

卧式薄层污泥干化工艺在市政领域的应用现状和 实例分析

朱明行¹, 胡文韬¹, 沈忱²

(1. 北京艺高人和工程设备有限公司, 北京 100083; 2. 中国环境科学研究院,
北京 100012)

摘要: 本文对卧式薄层污泥干化工艺进行了详细介绍, 并以成都市第一城市污水污泥处理厂一期工程为例进行了分析。卧式薄层干化机单机处理能力大, 安全性高, 密封性好, 废气量少, 车间环境友好, 基于卧式薄层干化工艺在安全性、灵活性、经济性等方面的诸多优势, 该工艺越来越多的应用于大型市政污泥干化项目中, 可作为国内市政领域污泥处理处置项目的优选工艺之一。

关键词: 污泥干化; 卧式薄层; 污泥处置

The application status and case study of horizontal thin film sludge drying process in municipal engineering

ZHU Ming-hang¹, HU Wen-tao¹, SHEN Chen²,

(1. Beijing Envirotec Co.Ltd, Beijing 100083. 2. Chinese Research Academy of
Environmental Sciences, Beijing 100012)

Abstract: In this paper, the horizontal thin film sludge drying process is introduced in detail, and the Phase I of Chengdu first city sewage sludge treatment plant is taken as an example for analysis. The processing capacity of single horizontal thin film dryer is large, and it has strong security, well sealing, little exhaust gas quantity, environmental-friendly workshop. Based on the advantages of the horizontal thin film drying process in security, flexibility, economy and other aspects, it has been applied more and more in large municipal sludge drying projects, and this process can be one of the optimal process in the field of municipal sludge disposal.

Keywords: sludge drying, horizontal thin film, sludge disposal

0 引言

随着城市的快速发展, 污水量不断增加, 污水处理厂提标改造进度持续加快, 导致污泥产量大大增加, 截止到2016年底我国污水处理量达到1.5亿 m³d, 污泥总量近3000万吨, 预计到2020年以含水率80%计我国的污泥产量将突破6000万吨^[1]。

在城市污水的收集及处置过程中产生的污泥，可能含有重金属物质、病原体、病毒、微生物和大量的毒性有机物，如不加以妥善处理和处置，将给排放区周围环境造成严重的二次污染，威胁人类健康。污泥处理处置的问题已成为当前形势下的突出环境问题^[2-4]。

我国目前主要的污泥处理方式包括浓缩、调理、脱水、干化等，以浓缩、调理和脱水为主，干化率尚处于较低水平。污泥处置是指污泥经处理后的最终去向，我国目前主要的污泥处置方式有卫生填埋、土地利用、焚烧后建材利用等，其中卫生填埋是最常用的方式，一方面由于有关标准越来越严格，另一方面受制于有限的可利用土地资源，干化加焚烧的处理处置方式越来越普遍^[5-6]。

1 卧式薄层污泥干化工艺

污泥干化是利用燃烧化石燃料所产生的热能或工业余热、废热，通过专门的工艺和设备，使污泥中水份快速蒸发的一种工艺^[7]。污泥干化对污泥中的水分进行去除，从而达到干燥污泥、缩小污泥体积、提高污泥热值的目的，同步实现污泥的减量化和稳定化^[8-9]。

卧式薄层污泥干化工艺是目前我国污泥干化领域的主流工艺之一，它是利用饱和蒸汽或导热油作为热媒的间接加热干化工艺。

卧式薄层干化工艺的核心设备是卧式薄层干化机，由德国 Buss-SMS-Canzler 公司生产。Buss-SMS-Canzler 公司成立于 1919 年，相关产品涉及石油化工、医药、食品及环境能源等领域，总部位于德国布茨巴赫，并在瑞士巴塞尔拥有完善的产品研发中心和试验基地，是难处理混合物料热分离解决方案及薄层蒸发技术的世界领先者，也是专业开发和生产用于干燥高粘性物料处理设备的全球领导企业。

