

新型污泥调理剂在板框压滤机深度脱水中的应用

解万友, 付雪玲, 张玉华, 沈天曦

神美科技有限公司, 河北 沧州

收稿日期: 2024年8月26日; 录用日期: 2024年9月22日; 发布日期: 2024年10月8日

摘要

在板框压滤机深度脱水过程中, 铁盐 + 石灰作为传统的污泥调理剂, 虽然可以处理泥饼含水率60%以下, 但仍存在泥饼增量、恶化作业环境、综合处理成本较高等缺点。本文采用新型污泥调理剂A + B组合在污水处理厂进行生产性试验。结果表明该药剂组合泥饼含水率在48.68%~56.48%之间, 污泥脱水效果比较理想。并在同等进泥绝干泥量0.83 t下, 新型A + B药剂较铁盐 + 石灰药剂在污泥增量、药剂成本、泥饼运输成本及综合成本方面均有较大优势。可以代替传统铁盐 + 石灰药剂, 实现水厂污泥脱水的降本增效, 具有较高的市场推广价值。

关键词

板框压滤机, 新型污泥调理剂, EPS, 绝干泥量, 综合成本

Application of New Sludge Conditioner in Deep Dewatering of Plate and Frame Press

Wanyou Xie, Xueling Fu, Yuhua Zhang, Tianmeng Shen

Smedic Technology Co., Ltd., Cangzhou Hebei

Received: Aug. 26th, 2024; accepted: Sep. 22nd, 2024; published: Oct. 8th, 2024

Abstract

In the process of deep dehydration of plate and frame filter press, iron salt and lime, as the traditional sludge conditioner, can treat the moisture content of mud cake of less than 60%, but there are still disadvantages of large increment of mud cake, deterioration of operating environment and high comprehensive treatment cost. In this paper, the new sludge conditioner A + B combination is used in the sewage treatment plant. The results show that the moisture content of the combined

mud cake is between 48.68% and 56.48%, and the effect of sludge dewatering is relatively ideal. In addition, under the same amount of 0.83 t, the new A + B agent has great advantages over the iron salt + lime agent in terms of sludge increment, pharmaceutical cost, mud cake transportation cost and comprehensive cost. It can replace the traditional iron salt + lime agent to realize the cost reduction and efficiency increase of sludge dehydration in the water plant, which has high marketing value.

Keywords

Plate and Frame Filter Press, New Type of Sludge Conditioner, EPS, Absolute Dry Mud Volume, Comprehensive Cost

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. 引言

随着城镇污水处理厂提质增效标准的提高, 污水处理运营向泥水并重方向转变, 污泥的处置将成为重点[1]。本着污泥处理处置减量化、稳定化、无害化、资源化的目的, 板框压滤机具有较高的脱水效率受到市场认同[2] [3]。在进行板框脱水前需进行污泥调理, 以改善污泥的各脱性能[4], 传统的污泥调理剂铁盐 + 石灰虽然可以使泥饼含水率降至 60% 以下[5], 但由于石灰的大量投加导致泥饼绝干泥增量、不利于污泥减量化处理目的, 同时易引起游离氨挥发、石灰粉尘使得作业环境恶化、药剂及综合处理成本较高等缺点[6]。而现在市场上不投加石灰的污泥调理剂又因市政污泥含有较高有机物及 EPS 胞外聚合物的影响很难保证脱水泥饼含水率达标[7]。

因此我公司针对传统铁盐 + 石灰药剂及其他污泥调理剂的缺点。结合污泥调理剂发展趋势, 并基于电荷效应耦合酸化改性、聚电解质络合絮凝、骨架疏水、催化氧化等理论[8]-[10], 自主研发出新型污泥调理剂 A + B 药剂组合。其有效促进 TB-EPS (紧密结合的胞外聚合物)向更易脱水的 L-EPS (松散结合的胞外聚合物)和 S-EPS (上清液层胞外聚合物)转变, 释放细胞内结合水、降低污泥粘性、形成刚性微絮体, 强化污泥脱水性能[11]。可应用于污水处理厂板框深度脱水, 其脱水后泥饼含水率可降至 40%~60% [12], 且具有药剂投加量低, 污泥增重低, 投加简单, 对环境无毒无害的特点。

