

南水北调引江原水与引滦原水混凝对比试验研究

方自毅^{1,2}, 张怡然^{1,2}, 马文红^{1,2}, 常 华^{1,2}, 赵 宇^{1,2}, 何凤华^{1,2}

(1. 天津泰达水业有限公司, 天津 300457; 2. 天津泰达津联自来水有限公司, 天津 300457)

摘 要: 对南水北调引江原水进行混凝处理, 并与同期引滦原水的混凝处理结果进行对比。结果表明, 引江原水的浊度不高, 仅投加混凝剂进行常规混凝处理即可被有效去除; 当采用 FeCl_3 和 PAC 复合投加时, 低温期、常温期、高温期混凝剂总量分别控制在 (25 ~ 30)、(10 ~ 15)、(20 ~ 30) mg/L 均可达到较好的处理效果。与引江原水相比, 同期引滦原水的浊度明显偏高, 需要较高的混凝剂投量才能将出水浊度降至与同期引江原水相似水平; 投加阴离子型 PAM 助凝剂可显著降低原水浊度, 但 PAM 投量对出水浊度的影响并不显著。

关键词: 引江原水; 引滦原水; 混凝; 南水北调中线工程

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)01-0076-04

Comparative Study on Coagulation of Raw Water from Yangtze River of South-to-North Water Transfer Project and Luan River

FANG Zi-yi^{1,2}, ZHANG Yi-ran^{1,2}, MA Wen-hong^{1,2}, CHANG Hua^{1,2}, ZHAO Yu^{1,2},
HE Feng-hua^{1,2}

(1. Tianjin TEDA Water Industry Co. Ltd., Tianjin 300457, China; 2. Tianjin TEDA Tsinlien Water Supply Co. Ltd., Tianjin 300457, China)

Abstract: Study on the coagulation of raw water from Yangtze River of South-to-North Water Transfer Project and the Luan River was carried out to compare the treatment difficulty of the two source water. The results showed that the difficulty of the treatment of the Yangtze River raw water was significantly lower than that of the Luan River raw water because of its low turbidity. The turbidity could be removed effectively only by conventional coagulation process with FeCl_3 and PAC as coagulants. Satisfactory results were obtained when the total coagulant amount was 25 to 30 mg/L in winter, 10 to 15 mg/L in spring and 20 to 30 mg/L in summer. Compared with the Yangtze River raw water, the turbidity of the Luan River raw water was much higher over the same period, which needed more coagulant dosage to reduce the turbidity to the similar level of the Yangtze River raw water in the coagulation jar test. When PAM was used as the coagulant aid, the turbidity of the raw water could be significantly lowered, but the influence of PAM dosage on effluent turbidity was not significant.

Key words: raw water from Yangtze River; raw water from Luan River; coagulation; middle route of South-to-North Water Transfer Project

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07404002)

通信作者: 张怡然 E-mail: zyrzmw@163.com

南水北调中线工程是缓解北方干旱地区,尤其是京津地区水资源短缺的国家级重大战略举措。引水后,在天津段通过多个水库的调节调配,实现全市引江、引滦双水源保证,力求充分利用、保存珍贵的水资源^[1]。为指导实际生产,笔者对引江原水进行混凝处理,并与同期引滦原水的混凝处理结果进行对比,对引江原水和引滦原水的处理难度进行了分析。

1 试验部分

1.1 原水采集

引江原水水样采集地点为丹江口水库南水北调工程渠首,引滦原水水样则采自天津市某水厂调节池入口。为保证水源地引江原水的代表性,分别于3月初、5月底和9月初取样,每次采集水样50 L。

1.2 试验设计与步骤

具体试验时间及内容安排如下:3月4日—7日进行低温期引江原水混凝试验;6月9日—11日进行常温期引江原水混凝试验;7月30日—31日进行高温期引滦原水混凝对比试验;9月3日进行高温期引江原水混凝试验。为防止水样变质,在引江原水取回后尽快完成混凝小试,试验期间所用药剂保持不变。

向6个烧杯(1#~6#)中各加入1 L原水,分别投加一定量的PAC、FeCl₃,并酌情投加阴离子聚丙烯酰胺(PAM),在六联搅拌器上进行混凝小试。结合水厂生产设置混凝程序如下:以40 r/min的转速搅拌0.5 min后,投加第一种混凝剂(记为混凝剂1);继续以40 r/min的转速搅拌3 min后,投加第二种混凝剂(记为混凝剂2);然后再以150 r/min的转速搅拌2 min后,投加PAM;最后再以40 r/min的转速搅拌15 min;静置10 min后取各烧杯上清液测定10 min余浊;再静置10 min后取各烧杯上清液测定20 min余浊。另外,在搅拌过程中,观察各烧杯矾花的出现时间、外观和沉淀情况。

