

硅酸盐和氧化物的浮选

〔苏联〕 M.A. 爱格列斯 主编

罗荣昌 郭庆华 译

中国工业出版社

74.422
484

硅酸盐和氧化物的浮选

[苏联] M.A. 爱格列斯 主编

罗荣昌 郭庆华 译

31.25

中国工业出版社

М.А.Эйгелеса
ФЛОТАЦИЯ СИЛИКАТОВ И ОКИСЛОВ
ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ
Москва 1961

* * *
硅酸盐和氧化物的浮选

罗荣昌 郭庆华 译

*
冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路10号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张8·字数190,000
1965年7月北京第一版·1965年7月北京第一次印刷
印数0001—1,300·定价(科六)1.20元

*
统一书号: 15165·1502(冶金-253)

編 者 的 話

本书綜合报导了全苏矿物原料科学研究所选矿实验室在各个时期所做的有关硅酸盐和氧化物：鈦鉄矿、錫石、硬水鋁矿、鋳英石、金紅石、石英、綠柱石、珍珠云母、絹云母、长石、綠泥石、电气石、黄玉等的試驗工作。

近年来，由于鉄、鋁、鈦、錫和稀有金屬矿石浮选的发展，硅酸盐和氧化物的浮选也随着具有越来越大的实际意义。

本书所刊登的著作中有1937~1945年的試驗，由于硅酸盐和氧化物浮选的资料缺乏，发表这些著作还是合适的。

有許多著作是近来用研究浮选相互作用的現代方法进行試驗的，如放射性、动电位、动力学及其他測量方法。某些試驗是比較詳細的，一直到研究出工业矿石浮选的流程为止。部分試驗是为制定浮选方法而进行的。

文集中所刊載的大部分試驗和研究是較为普遍的实际工作的一部分，是指导研究各种矿床矿石工艺的。根据这种研究方法及理論研究的特点，有关浮选相互作用过程的細节和各种药剂作用机理的許多問題还是研究的不夠的，必須进一步研究。所发表的文章在选择硅酸盐和氧化物浮选的方向及安排系統的試驗时，可以給予有益的帮助。

总的來說，硅酸盐和氧化物浮选的资料是第一次綜合报导了这方面的試驗数据。

著者希望这本书对广大的选矿工作者——生产人員和研究人員有所帮助。

目 录

編者的話

I. 硅酸盐和氧化物浮选的研究

- 硅酸盐和氧化物浮选理論的某些問題…… M.A.爱格列斯(1)
- 用脂肪酸浮选石英的研究…M.A.爱格列斯, M.П.沃洛娃(64)
- 关于工业硅酸鈉对石英的抑制
作用……………M.П.沃洛娃, M.A.爱格列斯(93)
- 关于硫化鈉对石英的抑制
作用……………M.П.沃洛娃, M.A.爱格列斯(99)
- 用动电法及放射性测量法对葯剂与鈦鉄矿和綠泥石相互
作用的研究…… M.A.爱格列斯, A.B.麦什揚諾娃(111)
- 綠柱石浮选的研究…… И.Т.列維烏什, M.A.爱格列斯(139)
- 关于用浮选調整剂改变矿浆水的离子
組成…………… M.A.爱格列斯, Т.И.阿尔帕脫金娜(160)

II. 硅酸盐和氧化物的浮选资料

- 阿克塔什矿床硬水鋁矿矿石的浮选……………O.И.霍尼娜(167)
- 风化壳的复合含鈦矿石的选矿……………П.Н.費多罗夫(181)
- 苏打和硅酸鈉对用油酸浮选鋯英石
的影响…………… O.И.霍尼娜, M.A.爱格列斯(191)
- 鈦-鋯矿砂的混合浮选……………Л.Г.波德科索夫,
K.C.阿科波娃, H.E.罗曼諾夫斯卡婭(204)
- 金紅石和鋯英石的浮选
分离…………… K.C.阿科波娃, H.E.罗曼諾夫斯卡婭(214)
- 关于珍珠云母的可浮性…И.Т.列維烏什, M.A.爱格列斯(223)
- 絹云母的浮选…………… M.A.爱格列斯, И.Т.列維烏什(230)
- 从硅化菱鎂矿中用阳离子捕收剂浮选硅石
矿物…………… B.A.巴斯曼諾夫(245)

