

FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器在临涣选煤厂的应用

高磊¹, 欧战备²

(1. 淮北矿业(集团)有限责任公司 临涣选煤厂, 安徽 淮北 233610;

2. 淮北矿业(集团)有限责任公司 煤质运销处, 安徽 淮北 235000)

摘要:介绍了 FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器的结构及工作原理。通过工业性试验, 分析了 FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器的浮选药剂与风压、雾滴直径的关系, 对比了雾化-跌落式煤浆预处理器与煤浆准备器对应浮选机的各项浮选指标。结果表明: 在相同风压下, 雾滴直径并未随浮选药剂添加量的增加而明显增大, 表明在较宽范围内风动喷射式雾化器具有良好的适用性。临涣选煤厂入选煤泥适宜采用的风压为 0.08 MPa。雾化-跌落式煤浆预处理器与煤浆准备器的煤泥浮选分选效果没有显著性差异, 但雾化-跌落式煤浆预处理器可节省药剂 23.96%。最后对选煤厂进行了经济效益分析, FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器在临涣选煤厂得以成功应用, 具有节能降耗、不需外加动力、维护量小等优点。与煤浆准备器相比, FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器每年节省药剂费用 306.33 万元, 节电 12.82 万 kWh。

关键词:煤浆预处理器; 风动喷射式雾化器; 煤浆准备器; 雾滴直径; 风压; *t* 检验

中图分类号: TD943+.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)03-0020-04

Application of FCA atomization-decline pulp preprocessor in Linhuan coal preparation plant

GAO Lei¹, OU Zhan-bei²

(1. Linhuan Coal Preparation Plant, Huaibei Mining (Group) Co., Ltd., Huaibei 233610, China;

2. Marketing Department, Huaibei Mining (Group) Co., Ltd., Huaibei 235000, China)

Abstract: Introduce the structure and working principle of FCA atomization-decline pulp preprocessor. Through proximate analysis of coal, analyze the relationship between the dosage of flotation agent and wind pressure, diameter of the fog drop. Compare the flotation indices of the preprocessor with those of conventional pulp preparation devices. The results show that keeping the wind pressure unchanged, the diameter of the fog drop doesn't increase obviously with the increase of flotation agent, which means the pneumatic jet type atomizer has good serviceability in a wide range of wind pressure. The proper wind pressure for Linhuan coal preparation plant is 0.08 MPa. There are no remarkable differences between these two pulp preprocessors. But the FCA could save flotation agent by 23.96 percent, which also has some considerable advantages such as reducing energy consumption and pollutant emission, no need of additional motive force, less maintenance and the like. Adopting the FCA, the coal preparation plant would save 3.0633 million yuan on flotation agent expenses, 128.2 thousand kWh on electricity bills.

Key words: pulp preprocessor; pneumatic jet type atomizer; pulp preparation device; diameter of fog drop; wind pressure; student's test (*t* test)

FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器是淮北矿业(集团)有限责任公司临涣选煤厂与安徽理工大学、唐山国华科技国际工程有限公司共同研发的新型

煤浆预处理设备。淮北矿业(集团)有限责任公司临涣选煤厂(分东、西 2 个生产区)设计入选原煤能力 1250 万 t/a, 最大入选能力 1600 万 t/a, 是目前亚

收稿日期: 2012-03-16 责任编辑: 白娅娜

基金项目: 淮北矿业(集团)有限责任公司科研项目(2010-016)

作者简介: 高磊(1982—), 男, 安徽濉溪人, 2006年毕业于安徽理工大学矿物加工专业, 助理工程师, 现任临涣选煤厂煤管科副科长。

引用格式: 高磊, 欧战备. FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器在临涣选煤厂的应用[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(3): 20-23. 47.

洲最大的炼焦煤选煤厂。临涣选煤厂采用原煤无压给料三产品重介质分选—煤泥浮选工艺流程,其中浮选调浆设备主要选用煤浆准备器。

1 结构及工作原理

1.1 结构

FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器由风动喷射式雾化器和箱体两部分组成,核心部件为风动喷射式雾化器,风动喷射式雾化器结构如图 1 所示。将水喷射式乳化器作为风动喷射式雾化器使用,压缩空气取代压力水管。当作为水喷射式乳化器使用时,水压不小于 0.20 MPa,而作为风动喷射式雾化器使用时,风压在 0.08 MPa,浮选剂即可良好地雾化。

