



山东省泰和水处理有限公司

<http://www.thwater.com>

您现在的位置是: 首页 >> 技术专栏 >> 技术文章

改性石英砂滤料在水处理中的应用

李满¹, 赵磊², 钟振望³(1. 山东建筑大学市政与环境工程学院, 济南250101; 2. 山东省冶金设计院有限责任公司, 济南250014; 3. 济南市规划局派出规划管理一处, 济南250001)[作者简介]李满(1982—), 男(汉族), 山东济南人, 硕士研究生, 主要从事水处理技术方向研究, (Te1) 13589047265。

摘要: 介绍了强化过滤技术中用到的改性滤料, 对改性滤料的定义、载体和改性剂、制备及表征技术做了系统的综述。和常规滤料相比, 改性滤料具有一系列优良的性质。在此基础上, 对改性滤料处理去除水中重金属离子、砷、硒、氟、有机物、微生物、藻类等污染物质做了简要说明。

关键词: 水污染; 改性滤料; 吸附剂; 水处理

1 前言

随着我国工业的发展和人口的增加, 环境污染也逐渐加剧, 特别是水源的污染, 对城镇居民的身体健康构成了极大的威胁。研究表明, 受污染水源中含有的有机物大部分对人体健康有害或具有形成对人体有“三致作用”的氯消毒副产物(DBPs)的潜力…。而常规水处理工艺受其净化功能的限制, 对水中有机物、重金属离子、藻类等去除能力较低, 尤其是对水中可溶性低分子有机物的去除效果更差。随着水污染的加剧和人民生活水平的不断提高, 人们对饮用水水质的要求更加严格, 相应供水水质标准也不断提高。受污染水的净化处理已成为一项非常重要和迫切的新课题。石英砂是一种广泛用于各种给水处理、污水处理和环境治理的净水材料。但是由于石英砂滤料表面孔隙L隙少, 比表面积和等电点较低, 在正常条件下带负电, 使得它对水中有毒物质(重金属离子等)、细菌、病毒和有机物的去除效果很不理想。

近年来, 研究者提出了对普通石英砂滤料改性的想法, 通过在石英砂表面附着不同功能的物质, 改善滤料表面的性质, 制成具有优良吸附性能和一定机械强度的改性滤料。鉴于我国目前的经济水平, 这一技术将在给水处理中有广阔的应用前景。

2 改性石英砂滤料

2.1 改性滤料

改性滤料即在普通石英砂滤料的表面通过化学反应涂上一层改性剂(通常为金属氧化物和氢氧化物),从而改变原滤料颗粒表面物理化学性质,以提高滤料对某些特殊物质的吸附能力及增强滤料的截污能力,达到改善出水水质的目的[2]。实践表明,改性滤料能充分地发挥增加滤料的比表面积和强化吸附的能力,从而达到与水中各类有机物、细菌、藻类接触过程中由表面涂料所产生的强化吸附和氧化净化功能。改性滤料不但能吸附大分子和胶体有机物,同时还可以大量吸附和氧化水中重金属离子和小分子可溶性有机物,从而达到全面改善水质的目的[3]。

2.2 吸附剂

适合做滤料吸附剂的材料有很多种,常用的包括Fe系、Al系氧化物或氢氧化物、锰的氧化物、镁的氧化物及稀土类金属配合物等。其中,Fe系和Al系水合氧化物、氢氧化物是应用最广泛的吸附剂。活性氧化镁具有较大的比表面积和空隙,因此具有较强的吸附能力。稀土类金属配合物是新型材料的代表,可以改善常规滤料表面结构,增加滤料表面吸附位置,对水中的杂质(如重金属离子和部分无机离子)有很好的去除效果。但稀土类金属化合物作为吸附剂不能很好的和载体结合,一定程度上限制了它们的广泛使用。

