

凹凸棒石黏土处理受污染原水的应用研究

孙瑞林, 费相琴, 张宝萍

(淮安自来水有限公司, 江苏 淮安 223002)

摘要:针对目前水源污染比较普遍、水厂原水水质不断恶化的情况,在常规处理工艺的基础上,选择投加凹凸棒石黏土处理受污染的原水。介绍了凹凸棒石黏土的性能,对受污染原水进行了试验研究,并阐述了投加凹凸棒石黏土处理受污染原水的优点。

关键词:凹凸棒石黏土;处理;受污染原水;江苏淮安

中图分类号:G202 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-3636(2011)04-0427-05

0 引 言

我国目前饮用水源受污染问题比较普遍,而大多数水厂仍然采用传统的常规水处理方法和工艺进行饮用水生产与供应(王占生等,2011)。国家新颁布的《生活饮用水卫生标准》GB5749—2006 与 GB5749—1985 版相比,水质指标由原标准的 35 项增至 106 项,增加了 71 项,这使供水企业面临着原水水质恶化、处理工艺落后、供水水质标准提高的严峻挑战。水源污染给人们饮水安全和身体健康带来了严重隐患。解决的方法一是保护水源,控制污染;二是强化水处理工艺。在饮用水源已受到污染或存在季节性和突发性污染问题,又没有其他水源可取用的情况下,将受污染原水处理成合格的自来水就显得尤为重要。如何在较短时期内充分利用现有工艺,积极应对水源污染,保障饮用水水质安全已成为一个突出课题。在处理受污染原水方面,国内外科研人员做了大量研究,这些研究和应用成果主要包括吹脱、生物预处理、物理和化学氧化、光化学处理、吸附法等。其中,吸附法是水处理中较为成熟有效的方法之一。目前,工程中常用水处理材料主要有:活性炭、沸石、反渗透膜、离子交换树脂、人工分子筛等。其中活性炭是目前应用最广的水处理材料(张悦等,2009),反渗透膜则是当今最先进和有效的水

处理材料,但价格较贵。近年来,科技界越来越重视各种安全、高效、价廉吸附材料的研发,尤其是非金属黏土矿物环保材料等。而凹凸棒石黏土具有吸附、絮凝、净化等多种优良特性于一体,经试验研究表明,用凹凸棒石黏土处理受污染原水具有较好的效果。笔者就近年来的研究和应用实践,介绍一种投产快、费用低、效果好、环保型的水处理方法——投加凹凸棒石黏土应对水源污染。

1 试验用凹凸棒石黏土的性能

凹凸棒石黏土(凹土)是一种层链状结构的含水富镁铝硅酸盐黏土矿物,其标准分子式为 $\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{HO})_2(\text{OH}_2) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。凹凸棒石黏土集合体为土状块体构造,颜色为灰白色、青灰、微黄或浅绿,油脂光泽,比重轻,摩氏硬度低,潮湿时呈黏性和可塑性,干燥收缩小,且不产生龟裂,吸水性强,pH 值 8.5 左右,呈碱性,由于内部多孔道,比表面积大,大部分阳离子、水分子和一定大小的有机分子均可直接被吸附进孔道中。凹凸棒石黏土具有独特的吸附、脱色、悬浮、触变、充填、流变性、热稳定性和抗盐性等理化特性,加工出来的产品,可以作为脱色吸附剂、澄清剂、净化剂、分子筛、钻井泥浆材料、饲料添加剂、黏结剂、载体、改良剂等,用于建材、化工、环保、轻纺、石油、冶金、医药、农牧业等行业(郑茂松

等,2007)。

本试验选用产自江苏盱眙地区的凹凸棒石黏土矿,其晶体形状为棒状、纤维状、针状,为 2:1 型黏土矿物,其主要氧化物成分、微量元素、工艺性能及卫生指标分别见表 1、表 2 和表 3,从分析结果判断,采用的凹土具有较高的卫生安全性。