80070

I. 硅酸盐和氧化物浮选的研究

硅酸盐和氧化物浮选理論的某些問題

M.A. 爱格列斯

近十年来有用矿物硅酸盐和氧化物矿物的浮选越来越有重大的意义。广泛地研究和發展着从矿石中浮选鉄、鈦、錳和鋁矿物〔2; 3; 6; 16; 17; 22; 23; 24; 34; 47; 67; 69; 78; 84; 86—88; 90; 105—107; 114; 115〕。在稀有金属和制合金用金属——鋰，鈹，鋇，鈳，鈳，錫和許多其他金属（它們的大部分矿物属于硅酸盐和氧化物）的选矿和精矿精选中浮选方法愈益起着重大的作用〔4; 5; 7; 30; 33; 35; 38; 43; 44; 46; 51—55; 62; 68; 99; 109; 110; 117; 119〕。

硅酸盐和氧化物优先浮选的发展是浮选工艺中的新阶段。

工业浮选历史中第一阶段是發展了从矿石中优先浮选硫化矿的方法、流程和理論。这种浮选是在主要使用黄药——非常活性的具有一定组成的捕收剂——的基础上發展起来的。黄药的作用是依靠改变介质 pH 和主要采用硫化鈉和氰化物来調节的，总之，这就可能改变固着在矿物表面上的捕收剂数量，因而調节了浮选的选择性。

发展工业浮选的第二阶段，除了繼續發展硫化矿物的浮选和掌握硫化矿-氧化矿物的浮选之外，其特点是有用矿物为鈣及其它碱土金属盐——磷灰石，磷块岩，白鎢矿，螢石，方解石，重晶石等矿物的浮选具有重大的意义。用复杂的和組成不稳定的，大部分是不飽和脂肪酸及其他羧酸的混合物作为捕收剂。

它們的捕收作用选择性很差，因此仅改变矿物界面上捕收剂数量来調节捕收作用就不够了。广泛地采用了选择性作用的抑制剂——硅酸鈉，苏打，磷酸鈉，淀粉等。淀粉不仅調节矿物界面

上捕收剂固着量，并且选择性地吸附在某些矿物上，使矿物表面有不同程度的亲水化，因此使具有足够亲水性表面矿物抑制。很多研究工作都是研究这些过程的机理。

第三阶段的特点是显著地发展了煤的工业浮选。在此过程中采用組成复杂而且可变的极性-非极性型化合物作为捕收剂和捕收-起泡剂。

工业浮选发展中的第四阶段的特点，是发展了有用矿物硅酸盐和氧化物（其可浮性与大多数脉石矿物属于同一类）矿物的浮选。1944年所研究的而发表于1950年的矿物可浮性的分类^[97]，把这两大类矿物——硅酸盐和氧化物——按可浮性合并为一类。应当指出，这种合并是符合矿物按結晶化学原则分类的^[61]。在所有的含氧酸的盐类中硅酸盐最近似于氧化物，在矿物結晶化学的分类中硅酸盐位于氧化物与比硅酸强的酸盐之間。根据結晶格中四面体离子 SiO_4 的存在，硅酸盐是盐类。

同时，按一系列的特征——絡合阴离子中离子鍵的成份相当大，硅氧四面体結合成无限的鏈和层等等——硅酸盐非常近似于氧化物^[60, 98頁]。

氧化物和硅酸盐的浮选性质也近似。它們的共同特点是可浮性与成矿条件及浮选前矿物的准备有密切的連系。硅酸盐和氧化物的可浮性在很大的范围内变动。既可能使用阴离子捕收剂也可能使用阳离子捕收剂来使它們浮选。但是無論哪一种捕收剂的捕收作用都是很少有选择性的。为了提高选择性不仅利用了調节捕收剂固着的葯剂，而且采用了选择吸附的抑制剂。調节矿浆水介质中阳离子的作用——阻止脉石活化，去活化，除去氧化膜等等也是必須的。由于有用成份与脉石矿物性质近似，这类有用矿物矿石是浮选非常复杂的对象。

