

文章编号: 1001-3571 (2018) 04-0070-04

影响煤泥浮选工艺效果的主要因素分析

杨秀秀^{1 2 3}

(1. 中煤科工集团唐山研究院有限公司, 河北 唐山 063012; 2. 天地(唐山)矿业科技有限公司, 河北 唐山 063012;
3. 河北省煤炭洗选工程技术研究中心, 河北 唐山 063012)

摘要: 煤泥浮选工艺效果受很多因素影响, 这些因素大体可以归纳为六类, 它们之间既相互联系, 又相互制约。为了更好地指导煤泥浮选生产, 对煤泥性质、煤浆性质、药剂制度、浮选工艺、浮选设备性能、操作条件六种影响因素进行分析, 以期为不同因素之间的内在联系研究奠定基础, 进而为煤泥浮选工艺效果的提高和稳定提供理论支持。

关键词: 煤泥浮选; 浮选工艺效果; 煤泥性质; 药剂制度; 浮选工艺; 操作条件
中图分类号: TD943 文献标志码: B

Analysis of the main factors affecting fine coal floatation performance

YANG Xiuxiu^{1 2 3}

(1. Tangshan Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology & Engineering Group, Tangshan 063012, China;
2. Tiandi Mining Technology Co. Ltd., Tangshan 063012, China; 3. Hebei Coal Preparation Engineering & Technology Research Center, Tangshan 063012, China)

Abstract: Fine coal floatation performance is subject to the influence of a multiple factors which are largely grouped into 6 categories. They are interrelated and mutually restricted. In order to provide a better guidance for the fine coal floatation operation, an analysis is made in the paper of the 6 influencing factors, i. e. coal property, pulp property, reagent regime, floatation process, performance of floatation equipment and operating conditions, so as to lay a basis for the study on the interrelation of the factors involved and provide hence a theoretical support for the improvement and stability of fine coal floatation performance.

Key words: fine coal floatation; floatation performance; coal property; reagent regime; floatation process; floatation operating condition

浮选是实现 <0.5 (0.3) mm 粒级煤泥分选最有效的方法^[1-2], 在国内外炼焦煤选煤厂得到了广泛应用。自 1910 年浮选技术问世以来, 已经得到 100 多年的发展, 期间出现了种类繁多的浮选设备, 在我国现场仍可见到的国内外浮选设备有十余种^[3]。随着浮选技术的发展与应用, 与煤泥浮选工艺效果有关的药剂制度、浮选工艺、操作条件等

因素也得到了研究者关注。

煤泥浮选是一个错综复杂的工艺过程, 影响煤泥浮选工艺效果的因素很多, 大体可以分为六种, 即煤泥性质、煤浆性质、药剂制度、浮选工艺、浮选设备性能、操作条件, 这些因素之间既相互联系又相互制约, 对煤泥浮选工艺效果有着不同程度的影响。只有深入了解各种因素并掌握其内在联系,

收稿日期: 2018-06-01 责任编辑: 吴迪 DOI: 10.16447/j.cnki.cpt.2018.04.018

作者简介: 杨秀秀 (1982—), 女, 辽宁鞍山人, 工程师, 硕士, 从事选煤设备制造工艺方面的研究。E-mail: yangxiuxiudx2005@163.com, Tel: 0315-7759155。

引用格式: 杨秀秀. 影响煤泥浮选工艺效果的主要因素分析 [J]. 选煤技术, 2018 (4): 70-73, 77.

YANG Xiuxiu. Analysis of the main factors affecting fine coal floatation performance [J]. Coal Preparation Technology, 2018 (4): 70-73, 77.

同时在最大程度上保持其相对稳定,才能取得良好的浮选工艺效果和技术经济指标^[4]。为此,对煤泥性质、煤浆性质、药剂制度、浮选工艺、浮选设备性能、操作条件六种因素进行分析,并总结出不同因素的影响规律。

1 煤泥性质

煤泥可浮性是指通过浮选技术提高其质量的难易程度,影响煤泥可浮性的决定性因素是煤泥性质,它是客观存在的自然属性,包括煤的变质程度、煤表面的氧化程度、煤岩组分、矿物杂质、粒度组成等。

1.1 煤的变质程度

煤按变质程度由年轻到年老分为低阶煤、气煤、气肥煤、1/3焦煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫瘦煤、贫煤、无烟煤,其中,中等变质程度的焦煤疏水性最好,即可浮性最好。由该焦煤向两侧,各种煤的疏水性均逐渐变差,低阶煤和年老无烟煤的疏水性最差。

