

文章编号: 1006-6780(2001)03-0072-03

# 高锰酸钾复合药剂去除太湖水中 蓝藻的室内试验研究

陈卫<sup>1</sup>, 李圭白<sup>1</sup>, 邹浩春<sup>2</sup>

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 无锡市自来水总公司, 江苏 无锡 214031)

**摘 要:** 太湖水的蓝藻水华连年爆发, 难以净化处理, 严重影响了供水安全。试验研究表明, 高锰酸钾复合药剂的强化混凝作用能有效地去除水中的蓝藻和降低水的色度, 可拓宽混凝剂最佳投加量范围, 使净水系统的抗干扰抗冲击能力提高。

**关键词:** 蓝藻; 高锰酸钾复合药剂; 供水; 强化混凝

**中图分类号:** TU991.2 **文献标识码:** A

## Removal of blue algae from Tai Lake with potassium permanganate composite (PPC)

CHEN Wei<sup>1</sup>, LI Gui-bai<sup>1</sup>, ZOU Hao-chun<sup>2</sup>

(1. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Wuxi Water Supply Company, Wuxi 214031, China)

**Abstract:** Describes the removal of blue algae from Tai Lake with PPC and concludes from the test results that the enhanced-coagulation with PPC can efficiently remove blue algae, reduce water chroma, and expand the range of optimum coagulator dose and raise the anti-disturbing capacity.

**Key words:** blue algae; potassium permanganate composite(PPC); water supply; enhanced-coagulation

近年来, 太湖水体的富营养化使水质恶化, 尤其蓝藻水华连年发生, 严重影响了供水水质。由此造成的太湖周边城乡供水水源污染和短缺, 已成为该地区经济发展中新的制约因素。因此, 有效地控制和去除太湖优势藻种蓝藻, 保证供水水质, 一直为人们所关注。本文研究了高锰酸钾复合药剂对太湖梅梁湾五里湖湖区水中蓝藻强化混凝的去除效果。

### 1 太湖梅梁湾和五里湖湖区水质特征

梅梁湾和五里湖是西太湖北部的一个重要湖区, 面积约为120km<sup>2</sup>, 是无锡市的主要供水源地。由于周边城镇工业与生活污水的大量排入, 尤其大量营养盐的排入, 使湖区成为太湖水域富营养化最严重的湖区之一, 湖区藻类数量最多时达到20×10<sup>6</sup>个/L(1993年)。不同时期各种生物种群的数量和优势种的差异较大<sup>[1]</sup>, 蓝藻水华的大量爆发, 预示着水质污染加剧和营养程度的提高。蓝藻水华高发期在每年的5~10月, 温度通常在30℃左右, 说明光照和温度是重要影响因子。另外, 湖区湖流特征决定湖区的水流流速不大, 一般为3~4cm/s, 表明水体交换量小, 以氮和磷为代表的营养元素富集多。一般认为, 蓝藻对氮、磷的需求比例为9:1, 湖区氮、磷含量已远远高于这个比例<sup>[2]</sup>。蓝藻通常具有伪空胞, 极易漂浮在水面上形成带状或片状的绿色团块随风漂移, 所以, 主导风向——西南风也对湖区蓝藻爆发和堆集起着不容忽视的作用。梅梁湾湖区蓝藻主要以微囊藻属(*Microcystis* spp.)的铜绿微囊藻(*M.*

收稿日期: 2000-11-30

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96-909-03-01A)

作者简介: 陈卫(1958-), 女, 哈尔滨工业大学博士生。

*aeruginosa* Kutz)、水华微囊藻(*M. flossqnae* Kirch)和尘埃微囊藻(*M. pulvereae*)为全年普生性种类,夏季旺长形成水华,其细胞数量可占总细胞数的99%以上,生物量也可占总生物量的85%以上<sup>[9]</sup>。

在5~10月份以外的时间,湖水水质以氮含量高为特征,同样存在着难处理,净化效果不良等问题。梅梁湾月平均水温变化范围在1.5~27.4℃,湖水终年不结冰;pH值范围在7.26~9.01。

