

文章编号: 0253-9985(2004)06-0707-06

柴达木盆地北缘油气成藏特点

高先志^{1,2}, 马达德³, 刘震^{1,2}, 汪立群³

(1. 石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249; 2. 石油大学资源与信息学院, 北京 102249;

3. 中国石油青海油田分公司, 甘肃敦煌 736200)

摘要: 运用包裹体均一化温度、包裹体成分以及圈闭演化历史分析等研究方法, 对柴北缘典型油气田油气成藏特征进行了分析。结果表明: 侏罗系油气藏具有三个油气成藏期, 分别为侏罗纪末、渐新世和上新世; 下第三系油气藏具有两个成藏期, 分别发生在渐新世和上新世, 其中渐新世为主要成藏期; 上第三系油气藏属于次生油气藏, 它们主要是由于上新世以后因构造变动导致下第三系油气藏调整和破坏, 油气发生向上再运移而聚集形成的。柴北缘油气藏形成演化过程中, 断层始终扮演了重要的角色。

关键词: 油气藏; 包裹体; 成藏史; 柴达木盆地

中图分类号: TE112.11 文献标识码: A

Characteristics of hydrocarbon accumulation in the northern edge of Qaidam basin

Gao Xianzhi^{1,2}, Ma Dade³, Liu Zhen^{1,2}, Wang Liqun³

(1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation, University of Petroleum, Ministry of Education, Beijing; 2. College of Resources and Information, University of Petroleum, Beijing; 3. Qinghai Oilfield Company, PetroChina, Dunhuang, Gansu)

Abstract: Characteristics of hydrocarbon accumulation in typical oil and gas fields in the northern edge of Qaidam basin are analyzed by using homogenization temperature and compositions of inclusions and trap evolution history. Oil and gas in Jurassic reservoirs have been accumulated in 3 different stages, including the end of Jurassic, Oligocene and Pliocene; while that in the lower Tertiary reservoirs have been accumulated in 2 stages, i. e. Oligocene and Pliocene; and that in the upper Tertiary reservoirs are of secondary oil/gas reservoirs, accumulated through upward remigration of hydrocarbons from the adjustment and damage of the lower Tertiary reservoirs, due to post-Pliocene tectonic movements. Faults have played a key role all the time during the formation and evolution of oil and gas reservoirs in the northern edge of Qaidam basin.

Key words: oil and gas reservoir; inclusion; hydrocarbon accumulation history; Qaidam basin

柴北缘是一个以侏罗系为烃源岩的含油气系统^[1]。目前柴北缘只发现了 6 个油气田: 冷湖三号油田、冷湖四号油气田、冷湖五号油气田、鱼卡油田、南八仙油气田和马海气田^[2]。

油气藏形成过程包括两方面, 一是圈闭形成过程, 二是油气进入圈闭储层的期次。本文运用储层有机包裹体的颜色、盐水包裹体的盐度和均一化温度等实验数据, 结合地质分析, 对柴北缘油

气的充注历史进行分析。沉积储层中的流体包裹体是流体运移时被自生矿物所捕获的, 流体包裹体记录了油气运移时油气和孔隙水的性质、组分和物理化学条件^[3,4]。包裹体特征已广泛应用于石油地质勘探领域的课题研究中^[5~9]。在荧光显微镜下, 不同组成的油气包裹体显示不同的颜色^[10]。荧光颜色间接反映油气生成时的热演化程度。一般情况下, 同期形成的包裹体, 其油气组成

基金项目: 中国石油天然气总公司“九五”油气勘探科技工程项目(970208-05-04)

第一作者简介: 高先志, 男, 41 岁, 副教授(博士), 石油天然气地质

收稿日期: 2004-11-01

相似^[11], 荧光颜色相同。如果储层分布着不同颜色的包裹体, 说明它们形成于不同期次, 流体发生过多次充注。通过统计测试样品包裹体均一化温度, 可定性确定油气充注的次数^[4, 12]。准确的油气充注时期, 则需要对取样点的埋藏史和古地温史进行准确的恢复。

1 南八仙油气田

1.1 基本特征

南八仙油气田位于南八仙-马海构造带上, 该构造带是中生代古隆起上的一个同沉积背斜构造带。地下构造为一断层复杂化的背斜构造, 构造主体的中浅层有一条东西走向南倾的仙北断层和几条相向的小断层。深层有一北倾的仙南断层, 断达基岩, 切割了构造南翼, 深层主体为一较完整的背斜。

