

文章编号:1005-0523(2018)02-0032-05

沉淀池排泥水回流强化混凝工艺参数研究

刘国焯,童祯恭

(华东交通大学土木建筑学院,江西 南昌 330013)

摘要:通过混凝烧杯试验进行沉淀池排泥水回流强化混凝效果的研究,分析 PAC 投药量、排泥水浊度及回流比参数的选择对排泥水回流工艺强化混凝效果的影响。结果表明,在 PAC 投药量低于 30 mg/L,沉淀池排泥水浊度为 16~40 NTU,回流比为 2%~10%之间,沉淀池排泥水工艺能促进水中胶体絮凝,强化混凝效果,提高出水水质;并且利用设计正交试验得出,最优回流条件为:排泥水回流比=6%,PAC 投药量=25 mg/L,排泥水浊度=30 NTU,比无回流节省投药量 28.6%。

关键词:排泥水回流;强化混凝;回流工艺参数

中图分类号:TU991

文献标志码:A

净水厂的沉淀池、澄清池排泥水或滤池反冲洗废水等自用水量(排泥水)约占水厂总净水量的 3%~7%^[1],这些排泥水中含有大量无机泥沙,若直接排放不仅会污染河流、影响生态环境,而且也是种水资源的浪费^[2]。有研究表明,沉淀池排泥水中含有大量未充分发挥活性的絮凝剂^[3-4]和金属氢氧化物胶体颗粒^[5-6],其 Zeta 电位为正值,而天然原水中的胶体颗粒的 Zeta 电位为负值,故沉淀池排泥水直接回用时能促进原水中的胶体颗粒脱稳,从而达到强化混凝^[7]的效果。另外当沉淀池排泥水与原水混合时,能增加原水中胶体颗粒的浓度,提高碰撞效率,并且排泥水中大量的金属氢氧化物沉淀就会形成大量的胶体凝聚核心,就能在较少投药量的情况下产生网铺卷扫的混凝效果,对于低温低浊水处理有较好的效果^[8]。沉淀池排泥水回流工艺不仅能提高水质处理效果,还能节省净水厂的自用水量,避免排泥水排放污染环境,具有较好的社会效益。目前,国内已有不少对排泥水回流工艺的研究。徐勇鹏^[9]采用中试实验模型,研究东北地区夏冬两季连续回流净水厂生产废水 14 d 的水质变化规律。结果表明,与不回流相比,回流工艺可以有效提高污染物的去除,夏季沉淀池污泥和反冲洗水最佳回流比分别为 4%和 6%,冬季为 2%和 6%。排泥水工艺参数的控制主要在于混凝剂投药量、排泥水浊度及回流比,但文献多数关于三者对排泥水回流工艺的影响只是采用单因素控制变量来得出回流工艺的最佳工况,忽略了三个因素之间的动态影响。故通过烧杯混凝试验研究混凝剂投药量、排泥水浊度、回流比对排泥水回流工艺强化混凝效果的影响,并得出三个因素最佳工况的取值范围,利用正交试验得出沉淀池排泥水回流工艺的最佳工况。

1 材料与方法

1.1 仪器及材料

程控混凝实验搅拌机,TA6 型;电子天平,AL204 型;浊度仪,TDT-2 型;聚合氯化铝(PAC):Al₂O₃ 的质量分数为 28%,配置质量浓度 10 g/L;蒸馏水等。

1.2 原水及沉淀池排泥水的来源

实验中的原水为华东交通大学内孔目湖湖泊水,浊度为(10±1)NTU,温度为 25 ℃,pH 为 6.75,COD_{Mn} 为 5.66 mg/L,沉淀池排泥水取自混凝沉淀水处理中试装置。

收稿日期:2018-11-15

基金项目:微涡旋絮凝及其澄清数值模拟、机理研究与参数优化(51268012)

作者简介:刘国焯(1993—),男,硕士研究生,研究方向为给水处理。

1.3 实验装置

混凝沉淀水处理中试装置主要由折板絮凝池和斜板沉淀池组成,折板絮凝池内设置了三段折板,第一段为异波折板;第二段为同波折板;第三段为平行直板,折板絮凝池的外形尺寸为 $D \times W \times H = 1\ 200\ \text{mm} \times 750\ \text{mm} \times 2\ 450\ \text{mm}$ 。斜板沉淀池的外形尺寸为 $D \times W \times H = 1\ 910\ \text{mm} \times 1\ 200\ \text{mm} \times 2\ 450\ \text{mm}$,斜板长度为 $900\ \text{mm}$,倾斜角度为 60° ,折板絮凝池与斜板沉淀池之间通过 $200\ \text{mm}$ 的软管连接。处理水量为 $6\ \text{m}^3/\text{h}$,原水为孔目湖湖水,取沉淀池排泥水进行混凝沉淀烧杯试验。

