

粘土矿物含量分析中的几个问题

陈忠¹ 沈明道¹ 赵敬松¹ 唐洪明¹ 罗蛰潭² 陆正行²

1(西南石油学院 四川南充 637001)

2(成都理工学院 成都 610059)

提 要 储层岩石中粘土矿物种类及含量分析是划分沉积相带和成岩相带的基础,也是油气层钻井、完井、开发改造中储层保护的关键。本文在分析传统粘土矿物抽提分离方法及其缺点的基础上,提出了多级粒度抽提分离方法,为分析储层岩石中的粘土矿物种类和含量提供了首要的保障。

关键词 粘土矿物 多级抽提分离

第一作者简介 陈忠 男 28岁 博士 石油地质及储层开发地球化学

1 引言

粘土矿物广泛分布于组成地壳的沉积岩中。因为粘土矿物在晶体结构、构造、化学组成及理化性能等方面的特殊性,决定了它们在油气层勘探开发中具有极为重要的作用和地位。

粘土及粘土矿物是有机质生成和富集的原始载体,在油气勘探中可以通过各种粘土矿物的变化组合来划分沉积相带和成岩相带,确定油气的生成、运移和聚集环境与过程。在油气钻井、完井及开发过程中,粘土矿物容易发生应力敏感、水敏、盐敏、速敏、酸敏、碱敏、热敏等现象,导致钻井过程中含大量粘土矿物的泥页岩层段水化膨胀而垮塌,以及在完井、油层开发中发生阳离子交换、微粒运移、无机盐沉淀、矿物相转变等作用伤害储层。

粘土矿物种类繁多,各种粘土矿物的演化过程、自身结构、理化性能及作用后果相差甚远。因此,预测和判断储层岩石中粘土矿物的种类及各自的含量是油气层勘探、钻井防塌及油层、储层保护的先决条件。

2 粘土矿物的传统抽提分离方法及其缺陷

要得到储层岩石中粘土矿物的种类和各自的含量,首先必须把储层岩石样品中的所有粘土矿物抽提分离出来,求得所有粘土矿物在此类储层岩石中粘土的总体绝对含量,其计算公式为:

$$\text{粘土}(\%) = M_c / M_R \times 100\% \quad (1)$$

其中:粘土(%)—粘土矿物的总体绝对含量

M_c (g)—分析样品中所有粘土矿物总质量

M_R (g)—分析岩石样品总质量

显然,要获得粘土矿物在储层岩石中总体绝对含量,关键是获得所分析样品中粘土矿物总质量 M_c 。传统的作法是:取一定的储层岩石样品,用橡皮锤敲碎,过筛成 <1.5 mm的粒度,在除去有机质和烘干称重(M_R)后用去离子水充分浸泡,使储层岩石中的粘土矿物和骨架矿物充分离散,然后再根据Stokes原理用沉降虹吸分离法按某一粒度标准进行抽提分离,直至抽提至此粒度对应深度范围内在相应时间内变清为止^①。抽提出来的小于抽提粒度标准细粒悬浮物质是粘土矿物,其质量代表储层岩石样品中所有粘土矿物总重(M_c),未抽提出来的则是非粘土矿物。这样就可求得储层岩石中粘土矿物的总绝对含量。进而采用X射线衍射,红外光谱,差热及热重分析等多种手段对抽提出来的悬浮物质进行测试分析,就可求得粘土矿物的种类及各自的相对含量,结合分析样品的原始质量和抽提粘土矿物后的剩余质量进而求得各种粘土矿物在整个储层岩石样品中的绝对含量。

分析粘土矿物抽提分离的传统过程,不难发现抽提时选用的粒度标准是最重要的实验参数,它把粘土矿物与非粘土矿物截然分开,认为小于此粒度标准为粘土矿物,大于此粒度标准为非粘土矿物,选

① 沉积岩中粘土颗粒含量测定。SY5408—91。中华人民共和国能源部发布,1992,1~3
收稿日期:1996—07—29 收修改稿日期:1997—02—28

用的粒度标准越大,则抽提出的粘土矿物量就越多,反之就减少。这样的分析结果显然违背了分析岩样中粘土矿物总量应保持一定的客观事实。况且,对于这种抽提分离的粒度标准,国际上尚无定论,视研究领域、用途和研究对象(岩性)的不同而不同,如碳酸盐岩和砂岩中规定粘土粒径上限为 $5\ \mu\text{m}$,粘土岩中为 $2\ \mu\text{m}$ 。有的认为粘土矿物应 $<4\ \mu\text{m}$,有的又认为 $<2\ \mu\text{m}$ 较合适^[1]。按 $2\ \mu\text{m}$ 抽提出的组分应是非常纯净的粘土矿物,但从粘土矿物的量上而言肯定未抽提完全,因为有的粘土矿物颗粒发育得很好,其粒径远远大于此粒度标准,如高岭石在孔隙水活跃的大孔隙中粒径可达 $20\ \mu\text{m}-30\ \mu\text{m}$ 。实际上不同粘土矿物发育状况及粒径大小也各不相同,不存在统一的粒径标准。因此,在抽提分离粘土矿物时抽提粒度标准不应该作为区分粘土矿物与非粘土矿物的标准,而只能作为辅助的操作手段,抽提分离粘土矿物时应该以粘土矿物自身的晶体结构、构造、化学组成、理化性能为指导原则进行操作^[2]。从油气层保护的角度来说,凡是符合由硅-氧四面体、铝-氢氧八面体构成的层状铝硅酸盐矿物,并且具有粘土矿物的某些特性,对工作液敏感的矿物,都值得引起重视^[3]。

