

污泥处置与资源化研究现状

邓佳卉, 彭盘英

(南京师范大学化学与环境科学学院, 210097, 南京)

[摘要] 介绍了国内外污泥处置的现状, 提出了污泥资源化的一些途径, 并指出污泥资源化是污泥处置的主要发展方向。
[关键词] 污泥, 处置, 资源化
[中图分类号] X703, [文献标识码] A, [文章编号] 1672- 1292- (2004) 01- 0020- 04

污泥是污水处理厂在污水处理过程中产生的沉淀物质, 含有大量水分 (75% ~ 99%)^[1], 还含有大量有机质、病原菌、寄生虫(卵)、重金属等有害成分, 且伴有恶臭。城市污水在处理过程中会产生大量的污泥, 其中初沉池产生的污泥量约为处理水量的 0.2% ~ 0.3% (含水率为 95% ~ 97%), 二沉池排出的剩余活性污泥量为处理水量的 1% ~ 2% (含水率为 99.4% ~ 99.6%)。一处理规模为 10 万 t 的污水处理厂, 每天排出初次污泥 200~ 300t, 剩余活性污泥 1000~ 2000 t^[2]。

随着经济的不断发展, 城市污水厂的处理规模、处理程度都在不断扩大提高, 污泥的产生量将会急剧快速地增长。目前, 污泥处置方法主要有填埋、焚烧、农用、排海等。表 1 是一些国家的污泥处置情况。发达国家具有雄厚的资金和先进的技术条件, 处理程度较高。西欧以填埋为主, 美国英国以农用为主, 日本以焚烧为主。而在我国, 由于条件限制, 污泥处理程度仍然较低。资料显示^[3], 90% 以上污水处理厂没有配套的污泥处理设备, 60% 以上污泥未经处理直接农用, 不符合污泥农用的卫生标准, 将造成重金属污染等严重环境问题。如何妥善处理污泥, 使其无害化、资源化已成为全球关注的课题。

表 1 部分国家污泥处置情况^[4,5]

处置方法/ %	美国	日本	英国	西欧
填埋	25	—	8	45
排海	19	—	30	18
焚烧	21	62.7	7	7
农用	30	31.9	42	30
其它	6	5.4	13	—

1 污泥处置技术

1.1 污泥干化

污泥含水量太高, 因此处理的第一步就是干化。污泥经过浓缩以后, 可使污泥含水率降低到 94% ~ 96%, 污泥的体积可缩小到原来的 1/4 左右^[6]。污泥脱水的目的在于进一步降低污泥的含水率。在机械脱水方面, 多数国家采用板框压滤机、带式压滤机及离心机等设备脱水, 而在自然干化方面, 应用较多的脱水方式为干化床, 在我国应用较多的为带式压滤脱水。国内外实践表明, 经传统的浓缩和脱水工艺处理后, 污泥含水率无法达到 60% 以下, 而这仍然不能达到干化的要求, 要深度脱水, 目前常用的方法是热干燥法。

热干燥法是指利用热和压力破坏污泥的胶凝结构, 并对污泥进行消毒灭菌。它能使污泥的固含率提高到 85% - 95%, 且热干燥后, 污泥的臭味、病原物、粘度、不稳定等负面特性得到显著改善并具有多种用途, 无论填埋、焚烧、农用还是热能利用, 干化都是重要的第一步。其缺点是初期投资费用和能耗过高^[7~ 9]。

1.2 堆肥

堆肥是利用污泥中的微生物进行发酵的过程。在污泥中加入一定比例的膨松剂和调理剂(如秸秆、稻草、木屑或生活垃圾等), 利用微生物群落在潮湿环境下对多种有机物进行氧化分解并转化为稳定性较高的类腐殖质。污泥经堆肥处理后, 一方面植物养分形态更有利于植物吸收, 另一方面还消除臭味, 杀死大部分病原菌和寄生虫(卵), 达到无害化目的, 且呈现疏松、分散、细颗粒状, 便于储藏、

收稿日期: 2003- 10- 08.
教育部“211”工程建设项目: “不同时空、尺度环境演变和生态建设”。
作者简介: 邓佳卉, 女, 1979-, 硕士研究生, 主要从事“三废”治理与资源化的研究与学习。E-mail: kethy_d@sina.com
通讯联系人: 彭盘英, 1952-, 教授, 硕士生导师, 主要从事“三废”治理与资源化研究。

运输和使用.

