

文章编号:1673-8217(2015)02-0053-03

# 鄂尔多斯盆地镇泾地区长8低渗透储层成因

邓杰,刘璐

(中国石化华北分公司勘探开发研究院,河南郑州,450006)

**摘要:**鄂尔多斯盆地镇泾地区长8储层主要为长石岩屑砂岩,孔隙度平均值11.7%,渗透率平均值 $0.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,属于典型的低孔低渗储层。通过对长8储层铸体薄片的观察,明确了该区储层的成岩作用特征,通过定量分析各种成岩作用对储层造成的影响,探讨了该区低渗透储层形成的原因:低渗透储层形成的主要原因是压实作用,但晚期胶结作用,尤其是方解石的大量充填是导致储层低孔渗的直接原因。研究表明,在大规模生烃之前储层孔隙度应为15%~25%,属于中高孔储层;而随后大规模的胶结作用导致储层孔隙度迅速下降至现今的8%~18%,形成了低孔低渗储层。

**关键词:**延长组;成岩作用;镇泾地区;鄂尔多斯盆地

**中图分类号:**TE348

**文献标识码:**A

低渗透油气藏在全世界分布广泛,资源量丰富<sup>[1]</sup>。我国每年发现的石油储量一半以上都属于低渗透油层,在新增储量中占有十分重要的地位<sup>[2-4]</sup>,也是目前我国石油勘探的最重要领域之一,因此对低渗透储层的研究具有十分重要的意义<sup>[4-5]</sup>。鄂尔多斯盆地矿产资源十分富集,盆地内储层分布广泛,属于典型的低孔低渗储层<sup>[6]</sup>。镇泾地区位于鄂尔多斯盆地天环坳陷南部,地层北西向倾斜,面积2 515 km<sup>2</sup>,经过多年勘探,已发现延安组、延长组长6、长8、长9等多个含油层系,总资源量约6.3亿吨,勘探潜力巨大<sup>[3]</sup>。本文以鄂尔多斯盆地镇泾地区延长组长8油层组为例,通过研究不同成岩作用及其在储层演化过程中的影响,探讨该地区低渗透储层的成因与机理。

## 1 储层特征

镇泾地区长8储层主要为长石岩屑砂岩,其次为少量岩屑砂岩。碎屑颗粒以细粒为主,少量为极细粒,中等-轻风化程度,分选中等-好,磨圆以次棱角-棱角状为主,呈点-线接触,孔隙式-薄膜式胶结。

长8储层孔隙度一般为7%~18.7%,平均值为11.70%,渗透率主要分布范围为(0.08~6.15)  $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均值为 $0.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。按照国家地质矿产行业标准,长8储层孔隙度主要为低孔(10%~15%)、特低孔(小于10%),渗透率主要属于特低渗(小于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )以及低渗( $5 \times 10^{-3}$

$\mu\text{m}^2 \sim 50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )。综合样品主要分布区间判断,该储层主要属于低孔-特低孔、特低渗储层。

## 2 成岩作用对储层孔隙度的影响

成岩作用研究是深化碎屑岩储层地质理论、合理解释油气储集空间形成机理和有利孔隙发育带的基础,也是储层演化研究的重要依据。

### 2.1 压实作用

镇泾地区压实作用强烈,主要有机械压实作用和压溶作用。通过铸体薄片下可发现岩石颗粒发生定向排列现象普遍,接触趋于紧密,接触方式以点-线状或线-线状接触为主,石英、长石的刚性组分经常发生破裂,云母等塑性组分发生弯曲以及定向排列现象普遍。同时由于压溶作用导致颗粒之间表现为凹凸状及缝合线接触以及游离出的二氧化硅在邻近部位以石英加大或自生石英等形式析出现象。因此强烈的压实作用可能是造成原始空隙大量丧失的主要原因。

### 2.2 胶结作用

镇泾地区胶结作用强烈,进一步可分为早期胶结作用和晚期胶结作用。早期胶结物主要包括各类黏土矿物以及少量硅质。其中黏土类胶结物主要有绿泥石、伊利石、高岭石、伊蒙混层等。晚期胶结物主要为碳酸盐胶结物。

收稿日期:2014-10-15

作者简介:邓杰,1986年生,2011年毕业于西北大学矿产与普查专业,现从事石油勘探研究工作。

绿泥石主要为成岩早期的产物,主要以叶片状垂直于颗粒表面分布,为栉壳状结构,常以绿泥石膜的出现包裹碎屑颗粒。镜下观察发现,一般绿泥石膜发育位置不仅颗粒接触较其他位置疏松,而且充填孔隙的碳酸盐胶结物和石英加大边现象也较少,原生粒间孔隙保存相对较好。通过孔隙度与绿泥石含量关系分析可以发现,随着绿泥石含量的增加,孔隙度逐渐增大,两者呈现正相关关系(图1)。这主要是由于绿泥石膜在压实过程中能够起到支撑作用,从而减小了压实作用对粒间孔隙的破坏,同时对石英颗粒的包裹又抑制了石英加大边的形成,进一步保护了原生粒间孔隙。

