

柴达木盆地第三系粘土矿物横向分布规律及控制因素研究

王随继¹ 任明达¹ 黄杏珍² 李建青³ 赵东升³

¹ (北京大学城市与环境学系 100871) ² (中国科学院兰州地质研究所 730000) ³ (青海石油管理局勘探开发研究院 736202)

提 要 本文根据粘土矿物的类型、含量和组合特征研究了柴达木盆地第三系粘土矿物横向分布规律,发现上、下第三系尽管伊 蒙间层粘土、伊利石这两类主要粘土矿物从湖盆的边缘向中心分别呈现减小和增大的趋势,但其含量对比及矿物组合显然不同,下第三系以伊利石为主,主要有 I+ 有序 I/S+ Ch+ K 组合,其次为不含高岭石的组合;上第三系,湖盆边缘相带以 I/S 间层为主,并主要呈现无序 I/S 间层+ I+ Ch+ K 组合,湖盆中心相区则与下第三系类似,但 I/S 间层的含量却要高一些。上述分布规律的控制因素主要有干旱—半干旱的古气候状况、不同的母岩类型、沉积环境和成岩作用强度等。

关键词 粘土矿物 横向分布规律 控制因素 柴达木盆地 第三系

分类号 P 588. 22

第一作者简介 王随继 男 29岁 博士 比较沉积学专业

1 引 言

含油气盆地粘土矿物的研究近来越来越受到沉积学家和石油地质学家的重视,因为粘土矿物本身的物理化学性质直接影响到储层的物性,只有弄清了其分布规律和控制因素,才能正确评价储层并制定合适的勘探和开发措施,从而提高油气开采效率。

柴达木盆地第三系是主力生油层和主要储层,可是对其中的粘土矿物的研究程度却很低,仅有对个别井段的零星研究,缺乏对其分布规律和控制因素的系统探讨。该工作着眼全盆地,以其西部为重点,选择有代表性的剖面近十个,共采集泥岩和碎屑岩样品 160 多个(粘土矿物提纯和鉴定均按中国石油天然气总公司现行标准,以 X 射线衍射分析为主,辅以其它鉴定手段),其查明该盆地第三系粘土矿物的横向分布规律及其控制因素,为制定适宜的勘探和开发措施提供依据。

2 粘土矿物横向分布规律

柴达木盆地第三系粘土矿物的横向分布在上、下第三系明显不同,这不仅表现在粘土矿物相对含量的横向分布上,而且还表现在矿物组合的横向分

布上

2.1 下第三系粘土矿物的横向分布规律

下第三系包括古 始新统的路乐河组和渐新统的下干柴沟组,其中的粘土矿物在横向的分布基本相似(图 1),呈现出以伊利石为主(一般大于 40%),伊 蒙间层矿物次之(< 35%)的特征,并且伊 蒙间层矿物的蒙皂石晶层(% S)一般小于 20%;但从边缘相带向中部相区,伊利石含量在升高,伊 蒙间层含量有减小的趋势。绿泥石含量介于 10%~ 30%之间,高岭石在湖盆中部地区介于 5%~ 15%之间,而在西昆仑山前的绿参一井、弯参一井等地为 0。粘土矿物组合主要有伊利石、伊 蒙有序间层、绿泥石、高岭石和伊利石、伊 蒙有序间层、绿泥石两类。

2.2 上第三系粘土矿物横向分布规律

上第三系,无论是上干柴沟组(N₁)还是油砂山组(N₁²~ N₂²)、狮子沟组(N₂²),它们的横向分布规律基本相似,但与下第三系各组相比却明显有别(图 2),这主要表现在盆地边缘相带,尤其在盆地西南部昆仑山前,伊 蒙间层的含量明显超过伊利石而居第一位(跃 101井、绿参 1井、弯参 1井),同时,间层比(% S)远远超过 40%,并且主要呈现出伊 蒙无序间层、伊利石、绿泥石、高岭石这种矿物组合类型;而湖

