

# 某工业纯碱企业污染土壤危险特性鉴别实例分析及研究

贾彦来, 张刚, 王京敏

山东省产品质量检验研究院, 山东 济南

收稿日期: 2023年7月7日; 录用日期: 2023年8月8日; 发布日期: 2023年8月16日

## 摘要

某污染土壤来源于某工业纯碱企业地块, 根据地块及周边企业原辅材料、生产工艺及检测结果, 对污染土壤的危险特性进行鉴别, 并提出了相关建议及要求, 为污染土壤科学处置提供技术依据, 为同类型污染土壤危险特性的鉴别工作提供参考。

## 关键词

工业纯碱, 污染土壤, 危险特性鉴别

## Case Analysis and Research on Identification of Hazardous Characteristics of Contaminated Soil in the Industrial Soda Enterprise

Yanlai Jia, Gang Zhang, Jingmin Wang

Shandong Institute for Product Quality Inspection, Jinan Shandong

Received: Jul. 7<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 8<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 16<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

A contaminated soil is derived from the industrial soda enterprise plot. According to the raw and auxiliary materials, production process of the enterprises in and around the plot, combined with the soil test results, the hazardous characteristics of contaminated soil are identified, and the relevant suggestions and requirements are put forward, which provides a technical basis for the

scientific disposal of contaminated soil and reference for the identification of the hazardous characteristics of the same type of contaminated soil.

## Keywords

Industrial Soda, Contaminated Soil, Identification of Hazardous Characteristics

Copyright © 2023 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. 引言

土地是城市发展的保障，党的二十大报告明确提出，牢牢守住十八亿亩耕地红线，夯实粮食安全，遏制农地“非农化”[1][2]。降低城市发展用地耕地转用比例，引导工业用地转变为商业服务、住宅等城市发展用地，是未来城市发展趋势，工业遗留的环境问题，对土壤、地下水、身体健康造成不利影响，制约土地利用规划[3][4][5][6]。受制于污染程度、资金、技术等原因，污染地块大部分停留于地块污染状况调查阶段或风险评估阶段，前人对污染地块的研究多集中于多个行业污染地块调查及风险评估的研究[7]-[13]，对污染地块修复前，污染地块土壤的危险特性研究较少。某工业纯碱企业地块后期土地利用类型调整为住宅、商业用地，在对地块土壤和地下水污染情况调查中，发现待鉴污染土壤，污染土壤的异位修复，须明确污染土壤的危险特性，根据国家较完善的鉴别体系、标准[14]，可明确污染土壤的危险特性、类别，为污染土壤的管理及科学合理处置提供技术依据，同时为同类型污染地块土壤危险特性鉴别提供借鉴，助力工业用地安全规划及城市健康发展。

## 2. 生产工艺

企业利用氨碱法生产工业纯碱，以  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{NH}_3$  反应生成  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ， $\text{NaHCO}_3$  经煅烧后得到工业纯碱  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，主要工艺为石灰工序、盐水精制工序、碳化工序及煅烧工序等，现简介如下：

(1) 石灰工序：企业将石灰石和煤在石灰窑内经高温加热产生生石灰和  $\text{CO}_2$ ， $\text{CO}_2$  经冷却、除尘、压缩后备用，生石灰制备成石灰乳备用。

(2) 盐水精制工序：氯化钠粗盐制备成粗盐水，用制备成的石灰乳去除粗盐水中的镁离子、 $\text{CO}_2$  去除钙离子后制备成精盐水。

(3) 碳化工序：精盐水在吸收塔内吸收氨后，形成氨盐水，氨盐水在反应塔内与  $\text{CO}_2$  反应，生成  $\text{NaHCO}_3$  悬浮液，经过滤后，固液分离，产生  $\text{NaHCO}_3$ 。

(4) 煅烧工序： $\text{NaHCO}_3$  经水洗除杂后，进入煅烧工序，产生工业纯碱，包装成品。

企业正常生产过程中，对地块影响的主控因素主要是企业在生产过程中，物料跑冒滴漏、大气降尘、管线防渗等原因，引起厂区部分区域污染，产生污染土壤。

## 3. 污染土壤固废属性判定及危险废物属性初筛

污染土壤的固废属性判定：根据《固体废物鉴别标准通则》(GB 34330-2017)中“4 依据产生来源的固体废物鉴别”和“6 不作为固体废物管理的物质”的有关规定：“在污染地块修复、处置过程中，采用下列任何一种方式处置或利用的污染土壤属于固体废物：1) 填埋；2) 焚烧；3) 水泥窑协同处置；4) 生产砖、瓦、筑路材料等其他建筑材料”，依此判定污染土壤属于固体废物。

核查《国家危险废物名录(2021年版)》，名录中无与污染土壤相匹配的类别。根据《国家危险废物名录(2021年版)》中“第六条对不明确是否具有危险特性的固体废物，应当按照国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法予以认定”，污染土壤需进行危险特性鉴别。

