

DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.01.024

段清兵,何国锋,王国房,等.利用碱性物质对污泥改性制备污泥水煤浆的实验研究[J].洁净煤技术,2014,20(1):96-99.

利用碱性物质对污泥改性制备污泥水煤浆的实验研究

段清兵^{1 2 3 4},何国锋^{1 2 3 4},王国房^{1 2 3 4},杜丽伟^{1 2 3 4},
张胜局^{1 2 3 4},颜淑娟^{1 2 3 4},张桂玲^{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: 针对污泥水分高、表面亲水性官能团多、持水性强、难以直接与煤掺混制备水煤浆的特性,进行了添加碱性物质对污泥改性制备污泥水煤浆的研究。结果表明,污泥经 NaOH 改性后,与煤掺混可以制备出浓度较高、黏度、流动性均好的污泥煤浆。同时发现,选用碱性造纸黑液改性污泥,不仅可以制备出性能好的污泥煤浆,而且可以节约制浆用水、添加剂,减轻了造纸黑液对环境造成的污染。

关键词: 污泥; 改性; 碱性物质; 污泥水煤浆

中图分类号: X703; TD849 文献标识码: A 文章编号: 1006-6772(2014)01-0096-04

Sludge CWM preparation with alkaline matter modified sludge

DUAN Qingbing^{1 2 3 4}, HE Guofeng^{1 2 3 4}, WANG Guofang^{1 2 3 4}, DU Liwei^{1 2 3 4},
ZHANG Shengju^{1 2 3 4}, YAN Shujuan^{1 2 3 4}, ZHANG Guiling^{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: The original unmodified sludge can not be mixed with coal to prepare CWM due to its high moisture content, rich surface hydrophilic functional groups and strong water binding capacity. Adopt alkaline matter to modify the sludge. The results show that, modified by NaOH, the sludge can be mixed with coal to prepare high concentration, favorable viscosity and fluidity sludge CWM. The papermaking wastewater is also an excellent modifier for sludge. It is beneficial to prepare high quality CWM and save water and additive, meanwhile reduce the environmental pollution.

Key words: modification; modify; alkaline matter; sludge CWM

收稿日期: 2013-12-05 责任编辑: 孙淑君

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: 段清兵(1978—),男,山东新汶人,煤炭科学研究总院节能分院水煤浆技术部主任,副研究员,主要从事水煤浆技术研发与推广应用。E-mail: duanqingbing@sina.com

0 引言

随着中国城市化的快速推进,市政污泥的产生数量不断增长。据统计,目前污泥年产量已达到3000万t以上。由于城市工业园区的大量存在,生活污水处理厂常常会混入工业废水,致使污泥中重金属含量偏高^[1-2]。目前国内对污泥的处理方法以填埋为主,资源化能源化利用率低^[3],焚烧减量明显,是国际上污泥处理的方向之一^[4]。但污泥自身热值较低, $Q_{gr,d}$ 为8~10 MJ/kg,通常不能直接燃烧。将污泥与煤掺混制备水煤浆用于锅炉燃烧,可有效降低污泥处理的投资和成本,是国家支持的污泥处理方向之一^[5-12]。

由于城市污泥水分高、灰分高、热值低、表面亲水性官能团多、持水性强、体积大,若将其直接与煤掺混制浆,由于其中含有的聚丙烯酰胺难以降解,导致水煤浆难以成浆或浓度很低,且其含有各种病菌会污染环境,污泥性质也会发生变化,直接影响所制煤浆性质的稳定,为制浆生产过程的运行维护带来困难。因此,在制浆前必须对污泥进行改性。

研究发现将污泥与碱性物质混合,并保持一段时间,可以使强碱性物质与污泥中的某些成分发生化学反应,保持污泥性质基本稳定的同时,可明显提高污泥煤浆的成浆浓度。本文主要选用碱性物质作为污泥改性剂,对改性污泥制备污泥煤浆进行实验研究。

1 实验

1.1 实验用污泥性质分析

实验用原料主要为污泥和制浆用煤。污泥主要选用东莞市污水处理厂的污泥(简称东莞污泥)作为制浆实验用污泥样品。制浆用煤主要选用神华低阶煤和兖州烟煤。对所选城市污泥和制浆用煤分别进行工业分析和元素分析,结果见表1、表2。

