

文章编号: 1009-3850(2008)01-0088-08

束鹿凹陷古近系沙河街组 第三段下部储层物性及其影响因素

旷红伟¹, 刘俊奇², 覃汉生², 陈永乔³

(1. 长江大学 油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 长江大学 地球物理与石油资源学院, 湖北 荆州 434023; 2. 中国石油 华北油田分公司勘探开发研究院, 河北 任丘 062552; 3. 长江大学 地球化学系, 湖北 荆州 434023)

摘要: 本文在对束鹿凹陷古近系沙河街组第三段下部地层、岩性、沉积相、成岩作用、成像测井等方面进行深入研究的基础上, 查明了研究区储层物性特征及其影响因素。指出研究区储层原生孔隙不发育, 以孔隙 裂缝型储层为主, 储集空间以次生溶孔和裂缝为主, 渗滤通道主要是裂缝, 属特低孔特低渗储层。研究区的储集层主要是重力流成因的各种砂砾岩体和混积成因的泥灰岩类, 由于其特殊性, 导致它既不同于一般的碎屑岩, 也不同于正常沉积的碳酸盐岩, 因此, 影响其储集性能的因素较复杂, 概括起来主要有岩性、厚度、沉积相、成岩作用、构造应力等对裂缝、孔隙度的影响。其中性脆、泥质砂的中薄层砂砾岩, 即贫基质的碎屑流易形成裂缝, 同时构造应力是导致裂缝形成的主要原因; 而具塑性、泥质含量高、层厚的重力流沉积及泥灰岩沉积不易形成裂缝。而成岩压实和胶结是导致地层孔隙度减小的主要原因, 溶解作用则形成次生孔隙。

关键词: 束鹿凹陷; 古近系; 沙河街组; 物性; 影响因素

中图分类号: TE122.2⁺3

文献标识码: A

束鹿凹陷位于冀中拗陷南部, 是在古生代基底上发育起来的呈北东向展布东断西超的半地堑凹陷。东南以新河大断裂为界, 西至宁晋凸起, 北与深县凹陷相接, 勘探面积 700 km² (图 1)。古近系沙河街组沙三段沉积早期, 由于凹陷内荆丘、台家庄两个古隆起以及相应的断陷活动, 湖盆被分割成南、中、北 3 个水体不完全畅通的部分, 南部闭塞, 水体由北向南逐渐咸化, 形成了砂、泥岩 泥灰岩 膏盐岩的沉积序列。向南洼槽 (晋古 2 井以南) 逐渐过渡为膏盐岩, 北洼槽泥灰岩不发育, 仅有薄层分布。束鹿凹陷古近系沙河街组下段在中洼槽及其周边广泛发育砾岩、泥灰岩, 特别是泥灰岩, 环束鹿中洼槽分布范

围超过 200 km²。不同期的泥灰岩、砾岩体相互叠置几乎覆盖了整个凹陷。纵向上构成一个完整的三级层序 (图 2)。并已探明具备良好的油气显示 (刘俊奇, 2004), 但其储层特征及其控制因素尚不清楚。本文在前期地层、岩性、沉积相研究的基础上, 重点探讨了其储层物性特征和影响因素, 以期查明束鹿凹陷中洼槽储集层的储集性能及其发育的控制因素, 为该区寻找新的油气储量提供依据。

