

平流式沉淀池排泥智能化控制的生产性应用研究

徐鸿凯¹, 顾振国¹, 鲍士荣², 高乃云³, 钱莉莉¹

(1. 上海市杨树浦水厂, 上海 200082; 2. 上海市自来水市北有限公司, 上海 200086;
3. 同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要 论文将虹吸排泥改进为泵吸智能化排泥, 并且通过在线质量流量仪的污泥读数控制排泥泵的运行, 可节约排泥水量 84 %, 降低沉淀池排泥能耗约 72 %, 同时解决了沉淀池排泥管道易阻塞及排泥自动化的难题。
关键词 污泥读数 悬浮性固体 智能化排泥 干污泥量 质量流量仪
中图分类号: TU991 **文献标识码**: A **文章编号**: 1009-0177(2008)05-0069-05

Full-scale Application Research on Intellectualized Sludge Discharge in the Horizontal Flow Sedimentation Basin

XU Hong-kai¹, GU Zhen-guo¹, BAO Shi-rong², GAO Nai-yun³, QIAN Li-li¹

(1. Shanghai Yangshupu Water Plant, Shanghai 200082, China; 2. Shanghai Waterworks Shibei Co.Ltd, Shanghai 200086, China;
3. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract An intellectualized sludge discharge method was proposed in this article to substitute pump discharge for siphon discharge. The discharge pump was controlled by reading the online sludge mass flow meter. The experimental results showed that the water treatment plant could reduce the discharge flow by 84 %, save energy by 72 %, and insure the sedimentation maintain functioning.
Key words sludge reading suspended solids intellectualized sludge discharge the dry sludge the mass flow meter

平流式沉淀池是我国自来水厂广泛采用的一种水处理设施, 排泥效果直接影响其出水水质。当排泥不畅、池底泥渣淤积过多时, 沉淀池水力停留时间缩短、水平流速增加、出水水质变差; 当排泥水含泥率过低时, 将造成水量、电能的浪费, 同时增加附近河道或者后续污泥处理工艺的负担。研究发现, 以铝盐作为混凝剂的废水中氢氧化铝浓度的增加会导致底栖生物死亡率升高; 而废水的污泥沉积作用则会造成水体中某些鱼类食物短缺, 影响鱼卵的成活率^[1,2]。此外, 废水中还存在许多其他的污染物, 如有机物、重金属离子、砷、氟、硝酸根和放射性物质等, 也会对

水环境质量产生影响, 造成江河上、下游及不同区域之间形成“先排出, 后吸入”的恶性循环^[3]。因此, 在满足沉淀池正常运行的前提下, 优化沉淀池排泥方式, 增加排泥浓度、减少排泥水量具有重要的意义。本文以某水厂中的一座平流式沉淀池排泥系统的改造为例, 对平流式沉淀池排泥的优化方式进行了探讨。

1 改造前平流式沉淀池简介

1.1 沉淀池基本工艺参数
沉淀池基本工艺参数见表 1。

表 1 沉淀池基本参数表

Tab.1 The basic parameters of the horizontal flow sedimentation basin

设备名称	沉淀池类型	格数/格	单格平面尺寸 L×B/m	池深/m	制水能力/(m ³ ·h ⁻¹)	反应时间/min	沉淀时间/h
5# 沉淀池	平流式	2	95×20	4.65	7 000	28	1.48

[收稿日期] 2008-05-05
[作者简介] 徐鸿凯 (1975-), 男, 学士, 工程师, 从事净水工艺研究。电话: 13917662276; E-mail: keven091110@sina.com。
[通讯作者] 高乃云, 电话: 65982691; E-mail: gao_naiyun@sina.com。

1.2 沉淀池进、出水浊度

沉淀池进、出水浊度见表 2。

表 2 2007 年沉淀池进、出水浑浊度

Tab.2 Turbidity in influent and effluent of the sedimentation basin in 2007

2007年	沉淀池进水浑浊度/NTU			沉淀池出水浑浊度/NTU
	最高	最低	平均	
1月	120	21	34	0.8~1.2
2月	35	14	26	
3月	39	13	23	
4月	47	10	19	
5月	79	9	21	
6月	33	8	15	
7月	17	4	9	
8月	21	16	19	
9月	63	8	29	
10月	91	18	31	
11月	42	3	15	
12月	29	14	20	
平均	51	12	22	1

