

文章编号:0253-9985(2010)03-0315-06

根据储层成岩特征差异性判断浅层 油气藏油气充注时间 ——以哈萨克斯坦 A 油田为例

刘景东, 蒋有录

(中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 青岛 266555)

摘要:传统地质分析、储层流体包裹体和伊利石测年等方法对于浅层油气藏油气充注时间的确定,都存在着明显的不足。基于烃类-水-矿物之间的相互作用,提出了根据储层成岩特征差异性判断浅层油气藏油气充注时间的新方法,并以哈萨克斯坦 A 油田为例,应用该方法确定了 M-II 油层的油气充注时间。分析认为,部分成岩矿物含量的差异性可以表征油气大量充注时间的早晚。通过分析部分成岩矿物含量的差异性,结合成岩演化序列及埋藏热演化史,可以确定油气大量充注的时间。在成藏因素分析的基础上,结合成岩矿物相对含量的变化趋势,还可以追踪油气充注方向或判断油气充注过程。

关键词:储层成岩特征;油气充注时间;成岩演化;浅层油气藏

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Timing of hydrocarbon charging in shallow reservoirs by differences of diagenetic characteristics of reservoirs ——an example from A oilfield in Kazakhstan

Liu Jingdong and Jiang Youlu

(College of Geo-resources and Information, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266555, China)

Abstract: For the timing of hydrocarbon charging in shallow reservoirs, methods such as traditional geological analysis, fluid inclusions in reservoirs and illite dating have obvious shortages. Based on the interactions between hydrocarbons, water and minerals, this paper puts forward a new method to determine hydrocarbon charging time of shallow reservoirs by differences of diagenetic characteristics of reservoir rocks. Taking the A oilfield in Kazakhstan as an example, the hydrocarbon charging time for the M-II oil layer is determined in this way. The time of bulk hydrocarbon charging can be determined through the analyses of differences of content of certain minerals and in combination with diagenetic evolutionary sequence and burial thermal history. On the basis of pool-forming element analysis, hydrocarbon charging direction can be traced and hydrocarbon charging process can be identified with references to the trend of relative content of diagenetic minerals.

Keywords: diagenetic characteristics of reservoirs, hydrocarbon charging time, diagenetic evolution, shallow oil/gas pool

油气成藏过程是成藏研究的重要内容,不同时期人们对油气成藏充注研究的手段不同。传统的油气藏形成时间分析主要是根据油气藏形成需

要的油气源、圈闭等条件的形成时间以及油藏形成后的饱和压力^[1],常用的方法主要包括3种,即烃源岩的主要生排烃期法、圈闭形成期法、油藏饱

收稿日期:2009-07-29

第一作者简介:刘景东(1984—),男,博士研究生,油气成藏机理与分布规律。

和压力法。近十年来,基于烃类-水-矿物之间的相互作用,流体史分析方法逐渐成为确定油气藏形成期的主要手段,依靠“成藏化石”记录方面的成藏期定量数据分析可以“示踪”油气成藏期次和过程^[2-4],如油气非均一性、包裹体研究、成岩矿物定年和储层沥青分析等。

上述油气成藏期的分析方法主要针对成岩作用较强的中深层油气藏(深度 > 2 000 m),而关于浅层油气藏(深度 < 2 000 m)成藏期的研究尚未见到相关论述。受构造运动影响,浅层油气藏油气来源可能为晚期生成,也可能为中深层早期油气藏遭破坏后的向上运移,因此应用传统地质分析方法确定浅层油气藏的形成时间误差较大,而储层流体包裹体和自生伊利石测年等方法受浅层储层样品松散或砂岩粒度太大等因素影响,取样和分析的难度较大。笔者从烃类-水-矿物之间的相互作用出发,根据储层成岩特征差异性分析,阐述了浅层油气藏形成时间的方法原理与步骤,并以哈萨克斯坦 A 油田为例,应用该方法对浅层油气藏的形成时间进行了分析。

1 方法原理与步骤

无论是与碎屑颗粒同期沉积或沉淀的粘土矿物,还是埋藏成岩过程中形成的粘土矿物,在成岩作用过程中随埋深和温度的增加以及孔隙流体介质条件的不断变化,粘土矿物逐渐变得不稳定并趋于向其他粘土矿物转化^[5]。