各种煤的疏水性可以通过三相接触角表征,三相接触角越大,其疏水性越好;反之,三相接触角越小,其疏水性越差。中等变质程度的焦煤三相接触角最大,接近 90° ,年轻气煤的三相接触角在 $65^\circ \sim 72^\circ$ 之间,年老无烟煤的三相接触角为 73° ,故年轻气煤和年老无烟煤的疏水性最差。此外,煤的疏水性与其表面孔隙率有关,疏水性越好(接触角越大),则孔隙率越小,需要的浮选剂越少,甚至不需要药剂;相反,疏水性越差(接触角越小),则孔隙率越大,需要更多的浮选剂来提高其疏水性。

1.2 煤表面的氧化程度

煤表面发生氧化的形式有两种:一种是在风化过程中被氧化,另一种是在水中浸泡被氧化。氧化初期,氧气在煤粒表面只是物理吸附,有助于提高煤粒的疏水性,即提高煤泥可浮性;此后,氧气在煤粒表面发生化学吸附,煤粒的疏水性降低,煤泥可浮性变差。

生产实践发现:与煤在空气中的氧化相比,煤在水中的氧化更加剧烈,故煤在水中浸泡时间越长,对煤泥可浮性的不良影响越大。因此,应尽量避免煤长时间暴露在空气中,更不能使其长时间滞留在水中。

1.3 煤岩组分

煤岩组分分为镜煤、亮煤、暗煤、丝炭四种,

一般煤泥可浮性按镜煤、亮煤、暗煤、丝炭依次递减。低密度煤泥中多为镜煤和亮煤,灰分低,疏水性好,可浮性好;高密度煤泥中多为暗煤和丝炭,灰分高,疏水性差,可浮性差;中间密度的煤泥含量越高,煤泥可浮性越差。

密度组成在一定程度上能反映煤泥可浮性,但不同于重力选煤,浮选是根据煤与杂质表面润湿性差异进行分选的,煤泥的密度组成只能在一般情况下对其做出大致判断,并不能成为其可浮性的判断依据。

1.4 矿物杂质

1.4.1 易泥化矿物杂质

易泥化的矿物杂质主要指高岭土、泥质页岩等黏土类物质,这类矿物杂质在浮选过程中由于受水浸和搅拌,极易碎散为亲水性的细微颗粒吸附于煤粒表面,随着煤粒浮起而混入精煤,造成浮选精煤污染;同时煤粒表面被细泥覆盖后,也降低了煤粒的疏水性,阻碍了煤粒与气泡的吸附,从而使之损失在尾煤中,降低了尾煤灰分。此外,这些细泥由于具有很大的比表面积,能够抢先吸附浮选剂,因此加大了浮选剂消耗量,使得煤粒不能吸附足够的浮选剂,造成浮选精煤灰分升高,尾煤灰分降低的情况。当入浮煤泥中含有大量的泥化矿物杂质时,必须采取适当措施来减轻或消除这类矿物的不利影响,如脱泥浮选、降低入料煤浆浓度或粗选泡沫再精选等方法。

1.4.2 硫化物

煤中硫化物通常以两种形式存在,有机硫和无机硫。有机硫来自于成煤植物,是煤的结构成分,均匀分布在煤炭中,目前采用任何方法都不能将其除去。无机硫主要指硫铁矿硫,通常可采用抑制剂来抑制硫铁矿的浮起。

1.5 粒度组成

在煤泥浮选过程中不同粒径的煤粒产率不同。粒度越粗或越细,产率均较低,只有中等粒级的煤粒才有较高的产率。这是因为质量过大的煤粒在浮选过程中更容易受到漩涡离心力的影响而从气泡上脱落;质量过小的煤粒更容易吸附在气泡表面,随矿化气泡进入泡沫层污染精煤。除粒度外,煤粒的几何形状对浮选效果也有一定影响,若表面较光滑或呈球形,则难以破坏水化层,附着几率小;若表面较不规则,则更容易破坏水化层,从而使气泡与煤粒接触附着。因此,在浮选过程中,应避免对煤浆进行长时间搅拌,以免使煤粒棱角磨掉而影响其

可浮性。

2 煤浆性质

煤浆性质主要包括煤浆中的无机电解质、残存的浮选剂和絮凝剂、酸碱度等,这些因素都对浮选工艺效果有影响。对于这些影响因素的研究,目前仅停留在实验室阶段,还没有应用于工业现场。

(1) 无机电解质。煤浆中的无机电解质主要是带正电的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和带负电的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 CO_3^{2-} 等。水中各种分子、离子的总量称为水的矿化度,国外学者的研究结果表明:煤浆矿化度的提高对改善煤泥浮选工艺效果是有利的。国内还未发现同类研究成果,工业现场也没有具体应用。

