

# 月浦水厂排泥水浓缩处理工艺初步研究

王 劲 许建华

**提要** 对上海市月浦水厂的沉淀池排泥水进行浓缩工艺研究,旨在为今后建设给水厂排泥水浓缩处理设施提供设计和运行的必要基础资料。试验结果表明,斜板浓缩池对给水厂排泥水可以产生良好的浓缩效果。浓缩后的泥水含固率 $>3\%$ ,上清液 $SS < 150\text{ mg/L}$ 。

**关键词** 给水厂 排泥水 浓缩 斜板浓缩池 含固率 上清液

从江河、湖泊或水库等地表水源取水的给水厂经过传统的混凝、沉淀、消毒等工艺处理后,在生产出符合生活饮用水卫生标准的净化水的同时,也产生了大量的沉淀池或澄清池排泥水和滤池反冲洗废水。这些废水包含大量的泥沙和混凝剂,如果水源受到污染,这些废水中还可能含有大量的有机物以及藻类等。如果这些废水不经处理直接排放水体,不仅会对水环境造成很大威胁,而且对给水厂来说也是一个巨大的资源浪费。随着人们环保意识和节水意识的日益增强,世界各国已经陆续开始治理给水厂产生的废水,我国也已经在20世纪80年代末期开始了排泥水治理方面的研究,但还没有取得令人满意的结果。另一方面,随着国家对排入水体的水质指标要求越来越严格,今后一段时间,我国近2800个城市给水厂中不少将陆续建设排泥水处理工程,这将是涉及上千亿元巨额基建投资能否合理使用、能否实现预期工程效益和环境效益的重大现实问题。所以关于给水厂排泥水处理设施的设计和运行管理工作也就成为迫切需要解决的问题。

保证为脱水机提供足够容量和浓度的污泥。国内设计中未予考虑。长期运行中发现,由于脱水机进泥压力是一个由大到小变化的过程,而浓缩污泥浓度较高,流动性差,池底积泥不均匀,在污泥抽吸过程中,经常会有污水清液进入,依靠泵的直接抽吸很难保证污泥的浓度和容量,从而造成制泥班次成倍增加,降低了工作效率。应尽快补充这一设备。

前面试验分析过污泥脱水滤出液中高分子有机物单体浓度可以满足生活饮用水要求,今后还要从生产厂家入手,进一步分析其毒理性,以尽快实现滤

排泥水浓缩的目的,是为了提高泥水的含固率,缩小泥水的体积,从而减轻后续泥水处理的工作量,使各种污泥脱水机械的脱水效率能得到最大限度的发挥,并且对脱水过程起调节作用。所以,浓缩池的设计建造非常重要,其底流泥水的浓度将直接影响后续的污泥脱水的效果。为此,笔者分别在2002年2~4月和7~9月对上海市月浦水厂的沉淀池排泥水进行了动态的斜板浓缩池模拟试验和1000 mL量筒的静态沉降试验,期望对给水厂的排泥水的浓缩工艺有一个初步的认识。

## 1 试验装置与试验方法

### 1.1 试验装置与流程

试验流程为:沉淀池排泥水经排泥槽由一级泵抽入排泥水调节池,然后再由二级泵打入斜板浓缩池,清液由上部集水槽收集,浓缩泥水则由池底的排泥管排放,见图1。

排泥水调节池为两个长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=2.8\text{ m} \times 2.8\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的矩形钢制水池,有效水深1.8 m,其作用是对进入斜板浓缩池的排泥水进行水质、水量

出液回收利用,更有效地节约有限的水资源。

污泥处理运行管理的重心在于针对不同水质变化,找出最佳的运行模式、运行参数;更重要的是尽可能从开始阶段稠化污泥浓度,切实做到污泥减量增稠,从而降低各个处理环节的成本。

