

• 污染防治技术 •

城市污泥的处置及资源化展望

余兰兰, 钟秦

(南京理工大学化工学院, 江苏 南京 210094)

摘要: 简述了国内外污泥处置的现状, 并对目前各种污泥处理处置方法进行了比较。提出了污泥资源化的一些途径, 指出污泥资源化将是我国污泥处置的主要发展方向。

关键词: 污泥; 处置技术; 资源化

中图分类号: X 703 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2006)02-0032-03

污水处理过程中产生的沉淀物质以及从污水表面漂出的浮沫中所得的残渣称为污泥 (Sewage sludge), 属于一种固体废弃物。目前我国每年排放干污泥约为 5×10^6 t^[1], 且在不断增加。污泥成分复杂, 其中虽含有大量氮、磷、多种微量元素和有机质等可利用成分, 也含有毒、有害、难降解的有机物、病原菌、寄生虫 (卵) 及重金属等, 且常伴有恶臭, 处置不当会对生态环境和人类造成很大的危害。因此探讨并寻求经济有效的适合我国国情的污泥处置技术, 具有重要的现实意义。

1 国内外污泥处置现状

发达国家经济雄厚, 技术先进, 处理污泥程度较高。污泥的主要处置方式有农用、填埋、焚烧、排海等, 在发达国家污泥农用已成为一条重要的途径^[2,3]。

污泥处置技术在我国还刚起步, 与国外先进国家相比差距很大。目前国内城市污水处理厂污泥一般采用二级中温消化工艺流程处置, 泥饼一般采用 3 种方法处理: 露天堆放、运往垃圾填埋厂填埋和直接作农肥、花肥^[4]。

2 污泥处置技术

2.1 卫生填埋

城市污泥经过简单的灭菌处理直接倾倒入低地或谷地制造人工平原是污泥填埋处置的基本方式。它的优点一是污泥无毒无害化处理成本低, 不需要高度脱水 (自然干化), 二是既解决了污泥出路问题, 又可以增加城市建设用地。然而填坑中含有各种有毒有害物质, 会通过雨水的侵蚀和渗漏作用污染地下水环境, 此外, 适宜污泥填埋的场所因

城市污泥大量的产出而越来越有限。

2.2 湿式氧化法 (WO 法)

WO 法是在高温高压下压入空气, 将污泥中的有机物和还原性无机物氧化成 CO_2 、 H_2O 和少量固体残渣, 主要适用于处理各种难降解有机污泥^[5]。其适应性较强, 灭菌和除毒效果好, 脱水性能极佳, 处理周期短。缺点是设备复杂, 运行和维护费用高, 因而限制了其广泛使用。

2.3 厌氧消化法

厌氧消化是污泥处理的重要方法之一, 它利用厌氧微生物分解污泥中有机物使污泥趋于稳定。目前, 已开发出多种工艺组合, 如完全厌氧二相消化法、高浓度消化和机械浓缩有机结合等^[6]。

2.4 焚烧

污泥焚烧可达到最大限度减量的目的, 但焚烧后的灰分, 目前还没有合理的处理方法。焚烧过程中产生的烟气还会造成二次污染。此外, 污泥焚烧处理成本昂贵^[7]。

2.5 排海

某些沿海地区, 处置污泥采用污泥投海的方式, 但近年来受到强烈反对, 主要是因为其危害海洋生态系统, 引发全球环境问题^[8]。

2.6 农用

污泥中含有丰富的有机营养成分, 如氮、磷、钾等和植物所需的各种微量元素, 如 Ca Mg Cu Fe 等, 其中有机物的浓度占 40% ~ 70%, 其含量高于普通农家肥, 能够改良土壤结构, 增加土壤肥力, 促

收稿日期: 2005-08-10 修订日期: 2005-12-10

基金项目: 江苏省建设系统科技计划基金资助项目 (JS200310)

作者简介: 余兰兰 (1973-), 女, 江苏南京人, 博士研究生, 从事环境工程研究。

进作物生长。污泥成分及来源相当复杂, 不可避免含有一些有害成分, 因此污泥在进行农业利用前需经过无害化的预处理。我国是一个发展中国家, 又是一个农业大国, 相对其他污泥处置方式而言, 城市污泥的农业利用更符合我国国情^[9]。

2.7 自然干化

其优点是耗能和成本低, 但灭菌效果差, 易散发恶臭, 占地面积广, 不适于大规模处理^[10]。

2.8 热干燥法

热干燥法是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。它往往和焚烧联用, 作为焚烧的前处理。其缺点在于初期投资费用高, 每日耗能费过高^[11]。

