

准噶尔盆地西北缘中拐地区二叠系 沸石类矿物对储层的影响*

连丽霞, 杨红霞

中国石油新疆油田分公司实验检测研究院, 新疆克拉玛依, 834000

关键词: 准噶尔盆地; 中拐地区; 二叠系; 沸石矿物; 溶孔

准噶尔盆地西北缘中拐地区作为沸石类矿物的主要产出区, 勘探程度整体较低。从该地区二叠系目前的勘探成果来看, 不同井之间的产能差异明显, 而前人的研究又多专注于沉积及储层方面的综合研究, 且并未彻底弄清原因。因此, 针对该区沸石类矿物广泛发育的特征, 开展不同沸石类矿物对储层的影响和作用机理的专项研究, 不仅有利于深化油气地质综合研究, 寻找有利勘探区带, 而且对于后续储层评价及开发具有非常重要的作用。

1 储层基本岩石学特征

研究区乌尔禾组规模储层发育, 平面分布稳定, 连续性较好, 岩性主要为砂砾岩、砂质砾岩及各粒级岩屑砂岩。碎屑成分以凝灰岩岩屑为主, 其次为安山岩、英安岩、霏细岩、花岗岩、流纹岩等中酸性火成岩碎屑。粒间填充物以普遍含沸石矿物为特征, 且以浊沸石为主, 同时含有泥质杂基和方解石。常见自生粒状石英、钠长石等与沸石类矿物共生。分选较差, 磨圆度主要以次圆状为主, 其次为次棱角—次圆状。胶结普遍较差, 部分胶结中等。胶结类型主要为孔隙型, 孔隙—压嵌型和压嵌—孔隙型次之。

二叠系佳木河组砂砾岩储层厚度大、分布广, 岩性为大套含沸石的砂砾岩。砾石成分以火成岩块为主, 变质岩块次之, 砂质成分以岩屑为主, 碎屑颗粒分选差, 呈次棱角—次圆状, 胶结中等, 胶结类型为孔隙—接触式及基底式。粒间填充物多见沸石、方解石、石膏。佳二段下部岩性主要为安山岩、英安岩、霏细岩、流纹岩等火成岩和火山角砾岩和凝灰岩等火山碎屑岩, 是一套致密储层。

2 沸石类矿物种类

通过对研究区二叠系 60 余口井岩石薄片、铸体薄片和扫描电镜观察分析, 在二叠系储层中, 发现大量沸石类矿物。据镜下鉴定结果, 同时结合电子探针、扫描电镜和能谱资料分析, 研究区主要发育浊沸石、片沸石、方沸石三大类沸石, 另可见少量钙沸石、辉沸石。沸石类矿物主要以胶结物或气孔及裂隙充填物的形式产出, 尤其在碎屑岩中普遍见于粒间孔隙中(图 1)。

对沸石采用电子探针—能谱定量分析后, 所获得的化学组成成分与标准值对比, 结果差异性甚微(图 2)。

3 沸石矿物分布特征

前人研究资料表明沸石类矿物的宏观分布受岩性、物源方向、沉积微相和火山活动等多因素控制(朱世发等, 2011)。而对研究区碎屑组成分析认为, 沸石矿物的大量发育与火山物质的广泛存在关系密切, 该地区火成岩、火山碎屑岩以及碎屑岩中的火山成因的岩屑等为沸石矿物的形成提供了物质保障。

统计资料表明, 平面上整个研究区普遍发育浊沸石, 而片沸石则仅局部区域内发育, 主要集中在断裂带附近拐 5-拐 11 井片区和克 84-克 80 井片区, 而方沸石在中拐地区二叠系不甚发育, 仅拐 5、拐 11 井可见(图 3)。

有研究资料表明, 沸石矿物组合具有垂直分带现象, 即从地表附近含水最多和硅质程度最高的沸石至深处含水最少和硅质程度最低的沸石。但就现有的资料, 在我国含沸石的地层中并未发现完整的沸石矿物分带现象(邢顺全等, 1982)或者沸石在剖面上虽然具有一定的分带性, 但它的稳定性较

*收稿日期: 2017-02-15; 改回日期: 2017-03-24; 责任编辑: 黄敏。Doi: 10.16509/j.georeview.2017.s1.045
作者简介: 连丽霞, 女, 1986 年生。硕士, 工程师, 沉积储层。Email: zy-llx@petrochina.com.cn。

差, 表现为沸石演化带的重叠 (孙玉善等, 1991; 孙玉善, 1993)。

从中拐地区的资料来看, 也并未表现出明显的垂向分带现象, 而常见的是浊沸石与片沸石、片沸石与方沸石的共生现象。统计资料表明, 纵向上不同层系发育不同沸石组合类型, 主要勘探层系上乌

