

浮选药剂的亲固能计算^①

陈建华 冯其明 卢毅屏

(中南工业大学矿物工程系, 长沙 410083)

摘 要 在浮选体系下, 药剂和矿物的作用不仅和键合原子有关, 还和矿物表面相邻原子、药剂亲固基团以及介质水分子有关。在此模型下提出了药剂亲固基团和矿物表面作用能的计算公式, 利用这一公式可定量研究矿物表面极性、药剂分子极性和介质水分子对浮选药剂亲固能的影响。研究结果表明, 浮选介质分子水影响药剂和矿物表面作用能的强弱, 对于极性较小的矿物 (如硫化矿物), 其表面和药剂亲固基团的作用能与基团电负性成反比, 基团电负性越小, 作用越强; 对于极性较大的矿物 (如非金属矿物), 其表面和药剂亲固基团的作用与基团电负性成正比, 基团电负性越大, 作用越强。

关键词 浮选 矿物表面 药剂基团 亲固能

中图法分类号 TD 91

在矿物浮选中, 有机化合物的应用十分重要, 所有捕收剂和为数不少的抑制剂^[1-4]都是有机化合物。关于浮选药剂和矿物表面作用机理已有较多的研究, 先后提出了黄药和硫化矿作用的化学假说和吸附假说、有机药剂的螯合作用假说和黄药与硫化矿作用的电化理论。在研究浮选药剂和矿物表面之间的作用时, 虽然主要是考虑溶液体系中药剂和金属离子作用的化学理论, 如以溶度积大小作为判据来解释药剂和矿物表面作用机理, 但实际上浮选体系涉及固—液—气三相, 药剂和矿物表面作用较为复杂, 所以除需要用溶液体系理论来解释药剂和矿物表面作用过程, 还需考虑相邻键合原子对中心离子的影响, 否则难以得出全面和准确的结果。现代化学理论认为分子中电荷分布受周围环境的影响、与物质性质和结构密切相关, 因此考虑相邻原子的影响和介质水的作用, 全面研究浮选体系下矿物表面和有机化合物基团的作用过程及机理对浮选药剂理论和实践具有重要的意义。

由于浮选体系的复杂性, 迄今为止, 对浮

选药剂分子结构和性能的研究仍然是以定性为主。王淀佐提出的浮选药剂基团性能电负性理论^[5], 为浮选药剂官能团提出了统一标度, 并在此基础上给出了判断浮选药剂性能及用途的亲水疏水指数, 提出了捕收剂碳链长度计算公式, 丰富和发展了浮选药剂理论。量子化学在研究药剂和矿物表面结构方面能较全面和定量地反映其结构信息, 国内外已有较多关于浮选药剂量子化学研究方面的报道^[6-8], 但是浮选药剂中的一个重要问题, 即矿物亲固基团的定量设计仍未很好解决。对于一种给定矿物, 其所需要的亲固基团仍是用药剂和金属离子反应的化学知识或实践经验来判断。作者在充分考虑了相邻成键原子的影响以及介质水的作用后, 提出了矿物表面、浮选药剂分子以及浮选介质水分子这三者的作用模型, 并给出了以这一模型为基础的浮选药剂亲固能计算公式。

1 浮选药剂与矿物作用模型

1.1 表面键合模型

① 国家自然科学基金资助项目 59774011 收稿日期: 1998-08-28; 修回日期: 1998-10-18
陈建华, 男, 26岁, 博士生

在水溶液中, 药剂和矿物表面的水化对药剂与矿物表面之间的相互作用有不可忽略的影响。表 1 列举了几种离子的水化能和盐的晶格能值, 由表 1 可见, 二者的数量级相同, 说明水化能的作用不可忽略。

表 1 几种离子水化能和盐晶格能的数值^[9]

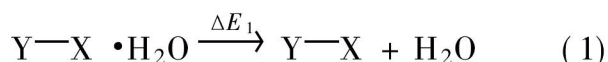
Table 1 Values of several ionic hydration energy and lattice energy

Salt	Lattice energy / (kJ·mol ⁻¹)	Ion	Hydration energy / (kJ·mol ⁻¹)
LiCl	845. 7	Li ⁺	612. 5
LiBr	799. 7	Na ⁺	487. 8
LiI	745. 3	K ⁺	414. 1
NaCl	774. 6	Rb ⁺	392. 7
NaBr	741. 1	Cs ⁺	368. 4
NaI	695. 0	F ⁻	414. 1
KCl	707. 6	Cl ⁻	271. 7
KBr	682. 4	Br ⁻	244. 5

