

# 某污水厂污泥深度脱水工艺及集约化布置设计

戴炜豪

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

**摘要:** 上海某污水处理厂的处理对象以市政生活污水为主,并有部分经预处理的食物行业工业废水,有机质含量较高。该工程的污泥处理目标含水率为60%,且由于污泥出路为电厂掺烧,不允许投加石灰,因此,需比选出经济、合理的处理工艺。经过中试或生产性试验等充分分析,确定了“污泥重力浓缩+机械浓缩+污泥调理+板框脱水”的工艺路线。此外,由于厂区用地十分紧张,创新性地采用“外方内圆”集约化重力污泥浓缩池的布置形式,有效节省占地。结合先进工艺和精细化设计,探讨了不加石灰的情况下,污水处理厂污泥深度脱水工艺比选和集约化布置的设计要点,为国内类似污泥处理案例提供一定思路和案例参考。

**关键词:** 污水处理厂;污泥处理;深度脱水;集约化布置

**中图分类号:** TU992

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2025)01-0154-04

## Deep Dewatering Process and Intensive Layout of Sludge in WWTP

DAI Weihao

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

**Abstract:** The treatment object of a wastewater treatment plant (WWTP) in Shanghai is mainly municipal domestic sewage, and includes some pretreated industrial wastewater from the food industry with higher organic matter content. The target moisture content of sludge treatment in this project is 60%. Because the sludge outlet is mixed with power plant for firing, the lime is not allowed. Therefore, the economical and reasonable treatment processes are required to compare and select. After full analysis of pilot test or production test, the process route of “sludge gravity concentration + mechanical concentration + sludge conditioning + plate frame dewatering” is determined for this project. In addition, due to the shortage of land in the WWTP, the layout of “external square and internal circle” intensive gravity sludge concentration tank is innovatively used for this project, which can effectively save land. Combined with the advanced technology and refined design, the design essentials in the comparison, selection and intensive layout of deep dewatering process of sludge in the WWTP without lime are discussed, which can provide some ideas and case references for similar sludge treatment cases in China.

**Keywords:** wastewater treatment plant (WWTP); sludge treatment; deep dewatering; intensive layout

## 0 引言

污泥处理作为污水处理过程中的一个重要环节,其设计受污水水质、污泥处理目标、污泥处置出路等多个因素决定。目前部分地区采用电厂焚烧的方式,一般要求含水率低于60%,为避免对后续焚烧发电环节产生影响,一般不允许投加石灰。因此,建议结合中试以及生产性试验,来选取合适的污泥深度脱水工艺。近年来,污水处理设施的集约化需求愈发提高,尤其对于土地资源紧张地区,出现了半地下加盖、全地下加盖等集约化建设形式的污水处理

厂。污泥重力浓缩池广泛应用于污水处理厂污泥处理工序中。重力浓缩池一般为单座圆形布置,另建设配泥井,占地面积较大,对于土地集约化需求较高的地区,需着重考虑污泥浓缩池的集约化设计。

## 1 工程概况

上海某污水处理厂由于用地等原因,原污泥处理单元需结合扩建工程实施迁址扩建,因此,本次污泥处理区改扩建工程服务全厂20万m<sup>3</sup>/d污水对应的污泥处理量。该污水厂的处理对象以市政生活污水为主,并有部分经预处理的食物行业工业废水,有机质含量相对较高。经过充分分析,该工程确定了“重力浓缩+机械浓缩+污泥调理+板框压滤脱水”的污泥脱水工艺路线。此外,由于厂区用地十分紧张,

收稿日期: 2024-01-12

作者简介: 戴炜豪(1991—),男,硕士,工程师,从事排水设计工作。

污泥处理需充分节地,因此采用集约化的形式布置污泥处理单元,创新采用集约化污泥浓缩池,大幅减少重力浓缩池的占地面积,并将机械浓缩设备集约布置于板框脱水机房内,进一步节省占地。

根据环评批复及所在区的相关规划,本地区污泥脱水后的含水率为 60%,脱水后外运至电厂掺烧,电厂不允许投加石灰,因此存在一定的处理难度。

2 相关试验及污泥深度脱水工艺的选择

对于出泥含水率 60% 的污泥处理目标,污水处理厂常用的污泥处理工艺包括:板框机械脱水、污泥热泵低温干化、电渗透脱水+污泥干化、低温真空脱水干化、污泥真空干化等<sup>[1-2]</sup>。板框压滤脱水系统广泛应用于城镇污水处理厂污泥脱水系统,通过工艺

