

煤泥水处理技术及设备发展

程 敢 , 辛凡文

(中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083)

摘要: 煤泥水处理是选煤厂生产和管理中最重要、最复杂的环节, 涉及到选煤厂的各个环节, 直接影响着选煤厂洗水闭路循环的实现。论文分析表明: 煤泥水性质差别很大; 煤泥粒度分布、密度大小、矿物组成以及水质硬度、粘度、PH值直接影响煤泥水性质; 粘土类矿物遇水极易泥化且粒度微细, 导致煤泥水处理难度加大; 凝聚剂和絮凝剂的混合使用提高煤泥水处理效果; 三种浮选流程比较, 直接浮选应用广泛。我们要通过加强管理和改善设备两方面来提高煤泥水处理水平, 最终减少清水补充、药剂消耗, 保护矿区环境。

关键词: 矿物加工工程; 煤泥水; 浓缩; 技术; 设备

Development of Coal Slime Water Treatment Technology and Equipment

CHENG Gan, XIN Fanwen

(School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing, 100083, China)

Abstract: The coal slime water treatment is the most important and most complex in the production and management of coal preparation plant, involving all aspects of the coal preparation plant, and affects the implementation of the water closed cycle directly. The analyses show that the properties of coal slime water are very different; coal slime grain size distribution, density, mineral composition and the water hardness, viscosity, PH value, affect the slime water directly; clay minerals is vulnerable to mud in water and its size is fine, so the coal slime water is difficult to treatment; combining usages of coagulants and flocculants is helpful to the coal slime water treatment effect; by comparing three flotation flows, direct flotation is widely used. We want to strengthen management and improve equipment to improve the slime water treatment, and ultimately reduce water supplement, pharmaceutical consumption and protect the mine environment.

Keywords: mineral processing engineering, coal slime water, thickening, technology, equipment

煤泥水处理是影响选煤厂生产和实现洗水闭路循环的决定性环节。湿法分选(如重力选、跳汰、浮选等)需要大量的煤泥水, 通常入选1t原煤要使用 3m^3 水^[1]。2010年全国煤炭产量达到32.4亿t, 占世界产量的63.78%, 入选原煤16.5亿t^[2]。而我国2/3煤炭资源分布在缺水、生态环境脆弱的西北部地区。根据国家发展和改革委员会制定的煤炭工业发展“十二五”规划: 按照“控制东部、稳定中部、发展西部”煤炭生产开发的总体布局, 预计到2015年西部煤炭产量将达到20.9亿t, 占全国的53%。煤炭资源有效利用与生态环境保护

作者简介: 程敢, 男, 博士研究生, 从事细粒煤泥分选方面的研究。E-mail: chenggan464@126.com

的矛盾加剧。随着采煤机械化程度的提高，细粒煤和细泥含量越来越大，煤泥水处理难度增大。我国许多选煤厂的煤泥水难以得到有效沉降^[3]。同时，循环水中残留药剂，其外排即浪费资源又污染环境。因此，煤泥水的有效处理除了影响选煤厂的经济效益和社会效益外，对节约利用水资源和保护矿区环境也有重要意义^[4]。

1 煤泥水特点及闭路循环等级

选煤厂中煤泥主要分为原生煤泥和次生煤泥，原生煤泥是在开采和运输过程中产生的，次生煤泥是在煤炭洗选过程中经管道或一些机械搅拌设备粉碎产生的。一般情况下，原生煤泥占入选原煤的10%~20%，次生煤泥占5%~10%^[5]。

煤泥的物质组成变化可能很大（如浮选入料与浮选尾矿，尾煤浓缩机入料与细泥积聚严重的溢流）。所以，煤泥水是一个极其复杂的系统，它的性质与煤泥水中颗粒数量、粒度分布、密度大小、矿物组成、pH值以及水的硬度、粘度、密度等有关^[6]。

1.1 特点

煤泥包括有机质碳和无机质两部分。由于有机质具有不易泥化和表面疏水的特点，富含有机质的煤泥水的固液分离是比较容易实现的（如浮选精煤过滤）。煤中无机矿物质包括粘土矿物（高岭土、水云母、伊利石、绿泥石、蒙脱石）、硫酸盐（石膏）、碳酸盐（方解石）、氧化物（石英）、硫化物（黄铁矿、白铁矿和黄铜矿）、氯化物（氯化钠、氯化钙）。对煤泥水处理影响最大的是粘土类矿物，其次是硫化矿类。

