

污泥深度脱水协同垃圾焚烧生产性试验研究

叶方清

(上海泓济环保科技股份有限公司, 上海 200433)

摘要: 针对北方某城市 200 t/d 污泥集中处置项目进行模拟工业化生产的试验研究,以探索污泥深度脱水协同生活垃圾焚烧相关工艺条件及其稳定性。考察了不同工况下污泥脱水速率、泥饼含水率、低位热值以及冬季严寒环境下脱水泥饼的物理性能。结果表明,使用厢式隔膜压滤机,采用聚合氯化铝(PAC)和石灰作为调理剂,通过调整药剂投加比例,在 PAC 投加量为污泥干基的 5%~7%、石灰投加量为污泥干基的 10%~20% 的情况下,经厢式隔膜压滤机深度脱水后,泥饼含水率可以达到 44.0%~58.5%,低位热值为 3.25~4.22 MJ/kg,脱水周期为 2.6~4 h,化学调理药剂成本为 37~57 元/t(含水率约为 80%),泥饼低位热值可以满足垃圾焚烧炉入炉要求;泥饼在有条件储存或晾晒时可显著降低含水率,提高低位热值。

关键词: 污泥深度脱水; 化学调理; 污泥热值; 协同焚烧; 生活垃圾

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)15-0110-06

Sludge Deep Dewatering and Co-incineration with Municipal Solid Waste

YE Fang-qing

(Shanghai Honess Environmental Tech Corp., Shanghai 200433, China)

Abstract: To explore the associated process conditions and stability of the sludge dewatering and co-incineration with municipal solid waste, an experimental study was conducted to simulate the industrial production of 200 t/d sludge treatment project in a city in northern China. The sludge dewatering rate, the moisture content of the sludge cake, the low calorific value and the physical properties of the sludge cake in cold environment were all investigated under different conditions. The diaphragm chamber filter press was used for dewatering, and the polyaluminum chloride (PAC) and lime were used as conditioners. The results showed that when the PAC dosage was 5%~7% and the lime dosage was 10%~20% (dry solid of sludge), the moisture content of sludge cake reached 44.0%~58.5%, and the low calorific value reached 3.25~4.22 MJ/kg. The production cycle was about 2.6 to 4 h, and the drug cost was 37 to 57 yuan/t (moisture content was about 80%). The low calorific value had met the requirements of municipal solid waste incinerator. The moisture content of sludge cake could be reduced significantly after a period of storage or sun-dried, to improve the low calorific value.

Key words: deep dewatering of sludge; chemical conditioning; calorific value of sludge; co-incineration; municipal solid waste

北方某城市拟采用 BOT 模式建设 200 t/d(含水率按 80% 计)的污泥处置工程,通过工程方案比选,推荐“机械干化-焚烧”方案,即:各污水厂产生

的湿污泥(含水率为 80%)运至现有垃圾发电厂,经储存、化学调理、机械干化(污泥深度脱水)后与生活垃圾协同焚烧,焚烧后的灰渣外运至填埋场,产生

的飞灰采用固化处理。垃圾焚烧发电厂现有3条垃圾焚烧处理线,均采用循环流化床垃圾焚烧炉,配备两台15 MW的汽轮机,处理能力为1 500 t/d。生活垃圾平均热值冬季为3.40 MJ/kg、夏季为4.20 MJ/kg。焚烧处理线包括预处理系统、给料系统、焚烧炉、余热利用系统、烟气净化系统、灰渣处理系统、汽轮发电系统等。

与国内类似污泥-生活垃圾协同焚烧项目相比,该项目采用化学调理-深度脱水的机械干化工艺,而非常规的热干化工艺,污泥的深度脱水效果能否达到焚烧炉对泥饼热值的要求,且项目所在地冬季的严寒环境对污泥的深度脱水、焚烧处置的不利影响到底有多大,是项目实施前必须明确的问题。为验证污泥经化学调理、机械干化与生活垃圾协同焚烧处置工艺的可行性和经济性,需对污泥化学调理的药剂种类、投加比例、污泥深度脱水的周期时长、脱水泥饼的含水率与热值、药剂成本以及项目特定严寒环境条件对污泥深度脱水及焚烧处置的影响等因素进行试验研究,以获得指导项目设计和生产运行的关键工艺参数。