1.3 原排泥系统及存在问题

(1) 原排泥系统

沉淀池采用机械排泥设备, 不设泥斗。排泥模式采用虹吸排泥, 每格沉淀池各安装一台虹吸式排泥机(分别称为 1# 与 2#), 排泥机上均布虹吸排泥管。排泥机行走速度为 1 m/s, 每日排泥时间约 9 h。

(2) 存在问题

由于虹吸管道众多, 而利用压力水注入虹吸管驱气引水以及破坏虹吸等操作需人工手动完成, 因此操作麻烦, 自动化程度低; 因管道泄漏、污泥浓度过高、或污泥中含有大粒径颗粒, 导致虹吸管道断流事件频繁发生, 造成排泥不畅; 由于缺乏监测手段, 虹吸排泥的行程只能凭经验模糊控制, 导致大部分时段排泥水含泥率过低, 含水率过高, 造成水资源的浪费。

2 排泥系统智能化控制技术改造

2.1 虹吸排泥改为泵吸排泥

在每根排泥管道上安装一台无堵塞污水泵, 增加排泥强度, 减少排泥管道断流的几率, 同时实现泵吸排泥机运行的自动化。

2.2 质量流量计的应用

实时监测泥位, 安装在线泥位计, 根据所测沉淀池泥位的高低, 自动启动及关闭排泥机械, 使排泥操作处于最佳状态。由于在沉淀池任一横剖面上各点的污泥厚度均存在差异, 通常靠近池壁处的泥位高于池中心部位, 有时甚至高出很多, 因此, 若仅安装

1 台在线泥位计无法确切反映沉淀池积泥的真实情况。当排泥机运行时, 其下部的推泥板将对原本静止的污泥产生扰动, 有可能导致泥水分界面模糊, 使得泥位计无法准确监测出真实泥位。

为更好实时监测排泥浓度, 将单管出流合并为总管出流, 并从总管末端引出一根采样管, 在采样管上安装在线污泥质量流量计。通过污泥质量流量计读数与水中悬浮固体的相关曲线, 实现排泥水浓度的实时监测, 并在积累相关数据后, 建立其与泵吸排泥机行程关系, 实现沉淀池排泥智能化控制。

在排泥机上安装反冲洗潜水泵, 当排泥机停役时, 定期通过吸取沉淀池上清液对污泥质量流量计进行反冲洗, 以防止因污泥浓度过高或污泥长期积累而堵塞采样管和污泥质量流量计。

2.3 GPS 卫星定位系统的应用

精确定位排泥机的位置, 在每台排泥机上安装 1 套 GPS 卫星定位系统。可以准确测定排泥机启动和停役时的位置, 同时为排泥方式的评估以及统计分析提供充分可靠的基础数据。

3 试验方法

3.1 质量流量计读数与排泥水中悬浮性固体(SS)关系的建立

3.1.1 排泥水的总量

用体积法确定单根管道的流量(见图 1), 进而计算出排泥水的总量。

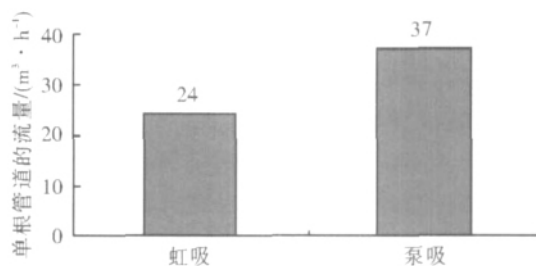


图 1 单根管道的污泥流量

Fig.1 Sludge flow in a single pipe by different sludge discharge methods

3.1.2 “污泥读数 X”与“SS”的相关性

每台质量流量计分别采集一组排泥水样, 记录相应的质量流量计读数 X, 并测定出水的 SS 值, 建立质量流量计读数与排泥水中 SS 关系(见图 2 和图 3)。1# 泵吸排泥机排泥水的 SS 与污泥关系为: $SS = -905.25 + 6970.4X$, r^2 为 0.9966; 2# 泵吸排泥机排泥水的 SS 与污泥关系为: $SS = -1047.7 + 7155.8X$, r^2 为 0.9953。