貧矿石，有时是极貧矿石也須要浮选，这就要求显著地提高选择性和使浮选流程复杂化。个别矿石的选矿比应达到50—100，有时还要高。

优先浮选的发展不仅使选矿对象向复杂化方面发展，同时也

提高了对选矿过程的要求。首先选矿主要是为火法冶炼准备矿石，它的主要任务是最大限度地从矿石中除去具有高熔化和熔化的脉石矿物（大部分是硅酸盐）。

以后选矿任务又复杂化，要求从精矿中除去一些有害杂质，这些杂质使化学-冶炼处理原料的某些过程难以进行，或使某些金属和化学制品的质量降低。开始在精矿中限制硫，磷，砷，有时还有硅及许多其他杂质的含量。产生了关于无用的、经济上不利的，但在工艺上可以容许的杂质，和有害的、比矿石精矿中可以容许的少得多的杂质的概念。

近年来水冶在处理矿石原料的过程中开始起着越来越重大的作用。毛矿中耗热的、无用的矿物和脉石在大多数情况下对酸或碱溶剂的消耗是小的。除去它们只是减少了进行水冶的原料数量，但是常常不引起溶剂用量的显著减少。

从准备水冶原料的经济观点来看，常用的选矿方法在很多情况下是不十分有效的。有必要除去新的无用的和有害的杂质，和着手研究新的选矿制度。所以除选矿对象复杂化之外还使它的任务复杂了。

应该着重指出，下面是研究在活化和抑制化合物存在下，阴离子捕收剂与硅酸盐和氧化物相互作用的某些浮选理论问题。

有关硅酸盐和氧化物与药剂相互作用的试验资料还不够，很多问题仍不清楚，必须进一步研究，同时合理地分析所积累的试验。总结现有的资料，尽管有不可避免的缺陷，但在这方面仍可以帮助进一步系统的研究。

首先应该指出，著者把硅酸盐和氧化物优先浮选的理论，不是看作科学知识的独特的单元；而是看作对所有矿物，矿石和岩石共同的和统一的浮选理论的一部分。同时不同的而且常常是显著不同的矿物、药剂和液相的组成及性质，决定了每个单独浮选系统中浮选相互作用的不同特性。不可能存在单独的硫化矿，有色金属，非金属矿，煤等等的浮选理论。但是统一的浮选理论可以也应当认为，能个别地应用于某一矿物的浮选过程或是某一个

复杂矿石的优先浮选过程。从这些观点出发，討論了以下的硅酸盐和氧化物优先浮选的某些問題。

硅酸盐和氧化物的某些性质

硅酸盐和氧化物族有非常大量的矿物，这些矿物組成了約92%的地壳〔9,342,663頁〕。因此在矿石和从地壳中采出的毛矿中硅酸盐和氧化物的成份非常大。認識这种大量的和組成上是多种多样的矿物族的浮选性质，对解决許多矿石，特别是貧矿石的优先浮选問題有着特別重大的意义。

几乎所有的氧化物都結晶在以結構元素之間的离子鍵为特征的晶格中。 O^{2-} 和 OH^{-} （在氧化物中）离子以近似的离子半径（各为1.32Å和1.33Å）加入氧化物和氢氧化物晶格的阴离子結構中。氧化物类所具有的最大的特征是生成弱碱的阳离子——硅，鋁，鉄，鈦，鉻，錳，鈾，錫，鉛，鋇，鋳。强碱性阳离子很少进入氧化物的組成中，仅在复杂的氧化物中見到。

