

水泥窑协同处置技术在江苏某地块中的应用

王天宇

上海汇蓬环境技术股份有限公司, 上海

收稿日期: 2024年3月18日; 录用日期: 2024年3月31日; 发布日期: 2024年4月17日

摘要

本文以江苏某污染地块为例, 详细描述该地块的污染状况并利用水泥窑协同处置技术修复污染的土壤的操作方法, 同时对窑尾尾气的处理进行了描述, 对水泥窑处置前后土壤成分的测定提出建议。文章以具体项目为例进行应用分析, 对水泥窑协同处置技术的实际应用提供一定参考。

关键词

水泥窑协同处置, 有机污染, 环境风险控制, 尾气处理

Application of Cement Kiln Co-Processing Technology in a Plot of Land in Jiangsu

Tianyu Wang

Shanghai Huipeng Environmental Technology Co., Ltd., Shanghai

Received: Mar. 18th, 2024; accepted: Mar. 31st, 2024; published: Apr. 17th, 2024

Abstract

This article takes a polluted plot in Jiangsu as an example to describe in detail the pollution status of the plot and the operation method of using cement kiln co-processing technology to remediate the contaminated soil. At the same time, the treatment of kiln tail gas is described, and the cement kiln disposal Recommendations are made for the determination of soil composition before and after. The article uses specific projects as examples to conduct application analysis and provide certain reference for the practical application of cement kiln co-processing technology.

Keywords

Cement Kiln Co-Processing, Organic Pollution, Environmental Risk Control, Exhaust Gas Treatment

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

随着现代工业的发展和城市化进程的加快, 固体废弃物的产生量逐年增多, 对人类环境造成的危害也越来越严重。无论是工业发达国家, 还是发展中国家, 都面临着城市固体废弃物的无害化、减量化和资源化处置问题。

水泥窑协同处置效率的高低对固废资源化利用具有深远的影响[1], 是水泥工业提出的一种新的废弃物处置手段, 它是指将满足或经过预处理后满足入窑要求的固体废物投入水泥窑, 在进行水泥熟料生产的同时实现对固体废物的无害化处置过程。利用水泥窑处置危险废物和城市生活垃圾已有三十多年历史, 随着水泥窑焚烧废物的理论与实践的发展与各国相关环保法规的健全, 该项技术在经济和环保两方面显示出了巨大优势, 取得了良好的社会效益、环境效益和经济效益。从技术和成本层面上来看, 水泥窑协同处置固体废物早有实践经验, 并且一直在完善处置技术[2]。水泥窑协同处置可对原场地污染物进行彻底清除, 最终实现对污染物风险永久的消除, 不影响后续开发建设过程, 避免重复施工导致资源的浪费[3]。

江苏某地块拆迁前为炼焦厂, 根据风险表征结果, 该地块土壤中风险水平[4]不可接受的目标污染物为氯仿、砷、苯、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹、茚并(1,2,3-cd)芘、萘, 地下水中风险水平[5]不可接受的目标污染物为苯和石油烃(C₁₀~C₄₀)。为了消除遗留场地土壤污染问题, 避免对周边居民和环境造成影响, 确定其中污染土壤采用水泥窑协同处置技术进行修复。

2. 工程概况

江苏某地块总占地面积 580476.32 m² (约为 870.71 亩), 西厂区面积为 465961.02 m² (约为 698.95 亩), 东厂区面积为 114515.3 m² (约为 171.76 亩)。为响应《某市 2020 年五大行业整合整治工作方案》的决定, 公司于 2020 年停产。厂区土地交由政府收储进行开发建设, 未来规划为工业用地。

地块内风险不可接受的土壤理论总修复面积约 24758 m², 修复深度为地面以下 4 m, 土方量为约 36790.43 m³。地下水理论总修复面积约 6362.62 m², 修复深度为地面以下 0.5 m 钻探深度, 方量为约为 11150.55 m³。针对上层滞水污染情况, 对所在区域土壤采取水土共治的方式进行处理, 即该区域土壤清挖后采用水泥窑协同处置方式进行处理。该部分土壤面积为 6362.62 m², 清挖土方量为 28238.72 m³。部分区域与土壤污染区域重叠, 去除重叠部分后清挖土方量为 23054.03 m³。