3.2 排泥水的污泥含量测定

(1) 污泥沉降试验

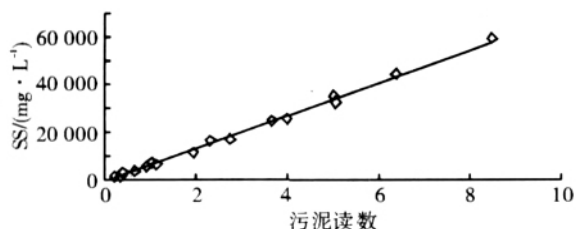


图2 1#泵吸排泥机SS与污泥读数的关系

Fig.2 SS versus sludge reading of No.1 traveling dredger

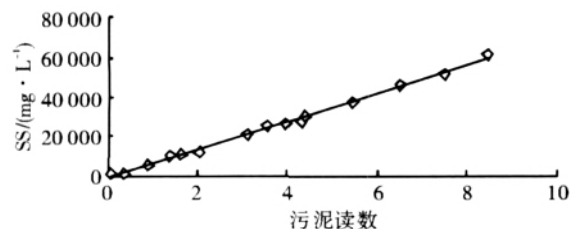


图3 2#泵吸排泥机SS与污泥读数的关系

Fig.3 SS versus sludge reading of No.2 traveling dredger

将污水样本倒入 100 mL 量筒中, 静置 20 min 后, 测其污泥含量。试验表明: 污泥读数超过“1”的水样基本无泥水分离界面; 污泥读数低于“1”的水样沉降数据见图 4。

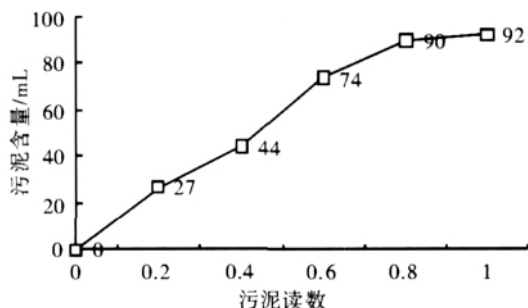


图4 污泥沉降试验

Fig.4 The test of sludge precipitation

从图 4 可知, 污泥读数低于 0.5 的污水, 其泥浆 (泥水混合物) 含量低于 50 %, 污泥含水率超过 99.75 %, 为方便泵吸排泥机的自动控制程序, 定义污泥读数低于 0.5 的污水为低浑浊度水。

进入沉淀池干污泥量和排出沉淀池干污泥量的计算公式见式(1):

$$\text{进入沉淀池干污泥量} = \int_0^T DS \times Q \times 10^{-3} dt \quad (1)$$

式中: DS 为水中干污泥含量, mg/L ; T 为两次排泥之间的间隔时间, h ; Q 为原水水量, m^3/h 。

DS 采用英国水处理研究中心提供的计算公式^[4], 见式(2):

$$DS = SS' + 0.2B + 1.53C \quad (2)$$

式中: SS' 为原水中悬浮固体量, mg/L ; B 为去除的色度, 以 10 度计; C 为投加的硫酸铝, 以氧化铝计。

SS' 采用经验公式^[5] 见式(3):

$$SS' = A \times 2.1548 - 7.2024 \quad (3)$$

式中: A 为去除的浑浊度值, NTU 。

日排出沉淀池干泥量计算见式(4):

$$\text{日干污泥排量} = \int_0^t SS \times q \times 10^{-3} dt \quad (4)$$

式中: SS 为污水中悬浮固体量, mg/L ; SS 可根据试验中污泥质量流量仪读数“ X ”计算得到; q 为污水泵总流量, m^3/h ; t 为排泥时间, h 。

5 结果与讨论

5.1 进入沉淀池和排出沉淀池污泥量对比

5.1.1 泵吸排泥机运行模式 A

泵吸排泥机从沉淀池起端出发, 至沉淀池末端, 再返回至沉淀池起端, 全程开泵运行, 历时约 2 h, 该流程的周期为 24 h。其污泥读数特性曲线也变化不大, 沉淀池污泥无累积现象 (见图 5 和图 6)。

