

# 旱季原水中臭味物质去除试验研究与实践应用

毕正婷

核工业西南勘察设计研究院有限公司

**摘要:** 针对水源中的臭味物质浓度高的现状,开展高锰酸钾氧化、活性炭吸附及其组合工艺试验研究,结果表明,单独高锰酸钾氧化法对水中腥臭味可以高效去除,投加量1.2mg/L、反应时间为120min的条件下,臭味物质去除率达到62.50%。粉末活性炭对土霉味致嗅物质去除效果较好,在20mg/L、30mg/L和40mg/L的投加量、接触时间为80min时致嗅有机物去除率分别为68.50%、71.20%和73.50%。采用高锰酸钾/粉末活性炭组合工艺可以去除80%以上。采用取水口吸水井投加1.2mg/L的高锰酸钾然后在水厂混合井投加粉末活性炭的方案,经20多天的实际运行,出水中臭味等级下降到0,出水中的GSM和2-MIB都能达到标准限值,说明该方法稳定可行。

**关键词:** 旱季; 臭味物质; 试验研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.111

## 引言

饮用水中存在臭味问题会引起民众的满意度急剧下降,很多饮用水水源都存臭味问题,国内知名的2007年无锡藻类暴发引起的臭味问题引起关注,国外如加利利湖、苏黎世湖都有类似报道,由于原水中藻源有机物释放或污水超标排放,或者河床水位下降引起污泥中臭味有机物泛起的臭味问题给供水企业的安全生产带来了隐患。

### 一、饮用水中臭味物质来源

饮用水中臭味物质主要包括土霉味、鱼腥味和腥臭味,其中土霉味是饮用水中最常见的臭味类型,主要由土臭素引起,其来源为藻类和放线菌代谢过程中产生的土臭素和萜类化合物。产生土霉味的物质是水中藻类,产生二甲基异茨醇的藻类主要为颤藻属、席藻属,这几种藻属具有喜光性,常分布在水体的表层。鱼腥味由藻类生长、腐败产生的胺类、不饱和醛类如三甲胺、二甲胺等物质引起<sup>[1]</sup>,硅藻门的直链藻、脆杆藻也会产生不

饱和醛类化合物,水草腐败过程中也会产生醛类物质,进而导致水体的鱼腥味。腥臭味来源于水中微生物厌氧环境产生的含硫化合物,如硫醇类物质、硫醚类物质;2007年无锡饮用水臭味问题就是藻类引发水中的二甲基三硫醚浓度太高所致,以色列加利利湖暴发臭味问题,原因是甲藻引发的硫醚类物质过多。水体中的鱼类和水生生物的腐败、含氮工业废水的排放都会引起水中的腥臭味。

### 二、饮用水中臭味控制技术概述

饮用水中的臭味物质的去除方法包括化学氧化法、活性炭吸附法、生物法和高级氧化法等。化学氧化法利用强氧化剂的氧化作用与水中的致嗅有机物发生反应破坏其结构,降低水中致嗅有机物的浓度,常见的强氧化剂有液氯、臭氧、高锰酸钾和二氧化氯等,但是也存在生成“三致”消毒副产物、加剧藻类致嗅有机物的释放等缺点。活性炭由于价格低廉、吸附效果好、运行管理方便,广泛应用于季节性水源水中的臭味物质处理,吸附效果和其比表面积、pH值、温度、孔结构以及表面化学性质相关。生物法利用水中微生物的代谢活动去除水中的致嗅污染物。高级氧化技术是通过 $\cdot\text{OH}$ 、 $\text{SO}_4^{\cdot-}$ 与致嗅有机物质发生反应,将难降解的大分子有机物转变成易降解的小分子物质,或者直接转化为无机物,处理效果好,主要有UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、UV/过硫酸盐等技术。

### 三、旱季原水中臭味物质小试试验研究

#### (一) 试验方法

##### 1. 试验方法

在保持原有水处理工艺流程不变的前提下,采用吸附法或者预氧化/吸附法去除水中的致嗅有机物,因此在实验过程中参照实际水处理工艺中的混凝剂投加量,小试时投加30mg/L的聚合氯化铝,然后对比研究高锰酸钾、粉末活性炭两种吸附剂以及高锰酸钾/粉末活性炭组合方式对水中致嗅有机物的去除效果。

## 2. 检测方法

常规水质指标测定方法参照《生活饮用水标准检验方法》(GB/T-5750-2006)和《水和废水监测分析方法》(第四版)。致嗅有机物,先采用感官分析法,2个实验人员分别进行实验,根据6级强度法进行臭味强度分析,然后采用仪器分析法进行精确检测,水样中的土臭素(GSM)和2-甲基异茨醇(2-MIB)浓度采用《生活饮用水臭味物质土臭素和2-甲基异茨醇检验方法》(GB/T 32470-2016)中的固相微萃取-顶空-气相色谱质谱联用方法进行检测。