表 1 凹凸棒石黏土主要氧化物成分及微量元素含量

成分	单位	含量	成分	单位	含量
SiO ₂	%	55.10 ~ 60.90	Mo	μg/g	<1
Al ₂ O ₃	%	9.60 ~ 10.01	Bi	μg/g	<10
Fe ₂ O ₃	%	5.70 ~ 6.70	W	μg/g	<30
Na ₂ O	%	0.05 ~ 0.11	Sn	μg/g	<10
K ₂ O	%	0.96 ~ 1.35	Ga	μg/g	<5
CaO	%	0.42 ~ 1.95	Ge	μg/g	<5
MgO	%	10.70 ~ 11.35	Ag	μg/g	<0.5
MnO	%	0.01	V	μg/g	60 ~ 100
TiO ₂	%	0.32 ~ 0.67	Co	μg/g	<10
LOI	%	10.53 ~ 11.80	Cd	μg/g	<30
Cu	μg/g	35 ~ 50	As	μg/g	<100
Pb	μg/g	≤10	Be	μg/g	<1
Zn	μg/g	40 ~ 60	Sb	μg/g	<30
Cr	μg/g	30 ~ 60	Ni	μg/g	20 ~ 30

表 2 凹凸棒石黏土工艺性能

项目	单位	指标	项目	单位	指标
胶质价	mL/15g 土	55 ~ 65	导热系数	W/m ² ·℃	0.06
比表面积	m ² /g	≥350	电动电位	mV	-25.8
膨胀容	mL/g 土	4 ~ 6	吸水率	%	≥150
吸蓝量	100g 土	≤24	吸油率	%	≥80
阳离子交换量	mg/100g 土	25 ~ 50	内部孔道	Å	3.7 × 6.4

表 3 凹凸棒石黏土卫生指标

项目	As	Pb	Hg
质量分数/(mg/kg)	≤0.5	≤1	≤0.3

2 试验地表水源污染的类型

如果水源受到人为或自然因素的影响,使水的

感官性状、理化指标、有毒成分等超过了相应标准的限值,则称为“水污染”(张莉平等,2006)。一般地表水污染的类型主要有以下几种:细菌与微生物污染、有机物污染、异臭、异味、有毒物质污染、石油类污染、富营养化污染,还有其他如酸、碱、盐类污染、激素、抗生素类污染、热污染、放射性污染等一些污染。

本试验地点设在淮安自来水有限公司城南水厂,城南水厂取水口位于二河(距洪泽湖约 28km)。水源水质主要受上游淮河和洪泽湖周边水污染的影响较大,存在诸多不确定因素。20 世纪 90 年代初期水源水质介于国家地表水标准Ⅰ—Ⅱ类之间,水质很好,可以满足生活饮用水源的要求。而目前水源水质退化为国家地表水标准的Ⅲ类,有些指标还超过Ⅲ类,总氮长期在Ⅳ—Ⅴ类左右,石油类和化学需氧量经常在Ⅲ—Ⅳ,藻类长期存在(有时严重影响生产),存在富营养化趋势,还经常受上游淮河客水的污染,水源水质恶化,影响安全供水。因此,试验点水源水属综合性污染类型。

3 凹凸棒石黏土处理受污染原水试验的研究

3.1 净水工艺

自来水常规的生产工艺是混凝—沉淀—过滤—消毒,能有效去除原水中的悬浮物、胶体和细菌(严煦世等, 2008)。但在水源受到污染的情况下,常规水处理工艺去除污染物的能力就相对不足了。原水中的有机物增加,会使水带色、味等,也促进水体富营养化进程。原水中有机物的存在,改变了胶体颗粒的表面特性,使胶体更加稳定,导致絮凝效果降低,而氯化消毒又与之反应而形成一系列的卤代有机副产物,这些副产物对人体健康非常有害。水体富营养化造成的藻类污染,不仅影响絮凝沉淀效果,缩短滤池运行周期,大大降低水厂产水量,而且藻类代谢过程中产生的多种臭味,使出水水质臭味异常,引起用户反感,藻类分泌的藻毒素更对人体健康构成威胁(王琳等,2005)。

