



我国某些粘土矿物的 电子显微镜研究

中南矿冶学院 张振儒 温世达 马乐群

粘土矿物用途极广,如冶炼炉中的耐火砖、堵口火泥、坩埚掺合料、铸模、电瓷及陶瓷原料、造纸、橡胶的填充料等,因此,精确鉴定和研究粘土矿物,是有现实意义的。光学显微镜最高放大率只有100~1000倍,研究细小的粘土矿物(>1微米)受到限制。

近年来,我们用国产DAX₄-10型电子显微镜、差热、热失重、X光粉晶物相分析、染色法等,先后研究了我国二十余个粘土矿区的一些粘土矿物,现初步归纳整理如下。

下面介绍的是若干粘土和风化壳矿物在电子显微镜下的特征。

1. 水铝英石 $Al_2Si_2O_5 \cdot 5H_2O$ 偶见于湖南澧县王家厂伊利石耐火粘土中,是 Si_2O_2 凝胶和 Al_2O_3 的细粒混合物,非晶质体,无固定形状,电子显微镜下(以下简称镜下)常呈圆球形(图1)。后者是胶体溶液干燥时受表面张力收缩引起的。Grim(1953)认为该矿物由八面体(A1)及四面体(Si)组合而成,但分布无规律。一般认为水铝英石是在 $pH=4.5\sim 5$ 的弱酸性溶液中由 Si_2O_2 凝胶与 Al_2O_3 相互胶凝而成。

2. 高岭石 $Al_2[Si_2O_5]_2[OH]_4$ 在江西萍乡硬质耐火粘土、广东新丰来石花岗岩风化壳中及江苏苏州、湖南醴陵(东乡泥)等地广泛分布。镜下为明显的六角片状,成因不同的高岭石,形态特征也有差别,如苏州及萍乡硬质耐火粘土中的高岭石,是由胶体溶液沉积形成的,结晶较好,为六角片状,颗粒一般小于 0.5μ (图2、3),厚度较大而不透明,有时沿(010)延长成片状(图4),晶棱夹角约 130° 。

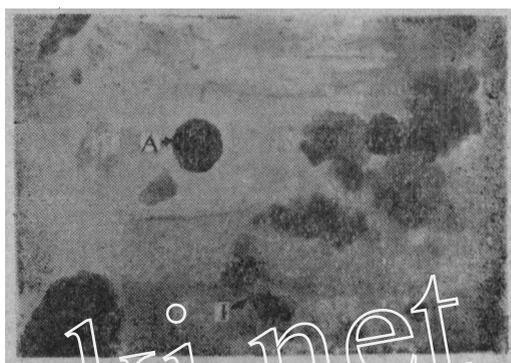


图1 水铝英石(A)和伊利石(i)在镜下的形状(湖南澧县王家厂, $\times 10000$)

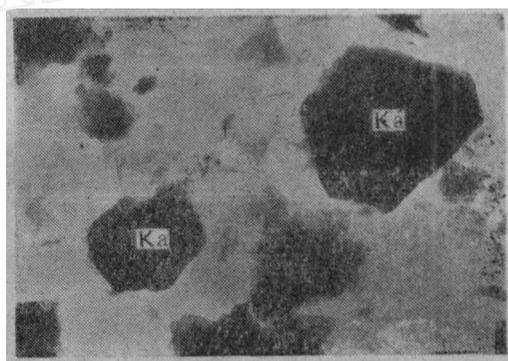


图2 高岭石(Ka)在镜下的形状(江苏苏州, $\times 9000$)



图3 高岭石(Ka)及埃洛石(Ha)在镜下的形状(江西萍乡, $\times 20000$)

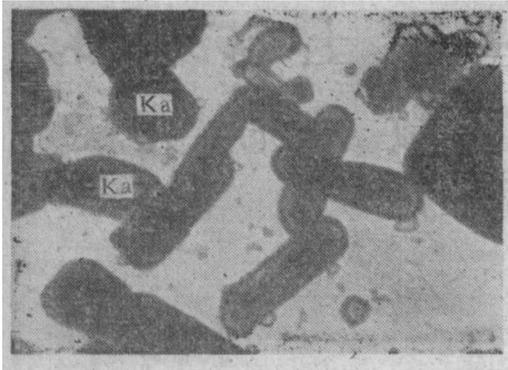


图4 高岭石 (Ka) 的六角片状及板片状晶形 (江西萍乡, $\times 30000$)