在浮选体系下, 矿物和药剂的作用涉及矿物表面、水分子和药剂亲固基团, 因此药剂和矿物表面的作用不仅和成键的金属原子有关, 还和所处体系有关。下面从热力学方面分析药剂在矿物表面吸附前后体系能量的变化关系。

为推导方便用 Y—X 表示药剂, 其中 X 表示亲固基团, Y 表示其它基团 (极性或非极性), AB 表示矿物。药剂和矿物表面的作用过程可分为四个部分:

(1) 药剂亲固基和水分子分离



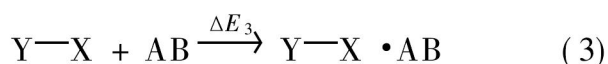
式中 ΔE_1 为水分子脱离药剂极性基所消耗的能量。

(2) 矿物表面和水分子分离



式中 ΔE_2 为水分子与矿物表面分离所消耗的能量。

(3) 药剂和矿物表面作用



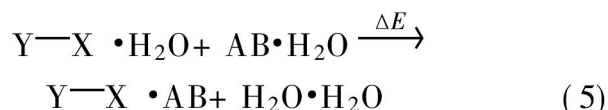
式中 ΔE_3 为药剂与矿物表面作用释放的能量。

(4) 水分子和水分子的结合



式中 ΔE_4 为水分子相互结合放出的能量。

整个过程可表示为



其总能量变化为

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 + \Delta E_4 \quad (6)$$

由式 (6) 可知, 如果 ΔE 大于 0 (定义放出能量为正, 消耗能量为负), 则有利于药剂在矿物表面的吸附, ΔE 值越大表明药剂和矿物作用放出的能量越多, 作用后体系能量越低, 药剂和矿物表面作用越强。

另外 ΔE_3 可分解为两项, 即亲固基和矿物表面作用能 $\Delta E'_3$ 和药剂分子与矿物表面的分子间作用能 $\Delta E''_3$ 。

在分子量较小时 $\Delta E''_3$ 较小, 药剂和矿物表面作用能主要取决于亲固基作用能 $\Delta E'_3$; 在分子量较大时, $\Delta E''_3$ 较大, $\Delta E'_3$ 的作用相对较弱, 官能团的作用不明显。为研究方便, 本节仅讨论小分子有机化合物分子亲固基团的影响, 忽略分子量和结构的影响。

对于极性较强的矿物 (如氧化矿), 其表面和水作用较强, 从其表面移走水分子所需消耗的能量 ΔE_2 较大, 当亲固基极性较弱时, 它和矿物表面的作用能 ΔE_3 小, 因此整个体系的能量 ΔE 有可能小于 0, 不利于药剂和矿物表面作用; 当亲固基极性较强时, 亲固基和矿物表面作用能 ΔE_3 大, 从而使整个体系的能量变化 ΔE 大于 0, 有利于药剂和矿物表面的作用。因此极性强的矿物表面容易和极性较强的药剂基团作用。对于极性较弱的矿物 (如硫化矿), 当亲固基极性较强时, 从亲固基上移走水分子需要消耗大量的能量 ΔE_1 , 而亲固基和矿物表面作用放出的能量 ΔE_3 较小, 整个体系的能量 ΔE 有可能小于 0, 不利于药剂和矿物表面作用; 当亲固基极性较弱时, ΔE_1 较小, ΔE_3 有可能抵消消耗的能量 ΔE_1 , 从而使整个体系的能量 ΔE 大于 0, 有利于药剂和矿物表面的作用。因此弱极性矿物表面容易和极

性较弱的药剂基团作用。

1. 2 基团亲固能的计算公式

分子极性强弱和键的偶极矩可用电负性的差值表示^[10, 11], Pritchard 用电负性差的乘积表示反应热取得了较好的效果^[12]。化学作用 $A_2 + B_2 = 2AB$, 其键能间的关系有 $D_{A-B} = (D_{A-A} \cdot D_{B-B})^{1/2}$; 类似此分析, 可以认为药剂在矿物表面的作用能正比于下列两反应生成焓 $\Delta^1 H$ 和 $\Delta^2 H$ 的几何平均值 $(\Delta^1 H \Delta^2 H)^{1/2}$ 。

