

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.24.011

潍坊市污水处理厂污泥堆肥无害化处置工程设计

王 涛^{1,2,3}, 寇于亮²

(1. 中国机械科学研究总院环保技术与装备研究所, 北京 100044; 2. 机科发展科技股份有限公司, 北京 100044; 3. 机械工业有机固废生物处理与资源化利用工程研究中心, 北京 100044)

摘 要: 潍坊市污水处理厂污泥无害化处置工程是一个突破传统、定制化设计的污泥堆肥项目, 600 t/d 处理能力分为两个处理系列: 系列 1 为 400 t/d (含水率 80%) 进入板框压滤脱水, 出泥含水率 $\leq 60\%$, 之后进入好氧发酵工艺; 系列 2 为 200 t/d (含水率 80%) 直接进入好氧发酵工艺。介绍了工艺流程、工艺设计 (物料衡算、单体工艺参数、主要设备等)。项目特点: 采用定制化设计; 深度机械脱水与堆肥系统相结合; 完善的资源化加工系统与畅通的资源化处置出路。运行效果: 系列 1 运行成本可控性较好, 升温慢, 产物满足土壤改良要求; 系列 2 运行成本可控性稍差, 升温腐熟快, 产物满足有机肥原料要求。

关键词: 污泥堆肥; 好氧发酵; 定制化设计

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)24-0065-04

Design of a Harmless Sludge Disposal Project of Sludge Composting in Weifang Sewage Treatment Plant

WANG Tao^{1,2,3}, KOU Yu-liang²

(1. China Academy of Machinery Science & Technology Environmental and Ecosystem Department, Beijing 100044, China; 2. Machinery Technology Development Co. Ltd., Beijing 100044, China; 3. Machinery Industry Engineering Center of Organic Waste Treatment and Resource, Beijing 100044, China)

Abstract: The sludge harmless disposal project of Weifang sewage treatment plant is a breakthrough in tradition and customized sludge composting project. The 600 t/d treatment capacity is divided into two treatment series: ① 400 t/d sludge with water content of 80% goes into the plate and frame pressure filtration dehydration to obtain the sludge with water content below 60%, and then goes into the aerobic fermentation process; ② 200 t/d sludge with water content of 80% goes directly into the aerobic fermentation process. This paper introduced the process flow and process design (material balance, parameters of each process, main equipments, etc.). The project has the characteristics of customized design, combination of deep mechanical dehydration with composting system, perfect resource processing system and smooth resource disposal outlet. The controllability of operation cost of series ① is good, the temperature rises slowly, and the products meet the requirements of soil improvement. The controllability of operation cost of series ② is slightly poor, the temperature rises quickly and the sludge decays fast, and the products meet the requirements of the raw materials for organic fertilizer.

Key words: sludge composting; aerobic fermentation; customized design

1 项目概况

潍坊市污水处理厂污泥无害化处置工程是潍坊市城市管理局和昌邑市人民政府合作建设的潍坊市重点环保项目,主要服务于潍坊市中心城区、坊子区、寒亭区、滨海区、峡山区和昌邑市污水处理厂剩余污泥的无害化处理任务,工程位于昌邑市龙池镇龙池工业园。该项目由中信联合环境水务(昌邑)有限公司以 BOO 方式投资、建设并运营。设计单位为机科发展科技股份有限公司,核心工艺设备均为国产。

该项目设计处理规模为 600 t/d(脱水污泥含水率 80%),总占地面积约 11 hm²。建设内容包括污泥调质区、脱水机房、污泥发酵车间、生物除臭滤池、深加工车间、菌种制备车间、产品存储车间、应急处理区、干料存储区、污水处理站、变配电间及维修间、办公楼及门卫室等。

该项目于 2016 年 6 月 30 日正式开工建设,2017 年 1 月完工,2017 年 4 月正式投产运行。

2 工艺流程

本项目设计采用“板框压滤脱水(部分)+好氧堆肥(双线)+资源化土地利用”技术路线。600 t/d 处理能力中 400 t/d(含水率 80%)进入板框压滤脱水,出泥含水率 $\leq 60\%$,之后进入好氧发酵工艺;200 t/d(含水率 80%)直接进入好氧发酵工艺;堆肥产物造粒后外运土地利用。

