

文章编号: 2096-3424(2022)04-0326-04

DOI: [10.3969/j.issn.2096-3424.2022.04.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.2096-3424.2022.04.005)

污水处理厂脱水污泥有机污染物含量调查及 处置方式评估

姜欣彤, 毕东苏

(上海应用技术大学 化学与环境工程学院, 上海 201418)

摘要: 调查某地3座污水处理厂脱水污泥的7类有机污染物指标, 对照城市污水处理厂污泥处置相关标准, 针对污泥中不同污染物含量, 提出污泥处置优化对策。在某地污水处理厂脱水污泥有机污染物中, 总氰化物标准含量比值最高, 可吸附有机卤化物含量比值较高; 挥发酚含量较低但仍不符合农用标准, 导致脱水污泥无法农用且无害化、资源化、减量化处置受限。目前某地污水处理厂现有污泥处理处置方式基本可行, 但要防范部分污泥长期堆置导致的环境风险。

关键词: 有机污染物; 污泥生物堆肥处置; 污水处理厂; 脱水污泥

中图分类号: X703 文献标志码: A

Investigation of Organic Pollutants in Dewatered Sludge of Wastewater Treatment Plant and Evaluation of Targeted Disposal Methods

JIANG Xintong, BI DongSU

(School of Chemistry and Environmental Engineering, Shanghai Institute of Technology,
Shanghai 201418, China)

Abstract: The indexes of seven kinds of organic pollutants in dewatered sludge of three sewage treatment plants in one city were investigated, and the further optimization countermeasures for sludge disposal were put forward according to different pollutant contents in sludge according to the relevant standards for sludge disposal of urban sewage treatment plants. The total content of organic components in the dewatered sludge of one sewage treatment plant is the highest relative to the sludge disposal standard, followed by the content of adsorbable organic halides, which is relatively high, and the content of volatile phenol is very low, but it still does not meet the agricultural standard, which directly leads to the fact that the dewatered sludge can not be used for agriculture, and limits the harmless, resource and reduction disposal of dewatered sludge. At present, the existing sludge treatment and disposal methods of one sewage treatment plant are basically feasible, but the stacking of sludge will increase the environmental risk for a long time.

Key words: organic pollutants; sludge biological composting disposal; sewage treatment plant; dewatered sludge

收稿日期: 2021-05-22

基金项目: 上海市科技创新行动计划项目(18DZ1203807)资助

作者简介: 姜欣彤(1998-), 女, 硕士研究生。E-mail: 1003314617@qq.com

通信作者: 毕东苏(1977-), 男, 教授, 博士, 主要研究方向为水环境污染控制工程研究。E-mail: bidongsu@126.com

引文格式: 姜欣彤, 毕东苏. 污水处理厂脱水污泥有机污染物含量调查及处置方式评估 [J]. 应用技术学报, 2022, 22(4): 326-329.

Citation: JIANG Xintong, BI DongSU. Investigation of Organic Pollutants in Dewatered Sludge of Wastewater Treatment Plant and Evaluation of Targeted Disposal Methods[J]. Journal of Technology, 2022, 22(4): 326-329.



随着我国现代化进程的推进,城市用水量以及需要净化的污水量也不断增加。根据中国水网统计数据,截至2020年1月,我国已累计建设污水处理厂10 113座,而且每年新建数量呈增加趋势^[1-3]。污水得到了净化,但如何对这些污水处理厂产生的大量污泥进行妥善处置,已成为固体废物处理领域的重要问题之一。城市污水处理厂产生的污泥泥质中,通常含有不同含量的有机质、养分、重金属及有机污染物,而污泥回收利用率和污泥中污染物二次污染等问题未能得到充分关注^[4-10]。为落实国家“绿水青山就是金山银山”理念及保障水资源的可持续发展,需要将产生的污泥结合城市发展需要,进行全面深度处理^[11-12]。以污泥达到处置农用化作为最优标准,以污泥得到资源化回收及妥善处置作为当前污泥处置技术的目标。

