

文章编号:1673-8217(2014)01-0033-04

莱州湾凹陷垦利6-A构造 深部储层成岩作用研究

陈保柱^{1,2},于海波²,于喜通²,揣媛媛²,于 娅²

(1. 中国地质大学(北京)海洋学院,北京 100083;2. 中海石油(中国)天津分公司渤海油田勘探开发研究院)

摘要:莱州湾凹陷东北次洼是渤海海域重要的油气富集区,通过对大量岩石薄片、扫描电镜以及储层物性数据进行分析,对垦利6-A构造深层砂岩储层的成岩作用和孔隙演化进行了详细研究。结果表明,该区深部储层在埋藏过程中经历了压实、胶结、溶解等多种成岩作用,根据镜质体反射率、粘土矿物演化分析等将该区成岩阶段划分为早成岩A期,早成岩B期,中成岩A期,中成岩B期四个阶段,并对各期孔隙演化特征进行了分析。

关键词:莱州湾凹陷;成岩阶段;成岩作用;岩石学特征,孔隙演化

中图分类号:TE112.12

文献标识码:A

1 区域概况

莱州湾凹陷属于渤海湾盆地东部边缘的一个新生代次级凹陷,位于渤海海域东南部,面积1 780 km²,该凹陷东临鲁东隆起带,为郯庐走滑断裂的两分支断层所夹持,呈北断南超的箕状断陷结构。垦利6-A构造位于莱州湾凹陷东北次洼莱东-庙南构造带,是受伸展断层、走滑断层及走滑调节断层共同作用形成的掀斜断块群(图1)。该构造古近系埋深介于约1 600~4 000 m之间,属于辫状河三角洲前缘沉积,沉积厚度随埋深变大,砂岩含量丰富且分布稳定,但受成岩作用的影响,储层非均质性比较强。本文利用岩心薄片、铸体薄片、扫描电镜以及化验资料综合分析研究了垦利6-A构造古近系储层

砂岩所经历的成岩作用及孔隙演化特征,为寻找优质储层、提高勘探成功率提供参考。

2 储层岩石学特征

垦利6-A构造古近系碎屑岩含油储层主要分布在东营组东三段和沙河街组沙一、沙二段,根据岩石薄片鉴定结果:通过150个样品的观察统计,研究区东三段与沙一、沙二段(沙一、沙二段整体较薄,故归为一段研究)岩石类型以中-粗粒长石砂岩和岩屑长石砂岩为主(图2),平均粗砂含量分别为55%、35%;平均中砂含量分别为25%、29%;平均细砂含量分别为6%、23.5%;平均砾石含量分别为12.7%、10%。碎屑颗粒均匀分布,分选差-中等,磨圆大部分为次圆-次棱角状,支撑方式一般为颗粒支撑,颗粒间为点-线、线及凹凸接触,成分成熟度和结构成熟度都较低,反映了近源沉积的特征。粒间填隙物主要为少量泥质、白云石和高岭石。

根据薄片鉴定数据,研究区内储层石英占岩石体积的27.5%;长石占岩石体积的33.1%;火成岩岩块主要为花岗岩岩块及酸性喷出岩岩块,平均含量11.7%;变质岩岩块主要为石英岩岩块,平均含量27.1%,见少量云母碎片分布粒间。