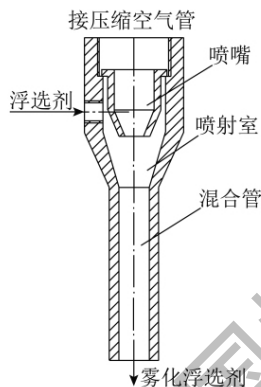


图 1 风动喷射式雾化器结构示意图

FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器的箱体分为上箱体和下箱体,截面为正方形。

上部箱体为雾化和进料空间,为保证进料均匀和方便厂房的管道布置,采用了中心入料、双侧溢流的入料方式,具体如图 2 所示。为保证浮选煤浆沿堰体均匀溢流,溢流槽内设有隔板,隔板上均匀分布 8 个小孔。为保证进料液流均衡稳定,与浮选剂有足够的接触空间,溢流槽高度设置为 0.6 m,这样煤浆溢流时便像“瀑布”一样落下,可以均匀接触浮选药剂雾滴。

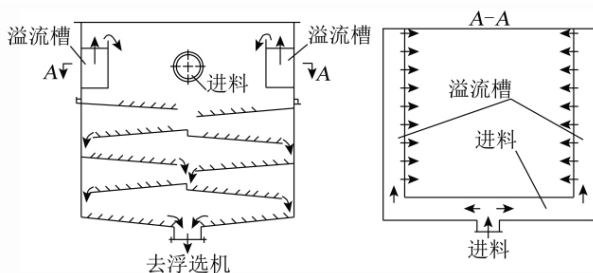


图 2 入浮煤浆的入料方式

下部槽箱为煤浆跌落空间,在槽箱中左右两侧各布置 3 块上滑板、2 块下滑板,上、下滑板与水平面的夹角为 α ,可减小设备高度;在上下滑板之间焊接铁板作为坎条,坎条迎液流方向且等距布置,采用高坎条密集布置的目的是提高液流的紊流程度;除箱底的滑板外,左侧的滑板比右侧略高,这种交错布置的目的是增加汇集煤浆液流的互相冲击。

1.2 工作原理

FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器工作原理如图 3 所示。浮选药剂经风动喷射式雾化器雾化成雾滴,中心入料槽将浮选煤浆(稀释水)分配到上箱体的溢流堰中,溢流呈“瀑布”状落下,浮选药剂雾滴在煤浆下落过程中与其混合,未混合的药剂雾滴靠重力直接降落在第一层上滑板上。与浮选药剂混合的煤浆多次通过上、下滑板的坎条,不断跌落、跃起,从而使得浮选药剂雾滴与煤浆充分混合,最后通过箱体底部自流排至浮选机。不同粒度的颗粒,运动方式、速度各不相同,与浮选药剂的接触时间也不同。低灰分粗颗粒速度慢,预处理时间长,表面粘附稳定的油膜,在浮选机中较快地粘附气泡上浮,提高粗颗粒的浮选速度与分选效果;高灰分细泥速度快,预处理时间短,避免表面吸附过多药剂(捕收剂),减缓在浮选机中的浮选速度,减轻对浮选精煤的污染^[1-3]。

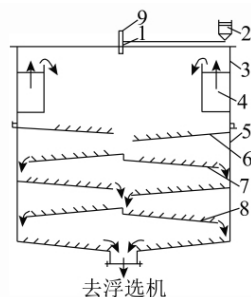


图 3 FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器工作原理

- 1—风动喷射式雾化器;2—加药漏斗;3—上部箱体;4—溢流槽;
5—下部箱体;6—上滑板;7—下滑板;8—坎条;9—压缩空气管

2 工业性试验

2.1 试验系统

临涣选煤厂西区共 3 条生产线,均采用全原煤重介—煤泥脱泥浓缩浮选工艺,每条生产线配置 4 台 FJCA16-4 型煤用喷射式浮选机,每台浮选机采用 1 台 XK-400 型浮选煤浆准备器。2010 年 3 月,西区拆除了 1 台 XK-400 型浮选煤浆准备器(4101 号),

更换为 FCA-2500 型雾化-跌落式煤浆预处理器。浓缩机底流泵通过管路将物料输送至 1 台 FCA-2500 型雾化-跌落式煤浆预处理器(4101 号)和 3 台 XK-400 型浮选煤浆准备器(4102 号、4103 号和 4104 号),进料管径相同,煤浆与药剂混合后至对应的浮选机(4105 号、4106 号、4107 号和 4108 号)。研究了雾化-跌落式煤浆预处理器在不同压力时的雾滴直径和浮选效果,分析其最佳工作压力,并比较了 2 种预处理装置下的浮选效果及药剂用量。

