

水库生态清淤系统集成方案研究

周小清, 谢龙, 马世荣, 冼卓雁, 杜河清

(珠江水利委员会珠江水利科学研究院, 广东省 广州市 邮编510611;)

摘要: 我国拥有各类水库9.8万座, 普遍存在不同程度的淤积, 在清淤过程中存在环境风险。本次所研发的生态清淤系统集成方案是由环保绞吸清淤船和与之衔接的脱水船组成。脱水船的核心是由脱水箱系统集成。生态清淤集成系统在清淤施工过程中, 可自由的游弋在湖面, 脱水船接收挖泥船输送的泥浆后即可进行除砂→脱水→尾水处理→干泥饼存储的连续操作, 减少水体二次污染的风险。

关键词: 环保清淤; 水库; 脱水船

1 国内现状

我国拥有各类水库9.8万座, 普遍存在不同程度的淤积, 其平均年淤积速率(水库平均年淤积量与总库容之比)为2.3%, 部分水库淤损库容达30%以上。从而降低了水库供水保障能力与兴利效益, 削弱水库防洪功能, 损害了水生态环境。为了能更好发挥水库的作用, 兴利除害。

近年来, 国内一些水库进行了环保清淤, 主要有案例: 浙江的通济桥水库、贵阳的阿哈水库等, 通过清淤快速去除了水库内源污染, 改善了水库水质, 确保饮用水源安全。

但在清淤过程中也存在一些环境风险。有必要对水库湖泊污染底泥开展生态清淤, 及淤泥减量化、无害化处理及资源化利用研究, 解决河湖底泥的积蓄与严重污染问题。

2 水库污染底泥对水库水质的影响分析

水库淤泥是各种污染物质及其相互作用的载体, 也是水库中的内源污染所在。污染淤泥主要通过三种方式影响上覆水体水质: ① 由于底泥与间隙水中浓度差引起的污染物向上覆水体的释放过程, 从而使上覆水体中主要污染物浓度增加; ② 底泥微生物降解有机污染物的过程中消耗上覆水体中的溶解氧; ③ 底泥再悬浮过程中, 吸附的污染物质向上覆水体的扩散、释放, 增加了上覆水体中的有机污染物。

底泥各组分之间、底泥与污染物之间、不同污染物之间以及底泥与水界面之间始终处于一个动态的过程, 如吸附-解析作用、沉淀-溶解作用、分配-溶解作用、络合-解络作用、离子交换作用、氧化还原作用, 还有生物降解和生物富集作用等。使其在适当条件下, 很容易导致水库蓝藻水华。为控制水库蓝藻水华和改善水质, 对水库底泥实施生态清淤是十分关键。但目前的水库环保清淤系统中还存在很多不足需要改进, 并加强风险控制。

3 水库清淤与处理工艺探讨

根据所采用的清淤机具动力原理不同, 清淤方式主要可区分为机械式、水力式和气动式三大类; 由不同原理所发展最典型和实用的清淤方式主要有: 绞吸挖泥船清淤、耙吸式挖泥船清淤、抓斗式挖泥船、水上挖掘机、水陆两用搅吸泵、移动式吸泥泵等。

作者简介: 周小清(1982-), 女, 河南安阳人, 珠江水利委员会珠江水利科学研究院, 高级工程师, 硕士, 主要从事防洪减灾技术、水环境治理等方面的研究。E_mail: 33868236@qq.com。

其中环保绞吸挖泥船清淤使用较多，其主要是由有绞刀、吸头等设备组成，具备破土、挖掘、提升、输送等功能的清淤挖泥船。其优点是结合清淤效率和环保的特点，缺点是易扰动底泥，需做好二次污染控制技术保障措施。目前国内湖泊与水库清淤多选用装有绞刀的绞吸挖泥船，如深圳石岩水库、太湖、昆明滇池、厦门筶笪湖、贵州阿哈水库和浙江通济桥水库等均采用绞吸式挖泥船清淤。

淤泥处理方案：采用清淤设备将淤泥输送至岸边，通过淤泥处置脱水，使得淤泥能够“减量化、稳定化、无害化和资源化”。处理方法主要包括固化剂固化螯合搅拌脱水法、机械脱水法、物理脱水固结法、热处理法等几种。但淤泥处理的集约化不强，占地面积大，长距离输送泥浆存在环境风险。

4 水库清淤的环境风险与控制措施

4.1 水库清淤的环境风险

水库淤泥经过绞吸船清淤，泵送清淤泥浆的含水率达到95%，清淤的体量增加了几倍，泥浆通过全封闭管道远距离输送上岸。排泥管线一般采用钢质管道组成，挖泥船后接几百米至几千米的浮管，后接水下潜管至岸边，再接岸管延伸进入淤泥处理厂。施工生产过程中泥浆输送距离长，管道破、漏的风险大，能耗也大。而且在泥浆输送上岸后，处理厂的占地也大。

