

工业危险废物贮存仓库数字智能化应用和实践

无锡市工业废物安全处置有限公司 李艳红 冷奇
无锡市城市环境科技有限公司 殷建钢

摘要：本文通过开发一套数字智能化仓库贮存系统，以“智能管理+互联网”硬件设施为基础，将数据进行有效整合及汇总，从终端到平台进行全程数字智能化监管，实现危险废物全生命周期管理，降低危险废物贮存风险，从而为危险废物的科学配伍以及彻底焚毁提供条件，以供参考。

关键词：危险废物；智能仓库；风险

DOI： 10.12433/zgkjtz.20240108

为了推动数字经济提速和数字化转型的决策部署，工废公司结合目前改造项目对工业危险废物贮存仓库数字智能化管理系统平台进行了梳理，包括根据仓库存储配合配伍合理调配出入库，智能进货合同OA协同系统、工废固废ERP系统进行全方位改造升级，并自主研发医疗废物收集数字化管理平台，成功获得国家版权局颁发的《医疗废物收集平台V1.0》软件著作权证书。

随着我国工业化水平的飞速进步和工业能力的不断增强，大量危险废物种类繁多，具有易燃、易爆、腐蚀、毒害等特性，使得危险废物在贮存、运输和处置过程中，需要更专业和安全的设备设施。整个危险废物全生命周期中，危险废物的贮存是重要环节，也在危废处置过程中发挥举足轻重的作用。传统的危废贮存仓库为平面库，缺点是危险废物摆放随意、基础管理粗放、信息化水平低、智能硬件应用少、依赖人工叉车作业、效率低、易发生危险状况，给安全贮存和科学配伍都带来了困难。

针对以上问题，无锡市工业废物安全处置有限公司开发了一套数字智能化仓库贮存系统，以“智能管理+互联网”硬件设施为基础，采用GPS、二维码、大数据、视频AI等技术，有效整合和汇总数据，从终端到平台全程数字智能化监管，实现危废全生命周期

数字化、信息化、智能化与便捷化管理，满足危废出入库操作、电子台账等日常管理工作，减轻人工作业强度，降低危废贮存风险，实现安全储存，从而为危险废物的科学配伍以及彻底焚毁提供条件。

一、项目概况

本项目开发的数字智能化仓库贮存系统具备危废种类、数量、货位、库存周期、实时库存、入库、出库统计分析功能，并与生产计划、化验结果配合锁定数据。按照要求，经过自动检测、信息处理、分析判断、操做控制，构建智能化的危险废物仓储管理系统（以下简称“危废仓储管理系统”）。

本项目配套危废仓储管理系统、智能手持终端机PDA扫码出入库系统、无人输送系统、安全监测系统。充分考虑存储危废的特性、业务量、场地，同时基于工业4.0、“互联网+”和5G数字技术框架，采用激光雷达SLAM技术、末端视觉检测误差消除技术，配备仓库管理信息系统，逐步实现仓库日常管理的自动化、信息化和智能化。把“无人化”的执行制度制度变成数字智能化的系统，分解为无人接触、无人运输、无人堆放，做到实时监控记录。

（一）危废仓库管理系统

进厂的全部危废纳入仓库日常管理，统计物料库存、库存周期、存储位置、物料来源和危险特性等，根据实验室取样化验分析，将危险废物的元素、热值、灰分、水分等化验结果录入二维码，并与托盘上的“RFID+二维码”绑定，录入仓储管理系统，在系统中按照策略锁定货位，对AGV调度系统发出取货指令。整个系统全程记载产生危险废物的种类、数量、利用、贮存、处置和流向等信息，跟踪记录危险废物在生产单位内部运转的整个流程，自动匹配危废化验数据，使整个危废仓库管理系统管理透明化、监控实时化、收运处置全过程可追溯化，实现危废物从最初

产废到最终无害化焚烧处置的闭环监管，达到数字化管理的目的。

(二) 智能手持终端机PDA扫码出入库系统

仓库管理人员使用手持终端机打印标签，标记危废，包括来源、代码、属性以及检测分析报告等，建立多维度数据的绑定和关联。使用手持终端机扫描托盘(条码或者电子标签)和托盘上面的物料标签绑定。仓库内无人叉车接收到入库任务请求，到指定位置扫描托盘(条码或者电子标签)，自动到指定的货位入库(入库货位可人工指定，也可以由系统自动处理)，根据生产配伍计划，操作人员在系统生成出库任务请求，包括物料、数量等。