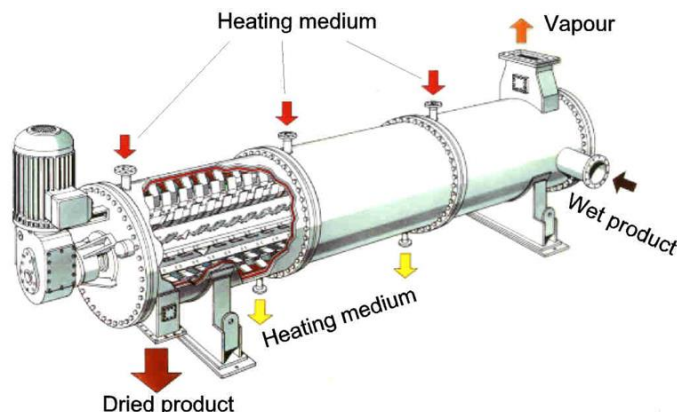


图 1 卧式薄层干化机结构简图

图 1 为卧式薄层干化机结构简图，卧式薄层干化机主要由外壳、转子和叶片、驱动装置三部分组成。外壳为压力容器，其壳体夹套内可注入饱和蒸汽或导热油作为污泥干化工艺的热媒，材质为欧标的耐高温锅炉钢，内壁作为与污泥接触的传热部分，提供主要的换热面积和污泥薄层的载体，其材质有多种材料可选，其中 Naxtra700 高强度结构钢覆层广泛适用于市政行业，耐腐蚀性和耐磨性优于其他材料；转子为一根整体的空心轴，其特殊的加工工艺可以确保转子在受力和高速转动的同时不产生挠度，始终使叶片外沿与内壁的距离保持 5-10mm，在转子的转动及叶片的涂布下，进入干化机的污泥会均匀的在内壁上形成一个动态的薄层，污泥薄层不断的被更新，在向出料口推进的过程中持续被干化。

工艺流程：离心脱水后含水率 80%-85% 的湿污泥通过车载运输或管道输送至湿污泥料仓，料仓内部设有滑架，底部设有卸料螺旋和湿污泥输送泵。

湿污泥输送泵将污泥输送至干化机入口，进入干化机的污泥被转子上的叶片涂布于热壁表面，叶片在对热壁表面的污泥反复翻混的同时，还将其向前推送到出泥口。在此过程中，

污泥中水分被加热蒸发为水蒸汽，水蒸汽在干化机内部与污泥逆向运动，由污泥进料口上方的乏汽箱进入尾气冷凝系统。

干化机内产生的蒸发尾气通过乏汽箱进入冷凝系统后，首先进入冷凝器，在冷凝器中，废蒸汽通过水洗，水分从蒸汽中冷凝下来。少量不凝气体（空气和污泥中挥发物）经过除雾器进行液滴分离后，由废气风机排出干化系统，进入除臭系统或进入焚烧系统处理。自干化系统排出的废气量极少，仅为系统蒸发水量的 5%-10%，废气风机使整个干化系统处于负压状态，避免臭气及粉尘的溢出。

自干化机产出的低含水率的污泥通过输送设备运至干污泥料仓或焚烧系统。当进行暂存时，设置污泥冷却器，将污泥温度由 90℃降低到 50℃以提高安全性，防止污泥焖燃或自燃，随后依次通过卸料阀和刮板输送机送至干污泥料仓储存。当后续接焚烧系统，可通过输送设备直接与焚烧系统串联。

卧式薄层干化工艺可通过污泥中的蒸发水实现系统内自惰性化的要求，在开机及紧急情况下采用低压蒸汽、新鲜水或氮气作为干化系统的惰化介质。在乏汽箱出口设有氧含量分析仪，通过对干化系统内氧含量的控制，实现污泥干化系统安全稳定运行。

工艺优势：

1) 安全：系统密闭性好，始终维持-0.5 到-1kPa 的微负压，无臭气和粉尘外溢；系统可自惰性化并设置多种惰化手段，市政项目中氧含量控制在 5% 以下；应用历史上无任何安全事故。

2) 灵活：适用领域广泛，适用多种类型污泥，可接受进泥含水率 65%-90% 的湿污泥；可生产多种含固率产品，出泥含水率可在 10%-65% 之间选择；体积负荷低，启停和排空时间短，再次启动无需清掏作业。

3) 经济：蒸发效率高，每平米每小时蒸发水量可达 45kg 以上；市政项目上可与其他系统结合（如消化系统），实现 80% 以上的高效率热能回收；维护成本低，每年仅需 1 次 5-10 天的年检；臭气量极小，处理费用低；全自动化控制，低监控需求。

4) 简单：设备数量少，占地空间小，操作控制简单；无载气循环，无污泥返混；按照《压力容器检修规程》各类干化机需进行周期性内壁检测，薄层干化机检修无需其他吊装设备，检修方便且高效。

2 卧式薄层污泥干化工艺在市政领域的应用现状

截止到 2019 年 9 月，卧式薄层干化工艺在国内共有 29 个业绩，共 63 台卧式薄层干化机，其中市政项目有 17 个共 50 台干化机，表 1 展示了近几年卧式薄层干化工艺在市政项目中的典型业绩。