1 储集层物性特征

研究区储层原生孔隙不发育, 以孔隙 裂缝型储层为主, 储集空间以次生溶孔和裂缝为主, 渗滤通道

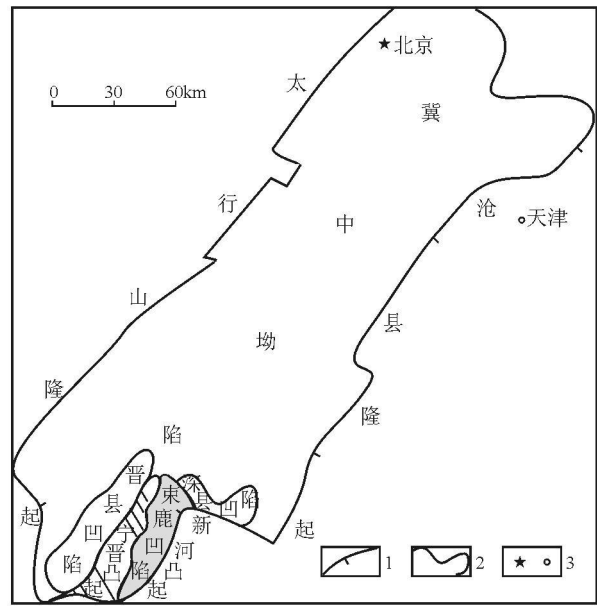


图 1 束鹿凹陷位置图
Fig 1 Location of the Shulu depression

主要是裂缝,但总的来说,属特低孔特低渗储层(表 1)。泥灰岩储集空间少,面孔率小于 1%,储集性能表现为特低孔特低渗和特低孔低渗型储层岩心实测孔隙度平均为 1.33%~4.88%,渗透率一般小于 $5\times10^{-3}\mu\text{m}^2$,个别有裂缝存在的样品,渗透率可达 $36.5\times10^{-3}\mu\text{m}^2$,平均为 $(0.08\sim14.5)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

据现有薄片和物性资料统计,砂砾岩中储集空间少,面孔率一般小于 1%,最大 4%(晋 98 井)。储集性能表现为特低孔特低渗和特低孔低渗型储层,岩心孔隙度平均为 1.6%~2.55%,测井解释的孔隙度一般也低于 10%。渗透率一般平均为 $(0.9\sim7.3)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。个别有裂缝存在的样品,渗透率偏高,可达 $36.5\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

2 影响储层物性的主要因素

储层的发育除了受岩石本身性质、形成时的沉积条件等因素影响外,还受到岩石后期改造作用影响,如溶蚀作用和构造断裂等,研究区的储集层主要是是重力流成因的各种砂砾岩体和混积成因的泥灰岩类^[1-6],由于其特殊性,导致它既不同于一般的碎屑岩,也

2.1 岩性对储层物性的影响

1. 岩性对裂缝发育的影响

不同岩石类型因其成分结构及构造等的差异,不同于正常沉积的碳酸盐岩,因此,影响其储集性能

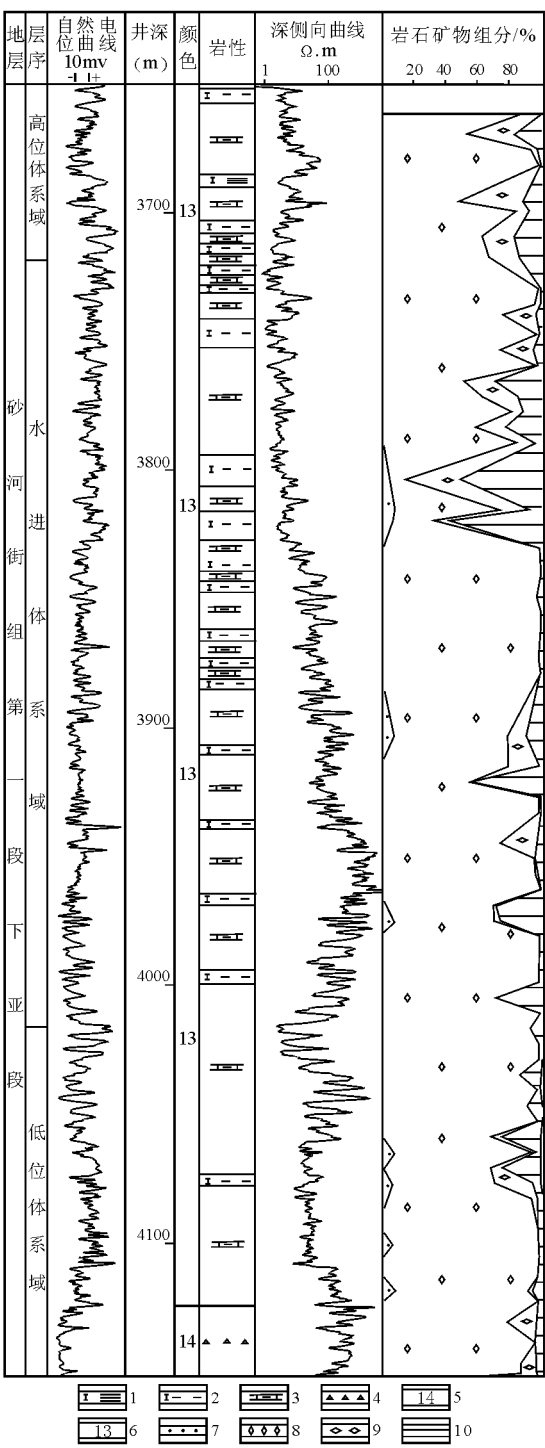


图 2 晋 116X 井沙三段岩性柱状图

1. 钙质页岩 2 钙质泥岩; 3 泥灰岩; 4 角砾岩; 5 浅灰色; 6 深灰色; 7. 石英+长石; 8 方解石; 9. 白云石; 10 泥质

Fig 2 Vertical lithologic section through the Jin-116X well in the lower part of the third member of the Shahejie Formation

