

探讨烟气脱硫在化工锅炉中的应用及其经济效益分析

郭悦 渠怀腾 潘玉增 (内蒙古荣信化工有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 014399)

摘要: 烟气脱硫技术在化工锅炉中的应用具有重要意义, 可以实现环境保护和经济效益的双重目标。随着环保要求的不断提高和技术的不断进步, 烟气脱硫技术将在化工锅炉领域得到更广泛的应用和发展。本文以烟气脱硫在化工锅炉中的应用为核心, 分别提出干式吸附过滤技术、湿式双旋脱硫除尘技术, 以及干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术, 并针对最后一种技术展开经济效益分析, 以期为企业予以参考。

关键词: 烟气脱硫技术; 化工锅炉; 经济效益

化工锅炉燃烧化石燃料时会产生大量的烟气, 其中包含二氧化硫(SO_2)等有害气体。二氧化硫是造成酸雨和空气污染的主要元凶之一, 对环境和人类健康造成严重危害, 因此, 烟气脱硫技术在化工锅炉中的应用具有重要意义。烟气脱硫技术在化工锅炉中的应用可以带来一定的经济效益, 通过减少二氧化硫的排放降低企业的环保成本, 避免因超标排放而受到罚款等处罚, 为企业带来额外的经济收益。

1 干式吸附过滤技术

1.1 技术原理

干式吸附过滤技术是一种高效、环保的烟气净化技术, 其技术原理主要基于吸附和过滤原理^[1]。吸附是指在一定条件下, 吸附剂与气体分子之间的相互作用力大于气体分子之间的相互作用力, 使得气体分子被吸附剂吸附, 从而从气相中分离出来。过滤则是通过滤材将气体中的固体颗粒物拦截下来, 达到除尘的目的。在干式吸附过滤技术中, 吸附剂通常是一种可循环再生的固定材料, 如活性炭、硅胶、分子筛等。这些材料具有高比表面积和吸附容量, 能够高效地吸附气体中的 SO_2 和烟尘。在吸附过程中, 烟气首先经过预除尘器, 通过预除尘器中的滤材将大部分固体颗粒物去除, 并进入吸附塔, 通过吸附剂的吸附作用进一步除去气体中的 SO_2 和烟尘。在干式吸附过滤技术中, 过滤和吸附是协同进行, 吸附剂在吸附过程中会不断积累固体颗粒物, 当积累到一定程度时, 需要对吸附剂进行再生。再生过程通常包括加热、解吸、冷凝等步骤, 将吸附在吸附剂上的 SO_2 和烟尘释放出来, 并回收利用。这个过程可能会比较繁琐, 而且投资额也会相对较大。

1.2 工艺流程

干式吸附过滤技术的工艺流程主要包括以下步骤: ①预除尘: 烟气进入预除尘器, 通过滤材将大颗

粒的烟尘去除, 以防止其进入吸附塔; ②吸附: 经过预处理的烟气进入吸附塔, 与塔内的吸附剂接触。吸附剂利用其高比表面积和吸附容量, 高效吸附气体中的 SO_2 和烟尘; ③再生气体处理: 在吸附过程中, 吸附剂会不断积累固体颗粒物。当积累到一定程度时, 需要对吸附剂进行再生。再生过程通常包括加热、解吸、冷凝等步骤, 将吸附在吸附剂上的 SO_2 和烟尘释放出来, 并回收利用; ④烟气排放: 经过再生处理的烟气温度较低, 不会对环境造成二次污染, 而且副产品可以回收利用。经过处理的烟气排放到大气中。在实际应用中, 干式吸附过滤技术的入口烟气的含尘量必须小于 $150\text{mg}/\text{m}^3$, 否则可能会产生堵塞和吸附剂中毒的问题。此外, 由于吸附剂需要定期再生, 这个过程可能会比较繁琐, 而且投资额也会相对较大。因此, 在选择干式吸附过滤技术时, 需要考虑其适用性和经济性。

1.3 主要设备

干式吸附过滤技术的主要设备包括预除尘器、吸附塔、再生气体处理装置以及烟气排放装置: ①预除尘器: 预除尘器是干式吸附过滤技术中的第一道工序, 主要作用是通过滤材将大颗粒的烟尘去除, 防止其进入吸附塔。常用的滤材包括金属网、陶瓷滤砖等; ②吸附塔: 吸附塔是干式吸附过滤技术的核心设备, 主要作用是让烟气与吸附剂接触, 利用吸附剂的高比表面积和吸附容量, 高效吸附气体中的 SO_2 和烟尘; ③再生气体处理装置: 再生气体处理装置主要作用是对吸附剂进行再生, 将吸附在吸附剂上的 SO_2 和烟尘释放出来, 并回收利用。这个过程通常包括加热、解吸、冷凝等步骤; ④烟气排放装置: 烟气排放装置主要作用是将经过再生处理的烟气排放到大气中。这个过程中需要注意烟气温度要低, 不会对环境造成二次污染, 而且副产品可以回收利用。除了以上主要设备外, 干

