

文章编号: 1001-6112(2009)03-0253-05

鄂尔多斯盆地西缘 马家滩地区地层水与油气成藏关系研究

李继宏¹, 李荣西², 韩天佑¹, 马海勇¹

(1. 中国石油长庆油田勘探开发研究院, 西安 710021; 2. 长安大学地球科学与国土资源学院, 西安 710054)

摘要: 基于鄂尔多斯盆地西缘构造演化特征, 对马家滩地区现今地层水及流体包裹体所指示的古地层水化学性质进行了对比研究分析, 揭示了研究区地层水与油气藏圈闭演化的特征关系。研究表明, 现今地层水分布在鄂尔多斯盆地西缘逆冲断褶带及其东邻的天环拗陷地区呈东西分带的特征; 流体包裹体指示的古地层水在鄂尔多斯盆地西缘逆冲断褶带及其东邻的天环拗陷的古地层水性质具有相似性, 对比结果表明, 鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区在古地质历史时期, 其油气聚集成藏处于封闭的地质环境中, 在晚期构造运动的影响下, 导致早期油气藏破坏, 地表水渗入与油气发生了强烈的淋滤交换作用。

关键词: 地层水; 流体包裹体; 油气成藏; 马家滩地区; 鄂尔多斯盆地西缘

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

STUDY OF STRATUM WATER AND OIL AND GAS ACCUMULATION RELATIONS OF MAJIATAN AREA IN THE WESTERN ORDOS BASIN

Li Jihong¹, Li Rongxi², Han Tianyou¹, Ma Haiyong¹

(1. Exploration and Development Research Institute, PetroChina Changqing Oilfield Company, Xi'an, Shaanxi 710021, China; 2. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi, 710054, China)

Abstract: Based on the characteristics of tectonics evolution in the western Ordos Basin, the author compared chemical characters of underground water with paleo-fluid from fluid inclusions, and indicated the relationship between underground water and evolution of oil and gas accumulation. The results from the research suggested that the distribution of formation water at the western Ordos Basin thrust fault-fold belt and its adjacent Tianhuan Depression is from east to west, and the paleo-fluid from fluid inclusions is similar to the ancient stratum water in this area. From the comparison the oil and gas accumulation was in a closed geological environment in the Majiatan area of western Ordos Basin, and with the late influence of tectonic movement, it was damaged, and strongly eluviated with infiltrating surface water.

Key words: underground water; fluid inclusion; oil and gas accumulation; Majiatan area; western Ordos Basin

沉积盆地地层水的研究包括地层水化学组成特征及其同位素构成, 它是盆地演化过程中水文地质、流体—岩石相互作用、流体流动及其混合作用等的综合反映, 而这些作用过程与矿床的形成和油气聚集紧密相关^[1]。地层水的物理、化学特性直接或间接地表征着含油气盆地中油气运移、聚集、圈闭等特征, 指示着油气聚集单元优劣性, 进而为油气田勘探奠定了重要的基础。近年来, 关于沉积盆地地层水的研究也比较多^[2~4]。鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区由于其所处构造位置的特殊性, 地质

流体有着复杂的分布特征。本文运用流体包裹体所指示的古地层水与现今地层水化学性质对比分析, 揭示了研究区地层水与油气藏圈闭演化的特征关系。

1 地质背景

马家滩地区在构造区划上位于鄂尔多斯盆地西缘构造带的中部, 恰好处于相对稳定的阿拉善地块、鄂尔多斯地块与多期活动的秦祁褶皱带和六盘山弧形构造带的复合交汇部位^[5](图1)。马家滩

收稿日期: 2008-05-09; 修订日期: 2009-04-11。

作者简介: 李继宏(1981—), 男, 研究生, 从事石油勘探综合研究工作。E-mail: leejihong00@163.com。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2003CB214606)。

