

黑龙江鹤岗地区侏罗纪含煤地层中 似累托石的矿物特征及成因

郑启明^{1,2}, 黄波¹, 伍泽广^{2,3}

(1. 河南工程学院 资源与环境学院, 河南 郑州 451191; 2. 中国矿业大学(北京) 地球科学与测绘工程学院, 北京 100083;
3. 湖南科技大学 化学化工学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要:运用 X 射线衍射分析、傅里叶红外光谱分析以及热重-热流分析等手段,对黑龙江鹤岗地区侏罗系上统石头河子组的含煤地层粘土岩夹矸中的似累托石进行了矿物学的研究. 结果表明:研究区 18# 煤夹矸中含有 70%~97% 的似累托石, $d_{(001)} = 2.659 \sim 2.696$ nm, 其他各基面衍射峰与 $d_{(001)}$ 基本呈整数倍关系, 与累托石不同的是其各基面衍射峰半高宽相差较大, $d_{(060)}$ 较累托石宽缓. 似累托石与累托石和普通不规则伊蒙间层矿物之间的矿物特征差异表明似累托石并不是累托石而是介于累托石与不规则伊/蒙间层之间的过渡矿物. 研究区似累托石的 50~200 °C 低温吸热复谷表明其中的蒙脱石晶层为 Ca-蒙脱石, 870 cm^{-1} 附近的 Fe-OH 弯曲振动吸收带和 474 cm^{-1} 附近的 Si-O-Fe 振动吸收带以及 529 °C 左右脱羟基吸热谷均表明似累托石晶层中的一部分八面体 Al 和 Mg 被 Fe 所替代. 研究区似累托石属于成岩作用成因, 形成温度在 120~140 °C.

关键词:鹤岗; 粘土岩夹矸; 似累托石; 成因

中图分类号: P571

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2014)01-0012-07

Mineralogy and origin of the rectorites – like in the Jurassic coal – bearing strata in Hegang District of Heilongjiang Province

ZHENG Qi – ming^{1,2}, HUANG Bo¹, WU Ze – guang^{2,3}

(1. Department of Resources and Environment Engineering, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 451191, China;

2. School of Geological Science and Survey Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China;

3. School of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: The mineralogical characteristics of the rectorites – like occurred in coal parting of Shitouhezi Formation of upper Jurassic in Heilongjiang Province, were studied by XRD, IR and TGA – DSC analysis. The results indicated that the rectorites – like proportion in the partings of NO. 18 Coal in the research area is ranged from 70% to 97%, and $d_{(001)}$ is between 2.659 nm and 2.696 nm, which is the multiples of other basal diffraction spacings, but the FWHM of all the basal diffraction spacings have large difference and $d_{(060)}$ was much wider, which is different from that of rectorites. The significant mineralogical difference between rectorite – like and rectorite and irregular smectite illite interlayer indicated that the former is the transitional mineral between the two later. The lower temperature endothermal multi – peak of the rectorites – like between 50 °C and 200 °C indicated that the rectorite – like layers are rich in Ca. Fe – OH bending vibration absorption band at 870 cm^{-1} , Si – O – Fe vibration absorption band at 474 cm^{-1} and the dehydroxylation endothermal peak of rectorite – like layers at 529 °C indicated that some octahedral Al and Mg are substituted by Fe. The rectorites – like in research area were resulted from diagenesis, the forming temperature of which was between 120 °C and 140 °C.