表 1 卧式薄层干化工艺市政项目近期典型业绩表

序号	用户名称	项目名称	处理能力	规格型号	数量
1	成都市兴蓉污泥处置有限责任公司	成都市第一城市污水污泥处理厂污泥干化项目	400t/d	NDS-7000	2
2	天津创业环保集团股份有限公司	天津津南污泥处理厂工程	400t/d	NDS-12500	2
3	上海市城市排水有限公司	竹园片区污泥处理处置扩建工程	1442t/d	NDS-15000	10
4	成都市兴蓉污泥处置有限责任公司	成都市第一城市污水污泥处理厂污泥二期工程	200t/d	NDS-7000	1

5	上海南汇排水有限公司	浦东新区污水厂污泥处理处置新建工程 (一期)	1040t/d	NDS-5000	8
6	广州市净水有限公司	广州沥滘污水厂三期及一二期改造 EPC 工程	175t/d	NDS-7000	2

3 卧式薄层污泥干化工艺在市政领域的实例分析

成都市第一城市污水污泥处理厂工程，位于四川省成都市成华区,建设规模含水率 80% 湿污泥处理量 400t/d, 接纳成都市中心城区 9 座污水处理厂所产生的脱水污泥, 在该污泥处理厂集中处理, 包括卧式薄层污泥干化系统、鼓泡式流化床污泥焚烧系统、湿污泥接收储存系统、臭气处理系统等, 表 2 为该工程污泥干化系统主要参数表。

表 2 成都项目一期工程干化系统主要参数

序号	项 目	数 据
1	污泥来源特性	市政污水污泥
2	设计处理能力	400t/d (以 20%DS 计)
3	进泥量变化范围	250-450t/d (以 20%DS 计)
4	生产线总数	2 条
5	设计年运行时间	7920h/a
6	设计进泥含固率	20%
7	进泥含固率变化范围	17-27%
8	处理工艺	卧式薄层污泥干化
9	系统氧含量	<5%
10	出泥含固率	35%
11	干化系统蒸发能力	单线总蒸发量 3600kg H ₂ O /h

