

# 柴达木盆地狮子沟油田古近系油气成藏期次

李海<sup>1</sup>, 汤达祯<sup>1</sup>, 许浩<sup>1</sup>, 李福来<sup>2</sup>

(1.中国地质大学(北京)能源学院,北京 100083; 2.中国石油大学(华东)地球科学与技术学院,山东 青岛 266580)

**摘要:**柴达木盆地狮子沟油田古近系蕴藏着丰富的油气资源,但多年来其深层油气勘探一直未取得突破,油气成藏期次的不明确阻碍了对其油气成藏过程的准确认识。通过对狮子沟油田古近系储层流体包裹体的镜下观察、荧光分析以及均一温度和盐度测试,对其古近系油气成藏期次进行研究,表明,研究区古近系主要发生2期油气充注事件。结合埋藏史和热演化史分析可知,第1期油气充注发生于上新世中期,距今约12~10 Ma,捕获的流体包裹体以浅黄色、黄绿色液态烃和气液烃为主;第2期油气充注发生于上新世末期,距今约4~2 Ma,捕获的流体包裹体以黄绿色和绿色气液烃为主。此外,研究区油气藏还具有多期充注和持续充注的特征,但主要的油气充注时期均相对较晚,晚期形成的油气藏规模更大。

**关键词:**古近系 流体包裹体 成藏期次 狮子沟油田 柴达木盆地

**中图分类号:**TE111.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1009-9603(2013)03-0030-03

流体包裹体是指成岩成矿流体在矿物结晶生长过程中,被包裹在矿物晶格缺陷或窝穴中、至今尚在主矿物中封存并与主矿物有着相界限的一部分物质<sup>[1]</sup>,流体包裹体测试分析是研究油气成藏期次的有效方法之一<sup>[2-5]</sup>。前人对柴达木盆地狮子沟油田的油气成藏条件和成藏期次进行了研究<sup>[6-9]</sup>,指出其油气藏具有多期充注和晚期成藏的特点。但这些研究多针对狮子沟构造带或整个柴西地区,存在样品选取分散和成藏期次划分不一致等问题。为此,笔者通过流体包裹体镜下观察、荧光分析以及均一温度和盐度测试分析,对狮子沟油田古近系的油气成藏期次进行划分,以期为研究区油气成藏研究和勘探部署提供参考。

## 1 区域地质概况

狮子沟油田位于柴达木盆地西部茫崖凹陷的西南缘,毗邻阿尔金山南斜坡,为狮子沟—油砂山背斜构造带的三级构造单元。受喜马拉雅晚期运动影响,柴达木盆地西部山前区域大幅抬升,普遍缺失第四系。研究区主要发育古近系和新近系的巨厚沉积,其中古近系是狮子沟油田主要的烃源岩<sup>[10]</sup>。目前研究区共钻遇6套地层,自下而上依次为古近系路乐河组、下干柴沟组和新近系上干柴沟

组、下油砂山组、上油砂山组、狮子沟组。其中,下干柴沟组可分为下段( $E_3^1$ )和上段( $E_3^2$ ),主要形成于半咸水—咸水的深湖环境,以泥质岩和碳酸盐岩为主,为研究区古近系的主力含油层系和烃源岩,其内部没有明确的生油层与储层之分,多形成“自生自储”型油藏。

地震资料分析(图1)表明,研究区地层具有双重构造特征,以狮子沟—油砂山浅层滑脱大断裂为界,可分为深部和浅部2个构造层,其构造样式具有明显差异。深部构造层是在古隆起背景下,由挤压应力作用形成的复杂断块褶皱系统<sup>[11]</sup>;浅部构造层主要是由滑脱断层控制的断层褶皱系统,构造相对完整。研究区早期构造运动开始于燕山期,发育的断层具有同沉积特征,且活动时期较长,至中新世

