

高灰难选煤泥分级浮选降灰实验研究

卢天燊, 邓政斌, 刘志红, 程伟

(贵州大学矿业学院, 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室,
贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 针对贵州某煤泥中-0.074 mm 粒级的产率为 54.19%, 灰分为 40.55%, 并含有大量的珍珠陶土、高岭石和二重高岭石等黏土矿物, 极易泥化的高灰难选煤泥。采用分级浮选方式, 分别确认了-0.5+0.25 mm、-0.25+0.074 mm、-0.074 mm 粒级浮选的矿浆浓度、捕收剂用量、起泡剂用量、叶轮转速及工艺流程等较优浮选条件并和-0.5 mm 全粒级进行对比; 结果表明: 各粒级的较优药剂用量和工艺参数均不同, 在较优浮选条件下, 分粒级的精煤产率高于全粒级, 灰分低于全粒级; 分粒级的尾煤产率低于全粒级, 灰分高于全粒级, 即分粒级浮选对该煤泥有显著的意义。

关键词: 高灰; 难选煤泥; 分级浮选; 粒级

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2022.02.026

中图分类号: TD94 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2022) 02-0142-08

浮选是高灰细粒煤泥最广泛、经济和有效的分选方法, 是选煤领域研究的热点与难题, 也是选煤流程中一个重要环节^[1]。高灰细粒煤泥在浮选分离时, 很难同时获得高产率和低灰分的精煤^[2]。在浮选分离时, 高灰细泥容易使精煤产品夹灰, 污染精煤的质量^[3]。细泥与煤颗粒形成的絮凝物被气泡夹带进入精煤中, 细泥随着溢流水一起逸出浮选槽进入精煤中, 细泥也会在气泡表面形成覆盖层, 随着气泡逸出而进入精煤中, 导致精煤产率和灰分增加^[4]。在浮选时, 细粒级比粗粒级更容易被水夹带到泡沫产品中。细粒煤泥罩盖将导致粗粒吸附药剂不足, 疏水能力得不到显著提高, 粗粒煤泥难以附着到气泡上, 损失在尾煤中^[5]。当细泥含量达到一定量时会对煤泥浮选效果造成负面影响, 随着细粒煤泥含量的增加, 煤泥浮选效果变差, 浮选煤泥的入浮粒级越宽, 细粒煤泥对煤泥浮选的影响越显著^[6]。浮选入料粒级越宽, 低灰粗粒煤泥在浮选尾煤中损失, 高灰细泥随泡沫产品进入浮选精煤^[7]。适宜的浮选入料粒度, 既能增大煤泥浮选速率, 又能提高精煤的质

量, 入选粒度太粗或太细都不利于煤泥浮选^[8]。分级浮选是提高入浮煤泥分选精度有效方法^[9]。在不同粒级煤泥浮选时, 调整合适的矿浆浓度、药剂用量、充气量和叶轮转速, 可以在很大程度上降低高灰细泥对精煤质量的污染^[10]。基于以上的研究, 本文将对煤泥粒度组成、物相组成、煤泥全粒级及分粒级浮选时各粒级的矿浆浓度、捕收剂用量、起泡剂用量、叶轮转速以及浮选工艺流程进行分析。根据不同因素的影响规律优化煤泥各粒级的较优浮选条件, 在较优的浮选条件下进行浮选工艺流程实验, 得出各粒级的精煤产率和灰分指标。

1 实验样品

1.1 煤样的制备

实验煤样采自贵州某选煤厂煤泥样品的工业分析及粒度分析结果见表 1, XRD 分析见图 1。

由表 1 可知, 煤泥的水分为 1.85%, 灰分为 39.75%, 挥发分为 16.62%, 固定碳为 41.78%。由表 2 可知, 各粒级的灰分含量随着粒径的逐渐减小而逐渐增加^[11]。-0.074 mm 粒级的产率为

收稿日期: 2021-08-21; 改回日期: 2021-12-10

基金项目: 贵州省自然科学基金(黔科合 J 字[2015]2048 号)

作者简介: 卢天燊(1991-), 男, 研究生, 主要研究方向为矿产综合利用。

通信作者: 邓政斌(1986-), 男, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为浮选理论与矿产综合利用, E-mail: zbdeng@gzu.edu.cn。

表1 煤泥的工业分析结果
Table 1 Industrial analysis results of coal slime

名称	水分	灰分	挥发分	固定碳
含量/%	1.85	39.75	16.62	41.78

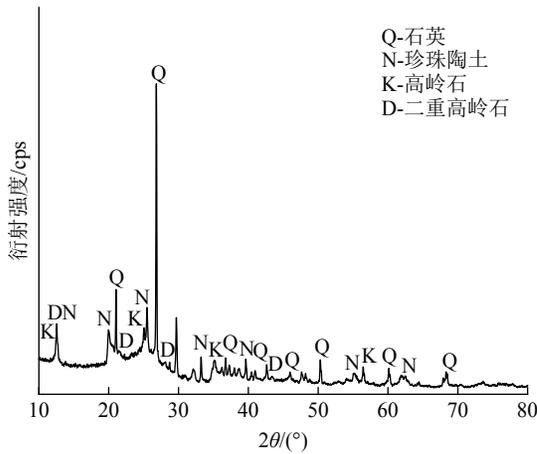


图1 煤泥 XRD 图谱
Fig.1 XRD pattern of coal slime

54.18%，灰分为 40.30%，-0.045 mm 粒级的产率为 40.37%，灰分为 40.79%，比+0.045 mm 粒级加权平均灰分高 2.49%。由此可以得出该厂的煤泥属于高灰细粒难选煤泥。高灰细泥比表面积大，浮选药耗大，且容易进入浮选精煤^[12]。浮选时需要采用合适的分选方法才能达到精煤的分选指标。-0.25 mm 粒级的产率为 84.55%，占该煤泥的绝大部分，灰分为 39.60% 也比较高，-0.5+0.25 mm 粒级的产率为 15.45% 占少部分，灰分为 36.79%。因此本论文对煤泥进行了分粒级：-0.5+0.25 mm、-0.25+0.074 mm、-0.074 mm 粒级及全粒级：-0.5 mm 粒级浮选实验研究。

