

自来水排泥水处理出泥效果分析及应对措施研究

缪平

上海汀滢环保科技有限公司 上海

【摘要】本文采用高效澄清与叠螺脱水组合工艺对自来水厂排泥水进行处理，对该工艺试运行期间，出泥含水率达不到设计目标 80%情况下，调查分析不达标原因，并制定一系列改进措施。结果表明，通过延长前端排泥水进水混合时间，更换定制螺旋轴，调整浓缩段环片间隙，选择匹配度良好的絮凝剂（PAM）阴阳离子药剂，调整出泥压板间隙，调低叠螺机运行频率，增加投药量等一系列措施能降低排泥水处理后出泥的含水率，使污泥含水率稳定达标，证实本研究在自来水厂排泥水处理应用中具有较强的推广价值。

【关键词】自来水厂；排泥水；污泥含水率；改进措施

【收稿日期】2023 年 1 月 26 日 **【出刊日期】**2023 年 3 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.aes.20230003

Study on effect analysis of sludge discharge from tap water treatment and countermeasures

Ping Miao

Shanghai Tingying Environmental Protection Technology Co., Ltd, Shanghai

【Abstract】In this paper, the combination process of high efficiency clarification and snail dewatering is used to treat the sludge discharge water of waterworks. During the trial operation of the process, the water content of sludge discharge is less than 80% of the design target, and the causes are investigated and analyzed, and a series of improvement measures are made. The results showed that a series of measures, such as extending the mixing time of the front-end sludge discharge water, changing the customized spiral shaft, adjusting the gap between the ring pieces of the enrichment section, choosing the PAM with good matching degree, adjusting the gap between the mud discharge plate, reducing the operation frequency of the screw stack machine, increasing the dosage, etc. could reduce the water content of the sludge discharge water treatment and make the sludge water content reach the standard stably. It is proved that this study has strong popularization value in the application of sludge discharge water treatment in waterworks.

【Keywords】Water works; Sludge water; Water content of sludge; Improvement measures

随着我国城市化进程与经济建设的快速发展，城镇自来水需求量与日俱增，排泥水量大大增加，为了控制混凝排泥水直排入河造成水体污染，大量泥沙淤积，破坏水体生态平衡。根据 2019 年 12 月 1 日市相关要求，各自来水厂需严格按照《污水综合排放标准》（DB31/199-2018）的要求，向非敏感水域直接排放水污染物执行其二级标准。上海某自来水厂采用高效组合澄清与叠螺脱水组合工艺对排泥水进行处理，设计要求尾水排放标准执行《污水综合排放标准》二级标准，经浓缩脱水后的污泥含

水率低于 80%。本文通过对上海某自来水厂排泥水出泥效果调试，分析研究试运行初期含水率不达标原因，调整运行工况、药剂品种选择和优化运行参数等几方面入手，使出泥含水率达到设计目标，为类似工程调试运行提供参考依据。

1 项目概况

上海某自来水厂处理规模 24 万 m³/d，采用混凝沉淀过滤工艺，日排泥水产量为 3000m³/d。

其主要成分为泥沙等无机悬浮颗粒和少量有机物质。该水厂采用高效澄清系统与叠螺脱水组合工

艺对排泥水进行处理。高效加砂澄清技术可快速实现排泥水的泥水分离，分离后的达标上清液排放至附近河道，经高效沉淀浓缩后，经二次浓缩调理后进行叠螺脱水，脱水后低于 80%含水率的污泥外运处置，浓缩上清液和叠螺脱水的尾水回流至高效澄清系统前端再次循环处理，设计目标要求尾水达到《污水综合排放标准》二级标准，出泥含水率低于 80%，其工艺流程如图 1 所示。在调试试运行初期本工程处理设备效果含水率始终无法达标，因此选择合适的改进方式降低污泥含水率尤为重要。

2 现状调查及原因确认

2.1 运行状况分析

为了做好出泥的质量控制，对项目现场及设备系统实际使用效果进行了调查。调查显示，在藻类爆发期间，沉淀池排泥水泥质发生较大变化；高浊

度进水，前端 PAC 投加量增大（由设计 3mg/L 氧化铝提升至 7mg/L 左右氧化铝的投加量）及排泥浓度大幅增大（污泥可达 8000-10000mg/L），造成叠螺机脱泥负荷过高，出现系统设备叠螺机环片与浓缩段螺旋轴摩擦过大，造成磨丝，在排泥水处理过程中容易造成污泥堵塞；同时大的硬质颗粒来进行脱水时，硬质颗粒会造成螺旋轴的划伤甚至是变形，影响设备运行稳定性；因处理效果不稳定，导致出泥含水率无法下降，增大处理难度，需要逐个进行处理，提供了较大的挑战。

