

# 构造背景和构造运动对粘土矿物分布的影响<sup>①</sup>

王行信 王少依

(中国石油天然气总公司杭州石油地质研究所, 杭州 310023)

**提 要** 本文从构造地质角度研究盆地泥岩粘土矿物的分布和演化, 认为构造背景和构造运动是控制盆地泥岩粘土矿物的根本因素, 较合理地解释了中国东、西部含油气盆地泥岩粘土矿物组成特征的差别及西部第三系泥岩中普遍存在的一种特殊粘土矿物组合(泥岩的粘土矿物主要由伊利石和绿泥石组成, 但成岩程度很差)。

**关键词** 粘土矿物 构造 分布 组合

**分类号** P 54, P 588.22

**第一作者简介** 王行信 男 60 岁 教授级高级工程师 粘土矿物

以往对含油气盆地泥岩粘土矿物分布的研究, 一般从盆地的古气候特征、沉积环境及成岩作用等方面来考虑, 对某些盆地泥岩的粘土矿物分布和组合特征不能很好地解释。本文则从构造地质角度研究盆地泥岩粘土矿物的分布和演化。

的源岩, 加之临近太平洋海洋性气候相对润湿, 生物一化学风化作用发育。因此不仅有利于蒙皂石的发育, 而且也可进一步淋滤形成高岭石, 这是导致我国东部中生代含油气盆地泥岩的陆源粘土不仅富含蒙皂石, 而且普遍含高岭石的一个根本原因(表 1)。

## 1 大地构造背景对泥岩粘土矿物的影响

### 1.1 构造背景对盆地泥岩粘土矿物分布和组合的影响

中国位于欧亚板块的东南部, 其东面和南面分别为太平洋板块和印度洋板块所环绕, 处于它们的夹持之中, 而这两条板块聚合带边缘性质的明显不同, 制约着中国中生代含油气盆地的发育和构造特征。

中生代时期, 由于太平洋板块向欧亚大陆板块的俯冲消减, 被动大陆边缘的沉积物被带入俯冲带深部并产生选择性熔融, 形成钙碱性岩浆系列, 导致在隆起的大陆上发生广泛的以中一酸性为主、偏碱性的钙碱系列岩浆喷发, 形成流纹岩、安山岩、粗面岩等火山熔岩和碎屑岩。中国东部中生代含油气盆地就是在这样的构造背景下产生的拗陷和断陷内形成、发展起来的。中酸性火山岩是盆地陆源碎屑主要的母岩来源, 并且在盆地沉积发展过程中, 还常有同期火山物质的加入。

丰富的钙碱性火山碎屑是形成蒙皂石的最有利

表 1 东营凹陷第三系沙三上段

泥岩粘土矿物组成(据包于进, 1996)

Table 1 Clay mineral compositions of upper Sha-3 section of Tertiary mudstones in Dongying depression (from Bao Yujin, 1996)

| 地区  | 井号     | 井深(m)     | 粘土矿物相对含量(%) |    |    |   | S% in I/S |
|-----|--------|-----------|-------------|----|----|---|-----------|
|     |        |           | I/S         | I  | K  | C |           |
| 胜坨  | 3-5-11 | 2050~2170 | 55          | 15 | 28 | 2 | 35        |
|     | 3-5-11 | 2220~2250 | 78          | 12 | 8  | 2 | 100       |
|     | 3-5-11 | 2280~2330 | 45          | 24 | 30 | 1 | 25        |
|     | 2-0-16 | 2110~2120 | 79          | 14 | 5  | 2 | 60        |
| 东辛  | 营 13-2 | 2470~2622 | 40          | 47 | 9  | 4 | 30        |
| 王家岗 | 通 61-1 | 2051~2088 | 80          | 10 | 6  | 4 | 60        |
| 永安镇 | 永 31   | 1720~1862 | 86          | 7  | 6  | 1 | 75        |
| 莱州湾 | 莱 5-1  | 1350~1460 | 85          | 8  | 5  | 2 | 70        |

在中国西部, 由于印度板块与欧亚板块相碰撞, 印度板块的陆壳向北挤压, 不仅使古地中海闭合、海水退出, 同时中国西部地壳为挤压、推覆和俯冲作用所增厚。在喜山运动强烈的挤压、褶皱、隆起的构造背景下, 同时发育了中国西部第三系的大型山间盆

