

浙江渡船头“伊利石”应属绢云母

潘建强

(浙江省地质矿产研究所, 杭州 310007)

主题词 浙江渡船头 伊利石 绢云母 矿物学特征

提要 渡船头云母状矿物长期以来被称为“伊利石”, 近期经过X射线衍射(XRD)、红外光谱(IR)、差热分析(DTA)、电子显微镜(EM)观察及化学组成等研究后显示: 这种呈薄鳞片状、粒度很细(一般小于 $5\mu\text{m}$)、结晶度高的矿物, 其 $d(002) = 9.95\text{Å}$, 为2M多型, 出现特征的 3625cm^{-1} 、 3450cm^{-1} 、 1020cm^{-1} 、 935cm^{-1} 、 825cm^{-1} 、 799cm^{-1} 、 755cm^{-1} 、 543cm^{-1} 、 480cm^{-1} 红外吸收和 $40-70^\circ\text{C}$ 、 $106.4-111.2^\circ\text{C}$ 两弱吸热谷及 $630-670^\circ\text{C}$ 强吸热谷; 矿物 MgO 小于 0.25% , 结构中八面体 Mg^{2+} 量小于 0.03 , 以 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 为主, 八面体电荷为 $-0.052-+0.048/\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, K_2O 一般大于 9% 。上述这些均表明, 渡船头“伊利石”应属绢云母。

1 引言

绢云母是一种细粒白云母型矿物, 其组成介于白云母和伊利石之间, 属2:1型, 即由两个四面体片和一个八面体片组成, 层间为 K^+ 或 H_2O 。渡船头矿自发现以来进行了较多的地质工作, 最近几年对其工业应用也取得了丰硕成果^{①②}。但迄今为止, 对矿物学特征还未开展深入细致的工作, 因此, 渡船头“伊利石”矿的矿物学名称一直是个有争议的问题。最初人们将其作为叶蜡石进行地质工作和开采, 后来中科院地质所鉴定为属钾伊利石。最近几年, 何振芝(1987)^③、郭则华、陈文光(1988)^④、吴六汀等(1989)^⑤、虞振声、潘建强(1989)^⑥以不同的方法测试, 分别定名为伊利石、白云母、水白云母、绢云母—水云母。虽然人们都认识到这一矿物名称有问题, 但“伊利石”这一名称一直沿用至今。笔者用纯净样品通过XRD、IR、DTA、SEM、TEM的研究, 特别是矿物组成结构特征的研究、并与典型伊利石及国内外几个产地的绢云母对比, 结合国际粘土矿物命名委员会对伊利石命名的规范^[1], 认为该矿物是典型的绢云母。

本文于1990年12月收到, 1992年6月改回。

① 何振芝, 1987, 渡船头矿区的富钾伊利石鉴别特征, 浙江化工地质, 第11期。

② 郭则华、陈文光, 1988, 论浙南渡船头伊利石矿床的成因, 浙江化工地质, 第1期。

③ 吴六汀等, 1989, 浙东南地区伊利石绢云母矿的主要物化性质及其工业应用, 地质研究, 第2期。

④ 虞振声、潘建强, 1989, 浙东南主要非金属矿成矿规律预测准则及开发应用前景研究——开发应用部分, 地矿部“七五”攻关项目。

2 矿物学特征

2.1 矿物的一般特征

渡船头绢云母产于浙东晚侏罗世的火山岩中,由火山热液蚀变火山岩形成。其集合体呈浅黄色、灰白色、淡青绿色,半透明有玉感,油脂光泽、硬度约为2,断口平整光滑,比重为2.828—2.833(MAT—5000型比重仪,地矿部浙江中心实验室测)。在偏光显微镜下,一般无色透明,有的呈浅绿色。多数为极细小鳞片体或细小弯曲片体,直径小于0.05 mm,干涉色较低,为I—II级,折光率中等,但大于石英的折射率。此外,还见大的鳞片体,片体直径达0.3 mm,边缘平直,具一定晶体外形,发育有{001}解理,干涉色为II—III级,有时具有扇形消光现象,这种结晶好的绢云母有渐向白云母(2M型)过渡的特点,在微细绢云母集合体中聚集呈云片状、斑点状、不规则条带状分布。

2.2 矿物的化学组成

伊利石是在研究泥质沉积物中的粘土云母时提出的^[2],泛指有(001)10 Å衍射的二八面体及三八面体的水云母。但绢云母等其它云母矿物也有同样性质,这使得两者概念发生混淆。为此,国际粘土矿物命名委员会对伊利石命名提出新的标准^[1]:(1)矿物必须是不膨胀的;(2)必须是二八面体的云母;(3)组成上与白云母相似,但有两个显著的特点,(a)具多硅白云母组分,二八面体 R^{2+} 对 Al^{3+} 的替代由四面体Si的增加来平衡,因此,Si/Al比大于3(白云母比值),这种 $R^{2+} \rightarrow Al^{3+}$ 导致八面体片单位半晶胞0.2—0.3个单位的负电荷;(b)剩余部分0.2—0.4单位半晶胞电荷由四面体Si的增加来补偿,使得Si的数量也超过理想多硅白云母的组成。最大层电荷约为+0.80^[3],最小电荷约为+0.06(保持不膨胀)。代表性的结构式为 $K_{0.75}(Al_{1.75}R_{0.25}^{2+})(Si_{3.5}Al_{0.50})O_{10}(OH)_2$ 。

