

城市污水污泥成分测定及资源化利用途径可行性研究 ——以新疆石河子市为例

向晓黎^{1,2}, 党富民^{1,2}, 罗力力^{1,2}, *夏多田³

(1. 新疆农垦科学院 分析测试中心, 新疆 石河子 832000;

2. 农业部 食品质量监督检验测试中心, 新疆 石河子 832000; 3 石河子大学 水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832003)

摘要: 分析国内外污泥处理的现状, 以新疆石河子市污水处理厂的污泥为研究对象, 通过对污泥含水率、理化性质和成分、组成元素、重金属含量的试验测定, 探讨污泥资源化利用的主要途径, 为污泥资源化利用提供参考。

关键词: 城市污水污泥; 理化性质; 资源化; 利用途径

中图分类号: X705 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-9646(X).2015.03.048

Composition Determined and Feasibility Study on Resource Utilization Way of Sewage Sludge : Taking Shehezi City for Example

XIANG Xiaoli^{1,2}, DANG Fumin^{1,2}, LUO Lili^{1,2}, *XIA Duotian³

(1. Analysis and Testing Center, Xinjiang Academy of Agriculture and Reclamation Science, Shihezi, Xinjiang 832000,

China; 2. Supervision and Testing Center Food Quality, Ministry of Agriculture, Shihezi, Xinjiang 832000, China;

3. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: This paper analyzes the present situation of sludge treatment at home and abroad, take the Sludge of Xinjiang Shihezi sewage treatment plant as study object, through test the moisture content, the physical and chemical properties, the nutrients, the component and the heavy metal content of sludge, discusses the way of resource utilization for sludge, provides a reference of resource utilization for sludge in urban region.

Key words: sewage sludge; physical and chemical properties; resource; utilization way

0 引言

随着新疆生产建设兵团(以下简称兵团)经济社会的不断发展和兵团“三化”建设的不断推进,尤其是兵团城镇化的大力发展,城市污泥污水的排放量在逐年递增。为了解决污泥污水给环境带来的危害和缓解水资源紧缺的困境,以及兵团到“十二五”末污水处理率达到65%的目标,兵团城市、城镇近年来修建了大量的污水处理厂^[1],由此产生了大量固体废弃物——城市污泥^[2-3]。目前,兵团污水处理厂产生的脱水污泥基本采用填埋的处理方式。但是,由于脱水污泥中含有大量的病菌、有机质、寄生虫、有害重金属以及有害的有机化合物等,填埋处理会侵占大量宝贵的土地资源,若填埋处理不当,还会对环境造成严重的二次污染。所以,如何

有效地资源化利用大量的污泥已成为兵团发展中亟需考虑的问题。

1 国内外污泥处理与资源化利用现状分析

目前,国外污泥的传统处理方式^[4]主要有焚烧、卫生填埋、投海,其中的投海、卫生填埋已逐渐被多数国家弃用,而用于焚烧处理的成本高,也没有被推广;按照处理工艺的不同,国外污泥资源化利用的方式主要有农用堆肥、消化制沼气、制备活性炭、热解等。

国内对污泥有关资源化利用的研究起步较晚,目前的污泥资源化利用率不到20%,约60%的污泥采用传统填埋的处理方式,仍有10%左右的污泥未得到任何处理^[5],西部部分经济欠发达城市至今未建污水处理厂。当前国内外城市污泥资源化利用方式

收稿日期: 2015-01-10

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(201310759039)。

作者简介: 向晓黎(1981—),女,实验师,研究方向为土壤、肥料与食品理化分析。

*通讯作者: 夏多田(1979—),男,硕士,副教授,研究方向为新型建筑材料。

主要有土地利用（农林堆肥、土壤修复）、建材利用（制砖、生产水泥、制陶粒、新型材料）、能源利用（油化、制煤）以及其他利用形式。结合地域经济等各种因素，探索符合当地实情的污泥资源化利用方式，是污泥处置的理想途径。

2 城市污泥基本特性测定试验

2.1 试验材料

脱水污泥分别取自新疆石河子市西郊污水处理厂和市北工业园区污水处理厂，污泥呈棕褐色，伴有土腥味。

2.2 试验方法

将脱水污泥样品取回后，首先测定原状脱水污泥的含水率，然后将脱水污泥放在干净的混凝土地面上，采用日光翻晒的方法，边晒边摊分，防止污泥结成团后不利于碾压成粉状，待污泥不再聚集成团后，将污泥放在室内自然风处，风干后用研钵磨碎，过60目筛，置于工业塑料袋中密闭，常温保存。污泥含水率、理化性质、成分以及重金属含量等基本特性的测定参考CJ/T 221—2005城市污水厂污泥检验方法进行；采用X荧光光谱仪分析污泥原料的主要组分。

