

污泥石灰干化工艺在北京小红门污水厂的应用

应梅娟¹, 赵振凤¹, 崔希龙¹, 赵媛², 陈小宏², 张健²

(1. 北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100038; 2. 万若 <北京> 环境工程技术有限公司, 北京 100083)

摘要: 介绍了北京小红门污水处理厂污泥干化项目的工艺方案、实施情况和运行费用的影响因素。通过小红门污水处理厂污泥干化项目的运行及实验室检测数据, 初步研究和分析了污泥原始含水率对处理后污泥含水率的影响以及石灰投加量对杀菌效果的影响。结果表明, 针对小红门污水厂的污泥, 仅需添加5%的石灰, 即可将大肠杆菌的含量降至未检出水平。而为了使成品污泥含水率同样达到小于60%的效果, 原始污泥含水率越低, 所需投加的石灰量越少, 当原始污泥含水率为80%~85%时, 需要的石灰投加量为20%~30%, 而原始污泥含水率为77%~78%时, 仅需投加13%的石灰。

关键词: 污泥干化; 石灰处理; 稳定化; 污泥固化; 污泥杀菌

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2011)06-0075-04

Application of Sludge Lime Drying Process in Xiaohongmen WWTP in Beijing

YING Mei-juan¹, ZHAO Zhen-feng¹, CUI Xi-long¹, ZHAO Yuan²,
CHEN Xiao-hong², ZHANG Jian²

(1. Beijing Drainage Group Co. Ltd., Beijing 100038, China; 2. EnviroSystems Engineering and Technology Co. Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: The factors for influencing process, implementation and operation costs of sludge drying project of Xiaohongmen WWTP are introduced. Based on the operation of the project and the laboratory data, the influence of initial sludge moisture content on treated sludge moisture content as well as the influence of lime dosage on pasteurization effect are analyzed. The results show that for the sludge from Xiaohongmen WWTP, the addition of only 5% lime can reduce the number of fecal coliform to a non-detectable level. The dosage of lime varies according to water content in initial sludge in order to allow water content in sludge cake to be less than 60%. When the water content in initial sludge is 80% to 85%, the required lime dosage is 20% to 30%, and when the water content in initial sludge is 77% to 78%, the required lime dosage is 13%.

Key words: sludge drying; lime treatment; stabilization; sludge solidification; sludge pasteurization

1 石灰处理在污泥处置中的应用

脱水污泥石灰处理是对脱水污泥作进一步处理中最早得到应用的方法之一, 由于具有工艺简单、能耗低等优点, 至今仍是污泥处理处置中常用的手段之一^[1]。较为经典的应用包括利用加入氧化钙后

pH值和温度的升高来实现污泥的杀菌; 或利用添加氧化钙(也可同时添加其他物质如飞灰、水泥、粉煤灰等)后污泥的固化效果来满足污泥的填埋工艺要求。另外, 处理过程中选择适宜的混合条件和设备可有效改变污泥的性质, 使其由致密、粘稠变成疏

松、流动性好、便于储存和运输的物料。

随着污泥处理与利用的多样化,污泥石灰处理的应用范围也相应拓宽。根据污泥石灰处理后物料性能的变化,将处理后各种可能的处置和利用途径进行汇总,见图 1。

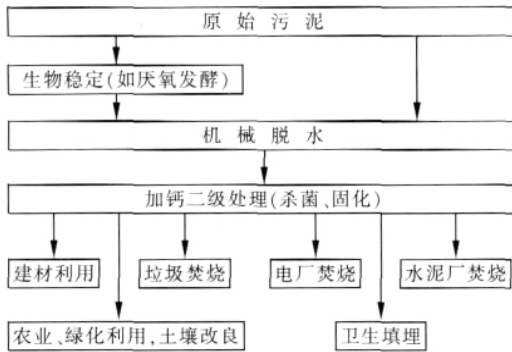


图 1 污泥石灰处理后的处置和利用途径

Fig. 1 Disposal and utilization paths of sludge after lime treatment

2 污泥石灰干化工艺实施案例

工艺流程见图 2。

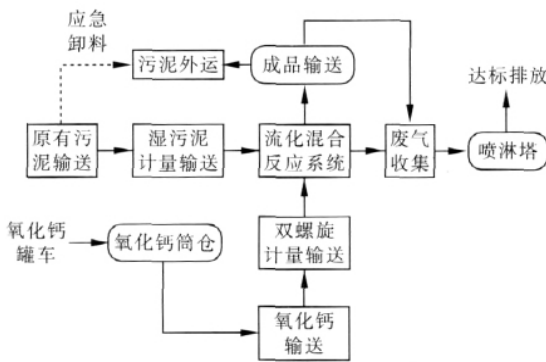


图 2 工艺流程

Fig. 2 Flow chart of sludge treatment process

小红门污水处理厂是北京市第二大污水处理厂,规划总体规模为 $90 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中一期处理规模为 $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。主脱水机房通过两台螺旋输送机将污泥输送至装车系统,每条螺旋输出污泥为 $10 \sim 21 \text{ t/h}$ 。

