

城市内河淤泥干化处理方法的研究与探讨

李英

江苏河海建设有限公司，江苏 镇江 212000

[摘要]当前河道清淤的方法有人工水力冲挖清淤和机械清淤，机械清淤又可分为挖泥船清淤、搅吸式挖泥船清淤、水上挖机清淤等。清淤过程中，对淤泥的干化处理是城市河道清淤面临的一大难题，因为传统的淤泥处理方法是将淤泥运至弃土场，使其自然风干，这种方法不仅效率低，需占用大量的土地，还可能对环境造成二次污染。从环境保护、节约用地的角度出发，新型的带式压滤机淤泥干化施工工艺应运而生，并逐渐得到广泛的应用。本文以镇江市古运河（四明河至玉带河段）清淤工程为例，对河道清淤及淤泥干化的整个施工质量的控制进行了研究和探讨，并给出了施工建议，为以后的河道清淤工程施工提供了宝贵的经验。

[关键词]河道清淤；带式压滤机；淤泥干化；挖泥船；古运河

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18314

中图分类号: X522

文献标识码: A

Research and Discussion on Drying Treatment Methods for Urban Inland River Sludge

LI Ying

Jiangsu Hehai Jianshe Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract: The current methods for dredging rivers include manual hydraulic dredging and mechanical dredging. Mechanical dredging can be further divided into dredging by dredgers, dredging by suction dredgers, dredging by water excavators, etc. In the process of dredging, the drying treatment of silt is a major challenge faced by urban river dredging, because the traditional method of silt treatment is to transport the silt to the disposal site and let it dry naturally. This method is not only inefficient and requires a large amount of land, but also may cause secondary pollution to the environment. From the perspective of environmental protection and land conservation, a new type of belt filter press sludge drying construction technology has emerged and gradually been widely applied. This article takes the dredging project of grand canal in Zhenjiang City (from Siming River to Yudai River section) as an example to study and explore the overall construction quality control of river dredging and silt drying, and provides construction suggestions, providing valuable experience for future river dredging project construction.

Keywords: river dredging; belt filter press; drying of silt; dredging vessel; grand canal

1 工程概况

古运河四明河至玉带河段长 5.46km 以及四明河口至丁卯高架河段长 0.13km, 其中古运河清淤总长 4.37km(康泰花园和瑞泰新城段长 0.6km 及河底淤积厚度小于 0.45m 的河段长 0.49km 不清淤), 四明河段清淤长 0.13km。主要工程内容为河道清淤、淤泥干化和清运及环保措施等, 河道清淤总量为 14.39 万 m³。

本工程施工过程中, 利用挖泥船挖泥, 将淤泥装至泥船, 再利用泥船将泥运至丹徒闸的临时码头, 然后用泥浆泵将淤泥抽至泥浆池后经过带式压滤机进行淤泥干化, 干化后的泥饼经渣土车运至弃土场, 整个过程均达到环保要求。淤泥干化场地占地约 2000m², 主要是泥浆池和两台

带式压滤机占地, 与传统施工方法相比, 极大地减少了临时用地。

按照传统清淤方法施工, 本工程 14.39 万 m³的淤泥将占用大量的土地, 而且从城市运至远郊, 距离较远, 运输成本较大, 运输过程中的抛洒滴漏还对城市环境卫生造成影响。因此采用带式压滤机淤泥干化设备是本工程综合考虑最优的淤泥处理方案。

2 质量控制要素

本案例中, 河道清淤工程的质量控制要素主要分为两个方面, 一方面是如何保证挖泥船沿河道开挖线开挖到位(宽度、深度、坡度均满足施工图纸要求); 另一方面是如何保证淤泥干化后的含水率满足设计要求($\leq 45\%$)。

3 河道淤泥开挖质量控制

根据设计图纸, 古运河本次清淤段河道宽度约 28~30m 左右, 标准断面图如下:

