

我国污泥处理处置现状及资源化利用研究

孙宝宝 时富豪 孙奕航 张春阳 张帅洛
华北水利水电大学 河南郑州 450046

摘要: 我国污泥年产量每年都在增加, 但是对污泥处理并没有与污水处理同步发展, 大量污泥已经制约我国生态环境的发展。本文综述了我国污泥处理处置的现状及污泥资源化利用技术研究, 为污泥处理处置的发展提供理论基础。

关键词: 污泥处理; 污泥处置; 资源化利用

Research on sludge treatment and disposal status and resource utilization in our country

Baobao Sun, Fuhao Shi, Yihang Sun, Chunyang Zhang, Shuailuo Zhang

School of Environmental and Municipal Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450046, China

Abstract: The annual output of sludge is increasing every year in our country, but sludge treatment has not been developed in tandem with sewage treatment. A large sludge has restricted the development of the ecological environment in our country. This paper summarizes the current situation of sludge treatment and disposal and researches sludge resource utilization technology to provide a theoretical basis for the development of sludge treatment and disposal.

Keywords: Sludge treatment; Sludge disposal; Utilization of resources

引言:

在经济高速增长、城镇化建设快速发展的时代, 城镇的污水处理量也在逐年增加。以活性污泥法为主的污水处理工艺在处理污水时产生的剩余污泥(产量大, 并含多种有害物质)对生态环境已经造成严重的威胁^[1]。据统计数据显示, 截至2019年, 我国污水年排放量达到554.65亿立方米, 同比增长6.4%, 污水处理厂也增加到2471座, 同比增长6.5%^[2]。我国污泥(含水率80%以上)产量早在2019年就已经超过6000万t, 预计到2025年, 我国污泥产量将突破9000万t^[3]。我国污泥产量不仅与日俱增, 而且污泥中的毒害物质(例如重金属、病原菌等)也在不断增加。这些污泥倘若不能正确处理或处置, 必将造成严重的环境污染, 甚至危害人体健康。针对以上情况, 我国应该提高对污泥处理处置的水平, 尽一切可能减小污泥对生态环境造成的二次污染, 实现污泥减量化、资源化、无害化、资源化处理^[4], 加快我国可持续发展战略的进程。

一、我国污泥特性

污泥是污水处理厂中在沉淀池、生物滤池等产生的半固态、固态物质, 分为初沉污泥和剩余污泥。污水处

理厂处理的污水包括生活污水和工业废水, 富集了城市污水的主要污染物(重金属、有机污染物、微塑料等)和营养元素(K、N、P等), 其中营养元素及有机化合物可使污泥农用, 重金属元素可对土壤产生毒害, 因此污泥具有“资源”和“污染”双重属性(如图1)。目前我国正设法将污泥中有害物质去除掉, 然而西方等发达国家已经将其“变废为宝”, 例如利用污泥中微量的重金属元素促进作物的生长。以上可以看出发达国家偏向于污泥的资源化利用, 而我国与他们相比更多的是污泥的处理处置, 因此根据我国污泥特性, 结合现有的处理处置技术路线, 对污泥的资源化利用进行研究, 从而达到环

| 资源性物质 | 含量范围 (g/kg) | 污染性物质 | 组成 | 含量范围 (mg/kg) |
|-------|-------------|--------|-----------------|-----------------------|
| C | 321.3~355.7 | 重金属污染物 | Zn、Cu、Cr、Pb、Ni等 | 0~27 300 |
| N | 7.4~54.9 | 有机污染物 | 抗生素、多环芳烃、多氯联苯等 | 0~33 810 |
| P | 2.2~48.3 | 微塑料 | 聚烯烃、聚丙烯酸、聚酰胺等 | 1.60~56.4 (103个/kg干重) |
| K | 0.8~17.5 | 其他 | 致病菌、矿物油等 | 0.01~23 |

图1 我国污泥物质组成^[3]

境保护与经济效益的最大公约数。

二、我国污泥处理处置现状

随着污水量的不断增加,我国污泥产量也在逐年俱增,但现阶段我国多数地区没有意识到污泥处理问题的严重性,仍把污水处理问题放在首位,焦点并没有转移到污泥问题上,这就导致污水处理技术与污泥处理技术不能同步发展,污泥处理问题形势严峻。在2017年,政府提高了污泥处理的重视程度,在《“十三五”城镇污水处理规划》中明确提出了“泥水并重”的处理方式,同时在完善政策保障、增强监督管理等方面提出明确要求,从而保证污泥处理后符合国家标准。2022年,国务院印发《“十四五”节能减排综合工作方案》,推行污水资源化利用、污泥无害化处置措施。当前我国污泥处理处置工艺流程有4种:

- (1) 污泥先干化处理,再经焚烧处理或者进行建材利用;
- (2) 污泥经厌氧消化技术后,其产物进行土地利用;
- (3) 污泥经过好氧发酵之后,其发酵后的剩余物再进行土地利用;
- (4) 污泥经过深度脱水后,再协同焚烧处理或者直接填埋处置^[5]。

