

双通道广角脱介喷头结构优化与喷射性能

白刘贵¹,王 斌²,王大鹏³

(1.国能神东煤炭集团洗选中心,陕西 榆林 719315;2.国能神东煤炭集团技术研究院,陕西 榆林 719315;
3.中国矿业大学,江苏 徐州 221116)

摘要:为进一步降低选煤厂脱介筛筛上介质损失,设计了双通道广角脱介喷头。搭建了喷头喷射性能研究平台,研究喷管直径、倾斜角度、切槽角度对射流击打力分布、平均值的影响规律,确定了双通道广角脱介喷头的优化参数并在某动力煤选煤厂开展了应用试验。结果表明:双通道广角脱介喷头水平截面击打力基本呈正态分布曲线,平均值随喷管直径、倾斜角度、切槽角度增大基本呈现出先增加后逐渐降低的趋势,优化的喷头结构参数为喷管直径9 mm、喷管倾角30°、切槽角度50°。与现场用喷头相比筛上磁性物含量降低35.71%,筛上精煤中-2 mm含量降低37.71%。

关键词:脱介筛,击打力,双通道广角脱介喷头,脱泥

中图分类号:TD94 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2024)S1-0542-05

Optimization of the structure and injection performance of the two-channel wide-angle demediation nozzle

BAI Liugui¹, WANG Bin², WANG Dapeng³

(1.CHN Energy Shendong Coal Preparation Center, Yulin 719315 China; 2.CHN Energy Shendong Technology Research Institute, Yulin 719315 China; 3.China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116 China)

Abstract: In order to further reduce the medium loss on the demediation screen in the coal preparation plant, a double-channel wide-angle demediation nozzle was designed on the basis of the single-hole nozzle. A research platform for the injection performance of the nozzle was built, the influence of the nozzle diameter, inclination angle and grooving angle on the impact force distribution and average value of the jet was studied, the optimization parameters of the two-channel wide-angle demediation nozzle were determined, and the industrial application test was carried out in a thermal coal preparation plant. The results show that the striking force of the horizontal section of the two-channel wide-angle disengagement nozzle is basically a normal distribution curve, and the average value basically increases first and then gradually decreases with the increase of the nozzle diameter, inclination angle and grooving angle, and the optimized structural parameters of the nozzle are 9 mm diameter, 30° nozzle inclination angle and 50° grooving angle. Compared with the on-site sprinkler, the content of magnetic matter on the screen is reduced by 35.71%, and the content of -2 mm in the refined coal on the screen is reduced by 37.71%.

Key words: demediation sieve; striking force; dual-channel wide-angle; demediation nozzle; desliming

0 引言

重介选煤厂直线脱介筛筛上喷水系统对筛上物料粒度组成、浓度、介质携带量具有十分重要的影响^[1-3]。其工作效果对于重介质回收和产品脱水至关重要。因此提高喷水系统脱介、脱泥效果是选煤

厂生产运营的重要内容。喷头是脱介筛喷水系统的核心部件,也一直是选煤厂技术升级改造和研究的热点^[4-5]。目前选煤厂基本采用扇形广角喷头冲洗脱除脱介筛筛上物料所携带的细泥与介质脱除,此喷头采用圆柱形喷管与扇形导流板为核心结构,喷管射出的水流以90°方向流经扇形导流板后形成水

收稿日期:2024-04-18;责任编辑:常明然 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.24041804

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2014BAB01B00)

作者简介:白刘贵(1981—),男,陕西省榆林人,高级工程师。E-mail:47948004@qq.com

通讯作者:王大鹏(1988—),男,河南新乡人,副教授。E-mail:13813469366@126.com

引用格式:白刘贵,王斌,王大鹏.双通道广角脱介喷头结构优化与喷射性能[J].洁净煤技术,2024,30(S1):542-546.

BAI Liugui, WANG Bin, WANG Dapeng. Optimization of the structure and injection performance of the two-channel wide-angle demediation nozzle[J]. Clean Coal Technology, 2024, 30(S1): 542-546.

