

水厂泥沙浓缩脱水工艺

周兴军¹, 罗庆²

¹中国电子系统工程第二建设有限公司, 江苏 无锡

²中铁十四集团隧道工程有限公司, 山东 济南

收稿日期: 2024年3月11日; 录用日期: 2024年4月8日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

如何对水厂产生的泥沙进行适当的处理和处置是当前给水行业及环境保护方面急需解决的重要课题。泥沙浓缩效率的高低和浓缩效果的好坏直接影响污泥处理成本乃至整个水厂的运行成本, 首先分析了排泥废水和反冲洗废水的来源和特点, 然后通过对试运行阶段的数据分析, 给出了浓缩池浓度、Pac加药量对滤饼的影响和初步成本估算; 在环境保护和长期稳定供水方面带来的积极效应。

关键词

泥沙脱水, 泥沙干化, 泥沙滤饼, 排泥废水

Sediment Concentration and Dehydration Process of Water Plant

Xingjun Zhou¹, Qing Luo²

¹China Electronics System Engineering Second Construction Co., Ltd., Wuxi Jiangsu

²China Railway 14th Bureau Group Tunnel Engineering Co., Ltd., Jinan Shandong

Received: Mar. 11th, 2024; accepted: Apr. 8th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

How to properly treat and dispose the sediment produced by the water plant is an important issue to be urgently solved in the water supply industry and environmental protection. The levels of sediment concentration efficiency and concentration effect directly affect the sludge treatment cost and even the operation cost of the whole water plant. First, the source and characteristics of sludge discharge wastewater and backwash wastewater are analyzed, and then through the analysis of the data in the trial operation stage, the impact of concentration tank concentration and Pac dosage on the filter cake and the preliminary cost estimate are given; positive effects in environmental protection and long-term stable water supply.

Keywords

Sediment Dewatering, Sediment Drying, Sediment Filter Cake, Sludge Wastewater

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 背景及意义

目前, 我国的水资源总占有量为世界的前十名, 但我国人均可用的淡水量仅占全世界人均可用量的1/4, 水量非常匮乏, 并且可用水资源分布不均匀, 我国水资源不仅十分紧缺[1] [2] [3], 同时其污染状况也非常严峻。随着工业和农业的发展, 工业废水及农业中化肥和农药的滥用等不良行为导致了我国的水体生态环境不断地受到严重污染, 其中的重金属含量超标, 水体富营养化等, 对人类的身体健康和生态环境的平衡产生了较大的影响, 对人们的生活和生存产生了一定的威胁[4]。一方面是水资源的短缺和水体的严重污染, 另一方面是随着人们生活水平的提高对饮用水水质提出的更高的要求。因此, 供水部门经常需投巨资以生产出符合标准的优质饮用水。作为水源水体污染的最大受害者[5] [6] [7] [8], 自来水厂每年也将大量的排泥废水不经任何处理直接就近排放到水体, 造成对水体的污染。

自来水厂排泥水中的污染物虽主要来自原水, 但被显著浓缩, 不少指标已是原水的几十甚至上百倍。随着江河水源污染及富营养化的日趋严重, 净水厂污泥中有机质成分逐年增加。据测定, 国内水厂排泥水化学需氧量(COD)在 470~2500 mg·L⁻¹ 之间, 其 BOD₅ (只占总生化需氧量(BOD)的 30%左右), 较难降解[9]。污泥不经过处理直接排入江河, 就不仅仅会淤积阻塞河道, 其中有机质腐烂还会直接对水质构成威胁[10]。由此看来, 自来水厂对生产废水的处理显得尤为重要。

我国是水资源紧缺的国家, 水资源是制约国民经济可持续发展的重要物质条件。努力搞好自来水厂污泥处理工程, 在改善水环境的同时, 还可回收利用占水厂供水量 5%~10%左右的水量, 一定程度上缓解水资源紧缺的矛盾。另外, 经浓缩脱水后的干化污泥, 若能合理筹划研究, 进行经济有效的综合利用, 如制砖、水泥, 烧陶等, 还可能作为可贵的资源加以开发利用[11] [12]。

目前, 国内外净水厂排泥水处理系统一般主要采用调节、浓缩、脱水、处置四道基本工序。关于浓缩技术, 国外进行了大量研究, 当前比较流行的浓缩技术有 Lamella 浓缩技术和 SUPAFLO 高速浓缩技术, 以及预浓缩污泥脱水一体化技术、膜分离技术等[8]。但还存在污泥处理不净, 化学需氧量较高, 泥沙处理成本高。

