

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.06.016

# 污泥低温干化工艺的工程实践与运行成本分析

虞佳庆, 张丽丽, 武丹丹, 王健美, 徐园园  
(杭州市水务集团有限公司, 浙江 杭州 310009)

**摘要:** 杭州某污水处理厂污泥处理采用离心脱水+低温干化工艺,分析了低温干化工艺的  
运行状况和存在的问题。污泥低温干化后质量约缩减67.8%,提升了外运处置的稳定性,但也存在  
产泥高峰期处理能力不足和臭气处理等问题。在干化运行成本中,电费占47.07%,运输费用占  
14.01%,处置费用占25.47%,运维费用占11.08%,除臭费用占2.37%。该厂污泥干化后外运和湿污  
泥直接外运两种运行模式的价格平衡点为污泥运输处置单价340元/t,从经济性和运行稳定性分析,  
现阶段采用湿污泥外运处置模式。

**关键词:** 污泥低温干化; 离心脱水; 运行成本; 运输处置; 电耗; 光催化氧化; 等  
离子除臭

中图分类号: TU992 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2025)06-0102-07

## Engineering Practice and Operation Costs Analysis of Sludge Low-temperature Drying Process

YU Jia-qing, ZHANG Li-li, WU Dan-dan, WANG Jian-mei, XU Yuan-yuan  
(Hangzhou Water Group Co. Ltd., Hangzhou 310009, China)

**Abstract:** The sludge treatment process of centrifugal dehydration and low-temperature drying is  
used in a sewage treatment plant in Hangzhou. The operation status and existing problems of the low-  
temperature drying process were summarized and analyzed. The weight of the dried sludge was reduced by  
67.8%, which improved the stability of sludge transportation and disposal. However, there were also  
problems such as insufficient capacity during the peak period of sludge production and odor treatment. In  
the sludge drying operation cost, electricity, transportation, disposal, operation and maintenance,  
deodorization cost accounted for 47.07%, 14.01%, 25.47%, 11.08% and 2.37%, respectively. The unit  
price of 340 yuan/t of sludge transportation and disposal is the price balance point of the two operation  
models, including wet sludge transportation and dried sludge transportation. On analysis of economy and  
operational stability, the wet sludge disposal mode was adopted at this stage.

**Key words:** sludge low-temperature drying; centrifugal dehydration; operating cost;  
transportation disposal; electricity consumption; photocatalytic oxidation; plasma deodorization

### 1 项目概况

杭州市某污水处理厂设计污水处理规模为10×

10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,平均产泥率约0.1%,近年来基本处于满负  
荷运行状态,产生含水率为80%的湿污泥约36 000

基金项目: 浙江省建设科研项目(2022K155)

通信作者: 虞佳庆 E-mail: 821744137@qq.com

t/a。该污水处理厂以实现污泥的安全稳定有效处理和减量化、稳定化为目的,综合考虑工艺的技术成熟度、环境影响等主要因素,最终选择低温带式干化工艺作为厂内污泥深度处理提升改造技术路线,污泥干化至含水率为30%左右后外运焚烧和堆肥处置。

污泥干化前后对比见图1。



a. 干化前 b. 干化后

图1 污泥干化前后对比

Fig.1 Effect comparison before and after sludge drying

污泥低温干化工程于2019年9月启动建设,在现有脱水机房东侧新建1座占地2 000 m<sup>2</sup>的污泥干化车间,车间内安装8台140 kW热泵型低温带式干化机,单台干化机内设置6套相同的热泵、鼓风机、蒸发器、冷凝器等运行模块,总投资为6 000万元,设计污泥处理规模为含水率80%湿污泥不低于100 t/d(干泥含水率≤30%),高峰时处理能力不低于120 t/d(干泥含水率≤40%)。

