

新型中置式高密度沉淀池优化投药试验研究

芮¹ 姚洁¹ 许嘉炯¹ 沈裘昌¹ 郑国兴¹ 查人光²

(1 上海市市政工程设计研究总院, 上海 200092; 2 嘉兴市嘉源给排水有限公司, 嘉兴 314000)

摘要 通过小试和生产性试验对新型中置式高密度沉淀池的投药系统(包括回流污泥、混凝剂及助凝剂 PAM 的投加)进行了详细研究。小试研究表明回流污泥和混凝剂投加量的增大降低了上清液浊度, PAM 的投加略微降低了上清液出水浊度, 但影响不大。生产性试验研究结果表明, 实际生产运行中可灵活利用回流污泥来提高絮凝效果, 在合理的范围内回流污泥投加量越大, 絮凝效果越好; 沉淀池随着混凝剂投加量的增大, 出水浊度逐渐降低, 同时, 不同的回流污泥投加量条件下混凝剂投加对沉淀池出水浊度的影响表现出不同特性; 增大 PAM 投加量对直接提高沉淀池的絮凝效果以及降低出水浊度的贡献不明显, PAM 投加量的增大间接引起回流污泥投加量变大是导致出水浊度变小的原因。

关键词 中置式高密度沉淀池 高效絮凝 浊度

Optimization of agents addition processes for high efficiency mid-flocculation-sedimentation tank

Rui Min¹, Yao Jie¹, Xu Jiajiong¹, Shen Qiuchang¹, Zheng Guoxing¹, Zha Renguang²

(1. Shanghai Municipal Engineering Design General Institute, Shanghai 200092, China;

2. Jiayuan Water and Wastewater Co., Ltd., Jiaxing 314000, China)

Abstract: Agents (coagulants and coagulant aids PAM) addition and activated sludge recycle processes for high efficiency mid-flocculation-sedimentation tank were investigated in this study by employing experiments of both laboratory and full-scale. Laboratory experiments results showed that increasing dosages of activated sludge and coagulants decreased the turbidity in supernatant fluid. Addition of PAM slightly decreased the turbidity of supernatant fluid. In further, full-scale experiments based on laboratory experiments were carried out to eliminate limits of laboratory experiments. It was found that activated sludge could be used to improve coagulation efficiency in practical operation. Within a certain range, increasing the dosage of activated sludge could lead to higher coagulation efficiency. Turbidity of outflow apparently decreased with increasing of coagulants dosage in sedimentation tank. In the meanwhile, under the condition of various sludge dosages, different effects of coagulants on outflow turbidity were observed. Compared to coagulation efficiency contributed by PAM directly, that it was the increasing sludge dosage indirectly caused by PAM dosage increasing that resulted in decreasing of outflow turbidity.

Keywords: High efficiency mid-flocculation-sedimentation tank; High efficiency coagulation; Turbidity

0 引言

早期的沉淀型式主要采用单层平流沉淀池,大

约半个多世纪前出现了以提高流速为主的澄清池。美国开发了机械搅拌澄清池,前苏联推广了悬浮澄

清池,法国研究了脉冲澄清池和超脉冲澄清池。这些池型由于沉淀效率高,很快得到了推广。20世纪70年代以后,随着浅层沉淀理论的发展和应用,各种类型的斜管、斜板沉淀池纷纷涌现。

近年来,国际水处理行业对新型高效沉淀技术的研究和应用给予了较大关注^[1,2],高效絮凝沉淀技术将多种药剂投加、污泥(泥沙)回流、机械混合、机械絮凝、接触絮凝、高效沉淀、污泥浓缩等有机结合在一起,实现了相互协调、高效处理的功能。目前在国际水处理市场上主要有 DENSADeg 高密度沉淀池、MULTIFLO 沉淀池和 ACTIVFLO 沉淀池这三种典型的采用高效沉淀技术的沉淀池型式,每个池型都有相对应国外公司的专利技术^[3]。