组合,一般可将出泥含水率控制在 60% 以下。低温干化处理等技术的出泥含水率一般为 30% ~ 40%<sup>[3]</sup>,但电耗及设备费等较板框脱水系统更高。该工程如采用低温干化等工艺进行污泥处理,其处理后的污泥含水率过低,并不经济。因此,拟采用板框脱水作为主体污泥处理工艺,并结合相关中试及生产性试验的成果,选定相关设计参数及药剂种类。

2.1 中试试验及结果

中试试验在该污水厂进行,采用中心孔进料,过滤面积约为 4 m<sup>2</sup>。采用单台螺杆泵进泥,本次试验的压榨压力为 1.4 MPa,中试试验采用阶梯升压进泥+清水压榨+正吹干工艺,所使用的调理药剂为:(1)铁盐+PAM;(2)铁盐+PAM+石灰。相关中试试验数据见表 1、表 2。

表 1 中试试验记录(不投加石灰)

| 序号 | 原泥含水率/% | 铁盐投加比例/% | PAM 投加比例/‰ | 进泥压力/MPa | 压榨压力/MPa | 压榨时间/min | 泥饼含水率/%           |
|----|---------|----------|------------|----------|----------|----------|-------------------|
| 1  | 96.67   | 50       | 6          | 1.1      | 1.4      | 60       | 62.64             |
| 2  | 96.67   | 89       | 6          | 1.1      | 1.4      | 60       | 63.15             |
| 3  | 98.65   | 100      | 6          | 1.1      | 1.4      | 60       | 62.37             |
| 4  | 98.47   | 90       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 62.3              |
| 5  | 98.35   | 80       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 61.3              |
| 6  | 97.77   | 70       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 66.2              |
| 7  | 97.97   | 50       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 68.48             |
| 8  | 98.04   | 80       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 65.72             |
| 9  | 97.61   | 80       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 65.36             |
| 10 | 97.81   | 80       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 64.96             |
| 11 | 97.65   | 80       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 63.61(中)/57.35(边) |
| 12 | 98.3    | 80       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 65.5              |
| 13 | 98.06   | 10       | 12         | 1.1      | 1.4      | 120      | 63.57(中)/59.73(边) |
| 14 | 97.89   | 80       | 6          | 1.1      | 1.4      | 120      | 65.5(中)/58.79(边)  |
| 15 | 97.3    | 40       | 2          | 1.1      | 1.4      | 120      | 65.79             |

表 2 中试试验记录(投加石灰)

| 序号 | 原泥含水率/% | 铁盐投加比例/% | PAM 投加比例/‰ | 石灰投加比例/% | 进泥压力/MPa | 压榨压力/MPa | 压榨时间/min | 泥饼含水率/% |
|----|---------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 1  | 97.07   | 50       | 9.5        | 5        | 1.1      | 1.4      | 90       | 65.5    |
| 2  | 97.07   | 50       | 9.5        | 5        | 1.1      | 1.4      | 90       | 67.2    |
| 3  | 97.37   | 50       | 6          | 5        | 1.1      | 1.4      | 60       | 66.3    |
| 4  | 97      | 50       | 6          | 5        | 1.1      | 1.4      | 90       | 66.2    |
| 5  | 97.07   | 65       | 6          | 5        | 1.1      | 1.4      | 60       | 65.7    |

根据中试试验的结果,当压榨压力为 1.4 MPa 的情况下,无论投加石灰与否,含水率均无法稳定达标至 60%。根据试验结果,建议增加进泥压力及压榨压力,并增加机械浓缩以降低板框机的进泥含水率。考虑到中试试验与实际生产在处理工况上有一定误差,同步进行生产性试验进一步论证。

2.2 生产性试验及结果

本次试验系将该污水厂重力浓缩后的污泥,运至临近污水厂进行污泥深度脱水系统的试运行处理。该临近污水厂的深度脱水系统现配备有五套隔膜式板框压滤机,所使用的污泥调理药剂为铁盐及 PAM,未投加石灰。压滤脱水工艺为:阶梯升压进