2020年10月开始进行运行调试。干化车间内设施布局如图2所示。

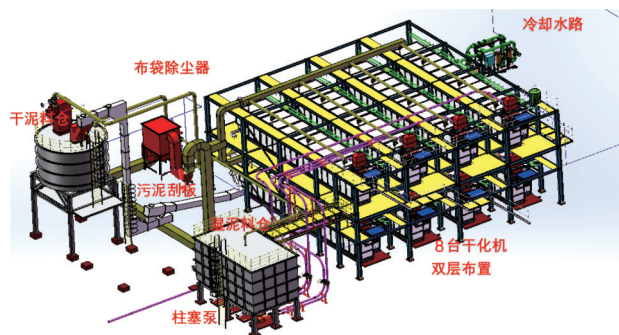


图2 干化车间设施布局

Fig.2 Layout of drying workshop facilities

污泥低温带式干化系统主要包括输送布料、污泥干化、污泥存储、电控仪表等部分,其运行原理如图3所示。

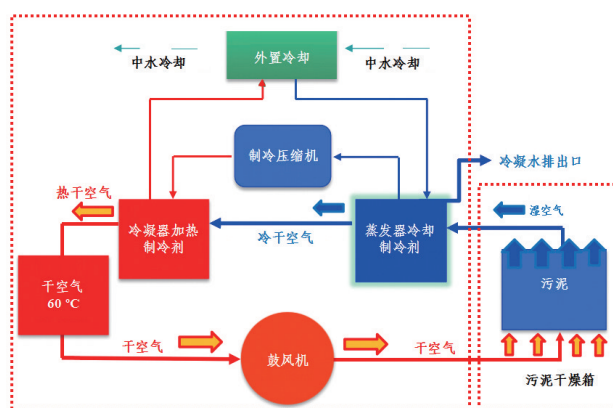


图3 干化系统运行原理

Fig.3 Operating principle of drying system

## 2 运行情况

### 2.1 人员配置

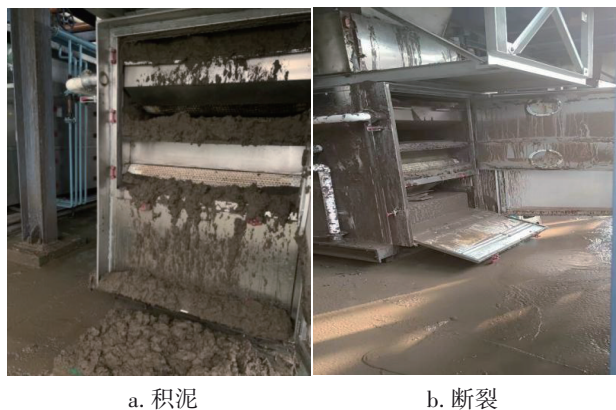
该项目干化机选型特点为小功率、多台数,与其他项目的大功率、少台数相比有较大差异。由于干化生产线涵盖的设备类型和数量多,管理和维护作业量大,厂内干化车间设置运行人员5人,其中1人为管理人员,实行24 h轮班制,负责厂内剩余污泥转化为干化污泥的全过程管控,包含处理泥量和含水率的调控、干化设施清灰、设施设备的润滑维护、突发故障初步排除、车间卫生保洁、生产报表记录、隐患排查等内容。

### 2.2 主要运行参数

干化机出风温度设定为70℃,回风温度约35℃。调试期间将出风温度从55~70℃逐步降温控制,降低干化温度能抑制臭味物质的释放<sup>[1]</sup>,但实际效果显示此机型干化机随着控制温度的下调干化速率大幅降低,要想接近额定处理量其出风温度至少需提升至70℃左右。湿热空气在蒸发器处冷凝后湿度由80%降至20%左右,有别于污泥高温干化冷凝水(高浓度有机废水<sup>[2-3]</sup>)需要妥善处理才能排放,低温干化冷凝水无需特殊处理且产生量较少(约3 m<sup>3</sup>/h),其主要水质指标COD为(988±292) mg/L、氨氮为(66±9.7) mg/L、总氮为(80±13) mg/L、总磷为(0.01±0.005) mg/L、悬浮物为(4.4±0.98) mg/L、pH为7.96±0.15,亦无明显颜色和气味,排入厂内污水管后即可被4 000 m<sup>3</sup>/h左右的进水充分稀释。干燥箱内3层聚乙烯履带由上到下的污泥摊铺厚度依次为3~5、6~8、8~10 cm,污泥在干燥箱内总停留时间约3 h。