幕。神东洗选中心煤制油选煤厂使用广角扇形喷头脱除脱介筛筛上介质和细泥,在使用过程中发现末煤量大时无法穿透煤层,脱泥水滞留筛面,随煤流进入重液系统,导致各桶液位不稳定,磁选机入料波动大,影响磁选机回收效果,介耗高^[6-8]。将部分喷头更换成“鸭嘴式”脱泥喷头,此喷头采用模具一次成型喷头采用扇形直喷方式,喷头出口呈长缝型,降低了喷头对水流的阻力,提高了脱介效果。准能选煤厂为提升喷头击打力,采用 DN108 耐磨管割成间隔相等的缝取代原有的喷头增加了水流量。钱营孜煤矿选煤厂、水峪选煤厂将广角扇形喷头错排安装,形成双水幕提升分选效果。五六选煤将扇形喷头扩展为双孔,实现一个喷管产生两个水幕的效果^[9-12]。

在石圪台选煤厂采用清洗行业常用的直线扇形单孔喷头,有效提升了喷头的击打力,但存在喷射角度较小,流量过高的问题,基于此本文在单孔喷头的基础上设计了双通道广角脱介喷头,通过实验室喷水特性测试平台研究了关键结构参数对喷头击打力分布的影响规律,并在某动力煤选煤厂进行了工业应用验证,取得了良好效果。在单孔喷头的基础上,设计了一种双通道广角脱介喷头,考察了双孔喷头关键影响因素与喷射性能,并在神东某选煤厂进行工业应用,大幅降低了厚煤层条件下脱介筛的脱泥

效率,为卧式振动离心机提供了良好的人料,提升了脱水效果。

1 内容与方法

1.1 喷头结构

双通道广角脱介喷头采用双喷管设计,喷管呈镜像对称分布在喷头中心轴两侧(图 1)。喷管出口端采用三角形切槽与喷管相贯(图 2)。喷头整体采用不锈钢材质,外周上部为外螺纹用于固定喷头和调整喷头水幕方向,中部设置六方螺台,便于采用工具拆卸安装,安装时喷头与脱介筛筛面垂直。喷头性能的主要结构参数是,喷管直径(a)、喷管倾角(b)、切槽角度,主要释义如图 1 所示。

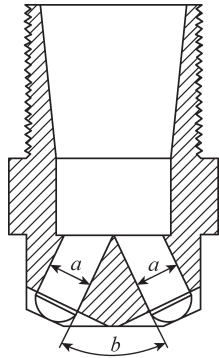


图 1 扇形双孔喷嘴结构示意图

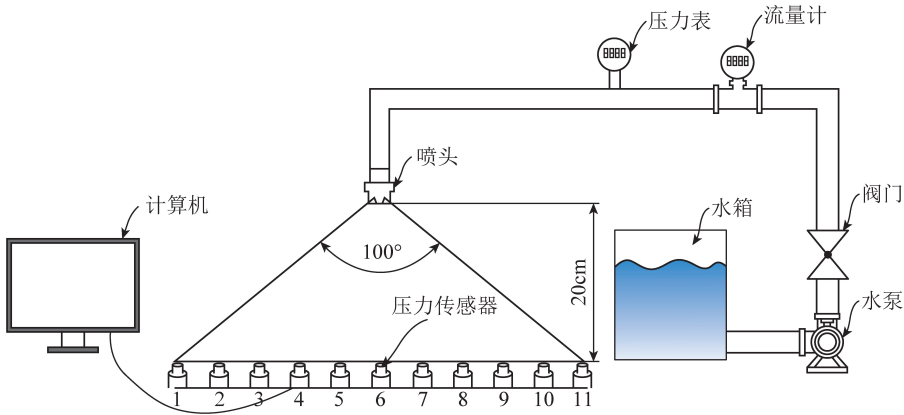


图 2 双孔喷头喷射性能测试平台

1.2 双孔喷头喷射性能测试

喷头的射流性能试验研究在专用试验平台进行。测试系统由循环水泵、双通道广角脱介喷头、压力传感器、电脑以及起到辅助作用的管路、压力表、流量计、阀门等组成。参考选煤厂实际应用数据,将压力传感器与喷头出口垂直距离设置为 20 cm,压力传感器两侧边缘与喷头出口中心点夹角为 100°(图 2),11 个传感器平均分布在水平方向,从左至右依次编号为 1~11,传感器间距为 4.3 cm。试验过程中采用各点击打力平均值以及击打力分布曲线作

