

三锥水介分选旋流器在粗煤泥分选中的应用

崔广文, 郭启凯, 宋国阳, 孙铭阳

(山东科技大学 化学与环境工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要: 介绍了中国粗煤泥分选的现状, 对目前选煤厂中常见的粗煤泥分选设备做了简要评述。分析了煤泥重介旋流器、螺旋分选机、TBS 干扰床分选机、水介分选旋流器在工业应用上的优缺点。同时, 介绍了山东科技大学研发的三锥水介分选旋流器, 对其进行实验室实验并对实验效果进行分析。结果表明: 三锥水介分选旋流器对 +0.2 mm 的煤泥有良好的分选效果, 其不完善度 $I=0.088$, 证明是一种高效的粗煤泥分选设备, 有着广阔的应用前景。

关键词: 粗煤泥; 分选设备; 三锥水介分选旋流器; 实验研究

中图分类号: TD94

文献标识码: B

文章编号: 1006-6772(2013)01-0001-04

Application of tri-hydrocyclone separator in coarse slime separation

CUI Guang-wen, GUO Qi-kai, SONG Guo-yang, SUN Ming-yang

(College of Chemical and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: Introduce the status of coarse slime separation and common separation equipments. Analyse the advantages and disadvantages of dense medium cyclone, spiral separator, TBS hydrocyclone separator in industrial application. Introduce tri-hydrocyclone separator developed by Shandong University of Science and Technology. To test its performance, carried out laboratory experiments and analysed the results. The results show that the tri-hydrocyclone separator is highly effective, especially for +0.2 mm coarse slime, the imperfection can reach 0.088.

Key words: coarse slime; separation equipment; tri-hydrocyclone separator; experimental investigation

随着中国煤炭事业的发展及采煤机械化程度的不断提高, 原煤中粉煤的含量大大增加。一方面, 某些极难选炼焦煤选煤厂为了提高选煤效率, 有目的地破碎大块物料, 限制入选上限, 通过增加煤与矸石的解离度, 以求从原煤中回收更多的低灰精煤^[1]。另一方面, 近年来大范围推广的重介旋流器分选要求较高的运行压力, 使得煤在分选过程中相互碰撞、与设备摩擦加剧, 产生更多的粗煤泥。据统计, 粗煤泥占原料煤 20% 左右, 此部分煤泥中

含有 60% 左右的精煤(灰分 10%), 若不妥善处理, 势必影响选煤厂经济效益, 造成极大的资源浪费^[2]。因此粗煤泥的回收与分选越来越引起选煤技术人员的重视。

1 粗煤泥处理的现状

1.1 粗煤泥回收

目前, 选煤厂对粗煤泥都能进行较好的处理, 处理的方式包括单一回收和单独分选。大多数选

收稿日期: 2012-11-08 责任编辑: 武英刚

作者简介: 崔广文(1963—) 男, 黑龙江宾县人, 副教授, 博士, 从事矿物加工工程专业的教学和科研工作。

引用格式: 崔广文, 郭启凯, 宋国阳, 等. 三锥水介分选旋流器在粗煤泥分选中的应用[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(1): 1-4, 26.

煤厂中都有粗煤泥回收工艺,包括粗精煤泥回收工艺、中研粗煤泥回收工艺及煤泥回收工艺^[3]。虽然不同的选煤厂选择的回收工艺及设备各有不同,但主要的设备有煤泥离心机、高频筛和卧式沉降过滤离心脱水机^[4],部分选煤厂也会选择煤泥直线振动筛和弧形筛。煤泥离心机多用于粗精煤的回收,且产品水分含量较高,高频筛和卧式沉降过滤离心脱水机要低得多。大型选煤厂、高效模块化选煤厂多采用这种设备,高频筛多见于中小型选煤厂。卧式沉降过滤离心脱水机受入料浓度及粒度组成制约比较大,产品中易带有大量细泥,对产品灰分影响较大。

1.2 粗煤泥分选

由于粗煤泥中含有大量精煤,粗精煤泥的灰分在20%左右甚至更低,经过有效脱泥后灰分往往能降到10%~12%,只比精煤产品高2%~5%。这些粗精煤泥如果掺入到精煤中销售,会影响精煤产品的灰分;而如果掺入到中煤中,会造成资源浪费,在经济上也是不合理的。即便是对于灰分在35%以上的粗中煤泥,脱泥后灰分一般也在20%以下,其中含有精煤(8%以下)50%以上,如果能回收这一部分精煤,不仅会节省大量稀缺资源,而且能提高选煤厂精煤产量,提高经济效益^[5]。现在选煤厂已经越来越意识到粗煤泥分选的必要性,新建厂往往配套粗煤泥分选系统,一些老厂也积极对原有系统进行改造^[6]。目前选煤厂最常见的粗煤泥分选设备有煤泥重介旋流器、螺旋分选机和TBS干扰床分选机。