## 2.3 实际运行情况

至2023年6月干化机共处理含水率为80%的湿污泥74 781.87 t,干化后出泥平均含水率为 $(35.1 \pm 11.25)\%$ ,污泥减量67.8%,干化车间单位电耗为 $375 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 冷凝水、干化主机单位输入能耗去水量为 $3.11 \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ,未达到《污泥低温带式干化机》(T/CAMIE 10—2021)标准中能耗不低于 $3.5 \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 的要求。干化机投标响应文件对进泥含水率的适宜范围为 $(80 \pm 2)\%$ ,实践中其对进泥含水率非常敏感,进泥物料越干,挤条机对污泥造粒效果越好,良好的造粒成型度能极大增加干燥箱内热气与污泥的接触比表面积,有效提升干化速率。当进泥含水率 $>81\%$ 时,其电耗将难以控制在 $384.6 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 冷凝水的考核值,进泥含水率 $>84\%$ 时呈现流态状,在进入干化机后若未能及时发现,将造成网带因污泥大量堆积出现过负荷拉断现象(见图4),导致运行瘫痪。



a. 积泥 b. 断裂  
图4 干化机网带积泥、断裂  
Fig.4 Sludge accumulation and fracture in the drying machine mesh belt

## 2.4 存在的主要问题

### 2.4.1 臭气

对8台干化机整体加装玻璃罩以控制车间内臭气外逸。由于干化机密闭性与预想存在明显偏差,运行中干化机内部呈现正压状态,大量酸性恶臭气体从干化机柜体拼缝处外逸,漏风量远高于团体标准要求的1%,造成干化车间罩内臭气浓度普遍在1 000以上,同时检测到VOCs物质,罩内温度高于室外环境温度 $3 \sim 5^\circ\text{C}$ ,作业环境恶劣。解决措施:①对干化机封闭性能进行改进,在柜体拼接处加装密封条的同时打胶双重密闭,清灰料斗及泥样观察口处加装两道密封防护罩,从源头减少臭气逸出量。

②额外加装1套额定处理能力为 $25\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的光催化氧化+等离子工艺除臭系统,理想状态下罩内空间将增加12次/h的换风次数,改善罩内作业环境。改造后现状罩内臭气浓度维持在500左右,处理后尾气通过有组织排放臭气浓度为200左右。

车间内输送机 and 干化机近端、卸料等部位产生的高强源臭气由生物除臭滤池处理,尾气有组织排放,排放口臭气浓度低于2 000。针对干化臭气进气浓度高且组分复杂(检测到甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫、氨、硫化氢等),仅依靠现有生物滤池难以充分处理的问题,后续将对现有生物滤池进行扩容,再叠加其他除臭工艺,进一步降低尾气浓度<sup>[4-5]</sup>。

### 2.4.2 高峰处理能力不足

该污水处理厂3月—5月处于产泥高峰,月均产泥率高达 $14 \text{ t}$ 湿泥(含水率80%)/ $10^4 \text{ m}^3$ ,试图放宽干化机的出泥含水率控制,增加处理量以接纳前端脱水机的全部产泥,但是含水率降至40%~55%时污泥呈“黏滞”状态,具有很强的黏附和结团能力,若再往45%以上控制,极易在后端长距离的输送刮板及料仓上黏滞挂壁,最终造成结团堵塞,因此在产泥高峰期干化车间实际处理量尚不能满足生化系统的正常排泥需求。同时设备性能也未能达到设计高峰时处理能力不低于 $120 \text{ t/d}$ (干泥含水率 $\leq 40\%$ )的要求,干化机处理能力冗余不足。

### 2.4.3 贮泥料仓容量过小

干泥料仓容积按照干化车间2 d的产量周转设计为 $60 \text{ m}^3$ ,但实践中发现污泥含水率下降后颗粒间孔隙率大幅增加,干化后污泥堆积密度仅为 $0.5 \text{ t}/\text{m}^3$ 左右。因此,料仓的实际存储量仅为 $30 \text{ t}$ 干泥,贮存周期降为设计的1/2,需增加每日清运频次,同时干泥密度过低也极大影响污泥的运输成本。