式吸附过滤技术还需要其他辅助设备和控制系统,如风机、阀门、管道等,以及控制系统来实现整个工艺流程的自动化运行和监控。

1.4 优缺点分析

1.4.1 优点

①高效性:干式吸附过滤技术能够高效地除去烟气中的 SO_2 和烟尘,实现高达 95% 的除尘效率和超过 80% 的脱硫效率;②环保性:干式吸附过滤技术排出的烟气温度低,不会对环境造成二次污染,而且副产品可以回收利用;③可循环利用:干式吸附过滤技术中的吸附剂是一种可循环再生的固定材料,可以重复使用,降低运行成本;④适用范围广:干式吸附过滤技术适用于各种类型的烟气净化,包括工业废气、汽车尾气等。

1.4.2 缺点

①入口烟气的含尘量必须小于 $150\text{mg}/\text{m}^3$,否则可能会产生堵塞和吸附剂中毒的问题;②吸附剂需要定期再生,这个过程可能会比较繁琐,而且投资额也会相对较大;③干式吸附过滤技术中的设备较多,需要较高的运行和维护成本;④对于某些特殊气体,如氮氧化物、有机废气等,干式吸附过滤技术的处理效果可能不够理想。

2 湿式双旋脱硫除尘技术

2.1 技术原理

湿式双旋脱硫除尘技术的主要原理是利用水膜、喷淋、水帘等方法进行烟气除尘脱硫^[2]。将其应用于化工锅炉之中。在烟气进入除尘器后,通过进口旋流板的作用,从上到下旋流经过除尘器内筒。内筒顶部装有水喷淋头,水流方向逆着烟气方向。在喷淋过程中,烟气中的 SO_2 被碱液吸收,受到离心作用,吸附尘的水被甩向内壁形成水膜,从而实现水膜除尘效果。同时,气流在内筒下端经过水帘冲洗,再经过旋流进板进入外筒脱水,进入引风机进行防腐处理,温度升高后进入引风机。在引风机的作用下,烟气进一步脱硫除尘,最后排放出去。这种处理设备主要用于小型锅炉,具有高效、环保、节能等优点。但是需要注意的是,由于烟气带水问题不能合理解决,所以除尘器底部及引风机叶片的积灰必须定期清理,一般为 3 个月左右。

2.2 工艺流程

湿式双旋脱硫除尘技术的工艺流程主要包括以下步骤:①烟气进入除尘器后,通过进口旋流板的作用,从上到下旋流经过除尘器内筒;②内筒顶部装有水喷

淋头,水流方向逆着烟气方向。在喷淋过程中,烟气中的 SO_2 被碱液吸收;③受到离心作用,吸附尘的水被甩向内壁形成水膜,实现水膜除尘效果;④气流在内筒下端经过水帘冲洗,再经过旋流进板进入外筒脱水;⑤进入引风机进行防腐处理,温度升高后进入引风机。在引风机的作用下,烟气进一步脱硫除尘;⑥最后排放出去。这种处理设备主要用于小型锅炉。需要注意的是,由于烟气带水问题不能合理解决,所以除尘器底部及引风机叶片的积灰必须定期清理,一般为 3 个月左右。

2.3 主要设备

湿式双旋脱硫除尘技术的主要设备包括除尘器、引风机、水喷淋装置、水帘装置等。其中,除尘器是该技术的核心设备,用于对烟气进行除尘和脱硫处理;引风机则用于将烟气吸入除尘器并进行脱硫除尘处理;水喷淋装置则用于将碱液喷淋到烟气中,吸收烟气中的 SO_2 ;水帘装置则用于对烟气进行冲洗和脱水处理。

2.4 优缺点分析

2.4.1 优点

①高除尘效率:该技术的除尘效率可达 95% 以上,同时使用脱硫剂的情况下脱硫效率可达 70%,能够有效地解决烟气污染问题;②环保节能:该技术采用水膜、喷淋、水帘等方法进行烟气除尘脱硫,不会产生二次污染,同时具有节能、节水等优点;③适应性强:该技术适用于小型锅炉的处理,具有较强的适应性;④维护方便:该技术的设备简单,维护方便,可以节省大量的维护成本。

2.4.2 缺点

①烟气带水问题不能合理解决:由于烟气带水问题不能合理解决,所以除尘器底部及引风机叶片的积灰必须定期清理,一般为 3 个月左右;②需要定期清理设备:由于设备运行中会有灰尘积累在设备底部,所以需要定期清理设备,保持设备的正常运行;③对设备要求较高:该技术需要使用专业的除尘器和引风机等设备,对设备的性能和质量要求较高。

3 干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术

3.1 技术原理

干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术是一种高效、实用的烟气净化技术。其技术原理是利用干、湿两种设备的优点,将两者结合在一起,以此达到更好的净化效果^[3]。在干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术中,烟气首先进入旋风除尘段,通过高速旋转的除尘器,

