

利用废弃无烟煤煤泥生产冶金喷吹料

胡 军¹⁾ 刘炯天²⁾ 马力强²⁾ 王永田²⁾

1)北京科技大学资源工程学院,北京 100083 2)中国矿业大学,徐州 221008

摘 要 利用浮选柱回收凤凰山矿废弃无烟煤煤泥,突破了无烟煤不浮选的传统,把浮选柱新技术、新工艺应用于废弃资源回收,既充分利用煤泥资源、增加经济效益,又减少煤泥外排对环境的污染。

关键词 浮选柱;煤泥;选矿;废弃物资源化

分类号 TD 923; TF 04

文献标识码: A

晋城矿务局煤泥的特点是:灰分偏高(>40%);粒度过细(<0.045 mm 部分达 90%以上);水分含量高(约在 30%左右);热值较高(平均低位发热量为 19 MJ/kg)。本项目研究的目标就是在 400 万 t/a 的凤凰山选煤厂建立浮选柱煤泥分选系统,并达到如下效果:

(1)利用适应大型洗煤厂需要的国内最大的柱浮选设备——FCSMC-3 000×6 000 旋流—静态微泡浮选床;

(2)针对高灰细泥物料,通过浮选柱分选,获得高炉喷吹低灰精煤,提高煤炭产品的附加值,进一步提高浮选柱的适应性,完善浮选柱的性能;

(3)简化现行的细粒煤分选工艺,降低投资及运行费用,进一步提高细粒煤的分选效益。

高炉喷吹粉煤是从高炉风口向炉内直接喷吹磨细了的无烟粉煤或烟煤粉煤或这两者的混合煤粉,以替代焦炭提供热量和还原剂。这种方法可以降低焦炭消耗,少建焦炉,降低炼铁系统的投资,提高劳动生产率,减少污染,大幅度降低生铁成本。对高炉喷吹用煤的要求是:低灰、低硫、可磨性好、胶质层厚度小、煤的燃烧性能好、煤的发热量高。

1 旋流—静态微泡浮选柱

该技术的关键是采用先进高效的微细粒分选手段。浮选柱选煤技术为该项目的实施提供了可靠的技术保障。旋流—静态微泡浮选柱的基本结构及原理如图 1 所示。

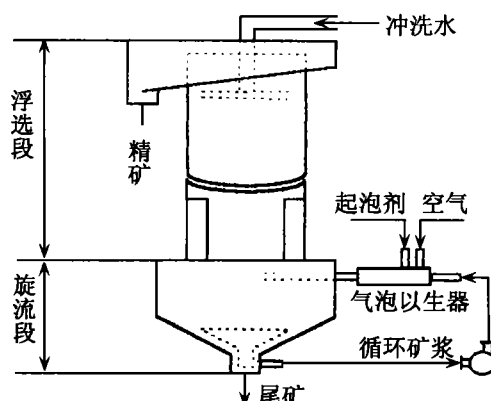


图 1 旋流—静态微泡浮选柱的原理图

Fig.1 Block diagram of cyclonic-static microbubble flotation column

旋流—静态微泡浮选柱包括浮选柱分选段(下称浮选段),旋流器分选段(下称旋流段)和气泡发生器 3 部分。浮选段为一柱体,位于整个柱体上部;旋流段采用柱—锥相连的水介旋流器结构,并与浮选段呈上、下结构相连。从旋流段角度,浮选段相当于放大的旋流器溢流管。在浮选段的顶部,设置了清洗水管和泡沫精矿收集槽;给矿点位于浮选段中上部,最终尾矿由旋流器底流口排出。气泡发生器采用外置式,并沿切线方向与旋流段柱体相连(相当于旋流器切线给料管)。气泡发生器上设导气管。

气泡发生器是浮选柱的关键部件。它采用文丘里管的内部结构,具有引入气体并把气体粉碎成气泡的双重作用。经过加压的循环矿浆进入气泡发生器,引入气体并形成含有大量微细气泡的气、固、液三相体系,然后沿切线高速进入旋流段。这样,气泡发生器在完成浮选充气的同时,又在柱体底部形成了旋流力场,为整个

分选打下了基础。

当大量气泡沿切线进入旋流段时, 由于离心力和浮力的共同作用, 便迅速以旋转方式向旋流段中心汇集, 进入浮选段并在柱体断面上得到分散. 与此同时, 由上部给入的矿浆连同矿物(煤)颗粒呈整体向下柱塞式移动, 与呈整体向上升浮的气泡发生逆向运行与碰撞. 气泡在上升过程中不断矿化. 与其他浮选柱不同的是, 气泡一进入浮选柱即被矿浆水流很快分散, 减少了沿柱体断面扩散所需的路径, 从而为降低浮选柱高度创造了条件.