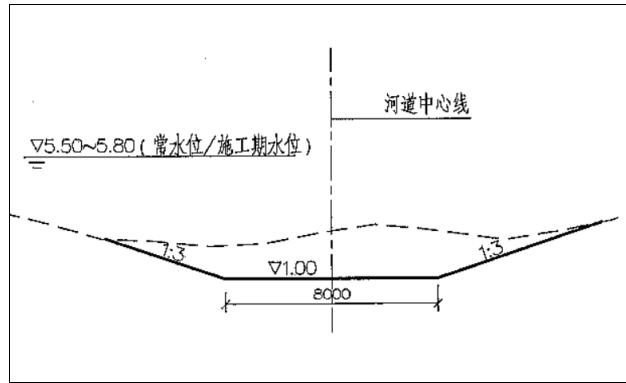


图 1 河道断面图

本工程清淤深度最大 2.7m, 最小约 1.0m 左右, 采用一条挖泥船进行挖泥, 最大船长 22.30m, 最大船宽 7.30m, 满载吃水 0.75m, 总吨位 23t, 开挖最大宽度约 10.0m。

由于河底开挖宽度为 8m, 河底两侧按 1:3 进行刷坡, 总施工宽度大于挖泥船的最大开挖宽度 10m, 因此需要挖泥船进行往返一次清淤。为了保证挖泥船的开挖效率和开挖质量, 防止河底回淤影响工程验收, 本工程采用以分部工程为单位, 按照分段开挖, 分幅开挖, 开挖一段, 测量一段, 验收一段的原则进行施工, 分段长度约 300m 左右, 这样既能减少挖泥船掉头的次数, 又可以在河道回淤之前完成施工段的测量和验收。具体的挖泥船开挖前进路线如下图箭头所示:

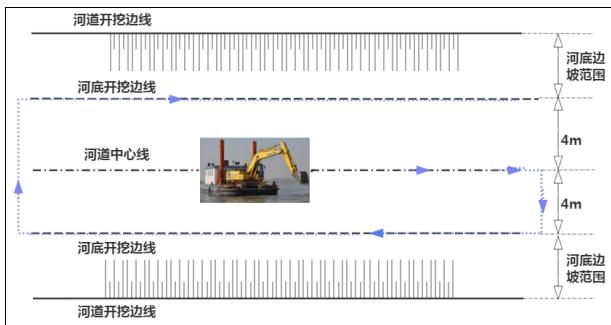


图 2 挖泥船开挖路线图

挖泥船首先沿河道中心线前进, 挖除河底 8m 宽范围内的淤泥, 利用船舶自带的定位定向仪控制船舶前进方向和河底的开挖边线, 这样一次性可以挖掉主要的工程量。

挖泥船在开挖过程中, 由于受到水流和开挖反力的作用, 船体会前后左右晃动, 从而可能会偏离航线, 因此船舶每前进一步, 会用自身携带的 2 根定位桩进行固定, 定位桩可插入河底以下 4~5m, 完全可以保证挖泥船在开挖过程中, 保持船体稳定。

虽然挖泥船带有定位定向仪, 可以保证开挖位置准确, 但是并不能控制清淤深度, 因此要想控制挖泥船的清淤深度还需要在挖机小臂、大臂上做好刻度线, 以此来控制挖泥深度。

本工程挖泥船挖机为现代的 275LC-9 型挖机, 最大开挖深度可达到 6.0m, 完全满足本工程的清淤深度要求。

在进行河底刷坡清淤时, 挖泥船将挖机旋转至与船体前进方向垂直的位置进行开挖, 刷坡时尽量一次刷坡成型, 刷坡结束后, 再对坡脚清扫一遍, 防止刷坡过程中, 上部淤泥受扰动后在坡脚处淤积, 从而影响清淤效果。

4 淤泥干化流程

4.1 淤泥进入泥浆泥前的处理

淤泥经泥驳船运至淤泥干化场临时码头后, 将掺杂的垃圾如编织袋、塑料袋、枯木枝、渔网等人工挑出来, 然后用高压水枪将淤泥冲散搅匀后通过污泥泵传送至泥浆池。

由于泥浆中混有一些小的颗粒状垃圾, 如石子、碎砖、螺蛳等, 如果直接进入泥浆池, 在经过压滤机时, 容易对滤布造成破坏作用, 为了避免这种不必要的损失, 在泥浆池上方设置一个圆筒形滚筒筛。滚筒筛直径 1.6m, 长 4.5m。



