

大型暂存污泥库区污泥绞吸出库技术应用研究

彭 鹏

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:国内市政污泥因历史问题临时覆膜密闭堆放的问题屡见不鲜。某暂存污泥库区需要将污泥取出后进行干化处理送至电厂焚烧,以解决环保问题,恢复暂存场地土地使用功能。取泥过程易发生臭气外泄,产生二次污染及作业安全问题。采用绞吸技术,可以在全封闭状态下完成污泥绞吸至污泥干化设备,通过牵引实现绞吸装置的膜下移动进行大部分污泥的绞吸出库。在绞吸完成后紧随进行清库作业,直至库区污泥全部取出。通过实践验证,绞吸出库相对常规挖泥工艺有快速、环保、出泥含水率受控等优势,可为类似项目提供参考。

关键词:暂存污泥;不揭膜;绞吸;取泥;干化

中图分类号: X703

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)09-0275-04

0 引言

随着中国经济快速发展和城市化水平不断提高,生活污水排放量日益增多,污水收集处理率和处理深度也不断提高。由于国内污水厂建设运行长期存在“重水轻泥”思想和技术资金短缺的情况,导致大量污泥经简单机械脱水后简易填埋或堆存,形成了众多的污泥暂存库区^[1]。

某污泥暂存库区共有118个污泥暂存库,库内共存有124万m³市政污泥,含水率分布范围为74%~90%。单个污泥暂存库尺寸为120m×30m×5m,库容约为1万m³。库区底部和顶部均铺设HDPE防渗膜形成密闭环境,以避免产生污泥或渗沥液渗漏至周边土体和污泥臭气散逸问题。按照环保要求,需要将所有污泥取出后进行干化处理,将含水率降低至30%后送电厂进行掺烧。

污泥暂存库区内污泥来源复杂且垃圾杂质较多,导致污泥性质复杂。污泥暂存库处于固废基地内,周边环境承载力较为脆弱,周边环境敏感,臭气控制要求严格。每个污泥暂存库为独立单元,各单元之间场地狭小、通道窄。综合上述原因,污泥暂存库区污泥出库计划采用绞吸工艺,通过密闭管道输送至脱水干化场进行脱水和干化处理。

1 绞吸方案与作业实施情况

1.1 污泥绞吸流程

绞吸工艺源于河道、海底疏浚作业,其原理为:

收稿日期:2022-12-29

作者简介:彭鹏(1983—),男,硕士,高级工程师,从事水务环境工程技术工作。

通过转动绞刀破碎绞松土体,与水混合成泥浆,经过吸泥管吸入泵体并经过排泥管送至排泥区域。经改造、缩小后的绞吸系统用于污泥出库作业。绞吸作业流程为:施工准备→场地建设→覆膜开口、绞车安装→穿引缆索→绞吸装置吊装入库→覆膜开口临时封闭→膜下绞吸→清库揭膜→库区回填。

1.2 绞吸系统组成

绞吸系统主要由绞吸装置、高压冲水装置、自由移动装置、潜浮装置和自动控制装置组成。其中,绞吸装置、高压冲水装置和潜浮装置为膜下作业设备,自由移动装置、自动控制装置为岸上作业设备。

1.2.1 绞吸装置

绞吸装置包括绞刀装置和泵吸装置。绞刀装置主体为搅动刀头,通过搅动转速调整切割不同含水率的污泥。绞刀装置外形采用梭形设计,上下表面光滑,确保在水平方向行进过程中不破坏上部覆膜和污泥坑底部防渗膜。同时在装置控制系统中设定水平方向施工边界和装置四周加装侧膜防护块,确保装置绞刀运转时不破坏污泥坑四周防渗膜。

泵吸装置主要为泥浆泵,可将绞刀装置绞动切削的污泥泥浆抽吸至输送管道并形成输送压力,泥浆泵转速均可根据泥浆浓度实现自动调节,以达到稳定的泥浆浓度输出。

1.2.2 高压冲水装置

高压冲水装置将水流高速射出,混合搅动绞出污泥,使污泥迅速形成含水率95%左右的污泥浆。高压冲水装置使用水体为后端污泥干化所产生的污泥滤液,经简单沉淀、酸碱中和处理后循环利用,以降低水资源的使用。

1.2.3 自由移动装置

在污泥暂存库边安装4台电动绞车,配置电机功率适应的变频电机。分别固定污泥池的边的四角,通过控制收放4台绞车的钢丝绳来实现平台的横向和纵向移动。4台绞车通过在控制室的遥控手柄和触摸屏来控制,平台的位置可以通过监控画面来观察。

