

Analysis of the Application of Sepiolite and Activated Carbon Adsorption Methods in The Treatment of Volatile Organic Compounds

Long Chen Xiang Liao Yan Xie

Xiangtan Sepiolite Technology Co., Ltd., Xiangtan, Hunan, 411100, China

Abstract

Sepiolite belongs to magnesium rich silicate and has good high-temperature stability and high hardness, it has been widely used in various fields, such as environmentally friendly adsorption materials and national defense industry. Due to its high porosity, density, and good heat resistance, sepiolite plays an irreplaceable and important role in the treatment of volatile organic compound pollution. Therefore, it is necessary to purify and modify sepiolite based on actual conditions, further improving the adsorption rate and capacity of sepiolite for volatile organic compounds, and thereby strengthening the effectiveness of pollution control. This paper analyzes the application of sepiolite and activated carbon adsorption methods in the treatment of volatile organic compounds, aiming to further improve the effectiveness of volatile organic compound treatment and strengthen environmental quality improvement.

Keywords

sepiolite; activated carbon adsorption method; volatile organic compounds; governance measures

浅析海泡石、活性炭吸附法在挥发性有机物治理中的运用

陈龙 廖祥 谢彦

湘潭海泡石科技有限公司, 中国·湖南湘潭 411100

摘 要

海泡石属于富镁硅酸盐, 且高温稳定性较好硬度较大, 在各个领域获得了良好的应用, 如环保吸附材料、国防工业领域等。由于海泡石的孔隙率较高, 密度较高, 耐热性好, 在挥发性有机物污染治理过程中发挥不可替代的重要作用。因此, 需要结合实际情况, 对海泡石进行纯化、改性, 进一步提高海泡石对挥发性有机物的吸附率和吸附容量, 从而强化污染治理效能。论文对海泡石、活性炭吸附法在挥发性有机物治理中的应用进行分析, 旨在进一步提高挥发性有机物治理效果, 强化环境质量改善。

关键词

海泡石; 活性炭吸附法; 挥发性有机物; 治理措施

1 引言

随着经济的发展, 中国空气污染越来越严重, 导致灰霾天气越来越多, 严重危害生态环境系统平衡性, 且对人们身体健康造成极大的威胁。其中, 挥发性有机物是引起灰霾天气的关键因素, 因此需要采取科学合理的挥发性有机物净化方式。而其中吸附法的应用, 是基于固态吸附剂的吸附作用对气体进行选择分离的一项成熟且在各组合工艺中大范围搭配使用的技术。随着新型高效吸附剂的不断涌现和高效分离工艺技术的发展, 大幅度降低了吸附成本, 其较低的成本和良好的去除效果使得该项技术变得极具竞争力。传统的吸附剂主要为活性炭, 但该物质的成本较高, 容易出现二

次污染。而海泡石储量丰富, 价格低廉, 且表面积潜力较大, 在挥发性有机物吸附治理过程中发挥了重要作用。

2 海泡石介绍

海泡石 (Sepiolite) 是一种富含镁元素呈纤维状硅酸盐矿物, 属于海泡石—坡缕石粘土矿物族。海泡石的结构通式为 $Mg_8(H_2O)_4[Si_6O_{15}](OH)_4 \cdot 8H_2O$, 由硅氧四面体和镁氧八面体组成。其微观结构呈现纤维状, 这种特殊的结构会使海泡石理论的比表面积高达 $900m^2/g$ 。海泡石质量较轻, 密度为 $2.032\sim 2.035g/cm^3$, 硬度 (莫氏) 为 2~2.5 级^[1]。同时, 海泡石呈现一定粘性。其作为一种多孔材料, 具有较大比表面积、孔容以及低廉价格等优点, 且能表现出良好的吸附性能、较强的离子交换与吸附能力、优异的机械性能和稳定的化学性能, 因此在气体吸附、废水净化等吸附相关领域展现出广阔的应用前景, 是一款良好的吸附剂及催化剂载体。海