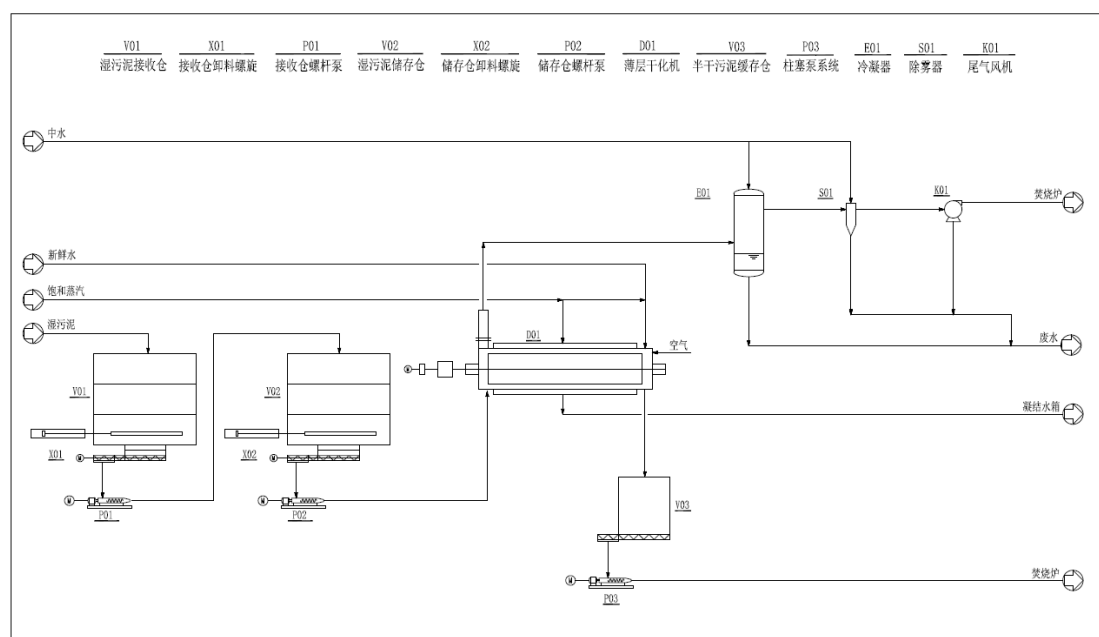


图 2 成都项目卧式薄层污泥干化工艺流程图

图 2 为成都项目卧式薄层污泥干化工艺流程图, 湿污泥通过汽车衡称量后卸车至地下接

收料仓，然后通过卸料螺旋和螺杆泵输送至湿污泥储存仓，随后湿污泥通过卸料螺旋和螺杆泵被输送至薄层干化机，螺杆泵为变频设备，可灵活控制进入干化系统的污泥量。

含水率 80%的湿污泥进入干化机后，湿污泥被涂布在内壁表面，形成污泥薄层，干化机转子上分布有不同形式的叶片，在叶片的涂布、混合、推进作用下，污泥在干化的同时被输送到干污泥出口，干化后的污泥含水率约 65%，通过溜槽落入半干污泥料仓。半干污泥料仓下方设置卸料螺旋和柱塞泵系统，半干污泥通过柱塞泵输送至后续焚烧系统。

自干化机产生的蒸发尾气与污泥逆向运动，自干化机上方的乏汽箱进入后续尾气冷凝系统，蒸发尾气在冷凝器内在喷淋水作用下被喷淋冷凝下来，不凝气体进入到后续除雾器中，在除雾器中进行液滴分离后，最终尾气通过风机排出干化系统，进入臭气处理系统当中。

表 3 成都项目一期工程单条干化线公用工程消耗表

项目	单位	数值	备注
热耗	kcal/kg 蒸发水	650	0.5-1.0MPa 饱和蒸汽
电耗	W/kg 蒸发水	45	干化机安装功率 250kW
中水	t/h	144	用于喷淋洗涤
循环冷却水	t/h	1.5	温差 10℃，齿轮箱冷却
仪表风	Nm ³ /h	10	用于自控阀门
新鲜水	t/h	0.1	用于惰惰性，非连续性消耗

表 3 为成都项目一期工程单条干化线公用工程消耗表，卧式薄层干化系统所用到的公用工程条件主要有饱和蒸汽、中水、仪表风、循环冷却水、新鲜水。干化系统所用蒸汽主要来自焚烧系统，车间内还设有补充热源系统，正常运行工况下，整套系统可实现自给自足，无需外来蒸汽仅靠焚烧系统产生的蒸汽即可满足干化系统的需要。

表 4 成都项目一期工程单条干化线三废排放表

项目	单位	数值	排放去向
废水	t/h	149	污水处理场
废气	m ³ /h	332	臭气处理系统
废固	t/h	4.76	焚烧系统

表 4 为成都项目一期工程单条干化线三废排放表，废水部分主要为使用中水喷淋洗涤蒸发尾气后的喷淋水，COD 约为 230 mg/L，SS 约为 15 mg/L，这部分污水返回到污水处理场进行处理。卧式薄层干化系统密封良好，废气产生量少，废气进入臭气处理系统当中集中处理。干化后的污泥通过柱塞泵输送至下游焚烧系统处理。

成都市第一城市污水污泥处理厂工程自 2013 年起已经连续稳定运行 6 年多，平均运行负荷在 105%-110%之间，年运行时间可达 8000h，每年规律性地进行 1 次 5~10 天的预检修，干化系统处理量和蒸发水量始终满足性能要求，卧式薄层干化系统密封性极好，现场环境友好，在整个成都市污泥处理处置领域中起到举足轻重的作用，为成都市经济实现可持续发展，保护城市生态环境作出了积极贡献，可为国内同类污泥处理处置项目提供参考。

参考文献

- [1] 2019-2025 年中国污泥处理处置市场调查研究及发展趋势报告.
- [2] 周亮. 探析城市生活污水干化技术方法的运用[J]. 低碳世界, 2018(5):16-17.
- [3] 张光辉, 张鹏, 吴顺勇, 李佳林, 马天添. 污泥干化过程中主要影响因素分析研究设备管理与维修[J]. 2019(5):110-111.

- [4] 宋相和. 污泥干化系统存在的问题及解决措施[J]. 石油石化节能, 2019(7):39-41.
- [5] 胡维杰, 邱凤翔, 卢骏营. 上海市白龙港污泥干化焚烧工程工艺设计与思考[J]. 中国给水排水, 2019(2):54-58.
- [6] 胡维杰, 周友飞, 陈汝超, 卢骏营. 上海市石洞口片区污泥干化焚烧处理工程设计总结与分析[J]. 给水排水, 2018(9):34-41.
- [7] 江晖, 廖传华. 污泥干化技术的应用现状[J]. 中国化工装备, 2019, (5):39-43.
- [8] 潘依依, 高长新. 市政污泥干化冷凝废水污染及防治措施概述[J]. 环境与发展, 2019(6):49-51.
- [9] 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.