1) 高岭石:在酸性水介质中稳定,随埋深的增加,在富含 K^+ 偏碱性、碱性溶液中,高岭石会逐渐转变为伊利石;而在富含 Mg^{2+} 的偏碱性介质中,则会向绿泥石转变。

2) 蒙脱石:在富含 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 的水介质中,会转变成绿泥石/蒙脱石混层粘土矿物,并逐渐向绿泥石转化;而在富含 K^+ 的碱性溶液介质中,会通过伊利石/蒙脱石混层粘土的中间状态逐渐转变为伊利石。

3) 伊利石:最明显的成岩变化是其结晶度的变化,随埋藏深度的增加,伊利石的结晶度越来越好。

4) 绿泥石:成岩变化主要表现为由无序型绿泥石随埋藏深度的增加发生有序调整而依次向有序型伊利石转变。

可以看出,在富含 K^+ , Fe^{2+} 或 Mg^{2+} 的成岩环境中,高岭石和蒙脱石逐渐向伊利石或绿泥石转化。当储集层中有烃类充注时,孔隙水中无机离子浓度降低,并改变孔隙水 pH 值^[6],部分替换孔隙水的烃类流体则阻碍矿物与离子之间的质量传递,伊利石或绿泥石的形成受到抑制^[7-9]。因此根据粘土矿物中高岭石、蒙脱石、绿/蒙混层、伊/蒙混层、伊利石及绿泥石的相对含量的变化可以确定油气大量充注的最早时间。

该方法的应用主要通过以下步骤:

1) 对同一层位不同钻井粘土矿物组成的相对含量进行对比,分析烃类充注对粘土矿物转化造成的影响;

2) 分析烃类充注层段的泥岩有机质成熟度等储层成岩特征;

3) 根据烃类充注层段的埋深、粘土矿物组成及有机质成熟度等指标,结合研究区的成岩演化序列判断成岩温度,即油气充注时的地层温度;

4) 结合埋藏热演化史界定油气充注时间。

该方法简便易行,而且根据粘土矿物组成的相对含量在平面上的变化趋势,结合成藏因素分析,还可以追踪油气充注方向或判断油气充注过程。

2 实例分析

哈萨克斯坦 A 油田构造形态为受走滑断层控制并被伴生断层复杂化的背斜,长轴方向为北西-南东向,长约 25 km,宽约 6 km,具有西南翼较缓,东北翼较陡的构造特征(图 1),该区在白垩末经历了距今最晚的一次较强烈的构造抬升剥蚀。白垩系 M-II 储层为该油田的主要含油层,现今顶面埋深为 825 ~ 1 100 m,白垩系剥蚀前顶面埋深为 757.5 ~ 1 060 m,以粉砂岩、砂岩为主,分选中等到好,中等胶结,棱角到次圆状,以原生粒间孔隙为主。下面主要根据储层成岩特征差异性对 M-II 储层的油气充注时间进行分析。

2.1 储层成岩特征

1) 粘土矿物组成差异性

对 A 油田 A123 井、A095 井和 A100 井 M-II 储层粘土矿物组成进行对比发现,A123 井粘土矿物组成中伊/蒙混层含量较大,占 38% ~ 47%,蒙脱石组分占 36% ~ 43%,伊利石含量较少,仅占

