

# 淤泥高效脱水与固化工艺流程研究

赖佑贤 闫晓满

(广州市水电建设工程有限公司, 广东 广州 510600)

**【摘要】** 随着经济建设速度加快,在城市排污及地表降雨产沙产污的双重作用下,河湖淤泥淤积速度变得更快、淤积面更大、淤积层更厚,河道湖泊环境受损,蓄水防洪能力下降,必须及时对江湖淤泥进行疏浚处理。本文以广州地区河湖淤泥组分及其基本特性的研究为基础,提出能有效用于该地区淤泥脱水与固化的带格栅杂物预处理功能的淤泥管道搅拌固化技术工艺流程,获得了成功应用。

**【关键词】** 河湖淤泥;脱水和固化;疏浚工艺流程

中图分类号: TV851

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2017)03-0040-04

## Research on silt efficient dehydration and curing technological process

LAI Youxian, YAN Xiaoman

(Guangzhou Water Conservancy & Hydropower Station Construction Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510600, China)

**Abstract:** Silt deposition speed becomes faster, sediment area is larger, and sediment layer is thicker with acceleration of economic construction speed under double roles of sand and sediment production due to urban sewage and surface rainfall. River and lake environments are damaged, water accumulation and flood control abilities are reduced, silts in rivers and lakes must be dredged and treated. In the paper, research on sediment composition of rivers and lakes in Guangzhou and their basic features is regarded as foundation for proposing silt pipeline mixing and curing technology process for the efficient dehydration and curing of silt in the region with grille sundry preprocessing function. The technique is applied successfully.

**Key words:** sediment in rivers and lakes; dehydration and curing; dredging process

### 1 概述

随着经济建设速度的加快,中国不少地区河道湖泊环境受损,淤泥淤积速度变得更快、淤积面更大、淤积层更厚,已成为社会性公害<sup>[1-3]</sup>。淤泥处理技术一般包括脱水和固结两大任务。国内外常见脱水处理措施大致包含五种:自然干燥法、真空预压法、土工管袋法、机械脱水法及直接搅拌固结法。这些方法虽然在淤泥脱水处理上发挥过一定的作用,但仍然存在脱水速度慢、效果不佳、减量缓慢、能耗高、二次污染等一些明显

缺陷。而常见的固结工艺主要分两大类,即借助固化剂的化学固结处理与利用技术及用物理干燥等理化方法为主的淤泥固结与资源化利用技术。

显然,脱水与固化技术方法的选用既要考虑技术的可行性,也要考虑经济的合理性,还要考虑技术工艺的安全与绿色环保性<sup>[4-7]</sup>。因此,从淤泥组成成分及环境条件和要求等实际工程条件出发,研究开发有利于环境保护、生态提升的淤泥高效脱水与固化技术十分重要,将产生巨大的经济与社会效益,应用前景广阔。

本文结合峨眉沙岛、大蚝沙岛淤泥处置及生态旅

游项目工程,按照“集约化消淤,无害化处理,资源化利用”原则,开展了针对珠江三角洲地区江湖淤泥理化脱水机理和固化施工处理技术的研究,提出了一套有利于资源开发、环境保护、生态提升的江湖淤泥理化脱水及固化处置的工艺流程,取得了良好的工程应用效果。

## 2 珠江三角洲地区江湖淤泥特性

广州市河道淤泥来源相当复杂,在其积累过程中的非淤泥成分劣化掺混,生活垃圾中的塑料制品和建筑垃圾中的砖头石块充斥淤泥之中。表1和表2是广州市猎德涌和沙河道淤泥粒配。

表1 猎德涌疏浚淤泥颗粒组成分析

颗粒组成/%								
巨粒组(MM)	砾(MM)			砂粒(MM)			粉粒(MM)	黏粒(MM)
>60	60~20	20~5	5~2	2~0.5	0.5~0.25	0.25~0.075	0.075~0.005	<0.005
0	1.3	0.8	2.0	6.2	5.5	17.0	59.2	8.0

