

城镇水环境工程污泥处理处置技术

程海华

（台州市环科环保设备运营维护有限公司，浙江 台州 318000）

摘 要 城市的快速发展使得城市生活污水、污泥数量不断增加，其给城市水环境造成了污染。污泥中具有大量的有毒有害物质，不仅对周围人们的生活产生影响，而且还影响社会发展。因此，本文以具体工程实例为基础，对污泥处理工艺流程、污泥好氧堆肥、污泥焚烧灰制砖等资源转化技术进行阐述，旨在为后续类似工程提供参考。

关键词 城镇 水环境工程 污泥处理处置技术

中图分类号: X7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)10-0040-03

随着社会的不断发展，城市污染物质也在大量增加，城市管网改造和河涌水体整治工程也提上日程，水治理工程的实施能够提高水系统的运行能力，推动水生态健康发展。但是，污泥的出路成为项目实施的关键。若采用科学合理的技术将污泥等物质进行资源化处理，不仅能够解决污泥处理的问题，而且还能为社会创造更高的效益。然而，如何科学合理地将污泥资源化是一个关键性问题，因此，本文以具体工程为例，对相关技术的运用进行分析探讨。

1 工程概况

某市黑臭水体整治提升工程（以下简称“本项目”）项目。河涌整长度为 23.8km，分为河涌清淤和管道清淤，清淤量为 23.1 万 m^3 。在运营期间，项目工程所在区域人口数量为 400 万人，按经验值每日 32g/人所产生的生活污水初沉污泥和剩余活性污泥干物重量，预估每年平均需处理约为 3.5 万 m^3 污泥。

在施工阶段，污泥主要来源于黑臭河涌和管道的通沟污水污泥。在运营阶段，污泥主要来源于新建设的一体化污水分散设施所产生的污泥。污泥的含水量超过 92%，且含有众多的病原体、寄生虫、有机物和重金属物质。

为了有效地解决污泥难处理问题，项目公司需要以工程的特点、施工周围环境、污泥处理规模为基础，对市场进行充分的调研，再对经济财务指标和相关的技术方案进行对比、优化，借助建设单位和政府支持，投资建设新型污泥处理厂和砖场。

项目在施工阶段，借助好氧堆肥工艺技术来对污泥进行处理后将其应用于绿化景观工程，剩余的污泥经过石灰处理之后用之制砖。在项目运行阶段，除了能够对污泥进行处理之外，还能够为企业增加额外收入。

2 污泥处理技术

污泥处理主要分为两部分内容：稳定化处理和无害化处理。污泥稳定化处理技术的目的是为了将污泥中的有机物进行处理，将其转变为稳定性产物。污泥无害化处理是指借助热处理技术将污泥中含有的重金属物质等进行处理，将污泥进行资源化处理。

污泥处理流程包含浓缩处理、脱水处理、消化或碱化处理、堆肥处理、干化处理、焚烧和热解气化处理。其中，消化或碱化、堆肥处理属于污泥稳定化处理，其他流程属于污泥无害化处理。根据污泥的特性和处理利用方技术来选择合适的污泥处理技术，还需要考虑技术的稳定性和经济性^[1]。

2.1 稳定化处理

污泥稳定化处理是指对污泥中的有机物质、有害病原体等进行降解、杀除处理。一般采用方技术为消化稳定技术、碱化稳定技术和好氧堆肥技术。污泥消化技术主要适用于大中型污水处理厂对初沉污泥和剩余活性污泥处理，按照消化过程中的生产环境可以将其分为厌氧状态和好氧状态。厌氧消化需要建立大中型消化池，将污泥进行分解处理，具有降解效率高、能耗低等特点。但是，初期投资金额大且操作要求高，产生臭气，存在一定的爆炸隐患。有氧消化处理过程总污泥量少，便于操作，不会产生臭气，但是需要配备专业的设施，能耗较高。

碱性稳定是指在污泥中添加生石灰（ CaO ）、镁盐（ Mg^{2+} ）、粉煤灰等碱性物质，借助碱性物质的功能和化学反应产生的热能，对污泥进行杀菌和固化处理。采用这种技术改变了病菌载体环境，借助高温方式对有害成分进行杀除。碱性稳定技术操作简单，安全性高，低投入，低能耗，但是其占地面积大，可以将

其作为临时或者应急处理^[2]。

好氧堆肥技术是指在氧气充足、通风良好的条件下,污泥中的好氧菌在酶的作用下对有机物质进行氧化还原、吸收。采用这种技术受到外界影响较小,可在室内室外进行操作,简单可靠,且其便于操作、适应性强。

由于考虑到工程条件和施工环境,本工程选择石灰稳定技术和好氧堆肥技术来对污泥进行处理。项目工期短,污泥处理需要在短小时内进行,机械设备需要边缘操作。采用好氧堆肥技术处理的污泥可以用于绿化景观,采用碱性稳定技术处理的污泥可以用于建材制作。