污泥的处置方法主要有污泥填埋、堆肥、焚烧、干化及建材利用等多种传统处置形式^[6]。污泥填埋是我国使用最广泛且最简单的一种污泥处置方式^[7],其填埋方法简单易行,不需要太多繁琐的操作过程,但直接对污泥进行填埋容易对环境造成严重污染;污泥堆肥中含有各种难降解的有机物,例如残留药物、化学品、干扰素等^[8],在堆肥过程中会产生恶臭气体对大气环境产生危害。污泥先干化处理,再经过焚烧处理是缩小污泥体积、减少对环境危害的最佳的方法之一^[9];污泥建材是把预处理后的污泥进行利用,从而制备出水泥、砖等建材及环保材料,是现阶段实现污泥资源化处理效果最好的方式之一^[10]。

2.1 污泥传统处置措施

2.1.1 污泥填埋法

污泥填埋法是我国使用最广泛且最简单的污泥处置方法。其处置的优势在于技术简单易行,且成本低,是应用最早的污泥处理技术,但是填埋的污泥中含有大量的重金属等有毒有害物质,填埋场需具有较高的防渗要求,若渗滤液泄露将会严重污染填埋场周围的土壤、地表植物及地下水;其次,污泥填埋对填埋场的选址要求甚高,而且需要长时间占用大面积的土地,但我国城镇化发展十分迅速,土地资源利用紧张,城市及其周边已经出现“无地可埋”的窘境,显然污泥填埋已不符合我国无害化处理及经济发展的要求。

2.1.2 污泥堆肥法

好氧堆肥是在通入氧气的状态下利用好氧细菌等微生物将堆肥物料中的部分有机物氧化分解为腐殖质、二氧化碳及水,并且减少VOCs的含量、去除恶臭气体的过程^[11]。微生物在高温阶段分解污泥中的有机物,经分解的产物可以作为有机肥进行农用;堆体中温度还能杀灭病原菌及寄生虫卵。但是堆肥过程中污泥中的重金属等难以降解的有害物质并没有得到去除,同时堆肥中还会产生恶臭气体等问题会继续破坏环境进而造成二次污染。对于污泥堆肥利用中存在的问题,我们应该深入研究堆肥利用的技术问题,设计一套能耗更低、利用条件更简单,处理效果更高效的污泥+预处理堆肥工艺,为今后我国污泥在堆肥上的广泛应用提供发展方向^[12]。

2.1.3 污泥焚烧法

污泥焚烧是通过过剩空气与待处理的污泥在焚烧炉中进行燃烧,使污泥中有机物在高温下被氧化成无机废物,破坏了有毒有害物质的结构,从而达到污泥的减量化、无害化处理。焚烧技术作为污泥减容少害化处理的重要手段,其技术不断提高,设备不断更新换代,在我国已经发展成复杂的系统。向干化污泥中加入适量的生物质辅料进行混合之后再经过燃烧反应是现阶段较为有效的污泥焚烧方法^[13],污泥焚烧产生的高温热量通过导热传导用于污泥干化,无需外加辅助燃料和热源,有效实现污泥热量综合利用^[14]。污泥焚烧的优点是极大减少了污泥量,具有减容去毒作用,焚烧产物可平铺道路或制造其他副产品,具有资源回收及提高资源利用率的作用^[15]。但污泥焚烧所需的设备费用昂贵,操作严格复杂,对工作人员技术水平要求高,且易产生二次污染物,如氮氧化物、二氧化硫及二噁英等污染大气环境^[16]。

2.1.4 污泥干化法

污泥干化指利用热破坏污泥胶体结构,并提供热能使水分蒸发,从而实现“泥水分离”。污泥热干化处理根据加热方式的不同分为两种技术:太阳能污泥干化和热能污泥干化^[17]。干化过程需要热能提供能量,但对热能利用有直接利用和间接利用两种形式。直接利用是将热介质(热空气、蒸汽等)与污泥直接混合^[18],使污泥中水分得到蒸发;间接利用是热介质通过加热器壁从而使另一侧污泥受热、水分蒸发。目前污泥经机械脱水后的含水率达70%^[19],而污泥填埋、堆肥等要求含水率65%以下,显然机械脱水已无法满足要求,但污泥干化后含水率能降低到10%以下,同时还能抑制污泥中的寄生虫卵等微生物,减轻了污泥的负面影响;其产品无臭无害,能作肥料、土壤改良剂等。

2.1.5 建材利用

污泥中含有与建筑材料相近的无机物如硅、铝、铁、

钙等20多种。因此利用污泥能够制造部分建材的原料,如污泥焚烧灰代替粘土制水泥、加骨料制砖等。污泥作为建筑材料已经在欧美等国家得到了发展。英国和德国已经使用污泥焚烧灰制作建筑材料,日本也引进了焚烧灰砖技术。我国污泥中含有大量的有毒有害物质,若能将其除掉,则污泥建材就能达到安全化处理,实现资源的回收利用,具有光明的发展机遇。