表2 沙河涌疏浚淤泥颗粒组成分析

颗粒组成/%								
巨粒组(MM)	砾(MM)			砂粒(MM)			粉粒(MM)	黏粒(MM)
>60	60~20	20~5	5~2	2~0.5	0.5~0.25	0.25~0.075	0.075~0.005	<0.005
0	1.4	1.2	6.3	8.6	39.0	22.5	16.0	5.0

广州市河道淤泥污染情况于2010年7月委托北京市理化分析测试中心对进场淤泥成分进行了实测,监测了酸碱度(pH值)、有机质、总镉(Cd)、总汞(Hg)、总铅(Pb)、总铬(Cr)、总砷(As)、总铜(Cu)、总

锌(Zn)、总镍(Ni)、总氰化物、挥发酚12个指标,结果表明天然淤泥成分的复杂程度及其危害性明显,表3为样品编号03的淤泥成分检测结果。

表3 样品编号03的淤泥成分检测结果

检测项目	pH值	有机质/(g/kg)	镉/(mg/kg)	铅/(mg/kg)	铜/(mg/kg)	铬/(mg/kg)	锌/(mg/kg)	镍/(mg/kg)	汞/(mg/kg)	砷/(mg/kg)	氰化物/(mg/kg)	挥发酚/(mg/kg)
检测值	7.44	48.6	0.20	106	120	146	491	69.3	1.21	32.7	0.25	0.081

根据中华人民共和国行业标准《疏浚岩土分类标准》(JTJ/T 320—1996):土类可分为有机质土及泥炭、淤泥土类、黏性土类、粉土类、砂土类和碎石土类。广州市河道淤泥从性质上应该归为土类,由于大量生活

污水和工业污水的排放,使河道受到污染,因而广州市河道淤泥可定性为被污染了的土壤。表4~表7给出了广州河道淤泥的一些基本特性测定结果。

表4 稳定土标准击实(轻型)试验报告

试验序号	土壤密度/(g/cm <sup>3</sup> )	平均含水量/%	土壤干密度/(g/cm <sup>3</sup> )	最大干密度/(g/cm <sup>3</sup> )	最优含水率/%
1号(猎德涌2)	1.68	14.5	1.47	1.56	19.7
3号(猎德涌)	1.91	29.7	1.47	1.58	23.4
1号(大沙河)	1.70	14.3	1.49	1.60	20.8

表5 土的物理性质试验报告

样品编号	界限含水量			不均匀系数	曲率系数
	液限/%	塑限/%	塑性指数		
T290 5010(猎德涌1)	19.0	11.0	8.0	3.85	0.60
T290 7022(猎德涌2)	29.5	20.4	9.1	8.6	0.88
T290 7022(沙河道1)	24.0	14.5	9.5	2.8	1.24
T290 7022(沙河道2)	21.0	13.0	8.0	5.6	0.84

表6 土的颗粒组成 %

土类定名	巨粒组(MM)	砾(MM)			砂粒(MM)			粉粒(MM)	黏粒(MM)
	>60	60~20	20~5	5~2	2~0.5	0.5~0.25	0.25~0.075	0.075~0.005	<0.005
有机质粉土质砂(SMO) (猎德涌1)	0	4.2	7.0	4.7	10.8	40.4	11.3	17.6	4.0
有机质含砂低液限黏土(CLSO) (猎德涌2)	0	1.3	0.8	2.0	6.2	5.5	17.0	59.2	8.0
有机质粉土质砂(SMO) (沙河道1)	0	1.4	1.2	6.3	8.6	39.0	22.5	16.0	5.0
有机质含细粒土砂(SFO) (沙河道2)	0	3.0	9.7	9.3	25.5	19.2	19.0	10.3	4.0

表7 土的抗剪强度测定(大沙河2)

