

文章编号:1672-9854(2008)-04-0049-04

向斜下中和面构造油气藏

——中国南方海相中—古生界油气勘探新方向

余和中¹, 韩守华¹, 赵庆军², 朱德丰³

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 吉林油田分公司; 3 中国石油大庆勘探开发研究院)



余和中

摘要 在褶皱地层中部既无伸长亦无缩短的无应变面为中和面,其上地层称上中和面,其下地层称下中和面。背斜构造的上中和面和向斜构造的下中和面处于张应力状态(T),为有利的油气储集区域;而背斜下中和面和向斜上中和面则处于压应力状态(C),属于油气排出区域。油气从C区域向T区域运移成藏,称“C—T”成藏模式。中国南方海相中、古生界的背斜构造几乎都遭受剥蚀,背斜上中和面油气构造已被破坏。但是向斜下中和面构造仍保存完好,且随着上覆地层被剥蚀,埋藏变浅,易于对其进行商业勘探。我们可以改变思路,以向斜下中和面构造油气藏为中国南方海相中、古生界的勘探新方向。

关键词 向斜; 中和面; 下中和面; 构造油气藏; 成藏模式

中图分类号: TE122.321 **文献标识码**: A

余和中 博士,高级工程师。1986年毕业于武汉地质学院,主要从事油气构造、石油地质等研究。通讯地址: 310023 浙江省杭州市西溪路920号; 电话: (0571)85224993

褶皱是沉积岩层中的基本应变形式。沉积地层发生纵弯作用时,在接近岩层中部,有一个既无伸长亦无缩短的无应变面,称为“中和面”。中国南方海相中—古生界长期以来一直坚持在背斜构造的中和面以上层位(简称“上中和面”)勘探构造油气藏,但迄今未取得重大成果。笔者认为可以改变一下思路,对向斜构造的中和面以下层位(简称“下中和面”)进行勘探。

近年来,油气勘探工作已进入新的历史性转折阶段,即从过去以构造圈闭为主,转到了构造圈闭和地层-岩性圈闭并重,甚至某些探区以地层-岩性圈闭为主^[1-5]。笔者从另一个角度分析认为,在由纵弯构造作用形成的向斜凹陷中进行“岩性油气藏”勘探,更应该考虑到向斜构造下中和面的构造环境和应力机制。

1 中和面及其相关的应变、应力分布模式

沉积盆地中,岩层受到顺层挤压而形成褶皱。岩

层间力学性质的差异在褶皱形成中起着主导作用。如果是各向同性的均质岩石,如块状花岗岩体,或者是高温高压使层理失去力学上各向异性的变质岩系,则水平挤压只能引起岩层或岩体的均匀缩短,在平行压力方向上缩短和平行最大拉伸方向上变厚,并可发育垂直于缩短方向的透入性面理。如果岩系中各层的力学性质不一致,则在顺层挤压下,强硬层(能干层)如砂岩,就会因失稳而发生正弦曲线状的弯曲,形成褶皱;相对软弱层(非能干层)如泥岩,作为介质在发生均匀压短的同时,会被被动地调整并适应由强硬层引起的弯曲形态。如果两者的韧性差较小,则在褶皱时要共同地受到总体的压短^[6]。

前人对褶皱的发育机制已经做了较完善的研究^[6-10]。因为变形作用仅仅是环绕褶皱轴的弯曲作用,所以在理想的情况下,平行于褶皱轴的方向没有拉伸作用,褶皱是一种平面应变,褶皱轴平行于区域的中间应变轴。

褶皱层各处垂直层面的厚度不变,但其内部各

收稿日期:2008-02-04

个部分顺层发生了长度的变化以调节层面的弯曲, Ramsay^[7]称其为切向长度应变,它表现为褶皱层的外弧伸长和内弧缩短。给变形之前的地层各处标以圆形标志,则其应变发生后各圆形标志的变形型式如图1所示。在接近岩层中部,有一个既无伸长亦无缩短的无应变面,称为中和面,其面积或在横剖面上的长度在应变前后保持不变,变形前的圆形标志仍保持圆形。褶皱发生后,层内各点应变量的大小,与其到中和面的距离成正比。各点应变椭球的压扁面,在中和面的外侧平行于层面,在中和面的内侧垂直于层面排列,整体上具有扇形分布特征(图1a)。