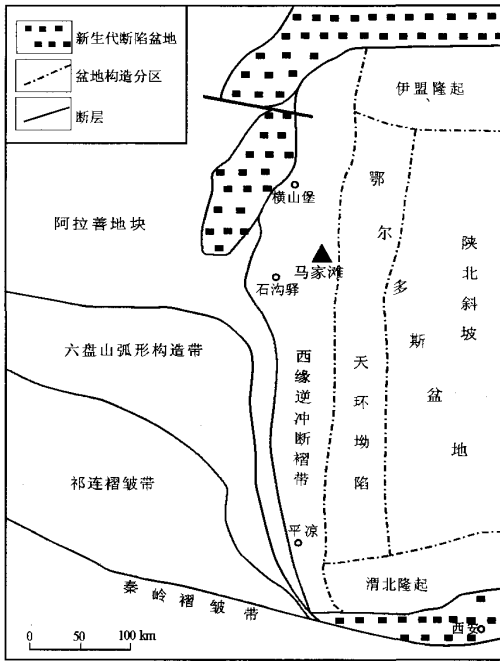


图 1 鄂尔多斯盆地马家滩地区大地构造位置^[5]

Fig. 1 Location of structure of Majiatan area in the Ordos Basin

地区构造带在东西向具有一定规模的延伸长度,其西邻的阿拉善地块在晚侏罗世以来开始向东挤压,并不断向鄂尔多斯盆地内部传递,至今在鄂尔多斯盆地中部形成一条特征明显的线性构造带(所谓的38°横向构造带)。从中国大地构造格局而言,该横向构造带向东可延伸至吴堡一带,向西可延伸到龙首山一带^[5]。马家滩构造体系中逆掩推覆作用和断裂构造十分发育,有十多条切穿基底的深大断裂,具有从西往东依次发育着一系列多个相间分布的背、向斜构造特征,构造体系复杂。该区自上而下发育侏罗系延安组和三叠系延长组油气储层位,也是本文研究的目标层。

2 样品及其分析

本次研究的流体包裹体样品主要采自于鄂尔多斯盆地西缘逆冲断褶带及其东邻的鄂尔多斯盆地天环坳陷的钻井岩心,选择性地采集了具有代表性的12口钻井83块岩心样品磨制流体包裹体薄片,样品主要分布于三叠系延长组和侏罗系延安组。对磨制的流体包裹体薄片样品主要做了初熔温度及其成分的测试,测试的流体包裹体在显微镜下主要分布在成岩裂隙、孔隙中。流体包裹体初熔温度(即始熔温度)的测试在长安大学流体包裹体

室由作者本人完成,测试仪器使用的冷热台为英国 Linkam 科学仪器公司生产的 THMS600 型冷热台,Leitz 显微镜,镜头组合为目镜 10 倍,物镜为 50 倍,实验室温度 28 ℃。盐水离子成分测试是在西安地质矿产研究所完成,应用法国 Jobin-Yvon 仪器公司生产的 Ramnor-u1000 型激光拉曼分子微探针进行分析。实验条件:采用 Ar+激光器,波长 514.5 nm;激光功率为 300 mW,双单色器狭缝为 450 μm,色散率为 9.3 cm⁻¹/mm;光电倍增管高压 1 530 V;实验室温度 22 ℃,湿度 65%。

依托研究区区域构造演化特征,从包裹体岩相学研究^[6,7]入手,对流体包裹体所测试的参数进行了分析研究,结果表明:鄂尔多斯盆地西缘逆冲断褶带延长组油层中具有两期油气包裹体分布特征,主要分布在与该区早、晚期断裂作用相对应的构造裂隙和溶蚀孔隙中,2 期流体包裹体分别代表了 2 次油气运移成藏过程,油气运移与早、晚期断裂活动有关。

3 地层水化学特征

地层水作为盆地流体的重要组成部分,其演化反映了盆地中有机烃类的演化规律;同时,它也是油气运移的重要驱动力,水的流动样式也是油气运移的反映^[3]。目前,油田中地层水主要按照苏林(1946)分类法进行分类^[8,9],将地下水分为 4 种类型:CaCl₂, NaHCO₃, MgCl₂ 及 Na₂SO₄ 型。对于油田水来说,含油气构造的水文地质开启程度决定了油田水的水型^[10]。裸露和严重破坏的地质构造中,多属 Na₂SO₄ 型;与地表隔绝良好的封闭构造中,多属 CaCl₂ 型;而过渡性的构造条件,常有硫酸盐还原菌存在,硫酸盐与石油烃类作用而脱硫,形成 NaHCO₃ 型水。此外, MgCl₂ 型水也出现在过渡性的构造中,在通常条件下不是含油标志,海水属 MgCl₂ 型。