中置式高密度沉淀池是上海市工程设计研究总院在总结了国内外沉淀(澄清)池污泥回流方式、高分子絮凝剂的投加技术及斜管高效沉淀技术的基础上,分析了国外高效沉淀池池型布置的不足及斜管配水的方向限制,创新研发出的具有自主知识产权的高效沉淀池^[4]。该池型结构布置合理,在嘉兴石臼漾水厂扩容工程中,已有一年多的通水运行实际经验,目前运行状况良好。

在一年多的运行管理经验基础上,上海市工程设计研究总院联合嘉兴市嘉源给排水有限公司详细研究中置式高密度沉淀池针对嘉兴地区微污染原水的运行特性,其中研究了沉淀池加药(包括投加回流污泥、混凝剂和助凝剂)的各种优化运行模式,以期在生产运行管理的优化提供技术支持。

1 试验材料、设备及方法

1.1 试验原水

试验在7月份进行,原水部分水质指标在试验期间的平均值如表1所示。

表1 原水部分水质指标

浊度 / NTU	pH	水温 /	COD _{Mn} / mg/L	碱度 / mg/L	硬度 / mg/L
30	7.5	30.6	9.38	103	152
氯化物 / mg/L	氨氮 / mg/L	亚氮 / mg/L	锰 / mg/L	溶解氧 / mg/L	UV ₂₅₄ / cm ⁻¹
53	1.92	0.464	0.34	4.5	0.194 7

1.2 试验用混凝剂、助凝剂

试验用混凝剂为水厂实际生产上使用的聚氯化

铝铁(PAFC, Al₂O₃ 含量 10 %左右,水不溶物含量 0.23 %),PAM 采用水解度为 15 %左右的阴离子聚丙烯酰胺。

1.3 试验工艺设备及方法

首先采用杯罐试验小试研究回流污泥、混凝剂和 PAM 投加对出水的影响情况,其次在中置式高密度沉淀池中进行生产性试验研究。杯罐试验按照国标《水的混凝、絮凝杯罐试验方法》(GB/T 16881—1997)并参考中置式高密度沉淀池处理工艺运行过程设计。小试过程在快速搅拌前投加生产运行中从中置式高密度沉淀池内取出的回流污泥;另外,小试中 PAM 投加模拟中置式高密度沉淀池运行方式并按照试验比例要求两点投加,一部分和原水、混凝剂、回流污泥一起投加至烧杯后快速混合,一部分在快速混合后期慢速搅拌絮凝阶段前投加。

生产性试验研究采用嘉兴石臼漾水厂实际生产运行的1座规模4万m³/d的中置式高密度沉淀池,该池型的工艺示意图见图1。原水加混凝剂并注入预加 PAM 的底部回流污泥后先在池体中心的混合区充分混合,再在混合池的出口处加入 PAM 助凝剂后送入两侧的絮凝区进行机械提升搅拌絮凝。经过机械絮凝后的水经翻水堰进入两侧的静止絮凝区继续絮凝,并由上而下水流顺畅地进入沉淀区,在沉淀区进行最终泥水分离,斜管上部清水区设置集水槽汇流出水,污泥则在沉淀区下部进行浓缩,底部设浓缩刮泥机,浓缩后的污泥部分再回流到原水进水管,多余高浓度污泥被排放。

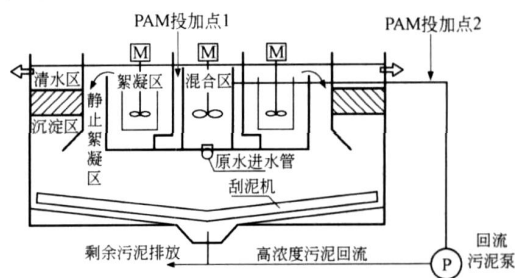


图1 中置式高密度沉淀池工艺示意

2 试验结果与分析

2.1 小试研究

改变不同的回流污泥投加量进行小试。混凝剂 PAFC 投加量 30 mg/L, PAM 投加量 0.1 mg/L, PAM 两点投加比例为 1 : 1,不同回流污泥投加量