### 2.4.4 污泥摊铺不均匀

污泥摊铺履带上同一截面的污泥干燥程度不均匀,在出泥端的网带上愈发明显(见图5)。由图5可知,左侧干燥程度良好,右侧污泥成团偏湿,通过排查确定主因是挤条机轴承磨损致使对辊间隙不均匀,湿污泥通过挤条造粒后掉落于第一层网带时出现不均匀摊铺现象,后续对挤条机的对辊轴承进行更换、间隙调节均匀后,污泥摊铺不均匀问题大幅改善,同时也排除了干燥箱内风道存在短流的嫌疑。



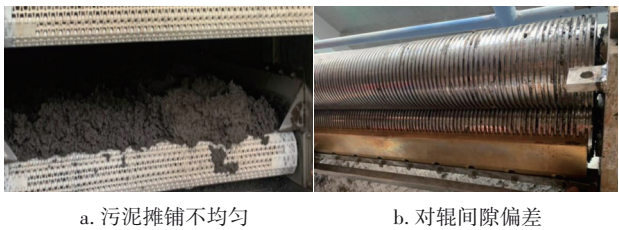


图5 对辊间隙偏差造成污泥摊铺不均匀

Fig.5 Uneven sludge paving caused by deviation in roller gap

2.4.5 湿污泥挤条造粒成型度下降

湿污泥的挤条造粒成型度下降,主要有3个原因:①污泥含水率高,污泥过湿;②挤条机铜梳随着运行时间的增加,锯齿逐渐被毛发等纤维类垃圾缠绕(见图6),需要定期清理;③离心脱水阶段絮凝剂使用量过大或药剂质量欠佳,造成污泥黏度增加。



图6 挤条机铜梳锯齿被垃圾缠绕

Fig.6 Squeezing machine copper comb sawteeth entangled by garbage

2.4.6 干泥卸料车间空间不足

干泥卸料车间纵深为6.4 m,仅适用于小型自卸工程车进出。考虑到干泥密度小、自卸工程车交通管理要求高等因素,为保障运输经济和交通管理便捷,选用13 m长的大容量普通半挂货车运输干泥,针对车身长无法完全进入车间造成卸料时臭气大量外逸扩散的问题,在车间门口安装了电动推拉篷,将车身包裹密闭以减少臭气扩散。

干泥卸料车间见图7。



图7 干泥卸料车间

Fig.7 Dry sludge unloading workshop

2.4.7 设备链条长

污泥处理生产链条长,从剩余污泥转化为干污泥共涉及18个链节(见图8),其中有9个链节为单一设备,当其中任何单一设备故障时均会引起整条生产链的停运。对于干化系统近两年计划外停运的故障原因分布进行统计,发现由单一设备故障引起整体停运的占75%,因此需着重做好设施设备的预知维护检修以保障处理系统运行连续性<sup>[6]</sup>。

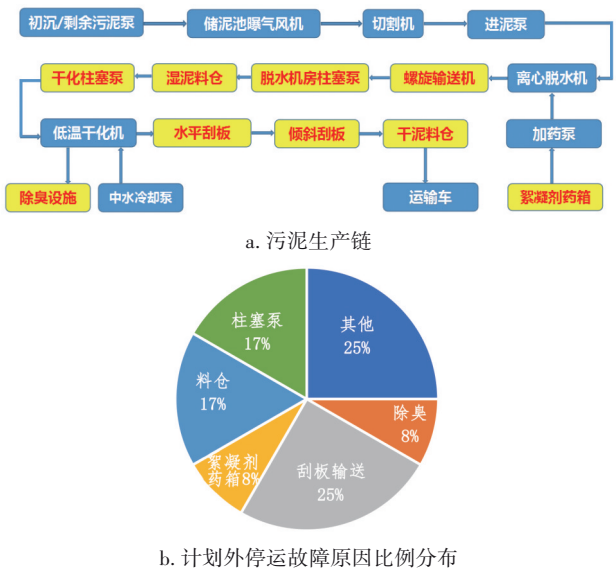


图8 污泥生产链和计划外停运故障原因分布

Fig.8 Distribution of the proportion of reasons for sludge production chain and unplanned shutdown failures