为主要评价指标,采取单因素寻优方法探索喷头结构参数对射流性能的影响规律,确定喷头结构参数。在测试过程中保持压力传感器位置固定,保证传感器测试压力数据具有对比性。

1.3 工业应用试验

工业应用试验在神东某动力煤选煤厂进行,该厂年处理原煤 2 600 万 t,采用块煤重介浅槽-末煤两产品重介质旋流器-粗煤泥回收的分选工艺。采用香蕉筛作为直线脱介筛,喷水管安装广角扇形喷头。试验过程中,在原喷水管旁增加一条喷水

管道安装双通道广角脱介喷头,通过阀门控制喷水管道开启,试验平台见图 3。试验过程首先采集原喷头管路情况下的筛上物料粒度组成与磁性物含量,离心机产品水分。再关闭现场原管路,开启新喷头所在管路,采集上述数据分析对比新喷头工业应用效果。

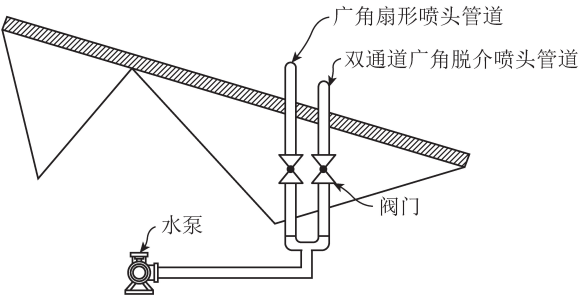


图 3 喷头应用研究平台

2 结果与分析

2.1 喷管结构对喷射性能的影响

2.1.1 喷管直径

喷管直径是各类喷头的重要参数,直接影响喷头的射流出口面积,在入料压力固定的情况下,喷头直径越大出口面积越大,射流流量增大,但射流速度会降低。试验过程中固定喷管倾角 30°、切槽角度 50°。喷管直径对喷头击打力分布及平均值的影响见图 4、5。

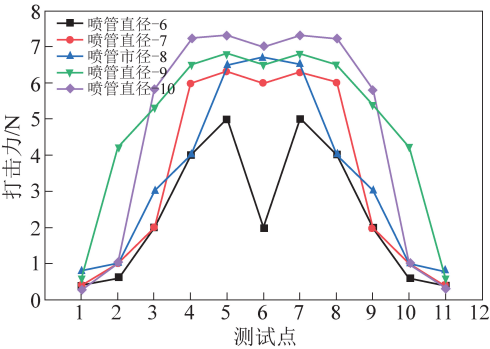


图 4 不同喷管直径的击打力分布

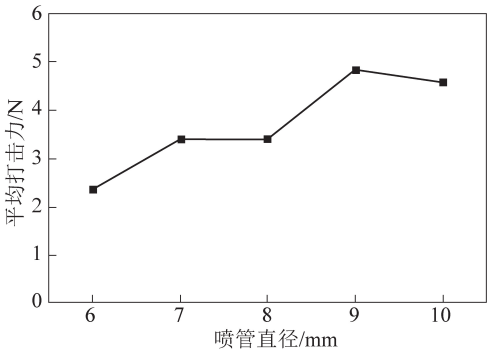


图 5 不同喷管直径的平均击打力

体积流量和射流速度越大,总击打力越大,增大喷头直径喷头分析上图可知喷管直径对双孔喷头的击打力的大小和分布均有明显影响,不同直径下的击打力均接近对称分布,基本呈现边缘低,中间高的双峰分布特点。经典流体力学研究表明该喷头射流属于不淹没射流,射流总击打力 F ：

$$F = \rho q v (1 - \cos \beta) \tag{1}$$

其中, ρ 为流体密度; q 为射流体积流量; v 为射流速度; β 为射流方向变化角度。可见在其他条件固定的情况下,喷头的体积流量和射流速度均增大。研究表明射流分为初始段和主段,射流初始段长度约是喷管直径的 6 倍,因此设计喷头直径变化导致的喷头初始段的长度在 36~60 mm,而实际选煤厂所采用的喷射高度基本在 200 mm 以上,因此所测主要速度分布在主段,射流沿着射流方向越长核心速度区接近消失,速度分布更均匀接近正态分布曲线。喷管直径为 6 mm 时,由左向右采样点的击打力迅速增加,到 6 号传感器位置时剧烈降低,而后先迅速增加后迅速减小。说明喷管直径较小时射流区域只有很小区域击打力较大,射流边界区域和射流中心附近的击打力很小。随着喷管直径的增至 7 mm,击打力分布与 6 mm 有明显差别,射流中心区域击打力显著增加,且基本维持在一个固定值。进一步增至 8 mm 喷管击打力分布均匀性进一步提升。喷管直径 9 mm 时,射流截面击打力均匀性最好,低击打力仅分布在比射流边界的狭窄区域,当进一步增大至 10 mm,击打力极值缓慢增加,但分布均匀性降低。平均击打力随喷管直径的增加逐渐增加,当喷管直径超过 9 mm 后缓慢降低。综合上述分析确定 9 mm 喷管直径为优化的参数。

