

城市骨干河道湿式清淤实践与探索

——以南京市运粮河为例

丁 睿¹, 缪 璐², 林 燕³

(1. 南京市麒麟科技创新园(生态科技城)开发建设管理委员会, 江苏 南京 211135;
2. 南京市江宁区水务局, 江苏 南京 211100; 3. 泰州市城区河道管理处, 江苏 泰州 225300)

摘要:近年来,部分城市河道因河底淤泥问题导致水体黑臭、水质变差,居民生活环境受到了严重影响。与小型河道普遍采用的干式清淤法和水力清淤法相比,城市骨干河道清淤更加复杂,探索不断流、不打围堰、不停航、清理淤泥量大的新型清淤方式势在必行。南京市运粮河清淤在南京主城区首次采用湿式清淤方案,通过对方案可行性和工程量的计算,结果表明相比于传统的干式清淤,湿式清淤方案是生态治理南京运粮河水质问题的有效方案,具有清淤效果好、施工噪音小、二次污染小等优点。

关键词:运粮河; 淤泥问题; 湿式清淤; 生态治理

中图分类号:X52 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2024)12-0013-0003

Practice and exploration of wet dredging of urban backbone rivers: taking the Yunliang River in Nanjing as an example

DING Rui¹, MIAO Lu², LIN Yan³

(1. Nanjing Qilin Science and Technology Innovation Park (Ecological Science and Technology City) Development and Construction Management Committee, Nanjing 211135, China;
2. Jiangning District Water Affairs Bureau, Nanjing 211100, China;
3. Taizhou Urban River Management Office, Taizhou 225300, China)

Abstract: In recent years, some urban rivers have been severely affected by the problem of silt at the bottom of the river, resulting in black and odorous water bodies and deteriorating water quality, which has had a serious impact on the living environment of residents. Compared with the commonly used dry dredging method and hydraulic dredging method for small rivers, the dredging of urban backbone rivers is more complex. It is imperative to explore new dredging methods that can ensure continuous flow, avoid cofferdam construction, maintain navigation without interruption, and handle a large amount of silt. For the first time in the main urban area of Nanjing, a wet dredging scheme was adopted for the dredging of the Yunliang River. Through the calculation of the feasibility and engineering quantity of the scheme, the results showed that compared with the traditional dry dredging, the wet dredging scheme is an effective solution for ecological governance of the water quality problems of the Yunliang River in Nanjing. It has the advantages of good dredging effect, low construction noise, and low secondary pollution.

Key words: Yunliang River; silt problem; wet dredging; ecological management

收稿日期: 2024-07-26

作者简介: 丁睿(1986—),男,工程师,硕士,主要从事城市水利工程建设管理工作。E-mail: 570949041@qq.com

运粮河作为秦淮河支流,自东部百水河起向西流入外秦淮河,河流长度约8.7 km,平均深度3.0 m,水域面积达到112 000 m²,对南京城东的防洪排涝工作起着至关重要的作用。在全面推行雨污分流之前,部分工厂污水和居民生活污水不断排放进入运粮河,排放的污水在河底形成淤泥,使得水质不断变差、水体黑臭,附近居民生活受到了严重的影响,尤其是运粮河的翻身河至石杨路段。

与小型河道相比,作为城市骨干河道的运粮河,河道清淤状况更加复杂,需要探索不断流、不打围堰、不停航、清理淤泥量大的新型清淤方式。目前,国内常见的清淤方法包括干式清淤法、水力清淤法和湿式清淤法^[1],相比于前两种方法,湿式清淤法通过湿式清淤机械在带水环境下进行施工,具有清淤效果好、施工噪声小和二次污染小等优点。经专家论证后,运粮河最终选择了湿式清淤方案。

本研究通过对方案可行性研究和实际工程量的计算,验证湿式清淤方案的可靠性,并为其他城市骨干河道清淤提供参考。

1 湿式清淤方案与可行性

运粮河河道平均深度超过3 m,在非汛期阶段平均深度也超过1.5 m,淤泥的平均厚度也超过1 m。对于这种水位高、淤泥量大的河道,使用干式清淤法或水力清淤法的工程量大,清淤效果差。而湿式清淤的原理一般为使用清淤机械(两栖反铲式清淤机、小型链斗式清淤船和小型绞吸式清淤机等)对河底泥沙进行粉碎,然后通过泥驳或者吸泥泵将泥沙运输到排泥点^[2]。因此针对运粮河淤泥问题,使用湿式清淤法降低了工程量,也可避免二次污染,清淤效果好。所有工序一次性完成,使得其生产效率高,投入人力和时间成本低。

