

感潮河段清淤方法及淤泥处理技术探讨

陈吉甜

(广州珞珈环境技术有限公司, 广东省广州市, 510600)

摘要: 近年来,随着城市化进程的加快和经济全球化的发展,许多江河湖泊严重淤积,直接影响到了整个生态系统,制约着经济的可持续发展。在进行水利工程的建设及维护过程中,必然会产生大量淤泥。疏浚淤泥如不及时处理和处置,不仅会对河道水质造成二次污染,而且会影响河道的正常排水功能,因此疏浚清淤是提高城市河流排洪能力的重要措施。以珠江三角洲典型的感潮河段为研究对象,结合国外成熟的清淤技术要点和国内实际工程实践,提出了以改善水质为目的清淤技术,并简述了淤泥处置的技术要点。

关键词: 感潮河段; 河湖污染; 清淤方式; 环保清淤; 淤泥固化技术

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

1 研究背景

根据《广东省河道管理条例》以加强河道管理,维护河势稳定,保障防洪安全,改善河道生态环境,发挥河道综合功能为目标。

近年来珠江三角洲河涌每年超过有8000多万立方米的受污染河湖淤泥,需要定期进行清淤作业,其中部分淤泥还存在大量的重金属污染亟需处理处置。珠三角洲水污染主要呈现出几大特点:一是河网纵横,一污多受害,水体有机污染负荷大,生活和工业污水直接排放;二是河底淤泥污染严重,对水体造成二次污染;三是河流多为感潮性河流,受潮汐作用水动力不足,交换缓慢,水质易发黑发臭;四是污染拦截不彻底,非点源污染不能根治。

综上所述,在珠江三角洲进行水环境生态修复工作是十分必要的,城市黑臭水体的治理应按照“控源截污、内源治理;活水循环、清水补给;水质净化、生态修复”的基本技术路线具体实施,以消除内源污染,修复水体生态功能,是进行底泥环保清淤的重要环节^[1]。

2 河湖清淤技术分析

传统的清淤方法不仅费时费力,消耗大量人力物力,而且在短时间内使水质恶化,造成二次污染,破坏生态系统,造成不可逆转的生态损失。环保清淤作为近20年发展起来的一项新技术,与传统清淤方法相比,在研究传统清淤方法的基础上,对清淤施工精度和组织设计有了更高的要求,不仅可以改善水质和水生态环境,而且可以避免二次污染。

环保清淤对于清淤设备和操作系统的精度要求很高,城市环保清淤工程不是一般的清淤工程,而是环保与生态相结合的系统修复工程。一方面环保清淤的主要目的是改善水质,另一方面可以尽可能避免对水体环境产生影响。环保清淤的特点有:①清淤设备应具有较高的定位精度和挖掘精度,以防止漏挖和超挖,不破坏原生土;②在清淤过程中,防止搅乱底部淤泥,造成水体浑浊污染或臭气扩散;③降低施工过程中产生的噪声,对于周围居民正常生活不造成影响;④淤泥在经过处理处置前难以清理、运输、堆放及利用,环保清淤工程有效的解决了这些问题。

收稿日期: 2020.5.20

作者简介: 陈吉甜(1993-),女,广东省,本科,主要从事环保工程技术研发。E_mail:525199707@qq.com.

3 清淤设备分析比较

由于近些年港口、航道、内河以及湖泊清淤工程众多、疏浚、清淤技术得到大力发展，设备能力也大大提升。目前的河道清淤工程，大多数具有水质改善的目的，国内较为常用的河湖清淤方式主要有干式清淤、半干式清淤和湿式清淤三种方式。

3.1 干式清淤法

对于流量小且没有防洪、排水和航运功能的河道一般采用干式清淤法，排干清淤是指在河道的施工部分设置临时堆放点，利用水泵将围堰部分的河涌积水排干，使淤泥层暴露在外，然后用机械或人工方法清淤河道。例如干挖清淤。

干式清淤具有清淤彻底，设备和工艺要求低，清淤深度易于控制、含水量低、清淤浓度高、运输成本低、施工效率高、后处理方便等优点。缺点是需要进行临时围堰排水，造成水位降低，对两侧边坡安全与工程设施有一定的影响；同时干式清淤也需要对河道进行干挖截流，也受到汛期的影响，只有避开了洪水季节，才能进行施工，施工期有一定的限制，施工过程易受天气影响；另外，淤泥层暴露于表面，容易产生气味、滋生蚊虫，施工环境也比较恶劣。

