

污泥低温真空脱水干化工艺的工程应用

李 亮¹, 史慧婷²

(1. 中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010; 2. 广州市城市规划勘测设计研究院, 广东 广州 510060)

摘 要: 污泥低温真空脱水干化工艺在板框压滤机的基础上增加抽真空和加热系统,可在一套设备内完成压滤脱水和热干化的过程,使污泥含水率从97%降至30%~40%。污泥在主机内完成传统板框压滤过程后,根据水沸点随压强减小而降低的原理,利用真空系统降低腔室内气压,使泥饼中水的沸点降低;同时采用热水作为供热介质加热污泥,使水分沸腾汽化并抽出。新塘污水处理厂处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计最大湿泥量为 $400 \text{ m}^3/\text{d}$ (含水率为97%),采用该工艺实现了污泥减量,出泥含水率降至40%以下。

关键词: 污泥减量; 低温真空脱水干化; 污泥含水率

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)12-0071-04

Application of Sludge Dewatering by Low-temperature Vacuum Dewatering Technology

LI Liang¹, SHI Hui-ting²

(1. Central and Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430010, China; 2. Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou 510060, China)

Abstract: The vacuum dewatering and heating system were added to filter press in order to dewater sludge via low-temperature vacuum technology. Then, sludge dewatering and drying could be completed in one set of facility, and the water content in sludge was decreased from 97% to 30%–40%. In the process of sludge dewatering, after the traditional pressure filtration of sludge finished in the main facility, according to the principle that the boiling point of water decreases with pressure, the vacuum system is used to reduce the air pressure in the chamber so as to reduce the boiling point of the water in the sludge cake. Then, the hot water was used as heating medium to heat sludge. Finally, the water in sludge could be separated from sludge when water boiled. In the Xintang wastewater treatment plant with capacity of $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, the design max wet sludge treatment capacity was $400 \text{ m}^3/\text{d}$. The water content of sludge decreased to below 40% via adopting this technology.

Key words: sludge reduction; low-temperature vacuum dewatering technology; water content in sludge

广州市市政污泥产生量呈现每年快速增长的态势,为更快、更好地解决污泥的问题,广州市要求所有污水处理厂进行厂内污泥干化减量,处理至含水率为40%以下。新塘污水处理厂根据要求,采用低

温真空脱水干化工艺完成污泥厂内干化减量。

1 污水厂概况

新塘污水处理厂地处广州市增城区新塘镇,总设计规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,现状处理规模为 10×10^4

m^3/d 。处理工艺为:进水→粗格栅及进水泵房→曝气沉砂池→改良 A^2O 生物池→二沉池→纤维转盘滤池→紫外消毒渠→尾水外排。出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准。

本工程待处理污泥主要为二沉池排出的剩余活性污泥,含水率为 99.3%,设计最大湿泥量为 $400 \text{ m}^3/\text{d}$ (含水率为 97%),要求处理至含水率为 40% 以下,干化后运至广州珠江水泥有限公司进行焚烧处置。污水厂周边有旺隆热电厂的蒸汽管网,可提供稳定的 0.8 MPa 、 220°C 蒸汽作为热源。

2 污泥处理工艺

2.1 工艺原理及特点

低温真空脱水干化工艺,即在板框压滤机的基础上,增加抽真空系统和加热系统。浓缩后的污泥进入主机系统后,首先完成传统板框压滤机的压滤

过程;然后利用水的沸点随压强减小而降低的原理,通过真空系统将腔室内的气压降低至 15 kPa (绝压),使泥饼中水的沸点降低至 53.5°C ;最后采用 $80 \sim 90^\circ\text{C}$ 的热水作为直接供热介质,利用加热板将泥饼加热至 60°C ,使污泥中的水分沸腾汽化并抽出,使含水率降至 40% 以下,达到污泥减量的目的。

污泥低温真空脱水干化工艺可以利用商品蒸汽作为热源加热热水,能够有效降低运行费用。此外在脱水过程中只需投加 PAM、PAC 常规絮凝剂,且投加比例较低,约占污泥干固的 4% ~ 6%。在后续焚烧过程中不会对锅炉产生腐蚀、结垢等负面影响,更不会对其他处置出路造成限制性的风险^[1]。

