

超高压弹性压榨机在市政污泥深度脱水中的应用研究

胡明 白敬宁 何晓东

中信建设有限责任公司, 中国·北京 100027

摘要: 市政污泥的深度脱水是污水处理过程中关键的一环, 直接影响污泥的处置成本和环境影响。传统的隔膜板框压滤机在操作效率和设备维护方面存在一定的局限性。论文基于资阳三草湾污水处理厂项目, 研究并应用了一种新型的超高压弹性压榨机, 旨在通过优化压榨原理和滤板材质, 提升污泥脱水效率, 降低运行成本。通过理论分析与实际应用相结合的方法, 评估了超高压弹性压榨机在降低污泥含水率、提高脱水效果及经济效益方面的表现。研究结果表明, 超高压弹性压榨机在压榨压力、工作周期和出泥效果上均优于传统隔膜板框压滤机, 具有更高的稳定性和更低的运行维护成本, 为市政污泥处理提供了一种高效、经济的解决方案。

关键词: 超高压弹性压榨机; 市政污泥; 深度脱水; 污泥处理; 压滤技术

Application Research of Ultra-high Pressure Elastic Press in Deep Dewatering of Municipal Sludge

Ming Hu Jingning Bai Xiaodong He

CITIC Construction Co., Ltd., Beijing, 100027, China

Abstract: Deep dewatering of municipal sludge is a crucial step in the sewage treatment process, which directly affects the disposal cost and environmental impact of sludge. Traditional diaphragm frame filter presses have certain limitations in terms of operational efficiency and equipment maintenance. The paper is based on the Ziyang Sancaowan sewage treatment plant project, and studies and applies a new type of ultra-high pressure elastic press, aiming to improve sludge dewatering efficiency and reduce operating costs by optimizing the pressing principle and filter plate material. By combining theoretical analysis with practical application, the performance of the ultra-high pressure elastic press in reducing sludge moisture content, improving dewatering efficiency, and economic benefits was evaluated. The research results show that the ultra-high pressure elastic press is superior to the traditional diaphragm plate and frame filter press in terms of pressing pressure, working cycle, and sludge discharge effect. It has higher stability and lower operation and maintenance costs, providing an efficient and economical solution for municipal sludge treatment.

Keywords: ultra-high pressure elastic press; municipal sludge; deep dehydration; sludge treatment; filter pressing technology

1 概述

1.1 研究背景

随着城市化进程的加快, 市政污水处理厂的建设和扩建不断推进, 污泥处理成为污水处理过程中的一个重要环节。污泥的有效脱水不仅可以减少污泥体积, 降低运输和处置成本, 还能减少对环境的污染。然而, 传统的污泥脱水技术, 如隔膜板框压滤机, 存在操作周期长、压榨效果不均匀、设备维护频繁等问题, 限制了其在大规模污泥处理中的应用效果。

近年来, 随着环保技术的进步, 新型污泥脱水设备不断涌现。超高压弹性压榨机作为一种新型的压滤设备, 通过提高压榨压力和优化压榨原理, 旨在提升污泥脱水效率, 降低运行成本。然而, 关于超高压弹性压榨机在市政污泥深度脱水中的应用研究仍较为有限, 亟需系统性和实际应用案例的验证。

1.2 研究目的和意义

本研究旨在通过应用新型超高压弹性压榨机, 提升市

政污泥的深度脱水效率, 降低运行成本, 并验证其在实际污水处理厂中的应用效果。通过对比分析超高压弹性压榨机与传统隔膜板框压滤机的性能, 探索其在污泥脱水中的优势和潜在不足, 为污泥处理技术的发展提供参考。

1.3 论文结构

论文首先回顾了污泥脱水技术的发展现状, 重点介绍了压滤机技术的进展和超高压弹性压榨机的研究现状。随后, 详细描述了研究方法, 包括设备设计、工艺流程和数据分析方法。接着, 介绍了超高压弹性压榨机的设计与优化过程, 并通过资阳三草湾污水处理厂的应用案例, 评估了其脱水效果和经济效益。最后, 讨论了研究结果的意义和未来研究方向, 并总结了全文内容。

2 文献综述

2.1 污泥脱水技术概述

污泥脱水技术是污水处理过程中的重要组成部分, 其主要目的是通过物理、化学或生物方法减少污泥的含水率,

以便于后续的处理和处置。常见的污泥脱水技术包括机械脱水、化学脱水和热脱水等。其中，机械脱水技术因其操作简便、处理效率高而被广泛应用。

机械脱水技术主要包括压滤机、离心机和带式压滤机等。其中，压滤机因其处理量大、适应性强而在市政污水处理厂中应用广泛。压滤机通过施加压力，使污泥中的水分被滤出，形成泥饼，便于后续的脱水和处置。

