

焦作煤田冯营煤矿地开石的发现及其研究

张善德

(焦作矿业学院)

一、前言

地开石是一种比较少见的粘土矿物,是含水的层状铝硅酸盐。它与高岭石相同,属于1:1型高岭石族二八面体。但层的堆叠方式不同,各层的位移是 $\frac{1}{6}a_0 - \frac{1}{2}b_0$ ^[1]。在扫描电镜下地开石晶体一般比高岭石厚大,堆叠成塔形,即呈假六方板状晶体,一端较小,

另一端逐渐增大。

笔者1982年在焦作煤田东部矿区利用粘土矿物进行二叠纪山西组二₁煤层对比时,发现一种特殊产状的地开石。该煤田出露面积为200平方公里,在二₁煤层的伪顶与顶板裂隙中或滑动面上,普遍发育有地开石,但以冯营矿发育较好。地开石虽在我国一些地方早有发现,但在煤系地层发现地开石尚属

首次,这将有助于进一步探讨该矿物的形成条件,对于粘土矿物学有重要意义。笔者重点对冯营矿地开石作了下面一些工作。

二、地开石的产状

1. 地开石的产出层位

地开石产于冯营煤矿二叠纪山西组地层中,该套地层自下而上为:

(1) 灰黑色砂质泥岩:底部与石炭纪太原群第九层灰岩整合接触,厚度10米左右。

(2) 二₁煤层* (旧称冯营层):厚度1.4米左右。

(3) 灰黑色砂质泥岩,层理清楚,厚度3~10米左右。

(4) 二₁煤层:厚度3.5米左右。

(5) 炭质泥岩:质软,含植物化石,具有滑动面及节理,沿滑动面和节理有少量地开石分布,厚度0.57~8.34米。

(6) 二₁煤层:粉末状,煤质较差,厚度0.8~5.4米左右。

(7) 炭质泥岩:该层中地开石沿滑动面及裂隙分布,呈网格状,含量较多。泥岩中含植物化石,局部含有白云母片,厚度0.5~2米。

(8) 深灰色砂质泥岩:含植物化

石,中夹两层煤线(兆煤),厚度6~7米。

(9) 深灰色细砂岩:厚度0.92~2.3米。

(10) 深灰色砂质泥岩:上部为页岩,局部有鲕状结构,向上为沙锅窑砂岩过渡到下石盒子组。厚度11~23米。

2. 地开石的产状特征

(1) 地开石在剖面上从上到下主要分布在二₁煤层的顶板、伪顶裂隙中及滑动面上,而煤层和底板中出现甚少,只有个别地方地开石沿裂隙切穿煤层延伸到底板。其分布分别叙述如下:

① 二₁煤层顶板和伪顶裂隙中的地开石:

当二₁煤层形成之后,由于构造活动剧烈,整个矿区大部分都是高角度正断层,煤层顶板和伪顶中裂隙也较发育。裂隙分两组方向展布,其一,裂隙斜交顶板和伪顶层理,此组较发育,充填在裂隙中的地开石较厚,地开石呈白色,质纯,细腻有滑感,硬度1~2。其二,裂隙近于垂直层理分布,该组为数不多,但可切穿薄煤层延伸到底板,地开石沿裂隙壁分布较上组薄。

② 二₁煤层伪顶滑动面上的地开石:
伪顶一般由炭质泥岩组成,松软,经构造变动被挤压成褶皱状,且形成许多滑

表1 焦作煤田冯营矿粘土矿物分离结果

Table 1. Separate products of clay minerals from Feng-ying mine, Jiao-zuo coalfield.

样品号	取样位置	取样层位	分离方法	样品总重量 (克)	粘土总重量 (克)	所占百分比 (%)
2-1	1408工作面	冯底板	沙巴宁法	23.250	3.050	13.12
2-2	1408工作面	冯夹矸下部	沙巴宁法	28.130	3.800	13.51
2-3	1408工作面	冯夹矸上部	沙巴宁法	28.636	4.316	15.07
2-4	1408工作面	冯伪顶	移液管法	23.716	0.600	2.53
2-5	1408工作面	冯顶板	沙巴宁法	31.000	3.100	26.12