作者通讯处:100031 北京市自来水集团有限责任公司  
规划发展部

电话:(010)66419567

E-mail:veilt\_public3\_bta.net.cn

修回日期:2003-4-3

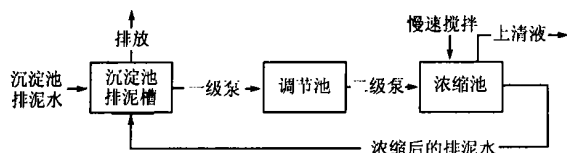


图1 排泥水浓缩试验工艺流程

的调节,使进入浓缩池的泥水浓度趋于均匀。浓缩池容积  $43.9 \text{ m}^3$ ,其中斜板区  $26 \text{ m}^3$ ,浓缩区  $17.9 \text{ m}^3$ 。设两排不锈钢斜板,斜板长  $L = 2.7 \text{ m}$ ,宽  $B = 0.75 \text{ m}$ ,高  $H = 2.3 \text{ m}$ ,安装倾角  $\alpha = 59^\circ$ ,浓缩池表面积  $6.9 \text{ m}^2$ 。泥水从斜板区下部分三股流量侧向流入,会合后沿斜板向上流动,上清液从溢流堰排出,浓缩泥水则沉入下部浓缩区从池底排出。浓缩区安装有变频调速刮泥搅拌机一台。浓缩池示意图见图2。

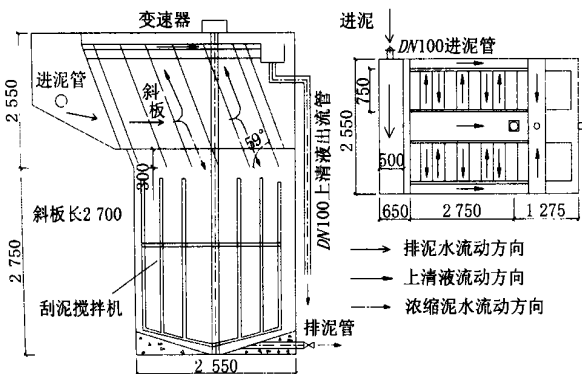


图2 浓缩池示意

## 1.2 水质分析

每次取样测定的指标有进入浓缩池的泥水含固率、流量、排出浓缩池的浓缩泥水含固率、流量以及上清液浊度与SS,每天测定的项目为沿浓缩池高度方向上各采样口的泥水含固率和水温。试验前期还要做不同含固率的排泥水在  $1000 \text{ mL}$  量筒中的静态沉降曲线,以及测定不同季节污泥的化学组分和粒径分布等。

## 1.3 试验方法

本次试验旨在摸索斜板浓缩池的最佳运行工况。因此,我们根据斜板间距的不同以及搅拌桨转速的不同把浓缩池的工况分为7种情况,分别测定各项参数,分析浓缩池的浓缩效果。这7种工况为:

斜板间距  $6 \text{ cm}$ ,搅拌机转速  $0.014 \text{ r/s}$ ; 斜板间距  $6 \text{ cm}$ ,搅拌机转速  $0.025 \text{ r/s}$ ; 斜板间距  $6 \text{ cm}$ ,搅拌机转速  $0.031 \text{ r/s}$ ; 斜板间距  $6 \text{ cm}$ ,搅拌机转速

$0.037 \text{ r/s}$ ; 斜板间距  $12 \text{ cm}$ ,搅拌机转速  $0.025 \text{ r/s}$ ;

斜板间距  $18 \text{ cm}$ ,搅拌机转速  $0.025 \text{ r/s}$ ; 无斜板,搅拌机转速  $0.025 \text{ r/s}$ 。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 沉淀池排泥水水质特性

#### 2.1.1 沉淀池排泥水含固率分布

从2月底至4月底进行了间歇性试验,而从7月初至9月初连续进行试验,因此整个试验过程大致涵盖了水厂一年中主要的水质变化情况。经过对大量的试验数据进行分析发现,沉淀池排泥水的含固率在  $0.1\% \sim 4.5\%$  的范围内变化,如图3所示,其中含固率在  $1\%$  以下的样品达到了总量的  $76\%$ ,而含固率在  $1\% \sim 2\%$  的样品数量也达到了总数的  $18\%$ ,所以排泥水的污泥含固率可以认为在  $0.1\% \sim 2\%$  的范围内变化,这与国外的观测结果很吻合<sup>[1]</sup>。

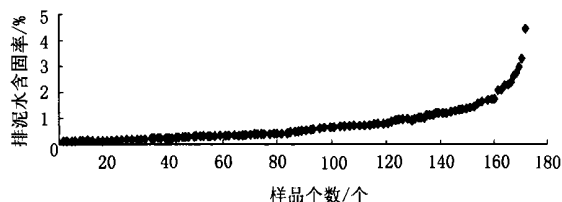


图3 沉淀池排泥水含固率分布

#### 2.1.2 沉淀池排泥水中颗粒的物理化学组成

给水厂的排泥水与污水处理厂的污泥成分差别很大,因此相应的污泥浓缩性能可能相差也很大。本次试验分别在3月份和8月份对沉淀池的排泥水的颗粒组成做了测试,如表1所示。可见,沉淀池排泥水中无机成分占很大比例,其中还含有很多密度接近于水密度的铁、铝氢氧化物的污泥,据报道这些污泥比较难于浓缩和脱水<sup>[2]</sup>。