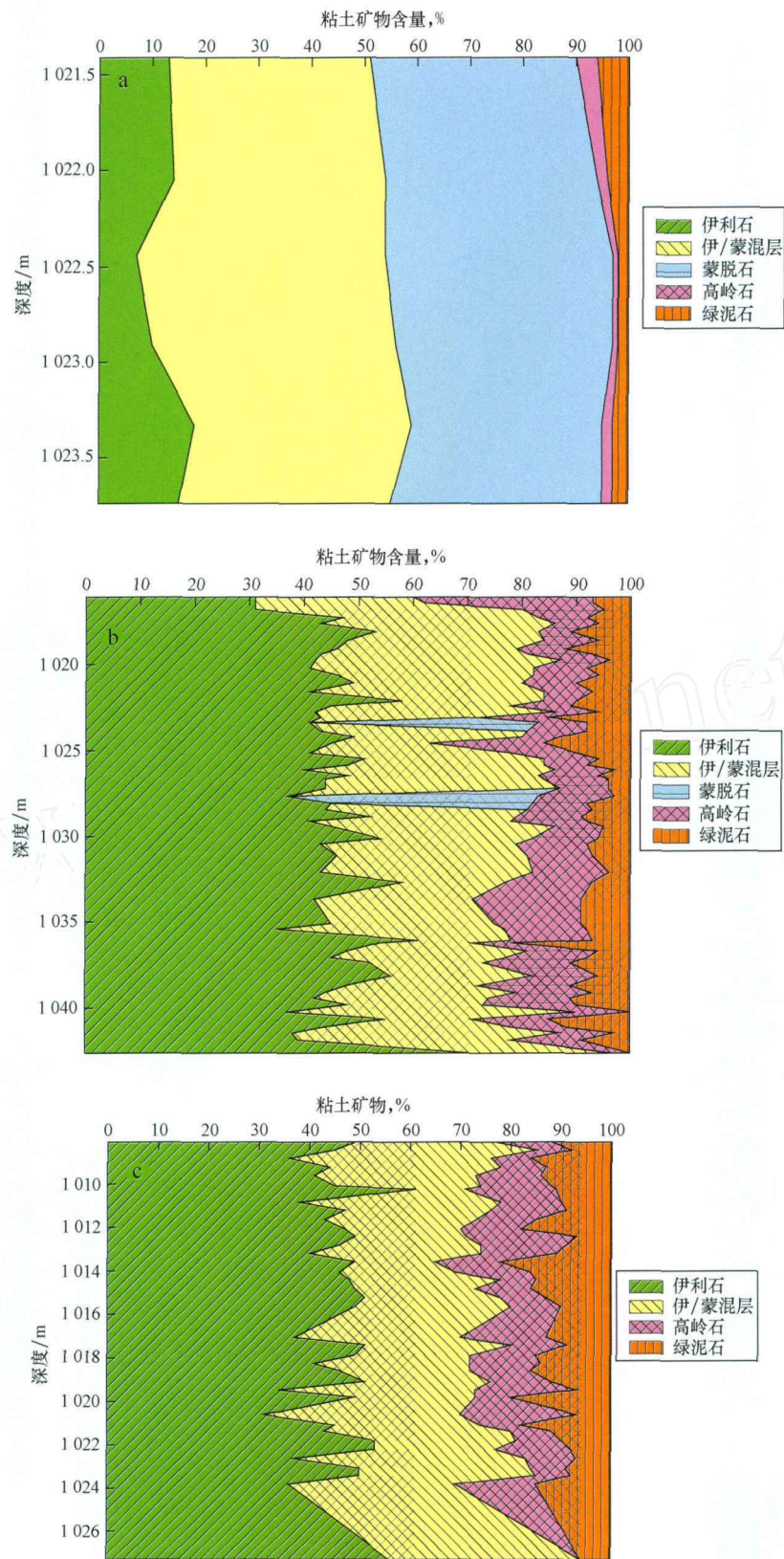


图 2 哈萨克斯坦 A 油田 M - II 储层粘土矿物组成特征

Fig. 2 Composition of clay minerals in M-II reservoir in A oilfield, Kazakhstan
a. A123 井; b. A095 井; c. A100 井

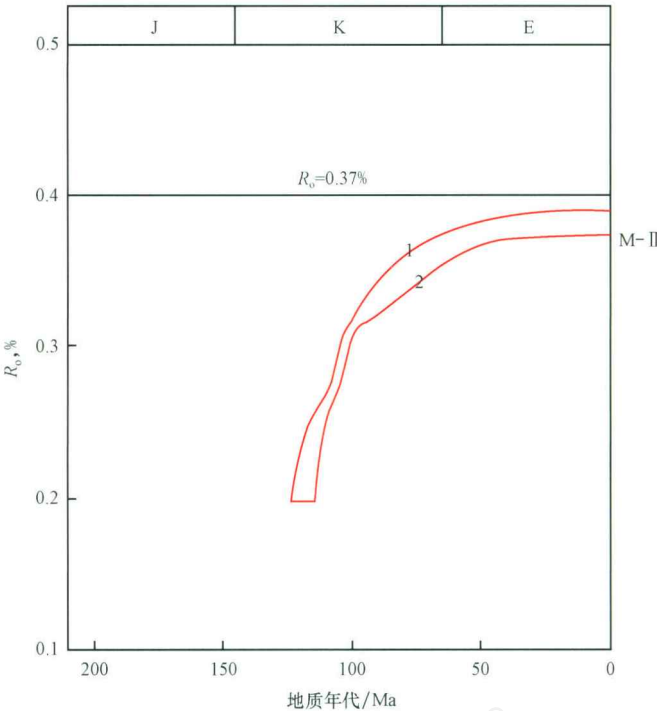


图 3 哈萨克斯坦 A 油田 A123 井 M - II 储层相邻泥岩热演化史

Fig.3 Thermal history of mudstones adjacent to M - II reservoir in A-123 well of A oilfield, Kazakhstan