为了研究新型污泥调理剂与传统铁盐 + 石灰组合药剂的优缺点及调理性能, 针对山东某污水处理厂通过污泥调理生产性试验确定该药剂组合的脱水效果及最适合药剂投加量, 并在同等脱水设备参数下与传统铁盐 + 石灰药剂进行进泥绝干泥、泥饼含水率、泥饼增量、综合处理成本的对比[13]。目前污泥调理剂相关研究主要以小试分析评价为主, 针对污泥调理剂大试数据统计及深入分析评价研究较少, 本文采用大量大试数据从进泥量、泥饼脱落效果、泥饼含水率、污泥增量、综合成本等多方面进行对比分析探讨, 为板框深度脱水的污泥调理剂生产性试验提供较多数据参考及综合效果评价。同时也区别于传统污泥调理剂提供新的药剂组合类型与尝试可能。

2. 试验背景

2.1. 试验水厂

试验水厂为山东某污水处理厂, 水厂设计处理规模为 4 万吨/日, 主体工艺为: 粗、细格栅 + 卡鲁赛尔氧化沟 + 二沉池 + 活性砂滤池 + 消毒池出水。设计出水标准为《城镇污水处理厂污染物排放标准》

(GB18918-2002)一级 A 标准, 水厂剩余污泥经重力浓缩及板框压滤, 泥饼外运处置, 泥饼含水率 $\leq 60\%$ 。

污泥脱水工艺流程, 水厂剩余污泥经污泥浓缩池重力浓缩提高剩余污泥含固率后向污泥调理池泵入一定量的污泥, 根据泵入污泥体积及污泥含水率计算投加适量比例的污泥调理剂进行污泥调理后, 由气动泵泵入板框压滤机, 经压榨后形成含水率 $\leq 60\%$ 泥饼外运处置。合适的污泥调理剂组合及投加比例对污泥的调理及脱水影响至关重要, 关系到后期板框脱水效果、泥饼含水率及综合处理成本。水厂污泥脱水工艺流程如图 1。

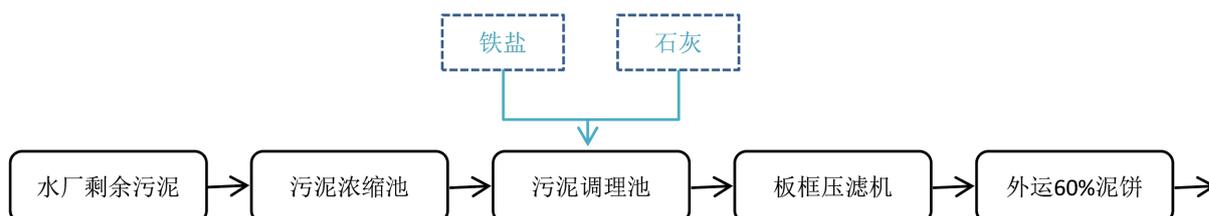


Figure 1. Flow chart of sludge dewatering process

图 1. 污泥脱水工艺流程图

2.2. 试验设备参数及要求

水厂有污泥调理池容积 $18\text{ m}^3 \times 2$ 个, 板框压滤机过滤面积 $150\text{ m}^2 \times 2$ 台, 进泥泵为气动隔膜泵, 进泥压力 $\leq 0.45\text{ Mpa}$, 进泥时间 80 min , 进泥完成后自动进入压榨程序, 压榨压力 $\leq 0.8\text{ Mpa}$, 压榨时间 50 min 。为对比污泥调理效果, 保持参数设置一致。水厂要求同等运行参数设置下单板进泥量不低于铁盐 + 石灰药剂均值, 污泥脱水综合成本不得高于铁盐 + 石灰药剂均值。