此外,把含有各种特殊基团的高分子有机化合物敷载于滤料表面,或者结合在金属氧化物上,利用其上的官能团提高滤料的吸附性能也是当前研究的方向[4]。

3 改性滤料在水处理中的应用

3.1 改性滤料去除水中重金属离子

高乃云[5-8]等在用金属氧化物改性滤料吸附Zn的试验中发现,在用氧化铝涂层砂改性滤料除锌的实验中,去除率与pH值密切相关:当出水pH值小于4时,涂铝砂的除锌效果不及石英砂;大于4时,随着pH值的增加,锌去除率增加;大于9时,除锌率可达100%。

Edwards[9]等用铁氧化物覆盖的砂粒柱进行了吸附 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Cu^{2+} 和C的吸附实验,结果表明:对进水中溶解态的重金属离子 Pb 、 Cd^{2+} 、 Cu 和 Cr^{3+} 在pH值为8.5时几乎可以全部除去,而一般砂粒的去除率极低;对于络合态的重金属离子,一般砂粒几乎没有去除效果。而铁氧化物覆盖的改性砂粒柱在处理40倍的滤床体积的水时,几乎可以去除全部的络合态重金属离子。对颗粒态的重金属物质,在高水力负荷条件下,一般砂粒柱和改性砂粒柱对颗粒都有70%的去除率。但该去除率在改性砂粒柱中持久实现,而在一般砂料中很快降到25%;与一般砂粒柱相比,改性砂粒还可以增加滤床的运行时间,降低冲洗频率;冲洗时,先用水反冲,再用酸液(pH值为3)使柱中介质再生。

3.2 改性滤料去除水中阴离子型有害物质

3.2.1 改性滤料去除水中的砷

砷是有毒物质，有些地表水因受农药、固体废物、工业废水的污染而含有砷；有些地下水因通过富砷地层而受到砷的污染。无机砷毒性大于有机砷，三价砷毒性大于五价砷，世界卫生组织规定饮用水中三价砷含量低于0.01mg/L。

高乃云[7]等在用氧化铁涂层砂改性滤料除砷实验中，发现除砷效果显著，去除率可以达到95%以上，且遵循低pH值、高去除率的规律。

Pierce[10]等用氢氧化铁改性砂来吸附水中的As³⁺和As⁵⁺，结果表明：在吸附剂和砷浓度比例恰当及适当的pH值条件下，可以使砷的去除率达到92%。

3.2.2 改性滤料去除水中的硒

SeO₃²⁻和SeO₄²⁻是Se在水中的主要存在形式，Se过量时，对人体有害。Wen—hui Kuant^①等研究发现：利用氧化铝覆盖的砂粒(AOCS)作为吸附剂，可以有效地除去水中的Se(IV)和Se(VI)。制备时的pH影响AOCS对Se的吸附，研究发现pH值为5.98，AOCS对Se(IV)和Se(VI)的去除率最高，量比分别为1.05mg Se(IV) / gAOCS和0.63mg Se(VI) / gAOCS。Se(IV)和Se(VI)的吸附等温线参数与吸附时溶液的pH值有关，在一定的pH范围内最大吸附量随pH值上升而下降。在适当的pH值、吸附剂量和吸附时间条件下，可使Se的去除率接近100%。

3.2.3 改性滤料去除水中的氟

高乃云[6]等在用氧化铁涂层砂改性滤料除氟实验中，发现在低pH值条件下(pH值小于5.0)除氟率可达90%以上，但随着水的pH值的升高，除氟率有所下降；除氟吸附等温线属于典型的Langmuir型。

3.3 改性滤料去除水中的有机物

Chang等利用氧化铁涂层砂进行去除有机物研究，发现在酸性条件下，氧化铁涂层砂可有效的吸附天然有机物，(NOM)；水中存Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SeO₂⁻、和HCO₃⁻离子，即使在其浓度很高时，对其吸附NOM的容量没有任何影响。

高乃云[12]等对3种不同的氧化物涂层砂和未涂层砂去除NOM性能进行了比较，实验研究表明：涂铝砂和通过高温制备的涂铁砂对NOM的去除效果优于利用碱性沉淀法制备的涂铁砂，且3种涂层砂均优于未涂层砂；3种不同涂层砂在反冲洗之后的效果与反冲洗之前没有区别。