2. 水厂含泥废水特点

2.1. 含泥废水的来源

水厂中的含泥废水主要来自于反应沉淀池的排泥水和滤池的反冲洗废水, 其水量一般约占水厂总制水量的 5%~10%左右。水厂中的污泥主要来自于原水中的泥沙、腐殖质、藻类、细菌和胶体颗粒等有机或无机的杂质和水处理时加入的混凝剂, 前者占主要比例, 后者主要是混杂着前者形成絮凝颗粒, 在沉淀池和滤池中被截留后排入污泥处理系统。

2.2. 含泥废水的特点

排泥水主要固体成分为原水中的无机污染物、有机污染物、制水工艺中加入的药剂。资料显示: 净

水工艺中以铝盐絮凝产生的排泥水总固体含量在 $1000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ~ $17,000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 其中总悬浮固体占 75%~90%, 挥发性总固体占 20%~35%, 水厂排泥水的生化需氧量(BOD)相对较低, 化学需氧量则较高。

沉淀池排泥水和滤池反冲洗废水在浓度和沉降性能之间存在着较大的差别。沉淀池的排泥水中的固体主要为絮凝沉淀产物, 排泥水的固体含量较高, 颗粒几何尺寸较大, 易于沉淀分离, 含固率均高于 0.3%, 一般在 0.5%~1%之间。如果对沉淀池排泥加以有效控制, 可将排泥水平均含固率控制在 0.6%以上, 进行一定时间的浓缩后, 一般情况下可将浓缩池底部排泥浓度控制在 3%以上, 有利于板框压滤机的高效运行。滤池反冲洗废水的平均浓度较低, 一般平均含固率在 0.1%以下, 滤池反冲洗废水中主要固体为絮凝沉淀过程中破碎的细小矾花及絮凝状物体, 所含固体量一般为 0.04%左右, 其沉淀性能较差, 进行浓缩后浓缩池底部排泥浓度一般低于 1%, 经过长时间的浓缩压密也很难超过 2%, 不宜直接进行泥沙脱水。而一般而言, 水厂内的滤池冲洗废水水量明显多于沉淀池排泥水水量, 且含泥量相对较低, 可将其通过排水池内的提升泵直接打入配水井进行稀释。研究发现, 相比原水水质, 并入反冲洗废水的配水井水质浊度并未见明显上升。因此水厂泥沙脱水工程采用沉淀池排泥水和滤池冲洗废水分别处理[12]的工艺, 浓缩池上清液达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)后排入自然水体, 其工艺流程如图 1 所示。

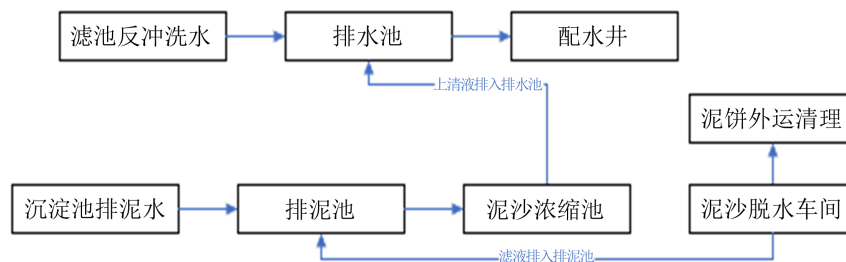


Figure 1. Sediment treatment process diagram

图 1. 泥沙处理工艺图

泥沙处理工艺中可以将泥沙脱水车间滤液、含泥废水等废水处理后排入排水池, 以达到环境排放标准。

3. 试运行至正式投产

泥沙干化调试于 2023 年 8 月 2 日开始至 11 月 23 日止。试运行阶段通过不同间隔时间段进行泥沙干化调试试验, 为了便于数据分析, 随机选择了 11 月 3 日~11 月 9 日泥沙干化时间段内的实验数据, 主要根据所记录得电消耗、药消耗对成本进行统计分析。该试运行时间段内共开展泥沙干化实验 5 次, 相应数据如下表 1 所示。

Table 1. Statistical table of daily water production volume of the water plant from November 3rd to 9th