2.3 试验结果

污泥含水率见表1，污泥主要理化性质和养分含量见表2，污泥中重金属含量见表3，污泥主要原料及组分见表4。

表1 污泥含水率（脱水污泥）

样品	污泥原始质量 m/g	烧后的质量 m/g	盒质量 m/g	水 m/g	干土 m/g	含水率 /%
1	69.43	27.56	15.73	41.87	11.83	83
2	54.96	24.65	15.94	30.31	8.71	84
3	98.17	46.04	31.27	52.13	14.77	85
4	66.28	28.28	17.55	38.00	10.73	84
5	52.22	23.71	15.73	28.51	7.98	85
6	70.94	28.21	15.96	42.73	12.25	83
平均含水率 / %	84					

表2 污泥主要理化性质和养分含量（干污泥）

类别	含水率 /%	pH值	可溶盐 /%	有机质 /%	总氮 /%	总磷 /%	总钾 /%
数值	7.65	7.49	0.16	34.20	1.08	2.62	0.92

表3 污泥中重金属含量（干污泥）

种类	镉	汞	铅	铬	砷	锌	铜	镍
含量 / mg·kg ⁻¹	0.5	0.42	21.2	57.7	7.68	435	75.8	21.3

表4 污泥主要原料及组分（干污泥）

组分	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O
含量 / %	44.57	12.64	19.27	2.98	5.86	4.86	2.96	2.39

3 石河子市城市污泥年产量估算与处理现状分析

新疆石河子市目前主要有2座污水处理厂，分别是位于市西郊的污水处理厂和位于市北工业园区的污水处理厂，其中市西郊的污水处理厂日污水处理能力为10×10⁴ t/d；市北工业园区的污水处理厂的日处理能力为15×10⁴ t/d。按此规模估算，石河子市目前的脱水污泥产量25 t/d，远期污泥产量可达45 t/d。当前，石河子市污水处理厂污泥的处置方式主要是卫生填埋。填埋需要侵占大面积的场地，而且处理费用较高，若填埋处理不当，会造成严重的二次污染^[5-9]。这对于土地资源缺乏的新疆兵团，不是长久之计。石河子市西郊的污水处理厂目前计划建设污泥焚烧项目。但是焚烧成本和运行费用高昂，在一些经济不发达地区无法得到广泛的推广应用^[10-11]，目前兵团大部分地区经济比较落后，具体效果以及在兵团的推广有待后期焚烧项目建成后检验。所以，卫生填埋仍是目前石河子市乃至兵团城镇污泥主要处理技术。

4 石河子市城市污泥资源化利用途径与可行性分析

4.1 污泥土地利用的可行性分析

(1) 污泥中植物所需的营养成分。污泥土地利用，主要有农林堆肥和土壤修复2种方式。污泥之所以可用作农林堆肥和修复土壤是因为污泥中含有氮、磷、钾、有机物及微量元素等比较丰富的植物营养成分，是良好的农用肥料，可以提高农作物的产量，污泥中的有机物分解产生的腐殖质可以改良土壤，成为良好的土壤改良剂。

污泥中的植物营养成分与农家肥的对比见表5。

表5 污泥中的植物营养成分与农家肥的对比 / %

类别	氮	磷	钾
石河子市污水处理厂	1.080	2.620	0.920
我国污泥平均含量	3.030	1.520	0.690
猪厩肥	0.450	0.083	-
马厩肥	0.580	0.122	-
羊厩肥	0.840	1.100	-
牛厩肥	0.340	0.070	-

由表5可知，石河子市城市污水污泥中氮含量低于我国污泥中氮含量平均水平，但明显高于4种家禽有机肥中氮、磷、钾的含量，而磷和钾的含量均高于我国污泥的平均含量，磷含量明显高于文献[12]中4种家禽有机肥中磷的含量。从污泥样品中含有的营养成分及含量考虑，石河子市污水处理厂的脱水污泥比较适合土地利用。

(2) 污泥农用过程中重金属污染问题分析。

出厂污泥重金属含量与污泥农业标准对比见表6。

由表6可知，石河子市城市污泥作为土地利用

表6 出厂污泥重金属含量与污泥农业标准对比(干污泥)