3 成岩作用类型和特征

收稿日期:2013-08-28;改回日期:2013-10-28

作者简介:陈保柱,工程师,1985年生,2008年毕业于长江大学资源勘查工程专业,在读硕士生,现从事沉积储层方面的研究。

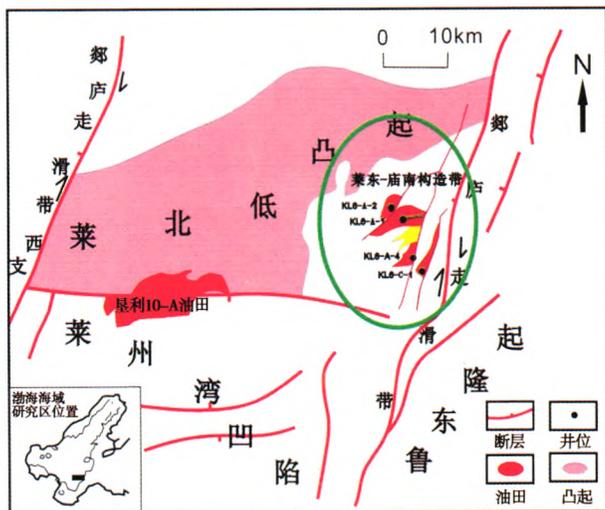


图1 垦利6-A构造纲要及区域位置图

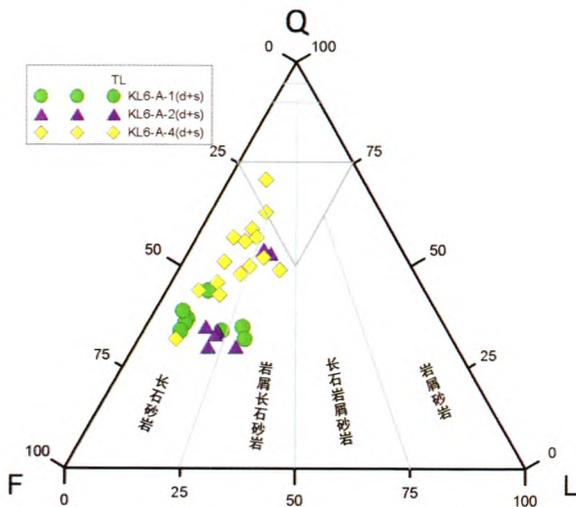


图2 垦利6-A构造区岩石类型

通过对研究区取心井常规薄片、铸体薄片、扫描电镜等资料的研究,确定该区东三段和沙一、沙二段砂岩储层所经历的成岩作用有压实作用、胶结作用和溶解作用等。

3.1 压实作用

压实作用是造成碎屑岩储层孔隙度和渗透率变小的主要原因。通过对研究区东三段和沙一、沙二段样品铸体薄片分析,压实作用主要表现为颗粒之间的点-线、线接触及凹凸接触,碎屑颗粒破碎,云母断裂变形。压实作用随着埋藏深度的加大而变强,如KL6-A-1井,2 439 m处砂岩颗粒线接触,而埋藏较深的3 055 m处颗粒之间呈凹凸接触。随着埋藏深度的增加,岩石抗压性逐渐增强,此时压实对储层物性的影响将逐渐减弱,各种胶结物随之产出,取而代之的是各种胶结作用。

3.2 胶结作用

3.2.1 石英次生加大胶结

岩石薄片观察表明,自生石英以石英碎屑为核心,向粒间孔隙空间生长。石英的次生加大现象可能与砂岩储层埋藏深度较大、成岩温度较高有关。本区东三段与沙一、二段均进入中成岩B期,次生加大石英达到Ⅲ级,常与高岭石共生充填粒间孔隙。

3.2.2 碳酸盐胶结

研究区碳酸盐胶结物类型主要包括方解石、铁方解石、白云石、铁白云石及菱铁矿。随着埋藏深度的增加,碳酸盐含量具有逐渐增高的趋势,碳酸盐胶结作用增强,这与晚期的多期碳酸盐胶结有关,在2 900 m、3 100 m左右达到峰值25%,2 800 m以上均低于15%。本区(铁)方解石、菱铁矿胶结物分别呈斑块状、团块状胶结;白云石、铁白云石晶形较好,较

均匀胶结、交代碎屑颗粒。

3.2.3 粘土矿物胶结

粘土矿物的类型、丰度和分布对储集层物性有着重要影响^[1-5]。粘土矿物胶结主要有高岭石、伊利石、绿泥石和伊/蒙混层矿物胶结等,各胶结物的结晶形态、发育特征有所不同。高岭石是本区最重要的粘土矿物,随深度含量逐渐增大,并在2900~3 100 m达到其峰值80%。主要呈假六方片状晶体,常叠复形成手风琴状、书页状或蠕虫状集合体充填于孔隙中。伊利石呈片状、丝絮状,常呈颗粒薄膜或孔隙衬垫胶结于孔隙中。2 500 m以下随深度有减小趋势,这可能与有机物排烃有关,弱酸性的成岩介质条件不利于伊利石的形成。伊/蒙混层呈片状、丝絮状、蜂窝状包裹粒表,分布于粒间孔隙中。伊蒙混层水敏时具有较高的膨胀性,其含量与储集层物性呈反相关关系,随含量增高储集层物性降低。绿泥石整体含量较少,含量由浅到深均未超过10%。绿泥石的生长可阻止石英和长石的再生长,既有利于砂体孔隙的保存,也有助于保持孔隙结构,降低了成岩作用对孔隙结构的破坏,而自生绿泥石包膜不发育的砂体孔喉分选往往较差^[6-7]。