根据现场调查，7 月 24 日出泥情况，表现松软，过稀，含水率偏高。现状出泥如图所示：

2.2 出泥含水率分析

收集自来水厂检测含水率，日期为 7 月 21-28 日，图 3 污泥含水率分析图，如图 3 所示：

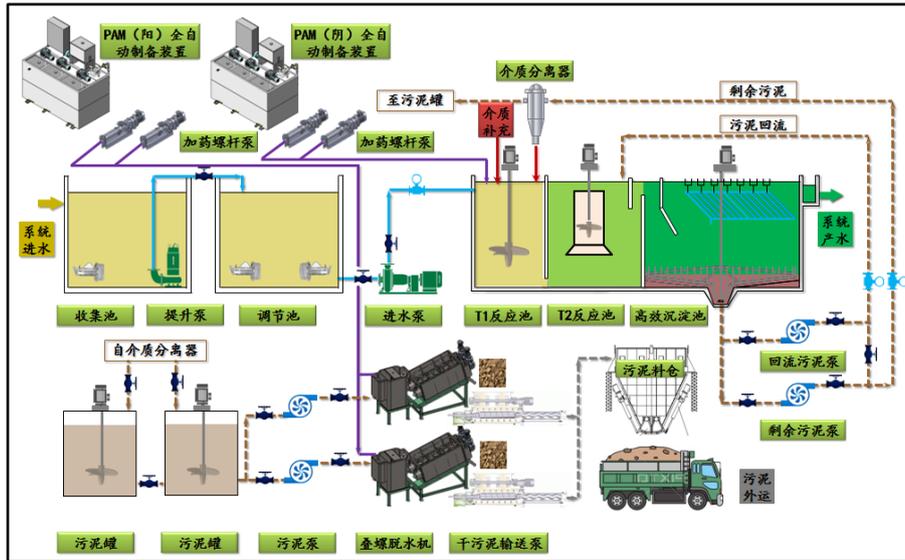


图 1 排泥水处理系统工艺流程



图 2 现状出泥

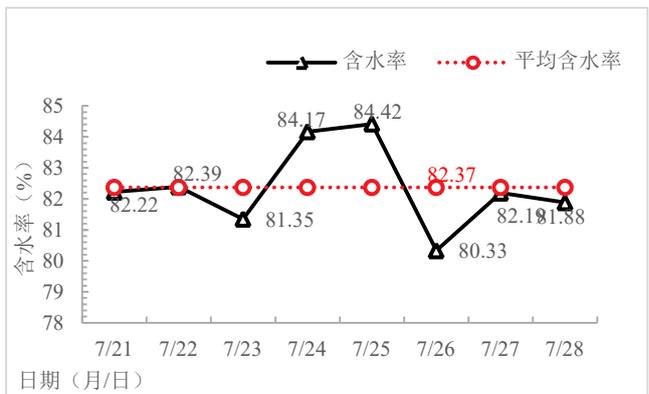


图 3 污泥含水率分析图

如上图表可知, 2021年7月21-28日, 系统排泥效果的含水率均高于80%, 平均含水率为82.37%, 无法达到要求标准。

2.3 原因确认

结合现场调查情况, 从人员、机械、材料、方法、环境及测等几个方面, 对排泥水出泥效果无法达标排放的主要原因进行了分析如下:

(1) 叠螺机螺旋轴磨损严重。经过浓缩的污泥随着螺旋轴的转动不断往前移动; 沿泥饼出口方向螺旋轴的螺距逐渐变小, 螺旋腔的体积不断收缩, 叠螺机出泥端出现堵轴情况, 泥无法及时排除, 在压力过载的情况下, 叠螺机螺旋轴锥筒磨损严重, 影响设备正常运行。

(2) 叠螺机浓缩段环片间隙过小。浓缩段环片间隙过小, 滤液出水量偏小, 易造成出泥环片与浓缩段螺旋轴堵塞, 而造成设备磨损, 影响设备运行。

(3) 絮凝剂(PAM)阴阳离子药剂匹配度不好。前端水处理投加PAM阴离子药剂处理后与污泥脱水投加PAM阳离子药剂处理未能达到良好的效果, 脱水污泥絮体成团效果较差, 导致处理效果不好。

