

文章编号: 1000-6524(2003)02-0150-05

晋城矿区无烟煤层中泥岩夹矸的变化特征及成因探讨

魏孔明

(甘肃煤炭工业学校, 甘肃 白银 730913)

摘要: 通过研究无烟煤层中泥岩夹矸的岩石矿物学特征, 探讨其主要成分高岭石发生转化的主要方向及影响因素。对晋城矿区实地观测, 并采集一定量的标本, 通过显微镜下鉴定、差热分析、X射线粉晶衍射分析、红外吸收光谱分析等研究, 发现无烟煤层泥岩夹矸中高岭石主要向伊利石转化, 并有伊利石-蒙脱石(I/M)混层矿物及蒙脱石出现。煤的变质程度升高, 夹矸矿物转化的主要原因是区域变质作用及周围介质条件的影响。

关键词: 泥岩夹矸; 高岭石; 转化; 伊利石; 晋城矿区

中图分类号: P578.964; P571

文献标识码: A

Characteristics and origin of tonstein intercalations in the anthracite bed of Jincheng mining area

WEI Kong ming

(Gansu Coal Industry School, Baiyin 730913, China)

Abstract: This paper deals with the main transformation directions and the affecting factors of kaolinite as well as the main composition of tonstein by studying the petromineralogical features of tonstein intercalations in the anthracite bed. A series of means, such as microscopic identification, differential thermogram analysis, X-ray powder diffraction analysis, infrared absorption spectrum analysis, were used to study the samples collected from the working field. The research results suggest that kaolinite is transformed toward illite, accompanied by the appearance of I/M and montmorillonite. The heightening of the metamorphic grade of coal and the transformation of its sloom are attributed to the action of regional metamorphism and the influence of the surrounding media conditions.

Key words: tonstein; kaolinite; transformation; illite; Jincheng mining area

煤层中的高岭石泥岩夹矸, 在国内外国已引起人们的广泛重视并加以研究, 它不仅可以作为煤层对比的重要标志, 为恢复古地理面貌、沉积环境分析提供依据, 而且是优质的陶瓷原料及耐火材料。晋城矿区位于山西沁水煤田东南部, 3[#]无烟煤层中广泛分布有1~3层泥岩夹矸, 有时可达5~6层, 其中厚度较大也较稳定的主要有两层。通过对烟煤中的泥岩夹矸研究后认为, 其矿物成分主要为高岭石。笔者初步探讨了晋城矿区3[#]无烟煤层中泥岩夹矸的变化特征, 并对其成因进行分析, 划分出不同的夹矸类型。

1 岩石矿物学特征

1.1 岩石学特征

晋城矿区3[#]无烟煤层中主要有两种夹矸类型: 一种是位

于煤层下部颗粒较粗的结晶粒状泥岩夹矸(图1a、b); 另一种是位于煤层上部颗粒较细的隐晶-微晶质泥岩夹矸(图1c、d)。二者颜色普遍较深(灰黑至黑色), 致密块状, 硬度较大, 多数夹矸煤条带, 前者粗糙有砂感, 参差状断口, 后者光滑似贝壳状断口。据其显微特征, 前者主要为粗晶结构, 后者为细晶、隐晶结构(高岭石伊利石化)。

1.2 化学成分分析

岩样为晋城王台铺矿的3层夹矸及其顶板。由分析结果(表1)可以看出: ①主要组分SiO₂+Al₂O₃+烧失量>88%, 其中J_{W9}和J_{W14}>94%; ②SiO₂/Al₂O₃(除J_{W9}外)均大于2, 说明含有不等量的石英, 而且顶板石英含量远大于夹矸石英含量, 且愈接近煤层, 石英含量愈低; ③J_{W9}的SiO₂/Al₂O₃为1.91, 说明可能含有少量铝土矿, 经X射线衍射验证含有少

