

施工与监理

水库环保疏浚一体化施工技术

陈 洁, 陈 林

(中交广州航道局有限公司, 广东 广州 510220)

摘 要: 针对水库环保疏浚工程环保要求高、施工精度要求高、施工水位变化范围大等特点, 提出水库环保疏浚设备的选型原则, 并对水库环保疏浚施工技术进行深入研究, 制订出一套水库环保疏浚一体化施工技术体系, 以达到清除水库内源污染和改善水库生态环境的双重目标, 实现污染底泥的“减量化、无害化、资源化”。该施工技术体系已成功应用于福建省泉州市山美水库环保疏浚工程中, 取得了较好效果, 可为今后类似工程提供技术参考。

关键词: 水库环保清淤; 一体化施工技术; 设备选型; 污染底泥

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)22-0118-05

Integrated Construction Technology of Reservoir Environmental Protection Dredging

CHEN Jie, CHEN Lin

(CCCC Guangzhou Water Transport Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510220, China)

Abstract: In view of the characteristics of the high requirements for environmental protection, high construction accuracy, and wide range of variation of construction water level, the selection principle of the reservoir environmental protection dredging equipment was put forward. A set of integrated construction technology system of reservoir environmental protection dredging was obtained through deep research on the construction technology of reservoir environmental protection dredging. This construction technology could achieve the dual purpose of eliminating internal source pollution and improving ecological environment of the reservoir, and realize reduction, harmlessness and resource utilization of the polluted sediment. This technology has been successfully applied in the environmental dredging project of Shanmei Reservoir in Quanzhou City, Fujian Province, and achieved good results. This key construction technology could be used as reference for the reservoir environmental dredging in similar condition.

Key words: environmental protection dredging of reservoirs; integrated construction technology; equipment selection; contaminated sediment

水库兼具供水、防洪、灌溉、发电、运输、旅游和调节区域气候等功能, 城区中的水库对改善人居环境的作用更加突出, 并且优美的环境可以带动经济发展。但是很多水库在修建时缺少有效的排沙设计, 运行多年已普遍存在泥沙淤积现象, 有效库容减

小, 导致水库防洪抗旱能力及综合效益降低。随着城市工农业的快速发展, 水库水质污染加重, 特别是氮、磷等营养元素及重金属超标, 已对水库供水安全构成巨大威胁^[1]。

污染底泥控制技术主要有原位处理技术和异地

处理技术两类。调水冲污、底泥覆盖、底泥化学固化是主要的原位处理技术,这些技术对于水库清淤而言,成本高、效果不明显。环保疏浚是一种常用的污染底泥异地处理技术,通过底泥疏浚,可在清除污染底泥的同时清除泥-水界面汇集的藻种,修复水生植物的基底条件,促使底栖生物的自我恢复和群落多样性的发展^[2]。

在水库环保疏浚设备选型的基础上,对水库环保疏浚施工技术体系进行深入研究,提出一套水库环保疏浚一体化施工技术,并成功应用于福建泉州山美水库环保疏浚工程。

1 水库环保疏浚的特点

水库环保疏浚是以改善水库水质与修复水库生态环境为目标,通过人工或机械的方法清除污染底泥,减少污染底泥中营养盐、重金属、有毒有害有机物等污染物的赋存量和释放量,并对疏浚后污泥进行安全处理和处置的工程。水库环保疏浚工程具有以下技术特点:

① 环保疏浚工程精度要求高、生态要求高。传统的疏浚工程施工精度在 30 ~ 60 cm,在施工过程中会引起大量悬浮物扩散。而环保疏浚施工精度要求小于 20 cm,且对生态要求较高,除了要达到清除水体污染源的目的外,还要为水生植物恢复创造条件。因此环保疏浚在施工过程中要求尽可能不扰动清淤层,从而减少悬浮物扩散引起的二次污染。

② 施工水位变化范围大,水深较深,施工难度大。水库疏浚区域分散、施工水位变化幅度大,通常在 0 ~ 60 m 之间,需根据水深条件、设备的可达性和适应性选择疏浚设备和污染底泥处理设备。当施工水位 > 15 m 时,施工难度较大,传统环保式绞吸船基本无法施工,需采用深水疏浚设备。