2.3. 试验药剂

本次试验采用新型污泥调理剂 A + B 药剂组合, 现场污泥调理剂为铁盐 + 石灰药剂性质及投加方式如表 1 所示。

Table 1. Nature and addition method of the agent

表 1. 药剂性质及投加方式

使用药剂	药剂性状	使用方式
污泥调理剂 A	棕红色液体	按比例直接投加使用
污泥调理剂 B	淡黄色至无色透明液体	按比例直接投加使用
现场铁盐	棕红色液体	按比例直接投加使用
现场石灰	白色粉末固体	按比例直接投加使用

2.4. 试验设备参数及要求

向污泥调理池补入一定量的污泥浓缩池浓缩后污泥, 开启搅拌, 待泥水搅拌混合均匀后, 取调理池泥样测定污泥含固率, 根据调理池绝干泥含量及药剂投加系数计算每种药剂所需投加量。先投入污泥调理剂 A 搅拌 5 min , 再投入污泥调理剂 B 搅拌调理 20 min 。

调理结束后, 经进泥、压滤、卸泥饼等程序完成污泥脱水工作。记录污泥含水率、进泥量、泥饼颜色、泥饼粘板程度、泥饼厚实及均匀程度等, 并取代表性泥饼测定含水率。泥饼经地泵称量记录重量。

在泥饼含水率满足现场生产要求的情况下, 对药剂投配率进行调整, 寻找最适的药剂投配率及吨绝干泥处置成本。

3. 试验数据及讨论

3.1. 试验数据

试验期间共进行 17 板框污泥脱水工作, 药剂投加量先采用较高投加比例以保证水厂正常污泥脱水工作, 在得到较好污泥脱水效果后逐步降低药剂投加比例以得到较佳药剂投配率及吨绝干泥处理成本。当进泥绝干泥量低于现场铁盐 + 石灰药剂、泥饼含水率 $\geq 60\%$ (或泥饼自然脱落率受影响时) 返回试验中较佳药剂投加量, 验证药剂脱水稳定性。试验期间综合数据如表 2 所示。

Table 2. Test data

表 2. 试验数据

板数	原泥含水率(%)	A 加药比例(%)	B 加药比例(%)	进泥体积(m ³)	绝干泥量(t)	泥饼含水率(%)	泥饼重量(t)
1	95.20	35.02	10.01	19.17	0.92	48.68	1.98
2	94.53	32.42	8.99	17.32	0.95	48.79	2.03
3	94.48	30.11	8.03	17.43	0.96	49.24	2.07
4	94.27	27.70	6.93	16.74	0.96	51.41	2.14
5	94.23	25.34	7.60	16.20	0.93	52.14	2.10
6*	94.37	24.96	6.81	17.82	1.00	51.78	2.24
7	93.44	22.36	6.39	13.62	0.89	51.67	1.96
8	93.57	20.16	5.76	13.50	0.87	52.71	1.95
9	93.31	20.03	6.01	12.78	0.85	53.12	1.93
10*	93.98	18.46	6.15	14.94	0.90	53.63	2.06
11	93.84	18.04	6.01	13.42	0.83	53.59	1.89
12	93.65	17.98	5.99	13.14	0.83	53.06	1.88
13	93.78	17.86	5.95	13.25	0.82	53.82	1.89
14	94.24	16.45	5.98	13.30	0.77	56.48	1.87
15	93.71	18.93	4.73	12.42	0.78	56.23	1.89
16	94.25	18.52	4.53	13.42	0.77	56.45	1.88
17	93.79	18.36	6.02	13.32	0.83	53.82	1.90
现场	94.17	15.00	30.00	14.22	0.83	51.15	2.21

注: 6 板和 10 板带有*标记, 6*和 10*两板进泥前清洗滤布。绝干泥量(t): 进泥体积(m³) \times {100% - 原泥含水率(%)}, 进泥有效绝干泥量简称。