自由移动装置搭载定位设备和倾角传感器,可实现泥下精确定位和姿态显示。依靠库区周围四角牵引装置通过牵引钢索牵引绞刀装置进行平面移动,实现无死角绞吸污泥。自由移动装置具备手柄控制和自动控制相互切换功能,稳定的工况下可按照设定的轨迹自动绞吸。绞刀装置发生堵泵等故障时,可切换至手动控制,将绞刀装置牵引至位于污泥库区出口检修区进行检修。

1.2.4 潜浮装置

潜浮装置主要用于调节水舱,可自动通过调节压载水的方式使绞刀装置潜浮至合适绞刀的泥层进行绞刀作业。

1.2.5 自动控制装置

监控系统实时收集绞吸作业的过程数据,包括泥浆流量、压力,冲水泵水量、压力,水下绞吸装置的位置、水下姿态的监测。监控系统可通过远程或就地对绞吸装置进行控制,实现自由移动装置、潜浮装置的使用。监控系统同时可远程对液压泵站、冲水泵进行启停控制,对液压系统、变频器及泵机等设备状态的监测报警。

(1)绞吸装置的监控。绞吸装置由液压系统驱动。液压站需具备遥控电气接口,通过控制器实现液压系统、绞刀、泥泵的远程启动、停止等功能。同时通过安装传感器,可监测泥泵、绞刀和液压站的状态^[2]。

(2)高压冲水装置的远程控制、状态监控。高压冲水装置需具备电气接口,通过控制器实现远程启动、停止等功能。同时通过安装传感器,可监测冲水泵的流量状态。

(3)自由移动装置的远程操作。如图1所示,通过污泥暂存库边的4台绞车控制移动平台(膜下绞吸装置)横向和纵向的移动/联动,实现膜下移动施工,达到绞吸目的。

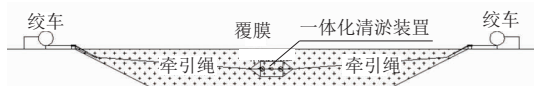


图1 绞吸作业示意图

单控:单独控制绞车的正、反转,用于卷缆、维修等场景。

联动:左收右放(左移)、右收左放(右移),4台绞车以同步速度一收一放,实现平台横向移动操作;上收下放(上移)、下收上放(下移),4台绞车以同步速度一收一放,实现平台纵向移动操作。

(4)绞吸作业过程监测。在泥泵出口管路上安装流量、排出压力等传感器,实现过程状态监测。在膜下绞吸移动平台安装倾角传感器,实现平台姿态监测。在4台绞车滚筒上安装绝对值编码器,实现滚筒绳速、绳长监测。在4台绞车电机上,必须预安装增量编码器。编码器接入绞车变频器,进行恒张力控制。通过滚筒编码器综合计算可以得出水下绞吸平台的平面位置。在显示器上可直观显示绞吸过程中的流量、压力、水下装置位置、姿态及移动控制等情况,便于更直观、简单地进行控制。

(5)视频监控系统。在污泥绞吸出库作业现场,根据同步作业的污泥暂存库范围,配置相应数量的摄像头,对现场作业进行视频监控。数据通过5G网络、光纤,传输至监控中心。

1.2.6 其他装置

穿缆装置具有流线型外形,配备了多个推进器,可在泥下运动,牵引细绳索从膜下一个孔至另一个孔,通过细绳索带动钢丝绳完成孔之间的泥下穿越,完成绞吸装置和岸上牵引装置的连接,以相同方式完成绞吸装置的管缆和管缆收放装置的连接。穿缆装置配备了多种传感器,可检测穿缆装置的位置、深度等,同时记录行驶路径。

管缆收放装置可根据泥下绞吸装置的位置自动调节管缆的回收或送出,以确保泥下合理的管缆长度,避免过长缠绕和过短阻碍绞吸装置推进的问题。管缆收放装置出绳口设置冲水管,用于冲洗管壁污泥。

绞吸系统还配备高强度电缆、排泥软管、接力泵站等辅助设备。电缆及排泥管绑扎在一起,通过管缆收放装置牵引,跟随绞吸装置移动。

1.3 现场实施情况

绞吸装置设计清水流量 $600\text{ m}^3/\text{h}$,实际95%含水率污泥浆流量约 $300\text{ m}^3/\text{h}$,折合80%含水率污泥产量约 $75\text{ m}^3/\text{h}$,日工作时间按8h计算,单套设备日产量为 600 t/d 。

