

放区域,有效预防污染风险^[3]。

5.2 过程监控与风险防控技术

固废堆体环境风险的过程监控包括实时监测堆体外外的气体、渗水、温度等变化,以确保风险预警及时、有效。采用现代传感器技术与信息化管理平台,能够实时采集并分析堆体的环境数据,发现异常时能迅速启动风险防控措施。监测技术的发展使得各类污染物的检测更加精确,尤其在有害气体泄漏和水质污染方面,能够实现早期预警。通过强化堆体的结构安全与渗透防护,防止水源污染与固废扩散,同时加强堆体周围环境的生态修复,有效遏制环境风险的蔓延。

5.3 应急管理 with 应对策略

应急管理与应对策略是应对突发环境事故的关键手段。针对固废堆体可能发生的风险事件,应建立完善的应急预案,并定期开展应急演练,确保事故发生时,能够快速响应。应急措施包括泄漏物质的封堵、污染水源的切断以及对受影响区域的快速清理和修复。应急设备和物资的储备需满足不同类型事故的需要,如泄漏处理设备、隔离围栏、环境净化装置等。在风险控制过程中,公众参与与信息公开至关重要,通过提高公众的应急意识和参与度,可以增强社会应对突发事件的能力,减少损失。

6 固废堆体环境监测风险控制的管理机制

6.1 固废堆体监测管理体系建设

固废堆体环境监测管理体系建设应建立在完善的法律法规框架下,结合地方政府和企业的实际情况,明确监测与管理的责任和流程。首先,监测体系的建设需要整合各类技术手段和监测设备,确保数据的实时采集与高效传输。同时,需设立专门的监管部门,负责对监测数据的汇总与分析,确保监测结果的准确性与及时性。其次,管理体系还应包括监测数据的报告机制和应急响应机制,确保当风险发生时,能够迅速做出决策并采取有效措施。体系建设应注重与相关政策法规的衔接,使监测工作得到法律保障与政策支持。

6.2 风险控制措施的执行与监管

固废堆体风险控制措施的执行与监管是确保各项防控措施落地的关键。执行阶段应根据监测数据与现场评估结果,及时调整防控策略和措施,并确保措施的落实。监管机

构应定期对堆体环境进行检查,确保相关控制措施始终符合标准,且采取的管理方法具有实际效果。此外,要加强企业内部的自我监督机制,落实责任制,确保每个环节都有专人负责,减少人为失误导致的管理漏洞。对存在不合规行为的企业,应依法进行处罚,并督促其进行整改。

6.3 政策支持与行业规范的完善

政策支持与行业规范的完善是推动固废堆体环境监测与风险控制的重要保障。政府应出台更加严格的环境保护法规,明确企业和监管部门的责任与义务,并为企业提供必要的技术支持和资金援助。行业规范的完善包括制定统一的堆体环境监测标准和风险评估标准,为行业提供技术性指导和操作规范^[4]。加强对固废堆体环境管理的法律监管,严厉打击违法行为,确保所有堆体都符合环保要求。此外,政策的灵活性和前瞻性同样重要,政府应不断根据实际情况和科技发展调整政策,促进环境监测技术的更新与应用,为固废堆体环境风险控制提供有力支持。

7 结语

固废堆体的环境监测与风险控制是保障生态环境安全的重要环节。通过科学的风险识别、先进的监测技术以及有效的风险控制路径,可以显著降低固废堆体对环境和人类健康的威胁。源头控制、过程监控、应急管理和合理的政策支持构成了全方位的风险防控体系,为固废堆体的安全管理提供了有力保障。随着监测技术的不断发展和管理模式的完善,固废堆体环境风险的识别与防控将更加精确和高效。然而,仍需加强法规建设与行业标准的落实,推动各方共同努力,确保固废堆体管理的可持续性。未来,随着技术创新和政策的不断优化,固废堆体的环境风险有望得到更好控制,为生态环境保护和可持续发展作出积极贡献。

参考文献

- [1] 张谌.上海市露天固废堆放场地识别和分析[D].导师:过仲阳.华东师范大学,2024.
- [2] 吕运鸿.基于天空地多源信息的固废堆填场地识别及风险评价研究[D].导师:张帅.浙江大学,2023.
- [3] 王碧姣.存量固废堆填场失稳流滑-环境污染灾害链双重风险评估[D].导师:张帅.浙江大学,2023.
- [4] 王祥.上海市崇明区非正规建筑固废堆点治理问题研究[D].导师:谢炜.华东师范大学,2022.