Key words: Hegang; claystone parting; rectorite - like; origin

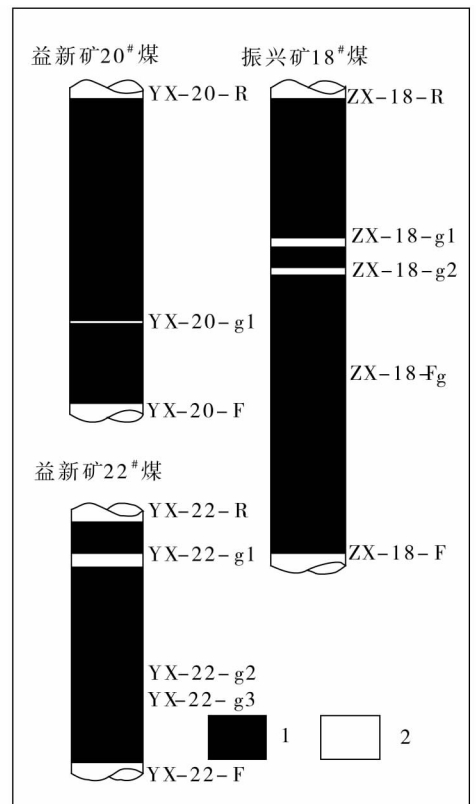
伊/蒙间层矿物是由蒙脱石和伊利石晶层沿 c 轴以一定方式堆积而成,且可以按其堆积方式分为 2 种类型:当蒙脱石和伊利石晶层严格按照 1:1 的规律堆积时形成规则伊/蒙间层矿物—累托石;以随机的方式进行堆积时则形成不规则伊/蒙间层矿物^[1-3],通常所说的伊/蒙间层主要指不规则伊/蒙间层矿物. Rector. E. W 于 1891 年首次发现累托石 (Rectorite), Pevear 和 Williams^[4], Amijaya 和 Littke^[5], Susilawati 和 Ward^[6], Hong 等^[7-9], Huang 等^[10], 赵杏媛和张宝收^[11] 等国内外学者均对不同地层中(如含煤和含油气地层)中的累托石的矿物学特征、微观形态特征以及成因进行了研究和探讨,其中赵杏媛和张宝收在研究塔里木盆地中的累托石矿物学特征后指出这种累托石中的蒙脱石和伊利石晶层并不是严格按照 1:1 规律堆积而成,而是介于累托石和不规则伊蒙间层之间的过渡矿物,称之为“似累托石”. 在国内仅赵杏媛和张宝收^[11] 对含油气盆地中的似累托石矿物学特征及成因进行了研究和探讨,而对含煤地层中的似累托石却鲜有报道. 本文以黑龙江侏罗系含煤地层粘土岩夹矸中的似累托石为对象,对其矿物学特征进行了研究并与采自山西晋城地区的典型累托石进行了对比,探讨了似累托石的成因.

1 研究区地质概况

鹤岗煤田含煤地层为远海内陆山间盆地沉积,其岩性由各种沉积岩组成,主要含煤地层为侏罗系上统的石头河子组,下部由底砾岩开始到上部的厚层南岭砾岩为止,由灰色粗、中、细、粉砂岩及凝灰岩、泥质岩组成,含有 36 层可采层和局部可采层,厚度南北不一,由 818 ~ 1 288 m 不等. 本文以鹤岗地区的侏罗系上统石头河子组中的 18[#]、20[#] 和 22[#] 煤层中的夹矸为研究对象,对该地区的振兴矿和益新矿进行采样(图 1). 其中,振兴矿 18[#] 煤层厚约 13.3 m,含有 2 层稳定粘土岩夹矸,厚度分别为 10 cm 和 20 cm;益新矿 20[#] 煤层厚约 8 m,含有 1 层稳定粘土岩夹矸,厚度为 20 cm,22[#] 煤层厚度约 7 m,含有 3 层稳定粘土岩夹矸,厚度分别为 50 cm, 10 cm 和 15 cm. 研究区煤种均以 1/3 焦煤为主.

2 样品采集及制备制备

采集振兴矿和益新矿回采工作面或掘进工作面中主采煤层的新鲜夹矸样品. 采样采用刻槽法,即沿垂直煤层厚度方向刻槽采样,收集从中凿下的全部矿石或碎块作为样品,每一夹矸采集约 2 kg,



1—煤;2—泥岩
图 1 研究区样品采样示意图

实验室内将样品磨至约小于 0.1 mm,并将样品粉末分为 2 部分,一部分供全岩 X 射线衍射分析使用,另一部分利用自然沉降法将粒径 $< 2 \mu\text{m}$ 的粘土矿物分离出来,研细后供粘土 X 射线衍射分析、傅里叶红外光谱分析以及热重-热流分析使用.

3 测试方法

3.1 X 射线衍射分析

采用日本 Rigaku 公司生产的 D/max 2500PC 粉末 XRD 衍射仪,对夹矸样品中的矿物进行定性分析和定量测试,其中定量分析主要采用 Stokke 和 Carson^[12] 以及赵星媛和张有瑜^[1] 提出的绝热方程定量计算方法,依据的标准为《沉积岩中粘土矿物和常见非粘土矿物 X 衍射分析方法》(标准编号:SY/T 5163-2010)^[13].

1) 全岩粉末定量分析:可测试出石英,长石、菱铁矿和白云石等非粘土矿物质量分数以及总粘土矿物占全岩样品的质量分数.

全岩分析测试条件:Cu 靶, $K\alpha$ 射线,步长 0.02° ,功率 40 kV, 150 mA,连续扫描,扫描速度为 $4^\circ/\text{min}$,扫描范围为 $2\theta = 5^\circ \sim 45^\circ$.