氧化物和氢氧化物的晶格具有不同的結晶构造类型和配位数。按照阳离子（3价和4价金属）尺寸减小和无极鍵成份增加的程度，产生了具有較低配位数的結晶构造。

包含有二个和二个以上的金属阳离子的复杂氧化物，二个阳离子可以有相同的配位数（在鈦鉄矿中对于 Fe^{2+} 和 Ti^{4+} 为6）和不同的配位数（在鈣鈦矿中对于 Ti^{4+} 和 Nb^{5+} 为6，对 Ca^{2+} 和 Na^{+} 为12）。在化学組成上近似于含氧酸盐的复杂氧化物——鈦鉄矿 $FeO \cdot TiO_2$ ($FeTiO_3$)，鈣鈦矿 $CaO \cdot TiO_2$ ($CaTiO_3$)等，在結構、物理和化学性质方面与含氧酸盐不同。

氧化物中連系阳离子与其周围阴离子 O^{2-} （或在氢氧化物中为 OH^{-} ）的靜电力的大小，可以定性地說明阳离子价数与配位数，即其周围阴离子数的比例。上述比例不超过1，对含氧酸盐这是典型的，并从 $\frac{1}{2}$ 变动至 $\frac{5}{6}$ 。只有石英的这一比例等于1。氧化物的主要族示于表1中。

氧化物的主要族

表 1

晶 格 类 型	最 常 见 的 矿 物	研 究 过 可 浮 性 的 矿 物
刚玉-钛铁矿	刚玉、赤铁矿、磁性赤铁矿、钛铁矿	刚玉、赤铁矿、钛铁矿
褐锰矿	褐锰矿	—
尖晶石	尖晶石、磁铁矿、铬铁矿、黑锰矿、金绿宝石	磁铁矿、铬铁矿
金红石	金红石、铌铁矿、钽铁矿、锡石、软锰矿	金红石、锡石、软锰矿
钙钛矿	钙钛矿、铈钙钛矿、钛铈酸钠钛矿	钙钛矿、钛铈酸钠钛矿
黄绿石	黄绿石	黄绿石
瀝青鈾矿	瀝青鈾矿、斜鋯矿、方鈾石	瀝青鈾矿
石英 (由四面体 [SiO ₄] 所成的构架)	石英	石英
三水鋁矿	三水鋁矿	三水鋁矿
針鉄矿	針鉄矿、单水鋁矿、硬水鋁矿、水錳矿	硬水鋁矿、单水鋁矿、針鉄矿
硬錳矿	硬錳矿	

硅酸盐按其硅氧基的类型分成亚类。最简单的硅氧基是独立四面体 SiO_4^{4-} (图 1)。其中 $\text{Si}-\text{O}$ 距离为 1.62\AA ，而 $\text{O}-\text{O}$ 为 2.65\AA ，即二个氧离子半径大小 (1.32\AA)。硅氧四面体的特征性质是通过共有的氧结合成 $\text{Si}_2\text{O}_6^{6-}$ 基 (图 1)。在二个以上的四面体结合时，形成闭合环 $\text{Si}_3\text{O}_9^{6-}$ ， $\text{Si}_4\text{O}_{12}^{8-}$ ， $\text{Si}_5\text{O}_{18}^{10-}$ (图 1)，而不再是开链。但是常常形成由大量基本的四面体或几个四面体所成的环所组成的络合物，这些络合物有链，带，层的形状 (图 2)。这种离子的电荷可以依靠连续基中的原子比例预先计算出：例如，在链中 $-\text{SiO}_3^{2-}$ (图 2, a)，在带中 $-\text{Si}_4\text{O}_{10}^{6-}$ (图 2, c)，在层中 $-\text{Si}_2\text{O}_5^{2-}$ (图 2, e)。也存在有一般式 $[\text{Al}_m\text{Si}_{n-m}\text{O}_{2n}]^{m-}$ 的骨架型四面体的结晶。

硅酸盐的另一特征性质是，在部分四面体中铝取代了硅，因此生成铝氧四面体，其大小非常接近于硅氧四面体 ($\text{Al}-\text{O}$ 距离 1.74\AA ， $\text{O}-\text{O}-2.75\text{\AA}$)，并且是同晶形地取代了硅氧四面

