

权国卿,林忠军,任春梅.大同某污水厂机械浓缩+板框压滤机脱水系统设计方法探讨[J].净水技术,2025,44(3):185-192.

QUAN G Q, LIN Z J, REN C M. Design discussion and summary of mechanical thickening + plate and frame filter press for dehydration system in Datong WWTP [J]. Water Purification Technology, 2025, 44(3): 185-192.

## 大同某污水厂机械浓缩+板框压滤机脱水系统设计方法探讨

权国卿<sup>1,\*</sup>,林忠军<sup>1</sup>,任春梅<sup>2</sup>

(1.成都市市政工程设计研究院有限公司,四川成都 610023;2.中国市政工程西南设计研究总院有限公司,四川成都 610036)

**摘要** 【目的】针对板框压滤机在污泥脱水系统中因工作模式差异导致的工艺流程不匹配、投资与能耗浪费等问题,以大同某污水厂为例,系统探讨机械浓缩与板框压滤机脱水系统的设计方法,明确不同工作模式的应用场景及优化策略,为类似工程提供理论依据与实践参考。【方法】基于污泥处理量、运行时间及设备参数,提出2种工作模式:多台板框压滤机依次启动与同时启动。依次启动通过式(1)确定设备数量,同时启动模式对设备数量没有要求,同时结合工程实例,对比分析了2种模式的工艺流程、设备选型、经济性及可靠性。【结果】依次启动模式需按式(1)确定板框压滤机数量,适用于设备数量较少(如2台)场景,可降低土建投资(减少平衡池)及运行费用,但自控要求高;同时启动模式灵活性高(该工程选用3台并联),通过增设平衡池实现浓缩系统连续运行,虽增加投资(平衡池及转运泵),但可靠性更优(冗余调节功能)。【结论】板框压滤机工作模式需结合项目规模与运行需求选择:依次启动模式适用于小型工程,经济性显著;同时启动模式适应性强,适合大型系统。设计时应通过增设平衡池、优化高程(减少提升次数)及设备选型(如叠螺浓缩机)提升系统效率。建议未来工程综合考虑投资、操作复杂度与可靠性,并强化自动控制以匹配不同模式需求。

**关键词** 污泥脱水 污泥浓缩 机械浓缩 板框压滤机 设计总结

中图分类号: TU992 文献标志码: B 文章编号: 1009-0177(2025)03-0185-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2025.03.022

## Design Discussion and Summary of Mechanical Thickening + Plate and Frame Filter Press for Dehydration System in Datong WWTP

QUAN Guoqing<sup>1,\*</sup>, LIN Zhongjun<sup>1</sup>, REN Chunmei<sup>2</sup>

(1. Chengdu Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Chengdu 610023, China;

2. Southwest Municipal Engineering Design & Research Institute of China, Chengdu 610036, China)

**Abstract** [Objective] Addressing the issues of process flow mismatch, investment and energy consumption waste caused by different working modes of filter press in sludge dewatering systems. Taking a wastewater treatment plant in Datong as an example, this paper systematically explores the design method of mechanical thickening and filter press dewatering systems, clarifies the application scenarios and optimization strategies of different working modes, providing theoretical basis and practical reference for similar projects.

[Methods] Based on sludge treatment volume, operation time and equipment parameters, two working modes are proposed: sequential startup and simultaneous startup of multiple filter presses. In the sequential startup mode, the number of filter presses is determined by formula (1), while there is no strict requirement for the number in the simultaneous startup mode. Combined with an engineering example, the process flow, equipment selection, economy and reliability of the two modes are compared and analyzed.

[Results] In the sequential startup mode, the number of filter presses needs to be determined according to formula (1), which is suitable for scenarios with a small number of equipment (e.g., 2 units). This mode can reduce civil-engineering investment (by eliminating the balance tank) and operating costs, but requires high-level automation. The simultaneous startup mode features high flexibility (3 units connected in parallel are selected in the project). By adding a balance tank, continuous operation of the thickening

[收稿日期] 2024-01-09

[通信作者] 权国卿(1991—),男,硕士研究生,工程师,主要从事市政给水排水设计及研究工作,E-mail: quanguo@foxmail.com.

system is achieved. Although it increases investment (for the balance tank and transfer pumps), it offers better reliability (with redundancy adjustment function). [Conclusion] The working mode of filter presses should be selected according to project scale and operation requirements. The sequential startup mode is suitable for small-scale projects with significant economic benefits. The simultaneous startup mode has strong adaptability and is suitable for large-scale systems. During design, system efficiency can be improved by adding balance tanks, optimizing elevation (to reduce the number of lifts) and selecting appropriate equipment (e.g., screw thickeners). Future projects are advised to comprehensively consider investment, operation complexity and reliability, and strengthen automatic control to meet the requirements of different modes.

