

疏浚底泥掺外加剂真空预压脱水技术研究

刘禹杨¹, 吴 燕¹, 胡保安², 张 铮¹, 刘 银¹

(1. 天津科技大学 材料科学与化学工程学院, 天津 300457; 2. 中交天津港航勘察设计院, 天津 300450)

摘要:太湖环保疏浚工程产生的高含水率疏浚底泥量日益增加,而且会造成十分严重的二次污染.为实现底泥的快速脱水,便于资源化利用,针对底泥疏浚工程的传统堆场处置方式存在的缺点,尽快脱除由于淤泥沉降作用积累的大量上清液,采用真空预压并加入高分子絮凝剂和脱水剂的方法进行疏浚底泥脱水.同时做了空白试验,测定了排水速率,检测出水水质.试验结果表明:掺外加剂试验组疏浚底泥的含水率在650 h内从76.0%降至46.5%,而无外加剂的空白组试验含水率只降至53.4%.所用脱水剂不与絮凝剂、淤泥和淤泥中的有机质等成分发生化学反应,对出水水质无明显影响,出水的浊度、 COD_{Mn} 以及pH值在废水排放的规范之内.所以,真空预压并加入高分子絮凝剂和脱水剂的方法能够实现快速脱水,同时保证出水水质.

关 键 词: 疏浚底泥; 脱水; 真空预压; 絮凝; 含水率

中图分类号: U616⁺.26

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2013)03-0078-05

我国幅员辽阔,河湖众多,污染物通过大气沉降、废水排放、雨水淋浴与冲刷等各种方式进入湖泊,沉积到底泥中并逐渐富集,在一定条件下重新释放到水体中,最后使湖泊底泥变成污染物的汇集地,即二次污染源^[1-4].由于底泥的含水率很高,为了实现底泥的资源化利用,同时减少对环境污染,底泥快速脱水就成为亟待解决的首要问题^[5-6].国内有许多内陆湖泊的疏浚工程通常采用堆场自然风干的方法通过晾晒蒸发去掉淤泥中多余的水分^[7-8],如杭州西湖、无锡五里湖的底泥疏浚工程^[9-10].但这种方法脱水时间长,占地面积大,易产生二次污染.此外疏浚底泥中含有大量植物生长所需的氮、磷、钾等营养元素^[11],属于含高有机质的淤泥质土,自然状态下固结过程缓慢,严重影响其资源化利用^[12].如果能开发新型脱水技术,向底泥中投加外加剂再与机械脱水方法相结合,不破坏底泥土壤颗粒结构以及不影响余水水质同时,实现快速脱水,将大大促进疏浚底泥资源化利用渠道的拓宽和进程加快.国外关于高含水率淤泥的脱水研究,如德国、俄国等有使用高分子絮凝剂脱水技术的相关报道^[13-14].本文采用絮凝剂及脱水剂与真空预压相结合的方法对太湖白鹿湾堆场的环保疏浚底泥进行脱水试验,同时与空白试验对比,通过对脱水速率的测定和对出水水质(包括浊度、 COD_{Mn} 以及pH值)的分析,考察该脱水方法的脱水效果以及对出水水质的影响.

1 疏浚底泥的脱水原理及方法

淤泥为亲水性负电粒子,其结构由土粒固体骨架和分布在骨架内的孔隙组成,这种高孔隙比的特性,使得淤泥具有很高的压缩性.淤泥在长期负压下会被压缩,淤泥颗粒聚集在一起堵塞滤水通道,滤饼容易发生板结,大大影响脱水速率.另一方面,细小孔隙中的部分水分不能完全通过一般机械脱水装置产生的压力脱除,仅仅采用机械脱水装置不能得到较低含水量的脱水淤泥.

利用高分子絮凝脱水是常用的城市污水脱水方法,其中的高分子絮凝剂是较长的线性结构,每个链段上都有对应的特定官能团,可以在同一高分子上吸附多个淤泥颗粒,还能够降低淤泥颗粒之间排斥势能,破坏体系的稳定结构,发生凝集沉降.但是,疏浚底泥含固率达30%以上,远高于城市污水(约0.02%),高分子