表2 原煤泥筛析结果
Table 2 Sieve analysis results of coal slime

粒级/mm	产率/%	灰分/%	筛上累积		筛下累计	
			产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
-0.5+0.25	15.45	36.79	15.45	36.79	100.00	39.17
-0.25+0.125	17.10	38.30	32.55	37.58	84.55	39.60
-0.125+0.074	13.27	38.47	45.82	37.84	67.45	39.94
-0.074+0.045	13.81	38.85	59.63	38.08	54.18	40.30
-0.045	40.37	40.79	100.00	39.17	40.37	40.79
总计	100.00	39.17				

由图1可知，该煤泥的主要矿物成分为石英、珍珠陶土、高岭石和二重高岭石等，其中珍珠陶土、高岭石和二重高岭石属黏土矿物极易泥化，导致浮选药剂耗量大，且容易混入浮选精煤中，使精煤灰分增大。

2 结果与讨论

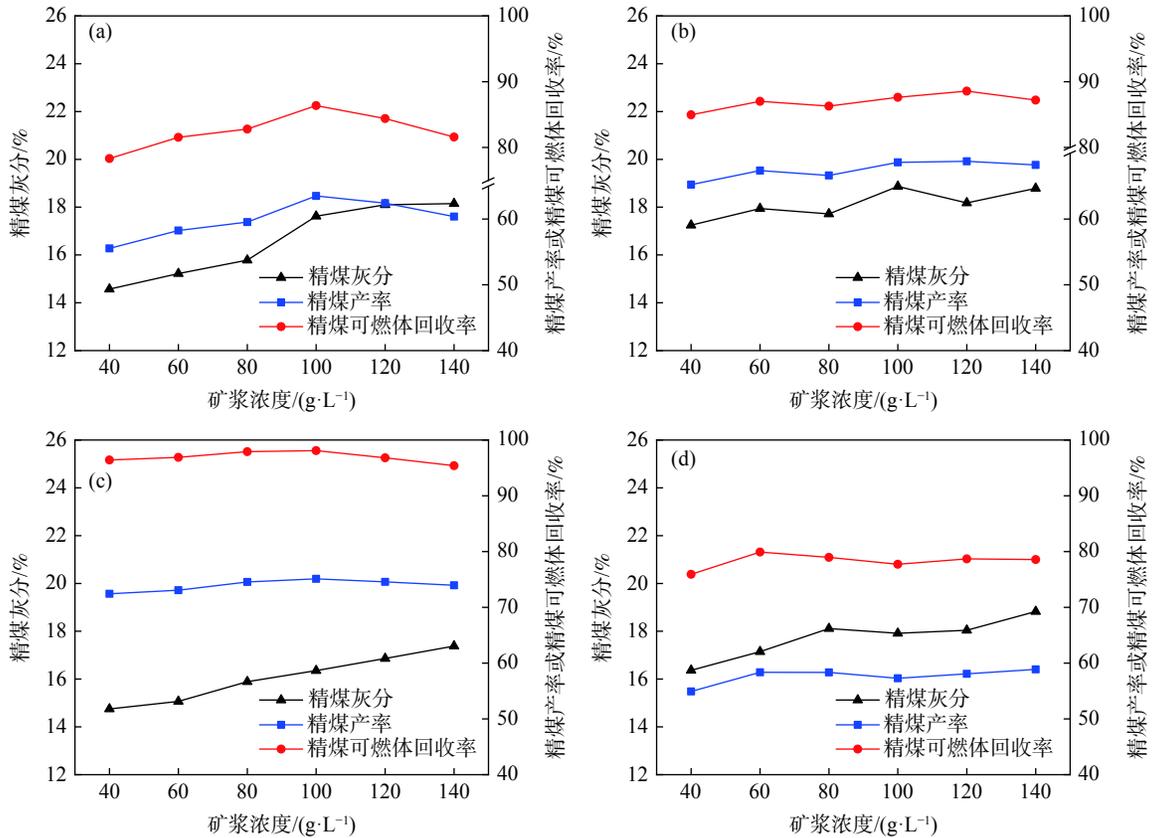
2.1 浮选实验研究

2.1.1 矿浆浓度实验

各粒级煤泥在相同的浮选条件下：捕收剂用量为 600 g/t，起泡剂用量为 100 g/t，叶轮转速为 1800 r/min，充气量为 0.06 m³/h，刮泡时间为 3 min，矿浆浓度浮选实验结果见图2。

由图2(a)可知，-0.5 mm 粒级给料随着矿浆浓度的逐渐增加，精煤灰分先逐渐增加后缓慢升高，精煤产率和可燃体回收率先增加后下降，矿浆浓度为 100 g/L 时达到较优值，精煤灰分为