收稿日期: 2002-03-18; 修订日期: 2002-05-13

作者简介: 魏孔明(1965-), 男, 硕士, 高级讲师, 从事煤田地质教学与研究。

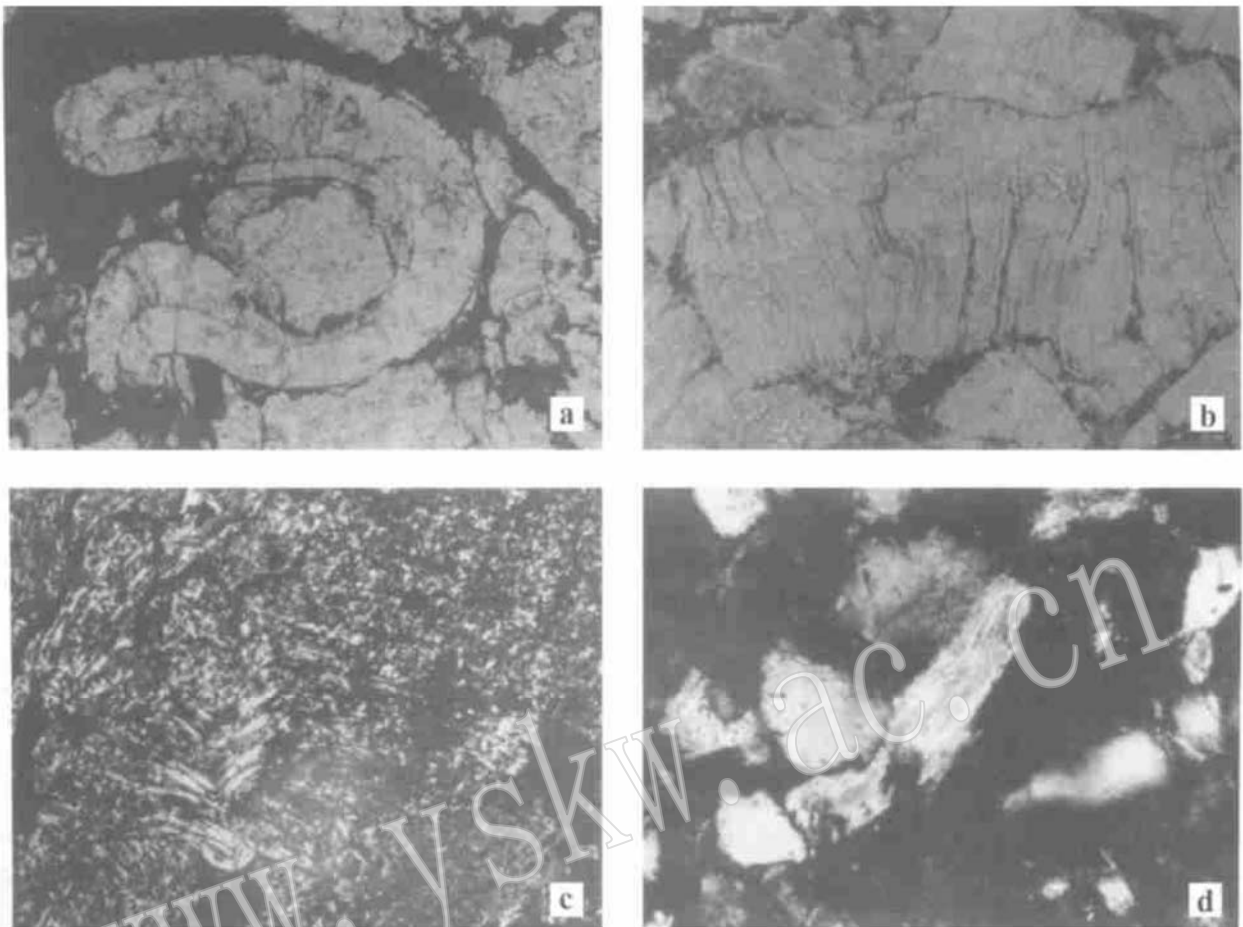


图 1 无烟煤层中泥岩夹矸的镜下照片

Fig. 1 Micrograph of tonstein intercalations in the anthracite bed

- a—蠕虫状高岭石, 单偏光, 10×16×0.32; b—长条状高岭石, 单偏光, 8×16×0.32; c—隐晶-微晶高岭石, 正交, 8×16×0.32;
 d—伊利石化高岭石, 正交, 8×16×0.32
 a—vermiform kaolinite, single polarized, 10×16×0.32; b—strip-shaped kaolinite, single polarized, 10×16×0.32; c—cryptocrystalline microcrystalline kaolinite, cross polarized, 8×16×0.32; d—transformation from kaolinite into illite, cross polarized, 8×16×0.32