序号	控制项目	石河子市污水处理厂	最高允许含量 / mg·kg ⁻¹ 干污泥	
			在酸性土壤中 (pH值 <6.5)	在碱性土壤中 (pH值 ≥6.5)
1	镉	0.50	5	20
2	汞	0.42	5	15
3	铅	21.2	300	300
4	铬	57.7	600	1 000
5	砷	7.68	75	75
6	锌	435	2 000	3 000
7	铜	75.8	800	1 500
8	镍	21.3	100	200

是可行的,但由于污泥中含有一定量不同形态的铅、铬、砷等重金属和盐分,所以在将污泥堆肥施入土壤之前,必须测定污泥中重金属和盐分的含量,以免引起土壤中重金属和盐分含量超标,带来一系列潜在的威胁和环境问题^[12]。

由表6可知,石河子市污水污泥中重金属含量远小于GB 18918—2002城镇污水处理厂污染物排放标准中污泥农用重金属含量标准限值的要求,也小于我国污泥中重金属含量的平均值^[13]。

综合分析,石河子市污水污泥作为堆肥利用、农田耕地利用是可行的,是一种污泥资源化利用的有效途径。

4.2 污泥建材利用可行性分析

(1) 污泥制砖的可行性分析。为了探索石河子市城市污泥制砖的理论可行性,测定了干污泥的主要原料成分,并与石河子地区黏土、粉煤灰的主要原料成分进行了对比分析,同时将干污泥中各项制砖有关指标与《城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质》标准进行对比。

干污泥与黏土、粉煤灰主要原料组分对比见表7,出厂污泥各项指标与污泥制砖标准对比见表8。

表7 干污泥与黏土、粉煤灰主要原料组分对比

原料	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O
干污泥	44.57	12.64	19.27	2.98	5.86	4.86	2.96	2.39
黏土	44.79	6.77	31.17	1.90	7.20	1.30	2.32	1.93
粉煤灰	56.36	6.30	23.42	2.77	4.47	0.21	2.94	2.79

由表7可知,干污泥、黏土和粉煤灰三者材料主要组分比较接近,均以SiO₂和Al₂O₃为主,二者含量之和大于60%。将粉煤灰掺入黏土中烧结制砖的技术目前已经很成熟,由于干污泥与黏土和粉煤灰的原料主要组分相似,将污泥掺入黏土或掺入黏土与粉煤灰的混合料中用于烧结制砖是可行的。黏土由污泥的无机物组成与许多建材相同,添加合适的外加剂、控制污泥掺入量和焙烧工艺,由表8可以发现,污泥的各项指标均符合GB/T 25031—2010城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质标准的要求。

表8 出厂污泥各项指标与污泥制砖标准对比(干污泥)

控制指标	控制项目	限值	实测值	是否符合
理化指标	pH值	5~10	7.49	符合
	含水率	≤40%	7.65%	符合
污染物浓度限值 / mg·kg ⁻¹	镉	≤20	0.5	符合
	汞	≤5	0.42	符合
	铅	≤300	21.2	符合
	铬	≤1 000	57.7	符合
	砷	≤75	7.68	符合
	锌	≤4 000	435	符合
	铜	≤1 500	75.8	符合
	镍	≤200	21.3	符合
	矿物油	≤3 000	66.4	符合
	挥发酚	≤40	未检出	符合
总氰化物	≤10	0.36	符合	
卫生学指标	粪大肠菌群菌值	≥95%	未检出	符合
	蠕虫卵死亡率			符合
烧失量指标	烧失量	≤50%	23%	符合

由表7和表8可知,用污泥部分替代黏土作为烧结制砖的建筑材料是完全可行的,这样不仅响应国家节约资源、节地的政策号召,也实现了资源循环利用。需要注意的是,在制砖工艺的重要环节——烧结过程中,污泥成分中的有害重金属会转移到成品砖块和燃煤产生的烟气尘粒中,所以应检测砖块中的重金属含量,配置烟气除尘装置等设备。

(2) 污泥制轻质骨料——陶粒。污泥的各项指标均符合GB/T 25031—2010城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质标准的要求,将污泥按照一定比例掺入黏土中烧制轻质骨料——陶粒也是可行的。

5 结论

随着新疆兵团“三化”建设力度的加大,污泥的产量也会逐年增加。通过对石河子市城市污水污泥特性的试验测定,得到如下结论:

(1) 石河子市污水处理厂脱水污泥的资源化利用途径是多样的,且前景可观;

(2) 石河子市污水处理厂脱水污泥可以实现土地利用,用于农田耕地的肥料;

