

· 疏浚技术 ·



## 大浦口码头清淤试验研究

江 帅<sup>1,2</sup>, 蒋基安<sup>1,2</sup>, 林 风<sup>1,2</sup>, 周 海<sup>1,2</sup>

(1. 中交上海航道勘察设计院有限公司, 上海 200120;

2. 航道疏浚技术交通行业重点实验室, 上海 200120)

**摘要:** 码头清淤尤其是高桩码头平台下桩群间清淤是一个非常特殊的疏浚工程。金塘大浦口集装箱码头从开建至今, 码头底下与码头前沿水深可差10 m以上。通过测量可知, 码头底下淤厚度达10 m以上, 严重影响着桩群的安全, 因此, 急需寻找一合适有效的设备进行码头底下清淤。针对这种清淤设备国内缺稀、国外昂贵的情况, 实验室利用自行研制的清淤设备深吸I型取砂装置在大浦口集装箱码头前沿进行清淤试验, 为下一阶段码头底下清淤工程提供技术支持。

**关键词:** 清淤; 高桩码头; 桩群; 取砂装置

中图分类号: U 616.†1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)12-0101-06

### Experimental study of dredging in Dapukou container dock

JIANG Shuai<sup>1,2</sup>, JIANG Ji-an<sup>1,2</sup>, LIN Feng<sup>1,2</sup>, ZHOU Hai<sup>1,2</sup>

(1. Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China;

2. Key Laboratory of Waterway Dredging Technology, Ministry of Transport, PRC, Shanghai 200120, China)

**Abstract:** The wharf dredging is a very special kind of dredging project, especially under the high-piled wharf. The difference of water depth under the wharf and at wharf apron of Jintang Dapukou container dock is now above 10 m. It is known through measurement that the siltation under the pier is over 10 m, which seriously affects the safety of the pile group. Therefore it is urgent to find a kind of device to clear away the silt under the pier. In view of the situation that this device is uncommon in China at present and expensive to import from abroad, the lab carries out an experiment at the wharf apron with the self-developed device deep-suction I to provide technical support for the dredging engineering under the pier.

**Key words:** dredging; high-piled wharf; pile group; sand suction device

码头清淤尤其是高桩码头平台下桩群间清淤是一个非常特殊的疏浚工程, 国内外都有码头下的清淤设备。国外的设备非常先进和专业, 价格昂贵, 从国外引进的清淤疏浚设备投资回报率低, 其综合性能对我国不同地区的土质构造表现出明显的不适应性。目前国产现役清淤疏浚设备普遍存在技术落后、能耗高、工效低、泥浆浓度低、功能单一, 水深适应性差, 对土质的适应性较差等缺陷。我国目前正在使用的码头清淤设备按结构主要可分为以下几种: 常规绞吸船和泥浆

泵清淤船<sup>[1-3]</sup>、微型绞刀头清淤船<sup>[4]</sup>等。

比较潜水泥泵的方式而言, 另两种设备普遍存在着单台设备投资相对较大, 适应性差, 输泥过程中的泥浆浓度相对较低(10%~15%左右), 清淤成本高(市场价70~160元/m<sup>3</sup>), 适应水深浅的情况。改进潜水泥泵的破土能力, 将具有极大的市场潜力。

金塘大浦口集装箱码头是宁波港务集团最近要开港的一个集装箱码头, 码头前沿设计理论高程为-18 m, 现通过几次疏浚已达到-15 m左右。

收稿日期: 2012-10-10

作者简介: 江帅(1980—), 男, 硕士, 工程师, 从事疏浚技术和设备研究。

在中交上海航道勘察设计研究院有限公司对其码头下水深进行的测量中发现,其部分区域淤积严重,最高已达-5.7 m(淤厚达到10 m),考虑到疏浚后码头内外泥面高差很大,所带来土体对码头桩的压力影响到码头的结构安全,因此急需清除码头底下淤积的土体。在技术协调会上施工单位反映水深太深,没有合适的设备,码头下淤积无法清除。在此情况下,利用航道疏浚技术交通行业重点实验室潜水泥泵改型研究的新成果,进行深水清淤的现场实验,检验新设备的可行性、可靠性及效率,以及施工产能和结果检测校验。



