

工业窑炉废气氟化物治理工艺设计分析

梁锦胜

(佛山高砂工业窑炉有限公司 广东 佛山 528000)

摘要: 一些工业窑炉生产中会产生带有氟化物的废气, 这种废气的危害性极大, 若不进行净化处理将无法达到排放标准, 因此需设计合适的脱氟净化治理工艺。本文主要以某工业企业的窑炉生产线为例, 设计了一种经济、可靠、适应性较强的干法脱氟工艺, 具有较高应用价值。

关键词: 工业窑炉; 废气氟化物; 脱氟净化; 治理; 设计

0 引言

在工业生产过程中, 含氟废气比较常见, 就目前情况而言, 含氟废气是指含有四氟化硅及氟化氢物质的废气, 这种废气来源于化工行业的生产, 比如磷肥制造行业、冶金行业和建材行业等, 许多生产过程都会产生含氟废气, 其中磷肥工业和冶金行业中的铝厂是含氟废气排放量最大的。

1 工业含氟废气的危害

氟本身是一种人体中需要的微量元素, 可帮助人体代谢, 但氟是限量的元素, 若是含量过多就会对人体有害, 甚至产生不良病变。人体摄入微量氟主要是通过食物或者水, 但气态氟缺少一种有害物质, 工业生产中的含氟废气若排放量较大, 就会导致氟污染, 这时的气态氟化物也具有较大毒性, 伴有刺激性气味及强腐蚀性效果, 比如, 四氟化硅是一种窒息性气体, 在吸入后给人体造成较大危害, 其危害是二氧化硫气体危害的 20 倍。在一些工业生产产生氟化物的情况中, 相应的从业者还会罹患氟病, 这种病症也是我国职业病中的一种典型。工业含氟废气的进一步扩散与转移, 还会导致大气污染、土壤污染和水体污染, 对一些外界环境中的建筑物、设备等也会造成腐蚀作用, 更严重的是会破坏臭氧层。为此, 工业含氟废气的治理工作变得越来越重要。

2 含氟废气治理原理与技术类型

2.1 含氟废气治理主要原理

对含氟废气进行净化治理的原理, 可分别从湿法吸收和干法吸收两种方法来研究, 工业上的含氟废气吸收, 这两种工业方法都有所运用, 且湿法吸收的吸收剂也不统一。湿法吸收净化处理的原理为, 采用液体对氟化物进行吸收, 这种液体可以洗涤含氟废气, 从

而达到净化回收的目的。在湿法吸收之后还可能会产生一些含氟副产品, 像是冰晶石、氟硅脲、氟硅酸钠和氟硅酸等。这些副产品也可以得到再次使用, 比如, 氟硅脲事实上是一种氟硅酸与尿素混合后的物质, 可以用作农业生产的农药, 可以治疗小麦农作物的防锈病。湿法吸收净化氟化物的吸收剂可以选择碱液物质、石灰乳、水和氨水等。干法吸收净化处理的原理为使用一些与氟化氢气体发生反应的固体氧化物或氢氧化物, 最终也会生成一定副产品, 像是若选择氧化铝作为吸收物质, 会生成含氟氧化铝物质, 这种物质可用于铝电解生产。

2.2 含氟废气治理的几种常见技术

2.2.1 水吸收法

水吸收法是湿法脱氟工艺中的一种技术, 其主要是选择水当作吸收氟的吸收剂, 最终在洗涤了废气中氟化物以后, 还会生成氟硅酸, 有效地回收氟资源。其中, 水是成本极低且易得的一种吸收剂, 因此在这一点上比较经济, 不过这种工艺方法会对设备产生一定的腐蚀, 耗费设备成本。氟化氢物质与四氟化硅物质都是溶于水的气体, 在溶于水后还分别生成氢氟酸与氟硅酸、硅胶。由于在不同工业当中的含氟废气含氟量、气量和温度等参数不同, 实际选择水吸收法作为净化工艺时的设备及操作流程也不完全相同, 目前在我国的工业当中多是二级脱氟吸收流程。