项目核心工艺采用基于 SACT 技术^[1]的定制槽式高温好氧堆肥工艺。

工艺流程见图 1。

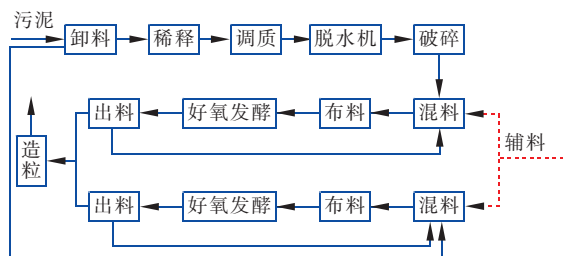


图 1 工艺流程

Fig. 1 Process flow chart

3 工艺设计

工程物料平衡计算见图 2,每日处理 600 t 含水率 80% 的脱水污泥,消耗 30 t 干料(也称辅料、调理剂),返混熟料 195 t(含水率 40%),最后获得 172 t 的堆肥产物(含水率 40%)。

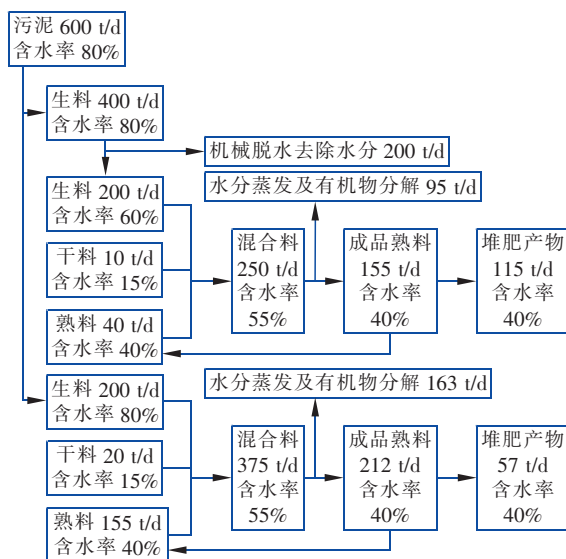


图 2 物料衡算图

Fig. 2 Material balance diagram

3.1 污泥脱水机房

设置污泥脱水机房 1 座,平面尺寸为 50 m × 20 m。

400 t/d 污泥(含水率 80%)用自卸车运输,经计量后,倒入污泥收料斗中。通过底部的螺旋输送机输送至污泥调质池内。污泥调质池 1 座,分 4 格,经柱塞泵提升至板框压滤间。污泥调质池中加水稀释,将污泥含水率提高到 90%;同时投加铁盐对污泥进行改性处理后投加生石灰,调整 pH 值至 7 左右。

经板框压榨后污泥含水率 $\leq 60\%$,泥饼由皮带输送机送至泥饼破碎机破碎,然后污泥由皮带输送机输送至好氧发酵车间。

主要设备:接料螺杆泵 2 台,调质池搅拌机 4 台,污泥进料泵(柱塞泵)4 台,高压隔膜压滤机 8 台,皮带输送机 8 台。

3.2 污泥发酵车间

污泥发酵车间是整个高温好氧发酵工艺的核心部分。整个车间分成物料混合区、好氧发酵槽区和卸料区三个主要区域。

物料混合区:经过机械脱水,含水率 60% 的市政污泥由装载机运至污泥料仓内,然后通过皮带输送机运至混料机中;返混料通过皮带输送机运至混料机内;在工艺运行工程中,需要添加辅料。辅料通过皮带输送机送至混料机中。

上述三种物料在混料机内完成混料后,含水率

60% 的混合物料由混料机卸料皮带输送机运至布料皮带机中,然后通过犁式卸料器卸入污泥发酵槽内,实现每个发酵槽的均匀进料,完成自动进仓过程。

好氧发酵槽区:混合均匀的物料在好氧条件下进行高温好氧发酵。槽底部布置有曝气系统,采用数量众多的小型鼓风机对应发酵槽的不同区域,也针对发酵不同的反应阶段,进行分区域精确供氧,以控制发酵的工艺反应过程。