3. 污染土壤修复方案

3.1. 技术介绍

水泥窑协同处置是将污染土壤作为水泥生料的一部分制成水泥, 同时在制成水泥的过程中又能达到有效去除污染物的目的。该方法可有效处理含重金属、有机物等污染物的土壤, 它将污染土壤按一定比例添加到水泥生产线中, 在水泥回转窑系统中经过预处理后, 污染土壤和其它生料一起进入回转窑, 通过高温加热, 直接彻底焚毁污染物, 土壤和其他生料煅烧后变成水泥熟料。

根据《污染场地修复技术目录(第一批)》[6]中对水泥窑协同处置技术的介绍, 其技术原理是利用水泥回转窑内的高温、气体长时间停留、热容量大、热稳定性好、碱性环境、无建筑垃圾排放等特点, 在

生产水泥熟料的同时，焚烧固化处理污染土壤。有机物污染土壤从窑尾高温段进入水泥回转窑，水泥窑内物料温度一般高于 1450℃，气体温度则高于 1750℃左右，甚至可达更高温度 1500℃和 2200℃。在水泥窑的高温条件下，污染土壤中的有机污染物转化为无机化合物，高温气流与高细度、高浓度、高吸附性、高均匀性分布的碱性物料(氧化钙、碳酸钙等)充分接触，有效地抑制酸性物质的排放，使得硫和氯等转化成无机盐类固定下来。重金属污染土壤从生料配料系统进入水泥窑，使重金属固定在水泥熟料中。

3.2. 治理修复施工方案

本地块污染土壤采用水泥窑协同处置技术进行治理修复。地块内需处置的土壤主要分为两个部分，一部分为前期场地环境调查及风险评估阶段确定的污染土壤，该部分污染土壤方量为 36790.43 m³；另一部分为上层滞水污染区域所在的土壤，该区域土壤方量为 28238.72 m³。两部分土壤存在部分重合区域，总体需进行水泥窑协同处置的方量为 59844.46 m³。

污染土壤现场挖掘直接短驳至预处理车间进行筛分预处理后外运水泥窑协同处置，采用全密闭运输车辆装载污染土壤运输以及采取其他相关防控措施消除气味、扬尘、噪音影响的同时，最终完成资源化利用。

3.3. 环境风险控制及管理策略

1) 土壤清挖过程防控措施：污染土壤清挖时，采用雾炮，洒水车，气味抑制剂等设备进行扬尘和异味控制，清挖完成后将采用防尘网对裸露地表、基坑开挖面和土壤堆存处进行严密苫盖。

2) 修复过程大气污染防治措施：污染土壤的预处理环节全过程在密闭车间内进行。投建 50 m × 20 m 密闭车间 1 座，车间配备尾气处理装置。

3) 本项目主要环境风险点如下：

- a) 挥发性有机物(异味)、扬尘和施工噪声
- b) 土壤转运过程的遗撒
- c) 现场施工废水和污染地下水的处理

针对本项目周边环境敏感点，制定异味和扬尘专项控制方案；结合周边大气、水、噪声和固体废物等环境要素，制定符合本项目实际的二次污染防治[7]方案和环境管理及监测计划，将施工过程中的环境和健康风险降至最低。

3.4. 总体修复技术路线

本项目总体修复技术路线如下图 1 所示。

本项目污染场地分为土壤修复区和污染地下水区域两部分，对污染土壤部分用水泥窑协同处置技术进行修复。对污染土壤修复区进行分区清挖，并暂存至水泥窑协同处置单位的暂存设施内。进场后的污染土壤在进窑前需进行预处理，通过混合和均一化预处理后可以增大进料量，提高处置效率。经过预处理筛分后的污染土壤通过投加设施密闭运输至水泥窑内进行处理。

3.5. 水泥回转窑处置

根据污染土壤在水泥窑系统的主要作用和污染土壤的化学成分、热值以及物化性能等情况选择合理进入水泥生产系统的方式及技术装备，并根据水泥窑的运行情况，针对不同的污染土壤选择合理的处置量，以保证水泥窑处于最佳工况，做到既满足处置污染土壤的要求，又满足水泥窑生产水泥生产的工况要求。