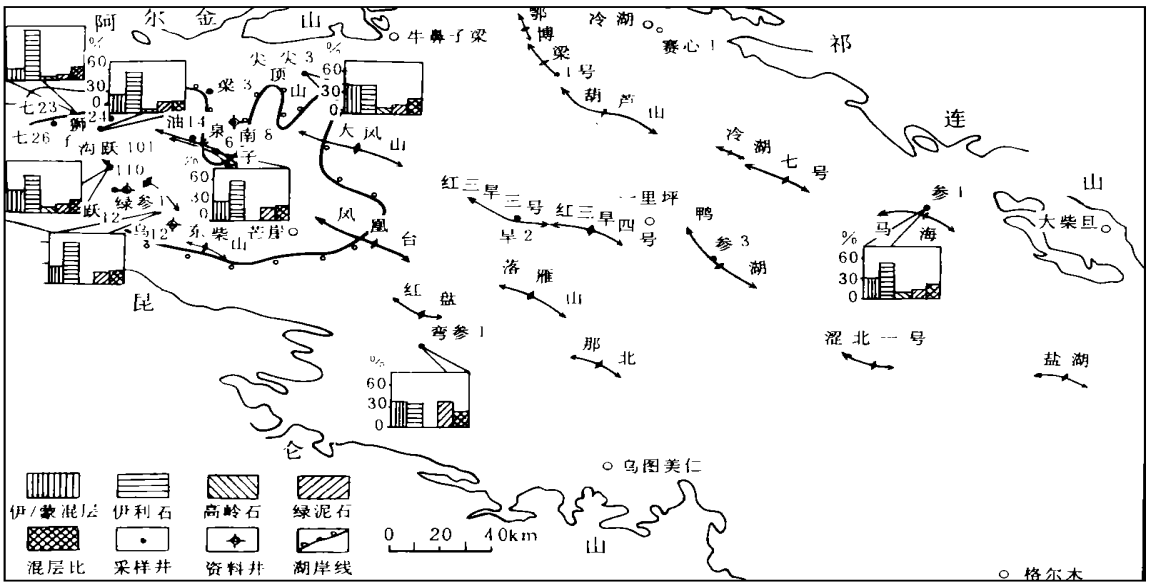


图 1 下干柴沟组上段 (E_3) 不同地区粘土矿物平均相对含量分布图

Fig. 1 The distribution of the average relative content of Clay minerals in different area of Lowermember, Xiaganchaigou Formation (E_3)