图 3 淤泥吹填进滚筒筛

这样, 在淤泥进入泥浆池前, 先进入滚筒筛, 此过程意在将颗粒状垃圾筛选出来, 进入泥浆池的泥浆尽量干净、均匀。在滚筒筛转动过程中, 泥浆被过滤进泥浆池, 筛选出来的垃圾再通过传送带传至垃圾收集车运走处理。



图 4 固体颗粒垃圾筛除

4.2 泥浆进入压滤机前后的处理

泥浆进入泥浆池后, 会经三轴搅拌机搅拌后通过一

DN200 的铸铁管道进入压滤机。



图 5 泥浆由泥浆池进入压滤机

在泥浆进入压滤机之前，会在传输的过程中加入聚合氯化铝药水（以下简称黄药）和聚丙烯酰胺药水（以下简称白药），白药作用是与泥浆混合后能够让泥浆絮凝，使泥、水快速分离；黄药的作用是使尾水更加清澈。两种药品添加的剂量是由工艺试验确定后，由加药箱自动加药，两种药品在加药箱内经搅拌均匀后进加药池，再经过 DN50 镀锌管道输送至泥浆管道，使得药水在输泥管道内充分混合。

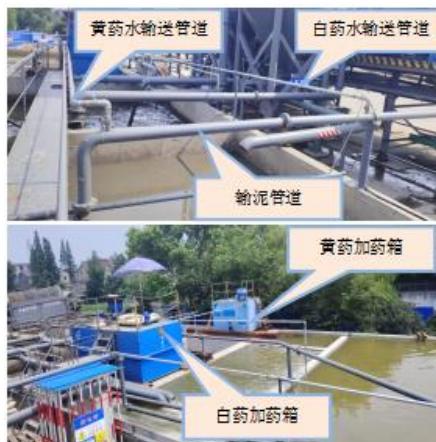


图 6 泥浆与絮凝剂混合

4.3 泥浆进入压滤机后的处理

泥浆经输泥管和白药、黄药混合进入压滤机的拨叉搅拌器内搅拌，目的是使得泥浆能够均匀的摊铺到滤布上面。



图 7 泥浆与絮凝剂混凝土后进入压滤机过滤

泥浆经插拔搅拌器流出后摊铺到滤布上，随滤布前进的过程中，泥浆不断絮凝，泥水分离，分离出的水分过滤到滤布下面的回水槽，经回水槽汇集后经 DN200 的管道回流至尾水池。

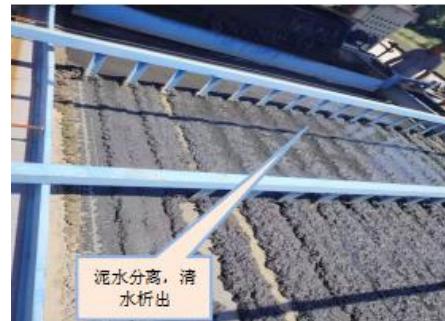


图 8 泥、水分离

4.4 尾水处理

进入尾水池的废水经管道，加药后进入絮凝罐进行二次絮凝（尾水池废水含有清洗滤布时残留的少量淤泥），二次絮凝后的淤泥泥浆经絮凝罐底部的闸阀回流至泥浆池，再次进入到压滤机进行淤泥干化处理。