2) 粘土定量分析,可测试出高岭石、伊/蒙间层矿物等不同粘土矿物占总粘土矿物的质量分数,粘土矿物定量测试要制备自然定向片(N片),乙二醇饱和片(EG片),加热片(T片),通过对不同的样片上的不同的衍射峰面积积分,利用绝热方程计算出不同粘土矿物的质量分数。

粘土分析测试条件: Cu 靶, $K\alpha$ 射线, 步长 0.02° , 功率 40 kV, 150 mA, 连续扫描, 扫描速度为 $2^\circ/\text{min}$, 扫描范围为 T 片和 N 片 $2\theta = 2.5^\circ \sim 15^\circ$, EG 片 $2\theta = 2.5^\circ \sim 35^\circ$ 。

3.2 傅里叶红外光谱分析

采用美国 ThermoFisher 公司生产的 Nicolet 6700 傅里叶变换红外光谱仪,对样品进行定性分析及官能团的鉴定. 测试条件:扫描次数为 32 次,分辨率为 4 cm^{-1} ,波数范围为 $4000 \sim 400\text{ cm}^{-1}$,光栏大小为 100,动静移动速度为 0.6329 m/s ,KBr 压片。

3.3 热重-热流分析

采用瑞士 Mettler Toledo 公司生产的 TGA/DSC 1/1600 HT 至尊型热分析仪,对样品在受热过程中的质量变化和热效应进行精确测试. 测试条件:温度范围 $50 \sim 800^\circ\text{C}$,升温速度为 $10^\circ\text{C}/\text{min}$,氮气环境。

4 测试结果与分析讨论

4.1 X 射线衍射分析

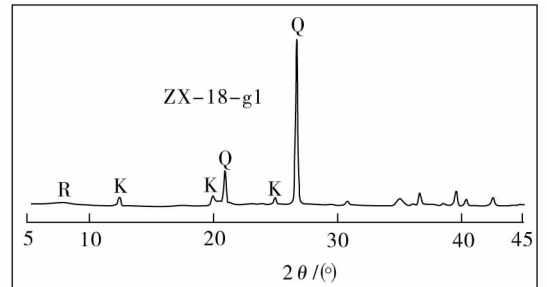
1) 全岩矿物组成

研究区样品全岩分析结果表明(表 1 和图 2): 振兴矿 18# 煤顶底板及夹矸矿物组成以石英和粘土矿物为主,石英质量分数在 $36.7\% \sim 56.2\%$,粘土矿物质量分数在 $20\% \sim 54.3\%$,振兴矿 18# 煤顶

板样品中含有 30.6% 的长石,其它少量矿物为白云石和菱铁矿,质量分数均低于 5% ; 益新矿 20# 和 22# 煤顶底板及夹矸矿物组成以石英、长石和粘土矿物为主,与振兴矿 18# 煤相比,石英质量分数相对较低,除 22# 煤顶板为 54.6% 外,其余均低于 40% ,粘土矿物质量分数相对较高,除 22# 煤顶板为 24.8% 外,其余均在 $47.8\% \sim 74.9\%$,部分样品含有一定量的长石,质量分数在 $0.9\% \sim 19.2\%$,其它少量矿物为白云石和菱铁矿,质量分数大多低于 5% 。

2) 粘土矿物组成

研究区样品粘土分析结果表明(表 2): 振兴矿 18# 煤夹矸及断层泥粘土矿物组成以似累托石和高岭石为主,似累托石质量分数大于 70% ,间层比为 30% ,顶底板粘土矿物组成以伊/蒙间层矿物和伊利石为主,伊/蒙间层矿物质量分数高于 80% ,间层比在 $12\% \sim 23\%$,伊利石质量分数低于 10% ,其他少量粘土矿物为高岭石. 益新矿 20# 和 22# 煤顶底板及夹矸粘土矿物组成以伊/蒙间层矿物、高岭石和伊利石为主,伊/蒙间层矿物质量分数在 $38\% \sim 100\%$,多数大于 80% ,间层比在 $5\% \sim 30\%$,高岭石质量分数低于 61% ,多数低于 15% ,伊利石质量分数较低,均低于 10% 。



R—似累托石; Q—石英; K—高岭石

图 2 研究区样品非定向 X 射线衍射图谱

表 1 研究区样品全岩矿物组成及质量分数

样品编号	采样地点	矿物质量分数/%				
		石英	长石	白云石	菱铁矿	粘土矿物
ZX-18-R	振兴矿 18# 煤顶板	49.6	30.6	-	-	20.0
ZX-18-g1	振兴矿 18# 煤中部	45.5	-	3.2	-	51.3
ZX-18-g2	振兴矿 18# 煤中部	56.2	-	-	-	43.8
ZX-18-Fg	振兴矿 18# 煤断层泥	52.4	-	-	-	47.6
ZX-18-F	振兴矿 18# 煤底板	36.7	7.6	-	1.4	54.3
YX-20-R	益新矿 20# 煤顶板	33.9	-	1.7	1.6	62.8
YX-20-g1	益新矿 20# 煤下部	29.8	-	16.4	3.7	50.1
YX-20-F	益新矿 20# 煤底板	30.7	14.0	-	3.5	51.8
YX-22-R	益新矿 22# 煤顶板	54.6	19.2	-	1.4	24.8
YX-22-g1	益新矿 22# 煤上部	36.1	0.9	-	0.7	62.3
YX-22-g2	益新矿 22# 煤中部	12.6	-	0.6	11.9	74.9
YX-22-g3	益新矿 22# 煤中部	24.3	3.5	-	2.5	69.7
YX-22-F	益新矿 22# 煤底板	37.2	14.6	-	1.0	47.2

