

哈尔滨磨盘山水厂生产废水回用性能研究

徐勇鹏¹ 何利² 崔福义¹

(1 哈尔滨工业大学城市水资源与水环境国家重点实验室, 哈尔滨 150090; 2 中国市政工程西南设计研究院, 成都 610081)

摘要 净水厂生产废水直接回用到水厂前端, 将使原水浊度升高, 在一定范围内可增加絮凝核心, 提高颗粒的碰撞概率强化低温低浊水的混凝效果。以哈尔滨磨盘山水厂生产废水为对象, 研究了生产废水的沉降性能和活性性能。研究表明, 生产废水含有氢氧化物的活性成分, 回用后能够强化混凝效果, 而且含固率、回用混合水浊度及生产废水浊度具有较好的线性相关。

关键词 净水厂 生产废水 含固率 混合水 活性

Performance test of the production wastewater reuse in Harbin Mopanshan Water Treatment Plant

Xu Yongpeng¹, He Li², Cui Fuyi¹

(1. State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Southwest Municipal Engineering Design & Research Institute of China, Chengdu 610081, China)

Abstract: The reuse of production wastewater in the front part of water treatment plant will increase the turbidity of raw water and increase the flocculation core in some range, which will increase the collision probability of particles and enhance the coagulation effects in cold and low turbidity water. By studying the Harbin Mopanshan Water Treatment Plant production wastewater, the sedimentation and activity characteristics of production wastewater were studied. The results showed that the production wastewater contained the active ingredient of hydroxide, which could improve the coagulation effects and the solid content ratio, turbidity and reuse of wastewater mixed water turbidity had a good linear correlation with each other.

Keywords: Water treatment plant; Production wastewater; Solid content ratio; Mixed water; Activity

北方地区水源水普遍具有低温低浊的特点, 对于低温低浊水, 目前的处理方法一般是大量投加混凝剂、投加助凝剂、加泥渣、加强滤池反冲洗等, 不仅增加了水处理的成本和后续处理的难度, 也使生产废水量增加^[1]。目前国内对于净水厂生产废水(沉淀池的排泥水及滤池的反冲洗水)的处理还处于起步阶段, 大多数水厂直接排放就近水体。根据净水厂生产废水的来源和性质特点, 其中含有大量的铝、

铁类金属氢氧化物、悬浮胶体颗粒、有机污染物质以及大量微生物^[2]。如果生产废水直接排放, 不但造成水资源浪费, 还会增加市政污水处理负担, 对周围的水体造成污染^[3,4]。

净水工艺生产废水的悬浮物含量一般在 1 000 mg/L 以上, 同时含有大量金属氢氧化物^[5]。如果直接回用到水厂前端, 使得原水浊度升高, 在一定范围内可以增加絮凝核心, 提高颗粒的碰撞概率强化低温低浊水的混凝效果, 同时可以充分利用排泥水中未完全水解的混凝剂^[6], 挖掘混凝剂的活性潜能^[7], 提高处理低温低浊水水质。实

黑龙江省科技攻关项目(GB07C20202); 哈尔滨市科技创新人才研究专项资金项目(2007RFXXS020)。

际相关原理的运用在机械澄清池以及高密度澄清池中得到了体现。因此,对生产废水的性质研究就显得尤为重要。本文以哈尔滨磨盘山水厂生产废水为对象,研究了生产废水的沉降性能和活性性能等指标,为研究生产废水直接回用提供技术基础。

1 水厂原水水质

原水来自磨盘山水库,其全年主要水质情况见表1。原水水质优良,但由于上游树木较多,植被繁茂,水库水中腐殖质较多,色度较高,一年中除5~8月水温为10~15℃,其余月份大多在4~8℃,尤其是进入漫长冬季,其温度多为6℃左右。而原水浊度除5~8月夏季时节由于雨季,偶尔会超过3 NTU,其余均在3 NTU以下,尤其是在进入寒冬以后浊度低至0.6 NTU附近波动。而相应的色度却较高,在夏季其色度在28~36度之间,在冬季多在20~26度之间。是典型的低温低浊,同时具有高色度的原水水质,故给原水水质的处理净化带来很大困难。全年原水pH变化不大,冬季较低,夏季略高。相应于原水浊度,在5~8月之间原水的高锰酸盐指数、色度、氨氮均有增加。