量硬水铝石; ④钾、钠含量普遍较高, 说明由于介质条件的改变, 高岭石吸附了一些碱金属, 这有利于高岭石向其他矿物转化; ⑤铁、钛含量较高, 经镜下鉴定及 X 射线衍射分析证明含有少量黄铁矿和金红石等重矿物, 有一部分铁、钛离子可能进入了八面体晶格; ⑥J_{w9} 的烧失量为 38.14, 说明其中碳质和

水含量较多。

1.3 矿物学特征

(1) 高岭石

高岭石在粘土矿物的分类中属 1:1 型结构, 由一个 Si—O 四面体层和一个 Al—O(或 OH) 八面体连接而成。晋城矿区

表 1 化学成分分析
 Table 1 Chemical compositions

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	烧失量	总量	$\frac{x(\text{SiO}_2)}{x(\text{Al}_2\text{O}_3)}$
J _{w直}	52.25	1.01	28.88	0.83	0.73	0.52	2.08	3.18	2.58	7.10	99.16	3.09
J _{w伪}	59.59	1.25	23.17	1.14	0.73	0.56	1.80	2.56	1.64	7.02	99.46	4.37
J _{w5}	44.60	1.57	34.17	0.37	0.84	0.45	2.95	1.05	2.88	10.70	99.58	2.22
J _{w9}	29.62	1.06	26.44	0.79	0.42	0.45	0.21	0.74	2.12	38.14	99.99	1.91
J _{w14}	45.74	0.45	36.10	1.06	0.42	0.48	0.59	1.08	0.96	14.02	100.9	2.15

J_w 指晋城王台铺矿, 直、伪、5、9、14 分别指煤层直接顶、伪顶及夹矸上、中、下层; 分析方法: 化学全分析; 分析者: 西北地质研究所张小丽。

煤夹矸中很纯的高岭石少见,多与伊利石共生(高岭石发生伊利石化)。由西安科技学院地质系王水利采用国产CR-G型高温差热仪对主要矿物进行了差热分析(分析样粒径小于0.1 cm,加双氧水除去有机质;差热量程 ± 100 mV,升温速率 $15^\circ\text{C}/\text{min}$,温度量程 10 mV),结果见图2。差热曲线上 J_{f1} 、 J_{f4} 在 $103\sim 108^\circ\text{C}$ 有一个小吸热谷(脱吸附水), $576\sim 589^\circ\text{C}$ 有一较强的吸热谷(脱OH反应), $991\sim 996^\circ\text{C}$ 有一较强的放热峰(重结晶)。根据Smykatz_kloss(1974)划分高岭石有序度的标准,该区高岭石属有序高岭石(脱OH谷温度 $> 575^\circ\text{C}$)(任磊夫,1982),X射线衍射分析结果表明: J_{f4} 的 $d(001) = 7.170 \text{ \AA}$ $d(002) = 3.574 \text{ \AA}$ 其他衍射峰也很明显(表2)。另外,(001)和(002)之间出现的6个反射峰, $35^\circ\sim 40^\circ$ 之间的两个“山”字型峰都很特征,通过计算结晶度指数为1.07,与刘长岭(1987)研究的我国结晶最好的白水江高岭石相似。红外吸收光谱分析结果表明, J_{f4} 在高频($3\ 700\sim 3\ 000\ \text{cm}^{-1}$)羟基伸缩振动区里有两个较强的吸收($3\ 685\ \text{cm}^{-1}$ 、 $3\ 616\ \text{cm}^{-1}$),在中低频晶格振动区里($1\ 200\sim 250\ \text{cm}^{-1}$),其谱线特征是在 $1\ 200\sim 1\ 000\ \text{cm}^{-1}$ 区间有 $1\ 113\ \text{cm}^{-1}$ 弱吸收和 $1\ 030\ \text{cm}^{-1}$ 、 $1\ 010\ \text{cm}^{-1}$ 两个强吸收。在 $937\ \text{cm}^{-1}$ 、 $796\ \text{cm}^{-1}$ 、 $754\ \text{cm}^{-1}$ 、 $694\ \text{cm}^{-1}$ 、 $273\ \text{cm}^{-1}$ 位置有5个弱吸收,在 $913\ \text{cm}^{-1}$ 、 $536\ \text{cm}^{-1}$ 、 $470\ \text{cm}^{-1}$ 、 $433\ \text{cm}^{-1}$ 、 $349\ \text{cm}^{-1}$ 位置有5个强吸收。高岭石结晶度、有序度在红外吸收光谱图上有所反应,主要表现在:①羟基伸缩吸收带数目的多少和谱带的强弱,②在 $3\ 685$