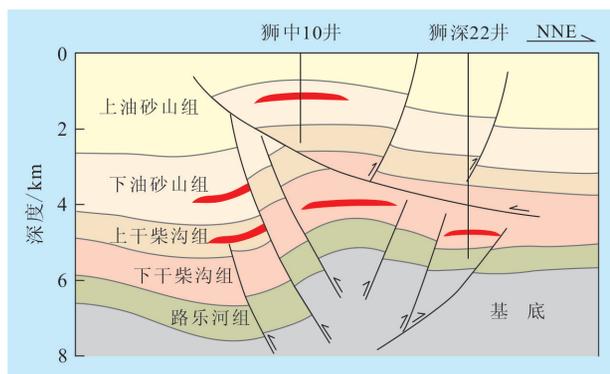


图1 狮子沟油田98SZG测线构造剖面

收稿日期:2013-03-01。

作者简介:李海,男,在读硕士研究生,从事油气成藏机理与预测研究。联系电话:13718766724, E-mail:lihailihai6248592@163.com。  
基金项目:国家自然科学基金项目“砂岩中捕获CO<sub>2</sub>形成的自生碳酸盐矿物稳定性研究”(41202075)。

早期结束,对古近系的沉积具有控制作用;晚期构造运动开始于上新世末期,主要表现为对原生油气藏的破坏和调整<sup>[12]</sup>。

## 2 油藏特征

狮子沟油田下干柴沟组油藏为北北西走向、南陡北缓的长轴背斜缝洞型油藏,构造主体部位断层较少,向两翼逐渐增多。储层岩性主要为泥质或钙质碳酸盐岩,储集空间以溶孔和裂缝为主,具有低孔(平均孔隙度为4.4%)、低渗透(平均渗透率为 $12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )和强非均质性的特征。由于油气富集程度受控于裂缝和溶孔的发育,因此,研究区下干柴沟组油层多位于构造高部位、断层交汇或应力集中区附近的碳酸盐岩发育段。其油层埋深一般大于3 000 m,主要为3 603.6~4 264.5 m,地面原油密度为 $0.854 \text{ g/cm}^3$ ,粘度为 $8.94 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 。由于缝洞系统空间分布的不均一性和连通程度的差异性,导致油藏中形成了各自分异的油水系统和产能差异。

研究区地层压力测试结果(表1)表明,狮子沟油田古近系具有明显的异常高压。狮22、狮24和狮35等井的地层压力系数一般为1.5~2.0,最高为2.07;剩余压力一般为21~24 MPa,最高为36.77 MPa。由于深部构造层中断层的封隔作用,多个小型的异常高压封存箱在垂向上叠置、横向上并列分布,导致地层压力、剩余压力与埋深的相关性较差,在同一口井的不同埋深或相同构造单元的同一深度均具有较大的差异。

表1 狮子沟油田下干柴沟组地层压力测试结果

井号	层位	测试井段深度/m	地层压力/MPa	地层压力系数	剩余压力/MPa
狮22	$E_3^1$	3 869.5	78.10	2.01	36.77
狮23	$E_3^2$	3 510.5	63.67	1.85	23.07
	$E_3^1$	4 211.1	85.39	2.07	36.69
狮24	$E_3^2$	3 954.5	64.35	1.65	22.10
狮28	$E_3^1$	4 160.5	70.55	1.73	22.44
狮35	$E_3^2$	3 849.2	61.44	1.57	21.12

## 3 流体包裹体特征

### 3.1 流体包裹体类型

在岩心观察的基础上,选取研究区下干柴沟组灰岩储层中的12块岩心样品,对流体包裹体的颜色、形态和大小等进行研究,结果表明,其流体包裹

体主要在灰岩缝洞石膏充填物中呈带状分布,其次沿石膏微裂隙呈线状分布。根据包裹体中流体的成分,可划分为盐水包裹体、液态烃包裹体、气液烃包裹体和气态烃包裹体4种类型。其中,盐水包裹体的形状不规则、大小不等,包裹体直径为 $5 \sim 30 \mu\text{m}$ ,单偏光镜下呈无色—浅灰色,体壁薄,边界光滑(图2a);液态烃包裹体主要为椭圆形、不规则菱形和无定形,单偏光镜下呈黄色或淡黄色(图2b),占烃类包裹体的30%~35%;气液烃包裹体主要为椭圆形和方柱形,单偏光镜下呈黄色—灰色,表现为气态烃被液态烃所包围(图2c),占烃类包裹体的60%~65%;气态烃包裹体主要为椭圆形和无定形,沿石膏微裂隙呈线状分布,单偏光镜下呈灰色、深灰色(图2d),含量较少,占烃类包裹体的比例一般小于10%。