2.2 工艺流程

工艺流程分为浓缩调质、深度机械脱水、低温真空热干化三个步骤。

具体工艺流程见图 1。

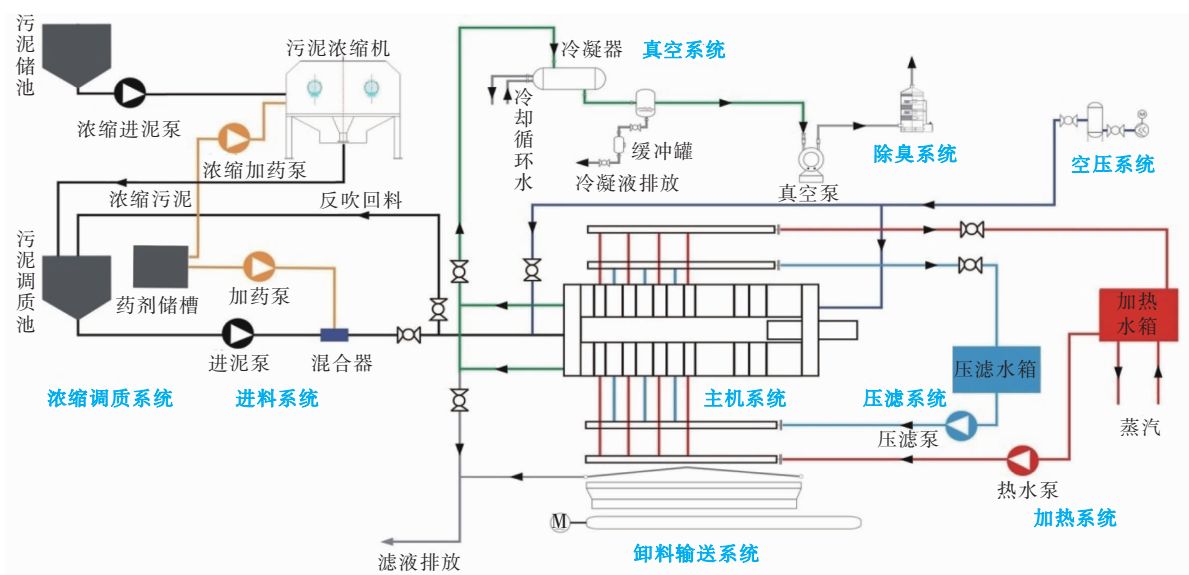


图1 工艺流程

Fig. 1 Process flow chart

① 浓缩调质

含水率为 99.3% 的污泥进入离心浓缩机浓缩,含水率降至 97% 之后进入污泥调质池进行污泥调质。

② 深度机械脱水

调质后的污泥经进料泵送入低温脱水干化一体化设备的密封滤室内进行机械脱水。在进料过程中可以利用泵压,初步过滤掉污泥中的部分水分,当物料充满滤室时,进料过滤期结束。之后进入深度机

械脱水阶段,通过隔膜板内的压榨力,破坏物料颗粒间的“拱桥”,使泥饼压密,将残留在颗粒空隙间的水挤出,使污泥含水率降到 60% 左右。

③ 低温真空热干化

压滤结束后,启动真空系统和加热系统。即通过开启真空泵对腔室进行抽真空,使其内部形成负压,降低水的沸点;同时在加热板和隔膜板中通入热水,加热腔室中的泥饼。泥饼中的水分随之沸腾汽化,被真空泵抽出。被抽出的汽水混合物经过冷凝

器,水蒸气凝结成液态水回到污水厂前端进行处理,尾气经除臭系统净化处理达标后排放。

整个流程运行时间为 4~5 h,经过上述 3 阶段的脱水干化,污泥含水率降至 40% 以下,达到污泥减量化和无害化的要求,同时为后续进一步资源化创造了条件。

3 工程设计

设计污泥处理量为 400 m³/d(含水率为 97%),共设 2 套低温真空脱水干化系统,每套每天运行 4 个批次,每批次运行时间为 320 min。其中进料过滤阶段 60 min,深度机械脱水阶段 120 min,真空干化阶段 100 min,卸料及养护阶段 40 min。

