

城市垃圾焚烧飞灰处理方法及探讨

张楚

(中国天楹股份有限公司, 上海 200233)

摘要: 本文阐述了中国城市垃圾焚烧处理现状,从重金属飞灰稳定化的需求方面介绍了化学稳定化、水泥固化和熔融固化三种飞灰稳定技术。通过已有实验和应用分析了三种技术的优缺点,得出我国未来垃圾焚烧飞灰处理的发展趋势。

关键词: 重金属; 化学稳定化; 水泥固化; 熔融固化

中图分类号: TL941+.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-672X(2017)03-0158-01

DOI:10.16647/j.cnki.cn15-1369/X.2017.03.083

Study on treatment of fly ash of municipal solid waste incineration

Zhang Chu

(China Tian Ying Inc, Shanghai 200233, China)

Abstract: This paper describes the present situation of municipal solid waste incineration in China, and three kinds of technologies which were chemical stabilization, cement solidification and melting solidification are introduced in the paper. Advantages and disadvantages of the three technologies were analyzed based on the experiment result and application, the trend of the treatment of fly ash in China is obtained.

Key words: Heavy metal; Chemical stabilization; Cement solidification; Melt solidification

近年来,随着我国城镇化的快速发展,生活垃圾量在逐年增加。2015年,我国城市生活垃圾清运量超过1.9亿吨,比2014年增多1280万吨。随着城市生活垃圾产量不断增多,城市垃圾填埋场的容量愈来愈少。中国越来越多使用焚烧法处理生活垃圾。截止2015年末,中国一共运营垃圾焚烧发电厂220座,年处理生活垃圾6176万吨^[1]。

垃圾焚烧后产生的灰渣占原垃圾质量的20%,其中飞灰约为原垃圾质量的3%。飞灰中吸附有大量重金属元素Pb、Zn、Cr及二噁英等。重金属易浸出,对环境造成二次污染。因此,飞灰在《国家危险废物名录》中也被界定为危险废物。飞灰必须经过稳定化处理,将其中的有害成分(二噁英和重金属)降低到规定限值,才能进入填埋场进行安全填埋。

目前,许多国家采用化学稳定化、水泥固化、熔融固化等处理垃圾焚烧飞灰,然后进行填埋。化学稳定化通过加入药剂物理化学反应,将飞灰颗粒及其内部的重金属元素包裹,或转变为惰性物质,降低其浸出毒性;水泥固化法将水泥与飞灰混合反应形成水泥块,该方法对含高毒重金属废物的处理有效,固化工艺和设备比较简单,设备和运行费用低;熔融固化是在1200℃以上时,对固体废物进行熔融,使废物中的有害物质稳定,从而减少其释放的过程。本文中,将针对以上三种技术手段分析未来中国焚烧飞灰的处理趋势。

1 螯合剂化学处理

稳定化技术主要使用螯合剂固定飞灰中的重金属,是目前应用最多的处理方法。经过螯合剂处理的飞灰中的重金属含量满足GB16889—2008要求,可以进入生活垃圾卫生填埋场单独填埋,既能减轻填埋场库容压力,也能降低飞灰处置成本。

传统的螯合剂有有机和无机药剂两类。无机药剂主要是磷酸盐。由于无机稳定后的废弃物在环境pH条件改变时重金属会发生浸出,目前在一些地区已被禁用^[2]。另一种则是有机螯合剂。有机螯合剂包括氨基羧酸类、有机膦酸类和羟基羧基类等^[3]。有机螯合剂的螯合能力主要取决于聚合物的链段结构以及取代基的数目,同时还要保证环境改变的条件不会溢出。

余召辉等^[4]采用氨基酸类有机药剂,针对上海市垃圾焚烧厂的飞灰样品进行实验。通过实验发现,飞灰中Pb元素的易浸出态比例从27.49%下降到了0.29%。但Cr、Cu前后变化并不显著。

徐颖等^[5]选用二丙基二硫代磷酸铵(ADD)作为螯合剂,对飞

灰处理前后的稳定化率进行了对比。结果发现,当螯合剂加药量达到飞灰质量的1.5%时,Pb、Zn、Cd的稳定化率达到95.6%、85.5%和93.4%,浸出浓度满足危险废物填埋标准。但是飞灰受到pH值的影响,在pH<3时,产物中的重金属会再度溢出。