17.62%，产率为 60.51%，可燃体回收率为 86.37%。由图2(b)可知，-0.5+0.25 mm 粒级给料随着矿浆浓度的逐渐增加，精煤灰分有上升趋势，精煤产率和可燃体回收率先缓慢增加后逐渐下降，矿浆浓度为 120 g/L 时达到较优值，精煤灰分为 18.18%，产率为 68.77%，可燃体回收率为 88.56%。由图2(c)可知，-0.25+0.074 mm 粒级给料随着矿浆浓度的逐渐增加，精煤灰分逐渐升高，精煤产率和可燃体回收率先升高后下降，矿浆浓度为 100 g/L 时达到较优值，精煤灰分为 16.35%，产率为 75.11%，可燃体回收率为 98.10%。由图2(d)可知，-0.074 mm 粒级给料随着矿浆浓度的逐渐增加，精煤灰分逐渐升高，精煤产率和可燃体回收率先升高后下降趋于平缓，矿浆浓度为 60 g/L 时达到较优值，精煤灰分为 17.15%，产率为 58.35%，可燃体回收率为 79.92%。由图2可知：当矿浆浓度从 40 g/L 增加到 140 g/L 时，可燃体回收率的变化规律是



(a. -0.5 mm 粒级; b. -0.5+0.25 mm 粒级; c. -0.25+0.074 mm 粒级; d. -0.074 mm 粒级)

图 2 矿浆浓度对精煤灰分、产率和可燃体回收率的影响

Fig.2 Effect of slurry concentration on ash content, yield and combustible gas recovery of clean coal

-0.25+0.074 mm 粒级给料的可燃体回收率较大，其次是-0.5+0.25 mm 粒级给料，再次是-0.5mm 粒级给料，最后是-0.074 mm 粒级给料。

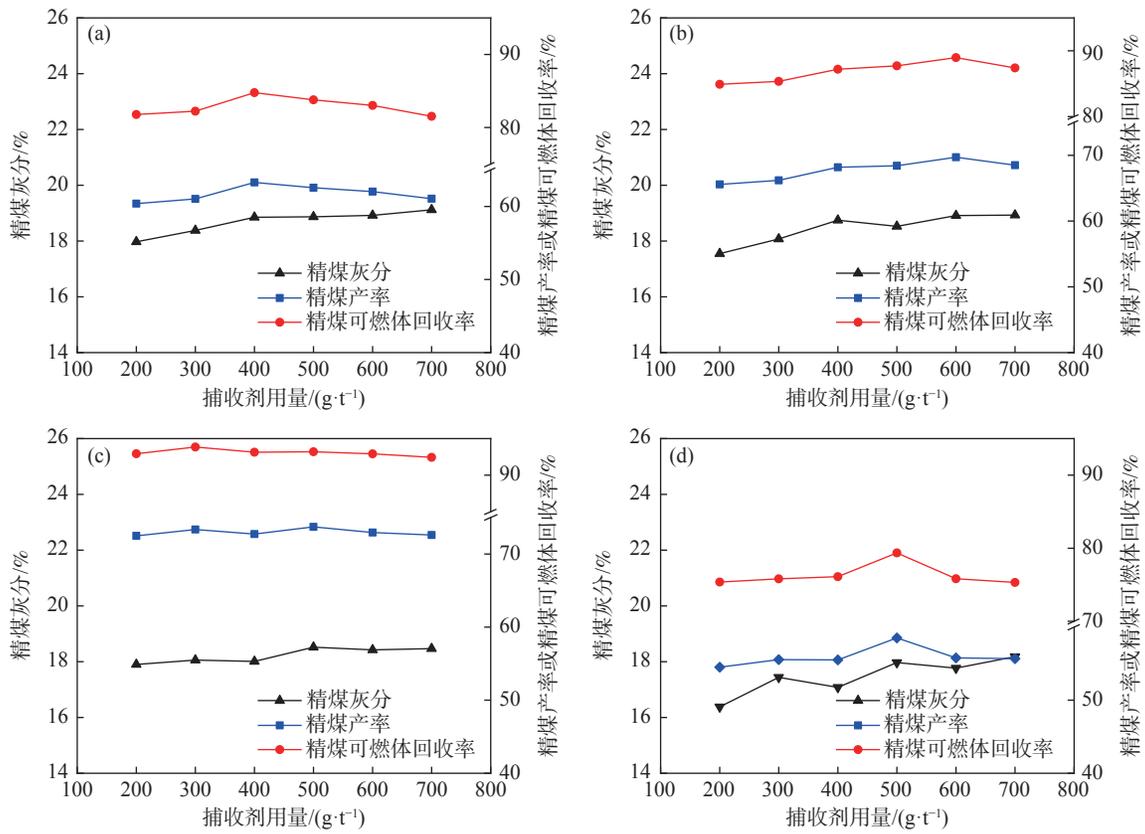
提高矿浆浓度会增加气泡与颗粒碰撞的几率，促进颗粒对气泡的附着，从而提高精煤的产率和灰分。但是浓度过高煤浆黏度会增大，气泡难以在矿浆中分散，导致精煤产率下降而精煤灰分还是上升趋势。在本实验中细粒煤泥的矿泥含量比较多且易泥化浮选时需较稀的矿浆浓度，粗粒煤泥矿泥含量较少需较浓的矿浆浓度。