絮凝罐内的尾水经二次絮凝，下部含泥量较大的泥浆回流至泥浆池，上部清水经絮凝罐顶部的溢流口流入过滤池，经过滤池过滤后，最后进入循环池，排入市政管网。

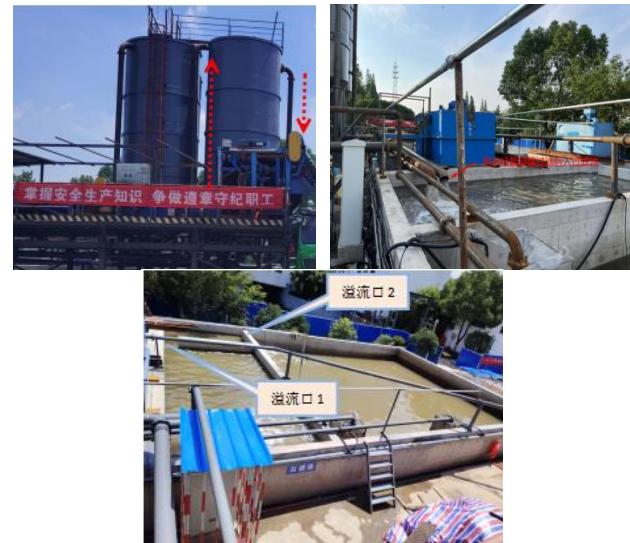


图 9 尾水进入清水池

5 影响因素

影响淤泥脱水效率和质量的因素主要有以下三个方面：(1) 加入白药的计量；(2) 压滤机滤布的运行速度；(3) 泥浆的含泥量。这三种因素对脱水效果的影响大小已经工艺试验确定，可详见工艺试验。

6 工艺流程图

工艺流程图，如下图所示：

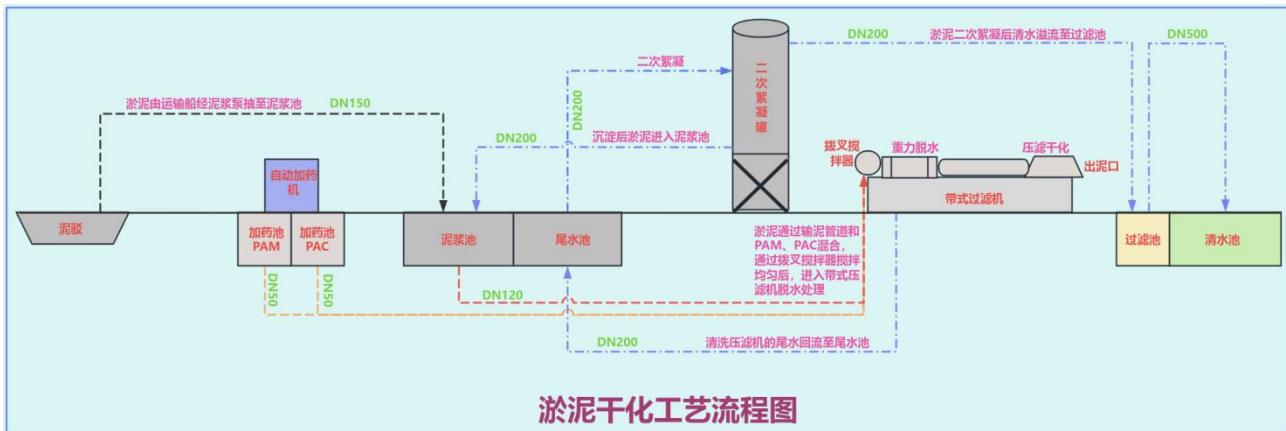


图 10 淤泥干化流程图

7 工艺试验

7.1 试验原理

带式压滤机淤泥干化是利用压滤机的滤带对淤泥施加压力，使淤泥中的水分通过滤带的孔隙排出，从而实现淤泥的脱水干化。其基本原理是借助机械压力，克服淤泥中水分与固体颗粒之间的结合力，使水分分离出来。

在干化前，对淤泥进行预处理是提高干化效果的关键环节。其中，添加絮凝剂是常见的预处理方式。絮凝剂分子能够吸附淤泥中的胶体颗粒和细小悬浮颗粒，通过架桥作用将这些颗粒聚集在一起，形成较大的絮体加快沉淀的速度。这样一来，絮体的结构更加疏松，孔隙率增加，有利于水分的渗透和排出，从而使淤泥更容易脱水。不同种类的絮凝剂，其分子结构和电荷特性不同，对不同性质淤泥的絮凝效果存在差异；而絮凝剂的剂量则会影响絮体的大小和结构，剂量不足可能导致絮凝不充分，剂量过多则可能使淤泥产生过度絮凝，反而影响脱水效果。

