

巴州坳陷下白垩统一中侏罗统的 粘土矿物特征

刘林玉 邸世祥 薛祥煦

(西北大学地质系, 西安)

[内容提要] 根据岩石薄片、X衍射和扫描电镜分析资料, 本文研究了巴州坳陷下白垩统一中侏罗统粘土矿物特征, 发现粘土矿物分为伊利石、伊/蒙混层和绿泥石三种类型。粘土矿物的类型和含量随深度而变化, 形成了伊/蒙混层带、混层迅速转化带和伊利石带。粘土矿物的转化和自生粘土矿物的形成是沉积地层非常重要的成岩变化。

关键词 粘土矿物 成岩变化 巴州坳陷 民和盆地

民和盆地位于甘肃省和青海省的交界地带, 是祁连褶皱带东端的一个断拗山间盆地, 面积约 11300km²。巴州坳陷位于民和盆地的西南部 (图 1), 呈西北-东南方向延伸, 坳陷内下白垩统一中侏罗统为一套河流-湖泊相沉积 (图 2), 自下而上可分为中侏罗统窑街组和

享堂组, 上侏罗统一下白垩统大通河组及下白垩统河口组 (尹凤娟等, 1995)。窑街组和享堂组主要为灰白色、灰色砂岩、粉砂岩和泥质粉砂岩夹褐灰色、棕色泥岩, 其中窑街组中部为黑色碳质泥岩夹煤层和劣质油页岩。大通河组主要为灰色、褐色粉砂岩、砂岩和棕褐色泥岩, 底部为杂色砾岩。河口组主要为棕褐色泥岩、粉砂质泥岩和粉砂岩夹砂岩。在该套地层中, 构成砂、泥岩细粒部分 ($< 2\mu\text{m}$) 的主要成分为粘土矿物, 这些粘土矿物是在地表水体中发生

机械沉积或者是在沉积物埋藏成岩时从孔隙水体中发生化学沉淀形成的, 粘土矿物主要是由含水的层状构造铝硅酸盐矿物组成的^[1]。粘土矿物的类型、产状、含量及其变化特征是沉积物成岩作用研究的重要内容之一。

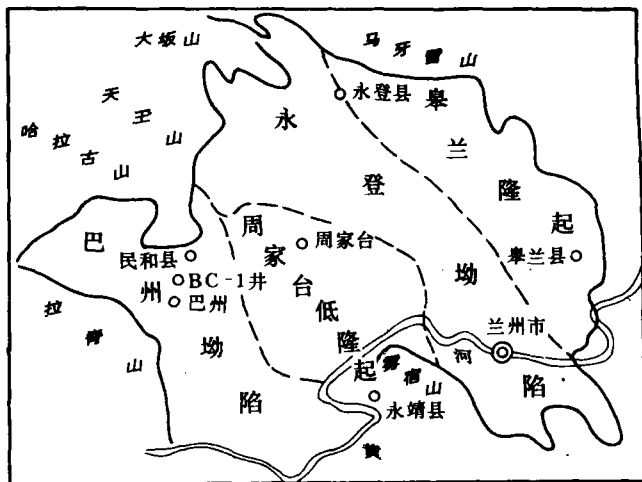


图 1 巴州坳陷位置图

Fig. 1 Location of the Bazhou depression

1 粘土矿物类型

根据粘土矿物的成因特征, 巴州坳陷下白垩统一中侏罗统砂岩和泥岩中的粘土矿物可分为碎屑粘土矿物和自生粘土矿物两种类型。

(1) 碎屑粘土矿物形成于沉积作用之前, 是在地表水体中以悬浮状态发生机械搬运和沉积的粘土质点。碎屑粘土矿物是本区泥岩和碎屑岩中泥质杂基的主要组分, 具有泥状结构。在偏光显微镜或扫描电镜下观察时, 碎屑粘土矿物常呈团块状或分散状分布, 矿物的结晶形态很差。