(2) 残存浮选剂。为提高煤泥浮选效果,浮选时添加有浮选剂(捕收剂和起泡剂)^[5-6],而部分浮选剂随尾矿排出,经处理后随循环水重新回到浮选系统。因此,在实际生产过程中,不仅新加浮选剂在起作用,残余浮选剂也在发挥作用,所以浮选精煤、尾煤的质量是两者共同作用的结果。

(3) 残余絮凝剂。絮凝剂被广泛应用在浮选尾煤水的澄清作业中,澄清的循环水中必然含有残余絮凝剂。这些絮凝剂随着循环水返回浮选系统后,也对煤泥浮选工艺效果有一定影响。

(4) 酸碱度。我国绝大多数选煤厂的生产用水属于中性或接近中性,对煤泥浮选效果没有显著的不利影响。当入选原煤属于高硫煤时,生产用水呈酸性,此时一般采用烧碱或石灰作为添加剂来中和酸性,这不但有利于煤泥浮选,而且在一定程度上能够阻止设备、管道等被腐蚀。

3 药剂制度

在煤泥浮选过程中,为强化煤与矸石的分离效果,必须添加一定量的浮选剂。选煤厂常用的浮选剂有两种,一种是捕收剂,另一种是起泡剂。捕收剂的作用是使煤粒在气泡表面的附着强度,起泡剂的作用包括使空气在煤浆中分散成小气泡,提高泡沫的稳定性,减小气泡的升浮速度,延长气泡在煤浆中的停留时间等。浮选药剂制度主要是从药剂种类、加药方式、药剂分散性等方面,提高煤泥的浮选效果。

3.1 药剂种类

药剂种类的选择取决于煤泥性质和所含杂质的种类及数量。简单来说,如果煤泥可浮性为易浮,

则对捕收剂的要求可以适当放宽;如果煤泥可浮性为难浮,则必须选用捕收能力较强的捕收剂。如果煤泥中的高灰细泥较多,则应当选择具有良好性能的浮选剂。

3.2 加药方式

加药方式是指将浮选剂一次或分段添加到浮选设备内,一次加药是将全部浮选剂添加到煤浆预处理装置内,分段加药是将浮选剂分别添加到煤浆预处理装置和某几个浮选室内。

一次加药易使浮选机前段的高灰细泥矿物通过机械夹带方式上浮,导致浮选精煤灰分升高;浮选末期由于起泡剂浓度降低,没有足够的气泡携带煤粒上浮,导致浮选精煤产率降低。对于粒度组成较为均匀或可浮性为易浮的煤泥,一般采用一次加药方式。

分段加药适用于较难浮的煤泥,一般在煤浆预处理装置内加入药剂总量的60%~70%,其余部分分批加入适当位置。分段加药能使粗颗粒表面吸附足够的油类捕收剂,进而加快煤泥浮选速度,提高浮选精煤可燃体回收率;同时能避免细颗粒和细泥过多吸附药剂,从而减少浮选剂的用量;此外,还能使整个浮选过程中的浮选剂浓度保持均匀,进而提高难浮煤泥的选择性。

3.3 药剂分散性

浮选剂在水中的分散性很差,在外力作用下才能分散成无数个直径很小的油滴。在体积相同的情况下,油滴(药剂团)直径越小,数量就越多,在煤浆中分散越均匀,与煤粒接触的机会也越多,既可以提高浮选速度,又可以节省浮选剂。

浮选剂主要有三种分散方式,即机械分散、乳化分散和雾化分散。机械分散是浮选剂分散的常规方式,浮选剂通过导管给入浮选机叶轮下方,通过叶轮搅拌将其分散;乳化分散就是以水作为介质,通过某种手段形成乳浊液;雾化分散就是以空气作为介质,通过某些手段形成气溶胶。

4 浮选工艺

浮选工艺是影响煤泥浮选工艺效果的重要因素之一,它的制定取决于煤浆性质和对精煤、尾煤质量的要求。浮选工艺分为粗选工艺、精选工艺和分级浮选工艺三种,其中精选工艺又分为全部精选、部分精选和二次浮选三种工艺。

4.1 粗选工艺

粗选工艺是指煤浆仅需经过一次分选就能得到

合格产品的工艺,煤浆通过入料箱进入浮选机的浮选室,各室的精矿泡沫汇集后成为最终精煤,尾矿从最后一室的尾矿箱排出,这是我国最常见的浮选工艺。该工艺简单,处理量大,适用于粒度组成偏细、可浮性较好的煤泥。