3.2 半干式清淤法

半干式清淤法更适用于小河道疏浚，便于截流施工。河道的施工需要截流排水，与干式清淤法的区别在于无需将河道积水完全排干，排至足够搅拌深度即可。采用高压水枪冲刷底泥，利用搅拌和吸附设备将底泥搅动成泥浆，再利用泵送设备抽排清淤，同时需要人工使用高压水枪在搅吸设备旁边予以辅助，最终泥浆通过管道输送到岸上的淤泥集中处理区。其中，不能在河底冲刷破坏的渣土可采用人工清理或长臂式挖掘机开挖，然后吊运至渣车外运处理。例如挖掘机清淤、水力冲挖清淤。

半干式清淤法的优点是采用管道输送方式，清淤彻底，操作简单，施工成本低，搅吸设备体积小，便于跨桥梁施工，设备拆装运输方便，有效避免了输送淤泥过程中的二次污染，不影响周围环境和居民生活。缺点是泥浆浓度低，为后续处置增加难度，施工环境也比较恶劣；同时，高压水枪、泥浆泵等设备耗电量大，劳动成本高；施工受到河道汛期的限制，容易影响河道边坡和生态系统。

3.3 湿式清淤法

湿式清淤法一般是指在船上安装清淤设备，施工过程中采用环保绞刀和密封罩装置，由清淤船作为施工平台在水面上操作，清淤设备将淤泥进行切割和搅拌，通过管道输送系统将泥浆输送到堆积场，一次性连续输送完成。

基于现在的河湖清淤工程，最终的目的都是为了改善城市河湖水质问题。其中，湿式清淤法是目前国内航道、河湖疏浚工程中最常用的清淤方法。湿式清淤法的优点是不需要进行围堰排水，整个施工过程为水下施工，管道封闭运输，避免了清淤过程中的二次污染。这种清淤方式主要限于深水清淤，不利于浅水清淤。根据工作装置、底盘和结构形式的不同，可将典型的湿式清淤方式分为机械式、水力式和气泵动式三大类。目前，国内外最典型和实用的清淤设备主要有抓斗式挖泥船、铲斗式挖泥机、吸扬式挖泥船、射流式清淤、环保绞吸式挖泥船、斗轮式挖泥船清淤、耙吸式清淤等。

下面表1对国内外的主要清淤设备进行分析。

表1 国内外主要清淤设备比较

淤泥清淤方式	性能特点
抓斗挖泥船清淤船	<ol style="list-style-type: none">1、施工较为灵活，适用于硬质泥浆的开挖，可直接开挖而不破坏淤泥性质，开挖效率高2、适用于工况条件复杂、弃土点和运输条件远，对环境保护无特殊要求的清淤工程3、不适宜开挖松软淤泥，易造成淤泥散落而污染环境4、施工时对周边环境的影响较大，抓斗挖泥船施工质量难以控制5、主要运输方式为泥驳运输方式

环保绞吸式清淤船	<ol style="list-style-type: none"> 1、设备功率大，高效节能，开挖精度很高，具有突出的环保施工性能 2、泥质适应性较好，施工效率高，施工成本低 3、在施工过程中，挖泥、输泥和卸泥都是一体化完成，采用完全封闭管道输送淤泥，不会使淤泥散落而污染环境 4、开挖过程不伤及原生土，对周边环境的不造成破坏，防止二次污染 5、主要运输方式为输泥管输送方式
水力冲挖机组清淤船	<ol style="list-style-type: none"> 1、适用于水深浅、水流量小的小型江河湖泊 2、当淤泥量较大时，人工设备投入成本高，施工和人工劳动强度较高 3、对施工期河道正常运行功能有较大影响，并对周边环境干扰较大 4、施工受气候和雨季影响 5、主要运输方式为输泥管输送方式
射流式清淤船	<ol style="list-style-type: none"> 1、操作灵活、设备简单，清淤成本较低 2、工作环境要求苛刻，仅可应用于特定环境（狭窄、较深河道、边坡地带、淤泥细砂土质环境）的河道清淤工程 3、清淤过程容易产生淤泥扩散造成二次污染 4、主要运输方式为输泥管输送方式
吸扬式挖泥船清淤船	<ol style="list-style-type: none"> 1、适用于挖吸含水量较高的淤泥，对于粘性较大的淤泥难于吸 2、容易使泥土较大范围的悬浮和扩散，造成污染 3、主要运输方式为输泥管输送方式