污水处理厂遍布全国,对于其中的任意一家污水处理厂,其地理位置、气候条件和所属城市的发展方向都是其适用何种处理技术的重要影响因素。目前,结合城市发展需求,常用的传统污泥处置技术主要包括3种^[2-3]:①填埋技术,其主要是针对有机含量较高的脱水污泥。此法操作简单、经济成本低,但可能导致该地区土壤有机污染物平均含量增加,存在土壤二次污染的风险。②热干化与焚烧处理技术^[2],其特点是高温处理灭菌速度快,可使污泥体积最小化。但焚烧污泥后可能产生有毒气体,污泥有机污染物含量较高时有导致大气二次污染的风险;而且焚烧炉造价不菲,成本相对较高。③生物置肥技术^[3],即利用污泥中的微生物将污泥发酵转化为农用有机肥料,最大程度实现污泥资源化无害化。但其产品肥料中残留的污染物含量需

要严格控制,以避免施肥过程中可能对农用地造成的污染,降低施肥后种植作物食用的健康风险。本研究调查了某地地处不同环境的3座污水处理厂,根据其产出泥质中不同污染物的含量情况,结合各项环境发展因素,针对性地提出符合该地区污泥处置的相关建议,以期实现该地区污泥无害化、减量化及稳定化的处置目的。

1 材料与方法

1.1 样品采集

某地3个城市污水处理厂(A、B、C)为本研究获取样品的来源,概况如表1所示。样品编号分别为A、B-1、B-2、C,其中B-1、B-2来源于同一污水处理厂B的不同独立分区。

表1 污水处理厂概况

污水处 理厂	样品 编号	污水处理厂设 计规模/(t·d ⁻¹)	污水处理厂运 行规模/(t·d ⁻¹)	污泥处 理工艺	污泥处 置方式
A	A	100	12.5	浓缩脱水	外运生物置肥
B	B-1	20	6	浓缩脱水	厂内堆置
	B-2	20	6	浓缩脱水	生物置肥
C	C	1	6	浓缩脱水	生物置肥

1.2 检测方法

本研究测定的有机污染物种类包括矿物油、挥发酚、总氰化物、苯并(a)芘、多氯联苯、多环芳烃、可吸附有机卤化物(以Cl计)7种。相关的国家标准及其含量限值参数如表2所示,具体操作方法按照文献进行^[8-12]。检测采用平均混合泥样,样品质量不小于1 kg。

表2 污泥处理标准及参数

Tab. 2 Sludge treatment standards and parameters

国家标准名称及编号	污泥类型	有机污染物含量限值						
		矿物油	挥发酚	总氰 化物	苯并 (a)芘	多氯 联苯	多环 芳烃	可吸附有 机卤化物
《城镇污水处理厂污泥泥质》(GB 24188—2009)	污泥	3 000	40	10	/	/	/	/
《城镇污水处理厂污泥处置 农用泥质》(CJ/T 309—2009)	A级污泥	500	/	/	2	/	5	/
	B级污泥	3 000	/	/	3	/	6	/
《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600—2009)	酸性土壤(pH<6.5)	3 000	40	10	/	0.2	/	500
	中碱性土壤(pH≥6.5)	3 000	40	10	/	0.2	/	500
《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486—2009)	酸性土壤(pH<6.5)	3 000	/	/	3	/	/	500
	中碱性土壤(pH≥6.5)	3 000	/	/	3	/	/	500
《城镇污水处理厂污泥处置 林地用泥质》(CJ/T 362—2011)	污泥	3 000	/	/	3	/	6	/
《城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质》(GB/T 23485—2009)	混合填埋土	3 000	40	10	/	/	/	/
	覆盖土	3 000	40	10	/	/	/	/
《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》(GB/T 25031—2010)	污泥	3 000	40	10	/	/	/	/

