

絮凝—溶气气浮处理低温、低浊水(中试)

王毅力¹, 李大鹏², 郭瑾珑³, 汤鸿霄³

(1. 北京林业大学 资源与环境学院, 北京 100083; 2. 北京航空航天大学 环境工程系, 北京 100083; 3. 中国科学院 生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要: 采用絮凝—溶气气浮(DAF)工艺处理密云水库低温、低浊水的中试结果表明, 碱化度B值越高的PAC, 其电中和能力越强, 而且在相同的除浊效果下絮凝剂投量也越少。该工艺对于不同浊度的原水可达到70%~85%的除浊率, 且原水浊度越高, 除浊率也越高, 此外该工艺对浊度为100 NTU的排洪水有足够的缓冲能力。

关键词: DAF工艺; 低温、低浊水; 中试

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2002)11-0009-04

Use of Flocculation - Air Floatation Process for Treatment of Reservoir Water of Low Temperature and Low Turbidity

WANG Yi-li¹, LI Da-peng², GUO Jin-long³, TANG Hong-xiao³

(1. School of Resource and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Dept of Environmental Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China; 3. Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract: A pilot study was made on the treatment of Miyun reservoir water with low temperature and low turbidity by using flocculation - dissolved air floatation (DAF) process. The result showed that Polyaluminum Chloride with higher basicity has stronger charge neutralization capability with less flocculant dosage needed at the same effect of turbidity removal. By using the process, the turbidity removal rate can reach 70%~85% for raw water with different turbidity, and the higher turbidity the raw water has, the higher the removal rate is. In addition, the process has enough buffer capacity in treatment of discharged flood with turbidity of 100 NTU.

Keywords: dissolved air floatation process; low temperature and low turbidity water; pilot test

1 试验材料和方法

北京市第九水厂的源水取自密云水库, 原水中藻类和天然有机物含量较少, 碱度很高, 溶解性气体含量高, 而温度、浊度、色度都较低。中试原水的浊度变化范围为1.20~3.20 NTU, 温度变化范围为

8.4~14.8 °C。密云水库常年水质统计数据参见表1。

1.1 絮凝剂

试验所采用的絮凝剂其特性的具体参数参见表2。

基金项目: “九五”国家科技攻关课题(96-909-03-02)

表 1 密云水库的水质

水质参数	范 围	平均值
温度(°C)	2.5~15.0	7.3
浊度(NTU)	0.84~6.6	1.96
碱度(mg/L,以CaCO ₃ 计)	114~146	132
pH	7.4~8.1	7.8
无机碳(mg/L)	27.15~40.88	36.86
总有机碳(mg/L)	1.05~4.48	2.92
总碳(mg/L)	30.66~42.47	39.58
藻类浓度(10 ⁵ 个/L)	0.94~21.0	7.47

表 2 絮凝剂的特性

絮凝剂	名 称	碱化度 B(%)	Al ₂ O ₃ 含量 (%)	体积质量 (g/mL)
PACTL	液体聚铝	78.20	11.60	1.230
PACZL	液体聚铝	46.50	10.30	1.290
PACTS	固体聚铝	35.9	29.60	
AS	硫酸铝		11.60	

1.2 工艺流程

试验装置中的混合池、絮凝池、气浮池均为有机玻璃池体,采用机械搅拌;溶气系统包括不锈钢溶气罐和空压机,释气系统为MMJ、CH14和CH24型释放器;投药单元采用流动电流控制器,投药泵为数字式变速蠕动泵,有远程自动控制接口。采用低量程在线浊度仪进行原水和出水浊度的在线检测。