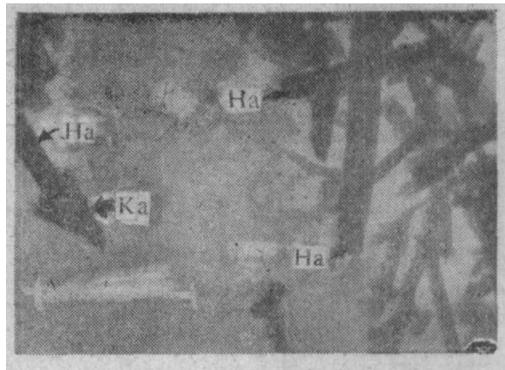


图7 埃洛石 (Ha) 的棍状晶形, 粗箭头示高岭石 (Ka) 转变为埃洛石的过程 (广东中山花岗岩风化壳, $\times 20000$)

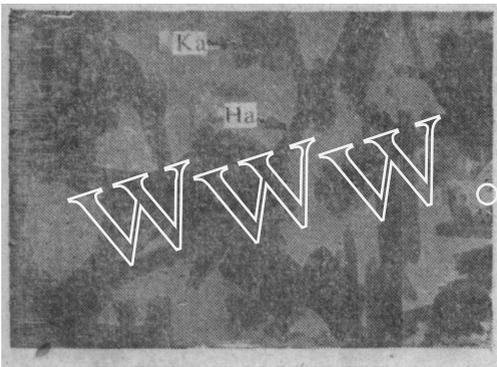


图5 高岭石 (Ka) 及埃洛石 (Ha) 在镜下的形状 (广东中山花岗岩风化壳, $\times 20000$)



图8 埃洛石 (Ha) 的束状集合体 (江西萍乡, $\times 20000$)

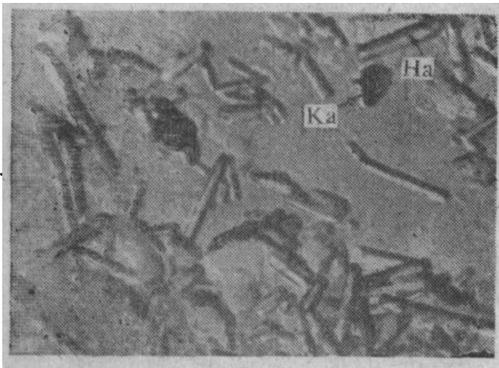


图6 埃洛石 (Ha) 及高岭石 (Ka) 在镜下的形状 (广东海南石录, $\times 20000$)

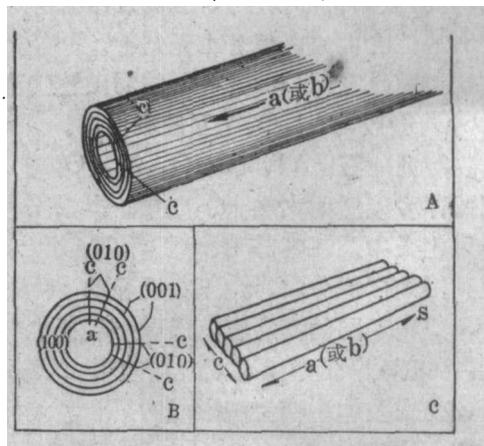


图9 埃洛石的管状构造及相互位置图解

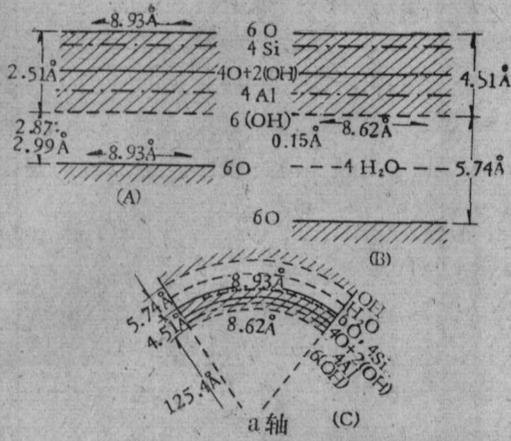


图10 埃洛石的构造(A、B)和小管断面构造(C)