1 试验部分

1.1 装置与器材

试验用污泥来源于该市最大的污水处理厂(30 × 10⁴ m³/d,氧化沟工艺)离心脱水污泥,含水率为80%~83%,经第三方检测,原污泥组分及发热量如表1所示。

表1 脱水污泥组分与热值

Tab.1 Composition and calorific value of dewatered sludge

| 项目 | 空干基 | 干燥基 | 干燥无灰基 | 收到基 |
|------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| 碳/% | 28.91 | 29.96 | 54.17 | 6.86 |
| 氢/% | 4.02 | 4.17 | 7.53 | 0.95 |
| 氧/% | 16.05 | 16.64 | 30.07 | 3.82 |
| 氮/% | 3.25 | 3.37 | 6.09 | 0.77 |
| 硫/% | 1.14 | 1.18 | 2.14 | 0.27 |
| 氯/% | 0.05 | 0.055 | 0.099 | 0.013 |
| 全水分/% | — | — | — | 77.1 |
| 分析水/% | 3.52 | — | — | — |
| 挥发分/% | 47.24 | 48.96 | 88.51 | 11.21 |
| 固定碳/% | 6.13 | 6.36 | — | 1.46 |
| 灰分/% | 43.11 | 44.68 | — | 10.23 |
| 高位发热量/(kJ·kg ⁻¹) | 13 310 | 13 790 | 24 950 | 3 160 |
| 低位发热量/(kJ·kg ⁻¹) | — | — | — | 1 190 |

采用某压滤机公司试验专用厢式隔膜压滤机,用于污泥化学调理与深度脱水。压滤机滤板尺寸为

800 mm × 800 mm,每块滤板过滤面积为0.5 m²,共8个滤室,试验时实际使用4个滤室(含2块隔膜滤板);反应桶尺寸 $\varnothing \times H$ 为800 mm × 1 000 mm,容积为0.5 m³(带搅拌机);进料螺杆泵流量为2 m³/h,扬程为1.2 MPa,电机转速为0~300 r/min,电磁调速;隔膜压榨泵扬程为1.5~2.5 MPa。

试验用调理药剂有固体聚合氯化铝(PAC, Al₂O₃ > 27%)、固体三氯化铁(有效成分 > 93%)、聚合硫酸铁(液体,全铁含量 > 11%)、石灰(工业级, CaO > 92%)。

低温冰箱用于考察脱水泥饼在严寒环境下的物理性能,以及温度对化学调理剂调理效果的影响,冷冻室温度为-32℃,容积为150 L。

电子秤用于试验污泥、药剂、压滤液称量,最大称重30 kg,最小称重10 g,分度值为1 g。

另外还有小型潜污泵、计时器、容器、小试量筒、烧杯、标准试剂等。

1.2 分析仪器和方法

卤素快速含水率测定仪:用于污泥含水率测定,测定范围为0.01%~100%,称重110 g,称重精度为0.005 g,水分含量可读性为0.01%,加热温度在40~200℃(可调)。

污泥热值及滤液COD等指标委托有资质的第三方检测机构进行检测。

1.3 化学调理与深度脱水工艺

在用化学调理-机械压滤深度脱水工艺进行污泥深度脱水时,脱水效果与污泥调理的好坏、滤布的选型、进料过滤阶段滤速与进料压力的控制、压榨阶段的压力与时间长短等因素相关,其中,污泥的化学调理是关键的工艺环节,调理效果的好坏直接关系到压滤周期的长短、压滤压力以及泥饼含水率的高低,最终影响到装置的生产能力及能耗成本。

污泥调理的关键是选择合适的药剂。厢式压滤等机械脱水方式一般选用无机混凝剂作为污泥的调理药剂。无机混凝剂包括铁盐和铝盐两类金属盐类混凝剂以及聚合氯化铝等无机高分子混凝剂。另外,污泥调理中还使用一类不起混凝作用的药剂,称为助凝剂。助凝剂的作用是调节污泥的pH值(如石灰),或提供形成较大絮体的骨料,改善污泥颗粒的结构,从而增强混凝效果。常用的助凝剂有石灰、硅藻土、木屑等。