## 2 强化混凝除蓝藻研究

### 2.1 试验方法

试验分两阶段进行。第一阶段是初步探索性试验,根据太湖水质特征配制试验水样。在自来水中投加高岭土得到有一定浊度的浑浊水,再投加纯培养的铜绿微囊藻和水华微囊藻,即配制成试验水样。水的外观浅绿略带浑浊,浊度14~16NTU,微囊藻含量 $2 \times 10^6 \sim 3 \times 10^7$ 个/L,水温25~27℃,pH值7.2~7.5。第二阶段是对前面试验结果的验证和拓展,用取自梅梁湾五里湖的湖水进行强化混凝试验。水色黄绿略带浑浊,浊度14~22NTU,藻含量 $6.9 \times 10^7$ 个/L,以铜绿微囊藻和水华微囊藻为优势藻种,还有尘埃微囊藻等,水温27~29℃,pH值7.5~7.7。

烧杯试验在六联搅拌机上进行。混凝剂采用生产上使用的聚合氯化铝(简称PAC)。混合和絮凝的转速与时间分别控制在300r/min与1min和40r/min与10min,静置时间15min。采用显微镜血球板计数法进行藻类含量测定。PAC与PPC投加间隔1min。

试验检验指标是沉后水浊度、藻类去除率和色度。一般认为,水中藻含量低于 $1.0 \times 10^5$ 个/L时,不需考虑除藻问题。

### 2.2 试验结果与分析

第一阶段实验结果见图1和图2。图1和图2分别是PPC不同投加量时,烧杯试验沉后水浊度和藻类去除率随PAC和PPC投加量的变化曲线。由图可见,在单纯按最佳投加量40mg/L投加PAC时,水中藻类含量随浊度的去除有所降低,但去除率很低,仅为25%。投加PPC后,强化混凝效果非常明显,沉后水浊度大幅度降低,藻类去除率大大提高。PAC投加量为40mg/L时,仅投加PPC1.0mg/L,藻类去除率即达到81%。从图中还可以看出,PPC投加后,强化混凝使浊度变化曲线下移,且PAC的最佳投加量向低投加量范围拓宽。