③ 污染底泥脱水固结后尾水处理要求高。环保疏浚工程需要对污染疏浚土进行“减量化、无害化、稳定化”处理,且整个工艺流程产生的尾水需经处理达标后才能排放。

④ 工序复杂、一体化工艺要求较高。水库环保疏浚一体化施工技术涉及环保疏浚系统、底泥脱水固结系统、资源化利用系统 3 个处理单元,工序复杂、一体化程度要求较高。

2 水库环保疏浚设备选型原则

在实际施工中,水库环保疏浚设备选型既要考虑技术上的可行性,又要考虑经济上的合理性,同时

需要满足施工的环保要求,因此应遵循以下原则:

① 可达性。水库一般与外部无水路通道,疏浚设备需从铁路、公路等陆路调运至施工现场。因此水库疏浚设备的选择受陆地运输设备能力的限制,通常选择小型疏浚设备或可组装的分体组合式疏浚设备。

② 适应性。水库疏浚区域分散、疏浚面积大、疏浚水深差异明显。因此,需根据不同疏浚区特征,结合底泥输送特点及处置工艺,合理选择疏浚设备。

③ 定位精确性。水库环保疏浚设备需具备高精度的定位装置,以避免漏挖或反复施工,既确保污染底泥的清除,又减少废方;同时也可避免破坏库区河床底层,影响水生生物的生态恢复。

④ 环保性能高。水库一般作为当地的饮用水源,在清淤时必须保证不间断供水。为保证供水水质,在清淤施工中不允许水体产生较大扰动,不允许疏挖底泥运输过程泄漏而污染水体,环保要求高。

3 施工技术体系

水库环保疏浚一体化施工技术主要由环保疏浚、底泥脱水固结、资源化利用三部分构成,施工关键技术流程如图 1 所示。

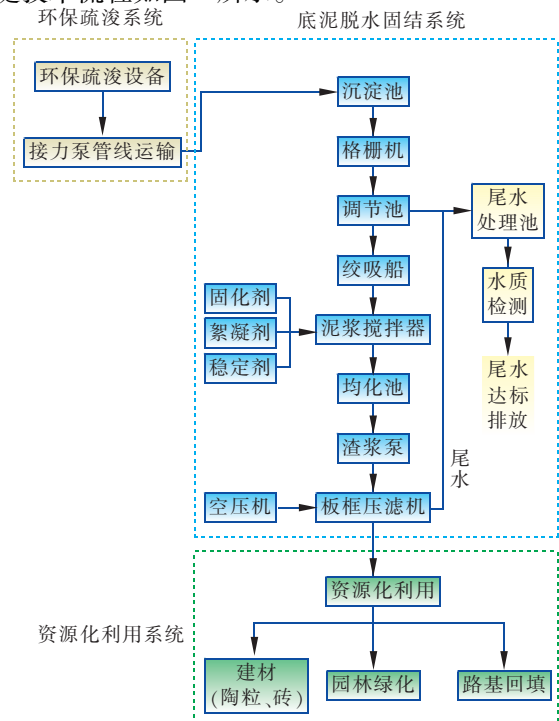


图1 水库环保疏浚一体化施工技术流程

Fig.1 Technical flow chart of integrated construction of environmental protection dredging of reservoirs

3.1 环保疏浚技术

目前,国内常用清淤设备主要包括水陆两用挖掘机、泥浆泵、环保式绞吸船及气动泵生态清淤船等。水陆两用挖掘机的工作水深一般不超过1.7 m,水线下最大挖掘深度为6 m,水线上最大卸料高度为8 m,主要适用于浅水河道整治和滩涂清淤。泥浆泵在施工中通常与高压水泵、水枪组合使用,施工效率较低,仅适合于水深较浅、水量小的河道和湖泊。环保式绞吸船疏浚生产率高、对土质适应性较好、定位控制精度较高,但最大疏浚深度约15 m。水库清淤通常施工水位较深,传统的环保绞吸船无法施工,选用气动泵生态清淤船较为适宜。

气动泵生态清淤船(见图2)可在10~120 m的水深中施工,且施工精度高、环保性能高。该船吸泥浓度达 $1.35 \sim 1.45 \text{ t/m}^3$,可直接装驳外运,也可进行管道输送。当输泥管线长度超过3 km以上,需设置工作平台及接力泵站(见图3)。该船具有类似于吸尘器的工作原理,在整个施工过程中不会扰动疏浚土层,不会造成悬浮物扩散等二次污染现象,具有良好的生态环保功能。



