科 学 通 报
第42卷 第4期 Chinese Science Bulletin 1997年2月

【研究简报】

285℃条件下伊/蒙混层矿物的存在及其意义
——新西兰现代活动地热区的研究

季峻峰① P. R. L. Browne② 刘英俊①
(①南京大学地球科学系,南京 210093;②Geothermal Institute and Geology Department, University of Auckland, New Zealand)

关键词 伊/蒙混层矿物 伊利石化过程 地质温度计 地热系统

长期以来认为,蒙皂石的伊利石化程度主要受温度控制,伊/蒙混层矿物被广泛用作矿物地质温度计[1~3]. 作者在对新西兰 Kawerau 现代活动地热区进行有关粘土矿物水/岩反应的

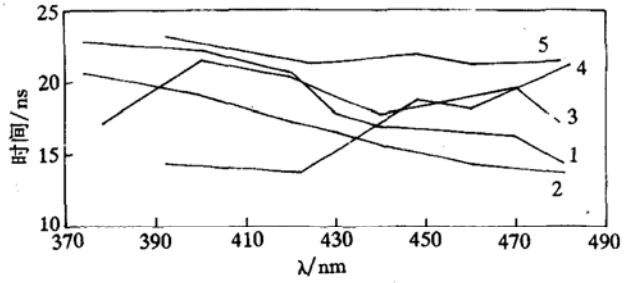

图2 激光诱导荧光寿命指纹曲线图
1——盆参2井(J_{3q}), 2——彩参2井(J_{1s}),3——盆参2井(J_{1s}), 4——轮南(T),5——塔中1井(O)

呈上升或略有起伏的变化,而准噶尔盆地侏罗系具有煤成油性质的原油产品,其荧光寿命变化曲线则呈现下降趋势,这种特征是否具有普遍性意义,尚待进一步研究.

由以上分析可知,激光诱导荧光技术具有选择性好、灵敏度高和激发能量大的特点,因此它能够揭示样品成分更多的信息,用激光诱导荧光方法探讨油源关系仅仅是一个新的尝试,通过对准噶尔盆地侏罗系和塔里木盆地不同时代油源的研究,我们认为激光诱导荧光光谱和荧光寿命曲线能够反映原油样品的生源状况,而且该方法具有直观和简便的特点.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:48970127)资助项目.

参 考 文 献

1 Brooks J, Kennicutt M. Applications of total scanning fluorescence to exploration geochemistry. In: 15th Annual Offishore Technology Conference, Houston, Texas, May 2~5, 1983. 393~400
2 Hagemann H W. The fluorescence behaviour of crude oils with respect to their thermal maturation and degradation. Org Geochem, 1986, 10(2): 473~480
3 Qujnn M F, Joubian S, al Bahrani F, et al. A deconvolution technique for determining the intrinsic fluorescence decay lifetimes of crude oils. Applied Spectroscopy, 1988, 42(3): 406~410
4 Stout S A, Rui Lin. Lasers in organic petrology and organic geochemistry—— Ⅰ. Laser-induced fluorescence, thermal extraction and pyrolysis. Org Geochem, 1992, 18(3): 229~239
5 Eberhardt J E, Nguyen T H, Read R. Fluorescence alteration of coal and polycyclic aromatic hydrocarbons. Org Geochem, 1992, 18(2): 145~153
6 Jin Kuili, Qui Nansheng. Application of Laser-induced fluorescence of coal extracts for determining rank. Org Geochem, 1993, 20(6): 687~694
7 Jin kuili, Fang Jiahu. New indicators for thermal maturity accumulation. In: Int Conf On Basin Tectonics and Hydrocarbon Accumulation (Abstracts), 1993. 105~108

(1996-03-28 收稿,1996-06-12 收修改稿)

研究过程中，发现在 285℃ 条件下还存在有 R1 型伊/蒙混层矿物.

1　样品制备与测试

Kawerau 地热区，位于 Taupo 火山岩带最北部，是新西兰被详细研究的地热区之一. 在该地热区，最深的井达 1 600 m，最高温度为 310℃.

