

# 基于污泥离心脱水干化一体技术的危固废处理方法分析

詹传平<sup>1</sup> 梅志勇<sup>2</sup> 邓伟<sup>2</sup> 吕翔<sup>2</sup>

1. 光大绿色环保固废处置(黄石)有限公司, 中国·湖北 黄石 435005

2. 大冶有色金属有限责任公司冶炼厂, 中国·湖北 黄石 435005

**摘要:** 本文深入分析了基于污泥离心脱水干化一体技术的危固废处理方法。首先介绍了离心脱水干化一体化技术的基本原理与优势, 随后详细阐述了该技术的工艺特点, 包括高效脱水、节能干化及一体化处理流程等。通过具体工程案例, 展示了该技术在污泥处理中的实际应用情况。其次, 详细设计了污泥处理工艺, 涵盖了污泥接收、储存、预处理、离心脱水干化一体化处理、干化污泥输送与储存、副产物处理及自动化控制等关键环节。最后, 从运行经济效益的角度出发, 评估了该技术的直接运行成本、收益情况及投资回报, 为危固废处理领域提供了新的技术思路与经济分析参考。

**关键词:** 污泥离心脱水干化一体技术; 危固废; 处理方法

## Analysis of Hazardous and Solid Waste Treatment Methods Based on Sludge Centrifugal Dewatering and Drying Integrated Technology

Zhan Chuanping<sup>1</sup>, Mei Zhiyong<sup>2</sup>, Deng Wei<sup>2</sup>, Lv Xiang<sup>2</sup>

1. Everbright Green Environmental Protection Solid Waste Disposal (Huangshi) Co., Ltd., China Hubei Huangshi 435005

2. Daye Nonferrous Metals Co., Ltd. Smelting Plant, China Hubei Huangshi 435005

**Abstract:** This paper provides an in-depth analysis of hazardous solid waste treatment methods based on integrated sludge centrifugal dewatering and drying technology. It first introduces the basic principles and advantages of the integrated centrifugal dewatering and drying technology, and then details the process characteristics of the technology, including efficient dewatering, energy-saving drying, and integrated processing workflows. Through specific engineering cases, the practical application of this technology in sludge treatment is demonstrated. Next, the sludge treatment process is designed in detail, covering key stages such as sludge reception, storage, pretreatment, integrated centrifugal dewatering and drying, dry sludge transportation and storage, by-product treatment, and automated control. Finally, from the perspective of operational economic benefits, the direct operating costs, revenue, and return on investment of the technology are evaluated, providing new technological insights and economic analysis references for the field of hazardous solid waste treatment.

**Keywords:** Integrated sludge centrifugal dewatering and drying technology; Hazardous solid waste; Treatment methods

## 0 引言

随着工业化进程的加速, 危固废的产生量日益增加, 如何高效、环保地处理这些废弃物成为当前亟待解决的问题。污泥作为危固废的一种, 其处理难度较大, 传统处理方法往往存在效率低下、能耗高、二次污染等问题。因此, 本文深入分析了基于污泥离心脱水干化一体技术(Centridry)的危固废处理方法, 旨在为该领域提供新的技术思路与经济分析参考。

## 1 离心脱水干化一体技术

离心脱水干化一体技术是一种将离心脱水与干化过程集成在同一设备内完成的先进技术。该技术通常采用卧式

螺旋卸料沉降离心机的主体结构, 并在其基础上创新性地集成了干化功能。其核心原理是利用高速旋转产生的离心力, 首先对危固废污泥进行固液分离, 实现初步脱水, 使污泥含水率显著降低; 随后通过在设备内部引入热源(如蒸汽、导热油或热风), 对经过初步脱水的污泥进行进一步的加热干化处理。在整个过程中, 污泥在离心力场和热能的共同作用下, 水分被持续蒸发并分离排出, 最终得到含水率极低的干化产物。这种一体化设计使得物料无需在脱水和干化设备之间进行转运, 从根本上减少了中间环节的物料损失和二次污染风险, 同时也大幅提高了整体处理效率。Centridry技术能够适应不同性质和含水率的危固废

