

塔里木盆地断裂的输导和封闭性*

杨克明 龚 铭 段铁军 伍 泓

(地质矿产部石油地质综合大队, 湖北荆沙 434100)

塔里木盆地断裂极为发育, 它对油气的控制作用主要表现为输导性和封闭性。输导性表现为 (1) 沿断裂带有丰富的油气显示; (2) 输导油气具交替性; (3) 沟通下伏生油层与上覆储集层的联系; (4) 断层切割众多的不同母质类型的生油层, 造成圈闭中不同性质的源岩混合。封闭性则因断裂系统及断层的几何学和运动学特征不同而存在差异。正断层的封闭性主要与断层内的物质流动, 以及下盘储油层与上盘泥质岩对接有关; 逆断层的封闭性主要与断裂带断层泥、糜棱岩和断层一盘储集岩与另一盘非渗透岩对接有关。较高级别的大断裂对油气主要起输导作用, 较低级别的小断裂对油气主要起封闭作用, 它们共同构成了油气垂向运移的通道和聚集场所。

关键词 塔里木盆地 断裂 输导 封闭

第一作者简介 杨克明 男 40 岁 高级工程师 石油地质

断裂的开启与封闭, 直接影响油气的运移、聚集、分配和保存。塔里木盆地在地史上经历了多次构造运动的改造, 发育数百条不同期次、不同性质、不同规模的断裂, 它们在输导和封闭油气方面起到了重要控制作用。

1 断裂对油气的输导作用

1.1 沿断裂带油气显示丰富

塔里木盆地油气显示极为丰富, 据统计达 525 处, 其中与断裂有关的达 464 处, 占油气总显示的 88 %。几乎每个构造单元均见不同程度的油气显示, 以裸露区非工业油气显示为主, 占油气总显示的 26.88 %, 集中分布在盆地周缘的坳陷中, 尤以库车坳陷的油气显示最为丰富, 约占油气总显示的 14.3 %, 可能与该区断裂极为发育有关; 盆腹地区的油气显示皆为钻井揭示, 工业性油气占油气显示的 11.8 %, 集中分布于轮台和亚南断裂带、阿克库木和阿克库勒断裂带、沙西断裂带、曲苦恰克断裂带、塔中第一、第二、第三排断裂带及和田断裂带。

塔里木盆地断裂构造中, 大多见到不同程度的油气显示。根据油气显示丰度统计, 以逆冲断层最为常见, 其次为张性断层和走滑断层, 主要与盆地整个地史时期以挤压为主导的构造变形格局有关。油气显示的产出严格受断裂控制, 大多顺断层成带分布。

1.2 断裂输导油气具交替性

柯坪隆起 NNW 向断裂带中沥青脉和沥青球的发现, 提供了断裂作为油气运移通道的直接证据。沥青脉多为复脉, 在断裂带内与方解石脉间互出现; 沥青球个体均匀, 直径 4~5 cm,

* “八五”国家科技攻关项目(85-101-02-03)成果

收稿日期: 1995-12-14 改回日期: 1996-02-10

球核由灰岩砾块组成,表层由 3~5 圈交互出现的沥青和方解石膜组成。这些事实表明当断层活动时,断层带渗透性和流体势增高,油气可以沿断层向上运动;当断层不活动时,断层带渗透性降低,流体停滞并伴随方解石脉的形成,揭示了断层垂向导流的交替性特点。