表1 水厂原水水质参数

水温/℃	浊度/NTU	色度/度	pH	COD _{Mn} /mg/L	氨氮/mg/L
5~15	0.50~5	18~45	6.6~7.0	2.2~7.0	0.04~0.30

对于色度的去除,该水厂采用投加大量混凝剂的方法,同时由于采用了高效异向流斜管沉淀池以及新型翻板滤池,可以有效地保证出水水质,但其投药量较大,生产废水较多,相应增加了运行处理费用。

2 水厂工艺流程

水厂总设计规模90万m³/d,一期建设规模为45万m³/d,二期续建规模为45万m³/d。一期已经建成投产40万m³/d左右,二期在建。净水工艺采用常规地面水处理流程:配水井→机械混合→机械絮凝→斜管沉淀→双层滤料滤池过滤→消毒→用户,预留臭氧氧化及活性炭深度处理设施用地,共有4个系列,每个系列独立运行。其工艺流程见图1。每个系列两座池子,单池流量为q=2 412 m³/h;翻板滤池共有24格,每个系列6座池子,单池水量为

q=804.69 m³/h,其中沉淀池排泥周期为3 h,滤池运行周期为48 h。该厂采用的混凝剂为液体聚合氯化铝,投药量在80 mg/L左右,随季节及原水水质而波动。

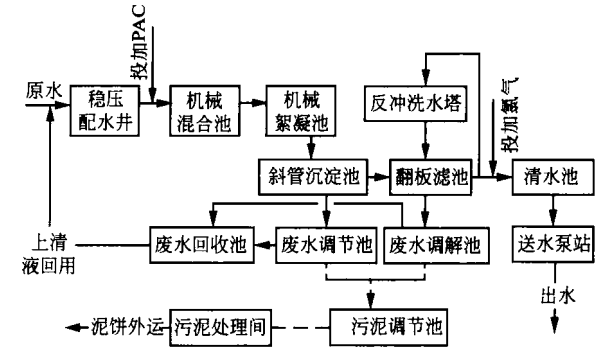


图1 水厂工艺流程

3 生产废水性质的研究

3.1 生产废水的产量

生产废水主要来源于滤池反冲洗水及沉淀池的排泥水,该水厂自用水比例以及相应的自用水量见表2,可以看出水厂自用水量占水厂制水量的5%。2007年日平均排泥水量为1.5万m³/d,而滤池反冲洗水为0.62万m³/d,可见沉淀池的排泥水量约为滤池反冲洗水量的2.4倍。而一般水厂均是滤池反冲洗水排水量较沉淀池的排泥水量大。造成这一差异的原因在于:其一水厂低温低浊水的水质使得混凝效果不佳,絮体沉降缓慢,为保证沉淀出水故排泥周期较短,次数较多,排泥水量较大;其二由于水厂采用了新型翻板滤池,故而反冲洗效果良好,过滤周期较长,反冲洗用水较少。

表2 2007年水厂自用水统计

月份	自用水比例/%	反冲洗水/10 ³ m ³ /d	排泥水/10 ³ m ³ /d
1	6.1	7.5	18
2	5.7	6.9	20
3	5.1	7.1	16
4	5.4	6.8	16
5	4.6	6.1	14
6	4.5	5.4	11
7	4.1	5.3	12
8	4.2	5.1	12
9	4.6	5.2	13
10	4.9	5.8	14
11	5.5	6.6	18
12	5.8	6.8	16
平均	5.0	6.2	15

