

DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.01.012

何国锋,段清兵,杜丽伟,等. 流体激波污泥改性工艺提高污泥水煤浆浓度的研究[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(1): 45-48.

流体激波污泥改性工艺提高污泥水煤浆浓度的研究

何国锋^{1 2 3 4} 段清兵^{1 2 3 4} 杜丽伟^{1 2 3 4} ,
温泉^{1 2 3 4} 苏鑫^{1 2 3 4} 王燕芳^{1 2 3 4}

- (1. 煤炭科学研究总院 节能工程技术研究分院,北京 100013;
2. 国家水煤浆工程技术研究中心,北京 100013;
3. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室,北京 100013;
4. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室,北京 100013)

摘要: 利用碱性物质对污泥改性的基础上,采用流体激波改性工艺进行了提高污泥水煤浆浓度的研究。结果表明:与单独用碱性物质相比,采用以上组合方式对污泥进行改性大大提高了污泥改性效果。主要表现在经流体激波改性后,改性污泥黏度大幅下降,流动性明显改善;其次,经流体激波改性制备的污泥煤浆性能与单纯碱性物质改性相比,浓度至少提高了2.5%。这主要是因为污泥经流体激波改性后,在高压和超细粉碎的作用下,污泥中的聚丙烯酰胺部分降解,释放出部分自由水,改善了污泥成浆性,从而使污泥煤浆浓度进一步提高。

关键词: 污泥; 流体激波; 改性; 污泥水煤浆

中图分类号: TQ536; TD849 文献标识码: A 文章编号: 1006-6772(2014)01-0045-04

CWM concentration improvement by shock wave fluid modified sludge process

HE Guofeng^{1 2 3 4}, DUAN Qingbing^{1 2 3 4}, DU Liwei^{1 2 3 4},
WEN Quan^{1 2 3 4}, SU Xin^{1 2 3 4}, WANG Yanfang^{1 2 3 4}

- (1. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;
2. National CWM Engineering & Technology Center, Beijing 100013, China;
3. State Key Laboratory of Coal Mining and Clean Utilization (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China;
4. National Energy Technology & Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

Abstract: To improve CWM concentration, based on the sludge modification process by alkaline matter, adopt the shock wave fluid technique. Compared with the alkaline matter modified sludge technique, the combined method greatly improves the modified effects. Through shock wave fluid modification, the viscosity of sludge decreases sharply and the fluidity improves obviously. The concentration of prepared CWM increase more than 2.5 percent. This is mainly because part of polyacrylamide in sludge degrade and release free water under high pressure and super fine crash condition, which is created by shock wave fluid technology.

Key words: sludge; shock wave fluid; modification; sludge CWM

收稿日期: 2013-10-15 责任编辑: 宫在芹

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA063506)

作者简介: 何国锋(1963—),男,河南临颖人,煤炭科学研究总院节能工程技术研究分院副院长,研究员,主要从事煤炭清洁高效利用和水煤浆技术研发与推广应用工作。

市政污泥是污水处理厂的副产物,目前产量(折合含水率 80% 的湿污泥)已达到 3000 万 t/a 以上^[1],并以每年 10% 的速度增长。污泥的特点是含水率高(25%~98%),体积庞大,成分复杂,含有大量的有机物质(主要为苯、氯酚等)、有毒有害重金属、病原微生物、寄生虫卵、盐类以及放射性核素等难降解物质^[2-3]。污泥具有一定热值($Q_{gr,d}$ 为 8~10 MJ/kg)。如何妥善处置污泥,使其减量化、稳定化、无害化、资源化已成为全球关注的课题^[4]。

目前国内外对污泥处理的方法主要有农业利用(肥料、饲料)、填埋、干化焚烧^[5-9]。目前世界上 7 个发达国家的污泥处置中,土地利用占 9%~54%,填埋占 16%~55%,焚烧占 15%~55%,其它占 0~8%。中国农用占 44.8%,填埋占 31%,其它占 10.5%,未处置占 13.7%。填埋资源化、能源化利用率低。焚烧减量明显,是国际上污泥处理的方向之一。但污泥自身热值较低,通常不能直接燃烧。利用污泥的超细颗粒和有一定热值的特性,将污泥与煤混合制备成水煤浆,从而有效降低污泥处理成本,是污泥无害化、资源化的有效途径,也符合节能减排、循环经济的国家政策。

