

重金属污染底泥环保清淤 与稳定化资源化处置技术

彭瑜¹ 赖佑贤² 黄锦城²

(1. 珠江水利科学研究院, 广东 广州 510610;
2. 广州市水电建设工程有限公司, 广东 广州 510600)

【摘要】 本文以珠江三角洲感潮河道重金属污染底泥为对象,研究了重金属污染河道底泥环保清淤及稳定化资源化处置方案。“绞吸挖泥+机械脱水+固结”工艺系统的应用,实现了重金属污染底泥的减量化、稳定化、资源化处置路线。对河涌底泥环保清淤,快速脱水减量化,对环境不会造成“二次污染”,并对底泥中的重金属有效固化、稳定化,使主要重金属离子毒性浸出均匀,改性固结后可以作为建筑用土进行资源化利用。

【关键词】 重金属污染;底泥固结;稳定化;资源化

中图分类号: TV212.5

文献标识码: A

文章编号: 2096-0131(2017)02-0025-04

Environmental dredging of heavy metal contaminated sediment and stabilized recycling treatment technology

PENG Yu¹, LAI Youxian², HUANG Jincheng²

(1. Pearl River Water Conservancy Science Research Institute, Guangzhou 510610, China;
2. Guangzhou Hydropower Construction Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510600, China)

Abstract: In the paper, heavy metal contaminated sediment in tidal rivers of the Pearl River Delta is regarded as an object for studying plans for environmental dredging of heavy metal polluted rivers and stabilized recycling treatment. The process system of “cutter-suction dredging + mechanical dehydration + consolidation” is applied for realizing reduction, stabilization and recycling disposal routes for heavy metal contaminated sediments. “Secondary pollution” cannot be produced on environment through environmental dredging on river sediment, rapid dehydration and reduction. Heavy metals in the sediments are consolidated and stabilized effectively. Ion toxicity of main heavy metals can be leached. The sediments can be regarded as construction soil for recycling purpose after modification and consolidation.

Key words: heavy metal pollution; sediment consolidation; stabilization; recycling

1 引言

水体污染物易在底泥中累积和富集,并且底泥中的营养盐、重金属和难降解有机物(POPs)等污染物的质量浓度,往往要比上覆水体中相应污染物的质量浓度高很多^[1]。

对河道底泥中重金属污染的研究已经取得一些成果,但是其中大部分都集中在天然河道底泥重金属的释放和利用植物或微生物修复重金属的污染问题^[1-7],而对受重金属污染底泥的清淤以及清淤底泥的稳定化、资源化处置的研究较少。

重污染底泥成为了河道的内源污染。黑臭水体综

合治理中清淤工程是消除内源污染,修复水体生态的重要环节。黑臭水体整治又是海绵城市建设的突破口^[8]。

污染底泥量大,污染负荷重。怎样快速有效地清除底泥,不对环境造成“二次污染”,以及如何在无害化、稳定化基础上资源化处置,是目前黑臭水体治理中普遍关注的问题。

2 河涌底泥污染调查

通过对珠三角 200 多条城市河涌,600 多个采样点的调查分析,污染物主要包括无机有毒物和有机有毒

物。无机有毒物包括重金属、砷、氰化物、氟化物等;有机有毒物包括苯酚、多环芬烃、PCB、有机氯农药、石油产品等。

本次主要是针对广州市河涌重金属污染底泥进行研究,其重金属污染物主要包括镉(Cd)、汞(Hg)、铅(Pb)、铬(Cr)、砷(As)、铜(Cu)、锌(Zn)、镍(Ni)8种有毒有害元素,其对水生生物和人体健康有较大危害。河涌底泥重金属含量虽然差异较大,但都超过了广州市土壤背景值的重金属含量值。河道底泥重金属含量见表1。

表1 河道底泥重金属含量

单位:mg/kg,以干重计

项 目	Cd	Hg	Pb	Cr	As	Cu	Zn	Ni
最大值	0.25	1.57	140	205	43.6	177	718	102
最小值	0.081	0.34	9.09	70.6	23.8	48.0	54.2	19.7
平均值	0.197	0.71	92.64	143.64	35.95	107.29	364.15	57.04
土壤环境质量二级标准 (pH<6.5)	0.3	0.3	250	150	40	150	200	40
农用污泥标准 ^①	5	5	300	600	75	250	500	100
广东省土壤背景值	0.056	0.078	36	50.5	8.9	17	47.3	14.4
广州市土壤背景值	0.144	0.161	47.08	60.35	—	21.81	62.04	—

①《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4284—84)酸性土壤上(pH<6.5)最高容许含量。