1.3 湿式氧化法(WO 法)

湿式氧化法是一种物理-化学法,是在高温(临界温度为 150~ 370℃)高压下压入空气,将污泥中的有机物和还原性有机物氧化成 CO₂、H₂O 和少量固体残渣.在 300℃和 30 min 的停留时间下,总 COD 可去除 80%,70% 以上的 MLSS 被去除^[19].污泥经处理,重量体积都大大减少.WO 法适应性较强,灭菌除毒效果好,脱水性能好,处理周期短,但是它设备复杂,运行和维护费用高,一般只适用于大、中型污水处理厂.

1.4 生物处理法

1.4.1 厌氧消化

厌氧消化利用厌氧微生物的分解作用,使污泥中的有机物分解并趋于稳定.厌氧消化一般是在密闭的消化槽内,在 30℃下贮停 30 d 左右,主要是通过兼性厌氧细菌和厌氧细菌的作用使有机物分解,最终生成以甲烷为主的沼气^[11].厌氧消化处理能达到污泥减量的目的,且可以回收一部分能源,也为后续处理减轻负担.但消化后污泥含水率较高,仍需进一步脱水.近年污泥消化技术不断提高,如机械浓缩和高浓度消化的有机结合、完全厌氧二相消化法等^[12],使发酵时间大大缩短,甲烷发生量和消化率提高,且投资费用较低.

1.4.2 膜生物反应器

膜生物反应器是近几年发展起来的一种新型的处理技术.膜生物反应器是指将膜分离技术中的膜系统与污水生物处理工程中的生物反应器相结合而成的新工艺.由于膜生物反应器的高截留率并将浓缩液回流到生物反应器内,使反应器中具有很高的微生物浓度和相对较低的污泥负荷并有很长的污泥停留时间,使有机物大部分被降解.据有关资料报道,在错流式膜生物反应器中如果污泥被完全截留,污泥中无机组分没有过大的积累,碳的去除率达 90%,凯氏氮被完全硝化^[10].目前英国和日本已将这一技术成功地应用于小型污水厂中.

1.4.3 高速生物反应器

高速生物反应器技术是在利用土壤处理污泥的基础上发展起来的^[10].利用土壤中的微生物处理污泥,由于是开放的系统,因而会受到气温和土壤湿度的影响,使土壤利用的时间和区域受到一定的限制. SWEC 公司(美国)在 80 年代开始研制开发高速生物反应器,该技术将污泥的脱水、消化和干化相结合,将土壤处理的整个过程放置在室内一个封闭的循环系统中进行.相比较于普通的好氧和

厌氧消化,高速生物反应器具有反应容积小,运行费用低,微生物浓度高,系统抗冲击能力强的特点.

1.5 污泥酸化

剩余污泥有机物含量高,将其进行水解酸化后返回废水处理系统一同代谢,从而达到减少或基本无污泥排放的目的^[13],污泥酸化是一种正在探索的污泥处理方法.其优点在于污泥水解酸化后不必单独处理,直接与废水一起代谢,投资少、能耗低.

1.6 碱性稳定化

碱性稳定化是在污泥中加入石灰或水泥窑灰等碱性物质,使污泥 pH> 12 并保持一段时间,利用强碱性和石灰放出的大量热能杀灭病原菌、降低恶臭和钝化重金属,处理后,污泥可直接适用于农田^[14]. N-ViroSoil 法,是在碱性稳定后,通过机械翻堆或其他方法使污泥快速干燥, Agri+ Soil 法是在混合碱性物料后进行堆肥.澳洲许多土壤呈酸性,因此,碱性稳定法在澳大利亚很受欢迎,如悉尼水处理集团的污泥 54% 用于碱性稳定化^[15].

1.7 焚烧

污泥脱水、干化后焚烧是常用的污泥处理方法.污泥焚烧可以最大限度达到减量的目的,焚烧过程中病原菌、寄生虫被彻底杀灭,有机质被氧化分解.焚烧后的灰分可用作生产水泥的原料,但是还没有被推广,因此还没有合适的处理方法;此外焚烧过程会产生二噁英等空气污染物造成二次污染.而且,污泥焚烧处理成本昂贵,在日本一套处理量在 50 m³/d 左右的焚烧设备成本高达 28 亿日元^[12].

