

沉积岩中地开石—高岭石混层矿物的 发现及成因探讨

陈芸菁

(北京大学地质系)

1979年夏,笔者在河北省曲阳县灵山镇附近的石炭纪地层中,发现一种晶体巨大的高岭石族矿物,最大的晶粒沿C轴长度可达2厘米,(001)面的直径可达0.5毫米。由于晶粒巨大,易于挑选,引起了我们对其单矿物进行研究的兴趣。用多种手段对该矿物进行了矿物学研究,发现它既有高岭石的特征,又兼有地开石的特征,但它既不是简单的高岭石,又不是简单的地开石,而是一种地开石-高岭石的混层矿物。现将该矿物的研究成果概述如下:

一、矿物产出概况

该矿物发现于灵山镇附近中石炭纪本溪统底部地层中,含该矿物的岩石为一套紫红色间淡绿色的碎屑岩,粒度由下向上逐渐变细,偏下部为含砾砂岩,向上逐渐过渡为含砾少至不含砾的砂岩,底部岩层具交错层理。岩层向南倾斜,北部直接不整合于中奥陶系厚层白云质灰岩之上,可观厚度20余米。岩性以富粘土质为特征,砂粒级的碎屑主要为粘土岩岩屑,呈扁长形,次园状,岩屑由高岭石组成,薄片可观察到这些岩屑为极细小的蠕虫状微晶集合体(图版I,1),岩屑成分及特征与本区及华北其它地区本溪统底部的粘土岩相当。此外,岩石中还有少量石英砂及燧石岩屑。砾级碎屑以石英岩砾石为主,直径通常小于1厘米。胶结物为铁质,有时见到鲕状铁矿,但常为空皮壳状,薄片下鲕内偶见到菱铁矿的残余物。标本上可见到风化的孔洞,可能原先为菱铁矿鲕粒,经氧化转变为褐铁矿的。

巨大的粘土矿物晶粒生成于粘土岩岩屑间的孔隙中,其分布以本层中部较集中,下部含量较少,上部颗粒变细,相应的晶粒数量也降低,铁质含量增高。除本层粘土岩岩屑砂岩外,这种粗大的粘土矿物晶粒在本区石炭系上部不纯石英砂岩中也偶有出现。

二、矿物学的研究

该矿物的巨大晶粒通常沿C轴长1—2毫米,沿(001)断面0.1—0.5毫米,微具蠕虫状外形(图版I,1),弯曲的柱体上有时有沟纹,断面近六边形(图版I,2—3)有时受孔隙形状的限制而呈不规则状,在薄片无色透明,(001)解理完善(图版I,4),

N_m 近于平行 a , 干涉色灰白, 二轴晶负光性, $2V$ 中等, 晶片之间常有后期受力错开的现象。

由于晶粒粗大, 因而全部的矿物学研究工作都是用双目镜挑选的单矿物晶体进行的。

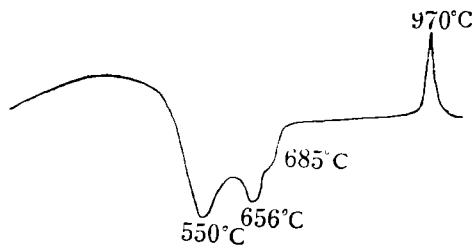
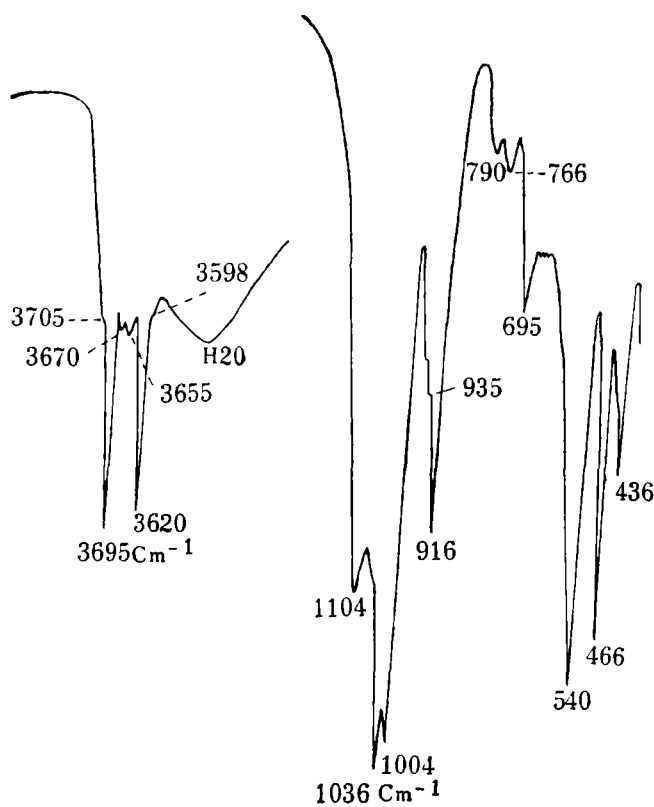


