



应用 HCA 处理高藻水试验研究

武汉市自来水公司

张杰 胡耀林 胡鸿雁

前言:

汉江是长江的重要支流,哺育着汉江平原,是武汉市最重要的饮用水水源。在正常情况下,藻类含量都比较低,藻种有硅藻、绿藻、褐藻等。藻类分布随月份而有所变化,一般1--3月,以硅藻为主,绿藻次之,褐藻极少量;4—6月,硅藻、绿藻为主,蓝藻、褐藻次之;7月以绿藻、蓝藻为主,硅藻次之;8--9月,以绿藻、硅藻为主,蓝藻、褐藻次之;10-12月以硅藻为主,绿藻、宰藻次之。但随着近年来,汉江污染日益加重,汉江中下游何段水质恶化已非常严重,从水质分析来看,水体酸度下降、COD_{mn}、氨氮、硝酸、盐氮、总磷呈增高趋势,水体富营养化特征明显,已诱发了三次“水华”。

在今年,从2月28日—4月6日,“水华”历时40天,优势藻种为硅藻门小环藻属,含藻量高(最高值7317万个/升),平均值3129.7万个/升,给水厂处理造成了极大困难。在“水华”期间,水处理主要存在以下方面的问题:(1)消耗明显加大,前后投矾量与投氯量增加了40%;(2)反冲洗周期大大缩短,从3次/天→次/天。观察滤池,发现滤砂上附着一层粘稠的藻;(3)输水管网上,藻的残体造成了明显的腥臭味。

在“水华”期间,我公司采用的常规水处理(未加高分子絮凝剂助凝),经反复测定混凝沉淀除藻率为45%左右,混凝沉淀+过滤除藻率为90%左右。分析其原因,是硅藻分子量较大,呈鼓形,直径在10 μ m以上,其易堵塞滤砂的孔隙或附在滤砂上,不易空透滤池。针对这种情况,结合有关资料和信息,我们试验了一种叫HCA阳离子絮凝剂作为净化处理中的助凝剂,强化混凝沉淀以达到以下目的:提高絮凝效果,降低无机混凝剂聚合铝或三氯化铁的投加量,降低沉淀水浊度,提高对藻的去除率,减轻滤池的负担,延长反冲洗周期。基于以上考虑,我们在高藻水中,进行以HCA作助凝剂的烧杯实验与生产性实验,以期获得满意效果,并对其最适宜的投加方式,以及成本节约情况,生产中的使用事项等因素的数据进行可行性研究。

烧杯实验部分

一、实验阶段

1、实验仪器及试剂

ZR六联搅拌器 2100P便携式浊度仪 PHS型PH计 显微镜

液体聚合氯化铝(聚合铝) Al_2O_3 含量为8.4%盐基度为74%

其配制浓度10%(1ml=10mg)

HCA阳离子絮凝剂(HCA)配制浓度0.1%1ml=0.1mg

聚合铝与HCA复配(复合矾)配制浓度1ml=10mg聚合铝1ml=0.1mgHCA 即HCA: 聚合铝=1: 100

2、试验条件

混合: 300 转/分 1 分钟 $G=161.5S$

絮凝: 120 转/分 4 分钟 $G=51.6S$

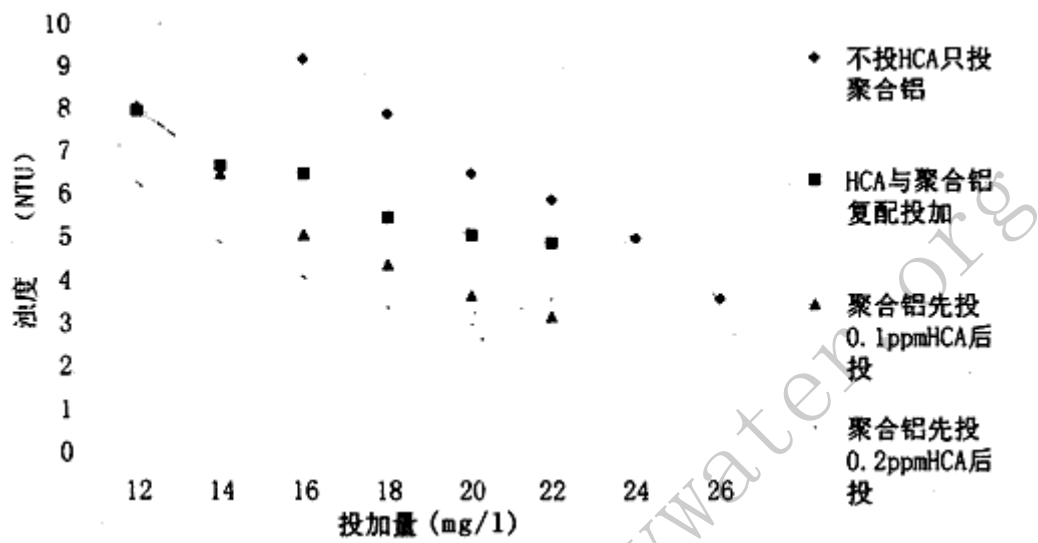
60 转/分 5 分钟 $G=20.3$

总GT值为27222 沉淀: 10 分钟

在烧杯内液面4cm下的取样口处放水取样测定浊度;含藻量的水样是四个平行样在烧杯内液面4cm下的取样口处放水250ml混合得到。试验用水为东湖源水,其优势种为绿藻;浊度为17.2NTU;含藻量:4128.7万个/L;PH值:8.24。