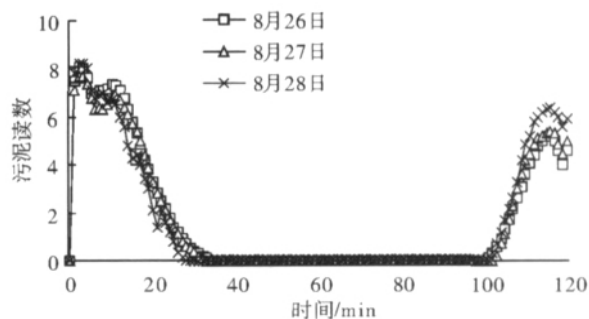


图5 1#泵吸排泥机污泥读数与泵吸排泥机行程的关系

Fig.5 Sludge reading versus routing of No.1 traveling dredger

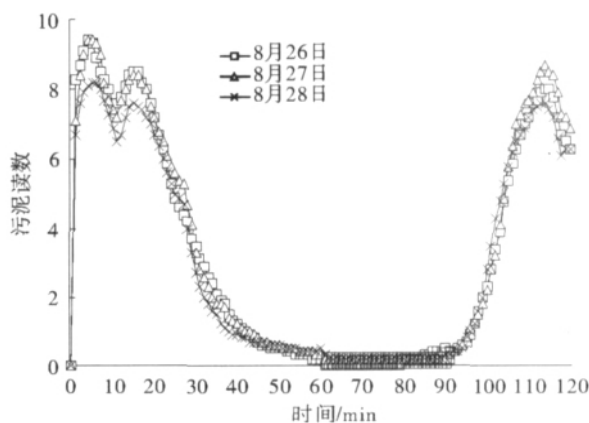


图6 2#泵吸排泥机污泥读数与泵吸排泥机行程的关系

Fig.6 Sludge reading versus routing of No.2 traveling dredger

5.1.2 沉淀池排出干污泥量计算

沉淀池两格的工艺设计与运行参数完全相同, 但排出的干污泥量相差较大 (见图 7), 表明两格沉淀池的处理水量不相同, 该沉淀池配水均匀性有待改善。

5.1.3 进入沉淀池和排出沉淀池污泥量比较

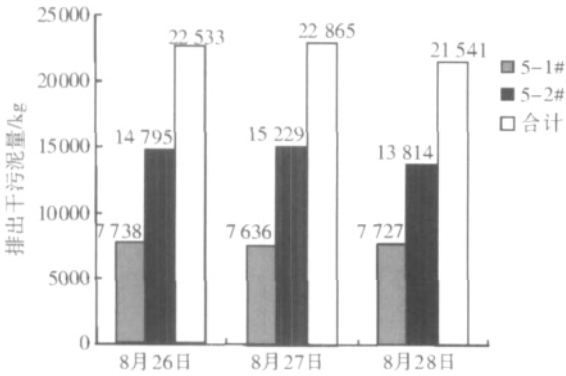


图7 沉淀池日排出干污泥量

Fig.7 Daily dry sludge discharge from the sedimentation basin

沉淀池日排干污泥量与日进干污泥量非常接近(见图8),考虑到未计入反应池3台排泥泵的排泥量,故该沉淀池实际进、排干泥量相差无几。因此,采用质量流量计进行智能控制排泥能够将当日沉淀池的进泥完全排出。

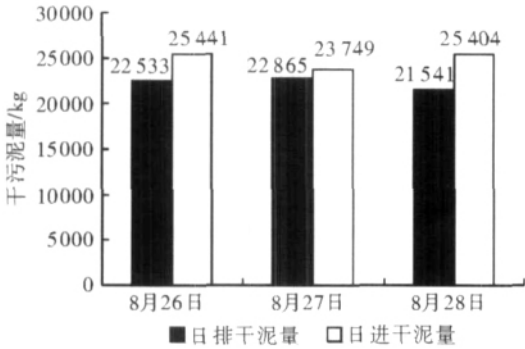


图8 沉淀池日进、排干污泥量对比

Fig.8 The comparison daily dry sludge between entry and discharge from the sedimentation basin

5.1.4 泵吸排泥机优化运行模式 B

从图5和图6可以看出,仍有较长的一段时间(50~70 min)沉淀池排泥水的污泥读数低于0.5,属于低浑浊度水,浪费了水资源。

在质量流量计进行智能控制排泥稳定运行的基础上,利用污泥读数的在线监测功能,减少低浑浊度水产生的时间,优化泵吸排泥机运行模式。即泵吸排泥机从距沉淀池起端20 m处开泵排泥,同时泵吸排泥机朝沉淀池起端方向运行,到达沉淀池起端后停留60 s,然后泵吸排泥机朝沉淀池末端方向运行,

表3 不同模式下沉淀池排泥的电耗对比

Tab.3 The comparison among different sludge discharge methods in the sedimentation basin

名称	功率/kW	虹吸式		泵吸模式 A		泵吸模式 B	
		运行时间/h	电耗/(kW·h)	运行时间/h	电耗/(kW·h)	运行时间/h	电耗/(kW·h)
泵吸排泥机	2.2	9	19.8	2	4.4	1	2.2
污水泵房排泥泵	45	5.53	248.85	1.8	81	0.9	40.5
泵吸排泥机排泥泵	31.5	0	0	2	63	1	31.5
合计	78.7		268.65		148.4		74.2

