

水处理工程

常规给水处理系统滤池反冲洗控制模式的优化

石明岩¹, 南军², 崔福义², 张海龙², 李良才³

(1. 广州大学土木工程学院, 广东 广州 510405; 2. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090;
3. 宾县自来水公司, 黑龙江 宾县 150400)

[摘要] 滤池的反冲洗对其运行效果有着直接、重要的影响。通过东北地区不同规模水厂的生产运行监测和生产试验, 从常规水处理系统运行优化角度进行技术经济分析, 探讨了滤池反冲洗的控制模式。指出受东北地区水源水质特点影响, 在水厂主要可变费用中反冲洗水费所占的比例很小, 而且滤池反冲洗水浊度是有规律变化的, 反冲洗历时主要受原水水温的影响, 在同一原水水温下反冲洗过程曲线变化趋势是相同的。因此, 推荐建立原水温 - 反冲洗历时关系, 以此确定一种简单直观的时间模式控制滤池反冲洗。

[关键词] 运行优化; 滤池; 反冲洗控制模式; 反冲洗历时

[中图分类号] TU991.6 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2005)08-0053-04

滤池作为水质把关的最后屏障, 在水处理系统中发挥着重要作用。反冲洗是滤池自动控制的一项重要内容, 包括自动确定反冲洗的开始和结束。合理的反冲洗在技术上有助于保证滤池的正常工作, 即保证滤后水水质合格, 又可以减少反冲洗水消耗, 降低运行费用。滤池反冲洗控制有多种模式, 目前, 主要有如下 4 种: (1) 按数学模型控制。根据反冲洗水浊度的变化情况, 建立反冲洗过程的数学模型, 确定最佳的反冲洗历时, 进行反冲洗过程控制^[5]。这种方式系统复杂, 要求对所涉参数进行准确的在线测量, 并能建立可靠的数学模型。检测控制系统投资大, 运行维护费用高。适用于自动化程度高的水厂。(2) 按滤料的积泥量控制。据表层滤料含泥量的检测数据评价反冲洗效果, 确定反冲洗历时^[6]。这种模式能准确确定积泥排出程度, 但需要设置专用的检测仪表, 增加投资与维护费用, 目前国内水厂很少应用。(3) 反冲洗水浊度控制。在反冲洗过程中, 对反冲洗水浊度进行在线检测, 当该浊度达到目标值后, 停止反冲洗^[7]。此方法控制准确, 缺点是同样需要专用的检测仪表, 增加自动化系统的投资与维护费用。(4) 时间控制^[8]。根据经验确定的反冲洗历时控制反冲洗。此方法是许多水厂传统上采用的反冲洗控制方式, 除了时间外不需要检测任何其他参数, 具有系统简单、投资小、维护费用低等优点。缺点是反冲洗控制的准确程度较低。

如何选择适宜的反冲洗控制模式, 既能有效保

证反冲洗效果, 又能降低系统建设的投资, 这是本文将要探讨的问题。

1 试验水源与方法

选择东北地区采用常规处理工艺的两座不同规模的水厂开展研究。生产试验在黑龙江省宾县水厂, 其日供水量约为 $7 \times 10^3 \text{ m}^3$, 水源为二龙山水库水; 生产运行监测数据取自哈尔滨绍和水厂, 该厂日供水 $2.36 \times 10^5 \text{ m}^3$, 原水取自松花江。

每部分试验分为若干组平行试验, 每组试验中, 原水水质参数基本不变, 通过调节混凝剂投量来改变沉淀水浊度, 实现不同的运行工况。

2 结果与讨论

2.1 滤池反冲洗对运行费用的影响

2.1.1 常规给水处理系统的运行费用构成及其优化

常规水处理系统的主要可变费用包括混凝剂等药剂费、沉淀池排泥水费和滤池反冲洗水费等^[1]。

研究认为, 对于一个已建成的水处理系统, 改变运行参数, 以最经济沉淀水浊度运行, 从而实现以最低的可变费用生产合格饮用水的目的^[2]。这是优化运行的基本内涵^[3]。

2.1.2 反冲洗工况对优化运行的影响

宾县水厂沉淀水浊度与费用关系见图 1, 绍和水厂 1997 年主要可变费用构成见图 2。由图 1、图 2 可知, 在主要可变费用中, 混凝剂费所占比例最大, 在 70% 以上。因此减少混凝剂费是降低可变费用的