### (二) 试验结果

#### 1. 单独投加高锰酸钾

在6个500mL的烧杯中按照30mg/L的混凝剂投加量加入混凝剂,在六联搅拌机下搅拌,投加设定浓度的高锰酸钾,按设定的实验时间取样分析,研究水中的臭味浓度随着高锰酸钾投加量的变化情况,实验结果见图1。三种不同浓度的高锰酸钾投加量都表现出相同的规律,随着反应时间的延长,水中臭味逐渐减小,采用感官分析法时能明显感受到浓度降低,表明高锰酸钾对致嗅有机物味物的去除效果需要一定的停留时间,过短的停留时间处理效果不佳。其去除效果还和高锰酸钾的投加量有关,当高锰酸钾投加量为1.2mg/L时,经过120min的反应时间,臭味物质去除率可以达到62.50%,但是继续加大投加量,臭味物质浓度降低的幅度有限,1.4mg/L的投加量和1.2mg/L的去除效果几乎一致,过高的投加量会导致水厂运行费用增加,因此过高的投加量是不适宜的。

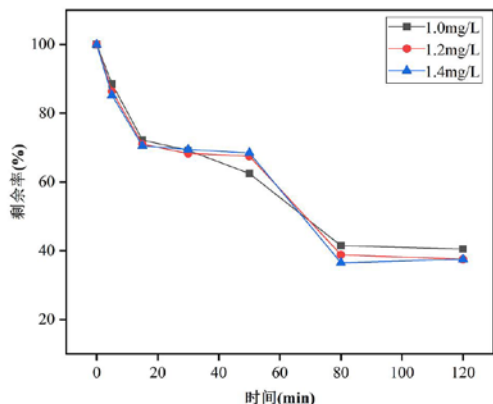


图1 高锰酸钾对致嗅有机物的去除效果

高锰酸钾去除效率与水中致嗅有机物的种类有关,高锰酸钾能够直接氧化硫醇、硫醚类物质,对水中的腥臭味有很好的降解效果,但对水中的土臭素、二甲基异茨醇去除效果有限,高锰酸钾去除水中臭味物质的机理包括新生态水合二氧化锰的氧化、吸附和催化作用,去除土臭素、二甲基异茨醇的机理为吸附作用,而氧化作用贡献较小。可以推断本实验中的原水中含有导致腥臭味的硫醇、硫醚类物质,这部分致嗅有机物可以被高锰酸钾去除,水中还存在土臭味的其他致嗅有机物,高锰酸钾对土臭味的有机物降解效果有限,因此即使120min的接触时间,其去除率也只能达到60%左右,原因在于残留的土臭味有机物很难被高锰酸钾降解。

#### 2. 单独投加粉末活性炭

试验研究了三种不同粉末活性炭投加量对水中臭味物质的去除效果,选定粉末活性炭投加浓度分别为20mg/L、30mg/L和40mg/L。根据水厂的原有的工艺流程,絮凝沉淀池的停留时间大约为90min,因此设定取样时间分别为5min、15min、30min、50min、80min和120min,实验结果见图2。粉末活性炭对水中臭味物质有较好的去除效果,三种不同浓度的粉末活性炭对水中的致嗅有机物具有不同的吸附去除效果,总的趋势都是投加量越大去除效率越高,接触时间为80min时去除率分别为68.50%、71.20%和73.50%。接触时间越长,致嗅有机物去除效率,120min的接触时间只比80min的去除效率增加8.00%,但是在现实中,该水厂的停留时间只有90min,因此必须根据现实情况进一步改进。