矿物: $A + B = AB + \Delta^1 H$ (7)

药剂: $X + Y = XY + \Delta^2 H$ (8)

矿物和药剂作用:

$AB + XY = AB \cdot XY + \Delta H$ (9)

$\Delta H = K (\Delta^1 H \Delta^2 H)^{1/2}$ (10)

对于矿物和药剂为多元络合形式时, 式 (9) 和 (10) 变为

$AB + nXY = AB \cdot nXY + \Delta H$

$\Delta H = K (n \Delta^1 H \Delta^2 H)^{1/2}$

热化学分析表明, 单分子生成焓 $\Delta H = 23 (x_1$

$- x_2)^2$, 其中 x_1 和 x_2 分别为组成物质两元素的电负性值。考虑到浮选在水中进行的和便于比较不同药剂的性能, 将式 (8) 统一为亲固基 X 和氢的作用, 即 $X + H = XH + \Delta^2 H$ 。将 AB 和 XH 的生成焓代入式 (10), 可得两物质作用的生成焓

$$\Delta H = K \times 23 \times \sqrt{n} (x_A - x_B) (x_g - x_H)$$
 (11)

x_g 是亲固基团的电负性。表 2 是按照式 (11) 计算的几种矿物表面和氨分子及水分子形成络盐的生成热和实测值的比较情况。由表 2 可见对于一元和多元络盐的生成热, 按公式 (11) 计算所得结果和实测值接近, 表明可以采用式 (11) 作为两物质作用能的量度。

由式 (11) 可得式 (6) 各项的表达式:

药剂亲固基和水分子作用能

$\Delta E_1 = 23K \sqrt{n} (x_g - x_H) (x_O - x_H)$

矿物表面和水分子的作用能

$\Delta E_2 = 23K \sqrt{n} (x_A - x_B) (x_O - x_H)$

表 2 生成热计算值和实测值的比较

Table 2 Comparison between the calculated with Eqn. (11) and observed formation enthalpy ΔH

Complex salt	$\Delta H / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$		Complex salt	$\Delta H / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	
	Observed	Calculated		Observed	Calculated
NiI ₂ •2NH ₃	176	173	CoCl ₂ •NH ₃	231	232
FeCl ₂ •NH ₃	238	242	ZnI ₂ •NH ₃	174	186
AgCl•NH ₃	220	221	MnCl ₂ •NH ₃	302	290
CdI ₂ •6NH ₃	407	410	PbCl ₂ •NH ₃	231	227
CdBr ₂ •NH ₃	221	228	LiCl•3NH ₃	644	645
CdI ₂ •2NH ₃	214	234	MgCl ₂ •NH ₃	390	373
CdBr ₂ •2NH ₃	314	322	CaCl ₂ •NH ₃	457	414
CdCl ₂ •NH ₃	257	269	CaCl ₂ •2NH ₃	512	585
RbI•6NH ₃	806	861	SrCl ₂ •NH ₃	462	414
InI ₃ •2NH ₃	163	207	CuBr ₂ •NH ₃	220	207
SnBr ₂ •NH ₃	193	174	CuBr ₂ •10NH ₃	554	589
SnI ₂ •2NH ₃	189	158	FeI ₂ •2NH ₃	183	204
BaBr ₂ •NH ₃	424	393	MnBr ₂ •4H ₂ O	789	888
LiBr•H ₂ O	665	666	LiI•H ₂ O	593	555
LiBr•2H ₂ O	965	942	LiI•2H ₂ O	895	786
LiBr•3H ₂ O	1 268	1 154	LiI•3H ₂ O	1 197	962
CoCl ₃ •6H ₂ O	1 066	1 015	NiCl ₂ •6H ₂ O	1 061	909

Note: 1 Value of K in Eqn. (11) is 10 for ammonia molecule and 11. 5 for water molecule;

2 Data of formation enthalpy of complex salt come from reference [13]

矿物表面和药剂亲固基的作用能

$$\Delta E_3 = 23K \sqrt{n} (x_A - x_B)(x_g - x_H)$$

水分子和水分子的作用能

$$\Delta E_4 = 23K \sqrt{n} (x_O - x_H)(x_O - x_H)$$

需要说明的是水分子和水分子的作用能为常数，并不影响计算结果的趋势。但是由于浮选体系的特殊性， ΔE_4 值采用上述各式表达结果(即水分子电负性差的平方)时，药剂亲固能的计算能较好地 and 浮选实际相符合，同时采用电负性差的乘积，其物理意义较明确。于是我们得到浮选体系下药剂和矿物表面作用的亲固能计算公式