叠螺机出泥口压板间隙过大。在出口处背压板的作用下, 内压无法逐渐增强; 虽然在螺旋推动轴依次连续运转推动下, 污泥中的水分受挤压程度不够, 排出滤饼含固量受到影响。

(4) 叠螺机运行频率过高。螺旋轴转速偏高, 未在合理运行工况工作, 叠螺机超负荷运行, 导致处理效果不稳定。

(5) 处于藻类爆发期间。沉淀池排泥水泥质发生较大变化, 排泥浓度大幅度增大, 在非藻类爆发期, 一般进水流量为220-230m³/h, 而在藻类爆发期, 进水流量调整为160-170m³/h, 流量减小, 流速减小, 停留时间增加, 而导致回流滤液浓度增高, 而使废水调节池进水浓度增高。

(6) 高浊度进水。前端进水高浊度, 之前的投加的药剂无法完全满足, 导致絮凝效果不好, 从而处理负荷高, 排泥浓度大幅度增大, 经调查污泥浓度可达8000-10000mg/L。

最终归纳为3个主要原因:

(1) 叠螺机未在合理工况下运行。叠螺机运行频率过高, 超负荷运行, 螺旋轴磨损严重, 出泥环片与浓缩段螺旋轴堵塞, 出泥口压板间隙大等。

(2) PAM药剂的投加量和匹配度不合适, 处理效果不好。

(3) 处于藻类爆发期间, 高浊度进水, 沉淀池排泥水泥质发生较大变化, 排泥浓度大幅度增大。

3 对策实施及效果分析

3.1 对策实施

(1) 对叠螺机进行改造

① 更换并定制螺旋轴

由于叠螺机螺旋轴磨损严重, 更换并定制螺旋轴。返厂重新设计定制新的螺旋轴, 将螺旋轴上的锥筒换成合适尺寸, 减小整个叠螺腔体内的压力。更换前螺旋轴尺寸直径为76mm, 锥筒上下直径分别为88mm、285mm, 锥筒高940mm; 更换后螺旋轴尺寸直径89mm, 锥筒上下直径分别为101mm、220mm, 锥筒高730mm, 如图4和图5。更换后, 叠螺机螺旋轴磨损减少, 正常运行, 未出现污泥堵塞情况。

② 调整环片间隙或者更换环片, 并新增检修孔

现在叠螺本体五段环片间隙标准化设计分别为0.18mm、0.35mm、0.5mm、0.5mm、0.35mm, 把间隙调整为0.35mm、0.5mm、0.5mm、0.5mm、0.35mm。

为防止污泥含水率降低后, 堵塞叠片, 便于清洗维护, 保证叠螺机稳定运行。将清洗及更换磨损的环片, 在脱水段增加防堵检修孔, 设置增加可拆卸环片。浓缩段环片间隙进行调整后, 与螺旋轴之间污泥未发现堵塞情况, 滤液出水量正常。

③ 调低叠螺机运行频率

考虑叠螺机超负荷运行, 调整叠螺机运行频率, 使叠螺机保持在合理工况下正常运行, 稳定出泥。叠螺机运行频率50Hz相应调低至37Hz, 减小运行频率。叠螺机运行频率调整后, 叠螺机在正常运行工况中运行。

④ 出泥压板间隙调小, 同时出泥口采用刮泥片括泥快速出泥

将出泥口压板螺丝拧松, 由开度5cm减小1~2cm至约3.5cm。为避免背压板开度变小, 出泥堵塞, 使用刮泥片安装在出泥口上进行快速出泥。调整背压板后, 背压板出泥紧实成块, 同时安装刮泥片, 以防堵塞。

(2) PAM药剂合理选择和合理投加

① 选择匹配度良好的PAM阴阳离子

取正在运行的设备中絮凝池水及污泥池水，进行烧杯小试，确定所投加絮凝剂种类。絮凝池水中添加 PAM 阴离子絮凝剂，污泥池水中添加 PAM 阳离子絮凝剂。观察絮团形成快慢及大小、并观察絮团沉淀速度。水温 15℃；PH6-9；浓度：PAM 阴离子 1‰、PAM 阳离子 3‰；水量：排泥水量（250ml）、沉淀水量（250ml）；投加量：PAM 阴离子药剂 0.25g 药剂/250mL 水，PAM 阳离子 0.75g 药剂/250ml 水搅拌均匀稀释 30min，完全混合。

