

城市污泥新型干化—焚烧技术二噁英排放特征研究

Concentrations and Congener profiles of PCDD/PCDFs in Sludge Spray Drying-Incineration Process

盛守祥^{1,2}, 汪翠萍¹, 高志永¹, 吴昌敏³, 王凯军^{1*}

¹清华大学环境学院, 北京, 100084;

²中持(北京)环保发展有限公司, 北京, 100192;

³中持依迪亚环境研究所有限公司, 北京, 100083;

*联系人, E-mail: wkj-iep@vip.163.com)

1. 引言

随着污泥量的迅猛增长以及更严格的排放要求, 污泥焚烧逐渐成为污泥处置关键手段。干化焚烧在欧美等发达国家相当成熟, 而我国应用推广较慢。污泥焚烧过程二噁英类物质的二次污染一直是人们关注的焦点, 也是影响推广应用的关键。针对新型喷雾干化-回转窑焚烧技术, 本文对该焚烧工艺过程二噁英的排放量及排放特征进行探讨, 旨在为污泥的处理处置提供安全出路。

2. 材料与方方法

2.1 工艺简介及样品采集

喷雾干化-回转窑焚烧工艺的主要路线是脱水污泥输送至干化塔内与焚烧后的高温烟气直接接触, 迅速完成干化, 进行热交换之后的烟气经过旋风除尘器、布袋除尘器处理后进入净化塔, 在净化塔内通过碱性对酸性气体进行吸收, 之后排放。干化后的污泥进入回转窑焚烧, 提供高温烟气, 如此循环。

利用等速烟气采样器 (Isostack Basic, TCR Tecora) 采集焚烧烟气样品。采样点如图 1 所示, 按照 HJ/T365-2007 和 HJ 77.2-2008 要求采集样品。



图 1 二噁英采样监测点位

2.2 样品处理与分析

样品经索氏提取, 硫酸处理, 多层硅胶柱净化, 活性炭埋藏硅胶柱净化等步骤后, 采用同位素稀释高分辨率色谱-高分辨率质谱联用(HRGC-HRMS, Agilent 6890N - JMS800D)方法测定。载气为高纯氦 (>99.999%), 程序升温测定。使用 BPX-DXN(SGE, 60m×0.25mm×0.25μm), RH-12ms(INVENTX, 60m×0.25mm×0.25μm) 两根色谱柱测定 PCDD/Fs, DL-PCBs 使用 RH-12ms(INVENTX, 60m×0.25mm×0.25μm)测定。高分辨质谱采用电子轰击(EI)离子源, 选择离子模式(SIM)检测, 分辨率>10000 (10%波谷)。所有样品的采样内标回收率在 70%~130%, 净化内标回收率在 40%~130%。

3. 结果与讨论

3.1 二噁英的排放水平

污泥新型干化-焚烧技术烟气样品中二噁英类物质分析结果见表 1。由表 1 可见,虽然布袋除尘器对飞灰的除尘效率可达 98%,但布袋除尘器对二噁英的去除效率也高达 64.3%,要远高于金宜相等学者研究布袋除尘器去除二噁英的效率 39.7%。在研究中意外发现净化塔对二噁英的去除效果为 32.0%,会在后续的研究中进一步阐述。总排放口烟气样品中二噁英类浓度为 0.017 ngTEQ/Nm³,符合国家标准,且达到欧盟排放标准。相对于国内垃圾焚烧、危废焚烧二噁英排放浓度值,该新工艺达到了较高的水平。

表 1 烟气中二噁英排放水平(单位: ng/Nm³)

监测点位	实测 ρ(二噁英)	二噁英类毒性当量浓度
旋风除尘器出口烟气	2.3	0.070
布袋除尘器出口烟气	0.59	0.025
总排放口	0.33	0.017

依据《UNEP Standard Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases》中多氯代二苯并呋喃/二噁英排放因子的计算方式,喷雾干燥-回转窑技术中二噁英排放因子为 53.21 ngTEQ/t 污泥。

3.2 二噁英同类物分布

总排放口烟气中,17种2,3,7,8-氯代二噁英类同类物所占比例见图2。17种2,3,7,8-氯代二噁英类同类物均全部检出,2,3,4,7,8-PeCDF对毒性当量浓度的贡献最大为25%,毒性当量因子最大的2,3,7,8-TeCDD对毒性当量浓度的贡献为24%。贡献最小的是1,2,3,4,7,8,9-HpCDF仅为0.3%。PCDFs的实测质量浓度和毒性当量浓度均大于PCDDs。排放烟气中PCDD/PCDFs的分布特征与垃圾焚烧十分相似。

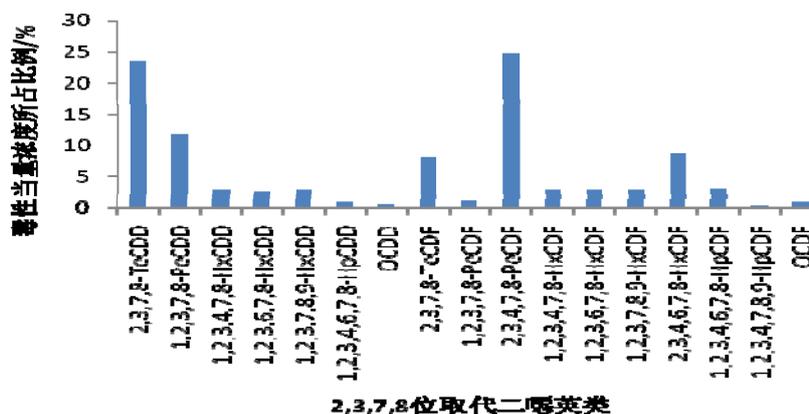


图 2 17种2,3,7,8-氯代二噁英类物的毒性当量浓度分布

由图 2 可知, $\rho(\text{PCDFs})$ 高于 $\rho(\text{PCDDs})$, 且 $\rho(\text{PCDFs})/\rho(\text{PCDDs})=1.25$, 根据 EVERAERTK 理论, 喷雾干燥-回转窑焚烧中二噁英类生成机理与大多数燃烧炉来源的二噁英同类分布一样, 是从头合成反应(de novo synthesis), 也正好解释了他们排放烟气中 PCDD/PCDFs 的分布特征相似。

4. 结论

研究结果表明, 该技术产生烟气中的二噁英浓度达到欧盟标准, 对环境空气影响较小, 该新型

干化-焚烧技术处理污泥安全可靠，污染风险低，实现污泥干化焚烧尾气高效处理和二噁英的有效控制，为污泥的处理处置提供了有效保障。

致谢

本工作受环保公益性行业科研专项经费资助（201109001）。

参考文献

- [1] EVERAERTK,BAEYENS J. The formation and emission of dioxins in large scale thermal processes. *Chemosphere*, 2002, 46 (3): 439-448
- [2] 王凯军, 俞金海, 俞其林. 城市污水污泥新型干化-焚烧示范工程研究. 2008 水业高级技术论坛
- [3] 金宜英, 聂永丰, 田洪海, 等. 布袋除尘器和活性炭滤布对烟气中二噁英类的去除效果. *环境科学*, 2003, 2 (24): 143-146
- [4] 孙毅. 生活垃圾焚烧与钢铁生产中二噁英排放比较. *黑龙江环境通报*, 2008, 3 (32): 67-69