3.1 现今地层水特征

马家滩地区现今地层水基本上包括了常见的地下水水型,即 Na₂SO₄, NaHCO₃, CaCl₂ 和 MgCl₂ 水型。本文收集了研究区部分井的地层水数据,在平面分布图上显示出整个研究区地层水明显地分成东、西 2 个水型区,而且这 2 个水型区与本区的东、西分区的构造特征基本一致(图 2)。总体而言,位于西缘逆冲断褶带上的地层水水型复杂,主要为 Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 型,而位于西缘逆冲断褶带东邻的鄂尔多斯盆地天环坳陷北部地区,基本上为 CaCl₂ 型地层水。以上地层水特征反映

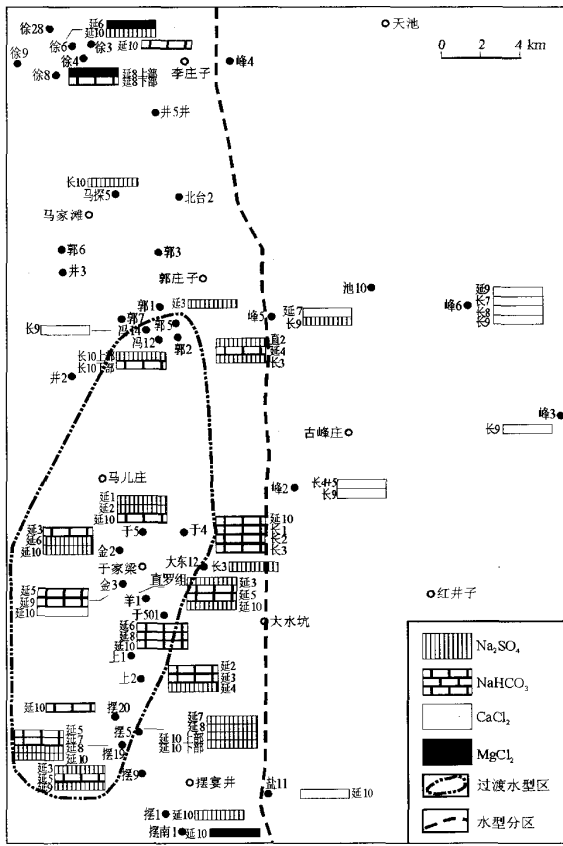


图 2 鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区现今地层水水型分布
Fig. 2 Distribution of present underground water type in the Majiatan area of western Ordos Basin

出了西缘逆冲断褶带盖层封闭差、隔挡层差,有敞通的水文地质条件,地表水向下渗透混入油气层中,有着活跃的水体交换作用,这与西缘逆冲断褶带断裂构造发育特征一致;而东邻的天环坳陷北部地区盖层封闭好,地层水具有停滞的水文地质条件,地层处于封闭的条件下,这与本区断裂构造相对不发育、构造相对比较稳定的地质特征一致。

西缘逆冲断褶带的地层水资料主要为延安组,而天环坳陷北部地区主要为延长组,由此应该认为延安组地层水为 Na_2SO_4 和 NaHCO_3 型,而延长组为 CaCl_2 型地层水。然而,研究表明本区的水型分布特征主要受构造控制,与地层关系不大,因为即使相同层位,不同构造区的地层水水型也不同。例如,位于西缘逆冲断褶带的郭 2 井和于 4 井的延长组,地层水为 Na_2SO_4 和 NaHCO_3 型,而位于西缘逆冲断褶带东邻的天环坳陷北部地区许多井的地层水基本上为 CaCl_2 型。 MgCl_2 型水在研究区南部的摆南 1 井延 10 见到,在北部地区的徐 6 井延 6 和

徐 8 井延 8 上部见到,而这几口井都是水井。

根据以上油田水反映出的油藏封闭性表明,天环坳陷北部地区地层水主要为 CaCl_2 型水,说明该地区地质构造稳定,地下水处于停滞水文地质条件,是相对有利的油气聚集区块。研究区西缘逆冲断褶带以 Na_2SO_4 和 NaHCO_3 型水为主,油藏具有半封闭油田水特征,尤其是于家梁—郭庄子一带,受到断层影响,早期油藏受破坏,油气重新调整,在合适的圈闭中很有机会形成晚期油气藏。