本试验点城南水厂设计供水规模 10 万 m³/d, 分别于 1992 年和 1997 年分两期建成,每期建设规模为 5.0 万 m³/d。主要净水工艺见图 1。

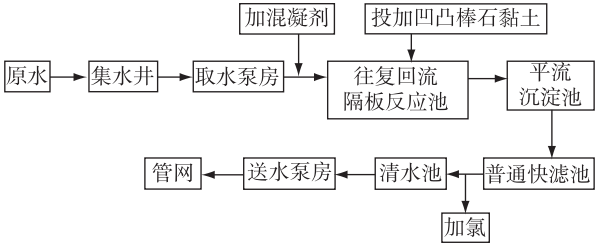


图 1 城南水厂工艺流程图

3.2 投加凹凸棒石黏土处理含藻类、氨氮、耗氧量等原水试验

3.2.1 投加量的确定 由于水体富营养化日益严重,藻类爆发现象常有发生。原水中藻类含量较高时,对常规水处理厂的正常生产影响很大。因藻类的存在,投加混凝剂后形成的絮凝体细小,且密度很低,难以沉淀,导致絮凝沉淀效果很差。特别是在处理低浊度含藻原水时,会出现沉淀池进水浊度和出水浊度基本相同的现象,大量的藻类进入滤池,造成滤料结球和堵塞,滤池运行周期缩短,反冲洗频繁,严重时 2h~4h 就要反冲洗 1 次,甚至滤池完全被堵死不能运行。而且一些细小絮凝体容易穿透滤料层,造成滤后水浑浊度超标。所以原水受到藻类污染不仅影响水厂的制水产量,还会导致出厂水质的下降。

根据原水水质情况和净水工艺参数,采用 ZR4-6 型混凝试验搅拌机进行混凝试验,找出适宜的投加量,指导生产,再在生产过程中按照实际情况进行调整,以取得最佳的净水效果。如夏季连续多日晴天,日照强烈,原水温较高,水中氮、磷含量适宜,藻类会快速增长,影响水厂正常生产,同时,水厂出水会有异味,浑浊度超标。为此做了多次混凝搅拌试验,找出较佳的投加量,其结果见表 4。原水浑浊度 38 NTU,氨氮 1.0mg/L,耗氧量 6.9mg/L,藻细胞 505.99 万个/L,混凝剂选用液体聚合氯化铝。从表 4 以可看出该种原水投加 35mg/L 凹凸棒石黏土和 23mg/L 混凝剂较适宜。

表 4 处理含藻类、氨氮、耗氧量等原水混凝搅拌试验结果

搅拌机杯号	1	2	3	4	5	6
加氯量/(mg/L)	3.0	3.0	4.5	4.5	6.0	6.0
加混凝剂量/(mg/L)	20	20	23	23	26	26
加凹土量/(mg/L)	35	40	35	40	45	50
沉淀水浊度/NTU	5.2	5.3	4.8	5.0	4.8	4.2
氨氮/(mg/L)	0.34	0.30	0.19	0.25	0.19	0.15
耗氧量/(mg/L)	5.52	5.47	5.50	5.62	5.93	5.70
藻细胞/(万个/L)	149.71	145.43	137.10	136.21	133.30	132.61

3.2.2 生产性对比试验 2007 年 3 月进行生产性对比试验:原水浑浊度 18NTU,氨氮 0.18mg/L,耗氧量 4.6mg/L,藻细胞 425.91 万个/L。试验结果见表 5。结果表明,利用凹凸棒石黏土具有良好的吸附性能,在反应池投加凹凸棒石黏土可以形成较大的絮

凝体,且沉淀效果好,将大部分(70% ~ 80%)的藻类在沉淀池中去除,沉淀池出水浊度可控制在 5NTU 以下,减轻了滤池的负担,使滤池运行正常,反冲洗次数减少,滤后水浊度低于 0.8NTU,氨氮和耗氧量的去除效果明显提高。

表 5 投加凹凸棒石黏土生产性对比试验结果

项目	浊度/NTU		氨氮/(mg/L)		耗氧量/(mg/L)		藻细胞/(万个/L)	
	沉淀池出水	滤池出水	沉淀池出水	滤池出水	沉淀池出水	滤池出水	沉淀池出水	滤池出水
原水	18		0.18		4.6		425.91	
未投加凹土	9	1.3	0.078	0.032	3.8	3.3	357.84	249.15
去除率/%	50.00	92.78	56.67	82.22	17.39	28.26	15.98	41.50
投加凹土	4	0.5	0.026	0.014	3.2	2.4	114.44	32.75
去除率/%	77.78	97.78	85.56	92.22	30.43	47.83	73.13	92.31

因此,在絮凝沉淀工序前投加凹凸棒石黏土可以提高絮凝沉淀效果和减轻藻类对过滤的干扰,同时可提高氨氮和耗氧量的去除效果,提高出厂水水质。在后来的生产应用中也验证了投加凹凸棒石黏土有较好的强化处理效果。

3.3 处理低浊度原水

3.3.1 投加量的确定 原水浑浊度为 16NTU,不加凹凸棒石黏土时浑浊现象很难去除,通过试验,当投加 20mg/L ~ 30mg/L 凹凸棒石黏土、18mg/L 混凝剂时,沉淀池出水浊度可以降到 5NTU 以下(表 6)。