图1 新型取砂清淤装置

## 1 试验情况

### 1.1 试验设备

本套装置如图1所示,吸砂头为长直圆柱形,在中间布置有8个水平高压冲水喷嘴,进行边坡破土扩坑,在底部四周布置有8个垂直高压冲水喷嘴,进行底部破土挖坑,每个喷嘴大小均可调。在靠近底部周围有8个可开启的小窗,方便调整吸口的大小,从而调整泥泵水下真空度,提高吸砂浓度。装置整体高度为3.2 m,最大直径处为0.8 m。

其工作机理为:当装置于泥沙表面上,通过底部8个垂直高压冲水喷嘴破土,使装置迅速钻到

土层内,再由8个水平高压冲水喷嘴将四周的土层破碎,使边坡坍塌,用潜水泥泵抽吸泥沙至水面以上。这一工作方式改变了常规在表层取砂的工艺,可减少水流风浪对吸砂的不利影响,使单点产量达到较高水平,并避免施工期频繁移点带来的工效低、劳动强度高的问题。

根据本次试验的情况和要求,各部件的参数配置如表1所示。长直圆柱形吸砂头参数为:最大直径0.4 m,垂直喷嘴和水平喷嘴各8个,质量250 kg,高度1.75 m。

表1 装置参数

泥泵	功率/kW	扬程/m	额定流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	转速/(r/min)	高度/m	质量/kg
潜水泥泵QW200-250-35	45	35	250	1 450	1.45	950
高压冲水泵QW100-50-50	15	50	50	1 450		

高压冲水泵可根据不同土质情况进行配制,吸砂头上使用8个垂直高压冲水喷嘴和4个水平高压冲水喷嘴,共12个,直径都为16 mm,另外4个水平高压冲水喷嘴关闭。

### 1.2 试验过程

#### 1.2.1 1#点试验情况

本装置安装在一艘锚艇上,到达试验点后,靠泊系桩,测量水深,下放装置,按顺序依次开启装置各个仪器,并调整好泥泵与水泵的转速和流量,在试验的同时调遣一艘泥驳进行装舱测试,试验装舱情况见图2~4,所采集数据见图5。

试验中本装置在连续工作了大约1 h后,观察到出口泥浆颜色变浅(取样浓度实测值也降低



图2 装舱开始时的情况

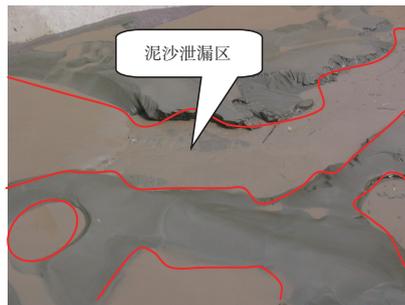


图3 装舱1.5 h的情况



图4 装舱2.5 h的情况

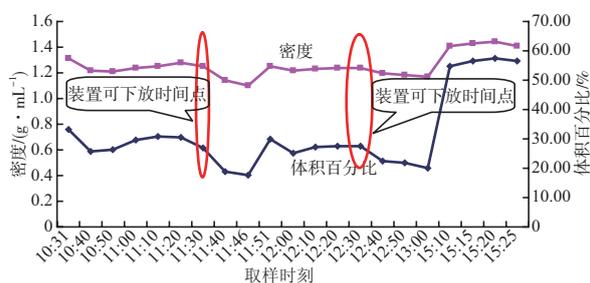


图5 1#点样品密度与体积百分比的关系

了), 于是将装置下放1 m左右, 至新泥面, 继续工作, 此时浓度又上升; 随后过了2 h左右再次将装置下放至新泥面, 开泵工作, 此时浓度较高。

从图5可以看出, 11:40和12:40左右浓度已呈下降趋势, 装置重新下放至新泥层时, 浓度又开始上升, 在1#试验点可以得出本套装置在定点后基本能以30%的平均浓度稳定抽吸1 h左右, 为了使该装置尽可能在高浓度区工作, 可在工作50 min后将装置重新下放。

从图5可见, 正常工作时, 本装置吸砂浓度能维持在1.2 g/mL以上, 体积百分比在25%~35%。在15:00点以后再次工作时出现浓度较高(密度可达1.4 g/mL以上, 体积百分比在50%以上)的情况, 初步分析可能是在停泵2 h后, 此处被高压冲水冲刷扬起的泥砂再次落淤以及四周边坡在水平高压冲水的冲刷下连续坍塌的结果(泥泵埋置较深), 此时再开泵泥砂就较容易被吸起, 这从侧面反映了泥泵入土深度对吸砂的效率有重大影响。