2 污泥资源化

2.1 农用

污泥中含有大量的有机物和丰富的氮、磷等物质,农具有良好的经济效益和社会效益.在欧洲,污泥的农用在实践中已得到推广.有资料显示,比利时、荷兰、西班牙、瑞典、瑞士、英国等国城市污泥农用率达 50% 以上,卢森堡、葡萄牙更是达到 80% 以上^[16].田间试验表明,污泥用于农田后可增加农作物产量,提高土地肥力.

控制农用污泥中重金属浓度有 3 种标准^[16]: (1) 土壤中无金属累积; (2) 土壤中金属累积量最小; (3) 危险评价标准.标准(1)是一种苛刻的控制标准,实施它在环境和经济上并不是最合适的.实施标准(3)可以尽可能充分利用污泥的营养成分,美国就是采用此标准.各国对重金属含量的限制都有各自的标准,见表 2.

表 2 部分国家农用污泥中重金属浓度的限制标准(干固体(mg/kg))

金属	欧盟	英国	德国	丹麦	美国
Zn	150~ 300	300	200	100	1 500
Cu	50~ 140	135	60	40	775
Ni	30~ 75	75	50	15	230
Cd	1~ 3	3	1. 5	0. 5	20
Pd	50~ 300	300	100	40	190
Hg	1~ 1. 5	1	1	0. 5	9

因此,污泥农用过程必须注意以下问题.(1)污泥中的重金属是否造成二次污染;(2)污泥中的病原体是否对农作物造成影响;(3)土壤中过剩的N、P随水土流失造成水体污染;(4)长期使用对土壤PH值的影响,且使土壤出现板结现象.污泥在农用前,一定要对其进行无害化、稳定化处理.

2.2 用于园林绿化

污泥作为有机肥料用于城市园林绿化,也是有效的污泥处置途径.其用途主要包括市政绿化(林地、草地)、花卉及育苗基地,甚至市郊果园、菜地等等.研究表明,在城市园林绿化中,施用污泥或污泥堆肥,绿化效果相当显著,与施化肥或其它商品有机肥相比,树高、树径和灌木的花期、开花量等都明显增大;草坪草的生物量增大,绿色期延长等^[17].

污泥应用于城市园林绿化,只要进行堆肥等适当的处理,控制污泥中的污染物含量,保证污泥的质量,并科学合理地施用,一般不会引起土壤、地表水和地下水的污染,不会对环境造成危害^[18].而且,污泥用于园林绿化,避开了食物链,一般不会影响到人体的健康.

2.3 污泥合成燃料

污泥中含大量有机物,热值较高,表3列出天津纪庄子污水厂污泥的热值范围^[12].

表3 天津纪庄子污水厂污泥的热值范围

污泥源	污泥种类	挥发性固体/%	热值/(kJ/kg)	
			干基	无灰基
天津纪庄子	初沉	45. 2	10. 72	23. 7
污水厂污泥	二沉	55. 2	13. 3	24. 0
	消化	44. 6	9. 89	22. 2

将污泥按一定比例与煤粉和其他添加剂混合制成污泥型煤,既可以作为型煤的粘结剂,又可以充分发挥污泥的热值.

对日处理能力在10万m³以上的大型二级处理设施产生的污泥,宜采用厌氧消化制沼气.沼气的主要成分是甲烷(CH₄),一般污水厂消化气中甲烷的含量约为60%~70%,CO₂含量约为20%~25%,除可用作燃料外,还能作为化工原料.城市污水厂沼气的有效利用,不仅可以解决污泥出路问题,而且使污水处理厂能量的自给自足有了可能,

对节能和降低运行费用都有很大意义.

2.4 制作建筑材料

污泥焚烧所产生的焚烧灰具有吸水性、凝固性,因而可用来改良土壤、筑路等,也可作为砖瓦和陶瓷等的原料,另外,污泥灰也可以作为混凝土混料的细填料.将污泥干化磨细后添加一定量的石灰,在高温下焚烧,可制得具有潜在价值的类似水泥的建筑材料^[19].污泥中的蛋白质经变性作用和一系列物化性质的改变后,与预处理过的废纤维一起可压制成纤维板.