通过对 15 个底泥样品重金属进行实测分析,采用《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)二级标准评价,汞(Hg)、锌(Zn)和镍(Ni)平均含量超标,其中汞平均值为二级标准的 2 倍。采用广州市土壤背景值评价,所测的 8 种重金属:镉(Cd)、汞(Hg)、铅(Pb)、铬(Cr)、砷(As)、铜(Cu)、锌(Zn)、镍(Ni)均超过了广州市土壤背景值。其中汞(Hg)、锌(Zn)和镍(Ni)高出背景值 2~3 倍。故对河道重金属污泥底泥进行环保清淤并稳定重金属是必要的。

底泥重金属分为水溶态、离子交换态、碳酸盐结合态、铁锰水合氧化物态、有机质硫化物结合态和残渣态等 6 种形态,重金属的稳定化是必须要解决的问题。

3 底泥处理原则、固化机理及现阶段研究情况

3.1 底泥处理的原则

底泥处理的四个原则为“减量化、无害化、稳定化、

资源化”。

减量化:指泥水分离,降低淤泥的含水率,及分沙减量化。

稳定化:底泥中含有大量的有机物及重金属元素,经过处理将易腐败的部分有机物分解转化;同时经过处理后重金属元素稀释钝化,由非稳定态向稳定态转化。

无害化:需要经过处理杀灭淤泥中的病原菌、寄生虫卵及病毒,提高淤泥的卫生指标。

资源化:大量的淤泥化害为利,变废为宝,实现淤泥的资源化利用。

3.2 底泥固化、稳定化机理

重金属固化稳定化的机理:稳定化技术是从改变重金属污染物的有效性出发,调节和改变重金属在底泥中的物理化学性质,使其产生吸附、络合、沉淀、离子交换和氧化还原等一系列反应,降低其生物有效性和

可迁移性。

固定稳定化技术包括水泥固化、石灰火山灰固化、塑性材料包容固化、玻璃化技术、药剂稳定化。其原理是:固化剂与底泥充分混合,生成胶凝物质,黏结土颗粒;降低土孔隙中的动电电位,促使黏土颗粒凝聚;提高固化土系统的比表面积,促进水化反应;使其转化为新的晶体结构。最终达到“固化”底泥的目的。

3.3 底泥固结剂的研发与应用

国外研究开发的固化剂有美国的“路邦”、澳大利亚的 TR12、南非的 ISS(美国技术)、德国的“利路力”。日本的固化剂种类多,包括水溶性高分子凝聚剂、水泥改性土、GBR 等。本次研发了新型底泥专用固化剂。它是以工业废渣为主要原料的一种环保型的高强耐水固结剂。其特点包括:高吸水性,快速硬化各种底泥和残土;高固结性,能改良土壤团粒结构;有固化重金属作用;体现了“以废制废”的理念。新型固结剂的主要成分有矿渣、电炉钢渣、化学激发剂、高分子聚合材料等,是一种新型二元复合胶凝材料。

本次研发的固结改性剂以无机物为主,核心材料为高分子聚合剂,运用分子聚合、重金属吸附的原理。以大分子有机物与无机物,吸附,螯合金属粒子重金属粒子,并通过水化反应等化学反应改变淤泥的胶体结构,使淤泥转化为新的晶体结构,并使螯合体在稳定的晶格内固定不动,达到淤泥矿化稳定化的目的。

受污染底泥进行固结处理后,可减少底泥污染物的释放。将高含水率、低强度的废弃底泥转为可利用的资源。

4 环保清淤脱水固化工艺

4.1 环保清淤工艺

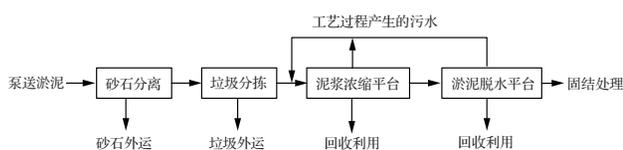
环保清淤在于清除重污染物和重金属含量高的表层沉积物,包括悬浮和半悬浮在底泥水土界面富含污染物质的“云团”,属生态工程。由于内源底泥污染物浓度高,底泥量大,为防止“二次污泥”,借鉴国外的经验,开发了“绞吸挖泥+机械脱水、固结”工艺方式,不占用土地资源,处理效率高,综合成本低,实现了重金

属污染底泥的资源化处置工程体系。

4.2 带式脱水工艺特点

机械脱水是一种很成熟的方法,在发达国家已被大量使用。自主研发的植毛带式底泥脱水机及河道淤泥脱水工艺流程适用于感潮黑臭河道的环保清淤。其植毛带式底泥脱水机已经实现了小型化、高效率、高产量、低能耗,并在佛山的罗村涌、东莞石马河、广州石井河、海口美舍河的环保清淤工程中得到应用。

河湖底泥清淤工艺流程包括河湖底泥疏挖、管道输送、沙石垃圾分离、分拣、药剂添加、底泥浓缩、底泥脱水、运输和场地运至临时堆土区,如下图所示。



带式机脱水固结一体化技术工艺流程图

河道淤泥脱水固结工艺的主要特点是:①针对河湖岸边复杂的地形条件,所有设备均可车载移动安装,快速作业,设备占地少;②底泥抽送、砂水分离、垃圾分离、机械脱水实现流水作业;③脱水后泥饼含水率可达到 50%~60%;④底泥脱水产生的排放水符合《污水综合排放标准》(GB 8976)的二级排放标准,避免二次污染。