【作者简介】陈龙 (1988-), 男, 中国湖南湘潭人, 硕士, 工程师, 从事海泡石环保材料的研发研究。

泡石具备特殊的孔道结构、大的比表面积、表面带永久负电荷,因此工业 VOC 治理领域展现出广阔的应用前景。蜂窝活性海泡石属于一款具有高效吸附性能的 VOCs 治理用蜂窝产品。海泡石作为一种黏土矿物,因其比表面积大、孔结构独特和优异的耐高温性能,可直接应用于 VOCs 气体吸附。通过采用“提纯+活化+改性”三重技术,开发出吸附容量大、吸附速率快、成本低廉的海泡石基 VOCs 气体吸附用蜂窝活性海泡石。

3 海泡石吸附剂的应用优势

目前,中国 VOCs 治理主要技术集中在吸附与燃烧技术上,市场主要采用高品质的活性炭和沸石作为吸附剂。活性炭存在烟气温度过高的情况下容易自燃的安全隐患,废气浓缩脱附及吸附剂回收需要在无氧条件下才能完成的缺陷;沸石价格昂贵^[2]。与市场上应用最广的活性炭相比,海泡石基蜂窝吸附产品具有以下几点优势。一是通过运用提纯改性等技术方法,使海泡石基吸附剂的吸附容量和吸附速率两大特性大大提升,其性能完全可以与现在市场上的活性炭媲美;二是海泡石作为一种黏土矿物,具有良好的耐高温性能,不会出现活性炭在烟气温度过高的情况下自燃等安全隐患;三是海泡石蜂窝产品独特的耐热性能,使得在废气浓缩脱附或回收再生过程中可以直接加热脱除废气,不存在活性炭需在无氧条件下才能完成的情况,大幅度节省了成本。

4 海泡石提纯改性工艺

4.1 海泡石提纯工艺

中国海泡石品位较低,存在大量的杂质,且表面弱酸性,结构孔道较为狭窄,为了提升海泡石对挥发性有机物的吸附能力,需要对其进行提纯处理。其中,海泡石提纯方法包含物理方法和化学方法两种^[3]。

①物理方法包含沉降法、离心分离法、电泳法等方式,其中离心沉降法应用中,需要在天然海泡石中添加分散剂,对海泡石中粗粒伴生杂质矿物进行清除,通过离心力作用,对悬浮液中分散的固相粒子进行沉淀。

②化学方法,即通过沉淀方法对海泡石中的砂砾进行清除,并创建特定的温度条件,对其持续性搅拌,并添加一定量的酸或碱物质,以便与矿石中发生反应,将其把矿石中的杂质矿物生成溶盐,并利用压滤、洗涤、干燥等方式,获得纯度较高的海泡石。在实际应用中,需要把海泡石原矿粉进行过筛,这样可以对矿粉中的伴生矿进行初步清除,如滑石、方解石等;之后按照 1 : 10 的比例把海泡石浸泡中蒸馏水中,持续浸泡 24 小时,让海泡石充分吸水并膨胀;之后添加分散剂焦磷酸钠,使用搅拌器持续低速搅拌一小时,然后高速搅拌两个小时;把上层悬浮液与下层沉积物进行分离,然后利用真空抽滤、蒸馏水进行重复性洗涤;之后把滤饼放置在烘箱中,烘烤箱温度条件为 105℃,之后对其进行研磨,获得海泡石精矿。通过提纯后的海泡石晶体的堆积状

态、表面形态、孔道结构等处于无规则状态,且纤维团聚,在其孔道内填充碳酸盐类等胶结物,需要进一步改性活化处理^[4]。

4.2 海泡石改性工艺

为了拓展海泡石的应用效果,使其在更多领域发挥作用,需要结合实际情况,做好海泡石改性处理,从而对海泡石骨架、孔隙度等改善。海泡石改性方法包含酸活化法、离子交换法、水热处理法、焙烧法、表面有机改性法。通过改性处理,可以增加海泡石比表面积,且能够强化其活性,增加海泡石的吸附能力和离子交换能力。