样品编号	抗剪强度			
	试验方法	凝聚力 c/kPA	摩擦角 φ/(度-分)	干密度 = 1.44g/cm <sup>3</sup> 时的抗渗 K 值/(×10 <sup>-7</sup> cm/s)
TK29 08001	快剪	30	20	8.0

由于各种生活、工业生产排放物进入河湖,河湖淤泥成分已经开始向污水处理厂淤泥成分靠近。在工程特性表现上,淤泥在含水率较高的状态下,流动的特性接近于水流。随着含水率的降低,淤泥的流动性显示出半塑性或塑性流体的特性。淤泥的疏浚绝大多数采用机械开挖和水力吹填方法,所形成疏浚淤泥的工程特性很差,主要表现为黏粒含量高、含水率高、压缩性大、强度低、渗透性能差、排水固结缓慢。造成疏浚淤泥工程特性差的根本原因在于疏浚淤泥的黏粒含量高,大多呈薄片状,比表面积大,且表面往往带有负电荷,会吸附带极性的水分子和水合阳离子,以致在其表面形成一定厚度的吸附水层,而吸附水的黏滞性较大、能动性较小,比较难以脱出。

除了上述工程特性以外,疏浚河湖受污染淤泥往

往还伴随有机质和重金属的污染,这些污染物往往吸附在细小的黏粒表面,分离和清除非常困难。

### 3 广州河道淤泥疏浚工艺选择及淤泥预处理

传统的湖泊河流疏浚淤泥有6种,各有优缺点(见表8)。

表8 不同疏浚工艺优缺点

	优点	缺点
绞吸式挖泥	1. 施工质量好 2. 生产效率高 3. 成本低	1. 受排距影响大 2. 与通航矛盾较大
斗轮式挖泥	1. 施工质量好 2. 生产效率高 3. 成本低	1. 受排距影响大 2. 与通航矛盾较大
抓斗式挖泥	1. 受运距影响较小 2. 机动灵活,与通航矛盾小 3. 受河道淤泥成分的影响较小	1. 挖运卸设备间相互影响大 2. 施工质量控制较差 3. 生产效率较低
链斗式挖泥	1. 受运距影响较小	1. 挖运卸设备间相互影响大 2. 施工质量控制较差 3. 生产效率较低 4. 侧锚缆影响通航

广州市河道淤泥疏浚的工程实践表明,因广州市大部分河道的淤泥成分复杂,生活垃圾、建筑垃圾掺混多,各条河道淤泥中的含沙量参差不齐,使用抓斗疏浚较为适宜。

为了保证淤泥固化处理效果,对淤泥进行有效的预处理十分必要。淤泥预处理的三项核心内容为:

a. 淤泥泵送。将挖机疏浚的原生淤泥从运输船上泵送至淤泥处置工场,机械化程度高,可实现连续作业。

b. 生活垃圾、建筑垃圾的剔除。使用多级格栅滤除工艺除去河道淤泥中的生活垃圾和建筑垃圾,垃圾剔除工艺同时可实现淤泥自身的均混,使淤泥中的各组分分配更为均匀,利于后续的脱水与固化处置。

c. 多级淤泥沉淀池。使用多级淤泥沉淀池对淤泥进行预处理。具体做法是使用第一级沉淀池将采用泵送工艺的泵送泥水比例为 1:6 的淤泥泥浆进行沉淀处理,将泥浆中 80% ~ 90% 的泥砂沉淀第一级沉淀池,并在这一级沉淀池上加设格栅装置,对泥浆中大于 30mm 的垃圾进行剔除处置。然后将淤泥泥浆尾水从第一级沉淀池引入第二级沉淀池,并依次引入第三级沉淀池。以此将淤泥尾水的含泥量逐次降低,达到排放标准。显然,多级沉淀池预处理淤泥泥浆时除了降低泥浆的含泥量外,还使沉淀池的淤泥更加均化,达到使用固化设备对其固化时的颗粒级配要求。

