

# 鄂尔多斯盆地中部上古生界古流体动力分析<sup>①</sup>

王震亮 陈荷立

(西北大学地质系 陕西西安 710069)

**摘要** 应用盆地数值模拟技术,恢复了目的层在不同地质历史时期流体(气)动力分布。研究发现,鄂尔多斯盆地中部上古生界自油气生成之后的古流体动力可以划分为三个演化阶段,即三叠~侏罗纪、早白垩世与晚白垩世至今,这恰与同期的构造演化特征相吻合。此外还发现,流体动力的分布受沉积条件制约,且压实流对流体动力的贡献大于重力流。

**关键词** 古流体动力 流体势 流体压力 上古生界 鄂尔多斯盆地

**第一作者简介** 王震亮 男 31岁 博士 讲师 油气地质与勘探

开展沉积盆地内的古流体(水、油、气)动力研究,有助于了解在油气生成、运移、聚集成藏乃至破坏过程中流体动力的分布演化规律及对油气的作用,因而成为盆地分析和油气勘探中具有重大意义的内容,目前已成为越来越多的人所重视。本文研究范围位于鄂尔多斯盆地中部,即乌审旗—靖边—绥德—神木所包围地区,面积约4万平方公里,构造上分属伊陕斜坡与中央古隆起东北部,区内地层形态单一,构造不发育。主要采用盆地数值模拟手段,在大量、细致的参数求取基础上,准确恢复了目的层——上古生界中上石炭统、下二叠统山西组和下石盒子组的古流体动力分布,研究了古流体动力的演化历史与发育特征。

## 1 古流体动力演化史

80年代以来,国内外越来越多的人在研究盆地内流体(油、气、水)活动时采用了流体势的概念<sup>[1,2]</sup>,主要原因有二:一是通过长期讨论,人们逐渐认识了它的丰富内涵,即组成流体势的各项分别代表了单位质量流体所具有的位置势能、压力势能和动能<sup>[3]</sup>(后者通常因太小而被忽略),所以用流体势表达盆地中流体动力条件,既适用于盆地内以压实流为主的情况(此时压力势能对流体势的贡献相对较大),也适用于以重力流为主的情况(此时位置势能对流体势的贡献相对较大),以及压实流与重力流共存的情况,可用于描述盆地不同演化阶段的流

体动力和状况;二是伴随盆地数值模拟技术的兴起,恢复古流体动力(古流体势)逐渐成为可能。古流体势恢复中的关键参数是地层高程、流体压力及地下流体密度等<sup>[4]</sup>,其中地层古高程可经一定的基准面(如水成沉积环境的水面)由地层古埋深换算得出,而地层古埋深和古流体压力可分别由盆地模拟中的地层埋藏史和流体压力孕育史模型加以恢复,地下流体密度的变化取决于压力和温度等因素的变化,通过查阅有关诺模图<sup>[5]</sup>可将地表测得的相对密度(尤其是油、气)转化为地下密度,从而求得它在地下的变化。

根据5条剖面上对埋藏史和流体压力孕育史的二维数值模拟结果,并考虑天然气密度在地下的变化,编制了目的层—中上石炭统和下二叠统山西组、下石盒子组气势平面分布图(以气头表示,单位为米)。由于中三叠世以前石炭—二叠系煤系有机质尚未进入成熟门限,相应的油气运移活动还未进行,因此我们主要研究中三叠世以后的古流体(气)动力演化史。这里重点选取晚三叠世、中侏罗世、早白垩世及现今四个时期的气势分布说明古流体(气)动力平面展布与演化历史。

研究表明,中上石炭统、山西组和下石盒子组三套地层内气势的分布及随时间的演化具有一定的相似性(图1)。中上石炭统在晚三叠世的气势表现为东南部和西北部两个高势区,东部高势区的中心约在佳县—绥德—清涧一带,而从位于两个高势区之

① 本课题来源于“八五”国家重点科技攻关项目(85-102-04-02-03)



