

文章编号:1673-9981(2020)01-0082-05

铝型材加工污泥脱水调理技术的研究进展*

吴建^{1,2}, 唐维学², 潘湛昌¹, 冯扬明³

1. 广东工业大学轻工化工学院, 广东 广州 510006; 2. 广东省工业分析检测中心, 广东 广州 510650;
3. 广东伟业铝厂集团有限公司, 广东 佛山 528000



摘要:讨论了铝型材厂污泥脱水效果达不到预期的原因,阐述了国内外污泥常用的物理、化学脱水调理技术,并对污泥联合脱水调理技术进行了展望。

关键词:铝型材污泥;脱水处理;滤饼堵塞;物理化学调理

中图分类号:TF 09

文献标识码:A

铝型材厂污泥的处理一直以来都是一个备受关注的课题,这些污泥由于组分复杂,性质不稳定,经污泥脱水处理后脱水效果未能达到预期。《国家危险废物名录》将铝型材生产企业的全部废水处理污泥列入危险废物管理(废物类别:HW17 表面处理废物,行业来源:金属表面处理及热处理加工)。由于企业污泥处置方式过于简单,使铝型材行业的废水处理污泥达不到后期资源化综合利用的目的。污泥的脱水是污泥减量化、无害化、资源化、稳定化处理的基础,而污泥调理技术是污泥高效率脱水的保障,污泥调理技术不断地发展完善,出现了以化学调理、物理调理、生物调理为核心的多种调理技术。实验证明污泥调理技术能提高污泥的脱水性能,污泥的比阻、污泥沉降比、毛细吸水时间性能都远远优于未调理前的污泥样品^[1-2]。

脱水是一个固-液分离过程,其基础理论是在过滤、渗透、沉积等理论的基础上发展起来的^[3]。现在铝型材污泥脱水处理技术主要是机械脱水和化学调理技术相结合的脱水工艺,大多数采用的是先通过絮凝剂破坏胶体的稳定性,使污水中的胶体和细小悬浮物聚集成具有可分离特性的絮凝体,沉降之后,再通过板框压滤装置进行物理脱水的工艺。一般

来说污泥内水分分为四种:结合水、吸附水、间隙水和自由水。其中自由水可自由流动,围绕在污泥四周但不以任何形态与污泥附着或结合,约占污泥水质量分数50%,可用重力分离;间隙水是污泥间因毛细管现象而保持的水,可用离心、真空等机械力使颗粒变形、压缩而分离;表面水是通过氢键附着在胶体表面的水分子层,只有经过调理才能用机械方式脱水去除;结合水指的是通过化学键与污泥紧密结合的水,约占污泥水质量分数30%,即使经过调理也很难去除^[4]。铝型材厂污泥主要是铝的盐类物质,其结构稳定,在机械压滤的之后中其大量的结合水依然无法完全脱出。因此,污泥调理在污泥脱水的过程中起着关键的作用,合理的使用物理化学调理方法会使污泥的脱水效率大大提高。

1 污泥脱水困难原因分析

污泥脱水困难与污泥过滤介质堵塞^[5]和滤饼堵塞有关。过滤介质的主要作用是用最少的能量消耗,将固体微粒从污泥中分离出来,因此选用合适的过滤介质是污泥高效率脱水的关键因素。滤饼堵塞是夹在滤饼中小规模固体沉积^[6-8],污泥的细颗粒迁移

收稿日期:2018-10-19

* 基金项目:广东省科技计划项目(2016A040403089);广东省科学院属骨干科研机构创新能力建设专项项目(2017GDASX-0114)

作者简介:吴建(1994-),男,湖南岳阳人,在读硕士。

到了孔隙中降低了孔隙率并增加了污泥的比电阻,在这种情况下,一些游离水将永远不能被过滤出来,并且随着机械脱水压力的增加,细颗粒更加多进入到孔隙中,使污泥脱水性能变差。

