

改进辐流式沉淀池工艺处理受污染黄河水

张 勇¹ 刘衍波¹ 戴之荷²

(1 济南市自来水公司, 济南 250012; 2 中国市政工程西北设计研究院, 兰州 730000)

摘要 随着黄河水质污染的加剧,增加了采用常规处理工艺水厂的运行难度。针对黄河水的絮凝特点,采用适合于高浊度水的 HPAM + PAC 联合投加,清水回流以及高密度旋流絮凝技术对辐流式沉淀池工艺进行了改造。对比试验表明,改造后的辐流式沉淀池出水浊度降低约 30%,出水 COD, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 及致突变性方面均优于原工艺。

关键词 高浊度水 辐流式沉淀池 强化混凝 致突变性

黄河水属于含沙量大,沉降时以形成浑液面为特征的高浊度水。自然沉淀时,其浑液面沉速很慢,含沙量在 30 kg/m^3 时才为 0.085 mm/s 。为提高沉速,在保证出水量的前提下缩小沉淀池面积和容积,在没有水库可利用的沿黄河水厂多采用辐流式沉淀池预沉。它管理方便,工作可靠,去除悬浮泥沙效果良好。但近年来随着黄河水质的污染加剧,有机物含量增多,给水厂的运行带来了一系列问题:

(1) 有机物的存在不利于胶体颗粒的脱稳,絮凝效果差,使原水浊度去除率有时下降达 40%~50%;

(2) 水中富含有机物会引发藻类及浮游生物的滋生,尤其在夏秋季节,藻类有时堵塞滤池,个别生物能穿过滤层,使水质变坏;

(3) 部分有机物(如腐殖质)会成为加氯消毒副产物(THMs 等)的前体物,随检测手段的提高,在黄河原水中还发现对人体健康有危害作用的“三致”物质;

(4) 配水不匀,池中流态不稳,易出现“短流”,这是辐流式沉淀池运行时存在的缺陷,降低了处理效率。

据文献[1]介绍,原水在处理出水浊度与有机物含量和致突变性呈正相关性。我们在生产试验中统计出原水含沙量与 COD_{Mn} 的关系曲线(见图 1),也表明了浊度愈小,有机物含量愈少。由此,针对黄河水的絮凝特点,结合国内外新的水处理技术,我们在某水厂通过采用高效絮凝剂的联合投加,并采取增设清水回流和高密度旋流絮凝系统等措施对辐流式沉淀池加以改进,创造良好的混凝动力学条件,在降浊和去除微污染有机物方面取得了很好的效果。

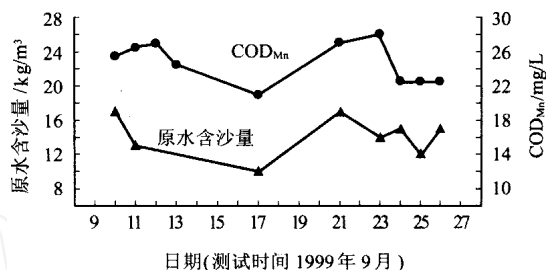


图 1 原水含沙量、耗氧量对比

1 试验工艺

该水厂直接引用黄河水,辐流式沉淀池直径为 100 m,共运行两组,单池设计进水量 $7 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,停留时间 8 h,进水含沙量一般 $\leq 30 \text{ kg/m}^3$,出水浊度为 70~120 NTU。排泥用 8/6E-AH 型渣浆泵,流量 $Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程 $H = 22 \text{ m}$,设计排泥浓度 250 kg/m^3 。辐流式沉淀池出水再经二次混凝、沉淀、过滤、消毒,达到合格的饮用水水质要求。

我们对其中一组辐流式沉淀池进行了改造,另一组工艺不变,两组沉淀池同时运行,对高浊度黄河水的净化效果进行对比,试验工艺流程见图 2。

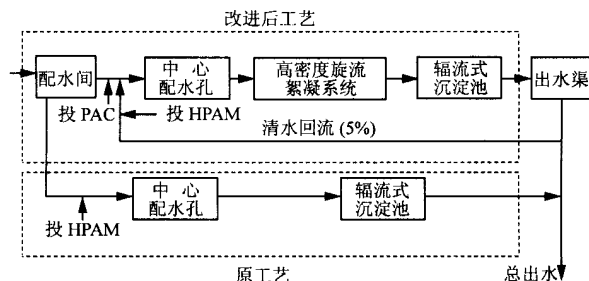


图 2 对比试验工艺流程

2 改进措施及机理

2.1 联合投加高效絮凝剂

在高浊度水的处理技术中,高分子有机絮凝剂——HPAM 的作用已被国内外公认。它是一种线形的水溶性聚合物,因其分子链很长,粒子之间的吸附架桥能加速胶粒的沉降。相对其他絮凝剂而言,它对高含沙量水的处理能力大得多,可处理含沙量 100 kg/m^3 的水。而且,据介绍高分子有机絮凝剂本身还具有对小分子有机物结合和共沉净化作用,从而表现出对水中有机物的去除效应,其分子量越大,净化有机物的效率越高。当然,分子量过大,在溶液中扩散比较困难,配制麻烦。试验水厂原采用 HPAM 分子量为 700 万,粉末状固体,使用时卫生条件很差,本试验经比较后选用分子量为 1 200 万以上的 AN934 型 HPAM,为白色颗粒状产品,有效成分 93%,单体含量 0.008%,配制较原来卫生、方便。