体。铝硅基是带状，层状和骨架状硅酸盐所具有的特征。但是铝有时起着阳离子的作用。在前一种情况下可以称为铝硅酸盐，而在后一种情况下称为硅酸铝。

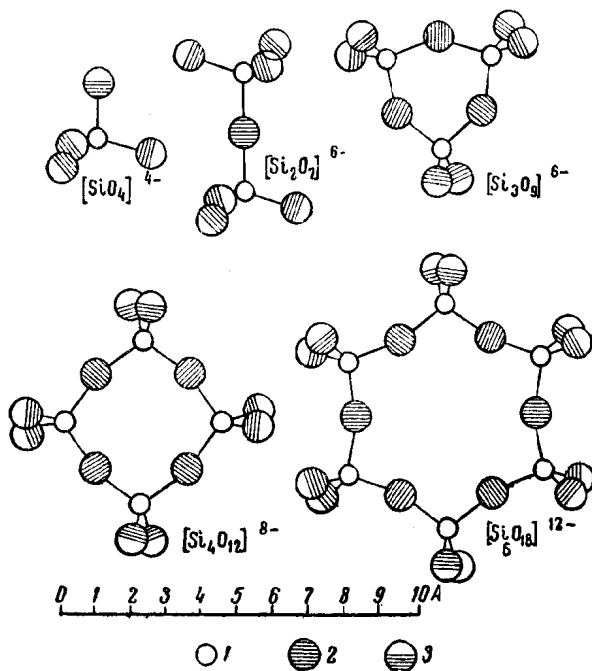


图 1 硅氧四面体和硅酸盐中不连续型硅氧四面体主要的分族

1—硅原子；2—属于二个四面体的氧原子（无游离价）；3—属于一个四面体的氧原子（有一游离价）

硅铝酸盐晶格中三价铝取代了四价硅的现象，破坏了价的平衡。每一个铝离子使络合阴离子的负电荷增加一个单位。骨架状晶体的这种剩余的电荷，或者借助于加入一价阳离子，或者用二价阳离子取代一价阳离子等方式使之平衡。

