

CDEC 污泥燃料化技术研发与应用

朱桂华^{1,2*}, 彭南辉^{1,2}, 张傲林^{1,2}, 巴 赛^{1,2}, 唐浩亭^{1,2}, 易山圳^{1,2}, 陈 勇^{1,2}, 何伟泽^{1,2}

(1.中南大学机电工程学院, 湖南 长沙 410083; 2.湖南中大山水环保科技有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要:根据湖南省某造纸厂采用综合投资小、能耗低的“CDE 深度脱水+热/(热泵)干化”的 CDEC 污泥燃料化工艺技术情况,分析了该总体工艺流程及技术经济性。结果表明,CDEC 污泥燃料化工艺技术具有适应性强、能耗低、工艺流程简单以及投资省等优点。

关键词:燃料化; 污泥处理处置; 污泥深度脱水; 干化

中图分类号: X705

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2019)04-0188-04

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2019.04.043

Development and application of technology for CDEC sludge to fuel

ZHU Gui-hua^{1,2*}, PENG Nan-hui^{1,2}, ZHANG Ao-lin^{1,2}, BA Sai^{1,2}, TANG Hao-ting^{1,2},
YI Shan-zhen^{1,2}, CHEN Yong^{1,2}, HE Wei-ze^{1,2}

(1.College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2.Hunan Zhongda Shanshui Environmental Protection Technology Co., Ltd., Changsha 410000, China)

Abstract: A paper mill in Hunan province of China employs a CDEC sludge to fuel process technology that combines CDE deeply dehydration with heat/heat bump drying, which has features of lower comprehensive investment and energy consumption. Based on this, this paper analyzes the application and technical economics of this technology. The analysis shows that this CDEC sludge to fuel process technology exhibits strong adaptability, low energy consumption, simple process and low investment, etc.

Key words: used as a fuel; sludge treatment and disposal; sludge dehydration; drying

根据中国环保局发布的《2015 年全国环境统计年报》统计,截至 2015 年底,全国废水年排放总量 736.3 亿 t,其中城镇生活污水排放量 535.2 亿 t^[1],污泥作为污水在净化处理过程中产生的固体废弃物,产生量已达 3 359 万 t/a(含水率为 80%)^[2]。污泥成分复杂,含有大量的病原体、重金属以及有机污染物等,如果处理不当会造成严重的二次污染^[3];同时污泥中含有大量的有机物,被公认为是一种可回收再利用的初级有机固体产品^[4]。因此,如何实现污泥的稳定化、减量化、无害化和资源化成为人们关注的焦点和业内研究的热点。城市污泥中含有大量有机物和一定量的纤维素、木质素^[5],热值较高,可以通过干化技术手段将污泥转变为燃料,从而得到资源化利用^[6]。近年来江苏、重庆以及天津等地污水处理厂采用二段式污泥热干化工艺,使烟气与

污泥有足够长的接触时间,达到最终的污泥除水效果。但二段式污泥干化工艺存在水蒸发量大、废气排放量大、能耗高、热能利用率低、工艺流程复杂、投资大以及运行维护成本高等问题,只有在有余热利用条件的地方有应用价值,在应用上受到了限制。为此,结合 CDE 污泥深度脱水和污泥热干化 2 种工艺模式,提出了 CDEC 污泥燃料化工艺,并在湖南某造纸厂污泥处理处置项目中进行了工程应用。与原有二段式热干化工艺比较,CDEC 污泥燃料化工艺对污泥资源化利用具有重要意义。

1 二段式污泥热干化工艺

二段式干化工艺结合了薄层和带式 2 种热干化工艺模式^[7]:经简单机械脱水后(含水约 80%)的污泥被送入进料机,按一定的时间间隔依次均匀地送

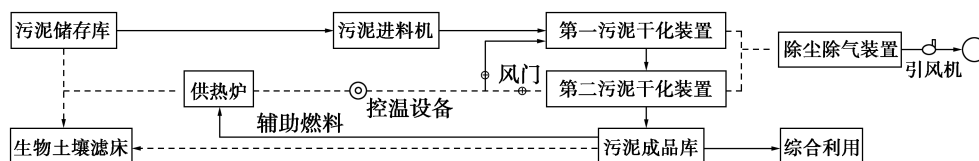


图 1 二段式污泥干化工艺流程图

收稿日期:2018-09-21;修回日期:2019-03-08

基金项目:湖南省科技计划重点项目(2014SK2020)