**Keywords** sludge dewatering sludge thickening mechanical thickening plate and frame filter press design summary

板框式压滤机具有滤推动力大、滤饼含水率低、单位过滤面积占地较少等优点<sup>[1]</sup>,在采用生物除磷的污水厂得到广泛应用。由于板框压滤机为序批式进泥,当采用多台板框压滤机时,存在多台同时工作和多台依次工作 2 种模式,这与其他连续式脱水系统存在较大差异。目前规范及手册的相关规定多为针对单个设备的规定,缺乏对整个脱水系统设计方法的介绍,相关文献则偏向于工程及设备参数的描述,而对该脱水系统工作模式及各系统衔接的介绍较少。实践中,发现部分项目对该系统的工作模式缺乏明确区分,脱水系统内部各单元间不匹配,导致脱水系统的性能不能完全发挥,造成投资和能耗的浪费。

文章结合大同市某污水厂污泥浓缩脱水间系统的设计,对“机械浓缩+板框压滤脱水”工艺的设计方法进行探讨,分析了板框压滤机 2 种工作模式的应用范围、工艺流程及工作特点,并对单体设计、平面设计及高程设计方法和原则进行了总结,对

提升该脱水系统设计的合理化、精细化水平具有一定的参考价值。

### 1 项目概况

大同市某污水处理厂设计规模为  $1.2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ ,出水水质达准 IV 类标准,主要进出水水质指标如表 1 所示。工程处理工艺采用预处理+二级处理+深度处理的工艺流程,预处理包括粗格栅、提升泵房、细格栅曝气沉砂池及初沉池,二级处理为厌氧-缺氧-好氧(AAO)+膜生物反应器(MBR)工艺,深度处理为臭氧接触池,消毒工艺采用加氯接触消毒。

该工程每天产生绝干污泥量为 24.9 t,其中 MBR 膜池产生量为 14.6 t,含水率为 99.0%~99.2%,初沉池产生量为 9.2 t,含水率约为 99.0%,化学污泥量为 1.1 t,含水率约为 99.0%。混合污泥含水率约为 99.0%,体积为 3 120  $\text{m}^3$ 。投加药剂为生石灰(CaO)和三氯化铁( $\text{FeCl}_3$ ),最大投加量分别为干污泥量的 20%和 10%。

表 1 污水厂设计进出水水质 (单位: mg/L)  
Tab. 1 Designed Influent and Effluent Quality of WWTP (Unit: mg/L)

项目	五日生化需氧量(BOD <sub>5</sub> )	化学需氧量(COD <sub>Cr</sub> )	悬浮物质(SS)	氨氮	总氮(TN)	总磷(TP)
进水水质	240	480	240	80.0	100	10.5
出水水质	6	30	5	1.3	15	0.3

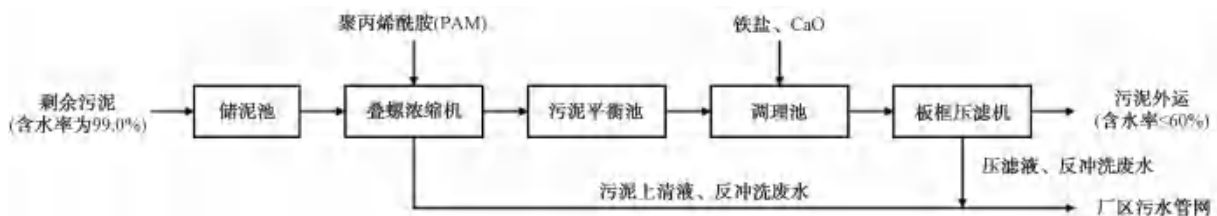


图 1 污泥处理处置工艺流程(同步工作模式)

Fig. 1 Process Flow of Sludge Treatment and Disposal (Simultaneous Working Mode)