表1 实验用污泥的工业分析

项目	M_t / %	M_{ad} / %	A_d / %	V_d / %	$Q_{gr,d}$ / (MJ · kg ⁻¹)	$S_{i,d}$ / %	pH 值
东莞污泥	84.62	8.22	59.56	36.33	8.80	0.50	7.5

表2 实验用污泥的元素分析

项目	C_{daf} / %	H_{daf} / %	S_{daf} / %	N_{daf} / %	O_{daf} / %	O/C
东莞污泥	57.27	8.91	1.24	6.10	26.48	0.462

由表1可知,东莞污泥含水率均很高,为84.62%; A_d 较高,为59.56%; V_d 相对较高,达到36.33%,如此高挥发分的污泥配入煤中将有利于污泥煤浆的着火点燃。由于东莞污泥灰分高,导致 $Q_{gr,d}$ 比较低,为8.80 MJ/kg,但仍具有一定的燃烧利用价值。

由表2可知,东莞污泥 C_{daf} 较低,在50%左右,氢含量和氧含量较高,导致污泥O/C较高,在0.45以上。

1.2 污泥改性方法

在城市污泥中按一定比例分别加入各种碱性改性剂,3000 r/min下强力搅拌约40 min,即为改性污泥。

1.3 污泥煤浆的制备方法

制浆所用煤种为神华低灰煤和兖州煤,其煤质分析见表3和表4。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。水煤浆浓度、黏度的测定分别按照GB/T 18856.2—2008^[13]和GB/T 18856.4—2008^[14]进行。

表3 实验用原料煤的工业分析

项目	M_t / %	M_{ad} / %	A_d / %	V_d / %	$Q_{gr,d}$ / (MJ · kg ⁻¹)	$S_{i,d}$ / %
神华煤	13.40	7.55	5.84	32.11	30.85	0.18
兖州煤	6.25	2.64	6.46	35.45	30.91	0.38

表4 实验用原料煤的元素分析

项目	C_{daf} / %	H_{daf} / %	S_{daf} / %	N_{daf} / %	O_{daf} / %	O/C
神华煤	82.11	4.11	0.19	1.24	12.35	0.15
兖州煤	84.35	5.34	0.41	1.45	8.45	0.10

2 结果与讨论

2.1 碱性固体对污泥改性制备污泥煤浆

2.1.1 碱性固体污泥改性剂的筛选及确定

在制浆前对污泥进行预处理(改性)是改善污泥煤流动性和提高污泥煤浆浓度的主要手段。本研究主要对一系列碱性固体改性剂(包括NaOH, CaO, K₂CO₃及NaOH与K₂CO₃复配等)进行了优选。具体方法如下:

在东莞污泥中按一定比例分别加入各种改性剂,在3000 r/min下强力搅拌约30 min,考察污泥流动性的好坏。再将占煤浆质量10%的改性污泥、

0.5% 分散剂与神华煤混合制浆,考察煤浆最大成浆浓度。实验结果见表 5~表 8。

表 5 NaOH 改性效果

序号	NaOH 占污泥配比/%	污泥添加量/%	改性污泥自身流动性	煤浆浓度/%
原污泥	0	0	D	54.2
1	4	10	C	56.9
2	2	10	C+	57.5
3	1	10	C+	57.3

表 6 CaO 改性效果

序号	CaO 占污泥配比/%	污泥添加量/%	改性污泥自身流动性	煤浆浓度/%
1	4	10	D	56.5
2	2	10	D	56.4
3	1	10	D	56.2

表 7 K₂CO₃ 改性效果

序号	K ₂ CO ₃ 占污泥配比/%	污泥添加量/%	改性污泥自身流动性	煤浆浓度/%
1	4	10	D	56.3
2	2	10	D	56.2
3	1	10	D	56.1

表 8 NaOH 与 K₂CO₃ 混合改性效果

序号	改性剂占污泥配比/%	污泥添加量/%	改性污泥自身流动性	煤浆浓度/%
1	NaOH 1.5% + 0.5% K ₂ CO ₃	10	D	56.3
2	NaOH 1.5% + 0.5% K ₂ CO ₃	10	D	56.1