表1 排泥水颗粒组成

成份	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	烧失量	$\text{CaO}$	$\text{SiO}_2$	$\text{MgO}$	其它
时期	/ %	/ %	/ %	/ %	/ %	/ %	/ %	/ %
3月	25.28	7.56	2.40	15.02	1.55	43.32	3.52	1.35
8月	18.58	5.88	3.89	17.86	1.87	47.87	2.39	1.67

#### 2.1.3 沉淀池排泥水中颗粒的粒径分布

Lapple<sup>[3]</sup>, Karr 和 Keinath 以及其他一些人认为污泥颗粒的尺寸大小也是影响污泥的浓缩脱水性能的一个重要指标。污泥颗粒的大小与污泥颗粒之间的相互作用力大小,污泥颗粒的表面效应等都有

密切的关系。图4为月浦水厂沉淀池排泥水污泥颗粒的粒径分布。

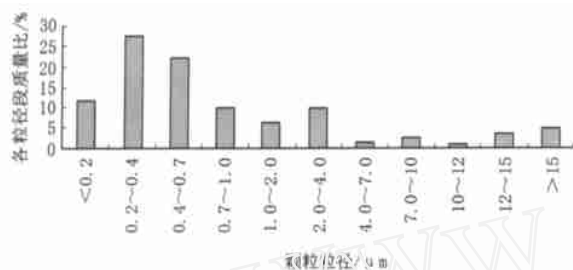


图4 月浦水厂排泥水污泥颗粒粒径分布

由图4可以清楚地看到,该水厂污泥颗粒粒径很小,粒径在 $5\mu\text{m}$ 以下的颗粒重量大约占所有颗粒重量的88%。污泥颗粒越小,它粘附的结合水相对就越多,密度就小,所以其沉降浓缩性能就差。

## 2.2 沉淀池排泥水的静态沉降试验结果

图5为用1000 mL量筒所做的沉淀池排泥水静态沉降特性曲线。可以看出,排泥水污泥在静态沉降过程中,浑液面沉降速率随时间的增长不断减小,而且不同含固率污泥的沉降特性明显不同。含固率较低时,初始阶段污泥能够很快形成沉降面,沉降迅速,很快到达压密点,而且在压密点附近沉降曲线明显转折。随着排泥水含固率的增高,污泥形成沉降面的时间相应延长,初始阶段的等速沉降过程也不明显,而且污泥界面的下沉速率越来越慢,历时曲线逐步趋于平缓,压密点不明显。出现这些情况的原因可能是:低含固率时,泥水中颗粒发生干扰群体沉降。其沉降规律为,一开始由于颗粒的自絮凝作用,絮体颗粒增大,使沉速加快。但同时由于相对上升水流流速的增加,下沉颗粒所受的阻力也相应增大,很快达到一个受力平衡状况。这时,浑液面即进入等速沉降阶段。随着沉降的进行,沿颗粒沉降方向上,泥水中颗粒浓度越来越大,颗粒将进行整体压缩沉降。此时,泥水絮体颗粒进一步靠近与互相接触,颗粒间分子力作用更为明显与强化。絮团的网状结构很快出现并将在较短的时间内形成网状整体。同时,由于水体内部切应力的急剧加大,絮体颗粒的相对运动逐渐变弱甚至消失,以至使各种大小不同的颗粒以整体形式下沉,这时不存在颗粒的分选和相对运动。外观表现就是浑液面沉速更进一步减小。