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 + \Delta E_4 \\ &= 23K \sqrt{n} [(x_A - x_B)(x_g - x_H) + \\ &\quad (x_O - x_H)(x_O - x_H) - \\ &\quad (x_g - x_H)(x_O - x_H) - \\ &\quad (x_A - x_B)(x_O - x_H)] \end{aligned} \tag{12}$$

上式中出现的负号表示消耗能量，正号表示放出能量，在以后的的计算中若不特别说明， K 值均取 10， n 均取 1。药剂基团电负性 x_g 的计算有多种方法，其中王淀佐^[5] 提出的基团电负性计算方法比较适合于浮选药剂的计算，常见浮选药剂基团电负性值见表 3。

表 4 显示用量子化学的 GPT 理论计算出来的硫化矿和不同极性的亲固基作用的能量与用式 (12) 计算的结果的比较。由表中数据可

见二者大小顺序一致。

2 药剂亲固能公式在浮选中的应用

2. 1 矿物表面极性对亲固能的影响

假定矿物表面极性连续，对式 (12) 两边求导得

$$\frac{d\Delta E}{dx_{AB}} = 23K \sqrt{n} (\Delta x_{gH} - \Delta x_{H_2O}) \tag{13}$$

当上式为 0 时，可求得基团电负性值的临界值为 3. 5，当基团的电负性 x_g 小于 3. 5 时， $d\Delta E/dx_{AB}$ 导数值小于 0，此时吸附能量和矿物表面极性成反比，即矿物表面极性越弱，亲固基团和矿物表面作用能 ΔE 越大。

表 3 常见浮选药剂基团电负性值

Table 3 Electronegativity value of common functional group of flotation reagents			
Functional group	Electronegativity	Functional group	Electronegativity
R—SH	2. 6	(R—OCSS) ₂	2. 9
R—OCOSH	2. 8	R—COOH	4. 1
R—OCSSH	2. 7	R—SO ₂ OH	4. 3
R—SCSSH	2. 6	R—CONOH	3. 8
(RO) ₂ —POSH	3. 2	R—AsO (OH) ₂	4. 3
(RO) ₂ —PSSH	3. 0	R—PO (OH) ₂	4. 3
(RO) ₂ —POOH	3. 6	R—OH	3. 9
R ₂ —NCSSH	2. 6	R—NH ₂	3. 7

表 4 用量子化学方法与用公式 (12) 计算的亲固能结果比较

Table 4 Contrast between results of energy calculated by way of quantum chemistry and by Eqn. (12)

Functional group	Chalcopyrite		Pyrite	
	Calculated by Eqn. (12) / (kJ•mol ⁻¹)	Calculated by equation GPT/a. u.	Calculated by Eqn. (12) / (kJ•mol ⁻¹)	Calculated by equation GPT/a. u.
R—SCSSH	165. 6	2. 01	144. 9	0. 36
R ₂ —NCSSH	165. 6	1. 65	144. 9	0. 28
R—OCSSH	147. 2	1. 47	128. 8	0. 31
R—OCOSH	128. 8	1. 13	112. 7	0. 27
R—NHCSO—R'	128. 8	1. 3	112. 7	0. 21
R—OCSS—R'	110. 4	0. 71	96. 6	0. 17
(RO) ₂ PS (OR')	55. 2	0. 85	48. 3	0. 12

Note: Value of K is 10; Results of GPT come from reference [14]

表 5 是不同极性的矿物与乙基黄药作用后的吸附量测定结果,表中结果和式 (13) 讨论结果一致,黄药 (基团电负性 2. 7) 在矿物表面的吸附量与矿物表面极性成反比,矿物极性越小,黄药的吸附量越大。利用式 (12) 计算出的 ΔE 值还定量说明了乙基黄药和硫化矿表面作用能大于其与非硫化矿物表面的作用能;黄药和非金属强极性矿物表面作用能 ΔE 值为负,说明黄药和非金属矿表面的作用较弱。这和文献 [8] 的结果一致,即黄原酸基只能吸附在共价型固体表面,不能吸附于离子型固体表面。用表 5 数据,将吸附量取对数对吸附能作图,结果表明吸附能 ΔE 和黄药吸附量的对数呈线性关系。