絮凝—DAF工艺流程见图1。

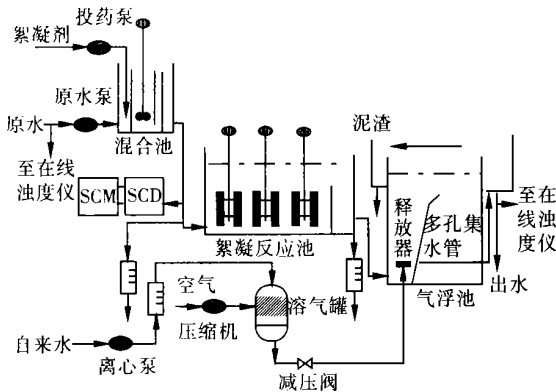


图 1 絮凝—DAF工艺流程

原水经进水管流入混合池进行投药快速混合后,一部分进入三级机械搅拌絮凝反应池,另一部分则用作流动电流控制仪的供水或排入集水渠。经絮凝反应后的水流进入气浮池接触区与释放器释出的气泡进行混合反应,继而进入气浮池的分离区,气泡与絮体的聚集体上浮成为浮渣层,清水则经集水管流出,其中原水和出水均分流至在线浊度仪进行浊度监测。溶气释气系统是将空气由空压机、自来水由离心泵同时打入溶气罐,然后经由管道至释放器减压释

放,容器罐的压力和回流比分别保持在32.34 kPa和10.5%(有时会变化)。

2 结果与讨论

2.1 絮凝剂和原水温度对除浊效果的影响

不同碱化度(B值)絮凝剂的除浊效果比较见图2。

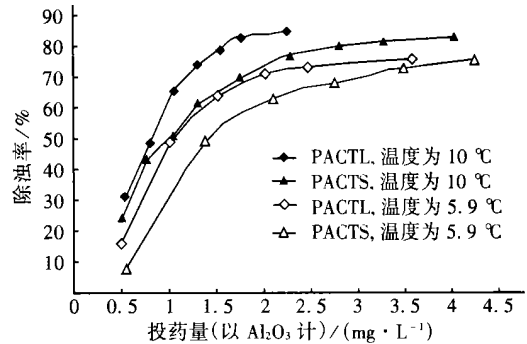


图 2 不同碱化度絮凝剂的除浊效果比较

由图2可知,在原水温度为5.9℃与10.0℃时,PACTL的除浊效果都优于PACTS,但两者在温度较低时的除浊率都有所下降,而且碱化度B值越低则除浊率下降得越多,当原水温度为10.0℃时聚铝类的出水最低浊度均为0.24 NTU。

不同碱化度B值的絮凝剂在温度为5.5℃和7.5℃时,其流动电流响应值(SC)的比较见图3。碱化度B值越高则流动电流的响应值越大,不同碱化度B值的PAC在达到SC的等电点(SC=0)时,需投加的铝盐量随着碱化度B值的增大而减少,且较低温度时与相应絮凝剂有关的SC值都有所降低,但碱化度越高降低的程度越小。

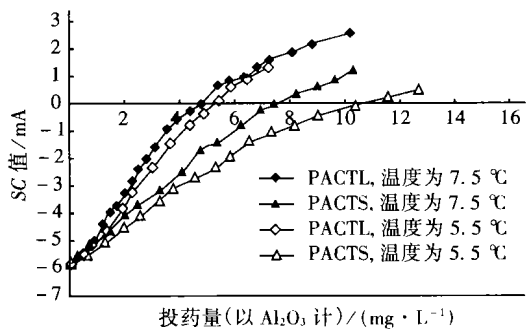


图 3 不同碱化度的絮凝剂对SC值影响的比较

除浊效率和流动电流的检测结果表明降低温度对絮凝—DAF工艺有不利影响,所用絮凝剂的碱化度B值越低,温度对其影响程度越大,这主要有以下几方面的原因^[1]:低温对Al(III)离子的水解过程不利,而碱化度越低的絮凝剂,其投入水中越不稳定而

易趋向于水解,故受低温的影响越严重;再者低温时气泡与絮体的粘附作用也受到了不利的影响,水的粘度在低温时变大也使得絮体的成长受到抑制。

另从图 2 可见,投药量大时除浊效果并没有下降,这与以往 DAF 的除浊效果对投药过量较为敏感^[2~4]的结论不一致,究其原因可能是由于密云水库水的碱度较高(平均碳酸盐碱度 > 130 mg/L),其缓冲能力足以抵消因絮凝剂水解产生的酸量,使得絮凝过程一直处于中性偏碱的范围;再者贡献碱度的离子在水解中生成的 OH⁻ 加速了絮凝剂向形成三羟化铝胶体方向的水解,中和了絮凝剂和絮体过量的正电荷,从而有可能抵消因絮凝剂过量引起的颗粒表面电荷变正的过程,推迟了处理效果下降情况的出现。