二、结果分析

1 在高藻水中加 HCA 对去浊的影响



从上图可以看出，先投聚合铝后投 HCA 的去浊效果最高。相对聚合铝与 HCA 复配，先投聚合铝后投 HCA 更能发挥 HCA 吸附架桥作用，这样其去除浊度的效率也最好。

2 先投聚合铝（16mg/L）后投 HCA 时间间隔的对去浊效果的影响：

PAC 与 HCA 投加时间间隔	0.5 分钟	1.0 分钟	1.5 分钟	2.0 分钟
出水浊度（NTU）	7.2	5.2	5.0	5.4

备注：0.5 分钟在 300 转/分投加 1.0 分钟、1.5 分钟、2.0 分钟在 120 转/分投加

从表中可以看出，HCA 不宜在高转速条件下投加，剧烈的搅拌可能会将 HCA 分子链打断，影响絮凝效果。适宜的投加时间间隔是在聚合铝先投 1--1.5 分钟后投加 HCA，即在生产中实际 PAC 投加点距反应池很近，则可在反应池中投加 HCA，也可获到满意效果。

3 HCA 的投加量对浊度的影响

投加方式	先投 16mg/LPAC 后投 HCAmg/l					
投药量（MG/L）	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
出水浊度(NTU)	9.0	4.9	4.2	4.5	5.0	4.6

PAC 较 HCA 先投 1.5 分钟，现象观察：单投 PAC 时矾花较小，先投 PAC 后投 HCA 矾花明显大于未加 HCA 的，且矾花较大，沉速明显较前者快，但随着 HCA 投加量的增加，有较多细小的絮体，反而去浊效果变差；如果 HCA 投加量继续增加，胶体复稳，去浊效果变好。在 HCA 投加量超过 0.3mg/L 后，水体有发白的现象。出试验看出 HC 投加量多加不一定就好，HCA 投加量的多少应由试验论证获得。

4 聚合铝与 HCA 之间几种投加方式最佳投加量除藻效果与成本对照

投加方式	投加量	除藻率（%）	成本（元/KT）
------	-----	--------	----------

单投聚合铝	PAC（24mg/L）	59.8	14.4
复配投加	(PAC+HCA)(20mg/L+0.2mg/L)	65.1	15.6
先投聚合铝后投HCA	PAC（16mg/L）+HCA(0.1mg/L)	86.1	11.4

※聚合铝单价按 600¥/T 计算 HCA 单价：18，000¥/T

从中可以看出，先投聚合铝后投 HCA 的除藻率最高，却成本是最低的。

由于最佳投加量的出水浊度均是 5NTU，除藻率却相差很大，这种情况说明混凝沉淀后的出水浊度与除藻率并无一定的线形关系，因此在生产中，不能只检测滤前水浊度，也要定期检测滤前水的含藻量。

生产性实验研究

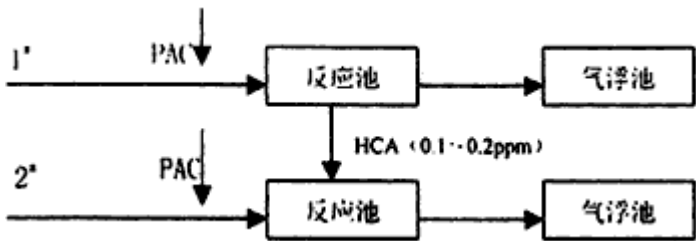
一、东湖水源与水厂净化工艺简介

东湖水是富营养化水体，藻类特点是藻细胞小型化，种类多样化。藻种有绿藻、硅藻、蓝藻、褐藻、金藻、甲藻等，藻类含量一年四季都比较高，相对而言 3——5 月与 8——11 月含量更高一些。藻类分布随月份而有所变化，一般以绿藻、蓝藻、硅藻为主，据近年来的数据统计，水体种含藻量最高值 6106 万个/升，平均值 2218 万个/升。

东湖水厂是采用气浮工艺，流程如下：一级泵房→预加氯→加矾→风格反应池→气浮池→普快滤池→加氯→清水池→二级泵房。其中气浮池的溶气水回流比为 5---10%，溶气压力为 0.35--0.45MPa，接触室上升流速为 40mm s，分离区为 12 分钟，表面负荷率为 6.8m³/h.m²，空压机为 3m³的立式无油滑空压机。经测定其工艺的除藻率如下：混凝气浮除藻率为 65%左右，混凝气浮+过滤除藻率 85%左右。