分析:笔者

*二₁煤层为河南省煤田地质勘探公司编号,表示为第二含煤组第一分层中第一层煤。

动面。然而,在滑动面上的地开石同样被挤压成光滑的薄板状,其颜色由于受炭质污染程度不同,可呈现出白色至灰白色,透明,厚度2~5毫米。

笔者对产出地开石矿物的顶板、伪顶、夹矸和底板的围岩作了粘土矿物分离(如表1),并进行了差热、X光衍射等分析^[1],如图1、图2所示。另外,还做了定性和半定量分析^[2],其结果见表2。

分析结果表明,其围岩中主要含高岭石、伊利石等粘土矿物,并含有少量碎屑矿物,如:石英(粒度0.03~0.05毫米)、长石和炭屑等。其中,炭质泥岩含高岭石愈多地开石产出也愈多。然而,煤层底板大部分为泥质

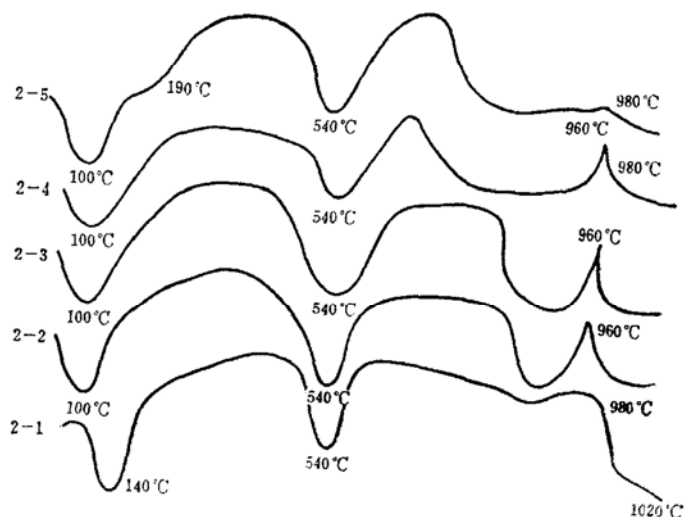


图1 各层位DTA曲线

(图中:2—1底板,2—2夹干下部,2—3夹干上部,2—4伪顶,2—5顶板,测试者:北京大学地质系差热室)

Fig. DTA curve of various strata

表2 各样品粘土矿物的相对含量

Table 2. Correlative content of clay minerals in various samples

样品号	总重量 (克)	K		Md		S	
		重量 (克)	百分比 (%)	重量 (克)	百分比 (%)	重量 (克)	百分比 (%)
2—1	19.13	5.33	28	13.8	72		
2—2	17.73	7.17	40	10.6	60		
2—3	16.72	7.92	47	8.8	53		
2—4	15.67	8.67	55	7	45		
2—5	12.71	3.33	26	8.36	66	1.02	8

粉砂岩,很少为粉砂质泥岩,粘土矿物以伊利石为主,其次为颗粒状的菱铁矿结核和分散状的黄铁矿等,高岭石含量较少,故地开石在煤层底板产出甚少。

(2)地开石在横向平面上的展布与二、煤层的顶板和伪顶的岩性有关。当二、煤层的顶板和伪顶为炭质泥岩,高岭石含量多且分布面积又广时,则地开石的分布随之也广。否则,当二、煤层伪顶缺失,或煤层顶板变成中粒含长石石英砂岩与细砂岩时,其顶板中的地开石矿物就少,甚至没有此种矿物

三、地开石矿物的研究

地开石肉眼特征一般为纯白色,受炭质污染者为灰白色,在裂隙中的地开石厚度为1~10毫米,一般为5毫米。在滑动面上的地开石呈灰白色,透明,薄片状至薄板状,厚度2~4毫米。质细腻,具滑感。在偏光显微镜下呈现出低正突起,干涉色为一级灰白。由于颗粒细小,再加上遇HCl不起泡,故长期被人们误认为滑石或叶腊石。为准确地鉴定该矿物,笔者对其作了差热,红外光