3 运行成本分析

3.1 运行能耗分析

考核要求干化主机单位电耗 $\leq 330 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 冷凝水,干化车间总单位电耗 $\leq 384.6 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 冷凝水,近3年的运行数据如表1所示。

表1 干化车间运行电耗

Tab.1 Operating electricity consumption of drying workshop  $\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$  冷凝水

| 单位电耗 | 考核值          | 实际值   |       |       |
|------|--------------|-------|-------|-------|
|      |              | 2021年 | 2022年 | 2023年 |
| 干化车间 | $\leq 384.6$ | 366   | 374   | 385   |
| 干化主机 | $\leq 330$   | 330   | 337   | 346   |

注: 2021年、2022年为1月—12月数据,2023年为1月—5月数据。

设备单位电耗随着时间的推移呈现逐步上升趋势,同时各月度均值也有较大幅度的波动(见图9),主要原因有:①随着季节的自然交替,活性污泥的脱水性状有较大变化,离心机脱水难易程度不

一。②供货的絮凝药剂发生变更,不同批次质量相差较大,同步影响污泥脱水状况。③干化挤条机运行一段时间后亟待维护整修,挤条造粒成效明显下降。④因臭气问题在某些时段干化机减量调试导致单位电耗上升。

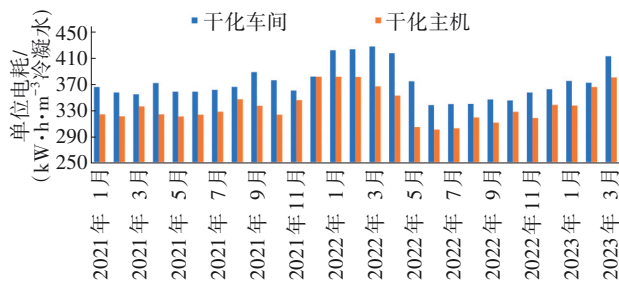


图9 干化车间月度单位电耗

Fig.9 Monthly unit electricity consumption of drying workshop

### 3.2 污泥处理处置成本分析

由于干化设备维护及臭气治理等原因,干化车间于2023年6月开始停运整修,停运期间厂内污泥采用离心脱水后直接外运处置方式。2021年—2023年同期(7月—12月)生产运行数据比较如表2所示。

在此期间,污泥均运至同一处置单位进行焚烧处置。2021年、2022年干化运行期间污泥(含水率80%)处理处置成本分别为378、371元/t,较2023年同期干化停运状况下成本(392元/t)分别节省14、21元/t。其中干化车间维护费用占总成本的11.08%,运输费用占14.01%,处置费用占25.47%,电费占47.07%,除臭费用占2.37%,干化实际运行成本高于预估。

表2 2021年—2023年同期运行成本比较

Tab.2 Comparison of operating costs for the same period in 2021—2023

| 项目           |   | 干化停运(湿泥)<br>2023年7月—12月 | 干化运行(干泥)<br>2022年7月—12月 | 干化运行(干泥)<br>2021年7月—12月 |
|--------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 生产数据         | 污水处理量/ $10^4 \text{ m}^3$   | 1 723                   | 1 740                   | 1 816                   |
|              | 80%含水率湿污泥产量/t   | 16 764                  | 15 792                  | 17 950                  |
|              | 污泥外运处置量/t   | 16 764                  | 1 026                   | 546                     |
|              |   |                         | 4 512                   | 5 404                   |
| 费用、成本/<br>万元 | 冷凝水产生量/ $\text{m}^3$  | /                       | 10 254                  | 12 262                  |
|              | 运输费用  | 188                     | 84                      | 93                      |
|              | 处置费用  | 469                     | 155                     | 167                     |
|              | 干化电费  | /                       | 262                     | 333                     |
|              | 干化维护费用  | /                       | 20                      | 20                      |
|              | 干化人员费用  | /                       | 50                      | 50                      |
|              | 干化除臭费用  | /                       | 15                      | 15                      |
|              | 成本  | 657                     | 586                     | 678                     |
|              | 吨泥(含水率80%)成本/(元· $\text{t}^{-1}$ )  | 392                     | 371                     | 378                     |
|              | 注: ①2021年、2022年在干化运行的同时,由于设备检修或产泥高峰时段处理能力有限等仍有小部分湿污泥外运。②2021年7月—12月干化车间单位电耗按 $383 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 冷凝水计,2022年同期按 $360 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 冷凝水计,电价按0.71元/( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )计。 |                         |                         |                         |