3.3 溶解作用

砂岩中的碎屑颗粒、杂基、胶结物和交代矿物,在一定的成岩环境中都可以不同程度地发生溶蚀作用,形成砂岩中的次生孔隙^[8-9]。本区被溶蚀的物质主要是岩屑、长石及少量碳酸盐等。岩屑颗粒的溶解通常有3种特征:粒内仅部分矿物或局部发生溶解,形成斑点状、蜂窝状、条纹状粒内溶孔;颗粒发生强烈溶解仅剩部分残余或整体溶解形成铸模孔;颗粒边缘溶解呈不规则状,或向粒间扩展形成粒间扩大溶孔。长石常沿解理面或边缘溶解,也会扩大粒间孔。碳酸盐胶结物和部分不稳定矿物长石或岩屑溶解,并有少量残余斑点残存。

4 成岩阶段与孔隙演化

碎屑岩在埋藏过程中,随着埋藏深度增加经历了一系列的成岩演化过程,不同阶段发生了不同的成岩作用,成岩作用的变化规律直接反映出储层孔隙演化及次生孔隙的分带性^[10-12]。本文依据《中国石油天然气行业碎屑岩成岩阶段划分标准(淡水-半咸水水介岩)(SY/T 547722003)^[13],结合粘土矿物演化分析、有机质成熟度、孔隙演化资料,将该区成岩阶段划分为早成岩A期,早成岩B期,中成岩A期,中成岩B期四个阶段(图3、4)。