条件下 15 min 沉淀后上清液浊度见图 2。从图 2 可以看出,投加回流污泥显著提高了原水的脱稳效果和颗粒絮凝效果,降低上清液浊度。当回流污泥投加量在 834 mg/L 以下时,每增加 300 mg/L,出水浊度明显降低;当投加量超过 834 mg/L 时继续增加回流污泥投加量,上清液浊度未有降低。

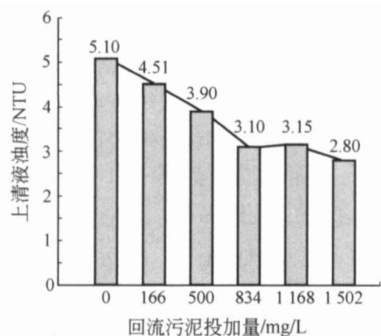


图 2 不同回流污泥投加量条件下上清液浊度

改变不同混凝剂投加量进行小试。PAM 投加量 0.1 mg/L, PAM 两点投加比例 1:1, 回流污泥投加量为 834 mg/L, 不同混凝剂投加量条件下上清液浊度见图 3。从图 3 可以看出,当 PAFC 投加量小于 50 mg/L 时,混凝剂投加量大小对浊度去除有非常大的影响,当 PAFC 投加量大于 50 mg/L 时,继续增大投加量时浊度去除效果则不明显。

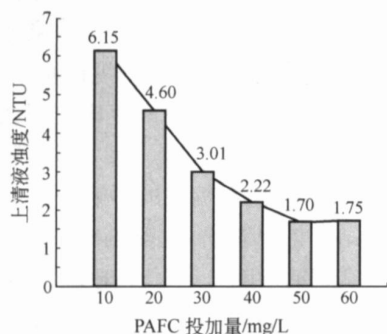


图 3 不同混凝剂投加量条件下上清液浊度

改变不同 PAM 投加量进行小试。以 PAM 作为助凝剂配合聚氯化铝铁试验研究其助凝效能。PAM 两点投加比例 1:1, 回流污泥投加量 834 mg/L, 混凝剂投加量 40 mg/L, 不同 PAM 投加量条件下上清液浊度如图 4 所示。从图 4 可以看出,较低的 PAM 投加量能改善上清液出水浊度,但影响效果并不大,且随着 PAM 投加量的增大,出水浊度不降反升。

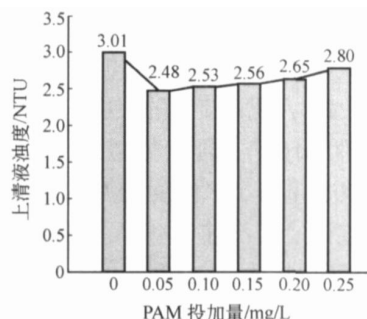


图 4 不同 PAM 投加量条件下上清液浊度

改变不同 PAM 投加比例进行小试。PAM 投加量 0.1 mg/L, 回流污泥投加量 834 mg/L, 混凝剂投加量 40 mg/L, 不同 PAM 两点投加比例条件下上清液浊度如图 5 所示。由图 5 可以看出,当 PAM 在泥和水中的投加比例为 1:1 时,出水浊度最优,即 1:1 是试验的最佳投加比例。