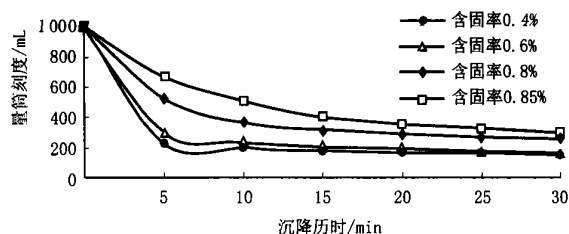


图5 不同含固率的排泥水浑液面静态沉降特性曲线

## 2.3 沉淀池排泥水的斜板浓缩池试验结果

### 2.3.1 相同斜板间距不同搅拌机转速条件下浓缩池的运行状况

限于本次试验时间欠充分,关于不同搅拌机转速条件下的斜板浓缩池工况只做了在斜板间距为6 cm一种条件下的试验。图6~图9分别为搅拌机转速为:0.014 r/s,0.025 r/s,0.031 r/s和0.037 r/s条件下斜板浓缩池的运行情况。

由图6~图9可以看出在相同的斜板间距条件下,随着搅拌机转速的不同,浓缩池的运行稳定性相差显著。搅拌机转速为0.014 r/s,相应搅拌桨外缘线速度为1.8 cm/s时,浓缩池可以得到 $15\text{ m}^3/\text{h}$ 的