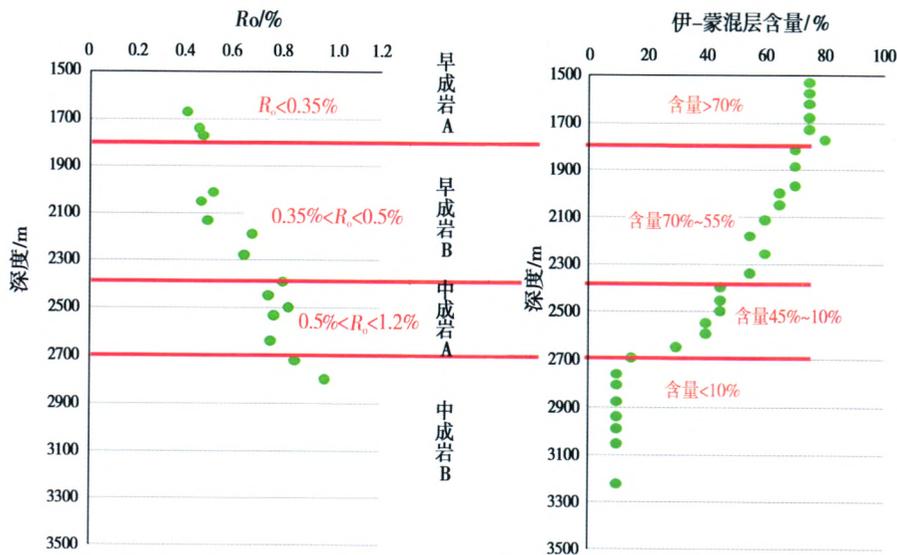


图 3 垦利 6-A 深部储层成岩阶段划分

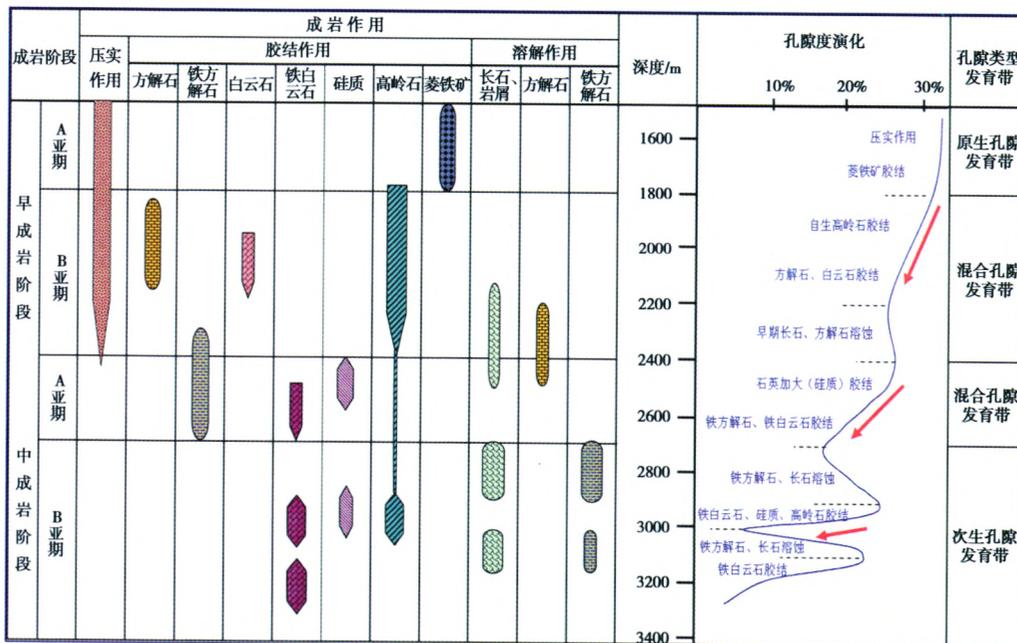


图 4 垦利 6-A 地区成岩阶段划分

4.1 早成岩阶段 A 期

早成岩阶段 A 期的底界深度位于 1 800 m 左右,古常温小于 67℃,镜质体反射率(R_o)小于 0.35%,有机质成熟度处于未熟-低熟阶段,岩石处于弱固结-半固结状态,颗粒间以点、点-线接触为主,发育原生孔隙。本期主要发生菱铁矿胶结作用,随着上覆载荷的逐渐增加,孔隙水大量析出,进而使砂岩中的亚铁离子溶于水,在缺氧的环境下,生成菱铁矿并沉淀。

4.2 早成岩阶段 B 期

早成岩阶段 B 期的埋深为 1 800~2 400 m,古常温小于 67℃~87℃,镜质体反射率(R_o)0.35%

~0.5%,有机质成熟度处于半成熟阶段,岩石处于半固结-固结状态,以原生孔隙为主,并可见少量次生孔隙。成岩作用有方解石、白云石及高岭石等胶结作用,也有溶蚀作用,如后期方解石溶蚀。

4.3 中成岩阶段 A 期

中成岩阶段 A 期的埋深为 2 400~2 700 m,古常温小于 87℃~96℃,镜质体反射率(R_o)0.5%~0.8%,有机质成熟度处于成熟阶段,岩石处于固结状态,原生孔隙减少,次生孔隙较发育,孔隙度介于 17%~26%之间。本期可见含铁碳酸盐类胶结物,特别是铁方解石和铁白云石,以交代、加大和胶结形式出现。砂岩中石英次生加大为 II 级,在扫描

电镜下多数石英颗粒表面被较完整的自形晶面包裹,有的石英自生晶体向空间生长,堵塞孔隙。总之,本期以胶结作用为主,使孔隙迅速降低。

4.4 中成岩阶段 B 期

中成岩阶 B 期的埋深大于 2 700 m,古常温大于 96℃,镜质体反射率(R_o)大于 1.2%,有机质成熟度处于高成熟阶段,岩石处于固结状态,岩石颗粒呈凹凸-缝合接触,原生孔隙不发育,次生孔隙较发育并出现裂缝,孔隙度介于 6%~25%之间。砂岩中石英次生加大为Ⅲ级,高岭石含量增大,晶形并不完美,常常出现假六边形晶体扭曲变形、残缺的现象,一般发育在中-细粒到中-粗粒的长石砂岩中,砂岩的粘土矿物总含量低于 10%。高岭石的发育一般伴随着长石、方解石的溶蚀以及石英的次生加大和大量的次生溶蚀孔隙,它的大量出现是孔隙度发育的一个标志^[14]。东三段次生孔隙发育带主要发生在 2 800 m 左右,沙一、沙二段次生孔隙发育带主要发生 3 000 m 左右,孔隙度最高可达 25%。钻井证实这两个孔隙带均已成藏,但对本区成藏规模需进一步钻井评价。这两个孔隙发育带的发现,对本区下一步勘探提供了重要的指导。