南八仙油气田储油气层分布于上第三系狮子沟组、上油砂山组、下油砂山组和下第三系下干柴沟组中。在平面上, 中浅层油气藏由于断层发育,

将整个背斜构造断为3块, 分别为仙3断块、仙6-仙9断块和仙8断块。深层油气藏也有断层发育, 但断层较少且不起封挡作用。

根据试井及地层压力测试资料, 南八仙油气田中浅层狮子沟组-下油砂山组油气藏属于正常压力系统, 压力梯度为每百米1.239 MPa, 压力系数平均为1.04。深层下干柴沟组油气藏为异常高压油气藏, 地层压力系数为1.58~1.82。深层下干柴沟组油气藏由于断层的封闭作用, 处于断层下盘的北断块, 异常压力高于上盘的南断块。

1.2 包裹体

南八仙构造下第三系储层包裹体均一化温度分布明显存在76~90℃和100~115℃两个温度段(图1)。早期硅质胶结物和石英次生加大边里的包裹体均一化温度多分布在76~90℃; 石英愈合裂缝中包裹体的均一化温度多在100~115℃。上第三系储层包裹体均一化温度比较集中, 总体集中分布在66~85℃, 表现为单峰特点, 说明上第三系包裹体形成时间比较相近。

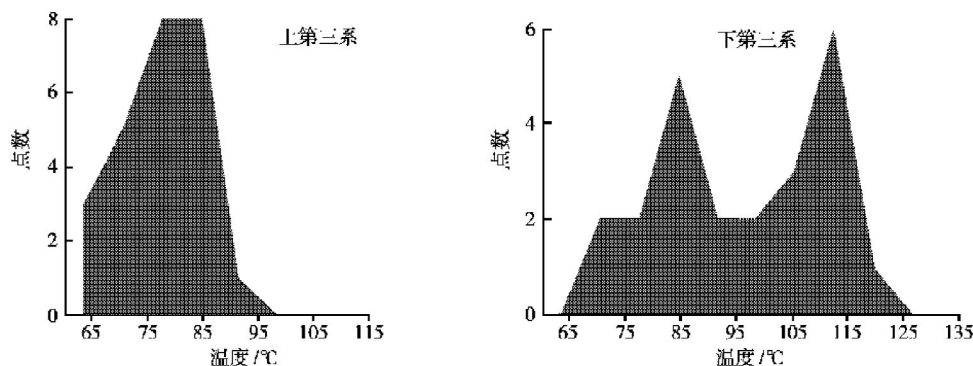


图1 南八仙油田第三系储层包裹体均一化温度分布^[12]

Fig. 1 Distribution of homogenization temperature of the inclusions in Tertiary reservoirs in Nanbaxian oilfield

考虑到上第三系和下第三系的取样深度, 按古地温梯度推算, 下第三系石英愈合裂缝中的包裹体与上第三系包裹体是同一时期形成的。即下第三系储层经历了两次油气注入期, 后期与上第三系储层的注入期相近。包裹体的盐度也支持这一推断, 上第三系储层包裹体与下第三系储层石英愈合裂缝中包裹体的NaCl含量为11%~13%, 而下第三系硅质胶结物中盐水包裹体的NaCl含量为3.6%~8%。

上、下第三系包裹体的正构烷烃分布存在明

显的差异。下第三系正构烷烃在低碳数和高碳数位出现明显的双峰, 奇数碳占明显优势(图2), 这种双峰分布特征说明包裹体组成存在不同期烃类的混合现象, 特别是属于不同成熟度的油气相混合; 而上第三系包裹体的正构烷烃分布基本为单峰分布, 略显奇数碳优势, 说明包裹体形成时油气成熟度较高, 基本为同期形成。与其对应的储层原油均显示高成熟度特征, 轻烃含量占优势。下第三系原油表现出一定的双峰特点, 上第三系原油双峰特点不明显, 油气藏为一次充注。

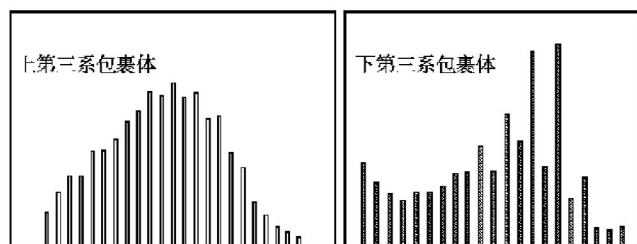


图2 南八仙油气田上、下第三系储层包裹体成分比较

Fig.2 Comparison of compositions of the inclusions in the Lower and Upper Tertiary reservoirs in Nanbaxian oilfield