2.1.2 浮选捕收剂用量实验

各粒级煤泥给料浮选结果随捕收剂用量变化见图 3。

由图 3(a) 可知，-0.5 mm 粒级给料在矿浆浓度为 100 g/L，起泡剂用量为 100 g/t，叶轮转速为 1800 r/min，充气量为 0.06 m³/h，刮泡时间 3 min 的条件下，随着捕收剂用量的逐渐增加，精煤灰分先逐渐升高后缓慢升高，精煤产率和可燃体回收率先增加后下降，当捕收剂用量为 400 g/t 时达到较优值，精煤灰分为 17.73%，产率为 64.56%，

可燃体回收率为 87.68%。由图 3(b) 可知，-0.5+0.25 mm 粒级给料在矿浆浓度为 120 g/L，起泡剂用量为 100 g/t，叶轮转速为 1800 r/min，充气量为 0.06 m³/h，刮泡时间 3 min 的条件下，随着捕收剂用量的逐渐增加，精煤灰分逐渐升高，精煤产率和可燃体回收率先缓慢升高后下降，当捕收剂用量为 600 g/t 时达到较优值，精煤灰分为 18.18%，产率为 68.77%，可燃体回收率 88.56%。由图 3(c) 可知，-0.25+0.074 mm 粒级给料在矿浆浓度为 100 g/L，起泡剂用量为 100 g/t，叶轮转速为 1800 r/min，充气量为 0.06 m³/h，刮泡时间 3 min 的条件下，随着捕收剂用量的逐渐增加，精煤灰分逐渐增加，精煤产率和可燃体回收率先增加后下降，当捕收剂用量为 300 g/t 时达到较优值，精煤灰分为 18.06%，产率为 73.35%，可燃体回收率 97.91%。由图 3(d) 可知，-0.074 mm 粒级给料在矿浆浓度为 60 g/L，起泡剂用量为 100 g/t，叶轮转速为 1800 r/min，充气量为 0.06 m³/h，刮泡时间 3 min 的条件下，随着捕收剂用量的逐渐增加，精煤灰分逐渐增加，精煤产率和可燃体回收率先升高



(a. -0.5 mm 粒级; b. -0.5+0.25 mm 粒级; c. -0.25+0.074 mm 粒级; d. -0.074 mm 粒级)

图3 捕收剂用量对精煤灰分、产率和可燃体回收率的影响

Fig.3 Effect collector dosage on ash content, yield and combustible gas recovery of clean coal

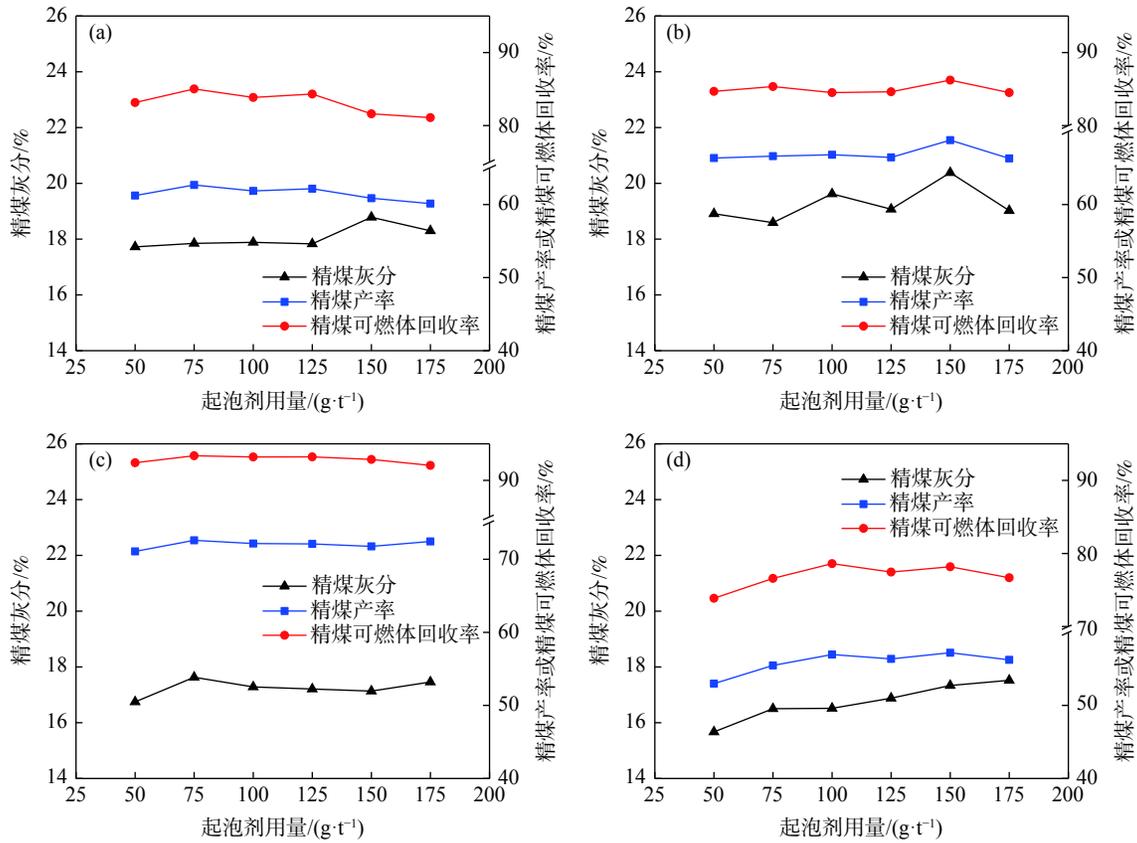
后下降，当捕收剂用量为 500 g/t 时达到较优值，精煤灰分为 17.97%，产率为 58.52%，可燃体回收率 79.36%。由图 3 可知：当捕收剂用量从 200 g/t 增加到 700 g/t 时，可燃体回收率的变化规律是 -0.25+0.074 mm 粒级给料的可燃体回收率最大，其次是 -0.5+0.25 mm 粒级给料，再次是 -0.5 mm 粒级给料，最后是 -0.074 mm 粒级给料。