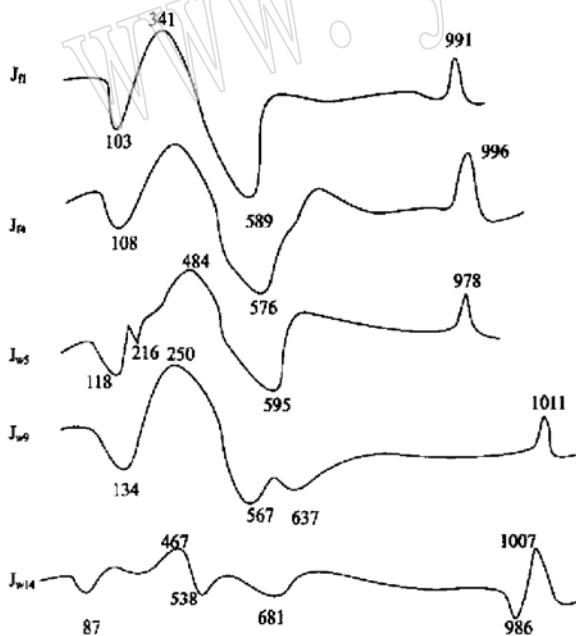


图2 晋城矿区无烟煤层泥岩夹矸的差热曲线

Fig. 2 DTA curves of tonstein intercalation in anthracite bed of mining area, Jincheng

J_{f1} 、 J_{f4} 为凤凰山矿上、下层夹矸

J_{w5} and J_{w14} are upper and lower tonsteins separately

in Fenghuangshan deposit

表2 高岭石的X射线粉晶衍射主要数据

Table 2 Main X-ray powder diffraction data of kaolinite

$d(\text{ \AA})$	I	hkl	$d(\text{ \AA})$	I	hkl
7.170	10	001	2.496	6	113, 200
4.468	6	020	2.382	4	003
4.360	6	$\bar{1}10, 110$	2.338	7	202
4.169	6	$\bar{1}1\bar{1}$	2.293	4	131
3.848	1	021	1.987	5	203
3.741	1	021	1.787	4	004
3.574	10	002	1.663	5	204
2.561	6	130	1.488	6	060

分析方法: X射线粉晶衍射全部采用小于0.1 cm原岩样(粉碎后过筛), Cu K α 轴射, 电压45 kV, 电流80 mA, 计数率4000 cps; 分析者: 西北地质研究所吴军。

cm^{-1} 与 $3\ 616\ \text{cm}^{-1}$ 两个吸收带透过率之差的大小, ③在中频晶格振动区 $1\ 030\ \text{cm}^{-1}$ 和 $1\ 010\ \text{cm}^{-1}$ 一对分裂吸收带分裂的程度(陈扬杰等, 1983)。 J_{f1} 、 J_{f4} 两个样品在羟基伸缩吸收带两个强吸收相差不大, 且 J_{f4} 出现了相反的透过率差(即 $3\ 616\ \text{cm}^{-1}$ 谱带强度 $> 3\ 685\ \text{cm}^{-1}$ 谱带强度), 但中频区的 $1\ 030\ \text{cm}^{-1}$ 和 $1\ 010\ \text{cm}^{-1}$ 谱带的分裂程度较好, 结合X射线分析发现, 高岭石的结晶度、有序度也较好。从测定其光片反射率来看, 高岭石最小反射率0.053, 最大0.091, 平均0.069, 已经伊利石化的高岭石表面粗糙不干净, 反射率偏低。通过分析表明, 晋城矿区无烟煤夹矸中高岭石发生伊利石化, 但其结晶度及有序度较好, 尤其在 J_{f4} 中高岭石和伊利石共生(高岭石向伊利石转化), 而高岭石结晶度却很好(111峰清楚, 结晶度指数1.07)。