3.2 古地层水特征

流体包裹体流体性质反映了流体盐水成分特征,流体包裹体盐水成分可以通过测量包裹体的初熔温度来获得,方法是将流体包裹体置于冷热台上冷冻降温到其结冰成固体,然后再缓慢升温,在加热过程中观察包裹体,当固相中首次出现第一滴液相时的瞬间温度就是初熔温度,它与包裹体流体的含盐体系化学性质有关,反映了古地层水性质^[10]。

3.2.1 流体包裹体记录的古地层水变化特征

1) 平面变化特征

根据马家滩地区延长组流体包裹体测试的初熔温度所确定的古地层水体系,流体包裹体的古地层水主要包括 $\text{CaCl}_2 - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$, $\text{NaCl} - \text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{NaCl} - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ 4 种流体体系,其中以以前 3 种为主(图 3),而且在西缘逆冲断褶带和其东邻的天环坳陷地区具有相类似的分布频数。在平面分布图上反映出,东西向均具有以地层封闭水为主的特征,没有地表水的渗入混合(图 4)。流体包裹体反映的是古流体特性,说明此时的断裂带主要是盆地内油气流体运移通道,而没有开启使地表水渗入。同时,包裹的古流体性质与样品所处的构造位置无关,西缘逆冲断褶带和其东邻的天环坳陷的包裹体流体性质基本一致,表明不同构造带上的流体包裹体记录的古流体性质相似,包裹体流体来源一致,而且都是以地层水流体为

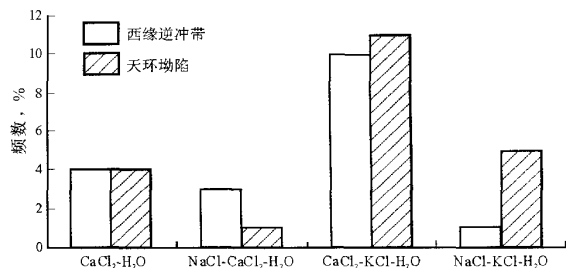


图 3 鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区古地层水水型对比
Fig. 3 Comparison diagram of water type from the paleo-fluid in the Majiatan area of western Ordos Basin

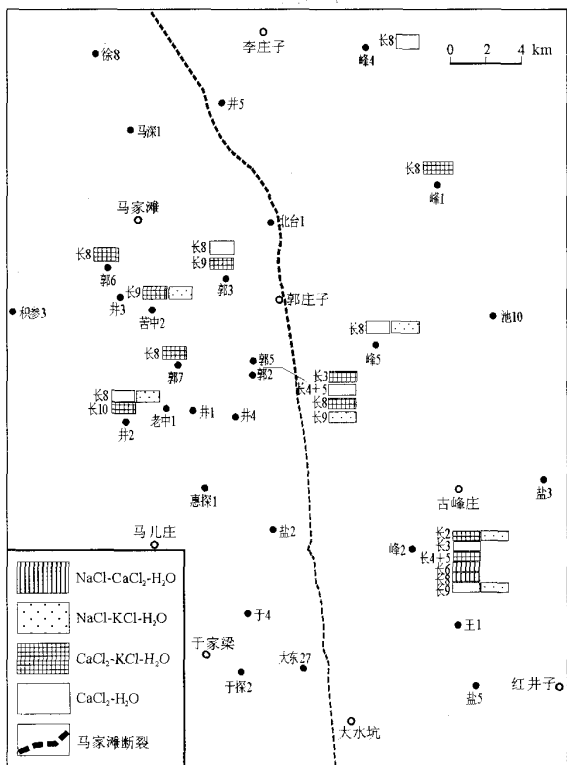


图 4 鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区包裹体流体性质分布
Fig. 4 Distribution diagram of fluid characteristics from fluid inclusion in the Majiatan area of western Ordos Basin