2 结果与讨论

2.1 中试装置启动

混凝沉淀水处理中试装置如图 1 所示,中试装置由潜水泵、折板絮凝池、加药泵、斜管沉淀池和储泥罐等组成。

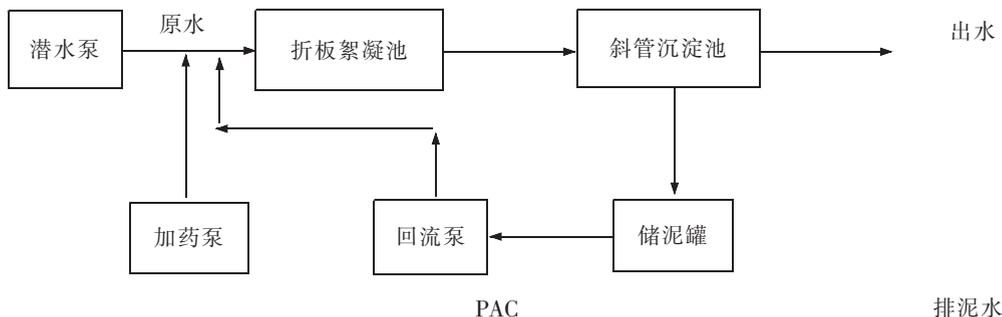


图 1 混凝沉淀水处理中试装置示意图

Fig.1 Coagulation precipitation water treatment pilot plant

中试装置处理水量为 $6\ \text{m}^3/\text{h}$,采用聚合氯化铝(PAC)作为絮凝剂,在满足沉淀池出水浊度小于 $2.5\ \text{NTU}$ 的前提下,PAC 最佳投药量为 $30\ \text{mg/L}$ 。斜管沉淀池产生的污泥通过穿孔排泥管收集再回收至圆柱形储泥罐中,排泥周期为 $24\ \text{h}$ 。在圆柱形储泥罐离地 $50, 100$ 和 $150\ \text{cm}$ 的高度位置设置出水阀门,便于取不同浓度的沉淀池排泥水。

2.2 回流比对回流工艺的影响

在沉淀池排泥水浊度为 $16\ \text{NTU}$ 下,分别在五组 $1\ \text{L}$ 的烧杯中加入 $0, 20, 60, 100$ 和 $150\ \text{ml}$ 排泥水,设置回流比分别为 $0\%, 2\%, 6\%, 10\%$ 和 15% 的混合水样进行混凝沉淀烧杯试验,投药量为 $25\ \text{mg/L}$ 。搅拌器的转速和静置时间的设置依据絮凝沉淀水处理装置的 GT 值和沉淀时间,快速搅拌阶段,转速 $320\ \text{r/min}$,持续时间 $30\ \text{s}$;快速絮凝阶段,转速 $160\ \text{r/min}$,持续时间 $7\ \text{min}$;慢速搅拌阶段,转速 $80\ \text{r/min}$,持续时间 $8\ \text{min}$,静置沉淀时间 $15\ \text{min}$ 。试验结果如图 2 所示。

由图 2 可知,随着回流比的增加,混凝沉淀后的剩余浊度先降低后增加,在回流比为 6% 时,剩余浊度达到最低值;在回流比为 $2\%, 6\%$ 和 10% 时,水样的剩余浊度比无回流时低,出水水质提高;而回流比为 15% 时,水样混凝沉淀后的剩余浊度高于无回流时的剩余浊度,出水水质恶化。这表明,适当回流沉淀池排泥水能强化混凝效果,降低沉淀池出水浊度。原因是这时沉淀池排泥水中未充分发挥活性的絮凝剂和金属氢氧化物胶体颗粒与原水中的胶体颗粒发生静电吸

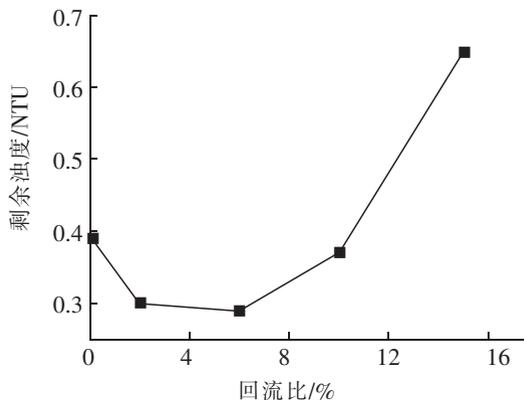


图 2 排泥水回流比对剩余浊度的影响

Fig.2 The effect of sludge discharge rate on residual turbidity

附和电性中和作用,使其脱稳从而提高了碰撞的效率,促进混凝效果;同时回流污泥里面含有链状结构的多核羟基聚合物,可以发挥吸附架桥功能,同样强化了混凝作用^[9]。随着回流比的增加,反而出现剩余浊度升高。这是因为回流比过高时,原水中的胶体颗粒因为吸附了过多的带正电荷而重新稳定,排泥水回流反而影响了原水中胶体的去除。从图中可以看出,回流比在 2%~10%之间能降低出水浊度,强化混凝效果。