笔者收集了7个纯的渡船头矿物样品,并与典型的绢云母及伊利石对比(表1,2)发

表1 绢云母、伊利石矿物化学组成对比

Table 1 Comparison of chemical composition between sericite and illite

组成	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO ₂	48.92	47.94	45.42	46.26	47.70	45.62	46.10	46.37	47.79	47.65	48.44	51.5	51.0	52.87	55.1	55.2	60.4
Al ₂ O ₃	35.62	35.47	34.82	33.42	34.19	35.99	36.15	35.79	35.62	37.03	38.84	28.5	28.7	24.91	22.0	17.9	16.4
Fe ₂ O ₃	0.17	0.42	2.18	2.81	0.77	0.61	0.50	0.33	0.17	0.01	0.49	0.61	0.59	0.78	5.28	11.9	11.8
FeO	—	0.14	0.07	0.15	—	—	—	—	—	痕量	0	0.91	0.39	1.19	1.34	0.85	—
TiO ₂	0.12	0.30	0.37	0.40	1.04	0.75	0.60	0.47	0.12	0.10	痕量	0.77	0.27	0.78	0.63	0.32	1.44
CaO	—	0.17	0.16	0.11	0.36	0.34	0.28	0.03	—	—	0.11	0.05	0.30	0.69	0.02	0.84	2.25
MgO	—	0.08	0.15	0.24	0.14	0.08	0.07	0.29	—	0.04	0.95	3.0	2.31	3.60	2.80	4.33	3.67
K ₂ O	8.35	9.48	9.40	9.34	9.15	9.56	9.63	9.38	9.05	9.02	9.40	9.07	7.78	7.98	8.04	7.88	3.98
Na ₂ O	0.29	0.22	0.24	0.21	0.31	0.31	0.30	0.26	0.32	0.76	0.50	0.10	0.15	0.22	0.08	0.00	—
H ₂ O ⁺	—	5.86	5.51	5.69	5.04	5.15	4.93	6.00	—	4.97	5.42	5.5	5.96	6.73	6.40	—	—
Si/Al	1.17	1.15	1.11	1.17	1.18	1.08	1.08	1.10	1.14	1.09	1.21	1.53	1.51	1.80	2.12	2.62	3.12

1.渡船头绢云母(吴六汀等,1989);2—7.渡船头绢云母(何振芝,1987);8—9.瑞安绢云母;10—11.日本绢云母^[4];12—15.伊利石^[3];16—17.伊利石^[5]。

表 2 绢云母、伊利石矿物结构组成 [O₁₀(OH)₂]
Table 2 Structural formulae of sericite and illite

组 成	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
四面体	Si	3.23	3.174	3.082	3.138	3.179	3.084	3.109	3.19	3.13	3.225	3.405	3.44	3.535	3.640	3.59	3.78
	Al	0.77	0.826	0.918	0.862	0.821	0.916	0.891	0.81	0.87	0.775	0.595	0.56	0.465	0.36	0.41	0.22
	共计	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
八面体	Al	2.00	1.942	1.867	1.811	1.866	1.921	1.935	1.937	1.99	1.995	1.625	1.725	1.495	1.355	0.965	0.990
	Fe ³⁺		0.021	0.111	0.143	0.038	0.031	0.025	0.017	0.01	0.025	0.03	0.03	0.04	0.26	0.585	0.555
	Fe ²⁺		0.008	0.004	0.008							0.05	0.02	0.065	0.075	0.045	
	Ti ⁴⁺		0.015	0.019	0.020	0.052	0.038	0.003	0.024		0.005	0.04	0.04	0.015	0.03	0.015	0.07
	Mg ²⁺		0.008	0.015	0.024	0.014	0.008	0.007	0.029		0.095	0.295	0.23	0.360	0.275	0.420	0.34
共计	2.00	1.994	2.016	2.006	1.970	1.998	1.970	2.007	2.00	2.00	2.00	2.04	2.02	2.01	1.995	2.03	1.955
层 间	K ⁺	0.70	0.794	0.814	0.808	0.778	0.820	0.822	0.822	0.77	0.755	0.765	0.67	0.68	0.68	0.655	0.32
	Na ⁺	0.03	0.028	0.032	0.028	0.040	0.04	0.039	0.0034	0.04	0.095	0.01	0.02	0.03	0.01		
	Ca ²⁺		0.012	0.012	0.008	0.026	0.025	0.02	0.021		0.005	0.005	0.02	0.05		0.06	0.15
	共计	0.73	0.834	0.858	0.844	0.844	0.885	0.811	0.877	0.810	0.85	0.78	0.71	0.76	0.69	0.715	0.47
层 电 荷	+0.73	+0.846	+0.87	+0.852	+0.870	+0.91	+0.901	+0.898	+0.81	+0.85	+0.875	+0.785	+0.735	+0.805	+0.69	+0.775	+0.62
四面体电荷	-0.77	-0.826	-0.918	-0.862	-0.821	-0.932	-0.916	-0.891	-0.81	-0.87	-0.775	-0.595	-0.56	-0.465	-0.36	-0.41	-0.22
八面体电荷	0.00	-0.019	+0.048	+0.006	-0.052	+0.024	+0.014	+0.016	0.00	+0.02	-0.10	-0.19	-0.175	-0.34	-0.33	-0.365	-0.40