表 2 研究区样品粘土矿物组成及相对质量分数

样品编号	采样地点	粘土矿物相对质量分数/%				间层比/%
		似累托石	伊/蒙间层矿物	伊利石	高岭石	
ZX-18-R	振兴矿 18 [#] 煤顶板	-	93	7	-	12
ZX-18-g1	振兴矿 18 [#] 煤中部	70	-	1	29	30
ZX-18-g2	振兴矿 18 [#] 煤中部	86	-	-	14	30
ZX-18-Fg	振兴矿 18 [#] 煤断层泥	97	-	-	3	30
ZX-18-F	振兴矿 18 [#] 煤底板	-	81	10	1	14
YX-20-R	益新矿 20 [#] 煤顶板	-	91	-	9	25
YX-20-g1	益新矿 20 [#] 煤下部	-	88	-	12	26
YX-20-F	益新矿 20 [#] 煤底板	-	93	6	1	5
YX-22-R	益新矿 22 [#] 煤顶板	-	88	4	5	10
YX-22-g1	益新矿 22 [#] 煤上部	-	66	4	30	14
YX-22-g2	益新矿 22 [#] 煤中部	-	38	1	61	28
YX-22-g3	益新矿 22 [#] 煤中部	-	88	4	8	5
YX-22-F	益新矿 22 [#] 煤底板	-	100	-	-	5

3) 研究区似累托石的 X 射线衍射特征

研究区似累托石乙二醇饱和定向片 XRD 特征为(如图 3 和表 3):1)似累托石间层比约为 30%,比典型累托石(采自山西晋城地区)偏小($S = 50%$),而与普通不规则伊蒙间层矿物($S = 30%$)具有明显不同的 X 射线衍射特征;2)似累托石 $d_{(001)} = 2.659 \sim 2.696$ nm,稍小于累托石的 $d_{(001)} = 2.742$ nm,而伊蒙间层矿物该衍射峰不明显;3)似累托石其它基面衍射峰 d 值与 $d_{(001)}$ 大致呈整数倍关系, $d_{(002)} = 1.292 \sim 1.325$ nm, $d_{(003)} = 0.907 \sim 0.951$ nm,这一特征与累托石相似,而伊蒙间层矿物 002,003 等基面衍射峰不明显;4)似累托石基面衍射峰 001,002 和 003 等半高宽 FWHM 相差较大,有 $FWHM_{(001)} < FWHM_{(002)} < FWHM_{(003)}$ 的趋势,而累托石各基面衍射峰半高宽近于相等;5)似累托石非定向 XRD 图谱上 $d_{(060)} = 0.1493$ nm(图 4),明显比累托石 060 衍射峰($d_{(060)} = 0.1503$ nm)宽缓,这也是区分累托石和似累托石的一个重要特征.由此可见,研究区似累托石与典型累托石的 XRD 特征差异均表明其中的伊利石和蒙脱石晶层并不是严格按照 1:1 规则交替排列,而是介于不规则伊/蒙间层矿物和典型累托石之间的形态,与赵杏媛和张宝收^[11]在塔里木盆地发现的似累托石相似.

表 3 研究区似累托石基面衍射峰半高宽

样品编号	基面衍射峰 FWHM		
	(001)	(002)	(003)
ZX-18-g1	0.616	0.874	1.052
ZX-18-g2	0.507	0.627	0.891
ZX-18-Fg	0.773	1.205	0.898
典型累托石	0.382	0.397	0.336