1.3 成藏过程和特点

在始新世—渐新世期间, 正逢侏罗系烃源岩开始大量生烃, 因此伴随仙南断裂的持续活动, 业已形成的油气通过断层运移进入下第三系中形成油气藏(图3)。在上新世狮子沟组沉积后, 构造变动一方面导致仙南断层再次变动, 促使侏罗系烃源岩生成的高成熟油气, 再次向下第三系储层注入; 另一方面, 这次构造变动导致仙北断层形成, 由于仙北断层为表层滑脱型逆断层, 主要断开下干柴沟组以上地层, 没有直接与下伏的侏罗系烃源岩沟通, 侏罗系高成熟的油气没有直接运达上第三系。但是该断层对早期形成的下第三系油气藏进行了调整改造, 造成油气藏中的油气发生再运移, 并在上第三系形成次生油气藏。

南八仙地区的油气运移在横向上主要是通过几个不整合面和连通性较好的砂体, 在纵向上主要靠仙南和仙北两条大断裂。早期的油气是通过初次运移将侏罗系生成的油气运聚到深部的构造中(如下干柴沟组油气藏)。南八仙深层下干柴沟组油气藏能够得到良好的保存, 一是由于它的储层是分布在相对较厚的泥岩之中, 盖层封闭条件较好; 二是油气藏形成时期早, 充满程度高, 但最主要的原因是后期构造运动对它造成的破坏程度低, 浅层的仙北断层向深部延伸不到下干柴沟组。因此, 南八仙深层下干柴沟组油气藏具有含油气规模大、成藏范围广和油气藏较为完整等特征。

南八仙浅层油气藏的保存条件较深部下干柴沟组油藏的保存条件明显变差。由于它是通过油气二次和三次运移形成的次生油气藏, 它的保存受喜山晚期这一幕剧烈的构造运动影响较大。仙北断层早期的活动带动了油气的二次运移, 使油气能沿着大断裂上升, 分布在断层两侧构造高部位多套层系的储集岩内。

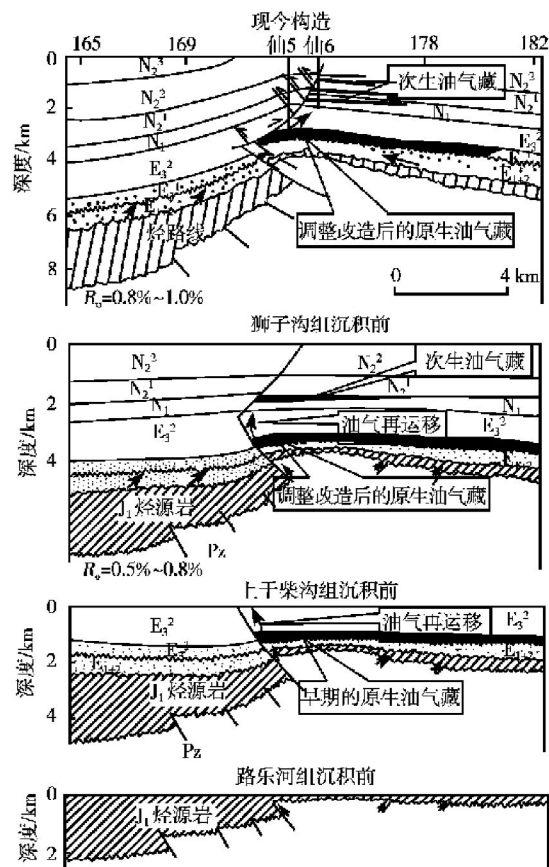


图3 南八仙油气成藏演化模式

Fig.3 Evolutionary pattern of hydrocarbon accumulation in Nanbaxian structure

2 冷湖五号油气田

2.1 基本特征

冷湖五号油气田位于冷湖五号构造的1号高点上, 科学探索井——冷科1井位于冷湖五号构造的2号高点上, 冷科1井揭示出冷湖五号构造具有巨厚的烃源岩和复杂的油气成藏条件, 这种特点在柴北缘具有一定的代表性。