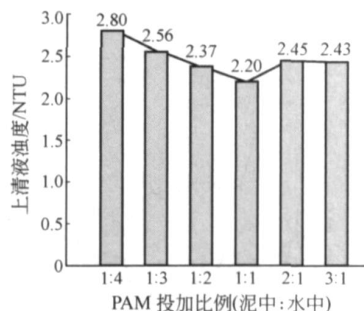


图 5 不同 PAM 投加比例条件下上清液浊度

小试存在一些尚未明确的因素和不足,特别是小试混合絮凝与实际搅拌混合、絮凝提升桶机械接触絮凝,静沉情况与实际沉淀池的动水沉降存在一定的差异,因此,小试结果与实际运行体现出来的规律可能会不完全相同。因此在小试研究认识的基础上,进一步进行生产性试验研究,以指导生产的调试和运行管理。

2.2 污泥投加量对沉淀池的影响特性

中置式高密度沉淀池的高效絮凝沉淀工艺不同于机械搅拌澄清池或水力循环澄清池最显著的一个特点就是污泥的外部可控回流。高效絮凝沉淀工艺充分地利用回流污泥来提升絮凝效果,回流污泥的投加方式和投加量对沉淀池的影响不可忽视。

由小试结果可以看出,回流污泥投加显著提高了原水的脱稳效果和颗粒絮凝效果,降低了上清液浊度。故进一步在生产性试验中研究回流污泥投加

对中置式高密度沉淀池出水浊度的影响特性。

中置式高密度沉淀池底部污泥浓度和原水进水流量变化不大时,污泥回流量的大小直接决定了回流污泥投加量的大小,论文通过改变污泥回流量考察不同回流污泥投加量与出水浊度的关系。试验采用生产性构筑物进行研究,原拟每个工况运行时间(原则上超过总停留时间2倍以上)2~3 h。但实际试验发现,中置式高密度沉淀池一个可调因素的改变会引起其他内在水力条件的相应变化,存在一个较长的调整适应期。因此,本试验改变工况运行24 h后再改变第二个工况,在24 h内每1 h监测一次相关指标。

中置式高密度沉淀池单格进水流量1400 m³/h、进水浊度30~40 NTU、混凝剂投加量40 mg/L, PAM总投加量0.12 mg/L,不同污泥回流比(污泥回流量与进水流量的比值)条件下出水浊度随时间变化如图6所示。

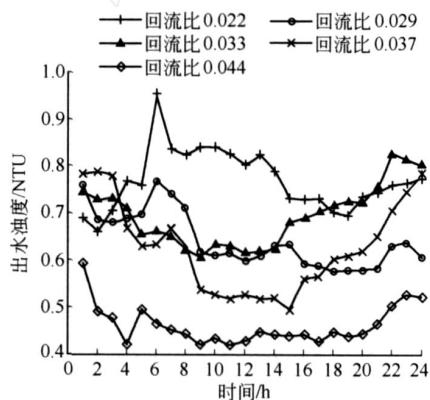


图6 不同回流比条件下出水浊度随时间的变化

由图6可以看出,在回流比0.022~0.044范围内,中置式高密度沉淀池出水浊度均小于1 NTU,随着回流比的增大,出水浊度总体降低,当回流比为0.044时,沉淀池出水浊度在0.5 NTU左右。这与小试研究所得结论相似,在其他条件不变的情况下,一定范围内回流污泥投加量越大,絮凝效果越好,出水浊度越低。经过进一步分析后认为,回流比的增大对出水水质改善的直接原因是混合池中污泥浓度的增大。试验所得出水浊度平均值与混合池内SS平均值的关系如图7所示。