随着捕收剂用量的增加，煤泥表面越来越疏水，药剂在高灰细泥表面的粘附量逐渐增加，会使选择性差的高灰细泥进入浮选精煤中，导致精煤产率和灰分升高。在全粒级浮选时，加入少量药剂时，由于细粒煤泥比粗粒煤泥更容易吸附药剂，导致粗粒煤药剂吸附不足，损失在尾煤中。药剂用量过量时，会产生团聚，煤粒表面会形成反向吸附层，导致浮选精煤的产率逐渐下降。在浮选过程中主要考虑是降灰问题，所以分级浮选能为精煤降灰起一定的作用。

2.1.3 浮选起泡剂用量实验

各粒级煤泥随起泡剂用量变化的实验结果见图 4。

由图 4(a) 可知，-0.5 mm 粒级给料在矿浆浓度为 100 g/L，捕收剂用量为 400 g/t，叶轮转速为 1800 r/min，充气量为 0.06 m³/h，刮泡时间 3 min 的条件下，随着起泡剂用量的逐渐增加，精煤灰分先保持平稳后增加，精煤产率和可燃体回收率先增加后下降，当起泡剂用量为 75 g/t 时达到较优值，精煤灰分为 17.85%，产率为 62.68%，可燃体回收率 85.02%。由图 4(b) 可知，-0.5+0.25 mm 粒级给料在矿浆浓度为 120 g/L，捕收剂用量为 600 g/t，叶轮转速为 1800 r/min，充气量为 0.06 m³/h，刮泡时间 3 min 的条件下，随着起泡剂用量的逐渐增加，精煤灰分有增加趋势，精煤产率和可燃体回收率先缓慢增加后下降，当起泡剂用量为 150 g/t 时达到较优值，精煤灰分为 20.39%，产率为 68.81%，可燃体回收率 86.21%。由图 4(c) 可知，-0.25+0.074 mm 粒级给料在矿浆浓度为 100 g/L，捕收剂用量为 300 g/t，叶轮转速为 1800 r/min，充气量为 0.06 m³/h，刮泡时间 3 min 的条件下，随着起泡剂用量逐渐的增加，精煤灰分缓慢增加，精煤产率和可燃体回收率先增加后下降，当起泡剂



(a. -0.5 mm 粒级; b. -0.5+0.25 mm 粒级; c. -0.25+0.074 mm 粒级; d. -0.074 mm 粒级)

(a. -0.5 mm grain size; b. -0.5+0.25 mm grain size; c. -0.25+0.074 mm grain size; d. -0.074 mm grain size)

图 4 起泡剂用量对精煤灰分、产率和可燃体回收率的影响

Fig.4 Effect of frother dosage ash content, yield and combustible gas recovery of clean coal

用量为 75 g/t 时达到较优值, 精煤灰分 17.63%, 产率为 72.60%, 可燃体回收率 98.13%。由图 4(d) 可知, -0.074 mm 粒级给料在矿浆浓度为 60 g/L, 捕收剂用量为 500 g/t, 叶轮转速为 1800 r/min, 充气量为 0.06 m³/h, 刮泡时间 3 min 的条件下, 随着起泡剂用量的逐渐增加, 精煤灰分逐渐增加, 精煤产率和可燃体回收率先逐渐增加后下降, 当起泡剂用量为 100 g/t 时达到较优值, 精煤灰分为 16.51%, 产率为 56.96%, 可燃体回收率为 78.61%。由图 4 可知: 当起泡剂用量从 50 g/t 增加到 175 g/t 时, 可燃体回收率的变化规律是 -0.25+0.074 mm 粒级给料的可燃体回收率最大, 其次是 -0.5+0.25 mm 粒级给料, 再次是 -0.5 mm 粒级给料, 最后是 -0.074 mm 粒级给料。