小结: 试验期间板框进泥顺利, 泥饼硬实, 含水率均低于 57%, 取得比较理想的脱水效果。遂根据大试数据对药剂投加量及进泥绝干泥量、泥饼含水率、泥饼重量、综合成本等方面进行进一步分析。并与现场铁盐 + 石灰药剂进行对比。

3.2. 药剂投加量与进泥绝干泥量对比分析

通过试验数据分析药剂投加量与进泥绝干泥量的对应关系, 并与铁盐 + 石灰药剂均值每板进泥绝干泥量 0.83 t 进行对比分析。

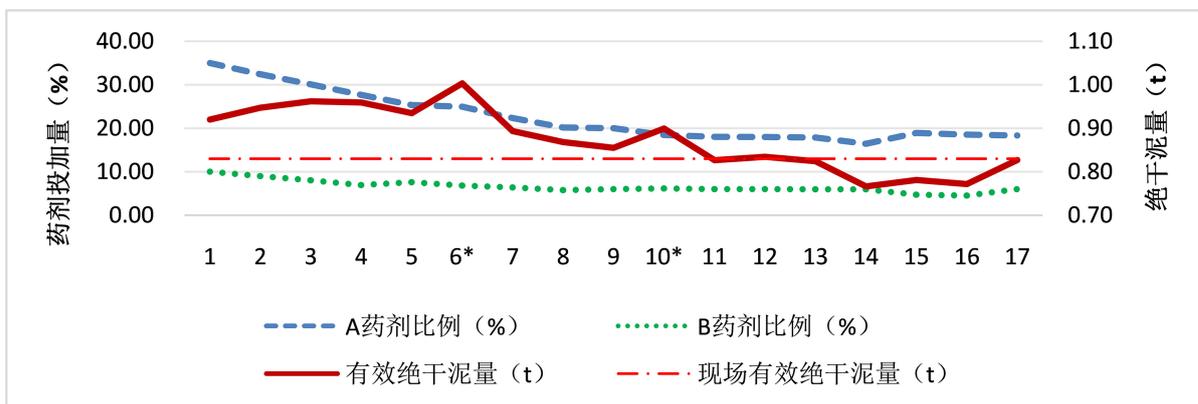


Figure 2. The corresponding relationship between the dosage and the amount of dry sludge

图 2. 药剂投加量与绝干泥量对应关系

1) 根据大试数据及图 2 可以得出该水厂污泥随药剂投加量增高进泥量增大, 药剂投加量为 30.11% + 8.03% 达到顶峰, 进泥绝干泥为 0.96 t, 随后继续增加药剂投加量进泥绝干泥略有下降。第 6 板和第 10 板由于清洗滤布的原因, 进泥绝干泥表现出两个凸点, 证明刚清洗滤布后更有利于板框机更多进泥。

2) 现场铁盐 + 石灰日常生产每板框平均进泥绝干泥量均值为 0.83 t。由大试数据可以得出新型污泥调理剂 A + B 药剂投加量在 17.98% + 5.99% 时进泥绝干泥量为 0.83 t, 达到与现场同等处理泥量。低于此药剂投加量进泥绝干泥低于现场进泥量。