5 底泥资源化处置

底泥虽然存量,污泥重,但基本还属于一般固废,资源化处置是其必由之路。

归纳国内外底泥资源化处置方式主要有工程利用、农用化利用以及建材化利用。

资源化处置路线要适合处置量大、生态环保、经济合理的要求。根据此思路,广州市在峨眉沙岛作为工程填筑用土处置了 200 多万 m^3 河道清淤的污泥底泥。也系统性地总结出了一套底泥作为工程用土资源化处理的参数。通过指标设定参数选择调配固结改性剂。

6 底泥处理处置效果评价

评价底泥的处理效果,是底泥资源化处置的基础。评价指标主要是无害化指标、重金属稳定化指标、工程强度指标、pH值等。下面对广州市河道清淤的重污染底泥的处理效果进行评价。

6.1 河涌底泥处置工程指标

广州市河道底泥的资源化方式是作为工程填土进行利用。要根据处置标准,达到地基填土要求,公路土要求指标见表2。含水率、pH值、承载比(CBR)检测方法宜采用《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)或等效的国家规定的其他规程和方法中的相关规定。

表2 广州市河涌底泥处置标准

项 目	5 天数据	28 天数据
含水率/%	≤55	≤40
承载比 CBR/%	—	>8
臭气[级(六级臭度)]	<2 级	<2 级
pH 值	6~9	

6.2 固化后底泥的无害化指标

底泥固化时产生的氨气对底泥中的病菌、寄生虫卵、病毒等有一定的杀灭效果,同时底泥的泥质结构的改变和无机质的包覆也会导致病菌、寄生虫卵、病毒等失活。主要采用《粪便无害化卫生标准》(GB/T 7959—2012)进行评价,评价结果见表3。

表3 固化污泥毒理实验

项 目	实测值	标准值
粪大肠菌群菌值	11.1	>0.01
蠕虫卵死亡率/%	100(未检出)	>95

注 标准参照《粪便无害化卫生标准》(GB 7959—2012)。

6.3 底泥固结稳定重金属

通过对广州市河涌底泥进行取样,固化剂固化处理后,按《固体废物浸出毒性浸出方法》(HJ/T 299—2007)进行检测,其结果见表4。

国内尚无有针对性的固化稳定化土壤修复的评价标准,目前国内普遍采用《污水综合排放标准》(GB

8978)、《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)及《地下水环境质量标准》(GB/T 14848),替代《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3)。固结后底泥7种代表性重金属离子毒性浸出均低于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅲ类水体规定的各重金属允许浓度,满足国家环境控制标准指标要求。

表4 河涌底泥固化体毒性浸出试验结果

重金属名称	Pb	Cd	As	Hg
浸出浓度/(mg/L)	<0.03	<0.004	<0.001	<0.0005
重金属名称	总 Cr	Cr(VI)	Cu	Ag
浸出浓度/(mg/L)	<0.20	<0.004	<0.01	<0.03

7 结 论

黑臭水体整治是海绵城市建设的突破口,清淤工程消除河道内源污染,是治理黑臭水体的重要环节。

河道底泥存量、污泥重,处理不当会造成“二次污染”。本文从污染底泥的减量化、无害化、稳定化、资源化出发,总结了一套环保清淤的工程方案和评价标准。使固结改性后的重污染底泥作为工程填土进行了资源化处置,实现了经济、高效、生态环保的要求。

参考文献

- [1] 阿伦 R J, 贝尔 A J. 水和沉积物中有毒污染物评估[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003: 13-140.
- [2] 楼紫阳, 宋立言, 赵由才, 等. 中国化工废渣污染现状及资源化途径[J]. 化工进展, 2006, 25(9): 988-9941.
- [3] 王明玉, 刘晓华, 隋智通, 等. 冶金废渣的综合利用技术[J]. 矿产综合利用, 2003, 6(3): 28-321.
- [4] 黄卫东. 含砷硫化渣的综合利用研究[J]. 有色矿冶, 2009, 25(4): 53-561.
- [5] 刘松林, 李江华, 孟文杰, 等. 硫化砷渣的资源化处理技术现状[J]. 磷肥与复肥, 2009, 24(4): 60-631.
- [6] 刘树根, 田学达. 含砷固体废物的处理现状与展望[J]. 湿法冶金, 2005, 24(4): 183-1861.
- [7] 李岚, 蒋开喜, 刘大星, 等. 加压氧化浸出处理硫化砷渣[J]. 矿冶, 1998, 7(4): 46-501.
- [8] 李柏林, 李晔, 汪海涛, 等. 含砷废渣的固化处理[J]. 化工环保, 2008, 28(2): 153-1571.