① 收稿日期: 1997-04-12

地和山前盆地。盆地四周不断上升的褶皱带是盆地的沉积物源区,它们一般都经历不同程度的变质作

用,一般富含云母类和绿泥石类粘土矿物,而很少含高岭石(高岭石在变质过程中不稳定)(表2)。

表2 塔里木盆地第三系泥岩粘土矿物组成(据赵杏媛,1996)

Table 2 Clay mineral compositions of Tertiary mudstones in Tarim basin (from Zhao Xingyuan, 1996)

| 构造带  | 层位 | 样品块数 | S   | S/I  | I/S | I    | C/S | K   | C    | P   | S% in I/S | 样品分布      |
|------|----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----------|-----------|
| 库车坳陷 | N  | 21   |     |      |     | 68.8 | 6.0 |     | 25.2 |     | 38.6      | 东秋1井      |
|      | E  | 28   |     |      |     | 77.4 | 3.4 |     | 18.9 |     | 55.8      | 东秋1井、克参1井 |
| 塔北隆起 | N  | 176  | 0.2 | 8.7  | 2.8 | 57.9 | 3.3 | 0.6 | 26.3 |     | 64.3      | 1、2、3、4*  |
|      | E  | 34   |     | 16.6 |     | 60.5 | 2.6 |     | 18.3 | 2.0 | 62.3      | 1、2、4     |

\* 1. 轮台凸起; 2. 南喀—英买力低凸起; 3. 哈拉哈塘凹陷; 4. 轮南低凸起

### 1.2 对中国西部第三系泥岩异常粘土矿物组合的解释

在中国西部第三系泥岩中,普遍存在一种完全不同于中国东部的粘土矿物组合,即泥岩的粘土矿物主要由伊利石和绿泥石组成,含少量蒙皂石/伊利

石(有序)、微含或不含高岭石。由于这种泥岩成岩程度很差,不能用成岩作用机理来解释(一般在成岩作用达到晚成岩阶段,才会出现伊利石和绿泥石为主的粘土矿物组合),因此,对这种粘土矿物组成的成因,以往都是用古气候和环境因素来解释。

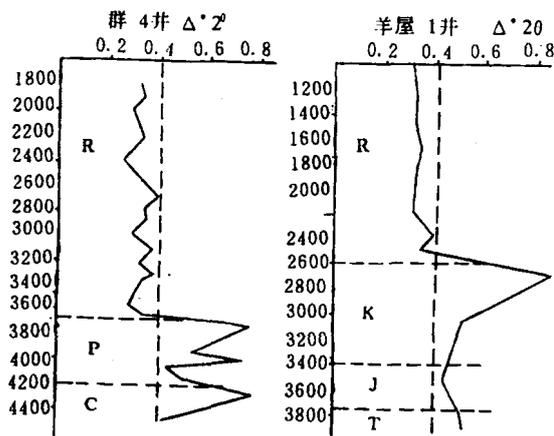


图1 塔里木盆地群4、羊屋1井泥岩伊利石结晶度的纵向变化

Fig.1 The vertical variations of illite crystallinity of mudstones in Qun 4 well ad Yangwu 1 well, Tarim basin

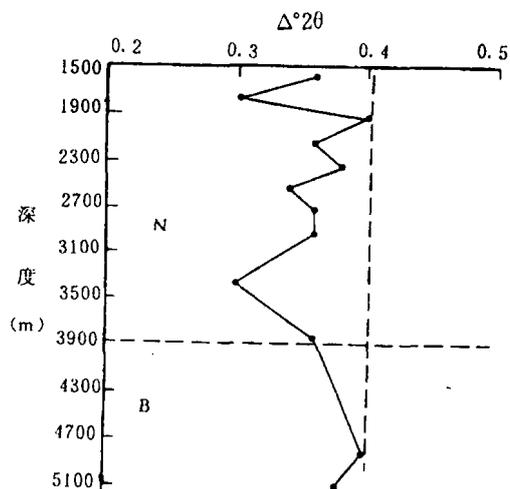


图2 柴达木盆地梁3井泥岩伊利石结晶度的纵向变化

Fig.2 The vertical variations of illite crystallinity of mudstones in Liang 3 well, Qaidam basin