本项研究所用样品(12 块)采自 Kawerau 地热区的 KA23 井. 按照常规方法，从样品中提取<2 μm 的颗粒，制成粘土样品厚度大于 3 mg/cm^2 的自然风干定向片(AD)，以消除样品的厚度对结晶度测定结果的影响[4]. 每块样品测定两次，再经乙二醇处理(GL)后测定两次.

X 射线衍射图谱在 Auckland 大学地质系用菲利普 PW2243/20 型 X 射线衍射仪记录，Cu 靶，电压 40 kV，电流 20 mA，步宽 0.01°2θ，扫描范围分别为 2～62°2θ(粘土矿物鉴定)和 2～14°2θ(结晶度测定). 伊/蒙混层矿物的鉴定和解释是根据 R. C. Reynolds (1985)的 NEWMOD 计算机软件模拟. 伊利石的结晶度(IC)是测量伊利石 1 nm 衍射峰的半高宽，单位以°△2θ表示. 结晶度测定结果的误差<7%.

样品的 K, Na, Ca 和 Mg 含量分析结果是用 ARL-3410 连续光谱仪测定.

2　结果

表 1 列出了 KA23 井不同深度样品中粘土矿物组合、伊利石结晶度以及样品的岩性和测井温度. 从表 1 中可以看出，在 198 m 深度，温度小于 200℃，粘土矿物为 R1 型伊/蒙混层矿物；在 323 m 和 386 m 深度，伊利石和绿泥石分别开始出现，它们的起始温度分别为 215℃ 和 230℃.

表 1　Kawerau 地热区 KA23 井样品的粘土矿物成分和伊利石结晶度

深度/m	岩性	测井温度/℃	粘土矿物成分	伊利石结晶度(°△2θ)		
				AD	GL	AD-GL[a)]
198	凝灰岩	<200	$I_{0.70}$/S[b)]	—	—	—
323	凝灰岩	215	伊利石	0.75	0.54	0.21
386	流纹岩	230	伊利石＋绿泥石	0.93	0.50	0.43
452	凝灰岩	252	伊利石＋绿泥石	0.64	0.46	0.18
516	熔结凝灰岩	260	伊利石＋绿泥石	1.18	0.59	0.59
636	熔结凝灰岩	270	伊利石＋绿泥石	1.10	0.48	0.62
700	凝灰岩	274	伊利石＋绿泥石	0.61	0.38	0.23
821	熔结凝灰岩	283	伊利石＋绿泥石	0.50	0.35	0.15
902	沉积岩	285	$I_{0.60}$/S[b)]＋绿泥石	—	—	—
967	杂砂岩	290	伊利石＋绿泥石	0.43	0.40	0.03
1 055	杂砂岩	292	伊利石＋绿泥石	0.32	0.29	0.03
1 174	杂砂岩	295	绿泥石＋伊利石	0.22	0.20	0.02

a) AD-自然风干定向片；GL-经乙二醇处理；b) $I_{0.70}$/S 和 $I_{0.60}$/S 分别代表含 70% 和 60% 伊利石层的伊/蒙混层矿物

表 1 表明伊利石的结晶度值是随深度和温度增大而变小的，尤其在 636 m 深度以下(温度为 270℃ 以上)，因此伊利石具有从浅部(低温)向深部(高温)结晶演化的特征. 样品在经乙二醇处理后伊利石的结晶度值明显变小(表 1)，说明这些伊利石的结构中含有膨胀层. 并且这种差别是从浅部(低温)向深部(高温)变小的，显示伊利石中膨胀层含量是逐渐减少的，反映了这些伊利石是通过伊利石化过程形成的成因特点.