旋流段不仅加速了气泡在柱体断面上的分散, 更重要的是对经过浮选段分选的中矿以及循环中矿具有再选作用. 在旋流力场作用下, 两部分中矿按密度发生分离, 低密度物料(包括绝大部分气泡和矿化气泡)汇集旋流段中部并向上进入浮选段, 再次经历浮选回收过程. 因此, 作为浮选的补充, 旋流段强化了分选与回收. 对于煤泥的降灰脱硫来说, 浮选段和旋流段的联合分选具有十分重要的意义, 浮选段的优势在于提高选择性, 保证较高的产品质量; 而旋流段相对优势在于提高产率, 保证较高的产品数量.

浮选柱底部的双倒锥结构把经过旋流力场充分作用的底部矿浆机械地分流成两部分: 少量微细气泡以及大量中间密度物料进入内倒锥, 单独引出后作为循环中矿; 而大量高密度的粗颗粒物料则由内外倒锥之间排出, 成为最终尾矿. 循环中矿作为工作介质完成充气并形成旋流力场. 采用双倒锥结构有以下优点: (1)减少了高灰物质循环对分选的影响; (2)微细气泡循环增加了溶解气体析出量; (3)中矿(中间密度级物料)循环恰好使一些可浮性差的待浮物, 在气泡发生器内得到高度紊动矿化, 有利于改善浮

选回收; (4)减少了循环系统, 特别是关键部件气泡发生器的磨损, 有利于延长设备寿命.

浮选段内的介质充填是应其内部的分选静态化要求而设的. 由于沿柱体高度方向上大量涡旋体系的存在(特别是下部旋流场的扰动, 使其涡旋尺度达到几米), 不仅使得浮选段内的“逆向碰撞矿化”无法进行, 分选效率降低, 而且由于沿柱高灰分梯度太小, 极大地恶化了柱体内的分离环境. 抑制柱体内的涡旋形成是实现浮选柱分选优势的关键.

2 煤质特性及分选试验结果

2.1 煤泥的煤质特征

煤泥的煤质特征、元素和煤灰成分分析如表 1 和表 2 所示.

2.2 分选特性

凤凰山矿选煤厂进入煤泥水系统的煤泥有以下几个来源: 重介选煤系统的脱泥筛筛下水、离心机离心液、磁选尾矿; 跳汰选煤系统捞坑溢流.

(1)粒度组成 1999 年 4 月份完成的新、老厂煤泥筛分试验综合报告如表 3. 根据新老厂煤泥含量测试结果, 新老厂煤泥量之比为 78.67: 21.33. 从表中看出: -0.074mm 占全级的 78.83%, 说明微细颗粒含量很高, 为分选的主要级别; 细煤泥灰分为 46.52%, 说明有较为严重的泥化现象; $+0.074\text{mm}$ 以上各粒级含量非常均匀, 其中 $+0.45\text{mm}$ 含量为 3.45%, 说明跑粗并不严重, 尤其是新厂有捞坑把关, 基本没有跑粗.

(2)煤泥分选处理结果. 晋城矿务局凤凰山矿高灰无烟煤泥的分选试验结果见表 4 和表 5. 煤样由凤凰山矿选煤厂提供, 试验由中国矿业大学洁净煤研究所在实验室的浮选柱中试系统

表 1 煤质特征及元素分析(质量分数)

Table 1 Coal characteristic and chemical analysis

%

煤种	全水分	工业分析			低位发热量/ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	全硫	元素分析			
		水分	灰分	挥发分			C	H	N	O
细煤泥	28.07	3.00	41.5	8.16	7.4	0.17	93.0	2.82	1.04	2.15
粗煤泥	26.88	2.14	29.4	7.88	19.6	0.20	94.7	2.69	1.02	1.12