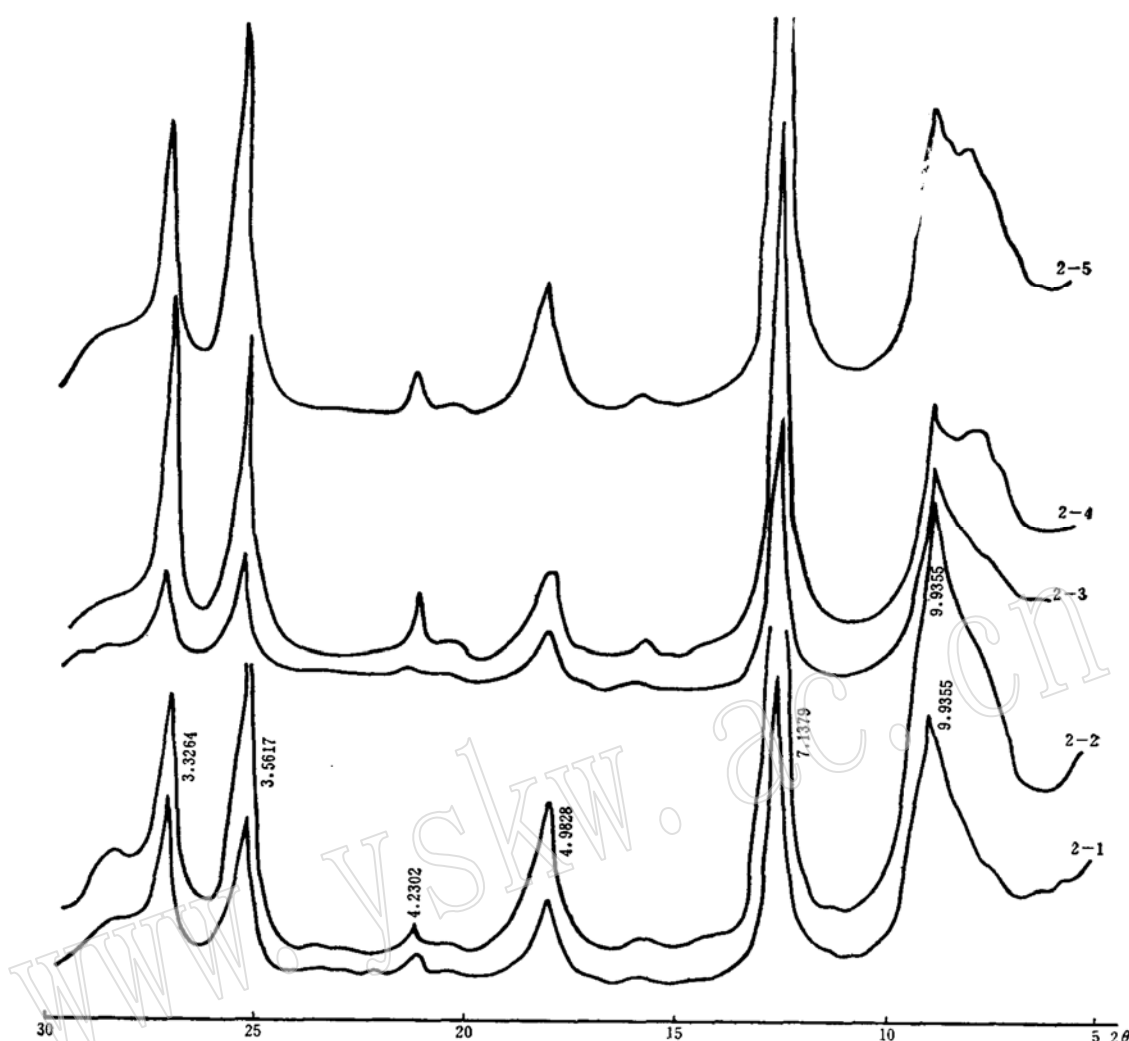


图2 各层位X射线衍射谱线

(图中代号同图1)

测试者: 北京大学地质系 王佩英

Fig 2. X-ray diffraction diagram of various strata

谱, X光衍射等分析。为了进一步确定矿物形态, 作了电子显微镜(透射, 扫描)分析。为准确地定出成份, 还作了化学全分析。现分别叙述如下:

1. 差热分析

对滑动面上和裂隙中的地开石分别作了差热分析, 其差热分析曲线见图3。

在图3中滑动面上地开石的差热曲线特征表明, 在580℃和650℃处有一明显复吸热谷, 最大值位于580℃处, 650℃处略显一吸热谷, 而后慢慢结束, 这是结构水脱水所