实验结果显示，当 PAM 阴离子分子为 1600 万，PAM 阳离子药剂离子度 45% 时，絮凝沉淀效果好，最终选择该药剂组合。

②增加 PAM 阴离子投加药量，加快絮凝

加药（PAM 阴离子）螺杆泵由原本一台调整为二台进行加药，增加 PAM 阴离子投加量。加药频率由一台调频频率 20HZ 调整到 50Hz，仍不能满足要求，从而调整为增加一台工频泵频率为 50Hz 和原来泵调频频率调整为 20Hz 共同运行。絮凝池沉降速度过慢时，每天增加石英砂 100kg 连续五天，增加絮凝沉降速度，保证絮凝效果。加药量提高后，絮凝效果明显提升，实施前，絮凝池无法成团聚集，池内浑浊，效果不好，如图 6 左；进行调整后，絮凝池内絮凝体成团，水质变清，絮凝效果良好，详见

图 6 右。

(3) 前端排泥水混合时间延长

净水厂正常排水时长为 90 分钟，排泥水浓度高，现时长延长至 120 分钟，使后 30 分钟低浓度排泥水与前 90 分钟高浓度排泥水混合，降低处理系统进口排泥水浓度。从图 7 中看出，排水 90min 时排泥水呈黑棕色，排水 120min 时排泥水呈浅黄色，与排水 90min 时相比，排水 120min 时排泥水更清，浊度更低，排泥水浓度明显降低。

3.2 效果分析

①叠螺机搅拌桶污泥脱水效果：实施前，叠螺机搅拌桶污泥无法成团聚集，池内浑浊，效果不好，如图 8 左；进行调整后，叠螺机搅拌桶内污泥脱水絮凝成絮团，絮凝效果良好，如图 8 右。

②出泥含水率：通过采取一系列措施后对出泥进行取样。于 9 月 1 日~10 月 1 日进行连续 31 天出泥取样检测，整理后如图 9：通过图 9 可以看出，经叠螺脱水机处理后的剩余污泥含水率在 65%~75% 之间，平均含水率为 71.84%，低于 75%。达到标准《叠螺机污泥脱水机》（JB/T 12578-2015）中要求脱水性能中对于化学污泥，其滤饼含水率（质量分数）不大于 80%^[3]和工程要求（≤75%），同时出泥稳定达标 30 天以上，达到预期效果。