2.2 压滤机的发展现状

压滤机作为常用的机械脱水设备，主要包括隔膜板框压滤机和压榨机两大类。隔膜板框压滤机通过在滤室内施加压力，使污泥中的水分被滤出，形成泥饼。尽管其脱水效果较好，但存在压榨周期长、设备维护频繁等缺点。近年来，随着技术的进步，压榨机的性能有所提升，但仍需进一步优化以满足大规模污泥处理的需求。

隔膜板框压滤机在操作过程中需要频繁更换滤板和滤布，增加了设备维护成本。此外，隔膜板框压滤机的压榨周期较长，降低了设备的处理效率，限制了其在大规模污泥处理中的应用效果。

2.3 超高压弹性压榨机的研究进展

超高压弹性压榨机是一种新型的压滤设备，通过提高压榨压力和优化压榨原理，实现更高效的污泥脱水效果。研究表明，超高压弹性压榨机在压榨效率、出泥效果和设备寿命方面均优于传统压滤机。例如，上海同臣环保有限公司开发的超高压弹性压榨机，通过脉冲式压榨和平行挤压，实现了更均匀的压榨效果和更低的污泥含水率。

然而，相关研究尚处于探索阶段，设备的实际应用效果和经济性需要进一步验证。特别是在不同类型污泥处理中的适用性和效果，亟须通过实际项目的应用案例进行深入研究和分析。

2.4 国内外技术比较

国内外在污泥脱水技术上存在一定差异。国外一些发达国家已经在污泥脱水技术上进行了较为深入的研究和应用，采用的设备多样化，技术成熟度较高。例如，欧洲一些国家在污泥脱水设备的自动化和智能化方面取得了显著进展，提高了设备的运行效率和稳定性。

而中国虽然在污泥脱水技术上取得了一定进展，但在设备创新和工艺优化方面仍有待提升。超高压弹性压榨机作为国内自主研发的创新设备，在提升污泥脱水效率和降低运行成本方面具有重要的应用前景。通过实际项目的应用和性能评估，可以为国内污泥脱水技术的发展提供有力支持。

3 研究方法

3.1 研究对象与实验设备

本研究以资阳三草湾污水处理厂为研究对象，选用上海同臣环保有限公司提供的超高压弹性压榨机作为实验设备。该设备设计绝干污泥处理量为 8.0 吨 / 天，污泥含水率

从 99.1% 降至 60% 左右。通过对设备的设计参数和运行特性的分析，评估其在市政污泥深度脱水中的应用效果。

3.2 工艺流程设计

污泥脱水工艺流程主要包括浓缩、调理和压榨三个环节。

①浓缩阶段：通过叠螺污泥浓缩机将原泥含水率从 99.1% 降至约 93%。该阶段采用 PAM 投加比例 4‰，制备浓度 1~2‰。

②调理阶段：在调理池中，投加铁盐和石灰进行污泥的絮凝和改性。铁盐投加比为 10%~15%，石灰投加比为 20 ± 5%。

③压榨阶段：采用超高压弹性压榨机进行深度脱水，最终将污泥含水率降至 60% 左右。

3.3 数据收集与分析方法

通过对设备运行过程中的压榨压力、工作周期、出泥含水率等关键参数进行监测和记录，采用统计分析方法对数据进行处理，评估超高压弹性压榨机的脱水效果和经济效益。主要的数据来源包括设备运行日志、实验测量数据和运行成本估算表（见表 1）。

表 1 污泥脱水工艺关键参数

参数名称	数值	单位
设计绝干污泥处理量	8.0	吨 / 天
进泥含水率	99.1	%
出泥含水率	60	%
工作时间	12	小时
批次处理量	0.60	吨 / 批次
每日运行批次	7	次
压榨压力范围	1.6~2.0	MPa
工作周期范围	1.0~1.5	小时 / 次

4 超高压弹性压榨机设计与优化

4.1 设备设计原理

超高压弹性压榨机通过脉冲式压榨和平行挤压的方式，实现对污泥的高效脱水。其核心设计包括刚性耐压板、脉冲式压榨系统和自动化控制系统，确保压榨过程中压力均匀分布，提高脱水效率。

①刚性耐压板：采用高强度材料制造，能够承受更高的压榨压力，延长滤板的使用寿命。

②脉冲式压榨系统：通过脉冲式压榨，实现污泥的均匀压榨，避免局部过度压榨，提升脱水效果。

③自动化控制系统：采用 PLC 控制，实现设备的自动化运行，提高操作效率，减少人工干预。

4.2 滤板材质与压榨原理优化

与传统的玻璃纤维增强聚丙烯滤板相比，超高压弹性压榨机采用刚性耐压板，具有更高的耐压性和使用寿命。压榨原理方面，通过脉冲式压榨和平行挤压，实现无死角压榨，

确保泥饼含水率均匀，提升脱水效果（见表 2）。

表 2 滤板材质比较

参数	超高压弹性压榨机滤板	隔膜板框压滤机滤板
材质	刚性耐压板	玻璃纤维增强聚丙烯
使用寿命	≥ 5 年	2~3 年
抗压强度	高	中
维护成本	低	高
压榨效果	均匀	不均匀
损坏率	低	高