致, 同时, 从中温吸热谷表明地开石中含有一定量的高岭石, 两种矿物混合后中温吸热谷重叠而形成复吸热谷, 并以高岭石吸热谷为主。980℃处有一个很强的放热峰, 这说明脱水后地开石和高岭石的晶格破坏转化为硅铝尖晶石之故。其转化如下式:

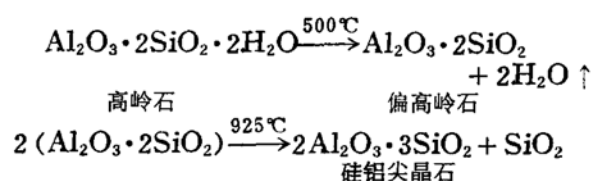


图3 裂隙中地开石的差热曲线特征与上

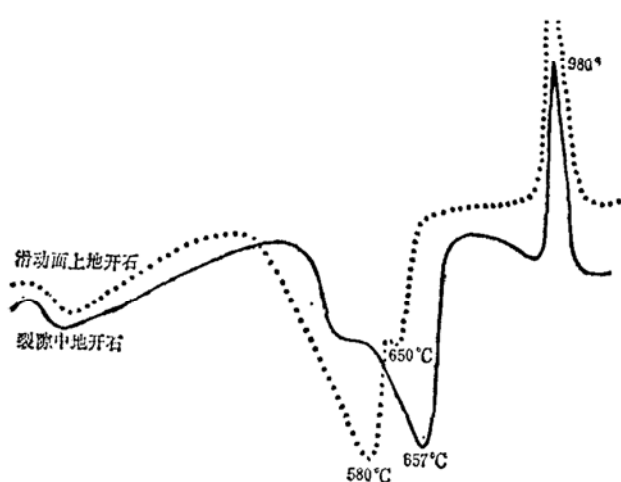


图3 滑动面上和裂隙中地开石DTA曲线

(分析者: 北京大学地质系差热室)

Fig 3. D T A curve of dickite on sliding face and in cracks

不同, 在580℃和657℃处也出现明显复吸收热谷, 以657℃吸热谷为主, 而580℃处略显示一小型吸热谷, 从而表明以地开石为主, 含有少部分高岭石。鉴于以上两条差热曲线特征, 据地开石和高岭石的主要区别是中温吸热谷, 标准的地开石吸热谷一般在600℃以上, 表明裂隙中和滑动面上的地开石都含有一定量的高岭石。

2. 红外光谱分析

地开石的红外光谱如图4。图谱上显示出较大的吸收带, 其吸收带从3708波数到3622波数。标准地开石和高岭石的红外光谱相对比, 主要差别为(OH)振动的四个吸热峰, 标准的地开石(OH)振动的四个吸收峰值波数由大到小, 吸收强度一个比一个