实践证明有机高分子絮凝剂与金属盐类絮凝剂配合使用,能发挥各自优势,即金属离子使胶粒脱稳凝聚,再经 HPAM 水解后进行吸附架桥,形成大而密实的絮凝体,沉降效率更高。尤其新的理论认为水中投加金属离子能与溶解性有机物分子生成不溶性复合物而沉淀,有利于有机物的去除。本试验经对比选择聚合氯化铝(PAC),采用先投加 PAC 后投加 HPAM,间隔时间 60 s,HPAM 含量为 0.1%,PAC 含量为 8%, Al_2O_3 含量为 30%,碱化度为 85%。

2.2 清水回流混合工艺

加药后混合效果的重要影响因素之一是流速,在高浊度水中,泥沙浓度很高,更应强调混凝剂的快速、均匀混合,使药液与悬浮颗粒充分接触。药液投加浓度很高时,会发生两种高浓度液相的自我封闭现象,很难瞬时混合;降低配制药液浓度又很不经济,且操作复杂。本试验采用清水回流达到了强化混合的目的:辐流式沉淀池投药系统为管道水力混合,将辐流式沉淀池出水渠中部分清水回流,稀释了 HPAM,增大了管中流速,HPAM 快速与原水混合,高度分散,充分发挥了其絮凝作用。

2.3 增设高密度旋流絮凝装置

根据絮凝动力学中惯性效应原理,旋转水流中具有一定质量的矾花颗粒(接近似球形考虑)在离心力的作用下会做径向运动,同时受到水流的阻力。

大矾花颗粒所受阻力较小,运动速度较快;小矾花颗粒受阻力较大,运动速度较慢,这样就出现大矾花颗粒追上小矾花颗粒的可能,为絮凝体之间的碰撞吸附凝聚增加了机会。本试验利用上述原理,在辐流式沉淀池中心配水孔及附近区域增设一套高密度旋流絮凝装置(见图 3),即在每个出流孔内安装整流板,使水由径向出流改为切向出流,并在距池中心一定半径处设挡水圈,其上部高出辐流式沉淀池的运行水位,下部留出一定高度使旋转水流从底部向周围配水进入沉淀区。这样,在挡水圈内区域形成了一个稳定的高浓度旋流絮凝层,结成理想的矾花,大量颗粒在靠近集泥斗处沉淀,而在挡水圈外的泥水分离区中间形成比原来更稳定、均匀且位置较低的悬浮泥渣层,类似于接触过滤,这种网状筛滤结构能对水中各类杂质,包括有机物及部分溶解性粒子起着巨大的吸附、网捕、截留作用,使辐流式沉淀池清水区产生和保持较低的浓度,这也正是充分利用了黄河高浊度水独特的沉降特性,化不利为有利的结果。

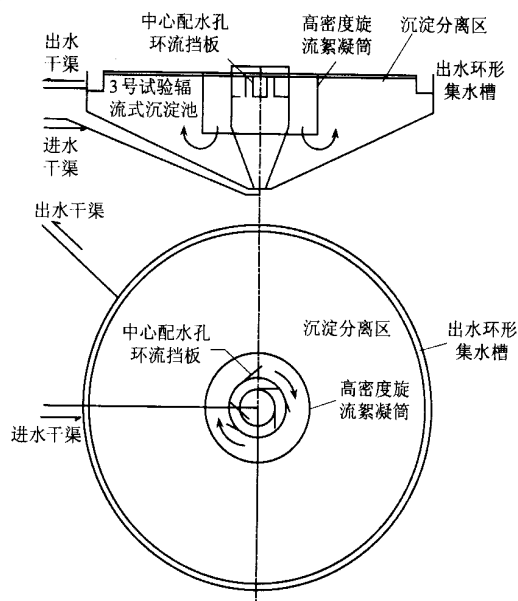


图3 高密度旋流絮凝装置示意

3 试验结果

辐流式沉淀池工艺改进后,对各种含沙量的黄河水进行生产性试验,并在等量投加 HPAM 条件下,与原辐流式沉淀池做了对比。测定浊度采用 STZ 型散射光浊度计,测定含沙量采用“比重瓶法”。