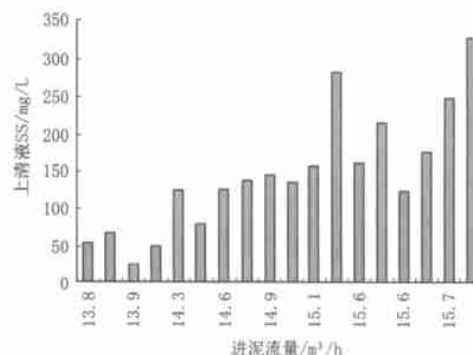


图6 搅拌机转速0.014 r/s时浓缩池运行情况

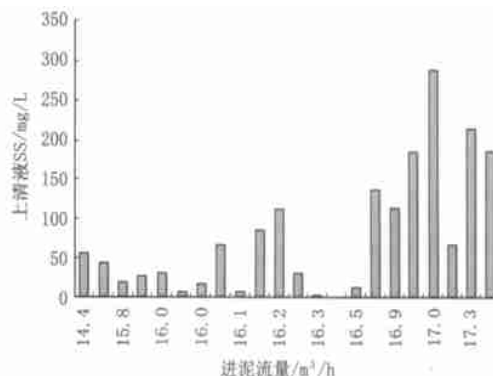


图7 搅拌机转速0.025 r/s时浓缩池运行情况

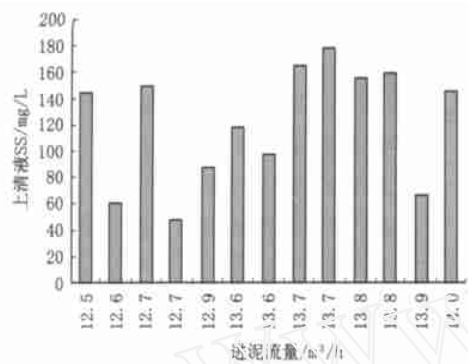


图8 搅拌机转速 0.031 r/s 时浓缩池运行情况

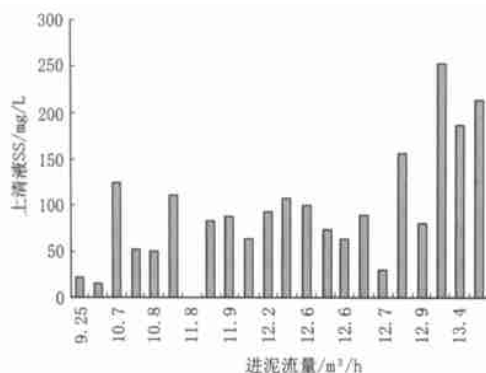


图9 搅拌机转速 0.037 r/s 时浓缩池运行情况

处理量,其表面负荷可以达到  $2.17 \text{ m}^3/\text{h}$ ,而且出泥含固率  $> 3\%$ ,上清液  $\text{SS} < 150 \text{ mg/L}$ ;当搅拌机转速为  $0.025 \text{ r/s}$ ,相应搅拌桨外缘线速度为  $3.13 \text{ cm/s}$  时,浓缩池稳定地可以得到接近  $17 \text{ m}^3/\text{h}$  的污泥处理量,此时,表面负荷为  $2.26 \text{ m}^3/\text{h}$ ;当搅拌机转速为  $0.031 \text{ r/s}$ ,相应搅拌桨外缘线速度为  $3.89 \text{ cm/s}$  时,浓缩池能够稳定处理的污泥量只有  $13.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,表面负荷降到不足  $1.96 \text{ m}^3/\text{h}$ ;当搅拌机转速进一步加快为  $0.037 \text{ r/s}$ ,相应搅拌桨外缘线速度为  $4.67 \text{ cm/s}$  时,浓缩池能够稳定处理的污泥量更是下降到不足  $13 \text{ m}^3/\text{h}$ ,此时,表面负荷只有不到  $1.88 \text{ m}^3/\text{h}$ 。由此可以看出,在一定的范围内,慢速搅拌对于加快污泥的浓缩是有帮助的。然而搅拌速度过快可能破坏污泥絮体的稳定性,不利于污泥浓缩,搅拌速度过慢,则絮体过于密集,不利于絮体间的自由水排出,同样可以造成污泥浓缩困难。具体对污泥施与多大速率的搅拌才有利于污泥的浓缩,这是一个还有待研究的问题。有人认为<sup>[4]</sup>浓缩池搅拌桨外缘线速度不大于  $1.0 \text{ cm/s}$ ,才有利于污泥的浓缩。笔者认为根据

不同污泥的物理化学性质、絮体密度以及颗粒尺寸等因素的差异,希望通过慢速搅拌强化污泥浓缩,不同的污泥应有不同的有效搅拌速率。

### 2.3.2 相同搅拌机转速不同斜板间距条件下浓缩池的运行状况

试验过程中发现在斜板间距为  $6 \text{ cm}$ ,搅拌机转速维持在  $0.025 \text{ r/s}$  时,亦即搅拌桨外缘线速度在  $3.13 \text{ cm/s}$  时,浓缩池可以得到比较良好的运行效果。因此,在改变斜板间距调整浓缩池工况时,仍维持搅拌机转速为  $0.025 \text{ r/s}$ 。本次试验改变斜板间距的四种工况分别是:斜板间距  $6 \text{ cm}$ ,斜板间距  $12 \text{ cm}$ ,斜板间距  $18 \text{ cm}$ ,无斜板。图 10~图 13 分别为这四种工况条件下浓缩池的运行情况。

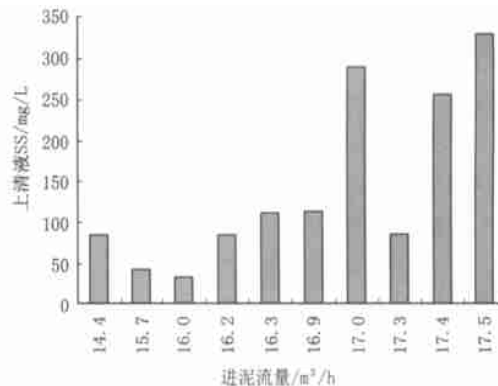


图10 斜板间距 6 cm 时浓缩池运行情况

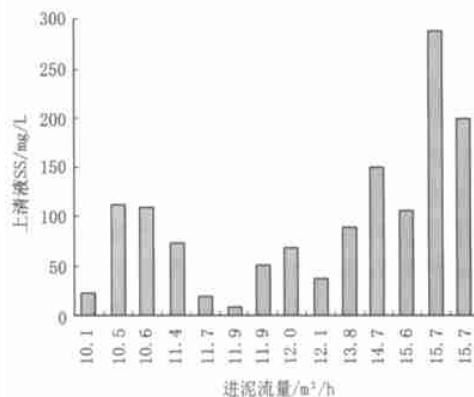


图11 斜板间距 12 cm 时浓缩池运行情况

由图 10~图 13 可以看出:斜板间距越小,浓缩池的效率越高。不设斜板时,浓缩池可以稳定地处理  $9.5 \text{ m}^3/\text{h}$  的泥水,此时的表面负荷为  $1.38 \text{ m}^3/\text{h}$ ;当浓缩池布设斜板,且斜板间距为  $18 \text{ cm}$  时,浓缩池的效率明显提高,可以处理大约  $14 \text{ m}^3/\text{h}$  的泥水,表