二、实验步骤

根据东湖水厂的运行情况,选取有单独加药 1 期气浮系统中的 1[#]与 2[#]两组平行的反应池气浮进行试验。首先，1[#]与 2[#]按原方式投加，调节矾口，直至气浮池户意见出口浊度在 2.5XTU 以下得到最佳聚合铝的投加量，然后在 1[#]用得到的聚合铝投加量继续生产，在与 2[#]用 HCA 做助凝剂，先投混凝剂聚合铝（投药后：距反应池进口 3M 处），约 1.5 分钟后投 HCA（投药点：反应池第三格，靠水力混合）试验中 HCA 投加量为 0.1ppm 或 0.2ppm，出水浊度小于 3XT 找寻聚合铝的投加量，然后稳定 PAC 与 HCA 投加量进行生产。在实验中一次加氯投加量保持滤前水余氯为 0.2mg/L 左右，投加工艺如下：



三 试验结果分析

1、实验中的去浊结果

在考虑到东湖水厂实际运行中要求 1[#]系统滤前出水浊度小于 2.5NTU 的情况下，得到以下的结果。

实验运行时间	1#气浮池（不加HCA）		2#气浮池（不加PCA）	
	实际 PAC 投加量	出水浊度 ntu	实际 PAC 投加量	出水浊度 ntu
1.5 小时	25kg/KT	2.32	25kg/KT	2.26
1.5 小时	20kg/KT	1.48	20kg/KT	1.57
1.5 小时	15kg/KT	2.34	15kg/KT	2.44
1.5 小时	10kg/KT	3.25	10kg/KT	3.32
遂选择 15kg/KT 为 1#气浮池聚合铝投加量进行以下实验				
实验运行时间	1#气浮池（不加 HCA）		2#气浮池（加 HCAO.1mg/L）	
	实际 PAC 投加量	出水浊度 ntu	实际 PAC 投加量	出水浊度 ntu
1.5 小时	15kg/KT	2.24	12kg/KT	2.56
1.5 小时		2.01	10kg/KT	1.43
1.5 小时		2.12	8kg/KT	2.33
1.5 小时		2.41	6kg/KT	2.75
8 小时		2.25	8kg/KT	2.34
实验运行时间	表#气浮池（不加 HCA）		2#气浮池（加 HCAO.1mg/L）	
	实际 PAC 投加量	出水浊度 ntu	实际 PAC 投加量	出水浊度 ntu
1.5 小时	15kg/KT	2.12	12kg/KT	2.98
1.5 小时		2.21	10kg/KT	2.22
1.5 小时		2.35	8kg/KT	1.78
1.5 小时		2.54	5kg/KT	2.28
1.5 小时		2.02	4kg/KT	2.82
8 小时		2.42	5kg/KT	2.32

※在实验中水源水的浊度保持在 17--18NTU 之间

对以上结果进行分析，在得到同样的出水浊度小于 2.5NTU 的情况下，投加 HCA 用量 0.1mg/L，聚合铝用量由 15mg/L 降到了 8mg/L；投加 HCA 用量 0.1 用量 0.1mg/L，聚合铝用量由 15mg/L 降到了 5mg/L。

2、去藻率以及 PAC+HCA 的总成本的比较

PACY 与 HCA 的投加量	含藻量（万个/L）	去藻率（%）	PAC+HCA 总成本（¥/KT）
单独 PAC15mg/L	662	60	9
PAC8mg/L+HCA0.1mg/L	448	73	6.6
PAC5mg/L+HCA0.2mg/L	628	62	6.6

※聚合铝单价按 600 元/T 计算，HCA 单价：18，000 元/T 计算

※含藻量的测定值是 4 次测定值的平均值。

可以看出在药剂的成本上，加 HCA 助凝，药剂的成本明显下降。去藻效果上，在同等的药剂的成本先投 8mg/L PAC 后投 0.1mg/L HCA 去藻效果最高，而先投 5mg/L PAC 后投 0.2mg/L HCA 的去藻率与单独 PAC15mg/L 投加的去藻率相差不大。



3、问题：

(1) 由于东湖水厂此时源泉水含藻量只有 1700 万个/L，与我们可能今后面临“水华”期间的高藻 3000 万个/L 以上有一定距离，且东湖水厂的藻类为绿藻，其水处理工艺为气浮工艺，而今后可能应用 HCA 的水厂面临的是藻类为硅藻，其水处理工艺为沉淀工艺，因此本次试验结果是否能够在以汉江为水源的其他水厂应用尚需进一步在生产中论证。为此，我们在以后汉江“水华”期间，选择有代表性的水厂将本试验继续延伸，已获取广泛的数据。

(2) 由于 HCA 只在很小的范围短时间内投加，对于它是否会影响滤池运行，不能确认。HCA 的投加大大的减少了 PAC 的投加量，这样污泥量会减少，当其用于沉淀工艺时，对排泥有一定的帮助，而本次生产性实验无法得出结论。

结束语：

通过我们的实验室烧杯试验与生产性实验研究，我们可以看出如果在高藻期间能先投加混凝剂，后投加助凝剂 HCA，可以一方面节约成本，另一方面，提高去藻率，减轻滤池的负担。由于各个水源的水质特点不一样，对于在高藻期间，各个水厂 PAC 与 HCA 投加量的多少，要根据当地当时情况通过烧杯试验确定与生产论证。