2.9 膜生物反应器

膜生物反应器是指将膜分离技术与污水生物处理工程中的生物反应器相结合而生产新工艺。在膜生物反应器中若污泥被完全截流, 则其中的无机成分没有过大积累, 有机成分的去除率可达 90%^[5]。但膜材料价格问题限制了该法的推广应用。

2.10 污泥酸化

污泥酸化基本原理是将剩余污泥水解酸化后返回到废水处理系统中一同代谢, 从而达到减少或基本无污泥排放的目的^[12]。

3 污泥资源化技术

3.1 污泥农用

(1) 污泥直接施用于农田和牧场。南京农业大学和湖南农学院对田间施用污泥作了大量试验, 发现施用污泥能显著增产, 稻麦籽粒和秸秆平均增产分别为 38% 和 41%, 蔬菜可食用部分则平均增产 11.7%^[9]。R. Aguilar^[13]研究表明, 施用污泥后土壤中植物所需的许多营养元素的含量都显著增加, 牧草产量明显提高。

(2) 污泥堆肥化处理。污泥经过高温堆肥的生物发酵技术处理后, 把有机废物转化为稳定性较高的腐殖质, 可达到无害化和资源化。它一方面借助堆肥产生的高温有效地杀死病原微生物及各种蠕虫卵; 另一方面通过添加反稀释剂、调理剂、膨胀剂以改善污泥的胶体团粒结构, 降低含水率^[14]。

3.2 污泥用作原材料

(1) 污泥铁屑综合应用。根据有关资料, 澳大利亚太平洋电力局、悉尼水管局共同开发出污泥铁

屑综合应用的工艺。其优越性在于所产生的三种产品都很有市场, 铸铁是主要的产品, 金属氧化物在高炉废气中浓缩收集, 炉渣破碎后可用作建筑材料或生产高磷酸石, 用作辅助材料。

(2) 烧制建材制品。将污泥 (85% 含水率) 与粉煤灰以 1:3 比例混合, 烧制建材制品^[4]。制成品性能优良, 无臭味, 基本符合卫生标准, 且重金属含量大为降低, 接近土壤。

(3) 污泥生产水泥。Nanyang 技术大学的研究人员利用污泥、石灰石和粒土进行粘结材料的生产, 产品性能优于美国材料试验学会 (ASTM) 规定的砌筑水泥的标准^[5]。

3.3 污泥热能的利用

污泥中含有大量的热值, 利用产生的沼气来建立自给发电站或设置热能回收装置以部分地满足厂区需要。沼气的主要成分是甲烷和二氧化碳, 除可用作燃料外, 还可作为化工原料^[15]。

3.4 环境保护的利用

(1) 制吸附剂。万洪云^[16]将含碳较多的生化污泥在一定的高温下通过化学途径制成吸附剂, 其对 COD、重金属、TP 等都有较好的处理效果, 并建议制成商品出售。利用石化污泥制备用于回收水表面油污的吸附剂, 并已申请专利。

(2) 用作粘结剂。污泥作为型煤粘结剂替代白泥 (一种常用粘结剂), 可改善高温下型煤内部结构, 提高型煤气化反应性, 降低灰渣中的残炭, 提高炭转化率。吴启堂^[17]利用污泥所具有强粘性的特点代替白泥, 作为复合肥的粘结剂获得了成功。

(3) 对氯代化合物的降解作用。氯代化合物毒性强且降解非常困难, 不少研究表明污泥对氯代化合物的降解有一定的作用。利用亨盖特厌氧技术从污泥中分离得到一株氯苯降解兼性菌, 它对氯苯等含氯化物具有一定降解率^[18]。

(4) 污泥作为废水处理剂的研究与应用。①物化法处理废水所产生的污泥。在日本, 有人将物化处理中絮凝澄清池所排出的浓缩污泥及脱水污泥 (含 Al^{3+} 和 Ca^{2+}) 用来除磷, 凝集污泥再生用酸, 污泥再生后作铝盐和钙盐用。结果表明: 经过处理的再生污泥可去除胶质、悬浮物、着色成分、有机物、磷、重金属等^[19]。②二级生化处理所产生的活性污泥。利用活性污泥和剩余活性污泥的胞外吸附或胞内吸收作用, 能非常有效地去除废水中的重金属 (Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Pd^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Ni^{2+} 等), 并分

离出抗金属菌。也有人将活性污泥提取驯化制成微生物絮凝剂,可去除悬浮物、脱色及进行油水分离,并能改善污泥的沉淀性能,降解有机物^[20]。

3.5 其他应用

(1)污泥制油是近几年发展起来的技术。通过低温热化学反应,将污泥中的脂肪族化合物和蛋白质转化成油、炭、气和反应水。该技术已成功用于处理市政污泥、造纸污泥和纺织污泥。

