

文章编号：1006-6780(2000)06-0045-05

高锰酸钾与粉末活性炭联用去除 水中微量有机污染物

姜成春, 马 军, 李圭白

(哈尔滨建筑大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要：研究了高锰酸钾与粉末活性炭联用处理技术对水中微量苯酚的去除作用。试验发现了高锰酸钾预氧化使粉末活性炭产生吸附增量这一现象，证明了二者联用的协同污染去除作用。并对高锰酸钾与粉末活性炭联用技术的除污染效能进行了分析。

关键词：高锰酸钾；粉末活性炭；预氧化；吸附；除污染效能；有机污染物

中图分类号：TU991.2 **文献标识码：**A

Study on the effectiveness of potassium permanganate in combination with powdered activated carbon for the removal of micropollutants from water

JIANG Cheng-chun, MA Jun, LI Gui-bai

(School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Univ. of Civil Eng. & Arch., Harbin 150090, China)

Abstract: The paper investigated the effectiveness of potassium permanganate in combination with powdered activated carbon for removal of phenols in trace amounts. The results show that potassium permanganate together with powdered activated carbon have synergistic effect which results in better removal effect than the added effect achieved when each of them was used alone. The phenomenon which potassium permanganate preoxidation can increase the saturated adsorption capacity of powdered activated carbon was found. Some analysis on the effectiveness of potassium permanganate in combination with powdered activated carbon for the removal of pollutants from water was also given.

Key words: potassium permanganate; powdered activated carbon; preoxidation; adsorption; removal effectiveness; organic pollutant

0 引言

高锰酸钾是一种强氧化剂，五、六十年代国外就开始将高锰酸钾应用于饮用水的净化^[1,2]，当时主要是利用高锰酸钾去除臭味，除铁除锰，以及作为消毒剂和除藻剂。近年来，高锰酸钾在去除水中微量有机污染物、控制氯化消毒副产物及助凝等方面的研究取得重要进展。逐渐地成为一种具有高效低耗特征的除微污染技术^[3-7]。

如何进一步强化高锰酸钾除微污染效果，拓宽除微污染范围，适应不同的受污染水质，对于该技术的进一步发展有重要意义。有鉴于此，研究人员提出高锰酸钾预处理技术与其它处理技术联用的概念^[8]。通过联用做到优势互补，进一步强化高锰酸钾的除微污染作用，可以在不增加大的投资情况下高效地去除水中有机污染物。几种可与高锰酸钾联用的处理技术中，笔者认为高锰酸钾与粉

收稿日期：2000-09-20

作者简介：姜成春(1964-)，男，哈尔滨建筑大学博士生。

末活性炭联用较适合目前我国国情。粉末活性炭吸附也是一种预处理技术,是在混凝阶段强化去除水中微量有机污染物和臭味等。粉末活性炭在国内外的应用表明,其在控制臭味、去除水中微量有机污染物方面具有良好的效果。粉末活性炭的优点是基建投资低廉,不改变现有工艺流程,使用灵活、方便,特别适用于原水水质随季节变化较大的情况。

高锰酸钾与粉末活性炭联用具有互补性,高锰酸钾预氧化可以改善活性炭的吸附特性,粉末活性炭能够吸附部分有害的氧化中间产物,使饮水更加安全可靠。同时粉末活性炭还能够使水中剩余的高锰酸钾还原,避免由于过度地投加高锰酸钾而造成水中总锰浓度过高。

但关于高锰酸钾与粉末活性炭联用方面的一些基础性问题尚需进行一些深入的探讨,尤其在高锰酸钾预氧化影响粉末活性炭吸附性能及二者的协同作用方面。目前国内外尚未进行有关高锰酸钾与粉末活性炭联用方面的系统研究,本试验以粉末活性炭为研究对象,以我国地面水中检出率及超标率最高的酚类化合物为代表物质。

1 试验过程与方法

试验用粉末活性炭由太原新华化工厂生产的煤质粒状炭研磨而成。先将粒状炭在去离子水中洗净,在 110℃ 烘干 24h,然后用研钵磨细,取 150~200 目粒度部分,再烘干 24h,放在干燥器内备用。所有试验都用同一批粉末炭样。试验用的各种试剂均为分析纯,苯酚需用小型全玻璃蒸馏装置进一步精制提纯。称取定量精制苯酚,配成相应浓度的储备溶液。