粘土类矿物遇水极易泥化且粒度微细，使得煤泥水的粘度大大增加。粘土矿物作用有三种，吸水膨胀性，分散呈微米级颗粒存在、表面离子交换吸附。吸水膨胀性对固液分离不构成直接影响，但由于吸水膨胀使结晶颗粒解离呈微细粒分散存在严格意义上的泥化，改变了煤泥水的粒度组成，大大增加了固液分离的难度。这是造成选煤过程中细泥积聚，尾煤过滤性差的直接原因。表面离子交换吸附改变了水中离子构成，降低了水的硬度，对煤泥的沉降和过滤也构成极大影响。此外，粘土矿物随水流夹带进入泡沫产品或在煤粒表面形成覆盖层，导致精煤产品灰分增高。

黄铁矿是煤中硫化矿物的主要组成成分，约占2/3，它的存在影响煤泥的利用价值。

煤泥水水质状况不利于微细颗粒的沉降。难沉降的煤泥水水质状况有三个特点：中性pH值，总离子含量及水质硬度都较低，这种水质条件使得煤泥水成为分散状态，不利于颗粒的聚沉。正常情况下，在水的pH值较低时，硬度和矿化度越大越有利于煤泥水的沉降^[7]。

1.2 煤泥水等级^[8]

洗煤厂洗水闭路循环等级：

- （1） 一级：煤泥厂内回收，洗水全部复用，事故放水也要复用；选煤清水消耗0.15 m³/t以下。
- （2） 二级：洗水全部复用，煤泥采用包括机械化沉淀池在内的设备进行厂内回收，事故放水仍复用；选煤清水消耗在0.20 m³/t以下。
- （3） 三级：大部分洗水回收复用，不污染环境，煤泥用沉淀池、尾矿坝回收。排放水达到国家或地区环保标准；清水消耗低于0.25 m³/t。

2 煤泥水处理方法

2.1 煤泥水处理技术

2.1.1 混凝技术

利用化学药剂使煤泥水中的悬浮物以较大颗粒或松散絮团的形式沉降的方法称为混凝。混凝包括凝聚和絮凝。选煤厂通常使用混凝的方法来强化细粒煤泥的沉降^[9]。

煤泥水凝聚原理可以用D.L.V.O.理论来解释。胶体微粒之间存在范德华力和静电力。范德华力是颗粒间的分子作用能，表现为引力。单分子间的范德华力与间距的六次方成正比，间距增大，分子之间引力减小。当颗粒的直径很小时，微粒间的引力是多个分子综合作用的结果。静电能主要是由于颗粒接近到一定距离时，电性相同的微粒产生斥力产生的。由于固体颗粒表面带有剩余电荷，固液界面上存在一定的电位差，在颗粒周围形成了双电层结构。范德华力对凝聚有利，静电力对凝聚不利。通常情况下，两者处于力的平衡。当加入电解质后，电解质在悬浮液中电离出带正电的离子，带正电的离子中和了颗粒表面的电荷，使得双电层被压缩，降低了电动电位，使得凝聚发生。常用的凝聚剂为阳离子性，如石灰、硫酸铝、氯化钠、无水氯化钙、三氯化铁、碱式氯化铝等。在选煤厂，合理地选择质优价廉的凝聚剂会对煤泥水的沉降起到事半功倍的效果。