每套低温真空脱水干化系统主要包括污泥调质系统、主机系统、进料系统、压滤系统、加热系统、真空系统、空压系统、卸料输送系统、除臭系统等 9 个子系统。

3.1 浓缩调质系统

污泥经过进泥泵提升至离心浓缩机,同时在进泥管道上在线投加 PAM。污泥经过浓缩后含水率从 99.3% 降至 97%,之后排入污泥调质池进行调质。污泥调质池设 2 座,每座有效容积为 108 m³,内设搅拌机,搅拌同时投加 PAC 调质。2 种药剂投加量见表 1。

表 1 污泥调质系统药剂投加量

Tab. 1 Dosage of chemicals for sludge conditioning system

kg · t⁻¹ DS

项 目	药剂投加量	备 注
聚丙烯酰胺(PAM)	4~6	在线投加
聚合氯化铝(PAC)	30~50	调质池内投加

3.2 进料系统

进料系统主要作用是将调质后含水率为 97% 的污泥提升至脱水干化主机系统,同时在线投加 PAM。进料过程中进泥量和进料泵压力是变化的。随着主机腔室内泥量越来越大,进料的压力越来越大,进泥量越来越小。设计进料时间为 60 min,最大进料压力为 0.85 MPa,选用二级螺杆泵 2 台(1 用 1 备),变频控制, $Q=50\text{ m}^3/\text{h}$, $H=1\text{ MPa}$, $N=30\text{ kW}$ 。PAM 投加量为 1~2 kg/tDS。

3.3 脱水干化主机系统

脱水干化主机系统是整个工艺的核心部分,其过滤面积计算公式如下:

$$A = \frac{Q_s}{q \cdot t} \quad (1)$$

式中 A ——压滤脱水面积,m²

Q_s ——每次脱水的进泥量,m³

q ——脱水负荷,m³/(m² · h)

t ——每次脱水时间,h

压滤脱水负荷 q 取 0.045 m³/(m² · h),选用 2 台脱水干化设备,单台单次处理泥量为 50 m³(含水率为 97%)。每次压滤脱水时间取 2 h(不计卸料和干化时间),则所需的压滤面积为 555 m²,故选用 2 台 600 m² 的脱水干化主机系统,实际压滤脱水负荷为 0.041 7 m³/(m² · h)。

3.4 压滤系统

进料阶段完成后进入压滤阶段。压滤水泵从压滤水箱提升热水向隔膜腔内加压,进行压滤脱水,同时对泥饼预加热。压滤时间取 120 min。配置压滤水泵 2 台, $Q=30\text{ m}^3/\text{h}$, $H=1.0\text{ MPa}$, $N=15\text{ kW}$;压滤水箱 1 座,容积为 44 m³。

3.5 加热系统

加热系统由热水箱和热水泵组成。热源为热电厂提供的蒸汽,通过热水箱换热加热热水,之后通过热水泵将热水注入滤板,加热泥饼。热水流经滤板后回流至热水箱再次加热,形成闭路循环。热水温度控制在 90℃。热干化阶段的设计时间为 100 min。

主要设备:热水箱 1 台,容积为 44 m³;热水循环泵 2 台, $Q=200\text{ m}^3/\text{h}$, $H=0.24\text{ MPa}$, $N=30\text{ kW}$ 。

3.6 真空冷凝系统

真空冷凝系统用于向腔室内抽真空,同时将腔室中抽出的汽水混合物经冷凝后排放。设计真空压力为 15 kPa。

主要设备:真空泵 2 台,设计抽气量为 38 m³/min, $N=55\text{ kW}$;循环水池 1 座,有效容积为 192 m³;冷凝器 2 台,设计换热面积为 160 m²;缓冲罐 2 台,有效容积为 0.8 m³;冷却水储液罐 2 台,有效容积为 1.5 m³;冷却塔 2 座,设计处理量为 150 t/h;冷却水循环水泵 2 台,设计流量为 130 m³/h。