取配制好的含酚水样 1000mL 加入到大烧杯中,放在磁力搅拌器上搅拌,加入一定量的高锰酸钾溶液进行预氧化。30min 后,将烧杯内的苯酚溶液取入系列三角瓶中各 100 mL,分别加入不同量的粉末活性炭(有两个三角瓶作为对照瓶,只加苯酚溶液,不加粉末炭),放到振荡器上振荡 3h,然后过滤,测定剩余苯酚浓度。苯酚浓度的测定用 4-氨基安替比林直接光度法进行,采用光程 20mm 的比色皿,在 510nm 吸收波长下测定。同时进行不加高锰酸钾平行试验(不进行高锰酸钾预氧化,单纯粉末炭吸附)。

以不加高锰酸钾对照瓶中苯酚剩余浓度与投加高锰酸钾对照瓶中苯酚剩余浓度之差计算出单纯由高锰酸钾氧化对苯酚的去除量;以不加高锰酸钾对照瓶中苯酚剩余浓度与不加高锰酸钾各含炭瓶中苯酚剩余浓度之差计算出单纯由粉末活性炭吸附作用对苯酚的去除量;以不加高锰酸钾对照瓶中苯酚剩余浓度与投加高锰酸钾各含炭瓶中苯酚剩余浓度之差计算出高锰酸钾与粉末活性炭联用对苯酚的去除量。

2 试验结果与分析

2.1 高锰酸钾对粉末活性炭吸附苯酚的影响

图 1、2、3 和图 4 分别为在不同高锰酸钾投量下粉末活性炭吸附苯酚的吸附等温线与不投加高锰酸钾条件下的对比图(试验以纯水为本底,室温为 28℃)。试验发现,高锰酸钾预氧化能显著地提高粉末活性炭对水中微量苯酚的饱和吸附量。高锰酸钾预氧化影响粉末活性炭吸附水中微量苯酚存在如下一些规律:

1. 少量的高锰酸钾(0.5mg/L、1.0mg/L)即能使粉末活性炭对微量苯酚的饱和吸附量有所增加(见图 1 和图 2),随着高锰酸钾投量的增加(2.0mg/L、3.0mg/L),这种饱和吸附量的增加作用更加明显(见图 3 和图 4)。

2. 在给定高锰酸钾投量下,投加粉末活性炭量越低这种预氧化对其饱和吸附量的增加作用愈加明显。表现为粉末活性炭经高锰酸钾预氧化后的等温吸附曲线的斜率大于自然条件下

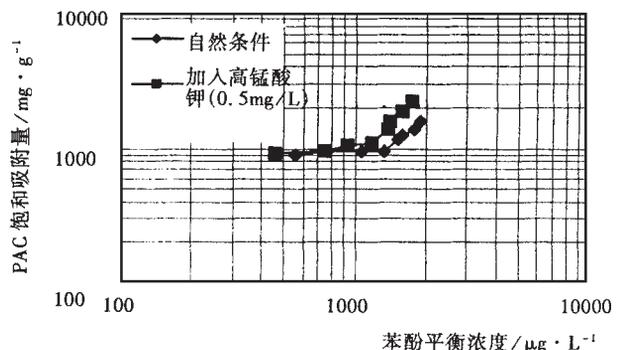


图 1 高锰酸钾(0.5mg/L)对 PAC 吸附苯酚的影响(纯水本底)

等温吸附曲线的斜率,两条吸附等温线向低投炭端发散。产生这种现象的原因可能是在低投炭量时,吸附平衡建立较快,而在高投炭量时吸附平衡建立较慢,在试验条件下高投炭量端还没有建立起真正的吸附平衡,这一推断可从高投炭量端吸附曲线的向下拖尾得到解释。另一方面低投炭量对于粉末活性炭单体来说有更多的机会接触和获得高锰酸钾分子,有利于吸附作用的加强。