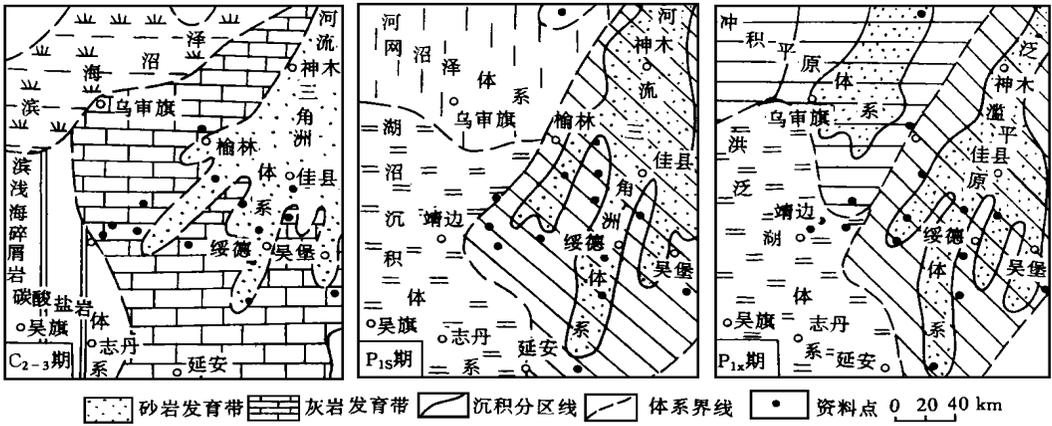


图 2 中晚石炭世、早二叠世山西期和 下石盒子期沉积体系分布图(据长庆石油勘探局, 1990)

Fig.2 The distribution of depositional system in middleand late Carboniferous epoch and in Shanxi and lower Shihezhi age of Permian epoch(form Changqing Bureau of Petroleum Exploration, CNPC, 1990)

的势分布特征既不同于前一时期, 也有别于后一阶段, 正是受构造演化影响的结果; 燕山运动晚期(晚白垩世以后)整个盆地东部抬升, 构造面貌变成自东向西倾斜的箕状拗陷, 地层倾角不足 1°, 平缓的大单斜使东部的白垩系甚至包括部分侏罗系、三叠系地层遭受严重剥蚀, 部分地层在盆地东部边缘甚至出露地表, 标志着又一个流体动力演化阶段的开始。从势分布可见, 由晚白垩世到现今, 流体动力逐渐与现今构造、地貌相吻合, 呈现出自西向东降低总格局。

以上情况说明, 在沉积盆地这样一个巨大的反应器中, 每一构造演化阶段都会带来沉积物中的一些变化, 古流体动力的发育历史正是这些变化之一, 它的演化发生于盆地的宏观背景之上, 因而与构造演化阶段密切相关。

### 2.2 流体压力的分布受沉积条件的制约

这里以晚三叠世时期流体动力的分布为例加以说明。如前所述, 晚三叠世在中上石炭统和山西组内具有西北、东南两个高势区, 而下石盒子组仅在研究区东南存在一明显高势区, 不再发育西北部的高势区。根据三套地层的模拟结果, 晚三叠世各地区间的沉积厚度、沉积速度都有很大不同, 东北部沉积较薄, 其余地区较厚。沉积速率差别更为明显, 在神木地区(神 1 井处)仅有 52.5 m/Ma, 但东南地区(铺 1 井处), 晚三叠世的沉积速率却高达 150 m/Ma。这些因素促成了高异常压力自晚三叠世开始形成, 并且东南部比其它地区更易出现异常高压, 从而

发育高势区。又据中晚石炭世、早二叠世山西期和 下石盒子期的沉积体系分布<sup>①</sup>(图 2)可知, 在这些高势区范围内, 一般较为缺乏砂岩体的发育, 沉积厚度较大。在下石盒子期, 研究区西北部高势区的消失应与此处发育的砂岩体有关, 因为较高沉积速率、较大沉积厚度且缺乏良好渗透层等条件是异常流体压力得以形成的物质基础<sup>[7][8]</sup>。

### 2.3 流体动力中以压实流的作用较为显著, 而重力流则影响程度有限

古、今气势的大小明显与沉积物的厚度(沉积速度)以及异常流体压力的孕育条件有关。图 3 为沿横山-佳县方向(自西向东)现今中上石炭统所处海拔高度与气势大小分布间的对应关系图。该图表明, 石炭系地层海拔向东逐渐抬高, 但气势呈现逐渐减小之势, 说明这里对势大小起决定作用的并不是某点的高程, 而是该处的流体压力。因为, 如果地下

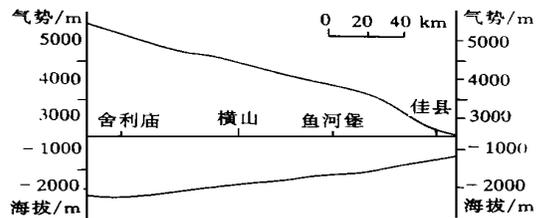


图 3 沿横山—佳县剖面上中上石炭统气势与海拔高度关系图

Fig.3 The relationship between gas potential and elecarion in middle and upper Carboniferous series along the profile