邓慧萍[13]等人对4种不同的改性滤料去除水中有机物的效果进行了静态和动态吸附对比实验，研究表明：改性滤料对有机物的去除效果始终优于原滤料，涂铁砂对有机物的去除率达66%。

3.4 改性滤料去除水中的微生物

Lukasik[14]等用氢氧化铁、氢氧化铝覆盖砂粒，对滤料进行改性。将1kg改性滤料放入柱内(体积为0.7L)，对水中的大肠杆菌、霍乱弧菌、脊髓灰质炎病毒1、大肠噬菌体MS-2的去除率都在99%以上，在30d试验中处理120L的水，一直保持这~去除效果。通过192L水后，对大肠杆菌、大肠噬菌体MS-2、脊髓灰质炎病毒1仍有80%、99.9%、90%的去除率。此外，改性滤料还可以去

除原水中的肠形细菌和大肠噬菌体。在室温下，所实验的微生物(如肠形细菌、大肠噬菌体MS-2、大肠杆菌)的去除率都在99%以上；而普通砂粒对微生物几乎没有去除效果。另外，出水中未检测到与覆盖物相关的成份。说明覆盖物非常稳定。

Chaudhuri HS [15]等在石英砂上覆盖 $Al(OH)_3$ 、 $Fe(OH)_3$ 、石灰、 $8-MnO$ ，结果发现pH值在6.3~9的范围内， $Al(OH)_3$ 覆盖的砂粒吸附脊髓灰质炎病毒1的效果最好。用 $Al(OH)_3$ 覆盖砂粒作过滤介质的吸附柱(体积为0.0063L)进行去除脊髓灰质炎病毒1的实验，通过0.2L水时，病毒去除率为98.9%；处理0.5L水时，病毒去除率为93.97%。

Farrar [16]等人用 $Al(OH)_3$ 、 $Fe(OH)_3$ 改性的石英砂滤料来去除水中病毒。实验表明：同时覆盖 $Al(OH)_3$ 和 $Fe(OH)_3$ 的滤料在pH值为7时，脊髓灰质炎病毒1的去除率为 $86\% \pm 1\%$ 。大肠噬菌体MS-2的去除率达100%。

3.5 改性滤料去除其他污染物质

盛力 [17]等人对改性滤料去除微量苯酚进行了研究，实验中发现：改性滤料对苯酚有一定的吸附作用，且随pH值的降低而对苯酚的吸附效率逐渐增大，但去除率不高，这表明苯酚在改性滤料表面的吸附遵循配位交换吸附机理，而预投高锰酸钾对改性滤料过滤去除苯酚有明显的强化作用。

马军 [18]等人还对改性滤料去除藻类进行了研究，实验中发现：虽然改性砂对含藻水的直接过滤效果略好于石英砂。但改性砂对混凝沉淀后含藻水的过滤效果明显优于石英砂。尤其是过滤截留容量远远大于普通石英砂。研究还发现，混凝沉淀后含藻水中的残余铝对藻类颗粒的去除有促进作用。

4 存在的问题

(1)滤料在过滤过程中是长时间浸泡在水中的，如何保证改性后的滤料的稳定性。即金属氧化物 / 氢氧化物与滤料表面的较强粘附性是研究和实际运用中需要解决的关键技术问题。目前，国外一般采用高温煅烧的方法将铁或锰的氧化物烧结在石英砂表面。通过铁氧化物在水中形成的丰富表面羟基提高吸附容量。在未来的研究中，我们应该侧重于各种制备方法的研究，特别是多种物质复合体对普通滤料的改性，另外借鉴纳米制备技术也是值得探索的方向。

(2)寻求合适的载体。国外发现用橄榄石代替普通石英砂做成的改性滤料比用石英砂为载体做成的改性滤料性能好得多。在我国也可因地制宜的采用其他天然滤料来代替石英砂，或者把改性砂和其他吸附载体共同烧结(比如硅藻土、火山灰等)，以提高改性滤料的去除效果。