### 3.3 运输处置单价调整的影响分析

污泥低温干化运行成本优势在于厂内污泥就地减量后可大幅降低后续的外运处置费用,当污泥运输处置单价动态调整时,厂内采用污泥低温干化和湿污泥直接外运两种运行模式对应的成本差异也随之变化。不同的污泥运输处置单价下,两种运行模式所对应的成本见图10。当运输处置单价<340元/t时,湿污泥处置成本低于干污泥;当运输处置单价>340元/t时,湿污泥处置成本高于干污泥。单价340元/t为两种运行模式的成本平衡点。

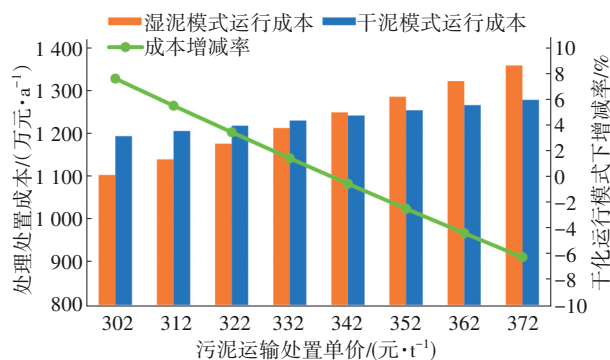


图10 两种运行模式在不同的处置单价下对应的成本

Fig.10 Corresponding costs of two operating modes under different disposal unit prices

2024年原单一的污泥处置渠道扩展为A、B两家,对应的处置单价也较原价格分别降低90元/t和40元/t,A单位处置方式为堆肥,B单位处置方式为焚烧,堆肥、焚烧对出厂干泥的要求均倾向于低含水率、高有机分。随着运输处置单价的降低,厂内污泥低温干化减量化带来的经济成本优势效应大幅减弱。经核算,2024年若干化投运,3种外运处置模式下其全年成本反而高于直接湿泥外运,详细数据见表3。

表 3 不同运行模式的成本测算

Tab.3 Cost estimation of different operation modes  
万元·a<sup>-1</sup>

| 项目     | 运行模式 | 至A单位处置 | 至B单位处置 | 50%泥量至A单位, 50%泥量至B单位 |
|--------|------|--------|--------|----------------------|
| 污泥运输   | 干泥   | 116    | 138    | 127                  |
|        | 湿泥   | 283    | 337    | 310                  |
| 污泥处置   | 干泥   | 229    | 289    | 259                  |
|        | 湿泥   | 694    | 876    | 785                  |
| 干化电费   | 干泥   | 668    |        |                      |
| 干化维保费用 | 干泥   | 40     |        |                      |
| 干化人员费用 | 干泥   | 100    |        |                      |
| 干化除臭费用 | 干泥   | 30     |        |                      |
| 总成本    | 干泥   | 1 183  | 1 265  | 1 224                |
|        | 湿泥   | 977    | 1 204  | 1 095                |

注: ①产泥量按照湿污泥 100 t/d(80% 含水率)计,如干化则产生 33 t 干污泥(40% 含水率)和 67 m<sup>3</sup>冷凝水。  
②干化电耗为 385 kW·h/m<sup>3</sup> 冷凝水,电单价为 0.71 元/(kW·h)。

全部污泥由A单位接纳时反差最高为206万元/a,由A、B等量处置情况下反差为129万元。按照干化车间全生命周期20年估算,每年均摊资金成本约300万元,若再叠加该部分建设成本,反差将进一步扩大(见图11)。

