

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.10.013

环境友好型通沟污泥处理工程实践

王君如, 周传庭

(上海市城市建设设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200125)

摘要: 上海市金山区通沟污泥处理工程借鉴上海市其他通沟污泥处理站的运行经验, 针对超细砂(粒径 $<0.2\text{ mm}$)含量高且难分离的特性, 确定了水力旋筛+砂石分离工艺, 对污泥进行分级分离, 取得了良好的效果。将通沟污泥分离为粗大物质、矿化物质、有机栅渣和超细砂, 并实现资源化利用。工程采用生物除臭系统, 除臭效果满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)废气排放厂界一级排放标准和上海市地方标准《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB 31/982—2016)。

关键词: 通沟污泥; 水力旋筛; 砂石分离

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)10-0085-05

Practice of Environment-friendly Sewer Sludge Treatment Project

WANG Jun-ru, ZHOU Chuan-ting

(Shanghai Urban Construction Design and Research Institution <Group> Co. Ltd., Shanghai
200125, China)

Abstract: The sewer sludge treatment project in Jinshan District, Shanghai draws lessons from the operational experience of other sewer sludge treatment stations in Shanghai. In view of the characteristics of high content of ultra-fine sand (particle size less than 0.2 mm) and difficulty in separation, the hydraulic rotary screen and sand/gravel separation process is determined to separate the sludge, and good performance is achieved. The sewer sludge is separated into coarse material, mineralized material, organic grate slag and ultra-fine sand, and the resource utilization is realized. The biological deodorization system is adopted in the project, and the deodorization performance meets the first level emission limit at plant boundary specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002) and the Shanghai local *Emission Standard of Air Pollutants for Urban Wastewater Treatment Plant* (DB 31/982-2016).

Key words: sewer sludge; hydraulic rotary screen; sand/gravel separation

1 研究背景

随着环保要求的提高, 通沟污泥简单、原始的处置方式将逐渐受到限制, 越发面临出路难的问题^[1], 因此, 上海市于2010年启动建设了长宁区污泥处理处置试点站, 后续又建设了浦东区、闵行区、

杨浦区、虹口区、金山区等10余座通沟污泥处理站, 逐渐实现了通沟污泥减量化、无害化和稳定化处理及资源化利用, 以避免对土壤和水环境产生二次污染^[2]。

在上海市通沟污泥处理实践过程中, 逐渐明确

了以水力旋筛+砂石分离工艺作为通沟污泥处理的主要工艺路线。同时也总结了一些经验教训,如通沟污泥中超细砂(粒径 $<0.2\text{ mm}$)含量比较大,不进行分离处理将会导致下游泵站和管网淤积严重^[3];通沟污泥处理站产生的恶臭对周边环境影响恶劣,应强化除臭设计;通沟污泥处理站冲洗水应采用中水或者进行循环利用,以减少自来水或河道水资源的消耗量。在上海市金山区通沟污泥处理站工艺设计中针对以上问题采取了相应处理措施,可为其他类似工程提供借鉴。

2 设计参数

根据相关统计,2020年金山区排水管道总长1400 km。借鉴上海市其他区县排水管网养护的实际经验,以年通沟污泥产量为 $10\sim 14\text{ m}^3/\text{km}$ 计算,金山区通沟污泥产量约 $(1.4\sim 2)\times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$,日均产量约为 $44\sim 62\text{ m}^3/\text{d}$,本工程取 $60\text{ m}^3/\text{d}$ 。

通沟污泥含水率为80%~95%,通沟污泥中的固体废物可分为粗大物质(粒径 $>10\text{ mm}$)、矿化物质(粒径 $0.2\sim 10\text{ mm}$)、有机栅渣(粒径 $1\sim 10\text{ mm}$)、超细砂(粒径 $<0.2\text{ mm}$)。通沟污泥中污水主要污染物指标:SS范围为 $5\,500\sim 7\,800\text{ mg/L}$,COD范围为 $2\,000\sim 5\,000\text{ mg/L}$, BOD_5 范围为 $1\,300\sim 2\,700\text{ mg/L}$,TP范围为 $40\sim 100\text{ mg/L}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ 范围为 $110\sim 200\text{ mg/L}$,pH为 $7.1\sim 8.5$,平均值在8.0左右^[4]。

