

超声波改性阳离子聚丙烯酰胺对煤泥水絮凝沉降及脱水性能的影响

乔治忠, 刘利波, 胡金良, 柳骁

中国神华能源股份有限公司 神华准格尔能源公司选煤厂, 内蒙古 鄂尔多斯 010300

中图分类号: TD926.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)05-0114-06
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.05.013

摘要 絮凝沉降和过滤脱水是煤泥水处理的常见方法。絮凝效果直接影响煤泥的脱水效果。提出了一种利用超声改性的阳离子聚丙烯酰胺(CPAM)强化煤泥水絮凝脱水过程的新技术。用流变仪研究了超声预处理不同时间的 CPAM 溶液的特性。通过沉降试验以及浊度测试分析了超声改性絮凝剂对煤泥水沉降的影响。使用聚焦光束反射率测量系统与颗粒观测系统观察不同改性 CPAM 处理煤泥水时的絮体特性。建立了絮体特性与煤泥水过滤过程所形成的滤饼特性的联系。实验结果表明, 经过 40 s 超声处理的 CPAM 作用于煤泥水后, 煤泥絮凝效果最好, 上清液浊度最低, 为 180 NTU。在该条件下, 煤泥的过滤速度最快, 与未经超声处理的情况相比, 过滤时间减少 25 s。此外, 在此条件下获得的滤饼水分含量也最低, 为 29%。因为经过 40 s 的超声处理后, 部分 CPAM 分子链被超声产生的强烈的机械以及化学作用随机切断, 这些被切断的 CPAM 分子链将煤泥颗粒逐渐聚集成微小絮体, 而未被切断的 CPAM 分子链进一步将这些小絮体连接在一起。煤泥颗粒在聚合物内部通过多组分聚合物的复杂体系得以紧密结合。随着絮体的沉降, 形成了更加致密的结构和沉积床。这些致密的絮体构建的沉积层具有较低的过滤阻力, 从而有助于提高过滤速度, 同时也导致过滤结束后的滤饼具有更低的水分含量。

关键词 阳离子聚丙烯酰胺; 煤泥水; 超声波; 絮凝; 过滤

前言

近年来, 随着原煤入洗量的提升以及环保要求的加剧, 煤泥水的处理量急剧增加^[1]。同时由于煤质变差及采掘机械化的发展, 入洗原煤中微细颗粒(尤其是细粒黏土矿物)占比越来越多, 进一步加大了煤泥水的处理难度^[2-3]。在选煤生产中, 煤泥水的处理通常包含两个步骤: 絮凝沉降和过滤脱水^[4]。这两个过程是实现选煤厂洗水闭路循环的关键^[5]。

在絮凝过程中, 高分子絮凝剂如聚丙烯酰胺、聚氧乙烯等通常被用作絮凝剂^[6]。然而, 絮凝和过滤之间存在一些相互制约因素。虽然高分子絮凝剂有利于形成较大的絮体, 较大的絮体可以快速沉降, 但是其对上清液的浊度影响较小^[7]。同时, 由于较大絮体的结构松散多孔, 导致其脱水性能较差^[8]。尤其是絮凝剂添加到一定量时, 残留的高分子药剂会使得悬浮的黏度升高, 进一步恶化煤泥脱水。已有研究表明经超声波预处理过的尾矿在后续的絮凝过程中具有更

高的沉降速度^[9]。但是超声处理的絮凝剂是否会对尾矿的絮凝沉降以及煤泥的脱水产生影响还不明晰。因此本文以阳离子聚丙烯酰胺(CPAM)为絮凝剂, 探索不同超声处理时间对 CPAM 性质的影响, 并探索超声预处理的 CPAM 对煤泥水絮凝沉降(包括絮体特性、沉降速度、上清液浊度等)以及脱水行为(包括过滤速度、滤饼水分、过滤阻力)的影响。

1 实验部分

1.1 试验原料

试验所用的煤泥样本源自神东某矿浓缩机的入料。煤泥样品的粒度分布分析结果见表 1, 煤泥样品的灰分为 43.17%, 主导粒级为 -0.075 mm, 占比达 53.26%。其 X 射线衍射分析结果(XRD)如图 1 所示, 结果表明该煤泥中脉石矿物主要为石英和高岭石。实验所用的阳离子聚丙烯酰胺为分析纯, 购自于天津市致远化学试剂有限公司, 分子量为 1 200 万。

收稿日期: 2023-08-10

基金项目: 重介浅槽工艺智能洗选系统的研究与应用: GJNY-20-92, 国家能源投资集团有限责任公司

作者简介: 乔治忠(1970—), 男, 内蒙古赤峰人, 工程硕士, 高级工程师, 主要研究方向为矿业工程。

表 1 煤泥样品粒度组成

Table 1	Particle size composition of coal slime samples				
粒级/mm	产率/%	灰分/%	累积产率/%	累积灰分/%	
-0.50+0.25	1.02	28.13	3.02	28.13	
-0.25+0.125	3.86	29.69	6.88	29.01	
-0.125+0.075	8.78	38.41	15.66	34.28	
-0.075+0.045	21.08	40.1	36.74	37.62	
-0.045	63.26	44.72	100	42.11	

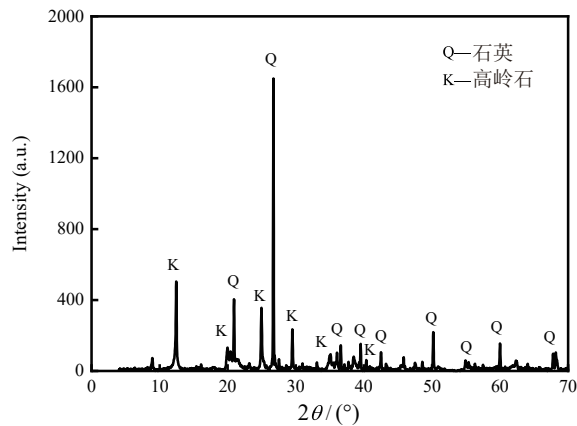


图 1 煤泥样品 XRD 分析结果
Fig. 1 XRD analysis of coal slime samples

1.2 试验方法

1.2.1 超声改性絮凝剂的制备与表征

首先, 制备 5 份质量分数 0.1% 的 CPAM 溶液。制备方式如下: 将 1 g CPAM 加入 1 L 超纯水中, 并使用转速设定为 1 500 r/min 的磁力搅拌器搅拌 10 min, 以确保 CPAM 完全溶解。然后, 将五份容积 500 mL 质量分数 0.1% 的 CPAM 溶液用超声波(FS-1000T, 上海生析超声仪器有限公司)分别处理 0、10、20、40 和 60 s, 分别命名为 CPAM-0、CPAM-10、CPAM-20、CPAM-40 和 CPAM-60。超声处理时超声波的参数设定为功率 500 W, 频率 20 kHz。由于絮凝剂分子被破坏后, 絮凝剂的黏度会发生改变, 为了证明超声处理对絮凝剂溶液产生了影响, 使用流变仪(DHR, US)测量经超声预处理不同时间的絮凝剂黏度。

1.2.2 沉降与过滤实验

沉降试验使用体积为 250 mL 带塞子的量筒。首先将 200 mL 质量浓度为 30% 的煤泥水置于量筒中, 然后添加 10 mL 不同时间超声处理的聚丙烯酰胺, 将量筒上下翻转十次后静置, 记录澄清区随时间的高度变化, 并测试静置 100 s 后上清液的浊度, 每种条件下的实验重复 3 次, 以三次实验的平均值作为最终实验结果。使用 Büchner 漏斗过滤设备进行过滤实验, 过滤过程中记录每增加 25 mL 滤液至过滤结束的时间。最后取出滤饼, 用干燥法测定滤饼含水率。

1.2.3 絮团尺寸监测

使用梅特勒托利多聚焦光束反射测量仪与梅特勒托利多颗粒观测仪测量不同絮凝剂作用前后絮体尺寸的变化。首先, 制备 200 mL 质量浓度 30% 的煤泥水。制备好煤泥水后, 用磁力搅拌器(500 r/min)搅拌, 将聚焦光束反射测量仪与颗粒观测仪的探头伸入矿浆中。然后, 向悬浮液中加入经超声预处理不同时间的絮凝剂。测试系统会同时获得煤泥水体系中颗粒尺寸分布与照片。

2 结果与讨论

2.1 超声处理前后絮凝剂黏度变化

聚合物溶液的黏度取决于溶液的浓度和分子量, 黏度测量是研究聚合物溶液性质最为简单的方法^[10]。本实验所配制的 CPAM 溶液(0.1%)表观黏度随超声处理时间的变化如图 2 所示。从图中可以看出, 不同处理时间的 CPAM 溶液的表观黏度随着剪切速率的增加均呈现出逐渐降低的趋势。相同剪切速率条件下, 随着超声处理时间由 0 s 增加到 60 s, CPAM 溶液的黏度逐渐降低。当超声处理时间增加到 60 s 时, 其黏度变化幅度与超声处理 40 s 时相比不大。这是因为超声处理过程中, 空化气泡的溃灭会产生强烈的机械剪切以及化学作用^[11-12]。这些强烈的机械以及化学作用会随机切断絮凝剂溶液中的高分子聚合物, 形成多分子组分聚合物体系, 并且随着超声时间的增长, 聚合物分子被分解的越多, 这也是絮凝剂溶液黏度逐渐降低的原因^[13]。当超声时间达到一定值时, 溶液中聚合物分子被分解的量达到平衡, 因此黏度变化变小。

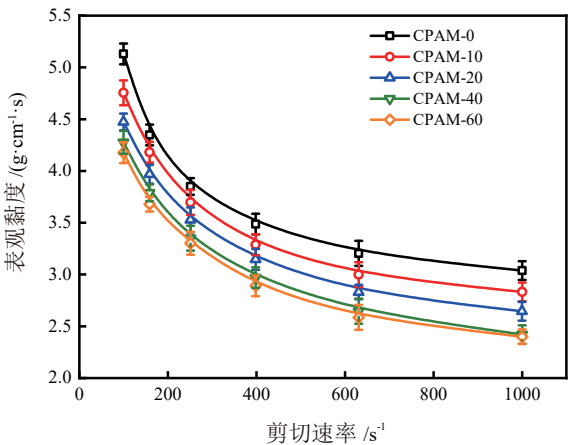


图 2 不同时间超声处理后絮凝剂的表观黏度
Fig. 2 Effect of ultrasonic treatment time on the viscosity of flocculant

2.2 超声改性絮凝剂对煤泥水沉降的影响

图 3 为超声处理不同时间的 CPAM 溶液对煤泥

水的沉降影响的曲线。整体来看,随着絮凝剂超声处理时间的增加,在相同的沉淀时间下澄清区高度逐渐降低。这说明当超声预处理的絮凝剂应用于煤泥水沉降时,其沉降效果略微变差。但是相比于未超声处理的絮凝剂,超声处理时间小于 40 s 时,煤泥水的沉降效果虽有降低,但是变化非常小,而当絮凝剂超声处理时间增加到 60 s 时,沉降效果显著变差,这是由于超声时间过长后,剧烈的超声空化效应导致絮凝剂分子被降解,前文 2.1 节絮凝剂黏度降低也说明了这一点。例如当沉降时间为 120 s 时,CPAM-0 到 CPAM-40 处理的煤泥水上清液高度为 10 cm,而 CPAM-60 处理的煤泥水上清液高度为 8 cm。这说明,絮凝剂适度的超声预处理并不会影响其对煤泥水的沉降效果。

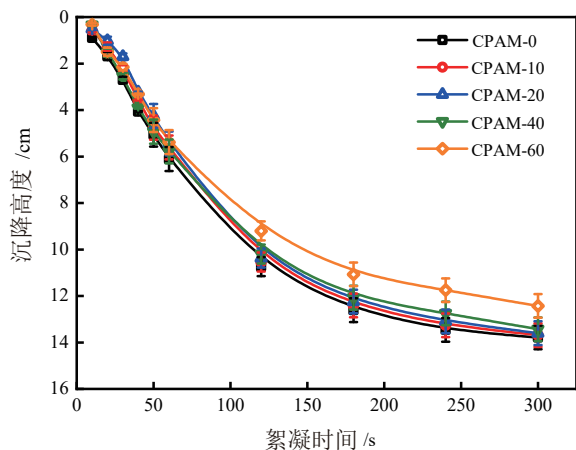


图3 超声预处理絮凝剂对煤泥水沉降的影响
Fig. 3 Effect of ultrasonic pretreatment flocculant on sedimentation of coal slime water

为了进一步明晰超声改性的絮凝剂对煤泥水的沉降的影响,对沉降 100 s 后的煤泥水上清液进行检测,结果如图 4 所示。整体来看,随着超声改性时间的增长,煤泥水上清液的浊度先降低后增加。未经超声处理的絮凝剂(CPAM-0)作用于煤泥水沉降 100 s 后,上清液的浊度为 200 NTU,随着絮凝剂超声时间的增长,浊度先降低后增高,当絮凝剂超声 40 s 后,煤泥水上清液的浊度最低,为 180 NTU。此后随着超声时间进一步延长到 60 s 时,煤泥水上清液的浊度再次上升,达到 205 NTU。这也说明絮凝剂适度的超声处理有利于提高絮凝剂的絮凝效率。这可能与超声处理后絮凝剂的溶液黏度降低、分子链呈多组分有关^[10-13]。

2.3 超声改性絮凝剂对煤泥水絮体的影响

由上述煤泥水沉降效果看出,适度超声处理絮凝剂可以提高煤泥水的沉降效果。煤泥水的沉降与絮体的大小密切相关。因此通过聚焦光束反射测量仪检测了 5 种不同时间超声处理的絮凝剂作用下絮体颗粒特性。图 5 和图 6 分别展示了 5 种高分子絮凝剂

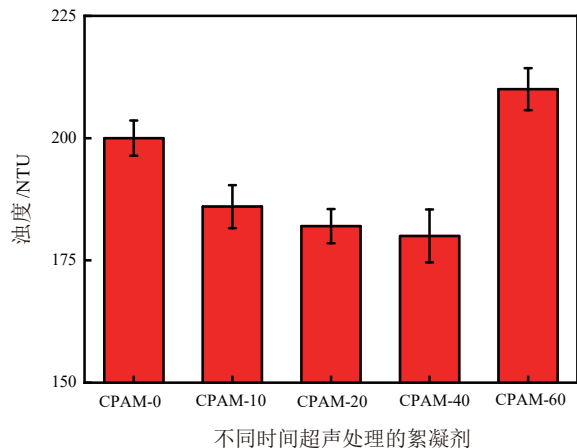


图4 超声预处理絮凝剂对煤泥水上清液浊度的影响
Fig. 4 Effect of ultrasonic pretreatment flocculant on turbidity of slime water supernatant

处理煤泥水时,煤泥絮体尺寸分布以及絮体形貌。由图 5 可以看出,随着絮凝剂超声预处理时间的增长,煤泥絮体尺寸分布逐渐向左偏移。具体来说,未经超声处理的絮凝剂作用于煤泥水时,煤泥絮体尺寸最大,弦长峰值为 80 μm ,随着超声时间的增长至 40 s 时,粒度分布虽有所左移,但是变化比较微弱,弦长峰值依然在 70 μm 。然而当超声时间增加至 60 s 时,煤泥絮体的尺寸分布显著左移,弦长峰值为 50 μm ,这说明此长时间的超声处理破坏了絮凝剂,从而降低了其絮凝效果。煤泥絮体尺寸的变化与沉降结果具有很好的一致性。

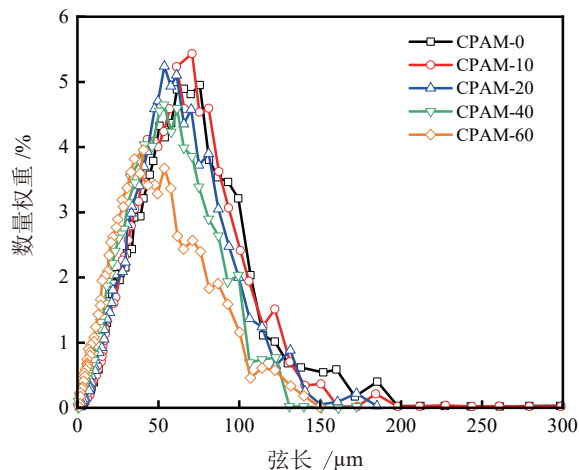


图5 不同絮凝剂对絮体尺寸分布的影响
Fig. 5 Effect of different flocculants on floc size distribution

从图 6 可以明显的看出,随着超声处理絮凝剂的时间由 0 s 增加到 60 s,絮体尺寸逐渐减小。对于超声处理时间小于 40 s 时,虽然絮体尺寸有一定程度的减小,但是其沉降效果却没有发生明显的变化。这可能是未经超声处理的絮凝剂所形成的煤泥絮体大而疏松(图 6a),而经过一定时间超声预处理所形成的煤泥絮体小而密实(图 6b~d)。在絮凝过程中,随着 CPAM

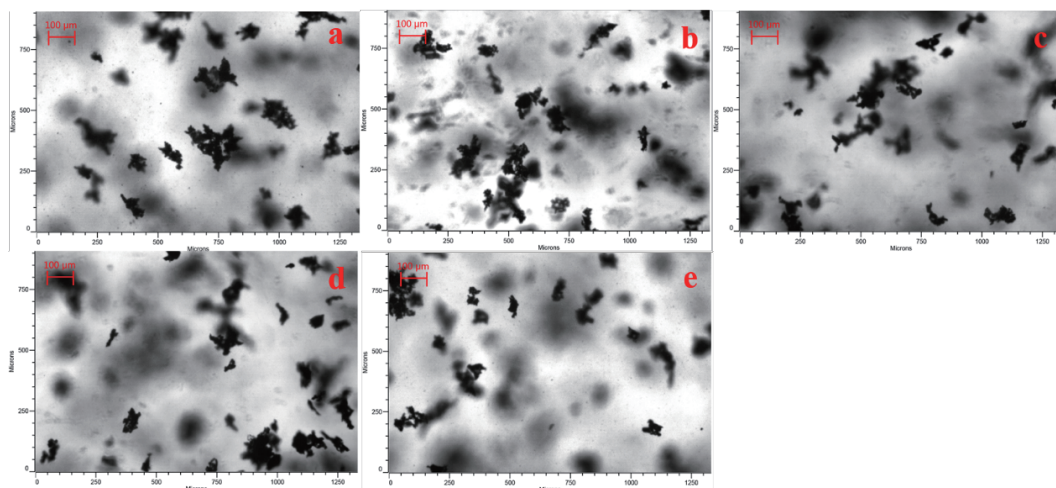


图 6 不同絮凝剂作用后煤泥絮体(a—CPAM-0; b—CPAM-10; c—CPAM-20; d—CPAM-40; e—CPAM-60)
Fig. 6 Coal slime flocs (a—CPAM-0; b—CPAM-10; c—CPAM-20; d—CPAM-40; e—CPAM-60)

超声处理时间的增加, 被空化气泡破裂而打断的聚合物分子量增加。然后, 溶液中更多的低分子链与高分子聚合物共存。共聚物中超声处理形成的 CPAM 短链作用于煤泥颗粒形成许多小的絮体。未被超声打断的高分子药剂可以将这些小的絮体进一步连接; 因此, 固体颗粒在聚合体内部通过多组分聚合物的复杂系统紧密结合, 形成大量紧密的絮凝体^[8]。当絮凝剂超声处理时间到 60 s 时, 药剂的絮凝效果变差, 絮体尺寸显著减小(图 6e), 这可能是絮凝剂被过度降解的原因。

2.4 超声改性絮凝剂对煤泥水过滤及滤饼特性的影响

不同絮凝剂絮凝后的煤泥水过滤速率和滤饼水分分别如图 7 和图 8 所示。结果表明, 煤泥水的过滤时间和过滤结束后滤饼的水分均随着絮凝剂超声时间的增加先降低后增加。当未经超声处理的絮凝剂 (CPAM-0) 用于煤泥水的絮凝过滤时, 过滤总时间为 107 s 左右, 滤饼水分为 35%。而经过超声处理 10 s、20 s、40 s 之后的絮凝剂用于煤泥水的过滤时, 过滤总时间分别为 93 s、87 s 和 82 s, 煤泥水的过滤速度有明显的提升, 滤饼水分也逐渐降低, 分别为 32%、31% 和 29%。但是当超声处理时间为 60 s 时, 煤泥水的过滤速度反而降低, 滤饼水分上升, 这可能由于絮凝剂被过度降解使得絮凝效果变差而导致。

在煤泥水过滤过程中, 过滤速度的差异与过滤过程中滤饼的形成以及滤饼的特性间有很大的联系。为了进一步明晰不同絮凝剂对煤泥水过滤的影响, 采用达西定律和卡曼-柯泽尼方程^[14]来计算滤饼形成过程中的过滤比阻 α 和过滤介质阻力 R_m 。计算公式如下^[15]:

$$\frac{t-t_s}{V-V_s} = \frac{\alpha\mu c}{2A^2\Delta P} (V+V_s) + \frac{R_m\mu}{A^2\Delta P} \quad (1)$$

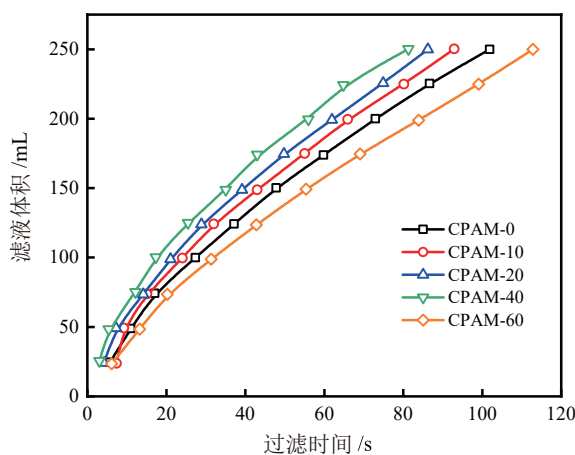


图 7 不同絮凝剂作用后煤泥水过滤速率
Fig. 7 Filtration rate of coal slime water after different flocculants

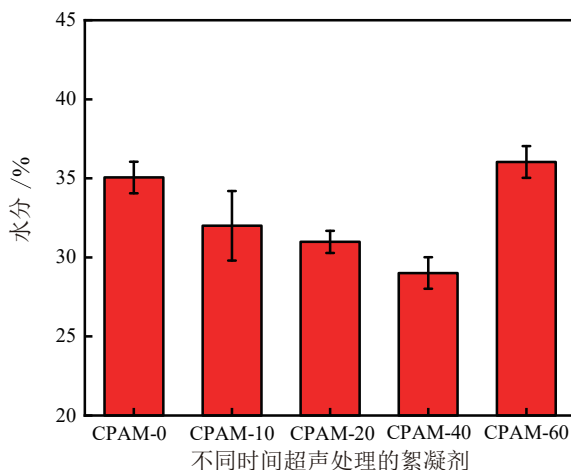


图 8 不同絮凝剂作用后煤泥滤饼水分
Fig. 8 Moisture content of coal slime filter cake after the action of different flocculants

式中: t 和 V 分别为 t 时刻的过滤时间和滤液体积, t_s 和 V_s 分别为过滤压力恒定时刻 t_s 的过滤时间和滤液体积。 c 、 μ 、 A 和 ΔP 分别为煤泥水浓度、水的绝对黏

度、滤饼面积和过滤压差。用过滤时间/滤液体积与滤液体积间的关系对公式(1)进行线性拟合,拟合结果如图9所示。通过拟合所得的线性公式中的斜率和截距分别计算出滤饼形成过程中的过滤比阻 α 和过滤介质阻力 R_m ,计算结果如表2所示。可以看出絮凝剂随着超声处理时间从0 s增加到60 s,过滤比阻 α 和过滤介质阻力 R_m 均呈现出先下降后增加的趋势。对于未超声处理的CPAM,过滤比阻 α 和过滤介质阻力 R_m 分别为 6.61×10^{-8} 和 16.57×10^{-4} m/kg,当采用超声处理40 s的CPAM时,过滤比阻 α 和过滤介质阻力 R_m 分别降为 6.20×10^{-8} 和 8.34×10^{-4} m/kg。然而当超声处理CPAM达到60 s时,过滤比阻 α 和过滤介质阻力 R_m 分别又上升到 7.01×10^{-8} 和 20.37×10^{-4} m/kg。这说明经过一定时间超声改性的CPAM用于煤泥水后,在煤泥水过滤过程中形成的滤饼具有更小的过滤阻力,这可能与絮凝剂絮凝过程中絮团特性有关。一定时间超声处理的絮凝剂在处理煤泥水时,使煤泥絮体变成小而紧密的结构。因此,絮体沉降后会形成更紧密的结构和沉积床,这些致密的絮体构建的沉积层有助于提升过滤速度,也使得过滤结束后的滤饼具有更低的水分^[16]。

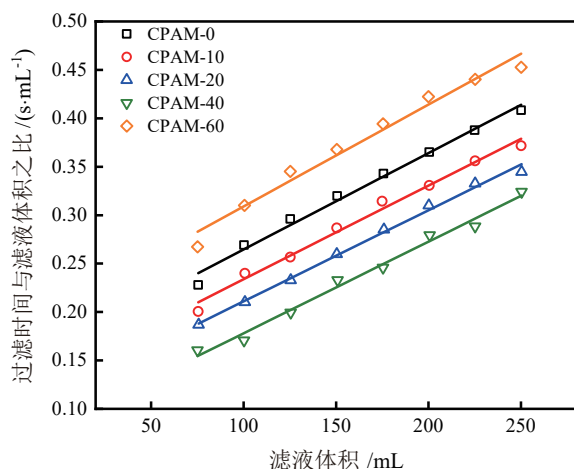


图9 过滤时间/滤液体积与滤液体积间的线性拟合曲线

Fig. 9 Linear fitting diagram between filtration time / filtrate volume and filtrate volume

表2 不同药剂作用下滤饼过滤阻力

Table 2 Filtration resistance of filter cake under different agents

药剂名称	过滤比阻 $\alpha/10^{-8}$	过滤介质阻力 $R_m/10^{-4}$	R^2
CPAM-0	6.61	16.57	0.987 5
CPAM-10	6.44	13.71	0.993 0
CPAM-20	6.26	11.72	0.985 6
CPAM-40	6.20	8.34	0.974 3
CPAM-60	7.01	20.37	0.985 4

3 结论

阳离子聚丙烯酰胺经过一定时间的超声预处理

后可以提高煤泥水的絮凝脱水效率。随着超声处理CPAM时间由0 s增加至60 s,絮凝剂溶液的黏度逐渐降低。将其应用于煤泥水处理时,随着超声改性时间由0 s增加到40 s,煤泥水沉降速度未发生明显变化,上清液浊度由200 NTU降低到180 NTU左右,絮体尺寸由大而疏松变得小而密实;过滤试验表明,随着超声改性CPAM的时间0 s增加到40 s,过滤速度逐渐提高,过滤总时间由107 s降低到82 s左右,滤饼水分由35%降低至29.01%左右。过滤介质阻力由 16.57×10^{-4} 降低至 8.34×10^{-4} 。而进一步增加超声处理CPAM的时间至60 s,CPAM被过度降解,煤泥水的絮凝效率降低,上清液浊度增加至205 NTU,沉降和脱水急剧恶化,过滤介质阻力增加至 20.37×10^{-4} 。由于未超声处理的絮凝剂由于具有高分子的长链,药剂作用距离更大,产生的煤泥絮体较大且松散。经过一定时间超声处理的CPAM,药剂溶液中形成多分子量聚合物,小分子量药剂将煤泥颗粒絮凝成致密絮体,高分子量进一步将这些小的絮体连接,形成大量紧密的絮凝体。紧密絮体沉降后会形成更紧密的结构和沉积床,有助于提升过滤速度,降低滤饼水分。

参考文献:

- [1] 张志军, 孟齐, 刘炯天. 选煤水化学——循环煤泥水系统的水化学性质[J]. 煤炭学报, 2021, 46: 614–623.
ZHANG Z J, MENG Q, LIU J T. Water chemical properties of circulating coal slime water system[J]. Journal of China Coal Society, 2021, 46: 614–623.
- [2] 董宪姝. 煤泥水处理技术研究现状及发展趋势[J]. 选煤技术, 2018, 3: 1–8.
DONG X S. Research status and development trend of coal slime water treatment technology[J]. Coal Preparation Technology, 2018, 3: 1–8.
- [3] 陈军, 闵凡飞, 彭陈亮, 等. 煤泥水中微细粒在季铵盐作用下的疏水聚团特性[J]. 中国矿业大学学报, 2015, 44(2): 332–340.
CHENG J, MIN F F, PENG C L, et al. Hydrophobic aggregation characteristics of fine particles in coal slime water under the action of quaternary ammonium salt[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2015, 44(2): 332–340.
- [4] P. OFORI, A. V. NGUYEN, B. FIRTH, C. MCNALLY, O. Ozdemir, Shear-induced floc structure changes for enhanced dewatering of coal preparation plant tailings[J], Chemical Engineering Journal, 2011, 172: 914–923.
- [5] 杨彦斌, 屈进州, 朱子祺, 等. 难沉降煤泥水全流程处理技术研究进展[J]. 洁净煤技术, 2021, 27(5): 106–114.
YANG Y B, QU J Z, ZHU Z Q, et al. Research progress of the whole process treatment technology for difficult-to-settle slime water[J]. Clean Coal Technology, 2021, 27(5): 106–114.
- [6] P. MPOFU, J. ADDAI-MENSAH, J. Ralston, Flocculation and dewatering behaviour of smectite dispersions: effect of polymer structure type[J]. Minerals Engineering, 2004, 17: 411–423.
- [7] M. LEMANOWICZ, Z. JACH, E. KILIAN, A. Gierczycki, Ultra-fine coal flocculation using dual-polymer systems of ultrasonically conditioned and unmodified flocculant[J]. Chemical Engineering Journal, 2011, 168: 159–169.