近年来,国内一些科研单位和大中专院校进行了污泥制备水煤浆的研究^[10-15],但多数处于起步或实验室阶段。由于污泥的低固含量、高持水性和不流动性,使得污泥直接与煤掺混制浆时存在配入困难、配入量少、污泥煤浆浓度过低,添加剂用量大,成本高等缺点。

为解决污泥的成浆性问题,国家水煤浆工程技术研究中心开发了利用碱性物质对污泥改性制备污泥煤浆的研究,使污泥煤浆的成浆性得到显著改善,但仍需对污泥改性制浆技术进行深入研究,以使污泥煤浆的成浆性得到进一步提高。为此,本研究经过大量探索实验,主要在利用碱性物质对污泥改性的基础上,利用流体激波技术对污泥进行二次改性,以使污泥煤浆的成浆性得到进一步提高。

1 实验

1.1 原料性质

实验用原料主要为污泥和制浆用煤。污泥主要选用杭州市污水处理厂的污泥(简称杭州污泥)和东莞污水处理厂的污泥(简称东莞污泥)。制浆用煤主要选用神华低阶煤,对所选污泥和制浆用煤分别进行工业分析、元素分析,具体见表 1、表 2。

表 1 污泥和神华煤的工业分析

项目	杭州污泥	东莞污泥	神华煤
$M_t / \%$	79.96	84.62	13.40
$M_{ad} / \%$	6.07	8.22	7.55
$A_d / \%$	65.37	59.56	5.84
$V_d / \%$	30.78	36.33	32.11
$Q_{gr,d} / (\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	7.80	8.80	30.85
$S_{t,d} / \%$	0.57	0.50	0.18
pH 值	6.5	7.5	—

表 2 污泥和神华煤的元素分析

项目	杭州污泥	东莞污泥	神华煤
$C_{daf} / \%$	56.41	57.27	82.11
$H_{daf} / \%$	7.82	8.91	4.11
$S_{daf} / \%$	1.65	1.24	0.19
$N_{daf} / \%$	8.53	6.10	1.24
$O_{daf} / \%$	25.59	26.48	12.35
O/C	0.45	0.46	0.15

由表 1 可知,两种污泥含水率均很高,分别为 79.96% 和 84.62%; A_d 较高,分别为 65.37% 和 59.56%; V_d 相对较高,分别达到 30.78%、36.33%。高挥发分的污泥配入煤中有利于点燃污泥煤浆。由于两种污泥的灰分高,导致它们的 $Q_{gr,d}$ 较低,分别为 7.80、8.80 MJ/kg,但仍具有一定的燃烧利用价值。由表 2 可知,两种污泥的碳含量较低,氢、氧含量高,杭州污泥的硫、氮含量略高。由于两种污泥的碳含量低,导致 O/C 较高,均在 0.4 左右。从表 1、表 2 可以看出,神华煤属于低灰、低硫、高挥发分、高热量的低阶煤。但其内水含量和氧含量较高,可磨性差,按照煤炭成浆性指标预测,神华煤属难制浆煤种。

1.2 污泥的改性

将原污泥与 NaOH 及水按照一定比例混合,搅拌 30 min,使污泥成为流动性好的流体。将此流体送入流体激波设备中进行一定压力和次数的处理,供污泥性质检测及成浆性实验。

1.3 污泥煤浆的制备

采用干法制浆。将磨好的级配煤粉、改性污泥、添加剂和水加入烧杯中,用 JJ-1 型定时电动搅拌机搅拌 6 min 即得水煤浆。将制备好的水煤浆进行表观黏度、浓度测试,并妥善保存,之后进行流动性、稳定性测试。

1.4 污泥煤浆性能检测

水煤浆浓度、黏度的测定分别按照 GB/T

18856.2—2008《水煤浆试验方法 第2部分:浓度测定》和 GB/T 18856.4—2008《水煤浆试验方法 第4部分:表观黏度测定》进行。

水煤浆流动性用来表征浆体流动顺畅与否,是评价浆体好坏比较直观的指标,其测定方法采取目测法,可分为 A、B、C、D 这4个等级。其中 A 为流动性很好,连续流动;B 为流动性较好,半连续流动;C 为有一定流动性,间断流动;D 为没有流动性。

水煤浆的稳定性评价方法采用传统的棒插法观测,即将被测水煤浆试样密闭静置 24 h 后,观察水煤浆的沉淀情况。水煤浆稳定性的判定分成4个等级: A 级为浆体保持其初始状态,无析水和沉淀产生;B 级为存在少量析水或少许软沉淀产生;C 级为有沉淀产生,密度分布不均,但经搅拌后可再生;D 级为产生部分沉淀或全部硬沉淀。

