

碱改性煤渣预调理强化污泥脱水性能的中试研究

马维超^{1,2}, 马 军¹, 赵 雷¹, 刘惠玲¹

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 黑龙江大学 建筑工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 提出了一种高效廉价的污泥脱水性能提高方法,即采用碱改性煤渣预调理污泥,并通过中试考察了调理后污泥在叠螺式脱水机与新型板框式压滤机组合脱水工艺中的脱水性能。结果表明,与原煤渣相比,碱改性后的煤渣比表面积增加,吸附活性增强,经其调理后污泥的脱水效果明显增强。在24 g/L的碱改性煤渣投量下,污泥比阻由 7.9×10^{12} m/kg 降到 3.72×10^{12} m/kg,泥饼含水率由98.5%降到63.2%,并且采用多次等量投加的方式能够更好地降低污泥比阻,提高脱水效果。在脱水过程中,碱改性煤渣不仅能够作为吸附调理剂,也能起到增强骨架结构的作用,使得新形成的污泥絮体强度增加,在脱水挤压下不会由于剪切力而破碎,从而强化污泥脱水效果,同时煤渣这种固体废弃物也得到了资源化利用。

关键词: 污泥脱水; 污泥比阻; 碱改性煤渣; 絮体团

中图分类号: X705 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)05-0120-05

Pilot-scale Study on Enhanced Sludge Dewaterability by Preconditioning with Modified Cinder

MA Wei-chao^{1,2}, MA Jun¹, ZHAO Lei¹, LIU Hui-ling¹

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. School of Architectural Engineering, Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

Abstract: The performance of dewatering sludge preconditioned by alkali-modified cinder was investigated in a combined process of the screw press dehydrator and the novel high pressure plate and frame dehydrator. The results showed that, comparing to the raw cinder, the sludge dewaterability of alkali-modified cinder was enhanced, due to the increase in specific surface area and the adsorption activity. With a dosage of modified cinder at 24 g/L, the SRF of the sludge decreased from 7.9×10^{12} m/kg to 3.72×10^{12} m/kg, and the moisture of the cake reduced from 98.5% to 63.2%. The improvement of SRF was achieved by the method of multiple equal dosing. Besides, the alkali-modified cinder provided firm and dense structure for sludge floc as a skeleton builder, which could avoid the floc rupture by shearing force during the process of mechanical dehydration. The application of the modified cinder not only showed promising prospect for the treatment of sludge dewatering, but also achieved resource utilization.

Key words: sludge dewatering; SRF; alkali-modified cinder; floc mass

利用活性污泥法处理城市污水时不可避免地会产生大量剩余污泥,污泥的处理与处置成了一个重

要问题。污泥在处理前需要投加化学调理剂,通过改变污泥的理化性质破坏污泥絮体的胶态结构,从

而降低泥水之间的亲和力。此时,污泥固体粒子群的性质以及它的排列状态重新调整,使粒子之间的凝聚力增强,絮体颗粒变大。在污泥处理中常用的化学调理剂都存在一些弊端,如无机调理剂的低反应效率导致在吸附混凝过程中药剂用量加大,处理费用升高;而有机调理剂如聚丙烯酰胺则成本比较高,且其单体具有毒性,容易造成二次污染。因此,研发一种成本低、效果好的污泥脱水药剂势在必行。

在我国东北地区冬季取暖期比较长,因此燃煤取暖锅炉所产生的煤渣也比较多,如果能将其综合利用,不仅可减少环境污染,同时也提高了固体废弃物的利用率。近年来,已有研究人员利用煤渣的吸附特性去除水中的磷酸盐和有机物^[1],或者将其作为载体,负载后去除水中的砷^[2],但在污泥脱水方面的研究甚少。然而,人们逐渐采用其他种类的固体废弃物进行污泥脱水,如锯木屑^[3]、褐煤^[4]、粉煤灰^[5]等。为此,笔者对煤渣进行碱改性处理,并通过中试考察了其对污泥脱水效能的改善效果。

1 材料与方法

1.1 试验装置

污泥脱水中试系统采用叠螺式脱水机与新型高压板框式压滤机的组合工艺,由污泥搅拌装置、调理剂的配制投加系统、叠螺式脱水机、高压板框式压滤机、二次气压加压装置、液压压缩器和电动控制系统组成,如图1所示。高压板框式污泥压滤机的干泥处理能力为30~35 kg/h,污泥搅拌装置的转速为30 r/min。

