

高压双膜片污泥压滤机试验研究

海洋，张晓伟，何利平
(中国市政工程华北设计研究总院，天津，300074)

摘要：高压双膜片污泥压滤机是一种新型污泥压滤机，通过具体试验结果证实其良好处理效果，并总结对于处理普通城市污水处理厂污泥的试验参数。

关键词：高压双膜片污泥压滤机 含水率 固体回收率

一、国家污泥处理处置总现状

随着我国城镇污水处理率的不断提高，城镇污水处理厂污泥产量也急剧增加。2009 全国投运城镇污水处理厂 1992 座，污水处理量 280 亿立方米，产生含水率 80%左右的污泥 2005 万吨。随着在建的 2000 多座污水处理厂陆续投入运行，全国污泥总产生量将很快突破 3000 万吨。

我国多数城市污水处理厂污泥处理方法采用浓缩脱水，而采用稳定化处理的污水处理厂比例不到 20%。大部分污水处理厂污泥处理的不到位在很大程度上影响了污泥的最终处置。

表 1 我国污水处理厂污泥处理方法统计

处理工艺	浓缩	脱水	浓缩+脱水	稳定*	脱水+稳定	浓缩+脱水+稳定
污水处理厂个数/个	7	84	25	16	2	5
所占比例/%	5.04	60.43	17.98	11.51	1.44	3.60

目前我国多数城市污水处理厂主要的处置方法是土地填埋，其次是污泥土地利用。但是目前采用浓缩脱水处理工艺处理后的污泥含水率仍然偏高，没有达到稳定和无害化，还有可能造成填埋场渗滤系统的严重堵塞，严重污染地下水。尤其是污泥和垃圾混合填埋时，使得不少垃圾填埋场的寿命大大缩短，给城市垃圾处置带来很大的麻烦。

表 2 我国污水处理厂污泥处置方法统计

污泥处置工艺	填埋	外运	自然干化综合利用	堆肥农用	露天堆放	焚烧
污水处理厂个数/个	70	16	6	15	2	2
所占比例/%	63.03	14.42	5.41	13.51	1.80	1.80

二、污泥处理处置所面临的问题

目前国内最常用的污泥处理方法为浓缩、脱水，最常用的污泥处理方法为填埋，即进入城市垃圾填埋场与生活垃圾混合填埋。

根据《城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质》(GB/T 23485-2009)规定，污泥用于混合填埋时含水率应不大于 60%。而国内大多数污水处理厂目前所采用浓缩、脱水的污泥处理方式只能保证将污泥含水率减低到 75-80%，与用于填埋的要求还有很大差距，这就使得污泥在进入垃圾填埋场后还需要做进一步处理，从而增加了垃圾填埋场的负担。

同时根据《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486-2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600-2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 农用泥质》(CJ/T 309-2009),城镇污水处理厂污泥用于园林绿化、土地改良时要求污泥含水率达到 60%以下。而根据《城镇污水处理厂处置 制砖用泥质》(CJ/T 289-2008)、《城镇污水处理厂污泥处置 单独焚烧用泥质》(CJ/T 290-2008),城镇污水处理厂污泥用于制砖或用于自持焚烧时对于含水率的要求分别是 40%和 50%。因此,污水处理厂脱水污泥含水率过高也阻碍了污泥资源化、无害化技术的应用。

从以上标准要求来看,要让污水处理厂污泥达到无害化、资源化的途径更加丰富,将污水处理厂出厂脱水污泥含水率控制在 60%或更低的水平是必需的,而目前污水处理厂普遍采用的污泥处理方式无法达到期望的水平,应该寻找更有效并且在经济技术上可行的处理方式。

三、高压双膜片压滤机设备介绍

高压双隔膜压滤机简单来说就是一种采用气体形式高压的板框式压滤机,它用于污泥的深度脱水,经过处理,可以将含水率 97%左右的污泥降低到 60%以下。

1、工作原理

高压双隔膜压滤机工作原理如下:

- (1) 利用油压缸将包覆着凹形滤板的滤布,靠拢紧闭形成一个以上的滤室;
- (2) 利用密闭的滤室,以高压透过滤布将固体物留在滤室而水分往外排;
- (3) 利用橡胶膜片吹气或加压,在滤室内对泥饼进行反向二次加压脱水;
- (4) 将紧闭的滤板打开,让滤饼脱离滤布。