2 结果与分析

2.1 流体激波改性后的污泥性质

利用碱性物质对污泥进行改性的基础上,对改性污泥进行了流体激波改性处理,以获得更高制浆浓度。进行了杭州污泥和东莞污泥的流体激波改性试验。其中 NaOH 占污泥质量分数为 1.0%, 添加剂占 0.5%。表 3 为激波处理前后污泥性质对比。

表 3 激波处理前后污泥性质对比

污泥	激波条件	固含量/%	污泥黏度/(mPa·s)	流动性
杭州污泥	激波前	10.71	206	B
	40 MPa 1 遍	10.68	137	A
	40 MPa 2 遍	10.51	78	A
	50 MPa 1 遍	10.47	84	A
东莞污泥	激波前	9.30	261	B
	40 MPa 1 遍	9.23	120	A
	40 MPa 2 遍	9.16	87	A
	50 MPa 1 遍	9.18	85	A

2.2 改性污泥性质的影响因素

2.2.1 激波处理次数

由表 3 可知,原污泥先经过 NaOH 改性,再经激波处理后,与不经激波处理的改性污泥相比,其黏度和固含量都有一定下降。即在激波处理前,改性污泥的黏度较高,但经过 40 MPa 处理 1 遍后,黏度有较大幅度下降,经过 40 MPa 处理 2 遍后,黏度有明显下降,改性污泥液的流态变好,这在两种污泥

中体现了同一趋势。主要是因为改性污泥在激波机中经过高压和超细粉碎后,一方面能使污泥中的酸性物质与 NaOH 加速反应,使污泥中的聚丙烯酰胺部分降解;另一方面可以将污泥中的生物质细胞壁打破,释放出部分自由水,这也是污泥经激波处理后固含量有所降低的主要原因。因此,与不经过激波处理相比,经过激波处理的改性液黏度明显降低,改性液流动性明显变好。

2.2.2 激波处理压力

由表 3 可以看出,不同激波处理压力对改性污泥的性质有一定影响,同样在激波机中通过 1 遍时,50 MPa 处理压力的激波效果要比 40 MPa 处理压力的效果好,即压力越高,改性污泥的黏度降低幅度越大,激波效果越好。但试验结果也表明,较低压力下通过 2 遍与较高压力下通过 1 遍的改性污泥性能相当。因此,若对污泥改性效果要求较高且希望生产效率较高时,可以选择较高的激波压力(50 MPa)对污泥进行流体激波改性。

2.3 流体激波改性工艺制浆效果评价

采用粒度级配的煤粉为粗细粉(配比为 7:3),添加 15% 经激波改性前后的污泥制备水煤浆,分散剂为国家水煤浆工程技术研究中心研制的高效添加剂,配入比例为 0.5%。其中 NaOH 占污泥质量分数为 1.0%, 添加剂占 0.5%。表 4 为经激波改性前后的改性污泥成浆性对比。

表 4 经激波改性前后的改性污泥成浆性对比

污泥	激波条件	污泥配比/%	浓度/%	黏度/(mPa·s)	流动性	稳定性
杭州污泥	激波前	15	59.3	>1800	B	A
	激波前	15	56.6	1150	B	A
	50 MPa 1 遍	15	59.2	1160	A	A
东莞污泥	激波前	15	59.6	>1800	C	A
	激波前	15	56.8	1130	B	A
	50 MPa 1 遍	15	59.5	1131	A	A

由表 4 可以看出,在改性污泥配入量均为 15% 时,经激波改性后制备的污泥煤浆黏度较激波前降低幅度很大,激波改性前当煤浆浓度约为 59% 时,两种改性污泥煤浆的黏度均大于 1800 mPa·s,但经过 50 MPa 压力激波 1 遍后,两种改性污泥煤浆黏度均下降到 1200 mPa·s 以下,满足燃料浆对黏度的要求。煤浆流态也由 B 或 C 变成流态非常好的 A。充分说明污泥经过改性剂改性后,再进入激波

机进行一定压力处理工艺制备的污泥煤浆效果很好。在固定煤浆黏度为 $\leq 1200 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 时,与不进行流体激波处理工艺相比,污泥煤浆浓度至少提高2.5%以上。因此,若要求污泥煤浆有较高的浓度,可先以NaOH为主要改性剂改性原污泥,再进行流体激波处理制备。