注:/表示未提供具体数值。

2 结果与讨论

2.1 有机污染物成分分布特征

调查结果如表 3 所示。经检测, 3 座污水处理厂的脱水污泥中矿物油、挥发酚、总氰化物、可吸附有机卤化物平均值分别为 193.39、0.04、3.58、41.28 mg/kg, 总体来说, 脱水污泥中矿物油含量最高。苯并(a)芘、多氯联苯、多环芳烃均未检出。考虑到 A 污水处理厂地处城区人口居住率最高, 厂内进水多来源于生活污水; B 污水处理厂位于工业区和化工区, 厂内进水多来源于工业污水; C 污水处理厂地处环境人口居住率和工业化程度都较低, 厂内进水多来源于生活污水, 同一城市污水处理场污泥样品中各种有机污染物含量存在一定差异较为合理。由于城市工业化程度较高, 矿物油和可吸附有机卤化物含量相对标准比值较高。3 座污水处理厂出水水质均达到设计标准。

表 3 样品中的有机污染物含量

Tab. 3 Contents of organic pollutants in samples mg/kg

样品	有机污染物						可吸附有机卤化物
	矿物油	挥发酚	总氰化物	苯并(a)芘	多氯联苯	多环芳烃	
A	346.2	0.07	3.55	—	—	—	54.87
B-1	65.5	0.03	4.22	—	—	—	32.42
B-2	178.9	0.07	3.78	—	—	—	43.21
C	168.5	0.02	2.97	—	—	—	36.51

注: —表示未检出或低于检出限。

2.2 有机污染物含量评估

将各污水处理厂脱水污泥中有机污染物的含量与污泥处理标准中的有机污染物含量限值进行比较, 评估具体情况。

2.2.1 矿物油

污水处理厂污泥矿物油含量的调研结果见表 3, 在污水处理厂污泥常见的 7 种有机污染物中, 矿物油含量(65.5~346.2 mg/kg)是最高的。但其含量远低于我国城镇污水处理厂污泥处置农用泥质(CJ/T 309—2009)污泥农用 A 级的标准, 几乎不会对环境产生重大影响。

2.2.2 挥发酚

污泥中挥发酚含量范围为 0.02~0.05 mg/kg。各调研污水处理厂污泥挥发酚含量均满足我国《城镇污水处理厂污泥泥质》(GB 24188—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T

24600—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质》(GB/T 23485—2009)和《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》(GB/T 25031—2010)的规定限值, 但不满足《城镇污水处理厂污泥处置 农用泥质》(CJ/T 309—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 林地用泥质》(CJ/T 362—2011), 即不可用于农用生产土壤、园林绿化及林地用途等与人体健康密切相关的土壤。

2.2.3 总氰化物

污泥中总氰化物含量均低于我国《城镇污水处理厂污泥泥质》(GB 24188—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质》(GB/T 23485—2009)和《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》(GB/T 25031—2010)要求的限值。

2.2.4 可吸附有机卤化物、苯并(a)芘、多氯联苯和多环芳烃

各污水处理厂污泥可吸附有机卤化物值低于《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486—2009)的限值。苯并(a)芘、多氯联苯、多环芳烃均未检出。

2.3 处置优化建议

根据上述各污水处理厂脱水污泥中有机污染物的含量评估, 结合该地区城镇污水处理厂的实际情况, 进行综合分析。目前该地区经济以第二产业为主, 地区年产脱水污泥总质量约 15 万 t, 污泥处理方式主要为浓缩脱水, 污泥处置方式主要为堆肥、厂内堆置。该地区工业生产的过程中不可避免使用到消泡剂、除尘剂、润滑油、燃油、轮胎和沥青等烃类矿物油; 另外, 农业生产、纺织行业、造纸行业生产过程中的除草剂、除虫剂, 印染废水中的助染剂、消毒剂, 造纸废水中的漂白试剂等的大量使用, 也会导致净水厂脱水污泥中残留可吸附有机污染物。A 污水处理厂进水中工业废水比例较大, 污泥泥质较差, 有机物污染物和重金属含量较高, 根据《城镇污水处理厂污泥处理处置技术指南》, 当污泥不具备土地利用条件时, 可考虑采用焚烧及建材利用相结合的处置方式。B 污水处理厂地处化工区污泥泥质总氰化物含量超出 A 级农用泥质标准, 总体只能作为酸性土壤改良用泥质、园林绿化用泥质、制砖用泥质使用。该厂脱水污泥其他指标均满足各项泥质标准的要求。在厂内堆置的过程中, B-1