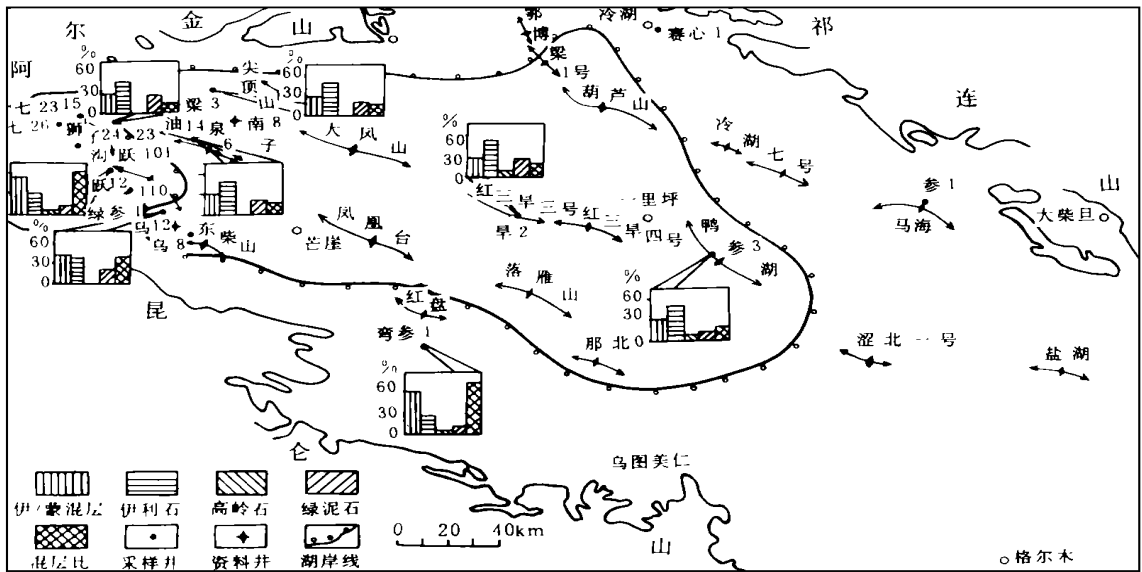


图 2 下油砂山组 (N_1) 不同地区粘土矿物平均相对含量分布图

Fig. 2 The distribution of the average relative content of clay mineral in different area of Xiayoushanhan Formation (N_1)

盆中部相区 (湖岸线以内, 图 2) 伊利石平均含量很高, 通常大于 50%, 且大大高于伊 / 蒙间层矿物的平均含量, 而主要矿物组合也发生了变化, 呈现出伊 /

蒙有序间层、伊利石、绿泥石、高岭石组合, 间层比不足 20%。需要指出的是, 在油 6 井、绿参 1 井仍然呈现不含高岭石的粘土矿物组合。

3 粘土矿物横向分布的控制因素

3.1 物源区母岩类型

柴达木盆地作为一个大型的内陆盆地,其间分布着许多凹陷,而各凹陷陆源物质的输入也并不是均衡的,大多有近源供给的特点。各区的物源方向如图 3所示,该图依据重矿物组合将盆地分为七个区,除东、西两混合区(VII、VI)受到周围物质的多源供给外,其余五个区基本上近源供给区:I区受到祁连山脉的物质供给,II区主要受到祁山脉中赛什腾山的物质供给,III、IV区分别是东、西阿尔金山供给区,V区是盆地西南部西昆仑山物质供给区。因此,盆地物源主要是西北部的阿尔金山,东北部的西祁连山和西南部的西昆仑山。盆地周缘出露的母岩类型是不同的,北部以变质岩系为主,岩浆岩次之;南部则正好相反,以岩浆岩为主,而以变质岩次之。西部地区上述两类岩性兼而有之,只是主次有别,同时还有丰富的古沉积岩系。

研究区无论是砂岩还是泥岩中的各类粘土矿物的相对含量变化和分布都受到物源区母岩成分的控制,尤以泥岩中最为明显。一般来说,陆源蒙皂石粘土的形成大部分是凝灰岩、基性火山岩等蚀变的结果。从横向分布来看,上第三系的伊蒙间层在以岩浆岩为其主要出露岩性的昆仑山前相对富集,含量最大,伊利石次之(图 2)。同样是上第三系,但在盆地的西部、中部和北部却是伊利石含量最高,伊蒙

间层退居第二位,显然,这与盆地西南部的粘土矿物的分布有着较大差异。这是因为,盆地西南部昆仑山前的蒙皂石大多是由物源区的岩浆岩在干旱、半干旱气候背景下风化蚀变的产物,随着埋藏深度的增加,蒙皂石向伊利石转化而出现大量的伊蒙间层矿物,同时,埋藏还较浅,不足以使蒙皂石充分转化为伊利石,因此造成伊蒙间层矿物含量最大这一粘土矿物分布格局。而盆地的西部、中部和北部伊利石含量高于伊蒙间层矿物,显然不仅是埋深增大伊蒙间层矿物进一步转化为伊利石的成岩变化所导致的,还因为西部、北部邻近以变质岩为主的母岩区,而变质岩,尤其是云母类矿物丰富的变质岩在风化过程中会通过钾的淋滤最终变为伊利石而直接入湖沉积下来;西部地区出露古沉积岩系(3),故其中固有的伊利石也会再旋回沉积于盆地之中。由此看来,变质岩及古沉积岩是伊利石最主要的陆源母质,在浅层的上第三系,它们在很大程度上决定了伊利石的相对含量,也就是说上第三系的伊利石大部分为陆源产物。