3 工艺流程

本工程采用“洗涤转鼓→洗砂装置→精细格

栅→水力旋流分离”处理工艺,工艺流程见图1。通过上述工艺将通沟污泥分离为固体废物和清洗尾水。粗大颗粒物和超细砂委托环卫部门运至建筑垃圾堆场协同处置和利用,有机质低于5%的矿化颗粒物作为市政道路回填材料利用,有机栅渣堆肥或焚烧处理,尾水送往污水处理厂集中处理。

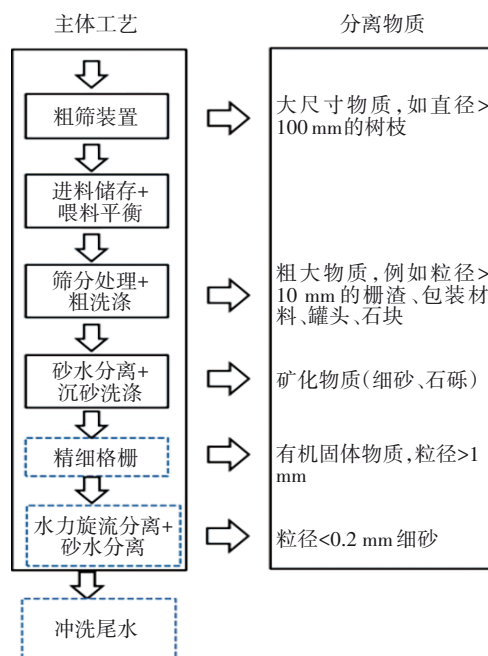


图1 通沟污泥处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of sewer sludge treatment process

4 平面布置

通沟污泥处理站平面布置见图2。

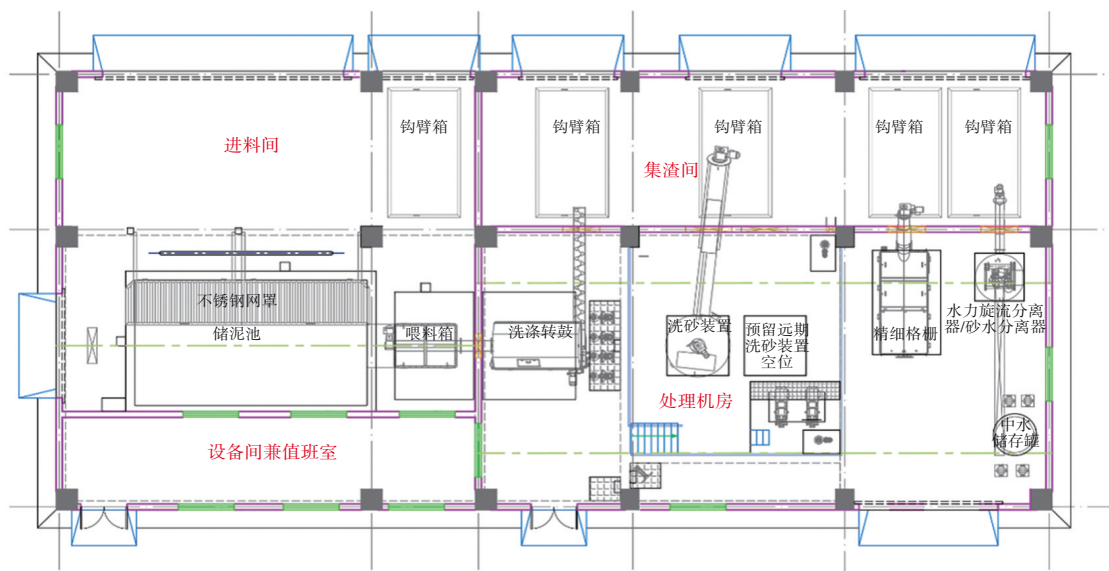


图2 通沟污泥处理站平面布置

Fig.2 Plane layout of sewer sludge treatment station

该工程选址于金山区新江水质净化二厂厂区内,采用一体化厂房设计,总建筑面积为486 m²。厂房内分为进料间、集渣间、处理机房以及设备间兼值班室四个功能区,每个功能区密闭分隔,以防止产生的臭气相互影响。

