

## 细粒赤铁矿精矿沉降效果影响因素实验研究

胡宗岗<sup>1</sup>, 芦川<sup>2</sup>, 张芹<sup>1</sup>

(1. 武汉科技大学 资源与环境工程学院, 湖北 武汉 430081; 2. 中国宝武钢铁集团有限公司武钢有限炼铁厂, 湖北 武汉 430080)

**摘要:** 本文以细粒赤铁矿精矿作为研究对象, 为探究铁精矿在实际生产浓密脱水阶段产生的浓密池溢流损失严重等问题, 通过澄清层分界面平均沉降速度、上清液浊度和单位沉降面积等研究指标, 考查细粒赤铁矿精矿的入料浓度、絮凝剂分子量、絮凝剂单耗、絮凝剂溶液浓度等因素对细粒赤铁矿精矿絮凝沉降的影响。设计正交实验探究细粒赤铁矿精矿絮凝沉降影响因素的实验研究。借助 SPSS26 统计软件对实验结果展开分析。研究表明: 影响因素对平均沉降速度影响程度大小顺序为: 絮凝剂单耗>絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂分子量; 对上清液浊度影响程度大小顺序为: 絮凝剂单耗>絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂分子量; 对单位沉降面积影响程度大小顺序为: 絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂单耗>絮凝剂分子量。综合考虑, 在本实验中细粒赤铁矿精矿絮凝沉降效果较优条件为: 絮凝剂分子量为 1500 万、入料浓度为 10%、絮凝剂单耗为 60 g/t、絮凝剂溶液浓度为 0.10%。

**关键词:** 赤铁矿; 絮凝剂; 絮凝沉降; 正交实验; 方差分析

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.02.011

中图分类号: TD985 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2023) 02-0056-07

随着选矿产业的发展, 我国赤铁矿资源存在禀赋差、且嵌布粒度细、矿物组成复杂等特点, 这就对选矿厂的细磨工艺提出了更高的要求, 细粒级矿物颗粒日益增加, 对矿物的浮选与过滤阶段造成一定的困难。为了有效选别赤铁矿, 对矿物要求充分解离, 同时也对细粒赤铁矿精矿的絮凝沉降造成了一定的困扰, 导致絮凝沉降缓慢、溢流跑浑严重、铁精矿流失以及选矿厂回水利用等问题<sup>[1-2]</sup>。

长链有机聚合物被广泛应用于细粒矿物的絮凝与沉降, 依据官能团的性质可以分为阴离子型、阳离子型和非离子型等, 絮凝剂通过吸附架桥、电性中和、网捕卷扫等机理作用于细粒矿物使其聚集团聚<sup>[3]</sup>。赵继领<sup>[4]</sup>等探讨了废汽车尾气催化剂中贵金属的浸出条件, 运用极差分析法得到较佳的浸出条件, 为类似废催化剂金属的浸出工艺提供了可靠参数。周贺鹏<sup>[5]</sup>等以离子型稀土矿

化学溶浸为例, 运用正交实验法计算分析各因素的影响效应。田明明<sup>[6]</sup>等以玲珑金矿全尾砂为例, 探究了絮凝剂种类、单耗、浓度等参数对絮凝沉降效果的影响, 结果表明, 絮凝剂为阴离子型絮凝剂、絮凝剂溶液浓度为 0.2%、单耗为 75 g/t 时沉降速度较快、絮凝沉降效果较佳。

研究表明, 不同研究对象的絮凝沉降效果受到多种因素的影响<sup>[7-8]</sup>, 如入料浓度、絮凝剂分子量、絮凝剂用量、絮凝剂溶液浓度等因素, 但这 4 种影响因素对细粒赤铁矿精矿澄清层分界面平均沉降速度、上清液浊度和单位沉降面积的评价指标研究较少, 又因为阴离子型聚丙烯酰胺对细粒赤铁矿精矿助沉效果最为明显<sup>[9]</sup>, 因此本实验以阴离子型聚丙烯酰胺作为絮凝剂, 展开细粒赤铁矿浮选精矿絮凝沉降实验, 探究 4 种影响因素对细粒赤铁矿浮选精矿絮凝沉降效果影响显著程度以及选择较优絮凝沉降条件, 为实际生产过程提供