2.2.2 碱吸收法

碱吸收法与水吸收法最大的不同就在于其吸收剂为碱性物质, 包括氨水、氢氧化钠和碳酸钠溶液等, 能够吸收废气当中的氟化物与其他一些有害物质, 最终得到的副产品主要为冰晶石, 目前最为常用的碱性吸收剂还是碳酸钠溶液, 其次则是石灰乳。吸收剂的不同也会导致工艺使用上存在差异, 比如说用石灰乳做吸收剂开展含氟废气的精华处理, 最后会生成氟化钙废渣物质, 能直接被抛弃, 也能够经过过滤和干燥后再用作塑料

填料物质。碱吸收法使用石灰乳的工艺适合用于废气中含氟量较低的情况,也适用于一些回收氟较为困难的企业。在处理电解铝厂的废气时,先是进行除尘处理,然后将废气送到吸收塔底部,塔内放有浓度达标的碳酸钠溶液,两者接触可洗涤废气中的氟化氢,最终脱氟的气体还需经过除雾后排放。

2.2.3 干法净化吸附法

这种工艺方法主要是选择粉状的脱氟吸附剂,有效吸收废气中的氟化物,特点是具有较高的净化效率,净化效果也不错,工艺较简单,可进行氟的回收,不会产生一些二次污染的废水,也不会对设备造成腐蚀作用,但其净化过程中使用的设备体积颇大。在干法净化吸附法当中,吸附剂放在吸附装置当中,含氟废气进入后会与脱氟吸附剂发生反应,从而达到除氟的效果。工业生产中常常会使用氢氧化钙、氧化钙和氧化铝等物质作为吸附剂,其净化的效率也是很高的,一般都是在 98% 以上,且干法净化更为环保,与其他工艺方法相比,不管是基建成本还是后续运行成本也都是比较低的,对外界环境的要求也不高,在一些北方低气温环境也可以应用。

3 含氟废气治理工艺的运用实践

3.1 工程概况

某工业企业的生产线当中,主要是采用了轨道窑来进行物料的焙烧生产。窑炉主要是使用天然气进行燃烧,因此实际燃烧产生的废气当中二氧化硫物质浓度不高,但由于生产原料当中含有氟元素,因而在焙烧流程当中,原料中的含氟物质会在高温下分解,产生四氯化硅气体与氟化氢气体这两种气态氟化物,其中烟气性能的参数如下:烟气量为 $3000\text{Nm}^3/\text{h}$,烟气实际温度约为 135°C ,原烟气中的二氧化硫物质浓度约为 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$,原烟气中的氟化物浓度约为 $520\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。在经过了设计并运用脱氟系统之后,要求其净烟气中的氟化物浓度保持在 $6\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下,且实际脱氟效率应当要达到 98.9%,切实满足该工业企业所在区域的工业窑炉大气污染排放标准与要求。

3.2 相关工艺选取

一般来说,工业窑炉的废气氟化物净化处理都是采用两种工艺,即湿法工艺和干法工艺。由上述详细分析可知,目前国内存有的湿法治理含氟废气的工艺技术包括有碱液吸收法及水吸收法,实际净化处理过程中通常是先经过除尘处理,再经过吸收塔和脱水塔的复杂处理,最后将净化后的气体由烟囱位置排出即可,这种工艺方法有着较高的净化率,但同时其除氟使用的设备较复杂,实际运行成本颇高,且处理后存在严重腐蚀作用,还可能会伴有一些二次污染,因此在实

际工业上治理废气氟化物并不十分常用。而相对的干法工艺除去废气氟化物的流程颇为简单,但处理生成的烟气体积较大,目前国内的一些制铝工业中废气氟化物治理有使用这类工艺,例如,铝行业采用干法净化技术,通常是选择氧化铝物质作为处理净化剂,其脱氟的效果是比较好的,效率颇高,同时处理后不会生成含氟废水,因此可减少二次污染,具有较高的应用价值。结合本次研究的工程项目实际情况,将不同技术进行应用效益对比,尤其是在经济上对比分析后,决定基于选择钙基净化剂,最终选定的窑炉废气氟化物处理工艺路线为“烟道反应器+沸腾床反应器”处理,该工艺处理经由分析判定具有一定可行性,能够实现治理含氟废气的目标。