## 4. 污染土壤危险特性初步判别

污染土壤危险特性初步判别基于危险特性理论分析及辅助检测分析。

### 4.1. 危险特性理论分析

理论分析主要基于分析引起土壤污染的原辅材料：煤、粗盐、石灰石、液氨、硫化钠等，分析如下：

(1) 煤：通过资料查询[15][16][17]，煤含有硫化物、苯类、多环芳烃、酚类、铅、汞、砷等重金属，涉及《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1-7)的物质有硫化物、苯类、多环芳烃、酚类、铅、汞、砷等。

(2) 粗盐：根据日常用粗盐(非食用) Q/320801YJS008-2017 标准，粗盐主成分为氯化钠，含有少量的钙离子、镁离子、硫酸根离子以及铅、砷、镉重金属，涉及《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1-7)的物质有铅、砷、镉等。

(3) 石灰石：石灰石主要成分碳酸钙，主要元素为钙、镁、硅、铝、铁，含有少量的钛、锶、钾、氟等，涉及《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1-7)的物质有钛、锶、氟等。

(4) 液氨：根据液氨产品标准(GB 536-2017)，主成分为氨，含有少量的铁等，涉及《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1-7)的物质有腐蚀性 pH、毒性属性。

(5) 硫化钠：根据硫化钠产品标准(GB 10500-2009)，硫化钠主成分硫化钠，含有少量的亚硫酸钠、铁、碳酸钠等，涉及《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1-7)的物质有反应性。

地块调查报告中有地块周边企业潜在的污染物为苯、砷、汞、甲苯、二甲苯、苯酚等。

综合地块企业原辅材料及地块周边企业分析，污染土壤可能含有的污染因子主要有腐蚀性 pH、铜、镉、铅、镍、砷、汞、石油溶剂、苯、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、二苯并[a, h]蒽、氟化物等。

### 4.2. 危险特性初步判别

为了对理论分析进行佐证和补充，采集污染土壤初筛样品并开展检测，结合理论分析与初筛样品检测结果对危险特性进行初步判别。

#### (1) 易燃性初步鉴别

结合土壤理化性质、含水率等因素，污染土壤在标准温度和压力下(25℃, 101.3 kPa)下性质稳定，不可能因摩擦或自发性燃烧而起火，也不能点燃，不具有易燃性的危险特性。

#### (2) 反应性初步鉴别

污染土壤含水率较高，不属于废弃氧化剂或者有机过氧化物，可排除爆炸特性及与水反应性。污染土壤距离生产区、煤及硫化钠仓库较远，同时硫离子稳定性较差，结合调查报告数据，污染土壤具有遇酸反应性硫化氢、氰化氢超标概率较低，污染土壤不具有反应性的危险特性。

#### (3) 腐蚀性初步鉴别

对污染土壤初筛样品进行了 pH 检测，pH 检测结果在 8.20~11.68 之间，不超标，腐蚀性 pH 为污染土壤的特征污染因子，需进一步分析。

#### (4) 浸出毒性初步鉴别

根据浸出毒性定量分析及 ICP-MS 金属定性及半定量扫描，气相色谱-质谱法(GC-MS)扫描分析，定量检测项目铜、镉、铅、镍、砷、汞、苯并[a]芘、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、无机氟化物、苯酚检测结

果均不超标,为污染土壤特征性污染因子,予以保留。ICP-MS 金属定性及半定量扫描、气相色谱-质谱法(GC-MS)扫描检测出涉及 GB5085.3-2007 浸出毒性物质硒、锌、铬、六价铬、铍、钡,须进一步分析。综上,污染土壤浸出毒性检测项目为铜、镉、铅、镍、砷、汞、硒、锌、铬、六价铬、铍、钡、苯并[a]芘、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、无机氟化物、苯酚。

#### (5) 毒性物质含量初步鉴别

根据定量检测项目铜、镉、铅、镍、砷、汞、石油溶剂、苯、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、二苯并[a, h]蒽、氟化物等检测结果,基于 GB 5085.6-2007 附录物质,根据风险最大化原则及元素化合物可能存在形式,选取镉、铅、镍、砷、汞、苯、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、二苯并[a, h]蒽、氟化物列入毒性物质含量检测指标进一步分析。根据 ICP-MS 金属定性及半定量扫描及气相色谱-质谱法(GC-MS)扫描分析结果,基于风险最大化原则及元素化合物可能存在形式,相比定量检测项目,新增涉及 GB 5085.6-2007 附录物质硒、钴、铬、六价铬、钡、锶、锌。

综上,污染土壤毒性物质含量检测项目为镉、铅、镍、砷、汞、苯、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、二苯并[a, h]蒽、氟化物、硒、钴、铬、六价铬、钡、锶、锌。

#### (6) 急性毒性初步鉴别

按最不利暴露途径,对污染土壤进行口服毒性半数致死量 LD<sub>50</sub> 检测,检测 LD<sub>50</sub> 值均大于 2000 mg/kg,污染土壤不具有急性毒性的危险特性。