运粮河的湿式清淤具体方案制定可分为以下方面:

1.1 清淤机械的选择

目前常见的湿式清淤机械包括:两栖反铲式清淤机、小型链斗式清淤船和小型绞吸式挖泥船^[3-4]。两栖反铲式清淤机一般使用大平面的平底船作为机体浮于水上,通过四周的四支支腿进行挖掘点定位,通过螺旋桨的旋转推动在水面上移动。虽然可以在水域上灵活操作,但是其工作效率低,对流态淤泥处理效果差。小型链斗式清淤船通过一连串带有挖斗的斗链,将淤泥通过在斗桥上的移动至斗塔顶部,然后卸入泥驳中。这种设备运泥工序繁

杂,投入成本大,噪声大^[5]。小型绞吸式挖泥船是使用较为广泛的湿式清淤机械^[6],通过安装的铰刀切削河底的底泥,将混合的泥水混合物通过泵吸入排泥管道。这种设备挖掘河边深度时易控制,施工质量好,对于松软土质时更具有优势,唯一麻烦的是需要铺设管道。结合运粮河的实际情况,在此选择小型绞吸式挖泥船作为清淤机械,并且是可分体式,这样可通过平板车进行分块运输至码头,在水上进行总装。按每天施工12 h计算,其绞吸流量选择2 000 m³/h。

1.2 清淤机械定位

对于小型绞吸式清淤船,通常是通过抛设上下游移锚来定位。具体为首先判断上风向与上流向,向其抛锚,最终锚点的位置约在上与船身的45°位置。同时要将绞刀转移到挖泥的边线上,并进入泥中定住船身。移缆在抛锚之后收紧,待到上下游向的移锚固定后,再将绞刀从泥中提出。

1.3 淤泥输送

根据选择的清淤机械为小型绞吸式挖泥船,选择压力管道进行淤泥输送。利用大口径泥泵将淤泥吸入输泥管中,并排放到指定的泥堆。根据小型绞吸式挖泥船的大小,选择与其配套的排泥管线,直径为414 mm。根据缩短施工距离的原则,采用潜管为主,浮管和岸管为辅的计划。浅管的结构为每3节钢管之间配1根橡胶管;浮管采用6 m钢管穿设浮筒形式,钢管间用1.5 m长的橡胶管连接。大口径泥泵是根据泥泵的流量范围进行选择,最小不致因输泥管中流速太低导致堵塞现象,最大不致超过泥泵主机的额定功率与额定转矩。

1.4 泥浆处理

为了保证河道内清理出的淤泥中的有害物质不造成二次污染,还需对经输泥管道输送的淤泥进行处理。首先是对淤泥进行固化,将淤泥输送至带式压榨过滤机进行脱水固结,使得泥饼的含水率在50%以内,然后将泥饼送至处理堆。对泥饼中添加相应的反应物使其中不稳定的金属转化为稳定的合成物达到降低活性的目的,最终降低污染。