污泥处理流程如图 1 所示。污水厂产生的污泥先输送至储泥池中混合混匀,再通过螺杆泵输送至

机械浓缩机。污泥浓缩过程中加入 PAM,产出的浓缩污泥含水率为 95%~97%<sup>[2]</sup>。浓缩污泥加入聚合

氯化铝(PAC)和石灰调理后通过螺杆泵送入板框压滤机进行压滤脱水。脱水后的成品污泥含水率在60%左右,通过成品污泥输送系统输送至污泥料仓后装车外运,完成污泥脱水全过程。

## 2 工程设计

### 2.1 设计步骤

脱水间设计时,大体可分为以下步骤:(1)根据污泥产量及系统运行时间,确定板框压滤机的工作模式及板框压滤机的数量,确定脱水系统的工艺流程;(2)根据板框压滤机单批次处理能力,确定调理池及平衡池的容积;(3)根据浓缩机运行时间,确定浓缩机处理负荷;(4)根据储泥池进出泥平衡曲线,确定储泥池容积;(5)根据上述计算出的设备及构筑物参数,进行平面布置;(6)结合平面布置及脱水间高度要求,进行高程设计,确定提升及输送设备数量及参数。

### 2.2 系统运行模式及工艺流程

选用多台板框压滤机时,有多台依次启动和多台同时启动2种模式。同时启动模式下,多台板框压滤机可看作并联工作,脱水单元为序批式进泥,浓缩单

元与脱水单元间需另设调节设施。依次启动模式下,多台板框压滤机依次进泥工作,脱水单元整体为连续式进泥,浓缩与脱水单元间可不设置调节设施。

浓缩单元和脱水单元之间需设置调理池,与板框压滤机工作模式相对应,调理池也存在序批式进泥和连续式进泥来2种模式<sup>[3-4]</sup>。调理池序批式进泥模式下,为保证上游浓缩机系统连续运行,需设置平衡池作为调节设施。由于调理时间对调理效果有重要影响<sup>[5]</sup>,该工程为保障污泥调理效果,调理池采用序批式进泥模式,调理池前增设平衡池用于调节污泥量平衡。

板框脱水机为整个脱水系统的核心设备,其运行模式对整个系统设计存在重要影响,下面分别对2种模式进行介绍。

#### 2.2.1 板框压滤机依次启动模式

当多台板框脱水机依次启动时,对应的调理池也依次启动,各个调理池及板框压滤机依次交替工作,可满足调理系统及脱水系统连续工作的需要,机械浓缩系统不受下游影响。依次启动模式工作流程如图2所示。



图2 板框压滤机依次启动流程

Fig. 2 Sequential Start-Up Process of Plate and Frame Filter Press

该模式下,调理池+板框脱水机可参考生物反应池序批式活性污泥法(SBR)工艺的设计方法。即板框脱水机的台数和进泥时间满足以下关系,如式(1)。

$$t_r = \frac{T}{n} \quad (1)$$

其中: $t_r$ ——调理池进泥时间,h;

$n$ ——调理池或板框压滤机数量,台;

$T$ ——脱水系统总工作时长,h。

由式(1)可知,调理池及板框脱水机的数量取决于脱水机总工作时间及调理池进泥时间。脱水系统的总工作时长为设计输入条件,而调理池的进泥时间则由调理池的工作过程和工作周期决定。

一般来说,调理池的工作过程包含进泥、调理和出泥3个步骤。其中出泥时间与板框压滤机的进泥时间一致,为1.5~2.0 h。调理时间与化学调理的药剂种类有关,根据《给水排水设计手册》(第三版)第5册《城镇排水》<sup>[6]</sup>(以下简称“手册”):采用单独铁盐时,反应时间为5~10 min;若补充投加石灰时,反应时间至少为10 min;如果在机械脱水设备前无浓缩池,则反应时间至少为30~90 min。根据《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)<sup>[7]</sup>,板框压滤机每个工作周期不应大于4 h,调理池的工作周期与其一致,为4 h。则根据选择调理药剂的不同,调理池的进泥时间为30~145 min。

当调理时间较长时,会压缩进泥时间,根据式

(1),此时需要增加板框压滤机的数量,而这通常会造造成设备投资和占地面积的增加。为了提升处理能力和稳定性,有时会考虑设置多个平行的系列,不同的系列之间板框压滤机及其附属设备互相独立运行,同一个系列内板框压滤机及其附属设备依次运行。