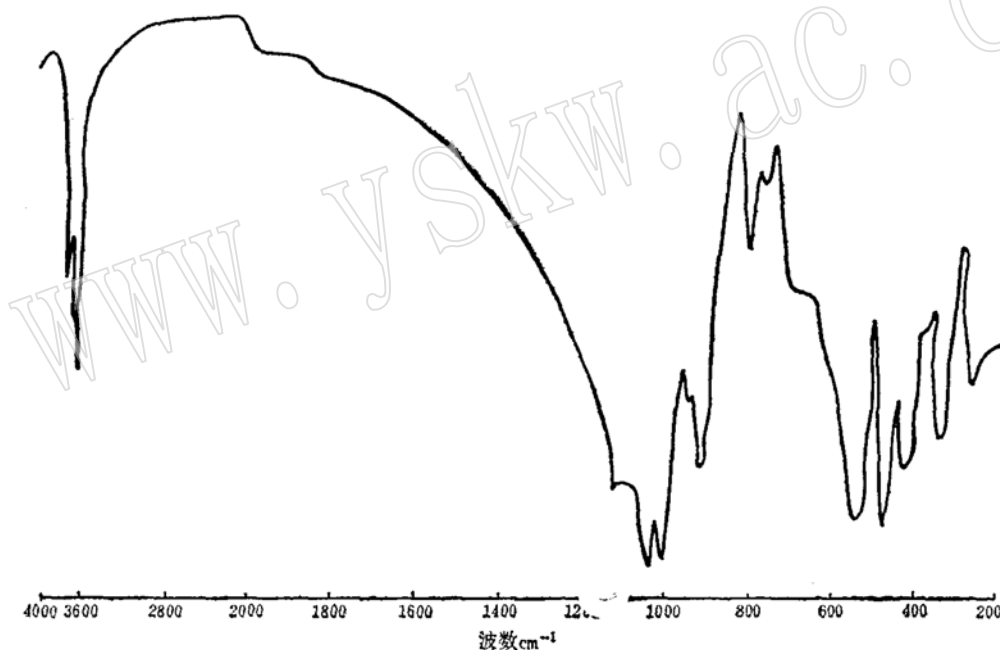


图4 地开石红外光谱

(分析者: 中国地质科学院矿床地质研究所郭立鹤)

Fig 4. Diagram of infrared spectrum of dickite

强, 它的波数分别为3708、3656、3627、3622。一般最后两个峰合二为一, 而标准高岭石(OH)振动的四个吸收峰波数分别为3690、3668、3651、3620。其中两个(波数3690和3620)吸收峰较强。中间两个(波数3668和3651)吸收峰较弱。把所作的矿物红外光谱