1.3 分析项目与方法

pH值:玻璃电极法,Mettler Toledo 320型pH计;浊度:分光光度法,HACH 2100N型浊度仪;温度:温度计。

2 结果与讨论

2.1 低温期引江水混凝结果

原水温度为10.5~11℃、浊度为2.25~2.28 NTU。使用两种混凝剂复合投加时,试验3中FeCl₃

为混凝剂1、PAC为混凝剂2,试验4中PAC为混凝剂1、FeCl₃为混凝剂2;在进行预加氯强化对比试验时,在混凝剂1投加的时间点投加液氯。试验结果见表1。

表1 低温期引江原水混凝结果

Tab. 1 Treatment of raw water from Yangtze River in low temperature seasons

项 目			1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
试验 1	FeCl ₃ 投量/(mg·L ⁻¹)		15	20	25	30	35	40
	10 min 余浊/NTU		0.660	0.580	0.490	0.440	0.410	0.35
试验 2	PAC 投量/(mg·L ⁻¹)		10	15	20	25	30	35
	10 min 余浊/NTU		1.070	0.750	0.670	0.460	0.440	0.38
试验 3	药剂投量/ (mg·L ⁻¹)	PAC	15	15	20	5	10	10
		FeCl ₃	5	10	10	15	15	20
	10 min 余浊/NTU		0.940	0.870	0.640	0.800	0.650	0.81
	20 min 余浊/NTU		0.680	0.500	0.450	0.780	0.570	0.55
试验 4	药剂投量/ (mg·L ⁻¹)	PAC	15	15	20	5	10	10
		FeCl ₃	5	10	10	15	15	20
	10 min 余浊/NTU		1.41	1.080	0.980	0.780	0.830	0.71
	20 min 余浊/NTU		0.760	0.580	0.630	0.670	0.560	0.45
试验 5	药剂投量/ (mg·L ⁻¹)	PAC	0	0	0	20	25	30
		FeCl ₃	20	25	30	0	0	0
		预加氯	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	10 min 余浊/NTU		0.9	0.670	0.581	1.121	1.461	1.39
20 min 余浊/NTU		0.890	0.630	0.560	0.870	0.730	0.89	
试验 6	药剂投量/ (mg·L ⁻¹)	PAC	0	0	0	20	25	30
		FeCl ₃	20	25	30	0	0	0
		PAM	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	10 min 余浊/NTU		0.870	0.840	0.641	1.010	0.730	0.50
20 min 余浊/NTU		0.820	0.730	0.660	0.840	0.650	0.62	
试验 7	药剂投量/ (mg·L ⁻¹)	PAC	0	0	0	20	25	30
		FeCl ₃	20	25	30	0	0	0
	10 min 余浊/NTU		0.750	0.690	0.601	1.311	1.121	1.10
	20 min 余浊/NTU		0.760	0.640	0.571	1.110	0.800	0.62

由表1可知,仅投加单一混凝剂时,出水浊度随混凝剂投量的增加而降低。当FeCl₃或PAC的投量在25 mg/L以上时,静沉10 min后余浊在0.5 NTU以下。当采用FeCl₃和PAC复合投加时,出水浊度比仅投加单一混凝剂时有一定降低,混凝剂总量控制在25~30 mg/L时,处理效果相对较好。在投加顺序方面,投量较少的药剂先投加时处理效果相对较好。

采用预加氯处理或投加PAM进行强化混凝时,出水浊度与相同条件下仅投加混凝剂处理没有明显变化。这说明,采用预加氯或投加PAM进行强化混凝对低温期引江原水的浊度去除并没有显著效果。

2.2 常温期引江水混凝结果

原水温度为 22.5 ~ 22.9 ℃、pH 值为 7.86 ~ 7.95、浊度为 1.15 ~ 1.31 NTU。试验结果表明:仅投加单一混凝剂(在程序第二阶段开始时投加,下同)时,出水浊度随混凝剂投量的增加而降低。当 FeCl₃ 或 PAC 的投加量低至 10 mg/L 时,出水浊度也可低至 0.4 NTU 以下。相同条件下进行重复性试验,所得结果相似,试验数据较为准确。