本次试验采用变速调节来改变泥泵的流量, 同一台泵又符合比例定律, 因此可知泥泵工作转速800 r/min, 对应的流量大约为140 m<sup>3</sup>左右, 泥浆浓度平均在32%左右, 因此产量大致在44.5 m<sup>3</sup>/h, 按此计算, 1#试验点的疏浚总量约为111.25 m<sup>3</sup>。

### 1.2.2 2#点试验情况

2#点试验准备情况与1#点一样, 试验情况见图6, 试验采集的相关数据见图7。



图6 2#试验点试验过程与取样情况

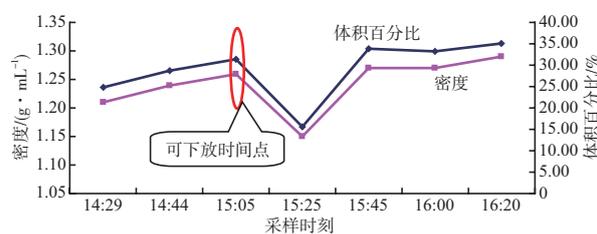


图7 2#试验点样品密度与体积百分比的关系

试验总共进行了约1.5 h。从图7中可见, 浓度在40 min内保持基本稳定, 随后浓度呈现下降趋势。工作1 h左右, 取样浓度降低, 于是将装置下放至新泥面, 浓度又开始上升。

此次泥泵转速调至1 000 r/min, 可知泥泵流量大约为170 m<sup>3</sup>, 2#试验点的平均浓度为29%, 以此计算所得产量在49.3 m<sup>3</sup>/h左右。估算所得2#试验点疏浚总量为74 m<sup>3</sup>左右。

### 1.2.3 3#点试验情况

3#点试验准备情况与1#、2#点一样, 试验情况见图8, 试验采集的相关数据见图9。



图8 3#试验点试验过程与取样情况

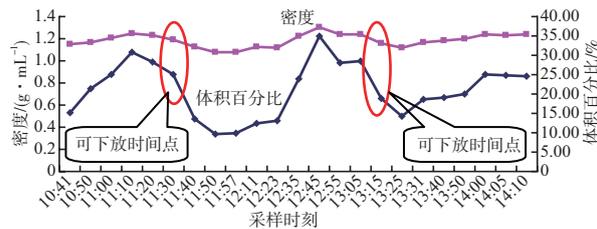


图9 3#试验点样品密度与体积百分比的关系

试验表明，取砂含沙量和泥泵流量也有明显的关系。从图9中可以看出，在同样的高压冲水流量情况下，泥泵转速调至1 200 r/mim，泥泵流量变大，泥浆平均浓度同时下降，可连续稳定抽吸40~50 min（维持在较高浓度>20%），其维持在较高浓度抽吸的时间缩短，体积浓度平均在21%左右，泥泵转速为1 200 r/mim时的流量大约为200 m<sup>3</sup>/h，因此产量为42 m<sup>3</sup>/h左右，按此计算，3<sup>#</sup>试验点的疏浚总量为147 m<sup>3</sup>。