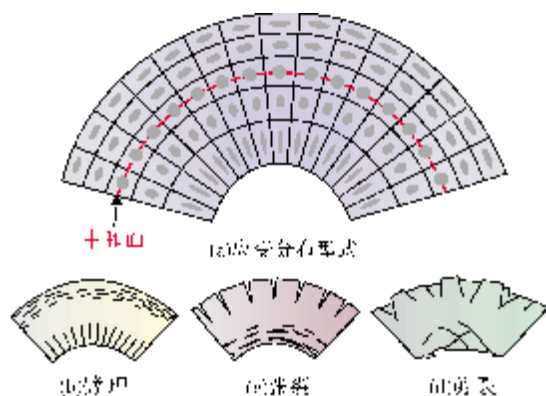


图1 褶皱的特点^[7]

分图(a)中的椭圆表示地层弯曲后被压扁,在变形前,它们均为圆形;中和面上各点为正圆形,表示在地层发生应变前后没有变化

由于岩石变形的韧性不同,可形成不同类型的小构造。在岩石呈韧性变形的条件下,褶皱的外侧受侧向拉伸而垂直于层面变薄,可形成平行于层面的劈理(图1b);内凹部分垂直于层面受压扁而加厚,可形成正扇形劈理,也可以在内侧层面形成小褶皱。随着变形的继续,因外侧变薄内侧加厚而使中和面可向外侧迁移。在岩石韧性很小的条件下,外侧受拉伸可形成垂直于层面的张裂,通常被同构造期析出的结晶物质所充填而形成正扇形排列的张裂脉(图1c)。由于最外侧应变最强,所以张裂由外侧向内发展,形成尖端向内的楔形脉。内侧的顺层挤压可引起平行于层面的张开而形成顺层的充填脉。在岩层弯曲过程中,随着外侧张裂脉的向内发展,中和面逐渐向内移动,最后甚至可形成切穿整个层的扇形张裂脉。当岩石的韧性稍大而形成剪裂时,则

弯曲的外侧形成正断层式的共轭剪裂,进一步发展可形成背斜顶部的地堑;内侧则形成逆断层式的共轭剪裂(图1d)。

向斜褶皱变形与背斜褶皱变形呈近似镜像关系。Dieterich^[8]用计算机模拟出岩层褶皱变形中的应力方位(图2),图中的每一短线,在褶皱的该点上与主应力轴垂直。从图上可以看出在背斜的中和面以上地层(背斜上中和面, T_A)与向斜的中和面以下地层(向斜下中和面, T_S)都属于张性区域(tensional zone),统称为T区(包括 T_A, T_S),其特征是区内压力相对较小,储层压实作用较弱,因此物性条件相对较好,有利于油气的聚集。而在背斜的中和面以下地层(背斜下中和面, C_A)与向斜的中和面以上地层(向斜上中和面, C_S)都处于压性区域(compressional zone),统称C区(包括 C_A, C_S),其特征是区内压力相对较大,储层压实作用较强,物性条件因此比较差,不利于油气聚集。

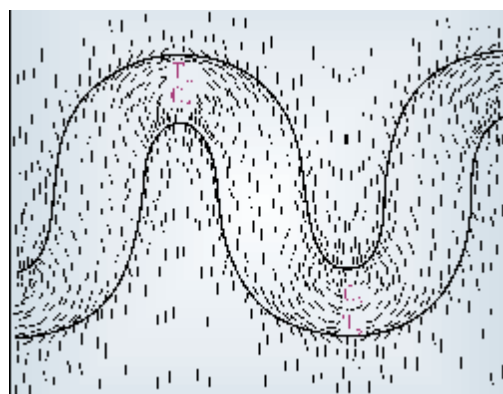


图2 褶曲层片中由计算机算出的应力方位(据文献[8]修改)

绘出的每一短线,在褶曲的该点上与主应力轴 σ_1 垂直。

该褶曲表示整个缩短量为 63.2%

T_A 背斜上中和面,张应力区; C_A 背斜下中和面,压应力区;