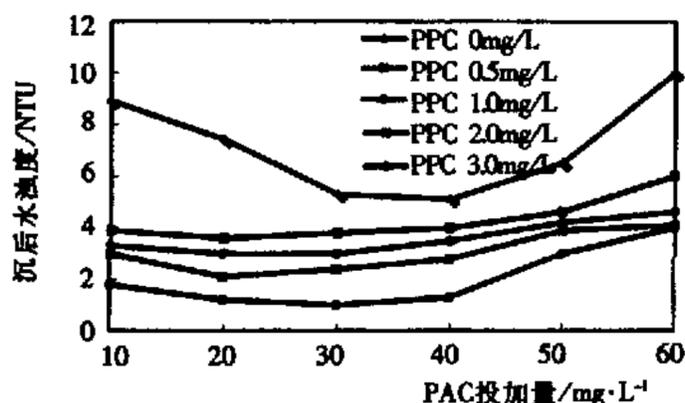


图1 PPC强化混凝效果

Fig.1 Effect of using PPC to enhanced coagulation as adding PAC

藻含量 $2.5 \times 10^6$ 个/L, pH7.2~7.5, 水温27℃, 浊度14NTU, 先投加PAC, 后投加PPC, 时间间隔1min

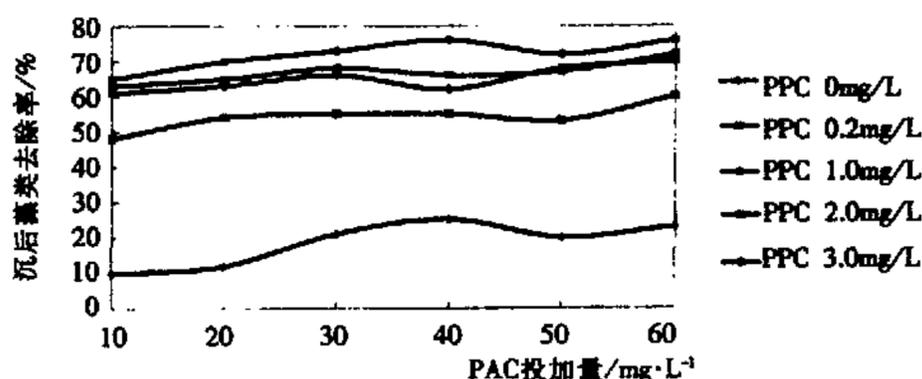


图2 PPC对沉后水藻类去除效果的影响

Fig.2 Influence on using PPC to remove algae after sedimentation

藻含量 $2.5 \times 10^6$ 个/L, pH7.2~7.5, 水温27℃, 浊度14NTU, 先投加PAC, 后投加PPC, 时间间隔1min

对取自梅梁湾五里湖的湖水进行强化混凝试验结果见图3和图4。由图3可见,对单纯投加PAC与投加PAC和PPC的情况对比,PPC投加量仅在0.5~1.0mg/L时,沉后水浊度有了明显改善,且使得PAC的最佳投加量前移并拓宽了范围。但PPC投加量再增加时,沉后水浊度并没有进一步降低。单纯投加PAC40mg/L时,沉后水藻类去除率为22%。图4显示出,PPC投加后,藻类的去除效果特别显著,当PPC为1.0~2.0mg/L时,藻类去除率最高达97%。镜检可观察到藻类活性降低,迅速收缩,这与纯培养水样试验的结果一致。在强化混凝过程中,pH值没有变化。

比较两个阶段的试验结果不难看出,尽管第二阶段的试验水样水质较复杂,却有着与纯培养藻种

的水样度验相似的结果,即第一阶段的试验得到了验证。

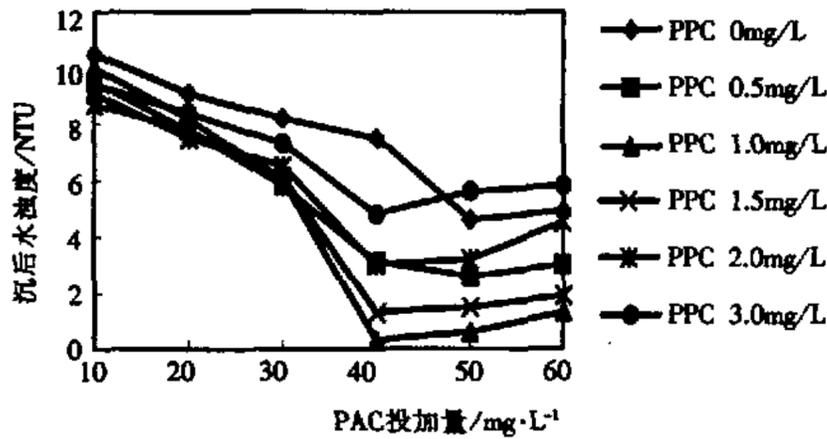


图3 PPC强化混凝效果

Fig.3 Effect of using PPC to enhanced-coagulation

藻含量 $6.9 \times 10^7$ 个/L, pH7.3, 水温 $29^\circ\text{C}$ ,  
浊度17NTU, PAC与PPC投加时间间隔1min

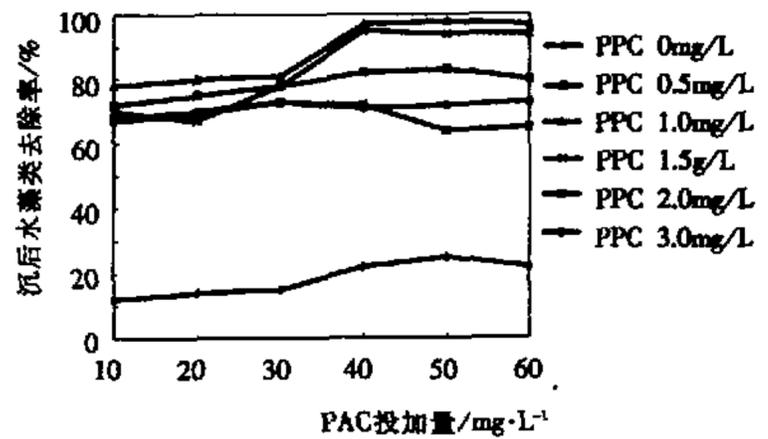


图4 PPC对沉后水藻类去除效果的影响

Fig.4 Influence on using PPC to remove algae after sedimentation

藻含量 $6.9 \times 10^7$ 个/L, pH7.3, 水温 $29^\circ\text{C}$ ,  
浊度17NTU, PAC与PPC投加时间间隔1min