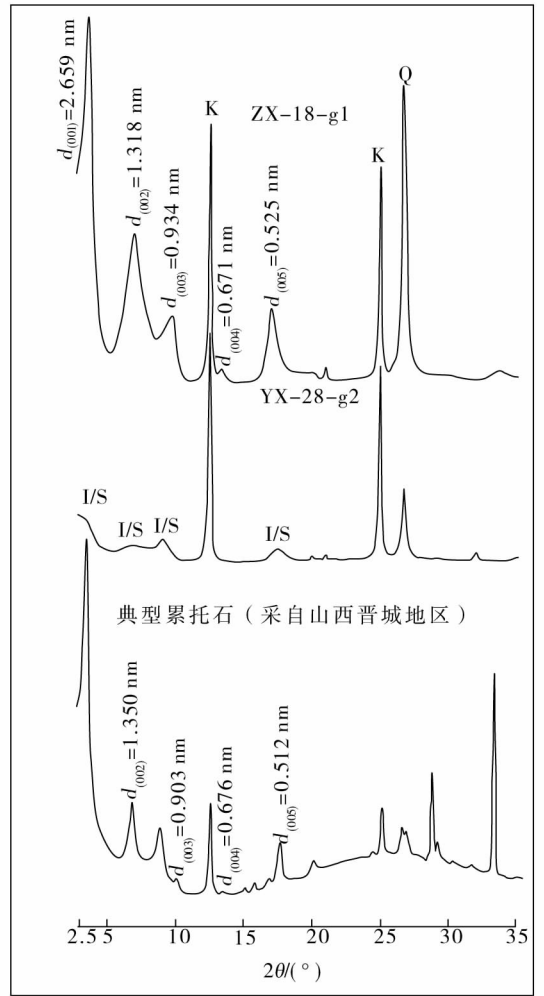


图 3 研究区似累托石 EG 饱和定向片 X 射线衍射图谱

4.2 红外光谱分析结果

研究区似累托石红外光谱分析结果表明(表 4 和图 5):似累托石的红外吸收峰主要包括 OH 伸缩振动峰、OH 弯曲振动峰、Si—O 伸缩振动峰以及 Si—O—Al 和 Si—O—Fe 等振动峰.3 个 OH 伸缩

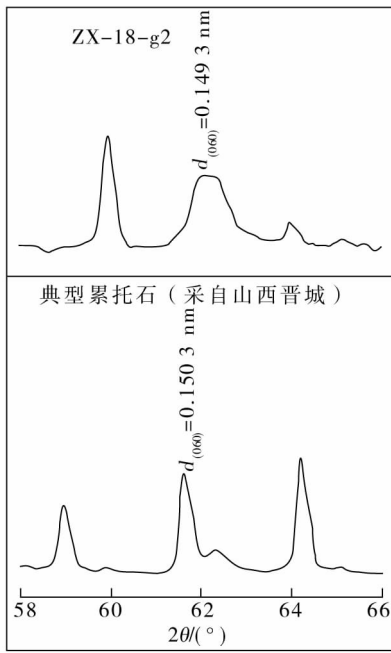


图4 似累托石与典型累托石非定向XRD图谱对比

振动波数范围分别在 $3\ 621.69 \sim 3\ 626.03\ \text{cm}^{-1}$, $3\ 647.23 \sim 3\ 648.72\ \text{cm}^{-1}$ 和 $3\ 691.14 \sim 3\ 692.85\ \text{cm}^{-1}$. 赵杏媛和张有瑜指出^[1], $3\ 620\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收带是由粘土矿物内表面OH伸缩振动引起,而 $3\ 696\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收带是由外表面OH伸缩振动引起. 研究区煤层夹矸样品除含大量似累托石外,还含有一定量的高岭石,前者属于2:1层型粘

土矿物,只含有内表面OH,后者属于1:1层型粘土矿物,既含有内表面OH也含有外表面OH,由于煤层夹矸中高岭石含量较低,以似累托石为主,因此,外表面OH伸缩振动引起的 $3\ 696\ \text{cm}^{-1}$ 吸收带相对较弱,甚至缺失(如样品ZX-18-Fg无该吸收带),而内表面OH伸缩振动引起的 $3\ 620\ \text{cm}^{-1}$ 吸收带相对较强. 似累托石3个OH弯曲振动波数范围分别在 $915.47 \sim 918.02\ \text{cm}^{-1}$, $938.19 \sim 939.18\ \text{cm}^{-1}$, $868.91 \sim 873.54\ \text{cm}^{-1}$. 其中, $938\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收带由粘土矿物外表面OH弯曲振动引起, $916\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收带由粘土矿物内表面OH弯曲振动引起,而当粘土矿物八面体中的Mg或者Al被Fe替代时,该OH弯曲振动峰(Fe—OH)减小到 $870\ \text{cm}^{-1}$ 附近^[1]. 由于煤层夹矸粘土矿物以似累托石为主,导致内表面OH弯曲振动带较强而外表面OH弯曲振动带较弱,而Fe—OH弯曲振动带较强,说明似累托石中晶格中相当数量的八面体Al和Mg被Fe所替代. 除此之外,似累托石中的 $826\ \text{cm}^{-1}$ 和 $755\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收带($825.79 \sim 827.23\ \text{cm}^{-1}$ 和 $755.79 \sim 757.97\ \text{cm}^{-1}$)主要由伊利石晶层弯曲振动引起, $1\ 031.85 \sim 1\ 034.45\ \text{cm}^{-1}$, $778.53 \sim 779.11\ \text{cm}^{-1}$ 和 $474.13 \sim 474.50\ \text{cm}^{-1}$ 分别是由Si—O, Si—O—Al和Si—O—Fe振动吸收引起的. 其中, Si—O—Fe振动吸收带较强,也说明一定数量的Fe替代类Mg和Al进入似累托石八面体中.