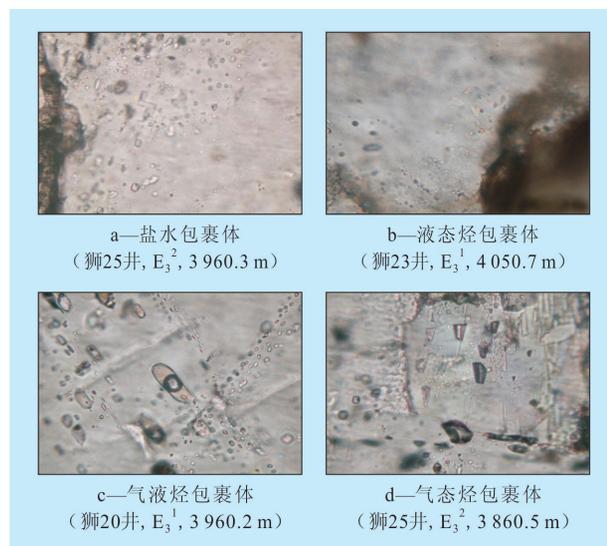


图2 狮子沟油田下干柴沟组储层流体包裹体类型

### 3.2 烃类包裹体荧光特征

烃类包裹体是指在室温条件下,显微镜所能观察到的主要由液态石油和烃类气体组成的包裹体。一般情况下,随着有机质热演化程度的增加,烃类包裹体的相态和组分发生变化,显示的荧光颜色和强度也会存在差别,但总体表现为由低成熟的褐黄色荧光转变为中等成熟的黄白色荧光,再到高成熟的蓝白色荧光<sup>[13]</sup>。

显微镜下观察表明,研究区下干柴沟组储层中的烃类包裹体普遍显示为浅黄色和黄绿色荧光,少量显示为蓝色荧光,表明储层中的烃类基本达到中等成熟,但也存在一些显示为黄色和褐黄色荧光的低成熟烃类。气液烃包裹体与液态烃包裹体类似,显示为黄绿色和绿色荧光,甚至是蓝色荧光,表现出更高的成熟度特征,这可能与高成熟的轻质油大

量注入有关。液态烃和气液烃包裹体在荧光显示特征上的差异也表明,研究区古近系主要存在2期成熟度不同的油气充注。

### 3.3 流体包裹体热力学特征

当储层中发生烃类流体活动,烃类包裹体被捕获的同时,也会存在大量的盐水包裹体。因此,盐水包裹体的均一温度可近似地代表烃类包裹体形成时的原始地层温度。在岩样制片的基础上,利用LINKAM THMS600型冷热台对研究区下干柴沟组储层中的含烃盐水包裹体进行了测温和测盐分析。结果表明,下干柴沟组下段的流体包裹体均一温度为92~160℃,盐度为7.4%~21.6%;均一温度在110~120和140~150℃呈现2个峰值,盐度在8%~10%和14%~16%也呈现双峰特征(图3a)。下干柴沟组上段的流体包裹体均一温度为93~150℃,盐度为7.5%~20.4%;均一温度在120~130℃出现明显峰值,在140~150℃出现较小峰值;盐度和均一温度的分布特征类似,在盐度为14%~16%和18%~20%均呈现双峰特征,且在盐度为8%~10%出现较小峰值(图3b)。狮子沟油田古近系下干柴沟组储层中含烃盐水包裹体的均一温度和盐度分布均具有明显的双峰特征,表明研究区古近系主要存在2期油气充注;同时,除峰值区外,均一温度和盐度数据在其他区间也有分布,整体表现为连续分布的特征,说明研究区古近系储层中发生的油气充注具有多期充注和持续充注的特征。