为了进一步研究这套泥岩粘土矿物的成因类型,我们按照国际标准,分别测定了塔里木和柴达木盆地10口井、260余个泥岩样品中伊利石的结晶度,发现盆地边缘第三系泥岩中伊利石的结晶度均<0.40(Δ°2θ),具明显的变质伊利石的结构特征,而其下伏地层中泥岩伊利石的结晶度均>0.40(Δ°2θ)(表1),具明显的沉积—成岩伊利石的特征<sup>(1)</sup>(图1、

2)。并且,从几口井的资料都可看到,在第三系内部,从下往上都有Δ°2θ值变小、伊利石结晶度变好的变化趋势,反映了与碰撞有关的抬升和变形时期,盆地周围变质的褶皱带和冲断带逐渐由上部的近变质带剥蚀到下部更深的浅变质带构造层的自上而下的剥蚀过程。这种情况在我国台湾上第三系地层中也普遍存在<sup>(2)</sup>,它们的泥岩的粘土矿物组成与塔里

木盆地上第三系相似,以陆源的变质—浅变质伊利石为主,其次为绿泥石,含少量蒙/伊混合层,不含或偶见微量高岭石,泥岩的伊利石结晶度也从下向上变好(图3)。据 Chao 等(1985)、Dorsey 等(1988)、姚宗茂(1988)等人的研究,伊利石结晶度向上变好的变化特征,反映了上新世—更新世时期由于板块碰撞,引起附近变质的褶皱和逆冲带不断抬升、剥蚀,逐渐蚀顶至更深、变质程度更高的构造层的构造运动特征。台湾晚第三纪沉积时期属热带雨林气候,化学风化淋滤作用很强,但是由于快速剥蚀堆积下来使陆源粘土的变质结构特征而得以保存并且不含高岭石。

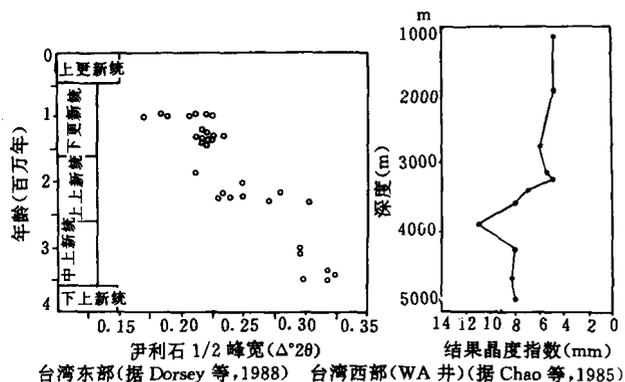


图3 台湾上第三系泥岩伊利石结晶度的纵向变化  
Fig.3 The vertical variations of illite crystallinity of upper Tertiary mudstones, Taiwan

表3 牙哈1井、满参1井伊利石的  $b_0$  参数  
Table 3 The  $b_0$  parameters of illite in Yaha 1 and Mancan 1 well

| 井号               | 牙哈1井    |         |         | 满参1井    |         |         |   |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
|                  | 样品号     | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6 |
| 井深(m)            | 5394.38 | 5396.38 | 5396.96 | 370~375 | 700~705 | 880~885 |   |
| $b_0(10^{-1}nm)$ | 9.018   | 9.012   | 9.012   | 9.012   | 9.012   | 9.012   |   |

对塔里木盆地牙哈1井和满参1井第三系6块泥岩样品伊利石  $b_0$  参数的测量结果表明,  $b_0$  值均在  $9.012 \sim 9.018 \times 10^{-1}nm$  之间(表3)。国内外在用泥质浅变质岩中白云母  $b_0$  值作为地质压力计时,分别以  $b_0$  值  $< 9.00010^{-1}nm$ 、 $9.000 \sim 9.04010^{-1}nm$ 、 $> 9.04010^{-1}nm$  作为划分低压、中压和高压变质作用的界线<sup>[3,4]</sup>。上述特征表明,目前成岩程度很差的第三系泥质岩,其伊利石至今仍保留着原岩为浅