化学调理-深度脱水工艺流程:含水率为80%

左右的污泥输送到污泥均化池,加水稀释至含水率为90%~95%,然后泵送至污泥调理罐,加入调理剂混合反应,经厢式隔膜压滤机完成污泥深度脱水,产出污泥含水率<55%的半干泥饼。

2 结果与讨论

2.1 污泥化学调理药剂的筛选

分析目前市场上污泥机械深度脱水调理药剂,以金属盐类混凝剂(如三氯化铁、PAC等)和以石灰为主的助凝剂使用较多,其他辅助药剂要么是增强细胞破壁以进一步脱除细胞内水,要么是改善污泥的固化效果。破壁剂的使用虽然可强化脱除细胞内水,降低泥饼含水率,但也加大了污泥有机质的流失,造成污泥热值的损失,同时增加压滤液的处理难度;固化剂可增强泥饼力学性能,增加泥饼憎水性,避免遇水浸泡后回溶^[1],这对脱水后填埋处置的情况有利,但对于采用后续焚烧工艺的处置方式,反而增加了泥饼破碎的难度。所以,破壁剂和固化剂并非试验重点关注的问题。

金属盐混凝剂中三氯化铁适合的pH值范围在6.8~8.4之间,因其水解过程中会产生 H^+ ,降低pH值,因而一般需投加石灰作为助凝剂。三氯化铁在对污泥的调质中能生成大而重的絮体,使之易于脱水,因而使用较多。美国EPA工程手册推荐:采用铁盐作为混凝剂,铁盐设计投加量一般为每吨干基污泥投加20~63 kg(2%~6%),而石灰添加量则为75~277 kg(7.5%~27.7%)。该项目污泥的脱水小试结果也表明要使脱水污泥含水率达到55%左右,石灰类药剂的投加量也将占污泥干基的20%~25%(下述混凝剂与助凝剂的投加量均以污泥干基的百分比计)。使用三氯化铁的一个缺点是其对金属管道或设备有较强烈的腐蚀,降低其使用寿命,采用焚烧处置工艺时应尽量避免。

另一种铁盐调理剂聚合硫酸铁是一种优质、高效铁盐类无机高分子絮凝剂,混凝性能较好,矾花密实,沉降速度快;适应水体pH值范围宽,为4~11,最佳pH值范围为6~9,对设备腐蚀性小。

铝盐混凝剂一般采用硫酸铝。该种混凝剂形成的矾花较轻,调质效果不如三氯化铁,且用量也较大,但由于无腐蚀性,储运方便,使用也较多。PAC作为一种高分子无机混凝剂,调质效果好,投药量少,虽价格偏高,但也有相当程度的使用。

表征污泥脱水性能常用的两个指标是污泥比阻

(SRF)和毛细吸水时间(CST),研究表明SRF和CST具有明显的相关性,二者取其一即可。在工程实践中,CST和SRF较小时并不一定能得到含水率足够低的泥饼,单一采用CST或SRF不足以衡量污泥脱水性能^[2],所以也很难用于具体指导污泥调理和压滤脱水的工程实践。

结合现场试验条件,决定先通过小试,采用加药调理后测量污泥界面的沉速和上清液清澈度的方法来考察调理剂的使用效果和调理后污泥的压缩性能,初步筛选药剂后再上机验证。

将试验污泥(含水率约为80%)加一定比例的0℃冰水和自来水分别稀释配制成6℃和26℃、含水率均为99%的污泥混合液,投加药剂混合反应后,置于1L量筒观察污泥界面沉速和上清液清澈度。小试结果表明:针对该污水厂污泥,在常温26℃(相当于夏季常温)和低温6℃(相当于冬季低温)情况下,单独投加一种混凝剂的效果均较采用投加混凝剂和一定比例助凝剂的效果要差。单独投加混凝剂时,常温时三氯化铁效果最好,PAC次之,聚合硫酸铁最差;低温时聚合硫酸铁效果最好,三氯化铁次之,PAC最差。在混凝剂与助凝剂联用时,先投加一定量混凝剂再投加一定量石灰作为助凝剂,效果较单独投加混凝剂要好,其中PAC和石灰联用在常温和低温情况下效果均较好,而三氯化铁和石灰联用的效果均最差。