1= calcareous shale 2= calcareous mudstone 3= marl 4 = breccias 5= light grey 6= dark grey 7= quartz + feldspar 8= calcite 9= dolomite 10= mud

表 1 束鹿凹陷沙三下段砂砾岩、泥灰岩物性特征统计表
Table 1 Statistics of physical properties of sandstone, conglomerate and marl in the lower part of the third member of the Shahejie Formation in the Shulu depression

岩性	井号	井段 /m	物 性				性分级
			岩心实测		测井解释		
			孔隙度 /%	渗透率 / 10 ⁻³ μm ²	含水孔隙度 /%	中子孔隙度 /%	
砂砾岩	晋 403	3493.4 ~3966.0				$\frac{1.3 \sim 5.0}{2.41(9)}$	特低孔
	晋 403	3698.64 ~3700.64	1.6(1)	水平 36.5 (1) 垂直 4.7(1)			特低孔低渗
	晋古 1	3775.5 ~3893.8			$\frac{5.5 \sim 11.8}{9.97(2)}$		低孔
	晋 67	4110.0 ~4162.61	$\frac{1.1 \sim 1.6}{1.35(2)}$	$\frac{6.6 \sim 8.0}{7.3(2)}$			特低孔特低渗
	晋 100	3229.05 ~2590.71	$\frac{1.2 \sim 3.1}{1.94(8)}$	$\frac{0.04 \sim 7.26}{1.85(6)}$			特低孔特低渗
	晋 98X	4008.63 ~4010.09	$\frac{2.32 \sim 4.6}{2.55(2)}$	$\frac{0.95 \sim 1.62}{1.29(2)}$			特低孔特低渗
	晋 97	3593.02 ~3869.59	$\frac{0.5 \sim 3.2}{1.62(5)}$	$\frac{0.04 \sim 3.05}{0.79(4)}$			特低孔特低渗
泥灰岩	晋 67	3958 ~3960	$\frac{1.4 \sim 8.4}{4.88(5)}$	$\frac{<0.1 \sim 36.5}{14.5(4)}$			特低孔低渗
	晋 85	3722.59 ~3782.15	$\frac{0.9 \sim 2.0}{1.33(4)}$	$\frac{0.01 \sim 0.64}{0.08(4)}$			特低孔特低渗
	晋 97	3593.21 ~3865.73	$\frac{0.5 \sim 9.4}{3.5(5)}$	$\frac{0.01 \sim 4.0}{0.86(5)}$			特低孔特低渗

注: $\frac{1.1 \sim 1.6}{1.35(2)}$ 表示 $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值 (样品数或电测解释层数)}}$

的因素较复杂,主要有以下几个方面:导致脆性和化学性质不同,因而其形成孔隙和裂缝等储集空间的能力是不同的。对于研究区的碳酸盐质砂砾岩类和泥灰岩类来说,岩性非常致密,基质孔隙度都非常低,因此,岩性的影响在很大程度上表现为裂缝发育程度的不同。

如前所述,研究区目的层段出现的岩石类型主要有角砾岩、砂岩、粉砂岩和结构混积岩^[7],陆源组分为主的混源沉积,主要有灰质泥岩、灰质粉砂岩、灰质砂岩,含陆屑的泥灰岩及含泥晶灰岩,互层混合及夹层混合沉积的各种岩石类型,少量原地沉积含泥质灰岩、泥灰岩、灰质泥(页)岩等。

经过详细的岩心观察和裂缝测量,笔者认为裂缝的发育和岩石类型之间具有较明显的联系(表2)。如果考虑裂缝及有效裂缝的发育特征,有利裂缝发育的岩石分别是:对于晋94井来说,互层混合沉积,对于晋100井来说则是中层状角砾岩以及互层混积灰岩,对于晋98X为块状角砾岩,而对于晋97井来说则为块状云质灰岩以及块状角砾岩。

