

# 浅析应用于电厂协同焚烧的污泥干化工艺

## Analysis of Sludge Drying Process Applied to Collaborative Incineration in Power Plants

陈龙<sup>1</sup> 邵语萱<sup>2</sup> 芦汉超<sup>3</sup>

Long Chen<sup>1</sup> Yuxuan Shao<sup>2</sup> Hanchao Lu<sup>3</sup>

1. 南通市江海水务有限公司 中国·江苏 南通 226007

2. 核工业理化工程研究院 中国·天津 300000

3. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司 中国·天津 300074

1. Nantong Jianghai Water Service Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226007, China

2. Nuclear Industry Physical and Chemical Engineering Research Institute, Tianjin, 300000, China

3. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300074, China

**摘要:** 污泥处置可采用土地利用、污泥焚烧与协同处置、建材利用、污泥填埋等处置方式。其中土地利用和建材利用受到后续消纳空间或市场容量的限制,需要具有连续稳定消纳市场,同时对污泥性质具有严格要求。污泥填埋需要占用大量土地资源。采用热电厂协同处置,既可以利用热电厂余热作为干化热源,又可以利用热电厂已有的焚烧和尾气处理设备,节省投资和运行成本。污泥干化工艺是目前中国发达城市污泥处置的主流工艺(特别是在土地资源稀缺的城市),其优劣将直接影响到整个污泥干化系统能否连续稳定可靠地运行以及处理成本的高低。圆盘干化工艺在发达国家是主流干化工艺之一,该工艺系统具有简洁、设备数量少、故障点少、运行稳定、维护和检修方便等特点。

**Abstract:** Sludge disposal can be carried out through methods such as land use, sludge incineration and collaborative disposal, building material utilization, and sludge landfill. The utilization of land and building materials is limited by the subsequent consumption space or market capacity, and requires a continuous and stable consumption market, while also having strict requirements for the properties of sludge. Sludge landfill requires a significant amount of land resources. By adopting the collaborative disposal of thermal power plants, it is possible to use the waste heat of the thermal power plant as a drying heat source, as well as utilize the existing incineration and tail gas treatment equipment of the thermal power plant, saving investment and operating costs. The sludge drying process is currently the mainstream process for sludge disposal in developed cities in China (especially in cities with scarce land resources), and its advantages and disadvantages will directly affect the continuous, stable and reliable operation of the entire sludge drying system, as well as the level of treatment costs. The disc drying process is one of the mainstream drying processes in developed countries. This process system has the characteristics of simplicity, fewer equipment, fewer fault points, stable operation, and convenient maintenance and repair.

**关键词:** 污泥协同焚烧; 圆盘干化; 间接热干化; 热电厂

**Keywords:** collaborative incineration of sludge; disc drying; indirect thermal drying; thermal power plant

**DOI:** 10.12346/etr.v6i3.9253

## 1 引言

中国污水处理量逐年提高,由此也带来了污水处理厂污泥产量不断增加。目前山西省某市各污水处理厂产生的污泥为含水率在80%左右的脱水污泥,这些污泥大部分都没有

很好地处理处置出路。在污水处理过程中,大量污染物质被转移到污泥中,其中含有大量有机污染物、病原菌等。脱水污泥含水率仍然较高,体积大,无论填埋还是露天存放都会占用大量宝贵的土地资源<sup>[1]</sup>。

【作者简介】陈龙(1979-),男,中国江苏睢宁人,本科,工程师,从事污水处理相关研究。

## 2 工程概况

本项目选址位于山西省某电厂内。污泥处理工艺采用间接热干化法,主要处理工艺包括污泥接收储存、污泥干化、干污泥储运、热力系统、污水处理系统和除臭系统。干化工艺以发电厂蒸汽作为热源,采用间接干化设备将脱水污泥干燥至含水率30%以下,干泥渣送至发电厂掺烧发电。

本污泥处理处置项目将分两期建设,近期处理规模为脱水污泥200t/d(含水率80%),合干污泥量40tDS/d;远期工程在近期工程基础上增加100t/d脱水污泥处理能力。本项目的建筑工程、变配电、污水处理系统、除臭系统、公用管线等将按照远期工程规模一次性建成,污泥接收储存和干化设备将按照近期规模配置,并为远期工程预留设备安装位置。

## 3 技术方案

### 3.1 规模论证

当地污水处理总规模为18万m<sup>3</sup>/d,按干污泥2tDS/万m<sup>3</sup>污水进行设计,干污泥产量为36tDS/d,按脱水污泥含水率80%计,脱水污泥量为180t/d。另外根据现场调研,污水处理厂采用叠螺脱水机脱水,脱水工艺出泥含水率略有波动,部分脱水污泥含水率达到83%,脱水污泥量将比80%含水率时增加17.6%。