密云水库水属于低温、低浊水,含颗粒物较少,投加絮凝剂量较低时形成的絮体细、少、轻,从而使絮体之间的碰撞几率小、难于沉淀^[5];而采用气浮工艺的实质是通过引入大量的微气泡强化了其与絮体的碰撞,提高了处理效果。从图 2、3 可以看出,絮凝-DAF 工艺对于低温、低浊水的处理达到较好效果时的流动电流变化值较小,这也初步证明了絮凝-DAF 工艺对颗粒电中和程度的要求小于沉淀工艺,即并不需要沉淀所需的 Zeta 电位为零或稍微偏负,只要保证经絮凝后能产生数十微米级的颗粒即可^[2,3,6,7,8],因此絮凝剂的电中和能力只是影响絮凝-DAF 工艺的条件之一。

2.2 原水浊度对处理效果的影响

原水浊度对絮凝-DAF 工艺处理效果的影响见图 4。图 4 表明,对于不同浊度的原水,随着投药量的增加,絮凝-DAF 工艺的除浊率逐渐升高而后趋于平稳(除浊率 > 70%)。该工艺对原水浊度为 8.9~11.3 NTU 的除浊率最低,对原水浊度为 73~88 NTU 的除浊率最高。可见,随着原水浊度的增

加,尽管回流比保持不变,但浊度去除率在升高,这表明 10% 的回流比时产生的气泡数量足以与较高浊度原水所生成的絮体进行异相絮凝反应,从而使之被去除。高浊度的原水会在投药后产生更多的絮体,会增加与微气泡的碰撞几率而有利于对浊度的去除。试验表明,正常情况下和排洪期间絮凝-DAF 工艺的出水浊度波动很小,而且该工艺对于浊度 < 100 NTU 的高浊原水有充分的缓冲能力,出水浊度可达 0.5 NTU 以下。这表明絮凝-DAF 工艺不仅处理效能好且适应性也很强,可用于处理低温、低浊水。

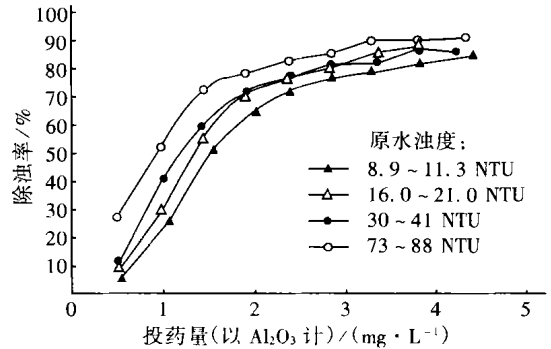


图 4 絮凝-DAF 工艺对不同浊度原水的处理效果

2.3 释放器类型对除浊效果的影响

采用 CH24 时的除浊效果最好,采用 CH14 的效果次之,而采用 MMJ 的效果最差,但在最佳投药量时该工艺的除浊率都大于 70%。其中 CH14、CH24 释放器是新型释放器,而且 CH24 比 CH14 结构更为优化,试验结果也证明了这一点。由于该试验的原水为低温、低浊的水库水,这会部分抵消释放器的性能差异,因此使得采用这三种释放器的除浊率差别不很显著。

2.4 对原水中藻类的处理效果

絮凝-DAF 工艺对原水中藻类的处理效果见表 3。

表 3 絮凝-DAF 工艺对藻类的处理效果

项 目	浊度 (NTU)	水温 (°C)	pH	碱度 (mg/L)	需氧量 (mg/L)	硅藻 (10 ⁴ 个/L)	绿藻 (10 ⁴ 个/L)	蓝藻 (10 ⁴ 个/L)	金藻 (10 ⁴ 个/L)	角藻 (10 ⁴ 个/L)	黄藻 (10 ⁴ 个/L)
进水	1.64	14.0	7.6	133	1.80	14.11	2.94	2.35	10.58	1.18	1.76
出水	0.72	14.6	7.6	133	1.45	0.59	0.59	0	0	0	0

注: 测定时间为 1998 年 12 月 8 日,采用的絮凝剂为 PACTL,投量为 1.580 mg/L(以 Al₂O₃ 计),压力为 32.34 kPa,回流比为 5.2%。

