

污泥深度脱水技术在城市污泥处理处置中的广泛运用

杨明辉¹ 张绍帅²

青岛市海泊河水务运营有限公司

摘要: 当前, 我国的城市污泥数量不断增多, 在进行污泥的处理时, 污泥脱水设备的水平逐渐降低, 因此导致城市污泥处置存在问题, 从而造成严重的环境污染问题。本文深入分析了城市污泥的组成成分与性质, 并分析了城市污泥处置中的化学、物理、生物以及新型污泥深度脱水技术, 以期解决我国城市污泥处理水平较差的问题。

关键词: 污泥深度脱水技术; 超声波; 压滤机

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.10.114

引言: 在社会经济飞速发展的同时, 我国的城市环境污染也越来越严重, 其中污泥对环境污染的影响较大, 为了缓解城市污泥污染问题, 全国各地建成了大量的污泥处理厂, 但是污泥处理处置技术仍然较为落后, 需要相关单位不断提高污泥深度脱水技术, 使污泥脱水之后的含水率达到55%-65%, 缓解我国城市污染严重的问题。

一、我国城市污泥处置的现状

当前, 我国的城市污泥数量在不断增多, 但是污泥处置处理厂在进行污泥处理时, 在设施建设、处理理念与技术水平等方面仍然较为落后, 无法有效进行城市污泥的处置, 给城市生态环境造成了巨大的威胁。我国在进行城市污泥处理处置时, 处置的原则就是使污泥达到无害化、稳定化和减量化, 其中无害化是指去除污泥中的有害物质, 并且清除掉病菌, 降低污泥的危害; 稳定化的含义是使污泥中的成分处于稳定的状态, 避免其发生反应; 减量化是指对污泥进行有效处理, 减少城市污泥总量, 降低处理成本。污泥的深度脱水技术可以实现污泥的减量化与无害化, 能够将污泥经过机械脱水后, 使其含水量达到60%以下, 减少50%的污泥^[1]。在20世纪70年代的时候, 污泥深度脱水技术就已经在西方国家出现, 我国应用此项技术的时间较短, 但是发展速度较快, 在应用的过程中脱水效果较为明显, 并且技术应用和运输的成本较低。目前我国在进行城市污泥处理处置时, 深度脱水的技术方向为: 对污泥进行预处理, 并优化污泥脱水设备。

二、城市污泥的来源、组成成分与性质

(一) 城市污泥的来源

在进行城市污水处理的过程中, 会产生大量的有机物与无机物的沉淀、胶体与悬浮物, 这些就是城市污泥的主要成分, 污泥可以根据其定义与来源分成化学污泥、初沉污泥与二沉污泥, 其中化学污泥是指采用化学

药剂进行污水处理时所产生的污泥, 其中主要成分是无机物, 一般是在进行化学除磷时所产生的悬浮物污泥; 初沉污泥是指在污水处理初沉池中所产生的无机物沉淀, 其中还包括各种沉降物质; 而二沉污泥则是污水处理二沉池与生物反应池中所产生的有机物沉淀。没有经过有效处理的城市污泥主要是三种污泥的混合物, 在对污泥进行处理时应对污泥的主要成分进行分析, 从而采取有效措施对其进行脱水处理。

(二) 城市污泥的组成成分

在进行城市污水处理时, 由于污水处理不彻底, 就会导致其中部分有机物与无机物沉淀, 从而形成污泥, 污泥的主要组成成分分为固相部分与液相部分两种, 固相部分分为有机物与无机物, 微生物菌胶团属于有机物, 而重金属物质、泥沙与盐类物质则属于无机物; 液相部分主要是水, 二者融合在一起成分较为复杂, 形成了絮体物质, 而水分又会进入到絮体物质的空隙中, 从而增加污泥脱水的难度^[2]。

(三) 城市污泥的指标与水分

城市污泥在进行处理时, 需要根据相应的指标对污泥进行分析, 其中包括基本控制指标、脱水性指标、养分指标、卫生学指标与重金属指标等, 污泥的含水率是对其进行处理的难点问题。污泥的含水率非常高, 经过浓缩池处理后的污泥, 其含水率一般为95%-97%, 污泥中的胶体和胞外聚合物较多, 导致污泥和水分子混合较为容易, 水分子能够在污泥絮体的表面和内部附着, 从而增加污泥的含水率。污泥中的水分可以分成自由水、结合水、表面水与间隙水, 其中占比最多的是自由水, 大约为70%, 其次是间隙水, 占比为20%, 占比最少的是结合水, 仅为3%, 在进行污泥脱水处理时, 结合水的释放需要105℃的化学高温处理。