该运行模式下,每个系列在同一时间仅有 1 台板框压滤机运行,整个调理及脱水系统为连续运行,上游的浓缩机系统不受下游的影响,因此调理池无需考虑调节功能<sup>[8]</sup>,其工艺流程如图 3 所示。但当板框压滤机较多时,该模式运行控制复杂,对设备自动控制要求较高。

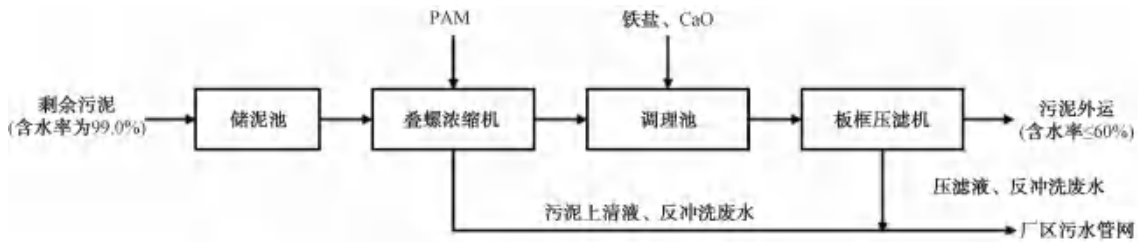


图 3 污泥处理处置工艺流程(依次工作模式)

Fig. 3 Process Flow of Sludge Treatment and Disposal (Sequential Working Mode)

2.2.2 板框压滤机同时启动模式

当考虑多台板框压滤机同时启动时,对应的调理池也需要同时启动。由于此时调理系统及脱水系统为序批式工作,机械浓缩系统受到下游调理及脱水系统的影响,也需要序批式工作。这样大大减少了浓缩系统的工作时间,增加了浓缩机的脱水负荷,

且浓缩机也需要频繁的启停。为了解决上述问题,可在浓缩系统和调理系统之间增加平衡池,在调理+脱水系统无法进泥的时间,机械浓缩系统可将污泥输送至该平衡池储存。从而实现了保证机械浓缩系统连续运行、降低设计负荷的目的。同时启动模式工作流程如图 4 所示。



图 4 板框压滤机同步启动流程

Fig. 4 Simultaneous Start-Up Flow of Plate and Frame Filter Press

由于该方法调理池及板框压滤机均为并联工作,因此对调理池和板框压滤机数量没有要求,但考虑到检修需要,数量一般不少于 2 格(台)。

该方法可解决机械浓缩系统无法连续工作的问题,但需增加调节单元<sup>[2-4]</sup>,其工艺流程如图 1 所示。同时,平衡池至调理池污泥的输送一般需要通过污泥泵等设备,增加了设备投资。但该模式设计时,系统设计较为简单,无需考虑板框脱水机依次启动的问题。同时,参考《室外给水设计标准》(GB 50013—2018)<sup>[9]</sup>,设置平衡池(平衡池)可起到稳定

流量和污泥浓度的作用。因此,采用该方式设计时,系统运行的可靠性较高。

2.2.3 2 种模式对比

2 种工作模式的对比如表 2 所示。总体来说,同时启动模式适应范围较广、可靠性较高,但是需要增加投资和运行费用。依次启动模式可降低工程投资及运行费用,适用于板框压滤机数量较少的情况,比如板框压滤机数量仅有 2 台时,采用 2 台交替工作,可保证较高的设备利用率及经济性。

表2 板框压滤机工作模式对比

Tab. 2 Comparison of the Working Modes of Plate-and-Frame Filter Press

项目	板框压滤机依次启动模式	板框压滤机同时启动模式
规模及数量	板框压滤机数量需根据调理池进泥时间由式(1)确定,数量设置不够灵活	板框压滤机数量不受限制,可适应各种数量
经济性	土建及设备投资较少;各工序依次运行,可降低加药及排泥系统的负荷;运行费用较低	需要设置平衡池及转运泵,增加了土建及运行费用;各工序集中开始,增加加药、排泥等附属设施的负荷;经济性一般
操作便利性	自控要求较高,各台板框机需按次序启动,有序衔接,否则将影响上游浓缩机的运行	理论上来说,各个单元同步运行,便于操作及控制
可靠性	数量较多时,可靠性较差,1台出现故障,整个工序调整较为麻烦	平衡池存在一定的调节功能,为系统运行提供了更高的安全冗余