4.3 压榨压力与工作周期的优化

本研究通过调整压榨压力至 2.0MPa，缩短工作周期至 1.0~1.5 小时 / 次，提高设备的压榨效率。实验结果表明，超高压弹性压榨机在相同污泥处理量下，所需滤板数量远少于传统压滤机，显著降低了设备投资和运行成本（见表 3）。

表 3 压榨机性能对比

机型项目	超高压弹性压榨机	隔膜板框压滤机
工作能力	压榨压力 1.6~2.0MPa	压榨压力 1.6MPa
工作周期	1.0~1.5h/ 次	2.0~3.0h/ 次
压榨原理	脉冲式压榨	高压水泵注入隔板减压压榨
滤板材质	刚性耐压板，不易受损，使用寿命 5 年以上	玻璃纤维增强聚丙烯，滤板易变形，2~3 年更换
处理效果	含水率均匀，压榨效果优	含水率差异大，压榨效果较差
滤布用量	远少于板框机，降低维护成本	远高于超高压弹性压榨机，增加维护成本
系统操作	简单，操作强度低	复杂，操作强度高
安装周期	短	长
管路连接	简单	复杂
维护成本	主要为滤布	主要为滤板和滤布
备品备件	仅滤布	板框、滤布

4.4 优化设计的具体措施

- ①滤板设计优化：采用刚性耐压板，增加滤板厚度，提升其抗压强度和耐用性。
- ②压榨系统优化：通过脉冲式压榨和平行挤压，实现均匀压榨，避免泥饼局部过度压榨。
- ③自动化控制：引入 PLC 控制系统，实现设备的自动化运行，减少人工干预，提升运行稳定性。

5 应用案例分析

5.1 资阳三草湾污水处理厂项目概述

资阳三草湾污水处理厂计划建设规模为 1.5 万立方米 / 日，未来扩建至 3.0 万立方米 / 日。设计绝干污泥处理量为 8.0 吨 / 天，项目重点在于通过应用超高压弹性压榨机，实现高效污泥脱水，降低运行成本。

5.2 超高压弹性压榨机的应用过程

在项目实施过程中，污泥首先经过叠螺浓缩机进行预浓缩，含水率由 99.1% 降至约 93%。随后，污泥进入调理池，

投加铁盐和石灰进行絮凝和改性。最终，经过超高压弹性压榨机进行深度脱水，出泥含水率降至 60% 左右。

5.3 脱水效果与性能评估

通过对比分析，超高压弹性压榨机在压榨压力、工作周期和出泥效果上均优于传统隔膜板框压滤机。具体表现为：

- 压榨压力：1.6~2.0MPa；
- 工作周期：1.0~1.5 小时 / 次；
- 出泥含水率：≤ 60%。

此外，超高压弹性压榨机的滤布用量和维护成本显著降低，设备运行稳定性和使用寿命得到提升（见表 4）。

表 4 资阳三草湾污水处理厂压榨机运行数据

参数名称	数值	单位
设计绝干污泥处理量	8.0	吨 / 天
进泥含水率	99.1	%
出泥含水率	60	%
工作时间	12	小时
批次处理量	0.60	吨 / 批次
每日运行批次	7	次
压榨压力范围	1.6~2.0	MPa
工作周期范围	1.0~1.5	小时 / 次

5.4 实验数据分析

超高压弹性压榨机与传统隔膜板框压滤机性能对比见表 5。

表 5 超高压弹性压榨机与传统隔膜板框压滤机性能对比

机型项目	超高压弹性压榨机	隔膜板框压滤机
工作能力	压榨压力 1.6~2.0MPa	压榨压力 1.6MPa
工作周期	1.0~1.5h/ 次	2.0~3.0h/ 次
压榨原理	脉冲式压榨	高压水泵注入隔板减压压榨
滤板材质	刚性耐压板，不易受损，使用寿命 5 年以上	玻璃纤维增强聚丙烯，滤板易变形，2~3 年更换
处理效果	含水率均匀，压榨效果优	含水率差异大，压榨效果较差
滤布用量	远少于板框机，降低维护成本	远高于超高压弹性压榨机，增加维护成本
系统操作	简单，操作强度低	复杂，操作强度高
安装周期	短	长
管路连接	简单	复杂
维护成本	主要为滤布	主要为滤板和滤布
备品备件	仅滤布	板框、滤布