2.4 流体激波改性污泥制备污泥水煤浆

先将1% NaOH与污泥混合,按照上述方法以50 MPa压力激波1遍后,得到改性污泥。然后将改性污泥和添加剂以不同配比与煤混合,进行改性污泥制备水煤浆的实验研究。表5为经流体激波改性后的改性污泥煤浆实验结果。

表5 经流体激波改性后的改性污泥煤浆实验结果

污泥	改性条件	激波条件	污泥配比/%	浓度/%	黏度/($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	流动性	稳定性
杭州污泥	NaOH 1.0% ,添加剂 0.3%	50 MPa 1 遍	10	57.9	902	B	A
			15	58.2	1160	A	A
	NaOH 1.0% ,添加剂 0.5%	50 MPa 1 遍	10	60.8	1300	B	A
			15	60.0	1181	A	A

由表5可以看出,当改性污泥添加量为10%、添加剂添加量0.5%时,污泥煤浆浓度比添加剂添加量为0.3%时高2.9%,说明添加剂添加量应不低于0.5%;而添加剂添加量同为0.5%时,改性污泥添加量15%的污泥煤浆浓度比添加10%时降低0.8%,说明改性污泥添加量越多,污泥煤浆浓度越低。由于污泥本身灰分较高,添加过多污泥将增加污泥煤浆不可燃成分,较大幅度降低煤浆热值。因此,考虑污泥煤浆的燃烧效果及锅炉效率,污泥添加量以15%为宜。此时污泥煤浆的浓度也高达60%,煤浆流动性和稳定性也很好。

3 结 论

1) 选用NaOH与流体激波工艺处理污泥与单纯NaOH改性污泥相比,污泥煤浆浓度至少提高2.5%以上。当采用难成浆的低阶煤制备污泥煤浆时,可以选用NaOH与流体激波工艺对污泥进行改性。

2) 改性污泥的成浆性实验表明,添加剂添加量为0.5%、改性污泥添加量为15%时,污泥煤浆浓度可达到60%,有利于污泥燃烧。

3) 污泥灰分太高,一般为60%左右,即可燃物仅40%。如果污泥添加量过多,不仅增加污泥煤浆灰分,降低煤浆热值,也不利于燃烧,因此,建议污泥在燃料煤浆中的添加量不超过15%。

参考文献:

[1] 李凯军. 浅谈城市污泥处理、处置与资源化技术[C]//2010年全国给排水技术信息网年会论文集. 北京: 给水排水杂志社 2010: 31-33.

[2] 李兵,尹庆美,张华,等. 污泥的处理处置方法与资源化[J]. 安全与环境工程 2004, 11(4): 52-56.

[3] 谭江月,龙炳清,朱明,等. 城市污水处理厂污泥的处理处置及有效利用[J]. 新疆环境保护 2003, 25(1): 21-23.

[4] 钟四蛟. 污泥资源化利用的研究进展[J]. 广东化工, 2007(4): 72-74.

[5] 史骏. 城市污水污泥处理处置系统的技术经济分析与评价(上)[J]. 给水排水 2009(8): 32-35.

[6] 秦翠娟,李红军,钟学进. 我国污泥焚烧技术的比较与分析[J]. 能源工程 2011(1): 52-61.

[7] 田宁宁,王凯军,杨丽萍,等. 污水处理厂污泥处置及利用途径研究[J]. 环境保护 2000(2): 18-20.

[8] 魏超,占星星,宋少波. 城市污泥处理与处置技术的现状研究[J]. 广东化工 2012, 39(13): 86-87.

[9] 李军,王忠民,张宁. 污泥焚烧技术工艺研究[J]. 环境工程 2005, 23(6): 48-52.

[10] 刘猛,段钰锋,李华锋,等. 改性污泥与石油焦的共成浆性及流变性分析[J]. 中国电机工程学报 2012, 32(35): 59-65.

[11] 刘煜,李伟东,刘海峰. 污泥干燥预处理后与神府煤共成浆性的研究[J]. 燃料化学学报 2010, 38(6): 656-659.

[12] 李华锋. 污泥与石油焦共成浆性及流变特性[D]. 南京: 东南大学 2012.

[13] 朱妙军. 污泥水煤浆的成浆、燃烧及燃烬特性研究[D]. 杭州: 浙江大学 2008.

[14] 李伟东,李明,李伟锋,等. 改性污泥与无烟煤成浆性的研究[J]. 燃料化学学报 2009, 37(1): 26-30.

[15] 展秀丽. 石油焦成浆特性及不同添加物对石油焦气化反应活性的影响研究[D]. 上海: 华东理工大学 2011.