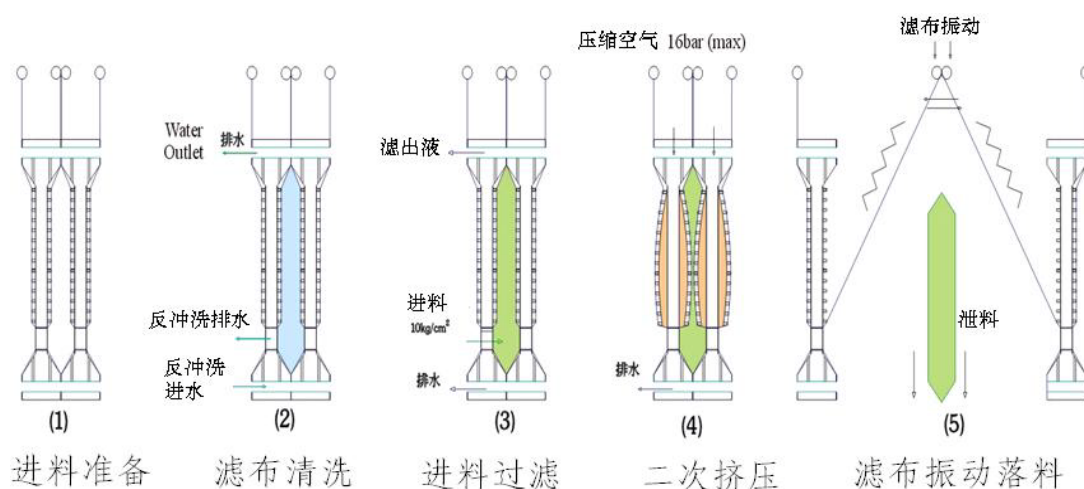


图 1 高压双膜片污泥压滤机工艺流程



图 2 高压双膜片污泥压滤机外观图

2、试验条件

本次试验目的是为了验证高压双膜片污泥压滤机对于普通城市污水处理厂剩余污泥的处理效果。试验场地设置在温州中心片污水处理厂，试验用污泥分别为温州中心片污水处理厂浓缩池污泥及温州东片污水处理厂浓缩池污泥。

中心片污水处理厂和东片污水处理厂进水均为普通城市污水，以生活污水为主。以下为
中心片污水处理厂和东片污水处理厂进水情况。

表 3 污水处理厂进水情况

项目	COD	BOD ₅	氨氮	TP
中心片污水处理厂	450	200	35	6
东片污水处理厂	300	180	30	6

3、试验方法

- (1) 将污水厂浓缩池污泥泵入容器（容器为圆柱形，底面直径约为 1.485m，容积约为 2.2m³），记录泥面刻度，并取样测定含水率。
- (2) 加入 FeCl₃，充分混合。
- (3) 加入生石灰，充分混合，记录泥面刻度，并取样测定含水率。
- (4) 开启污泥压滤机进泥处理，待出泥时称量泥饼重量，并取样测定含水率。

