

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2014.06.028

污泥间接干化产生的恶臭及挥发性有机物特征^{*}

熊运贵¹ 张 科¹ 丁文杰² 张婧赢² 刘俊新² 李 琳^{2**}

(1. 北京水泥厂责任有限公司, 北京, 102202; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

随着城市发展, 污水处理量大幅提高, 城市污水处理厂污泥产量也急剧增加, 使污泥的处理处置成为亟待解决的问题. 利用水泥厂煅烧设备处理污水处理厂污泥, 可实现污泥处置的无害化、减量化以及资源化^[1]. 在焚烧处置之前, 须先将污泥进行干化处理, 使其含水率达到焚烧要求. 湿污泥干化过程中, 由于部分有机物的转化与挥发, 干化尾气中存在恶臭及挥发性有机污染物. 北京水泥厂有限责任公司的处置污水处理厂污泥工程是我国首个利用水泥窑余热干化处置污水处理厂污泥的示范项目.

本文通过实地调查和分析北京水泥有限公司污泥干化生产线的干化尾气, 收集水泥窑协同处置城市污水处理厂污泥过程中恶臭及挥发性有机物的排放数据, 解析污泥间接干化过程产生的气态污染物特征和主要来源, 研究污泥中各类物质在干化过程中的转移转化.

1 材料与方 法

监测内容包括: 恶臭浓度、总挥发性有机物(在线恶臭检测仪, Odor Catch/SLC-1205OP1240N01, 韩国); 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、三甲胺、二硫化碳、苯乙烯、氨、二甲二硫(恶臭气体分析仪, YDEG-1A, 韩国); 挥发性有机物(气-质联用仪, 岛津 GC-MS-QP2010, 日本); 温度、相对湿度(温湿度仪, 179-TH, 美国). 元素分析(场发射扫描电子显微镜, SU-8020, 日本日立公司)、重金属测定(原子吸收光谱仪, OPTIMA 2000DV, Perkin Elmer, 美国)、污泥热值(全自动量热仪, ZHDW-6B, 上海精析仪器公司, 中国)、总有机碳(总有机碳分析仪, 岛津 TOC-V CPH, 日本)、蛋白质(全自动定氮仪, UDK152 型, 意大利)、多糖(分光光度计, Hach DR2800, 美国)、无机离子(离子色谱仪, DIONEX ICS1000, 美国).

2 结果与讨论

2.1 污泥干化尾气中的恶臭及挥发性有机物特征

北京水泥厂有限责任公司的污泥处理量为 500 吨/日, 污泥干化工艺采用涡轮薄层干燥技术. 干化的热源来自水泥窑烟气产生的热量, 采用间接干化的方式, 经过气液间接交换后, 水泥窑烟气的热量传递给导热油, 导热油被循环加热, 最终将热量传递给污泥使其干燥. 污泥干化过程中产生的臭气经过降温冷凝直接送入水泥窑焚烧, 冷凝废水排入配套的污水处理站, 净化后可作为循环冷凝水使用^[2].

冷凝后干化尾气的平均温度为 40 ℃, 相对湿度大于 90%. 干化过程中产生的气体成分复杂, 恶臭物质包括硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫等含硫化合物、氨以及苯乙烯. 其中, 以硫化氢和甲硫醚为主. 总恶臭强度平均为 22993 OU. 污泥干化过程中, 产生的总挥发性有机物(TVOC)平均为 46.26 mg·m⁻³. 其中, 芳香族化合物种类最多, 超过 50%, 挥发性有机酸(VFA)尤其是低分子的有机酸是干化尾气中除苯系物以外的检出种类占第二位的物质, 约占 33%. 芳香族化合物中以对二甲苯和 1,3-二氯苯含量最多, 分别占 22% 和 19%(图 1). 连续监测干化尾气中的硫化物、总挥发性有机物以及恶臭强度的结果显示, 当硫化氢、甲硫醇、甲硫醚等含硫物质浓度升高时, 总的恶臭强度也随之增加. 总挥发性有机物与总恶臭强度也有类似的变化特征. 总恶臭强度与干化尾气中的硫化物以及挥发性有机物的排放水平有极强的相关性, 皮尔森相关系数分别为 0.98($P<0.05$) 和 0.95($P<0.05$).

