

重介旋流器分选密度磁调控方法及规律

王 军

(国能神东煤炭集团总调度室,陕西 榆林 719315)

摘 要:神东煤炭集团对优质煤进行高效分选技术研究,通过调整重介旋流器的结构参数,优化其运行性能,使其能够适应煤制油选煤厂目前的煤质条件。项目成功实施后,不仅优化了生产指标,确保精煤产品的质量稳定,还减少了精煤的损失,为选煤厂带来显著的经济效益。此外,该技术也适用于神东洗选中心其他选煤厂中存在的煤炭流失问题,其研究开发为当地形成了一套适应煤质特性的重介旋流洗选设备,提供了技术支持,解决了长期存在的问题。

关键词:重介旋流器;分选密度;磁调控;规律

中图分类号:TQ94 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2024)S1-0564-04

Method and rule of magnetic control of density of heavy medium cyclone separation

WANG Jun

(Shendong coal group National Energy Group General Dispatch office, Yulin 719315, China)

Abstract: Through adjusting the structure parameters of the dense medium cyclone, the operation performance of the cyclone is optimized, so that it can adapt to the current coal quality conditions in the coal-to-oil coal preparation plant. After the successful implementation of the project, not only the production index is optimized to ensure the quality of clean coal products, but also reduce the loss of clean coal, which has brought significant economic benefits to the coal preparation plant. In addition, this technology is also applicable to the coal loss problems in other coal preparation plants of Shendong washery center, and its research and development have provided technical support for the local formation of a dense medium cyclone washery equipment adapted to the characteristics of coal, the long-standing problems have been solved.

Key words: dense medium cyclone; separation density; magnetic control; law

0 引 言

重介旋流器是一种利用旋流分离原理进行物料分选的设备,广泛应用于煤炭、矿物等行业的洗选和加工。其分选效果受到密度调控方法及规律的影响,因此,研究重介旋流器分选密度磁调控方法及规律对于提高其分选效果具有重要意义。

1 相关概述

1.1 旋流器分选原理

旋流器分选是基于物料的密度差异进行分选的一种方法。旋流器利用旋转流场使物料在离心力作用下产生径向运动,同时受浮力作用产生轴向运动,由于物料的密度不同,在旋转流场中产生不同的运动轨迹,从而实现分选^[1]。具体来说,密度大的物料在旋转流场中受到的离心力大于浮力,因此向旋

流器外侧移动,而密度小的物料则向旋流器内侧移动。通过调整旋流器的操作参数,如旋转速度、入口流量等,可以优化分选效果。

1.2 密度磁调控原理

密度磁调控原理是利用磁性材料对旋流器内的流体进行调控,以改变物料在旋流器中的运动轨迹和分选效果。通过改变磁场的强度、方向和分布,可以调节旋流器内的流体流动特性,从而影响物料的分选过程^[2]。具体来说,磁调控可以通过改变磁性材料的磁化方向和强度,产生不同的磁力作用于物料,使其在旋流器中的运动轨迹发生改变,进而实现更精细的分选^[3]。

2 神东煤质油旋流器现状

神东洗选中心的煤制油选煤厂采用的洗选工艺包括原煤破碎和筛分,产物在30 mm以下进行湿法

收稿日期:2024-05-07;责任编辑:常明然 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.24050702

作者简介:王 军(1985—),男,内蒙古伊旗人,高级工程师,硕士。E-mail:515827575@qq.com

引用格式:王军.重介旋流器分选密度磁调控方法及规律[J].洁净煤技术,2024,30(S1):564-567.

WANG Jun. Method and rule of magnetic control of density of heavy medium cyclone separation[J]. Clean Coal Technology, 2024, 30(S1): 564-567.