3.2 生产废水的沉降性能

生产废水取自沉淀池的排泥水以及翻板滤池的反冲洗废水,进行自然沉降试验,记录沉降时间及相应泥水界面沉降高度,并检测上清液水质。分别对沉淀池的排泥水以及滤池反冲洗水进行试验。试验在 250 mL 的量筒内进行,主要测试参数为混合水浊度、混液面高度、上清液浊度、色度、 UV_{254} 。

试验中滤池反冲洗水及排泥水二者均为拥挤沉降,有着明显的浑液界面。从图 2、图 3 可以看到,这两种生产废水随着时间的推移,沉降速率均不断减小,其临界沉降点均在沉降 20~30 min 时达到,此后变为压实区域沉降,浑液界面高度几乎不再改变。同时由图中可以看出,生产废水浊度较低时其初期沉降速度较快,所需到达临界沉降点的时间较高浓度的生产废水时间短,且临界沉降点较为明显。在沉降过程中同时检测生产废水上清液的浊度、色度、 COD_{Mn} 、 UV_{254} 、氨氮。沉降 3 h 后上清液部分水质见表 3。从表 3 中可以看出沉淀池的排泥水与滤池反冲洗水浓缩了大量的有机物质以及悬浮物,但从其上清液水质来看均在原水水质范围内,若直接回用,可以预见其不会对原水的处理造成困难。

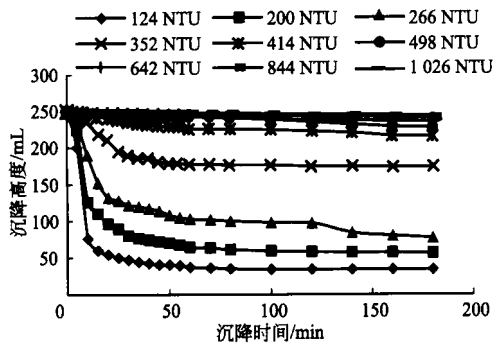


图 2 沉淀池排泥水沉降曲线

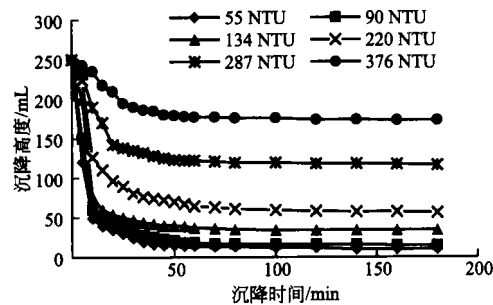


图 3 滤池反冲洗水沉降曲线

表 3 生产废水水质参数

类别	浊度 /NTU	色度 /度	COD_{Mn} /mg/L	UV_{254} / cm^{-1}	氨氮 /mg/L
沉淀池排泥水	200~600	500~1500	15~20		
排泥水上清液	1~3	6~15	2.5~4.5	0.95~1.4	0.08~0.20
滤池反冲洗水	20~150	100~300	10~16		
反冲洗水上清液	2~4	10~20	3.5~5.5	1.1~1.5	0.06~0.14

3.3 生产废水活性性能检验

由于该水厂常年低温低浊,为了达到较好的处理效果,故投加大量的混凝剂,而低温低浊时期,由于水温低粘度大,混凝剂未能充分水解或水解形态不佳,当再次回用时是否能发挥其作用,为了检验其沉淀絮体中是否具有等同于所投药剂的活性成分或功能,进行了原水和混合水的对比试验。

