

文章编号: 0253-9985(2004)05-0582-04

川西北地区须家河组二段储层中包裹体流体势研究

许浩¹, 汤达祯¹, 魏国齐², 吴世祥³, 张君峰⁴

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石油石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北廊坊 065007;

3. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 4. 中国石油石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 有机包裹体的岩石学、热力学特征以及组成成分的对比分析表明, 川西北地区须家河组二段储层中的包裹体可划分为4个期次, 分别形成于三叠纪末到沙溪庙期、晚侏罗世中-晚期到早白垩世早期、早白垩世至喜山期前及喜山期后, 代表了4次油气的充注过程。应用流体包裹体的分析资料, 可获得包裹体被捕获时的古高程、密度、压力等基础数据。依照这些数据可求得古流体势, 使用这一方法计算了川西北地区须家河组二段的古流体场, 结果表明, 燕山期区域流体场明显经历了变动-调整-再变动-再调整的历史演化过程。

关键词: 流体势; 流体包裹体; 须家河组二段; 川西北地区

中图分类号: TE112.221

文献标识码: A

A study of paleo-fluid potential from inclusions in the 2nd member of Xujiahe Formation in northwestern Sichuan

Xu Hao¹, Tang Dazhen¹, Wei Guoqi², Wu Shixiang³, Zhang Junfeng⁴

(1. China University of Geosciences, Beijing; 2. Langfang Branch of Petroleum Exploration and Development Research Institute,

CNPC, Langfang, Hebei; 3. Research Center of Basin and Oil Reservoir, University of Petroleum, Beijing;

4. Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing)

Abstract: Comparative analyses of petrology, thermodynamic characteristics and components of inclusions in the 2nd member of Xujiahe Formation in northwestern Sichuan show that the inclusions had been formed in 4 different stages, i. e. in Late Triassic to Shaximiao age, middle-late Late Jurassic to early Early Cretaceous, Early Cretaceous to pre-Himalayan, and post-Himalayan, respectively, which represent 4 hydrocarbon charging processes. Analysis of the fluid inclusions can reveal paleo-elevation, density and pressure when the inclusions were entrapped. These data can be used to calculate the fossil fluid potential. This method has been used to calculate the fossil fluid field of the 2nd member of Xujiahe Formation in northwestern Sichuan. The results show that regional fluid field obviously has gone through an evolution process of variation, adjustment, revariation, readjustment.

Key words: fluid potential; fluid inclusion; 2nd member of Xujiahe Formation; northwestern Sichuan

1 地质概况

四川盆地川西坳陷是龙门山前一中、新生代前陆盆地^[1]。该地区是四川盆地上三叠统烃源岩最发育的地区, 其巨厚的烃源岩、较高的生烃强度

是川西地区天然气资源丰富的重要物质基础。它的形成受控于整个四川盆地的形成演化, 地史时期中分别经历了边缘海、前陆盆地、坳陷盆地和山前坳陷盆地4个阶段。印支中幕, 沉积了上三叠统须家河组, 其中, 须家河组二段(以下简称“须二

基金项目: 中国石油天然气股份公司勘探前期研究项目(2002008)

第一作者简介: 许浩, 男, 25岁, 博士生, 石油地质

收稿日期: 2004-08-15

段”),是龙门山隆升日趋明显背景下的陆相沉积。须二段作为自生气藏的重要层位,深入研究其油气运聚成藏规律,对于指导该地区油气勘探,具有重要意义。

2 期次划分

不同形成期次的包裹体,其均一温度、赋存状态、有机成分等有一定的差别,这就为分析油气运移期次、不同期次的油气运移特征及地质条件提供了依据^[2]。本次研究应用激光拉曼探针、显微冷热台和荧光显微分析等技术,对川西北地区 11

口井的 41 块岩石样品中的流体包裹体进行了观察和测试。通过研究发现,该地区包裹体主要分布于溶蚀和构造成因的孔隙及次生裂隙中,宿主矿物以石英颗粒为主,其次为方解石胶结物,次生加大边中包裹体个体小且稀少。不同赋存状态包裹体化学组分及显微荧光分析表明,方解石胶结物和少量石英裂隙中包裹体形成较早,其次为溶蚀裂隙和次生加大边中的包裹体,最晚形成的是多数构造裂隙中的包裹体。通过对测试结果的对比分析(图 1),并结合区域埋藏史研究,我们将须二段流体包裹体划分为 4 个形成期次。