脱泥,其中 30~13 mm 部分约 10%走旁路,而 30~1.5 mm 部分约 80%进入重介旋流器进行分选,从而得到精煤和矸石两种产品。所使用的重介旋流器为 $\Phi 1\,450\text{ mm}$ 的有压给料两产品重介旋流器,生产压力约为 0.19 MPa,生产密度在 1.43~1.47 kg/L 之间,干煤处理量在 700~750 t/h,要求的洗选精煤灰分不超过 5%。实际生产中,该旋流器的分选效率未能满足国标要求,存在“跑煤”问题,约每 5 min 底流排料量会突然增大一次,导致底流物料脱介筛筛面物料层过厚。在提高密度至大于 1.5 kg/L 后,“跑煤”现象得到一定控制,显示出一定的规律性。针对这一问题,洗选中心对不同操作参数和结构参数的重介质旋流器进行了对比分析。由于原煤发热量约为 22 400 kJ/kg,矸石产率约 5%,精煤灰分也约 5%,属于优质煤种,初步判断这种煤种的处理超出了常规大直径有压给料两产品重介质旋流器的适

应范围。神东其他选煤厂,如补连塔选煤厂,也存在类似的问题。煤制油选煤厂重介旋流器现场见图 1,神东煤质油旋流器生产情况件表 1。



图 1 煤制油选煤厂重介旋流器现场

表 1 神东煤质油旋流器生产情况统计

洗选煤种		不黏煤(BN31),长焰煤(CY41)			
原煤煤质	密度组成/(kg·L ⁻¹)	<1.4	1.4~1.5	1.5~1.6	>1.6
	产率/%	84.96	4.83	2.76	7.45
	灰分/%	3.79	9.41	29.54	48.32
	+50 mm	50~25 mm	25~13 mm	13~6 mm	-6 mm
	2.09%	16.89%	15.38%	20.72%	44.92%
精煤灰分	<5%		矸石灰分	65%~70%	
重介旋流器	路德维奇 1 450 mm;台数:1;布置角度:15°				
结构参数	锥角:20°;柱长:1 460 mm;溢流口:Φ624 mm;底流口:Φ435 mm;溢流管插入深度:760 mm				
工艺操作参数	压力:0.19 MPa;密度:1.46~1.47 kg/L				
配泵参数	混料泵为沃曼,电机功率:600 kW				

3 重介旋流器分选效果研究

3.1 数据检测与分析

根据 GB/T 477—2008《煤炭筛分试验方法》标准,本次试验严格按照技术要求,对旋流器精煤和矸

石进行了自然分级,筛分试验涵盖了从大于 50 mm 到小于 1.5 mm 的各个粒级,具体包括 50~25、25~13、13~6、6~3、3~1.5 mm 等粒度级别。各粒度级别的筛分组成结果已分别记录在表 2 和表 3 中。

表 2 重介旋流器精煤筛分粒度组成

粒级/ mm	重量/ kg	产率/ %	灰分/ %	正累积		负累积	
				产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
>50	362.60	14.27	6.09	14.27	6.09	100	4.54
50~25	1 019.40	40.13	4.29	54.40	4.76	85.73	4.28
25~13	494.08	19.45	4.24	73.85	4.62	45.60	4.27
13~6	427.02	16.81	4.18	90.66	4.54	26.15	4.30
6~3	163.56	6.44	4.29	97.10	4.53	9.34	4.51
3~1.5	49.60	1.95	4.05	99.05	4.52	2.90	4.99
<1.5	24.14	0.95	6.92	100	4.54	0.95	6.92
合计	2 540.40	100	4.54				

表 3 重介旋流器矸石筛分粒度组成

粒级/ mm	重量/ kg	产率/ %	灰分/ %	正累积		负累积	
				产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
>50	827.00	28.74	60.88	28.74	60.88	100	59.80
50~25	1 184.50	41.16	58.32	69.90	59.37	71.26	59.36
25~13	441.00	15.33	63.28	85.23	60.08	30.10	60.78
13~6	306.50	10.65	58.66	95.88	59.92	14.77	58.18
6~3	97.00	3.37	57.09	99.25	59.82	4.12	56.94
3~1.5	12.50	0.43	54.67	99.69	59.80	0.75	56.25
<1.5	9.00	0.31	58.44	100	59.80	0.31	58.44
合计	2 877.50	100	59.80				