目前国内环保清淤的机械及工艺水平，在水下清淤工程，清淤设备对清理范围及其周边淤泥的扰动过大，致使库底淤泥悬浮化和释放出大量有毒物质，也会影响安全供水。

需要研究制定多重保护措施，有效降低清淤作业对周围水质的影响，保障水库安全供水。同时，根据施工过程中的风险情况开展创新性的研发，研究生态清淤集成系统方案，有效控制水库清淤的环境风险。

4.2 风险控制措施探讨

本次研究采取多重保护措施，有效降低清淤作业对周围水质的影响，保障水库安全供水。根据水库清淤的现场作业情况形成全面的清淤过程技术保障措施。主要包括清淤作业面顺序，工艺流程，施工过程中的围挡技术，作业强度控制，清淤机械防护和其他污染防控手段等。并提出了水库环保清淤围挡措施。

其中施工围挡技术，如图所示，水面上设浮筒，下面挂铁坠，铁坠沉至库底，在库底1-1.5m的高度范围内加土工布围挡，遮挡因为清淤而形成的悬浮泥沙，上部可自由过水，不影响水库蓄水。水库在清淤施工过程中可加多道土工布围挡，确保清淤施工过程中悬浮泥沙不扩散，不影响水库供水。

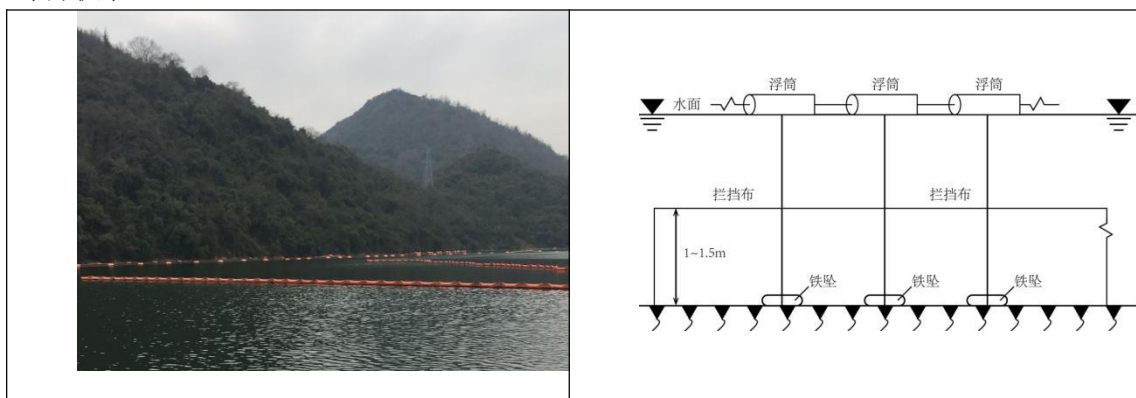


图1 环保清淤围挡技术

5 生态清淤集成系统方案

为控制水库清淤的环境风险，实现水库清淤与淤泥输送减量化、无害化处理的生态清淤集成系统。本次所研发的生态清淤集成系统方案主要包括：环保绞吸清淤船和与之衔接集成淤泥脱水箱的脱水船。

5.1 脱水船的集成系统

环保绞吸清淤船与脱水船通过泵送装置连接，将清淤的泥浆输送至脱水船。脱水船体由除砂装置、脱水箱装置、尾水处理装置依次连接，形成淤泥处理通路。其中污泥脱水设备采用箱式密闭结构。

水库淤泥经过绞吸船清淤，泵送入脱水船的清淤泥浆的含水率达到95%，经脱水船脱水处理后泥饼的含水率为50%左右，泥浆体积减少了近90%，泥饼的体积只有清淤泥浆的近十分之一。