物料从槽内一侧向另一侧移动,由在槽两侧墙顶往复行走的翻堆机完成,在翻堆物料的同时,打碎物料颗粒,保证均匀性,且有效蒸发水分,最终实现从槽端出料的工艺运行效果。翻堆机的工作时间为 10 h,实现每个发酵槽中的物料每天翻堆 1 次的工艺要求。翻堆机在布料螺旋输送机布料之前完成物料的翻堆,为混合后的混合物料进料做好准备。

物料在槽内通过好氧生化反应,降解有机物的同时释放大量的生物热,嗜热菌种不断大量繁殖,湿污泥中的水分得到蒸发。

卸料区:物料从槽一端出料后通过皮带输送机输送到物料混合区内,其中一部分物料作为制肥产品,直接送入制肥车间制肥;另一部分物料作为混料组分之一,由皮带输送机输送至混料机内,与进料的污泥和辅料按设计比例进行混合。

设置 1 座污泥发酵车间。依据设计发酵周期,结合翻堆机尺寸与翻堆能力,每座发酵槽的尺寸为 $66\text{ m} \times 5\text{ m} \times 3\text{ m}$,每批次进仓物料约 30 m^3 。共设置发酵槽 36 座,车间平面尺寸为 $84.10\text{ m} \times 72.50\text{ m}$ 。污泥发酵车间主要工艺参数见表 1。

表 1 污泥发酵车间主要工艺参数

Tab. 1 Main process parameters of sludge fermentation workshop

项 目	系列 1	系列 2
脱水污泥含水率/%	60	80
污泥量/($\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$)	200	200
辅料量/($\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$)	10	20
返料量/($\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$)	40	155
混合物料含水率/%	55	
混合物料量/($\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$)	250	375
发酵槽数量/座	16	20
发酵周期/d	21 ~ 24	
发酵温度(最高)/ $^{\circ}\text{C}$	> 80	
发酵出料含水率/%	< 40	
发酵出料量/($\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$)	155	212
污泥成品出料量/($\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$)	115	57

污泥发酵车间主要设备:污泥料仓(含粉碎机) 2 台,卸料单螺旋输送机 4 台,粉碎机 2 台,返料料仓 2 台,卸料双螺旋输送机 4 台,收料皮带输送机 2 台,混料机进料皮带输送机 2 台,混料机 2 台,混料机卸料皮带输送机 2 台,自动布料皮带输送机 2 套,翻堆机 3 台,转仓机 3 台,鼓风机 144 台,水平段出料皮带机 2 台,倾斜段出料皮带输送机 2 台。

3.3 除臭系统设计

好氧发酵车间与堆肥系统同步考虑除臭系统,结合潍坊常年气候情况与热量、水分平衡计算^[2],得到污泥发酵车间臭气排放量为 $318\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,折算换气次数为 9 次/h。

采用生物滤池对臭气进行处理,处理后的污水排入厂区排水管道。臭气进入生物除臭滤池前端时,由加湿系统对臭气进行加湿。加湿系统由循环水泵和喷淋装置组成。臭气经加湿并通过生物滤料处理完毕后排入大气。处理后气体执行《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—93)中的二级标准。

共设置 2 座生物除臭滤池,单座处理量为 $159\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,生物除臭滤池尺寸为 $26.4\text{ m} \times 36.9\text{ m} \times 5.40\text{ m}$ 。生物滤池中填料主要为有机-无机复合填料,填料高度为 1.5 m。

3.4 资源化加工车间

资源化加工车间 2 座,单座平面尺寸为 $60\text{ m} \times 24\text{ m}$, $H=6.0\text{ m}$;污泥造粒设计生产能力为 $10 \times 10^4\text{ t/a}$ (按 365 d 计算)。

3.5 污水处理系统

本项目的污水来源如下:污泥经板框机压滤后产生的滤液,约 $200\text{ m}^3/\text{d}$;经好氧发酵产生的冷凝液,最大水量约 $60\text{ m}^3/\text{d}$;厂区生活污水,约 $5\text{ m}^3/\text{d}$ 。