(3)到目前为止，用改性滤料实验去除的物质不是很多，对于水中氨氮、酚等有害物质的去除还有待研究。并且由于各研究者制作方法的不同，所制成的改性滤料往往在性能上有较大的差异。因此，如何找到一种有效的制备方法，使改性滤料的生产工业化，形成一种独立的产品，以促进其在水处理中的广泛应用是有待深入研究且具有十分重大意义的课题。

5 展望

目前，国内外专家学者致力于研究改性滤料的制备方法、载体及怎样在制备过程中拓宽改性滤料的

吸附范围、提高吸附效率，以便制备出性能更优异的改性滤料。改性滤料能有效地去除水中的重金属离子、有机物、细菌和病毒、藻类、酚等有毒有害物质，并且非常适合于我国现在给水处理现状。因而在水处理中必将有着广泛的应用前景。

参考文献:

- [1]王占生, 刘文君. 微污染源饮用水处理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社. 1999,
- [2]易小萍. 邓慧萍. 改性滤料在水处理中的应用及机理探讨[J]. 净水技术. 2000, 18(1): 25~27,
- [3]雷国元, 刘巍, 李永成. 改性滤料强化过滤处理微污染水[J]. 净水技术. 2005, 24(6): 18~21.
- [4]何利华, 张广深. 改性滤料及强化过滤技术在水处理中的应用[J]. 中山大学研究生学刊. 2005, 26(1): 46-54.
- [5]高乃云. 徐迪民, 范瑾初, 等. 涂铝砂除锌吸附等温线研究及理论分析[J]. 中国给水排水, 2001, 17(6): 15-18,
- [6]高乃云, 徐迪民, 范瑾初, 等. 氧化铁涂层砂改性滤料除氟性能研究[J], 中国给水排水, 2000, 16(1): 1~4,
- [7]高乃云, 徐迪民, 范瑾初, 等. 氧化铁涂层砂变性滤料除砷性能研究[J]. 上海环境科学, 2001, 20(9): 417-419, 459.
- [8]徐迪民, 高乃云, 范瑾初, 等. 氧化铁涂层砂变性滤料的除锌效果研究[J]. 给水排水, 2000, 26(3): 32-36
- [9]Edwards E, Be~amin M M. Adsorptive filtration using comed sand: a new approach for treatment of metal-beating wastes[J]. J. Water Pollut. Fed. , 1989. 9: 1523-1533.
- [10]Pierce M L, Moore C B. Adsorption of arsenite and arsenate on amorphous iron hydroxide [J]. Water Res, 1982, 16(7): 1247-1253.
- [11]Wen-hui Kuan, et nf. Removal of Se(IV)and Se (VI)from water

by aluminum—Oxide—cOated Sand[J]. Wat. Res. , 1998, 32(3): 915~

923。

[12]高乃云, 徐迪民, 范瑾初, 等. 氧化铝涂层改性砂过滤性能研究[J]. 中国给水排水, 1999, 15(3): 8-10.

[13]邓慧萍, 徐迪民, 易小萍, 等. 几种改性滤料去除水中有机物的性能比较[J]. 同济大学学报, 2001, 29(4): 444-47.

[14]Lukasik J, Cheng YF, Lu F, et al. Removal of microorganism from water by columnTis containing sand coated with ferric and aluminum hydroxides[J]. Wat. Res. , 1999, 33(3): 769-777.

[15]Chaudhuri M, Sattar S A. Enteric virus yemoval from water by coa1. hased sorbents: development of low—cost water filters[J]. Wat. Sci. Tech, 1986, 18(10): 77-82.

[16]Farrah S R, Preston D R. Concentration of virus from water by using cellulose filters modified by in situ precipitation of ferric and aluminum hydrosides[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1985, 50(6): 1502~1504.

[17]盛力, 马军, 李连明, 等. 金属氧化物改性滤料去除微量苯酚研究[J]. 中国给水排水, 2003, 19(9): 16~18.

[18]马军, 盛力, 王立宁. 改性石英砂滤料强化过滤处理含藻水[J]. 中国给水排水, 2002, 10(18): 9-11.

【关闭窗口】



豫ICP备05007743号