2.2 冷凝液的成分

污泥干化尾气经过降温冷凝处理后, 再输入水泥窑焚烧. 产生的冷凝液中含有大量的含氮物质和含硫物质. 总有机碳含量为 2570 mg·L⁻¹. 挥发性有机物中主要包含苯、甲苯、氯苯、对(间)二甲苯、苯乙烯、萘等 6 种芳香族化合物; 乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸、2-甲基丁酸等 5 种挥发性有机酸; 以及二甲二硫、硫代甲酸丁酯、二甲基三硫等 3 种有机硫化物. 与干化尾气相比, 冷凝液中的恶臭及挥发性有机物的种类较少, 只含有芳香族化合物、有机酸和有机硫化物, 在芳香族化合物中含量最多的是氯苯和苯. 污泥间接干化过程中产生的挥发性有机物一部分进入干化尾气中, 另一部分在冷凝处理干化尾

2014 年 2 月 13 日收稿.

^{*} 国家“十二五”水体污染控制与治理科技重大专项(2010ZX07319-001)资助.

^{**} 通讯联系人, E-mail: leel@rcees.ac.cn

气时转入冷凝液中。

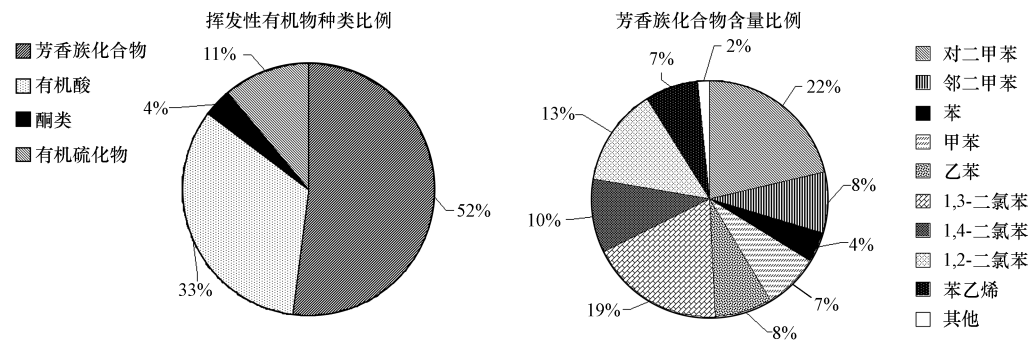


图 1 干化尾气中的挥发性有机物

2.3 污泥的性质与变化

污泥主要来自北京高碑店污水处理厂、北京小红门污水处理厂以及威利亚污水处理厂.污泥的含水率平均为 83.2%，氧、碳以及氮为污泥中的主要元素，含量分别为 36.35%、46.64%以及 6.01%。干化处理后，污泥含水率降低为 31.3%。碳元素和氮元素分别减少了约 18.26%和 26.49%。总有机碳减少了 8%，其中，多糖减少最多，超过 15%（表 1）。而污泥中的硝酸盐、硫酸盐等在污泥干化后明显增加。干化过程中，污泥中的含碳物质转化为二氧化碳、一氧化碳、挥发性有机物、碳酸盐；含氮物质转化为氨、氮氧化物、硝酸盐；含硫物质转化为硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、硫酸盐等。转化产物一部分进入干化尾气中，一部分转入冷凝液中，还有一部分滞留在干化污泥中。

表 1 污泥中的有机质及热值

分析指标	湿污泥	半干污泥	减少率/%
蛋白质/(mg·g ⁻¹)	81.50	77.43	5
多糖/(mg·g ⁻¹)	15.25	12.86	15.64
总有机碳/(TOC,mg·g ⁻¹)	255.8	235	8.13
热值/(kJ·kg ⁻¹)	14880	14800	0.54

3 结论

采用间接干化的方式干化污水处理厂污泥时，产生的干化尾气中含有大量恶臭及挥发性有机物。恶臭物质以硫化氢、甲硫醚等含硫物质为主；挥发性有机物主要为苯系物和低分子有机酸。干化后，污泥中有机质减少，有机质及其转化产物一部分进入干化尾气中，一部分转入冷凝液中。因此，在干化尾气以及冷凝液中均可以检测到恶臭及挥发性有机物。

关键词:水泥窑，污泥，间接干化，恶臭，挥发性有机物。

参 考 文 献

[1] Frias M, Garcia R, Vigil R, et al. Calcination of art paper sludge waste for the use as a supplementary cementing material[J]. Appl Clay Sci 2008, 42 (1/2) : 189- 193

[2] 蔡金山,熊运贵,曾文飞,等.利用处置污泥来降低氮氧化物的方法[P]. CN102923923A, 2013-02-13