由图7可以看出,随着混合池SS的增大,出水浊度逐渐变小,当混合池SS平均值由249 mg/L增加到1189 mg/L时,出水浊度由1.32 NTU减少为

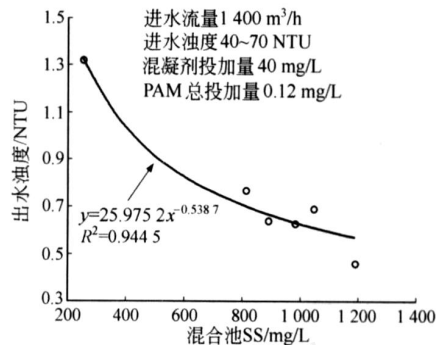


图7 出水浊度与混合池SS的关系

0.46 NTU。且随着混合池SS的增大,出水浊度变化速率逐渐变小。采用 $y = \alpha x^\beta$ 形式的关系式对两者关系进行拟合如图7所示,相关性方程 $y = 25.975 \cdot 2x^{-0.5387}$,相关系数为0.9445。图7表明针对嘉兴石臼漾原水,保证新型中置式高密度沉淀池具有优良絮凝效果的基本条件即混合池SS需大于800 mg/L,在800~1200 mg/L范围之内。另外,由图7及后续试验可以知道,如继续增大污泥回流比以提高理论计算的混合池SS,出水浊度没有明显变化,难以进一步降低。回流污泥投加量或污泥回流比大小存在一个合适的范围值,投加量偏小时,絮凝效果不好;太大时,对沉淀池出水浊度进一步提高效果不明显,还增加了回流动力费用,同时过大的回流量会影响沉淀池底部污泥浓缩的效果,回流污泥浓度迅速降低,使得混合池SS浓度降低,出水浊度反而变差。在试验期间,污泥回流比控制在0.03~0.045范围内较合适。

2.3 混凝剂投加量对沉淀池的影响特性

从小试结果可以看出,混凝剂投加量大小对浊度去除有非常大的影响。进一步在生产性试验中研究聚合氯化铝铁对中置式高密度沉淀池的影响特性。沉淀池出水对聚合氯化铝铁投加量工况的改变反应较快,改变工况3 h(约为沉淀池水力停留时间的3倍)后出水即趋于稳定,可取到有代表性的数据。在不同的两个回流比条件下进行了不同聚合氯化铝铁投加量的试验研究。

中置式高密度沉淀池进水流量1400 m³/h,进水浊度22~26 NTU, PAM总投加量0.12 mg/L,污泥回流比分别为0.01和0.03,改变聚合氯化铝铁投加量,出水浊度如图8所示。

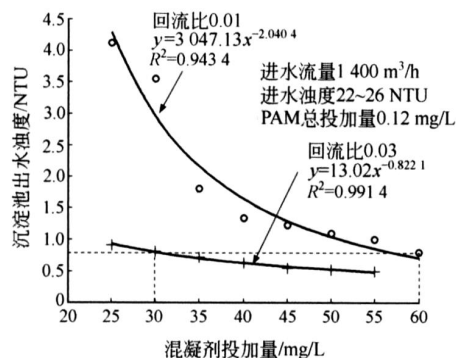


图8 不同污泥回流比条件下出水浊度随混凝剂投加量的变化

由图8可以看出,随着混凝剂投加量的增大,出水浊度逐渐降低,这与小试研究所得结论相似,但小试结论有局限性。生产性试验还发现,不同的污泥回流比条件下混凝剂投加量对沉淀池出水浊度的影响表现出不同特性。低污泥回流比条件下,混凝剂投加量从25 mg/L增大到60 mg/L,出水浊度从4.12 NTU降低至0.81 NTU,变化幅度较大。同时随着混凝剂投加量的增大,出水浊度变化速率变小,此时混凝剂投加量与沉淀池出水浊度的相关性方程式拟合为 $y = 3.047.13 x^{-2.0404}$,相关系数的平方为0.9434;高污泥回流比时,混凝剂投加量从25 mg/L增大到60 mg/L,出水浊度从0.91 NTU降低至0.49 NTU,此时混凝剂投加量与沉淀池出水浊度的相关性方程式为 $y = 13.02 x^{-0.8221}$,相关系数的平方为0.9914。从相关性曲线和相关性方程式可以看出,污泥回流比较低时混凝剂投加量对出水浊度的影响程度远远大于污泥回流比较高时混凝剂投加量对出水浊度的影响。从图8虚线还可以看出,要求出水浊度0.80 NTU,污泥回流比为0.01时混凝剂投加量为60 mg/L,而污泥回流比为0.03时混凝剂投加量只需30 mg/L,节省投药量50%。试验运行中底部污泥浓度在25 000~30 000 mg/L范围内变化不大,污泥回流比的大小直接决定了回流污泥投加量的大小。从减少混凝剂投加的角度来优化中置式高密度沉淀池的控制,在一定范围内提高回流污泥投加量是有效的手段。

