

# 高铁酸盐复合药剂强化混凝处理 低温低浊水的试验研究<sup>\*</sup>

马 军 刘 伟 李圭白

[摘要] 本文探讨了高铁酸盐复合药剂对低温低浊水的处理效果,并与硫酸铝混凝效果进行了对比。结果表明,高铁酸盐复合药剂可显著地提高对低温低浊水的处理效果,不但可明显地降低沉后与滤后水浊度与色度,而且还具有良好的消毒作用。

[关键词] 低温低浊水 高铁酸盐 氧化 复合药剂 混凝 消毒

## 一、前言

低温低浊水的处理是多年来一直未能很好解决的一项难题。在混凝过程中混凝剂水解困难,形成的矾花细小松散、不易沉淀。因此,在冬季不得不大幅度地增加投药量,导致水中铝的残余浓度升高。即使这样,出厂水水质仍然难以满足国家生活饮用水卫生标准。近来人们发现<sup>[1]</sup>,饮用含铝离子水会引发老年痴呆症。此外,摄铝过多可抑制胃液和胃酸的分泌,使胃蛋白酶活性下降。世界各国相继对饮用水中铝的浓度进行了严格的规定,最大允许值在 $0.05 \sim 0.2 \text{ mg/L}$ 。因而仅仅依靠提高混凝剂投加量的方法,不但难以满足对低温低浊水的处理要求,而且还会使自来水中引入过量的铝,产生二次污染。

国内外有些地方采用向水中投加粘土的方式增加水的浊度,以促进絮体的成长。向水中投加粘土,虽然有效地增大了絮体的尺寸,但混凝剂投量仍很高,沉淀池积泥量也较大。

我国近十年来,围绕着低温低浊水开展了多方面的工作,先后研究了聚合铝混凝、活化硅酸助凝等技术,推动了低温低浊水处理技术的发展。但由于很多地表水中胶体表面电荷密度较大,难以脱稳,因而即使采用高分子助凝剂,出厂水水质仍难以满足国家生活饮用水卫生标准的要求。

近几年来,笔者围绕着高锰酸盐复合药剂的净水效能开展了一系列研究工作。试验与应用结果表明,此技术具有多功能的净水效果,不但可强化混凝<sup>[2,13,14]</sup>,而且能有效地去除水中多种对人体有害的有机污染物和致突变物质<sup>[5]</sup>。并能控制氯化消毒副产物的生成<sup>[6,17]</sup>。最近,笔者又进一步研制出具有更强氧化能力的高铁酸盐,解决了其生产制备与稳定性等方面的关键问题,开发出具有多功能净水效能的高铁酸盐复合药剂。本文以低温低浊时期松花江水为研究对象,初步探讨了高铁酸盐复合药剂对低温低浊水的强化混凝效果。

## 二、试验过程与方法

试验在1996~1997年的冬季进行。原水取自松花江,水温接近 $0^{\circ}\text{C}$ ,试验期间的原水典型水质如表1。试验目的是比较单纯硫酸铝和高铁酸盐复合药剂对低温低浊水的处理效果。高铁酸盐复合药剂是将少量高铁酸盐等药剂与铝盐通过一定方式复合而成的。水样取出后分别转移至6个1L烧杯中,然后在六联搅拌器上进行烧杯搅拌试验。投加混凝剂后,以 $300 \text{ r/min}$ 的转速快搅1min,然后以 $40 \text{ r/min}$ 的转速慢搅10min,静置20min后在液面下1.5cm取上层清

试验期间的原水典型水质 表1

指 标	浓 度	指 标 ( $\text{mg/L}$ )	浓 度	指 标 ( $\text{mg/L}$ )	浓 度
浊度 (NTU)	26~28	碱度	52	硝酸盐	0.43
色度 (度)	32	耗氧量	5.4	溶解性总固体	131
水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	2	氨氮	1.37	总硬度	68
pH	7.2	亚硝酸盐	0.002	酚	0.0038