为了使污泥处理项目处理能力既满足干污泥产生量,又能适应一定范围内污泥体积的波动,因此确定本项目工程建设规模为脱水污泥200t/d,折合干污泥40tDS/d。

同时为了兼顾远期污水处理规模和污泥产量的进一步提高,本污泥处理工程将为远期污泥处理扩容预留空间,建筑工程和部分工艺设备将按照远期300t/d处理规模进行建设。

### 3.2 污泥处置出路论证

污泥处置可采用土地利用、污泥焚烧与协同处置、建材利用、污泥填埋等处置方式。其中土地利用和建材利用受到后续消纳空间或市场容量的限制,需要具有连续稳定消纳市场,同时对污泥性质具有严格要求。污泥填埋需要占用大量土地资源。

采用热电厂协同处置,既可以利用热电厂余热作为干化热源,又可以利用热电厂已有的焚烧和尾气处理设备,节省投资和运行成本。山西某电厂建设2×350MW超临界燃煤空冷供热机组,同步建设脱硫、除尘、脱硝装置。场地规划留有扩建条件。具备接收污泥处理产物进行焚烧发电的条件。

本污泥处理处置项目的建设目的,是妥善处理当地产生的脱水污泥。由于当地现有发电供热项目,体量较大,可以接受污泥进行焚烧,因此本污泥处理项目确定:污泥处理最终产物将送至该电厂进行掺烧发电。

### 3.3 污泥性质论证

不同种类的污泥具有不同的组分及热值,一般城市污水处理厂未经消化的新鲜脱水污泥,根据污泥焚烧特性试验,

污泥在物理性质、元素分析和工业分析等方面与褐煤有许多相似之处,固定碳的含量较低,并且污泥中含有一定量的重金属<sup>[2]</sup>。

### 3.4 污泥处理目标

采用电厂余热蒸汽作为干化热源,为防止污泥干化污染原有电厂的蒸汽,推荐采用间接式污泥干化设备。为了使处理后的污泥满足电厂掺烧条件,保持炉膛焚烧温度,根据污泥性质和电厂焚烧发电的要求,本项目确定干化污泥含水率应≤30%。

## 4 工程设计

### 4.1 工艺路线

本污泥处理工程的主要目标是降低污泥中的含水率,使污泥减量化并满足发电厂掺烧要求,污泥处理最终含水率≤30%,且不应掺加使污泥难以焚烧的物质。

根据上述处理要求,本污泥处理工程采用污泥间接热干化处理工艺。污泥处理工艺路线为:污泥进厂称重+接收储存+污泥间接干化(卧式圆盘干化)+干污泥输送。

本污泥处理工程,分为以下几部分:

- ①污泥接收、储存和输送系统。
- ②污泥干化和尾气冷凝系统。
- ③干污泥输送和储存系统。
- ④热力和凝结水回用系统。
- ⑤循环冷却水系统。
- ⑥除臭系统。
- ⑦污水处理系统。

污泥通过公路运输进入本污泥处理工程。污泥进厂后首先进行称重计量,随后送入湿污泥储仓。污泥卸料过程完全封闭在卸料大厅内,防止臭味散逸至厂区。湿污泥储仓带有液压仓门,平时封闭,仅卸料时开启,同时仓体带有臭气收集风道。污泥仓中的脱水污泥通过液压滑架、卸料螺旋等下料系统,进入料仓下方的污泥输送泵中。污泥输送采用柱塞泵,通过管道送至污泥干化机。经过干化后的污泥,送至发电厂卸煤沟,进入电厂锅炉焚烧处置。

污泥干化热源来自发电厂机组四段抽汽,以及本工程自备锅炉房。干化后蒸汽形成凝结水回流至热力系统。

污泥干化产生的废热蒸汽,首先进行除尘,随后进行冷凝。本工程自设循环冷却系统提供冷却水。凝结废水送入本工程污水处理站进行处理,处理后回用。

### 4.2 湿污泥接收、储存和输送设计

厂外运来的脱水污泥,在卸料大厅中将污泥直接卸入地下料仓,湿污泥料仓顶部的仓门与地面高度齐平。湿污泥料仓采用带滑架和卸料装置的料仓中储存。然后通过泥饼柱塞泵送入干化机。