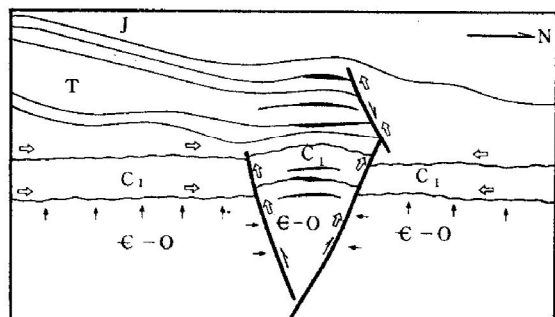


图 1 阿克库勒断层油气运移示意图

1.3 断裂的沟通作用

断裂的沟通作用使下伏生油层与上覆储集层之间连通,可在纵向上形成若干个油气藏。阿克库勒构造(图 1)自下而上发育 6 个油气藏。其中产自奥陶系、石炭系、三叠系的油气,含碳同位素接近, $\delta^{13}C_{全油} = -31\text{‰} \sim -33\text{‰}$,姥植比在 1.0 左右,钒镍比大于 1,萘烷异构化程度相一致,反映为成熟度高、类型好的寒武系-奥陶系生油母质提供的烃类,显然断裂起了很重要的通道作用。被阿克库木和阿克库木南断层所夹持阿克库木构造,具有与阿克库勒构造基本类似的情形。

柯克亚构造中新统西河甫组自下而上发育 7 个油气层,该组为一套河流相的褐色砂泥层互层,不具生油能力,侧向上也无油源层存在,因此油气必然来自深部,推测为海相石炭-二叠系和侏罗系煤系。生油层埋藏深度大于 6 000 m,产层埋藏深度为 3 000~3 400 m,只有断裂方能在油气聚集过程中起沟通作用。位于其北的固满构造,形态完整,储盖条件优越,由于缺乏断裂沟通,因而未获工业性油气。

断层切割了众多的不同母质类型的生油层,从而造成圈闭中不同性质的原油混合。阿克库木和阿克库勒等构造,油气主要来源于寒武-奥陶系,但依据原油族组分,姥植比,甾、萘标志物,芳烃分布和碳同位素分析,反映多种烃类的混合来源。

由于断层的垂向通道作用,油气水十分活跃,易使油气富集。如果断层上方存在良好的储集层和盖层时,往往可形成巨大储量的主力产层。

1.4 断层流体压力分析

通过对 85-N-79 测线层速度分析,在 T_2^0 不整合面上下出现低速带(图 2),造成这种低速的原因,与一般人们所讲的泥岩欠压实作用不同,可能与不整合面遭受长期风化剥蚀和孔、洞十分发育有关。

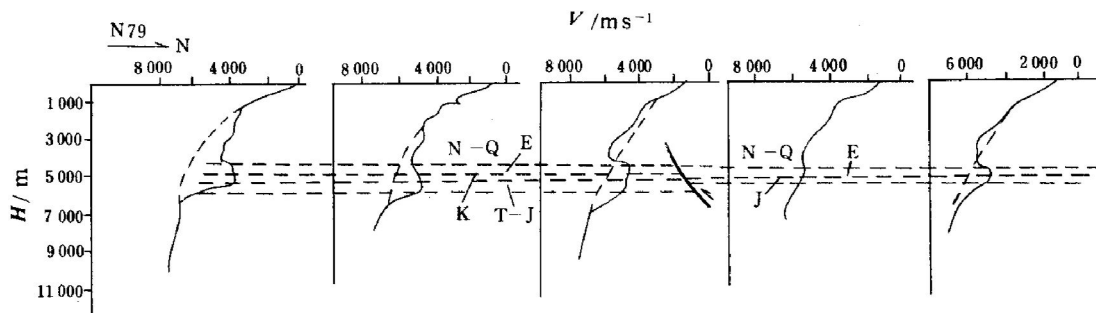


图 2 轮台断层速度曲线图

引用真柄钦次的流体压力表达式^[1]:

$$\sigma_H = \rho_H g H_H - \rho_e g H_e + \rho_w g H_e$$

式中 σ_H 为流体压力, MPa; ρ_H 为 T_2^0 不整合面处岩石密度, g/cm^3 ; ρ_e 为平衡点密度, g/cm^3 ;