4.2 精选工艺

精选工艺是对混入浮选精煤的主导粒级细泥(≤ 0.30 mm)进行再次分选的工艺,其目的是降低浮选精煤灰分。该工艺分为全部精选、部分精选、二次浮选三种,全部精选是指上游浮选机的精煤产品全部进入下游浮选机再次分选的工艺;部分精选是指上游浮选机前几室的精煤产品进入下游浮选机再次分选的工艺,由于其流程复杂,单位处理能力小,电耗和水耗较高,仅在分选难浮、极难浮煤泥^[7]或生产低灰精煤时选用;二次浮选^[8-9]是指上游浮选机的精煤产品经过沉降过滤式离心脱水机脱水回收后,离心液和滤液再由其他浮选机单独分选的工艺。

由于入料中的高灰细泥大部分以气絮团的形式混入精煤泡沫,无论采用怎样的精选工艺,也不能大幅降低浮选精煤灰分。目前,在我国煤泥精选工艺中,采用全部精选工艺的占多数,部分精选和二次浮选工艺只在个别选煤厂有所应用。

4.3 分级浮选工艺

分级浮选工艺^[10]是指将浮选入料以0.125 mm作为分级粒度,粗粒级(> 0.125 mm)采用机械搅拌式浮选机分选,细粒级(≤ 0.125 mm)采用浮选柱或喷射式浮选机分选^[11-12]。这样能够充分发挥不同浮选设备的优势,进而保证浮选精煤产品质量满足要求。

5 浮选设备性能

浮选设备的性能也是影响浮选工艺效果的重要因素,具体包括两个方面,即浮选设备的种类及其磨损情况。目前,我国的浮选设备主要有机械搅拌式浮选机、喷射式浮选机、浮选柱(床),不同浮选设备有着不同的适用条件,其中机械搅拌式浮选机适应性最强,不但适用于疏水性好、粒度细的煤泥,而且对疏水性差、粒度粗的煤泥有着较好的分选效果;喷射式浮选机、浮选柱(床)等浮选设备对疏水性好、粒度细的煤泥浮选效果良好。

由于长时间的运行,浮选设备的零部件会有不同程度的磨损,严重影响其充气量,进而对煤泥浮

选效果产生不利影响。就机械搅拌式浮选机来看,易于磨损的零部件主要包括叶轮、定子、导向片等。当关键零部件磨损到一定程度后,浮选设备的结构参数就会被破坏,进而无法保证煤泥浮选工艺效果,此时应该及时更换新的零部件。

6 操作条件

操作条件主要指浮选设备的操作条件,包括煤浆流量、煤浆浓度、充气量、泡沫层厚度等。煤浆流量直接影响浮选设备的处理能力,是一项考核浮选设备处理能力的重要指标,也是一个影响浮选过程的主要因素。为了充分发挥浮选设备的处理能力,在保证各项浮选指标全面、均衡的前提下,要尽量增加浮选设备的煤浆流量(给料量)。

煤浆浓度是操作条件中的一个重要因素,它不但影响浮选精煤的数质量,而且影响浮选剂的消耗量和浮选设备的处理能力等。通常情况下,适当提高煤浆浓度,精煤、尾煤灰分也相应增加;但过高的煤浆浓度易使精煤灰分增加,尾煤灰分降低,精煤产率下降。适当降低煤浆浓度,可以消除细泥污染,降低精煤灰分;但过低的煤浆浓度易使精煤、尾煤水分增加,导致后续脱水作业困难。此外,降低煤浆浓度还可以提高浮选选择性,但会引起浮选剂用量增加,浮选设备处理能力下降,电耗和稀释水用量增大,致使选煤生产成本增加。

浮选设备的充气量直接影响煤泥浮选工艺效果,如果充气量过大,则气泡容易兼并,并形成气流,导致液面“翻花”,进而无法形成稳定的泡沫层;如果充气量过小,则疏水性好的低灰物料不能随气泡上浮而损失在尾煤中,进而影响浮选精煤产率。因此,实际生产中应将充气量控制在合适的范围内。

泡沫层厚度可以通过调整液面高度来调节,如果液面高度过低,则矿化气泡不能及时被刮出,并流失在尾煤中,进而影响浮选精煤产率;反之,如果液面高度过高,则二次富集作用下的高灰细泥易随矿化气泡被刮出,导致浮选精煤灰分增加,进而污染最终精煤产品。