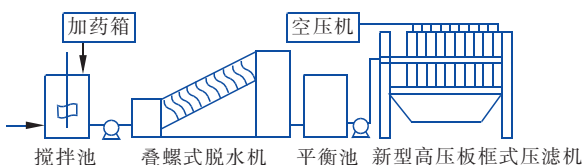


图1 污泥脱水中试系统

Fig.1 Schematic of pilot-scale sludge dewatering system

污泥经调理剂处理后,进入叠螺脱水机经初步脱水后进入平衡池,再由污泥泵输送至高压板框压滤机。在污泥泵的压力下,污泥在滤板之间的压滤室内挤压,完成一次压滤脱水;污泥泵停止输送后,开启空压机,连接空压机的弹性滤板发生形变,使泥饼继续脱水,完成二次压滤脱水^[6]。

1.2 试验材料

试验用污泥取自哈尔滨市某污水处理厂浓缩后

的剩余污泥,剩余污泥静置2 h,去除上清液后即作为试验所用。污泥的基本性质如下:含水率为98.5%,SS为17.89 g/L,VSS为9.56 g/L,污泥比阻(SRF)为 7.9×10^{12} m/kg。

试验用煤渣为取暖锅炉产生的剩余煤渣。煤渣在使用前先经粉碎机粉碎,再过140目筛,然后置于 (105 ± 2) °C的烘箱内烘烤4 h,存于干燥器内备用。煤渣中SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO、MnO₂、TiO₂、C的含量分别为39.3%、31.7%、7.63%、3.71%、0.83%、0.21%、2.31%、14.3%。

1.3 试验方法

污泥脱水中试在某污水处理厂的脱水车间内进行,新鲜污泥由潜污泵从储泥池抽至试验现场的储泥罐中,运泥周期为2次/d。

调理剂的制备:将经过研磨、筛分和烘干的煤渣30 g,按照碱灰比为3 mL:1 g的比例,置于3 mol/L的NaOH溶液中,在40 r/min下搅拌3 h;然后将混合物过滤,收集滤出的煤渣,置于烘箱中在 (105 ± 2) °C下烘干至恒质量,于干燥器中冷却、备用。

调理剂投加方式的影响试验:在搅拌池中进行,将调理剂等分成2份或3份,再进行等时间间隔投加,在3、6、9、12、15和18 min时取样测定污泥比阻。

污泥脱水中试:在温度为24 °C、pH值=7.2的条件下,在污泥搅拌池中按照一定比例加入调理剂,以250 r/min快速搅拌60 s,再以50 r/min慢速搅拌15 min,充分混合均匀。调理后的污泥依次通过叠螺脱水机和高压板框压滤机进行脱水。在叠螺脱水机和板框压滤机后分别取污泥测定其含水率。

1.4 测定项目与方法

污泥酸碱度:pH计;泥饼含水率:快速水分测定仪;污泥比阻:布氏漏斗法;污泥的比表面积(BET):比表面积分析仪;污泥颗粒的形貌:S-4800型扫描电子显微镜。

2 结果与讨论

2.1 碱改性煤渣对污泥压滤脱水效果的影响

新型加压板框式压滤机具有两次加压脱水的过程,首次加压需要依靠污泥泵的提升压力完成。在调理剂投加量为24 g/L的条件下,调理剂对一次加压中污泥脱水效果的影响见图2。随着污泥输送时间的延长,进泥量越多,污泥的压缩程度越好,脱水效果也就越好。输送时间在0~5 min时,进泥速率

较快,经碱改性煤渣调理后的污泥进泥量达到了210 L,而经煤渣调理和无调理两种情况的污泥进泥量分别为170和56 L;当输送时间达到20 min时,三种情况的污泥输送量分别达到350、293和200 L。经碱改性煤渣调理后的污泥输送量大,在压滤室内压缩程度高,脱水效果显著。污泥泵完成一次加压后,由空压机提供二次挤压进行深度脱水。如图3所示,在二次空气加压过程中,碱改性煤渣能够将污泥的含水率由71.2% (3 min) 降到60.5% (18 min),而同样条件下,煤渣将污泥含水率由75.5% 降到67.2%。可以看出,在5 MPa 的空气压力下,煤渣与改性煤渣在二次加压过程中对污泥的深度脱水效果相近。