目前, 冷湖五号油田油层主要是第三系, 产油气层主要分布在构造1号高点上、西倾大逆断层的下盘。主要储油层为狮子沟组, 上油砂山组次之, 深度为180~900 m。靠近大逆断层, 构造高部位油层多而厚, 是该油田的高产区; 相反, 远离大逆断层的构造低部位, 油层少而薄, 具有西多东少的特点, 为该油田的低产区。冷科1井还在侏罗系煤层所夹的薄层砂岩中试油获低产油流。

冷湖五号油田第三系地层水水型为CaCl₂型, 具有高矿化度、高变质系数的特点。表明变质程度和地层的封闭性都比较好。原油具有低密度、

低粘度、含汽油量较高的特点。

2.2 包裹体

冷科1井侏罗系储层中包裹体主要分布于裂缝中,在单偏光下为暗色,在荧光下显示蓝白色,这是存在油气包裹体的标志,说明储层中确实发生过油气运聚过程。

冷科1井侏罗系储层中盐水包裹体的均一化温度主要分布在85~105℃,115~135℃和155~165℃(图4),但集中分布于85~105℃。这说明,冷湖五号构造的侏罗系油气存在一次主要的运移期(85~105℃)。根据冷科1井侏罗系埋藏史和古地温梯度资料,推算油气充注时期主要为下干柴沟组早期一下干柴沟组末期。

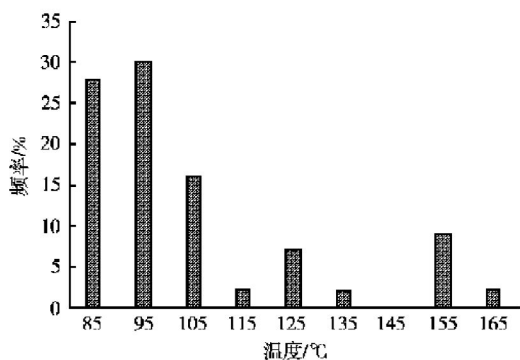


图4 冷科1井侏罗系储层包裹体均一化温度分布

Fig. 4 Distribution of homogenization temperature of the inclusions in Jurassic reservoirs in Lengke 1 well

2.3 成藏过程和特点

冷湖五号构造演化史表明,喜山运动早期,东倾42号逆断层继续发育,冷湖五号背斜构造出现雏形(图5)。渐新世中期,下侏罗统湖西山组主要烃源岩开始进入大量生烃期,并沿着断层、孔隙、裂缝等运移通道发生运移,在生、储、盖组合有利地区形成深层油气藏。东倾42号等断层的逆冲活动使侏罗系油气可突破侏罗系上部巨厚的高压泥岩盖层运移至下第三系路乐河组的储盖组合中。该组合存在较好的储集空间,上部具有较厚的异常高压泥岩作为盖层,因此,在断层附近的有利地区存在形成较大规模油气聚集的可能性。

喜山运动晚期(N₂晚期),该区发生大规模的褶皱和断裂作用,于构造轴部附近形成了具走滑性质的I号大逆断裂带。该断裂带既是油气由深层运移到中浅层乃至地表的通道,也为断层下盘

新形成的油气藏提供了遮挡条件。与此同时,此次构造运动加强和改造了早期构造,并使断裂附近的早期油气藏遭受破坏。构造运动使早期破坏的油气和新生成的油气能够突破盖层的阻挡沿I号断裂带向上运移,油气开始第二次大量充注,一部分进入I号大逆断裂带下盘,受断层遮挡而形成浅层油气藏——冷湖五号油田;一部分运移到I号大逆断裂带上盘或直接运移至地表,由于缺乏保存条件而散失。

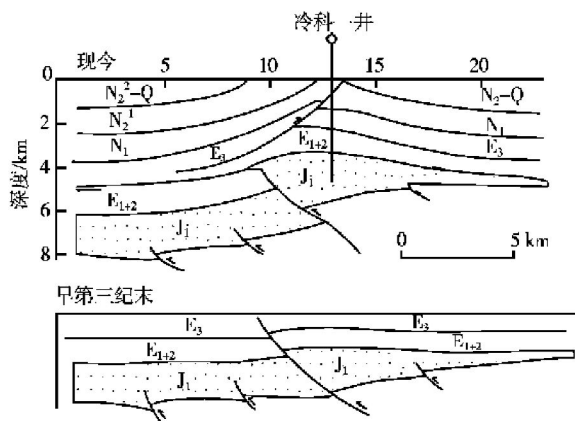


图5 冷湖五号构造演化图

Fig. 5 Evolution diagram of Lenghu No. 5 structure

综上所述,渐新世末期,冷湖五号构造深层油气藏开始形成。喜山晚期强烈的构造运动使深层油气藏遭到调整、甚至破坏,浅层圈闭通过断裂等运移通道接受深层的油气,并保存于条件较好的下盘聚集成藏,断裂带及其上盘由于保存条件较差,造成油气散失。