螯合剂稳定化处理飞灰,可有效降低飞灰中的易浸出态重金属的含量,满足卫生填埋的标准。但是螯合剂不是对所有重金属都有显著效果,且在酸性环境下重金属容易重新溢出。

2 水泥固化处理

水泥固化的应用最为广泛。该技术将飞灰和水泥混凝土混合形成水泥固化体,通过固化包容减少飞灰的表面积和降低可渗透性,达到无害化的目的。水泥固化处理费用低、工艺简单,重金属固定效果好。由于水泥具有高的pH值,使得重金属形成不溶性的氢氧化物或碳酸盐形式固定。固化水泥还可作为建筑、路基等的填充料或者混凝土和沥青的骨料。美国环保局曾将该技术称为处理有毒有害废物的最佳技术。

但渗入飞灰的固化水泥改变了固化体的结构,降低了水泥的力学性能。固化水泥需要降级使用。于竹青等^[6]针对飞灰混合硅酸盐水泥的浸出率进行了实验,结果发现,当焚烧飞灰掺量从0%~50%时,固化水泥表现稳定,Pb、Zn、Cd等浸出率均比原始飞灰有大量降低,低于国家标准。随垃圾焚烧飞灰掺量的增加,水泥的力学性能下降得非常明显。水泥含量20%的情况下,28d的抗压强度下降到7.1MPa,低于10MPa的建筑材料要求标准。李天鸣等^[7]发现,水泥固化对废弃物体积增加较大,增容达到50%。目前的卫生填埋场都设计有最大库容。华东、华南等地区土地资源非常紧张,水泥固化技术推广会有一定的障碍。

3 熔融固化处理

热熔熔融固化处理技术在减重、减容、重金属稳定化及处理周期等方面具有明显优势。熔融炉主要有表面熔融炉、旋风熔融炉、回转窑熔融炉和等离子体熔融炉等。美国、俄罗斯等国家研究利用等离子体熔融技术处理垃圾焚烧飞灰、医疗垃圾及飞灰、放射性废物等。中国天楹股份有限公司在通州湾静脉产业园采用等离子体熔融处理30吨/天的飞灰。

王勤等^[8]采用自主设计的等离子体熔融炉对杭州焚烧飞灰进行熔融玻璃固化实验。等离子电弧的宏观温度达到1400~1500℃,满足熔融垃圾焚烧飞灰的要求。在氩气、氮气等惰性气体环境下,加入不同质量分数的CaO和SiO₂,反应后得到一种呈墨黑色、坚硬、均质而致密的

(下转第160页)

洗用水,同时可以将培养的菌藻蛋白产品进行出售。②生态氧化塘:生态氧化塘主要分为好氧塘以及兼性塘,主要通过藻类共生系统实现脱氮除磷,但是无法对藻类生长的速率进行有效控制,会导致水中藻类疯狂生长^[7]。若在塘内加入鱼类、螺类、蚌类等水生生物以及鸭、鹅等植物,在运行氧化塘过程中,也能够有效控制塘内藻类的数量,同时保持较高的氮磷去除率。生态氧化塘中存在着许多食物链,例如菌藻→浮游生物→鱼类→浮游生物→小型鱼→鸭、鹅(水草、浮游生物、蚌、螺),其与普通氧化塘组成了复杂的生态系统,能够有效去除氮磷污染物。总而言之,氧化塘具有投资成本少、处理效率高、可产生较高的经济效益等优势,能够应用于现代养猪场的废水处理工作中。

生物氧化塘应用是需要注意三方面:①待处理污水中不能含有重金属以及难降解的有机物;②气温及阳光充足;③生化耗氧量负荷不超标。养猪废水完全负荷生物氧化塘的应用指征,说明生物氧化塘在养猪废水处理中具有一定的应用价值。生物氧化塘在养猪废水深度脱磷除氮中具有以下优势:①规模化养猪场多位于在郊区以及农村地区,能够充分利用周围地区的天然池塘、沼泽以及农田等经济用地;②养猪废水主要是猪的排泄物以及养殖场的冲洗水,不含重金属以及难降解的复杂有机物;③池塘周围的气温一般比较合适,且光照充足,能够为水生植物的生长提供良好的环境,例如水葫芦、水葱、芦苇等植物;④在厌氧发酵技术上加入A/O技术能够有效提高脱氮除磷的效率。