(3) 石河子市污水处理厂脱水污泥中可以实现污泥建筑材料利用,用于制砖和生产轻质建筑骨料——陶粒的掺料。

参考文献:

- [1] 白莉萍,伏亚萍.城市污泥应用于陆地生态系统研究进展[J].生态学报,2009,29(1):416-426.
- [2] 全国环境统计公报[R/OL].http://zls.mep.gov.cn/hjtj/qghjtjgb/201201/20120118_222703.htm,2012-01-18/2012-05-07.
- [3] 李海波,柳青,孙铁珩,等.中国城市污泥资源化利用

(下转第57页)



图7 杂环类

共8项;有机磷类包括杀螟硫磷、乙酰甲胺磷、草铵膦、草甘膦,共4项;有机氮类包括噻嗪酮、杀螟丹、除虫脲、丁醚脲、吡虫啉、噻虫嗪、氯噻啉,共7项;杂环类包括苯醚甲环唑、多菌灵、噻螨酮、哒螨灵、啶螨醚,共5项。

4 结语

目前,最新国标 GB 2763—2014 食品中农药最大残留量中所规定的茶叶中28项农药残留检测方法引用的标准较多,且前处理方法和检测方法各不相

同。大多数的前处理方法只能同时检测一种或者几种农药残留项目,效率低,其方法本身是缺乏对农药残留深入的认识。

参考文献:

- =====
- (上接第50页)
- tion of a liquid chromatograph – quadrupole – time of flight mass spectrometry screening method for organic pollutants in waters [J]. *Journal of Chromatography A*, 2013, 1 276: 47–57.
- [16] 李晓东,赵颖,刘瑜,等.超高效液相色谱串联质谱法同时分析饲料中29种兽药[J].*现代仪器*,2012,18(5):78–92.
- [17] 王旭峰,赵丽,张高奎,等.液相色谱-串联质谱法同时测定猪尿中23种违禁药物[J].*分析化学*,2013,41(8):1 254–1 258.
- [18] 方慧文,卢跃鹏,周原,等.超高效液相色谱串联质谱法同时快速测定牛奶中不同类型的11种兽药残留[J].*分析测试学报*,2013,32(2):262–266.
- [19] 马瑞欣,孙伟彬,郎玉苗,等.养殖用水中孔雀石绿和结晶紫及其代谢物的测定[J].*河北渔业*,2010(8):21–27.
- [20] 田秀慧,于召强,陈玮,等.超高效液相色谱-串联质谱法测定水产品中孔雀石绿及其代谢物隐色孔雀石绿[J].*食品科学*,2013,34(12):171–177.◇
- =====
- (上接第53页)
- 研究进展[J].*三峡环境与生态*,2008,1(2):42–46.
- [4] 齐元峰,岳钦艳,岳敏,等.粘土中铁含量对烧制轻质/超轻污泥陶粒的影响[J].*功能材料*,2010,41(8):1 327–1 331.
- [5] 王静,卢宗文,田顺,等.国内外污泥研究现状及进展[J].*市政技术*,2006,24(3):140–142.
- [6] 李金红,何群彪.欧洲污泥处理处置概况[J].*中国给水排水*,2005,21(1):101–103.
- [7] 吴娟.城市污水处理厂污泥制备活性炭的研究[D].济南:山东大学,2006.
- [8] 沈东平.污水处理厂污泥处理与处置探索[J].*中国市政工程*,2008(5):45–46.
- [9] 余杰,田宁宁,王凯军.城市污水厂污泥处理与处置技术的新思路[J].*中国给水排水*,2008,24(6):11–13.
- [10] 李媛.焚烧工艺在污水厂污泥处理中的应用[J].*中国环保产业*,2004(1):32–33.
- [11] 魏昆生,徐品虎,丁大勇,等.工业废水处理剩余污泥的燃烧试验[J].*工业用水与废水*,2003,34(5):47–50.
- [12] 高婷,李传红,谭镇,等.城市污水厂污泥资源化利用——以惠州市为例[J].*湖南科技学院学报*,2009,30(8):80–82.
- [13] 陈同斌,黄启飞,高定,等.中国城市污泥的重金属含量及其变化趋势[J].*环境科学学报*,2003,23(5):561–569.◇

欢迎订阅 《农产品加工》 欢迎投稿

邮发代号:22-121 22-19

在线投稿:www.ncpjgk.com

电 话:0351-4606085

投稿信箱:ncpjgk@163.com