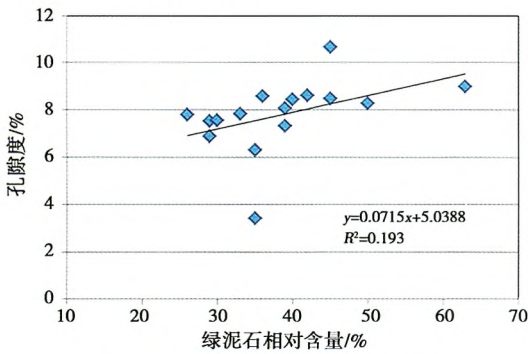


图1 绿泥石含量对孔隙度影响

伊利石主要以丝状或针状垂直颗粒表面生长,包裹颗粒,局部喉道部位可形成搭桥状,含量较少,对孔隙度的影响不大,但是细小喉道处的伊利石导致喉道更加狭窄,尤其是搭桥产状的伊利石更容易堵塞孔隙,极大地降低储层渗透率。

高岭石集合体主要以书页状、蠕虫状分布于碎屑颗粒表面。在显微镜下可以观察到以书页状、蠕虫状集合体松散堆积或充填粒间孔隙自生高岭石,其粒间微孔较为发育,在一定程度上减小压实作用影响,同时保存了一定的粒间孔隙。

通过在镜下观察大量铸体薄片发现,方解石充填孔隙严重,主要以孔隙式、局部以基底式胶结颗粒,一般为连晶式胶结,面孔率最大可达到35%,但一般不超过30%,平均值为7.13%,占据了大量原生孔隙空间。由图2可以发现,当方解石含量刚开始增加时,孔隙度急剧下降,导致储层丧失大量储集空间。

### 2.3 压实作用与胶结作用影响定量分析

由于原始孔隙度与颗粒大小无关,仅与分选系数有关系,因此可以根据 beard 经验公式(1973)<sup>[7]</sup>计算出储层原始孔隙度为37.5%~38.94%,平均值在38.11%左右。根据 Lundegard(1992)提出的

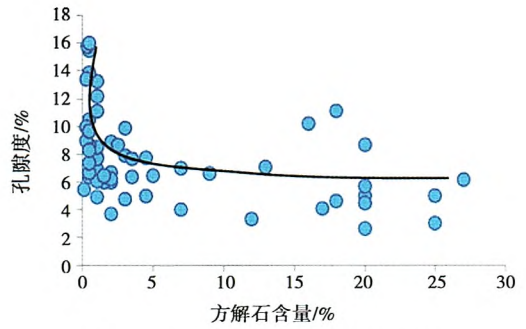


图2 方解石含量对孔隙度的影响

计算砂岩压实和胶结作用引起的孔隙度损失量公式,可以分别计算储层的压实减孔量和胶结减孔量。

$$COPL = \frac{P_i - (100 - P_i) \times P_{mc}}{(100 - P_{mc})} \quad (1)$$

$$CEPL = \frac{(P_i - COPL) \times C}{P_{mc}} \quad (2)$$

式中:COPL:压实减孔量,%;CEPL:胶结减孔量,%;P<sub>i</sub>:砂岩原始孔隙度,%;C:胶结物体积比例,%;P<sub>mc</sub>:负胶结物孔隙度(胶结物总量+现今孔隙度),%

计算结果表明,镇泾地区压实减孔量最大可达36.5%,最小减孔量1.6%,平均值为26.25%,反映了不均衡压实的特点;胶结减孔量一般不超过15%,平均值仅为8.5%。在胶结减孔量-压实减孔量关系图上(图3)可以清楚的看出,压实减孔量明显大于胶结减孔量,表明压实作用是造成储层孔隙度下降的最主要原因。

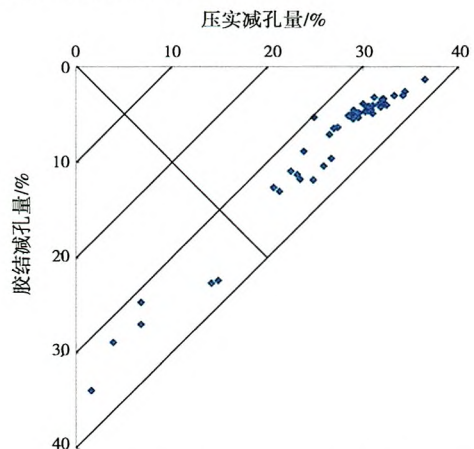


图3 长8胶结减孔量与压实减孔量关系

### 2.4 溶蚀作用

镇泾地区溶蚀作用主要表现为对长石及岩屑颗粒的溶蚀,形成了大量溶蚀粒间孔隙、溶蚀粒内孔隙及铸模孔隙,其中长石及岩屑颗粒的溶蚀孔隙是仅次于原生粒间孔隙的该地区最重要的孔隙类型,导