表 6 处理低浊度原水混凝搅拌试验结果

凝搅拌机杯号	1	2	3	4	5	6
加凹土量/(mg/L)	20	20	30	30	40	40
加混凝剂量/(mg/L)	15	18	15	18	15	18
沉淀水浊度/NTU	5.67	4.27	5.72	4.17	5.65	4.65

3.3.2 生产性试验 通过生产性试验:原水浑浊度为 10NTU,水温 3℃,未投加凹凸棒石黏土时沉淀池出水和滤池出水浊度去除率分别只有 5% 和 88%,投加凹凸棒石黏土 20mg/L、混凝剂 18mg/L 后,沉淀池出水浊度去除率提高到 61%,滤池出水浊度去除率提高到 96%,去除浊度效果明显(表 7)。

表 7 处理低温低浊原水生产性试验结果

项目	沉淀池出水浑浊度	滤池出水浑浊度
未加凹凸棒石黏土	9.5	1.2
去除率/%	5	88
加凹凸棒石黏土	3.9	0.4
去除率/%	61	96

注:单位 NTU

4 投加凹凸棒石黏土处理受污染原水的优点

- (1) 经济性较好。我国凹凸棒石黏土矿产资源丰富(现已探明的总储量居世界首位),采矿、加工也较容易,凹凸棒石黏土价格约是活性炭的 1/7,所以采用凹凸棒石黏土进行水处理有很好的经济性。
- (2) 不会产生新的污染物。因为凹凸棒石黏土属于天然矿物所具有的良好基本性能,其对污染物的净化功能主要体现在矿物表面的吸附作用、孔道的过滤作用、层间离子的交换作用等方面,无新的污染物产生。

(3) 投加环境较好。凹凸棒石黏土为灰白色, 运输、储存和使用对周围环境影响较小。

(4) 安全性较好。凹凸棒石黏土不具有燃烧性能, 所以在运输、储存和使用过程中安全性较好。

(5) 排泥和尾水处理的环境可接受性较好。用凹凸棒石黏土进行水处理排出泥浆和泥水颜色为黄白色, 和周围的泥土颜色很接近, 环境可接受性好。

5 结 语

试验结果表明, 在絮凝沉淀工序前投加 35mg/L 凹凸棒石黏土可以提高絮凝沉淀效果和减轻藻类对过滤的干扰, 有效去除浊度、氨氮、耗氧量等, 对低浊度原水投加 $20\text{mg/L} \sim 30\text{mg/L}$ 凹凸棒石黏土时, 沉淀池出水浊度可以降到 5NTU 以下, 滤后水浊度小于 0.8NTU , 满足生活饮用水卫生标准指标要求。凹凸棒石黏土处理受污染的原水具有较好的经济性和适用性, 在供水行业有广阔的应用前景。今后要

针对水源污染的不同类型, 研究开发出多种高效净水产品; 要进一步研究凹凸棒石黏土的投加计量和投加方式, 以达到操作方便、处理效果好、保障供水水质安全的目的。

参考文献:

- 王琳, 王宝贞. 2005. 饮用水深度处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社.
- 王占生, 刘文君. 2011-05-30. 我国水源水质情况与净水厂改造的适用工艺[EB/OL]. http://www.ssj365.com/technology_end.aspx?id=391.
- 严煦世, 范瑾初. 2008. 给水工程[M]. 4 版. 北京: 中国建筑工业出版社.
- 张莉平, 习晋. 2006. 特殊水质处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社.
- 郑茂松, 王爱勤, 詹庚申. 2007. 凹凸棒石黏土应用研究[M]. 北京: 化学工业出版社.
- 张悦, 张晓健, 陈超, 等. 2009. 城市供水系统应急净水技术指导手册(试行)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社.

Study on application of polluted raw water treatment with attapulgite clay

SUN Rui-lin, FEI Xiang-qin, ZHANG Bao-ping

(Huaian Water Supply Company Limited, Huaian 223002, Jiangsu)

Abstract: In terms of water source pollution widely existed nowadays, the authors selected the treatment of attapulgite clay into the polluted raw water to protect water quality and discussed the effect and strong points of attapulgite additive.

Keywords: Attapulgite clay; Treatment; Polluted raw water; Huaian, Jiangsu