根据数据,可以观察到在使用重介旋流器进行分选时,存在矸石中混有煤炭(跑煤)的问题。对+1.5 mm 粒级进行整合分析,并计算浮物的累计值。在密度为 1.4 kg/L 的情况下,浮物产率为 4.23%,灰分为 4.90%;当密度提升至 1.5 kg/L 时,浮物产率增加到 6.96%,灰分也升至 9.09%;若密度进一步增至 1.6 kg/L,浮物产率显著增至 15.22%,灰分也升高至 17.22%。旋流器的分选密度大致在 1.5~1.6 kg/L。通过数据直观分析,以 1.6 kg/L 为例,矸石产品中低于这一分选密度的低灰分产品产率为 15.22%,其灰分为 17.22%。

3.2 分选效果

根据重介旋流器的入料、精煤和矸石的筛分浮沉特性以及煤质综合资料,进行该重介旋流器的性能评估。分配率是通过计算入料在各个重产品中的分配情况来得到的。对于能够分离出 M 种产品的分选设备,一共有 $(M-1)$ 个分选段。如果逐段分离出重产品,则每个分选段的重产品分配率将按式(1)进行计算。

$$p_{kj} = \frac{\gamma_s G_{sj}}{\sum_{i=1}^s \gamma_i G_{ij}} \times 100\% (k = 1, 2, \cdots, M - 1;$$

$$j = 1, 2, \cdots, N)。$$

(1)

其中, p_{kj} 为第 k 段第 j 个密度级的重产品分配率,%; γ_i, γ_s 为第 i 种或第 s 种产品的产率($i = 1, 2, \cdots, M - K + 1$),%; G_{ij}, G_{sj} 为第 i 种或第 s 种产品中第 j 个密度级占该产品的产率,%。对于逐段分

离出轻产品的设备,各段的重产品分配率可通过式(2)计算。

$$p_{kj} = \frac{\sum_{i=k+1}^M \gamma_i G_{ij}}{\sum_{i=k}^M \gamma_i G_{ij}} \times 100\% (k = 1, 2, \cdots, M - 1;$$

$$j = 1, 2, \cdots, N)$$

(2)

计算分选产品产率的问题可表达为一个最优化问题,如式(3)式(4)所示。

目标函数

$$\sum_{i=1}^N \left[G_{oj} - \frac{\sum_{i=1}^M \gamma_i G_{ij}}{100} \right]^2 = \text{Min},$$

(3)

约束条件

$$\sum_{i=1}^N \gamma_i = 100,$$

(4)

式中, N 代表浮沉试验时得到的产品数; M 为分选产品数; G_{oj} 为实际入料中第 j 个密度级的产率,%; G_{ij} 为第 i 种产品中第 j 个密度级的产率(其中产品顺序号按灰分从小到大排列, $i = 1$ 代表精煤, $i = M$ 代表矸石,其余代表中煤或中间产品),%; γ_i 为第 i 种产品的产率,%。

通过查看重介旋流器不同粒级及大于 1.5 mm 粒级的综合分配曲线,可获得重介系统的分配密度,也就是理论上的分选指标密度。此外,还能找到相应的密度值,进而计算出重介旋流器各粒级物料分选的可能偏差 E 值。表 4 中列出了+50, 50~25, 25~13, 13~6, 6~3, 3~1.5 和-1.5 mm 各粒级的分选指标,以及大于 1.5 mm 的综合级分选指标。

表 4 重介旋流器不同粒级分选指标

项目	>50 mm	50~25 mm	25~13 mm	13~6 mm	6~3 mm	3~1.5 mm	-1.5 mm	>1.5 mm 综合级
E	0.039	0.049	0.052	0.051	0.061	0.094	0.141	0.066
$\delta_{\pm 0.1}$	1.512	1.597	1.611	1.615	1.632	1.650	1.585	1.577
$\delta_{\pm 0.1}$	1.563	1.646	1.666	1.668	1.700	1.770	1.774	1.646
$\delta_{\pm 0.1}$	1.485	1.549	1.563	1.567	1.579	1.583	1.492	1.514

4 研究方案实施与优化

4.1 方案实施

完成重介旋流器的初步设计后,该设备在同一个月被运抵至煤制油选煤厂,随后技术人员与安装队伍协作,拆除原有旋流器并安装新的旋流器。新Φ1 450 两产品重介旋流器安装后效果见图 2。