图1 地开石-高岭石混层矿物的差热曲线

Fig. 1 Differential thermogram of mixed-layer dickite-kaolinite



分析仪器: NICOLET 7199 FT-IR

图2 地开石-高岭石混层矿物的红外吸收光谱

Fig. 2 Infrared absorption spectragram of mixed-layer dickite-kaolinite

1. 差热分析

单矿物差热分析图谱见图1所示, 这个晶体的八面体羟基的析出分两个阶段, 因此在差热曲线上表现为中温复谷性, 第一个吸热谷在550℃, 第二个吸热谷在656℃, 这一吸热谷在回反时到685℃出现一个小停顿, 这说明无序混层键能的不均一性。Keller W.D(1966)等人曾研究了密西西比Keokuk附近的晶洞高岭石, 其差热曲线的脱羟基谷温度约为690—695℃, 并认为其脱羟基谷温度之所以较一般高岭石为高, 是因为该高岭石具有高的结晶度及有序度所致。而我们所研究的灵山该矿物经X-射线及红外光谱分析, 其有序度是低的, 因而该矿物较高的脱羟基温度不是由高岭石的有序度造成的, 而是由于高岭石与地开石无序混层键能不均一性造成的。

2. 红外吸收光谱分析

红外吸收光谱特征与典型的高岭石及地开石不同之处在于其高频区的吸收有3705及3598 cm^{-1} 小的肩形吸收峰, 3695及3620 cm^{-1} 的加强和3670、3655 cm^{-1} 的明显吸收(图2), 这种羟基振动的多吸收性, 也说明该矿物具有地开石-高岭石混层的特征。