如果综合考虑各种岩石类型的总体情况,互层混积岩及中层状角砾岩、块状角砾等岩石类型对有

效裂缝的形成较有利(表2),总体趋势和各井的情况相一致。从薄片资料统计看,裂缝可以分为构造缝、层间缝、缝合线以及粒缘缝等四种类型。从各种裂缝出现的几率看,构造缝占绝大多数,层间缝和缝合线较少,而粒缘缝也较多见。构造缝可以由任何岩石破裂形成,只要地应力达到了岩石的破碎极限即可;粒缘缝主要出现在颗粒支撑的砂砾岩的颗粒间;层间缝的出现主要位于岩性比较致密的泥灰岩(包括块状泥灰岩、纹层状泥灰岩)和泥晶灰岩中,砂岩和泥岩中较少出现;缝合线主要发育于泥晶灰岩和泥灰岩(泥灰岩、泥晶泥灰岩、纹层状泥晶泥灰岩)以及少量的砂岩和砾岩地层中。

2 岩性对孔隙度的影响

研究区储层受岩石后期改造作用影响较大,溶蚀作用与岩性的纯度有关,较纯净的灰岩溶蚀作用更容易发生,同时构造断裂又是成岩水的渗滤通道,因此,岩性纯净的裂缝发育层段是有利储层形成的条件,如晋古13井沙三下段4198.5~4289.5m灰质含量较高的地层,断裂发育和溶蚀孔洞发育构成储层的主要决定因素。

表 2 取心井岩性和岩心裂缝的关系 (据姜在兴, 2002修改)
Table 2 Relationship between lithology and fissures in the core wells

井号	岩性 / 岩石组合	实际长度 /m	累计裂缝条数	单位厚度裂缝面积 (mm ² /m)	单位厚度有效 裂缝面积 (mm ² /m)
晋 94井	互层混积岩	5. 86	5	13. 31	13. 31
	互层混积岩	3. 13	0	0	0
	互层混积岩	6. 25	5	7. 58	3. 7
	互层混积岩	28. 28	18	11. 67	2. 01
	互层混积岩	12. 11	7	83. 57	6. 61
	互层混积岩	3. 13	1	2. 32	2. 32
	块状角砾岩	60. 00	4	1. 67	1. 67
晋 100井	厚层状角砾岩	4. 69	2	19. 83	3. 84
	中层状角砾岩	7. 42	3	25. 47	25. 47
	互层混合	2. 66	1	142. 86	142. 86
	块状角砾岩	53. 13	10	57. 65	0. 62
晋 98X	块状角砾岩	45. 08	9	13. 12	2. 24
晋 97井	互层混积层	68. 28	26	11. 51	2. 01
	变形互层混积岩	18. 13	10	44. 46	0
	中层角砾岩	6. 41	4	8. 61	8. 61
	互层混积岩	80. 86	15	4. 6	3. 24
	互层混积岩	47. 81	12	4. 8	4. 8
	块状云质灰岩	20. 00	6	20. 445	4. 69
	块状角砾岩	4. 15	5	52. 89	52. 89

3 成熟度对储层物性的影响

岩石的成熟度包括结构成熟度和成分成熟度。从成分来看,有异地沉积和原地沉积之分,成分混杂,角砾岩的成分有泥晶灰岩、泥晶云岩、晶粒状云岩、晶粒状灰岩、鲕粒灰岩以及竹叶状石灰岩等,尽管化学成分较单一,但矿物成分复杂,且填隙物含量高。从结构上看,砾径变化大 (5 ~ 20 mm,最大可大于 50 mm),分选差;颗粒的磨圆度不高,颗粒多呈棱角状、次棱角状;此外,亮晶与泥晶混合,这些因素均不利于孔隙的发育和保存。

2.2 岩层厚度对物性的影响

在地应力相同的情况下,地层厚度越大,越容易产生裂缝。无论是砂砾岩类还是泥灰岩类,都有此趋势,只是不同的岩性,随层厚的增加而减小的特点不同而已。因此,像晋 40 等井的厚层砾岩段反而物性差,而晋 116 X 井大段的水进体系域大段的泥灰岩裂缝也不发育;而在那些形成泥灰岩与砂砾岩夹层混合沉积的部位,储层物性偏好,如晋 403、404、67 井夹层混合沉积,晋 94 井夹层混合沉积段等。

2.3 沉积相对物性的影响

沉积相对储集性能的影响是显而易见的。沉积条件控制了储层的岩石类型,水介质条件,填隙物类型和特征,形成各类不同的储集体成因类型,研究区主要发育以湖相碎屑流为主的重力流沉积和以湖相灰泥为主的灰泥混合沉积。相应地,主要的储集体成因类型有贫基质的碎屑流砂砾岩体、夹层混合成因的泥灰岩,以及互层混合成因的泥灰岩类。