污泥需要严控泄露以防二次污染。B-2 污泥的有机污染物含量对照标准,可适用于污泥土地利用、建材利用和焚烧处置等各项用途。C 污水处理厂污泥泥质总体较好,适用于土地改良、建材利用和处置等。因此,除农用地外,C 污水处理厂泥质能广泛应用于土地改良、园林绿化或林用、混合填埋处置、制水泥熟料和制砖等领域。

上述污泥传统处置方法和资源化利用方法,属于污泥减量化处置的末端减量处置法^[4-5]。另外一种污泥减量化处置的方法,就是源头减量处置法。源头减量处置法是通过物理、化学和生物处理综合技术处理污泥,以达到处理相同污水量但污泥产率更低的目的,包括溶胞隐性生长、解偶联技术、微型动物捕食及维持代谢的污泥减量法等^[5]。但由于受到当前科学技术的发展限制,源头减量处置法尚处于实验室研究开发阶段,还无法实际应用于污水处理厂的污泥处置环节中。

3 结 语

某地区污水处理厂脱水污泥中部分有机污染物(挥发酚、氰化物)的含量较高,影响其资源利用。该地区脱水污泥仅可用于土地改良或绿化,无法作为农用泥质。所调查的3个污水处理厂脱水污泥的有机污染物成分含量均符合《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600—2009)标准的规定,现阶段产出污泥中泥质较好部分可用于绿化,较差部分可制造建材。但制约污泥处置方式选择的因素不仅是有机污染物,实际上重金属元素在土壤中长期积存的影响和危害也不容小觑。随着城镇化进程推进,污泥产量不断增加,现今处置方式终不是根本之策。通过经济结构的调整以及生产技术的更新来减少污染物的排放,才是治理该地区环境污染问题的必由之路。

参考文献:

- [1] 任钢锋. 城市污水处理厂污泥处理处置方法的综合评价[J]. *环境与发展*, 2020, 32(12): 16-17.
- [2] 刘学军, 朱海瀛, 杨莎莎. 武汉市污泥处理处置现状研究及建议分析[J]. *工业安全与环保*, 2020, 46(6): 93-96.
- [3] 郭家磊, 肖一帆, 李小燕, 等. 污水处理固体废弃物污泥的处置方法研究[J]. *再生资源与循环经济*, 2021, 14(2): 39-40.
- [4] 李立欣, 赵乾身, 马放, 等. 废水处理中污泥减量技术现状及发展趋势[J]. *水处理技术*, 2015, 41(1): 1-4.
- [5] 邓易芳, 吴俊奇, 刘昌强, 等. 城市污泥资源化与源头减量化方法[J]. *应用化工*, 2019, 48(5): 1202-1207.
- [6] 张强弓. 食品中烃类矿物油的来源及检验检测方法综述[J]. *吉林农业*, 2018(20): 87-87.
- [7] 陈爽, 黄芷君, 龚婷婷, 等. 废水中可吸附有机卤化物的来源、测定方法及去除技术的研究进展[J]. *环境监控与预警*, 2020, 12(3): 20-25.
- [8] 中华人民共和国建设部. CJ/T 51—2004, 城市污水水质检验方法标准[S]. 北京: 中华人民共和国建设部, 2005.
- [9] 美国环境保护局, 中国环境监测总站. 固体废物试验分析评价手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
- [10] 国家市场监督管理总局. GB 13015—201, 含多氯联苯废物污染控制标准[S]. 北京: 国家市场监督管理总局, 2017.
- [11] 行业标准-城建. CJ/T 147—2001, 城市供水 多环芳烃的测定 液相色谱法[S]. 中国: 行业标准-城建. 2001.
- [12] 国家市场监督管理总局. GB/T 15959—1995. 水质 可吸附有机卤素(AOX)的测定: 微库仑法[S]. 北京: 国家市场监督管理总局, 1995.

(编辑 张永博)