(2) 自生粘土矿物是在沉积期后的成岩过程中从沉积物的孔隙溶液中发生化学沉淀形成的结晶粘土矿物。自生粘土矿物是本区碎屑岩中胶结物的主要组分之一, 在碎屑岩中分布很普遍, 多垂直于碎屑表面生长形成碎屑颗粒的包壳, 或者以矿物集合体的形式充填于粒间孔隙或者裂缝中, 其中河口组一大通河组上段碎屑岩中自生粘土矿物含量相对较低, 一般为微量至 2%, 平均为 0.4%; 而大通河组下段至窑街组碎屑岩中的自生粘土矿物含量相对较高, 一般为微量至 16%, 平均为 1.6%。另外, 自生粘土矿物在本区泥岩中分布也较普遍, 但含量较低。在偏光显微镜或扫描电镜下观察时, 自生粘土矿物具有良好结晶的晶体形态。

根据粘土矿物的组分特征, 巴州坳陷下白垩统一中侏罗统的粘土矿物有伊利石、伊/蒙混层和绿泥石三种类型。在扫描电镜下观察时, 成岩中形成的各类自生粘土矿物呈现出不同的晶体特征:

(1) 自生伊利石多呈不规则弯曲的片状 (照片 1), 单个晶体大小一般为 $1\sim 8\mu\text{m}$ 。碎屑岩中的自生伊利石多围绕碎屑表面形成伊利石膜, 部分充填于粒间孔隙中。少量自生伊利石呈针刺状充填孔隙, 并形成孔隙“桥”。

(2) 自生伊/蒙混层呈卷曲的片状, 形成“喇叭口”状或近似的蜂窝状, 单个晶体大小约为 $1\sim 4.5\mu\text{m}$ 。碎屑岩中的自生伊/蒙混层多垂直于碎屑表面或孔隙壁生长。

(3) 自生绿泥石形状呈规则叶片状 (照片 2), 或组合成花朵状, 单个晶体大小一般为 $1\sim 12\mu\text{m}$ 。碎屑岩中的自生绿泥石单个晶体一般在 $6\sim 10\mu\text{m}$ 之间, 多数分布于碎屑表面形成绿泥石膜, 少量充填于粒间孔隙中。

2 粘土矿物的 X 射线衍射分析

X 射线衍射分析是研究粘土矿物的主要方法之一, 它可以对各种粘土矿物进行定量分

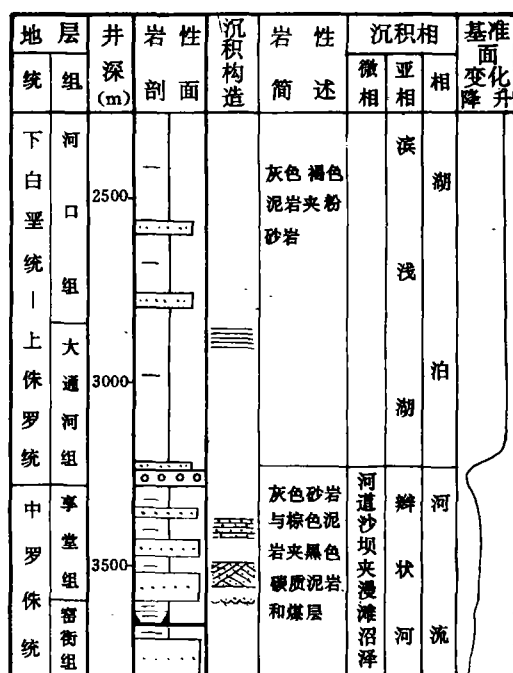
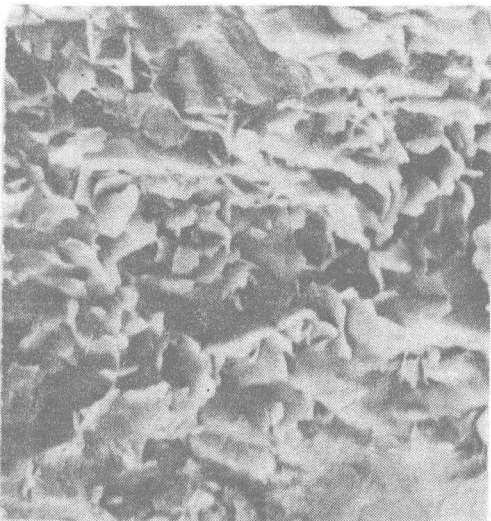