目前国内普遍采用的清淤方法主要有“抓斗挖泥+自然干化”和“绞吸挖泥+围堰自然干化”两种方式，工程实施较粗放，占用大量土地资源，并且对土壤造成二次污染，处理效率低。基于国外的研究进展，国外普遍采用“绞吸挖泥+机械脱水”方式，不占用土地资源，处理效率高，综合成本低^[2]。

对于氮磷污染严重的淤泥，一般选用环保绞吸式挖泥船和气力泵等其他环保清淤设备；对于重金属污染的淤泥，一般选用环保绞吸式挖泥船，也可选用气力泵和环保抓斗等环保清淤设备；而带环保抓斗挖泥船则适用于含有毒有害有机物的污染淤泥。

我国目前使用的环保清淤设备大多是在普通挖泥船上对部分挖泥机具进行改造，配备先进的高精度定位监测系统，以提高清淤精度，减少清淤过程中的二次污染，满足挖泥船的环保要求。根据珠江三角洲水污染的特点，分析了河网密度、河湖淤泥特征、河湖水文特性、地形地貌等因素对河湖水污染的影响。确定了主要的清淤方案为绞吸式清淤与抓斗式清淤相结合，并根据清淤河段的具体情况进行清淤。

因此，在实际的淤泥处理工程中，可以根据待处理淤泥的基本性质和处理条件选择合适的处理方案。河道清淤主要的两种方案为：方案一，抓斗式挖泥船+泥驳运输方案，方案二，绞吸式挖泥船+输泥管输送方案。

4 河湖环保清淤的关键点

环保清淤不仅仅指清淤过程中的环保，还要保证工程准备、清淤、运输、淤泥处置及淤泥循环利用等全过程所采用综合的技术措施，使清淤工程应在可控范围内安全、卫生干净地进行^[3]。

环保清淤主要是有效地改善江河湖泊的生态环境，清除江河湖泊中受污染的沉积物，消除水体重的内部污染，减少污染物向水中的排放。同时，河湖环保清淤工程应尽量避免搅动受污染的沉积物，避免污染因子的扩散。

环保清淤具有设备大、效率高、节能、定位开挖精度高、防止渗漏和超挖不损害原生土得优点；在清淤过程采用可靠的全封闭管道输泥技术，通过水泵沿河底抽吸，不会产生浑浊液体，对河流水体

和周围环境不会产生负面影响，同时消除了运输过程中淤泥散落和泄露的情况，防止运输过程中的二次污染等优点。

5 淤泥处理的工艺选择

5.1 淤泥处理的基本原则

对淤泥进行处理处置的过程必须按照“集约化清淤、无害化处理、资源化利用”的处置原则。无论是选择资源化利用还是现场处置，都要确保在清淤、运输、堆放和利用过程中，污染物不会排入周围水体，不会发生二次污染，造成地下水和地表水污染，同时，还可用于重污染底泥特别是重金属污染底泥的固化和固封处理，可用作城市建设的建筑材料和园林土壤，减少对土地资源的破坏，实现污泥和资源无害化利用的双重目标，改善城市人居环境。

5.2 管道搅拌脱水固结一体化技术工艺

在淤泥固化工艺设备系统中，搅拌设备和固化剂供给设备是该系统的核心设备(统称搅拌设备单元)。固化剂必须能够固封淤泥中的有害物质，改善淤泥土质成分的物理性质，才能达到“无害化”和“资源化”的目的，充分搅拌淤泥和固化剂并按规定供应是非常重要的。如广峨眉沙岛、大蚝沙岛淤泥处置及生态旅游项目(一期淤泥处置)工程。

广州市河涌沉积物主要来源于地表径流、工业废水和生活污水排放，以及大气沉降、部分河涌建筑垃圾和生活垃圾沉积严重，河流淤泥结构变化较大，在偏砂的客观条件下，广州市河涌淤泥的固化过程宜采用淤泥管道搅拌固化技术。所以城市河道常采用绞吸式挖泥船+输泥管输送方案，淤泥管道搅拌固化技术和设备主要是采用日本制造的管道搅拌机对淤泥进行搅拌固化处理。城市河涌淤泥的固化处理的工艺技术路线为：“清淤→船运→泵送上岸→贮泥池预处理→沉淀→砼泵→搅拌→堆放→资源利用”^[1]。