表4 研究区似累托石红外特征数据对比

样品编号	研究区样品红外吸收峰种类及吸收带/ cm^{-1}										
	OH伸缩振动峰			OH弯曲振动峰				Al—O—Si	Al—O—Fe	Si—O	
ZX-18-g1	3 621.69	3 648.72	3 692.85	939.18	916.04	873.54	827.23	757.90	779.11	474.41	1 033.59
ZX-18-g2	3 623.65	3 647.23	3 691.14	938.19	915.47	868.91	826.63	757.97	779.11	474.50	1 034.45
ZX-18-Fg	3 626.03	-	-	-	918.02	873.22	825.79	755.79	778.53	474.13	1 031.85

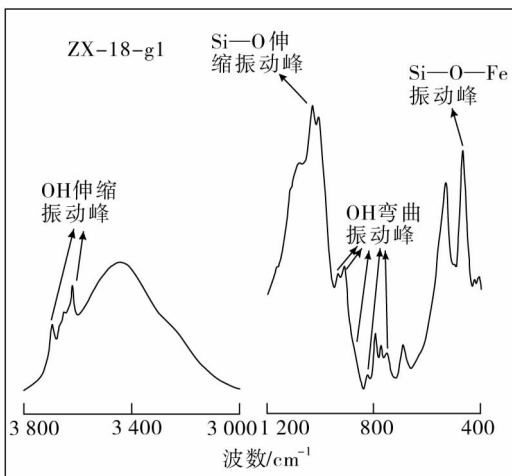


图5 研究区似累托石红外光谱

4.3 热重-热流分析结果

研究区似累托石(ZX-18-g1)热重曲线分析结果表明(图6):样品在加热过程中在 $50 \sim 198\ ^\circ\text{C}$ 和 $278 \sim 732\ ^\circ\text{C}$ 各出现一个质量损失台阶,损失的质量分别占总质量的1.067%和6.649%,前者为似累托石排出自由水和层间水所引起,后者为似累托石脱羟基引起. 热流曲线分析表明(图7):在 $50 \sim 200\ ^\circ\text{C}$,样品出现一个由2个吸热谷组成的吸热复谷,最低点温度分别为 $103\ ^\circ\text{C}$ 和 $170\ ^\circ\text{C}$. 梁邵暹等^[14]、赵杏媛和张宝收^[11]、赵杏媛和张有瑜^[1]指出,Ca-蒙脱石层间域中的12次配位的 Ca^{2+} 具有2个水分子层,二者分别脱出,导致Ca-蒙脱石低温吸热谷是由2个或者3个吸热谷组成的复谷,而

Na-蒙脱石层间域中的12次配位的 Na^+ 只具有一个水分子层,脱出形单一吸热谷,由此可见研究区似累托石中的蒙脱石晶层以Ca-蒙脱石为主;在 $400\sim 700\text{ }^\circ\text{C}$,样品出现一个深而尖锐的吸热谷,最低点温度为 $529\text{ }^\circ\text{C}$,为似累托石中的伊利石和蒙脱石晶层脱羟基所致.赵杏媛和张宝收^[11]在研究塔里木盆地似累托石后,指出似累托石在中温区有2个吸热谷,温度为 $570\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $710\text{ }^\circ\text{C}$,分别是伊利石和蒙脱石晶层脱羟基所致,而研究区似累托石仅在 $529\text{ }^\circ\text{C}$ 出现一个深而尖锐的吸热谷,说明伊利石和蒙脱石晶层吸热谷发生重叠.赵杏媛和张有瑜^[1]在研究粘土矿物的热效应后,指出八面体片中的类质同像替代明显影响DTA曲线的形态,Al-OH单键要比Fe-OH强,Mg-OH要比Al-OH强,因此Fe能降低蒙脱石脱羟基温度,Mg能提高蒙脱石脱羟基温度,前者为 $500\sim 600\text{ }^\circ\text{C}$,后者为 $800\sim 900\text{ }^\circ\text{C}$,研究区似累托石中的蒙脱石晶层脱羟基温度与伊利石晶层发生重叠且温度偏低,在 $529\text{ }^\circ\text{C}$ 左右,有可能是似累托石中的相当数量的八面体Al和Mg被Fe替代所致.