1.5 辅助清淤工作

主要是对河内的漂浮物打捞,通过人工驾驶打捞船在河面进行定时定点巡逻,发现漂浮物时及时进行打捞,然后在船舱中垃圾溢满或者下班时间,将垃圾运送到指定堆放点。

根据以上制定的运粮河湿式清淤方案,其具体施工工艺流程如图1所示。

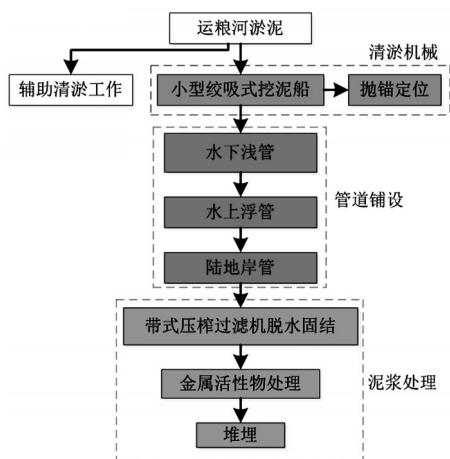


图1 运粮河湿式清淤工程工艺流程

2 清淤工程量计算

河道清淤工程量的计算是根据河道断面清淤前横断面积与河道规划横断面积的差值,再与河道长度相乘得出所需清理淤泥的体积。

目前用于湿式清淤工程量计算的方法主要采用断面面积法,对于该方法而言运粮河水深数据的测量显得尤为重要,因为在不同的河段其河道淤泥截面面积与长度是不一样的,而且如图2所示,河道淤泥截面面积与水深也是紧密相关。麒麟科创园管委会在实施运粮河清淤过程中,委托南京市测绘院对河道断面利用无人测量船等手段,获得大量水深数据,针对不同河段,使用平均水深来计算河道淤泥截面面积就可以有效避免因为少量水深测量数据导致的偶然性。

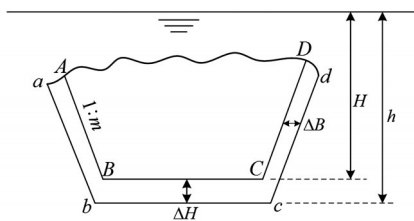


图2 运粮河河道剖面示意

图中: ΔH 为河床淤泥深度; ΔB 为河槽积淤深度; H 为清淤前水深; h 为清淤后水深。

使用断面面积法计算运粮河湿式清淤工程量的计算如下:

$$V=V_1+V_2+\dots+V_i+\dots+V_n \quad (1)$$

式中: V 为运粮河的总清淤量; V_i 为 i 断面与 $i+1$ 断面区域之间的清淤量,可按下式计算:

$$V_i=L_i \cdot S_{均i} \quad (2)$$

式中: L_i 为 i 断面与 $i+1$ 断面区域之间的河道长度;

$S_{均i}$ 为 i 断面与 $i+1$ 断面区域之间的平均面积; $S_{均i}=S_{abcd}-S_{ABCD}$,与实际所测的平均水深相关, S_{abcd} 为清淤后断面面积; S_{ABCD} 为清淤前断面面积。

具体清淤河段包含运粮河干流及上坝河、百水河2条支流,利用断面之间的长度、平均水深以及河道边界截面的数据逐段计算河道淤泥量,经计算运粮河湿式清淤总清淤量为254 148 m^3 ,具体见表1。

表1 天旺河、上坝河、百水河的实测数据

河道名称	河道长度/km	水深/m	淤泥厚度/m	河道宽度/m	清淤量/ m^3
运粮河	5.90	0.1~4.0	0.1~1.5	20~80	195 425
百水河	1.40	0.5~2.0	0.3~0.8	15~20	18 401
上坝河	1.22	1.5~3.0	1.0~2.0	15~25	40 322

3 清淤效果

3.1 淤泥清除效果

本项目采用了先进的无人测量船结合GPS技术进行淤泥清淤作业,确保了清淤过程的精准性和高效性。无人测量船的应用大大提高了清淤作业的效率 and 安全性,它能够在复杂多变的水域环境中稳定工作,实时传输测量数据,为施工人员提供了准确、可靠的决策支持。同时,无人测量船的自动化作业也减少了人工干预,降低了作业风险。

在清淤前,利用无人测量船对目标区域进行全面的水下地形测量。通过GPS定位系统和传感器数据的综合分析,获得详细的水下淤泥分布情况、厚度以及总体积等关键数据。这些数据准确评估了清淤工作的难度和所需资源,为后续的清淤方案设计提供了科学依据。

清淤完成后,再次利用无人测量船进行清淤后的水下地形测量,与清淤前相比,水下地形发生了显著变化,淤泥厚度明显减小,目标区域的淤泥得到了有效清除。

3.2 河道水质提升效果

由表2可知,通过对比清淤前后的运粮河河道水质检测数据,氨氮、总磷等含量明显降低,水质达到Ⅳ类,可以清晰地看到清淤效果十分显著,河道水质显著提升,流域环境得到极大改善。

4 结 语

运粮河清淤利用2020年枯水期进行作业,在不

(下转第19页)

面。为逐步实现水务智慧一体化治理,需统筹考虑水文化悠久的历史与传承,实行“保护弘扬优秀传统文化,延续历史文脉”的要求,在实施水务一体化体制改革的同时,水文化建设与弘扬相辅相成,也是提升管理质量的重要方面。