进一步降低混凝剂投加量,或采用 FeCl₃ 和 PAC 复合投加(FeCl₃ 为混凝剂 1、PAC 为混凝剂 2,下同)时,出水浊度仍可低于 0.4 NTU。复合投加时,混凝剂总量控制在 10 ~ 15 mg/L 时,出水浊度可降至 0.3 NTU 以下。

由于常温期引江原水浊度较低、温度较高,有利于混凝,仅投加混凝剂就可达到较好的处理效果,因此没有投加 PAM 等进行强化混凝。

2.3 高温期引江水混凝结果

原水温度为 26.4 ~ 27.0 ℃、pH 值为 7.86 ~ 7.95、浊度为 1.08 ~ 1.46 NTU。试验结果见表 2。

表 2 高温期引江原水混凝处理结果

Tab. 2 Treatment of raw water from Yangtze River in high temperature seasons

项 目			1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
试验 1	药剂投量/ (mg · L ⁻¹)	PAC	10	15	20	0	0	0
		FeCl ₃	0	0	0	15	20	25
	10 min 余浊/NTU		1.11	1.01	0.66	0.75	0.52	0.54
	20 min 余浊/NTU		0.96	0.73	0.38	0.49	0.45	0.41
试验 2	药剂投量/ (mg · L ⁻¹)	PAC	10	10	15	15	20	20
		FeCl ₃	5	10	5	10	10	15
	10 min 余浊/NTU		1.03	0.80	0.76	0.58	0.45	0.38
	20 min 余浊/NTU		0.76	0.42	0.45	0.33	0.32	0.29
试验 3	药剂投量/ (mg · L ⁻¹)	PAC	10	15	20	0	0	0
		FeCl ₃	0	0	0	10	15	20
		PAM	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	10 min 余浊/NTU		0.94	0.88	0.46	0.91	0.56	0.49
	20 min 余浊/NTU		0.70	0.64	0.30	0.83	0.46	0.40
试验 4	药剂投量/ (mg · L ⁻¹)	PAC	10	10	15	5	5	5
		FeCl ₃	5	10	5	10	5	15
		PAM	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	10 min 余浊/NTU		1.14	0.76	0.72	0.63	1.31	0.64
	20 min 余浊/NTU		0.89	0.46	0.47	0.48	1.07	0.46

由表 2 可知:仅投加单一混凝剂时,出水浊度随混凝剂投量的增加而降低。当 FeCl₃ 投加量在 15 mg/L 以上时,出水浊度可降至 0.5 NTU 以下;当 PAC 投量为 20 mg/L 时,出水浊度最低,为 0.38

NTU。

采用 FeCl₃ 和 PAC 复合投加时,出水浊度较仅投加单一混凝剂时有一定降低。当混凝剂总量控制在 20 ~ 30 mg/L 时,出水浊度在 0.5 NTU 以下;当混凝剂总量提高到 35 mg/L 时,出水浊度可进一步降到 0.3 NTU 以下。

投加 PAM 进行强化混凝时,出水浊度与相同条件下仅投加混凝剂的处理效果没有明显变化,这可能是由于引江原水本身浊度不高,对其进行强化混凝处理必要性不大,仅投加混凝剂进行常规混凝处理即可。

2.4 高温期引滦水混凝结果

7 月底进行了高温期引滦原水的混凝试验。原水温度为 25.3 ~ 28.3 ℃、pH 值为 7.79 ~ 7.85、浊度为 8.05 ~ 8.12 NTU。试验结果见表 3。

表 3 高温期引滦原水混凝处理结果

Tab. 3 Treatment of raw water from Luan River in high temperature seasons

项 目			1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
试验 1	药剂投量/ (mg · L ⁻¹)	PAC	15	15	10	20	5	20
		FeCl ₃	10	5	5	5	5	0
	10 min 余浊/NTU		1.00	1.89	2.45	1.19	3.25	0.84
	20 min 余浊/NTU		0.51	1.60	1.31	0.36	2.36	0.61
试验 2	药剂投量/ (mg · L ⁻¹)	PAC	15	15	10	20	5	20
		FeCl ₃	10	5	5	5	5	0
		PAM	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	10 min 余浊/NTU		0.51	0.72	0.59	0.45	1.41	0.41
	20 min 余浊/NTU		0.38	0.41	0.68	0.42	1.48	0.53
试验 3	药剂投量/ (mg · L ⁻¹)	PAC	15	15	10	20	5	20
		FeCl ₃	10	5	5	5	5	0
		PAM	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	10 min 余浊/NTU		0.61	0.62	0.96	0.40	2.08	0.67
	20 min 余浊/NTU		0.33	0.44	0.66	0.33	1.60	0.44