实际投入设备4套,实际平均日处理能力 $1\ 900\sim 2\ 400\text{ t/d}$,保证了施工总体进度。

2 出库现场布置

由于污泥暂存库区每个污泥暂存库均为一个独

立的施工单元,各单元间隔宽度2~6 m不等,多个单元同时作业施工时需避免交叉施工的影响,特别是自由移动装置的布置和排泥管、高压冲水管道的布置。相邻作业点可共用除杂池,通过除杂格栅隔离过滤污泥浆中的杂质,如图2所示。

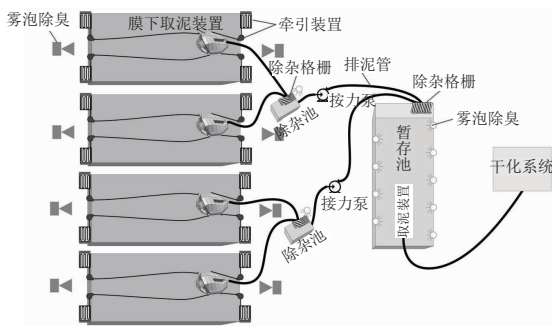


图2 现场布置示意图

2.1 便道布置

场地利用库区现有间隔区域进行通道布置,通过铺设钢板、路基箱进行拓宽加固处理,道路宽度5 m,承载力可满足设备运输和施工基本要求。

2.2 岸上设备布置

岸上设备主要包括自由移动装置、自动控制装置,主要布置于库区中间由东往西的主工作便道边,配置的管道线路随处理的污泥暂存库位置变化而调整。岸上设备工作位置的场地平整后,整体浇筑30 cm厚C30混凝土,作为设备基础。

2.3 污泥浆调节池

根据需要施工的污泥暂存库的位置,选择场地中心区域原有的一个浜塘,进行抽水、清淤、铺膜,形成一个14 000 m³的污泥浆调节池,用于绞吸取出的污泥浆调节,确保设备检修期间、夜间等特殊时段,后端污泥干化处理能够连续运行。

2.4 现场施工用电

施工用电引自国家电网提供的临时施工电源,现场设置变电站一处,现场电源由变电站接入,容量为2 500 kV·A。另外,现场配备1台640 kW静音性柴油发电机组作为应急供电措施。

2.5 现场临时用水

现场临时用水主要为生活用水和设备冷却用水,采取临时运水车运输市政用水至项目现场。现场设置10 m³临时储水罐等设施进行储存和使用。

2.6 现场施工排水

现场污水主要为设备检修维保冲洗用水,通过集水箱,定期排入待处理的污泥暂存库区膜下,与污泥混合后一并处理。

2.7 接力泵站设置

由于污泥浆输送至干化处理区域最远距离为1 900 m,需在主输泥管道上增设接力泵。接力泵站设置于泵前压力为0.1 MPa处,约10 m水头。经计算 $L=503.86$ m,即需按照500 m输送距离配备相应的接力泵站进行污泥浆输送。

3 清库揭底膜方案

3.1 清库工艺安排

每个污泥暂存库在污泥绞吸至基本完成,底膜表层厚度约20 cm的浮泥及污泥中垃圾杂质已无法通过绞吸装置取出,且顶膜部位一般会出现约4 m大幅度下陷时,需要紧随进行清库作业。清库作业主要采用长臂挖机集成绞吸头的方式进行底部污泥的清理。该方式具有可视化、移动方便、清理能力强、堵泵后易清理、开膜口小等优点。库底清理时采用分条分区块进行清理。

清库作业前先对暂存库之间的便道的宽度、转弯半径、承载加固情况进行检查,确保满足挖掘机和土方车辆行走需要。清库作业首先进行局部切割开膜作业,开膜口大小为6 m×30 m。

开膜完成后,从开膜口将集成绞吸头送入库区进行可视化快速清除残余污泥后,最后对残存垃圾杂质进行冲洗作业。长臂挖机臂长25 m,展开后能直接清理至库区底部中间位置。待该部分库底清理完毕后,移至下个分块进行库底清理作业,直至完成整个库区的清理工作。全部清理完成后,将冲洗后的垃圾杂质挖运出库。最后人工揭除底膜,并切块叠放,最终交专业回收单位回收处理。