2.2 不同工况对脱水速率及泥饼含水率的影响

试验使用脱水机的4个滤室,过滤面积为4m²。按其处理能力,取适量的污水厂脱水污泥,测定原污泥含水率,配制成目标含水率为90%~95%的污泥(计入投加石灰及混凝剂增加的干固体量),投加不同比例的混凝剂和助凝剂混合反应后进压滤机过滤、隔膜压榨,记录进料时间、进料过滤压力变化、滤液流量,测定泥饼含水率、低位热值及滤液COD浓度,根据进料过滤数据计算进料阶段滤速、过滤能力,估算压滤周期时长,并通过物料衡算的方法复核实测的脱水泥饼含水率。

试验考察了以三氯化铁、聚合硫酸铁和PAC为混凝剂,以石灰为助凝剂,在不同药剂配比情况下的脱水速率和泥饼含水率。结果表明,PAC和石灰联用适于作为该项目污泥化学调理的药剂,在滤液清澈程度、过滤阶段压力上升快慢、周期时长、泥饼含水率等方面明显优于其他种类的混凝剂,所以试验

重点研究了 PAC 和石灰联用在不同配比、不同进料浓度和反应时间下的脱水情况,结果见表 2(每周期进料过滤耗时按实际计算,隔膜压榨时间均为 1 h,卸料按 0.5 h 计算,另外考虑 0.2 h 裕量)。

表 2 药剂配比、进料浓度与反应时间对污泥脱水速率及泥饼含水率的影响

Tab. 2 Influence of mixture ratio, feed concentration and reaction time on sludge dewatering rate and cake moisture content

| 编号 | 混凝剂 投量/% | 助凝剂 石灰投 量/% | 进料含 水率/% | 进料过 滤时间/ min | 进料过 滤压力/ MPa | ^a 进料阶段 滤速/($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) | 进料阶段过滤 能力/($\text{kgDS} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) | ^b 周期 时长/h | 周期过滤能力/ ($\text{kgDS} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) | 实测泥饼 含水率/% |
|----|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|--------------------|--|--|-------------------------|--|---------------|
| 1 | PAC,7 | 20 | 95.2 | 100 | ~1.30 | 0.066 | 3.18 | 3.37 | 1.58 | 46.03 |
| 2 | PAC,7 | 20 | 95.0 | 115 | ~1.25 | 0.051 | 2.54 | 3.62 | 1.35 | 43.99 |
| 3 | PAC,7 | 20 | 90.0 | 50 | ~1.25 | 0.065 | 6.48 | 2.53 | 2.13 | 44.72 |
| 4 | PAC,7 | 20 | 90.2 | 60 | ~1.25 | 0.050 | 4.95 | 2.70 | 1.83 | 45.53 |
| 5 | PAC,7 | 10 | 94.3 | 125 | ~1.35 | 0.038 | 2.15 | 3.78 | 1.18 | 58.45 |
| 6 | PAC,5 | 15 | 90.0 | 112 | ~1.25 | 0.026 | 2.62 | 3.57 | 1.37 | 53.39 |
| 7 | PAC,5 | 10 | 90.1 | 135 | ~1.37 | 0.019 | 1.88 | 3.95 | 1.07 | 58.07 |
| 8 | FeCl_3 ,7 | 20 | 95.5 | 100 | ~1.40 | 0.052 | 2.35 | 3.37 | 1.16 | 51.45 |
| 9 | PAC,7 | 20 | 89.8 | 90 | ~1.25 | 0.035 | 3.53 | 3.20 | 1.65 | 45.84 |

注: ^a压滤机过滤面积为 4 m^2 。^b每个脱水周期隔膜压榨时长为 60 min,压榨压力为 2 MPa。^c试验 9 与试验 1~8 采用的加药反应条件不同,试验 1~8 为先加混凝剂搅拌反应 20 min,再加石灰搅拌反应 10 min;试验 9 为先加混凝剂搅拌反应 3 min,再加石灰搅拌反应 5 min。

试验 1、2 及试验 3、4 是考察当 PAC 投加量为 7%、石灰投加量为 20%、进料污泥分别按 95.0% 和 90.0% 含水率配制时,脱水过程中的进料时间、进料过滤压力变化、进料阶段滤速、周期时长及过滤能力、泥饼含水率。结果表明,在该药剂配比情况下,泥饼含水率稳定在 45% 左右,试验具有可重复性和稳定性,且进料含水率在 90.0% 时过滤能力较大,周期时长控制在 3 h 以内,可获得满意的生产能力。

