

规模化水厂排泥水处理系统优化运行与效能提升

李江

西安市自来水有限公司 陕西 西安 710000

【摘要】：相关单位二期二阶段投运后达到40万 m^3/d 生产能力，但其排泥水处理系统出现容积不足、泥水沉降时间无法保障等问题，导致回用水水质受影响、药剂消耗量增加。为解决该问题，本文通过实验分析生产排泥水排放周期、浊度与沉后水质的关联，确定最优排泥水运行参数，优化排泥水处理系统运行模式。研究表明，将排泥周期设定为48小时/次且4/10~7/10段点为24小时/次、排泥水浊度控制在6000NTU以内时，系统运行稳定性显著提升，同时实现了原水利用率提高、能耗与药剂消耗降低的多重效益，为水厂绿色高效运行提供了有力支撑。

【关键词】：自来水厂；排泥水处理系统；运行优化；排泥周期；水质监测

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.046

1 项目研究背景

相关单位沉淀工艺由平流沉淀池与斜管沉淀池组成，其中平流沉淀池分A、B、C、D四个系列共8池，单池平面尺寸 $92.0 \times 11.8\text{m}$ ，有效水深3.5m，池体下部设1.3m高集泥槽，配套8台跨度12.05m的桁车式吸泥机，设计排泥周期为24h/次。水厂排泥水处理流程为：生产排泥水排入排泥池停留9h后输送至浓缩池，浓缩池停留47h后提升至污泥平衡池，污泥在平衡池停留8h至含水率99%后，经离心机投加PAM阳离子脱水至泥饼含水率80%以下；排泥池和浓缩池上清液经三角堰收集至集水池回用。

该水厂2022年6月30日二期二阶段投运后，在半年多的满负荷运行中，排泥水处理系统暴露明显问题：系统容积不足，泥水正常沉降时间无法保证，导致排泥池、浓缩池泥位过高；正常排泥时泥水对池内污泥形成冲击，积泥易翻过三角堰流入上清液集水池，不仅影响回用水水质、增大净水处理药剂消耗量，还对泥线整体生产运行造成严重干扰。为保障系统稳定安全运行，亟需通过实验研究优化生产排泥水运行参数，解决上述运行难题。

2 项目研究思路

针对排泥水处理系统容积不足的核心问题，本次研究以生产排泥水水质与沉后水质的影响关系为切入点，通过大量实验分析确定二者关联规律，在保障沉后水质安全优良的前提下，通过优化排泥水排放周期、控制排泥水浊度，实现减少生产排泥水产生量、降低污泥含水率的目标，从而缓解排泥水处理系统负荷，保障系统稳定运行。

3 项目实验研究与方案制定

3.1 实验准备：设定吸泥机运行周期并监测水质变化

在相同原水水质和药剂投加量条件下，将ABCD系列吸泥

机分别设定为24h/次、36h/次、48h/次、60h/次四种运行周期，持续监测沉后水质与排泥水水质变化，获取基础数据规律。

(1) 沉后水质变化规律：沉后水浊度呈现A系<B系<C系<D系的特征，吸泥机运行周期与沉后浊度呈正相关，即周期越长，沉后浊度越高，60h/次周期下沉后水质上升最为明显。

(2) 排泥水水质变化规律：相同原水浊度下，排泥水浊度同样为A系<B系<C系<D系，且排泥周期越长，排泥水浊度越高；相同排泥周期下，原水浊度升高会使排泥水浊度略有上升，但排泥周期对排泥水浊度的影响远大于原水浊度。

3.2 实验假设：沉后水质与排泥水浊度的关联关系

通过对各系列上清液浊度的监测发现，A系（24h/次）、B系（36h/次）上清液浊度曲线平稳，C系（48h/次）、D系（60h/次）上清液浊度曲线出现明显波峰，且波峰均出现在排泥水浊度超过6000NTU时。据此提出实验假设：当排泥水浊度超过6000NTU时，沉后水质会出现明显上升，需将排泥水浊度控制在6000NTU以内以保障沉后水质稳定。

3.3 实验验证：控制排泥水浊度的水质监测

因仅C、D系沉淀池4/10—7/10段点排泥水浊度高于6000NTU，对该段点设定24h/次排泥操作并持续监测。结果显示，将C、D系排泥水浊度控制在6000NTU以下后，沉淀池上清液浊度曲线变化平缓，沉后水浊度保持稳定，验证了上述假设的合理性。