另一方面,污泥的高压缩性使污泥颗粒在机械脱水的过程中变形,这样也使得污泥的孔隙率降低^[9-10]。污泥的高压缩性使得污泥存在一个临界压力,在高于该临界压力的情况下,滤液的流速几乎与过滤压力无关,增加过滤压力滤液的流速也不会增加。

因此,污泥脱水困难主要与污泥过滤介质堵塞,滤饼堵塞以及污泥的高压缩性有关。水在外力驱动下克服淤堵从排水通道排出的过程,通过微观模型分析发现,随脱水进行,污泥固体颗粒和水相互作用形成的排水通道会不断发生变化,相应的淤堵机制也会发生改变^[11]。所以在污泥中存在胶体和超胶体($>1\mu\text{m}$)范围的颗粒经常导致机械脱水过程中脱水的恶化。因此如果没有进行任何预处理,直接对污泥进行机械脱水是非常困难的,甚至是不可能的。

2 常见脱水调理工艺技术

在机械脱水过程中,污泥层的过滤介质和滤饼被压缩,导致孔隙度迅速下降,脱水率逐渐减小。由于机械脱水的脱水性能尚存在一定局限,只能去除污泥的部分自由水分^[12]。围绕污泥深度脱水这一主题,机械脱水技术得到不断完善和改进,基于物理、化学的污泥调理改性手段成为研究热点,多技术的联合使用受到关注,形成了许多以机械脱水为核心的多手段联合技术。

2.1 化学调理技术

污泥的化学调理即通过添加适量的絮凝剂、助凝剂等化学药剂改变悬浮溶液中胶体表面电荷或立体结构,克服粒子间的斥力,并以搅拌等外力使其相互碰撞,污泥颗粒絮凝成团而发生沉淀,达到去稳定化的效果^[13]。污泥化学调理常用的絮凝剂有无机絮凝剂、有机絮凝剂和复合絮凝剂。传统絮凝剂的铝盐、铁盐絮凝剂都是以其水解产物对水中颗粒或胶体污染物进行电中和脱稳、吸附架桥或粘附卷扫而生成粗粒絮凝体再加以分离去除^[14]。

2.1.1 无机絮凝剂

无机絮凝剂主要分为普通无机絮凝剂和无机高

分子絮凝剂。高分子絮凝剂以其良好的凝聚效果、脱色能力和操作简便等优点,在水处理过程中起着不可替代的作用,应用比较广泛的有聚合氯化铝(PAC)、聚合硫酸铁(PFS)、聚合硅酸铝(PASiC)等^[15]。无机高分子絮凝剂的分子量较大,分子链的聚合度较大,因而具有普通无机絮凝剂所不具备的吸附架桥作用。

2.1.2 有机絮凝剂

有机絮凝剂由于其用量少、絮凝速度快和受外界因素影响小,得到广泛应用。它主要包括合成有机高分子絮凝剂和天然有机高分子絮凝剂^[16]。不同的絮凝剂有不同的使用范围。阴离子型高分子絮凝剂用于去除重金属盐类及其水合氧化物,pH值适用范围为中性或呈碱性;阳离子型可用来去除废水中的有机物,pH值适用范围为中性至强酸性;非离子型可去除废水中的无机质颗粒或无机—有机质混合体系,pH值适用范围较宽,不受pH值和金属离子的影响^[17]。

2.1.3 新型复合絮凝剂

单一水处理调理剂对污泥脱水性能的改善效果并不理想,使用复合型调理剂或将调理剂复配使用有助于发挥协同效应,可达到比单独使用更好的脱水效果^[18]。无机高分子复合絮凝剂具有价格低廉、电中和能力强等优点,但存在絮体体积较小、最终处理效果较差的缺点。有机复合絮凝剂侧重于提高吸附架桥能力,并通过复合天然有机化合物尽量避免传统人工有机絮凝剂的毒性问题^[19]。

Kun Xu通过在水溶液中原位聚合合成聚(甲基丙烯酸乙基三甲基氯化铵—共—丙烯酰胺)/硅藻土复合絮凝剂,并应用于废水处理。由于硅藻土作为骨架,复合絮凝剂比传统的线性絮凝剂具有更高的吸附能力和更大的扩链空间,可使线性聚合物链无缠结,显著提高絮凝能力^[20]。