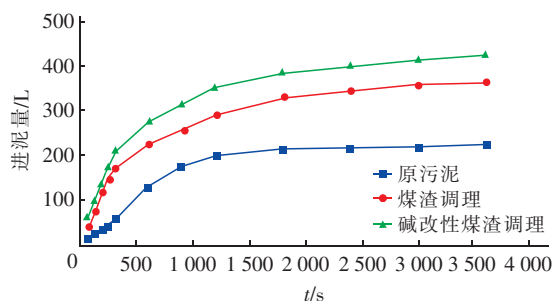


图2 调理剂对一次加压中污泥脱水效果的影响

Fig. 2 Effect of conditioners on sludge dewatering during

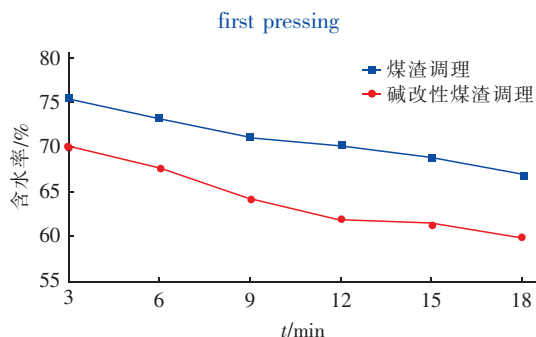


图3 调理剂对二次加压中污泥脱水效果的影响

Fig. 3 Effect of conditioners on sludge dewatering during second pressing

2.2 碱改性煤渣投量对污泥脱水效果的影响

污泥经过调理后固液分离度增强,污泥的比阻随之降低,脱水效果也会改善。调理剂投加量对污泥比阻的影响见图4。可以看出,投加煤渣和碱改性煤渣后,在较低投量下污泥比阻都有明显下降趋势,污泥脱水性能得到了显著改善。随着调理剂投量的增加,污泥的比阻降速先快后慢,当投加量为24 g/L时,经煤渣和碱改性煤渣调理后的污泥比阻

由初始的 7.9×10^{12} m/kg 分别降低为 5.61×10^{12} 、 3.72×10^{12} m/kg;当投加量增加到56 g/L时,污泥比阻分别降至 4.21×10^{12} 、 2.32×10^{12} m/kg。在投加量相同的条件下,碱改性煤渣调理污泥的脱水效果优于煤渣调理污泥。经碱改性煤渣调理后的污泥,由于煤渣的吸附性能增强,将小颗粒的污泥絮体凝聚形成更容易脱水的大颗粒污泥絮体,当采用机械脱水时,因剪切力而被破坏的大颗粒絮体的数目减少,使污泥中细小粒子堵塞滤孔的现象减少,从而过滤阻力减小,过滤性能变好。

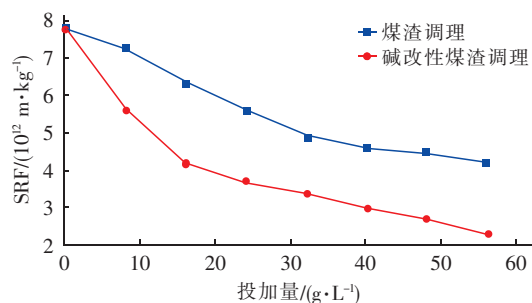


图4 调理剂投加量对污泥比阻的影响

Fig. 4 Effect of conditioners dosage on sludge SRF

图5为不同调理剂投量下污泥含水率的变化情况。

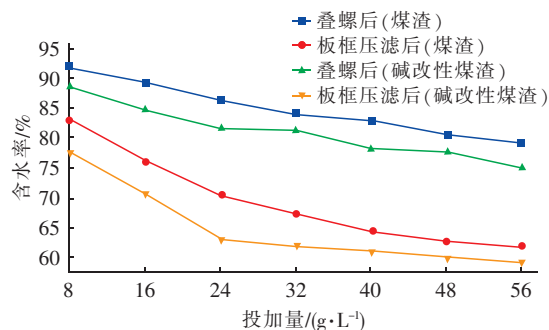


图5 调理剂投加量对污泥含水率的影响

Fig. 5 Effect of conditioners dosage on sludge moisture

由图5可以看出,经叠螺式脱水机处理后,两种方式调理过的污泥含水率均有所变化,煤渣将污泥的含水率由92.1% (8 g/L) 降到79.2% (56 g/L),而碱改性煤渣则将污泥的含水率由88.5% (8 g/L) 降到74.9% (56 g/L),这是由于改性煤渣能够形成较大颗粒的污泥絮体,使得污泥的固液分离度较高,在叠螺式脱水机内部的挤压过程中,自由水和结合水可以很好地得到释放。经过板框压滤脱水后,在调理剂投加量为24 g/L的情况下,经煤渣与碱改性煤渣调理后的污泥含水率分别为73.1%和63.2%,

这一差异是由于泥水分离度不同造成的,经碱改性煤渣调理后的污泥,新形成的污泥絮体与水的分离程度加剧,输送泥量也会增加,此时泥饼的含固率就会升高,含水率就会下降。

2.3 调理剂投加方式对污泥脱水效果的影响

调理剂投加方式的改变也会对污泥的比阻产生一定的影响。如图6所示,在改性煤渣总投量均为24 g/L的条件下,一次性投加时,在18 min的搅拌时间内,污泥比阻由 6.11×10^{12} m/kg(3 min)降到 3.8×10^{12} m/kg(18 min);当分两次等量投加时,污泥比阻由 6.32×10^{12} m/kg降到 3.67×10^{12} m/kg;而当分三次等量投加时,污泥比阻则由 6.71×10^{12} m/kg降到 3.31×10^{12} m/kg。调理剂分多次等量投加可以有效降低污泥比阻,这是由于污泥中存在着大量的胞外聚合物(EPS),它同时具有一定的生物絮凝作用,多次投加可以使改性煤渣与EPS的接触机会增多,先期投加的改性煤渣使得小颗粒的污泥絮体凝聚,而后续投加的改性煤渣对已经凝聚的次生粗大颗粒进行吸附架桥,可以形成更大的污泥絮体,从而促进污泥的脱水效果。