1.2.1 煤泥重介旋流器

煤泥重介旋流器的应用是随着重介选煤工艺在选煤厂的大规模推广而日渐广泛的。作为大直径重介旋流器的延伸和补充,煤泥重介旋流器一般只出现于重介主选的选煤厂中,在其他类型的选煤厂中基本不会出现。煤泥重介旋流器的优点是本身没有运动部件,易于维护。分选精度高,分选粒度范围宽,对不同性质煤泥适应性强。但是其缺点也是显而易见的,如分选细粒煤泥所需要的介质比主选系统中介质粒度更细,单独为煤泥重介旋流器设立介质系统会使工艺系统复杂化,增加管理和运行的成本,且细粒介质成本更高,同时回收难度增大,介耗增加^[7-8]。所以煤泥重介旋流器一般是与大型重介旋流器共用一套介质系统,虽然简化了煤泥重介工艺,但这些加重质的粒度不易控制,

使得煤泥重介旋流器的悬浮液流变性不稳定,从而对粗煤泥分选效果的稳定性造成一定影响^[9]。煤泥重介旋流器在中国有着广阔的应用前景,但现场生产中还应在简化工艺基础上进一步保证分选效果。

1.2.2 螺旋分选机

螺旋分选机是国外应用范围比较广的粗煤泥分选设备,在中国也有一定程度的推广,一些由国外设计的模块化选煤厂就采用螺旋分选机分选粗煤泥。它具有结构简单,无运动部件,入料也无需压力,维修工作量小,基建费用低,不用药剂和介质,操作管理方便等特点,而且其脱硫效果比较明显。但是这种设备机身高度大,单台处理能力和分选精度低且调节困难,分选密度高,一般在1.6 kg/L以上,当要求精煤灰分比较低时,难以满足要求,很大程度上限制了这种设备的推广。螺旋分选机适于末煤量大、易选、低灰煤的处理^[10-11]。

1.2.3 TBS干扰床分选机

干扰床分选机是一种利用上升水流在机体内产生的紊流实现对颗粒干扰沉降的设备。主要根据不同密度、粒度或形状的物料在水中沉降末速的差异进行分选。TBS是干扰床分选机的典型代表,是近几年中国新建选煤厂中应用最多的粗煤泥分选设备。干扰床分选机的优点是结构简单,分选密度可以调节,运行成本低,单位处理量大,维护工作量小,易于实现自动控制。缺点是宽粒级分选时效果较差,入料粒度上下限以4:1为宜,粒度太大的精煤容易进入底流中,而细粒的矸石往往随溢流进入精煤。其能在较低密度下实现分选,随着密度增大,分选效果变差^[12]。

1.2.4 水介旋流器

在选煤厂中,水介旋流器一般作为分级浓缩设备出现,与螺旋分选机、TBS、高频筛配套使用,很少直接用于粗煤泥分选。尽管水介旋流器分选粗煤泥精度低、效果差,但由于不需要介质,配置简单,生产成本低,仍有许多科研院所对水介旋流器按密度分选粗煤泥进行研究,如太原理工大学、黑龙江科技学院、山东科技大学等^[13-15]。山东科技大学研发的三锥角煤泥水介分选旋流器(结构如图1所示)是一种新型高效的粗煤泥分选设备。设备以选煤厂常见的分级旋流器为基础,设计独特的结构参数,使之具有按密度分选的能力,以实现粗煤泥有效分选。

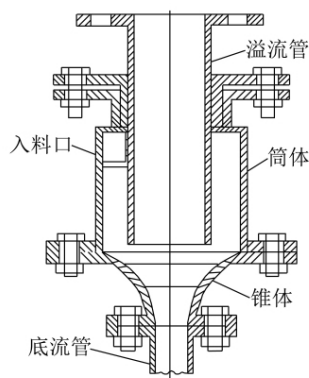


图1 三锥角煤泥水介分选旋流器结构示意图

2 三锥旋流器分选粗煤泥实验

采取某选煤厂粗煤泥样品,使用山东科技大学研发的三锥角煤泥水介分选旋流器,选择多个参数进行实验,以研究旋流器的分选效果。

2.1 粗煤泥性质分析

2.1.1 粒度组成分析

为了解粗煤泥密度组成,特对某选煤厂粗煤泥进行小筛分实验。粗煤泥小筛分实验结果见表1。

从表1可以看出,各粒级含量差别比较大,其中 -0.045 mm 粒级含量最高,达到 33.68% ,说明煤泥中细泥较多; $0.90\sim 0.45\text{ mm}$ 、 $0.180\sim 0.125\text{ mm}$