3 冷湖三号油田

3.1 基本特点

冷湖三号油田的油藏类型较丰富,以断块油气藏为主,同时有背斜油气藏、不整合遮挡油气藏及稠油封堵油气藏。油田主要分布在中2,中22和中10等井连线以南,侏罗系之上为第三系和第四系所覆盖;而此连线以北的广大地区侏罗系直接出露地表,缺少盖层条件,没有油气分布。

冷湖三号油田储油层为下侏罗统小煤沟组,埋深500~1200 m。原油具有低密度、低粘度、含汽油量较高和煤成油的特点,属自生自储型油气藏。冷湖三号构造本身的侏罗系较薄,演化程度

低, 目前仍处于低成熟阶段, 但原油已成熟, 说明该油田很可能以异地供油为主。根据侏罗系烃源岩演化程度和构造背景分析, 其油气可能来自冷湖四号地区。

冷湖三号油田油层埋藏浅, 受断层切割严重, 保存条件差, 压力系数低, 约 1.02, 属于正常压力油藏。

3.2 包裹体

石地 22 井储层包裹体的均一化温度具有 2 个高峰(图 6), 一个在 75℃ 附近, 另一个在 105~115℃, 105~115℃ 占 50% 以上, 说明油气的运聚主要集中在这一时期。

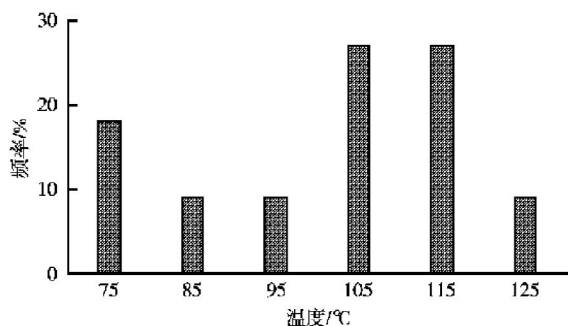


图 6 石地 22 井储层均一化温度分布

Fig. 6 Distribution of homogenization temperature of the inclusions in Jurassic reservoirs in Shidi 22 well

根据石地 22 井埋藏史和古地温梯度恢复结果, 第一次油气运聚时间发生在侏罗纪末, 下侏罗统烃源岩最大埋深时期; 第二次大致发生于渐新世。

包裹体由成熟度不同的两组成分混合而成, 表现在正构烷烃分布上存在两个峰(图 7)。nC₁₆~nC₁₉ 含量高是高成熟度的部分, 这部分与渐新世和上新世时期晚喜马拉雅运动构造变动有关, 是由冷湖四号地区运移来的油气; C₂₉ 附近存在的次高峰反映侏罗纪末低成熟度时期形成的油气, 其分布略显奇数碳优势。从两组的贡献大小看, 显然后者占次要地位, 也就是说, 冷湖三号油田的油气藏主要形成于晚喜马拉雅时期。这与冷湖三号油田原油具有较高成熟度组分相吻合。

3.3 成藏过程与特点

冷湖三号生油岩为下侏罗统的湖西山组和小煤沟组。在早侏罗纪末, 烃源岩埋深达到最大时, 底部部分烃源岩进入成熟门限, 生成的油气向储集层中运移, 形成下侏罗统自生自储油藏, 这是第

一次聚集, 规模较小。在中晚侏罗世和白垩纪, 地层抬升并遭受剥蚀, 构造变动致使油气藏受到一定破坏; 早第三纪古始新世, 该区再次沉降接受沉积; 古始新世末, 随着赛什腾山隆升挤压, 冷湖三号地区向南推覆, 推覆构造上盘形成北高南低的单斜和古构造(图 8), 山前地区开始遭受剥蚀。