由表 3 可以看出,该工艺在低投药量和低回流比时除浊率仅为 55%,但对大部分藻类的去除率达到了 95%以上,这也初步验证了絮凝-DAF 工艺对

藻类有较高去除率的结论^[2,3,6]。另外原水经处理后的碱度和 pH 值变化很小,而且出水中的 DO 含量增加,这对水体有利。

3 结论

① 试验结果表明,碱化度越高的 PAC,其电中和能力越强,絮凝剂颗粒的立体结构越显著,有利于其压缩颗粒表面的水化层面与颗粒间的粘附架桥,迅速形成具有较大尺度、球状链束聚集结构特征的初级絮体微粒,因此在达到相同处理效果的前提下,絮凝剂投量也较少。

② 低温对絮凝—DAF 工艺不利,所用絮凝剂的碱化度越低,温度对其影响程度越显著,这主要有以下几方面的原因:低温对 $Al(III)$ 离子的水解过程不利,碱化度越低的絮凝剂,其投入水中越不稳定而易趋向于水解,因而硫酸铝中 $Al(III)$ 离子的水解所受影响更为严重;再者,低温时气泡与絮体的粘附作用也受到了不利的影响,水的粘度在低温时变大也使得絮体的成长受到抑制。

③ 以 PAC 为絮凝剂时,絮凝—DAF 工艺对于不同浊度的原水可达到 70%~85% 的除浊率,且随着浊度的增加,除浊率也有所提高;出水较为稳定,对浊度接近 100 NTU 的高浊水有足够的缓冲能力;另外,该工艺对原水所含的藻类去除率大都在 95% 以上,而且出水中的 DO 含量增加,可见该工艺对密云水库的低温、低浊原水有较好的处理效果。

④ 采用新型释放器可获得性能更为优良的气泡,从而有助于除浊率的提高。

参考文献:

- [1] Klute R, Langer S, et al. Optimization of coagulation processes prior to DAF[J]. Water Sci & Tech, 1995, 31(3/4): 59 - 62.
- [2] Edzwald J K. Principles and applications of dissolved air flotation[J]. Water Sci & Tech, 1995, 31(3/4): 1 - 24.
- [3] Edzwald J K, Walsh J P, et al. Flocculation and air requirement for dissolved air flotation[J]. J AWWA, 1992, 84(3): 92 - 100.
- [4] Malley J P Jr, Edzwald J K. Laboratory comparison of DAF with conventional treatment[J]. J AWWA, 1991, 83(9): 56 - 61.
- [5] 霍明昕,刘馨远. 低温低浊水的特性分析[J]. 中国给水排水, 1998, 14(6): 33 - 34.
- [6] Edzwald J K, Toblason J E, et al. Intergrating high-rate DAF technology into plant design[J]. J AWWA, 1999, 91(12): 41 - 53.
- [7] 王毅力,汤鸿霄. 絮凝—DAF 中试工艺处理密云水库低温低浊水的影响因素[J]. 环境科学, 2001, 22(1): 27 - 31.
- [8] Vlaški A, Breemen van A N, et al. The role of particle size and density in dissolved air flotation and sedimentation[J]. Water Sci & Tech, 1997, 36(4): 177 - 189.

作者简介:王毅力(1972-), 男, 陕西乾县人, 博士, 主要从事水处理科学与工程的研究。

电话:(010) 62337917(O) 62337978(H)

E-mail:wangyilinet@sina.com

收稿日期:2002-03-03

·工程信息·

河北省邯郸市西污水处理工程

该工程建设内容:西污水处理厂一期工程、配套管网工程和北污水泵站扩建工程,处理规模:10 × 10⁴ m³/d,处理工艺:改良型氧化沟,所需主要设备:机械格栅、潜水搅拌机、罗茨鼓风机、转碟曝气器、潜污泵、全桥式刮泥机、除砂机、桥式耙耙浓缩机和离心脱水机,服务面积:46 km²,总投资额:3.337 亿元人民币(其中世行贷款 1.567 亿元人民币),建设周期:1998 年—2005 年。设计单位:中国市政工程华北设计研究院,建设单位:邯郸市市政工程公司、中国第十三冶金建设公司和邯郸市建工集团有限公司。

(河北省邯郸市世行贷款城市环境项目管理办公室 柳 辉 供稿)