粒级含量次之,也低于 20% ,其他各粒级含量较低,每个粒级都在 10% 以下或者仅在 10% 左右; $+0.90\text{ mm}$ 含量较低,仅 1.98% ; $+0.18\text{ mm}$ 粒级的累积产率为 35.38% ,含量较低。灰分方面, -0.045 mm 粒级的灰分为 43.84% ,且含量比较高,说明矸石泥化现象比较严重;其他各粒级灰分比较均匀,均在 $21\%\sim 28\%$,说明仅仅通过简单筛分或者脱泥没有办法从其中得到精煤产品。

表1 某选煤厂粗煤泥小筛分实验

粒级/mm	产率/%	$A_{ad}/\%$	累计产率/%	累计灰分/%
+0.90	1.98	27.51	1.98	27.51
0.90~0.45	18.41	26.49	20.39	26.59
0.45~0.28	10.86	25.44	31.25	26.19
0.28~0.18	4.13	22.48	35.38	25.76
0.180~0.125	14.47	26.57	49.85	25.99
0.125~0.09	7.32	25.97	57.17	25.99
0.09~0.074	3.76	21.85	60.92	25.73
0.074~0.045	5.40	27.61	66.32	25.89
-0.045	33.68	43.84	100.00	31.93
合计	100.00	31.93		

2.1.2 粗煤泥密度组成分析

为了解粗煤泥密度组成,特对某选煤厂粗煤泥进行小浮沉实验。粗煤泥小浮沉实验结果见表2。

表2 某选煤厂粗煤泥小浮沉实验结果

密度级/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	产率/%	灰分/%	浮物		沉物		分选密度 ± 0.1	
			产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	密度级	产率/%
-1.3	16.99	2.99	16.99	2.99	100.00	30.12	1.30	48.64
1.3~1.4	31.65	7.21	48.64	5.74	83.01	35.67	1.40	41.30
1.4~1.5	9.65	11.44	58.29	6.63	51.36	53.21	1.50	15.07
1.5~1.6	5.42	16.68	63.71	7.49	41.71	62.95	1.60	7.76
1.6~1.8	4.67	27.86	68.38	8.88	36.29	69.86	1.70	2.34
+1.8	31.62	76.06	100.00	30.12	31.62	76.06		
合计	100.00	30.12						

从表2可看出,各密度级含量相差很大。 $1.3\sim 1.4\text{ g/cm}^3$ 和 $+1.8\text{ g/cm}^3$ 密度级的含量都很大,在 30% 以上, -1.3 g/cm^3 密度级含量为 17% ,其他各密度级含量相对较少;中间密度级($1.4\sim 1.6\text{ g/cm}^3$)含量比较低,初步判断煤比较易选。

2.2 粗煤泥分选实验过程

根据三锥水介旋流器对分选的原料煤粒度要求,实验所用的煤样为选煤厂粗煤泥原样,粒度为 -1 mm 。

2.2.1 实验参数

实验参数见表3。

表3 三锥水介旋流器实验参数

旋流器直径/ mm	溢流管深度/ mm	入料压力/ MPa	入料质量浓度/ ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
100	40~60	0.06~0.10	150

2.2.2 实验过程

首先根据选定的实验参数(表3),将粗煤泥原样配成质量浓度为 150 g/L 的煤泥水,用泵打入旋流器,调节入料压力及流管插入深度,正常运转 5 min 后分别接取入料、溢流、底流样品(实验装置及采样点示意如图2所示)。将样品分别用 0.18 mm

筛子进行分级,分别测定溢流、底流中+0.18 mm和-0.18 mm 粒级含量及灰分。根据入料、底流和溢流产品灰分计算出溢流和底流产率,然后计算出底流、溢流中+0.18 mm 粒级占入料中+0.18 mm 粒级含量。