在下第三系,盆地中粘土矿物的分布基本一致,表现为伊利石含量最高,伊蒙间层次之。应该说盆地周缘的大地构造背景及母岩类型在早、晚第三纪没有特别明显的变化,因此,盆地南部昆仑山岩浆石风化产生陆源蒙皂石并向盆地输送,西、北部变质岩及古沉积岩向盆地输送陆源伊利石的现象仍是存在的,但由于地层埋藏通常很深,成岩作用已使伊蒙

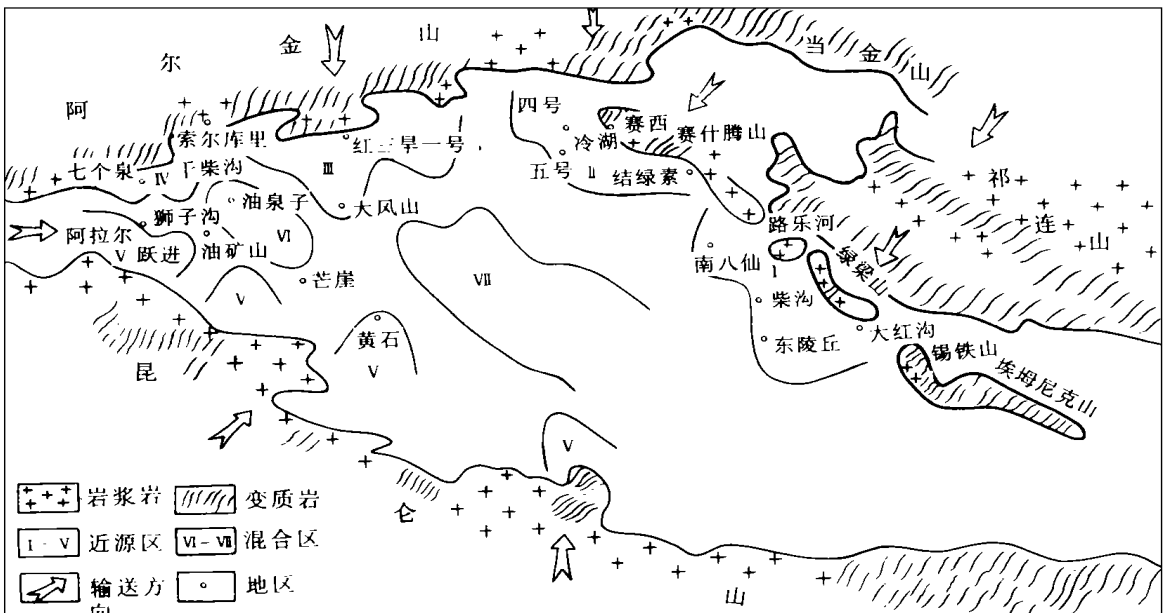


图 3 柴达木盆地第三系母岩类型及物源方向示意图

Fig. 3 The main source rock composition of Tertiary System and its transport direction to Qaidam Basin

间层向伊利石发生了较充分转化,从而使伊蒙间层矿物的含量及其中蒙皂石晶层比例都显著变小。但在个别井段,由于下第三系层位仍不很深,伊蒙间层含量仍然相当高,这在一定程度上保留了岩浆岩母质风化产物的本来面貌

陆源母质类型对于陆源蒙皂石、伊利石显然有明显的控制作用,同时,它们也是盆地中某些自生粘土矿物形成的物质基础。柴达木盆地基底及边缘蚀源区母岩中钾的平均百分含量明显高于地壳克拉克值,昆仑山的岩浆岩,尤其是中酸性岩石,其 K_2O 的高含量在世界上是罕见的^[1,2],因此,盆地外围山系的岩浆岩和古老变质岩通过长期的风化淋滤,使钾迁移出来并转入盆地之中,从而使盆地沉积区钾的百分含量也明显高于地壳克拉克值(同上),这就决定了蒙皂石在成岩过程中通过晶层吸附 K^+ 而出现伊蒙间层矿物,并进而向更富 K^+ 的伊利石转化