表 2 煤灰成分分析

Table 2 Coal ash analysis

煤种	$w_i/\%$							熔性		
	二氧化硅	氧化铝	氧化铁	氧化钙	氧化镁	二氧化钛	三氧化硫	$t_{\text{变形}}/^\circ\text{C}$	$t_{\text{软化}}/^\circ\text{C}$	$t_{\text{流动}}/^\circ\text{C}$
细煤泥	44.4	34.0	4.18	10.1	4.92	1.38	0.74	1410	1440	>1500
粗煤泥	45.2	32.4	5.87	5.30	1.40	1.48	2.56	1420	1420	>1500

表 3 煤泥筛分试验表
Table 3 Results of sludge size analysis

粒度/mm	新厂		老厂		全厂综合			
	R/%	A/%	R/%	A/%	R/%	A/%	ΣR	ΣA
+0.90	—	—	8.87	19.09	1.89	19.09	1.89	19.09
0.90~0.45	0.21	15.36	6.54	15.70	1.56	15.67	3.45	17.54
0.45~0.30	1.04	10.85	4.43	17.10	1.76	14.22	5.21	16.42
0.30~0.20	1.92	11.04	3.13	16.50	2.18	12.70	7.39	15.32
0.20~0.15	3.62	12.59	3.33	18.73	3.56	14.10	10.95	14.93
0.15~0.125	3.46	17.97	3.24	28.37	3.41	20.09	14.36	16.15
0.125~0.098	3.15	22.00	3.00	18.26	3.12	21.22	17.48	17.06
0.098~0.088	1.87	23.84	2.58	22.19	2.02	23.41	19.50	17.71
0.088~0.074	1.52	27.28	2.22	26.76	1.67	27.12	21.17	18.46
—0.074	83.21	44.30	62.66	57.40	78.83	46.52	100.00	40.58
小计	100.00	39.86	100.00	43.22	100.00	40.58	—	—

注：R为产率；A为灰分

表 4 中试浮选柱试验条件
Table 4 Test conditions of pilot flotation column

项目名称	指标
入料灰分比率/%	47.11
入料粒度比率/%	−0.045 mm 大于 92%
$C_{入料}/g \cdot L^{-1}$	75
处理能力/ $L \cdot h^{-1}$	80(≈3 t干煤泥/ $m^2 \cdot h$)
$P_{工作}/MPa$	0.13~0.16
充气量/ $m^3 \cdot h^{-1}$	0.12
捕收剂(FS202)用量/kg	1.5
起泡剂(GF)用量/kg	0.2
喷洗水量/ $L \cdot h^{-1}$	10

注：物料用量指 1 t 干煤泥的用量

表 5 中试浮选柱分选结果
Table 5 Results of pilot flotation column separation

项目名称	1	2	3	4
精煤灰分比率/%	9.66	10.77	10.93	10.82
尾煤灰分比率/%	78.65	79.87	79.59	79.32
精煤计算产率/%	45.72	46.41	47.31	47.02

表 6 凤凰山矿细煤泥分步释放试验结果
Table 6 Results of step release tests of Fenghuangshan sludge

产品	产率/%	$w_{灰分}/\%$	累积产率/%	$w_{灰分}/\%$
J_0	18.07	5.02	18.07	3.02
W_6	4.91	17.02	22.98	5.45
W_5	5.02	8.62	28.00	6.02
W_4	5.85	11.22	33.85	6.92
W_3	7.00	25.61	40.85	10.12
W_2	15.26	56.37	56.11	22.70
W_1	43.87	80.40	100.00	48.02
计算入料	100.00	48.02	—	—
实际入料	100.00	48.45	—	—

注： J_0 为精煤； $W_1 \sim W_6$ 为尾煤；

上完成。

以压滤机的滤饼作为试验样品，进行的浮选机分步释放试验结果如表 6 所示。从表中可以看出，当精煤灰分接近 11% 时，采用浮选机的精煤回收率为 40%，而当用浮选柱进行分选时，精煤产率可达到 47%，因此确定选用浮选柱来分选细粒煤泥。