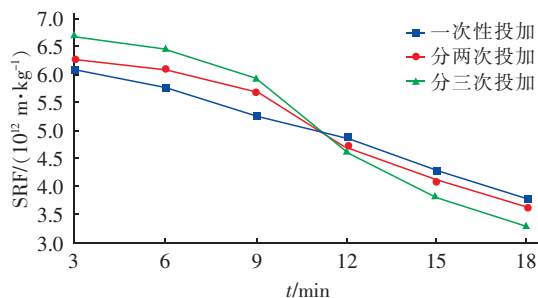


图6 调理剂投加方式对污泥比阻的影响

Fig.6 Effect of dosing method on sludge SRF

2.4 碱改性煤渣强化污泥脱水的机理分析

经碱改性煤渣调理后的污泥,在叠螺脱水、新型板框加压脱水处理后,脱水效果要优于经煤渣调理的。污泥脱水性能的改善主要是由于经碱改性后煤渣的吸附性能增强,使得能够形成更大的污泥絮体颗粒。通过检测得到,煤渣与碱改性煤渣的比表面积分别为68.9和16.7 m²/g,碱改性后煤渣的比表面积明显增加,吸附活性也随之增强。而碱改性后煤渣的比表面积增加是由于颗粒表面产生变化所致。图7为煤渣改性前后的电镜扫描照片。可以看出,未改性的煤渣颗粒表面光滑,经过碱改性后的煤

渣颗粒表面变得粗糙,这是由于经过碱改性的煤渣颗粒表面的SiO₂会发生化学解离而产生可变电荷,可破坏煤渣颗粒表面的坚硬外壳,增大其表面积^[7],使得玻璃体表面的可溶性物质与碱性氧化物反应生成凝胶物质,并使得煤渣中莫来石和非晶状玻璃相融,从而提高活性^[8]。

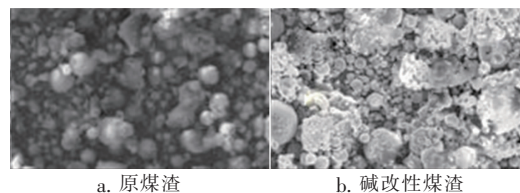


图7 煤渣及碱改性煤渣的电镜扫描照片

Fig.7 SEM photograph of cinder and alkali-modified cinder

碱改性煤渣强化污泥脱水效果的过程如图8所示。由于碱改性煤渣具有较强的表面吸附活性,作为调理剂投加后使得污泥絮体脱稳,小的污泥絮体颗粒吸附在其周围,逐渐聚集形成以碱改性煤渣为中心的“絮体团”,“絮体团”之间的凝聚可以形成更大的网状絮体结构。由于泥水的分离度增加,在叠螺脱水过程中污泥中的间隙水得到有效分离。在板框压滤脱水过程中,由于碱改性煤渣作为透水骨架构建的新絮体颗粒强度增加,不会因为剪切压力而破碎,污泥中的结合水被挤压脱出使得污泥泥饼的含水率进一步降低。

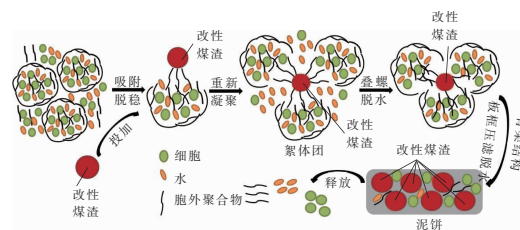


图8 碱改性煤渣调理污泥过程示意

Fig.8 Schematic diagram of sludge conditioned with alkali-modified cinder

3 结论

碱改性煤渣作为污泥调理剂,由于其比表面积的增加,吸附活性增强,在叠螺脱水与新型板框压滤脱水的组合工艺中,使得污泥的脱水效率明显提高。与煤渣相比,经碱改性煤渣调理后污泥的处理量有所增加。在24 g/L的碱改性煤渣投量下,污泥的比阻由 7.9×10^{12} m/kg降到 3.72×10^{12} m/kg,泥饼含水率由98.5%降到63.2%。并且多次等量投加方

(下转第129页)