1. 贫基质的碎屑流砂砾岩体

这种沉积体中砾石成分复杂,主要有泥晶石灰岩、泥晶白云岩、晶粒状白云岩、晶粒状石灰岩、鲕粒石灰岩、竹叶状灰岩等,其中泥晶石灰岩及泥晶白云岩占绝大多数,砾石含量一般在 70% ~ 90%,呈杂乱紧密堆积,砾石的大小和形态变化较大 (棱角状、次棱角状以及浑圆状都有),砾石直径的分布范围较大,一般为 5 ~ 20 mm,在岩心中还出现大于 50 mm 的巨砾。堆积特征或相互嵌合或颗粒支撑,局部层段砾石的长轴方向与层面有微弱的平行,显示了灰岩砾石是在一种贫基质碎屑流体的搬运下沉积成的。此

类碎屑流沉积基质含量较低,具颗粒支撑结构。碎屑颗粒都是纯度很高的海相颗粒碳酸盐岩,不仅脆性大,而且本身的孔缝就很发育,加上胶结相对疏松,在构造运动的影响下,容易产生粒内裂缝及粒缘缝。且与后期的成岩裂缝和构造裂缝一道,组成了孔隙-裂缝网络系统。因此,低水位期沉积的深湖-半深湖贫基质碎屑流是很好的储集层。

2 夹层混合成因的混积岩

研究区一般很少有纯灰岩或纯泥岩,彼此多少均有相互掺杂,并都含有陆源碎屑成分,构成混积体系。根据其成因的不同,可以分成结构混合和互层混合成因的泥灰岩和夹层混合成因的泥灰岩三种,结构混合往往和互层混合一起出现,成为互层混合中富屑的部分。因成因不同,其储集性能也不同。

在研究区东北的陡斜坡高位体系域发育时期,及西斜坡水进体积域沉积的中晚期间歇性的短暂水流使得此区域形成大量重力流沉积夹少量灰泥的夹层混合沉积。而且,灰泥本身也是结构混合或互层混合成因的混积岩。此类混积岩中,重力流沉积部分厚度5m左右,也有14m的,厚度不大,容易产生裂缝和溶孔,可作为良好的储集层;灰泥厚薄不等,由于水体较深,当灰泥沉积时,往往是陆源物质与大量有机质一起沉积下来,具较好的生油条件,可作为生油层,夹层混合成因的混积岩可构成很好的生储盖构造。

3 互层混合成因的泥灰岩

互层混合成因的泥灰岩是本区最重要的沉积类

型之一,也是本区重要的储集层。互层形式主要有4种^[8],其中第③种由未固结的层状沉积物沿着斜坡滑动变形,使纹层界线波状起伏,由于层与层之间物质成分的差异,产生了许多层间裂缝;由于层薄,并具脆性,在构造力的作用下极易形成构造缝;加上有机质丰富,在其成熟后,可以产生大量碳酸和有机酸,有极强的溶蚀作用,使之具有较好的渗滤空间,同时由于离油源近,极易形成有效储层。第②种(纹层界线平行,薄层含陆屑灰质泥岩与含泥或不含泥的泥晶灰岩形成韵律层)次之,但如果层较薄,质纯,在构造力的作用下,易产生较多斜交裂缝,也可以作为良好的储集层。

水进体系域中期的半深湖互层混合沉积,以陆屑泥质与泥晶灰岩组成互层沉积,较为致密,只有在有滑塌或地层变形等条件下导致层间缝和斜交缝发育时(晋97井),才可作为较好储集层(表3)。

2.4 成岩作用对物性的影响

1. 压实作用和胶结作用

压实作用是指沉积物沉积后,在上覆沉积物的重荷或构造变形的作用下,发生水分排出,孔隙度降低,体积缩小的作用。成岩作用的强弱直接影响岩石物性,从钻井以及镜下资料来看,角砾岩的胶结作用都是很弱的,导致储层物性发生改变的成岩所用类型主要是机械压实作用。分布于斜坡低部位的砾岩体,由于埋藏深,受机械压实作用的影响,原始孔隙度已消失殆尽,因而物性相对较差;而斜坡高部位的砾岩体埋藏浅,受埋深而导致的机械压实作用的

表 3 I 级裂缝在沉积相带中的分布
Table 3 Distribution of the first order fissures in individual sedimentary facies