主,没有地表水混入,这与包裹体形成的晚期构造裂隙环境符合,油气流体沿构造裂隙发生运移。

2) 单井剖面上变化特征

从研究区峰 2 井(位于天环坳陷)和郭 5 井(位于西缘逆冲断褶带)剖面上不同层位包裹体流体性质的变化特征(图 5,6)来看,峰 2 井在剖面上从长 2 到长 8 包裹体古流体性质不同,其中长 2 以 $\text{CaCl}_2 - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ 体系为主,其次为 $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 体系。而长 3、长 4+5 以及长 6 和长 8 均以 $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 体系为主,其次为 $\text{CaCl}_2 - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ 体系。郭 5 井与峰 2 井具有相似的现象,只是长 3 以 $\text{CaCl}_2 - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ 体系为主,其次为 $\text{MgCl}_2 - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ 。长 4+5 和长 8 均以 $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 体系为主,其次为 $\text{CaCl}_2 - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ 体系和 $\text{CaCl}_2 - \text{MgCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 体系。

流体包裹体古流体性质显示,西缘逆冲断褶带和其东邻的天环坳陷的不同层位的原始地层流体性质以 $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 体系为主,主要为地层水流体,处于相对封闭环境。

流体包裹体在含油气盆地中分布广泛,作为油气运移成藏活动的唯一可观察到的原始油气流体

样品,流体体系代表着古地层水运移的痕迹。在前人对地层水型与地质环境对应关系研究成果的基础上,分别对研究区不同构造和不同层位流体包裹体流体性质研究表明,不同层位、不同构造位置的流体包裹体记录的原始地层流体性质均以 $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 体系为主,主要为地层水流体,没有地表水混入,处于相对封闭环境,包裹体流体性质与样品所处的地层层位和其构造位置无关。包裹体流体反映出的地层古流体的特点与前面研究的本区现今地层水水型特点不完全一样,西缘逆冲断褶带和其东邻的天环坳陷地区的地层水水型差异明显,其中西缘逆冲断褶带有地表水渗入,而天环坳陷地区为封闭的地层水。由此可见,研究区西缘逆冲断褶带地层水由封闭的地层水变为有地表水混入事件发

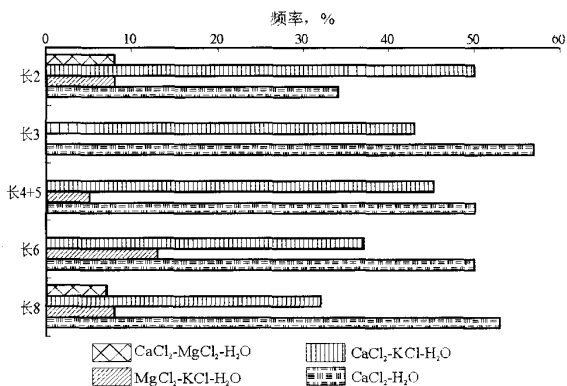


图 5 鄂尔多斯盆地天环坳陷峰 2 井不同层位包裹体古流体性质

Fig. 5 Characteristics of paleo-fluid from fluid inclusion in different horizon of Well Feng2 in the Tianhuan Depression of Ordos Basin

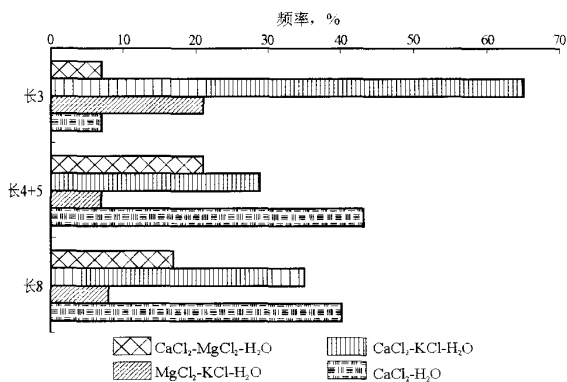


图 6 鄂尔多斯盆地西缘郭 5 井不同层位包裹体古流体性质

Fig. 6 Characteristics of paleo-fluid from fluid inclusion in different horizon of Well Guo5 in the western Ordos Basin

生在包裹体形成之后,西缘逆冲断褶带油气层在晚期地质构造运动期间发生过明显的开启,使早期油气藏发生破坏。

3.2.2 包裹体流体盐水离子成分特征与油气成藏

流体包裹体中盐水离子成分及其含量的大小也可以反映包裹体中古流体的物理化学性质。

从马家滩地区早、晚期包裹体流体主要盐水离子水对比图上分析(图7), Cl^- 含量在早—晚期包裹体的含量最高,这与包裹体初熔温度所反映的包裹体记录的原始地层水以富 Cl^- 阴离子盐水体系为主相符,也证明了包裹体记录的原始地层流体基本上没有受到外来流体大规模混入影响。从图7中可以看出,早期包裹体中主要盐水离子含量(HS^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-)明显高于晚期包裹体,表明了早期流体包裹体记录的早期油气所处的地层系统比晚期包裹体记录的晚期油气所处的地层系统的封闭性相对好,基本上没有受到外来流体大规模混入影响,这与前面包裹体流体性质反映的原始地层水特点一样,本区地表水混入发生在包裹体形成之后很晚期的断裂构造运动过程中。