图2 气动泵生态清淤船

Fig. 2 Pneumatic pump ecological dredger



图3 接力泵工作平台

Fig. 3 Relay pump working platform

3.2 底泥脱水固结系统

底泥脱水固结系统包括预处理技术、调理改性技术、脱水固结技术及尾水处理技术四个部分。

① 预处理技术

预处理技术具有消能整流、分级沉淀、去除浮渣、储蓄泥浆、匹配产能等作用,由沉淀池、格栅机、调节池、溢流闸等操作单元组成。沉淀池由多道溢流堰分隔形成多个沉淀区,疏浚泥浆通过沉淀池时悬浮物在重力和溢流堰拦截的作用下会沉淀下来,密度大的颗粒物因水平位移短而率先沉降,从而实现不同密度颗粒物的分级沉淀。疏浚泥浆中的漂浮物到达沉淀池尾部时则通过格栅机去除,经过预处理后的泥浆汇入调节池内蓄存^[3]。调节池一方面能够储蓄经过预处理的泥浆,调节环保疏浚系统和脱水固结系统的产能匹配;另一方面可以为后续工序提供适宜浓度的泥浆,防止沙石堵塞板框机滤布,缩短滤布更换周期,避免污泥成饼率的降低。池内配置小型绞吸船一台,用于输送浓缩泥浆至调理改性系统。

② 调理改性技术

调理改性技术通过投加絮凝剂、固化剂对泥浆颗粒进行调理,改变浆体的微观结构,可以显著提高污泥的脱水性能,增大泥浆浓度,同时钝化泥浆内的重金属离子,降低其迁移转化能力,提高泥浆结构强度。调理改性技术是水库环保疏浚一体化施工关键技术的核心,配备有自动泡药机、储料罐、泥浆搅拌器和均化池,池内铺设曝气管^[3]。调理改性技术选用聚合氯化铝(PAC)作为絮凝剂,由自动泡药机配制成一定浓度的反应液,泵送至泥浆搅拌器内与固化剂、泥浆溶液混合搅拌,进行泥浆的调理改性。淤泥通过泥浆搅拌器与絮凝剂、固化剂充分混合,其中固化剂的主要成分水泥、生石灰、粉煤灰等。调理改性后的泥浆经过滤网过滤后流入均化池内,混合后的泥浆在均化池内发生一系列的水解、水化反应。

③ 脱水固结技术

脱水固结技术使用隔膜式板框压滤机,采用过滤和压榨的方式对泥浆机械脱水(见图4),使泥水分离,尾水收集后进入尾水处理池净化处理后达标排放。脱水固结系统主要包括空压机、板框压滤机和尾水池。隔膜式板框压滤机过滤面积为 600 m^2 ,压榨后可形成含水率 $\leq 55\%$ 的硬塑状泥饼(见图

5),泥饼厚度可达40~60 mm,单台设备日均可生产泥饼250 m³。



图4 板框压滤机出水

Fig. 4 Water from plate and frame filter press



图5 板框压滤机泥饼实物

Fig. 5 Mud cake from plate and frame filter press

④ 尾水处理技术

脱水固结产生大量COD含量高、有机物浓度高、悬浮物浓度高的尾水。采用物理方法与化学方法相结合的技术对尾水进行处理,利用物理与化学协同作用,通过综合分析尾水处理场地的空间布局,科学、合理设置了两个串联的尾水池,尾水净化施工工艺流程见图6。

在第一尾水池的进水管与出水管之间,交错设置若干道隔墙隔成“S”形过流通道,并在过流通道间设置不同型式格栅,延长了尾水停留时间,加速了悬浮颗粒沉淀,在尾水处理的全过程中分两个阶段加入絮凝剂,从而保证有足够长的时间和空间使悬浮颗粒物发生絮凝沉淀,使尾水至第二尾水池末端连续排放时SS值达到20~50 mg/L,满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中其他排污单位一级标准(小于70 mg/L),低成本、高效地实现了尾水的达标排放。

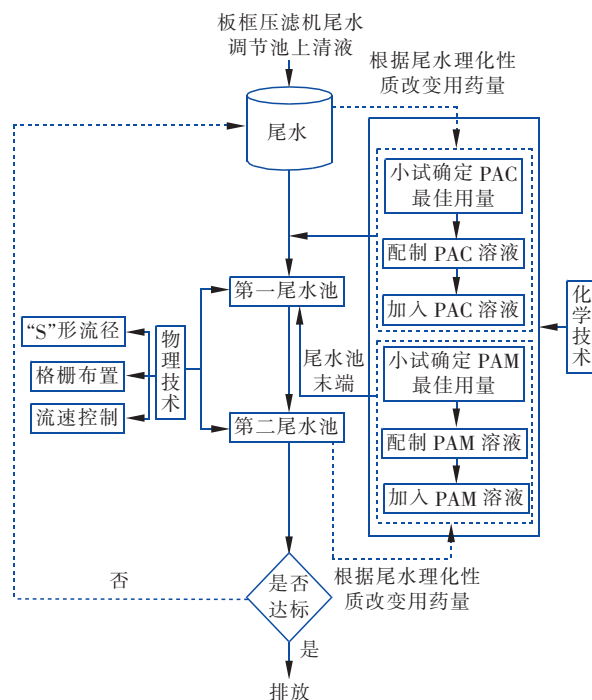


图6 底泥脱水固结尾水净化施工工艺流程

Fig. 6 Technical flow chart of tail water purification from dehydration and consolidation of sediment