收稿日期: 2022-03-29

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (50974099)

作者简介: 胡宗岗 (1997-), 男, 硕士研究生, 从事细粒赤铁矿浮选精矿絮凝沉降研究。

通信作者: 张芹 (1966-), 女, 教授, 硕士研究生导师, 从事矿物加工理论与工艺研究。

可靠的参数与理论依据。

## 1 实验材料与仪器

### 1.1 铁精矿

实验所用赤铁矿取自宝武钢铁武汉工业港巴西铁精矿，试样化学多元素分析见表1，试样铁含量 TFe=64.80%，同时还含有 P、S 等微量有害元素。通过激光粒度分析和湿式筛分获得试样粒度分布结果见表2。

表1 试样化学多元素分析/%  
Table 1 Sample chemical multi-element analysis

TFe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P	Mn	Zn	CaO
64.80	4.80	1.572	0.018	0.043	0.151	0.003	0.013

表2 试样粒度分析  
Table 2 Sample particle size analysis

粒径/μm	+74	-74~+38	-38~+15	-15~+10	-10~+5	-5
产率/%	3.76	18.44	21.78	10.45	17.33	28.24

### 1.2 絮凝剂

依据赤铁矿精矿的性质选取药剂为有机高分子阴离子型聚丙烯酰胺絮凝剂，依据分子量大小的差异选取4种类型，絮凝剂分子量为900万、1300万、1500万、1800万，该絮凝剂呈无色颗粒状、无毒、无臭、无腐蚀性。

### 1.3 实验仪器

实验过程中主要使用的仪器与设备有数字搅拌机、250 mL量筒、精密电子称、烧杯、移液枪、移液管、秒表、药匙等。

## 2 实验方案设计

### 2.1 正交实验

依据设计正交实验方案前进行探究性实验中，确定入料浓度为10%、15%、20%、25%，絮凝剂分子量为900万、1300万、1500万、1800万，絮凝剂单耗为40、50、60、70 g/t，絮凝剂溶液浓度为0.05%、0.10%、0.15%、0.20%。为确保正交实验的合理性，本文选取标准正交实验 L16 (4<sup>5</sup>)<sup>[10]</sup>，正交实验因素与水平和正交实验方案见表3、表4。

### 2.2 研究指标

以澄清层分界面平均沉降速度、上清液浊度和单位沉降面积等物理量作为研究指标。

平均沉降速度：铁精矿在沉降瓶从澄清层分

表3 正交实验因素与水平  
Table 3 Orthogonal test factors and levels

水平	入料 浓度/%	因素		
		絮凝剂 分子量/万	絮凝剂 单耗/(g·t <sup>-1</sup> )	絮凝剂 溶液浓度/%
1	10	900	40	0.05
2	15	1300	50	0.10
3	20	1500	60	0.15
4	25	1800	70	0.20

表4 正交实验方案(L16 (4<sup>5</sup>))  
Table 4 Orthogonal test scheme (L16 (4<sup>5</sup>))

实验序号	入料 浓度/%	絮凝剂 分子量/万	絮凝剂 单耗/(g·t <sup>-1</sup> )	絮凝剂 溶液浓度/%
1	10	900	40	0.05
2	10	1300	50	0.10
3	10	1500	60	0.15
4	10	1800	70	0.20
5	15	900	50	0.15
6	15	1300	40	0.20
7	15	1500	70	0.05
8	15	1800	60	0.10
9	20	900	60	0.20
10	20	1300	70	0.15
11	20	1500	40	0.10
12	20	1800	50	0.05
13	25	900	70	0.10
14	25	1300	60	0.05
15	25	1500	50	0.20
16	25	1800	40	0.15

界面开始出现到某一刻度处的平均沉降速度。

$$V_{AVG} = \frac{L_t - L_0}{t}$$

式中：V<sub>AVG</sub> 为平均沉降速度，mm/s；L<sub>t</sub> 为沉降瓶某一时刻澄清层分界面高度，mm；L<sub>0</sub> 为沉降瓶初始澄清层分界面高度，mm；t 为沉降时间，s。

上清液浊度：上清液浊度是从澄清层分界面初始沉降至分界面不再发生变化时，上清液中所含固体悬浮颗粒的含量，单位 NTU。

单位沉降面积<sup>[11]</sup>：即浓缩机单位处理量所需的面积，用来进行浓缩机沉降面积的选型。在实验室完成静态沉降实验，根据实验所得结果绘出静态沉降曲线，运用 Talmage-Fitch 方法进行计算。

$$UA_0 = \frac{T_u}{M_0 H_0}$$

式中：UA<sub>0</sub> 为单位沉降面积，m<sup>2</sup>·s/kg；M<sub>0</sub> 为初始悬浮液浓度料浆初始浓度，kg/m<sup>3</sup>；H<sub>0</sub> 悬浮液的初始高度，10<sup>-3</sup> m；T<sub>u</sub> 为任意的界面高度为 H<sub>u</sub> 时，

$T_u$  达到的最大值, s。

### 2.3 实验步骤

在精密电子称上准确称取一定质量的絮凝剂置于烧杯中, 加入相应配比去离子水进行搅拌。使用数字搅拌器设置转速为 300 r/min 匀速持续搅拌 2 h 至完全溶解, 配制实验所需絮凝剂溶液浓度为 (0.05%、0.10%、0.15%、0.20%)。

根据设计正交实验设计方案的入料浓度, 准确量取相应质量铁精矿和去离子水将其置于 250 mL 烧杯中, 使用数字搅拌器以 360 r/min 的转速将两者混合搅拌均匀, 配制浓度为 10%、15%、20%、25% 的铁精矿料浆。

将配置好的铁精矿料浆迅速转移到 250 mL 的沉降瓶中, 加入絮凝剂后定容至 250 mL 刻度处。塞紧沉降瓶塞, 以均匀的力度、每秒一次频率翻转沉降瓶 180°使之混匀 10 次后, 迅速将其静置于实验台作为计时的零点。

记录实验数据。依次记录澄清层上清液分界面每下沉 10 mL 时的沉降时间, 直至分界面不再

发生变化。

上清液浊度的测定, 使用 WGZ-1A 型浊度计, 以去离子水作为参考标准, 在沉降时间为 5 min 时 (沉降完全), 使用移液枪于沉降瓶 180 mL 刻度处取上清液置于浊度瓶, 混匀并且擦拭浊度瓶表面进行浊度的测定, 待数值稳定后进行读数, 单位为 NTU。

## 3 实验结果与讨论

### 3.1 正交实验结果

澄清层分界面随沉降时间变化曲线见图 1, 从图中可以看出, 在相同入料浓度下的细粒赤铁矿精矿絮凝沉降实验中, 澄清层分界面高度相差不大, 但随着入料浓度的提高, 澄清层分界面高度也随之升高, 说明入料浓度与澄清层界面高度成一定的正比例关系。此外各组沉降实验曲线在出现拐点之前的斜率具有明显的差异性, 说明实验选取的影响因素对于铁精矿的絮凝沉降具有显著的影响。

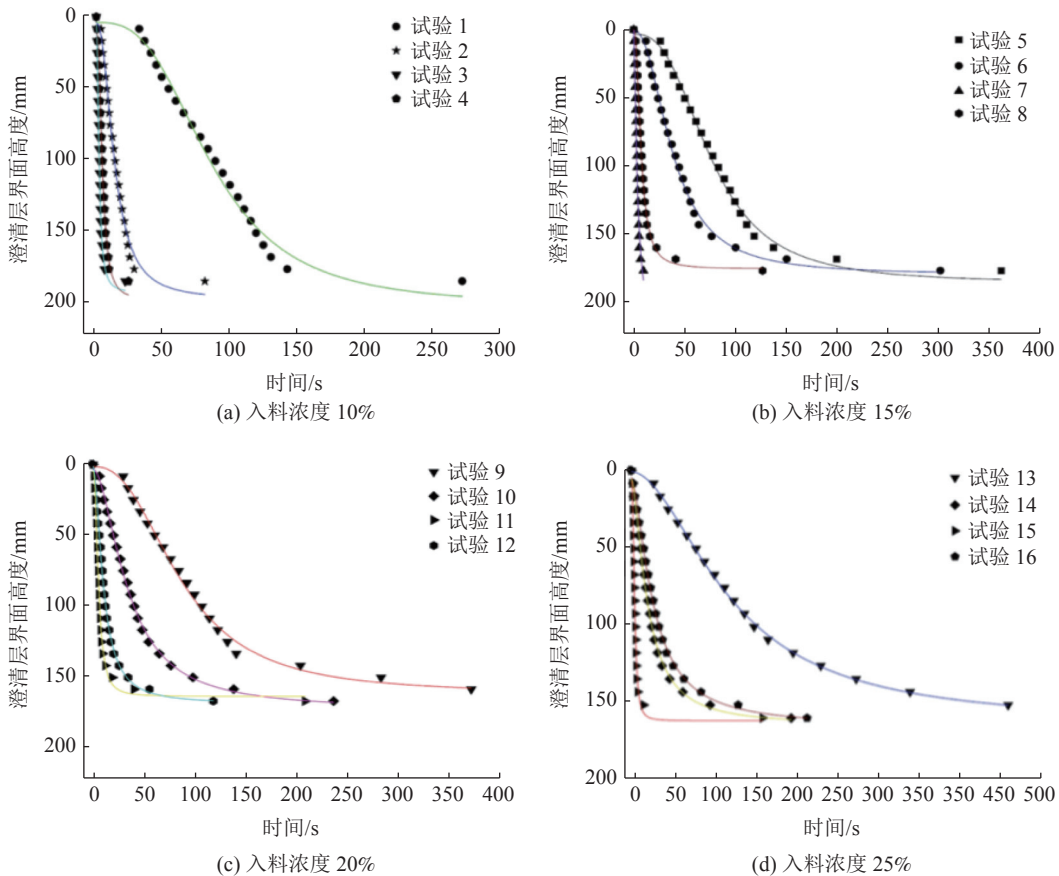


图 1 澄清层界面随沉降时间变化曲线

Fig.1 Curve of the interface height of the clarification layer changing with settlement time

实验各组平均沉降速度见图2，实验3的平均沉降速度较大，值为50.33 mm/s，实验13的平均沉降速度较小，值为0.35 mm/s，平均沉降速度的较优实验组是较差实验组的143.80倍，另外实验3、实验7、实验11、实验15分别为入料浓度10%区、入料浓度15%、入料浓度20%、入料浓度25%区中平均沉降速度较大的实验组，其中四组实验相同的絮凝沉降条件是絮凝剂分子量为1500万，这说明在本次实验范围内，絮凝剂分子量为1500万时，对平均沉降速度影响较大；实验各组上清液浊度见图3，实验1上清液浊度较大，值为623 NTU，实验4上清液浊度较小，值为58.6 NTU，上清液浊度较优实验组是较差实验组的10.63倍，另外实验4、实验8、实验12、实验16在入料浓度10%区、入料浓度15%、入料浓度20%、入料浓度25%区中上清液浊度较小的实验组，并且在四组入料浓度区中随着絮凝剂分子量的增加，上清液浊度也随之减小；实验各组单位沉降面积如图4所示，实验7的单位沉降面积较

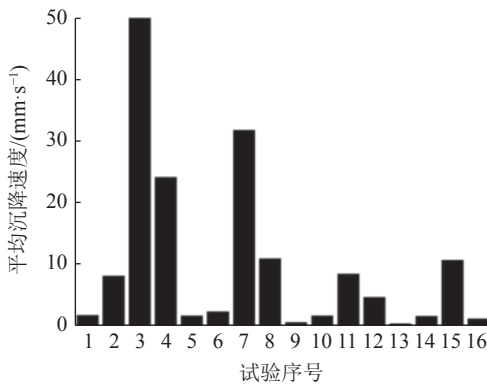


图2 实验各组平均沉降速度  
Fig.2 Average settlement velocity of each group

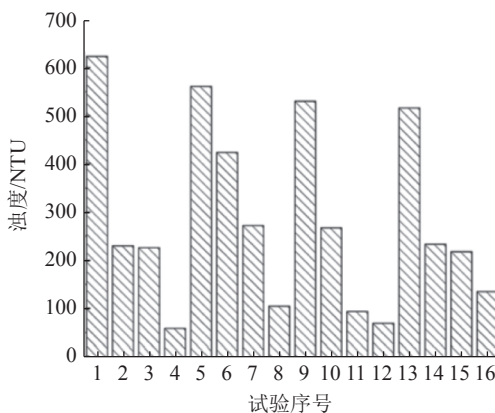


图3 实验各组上清液浊度  
Fig.3 Turbidity of supernatant in each group

小，值为0.261 (m<sup>2</sup>·s/kg×10<sup>-3</sup>)，实验1单位沉降面积较大，值为7.325 (m<sup>2</sup>·s/kg×10<sup>-3</sup>)，较优实验组是较差实验组的28.1倍，另外实验3、实验7、实验11、实验15分别为入料浓度10%区、入料浓度15%、入料浓度20%、入料浓度25%区中单位沉降面积较小的实验组，其中四组实验相同的絮凝沉降条件是絮凝剂分子量为1500万，这说明在本次实验范围内，絮凝剂分子量为1500万时，对单位沉降面积影响较大。

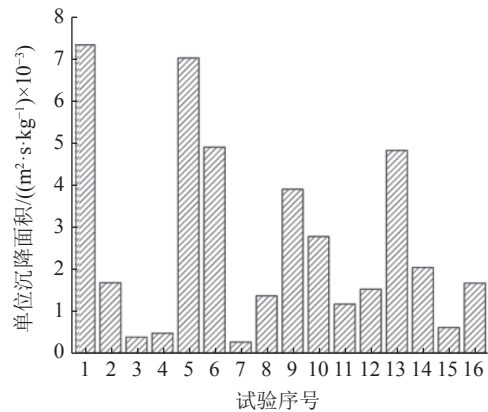


图4 实验各组单位沉降面积  
Fig.4 Unit settlement area of each group

### 3.2 方差分析

运用SPSS26统计分析软件对正交实验所得结果进行分析，各因素的方差分析主体间效应检验结果见表5，从分析结果可以得出，对于平均沉降速度考查指标，入料浓度、絮凝剂分子量、絮凝剂单耗、絮凝剂溶液浓度等因素的显著值依次为0.087、0.043、1.180、0.629，即影响因素对平均沉降速度影响顺序为：絮凝剂单耗>絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂分子量，且絮凝剂单耗对平均沉降速度影响较大；对于上清液浊度考查指标，入料浓度、絮凝剂分子量、絮凝剂单耗、絮凝剂溶液浓度等因素的显著值依次为0.359、0.008、0.724、0.503，即絮凝剂单耗>絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂分子量，且絮凝剂单耗对上清液浊度影响较大；对于单位沉降面积，入料浓度、絮凝剂分子量、絮凝剂单耗、絮凝剂溶液浓度等因素的显著值依次为0.499、0.018、0.224、0.781，即絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂单耗>絮凝剂分子量，且絮凝剂溶液浓度对单位沉降面积影响较大。

如表6、7、8、9所示，依次为入料浓度、絮

表 5 方差分析主体间效应检验  
Table 5 ANOVA test for between-subject effects

源	因变量	III类平方和	自由度	均方	F	显著性
修正模型	平均沉降速度	2807.378a	12	233.948	5.081	0.103
	浊度	513718.030b	12	42809.860	9.727	0.043
	单位沉降面积	76.210c	12	6.351	5.966	0.084
截距	平均沉降速度	1622.132	1	1622.132	35.232	0.010
	浊度	1299999.030	1	1299999.03	295.378	0.000
	单位沉降面积	109.512	1	109.512	102.868	0.002
入料浓度	平均沉降速度	830.377	3	276.792	6.012	0.087
	浊度	20810.092	3	6936.697	1.576	0.359
	单位沉降面积	3.208	3	1.069	1.004	0.499
絮凝剂分子量	平均沉降速度	1437.730	3	479.243	10.409	0.043
	浊度	473620.192	3	157873.397	35.871	0.008
	单位沉降面积	63.421	3	21.140	19.858	0.018
絮凝剂单耗	平均沉降速度	448.076	3	149.359	3.244	1.180
	浊度	6215.792	3	2071.931	0.471	0.724
	单位沉降面积	8.391	3	2.797	2.627	0.224
絮凝剂溶液浓度	平均沉降速度	91.195	3	30.398	0.660	0.629
	浊度	13072.242	3	4357.414	0.990	0.503
	单位沉降面积	1.190	3	0.397	0.373	0.781
误差	平均沉降速度	138.126	3	46.024		
	浊度	13203.422	3	4401.141		
	单位沉降面积	3.194	3	1.065		
总计	平均沉降速度	4567.636	16			
	浊度	1826920.77	16			
	单位沉降面积	188.915	16			
修正后总计	平均沉降速度	2945.504	15			
	浊度	526921.739	15			
	单位沉降面积	79.404	15			

注: a.R<sup>2</sup>=0.953(调整后R<sup>2</sup>=0.766); b.R<sup>2</sup>=0.975(调整后R<sup>2</sup>=0.875); c.R<sup>2</sup>=0.960(调整后R<sup>2</sup>=0.799)。

凝剂分子量、絮凝剂单耗、絮凝剂溶液浓度 4 因素的单因素方差分析。由表 6 可知,对于入料浓度,当浓度为 10% 时,对铁精矿的平均沉降速度影响较大;由表 7 可知,对于絮凝剂分子量,当絮凝剂分子量为 1500 万时,对铁精矿的平均沉降速度和单位沉降面积影响较大;由表 8 可知,对于絮凝剂单耗,当絮凝剂单耗为 60 g/t 时,对铁精矿的平均沉降速度和单位沉降面积影响较大;由表 9 可知,对于絮凝剂溶液浓度,当絮凝剂溶液浓度为 0.10% 时,对铁精矿的上清液浊度和单位沉降面积影响较大。在本次实验范围内,综合考虑平均沉降速度、上清液浊度和单位沉降面积等研究指标,得出细粒赤铁矿精矿的絮凝沉降较佳条件为入料浓度为 10%、絮凝剂分子量为 1500 万、絮凝剂单耗为 60 g/t、絮凝剂溶液浓度为 0.10%。

表 6 单因素分析(入料浓度)  
Table 6 Univariate analysis (Feed concentration)

考查指标	入料浓度/%	平均值	标准偏差	95%置信区间	
				下限	上限
平均沉降速度	10	21.156	21.640	-13.278	55.591
	15	11.765	14.152	-10.754	34.285
	20	3.871	3.554	-1.784	9.527
	25	3.483	4.879	-4.282	11.248
浊度	10	284.400	239.448	-96.615	665.415
	15	340.450	196.502	27.771	653.129
	20	239.875	212.538	-98.321	578.071
	25	275.450	166.082	11.177	539.723
单位沉降面积	10	2.463	3.294	-2.780	7.705
	15	3.383	3.126	-1.590	8.357
	20	2.339	1.246	0.357	4.320
	25	2.280	1.795	-0.576	5.137

表7 单因素分析（絮凝剂分子量）

Table 7 Univariate analysis (Flocculant molecular weight)

考查指标	分子量/万	平均值	标准偏差	95%置信区间	
				下限	上限
平均沉降速度	900	1.092	0.718	-0.049	2.234
	1200	3.466	3.185	-1.603	8.535
	1500	25.405	19.700	-5.942	56.752
	1800	10.312	10.190	-5.902	26.527
浊度	900	557.500	47.543	481.849	633.151
	1200	288.500	91.879	142.301	434.699
	1500	202.300	76.527	80.529	324.071
	1800	91.875	34.768	36.551	147.199
单位沉降面积	900	5.763	1.672	3.102	8.423
	1200	2.843	1.444	0.545	5.141
	1500	0.604	0.402	-0.036	1.243
	1800	1.255	0.534	0.404	2.106

表8 单因素分析（絮凝剂单耗）

Table 8 Single factor analysis (Unit consumption of flocculant)

考查指标	单耗/(g·t <sup>-1</sup> )	平均值	标准偏差	95%置信区间	
				下限	上限
平均沉降速度	40	3.459	3.410	-1.967	8.885
	50	6.333	3.986	-0.009	12.676
	60	15.897	23.430	-21.385	53.178
	70	14.587	16.000	-10.873	40.046
浊度	40	318.750	250.570	-79.963	717.463
	50	269.575	207.577	-60.727	599.877
	60	273.450	180.876	-14.364	561.264
	70	278.400	187.027	-19.201	576.001
单位沉降面积	40	3.763	2.894	-0.842	8.368
	50	2.703	2.912	-1.930	7.337
	60	1.917	1.484	-0.443	4.278
	70	2.081	2.149	-1.390	5.450

表9 单因素分析（絮凝剂溶液浓度）

Table 9 Univariate analysis (Flocculant solution concentration)

考查指标	溶液浓度/%	平均值	标准偏差	95%置信区间	
				下限	上限
平均沉降速度	0.05	10.022	14.726	-13.411	33.455
	0.10	7.031	4.527	-0.331	14.394
	0.15	13.710	24.413	-25.137	52.557
	0.20	9.513	10.823	-7.710	26.735
浊度	0.05	299.325	232.968	-71.380	670.030
	0.10	236.000	196.673	-76.951	548.951
	0.15	297.200	184.342	3.871	590.529
	0.20	307.650	210.586	-27.440	642.740
单位沉降面积	0.05	2.785	3.117	-2.175	7.745
	0.10	2.254	1.721	-0.485	4.993
	0.15	2.957	2.876	-1.619	7.533
	0.20	2.469	2.263	-1.132	6.071

## 4 结 论

(1) 本次实验范围的考查指标中，实验3的沉降平均速度较大，实验4的上清液浊度较小，实验7的单位沉降面积较小，且各研究指标的差值较大，在实际生产过程中要综合考虑各个因素对细粒赤铁矿浮选精矿絮凝沉降的影响。

(2) 根据方差分析得到各影响因素对平均沉降速度影响程度大小顺序为：絮凝剂单耗>絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂分子量；对上清液浊度影响程度大小顺序为：絮凝剂单耗>絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂分子量；对单位沉降面积影响程度大小顺序为：絮凝剂溶液浓度>入料浓度>絮凝剂单耗>絮凝剂分子量。

(3) 在本实验范围内，细粒赤铁矿浮选精矿絮凝沉降的较佳条件为：入料浓度为10%、絮凝剂分子量为1500万、絮凝剂单耗为60 g/t、絮凝剂溶液浓度为0.10%。

## 参考文献：

- [1] 高太, 郭小飞, 袁致涛, 等. 我国赤铁矿选矿技术现状与发展趋势[J]. 金属矿山, 2010(8):97-101.
- [2] 唐雪峰. 难处理赤铁矿选矿技术研究现状及发展趋势[J]. 现代矿业, 2014, 30(3):14-19.
- [3] 梁爽, 熊伟, 路亮, 等. 絮凝剂在选矿废水中的应用进展[J]. 中国矿业, 2021, 30(S2):295-297.
- [4] 赵继领, 王晨, 王仕兴等. 基于正交试验法优化汽车尾气催化剂中贵金属的浸出[J]. 矿产综合利用, 2019(6):101-104.
- [5] 周贺鹏, 胡洁. 离子型稀土矿化学溶浸影响因素及其调控[J]. 矿产综合利用, 2019(3):146-151.

- ZHOU H P, HU J. Influencing factors and control of chemical leaching of ion-type rare earth ore[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2019(3):146-151.
- [6] 田明明, 徐文彬, 王成龙, 等. 玲珑金矿全尾砂絮凝沉降特性试验[J]. *金属矿山*, 2019(1):120-124.
- TIAN M M, XU W B, WANG C L, et al. Test on flocculation sedimentation characteristic of unclassified tailing from ling long gold mine[J]. *Metal Mine*, 2019(1):120-124.
- [7] 诸利一, 杨鹏, 吕文生. 全尾砂絮凝沉降与浓密影响因素试验研究[J]. *矿业研究与开发*, 2021, 41(8):59-64.
- ZHU L Y, YANG P, LV W S. Experimental study on influencing factors of flocculation sedimentation and thickening of unclassified tailings[J]. *Mining Research and Development*, 2021, 41(8):59-64.
- [8] 王勇, 吴爱祥, 王洪江, 等. 絮凝剂用量对尾矿浓密的影响机理[J]. *北京科技大学学报*, 2013, 35(11):1419-1423.
- WANG Y, WU A X, WANG H J, et al. Influence mechanism of flocculant dosage on tailings thickening[J]. *Chinese Journal of Engineering*, 2013, 35(11):1419-1423.
- [9] 陈婉琦. 细粒赤铁矿助沉团聚行为的研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2016.
- CHEN W Q. Study on the sedimentation improvement and flocculation of ultra-hematite[D]. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology, 2016.
- [10] 王宇斌, 文堪, 雷大士, 等. 基于正交试验的某浸渣氧化铜粗选条件优化[J]. *矿产综合利用*, 2018(5):58-62.
- WANG Y B, WEN K, LEI D S, et al. Optimization of copper oxide roughing conditions in a leaching residue based on orthogonal experiment[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2018(5):58-62.
- [11] 王丛飞, 张芹, 王永龙, 等. 运用稳态浓缩模型硫精矿沉降絮凝剂的优选[J]. *现代矿业*, 2014, 30(2):20-24.
- WANG C F, ZHANG Q, WANG Y L, et al. Optimization of the sulfur concentrate pulp flocculants by using steady settlement model[J]. *Modern Mining*, 2014, 30(2):20-24.

## Experimental Research on Influence Factors of Fine-grained Hematite Flotation Concentrate Based on Orthogonal Test

Hu Zonggang<sup>1</sup>, Lu Chuan<sup>2</sup>, Zhang Qin<sup>1</sup>

(1.College of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China; 2.China Baowu Steel Group Corporation Limited, Wuhan, Hubei, China)

**Abstract:** This paper takes the fine-grained hematite concentrate as the research object. In order to explore the serious overflow loss of the thickening tank in the actual production of thickening and dehydration, the average sedimentation velocity of the clarification layer interface, supernatant turbidity and the unit sedimentation area and other research indicators were used to investigate the effects of fine-grained hematite concentrate feed concentration, flocculant molecular weight, flocculant unit consumption, and flocculant solution concentration on the flocculation and sedimentation of fine-grained hematite concentrate. An experimental study on the influencing factors of flocculation and sedimentation of fine-grained hematite concentrate was designed by designing an orthogonal test. The test results were analyzed with the help of SPSS26 statistical software. The research results show that the order of the influence factors on the average settling velocity is: flocculant unit consumption > flocculant solution concentration > feed concentration > flocculant molecular weight; the order of influence on supernatant turbidity is: flocculant unit consumption > flocculant solution concentration > feed concentration > flocculant molecular weight; the order of the degree of influence on the unit settling area is: flocculant solution concentration > feed concentration > flocculant unit consumption > flocculant molecular weight. Considering comprehensively, the optimal conditions for the flocculation and sedimentation effect of fine-grained hematite concentrate in this experiment are: the molecular weight of the flocculant is 15 million, the feed concentration is 10%, the unit consumption of the flocculant is 60 g/t, and the concentration of the flocculant solution is 0.10%.

**Keywords:** Hematite; Flocculant; Flocculation and sedimentation; Orthogonal test; Variance analysis