3.7 空压系统

空压系统主要是满足污泥吹脱用气和仪表用气的要求。污泥吹脱是利用压缩空气吹扫滤板中心孔和进料管路,把残留的污泥和水分吹扫到污泥调质池。设计污泥吹脱用气量为 2 m³/min,仪表用气量为 1.1 m³/min。主要设备:螺杆式空压机 2 台(1 用 1 备),设计气量为 3.1 m³/min,压力为 1.05 MPa;

压缩空气储罐1台, $V=8\text{ m}^3$; 仪表空气罐1台, $V=2\text{ m}^3$ 。

3.8 卸料输送系统

污泥经过上述系统的作用, 含水率降到40%以后, 从滤板腔室直接掉落进螺旋输送机, 经输送进入污泥斗内储存。设计一天产出含水率为40%的污泥20 t。主要设备: 螺旋输送机2台, $Q=10\text{ t/h}$, $L=12\text{ m}$, $N=11\text{ kW}$; 污泥斗2台, 污泥斗按储存半天的泥量设计, 污泥斗体积为 8.5 m^3 。

表2 运行成本

Tab. 2 Running cost

项 目	运行消耗	单价	运行成本/(元·t ⁻¹ DS)
药耗	PAM	6 kg/tDS	30.00 元/kg
	PAC	50 kg/tDS	2.00 元/kg
电耗	335 kW·h/tDS	1.00 元/(kW·h)	335.00
水耗	15 m ³ /tDS	3.00 元/m ³	45.00
蒸汽	2.7 t/tDS	184.00 元/t	496.80
折算为每吨干泥的处理成本			1 156.80
折算含水率为80%污泥的处理成本			231.36

5 工程实际运行效果

本工程自2016年11月开始运行, 运行效果良好, 出泥含水率为34%~38%, 满足含水率达40%以下的设计要求。该工艺自动化程度很高, 运行过程中可通过控制室的显示屏集中监视每个系统的实时运行情况, 并可通过PLC独立完成设备的监视和控制功能, 大大提高了管理效率, 节省运行成本。

目前污水厂总产泥量为10 tDS/d, 实行两班倒, 两台设备每天共运行5个批次。每个批次的运行时间约为320 min, 处理量为2 tDS, 每个批次的运行工况见表3。从表3可见, 干化设备的实际处理能力比设计处理能力大33.3%, 而且每个阶段的运行时间可以根据实际运行情况进行微调。

表3 每个批次运行工况

Tab. 3 Operation condition of each batch

项 目	处理能力/tDS	污泥进料时间/min	压滤时间/min	真空干化时间/min	停机卸料及辅助时间/min
设计值	1.5	60	120	100	40
实际运行值	2.0	60~70	120	80~90	40

6 结语

低温真空脱水干化工艺在板框压滤机的基础上, 增加了抽真空系统和加热系统。可以在一套设备内实现脱水干化的过程, 将污泥含水率从97%降至40%以下, 可以实现污泥减量的目的。

3.9 除臭系统

除臭系统采用二级(碱洗+酸洗)化学洗涤塔, 臭气量来自干化主机罩子内、螺旋输送机上部、污泥调理池和真空泵排气。换气频率均为10次/h。配置一套除臭系统, 设计风量为 $15\ 000\text{ m}^3/\text{h}$, $N=35\text{ kW}$ 。

4 运行成本分析

本工程日常运行成本主要包括药耗、电耗、水耗以及热源蒸汽的费用, 运行成本见表2。

污泥热干化过程中的热源决定了运行成本。本工程采用80~90℃的热水作为直接供热介质, 利用了相对便宜的商品蒸汽作为热源, 大大降低了运行成本。

参考文献:

- [1] 许太明, 孙洪娟, 曲献伟, 等. 污泥低温真空脱水干化成套技术[J]. 中国给水排水, 2013, 29(2): 106-108.



作者简介: 李亮(1984—), 男, 河北石家庄人, 硕士, 工程师, 主要从事水处理、给排水管网、城市防洪等设计咨询工作。

E-mail: 155392847@qq.com

收稿日期: 2016-12-19