<sup>\*</sup> 本文得到国家教委《跨世纪优秀人才计划基金》及黑龙江省科委社会发展重大项目的资助

液,用散射浊度仪测定水中剩余浊度,用标准水质分析法测定水中剩余色度和细菌总数。

### 三、试验结果与分析

图 1 为 1996 年冬季用单纯硫酸铝和高铁酸盐复合药剂所进行的对比混凝试验结果。由图 1 可见,单纯的硫酸铝对于低温低浊时期的松花江水混凝效果很差,尽管增加硫酸铝投量可以降低沉后余浊,但当硫酸铝投量增加到一定程度后沉后余浊很难进一步下降。例如,硫酸铝投量为  $5.5 \sim 7.0 \text{ mg/L}$  (以  $\text{Al}_2\text{O}_3$  计)时,沉后余浊达到最低点,约为  $8 \text{ NTU}$ ;继续增加硫酸铝投量,沉后余浊反而上升。这说明单纯靠提高硫酸铝投量的方法很难使沉后余浊得到有效降低,而且还有可能增加水中铝离子浓度,对水质产生副作用。由图 1 可明显地看出,高铁酸盐复合药剂对低温低浊松花江水具有显著的混凝效果,沉后余浊下降至  $2 \sim 4 \text{ NTU}$ 。即使在很低的投量下,高铁酸盐复合药剂对低温低浊水也有很好的混凝效果。例如,当高铁酸盐复合药剂的投量为  $4 \text{ mg/L}$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  计)时,沉后余浊远低于  $7 \text{ mg/L}$  硫酸铝 (以  $\text{Al}_2\text{O}_3$  计)的混凝效果,表明高铁酸盐复合药剂可以显著地降低混凝剂药耗,提高混凝效果。在冬季的低温低浊时期,笔者围绕着高铁酸盐复合药剂与单纯硫酸铝混凝进行了多次的对比试验,得到了相同的试验结果。

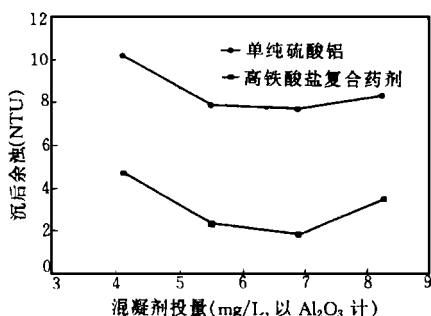


图 1 高铁酸盐复合药剂与单纯硫酸铝混凝对沉后余浊的影响  
(原水水质:浊度  $27.5 \text{ NTU}$ ;色度  $35 \text{ 度}$ ;pH  $7.2$ ;水温  $2^\circ\text{C}$ )

图 2 为 1996 年冬季某次试验中滤后水浊度的变化规律。从图 2 可见,经高铁酸盐复合药剂处理的水与经单纯硫酸铝混凝处理的水相比,滤后水剩余浊度下降幅度更加显著。在试验所采用的

混凝剂投量下,经过高铁酸盐复合药剂处理的滤后水剩余浊度均小于  $0.5 \text{ NTU}$ 。

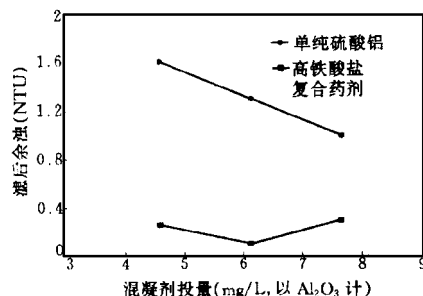


图 2 高铁酸盐复合药剂与单纯硫酸铝混凝处理对滤后水质的影响  
(原水水质:浊度  $27.2 \text{ NTU}$ ;pH  $7.2$ ;水温  $3^\circ\text{C}$ )