1-17 矿物同表 1。

现,渡船头样品与瑞安、日本的绢云母相似。在图1中,绢云母均落在A区,而伊利石则落在B区,且两者可由线性判别方程加以明确区分,A区在判别线的下侧,B区在判别线的上侧。

伊利石 Si/Al 克分子比大于 1.5, K₂O 集中在 8% 左右,而渡船头样品及绢云母 Si/Al 比小于 1.2、K₂O 集中在 9% 以上(图1-a);尤其是 MgO,伊利石含量较高,一般大于 2%,而绢云母含量较低,集中在小于 0.5% 的范围内,两者的判别方程为 $1.3332(\text{Si}/\text{Al}) + 0.4153(\text{MgO}) = 2.4786$ (图1-b)。

在矿物结构组成中(表2),渡船头样品四面体中表现为多硅的白云母特点, Si/Al 原子比小于 5:1,八面体 Al³⁺、Fe³⁺ 为主, Mg²⁺ 量很少,属二八面体矿物,层电荷主要来源于四面体,来源于八面体的很少或近似于零。根据前述的命名规范,渡船头样品显然不是伊利石,而是绢云母。下面将通过与典型绢云母及伊利石的结构组成对比,进一步讨论这一问题。

表2中伊利石 Si/Al 原子比大于 5:1,八面体以 Al³⁺ 和 Mg²⁺ 为主, Mg²⁺ 量为 0.2—

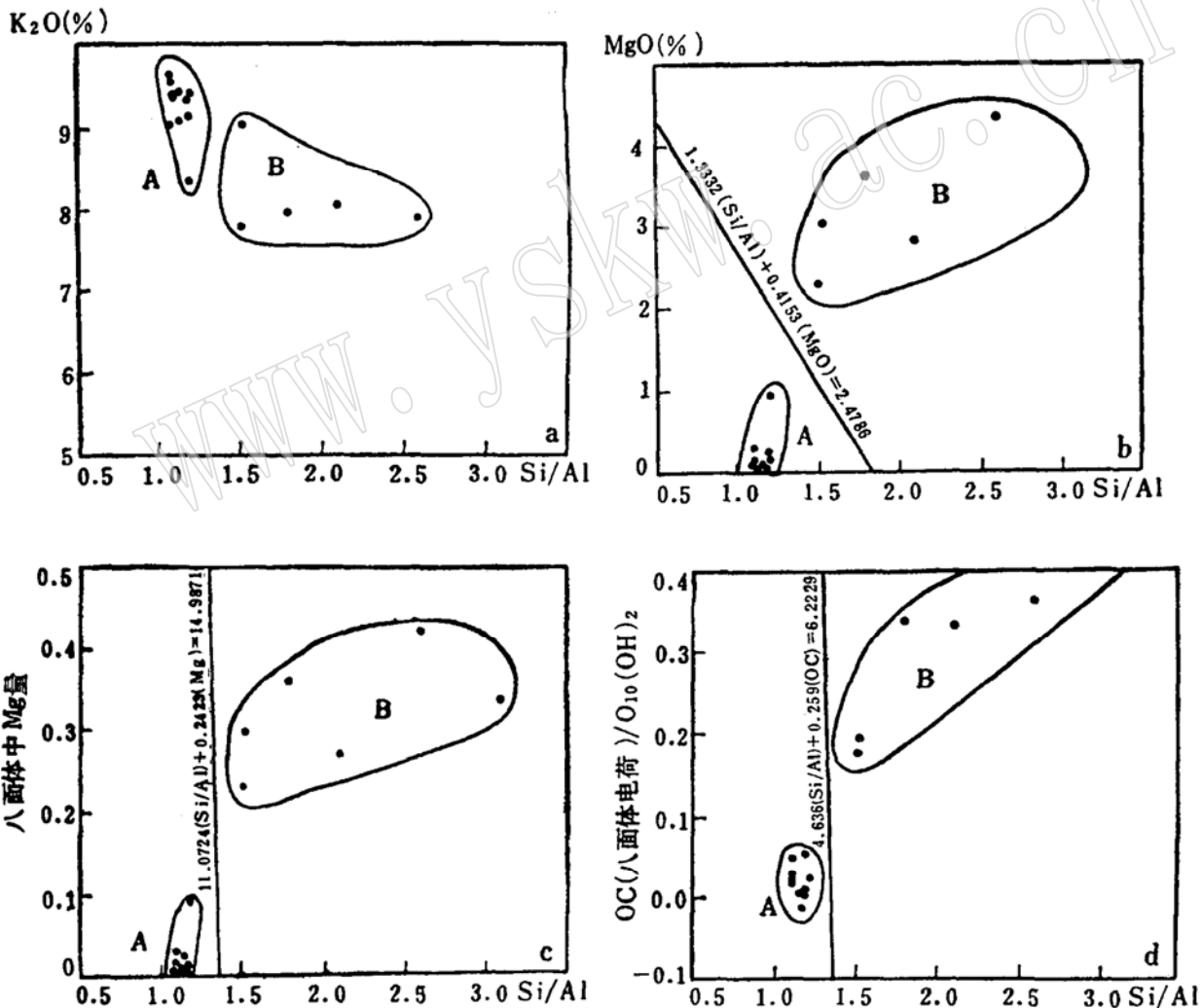


图1 绢云母、伊利石矿物化学结构组成

A—绢云母; B—伊利石

Fig. 1 Chemical and structural composition of sericite and illite

A—Sericite; B—illite

0.4, 八面体电荷高达0.17—0.4。图1—c, d清晰地显示了渡船头样品与伊利石的差异。绢云母八面体Mg量小于0.1(渡船头小于0.05)集中在A区, 伊利石八面体量大Mg于0.2, 分布在B区, 两者的判别方程为 $11.0724(\text{Si}/\text{Al}) + 0.2423(\text{Mg}) = 14.9871$ (图1—c)。