表 5 乙基黄药在不同极性矿物表面的吸附量

Table 5 Adsorptive concentration of ethyl xanthate on different mineral surface

Mineral	Polarity ($x_A - x_B$)	Adsorptive concentration / ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Calculated ΔE / ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
Fluorite	3. 0	0. 75	- 294. 4
Quartz	2. 1	0. 79	- 147. 2
Malachite	1. 96	1. 39	- 103. 5
Hematite	1. 70	1. 58	- 55. 2
Sphalerite	0. 90	3. 57	92
Pyrite	0. 82	4. 06	105. 8
Galena	0. 70	7. 55	128. 8
Chalcopyrite	0. 6	11. 2	147. 2

Note: 1 Concentration of ethylxanthate is $5. 0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, mass of all mineral is 2g;
2 Data of element electronegativity come from reference [10], eletronegativity of group is calculated by reference [5]

由式 (13) 可知,当亲固基团电负性大于水分子的电负性时, $d\Delta E/dx_{AB}$ 值大于 0,表明药剂在矿物表面吸附时,其吸附能和矿物表面极性成正比,表 6 是十二烷基磺酸钠 (基团电负性为 4. 3) 在不同极性的矿物表面的吸附量。由表 6 可见十二烷基磺酸钠在矿物表面的吸附量和矿物表面的极性成正比,矿物表面极性越强,十二烷基磺酸钠在其表面吸附量越大。

将吸附量取对数对吸附能作图,结果表明十二烷基磺酸钠在不同矿物表面的吸附量的对数和其吸附能 ΔE 成线性关系。

表 6 十二烷基磺酸钠在不同极性矿物表面的吸附量

Table 6 Adsorptive concentration of dodecyl sulphonic acid sodium salt on different mineral surface

Mineral	Polarity ($x_A - x_B$)	Adsorptive concentration / ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Calculated ΔE / ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
Calcite	2. 86	6. 78	257. 6
Quartz	2. 2	4. 57	147. 2
Hematite	1. 7	4. 27	55. 2
Sphalerite	0. 90	3. 39	- 92. 0
Pyrite	0. 82	3. 18	- 105. 8
Chacopyrite	0. 6	2. 65	- 147. 2

Note: 1 Concentration of sodium dodecyl sulphosalt is 100mg/L, mass of all mineral is 2g;
2 Eletronegativity of group is calculated by reference [5]

2. 2 官能团极性的影响

用公式 (12) 可以讨论不同药剂与矿物表面作用的强弱,假定 x_g 为连续实数,对公式 (12) 两边求导,得

$$\frac{d\Delta E}{dx_g} = 23K \sqrt{n} (\Delta x_{AB} - \Delta x_{H_2O}) \tag{14}$$

由式(14) 可知,在浮选体系中水分子的极性是浮选药剂与矿物表面作用的参考点,对于极性小于水分子极性的物质(如硫化物), $(\Delta x_{AB} - \Delta x_{H_2O}) < 0$, ΔE 与 x_g 是减函数, x_g 越小,作用能 ΔE 越大,这说明对于硫化矿物,亲固基团电负性越小,药剂和矿物作用也就越大。

对于极性大于水分子极性的物质 (如氧化物), $(\Delta x_{AB} - \Delta x_{H_2O}) > 0$, ΔE 与 x_g 是增函数, x_g 越大,作用能 ΔE 越大。不同极性有机物在金红石表面的润湿热的变化情况^[15](见表 7),结果表明基团 x_g 的电负性越大,有机物和矿物表面作用就越强。

表 7 不同极性的有机液体对金红石的润湿热

Table 7 Wetting heat of rutile in organic liquid of different polarization

Organic liquid	Radicals	Eletronegativity	Wetting heat / ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)
Butyl amine	-NH ₂	3. 7	0. 33
Butyl alcohol	-OH	3. 9	0. 41
Butyl acid	-COOH	4. 1	0. 502