本次试验连续稳定工作了3.5 h，中心位置挖深达到3 m左右（以试验前泥面为基准），基本达到本次试验的要求。

### 1.2.4 试验前后地形测量

本次试验前后都有专人进行地形测量，过程中安排专人负责观测潮位变化，获得了试验前后试验点的地形图，以此为标准，可进行试验效果的分析。

## 2 试验结果分析

### 2.1 试验前后地形测量数据分析

测量的断面布置如图10所示，试验点E1+0表示东西向中心断面，E1+3和E1-3分别表示东西向

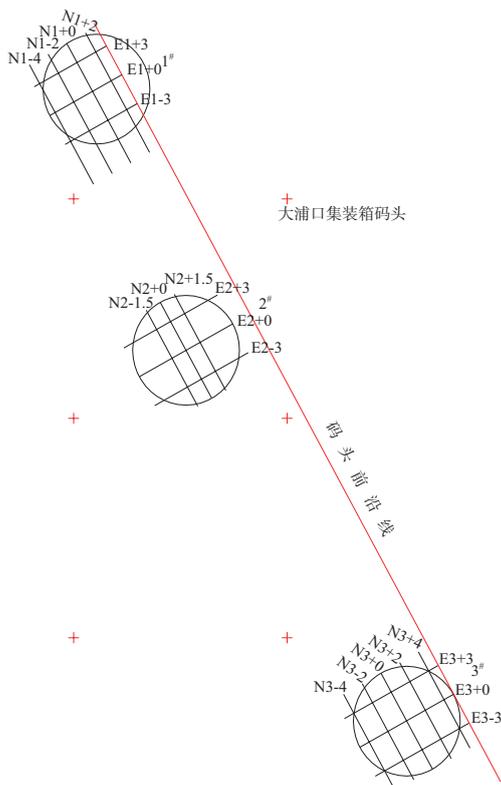


图10 试验点部分地形断面布置

偏离中心线左右各3 m的断面，N1+0表示南北向中心断面，N1+2、N1-2和N1-4分别表示南北向偏离中心线左右各2 m和4 m时的断面，2<sup>#</sup>试验点及3<sup>#</sup>试验点依此类推。测量断面如图11~13所示。