表 1. 水厂 11 月 3 日~9 日日生产水量统计表

日期	3	4	5	6	7	8	9	总计万 m ³
水量万 m ³	8.94	8.21	7.84	8.54	7.64	8.55	7.35	57.07

3.1. 试运行内容

本次泥沙干化试运行内容主要包括三个方面: 其一, 记录泥沙干化工程每次运行中所消耗的 Pac 量并发现泥沙干化过程中存在的问题; 其二, 探究泥沙干化试运行过程中 Pac 的不同使用量对泥沙干化结果的影响; 其三, 对泥沙干化过程中产生的能耗和药耗进行统计, 将泥沙干化板块纳入水量日生产成本进行大致估算。下表 2~5 分别为两个工作日内不同泥沙干化参数所得出的不同结果。

Table 2. Data table of conditioning tank for sediment drying trial operation on November 2**表 2.** 11月2日泥沙干化试运行调理池数据表

调理池编号	1	2	3	总计
调理池液位/m	2.4	2.4	2.7	
Pac 使用/m ³	1.3	1.3	1.3	3.9
Pac 成本消耗/元	1071.4	1071.4	1071.4	3214.2

Table 3. Filter press data sheet for sediment drying trial operation on November 2**表 3.** 11月2日泥沙干化试运行滤压机数据表

滤压机编号	1	2	3	累计进泥量/m ³
进泥量/m ³	56.4	41.2	44.3	141.9
泥饼厚度/cm	2.7	2.8	2.8	

Table 4. Data table of conditioning tank for sediment drying trial operation on November 9**表 4.** 11月9日泥沙干化试运行调理池数据表

调理池编号	1	2	3	总计
调理池液位/m	2.38	2.58	2.65	
Pac 使用/m ³	0.8	0.8	0.6	2.2
Pac 成本消耗/元	659.3	659.3	494.5	1648.3

Table 5. Filter press data sheet for sediment drying trial operation on November 9**表 5.** 11月9日泥沙干化试运行滤压机数据表

滤压机编号	1	2	3	累计进泥量/m ³
进泥量/m ³	25.6	23.8	24.5	73.9
泥饼厚度/cm	2.7	2.8	2.8	

1) 调理池液位高度变化

上表中调理池的液位高度为在一定时间内所能达到的极限高度, 调理池液位是通过压强差所产生的极限液位, 通过五次泥沙干化调试可以发现, 调理池液位高度并不是一成不变的, 平均高度约在 2.5 m 左右, 其高度差与浓缩池泥沙含量密切相关。

2) Pac 不同用量对滤饼的影响

Pac (即聚合氯化铝)在活性泥沙中的调理作用是非常明显的, 对泥沙进行调理就是投加 Pac 以减少泥沙与水的亲和力, 改变泥沙中水分的存在形式, 从而达到易于脱水的目的。

**Figure 2.** Schematic diagram of filter cake thickness on the 9th day**图 2.** 9日滤饼厚度示意图



Figure 3. Schematic diagram of mud cake moisture content on the 9th day

图 3. 9 日泥饼含水率示意图

由上表可知, 表 4 中降低了 Pac 药剂的使用量, 通过对泥饼的厚度、硬度以及压滤机进泥量的对比中我们发现, 表 4 工况下泥饼厚度与其他工况相近, 如图 2 所示, 但硬度较低, 通过对运行压榨出的泥饼进行粗略观察发现其含水率较表 2 相比偏高, 如图 3 所示。分析原因可能在于 Pac 的用量不够使得在调理过程中并不能产生足够的电中和作用进而破坏泥沙的稳定性, 脱水效果降低。



Figure 4. Typical filter cloth state diagram after mud discharge

图 4. 卸泥后典型滤布状态图

再者, 通过对实验结束后压滤机卸泥过程进行观察发现, 当降低 Pac 使用量时, 滤布上粘附着些许泥浆如图 4 所示, 其含水率偏高使得在卸饼过程中不能完全脱落, 尤以滤布中间进泥管道中最为明显。

3) 进泥量变化分析

由表 3 可知, 9 日压滤机工作三次累计进泥量 $73.9 \text{ m}^3 < 96.4 \text{ m}^3$ 。分析原因可能是: 浓缩池出泥阀门打开时, 其中污泥依靠重力作用进入调理池。在此次试运行过程中, 两个浓缩池阀门均保持为开启状态, 2 号浓缩池含泥量较 1 号浓缩池低, 大量低浓度含泥污水通过管道进入调理池, 使得在相同预设液位条件下进泥量降低, 最后通过进料泵进入压滤机, 出现进泥量显著降低的现象。