4、试验过程及试验结果

(1) 中心片污水处理厂污泥试验

取中心片污水处理厂浓缩池污泥进行两次试验。

a. 第一次试验

首先，将浓缩池污泥泵入容器，记录泥面刻度（1.163m），总泥量为 2.014m³，取泥样测定含水率为 95.02%。

加入 40%FeCl₃溶液 5.1L（计算 FeCl₃投加比例约为 20kg/tDS），充分搅拌。

加入生石灰 25kg（计算生石灰投加比例约为 200kg/tDS），充分搅拌，取样测定含水率为 93.60%。

开启污泥压滤机，进泥进行处理，污泥压滤机采用全自动化程序控制，控制参数如下表所示。

表 4 压滤机主要控制参数 1

进泥最大压力	进泥时间	二次压最大压力	二次压时间	总处理时间
6.1kg/cm ²	45min	14.5kg/cm ²	45min	约 100min

试验结果——

总处理量：1.708m³

进入设备干固体量：109.295kg

泥饼产量：291.2kg

泥饼含水率：62.71%

干固体产量：108.588kg

下滤液 SS：49.6mg/L

固体回收率：99.35%

b. 第二次试验

首先，将浓缩池污泥泵入容器，记录泥面刻度（1.188m），总泥量为 2.058m³，取泥样测定含水率为 94.58%。

加入 40%FeCl₃溶液 4.75L（计算 FeCl₃投加比例约为 17kg/tDS），充分搅拌。

加入生石灰 20kg（计算生石灰投加比例约为 180kg/tDS），充分搅拌，取样测定含水率为 93.24%。

开启污泥压滤机，进泥进行处理，污泥压滤机采用全自动化程序控制，控制参数如下表所示。

表 5 压滤机主要控制参数 2

进泥最大压力	进泥时间	二次压最大压力	二次压时间	总处理时间
6.1kg/cm ²	40min	14.7kg/cm ²	45min	约 95min

试验结果——

总处理量：1.732m³

进入设备干固体量：117.082kg

泥饼产量：263kg

泥饼含水率：55.51%

干固体产量：117.082kg

下滤液 SS：72.4mg/L

固体回收率：99.94%

(2) 东片污水处理厂污泥试验

东片污水处理厂浓缩池污泥由罐车运至中心片污水处理厂，由于污泥在运送过程中没有搅拌，导致污泥沉降，所取泥样含水率偏高，总取泥量 4.290m³，取泥样测定含水率为 97.74%。

加入 40%FeCl₃溶液 4L（计算 FeCl₃投加比例约为 16.5kg/tDS），充分搅拌。

加入生石灰 30kg（计算生石灰投加比例约为 309kg/tDS），充分搅拌，取样测定含水率为 96.96%。

开启污泥压滤机，进泥进行处理，污泥压滤机采用全自动化程序控制，控制参数如下表所示。

表 6 压滤机主要控制参数 3

进泥最大压力	进泥时间	二次压最大压力	二次压时间	总处理时间
6.1kg/cm ²	65min	14.5kg/cm ²	45min	约 120min

试验结果——

总处理量：4.023m³

进入设备干固体量：122.311kg

泥饼产量：257.9kg

泥饼含水率：52.62%

干固体产量：122.193kg

下滤液 SS：61.6mg/L

固体回收率：99.81%

5、试验结果分析

(1) 污泥处理效果

根据三次试验结果分析，可以认为对于普通城市污水处理厂所产生的污泥经浓缩池浓缩

后，高压双膜片压滤机具备将其含水率降低至 60%以下的能力。

根据试验现场的观察，第一次试验结果含水率高于 60%的原因应归结于前期泥药混合效果欠佳所致（处理接触后发现泥罐底部有大量白色固体沉积，应为未充分混合的石灰）。

（2）药剂投加的作用及投加量

本次试验选用的药剂为 FeCl_3 和生石灰。根据两种药剂的化学物理性质，两种药剂所起的作用是不尽相同的。

其中 FeCl_3 是污泥脱水处理中常用的絮凝药剂，其作用是水合后形成正电荷，以中和污泥颗粒的负电荷，使之絮凝；氯化铁也与污泥中的两价碳酸盐形成氢氧化铁，作为絮凝剂。 FeCl_3 的投加比例为 2%（干药比干固体）左右。

生石灰（ CaO ）一般配合氯化铁的使用，主要目的是调节 pH 值、除臭和消毒，此外可增强颗粒结构，提供孔隙，减少其压缩性。生石灰的投加比例为 20-30% 左右，若原泥含水率较低，可减小生石灰投加比例；反之应增加生石灰投加比例。

（3）原泥的含水率

在保证出泥含水率的前提下，原泥的含水率偏高会增加生石灰投加量，进而增加泥饼产量，一方面增加了药剂费用，另一方面也增加了后续处置的成本，同时延长了处理时间，降低了单位时间的固体产量；若原泥的含水率偏低则会增加泥药混合的难度，也会增加进泥泵的负荷。

从试验过程及结果来看，进泥含水率为 95-97% 之间效果较好。

（4）压力及时间控制

理论上，压滤机压力控制值越大，加压时间越长，泥饼含水率会越低，压滤效果越好，但需要考虑压滤机生产能力和滤板承压能力，同时一味加大压力和延长加压保压时间会增加生产成本。

从试验结果看，一次压压力（进泥压力）和二次压压力分别控制在 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 和 $14.5\text{kg}/\text{cm}^2$ ，泥饼含水率效果可以满足要求，同时压力值也在本产品滤板承压范围内。