2.3 排泥水浊度对回流工艺的影响

除原水对比参照组试验外,另设置回流比为 2%,排泥水浊度分别为 16,40,73 和 114 NTU 的四组水样进行混凝烧杯试验,投药量为 25 mg/L,搅拌器的转速和静置时间同上。试验结果如图 3 所示。

从图 3 可知,排泥水浊度为 16,40 NTU 时,回流沉淀池排泥水能降低沉淀后的剩余浊度;当排泥水浊度为 73,114 NTU 时,回流沉淀池排泥水反而使混凝沉淀后的剩余浊度升高。当回流的排泥水浊度过高时,此时排泥水中能起到混凝作用的有效成分减少,无机颗粒浓度增加,过多的回流污泥将会抵消它对原水起到的絮凝作用甚至加剧出水浊度,故排泥水浊度过高时会引起出水浊度升高。从图中可以看出排泥水浊度在 16~40 NTU 时,回流沉淀池排泥水有利于强化混凝效果,提高出水水质。

2.4 投药量对于回流工艺的影响

选取排泥水浊度为 16 NTU,回流比为 6%,投药量分别设置为 15,20,25,30,35,40 mg/L 进行烧杯混凝试验,另进行一组无回流,投药量梯度相同的烧杯混凝试验作为对比试验。试验结果如图 4 所示。

从试验结果可知,在投药量低于 30 mg/L 时,回流沉淀池排泥水能有效促进混凝效果,降低出水浊度,且在投药量越低时促进混凝的效果越明显;当投药量高于 30 mg/L 时,将沉淀池排泥水回流至原水没有起到强化混凝的作用,反而使出水浊度升高。这是由于投药量较低时,沉淀池排泥水中剩余的絮凝剂和金属氢氧化物絮体发挥了絮凝剂的作用,提高了混凝效果。随着投药量的增加,已经脱稳的胶体会因吸附过多正电荷而重新稳定,导致絮凝效果变差,出水浊度升高。

综上所述,排泥水浊度、回流比和投药量都对排泥水回流工艺有较大的影响,这三个因素的取值都在适当的范围内时,排泥水回流工艺才会对混凝效果产生正面的影响。

2.5 正交试验

选定混凝剂投药量、回流排泥水浊度以及回流比为试验控制因素,采用 3 因素 3 水平进行正交试验分析。根据上述试验结果,选定混凝剂投药量的水平分别为 20,25,30 mg/L;选定回流排泥水浊度的水平分别为 16,30,40 NTU;选定回流比的水平分别为 2%,6%,10%。正交试验结果下表 1 所示。

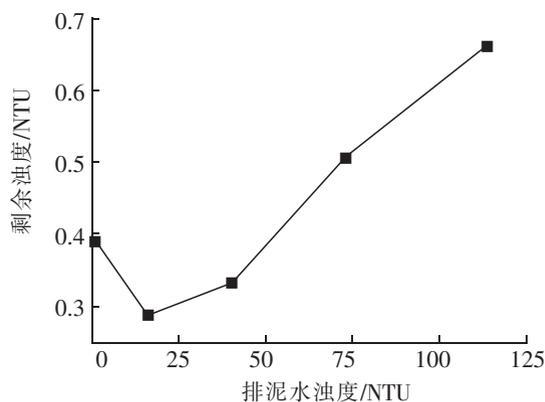


图 3 排泥水浊度对剩余浊度的影响

Fig.3 The effect of turbidity of sludge on the residual turbidity

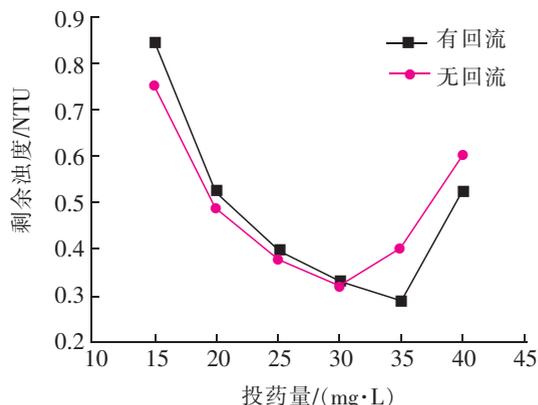


图 4 投药量对剩余浊度的影响

Fig.4 The effect of dosage on residual turbidity

表 1 正交试验结果表
Tab.1 The result of orthogonal test

试验号	排泥水浊度 /NTU	投药量 /(mg/L)	排泥水回流比 /%	剩余浊度 /NTU	浊度去除率 /%
1	16	20	2	0.466	95.34
2	16	25	6	0.309	96.91
3	16	30	10	0.338	96.62
4	30	20	6	0.376	96.24
5	30	25	10	0.279	97.21
6	30	30	2	0.442	95.58
7	40	20	10	0.529	94.71
8	40	25	2	0.434	95.64
9	40	30	6	0.311	96.89
K1	96.29	95.43	95.52		
K2	96.34	96.58	96.68		
K3	95.74	96.36	96.18		
极差 R	0.6	1.15	1.16		