尔禾组和佳木河组以浊沸石胶结物普遍发育为特征, 而佳木河组在部分并部分层段亦含有片沸石。下乌尔禾组浊沸石胶结物为主, 少量片沸石、方沸石, 夏子街组以片沸石为主, 见有同浊沸石和方沸石胶结物共生现象。

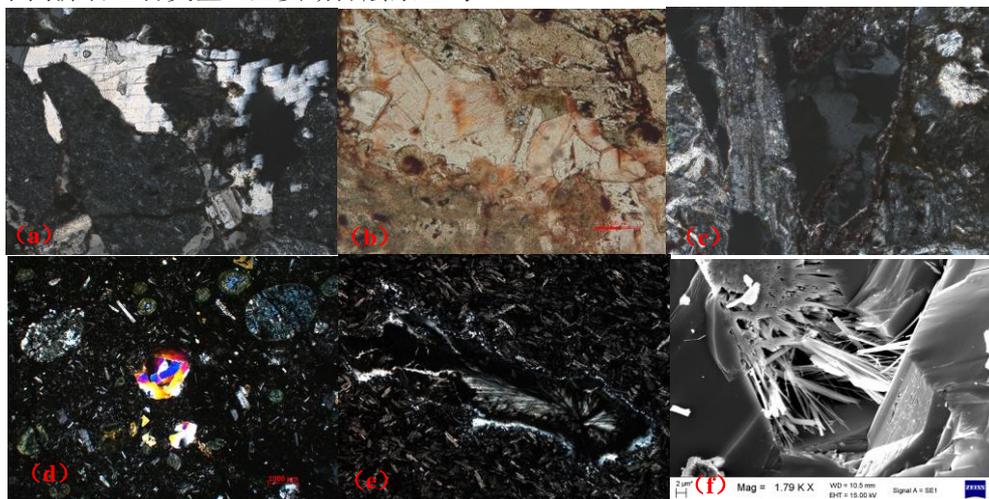


图 1 中拐地区二叠系不同种类沸石矿物

(a) 中佳 5 3882.10m 连晶浊沸石; (b) 车 67 3702.16m 片沸石; (c) 拐 5 3237.49m 方沸石 (正交, 见异常光性); (d) 金 201 4208.42m 辉沸石充填气孔 (正交); (e) 克 84 3025.62m 安山岩气孔充填钙沸石; (f) 拐 106 3916.42m 纤维状钙沸石

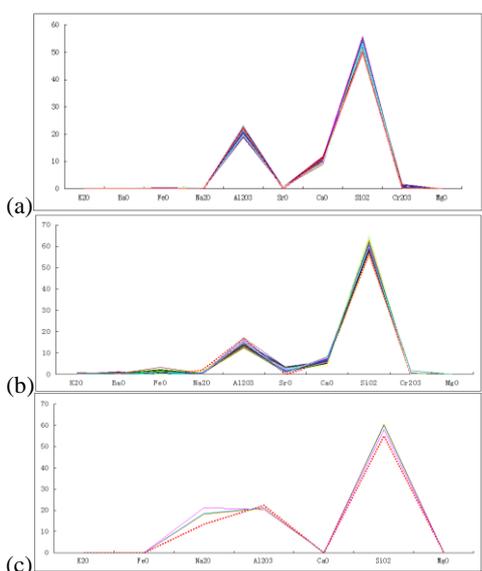


图 2 标准沸石矿物与样品电子探针分析结果对比图

(a) 浊沸石; (b) 片沸石; (c) 方沸石

备注: 图中红色虚线为各沸石标准值, 其余为样品测量值

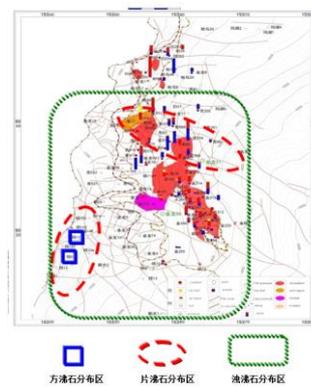


图 3 中拐地区不同种类沸石平面分布图

4 沸石矿物对储层的影响

4.1 沸石矿物成岩作用特征

沸石矿物在成岩演化过程中的析出、演变和溶蚀, 对储层性质有不同程度的破坏或改善作用。

4.1.1 沸石的胶结和交代作用

研究区二叠系的胶结物主要有浊沸石、片沸石、方沸石、方解石、自生钠长石、硅质以及绿泥石和高岭石等粘土矿物, 其中沸石类矿物是最主要的胶结物。镜下可见浊沸石、片沸石、方沸石各自