渡船头样品八面体电荷集中在+0.05—-0.02范围(A), 接近于零, 伊利石八面体电荷高达-0.2—-0.4(B), 两者的判别方程为 $4.636(\text{Si}/\text{Al}) + 0.259(\text{OC}) = 6.2229$ (图1—d)。此外, 渡船头样品层电荷为0.7—0.9, 表明了属白云母的不可能性。因此, 在组成上渡船头“伊利石”应为绢云母。

2.3 电子显微镜下的特征

在透射电子显微镜下观察(照片1、2), 绢云母分散后单体呈不规则状、假六方片状、尖角状, 片体边界以不规则为主, 可见平直规则。其特点与日本的绢云母相同^[6]。片体大小相差悬殊, 一般为0.5—4 μm ; 片体有叠置, 薄者呈透明—半透明, 厚者呈灰黑色。

在扫描电子显微镜下观察(照片3、4), 绢云母呈鳞片状集合体, 部分呈卷筒状形态。局部可见规则边界的片体。集合体一般在1—3 μm , 鳞片叠置厚度多数为1—3 μm 。

2.4 X射线衍射分析

在X射线衍射曲线中(图2), 绢云母呈2M多型, OOL系衍射为(002)9.95 \AA 、(004)4.99 \AA 、(006)3.33 \AA 、(0010)1.999 \AA , 峰强度大、峰尖而又对称, 其它还有(110)4.43 \AA 、(114)3.18 \AA 、($\bar{2}02$)2.55 \AA 、(135)2.10 \AA 、(060)1.495 \AA 、(204)1.633 \AA 峰也很强, 其中d(060)值小于1.60, 表明为典型的二八面体特点。同时, 也表明矿物结晶度高, 尤其是(002)9.95 \AA 峰很狭窄且对称, 锐度指数^[7](即10 \AA 峰半高宽, mm)衡量绢云母结晶度, 同样表明了这一特征。

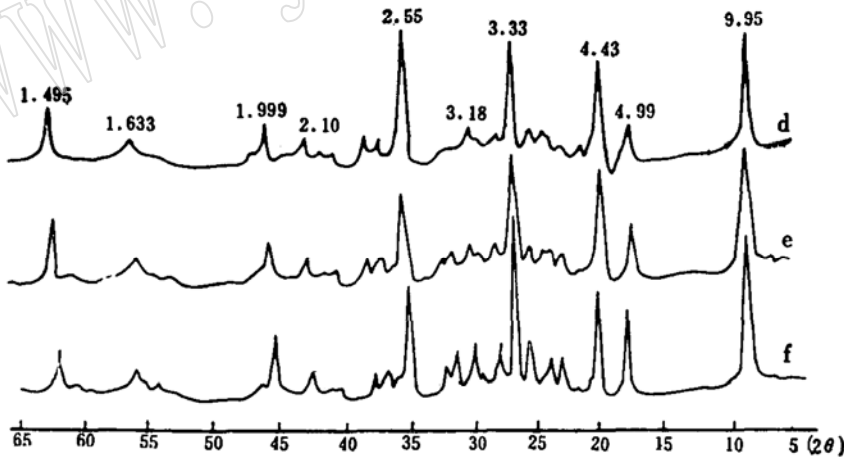


图2 渡船头绢云母X射线衍射曲线
(地矿部浙江中心实验室测定)