① 杨俊杰等, 鄂尔多斯地区天然气富集条件, 内部资料, 1990. 6

水流的流体动力特征以重力流为主,则地层海拔高处的气势也必定高,二者应呈现正相关关系,反之亦然。上述情况说明本地区古流体动力的发展主要受控于沉积水流(或称压实水流),而重力流的影响则有限。

此外,地层水化学分析资料也从另一方面证实了上述认识。根据二叠系地层水化学性质平面分布<sup>①</sup>可知,盆地范围内仅在东、西边缘有少量资料的水型为  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  型,盆地内部均为  $\text{CaCl}_2$  型水,并且在研究区范围内的地层水矿化度均大于  $10\text{ g/l}$ ,向盆地内部方向,矿化度逐渐增加。这说明,大气水与沉积水的剧烈交替作用仅局限于盆地边缘,而在盆地内则基本保持大气水交替缓慢和困难的环境。中、新生界地层中压实流较发育这已为人们所公认,而对较老的地层,长期以来人们一直认为主要表现为重力流的活动。我们的研究表明,尽管地层为较老的上古生界,并且自早白垩世末发生抬升之后,研究区范围内沉积物处于欠补偿状态,但盆地内部地下水流(气)动力仍主要表现为压实流特征,仅在盆地边缘发育一定的重力流作用。

### 3 结论

(1)三叠纪以来的古流体动力演化可以分为三个阶段,即三叠-侏罗纪,早白垩世及晚白垩世至今,石炭系与山西组的流体动力分布大体相似,而下石盒子组则与之有较大差别。

(2)古流体动力的上述发育历史与同期鄂尔多斯地区的构造演化阶段密切相关。

(3)流体动力(流体压力)的分布明显受沉积条件的制约,高势区大都分布在沉积速度快、沉积厚度大及缺乏砂岩体等良好渗透层的地区。

(4)流体动力中以压实流的作用为主,而重力流则影响程度有限,这从现今流体动力与地层海拔对应关系,地层水化学性质分布上都得以证实。

本课题研究过程中得到长庆石油勘探局的帮助与西 北大学赵重远教授的指导,特此致谢。

### 参 考 文 献

- 1 陈荷立. 油气运移研究有效途径. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 123~131
- 2 陶一川. 油气运移聚集的流体动力学机理问题. 石油与天然气地质, 1983, 4(3): 254~267
- 3 Hubbert M K. Entrapment of Petroleum under Hydrodynamic Conditions. AAPG Bulletin, 1953, 37(8): 1954~2026
- 4 王震亮, 罗晓容, 陈荷立. 沉积盆地地下古流体动力场恢复. 西北大学学报(自然科学版), 1997, 27(2): 155~159
- 5 Schowalter T T. Mechanics of Secondary Hydrocarbon Migration and Entrapment. AAPG Bulletin, 1979, 63(5): 723~760
- 6 赵重远. 鄂尔多斯盆地的演化历史、形成机制和含油气有利地区. 见: 赵重远, 刘池洋等编. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及油气赋存. 西安: 西北大学出版社, 1990. 93~102
- 7 真柄钦次. 压实与流体运移. 陈荷立, 邸世祥, 汤锡元译. 北京: 石油工业出版社, 1981. 35~54
- 8 李明诚. 石油与天然气运移(第二版). 北京: 石油工业出版社, 1994. 44~51

## A Palaeohydrodynamic Analysis of Upper Palaeozoic Group in Middle Ordos Basin

Wang Zhenliang    Chen Heli

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

### Abstract

The palaeo-hydrodynamics during different geologic periods around middle giant gas field in Ordos Basin are restored use of Basin modeling and other technique. According to the distribution of fluid (gas) potential, it is discovered that the palaeo-hydrodynamic evolution history of Upper Palaeozoic Group since Triassic period (in which source rocks were matured) could be divided into three major stages, i. e. Triassic-Jurassic period, early Cretaceous epoch and late Cretaceous epoch up to now. On the basis of synthetic analysis, the follow three

(Continued on page 123)

① 陈安宁等, 鄂尔多斯地区上古生界天然气富集条件及资源评价, 内部资料, 1989. 12