试验 5、7 是考察适当降低混凝剂、助凝剂的投加量对脱水速率、泥饼含水率的影响。结果表明,当石灰投加量由污泥干基的 20% 降至 10% 时,泥饼含水率升至 58% 左右,过滤速度也明显降低,周期时长接近 4 h,说明石灰投加量对污泥的脱水速率和脱水率影响较大。另外,对比试验 5 和试验 7 可知,PAC 投量由 7% 降至 5%,对泥饼含水率的影响不大(试验 5 和试验 7 过滤速率的差别主要由配制的进料浓度差别和进料泵的转速设定所致)。

试验 8 是考察将混凝剂由 PAC 改为三氯化铁时的效果,对比试验 1、2 可知效果稍差,考虑三氯化铁的腐蚀性较大,该项目放弃使用。

试验 9 较试验 3、4 缩短了混凝剂和助凝剂的反应时间,考察反应时间的变化对脱水速率、泥饼含水率的影响。结果表明,加混凝剂混合反应时间由 20 min 降至 3 min,加石灰混合反应时间由 10 min 降至 5 min 后,对泥饼含水率的影响不大,但过滤速度有

所降低,周期时长增加。

2.3 药剂投加量对泥饼热值的影响

污泥经过加药调理后热值会有所降低,其原因包括两个方面:首先,加入石灰等无机药剂,会使污泥的灰分相对增加,热值会相对降低,其幅度随药剂投加量的提高而增大;其次,向湿污泥中添加大量的石灰等盐类物质,会破坏以蛋白质为基础的细胞壁和酶、酸性 RNA、碳水化合物的细胞组织和油质,释放污泥颗粒中的细胞水^[1],降低污泥中有机质含量,从而也降低了污泥的热值。

热值是指固体废物在燃烧反应中所能释放的热能,有高位热值与低位热值两种。高位热值是指燃料在完全燃烧时释放出来的全部热量,即在燃烧生成物中的水蒸气凝结成水时的发热量;低位热值是指燃料完全燃烧,其燃烧产物中的水蒸气以气态存在时的发热量,是从高位热值中扣除因蒸发废物水分散失的热量后所剩余的热量。

通过工业分析测得的试验污泥在未添加任何药剂情况下的干基高位热值为 13.79 MJ/kg,可以计算出各种含水率的污泥高位热值和低位热值。

在添加了石灰等不燃物料以后,改变了污泥中有机物的占比,降低了污泥的热值。试验得出石灰投加量分别为 10%、15%、20% 时,脱水泥饼相应含水率下的低位发热量实测值与未添加石灰等不燃物时的低位发热量理论计算值见表 3。可以看出,当

石灰投加量由 10% 增加到 20% 时, 低位热值较理论计算值降低幅度由 26% 提高到 37% 左右; 在 PAC 投加量为 7%、石灰投加量为 20% 时, 脱水泥饼的低

位热值基本在 4.19 MJ/kg 左右, 接近该垃圾焚烧厂生活垃圾夏季的平均热值(4.20 MJ/kg), 满足入炉焚烧要求。

表 3 不同石灰投加量下所得泥饼含水率与低位热值

Tab. 3 Moisture content and low calorific value of sludge cake under different lime dosages

| 编号 | 混凝剂投量/% | 助凝剂石灰投量/% | 进料含水率/% | 实测泥饼含水率/% | 未添加石灰理论低位发热量/(MJ·kg ⁻¹) | 实测泥饼低位发热量/(MJ·kg ⁻¹) | 热值降低比例/% |
|----|----------------------|-----------|---------|-----------|-------------------------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | PAC,7 | 20 | 95.2 | 46.03 | 6.40 | 4.00 | 37.6 |
| 2 | PAC,7 | 20 | 95.0 | 43.99 | 6.73 | 4.22 | 37.2 |
| 3 | PAC,7 | 20 | 90.0 | 44.72 | 6.61 | 4.18 | 36.8 |
| 4 | PAC,7 | 20 | 90.2 | 45.53 | 6.48 | 4.12 | 36.5 |
| 5 | PAC,7 | 10 | 94.3 | 58.45 | 4.41 | 3.25 | 26.3 |
| 6 | PAC,5 | 15 | 90.0 | 53.39 | 5.22 | 3.50 | 33.0 |
| 7 | PAC,5 | 10 | 90.1 | 58.07 | 4.47 | 3.30 | 26.1 |
| 8 | FeCl ₃ ,7 | 20 | 95.5 | 51.45 | 5.53 | 3.37 | 39.1 |
| 9 | PAC,7 | 20 | 89.8 | 45.84 | 6.43 | 4.05 | 37.1 |