3.3 实际工艺流程和相关反应

结合以上确定的工业窑炉废气氟化物治理工艺,对其实际工艺流程开展设计,具体设计情况如下:相关生产烟气先是从工业窑炉中排放出来,到达主管道位置以特定流速进入到烟道反应器当中,其具体流速可控制在 18m/s 左右,与此同时,所选择的脱氟剂氢氧化钙物质粉末也会进入到烟道反应器的内部,然后通过烟道反应器的烟气物质,与脱氟剂物质氢氧化钙粉末充分混合,发生相应的化学反应,有效发挥出脱氟作用,其具体反应包括两种:其一,脱氟剂氢氧化钙物质与氟化氢气体发生反应,生成水和氟化钙物质,其中氟化钙物质是一种无机化合沉淀物,呈现出白色粉末状并难溶于水,便于进行清除;其二,脱氟剂氢氧化钙物质与四氯化硅气体发生反应,生成二氧化硅、氟化钙和水等物质,其中二氧化硅物质的性质颇为稳定,同样难溶于水,便于处理。

烟气和脱氟剂氢氧化钙物质充分混合发生反应以后,其混合物还会经由主管道再进入到沸腾床反应器当中,在该反应器部分,脱氟剂会夹带着一些飞灰颗粒,在反应器内部壁板和布袋上发生碰撞摩擦,至最后回落。沸腾反应器内底部安装了沸腾装置,在该装置的作用下,整个反应器内部脱氟剂物质都处于一个流化沸腾的状态,这种状态下的脱氟剂氢氧化钙物质也会增加与烟气之间的充分接触率,进一步提升脱氟剂氢氧化钙物质的利用率,增强对烟气的脱氟处理效果。

3.4 两种反应器装置

3.4.1 烟道反应器装置

本工程中选择运用的烟道反应器装置类型为文丘里烟道反应器,其具体的结构如图 1 所示。使用的脱氟剂氢氧化钙在被流化沸腾之后,会经过分布器位置溢流而出,整体呈现出一个相对均匀的圆截面,此时,脱氟剂氢氧化钙物质会与废气氟化物充分进行混合,均匀混合后发生相应的化学反应。

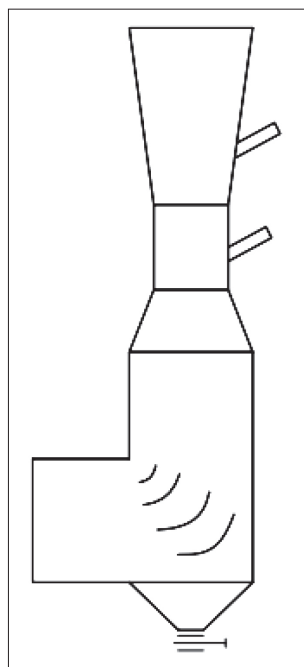


图1 烟道反应器

3.4.2 沸腾床反应器装置

沸腾床反应器装置是一种气—固流化床反应器,本工程中该装置的主体为低压脉冲布袋除尘器。实际运行过程中,含有颗粒物粉尘的气体会经过风道位置进入到灰斗,其中脱氟剂物质和颗粒较大的粉尘物质都会直接到达灰斗位置的底部,而颗粒体积较小的粉尘则会随着气流上升而转折一直向上到达过滤室位置,同时也会被阻留在滤袋的外表面上,使得进入到滤袋内部的烟气得到一层有效净化,并且烟气还会从滤袋口经过,再经过净气室位置进行净化处理,

最后进入到出风道位置,由排风口将处理后的烟气排出。其中,最底部的沸腾装置可以始终保持着沸腾床反应器内部灰斗位置的氢氧化钙物质处于沸腾状态,以便于提升氢氧化钙及烟气之间的接触效果,提升烟气中氟化物的去除率。

本项目中应用沸腾床反应器装置的主要参数包括:沸腾床反应器的设备阻力值为1000~1800Pa;过滤室的过滤风速应当小于1.2m/s;分室的实际数量应当>3,且保证能够实现不停机操作更换布袋装置。保证控制为以上参数,则实际反应器的处理效果会更佳。

