

# 高锰酸钾复合盐对去除地表水中直链藻的试验探究

何嘉文 罗嘉玲 郑蔡雁 梁嘉燕 赖志强

中山公用水务投资有限公司，广东中山，528403；

**摘要：**每年枯水期，西江流域东海水道段径流量都会出现显著下降，水流速度大大降低，伴随低温低浊的水体条件，地表水中往往会出现藻类爆发的情况，其中优势藻通常为直链藻。常规自来水净水工艺难以有效去除藻类，藻类爆发时，直链藻极易堵塞滤池，影响水厂产能，严重时还会造成出厂水臭和味超标。本文通过不同浓度的高锰酸钾复合盐和聚氯化铝进行联用投加预处理试验，探究去除地表水中直链藻的有效投加浓度。试验表明，高锰酸钾复合盐投加浓度为0.3~0.4 mg/L时，对地表水中直链藻去除效果最佳。

**关键词：**高锰酸钾复合盐；直链藻；去除率

**DOI：**10.64216/3080-1508.26.01.096

## 引言

每年枯水期，西江流域东海水道段径流量会明显下降，流速缓慢的地表水中，在气温、光照适宜的特定条件下，藻类爆发时数量最高可达千万级，严重影响水处理效果。经观察，东海水道段藻类暴发的种类主要由硅藻和绿藻组成，其中优势藻通常为直链藻。

直链藻具有坚硬的硅质外壳，在水处理过程中不容易被灭活和破坏，在低温低浊的环境下可快速繁殖，旺盛的光合作用快速消耗地表水中的二氧化碳，导致水中pH值明显上升<sup>[1]</sup>。自来水厂净水工艺主要使用碱性聚氯化铝进行混凝反应，高pH会直接影响混凝沉淀效果，沉淀去除率大幅降低。同时，直链藻呈链状结构，表面附着粘性物质，在净水处理过程中易粘结成片，增加滤池阻力，造成滤池堵塞、反冲洗频次增多、反冲洗用水量剧增、滤能下降等一系列问题。严重时，出厂水还可能会有异味出现，影响水质安全<sup>[3]</sup>。

常规净水剂聚氯化铝处理含藻量高的地表水时，一味地增加净水剂投药量，无法有效提高藻类的去除率，反而随着投加量的增加，污泥量会随之增加，絮凝效果不佳，出水铝超标风险随之加剧，最终导致滤池负担变重，反冲洗周期缩短，制水成本大幅增加，出水安全也得不到保障。

近年来，由于高锰酸钾复合盐具有存储方便、价格适中、处理高效等特点，被广泛应用于自来水处理工艺<sup>[2]</sup>。采用高锰酸钾复合盐处理水中污染物，无须改变常规水处理工艺，只需在投加常规混凝剂之前投加即可，操作简单易行<sup>[4]</sup>。

本文通过高锰酸钾复合盐与聚氯化铝进行联用投

加试验，对比不同浓度下高锰酸钾复合盐对地表水中直链藻的去除效果，探究高锰酸钾复合盐在高藻地表水中强化絮凝应用的可行性。

## 1 实验部分

### 1.1 实验步骤

使用六联混凝试验搅拌机，向相同型号的搅拌杯中各倒入1L混匀的地表水，依次加入不同浓度的高锰酸钾复合盐溶液，搅拌均匀后放置30min，再加入同等浓度的聚氯化铝。按同步运行的原则，先设定第一阶段转速为151r/min，搅拌3min 15s；第二阶段转速为121r/min，搅拌1min 57s；第三阶段转速为110r/min，搅拌3min 40s，混凝结束后沉淀1h，从各搅拌杯的出口软管取样。对样品分别测定浑浊度、色度指标，预处理后使用生物显微镜进行藻类计数。

### 1.2 试剂和仪器

鲁格氏碘液、高锰酸钾复合盐溶液、聚氯化铝、六联混凝试验搅拌机、台式浊度计、生物显微镜。

### 1.3 地表水水样

地表水样品均取自西江流域东海水道段，浑浊度8~13NTU，色度5度，直链藻含量 $3.0 \times 10^6$ ~ $6.1 \times 10^6$ 个/L。