(三) 危废仓库货架选型

甲、乙、丙类危废仓库的存储要结合危废物料不同种类、相容性、超期存储堆放等特点，充分利用仓库容积，采用多层驶入式货架(叉车便于出入)，单个托盘设计最大载荷 1.5t，考虑到贮存物料可能具有抛、洒、滴、漏的状况以及腐蚀性，托盘必须具备唯一标识以及抗磨损、扛损坏的特性，采用 RFID、二维码等电子标签、铝制条形码等技术，确保货品的正确标识。

(四) 无人输送系统

采用激光雷达SLAM技术，通过任务消息引擎，优化分解任务、分析执行路径，实现叉车的导航和定位。AGV小车负责从仓库出库指定位置把托盘物料转运至车间指定位置，采用末端视觉重定位纠偏的对托盘进行精确定位和叉车纠偏，确保叉车叉齿准确深入托盘中，避免安全事故。AGV小车采用全球定位系统GPS和遥感技术RS进行车辆监控管理和调度，实现无人、智能、敏捷、可视化跟踪。

(五) 安全预警自动监控系统

安全自动监测管理系统具有火情监测、温湿度监测和危险预警功能，火情监测通过对仓库内热成像和烟雾浓度是否超标的监测等，判断引发火灾的可能性。仓库为了满足废物存储的温湿度要求，设置温湿度智能动态实时监控，一旦超出设定阈值，可自动启动空调或换气设施联动，增加危险预警时相应的自动调节功能，以此减少、规避此类险情的发生，降低安全风险和安全环保等级。

自动监控系统采用视频AI技术，及时掌握仓库现场管理，进行全方位、全天候实时监控，对所有监控点的设备控制和操作，对监控点的图像存储和回放，准确呈现图像信号和报警信号。

(六) ERP系统的升级改造

ERP系统通过一厂一档、库存控制、样品检测分析、数据统计等管理模块，解决了危废物收集信息统

计难、仓库建设难、及时转移难、人员管理难、处置成本高、专业要求高、环境风险高、监管难度高“四难四高”问题，从监管、产生、转运、处置四个环节的科学设置，实现了物料移动到仓库管理再到财务记账的全生命周期管理，并与ERP系统无缝衔接，并配合调度收运车辆、称重数据自动上传、收运情况实时汇总、实时在线监控等功能，充分利用数字化手段确保危废网格化收集、集中化运输以及规范化处置。

(七) 危废仓库气体处置无害排放

存储在乙类、丙类仓库内溶剂桶等固、液废料具有部分挥发性有机物(VOCs)、氨气(NH₃)及硫化氢(H₂S)等恶臭物质释放到大气中，公司对乙类、丙类仓库内收集管道及废气处理进行改造，废气送入净化系统进行处理，治理后达到《中华人民共和国恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)规范限值后方可高空排放。乙类、丙类仓库内管道加装吸风口，吸风口均匀分布并有风阀调节风量，使仓库内每个吸口均匀负压抽吸，由离心风机负压将废气带入蜂窝活性炭装置中进行吸附净化，吸附降解可以使VOCs有害气体处理后排至高空15m处达标排放。具体标准值如表1所示。

表1 具体标准值

序号	控制项目	排气筒高度/m	排放量/kg/h
1	硫化氢	15	0.33
2	甲硫醇	15	0.04
3	甲硫醚	15	0.33
4	氨	15	4.90
5	臭气浓度	15	2000

(八) 改建危废暂存库

对危废智能化暂存仓库进行技术改造，进一步提升危废协同能力，同步实现危废焚烧系统智能配伍，提升入厂分析智能化管理水平。将原有车间改建为上下两层的钢结构厂房，建成后的危废暂存库建筑总面积约2500m²。危废暂存库建设严格执行环保、质量、安全等标准，从地面防渗到环氧地坪，从涂料防火到照明防爆，体现了高标准的建设要求。暂存库处理场地为用于堆放固体废物的一座二层仓库，共计2520m²，换气次数5次，设计总风量为50000m³/h，分别对上下两层进行负压收集除臭，使用一套50000m³/h的活性炭设备和60000m³/h的高压离心风机，以此提高废气管道的流速，使废气收集处置后实现达标排放。