与夏季引江原水相比,夏季引滦原水的浊度明显偏高。仅投加混凝剂进行处理时,出水浊度随着混凝剂投加量的增加而降低,当混凝剂总量为 25 mg/L 时出水浊度最低。在混凝剂总量不变的情况下,适当增加 PAC 的投量、降低 FeCl₃ 的投量更有助于降低出水浊度,提高混凝效果。以 Al₁₃ 聚合形态为主的 PAC 絮凝剂,其 Al₁₃(O)₄(OH)₂₄⁷⁺ 聚合形态对表面带负电荷的颗粒有强烈的吸附/电中和及絮凝粘结架桥作用^[1]。夏季滦河泥沙多带负电荷,有利于 Al₁₃(O)₄(OH)₂₄⁷⁺ 聚合态的吸附/电中和。

当在快速搅拌即将结束时投加阴离子型 PAM

时,出水浊度均比仅投加相同浓度混凝剂时有较大程度的降低,但是PAM投量的改变对出水浊度的影响并不显著。有研究表明,先投入的混凝剂与进水充分混合后,水中胶体颗粒表面会迅速发生电中和/吸附作用形成脱稳胶粒,此时再投加高分子助凝剂PAM,经低速搅拌混合,PAM分子链上的活性基团酰胺基充分与脱稳的胶粒表面间的氢键结合,或通过静电引力、离子键及配位键结合,通过“架桥”方式将多个胶体颗粒随意地束缚在聚合物分子的活性链节、尾端活性基团上,从而形成桥联状的粗大絮体颗粒^[2]。试验表明,PAM对处理滦河原水有较为明显的助凝作用,其与混凝剂的电中和、吸附架桥、网捕作用能够达到优化状态,形成大而密实的絮体,能明显提高固液分离效率。

3 结论

① 引江原水的浊度不高,仅投加混凝剂进行常规混凝处理即可被有效去除;当采用 FeCl_3 和PAC复合投加时,低温期、常温期、高温期混凝剂总量分别控制在(25~30)、(10~15)、(20~30) mg/L,均可达到较好的处理效果;采用预加氯前处理或投加PAM进行强化混凝的必要性不大。

② 与夏季引江原水相比,夏季引滦原水的浊度偏高。仅投加混凝剂进行处理时,出水浊度随混凝剂投量的增加而降低,当混凝剂总量为25 mg/L时出水浊度最低。当投加阴离子型PAM为助凝剂

时,出水浊度均比仅投加相同浓度混凝剂时有较大程度的降低,但是PAM投量对出水浊度的影响并不显著。

参考文献:

- [1] 冉渔,蒋海燕,徐慧. 不同水源水质条件下水厂混凝过程研究[J]. 中国给水排水,2016,32(9):45-49.
- [2] 袁博,尚亚波,卢耀柏,等. 壳聚糖接枝聚丙烯酰胺的絮凝性能中试研究[J]. 中国给水排水,2010,26(21):55-57,61.



作者简介:方自毅(1962-),男,天津人,硕士,高级工程师,主要从事给水处理和供水规划研究。

E-mail: jsb@tedawater.com.cn

收稿日期:2016-07-02

(上接第75页)

- 物反硝化[J]. 北京工业大学学报,2009,35(11):1521-1526.
- [6] 李波. A^2O 工艺运行性能诊断优化和综合评价技术研究[D]. 北京:清华大学,2014.
 - [7] Wei N, Shi Y, Wu G, et al. Tertiary denitrification of the secondary effluent by denitrifying biofilters packed with different sizes of quartz sand[J]. Water, 2014, 6(5): 1300-1311.
 - [8] 滕荣国,庄新民. 城市污水厂减少外碳源投加量的研究[J]. 中国给水排水,2013,29(21):65-68.
 - [9] 沈静,李咏梅. 混合液回流比和碳源对缺氧-好氧生物脱氮系统中NDMA总前体物去除的影响[J]. 环境科学学报,2012,32(8):1801-1806.
 - [10] 黄浩华,张杰,文湘华,等. 城市污水处理厂 A^2O 工艺的节能降耗途径研究[J]. 环境工程学报,2009,3(1):35-38.



作者简介:魏楠(1989-),男,山西孝义人,硕士研究生,主要从事水污染控制技术研究。

E-mail: fisherway@gmail.com

收稿日期:2016-06-06