图13 伊利石(I)及水铝英石(A)的镜下形态(湖南澧县王家厂, ×10000)

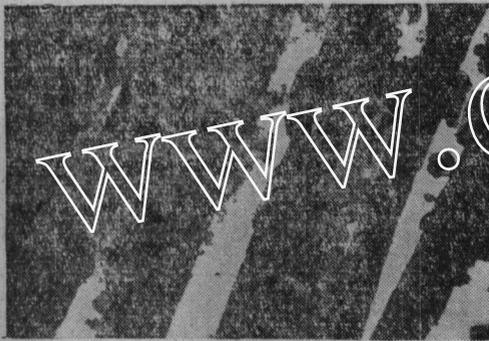


图11 埃洛石的棍状晶体, 呈平行束状排列, 不透明(江西萍乡硬质耐火粘土, ×10000)

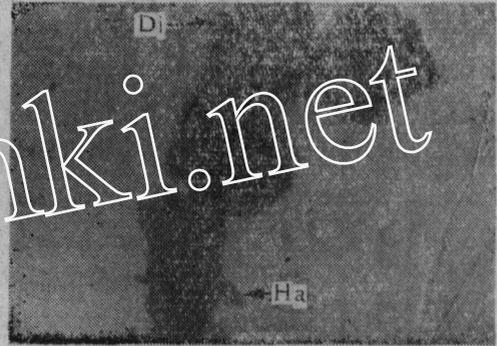


图14 地开石(Di)及埃洛石(Ha)在镜下的形状(湖南桃江锰矿围岩, ×15000)

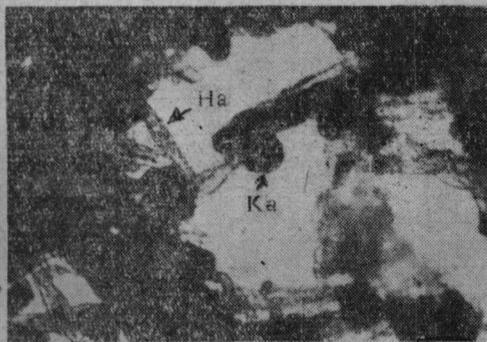


图12 埃洛石(Ha)及高岭石(Ka)在镜下的形状(广东中山来石花岗岩风化壳, ×20000)

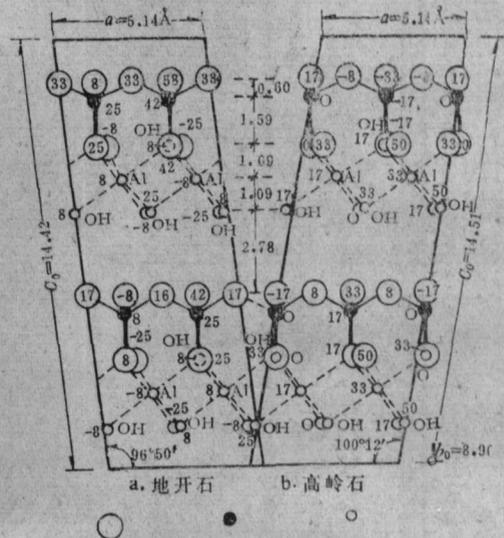


图15 地开石及高岭石晶体构造比较图
大圈示O, 小圈示Al, 黑点示Si.

花岗岩类中的长石、云母等受风化作用在原地或搬运后形成的高岭石，一般颗粒小于 0.5μ ，透明至半透明，为不完整的六角片状，边缘不整或呈锯齿状，轮廓模糊，常与埃洛石伴生。由云母渐变生成的高岭石，有时呈鳞片状或锯齿状，这与其他粘土矿物如蒙脱石是不同的。