当污泥读数持续2 min 低于0.5 时, 停泵并破坏虹吸,泵吸排泥机返回距沉淀池起端20 m 处,该流程周期为24 h。

5.2 采用智能化控制排泥方式对水质的影响

在处理水量、加药量等其它条件几乎一致的前提下,采用质量流量计进行智能控制排泥的5#沉淀池的出水浑浊度略低于采用虹吸式排泥的6#沉淀池,具体指标见图9。

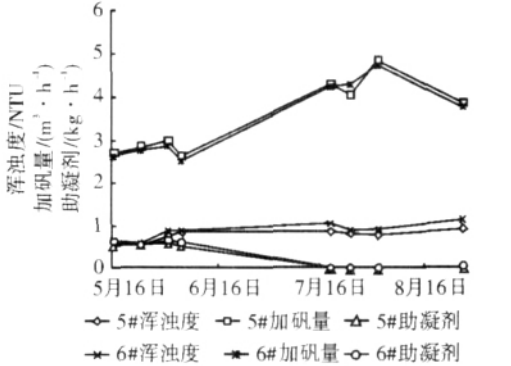


图9 分别采用新、旧两种排泥方式的沉淀池运行效果对比

Fig.9 The comparison the sedimentation effects between different sludge discharge methods

5.3 采用智能化控制排泥节水情况

采用智能化控制排泥能大幅度减少沉淀池排泥水量,与传统虹吸排泥相比,智能化排泥可节约排泥水量84 %,可节省大量的水资源、减少废水排放对水体造成的污染(见图10)。

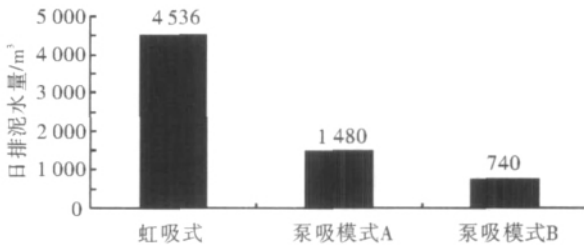


图10 日排泥水量对比

Fig.10 The comparison of daily sludge discharge among different sludge discharge methods

5.3 采用智能化控制排泥节能情况

采用智能化控制排泥能可以减少沉淀池排泥时的电耗,与传统虹吸排泥相比,智能化排泥可节约电耗72 %(见表3)。

6 结论

(1)质量流量仪的污泥读数与 SS 浓度呈线性相关,能够表征排泥水的含泥率,通过建立其与泵吸排泥机行程关系,可以实现沉淀池排泥智能化控制。

(2)泵吸排泥机每日行走约半个来回即可将前 1 d 的沉泥全部排出,且不会造成沉淀池污泥积累和影响沉淀池出水水质。当原水浑浊度较高时,可凭借前期积累的经验数据,适当缩短排泥周期,以满足沉淀池排泥要求。

(3)与传统虹吸排泥相比,采用质量流量仪进行智能控制泵吸排泥可减少排泥水量 84 %,降低沉淀

池排泥能耗约 72 %,具有良好的社会效益和经济效益。

参考文献

- [1] Lamb D S, Gary Bailey. Acute and chronic effects of alum to midge larva [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1981, 25(10): 27-59.
- [2] EPA, ASCE. Management of Water Treatment Plant Residuals [S]. Washington DC: EPA, 1996.
- [3] 许嘉炯, 郑志民, 许建华. 关于自来水厂生产废水的回用[J]. 净水技术. 2003. 2(1): 32-34.
- [4] 英国水研究中心. 90 年代污泥处理手册[M]. 1992.
- [5] 叶辉, 乐林生, 鲍士荣, 等. 自来水厂排泥水处理污泥量的确定方法[J]. 给水排水. 2000. 26(3): 97-99.