Fig. 2 X-ray powder diffraction patterns of Duchuantou sericite

用单斜晶系晶胞参数计算公式 $1/d^2 hkl = h^2/a^2 \sin^2 \beta + k^2/b^2 + l^2/c^2 \sin^2 \beta - 2hl \cos \beta / 2c \sin^2 \beta$ 计算得样品晶胞参数为 $a = 5.2 \text{\AA}$ 、 $b = 9.00 \text{\AA}$ 、 $c = 20.23 \text{\AA}$ 、 $\beta = 91.17^\circ$, 与绢云母标准值 $a_0 = 5.18 \text{\AA}$ 、 $b_0 = 9.02 \text{\AA}$ 、 $c_0 = 20.04 \text{\AA}$ 、 $\beta = 95.5^\circ$ ^[8]相近。

伊利石虽特征峰相近, 但一般为1M多型, 很少为2M多型。与绢云母或白云母对比,

(001) 峰弱且平缓^[9], (001)、(002) 明显向低角度扩展, (003) 峰向高角度扩展^[10], 这些特征显然与图 2 中所示的不一致。

2.5 红外光谱分析

在红外光谱分析曲线中(图 3), 渡船头样品(d, e, f)特征与绢云母样品(c)很相近, 它们在 3625 cm^{-1} 有较强的吸收峰, 在 3450 cm^{-1} 处为宽阔平缓吸收峰, 两者强度相差较大, 为绢云母羟基水伸缩振动所引起^[12]; 中频区 1020 cm^{-1} 吸收谱带强而宽, 935 cm^{-1} 出现小肩状吸收峰, 在 755 cm^{-1} 前有较明显的 825 、 799 cm^{-1} 吸收峰, 此外, 低频区还有 543 、 480 、 403 、 342 cm^{-1} 吸收, 这些均表现了绢云母的红外吸收特点。白云母和伊利石高频区的羟基吸收与绢云母的相似, 但前后两峰强度相差较绢云母的小; 白云母在 930 cm^{-1} 处的小肩状吸收峰不明显, 而伊利石则出现在 910 cm^{-1} ; 此外白云母和伊利石在 820 和 794 cm^{-1} 处的吸收均不明显。

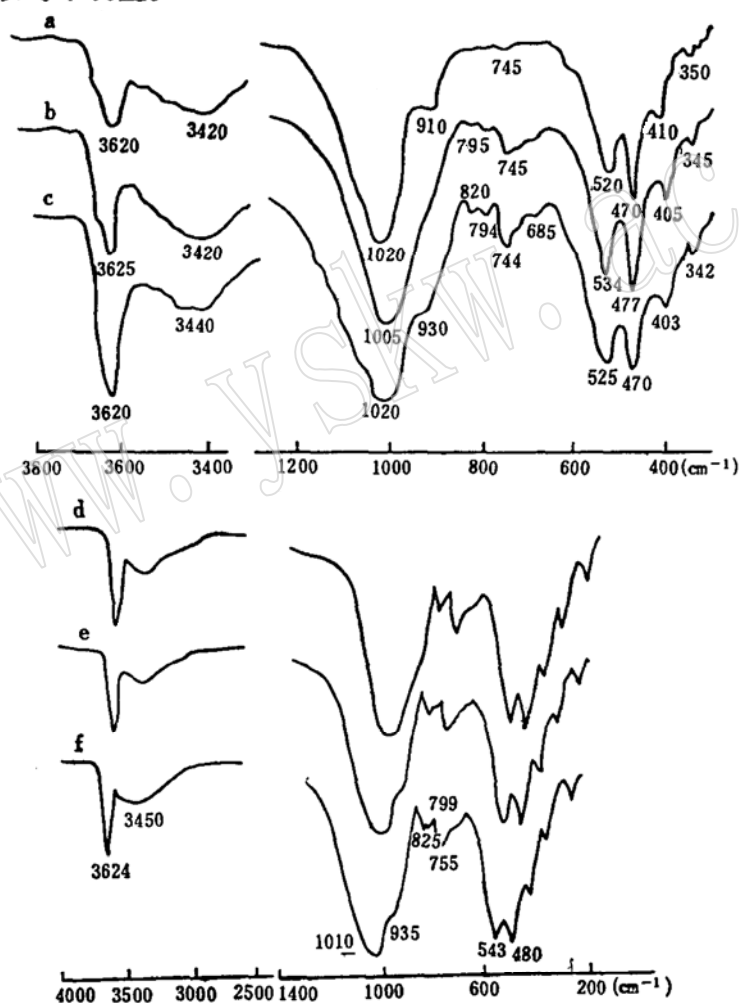


图 3 绢云母、白云母、伊利石红外光谱分析曲线

a—伊利石 b—白云母 c—绢云母^[11]; d、e、f—渡船头绢云母(地矿部浙江中心实验室测)