2.2 污泥资源化利用技术

2.2.1 厌氧消化技术

厌氧消化是指厌氧微生物在缺氧的环境下发生作用,将污泥中的有机质分解为甲烷、二氧化碳等稳定物质的过程。厌氧消化技术能够分解有机质产生清洁能源,消化后的产物还可以作为堆肥化原料用于土地利用;此外与好氧发酵相比,其无需通风动力,具有设施简单、运行成本低等优点,是一种节能环保的污泥处理方法。但是由于厌氧消化处理技术操作过程复杂、对专业人员要求高,从而制约了该技术的发展前景。

2.2.2 污泥热解技术

污泥热解技术是指污泥中有机物在氧气不足的环境中发生热作用而进行化学分解。热解技术可以按照加热方式、热解温度、热解设备类型进行分类,其中按照不同温度区段,分为低温热解、中温热解和高温热解。低温热解法是在500℃下热解污泥中有机物,其产物可用作水煤气原料,由于该方法在低温条件下进行,所以不易产生二次污染物,避免再次污染环境。与低温热解相比,高温热解在1000℃以上温度进行,能够熔化金属氧化物及盐类,并以液渣的形式排除,同时高温作用下,有害物质完全被分解,避免破坏生态环境。此外,高温热解得到焦炭和煤气的产量高,设备故障、维修次数少。因此,目前我国大多数采用高温热解法,此方法将成为污泥资源化处理应用的主要技术之一。

三、研究展望

我国污泥产量大,无机物含量高,并且我国的污泥处置水平仅为减容化,显然传统的污泥处置方法已不符合现阶段的发展要求,如何采用新的技术手段和工艺实现污泥资源化处理已经刻不容缓。在实现污泥处理技术高效发展的道路上,必须要彻底改变人们“重水轻泥”的思想理念,加深人们对污泥处理问题的重视程度。与欧美发达国家相比,目前我国污泥处置技术水平非常低,在解决污泥问题方面任重道远。希望在不久的将来,我国能在确保生态环境不受破坏的情况下,达到污泥减量化、无害化、资源化、能源化、资源化处理,从而促进我国生态文明建设,铸就可持续发展之路。

参考文献:

[1] M. Engelhart, M. Kriiger, J. Kopp. et al. Effects of

disintegration on anaerobic degradation of surplus sludge in downflow stationary fixed film digester, in: II International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste, Barcelona, 1999.

[2] 曹秀芹, 柳婷, 江坤, 等. 低温热水解处理对污泥流变特性的影响[J]. 环境工程, 2019, 37(12): 104-108.

[3] 戴晓虎. 我国污泥处理处置现状及发展趋势[J]. 科学, 2020, 72(6): 30-34.

[4] 朱明璇, 李梅, 刘承芳, 等. 污泥处理处置技术研究综述[J]. 山东建筑大学学报, 2018, 33(6): 63-68.

[5] 李雪怡, 梁远, 方小锋, 等. 北京市污泥处理处置现状总结分析. 中国给水排水, 2021, 37(22): 38-42.

[6] 林敏, 龚媛媛, 艾仙斌, 等. 南昌市污泥处理现状与展望[J]. 能源研究与管理, 2019(4): 1-3.

[7] 王琳琳. 垃圾焚烧发电厂污泥掺烧技术应用[J]. 能源与节能, 2020(6): 89-91.

[8] 单灵婕, 王松林, 孙渝波, 等. 污泥处理处置现状分析与资源化利用研究[J]. 中国资源综合利用, 2020, 38(12): 192-194.

[9] 周志强, 张腾, 王美蓉, 等. 市政污泥干化焚烧工艺设计与思考[J]. 环境保护与循环经济, 2021, 41(1): 35-38.

[10] 王可, 代群威. 污泥基生态混凝土中重金属的浸出研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2017(5): 88-92.

[11] 车悦驰, 颜蓓蓓, 王旭彤, 等. 污泥堆肥技术及工艺优化研究进展[J]. 环境工程, 2021, 39(4): 164-173.

[12] 张树艳, 刘佳欣, 耿继光, 等. 基于堆肥的污泥预处理方法研究进展[J]. 应用化工, 2021, 50(7): 2008-2013.

[13] 刘尚铭. 国内外污泥处理处置技术现状探讨[J]. 中国设备工程, 2020(3): 209-210.

[14] 杨汉文, 王建国, 李冲, 等. 市政污泥干化焚烧技术应用工程案例[J]. 中国给水排水, 2021, 37(12): 136-140.

[15] 覃思宇, 王丹丹. 关于我国城镇污水处理厂污泥处理处置的现状分析[J]. 化工管理, 2020(15): 49-50.

[16] 徐智明, 汪帅马. 江西省城镇污泥处理处置现状及建议[J]. 能源研究与管理, 2021(3): 104-108.

[17] 王小颖. 污泥处理方法工艺论述及对比[J]. 节能与环保, 2021(5): 45-46.

[18] 刘玉坤, 管志云. 市政污泥干化焚烧技术分析[J]. 节能与环保, 2020(6): 48-50.

[19] 唐红梅, 黎建刚, 李琴, 等. 污泥脱水的影响因素及预处理技术[J]. 能源研究与管理, 2021(1): 16-20.