硅酸盐化学结构中另外一些阴离子——简单的和复杂的阴离子（ OH^- ， F^- ，极少为 Cl^- ， CO_3^{2-} ）也起着某些作用。它们或与

弱碱 (Al^{3+} , Fe^{3+}), 或与最强碱 (Li^+ , Na^+ , Ca^{2+}) 加入晶格。

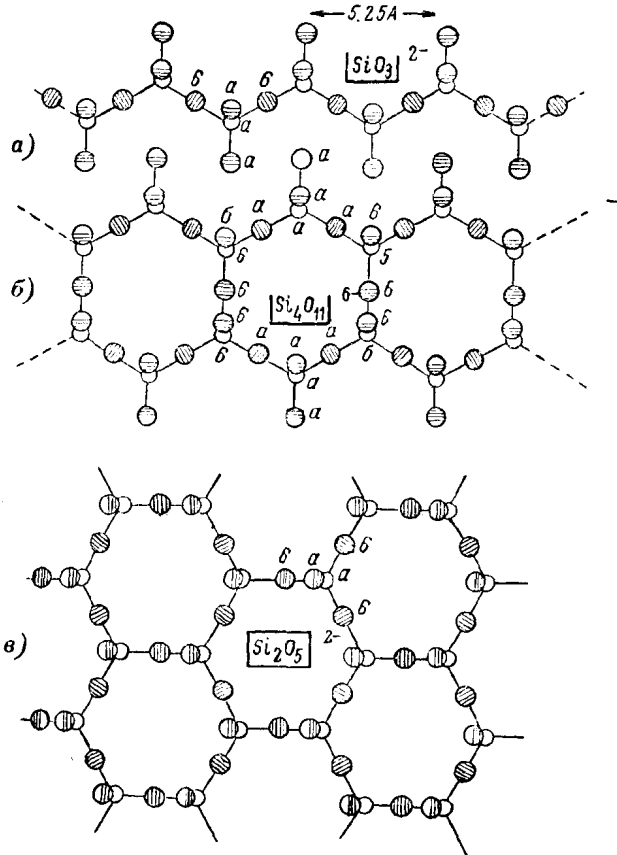


图 2 硅酸盐中硅氧四面体连续基的最主要类型——链，带和由六角环所成的层
所用符号与图 1 相同， a —加入 1 个环的原子； b —加入二个环的原子

现在可以把硅酸盐按硅氧基的类型和组成成分成亚类(表 2)。

所引用的把硅酸盐和氧化物分成族的分法是按照二个结晶化学特征——晶格类型和基本晶胞的组成——分的，对各个矿物的浮选特性来说是不能满足的。

硅 酸 盐

表 2

原子团的类型	族	最常见的矿物	研究过可浮性的矿物
骨架型硅铝酸盐— [Al _m Si _{n-m} O _{2n}] ^{m-}	没有附加阴离子的硅铝酸盐	斜长石(钠钙斜长石亚族)、正长石、微斜长石、霞石、白榴石、鲍榴石	长石、正长石、霞石
阳离子——Ca ²⁺ 、Na ⁺ 、K ⁺ 等	带附加阴离子及水的硅铝酸盐	方钠石、日光榴石、方柱石、菱沸石	—
环型基的偏硅酸盐和二偏硅酸盐—— [Si ₃ O ₉] ⁶⁻ 、 [Si ₆ O ₁₈] ¹²⁻ 、 [Si ₁₂ O ₃₀] ¹²⁻ 等	没有附加阴离子的硅酸盐	异性石、绿柱石、硅灰石、蔷薇辉石	绿柱石
原硅酸盐和二原硅酸盐。原子团类型——单独的和双个的四面体[SiO ₄] ⁴⁻ 和[Si ₂ O ₇] ⁶⁻	带附加基OH ⁻ 、F ⁻ 、Cl ⁻ 、CO ₃ ²⁻ 、H ₂ O的硅酸盐	电气石、硅孔雀石	电气石、硅孔雀石
	没有附加阴离子基的硅酸盐	石榴子石(铁铝榴石、钙铝榴石、镁铝榴石、钙铁榴石)、锆英石、钽石、橄榄石、硅铍石	石榴子石、锆英石
	带附加基的硅酸盐	红柱石、蓝晶石、硅线石、黄玉、异极矿、十字石、斜硅钙铀矿、符山石、榍石	红柱石、黄玉、异极矿
链型基的偏硅酸盐。原子团类型[SiO ₃] ²⁻	硅酸盐	辉石(透辉石、钙铁辉石等)、霓石、锂辉石	锂辉石
带型基的偏硅酸盐。原子团类型[Si ₄ O ₁₁] ⁶⁻	硅铝酸盐	辉石	
	带OH ⁻ 基(有时是F ⁻ 、O ²⁻)的硅酸盐	斜方闪石-直闪石等;单斜闪石-透闪石、阳起石、纤维蛇纹岩-石棉等	
	带OH ⁻ 基(有时是F ⁻)的硅铝酸盐	角闪石	—
层型基二偏硅酸盐。原子团类型[Si ₂ O ₅] ²⁻ (由六角环组成)	硅酸盐	滑石、叶蜡石	滑石
	附OH ⁻ 层的硅酸盐	高岭石	高岭石
	硅铝酸盐	云母——金云母、黑云母、白云母、絹云母、锂云母;脆性云母——珍珠云母、硬绿泥石	白云母、絹云母、珍珠云母

續表

原子团的类型	族	最常见的矿物	研究过可浮性的矿物
半结晶和胶体硅酸盐	附加OH ⁻ 层的硅铝酸盐	綠泥石、斜綠泥石、鲕状綠泥石	綠泥石
		蒙脫石、多水高岭土、水云母	—