5 结论

(1)研究区东三段与沙一、沙二段岩性以中-粗粒长石岩屑砂岩为主,磨圆度为次圆-次棱状,分选较差,成熟度较低。粒间填隙物主要为少量泥质、白云石和高岭石。

(2)研究区主要经历的成岩作用有压实作用、胶结作用和溶蚀作用,其中压实作用和胶结作用使储层孔隙度减小,尤以高岭石与石英次生加大共生胶结堵塞孔隙最为常见,而溶蚀作用以长石与碳酸盐的溶蚀对于研究区物性改善至关重要。

(3)依据粘土矿物演化分析,结合有机质成熟度、孔隙演化资料,将该区成岩阶段划分为早成岩 A 期,早成岩 B 期,中成岩 A 期,中成岩 B 期四个阶段。主要目的层东三和沙一、沙二段都位于中成岩 B 期阶段。

(4)本区目的层存在两个次生孔隙发育带,东三段次生孔隙发育带主要发生在 2 800 m 左右,沙一、沙二段次生孔隙发育带主要发生在 3 000 m 左右,孔隙度最高可达 25%。

参考文献

- [1] Almon W R, Davies D K. Formation damage and the crustal chemistry of clays[M]. Mineralogical Association of Canada, 1985.
- [2] Kosta J, Leotaritis. Asphaltene near-well-bore formation damage modeling[C]. SPE 39446, 1998.
- [3] Roland F K. An over view of formation damage and well productivity in oil field operations [J]. JPT, 1986, 6(2):131-152.
- [4] 卜军,李文厚,曾明,等.鄂尔多斯盆地陇东地区中侏罗统 9 油层组储层成岩作用及对孔隙的影响[J].石油地质与工程,2010,24(3):24-27.
- [5] 赵杏娥.粘土矿物与油气[J].新疆石油地质,2009,30(4):533-536.
- [6] 童小兰,卢明国,张建华.江汉断陷盆地潜山油气成藏模式探讨[J].油气地质与采收率,2006,13(4):48-51.
- [7] 徐子炎,苗建宇,曾明,等.鄂尔多斯盆地旦八地区 4+5 油层组储层特征研究[J].石油地质与工程,2010,24(3):20-23.
- [8] 刘锐娥,孙粉锦,拜文华.苏里格庙盒 8 气层次生孔隙成因及孔隙演化模式探讨[J].石油勘探与开发,2002,29(4):47-49.
- [9] 赵国泉,李凯明,赵海玲,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气储集层长石的溶蚀与次生孔隙的形成[J].石油勘探与开发,2005,32(1):53-55.
- [10] 钟大康,周立建,姚泾利,等.储层岩石学特征对成岩作用及孔隙发育的影响——以鄂尔多斯盆地陇东地区三叠系延长组为例[J].石油与天然气地质,2012,33(6):890-899.
- [11] 张俊,蔡缪璐,向雷,等.川东北地区飞仙关组成岩晚期白云石溶解作用[J].石油与天然气地质,2012,33(4):599-606.
- [12] 罗文军,彭军,杜敬安,等.川西坳陷须家河组二段致密砂岩储层成岩作用与孔隙演化——以大邑地区为例[J].石油与天然气地质,2012,33(2):287-295.
- [13] 应凤祥,罗平,何东博,等.中国含油气盆地碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟[M].北京:石油工业出版社,2004:91-94.
- [14] 吴富强,李后蜀,胡雪,等.沾化凹陷渤南洼陷沙四段成岩史恢复及成岩模式建[J].油气地质与采收率,2001,8(6):1-4.

编辑:吴官生