然而，在该井 900 m 深度，测井温度为 285℃，发现有伊/蒙混层矿物存在. 在该深度的温

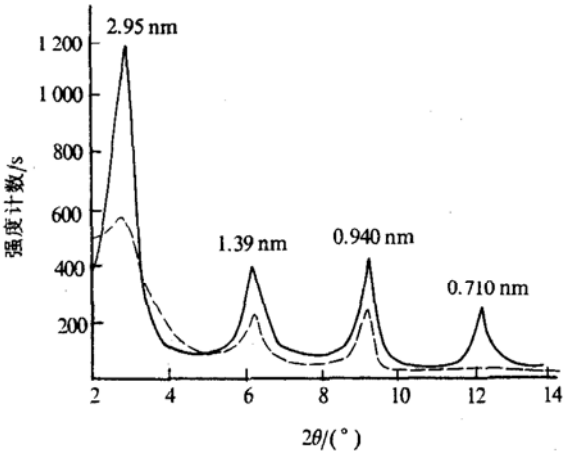

图1 在285℃温度条件下稳定存在的R1型伊/蒙混层矿物($I_{0.60}$/S)的X射线衍射图谱(实线)
虚线是该伊/蒙混层矿物的计算机模拟图谱

度条件下,根据上述粘土矿物的演化规律,应该出现的是结晶度介于0.50°△2θ和0.43°△2θ之间的伊利石. 图1是该伊/蒙混层矿物的X射线衍射图,在2.9~3.2 nm处存在一精细超结构衍射峰,指明该伊/蒙混层矿物具有有序的混层结构. 利用Reynolds的NEWMOD软件进行模拟,确认该粘土矿物为R1型,含60%伊利石层的伊/蒙混层矿物(图1).

3 讨论

已有的一系列研究结果[1~3]表明,各类伊/蒙混层矿物的存在温度范围分别为:R=0型,小于140℃;R=1型,在100~180℃之间;R=3型,大于190℃. 而本文发现在285℃温度条件下有R1型伊/蒙混层矿物存在,与它是不一致的. 由于该井其他地段粘土矿物的发育特点基本上反映了所处的温度条件. 因此伊/蒙混层矿物在该深度和温度条件下的存在与其局部环境有关.

蒙皂石的伊利石化过程实质上是一种水/岩反应过程,除温度之外,还受水/岩比、流体和岩石的化学成分的影响. Whitney通过实验研究发现在贫流体的体系中,蒙皂石的伊利石化速度受到明显的抑制[5]. Buatier认为在高水/岩比条件下,蒙皂石的伊利石化速度增加[6]. 流体和岩石的化学成分,尤其是钾含量的高低,也会影响蒙皂石的伊利石化过程的快慢,因为蒙皂石的伊利石化过程是一个钾固定的过程.

对于Kawerau地热区KA23井而言,伊利石的结晶度值明显随深度和温度变化而改变的特征说明该井的水/岩比(渗透率)很少. 因为在高水/岩比或高渗透率的条件下,溶质易于发生交换和输运,伊利石的雏晶大小或结晶度值不具有明显的分带特征[7]. 该井较低的渗透率,也为测井资料所证实[8]. 对Kawerau地热区KA23井含R1型伊/蒙混层矿物的样品及其他部分样品的K, Na, Ca和Mg含量分析结果表明(表2),采自902 m深度,温度为285℃,含R1型伊/蒙混层矿物的样品具有最低的钾含量. 由于该口井的渗透率很低,也阻止了外来钾的加入,因此,低钾含量和低水/岩比的同时作用抑制了该深度伊/蒙混层矿物向伊利石转变的速度.