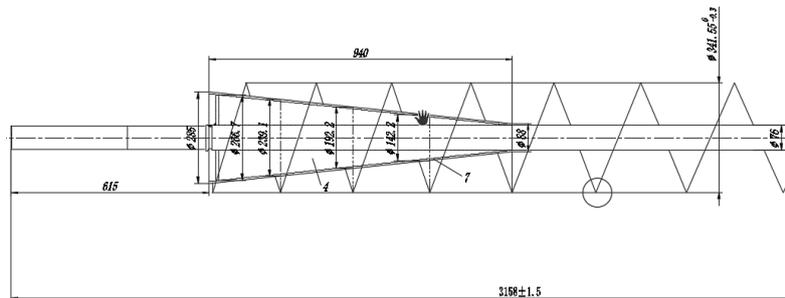


图 4 更换前螺旋轴锥筒尺寸

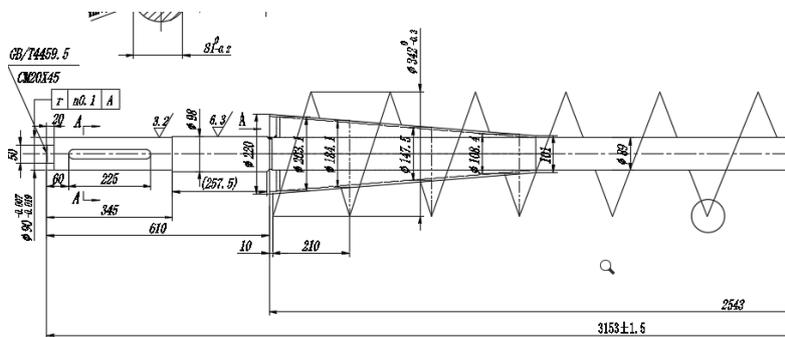


图 5 更换后螺旋轴锥筒尺寸

表 1 絮凝剂筛选实验结果

序号	PAM 阴离子药剂 (分子量)	PAM 阳离子药剂 (离子度)	絮凝效果	沉淀效果	脱水效果
1	2000 万	25%	快速形成絮团, 絮团比较大	沉淀较慢, 上清液略浑浊	较快形成泥团, 絮团偏小
2	2000 万	45%	快速形成絮团, 絮团比较大	沉淀较快, 上清液迅速变清	快速形成泥团, 絮团偏大
3	1600 万	25%	快速形成絮团, 絮团大小合适	沉淀较慢, 上清液略浑浊	较快形成泥团, 絮团偏小
4	1600 万	45%	快速形成絮团, 絮团大小合适	沉淀较快, 上清液迅速变清	快速形成泥团, 絮团大小合适



图 6 絮凝池絮凝效果对比图 (左: 絮凝效果差; 右: 絮凝效果良好)



图 7 系统进水浓度对比 (左: 排水 90min; 右: 排水 120min)



图 8 叠螺机搅拌筒脱水絮凝效果对比图 (左: 效果差; 右: 效果良好)

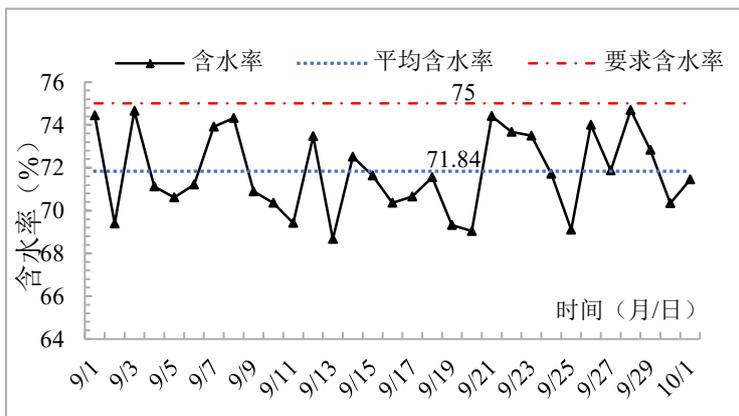


图9 产泥含水率达标

4 结论与建议

①在自来水厂排泥水处理工程中，采取了调整PAM 阴阳离子药剂匹配度，增加 PAM 药剂投加量等措施，保证了良好的絮凝和沉淀处理效果。

②通过更换叠螺机螺旋轴，增大挤压段环片间隙，调低设备运行频率、调小出泥口压板开度等措施，使叠螺机保持在合理工况下运行，提升了叠螺机运行稳定性。

③通过一系列措施解决了出泥效果不好，含水率高的问题症结，出泥含水率成功从 82.37%降至 75%以下，可为类似工程的调试运行提供一定的参考性。

④高效澄清系统与叠螺脱水组合工艺对于处理无机物含量较高的自来水厂排泥水具有显著效果，经工况优化调整后，运行稳定具有较强可推广性。

参考文献

[1] 童祯恭,童承乾,冯治华,等.净水厂排泥水及其污泥的处置[J].华东交通大学学报,2018,32(6):88-95.
 [2] 杨玉军,钱龙,杨金明,等.滇中某自来水厂排泥水的处理[J].城市建设理论研究(电子版),2020(11):46-47.
 [3] 张念琦.上海市某水厂排泥水处理应急工程设计[J].净水

技术,2022,41(1):140-146.

[4] 杨珊珊,韩国胜.某自来水厂排泥水处理中试设备试验研究[J].城市建设理论研究,2020(06):56-57.
 [5] 上海市环境保护局,上海市质量技术监督局.污水综合排放标准:DB 31/199-2018[S].北京:中国标准出版社,2007.
 [6] 陈煜伟,何伟.加载絮凝对微污染水的治理效果及应用前景[J].环境工程,2016,34(s1):58-61.
 [7] 范金辉,周卫东,杨协栋,等.Fe²⁺和 PMS 同步混凝氧化预处理对超滤净化排泥水的影响[J].水资源保护,2021,37(2):148-152.
 [8] 顾健.高效组合澄清系统在某雨水泵站污染物削减中的应用[J].净水技术.2019,38(s2):102-105.
 [9] 郭文娟,鄯燕秋,等.净水厂排泥水处理工艺现状及发展方向.给水排水.2013.Vol39(8):35-40.
 [10] 中华人民共和国工业和信息化部.叠螺式污泥脱水机:JB/T 12578-2015.北京:机械工业出版社,2015.

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