### 2.3 主要单体设计及设备选型

污泥处理系统包括储泥池、污泥浓缩、污泥调理、污泥脱水、干污泥储存5大系统,其中核心环节为污泥浓缩及污泥脱水环节,其余系统主要为上述两者服务。

#### 2.3.1 板框压滤机数量及工作模式确定

该工程设置脱水系统运行时间为16 h,每天4个批次,每个批次处理绝干污泥量为 $31.2/4 = 7.80$  t DS/批次。根据设备资料,每台板框处理能力考虑 $4 \text{ kg DS/m}^2$  批次。由此计算出,需要板框面积为 $2055 \text{ m}^2$ ,可选择3台 $700 \text{ m}^2$ 或4台 $550 \text{ m}^2$ 的板框压滤机。

根据出泥含水率要求并参考类似项目经验,该项目调理剂采用 $\text{CaO} + \text{FeCl}_3$ ,调理时间取1 h,板框压滤机进泥时间取2 h。则调理池进泥时间为1.0 h。由此可得,采用间歇工作模式,每个系列需要4台板框脱水机。

为降低投资和占地,选择3台 $700 \text{ m}^2$ 板框压滤机,采用同时启动模式运行。板框压滤机详细参数如表3所示。

表3 板框压滤机主要参数

Tab. 3 Main Parameters of Plate and Frame Filter Press

项目	参数
过滤面积/ $\text{m}^2$	700
滤室容积/ $\text{m}^3$	14.35
滤室数量/个	100
腔室深度/mm	41
滤板规格/mm	隔膜板 $2000 \times 2000 \times 90$ 厢式板 $2000 \times 2000 \times 83$
进料压力/MPa	$\leq 1.2$
压榨压力/MPa	$\leq 2.0$

#### 2.3.2 调理池

调理池池容需满足污泥脱水机1个批次污泥量的需要。考虑浓缩污泥含水率为96%,调理池总容积为 $7.8/(1-96\%) = 195 \text{ m}^3$ 。该工程采用2个调理池,每个调理池实际容积为 $127.5 \text{ m}^3$ ,调理池内设置机械搅拌器。

#### 2.3.3 平衡池

平衡池为连续进泥,间歇出泥,起到暂存浓缩污泥,均化污泥的作用。平衡池容满足下一个批次调理的需要即可,因此可与调理池池容保持一致,为 $195 \text{ m}^3$ 。其出泥时长与调理池进泥时长一致,为1 h。据此可计算出污泥转运泵的设计流量为 $195 \text{ m}^3/\text{h}$ 。出泥泵采用螺杆泵,1用1备。

#### 2.3.4 机械浓缩

目前常见的机械浓缩有带式浓缩机、叠螺浓缩机及离心浓缩机等,由于浓缩机均为连续运行,因此浓缩机的选型并不受下游板框脱水机运行模式的影响。其选型主要考虑满足板框脱水机进泥含水率的需要,一般浓缩机出泥含水率为95%~97%。机械浓缩机设计负荷为污泥量/运行时间 $= 31.2/16 = 1.95 \text{ t DS/h}$ 。该工程选择叠螺浓缩机,考虑单台叠螺浓缩机处理能力及运行管理便利性,设置5台叠螺浓缩机,4用1备,每台浓缩机最大处理能力为 $487.5 \text{ kg DS/h}$ 。

#### 2.3.5 储泥池

储泥池为连续进泥、间歇出泥,起到暂存初沉污泥、生化污泥、化学污泥,均化污泥的作用。储泥池进泥容积需根据进泥及出泥曲线来确定。该工程混合污泥含水率约为99.0%,体积为 $3120 \text{ m}^3$ ,进泥时间为24 h,总进泥流量为 $130 \text{ m}^3/\text{h}$ 。储泥池最大出泥流量为 $240 \text{ m}^3/\text{h}$ ,出泥含