Fig. 3 Infrared spectra of sericite, muscovite and illite

a—Illite; b—Muscovite; c—Sericite; d、e、f—Duchuantou sericite

2.6 差热分析

在差热分析曲线中(图 4), 渡船头绢云母在 $43-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $111.2-106.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 均有一微小的

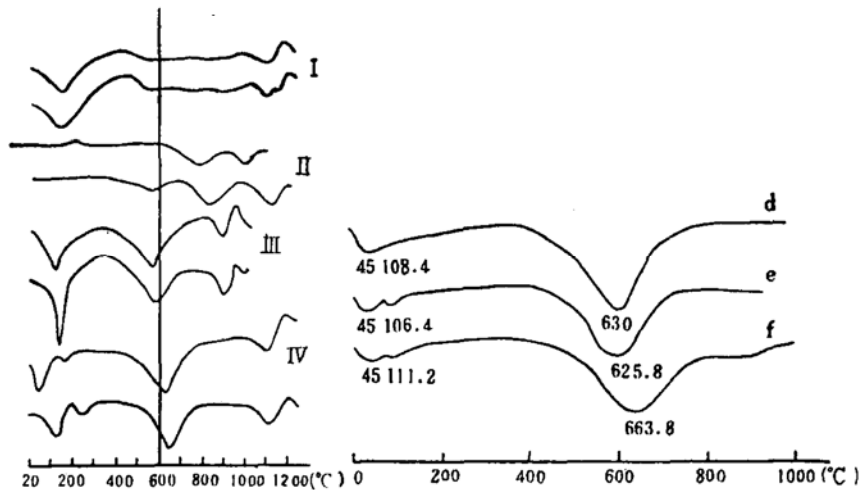


图4 绢云母、水白云母、伊利石、白云母差热分析曲线

I—白云母 II—绢云母 III—伊利石 IV—水白云母⁽¹²⁾; d, e, f—渡船头绢云母(地矿部浙江中心实验室测试)

Fig. 4 Differential thermal curves of sericite, hydromuscovite, illite and muscovite

I—Muscovite; II—Sericite; III—Illite; IV—Hydromuscovite; d, e, f—Duchuantou sericite

吸热谷,系失去吸附水所引起;在630—670°C有明显的吸热谷,为矿物晶格羟基水失去所引起,吸热谷平滑而对称。在1137—1186°C还有一吸热谷,也系羟基水失去所引起的,但吸热谷强度低而平缓。与标准曲线I、II、III、IV比较发现,渡船头样品与水白云母最接近,但有比较明显差异的是渡船头矿物45°C及106—111°C吸热谷没有水白云母强,620°C左右的吸热谷较水白云母平缓。这种特点可能是由于绢云母水化所造成。伊利石在100°C左右只有一个峰,且吸热强度很大,中温区吸热谷有两个,其中前一个吸热谷小于600°C,显然有别于渡船头样品。图4也表明渡船头样品显然不是白云母。

综上所述,渡船头矿物显然不是伊利石,而应该是绢云母。

3 结论

综上所述,绢云母和伊利石矿物的判别主要依据以下几条准则:

(1) 在矿物化学组成上,绢云母Si/Al克分子比小于1.2, MgO小于1%, K₂O一般大于9%;伊利石Si/Al克分子比大于1.5, MgO大于2%, K₂O约在8%左右。矿物结构组成中,绢云母四面体Si/Al原子比小于5,八面体Mg²⁺很微量或为零,八面体电荷甚微量;伊利石Si/Al原子比大于5,八面体Mg²⁺量在0.2—0.4之间,八面体电荷约在0.17—0.40(单位:半晶胞)。图1可用于这两方面的判别。

(2) 在矿物层间域中,绢云母层间离子总量为0.73—0.885,伊利石层间离子总量则为0.47—0.78,稍低于绢云母;特别是绢云母层间几乎无水或含少量水,但伊利石层间含水较高。

(3) 在XRD中,10 Å峰绢云母尖锐而又对称,伊利石平缓,且向低角度扩展,前者多为2M型,结晶度高,后者多为1M型,结晶度低。

(4) 在IR中,绢云母3624、3450 cm⁻¹羟基伸缩振动强度相差较大,3624 cm⁻¹吸收峰尖锐,930 cm⁻¹的羟基弯曲振动明显,中频出现较明显的825、799 cm⁻¹吸收;伊利石