2.2 对比试验

2.2.1 风压的影响

(1) 雾滴大小的测定

煤内部存在许多毛细管和孔隙,这些孔隙的体积占整个煤体积的百分数称为孔隙率。与其它矿物相比,煤的孔隙率要大得多。不同变质程度的煤和不同显微组分的煤具有不同的孔隙率。随着煤变质程度的增加,其孔隙率减小,但至无烟煤时又增大。一般来说,镜质组分的孔隙率较小,丝质组分的孔隙率最大。如不考虑煤的孔隙,理论上浮选药剂雾滴的直径越小,越容易与煤粒表面结合,但如果雾滴过小,就可能使其填充在煤粒表面的孔隙中,增加了药剂用量。因此煤的性质差异决定着浮选药剂雾滴的大小^[2]。浮选药剂雾滴的大小并不

均匀,它是不同直径雾滴的集合,可采用激光粒度分析仪进行测定。浮选剂添加量与雾滴平均直径、风压的关系如图 4 所示。

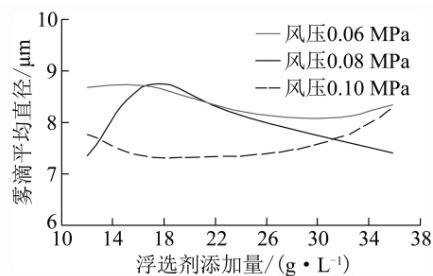


图 4 风动喷射式雾化器中浮选剂添加量与雾滴平均直径、风压的关系

由图 4 可知,随着风压的增大,雾滴平均直径有减小的趋势。 Q (风量) $\propto 0.5H$ (风压),适用的风压大小应针对不同的煤质特性而确定;在相同的风压下,雾滴直径并未随着浮选药剂添加量的增加而明显增大,表明在较宽范围内风动喷射式雾化器具有良好的适用性^[2]。

(2) 最佳压力的确定

表 1 为 3 种不同压力时,雾化-跌落式煤浆预处理器对应浮选机的工艺指标,每种压力分别试验 3~5 次,得出均值。

表 1 雾化-跌落式煤浆预处理器浮选工艺指标对比

压力/ MPa	入料灰 分/%	精煤灰 分/%	尾煤灰 分/%	精煤产 率/%	可燃体回 收率/%	非可燃体混 杂率/%	浮选完善 指标/%	节油率/% (与 XK-400 相比)
0.06(3 次)	24.48	12.01	71.34	79.02	92.07	38.77	53.30	20.60
0.08(5 次)	26.20	11.91	70.08	75.27	89.84	34.21	55.63	23.96
0.10(4 次)	25.45	11.48	69.56	75.85	90.06	34.21	55.85	21.04

由表 1 可知,风压由 0.06 MPa 增至 0.10 MPa 时,与 XK-400 型煤浆准备器相比,雾化-跌落式煤浆预处理器的节油率呈先增加后降低的趋势,浮选完善指标逐渐增加。FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器的风压由 0.06 MPa 增至 0.08 MPa 时,节油率由 20.60% 提高到 23.96%,其原因是风压增加后,浮选药剂雾滴变细,药剂分散更为均匀。当风压由 0.08 MPa 增至 0.10 MPa 后节油率却下降,可能是由于风压达到 0.10 MPa 时,浮选药剂雾滴直径过小,浮选药剂填充在煤粒表面孔隙中,导致节油率下降^[1,3]。对比 3 种不同压力的试验结果,综合考虑节油率及各项浮选指标,临涣选煤厂入选煤泥适宜采用的风压为 0.08 MPa。

2.2.2 设备的影响

在风压 0.08 MPa 的条件下,对采用雾化-跌落式煤浆预处理器的 4105 号浮选机与采用煤浆准备器的 4106 号浮选机进行成对对比试验,结果见表 2。由表 2 可知,在相同入料条件下,2 台浮选机的各项浮选指标差异较小,雾化-跌落式煤浆预处理器比煤浆准备器节省浮选药剂 23.96%,说明雾化-跌落式煤浆预处理器在节省药剂方面具有明显优势。