一次压时间（进泥时间）根据进泥含水率变化而变化，若原泥含水率越高，由于固体含量较少，则进泥时间较长，下滤液产生量也较多。反之原泥含水率越低，则进泥时间越短。

由于一次压过程中已将污泥含水率降低到一定程度，二次压时间相对固定，根据本试验结果，二次压时间控制在 40-45min 为宜。

6、总结

根据本次试验及对高压双膜片污泥压滤机的生产原理及结构的研究，可以总结如下：

(1) 高压双膜片压滤机是一种污泥深度脱水的设备，能做到脱水后的污泥含水率 60% 以下，深度脱水后污泥减量很大，污泥体积约是脱水前的 1/10 左右，污泥更便于运输，脱水后的污泥可直接填埋，甚至可做垃圾填埋场的覆盖土，较目前市场上的带式脱水机、离心脱水机，更符合污泥脱水设备市场发展趋势和要求。

(2) 进料压力大，进料压力达到 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ ；物料处于双膜片模板之间，挤压效率高；进料加压后进行二次加压，高压二次反向挤压，压力达到 $14\text{kg}/\text{cm}^2$ ，与普通板框式压滤机最大过滤压力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 相比，增大很多，使污泥脱水更彻底。使污泥脱水更彻底。

(3) 选用的药剂为 FeCl_3 和生石灰。 FeCl_3 的投加比例为 2%（干药比干固体）左右，生石灰的投加比例为 20-30% 左右。

(4) 高压双隔膜压滤机在设计上采用了 A 字型滤布结构，并震动落料。相比于其他类型板框压滤机，减少了泥饼卸料的人工工作量。

(5) 高压双隔膜压滤机应用工艺一般包括三个部分：污泥浓缩、污泥调理、污泥深度脱水。首先污水处理厂污泥经污泥浓缩池浓缩，浓缩后污泥进入污泥调理池，在调理池中加入调理药剂并充分混合，经过一定时间反应后进入高压双膜片污泥压滤机进行高压压滤处理。

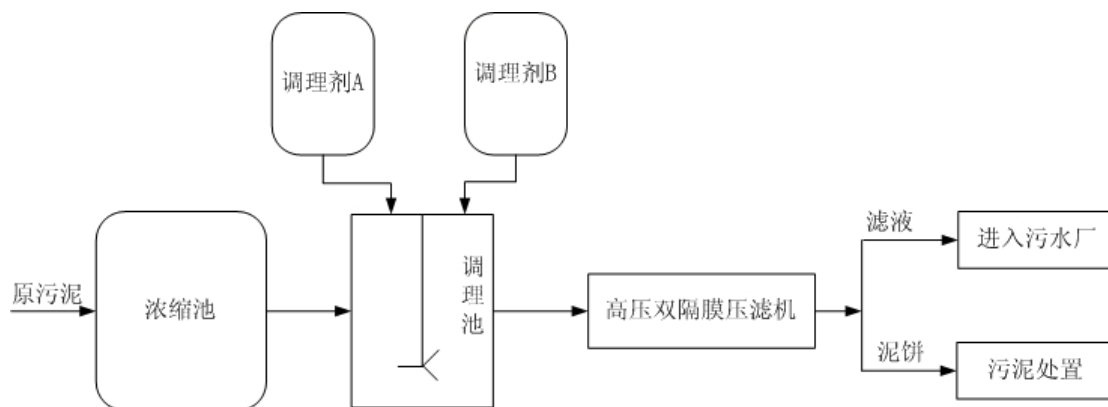


图 3 高压双隔膜压滤机典型处理流程

7、问题及建议

(1) 本试验对于药剂的选取仅限于 FeCl_3 和生石灰，未来可以进行更多试验来验证其使用 PAM 等高分子有机絮凝剂的处理效果。

(2) 对于工业污水处理厂的污泥处理效果有待验证。

(3) 在规模化投入市场前，对于其经济技术指标应与目前污水厂普遍应用的带式、离心及板框脱水机进行对比。

参考文献

- [1] 王洪臣主编 城市污水处理厂运行控制与维护管理[M]北京 科学出版社, 2002
- [2] 池勇志, 迟季平, 李玉友等 我国城市污水处理厂污水污泥性质与处理处置概况[A]——中国城镇污泥处理处置技术与应用高级研讨会论文集[C]天津 中国给水排水杂志社, 2010