图 2 巴州坳陷 BC1 井中侏罗统一白垩统岩相柱状剖面图

Fig. 2 Columnar section of the Middle Jurassic-Lower Cretaceous lithofacies in the BC-1 well, Bazhon depression



照片 1 不规则弯曲状分布的伊利石
BC1 井深 3100m, 大通河组, ×1500
Photograph 1 Microphotograph of illite showing its irregular and curved distribution, and collected from the depth of 3100 m in the BC-1 well, Datonghe Formation. ×1500

照片 2 叶片状绿泥石
BC1 井深 3276m, 大通河组, ×8000
Photograph 2 Microphotograph of foliated chlorite collected from the depth of 3276 m in the BC-1 well, Datonghe Formation. ×8000

析。研究中我们对巴州坳陷下白垩统一中侏罗统砂岩和泥岩中的粘土矿物进行了 X 射线衍射分析。所用样品均采自巴州以北 BC1 井的岩心和岩屑。对所取样品除去碳酸盐、有机质、氧化铁和其它杂质, 提取小于 2 μ m 的粘粒, 制成定向片^[1], 然后依次进行自然定向样品(N 片)的 X 射线衍射、乙二醇处理定向样品(EG 片)的 X 射线衍射和加热处理定向样品(500℃片)的 X 射线衍射分析。通过对 N 片、EG 片和 500℃片的衍射图谱进行判读后得到本区下白垩统一中侏罗统砂岩和泥岩中粘土矿物的衍射结果(表 1)。

表 1 BC1 井砂岩和泥岩中粘土矿物的 X 射线衍射数据 (w_B/%)
Table 1 The X-ray diffraction data of the clay minerals from the sandstones and mudstones in the BC-1 well

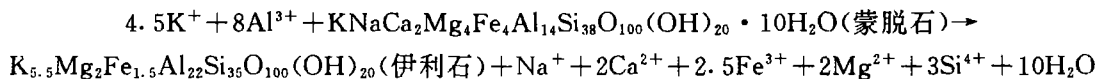
层 位	井 深 (m)	岩 性	伊利石	伊/蒙混层	绿泥石	伊/蒙混层 中的蒙脱石
河口组	1875~1880	泥岩*	56	26	18	55
	2058~2060	泥岩*	53	21	26	48
	2324~2326	泥岩*	54	21	25	<10
	2483.46	砂岩	57	28	15	<10
	2499.46	泥岩	58	22	20	<10
	2628~2630	泥岩*	56	22	22	<10
大通河组	2924~2926	泥岩*	59	16	25	<10
	3130~3131	泥岩*	60	18	22	<10
	3207.40	泥岩	57	27	16	<10
	3272.88	砂岩	10	16	64	<10
享堂组	3310.45	砂岩	51	27	22	<10
	3313.46	泥岩	61	25	14	<10
	3436~3437	砂岩*	48	21	31	<10
	3538.84	砂岩	50	25	25	<10
窑街组	3642~3644	泥岩*	48	21	31	<10
	3792~3800	砂岩*	45	47	8	<10

注: 带*号为岩屑样品, 其余均为岩心样品

表 1 说明, 本区河口组一窑街组砂岩和泥岩地层中的粘土矿物以伊利石为主, 其含量一般占 50%~60%; 其次为绿泥石和伊/蒙混层, 其含量分别为 20%~30% 和 20%~25%。伊/蒙混层中仍然以伊利石为主, 混层中伊利石的含量一般为 50%~90%。

3 粘土矿物的转化

在沉积物的埋藏成岩过程中, 粘土矿物会逐渐发生成岩转化^[2~6]。据 X 射线衍射分析和扫描电镜观察发现, 随着埋深增加, 地层温度和压力升高, 本区下白垩统一中侏罗统地层伊/蒙混层粘土矿物中的蒙脱石逐渐转化为伊利石:



蒙脱石向伊利石转化所需要的 K^{+} 和 Al^{3+} 来源于钾长石等矿物的溶解^[1], 反应释放的 Si^{4+} 促进了石英碎屑发生次生加大或者形成自生石英, 因此在砂岩中经常见到石英次生加大与自生伊利石同时存在的现象。蒙脱石向伊利石转化所释放的 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 也促进了自生绿泥石的析出, 甚至在局部砂岩中富集。