图 3 为高铁酸盐复合药剂与单纯硫酸铝混凝对沉后水色度的影响。从图 3 可见,单纯硫酸铝混凝对于色度去除效果较差,混凝剂投量增加到一定程度后,沉后色度基本不变,稳定在 16 度。采用高铁酸盐复合药剂能显著地降低沉后色度,可下降至 6 度以下。这说明,高铁酸盐复合药剂的氧化作用可有效地去除水中色度成分。由于在低温低浊时期原水污染较重,色度的降低表明水中有机污染物浓度有可能随之下降,高铁酸盐复合药剂在强化混凝的同时可能具有很强的除污染能力。

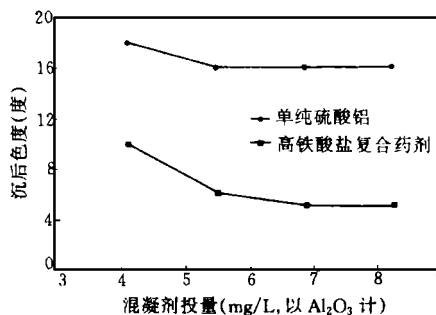


图 3 高铁酸盐复合药剂与单纯硫酸铝对沉后色度的影响  
(原水水质:浊度  $27.5 \text{ NTU}$ ;色度  $35 \text{ 度}$ ;pH  $7.2$ ;水温  $2^\circ\text{C}$ )

由于高铁酸钾在标准状态下的氧化势  $E^0$  高达  $2.2 \text{ V}$ ,是一种很强的氧化剂,因而具有很强的杀菌能力。据报道<sup>[1]</sup>,  $6 \text{ mg/L}$  的高铁酸钾分别在 pH 为  $8.0$ 、 $8.2$  和  $8.5$  条件下,在  $8.5$ 、 $7.2$  和  $6.4 \text{ min}$  时间内灭活  $99\%$  的大肠杆菌。当 pH 低于  $8.0$  时,随着 pH 降低高铁酸钾的消毒能力明显

增强。Schink 和 Waite 也发现<sup>[9]</sup>,高铁酸钾对于水中 f2 病毒和大肠杆菌具有良好的灭活效果。图 4 为本试验中高铁酸盐复合药剂与单纯硫酸铝混凝对水中细菌总数的影响规律。可见,高铁酸盐复合药剂在很宽的混凝剂投量范围内均具有十分显著的消毒效果,沉后水的细菌总数明显低于单纯硫酸铝混凝的情况。由于在混凝过程中,已有效地灭活了水中大部分细菌,滤后消毒过程中的需氯量将会显著下降,有利于提高消毒效果、降低氯化消毒副产物的生成量。

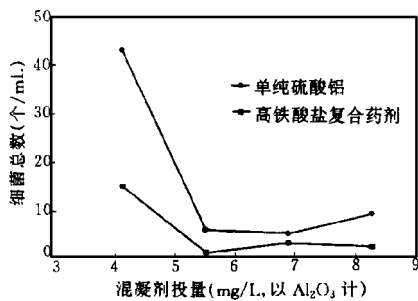


图 4 高铁酸盐复合药剂与单纯硫酸铝混凝对水中细菌总数的影响  
(原水水质:细菌总数 105 个/mL pH7.2;  
浊度 27.5 NTU;温度 2 )

#### 四、结语

低温低浊水是一种难处理的水质,一直是给水处理中一个很棘手的问题,本文提出了采用高铁酸盐复合药剂处理低温低浊水的技术,并在低温低浊季节,以松花江水为对象进行了烧杯搅拌试验。初步的研究结果表明,高铁酸盐复合药剂可显著地提高对低温低浊水的混凝效果,不但可有效地降低沉后与滤后水浊度、色