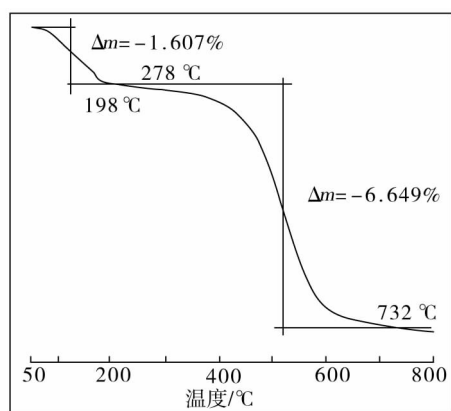


图6 研究区似累托石(ZX-18-g1)热重曲线

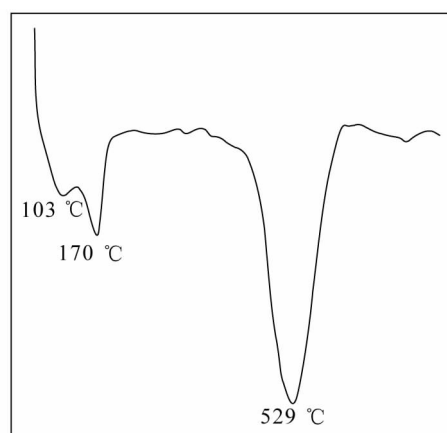


图7 研究区似累托石(ZX-18-g1)热流曲线

5 似累托石成因

黄学等^[15]在研究海拉尔盆地的累托石后,认为累托石形成于富 Al^{3+} , Na^+ , Fe^{2+} , Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 的碱性环境中. Hong等^[7-9]在研究湖北钟祥累托石的形态特征后指出多阶段的溶解-重结晶为湖北钟祥累托石的形成机制. Amijaya和Littke^[5]在研究印度尼西亚Tanjung Enim地区含煤地层的煤化作用后,指出累托石产出于煤化程度较高的半无烟煤-无烟煤地层中,而煤化程度较低的地层中的粘土矿物则以高岭石为主. Susilawati和Ward^[6]在研究Bukit Asam地区含煤地层中的累托石后,认为岩浆岩侵入体引起的热液蚀变作用使高岭石转化为累托石,如果成岩流体中富 Na^+ ,则高岭石转变为 Na^+ 累托石,如果富 K^+ ,则使高岭石转变为 K^+ 累托石. 梁邵暹等^[14]在研究山西王平村矿含煤地层中的累托石后,认为累托石分布于超无烟煤的高压异常区,出现的位置并不介于无序伊蒙间层和有序伊/蒙间层矿物之间,其形成不仅受温度,也在一定程度上受地层压力的影响. 江涛和刘源骏^[15]提出累托石成因类型主要包括沉积-成岩作用成因和热液作用成因2种类型,其中,黄学等^[16], Hong等^[7-9], Susilawati和Ward^[6]所研究的累托石属于热液成因,而Amijaya和Littke^[5], 梁邵暹等^[14]所研究的累托石属沉积-成岩作用成因. 虽然累托石和似累托石在矿物学特征上具有一定的差别,但对似累托石成因的研究可借鉴累托石的成因. 赵杏媛和张宝收^[11]在研究塔里木盆地的含油气地层中的似累托石后,指出塔里木盆地的似累托石是在沉积-成岩过程中由钙蒙脱石加积转化而来,同时她也指出如果似累托石赋存的地层中存在蒙脱石或无序伊/蒙间层矿物向似累托石过渡的矿物,该似累托石则为成岩作用成因. 研究区似累托石矿物学特征与塔里木盆地似累托石相似,所在地层中虽然未发现蒙脱石或无序伊/蒙间层矿物向似累托石过渡的矿物,但在其下伏地层(20#煤和22#煤)中却发现间层比在25%左右的有序伊/蒙间层矿物,这可能是在成岩作用过程中似累托石逐渐向有序伊/蒙间层矿物转化的结果,同时这也说明研究区似累托石属沉积-成岩作用成因. Pevear和Williams^[4]认为累托石形成温度为 $145\sim 160\text{ }^\circ\text{C}$, Eslinger和Savin^[17]认为累托石形成温度为 $220\sim 270\text{ }^\circ\text{C}$, Steiner^[18]则认为累托石形成温度在 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 左右,赵杏媛和张宝收指出^[11]似累托石形成温度在 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 左右或更高一些. 由此可见,似累托石的形成温度要比累托石低得多,研究区煤种以1/3焦

煤-焦煤为主,变质程度中高, $R_{\max}^o = 0.97\%$, 笔者对比研究区煤镜质组反射率后^[19-20], 认为该区似累托石形成温度可能与塔里木盆地似累托石相接近, 在 120 ~ 140 °C.