3 储层岩石中粘土矿物的多级粒度抽提分离

由前面分析可知,粘土矿物抽提分离时的粒度标准直接影响粘土矿物相对含量和绝对含量分析结果。为最大程度地估计岩石中粘土矿物的含量和可能造成的储层伤害,特选择引起储层伤害的地层微粒粒径标准 $37\ \mu\text{m}$ 为粘土抽提的最大上限粒度标准;另外由于各种粘土矿物粒径分布范围不一致,为了更多地了解各种粘土矿物在储层岩石中的分布信息,还选择了 $<2\ \mu\text{m}$ 、 $<4\ \mu\text{m}$ 、 $<8\ \mu\text{m}$ 等抽提标准,对A油田松散岩芯A1、A2和B油田的胶结致密岩芯B1、B2,在同等实验条件下(表1)进行四级抽提分离。抽提前样品预处理与传统的方法一致,在抽提时先把 $<2\ \mu\text{m}$ 的悬浮颗粒抽提出,烘干称重,其质量为 $m_{<2\ \mu\text{m}}$,余下的则为大于 $2\ \mu\text{m}$ 的部分;再以 $<4\ \mu\text{m}$ 为粒度标准进行抽提,抽提出来的则为大于 $2\ \mu\text{m}$ 而小于 $4\ \mu\text{m}$ 的部分,质量为 $m_{2\ \mu\text{m}-4\ \mu\text{m}}$ 。 $m_{<2\ \mu\text{m}}$ 与 $m_{2\ \mu\text{m}-4\ \mu\text{m}}$ 之和则为小于 $4\ \mu\text{m}$ 的所有悬浮颗粒的质量,依次增加粒度抽提标准,按下式便可计算各粒度标准下获得的粘土矿物总量:

$$m_{<4\ \mu\text{m}} = m_{<2\ \mu\text{m}} + m_{2\ \mu\text{m}-4\ \mu\text{m}} \quad (2)$$

$$m_{<8\ \mu\text{m}} = m_{<4\ \mu\text{m}} + m_{4\ \mu\text{m}-8\ \mu\text{m}} \quad (3)$$

$$m_{<37\ \mu\text{m}} = m_{<8\ \mu\text{m}} + m_{8\ \mu\text{m}-37\ \mu\text{m}} \quad (4)$$

进而得到各种粒径下的抽提物总绝对含量,结合X射线衍射测试数据便求得各种粘土矿物的相对含量和绝对含量(表2—表5)。

表1 岩石样品特征描述

Table 1 Characterization of rock sack sample properties

样号	岩性	胶结物	固结程度	孔隙度/ %	渗透率/ $\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$
A1	褐色含小砾粗砂岩	粘土矿物	松散	35.45	551.18
A2	褐色含小砾粗砂岩	粘土矿物	松散	34.23	523.15
B1	灰白色细砂岩	钙质胶结	致密	6.78	11.8
B2	灰白色细砂岩	钙质胶结	致密	4.85	8.7

表2 A1岩样粘土矿物多级粒度抽提结果

Table 2 Multiple grain size segregation result of clay minerals of the A1 rock sample

粒度标准 / μm	粘土矿物 绝对含量/%	粘土矿物相对含量/%			
		高岭石	绿泥石	伊利石	伊/蒙
2	1.56	8.21	2.18	21.57	68.04
4	2.13	14.25	1.89	18.54	65.32
8	4.52	17.56	1.35	17.29	63.80
37	7.85	23.48	1.19	14.68	60.65

表3 A2岩样粘土矿物多级粒度抽提结果

Table 3 Multiple grain size segregation result of clay minerals of the A2 rock sample

粒度标准 / μm	粘土矿物 绝对含量/%	粘土矿物相对含量/%			
		高岭石	绿泥石	伊利石	伊/蒙
2	1.59	8.97	2.46	19.65	68.92
4	2.35	15.65	2.21	15.78	66.36
8	5.67	19.40	1.75	14.00	64.85
37	8.96	25.84	1.42	11.09	61.65

由表2和表3分析可知,松散岩芯A1、A2按四级粒度标准抽提分离后,粘土矿物绝对含量随粒度标准增加而明显增加,其绝对含量序列为:

A1: $<2\ \mu\text{m}$ (1.56%), $<4\ \mu\text{m}$ (2.13%), $<8\ \mu\text{m}$ (4.52%), $<37\ \mu\text{m}$ (7.85%)

A2: $<2\ \mu\text{m}$ (1.59%), $<4\ \mu\text{m}$ (2.35%), $<8\ \mu\text{m}$ (5.67%), $<37\ \mu\text{m}$ (8.96%)

对于各种粘土矿物的相对含量总体上具有如下规律:高岭石的相对含量随着抽提粒度标准的增加,其余粘土矿物如绿泥石、伊利石、伊/蒙混层的相对

含量略有减少。

表4 B1岩样粘土矿物多级粒度抽提结果

Table 4 Multiple grain size segregation result of clay minerals of the B1 rock sample

粒度标准 / μm	粘土矿物 绝对含量/%	粘土矿物相对含量/%			
		高岭石	绿泥石	伊利石	伊/蒙
2	1.17	12.54	4.52	54.28	28.66
4	1.45	14.25	4.67	53.60	27.48
8	1.68	14.97	4.28	51.29	29.46
37	2.16	16.48	4.00	49.57	29.95

表5 B2岩样粘土矿物多级粒度抽提结果

Table 5 Multiple grain size segregation result of clay minerals of the B2 rock sample

粒度标准 / μm	粘土矿物 绝对含量/%	粘土矿物相对含量/%			
		高岭石	绿泥石	伊利石	伊/蒙
2	1.20	12.87	4.45	56.79	25.89
4	1.53	13.42	5.27	55.01	26.3
8	2.46	15.65	4.89	53.58	25.88
37	3.18	17.71	4.57	52.19	25.53

* 该内容属于成都理工学院—西南石油学院“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室资助项目94-02的部分成果

对B油田的B1、B2两个致密岩样四级粒度抽提分离结果(表4,表5)表明:随着抽提分离粒度标准增加,粘土矿物的总绝对含量只是略微增加,各种粘土矿物的绝对含量和相对含量变化没有松散岩样那样明显。松散岩样和致密岩样抽提分离出的粘土矿物含量随抽提粒度标准变化有着不同的变化规律,这只有从两种岩样中各种粘土矿物发育状况及存在形式不同得以解释。B油田和B1、B2两块致密岩样主要为钙质胶结,其矿物颗粒本身较细,为细砂级,粒度分布均匀。在这类胶结致密的细砂岩中,胶

结作用发生较早,限制了孔隙水迁移,次生粘土矿物很少,保持了沉积时的分布状态。因此在抽提分离中不会随抽提粒度标准的增加而发生显著改变。

对于A1、A2两个松散岩样,胶结物主要为自生粘土矿物,固结程度差,成岩过程中孔隙水较活跃,大部分原始沉积的杂基粘土都发生了重新生长,特别是高岭石发育成了较大的六方片状集合体。因此在进行多级粒度抽提分离时,随着抽提粒度标准增加,总体粘土矿物的绝对含量有所增加,高岭石相对、绝对含量显著增加,相应的其余粘土矿物的绝对含量会有所减少。

4 结束语

储层岩石中粘土矿物的抽提分离是储层岩石中粘土矿物种类及含量分析的首要环节。在抽提分离粘土矿物时应以粘土矿物自身的晶体结构构造、化学组成及其理化性能与其它非粘土矿物不同为操作原则,粒度只能作为一种操作手段。因为各种粘土矿物粒径不同,同一种粘土矿物也不存在统一的粒径,整个粘土矿物的粒径分布存在一个范围,在抽提分离时,为尽量多地获得各种粘土矿物含量分布信息,最好采用多级粒度抽提分离,具体的粒度抽提标准应根据研究领域、研究对象和用途进行确定。

参考文献

- 1 须藤俊男. 粘土矿物学. 严寿鹤等译. 北京:地质出版社,1981. 9~10
- 2 Hall P. Clays; the significance, properties, origins and uses. In: Willson M J, ed. A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy. New York: Chapman and Hall, USA, 1987. 1~10
- 3 沈明道. 粘土矿物及微组构与石油勘探. 成都:电子科技大学出版社. 1993. 3~15

Problems on Quantitative Analysis of Clay Minerals

Chen Zhong¹ Shen Mingdao¹ Zhao Jingsong¹
Tang Hongming¹ Luo Zhetan² Lu Zhenghang²

1(Southwest Petroleum Institute, Sichuan Nanchong 637001) 2(Chengdu Institute of Technology, Chengdu 610059)

Abstract

Quantitative analysis of minerals in reservoir rocks is the basis to determine sedimentary and diagenetic facies, and is one of the key factors to reservoir protection during the process of drilling, well-completion and oil production. On the basis of investigating the traditional segregation of clay minerals and its defects; a multiple grain size segregation method was put forward, which ensured the qualitative and quantitative determination of clay minerals in reservoir rocks.

Key Words clay mineral multiple grain size segregation.