胶结的现象,也常见到浊沸石与片沸石、浊沸石与方沸石共同胶结的现象,还可见到岩石被浊沸石交代的现象。早期沸石类矿物的胶结作用严重破坏了储层物性,但也在一定程度上抑制了压实作用,同时为后期沸石类矿物的溶蚀提供了物质基础。

4.1.2 沸石的溶蚀

沸石是自生的铝硅酸盐矿物,且可以被看作长石的水合物,在酸性水作用下易于溶蚀。朱国华(1987)指出,有机酸对碎屑岩中铝硅酸盐的溶解是十分有效的。Surdam(1989)也曾认为,导致碳酸盐,特别是硅酸盐溶解的是地下水中的羧酸。有机酸(主要是二元羧酸)的羧基与铝硅酸盐的 Al^{3+} 相络合形成稳定的络合物,从而使之溶解形成次生

孔隙。但由于铝硅酸盐矿物的不同,被溶蚀程度也不相同。

二叠系风城组为中拐地区主力烃源岩层,随着埋深的增加和温度的升高,有机质热演化过程中释放出大量的 CO_2 和水形成碳酸,降低了地层水的 pH 值。这些溶解力强的酸性水进入砂体中,导致早期在碱性孔隙水中比较稳定的沸石矿物发生溶蚀。次生孔隙的产生,提高了储层的孔隙度。但不同的沸石类矿物,由于具有不同的硅铝比及晶体结构和特征,溶蚀程度大不相同。研究区方沸石不甚发育,偶可见溶蚀现象(图 4c, 4d)。片沸石溶蚀现象不发育。研究区浊沸石溶蚀现象相对普遍,但多数井中也极少见到沸石的溶蚀。

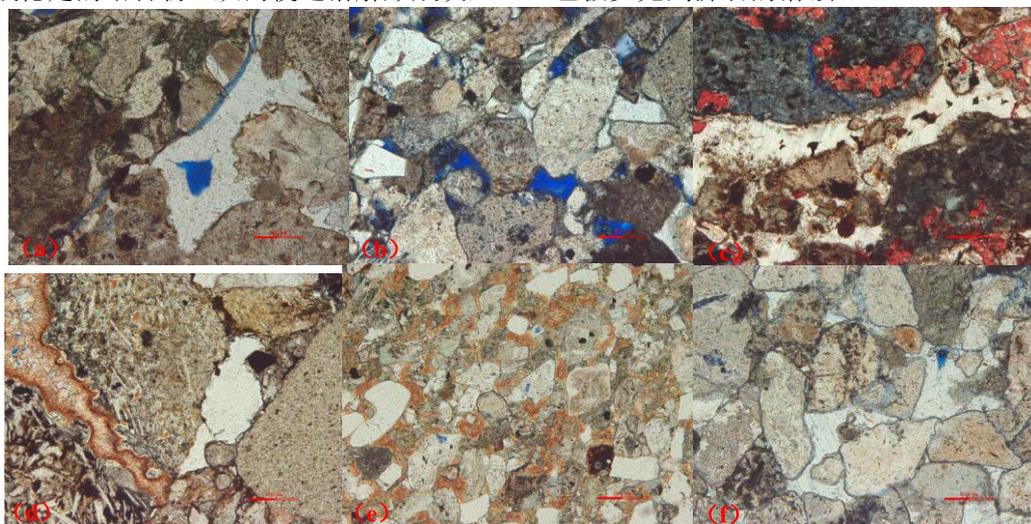


图 4 沸石相关孔隙类型

(a) JL2001 3942.59m 见少量浊沸石溶蚀孔; (b) JL2001 3965.84m 剩余粒间孔发育,相邻孔隙中浊沸石全充填; (c) 车 502 3735.76m 不浊沸石含量 8%,但溶孔不发育,早期溶孔已被干沥青充填; (d) 拐 5 井 3254.82m 片沸石晶间见剩余粒间孔,方沸石未见溶蚀孔; (e) 拐 103 井 3455.18m 片沸石未溶蚀; (f) 金 204 井 4148.15m 见极少量浊沸石溶蚀孔

4.2 与沸石相关的孔隙特征

研究区与沸石有关的孔隙类型主要为沸石析出时形成的晶间孔和沸石被有机酸溶蚀形成的溶蚀孔(图 4d, 4a)。据 610 个样品统计,其中含沸石的样品数为 300 个,具沸石溶孔的样品数为 36 个。具沸石溶孔的样品面孔率最小为 0.0005%,最大为 0.792%,平均为 0.092%,而沸石溶孔所占面孔率比例最小仅 0.001%,可见沸石溶孔对储层孔隙的贡献率很小。