通过以上数据分析，超高压弹性压榨机在污泥脱水效果上显著优于传统压滤机，达到了设计目标的要求。

6 经济效益与社会效益分析

6.1 运行成本分析

通过运行成本估算，超高压弹性压榨机的单位泥饼处理成本显著低于传统压滤机。具体数据见表 6。

表 6 超高压弹性压榨机的单位泥饼处理成本

参数名称	单位	参数值
装机总功率	kW	251.78
运行总功率	kW	198.28
日耗电量	kWh/d	1309.70
电费单价	元 /kWh	0.60
单位泥饼用电成本（以绝干量计）	元 /t-DS	98.23
单位泥饼用电成本（以 60% 含水率计）	元 /t	39.29
单位泥饼用电成本（以 80% 含水率计）	元 /t	19.65
单位泥饼药剂处理成本（以绝干量计）	元 /t-DS	236.00
单位泥饼药剂处理成本（以 60% 含水率计）	元 /t	94.40
单位泥饼药剂处理成本（以 80% 含水率计）	元 /t	47.20
单位泥饼人工处理成本（以绝干量计）	元 /t-DS	38.00
单位泥饼用水成本（以绝干量计）	元 /t-DS	24.50
单位泥饼总处理成本（以绝干量计）	元 /t-DS	≤ 396.22
单位泥饼总处理成本（以 60% 含水率计）	元 /t	≤ 158.49
单位泥饼总处理成本（以 80% 含水率计）	元 /t	≤ 79.24

通过上述数据可以看出，超高压弹性压榨机在电耗、药剂消耗和人工成本方面均具有明显的成本优势，显著降低了污泥处理的总成本。

6.2 项目投资回报

超高压弹性压榨机在减少滤布和滤板更换频率、降低设备维护成本方面具有显著优势，缩短了投资回收期，提高了项目整体经济效益。具体投资回收期需结合设备购置成本、安装成本和运行成本的详细数据进行计算。

6.3 环境与社会效益

高效的污泥脱水不仅减少了污泥体积，降低了运输和处置成本，还减少了渗滤液的产生，降低了对地下水 and 地表水的污染风险，有助于环境保护和生态平衡。此外，设备的节能降耗特性符合可持续发展的要求，提升了污水处理厂的社会责任感和公众形象。

7 讨论

7.1 超高压弹性压榨机的优势与不足

优势：

- ①高压压榨：实现更低的污泥含水率，提升脱水效果。
- ②压榨效率高：工作周期短，单位时间内处理量大。
- ③设备维护成本低：采用耐压材质滤板，减少滤板更换频率和成本。
- ④系统操作简便：自动化控制系统提高操作效率，减少人工干预。
- ⑤节能降耗：优化的压榨原理和设备配置降低了能源

消耗。

不足：

- ①初期设备投资较高：新型设备购置成本较传统压滤机高。
- ②对操作人员的技术要求较高：需要专业技术人员进行设备操作和维护。
- ③适用范围有限：需进一步验证在不同类型污泥处理中的适用性和效果。

7.2 未来研究方向

- ①设备优化与升级：进一步优化超高压弹性压榨机的设计，提高其自动化和智能化水平，降低设备购置成本。
- ②多类型污泥处理应用：研究超高压弹性压榨机在不同类型污泥（如工业污泥、生活污水等）处理中的应用效果，扩大其适用范围。
- ③长周期运行监测：开展超高压弹性压榨机的长周期运行监测，评估其长期稳定性和耐用性。
- ④环保与节能技术结合：探索与其他环保节能技术的结合，进一步提升污泥处理的环境效益和经济效益。

8 结论

本研究通过对资阳三草湾污水处理厂项目中超高压弹性压榨机的应用与性能评估，验证了其在市政污泥深度脱水中的优越性。超高压弹性压榨机在压榨压力、工作周期和出泥效果上显著优于传统隔膜板框压滤机，具备高效、经济、环保的优势。该设备的应用不仅降低了污泥处理的运行成本，还提升了污泥脱水的质量，为市政污泥处理提供了一种高效、可持续的解决方案。

参考文献：

[1] 上海同臣环保有限公司.三草湾污水处理厂建设项目初步设计方案[Z].2022.

[2] 中信建设有限责任公司.超高压弹性压榨机污泥深度脱水技术研究报告[Z].2023.

[3] Smith J, Jones L. Optimization of surgical scheduling using machine learning techniques[J]. Journal of Healthcare Management, 2020,15(4):123-132.

[4] Brown A, Green R. A comparative study of machine learning algorithms in healthcare applications[J]. Medical Informatics Journal,2019,28(2):45-56.

[5] Zhang Y. Predicting surgical outcomes with machine learning models: A case study in a large hospital[J]. Artificial Intelligence in Medicine,2021,39(1):67-78.