



絮凝剂单耗对全尾砂浆浑液面沉速的影响规律

张钦礼, 王 石, 王新民

(中南大学 资源与安全工程学院, 长沙 410083)

摘 要: 以某铅锌银矿全尾砂沉降试验为例, 分析添加不同絮凝剂单耗时, 全尾砂浆浑液面沉速的变化规律, 旨在探究 3 个不同沉降阶段的机理。结果表明: 随添加相对分子质量为 8×10^6 的阴离子聚丙烯酰胺(APAM)单耗的增加, 1 min 内全尾砂浆的浑液面沉速先增加后减小; 在加速自由沉降段, 游离的“细”颗粒尾砂及过多的絮团水影响了浑液面沉速; 在干涉沉降段, 空间位阻效应导致的尾砂颗粒间互相排斥降低了浑液面沉速; 在压缩沉降段, 孔隙水减少及絮团水增加改变界面沉速; 絮凝剂单耗 0、10、20、30 和 40 g/t 分别表示无、低、合理、高和超量。

关键词: APAM; 全尾砂; 絮凝体; 沉速; 作用机理

中图分类号: TD85

文献标志码: A

随着对充填质量、环境保护、节约资源和降低成本越来越高的要求, 添加絮凝剂对全尾砂浆进行快速絮凝浓缩已成为矿山充填的重点^[1-2]。该措施能保证放砂浓度和流量, 提高尾砂利用率, 降低溢流水含砂量, 节约充填站基建和尾矿库维护费用^[3-4]。其中, 全尾砂浆浑液面沉速更是直接关系到浓密设备选型和充填效率^[5]。作为影响浑液面沉速大小的关键因素之一——絮凝剂添加单耗, 加强其研究是保证充填技术和实现经济利益的基础。

有关絮凝剂及其对砂浆沉降的影响, 诸多国内外专家已进行了广泛的研究。ESWARAIAH 等^[6]发现对于超细铁矿砂浆, 阴离子型絮凝剂的絮凝效果远好于阳离子型和非离子型; SELOMUYA 等^[7]利用光学显微镜和 X 射线衍射, 对絮团颗粒和沉淀层微观结构进行了可视化研究; TAO 等^[8]研究了量筒内砂浆絮凝沉降规律, 认为在沉降过程中存在扰动区、沉降区和压密区; 焦华喆等^[9]研究了给料浓度和絮凝剂单耗, 对尾矿最大沉速和静止沉降极限浓度的影响; 王勇等^[10]分析了絮凝剂用量对尾矿浓密的影响机理, 将絮凝剂添加量划分为低、合适、高及超高 4 个区间; 吴爱祥等^[11]用 Design-Expert 软件分析筛选了影响全尾砂絮凝沉降的因素, 并给出了各因素最优值。上述研究包

涵絮凝剂种类与用量、料浆浓度、絮凝沉降微观现象等对絮凝沉降的影响机理, 但未涉及絮凝剂单耗对浑液面沉速变化规律的影响。

本文作者以某铅锌银矿全尾砂浆浑液面沉速的变化规律为基础, 获取沉降时间、絮凝剂单耗及浑液面沉速三者的关系信息, 结合全尾砂浆在量筒内的沉降阶段理论, 最终探讨在不同沉降阶段内絮凝剂单耗对浑液面沉速的作用机理。

1 絮凝机理与沉降假设

1.1 不同单耗 APAM 的絮凝机理

APAM 作为一种阴离子型高分子絮凝剂, 其高分子长链就像梁桥一样, 搭在两个或多个尾砂颗粒上, 并以自己的活性基团与尾砂颗粒表面起作用, 将尾砂颗粒连接形成絮凝团, 即“桥连作用”^[12-13]。该机理发生必要的条件是: 1) 高分子絮凝剂在表面的吸附不紧密, 有足够数量的链环、链尾向尾砂颗粒周围自由伸出; 2) 高分子絮凝剂在表面的吸附比较稀松, 尾砂颗粒表面有足够的可供进一步吸附的空位^[14]。当絮凝剂单耗不同时, 高分子链与尾矿颗粒的桥连机理不同,

根据絮凝剂单耗的桥连情况, 将其分为低单耗、合理单耗和高单耗 3 种。这 3 种情况的桥连机理如图 1 所示。

一个高分子絮凝剂分子与一个尾砂颗粒相互碰撞时, 高分子絮凝剂分子中的某些基团就会吸附在尾砂颗粒表面上, 而其余部分就朝外伸向溶液中, 捕获具有吸附空位的尾砂颗粒, 桥连形成絮凝体^[12]。添加的絮凝剂单耗较低时, 砂浆中没有足够多的高分子絮凝剂分子, 存在一些同样具备吸附空位的尾砂颗粒无法被吸附, 而游离在砂浆中(见图 1 中 I); 添加的絮凝剂单耗合理时, 砂浆中的高分子絮凝分子量足以吸附可被捕获的所有尾矿颗粒, 没有过多的高分子絮凝分子和游离的尾矿颗粒存在(见图 1 中 II); 添加的絮凝剂单耗较高时, 尾砂颗粒表面被高分子絮凝剂分子所饱和, 尾砂颗粒表面已无吸附空位而使高分子絮凝剂失去架桥作用(见图 1 中 III)。

1.2 “粗”与“细”颗粒的假定与沉速

全尾砂是一种非均匀群体颗粒, 具有较广的粒径范围。高分子絮凝剂的“桥连作用”一般针对粒径较细的尾矿颗粒, 当尾矿颗粒粒径增大到一定值就很难参与桥连。试验中, 为了便于分析, 将能参与“桥连作用”的尾矿颗粒称为“细”颗粒, 反之称为“粗”颗粒。砂浆中, “粗”颗粒的沉速取决于自身重力克服黏性阻力和形状阻力的程度^[15]。“细”颗粒与高分子絮凝剂桥连而形成较大的絮凝体, 这些絮凝体的结构松散、无定形, 互相联结但不很稳固, 内部有很多空间和很多微细的网络, 包藏着大量液体, 因而絮凝体的密度颇接近它所存在的液体本身, 因而沉速较

小^[16]。两种颗粒在砂浆中的沉速不同。

1.3 试验用絮凝剂量的折算

絮凝剂单耗指每吨全尾砂絮凝剂固体的添加质量。试验前, 全尾砂会按试验需要配置成全砂浆, 为使絮凝剂更好的满足与“细”颗粒的桥连, 需将其配置成低浓度溶液。试验中, 在全尾砂浆中根据需要添加适量经折算的絮凝剂溶液。絮凝剂单耗 $J_x(\text{g/t})$ 与对应的试验絮凝剂溶液添加量 $M_x(\text{mL})$ 的关系式^[15]为

$$m_x = \frac{c_w \cdot V \cdot J_x}{10^6 \gamma_n} \tag{1}$$

$$c_w = \frac{S_v \cdot \frac{\rho_s}{\rho}}{1 + S_v \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)} \tag{2}$$

式中: c_w 为全尾砂浆质量浓度, %; V 为试验用全尾砂浆体积, mL; γ_n 为絮凝剂浓度, %; S_v 为全尾砂浆体积浓度, %; ρ_s 及 ρ 为全尾砂和水的密度, t/m^3 。

2 絮凝沉降试验

2.1 材料性能

试验物料为某铅锌银矿选厂综试基地排出的全尾砂, 密度 2.83 t/m^3 , $6 < \text{pH} < 7$, 属中性偏酸性。全尾砂的粒径组成见表 1。从表 1 可知, 全尾砂粒度偏细, 0.050 mm 以下颗粒所占比例 51 %, 中值粒径 d_{50} 仅为 0.049 mm , 且不均匀系数较大(12.7)。

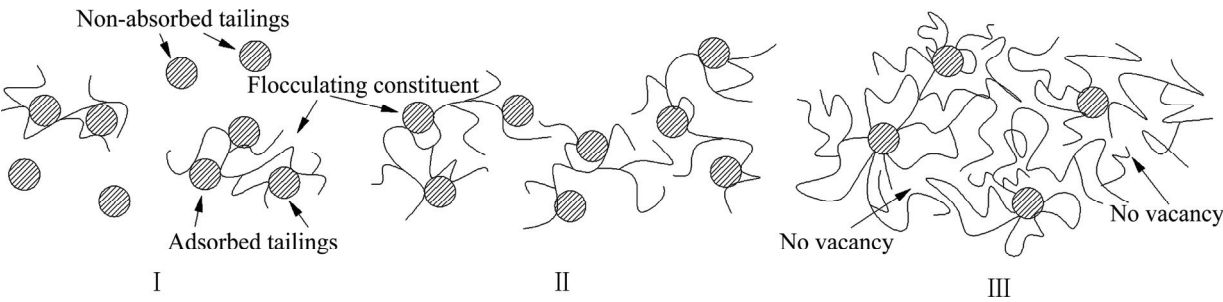


图 1 不同絮凝剂单耗的桥连机理

Fig. 1 Bridging mechanism of different unit consumptions of flocculants: I—Low unit consumption; II—Reasonable unit consumption; III—High unit consumption

表 1 某矿全尾砂粒径组成

Table 1 Particle size composition of unclassified tailings in a certain mine

Particle size composition/mm	>0.5	0.5–0.25	0.25–0.075	0.075–0.05	0.05–0.005	<0.005
Content/%	0	1.3	29.6	18.1	40.7	10.3

2.2 试验过程

选取多种絮凝剂进行试验对比, 得沉降效果最好的絮凝剂为相对分子质量为 8×10^6 的 APAM。进行添加不同絮凝剂单耗的全尾砂浆沉降试验:

1) 用精度为 0.01 g 的电子称称取 1 g 相对分子质量为 8×10^6 的 APAM, 将其移至装有 1000 mL 水的量筒中, 用搅拌器以 40 r/min 的速度持续搅拌 60 min, 制成浓度为 0.001 的絮凝剂溶液备用。

2) 用精度为 0.1 g 的电子称称取适量的全尾砂和水, 分别在 5 个不同的 1000 mL 量筒中配置体积浓度为 0.12 的全尾砂浆。

3) 用移液管按吨矿絮凝剂单耗 0、10、20、30 和 40 g 分别向 5 个量筒中转移絮凝剂溶液 0、2.78、5.56、8.34 和 11.12 mL。

4) 玻璃棒搅拌 30s 后立刻停止, 按连续间隔时间 0.5、1、2、5、8、10、15、20 和 60 min 记录全尾砂浆固液分界面高度的变化值。

2.3 结果与分析

绘制不同絮凝剂单耗情况下, 固液分界面高度与时间的关系图, 如图 2 所示。

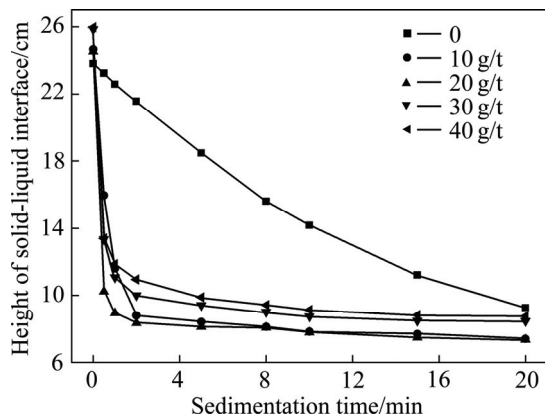


图2 不同絮凝剂单耗砂浆的沉降曲线

Fig. 2 Slurry sedimentation curves of different unit consumptions of flocculants

对图 2 进行处理, 绘制不同絮凝剂单耗情况下, 不同沉降时间段内的浑液面沉速变化图, 如图 3 所示。

由图 3 可知, 沉降时间为 0.5 min 时, APAM 的絮凝效果明显, 絮凝剂单耗为 20 g/t 的浑液面沉速是不添加絮凝剂的 25.6 倍。沉降时间为 1 min 内时, 絮凝剂单耗为 20 g/t 的浑液面沉速最快, 最高可达 28.64 cm/min, 30 g/t 和 40 g/t 的浑液面沉速次之, 10 g/t 的浑液面沉速最小。1 min 后各砂浆浑液面沉速均迅速降低, 沉降时间为 1~5 min 时, 由于具有较多的沉降空间, 絮凝剂单耗为 10 g/t 的浑液面沉速最大, 而 20

g/t 的浑液面沉速最小, 仅有 1 min 内的 2%~9%。沉降时间 5~10 min 时, 各砂浆的浑液面沉速缓慢降低至 0.5~0.6 cm/min。沉降时间 10 min 之后, 沉降已极不明显, 浑液面沉速逐渐趋于零。

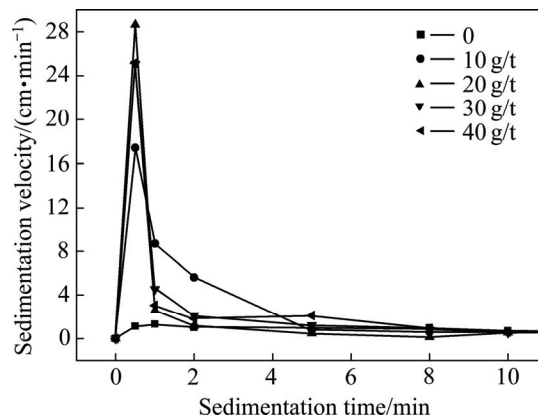


图3 不同时间段内的浑液面沉速

Fig. 3 Interface sedimentation velocity of different time periods

对比相同絮凝剂单耗下, 浑液面沉速与时间的关系, 绘制絮凝剂单耗与沉降速度的关系图, 如图 4 所示。

由图 4 可知, 絮凝剂单耗为 0 g/t 时, 不同时间段内的浑液面沉速相差不大; 絮凝剂单耗为 10 g/t 时, 前 2 min 浑液面沉速较快, 浑液面的沉速比 $v_{0.5 \text{ min}}:v_{1 \text{ min}}: v_{2 \text{ min}}$ 为 3:1.5:1, 5~10 min 时浑液面沉速迅速降低为 0.5~0.6 cm/min, 0.5 min 时的浑液面沉速是 10 min 的 30 倍; 絮凝剂单耗为 20 g/t 时, 前 1 min 的浑液面沉速较快, 1 min 后浑液面沉速迅速变小并缓慢降低, 10 min 时的浑液面沉速仅是 0.5 min 的 2%; 絮凝剂单耗为 30 g/t 和 40 g/t 时, 均表现出与 20 g/t 相似的沉降速度。

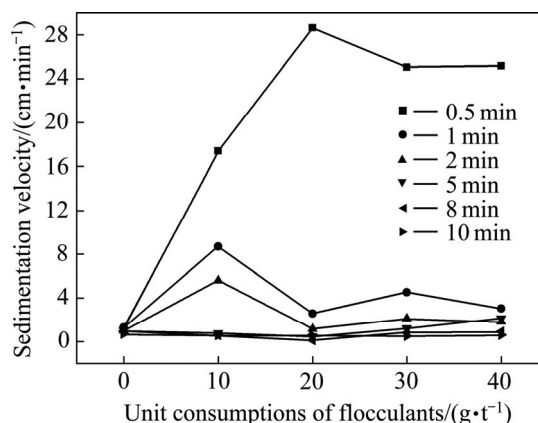


图4 不同絮凝剂单耗的浑液面沉速

Fig. 4 Interface sedimentation velocity of different unit consumptions of flocculants

3 絮凝剂单耗对浑液面沉速的作用机理分析

全尾砂浆在量筒内的沉降过程主要分 4 个阶段: 加速沉降段、自由沉降段、干涉沉降段和压缩沉降段^[15]。在各个阶段内, 不同絮凝剂单耗对砂浆浑液面沉速的作用机理不同。由于在加速沉降段和自由沉降段内, 絮凝体和“粗”颗粒尾砂均在水溶液中自由沉降, 未受到筒底淤积层的影响, 两者的沉降机理基本相同, 因此, 将这两个沉降阶段称为加速自由沉降段进行机理分析。

3.1 加速自由沉降段的机理分析

在试验的搅拌过程中, “细”颗粒尾砂与高分子絮凝剂分子逐步结合形成了絮凝体。搅拌结束后, “粗”颗粒尾砂在重力的作用下迅速下沉, 由于絮凝体存在松散的网状结构, 当“粗”颗粒尾砂撞上这些网状结构后, 便被“网住”, 进而带动絮凝体一起下沉。在加速自由沉降段, 不同絮凝剂单耗对浑液面沉速的影响情况如图 5 所示。

添加的絮凝剂单耗低时, 部分“粗”颗粒尾砂被“网住”与絮凝体一同下沉, 还有一部分“粗”颗粒尾砂未被“网住”而直接沉降到筒底, 因此, 添加 APAM

后砂浆浑液面沉速较快。然而, 此时砂浆中仍然存在一些游离的“细”颗粒尾砂, 这些尾砂颗粒难以下沉, 砂浆的浑液面沉速低于添加絮凝剂单耗更高的砂浆(见图 5 中 I)。添加的絮凝剂单耗合理时, 几乎全部“粗”颗粒尾砂均参与到与絮凝体的共同下沉, 此时砂浆的浑液面沉速最快(见图 5 中 II)。添加的絮凝剂单耗高时, “细”颗粒尾砂表面吸附着过量的高分子絮凝剂分子, 在两者之间会产生更多的絮团水^[17], 造成“细”颗粒尾砂粒径增大, 絮凝体密度更接近水而沉速更慢, “粗”颗粒尾砂的带动沉降效果变差(见图 5 中 III)。

结合试验现况和图 2 可得, 该沉降阶段分别体现在各砂浆 0~15 min(0 g/t), 0~1 min(10 g/t), 0~0.5 min(20 g/t), 0~1 min(30 g/t)和 0~2 min(40 g/t)的沉降时间段内。此时, 浑液面距筒底的距离均约为 11 cm, 絮凝剂单耗 20 g/t 的平均浑液面沉速为 10 g/t 的 2.2 倍, 而 30 g/t 的平均浑液面沉速为 20 g/t 的 52%, 40 g/t 的平均浑液面沉速仅为 20 g/t 的 26%。因此, 机理分析与试验过程相符, 0、10、20、30 和 40 g/t 的絮凝剂单耗分别表示无、低、合理、高和超量。

3.2 干涉沉降段的机理分析

在该阶段, 筒底淤积层会影响浑液面的沉速。此时, 不同絮凝剂单耗对浑液面沉速的影响情况如图 6 所示。

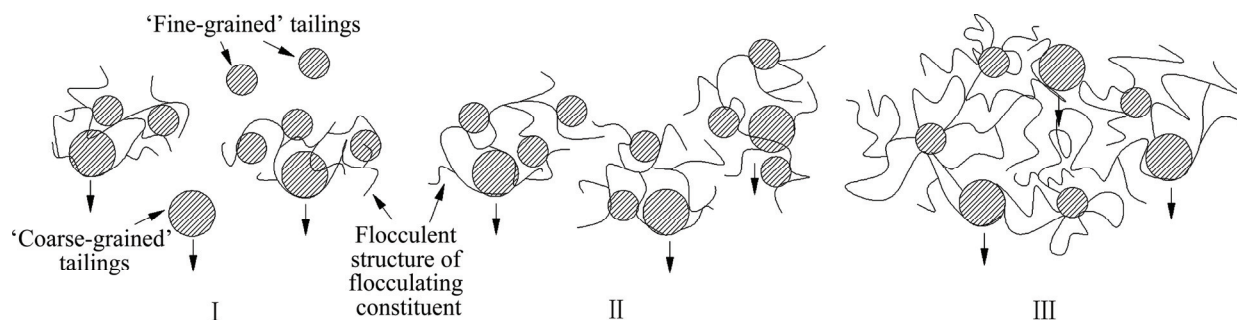


图 5 加速自由沉降段浑液面沉速的作用机理

Fig. 5 Action mechanism of interface sedimentation velocity of accelerating and free sedimentation period: I—Low unit consumption; II—Reasonable unit consumption; III—High unit consumption

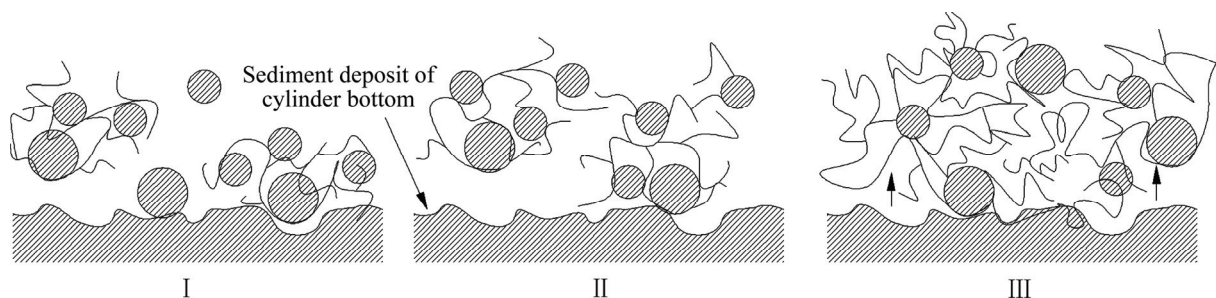


图 6 干涉沉降段浑液面沉速的作用机理

Fig. 6 Action mechanism of interface sedimentation velocity of interfering sedimentation period: I—Low unit consumption; II—Reasonable unit consumption; III—High unit consumption

添加的絮凝剂单耗低或合理时,筒底淤积层会阻止絮凝体、游离的“粗”颗粒及“细”颗粒尾砂的沉降,且这些颗粒不会对其它颗粒的沉降产生影响(见图6中I和II)。添加的絮凝剂单耗高时,高分子吸附膜的空间位阻效应会使尾砂颗粒间互相排斥^[18],筒底淤积层阻挡絮凝体的下沉,随着时间的延长在淤积层上絮凝体的“浓度”会逐渐增加,排斥效果会更加明显,浑液面沉速会极大地降低(见图6中III)。

该沉降阶段分别体现在各砂浆 15~20 min(0 g/t), 1~2 min(10 g/t), 0.5~1 min(20 g/t), 1~8 min(30 g/t)和 2~10 min(40 g/t)的沉降时间段内。此时,浑液面距筒底的距离均约为 9 cm,絮凝剂单耗为 20 g/t 的平均浑液面沉速与 10 g/t 大致相同,是不添加絮凝剂的 7 倍,而 30 g/t 的平均浑液面沉速仅为 20 g/t 的 10%, 40 g/t 的浑液面沉速更慢。机理分析与试验过程相符。

3.3 压缩沉降段的机理分析

在该阶段,浑液面与筒底淤积层重合为一个界面,而后此界面缓慢下降。此时,不同絮凝剂单耗对沉速的影响情况如图7所示。

添加的絮凝剂单耗低时,“粗”颗粒尾砂与“细”颗粒尾砂之间主要充斥着孔隙水,在重力的作用下,部分孔隙水可被慢慢挤出,界面呈现出一定的沉速(图7中I)。添加的絮凝剂单耗合理时,尾砂颗粒之间不仅存在孔隙水,还有絮团之间的絮团水,絮团水难以挤出,界面沉降速度略低^[19](见图7中II)。添加的絮凝剂单耗高时,尾砂颗粒之间主要为絮团水,在絮团水的保护和包裹作用下,界面沉降速度很小(见图7中III)。

该沉降阶段分别体现在各砂浆大于 20 min(0 g/t),

大于 2 min(10 g/t), 大于 1 min(20 g/t), 大于 8 min(30 g/t)和大于 10 min(40 g/t)的沉降时间段内。此时,在 20~60 min 的沉降时间段内,絮凝剂单耗为 10 g/t 的界面平均沉速是不添加絮凝剂的 1/9,是 20 g/t 的 2 倍,而 30 g/t 和 40 g/t 的界面平均沉速仅为 10 g/t 的 25 %左右。

工程应用时,应根据需要选择合理单耗的絮凝剂,既要保证技术要求,又要实现经济利益。此外,为保证全砂浆有较高的底流浓度,以制备出较高浓度的料浆,可用耙架结构打破絮网结构,挤出水分,使颗粒重排。

4 结论

1) 添加不同单耗相对分子量为 8×10^6 的 APAM, 做某铅锌银矿的全尾砂浆沉降试验。结果表明,随添加絮凝剂单耗的增加,1 min 内全尾砂浆的浑液面沉速先增加后减小,之后逐渐变慢,10 min 后沉速已极不明显。

2) 在加速自由沉降段,“粗”颗粒尾砂在自重下,带动具有网状结构的絮凝体一同下沉。添加絮凝剂单耗低和高的砂浆中分别存在游离的“细”颗粒尾砂和过多的絮团水,使其浑液面沉速低于絮凝剂单耗合理的砂浆。

3) 在干涉沉降段,添加絮凝剂单耗高的砂浆中存在空间位阻效应,使尾砂颗粒间互相排斥,其浑液面沉速低于絮凝剂单耗低和合理的砂浆。

4) 在压缩沉降段,随着絮凝剂单耗的增加,尾砂

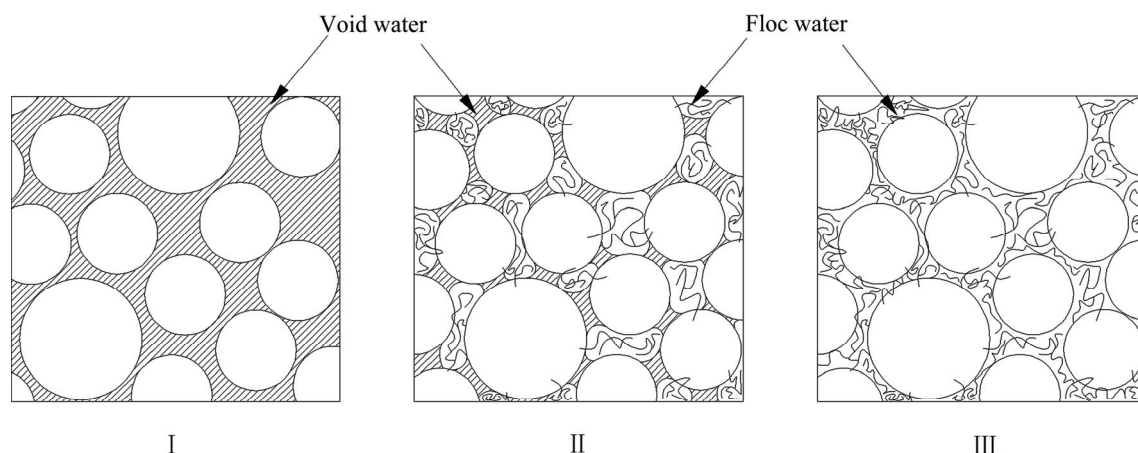


图7 压缩沉降段沉速的作用机理

Fig. 7 Action mechanism of interface sedimentation velocity of compressing sedimentation period: I—Low unit consumption; II—Reasonable unit consumption; III—High unit consumption

颗粒间的孔隙水减少, 絮团之间的絮团水增加, 絮团水难以挤出, 界面沉降速度逐渐变小。

5) 机理分析与试验过程现象相符, 絮凝剂单耗 0、10、20、30 和 40 g/t 分别表示无、低、合理、高和超量。

REFERENCES

- [1] 王新民, 古德生, 张钦礼. 深井矿山充填理论与管道输送技术[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2010: 1-8.
WANG Xin-min, GU De-sheng, ZHANG Qin-li. Theory of backfilling activity and pipeline transportation technology of backfill in deep mines[M]. Changsha: Central South University Press, 2010: 1-8.
- [2] 王新民, 赵建文, 张德明. 全尾砂絮凝沉降速度优化预测模型[J]. 中国有色金属学报, 2015, 25(3): 793-798.
WANG Xin-min, ZHAO Jian-wen, ZHANG De-ming. Optimal prediction model of flocculating sedimentation velocity of unclassified tailings[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2015, 25(3): 793-798.
- [3] SONG Wei-dong, WU Shan, LI Hao-feng, CHEN Li. Study of basic characteristics of full tailings filling material[C]// Materials for Renewable Energy & Environment (ICMREE), 2011 International Conference on. IEEE, 2011, 2: 1055-1059.
- [4] WANG Yuan-fang, GAO Bao-yu, YUE Qin-yan, WANG Yan. Effect of viscosity, basicity and organic content of composite flocculant on the decolorization performance and mechanism for reactive dyeing wastewater[J]. Journal of Environmental Sciences, 2011, 23(10): 1626-1633.
- [5] 王洪江, 陈琴瑞, 吴爱祥, 翟永刚, 张新普. 全尾砂浓密特性研究及其在浓密机设计中的应用[J]. 北京科技大学学报, 2011, 33(6): 676-681.
WANG Hong-jiang, CHEN Qin-rui, WU Ai-xiang, ZHAI Yong-gang, ZHANG Xin-pu. Study on thickening properties of unclassified tailings and its application to thickener design. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2011, 33(6): 676-681.
- [6] ESWARAI AH C, BISWAL S K, MISHRA B K. Settling characteristics of ultrafine iron ore slimes[J]. International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials, 2012, 19(2): 95-99.
- [7] SELOMULYA C, JIA X, WILLIAMS R A. Direct prediction of structure and permeability of flocculated structures and sediments using 3D tomographic imaging[J]. Chemical Engineering Research and Design, 2005, 83(7): 844-852.
- [8] TAO D, PAREKH B K, ZHAO Y M, ZHANG P. Pilot-scale demonstration of deep cone TM paste thickening process for phosphatic clay/sand disposal[J]. Separation Science and Technology, 2008, 45(10): 1418-1425.
- [9] 焦华喆, 王洪江, 吴爱祥, 吉学文, 严庆文, 李 祥. 全尾砂絮凝沉降规律及其机理[J]. 北京科技大学学报, 2010, 32(6): 702-707.
JIAO Hua-zhe, WANG Hong-jiang, WU Ai-xiang, JI Xue-wen, YAN Qing-wen, LI Xiang. Rule and mechanism of flocculation sedimentation of unclassified tailings[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2010, 32(6): 702-707.
- [10] 王 勇, 吴爱祥, 王洪江, 刘斯忠, 周 勃. 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 Yong, WU Ai-xiang, WANG Hong-jiang, LIU Si-zhong, ZHOU Bo. Influence mechanism of flocculant dosage on tailings thickening[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2013, 35(11): 1419-1423.
- [11] 吴爱祥, 周 靓, 尹升华, 王雷鸣. 全尾砂絮凝沉降的影响因素[J]. 中国有色金属学报, 2016, 26(2): 439-446.
WU Ai-xiang, ZHOU Liang, YIN Sheng-hua, WANG Lei-ming. Influence factors on flocculation sedimentation of unclassified tailings[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2016, 26(2): 439-446.
- [12] 金 磊, 王 可, 叶一兰, 上官勇刚, 安全福, 江志平, 郑强. 聚丙烯酰胺絮凝效果的母液浓度依赖性及其影响[J]. 高分子学报, 2013(3): 284-290.
JIN Lei, WANG Ke, YE Yi-lan, SHANGGUAN Yong-gang, AN Quan-fu, JIANG Zhi-ping, ZHENG Qiang. Dependence of flocculation performance of polyacrylamide flocculant on parent solution concentrations[J]. Acta Polymerica Sinica, 2013(3): 284-290.
- [13] 林继辉, 王春萍, 姚小梅, 吴 阳. 不同相对分子质量的 APAM 的制备及其动力黏度性质研究[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2013, 22(2): 93-98.
LIN Ji-hui, WANG Chun-ping, YAO Xiao-mei, WU Yang. The preparation and dynamic viscosity properties of APAM with different relative molecular mass[J]. Journal of Yunnan Nationalities University (Natural Sciences Edition), 2013, 22(2): 93-98.
- [14] 康英俊, 巩君放. 超细全尾砂连续充填工艺技术的研究与开发[J]. 价值工程, 2013, 32(32): 324-326.
KNAG Ying-jun, GONG Jun-fang. Research and development of superfine all tailings continuous filling technology[J]. Value Engineering, 2013, 32(32): 324-326.
- [15] 费祥俊. 浆体与粒状物料输送水力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994: 105-114.
FEI Xiang-jun. Hydraulics of transporting slurry and granular material[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1994: 105-114.
- [16] 赵立志, 范晓宇, 何红梅, 冯 英. 聚丙烯酰胺改性絮凝剂的制备及其应用研究[J]. 石油与天然气化工, 2004, 33(2): 137-141.
ZHAO Li-zhi, FAN Xiao-yu, HE Hong-mei, FENG Ying. Synthesis and application of modified polyacrylamide

- flocculation accelerator[J]. Chemical Engineering of Oil and Gas, 2004, 33(2): 137-141.
- [17] 牟宏伟, 吕文生, 李树磊, 车赛杰. 絮凝剂在胶结充填应用中的试验研究[J]. 矿冶, 2016, 25(1): 22-25.
- MOU Hong-wei, LÜ Wen-sheng, LI Shu-lei, CHE Sai-jie. Experimental study on the flocculant applied in cemented filling[J]. Mining & Metallurgy, 2016, 25(1): 22-25.
- [18] 曹学锋, 刘长森, 胡岳华. 十二叔胺系列捕收剂对一水硬铝石的浮选行为[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2010, 41(2): 411-415.
- CAO Xue-feng, LIU Chang-miao, HU Yue-hua. Flotation of diasporite with a series of dodecyl tertiary amines[J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2010, 41(2): 411-415.
- [19] 张金凤. 基于格子玻耳兹曼方法的粘性泥沙絮凝机理研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- ZHANG Jin-feng. Lattice Boltzmann simulation for flocculation dynamics of cohesive sediment[D]. Tianjin: Tianjin University, 2007.

Influence rules of unit consumptions of flocculants on interface sedimentation velocity of unclassified tailings slurry

ZHANG Qin-li, WANG Shi, WANG Xin-min

(School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Taking sedimentation tests of all tailings of a Pb-Zn-Ag mine as an example, change laws of interface sedimentation velocity of added different unit consumptions of flocculants were analyzed, which was in order to explore mechanism of three different sedimentation periods. The results show that interface sedimentation velocity of unclassified tailings slurry firstly increases and then decreases in one minute, as the increase of added anionic polyacrylamide (APAM) whose relative molecular weight is 8×10^6 . At the accelerating and free sedimentation period, interface sedimentation velocity is influenced by dissociative fine particle tailings and more flocculent water. At the interfering sedimentation period, interface sedimentation velocity is decreased by repulsive force between tailing particles, which is caused by steric effect. At the compressing sedimentation period, interface sedimentation velocity is changed by reducing void water and adding flocculent water. The unit consumptions of flocculants 0, 10, 20, 30 and 40 g/t, represent no, low, reasonable, high and excess, respectively.

Key words: APAM; unclassified tailings; flocs; sedimentation velocity; action mechanism

Foundation item: Project(2013BAB02B05) supported by the National Science and Technology Pillar Program of China

Received date: 2015-12-28; **Accepted date:** 2016-03-28

Corresponding author: ZHANG Qin-li; Tel: +86-13170310448; E-mail: zhangqinlicn@126.com

(编辑 何学锋)