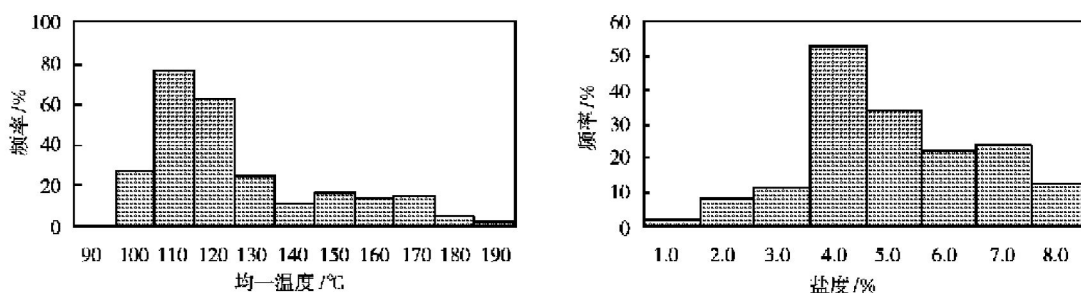


图 1 须家河组二段流体包裹体均一温度、盐度分布图

Fig. 1 Distribution of homogenization temperatures and salinities of inclusions in the 2nd member of Xujiahe Formation

第一期包裹体形成于三叠纪末期到沙溪庙期,均一温度为 94~132℃,盐度为 0.88%~4.49%。第二期包裹体形成于晚侏罗世中、晚期到早白垩世早期,均一温度为 92~120℃,盐度为 4.65%~8.00%。第三期包裹体形成于早白垩世至喜山期前,均一温度为 131~170℃,盐度为 3.39%~6.16%。第四期包裹体形成于喜山期后,均一温度为 138~188℃,盐度为 5.86%~7.31%。这 4 期包裹体分别代表了地层中油气充注的 4 个阶段。

3 流体势

地下流体的渗流是一个机械运动过程,流体总是自发地由机械能高的地方流向低的地方。Hubbert^[3]将地下单位质量流体具有的机械能总和定义为流体势,并给出了计算公式。刘斌等^[4]将其简化并应用到油、气、水的流体势计算中。其公式为

$$\Phi = gZ + p_1/\rho \quad (1)$$

式中 Φ 为流体势; g 为重力加速度; Z 为该点的古高程; p_1 为地层压力; ρ 为该点的流体密度。式

中第一项可理解为将单位质量流体从基准面移动到高程为 Z 处克服重力所做的功,称为位能;第二项可理解为单位质量的流体从压力为零处移至压力为 p_1 处克服压力所做的功,称为压能。

3.1 古高程

古高程是指油气运移时包裹体被捕获那一刻相对于某一基准面(如海平面)的古埋藏深度。为了求得这一深度,首先根据同一期次形成的不同深度流体包裹体的均一温度求出当时温度随深度的变化率,即古地温梯度。由古地温梯度可求得各个期次形成包裹体的古高程(表 1)。

3.2 密度

包裹体中捕获流体相的密度是古流体密度的直接反映。本次研究在测得包裹体的均一温度与盐度后,采用盐水溶液流体密度式进行了计算^[5]。即

$$\rho = A + BT + CT^2 \quad (2)$$

式中 ρ 为流体密度, T 为均一温度, A, B, C 为无量纲参数。

求得该地区包裹体捕获时的流体密度范围为 0.894~1.008 g/cm³。

表 1 须家河组二段流体包裹体测试数据

Table 1 Testing data of fluid inclusions
in the 2nd member of Xujiahe Formation

样号	井深 /m	均一温度 /℃	盐度 /%	密度 /(g·cm ⁻³)	古高程 /m	古流体势 /(m ² ·s ⁻²)
Bl1- 2	4 775.9	120	3.87	0.974	- 3 646	22 283
L7- 14	3 369.4	118	3.23	0.972	- 4 350	54 604
G1- 5	4 453.4	116	3.06	0.972	- 3 500	24 086
Y1- 9	4 427.5	116	6.88	0.996	- 4 544	78 564
W1- 1	4 554.9	141	6.45	0.973	- 5 000	57 321
Zh1- 1	4 247.5	96	0.88	0.973	- 3 350	33 955
Zh46- 19	2 575.0	137	4.49	0.964	- 2 995	42 329
S1- 3	4 410.8	107	4.80	0.989	- 4 400	94 247