煤泥水絮凝的基本原理是通过向煤泥水中加入各种絮凝剂，使分散颗粒与溶解态絮凝剂间产生固-液相间的化学吸附、电中和脱稳以及粘结架桥作用，同时在流体力学作用下进行强化脱稳、颗粒间碰撞结合，从而形成大的絮团颗粒而迅速沉降，达到加速煤泥水澄清的目的^[10]。絮凝剂通常是有机高分子化合物，它由高分子骨架和活性基因两部分构成。活性基因与颗粒表面通过各种键合作用，产生架桥作用，使得颗粒与絮凝剂结合。它决定了絮凝剂的键合类型以及键合的颗粒种类（即絮合的选择性）。高分子骨架起到一种架桥作用，把粘结颗粒的絮凝剂分子联系在一起，形成絮团^[11-12]。用高分子化合物进行架桥作用时，无论悬浮液中颗粒表面荷电状况如何，只要添加的絮凝剂分子具有吸附活性，就可实现絮凝。絮凝剂的使用量不宜过大。过量的絮凝剂会将颗粒包裹，不利于与其他颗粒作用，减弱絮凝作用。一般颗粒表面半饱和覆盖时，絮凝效果最佳。絮团具有一定的强度，但强烈搅拌会破碎，而且破碎后不再成团。

通常情况下，凝聚剂和絮凝剂常常配合使用，发挥各自的优点。

2.1.2 磁处理技术^[13]

煤泥水磁处理后，抗磁性离子的水合作用减少，离子的疏水性增加，水对离子的附着力减小，悬浮颗粒的沉降速度增加。磁化过程中颗粒所带电荷量减少，颗粒之间的作用力减少，相互结合的机率增大，形成大量的聚集颗粒团，沉淀物的内聚力增加，在重力作用下，能进一步将水分子挤出，使颗粒结合密实程度增加，所占体积更小。

2.2 煤泥水处理流程

煤泥水处理应从解决煤泥在洗水中循环积聚，解决洗水浓度和粘度入手，实现“煤泥厂内回收，洗水闭路循环”。按照煤泥水去向（直接入浮还是循环），煤泥水浮选分为：浓缩浮选、直接浮选与半直接浮选。应该强调指出，煤泥水流程从两方面去评价：① 对可浮性改变及浮性效果；② 煤泥循环系数。

2.2.1 浓缩浮选

浓缩浮选是指全部煤泥水先进行浓缩，底流进入浮选，溢流与尾煤浓缩机溢流共同作为循环水。

优点：可有效调节浮选入料浓度与通过量。缺点：① 细泥循环对重选、浮选及煤泥水处理系统构成影响。较高浓度煤泥水进入重选作业，恶化了较细物料的分选效果，提高了重选设备的分选粒度上限；降低煤泥的可浮性、沉降特性和可过滤性；② 细泥循环容易导致细泥积聚，造成不煤泥水得不外排，洗水系统平衡受到破坏，影响选煤生产的正常进行。因此，该工艺目前推广应用较少^[14]。

2.2.2 直接浮选^[15]

直接浮选流程是指把全部重选煤泥水直接给入浮选机加以处理，浮选尾煤浓缩机的溢流作为循环用水的唯一来源。

优点：① 流程简单；② 减少细泥循环与积聚；③ 克服由于长时间滞留造成的煤泥泥化与氧化，提高煤泥可浮性；④ 由于可浮性改善和低浓度浮选，有效地降低浮选精煤灰分；⑤ 循环水浓度降低以至清水洗煤，改善了重选及整个煤泥水系统的作业环境，为细粒煤分选以及实现洗水闭路循环创造了条件。

相比浓缩浮选，直接浮选的缺点：入浮浓度低，电耗药耗偏大；浮选机台数多；过程波动大，因此在实际中要注意控制重选用水量，以确保合适的浮选入料浓度；同时必须在浮选前设置入料缓冲池，以确保给料的均衡稳定。

2.2.3 半直接浮选

为了发挥浓缩浮选和直接浮选的优点，提出了半直接浮选，其形式上是部分直接浮选，即部分煤泥水直接进入浮选，部分用作循环水。但从循环角度，由于始终有部分煤泥水循环，该流程实质上等同于浓缩浮选（只是量上的差别）。这是该工艺应用受到限制的主要原因。

显然，这种流程在实际当中有较大的灵活性和合理性。同时保证了浮选入料应用浓度，降低了循环水浓度，兼有浓缩浮选和直接浮选的优点。

2.3 煤泥水浓缩设备

2.3.1 耙式浓缩机

耙式浓缩机（如图1）利用煤泥水中固体颗粒自然沉降来完成对煤泥水的浓缩处理，主要由浓缩池、耙架、传动机构、给料装置、排料装置等组成。当入料从中心给入后，大部分水流由中心向周边流动。颗粒在伴随水流运动的同时，受重力作用而下沉，经过连续的沉降浓缩过程，澄清水由周边溢出，高浓度沉降物由底部排出。