2.1.2 倾斜角度

在喷管直径确定的情况下,倾斜角度是两个喷管协同提升击打力和喷射角度的重要参数。试验过程中固定切槽角度 40°。喷射击打力见图 6、7。

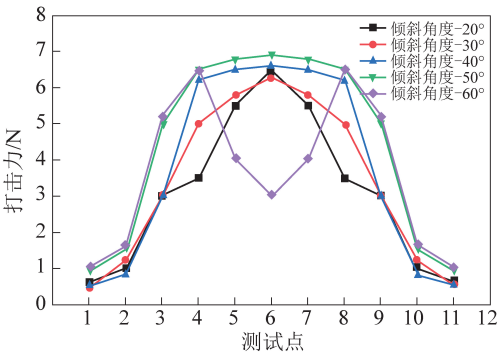


图 6 不同倾斜角度的击打力分布

分析可知,倾斜角度为 20°时击打力呈先缓慢

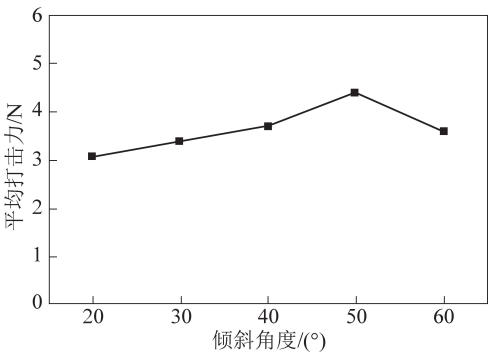


图 7 不同倾斜角度的平均击打力

增加后快速增加,接着缓慢增加又快速增加的规律,同时两端边缘的传感器测试值接近 0,表明当倾斜角度较小时两个喷管射流重叠区域较多,喷射角度较小,高击打力集中分布中于中心附近,产生类似于平行射流的效果。当倾斜角度逐渐增加,喷管射流重叠区域降低,喷射角度、高击打力区域逐渐增加,但当喷射角度超过 50°后双喷管射流中心位置击打力迅速降低,表明两股射流重合区域基本消失,造成了中心区域击打力缺失。平均击打力随着倾斜角度的增加逐渐增加,当倾斜角度超过 50°后缓慢降低。综合上述分析确定倾斜角度 50°为优化参数。

2.1.3 切槽角度

前已述及喷管出口截面由切槽角度的锥形相贯,因此喷管出口端俯视图图形为椭圆形,切槽角度越小椭圆离心率越大(图 8),椭圆离心率越大表明喷头形成射流的厚度越来越小,因此切槽角度对喷管的出口形状具有显著影响。不同切槽角度的击打力分布结果如图 9、10 所示。