3 结束语

随着经济不断发展,污泥排放量将大大增加,污泥处置也成为全球关注的重大环境问题.污泥处置方法多种多样,资源化利用无疑是个极有前景的发展方向.必须结合实际情况,兼顾环境生态效益和社会、经济效益,开发合适的减量化、稳定化、无害化以至资源化的处理方法,实现资源的循环利用,变废为宝,促进城市的可持续发展.

[参考文献]

[1] 吴吉夫,王淑坤,臧树良.城市污水处理厂污泥的有效利用和相关的环境问题研究[J].辽宁大学学报,2002,29(1):90~92.

[2] 杨丽君.污水处理中污泥的处置与利用[J].绵阳经济技术高等专科学校学报,2001,18(3):26~29.

[3] 薛文源.城市污水污泥处理与处置的途径[J].中国给水排水,1992,(8):41~46.

[4] 赵尉,李川.城市污水厂污泥综合利用途径分析[J].辽宁城乡环境科技,2000,20(2):58~59.

[5] 韦朝海,陈传好.污泥处理、处置与利用的研究现状分析[J].城市环境与城市生态,1998,11(4):10~13.

[6] 王敦球,解庆林,李金城,等.城市污水污泥的处理及综合利用[J].桂林工学院学报,1999,19(4):387~390.

[7] 胡龙,何品晶,邵立明.城市污水厂污泥热干燥处理技术及其应用分析[J].重庆环境科学,1999,21(1):51~53.

[8] 朱南文,徐华伟.国外污泥热干燥技术[J].给水排水,2002,28(1):16~19.

[9] 杨小文,杜英豪.污泥热干化在美国的应用[J].中国给水排水,2002,18(1):90~92.

[10] 牛樱,陈季华.剩余污泥处理技术进展[J].工业用水与废水,2000,31(5):4~6.

[11] 张清敏,陈卫平,胡国臣等.污泥有效利用研究进展[J].农业环境保护,2000,19(1):58~61.

[12] 王诗元,崔玉波,王翠兰,等.污泥处理技术展望[J].吉林建筑工程学院学报,2000,(1):25~28.

[13] 刘振鸿等.剩余污泥处理新工艺[J].上海环境科学,1996,15(2):16~17.

[14] 杨小文, 杜英豪. 污泥处理与资源化利用方案选择 [J]. 中国给水排水, 2002, 18(4) : 31~ 33.

[15] Osbome GJ, Michalk DL, Unkovich IT. 污泥在农业生产系统中的应用[A]. 有机废弃物管理与利用国际学术研讨会论文集[C]. 南京, 2000.

[16] 邱宏俊, 郝以琼. 国外污泥处置技术[J]. 重庆建筑大学学报, 1998, 20(6) : 51~ 55.

[17] 张增强, 薛澄泽. 施用污泥后一些树木和灌木的生长反应[J]. 西北农业大学学报, 1996, 24 (1) : 65~ 69.

[18] 莫测辉, 吴启堂, 蔡全英等. 论城市污泥农用资源化与可持续发展[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1) : 157~ 160.

[19] 杨琦, 刘广立. 污泥处理和处置技术新进展[J]. 上海环境科学, 1999, 18(3) : 133~ 134.

[16] 蔡全英, 莫测辉, 吴启堂, 等. 化学方法降低城市污泥的重金属含量及其前景分析[J]. 土壤与环境, 1999, 8 (4) : 309~ 313.

[17] McGrath S P, A C Chang, A L Page, et al. Land application of sewage sludge: scientific perspectives of heavy metal loading loimits in Europe and the United States[J]. Environ. rev. , 1994, 2: 108~ 118.

[18] 熊振湖. 我国污水厂污泥的处理与资源化研究[J]. 天津城市建设学院学报, 1999, 5(3) : 6~ 9.

[19] 李钢, 蒋克君, 等. 城市污水处理厂污泥的生物除臭[J]. 给水排水, 2001, 27(2) : 22~ 24.

Study on Treatment and Disposal of Sewage Sludge

Deng Jiahui, Peng Panying

(College of Chemistry and Ervironmental Science, Nanjing Nomal University, Nanjing 210097, PRC)

Abstract: In this paper, the actualities concerning the disposal of the sewage sludge in China and other countries are introduced, and some methods for comprehensive utilization of the sludge are put forward. It is pointed out that comprehensive utilization is the main approach to the sewage sludge disposal.

Key words: sludge, disposal, comprehensive utilization

[责任编辑: 刘健]