井号	顶深	底深	裂缝级别	分布位置	沉积相	岩性
晋古 3	3673.6	3689	I	HST	半深湖碎屑流	角砾岩
晋 116 ^x	3639.2	3648.4	I	HST	深湖灰泥互层混合沉积	泥灰岩
晋古 11	4268	4284	I	HST	半深湖灰泥混合沉积	泥灰岩
晋 94	3526.2	3529.2	I	LST	半深湖碎屑流	角砾岩
晋 98	4050.6	4063	I	LST	半深湖碎屑流	角砾岩
晋 97	3812	3814	I	LSI ₁	深湖灰泥互层混合沉积	含泥灰岩
晋 97	3735	3737.4	I	TST ₃ -	浅湖灰泥	灰岩
晋 98	4016.6	4022	I	TST ₃ -LST	半深湖碎屑流	角砾岩
晋古 13	4234.2	4235	I	TST ₂	深湖灰泥互层混合沉积	泥灰岩
晋古 13	4240.2	4244.6	I	TST ₂	深湖灰泥互层混合沉积	泥灰岩
晋 67	3990.4	3993.4	I	TST ₂	深湖夹层混合沉积	角砾岩
晋 97	3635.6	3638	I	TST ₁	半深湖结构混合沉积	灰岩/泥灰岩

影响程度相对较低, 使得其物性相对较好。对于泥灰岩来说, 随着深度的加大颗粒间的接触关系并没有明显的变化, 由于细粒物质含量高以及早期胶结作用, 即使在 4200m 左右的埋深时, 颗粒间仍主要以点和点 线状接触为主, 这说明压实对孔隙度的变化影响不大。成岩后其有效孔隙本来就很少, 埋深的增加所导致的有效孔隙度的降低微不足道, 相反由于埋深的增加以及成岩作用程度的加强, 会使得其密度和岩石脆性相应加大, 较容易在构造应力作用下形成裂缝, 因而有利于裂缝的形成^[9]。

胶结作用包括早期的方解石胶结和晚期的铁方解石及铁白云石沉淀, 其作用都是减小原生和次生孔隙或充填于各种裂缝中, 使储层岩石物性进一步降低。

2 溶解作用

溶解作用在束鹿凹陷储层中是一种较常见的成岩现象, 在溶解作用过程中碎屑颗粒、胶结物以及碳酸盐碎屑等都受到过不同程度的溶解或溶蚀。

(1) 碎屑颗粒的溶解主要是长石颗粒的溶解。酸性溶液沿长石颗粒的解理和双晶缝等进行溶解, 使得被溶的长石常呈“蜂窝状”形态;

(2) 碳酸盐胶结物的溶解在砂岩中早期沉淀的方解石胶结物在晚成岩期遭受溶解作用的改造, 使得被早期胶结作用损害的粒间孔隙重新得到恢复;

(3) 碳酸盐碎屑的溶解为碳酸盐角砾或砂屑在溶解作用过程中遭受改造而形成少量的次生孔隙, 这种溶解作用也常沿微裂缝进行, 有时还可以形成少量溶蚀孔洞。

研究区主要形成的次生孔隙有以下类型(表 4), 但总的来说, 溶蚀孔隙不太发育, 裂缝为主要的渗流通道。

表 4 研究区主要次生孔隙类型
Table 4 Main types of secondary porosity in the study area

储集空间类型	主要特征	成因机制	出现岩石类型
粒间溶孔	亮晶胶结物或颗粒部分被溶解	主要由于选择性溶解而形成	砂砾岩中
砾内溶孔	砾石颗粒内部被选择性溶解	主要由于选择性溶解而形成	主要出现于角砾岩中
晶间孔	白云石或方解石自形、半自形晶中	主要是由于重结晶或交代而形成	主要出现在白云岩及亮晶方解石胶结物中
溶洞	较少见, 形态以不规则状为主, 大小一般 2~6mm	碳酸盐矿物被酸性地层水甚至大气淡水溶解而成	主要出现于角砾岩中

2 5 构造应力对物性的影响

构造应力是影响裂缝发育的重要因素。从裂缝发育看, 无论是水平缝还是斜交缝, 都是微小的裂缝, 缺乏大的裂缝, 但层间缝和高角度缝相互切割形成了网状结构, 大大改善了储集层性能。