3. X-射线衍射分析

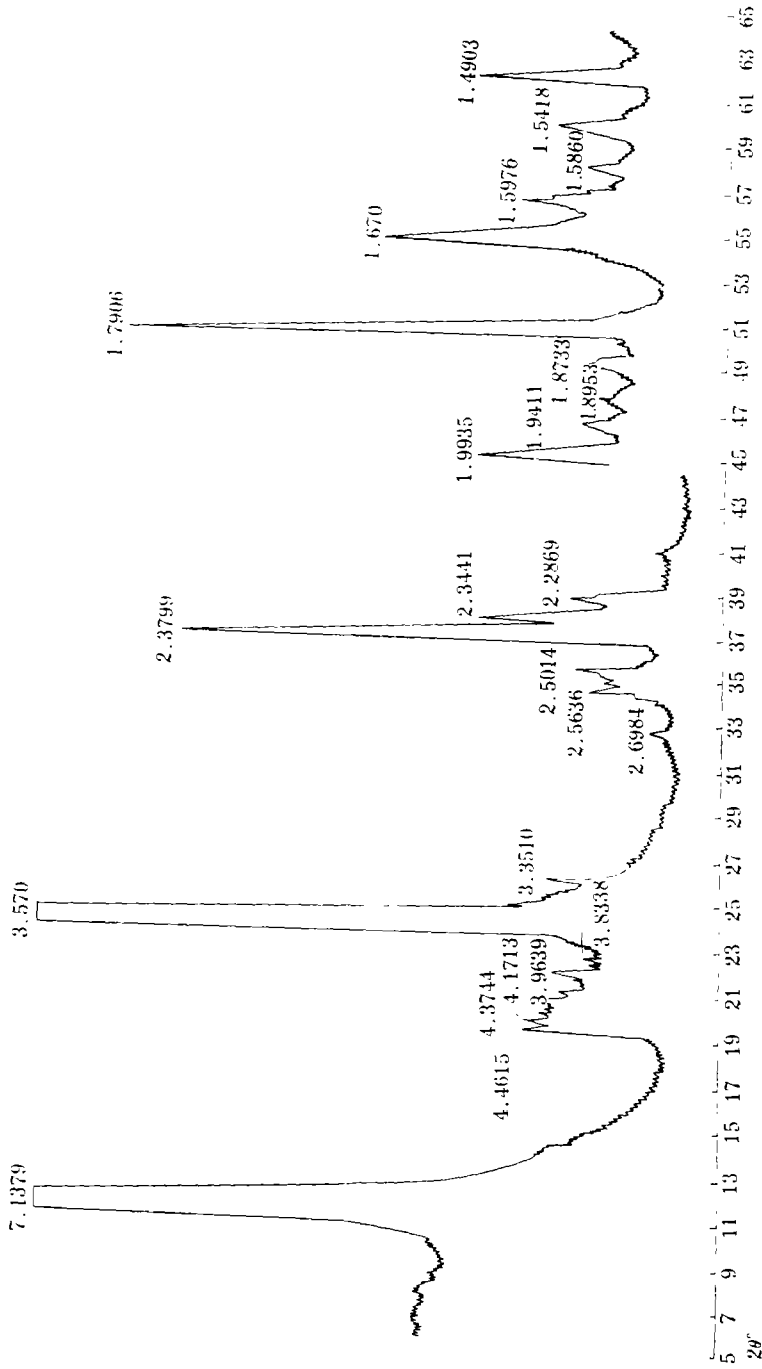
单晶衍射的特点是(001)衍射普遍加强(图3), 我们可以将该矿物 $\frac{I(004)}{I(060)}$ 峰高的比值与典型的高岭石及地开石作一比较, 该矿物的 $\frac{I(004)}{I(060)} = \frac{49}{17} = 2.88$, 而一般高岭石为0.33—0.4(如苏州高岭石为0.4)我国温州地开石的 $\frac{I(008)}{I(060)} = \frac{40}{25} = 1.6$ 。

另外, 在(001)与(002)之间的峰, 强烈地减弱, 如果把(001)的强度(I)作为100, 而此间的峰强度仅有1—2。根据以上事实可以认为, 这种晶体(001)面网是非常致密的, 而(020)、(1 $\bar{1}$ 0)、(11 $\bar{1}$), (02 $\bar{1}$)等面网则是有缺陷的。这种缺陷的产生可能是由于无序性八面体Al离子空位紊乱引起的, 由于这种混乱, 造成空位颠倒, 有可能出现地开石和高岭石的混层(图5)。高岭石和地开石都是7埃矿物, 因而它们的混层极不容易被发现, 但如果我们仔细注意观察, 这种混层矿物与高岭石及地开石都有显著的差异。表现在(001)与(002)之间峰数增多(可见7—8个弱反射峰)。此外在2 θ 角为34°—39°之间正常所见的三个反射峰趋向于合并成两个, (130)显著减弱, (003)以下的二个峰依次减弱而不同于高岭石及地开石(图4)。

为什么会出现这种空位颠倒和混层的现象呢? 我们认为这可能是在地质作用中, 缓慢的结晶作用经历了多变的物理化学环境造成的。下面结合灵山的地质情况来讨论一下该矿物的成因。

三、地质成因探讨

前面已经提到, 该矿物形成于离奥陶纪侵蚀间断面不远的一层岩屑砂岩中, 这种岩屑主要是由高岭石粘土岩被冲刷破碎构成的(图版I, 1)。地开石-高岭石混层晶体生长在这些粘土岩屑的孔隙之间, 显然这些孔隙提供了晶体生长的空间, 这些高岭石质岩屑被地下水溶解提供了晶体生长的物质基础。在饱和的Si、Al氧化物的孔隙水中,