3620、3420 cm^{-1} 羟基伸缩振动强度差异小, 3620 cm^{-1} 吸收较弱, 中频区羟基弯曲振动在 910 cm^{-1} , 且无明显的 825、799 cm^{-1} 吸收峰。

(5) 在 DTA 中, 绢云母因水化表现出近似水白云母的特点, 吸附水 45℃ 和 106—111.2℃ 吸热谷很微弱, 中温区只有大于 600℃ 一个平缓的吸热谷, 另一吸热谷出现在 1137—1186℃; 伊利石吸附水 100℃ 左右吸热谷很强, 中温区有两个吸热谷, 分别在 590℃ 左右和 900℃。

(6) 在形貌上, 绢云母呈薄鳞片或假六方片状、尖角状; 伊利石多为板状, 片状、条状或毛发状。

(7) 在矿物成因上, 绢云母多为热液蚀变成因, 而伊利石多产于沉积岩或土壤中。

致谢: 文中所用资料是与虞振声和杨双喜共同研究的结果, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

1. Bailey S. W. et al. Report of the clay minerals society nomenclature committee for 1982 and 1983, *Clays and Clay Miner.*, 1984, 32(3): 239.
2. Grim R. E. et al. The mica in argillaceous sediments, *Amer. Mineral.*, 1937, 22: 813—829.
3. Hower J. and Mowatt T. C. The mineralogy of illites and mixed illite-montmorillonite, *Amer. Mineral.*, 1966, 51: 825—854.
4. Sudo T. and Shimoda S., *Clays and clay minerals of Japan*, Tokyo: Kodansha LTD, 1978, 51—54.
5. Newman A. C. D. *Chemistry of clays and clay minerals*, England: Longman Scientific and Technical, 1987, 63—83.
6. Sudo T. et al. *Electron micrographs of clay minerals*, Tokyo: Kodansha LTD, 1981, 69—140.
7. 南京大学地质系矿物岩石学教研室, 粉晶 X-射线物相分析, 北京: 地质出版社, 1980, 194—197.
8. 中科院地球化学所, 矿物 X-射线粉晶鉴定手册, 北京: 科学出版社, 1978.
9. Carroll D. *Clay minerals: A guide to their X-ray identification*, Colorado: The Geological Society of America, INC. 1970, 19—20.
10. 许冀泉. 土壤粘土矿物, 见: 于天仁编, 土壤化学原理, 北京: 农业出版社, 1987, 1—72.
11. 彭文世, 刘高魁. 矿物红外光谱图集. 北京: 科学出版社, 1982, 381—422.
12. 法默 V. C. 矿物的红外光谱. 应育浦等译. 北京: 科学出版社, 1982. 262—288.
13. 辽宁省地质局中心实验室. 矿物差热分析. 北京: 地质出版社, 1975. 183—193.

The Argument that the Duchuantou “Illite” of Zhejiang Province Is Actually Sericite

Pan Jianqiang

(Zhejiang Institute of Geology and Mineral Resources, Hangzhou 310007)

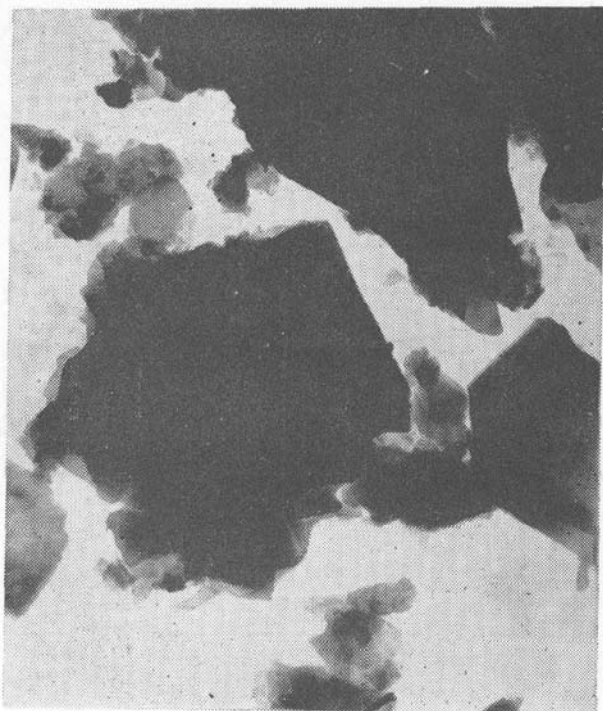
Key words: Duchuantou of Zhejiang; illite; sericite; mineralogical characteristics