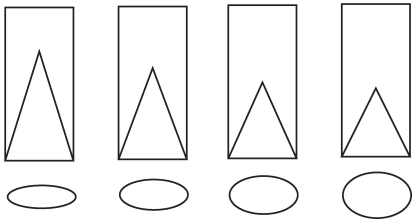


图 8 不同切槽角度对应的喷管出口截面俯视

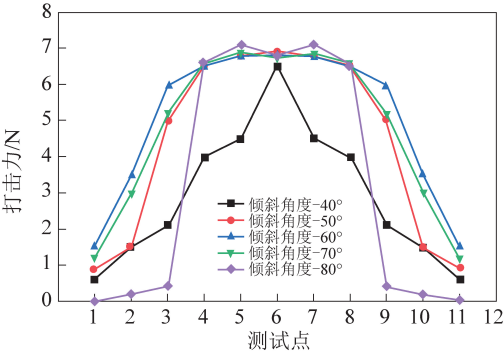


图 9 不同切槽角度的击打力分布

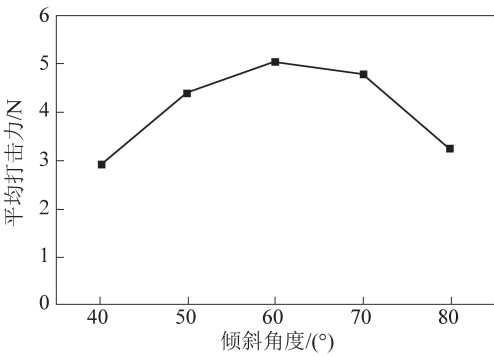


图 10 不同切槽角度的平均击打力

图中数据表明当切槽角度为 20°时击打力分布曲线呈中间窄、高,两端宽、低的特征,可能是由于切槽角度过小,导致射流出口阻力增大,雾化现象严重,导致高击打力区域过小。随着切槽角度增至 30°,击打力曲线分布均匀程度提升,中间宽、击打力高,至 50°时击打力高的区域范围达到最大,但当超过 60°后击打力极值有一定程度增加,但高击打力区域快速缩小,这可能是切槽角度过大后,射流体逐渐向圆柱体接近,导致击打力最大值增加而射流覆盖区域减少。平均击打力随着切槽角度的增加先是逐渐增加而后逐渐下降,拐点在 60°左右。综上以上分析最终确定优化的喷头结构参数为喷管直径 9 mm、喷管倾角 30°、切槽角度 50°。

2.2 双通道广角脱介喷头的应用研究

在确定喷头结构参数基础上,加工双通道广角脱介喷头,在西部某动力煤选煤厂开展工业应用研究。该厂原采用广角扇形喷头脱除末精煤重介矿浆,在生产稳定的情况下,采取了筛上物料和筛下物料介质的磁性物含量及粒度组成,结果如图 11、12 所示。

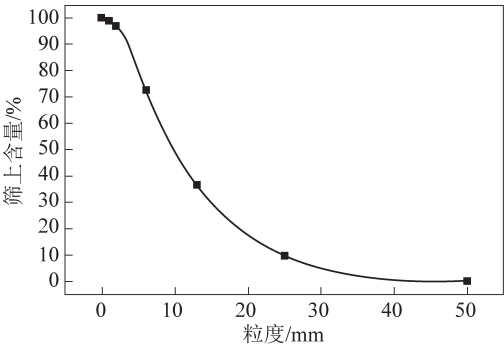


图 11 广角扇形喷头管道筛上粒度组成

该厂脱介筛筛上末精煤粒度特征曲线属于细粒不均匀型,颗粒分布向细颗粒集中,选煤厂筛板孔径为 2 mm,筛上-2 mm 含量为 8.75%。说明在现有喷头作用下筛上较多物料难以穿透物料层脱除。筛上物料携带的介质粒度特征曲线属于细粒不均匀型,

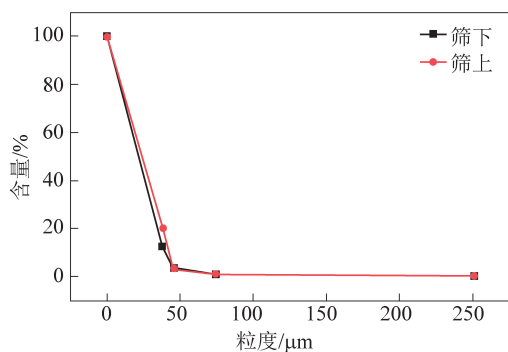


图 12 广角扇形喷头管道筛上、筛下磁性介质粒度组成

但-400 目含量筛下含量比筛上含量升高了 7.66 个百分点,说明筛上携带的介质中微细颗粒含量更高,实际测量筛上磁性物含量 0.14 kg/t 精煤。说明介质损失主要是有部分微细介质颗粒吸附在精煤颗粒表面,在现有喷水系统的情况下,难以脱除。

基于此,将原喷水管道入料阀门关闭,开启双通道广角脱介喷头所在管道阀门,在运行稳定的情况下,采取了筛上物料和筛下物料介质的磁性物含量及粒度组成。结果如图 13、14 所示。