20 5—45°间, 发射狭缝 $1^\circ/2$, 防散射0.3, 接收狭缝 $1^\circ/2$ 。

20 45—65°间, 发射狭缝 1° , 防散射0.3, 接收狭缝 1° 。

图 3 地开石-高岭石混层矿物的X—射线衍射谱

Fig. 3 X-ray diffraction pattern of mixed-layer dickite-kaolinite

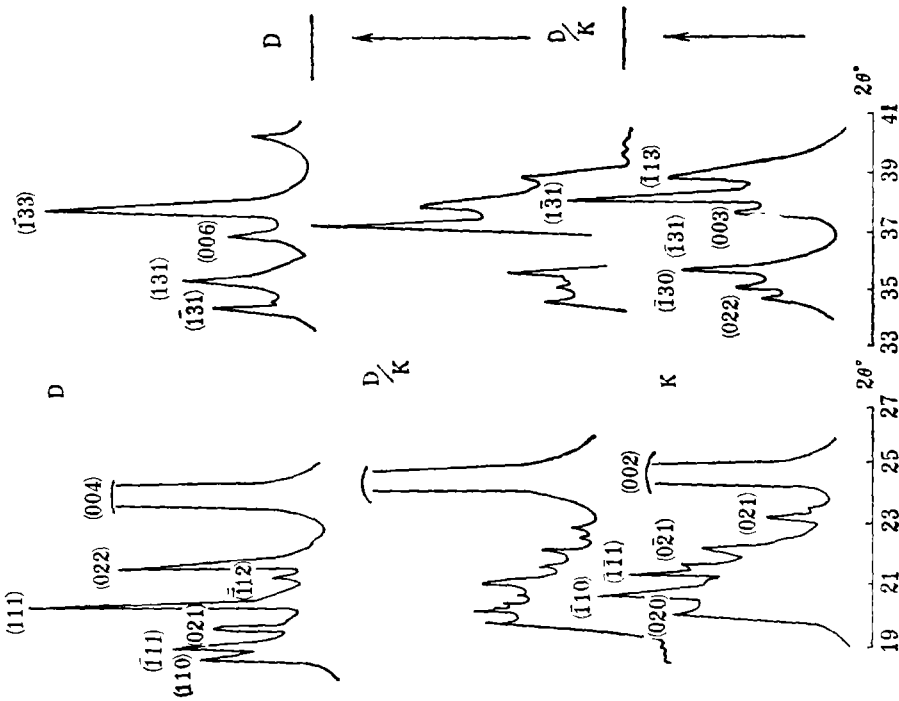


图 4 灵山地开石-高岭石混层矿物 (D/K) 与高岭石 (K) 及地开石 (D) 的X-射线特征峰对比

Fig. 4 Comparison of the typical peaks of mixed-layer dickite-kaolinite (D/K) from Lingshan with those of normal kaolinite (K) and dickite (D).

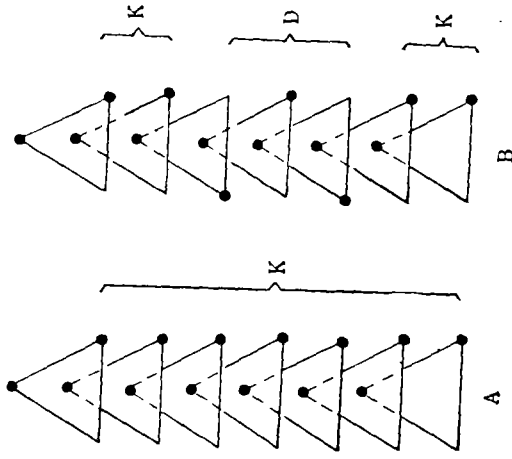


图 5 高岭石与地开石-高岭石混层矿物的八面体Al离子空位比较
A为高岭石的八面体Al离子空位 B为地开石-高岭石混层后部分空位颠倒 K为高岭石层 D为地开石层
Fig. 5 Comparison of the empty positions of aluminium cations in octahedrons of kaolinite with those of mixed-layer dickite-kaolinite.

A. Empty positions of Al cation in octahedrons of kaolinite.
B. Empty positions inverted partially after layers mixed; K, layers of kaolinite; D, layers of dickite.