- [8] M. LEMANOWICZ, A. KUS, A. T. Gierczycki, Influence of ultrasonic conditioning of flocculant on the aggregation process in a tank with turbine mixer[J]. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 2010, 49: 205–211.
- [9] 孙浩. 超声波预处理—复合絮凝剂作用下铅锌尾矿颗粒聚集沉降行为研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2021.
- SUN H. Study on aggregation and settlement behavior of lead–zinc tailings particles under the action of ultrasonic pretreatment–compound flocculant[D]. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology, 2021.
- [10] G ANTTI, P PENTTI, K Hanna. Ultrasonic degradation of aqueous carboxymethylcellulose: effect of viscosity, molecular mass, and concentration[J]. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2008, 15: 644–648.
- [11] A GRÖNROOS, P PIRKONEN, O Ruppert. Ultrasonic depolymerization of aqueous carboxymethylcellulose[J]. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2004, 11: 9–12.
- [12] 程效锐, 张舒研, 房宁. 超声空化技术在化工领域的应用研究进展[J]. *应用化工*, 2018, 8: 1753–1757.
- CHENG X R, ZHANG S Y, FANG N. Research progress and application situation of the ultrasonic cavitation technology in chemical industry field[J]. *Applied Chemical Industry*, 2018, 8: 1753–1757.
- [13] ZHOU S, BU X, M. Alheshibri, et al. Floc structure and dewatering performance of kaolin treated with cationic polyacrylamide degraded by hydrodynamic cavitation[J]. *Chemical Engineering Communications*, 2022, 209(6): 798–807.
- [14] H. Anlauf, *Wet Cake Filtration: Fundamentals, Equipment, and Strategies*, John Wiley & Sons 2019.
- [15] HU P, LIANG L, WANG W, et al. Filtration of coal tailings aided by a novel physical conditioner carbon –containing fly ash[J]. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 2020: 1–13.
- [16] CAO B, ZHANG W, WANG Q. Wastewater sludge dewaterability enhancement using hydroxyl aluminum conditioning: Role of aluminum speciation[J]. *Water Research*, 2016, 105: 615–624.

Effect of Ultrasonically Modified Cationic Polyacrylamide on the Flocculation Settlement and Dewatering Performance of Coal Slime Water

QIAO Zhizhong, LIU Libo, HU Jinliang, LIU Xiao

China Shenhua Energy Co., Ltd. Shenhua Zhungeer Energy Company Coal Preparation Plant, Ordos 010300, Inner Mongolia, China

Abstract: Flocculation settlement and dewatering through filtration are common methods used for treating slime water. The efficiency of flocculation directly impacts the dewatering process of coal slime. This paper introduces a novel technology to enhance the flocculation and dewatering process of coal slime water by utilizing ultrasonically modified cationic polyacrylamide (CPAM). The characteristics of CPAM solutions pretreated with ultrasonic treatment for different durations were examined using a rheometer. The impact of ultrasonically modified flocculants on the settling of coal slime water was analyzed through settlement and turbidity tests. Floc properties of various modified CPAMs in the treatment of slime water were observed using the focused beam reflectance measurement system and the particle observation system. Furthermore, a correlation was established between the floc properties and the characteristics of the filter cake formed during the filtration of coal slime water. Experimental results indicate that after 40 seconds of ultrasonic treatment, CPAM demonstrates the most effective slime flocculation with the lowest supernatant turbidity, approximately 180 NTU. Under these conditions, coal slime filtration occurs at the fastest rate, reducing filtration time by about 25 seconds compared to cases without ultrasonic treatment. Additionally, the moisture content of the filter cake obtained under these conditions is the lowest, around 29%. This phenomenon can be attributed to the formation of multi–molecular–weight polymers in the CPAM solution following 40 seconds of sonication. Low–molecular–weight agents gradually aggregate coal slime particles into small flocs, while high–molecular–weight agents further link these small flocs together. Coal slime particles become tightly bound within the polymer matrix through a complex system of multi–component polymers. As the flocs settle, they create a denser structure and sedimentary bed. This sediment layer, composed of dense flocs, offers lower filtration resistance, enhancing filtration speed, and resulting in a reduced moisture content in the filter cake post–filtration.

Keywords: cationic; polyacrylamide; ultrasonic; flocculation; filtration

引用格式: 乔治忠, 刘利波, 胡金良, 柳晓. 超声波改性阳离子聚丙烯酰胺对煤泥水絮凝沉降及脱水性能的影响[J]. *矿产保护与利用*, 2023, 43(5): 114–119.

QIAO Zhizhong, LIU Libo, HU Jinliang, LIU Xiao. Effect of ultrasonically modified cationic polyacrylamide on the flocculation settlement and dewatering performance of coal slime water[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2023, 43(5): 114–119.