三、城市污泥处理处置中污泥深度脱水技术的应用

(一) 化学污泥深度脱水技术

工作人员在进行城市污泥处理处置时, 可以采用化学法污泥深度脱水技术对污泥进行预处理, 具体的做法是向污泥中加入絮凝剂对污泥进行调理, 此项技术的原理是向污泥中添加带正电基因的絮凝剂, 利用电荷中和、压缩双电层与网捕等手段使污泥失去稳定, 从而实现固相与液相部分分离, 再通过重力沉降作用, 进行污泥的脱水处理。化学污泥预处理技术在应用的时候主要是通过化学调理剂对污泥颗粒物进行调理, 使其表面荷电性质发生改变, 再利用压滤或离心的方式去除污泥中的水分, 从而实现深度脱水处理, 降低污泥的含水率。

在实际操作中,化学絮凝剂包括传统的絮凝剂、新型絮凝剂和复合絮凝剂,传统絮凝剂属于无机絮凝剂,包括高分子与低分子两类,低分子絮凝剂如氯化铁、生石灰等,高分子絮凝剂如聚硫酸铁、聚硫酸铝等;新型有机絮凝剂包括有机高分子、天然高分子与微生物絮凝剂三种,如聚丙烯酰胺、纤维素与酱油曲霉絮凝剂等。复合型絮凝剂包括无机-有机絮凝剂制备或复配的絮凝剂,如絮凝托石、亚铁盐聚合物等。工作人员采取化学污泥深度脱水技术进行污泥的脱水处理,主要是使用絮凝剂对污泥进行脱水处理,此种方法在应用的时候效果较好,但是由于絮凝剂的生产难题仍然存在,因此在采用此种方法进行污泥处理时,成本较高,并且部分絮凝剂还含有毒性,可能会造成二次污染,从而增加环境污染的风险,因此相关企业需要对此项技术进行改进,使其更加经济和环保^[3]。

(二) 生物污泥深度脱水技术

应用生物预处理技术对污泥进行深度脱水处理,工作人员可以采用酶预处理技术或者生物沥浸预处理技术,根据实际情况选择合适的脱水技术。胞外聚合物在污泥中能够对絮体产生高水合作用,从而使污泥絮体增强黏附作用,从而不利于污泥的脱水处理。同时胞外聚合物还具有稳定性与过滤性,使污泥絮体不容易发生反应。在研究污泥中的胞外聚合物对其脱水性能的影响时,工作人员可以在污泥中加入纤维素酶或者蛋白酶,并对污泥的脱水性能进行研究。例如,向污泥中加入纤维素酶和蛋白酶,5h之后,污泥毛细吸水时间(CST)从9.8s,增加了10.2s、13s和10.6s,在经过26h的试验之后,CST时间增加了11.5s、16.2s与26.7s。在利用蛋白酶与纤维素酶同时处理的污泥,其污泥颗粒减少了13.6%与4.5%,并且污泥的CST升高,粒径减小,污泥的脱水性能降低。因此工作人员在进行污泥深度脱水处理时,应对加入酶的种类与时间进行控制,从而使污泥的含水率达到27%,含固率提高50%。在经过酶处理之后的污泥更容易脱水,但是需要进行压滤脱水,不能进行离心脱水。

生物沥浸技术在应用的时候可以利用嗜酸性硫杆菌、耐酸性异养菌进行污泥的预处理,使污泥的脱水性能改变,去除其中的重金属物质。在经过生物沥浸技术处理之后,污泥中含有的重金属物质大量降低,含水率降低到60%以下,可以减少有机物的损失,从而提高污泥的利用率。生物沥浸技术在应用的时候,可以将其与污泥离心技术相结合,并利用硫、亚铁离子经过生物沥浸处理之后,实现离心脱水。生物沥浸处理技术在应用的时候应持续1.3天,在处理的过程中可以有效降低污泥的含水率,但是不会影响其中的有机物含量,提高社会效益与生态效益。