1. 紧邻 M - II 储层的上部泥岩;2. 紧邻 M - II 储层的下部泥岩

成岩阶段		今地温 (℃)	埋深 (m)	有机质		粘土岩		岩石固结程度	机械压实作用	碎屑岩中的自生矿物										溶蚀作用		接触关系	孔隙类型		
阶段	期			阶段	R _o %	转化带	混层比 (%)			蒙脱石	混层粘土	高岭石	伊利石	石英加大	石英	长石	菱铁矿	方解石	白云石	铁白云石	长石		岩屑	碳酸盐	杂基
早成岩	A	55	<1 100	未熟	0.35	蒙脱石带	>70	未固结 半固结															点	原生孔隙型	粒间孔
	B	60	1 500		0.50	无序带	50																		
中成岩	A	80	2 500	低熟	0.70	有序带	30	固结															线	混合孔隙型	粒间孔
		90	2 800	成熟	0.90		20																		
		110	3 500	较高成熟	1.30																				
	B	140	5 000	高成熟	2.00	超点阵	10																		
晚成岩		>140	>5 000	过成熟	4.00	伊利石绿泥石带	混层消失															凹凸	次生型	溶孔	

图 4 哈萨克斯坦 A 油田成岩阶段划分及成岩演化序列^[10]

Fig.4 Diagenetic stages and evolutionary sequences of A oilfield in Kazakhstan^[10]

A123 井具有大量油气优先充注的可能性,与前面储层成岩特征的差异性分析结果吻合。综合分析认为,M - II 储层大量油气充注期为白垩纪末期,油气首先大量充注于古构造(白垩系剥蚀前构造)

高点,受后期构造运动影响,构造高点迁移至断层带附近,早期在 A123 井构造高点聚集的油气发生调整,与下部沿断层运移的油气一起充注于现今构造高点处。

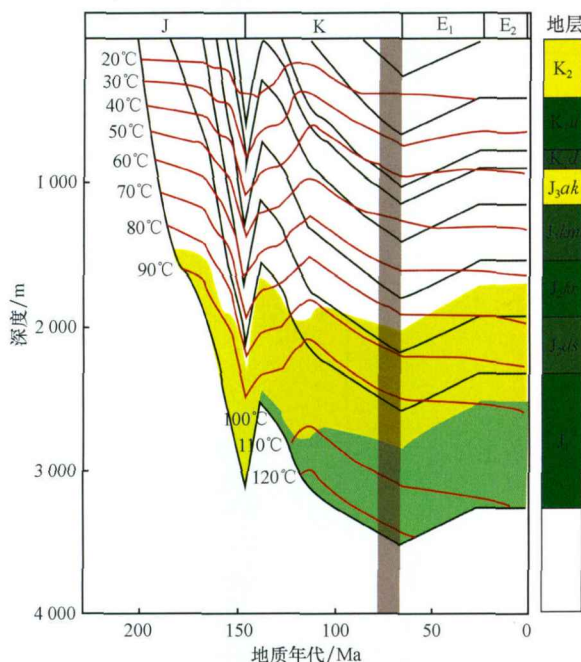


图5 哈萨克斯坦 A 油田 A123 井热演化史及 M - II 储层油气充注时间

Fig. 5 Thermal history of A-123 well and hydrocarbon-charging stages of M-II reservoir in A oilfield, Kazakhstan (纵向阴影对应油气充注时间; 右侧柱状图表示现今地层剖面) J₁: 下侏罗统; J_{2ds}: 中侏罗统多尚组; J_{2kr}: 中侏罗统卡拉甘塞组; J_{3km}: 上侏罗统库姆科尔组; J_{3ak}: 上侏罗统阿克沙布拉克组; K_{1d}: 下白垩统阿雷斯库姆组 (M-II) + 下白垩统下达乌尔组 (K_{1ne1}); K_{1u}: 下白垩统上达乌尔组 (K_{1ne2}) + 下白垩统卡拉沙陶组 (K_{1a}); K₂: 上白垩统