3. 埃洛石即多水高岭石或叙永石 $Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_2 \cdot 4H_2O$ 广泛分布于广东中山、新丰来石等花岗岩风化壳中及四川叙永县、江西萍乡硬质耐火粘土中。镜下晶体呈大小不等的棍状、针状或束状集合体，轮廓清楚，一般呈圆形空心管子，管壁较厚（图6、7）。埃洛石的管状形态首先由Бенедеева (1950) 提出假设，后为Bates等 (1950) 所肯定。他们从26个埃洛石的电子显微镜照片中测得其空心管子外径为40~190毫微米，管壁厚70毫微米，平均20毫微米。据Mihama (1954)，有些地方的埃洛石晶体，c轴与管壁垂直，多水高岭石的长轴大部分与b轴（或a轴）平行（图9）。Чухров (1955) 认为，在埃洛石结构中，由于硅氧四面体与相邻 $Al_2 [O \cdot OH]$ 间为四个水分子层分开，故层间距离加大，相互间的键力变弱，而硅氧层中六个氧离子间的距离保持 8.93\AA ，六个 $[OH]^{-1}$ 离子间距减至 8.62\AA ，致使埃洛石的小叶片卷缩成小管（图10）。

据我们的研究结果，成因不同的埃洛石，其镜下特征也是不同的。沉积成因的埃洛石，晶体一般弯曲而不完整，呈粗大的管状或束状集合体（图8、11、12），外径 $0.5\sim 1.5\mu$ ，有的可达 8μ ，半透明至不透明，很少与高岭石伴生，花岗岩风化壳中的埃洛石。晶体一般较完整，透明至半透明，颗粒中等，外径约 0.1μ ，长达 2μ ，并常与高岭石伴生，或由后者水化而成（图7）。风化搬运再沉积的埃洛石，晶体多破碎而细小，晶形不完整，外径约 0.05μ ，长约 1μ ，透明至半透明，常与晶形不完整的鳞片状高岭石伴生。

4. 伊利石 $K <_1 Al_2 [(Al, S)_4 O_{10}]$

$(OH)_2$ 成分不固定，广布于澧县王家厂耐火粘土中，镜下常呈不很清楚的细长鳞片状，个别为六角形，半透明，鳞片直径多为 0.3μ 左右，是沉积的凝胶结晶而成的（图1）。不规则的鳞片状集合体较常见（图13）。伊利石颗粒较大，晶体薄片较厚，边缘较清楚，以此区别于蒙脱石。

5. 地开石 $Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_2$ 见于湖南桃江锰矿围岩，镜下为六角片状晶体，不透明至半透明（图14）。 (OH) 根在地开石晶体内部构造排列上较高岭石对称，前者 β 角为 $96^\circ 50'$ ，后者为 $100^\circ 12'$ （图15）。地开石晶体常向一个方向延长，颗粒多在 $1.5\sim 2.5\mu$ ，厚度 $0.07\sim 0.25\mu$ 。据Grim等测定，地开石颗粒的平面尺度约 $1.5\sim 8\mu$ 。

6. 蒙脱石，又称微晶高岭石或散岭石 $(Al_2, Mg_2) [Si_4O_{10}] (OH)_2 \cdot nH_2O$ 见于浙江余杭、辽宁黑山膨土岩中，镜下晶体细小而透明，轮廓模糊，常为不规则的板状、绒毛状或细粒团块状集合体，各颗粒的细部一般不易察见。由于蒙脱石晶体构造层间之间可吸进或析出不定量的水分子，故c轴的d值（面网间距）可发生显著变化而引起粘土的膨胀性。经X光分析测定，吸进水分子时 $C_0 = 15.11\text{\AA}$ （001面网间的距离），析出水分子时则为 10.5\AA 。粗粒蒙脱石为半透明或透明，晶片边缘常带尖锐的刺状突起。

综上所述，电子显微镜具有很高的分辨能力和放大倍数，是研究粘土矿物的一种重要而有效的手段。它不仅可鉴定小于1微米的粘土矿物颗粒的形态特征、厚薄（透明度）、物质组成、粘土类型、形成环境（成因类型）、矿物的相互转化和相对含量，而且还可以查明差热分析和伦琴射线分析不能觉察的、粘土矿物中含量小于5%的矿物混入物。

我们的工作只是初步的，上述认识是否正确，还有待于今后的实践检验。试验样品是广东冶金935队、江西冶金第七地质队、湖南醴陵陶瓷研究所及我院曾祥嘉同志提供的，部分数据是我院新材料研究室X光组、冶金系差热分析组提供的，在此一并致谢。