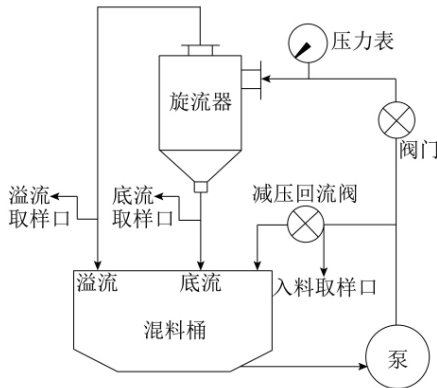


图2 实验装置及采样点示意

2.3 粗煤泥分选实验结果

当实验参数选择为溢流管插入深度40 mm,入料压力0.08 MPa,入料质量浓度为150 g/L时,效果比较突出,实验结果见表4。

表4 粗煤泥分选实验结果

分选方式	分级/mm	含量/%	灰分/%	综合灰分/%	产率/%	+0.18 mm 产率/%
溢流	+0.18	30.94	6.72	24.87	87.65	74.45
	-0.18	69.06	33.71			
底流	+0.18	32.74	66.62	70.10	12.35	25.55
	-0.18	67.26	75.49			

从表4可看出,溢流中+0.18 mm 粒级的灰分比较低,仅为6.72%,完全可以作为精煤产品。底流中+0.18 mm 粒级的灰分高达66.62%,且+0.18 mm 的部分有74.45%进入溢流,说明分选效果比较好。

2.3.1 精煤尾煤产品小筛分结果对比

对溢流、底流产品+0.18 mm 粒级分别做小筛分分析,实验结果见表5和表6。

对比表5和表6中精煤和尾煤小筛分实验数据发现,精煤、尾煤每一个粒级的产率有相似的规律,和入料在+0.18 mm 各粒级中的分布规律是一致的。在精煤中,各粒级灰分均较低;尾煤中各粒级灰分均较高,且+0.18 mm 粒级的灰分最高,达到74%。在实验过程还发现,溢流中含有部分3 mm 以上的产物,证明分选旋流器按密度分选的效果非

常明显,按粒度分级的作用被弱化。

表5 精煤产品(+0.18 mm)小筛分

粒级/mm	产率/%	灰分/%	累计产率/%	累计灰分/%
+0.90	3.86	5.83	3.86	5.83
0.90~0.45	37.54	5.98	41.41	5.96
0.45~0.28	35.81	6.14	77.21	6.05
0.28~0.18	22.79	6.98	100.00	6.26
合计	100.00	6.26		

表6 尾煤产品(+0.18 mm)小筛分

粒级/mm	产率/%	灰分/%	累计产率/%	累计灰分/%
+0.90	5.14	73.86	5.14	73.86
0.90~0.45	42.61	63.98	47.75	65.04
0.45~0.28	33.09	65.04	80.83	65.04
0.28~0.18	19.17	66.38	100.00	65.30
合计	100.00	65.30		

2.3.2 精煤尾煤产品小浮沉实验

对精煤和尾煤产品进行小浮沉实验,根据实验结果制出邻近密度曲线,如图3所示。从图3可以查得分配率为75%时,分选密度为1.625 g/cm³,分配率为25%时,分选密度为1.522 g/cm³,实际分选密度为1.583 g/cm³。计算得水介旋流器对于粗煤泥0.18 mm 以上粒级分选时,分选不完善度I值为0.088,可能性偏差E_p值为0.052。从I值和E_p值可以看出,该分选设备分选精度较好。

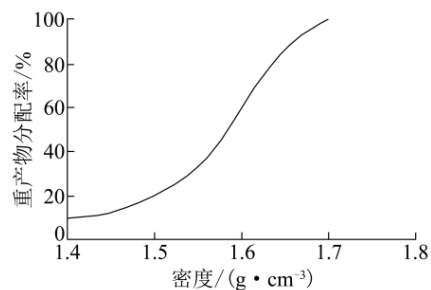


图3 邻近密度曲线

3 结 语

近年来对粗煤泥分选设备及工艺的研究越来越深入,许多新的分选设备和工艺逐渐投入使用。通过对水介旋流器结构参数的优化,水介旋流器用于粗煤泥的分选已经成为可能。特别是水介分选旋流器在多个选煤厂投入使用并取得良好效果,已经证明水介旋流器完全可以胜任粗煤泥分选的任务。随着选煤工业的发展,水介分选旋流器将越来越多的出现在粗煤泥分选工艺中。

(下转第26页)