(2) 伊利石

伊利石多为高岭石转化而来, 在差热曲线上(图2, J_{w5})表现为除 118°C 有一个小吸热谷外, 216°C 又有一个小吸热谷, 构成伊利石脱去吸附水的吸热复谷。在 567°C 的吸热谷和 637°C 的吸热谷构成伊利石的脱羟基反应(图2, J_{w9})。在高温区由高岭石吸热谷和放热峰构成特征的“S”型(图2, J_{w14})。当然 J_{w14} 中有伊利石-蒙脱石混层矿物的效应。X射线衍射图中, J_{w9} 、 J_{w14} 、 J_{w5} 、 J_{f4} 的 $d(001) = 10.075\sim 10.247 \text{ \AA}$ $d(002) = 5.080\sim 5.107 \text{ \AA}$ 。以 J_{w9} 为例, 伊利石X射线衍射主要数据与《粉晶X射线物相分析》所提供的1Md型伊利石数据对比(表3)可看出, 晋城矿区煤层夹矸中伊利石以1Md型伊利石为主, 个别靠近煤层顶部夹矸(J_{w5})和煤层顶板(J_{w9} 、 J_{w14})中伊利石多属2M型。红外吸收光谱分析结果表明: J_{w9} 在高频区有一强吸收 $3\ 628\ \text{cm}^{-1}$ 和宽缓的吸收 $3\ 420\ \text{cm}^{-1}$, 在中低频区有 $1\ 010\ \text{cm}^{-1}$ 、 $532\ \text{cm}^{-1}$ 、 $475\ \text{cm}^{-1}$ 3个强吸收和 $930\ \text{cm}^{-1}$ 、 $830\ \text{cm}^{-1}$ 、 $802\ \text{cm}^{-1}$ 、 $750\ \text{cm}^{-1}$ 、 $410\ \text{cm}^{-1}$ 、 $350\ \text{cm}^{-1}$ 6个弱吸收。同时, 随着伊利石含量的增高, $470\ \text{cm}^{-1}$ 位置的吸收峰由低于 $536\ \text{cm}^{-1}$ 的峰值变为高于 $536\ \text{cm}^{-1}$ 的峰顶, 这与燕莺(1983)研究太原西山煤田C-P煤系泥岩中伊利石特征相似。通过上述分析, 结合镜下鉴定可以认为: 伊利石是由高

表 3 伊利石 X 射线粉晶衍射主要数据对比
Table 3 Main X-ray powder diffraction data of illite

晋城矿区伊利石			1Md 型伊利石(引自粉晶 X 射线物相分析编写组, 1978)		
$d(\text{Å})$	I	hkl	$d(\text{Å})$	I	hkl
10.075	10	001	10.00	9	001
5.082	6	002	5.00	6	002
4.445	9	020	4.46	9	020
3.660	7	112			
3.085	7	112	2.97	3	
2.823	3		2.80	3	
2.555	9	200	2.55	9	200
341					

分析方法和分析者同表 2。

岭石转化而来的。

(3) 伊利石-蒙脱石混层矿物

伊利石和蒙脱石在结构上同属 2:1 型,由两个 Si—O 四面体层夹一个 O(或 OH)—Al 八面体层组成。在蒙脱石层间存在交换阳离子 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 等和水分子,而伊利石层间主要是 K^{+} ,故在一定条件下,很容易从一种形式的结构单元层过渡到另一种形式的结构单元层,形成伊利石-蒙脱石混层矿物,且进一步可分为规则混层和不规则混层两种。在差热曲线(图 2, J_{w14})上表现为脱羟基谷,其中 538 °C 的吸热谷为伊利石脱羟基引起,681 °C 的吸热谷为蒙脱石脱羟基所致,高温 S 形峰谷为伊利石、蒙脱石共同作用的结果。在 X 射线衍射图中出现蒙脱石(J_{w14})的 $d(001) = 13.890 \text{ Å}$ 及 $d(001) = 27.797 \text{ Å}$ 的伊利石-蒙脱石不规则混层峰。