污泥,通过调整运行参数(如转速、差速、加热温度等),可以灵活控制最终干化产物的含水率,满足后续处置(如焚烧、填埋、资源化利用)的不同要求。

## 2 工艺特点

首先,它实现了高度的集成化与紧凑化。将脱水和干化两个关键单元操作台并在单台设备中完成,极大地节省了占地面积,这对于土地资源紧张的危废处理厂而言尤为重要。同时,简化的工艺流程减少了设备连接管线和辅助设备,降低了系统的复杂性和维护难度。其次,该技术具有高效的脱水干化性能。离心力场的高效分离作用确保了初始脱水效果,而后续的集成干化过程则能将污泥含水率进一步降至较低水平(通常可达到10%—30%,具体取决于物料特性和工艺参数),大幅减容减重,减少了后续处置的成本和难度。再者,运行过程具备良好的密闭性与安全性。整个处理过程在封闭的设备内进行,有效防止了危固废中有害物质(如恶臭气体、挥发性有机物、重金属粉尘等)的泄漏,减少了对操作人员和周边环境的危害,符合危固废处理的环保严格要求和安全标准。最后,操作的自动化程度高。设备通常配备完善的PLC控制系统,可实现进料、分离、干化、排料等全过程的自动化控制和远程监控,减少了人工干预,提高操作的稳定性和可靠性。

## 3 工程概况

本工程针对某工业危固废处理中心产生的特定危险废物污泥进行处理。项目设计处理规模为50吨/日,服务对象主要为周边工业园区内产生同类危固废污泥的企业。处理目标是将含水率通常在80%—90%的原始污泥,通过采用离心脱水干化一体技术,处理至含水率30%以下的干化污泥,以满足后续安全处置(如稳定化/固化后进入危险废物填埋场,或符合特定燃料要求进行协同焚烧处置)的要求,实现危固废减量化、稳定化和无害化的目标。

## 4 污泥处理工艺设计

### 4.1 污泥处理处置工艺选择

在危固废污泥处理领域,常用的脱水干化技术包括板框压滤脱水+热风干化、带式压滤脱水+喷雾干化、离心脱水+间接加热干化等。本项目在工艺选择阶段,对多项技术进行了综合比选。传统的板框压滤脱水虽然能获得较低的含水率滤饼,但处理过程间歇操作,自动化程度不高,且对于某些黏性大或含油的危固废污泥,过滤效率较低,滤布易堵塞。带式压滤脱水则通常作为预处理,其脱水效果有限,后续仍需大量干化能耗。而离心脱水干化一

体技术,将离心脱水和干化过程集成在一个设备或一套紧密衔接的系统中,具有显著优势:首先,离心脱水作为预处理能高效去除游离水,大幅降低后续干化的能耗;其次,一体化设计紧凑,占地面积小,尤其适合场地有限的危废处理中心;再次,自动化程度高,可实现连续运行,减少人工干预,降低操作风险;最后,对于危固废污泥,其封闭性更好,能有效控制恶臭和有毒有害气体的逸散,减少二次污染。综合考虑处理效率、能耗、占地面积、自动化水平、二次污染控制及对危固废污泥特性的适应性等因素,本工程最终选定污泥离心脱水干化一体技术作为核心处理工艺。

### 4.2 污泥处理工艺流程

本工程采用的污泥离心脱水干化一体技术工艺流程如下:

#### 4.2.1 污泥接收与储存

危固废污泥由产废单位运输至本处理中心,通过专用密闭罐车卸料至带有搅拌功能的污泥接收仓(或调节池)。接收仓设有液位计和搅拌装置,防止污泥沉淀分层,并对污泥进行均质化处理,确保进入后续处理单元的污泥性质相对稳定。同时,接收区域设置废气收集装置,将产生的恶臭气体引入废气处理系统。

#### 4.2.2 污泥预处理(如需要)

根据污泥的特性(如pH值、黏度、颗粒度等),若污泥的脱水性能较差,可在进入离心脱水干化一体机前,通过加药系统向污泥中投加适量的絮凝剂(如聚丙烯酰胺PAM)或调理剂(如石灰、铁盐等),以改善污泥的脱水特性,提高离心脱水效率。加药过程通过在线监测和自动控制实现精准投加。