其中最明显的例子是具有六角环所成层状基的二偏硅酸盐亚类。其中包括几个族，属于其中之一的，例如，滑石；而云母为另一族。滑石是疏水性的而且是非常容易浮选的，云母是亲水性的并且用阴离子捕收剂浮选很弱。在提出过的按可浮性的分类^[79]中，滑石作为疏水性矿物由硅酸盐和氧化物类移入非极性矿物类。当然，不是铝氧四面体代替了部分硅氧四面体才引起矿物浮选性质有这样剧烈的变化。

在Г. С. 斯特列利秦的著作^[63]中指出了矿物第三结晶化学特性的主导作用，是磨矿过程中晶体破坏所暴露出的离子团(基)之間鍵力的性质。

如果晶体的特性是鍵的混合力——离子团内强的原子力(离子或分子力)和离子团之間弱的分子力(范德华氏力)，則晶体的破坏一般是沿着其中存在有弱范德华氏力的面进行的。那样的晶体破坏时所暴露的表面特性是弱范德华氏力占极大的优势。这样的矿物表面的力场微弱地吸引水的偶极分子；表面是近似疏水性的。滑石的晶体就是这样的，其层状晶格中二层(叠层)用弱的范德华氏力連系的。

强的离子鍵或共价鍵晶体破坏时也是沿着弱的层发生裂开的。但同时也可能只暴露强的离子鍵或共价鍵。白云母的层状晶格就是这样的，其中二层彼此虽很稀疏，但按其性质却是由强的原子鍵連系着的。这样的表面是亲水的。

鍵力的性质对决定浮选药剂在矿物界面上的吸着强度和固着稳定性有較大的意义。H. A. 格利德^[18]和 B. A. 莫克罗烏索夫^[45]

說明了鍵力性质的这种意义。

因此，为了决定硅酸盐和氧化物的浮选特性，除此之外，还必须知道各离子之間和各离子（原子）团之間的鍵力性质。

可以认为，除了暴露在表面上的鍵力性质在浮选性质方面的主要差别外，每一族內各个矿物还按照晶格性质和晶格組成，以及組成的可能的变化所决定的力场大小，在数量上有差别。这些力场的数量变化也决定了矿物表面不同的亲水程度，因而，也决定了相应矿物不同的可浮性。因此根据上述硅酸盐和氧化物結晶化学分类（見表 1 和 2）所提出的晶格組成及其空間特性，对估計矿物的浮选性质有极重要的价值。

在研究矿物表面上鍵力的性质及数值方面須要进行深入的研究，并須研究矿物浮选性质与整个結晶化学特性的关系。

对阴离子捕收剂与矿物相互作用有巨大影响的硅酸盐的重要性质之一，是由于生成复盐和同晶形取代使其阳离子組成非常复杂和多变。硅酸盐在成矿过程中的同晶形取代較其他任何类的矿物均为显著〔60, 59頁〕这就使它們的晶格构造复杂，并常常使晶格的密度不大。硅酸盐比較所有其他类的矿物（除了非极性炭质类）交换阳离子的能力大是与这种晶格特性有关的。

硅酸盐和氧化物表层的阳离子組成，由于与矿床上流水位的浅地下水組成以及磨矿和浮选时所用天然水及返回水的組成发生阳离子交换，而根本改变。水介质各种成份的浓度与专门加入矿浆的浮选药剂有相同的大小。从組成方面說这些成份可以与矿物表面剧烈地相互作用。

在与捕收剂作用时，此类的許多矿物晶格阳离子活性不足，或在表面沒有多价阳离子，使固着在矿物表面的阳离子或者由于与介质作用而在表面生成的化合物起着决定性的作用。以上指出的可浮性与成矿条件及矿石在浮选前制备情况的明显关系也可用这些原因解释。

硅酸盐(氧化物)——水介质界面的电現象有极重要意义，电現象是由于在固体-液体界面上发生了电位差并形成了双电层。測

量矿物-水介质界面上的动电位或 ζ -电位，得出一些有关双层结构的情况。

石英和很多硅酸盐在中性范围（pH 在 7 左右）的蒸馏水中的动电位为负值，这就证明双层的内层中有过剩的负电荷离子〔1；12—15；32；37；100；103；111—113〕。