根据测井资料, 晋 13 和晋 116[×]的高阻缝是反映岩石中被充填的裂缝, 结合区内构造发育史分析, 此类裂缝与第一期构造运动(在沙三中沉积前)相伴生, 可以有多个裂缝走向, 但通常只有一个主要的裂缝倾向, 表现为张性裂缝特征。由于不同的构造位置有不同的应力展布方向, 因此, 造成不同的构造位置上裂缝展布方向有差别。荆丘构造上的晋古 13 井, 其高阻缝呈北东走向, 但只倾向北西方向, 说明该区距离边界断层近, 其裂缝发育明显受到北西向边界断层的影响, 局部应力呈北西南东方向的张应力。斜坡地区晋 116[×]井的高阻缝总体呈东西走向(北东东和南东东两个方向), 总体倾向南部(倾向南南东和南南西), 反映晋 116[×]井区受到多条断层的综合影响, 该区形成近南北向的拉张应力(图 3)。

地层中的半充填缝形成时间较晚, 对应凹陷内第二次大的构造运动(始于沙三末期—馆陶组), 受到剪切应力的作用, 为压扭性的展布特征, 与诱导缝走向一致。岩石中, 有些为早期张性充填裂缝, 后期受到剪切应力的改造。不同的构造位置有不同的裂缝展布方向:

位于斜坡西曹固地区, 根据晋 116[×]井的 RM 测井资料, 其半充填裂缝主要呈北东走向, 主要倾向南东, 少量倾向北北东, 诱导缝的走向与半充填缝一致, 只倾向南东一个方向, 同时该井层间缝呈近南北走向、倾向东部, 与现今地层走向一致。晋 94 和晋 98[×]只有地层倾角测井资料(图 4), 展示地层发育多组裂缝, 晋 94 井的裂缝主要倾向南东(走向北东), 其次为南西西(走向北北西), 少量为北西(走向北东)、北东(走向北西)和近东西向(近南北走向), 晋 98 井的裂缝主要倾向北东东(走向北北西)和北北西(走向北北东), 其次倾向南西(走向北北西), 少量倾向南东(走向北东)、北北东(走向南东)、北西西(走向北北东)。因此, 曹固地区裂缝主要为北东走向, 与现今断层走向一致, 其次为北西走向。