7 结语

影响煤泥浮选工艺效果的因素众多,可总结成煤泥性质、煤浆性质、药剂制度、浮选工艺、浮选
(下转第77页)

参考文献:

- [1] 黄亚飞. 浅槽刮板重介质分选机的应用分析 [C]// 中国煤炭学会选煤专业委员会. 2010年全国选煤学术交流会议论文集. 唐山《选煤技术》编辑部, 2010: 77-78.
- [2] 胡国梁. 浅槽重介分选机的应用现状 [J]. 建筑工程技术与设计, 2017 (30): 19-24.
- [3] 贺民强, 程国锋, 刘家宝. 重介浅槽分选机的原理及应用分析 [J]. 能源与节能, 2014 (6): 133-135.
- [4] 史瑞青. 重介浅槽分选机的设计优点分析和研究 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2013 (S1): 18-19.
- [5] 李 宝. XZQ型浅槽重介分选机的改造和优化 [J]. 选煤技术, 2016 (6): 43-45.
- [6] 吕一波, 闫贺卿, 彭德强, 等. 水介流化床粗煤泥分选机分选原理及应用效果研究 [J]. 煤炭技术, 2014, 33 (12): 315-317.
- [7] 郭 德, 魏树海, 张秀梅. 脉动粗煤泥分选机分选理论及其应用研究 [J]. 煤炭学报, 2015, 40 (9): 16-19.
- [8] 段福山, 孙友彬. TDS智能干选机在干河煤矿的应用 [J]. 选煤技术, 2018 (2): 68-72.
- [9] 黄亚飞, 齐正义, 徐春江, 等. 浅槽刮板重介质分选机流场试验研究 [J]. 选煤技术, 2012 (6): 27-32.
- [10] 杨 青. 选煤厂重介浅槽分选机应用及故障处理 [J]. 煤矿现代化, 2018 (6): 162.
- [11] 李 星. 保德选煤厂重介浅槽分选机应用效果及常见故障处理 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2016 (13): 131-133.
- [12] 所燕武, 刘建新, 吴付德. MZC-16型浅槽重介质分选机的改进 [J]. 选煤技术, 2012 (4): 27-28.
-
- (上接第73页)
- 设备性能、操作条件六种, 它们之间既相互影响, 又相互联系。其中, 煤泥性质是其固有特性, 也是客观存在的既定因素, 不可改变; 其余因素是后期人为制定的因素, 可归纳为生产条件和操作条件, 是可以调控的因素。只有全面了解这些因素, 并掌握其内在联系, 才能在实际生产过程中及时采取应对措施, 进而得到最佳的浮选效果。
- 参考文献:
- [1] 吴大为. 浮游选煤技术 (第1版) [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2004: 184.
- [2] 石 焕, 程宏志, 刘万超. 我国选煤技术现状及发展趋势 [J]. 煤炭科学技术, 2016, 44 (6): 169-174.
- [3] 刘炯天, 王永田, 曹亦俊, 等. 浮选柱技术的研究现状及发展趋势 [J]. 选煤技术, 2006 (5): 25-29, 92.
- [4] 徐 博, 徐 岩, 于 刚. 煤泥浮选技术与实践 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 1-70.
- [5] 王学霞, 谢广元, 彭耀丽, 等. 新型浮选药剂改善煤泥分选效果的试验研究 [J]. 中国煤炭, 2013, 39 (8): 89-92.
- [6] 吉登高, 蔡阳辉, 彭素琴, 等. 提高煤泥浮选捕收剂性能的实验研究 [J]. 洁净煤技术, 2012, 18 (2): 6-9.
- [7] 桂夏辉, 程 敢, 刘炯天, 等. 异质细泥在煤泥浮选中的过程特征 [J]. 煤炭学报, 2012, 37 (2): 301-309.
- [8] 王燕明, 杜振宝. 高灰细泥对煤泥水处理系统的影响 [J]. 洁净煤技术, 2012, 18 (5): 28-30, 41.
- [9] 牛 勇, 王怀法. 难浮煤泥浮选工艺研究 [J]. 洁净煤技术, 2011, 17 (3): 6-8.
- [10] 谢广元, 倪 超, 张 明, 等. 改善高浓度煤泥水浮选效果的组合柱浮选工艺 [J]. 煤炭学报, 2014, 39 (5): 947-953.
- [11] 武彦林, 樊民强. 高泥化难浮煤泥重选试验研究 [J]. 煤炭科学技术, 2013, 41 (12): 113-116, 119.
- [12] 董宪姝, 杜圣星. 高灰细泥细粒煤浮选技术进展 [J]. 选煤技术, 2012 (5): 110-114.