[基金项目] 国家自然科学基金项目, 编号: 59778023

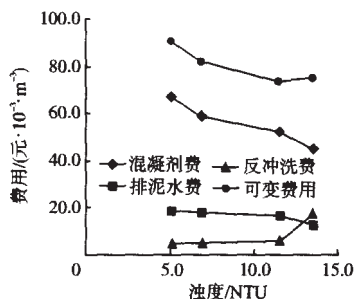


图 1 宾县水厂沉淀水浊度与费用关系

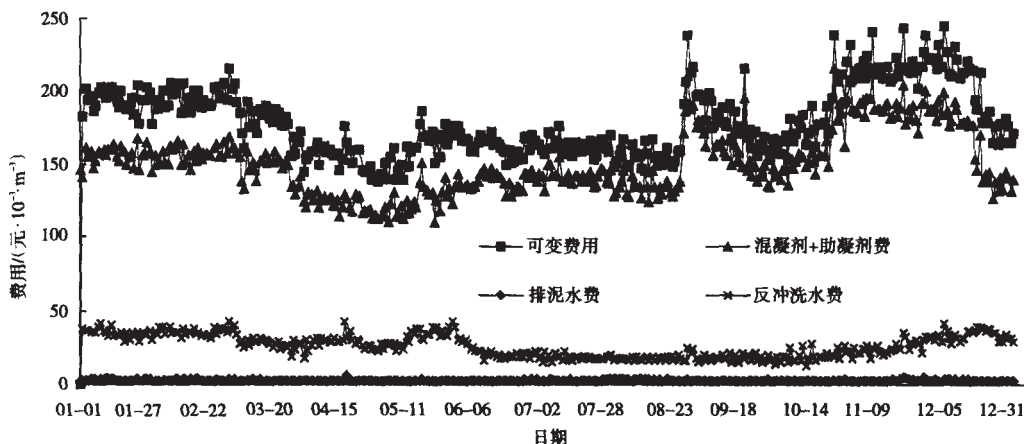


图 2 绍和水厂主要可变费用构成

凝剂;在夏季,为了应对较高的原水浊度,也需要大量投加凝剂。因此东北地区成为我国凝剂投加量较高的地区。该地区凝剂的平均投加质量浓度高达 70~100 mg/L,是其他地区平均投加量的 2~4 倍^[8]。

以上分析表明,提高水厂运营效益的核心是强化混凝,而滤池反冲洗起着相对次要的作用。

2.2 滤池反冲洗水浊度

宾县水厂的滤池型式为普通快滤池,单池面积 37.4 m²,单层石英砂滤料,滤层厚 0.8 m,滤速 6.3 m/h,反冲洗强度 11.2 L/(s·m²)。试验得到原水水温为 11.5 和 0.8 的典型反冲洗水浊度变化曲线见图 3 和图 4。

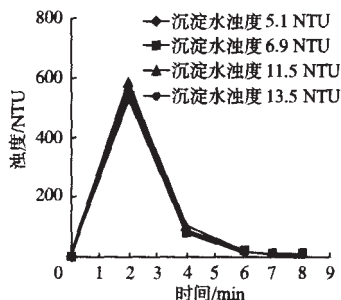


图 3 宾县水厂原水水温 11.5 时反冲洗水浊度随时间变化

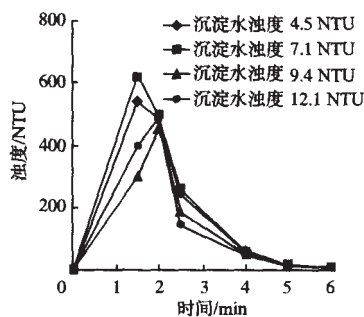


图 4 宾县水厂原水水温 0.8 时反冲洗水浊度随时间变化

从图 3、图 4 可看出,所有反冲洗浊度变化趋势都是相同的。自反冲洗开始,反冲洗水浊度迅速增加,2 min 左右出现最大值;紧接着浊度迅速降低;在 5~6 min 的时间内降到 10 NTU 以下;此后浊度趋向平稳。同一原水水温下,沉淀水浊度的高低主要影响反冲洗水的最大浊度,而与反冲洗水高浊度期的持续时间基本无关;原水水温的高低影响反冲洗水的峰值浊度大小和反冲洗水高浊度期的长短。多数情况下,水温降低,反冲洗水峰值降低,反冲洗历时提前。由反冲洗历时、反冲洗强度及过滤周期得到反冲