Design and Application of Structure of Split Rotary Kiln and Waste Liquid Incinerator

Zhaoyang Ding Dengfeng Zhang

Xi'an Aerospace Power Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710100, China

Abstract

The incineration of hazardous waste using a rotary kiln is one of the most mature, adaptable, and relatively thorough treatment methods available [1]. At present, rotary kiln incinerators in centralized hazardous waste treatment facilities primarily process solid waste, with a small amount of liquid waste (typically less than 30% of the total) co-processed. The incineration unit adopts a structure in which the rotary kiln is directly inserted into the secondary combustion chamber, as shown in Figure 1. In recent years, encouraged by national environmental protection policies, waste-generating enterprises have begun constructing their own incineration facilities to treat the hazardous waste they produce, thereby avoiding transportation risks and generating economic benefits through waste heat recovery. However, in practice, many enterprises—especially those in coal chemical, petrochemical, fine chemical, and related industries—generate hazardous waste that is predominantly liquid, with relatively small amounts of solid waste (generally less than 20% of the total). The traditional rotary kiln configuration, which is inserted directly into the secondary combustion chamber, is no longer suitable for such cases, leading to issues such as liquid waste sticking to the kiln walls, coking, and incomplete combustion. Additionally, in the absence of solid waste, the rotary kiln must continue rotating to prevent deformation, resulting in high energy consumption. To address these challenges, this paper proposes a split-type rotary kiln incineration unit design, which has been successfully applied in engineering projects. As illustrated in Figure 2, this design effectively resolves the operational problems mentioned above, enables partial shutdown based on waste type, and reduces energy consumption and equipment failure rates. Through case studies and data analysis, this paper also verifies the feasibility and advantages of the proposed structure, providing a reference for similar enterprises.

Keywords

rotary kiln; liquid waste; solid waste; incineration structure; environmental protection engineering

分体式回转窑及废液炉焚烧结构设计及应用

丁朝阳 张登峰

西安航天源动力工程有限公司, 中国·陕西 西安 710100

摘要

采用回转窑对危险废弃物进行焚烧是一种最成熟、对物料适应性最强、处置结果相对彻底的最常用方法[1]。目前,危废集中综合处置中心回转窑焚烧炉主要处理以废固为主的危险废弃物,掺烧少量废液(一般占总量30%以下),焚烧单元采用回转窑直接承插在二燃烧室的结构,如图1所示。近年来,国家环保政策的鼓励下,产废企业开始自行建设焚烧装置处置自身产生的危险废弃物,以避免运输过程中的风险,同时通过余热回收利用产生经济效益。然而,实际中各产废企业,尤其是煤化工、石油化工、精细化工等相关企业,产生的危险废弃物以废液为主,废固量较少(一般占总量20%以下)。再使用传统回转窑承插二燃室这种焚烧单元已不再适用,出现了废液挂壁结焦、燃烧不完全等缺点。同时,在没有固废时,回转窑本体必须一直旋转运行,导致能耗高。针对上述情况,本文提出一种分体式回转窑焚烧单元结构设计,并成功应用于工程项目。如图2所示,该设计有效解决了上述运行问题,实现了根据物料类型进行局部切断,降低了能耗及设备故障率。本文还通过应用案例和数据分析,验证了该结构的可行性和优势,为类似企业提供了参考。

关键词

回转窑; 废液; 废固; 焚烧结构; 环保工程

1 引言

随着工业化进程的加速,危险废弃物的产生量逐年增

加,如何安全、高效地处置这些废弃物成为环保领域的重点课题。回转窑焚烧技术因其适应性强、处理彻底等优点,被广泛应用于危险废弃物处置[2-3]。然而,传统回转窑结构主要针对废固为主的物料设计,在面对以废液为主的废弃物时,暴露出诸多问题。本文基于实际工程需求,分析传统结构的缺点,并提出一种创新的分体式回转窑及废液炉焚烧结构,通过理论分析和应用案例,探讨其设计优势及实施效果。

【作者简介】丁朝阳(1986—),男,中国重庆人,硕士,高级工程师,从事环保工程及危险废物处理技术工作及研究。

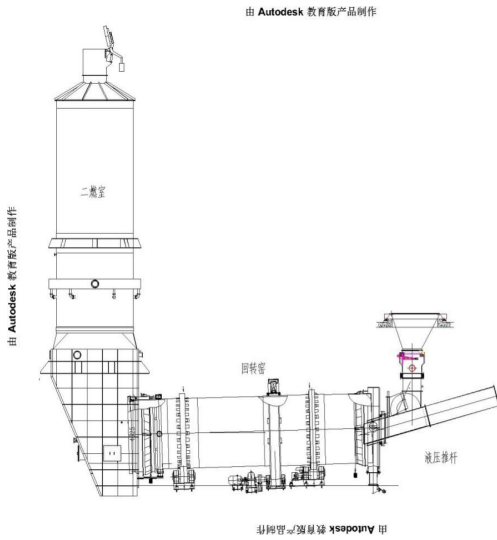


图 1 承插式回转窑及二燃室图

2 传统承插式危险废弃物焚烧回转窑的缺点

传统危废集中综合处置中心的回转窑焚烧炉，一般设计以处置固废为主，废液为辅。废固处理量通常占总设计处理量的 60%~80%，废液处理量占 20%~40%。废液一般从窑头横向顺流于烟气方向或二燃室侧向垂直于烟气方向喷入。窑头废液根据固废的热值进行调整：当固废热值低时，喷入高热值废溶剂作为助燃燃料，保证窑内的断面及容积热负荷；当固废热值高时，喷入低热值废水避免窑内热负荷过高。然而，在实际运行中，这种结构常常遇到以下问题：