泥+清水压榨+正反吹干工艺,过滤压力 0.7 MPa、压榨压力 1.4 MPa,其余工艺参数基本一致。相关中试试验数据见表 3。

| 表 3 生产性试验记录(不投加石灰) |                            |                            |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| 序号                 | 1                          | 2                          |
| 原泥含水率/%            | 97.30                      | 98.03                      |
| 铁盐投加比例/%           | 80                         | 80                         |
| PAM 投加比例/%         | 6                          | 6                          |
| 进泥量/m <sup>3</sup> | 60                         | 90                         |
| 进泥时间/min           | 116                        | 228                        |
| 进泥压力/MPa           | 0.7                        | 0.7                        |
| 压榨压力/MPa           | 1.4                        | 1.4                        |
| 压榨时间/min           | 120                        | 120                        |
| 泥饼含水率/%            | 平均 59.8(中)、<br>平均 56.67(边) | 平均 61.3(中)、<br>平均 58.70(边) |
| 进泥绝干泥量             | 1.62                       | 1.77                       |
| pH 值               | 6.45                       | 6.86                       |

根据试验结果,出泥的含水率可基本达 60% 以下,但无法完全稳定达标。因此拟设置机械浓缩并增加压榨机的压榨压力,从而进一步保障其达标稳定性。本次试验的进泥含水率约为 98%,增设机械浓缩后能进一步降低板框机的进泥含水率。而通过增大板框机的压榨压力,能够进一步提升压榨能力,进一步降低出泥含水率。

2.3 污泥处理工艺的必选

根据中试试验的结果,当压榨压力为 1.4 MPa 的情况下,无论是否投加石灰,均无法稳定达标至含水率 60%。而根据生产性试验的结果,当压榨压力为 1.4 MPa 的情况下,出泥可基本达到至含水率 60%,但无法稳定达到 60% 以下,可通过增加压榨压力和机械浓缩的方式进一步确保含水率达标。而考虑经济性 & 污泥处理目标,采用低温干化等方式的经济性较差。综合上述技术经济比较、中试实验及生产性实验结果,建议增加压榨压力至 2.0 MPa,并增加机械浓缩以降低板框机的进泥含水率。因此,该工程的污泥处理工艺拟采用“污泥重力浓缩+机械浓缩+污泥调理+板框脱水”工艺。

3 工艺设计

3.1 污泥重力浓缩池

该工程新建 4 座重力浓缩池,以对污泥进行重力浓缩,减少脱水污泥体积,再进入后续机械浓缩、污泥调理及脱水等处理工序。该工程新建 4 座污泥重力浓缩池,直径为 20 m,池边水深 4.5 m,污泥浓缩池工作时间 16 h。由于用地有限,该工程污泥重力浓

缩池采用集约化的布置形式,呈“外方内圆”的布置形式,相关设计详见第 4 章。

3.2 机械浓缩

该工程的机械浓缩工艺,采用螺压式污泥浓缩机,共设置 5 套,4 用 1 备,处理能力 900 kgDS/h,螺旋直径  $\phi 400 \times 3$ 。为节省占地,机械浓缩相关设备均集约设置于板框机房内。

3.3 污泥调理池

该工程新建 1 座 4 组污泥调理池,对污泥进行药剂调理,为板框脱水做准备。投加药剂为铁盐和 PAM,其中铁盐投加至调理池,PAM 通过在线投加直接投加至板框机进泥前。11% 铁盐投加比重为 0.4,PAM 乳液投加比重为 0.008。调理池有效水深取 3.0 m,共设置 4 格。由于污泥处置的电厂要求,该工程污泥调理过程中未投加石灰。

3.4 污泥板框脱水机房及堆棚

该工程建设 1 座服务 20 万 m<sup>3</sup>/d 污水处理规模的污泥板框脱水机房,采用板框脱水工艺,脱水后污泥含水率为 60%,脱水机每日运行时间 16 h,脱水机共设置 8 台,其中 6 台常用 2 台备用,板框机过滤面积不小于 600 m<sup>2</sup>,过滤压力取 1.2 MPa,隔膜压榨压力取 2.0 MPa。