收稿日期: 2012-08-20

作者简介: 刘禹杨(1987-),男,天津人,硕士,主要从事精细化学品制备与应用研究. E-mail: luyg_8645@qq.com

絮凝剂虽然能够提高淤泥过滤速度,但不会改变淤泥的可压缩性,因此仅靠化学絮凝不能解决淤泥被压缩后产生的泥饼板结问题。

目前疏浚底泥干化方法主要有真空预压法、机械掺外加剂脱水法、堆场开沟排水法、电渗井点排水法。其中,堆场开沟排水用地面积太大,电渗井点排水工艺复杂费用昂贵,而添加絮凝剂与真空预压结合脱水只需要解决现场供电问题,由于其占地面积小,脱水速度快,故所需的费用不是很高。疏浚底泥属粉质黏土,渗水性能差,不太适合底部排水干化法,本试验采用一种物理脱水剂,使其与高分子絮凝剂以及真空预压相结合来实现淤泥顶部排水,避免了由于淤泥沉降作用积累的大量上清液难以脱除的问题。所用脱水剂不与絮凝剂、淤泥和淤泥中的有机质等成分发生化学反应,其中脱水剂 A 的物理结构为多孔轻质超微细粉体,具有较大的比表面积,具有很强的吸附性能,其化学结构以硅氧化合物为主,复配有弱碱水合氧化物的超微细粉体颗粒。脱水剂 B 为双官能团两亲性表面活性剂结构,可有效改善脱水剂 A 的分散悬浮性能,防止聚集和沉降。脱水剂的投加,可快速均匀地分散在淤泥体系中,形成骨架结构,并起到支撑输水通道的作用,降低泥饼的可压缩性,防止泥饼板结,在不改变淤泥土壤颗粒结构的情况下实现快速脱水。

2 试验介绍

2.1 试验材料及设备

试验所采用的疏浚底泥取自太湖白旄湾堆场,其他试验材料包括絮凝剂、脱水剂 A、脱水剂 B (为试验室自制试剂);高锰酸钾、草酸钠、硫酸(为购买试剂,分析纯)等。试验设备包括塑料原泥桶(容积 2 m^3)、铁质储泥箱(容积 4 m^3)、高压水枪、螺杆泵(G35-1型)、添加桶(包括隔膜式计量泵 JBB 型、添加搅拌机 BLD09-11 型)、真空排水箱(包括喷射装置 PPR-20 型、配用水泵 50FP-22 型)、浊度仪(美国 HACH 2100Q 型)、pH 计(PHB-1 型笔式)、沸水浴装置、250 ml 锥形瓶、50 ml 酸式滴定管、移液管。

2.2 试验步骤

试验分抽泥掺外加剂阶段和脱水阶段。抽泥掺外加剂阶段使用高压水枪将塑料原泥桶里的疏浚底泥冲刷稀释,将泥浆由螺杆泵抽送至铁质储泥箱(见图1)。储泥箱中的泥浆含水率为 76%。向掺外加剂桶加入絮凝剂并充分溶解于水中,将脱水剂 A、脱水剂 B 与水混合均匀注入另一添加桶中,2 个添加桶将外加剂分别加入管路中,增设一条管路直接将泥浆抽送至另一个储泥箱作为空白试验,2 组试验同时进行,保持 2 条管路流量相等,抽送底泥时同步掺外加剂,结束时外加剂也随之加完。

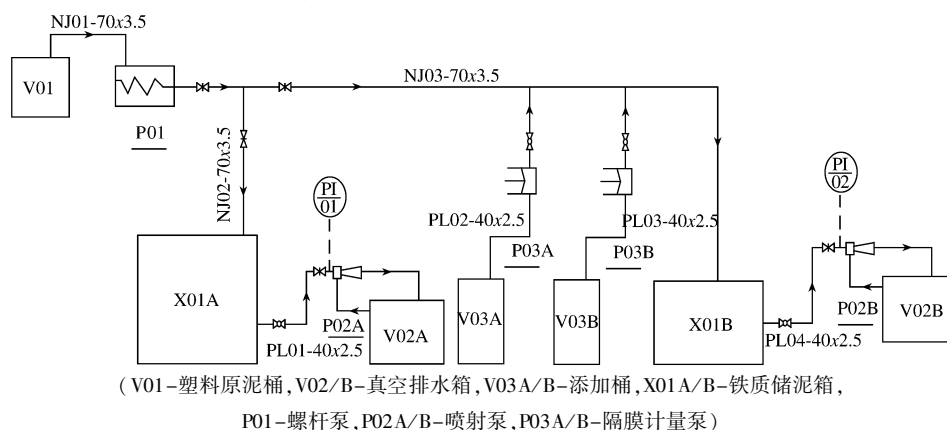


图1 工艺流程

Fig.1 Process flow diagram

储泥箱中设有竖直排水板,在淤泥的顶部铺设土工布,排水板穿过土工布与排水管连接,排水管上方铺设多层塑料膜密封。水分可从储泥箱中通过排水板导入排水管,随后冲送至真空排水箱。每天观测并记录