随着蒙脱石向伊利石的转化, 伊/蒙混层中蒙脱石的含量由 48% 以上迅速下降到 10% 以下。根据粘土矿物的转化特征, 本区下白垩统一中侏罗统地层自上而下可分为三个粘土矿物带 (图 3)。

(1) 伊/蒙混层带: 位于河口组上部, 伊/蒙混层粘土矿物中蒙脱石的含量超过 50%, 砂岩中的自生粘土矿物以伊/蒙混层和伊利石为主, 次为绿泥石。

(2) 混层迅速转化带: 位于河口组中部, 伊/蒙混层中蒙脱石含量为 50%~10%, 粘土矿物迅速脱去层间水, 蒙脱石迅速转化为伊利石。砂岩中的自生粘土矿物为伊/蒙混层、伊利石和绿泥石。

(3) 伊利石带: 位于河口组下部至窑街组, 伊/蒙混层中蒙脱石的含量在 10% 以下, 砂岩中的自生粘土矿物为伊利石和绿泥石。

4 粘土矿物的成岩意义

自生粘土矿物的形成和粘土矿物的转化是沉积地层非常重要的成岩变化, 处于不同成岩环境的沉积岩会形成不同的粘土矿物组合, 砂岩的孔隙结构与粘土矿物的成岩特征有着密切的关系。本区河口组一窑街组地层中粘土矿物的分布属于蒙脱石→伊利石转化的不正常转化型^[1], 地层中缺失常见的高岭石粘土矿物, 反映出粘土矿物处于偏碱性的孔隙介质中, 偏碱性的孔隙介质环境影响了本区砂岩中溶解作用的发生。根据钻井取心砂岩铸体薄片和扫描电镜观察, 本区砂岩中仅分布有少量残余粒间孔隙及填隙物内微孔隙等原生孔隙类型, 溶解作用形成的溶蚀型次生孔隙类型较少见, 砂岩物性较差。

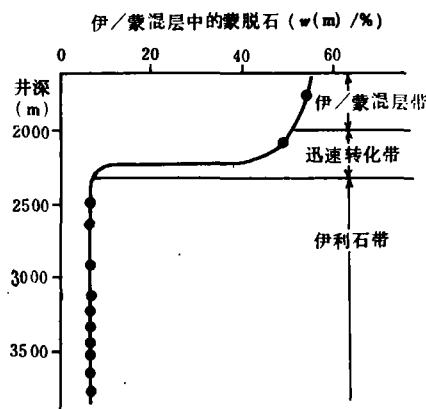


图 3 BC1 井混层粘土矿物中蒙脱石的成岩转化
Fig. 3 The diagenetic conversion of montmorillonite from the mixed-layer clay minerals in the BC-1 well

在成岩作用研究过程中,粘土矿物的性质反映了沉积地层成岩变化的特征,粘土矿物的转化和自生粘土矿物的组合是确定沉积岩作用阶段的重要依据。V. Schmidt 等人(1979)将成岩过程划分为早成岩、中成岩和晚成岩三个阶段,其中的中成岩阶段是自生粘土矿物形成和转化的主要时期。粘土矿物的特征反映出巴州坳陷下白垩统一中侏罗统地层处于埋藏期后的中成岩阶段。在中成岩阶段,有机质演化的不同时期碎屑岩中就形成不同的自生粘土矿物组合,其中伊/蒙混层带处于半成熟期,混层迅速转化带处于低成熟期,伊利石带处于高成熟期(表2)。

表2 河口组—套街组的成岩时期与粘土矿物的关系

Table 2 The relationship between diagenetic stages and clay minerals in the Hekou and Yaojie Formations

成岩 阶段	有机质 演 化	粘土矿物 转 化 带	伊/蒙混层中的蒙 脱石 ($w_m/\%$)	碎屑岩中自生粘土矿物 组 合
中	半成熟期	伊/蒙混层带	>50	无序伊/蒙混层和伊利石, 次为绿泥石
成	低成熟期	迅速转化带	50~10	部分有序—有序伊/蒙混层、伊利石和绿泥石
岩	高成熟期	伊利石带	<10	伊利石和绿泥石