3.3. 药剂投加量与泥饼含水率对应关系

通过试验数据分析药剂投加量与泥饼含水率的对应关系, 并与水厂要求泥饼含水率 $\leq 60\%$ (同时泥饼自然脱落率良好) 进行对比分析。

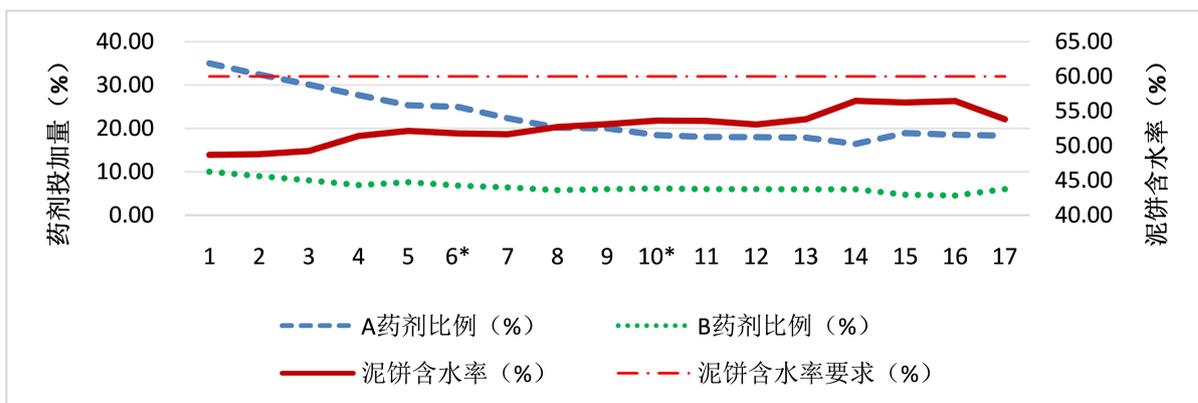


Figure 3. Corresponding relation between the agent dosage and the moisture content of the mud cake

图 3. 药剂投加量与泥饼含水率对应关系

1) 由大试数据及图 3 可以得出该水厂污泥随药剂投加量增高, 泥饼含水率逐步降低, 且均低于水厂执行标准泥饼含水率 $\leq 60\%$ 。清洗滤布对泥饼含水率影响不大。

2) 由于泥饼含水率均低于水厂要求, 药剂投加量的确定可以优先考虑处理绝干泥量及综合成本。但由于泥饼含水率高于 55% 后泥饼自然脱落效果变差, 增加现场工作人员工作强度, 考虑到进泥绝干泥量不小于现场铁盐 + 石灰, 固优先选择药剂投加量为 17.98% + 5.99% 为较适合药剂投加比例。

3.4. 药剂泥饼增量分析

根据以上分析选择进泥绝干泥量与现场相等、泥饼含水率 $\leq 60\%$ 且泥饼自然脱落良好的药剂投加量 A + B 为 17.98% + 5.99%，与水厂铁盐 + 石灰的 15% + 30% 进行污泥增量对比分析。泥饼增量对比如表 3 所示。

Table 3. Comparison of mud cake increment

表 3. 泥饼增量对比

板数	绝干泥量(t)	泥饼含水率(%)	泥饼重量(t)	泥饼绝干泥增量(%)
12	0.83	53.06	1.88	6.32
现场	0.83	51.15	2.21	30.07