* 中国地质大学(北京)地球化学实验室测试

3.3 压力

流体包裹体的捕获压力代表了该包裹体捕获时地层流体的压力。捕获压力的求取方法很多,每种方法都对应了不同的相关条件以及包裹体的不同性质。此次我们应用盐水包裹体的温度压力关系等容式计算了不同期次包裹体的捕获压力^[6]。即

$$p_2 = a + bt + ct^2 \tag{3}$$

式中 p_2 为压力, t 为温度, a , b 和 c 为无量纲参数。不同盐度和密度条件下, a , b 和 c 的值可查表获得。

这一方法的关键在于包裹体均一温度的压力校正。通常实验室所测均一温度是在常温下获得的,而包裹体是在高温高压的条件下被捕获的,因此需要对这一温度进行校正才能更接近包裹体被捕获时的物理化学状态,从而获得它们形成时的温度,其校正公式为^[6]

$$T_t = T_h + \Delta T \tag{4}$$

式中 T_t 代表捕获温度; T_h 代表均一温度; ΔT 代表压力对均一温度的校正值。

包裹体埋深较浅时,可以通过静水压力和静岩压力来确定可能的压力范围及捕获温度的范围。通常深度小于 1.5 km 时,静水压力起一定作用,而在深度大于 1.5 km 时,可能只有静岩压力^[7],所以在深度大于 1.5 km 时,用静岩压力就可较准确地确定流体包裹体的捕获温度^[8]。因此,本次研究中我们应用岩石静压力对包裹体的均一温度进行了校正。具体步骤是:第一步,根据不同

深度同期形成的均一温度计算出古地温梯度;第二步,结合埋藏史曲线求出包裹体的古埋深,并算出上覆地层的静压力。岩石静压力公式为

$$p_3 = H\rho g \tag{5}$$

式中 p_3 代表岩石静压力; ρ 代表岩石密度; H 代表埋藏深度; g 代表重力加速度。第三步,利用 Potter 的压力校正图^[2],查出不同盐度与静岩压力的包裹体的校正温度,捕获温度即为均一温度与校正温度之和。将捕获温度代入公式(3)即求得包裹体的捕获压力。

3.4 流体势

流体势分析是成油体系模拟的重要部分^[9]。通过研究含油气盆地不同演化阶段流体势空间分布模式^[10],可确定不同时期盆地流体系统构成,提高对油气运移规律的认识。本次研究对该地区 11 口井中的 260 个包裹体进行了均一温度和盐度的测试,在计算出流体压力、密度和古高程后,分别代入(1)式计算出各个期次形成的包裹体的流体势(部分数据见表 1),并根据所得结果绘制出了 4 期流体运移的流体势等值线图(图 2)。从图中可以看出该地区古流体场的演化具有明显的规律性。

三叠纪末期到沙溪庙期,川西北地区处在统一的流体场中,等势线北东走向,低势区以 G1 井为标志呈带状分布,向四周流体势值变化迅速且幅度较大。

晚侏罗世中-晚期到早白垩世早期,该地区仍然处在统一的流体场中,低势区作北西西向迁移,在 Z46 井附近形成向南开口的等势线分布格局,流体汇聚中心指向江油、安县,区域势差变小。

早白垩世至喜山期前,以剑阁-苍溪为界,势场分化成向南西-北东两个方向的流体运聚体系,前者的等势线向西南开口且流体汇聚中心仍然指向江油、安县,等势线间距小,势差变化相对较快;后者的等势线向北东开口,等势线间距大,势差幅度小、变化慢。

喜山期后的第 4 期流体场,类似于第三期流体场格局,明显具有继承性发展的特点,但是由于油气沿断裂和裂隙向上部地层涌入,致使须二段内部流体的压力迅速降低,从而使流体运移的势差变化幅度整体降低。