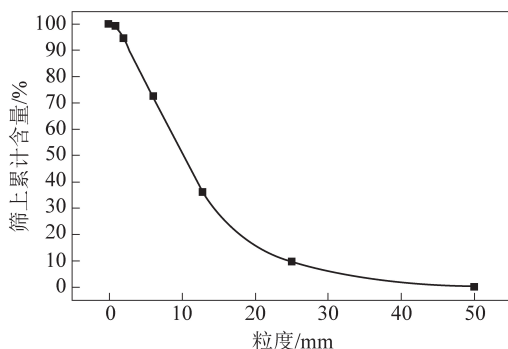


图 13 双通道广角脱介喷头管道筛上粒度组成

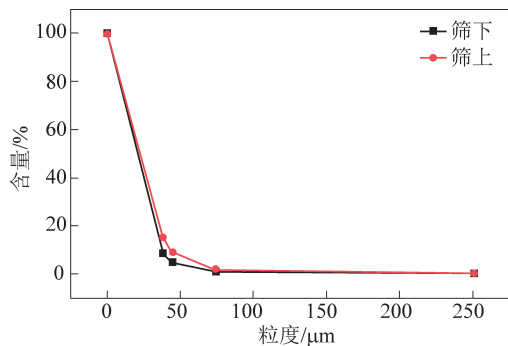


图 14 双通道广角脱介喷头管道筛上、筛下磁性介质粒度组成

对比可知,采用双通道广角脱介喷头时,脱介筛筛上精煤中-2 mm 含量与之前相比,降至 5.45%,降幅 37.71%。筛上精煤携带介质的粒度组成更粗,更多的细颗粒被脱除进入筛下,筛下-400 目含量达

91.41%,较之前提升了 11.41 个百分点,筛上-400 目含量降低了 3 个百分点。筛上细颗粒的降低为后续的末精煤脱水也提供了良好的入料条件。筛上磁性物含量降至 0.09 kg/t。综上对比分析采用双通道广角脱介喷头可将筛上煤泥含量降低 5 个百分点以上,介质携带量含量降低 35.71%,表明双通道广角脱介喷头穿透能力强,脱泥与脱介性能良好。

3 结 论

1) 双通道广角脱介喷头水平截面击打力基本呈正态分布曲线,平均击打力随喷管直径、倾斜角度、切槽角度增大基本呈现出先增加后逐渐降低的趋势,优化的喷头结构参数为喷管直径 9 mm、喷管倾角 30°、切槽角度 50°。

2) 双通道广角脱介喷头工业应用结果表明,与现场用喷头相比筛上磁性物含量降低 35.71%,筛上精煤中-2 mm 含量降低 37.71%。表明双通道广角脱介喷头穿透能力强,脱泥与脱介性能良好,并为后续脱水作业创造了良好的入料条件。

参考文献:

- [1] 何创库,孙国兴,张俊杰.煤制油选煤厂生产系统优化[J].洁净煤技术,2018,24(S2):64-67.
- [2] 神华准能选煤厂改造脱介喷头提高生产效率[J].中国设备工程,2012(3):29.
- [3] 于飞.选煤厂洗选系统降低介耗技术研究[J].江西煤炭科技,2022,176(4):198-200.
- [4] 刘威,王子扬,侯英.水峪选煤厂降介耗分析及优化措施[J].现代矿业,2022,38(11):263-265,274.
- [5] 马志广,解斌.正通选煤厂降低介质消耗的探索与实践[J].煤炭加工与综合利用,2020(9):36-39.
- [6] 王鹏.钱营孜煤矿选煤厂降低介耗的改造实践[J].煤炭加工与综合利用,2022(7):62-64.
- [7] 贾金山.开滦唐山矿业分公司选煤厂降低介耗的实践[J].选煤技术,2012(3):35-37.
- [8] 赵建群,刘剑民.安太堡选煤厂降低介耗的实践[J].选煤技术,2013,239(4):56-58.
- [9] 白凯文.降低重介质选煤系统介耗的措施[J].矿业装备,2022,124(4):116-117.
- [10] 薛文辉.禾草沟选煤厂降低介耗的探索与实践[J].选煤技术,2023,51(1):59-63.
- [11] 王建兵.高阳煤矿选煤厂重介质系统降耗新方法研究[J].煤炭加工与综合利用,2022(5):32-34.
- [12] 童培国,王学民,王江勇,等.赵楼煤矿选煤厂降低介耗的生产实践[J].选煤技术,2022,50(2):64-68.