

瓦埠湖航道环保疏浚及疏浚土资源化处理技术

罗志强¹, 王德咏^{2,3}

(1. 中交四航局第五工程有限公司, 福建 福州 350000; 2. 中交四航工程研究院有限公司, 广东 广州 510230;
3. 中交交通基础工程环保与安全重点实验室, 广东 广州 510230)

摘要: 为解决引江济淮航道疏浚及疏浚土的处置难题, 以瓦埠湖航道疏浚工程为依托, 开展了疏浚挖泥设备优选工作, 研发了一套利用秸秆吸附流泥而快速净化排放尾水的装置, 提出了一种基于植物加固疏浚土的生态固化技术, 并开展了现场试验研究。研究表明: 检测发现经过尾水净化装置后的排放尾水可满足环保和设计要求, 先锋植物能有效地降低疏浚土中的重金属含量, 提高排泥场地的地基承载力, 满足设计要求, 处理后的场地满足复垦需要。该技术经济、环保, 可达到疏浚土资源化利用的目的。

关键词: 疏浚吹填; 环保疏浚; 资源化; 生态固化

中图分类号: U656.1+39

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 01—0124—03

引江济淮工程由长江下游上段引水, 向淮河中游地区补水, 是一项以城乡供水和发展江淮航运为主, 结合灌溉补水和改善巢湖及淮河水生态环境等综合利用的大型跨流域调水工程, 是集供水、航运、生态等效益的一项水资源综合利用工程。其自南向北分为引江济巢、江淮沟通、江水北送三段, 疏浚扩挖约 215.6 公里。航道疏浚方式、疏浚土的处置对该工程环境影响极为关键。

目前疏浚工程多采用绞吸式^[1]挖泥船开挖疏浚河道, 对应的排泥区疏浚土固结和泥水分离主要采用排水固结法: 如砂井、排水板、砂垫层等排水体, 堆载、真空^[2]、降水预压, 联合加压^[3], 电渗排水等, 这些工程措施均能改善疏浚排泥区的承载能力, 但是对于大面积复垦的排泥区地处理而言, 费用较高; 且河道疏浚土往往携带污染物^[4], 对农作物及人体有害, 常规的排水固结措施难以对土体进行改良, 不利于土地农用资源化。如何高效、环保处理疏浚土, 成为实现资源再利用的关键。面对国家生态文明建设, 环保疏浚将成为未来可持续发展的方向。为此, 本文以引江济淮工程江淮沟通段瓦埠湖湖区航道疏浚工程为依托, 开展环保疏浚及疏浚土的快速农用资源化利用研究。

1 工程介绍

瓦埠湖湖区航道疏浚沿线长度达 41km, 设有 14 个抛泥区。根据勘察结果, 该航道勘察深度范围内揭露上覆地层主要为全新统淤泥、粉质壤土、淤泥质粉质壤土、上更新统粉质壤土、粉质粘土; 下伏基岩为白垩系粉砂岩, 淤泥含水率范围为 40%~120%。为了满足疏浚过程

中的环水保要求, 工程加强了对疏浚吹填施工过程中环保措施的控制; 为了合理地处置该工程的疏浚弃土并进行有效利用, 对该航道疏浚土进行了植物生态固化试验, 以满足承载力要求而达到快速农用资源化的目的。



图 1 疏浚范围及位置图

2 环保疏浚施工及控制措施

2.1 疏浚设备选择

考虑到瓦埠湖湖区沿线均分布有城市取水口和渔业资源, 施工期内对取水口水质产生一定影响, 施工需采取环保疏浚工程施工。

结合太湖^[5]、巢湖、洱海等地疏浚工程的实践经验, 绞吸式挖泥船和抓斗船是本工程较为适宜的疏浚船型。由于受浅水湖区施工条件的限制, 疏浚对水体的扰动较大, 挖泥机具上应安装环保绞刀头, 配备高精度定位装置的绞吸式挖泥船进行施工, 并且一次上岸, 疏浚施工应控制悬浮泥沙的影响, 以减少施工二次污染。