Abstract

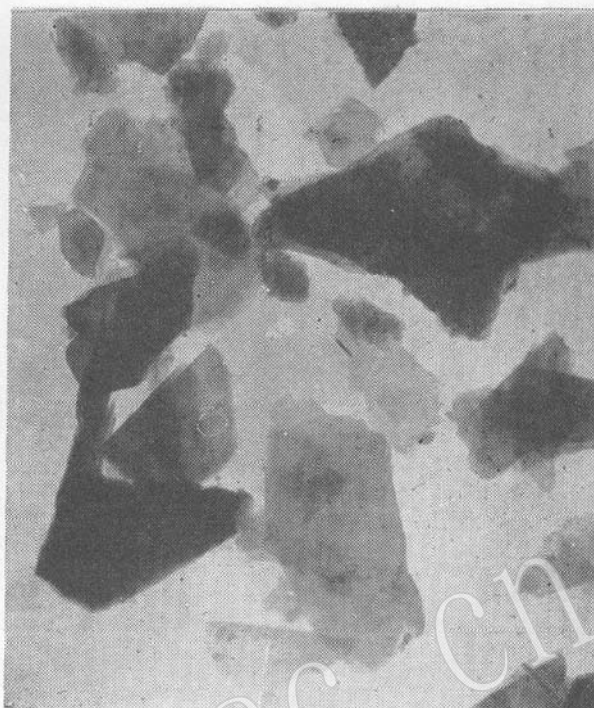
Mineralogical studies of the Duchuantou “illite” in Zhejiang province indicate that the mineral formerly called “illite” is actually sericite. Its XRD, IR, DTA, SEM and TEM data and, especially, chemical composition exhibit characteristics of the typical sericite mineral.

The Duchuantou sericite is characterized by $\text{MgO} < 0.25\%$, $\text{K}_2\text{O} > 9\%$, $\text{Si}/\text{Al} < 1.2$, octahedral Mg less than 0.03, and octahedral electric charges $-0.052 - +0.048/\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, whereas illite is noted for $\text{MgO} > 2.0\%$, K_2O some 8%, $\text{Si}/\text{Al} > 1.5$, octahedral Mg 0.2—0.4, and octahedral electric charges $-0.17 - -0.40/\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. The Duchuantou sericite has high crystallinity, flaky form, grain size smaller than $5\ \mu\text{m}$, sharp and symmetric $9.95\ \text{\AA}$ (002) peak, and 2M polytype, while illite generally has low crystallinity, 1M polytype and gentle (001) peak. In addition, the Duchuantou sericite displays characteristic 3624, 3450, 930, 825 and $799\ \text{cm}^{-1}$ infrared absorptions, 45—111.2°C weak endothermic valley and 600—700°C strong endothermic valley; in contrast, illite does not show apparent 825, $799\ \text{cm}^{-1}$ infrared absorption, but exhibits 100°C strong endothermal valley and 500°C and 900°C endothermal valleys.

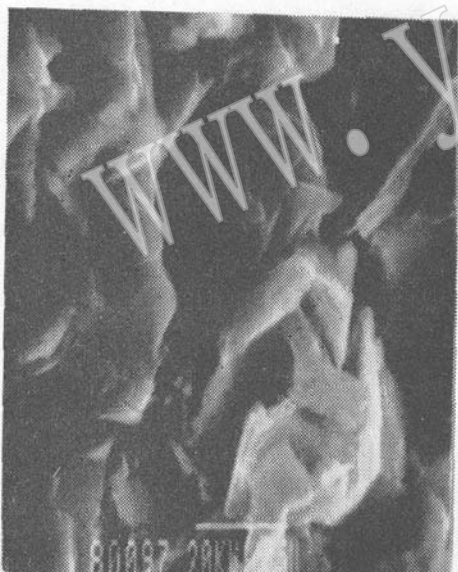
潘建强：浙江渡船头“伊利石”应属绢云母



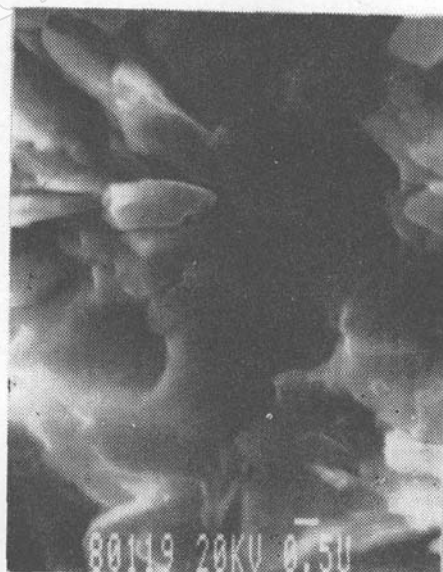
照片 1 大小不一的假六方片状及不规则片状绢云母 ×20000



照片 2 不规则状及尖角状片体绢云母 ×17000



照片 3 鳞片状集合体绢云母 ×10000



照片 4 卷筒状集合体绢云母 ×7000