水率为 99.0%,排泥时间为 16 h。据此做出储泥池流量平衡曲线<sup>[9]</sup>,如图 5 所示。阴影区域为储

泥池调节容积,由此计算出储泥池容积为 1 040 m<sup>3</sup>。

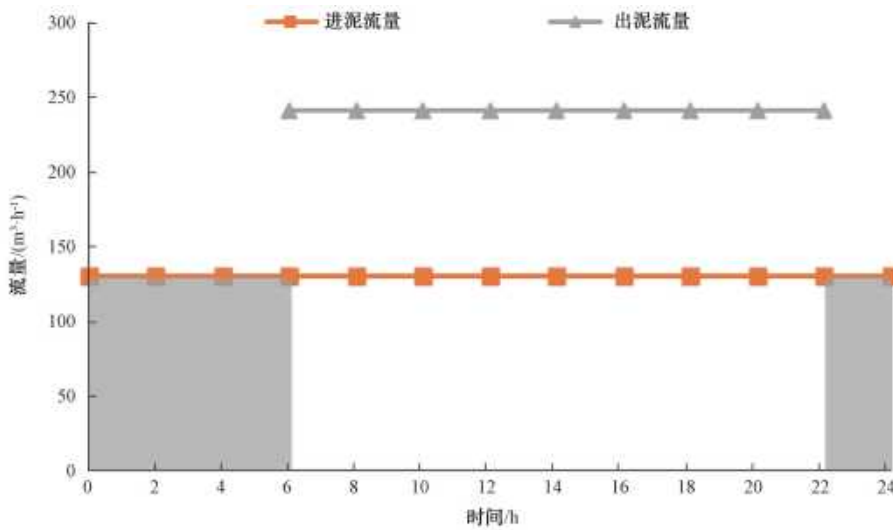


图 5 储泥池进泥流量、出泥流量曲线

Fig. 5 Curve of Sludge Inflow and Outflow from the Sludge Storage Tank

## 2.4 平面设计

平面设计时应统筹考虑污泥流线及加药流线的顺畅,尽量减少输送距离和次数。污泥脱水间运营过程中有大量的药剂及干化污泥需要通过车辆运送,设计时应通过交通组织,保证相关药剂及污泥的输送便利,减少人工运输。最后,污泥脱水系统设备众多,设计时应保证设备安装和检修的需要,必要时应考虑运输车辆进入脱水间内部。需要注意的是,由于板框压滤机较重,因此一般不考虑压滤机的整体起吊。

如图 6 所示,该工程共设置 2 条车行通道和 2 个人行通道,干泥运输另外设置单独的车行通道。2 条车行通道上部均有单梁起重机覆盖,通过上述 2 条车行道,脱水间内药剂和设备可方便的进行运输和检修起吊。

## 2.5 高程设计及污泥输送

整个浓缩脱水工艺中经过多个工艺设备及构筑物,设计时应根据各构筑物高程关系及设备的进泥要求,合理安排高程关系,尽量减少提升次数及提升设备数量。下面对各个单体高程及污泥输送分别进行介绍。

储泥池至叠螺浓缩机:为满足叠螺浓缩机进泥压力需求,同时便于对进泥流量进行控制,一般选择螺杆泵输送。为保证螺杆泵自吸要求,储泥池采用

地上布置。

叠螺机至平衡池:平衡池进泥无特殊需求,可采用重力输泥,因此经常将叠螺机放置在较高的平台上。平台的高度需根据下游平衡池设计最高液位来确定。考虑到重力输泥容易堵塞,因此,此环节宜考虑冲洗措施。