(1) 从试验结果可以看出,新工艺的出水浊度,由原出水 50~70 NTU 降至 20~40 NTU (见图 4),降低了 30 % 左右,这也就意味着在保证同样出水水质的情况下,新工艺可以节省 HPAM 投加量,从而也降低了出水中单体丙烯酰胺(有毒性)的含量。

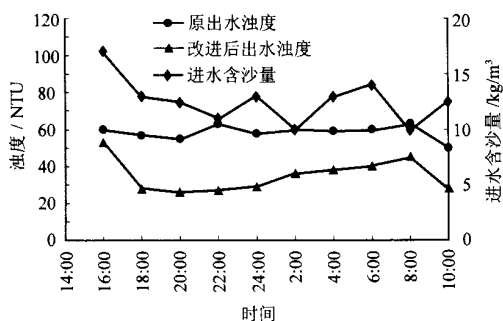


图4 进水含沙量与出水浊度变化

(2) COD 是常用的水中有机物总量的考察指标。本试验证明(见图 5),黄河高浊度水因其泥沙颗粒多而携带了大量有机物(COD 达 150 mg/L),改进后的辐流式沉淀池处理黄河高浊度水,能有效去除 COD,去除率可达 80 %~90 %。从图 6 中还可看出随含沙量的升高 COD 去除率也升高的变化规律。而水中氨氮含量过高,会促使细菌繁殖,硝化菌生长,使水有臭味,且因消耗氯而降低消毒效率。在对氨氮的去除方面,两组数据:第一组原水含沙量 10 kg/m³, 25, 原去除率 26.6 %,改进后去除率 53.3 %;第二组原水含沙量 10 kg/m³, 18, 原去除率 22.5 %,改进后去除率 38.7 %,显示改进工艺后氨氮去除率分别提高了 26.7 %和 16.2 %,所以改进后的工艺对有机污染物和氨氮的去除效果均优于原工艺。

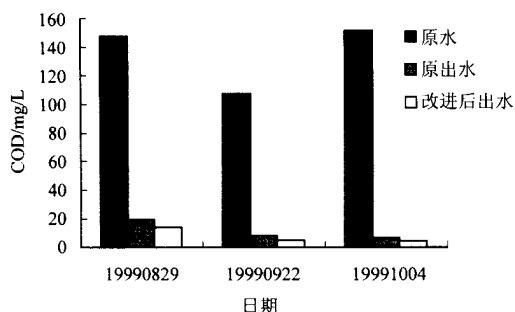


图5 出水 COD 比较

(3) 水中是否含有遗传毒性物质是人们关心的敏感性问题,也是评价水质的主要卫生指标,检验方

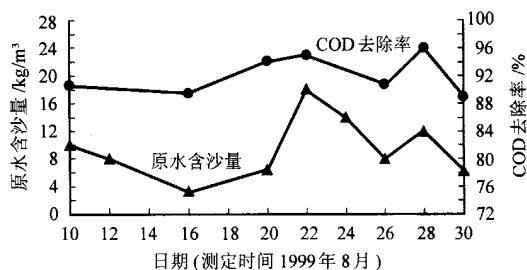


图6 原水含沙量与改进工艺后 COD 去除率关系

法以 Ames 试验应用最广,常用 TA100 和 TA98 两种菌株结合进行测试。检测结果表明:原水水样和原工艺出水水样对 TA98 和 TA100 菌株致突变反应为阳性,说明两水样中含移码型和碱基置换型直接致突变物,虽然原工艺对原水的致突变性有一定的改善,但其仍为不合格水质。改进后的辐流式沉淀池强化混凝工艺,出水水样致突变率均小于 2,致突变性反应为阴性,说明能有效地消除原水中的致突变活性,原水水样高剂量组产生抑菌现象,说明黄河原水中有细胞毒性物质。

4 结语

改进后的辐流式沉淀池工艺,采用高效絮凝剂联合投加、清水回流、高密度旋流絮凝系统三种高浊度水净化集成技术,对降低出水浊度、去除有机污染物和氨氮,以及改善水中的致突变活性均有良好的效果,这对减轻加氯副产物的生成和后续深度处理的负担也有积极的意义。尤其对于黄河高浊度水,经过改进后的工艺,一次沉淀即可大幅度降低出水浊度,甚至可以考虑省去二次反应沉淀池,直接进入过滤工艺,它能减小占地面积,节省投资,提高供水水质和产水量,方便管理,对于自来水厂来说,能提高一定的经济、社会和环境效益。

参考文献

- 邱瑞骥,高建力,袁宝珊,等.自来水中不同处理单元出水有机污染物的致突变性研究.中国给水排水,1994,10(4):15~17
- 王占生,刘文君.微污染源饮用水处理.北京:中国建筑工业出版社,1999
- 傅文德主编.高浊度给水工程.北京:中国建筑工业出版社,1994

电话:(0531)5993578

E-mail: zhangyong_water@hotmail.com

修回日期:2003-10-31