5 工艺设计

本工程总结了上海市已建通沟污泥处理站的运行经验^[5-6],并在设计过程中进行了优化改进:采用精度为3 mm的精细格栅,以避免有机栅渣对后续旋流除砂装置运行产生不良影响,并增设高压反冲洗水泵,定期对精细格栅进行反冲洗;将中间水池潜水泵改为干式泵,并增加搅拌装置,防止浮渣在水面聚集以及细小泥砂沉积产生分层现象。

① 储泥池

储泥池为半地下式,平面尺寸为5.0 m×8.0 m,池深4.0 m,埋深3.9 m,可储存2 d的处理量。储泥池上方有液压振动筛网,不锈钢材质,尺寸为4 400 mm×2 610 mm×2 857 mm,筛隙100 mm,水平倾角20°,高度1 m,用于初步分离通沟污泥中粒径>100 mm的大块物料。

储泥池配置抓斗及起吊装置1套,抓斗容积0.5 m³,运输能力5 t/次, $N=16.9$ kW。

② 喂料仓

通沟污泥经储泥池顶棚的抓斗起吊,吊入喂料仓,喂料仓容积2 m³,处理能力6 m³/h。

借助喂料仓内的输送螺杆($n=4.2$ r/min, $N=1.5$ kW),进料可以连续输送喂入洗涤转鼓,进行后续处理。

③ 洗涤转鼓

洗涤转鼓用于分离通沟污泥中粒径>10 mm的粗大物质。在洗涤转鼓内,物料受到匀化和软化处理,粒径>10 mm的物料被洗涤排出,粒径<10 mm的砂、有机物和水共同组成的混合物通过设备自身的不锈钢管进入后续的洗砂装置。洗涤转鼓置于混凝土底板基础上,经洗涤转鼓处理后的混合物自东向西进入洗砂装置,进行后续处理。

洗涤转鼓干固体负荷2 m³/h,格栅栅隙10 mm,栅筐直径1 200 mm,冲洗水量34 m³/h, $N=2.2$ kW,配置冲洗水泵2台(1用1备),单泵 $Q=39$ m³/h, $H=400$ kPa, $P=7.5$ kW。洗涤转鼓配置集渣筐1个,尺寸为4.2 m×2.5 m×1.0 m。转鼓格栅装置1 h约产

生粒径>10 mm的粗大颗粒物0.25 t(含水率为20%),经螺旋输送之后,排入集渣间内的集渣筐,等物料收集到一定程度后,委托环卫部门运至建筑垃圾堆场,作为普通垃圾集中处理。

④ 洗砂装置

洗砂装置用于分离通沟污泥中粒径为0.2~10 mm的无机砂粒。洗砂装置是整个沉砂处理工艺的核心部件,通过装置内附壁效应和相关物理学原理,粒径<10 mm的砂、有机物和水共同组成的混合物在洗砂装置中完成沉砂分离和洗涤。粒径为0.2~10 mm的矿化物质(细砂、砾石、碎石),有机烧失含量低于5%,通过一根排砂螺杆在静力脱水作用下落入集渣间内的集渣筐。

洗砂装置污水负荷16 L/s,最大固体负荷3 t/h, $N=4.85$ kW,冲洗水量11 m³/h,配置冲洗水泵2台(1用1备),单泵 $Q=11$ m³/h, $H=400$ kPa, $P=5.5$ kW。设置集渣筐1个,尺寸为4.2 m×2.5 m×1.0 m。装置1 h约产生粒径在0.2~10 mm之间的颗粒物0.25 t(含水率为20%),作为建筑、市政回填材料利用。