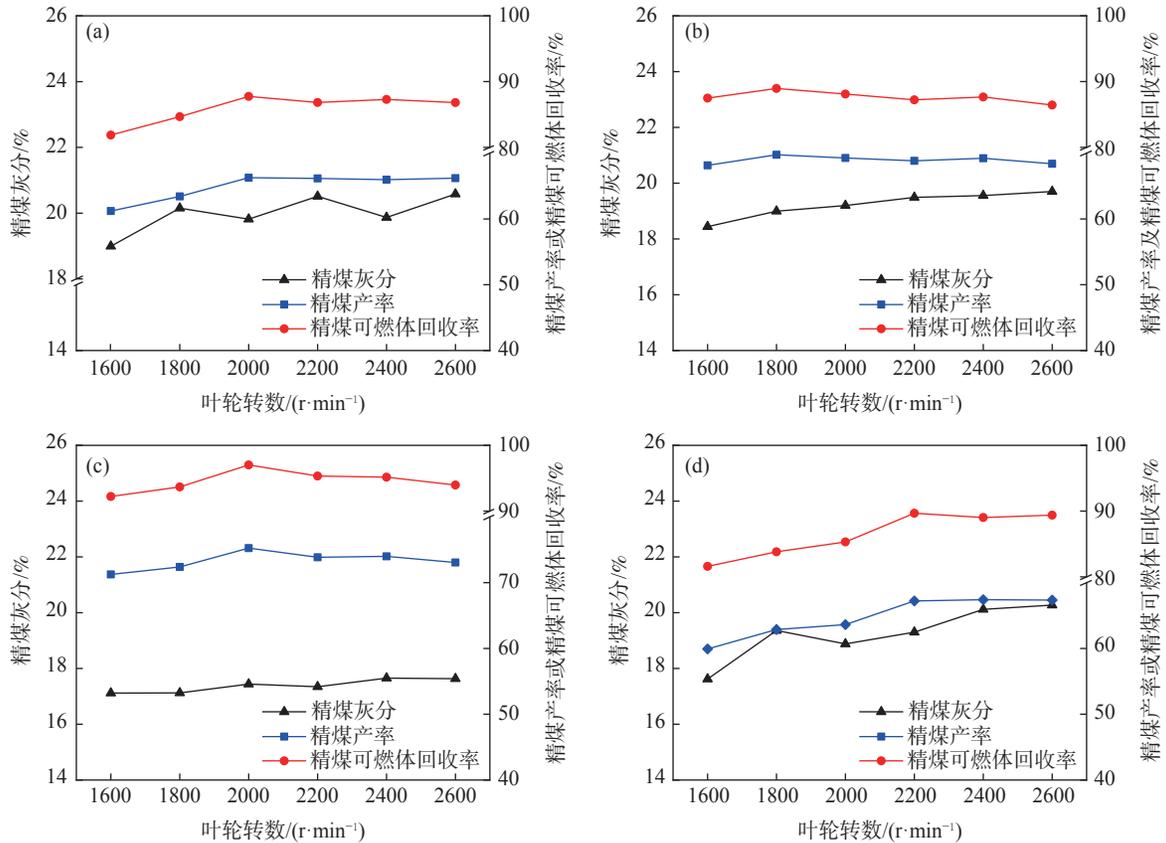
当捕收剂用量一定时, 随着起泡剂用量的逐渐增加, 精煤产率和可燃体回收率先增加后下降。随着起泡剂用量的逐渐增加, 液相的表面张力逐渐减小, 形成了大量的细小气泡, 疏水的精煤颗粒会附着气泡上进入泡沫产品中, 增加精煤

产率。同时脉石矿物也会随泡沫水夹带进入精煤产品中导致精煤灰分增加。起泡剂用量过多时, 起泡剂易出现絮凝, 导致精煤产率减少, 严重污染精煤质量^[13]。

2.1.4 浮选叶轮转速实验

各粒级煤泥随调浆叶轮转速变化的实验结果见图 5。

由图 5(a) 可知, -0.5 mm 粒级给料在矿浆浓度为 100 g/L, 捕收剂用量为 400 g/t, 起泡剂为 75 g/t, 充气量为 0.06 m³/h, 刮泡时间 3 min 的条件下, 随着叶轮转速的逐渐增加, 精煤灰分逐渐增加, 精煤产率和可燃体回收率先增加后下降, 当叶轮转速为 2000 r/min 时达到较优值, 精煤灰分为 19.82%, 产率为 66.28%, 可燃体回收率 87.75%。由图 5(b) 可知, -0.5+0.25 mm 粒级给料在矿浆浓度为 120 g/L, 捕收剂用量为 600 g/t, 起泡剂为 150 g/t, 充气量为 0.06 m³/h, 刮泡时间 3 min 的条件下, 随着叶轮转速的逐渐增加, 精煤灰分逐渐增加, 精煤产率和可燃体回收率先增加后缓慢下



(a. -0.5 mm 粒级; b. -0.5+0.25 mm 粒级; c. -0.25+0.074 mm 粒级; d. -0.074 mm 粒级)

图5 叶轮转速对精煤灰分、产率和可燃体回收率的影响

Fig.5 Effect of mixing speed on the ash content, yield and combustible gas recovery of clean coal

降,当叶轮转速为1800 r/min时达到较优值,精煤灰分为19.00%,产率为69.77%,可燃体回收率88.94%。由图5(c)可知,-0.25+0.074 mm粒级给料在矿浆浓度为100 g/L,捕收剂用量为300 g/t,起泡剂为75 g/t,充气量为0.06 m³/h,刮泡时间3 min的条件下,随着叶轮转速的逐渐增加,精煤灰分缓慢增加,精煤产率和可燃体回收率先增加后下降,当叶轮转速为2000 r/min时达到较优值,精煤灰分为17.44%,产率为75.26%,可燃体回收率为97.02%。由图5(d)可知,-0.074 mm粒级给料在矿浆浓度为60 g/L,捕收剂用量为500 g/t,起泡剂为100 g/t,充气量为0.06 m³/h,刮泡时间3 min的条件下,随着叶轮转速的逐渐增加,精煤灰分逐渐增加,精煤产率和可燃体回收率先增加后下降,当叶轮转速为2200 r/min时达到较优值,精煤灰分为19.30%,产率为67.22%,可燃体回收率89.68%。由图5可知:当叶轮转速从1600 r/min增加到2600 r/min时,各粒级最优叶轮转速下可燃体回收率的大小是:-0.25+0.074 mm粒级给料最大,其次是-0.074 mm粒级给料,再次是-

