

通沟污泥多级分离处理工艺改进及工程设计

阎轶婧

(同济大学建筑设计研究院<集团>有限公司, 上海 200092)

摘要: 针对通沟污泥含水率高、组分复杂的特征,上海市闵行区通沟污泥处理工程借鉴浦东新区已建成的多级分离工艺的设计运行经验,将通沟污泥中粗大物质(粒径 $>10\text{ mm}$)、可沉砂砾(粒径为 $0.2\sim10\text{ mm}$)、矿化物质(粒径 $<0.2\text{ mm}$)、有机栅渣(粒径为 $2\sim10\text{ mm}$)分别分离出来。多级分离改进工艺根据污泥回用需求将污泥组分分别分离回收利用及处置;并通过初始污泥分离喂料,显著降低粗大物质分离和可沉砂砾的分离工艺的电耗和水耗,每日可节省 $20.7\text{ kW}\cdot\text{h}$ 电能和 193.5 m^3 冲洗水,实现了通沟污泥的减量化、无害化和资源化,可为通沟污泥处理处置提供借鉴和工程参考。

关键词: 通沟污泥; 减量化; 回收利用; 工艺优化

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)16-0045-05

Improvement and Design of Multistage Separation Treatment for Sewer Sludge

YAN Yi-jing

(Tongji Architectural Design <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Based on the characteristics of high water content and complex components of sewer sludge, the sewer sludge treatment and disposal project in Minhang District of Shanghai was constructed by referring to a design and operation experience of the multistage separation process in Pudong New District in Shanghai. The project improved the multistage separation process by further separation of the coarse substance ($>10\text{ mm}$), gravel ($0.2\sim10\text{ mm}$), mineralized material ($<0.2\text{ mm}$) and organic grid slag ($2\sim10\text{ mm}$). According to the demand of sludge reuse, the sludge components were separated, recycled and disposed respectively. Furthermore, the improved multistage separation process can significantly decrease water and energy consumption, by saving $20.7\text{ kW}\cdot\text{h}$ of energy and 193.5 m^3 of water per day. It could achieve the treatment goal of sewer sludge reduction, harmless and resourceful, which can provide further reference for the treatment of sewer sludge.

Key words: sewer sludge; reduction and treatment; recycling; process optimization

通沟污泥是排水管网中雨水和污水中部分易沉降物质在管道运输过程中沉积,经市政排水管网疏浚与清掏后形成的污泥^[1]。上海市每年通沟污泥产量大约有 $30\times10^4\text{ m}^3$,如果不能及时疏通清除管网淤泥,雨季这些沉积物将被大量冲入河道,进而沉积在河道底部,是导致水体黑臭的主要污染物来源之一。其中,被截留的污水中的有机物质在管道中沉积,导致污水厂进水有机物浓度降低,是城市污水

处理厂普遍面临的问题^[2];通沟污泥中的无机物质尚可用于市政路基建设和低档建材回用,可大大减少污泥处置规模;泥浆、杂物等垃圾和颗粒物,对离心机、带机、板框机等常规脱水设备磨损非常严重,不可简单采用常规脱水工艺进行处理^[3]。因此,通沟污泥的妥善处理是基于多目标、寻求新工艺的污泥减量化资源化的工程项目。

目前国内已建成通沟污泥处置工程有北京清河

通沟污泥处理工程^[4]、上海市浦东新区^[5]和长宁区通沟污泥处理工程^[6],分别采用多级分离工艺和水力淘洗处理工艺。其中,水力淘洗工艺无法将污泥中的颗粒物进行粒径分级,资源化利用程度较低,设备磨损率较高,现已停止运行。多级分离工艺通过洗涤转鼓、洗砂装置充分冲洗后分离成直径 >10 mm的粗大物质和直径为 $0.2\sim 10$ mm的砂,但无法将粒径 <0.2 mm的颗粒物(占总颗粒物数量的50%以上)与出水分离,造成下游泵站和管网沉积严重。

因此,将通沟污泥中有机物、大颗粒、细砂等成分分离,以分别进行处理处置,是市政通沟污泥减量化处理工程亟需解决的难题。上海市闵行区通沟污泥减量化处理工程在现有多级分离工艺的基础上,对进泥方式和洗砂装置出水进行工艺优化。