2 组试验排水箱中水面上涨高度,同时取样测定真空排水箱中出水的浊度、 COD_{Mn} 以及 pH 值。

使用激光粒度分析仪测定底泥粒径分布,烘干法测定底泥含水率,使用浊度仪和 pH 计分别测定出水浊度和 pH 值,酸性高锰酸钾滴定法测定出水 COD_{Mn} 。

3 试验结果与讨论

试验测得堆场底泥颗粒粒径大于 $50\ \mu\text{m}$ 的占 5%, $5\sim 50\ \mu\text{m}$ 的占 70%, 小于 $5\ \mu\text{m}$ 的占 25%。液限含水率为 36.9%, 塑限含水率为 21.6%, 渗透系数约为 $7.6\times 10^{-7}\ \text{cm/s}$ 。

3.1 脱水速率

图 2 为脱水速率(每天平均约抽水 10 h)、累积脱水量和储泥箱中淤泥的含水率随时间变化。

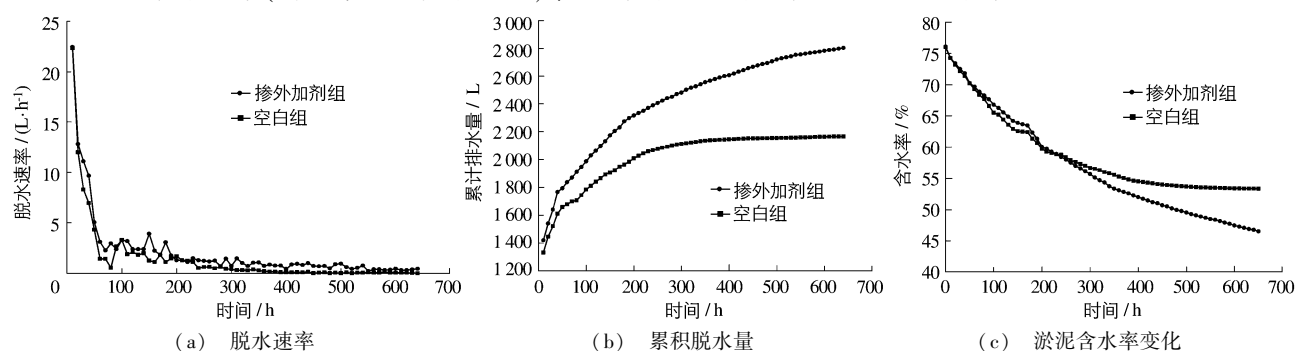


图 2 脱水速率、累积脱水量和淤泥含水率随时间的变化

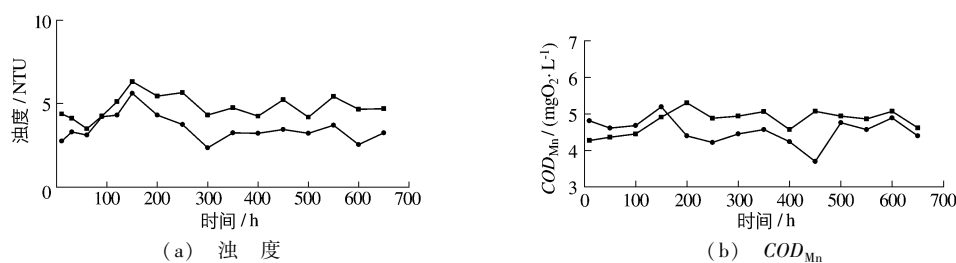
Fig. 2 Variations of dehydration rate, cumulative quantity of dehydration and water content of sludge with time