污水处理流程:生产废水→滤后液储池→提升→中和沉淀池→缺氧池→好氧池→沉淀池→清水储池。

污水经处理后一部分达到回用水标准,经回用水泵送至厂内供板框冲洗、臭气处理,另一部分则经提升泵提升后排入园区污水处理厂。

4 设计特点与运行效果

4.1 设计特点

① 突破传统的定制化设计

该工程采用 BOO 模式建设,业主结合项目目标和自身需求深入参与设计过程,并提出了多项关键具体定制设计要求,在设计中主要体现如下:

a. 工艺流程:部分污泥进行深度机械脱水预处理后进入堆肥系统,部分污泥采用传统堆肥工艺流程^[3]。

b. 非对称处理路线设计:堆肥系统分为两个不对称系列(16:20),并采用3台翻堆机提供服务;需要注意的是,应重点考虑兼顾两个系列的那台翻堆机的运行时间问题。

c. 非标定制设备:包括翻堆机在内的大量非标定制设备,对非标机械设计能力提出较高甚至苛刻的要求;需要特别注意的是,应重点考虑兼顾两个系列的非标设备的负荷分配、线路切换以及备用问题。

② 深度机械脱水与堆肥系统相结合

深度机械脱水与传统堆肥系统相结合,提高了系统处理效率。本项目400 t/d污泥经过深度机械脱水预处理工序后,含水率由80%降至60%,与传统堆肥系统相比,处理能力提高66.7%。

③ 完善的资源化加工系统与资源化处置出路

本项目与处理系统配套设计了完善的资源化加工系统,堆肥产物部分用于盐碱地土地改良,部分用于潍坊中建肥业有限公司作为生物有机肥原料。

4.2 运行效果

该项目于2017年1月完成全部土建、安装调试工作,目前已连续运行3年多,主要运行参数完全达到设计目标要求。其中,深度脱水+堆肥工艺路线运行成本可控性较好,升温腐熟进程速度较慢,产物总体满足周边土壤改良要求;采用传统堆肥工艺路线运行成本可控性稍差,升温腐熟进程速度较快,产物营养成分和理化指标总体满足有机肥原料要求。

5 结语

潍坊市污水处理厂污泥无害化处置工程在设计建造和运行过程中,并未局限于传统槽式堆肥系统,而是在成熟经验的基础上,融合业主个性化要求与SACT堆肥先进设计理念,对系统全方位非标定制化设计进行了有益的探索和实践,积累了针对BOO污泥处理项目的实施经验:①对于大型污泥处理项目,堆肥仍可视作有效处理方法之一;②围绕处置目的进行堆肥系统个性化设计是可行的;③深度机械

脱水与堆肥系统相结合在一定前提条件下是具有技术和经济可行性的;④在处置出路明确稳定时,污泥堆肥经济性优势将得以充分发挥,堆肥技术也是污泥BOO项目的最佳选择之一。

参考文献:

- [1] 王涛,邢家乐,兰轩花,等. SACT污泥高温好氧发酵技术与典型案例分析[J]. 给水排水,2014,40(7):24-27.
WANG Tao, XING Jiale, LAN Xuanhua, et al. Analysis on the SACT high temperature aeration ferment technology and its typical application case[J]. Water & Wastewater Engineering,2014,40(7):24-27(in Chinese).
- [2] 王涛. 污泥堆肥项目中除臭技术的选择与设计[J]. 中国环保产业,2010(4):33-36.
WANG Tao. Choice and design of deodorizing technology in sludge composting (biological desiccation) project [J]. China Environmental Protection Industry,2010(4):33-36(in Chinese).
- [3] 王涛. 污泥堆肥技术现状及应用中应注意的问题[J]. 中国环保产业,2014(2):30-35.
WANG Tao. Attentive problems in sludge compost technology status and application [J]. China Environmental Protection Industry,2014(2):30-35(in Chinese).

作者简介:王涛(1974-),男,辽宁沈阳人,大学本科,研究员,硕士研究生导师,注册一级建造师,注册咨询工程师,中国勘察设计协会高级工程项目经理,机科发展科技股份有限公司(中国机械科学研究院环保技术与装备研究所)副总工程师,机械工业有机固废生物处理与资源化利用工程研究中心副主任兼总工程师,主要从事污泥处理处置工艺与设备研究以及工程设计等工作,公开发表论文120余篇。

E-mail:wangtao3214@126.com

收稿日期:2020-11-13

修回日期:2020-12-03

(编辑:孔红春)