矿物在溶液中缓慢生长,因而能够结晶出巨大的晶体(长可达2 mm,断面直径可达0.5 mm)。但在慢长的结晶过程中,孔隙水的温度、压力、化学成分、浓度及pH值等,都不是一成不变的,如构造运动、地壳的升降,都会影响到温度压力,上覆沉积环境的改变就会影响下面岩层地下水的pH值。就灵山地区而言,在该矿物的岩层之上,就有数层海相灰岩,显然,在灰岩形成时期地下水就呈碱性,因而这时Si、Al的溶解度就要增高,而以后又出现了多次的沼泽化和成煤作用,这时不仅pH值会发生变化,而且温度压力都要发生变化。高岭石的八面体空位都在同一侧,因而层间应力分布是不平衡的,随着地层的下降,温度压力相应增高,这种不平衡状态就不能再继续下去了,于是八面体中Al离子开始向原不平衡的空位转移,以平衡两层间的应力分布,这种空位部分颠倒的结果,便形成一部分地开石层,而尚未平衡的部分,则仍是高岭石层(图5)。这种混层矿物可能反映了后生作用过程中,地开石形成的初始阶段。

根据 Janet Hoffman和 John Hower(1979)的资料,地层中自生高岭石的形成温度主要在120℃以下,最高不超过140℃。而地开石的形成温度在110℃—160℃之间,因此我们有理由说地开石-高岭石混层矿物的出现,是在110°—120℃之间,最高不超过140℃,因为低于110℃不会有地开石形成,而高于140℃不会有高岭石形成,一个10°至30℃之间的狭窄区间的地质温度计,该是十分理想的了。

(收稿日期1982年10月4日)

参 考 文 献

- [1] B·E·格里姆,1960,粘土矿物学,许冀泉译,科学出版社。
- [2] 须藤俊男,1981,粘土矿物学,严寿鹤等译,地质出版社。
- [3] Keller W. D., Dickett E. E. and Reesman A. L. 1966, Elevated Dehydroxylation Temperature of The Keokuk Geode Kaolinite—A Possible Reference Mineral; Proc. Int. Clay Conf. Jerusalem June 20-24 Vol. 1. P. 75-85.
- [4] Bailey S. W. 1963, Polymorphism of Kaolin Minerals; Am. Mineralogist Vol. 48 P. 1196-1209.
- [5] Janet Hoffman and John Hower 1979, Clay Mineral Assemblages as Low Grade Metamorphic Geothermometer—Application to The Thrust Faulted Disturbed Belt of Montana U. S. A; Soc. Econ. Paleontologists And Mineralogists Special pub. Tulsa, Oklahoma No. 26, P. 55-77.

DISCOVERY OF MIXED-LAYER DICKITE-KAOLINITE IN SEDIMENTARY ROCK AND DISCUSSION ON ITS ORIGIN

Chen Yunqing (陈云菁)