度等,而且还具有明显的消毒效果。由于高铁酸盐复合药剂具有高效、多功能的特点,且成本不高,因而具有良好的发展与应用前景。

#### 参考文献

- [1]汪光焘等,《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》,中国建筑工业出版社,1993,49~59。
- [2]马军、李圭白、范萃苓、贾永新,“高锰酸钾的氧化助凝效能研究”,《中国给水排水》1992,8(4),4~7。
- [3]Ma J. and Li G. B., “Laboratory and full-scale plant studies of permanganate oxidation as an aid to the coagulation”, Wat. Sci. Technol., 27(11), 47~54, 1993.
- [4] Ma J., Graham N., Li G. B., “Effect of permanganate preoxidation in enhancing the coagulation of surface waters-laboratory case studies” J. Water SRT-Aqua, 46(1), 1~10, 1997.
- [5]李圭白、马军,“用高锰酸钾去除和控制受污染水源水中的致突变物质”,《给水排水》,1992,18(2),15~18。
- [6]Ma J. and Graham N., “Controlling the formation of chloroform by permanganate preoxidation-destruction of precursors” J. Water SRT-Aqua, 45(6), 308-15, 1996.
- [7]马军、李圭白、柏蔚华、许国仁、陈忠林,“高锰酸盐复合药剂预处理控制氯化毒副产物及致突变活性”,《给水排水》,1994,20(3),5~7。
- [8]Gilbert M. B., Waite, T. D., Hare C., “Analytical notes: an investigation of the applicability of ferrate ion for disinfection” J. Am. Water Works Assoc., 68(9), 495~497, 1976.
- [9]Schink T., Waite T. D., “Inactivation of f2 virus with ferrate(VI)”, Water Research, 14(4), 1705~1717, 1980.

作者通讯处:150008 哈尔滨建筑大学新区 627 信箱  
电话:(0451)6282292  
收稿日期:1997-7-23

## CONTENTS

## AUTOMATION OF OUTLET PUMPING STATION FOR THE COMBINED SEWER

SYSTEM IN SHANGHAI .....*Yang Shousheng et al* ( 5 )

**Abstract :** The effluent of the wastewater pretreatment plant in Shanghai will be pumped by the outlet pumping station of the combined sewer system to Zhuyuan at the riverside and dispersed to the Yangtze River via a diffuser tube. The pumping station was designed with capacity of 45 cubic meters per second and equipped with ten blade guided semi-regulated pumps of type 1600 HLBA-12A , four of them frequency controlled and another six constant speed. An automation is necessary to control the starting numbers and the speeds of the pumping assemblies according to the hydraulic characteristics of the pipesystem to meet the variations of the operating status of the pumps caused from the variations of the water levels at the output pool of the wastewater treatment plant and the forebay of the pumping station , the pumping flowrate and the fluctuation of the tidal level of Yangtze River. This will be essential to guarantee the pumping assemblies operating at the high efficiency range and to save the energy consumption. The principle , composition and the functions of the automatic control system of this pumping station including the safety chained mechanism , diagram control and frequency speed control systems are presented in this paper.

## ENHANCED COAGULATION OF LOW TEMPERATURE AND LOW TURBIDITY WATER

BY FERRATE COMPOSITE CHEMICALS ..... *Ma Jun et al* ( 9 )

**Abstract :** A composite coagulant containing ferrate and Al was prepared. It was found that the composite coagulant greatly enhanced the coagulation of a low temperature and low turbidity water , with great reduction in the residual turbidity and colour as well as total bacteria.

## TREATMENT TECHNOLOGY OF LEACHATE FROM LANDFILL AREA

OF HAZARDOUS WASTE ..... *Zhu Wanpeng et al* (12)

**Abstract :** The leachate from landfill area of hazardous waste , which locates at a city in Southern China , is extremely high in concentration of arsenic , phosphorus compound and nitrite etc. . A experiment research on coagulation and oxidation treatment of the leachate was conducted. The results indicated that more than 90 % of As , P and NO<sub>2</sub> in the leachate were removed when dosages of lime , FeSO<sub>4</sub> and available chlorine (as calcium hypochlorite ) were 0.5 ~ 1.0g/ l , 60 ~ 120 mg/ l (as Fe ) and 100mg/ l respectively ; the effluent could meet the Wastewater Discharge Standard .