致孔隙度增加了约8%。但是铸体薄片中方解石溶蚀孔隙较为少见,表明成岩晚期溶蚀作用不发育。

前人认为地层中有机酸主要来源于有机质在低成熟条件下的脱羧基作用,进而导致次生孔隙形成。但是当地层温度超过90℃时(镜质组反射率为2%~13%),有机质热演化达到成熟阶段,大量油气形成,抑制了有机质的脱羧基作用,导致孔隙水介质条件由酸性向碱性转化,砂岩也由酸性成岩环境进入碱性成岩环境<sup>[8-9]</sup>,进而抑制了溶蚀作用的进行。结合鄂尔多斯盆地构造演化历史和前人研究成果,确定溶蚀作用主要发生在中晚侏罗世第一次小规模排烃(即早期胶结作用)之后、早白垩世末第二次大规模排烃(即晚期胶结作用)之前。因此大规模的溶解作用主要发生在中晚侏罗世,此后溶蚀作用逐步减弱。在早白垩世末延长组达到最大埋深<sup>[10]</sup>,烃源岩进入大规模排烃阶段,形成了碱性成岩环境,此时溶蚀作用基本停止,大量碳酸盐胶结物开始形成,不仅占据了剩余的原始粒间孔隙空间,还进一步将前一段产生溶蚀孔隙充填。

### 3 低渗透储层成因分析

根据镇泾探区成岩特征,确定该探区成岩作用序列为压实作用-早期胶结作用-溶蚀作用-晚期胶结作用,其中早期胶结作用主要包括伊蒙间层、绿泥石膜、高岭石的形成,石英的自生加大,裂隙的形成;晚期成岩作用主要包括石英自生加大,方解石、伊利石和白云石的形成。镇泾地区储层原始孔隙度在38%左右,压实作用使储层孔隙度降低20%~30%,早期胶结作用占据了约1.2%的孔隙空间,而中晚侏罗世的溶蚀作用使孔隙度增加了约8%,此时储层孔隙度应为15%~25%,属于中高孔储层,油气在其中运移阻力不大。而随后晚期胶结作用使孔隙度降低了7%左右,导致孔隙度降低到现今的8%~18%,尤其是伊利石胶结物的形成更进一步降低了储层渗透率,形成了低孔低渗储层。因此,镇泾地区低渗透储层形成的最主要原因是强压实作用,但是晚期胶结作用尤其是方解石的大量充填是导致储层低孔低渗的最直接原因。

### 4 结论

(1)镇泾地区长8储层主要为长石岩屑砂岩,孔隙度平均值为11.7%,渗透率平均值为 $0.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,属于典型的低孔低渗储层,依次经历了压实作

用-早期胶结作用、溶蚀作用、晚期胶结作用等成岩作用。

(2)各类成岩作用对储层物性影响具有一定差异性。早期胶结作用中绿泥石膜的形成以及随后溶蚀作用属于建设性成岩作用;压实作用和晚期胶结作用则导致了储层的致密化;伊利石含量较低对孔隙度影响不大,但是对储层渗透率起到了负面影响。

(3)压实作用和胶结作用造成孔隙度分别损失26.25%和8.5%左右。中、晚侏罗世第一次小规模排烃的同时排出大量有机酸,形成大量溶蚀孔隙,孔隙度增加了8%左右;早白垩世末大规模排烃时,有机质热演化达到成熟阶段,抑制了有机酸形成,形成大量碳酸盐胶结物,形成了低孔低渗储层。

### 参考文献

- [1] 徐运亭,徐启,郭永贵,等.低渗透油藏渗流机理研究及应用[M].北京:石油工业出版社,2006:120-130.
- [2] 汪中浩,章成广.低渗透砂岩储层测井评价方法[M].北京:石油工业出版社,2004:32-58.
- [3] 王学军,王志欣,陈杰,等.鄂尔多斯盆地镇北油田延长组低渗透储层成因[J].油气地质与采收率,2010,17(1):15-19.
- [4] 蒋凌志,顾家裕,郭彬程.中国含油气盆地碎屑岩低渗透储层的特征及形成机理[J].沉积学报,2004,22(1):13-18.
- [5] 曾大乾,李淑贞.中国低渗透砂岩储层类型及地质特征[J].石油学报,1994,15(1):38-46.
- [6] 李德生.重新认识鄂尔多斯盆地油气地质学[J].石油勘探与开发,2004,15(1):38-46.
- [7] Beard D C, Weyl P K. Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand [J]. AAPG Bulletin,1973,57:349-369.
- [8] Sullivan K B,Mcbride E F. Diagenesis of sandstones at shale contacts and diagenetic heterogeneity, Frio Formation, Texas[J]. AAPG Bulletin,1991,75(1):121-138.
- [9] 邱隆伟,姜在兴,操应长,等.泌阳凹陷碱性成岩作用及其对储层的影响[J].中国科学(D辑),2001,31(9):752-759.
- [10] 任战利,张盛,高胜利,等.鄂尔多斯盆地构造热演化史及其成藏成矿意义[J].中国科学(D辑),2007,37(增刊I):23-32.

编辑:李金华