## 2 结果与分析

### 2.1 高锰酸钾复合盐投加量对色度的影响

高锰酸钾复合盐作为一种高效且环保的氧化剂，不但有很好的除藻能力，而且能够氧化分解水中的色素物质，从而降低水的色度，可有效提升后续混凝的效果。

但是投加过量的高锰酸钾复合盐可能会导致水中残留的高锰酸钾或其氧化产物过多，会导致水样的浑浊度、色度和锰元素超标<sup>[2]</sup>。

向混凝试验搅拌机的搅拌杯中分别倒入1L地表水样品，色度5度。向各个杯中依次加入浓度为0.1、0.2、0.3、0.4、0.5mg/L的高锰酸钾复合盐，搅拌5min，静置30min后进行色度测定。

从表1数据可得，当高锰酸钾复合盐投加量为

表1 高锰酸钾复合盐投加量对色度的影响

高锰酸钾复合盐投加量 (mg/L)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
色度 (度)	5	<5	<5	<5	有明显红色

## 2.2 高锰酸钾复合盐除藻效果试验探究

选取同一地表水样品，依次投入固定浓度的聚氯化铝和不同浓度的高锰酸钾复合盐，对高锰酸钾复合盐投加前后的藻类数量进行对比分析，探究其对藻类去除率的影响。

从图1可得，单独投加聚氯化铝时，浑浊度去除率仅为37%，藻类去除率仅为61%。在固定浓度的聚氯化

0.1~0.4mg/L时，肉眼观察不影响色度测定，且样品色度基本有所下降，起到了理想的预处理效果。当高锰酸钾复合盐投加量达到0.5mg/L时，肉眼观察样品带有明显红色，影响色度测定，出水色度等项目存在超标风险。

因此，针对东海水道段地表水样品，高锰酸钾复合盐投加浓度宜控制在0.4mg/L及其以下，避免出厂水色度、铁、锰等项目超标。

铝前提下，依次向4个样品中投加0.1~0.4mg/L高锰酸钾复合盐进行预氧化，浑浊度去除率可达49~60%，藻类去除率可达72~86%，浑浊度和藻类去除率均得到大幅提升。

由此可得，使用高锰酸钾复合盐与聚氯化铝进行联用投加，相比于单纯使用净水剂，除藻效果和沉淀效果均显著提高，且随着高锰酸钾复合盐的投加量的不断增加，藻类的去除率和浑浊度去除率在不断地提高<sup>[5]</sup>。