2.4 助凝剂PAM投加对沉淀池的影响特性

由前人的研究结果可知,PAM对原水絮凝、污泥浓缩和污泥脱水具有较好的改善效果,在各个阶段作用机理完全不同^[5,6]。在中置式高密度沉淀池

中投加PAM,理论上综合利用了PAM对絮凝、污泥浓缩、污泥脱水的效果,利于沉淀池的出水和底部污泥的浓缩。论文研究了生产运行过程中PAM的实际投加效果。

中置式高密度沉淀池进水流量1 400 m³/h,进水浊度20~25 NTU,混凝剂投加量40 mg/L,污泥回流比0.028,改变不同的PAM投加量进行试验,每个工况运行24 h,出水浊度随时间的变化如图9所示。

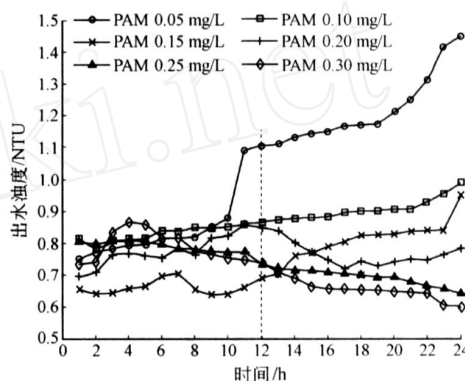


图9 不同PAM投加量条件下出水浊度随时间的变化

由图9可知,随着PAM投加量的增大,中置式高密度沉淀池出水浊度降低,但这种规律均在改变工况12 h后才反映出来,提高或降低PAM投加量3 h(沉淀池水力停留时间的3倍)左右出水浊度与以前相比变化不大。这说明实际生产运行过程中增大PAM投加量对直接提高中置式高密度沉淀池的絮凝效果降低出水浊度的贡献不大,PAM投加对改变工况12 h后出水浊度的降低可能具有间接的贡献作用,另有导致出水浊度降低的原因。

试验进一步发现PAM投加量的增大可引起底部污泥浓度较显著的改变。一般运行条件下,沉淀池底部回流污泥浓度为20 000~30 000 mg/L,研究发现,PAM投加量的增大导致工况运行稳定时底部污泥收集浓缩效果变好,底部污泥浓度会增大到30 000~40 000 mg/L。底部污泥浓度增大,使污泥回流比不变的情况下回流污泥投加量变大,原水脱稳且絮凝效果变好,出水浊度随之变小。底部污泥浓度的增大引起的回流污泥投加量变大以至混合池SS的升高是导致出水浊度变小的真正原因。同时,底部污泥浓度的变化随着外界条件的变化其反应较为缓慢,工况改变运行12 h稳定后底部污泥浓度才

解决城市用水高峰时供需矛盾的技术途径探讨

何际跃¹ 陈永青² 李 丽¹

(1 广西工业设计院, 南宁 530022; 2 广西华蓝设计(集团)有限公司, 南宁 530011)

摘要 解决城市用水高峰时用水供需矛盾,除了提高给水厂的生产能力与管网的输水及调节能力外,还可以利用城市建筑内现有的数百甚至数千座生活水池,充分发挥其调节功能。具体可通过对生活水池进水采取流量、水位控制措施,广泛使用调压节流装置均衡管网末端用户用水流量,来达到均衡管网高峰用水量,满足高峰期城市生活用水要求。