2.2 物理调理技术

传统物理调理主要通过外加能量来改变污泥的性状,常见的方式包括超声波预处理、热水解预处理、微波辐射、冻融等方式^[21]。加热调理可以通过高温破坏污泥细胞结构,常见的加热调理有微波加热,使污泥间隙水游离出来,改善污泥脱水性能。冷冻调理可以破坏污泥絮体结构,降低污泥中难以去除的结合水含量^[22]。虽然在理论研究中,这两种物理调理技术都能显著提高污泥的脱水性能,但加热调理

技术受经济条件的限制,冻融调理技术受环境影响的限制,使得这两种技术难以大规模的应用.超声波能有效地破坏污泥细胞结构,释放内部结合水,从而改善污泥的脱水性能.微波调理污泥本质上是加热调理污泥,但是微波并非从物质的表面开始加热,而是各向均衡的穿透材料后加热^[23].

2.2.1 微波调理

污泥是一种多相介质,含有水,矿物和有机物质,蛋白质和微生物细胞^[24].微波调理是高频电磁辐射与偶极分子(如水,蛋白质和一些液体)相互作用,从而引发快速加热.分散相中的永久或诱导偶极子会引起颗粒的快速加热,这会在微波辐射过程中迅速提高污泥温度.另一个结果是污泥内水分的结构被破坏,结合水被释放.与传统的加热调理污泥相比,微波调理污泥具有加热速度快、易于控制和节省能量等优点^[25].

Qiang Yu 研究了微波辐射对污泥脱水性的影响.污泥在各种微波功率水平和曝光时间下进行辐照,观察并研究了这些参数对污泥脱水性的影响.接触时间短可略微提高污泥的脱水性,而接触时间长会显着恶化污泥的脱水性.适当的微波能量和接触时间被证明可以改善污泥的脱水性.基于 CST(污泥毛细吸水时间)和 SRF(污泥比阻)试验结果显示,在最佳条件为微波能量 900W、接触时间 60s 时污泥崩解,表明 EPS(胞外聚合物)浓度和粒径在观察到的污泥脱水性变化中起重要作用^[26].最佳条件下产生污泥崩解,所得 EPS 浓度和粒度分布促进污泥脱水.可以得出结论,微波辐射是增强脱水性的有利措施.但是,在进一步的研究中应该考虑添加聚电解质来提高调节效率^[27].

2.2.2 超声波调理

超声波法具有无污染、高能量密度、快降解速率、瞬间释放细胞内物质等优势越来越被广泛的应用^[28].一定频率的超声波通过液体传播时会产生空化作用,空化过程是空化泡的产生、运动和破灭的过程.

UweNeis 发现声波频率为 41 kHz 时分解效果最佳^[29].空化气泡破灭瞬间,周围空间产生 5000 K 高温、50 MPa 高压并且产生很高的剪切力,从而破坏污泥絮体,溶解细胞并释放出胞内物质.超声波调理提高污泥活性脱水性,以及强化好氧、厌氧消化效果. Harrison 研究发现由超声空化引起的强大的水力剪切力可以分解相对分子质量超过 40000 的高分

子物质^[30]. Xin Feng 研究发现能量剂量对超声波调理作用影响比较大,能量剂量的不同会产生不同的脱水效果,低能量剂量略微提高了污泥的脱水能力,而高能量剂量显著降低了污泥的脱水性,用 800 kJ/kg TS 处理确定最佳能量剂量以获得最佳结果^[31].

2.3 多场联合调理机制技术

目前,用于污泥脱水的作用场主要包括应力场、温度场、电场、化学场和磁场等.在以上作用场中,应力场在现有污泥脱水技术中处于核心地位,而温度场、电场、化学场及磁场多处于辅助地位,其中化学场和磁场常应用于污泥深度脱水的预处理阶段.