T_S 向斜下中和面,张应力区; C_S 向斜上中和面,压应力区

2 向斜下中和面构造油气藏成藏模式

根据褶皱构造应变分析,构造变形造成地层压力分布呈不均一性,油气流体从高压区域流向低压区域,即由应力压性区域向应力张性区域流动——“压应力驱油”。背斜的上中和面 T_A 顶部与向斜的下中和面 T_S 底部都属于张性区域,有利于油气的聚集;而在其外部的围岩呈压性,地层压力相对较大。在背斜的下中和面 C_A 下部与向斜的上中和面 C_S 上

部都处于压性区域,不利于油气聚集,表现为油气向外运移。笔者认为,对于褶皱构造,油气一般表现为从C区向T区运移聚集,并把它称为“C—T”成藏模式。对于背斜构造,油气从C_A向T_A运移聚集,称其为“C_A—T_A”成藏模式,即背斜上中和面构造油气藏成藏模式;对于向斜构造,油气从C_S向T_S运移聚集,称其为“C_S—T_S”成藏模式,即向斜下中和面构造油气藏成藏模式。

笔者对不同应力环境下的构造样式与油气藏类型列了一份简表(表1),从中可以看到,在背斜上中和面顶部和向斜下中和面底部的T区域,可以形成构造油气藏;而在背斜的下中和面底部和向斜的上中和面上部均难以形成商业性油气藏。

表1 不同应力环境下的构造样式与油气藏类型简表

	张应力	压应力
构造样式、构造部位	正断层、阶梯状构造、地垒、地堑、半地堑、背斜上中和面、向斜下中和面	逆断层、叠瓦状构造、背斜下中和面、向斜上中和面、不整合面(压性构造运动产物)
油气藏类型	断层-岩性油气藏 背斜上中和面油气藏(纵弯背斜、披覆背斜) 纵弯向斜下中和面油气藏	地层-不整合面岩性油气藏(背斜下中和面和向斜上中和面均难以形成商业性油气藏)

3 中国南方海相中—古生界油气勘探新方向

中国南方海相中—古生界的油气勘探工作始于20世纪50年代中期,历经“六五”、“七五”、“八五”多轮勘探和攻关,但仍未取得油气工作重大突破。中国南方大陆是以扬子地块为核心,在显生宙以来受前古特提斯、古特提斯、新特提斯及印度洋—太平洋动力体系控制而不断增生、扩大的复合型大陆。中国南方海相中、古生代盆地是多旋回叠合构造改造型盆地,燕山期—喜马拉雅期旋回在东、西锋线(新特提斯洋关闭,太平洋、印度洋扩张)作用下激活老缝合带(结合带)而产生的强大的陆内造山运动和盆—山耦合作用,对沉积盆地的强烈破坏和改造是南方盆地演化的重大特色^[1]。

迄今在扬子台缘带已发现一系列古油藏,它们大多在不同时期的构造事件中被改造成储层沥青、脉沥青矿藏或残留油气藏,说明南方海相中—古生

界在地质历史时期经历过大规模的油气成藏过程。这些古油藏邻近的向斜部位可能会有保存完整的油气藏。黔南桂中地区过去五十年勘探背斜构造油藏都未能取得成功,可以尝试改变一下勘探方向和思路,转向寻找向斜部位下中和面油气藏(或称T_S油气藏)。

中国南方后期改造强烈,海相中—古生界背斜构造油气藏(或称T_A油气藏)都已剥蚀殆尽,有些残留的背斜构造看起来完整,但其实只是背斜下中和面(C_A)的空圈闭。而向斜构造下中和面(T_S)底部,处于张性应力环境,是油气聚集区;其上部 and 侧向都处于压性应力环境,是油气排出区(图3)。向斜下中和面底部压力低,而且长期相对稳定,因此储层物性应保护较好;由于后期折返抬升,向斜下中和面系统的埋深变浅,使得对T_S油气藏的商业勘探成为可能。