①酸活化法,在具体改性过程中,需要使用 HCl、HNO₃ 和 H₂SO₄ 等无机强酸,对海泡石精矿进行浸渍,创建恒温环境,并在振荡器中持续改性一定时间,然后通过真空抽滤、洗涤方式去除残留酸液,并对滤饼进行干燥、研磨、粉碎,获得酸改性海泡石^[5]。该类改性海泡石内部晶体结构被酸破坏,矿物间的致密胶结物溶解,致使纤维与纤维间的粘结力降低。海泡石的吸附能力与活化改性的酸浓度息息相关,当酸浓度过低时,难以溶解海泡石中的镁离子,层间与孔道力的碳酸盐不能彻底清除,难以打开海泡石通道,不利于孔径、微孔隙的增大;当酸浓度过高时,会导致海泡石结构破坏过大。因此,需要对酸浓度进行合理设置,有效提升海泡石酸活化处理效果。

②水热处理法,在该方式应用中,需要把海泡石放置在高压釜内,并与水混合,创建高温高压环境,对混合物进行持续性搅拌,通过这种方式可以彻底破坏海泡石纤维结构,并将其分解,形成更加细小的纤维,对其进行分离、干燥,获得超细化的海泡石纳米纤维。通过这种方法获得的海泡石可以增加比表面积,提高海泡石的静态饱和吸附容量。

③离子交换法,离子交换改性,主要是利用金属阳离子代替海派是八面体结构边缘的镁离子,该类物质具有强极化能力,且能够改变其表面酸碱性,进一步强化海泡石吸附性能。通过这种方法获得的改性海泡石表面酸性增加,并能够强化其催化活力,进一步提高海泡石对挥发性有机物的吸附催化能力^[6]。

④焙烧处理法,海泡石结构中的水形态包含吸附水、结晶水、羟基水等。通过高温加热作用,晶体结构中的水会逐渐失去,海泡石结构出现局部变化,形成无水海泡石相。在特定温度范围内,海泡石对挥发性有机物的吸附量会逐渐增高。

5 海泡石吸附法在挥发性有机物治理中的应用

5.1 静态吸附试验

在密封性的玻璃器皿中放置特定重量的挥发性有机物液体,并创建合适的室内环境,使其自然挥发,获得挥发性有机物气体。此外,还需要在器皿中添加一定量的硅胶,这样可以对器皿中的水分进行清除;之后称取特定量的纯化改

性后的海泡石样品,并放置到微型称量瓶中,之后将其放置在玻璃器皿中。与此同时,需要设置不放样品的空白试验,以便对结果误差进行校正;要对玻璃容器进行密封,这样可以确保海泡石能够在常温常压条件下,对自然挥发的挥发性有机物蒸气进行静态吸附;静置一段时间后,需要使用电子天平对样品质量进行称量,确保吸附达到静态饱和状态,然后对吸附量、吸附率进行计算^[7]。

5.2 动态吸附试验

在动态吸附试验中,需要对从钢瓶中流出合成空气气流,并使其进入到混合器中,同时另一路需要把气流引入到挥发性有机物气体发生器中,从而获得具有一定浓度饱和度的挥发性有机物蒸气,干燥空气和饱和挥发性有机物蒸气在混合器中进行混合,并同固定床进行吸附,并对尾气进行净化后排放到空气中。

5.3 实际应用

①酸和水热改性海泡石,质量分数为13%的盐酸改性海泡石对气相丙酮的吸附效果较好,且吸附量可以达到54.41mg/g。由此可见,改性海泡石对高浓度丙酮的吸附性较好,且经济性较高,在丙酮污染治理中的应用效果较好。

②海泡石铜钴双金属复合催化材料,能够对甲苯进行良好的催化降解,且催化活性较高。

③利用溶液法,对TiO₂溶胶与酸改性海泡石纤维(AAS)进行复合,制备TiO₂/酸改性海泡石纤维(TiO₂/AAS)复合光催化剂,对空气中的甲醛降解率较高,且催化稳定性较好,主要是因为该类催化剂的孔结构、比表面积较高,且吸附性能较好,在甲醛催化吸附过程中发挥了重要作用^[8]。