作者简介:朱桂华(1962-),男,博士,副教授,主要从事机电一体化及环保设备研究,通讯联系人,zhuguihuaok@163.com。

入第一薄层污泥干化装置和第二带式干化装置。经两段干化后的污泥颗粒在自然冷却过程中进一步脱水^[8]。主要工艺流程如图1所示。

采用独立热源的二段式污泥干化工艺的能耗主要来源于第一污泥干化装置和第二污泥干化装置。第一污泥干化装置直接对经过简单脱水后污泥的含水率从80%左右降至60%左右,蒸发水量62.5%,存在运行能耗较高和热能利用率低等问题;第二污泥干化装置利用独立烟气和第一污泥干化装置废热能量,使污泥的含水率从60%左右降至40%以下^[9],蒸发水量20.8%。但由于处理的污泥性质不同,原污泥的含水率波动较大,直接影响两段污泥干化过程的热能梯度,进而给第二污泥干化过程的热能供应匹配带来较大的难度,影响污泥干化效果^[10]。

二段式污泥干化工艺由于结合了2种干化工艺模式,工艺流程复杂,同时二段式污泥干化工艺是针对经简单机械脱水后含水率约80%污泥直接进行干化,因此对于处于建厂初期的污水处理厂采用二段式污泥干化工艺处理污泥时,整体上项目的投资大,并且占地面积大,运行能耗很高,废气量大。

2 CDEC 污泥燃料化工艺

作为污泥资源化利用的一种方式,本污泥燃料化工艺结合深度脱水和热/(热泵)干化的方法把污泥转变成高品质燃料,同时杀灭细菌,去除臭气。深度脱水采用由中南大学污泥处理研究中心研发的污泥深度脱水工艺,因其具有快速(Celerity)、深度脱水(Deepness)和高效(Efficient)的特点,因此该污泥深度脱水工艺也被称为CDEC污泥深度脱水工艺,已

通过湖南省科技厅成果鉴定。同时由于本污泥燃料化工艺具有处理过程无污染(Clean)的特点,因此将此污泥燃料化工艺称为CDEC污泥燃料化工艺技术。

CDE污泥深度脱水系统有2种工艺模式。工艺模式I用于处理含水率约98%的原生剩余污泥,将原污泥经预处理、调质改性、压滤脱水后成为含水率约55%泥饼。工艺模式II用于处理已经过简单机械脱水的含水率约80%的污泥,将含水率约80%的污泥经稀释流态化、调质改性、压滤脱水后成为含水率约55%的泥饼,工艺流程如图2所示。2种工艺模式中的调质改性均采用无机物为主的液态药剂,该

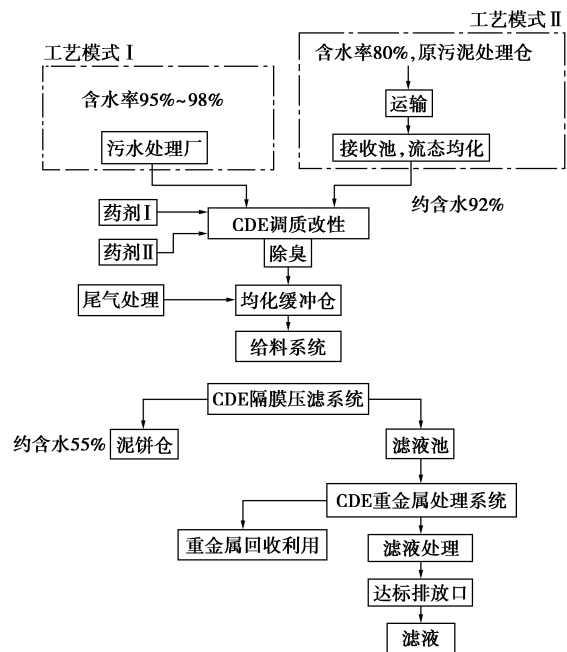


图2 CDE污泥深度脱水工艺路线

(上接第187页)