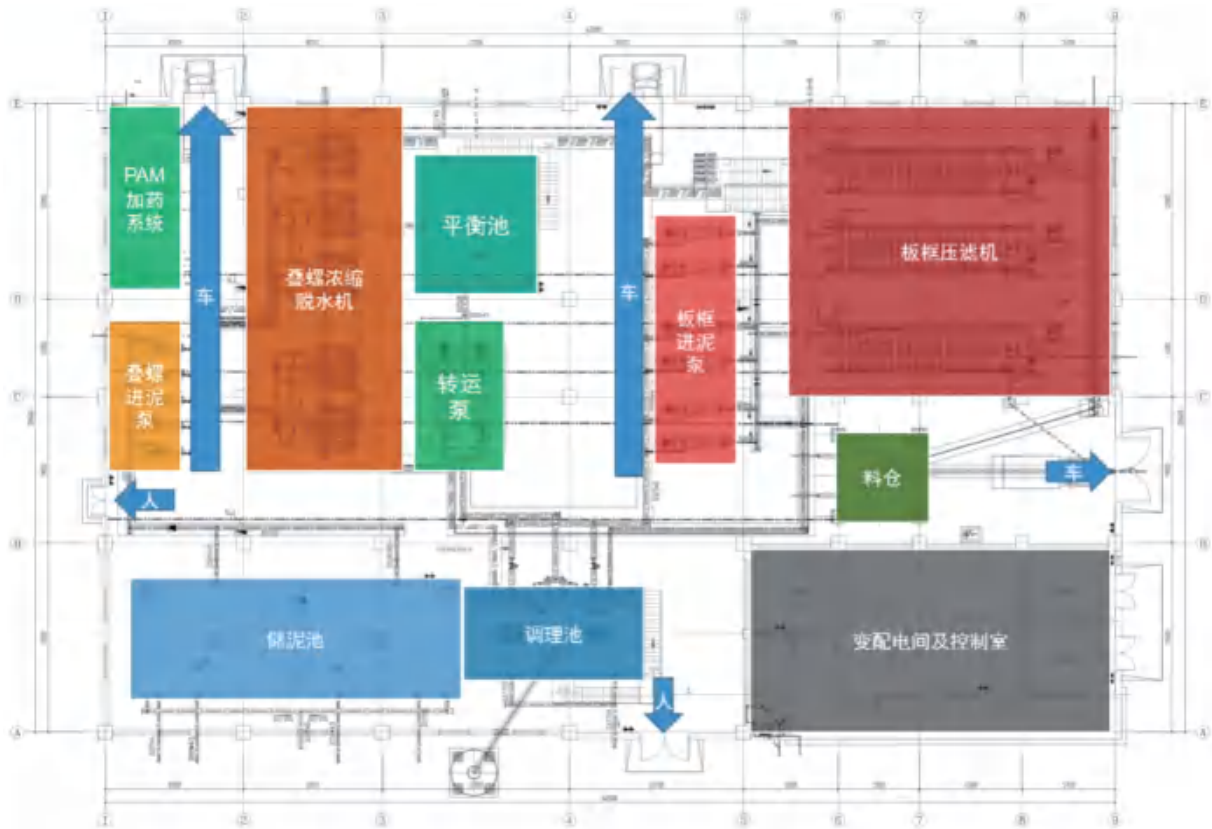
平衡池至调理池:由于平衡池高度较高,受限与脱水间高度,难以架空修建,因此其出泥标高较低,无法采用重力输送,故常采用螺杆泵进行转运。为满足出泥螺杆泵自吸要求,平衡池采用地上式设计。

调理池至板框压滤机:板框压滤机进泥压力较高,通常需要 100~140 m 水头,该环节常采用螺杆泵或柱塞泵输送。与储泥池及平衡池同理,调理池采用地上式设计。

板框压滤机至污泥料仓:板框压滤机出料口高度较高时,污泥料仓放置在压滤机下方,重力排泥,同时可减少提升环节及占地,否则需采用螺旋或皮带输送机输送。

污泥料仓至污泥车:与板框压滤机同理,污泥料仓高度较高时,可将污泥车可进入料仓下方,重力排泥,否则需采用螺旋或皮带输送机输送。

由于板框压滤机进泥泵的扬程很高,增加板框压滤机的高度对其扬程影响较小,因此从减少污泥提升次数、节省设备、减少占地的角度来讲提升板框



注:图中标高单位为 m,尺寸单位为 mm。

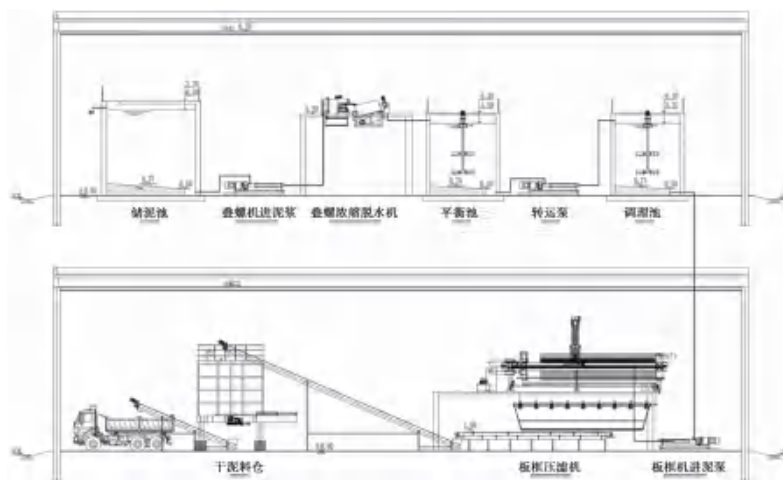
图 6 污泥浓缩脱水间平面布置

Fig. 6 Layout Plan of Sludge Thickening and Dewatering Workshop

压滤机及污泥料仓的高度是经济的。但需要注意的是,提高板框压滤机及污泥料仓的出料口高度也会增加污泥脱水间高度。脱水间高度过高,会造成巡检及维修不便,因此不应盲目提高上述两者的高度。