采用数理统计的 t 检验方法对煤浆准备器和雾化-跌落式煤浆预处理器浮选分选效果的差异性进行验证。4105 号、4106 号浮选机浮选完善指标对比见表 3。

表2 4105号、4106号浮选机浮选指标对比

序号	浮选机	入料	精煤	尾煤	精煤	可燃体	非可燃体	浮选完	捕收剂	起泡剂	节油率/%		
		灰分/ %	灰分/ %	灰分/ %	产率/ %	回收率/ %	混杂率/ %	善指标/ %	用量/ (kg·t ⁻¹)	用量/ (kg·t ⁻¹)	捕收剂	起泡剂	总计
1	4105号	25.61	11.44	72.27	76.71	91.32	34.27	57.05	0.73	0.29	31.78	42.00	35.03
	4106号		10.64	69.09	74.39	89.36	30.91	58.45	1.07	0.50			
2	4105号	26.11	11.09	68.74	73.95	88.98	31.41	57.57	0.54	0.23	22.86	0	17.20
	4106号		10.94	67.28	73.07	88.08	30.62	57.46	0.70	0.23			
3	4105号	27.55	12.62	72.30	74.98	90.44	34.35	56.09	0.59	0.25	19.18	28.57	22.22
	4106号		12.49	69.11	73.40	88.66	33.28	55.38	0.73	0.35			
4	4105号	25.26	12.37	59.87	72.86	85.43	35.68	49.75	0.26	0.14	23.53	17.65	21.57
	4106号		12.37	61.84	73.94	86.70	36.21	50.49	0.34	0.17			
5	4105号	26.47	12.03	77.24	77.86	93.15	35.39	57.76	0.42	0.19	14.29	13.64	14.08
	4106号		11.84	75.89	77.16	92.51	34.51	58.00	0.49	0.22			
平均	4105号	26.20	11.91	70.08	75.44	90.04	34.29	55.75	0.51	0.22	23.72	25.17	23.96
	4106号		11.66	68.64	74.48	89.16	33.13	56.02	0.67	0.29			

表3 风压0.08 MPa浮选机浮选完善指标及差值对比

4105号浮选机浮选完善指标 $X_{1i}/\%$	4106号浮选机浮选完善指标 $X_{2i}/\%$	$d = X_{1i} - X_{2i}$	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
57.05	58.45	-1.40	-1.088	1.1837
57.57	57.46	0.11	0.422	0.1781
56.09	55.38	0.71	1.022	1.0445
49.75	50.49	-0.74	-0.428	0.1832
57.76	58.00	-0.24	0.072	0.0052

t 检验过程: $\sum d = -1.56$

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n} = \frac{-1.56}{5} = -0.312$$

$$\text{标准差 } S_d = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2.5947}{5 - 1}} = 0.8054$$

$$t = \frac{|\bar{d}| \sqrt{n}}{S_d} = \frac{0.312 \sqrt{5}}{0.8054} = 0.8662$$

由 t 分布表查得: 当 $\varphi = 5 - 1 = 4$ 时 $t_{0.05} = 2.776$, 即 $t < t_{0.05}$, 故有 95% 的把握判定 2 台浮选机的分选效果没有显著性差异。

3 效益分析

2011 年临涣选煤厂西区供入选原煤 1035.23 万 t, 生成系统处理能力 2100 t/h, 煤泥质量分数约 20%, 使用浮选煤浆准备器时, 吨干煤泥消耗药剂 0.95 kg, FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器较煤浆准备器节省药剂约 23.96%, 则年节约药剂: $1035.23 \text{ 万 t} \times 20\% \times$

$0.95 \text{ kg/t} \times 23.96\% / 1000 = 471.28 \text{ t}$, 药剂单价为 6500 元/t, 则年节约浮选剂费用约 306.33 万元。

煤浆准备器配套电动机容量为 3 kW, FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器不需要配套电机, 仅需压缩空气。若临涣选煤厂西区 12 台煤浆准备器全部更换为雾化-跌落式煤浆预处理器, 单独配置压缩空气源则需要容积流量约 $2 \text{ m}^3/\text{min}$ 的压缩空气, 配套功耗约 10 kW, 则年节电: $(3 \text{ kW} \times 12 - 10 \text{ kW}) \times 1035.23 \text{ 万 t} / 2100 \text{ t/h} = 12.82 \text{ 万 kWh}$ 。

煤浆准备器的油管易堵塞, 起雾盘不平衡时易烧电机, 疏通管路不便, 需定期清理分散槽内积煤和检查起雾情况, 且维护量较大。FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器由于其药剂管路是负压吸入, 不易堵塞管路, 且不需配置动力设施, 维护量小^[4]。总之, FCA 型雾化-跌落式煤浆预处理器在临涣选煤厂得以成功应用, 具有节能降耗、不需外加动力、维护量小等优点。