1 通沟污泥多级分离工艺

1.1 通沟污泥的性质

通沟污泥有机质含量较低,其平均含量约为17.2%,而无机质(灰分)含量占到了82.8%。污泥含水率与清通设备和作业方式有关,进泥含水率约80%~95%,pH值为7.1~8.5。污泥中粒径 >10 mm的物料约占25%~30%,粒径为 $0.2\sim 10$ mm的物料约占20%~25%,粒径 <0.2 mm的物料约占50%^[7]。

通沟污泥中主要污染物为有机物、悬浮颗粒和营养盐,各物质浓度见表1。

表1 通沟污泥进泥污染物浓度

Tab.1 Pollutants concentration of original sewer sludge

mg·L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	SS	总磷	NH ₃ -N
浓度	2 000 ~ 5 000	1 300 ~ 2 700	5 500 ~ 7 800	40 ~ 100	110 ~ 200

1.2 浦东新区多级分离工艺流程

浦东新区通沟污泥处理工程规模为60 t/d,采用多级分离工艺通过筛分+粗大物质分离和洗涤+沉砂分离和洗涤工艺,将其分为大型杂物、粗大物质(粒径 >10 mm,约3~6 t/d)、可沉砂砾(粒径 $0.2\sim 10$ mm,约2~5 t/d)^[5],处理所得干渣平均含水率为45%,但处理出水中矿化物质(粒径 <0.2 mm)含量较高,运行半年以来,泵站进水池已沉积约20 m³的砂粒,影响泵站正常运行^[6]。

浦东新区通沟污泥处理工程照片见图1、2。



图1 通沟污泥处理工艺

Fig.1 Sewer sludge treatment and disposal process



图2 通沟污泥分级处理出渣

Fig.2 Slag isolation by multistage separation treatment process

2 通沟污泥多级分离改进工艺

上海市闵行区通沟污泥减量化处理工程设计规模为60 t/d,污泥含水率为80%~95%。

在借鉴浦东新区通沟污泥工艺基础上,将初始污泥根据污泥成分分离喂料,并新增矿化物质(粒径 <0.2 mm)和有机栅渣(2~10 mm)的分离工艺,能将通沟污泥中粗大物质(粒径 >10 mm)、可沉砂砾(粒径为 $0.2\sim 10$ mm)、矿化物质(粒径 <0.2 mm)、有机栅渣(2~10 mm)分别分离出来,其工艺流程见图3。

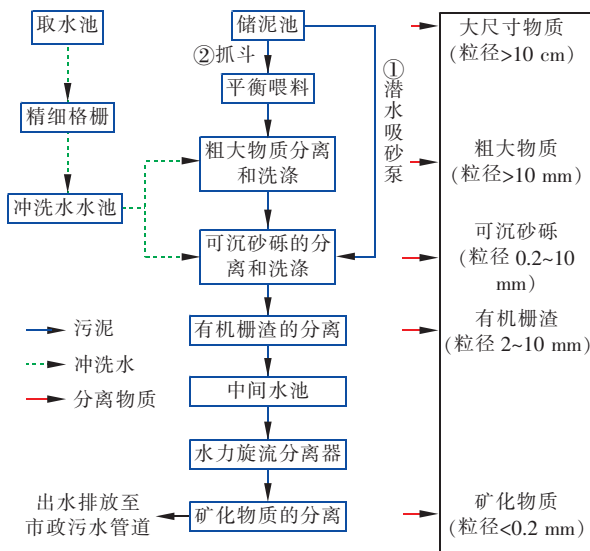


图 3 通沟污泥工艺流程

Fig. 3 Flow chart of sewer sludge treatment

① 进料接收、储存与平衡喂料

污泥清运车将通沟污泥倾倒入排入半地下通沟污泥储泥池,设计储泥量为 1 天污泥量,上覆水平振动筛网,将大尺寸的砖块、树枝等杂质分离。

通沟污泥含水率较高,污泥在储泥池中静置后污泥浓度分布不均匀。本工程在储泥池中增设钢格栅(格栅间距为 5 mm),将储泥池分隔为大颗粒物质沉积的浓缩池和小颗粒悬浮的取水池。浓缩池中的污泥通过抓斗起吊入喂料仓,经运输螺杆连续地将污泥喂入洗涤转鼓,进行洗涤分离;将满足粗大物质分离和洗涤处理目标的颗粒直接经取水池中的潜水吸砂泵输送至沉砂分离和洗涤工艺段处理。本工程工艺能够减少粗大物质分离和洗涤工艺段的处理时间,提高运行效率。