变质泥岩的伊利石结构特征。

因此,笔者认为我国西部第三系泥岩的这种粘土矿物组合面貌,主要反映了沉积过程中盆地边缘褶皱带快速抬升和剥蚀的构造特征,而当时的大陆干旱气候只是有利于这些特征能很好保存下来的因素之一。

## 2 盆地构造发展史对泥岩粘土矿物纵向演变的影响

从盆地发展史来看,我国东部和西部的含油气盆地的性质明显不同,西部的含油气盆地往往具有迭合盆地的性质,如塔里木、准噶尔、柴达木、陕甘宁

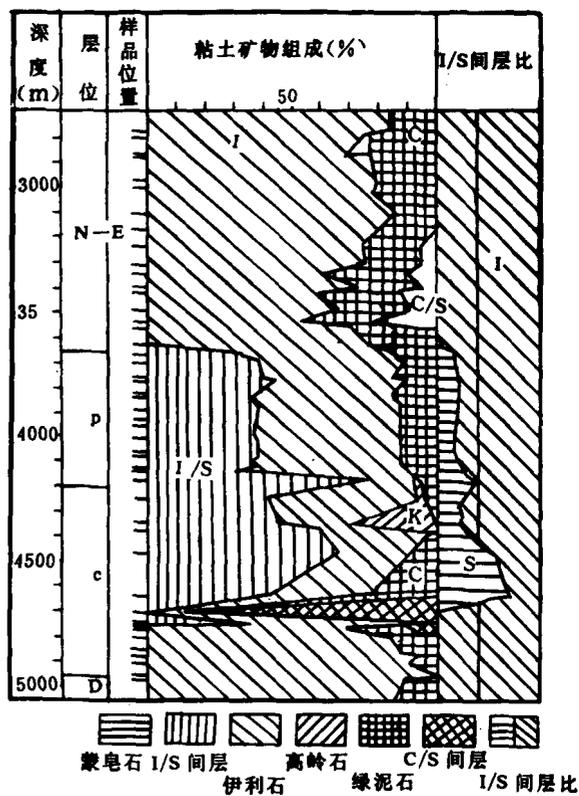


图4 塔里木盆地群4井泥岩粘土矿物纵向变化(据赵杏媛,1996)

Fig.4 Clay mineral vertical variations of mudstones in Qun 4 well, Tarim basin (from Zhao Xingyuan, 1996)

盆地,尤其是塔里木盆地从古生代到新生代具多个沉积—构造旋回,每个沉积—构造旋回具有各自的粘土矿物组合特征和纵向演化规律,所以,塔里木盆地多层系泥岩粘土矿物组成和成岩演变在纵向上的变化非常复杂。如塔里木盆地群4井泥岩粘土矿物

的纵向变化<sup>①</sup>(图4),图中伊利石含量从上往下高一低一高的变化,伊/蒙在第三系缺失而在下伏二叠系和石炭系出现,用一般的沉积—成岩作用无法解释,而用构造旋回及其控制的沉积作用能够较合理的解释其成因。上部第三系特殊的(伊利石+绿泥石)组合的成因,前面已作了解释;二叠系及下伏石炭系中伊/蒙间层的大量出现,可能与构造运动引起的火山喷发而形成大量火山沉积物有关;下部的(伊利石+绿泥石)组合是泥岩正常成岩演变的产物。因此,西部盆地泥岩的粘土矿物组成和成岩变化特征、特别是蒙皂石/伊利石混合层中蒙皂石层含量的纵向变化,明显地受到构造演化的影响,反映构造旋回的特征。

中国东部的中生代含油气盆地,往往只经历由断陷—坳陷—萎缩的一个构造—沉积旋回,因而粘土矿物的组成、特别是粘土矿物的变化,主要反映沉积—成岩作用的影响,与西部含油气盆地相比,其变化比较简单而有规律性。如松辽盆地白垩系粘土矿物的组成和成岩演变在纵向上非常明显,从上往下依次出现(蒙皂石+伊利石+高岭石)、(伊利石+伊/蒙和蒙绿间层)、(伊利石+绿泥石)的粘土矿物组合。