2.1.1 石灰稳定

石灰稳定技术是对污泥进行碱化稳定处理的一种方式,由于其未直接对污泥中的有机物质进行降解处理,这为后期热处理保留了热值。与碱化稳定技术进行比较,其优势是在石灰消解过程中释放的热量更大,且杀菌除害能力增强。

在使用石灰稳定技术处理污泥时,采用加压溶气气浮浓缩工艺对污泥进行浓缩处理、带式压滤机脱水工艺对污泥进行脱水处理。浓缩处理中,首先对污泥中自有水、间隙水进行除去;脱水处理是对污泥中间隙水进行处理。污泥经过浓缩和脱水处理之后,泥饼体积缩小为原来的 1/10,便于对污泥进行石灰稳定处理。

加压溶气气浮浓缩机借助加压设备将空气溶于水,从而析出大量微米级小气泡,让其附着在污泥颗粒表面。小气泡在上浮过程中,由于固液分离,使得污泥进行浓缩。

带式压滤机脱水过程中,带式压滤机一边运输污泥一边进行脱水处理。脱水原理是将泥饼运送至挤压脱水区域进行压榨,淤泥被夹在滤布中,经过多个压榨辊多次进行压榨,降低污泥中的水分。石灰稳定技术是指在脱水泥饼中加入生石灰,实现脱水的目的。

2.1.2 好氧堆肥

根据混合物料的堆置可以将其分为静态堆肥和动态堆肥。动态堆肥能够更好地对污泥进行消化处理,其稳定化处理进程也得到提高。根据生物菌的生长环境可以将其分为好氧堆肥和厌氧堆肥。好氧堆肥其设备投入少、产生臭气量少,且操作简单。本项目借助场地优势和施工方便等条件,采用条垛式动态好氧堆肥方技术。脱水泥饼和蓬松介质混合之后才有条垛式进行堆放在多孔床上,增加物料的表面积和孔隙。采用强制对流循环和自然扩散方式形成由内到外、从上

到下的供气系统。借助机械设备来对条垛进行定期翻推,以确保堆肥充分发酵。通过对细颗粒进行回流处理,以此充当膨胀剂来使得混合物形成多孔结构。

现场混合物长期保留在空气中,能够加快堆体内部的水分蒸发,截面形成三角形,纵向布置成长条垛,条垛间和条垛两端预留出机械作业空间。将空气管路放置于堆垛底部,配合通风机形成立体循环的对流场。

好氧堆肥需要将污泥进行两次堆肥处理,主要分为三个阶段:第一阶段为起始阶段;第二阶段为高温阶段,堆肥发酵时间为 10-12 天;第三阶段为腐化阶段,对难以分解物质进行二次堆肥发酵处理,时间为 16-20 天。成品堆肥需要贮存在干燥、通风良好的污泥处理厂区内,并且搭设雨棚,做好相应的防水、防潮处理。同时,按照时间顺序,将处理后的土壤运送至绿化景观区域^[3]。

2.2 无害化处理

污泥经过自然干化或者借助机械处理脱水之后,由于污泥的含水率和体量未符合资源化处理的控制指标,还需要对污泥进行干化、焚烧和热解气化处理。

污泥干化是指将经过脱水处理的泥饼经过高温加压进行烘干处理,并且经过一系列的物理、化学反应,借助高温来对污泥中的毛细水、吸附水、内部水进行除去,将污泥中的有机物、病原体 and 寄生虫卵等进行无害化处理技术。

污泥焚烧是指借助污泥中所含有的有机物具有的可燃性,采用高温燃烧技术来对有机物进行去除,对污泥中的病原体、寄生虫卵进行杀除,且在某种程度上对污泥中的重金属元素进行稳定处理的一种无害化处理技术。

污泥热解气化是在缺氧密闭环境中,干化污泥和高温烟气充分接触后产生干流反应,借助裂解反应作用将污泥中的有机物和其他难以降解物质转化为可燃性气体;在缩合碳化作用下,重金属元素被固封在无机熔渣中的一种无害化处理技术。

由于考虑到设备操作的简单性和安全性,本工程选择立式多段焚烧炉,此方技术融合了干化技术和焚烧技术,处理效果好。立式多段焚烧炉起处理可分为三个阶段:顶部作为干化段,对污泥进行干化处理;中部为焚烧段,对炉膛内的泥饼进行焚烧;底部为冷却段,对灰渣和预热空气进行冷却处理。多段焚烧炉所产生的烟气可以借助洗涤器、吸收塔等设备来进行净化处理。

3 污泥处置技术

经过处理后的污泥可以用于土地堆肥、制造建筑材料、填海造地等领域。污泥建材利用主要是将焚烧

后的产物借助相应的技术制作成砖块、陶粒,也可以将其制作为玻璃、水泥等。

污泥制砖工艺主要分为两大类:干化污泥制砖和焚烧灰制砖。两种工艺流程相似,焚烧灰制砖增加了污泥焚烧环节,在燃烧过程中将污泥中的有机物质或者具有挥发性的物质释放处理,从而对砖的干燥收缩率和吸水率进行有效控制,提高成本砖的稳定性和质量。