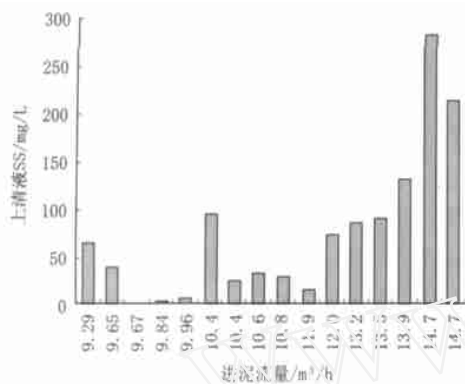


图 12 斜板间距 18 cm 时浓缩池运行情况

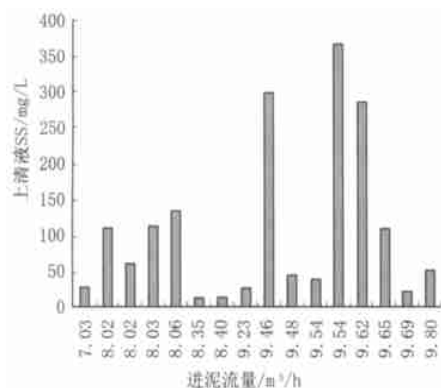


图 13 无斜板时浓缩池运行情况

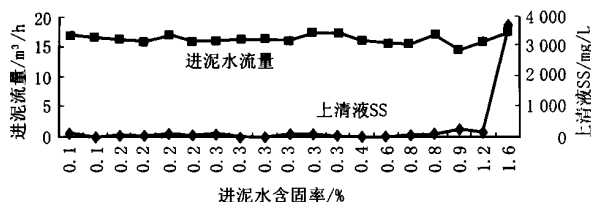


图 14 不同进泥含固率条件下浓缩池运行情况

面负荷也提高到 2.03 m<sup>3</sup>/h,比没有斜板时效率提高了 47%;当斜板间距为 12 cm 时,浓缩池大约能稳定地处理 15 m<sup>3</sup>/h 泥水,相应的表面负荷为 2.17 m<sup>3</sup>/h,又比斜板间距为 18 cm 时效率提高了 7%;而当斜板间距为 6 cm 时,浓缩池大约可以稳定地处理 17 m<sup>3</sup>/h 的泥水,其表面负荷达到 2.46 m<sup>3</sup>/h,比斜板间距为 12 cm 时效率提高了 12%,比没有斜板时效率更是提高了将近 80%。

### 2.3.3 不同初始含固率的污泥浓缩效果

浓缩池的运行效果除与斜板间距、搅拌机转速、浓缩池负荷、泥水本身的物理化学性质有关以外,还与进入浓缩池的泥水含固率有密切关系。图 14 为

不同初始泥水含固率条件下浓缩池的运行情况。

由图 14 可以发现排泥水含固率在 1.2% 以下时,污泥的浓缩脱水性能基本相似,当排泥水含固率大于 1.2% 时,在相似的进泥流量条件下,浓缩池上清液明显变混浊。为了使浓缩池一直处于高效稳定的状态下运行,在对排泥水进行浓缩之前,对排泥水进行水质水量的调节是至关重要的。

### 3 结论

斜板浓缩池处理给水厂排泥水能够取得很好的浓缩效果,对与月浦水厂原水水质相同或相近的水源,作为其原水的给水厂,它的排泥水浓缩应有如下特征:

(1) 斜板间距是斜板浓缩池的一个重要的设计参数,试验表明斜板间距越小,浓缩池的浓缩效果越好。当斜板间距为 6 cm 时,浓缩池表面负荷可以达到 2.46 m<sup>3</sup>/h,分别比斜板间距为 12 cm 时的表面负荷 2.17 m<sup>3</sup>/h 提高了 13.3%,比斜板间距为 18 cm 时的表面负荷 2.03 m<sup>3</sup>/h 提高了 21.4%,更是比没有斜板时的表面负荷 1.38 m<sup>3</sup>/h 提高了 78.9%。

(2) 慢速搅拌对排泥水浓缩具有促进作用,不同性质的泥水,应充分考虑它的特性,采取适当的搅拌速率。由于影响慢速搅拌的因素还有很多,如搅拌桨半径的大小,因此,单纯以搅拌桨转速作为控制慢速搅拌的指标,似乎还不太能令人信服。

(3) 进入浓缩池的排泥水水质的均匀性对浓缩池高效稳定的运行具有非常重要的影响,因此,在浓缩池之前应设置排泥水调节池,对排泥水水质水量进行平衡调节。

### 参考文献

- 1 Water and Wastewater Technology, 1975:269
- 2 Phillip L. Thompson. Dewaterability of alum and ferric coagulation sludges. AWWA, 1998, 90(4)
- 3 Lapple C E. Particle-size analysis and analyzers. Chem Engr, 1968, 75(11):149.
- 4 谢志平. 给水厂的污水及污泥处理. 合肥:安徽科学技术出版社, 1988