关键词 城市给水管网 调节能力 储水池 流量 水位 调压节流

0 前言

引起城市给水管网供需紧张主要有以下两方面的原因:首先是城市给水的总供给量小于总需求量,城市给水厂生产能力的提升速度跟不上城市规模的扩张步伐,或者是给水厂建成若干年后,在用水高峰特别是夏季时可能会出现供需紧张的状况。但实际上这种情况不多,因为城市给水厂的数量、规模及生产能力是经过多方规划论证确定,留有一定的发展余地并提前实施建设;其次,虽然城市给水的总供给量大于总需求量,但在夏季用水高峰时由于管网设施能力跟不上,或者二次加压泵站加压能力及管网输水调节能力不足等,都将导致供需紧张,这种情况

则较为普遍。

为了缓解或解决供需矛盾,各地通常采取以下几种办法:新建及扩建给水厂,提高生产能力;扩展及改造城市给水管网,提高输水能力和调节能力,以及减少管网漏失水量;限制企业使用高耗水耗能生产设备,提倡使用节水节能生产设备;在广大住户中推广使用节水型卫生给水设备;提高用水付费标准,采取经济手段间接限制用水量;持续大力宣传提倡节约用水,增强节约用水观念等。无疑,采取上述办法是可行的、有效的。

理论上说,通过加大水厂与管网的供水能力是可以解决供需矛盾的。除采取上述办法外,本文从

开始有明显变化。因此,图 9 中规律均在改变工况 12 h 后才反映出来。

由于 PAM 单体丙烯酰胺对人体健康不利,实际生产运行中不建议采用提高 PAM 投加量的方式来提高底部污泥浓度。嘉兴石臼漾水厂中置式高密度沉淀池中投加 PAM 0.12 mg/L 即可满足生产需要。

中置式高密度沉淀池实际运行采用 PAM 两点投加方式,第一点投加至回流污泥中,改善回流污泥性能的同时进入混合池与原水、混凝剂完全混合;第二点在混合后期絮凝阶段前投加,利用 PAM 高分子絮凝剂较好的吸附架桥功能,使已脱稳的凝聚颗粒迅速形成大的絮体,实现固液分离。实际运行过程中采用小试研究结论,两点投加比例设为 1:1,目前运行效果较好。

3 结论

(1) 小试研究表明回流污泥投加显著提高了原水的脱稳效果和颗粒絮凝效果,降低上清液浊度;混凝剂投加量大小对浊度去除的影响较大;PAM 的投加改善了上清液出水浊度,但影响并不大。

(2) 生产性试验研究表明,实际生产运行中可灵活地利用回流污泥来提高絮凝效果,在一定范围内回流污泥投加量越大,絮凝效果越好,出水浊度越低,试验证明新型中置式高密度沉淀池具有优良絮凝效果的混合池 SS 在 800~1 200 mg/L 范围之内;同时,污泥回流比大小控制在 0.03~0.045 范围内比较合适。

(3) 中置式高密度沉淀池随着混凝剂投加量的增大,出水浊度逐渐降低。同时,不同的回流污泥投加量条件下,混凝剂投加对沉淀池出水浊度的影响

给水排水专业的角度出发,力图通过一些简单易行的技术措施,达到缓解与改善城市给水管网供需矛盾、提高城市给水管网调节能力的目的。

1 现状与问题

城市给水厂的建设规模以其最高日用水量作为设计依据,事实上总供水能力明显超过最高日用水量的城市不在少数,但仍然感到用水紧张,究其原因根本原因是给水厂的供水能力与管网的输水及调节能力不足的综合体现,仅仅依靠给水设备本身具备的功能是难以完全解决的。而提高城市给水管网自身的调节能力是解决当前城市用水供需矛盾的好办法。