3.2 干旱—半干旱古气候条件

粘土矿物是陆源区母岩物理、化学风化作用及在沉积盆地中经过一系列转变而形成的,而决定物源区风化作用程度和湖盆内水介质状况的最重要因素之一是古气候。柴达木盆地在第三纪处于干旱半干旱气候条件下^[3,4],故第三系粘土矿物分布会受到干旱半干旱气候条件的控制。在该气候条件下,母岩风化作用中化学风化作用较弱,而物理风化作用相对要强得多,因此,物源区风化产物以伊利石为主,还能生成一定数量的蒙皂石,湖盆内必然出现以伊利石和蒙皂石转化而来的伊蒙间层为主的粘土矿物组合类型。陆源高岭石除部分再旋回沉积的之外,大多数应是铝硅酸盐矿物经化学风化作用而形成,而其含量大小主要取决于古气候条件;在湿热的气候条件下,雨量充沛,植被发育,土壤呈弱酸性,母岩的化学风化作用较为彻底,从而会形成大量高岭石,潮湿气候条件下煤系地层富含高岭石及热带高岭石红土就是例证;而在柴达木干旱—半干旱气候条件下,母岩的化学风化作用不发育,一般不会形成大量的高岭石,从而决定了盆地中高岭石含量很低,个别地区深部不含高岭石的粘土矿物组成面貌。

3.3 沉积环境

粘土矿物的分布在沉积相带上也表现出一定的规律性^[1,5]。如表 1 所示,由冲积扇→河流相→三角洲相,伊蒙间层矿物的平均相对含量较高;而伊利石的平均相对含量较低。从三角洲相→滨湖相→浅湖相→半深湖相,伊蒙间层的平均相对含量明显呈

下降趋势,而伊利石的平均相对含量则明显呈上升趋势,这反映了随着从湖盆边缘相向深湖相的过渡中,伊蒙间层矿物因沉积环境的改变而发生了向伊利石的转化,并且该转化作用在碎屑岩中比泥质岩中更为明显。

表 1 第三系不同相带中粘土矿物的平均相对含量
(泥质岩 碎屑岩)

Table. 1 The average relative amount (mudstone/clasticite) of clay minerals in different facies of Tertiary system

沉积相带	粘土矿物平均相对含量 (%)				混层比 % S
	I/S	I	K	Ch	
冲积扇相	39/48	39/37	10/6	14/9	58/52
河流相	35/39	44/29	8/14	13/18	30/40
三角洲相	38/38	45/44	6/7	11/11	32/32
滨湖相	35/29	46/51	7/7	12/13	30/18
浅湖相	30/20	47/54	8/10	15/26	25/29
半深湖相	26/13	53/58	6/10	15/19	20/18

上述分布规律的控制因素可明显归结为沉积环境。在湖盆边缘相带的水体,由于淡水的不断注入而表现为相对淡化环境,深湖相带的水体由于蒸发而使各种离子浓缩而表现为咸化的碱性环境,即从湖盆边缘相向深湖相盐度则逐渐增大。第三纪的柴达木盆地水体中 K^+ 浓度很高,这主要是周围母岩区富钾的结果^[2],而 K^+ 浓度、 K^+ / H 比值和盐度分布也是从湖盆边缘相向深湖相逐渐升高。蒙皂石及伊蒙间层一旦在高 K^+ / H 比的水介质环境中,其晶层必然吸收 K^+ 而使蒙皂石向无序伊蒙间层转化,后者在吸收钾离子的过程中逐渐向有序转化,最后就变为伊利石。因此,随着盐度、钾离子浓度和 K^+ / H 比的升高,蒙皂石向伊利石的转化程度也就越高。

同样地,从冲积扇相→河流相→三角洲相,泥岩中高岭石和绿泥石的平均相对含量在减小,即愈靠近物源区其相对含量愈高,愈远离物源区其相对含量愈低,这是因为上述二类粘土矿物的粒度相对较大,在机械搬运中较其它粘土矿物易先沉积,从而造成上述分布规律。

从三角洲相→滨湖相→浅湖相→半深湖相,泥岩中高岭石的相对含量基本稳定,碎屑岩中的有增大的趋势;绿泥石的相对含量无论是在泥岩中还是

在碎屑岩中都有显著增大的趋势。一方面,陆源成因的高岭石和绿泥石在机械分异作用下呈减小的趋势,另一方面,向着深湖方向, Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 富集,浓度增大,有利于自生绿泥石的形成。