(三) 物理污泥深度脱水技术

在应用物理污泥深度脱水技术进行污泥脱水处理时,工作人员可以采用超声波预处理技术或者污泥热水解技术。在应用超声波预处理技术进行污泥脱水处理时,可以将污泥表面和内部的水分脱除掉,其原理为采用 $20 \times 10^3 - 10 \times 10^6$ Hz超声,利用能量输出的形式进行污泥的脱水处理,也就是利用超声波的空化作用进行污泥深度脱水处置。在实际工作中,当超声波达到一定频率并对某个液体体系产生持续的作用,就会使液体中的微小气泡出现振动,并形成小气泡,当气泡破灭时,就会出现压力脉冲,在气泡周围形成热点^[4]。当热点达到 5×10^4 kPa高压和5000K高温时,就会产生剪切力,击破微生物的细胞壁。高频率的连续超声波在发生作用的时候,可以将微生物细胞溶解掉,并破坏菌胶团的稳定性,从而使污泥出现明显的脱水现象。在利用超声波进行城市污泥的处理时,可以使水分从波面传播通道过去,使污泥聚集在一起,并且出现碰撞的情况,使污泥发生沉淀现象,并在短时间内改变污泥的特性,产生强力脱水效果。工作人员应控制超声波的作用时间,避免长时间作用导致脱水效果降低,无法达到预期的目的。当超声波作用时间较长时,就会导致胞外聚合物的结构受到破坏,污泥絮体的体积减小,比表面积增大,从而降低脱水性能。

污泥热水解深度脱水技术在应用的时候,对温度要求较高,需要在150-170℃的高温 and 1.25kPa以下的压力环境下进行。工作人员应将需要进行水解的污泥放入190℃的蒸汽容器中,使其充分混合,使污泥中的微生物细胞破裂,从而将蛋白质与矿物质等物质释放出来。在具体操作中,工作人员应将污泥放入170-190℃的高温环境中进行水解,持续时间为30min,在热水解之后需要利用板框压滤,使泥饼的含水率达到50%以下,实现污泥深度脱水的目的。工作人员可以利用热水解系统对污泥进行深度脱水处理,热水解系统包括预热罐、反应罐以及闪蒸罐,在进行污泥处理时,可以有效降低能耗,处理成本较低。当热水解的温度达到150℃时,能够提高污泥脱水性能,当热水解的温度达到180℃时,污泥的含水率可以达到30%。在具体操作中,工作人员可以利用酸碱化学试剂降低热水解的温度,从而提高脱水效果。例如,可以在污泥中加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,能够使污泥在120℃的环境中进行热水解,使污泥的含水率达到50%。

工作人员在应用超声波技术与热水解技术进行污泥的脱水处理时,可以避免出现二次污染现象,提高污泥处理的安全性,能够进行资源的优化利用。污泥在经过热水解之后,就会使其中的微生物絮体出现解体的现象,造成细胞破裂,释放出其中的有机质,改变污泥的性质。利用物理预处理法对污泥进行处理,可以避免出现二次污染,从而提高污泥处理的经济性与科学性。而且在进行有机物处理时,可以改变污泥的厌氧状态,从

而产生甲烷。热水解污泥脱水技术在应用的时候能够释放有机物，提高污泥的利用率。

（四）新型污泥深度脱水技术

新型污泥深度脱水技术包括絮凝剂与超声波的联合技术，单独使用超声波技术进行污泥脱水处理，可以采用双频超声波技术，相较于单频超声波技术，双频超声波技术在进行污泥的脱水处理时效果更好。将超声波技术与絮凝剂技术联合在一起使用，可以向污泥中投入硫酸铝，并利用超声波对污泥进行处理，可以使污泥的含水率达到20%以下，并降低有机物的损失，使其损失降低到2%，提高资源的利用率。经过自然干化之后，加入乙醇或丙酮溶剂的污泥蒸发速率更快，是污泥原本蒸发速率的5-6倍，因此采取此种方法进行污泥脱水处理，效果更好。工作人员还可以利用废油进行污泥脱水预处理，在实际的污泥处理中，将污泥泥饼设计成长度为3cm，直径为1-3cm，温度为100-180℃，接触时间为2-20min，可以提高污泥固体含量，降低含水率^[5]。

（五）压滤机污泥脱水处理技术

在进行污泥的深度脱水处理时，工作人员可以采用板框式压滤机技术，为了提高脱水的效果，工作人员可以将板框式压滤机和固化剂或者铁盐石灰结合在一起，从而提高脱水的性能。利用压滤机进行污泥深度脱水处理，可以将污泥中的固相部分与液相部分分离，实现良好的固液分离，从而实现污泥脱水处理。压滤机在应用的时候主要包括液压系统、机架、滤板与控制系统等部分，压滤机在应用的时候分为三个应用阶段，第一阶段是板框式、第二阶段是厢式，第三阶段是隔膜压榨式，在实际的污泥脱水处理中，可以利用可变滤室压滤机进行污泥的脱水处置，能够提高处理效果。