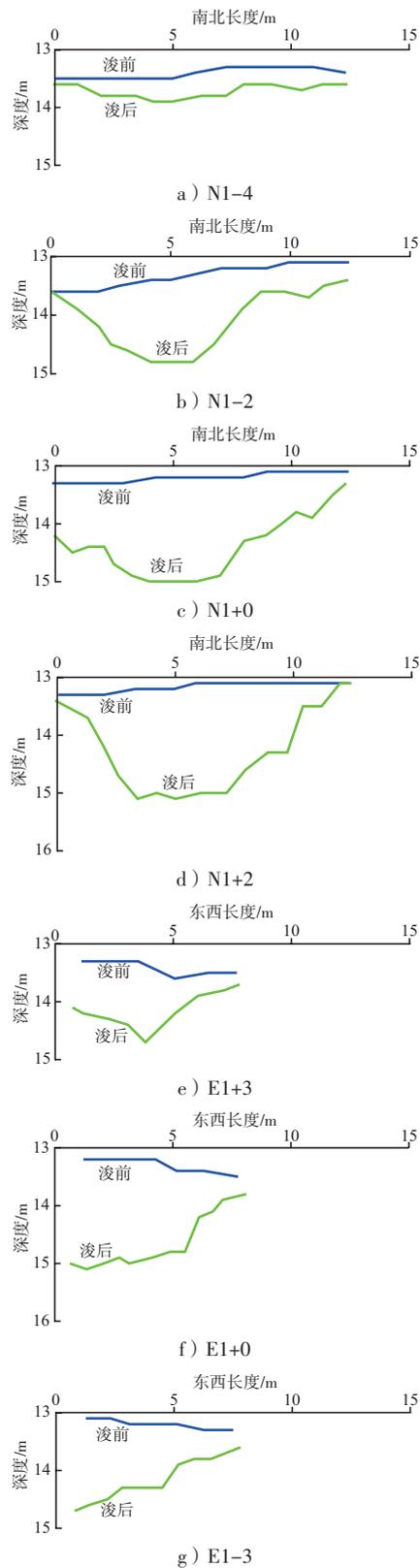


图11 1<sup>#</sup>试验点试验前后部分地形断面

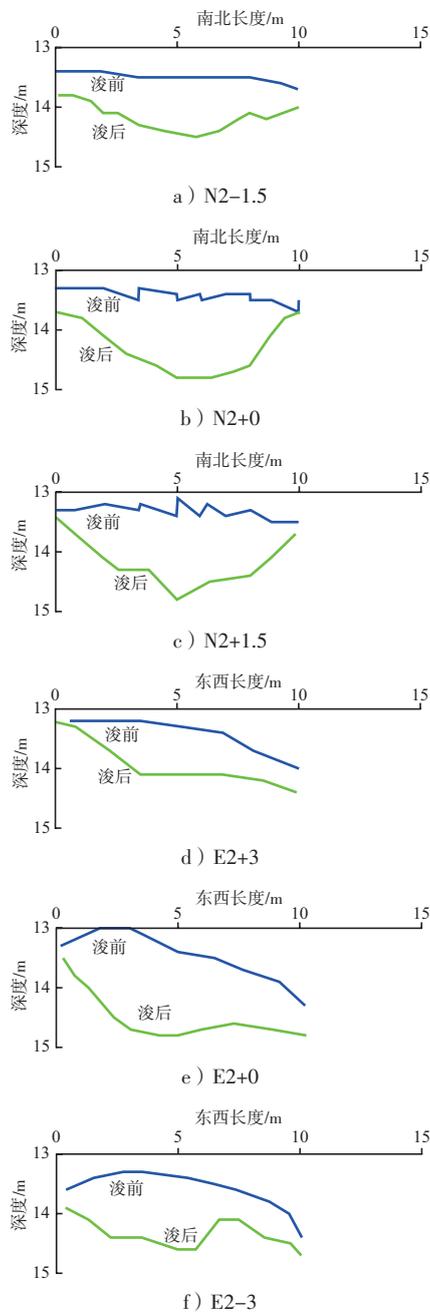


图12 2#试验点试验前后部分地形断面

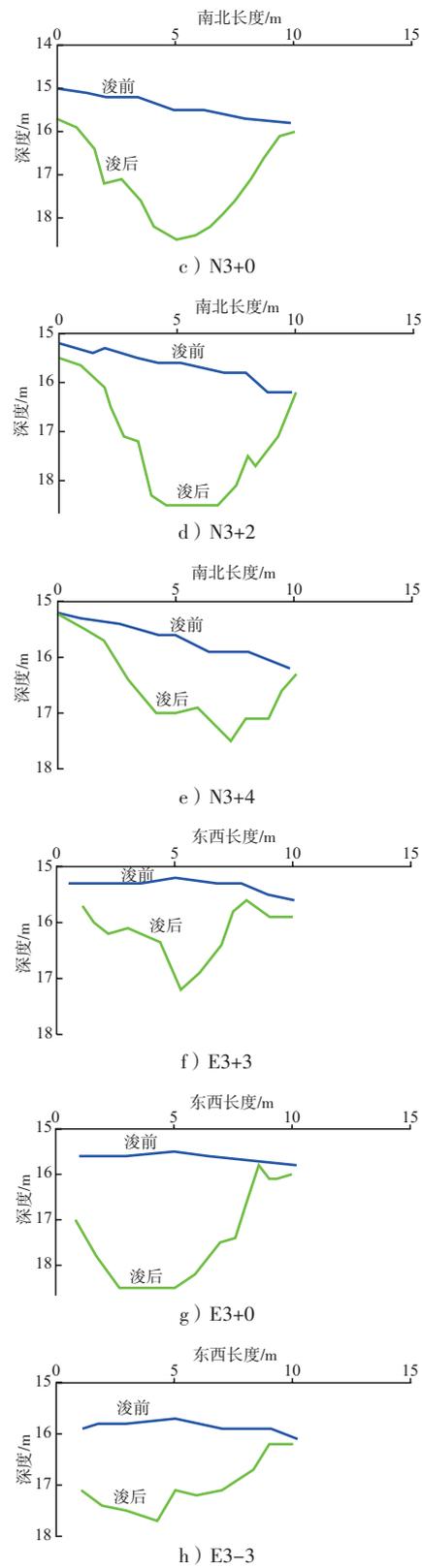
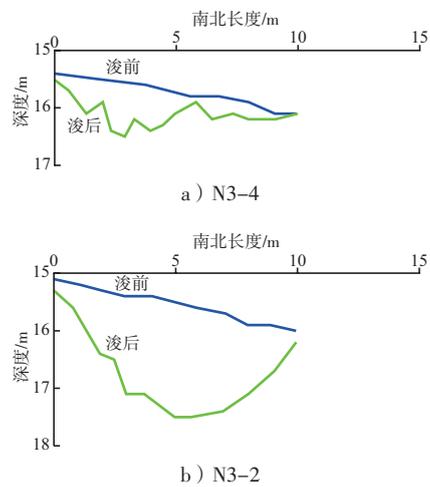


图13 3#试验点试验前后部分地形断面

根据3个试验点的多个断面测量图来看, 试验前后地形基本是有规律的, 大致呈漏斗型, 影响范围的直径约为10 m, 中心位置挖深最大, 往四周逐渐减小。施工时间越长, 可下挖的深度越

大, 边坡的角度越大, 只要泵吸的中心点位置不发生改变, 单点所能影响的范围基本就保持不变, 因为高压冲水在一定的喷距过后, 其喷射能量就变得很小, 扩坑的最大直径基本就不变了。

## 2.2 通过取样测量的效率估算

通过在排泥口定时取样, 用取样测得的浓度对效率进行估算。采用编好号码的水瓶进行取样, 取样时瓶口靠近排泥口下边沿。通过3次试验所得的数据与时间关系, 估算的平均效率为45 m<sup>3</sup>/h左右, 平均浓度为27.3%, 泥泵平均流量为170 m<sup>3</sup>/h。