#### 4.2.1 湿污泥料仓

污泥料仓为成套组合装置,配备钢结构架(含检修平台、

走道和栏杆)、液压滑架、螺旋出料机、带停电自动关闭功能的闸板阀和液压驱动包、就地控制箱等安全可靠和有效运行所必需的附件。

污泥料仓采用平底结构、重力卸料的高架料仓。料仓的顶部加盖密封,仓底配有滑架将污泥纳入螺旋出料机将污泥输出。滑架由液压驱动,螺旋出料机电驱动。

料仓设有超声波物位计,以显示、监控污泥的堆积高度和超高时的报警。

整个料仓支承于钢结构支架上,料仓的周边设置有平台、走道和爬梯,便于通到设备的维修点进行检修保养。

在料仓顶部预留臭气排放管道的法兰接口和盲盖板。顶部设置一个 800mm 人孔,料仓壁靠近平台位置有 DN800 检修人孔。

料仓顶部仓门采用液压驱动,平时封闭防止臭味散逸。仓门内设有保护格栅,防止大块杂物落入料仓,对设备造成损坏。

#### 4.2.2 湿污泥输送柱塞泵

采用高压柱塞泥饼泵(柱塞泵)输送泥饼进入干燥机,可以精确地控制泥饼的输送量。

高压柱塞泥饼泵由 3 个主要部分组成:外壳、驱动缸与输送缸。后部为驱动油缸,前部为液压阀门以及进料的法兰连接。中部是输送活塞。

### 4.3 污泥干化方案

#### 4.3.1 污泥干化工艺介绍

为了满足后续污泥处理的要求,有必要进一步降低常规机械脱水污泥的含水量。污泥的热干燥是指通过污泥与热介质之间的热传递去除污泥中水分的过程。污泥的热干燥是通过热介质提供热量来实现的,热介质直接蒸发污泥中的水分并通过空气将其带走,从而达到污泥干燥的目的。

干燥的类型和工艺技术应根据处理需要和实际情况进行选择。热干燥工艺应与余热利用相结合,不建议单独设置热干燥工艺。它可以充分利用污泥厌氧消化过程中产生的沼气热能、垃圾和污泥焚烧产生的废热、火力发电厂产生的废热或其他废热来干燥污泥。

#### 4.3.2 干化工艺设备

污泥干化工艺是目前国内发达城市污泥处置的主流工艺(特别是在土地资源稀缺的城市)。干化工艺的优劣将直接影响到整个污泥干化系统能否连续稳定可靠地运行以及处理成本的高低。圆盘干燥工艺是发达国家的主流干燥工艺之一。工艺系统相对简单,设备少,故障点少,运行稳定,维护维修方便。此外,使用该系统的操作车间没有灰尘、异味等问题,现场工作环境良好。

卧式回转干燥工艺设备的单机蒸发量为 1000~7500kg/h,

单机污泥处理量为 30~225t/d(含水量为 80%),适用于各种规模的污水处理厂。结构紧凑,传热面积大,设备占地面积小。

#### 4.3.3 污泥干化处理工艺流程

湿污泥经厂内磅秤后倒入湿污泥储料仓,经污泥泵分配后泵入盘式干燥机。采用饱和蒸汽(压力 0.5MPa)作为加热介质,对污泥进行间接加热。污泥干燥过程中产生的蒸汽通过尾气引风机排出,以维持干燥机、辅助设备和系统管道的微负压运行。提取的气体(蒸汽和空气的混合物)经过除尘和冷凝两个阶段的处理,废气冷凝液被收集到污水收集网中。干燥系统和湿污泥接收和储存系统的不凝尾气产生的气味通过尾气引风机提取到炉前作为燃烧空气,同时完全解决了臭味问题。

#### 4.3.4 尾气净化与处理

污泥干化后的尾气包括水蒸汽和不可凝气体(臭气)。对干化产生的废热蒸汽需首先进行分离除尘,然后水蒸汽通过冷凝塔进行冷凝,不可凝气体(臭气)经过除臭处理后尾气达标排放,冷凝液排出。

#### 4.3.5 干污泥储存和输送

干化机排出的干污泥,通过双排链刮板输送机进行输送,双排链刮板输送机是完全可以适应含水 10%~90% 的污泥污水输送。随后干污泥进入干污泥料仓储存。

## 5 主要经济指标

本工程总投资为 7808.66 万元,其中工程费用合计 7270.29 万元,总成本费用为 2645(万元/年),单位处理成本为 362(元/吨脱水污泥),经营成本为 2190(万元/年),单位经营成本为 300(元/吨脱水污泥)。

## 6 结语

本项目的建设无论是对保证城市自身的可持续发展,还是保证实现城市污染治理的要求都具有重要意义,同时符合国家的相关政策。污泥干化、协同焚烧与热电厂相结合的模式在中国各行各业节能降碳,在发展绿色经济的大背景下具有广阔的应用前景<sup>[3]</sup>。

## 参考文献

- [1] 徐效灿,李强,章丹,等.关于市政污泥干化几种工艺路线的介绍[J].应用能源技术,2020(8):15-19.
- [2] 毛梦梅,戴勇.市政污泥干化特性研究[J].资源节约与环保,2019(4):151-152.
- [3] 张山,李宁,黄婷,等.双碳背景下市政污泥协同处置技术路径碳足迹分析[J].给水排水,2023,59(11):32-39.