

管道通沟污泥与污水厂污泥协同处理的技术经济性分析

吕亚坤

上海市机械设备成套（集团）有限公司，上海 200333

DOI:10.61369/EAE.2025020002

摘 要： 目前研究较为深入的污泥处理方式主要有干化（脱水后直接焚烧或作为建筑材料利用）和堆肥（厌氧发酵产沼气，然后再进行好氧熟化等）两种技术路线。本文首先分析了污泥干化技术的类型，并以某污水处理厂为例，对其产生的管道通沟污泥进行了收集、分类、资源化利用的技术经济性分析。

关 键 词： 管道通沟污泥；污水厂；经济性

Technical and Economic Analysis of the Co-Treatment of Pipeline Trench Sludge and Sludge From Sewage Treatment Plants

Lv Yakun

Shanghai Machinery Complete Equipment (Group) Co., Ltd. Shanghai 200333

Abstract： Currently, the sludge treatment methods that have been studied in depth mainly include two technical routes: drying (direct incineration after dewatering or utilization as building materials) and composting (anaerobic fermentation to produce biogas, followed by aerobic maturation, etc.). This paper first analyzes the types of sludge drying technologies, and takes a certain sewage treatment plant as an example to conduct a technical and economic analysis of the collection, classification and resource utilization of the sludge generated by the pipeline trench.

Keywords： pipeline trench sludge; sewage treatment plant; economy

引言

随着我国经济的发展，污水处理已成为关系到国计民生的重要课题。经过多年的发展，目前全国各地污水处理厂的规模与数量都在迅速增长，产生了大量的污泥^[1]。污泥中含有大量有机质，是宝贵的资源。但由于污泥体量巨大，且不同地区的情况不尽相同，使污泥处理工作面临严峻的挑战^[2]。目前针对污泥的处置方式有焚烧（投资大、能耗高、污染严重）、填埋（占用土地多、二次污染严重）等，而对于含水率较高的污泥，往往采用脱水干化后进行焚烧处置，或者作为建筑材料的填充料^[3]。

一、污泥干化技术的类型

（一）高压板框污泥脱水技术

高压板框污泥脱水技术基于物理挤压原理，通过高压泵将污泥输送至由滤板和滤框交替排列组成的密闭腔室中。滤板表面覆盖有滤布，其作用是截留污泥中的固体颗粒，同时允许水分透过。当污泥充满腔室后，液压系统启动，对滤板施加高压，压力可高达2.0MPa甚至更高。在强大压力作用下，污泥中的水分被迫穿过滤

布，通过滤板上的排水通道排出，而固体颗粒则被截留在滤室内，随着水分不断被挤压排出，最终形成含水率较低的泥饼^[4]。

与传统污泥脱水技术相比，高压板框污泥脱水技术的核心差异在于“高压”。普通板框压滤机压力通常在0.6-1.0MPa，而高压板框能够施加数倍于此的压力，使污泥中的毛细水、吸附水等更难去除的水分也被挤压出来，极大提升了脱水效率和泥饼质量^[5]。

该技术的核心优势表现为一是，高压板框污泥脱水技术能将污泥含水率大幅降低，市政污泥经处理后含水率可降至50%-60%，

工业污泥甚至能低至40%左右。低含水率的泥饼不仅体积大幅缩减，便于运输和后续处置，还降低了填埋、焚烧等处理过程中的成本和环境风险。该技术的操作要点为：一是在污泥进入高压板框设备前，需进行必要的预处理^[6]。通过添加絮凝剂、助凝剂等药剂，改善污泥的脱水性能，使污泥颗粒聚集形成更大的絮体，提高脱水效率。例如，在处理市政污泥时，常选用聚合氯化铝（PAC）和聚丙烯酰胺（PAM）作为组合药剂。

（二）离心机+低温带式干化机污泥脱水技术

（1）离心机污泥脱水技术基于离心力场原理，通过高速旋转的转鼓产生强大离心力（通常可达3000-5000G），使污泥中的固液两相因密度差异产生分离^[7]。污泥进入转鼓后，固体颗粒在离心力作用下被甩向转鼓内壁形成泥层，而水分则通过转鼓上的筛网或开孔排出，实现初步脱水。此阶段可将污泥含水率从90%-98%降至75%-85%，完成预脱水过程。