0.5+0.25 mm粒级给料,最后是-0.5 mm粒级给料。

细粒煤泥浮选时,足够的调浆机械能使煤颗粒活化实现高效率分选。调浆强度过低产生的剪切力不能破坏颗粒间的疏水引力,细粒煤泥及脉石矿物会罩盖在粗粒表面,导致精煤产率和灰分增加。调浆强度过高有利于形成小气泡,但是难以形成稳定的泡沫层。过高的调浆强度会使已经接触的煤颗粒与药剂分离,同时也会使已经团聚的煤颗粒松散开来,造成精煤产率下降。因此,对于不同粒级煤泥需要适宜的调浆强度,才有利于提高精煤可燃体回收率。即粗粒级需较低的调浆强度,细粒级需较高的调浆强度。

2.2 煤泥全粒级给料及分粒级给料浮选工艺流程实验

由上述浮选实验结果可知,-0.5 mm粒级给料的浮选较优条件为:矿浆浓度100 g/L、捕收剂400 g/t、起泡剂75 g/t、叶轮转速2000 r/min;-0.5+0.25 mm粒级给料的浮选较优条件为:矿浆浓度120 g/L、捕收剂600 g/t、起泡剂为150 g/t、叶轮转速1800 r/min;-0.25+0.074 mm粒级给料的浮选

较优条件为：矿浆浓度为 100 g/L、捕收剂为 300 g/t、起泡剂为 75 g/t、叶轮转速 2000 r/min；-0.074 mm 粒级给料的浮选较优条件为：矿浆浓度 60 g/L、捕收剂 500 g/t、起泡剂 100 g/t、叶轮转速 2200 r/min；充气量都固定为 0.06 m³/h。

在各粒级给料较优的浮选条件下，探究一次粗选一次扫选两次精选工艺流程的降灰效果，浮选工艺流程见图 6。

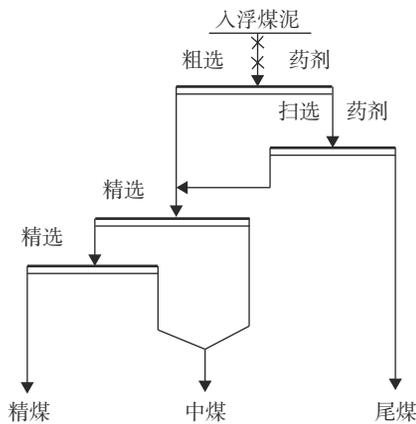


图 6 浮选工艺流程

Fig.6 Flotation process flow chart

各粒级煤泥给料浮选获得的精煤、中煤和尾煤实验结果见表 3。

由表 3 可以得出，分粒级 -0.5+0.25 mm、-0.25+0.074 mm 和 -0.074 mm 给料浮选获得的精煤产率分别为 35.42%、36.25% 和 35.45%，灰分分别为 9.72%、8.76% 和 9.22%；尾煤产率分别为 27.43%、21.39% 和 24.46%，灰分分别为 84.59%、85.60% 和 87.47%。全粒级 -0.5 mm 给料浮选获得的精煤产率为 32.64%、灰分为 10.06%；尾煤产率为 31.59%、灰分为 80.78%。即分粒级给料浮选获得的精煤产率高于全粒级给料，灰分低于全粒级给料；分粒级给料浮选获得的尾煤产率低于全粒级，灰分高于全粒级，所以煤泥分级浮选有显著的意义。

表 3 各粒级煤泥给料浮选获得的精煤、中煤和尾煤实验结果

Table 3 Test results of various grades of slime clean coal, middling coal and tailings

给料粒级/mm	精煤		中煤		尾煤	
	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
-0.5	32.64	10.06	35.77	35.42	31.59	80.78
-0.5+0.25	35.42	9.72	37.15	25.97	27.43	84.59
-0.25+0.074	36.25	8.76	42.36	32.57	21.39	85.60
-0.074	35.45	9.22	40.09	36.00	24.46	87.47

3 结论

(1) 在该厂煤泥中，煤泥-0.074 mm 粒级的产率为 54.18%，灰分为 40.30%，-0.045 mm 粒级的产率为 40.37%，灰分为 40.79%，即该煤泥属于高灰难选煤泥。

(2) 细粒煤泥的矿泥含量比较多且易泥化浮选时需较稀的矿浆浓度，粗粒煤泥矿泥含量较少需较浓的矿浆浓度。对于不同粒级煤泥需要适宜的调浆强度，才有利于提高精煤可燃体回收率，即粗粒级需较低的调浆强度，细粒级需较高的调浆强度。

(3) 通过该浮选工艺流程浮选，浮选指标有明显的变化。分三个粒级给料浮选获得的精煤产率高于全粒级，灰分低于全粒级；分粒级的尾煤产率低于全粒级，灰分高于全粒级。

参考文献：

[1] 程万里, 邓政斌, 刘志红, 等. 煤泥浮选中矿物颗粒间相互作用力的研究进展[J]. *矿产综合利用*, 2020(3):48-55.
CHENG W L, DENG Z B, LIU Z H, et al. Research progress of interaction force between mineral particles in coal slurry flotation[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(3):48-55.

[2] 宋帅, 樊玉萍, 马晓敏, 等. 煤泥水中煤与不同矿物相互作用的模拟研究[J]. *矿产综合利用*, 2020(1):168-172.
SONG S, FAN Y P, MA X M, et al. Simulation study on interaction between coal and different minerals in coal slurry[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(1):168-172.