2.2 疏浚工艺及控制措施

由于瓦埠湖是淮南市重要的饮用水水源地, 湖区疏浚余水最终会流回湖中, 因此疏浚余水排放务必要加强控制, 为了降低排泥场管口出泥浓度, 设计了一套利用

秸秆吸附疏浚流泥、快速净化尾水的装置，如图2所示。

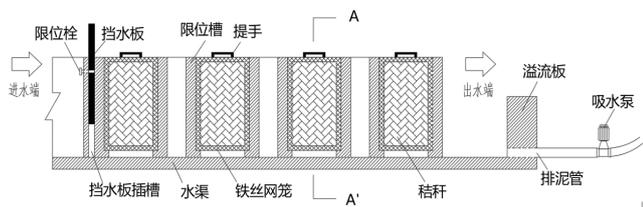


图2 抛泥区退排水过滤装置

经过滤后，施工期间分阶段定期在泄水口取样，检测分析并计算各阶段泄水含泥浓度及土方流失量。现场监测表明，过滤后余水中的含泥量能够满足环保和设计要求。考虑到环水保要求，现场还采取下列措施：①排泥区底部为透水层时在底部采取铺设防渗膜等措施；②排泥区四周各打设水质监控井一口，并定期测定水质，发现异常应及时采取处理措施；③制定排泥区余水排放标准以及检测方式和要求；④根据排泥区及疏浚土的具体情况制定加速泥浆固结措施。此外，开展典型施工，对疏浚区域水质及抛泥区退排水进行监测，总结典型施工经验，优化施工组织。

3 排泥区快速生态固化技术

3.1 生态固化方法及原理

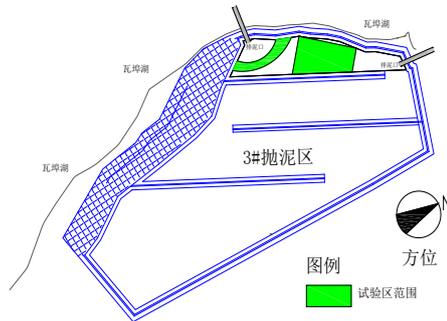
引江济淮疏浚排泥场面积积极大，采用传统的泥水快速分离或者真空预压技术存在技术复杂、流程冗长、成本高等问题。农用承载力要求相对较低（大于 $4t/m^2$ 即可），为此提出一种利用植物生长生态固化疏浚场地的方法。其原理体现于：①植物的蒸腾作用加速疏浚土中水分的蒸发；②通过固结在土壤中先锋植物根系的“加筋”作用；③天然植物生长过程中可消耗掉疏浚土中过量的营养盐并固化一部分重金属；④先锋植物枯萎后，可增强土壤肥料，利于复垦农用。先锋植物固土并进行土地复垦在理论上是可行的。

通过已有研究基础及室内试验结果，选取皇竹草及高丹草作为生态固化疏浚土的先锋植物，二者根系发达，生长快，蒸腾作用强，且为一年生植物，不会造成外来物种“入侵”的问题。皇竹草虽耗水性好，但没有种子，需管节繁殖；而高丹草有种子，适合于大面积撒播或无人机播种。

3.2 现场试验研究

为了检验先锋植物生态固化疏浚土的可行性，并探索其影响因素，在依托工程3#排泥区开展了现场试验，

试验区范围如图3(a)所示，疏浚土的构成以淤泥、粉质壤土、粉质粘土为主，含水量达90%，承载力几乎为0，如图3(b)所示。



(a)



(b)

图3 试验区位置及疏浚土情况

如图4，根据疏浚土的水力分选特点，设置试验区1（E区，黏土团较多，面积 $1200m^2$ ）和试验区2（粉细颗粒多，面积 $3000m^2$ ），其中试验区2分为4个区：A（皇竹草扦插，间距 $0.5m$ ）、B（皇竹草扦插，间距 $1.0m$ ）、C（皇竹草抛种）、D（高丹草撒播），另设一个空白对照区（O区）。各区间均分块并设置有排水沟（宽 $1m$ *深 $1m$ ）。

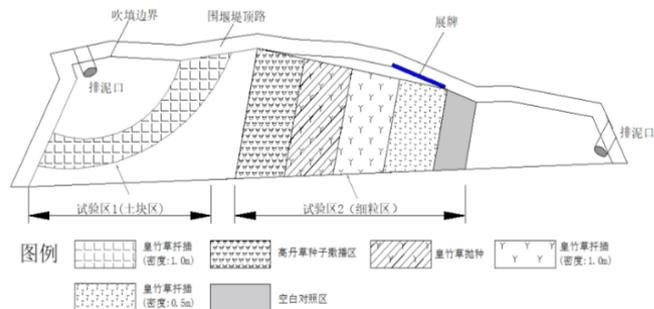


图4 植物固化疏浚土试验设计

3.3 试验结果分析

试验场地植物生长效果如图5所示。为了满足基本的人机作业需要，设计文件要求固化达到 $4T/m^2$ （ $40kPa$ ）荷载，利用静力触探对试验区的典型位置进行检测，换算后地基承载力随深度的变化如图6所示。从图6可以看出，浅层（ $0\sim 0.6m$ ）植物的生长可以提高土体的承载力。