注：泥饼绝干泥增量(%)：{泥饼重量(t) × [100% - 泥饼含水率(%)] - 绝干泥量(t)} / 绝干泥量(t)。

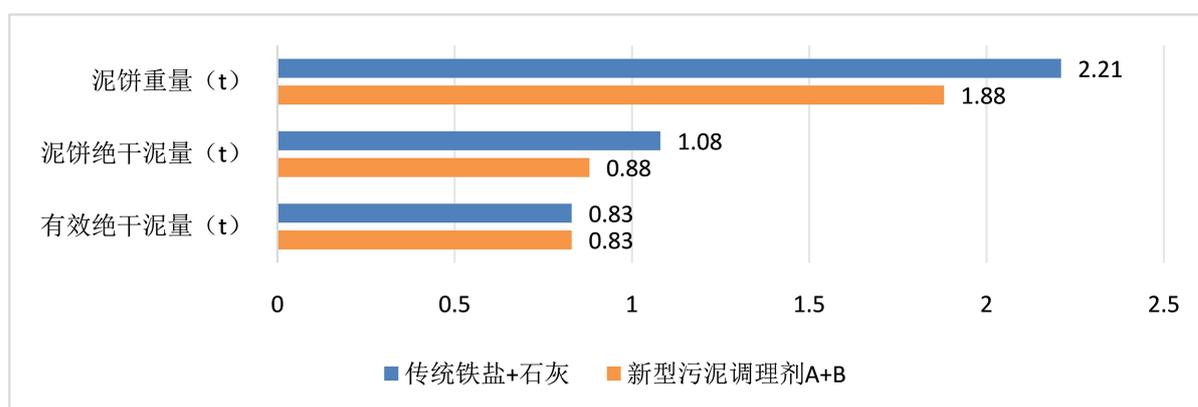


Figure 4. Comparative analysis of mud cake increment

图 4. 泥饼增量对比分析

1) 铁盐 + 石灰体系由于投加大量石灰，使得泥饼增重较大[14]，新型 A + B 药剂由于避免了石灰的投加，可以大程度降低泥饼中药剂增量。同等绝干泥两系列药剂投加量下，新型 A + B 污泥调理剂产生泥饼绝干泥增重仅为 6.32%，而铁盐 + 石灰产生泥饼绝干泥增重为 30.07%。

2) 以上数据及图 4 可以得出进泥绝干泥量同为 0.83 t 时，新型 A + B 污泥调理剂产生泥饼绝干量仅为 0.88 t，泥饼重量为 1.88 t，而铁盐 + 石灰产生泥饼绝干量为 1.08 t，泥饼重量为 2.21 t，产生泥饼量降低 0.33 t，吨绝干泥降低泥饼重量 0.4 t。有效降低泥饼增量。

3.5. 药剂成本分析

Table 4. Comprehensive cost comparison

表 4. 综合成本对比

板数	绝干泥量(t)	泥饼含水率(%)	泥饼重量(t)	吨绝干泥 药剂成本(元)	吨绝干泥 泥饼运输成本(元)	综合成本(元)
12	0.83	53.06	1.88	245.69	113.25	358.94
现场	0.83	51.15	2.21	285.00	133.13	418.13

注：吨绝干泥药剂成本(元)： $\sum \{ \text{药剂单价(元/吨)} \times \text{加药比例}(\%) \}$ ，药剂 A 单价 1000 元/吨，药剂 B 单价 1100 元/吨，铁盐药剂单价 600 元/吨，石灰药剂单价 650 元/吨。吨绝干泥泥饼运输成本(元)：{泥饼重量(t) × 运输单价(元/吨)} / 绝干泥量(t)。泥饼运输单价为 50 元/吨。综合成本(元)：吨绝干泥药剂成本(元) + 吨绝干泥泥饼运输成本(元)。

新型药剂投加量 A + B 为 17.98% + 5.99%，现场铁盐 + 石灰为 15% + 30% 情况下，进行药剂成本、泥饼运输成本、综合成本的对比分析。综合成本对比如表 4 所示。