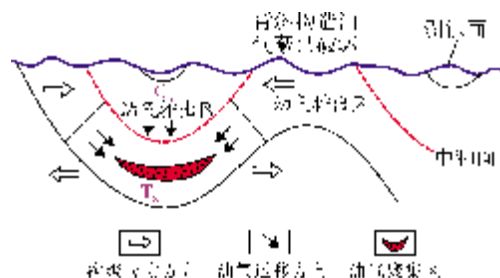


图3 中国南方海相中—古生界向斜下中和面油气藏成藏模式

T_S 向斜下中和面,张应力区; C_S 向斜上中和面,压应力区
剖面顶部为现今(古)剥蚀面,其上的背斜构造已被剥蚀殆尽,使得
向斜下中和面T_S区域的埋藏变浅

这是一种“倒灌式”的成藏机理,在主力烃源岩下伏地层勘探的新领域都有可能发现向斜下中和面构造油气藏(T_S油气藏),在勘探中对“C_S—T_S”成藏模式应予以足够重视。笔者认为,T_S油气藏是中国南方海相中—古生界新的勘探方向,如果这类向斜下中和面构造油气藏能得到证实,中国南方的海相中—古生界油气勘探将会迎来新的曙光。

参考文献

- [1] 刘宝和. 从勘探实践看找油的哲学[M]. 北京:石油工业出版社, 2005.
- [2] 贾承造,赵文智,邹才能,等. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术[J]. 石油勘探与开发, 2007, (3): 257-272.
- [3] 邹才能,贾承造,赵文智,等. 松辽盆地南部岩性-地层油气

- 藏成藏动力和分布规律[J]. 石油勘探与开发, 2005, (4): 125-130.
- [4] 高瑞祺, 蔡希源, 等. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [5] 萧德铭, 迟元林, 蒙启安, 等. 松辽盆地向斜区岩性油藏勘探认识与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005.
- [6] Nicolas A. 构造地质学原理[M]. 嵇少丞, 译. 北京: 石油工业出版社, 1989.
- [7] Ramsay J G. 岩石褶皱作用和断裂作用[M]. 单文琅, 译. 北京: 地质出版社, 1985.
- [8] Dieterich J H. Computer experiments on mechanics of finite amplitude folds[J]. Canadian J Earth Sci, 1970, (7): 467-476.
- [9] Billings M P. Structural Geology[M]. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.
- [10] Ramsay J G, Huben M J. The techniques of modern structural geology (2): Folds and fractures[M]. London: Academic Press, 1987.
- [11] 马力, 陈焕疆, 甘克文, 等. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 北京: 地质出版社, 2004.

编辑: 吴厚松

Hydrocarbon Accumulation Below the Syncline Neutral Surface: A New Prospecting Target of Petroleum Exploration in Mesozoic-Paleozoic Marine Formations in Southern China

Yu Hezhong, Han Shouhua, Zhao Qingjun, Zhu Defeng

Abstract: The stratigraphic neutral surface of a folded bed means neither elongated nor shortened a non-strain plane, above which it is called upper neutral surface and below which it is called lower neutral surface. The places where the upper neutral surface of an anticline and the lower neutral surface of a syncline are in a status of tensile stress (T) are the favorable hydrocarbon-gathering areas, while the places where the lower neutral surface of an anticline and the upper neutral surface of a syncline are in compressional zone (C) are the hydrocarbon-discharged areas. If hydrocarbon is migrated from the compressional zone to the tensional area, it is defined as "C-T" accumulation model. In the Mesozoic-Paleozoic marine formations in southern China, anticlines are almost exposed to denudate and traps, i.e. the upper neutral surface of anticlines, are commonly destroyed but the lower neutral surface of buried synclines keeps intact yet and gets shoaling with denudating of overlying, which brings in getting easy for commercial oil prospecting. Therefore we can change our idea to prospect for the lower neutral surfaces of synclines, which may be able to become new petroleum prospecting targets in Mesozoic-Paleozoic marine formations in southern China in future.

Key words: Syncline; Neutral surface; Structural reservoir; "C-T" reservoir model

Yu Hezhong: male, Ph.D., Senior Geologist. Add: Hangzhou Institute of Petroleum Geology, PetroChina, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China