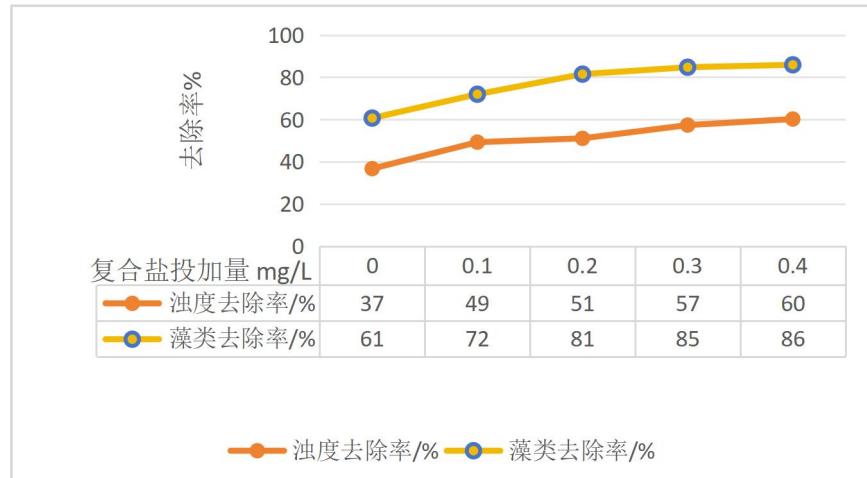


图1 去除率效果对比

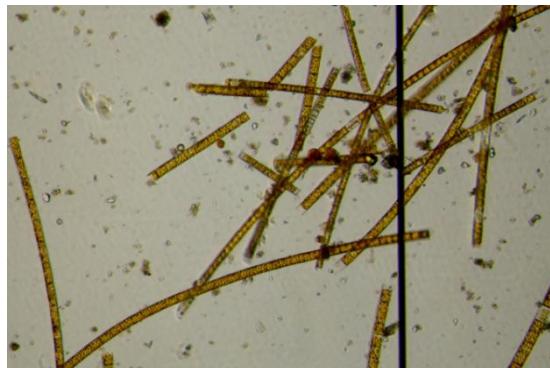


图2 处理前水样生物显微镜镜检图

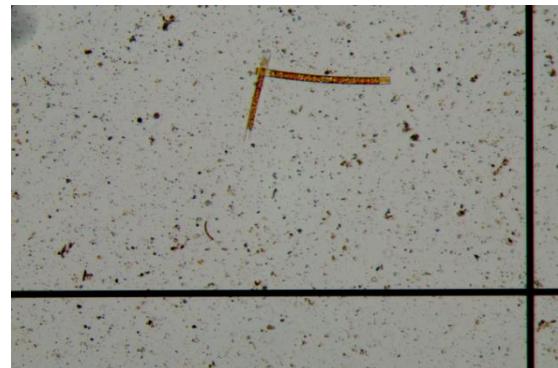


图3 高锰酸钾复合盐药剂混凝沉淀后水样生物显微镜镜检图

### 2.3 高锰酸钾复合盐适宜投加量探究

分别选取3个不同时间段的地表水水样，进行高锰酸钾复合盐与聚氯化铝进行联用投加试验。样品1浑浊度为9.4NTU，直链藻含量为 $6.1 \times 10^6$ 个/L；样品2浑浊度为13.3NTU，直链藻含量为 $4.2 \times 10^6$ 个/L；样品3

浑浊度为12.1NTU，直链藻含量为 $3.0 \times 10^6$ 个/L。

碱性聚氯化铝氧化铝的质量分数为10.3%，盐基度为73.6%。按照1:1000进行稀释，选取一定体积的稀释液进行试验。

依次使用不同投加量的高锰酸钾复合盐与聚氯化铝进行混凝试验，并开展试验结果比对探究。

表2 样品1联用投加试验结果

序号	聚氯化铝稀释液 投加量 (ml)	复合盐投加量 (mg/L)	沉淀后浑浊度 (NTU)	浑浊度去除率 (%)	沉淀后藻类数 (万)	藻类去除率 (%)
1	3.0	0.0	5.93	37	338	45
2	3.0	0.1	5.72	39	293	52
3	3.0	0.2	5.39	43	212	65
4	3.0	0.3	5.30	44	131	79
5	3.0	0.4	5.20	45	97	84
6	4.0	0.0	5.95	37	240	61
7	4.0	0.1	4.77	49	171	72
8	4.0	0.2	4.60	51	113	81
9	4.0	0.3	4.01	57	93	85
10	4.0	0.4	3.74	60	86	86
11	5.0	0.0	3.96	58	155	75
12	5.0	0.1	3.42	64	89	85
13	5.0	0.2	3.51	63	52	91
14	5.0	0.3	3.14	67	40	93
15	5.0	0.4	3.14	67	42	93
16	6.0	0.0	3.61	62	167	73
17	6.0	0.1	3.55	62	154	75
18	6.0	0.2	3.29	65	93	85
19	6.0	0.3	3.04	68	75	88
20	6.0	0.4	2.97	68	67	89

由表2可得，投加3ml聚氯化铝条件下，高锰酸钾复合盐投加量为0.4mg/L时，浑浊度和藻类去除率最佳；投加4ml聚氯化铝条件下，高锰酸钾复合盐投加量0.4mg/L时，浑浊度和藻类去除率最佳；投加5ml聚氯化铝条件下，高锰酸钾复合盐投加量0.3mg/L时，浑浊

度和藻类去除率最佳，且与高锰酸钾复合盐投加量为0.4mg/L时效果接近；投加6ml聚氯化铝条件下，高锰酸钾复合盐投加量为0.4mg/L时，浊度和藻类去除率最佳，且与高锰酸钾复合盐投加量为0.3mg/L时效果接近。