综上所述,可排污染土壤具有急性毒性、易燃性、反应性超标的可能性,后续需对污染土壤腐蚀性 pH、浸出毒性、毒性物质含量开展进一步的鉴别检测。

## 5. 危险特性检测和结果分析

根据污染土壤的面积、污染土壤的深度、土方量,确定污染土壤取样个数为 15 个,不同深度样品,等间隔取样月,样品份样量不少于 1000 g。

根据检测结果,腐蚀性 pH 的检测结果为 8.13~10.09,均不超标,表明污染土壤不具有腐蚀性的危险特性,浸出毒性检测指标铜、镉、铅、镍、砷、汞、硒、锌、铬、六价铬、铍、钡、苯并[a]芘等均不超标,表明污染土壤不具有浸出毒性的危险特性,毒性物质检测指标镉、铅、镍、砷、汞、苯、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、二苯并[a, h]蒽、氟化物、硒、钴、铬、六价铬、钡、锶、锌,根据折算 GB 5085.6-2007 附录相关物质结果,均不超标,同时 GB 5085.6-2007 标准附录 A 至附录 E 不同毒性物质与标准限占比和最大值为 0.405,小于限值 1,表明污染土壤不具有毒性物质含量的危险特性。

## 6. 结论

根据地块土壤污染状况调查报告等材料,依据《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298-2019)、《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1-GB 5085.7)等标准,对污染土壤进行危险特性分析及监测,结果表明该工业纯碱企业污染土壤为一般固废。

目前对污染地块污染特性鉴别实例较少,本文可以为类似企业异位修复的污染土壤危险特性鉴别工作及研究提供参考。

在满足《固体废物再生利用污染防治技术导则》(HJ 1091-2020)的要求下,污染土壤可经过水泥窑协同处置,生产建材,减少黏土使用量,实现污染土壤无害化、资源化。

## 参考文献

- [1] 栗俊杰,刘邦凡.我国遏制农地“非农化”政策的发展趋向与创新路径[J].中国行政管理,2023(3):152-154.
- [2] 董前程.以高水平生态环境保护守住农业耕地红线[J].环境保护,2023,51(1):75-76.

- [3] 唐盟, 邵磊. 耕地保护政策与地方政府土地出让行为[J]. 财经研究, 2022, 48(1): 123-137.  
<https://doi.org/10.16538/j.cnki.jfe.20210917.402>
- [4] 王浩. 上海市某工业企业地块土壤污染状况初步调查研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(5): 98-100.  
<https://doi.org/10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-05-33>
- [5] 阳丁, 聂芳芬. 某化工遗留场地土壤环境调查及风险评估[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(7): 162-164, 173.  
<https://doi.org/10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-07-55>
- [6] 任佳, 文晖. 建设用地土壤污染初步调查工作开展的方法研究[J]. 科技资讯, 2022, 20(10): 92-94.  
<https://doi.org/10.16661/j.cnki.1672-3791.2201-5042-1489>
- [7] 钱婧. 某退役焦化厂地块土壤污染状况初步调查分析[J]. 环境保护与循环经济, 2023, 43(4): 58-60.
- [8] 何雨. 某工业企业遗留地块土壤和地下水污染状况初步调查研究[J]. 广东化工, 2020, 47(14): 257-259.
- [9] 程佩. 某制鞋有限公司地块场地土壤污染状况初步调查[J]. 皮革制作与环保科技, 2023(4): 188-190, 193.  
<https://doi.org/10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-04-65>
- [10] 周俊, 王跃. 清镇市五矿(贵州)铁合金有限公司地块土壤污染状况调查评价[J]. 现代矿业, 2022, 38(5): 178-182.
- [11] 张沙沙, 曹坤坤. 某废弃砖厂地块土壤污染状况调查与评价[J]. 资源信息与工程, 2022, 37(4): 122-125, 130.  
<https://doi.org/10.19534/j.cnki.zyxygc.2022.04.022>
- [12] 胡建成. 上海市某电池厂遗留地块土壤污染状况调查及风险评估[J]. 广东化工, 2022, 49(8): 127-129, 132.
- [13] 贾博. 西安市某制药企业土壤污染状况调查及风险评估[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2021.  
<https://doi.org/10.27393/d.cnki.gxazu.2021.001310>
- [14] 闫纪宪, 王红娟. 浅析当前固体废物危险特性鉴别工作中的问题及建议[J]. 工业安全与环保, 2021, 57(11): 81-84.
- [15] 黄亚继, 金保升, 仲兆平, 等. 痕量元素在煤粉炉中排放特性的研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(11): 205-210. <https://doi.org/10.3321/j.issn:0258-8013.2003.11.041>
- [16] 齐庆杰, 刘建忠, 周俊虎, 等. 煤中氟化物分布与赋存特性研究[J]. 燃料化学学报, 2000, 28(4): 376-378.  
<https://doi.org/10.3969/j.issn.0253-2409.2000.04.021>
- [17] 谌伦建, 徐冰, 叶云娜, 等. 煤炭地下气化过程中有机污染物的形成[J]. 中国矿业大学学报, 2016, 45(1): 150-156.