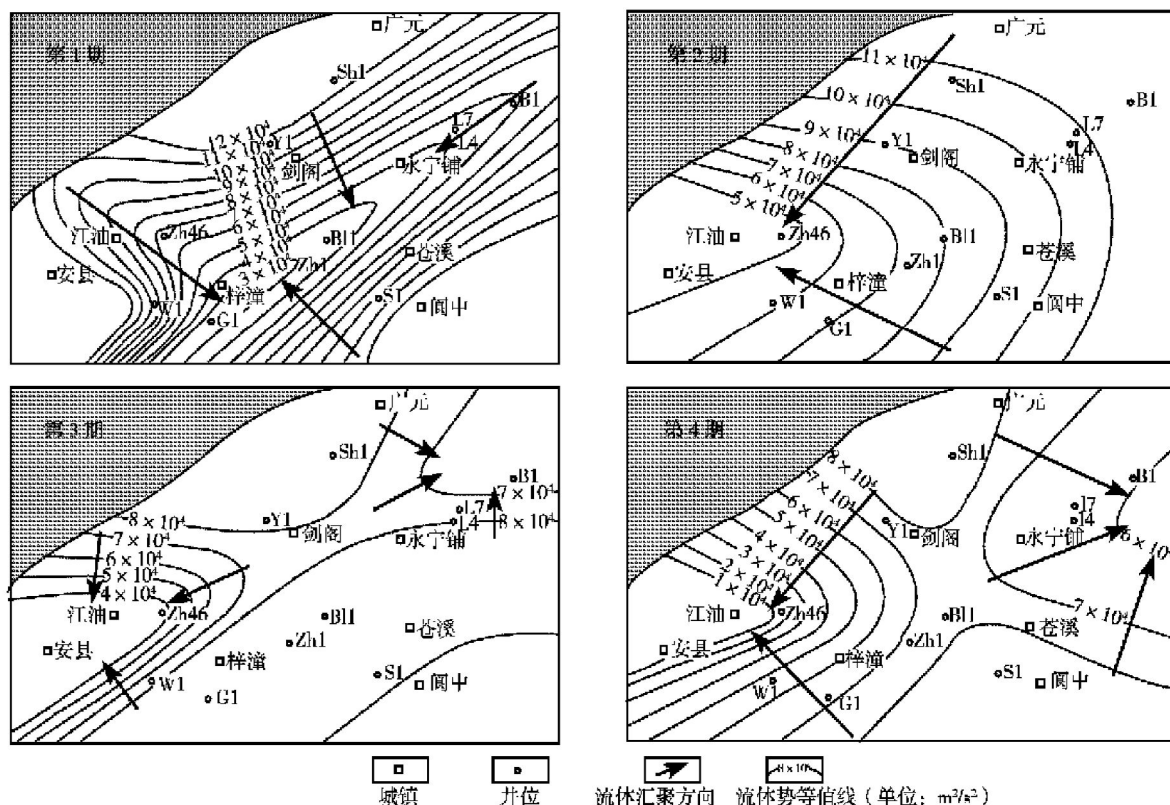


图2 川西北地区须家河组二段4期流体势等值线

Fig. 2 Contour map of fluid potential in the 4th stage of 2nd member of Xujiahe Formation in northwestern Sichuan

参 考 文 献

- 1 吴世祥, 汪泽成, 张林, 等. 川西前陆盆地勘探思路分析[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 210~ 216
- 2 陈孔全, 徐言岗, 张文淮, 等. 松辽盆地南部有机包裹体特征及石油地质意义[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 138~ 148
- 3 Hubbert M K. Entrapment of petroleum under hydrodynamic conditions[J]. AAPG Bull, 1953, 37: 1 954~ 2 026
- 4 刘斌, 沈昆. 包裹体流体势图在油气运聚研究方面的应用[J]. 地质科技情报, 1998, 17(增刊): 81~ 86
- 5 刘斌. NaCl-H₂O 溶液包裹体的密度式和等容式及其应

用[J]. 矿物学报, 1987, 7(4): 345~ 352

- 6 张文淮, 陈紫英. 流体包裹体地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 147~ 155
- 7 Haszeldine R S, Samson I M, Cornfoot C. Dating diagenesis in a petroleum basin, a new fluid inclusion method[J]. Nature, 1984, 307: 354~ 357
- 8 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~ 331
- 9 彭存仓, 谭河清, 武国华, 等. 流体势与油气运聚规律研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(3): 269~ 273
- 10 王震亮. 有效运聚通道的提出与确定初探[J]. 石油实验地质, 1999, 21(1): 71

第32届国际地质大会在意大利召开

第32届国际地质大会于2004年8月24日至28日在意大利佛罗伦萨举行。大会的主题是: 从地中海地区走向全球地质复兴——地质学、自然灾害和文化遗产。本次大会共有119个国家和地区的7414名代表参加, 其中中国代表有486人。会议共收到论文8422篇, 召开各类专题讨论会354场, 临时科学会议40场, 约有3000余人发言, 论文张贴3500人次。集中反映了自第31届国际地质大会以来世界地球科学进展及其对社会发展所做出的贡献, 反映了人类所面临的资源、环境方面的挑战。会议期间还举办了大型地质科技展览, 共有78个国家地区参加, 安排了30余条野外地质考察路线。

中国作为地质科学大国, 本次会议不仅参会人数多(第四位), 而且在论文数量(840余篇)、发言人数(100余人)、成果展览等诸多方面都显示出了强大的影响力。经过国际地质科学联合会(IUGS)和国际地质大会(IGC)代表投票选举, 中国的张宏仁教授当选为新一届的国际地科联主席, 这也是第一次非欧美学者担任此职。经过激烈竞争, 选定下一届大会将于2008年在挪威的奥斯陆举行。

(戴进业)