在原有的 2 台螺旋输送设备上开孔将污泥引出并输送到两台污泥石灰干化生产线。通过设计优化,两套新增的石灰干化处理系统紧凑地安装在原有的污泥装车棚。单条处理线共包括脱水污泥计量输送系统、生石灰计量投加系统、混合反应系统、处理后污泥出料输送系统、蒸发气体收集排放系统和

成品污泥堆置系统。

污泥通过计量螺旋后进入混合反应器。在混合器内部设物料温度在线监测。石灰通过一套计量投加系统进入混合反应器。混合反应器出料通过皮带输送装车(见图 3)。该污泥干化工程中设计有占地约为 $3\,400 \text{ m}^2$ 的堆置场地,可用于处理后污泥的堆置。



图 3 污泥石灰干化及装车

Fig. 3 Sludge lime drying and loading system

脱水污泥是一种致密、粘稠和有触变性的物料,石灰是细小的粉末。如何低能耗、高效率地迅速将两种物料高分散度地混合接触是反应动力学中的关键步骤。由于污泥的粘稠和触变性,反应器中过多地施加搅拌力会使污泥更粘稠更致密,而简单的翻动污泥又无法实现石灰在污泥中的分散。本工艺选择以具有特殊曲面的犁刀为搅拌元件的流化床式混合反应器(见图 4)。



图 4 污泥石灰干化工艺中的混合反应器

Fig. 4 Mixer in sludge lime drying system

污泥和石灰粉末在反应器中被搅拌元件以不同的角度向上抛起,污泥在这一运动中被撕开、离散,并在疏松的状态下与石灰粉末充分接触以实现均匀的微观混合。处理后物料中钙含量均匀,波动

仅为平均值的 $\pm 5\%$ 。

通过在混合反应中直接在线测量物料的温度以及根据污泥计量螺旋的信号,调整石灰投加量,并根据间歇取样实测的进、出口污泥含水率来调整控制计算中的参数。

3 工艺影响因素及运行参数

小红门污水厂污泥石灰干化项目于2010年2月投入运行,脱水污泥平均含水率为80%~85%,石灰干化后实现了杀菌无害化、半干化,处理后的污泥达到卫生学指标,含水率降至60%以下,改善了污泥的运输条件,避免了二次污染,为污泥的进一步资源化利用打下了基础。

3.1 杀菌无害化效果

石灰处理可以有效地杀菌,达到后续储存、运输和利用过程中的卫生学要求。表1为不同石灰投加量下的杀菌效果。结果显示,在充分混合反应的条件下,少量的石灰投加量(如5%)就可以满足杀菌的要求。

表1 不同石灰投加量下大肠杆菌测试数据

Tab.1 Removal efficiency of coliform bacteria at different lime dosages MPN · 100 g⁻¹

项 目	粪大肠菌群
湿泥	$\geq 24\ 000$
投加5%的CaO	未检出
投加10%的CaO	未检出
投加30%的CaO	未检出

3.2 污泥石灰干化效果及影响因素

根据氧化钙的反应方程式可知,生石灰除本身结合部分水分外,反应过程放出大量的热量也会进一步蒸发污泥中的水分,实验室检测结果显示,脱水污泥含水率为86%时,添加30%的生石灰,反应器出口的成品污泥含水率降至60%以下。

为考察原始污泥含水率对石灰投加量和出口污泥含水率的影响,采用同样原理的小型混合反应器进行了进一步的研究。图5为针对北京市两个不同来源污泥的试验结果,其中1#污泥的初始含水率为77.6%,2#污泥的初始含水率较高(为85.6%)。结果显示,含水率高的2#污泥需添加约30%的石灰,出口污泥含水率可达60%。在添加同样品质的石灰和相同的反应条件下,含水率低的1#污泥仅需投加约13%的石灰即可达到同样的成品效果。比较结果显示,达到相同物料的含水率,脱水后污泥含

水率的增加可导致石灰投加量显著增加。

由此可见,如果追求污泥石灰处理的干化效果,应提高机械脱水效率,脱水污泥含水率严重影响处理效果及处理费用。

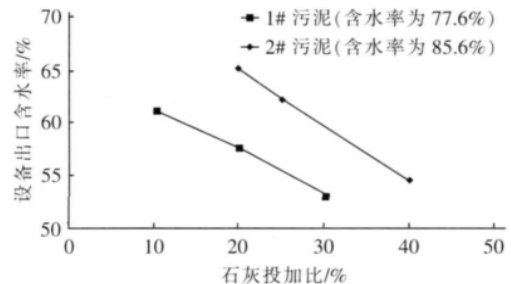


图5 湿污泥含水率对石灰投加量的影响

Fig.5 Effect of different moisture content of sludge on lime dosage

CaO与污泥的反应不同于与纯水的反应,污泥、石灰在从反应器出来后还有一部分后续反应^[2]。图6针对初始含水率为85.6%的污泥在不同石灰投加量处理后放置1d后的含水率变化进行了跟踪测试。结果显示,在三种不同石灰添加比下,处理后物料的含水率都有所降低。