储泥池改进工艺见图 4、5。

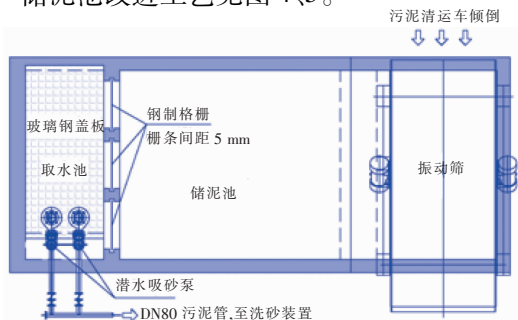


图 4 储泥池平面设计

Fig. 4 Graphic design of sludge tank

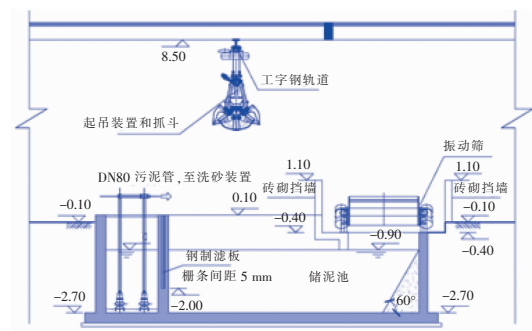


图 5 储泥池立面设计

Fig. 5 Elevation design of sludge tank

② 粗大物质分离和洗涤

喂料仓转输的污泥进入洗涤转鼓进行匀化和软化处理。洗涤转鼓设计筛孔孔径为 10 mm,过筛通量为 $6 \text{ m}^3/\text{h}$,冲洗水需水量为 $34.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 。洗涤转鼓能将通沟污泥内所有孔径 $>10 \text{ mm}$ 的物料分离取出,并将粘附在大颗粒物质上的有机组分冲洗下来,出渣满足《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008),可至填埋场填埋。

③ 可沉砂砾的分离和洗涤

储泥池经砂水提升泵转输的砂水混合液,以及洗涤转鼓分离冲洗得到的砂水混合液,通过管道接入洗砂装置。洗砂装置设计砂水混合液的进料流量为 16 L/s ,最大固体物质处理通量为 3 t/h ,冲洗水需水量为 $11 \text{ m}^3/\text{h}$ 。洗砂装置通过附壁效应产生高效固液分离机制,砂水混合液与装置底部引入上冲水流,在箱体底部形成流化砂床,实现有机物和矿化物的分离,粒径 $>0.2 \text{ mm}$ 的无机砂砾分离效率可达 95%^[5]。

④ 有机栅渣的分离

洗砂装置上部溢流液连同有机物作为液体通过 DN300 不锈钢管排入精细过滤装置进行深度过滤处理。精细过滤装置设计筛网孔径为 1 mm,过筛流量为 19 L/s ,冲洗水需水量为 $4.2 \text{ m}^3/\text{h}$ 。精细过滤装置可去除污泥中的有机絮体,将污泥中砂砾、碎石表面活性有机物质与无机物质分离,分质处置,达到通沟污泥处置无害化的要求。

⑤ 矿化物质的分离

精细过滤装置处理后滤液进入中间水池,经渣浆泵泵入水力旋流分离器进一步分离细砂。水力旋流分离器设计流量为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$,分离 $10 \mu\text{m}$ 以上砂粒的效率可达 90% 以上。超细颗粒物分离水力旋流器进液体在压力作用下沿切线方向进入水力旋

流分离器内,会在分离器内产生很高的离心力,比分离界限大的颗粒被压入向下运动的初级旋涡流,碰撞接触分离器内壁,然后向下进入下流液排放喷头。小于分离界限的颗粒则进入向上流动的次级旋涡流,与绝大部分液体一起沿旋流器中轴向上通过上流液口排出。