由于该设备不需要药剂,处理成本主要为电能消耗和设备折旧,处理成本低于150元/d,而该井采用投加脱硫剂处理成本高达500~1000元/d,处理成本节约70%以上。因此,空气氧化管式脱硫工艺为油井硫化氢的处理提供了一项低成本技术。

3 结论

对于油井伴生硫化氢的处理,空气氧化法是一项低成本技术,提高液体流速、增加空气量和添加SV型内构件可明显提高管式反应器中硫化氢的处理速率,但在实际应用中,还应进一步考虑管道阻力和剩余氧的腐蚀问题。

参考文献

- [1] 吴伟,袁长忠,张守献,等.热采井硫化氢脱除剂的筛选和应用研究[J].石油与天然气化工,2018,47(2):1-5.
- [2] 邵学俊,董平安,魏益海.无机化学:无机化学[M].武汉:武汉大学出版社,2002.
- [3] 刘光启,马连湘,刘杰.化学化工物性数据手册:无机卷[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [4] 洪兵,王铁汉.空气氧化法在治理炼油厂低含硫污水中的应用[J].辽宁城乡环境科技,2004,24(6):20-21.
- [5] 袁长忠,潘永强,陈景军,等.油田污水配制聚合物的脱硫保粘研究与应用[J].石油与天然气化工,2012,41(3):353-356.
- [6] 范伟.管式反应器在化肥工业中的应用[J].低碳世界,2017,(7):269-270. ■

液体药剂对污泥中的微生物进行“破壁”处理,释放微生物细胞内结合水,具有成本低、基本不增加污泥绝干固体量以及易于投加等优点;压滤脱水均采用全自动厢式隔膜压滤机,调质改性后的污泥通过进泥泵输送至压滤机过滤;经过 1 个压滤周期,污泥的含水率可降至 55% 左右;脱水后的污泥输送至污泥饼破碎机,再均匀地输送至干化系统。

干化系统由热源、干化设备和废气处理装置组成。经 CDE 污泥深度脱水后的污泥(含水率约 55%)经破碎后进入污泥仓,再和传热介质一起进入干化设备中进行干化。经过干化后的污泥可直接燃烧或者混合一定比例的原煤进行燃烧。

3 工程应用实例

3.1 设计规模和泥质

湖南某造纸厂产生的待处理污泥含水率约 98%,日产量约 1 200 m³。污泥处理工程的设计规模为 120 t/d(以含水率 80% 计)。工艺参数详见表 1,脱水污泥的工业分析和热值参数详见表 2。

表 1 主要工艺参数

项目	参数
日绝干固体量/(t·d ⁻¹)	24
折合含水率 80% 污泥量/(t·d ⁻¹)	120
原污泥含水率/%	98
原污泥量/(m ³ ·d ⁻¹)	1200
深度脱水后泥饼含水率/%	55
泥饼干化后含水率/%	30