低温带式干化机污泥脱水技术是利用除湿热泵对污泥采用热风循环冷凝除湿烘干污泥水分汽化潜热=除湿热泵水蒸汽冷凝潜热（能量守恒），干化过程无需接入外界热量，能源消耗为压缩机输入的电耗：除湿干化机相当于除湿热泵及网带输送机（带式干燥）；除湿热泵-是利用制冷系统使湿热空气降温脱湿同时通过热泵原理回收空气水分凝结潜热加热空一种装置。除湿热泵=除湿（去湿干燥）+热泵（能量回收）结合。除湿热泵可回收所有排风过程潜热和显热，不向外界排放废热。低温带式干化环节干化温度48-56℃（进除湿热泵温度），送风温度65-80℃（下层），对污泥进行烘干，最终将污泥含水率降至30%-50%。

（2）核心优势：一是离心机的高速离心分离可实现连续进料与出料，处理能力达5-50m³/h；低温带式干化机通过利用低温热源对空气进行加热同时对空气冷却凝露去水方式干燥方式，单机处理量可达10-100t/d。组合技术处理效率较传统单一设备提升40%以上，适用于市政等高产量污泥处理场景。二是低温带式干化机采用40-80℃低温热源，相比传统高温干化能耗降低60%；三是低温带式干化机避免了高温产生的二噁英、恶臭气体排放；低温带式干化机全封闭运行，减少污泥外溢和异味扩散。同时，脱出的水分经收集处理后可循环利用。四是针对不同性质污泥，可通过调节离心机转速、低温带式干化机温度和网带转速等参数，优化脱水效果。例如处理某市政污泥时，适当提高离心机转速并延长低温带式干化机时间，可使污泥含水率从92%降至45%。

二、案例分析

（一）管道通沟污泥特点及处理要求分析

管道通沟污泥的主要来源为污水管网系统，一般由市政公司负责管理和维护。由于此类污泥具有产量大、成分复杂、含水率高等特点，导致其处理难度较大^[8]。

针对该污水处理厂产生的污泥，笔者参考了大量文献资料，结合目前国内现有的管道通沟污泥处理方式进行分析。根据实际工程经验及调研结果可知，在我国大部分地区，管道通沟污泥的处置方式多采用与污水厂污泥协同处理或单独进行处理的模式^[9]。

以上海市某座污水处理厂内新建管道通沟污泥为例，可处理的管道通沟污泥平均含水率为85%左右，处理后的污泥饼定期运输至电厂焚烧。

（二）装置设计与工艺

通沟污泥含水率85%，处理量60t/d，运行时间8h/d，即7.5t/h（图1），喂料箱→洗涤转鼓→除砂洗砂一体机→精细格栅→砂水分离器（图2）。

通过对成份复杂的市政通沟污泥进行洗涤筛分处理，将大于10mm的粗大尺寸物质分离取出，同时对大于0.2mm以上的矿化颗粒物质进行流化洗涤处理，使砂内有机含量降低至5%以下，从而可将这些矿化物质长期存放并尽可能作为低档建筑材料回收利用。利用精细格栅和水力旋流分离器分离小于0.2mm的部分颗粒物质。