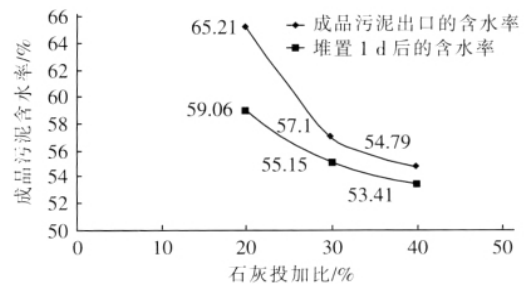


图6 堆置1d后的污泥含水率变化

Fig.6 Variation of moisture content in lime added sludge after 24 h

3.3 污泥石灰处理的物料平衡

石灰添加到污泥物料中后,通过水化反应生成Ca(OH)₂,后者继续与空气中的CO₂反应,进一步生成CaCO₃。这两个主要反应均导致污泥中干物质总量的增加。由于第一个反应中结合了污泥中的水分子,导致污泥中水分减少,并且反应放热也会蒸发水分。干物质总量的增加和水分的减少导致最终污泥的含水率降低。实测数据显示,处理设备出口污泥总量会有2%~8%的增加。

4 结果与讨论

通过优化的工艺和混合反应器,污泥石灰处理

系统可以结合安装在原有污泥输送系统中,是一种简捷、容易实施的无害化、稳定化处理工艺,同时可达到半干化效果。优化的污泥石灰处理系统同时能起到污泥改性的效果,将粘稠的污泥变成疏松、稳定的物料,为后续进一步的处置和利用奠定基础。

满足污泥输送、储存和再利用过程中的卫生学指标要求应该是污泥无害化的最基本要求。结果显示,投加5%的石灰可满足这一基本要求。

污泥石灰处理工艺操作相对简单。其运行费用主要由药剂费(石灰)和电费组成,在原有的污泥脱水和装运操作人员的基础上,污泥石灰处理人工增加并不明显。污泥石灰处理的电耗仅约 $2\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ 脱水污泥。

试验和运行结果显示,脱水污泥的含水率对石灰投加量以及处理后物料含水率影响极大,在脱水污泥含水率为80%~85%的范围内,石灰投加量为20%~30%,处理后的物料含水率控制在60%以下。脱水污泥含水率如果降至77%~78%,石灰投加量可以降到约13%,出口污泥含水率可以满足

60%的要求,进而显著影响石灰用量的成本。

在小红门污水厂污泥石灰干化工程实践中,所应用的石灰活性较高,但粒径较大,使得颗粒在与污泥反应时出现仅表层石灰参加反应的现象。参照国外污泥石灰处理的运行经验,如果进一步优化生石灰的生产工艺条件,得到高活性、颗粒微小粉末状的石灰,将有利于减少为满足卫生学指标和实现半干化、颗粒化效果所需的石灰投加量。

参考文献:

- [1] 张健. 污泥处理过程中的物质与能量流分析[J]. 给水排水, 2008, 34(增刊): 54-58.
- [2] Jason M North, Jennifer G, Becker Eric A Seagren, et al. Methods for quantifying lime incorporation into dewatered sludge[J]. J Environ Eng, 2008, (9): 750-770.

电话:(010) 82055667

E-mail:j. zhang@envi8.com

收稿日期:2010-08-24

(上接第74页)

采用物化处理/两级水解酸化/氧化沟/深度处理工艺能有效地去除棉浆粕工业中段水中的COD、BOD₅、SS及色度,其出水各项指标均能满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。

5 经济分析

该工程总投资为1 194.50万元。包括构筑物、设备等直接投资1 134.50万元;设计费、调试费等间接投资60万元。运行成本主要包括电费、人工费以及药剂费等,运行费用总计6 710.9元/d,折合吨水成本为1.12元/m³。

6 结语

棉浆粕工业中段水的悬浮物含量高,且BOD₅/COD值较低,不易生化处理。工程运行实践表明,采用物化/两级水解酸化/氧化沟/深度处理工艺处理该废水是切实可行的,出水各项指标均能达到

《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准。采用该工艺处理棉浆粕工业中段水的出水水质好、运行费用低,具有较好的环境效益和经济效益,同时其处理效果稳定可靠,操作简单,具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 孙瑞霞,苏永祥,孙剑辉,等. 化纤厂棉浆粕废水中有机污染物的GC-MS分析[J]. 理化检验:化学分册, 2006, 42(6): 457-458.
- [2] 徐亮. 丹徒化纤厂棉浆粕生产废水治理工艺技术研究[J]. 污染防治技术, 1997, 10(4): 226-228.

E-mail:jundyliu@yeah.net

收稿日期:2010-05-28