### 3 盆地内差异性构造运动对粘土矿物分布的影响

每个沉积盆地在其构造发育过程中,普遍存在差异性升降运动。早期的差异性升降运动不仅会影响以后的沉积格局,而且也会影响地层的热演化史,导致盆地内部不同地区泥岩粘土矿物纵向演化特征的不同。以苏北盆地为例,该盆地从吴堡运动以后沉积格局发生重大变化,在阜宁组沉积后统一的湖盆随之消失,盆地发生整体抬升,阜宁组地层遭受不同的剥蚀,其中东部的海安、盐城等剥蚀强烈,西部抬升较弱,阜宁组地层保存良好。上部戴南组、三垛组沉积时期,沉积速率东小西大,东部各凹陷戴南组地层基本缺失,而西部则发育较完善。三垛组沉积也是东薄(200~300m)、西厚(600~1000m)。盐城组沉积时期速率转为东大西小,沉积厚度东厚(1400~2000m)、西薄(500~700m)。由于上述原因造成各凹陷沉积格局不同,使盆地东部各凹陷(海安、盐城、白驹)与西部各凹陷(高邮、金湖、洪泽)的热演化史存在很大差异,表现在盐城组以前的地层的有效受热时间西部凹陷长、东部凹陷短,明显影响粘土矿物的成岩变化,影响蒙/伊有序混合层出现的深度(表4)。

表4 苏北盆地不同地区地温梯度与I/S混合层转化带深度(据陆梅娟等,1985)

Table 4 Geothermal gradients and depths of I/S mixed layer transforming zones in different areas of Subei basin (from Lu Meijuan, etc., 1985)

| 地区 | 凹陷   | 地温梯度(°C/100m) |      | 代表井号          | I/S转化带深度(m)          |
|----|------|---------------|------|---------------|----------------------|
|    |      | 戴南组以上         | 阜宁组  |               |                      |
| 东部 | 盐城凹陷 | 2.36          | 3.72 | 盐参1井          | 2900                 |
|    | 海安凹陷 | 2.46          | 3.55 | 安1、安3、安16     | 2500                 |
| 西部 | 高邮凹陷 | 2.61          | 3.70 | 真2、真18、富7、富86 | 2000(斜坡)<br>2200(深凹) |
|    | 金湖凹陷 | 2.55          | 4.42 | 无深3、唐2        | 1500~1600            |

另外,盆地演化后期的差异性升降运动,常常导致盆地内局部地区某些地层剥蚀和缺失,因而这些地区不同程度地缺失蒙皂石成岩系列的上部地层,这也导致这些地区粘土矿物的纵向分布特征与井深的关系和盆地凹陷中心明显不同。

### 结束语

从构造地质角度研究盆地泥岩粘土矿物,开阔了粘土矿物研究的视野和思路,因而对盆地泥岩粘土矿物的分布特征、尤其是无法用沉积—成岩理论解释的特殊粘土矿物组合的分布,能更切地质实际

① 赵杏媛等,1996,塔里木盆地粘土矿物特征及应用,内部报告

地作出解释。

本文引用的部分粘土矿物衍射资料由塔指勘探研究中心提供,在此特表感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] Kish H. J., J. Metamorphic Geol., 1990, 8:31~46.
- [2] Dorsey R. J., et al., Geology, 1988, 10:944~947.
- [3] Sassi F. P., Scolari A., Contr. Mineral. and Petrol., 1974, 45: 143~152.
- [4] Sassi F. P., Krautner H. G., Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 1976, 56:427~434.

## Influence on Clay Mineral Distributions by Tectonic Backgrounds and Movements

*Wang Xingxin and Wang Shaoyi*

(Institute of Hangzhou Petroleum Geology, Hangzhou 310023)

### Abstract

The paper discusses the clay mineral distribution and evolution of argillaceous rock in sedimentary basins from view of tectonic geology. It's considered that tectonic backgrounds and movements are the basical factors controlling clay minerals of argillaceous rocks in sedimentary basins. This explains more reasonably the differences of clay mineral compositional characteristics of argillaceous rocks between petroleum basins in the east and west China. Furthermore, it explains a special kind of clay mineral assemblage generally existed in western Tertiary argillaceous rocks, in which the clay minerals are mainly composed of illite and chlorite but the diagenetic grade is very low.

**Key words** clay mineral tectonic distribution assemblage