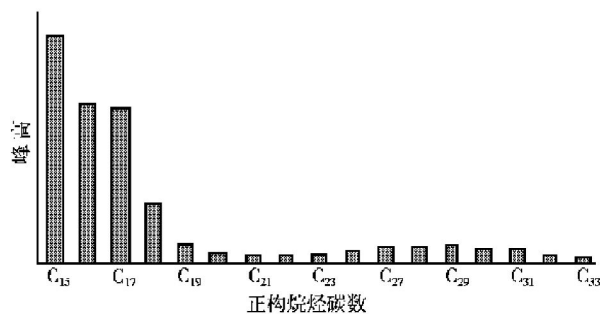


图 7 石地 22 井侏罗系储层包裹体饱和烃分布

Fig. 7 Distribution of the inclusions saturated hydrocarbons in Jurassic reservoirs in Shidi 22 well

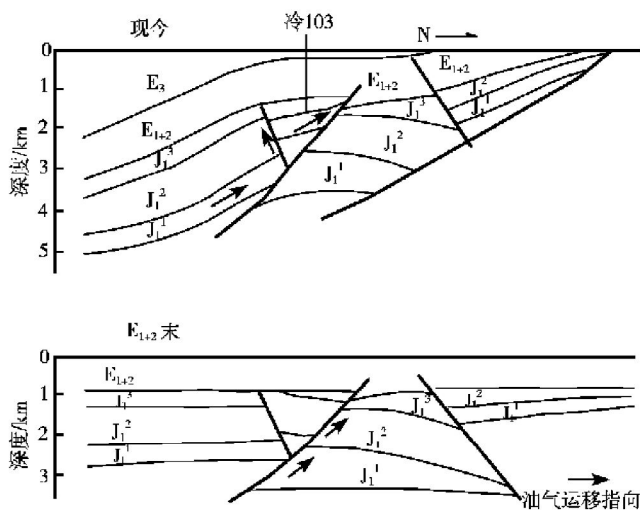


图 8 冷湖 3 号构造演化与油气运移示意图

Fig. 8 Sketch map showing structural evolution and hydrocarbon migration in Lenghu No. 3 structure

渐新世—中新世, 由于冷湖三号构造以南的下盘地区以及三号和四号构造之间的鞍部地区埋藏较深, 烃源岩成熟度较高, 进入大量生排烃阶段, 油气进入合适的圈闭中形成第二次聚集。喜马拉雅晚期运动的强烈作用, 为深层的油气向冷湖三号运移聚集提供了有利的运移通道和圈闭条件, 由于构造断裂十分发育, 致使油气被各级断层分割; 同时, 随着地层剥蚀范围加大, 北部地区和 I

号断块油藏出露地表遭受破坏,而在保存条件较好的II,III断块,油气藏得以保存。

由此可见,冷湖三号油田的形成具有深层油源、晚期充注、局部破坏的特点,保存条件是制约油气大规模成藏的主要因素。

4 结论

(1) 柴北缘油气成藏时期,明显与中生代以来发生的三次较强的构造运动时期有关,通过油气藏充注历史分析,从微观上验证了构造运动对油气成藏的控制作用。

(2) 在渐新世时期,由于基底卷入断层沟通了侏罗系烃源岩,断层起到了重要的油气运移通道的作用;上新世以来形成的逆断层对下第三系油气藏的调整、上第三系次生油气藏的形成起到重要作用。