当然,陆源运移而来的沉积物在进入湖泊后,当后续沉积物不断覆盖在其上而与水体隔绝时便进入成岩作用阶段,这时碎屑岩中富 K 的孔隙水仍然在和伊 蒙间层矿物(包括蒙皂石)强烈作用,使之进一步向伊利石转化,而这时泥质岩的转化作用却弱得多,因此,从湖盆边缘相向深湖相,碎屑岩中伊 蒙间层含量的减小幅度和伊利石含量的增大程度均比泥质岩中的显著;同时,伊 蒙间层中的蒙皂石晶层比例在碎屑岩中的减小幅度比泥质岩中的明显。

3.4 成岩作用强度

当然,上述规律也受到成岩作用的较大影响,因为从边缘相到深湖相地层埋深一般是增大的,因而成岩作用也相应增强;同时,下第三系比上第三系埋藏深,成岩作用也相应增强,使得伊 蒙间层转化程度加强,其中的蒙皂石晶层比例明显减小,基本上完全呈现有序结构。

4 结 语

通过上述的分析研究不难发现粘土矿物的横向分布规律是清晰的,即无论第三系的哪一个统,其中

的伊 蒙间层粘土矿物平均相对含量都有从盆地边缘相带向其中心相带有明显减小的趋势,而伊利石的平均相对含量却有明显增大的趋势,在下第三系主要有以伊利石为主的且不含无序伊 蒙间层矿物的组合类型和局部地区不含高岭石的矿物组合;上第三系除了盆地中心相区具有与下第三系相类似的粘土矿物组合外,在边缘相区还有以无序伊 蒙间层矿物为主的矿物组合。此外,绿泥石和高岭石也有一定的分布趋势。这种分布规律的控制因素主要有物源区母岩类型,干旱—半干旱古气候条件,沉积环境和成岩作用强度等,并且在不同的条件下各有侧重。

参 考 文 献

- [1] 徐昶. 柴达木盆地某些盐湖沉积剖面中粘土矿物的初步研究. 沉积学报, 1983, (3): 123- 132.
- [2] 徐昶. 中国盐湖粘土矿物研究. 北京: 科学出版社, 1993.
- [3] 黄杏珍, 邵宏舜等. 柴达木盆地的油气形成与寻找油气田方向. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993, 516.
- [4] Huang Xingzhen and Shao Hongshun, Sedimentary characteristics and types of hydrocarbon source rocks in the Tertiary swmianid to arid lake basins of northwest China, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 1993, 105 33- 43.
- [5] Huang Xingzhen, Wang Suiji, Yan Cunfeng, et al. Formation of the Tertiary clay minerals in Qaidam Basin and their influencing factors, 30th International Geological Congress Abstracts, Volume 2 of 3, Beijing, China, 1996, 459.

The Transverse Distributive Regularity and its Controlling Factors of Clay minerals in Tertiary System, Qaidam Basin

Wang Suiji¹ Huang Xingzhen² Ren Minda¹ Li Jianqing² and Zhao Dongsen²

1(Department of Geography, Peking University, Beijing 100871) 2(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

3(Qinghai Institute of Petroleum Exploration and Development, Donghuang 736202)

Abstract

In this paper, the transverse distributive regularity and its controlling factors of clay minerals in Tertiary System in Qaidam Basin was carried out. From the marginal facies to the central facies of the Basin, the relative content of interstratified illite/smectite has a tendency of decrease and the relative content of illite increases obviously. In Neogene system, there are two types of combination of the clay minerals. The one of them is the combination of randomly interstratified illite/smectite → illite → chlorite → kaolinite in the marginal facies of the Basin. The other is the combination of ordered interstratified illite/smectite → illite → chlorite → kaolinite in the central facies of the Basin. In Eogene System have two types of combination. The one is the composition of ordered interstratified illite/smectite → illite → chlorite → kaolinite. (Continued on page 165)