淤泥管道搅拌固化的工艺设备的关键技术要点：

- ① 将均质流动淤泥经管道搅拌机搅拌后与固化剂充分混合，让固化剂能够发挥高效作用而达到固化淤泥的目的；
- ② 能连续作业，自动化程度比较高，主体设备之间的连接是管道连接，容易实现半自动化施工；
- ③ 管道搅拌机采用单轴螺旋，设备前部分为螺旋推进，后部分为搅拌，推进和搅拌功能有机组合在一起，减少了占地面积，提高了效率；
- ④ 与管道搅拌机配套的主要设备粉料供应机的供料系统是连续计量供料的。保证了整个设备系统可连续运行要求。工艺流程如下图1所示：

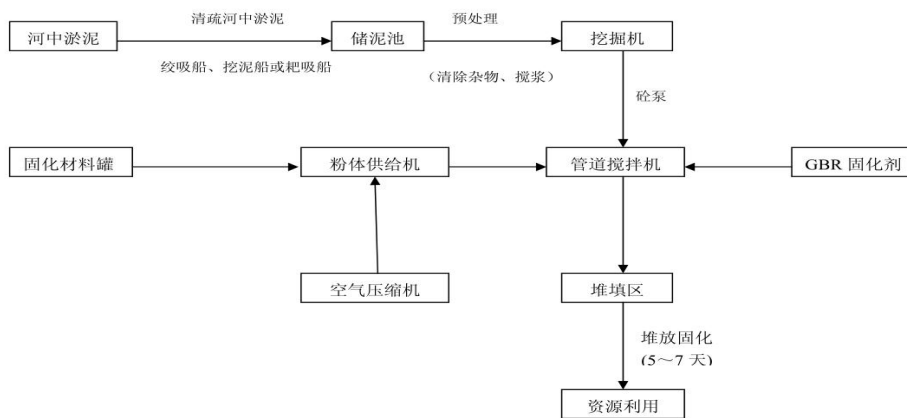


图1 淤泥管道固结工艺流程图

5.3 板框机脱水固化一体化技术工艺

根据长期工程经验所得，淤泥当中0.2mm以下粒径的淤泥占比例约50%，适用于高压脱水固结子系统进行处理。该技术已在广州市黄埔区沙涌、沙埠涌的等多处淤泥处理处置工程项目中得以应用和推广。

处理工艺流程：淤泥由环保清淤船及输泥管道通过车运或者是管道运输运往无害化处理处置厂，淤泥中的大块垃圾、树枝、石块等杂质并通过厂内的固定格栅对清除，当中分拣出的垃圾统一外运至指定的地点填埋；在浓缩池、均化池将泥浆与淤泥固化剂及重金属稳定剂混合，并加以搅拌均匀，改善了淤泥的泥质，提高其疏水性能，有效地钝化了淤泥中的重金属；经过调理调质后的淤泥（含水率约85%），通过进料泵，泵送至板框压滤机，用推土机将脱水后的淤泥推送至临时堆场，再由泥头车将脱水固化后的淤泥运往指定地点弃渣场，淤泥脱水过程中分离出来的水经处理达标到排放标准后加以循环利用或排放。

本淤泥处理处理工艺由除渣系统（除渣池）、调节系统（浓缩池）、调理系统（加药系统、均化池）、分离系统（压滤机）、尾水处理系统等组成。脱水干化产生的泥饼含水率 $\leq 40\%$ 。