二、项目创新点

数字智能化危废体仓库系统建设实时采集废物料周转过程中各节点的详细信息，包括智能化出入库、盘点、运输流转处置等，实现物资从实物移动到

仓库管理再到财务记账的全生命周期管理,打通仓配环节,无缝整合ERP云系统,实现危废物从最初产废到最终无害化焚烧处置的闭环监管无缝衔接,确保平台统一。该系统符合《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023年)中关于危险废物的贮存设施、安全防护、运行管理的要求。具体创新特色如图1所示。



图1 具体创新特色

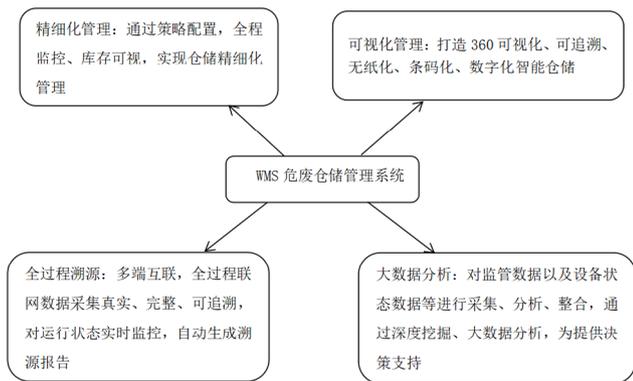


图2 WMS危废仓储管理系统

(一) 智能危废仓库下的科学配伍

智能危废仓库可以通过空间利用率、无人化转运节能,根据物料的相容性数据,通过现场科学配伍合理高效地处置危废物料,促使仓库物料快速进、销货,实现堆放动态调整。现场进料配伍是指在物料进炉焚烧的过程中,由于焚烧炉的运行情况、各种参数以及抓料人员的选择不同,对物料的实际焚烧效果与预想出现差异,进而产生热值升降幅度大、烟气偶尔超标等特殊情况,为此,需要工作人员临时调配货物,例如,热值陡然升高,需调配热值低、卤素含量低、经过筛选过滤后的废液进行喷淋液化焚烧,并联系焚烧炉中控适当增大引风机风力。



图3 科学配伍的原则和方法

仓库根据危废物料的危险特性、种类、来源等取样送至化验室检测,并将检测结果上传ERP系统。工作人员结合库存台账,根据库存物料的不同性质,规避相互之间发生反应的物料,避免不相容反应,稀释有害元素含量高的物料,均衡热值,制定配伍方案,按照方案出库,并在料坑内实现物料的混合、破碎和均质化操作。



图4 科学的仓储形式和科学配伍

(二) 进料前的预处理(粉碎)

危废物大都需要粉碎预处理后直接或间接进入料坑,对固体废物物理尺寸及包装形式复杂的危险废物进行破碎处理,强化危险废物进料前的三级配伍,根据物料的特性进行热值高低搭配,干湿结合,Cl、S等元素含量均衡后再进料。

科学的配伍进料可以使回转窑燃烧稳定,降解有毒有害物质,确保焚烧效率的稳定性,减少结焦状况的出现,降低运行成本,提高利润。

三、结语

项目围绕“智能管理+互联网”数字智能化建设,合理资源配置,将业务系统联动市场部、化验室、配伍、生产等部门智能搭建“资源共享、采集高效、监管及时、决策科学”的数字智能化仓库贮存管理支撑平台,公司将根据发展战略,持续优化提升工业危险废物贮存仓库数字智能化管理系统平台功能设置,不断提高创新能力,推进工业企业数字时代下环境管理及危废管理能力升级。

参考文献:

[1]GB18597-2023 危险废物贮存污染控制标准[S].生态环境部,国家市场监督管理总局,2023.
[2]GB14554-1993 中华人民共和国恶臭污染物排放标准[S].国家环境保护总局,1993.