3. 由于单纯高锰酸钾在预氧化过程中已经去除了一部分苯酚,其剩余浓度在与粉末活性炭接触之前已有所下降,在计算粉末活性炭饱和吸附量时已减去了由高锰酸钾预氧化所造成的苯酚浓度的降低值。所以,计算出的饱和吸附量是由粉末活性炭吸附作用及由于氧化作用引起的吸附增量产生的。

笔者认为,高锰酸钾预氧化引起粉末活性炭产生吸附增量主要是由于高锰酸钾使苯酚在粉末活性炭表面发生氧化聚合作用,以及吸附过程中产生的新生态水合二氧化锰的氧化、吸附与催化作用引起。Vidic 等人^[10]认为分子氧可以使苯酚在粒状活性炭表面发生聚合,引起吸附增量。这里,高锰酸钾的氧化作用远强于分子氧,因此高锰酸钾应具有更强的使苯酚在粉末活性炭表面发生聚合的能力。马军等人^[4, 11]在试验中观察到,高锰酸钾在氧化有机物过程中有水合二氧化锰生成。水合二氧化锰在纯水中生成速度较慢,但在还原性物质存在时生成速度加快。本试验中,粉末活性炭作为一种特殊的还原性物质,使部分高锰酸钾还原为水合二氧化锰。这种新生态水合二氧化锰的氧化、吸附及对高锰酸钾氧化苯酚的催化作用使得吸附过程中苯酚的浓度进一步降低。

2.2 高锰酸钾与粉末活性炭联用的协同除污染作用

表1~表3分别为不同高锰酸钾投量下,单纯高锰酸钾预氧化、单纯粉末活性炭、高锰酸钾预氧化与粉末活性炭联用去除水中微量苯酚的试验结果。从表中的统计数据可以看出,无论在何种高锰酸钾投量下,高锰酸钾预氧化与粉末活性炭联用对水中微量苯酚的去除效果总体上要好于高锰酸钾预氧化和粉末活性炭吸附单独使用时的处理效果之和。

这一现象表明高锰酸钾预氧化与粉末活性炭联用在除有机污染时具有协同效应,即两者联用在除污染时相互促进,所取得的除污染效果大于两者单独使用效果之和。

在表1中,整个20~120mg/L投炭量范围内,高锰酸钾预氧化与粉末活性炭联用对苯酚的去除效果都好于高锰酸钾预氧化和粉末活性炭吸附单独使用时的处理效果之和。在表2中,投炭量

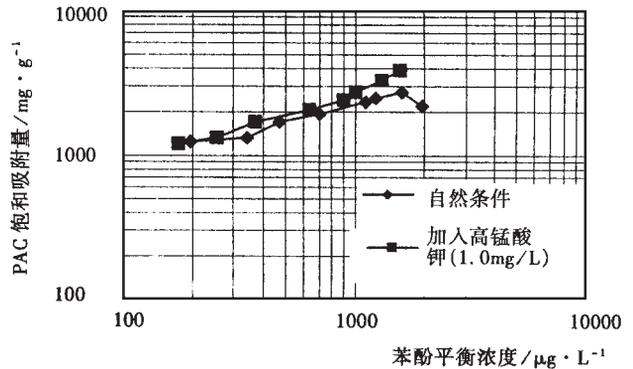


图2 高锰酸钾(1.0mg/L)对PAC吸附苯酚的影响(纯水本底)

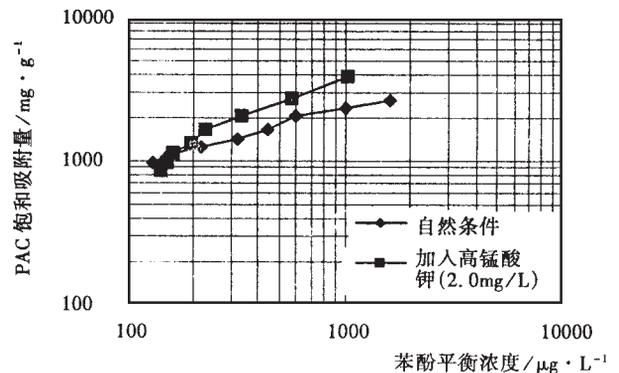


图3 高锰酸钾(2.0mg/L)对PAC吸附苯酚的影响(纯水本底)