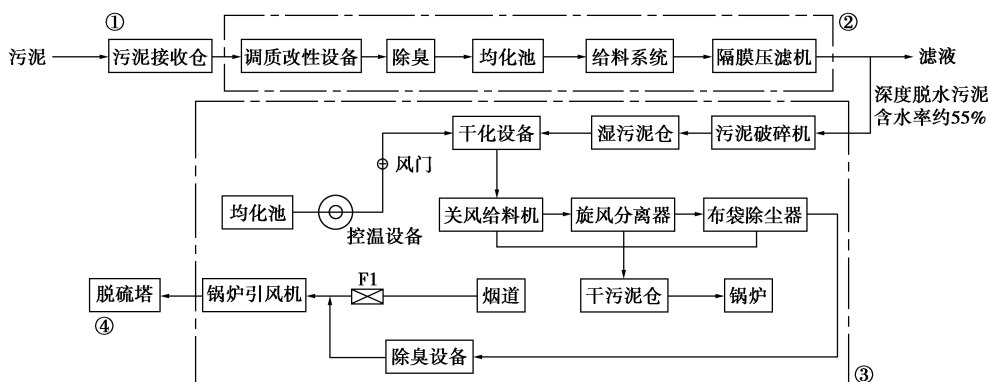
表 2 脱水污泥工业分析及热值

项目	混合污泥加权值
全水分/%	14.44
固有水份/%	7.69
灰分/%	45.98
挥发分/%	37.06
固定碳/%	9.27
含硫量/%	0.77
工业低位发热值/(MJ·kg ⁻¹)	10.30

3.2 工艺设计

造纸厂产生的污泥含水率约 98%,则 CDEC 污泥燃料化工艺中的第一阶段 CDE 污泥深度脱水的脱水模式选用工艺模式 I。含水率 98% 左右的原污泥进入调质改性设备,对污泥中的微生物进行“破壁”处理;调制后的污泥经均化池均化,再通过全自动箱式隔膜压滤设备压滤至含水率约 55%;压滤过后的污泥由输送机运送至污泥破碎机破碎,再与 165℃ 锅炉烟气进入干化设备;进入干化设备的湿污泥与高温烟气发生热交换,湿污泥中的水分蒸发,进而使污泥的含水率低于 30%。经干化后的污泥将直接输送至现有的循环流化床中,混合一定比例的原煤,最后输送到发电厂锅炉内作为燃料燃烧。

干化系统中的给料机保证密封,阻止外部空气进入干化设备,同时把干化后的污泥颗粒燃料送出来;旋风分离器将尾气中粉尘分离后,再经金属滤网除尘处理,经等离子除臭设备除臭后再送回原锅炉尾气引风机。整个燃料化过程环保、清洁和无污染排放。工艺流程图详见图 3。



①污泥接收系统;②CDE 污泥深度脱水系统;③干化系统;④烟气处理系统

图 3 CDEC 污泥燃料化工艺流程

3.3 主要构筑物及参数

(1)污泥接收系统。污泥接收仓外形尺寸 8.5 m×3 m×5.5 m,共 2 套;进料泵 2 台,功率为 3 kW。

(2)CDE 污泥深度脱水系统。脱水车间平面尺寸为 42 m×15 m。配调质改性设备 1 套;箱式压滤

机 2 套,1 用 1 备,320 m²/0.1 MPa;2 台鼓膜用多级泵,规格 8 m³/h;2 台液压陶瓷柱塞泵,规格 30 m³/h;均化池 2 座,容积 50 m³;泥饼仓 2 座,容量 20 m³;进料泵 2 台,1 用 1 备,规格 30 m³/h;脱水后泥饼含水率约为 55%。

(3)干化系统。干化棚规格为40 m×15 m,共1座。配有破碎机1台,功率为15 kW;湿污泥仓1座,单座有效容积为9 m³;湿污泥加料机1台,功率3 kW;干化设备主机1套;皮带输送机1套,单套最大输送量为3.5 t/h,功率3 kW;螺旋干料输送机1套,单套最大输送量为2.5 t/h,功率为2 kW;干污泥仓1座,单座有效容积为8 m³;布袋除尘器1套。

(4)烟气处理系统。烟气在除尘后进入湿法脱硫塔内进行脱硫,除去烟气中的异味气体。脱硫塔1套。

3.4 投资及运行费用

本工程总投资概算为1 500万~1 600万元,经营成本200~300元/t(按含水率为80%计,不含折旧)。

4 CDEC 污泥燃料化工艺优势分析

4.1 低能耗

以日处理污泥120 t(含水率80%)计算,采用二段式污泥干化工艺的污泥燃料化项目中每天热能耗在700 kWh左右,而CDEC污泥燃料化工艺中用CDE污泥深度脱水工艺代替了二段式污泥干化工艺的第一污泥干化过程,污泥中72.2%左右的水量通过CDE深度脱水工艺去除,仅剩27.8%左右的水通过干化工艺蒸发去除。因此工艺系统节能明显,计算总能耗仅为目前二段式干化工艺热能耗的35%,大大降低了能耗。