实践中,应结合项目整体建筑高度布局,脱水间占地要求、输送设备运行可靠性,运行费用等多方面综合考虑。

如图 7 所示,在该工程中共设置 5 次提升。其



注:图中标高单位为 m。

图 7 污泥浓缩脱水间水力高程

Fig. 7 Hydraulic Elevation of Sludge Thickening and Dewatering Workshop

主要原因在于:板框压滤机采用同时启动模式,增加了平衡池和转运泵;由于污泥料仓容积较大,受制于房间高度,难以将其放置于压滤机下部。因此,增加了压滤机至料仓的提升。为了避免污泥在料仓内的板结,便于出泥,污泥料仓高度较高,出料口较低,需要增加料仓至污泥车的提升。

### 3 结论及建议

(1)板框压滤机工作时存在多台依次启动和多台同时启动2种模式。依次启动模式下,可参考生物反应池SBR工艺的设计方法,调理池及板框脱水机的数量取决于脱水系统总工作时间及调理池进泥时间。

(2)板框压滤机同时启动模式下,调理池及板框压滤机为并联工作。该模式下,在浓缩系统和调理系统之间增加平衡池,可以实现机械浓缩系统连续运行、降低浓缩机脱水负荷的目的。

(3)污泥脱水车间的平面设计应综合考虑污泥流线、加药流线、运输流线及检修流线的顺畅,同时应兼顾污泥处理的高程设计。

(4)提高污泥浓缩机、污泥脱水机及污泥料仓的高度,可以减少污泥的提升次数,但会增加污泥间的高度。设计时应综合考虑污泥脱水间占地和层高、输送设备投资及运行可靠性等因素,进行技术经济比较后确定整体的高程布置。

### 参考文献

[1] 何强. 排水工程[M]. 第2册. 北京:中国建筑工业出版社, 2022.  
HE Q. Drainage engineering [M]. Volume 2. Beijing: China Construction Industry Press, 2022.

[2] 邱文新. 贵州某污水处理厂污泥处理设计[J]. 市政技术, 2017, 35(2): 139-141.  
QIU W X. Sludge treatment design of a sewage treatment plant in Guizhou[J]. Municipal Technology, 2017, 35 (2): 139-141.

[3] 卢峰. 上海市白龙港污泥深度脱水工程设计总结[J]. 广州化工, 2018, 46(12): 109-111, 128.  
LU F. Shanghai Bailonggang small deep dehydration engineering design summary [J]. Guangzhou Chemical, 2018, 46 (12): 109-111, 128.

[4] 冯仕训,程文. 无锡市惠山污水处理厂污泥深度脱水工程设计[J]. 市政技术, 2016, 34(5): 143-145.  
FENG S X, CHENG W. Wuxi Huishan sewage treatment plant design of deep dehydration engineering [J]. Municipal Technology, 2016, 34 (5): 143-145.

[5] 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, 39(3): 87-90.  
XU J Q, CHENG W, GENG Z. The application of the diaphragm plate frame filter in the deep dehydration of the sludge [J]. Water & Wastewater Engineering, 2013, 39 (3): 87-90.

[6] 北京市市政工程设计研究总院有限公司. 给水排水设计手册第三版第5册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2017.  
Beijing Municipal Engineering Design Research Institute Co., Ltd.. The third edition of the water drainage design manual [M]. Beijing: China Construction Industry Press, 2017.

[7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计标准:GB 50014—2021[S]. 北京:中国计划出版社, 2021.  
The Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standards for design of outdoor wastewater engineering: GB 50014—2021 [S]. Beijing: China Planning Press, 2021.

[8] 陈同,赵郅,史昊然,等. 合肥经开区污水处理厂污泥深度处理技术的应用探讨[J]. 给水排水, 2021, 47(4): 53-56.  
CHEN T, ZHAO Y, SHI H R, et al. Hefei Economic Development Zone sewage treatment factory smooth discussion technology discussion [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47 (4): 53-56.

[9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外给水设计标准:GB 50013—2018[S]. 北京:中国计划出版社, 2018.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standards for design of outdoor water supply engineering: GB 50013—2018 [S]. Beijing: China Plan Press, 2018.