洗耗水率(滤池反冲洗用水量与产水量的比值), 与不同原水水温下浊度与耗水率的关系见图 5。

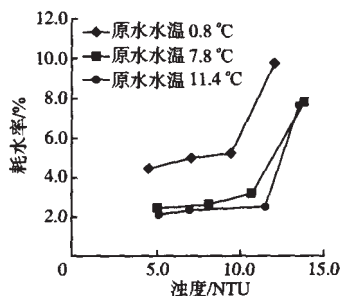


图5 宾县水厂水温对反冲洗耗水率的影响

由图 5 可知, 水温降低, 反冲洗耗水率增加。该现象可以通过低温期的过滤机理解释^[4]。滤料表面一般带负电, 在过滤过程中, 由于微絮凝体的吸附, 经过一定时间后电位上升, 砂粒表面电荷为零或稍带正电, 这时沉淀水中的絮体尽管颗粒直径小于滤层间隙, 但只要脱稳程度高, 电位接近于零, 就能够被砂粒吸附, 达到净化目的。但在低温时, 絮体粒径较小, 絮体与砂粒碰撞机会较少, 且沉淀水中的絮体脱稳效果不好, 负电位较大, 较难吸附, 即使有吸附, 也会由于水温低, 滤池中水流的剪切力较大, 而易被切断, 造成滤后水质恶化, 滤池的水质周期提前。综合上述原因, 低温影响了滤池截污能力的充分发挥, 造成反冲洗历时提前; 同时会缩短滤池的工作周期, 增加反冲洗耗水率。

绍和水厂采用 V 型滤池过滤, 单池过滤面积 88.0 m², 单层石英砂滤料, 滤层厚 1.25 m, 滤速 6.7 m/h, 反冲洗强度 10.0 L/(s·m²)。在该厂得到类似的结果, 见图 6 和图 7。

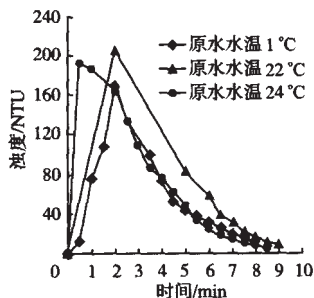


图6 绍和水厂水温对反冲洗历时的影响

综上所述, 以反冲洗水浊度由迅速变化到较为平稳的转折点作为反冲洗结束点是经济的(实际运行中考虑安全因素适当加安全余量), 可以建立原水水温 - 反冲洗历时关系曲线, 根据不同的原水水温

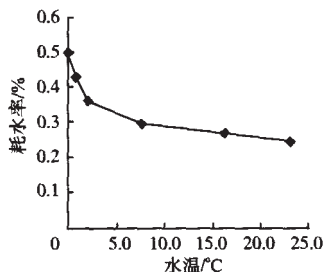


图7 绍和水厂水温对反冲洗耗水率的影响

对应的反冲洗历时控制反冲洗。这是一种简便易行的反冲洗控制技术。

综合前面的论述, 对于我国东北地区水厂而言, 原水具有冬季低温低浊、夏季浊度变化大的特点, 混凝剂投量大。在水厂主要可变费用中, 起决定作用的是混凝剂费用, 而滤池反冲洗水费用所占的比例很小, 对运行优化的影响不大。因此选择复杂的反冲洗控制方式缺乏必要性。另一方面, 从反冲洗过程中的泥水浊度变化特点来看, 虽然受各种因素影响, 每次反冲洗所需要的准确时间会略有变化, 但是这种变化很大。反冲洗需要的时间主要受原水水温影响, 完全可以通过建立特定水厂的原水水温 - 反冲洗历时(考虑必要的余量)曲线来确定反冲洗时间。与其他反冲洗方法相比, 时间控制模式可以节约反冲洗控制系统的设备投资, 减少对运行维护的要求, 尽管在控制的准确性上会有所降低, 但对优化运行不会产生显著影响。

3 结论

针对东北地区的水厂, 原水具有冬季低温低浊, 夏季浊度变化大的特点, 从水处理运行优化的角度探讨了滤池反冲洗的控制模式, 得到以下结论:

(1) 在主要可变运行费用中, 混凝剂费用的比例最大, 反冲洗水费用比例很小, 反冲洗工况对水处理系统的运行优化影响较小。

(2) 反冲洗过程的反冲洗水浊度变化主要受原水水温影响, 可以建立原水水温 - 反冲洗历时(考虑必要的余量)关系曲线, 作为确定反冲洗历时的依据。

(3) 综合考虑技术经济因素, 时间控制是适合东北地区水厂采用的比较简单、易行、经济的反冲洗控制模式。

[参考文献]

[1] 石明岩. 给水处理系统高效经济运行的试验研究[D]. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 2000