其中根据表 2 数据,确定在混凝试验中回用水量 50 mL。将原水 950 mL 分别注入搅拌仪器所配 6 个 1 000 mL 的烧杯中,再注入 50 mL 不同浓度的生产废水(排泥水),首先以 300 r/min 快速搅拌 1 min,然后以 120 r/min 中速搅拌 5 min,接着采用 60 r/min 搅拌 5 min,最后以 40 r/min 慢速搅拌 5 min,而后沉降 30 min。测定生产废水含固率、混合水浊度(生产废水与原水的混合水浊度)、沉后水浊度、色度、 UV_{254} 和 COD_{Mn} 等。并且和原水通过同样的条件搅拌静沉后的指标对比,分析其差值的变化规律,下面图中所示指标差值是原水搅拌静沉后的指标值减去混合水搅拌静沉后的指标值。

原水通过同样条件下的搅拌静沉后,其浊度变为 1.8 NTU,色度为 28 度,其浊度及色度变化不大。由图 4、图 5 比较可知:随着回用生产废水浓度的增加和含固率的提高,其浊度去除效果越来越好,经插值计算可知,当混合水浊度为 33 NTU(含固率为 0.17%)时,其浊度差值由负变正,说明混合水静沉后,上清液的浊度小于原水搅拌静沉后的浊度,当混合水浊度在 48 NTU(含固率为 0.28%)时,其浊度差值为 0.17 NTU,对比原水浊度,其去除率为 33.4%。由此可见,即便是不投加混凝剂,在一定范围内回用排泥水,也可以降低沉后上清液的浊度,由

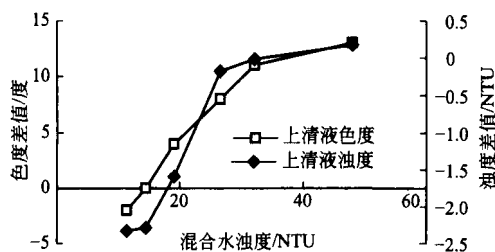


图4 沉后水色度和浊度差值与回用混合水浊度的关系曲线

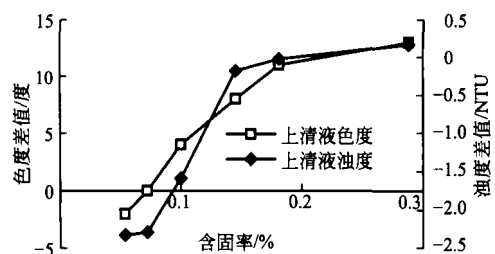


图5 沉后水色度和浊度差值与回用废水含固率的关系曲线

此证明沉淀池排泥水中含有的混凝剂仍然具有混凝活性作用,并且回用后提高了低温低浊原水的浊度,增加了碰撞概率,能够发挥其除浊作用。

同时比较色度变化曲线,随着混合水浊度升高,含固率的增大,其色度差值不断增大。经差值计算在混合水浊度为 15 NTU 时色度差值由负变正,即当混合水浊度大于 15 NTU 时,回用生产废水亦具有除色功能,且除色效果随着回用废水浓度增大越来越明显。混合水在浊度 15~32 NTU 之间时,色度差值斜率较大,说明除色效果较好。当回用混合水浊度为 48 NTU 时其沉后水色度为 15 度,对比原水色度 28 度,色度的去除效果高达 49%,除色度效果非常明显。由此表明排泥水中存在未完全发挥的活性成分,能够对原水除色产生积极的作用,据此可以推断回用废水后对于该水厂的色度去除将起着很大的作用。对于该水厂的净水处理具有较大的帮助。

由图 6、图 7 分析可知:随着混合水浊度升高, COD_{Mn} 差值不断增大,在混合水浊度为 19 NTU(含固率为 0.1%)时, COD_{Mn} 差值由负变正,即回用废水后混合水搅拌试验上清液的 COD_{Mn} 小于原水搅拌试验上清液的 COD_{Mn} ,表明回用浊度大于 19 NTU 的混合水,即便在未投加混凝剂的情况下,也能去除原水中的有机物,回用后不但未增加其有机物的含量,反而使其减少。当回用混合水浊度为 48 NTU 时, COD_{Mn} 为 3.8 mg/L,从图中可知 COD_{Mn} 的差