表2 采自Kawerau地热区KA23井的某些样品的K, Na, Ca和Mg含量

样品号	伊利石类粘土矿物	测井温度/℃	K/%	Na/%	Ca/%	Mg/%
KA23(198 m)	I/S(R1)	<200	3.96	0.68	1.41	0.04
KA23(700 m)	伊利石	274	2.09	2.88	2.16	0.36
KA23(821 m)	伊利石	283	2.04	1.97	1.11	0.18
KA23(902 m)	I/S(R1)	285	1.21	1.27	0.48	0.22
KA23(1 055 m)	伊利石	290	2.68	2.94	1.80	0.19

伊/蒙混层矿物结构的有序程度与其伊利石层的含量之间有密切的成因联系. R=0型、R=1型和R=3型等三类伊/蒙混层矿物,所对应的伊利石层含量分别为<60%, 60%~85%和>85%[9]. 因此,在Kawerau地热区KA23井285℃温度带所发现的R1型伊/蒙混层矿物,

科 学 通 报
第42卷 第4期 Chinese Science Bulletin 1997年2月

【研究简报】

豫北地区早古生代古地磁研究的初步结果及其意义

杨振宇① 马醒华① 孙知明① 黄宝春② 周姚秀③ 董金明③ 朱 鸿④
(①地质矿产部地质力学研究所,北京 100081; ②中国科学院地球物理研究所,北京 100101;
③地质矿产部航空遥感中心物探研究所,北京 100083; ④中国地质大学,北京 100083)

关键词 华北 早古生代 古地磁

从古生物-古地理研究分析,研究华北地块的古构造位置是分析早古生代全球古地理格局的一个重要问题. 然而,有关华北地块早古生代的构造位置及其与邻近地块相对位置关系的

其伊利石层含量(60%)在R1型伊/蒙混层矿物中是属于最低的,但其精细超结构却异常发育,也反映了其形成于钾含量较低的环境中的特点.

R1型伊/蒙混层矿物在285℃温度条件下的存在说明,蒙皂石的伊利石化过程是一个由反应动力学控制的过程,而不是主要有温度控制的平衡反应过程. 温度只是影响蒙皂石的伊利石化速度的因素之一,水/岩比和它们的化学成分也具有同样重要的影响,甚至更重要. 因此,在利用伊/蒙混层矿物作为地质温度计时,必须考虑水/岩比和它们的化学成分等因素. 只有当这些因素的影响可以忽略时,伊/蒙混层矿物才具有指示温度的意义.

致谢 本文在实验过程中,得到Mr. John Wilmshurst和Dr. R. Sims的热情帮助和指导,谨致谢意. 本工作为国家教委博士点基金和南京大学成矿作用国家重点实验室联合资助项目.

参 考 文 献

1 Hoffman J, Hower J. Clay mineral assemblages as low grade metamorphic geothermometers: application to the thrust faulted disturbed belt of Montana. In: Scholle P A, Schluger P S eds. Aspects of Diagenesis SEPM Spec Publ, 1979, 26: 55~79
2 Pollastro R M. Considerations and applications of the illite/smectite geothermometer in hydrocarbonbearing rocks of Micene to Mississippian age. Clays and Clay Minerals, 1993, 41: 119~133
3 Harvey C C, Browne P R L. Mixed-layer clay geothermometry in the Wairakei geothermal field, New Zealand. Clays and Clay Minerals, 1991, 39: 614~621
4 Kisch H J. Illite crystallinity: recommendation on sample preparation, X-ray diffraction settings, and interlaboratory samples. Journal of Metamorphic Geology, 1991, 9: 665~670
5 Whitney G. Role of water in the smectite-to-illite reaction. Clays and Clay Minerals, 1990, 38: 343~350
6 Buatier M. Smectite-illite transition in Barbados accretionary wedge sediments: TEM and AEM evidence for dissolution / crystallization at low temperature. Clays and Clay Minerals, 1992, 40: 65~80
7 Yau Y C. Smectite-to-illite reactions in Salton Sea shales: a transmission and analytical electron microscopy study. J Sed Petrol, 1987, 57: 335~342
8 Christenson B W. Hydrology and fluid chemistry of the Kawerau geothermal system. In: Mongillo M A ed. DSIR Geothermal Report, 1982, 10: 60~82
9 Nadeau P H, Reynolds Jr R C. Burial and contact metamorphism in the Mancos shale. Clays and Clay Minerals, 1981, 29: 249~259

(1996-03-19收稿,1996-06-13收修改稿)