对于污泥调理过程中有机质(溶解态和悬浮态)随压滤液流失而损失的热值可用如下方法粗略估算:测定滤液的 COD 浓度,根据滤液流量计算流失的 COD 总量,按 1 g COD 热值大约为 14 kJ 粗略估算流失的热值总量,再折算到 1 kg 绝干污泥损失的高位热值。计算得到该项目通过滤液流失而损失的热值占未投加药剂时污泥理论热值的 3%~6%。

2.4 泥饼粒度与储存时间对含水率的影响

该项目脱水污泥最终将进入流化床垃圾焚烧炉与生活垃圾协同焚烧,对入炉前泥饼的低位热值和泥饼粒度有一定要求,而低位热值与物料含水率直接相关。为此,考察了脱水泥饼在未经破碎、破碎后掺混石灰或木屑、破碎后不掺混任何物料几种情况,在室内自然风干条件下含水率随时间的变化趋势。泥饼样品为采用液体聚合硫酸铁(投量为 15%)、石灰(投量为 20%)调理压滤所得。取 4 个不同部位的泥饼,初始含水率分别为 63.95%、63.44%、58.00% 和 57.30%,分别进行泥饼未破碎、破碎、破碎后掺混 10% 木屑、破碎后掺混 10% 石灰情况下,在室内堆置一段时间,测定期间含水率,见图 1。

对该日未破碎泥饼在阳光下堆置 3 d 后测定含水率,含水率已由当初的 60% 左右降至 20.57%。从图 1 可以看出,泥饼在破碎状态下含水率下降速度较快,且破碎后掺混一定比例的木屑或石灰后,含水率下降速度更快。在室内通风条件不佳的情况下,6~8 d 后含水率均可由 60% 左右降至 30% 以下(中试条件下,由于可供堆置的泥饼量较少,正常生

产规模下以上测试样品可能只能代表堆置在表层的泥饼含水率的变化情况,泥饼堆内部的含水率下降速度可能较慢)。

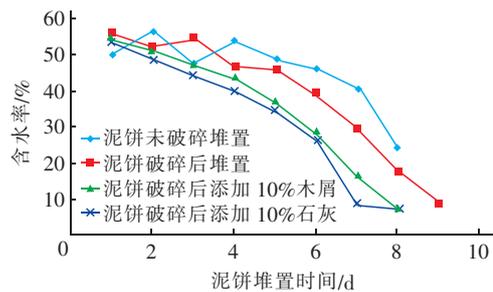


图 1 泥饼含水率随时间的变化趋势(昼夜环境温度为 15~28℃)

Fig. 1 Change of moisture content of sludge cake with time (day and night ambient temperature was 15-28℃)

2.5 低温对调理效果及脱水泥饼物理性能的影响

该生产性试验无法模拟冬季生产情况,建议工程设计时考虑对污泥稀释用水、药剂配制用水进行加热处理的措施,以降低冬季低温条件对生产运行的不利影响。另外,针对流化床垃圾焚烧炉对入炉物料的粒度要求(150~200 mm)^[3],试验用冰箱模拟了冬季低温环境,考察脱水泥饼在破碎后再冷冻和冷冻后再破碎这两种情况,结果表明:①含水率为 44%~62% 的泥饼在冰箱中冷冻比较彻底以后,需要施加较大的力量才能破碎,但样品脆性较大,锤击后形成小块状和粉末状。②对冷藏对照组样品进行锤击试验,冷藏组样品具有弹性和可压缩性,锤击不易破碎彻底。③观察冻前已破碎的样品,冻后表层