在第二阶段试验中,还进行了PPC和PAC的投加顺序对混凝效果和藻类去除的影响比较(见图5与图6)。结果表明,PAC投加量为 $40\text{mg/L}$ 时,先投加PAC,后投加PPC,其混凝效果和藻类去除效果优于先投加PPC后投加PAC的效果,本试验得到PPC的最佳投加量范围为 $1.0\sim 2.0\text{mg/L}$ 。

在5~10月份期间,因藻类对无机氮的同化和藻类沉降作用,使湖水中氮含量大幅度下降。10月份以后,藻含量降低到 $1 \times 10^4$ 个/L以下,而水中氮含量升高为主要问题。PPC对氨氮去除效果的研究正在进行。

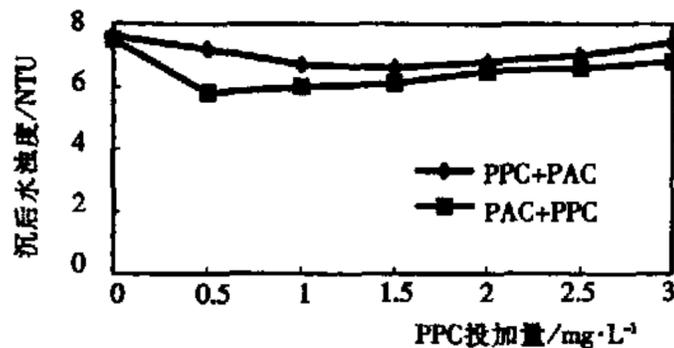


图5 PPC和PAC投加顺序对混凝效果的影响

Fig.5 Influence on the flocculation effect as adding PPC and PAC

藻含量 $6.9 \times 10^7$ 个/L, pH7.3, 水温 $29^\circ\text{C}$ , 浊度15NTU,  
药剂投加时间间隔1min, PAC投加量为 $40\text{mg/L}$

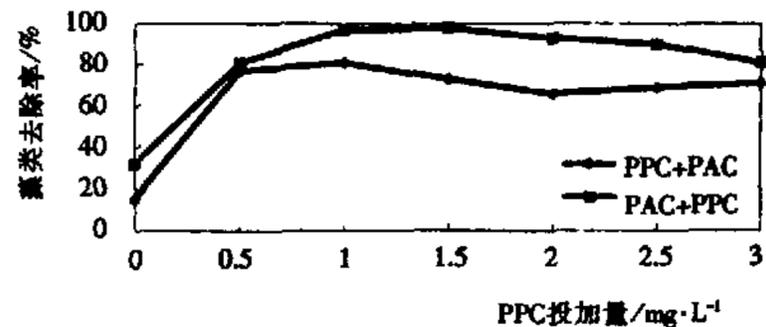


图6 PPC和PAC投加顺序对除藻效果的影响

Fig.6 Influence on remove algae as adding PPC and PAC with different sequence

藻含量 $6.9 \times 10^7$ 个/L, pH7.3, 水温 $29^\circ\text{C}$ , 浊度15NTU,  
药剂投加时间间隔1min, PAC投加量为 $40\text{mg/L}$

### 3 结语

高锰酸钾复合药剂的强化混凝能有效地去除水中的蓝藻和水的色度,拓宽了混凝剂最佳投加量范围,可使系统的抗干扰抗冲击的能力提高。混凝效果和藻类去除效果与高锰酸钾复合药剂和聚合铝的投加顺序有关,投加顺序以聚合铝先投加、高锰酸钾复合药剂后投加为好,且高锰酸钾复合药剂最佳投加量范围为 $1.0\sim 2.0\text{mg/L}$ 。同时,试验还表明,在强化混凝过程中pH值不发生变化。

### 参 考 文 献:

- [1] 范成新. 太湖主要营养物质与浮游生物关系研究[A]. 太湖环境生态研究[C]. 北京:气象出版社, 1998. 134-140.
- [2] WEITZEL R G. Limnology, 2nd edition[M]. Saunders college publishing, 1983.
- [3] 陈宇炜, 高锡芸. 太湖梅梁湾浮游植物动态及其初级生产力周年变化研究[A]. 太湖环境生态研究[C]. 北京:气象出版社, 1998. 98-107.