去除较大颗粒的粉尘。这个过程主要是利用空气动力学原理,使粉尘在离心力的作用下被分离出来。接下来,烟气会进入吸收段。在这个部分,烟气与布满吸收液的筛板接触,实现传质吸收,高效地脱除 SO_2 和微细粉尘。这种设计能够使烟气与吸收液充分接触,提高脱硫和除尘效率。通过这种干湿结合的方式,不仅可以提高设备的净化效率,还能延长设备的使用寿命。

3.2 工艺流程

干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术的工艺流程如下:①烟气进入旋风除尘段,通过高速旋转的除尘器,去除较大颗粒的粉尘;②烟气进入吸收段,与布满吸收液的筛板接触,实现传质吸收,高效地脱除 SO_2 和微细粉尘;③烟气进入脱水段,进行脱水除雾处理,避免烟气带水的问题;④净化后的烟气通过烟囱排出。整个工艺流程设计合理,能够有效地净化烟气中的有害物质,达到国家排放标准。同时,这种技术还具有很高的实用性和可靠性,能够满足不同工况下的烟气净化需求。

3.3 主要设备

干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术的主要设备包括旋风除尘器、吸收塔、脱水器和烟囱。①旋风除尘器:这是一种高效、可靠的除尘设备,能够利用空气动力学原理,使粉尘在离心力的作用下被分离出来,位于塔身的下部,能够有效地清除较大颗粒的粉尘;②吸收塔:这是整个设备的核心部分,采用干湿结合的方式进行脱硫和除尘。塔内布满吸收液的筛板,能够使烟气与吸收液充分接触,实现传质吸收,高效地脱除 SO_2 和微细粉尘;③脱水器:经过吸收塔处理后的烟气会进入脱水器,进行脱水除雾处理,避免烟气带水的问题。这种设计不仅提高设备的净化效率,还延长设备的使用寿命;④烟囱:净化后的烟气通过烟囱排出,达到国家排放标准。这些设备在整个工艺流程中协同工作,能够高效地净化烟气中的有害物质,满足不同工况下的烟气净化需求。同时,这种技术还具有很高的实用性和可靠性,得到广泛的应用和推广。

3.4 经济效益分析

烟气脱硫作为一种环保措施,旨在减少燃煤发电厂等工业设施排放的二氧化硫(SO_2)物质污染。经济效益分析是评估烟气脱硫投资是否划算的一种方法。下面是一些值得考虑的经济效益方面:

3.4.1 成本分析

干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术的成本,主要

包括设备投资、运行成本和维护成本。相比传统的干法和湿法脱硫技术,该技术的设备投资较低,因为其结合干法和湿法的优点,采用更加简化的工艺流程和设备结构,减少了设备数量和占地面积。此外,该技术的运行成本和维护成本也相对较低,采用更加高效的脱硫剂和更加先进的控制系统,能够有效地降低能耗和维护费用。

3.4.2 节能减排效果分析

干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术的节能减排效果显著,相比传统的干法和湿法脱硫技术,该技术的脱硫效率更高,可达 95% 以上。

因该技术采用更加高效的脱硫剂和更加先进的反应机理,能够更加彻底地去除烟气中的二氧化硫。同时,该技术还能够去除大部分的烟尘和其他污染物,减少对环境的污染。

3.4.3 环境效益分析

干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术的环境效益也非常明显,通过减少二氧化硫和烟尘等污染物的排放,该技术能够改善环境质量,减少对人类健康的危害。具体来说,可以降低空气中的二氧化硫浓度,减少酸雨的形成,保护植被和生态环境;减少烟尘和颗粒物的排放,降低空气中的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度,改善空气质量,保护公众健康;还可以减少重金属等有害物质的排放,保护土壤和水源,维护生态平衡。

4 结束语

综上所述,烟气脱硫在化工锅炉中的应用,涵盖干式吸附过滤技术、湿式双旋脱硫除尘技术和干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术,每种技术都有其独特的优点和缺点,选择适合的技术方案需要综合考虑工艺流程、设备成本、操作难度等因素。通过对干湿结合式锅炉烟气脱硫除尘技术的经济效益进行分析,可以得出该技术具有良好经济效益的结论。该技术不仅具有较低的成本和能耗,而且还能达到较好的节能减排效果和环境效益。因此,该技术具有广阔的应用前景,值得推广应用。

参考文献:

- [1] 赵登秋郑威曹军平何恒斌. 印染废水在烟气脱硫中的应用实践 [J]. 印染, 2022, 48(8): 47-49.
- [2] 何少波. 焦化厂焦炉烟气余热锅炉脱硫脱硝系统运行的问题及处理措施 [J]. 山西化工, 2022, 42(7): 89-90.
- [3] 高小龙. 干法脱硫在干熄焦烟气治理中的应用探究 [J]. 山西化工, 2023, 43(5): 135-137.