## 2.3 通过水深测量的效率估算

试验前后都进行了水深地形的测量, 通过对3个试验点疏浚区域进行三角形内插法进行水

深的估算, 其估算结果为: 1<sup>#</sup>试验点疏浚面积为169 m<sup>2</sup>, 总疏浚量为86.1 m<sup>3</sup>; 2<sup>#</sup>试验点疏浚面积为180 m<sup>2</sup>, 总疏浚量为82.9 m<sup>3</sup>; 3<sup>#</sup>试验点疏浚面积为248 m<sup>2</sup>, 总疏浚量为118.4 m<sup>3</sup>。1<sup>#</sup>试验点疏浚面积测量值比实际值偏小, 因为码头底下的面积无法测量, 根据测得的地形图估算未测面积大致为测量面积的1/5, 因此, 1<sup>#</sup>试验点的实际疏浚面积估计为202.8 m<sup>2</sup>, 实际疏浚土量估计为103.32 m<sup>3</sup>。根据3个点的疏浚时间, 估算得到平均效率为43.5 m<sup>3</sup>/h。

## 2.4 估算结果对比

从以上2次估算可以看出, 其平均效率相差1.5 m<sup>3</sup>/h, 除3<sup>#</sup>试验点的总方量估算相差较大外, 另2个点的方量估算结果相差不大。

表2 2次估算结果对比

估算方法	1 <sup>#</sup> 总方量/ m <sup>3</sup>	1 <sup>#</sup> 平均效率/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	2 <sup>#</sup> 总方量/ m <sup>3</sup>	2 <sup>#</sup> 平均效率/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	3 <sup>#</sup> 总方量/ m <sup>3</sup>	3 <sup>#</sup> 平均效率/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	平均效率/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )
取样测算	111.25	44.5	74.0	49.3	147	42.0	45.0
水深估算疏浚方量	103.32	41.32	82.9	55.3	118.4	33.8	43.5

## 3 结语

1) 可行性与适应性: 本套装置在大浦口集装箱码头3个点位进行抽砂试验, 装置总体工作情况良好, 状态基本稳定, 体积浓度基本控制在20%~30%, 产量在40~50 m<sup>3</sup>/h。此次试验表明, 本套装置针对大浦口集装箱码头前沿的土质, 以及在16~22 m水深的条件下进行取砂或清淤是可行的, 且适应性较好。

2) 可靠性与稳定性: 本次试验在码头前沿开敞水域内进行, 有涨落潮带来的水流影响, 以及风浪的影响, 且水深基本在16~22 m, 经过3个点长时间的试验, 单点最长试验时间为3.5 h, 装置取砂状态较稳定, 规律性较好, 能基本看出其工作效率较好的时间段。因此, 可以得出本套装置针对大浦口集装箱码头土质施工时是可靠的, 且较稳定。

3) 工作效率: 每小时产量稳定在42~50 m<sup>3</sup>, 最高效率出现在高压水泵流量50 m<sup>3</sup>/h, 泥泵流量170 m<sup>3</sup>/h的时候。通过水深测量估算的效率与取样计算的结果相差1.5 m<sup>3</sup>/h, 差距较小。

4) 施工工艺: 根据3个点试验情况来看, 基本建议每0.5 h左右调整一次泥泵的高度, 吊泵可

以见机而行, 若流量开始变小, 则通常需要将泵提起一点再下放。

5) 施工风险: 本套装置有水平高压冲水的辅助, 从目前试验的结果来看, 在钻到泥面以下3 m左右, 装置不会被坍塌的泥砂淹埋, 因为经过一段时间的抽吸, 坍塌下来的泥砂基本会被吸走。但建议可将吸砂头水平高压冲水喷嘴改成4个水平4个倾斜, 这样更有利于底面的平整。

6) 试验前后地形: 从3个试验点的浚前和浚后地形图可以看出, 其基本成漏斗形的, 从上边缘算起, 直径可达8~10 m。

## 参考文献:

- [1] 顾圣平. 水库清淤技术—吸头清淤装置系统的研究[J]. 水利水电技术, 1994(8):57-61.
- [2] 向文英. 浅谈河道与水库清淤的新工艺[J]. 环境工程, 2005(2):77-79.
- [3] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京: 宇航出版社, 1995: 415-415.
- [4] 徐金祥, 吴晓蓉. 小型水下清淤机船的设计及应用[J]. 排灌机械, 2003(3):29-30.

(本文编辑 武亚庆)