图5 疏浚土生态固化现场试验图(种植3月后航拍图)

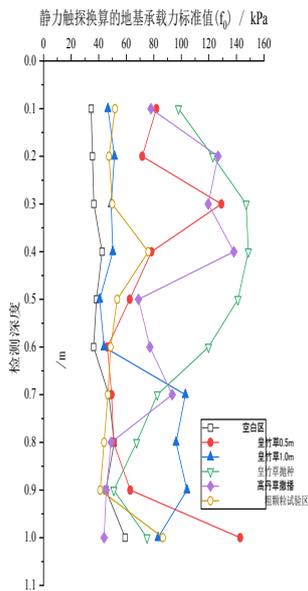


图6 基于静力触探检测的试验区地基承载力

不同处理对疏浚土重金属含量的影响如表1所示。种植后土壤中的重金属均低于种植前,说明先锋植物对重金属有吸收固化作用,能减少土壤中的重金属污染,改善土壤的化学性质。根据《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4284-2018),重金属等有毒有害物质含量能满足农用要求,且湖泊疏浚土有机质、氮、磷等养分含量丰富,故处理后的场地可以直接用于农业复垦。

表1 不同处理对土壤重金属含量的影响

处理	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)
种植前	23.82±0.77b	61.79±1.43b	19.04±0.48a	0.26±0.01a	30.84±2.34a
高丹草撒播	23.2±0.75ab	58.68±1.48b	14.08±2.86a	0.11±0.00a	29±0.33a
皇竹草 1*1	22.56±0.88ab	57.37±1.28ab	18.08±1.18a	0.02±0.00a	28.50±0.61a
皇竹草 0.5*0.5	23.71±0.07b	57.37±2.7ab	17.44±0.61a	0.07±0.01a	27.72±0.27a

先锋植物加固疏浚土技术与真空预压排水固结法相比,二者处理需要的时间相当,约6-9个月;本法处理后的地基承载力略低于真空预压,不过能达到40kPa,满足农用资源化需要;从成本上来说,本法约4-7元/m²,远低于预压法(50-60元/m²)。

4 结论

以瓦埠湖航道疏浚工程为依托,针对疏浚的环境影响及排泥场地的承载力问题,开展了环保疏浚施工及控制措施分析,提出了高含水率条件下一种基于先锋植物的疏浚土生态加固技术,通过现场试验分析了该技术的效果,得出的主要结论如下:

(1) 基于秸秆研制的疏浚水体净化装置能有效地降低尾水中的泥土含量,满足环保和设计要求;

(2) 瓦埠湖疏浚土现场试验表明,利用先锋植物生长能有效地提高排泥场地的浅层地基承载力的要求,同时在一定程度上能降低土体中的重金属含量,处理后的场地满足规范要求,可用于农用复垦。需要说明的,在此技术的应用过程中,常规的排水沟、排水管等辅助措施仍是必须的。

(3) 创新性研发一种基于先锋植物的纳泥区快速复垦技术,综合生态固化河道疏浚土,达到复垦农用标准,该技术经济、环保,避免二次污染的可能。

参考文献:

- [1] 周少仙. 绞吸式挖泥船在航道疏浚施工中的应用及优化研究 [J]. 中国水运, 2017, 561(10): 47-48.
- [2] 杨茯苓, 谢荣星, 鲍树峰, 等. 新近吹填淤泥新型真空预压排水系统的研发 [J]. 水运工程, 2018, 548(11): 188-195.
- [3] 董志良, 胡利文, 张功新. 真空及真空联合堆载预压法加固软基的机理与理论研究 [J]. 水运工程, 2009, 423(1): 30-38.
- [4] 唐彤芝, 吴月龙, 丛建等. 河湖清淤吹填土固结硬化及生态处治效果 [J]. 水利水电工程学报, 2017, (2): 1-9
- [5] 陈荷生. 太湖底泥的生态疏浚工程 [J]. 水利水电科技进展, 1998, (6): 34-37.