#### 4 两种淤泥脱水与固化工艺流程

结合广州市河道淤泥的客观条件,为广州市河道淤泥固化处理推荐的基本工艺技术路线:疏浚→船运→泵送上岸→贮泥池预处理→沉淀→混凝土泵→搅拌→堆放→资源利用。对不同状况下的淤泥采取两种有针对性的处理工艺。

当疏浚淤泥生活垃圾、建筑垃圾含量及含砂率较低,可采取以下淤泥管道搅拌固化技术工艺流程来对淤泥进行处理(见图 1)。

当淤泥中生活垃圾、建筑垃圾含量比较大且含砂率较高时,可采取带格栅杂物预处理功能的淤泥管道

搅拌固化技术工艺流程(见图 2)。

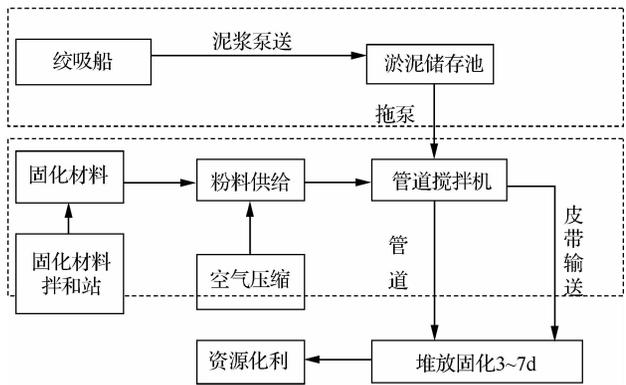


图 1 淤泥管道搅拌固化技术的工艺流程

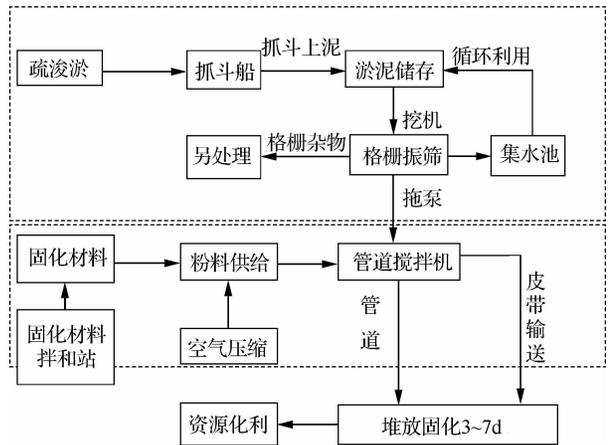


图 2 带格栅杂物处理功能的淤泥管道搅拌固化技术的工艺流程

上述两种淤泥脱水与固化工艺流程具有以下突出特点,并在实际工程应用中取得良好效果。

a. 将均化可流动的淤泥通过管道搅拌机的搅拌使之与固化剂充分拌和,让固化剂能够发挥高效作用而达到固化淤泥的目的。

b. 能连续作业,自动化程度比较高,主体设备之间的连接是管道连接,容易实现半自动化施工。

c. 管道搅拌机采用单轴螺旋,设备的前部分为螺旋推进,后部分为搅拌,有机地将推进和搅拌功能组合在一起,减少了占地面积,提高功效。

d. 与管道搅拌机配套的主要设备粉料供应机的供料系统是连续计量供料的。保证了整个设备系统可连续作业的要求。

(下转第 15 页)

## 5.5 腰梁施工

腰梁采用 $2 \times 32a$ 工字钢腰梁,钢梁位置管桩设置高度为500mm套箍,钢梁与套箍采用焊接连接,套箍采用DN800mm无缝钢管加工而成采用螺栓与管桩连接,见图4。