2.1 物料种类搭配比例适应性较差，废液容易冲刷壁面结焦

在运行过程中，许多废液含有高盐分，而窑头配风相对独立，焚烧废液炉的旋流强度及流场较差。当废液量过大（一般超过总设计处理量的 50%）时，含盐废液容易冲刷到回转窑内壁上，形成半固态或液态的熔融盐。这些熔融盐与固态物料混合，极易造成窑内结焦，导致回转窑无法正常运行。结焦不仅降低传热效率，还可能引发设备堵塞和耐火材料损坏 [4-5]。

2.2 废液燃烧不完全

从回转窑出来的烟气进入二燃室后，烟气流场相对混乱。二燃室上的废液喷枪一般垂直于烟气方向喷入，作为助燃燃料，保证烟气从 850℃加热到 1100℃。但如果喷枪角度控制不佳，废液容易穿透烟气，喷射到二燃室壁面，导致耐火材料加速受损。此外，如果废液量过大或喷射点位置过高，烟气停留时间不足，高热值废液可能燃烧不完全，产生 CO 等有害气体，影响环保指标 [6-7]。

3 分体式回转窑及废液炉焚烧结构的提出

随着环保政策的鼓励，以及危废转运过程中的风险，越来越多化工企业（特别是精细化工企业）开始自行建设危废焚烧处置装置。这些企业通常以废液为主（占

70%~80%），废固较少（占 20%~30%）。有的企业因园区配套或转运问题，必须自建焚烧炉。废液成分复杂，含盐量高、腐蚀性强，若仍采用传统回转窑承插结构，容易出现挂壁结焦、燃烧不完全等问题。针对这一现状，西安航天源动力工程有限公司固废事业部设计团队提出了分体式回转窑及废液炉的结构，并在山东某医药化工项目和上海某精细化工项目中成功应用。

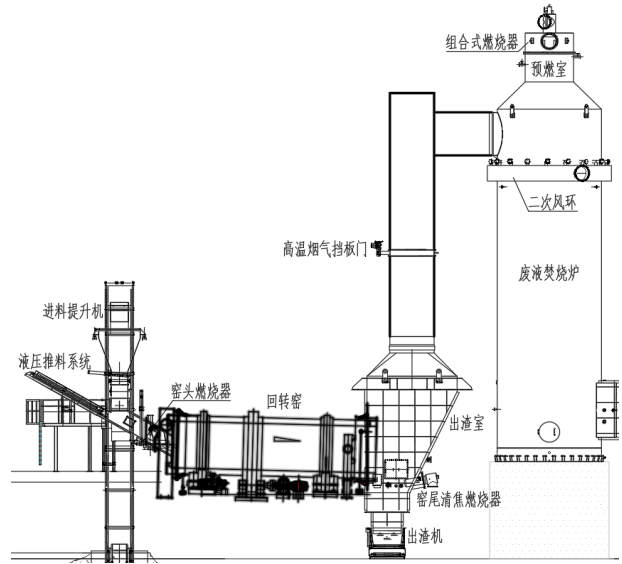


图 2 分体式回转窑及废液炉示意图

3.1 结构设计概述

如图 2 所示，焚烧单元包括回转窑及其进料系统、出渣室、高温烟道及挡板门、废液炉（包含燃烧器、预燃室、二次风环等）。废固通过回转窑进料系统进入回转窑焚烧，焚烧后的固体残渣从窑尾掉入出渣机。高温烟气从回转窑进入出渣室，再通过顶部高温烟道从废液炉肩部下部进入废液炉。这种分体设计使两个系统相对独立，可根据物料类型灵活运行。

3.2 分体式结构的优点

3.2.1 适应固少液多的企业现状，同时适应多种废液

分体式结构相比传统承插式，回转窑系统和废液炉相对独立。针对固废量少的企业，可设计较小规格的回转窑，高温烟气作为废气进入废液炉进行二次焚烧。这种设计提高了物料适应性，尤其适合处理高热值、低热值及含盐废液 [8-9]。

3.2.2 避免废液燃烧不完全和结焦刷壁

废液炉采用组合式燃烧器、预燃室、肩部低热值含盐废液喷射点、二次风环等结构，通过轴向旋流和径向旋流等强旋流方式，使烟气充分混合，避免废液喷射到壁面。高热值废液在预燃室焚烧，保证低热值废液的燃烧温度、停留时间和混合度，从而避免燃烧不完全和结焦问题。图 3 展示了废液炉内的流场模拟结果，验证了旋流设计的有效性。

3.2.3 回转窑和废液炉可以独立运行

传统承插式结构中，回转窑和二燃室为一体，即使没