⑥ 冲洗水制备及处理

工艺冲洗水取自场地北侧河水,经精细格栅(栅间距为2 mm)过滤,防止堵塞洗涤转鼓和洗砂装置喷头,系统冲洗水需水量共计49.5 m³/h(洗涤转鼓34.3 m³/h,洗砂装置11 m³/h,精细过滤装置4.2 m³/h)。

⑦ 除臭系统设计

本工程喂料仓、洗涤转鼓、洗砂装置、水力旋流分离器等均为全密封装置,其他外露设备及水池经加罩进行臭气收集后,采用离子除臭设备处理臭气,并在设备间送离子风,离子除臭装置设计处理风量为10 000 m³/h,离子送风设备风量为20 000 m³/h。

3 多级分离改进工艺分析

3.1 分级处理产物的回收利用及处置

本工程多级分离改进工艺将粗大物质(粒径>10 mm)经分离洗涤之后,有机组分降低,对于填埋场的土壤环境污染大大降低或趋于无;可沉砂砾(粒径为0.2~10 mm)可作低档建材回收利用;矿化物质(粒径<0.2 mm)可用作市政道路路基回填砂建回收利用;有机栅渣(2~10 mm)可用于污泥堆肥,或作为污水厂的碳源补充至生化处理单元。本工艺将污泥组分按照回收利用需求进行分级分离,并将有机和无机组分进行分离,提高了污泥的回收利用率,增强了污泥的稳定性,减少了运输过程中滴漏、臭气等不确定因素对环境的影响。

3.2 储泥池分隔设计的物耗能耗分析

本工程将储泥池分隔设置,优先将满足粗大物质分离和洗涤处理目标的上层砂水混合液直接输送至洗砂装置处理,待储泥池静置污泥量减半后,启动污泥抓斗将污泥起吊至喂料箱至洗涤转鼓处理。分离喂料后,洗涤转鼓日处理量由60 t/d降低至30 t/d,运行时间由10 h降低至5 h,日节省电量11 kW·h;冲洗水用量削减50%,日节省冲洗水取水及处理量171.5 m³。分离处理亦显著降低了后续洗砂装置的处理总量,每日可节省电量9.7 kW·h,节省冲洗水22 m³,详见表2。因此储泥池分隔设计提升了

工艺的运行效率。

表2 改进工艺的物耗能耗

Tab.2 Energy and material consumption of improved process

项 目		浦东新区多级分离工艺	本工程多级分离改进工艺	
喂料方式		抓斗起吊	①阶段:潜水吸砂泵输送	②阶段:抓斗起吊
洗涤转鼓	处理量/(t·d ⁻¹)	60	—	30
	过筛通量/(t·h ⁻¹)	6	—	6
	运行时间/h	10	—	5
	冲洗水用量/(m ³ ·d ⁻¹)	343.0	—	171.5
	电耗/(kW·h·d ⁻¹)	22	—	11
分离物质粒径/mm		>10	—	>10
洗砂装置	泥水混合物进水流量/(m ³ ·h ⁻¹)	40.3	10.44	40.3
	运行时间/h	10	3	5
	冲洗水用量/(m ³ ·d ⁻¹)	110.0	33.0	55.0
	电耗/(kW·h·d ⁻¹)	48.5	14.55	24.25
	分离物质粒径/mm	0.2~10	0.2~10	0.2~10

4 结论

通过借鉴与改进多级分离工艺技术,将初始污泥根据污泥成分分离喂料,并进一步将矿化物质(粒径<0.2 mm)和有机栅渣(2~10 mm)分离出来,提升了工艺对污泥资源化和无害化的处理效能,实现了通沟污泥的无害化、资源化、减量化。

参考文献:

[1] 邹锦林,石广甫,曹伟华,等. 通沟污泥淘洗预处理及工艺参数优化研究[J]. 环境卫生工程,2011,19(2): 42-44.
Zou Jinlin, Shi Guangfu, Cao Weihua, et al. Elutriation pre-treatment technology of dredging sludge and optimization of its process parameters[J]. Environmental Sanitation Engineering, 2011, 19(2): 42-44 (in Chinese).
[2] 樊玲凤,胡家忠,欧亮. 城市污水处理厂进水浓度偏低原因分析及对策研究[J]. 环境科学与管理,2016,41(3):132-135.
Fan Lingfeng, Hu Jiazhong, Ou Liang. Research on low inlet concentration of urban sewage treatment plant and countermeasures[J]. Environmental Science and Management, 2016, 41(3): 132-135 (in Chinese).
[3] 庄敏捷. 上海市区排水管道通沟污泥处理处置探讨[J]. 上海环境科学,2010,29(2):85-88.
Zhuang Minjie. A preliminary study on treatment and disposal of sewer sludge in Shanghai urban area[J]. Shang-

- hai Environmental Sciences, 2010, 29 (2): 85 - 88 (in Chinese).
- [4] 李学义, 王冰, 高颖. 北京通沟污泥处理项目工艺介绍 [A]. 全国给水排水技术信息网 42 届技术交流会论文集 [C]. 海口: 全国给水排水技术信息网, 2014.
- Li Xueyi, Wang Bing, Gao Ying. Introduction of Beijing-Sewer Sludge Treatment Plant [A]. Conference of Technical Exchange Meeting of the National Water and Drainage Technology Information Network [C]. Haikou: The National Water and Drainage Technology Information Network, 2014 (in Chinese).
- [5] 杨新海, 卢成洪, 付钟, 等. 上海市长宁区通沟污泥处理工程方案研究 [J]. 环境卫生工程, 2009, 17 (6): 41 - 43.
- Yang Xinhai, Lu Chenghong, Fu Zhong, et al. Sewer sludge treatment project in Changning District of Shanghai [J]. Environmental Sanitation Engineering, 2009, 17 (6): 41 - 43 (in Chinese).
- [6] 缪斌. 上海市浦东新区通沟污泥处理处置工艺设计 [J]. 中国给水排水, 2015, 31 (8): 57 - 59.
- Miao Bin. Process design of sewer sludge treatment and disposal in Pudong New Area of Shanghai [J]. China Wa-

ter & Wastewater, 2015, 31 (8): 57 - 59 (in Chinese).

- [7] 马安卫, 黄慧, 王洁琼. 上海市浦东新区通沟污泥处置新工艺探讨与研究 [J]. 中国给水排水, 2015, 31 (18): 28 - 30.

Ma Anwei, Huang Hui, Wang Jieqiong. Discussion and research of new technology about sewer sludge in Pudong New District, Shanghai [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31 (18): 28 - 30 (in Chinese).



作者简介: 阎轶婧 (1988 -), 女, 上海人, 硕士, 工程师, 主要从事水处理技术研究、给排水设计及海绵城市设计工作。

E-mail: yanyijing1024@126.com

收稿日期: 2018 - 02 - 26

(上接第 44 页)

根据实际情况因地制宜选取消防给水系统。

参考文献:

- [1] 杨琦. 浦江双辉大厦给排水及消防系统设计特点简介 [J]. 给水排水, 2015, 41 (5): 61 - 69.
- Yang Qi. Design characteristics of plumbing system and fire extinguishing system in Pujiang Shuanghui Mansion [J]. Water & Wastewater Enigeering, 2015, 41 (5): 61 - 69 (in Chinese).
- [2] 汪赛奇, 黄晨. 珠海中交汇通横琴广场水消防系统设计浅析 [J]. 给水排水, 2016, 42 (11): 91 - 93.
- Wang Saiqi, Huang Chen. Design of water-fighting system in Zhongjiao-Huitong-Hengqin Square of Zhuhai [J]. Water & Wastewater Enigeering, 2016, 42 (11): 91 - 93 (in Chinese).
- [3] GB 50974—2014, 消防给水及消火栓系统技术规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- GB 50974 - 2014, Technical Code for Fire Protection Water Supply and Hydrant Systems [S]. Beijing: China Planning Press, 2014 (in Chinese).



作者简介: 陈少林 (1986 -), 男, 福建龙岩人, 硕士, 高级工程师, 华艺设计顾问有限公司机电设备事业一部经理, 研究方向为水资源利用与保护、建筑节能研究、建筑给排水设计及理论。

E-mail: chenshaolin@huayidesign.com

收稿日期: 2018 - 03 - 15