作者通讯处:200433 上海市同济大学沪东校区 0169 信箱  
电话:(021)65901134  
E-mail:wangjin\_78@sina.com  
收稿日期:2003-3-17

## ABSTRACTS

**Sludge Disposal at the 9th Waterworks in Beijing** ..... Tao Jun (1)

**Abstract :** In this paper the sludge treatment process at the 9th Waterworks in Beijing, including the bench scale and pilot plant experiments and full-scale operation, was presented. The operation data proved the results of the experiments. In Dec. 2002, the average treated sludge was 17 822 cubic meters per day, with recycled supernatant fluid 15 848 cubic meters per day, which could save water resource expenses 16.18 RMB per thousand cubic meters of water, at the same time the sludge treatment expense was 5.26 RMB per thousand cubic meters of water.

**Study on Sludge Water Thickening at Yuepu Waterworks in Shanghai** ..... Wang Jin et al (6)

**Abstract :** In order to get fundamental information for design and management of sludge water thickening unit in waterworks, some experiments on sludge water thickening at sedimentation tanks were conducted at Yuepu Waterworks in Shanghai. According to the experiments, the Lamella thickener can get good effects on the sludge water thickening in waterworks. The solid content in the sludge after thickening is higher than 3% and the suspended solid (SS) in supernatant is lower than 150 mg/L.

**Optimizing of Water Quality Monitoring and Removal of Pathogenic Protozoa in Waterworks** ..... Yang Yanling et al (22)

**Abstract :** It is pointed out that there is a special important effect of filtration process on virus inactivation and pathogenic protozoan removal to ensure the hygienic safety of drinking water, and that it is more effective to apply the particle counting and monitoring techniques to monitor and control the quality of filtered water because of the unreliability of specified microbial monitoring and turbidity monitoring methods with filtered water. The removal efficiency of the particles, which sizes are equal to pathogenic protozoan, is increased with enhanced coagulation and addition of polymer filtration aid to improve hygienic safety of filtered water. The microbiological safety of filtered water can be improved by discharging initial filtered water and recovering backwash water after coagulation and sedimentation pretreatment.

**New Way of Wastewater Resourced** ..... Hao Xiaodi et al (27)

**Abstract :** Modern membrane separation technology can filtrate bacteria and viruses completely and most of nutrients in permeate will be conserved. So the filtered water is actually a nutrient liquid for crop growth. As a new pathway of wastewater resourced, direct reuse of membrane filtrated raw wastewater is introduced for its idea, international research updating and enlightenment in resolving China's water environmental problems.

**Advanced Wastewater Treatment and Sustainable Utilization of Water Resources** ..... Zhang Jie et al (29)

**Abstract :** The connotation and development of advanced wastewater treatment (AWT) are presented in historic and recent aspects. It is believed that broad promotion of AWT will be essential. The water renovation might be not only significant for additional health urban water source, but also foresighted to establish a society on circulating bases. And it might be important fundament of sustainable utilization of water resources.

**Experimental Research on Treatment of Domestic Wastewater by Pressurized Bio Contact Oxidation Process**

..... Wu Huiying et al (36)

**Abstract :** The pressure biological contact oxidation process (PBCO) can effectively increase the pollutant removal efficiency by simple pressurized way. Experimental research was conducted for domestic wastewater treatment under condition of pressure 0.2 MPa, retention time 0.8 hour and air/wastewater ratio 3~4. The results show that the major pollutant residues such as COD, BOD and SS in effluent were very low, and quite good to meet the requirement of grade I in the national wastewater discharge standards. Comparing with atmospheric process, the removal efficiency rises 10%~18%, and the retention time reduced to only 1/3~1/4 of the former. The PBCO has advantages of high treatment efficiency, low retention time and smaller space demand. And it is very suitable and compatible for the wastewater treatment of residential quarters or small townships.

**Treatment of Printing-Dyeing Wastewater by Biological Micro-Electrolysis and High Performance**

**Contact Oxidation Process** ..... Gong Liwen et al (45)

**Abstract :** The composed process of biological micro-electrolysis and high performance contact oxidation is applied to treat printing-dyeing wastewater. The facility is simple in structure and has a great deal of advantages such as well suited biological layer growth, free of chemical dosage, low sludge yield, stable treatment and low operation expenses.