欢迎订阅 2009 年《中国给水排水》(半月刊)

全国中文核心期刊 中国科技论文统计源期刊 中国期刊方阵双效期刊

《中国给水排水》杂志 1985 年创刊,由中华人民共和国住房和城乡建设部主管、中国市政工程华北设计研究院和国家城市给水排水工程技术研究中心主办,编辑部设在天津。

《中国给水排水》是面向全国给水排水和环境工程界的专业性科技期刊,具有较高的理论导向性和较强的工程实践性,被誉为中国水行业的“首席杂志”。近年国内权威机构的评价结果显示,《中国给水排水》杂志的总被引频次和影响因子均居同行业期刊的前列。

《中国给水排水》创刊 20 余年来,发表了许多质量高、有影响的文章,并被国内外多家信息检索中心收录,已成为专业工作者交流科研成果和实际经验、了解国内外技术动向和热点信息、展示先进生产设备的重要窗口。读者对象主要是自来水、市政排水、建筑给排水、水与废水处理等行业的设计、科研、教学、信息管理、施工、生产、分析、监测人员和大中专院校师生等。

《中国给水排水》杂志从 2006 年起改为半月刊发行,上半月版(每月 1 日出版)发表技术研究类论文,下半月版(每月 17 日出版)发表技术应用类稿件,以最快的速度报道水行业最新的理论研究成果以及丰富的工程实践经验,为您提供最全面的技术资讯服务。从 2001 年起,本刊已成为水行业期刊中广告量最大的杂志,热忱欢迎广大商家在我刊继续刊登广告。欢迎踊跃投稿,欢迎到各地邮局订阅《中国给水排水》杂志(可破季订阅),《中国给水排水》杂志全年 24 期,大 16 开本,每期 112 页(不计广告页),定价:12.50 元/册,全年价:300 元。邮发代号:6-86。如果错过邮局订期,也可在编辑部直接订阅。凡直接在编辑部订阅全年期刊者,均可享受八折优惠。

地址:天津市和平区新兴路 52 号都市花园大厦 21 层 邮编:300070 电话:022-27836225/27835450 传真:022-27835592

E-mail: cnwater@vip.163.com 网址: www.watergasheat.com

欢迎订阅 2009 年《水处理技术》杂志(月刊)

全国中文核心期刊 中国期刊方阵双效期刊 中国科技论文统计源期刊

1975 年创刊的《水处理技术》杂志,由中国蓝星(集团)总公司主管,杭州水处理技术研究开发中心有限公司、中国海水淡化与水再利用协会主办,创刊 30 年来,几乎获得了专业期刊的各类荣誉!

《水处理技术》杂志入选:全国中文核心期刊;中国期刊方阵双效期刊;全国科技论文统计源期刊;中国科学引文数据库来源期刊;中国学术期刊(光盘版);中国期刊网;万方数据资源系统;中文科技期刊数据库;美国《化学文摘》(CA);日本《科技文献速报》(JICST);美国《剑桥科学文摘:自然科学》(CSA: NS)。《水处理技术》专业报道:膜和膜过程研究开发及应用;水处理系统设计和运行管理;工业纯水和超纯水制造;海水和苦咸水淡化;瓶装水优质饮用水净化;工业软化水冷却水处理;电厂给排水;废水处理和再利用;液体分离浓缩和提纯;水处理药剂的研制和应用;国内外行业的最新信息和市场动态。

《水处理技术》订户遍及化工、电力、电子、煤炭、石油、医药、食品、纺织、印染、造纸、冶金、机械、铁路、环保、建筑、市政、军事等领域。《水处理技术》杂志创刊 33 年来,发表了大量的权威性、指导性、新颖性、实用性文章,是行业内一本综合性技术类刊物,已成为专业工作者交流科研成果和实践经验、了解国内外技术动向和热点信息、展示先进生产设备和产品服务的重要窗口;成为我国水处理领域中知名度高、发行量大、影响面广的优秀期刊。据中国学术期刊综合引证年度报告,《水处理技术》杂志的影响因子继续位于专业期刊的前列。

为了更好地促进水工业的发展,《水处理技术》将更快、更有效地传播水处理领域的新技术、新工艺、新材料、新产品,特别是各地的最新工程信息,并力争使国家和省、部级的自然科学基金项目、科技攻关课题等相关最新成果在《水处理技术》上得到首发和首报。《水处理技术》杂志为月刊,国内外公开发售,全国各地邮局均可订阅,邮发代号:国内 32-38;国外 1127M,每册定价:国内 10.00 元;国外 5.00 美元。也可与《水处理技术》编辑部直接联系,办理订阅手续。

地址:浙江省杭州市文一西路 50 号 邮编:310012 电话:0571-88935349 88935417 传真:0571-88935430

电子邮箱: editor@chinawatertech.com 网址: www.chinawatertech.com/water