由表 5~表 8 可知,在各种改性剂中,NaOH 改性效果最好。经强力剪切和 NaOH 改性作用后,污泥流动性明显变好。同时,加入 10% 污泥时,煤浆最大成浆浓度也有显著提高。当 NaOH 改性剂在污泥中加入比例为 1%~2% 时,煤浆的最大成浆浓度均在 57% 以上,比原污泥的煤浆浓度提高了近 3%。

表 10 碱法造纸黑液改性污泥的成浆性实验结果

序号	$\omega(\text{污泥}) : \omega(\text{黑液})$	改性污泥比例/%	浓度/%	黏度/(mPa·s)	流动性(A~D)	稳定性(A~D)
1	8:2	15	61.5	1143	B	A
2		20	60.4	1176	B	A
3		25	59.5	1152	C	A
4		30	57.4	1089	C	A
5	7:3	15	62.7	1114	A	A
6		20	61.3	1058	B	A
7		25	59.0	1204	C	A
8		30	58.9	1091	C	A

由表 10 可以看出,在不添加分散剂的情况下,碱法黑液改性污泥可以制备出质量较好、满足泵送

和雾化要求的燃料用污泥水煤浆。水煤浆浓度随改性污泥配入量的增加而下降,改性污泥配入量超

NaOH 的改性机理可能是:强力剪切拆散了污泥中絮凝剂的网状结构,使其中固定的水分能够自由流动;而 NaOH 的强碱性可以破坏污泥的絮体结构,使其中的结合水变为自由水,两者共同提高了污泥的流动性。

综上所述,初步确定污泥改性剂为 NaOH。

2.1.2 NaOH 改性污泥配入比例对成浆性的影响

添加不同比例的 NaOH 改性污泥制备的污泥煤浆性能见表 9。由表 9 可以看出,污泥加入比例对煤浆成浆浓度有重要影响。随污泥配入比例增加,煤浆成浆浓度减小,且减小速度逐渐加快。因此,为了使污泥煤浆有较高的浓度,改性污泥在煤浆中的加入比例不能太高,以 15% 为宜。此时煤浆黏度、流动性均满足煤浆质量要求。

表 9 NaOH 改性污泥配入比例对成浆性的影响

序号	改性剂占污泥配比/%	添加剂比例/%	污泥添加量/%	浓度/%	黏度/(mPa·s)	流动性(A~D)
1	NaOH 1.0	0.5	5	58.0	611	B
2			10	57.6	834	B
3			15	56.8	1130	B
4			20	56.1	1174	B
5			30	53.2	750	B

2.2 碱性液体对污泥改性制备污泥煤浆

碱法黑液是化学法制浆产生的蒸煮废液,是对环境产生严重污染的有机废液。其 pH 达 11~13,黑液中含有大量的木质素和纤维素,可以作为水煤浆分散剂。因此,本研究主要选择碱法造纸黑液作为污泥改性剂。具体方法如下:

将东莞污泥与碱法造纸黑液按照质量比 8:2 与 7:3 的比例混合,在 3000 r/min 下强力搅拌约 30 min,考察污泥流动性的好坏;再将改性污泥、分散剂与兖州煤粉按照不同比例混合制浆,实验结果见表 10。

过 20% 时, 不仅煤浆浓度降低, 而且流动性变差, 因此, 改性污泥的配入量以 20% 以内为宜。

污泥、黑液改性制浆结果表明, 以 ω (污泥): ω (黑液) 为 7: 3 时制备的污泥煤浆浓度较高, 这是因为黑液配入份额越多, 其中的木质素起到的分散效果越好。

表 10 中各方案制备的污泥煤浆的稳定性均很好, 这是因为污泥煤浆中的聚丙烯絮凝剂将通过长链状絮凝剂分子将悬浮的固体颗粒连接起来, 形成大的絮团, 使其变得结构化, 絮团不易沉降, 提高了水煤浆的稳定性。