6 结论

1) 黑龙江鹤岗地区 18# 煤夹矸中含有一定量的似累托石, 质量分数在 70% ~ 97%.

2) 研究区似累托石间层比 S% 约为 30%, 其 X 射线衍射峰 $d_{(001)}$ 在 2.659 ~ 2.696 nm, 与 $d_{(002)}$, $d_{(003)}$ 等其他基面衍射峰基本呈整数倍关系, 但各基面衍射峰半高宽相差较大, 似累托石与典型累托石和普通不规则伊蒙间层的矿物学特征差异表明似累托石并不是累托石, 而是介于累托石与不规则伊蒙间层之间的过渡矿物.

3) 研究区似累托石的 50 ~ 200 °C 低温吸热复谷表明其中的蒙脱石晶层为 Ca-蒙脱石, 870 cm^{-1} 附近的 Fe-OH 弯曲振动吸收带和 474 cm^{-1} 附近的 Si-O-Fe 振动吸收带以及温度较低的 (529 °C 左右) 脱羟基吸热谷均表明一部分八面体 Al 和 Mg 被 Fe 所替代.

4) 研究区似累托石属于成岩作用成因, 形成温度在 120 ~ 140 °C.

参考文献:

- [1] 赵杏媛, 张有瑜. 粘土矿物与粘土矿物分析[M]. 北京: 海洋出版社, 1990.
- [2] 赵杏媛, 杨威, 罗俊成, 等. 塔里木盆地粘土矿物[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001.
- [3] 赵杏媛, 王行信, 张有瑜, 等. 中国含油气盆地粘土矿物[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995.
- [4] Pevear D R, Williams V E, Mustoe G E. Kaolinite, smectite and K-rectorite in bentonite: relation to coal rank at Tulameen, British Columbia [J]. Clays and Clay Minerals, 1980, 28(4): 241-245.
- [5] Amijaya H, Littke R. Properties of thermally metamorphosed coal from tanjung enim area, south sumatra basin, indonesia with special reference to the coalification path of macerals[J]. International Journal of Coal Geology, 2006(66): 271-295.
- [6] Susilawati R, Ward C R. Metamorphism of mineral matter in coal from the bukit asam deposit, south sumatra, indonesia [J]. International Journal of Coal Geology. 2006(68): 171-195.
- [7] Hong H L, Zhang X L, Wan M, et al. Morphological characteristics of (K, Na)-rectorite from zhongxiang rectorite deposit, Hubei, Central China [J]. Journal of China University of Geosciences, 2008, 19(1): 38-46.
- [8] Hong H L, Mi J X. Characteristics of halloysite associated with rectorite from Hubei, China [J]. Mineralogical Magazine, 2006, 70(3): 257-264.
- [9] 洪汉烈, 铁丽云, 边秋娟, 等. 湖北钟祥累托石的电子显微研究[J]. 电子显微学报, 2005, 24(2): 124-128.
- [10] Huang Y, Liang G Z, Ma X Y, et al. Structure and properties of polypropylene/organic rectorite nanocomposites [J]. Clay Mineral, 2009, 44(1): 35-50.
- [11] 赵杏媛, 张宝收. 塔里木盆地累托石的发现及其地质意义[J]. 新疆石油地质, 2007(28): 248-251.
- [12] Stokke P R, Carson B. Variation in clay mineral X-ray diffraction results with the quantity of sample mounted [J]. Journal of Sedimentary Research, 1973, 43: 957-964.
- [13] SY/T 5163-2010, 沉积岩中粘土矿物和常见非粘土矿物 X 衍射分析方法[S]. 北京: 石油工业出版社, 2010.
- [14] 梁绍暹, 王水利, 姚改焕, 等. 华北石炭二叠纪煤系中 I/S 间层矿物的研究[J]. 煤田地质与勘探, 1995(23): 12-19.
- [15] 江涛, 刘源骏. 累托石[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1989.
- [16] 黄学, 蒙启安, 张民志. 海拉尔盆地碳钠铝石-柯绿泥石-钠板石三元共生特征及其油气地质意义[J]. 石油学报, 2010(3): 259-263.
- [17] Eslinger E V, Savin S M. Mineralogy and $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$ ratios of the fine-grained quartz and clay from site 323 [R]. In Initial Reports on the Deep Sea Project, 1976(35): 489-496.
- [18] Steiner A. Clay minerals in hydrothermally altered rocks at Waireki [J]. Clays and Clay Minerals, New Zealand. 1968(16): 193-213.
- [19] 杨起. 煤地质学进展[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [20] 虞继舜. 煤化学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000.