煤泥水沉降浓缩原理：煤泥水首先进入自由沉降区（B区），水中的颗粒靠自重下沉至压缩区（D区），煤浆聚集成紧密接触的絮团继续下降到浓缩物区（E区），通过耙子的运转，E区形成一个锥形表面，浓缩物受到耙子的压力，挤压出部分水分，最后从卸料口排出，成为底流产品。C区为B、D两区的过渡区，一部分煤粒靠自重下沉，另一部分煤粒受到密集煤粒的阻碍不能自由下降。

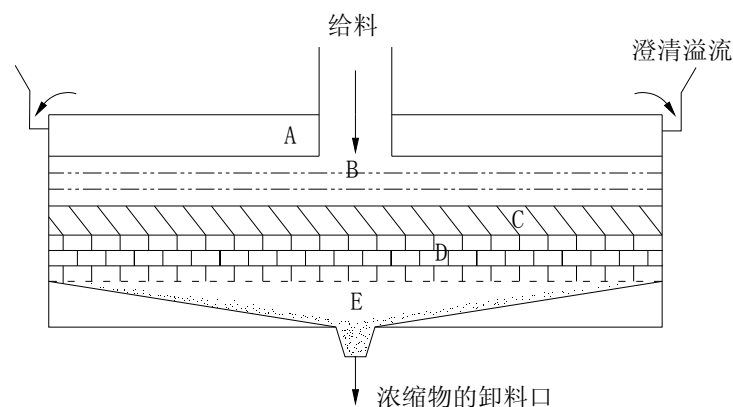


图 1 浓缩机的浓缩过程

2.3.2 深锥浓缩机

深锥浓缩机（如图2）是一种上部圆筒形、下部圆锥形的机体。浮选尾煤给入静态稳流混合器，在絮凝剂作用下，经稳流器底部进入深锥浓缩机。煤泥水中的大部分水在浓缩机圆筒部分的澄清区内流向周边溢出，小部分在絮团沉降区内形成小涡流。在机体的圆锥部分即压缩区内，沉淀物在重力作用下进行压缩，由底流口放出或用泵抽出^[16]。

深锥浓缩机的结构型式与耙式浓缩机相同，差异主要表现在具体尺寸上：① 深锥浓缩机锥角较小，一般为60°；② 高度与直径之比大。这样，耙式浓缩机以沉降面积大，处理能力大为特色，而深锥浓缩机则以沉淀空间大，易得到高浓度的沉淀物及清净的溢流水为特色。

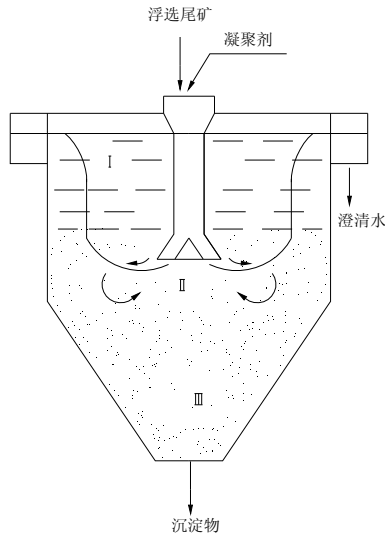
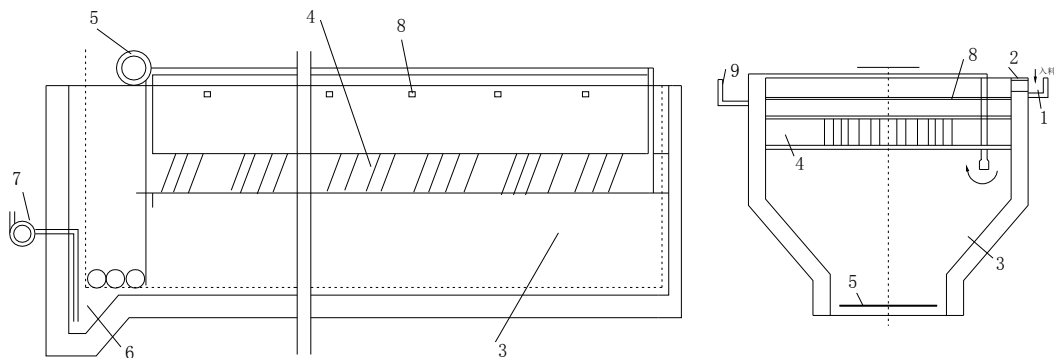