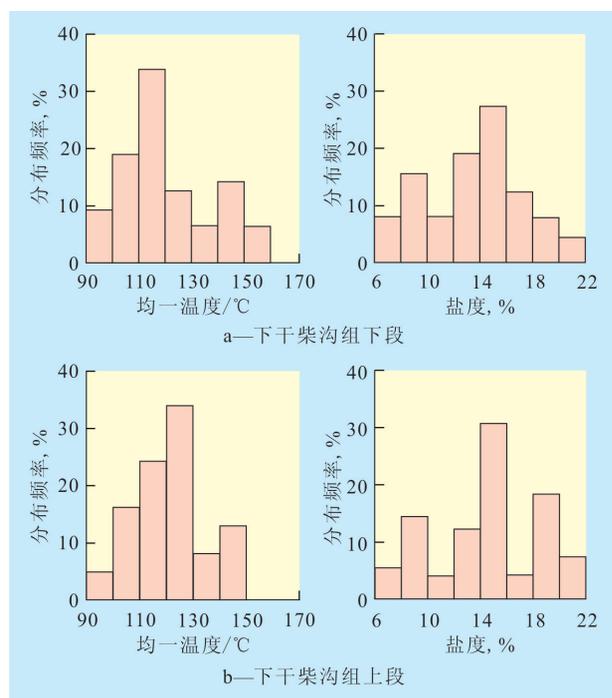


图3 狮子沟油田下干柴沟组储层流体包裹体均一温度和盐度分布

## 4 油气充注与成藏期次

研究区在下干柴沟组上段沉积时期发生沉积物快速堆积事件<sup>[10]</sup>,形成了巨厚的烃源岩,并发育大套泥灰岩和上覆膏岩层。因此,在深部构造层中形成了较好的封闭体系,其流体活动和包裹体捕获多与深部构造层内部烃源岩的生、排烃过程紧密相关。流体包裹体热力学测试结果也证实,古近系路乐河组和下干柴沟组烃源岩的依次成熟生烃导致了研究区的油气充注具有多期充注和持续充注的特征。在流体包裹体显微镜下鉴定和均一温度、盐度测试的基础上,分析了各种成藏要素与油气充注在时空上的有效配置关系,结果表明,狮子沟油田古近系储层中主要发生了2期油气充注。根据研究区埋藏史、烃源岩生烃史和热演化史(图4)分析可知,第1期流体包裹体形成于上新世中期(距今约12~10 Ma),对应于下干柴沟组下段烃源岩的生油高峰期,捕获的流体包裹体以浅黄色、黄绿色的液态烃和气液烃为主;第2期流体包裹体形成于上新世末期(距今约4~2 Ma),对应于下干柴沟组上段烃源岩的生油高峰期,捕获的流体包裹体以黄绿色和绿色的气液烃为主,此时埋深较大的下干柴沟组下段储层中也捕获较多均一温度为140~150℃的流体包裹体。由于研究区构造圈闭的形成受控于喜马拉雅中晚期构造运动,多数圈闭都定型于上新世末期<sup>[11]</sup>,因此,晚期形成的油气藏的规模更大,储层中的流体包裹体也多以较成熟的烃类包裹体为主。

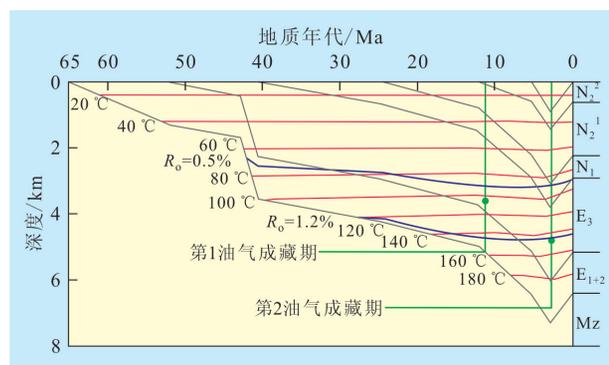


图4 狮子沟油田下干柴沟组油气成藏期次划分

## 5 结论

通过流体包裹体镜下观察,确定柴达木盆地狮子沟油田古近系储层中主要存在2期成熟度不同的油气充注。  
(下转第36页)