

燃煤电厂烟气脱硫技术的进展和展望

申龙龙

(中煤陕西榆林能源煤化工有限公司, 陕西 榆林 719000)

摘要:为解决燃煤电厂 SO_2 排放而导致的大气污染等环境问题, 本文对现有燃煤工业脱硫技术进行研究, 通过对工业主要应用烟气脱硫技术的原理、工艺流程、优缺点及应用情况等进行研究, 提出了利用各地燃煤电厂所在区域地理和资源优势, 合理采用烟气脱硫技术控制燃煤工业 SO_2 排放, 以其为相关工程提供参考。

关键词: 烟气脱硫; 湿法脱硫技术

中图分类号: X773

文献标识码: A

文章编号: 1004-7344(2021)36-0197-02

0 引言

SO_2 是对大气危害最大的污染物之一, 可能会诱导产生酸雨、雾霾等灾害, 给生态环境和社会经济带来严重危害。2017年, 我国 SO_2 的排放量达到 875.4 万 t, 其中超过 50% 的 SO_2 排放是源自燃煤电厂工业。国内“富煤贫油少气”的能源结构, 使煤炭将长期作为主要的一次能源。比如, 以煤炭为主要能源的火力发电在我国的电力总量占比接近 75%。因此, 发展先进的脱硫技术, 控制燃煤电厂的 SO_2 排放, 是减少大气环境污染物的的重要途径^[1-2]。



图1 榆林某工厂湿法脱硫实例

1 湿法脱硫技术应用现状

目前, 控制工业 SO_2 排放的技术主要以脱硫阶段的不同划分, 分为含硫燃料燃烧前、中、后三个阶段。我国工业较多采用燃烧后脱硫, 这种方法也被命名为烟气脱硫技术。而在众多烟气脱硫技术中, 湿法脱硫技术因具有效率高、成本低等优点被我国工业普遍采纳。因为所采用吸收剂种类的不同, 该类技术可以分为石灰石/石膏湿法、氧化镁法等^[3]。根据最新国内的统计结果显示,

在我国燃煤电厂已经投入运行的烟气脱硫技术中, 超过 90% 的工业装置采用石灰石/石膏湿法, 其余分别为 3% 的海水脱硫法, 2% 的烟气循环流化床法, 2% 的氨法, 其他方法约占 1%^[4]。因此, 本文将这些主要技术的原理、开发进展以及应用范围进行综述和展望。

2 湿法脱硫技术

2.1 石灰石/石膏湿法

石灰石/石膏湿法是将石灰石溶于水形成碱性浆液, 将其注入吸收塔内后与烟气中的 SO_2 与烟气逆流接触并发生化学反应, 由此实现 SO_2 的脱除。

石灰石/石膏湿法是化学工业普遍采用的湿法脱硫工艺, 因其具有吸收剂廉价易得、脱硫效率高等优点, 且产物石膏可作为工业材料和建筑材料等应用。因此, 该法无论现在或者将来仍会是我国燃煤电厂主要使用的脱硫技术。但是该法在应用过程中也存在一些问题, 比如由于 CaSO_3 、 CaSO_4 的水溶性不好导致其易在吸收塔及管道内结垢, 造成设备堵塞、工艺流程复杂等。此外, 随着国内 SO_2 超低排放标准的实施, 传统的石灰石/石膏湿法显然需要极其苛刻的运行条件和操作环境才能符合国内排放要求^[4]。因此, 科研工作者就该吸收剂进行了改良, 比如将 NaCl 、 Na_2SO_4 、 MgCl_2 、 MgSO_4 等无机盐添加剂和苯甲酸、乙酸、甲酸等有机酸催化剂被用于增强石灰石/石膏湿法的脱硫能力。Ochoa Gonzale 等发现添加 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 可以显著提高烟气脱离效率的能力, 尤其是提高脱硫浆液的停留能力。Heidel 等则是添加甲酸与己二酸增强浆液脱硫能力。这些新添加剂和催化剂的开发极大提高了石灰石/石膏湿法的应用范围。

2.2 氧化镁法

氧化镁法是将氧化镁溶于水形成的氢氧化镁泥浆液, 将其注入吸收塔后与预处理后烟气中的 SO_2 反应, 实现 SO_2 的脱除。

反应结束后,可以将吸收塔脱硫产物进行过滤干燥处理,然后在高温煅烧条件下通过热分解反应得到氧化镁,由此可以实现氧化镁的循环利用。

氧化镁具有非常活泼的化学性质,因此将其用于脱硫吸收可以得到较高的脱硫效率。目前,该工艺脱硫效率达到95%以上。此外,氧化镁的循环利用可以最大限度地实现原子经济性,其副产物 SO_2 亦可用于生产硫酸,因此该工艺极具应用价值。自20世纪60年代,该技术由美国开米科基础公司开发后便受到广泛关注,特别是在美国得到广泛的工业化应用。另一个对该技术工业化的国家是日本,但是受制于氧化镁资源匮乏,该技术并未在日本工业得到进一步推广^[9]。我国因具有极其丰富的镁资源,可以利用该法本身所具有的投资低、流程快、效率高等优点,积极推广该技术在我国广泛使用。

2.3 氨法

氨法是将通过氨水与 SO_2 的化学反应,在吸收塔得到了 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$,然后被空气氧化为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,由此实现 SO_2 的脱除。