#### 4.2.3 离心脱水干化一体化处理

经预处理(或直接)的污泥通过螺杆泵输送至离心脱水干化一体机。该设备通常由高速旋转的转鼓和螺旋输送机组成。在离心力场作用下,污泥中的大部分游离水(称为“离心液”或“滤液”)被分离出来,通过转鼓上的滤孔排出。初步脱水后的污泥(含水率约60%—75%)在螺旋输送器的推动下进入一体机的干化段。干化段可采用间接加热方式(如蒸汽、导热油或电加热),通过与加热壁面的接触换热,使污泥中的水分进一步蒸发。蒸发产生的水蒸气(称为“干化尾气”)与污泥颗粒分离后排出。最终,干化后的污泥(含水率达到设计目标,如30%以下)由一体机的出料口排出。如图1,清淤污泥脱水干化一体化技术流程。

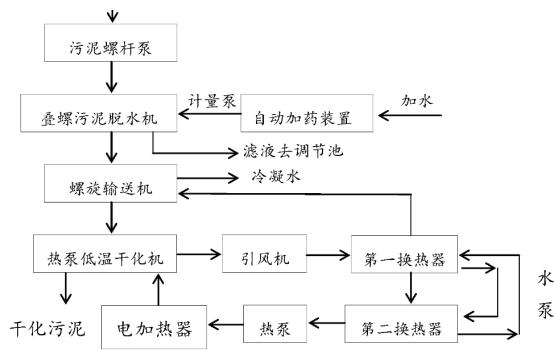


图1 清淤污泥脱水干化一体化技术流程

#### 4.2.4 干化污泥输送与储存

干化后的污泥颗粒通过螺旋输送机或皮带输送机（均需密闭）输送至干污泥储仓暂存。储仓应具备防雨、防渗、防扬尘措施，并设置废气收集装置。干化污泥将根据其最终处置方案（如稳定化/固化后填埋、协同焚烧等）进行后续处理。

#### 4.2.5 副产物处理

**离心液/滤液：**主要含有污泥中的水溶性物质和少量细小悬浮物，直接进入处理中心的废水处理系统进行处理，达到排放标准后排放或回用。

**干化尾气：**含有大量水蒸气、少量恶臭物质及可能的挥发性有机物（VOCs）。尾气首先进入冷凝器进行降温，回收部分冷凝水（可回用于系统或进入废水处理），然后进入活性炭吸附塔或生物滤池等废气处理装置，去除异味和有害物质，达标后高空排放。

#### 4.2.6 自动化控制

整个工艺流程采用 PLC（可编程逻辑控制器）进行集中控制，对关键工艺参数如污泥进料量、加药量、离心机转速、干化温度、各设备运行状态等进行实时监测和自动调节，确保系统稳定高效运行，并降低操作风险。

### 5 运行经济效益

#### 5.1 直接运行成本

**能耗费用：**主要包括离心脱水干化一体机的电耗、干化所需的热能消耗（如蒸汽费用或燃气费用，取决于加热方式）。离心脱水干化一体技术虽然集成了两个单元，但通过高效的离心预脱水，能显著降低后续干化的能耗需求，相较于传统的“脱水+单独干化”工艺，在总能耗上具有一定优势。

**药剂费用：**主要为絮凝剂、调理剂等化学药剂的采购成本，其费用主要受污泥的具体性质、处理规模的大小以及加药剂量的设定等因素的综合影响。污泥的不同特性，如含水率、有机质含量及颗粒分布等，会直接影响药剂的

选择与投加量；处理量的多少则决定了总体药剂消耗的规模，进而影响单位成本；而加药剂量的调整需根据实际污泥处理效果进行优化，过高或过低均可能导致成本上升或处理效果不达标。因此，合理控制这些变量对降低药剂采购费用具有重要意义。