如图 2(a)所示,试验开始时 2 组试验脱水速率很快,达到 $22\ \text{L/h}$ 以上,前 50 h 内 2 组试验脱水速率骤降至 $5\ \text{L/h}$ 以下。参照淤泥含水率数据,如图 2(c)所示,含水率从 76% 快速降至 70%。这是由于淤泥沉降作用析出的大量上清液从顶端排水管快速排出,之后水分通过输水通道从下向上压滤析出的速度较慢,导致脱水速率大幅降低。脱水开始 230 h 内,水分主要以淤泥沉降析出上清液的形式排出,空白组淤泥压缩性较大,在负压沉降下泥饼压缩程度较高,因此淤泥含水率略低于掺外加剂组。230 h 后,脱水剂逐渐显现降低淤泥压缩性的效果,形成淤泥内部的骨架结构,保证水分通过输水通道仍以较快的速度排出,因此掺外加剂组在后期脱水速率能保持在 $1\ \text{L/h}$ 左右。而空白组在 230 h 后由于泥饼压缩致使输水通道堵塞,脱水速率骤降至 $0.6\ \text{L/h}$ 以下,并在 400 h 后已降至 $0.01\ \text{L/h}$ 以下。

如图 2(b)所示,掺外加剂组试验的累积脱水量以及出水增加幅度高于空白组。空白组试验在 300 h 后累积脱水量曲线趋于水平,脱水极为缓慢。同时,直到试验结束前,掺外加剂组累积脱水量曲线仍呈上升趋势,并未趋于水平,说明脱水剂对于保持淤泥内部输水通道的作用持久有效,如果继续排水可将淤泥的含水率降至更低。如图 2 所示,脱水 650 h 即试验结束时,空白组淤泥含水率为 53.4%,掺外加剂组淤泥含水率降至 46.5%。

3.2 出水水质

经水质检测,出水的浊度和 COD_{Mn} 见图 3。如图 3 所示,在 650 h 脱水时间内,2 组试验的出水浊度较低,基本稳定保持在 7 NTU 以下,掺外加剂组浊度值略低于空白组,可认为所掺外加剂对出水浊度无明显影响。在 650 h 脱水时间内,2 组试验的出水 COD_{Mn} 均在 $4\sim 6\ \text{mg/L}$ 之间,在污水综合排放标准 GB 8978-1996(一级标准为小于 $100\ \text{mg/L}$)之内。出水 pH 值情况:空白组平均为 8.41,掺外加剂组平均为 8.46,在污水综合排放标准 GB 8978-1996(6 到 9)之内。可认为所掺外加剂对出水 COD_{Mn} 以及酸碱性无明显的影响。

图3 出水的浊度和 COD_{Mn} Fig.3 Turbidity and COD_{Mn} of water

4 结 语

(1)采用絮凝剂、脱水剂与真空预压相结合的方法处理含水率为76%的环保疏浚底泥具有明显的脱水效果,在650 h内将含水率降低至46.5%,而不掺外加剂的空白组试验含水率只降至53.4%.

(2)在真空负压状态下,空白组的淤泥颗粒发生聚集,泥饼压缩板结,输水受阻,在300 h之后脱水缓慢,含水率难以继续降低;掺外加剂组所加入的脱水剂起到了保持淤泥颗粒间输水通道,防止泥饼板结骨架作用,所以后期脱水速率基本保持稳定,淤泥含水率持续下降.

(3)无论加或不加脱水剂与絮凝剂,其出水的浊度、 COD_{Mn} 以及pH值数值接近,均在废水排放的规范之内,对出水排放地的水质影响相似,可直接排放到外界.

参 考 文 献:

- [1] 宋崇渭,王受泓.底泥修复技术与资源化利用途径研究进展[J].中国农村水利水电,2006(8):30-34. (SONG Chong-wei, WANG Shou-hong. Advance in research on remediation techniques and resource utilization of polluted sediment[J]. China Rural Water and Hydropower, 2006(8): 30-34. (in Chinese))
- [2] 陈华林,陈英旭.污染底泥修复技术进展[J].农业环境保护,2002,21(2):179-182. (CHEN Hua-lin, CHEN Ying-xu. Progresses of remediation techniques for polluted sediment[J]. Agro-Environmental Protection, 2002, 21(2): 179-182. (in Chinese))
- [3] De MIGUEL E, De GRADO M J, LIAMAS J F, et al. The overlooked contribution of compost application to the trace element load in the urban soil of Madrid[J]. Sci Total Environ, 1998, 21(5): 113-122.
- [4] 李铁,叶长明,雷志芳.沉积物与水间相互作用的研究进展[J].环境科学进展,1998,6(5):29-39. (LI Tie, YE Chang-ming, LEI Zhi-fang. Advances of interactions between sediments and water[J]. Advances in Environmental Science, 1998, 6(5): 29-39. (in Chinese))
- [5] 刘贵云,姜佩华.河道底泥资源化的意义及其途径研究[J].东华大学学报:自然科学版,2002,28(1):33-36. (LIU Gui-yun, JIANG Pei-hua. Study on importance and approaches to the reutilization of river sediment[J]. Journal of Donghua University(Natural Science Edition), 2002, 28(1): 33-36. (in Chinese))
- [6] 刘林双,杨国录,王党伟.絮凝剂比例以及淤泥浓度对淤泥脱水速率的影响[J].南水北调与水利科技,2009,7(4):57-59. (LIU Lin-shuang, YANG Guo-lu, WANG Dang-wei. Effects of silt density and flocculent proportion on flocculent silt dehydration[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2009, 7(4): 57-59. (in Chinese))
- [7] 许平增.城市清淤设备淤泥脱水技术的探讨[J].建设机械技术与管理,2004(3):64-66. (XU Ping-zeng. Exploration on water-deprivation technology for urban silt removal equipments[J]. Construction Machinery Technology & Management, 2004(3): 64-66. (in Chinese))
- [8] 季冰,肖许沐,黎忠.疏浚淤泥的固化处理技术与资源化利用[J].安全与环境工程,2010,17(2):54-56. (JI Bing, XIAO Xu-mu, LI Zhong. Dredged mud solidification disposal techniques and resource [J]. Safety and Environmental Engineering, 2010, 17(2): 54-56. (in Chinese))