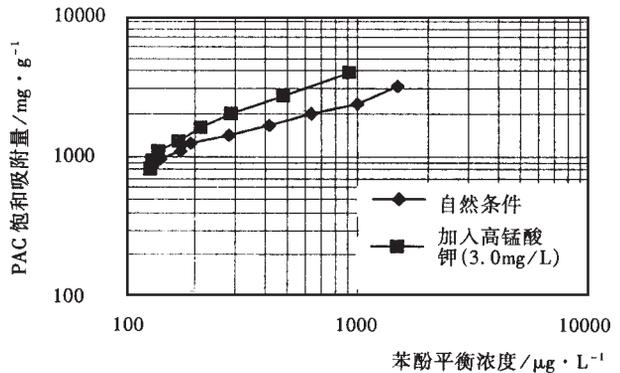


图4 高锰酸钾(3.0mg/L)对PAC吸附苯酚的影响(纯水本底)

60mg/L 以下时,高锰酸钾预氧化与粉末活性炭联用对苯酚的去除效果都好于高锰酸钾预氧化和粉末活性炭吸附单独使用时的处理效果之和,当投炭量达到 90mg/L 和 120mg/L 时,两者联用的处理效果与两者单独使用处理效果之和相当。在表 3 中,当投炭量达到 90mg/L 和 120mg/L 时,两者联用的处理效果比两者单独使用时的处理效果之和略低一些。

表 1 高锰酸钾投量 0.5mg/L 时与不投加高锰酸钾的对比试验结果

投粉末炭量 mg/L	试验结果				数据统计			
	投加高锰酸钾		不投加高锰酸钾		单纯预氧 化去除量	单纯粉末 炭去除量	氧化与吸 附量的加和	预氧化与 粉末炭联用
	剩余苯酚浓度 μg/L	去除量 μg	剩余苯酚浓度 μg/L	去除量 μg				
0	2184	2.8	2212	0	2.8	0		
20.0	1751	46.1	1913	29.9	2.8	29.9	32.7	46.1
30.0	1596	61.6	1782	43.0	2.8	43.0	45.8	61.6
50.0	1422	79.0	1596	61.6	2.8	61.6	64.4	79.0
60.0	1391	82.1	1542	67.0	2.8	67.0	69.8	82.1
90.0	1182	103.0	1333	87.9	2.8	87.9	90.7	103.0
120.0	934	127.8	1081	113.1	2.8	113.1	115.9	127.8

表 2 高锰酸钾投量 1.0mg/L 时与不投加高锰酸钾的对比试验结果

投粉末炭量 mg/L	试验结果				数据统计			
	投加高锰酸钾		不投加高锰酸钾		单纯预氧 化去除量	单纯粉末 炭去除量	氧化与吸 附量的加和	预氧化与 粉末炭联用
	剩余苯酚浓度 μg/L	去除量 μg	剩余苯酚浓度 μg/L	去除量 μg				
0	2344	10.8	2452	0	10.8	0		
20.0	1573	87.9	1933	51.9	10.8	51.9	62.7	87.9
30.0	1306	114.6	1587	86.5	10.8	86.5	97.3	114.6
50.0	1020	143.2	1232	122.0	10.8	122.0	132.8	143.2
60.0	892	156.0	1109	134.3	10.8	134.3	145.1	156.0
90.0	636	181.6	702	175.0	10.8	175.0	185.8	181.6
120.0	377	207.5	470	198.2	10.8	198.2	209.0	207.5

表 3 高锰酸钾投量 2.0mg/L 时与不投加高锰酸钾的对比试验结果

投粉末炭量 mg/L	试验结果				数据统计			
	投加高锰酸钾		不投加高锰酸钾		单纯预氧 化去除量	单纯粉末 炭去除量	氧化与吸 附量的加和	预氧化与 粉末炭联用
	剩余苯酚浓度 μg/L	去除量 μg	剩余苯酚浓度 μg/L	去除量 μg				
0	2212	22.0	2432	0	22.0			
20.0	1035	139.7	1623	80.9	22.0	80.9	102.9	139.7
30.0	570	186.2	1016	141.6	22.0	141.6	163.6	186.2
50.0	338	209.4	598	183.4	22.0	183.4	205.4	209.4
60.0	230	220.2	439	199.3	22.0	199.3	221.3	220.2
90.0	199	223.3	323	210.9	22.0	210.9	232.9	223.3
120.0	164	226.8	218	221.4	22.0	221.4	243.4	226.8