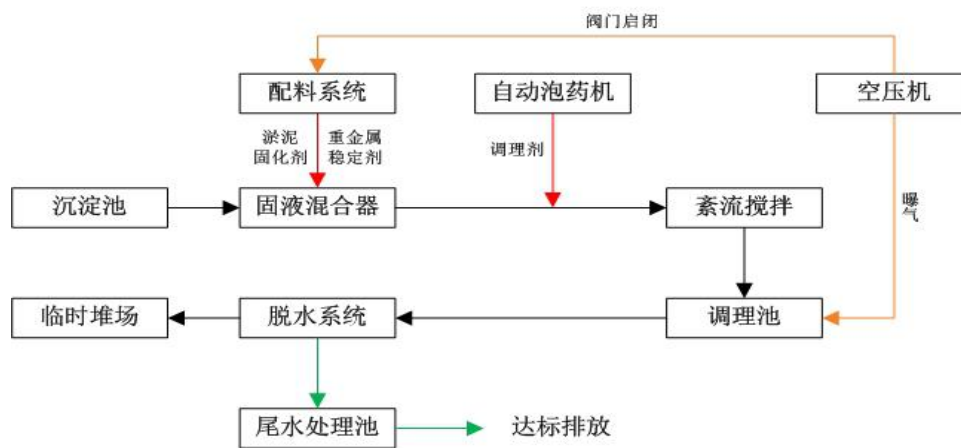


图2 机械固结工艺流程图

6 尾水处理工艺

本次淤泥处理方案产生的尾水包括浓缩池上清液（通过溢流管排至尾水池）和板框压滤机产生的尾水（通过泵送至尾水池）。

本工艺采用的方法为先对尾水进行酸碱中和法，并结合生物过滤法对尾水进行处理，其处理处置流程有：

步骤一酸碱中和：采用往尾水池投加酸性物质处理碱性废水，让两者中和，根据尾水的实际pH值确定加酸量，使尾水槽中尾水的pH值降至6—8。

步骤二絮凝及过滤：碱性废水中往往含有较多的悬浮物质，因此经酸碱平衡后，尾水将排放到生物滤池中，投加生物菌种进行处理。

该部分采用一体化设备进行处理，处理后的水满足排放标准。

7 资源化利用技术

本技术将河湖淤泥进行集约化、无害化和资源化处置和利用，最终将接受到的河道淤泥固化处理后达到指标后作为资源化使用。经过实测数据表明，固化后的淤泥土的PH值、含水率等各项理化指标

都达到标准要求，经过处理后的固化土具有一定的力学性质，其体积缩小到原来体积的60%以下，形成的泥饼遇水不泥化，达到了无害化处理的效果。可用作土地利用、制造填方材料和建筑材料方面的资源化利用。

8 结语

城市河湖环境中存在着一系列亟待解决的问题，尤其是河湖淤泥的处理。本固化技术是研究适合城市河湖淤泥资源化利用的固化技术，一方面可以解决广州河湖淤泥堆积和污染严重的问题，另一方面可以使淤泥固化成大量的城市建设用土，减少建设用土对土地资源的破坏。

环保清淤是一种很有利用价值的潜在技术，本技术在资源开发、环境保护生态提升等领域具有非常重要的现实意义，在解决我国其他城市同类问题方面具有广阔的应用前景和推广价值，实现了淤泥的无害化处理和资源的综合开发利用，使危害成为效益，缓解了日益严重的疏浚淤泥处理问题，解决了工程土壤短缺的问题，具有良好的环境效益和社会效益，值得推广和适应科学发展观和建设资源节约型社会的基本要求，有利于河湖生态系统的良性循环和社会经济的可持续发展。

参 考 文 献：

- [1] 陈永喜, 彭瑜, 陈健.环保清淤及淤泥处理使用技术方案研究[J].水生态环境与管理.2017(4).23-26.
- [2] 余天翔, 李化军, 曾学云, 杜和清.受污染感潮河道综合治理技术浅析[J].人民珠江.2010(2).43-44.
- [3] 任红星.环保清淤—河道清淤及淤泥的无害化处理[J].环境科学/食品科学.2009-03-24.162-164.

Dredging method and sludge treatment technology in tidal reach

CHEN Jitian

(GUANGZHOU LUOJIA ENVIRONMENT TECHNOLOGY CO.LTD, Guangzhou 510600)

Abstract:In recent years,with the acceleration of urbanization and the development of economic globalization,many rivers and lakes are seriously silted up,which directly affects the whole ecosystem and restricts the sustainable development of economy. In the process of construction and maintenance of water conservancy projects, a lot of silt will inevitably be produced.If dredged sludge is not treated and disposed in time, it will not only cause secondary pollution to the river water quality,but also affect the normal drainage function of the river.Therefore,dredging and desilting is an important measure to improve the flood discharge capacity of urban rivers.Taking the typical tidal reach of the Pearl River Delta as the research object,combined with the mature dredging technology points abroad and the actual engineering practice in China,the dredging technology for the purpose of improving water quality is proposed,and the technical points of sludge disposal are briefly described.

Keywords:Environmental protection dredging;tidal reach;river and lake pollution;dredging method;sludge solidification technology

陈吉甜 (1993-), 女, 广东省, 主要从事环保工程技术研发工作, 本科, 通讯地址: 广州市越秀区寺右新马路南二街18号广兴华大厦3楼, 电话: 020-31650412, 手机号: 15625120292, E_mail:525199707@qq.com.