6 活性炭吸附法在挥发性有机物治理中的应用

6.1 变压吸附

该方法在应用中,需要创建恒温、无热源环境,并设置周期性调节系统压力,在不同压力下产生吸附、脱附循环过程。在平衡吸附中,利用活性炭的特殊分子筛,利用差异分离分子吸附率。且主要在常压下进行吸附,并利用降压、排空方式进行操作,且脱附过程中的真空度较高,能够进一步提高脱附效率。但是高真空对吸附系统的要求较高,且耗能较高,因此需要对脱附压力进行合理设置,即8~10kPa之间的脱附效果较好。该技术的自动化较高,能够循环操作,但是对设备要求较高,主要在高档溶剂回收机进行使用^[9]。

6.2 变温吸附

该技术主要是利用吸附剂平衡吸附容量特性,且随着温度的升高、降低,能够在室温下吸附,在高温下脱附。其中,活性炭吸附过程为吸热过程,温度升高后,其脱附能力提高。一般情况下,脱附温度控制在100℃~200℃之间。

且被吸附物主要为低分子烃,能够直接使用水蒸气脱附,并冷凝回收。

6.3 变温—变压吸附

该技术对变温吸附、变压吸附技术的优势进行有效融合,并以变压吸附技术为载体,可以进一步提高变压脱附温度,进而降低柱压,并提高脱附效果,且能够进一步提高活性炭再生效率。通过该方法的应用,能够进一步提高挥发性有机物的吸附效率,且能够强化活性炭回收率,还可以降低活性炭床的温度,缩短下一个循环冷却时间。

6.4 变电吸附

该技术属于清洁、分离气体的新技术,主要的利用电能对饱和吸附剂进行加热,从而强化带波动电的吸附脱附效果,并把焦耳效应中产生的热量,把活性炭中被吸附物进行排出。该技术的加热系统较为简单,且能够把能量直接输送到吸附剂中,加热效果较高。该技术应用中的能耗较低,能够对气体流量、吸附剂加热速率进行单独调控,进一步提高脱附效果,脱附成本较低。

7 结语

综上所述,为了保障空气环境质量,需要对挥发性有机物污染进行有效性治理,并强化对活性炭吸附法、海泡石吸附法的有效性应用,强化环境治理水平。海泡石的性能较好,且具有较强的吸附性,能够改变传统吸附方法的缺陷,提高挥发性有机物的吸附效果,在环保领域有着较好的应用前景。

参考文献

- [1] 陈孟林,陈煜航,冯金宇,等.高温氧气流改性海泡石吸附印染废水性能及再生研究[J/OL].广西师范大学学报(自然科学版),2023(12):1-11.
- [2] 梁凯,罗莹华,彭美勋,等.酸/热处理对海泡石吸附甲醛的影响及其机理分析[J].矿产保护与利用,2022,42(2):120-125.
- [3] 王婷婷.过渡金属复合改性海泡石的制备及其磷酸盐吸附性能研究[D].无锡:江南大学,2022.
- [4] 刘建奇.海泡石基底多元铁催化剂协同低温等离子体降解VOCs的研究[D].上海:东华大学,2022.
- [5] 任静静,郑刘春,张丹凤,等.不同类型酸修饰-磁化海泡石对水体Cd(II)的吸附研究[J].环境科学学报,2021,41(12):4812-4824.
- [6] 李海生.基于氨基硅烷修饰改性的海泡石吸附剂高效捕获二氧化碳的探究[D].长沙:湖南大学,2021.
- [7] 梁伟朝.海泡石改性及其吸附挥发性有机物机理与过程研究[D].石家庄:河北科技大学,2016.
- [8] 张鹏.金属改性海泡石催化降解VOCs机理及过程研究[D].石家庄:河北科技大学,2016.
- [9] 何文婷.有机改性海泡石对阴离子染料的吸附试验研究[D].长沙:湖南大学,2014.