4 结 语

本文对“三水统筹”系统协同调控及协调发展的内涵展开了探讨,提出“源汇通畅,承载均衡”的协同调控机制。对于促进区域水资源与经济社会和生态环境的协调发展,进而实现水资源系统的良性循环具有一定指导作用。通过上述措施提高水资源利用效率,最终实现水资源源汇通畅、承载均衡,实现人水和谐。同时,从水务一体化的调控角度,进一步加强水资源“量-质-效”一体化管控,提出“三水统筹”系统调控路径,对流域发展与生态保护、规划设计及实施具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 蔡喜明,翁文斌,史慧斌. 基于宏观经济的区域水资源多目标集成系统[J]. 水科学进展,1995(2):139-144.
- [2] 王浩,秦大庸,王建华,等. 区域缺水状态的识别及其多

维调控[J]. 资源科学,2003(6):2-7.

- [3] KHOSROJERDI T, MOOSAVIRAD H S, ARIAFAR S, et al. Optimal allocation of water resources using a two-stage stochastic programming method with interval and fuzzy parameters[J]. Natural Resources Research,2019,28(3):1107-1124.
- [4] 王小军,张建云,贺瑞敏,等. 区域用水结构演变规律与调控对策研究[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(2):61-65.
- [5] 文俊,金菊良,王龙,等. 区域水资源可持续利用预警评价的理论框架探讨[J]. 水利科技与经济,2006(8):518-524.
- [6] 李群,彭少明,黄强. 水资源的外部性与黄河流域水资源管理[J]. 干旱区资源与环境,2008(1):92-96.
- [7] 魏加华,王光谦,蔡治国. 多时间尺度自适应流域水量调控模型[J]. 清华大学学报(自然科学版),2006(12):1973-1977.
- [8] 郦建强,王平,何君,等. 水资源空间均衡理论方法与对策措施研究[J]. 中国水利,2019(23):23-25.
- [9] 张万顺,王浩,周奉. 长江流域三水协同调控关键技术应用展望[J]. 人民长江,2023,54(1):8-13.
- [10] 严子奇,周丽垚,程刚,等. 控制性供水湖泊旱限水位确定方法——以洱海为例[J]. 水科学进展,2024(1):1-10.

(上接第15页)

表2 运粮河河道水质检测数据

采样点位	采样时间	样品性状	pH 值	$\rho(\text{DO})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg/L})$
JC16 运粮河(南庄泵站排口处)	2020年1月 (清淤前)	无色无嗅清澈	7.16	8.0	3.03	0.34	4.7
	2021年1月 (清淤后)	无色无嗅清澈	7.54	10.5	1.01	0.19	3.7

打围堰、不断流的前提下5个月完成了约25万 m^3 的淤泥量清淤、处置,对比传统清淤方法有明显优势。根据对运粮河湿式清淤工程的选定、可行性分析与湿式清淤工程量的计算,湿式清淤适用城市骨干河道,工程实施后,运粮河水质透明度、氨氮、总磷等指标明显改善,稳定达到Ⅳ类水质标准。鉴于运粮河湿式清淤取得的效果,外秦淮河清淤工程于2021年9月开工,同样利用湿式清淤法,施工期间不断流、不停航、不影响河道景观,充分运用环保绞吸、水下潜管、板框压滤等先进工艺,至2023年1月15日完工,顺利清除109万 m^3 淤泥。

参考文献:

- [1] 赵博文. 小河道清淤工程中的不同施工方案[J]. 内蒙古水利,2020(2):62-63.
- [2] 张艳. 河道湿式清淤及淤泥处理技术探析[J]. 黑龙江水利科技,2020,48(6):150-152.
- [3] 陈正梁. 河道环保清淤工程施工技术研究[J]. 资源节约与环保,2020(7):33.
- [4] 单玉书,沈爱春,刘畅. 太湖底泥清淤疏浚问题探讨[J]. 中国水利,2018(23):11-13.
- [5] 郭军峰,方文超. 防洪治理中沟渠清淤疏浚方式比较[J]. 河南水利与南水北调,2024,53(4):36-37.
- [6] 韩冰,李云龙,刘艳亭. 简析三种挖泥船在疏浚工程中的适用性[J]. 港口航道与近海工程,2024,61(2):146-150.