与上述二者对比, 显然与标准的地开石谱线一致, 表明该矿物为地开石^[3]。

3. X光衍射分析

分别对滑动面上和裂隙中的地开石作了X光衍射分析, 其X射线衍射谱线如图5所示。在X射线衍射谱线图上地开石和高岭石

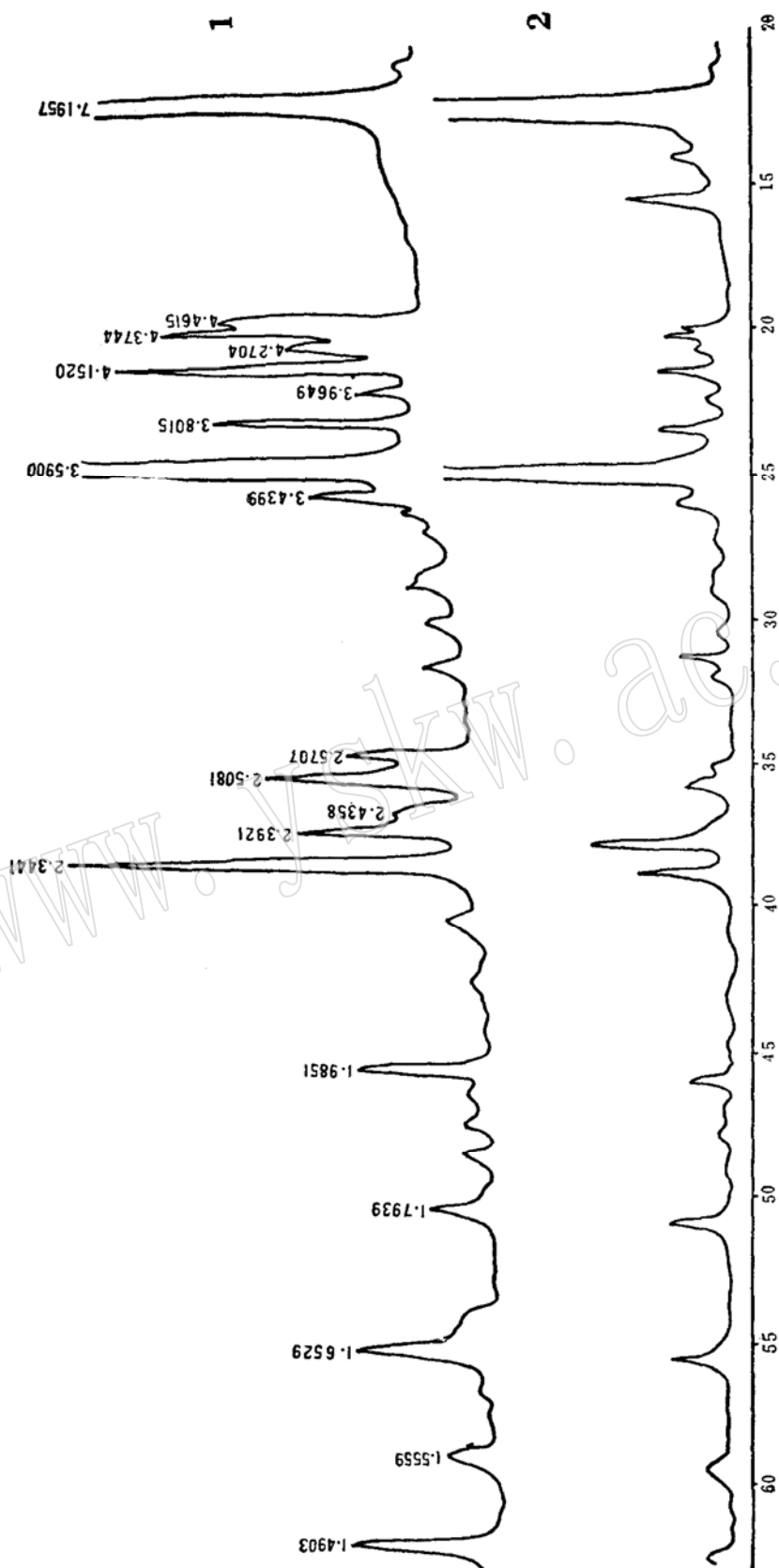


图 5 地开石的 X 射线衍射谱线

(图中: 1 为滑动面上的地开石 X 射线衍射谱线; 2 为裂隙中的地开石 X 射线衍射谱线。) 测试者: 北京大学地质系 王佩英

Fig 5. Diagram of X-ray diffraction of dickite

的主要区别在于 2θ 角值为 $20^\circ \sim 24^\circ$ 之间的六个衍射峰值。另一区别是 2θ 角值在 $35^\circ \sim 40^\circ$ 之间,标准地开石其衍射峰成双出现,而标准的高岭石其衍射峰呈山字形出现,其区别见表3*。

表3 地开石与高岭石的区别

Table 3. The difference between dickite and kaolinite

2θ	地开石			高岭石		
	d (Å)	hkl	I	d (Å)	hkl	I
20° 24°	4.439	110	31	4.463	020	19
	4.368	$\bar{1}11$	34	4.361	$\bar{1}10$	47
	4.267	021	25	4.158	$\bar{1}\bar{1}0$	44
	4.123	111	50	4.112	$\bar{1}11$	26
	3.958	$\bar{1}12$	11	3.839	021	29
	3.792	022	36	3.729	021	12
35° 40°	2.658	114	1	2.743	022	8
	2.509	131	21	2.524	$\bar{1}\bar{1}1$	15
	2.387	006	5	2.493	$\bar{1}11$	22
	2.324	$\bar{1}13$	48	2.377	003	8
				2.338	$\bar{1}11$	29
				2.293	$\bar{1}13$	21

(1) 滑动面上的地开石如图5中第1条X射线衍射谱线,衍射峰d值为 7.1379Å (0.02), 3.5758Å (004)和 2.3799Å (006),衍射峰较强。在 2θ 值为 $20^\circ \sim 24^\circ$ 之间时衍射峰d值 4.4175Å 、 4.3512Å 、 4.2502Å 、 4.1140Å 、 3.9342Å 、 3.7855Å 都较清楚。 2θ 值为 $35^\circ \sim 40^\circ$ 之间时,衍射峰d值 2.5492Å 、 2.5014Å 、 2.4169Å 和 2.3799Å 也较清楚,但从衍射曲线上可以看出有的特征峰值不太明显,表明滑动面上的地开石不纯(含有一定量的高岭石),而显示的另一一些峰值如 6.2369 ,据检查可能是属于没滤掉的 $K\beta$ 峰值所致,也可能属于其它矿物,但尚未作鉴定。

(2) 裂隙中的地开石,如图5中第2条X射线衍射谱线。衍射峰d值为 7.1957Å (002), 3.5900Å (004), 2.3441Å (006)的衍射峰较强, 2θ 值在 $20^\circ \sim 24^\circ$ 之间时衍射峰d值为 4.4615Å 、 4.3744Å 、 4.2704Å 、 4.1520Å 、 3.9649Å 、 3.8015Å 。其中d值为 4.3744Å 、 4.1520Å 和 3.8015Å 衍射峰较强。 2θ 值在 $35^\circ \sim 40^\circ$ 之间呈现出d值为 2.5707Å 、 2.5081Å 和 2.4358Å 、 2.3921Å ,表现为双峰。以上与标准地开石的衍射峰对比, 2θ 值除 12.5° 和 24.8° 峰值相符合外, 2θ 值在 $20^\circ \sim 24^\circ$ 和 $35^\circ \sim 40^\circ$ 之间的各峰值与标准地开石衍射峰基本符合,进一步证明该矿物为地开石。