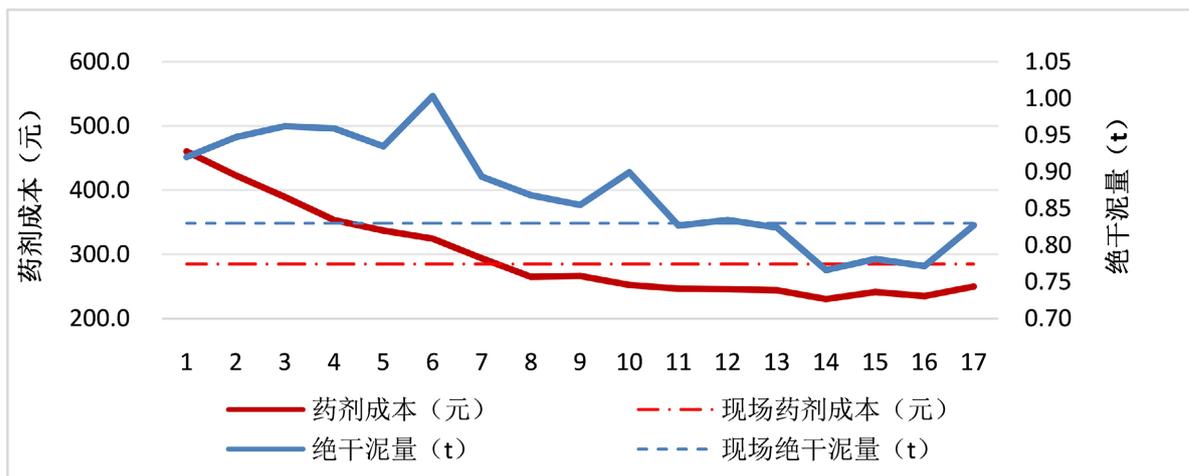


Figure 5. Trend chart of the cost of ton dry mud agent and the amount of dry mud entering the mud
图 5. 吨绝干泥药剂成本与进泥绝干泥量趋势图

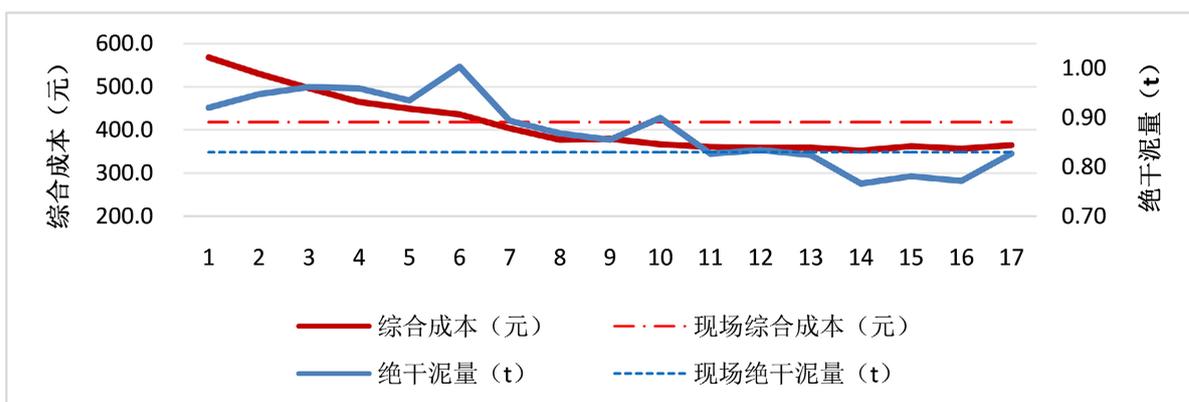


Figure 6. Trend chart of comprehensive cost per ton of dry sludge and inflow of dry sludge
图 6. 吨绝干泥综合成本与进泥绝干泥量趋势图

- 1) 根据表 4 试验数据,对比 12 板和现场均值,吨绝干泥药剂成本由原来 285.00 元降低至 245.69 元,吨绝干泥药剂成本降低 39.31 元。
- 2) 由于新型污泥调理剂避免石灰的投加使得泥饼增量较大程度降低,吨绝干泥泥饼运输成本由铁盐 + 石灰系列药剂的 133.13 元降低至 113.25 元。吨绝干泥泥饼运输成本降低 19.88 元。
- 3) 综合以上两项,吨绝干泥综合成本由铁盐 + 石灰药剂的 418.13 元降低至 358.94 元,吨绝干泥综合成本降低 59.19 元,综合成本降低 14.16%。
- 4) 根据图 5 可以得出同等吨绝干泥药剂成本下新型 A + B 药剂比铁盐 + 石灰药剂进泥绝干泥多约 6.0%,根据图 6 可以得出同等吨绝干泥综合成本下新型 A + B 药剂比铁盐 + 石灰药剂进泥绝干泥多约 9.6%。

4. 试验结论

- 1) 新型污泥调理剂 A + B 药剂生产性试验期间。进泥顺利,腔体充满,泥饼厚实,均可自然脱落,

泥饼含水率均低于 57%，总体上可以取代铁盐 + 石灰药剂作为现场污泥调理剂。

2) 该水厂污泥随 A + B 药剂投加量增高进泥量增大，药剂投加量为 30.11% + 8.03% 时达到顶峰，进泥绝干泥为 0.96 t，随后继续增加药剂投加量进泥绝干泥量略有下降。且刚清洗滤布后有利于板框机更多进泥。A + B 药剂投加量在 17.98% + 5.99% 时进泥绝干泥量为 0.83 t，达到现场同等绝干泥量。