7.2 试验所需仪器设备和材料

(1) 仪器设备

①带式压滤机。

②烘箱。

③搅拌器。

④电子天平（精度：0.01g）。

(2) 材料

①试验用淤泥样本（[具体淤泥种类]）。

②絮凝剂（聚丙烯酰胺，不同型号和规格）。

③防护用品（如手套、护目镜、口罩等）。

④试验用烧杯、量筒、玻璃棒等玻璃器皿、铝盒。

7.3 试验内容和方法

(1) 淤泥特性分析

试验目的：了解淤泥的基本性质，为后续试验提供基

础数据，本次试验主要针对淤泥的含水率指标进行了测定。

操作步骤：

①含水率测定：采用烘干法，称取一定量的淤泥样本，置于105℃的烘箱中烘干至恒重，根据烘干前后的质量差计算含水率。

(2) 预处理试验

试验目的：测试不同剂量白药（以下简称：絮凝剂）对淤泥脱水性能的影响，确定最佳的预处理方案。

试验变量：聚丙烯酰胺絮凝剂剂量。

操作步骤

①取若干份相同质量和性质的淤泥样本，分别放入不同的烧杯中。

②对于每种絮凝剂，设置不同的剂量梯度，梯度设置的原则是每池泥浆絮凝剂增量以包计，根据我公司以往施工经验，按每池泥浆体积260m³算，絮凝剂添加量在10包～14包左右，对应的剂量梯度分别为0.96g/L、1.06g/L、1.15g/L、1.25g/L、1.35g/L。

③向每份淤泥样本中加入对应种类和剂量的絮凝剂，充分搅拌，使絮凝剂与淤泥完全均匀混合。

④将处理后的淤泥静置，待絮凝结束后，记录絮凝时间。在将烧杯上部清水过滤后，测量固体物的含水率。

比较不同絮凝剂种类和剂量下的絮凝时间、絮凝沉淀物的含水率，确定最佳的絮凝剂种类和剂量。

按照以上步骤，不同絮凝剂剂量的絮凝时间和沉淀物含水率数据如下：

表 1 不同絮凝剂剂量的絮凝时间和沉淀物含水率数据

药剂剂量	0.96g/L	1.06g/L	1.15g/L	1.25g/L	1.35g/L
絮凝时间	15s	12s	8s	6s	6s
含水率 (%)	75.2	71.6	62.3	58.5	58.2

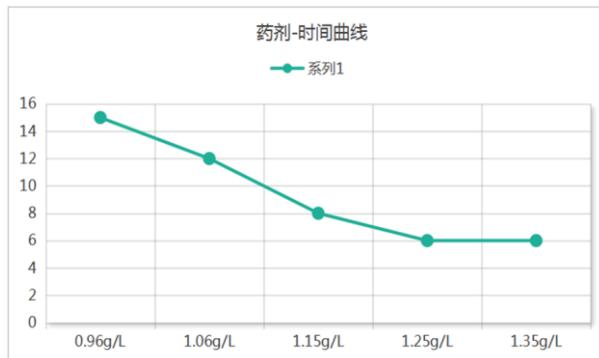


图 11 药剂量-时间关系曲线

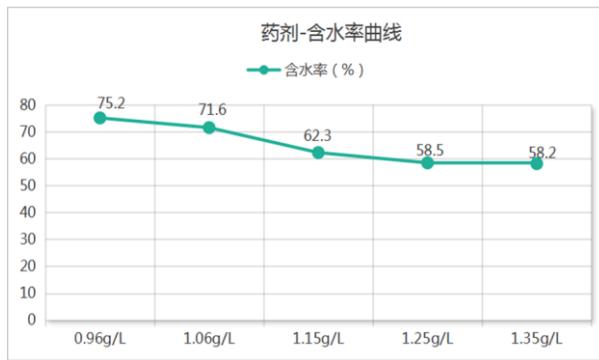


图 12 药剂量-含水率关系曲线

根据实验室内的试验数据,当药剂量在 1.35g/L 和 1.25g/L 时,絮凝时间和含水率相差不大,药剂量为 0.96g/L、1.06g/L、1.15g/L 絮凝效果较 1.35g/L 和 1.25g/L 时相差比较明显,因此选用药剂量为 1.35g/L 和 1.25g/L 时进行压滤机脱水工艺上机试验。