为了与已知的地开石矿物的晶胞参数相对比,该矿物的晶胞参数计算方法如下:在X射线衍射谱线图上,采用六倍的(060)衍射峰值,作为 b_0 晶胞参数,在图5中第2条X射线衍射谱线上查出(060)的衍射峰 2θ 值为 62.3° ,d值为 1.4903Å 。其 $b_0 = 1.4903\text{Å} \times 6 = 8.9418\text{Å}$,从而可以看出与浙江温州地区地开石的晶胞参数 $b_0 = 8.940\text{Å}$ 接近。

4. 电子显微镜研究

(1) 透射电镜:对裂隙中的地开石用悬浮法制样,涂在铜网膜上,放在透射电镜下观察其形态,大部分为它形片状,板状的六边形不太明显,但个别的有长柱状,如照片1。

(2) 扫描电镜:为了直接观察地开石的立体形态和相互关系,取裂隙中地开石的新鲜面,用金喷镀,在扫描电镜下观察。地开石沿C轴堆垛成书册状,个别为柱状,也有像浙江温州地开石那样堆垛成宝塔状或六角柱状的。如照片2。

* 任磊夫,1983,粘土矿物及其研究方法,P.42-53.福建地质局科技情报室出版。

表4 地开石化学分析表*
Table 4. Chemical composition of dickite

	1	2	3	4	5	6	冯营矿
SiO ₂	45.04	46.35	46.43	45.4	46.15	47.4	45.76
Al ₂ O ₃	40.70	39.59	39.54	39.2	39.61	38.0	39.79
Fe ₂ O ₃	痕	0.11	0.15	—	—	—	0.20
MgO	—	—	0.17	0.3	—	—	0.12
CaO	0.20	—	无	痕	—	—	—
TiO ₂	痕	—	无	无	—	0.2	0.01
H ₂ O ⁺	14.08	13.93	14.20	13.4	13.91	13.7	14.02
H ₂ O ⁻	无	—	—	0.4	—	0	0.16
F	—	0.15	—	—	—	—	—
Na ₂ O	—	—	0.03	—	—	—	<0.01
K ₂ O	—	—	0.02	—	—	—	<0.02
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	0.02
MnO	—	—	—	—	—	—	<0.01
O/F	—	0.16	—	—	—	—	—
总 计	100.04	100.13	100.51	100.1	99.66	99.3	100.12

分析者：北京大学地质系地球化学实验室

5. 化学全分析：

对裂隙中纯白色的地开石进行化学全分析，送样之前对样品未作任何处理，原样送北京大学地质系地球化学教研室化验室分析，把分析结果和其它地开石的化学成份列入表内以供对照，如表4。

从表4表明，该矿物主要由Al₂O₃和SiO₂组成，含有一定量的吸收水，其余的含量微不足道。与其它地开石化学成份相比较为接近，从化学成份上进一步证明该矿物为地开石，并且杂质含量很少，像这样比较纯的地开石在煤系地层中是很少见的。

四、关于煤系地层中地开石的成因探讨

地开石几乎全部沿裂隙分布以至充填整个裂隙，在滑动面上分布的地开石量很少。据实验证明高岭石的形成除需具有酸性介质条件外，尚须有一定的温度（300℃）和压力（87个大气压）^[4]。而地开石的形成，可作为热液变质矿物与石英、金属硫化物共生

热液矿脉的裂隙及空洞中^①，也可在沉积岩中形成地开石和高岭石的混层矿物^②，因而具有各自不同的生成环境和成因。

然而，焦作冯营煤矿在煤层顶板和伪顶的裂隙中发现的地开石并非由以上原因形成。焦作煤田位于祁吕山字型构造前弧的右翼，在煤田中高角度的正断层比较发育，由此产生以下几种现象：其一，二₁煤层为高变质的无烟煤，煤层本身大部分为镜煤和亮煤。如断层较少者，煤层硬度大，呈块炭。当断层较多煤层被挤压成粉末状。其二，煤层伪顶炭质泥岩由于受挤压形成各种褶皱，滑动面普遍出现而层理少见，且大部分为光滑的碎片状。其三，在煤层顶板以上石英砂岩的裂隙中出现脉状石英晶体，并伴随有绿