3.2. 成本估算

本厂泥沙干化项目于 11 月 23 日正式投入运行, 为分析泥沙干化项目正式投入运行时产生的成本消耗, 对正式投入运行时产生的 Pac 使用量以及污泥干化产生的能耗进行统计, 结合生产水量可计算出生产单位立方米水量产生的泥沙干化成本, 相关数据如表 6 所示。其中 Pac 成本、电耗成本分别为 11 月 9 日泥沙干化三次产生的药剂消耗和电力消耗。生产总水量为距离上次泥沙干化间隔期间水厂生产的总水量之和。

Table 6. Single trial operation cost statistics of sediment drying (excluding labor and depreciation fees)
表 6. 泥沙干化单次试运行成本统计(不含人工和折旧费)

类别	成本/元	累计成本/元	生产总水量/m ³	单位水量成本(元/m ³)
Pac 成本	1648.3	3810.8	566,930	0.00672
电耗成本	2162.5			

4. 结语

本文通过条件 Pac 的用量降低污泥浓缩处理成本,一方面可以使得原水循环利用,再者含泥废水排放达到环境保护标准。

水厂采用常规水处理工艺,原水经过混凝、沉淀、过滤和消毒等工艺,其中杂质得以去除,从而生产出符合生活饮用水卫生标准的饮用水。在生产出大量饮用水的同时,水厂也同时生产出大量的生产废水,而随着对水需求量的增加和水厂规模的扩大,水厂生产废水的排放量也日益增大。在泥沙干化工程投入运行之前,生产废水基本上都是不经处理直接排入长江或直接排入市政排水管网。水厂泥沙脱水工程的扩建则有效的解决了生产废水无处可去的难题,对水厂生产带了多方面的增益效果,具体可归纳如下:

1) 随着水厂供水量不断增长,与此同时产生的排泥水也不断增加,排向江河则会造成水体污泥淤积,或抬高河床,或堵塞航道,影响行洪,泥沙干化工程投入运行后规避了大量淤泥无处可去的难题;

2) 泥沙干化投入运行后,生产废水中的铝、腐殖质、重金属等有毒物质不在水体中富集,避免了对水体的污染和对水体生物的危害,通过板框压滤机处理后的泥饼成了有害物质的富集区;便于后续有害物质单独处理;

3) 通过浓缩池浓缩后的上清液,其浊度堪比源水浊度,通过排水池内的提升泵进入到配水井,补给了原水,其回收利用约占日供水量的 7%,减少了水资源的浪费;

4) 泥沙干化产生的泥饼可作为相关建筑类材料再利用,如与砖厂建立合作关系,确保利益的最大化。

参考文献

- [1] 张卫丽. 污水处理厂污泥浓缩脱水工艺设计方案探讨[J]. 中国资源综合利用, 2018, 36(8): 71-73.
- [2] 弋才刚. 南充市第四自来水厂工程可行性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西华大学, 2014: 57-64.
- [3] 温卫东, 朱晓明. 百重七含泥沙原油破乳脱水研究[J]. 广州化工, 2012, 40(21): 93-94.
- [4] 平钰柱. 给水厂污泥脱水系统自动控制设计 and 应用[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江工业大学, 2020: 14-56.
- [5] 孙雪萌. 给水厂污泥用于剩余污泥脱水研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 河北工业大学, 2020: 15-23.
- [6] 赵振龙, 陈佳丽, 王晓锋, 李增慧, 刘成功. 旋流器与直线脱水筛在首钢水厂尾矿干排系统中的应用[J]. 矿产综合利用, 2019(2): 120-123.
- [7] 李亚明. 大型再生水厂不同工艺运行效果、能量消耗和污泥脱水的技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2016: 46-67.
- [8] 江家登. 东区水厂污泥脱水自控技术设计[J]. 城镇供水, 2014(5): 71-73.
- [9] 高月华, 张晋夫. 给水厂排泥水处理脱水方式探讨[J]. 科技传播, 2011(10): 91.
- [10] 张群, 潘晓. 上海临江水厂污泥脱水系统的运行优化[J]. 中国给水排水, 2012, 28(16): 106-108.
- [11] 相宁, 靳长青. 板框式污泥脱水系统在宁波毛家坪水厂的应用[J]. 甘肃科技纵横, 2014, 43(6): 39-42+19.
- [12] 甘立友. 调质对给水厂排泥水沉降及污泥脱水性能影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛理工大学, 2009: 35-39.