注:K 为各因素不同水平下对应浊度去除率的的平均值;极差 R 为各因素最大 K 值与最小 K 值之差

从正交试验结果表中极差 R 的大小可以判断出各因素的主次性,极差 R 越大对试验结果的影响越大,故 3 个因素对出水浊度去除率的影响程度的大小为:排泥水回流比>PAC 投药量>排泥水浊度。试验中各因素中 K2 的值最高,所以可以得出出水浊度最低时,回流沉淀池排泥水工况为:排泥水回流比=6%,PAC 投药量=25 mg/L,排泥水浊度=30 NTU。

3 结论

在 PAC 投药量为 15~30 mg/L,沉淀池排泥水浊度为 16~40 NTU,回流比为 2%~10%之间,沉淀池排泥水工艺能促进水中胶体絮凝,强化混凝效果,提高出水水质,并且其最优工况条件为:排泥水回流比=6%,PAC 投药量=25 mg/L,排泥水浊度=30 NTU。

回流排泥水时的最佳 PAC 投药量为 25 mg/L,比无回流时最佳投药量 35 mg/L,节省投药量 28.6%。在低投药量时,采用沉淀池排泥水回流工艺,不仅处理效果较好,而且还能减少混凝剂的用量和排泥水的排放,从而降低生产成本,具有较高的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 向平,蒋绍阶. 给水厂排泥水处理回用的若干问题[J]. 土木建筑与环境工程,2004,26(4):70-72.
- [2] 童祯恭,童承乾,冯治华,等. 净水厂排泥水及其污泥的处置[J]. 华东交通大学学报,2015(1):131-136.

- [3] NAIR A T, AHAMMED M M. The reuse of water treatment sludge as a coagulant for posttreatment of UASB reactor treating urban wastewater[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 96: 272–281.
- [4] JANGKORN S, KUHAKAEW S, THEANTANOO S, et al. Evaluation of reusing alum sludge for the coagulation of industrial wastewater containing mixed anionic surfactants[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2011, 23(4): 587–94.
- [5] KEELEY J, JARVIS P, JUDD S J. Coagulant Recovery from Water Treatment Residuals: A Review of Applicable Technologies[J]. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2014, 44(24): 2675–2719.
- [6] YU W, GREGORY J, CAMPOS L C. Breakage and re-growth of flocs: effect of additional doses of coagulant species[J]. *Water Research*, 2011, 45(20): 6718–24.
- [7] 童祯恭. 给水处理工程中的强化混凝技术[J]. *华东交通大学学报*, 2004, 21(1): 12–16.
- [8] GOTTFRIED A, SHEPARD A D, HARDIMAN K, et al. Impact of recycling filter backwash water on organic removal in coagulation–sedimentation processes[J]. *Water Research*, 2008, 42(18): 4683–91.
- [9] 徐勇鹏, 朱世俊, 崔福义. 连续回流生产废水对净水厂出水水质影响的中试研究[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2016, 48(8): 55–60.
- [10] 朱艳旭, 李孟, 包宇飞, 等. 沉淀池污泥回流强化低浊水处理研究[J]. *水处理技术*, 2016(5): 124–127.

Study on Processing Parameters of Sedimentation Tank Sludge Water Reflux Coagulation

Liu Guoye, Tong Zhengong

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Through coagulation beaker test, research on coagulation effect of sedimentation tank sludge reflux was carried out, and the effects of PAC dosage, sludge turbidity and reflux ratio parameters on sludge reflux coagulation was analyzed in this study. The research results show that when the dosage of PAC was less than 30 mg/L, muddy water turbidity was from 16 to 40 NTU, and reflux ratio was from 2% to 10%, the sedimentation tank sludge water can promote the process of colloid flocculation, strengthen the coagulation effect, and improve the water quality. Besides, by way of the orthogonal test, it obtained the optimal reflux conditions: sludge water reflux ratio = 6%, PAC dosage = 25 mg/L, sludge water turbidity = 30 NTU, and dosage can be saved 28.6% compared with the sludge water without reflux.

Key words: sludge water reflux; enhanced coagulation; reflow process parameters