3.3 资源化利用技术

经过板框压滤机脱水分离处理后,污泥由原来的流塑状泥浆转变为硬塑状泥饼,利用卡车装载及时将泥饼转移至厂区内固定的堆场。堆场安装挡雨棚,防止雨水浸湿泥饼而污染环境。由于泥饼中黏土含量高,非常适合烧砖,因此运至附近砖厂用作烧砖制陶的原材料,从而实现泥饼的资源化利用。

4 应用实例

该技术已成功应用在福建省泉州市山美水库环保疏浚工程中。山美水库是一座集供水、灌溉和发电于一体的大型深水水库,是泉州市人民的饮用水源地。山美水库年供水量约 10×10^8 m³,对于当地的生态调节发挥了重要的作用。近年来随着当地经济的快速发展,山美水库水质污染严重,特别是氮、磷等营养元素超标,已威胁库区供水安全。

该工程清淤范围为山美水库主库区,清淤面积约 53×10^4 m²,清淤工程量约 60×10^4 m³,施工水深为10~50 m。采用气动泵生态清淤船实施清淤作业,淤泥通过排泥管输送至淤泥固化处置场地,经板框压滤机脱水干化处理后,转化为含水率≤55%的泥饼,尾水采用物理方法与化学方法相结合进行处理达标后排放,泥饼外运至附近砖厂烧砖进行资源

化利用。

该工程共清除内源污染物总氮为 584 960 kg, 总磷为 289 672 kg, 通过清淤的同时去除了部分 As、Zn、Cd、Pb、Cu、Cr 等重金属元素, 改善了水库水质, 修复了水库生态环境, 保障了泉州市人民饮用水源的安全。

5 结论

① 水库环保疏浚工程环保要求高、施工精度要求高、施工水位变化范围大, 设备选型应根据水库特殊地理位置, 从设备的可达性、适应性等方面进行综合考虑。

② 水库环保疏浚工程工序复杂, 涉及多项单项工程, 在施工时应注意疏浚与底泥调理改性能匹配、板框压滤脱水与尾水达标处理产能匹配、底泥处理与资源化利用产能匹配等问题。

③ 采用水库环保疏浚一体化施工技术(环保疏浚技术、底泥脱水固结技术和资源化利用技术), 达到清除水库内源污染和改善水库生态环境的双重目标, 实现了底泥的“减量化、无害化、资源化”。

参考文献:

- [1] 田海涛, 张振克, 李彦明, 等. 中国内地水库淤积的差异性分析[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(12): 28 - 33.
Tian Haitao, Zhang Zhenke, Li Yanming, et al. Analysis of sedimentation difference of reservoirs in mainland China[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2006, 26(12): 28 - 33 (in Chinese).
- [2] 姜霞, 王书航, 张晴波, 等. 污染底泥环保疏浚工程的

理念·应用条件·关键问题[J]. 环境科学研究, 2017, 30(10): 1497 - 1504.

Jiang Xia, Wang Shuhang, Zhang Qingbo, et al. The concept and application conditions and key issues of contaminated sediment of environmental protection dredging project [J]. Research of Environmental Sciences, 2017, 30(10): 1497 - 1504 (in Chinese).

- [3] 练新, 陈洁. 山美水库疏浚底泥的调理改性工艺应用[J]. 中国给水排水, 2017, 34(18): 103 - 106.

Lian Xin, Chen Jie. Application of adjustment and modification technology of dredged sediment in Shanmei Reservoir [J]. China Water & Wastewater, 2017, 34(18): 103 - 106 (in Chinese).



作者简介: 陈洁(1982 -), 女, 新疆阿克苏人, 硕士, 高级工程师, 中交广州航道局有限公司环保分公司总经理助理, 长期从事生态环境治理方面的研究。

E-mail: 83877340@qq.com

收稿日期: 2019 - 04 - 13

节水优先、空间均衡、
系统治理、两手发力