4.3 沸石矿物对储层的影响

砂岩储层质量很大程度上受成岩过程的影响,成岩过程既可以减少孔隙也可以增加孔隙。机械压实、粒间压溶、胶结作用、骨架颗粒溶蚀,胶结物

溶解在改变各种类型砂岩孔隙中起非常重要的作用。研究区二叠系储层中主要胶结物为浊沸石和片沸石。

4.3.1 孔隙演化

该区二叠系储层埋藏较深,且离物源区较近,碎屑分选差,故原始物性较差,后期成岩作用使储层物性有很大改变。采用逐层回剥法,分别计算出了压实、胶结、溶蚀作用对孔隙的改变量。通过计算得出,该区压实作用所损失的孔隙度 1.31%~24.36%,平均为 12.57%。胶结作用所损失的孔隙度 0%~7.63%,平均为 3.28%。二叠系储层减孔率以压实作用为主。该区溶蚀孔隙增生量 0%~4.64%,平均为 0.60%。可见溶蚀作用对储层物

性有所改善,为油气储集提供了有效空间。但沸石溶蚀孔隙增生量 0%~0.192%,平均为 0.0015%。所以沸石溶孔对储层物性改善不明显(图 5)。

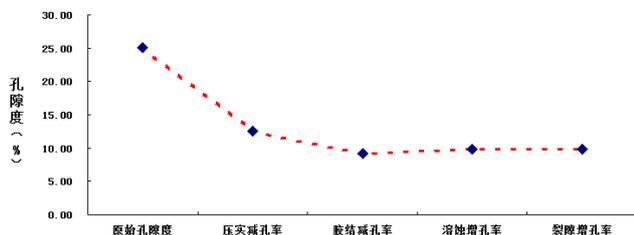


图 5 中拐地区二叠系储层孔隙度演化曲线

因此,中拐地区二叠系储层砂岩经历的压实作用和胶结作用使得孔隙大为减小,而后期溶蚀作用,尤其是沸石的溶蚀,对砂岩储层的孔渗性影响较小。

4.3.2 沸石矿物对储层的影响

中拐地区二叠系储层中普遍发育沸石,且主要以浊沸石和片沸石为主。由于片沸石遇酸不易发生溶解,因此研究区片沸石的发育对储层起到了破坏作用,虽然也见有片沸石未完全充填而形成的剩余粒间孔,但极少发育。研究区大量发育的浊沸石胶结物是一种遇酸易溶解的矿物,从统计资料及镜下观察可知,研究区浊沸石相关的孔隙类型为浊沸石晶间剩余粒间孔和浊沸石溶孔,前者少见。而研究区虽然存在浊沸石溶蚀现象,但并不普遍,且即使溶蚀,溶蚀所形成的溶孔也极少。因此研究区浊沸石的存在主要起到了破坏储层孔隙的作用,后期溶蚀对储层的改善贡献很小。

5 结论

(1) 研究区二叠系主要发育的沸石类矿物有浊沸石、片沸石、方沸石,偶见钙沸石、辉沸石。

(2) 平面上整个研究区普遍发育浊沸石,片沸石局部发育,方沸石个别井可见;纵向上不同层系发育不同沸石组合类型。

(3) 沸石类矿物的形成使得剩余粒间孔大大减小,但同时也支撑了岩石骨架,使得压实作用程度有所减轻。一般浊沸石和方沸石易于溶蚀形成次生孔隙,而研究区溶蚀现象虽有所发生,但溶蚀而成的次生孔隙很少,且在总面孔率很低的背景下其所占比例更小,因此靠沸石类矿物溶解形成的次生孔隙对储层后期的改造作用很微弱。

参 考 文 献 / References

- 朱世发,朱筱敏,王绪龙,刘振宇. 2011. 准噶尔盆地西北缘二叠系沸石矿物成岩作用及对油气的意义. 中国科学: 地球科学, 41(11): 1602~1612.
- 邢顺全,张书贵. 1982. 砂岩中自生浊沸石的形成条件及其地质意义. 大庆油田, 1(2): 79~86.
- 孙玉善,曹自强. 1991. 克拉玛依油区沸石类矿物特征及分布规律. 新疆石油地质, 12(3): 253~261.
- 孙玉善. 1993. 克拉玛依油区沸石类矿物特征及其与油气的关系. 岩相古地理, 13(2): 37~48.
- 朱国华. 1987. 陕北浊沸石次生孔隙砂体的形成与油气关系. 石油学报, 6(1): 1~8.
- Surdam R C, Crossey L J, sven Hagen E. 1989. Organic-inorganic Inorganic interactions and sandstone diagenesis. AAPG Bulletin, 73(1): 1~23.

LIAN Lixia, YANG Hongxia: Impact of Zeolite Minerals on Reservoir of Permian in Zhongguai Salient, the Northwestern of Junggar Basin

Keywords: Junggar Basin; Zhongguai Salient; Permian; Zeolite minerals; Dissolved pore