产生这一现象的原因有以下几方面:

1. 当高锰酸钾投量低时,其氧化苯酚的份额相对较小,剩余的苯酚足够与不同投量的粉末活性炭建立吸附平衡,高锰酸钾预氧化对粉末活性炭吸附的增强作用得以充分发挥,因而提高了整体去除效果。
2. 当高锰酸钾投量增加时,其氧化苯酚的份额相应增大,溶液中苯酚浓度降低,剩余的苯酚对于大投量的粉末炭来说难以建立吸附平衡,高锰酸钾预氧化对粉末炭吸附的增强作用得不到发挥。影响整体去除效果。
3. 固定高锰酸钾投量,增加粉末炭投量对吸附的影响也和上述情况一样,当粉末炭的投量大到难以建立吸附平衡时,也将影响这一吸附增强作用。

上述分析表明,高锰酸钾预氧化与粉末活性炭联用具有强化去除有机污染物的效能。这种强化

作用在适宜的条件下得以充分发挥，即在一定的污染水平下，需要控制合理的高锰酸钾投量和合理的粉末活性炭投量。

3 结论

1. 高锰酸钾预氧化能使粉末活性炭对水中微量苯酚的饱和吸附量有所增加。这种吸附增强作用一方面来自苯酚分子在粉末活性炭表面的氧化聚合，另一方面来自氧化反应中间产物新生态水合二价氧化锰对苯酚的吸附与氧化作用及对高锰酸钾氧化苯酚反应的催化作用。

2. 高锰酸钾与粉末活性炭联用在除有机污染时具有协同效应，即两者联用时所取得的除污染效果大于两者单独使用效果之和。

参 考 文 献：

[1] HUMPHREY S B. New potassium permanganate technique[J]. Water & Sewage Works, 1961, 5: 265 - 267.

[2] CHERRY A K. Use of potassium permanganate in water treatment[J]. J. AWWA, 1962, 4: 417 - 421.

[3] 马军, 李圭白. 高锰酸钾的氧化助凝效能研究[J]. 中国给水排水, 1992, 8(4): 4 - 7.

[4] 马军. 高锰酸钾去除与控制饮用水中有机污染物的效能与机理[J]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学, 1990.

[5] 马军, 李圭白. 高锰酸钾预处理对饮用水氯消毒过程中氯仿生成量的影响[J]. 哈尔滨建筑工程学院学报, 1990, (1): 102 - 105.

[6] 马军, 李圭白. 高锰酸钾复合药剂预处理控制氯化消毒副产物及致突变活性[J]. 给水排水, 1994, (3): 5 - 7.

[7] 李圭白, 马军. 用高锰酸钾去除和控制受污染水源水中的致突变活性[J]. 给水排水, 1992, (2): 15 - 18.

[8] 范洁. 高锰酸钾复合药剂与活性炭联用技术去除水中有机污染物的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学, 1998.

[9] 姜成春. 高锰酸钾与粉末活性炭联用除污染效能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学, 2000.

[10] VIDIC R D, SUIDAN M T. Role of dissolved oxygen on the adsorptive capacity of activated carbon for synthetic and natural organic[J]. Environ. Sci. Technol., 1991, 25(9): 1612 - 1616.

[11] 李圭白. 用高锰酸钾去除饮用水中微量有机污染物[J]. 给水排水, 1989, (6): 6 - 8.



待 发 论 文 摘 要

恒高温作用后方钢管混凝土轴压力学性能和承载力研究

摘 要：在确定了组成方形截面钢管混凝土(以下简称方钢管混凝土)的钢材和核心混凝土恒高温作用后应力-应变关系模型的基础上，利用数值分析方法计算出方钢管混凝土轴压荷载-变形全过程关系曲线。以温度 T 为基本参数进行了 10 个试件的试验研究，理论分析结果和试验结果符合良好。为方便实际工程参考使用，在参数分析的基础上，提供了强度承载力指标和弹性模量等力学指标的简化计算公式。