联合调理脱水试验是新型脱水技术主流的做法,脱水技术的组合也是层出不穷,马俊伟研究了阳离子聚丙烯酰胺和芬顿试剂联合调理对污泥脱水效果的影响,发现芬顿试剂的氧化破解导致污泥粒径变大大,比表面积增大,释放部分吸附水和内部水^[32].韩洪军发现适宜的微波辐射能破坏污泥的絮体 EPS 结构,污泥絮体颗粒变小、间隙增大,使其其中的结合水释出,再协同调理剂,加速了结合水的释出速率,改善了污泥的脱水性能^[33].

多场联合调理机制主要是为了节约脱水成本,避免单一调理出现脱水上限的问题,也是为了寻求最大效率脱水的方法.目前国内进行污泥脱水处理多数是多场联合调理机制,多场联合调理在微观方面有更加复杂的水分子运动和堵塞与疏通机理,更进一步的理论研究,充分发挥不同场的优势,有利于多场联合调理的发展.

3 结 语

污泥调理技术的微观研究是今后污泥脱水的重点,完善的理论基础为调理技术的选型提供保障,寻求最优方案将不同调理技术的优势结合起来,特别是需要研究联合调理时不同调理技术与脱水技术之间的影响制约以及协同作用.

经过不断发展,污泥脱水在理论及技术上都取得了较大的进步,机械脱水不断完善,微波技术、絮凝技术、超声波技术及其它污泥调理改性手段受到广泛关注和研究.但是由于技术、施工等因素,目前铝型材厂的污泥脱水方式仍以机械脱水为主,机械脱水无法满足更有效的污泥处置.经过合适的污泥调理机制使污泥脱水效率和脱水质量提高,是铝型

材厂节省经济成本的保证,也为后阶段铝污泥的综合利用打下基础。

参考文献:

- [1] 穆丹琳,徐慧,肖峰,等. 污泥调理对给水污泥脱水性能的影响[J]. 环境工程学报,2016,10(10):5447-5452.
- [2] 罗鑫,林春绵,甄万顺. 典型污泥化学调理脱水实验研究[J]. 环境科学与技术,2014,37(S1):184-188.
- [3] 汤连生,罗珍贵,张龙舰,等. 污泥脱水研究现状与新认识[J]. 水处理技术,2016,42(6):12-17.
- [4] 张超,李本高,陈银广. 影响剩余污泥脱水的关键因素研究进展[J]. 环境科学与技术,2011,34(S1):152-156.
- [5] LEU W, TILLERF W. Experimental study of the mechanism of constant pressure cake filtration; Clogging of filter media[J]. Separation Science, 1983, 18(12-13): 1351-1369.
- [6] NOTEBAERT F F, WILMS D A, HAUTE A A V. A new deduction with a larger application of the specific resistance to filtration of sludges[J]. Water Research, 1975, 9(7):667-673.
- [7] NOVAK J T, GOODMAN G L, PARIROOA, et al. The blinding of sludges during filtration[J]. Water Pollution Control Federation, 1988, 60(2):206-214.
- [8] SØRENSEN B L, KEIDING K, LAURITZEN S L. A theoretical model for blinding in cake filtration[J]. Water Environment Research, 1997, 69(2):168-173.
- [9] SMOLLEN M, KAFAARA. Investigation into alternative sludge conditioning prior to dewatering[J]. Water Science and Technology, 1997, 36(11):115-119.
- [10] SØRENSEN, PETER B, AAGE HANSEN J. Extreme solid compressibility in biological sludge dewatering[J]. Water Science and Technology, 1993, 28(1):133-143.
- [11] RAYNAUD M, VAXELAIRE J, OLIVIER J, et al. Compression dewatering of municipal activated sludge: Effects of salt and pH[J]. Water Research, 2012, 46(14):4448-4456.
- [12] MAHMOUD A, OLIVIER J, Vaxelaire J, et al. Electrical field; A historical review of its application and contributions in wastewater sludge dewatering [J]. Water Research, 2010, 44(8):2381-2407.
- [13] 蒋波,傅佳骏,蔡伟民. 污泥化学调理研究现状[J]. 上海化工, 2007(1):4-7.
- [14] 佟瑞利,赵娜娜,刘成蹊,等. 无机、有机高分子絮凝剂絮凝机理及进展[J]. 河北化工, 2007(3):3-6.
- [15] 毛华臻. 市政污泥水分分布特性和物理化学调理脱水的机理研究[D]. 杭州:浙江大学, 2016.
- [16] 苗庆显,高立芹,秦梦华. 水处理有机絮凝剂的研究进展[J]. 工业水处理, 2006(10):14-17.
- [17] 倪岩,李玉文. 水处理有机絮凝剂中合成有机高分子絮凝剂的研究与发展[J]. 内蒙古科技与经济, 2011(13):94-96.
- [18] 熊唯,刘鹏,刘欢,等. 污泥调理剂的研究进展[J]. 化工环保, 2011, 31(6):501-505.
- [19] 刘志远,李昱辰,王鹤立,等. 复合絮凝剂的研究进展及应用[J]. 工业水处理, 2011, 31(5):5-8.
- [20] XU Kun. A Novel wastewater treating material; Cationic poly acrylamide/diatomite composite flocculant [J]. Journal of Polymers and the Environment, 2018, 26(7):3051-3059
- [21] 浙江威治环保科技有限公司. 微波辅助处理的市政污泥深度减量化方法:中国, 10758598.3 [P]. 2018-01-16.
- [22] 李辉,吴晓芙,蒋龙波,等. 城市污泥脱水干化技术进展[J]. 环境工程, 2014, 32(11):102-107.
- [23] 源亮君,汤兵,薛嘉韵. 生化污泥调理技术研究进展[J]. 工业安全与环保, 2007, 33(1):27-29.
- [24] 林宁波. 微波联合过硫酸钠协同调理改善污泥脱水性能研究[D]. 长沙:湖南大学, 2014.
- [25] 梁仁礼,雷恒毅,俞强,等. 微波辐射对污泥性质及脱水性能的影响[J]. 环境工程学报, 2012, 6(6):2087-2092.
- [26] 俞强,谷海红,冯建永,等. 微波预处理对污泥酶活性的影响[J]. 软件:电子版, 2012(4):48-50.
- [27] WOJCIECHOWSKA E. Application of microwaves for sewage sludge conditioning[J]. Water Research, 2005, 39(19):4749-4754.
- [28] 邱高顺. 超声波法调理污泥脱水效果研究[J]. 化学工程与装备, 2015(3):231-233.
- [29] NEISU. Ultrasound in water, wastewater and sludge treatment[J]. Wastewater & Sewage Sludge, 2010, 21: 36-39.
- [30] HARRISON S T. Bacterial cell disruption: A key unit operation in the recovery of intracellular products[J]. Biotechnology Advances, 1991, 9(2):217-240.
- [31] FENG X, DENG J, LEIH, et al. Dewaterability of waste activated sludge with ultrasound conditioning [J]. Bioresource Technology, 2009, 99(3):1074-1081.
- [32] 马俊伟,刘杰伟,曹芮,等. Fenton试剂与CPAM联合调理对污泥脱水效果的影响研究[J]. 环境科学, 2013, 34(9):3538-3543.
- [33] 韩洪军,牟晋铭. 微波联合PAM对污泥脱水性能的影响[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2012, 44(10):28-32.

Research progress on dewatering conditioning technology for aluminum profile sludge

WU Jian^{1,2}, TANG Weixue², PAN Zhanchang¹, FENG Yangming³

1. School of Chemical Engineering and Light Industry, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2. Guangdong Industrial Analysis and Testing Center, Guangzhou 510650, China; 3. Guangdong Weiye Aluminum Factory Group Co., Ltd., Foshan 528000, China.

Abstract: In this paper, the reasons why the sludge dewatering effect of aluminum profile could not reach the expectations were discussed. The physical and chemical dehydration conditioning technologies commonly used at home and abroad were described.

Key words: aluminum profile sludge; dehydration treatment; filter cake clogging; physical and chemical conditioning