* 任磊夫，1983，粘土矿物及其研究方法。福建地质局科技情报室出版。表中“1.2.3.4.5.6”表示世界上六个地区化学成份的地开石。P38-39。

① 浙江温州地区地开石的成因。

② 陈芸菁（1981），沉积岩中地开石—高岭石混层矿物的发现及成因探讨。全国第一届粘土学术会议论文。

泥石。以上笔者认为在沼泽化成煤过程中, 由于地壳下降, 沼泽向湖泊演化, 从陆源区带来的 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 与 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 胶体溶液在有机质的保护下被搬运到湖泊中凝聚成高岭石凝胶, 然后通过成岩作用失水压固而成为高岭石粘土。在构造变动产生的温度和压力以及 pH 值作用下, 促使高岭石族矿物晶化, 由无序到有序, 一直可以到有序度很高并转化成地开石。

本文曾受到北京大学地质系任磊夫副教授、崔文元副教授的指导和关怀, 在此表示感谢!

参 考 文 献

- 〔1〕 R. E. 格里姆著, 1953, 粘土矿物学 (许冀泉译), 1960, 地质出版社。
- 〔2〕 须藤俊男, 1981, 粘土矿物学 (严寿鹤译), 地质出版社。
- 〔3〕 彭文世, 1982, 矿物红外光谱图集。科学出版社。
- 〔4〕 Calculated X-ray Powder patterns for silicate Minerals; The Geological society of America Inc memoir 122
- 〔5〕 任磊夫, 1980, 中国某些粘土矿物在电子显微镜下的研究。硅酸盐第二卷, 第二期。

The Discovery and a Study of Dickite from the Fengying Mining Area, Jiaozuo Coal Basin

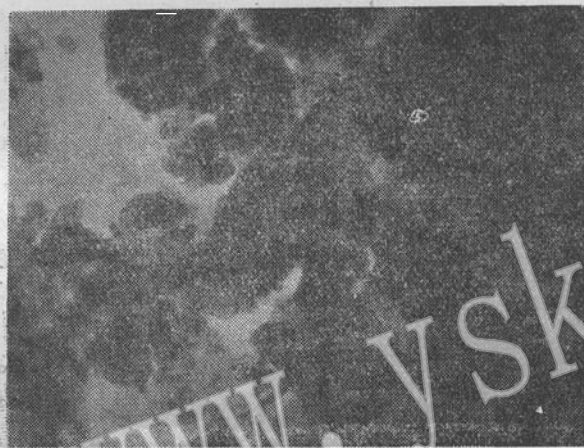
Zhang Shande

Abstract

Dickite is a relatively uncommon clay mineral, belonging to the kaolin group and having dioctahedral structure. It occurs along the cracks and sliding planes at false roof and top of the coal bed (Permian Shanxi Formation) in Fengying mining area, Jiaozuo coal basin, and is 1—10mm (generally 5mm) in thickness.

It is usually white or greyish white in colour, and grows grey when subjected to carbon contamination. The differential thermal analysis indicates that the endothermic valleys appear at temperatures higher than 600°C , that a comparatively intense exothermic peak occurs at 980°C , and that the mineral has considerably high degree of order. Absorption peaks are observed on the infrared spectrum curve from 3700 CM^{-1} to 3600 CM^{-1} with the character of gradual intensification. The six diffraction peaks at 2θ values from 20° to 24° and the double peak at 2θ values from 35° to 40° on the x-diffraction pattern also denote the mineral of dickite. The electron microscope analysis demonstrates that this mineral assumes the shape of accumulated tower, and the chemical analysis shows that its components are mainly SiO_2 and Al_2O_3 with some absorbed water—other constituents are rarely observed. This further confirms that this mineral is undoubtedly dickite with pure chemical components. All these data will contribute to the genetic study of this mineral.

张善德：焦作煤田冯营煤矿地开石的发现及其研究



照片 1 地开石呈它形鳞片状。

透射电镜 $\times 3700$

(分析者：北京大学电镜室)



照片 2 地开石呈宝塔状和叶片状。

扫描电镜 $\times 1200$

(分析者：北京石油规划院电镜室于众)