3) 该水厂污泥随 A + B 药剂投加量增高，泥饼含水率逐步降低，大试期间泥饼含水率最高为 56.48%，最低为 48.68%，且均低于水厂执行标准泥饼含水率 ≤ 60%。

4) 新型 A + B 药剂由于避免了石灰的投加，较大程度降低了泥饼增量。进泥绝干泥量同为 0.83 t 时，新型 A + B 药剂产生泥饼绝干增重为 6.32%，而铁盐 + 石灰产生泥饼绝干增重为 30.07%，吨绝干泥降低泥饼重量 0.4 t。有效降低泥饼增量。本文区别于之前以小试数据评价为主，从生产的实际需求出发，用大量生产性数据从多方面进行对比分析探讨，为污水厂污泥板框深度脱水的日常生产及新型污泥调理剂生产性试验提供更多参考和依据。

5) 同等进泥绝干泥量下，吨绝干泥综合成本由铁盐 + 石灰药剂的 418.13 元降低至 358.94 元，吨绝干泥综合成本降低 59.19 元，综合成本降低 14.16%。同等综合成本下新型 A + B 药剂进泥绝干泥量多约 9.6%。

参考文献

- [1] 陈敏敏, 刘杰, 李莉娜, 等. 我国城镇污水处理厂污泥产率系数现状及影响因素分析[J]. 工业水处理, 2024, 44(3): 24-29.
- [2] 孟维举, 李军, 张静慧, 等. 基于板框压滤强化脱水工艺的污泥化学调理研究[J]. 中国给水排水, 2015, 31(9): 125-128.
- [3] 许金泉, 程文, 耿震. 隔膜式板框压滤机在污泥深度脱水中的应用[J]. 给水排水, 2013, 49(3): 87-90.
- [4] 王国瑞, 孙松厚, 周继柱, 解万友, 张志平. 复合污泥调理剂实际应用研究[J]. 石油石化物资采购, 2021(7): 144-146.
- [5] 钱林. 城镇污水处理厂污泥深度脱水技术研究与应用[J]. 给水排水, 2017, 53(12): 17-19.
- [6] 刘锐, 徐强, 郭松杰, 等. PAC 调理剂对全自动板框压滤机污泥深度脱水的影响[J]. 净水技术, 2021, 40(9): 158-162.
- [7] 孟令鑫, 汪家权, 张辉. 改性污泥脱水性能的中试研究[J]. 环境工程学报, 2015, 9(10): 5078-5082.
- [8] 邢奕, 王志强, 洪晨, 等. 不同 pH 值下胞外聚合物对污泥脱水性能及束缚水含量的影响[J]. 工程科学学报, 2015, 37(10): 1387-1395.
- [9] 李杰, 戴子俊, 张晴波, 等. 基于絮凝调理技术强化污泥脱水性能的研究进展[J]. 工业水处理, 2024, 44(5): 52-63.
- [10] 甄广印, 吴太朴, 陆雪琴, 等. 高级氧化污泥深度脱水技术研究进展[J]. 环境污染与防治, 2019, 41(9): 1108-1113, 1119.
- [11] 洪晨, 邢奕, 司艳晓, 等. 芬顿试剂氧化对污泥脱水性能的影响[J]. 环境科学研究, 2014, 27(6): 615-622.
- [12] 虞文波. 市政污泥 Fenton 化学调理处理及电渗透物理强化深度脱水方法及机理研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
- [13] 张静慧, 杨宏, 卓崑, 等. FAHP 法在污泥板框调理剂综合评价中的应用[J]. 安全与环境学报, 2018, 18(2): 761-766.
- [14] 赵志丽, 王宾. 一种新型污泥调理剂的使用效果综述[J]. 化工管理, 2021(9): 100-101.