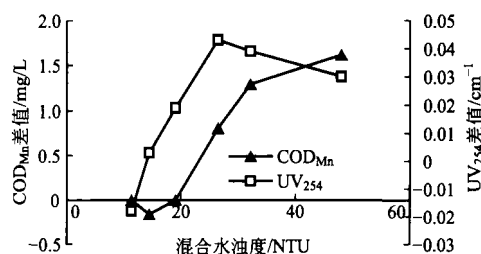


图6 沉后水 COD_{Mn} 及 UV_{254} 差值与回用混合水浊度的关系曲线

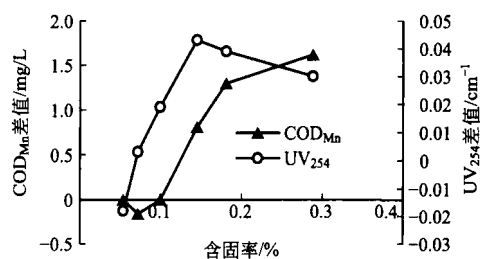


图7 沉后水 COD_{Mn} 及 UV_{254} 差值与回用废水含固率的关系曲线

值为 1.6 mg/L,对于原水的有机物去除达 28.7%,由此可知其回用废水后有利于处理原水的有机物。此结论与文献[8]所说的当生产废水(主要是排泥水)经过强烈搅拌后,混凝剂所吸附沉降的有机物会溶解于水中,使得其上清液 COD_{Mn} 增加的结论相违背。其原因可能为由于本水厂原水水质不同,排泥水中所含混凝剂的药量较大,形成的药泥中活性成分较多,其药效潜力较大,未充分挖掘。

同时从图中也可以看出,随着含固率的提高,在未投加混凝剂的搅拌试验中,其 UV_{254} 的差值也是随着含固率的提高而不断增加,在混合水浊度为 48 NTU 时,其 UV_{254} 的差值为 0.03 cm^{-1} ,相对于原水的 UV_{254} 0.06 cm^{-1} ,其 UV_{254} 去除率达 50%。进一步说明其排泥水中存在活性的成分。

3.4 生产废水回用评价指标的关系

现阶段评价生产废水性质的主要参数为生产废水浊度、含固率以及生产废水回用到原水后的混合水浊度。故为了便于净水厂生产废水回用控制,研究其相关性(见图 8~图 10)。

由图 8~图 10 可以看出,混合水浊度与生产废水的浊度及含固率具有良好的线性相关性,其 R^2 均在 0.98 以上。强调在一定回用率下通过控制回用生产废水的浊度即可控制混合水的浊度。由此为下一步废水回用,准备了理论数据。