目前氨法脱硫的效率已经可以达到99%以上,与石灰石/石膏湿法对比,该法可以较好实现 SO_2 超低排放的标准。与此同时,该法同样兼具投资低、效率高、运行安全可靠等优点,但是氨水吸收剂高昂的成本成为其工业化应用的瓶颈。尽管 SO_2 与氨水反应后,经过一系列处理可以得到高附加值的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 等化肥产品,使氨水脱硫反应不仅极具原子经济性,而且具有较高商业价值。若是能够得到积极的开发和推广,相信在超低排放的背景和商业利益的驱动下,该法会得到推广应用^[6]。

2.4 离子液法

离子液法是利用有机胺溶液作为吸收剂脱除 SO_2 的方法。脱除过程中首先利用有机胺的高硫容特性,形成富液;然后在解析塔中通过加热解析,释放 SO_2 制取硫酸,同时实现吸收剂的循环利用。

离子液法是一种资源回收型的环保工艺,不仅实现了脱硫剂的循环利用和 SO_2 的再利用,而且还克服了管道结垢、设备堵塞等问题^[6]。但是有机胺溶液成本高昂,再生过程能量消耗高,使该技术的应用范围受到限制,工业应用过程中仅适用于高浓度 SO_2 烟气的捕集^[7-8]。因此,国内外的科研人员主要将研究的重点集中在乙二胺和哌嗪类有机胺等高性能吸收剂的开发。例如,翟林智等^[9]以乙二胺为吸收剂,并添加硼酸、磷酸、硫酸等助剂提高脱硫性能,且采用乙二胺/硼酸在填料塔装置进行脱硫中试实验。秦毅红等^[10]则对乙二胺、哌嗪和N-(2-羟乙基)哌嗪等低成本和高性能吸收剂的开发。随着这些吸收剂的开发,不仅会使离子液法的使用范围得到拓展,也会推动该法在工业上的应用。

2.5 海水法

海水法是使用海水作为吸收剂脱除 SO_2 的技术,目前按照吸收剂可以分为两种:①仅用海水作为吸收剂;②在海水中添加其他碱性组分的吸收剂。

与上述方法相比,由于海水的成本极其低廉,使海水法在沿海区域极具成本优势。此外,海水法同样兼具工艺流程简单、投

资费用低等优点。在全球的沿海区域的燃煤电厂中,海水法是使用范围最广的方法。由于天然海水的碱度较低,通常不能满足高 SO_2 排放标准的要求,因此一系列碱性添加剂被用于增强海水吸收剂的性能^[11]。与此同时,由于反应后的海水pH仅为3,直接排放会对海洋环境造成破坏,需在排放前调节海水pH^[12]。因此,该法仅适合我国部分沿海燃煤电厂采用。

3 结语

烟气脱硫是减少燃煤电厂 SO_2 排放的重要途径,其中石灰石/石膏法、氧化镁法和氨法等脱硫技术均具有优缺点,需要根据燃煤电厂的实际运行情况和区域的资源优势选择相关工艺。由于我国的燃煤电厂的发展已经成熟,因此在未来的一段时间内,石灰石/石膏法仍将会是我国使用最为广泛的方法。但是在国内超低排放背景下,湿法脱硫技术仍然存在一些问题亟需解决:①开发高性能和低成本吸收剂,提高脱硫效率和降低吸收剂成本;②优化工艺流程和简化反应工艺,降低湿法脱硫塔运行成本;③提高对多种污染物的协同脱除能力,避免实际装置运行过程中,污染物导致吸收剂中毒、气体排放不达标等问题。

参考文献

- [1] 张静.燃煤电厂脱硫废水零排放处理技术研究进展[J].煤质技术,2021,36(2):7-13.
- [2] 朱法华,王圣.煤电大气污染物超低排放技术集成与建议[J].环境影响评价,2014(5):25-29.
- [3] 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(3):22-27.
- [4] 武春锦,吕武华,梅毅,等.湿法烟气脱硫技术及运行经济性分析[J].化工进展,2015,34(12):4368-4374.
- [5] 金平,王昊辰,李磊,等.烟气脱硫技术现状及展望[J].当代化工,2019,48(1):119-1216.
- [6] 赵华.氨法脱硫协同新技术在化工行业的应用及效果[J].当代化工研究,2020(23):144-146.
- [7] 李红霞,张良,李国江.胺法烟气脱硫最新进展[J].河北理工大学学报:自然科学版,2011,33(1):116-118.
- [8] 常宏岗,王荫研.胺法脱硫、硫磺回收工艺现状及发展[J].石油与天然气化工,2002(增刊1):33-36.
- [9] 翟林智,钟秦,王娟.可再生乙二胺湿法烟气脱硫实验研究[J].中国电机工程学报,2009,29(29):57-61.
- [10] 秦毅红,陈锋,张丽,等.可再生胺类脱硫剂的选择研究[J].环境保护科学,2014,40(1):1-5.
- [11] 刘铭辉,刘涛,高艳玲,等.海上平台烟气海水脱硫技术应用研究与进展[J].工业催化,2019,27(5):5-10.
- [12] 朱益民,郭琳,唐晓佳,等.镁基-海水法船舶废气脱硫技术性能分析[J].环境工程学报,2016,10(12):7173-7178.

收稿日期:2021-08-02

作者简介:申龙龙(1988—),男,汉族,陕西榆林人,本科,助理工程师,研究方向为煤制烯烃。