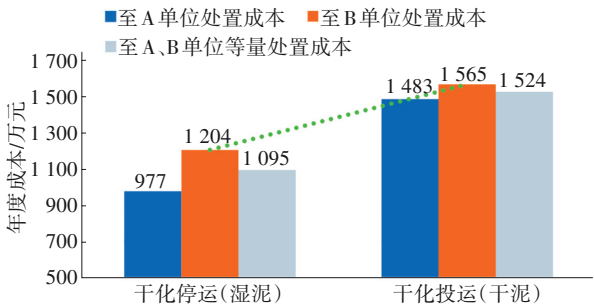


图 11 干化项目经济性比较

Fig.11 Economic comparison of drying projects

厂内当前运输处置单价为300元/t(低于340元/t价格平衡点),从成本经济性和运行稳定性以及潜

在的臭气扩散风险考量,当前阶段厂内采用干化停运湿污泥直接外运处置模式更合适。

3.4 污泥含水率对污泥处理处置成本的影响

各污水处理厂进水水质及工艺控制不同,其产生的剩余污泥脱水难易程度也有较大差异。该工程进水有机物浓度较高,生化系统活性污泥F值长期维持在0.6左右(冬季接近0.7),离心机脱水较为困难,日常出泥含水率为80%~82%。干化机进泥含水率变化与对应的干化污泥处理处置成本关系见表4。

表 4 污泥含水率变化与对应的运行成本

Tab.4 Changes in sludge moisture content and corresponding operating costs

| 污泥含水率控制区间/% | 实际平均污泥含水率/% | 脱水机房成本/(元·t <sup>-1</sup> 干质) | 干化车间成本/(元·t <sup>-1</sup> 干质) | 总成本/(元·t <sup>-1</sup> 干质) |
|-------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
|             |             | 电费+絮凝剂费                       | 电费+运输处置费                      |                            |
| 79~80       | 79.30       | 236                           | 1 263                         | 1 499                      |
| 80~81       | 80.07       | 211                           | 1 387                         | 1 598                      |
| 81~82       | 81.40       | 190                           | 1 496                         | 1 686                      |
| >82         | 82.56       | 178                           | 1 715                         | 1 893                      |

干化进泥含水率不同,其处理处置成本也呈现出差异。不同进泥含水率对应的总成本和分项成本见图12。进泥含水率越低,对应的总成本也越低,湿污泥含水率从83%降至79%,干质单位成本降幅约20.8%。受制于厂内既有脱水设施的性能瓶颈,后续考虑增设浓缩池等措施进一步降低湿污泥含水率,对离心脱水阶段的设施改进优化也将成为成本控制的重要组成部分。

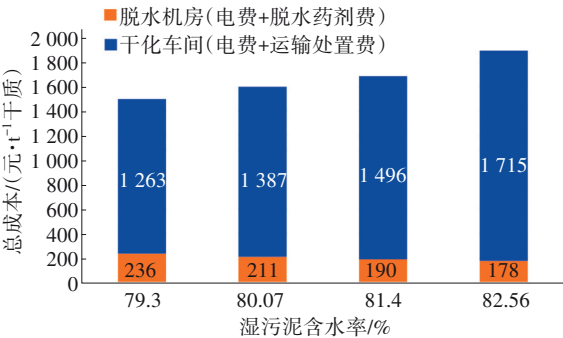


图 12 分项成本费用变化

Fig.12 Changes of itemized cost expenses

4 结论

① 该污水处理厂实施污泥低温干化项目后,



污泥就地减量67.8%,大幅减少了污泥外运车次和处置量,但实际运行中存在产泥高峰期处理能力不足、干化机密封不完善臭气外逸严重、既有除臭设施对干化臭气难以充分处理等问题,亟需进行设备密封以及除臭设施升级改造。未来在此类干化项目的实施前要充分考虑其臭气治理难度,除臭能力设计要保证一定的冗余度。