[3] 于跃先, 马力强, 张仲玲, 等. 煤泥浮选过程中的细泥夹带与罩盖机理[J]. *煤炭学报*, 2015, 40(3):625-658.
YU Y X, MA L Q, ZHANG Z L, et al. Mechanism of entrainment and slime coating on coal flotation[J]. *Journal of China Coal Society*, 2015, 40(3):625-658.

[4] 谢才秀, 张永菊, 龙涛, 等. 不同实验设计方法在高灰分煤泥浮选优化实验中的应用[J]. *矿产综合利用*, 2021(1):72-76.
XIE C X, ZHANG Y J, LONG T, et al. Application of different experimental design method in the flotation optimization experiments of high ash coal slime[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(1):72-76.

[5] 王成勇, 陈鹏, 潘东, 等. 18 疏水引力在煤泥浮选过程中的作用机理及应用[J]. *矿产综合利用*, 2020(3):105-110.
WANG C Y, CHEN P, PAN D, et al. Mechanism and application of hydrophobic attraction in coal flotation process[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(3):105-110.

- [6] 崔广文, 张继柱, 扶祥通, 等. 煤泥粒度组成对浮选影响的研究[J]. *选煤技术*, 2007(4):20-22.
CUI G W, ZHANG J Z, FU X T, et al. Research on the influence of coal slime particle size composition on flotation[J]. *Coal Preparation Technology*, 2007(4):20-22.
- [7] 周开洪, 程敢, 王永田. 粒度和密度组成对煤泥浮选的影响[J]. *矿山机械*, 2012, 40(11): 84-89.40(11): 84-89.
ZHOU K H, CHENG G, WANG Y T. Influence of granularity and density composition on flotation of coal slime [J]. *Mining Machinery*, 2012,
- [8] 曹钊, 张弘强, 袁治国, 等. 煤泥入料粒度对其浮选动力学特性的影响[J]. *煤炭技术*, 2015, 34(7):310-312.
CAO Z, ZHANG H Q, YUAN Z G, et al. Effect of coal particle size on its flotation kinetics characteristics[J]. *Coal Technology*, 2015, 34(7):310-312.
- [9] 谢广元, 吴玲, 欧泽深, 等. 煤泥分级浮选工艺的研究[J]. *中国矿业大学学报*, 2005(6):78-82.
XIE G Y, WU L, OU Z S, et al. Research on fine coal classified flotation flowsheet[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2005(6):78-82.
- [10] 张晓鹏. 高灰细泥对浮选精煤质量的影响分析[J]. *煤炭加工与综合利用*, 2017(3):30-34.
ZHANG X P. Analysis of the influence of high ash fine sludge on the quality of flotation clean coal[J]. *Coal Processing & Comprehensive Utilization*, 2017(3):30-34.
- [11] 石开仪, 孔德顺, 龙剑, 等. 贵州高灰细粒煤泥浮选研究[J]. *煤炭工程*, 2016, 48(10):120-123.
SHI K Y, KONG D S, LONG J, et al. Study on flotation on Guizhou high ash fine coal slime[J]. *Coal Engineering*, 2016, 48(10):120-123.
- [12] 王婷霞. 捕收剂与煤表面分子间作用研究 [D]. 北京: 中国矿业大学, 2016.
WANG T X. Study on effect between collectors and moleculars on coal [D]. Beijing: China University of Mining and Technology, 2016.
- [13] 卢智强, 刁海瑞, 李彩霞, 等. 难浮煤泥浮选试验研究[J]. *洁净煤技术*, 2018, 24(4):50-53.
LU Z Q, DIAO H R, LI C X, et al. Experimental study on floatation test of difficult floated coal[J]. *Clean Coal Technology*, 2018, 24(4):50-53.

Experimental Study on Deashing of High Ash and Refractory Coal Slime by Classification Flotation

Lu Tianshen, Deng Zhengbin, Liu Zhihong, Cheng Wei

(Mining College, Guizhou University, Guiyang, National & Local Joint Laboratory of Engineering for Efficient Utilization of Regional Mineral Resources from Karst Areas, Guizhou Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Non-metallic Mineral Resources, Guiyang, Guizhou, China)

Abstract: Aiming at a certain coal slime in Guizhou, the yield rate of -0.074mm class is 54.19%, the ash content is 40.55%, the yield rate of -0.045 mm class is 40.38%, the ash content is 40.79%, and contains a lot of pearl clay, Clay minerals such as kaolinite and double kaolinite, difficult floated and high-ash coal slime that are easy sliming. The optimal flotation conditions of -0.5+0.25 mm, -0.25+0.074 mm and -0.074 mm classes (slurry concentration, collector dosage, frother dosage and mixing speed) were confirmed by the method of classification flotation. The optimal flotation conditions of -0.5+0.25 mm, -0.25+0.074 mm and -0.074 mm classes were compared with the whole flotation of -0.5mm class. The results show that the optimal dosage of reagents and process parameters for each size classes are different. Under the optimal flotation conditions, the yield of clean coal of classification flotation is higher than that of the full size flotation, and the ash content is lower than that of the full size flotation. The yield of tailings is lower than that of the full size flotation, and the ash content is higher than that of the full size flotation. That is, the flotation of the classification flotation is significant for the slime.

Keywords: High ash; Difficult to separate slime; Classification flotation; Size class