(4) 蒙脱石

晋城矿区蒙脱石由于含量较少,故在各种曲线上表现不明显,但在电镜下则清楚地见到云雾状集合体。

2 泥岩夹矸的分类

根据晋城矿区 3[#] 无烟煤泥岩夹矸中粘土矿物的岩石矿物学特征,笔者将该区泥岩夹矸分为 4 种类型,即:高岭石泥岩夹矸、高岭石-伊利石泥岩夹矸、伊利石泥岩夹矸、蒙脱石-I/M 混层泥岩夹矸。

3 煤变质程度与夹矸转化的关系

随着埋藏深度的加大,压力和地温增高,层间水的释放及层间阳离子的移出会引起粘土矿物的重结晶及转化(曾允孚等, 1986)。陈扬杰等(1983)对铜川石炭纪贫瘦煤中高岭石泥岩夹矸研究发现,铜川地区 5[#] 贫瘦煤夹矸具有 3 个特征:①质纯,90%~95% 以上为高岭石,仅有少量伊利石;②颗粒大,平均 0.5 mm;③高岭石高度有序、结晶完好(陈扬杰等, 1983)。夏(1985)总结我国北方石炭-二叠纪高岭石粘土

岩时指出,北方石炭-二叠纪高岭石粘土岩主要赋存于晚石炭世太原组和早二叠世山西组的煤层中,它们与煤层的关系密切,多以煤层的底板和夹层形式产出。组成高岭石粘土岩的矿物成分比较简单,以高岭石单矿物粘土岩分布较广。但是,随着成岩作用的发展,高岭石向多型变种转化,即:高岭石→高岭石-地开石→地开石→珍珠石(夏, 1985)。另外,据笔者对河北邯郸矿区二叠纪同一煤层不同变质的烟煤和无烟煤矿区(郭二庄无烟煤矿、王风烟煤矿)泥岩夹矸的矿物学特征研究(另文发表),由于受岩浆活动的热液烘烤促使了煤层变质程度升高(郭二庄无烟煤),既同一煤层(大煤)在相距不远(24.7 km)的距离内,煤的变质程度有明显差异,且其中泥岩夹矸的矿物成分有明显差别,即烟煤矿泥岩夹矸以高岭石为主,而无烟煤矿泥岩夹矸以伊利石为主,经过各种分析手段验证为高岭石向伊利石转化。通过对晋城矿区 3[#] 无烟煤泥岩夹矸的研究后发现,煤的变质程度对其夹矸成分有一定的影响,至少烟煤和无烟煤有着巨大的差别。当然,周围介质条件及地球化学条件同样起着不可忽视的作用,因为煤变质达到一定程度(至少烟煤→无烟煤)必须有一定的介质条件提供所需的 K^{+} 、 Na^{+} 等,在合适的环境中(碱性环境)高岭石才向伊利石转化。

4 泥岩夹矸中高岭石转化的成因探讨

葛银堂(1979)将晋城矿区划为第五变质带,即山西省煤田最高变质带,以无烟煤为主,挥发分 4.29%~7.50%,氢含量 2%~3%,反射率 3.8%~4.3%,含硫量 0.23%~0.46%,发热量很高,灰熔点 > 1500 °C。矿区构造简单,地层平缓,无岩溶活动痕迹,反映了煤质分带与现代构造形态(埋藏深度或岩浆侵入)没有直接的制约关系,从大地构造背景分析后得出系区域变质所致。笔者通过对晋城矿区无烟煤夹矸中镜煤条带之镜质组分的光性观察及反射率测定,发现镜质组分平行消光,最大反射率(4415)出现在垂直层面方向上。从这一点来看,同样可以说明晋城矿区无烟煤系区域变质的产物。众所周知,高岭石是在酸性还原环境中水与长石及其他铝硅酸盐矿物反应而成,随着 pH 值的增大,从酸性介质到碱性介质,高岭石的稳定性减小,如有 K^{+} 存在,即转化成伊利石;如有 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 存在,则转化成蒙脱石或绿泥石(曾允孚等, 1986)。晋城矿区煤的变质程度已经满足,从化学分析(表 1)看出, K_2O 含量普遍较高(0.74%~3.18%),说明当时的介质条件有利于高岭石向伊利石转化; Na_2O 含量较高(0.21%~2.95%),说明当时的介质条件也利于高岭石向蒙脱石转化。伊利石-蒙脱石混层(I/M)为同时满足上述条件的过渡产物。综上所述,高岭石向伊利石转化,其主要影响因素是煤的变质程度和介质条件。