4.2 工艺流程简单

CDEC污泥燃料化工艺中的CDE污泥深度脱水系统采用液态药剂对污泥进行调制改性,药剂可连续投加,运行便捷,产生的滤液经重金属回收装置后达到排放标准可直接排放;同时污泥干化过程中产生的废水减少了72.2%,因此,CDEC污泥燃料化工艺流程简单,配套设施少,运行维护方便。

4.3 投资省

对于处于建厂初期的污水处理厂采用二段式污泥干化工艺处理污泥时,还需要建设简单的污泥脱水工艺,增加了整个项目的投资,同时由于二段式污泥干化工艺流程复杂,需要的配套设施多,设备投资大。因此工艺流程简单的CDEC污泥燃料化工艺项目投资更省。

4.4 占地面积少

CDEC污泥燃料化工艺中CDE污泥深度脱水系统设计紧凑,总占地面积约为同等设计规模的污泥干化工艺的60%~65%,大大减小了整个项目的占地面积。

4.5 资源化利用程度高

污泥燃料化工艺中的CDE污泥深度脱水系统采用液态药剂对污泥进行调制改性后,重金属从固

相向液相转移。重金属回收利用装置直接将滤液中的重金属进行回收利用。同时干化后的污泥可直接与原煤掺烧或者直接燃烧。因此,CDEC污泥燃料化工艺的资源化利用程度高。

5 结语

随着城市化进程的不断推进和人口的增长,污泥排放量不断增加。CDEC污泥燃料化工艺作为污泥资源化利用的一种方法,工艺流程简单,资源化利用程度高,具有较高的经济价值和环保价值。湖南某造纸厂工程应用表明CDEC污泥燃料化工艺主要具有以下优势。

(1)能耗低。采用CDE污泥深度脱水过程代替二段式污泥干化工艺的第一污泥干化过程,污泥中72.2%左右的水量通过CDE深度脱水过程去除,仅剩27.8%左右的水通过干化工艺蒸发去除。因此工艺系统节能明显,计算总能耗仅为目前二段式干化工艺热能耗的35%~40%,大大降低了运行成本。

(2)资源化利用程度高,其中的CDE污泥深度脱水系统采用液态药剂对污泥进行调制改性后,重金属从固相向液相转移。重金属回收利用装置直接将滤液中的重金属进行回收利用。同时干化后的污泥可直接与原煤掺烧或者直接燃烧。因此资源化利用程度高。

(3)CDEC污泥燃料化工艺还具有流程简单、过程无污染、工程投资少以及占地面积少等优点。

参考文献

- [1] 中国环保局.2015年全国环境统计年报[R].2016.
- [2] 倪明亮,黄光华,张科.一种剩余污泥细胞破壁方法:CN,201010606726[P].2012-07-11.
- [3] 查甫生,崔可锐,席培胜.污泥的处置及利用技术探讨[J].岩土力学,2008,29(S1):555-558,562.
- [4] Water Environment Federation(WEF).Biosolids composting: A special publication[Z].Virginia:Water Environment Federation,1995:35-46.
- [5] 王菲,杨国录,刘林双,等.城市污泥资源化利用现状及发展探讨[J].南水北调与水利科技,2013,11(2):99-103.
- [6] 迟全虎.污泥燃料化发电可行性探讨[J].华电技术,2008,(4):76-78.
- [7] 马楠.两段式组合型污泥干化工艺技术及其关键设备介绍[J].资源节约与环保,2015,(3):46,48.
- [8] 马楠.某城市污水处理厂污泥热干化工程工艺设计及运行[J].中国给水排水,2015,31(22):44-46.
- [9] 翁焕新.污泥无害化、减量化、资源化[M].北京:科学出版社,2009:98-99.
- [10] 王菲,杨国录,刘林双,等.城市污泥资源化利用现状及发展探讨[J].南水北调与水利科技,2013,11(2):99-103.■