- [9] 邵玉芳, 何超, 楼庆庆. 西湖疏浚淤泥的固化试验[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2007, 28(5): 442-445. (SHAO Yu-fang, HE Chao, LOU Qing-qing. Stabilization of dredge silt from West Lake[J]. Journal of Jiangsu University(Natural Science Edition), 2007, 28(5): 442-445. (in Chinese))
- [10] 冉光兴, 冯太国. 对太湖疏浚底泥处置方式的思考[J]. 河湖管理, 2009(8): 30-32. (RAN Guang-xing, FENG Tai-guo. Thoughts on disposal methods for dredging sediment in Taihu Lake[J]. China Water Resources, 2009(8): 30-32. (in Chinese))
- [11] VESTBERG M, SAARI K, KUKKONEN S, et al. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil[J]. Mycorrhiza, 2005, 15(6): 447-458.
- [12] 梁启斌, 邓志华, 崔亚伟. 环保疏浚底泥资源化利用研究进展[J]. 中国资源综合利用, 2010, 28(12): 23-26. (LIANG Qi-bin, DENG Zhi-hua, CUI Ya-wei. Research progress in resource utilization of the dredged sediments[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2010, 28(12): 23-26. (in Chinese))
- [13] BUDDENBERG T, HERRMANN H, PAWEL H, et al. Method for accelerated dehydration of sludges, esp. rivers and harbor dredgings, in their disposal area using anionic polymer flocculants; WO, 2005019122[P]. 2005-03-03.
- [14] LOBANOV F I, SHTOPOROV V N, KURYATNIKOVA I V, et al. Method for dehydration of sediment; RU, 2275339[P]. 2006-04-27.

Research on dehydration technology of dredged sludge by admixture and vacuum preloading

LIU Yu-yang¹, WU Yan¹, HU Bao-an², ZHANG Zheng¹, LIU Yin¹

(1. College of Materials Science and Chemical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China; 2. China Communications Construction Company Tianjin Port & Waterway Prospection Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: The quantity of the dredged sludge with high water content produced by environmental protection dredging engineering in the Taihu Lake increases day by day, which has caused very serious secondary pollution. In order to realize the rapid dehydration and resource utilization of sludge, and the removal of the clear liquid produced by deposition as soon as possible, vacuum preloading together with adding of polymeric flocculent and dehydrating agent is used for dehydration of the dredged sludge in consideration of many drawbacks of the traditional methods for sediment dumping yard of dredging engineering. Blank experiments are made, and dehydration rate and water quality are determined. The experimental results indicate that the moisture content of an admixture group (i. e. dredged sludge admixing polymeric flocculent and dehydrating agent) can be reduced from 76% to 46.5% in 650 hours, and the moisture content of a blank group is only reduced to 53.4%. The dehydrating agent does not react with flocculent, sludge, organic matter and so on. The reagent has no significant effect on the water quality. The turbidity, COD_{Mn} and pH of the outflow water conform to the wastewater discharge standard, so the vacuum preloading method combined with polymeric flocculent and dehydration agent can realize the rapid dehydration and keep the outflow water quality at the same time.

Key words: dredged sludge; dehydration; vacuum preloading; flocculation; water content