4 “外方内圆”污泥浓缩池集约化设计

近年来,污水处理设施的集约化要求愈发提高,尤其对于土地资源紧张地区,出现了半地下、全地下等集约化建设形式的污水处理厂。对于此类污水厂,经常会将污泥处理设施布置在地上并按传统形式分散布置;或直接取消污泥浓缩池工序,污泥直接进入储泥池。前者对于用地紧张的地区而言,会造成土地资源的浪费;后者则因工艺环节缺失,造成处理风险或处理成本的增高。因此,在目前已建的相关案例中,鲜有解决此问题的方法和措施。

该工程用地紧张,污水处理采用半地下单层加盖的集约化建设形式,考虑用地和工程整体协调性,拟将污泥浓缩池也采用集约化布置形式。该工程污泥浓缩池整体呈“外方内圆”的布置形式,将四座污泥浓缩池集约在一个正方体内,并在浓缩池正中布置共用的配泥井,对称布置四座污泥浓缩池。

该工程充分利用四个圆形沉淀区之间的缝隙设置配泥井,并利用圆形周边与方形之间的缝隙设置出泥井。“外方内圆”集约化污泥浓缩池的污泥通过配泥井的堰门,均匀配泥至四格污泥浓缩池。每一

格重力浓缩池均匹配一个出泥井,便于浓缩后的污泥快速排出。浓缩后的污泥排泥至出泥渠,通过堰门出泥井进入后续机械浓缩等处理工序。

通过布置“外方内圆”形式的集约化污泥浓缩池,比常规分散式可节省约 25%~30% 的占地面积。该工程充分利用土地资源,减小构筑物占地,布置形式见图 1。

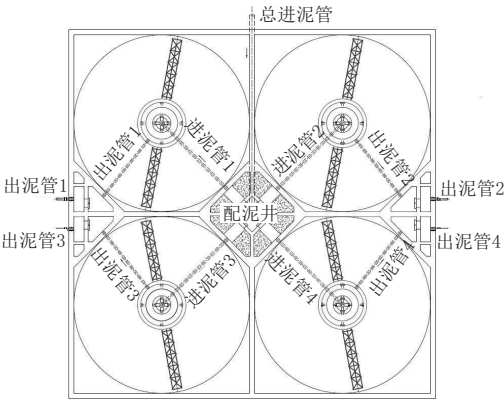


图 1 “外方内圆”集约化污泥浓缩池布置形式

通过以上技术方案,其优势主要体现在:(1)节省了土地资源成本,具有良好的经济效益;(2)采用集约化布置形式,与该工程污水处理的半地下单层加盖集约化箱体相得益彰,整体协调性及景观效果较好。该工程的污泥浓缩池布置形式,能够为用地紧张的常规地上式污水处理厂,或半地下式、全地下式建设形式的污水处理厂,提供了一种污泥浓缩池的布置思路。

5 结 语

由于污泥处置后续发电要求,该工程的污泥处理目标含水率为 60%,且污泥处理无法投加石灰药剂。该文针对污泥的性状特点及处理目标,通过充分研究并结合相关中试及生产性试验结果,经技术经济比较,采用“重力浓缩+机械浓缩+污泥调理+板框压滤脱水”作为污泥处理工艺和技术路线。由于用地紧张,该工程污泥重力浓缩池采用集约化设计,将 4 座污泥浓缩池集约设计在一座“外方内圆”的集约化污泥浓缩池内,可在保证污泥处理效果的同时,实现集约化用地,并可与半地下污水处理设施和谐统一。

该文以上海某污水处理厂为例,结合工艺比选和精细化设计,探讨了在不投加石灰的情况下,污泥深度脱水工艺的设置要点与集约化设计,能够为国内类似项目的污泥处理工序提供一定思路和案例参考。

参考文献:

[1] 杨胜鑫,何嘉辉.某污水处理厂污泥深度脱水工艺的探讨与设计[J].城市道桥与防洪,2023(3):129-132.  
[2] 刘春虎.污水处理厂污泥干化技术分析及节能降耗应用[J].中国设备工程,2022(12):205-206.  
[3] 许太明,曲献伟,李春江.污泥低温真空脱水干化一体化技术装备在大型浅埋式地下污水处理厂的应用与评价[J].中国市政工程,2020(4):44-50.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:[roadfloodbridge@163.com](mailto:roadfloodbridge@163.com)

