱硫脱硝	SDA 半干法脱硫 + 低温 SCR 脱硝	SDS 干法脱硫 + 低温 SCR 脱硝
5	水消耗	无	需要喷入一定量的工艺水	无
6	副产物	稀硫酸, 可实现硫资源回收	以不稳定的 CaSO ₃ 为主的废渣	硫酸钠, 可做陶瓷原料回收
7	废水	无	无	无
8	废渣	无	产生大量干态废渣, 失效后催化剂	失效后催化剂
9	主要物料消耗	活性炭、液氨、电耗	生石灰粉、工艺水、电耗、氨气、催化剂更换	碳酸氢钠、氨水、氨气、电耗、工艺水、催化剂更换

表 3 运行成本及运行稳定性对比

序号	工艺技术指标	活性炭干法脱硫脱硝	SDA 半干法脱硫 + 低温 SCR 脱硝	SDS 干法脱硫 + 低温 SCR 脱硝
10	运行稳定性	系统简单, 干法脱硫烟气排放温度高, 烟囱无需防腐	工艺串联, 系统流程复杂, 系统易结垢和堵塞, 喷嘴磨损严重	系统简单, 烟气排放温度高, 烟囱无需防腐
11	一次性投资	45~50 元/t 焦产能	40~50 元/t 焦产能	30~38 元/t 焦产能
12	运行成本	10~13 元/t 焦	10~12 元/t 焦	4~8 元/t 焦
13	综合评价	一般	一般	优

以上指标综合评价表明，在关键指标脱硫效率、脱硝效率、副产物处置难度、运行成本 4 个方面，SDS 干法脱硫+低温 SCR 脱硝技术最适合于焦炉烟气超低排放改造，且在国内已经有成功运行案例。

4 焦炉烟气脱硫脱硝技术发展建议

目前，国内许多焦炉烟气的脱硫脱硝工艺都达到了国家的特殊限值相关要求。但是，该技术所采用的工艺设备操作成本高，投资大，而且在炼焦使用寿命中，是否可以长久的稳定，是否能够满足排放的要求，都是需要时间来验证的。焦炉烟气中含有各种杂质，这些杂质会导致 SCR 催化剂丧失相关活性，因此，相关设计人员应采取有效措施对其进行优化，同时，各生产企业要提高技术和运行能力，并根据实际情况制定相应的应急预案，从而真正提

目前国内外采用的焦炉烟气脱硫脱硝技术主要有：活性炭干法脱硫脱硝、SDA 半干法脱硫+低温 SCR 脱硝、SDS 干法脱硫+低温 SCR 脱硝，现就这 3 种主要工艺技术进行对比。脱硫脱硝效率和工艺技术对比见表 1，物料消耗和副产物对比见表 2，运行成本及运行稳定性对比见表 3。

高工艺设备的质量和水平。

在选择工艺路线时，应根据烟气状况以及现场布置情况，选用适当的工艺路线。尤其是脱硫副产品的综合利用和消化处理是一个很大的难点，以防止二次污染的状况发生。不论是新建的脱硫脱硝工程项目还是已经建成的脱硫脱硝装置，或者准备改造的项目，为了保障脱硝稳定高效的运行，建议优先使用先脱硫后脱硝的工艺路线。

5 结语

总之，随着我国环境保护政策的不断加强，焦炉烟气的脱硫和脱硝已成为当务之急。企业应着力于强化在生产过程中的控制措施以实现达标排放，尤其是限制区域内的企业，要考虑增加烟尘处理设施，达到达标排放。为了使工业的发展尽可能地减

少对生态和环境的损害,必须加大科学技术的运用。焦炉烟气中的SO₂、NO_x等污染物是导致环境污染的主要原因,因此必须按照焦炉烟气的特性及相关标准,加大对其的处理力度,介绍了焦炉烟气脱硫的现状,并对其技术进行了深刻的探讨。要提高焦化焦炉烟气脱硫脱硝的总体质量,必须加强有关方面的投资,不断完善和改进标准烟气脱硫脱硝工艺技术,为今后的脱硫脱硝工作奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 郑元飘,李彬芳.浅析焦炉烟气脱硫脱硝技术及其发展现状[J].科学与信息化,2019(030):109.
- [2] 王宁.活性焦联合脱硫脱硝技术在焦炉烟气治理中的应用[J].新疆钢铁,2019(01):9-11.
- [3] 许红英,陈鹏,颜芳.焦炉烟气脱硫脱硝一体化技术的研究进展[J].燃料与化工,2019,50(4):1-3+8.

- [4] 徐大兴.SDS 钠基干法脱硫工艺在焦化厂烟气处理中的应用[J].燃料与化工,2020,51(3):56-58.
- [5] 窦丽虹.焦炉烟气脱硫脱硝技术的进展与展望[J].化工管理.2021(05): 63-64

收稿日期: 2022年8月20日

出刊日期: 2022年9月30日

引用本文: 黄建斌,焦炉烟气脱硫脱硝技术进展与建议[J].化学与化工研究,2022,2(2):35-38
DOI: 10.12208/j.jccr.20220015

检索信息: 中国知网(CNKI Scholar)、万方数据(WANFANG DATA)、Google Scholar等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS