菱铁矿与赤铁矿和石英间相互作用能

阎 赞¹,王闻单²,李丽匣³,刘明宝¹

1. 商洛学院化学工程与现代材料学院,陕西省尾矿资源综合利用重点实验室,

陕西 商洛 726000;

1. 明有色冶金设计研究院股份公司,云南 昆明 650051;
 3. 东北大学资源与土木工程学院,辽宁 沈阳 110004)

摘要:鞍山式含碳酸盐铁矿石"分步浮选"体系中存在的主要矿粒有赤铁矿、菱铁矿、石英,各种矿物颗 粒间的相互作用力导致微细粒菱铁矿粘附在粗粒赤铁矿和粗粒石英表面,这些矿粒间的相互作用决定了其在精 矿和尾矿中的归属。浮选试验表明,大量 -0.010 mm 微细粒的菱铁矿吸附在粗粒赤铁矿和粗粒石英表面,改变 了矿粒的表面性质,严重恶化了赤铁矿反浮选的选别指标。在不同质量分数 -0.010 mm 菱铁矿与赤铁矿和石英 的三元混合矿浮选试验基础上,进行了微细粒菱铁矿和粗粒赤铁矿、粗粒石英间的相互作用能计算,从力学层 面对浮选过程中精矿与尾矿的归属问题进行分析,为微细粒菱铁矿和粗粒赤铁矿、粗粒石英的有效分散提供理 论依据。

关键词: 微细粒菱铁矿; 粗粒赤铁矿; 粗粒石英; EDLVO 理论; 相互作用能
 doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.02.014
 中图分类号: TD951 献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 02-0061-06

细粒浮选过程中,矿粒表面间的相互作用力 对细粒矿物的选择性聚集或分散以及选择性浮选 分离起着决定性的作用,并且决定了其在精矿和 尾矿中的归属。这些作用力主要包括:静电力、 范德华力、水化力、疏水力、空间稳定化力、磁 力等^[1-2]。近二十年来,在胶体稳定性与分散体系 的中,研究者们^[3-5]发现,由于亲水胶体之间的水 化斥力,疏水胶体之间的疏水力及大分子化合物 产生的空间斥力,使得经典的 DLVO 理论不能圆 满解释胶体粒子间的凝聚行为,从而提出了扩展 的 DLVO 理论。即在胶体分散体系中,在粒子间 相互作用的 DLVO 理论的势能曲线上,加上其他 相互作用能计算为颗粒的分散提供理论支撑。

邱冠周等^[6-7]研究了-5μm 细粒赤铁矿载体浮 选机理,提出疏水化赤铁矿颗粒间的疏水相互作 用使细粒赤铁矿在粗粒赤铁矿上粘附。在油酸钠 溶液中,赤铁矿颗粒之间存在三种相互作用力, 即静电作用力、范德华作用力及疏水作用力。R=5 μm的赤铁矿与-30+20μm赤铁矿间相互作用能计 算结果表明,油酸钠疏水化的赤铁矿颗粒间相互 作用为吸引,在强搅拌条件下,细粒赤铁矿将在 粗粒赤铁矿上粘附,细粒在粗粒赤铁矿上的粘附 归因于疏水化赤铁矿颗粒间的疏水相互作用。

Kim B G 等^[8]研究了石墨粉体在一种表面活 性剂作为分散介质的溶液中的分散行为,并测定 了石墨粉体的沉降速度、动电位和接触角。最终 得到如下结论:在 pH=10, ABDM 用量 44.5 g/t 条 件下,悬浮体的分散效果最佳; ABDM 在石墨颗 粒表面形成单双分子层,从而影响石墨粉体的表 面电位。

OzkanA^[9]研究了赤铁矿颗粒在蒸馏水和含有

收稿日期: 2017-01-17; 改回日期: 2017-02-28

基金项目:陕西省尾矿资源综合利用重点实验室开放基金项目(2014SKY-WK011),商洛市科技局服务地方项目(SK2014-01-10)

作者简介: 阎赞(1989-), 女, 讲师, 硕士研究生, 主要从事尾矿资源综合利用研究。

 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 和 K^{+} 的自来水中的聚集与絮凝 行为。试验结果表明,赤铁矿悬浮体在整个 pH 值 范围内不发生变化,但在含有阳离子的自来水中, 当 pH>10.5 时,会发生严重的聚集。

方启学等[10]研究了微细粒石英和赤铁矿的凝 聚和分散行为,试验结果表明,分散剂的加入使 矿物微粒体系发生了较好的分散,AT802、水玻璃、 三聚磷酸钠这三种分散剂对微细粒赤铁矿分散的 主要影响因素是由于颗粒间的静电相互作用、空 间位阻效应以及水化膜排斥作用。由于石英和赤 铁矿的 Hamaker 常数和水化膜排斥能量系数不同 导致两者的表面电位有明显差异,因而赤铁矿不 发生分散而石英发生分散。

研究者及其课题组前期研究结果表明, 鞍山 式含碳酸盐铁矿石浮选尾矿产品的铁品位随着粒 级的降低而明显增高。尾矿中-0.038 mm 62.45%、 金属分布率达到 71.47%^[11]、尤其是 -0.010 mm 微 细粒菱铁矿进入到尾矿中,造成浮选尾矿铁品位 偏高。菱铁矿的粒度较细、大量 -0.010 mm 微细粒 菱铁矿吸附于 -0.150+0.045 mm 的赤铁矿和石英, 改变了赤铁矿和石英的表面性质,使精矿品位降 低,回收率下降,严重时甚至造成"精尾不分"。

试验物料及研究方法 1

1.1 试验物料

本文选用赤铁矿、石英、菱铁矿三种单矿物、 赤铁矿来自鞍钢集团鞍千矿业有限责任公司、经 破碎-磨矿-摇床处理,得到全铁含量 68.79% 的 赤铁矿单矿物,湿筛选取-0.150+0.045 mm 粒级; 石英来自鞍钢集团齐大山铁矿选矿分厂,经破碎-磨矿-酸浸处理、得到 SiO2 含量 99.98% 的石英 单矿物,湿筛选取-0.150+0.045 mm 粒级;菱铁 矿为购买的高纯矿块,经破碎-磨矿-摇床处理, 得到全铁含量 45.16% 的菱铁矿单矿物、水析选 取-0.010 mm 粒级。

1.2 研究方法

向赤铁矿和石英质量比为 4:5 的人工混合矿 3.6 g 中加1.0%、3.0%、5.0%、7.0%、9.0%的-0.010mm 菱铁矿,得到菱铁矿、赤铁矿、石英三元人工混 合矿,进行常规反浮选试验。

浮选试验在 XFG 型挂槽式浮选机上进行, 试验时,保持矿浆温度为35℃,搅拌2min,用 NaOH 调节 pH 值至 11.5、搅拌 2 min、然后依次 加入抑制剂淀粉,活化剂氯化钙,捕收剂油酸钠, 浮选4min。泡沫产品和槽内产品分别烘干、称重、 并化验铁品位,计算回收率。试验流程图见图 1。



DD

图 1 常规反浮选试验流程

Fig.1 The flowsheet of conventional reverse flotation test

本论文采用 DLVO、EDLVO 理论计算微细 粒菱铁矿(-0.010 mm)和粗粒赤铁矿(-0.150+0.045 mm) 、粗粒石英 (-0.150+0.045 mm) 间的相互 作用能。颗粒间总的相互作用能按照 DLVO 理论 为 [12-13]:

24 40

$$\begin{split} & W_{7}^{D} = \frac{\pi \varepsilon_{a} R_{1} R_{2}}{R_{1} + R_{2}} (\psi_{01}^{2} + \psi_{02}^{2}) \times (\frac{2\psi_{01}\psi_{02}}{\psi_{01}^{2} + \psi_{02}^{2}} p + q) - \frac{A}{6H} \frac{R_{1}R_{2}}{(R_{1} + R_{2})} \quad (1) \\ & \text{按照 EDLVO 理论为 [14-15]:} \\ & W_{7}^{ED} = \frac{\pi \varepsilon_{a} R_{1} R_{2}}{R_{1} + R_{2}} (\psi_{01}^{2} + \psi_{02}^{2}) \times (\frac{2\psi_{01}\psi_{02}}{\psi_{01}^{2} + \psi_{02}^{2}} p + q) - \frac{A}{6H} \frac{R_{1}R_{2}}{(R_{1} + R_{2})} \\ & + 2\pi \frac{R_{1}R_{2}}{R_{1} + R_{2}} h_{0} V_{HA}^{0} \exp(-\frac{H}{h_{0}}) \quad (2) \\ & \exists therefore, p = \ln[\frac{1 + \exp(-kH)}{1 - \exp(-kH)}], q = \ln[1 - \exp(-2kH)], \\ & \varepsilon_{a} \end{pmatrix} \\ & \phi_{01} \times \Psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{01} \times \Psi_{01} \end{pmatrix} \\ & \psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{01} \times \Psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{01} \times \Psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{01} \times \Psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{02} \times \psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{01} \times \Psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{02} \to \psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{01} \times \Psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{02} \to \psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{01} \times \Psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{02} \to \psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{02} \to \psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{01} \times \Psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{02} \to \psi_{02} \end{pmatrix} \\ & \psi_{02} \to$$

ho 为衰减长度,一般取 10 nm;

V^⁰на 为疏水相互作用能量常数, J/m²。

对于式中的粒子半径R1、R2、采用 MASTERSIZER 2000 激光粒度分析仪进行粒度测 定,采用各自粒度的平均值进行相互作用能计算; 颗粒的表面电位可用动电位代替计算,菱铁矿、 赤铁矿、石英的动电位通过 Zeta 电位测量得到; 通过查阅相关文献,可得到有效 Hamaker 常数 A; 疏水相互作用能量常数 由公式(3)计算得到:

 $V_{HA}^{0} = -4(\sqrt{y_{L}^{*}y_{L}^{*}} - \sqrt{y_{s}y_{L}^{*}})$ (3) 式中, y_{L}^{*} 、 y_{L}^{*} 分别为水表面能的电子接受体与电子 给予体分量; y_{s}^{*} 为固体表面能的电子给予体分量。

2 试验结果及分析

固定淀粉用量 6 mg/L, CaCl2 用量 60 mg/L, 油酸钠用量 160 mg/L, 在 pH=11.5 条件下进行反 浮选试验,选别赤铁矿。考察微细粒级菱铁矿对 该浮选体系的影响,试验结果见图 2。





由图 2 可知, 微细粒菱铁矿的存在会严重恶 化浮选指标, 随着 -0.010 mm 粒级菱铁矿含量的增 加, 精矿铁品位、铁回收率下降, 尾矿铁品位、 铁回收率上升。当-0.010 mm 菱铁矿的含量为1.0% 时,精矿铁品位为55.02%,回收率为84.12%。 当-0.010 mm 菱铁矿的含量大于3.0%时,浮选精 矿铁回收率明显下降,尾矿铁回收率明显上升。随 着-0.010 mm 菱铁矿质量分数的增大,浮选指标严 重恶化。尤其当-0.010 mm 菱铁矿的含量高达9.0% 时,尾矿铁回收率高于精矿铁回收率13.68个百 分点,尾矿铁品位高达25.82%,精矿铁品位仅为 41.09%。因此,严格控制浮选过程中菱铁矿的细度, 可适当减轻其对浮选分离效果的影响。课题组的前 期研究表明,微细粒菱铁矿恶化赤铁矿反浮选的主 要原因是微细粒菱铁矿吸附在粗粒赤铁矿和粗粒石 英的表面,改变赤铁矿和石英的表面性质,使精矿 回收率下降,品位降低,导致"精尾不分"。

3 EDLVO 理论计算

对菱铁矿、赤铁矿、石英分别用激光粒度 分析仪进行粒度测定,菱铁矿的平均粒度 0.006 mm;赤铁矿的平均粒度 0.060 mm;石英的平均粒 度 0.110 mm。因此,后续计算中分别采用菱铁矿、 赤铁矿、石英的平均粒度。

经动电位测量, pH=11.5时, 赤铁矿ζ= -0.045V, 菱铁矿ζ=-0.053V, 石英ζ=-0.065V。

3.1 微细粒菱铁矿与粗粒赤铁矿间相互作用能 计算

根据公式1(DLVO理论)计算微细粒菱铁矿 与粗粒赤铁矿间相互作用能,结果见表1。

表1	菱	铁矿与赤	铁矿间	DLVO	势能计	算结果
		001100			• 1 • .	

Table 1 Results of DEVO potential between startie and nonante										
H/nm	5	10	20	30	40	50	60	80	100	
$\frac{7^{D}}{T}/10^{3} kT$	9.84	6.82	2.49	0.70	0.05	-0.15	-0.20	-0.178	-0.147	

根据表1数据绘制出菱铁矿与赤铁矿间 DLVO势能曲线、见图3。





由图 3 可知, 微细粒菱铁矿和粗粒赤铁矿间 的 DLVO 势能曲线表现为斥力, 即微细粒菱铁矿 在粗粒赤铁矿上不会发生粘附。由课题组前期研 究结果可知, 影响分选指标的主要原因是微细粒 菱铁矿在粗粒赤铁矿及石英上的粘附。DLVO 理 论计算结果与试验结果相反, 这是由于浮选体系 中加入了各种浮选药剂, 使得矿物粒子间的凝聚 行为发生变化, 导致经典的 DLVO 理论不能圆满 解释这种现象, 甚至常常是得出完全相反的结果。 因此, 需要用扩展的 DLVO (EDLVO) 理论对菱 铁矿和赤铁矿间的相互作用能进行计算。 根据公式2(EDLVO理论)计算微细粒菱铁 矿与粗粒赤铁矿间相互作用能,结果见表 2。

菱铁矿与赤铁矿间 EDLVO 势能计算结果 表 2

Table 2 Results of EDLVO potential between siderite and hematite										
H/nm	5	10	20	30	40	50	60	80	100	
$\overline{V_T^{ED}}/10^5 kT$	-21.980	-13.323	-4.901	-1.805	-0.666	-0.247	-0.092	-0.014	-0.003	

根据表 2 数据绘制出菱铁矿与赤铁矿间 EDLVO 势能曲线、见图 4。



图 4 菱铁矿与赤铁矿相互作用的 EDLVO 势能曲线 The EDLVO potential curve of interaction between Fig. 4 siderite and hematite

由图 4 可知, EDLVO 势能曲线表现为引力, 与 DLVO 势能曲线趋势相反。这是由于疏水相互 作用能的出现、并且远大于菱铁矿和赤铁矿间的 静电斥力,致使引力增大,说明细粒菱铁矿在粗

粒赤铁矿上发生了粘附。同时也验证了 DLVO 理 论不能正确解释微细粒菱铁矿与粗粒赤铁矿间的相 互作用能。因此,增大赤铁矿的动电位绝对值,可 以增加颗粒之间的静电排斥力,减少微细粒菱铁矿 在粗粒赤铁矿上的粘附。已有研究结果表明[11]. 在 pH=11.5 时,加入脱附剂水玻璃、羧甲基纤维 素钠后,可以使赤铁矿表面电荷负向增加、进而 达到增大赤铁矿动电位绝对值的目的。这是因为 在碱性环境中、水玻璃主要以 [SiO(OH)3] 的形式 存在、羧甲基纤维素钠在水溶液中电离出带有负 电的羧甲基有机离子, 它们吸附在赤铁矿表面, 使赤铁矿动电位负向增加。

3.2 微细粒菱铁矿与粗粒石英间相互作用能计算

根据公式1(DLVO理论)计算微细粒菱铁矿 与粗粒石英间相互作用能,不同值时的,代入计算, 结果见表3。

表 3 菱铁矿与石英间 DLVO 势能计算结果 Table 3 Results of DLVO potential between siderite and quartz

H/nm	5	10	20	30	40	50	60	80	100	
$V_T^D/10^3 kT$	18.87	12.355	4.797	1.745	0.599	0.287	0.052	-0.017	-0.015	

根据表 3 数据绘制出菱铁矿与石英间 DLVO 势能曲线,见图 5。可见, pH=11.5 时, DLVO 势 能曲线不存在势垒(曲线上极大值高出的高度称 为势垒高度),只出现了第一能谷,即第一极小 值(负值大的极小值叫第一能谷,或第一极小值, 负值相对较小的极小值叫第二能谷,或第二极小 值)。这说明吸引力会把粒子拉入第一能谷的位 置,体系不稳定,出现凝聚现象,导致细粒菱铁 矿在粗粒石英上发生粘附。一般情况下、势垒高 度决定体系是否稳定以及是否发生凝聚。当势垒 高度较大时,可以防止粒子在第一能谷处凝聚, 体系分散较好。当粒度越细时、相互作用势垒越 小,越易发生矿泥罩盖,恶化粗粒矿物的浮选。 在第二能谷处发生的凝聚作用、由于粒子间相互 距离比较大,因此这种凝聚体结构疏松,不稳定,

当外界存在扰动时、凝聚体就会被破坏。

根据公式2(EDLVO理论)计算微细粒菱铁 矿与粗粒石英间相互作用能,结果见表 4。





根据表4数据绘制出菱铁矿与石英间 EDLVO 势能曲线、见图 6。

表 4 菱铁矿与石英间 EDLVO 势能计算结果

Tab.le4 Results of EDLVO potential between siderite and quartz

H/nm	5	10	20	30	40	50	60	80	100	
$V_T^{ED}/10^5 kT$	-21.155	-13.856	-5.095	-1.875	-0.690	-0.253	-0.094	-0.012	-0.001	



图 6 赤铁矿与石英相互作用的 EDLVO 势能曲线 Fig.9 The EDLVO potential curve of interaction between siderite and quartz

由图 6 可见, EDLVO 势能曲线表现为引力, 与 DLVO 势能曲线趋势相反。但由于菱铁矿和石 英之间存在疏水相互作用能,并且疏水力远大于 菱铁矿和石英之间的静电斥力,致使两者之间的 引力增大,细粒菱铁矿在粗粒石英上发生粘附。 说明 DLVO 理论在解释微细粒菱铁矿与粗粒石英 间的相互作用能中存在一定的缺陷。因此,通过 增大菱铁矿的动电位绝对值来增加颗粒之间的静 电排斥力,减少微细粒菱铁矿在粗粒石英上的粘 附,可以有效改善浮选分离效果。

4 结 论

(1) 鞍山式高碳酸盐铁矿石中,由于菱铁 矿硬度小,易泥化,微细粒菱铁矿吸附在粗粒赤 铁矿和粗粒石英表面,改变两者的表面性质。本 文对微细粒菱铁矿与粗粒赤铁矿和粗粒石英之间 的相互作用能进行了计算,以揭示粗、细粒间的 吸附与排斥内在机制。经过动电位测量,pH=11.5 时,赤铁矿 ζ=-0.045V,菱铁矿 ζ=-0.053V,石 英 ζ=-0.065V。

(2) 微细粒菱铁矿与粗粒赤铁矿间相互作用 能 EDLVO 势能曲线表现为引力,与 DLVO 势能 曲线趋势相反。说明细粒菱铁矿在粗粒赤铁矿上 发生了粘附。同时也验证了 DLVO 理论不能正确 解释微细粒菱铁矿与粗粒赤铁矿间的相互作用能。

(3) 微细粒菱铁矿与粗粒石英间的相互作用 能计算结果表明,细粒菱铁矿在粗粒石英上发生 粘附,会导致浮选指标严重恶化。通过增大菱铁 矿的动电位绝对值,可以增加颗粒之间的静电排 斥力,减少微细粒菱铁矿在粗粒石英上的粘附。

参考文献:

 Hiemenz P C. Principles of Collide and Surface Forces Chemistry [M]. Marcel Dekker Inc, 1977.

[2] Israelachvili J N. Intermolecular and Surface Forces [M]. N1, Academic Press, 1985.

[3] Jenkins P, Ralston J. The adsorption of polysaccharide at the talc-aqueous solution interface [J]. Colloids and Surfaces, 1998(139): 27-40.

[4] 翁达. 界面分选原理及应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.

[5] Bravo S V C, Torem M L, Monte M B M, et al. The influence of particle size and collector on the flotation of a very low grade auriferous ore[J]. Minerals Engineering, 2005(18): 459-461.
[6] 邱冠周,胡岳华,王淀佐.微细粒赤铁矿载体浮选机理研究 [J]. 有色金属, 1994, 46(4): 23-28.

[7] 胡岳华, 邱冠周, 王淀佐. 细粒浮选体系中界面极性相互 作用理论及应用 [J]. 中南矿冶学院学报, 1993, 24(6): 749-754. [8] Kim B G, Choi S K. Dispersing characteristics of graphite suspension by surface modification with ABDM [J]. Particulate Science and Technology, 2002, 20(2): 95-107.

[9] Ozkan A. Coagulation and flocculation characteristics of talc by different flocculants in the presence of cations [J]. Minerals Engineering, 2003(16): 59-61.

[10] 方启学, 贾文玲, 卢寿慈. 微细粒石英赤铁矿凝聚和分 散行为与机理研究 [J]. 中国矿业, 1996, 5(4): 40-49.

[11] 朱玉兰. 提高东鞍山铁矿石反浮选回收率技术研究 [D]. 沈阳:东北大学, 2013.

[12] 邱冠周,胡岳华,王淀佐.颗粒间相互作用与细粒浮选 [M].长沙:中南工业大学出版社,1993.

[13] Schulze H J. Physico-Chemical Elementary Processes in Flotation[M]. Amsterdam, Elsevier, 1984.

[14] Dagastine R, Prieve D, White L. Calculations of van der waals forces in 2-dimensionally anisotropic materials and its application to carbon black [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2002, 249(1): 78-83.

[15] Israclachvili, J. N. Intermolecular and Surface Forces [M]. London: Academic Press, 1985.

[16] Hicmcnz, P. C. Principles of Colloid and Surface Chemistry [M]. Marcel Dekkey, Inc. New York, 1977.