5 结论

通过对晋城矿区 3[#] 无烟煤层中泥岩夹矸的深入研究,可

得出如下结论: ①无烟煤泥岩夹矸中的高岭石已经伊利石化, 并有蒙脱石及 I/M 混层矿物出现; ②泥岩夹矸中高岭石的转化主要与煤的变质程度和介质条件有关。③晋城矿区 3[#] 无烟煤泥岩夹矸应划分出 4 种类型, 即: 高岭石泥岩夹矸; 高岭石- 伊利石泥岩夹矸; 伊利石泥岩夹矸; 蒙脱石- I/M 混层泥岩夹矸; ④从晋城矿区 3[#] 无烟煤泥岩夹矸来看, 愈靠近煤层下部, 高岭石伊利石化愈显著, 并伴有蒙脱石及 I/M 混层出现, 且伊利石多属 1 Md 型; 煤层顶部夹矸及顶板中伊利石多属 2 M 型。⑤煤层顶板石英含量远大于煤层夹矸中石英含量, 且愈接近煤层, 石英含量愈低。

Reference

- Chen Yangjie, Ren Dawei, Li Jin. 1983. Study on the nature and cause of formation of sloam in Pubai Region[J]. Journal of Xi'an Mining Institute, 12: 21~ 24 (in Chinese).
- Ge Yintang. 1979. Recognition on the law of Shanxi coal's metamorphism[J]. Shanxi Coal Field Geology Exploration, 6: 52~ 55 (in Chinese).
- Liu Changling. 1982. The whitening function of hard clay and systematization of kaolin[J]. Journal of Silicate, 10 (2): 56~ 60 (in Chinese).
- Ren Leifu. 1982. Clay Mineral and its Studying Methods (Nonmetal special Issue 2) [M]. Fujian Geology Bureau Scientific and Technological Information House, 17~ 19 (in Chinese).
- Xia Cheng. 1985. Features of petromineralogy of C₂-P kaolin clay rocks in the North of China[J]. Journal of Petrology, 1(4): 70~ 77 (in Chinese with English abstract).
- X-ray Powder Object Facies Analysis Group. 1978. Analysis on the Object Facies of X-ray Powder[M]. Beijing: Science Press, 282~ 283 (in Chinese).
- Yan Ying. 1983. Study on the characteristics of mudstone of Shanxi Formation and Taiyuan Formation and its deposit surroundings in Qiligou section, Taiyuan Xishan coal field[D]. Xi'an: Xi'an Meitan Academy of Sciences Geology Exploration Branch (in Chinese).
- Zeng Yunfu, Xia Wenjie. 1986. Deposit Petrology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 96~ 99 (in Chinese).

附中文参考文献

- 陈扬杰, 任大伟, 李晋. 1983. 蒲白地区煤矸石的性质及成因问题的探讨[J]. 西安矿业学院学报, 12: 21~ 24.
- 葛银堂. 1979. 山西煤变质规律的认识[J]. 山西煤田地质勘探, 6: 52~ 55.
- 刘长龄. 1987. 硬质粘土的变白作用与高岭石的有序化[J]. 硅酸盐学报, 10 (2): 56~ 60.
- 任磊夫. 1982. 粘土矿物及其研究方法 (非金属专辑之二) [M]. 福建省地质局科技情报室, 17~ 19.
- 夏成. 1985. 中国北方石炭二叠纪高岭石粘土岩的岩石矿物学特征[J]. 岩石学报, 1 (4): 71~ 77.
- 粉晶 X 射线物相分析编写组. 1978. 粉晶 X 射线物相分析[M]. 北京: 科学出版社, 282~ 283.
- 燕莺. 1983. 太原西山煤田七里沟剖面太原组山西组泥质岩的特征及其沉积环境的研究[D]. 西安: 煤炭科学院西安地质勘探分院.
- 曾允孚, 夏文杰. 1986. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 96~ 99.