3 结束语

目前养猪废水处理技术主要以生物处理技术为主,传统废水处理方法的脱氮除磷效率较低,若在除碳为主的沼气发酵基础上加入生物氧化

塘能够实现深度脱磷除氮,具有较高的生物效益。

参考文献

- [1] 谢荣,赵博玮,李建政等.木质填料床A/O系统处理低C/N比养猪废水的效能与脱氮机制[J].化工学报,2015,23(11):4661-4668.
- [2] 李建政,孟佳,赵博玮等.养猪废水厌氧消化液SBR短程硝化系统影响因素[J].哈尔滨工业大学学报,2014,24(8):12-13.
- [3] 邓凯文,李建政,赵博玮等.WFSI处理低C/N比养猪废水的效果及脱氮机制[J].中国环境科学,2016,23(21):87-91.
- [4] 王成,孟佳,李玖龄等.升流式微氧生物膜反应器处理高氨氮低C/N比养猪废水的效能[J].化工学报,2016,67(9):3895-3901.
- [5] 赵博玮,李建政,邓凯文等.木质框架土壤渗滤系统处理养猪废水厌氧消化液的效能[J].化工学报,2015,23(26):2248-2255.
- [6] 黄海波,呼世斌,张凤梅等.化学絮凝法对高质量浓度养猪废水预处理效果[J].西北农业学报,2015,22(22):190-196.
- [7] 潘松青,王淑梅,叶欣等.生物膜-活性污泥复合工艺处理养猪废水的中试启动及运行[J].环境工程,2016,31(5):39-43.

收稿日期:2017-04-27

作者简介:胡海利(1976-),男,本科,环境保护助理工程师,研究方向为环境监测。

(上接第158页)

玻璃态渣体。

CaO的添加率达到20%的时候,熔渣中重金属的固化效果最好,玻璃体对Cu、Zn、Cd、Pb的挥发具有非常显著的抑制效果。硅酸盐结构单元由位于四面体顶点的4个 O^{2-} 和位于中心的 Si^{4+} 构成,每个 O^{2-} 与硅离子结合构成一个四面体结构^[9]。Cu、Zn、Cd、Pb等重金属成为连接 SiO_4 四面体的链被禁锢在硅酸盐基体内,从而使重金属的浸出变得非常困难,具备良好的稳定性。

曲烈等^[9]将垃圾焚烧飞灰与陶粒7:3配比,在1140℃焙烧反应,得到致密的陶粒颗粒。陶粒的表面裂纹较少和形成致密的表面釉层,形成封闭气孔结构,很好地固化了Cu、Zn、Pb、Cr等元素。重金属浸出率均远低于国家标准。相对于水泥固化和螯合剂混合处理,熔融固化技术能使飞灰无机化,重金属完全屏蔽在玻璃体内,浸出率低并且可封存时间足够长。同时飞灰在反应后减重减容,不存在水泥固化的痛点。随着国家对环保的要求越来越高,土地的问题日益尖锐。熔融固化技术必将是飞灰处理处置的最终解决方案。

4 总结与讨论

综述的三种解决方法当中,螯合剂混合固化方法简单,且增容较低,但是我国垃圾焚烧飞灰成分复杂,仅用螯合稳定化难以整体解决飞灰的重金属污染问题。水泥固化技术费用低、操作简单,固化体稳定性高。但是,随着国家法规要求的日益严格,水泥固化的费用也会增加,同时增容时增大的土地要求也会失去价廉的优势。新的固化方法熔融固化很好的控制了控制重金属浸出率和减容等优点,但熔融固化成本昂贵。由于我国各地经济发展水平不均匀,采取单一的固化技术难以从整体上解决我国危险废物的污染问题。预计在一线城市或者经济发达地区,熔

融固化法会最先得到应用;在全国中小城市,市场可能以水泥固化加药剂螯合为主,综合两种技术的优势,经济性也能满足当地财政的要求。

参考文献

- [1] 中国国家统计局2015年年鉴.
- [2] Hong K I, Tokunaga S, Kajiuchi T Extraction of heavy metals from MSW incinerator fly ashes by chelating agents[J]. J. Hazard Mater, 2000, 75(1):57-73.
- [3] Padmi S T, Tanaka M, Aoyama I chemical stabilization of medical waste fly ash using chelating agent and phosphates: Heavy metals and ecotoxicity evaluation[J]. Waste Manage, 2009,29(7):2065-2070.
- [4] 余召辉,张瑞娜,毕珠洁等.药剂稳定化法处理飞灰中重金属的研究[J].环境卫生工程,2016,24(1):24-26.
- [5] 章骅,何品晶.城市生活垃圾焚烧灰渣的资源化利用[J].上海环境科学,2002,10(1):6-10.
- [6] 于竹青,含重金属废弃物的水泥固化性能及作用机理[C],2009.
- [7] 李天鸣,工业固体废物固化处理技术探讨[J].石油化工安全环保技术,2011,27(5):41-46.
- [8] 王勤,严建华,潘新潮等.利用热等离子体熔融垃圾焚烧飞灰[J].浙江大学学报(工学版),2011,(1):141-145.
- [9] 曲烈,刘志华,王超等.垃圾焚烧灰-玻璃粉轻质陶粒重金属固化效应研究[J].四川建材,2016,42(6):84-86.

收稿日期:2017-05-10

作者简介:张楚(1984-),男,博士,研究员,研究方向为固废行业。