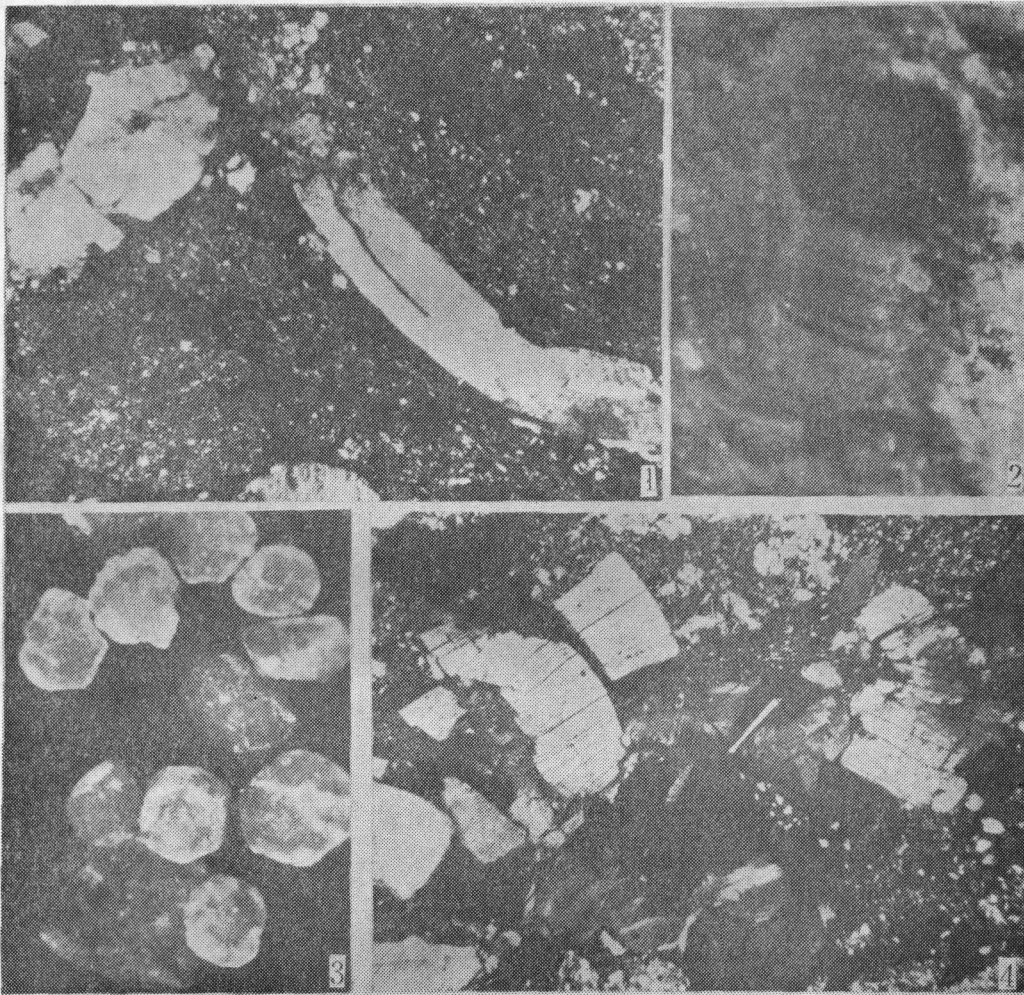
(Department of Geology, Peking University)

Abstract

A kind of crystal of mixed-layer dickite-kaolinite has been found in sedimentary rock at Lingshan, Quyang County, Hebei Province. The length of its grain is 2 mm and its diameter is 0.5 mm long. The characteristics of this mineral are as follows: its differential thermogram with midtemperatures; endothermic polypeaks at 550° C and 656° C and a small peak at 685° C; infrared spectrogram with 3705, 3695, 3670, 3655, 3620 and 3598 cm⁻¹ absorptions of high frequency range; X-ray diffraction curve with continuing four classes of strong peaks, and its $\frac{I(004)}{I(060)} = 2.88$.

The process of the formation of this mineral is as follows: Because all the empty positions of octahedron in kaolinite are on the same side, and stress distributions among these layers are unevenly. With the rise of the temperature and pressure during the diagenesis, the cations of aluminium in octahedron began to move towards the empty positions so as to equilibrate the stress between the two layers, thus leading to the inversion of empty positions in kaolinite. As a result, part of the kaolinite layers were changed into dickite layers and the remaining still kaolinite layers, and therefore the mixed-layer dickite-kaolinite mineral was formed.

So far as the geological significance of this mixed-layer mineral is concerned, it may be used as sensitive geothermometer to infer that its formative temperature is 110-120°C, not exceeding 140°C.



1. 粘土岩岩屑砂岩，灰色偏圆形者为高岭石粘土岩屑，白色近六边形者为地开石—高岭石混层矿物的(001)面，白色长形略呈弯曲者为其柱面，正交偏光 $\times 100$ 2. 手标本中的地开石—高岭石混层矿物单体，实体显微照片，晶体呈塔晶，可见六边形断面及(001)解理， $\times 300$ 3. 经双目镜挑选的地开石—高岭石混层矿物晶粒，沿(001)实体照象， $\times 180$ 4. 地开石—高岭石混层矿物的柱状晶体，具(001)解理，正交偏光， $\times 100$