⑤ 精细格栅

污泥中含有的有机物漂浮在中间水池水面上,会影响后续工艺的正常运行,因此设置精细格栅过滤装置去除粒径为1~10 mm的有机栅渣。精细格栅尺寸为1 500 mm×1 190 mm×513 mm,栅筐直径500 mm,过滤精度3 mm,处理量70 m³/h,过滤螺杆以35°倾角安装在水渠或箱体内。污水经精细格栅过滤后流入水渠,固体物质被截留。栅渣累积可意外形成更好的过滤效果。当栅前和栅后的液位差到达设定值时,过滤螺杆(带有毛刷的下部无轴螺杆)启动工作,通过运输螺杆的旋转,栅渣被输出水渠,与此同时,栅筐通过毛刷得以清理。此外,装置增设中、高压反冲洗水泵,定期对精细格栅进行反冲洗。设置中压冲洗水泵2台(1用1备),单泵 $Q=4.2$ m³/h, $H=500$ kPa, $N=1.5$ kW;高压冲洗水泵2台(1用1备),单泵 $Q=0.9$ m³/h, $H=1.2$ MPa, $N=4$ kW。栅渣在运输过程中完成压榨、冲洗和脱水处理。配置2台螺旋输送机输送栅渣, $P=2.2$ kW, $L=5$ 000 mm,输送量8 m³/h;1个集渣筐,尺寸为4.2 m×2.5 m×1.0 m。精细过滤装置1 h约产生粒径为1~10 mm的有机筛渣0.25 t(含水率为40%),后续进行堆肥或焚烧处理。

⑥ 水力旋流分离器

水力旋流分离器用于去除粒径小于0.2 mm的超细砂,处理能力为60 m³/h,粒径分离界限大于50 μm。配置2台(1用1备)潜水渣浆泵用于输送超细砂浆至水力旋流分离器,单泵 $Q=60\text{ m}^3/\text{h}$, $H=300\text{ kPa}$, $P=15\text{ kW}$ 。砂水分离装置用于对水力旋流分离器分离出的粒径为0.2 mm以下的无机颗粒进行浓缩脱水,污水负荷8 L/s,干固体负荷1 t/h, $N=1.1\text{ kW}$ 。装置配置集渣筐1个,尺寸为4.2 m×2.5 m×1.0 m。水力旋流除砂装置1 h约产生粒径<0.2 mm的超细砂0.75 t(含水率为20%),委托环卫部门运至建筑垃圾堆场。

⑦ 除臭系统设计

本工程对进料间及集渣间采用生物除臭工艺除臭。

除臭工艺流程为:密闭→输送→预洗(酸洗)+生物除臭→光解物化→达标排放。工程除臭设备除臭效果满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)废气排放厂界一级排放标准和上海市地方标准《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB 31/982—2016)。

生物除臭系统含有机填料、支架、各检修口和检修爬梯等附件,臭气停留时间>20 s。配备循环水泵4台(2用2备),单泵 $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$, $H=120\text{ kPa}$, $P=1.1\text{ kW}$,过流部件为不锈钢材质;离心风机1套, $Q=10\ 000\text{ m}^3/\text{h}$, $P=1\ 800\text{ Pa}$, $N=11\text{ kW}$,配消音箱;自动加药系统2套, $N=0.5\text{ kW}$,注酸液,含计量泵、加药桶、pH仪表/传感器、电缆和护套、多功能阀、注射阀、底阀、吸入管和排出管、支架、液位变送器、液位开关;电控系统采用自动控制系统,就地放置。

为改善现场操作人员的工作环境,在处理机房内增设1套离子送风系统,包括送风风机、离子发生装置和电控系统。配备送风风机1套,通过送风管定向送风至各个恶臭单元, $Q=8\ 000\text{ m}^3/\text{h}$, $N=5.5\text{ kW}$,碳钢防腐材质,配消音箱;离子发生装置1套,不锈钢材质, $N=1.1\text{ kW}$,配离子管等附件;电控系统采用自动控制系统,就地放置。