(3) 根据柴北缘油气藏形成特点,最有利的勘探目标应该是那些有深达侏罗系烃源岩断层存在,同时其上覆的上第三系又有很好的封闭条件的下第三系圈闭。

参考文献

- 王永卓,孙德君,徐景祯. 柴达木盆地北缘地区含油气系统划分与成藏历史分析[J]. 石油学报, 2003, 24(5): 21~ 25
- 陈蟒蛟,白淑艳. 柴达木盆地北缘油气藏类型、特征及其控制因素探讨[J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24(2): 8~ 12
- Murray R C. Hydrocarbon fluid inclusions in quartz[J]. AAPG Bull, 1957, 41: 950~ 952
- 卢焕章,郭迪江. 流体包裹体研究的进展和方向[J]. 地质论评, 2000, 46(4): 385~ 392
- 王飞宇,金之钧,吕修祥,等. 含油气盆地成藏期分析理论和新方法[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 754~ 762
- 柳少波,顾家裕. 包裹体在石油地质研究中的应用与问题讨论[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 326~ 332
- 覃建雄,张长俊,李天生,等. 西昌盆地流体包裹体及其在油气勘探中的应用[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(3): 216~ 225
- 郑有业,李晓菊,马丽娟,等. 有机包裹体在生油盆地中的应用[J]. 地学前缘, 1998, 5(1~ 2): 325~ 331
- 谢奕汉,范宏瑞,王英兰. 流体包裹体与盆地油气的生成和演化[J]. 地质科技情报, 1998, 17(增刊): 100~ 104
- 施继锡,李本超,傅家谟,等. 有机包裹体及其与油气的关系[J]. 中国科学(B), 1987(3): 318~ 325
- Karlsen D A, Nedkvitne T, Larter S R, et al. Hydrocarbon composition of authigenic inclusions: application to elucidation of petroleum reservoir filling history[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta 1993, 57: 3 641~ 3 659
- 高先志,陈发景. 应用包裹体确定油气成藏期次——以柴达木盆地南八仙油田第三系储层为例[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 548~ 554
- 王永卓,孙德君,徐景祯. 柴达木盆地北缘地区含油气系统划分与成藏历史分析[J]. 石油学报, 2003, 24(5): 21~ 25
- 陈蟒蛟,白淑艳. 柴达木盆地北缘油气藏类型、特征及其控制因素探讨[J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24(2): 8~ 12
- Murray R C. Hydrocarbon fluid inclusions in quartz[J]. AAPG Bull, 1957, 41: 950~ 952
- 卢焕章,郭迪江. 流体包裹体研究的进展和方向[J]. 地质论评, 2000, 46(4): 385~ 392
- 王飞宇,金之钧,吕修祥,等. 含油气盆地成藏期分析理论和新方法[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 754~ 762
- 柳少波,顾家裕. 包裹体在石油地质研究中的应用与问题讨论[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 326~ 332
- 覃建雄,张长俊,李天生,等. 西昌盆地流体包裹体及其在油气勘探中的应用[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(3): 216~ 225
- 郑有业,李晓菊,马丽娟,等. 有机包裹体在生油盆地中的应用[J]. 地学前缘, 1998, 5(1~ 2): 325~ 331
- 谢奕汉,范宏瑞,王英兰. 流体包裹体与盆地油气的生成和演化[J]. 地质科技情报, 1998, 17(增刊): 100~ 104
- 施继锡,李本超,傅家谟,等. 有机包裹体及其与油气的关系[J]. 中国科学(B), 1987(3): 318~ 325
- Karlsen D A, Nedkvitne T, Larter S R, et al. Hydrocarbon composition of authigenic inclusions: application to elucidation of petroleum reservoir filling history[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta 1993, 57: 3 641~ 3 659
- 高先志,陈发景. 应用包裹体确定油气成藏期次——以柴达木盆地南八仙油田第三系储层为例[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 548~ 554

(上接第706页)

参考文献

- 温献德. 地史学[M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1998
- 陈子河,寿建峰,斯春松,等. 柴达木盆地花土沟油区上干柴沟组-下油砂山组碳酸盐岩储层特征[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(1): 53~ 58
- 刘传联,徐金鲤,汪品先,等. 藻类勃发——湖相油源岩形成的一种重要机制[J]. 地质论评, 2001, 47(2): 207~ 209
- 吴国瑄,朱伟林,黄正吉,等. 湖相沉积浮游藻类及有机质类型与烃源研究[J]. 同济大学学报, 1998, 26(2): 176~ 179
- 刘传联,徐金鲤. 济阳坳陷下第三系颗石藻类化石的分布及与油气的关系[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(3): 73~ 77
- 孙岩,沈安江,徐洋,等. 柴达木盆地跃进地区下干柴沟组上段藻丘灰岩储层特征[J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 62~ 67
- 钟筱春,钟石兰. 渤海湾盆地沙河街组一段颗石藻类化石及其沉积环境[J]. 微体古生物学报, 1988, 5(2): 145~ 151
- 吴庆余,王睿勇,戴俊彪,等. 探讨海相油气成因的一种超微浮游藻类成烃实验系统[J]. 科学通报, 1998, 43(20): 2 239~ 2 240
- Ackledon S, Balch W M, Holligan P M. White waters of the Gulf of Marine [J]. Oceanography, 1988, 18~ 22
- 刘云田,杨少勇. 柴达木盆地北缘侏罗系砂岩孔隙发育特征[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 267~ 269
- 彭立才,杨慧珠,刘兰桂,等. 柴达木盆地北缘侏罗系烃源岩沉积有机相划分及评价[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 178~ 181