新型充氧曝气搅拌机的设计

高广娣, 秦伟, 刘溯

(重庆大学机械工程学院机械设计系, 重庆 400044)

[摘要] 通过对通用充氧曝气搅拌机的功能进行分析, 采用形态学矩阵法, 在对现有其他曝气设备比较的基础上, 设计了一种可以提供有效多功能的污水生化处理用的新型充氧曝气搅拌机。重点阐述这种新型搅拌机的设计方案, 结构特点, 工作过程及材料的选择, 同时利用目标成本对其经济可行性进行了分析。从节能和环保角度提出一种新型水处理设备的设计方案, 对小城镇污水处理设备向新高度发展具有重要意义。

[关键词] 充氧曝气; 搅拌机; 废水处理

[中图分类号] X703; TH122 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2005)08-0056-03

小城镇污水处理已经成为水污染治理的热点。目前应用于污水生化处理的曝气搅拌设备已经比较多, 但对于污水日处理量小的单位, 如宾馆、饭店、疗养院、学校、部队、矿山、商住楼、工厂、船舶、旅游景点等的生活污水及与之相类似的工业有机废水因管理和运行成本高而未采用这类曝气搅拌设备, 导致大多数污水日处理量较小的水处理装置出水达不到环保排放标准要求。

笔者设计了一种用于小城镇污水生化处理的新型充氧曝气搅拌机, 该设备能够提供有效的、多功能的污水生化处理过程。

1 新型充氧曝气搅拌机的方案设计与评价

1.1 新型充氧曝气搅拌机的方案设计

充氧曝气搅拌机实际上就是将氧或空气供给废水中的生物体, 以使有毒或有害化学品被生物作为食物消耗掉而形成 CO_2 和 H_2O ^[1]。它的主要功能包括: 支撑、供气、送气、扩散、喷射及搅拌等^[2]。充氧曝气搅拌机的形态学矩阵见表 1^[3]。由表 1 可知, 对该形态学矩阵的行、列进行组合就可得到多种设计方案。

表 1 充氧曝气搅拌机形态学矩阵

功能	功能载体				
	1	2	3	4	5
支撑 A	支架(固定或可伸缩)	泡沫塑料填塞的增强玻璃纤维漂浮物	浮筒	管子支架	横跨于曝气池的支墩
供气 B	鼓风机	空压机			
送气 C	空气输送管道	塑料软管	空气管线	UPVC 塑料管	
扩散 D	扩散板/盘/管	叶轮	穿孔管	扩散器	涡轮
喷射 E	喷射器	叶轮叶片	复式螺旋叶轮	喷嘴	管子
搅拌 F	搅动器	涡轮	搅拌桨	螺旋桨	叶片

1.2 新型充氧曝气搅拌机设计方案的评价

采用不同的组合得到不同的方案, 如: (1) $A_1+B_2+C_1+D_1+E_4$; (2) $A_4+B_2+C_3+D_2+E_1+F_1$; (3) $A_2+D_2+E_2+F_4$; (4) $A_3+B_1+C_4+D_5+E_3+F_2$ 。

方案(1)就是目前已存在的空气扩散器^[4], 方案(2)是叶轮曝气设备^[4], 方案(3)是低速表面曝气设备^[4], 方案(4)为笔者设计的新型充氧曝气搅拌机(即采用浮筒、鼓风机、UPVC 塑料管、复式螺旋叶轮、涡轮组成)。方案评价如表 2 所示。

[2] 石明岩, 崔福义, 张海龙. 给排水系统优化运行的中试研究[J]. 东南大学学报, 2002, 32(1): 105-108
[3] 崔福义, 石明岩, 赵天慧. 给排水系统高效经济运行研究之一——策略与模式[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1999, 32(6): 6-8
[4] 王静. 低温低浊水处理技术应用现状[J]. 低温建筑技术, 2003, (4): 49-50
[5] 刘俊新, 李圭白. 滤池气水反冲洗时排水浊度变化的数学模式[EB/OL]. www.h2o-china.com, 2001. 7
[6] 聂梅生. 水资源及给水处理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社,

2001. 617-618
[7] 陈健. 双阀滤池的全自动运行[J]. 工业用水与废水, 2001, 32(2): 42-44
[8] 陈冬毅, 施志强. 气水反冲洗滤池的优化运行[J]. 中国给水排水, 2001, 17(4): 55-58
[作者简介] 石明岩(1972—), 2000年毕业于哈尔滨工业大学市政工程专业, 博士后, 副教授, 硕士生导师. 电话: 020-31872348, E-mail: mingyanshi@163.com.
[收稿日期] 2004-04-01