6 工程投资

工程总投资约为1 733.62万元,其中建安工程费1 405.35万元、其他工程费245.72万元、预备费82.55万元。

7 运行情况

本工程投产运行至今,运行效果良好,达到了工程设计目标。

2021年的运行数据表明,分离出的产物占进泥总量的25.5%,其中粗大物质占14%、有机栅渣占2%、矿化物质占6.5%、超细砂占3%。

通沟污泥处理站分离出的产物情况如图3所示。



a. 粗大物质(粒径>10 mm) b. 有机栅渣(粒径1~10 mm)
c. 矿化物质(粒径0.2~10 mm) d. 超细砂(粒径<0.2 mm)

图3 通沟污泥处理效果

Fig.3 Sewer sludge treatment effect

8 工程设计特点

① 通沟污泥处理站选址于现状污水处理厂内,直接采用污水厂的尾水作为通沟污泥处理过程中的冲洗水,通沟污泥处理后的污水直接排入污水处理厂处理。

② 处理站采用一体化厂房设计,景观效果好,内部功能分区明确,不同功能区有针对性地采用不同通风除臭方案,既可降低除臭运行费用,又能形成良好的生产环境。

③ 采用水力旋筛+砂石分离工艺将通沟污泥分离为粗大物质、矿化物质、有机栅渣和超细砂,并实现资源化利用。

9 结语

金山区通沟污泥处理站采用水力旋筛+砂石分离工艺,将通沟污泥中粗大物质(粒径>10 mm)、矿

化物质(粒径0.2~10 mm)、有机栅渣(粒径1~10 mm)和超细砂(粒径<0.2 mm)分离出来。其中粗大物质和超细砂运往建筑垃圾堆场,有机质低于5%的矿化物作为市政回填材料利用,有机栅渣堆肥或焚烧处理,实现了通沟污泥的无害化、减量化和资源化,本工程的建设取得了良好的环境效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 徐建祥,池永洲,陈道雄,等. 通沟污泥湿式分级处理技术及装备的应用[J]. 中国给水排水, 2019, 35(4): 84-88.
- XU Jianxiang, CHI Yongzhou, CHEN Daoxiong, *et al.* Application of wet gradation technology and equipment for sewer sludge treatment station [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(4): 84-88(in Chinese).
- [2] 黄慧,孟飞琴,朱峥,等. 通沟污泥处置特细砂沉积问题探讨及对应措施[J]. 中国给水排水, 2019, 35(18):32-35.
- HUANG Hui, MENG Feiqin, ZHU Zheng, *et al.* Discussion on deposition of superfine sand in dredging sludge disposal and corresponding measures [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(18): 32-35 (in Chinese).
- [3] 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).
- [4] 张丽. 通沟污泥处理工艺改进设计[J]. 净水技术, 2018, 37(6):91-94.
- ZHANG Li. Improved design of treatment process for sewer sludge [J]. Water Purification Technology, 2018, 37(6):91-94(in Chinese).
- [5] 沈季南,石广甫. 上海市长宁区废弃物综合处置中心工程设计[J]. 中国市政工程, 2011(4):30-33,89.
- SHEN Jinan, SHI Guangfu. A design of waste comprehensive disposal center engineering in Changning District of Shanghai [J]. China Municipal Engineering, 2011(4):30-33,89(in Chinese).
- [6] 阎轶婧. 通沟污泥多级分离处理工艺改进及工程设计[J]. 中国给水排水, 2018, 34(16): 45-49.
- YAN Yijing. Improvement and design of multistage separation treatment for sewer sludge [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(16): 45-49(in Chinese).

作者简介:王君如(1981-),女,浙江杭州人,硕士,工程师,主要从事科研管理工作。

E-mail:wangjunru@sucdri.com

收稿日期:2022-03-25

修回日期:2022-05-25

(编辑:孔红春)

像保护眼睛一样保护生态环境,
像对待生命一样对待生态环境