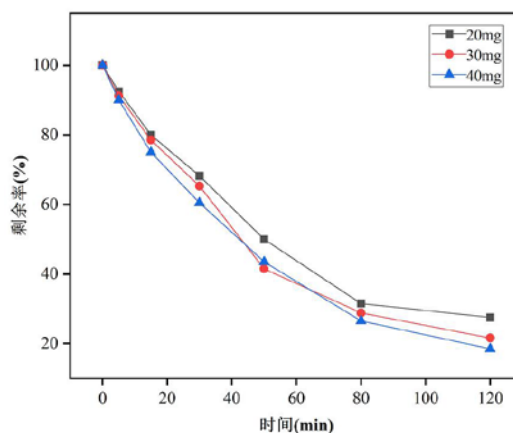


图2 粉末活性炭对致嗅有机物的去除效果

### 3. 高锰酸钾和粉末活性炭联合投加

经过分析高锰酸钾氧化和活性炭吸附对致嗅有机物去除效果，反应时间达到120min时才有较好的去除效果，考虑水厂絮凝沉淀的总停留时间为90min，难以取得很好的去除效果，因此考虑采用高锰酸钾和粉末活性炭联合投加模式，根据前人的研究成果，高锰酸钾和粉末活性炭联合投加时候要注意投加顺序和投加时间。如果同时投入，活性炭会吸附水中的高锰酸钾，降低高锰酸钾对致嗅有机物的氧化能力，因此采用的投加方式为：先投加高锰酸钾，充分发挥高锰酸钾的氧化能力，反应10min后再投加粉末活性炭，试验结果见图3，在混凝剂投加量为高锰酸钾投加量为1.2mg/L的条件下，随着粉末活性炭投加量的增大，水中致嗅有机物的去除率随之提高，反应时间为80min、粉末活性炭投加量为30mg/L和40mg/L时，水中剩余致嗅有机物下降到20%以下，已没有明显异味，可以确保安全供水。可以推断，该实验原水含有多种致嗅有机物，其中产生腥臭味的硫醇、硫醚类物质可以依靠高锰酸钾的氧化作用去除，而对于产生土霉味的土霉味。二甲基异茨醇主要依靠活性炭吸附去除，二者协同合作，能达到很好的去除效果。

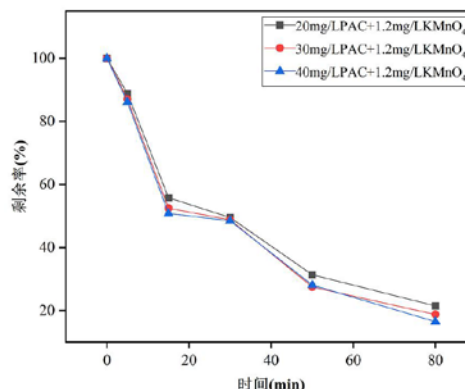


图3 高锰酸钾/粉末活性炭组合对致嗅有机物的去除效果

### 四、旱季原水中臭味物质去除的实际运行

根据小试的实验结果，选定高锰酸钾和粉末活性炭联合投加的模式，在取水泵房的吸水井内投加高锰酸钾，投加方式为湿投，投加量按1.2mg/L计算，利用取水泵房的水泵叶轮充分将高锰酸钾和原水充分混合，高锰酸钾对水中致嗅类有机物尤其是硫醇、硫醚类物质具有很好的氧化效果，能够除掉大部分的腥臭味。然后在水厂内的混合井内投加粉末活性炭，投加方式为湿投，投加量按30mg/L计，同时根据过去的运行经验，投加30mg/L的聚合氯化铝。运行期间各监测点的水质情况见表1。

表1 实际运行阶段各监测点水质统计表

取水点	臭味等级	GSM (ng. L <sup>-1</sup> )	2-MIB (ng. L <sup>-1</sup> )	浊度 (NTU)	COD <sub>mn</sub> (mg. L <sup>-1</sup> )
原水	4	223	22.8	10.35~21.28	2.31~3.50
沉淀出水	0	<10	<10	<1	1.28~1.60
出厂水	0	<10	<10	<0.5	0.88~0.95

在实际运行时间段里，出厂水臭味等级均为0级，2-MIB和GSM均低于5ng/L，符合10ng/L的限值要求。出厂水的其他指标如浊度、COD<sub>mn</sub>都符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)的限值要求。

### 五、结论

(1) 针对供水水源中存在臭味物质的困难，结合现有水厂处理工艺开展小试，结果表明，原水中的臭味包括土霉味和腥臭味，单独的高锰酸钾氧化法可以去除水中的腥臭味，高锰酸钾投加量为1.2mg/L时，经过120min的反应时间，臭味物质去除率可以达到62.50%，但是继续加大投加量，臭味物质浓度降低的幅度有限。采用粉末活性炭吸附对致嗅物质的去除效果较好，三种

浓度的投加量在接触时间为80min 时致嗅有机物去除率分别为68.50%、71.20%和73.50%。采用高锰酸钾/粉末活性炭组合工艺可以去除80%以上。

(2) 结合小试试验结果，确定了在取水口吸水井投加1.2mg/L的高锰酸钾，在水厂混合井投加粉末活性炭，运行20多天的结果表明，出水中臭味等级下降到0，出水中的GSM和2-MIB都能达到标准限值，说明该方法稳定可靠。

### 参考文献

[1] 魏魏, 郭庆园, 赵云云, 等. 顶空固相微萃取-气质联用法测定水中7种致嗅物质[J]. 中国给水排水, 2014, 30(18): 131-135.