的保证。郭家湾选煤厂地处工业园区内,周边煤化工企业煤炭需求旺盛,种类较多,销售方式、产品结构多样化,有利于在各种条件下提高企业经济效益。

优化后,形成4种生产方式,分别是:①全部筛选,不洗选;②+13 mm块煤洗选,-13 mm末煤不进行洗选;③原煤全部进行洗选;④+13 mm块煤全部进行洗选,-13 mm末煤部分进行洗选。在4种生产组织方式下,根据用户需求不同,将各中间产品进行自由组合,形成12种产品结构组合方式。这样提供了灵活的产品结构,选煤厂可应对不同系统故障、避免造成矿井整个系统停产。销售方式采用地方汽车与火车集中销售相结合,有利于合理组织生产及经济效益最大化。

2.4 优化煤流走向,合理分配厂区功能

优化后的工业场地总平面布置根据建筑物的功能、性质,利用道路划分为3个功能区,分别是主要生产区、辅助生产区、行政福利区。做到功能分区明确,场地布置紧凑。同时煤流走向很好地结合了洗选工艺要求,丰富产品结构组成。做到人货分流、路径短捷、作业方便,减少相互交叉和折返运输等环节。

锅炉房置于整个工业厂区的负荷中心,便于供煤、排灰和回水,锅炉房煤直接从准备车间内给入;外来煤系统、矸石汽车仓、锅炉房排渣污染较严重

的工艺环节集中布置,保证厂区洁净;筛分车间位于主厂房与产品仓中间,便于末煤不入洗时,直接入仓,不需要进主厂房转载,节约能耗;布置紧凑,预留了煤泥干燥系统;选煤厂办公楼靠近煤矿生活区。

2.5 设备选型更加科学合理

机电设备是保证生产顺利进行的前提,设备选型既不要豪华,也不能图便宜选择质量不过关产品。该设计选型原则为保证技术先进、性能可靠、高效低耗,主要工艺洗选设备及生产辅助设备的关键部件要立足国外引进。其余设备采用国内知名厂家的先进可靠设备。

所有设备选型尽可能选用与规模和系统相配套的大型设备,以简化系统、方便管理。同类设备及大型部件尽量采用了同一规格,减少不同规格数量,以减少备品备件种类。

3 结 语

郭家湾选煤厂经过初步设计、优化设计,目前即将进行总承包设计招标。通过本次对洗选工艺、总图、设备选型以及厂房结构等进行了详细设计优化,该选煤厂必将成为生产工艺系统合理、基本建设投资合理的典范,可为新建选煤厂提供有益的借鉴。

(上接第4页)

参考文献:

- [1] 丁淑芳,韦鲁滨,罗科华,等.选煤厂粗煤泥回收的探讨[J].煤炭加工与综合利用,2005(2):14-16.
- [2] 刘惠杰,崔广文,李晓军,等.粗煤泥分选工艺的探讨[J].选煤技术,2010(6):55-57.
- [3] 冯翠花.粗煤泥回收工艺及设备对比[J].选煤技术,2005(3):22-25.
- [4] 王立龙.沉降过滤式离心脱水机在望峰岗选煤厂的应用[J].洁净煤技术,2012,18(5):31-34.
- [5] 柴琳琳,郭宾宾,邢丛丛.济三选煤厂粗煤泥截粗试验[J].洁净煤技术,2012,18(3):17-19.
- [6] 王正书,周学东.粗煤泥分选工艺在安家岭选煤厂的应用[J].洁净煤技术,2012,18(3):7-9.
- [7] 高丰.粗煤泥分选方法探讨[J].选煤技术,2006(3):40-43.

- [8] 韩恒旺,李炳才,訾涛,等.粗煤泥分选设备及工艺研究[J].洁净煤技术,2011,17(2):12-14.
- [9] 陈建中,沈丽娟,戴化震,等.煤泥重介质旋流器分选粗煤泥的探讨[J].选煤技术,2010(4):48-50.
- [10] 于进喜,刘文礼,姚嘉胤,等.粗煤泥分选设备及其特点对比分析[J].煤炭科学技术,2010,38(7):114-117.
- [11] 连建华,刘迴天,白素玲,等.粗煤泥分选工艺研究进展[J].中国科技论文在线,2011,6(3):242-246.
- [12] 焦红光,赵继芬,高雪明,等.粗煤泥干扰沉降分选技术研究[M].徐州:中国矿业大学出版社,2011.
- [13] 董连平,樊民强.大锥角水介质旋流器的应用研究[J].煤炭科学技术,2004,32(11):40-43.
- [14] 樊民强,董连平,韩小恒,等.新型水介质旋流器分选粗煤泥的试验研究与工业应用[J].选煤技术,2007(4):24-29.
- [15] 吕一波,孟令丽.复锥式水力旋流器的结构参数对分选效果的影响[J].选煤技术,2011(6):14-16.