荆丘构造隆起早, 受到多个方向断层的影响, 根据晋古 13 井, 该构造上的半充填裂缝有多个走向, 但缺少优势方向, 其中北西西走向(主要倾向北北

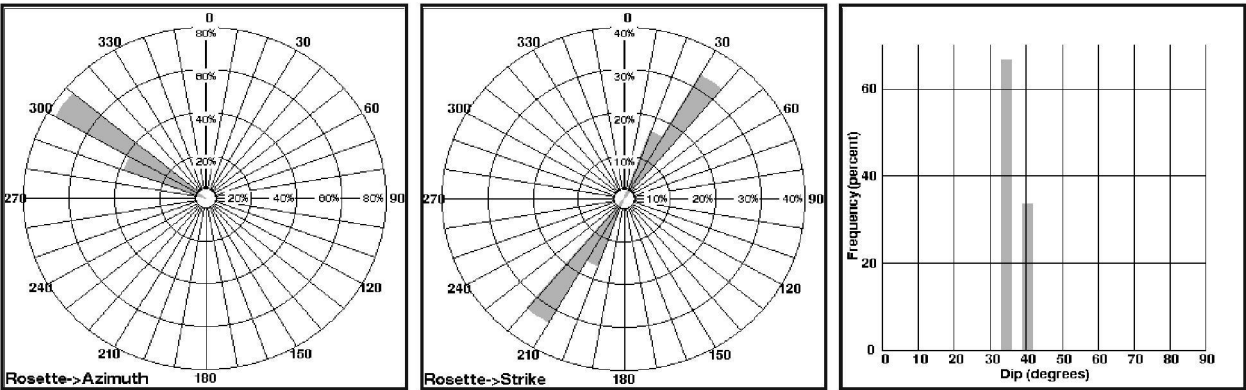


图 3 晋古 13井高阻缝

Fig 3 Diagrams showing high-resistivity fissures in the Jin-13 well

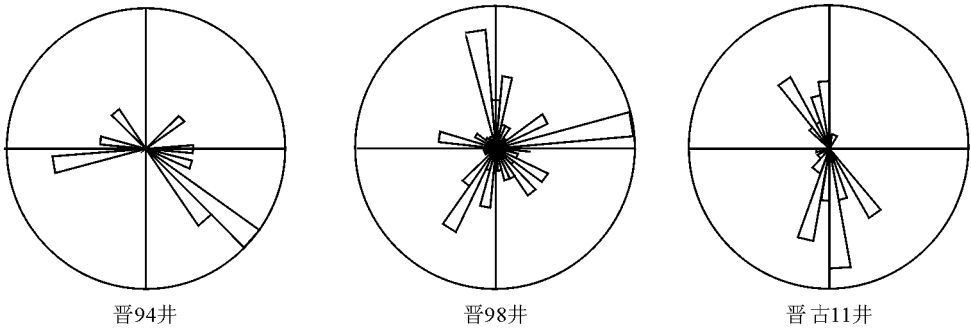


图 4 束鹿凹陷沙三下段裂缝倾向玫瑰花图

Fig 4 Rose diagrams indicating the dips of the fissures in the lower part of the third member of the Shahejie Formation in the Shulu depression

东)相对发育,与诱导缝一致,另外北东走向(主要倾向南东)也较发育。

台家庄地区晋古 11井裂缝呈近东西走向(南西西和北西西走向)展布,主要倾向南部,部分倾向北部(图 4),与现今该区断层展布方向相一致。

总的来看,第三纪以来区域构造主应力方向为北东向,在这种应力的作用下,使岩石滑动形成层间缝,并形成高角度的张性缝,从而改善了储集性能。而且从成像测井和倾角测井资料来看,各地区裂缝分布的方向差别较大,但局部地区的应力方向一致。

综上所述,沉积类型、层厚以及构造应力是影响储层的主要因素,本区的砾岩主要为近源的碎屑流沉积,未经过长距离的搬运,岩石的成分成熟度和结构成熟度都较低,加之埋藏深,并受早期胶结作用的影响,导致原生孔隙不发育,而泥灰岩本身致密,裂缝是其主要储集空间,产生裂缝的主要原因:内因是岩石性质及厚度——沉积作用,外因是区域构造应力的影响。

参考文献:

[1] 冯增昭,王英华,刘焕杰,沙庆安,王德发,等. 中国沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,1994 155—167

[2] 沙庆安. 混合沉积和混积岩的讨论[J]. 古地理论,2001,3(3): 63—66

[3] 王英华,周书欣,张秀莲. 中国湖相碳酸盐岩[M]. 北京:中国矿业大学出版社,1993 35—43

[4] MOUNT J F. Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification[J]. Sedimentology, 1985, 32: 435—442

[5] 张锦泉,叶红专. 论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积[J]. 成都地质学院学报,1989,16(2): 87—92

[6] 张雄华. 混合沉积岩的分类和成因[J]. 地质科技情报,2000,19(4): 31—34

[7] 罗顺社,刘魁元,何幼斌,高振中,淡卫东. 渤南洼陷沙四段陆源碎屑与碳酸盐混合沉积特征与模式[J]. 江汉石油学院学报,2004,26(4): 19—21

[8] 梁宏斌,旷红伟,刘俊奇,等. 束鹿凹陷古近系三沙下段泥灰岩岩石学特征[J]. 古地理论,2007,9(2): 167—174

[9] 郑荣才. 储层裂缝研究的新方法声发射实验[J]. 石油与天然气地质,1998,19(3): 185—188

Physical properties and influencing factors of the reservoir rocks in the lower part of the third member of the Palaeogene Shahejie Formation in the Shulu depression

KUANG Hongwei, LIU Junqi, QN Han-sheng, CHEN Yong-qiao

(1. School of Geophysics and Oil Resources, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China; 2. Research Institute of Exploration and Development, North China Oil Field Branch, PetroChina, Renqiu 062552, Hebei, China; 3. Department of Geochemistry, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China)

Abstract: The reservoir rocks in the lower part of the third member of the Palaeogene Shahejie Formation in the Shulu depression are characterized by less developed original pores, dominant secondary solution openings and fissures with extraordinary low porosity and permeability. These reservoir rocks interpreted as pore-fissure reservoir rocks consist of sandstones and conglomerates of gravity flow origin and marls of mixed origins. The factors influencing the reservoir quality include lithology, thickness, sedimentary facies, diagenesis and tectonic stress. The fissures generally occur in the brittle medium to thin-bedded sandstones and conglomerates as the matrix-poor debris flow deposits with lower contents of mud and under the tectonic stress rather than in the plastic thick-bedded gravity flow deposits and marls with high contents of mud. The compaction and cementation during the diagenesis are responsible for the decrease of porosity, and the dissolution leads to the formation of secondary porosity in the reservoir rocks.

Key words: Shulu depression; Palaeogene; Shahejie Formation; physical property; influencing factor