3 结论

(1) 在浮选体系中, 浮选药剂和矿物表面的作用不同于溶液中药剂和金属离子的作用, 应考虑到溶剂水的极性, 药剂基团的极性以及矿物表面极性强弱等因素的影响。药剂和矿物表面作用能 ΔE 由 4 部分组成, 对于小分子有机化合物, 忽略分子量的影响, 其亲固基和矿物表面作用能可用下式表示:

$$\Delta E = 23K \sqrt{n} [(x_A - x_B)(x_g - x_H) + (x_O - x_H)(x_O - x_H) - (x_g - x_H)(x_O - x_H) - (x_A - x_B)(x_O - x_H)]$$

(2) 药剂亲固能计算结果和试验结果表明, 对于极性较小的硫化矿物, 亲固基的电负性值越小, 药剂和矿物表面作用越强, 对于极性较强的离子型矿物, 亲固基的电负性越大, 药剂和矿物表面作用越强。

(3) 对亲固能公式的数学分析以及润湿热和吸附量等试验结果表明, 在浮选体系中, 用药剂和矿物表面作用能 ΔE 作为药剂和矿物表面作用的能量判据, 能较好地反应药剂和矿物表面作用过程的大小, 其计算结果和试验结果及浮选实际结果相吻合。

REFERENCES

- 1 Chen Jianhua (陈建华), Feng Qiming (冯其明) and Ou Leming (欧乐明). The Chinese Journal of Nonferrous Metals (中国有色金属学报), 1996, 6, (Suppl 2): 128.
- 2 Chen Jianhua, Feng Qiming and Ou Leming. Tran Nonferrous Met Soc China, 1998, 8 (1): 123.
- 3 Chen Jianhua (陈建华), Feng Qiming (冯其明) and Lu Yiping (卢毅屏). Nonferrous Metals (有色金属), 1998, 50 (3): 60.
- 4 Chen Jianhua, Feng Qiming and Lu Yiping. The Journal of Central South University of Technology, 1998, 5 (2): 108.
- 5 Wang Dianzuo (王淀佐). Nonferrous Metal (有色金属), 1975, 4: 44.
- 6 Wang Dianzuo (王淀佐). Nonferrous Metal (有色金属), 1978, 8: 32.
- 7 Wang Jing (王晶). Nonferrous Metal (有色金属), 1994, 1: 37.
- 8 Takahashi K, Hayashida O and Numato Y. XVIII International Mineral Processing Congress, Vol 3. Sydney: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy Clunies Ross House, 1993, 735-743.
- 9 Gong Zhuqing (龚竹青). Introduction of Theoretic Electrochemistry (理论电化学导论). Changsha: Central South University of Technology Press, 1992: 34.
- 10 Pauling L. J Am Chem Soc. 1932, 54: 3570.
- 11 Malone J G. J Chem Phys, 1933, 1: 197.
- 12 Pritchard H O and Skinner H A. Chem Rev, 1955, 55: 770-771.
- 13 Ячимирский К Б ed. Liu Weitao (刘为涛) transl. Thermal Chemistry of Complex Compound (络合物热化学). Beijing: Science Publishing House, 1959.
- 14 Wang Dianzuo (王淀佐). Molecular Design of Reagents for Mineral and Metallurgical Processing (选矿冶金药剂分子设计). Changsha: Central South University of Technology Press, 1996.
- 15 Li Shifeng (李世丰). Chemistry of Surface (表面化学). Changsha: Central South University of Technology Press, 1991: 67.

CALCULATION FOR ENERGY OF INTERACTION OF FLOTATION REAGENT WITH MINERAL SURFACE

Chen Jianhua, Feng Qiming and Lu Yiping

Department of Mineral Processing Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China

ABSTRACT The interaction of flotation reagent with mineral surface is not only related to bonding atom, but also related to the adjacent atom of mineral surface, radical of reagent and medium of flotation. The energy equation of the interaction of reagent with mineral surface has been deduced from the model. The effects of the polarity of mineral surface, reagent molecule and medium (water molecule) on solid affinity of reagent can be quantitatively studied by analyzing energy equation. The study results indicated that, the water molecule can affect the interaction energy of reagent radical with mineral surface; the solid affinity of reagent is an inverse measure of the electronegativity of group for weak polarity mineral (such as sulfide mineral), namely the interaction of group with mineral surface will be strengthened with the decrease of the electronegativity of group; the solid affinity of reagent is direct proportion to the electronegativity of group for strong polarity mineral (such as oxide mineral), namely the interaction of group with mineral surface will be strengthened with the increase of the electronegativity of group.

Key words flotation mineral surface function group of reagent solid affinity of reagent

(编辑 吴家泉)