据前人研究,我国各油区中伊/蒙混层的迅速转化带与碎屑岩的次生孔隙发育带往往是一致的,位于迅速转化带的碎屑岩往往在原生粒间孔隙的基础上扩大形成较发育的次生孔隙。在本区位于伊/蒙混层迅速转化带的河口组中部地层主要为滨浅湖沉积的泥岩和粉砂质泥岩,砂岩层很不发育,而且多为厚度小、泥质杂基含量高、原生粒间孔隙不发育的致密粉砂岩或粉细砂岩,因而在伊/蒙混层迅速转化带中未能形成规模较大的次生孔隙发育带。

综上所述,粘土矿物的转化和自生粘土矿物的形成严格受到成岩环境控制,伊/蒙混层带、混层迅速转化带和伊利石带形成于不同的成岩时期,因此造成了本区下白垩统一中侏罗统地层中粘土矿物的组合具有明显的分带性。

本文得到祝总琪教授的指导和帮助,在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 赵杏媛、张有瑜. 粘土矿物与粘土矿物分析. 北京:海洋出版社,1990,1~166,223~246,291~338
- 2 林西生、应凤祥、郑乃萱等. X-射线衍射分析技术及其地质应用. 北京:石油工业出版社,1990,119~145
- 3 罗蛰潭、崔秉奎、黄思静、单钰铭. 粘土矿物对碎屑岩储层评价的控制理论探讨及应用实例. 成都地质学院学报,1991,18(3):1~12
- 4 徐樟有、魏凤萍、熊琦华. 枣南油田砂岩储层中的粘土矿物特征与油层敏感性试验研究. 石油大学学报(自然科学版),1994,18(3):1~5
- 5 郑汝茂、龙明. 碎屑储集岩的成岩作用研究. 武汉:中国地质大学出版社,1989,22~99
- 6 邸世祥等. 中国碎屑岩储集层的孔隙结构. 西安:西北大学出版社,1991,328~337

Clay minerals from the Lower Cretaceous to Middle Jurassic strata in the Bazhou depression, eastern Qilian folded belt

Liu Linyu Di Shixiang Xue Xiangxu

Department of Geology, Northwest China University

ABSTRACT

The properties of clay minerals from the Lower Cretaceous to Middle Jurassic strata in the Bazhou depression have been explored by means of thin section analysis, X-ray diffraction analysis and scanning electron microscopy. The results of the study have contributed to the classification of the clay minerals into three types: illite, mixed-layer illite/montmorillonite and chlorite. The types and contents of the clay minerals also vary with increasing buried depth. Three clay mineral zones may be delimited for the Lower Cretaceous to Middle Jurassic strata in the study area on the basis of the evolution of the clay minerals. They are mixed-layer illite/montmorillonite zone, rapid conversion zone of mixed layers and illite zone. The evolution of clay minerals and formation of authigenic clay have recorded most important diagenetic changes of sedimentary strata in the study area.

Key words: clay mineral, diagenetic change, Bazhou depression, Minhe basin

关于全省期刊统一启用新记者证的公告

为了保障新闻记者的正常采访活动,维护新闻记者的正当权益,加强对记者证的管理,国家新闻出版署决定统一换发全国新闻机构的记者证,并于1998年9月1日起正式启用新记者证。现将有关事项公告如下:

一、新记者证由国家新闻出版署统一制作。其中新的期刊记者证长7cm,宽10.9cm,为深蓝色羊皮封面,封面左上角有“期刊”二字;内页为浅蓝色,印有国家新闻出版署章、“记者证核发专用章”,并加盖有“四川省新闻出版局”钢印。

二、我省期刊新记者证编号为“K51×××1×××”或“K51×××2×××”。“K51×××”为期刊的“国内统一刊号”;“1”表示中央在川期刊,“2”表示地方办的期刊;后3位数字为刊社记者证的流水号。

三、期刊社或个人自行制作的“记者证”、“采访证”一律无效。严禁伪造、变造、转让、抵押、出卖和冒名使用记者证,违者由我局会同有关部门严肃处理;触犯刑律的,移交司法部门依法追究刑事责任。

四、新记者证启用之日,旧记者证同时作废。

四川省新闻出版局

1998年8月14日