(2)因污泥中含有蛋白质、维生素和微量元素,可利用净化的污泥或活性污泥加工成含蛋白质的饲料喂鱼,或其他饲料混合饲养鸡等。

(3)向污泥中添加 $C_{60}(PO_4)_2$,制成复合有机肥料。在美国,已有不少工厂以污泥为原料进行堆肥化,制成颗粒肥料,并以商品在市场上出售^[21-22]。据悉,在我国的深圳已将污泥与畜禽粪混合出售。

(4)W. F. Hu 等^[23]已成功从活性污泥中分离出聚 3-羟基丁酸及 3-羟基戊酸,用于合成生物可降解塑料。

4 展望

污泥处置是世界范围内关注的环境问题,有效地处置与利用污泥已成为当前环境科学的重要课题。目前正在使用或处于小试阶段的污泥处置方法有多种,但各有其优缺点。污泥处置技术的选择应遵循稳定化、无害化、减量化和资源化的原则,应在考虑环境效益和社会效益的前提下,尽可能地提高其经济价值。

随着国民经济的飞速发展,新的污水处理厂将不断建立,污泥排放量必然会大量增加。根据我国国情,污泥的处理应着眼于污泥的综合利用,化害为利,变废为宝,所以污泥资源化应是我国处置污泥的未来发展的主要方向。

为实现污泥的资源化和商品化利用,需要注重有关污泥堆肥制造有机和无机复合肥、污泥制造建筑材料、污泥热能利用以及在环保方面的应用等关键技术的研究和相关设备的研制开发,对成分日趋复杂、数量不断增多的污泥进行更有效、更经济的处理。

[参考文献]

[1] 马那,陈玲,熊飞.我国城市污泥的处置与利用[J].生态环境,2003,12(1):92-95.

- [2] DSVIS B. Research and development for sludge disposal in the future[J]. W & W T, 1991(9): 100-101.
- [3] CECIL L H, PETER M, JURA J N. Sludge management in highly urbanized areas[J]. W at Sci Tech, 1996, 34(3/4): 517-524
- [4] 朱小山,孟范平,赵希锦.城市污泥的处理技术及资源化展望[J].四川环境,2002,21(4):8-12
- [5] 牛樱,李季华.剩余污泥处理技术进展[J].工业用水与废水,2000,31(5):4-6
- [6] 王诗元,崔玉波,王翠兰.污泥处理技术展望[J].吉林建筑工程学院学报,2000(1):25-28
- [7] 姚刚.德国的污泥利用与处置(II)(续)[J].城市环境与城市生态,2000,13(2):24-26.
- [8] 宋敬阳译.城市污水污泥的农田施用[J].国外环境科学技术,1993(3):29-32
- [9] 周立祥.城市污泥土地利用研究[J].生态学报,1999,19(2):185-192
- [10] 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.
- [11] 张清敏,陈卫平,胡国陈.污泥有效利用研究进展[J].农业环境保护,2000,19(1):58-61.
- [12] 刘振鸿,陈季华.剩余污泥处理新工艺[J].上海环境科学,1996,15(2):16-17
- [13] AGUILAR R. Restoration of degraded rangeland with municipal sewage sludge: effects on soil vegetation and surface hydrology [C]//In Proc of 15th world congress of soil science Mexican international society of soil science and Mexican society of soil science, 1994, 36: 400-401
- [14] 刘英对,王峰.城市污泥的资源化与防治措施[J].资源保护,1998,14(6):271-273.
- [15] 唐黎华,朱于彬,赵庆祥.活性污泥用作气化型煤粘结剂[J].华东理工大学学报,1998,24(5):506-509
- [16] 万洪云.利用活性污泥制造活性炭的研究[J].干旱环境监测,2000,14(4):202-206,225
- [17] 吴启堂.城市污泥作复合肥料粘结剂的研究[J].中国给水排水,1992,8(4):20-22
- [18] 史昕龙,陈绍伟.城市污水污泥的处置与利用[J].环境保护,2001(3):45-46
- [19] 高俊侠译.关于净水污泥处理剂的有效利用[J].环境保护科学,1990,16(3):74-81.
- [20] 蒋成爱,黄国锋,吴启堂.城市污水污泥处理利用研究进展[J].农业环境与发展,1999(1):13-17.
- [21] WILLSON G B, DALMAT D. Sewage sludge composting in the U. S A [J]. Biocycle, 1983, 24(5): 20-23
- [22] GOLDSTEM N. Biocycle survey, sewage sludge composting as a medium amendment for chrysanthemum culture [J]. J Amer Sea Hort Sci, 1985, 100(3): 213-216.
- [23] HU W F. Synthesis of poly(3-hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) from activated sludge [J]. Biotechnology Letters, 1997, 19(7): 695-698

本栏目责任编辑 李文峻