[17] van Oss, C. J. ct al. Coll. Polym Sci [J]. 1980, 424-427. (下转 69页)

• 65 •

[5] 吕宪俊, 高清寿. 陕西安康金红石矿工艺矿物学研究[J]. 矿产保护与利用,1999,12(6):37-40.

[6] 许时.矿石可选性研究 [M].北京:冶金工业出版社,1995.
[8] 徐莺,杨磊,刘飞燕.金川铜镍矿贫矿石选矿产品的工艺矿物学研究 [J].矿产综合利用,2013 (3):53-55.

[9] 周乐光.工艺矿物学 [M].北京:冶金工业出版社,2002. [10] 李艳峰,费涌初.金川二矿区富矿石选矿的工艺矿物学 研究 [J].矿冶,2006 (2):98-101.

[11] 贾木欣, 应平, 付强. 从工艺矿物学角度探讨某些难 处理资源开发利用中的问题 [J]. 有色金属: 选矿部分矿 冶,2015(2):1-4,10.

[12] 徐宏祥,张其东,程敢,等.印尼某锡铁矿工艺矿物学研究[J].有色金属:选矿部分,2014(5):1-5.
[13] 李波,梁冬云,张莉莉.富磷灰石复杂稀土矿石工艺矿物学研究[J].中国稀土学报,2012(6):424-429.

[14] 王墨,张汉平,谢峰,等.缅甸某钛铁矿工艺矿物学研 究[J].钢铁钒钛,2014,3:46-49.

[15] 殷德强, 汪灵, 孔芹, 等. 四川沐川黄丹石英砂岩工艺 矿物学研究 [J]. 矿物岩石, 2010 (1):1-5.

[16] 杜强. 某氧化铅锌矿选矿工艺研究[J]. 云南冶金, 1998 (2):30-34.

Study on the Process Mineralogy of the Nickel Ore in Shaanxi

Wu Junjie, Li Qingcui, Liu Yang

(Shaanxi Institute of Geology and Mineral Resources Experiment, Key laboratory of Mineral Resourus Expl01ation Coucprehensihe utilization in Shaansi Province, Xi'an, Shaanxi, China)

Abstract: The nickel ore in Shaanxi was studied on technological mineralogy. The features of process mineralogy of nickel ore, including the chemical composition mineral composition particle size of ore and the structure of ore in studied in detail by various means in the paper. The nickel ore mineral composition is complex. Many kinds of gangue minerals contains Serpentine, talc, magnesite, dolomite, kaolinite, quartz, amphibole and chlorite and so on. Nickel mainly exists in the form of nickel pyrite. It is difficult for mineral separation because other mineral size is fine in addition to pyrite coarse grain size. It does not separate easily between sulfide ore and Talc and serpentine. It provides the theoretic basis for the choice of mineral processing technique and exploitation of nickel ore in Shanxi.

Keywords: Nickel ore; Pyrite; Particle size distribution; Process mineralogy; Floatability

(上接65页)

Research on Interaction Energy Between Hematite and Quartz and Siderite

Yan Zan¹, Wang Wendan², Li Xia³, Liu Mingbao¹

(1.College of Chemical Engineering and Modern Materials, Shangluo University, Shaanxi Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Tailings Resources, Shangluo, Shaanxi, China; 2. Kunming Engineering & Research Institute of Non ferrous metallurgy Co.Ltd., Kunming, Yunnan, China; 3. School of Resources & Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang, Liaoning, China)

Abstract: Hematite, siderite, and quartz are the main ores existed in the stepped flotation system of Donganshan carbonate-containing iron ore. The microgranular siderite was adhered in coarse grained hematite and coarse quartz surface because of the different kinds of interaction between mineral grains, which determined its attribution in concentrate and tailings. Flotation practice showed that a large amount of 0.010 mm microgranular siderite adsorbed in coarse grained hematite and coarse quartz surface, changed the surface properties of ore grain, and deteriorated the reverse flotation of the hematite sorting indicators seriously. The interaction energy between the fine grain siderite and coarse quartz, hematite were calculated on the basis of the ternary mixed ore flotation of hematite, quartz, and 0.010 mm siderite with different quality score. Therefore, the attribution of concentrate and tailings in the flotation process were analyzed from the aspect of mechanics, which provided theoretical basis for the effective dispersion of fine grained siderite, coarse hematite, and coarse quartz.

Keywords: Microgranular siderite; Coarse hematite; Coarse quartz; EDLVO theory; Interaction energy