(下转第 47 页)

由式(12)可知,当 V_p' 较大,或是精密度 P 要求较高时, n_1 较大,此时若设计专用采样方案时,未考虑 V_p' 的存在,则设计的采样单元子样数会比实际要求偏少 n_1 个,很可能导致设计采样方案的实际总精密度达不到预期要求。因此,在线制样方差 V_p' 和初级子样方差 V_1 同等重要,且可以整体估计。

3.2 方差的测定

采样机从同一批煤或同一煤源的若干批煤中采取一个初级子样,通过在线制样系统所得最后留样,缩制出(或在离线制样的第一缩分阶段取出)2份试样,分别制成分析试样,并用例常分析方法化验相关品质参数,并求二者差值 d_i ,二者均值 x_i ,按例常采样程序共取初级子样个数(n)至少50个,按下式计算

$$V_{PT} = \frac{\sum d_i^2}{2n} \quad (13)$$

$$V = V_1 + V_p' = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n-1} - \frac{V_{PT}}{2} \quad (14)$$

式中, V 为子样方差,是煤炭本身变异性、采样、在线制样总误差的估计值,即阶段①、阶段②的整体方差,其实际含义是采样机缩分后子样所包含的随机误差估计值。

将测定的 $(V_1 + V_p')$ 、 V_{PT} 及 m (m 按GB/T 19494—2004相应方法计算)代入式(11)计算得出 n ,按GB/T 19494—2004《煤炭机械化采样》设计机械化专用采样方案,并核验其精密度^[5]。

(上接第23页)

4 结 语

FCA型雾化-跌落式煤浆预处理器在临涣选煤厂得以成功应用,具有节能降耗、不需外加动力、维护量小等优点。与煤浆准备器相比,FCA型雾化-跌落式煤浆预处理器节省药剂23.96%,每年节省药剂费用306.33万元,节电12.82万kWh。对于FCA型雾化-跌落式煤浆预处理器,还应从粗细煤粒在滑板上的运动规律,与浮选剂雾滴混合接触的最佳时间及接触形成牢固油膜的机理等方面入手,研制实用性强的风动喷射式雾化器,实现设备的系列化、大型化。

4 结 语

煤炭机械化采样及专用采样方案的有机结合是未来煤质管理的趋势。机械化采样过程中各阶段误差可以分阶段核验,也可以将相联系的某些阶段整体核验,利用上述几种方法,能方便地估算各个阶段的方差,有利于全面评价机械化采样各环节的性能状况,以便准确了解误差来源并有效改进;将机械化采样系统的在线制样方差 V_p' 与初级子样方差 V_1 整体定义为子样方差 V ,可以整体估算,并可以据此设计合理的机械化专用采样方案。采样机用户应具有权威技术的单位实施偏倚试验和精密度试验,同时进行配套试验以确定子样方差 V 、在线制样方差 V_p' 、离线制样化验方差 V_{PT} 等各阶段方差,获得更可靠有用的基础数据,为煤质的精细化管理打好基础。

参考文献:

- [1] 谢恩情. 煤炭机械化采样方案的确立[J]. 煤质技术, 2005(4): 46-49.
- [2] 孙刚. 煤炭采样机性能指标的研究[J]. 煤炭学报, 2009, 34(6): 836-839.
- [3] 苏丽清, 李美芬, 曲雪军. 电煤质量存在的问题与对策[J]. 洁净煤技术, 2006, 12(4): 39-41.
- [4] 马国相. 优选采样机是保证出口煤采样精度的关键[J]. 洁净煤技术, 2001, 7(4): 29-31.
- [5] GB/T 19494—2004 煤炭机械化采样[S].
- [6] 段云龙, 韩立亭. 《煤炭机械化采样》实施指南[M]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

参考文献:

- [1] 张立华, 周国亮, 朱金波, 等. FCA-2500型雾化-跌落式煤浆预处理器的研究与应用[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(3): 89-92.
- [2] 朱明生, 杨晓鸿, 王庆国, 等. FCA-2500型雾化-跌落式煤浆预处理器在浮选中的应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2011(2): 1-6.
- [3] 张立华, 周国亮, 朱金波, 等. 煤浆预处理器的综合评述[J]. 选煤技术, 2011(5): 65-70.
- [4] 王勇, 郭崇涛, 许俊杰, 等. PS-600型煤浆预处理器在临涣选煤厂的应用[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(1): 15-18.