本项目中所产生的生活污泥焚烧灰主要成分为 SiO_2 和 Al_2O_3 ,与制砖工业中所需要的原材料粘土成分相似。由于污泥焚烧灰中所含有的 SiO_2 含量较低,在使用焚烧灰制砖时,需要在其中增加粘土和硅砂,从而提高成品砖的质量和力学性能。此外,由于污泥焚烧灰中所含有的 Fe_2O_3 、 P_2O_3 和重金属含量比普通粘土含量高,为了保证成品砖的力学性能和质量,需要对焚烧灰和粘土进行成分分析。在对其进行分析、调配、性能测试后,将所得数据信息做好记录,并且根据数据资料做好曲线图来对数据信息进行对比,选择最佳的配比,即:焚烧灰:黏土:硅砂=1:1:(0.3-0.4)(质量比)。按照颗粒直径要求来对焚烧灰进行筛分、粉碎,再加入粘土和水,对混合物进行充分搅拌,再制成坯进行烧制。所烧制的土坯性能需要符合《GB/T5101-2017 烧结普通砖》的质量标准,对于不符合要求的土坯,需要进行筛选剔除^[4]。

1. 原材料要求:灰渣粒径不得超过 $30\mu\text{m}$;有机物质和水分含量不得超过10%。灰渣粒径的控制有助于混合物的拌合和成品砖的烧制成型。若有机物质和水分含量过高,则在烧制过程中容易发生裂缝。

2. 制坯:在制坯过程中采用细灰注模、冲压成形的工艺方式,需要对坯体的密度、模具内真空度进行控制,坯体密度不得低于 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$,模具内真空度为26kpa。

3. 烧结:采用辊道炉膛来对坯体进行烧制,为了避免成品砖出现熔融现象,需要将烧制温度控制在 1080°C ~ 1100°C 内。

污泥焚烧灰成品砖性能指标分析:

1. 砖的吸水率和饱和系数:砖的吸水率和含水率越低,砖的耐久性和抗腐蚀性越好。根据试验,选择鼓风机干燥箱和蒸煮箱来测试成品砖的吸水率和饱和系数,得出焚烧灰工艺制砖方技术要比干化工艺制砖效果好,且在粒径控制、科学配比的基础下,各项性能指标和粘土制砖方技术相似。

2. 泛霜和石灰爆裂:借助鼓风机干燥箱来对砖进行泛霜试验。试验结果显示,砖表面出现细微霜模,

属于轻微型泛霜;借助蒸煮箱来对砖对石灰爆裂试验,试验结果显示,未出现超过3mm的爆裂区域,其符合一等品标准。

3. 砖的强度指标:采用抗压强度试验,对不同配合比制成的强度等级不同的砖进行试验,强度最高为35Mpa,等级为Mu30等级^[5]。

对污泥焚烧灰成品砖的各类数据进行分析,污泥灰中含有的有机物质、水分总含量越高,其砖块的干燥收缩率数值越大; P_2O_3 含量越高,其砖块的软化性能越强。污泥焚烧砖的抗压强度和灰质中铁元素、钙元素的含量密切相关,在一定范围内,铁元素含量越高,砖的强度越高;而钙元素含量越高,砖的强度越低。试验表明,当焚烧灰含量低于10%且烧结温度为 1020°C 时,砖的各项性能最佳,且符合建材相关指标^[6]。

4 结语

本工程以实际情况为基础,将污泥的特点、处理规模、环境影响等因素进行考虑,采用石灰稳定技术、好氧堆肥技术和污泥制砖技术来对污泥进行处理,提高其资源化程度,取得了显著的效果。从社会发展的角度来分析,对污泥进行资源化处理,不仅能够为企业创造补贴,为社会创造更好的经济效益,而且还能够确保环境可持续发展。

参考文献:

- [1] 勉学或.城市污水处理厂污泥处理处置技术的发展方向探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2014(22):4433-4434.
- [2] 姜松涛,亓兵,江玉强.城市污水处理厂污泥处理处置技术的发展方向探讨[J].工业C,2015(40):91.
- [3] 谭国栋,李文忠,何春利.北京市城市污水处理厂污泥处理处置技术研究探讨[J].南水北调与水利科技,2011(02):105-109.
- [4] 姜玲玲,孙荪.我国污泥处理处置现状及发展趋势分析[J].环境卫生工程,2015(03):13-14,17.
- [5] 张国芳.污泥处理处置的现状和发展趋势分析[J].绿色科技,2012(12):1-4.
- [6] 李雄伟,李俊,李冲,等.我国污泥处理处置技术应用现状及发展趋势探讨[J].中国给水排水,2016(16):26-30,35.