4 结论

1) 现今地层水分布特征显示,鄂尔多斯盆地西缘逆冲断褶带上的地层水水型复杂,主要为 Na_2SO_4 和 NaHCO_3 型,地表水向下渗透混入油气层中,有着丰富的交替作用;而西缘逆冲断褶带东邻的鄂尔多斯盆地天环坳陷北部地区盖层封闭

好,地层水具有停滞的水文地质条件,地层处于封闭的条件下,与本区断裂构造相对不发育、构造相对比较稳定的地质特征一致。

2) 流体包裹体所指示的古地层水分布显示,鄂尔多斯盆地西缘逆冲断褶带和其东邻的天环坳陷的古地层水水质基本一致,说明不同构造带上的流体包裹体记录的古地层水水质相似,包裹体流体来源一致,而且都是以 $\text{CaCl}_2-\text{H}_2\text{O}$ 地层水流体为主,没有地表水混入,表明当时地质流体处于相对封闭的环境中。

3) 早期流体包裹体中主要盐水离子含量(HS^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-)明显高于晚期,表明了早期流体包裹体记录的早期油气所处的地层系统比晚期包裹体记录的晚期油气所处的地层系统的封闭性相对好,基本上没有受到外来流体大规模混入影响。

综上所述,鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区在古地质历史时期,其油气聚集成藏处于封闭的地质环境中,油气保存条件好,而在晚期构造运动的影响下,导致早期油气藏破坏,地表水渗入与油气发生了强烈的淋滤交换作用,导致现今油气藏中的流体具有复杂的分布特征。

参考文献:

- 孙向阳. 沉积盆地中地层水化学特征及其地质意义[J]. 天然气勘探与开发, 2001, 24(4): 47~53
- 袁政文, 全书进, 乔桂林. 焉耆盆地油田水与油气藏的关系[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 406~409
- 孙向阳, 解习农. 东营凹陷地层水化学特征及其与油气聚集关系[J]. 石油实验地质, 2001, 23(3): 291~296
- 贾存善, 马旭杰, 饶丹等. 塔河油田奥陶系油田水同位素特征及地质意义[J]. 石油实验地质, 2007, 29(3): 292~297
- 刘池洋, 赵红格, 王锋等. 鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性[J]. 地质学报, 2005, 79(6): 737~747
- 陶士振. 自生矿物序次是确定包裹体期次的根本依据[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(2): 154~160
- 李荣西, 席胜利, 邸领军. 用储层油气包裹体岩相学确定油气成藏期次[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 194~199
- 李贤庆, 侯读杰, 张爱云. 油田水地球化学研究进展[J]. 地质科技情报, 2001, 20(2): 51~54
- 李英华. 油田水地化指标研究的新认识[J]. 中国海上油气(地质), 1998, 12(1): 19~23
- 刘斌, 沈昆. 流体包裹体热力学[M]. 北京: 地质出版社, 1999

(编辑 徐文明)

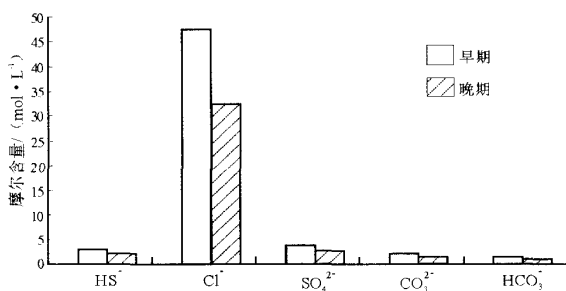


图7 鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区早—晚期包裹体中盐水阴离子含量对比

Fig. 7 Comparison diagram of anionic abundance in saline groundwater from early—later inclusions in the Majiatan area of western Ordos Basin