污染土壤在回转窑高温状态下停留时间长，有利于污染物的充分高温焚烧。据一般统计数据，物料

从窑头到窑尾的停留时间在 40 分钟左右；气体在温度高于 950℃ 以上的停留时间大于 8 s，高于 1300℃ 以上停留时间大于 3 s 可以使污染物长时间处于高温之下，更有利于污染物的燃烧和彻底分解。窑尾气温可达 1050℃，生料由此开始主要进行固相反应，同时随窑旋转缓慢向窑头移动，直至进入烧成带(距窑头 20 m 处)进行充分的液相反应；在此，由主燃烧器喷入的煤粉进行剧烈燃烧，提供充足热量，气体温度高于 1750℃ 物料温度一般高于 1450℃，保证了分解后物料反应完全。在水泥窑内的高温下，污染物将彻底分解，焚毁去除率可达 99.99% 以上，使固体废物[8]中有毒有害成分彻底“摧毁”和“解毒”，实现“消除污染，不留隐患”的目的。

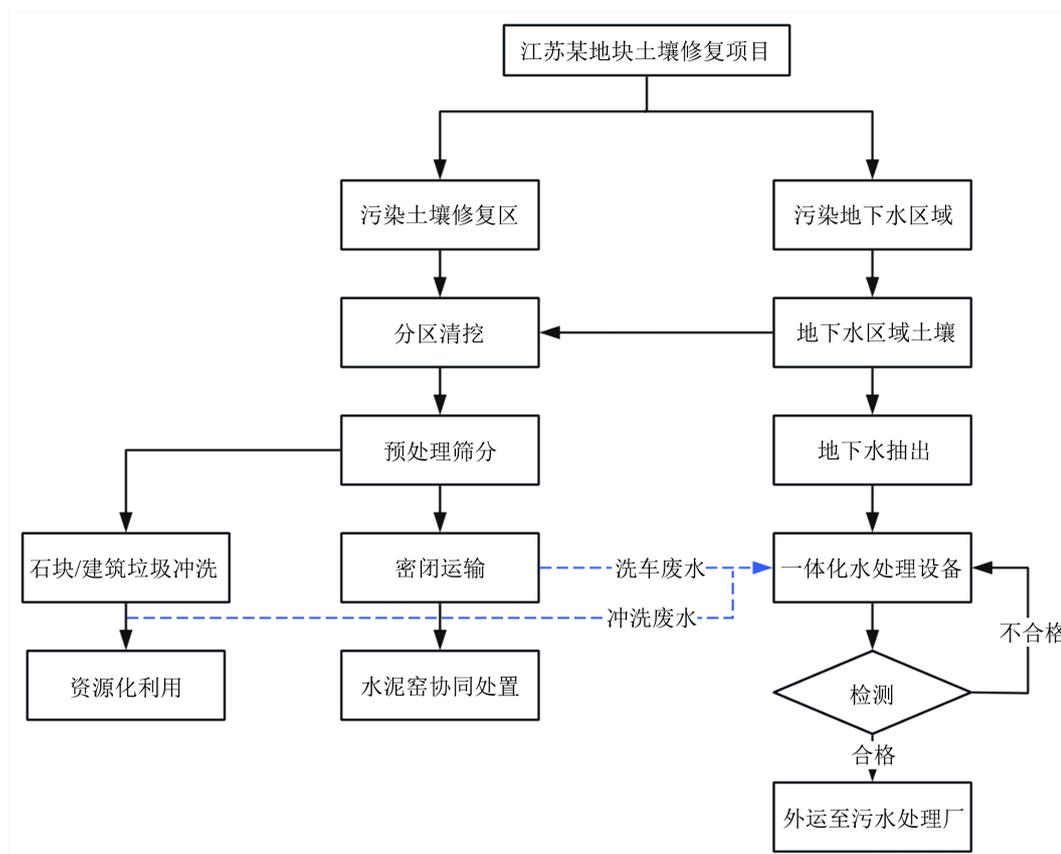


Figure 1. The overall restoration technical route of the project

图 1. 项目总体修复技术路线

3.6. 尾气处理

窑尾尾气经布袋除尘系统处理后通过现有排气筒排放，固废车间、进料车间恶臭经收集后进回转窑焚烧处置，项目废气经采取措施后均能够做到达标排放。从窑尾出来的约 1100℃ 的高温气体以约 20~30 m/s 的速度进入分解炉和预热器，并与从预热器顶部进入的常温下的水泥生料进行气固相换热，在极短的时间内(约 5~10 s)内气体温度则降至 300℃。从预热器顶部出来的 300℃ 的气体进入增湿塔，经过雾化冷水后，急速降低至 200℃ 以下，减少了二次污染物生成几率和时间。冷却机后段鼓入的气体经换热后直接排入布袋除尘器，经过除尘器排向大气；前段的一部分高温气体由三次风管送入分解炉，大部分高温气体则进入窑内，为窑内物料反应、煤粉燃烧提供充分的氧气，这部分气体在窑内通过时间有 6~8 s，由窑尾经竖烟筒逐级向上继续与由上而下的物料换热，直至排出系统。

4. 建议

1) 水泥窑协同处置单位配备有分别带有氢火焰离子化(FID)、电子捕获(ECD)、火焰光度(FPD)三种检测器的气相色谱仪,可检测有机物、卤素、磷、硫等物质;配备电感耦合等离子体光谱仪(ICP) [9]、原子吸收光谱仪[10],测试重金属。

2) 定期对进厂污染土壤的水分、粒径、污染物浓度进行检测,并根据污染土性质变化,调整处置工艺参数。在污染土壤入窑之前,定期检测污染土壤粒径、水分含量,收集全天综合样检测重金属。对水泥窑综合利用后的水泥产品全天综合样按照国标《水泥化学分析方法》(GB/T 176-2008)、《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346-2011)、《水泥比表面积测定方法勃式法》(GB/T 8074-2008)、《水泥细度检验方法筛析法》(GB/T 1345-2005)、《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T 17671-1999)以及相关的重金属分析标准进行化学成分、物理性能和重金属浸出检测。