**人工成本：**由于系统自动化程度较高，所需操作和维护人员数量相对较少，人工成本主要包括设备巡检、操作、日常维护及管理人工工资。

**设备维护保养费用：**包括设备易损件（如离心机转鼓、螺旋、滤布/滤网，干化段加热管等）的更换、润滑油、备品备件采购及定期检修费用。

**其他费用：**如污泥运输（若涉及厂内转运或委托具备相应资质的第三方单位进行合规外运处置）、水费（若工艺水需从外部供应商处采购并投入生产使用）、环保监测费用（包括定期委托专业机构进行废水、废气、噪声等环境指标的采样检测与分析评估）等。

#### 5.2 收益分析

**处置收费：**作为危险固体废物处理项目，其主要收益来源于向产生废物的单位收取的危险固体废物污泥处理与处置费用。具体收费标准通常根据多个因素综合确定，包括污泥的物理化学性质、处理技术的复杂程度、处理过程中所需投入的资源成本，以及项目所在地的市场行情和行业标准等。这些因素共同决定了最终的收费水平，以确保项目的经济可行性和运营持续性。

**减量化收益：**通过脱水干化，污泥体积和重量显著减少（例如，含水率从 85% 降至 30%，污泥重量可减少约 76%），大幅降低了后续运输和最终处置（如填埋）的费用，这部分节约可视为间接收益。

**资源回收潜力（若有）：**对于某些特定类型的危固废污泥，干化后若性质稳定且热值较高，可能作为替代燃料送入协同处置设施（如水泥窑、电厂锅炉），从而获得一定的燃料补贴或处置费用减免，但需严格评估其环境风险和合规性。此外，若污泥中含有可回收的金属元素（如铜、锌等），通过专业的分离和提纯技术，能够将金属从污泥中提取出来，实现资源的再利用。这些回收的金属可以出售给相关企业，进一步增加项目的收益来源。而且，随着环保政策的日益严格和市场对资源循环利用的重视，这种资源回收所带来的收益有望在未来持续增长。

#### 5.3 投资回报

在项目总投资（包括设备购置、土建、安装、调试等）确定的基础上，结合处理量、单位处置收费、年运行

成本等参数,可计算项目的投资回收期、内部收益率等经济指标。离心脱水干化一体技术由于其高效、紧凑的特点,在同等处理规模下,可能具有相对较低的占地面积和土建投资,且运行能耗和人工成本的优化有助于提升项目的盈利能力和投资回报水平。具体的经济效益需根据实际处理量、当地物价水平、政策补贴等因素进行详细测算。总体而言,采用先进的离心脱水干化一体技术处理危固废污泥,在实现环境效益(减量化、无害化)的同时,通过合理的运营管理和成本控制,能够获得较好的经济回报。

## 6 结语

综上所述,污泥离心脱水干化一体技术为危固废处理提供了一种高效、环保且经济的解决方案。该技术通过集成离心脱水与干化过程,显著减少了处理时间和占地面积,同时降低了能耗和运行成本。其独特的工艺设计确保了处理过程的稳定性和可靠性,有效提升了污泥处理的效果和质量。展望未来,随着环保要求的不断提高和技术的持续进步,污泥离心脱水干化一体技术有望在危固废处理领域发挥更加重要的作用,为推动绿色可持续发展贡献力量。

## 参考文献:

- [1] 屠厚德, 卢锡龙, 张琰. 市政污泥脱水-热干化一体化技术参数优化[J]. 中国计量大学学报, 2025,36(01):116-124.
- [2] 邵志刚, 石富生, 古凌艳. 低温真空脱水干化技术在深圳污泥处理中的应用[J]. 中国给水排水, 2025,41(04):131-136.
- [3] 吴威, 曹儒耀, 吕志辉. 磁热干化隔膜压滤一体化技术应用于市政污泥脱水干化的工程实践[J]. 环境保护科学, 2023,49(04):21-25.
- [4] 杜建鹏, 郭伟, 卢宇飞. 煤化工带液废固低温真空脱水干化一体化技术研究及应用分析[J]. 广东化工, 2021,48(13):305-307.
- [5] 许太明. 污泥脱水干化减量的系统解决方案创新与实践[J]. 净水技术, 2020,39(S1):143-146.

作者简介:詹传平(1976.01-),男,汉族,湖北黄石,工程硕士,高级工程师,光大绿色环保固废处置(黄石)有限公司副总经理,研究方向:主要从事危固废处置及资源化利用管理工作。