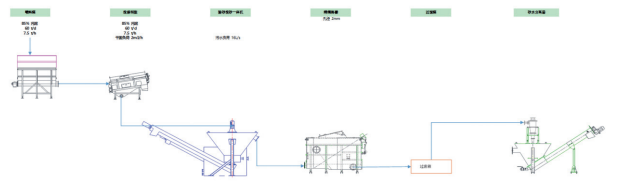


图1：设备装置

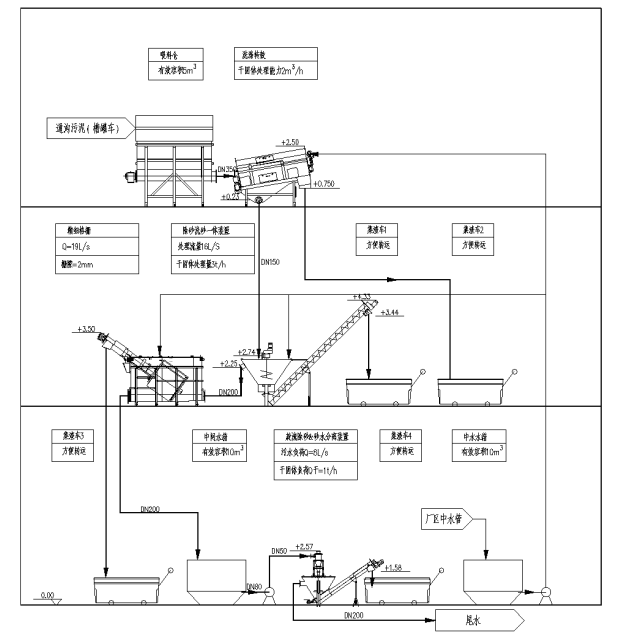


图2：工艺流程

（三）技术经济性评估

通过对管道通沟污泥收集、运输、堆肥进行技术经济性分析可知，当污泥量在500t/d以下时，仅收集处理管道通沟污泥就可以满足处置需求，此时不需要新建污泥集中处置场；当污泥量大于500t/d时，新建污泥集中处置场会带来额外的资金投入和土地占用。综合考虑项目经济性，建议将管道通沟污泥优先进行资源化处理^[10]。

当采用“污水厂污泥+管道通沟污泥”协同处理方案时，每年可产生约10.45万吨有机固体废物用于堆肥，年均减少碳排放约17.23万吨，相较于“污泥焚烧发电”模式而言，虽然年节约标煤2.58万吨，但由于生产过程中产生的灰渣量增加，导致其单位产品能耗增加了4.80kg/t（吨标煤）。

三、总结

本文结合工程案例，对管道通沟污泥的收集、预处理、资源化利用进行技术经济性分析研究。结果表明：①在水量变化范围较大的情况下（最小为0.3t/d，最大为54.91t/d），本项目采用600t/d的管道通沟污泥与污水厂污泥协同处理方式是可行的，且该系统能够满足工程运行需求；②本项目不考虑回收利用泥饼和脱水污泥干化厂产出泥饼时的产泥量、泥饼质量、污泥脱水技术要求等因素，因此可以得出结论：若回收利用泥饼与脱水污泥干化厂产出泥饼，则每吨污泥的经济成本约为215元；③若不回收利

用泥饼，而是直接进入堆肥系统进行资源化利用，则每吨污泥的经济成本约为287元，而从经济角度分析，每吨污泥的经济成本随着泥饼量的增加而增加，当泥饼量超过250t/d时，每吨污泥的经济成本将达到349元/t；④若回收利用泥饼，则其经济效益低于直接进入堆肥系统进行资源化利用。因此，当产生管道通沟污泥总量大于500t/d时，可以通过协同处理的方式来处理。但需要注意的是，若仅对管道通沟污泥进行厌氧发酵后堆肥，可能造成大量管道通沟污泥的过度浓缩，造成后续堆肥场运行不稳定，因此在工程实际中应根据实际情况来选择合理的处理方式。

参考文献

- [1] 陈汉鼎, 郭舜之, 宋旭东, 等. 耦合污泥热泵干化的垃圾焚烧发电系统的模拟研究 [J]. 当代化工研究, 2023, (24): 87–90.
- [2] 颜莹莹, 黄荣敏, 王保龙, 等. 燃煤机组掺烧城市污泥发电的干化工艺对比 [J]. 中国给水排水, 2023, 39(24): 53–58.
- [3] 李廉明, 周佳立. 基于 DEM–FEM 的污泥干化水分检测装置落料冲击特性与疲劳寿命分析 [J]. 高技术通讯, 2023, 33(11): 1223–1232.
- [4] 张鑫. 惠州市惠阳区污泥干化处理工程的设计与建设分析 [J]. 中国资源综合利用, 2023, 41(09): 202–204.
- [5] 孙瑜. 鼓泡流化床污泥焚烧炉自持燃烧工艺探索 [J]. 锅炉制造, 2023, (05): 36–37+39.
- [6] 康启宇. “薄层–线性”二段法污泥干化工艺及工程应用 [J]. 环境卫生工程, 2023, 31(04): 52–56.
- [7] 张天兴. 污泥干化冷凝污水处理系统的调试经验总结 [J]. 中国环保产业, 2023, (07): 64–66.
- [8] 张秀云, 李成, 朱德汉, 等. 某煤化工污泥干化项目扩容改造案例浅析 [J]. 山东化工, 2023, 52(14): 256–257+260.
- [9] 刘银聪, 陈林, 闫哲, 等. 污泥与生活垃圾协同焚烧处理研究 [J]. 流体测量与控制, 2023, 4(01): 49–53.
- [10] 刘铭洋, 张玉莲, 张晨. 一种污泥干化焚烧处理设备的设计 [J]. 机械工程师, 2023, (02): 41–44.