3 结论

1) 通过烃类-水-矿物之间的相互作用分析, 认为根据储层成岩特征差异性可以判断浅层油气藏形成时间, 在存在较多样品的情况下, 还可以根据成岩矿物相对含量的变化趋势, 结合油气成藏因素分析, 判断油气充注方向或油气充注过程。

2) 根据成岩特征差异性分析油气充注时间, 首先应根据成岩矿物相对含量变化确定油气充注对矿物转化的抑制作用, 并分析其它的成岩特征, 结合成岩演化序列分析矿物转化受抑制时的成岩温度, 最后根据埋藏热演化史确定油气充注时间。

3) 浅层油气藏经历的构造旋回相对单一, 应用储层成岩特征差异分析油气充注时间具有较好的效果。中深层油气藏大多经历多期构造活动, 油气充注期次较多, 应用该方法仅能确定油气充注的最早时间, 应用性较差, 但可以配合其他方法

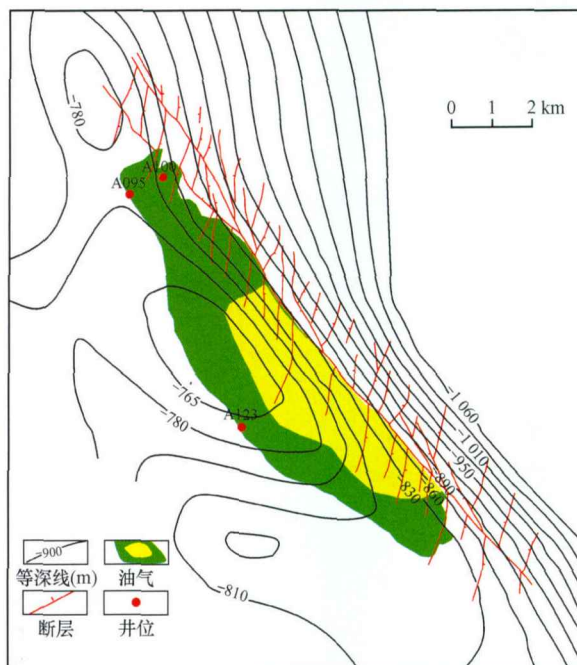


图6 哈萨克斯坦 A 油田 M - II 储层白垩系剥蚀前顶面构造与油气分布

Fig. 6 Structural contour map of the top of M-II reservoir in A oilfield of Kazakhstan before denudation in the Cretaceous with hydrocarbon distribution map overlaid

综合确定油气充注时间。另外, 该方法对于碳酸盐岩储层油气充注时间的确定, 还有待验证。

参考文献

- 1 蒋有录, 查明. 石油天然气地质与勘探 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2006
- 2 赵孟军, 宋岩, 潘文庆, 等. 含油气盆地成藏期分析理论和新方法 [J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 939 ~ 946
- 3 王飞宇, 金之钧, 吕修祥. 沉积盆地油气成藏期研究及成藏过程综合分析方法 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 754 ~ 762
- 4 吕海涛, 陈红汉, 唐大卿, 等. 塔河地区三叠系油气充注幕次划分与成藏时期确定 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(3): 300 ~ 309
- 5 姜在兴. 沉积学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003
- 6 Surdam R C, Crossley L J, Hagen E S, et al. Organic-inorganic interaction and sandstone diagenesis [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(1): 1 ~ 23
- 7 张枝焕, 胡文瑄, 曾骥辉, 等. 东营凹陷下第三系流体-岩石相互作用研究 [J]. 沉积学报, 2000, 18(4): 560 ~ 566
- 8 李艳霞, 刘洪军, 袁东山, 等. 石油充注对储层成岩矿物演化的影响 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 274 ~ 280
- 9 蔡进功, 张枝焕, 朱筱敏, 等. 东营凹陷烃类充注与储集层化学成岩作用 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 79 ~ 83
- 10 周海燕, 胡见义, 郑俊章, 等. 南图尔盖盆地储层成岩作用及孔隙演化 [J]. 岩石矿物学杂志, 2008, 27(6): 547 ~ 558

(编辑 张亚雄)