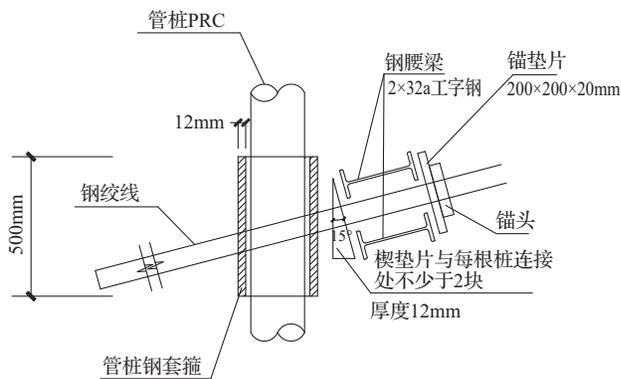


图4 支护桩马锚索及腰梁连接

## 6 基坑观测

为了保证周边道路、相邻建筑物及支护结构自身的稳定安全,在基坑开挖及支护期间设置位移监测点8个、基坑边地面沉降点6个,对周边25m范围内建筑物进行沉降和水平位移监测。基坑边坡土体顶部水平

(上接第43页)

## 5 结论

广州市河道沉积物主要来源于地表径流带入,工业废水和生活污水排放带入以及大气沉降带入,部分河道建筑垃圾和生活垃圾沉积严重;河道淤泥质地变化大,总体偏砂,广州市河道淤泥的固化工艺宜采用带格栅或不带格栅的淤泥管道搅拌固化工艺技术。该技术的推广应用能有效解决河道、湖泊淤泥的污染,改善水质,改善生态环境;减少疏浚淤泥的堆放占地和污染物的二次生成和二次转移;将疏浚淤泥处理成能够满足工程要求、性质良好的土工材料,用作河道堤防加固、公路路基回填等建筑材料,达到变害为利、废弃资源再生利用的目的;提供良好的水环境空间,改善城市人居环境,提高城市的竞争能力。◆

位移和支护结构侧移须每日观测。如基坑开挖深度逐渐挖深或发现坑壁土体变形发展较大时,需采取有效措施,避免基坑支护失事。

## 7 结语

大浪淀枢纽泵站基坑支护采用PHC预应力管桩锚索支护与水泥土搅拌桩止水帷幕相结合的施工技术,基坑支护可靠,在保证施工安全的同时,极大提高了工程进度。施工过程实时对基坑周边土体沉降及位移进行监测,监测结果表明基坑变形量在规定范围内,周围水库围堤、道路及地面未出现沉降现象,支护效果理想。混合配筋预应力管桩的使用,可逐步在该地区其他水工建筑物深基坑支护中应用推广。◆

## 参考文献

- [1] 聂庆科,梁金国.深基坑双排桩支护结构设计理论与应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [2] 郭杨,杨成斌.预应力混凝土管桩应用新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [3] 李娟,吴书义,刘玉利.旋喷桩止水帷幕与桩锚联合支护在深基施工中的应用[J].建筑施工,2009,31(4):258-260.

## 参考文献

- [1] 卢少勇,金相灿,张焯,等.滇池内湖滨带底泥的有机质分布规律[J].湿地科学,2009,7(2):135-141.
- [2] 滑丽萍,华璐,高娟,等.中国湖泊底泥的重金属污染评价研究[J].土壤,2006,38(4):366-373.
- [3] 薛世浩,汪竹茂.利用淤泥制砖的半工业性试验[J].砖瓦,1999(3):26.
- [4] 童丽萍,吴本英.黄河淤泥承重烧结多孔砖的试验研究[J].郑州大学学报(理学版),2004,36(3):87-90,94.
- [5] 彭涛,葛少亭,武威,等.吹填淤泥填海造陆技术在深圳地区的应用[J].水文地质工程地质,2001,28(1):68-70,72.
- [6] 朱本岳,朱荫涓.西湖底泥加工复混肥的研究[J].农业环境保护,2001,20(3):175-176.
- [7] 宋海云,王凯.河道疏浚淤泥用于公路路基填料的技术研究[J].城市道桥与防洪,2011(7):259-261.