（六）高压带式污泥脱水系统

工作人员在进行污泥脱水处理时，可以采用高压带式脱水系统进行污泥的脱水处理，使污泥含水率降低到60%以下，从而减少污泥产量，提高污泥处理的效果。在实际的应用过程中，高压带式污泥脱水系统由连续带式脱水压滤、污泥卸车储运、称重装车组成，其中包括污泥输送泵、气力输送设备、污泥卸车储存仓等设备。在进行污泥的处置时，工作人员应将污泥储存到卸车储存仓中，并设置防滑架避免污泥出现堵料的现象，同时还要利用正压给料机将污泥输送到污泥泵中，并利用污泥泵将污泥输送到搅拌机中，此时需要向污泥中加入3%-5%的改性剂，利用压滤将污泥压成泥饼，使其含水率在60%以下。污水处理厂在应用高压带式脱水系统进行污泥处理时，可以对污泥处理量进行设置，使其每天能够处理120吨污泥。在实际的应用中，高压带式脱水系统中的污泥储存仓需要设置滑架，避免污泥黏壁，正压给料机应采用双轴结构，使其能够精准调整污泥输送量，药剂投加系统在进行药剂输送时，应全程密闭，从

而提高污泥处理的效果。在进行技术改进之后，压滤可以分为高压、中压与低压三个压滤区，而且压滤的动作均由气动元件进行控制，滤带在应用的时候可以采用高强度聚氨酯滤带，从而提高其韧性与寿命。

（七）电渗透污泥深度脱水技术

电脱水技术在应用的时候其应用的范围与规模较小，但是在污泥深度脱水中的应用较为广泛，工作人员在进行污泥脱水处理时，传统的污泥脱水技术效率较低，成本较高，因此需要相关企业探索更加先进的脱水技术，在进行实验的时候，可以发现加压、压缩电脱水技术在应用的时候可以降低泥饼的含水率，并且脱水效果更好。在实际的操作中，工作人员可以利用圆柱形压力过滤桶在圆筒上下施加电场，并加装活塞加压装置。在污泥脱水处理过程中，电场条件对污泥处理的效果也有一定的影响。工作人员可以利用化学预处理技术等对污泥电解渗透脱水处理，在电渗透脱水处理的过程中，需要对不同的反应器进行污泥性质变化的观察，从而根据污泥的性质特征，采取施加电场的方式在，对污泥进行脱水效率的实验。在进行中试与应用时，电渗透脱水处理技术通过加压过滤设备进行电辅助加压，从而使污泥脱水效果更好，使污泥的含水率达到60%以下。在实际应用中，电渗透污泥脱水技术在应用时主要利用隔膜压滤机进行污泥的脱水处理，但是此项技术仍然不成熟，成本较高，需要加以改进。

结论：总之，近年来我国的城市污泥总量不断增加，在进行污泥处理时，由于技术水平较低，污泥处理处置不彻底，导致污泥中的有害物质和水分无法彻底去除掉，从而对环境造成了严重的危害。相关单位应积极引进先进的污泥深度脱水技术，综合利用絮凝剂预处理技术、超声波预处理技术、酶预处理技术、热水解预处理技术以及压滤机污泥处理技术等，提高污泥深度脱水的效果，降低污泥处理成本，提高经济和社会效益。

参考文献

- [1]熊强. 高压带式连续污泥深度脱水技术的应用[J]. 化学工程与装备, 2022(11): 295-296+302.
- [2]陈思, 沈哲, 杨亚萍, 等. 不同预处理技术对污泥深度脱水的影响[J]. 应用化工, 2022, 51(11): 3409-3414+3418.
- [3]王艳. 城市污水污泥深度脱水技术探讨[J]. 广东化工, 2022, 49(17): 144-145+129.
- [4]孙祥, 张晓谕. 污泥深度脱水技术研究进展[J]. 广州化工, 2022, 50(15): 51-53.
- [5]潘旭东. 对城市污水污泥的深度脱水技术的探讨[J]. 能源与节能, 2021(12): 74-76.

作者简介: 杨明辉, 男; 出生年月: 1987.06; 籍贯: 山东省青岛市 民族: 汉; 最高学历: 硕士研究生; 目前职称: 工程师; 研究方向: 污水处理。