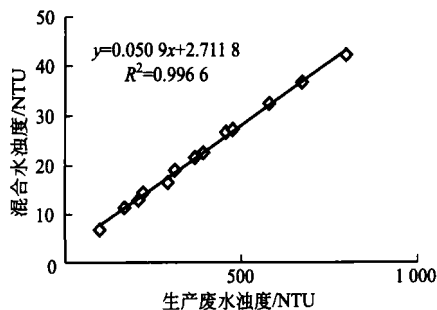


图8 混合水浊度与生产废水浊度的关系曲线

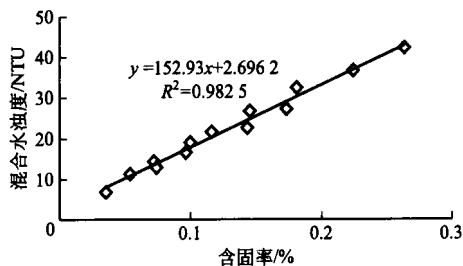


图9 混合水浊度与含固率的关系曲线

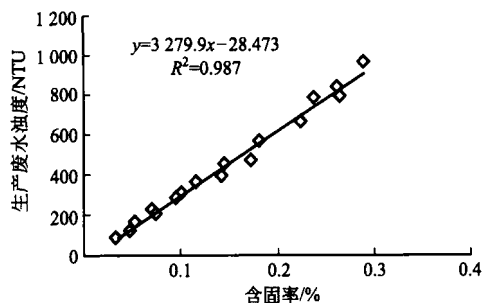


图10 含固率与生产废水浊度的关系曲线

4 结论

(1) 分析了不同浓度生产废水的沉降性能,在水厂废水调节池中的停留时间约为 80 min,在此时间内废水沉降率不高,可以满足生产试验所需回用废水浓度。

(2) 生产废水回用时在未投药情况下对原水的色度、浊度、耗氧量及 UV_{254} 均有一定的去除效果,其中对色度及 UV_{254} 去除效果较好,证明生产废水含有氢氧化物的活性成分,回用能够强化混凝效果。

(3) 含固率、回用混合水浊度及生产废水浊度具有较好的线性相关。

参考文献

- 1 王红宇,李久义,栾兆坤,等.聚合氯化铁絮凝处理低温低浊水的研究.《环境污染治理技术与设备》,2004,5(12):25~27

- 2 Cornwell D A, Lee R G. Waste stream recycling: its effect on water quality. AWWA. 1994, 86(11): 50~63
- 3 Cocchia S, Carlson K H, Marinelli F. Use of total suspended solids in characterizing the Impact of spent filter backwash recycling. Environmental Engineering, 2002, 128(3): 220~227
- 4 Bourgeois J C, Walsh M E, Gagnon G A. Comparison of process options for treatment of water treatment residual streams. Journal of Environmental Engineering and Science, 2004, 3(6): 408~416
- 5 费霞丽,崔福义,吴灿东,等.九龙江水厂生产废水回用条件时初步研究.《给水排水》,2005,31(5):6~10
- 6 费霞丽,崔福义.净水厂滤池反冲洗水回用的贾第鞭毛虫和隐孢子虫的泄漏问题研究.《环境污染治理技术与设备》,2006,7(5):23~26
- 7 费霞丽.原水浊度对水厂生产废水回用影响的研究.《哈尔滨商业大学学报》,2005,21(2):162~165
- 8 Gottfried, Shepard A D, Hardiman K, et al. Impact of recycling filter backwash water on organic removal in coagulation - sedimentation processes, Water Research, 2008, 42: 4683~4691

8. E-mail: xuyongpeng123@163.com

收稿日期:2009-12-08

修回日期:2010-07-05

上海将建世界最大污水处理厂

“十二五”期间上海市将新增污水处理能力 110 万 m^3/d , 污水处理总规模达 800 万 m^3/d 左右, 全市城镇污水处理率将达到 85% 以上, 中心城区将达 90% 以上, 郊区城镇达到 80% 以上。

“十一五”期间, 中心城结合地区建设, 新建、改建 54 个排水系统, 中心城区新增雨水排水能力 700 m^3/s , 完成市区道路积水点改善工程 108 条段, 中心城建成区雨水系统达标率进一步提高, 雨水排水能力进一步增强, 基本达到积水少、退水快。目前, 申城已经完成了竹园、白龙港污水处理厂升级改造等一批重大工程, 全市续建、新建、改建 31 座郊区污水处理厂及配套管网工程, 污水处理能力大幅提高, 全市水环境治理体系基本形成, 污水处理能力从“十五”期末 471 万 m^3/d 提高到 684 万 m^3/d , 污水处理率从 70.2% 提高到 81.9%。“十一五”COD 减排目标提前一年实现。

白龙港污水处理厂扩建二期工程建成后, 将成为南线工程收集和输送污水的最终处理场所, 与南线输送干管构成一个完整的系统。预计 2015 年白龙港污水处理厂的处理规模将达到 280 万 m^3/d , 2020 年达到 350 万 m^3/d , 成为世界最大的污水处理厂。