在城市给水管网中遍布规模大小不一的二次增压设施,这些设施包括容量少则数十多则数百甚至上千立方米的储水池,其容量大部分(约 2/3)为消防储备用水,小部分为生活调节储备用水。以南宁市为例,目前全市自来水供水能力 114 万 m^3/d ,最高日用水量约为 85 万 m^3 ,其中生活用水占 82%,工业用水 18%,夏季白天用水高峰时各水厂需开足生产能力,其他时间则需要降低生产能力;全市自来水公司的加压站清水池总容量为 13.4 万 m^3 ,城区内(指单位及小区)储水池总容量约 12 万 m^3 (其中消防储备约 8 万 m^3 为平时不可动用,其余 4 万 m^3 为生活调节容量),二者总和 17.4 万 m^3 (不包括消防储备的 8 万 m^3)即为城市给水管网的总调节容量。

加压站清水池这部分调节容量已得到充分利用,但分散在各城区和建筑物内储水池的调节容量则基本处于闲置状态。可见,城市给水管网系统内存在着巨大的调节潜力。

一般来说,目前储水池进水基本是随用随补,其调节容量尚未被利用,调节容积仅仅作作为事故时段内的生活储备,是一种很大的浪费。这种随用随补的进水方式,既不能使水池的进水错开城市用水的高峰时段以降低高峰用水时对城市供水的压力,也不能充分利用水池的调节容积,是一种落后的进水方式。

一方面是城市给水管网的调节能力不足,另一方面是大量的储水池调节容量处于闲置未利用状态,理论上不能说管网的现状是合理的。以南宁市为例,若能充分利用管网中的生活用水调节容量,就可以得到一个相当于生产能力 4 万 m^3/d 的水厂。

2 提高城市给水管网调节能力

从以上的讨论可知,解决高峰用水时的供需矛盾除了加大水厂与管网的供水能力外,一方面在于充分利用管网内的调节水池容积以满足高峰用水时的需要;另一方面需要改善随用随补的进水方式以使得管网内调节水池的进水与高峰用水时段错开,不发生水池与用户“抢水”的现象。为了达到以上目的,提出以下几项技术措施。

表现出不同特性,污泥投加量较低时混凝剂投加量对出水浊度的影响程度远远大于回流污泥投加量较高时混凝剂投加对出水浊度的影响。

(4) 实际生产运行过程中增大 PAM 投加量对直接提高中置式高密度沉淀池的絮凝效果以至降低出水浊度的贡献不明显,PAM 投加量的增大使工况运行稳定时底部污泥收集浓缩效果变好,回流污泥浓度增大,最终引起污泥投加量变大是导致出水浊度变小的原因。

参考文献

- 1 Christain D, Boniface K, Raymond D. Laboratory study of ballasted flocculation. *Wat Res*, 2002, 36(3): 744 ~ 754
- 2 Jimenez B, Chavez A, Hernandez C. Alternative treatment for wastewater destined for agricultural use. *Wat Sci Tech*, 1999, 40(4): 355 ~ 362

- 3 Victoria P, Claus P D, Leif B, et al. The actiflo method. *Wat Sci Tech*, 1998, 37(1): 269 ~ 275
- 4 许嘉炯,雷挺,沈裘昌,等. 嘉兴石臼漾水厂扩容工程的设计和调试运行. *给水排水*, 2006, 32(5): 1 ~ 4
- 5 Carlos N, Luis M S, Elena F, et al. Polyacrylamide induced flocculation of a cement suspension. *Chemical Engineering Science*, 2006, 61(8): 2522 ~ 2532
- 6 Angus M, Kristen B, Jonas A M. Improved dewatering behavior of clay minerals dispersions via interfacial chemistry and particle interactions optimization. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2006, 293(1): 116 ~ 127

2 通讯处:200092 上海市政工程设计研究总院第一设计研究院

电话:(021)51298239

E-mail:rui.m_gp1@smedi.com

收稿日期:2007-04-10

修回日期:2007-05-16