图 2 新 Φ1 450 两产品重介旋流器安装效果

4.2 新 Φ1 450 重介旋流器调试

根据煤制油选煤厂的生产进度安排,在 1 月 23 日、1 月 27 日和 1 月 31 日对重介旋流器精煤的灰

分以及矸石的排放进行了两次调试。表 5、表 6 展示了 Φ1 450 重介旋流器在 1 月 23 日和 27 日的运行调试指标数据。

4.3 重介旋流器结构优化

煤制油选煤厂的 1450 重介旋流器在安装调试完成后,运行表现稳定。在改进矸石箱之后,矸石筛的排料过程也变得更加稳定,符合旋流器的分选性能标准。然而,由于煤质的波动,矸石产量增加,导致矸石筛的排料不稳定。针对这一问题,技术人员进一步优化结构,主要对旋流器的底流口进行调整,目的是加快矸石从旋流器内部的排出速度,以此降低旋流器内部的错配物比例。优化后的旋流器表现:首先,在系统运行稳定后,在 1.44 kg/L 及以上的分选密度下,矸石筛的排料稳定,波动小,皮带秤的瞬时波动 60~180 t/h,筛上没有出现煤的流失。其次,在 1.43 kg/L 以下的密度分选时,矸石筛的瞬时波动范围上升,在 60~220 t/h,但依然没有煤的流失。总体来看,经过结构优化的旋流器,矸石筛的排料问题得到了有效解决。后续对旋流器的分选压力(160 kPa)和分选密度(1.40~1.43 kg/L)进行跟踪,结果显示,精煤的灰分指标达到了选煤厂的要求(5.0%),同时矸石筛的排料过程稳定,没有出现波动。

表 5 Φ1 450 重介旋流器分选指标(1 月 23 日)

精煤/矸石取样点	分选密度/ (kg·L ⁻¹)	旋流器压 力/kPa	原煤量/ (t·h ⁻¹)	精煤量/ (t·h ⁻¹)	矸石量/ (t·h ⁻¹)	精煤灰 分/%	矸石灰 分/%
精煤/矸石筛前	1.38	190	479	98	9.1	5.42	70.23
精煤/矸石筛前	1.4	188	817	282	38.0	4.76	67.81
精煤/矸石筛前	1.41	185	963	456	51.0	5.2	71.96
精煤/矸石筛前	1.45	185	965	556	25.0	5.76	65.94
精煤/矸石筛前	1.46	180	1 039	568	24.9	5.01	65.90
精煤/矸石筛前	1.46	170	1 025	542	68.0	4.85	68.54

表 6 Φ1 450 重介旋流器分选指标(1 月 27 日)

精煤/矸石取样点	分选密度/ (kg·L ⁻¹)	旋流器压 力/kPa	原煤量/ (t·h ⁻¹)	精煤量/ (t·h ⁻¹)	矸石量/ (t·h ⁻¹)	精煤灰 分/%	矸石灰 分/%
精煤/矸石筛前	1.45	170	1 202	612	254	6.60	70.25
精煤/矸石筛前	1.45	170	1 195	605	225	5.54	71.56
精煤/矸石筛前	1.43	170	1 234	707	108	4.40	65.28
精煤/矸石筛前	1.42	170	1 210	695	110	4.20	70.51

5 结 论

项目实施成功后,优化现有生产指标,并且稳定了精煤产品的质量,降低了精煤的损失。在煤制油选煤厂改造之后,数量效率能够达到 98.69%,而精煤产率则从 96.32%提高了 2.37%。以每小时处理量 750 t 来计算,每小时回收的精煤量大约为 17.775 t。如果按照全年 300 d,每天 14 h 计算,则煤制油选煤厂全年提高的精煤量约为 74 655 t,这将

带来大约 582.309 0 万元的经济效益提升。

参考文献:

[1] 李小乐,吴树明,赵杰,等.三产品煤泥重介旋流器在荣辉选煤厂的应用研究[J].煤炭加工与综合利用,2023(11):6-10,15.
[2] 雷龙,王治帅.公乌素煤矿选煤厂重介分选系统的优化改造实践[J].煤炭加工与综合利用,2023(11):29-33.
[3] 宋晓辉,李鹏.重介旋流器集料箱缓冲装置的改造[J].山西焦煤科技,2023,47(11):55-56.