颗粒已粘结较牢固,但只要施加较小的外力即可变成粉末状,二次破碎比较容易。

泥饼速冻试验还表明:严寒情况下,从压滤机出来的新鲜泥饼,如果在2 h内能进炉焚烧,基本不影响泥饼的破碎性能;若需堆置更长时间,则破碎以后再再堆放是比较合理的选择,因为若等泥饼冷冻彻底

以后再破碎就比较困难。

2.6 脱水工作制与药剂成本

该项目设计处理200 t/d、含水率为80%左右的污水厂脱水污泥,按生产性试验结果,优选以下3种方案作为项目规模化生产运行的工艺参数,见表4。其中,PAC按2 650元/t、石灰按500元/t计。

表4 推荐的项目规模化生产运行的工艺参数

Tab.4 Process parameters recommended for large-scale production and operation of projects

| 调理方案 | 泥饼含水率/% | 低位热值/(MJ·kg ⁻¹) | 滤机过滤能力/(kgDS·m ⁻² ·h ⁻¹) | 过滤+压榨时长/min | 周期时长/h | 药剂成本/(元·t ⁻¹) | 工作制 | 备注 |
|-----------------|---------|-----------------------------|---|-------------|--------|---------------------------|--|----------------|
| 5%~7% PAC+20%石灰 | 44.7 | >4.11 | 2.00 | 120 | 2.6 | 47~57 | 2台800 m ² 压滤机,每天工作12 h;或1台24 h工作、1台备用 | 冬季备选方案,可以直接焚烧 |
| 5% PAC+15%石灰 | 53.4 | >3.48 | 1.35 | 170 | 3.6 | 42 | 2台800 m ² 压滤机,每天工作18 h | 推荐常用方案,可直接焚烧 |
| 5% PAC+10%石灰 | 58.1 | >3.27 | 1.05 | 195 | 4 | 37 | 2台800 m ² 压滤机,每天工作24 h | 需堆置至含水率降到55%以下 |

3 结论

① 用聚合氯化铝(PAC)和石灰作为调理剂,在PAC投加量为5%~7%、石灰投加量为10%~20%的情况下,经厢式隔膜压滤机深度脱水,泥饼含水率可达到44.0%~58.5%,脱水周期为2.6~4 h,化学调理药剂成本为37~57元/t(含水率约为80%);石灰投加量可明显影响污泥的脱水速率和泥饼含水率,在不影响焚烧的情况下,建议其投加量为20%左右。

② 在污泥高位热值为13.79 MJ/kg、PAC投加量为5%~7%、石灰投加量为10%~20%时,脱水泥饼低位热值可达3.25~4.22 MJ/kg,较未添加任何不燃物时相同含水率下理论热值降低25%~40%,其中通过滤液损失的热值占理论热值的3%~6%。

③ 泥饼在未破碎情况下,经过8 d左右自然风干,含水率可由60%降至30%以下,破碎或经破碎掺混石灰、木屑等物料后,含水率降低速度更快,显示泥饼在有条件储存或晾晒时可进一步降低含水率,提高低位热值,改善污泥焚烧的经济性。

参考文献:

- [1] 汪宝英. 污水厂污泥调理深度脱水工艺研究[J]. 有色冶金设计与研究,2014,(5):81-83.
Wang Baoying. Research for conditioning & dewatering process of sewage sludge[J]. Nonferrous Metals Engineering & Research,2014,(5):81-83(in Chinese).

- [2] 方静雨,马增益,严建华,等. 污泥脱水性能指标的比较分析[J]. 能源工程,2011,(4):51-53.
Fang Jingyu, Ma Zengyi, Yan Jianhua, et al. Comparative investigation of parameters for determining the dewaterability of activated sludge[J]. Energy Engineering,2011,(4):51-53(in Chinese).
- [3] 屠进,宋黎萍,池涌. 垃圾焚烧电厂焚烧炉炉型选择[J]. 热力发电,2003,32(10):5-7.
Tu Jin, Song Liping, Chi Yong. Selection of incinerator type for power plants using MSW as fuel[J]. Thermal Power Generation,2003,32(10):5-7(in Chinese).



作者简介:叶方清(1968-),男,安徽安庆人,硕士,工程师,主要从事环境工程设计与研究工作。

E-mail:778331323@qq.com

收稿日期:2018-01-12