表 3 中引用了在浮选常用的电导约为 10^{-6} 欧姆 $^{-1}$ 厘米 $^{-1}$ 的蒸馏水中测量某些硅酸盐和氧化物的动电位的试验数据。测量方法为电渗法〔20, 100页〕。

某些硅酸盐和氧化物在蒸馏水中的动电位

表 3

矿 物	ζ -电 位, 毫伏	
	未 清 洗 表 面	酸 洗 表 面 后
石 英	-13.0 (pH 6.2)	-44.2 (pH 6.8)
钛 铁 矿	- 8.0	- 0.45
绿 柱 石	-11.2	-17.0
绿 泥 石	-10.0	—

硅酸盐和氧化物与多价金属盐的相互作用

多价金属阳离子的吸着是介质与硅酸盐和氧化物的作用形式之一，对它们的浮选性质有最重要的意义。

很多研究工作者，包括著者，所得到的试验数据，说明了阳离子在石英、长石、绿柱石和其他硅酸盐和氧化物的表面上的吸着量，随浓度及与溶液接触时间而变化的基本规律；吸着可逆性的程度；介质pH，其他阳离子和阴离子的影响等等〔11, 36, 59, 79, 82, 91, 92, 94, 98, 101—104, 116〕。

研究吸附过程的方法之一是直接在磨碎矿物表面上测量多价金属阳离子的放射性同位素 Ca^{45} , Fe^{59} 的放射性〔85, 94〕。另一方法是间接测量磨碎矿物表面由于吸着多价阳离子而引起的动电位变化。在著者较早的著作中用化学方法按照溶液中在与磨碎矿物作用前后金属含量的差值测定吸着量〔79〕。

最后研究了多价金属的吸着对矿物表面性质的影响。由于利

用了近年来改进的高灵敏度的动力学方法——在接触仪上测定在矿粒粘着于气泡的过程中矿粒表面边界水层破裂的时间〔72, 73, 79, 80, 94〕——成功地记录了由于吸着阳离子和没有捕收剂时矿物表面性质的变化〔82〕。

图3示出了M.A.爱格列斯和Г.Ф.鲍亚尔申诺娃所得出的有关放射性钙 Ca^{45} 在绿柱石、长石和石英上的吸附随溶液平衡浓度变化的试验数据。吸着是在pH 11.5的介质中,也就是在阳离子活性吸着最有利的条件下进行的。搅拌时间15分。矿物表面上 Ca^{45} 的量用放射性测量法测定。表面积用B.B.捷良金法测定。

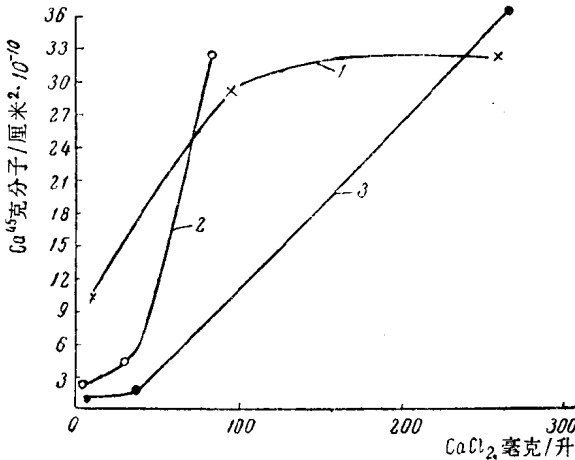


图3 Ca^{45} 在长石(1), 綠柱石(2)和石英(3)上的吸附与氯化钙浓度的关系

矿物吸附钙离子的强度不同。在低的初始浓度(4毫克/升 CaCl_2 , 即换算为 CaO 约为2毫克/升)时, 按吸附降低程度把矿物排列成以下的顺序: 长石>綠柱石>石英。在水介质中钙浓度高的情况下, 在高pH矿浆中长石的吸附最强。石英的可逆吸附钙量可达 36.9×10^{-10} 克分子/厘米², 即在铺成单分子的形式时占据了90%以上的矿物表面。这样的吸附层密度与现代关于