图 2 深锥浓缩机工作原理
(I-澄清带; II-沉降带; III-压缩带)

2.3.3 斜管浓缩机

煤泥水从入料槽均匀进入浓缩机,煤泥水通过斜管时被高效浓缩、结团,结成大颗粒后依靠自身重力快速沉降至浓缩池底部,靠池底的锥角集中到煤泥坑,由煤泥泵打到下一作业脱水和回收设备。同时澄清水不断上浮,并收集到溢流水槽,然后集中流入循环水池,循环利用^[17-18]。



1-入料槽; 2-入料调节口; 3-池体; 4-斜管组件体; 5-环形刮泥机; 6-煤泥坑; 8-集水槽; 9-溢流水槽

图 3 斜管浓缩机结构示意图

3 结论

虽然,经过几十年的发展,我国选煤厂煤泥水的处理状况得到了很大改善,但是缺乏对煤泥水凝聚规律、体系性质的深入认识,基础理论的研究也远远地落后于生产实践,因此选煤厂要提高煤泥水处理水平必须要做到:①加强洗水管理,减少清水用量,保证回收煤泥后的洗水全部循环利用;②保证设备能力能满足生产需要,保证煤泥全部机械回收;③煤泥水性检测及加药自动控制,减少药剂消耗,保护矿区环境。

参考文献

- [1] 张志军, 刘炯天, 王永田, 等.煤泥水水质监测及软测量技术的应用[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2012, 33(3): 435-438.
[2] 国家发展和改革委员会.煤炭工业发展“十二五”规划[R].(2012)640号,北京:国家发展和改革委员会, 2012.

- [3] 张明旭. 选煤厂煤泥水处理[M].徐州:中国矿业大学出版社,2005:1.
- [4] 张宝玉,王 常玮, 王树宏,等. PLC控制在煤泥水处理系统中的应用[J].选煤技术, 2002, (4): 50-51.
- [5] 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,2006:20-22.
- [6] 张明旭. 选煤厂煤泥水处理[M].徐州:中国矿业大学出版社, 2005:10-11.
- [7] 陈开玲, 钱坤. 浅析煤泥水的特点及治理方法[J].洗选加工, 2007, (3): 15-17.
- [8] GB/T 4757-1984.煤炭常用标准汇编[S].
- [9] 谢广元. 选矿学[M].徐州:中国矿业大学出版社, 2001:569-572.
- [10] 朱建东,朱书全,崔广文.煤泥水混凝机理研究及其应用[J].选煤技术, 2004, (4):69-72.
- [11] 王佳雁. 有机高分子凝聚剂改善细粒煤泥沉降的研究初探[J].煤质技术, 2010, (6):57-62.
- [12] 徐初阳, 王少会. 絮凝剂和凝聚剂在煤泥水处理中的复配作用[J].矿冶工程, 2004, 24(3):41-43.
- [13] 赵志强. 煤泥水的磁处理[J]. 选煤技术, 1999, (4):13-14.
- [14] 李建华, 曹旭兵, 高文亮,等. 优化浓缩浮选工艺的实践[J]. 煤,2002, (2):47-48.
- [15] 赵晓林. 浅谈间接浮选与直接浮选之优缺点[J].煤矿现代化,2007, (3):60-61.
- [16] 郭立朋, 王壮壮, 齐丽丽,等. NUW8 高效深锥浓缩机的特点及应用[J].煤炭工程, 2011,(S1):86-87.
- [17] 温京华, 刘万银. 高效斜管浓缩机原理及应用效果[J]. 煤质技术2010, (3):70-72.
- [18] 黄贵春, 任多禄. 大型斜管浓缩机在土城矿选煤厂的应用[J].煤炭加工与综合利用, 2011,(2):35-36.

(责任编辑 张金来)