经脱水后干泥饼由皮带输送机输送至运泥船，由运泥船将干泥饼运输上岸，对底泥进一步资源化处置。

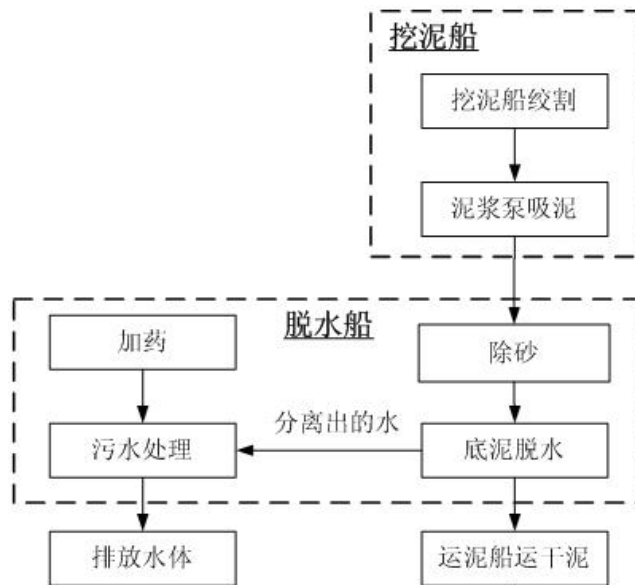


图2 生态清淤集成系统方案流程图



图3 脱水船集成系统图

5.2 脱水箱的系统

脱水船主要是由脱水箱系统集成，脱水箱系统的核心是，采用植毛滤带的淤泥带式脱水机，其实现了可连续生产，且小型化、高效率、低能耗的脱水设备。并将脱水装置采用箱式密闭结构形式，通过箱体将淤泥脱水机、浓缩机和加药单元集合在其中，整体模块化，有利于在脱水船上配合除砂装置等等进行灵活布置。箱体采用密闭结构，通气口有除臭装置。实现淤泥脱水减量，尾水处理的集成系统。采用箱式结构可以方便的安装在船体上，便于模块化组装，并集成为系统。

在处理过程流程中，脱水船接收挖泥船输送的泥浆后即可进行除砂→脱水→尾水处理→干泥饼存储的连续操作，可以形成含水率低于50%的干泥饼，最后将脱水处理完成的干泥饼转运出去。

除砂装置和尾水处理装置分别位于脱水装置的相对两侧，充分利用了脱水船上的布置空间，从而淤泥输送至脱水船上的除砂装置进行除砂后，沿着船体一端到另一端的方向依次进行脱水处理和尾水处理，实现有序的进行。

尾水处理装置包括接收来自所述脱水装置的从淤泥中脱出的污水的絮凝槽、拦污除渣机；所述污水在所述絮凝槽中絮凝处理后，通过所述拦污除渣机排出，进入下一个脱水循环。淤泥脱水过程中分离出来的余水，经物理化学处理达到排入水库水体标准后就地排放。

6 系统总体评价

本次研发的生态清淤集成系统方案主要由：环保绞吸清淤船和与之衔接脱水船组成。脱水船主要是由脱水箱系统集成；脱水箱系统的核心是，可连续生产，且小型化、高效率、低能耗，采用植毛滤带的带式脱水机。

水库淤泥经过绞吸船清淤，泵送清淤泥浆的含水率达到95%，经脱水船脱水处理后泥饼的含水率为50%左右，泥浆体积减少了近90%，泥饼的体积只有清淤泥浆的近十分之一。

生态清淤集成系统在清淤施工过程中，可自由的游弋在湖面，脱水船接收挖泥船输送的泥浆后即可进行除砂→脱水→尾水处理→干泥饼存储的连续操作，减少淤泥处理厂占地，减少了泥浆远距离输送，大大提高淤泥脱水减量化工作效率，减少水体二次污染的风险。

参 考 文 献：

- [1] 李玉华, 吕炳南, 张景成, 等. 河底淤泥固化处理及相关试验[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1999: 66-69.
- [2] 张铁军, 丁建文, 邓东升, 等. 生石灰处理高含水率疏浚淤泥的含水率变化规律研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(9): 2775-2778.
- [3] 朱文君, 练玉琴, 陈冬骥. 中小河道治理中的清淤及淤泥处理技术[J]. 城市道桥与防洪, 2018(1): 63-65, 75.
- [4] 陈华. 苏州河段疏浚工程土方的综合利用[A]. 苏州运河整治工程论文集[C]. 北京:人民交通出版社, 1998:365-367.
- [5] 杜河清、曹键. 环保清淤系统与底泥机械脱水设备研发[J]. 人民珠江, 2009 (6): 46-47, 64.
- [6] 杜河清. 河湖淤泥无害化资源化处理处置技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社. 2015:1-248.
- [7] 曹雷, 白繁义. 大沽河淤泥填筑路基的土力学和重金属浸出试验[J]. 中国市政工程, 2011(3):76-78.

Study on Integration Solution of Ecological Dredging System in Reservoirs

Zhouxiaqing, Xielong, Mashirong, Xianzhuoyan, Duheqing
(The Pearl River Hydraulic Research Institute, Guangzhou City 510611, China;)

Abstract: Ecological Dredging system is consists of an Environmental cutter suction dredger and a dehydration ship connected with it. The heart of the dehydration ship is integration of dehydration tank system. In the process of dredging construction, Ecological Dredging system can freely cruise on the lake. After receiving the mud delivered by the dredger, dehydration ship can carry out the continuous operation of desanding, dehydration, tail water treatment and dry mud cake storage. Reduce the risk of secondary water pollution

Key words: Ecological Dredging; Reservoir; dehydration ship

第一作者简介及详细通讯地址、电话、传真、手机号和电子邮件

周小清，（1982-）女，珠江水利委员会珠江水利科学研究院，高级工程师，主要从事防洪减灾技术、水环境治理等方面的研究。通讯地址：广州市天河区天寿路 105 号天寿大厦 2305 室；邮编：510611；联系电话：13580387327；邮箱：33868236@qq.com。

Zhouxiaqing, senior engineer, be engaged in flood control and disaster alleviation, water environment treatment.