5. 总结

水泥窑协同处置效果的关键技术参数包括:水泥窑的选择、污染土壤贮存设施要求、入窑物料要求(固体废物中碱性物质含量、重金属污染物的初始浓度、氯元素和氟元素含量、硫元素含量)、固体废物投加量、添加量和水泥回转窑系统配置、分析化验室条件和污染排放控制要求等。

本项目根据其场地污染物种类及其理化性质、水文地质条件特征,结合该地块现状和未来利用规划用途等因素,通过修复技术筛选和方案比选,采用水泥窑协同处置技术解决了本地修复和安全利用问题。

参考文献

- [1] 吴济舟,何音韵,何朝红,刘永,栾建文. 水泥窑协同处置试烧性能测试标准研究[J]. 建筑工程与科学, 2024(2): 105-108.
- [2] 欧阳黄鹂. 水泥窑协同处置污染土壤在江苏某地块的应用[J]. 污染防治技术, 2017, 30(4): 30-33.
- [3] 徐鹏程,周俊,韩进,田齐东,曲常胜. 有机物和重金属污染土壤水泥窑协同处置及应用研究[J]. 绿色科技, 2023, 25(16): 188-193.
- [4] 中华人民共和国生态环境部. 建设用地土壤污染风险评估技术导则[EB/OL]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/trhj/201912/t20191224_749893.shtml, 2024-03-01.
- [5] 杨月明,吴欣甜,魏婷婷,刘帅帅. 地下水中污染物健康风险评价相关参数敏感性分析研究[J]. 环境保护与循环经济, 2023, 43(2): 29-34.
- [6] 环境保护部. 关于发布 2014 年污染场地修复技术目录(第一批)的公告[EB/OL]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201411/t20141105_291150.htm, 2024-03-01.
- [7] 殷俊. 有机污染场地修复中二次污染特征及风险分析[J]. 环境科学与资源利用, 2023(2): 81-83+110.
- [8] 中华人民共和国生态环境部. 固体废物鉴别标准 通则[EB/OL]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/gthw/wxfwjfbfbz/201709/t20170906_421005.shtml, 2024-03-01.
- [9] 王俊杰,王巧环. 基于 Olsen 法下电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES)测定土壤中的有效磷[J]. 中国土壤与肥料, 2023(9): 245-248.
- [10] 覃世保. 基于离子液体的单滴微萃取与石墨炉原子吸收光谱仪联用测定水中锑含量的研究[J]. 科学技术创新, 2023(14): 81-84.