② 干化主机单位去水能耗较高,达到3.11 kg/(kW·h),干化运行时其各项费用占比分别为:除臭占2.37%,运维占11.08%,运输占14.01%,处置占25.47%,电费占47.07%,其中电费占比最高,为日常运行中降本增效的主要优化对象,应采取及时做好干化挤条机的预知维护,尽可能降低前端湿污泥含水率等举措以提升干化速率,降低能耗。

③ 随着污泥运输和处置单价的降低,低温干化项目较原厂内直接湿泥外运模式逐渐失去运行成本低的优势,甚至出现反差,污泥运输处置单价340元/t为干化投运和停运的成本平衡点,当前约300元/t的运输处置单价下选择干化停运直接湿泥外运模式更为经济和稳定。

④ 干化机进泥含水率的变化对污泥处理处置成本产生关联影响,湿污泥含水率从83%降至79%,吨干质单位成本由1 893元/t降至1 499元/t,降幅20.8%。对离心脱水阶段的设施优化改进也将成为成本控制的重要组成部分。

#### 参考文献:

- [1] 翁焕新,章金骏,刘瓚,等. 污泥干化过程氨的释放与控制[J]. 中国环境科学,2011,31(7):1171-1177.  
WENG Huanxin, ZHANG Jinjun, LIU Zan, et al. Characterization of ammonia release during sewage sludge drying process and its control [J]. Chinese Environmental Science, 2011, 31 (7) : 1171-1177 (in Chinese).
- [2] 李安峰,骆坚平,黄丹,等. 污泥干化冷凝水水质特征分析[J]. 环境工程学报,2015,9(1):253-256.  
LI Anfeng, LUO Jianping, HUANG Dan, et al. Water quality characteristics of condensate from sludge drying process[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2015,9(1):253-256(in Chinese).
- [3] 原志敏. 污泥干化冷凝废水污染特征概述[C]//中国环境科学学会. 2020中国环境科学学会科学技术年会论文集(第2卷). 南京:中国环境科学学会,江苏省生态环
- 态环境厅,2020:2573-2576.
- YUAN Zhimin. Overview of pollution characteristics of sludge drying and condensation wastewater [C]//Chinese Society for Environmental Sciences. Proceedings of the 2020 Annual Conference of the Chinese Society of Environmental Sciences on Science and Technology (Volume 2). Nanjing: Chinese Society for Environmental Sciences, Department of Ecology and Environment of Jiangsu Province, 2020: 2573-2576 (in Chinese).
- [4] 江顺启,李春江,刘国标. 组合式废气净化(除臭)技术在污泥干化项目中的应用[J]. 广东化工,2021,48(13):303-304.  
JIANG Shunqi, LI Chunjiang, LIU Guobiao. Application of combined waste gas purification (deodorization) technology in sludge drying project [J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48 (13) : 303-304 (in Chinese).
- [5] 王泉斌,成珊,黄经春,等. 污泥干化臭气控制方法对比试验研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2017,45(4):73-77.  
WANG Quanbin, CHENG Shan, HUANG Jingchun, et al. Comparative experimental study of odor gases control methods during sewage sludge drying process [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2017, 45(4): 73-77 (in Chinese).
- [6] 段妮娜,谭学军,张辰. 我国污泥干化焚烧工程共性问题浅析[C]//中国环境科学学会. 2020中国环境科学学会科学技术年会论文集(第2卷). 南京:中国环境科学学会,江苏省生态环境厅,2020:691-695,851.  
DUAN Nina, TAN Xuejun, ZHANG Chen. Analysis of common issues in sludge drying and incineration engineering in China [C]//Chinese Society for Environmental Sciences. Proceedings of the 2020 Annual Conference of the Chinese Society of Environmental Sciences on Science and Technology (Volume 2). Nanjing: Chinese Society for Environmental Sciences, Department of Ecology and Environment of Jiangsu Province, 2020:691-695,851(in Chinese).

作者简介:虞佳庆(1992-),男,浙江绍兴人,本科学历,工程师,从事污水厂生产运行管理工作。

E-mail:821744137@qq.com

收稿日期:2024-05-06

修回日期:2024-05-21

(编辑:衣春敏)