(3) 压滤机运行参数试验

试验目的:研究压滤机的运行参数对干化效果的影响,确定最佳的运行参数。

试验变量: 滤带速度。

操作步骤:

①在确定最佳预处理方案的基础上,进行压滤机运行参数试验。



(a)



(b)



(c)

图 14 (a) 取样; (b) 称量; (c) 烘干

②滤带速度试验: 设置不同的滤带速度梯度(如 10m/min、15m/min、20m/min、25m/min、30m/min),启动带式压滤机进行淤泥干化试验,每个速度梯度下运行 2h。在试验过程中,定期采集滤饼样本,测定其含水率;同时记录压滤机的运行状况,如是否出现漏泥等现象。对试验数据进行分析,比较不同运行参数下的滤饼含水率、干化效率等指标,确定最佳的滤带速度。

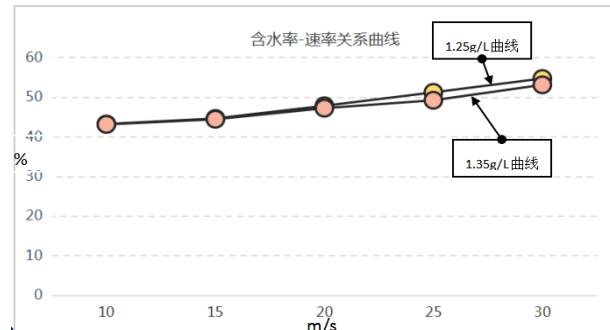


图 13 含水率-滤布运行速率关系曲线

表 2 不同运行参数下的滤饼含水率、干化效率指标

速度 (m/s)	10	15	20	25	30
1.25g/L 含水率 (%)	43.2	44.6	47.8	51.2	54.7
1.35g/L 含水率 (%)	43.1	44.4	47.2	49.2	53.1

根据含水率-速率曲线可知,滤布速度越快,泥饼的含水率越高,滤布速度越慢,泥饼含水量越低。但速率相同时,药剂量为 1.25g/L 和 1.35g/L 时,泥饼的含水量相差不大,且在滤布为 15m/s 时,两种药剂量作用下,泥饼的含水量均小于 45% 能够满足设计要求。

7.4 试验结果

(1) 通过不同药剂量条件下,泥浆絮凝的时间试验来看,药剂量越大,絮凝时间越短,絮凝效果越好,但当药剂量大于 1.35g/L 时,这种优势越来越小,通过多次试验数据对比发现,6s 基本是泥浆絮凝的极限时间,即使絮凝剂剂量再大,絮凝时间也很难再缩短,考虑到成本因素,药剂量不宜大于 1.35g/L。

(2) 通过不同滤布运行速度条件下,泥饼含水率的小实验来看,滤布运行速度越小,测得的泥饼含水率越小,但是当滤布运行速度小于15m/s时,泥饼含水率基本能达到设计要求,考虑到施工效率,滤布运行速度不宜再小。

(3) 综上所述,根据工艺试验的数据分析结果,再考虑到经济和施工效率,最终确定最佳絮凝剂剂量为1.25g/L,滤布运行速度为15m/s。

[参考文献]

[1] 张春雷.“疏浚淤泥的处理处置及资源化利用进展”.环境

工程,2012(2014):95-99.

[2] 霍守亮.席北斗,荆一凤.环保疏浚底泥干化技术研究[J].环境工程,2007,25(5):72-75.

[4] 吴鸿昇,刘勇,蔡辉敏.固化脱水过程对淤泥固化效果影响 研究 [J].Fly Ash Comprehensive Utilization,2024,38(6)25.

作者简介: 李英 (1983.11—), 女, 毕业院校: 乐山师范学院, 学历: 本科, 职称: 助理, 专业: 外语。