3.5 治理工艺的运行效果分析

运用“烟道反应器+沸腾床反应器”的这种干法脱氟工艺,其实际治理工业含氟气体的运行效果还需进一步分析,该工艺系统组成并不复杂,图2表示的

是采用了该项脱氟工艺后,该工业企业2020年某月的治理运行数据记录。

根据图2所示的内容可知,该工业企业生产中产生的原废气氟化物浓度约为400~520mg/Nm³,而经过了“烟道反应器+沸腾床反应器”干法脱氟工艺系统的净气处理后,烟气中的氟化物浓度会降低到6mg/Nm³,通过计算判断其脱氟效率可高达98.9%,充分满足了当前工业烟气排放的环保标准,也满足了相应的设计要求,达到了起始目的,表明该项工艺的实际脱氟处理效果明显,在工业窑炉废气氟化物治理工作中具有较高的可行性。截至目前,这种脱氟工艺系统已经稳定运行了一年的时间,在这期间也曾经安排过相关检测机构的专业人员进行净气氟化物的浓度检测工作,相关检测结果中的数据均达标,满足了实际排放的要求。

总而言之,采用了“烟道反应器+沸腾床反应器”干法脱氟工艺,其脱氟剂材料选择氢氧化钙物质,该项工艺系统可以有效去除工业生产烟气中的氟化物,实际治理效率较高,达到了环保排放要求的氟排放标准值,同时工艺方法较为简单、成本不高、运行具有稳定性与可靠性,有着较高的推广运用价值。

4 结语

综上所述,工业窑炉的废气氟化物会对环境造成污染,气态氟化物也会对人体健康造成严重危害,因此,需运用一些废气氟化物的治理工艺对废气进行净化。由本文分析可知,文中以某工业企业的含氟废气治理工艺系统设计为例,主要是采用了一种干法脱氟工艺,脱氟剂为氢氧化钙物质,反应装置包括烟道反应器与沸腾床反应器。实践证明,这种工艺系统成本不高且脱氟效果较好,值得推广运用。

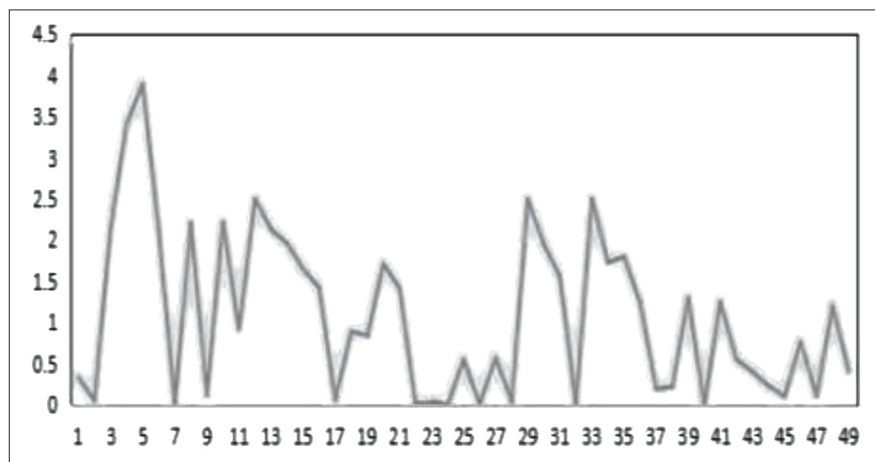


图2 脱氟工艺治理后的氟化物浓度

参考文献:

- [1] 张徐宁. 浅谈煤矿水中氟化物的检测与治理[J]. 山西化工, 2021, 41(03): 192-193+197.
- [2] 张元勇, 徐红秋, 张运宝. 煤化工废水氟化物治理的探讨与应用[J]. 中氮肥, 2020, 1(02): 78-80.
- [3] 王欣新. 氟化物污染的危害及其治理[J]. 农家参谋, 2019, 20(16): 191+220.
- [4] 李洋, 张玄, 张丽君, 等. 白洋淀氟化物污染、迁移规律及其治理对策研究[J]. 节能, 2019, 38(03): 74-76.