3.2 臭气控制

清库作业中产生的臭味物质一般有以下四类:(1)还原性硫化物,如硫化氢(H₂S)、甲硫醇(CH₃SH)、有机硫化物(CH₃-S-CH₃)等;(2)氮化物,如氨(NH₃)、胺化物(CH₃NH₂)等;(3)挥发性脂肪酸,如醛和酮^[3]。臭气控制工作主要分为3个部分进行:

(1)控制臭气源头,减少臭气泄露点面积。在施工过程中,开膜口形式为分块划区、逐步开膜,清理完成一个区域再进行下一个区域的开膜。最大限度减少开膜口的大小,控制臭气泄露点的面积,减少臭气泄露量。

(2)控制臭气扩散,及时除臭。在施工作业时,开膜口附近布设一台移动雾炮喷射除臭药剂(空气净化宝及植物提取液)。该雾炮喷射半径为20 m,能有

效覆盖施工时的开膜区域,其余区域进行封闭,有效控制臭气扩散。

(3)出现大规模臭气泄露时,通过大功率雾炮车对扩散范围进行紧急除臭。雾炮车静风覆盖距离50 m,确保厂界范围内臭气浓度符合《恶臭(异味)污染物排放标准》(DB 31/1025—2016)要求^[4]。根据需要备用措施采用在清库作业的污泥暂存库周边布设立杆式喷淋设施,以将臭气有效控制开膜库区范围内。

3.3 雨天措施

清库作业如遇降雨天气,立即用防雨篷布及塑料薄膜对开膜区域进行遮闭,防止雨水进入。在周边加设挡水设施,防止外部水倒灌。同时采用抽水设备对膜上积水进行应急抽排。

3.4 垃圾清理措施

污泥暂存底部在清库作业末期一般会残留垃圾杂质,多为石块、建筑垃圾、土工布、塑料织物等。此类垃圾无法通过绞吸装置处理,需改用挖掘机进行清理。清理时在已开膜分区内将垃圾先归堆集中,利用高压冲水系统对垃圾进行冲洗,清除表面大部分附着的污泥。再使用挖机铲斗焊接刮板对归堆垃圾杂质进行出库外运。刮板前端利用软性橡胶包裹,防止损坏底膜。

4 安全管理措施

所有现场施工人员必须佩戴正压式呼吸器、防护手套等劳防用品。同时在作业周边配备便携式复合气体检测仪,随时监测有毒有害气体浓度。

清库作业阶段需要在污泥暂存库四周设置警戒围栏,防止人员跌入。

开膜时应先测量好开膜范围,在膜上做好开膜标记。开膜时严格按照开膜范围进行开膜,不得私自扩大开膜范围。开膜时应先划短边,再根据短边长度通长开膜。开膜时应缓慢开膜并随时监测有毒有害

气体浓度,避免快速划开后,膜口附近有毒有害气体急剧上升,造成安全隐患。

库区膜上积水需及时抽排,膜下污泥厌氧发酵后产生的气体需要定期抽取后集中处理,防止造成膜损坏。

清库完成后需要及时土方回填,以避免库区滑坡。

5 结语

暂存污泥处理是目前国内常见的环保工作任务。在污泥取出的过程中既要满足后端处理接收的需要,又要避免对环境造成二次污染,因此需要结合污泥特性、暂存的情况综合考虑取泥方案。通过研发污泥绞吸系统,并采用绞吸方法在不揭膜的情况下进行大规模取泥,结合清库阶段实施的相应除臭措施,保证了整个作业过程环境因素受控,实现了工程目标。绞吸出库过程中有以下注意要点:

(1)作业过程中应通过遮盖、挡水、抽水、降水等措施做好库区周边的排水降水工作,以免地下水和雨水混入,造成污泥浆总量增加。

(2)污泥绞吸作业与清库作业应及时衔接,在绞吸出泥量不连续的状态下应及时分析原因,具备清库条件时及时切换作业设备,避免时间过长顶膜下陷后拉动顶压土体松动坍塌。

(3)清库作业应分区分块,稳步推进,每个作业面暴露不宜超过180 m²,避免大面积暴露后造成臭气外泄无法控制。

参考文献:

- [1] 占鑫杰.市政污泥的化学调理和真空预压联合作用固结机理及应用[D].杭州:浙江大学,2015.
- [2] 斯庆高娃.城市内河中绞吸式挖泥船疏浚施工技术研究[J].舰船科学技术,2018(8X):169-171.
- [3] 杨燕华,等.得利满水处理手册[M].北京:化学工业出版社,2021.
- [4] 姜明吉.浅谈城市污水处理厂污泥处理技术现状[J].净水技术,2022,41(S01):8-12.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com