3 结 论

1) 碱性固体研究结果表明, NaOH 为最佳改性剂, 其在污泥中配比为 1%, 改性污泥添加量为 15% 时, 用神华低阶煤可以制备出浓度为 57% 左右的污泥煤浆, 同时污泥煤浆的黏度较低, 流动性较好。

2) 碱性液体改性剂研究结果表明, 造纸黑液作为污泥改性剂, 可以制备出最高浓度达 62.7%, 黏度、流动性和稳定性均好的污泥煤浆, 但改性污泥添加量以 20% 以内为宜, 过多加入会使煤浆流动性变差。

3) 造纸黑液是对环境产生严重污染的废弃物, 将其作为污泥改性剂制备水煤浆, 相当于以废制废; 既可以节约制浆用水和添加剂, 降低制浆成本, 又为造纸黑液的资源化利用提供了有效的利用途径。

(上接第 95 页)

参考文献:

- [1] 苗立永. 煤矿区总体开发规划环境影响评价指标体系的探讨[J]. 安全与环境工程, 2008, 15(1): 7-9.
- [2] 杨媛媛, 王青. 四川省矿产资源规划环境影响评价指标体系[J]. 金属矿山, 2009(2): 145-146.
- [3] 包存宽, 陆雍森, 尚金城, 等. 规划环境影响评价方法及实例[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 任小舟, 祝怡虹, 王琴. 西南地区煤炭矿区规划环境影响评价指标体系探析[J]. 煤炭加工与综合利用, 2012(4): 52-55.
- [5] 中煤科工集团西安研究院. 陕西彬长矿区总体规划环境影响评价报告书[R]. 西安: 中煤科工集团西安研究院, 2010.

参考文献:

- [1] 赵利敏. 关于污水处理厂污泥处置问题的探讨[J]. 城市建设理论研究, 2013(7).
- [2] 陈晓娟, 吕小芳. 浅谈城市污泥的处理、处置与资源化利用[J]. 环境保护与循环经济, 2012(1): 41-44.
- [3] 陈国美, 胡俊庆. 污水处理厂污泥填埋处置与资源化利用探析[J]. 中国资源综合利用, 2013, 31(1): 33-34.
- [4] 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.
- [5] 熊云龙. 城市污泥掺制水煤浆的成浆性及其燃烧特性的试验研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [6] 孙云昊. 污泥掺混水煤浆的成浆性与雾化特性实验研究[D]. 杭州: 华中科技大学, 2013.
- [7] 朱建航, 胡勤海, 陈菊芬, 等. 污泥水煤浆燃烧和污染排放特性研究[J]. 燃料化学学报, 2012, 40(2): 252-256.
- [8] 王丹, 孟媛媛, 胡勤海, 等. 两种城市污泥掺混水煤浆的成浆性[J]. 环境科学学报, 2009, 9(8): 690-695.
- [9] 胡勤海, 朱建航, 王丹, 等. 污泥水煤浆的燃烧固硫研究[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2010, 37(4): 64-67.
- [10] 张文丹. 污泥与煤混配制污泥水煤浆研究[D]. 长沙: 湖南科技大学, 2012.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] GB/T 18856.2—2008 水煤浆试验方法 第 2 部分: 浓度测定[S].
- [14] GB/T 18856.4—2008 水煤浆试验方法 第 4 部分: 表观黏度测定[S].

- [6] 吴权. 矿区大气环境影响评价指标体系及方法的研究[J]. 洁净煤技术, 2009, 15(6): 85-88.
- [7] 史慙, 于国松. 黑河地区金矿开发的环境影响研究[J]. 矿产与地质, 2009, 23(6): 574-577.
- [8] 李洪林. 煤炭矿区规划环评技术要点及指标体系建立的研究[J]. 中国矿业, 2010(12): 38-39.
- [9] 吴军年, 闫文娟. 规划环境影响评价中环境制约因素的影响与分析—以嘉峪关嘉东、嘉北工业园区规划环评为例[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(28): 15821-15824.
- [10] 孙丽梅, 陈忠, 白艳英. 选煤厂清洁生产评价指标的建立[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(3): 8-12.
- [11] 孙荪, 庄怡琳, 陈帆, 等. 化学工业园区规划环评指标体系初探[J]. 四川环境, 2007, 26(5): 65-70.