表3 样品2联用投加试验结果

序号	聚氯化铝稀释液 投加量 (ml)	复合盐投加量 (mg/L)	沉淀后浑浊度 (NTU)	浑浊度去除率 (%)	沉淀后藻类数 (万)	藻类去除率 (%)
1	4.0	0.0	5.07	62	76	83
2	4.0	0.1	5.39	59	38	91
3	4.0	0.2	4.89	63	19	96
4	4.0	0.3	4.28	68	32	93
5	4.0	0.4	5.08	62	28	94
6	5.0	0.0	4.88	63	68	85
7	5.0	0.1	4.32	68	53	88
8	5.0	0.2	3.97	70	21	95

9	5.0	0.3	3.56	73	20	95
10	5.0	0.4	3.77	72	21	95
11	6.0	0.0	3.41	74	38	91
12	6.0	0.1	3.56	73	76	83
13	6.0	0.2	3.55	73	21	95
14	6.0	0.3	3.18	76	12	97
15	6.0	0.4	3.14	67	42	93

由表3可得,投加4ml聚氯化铝条件下,高锰酸钾复合盐投加量为0.3mg/L时浑浊度去除率最佳,高锰酸钾复合盐投加量为0.4mg/L时藻类去除率最佳;投加5ml聚氯化铝条件下,高锰酸钾复合盐投加量为0.3mg/L

时,浑浊度和藻类去除率最佳;投加6ml聚氯化铝条件下,高锰酸钾复合盐投加量0.3mg/L时,浑浊度和藻类去除率最佳。

表4 样品3联用投加试验结果

序号	聚氯化铝稀释液投加量(mg/L)	复合盐投加量(mg/L)	沉淀后浑浊度(NTU)	浑浊度去除率(%)	沉淀后藻类数(万)	藻类去除率(%)
1	3.5	0.0	4.28	65	122	59
2	3.5	0.1	4.06	66	49	84
3	3.5	0.2	3.60	70	35	88
4	3.5	0.3	3.24	73	32	89
5	3.5	0.4	3.18	74	30	90
6	4.5	0.0	4.13	66	66	78
7	4.5	0.1	3.63	70	24	92
8	4.5	0.2	3.01	75	21	93
9	4.5	0.3	2.87	76	15	95
10	4.5	0.4	2.49	79	14	95

由表4可得,投加3.5ml聚氯化铝条件下,高锰酸钾复合盐投加量为0.4mg/L时,浑浊度和藻类去除率最佳;投加4.5ml聚氯化铝条件下,高锰酸钾复合盐加量为0.4mg/L时,浑浊度去除率最佳,高锰酸钾复合盐投加量为0.3mg/L时,藻类去除率最佳。

综合试验处理效果及成本控制考虑,高锰酸钾复合盐最佳投加量应控制在0.3~0.4mg/L之间。

### 3 结语

(1) 针对东海水道样品,高锰酸钾复合盐投加量达到0.5mg/L及以上时,水样开始出现明显的红色,色度较高,影响测定,出厂水超标风险加剧,因此应严格控制其投加量在0.5mg/L以下,确保水质安全。

(2) 高锰酸钾复合盐和聚氯化铝联用投加具有互补性和协同性。试验研究表明,二者联用可以显著提高对直链藻的去除效果。在常规投加聚氯化铝的前提下,

高锰酸钾复合盐投加浓度为0.3~0.4 mg/L时,对地表水中直链藻去除效果最佳。

### 参考文献

- [1] 朱丽梅,侯宝芹,倪杭娟.高锰酸钾与高锰酸钾复合盐净水效果比对探究[J].供水技术,2019,13(1):28-30.
- [2] 彭小军,杨芸,申子鸣.高锰酸钾与粉末活性炭联用除藻除嗅试验研究[J].环境工程,2023,41(增刊):230-232.
- [3] 许国仁,李圭.高锰酸钾复合药剂预处理工艺可行性分析[J].哈尔滨建筑大学学报,1999,32(6):24-26.
- [4] 由振华,李梅,田珍.高锰酸钾复合药剂在含藻水处理中的应用[J].山东建筑大学学报,2010,25(4):437-440.