3 选煤方法及工艺流程

3.1 选煤方法

入料原煤存在着非常严重的泥化现象。本设计在确定选煤方法时，曾采用浮选机分选结果为对照方案。经过对比，确定采用分选下限低、分选效率高的旋流—静态微泡浮选柱。为满足浮选柱入料上限的要求，预先去除+0.5 mm 的粗颗粒物料，因其量很小，可直接与浮选精煤掺合。

3.2 工艺流程

洗选生产系统产生的煤泥水进入煤泥浓缩机，跳汰选煤系统为一个φ30 m 的浓缩机，重介选煤系统为一个φ15 m 和一个φ24 m 的浓缩机，浓缩机溢流作为循环水，底流进入本设计的煤泥分选系统。

煤泥首先进行筛分去粗分级，分级粒度为 0.5 mm，而−0.5 mm 物料全部入浮选柱进行浮选。根据现有生产条件，浮选柱分选的尾煤可进入废水浓缩机由泵打到矸石山；在矸石山不能使用时，可用沉降离心机和压滤机回收浓缩机的底流，尾煤用汽车运输至矸石山废弃。废水浓缩机的溢流作为循环水。

浮选柱分选的精煤用压滤机回收,为减少压滤的处理量可与沉降离心机或电磁高频细筛配合使用,脱水后的精煤与高频筛分级后的粗颗粒混合进入干燥系统.精煤、尾煤脱水考虑采用沉降离心机加压滤机,沉降离心液作为压滤机的入料,滤液作为循环水.

在干燥系统中,采用 9 m^2 的燃烧炉和 $2.8\text{ m} \times 14\text{ m}$ 的滚筒干燥机,燃烧炉的燃料来自于跳汰选煤系统装仓皮带的分流,燃烧的炉渣用汽车外运,干燥后的产品经皮带转载返入重介选煤系统的装仓皮带,可单独装仓,也可实现与末原煤的掺合.干燥系统采用一段旋风除尘和二段湿式除尘,以满足环保需要.为适应市场,设计保持了原有的煤泥水系统处理工艺.系统中亦可实现煤泥不分选干燥回收.

3.3 计算指标的选取

分选效率 75%;浮选柱尾煤灰分 75.00%,精煤灰分 11.50%;精煤产率 52.96%;合计精煤灰分 11.88%,产率为 54.57%;最终产品平衡表见表 7.

3.4 主要设备选型

设备的选型全部采用国产设备,在回收设

备上利用了原有生产系统的沉降过滤式离心机和板框压滤机.为降低成本,设计中考考虑用电磁高频细筛带零星沉降离心机.设计全部设备生产能力与现有选煤生产能力配套.选型计算中,电磁高频细筛作为沉降离心机备用设备,以减少电耗,降低成本.

表 7 最终产品平衡表

Table 7 Balance values of final product

产品	R/%	产量			$w_k/\%$	$w_k/\%$
		时产/t	日产/t	年产/t		
精煤	4.30	40.90	490.8	17.18	11.88	10.00
尾煤	3.58	34.10	409.2	14.32	75	—
原煤	7.88	75.00	900.0	31.50	41.40	—

4 结论

该项目技术已属成熟技术,现已有 20 多家生产厂家投产应用,运行效果良好.

近年来由于煤炭市场疲软,一些煤矿产品销售不畅,影响了煤炭系统的经济效益.但由于本项目生产的产品属优质冶金喷吹料,灰分低,粒度细,且成本很低,因而市场风险极小.本项目总投资相对较小,利润率高,投资风险极小.

Production of Metallurgical Cleans from Waste Anthracite Culm

HU Junm¹⁾, LIU Jingtian²⁾, MA Liqiang²⁾, WANG Yongtian²⁾

1)Resources Engineering School UST Beijing, Beijing 100083,China 2)CUMT, Xuzhou 221008,China

ABSTRACT The recovery of anthracite sludge in Fenghuangshan Mine by flotation column broke through the tradition that flotation does not fit to anthracite. The application of flotation column as a new technology in the recovery of waste anthracite did not only bring benefits to the Min by full utilization of the sludge, but also reduced the environmental pollution of the sludge discharge.

KEY WORD flotation column; coal sludge; coal preparation; waste recovery