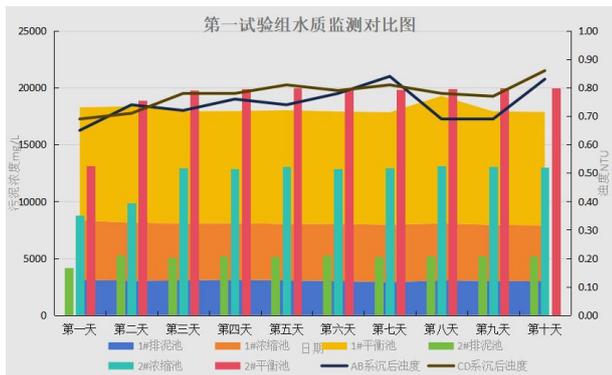
3.4 制定吸泥机运行方案，实验监测

根据前期实验结果，综合考虑生产水质以及生产能耗，分别设定AB系列和CD系列排泥周期，形成对比，并进行水质监测。排泥周期设定在60小时/次时，沉后水质较差，故不列入对比试验。

(1) 第一试验组:

对照组: AB 系列反应沉淀池+1#排泥池+1#浓缩池+1#平衡池; 排泥周期设定: 24 小时/次

实验组: CD 系列反应沉淀池+2#排泥池+2#浓缩池+2#平衡池; 排泥周期设定: 48 小时/次+4/10~7/10 段点为 24 小时/次

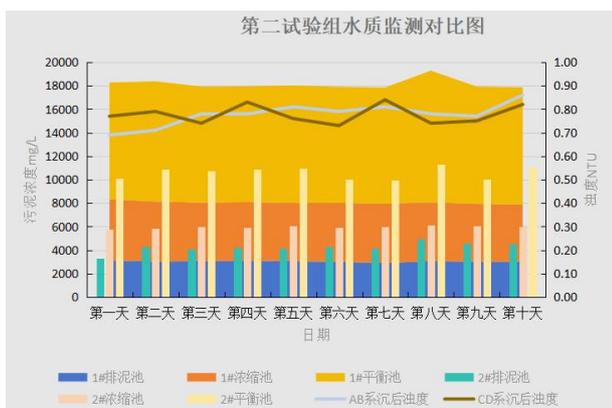


在实验组和对照组的运行监测中: AB 系列和 CD 系列沉后水质基本稳定, 均满足内控生产指标; 实验组 (48 小时/次) 排泥池、浓缩池、平衡池污泥浓度均高于对照组 (24 小时/次), 实验组浓缩池和平衡池污泥浓度大约是对照组的 2 倍, 实验组的排泥水处理效果较好。

(2) 第二试验组:

对照组: AB 系列反应沉淀池+1#排泥池+1#浓缩池+1#平衡池; 排泥周期设定: 24 小时/次

实验组: CD 系列反应沉淀池+2#排泥池+2#浓缩池+2#平衡池; 排泥周期设定: 36 小时/次



在实验组和对照组的运行监测中: AB 系列和 CD 系列沉后水质基本稳定, 均满足内控生产指标; 实验组 (36 小时/次) 排泥池、浓缩池、平衡池污泥浓度和对照组 (24 小时/次) 相差较小, 基本持平, 实验组的排泥水处理效果差。

3.5 实验结论

36h/次和 48h/次两种排泥周期均能使沉后水质低于 1.0NTU, 满足水厂内控指标且出厂水稳定, 但 48h/次周期下排泥水处理系统各工艺环节污泥浓度远高于 24h/次, 污泥处理效

果更佳。因此确定 48 小时/次为最优排泥周期, 且 4/10~7/10 段点需设定为 24 小时/次。

4 项目实施

基于实验研究结论, 相关单位确定最终生产排泥水运行参数: 将 ABCD 系列整体排泥周期调整为 48 小时/次, 针对 4/10~7/10 高浊度段点设定 24 小时/次的专项排泥周期, 同时将排泥水浊度严格控制在 6000NTU 以内。

项目实施后, 水厂沉后水质持续满足内控指标, 生产排泥水产生量显著减少, 污泥含水率有效下降, PAM 阳离子药剂消耗量降低, 排泥水处理系统负荷得到缓解, 实现了稳定安全运行的目标。

5 项目研究难点突破

本次排泥水处理系统运行研究在实施过程中面临多项技术与操作难点, 通过针对性措施实现有效突破:

实验数据获取与规律总结难点: 水质检测需专业的化验知识与操作技能, 研究团队通过开展多组对照实验, 结合不同原水水质变化分析沉后水质与生产排泥水水质的关联, 反复验证实验规律, 确保规律的普适性与科学性。

项目实施效果验证难点: 通过对比调整前后的水质、生产排泥水产生量、污泥含水率、PAM 阳离子耗药量等多维度数据, 形成完整的效果验证体系, 精准量化项目实施带来的优化效果。

生产运行安全保障难点: 项目采用“边试验边总结”的实施模式, 不同生产参数设定可能对水质产生影响, 研究团队通过加强全流程水质监测, 制定水质突发情况应急处置预案, 确保实验期间生产稳定、出厂水质安全。

6 项目实施效果与效益

6.1 项目运行效果

明确了沉后水质与排泥周期、排泥水水质的内在关联, 实现了排泥水运行参数的科学设定, 既保障了净水处理过程的水质优良, 又从根本上提升了排泥水处理系统的运行稳定性, 解决了原系统泥位过高、污泥冲击等核心问题。

(1) 生产排泥水产生量大幅减少, 回用水水质始终保持稳定, 有效提高了原水利用率, 从源头减轻了泥水处理系统的运行负荷, 保障了泥线整体生产的顺畅性。

(2) 平衡池污泥浓度得到显著提升, PAM 阳离子耗药量同步降低, 泥饼含水率明显下降, 不仅优化了泥线整体运行效率, 还减少了污泥处置的整体压力。

6.2 经济与社会效益

6.2.1 经济效益

项目实施后实现了多重生产运营成本的节约, 且经济效益

会随水厂生产规模的扩大逐步提升，核心效益体现在四方面：

(1) 减少水资源浪费：生产排泥水产生量大幅降低，大幅提升原水综合利用率，减少生产废水的无效排放，让水资源利用更高效。

(2) 降低能源消耗：排泥设施运行频次大幅降低，减少了生产用电消耗，实现了水厂生产过程的节能降耗，提升生产能源利用效率。

(3) 降低设备运维成本：排泥水和生产废水产生量减少，有效降低了排泥、回用水等相关设备的使用频次与运行时长，延长了设备整体使用寿命，减少备品备件的采买需求，同时降低人工维护成本。

(4) 节约药剂消耗：污泥含水率有效降低，PAM 阳离子药剂投加量大幅减少，直接减少了净水药剂的采购与使用成本，优化了水厂药剂消耗结构。

6.2.2 社会效益

(1) 项目通过优化排泥水处理系统运行，减少了生产废水排放与药剂、能源消耗，践行了绿色环保、节能降耗的供水生产理念，符合生态环境保护与可持续发展的整体要求。

(2) 有效保障了水厂满负荷运行状态下的供水水质稳定，进一步提升了城市供水保障能力，为市民提供更优质、稳定的

饮用水，提升民生供水服务质量。

(3) 本次研究形成的排泥周期优化、浊度控制等实践方案，为同类自来水厂解决排泥水处理系统运行难题提供了可复制、可推广的实践经验与实验依据，推动行业供水生产技术的优化升级。

7 研究结论

本次针对相关单位生产排泥水处理系统的运行研究，通过多组对照实验与持续水质监测，明确了排泥周期、排泥水浊度与沉后水质的核心关联规律，最终确定了 48 小时/次整体排泥周期+4/10~7/10 段点 24 小时/次专项排泥周期、排泥水浊度控制在 6000NTU 以内的最优运行参数。

该参数的实施从根本上解决了原系统容积不足、泥位过高、污泥冲击等运行难题，实现了排泥水处理系统的稳定安全运行；同时在严格保障供水水质的前提下，达成了原水利用率提高、能源消耗降低、设备寿命延长、药剂消耗减少的综合效益，让水厂生产运行更高效、更绿色。本次研究的成果不仅为相关单位后续生产运行提供了科学依据，也为国内同类自来水厂的排泥水处理系统运行优化提供了重要的实践参考，对提升整个供水行业的生产运行效率、践行绿色发展理念具有重要的现实意义。

参考文献：

- [1] 刘国焯,李星,杨艳玲,等.排泥水回流对水厂混凝沉淀工艺及出水水质的影响[J].中国给水排水,2020,36(11):46-51.
- [2] 高乃云,严敏.给水厂排泥水与废水处理及回用技术[M].北京: 中国建筑工业出版社,2013.