ρ_w 为地层水密度取 1.1 g/cm^3 ; g 为重力加速度取 10 m/s^2 ; H_H 为 T_2^0 不整合面深度; H_e 为平衡点深度。

计算结果表明(图3),沿 T_2^0 不整合面,流体压力变化不大,表现为一平直的直线,至轮台断层附近则急剧下降,上下盘均显示出类似的特征。这种稳定的低压带的存在,说明由于轮台断层的长期活动,切割了不同压力系统的地层。一般情况,地层压力随埋深加大而增长,也就是说,断裂作用使上部压力相对较低的地层与下部压力相对较高的地层相接,其结果造成一种“抽吸”作用,使断裂带附近的流体压力降低,从而证实了轮台断层为油气的垂向运移通道,这一预测的结果与勘探实践吻合。

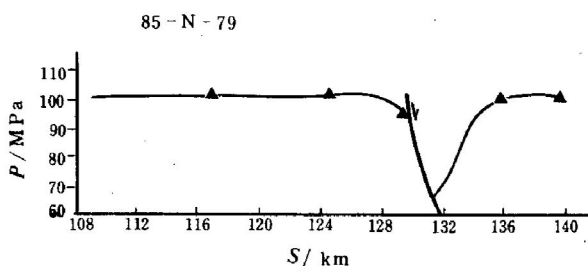


图3 轮台断层流体压力曲线图

2 断裂对油气的封闭作用

人们在油气勘探实践中注意到,断层可将具不同毛细管性质和流体压力的岩石联接并置,因此,断层面可起封堵作用。赵重远等^[2]认为:压性和压扭性断层,断面多较紧密,常具封闭性,而张性断层则相反,但是断层的力学性质并非是决定断裂封闭性的唯一因素。研究表明,断层的封闭性是一个十分复杂的问题,可以归纳为两方面:(1)断裂带内是否存在流动泥岩遮挡、沥青遮挡或并置的高毛细管阻力的岩石;(2)断层两盘的岩性组合及配置关系。

塔里木盆地断裂作为油气运移通道的作用是显著的,但是断层遮挡作用的研究,限于勘探现状仍存在较大的困难。下面就正断层和逆冲断层遮挡油气的作用进行探讨。

2.1 正断层的封闭性

据三维地震资料解释成果,阿克库勒构造三叠系自西而东发育9条南北向正断层,将中三叠统下油组分割成断背斜、断鼻和断块(图4)。

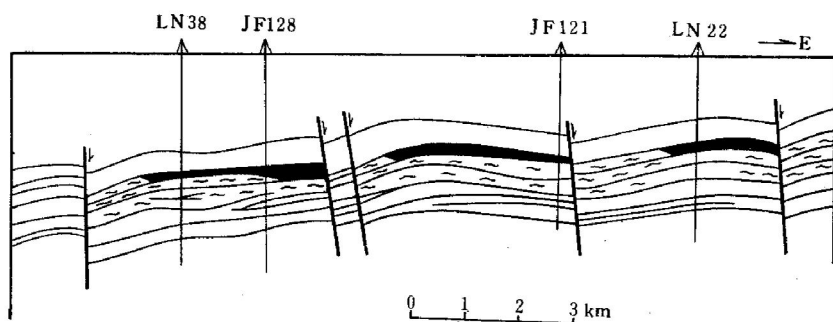


图4 阿克库勒油田三叠系下油组油藏剖面图

下油组储层由三角洲前缘砂质砾岩、砾状砂岩和中细粒砂岩组成,盖层为滨、浅湖相泥质岩。断背斜、断鼻和断块构造图分析表明,南北围翼部分是倾伏的,因此具备良好的顶部封闭条件。轮南14, 22, 28井,解放渠121井和轮南39, 44井共6个油气藏,断层两侧油水界面的高程都不相同,总体是东高西低,由东向西油水界面依次下降20~40 m,表明存在横向封堵条件。这些南北向的断层断距15~45 m,而储层厚80~100 m,说明断层两侧存在

部分对接。因此,横向封堵条件的形成可能是:(1)断裂带内存在流动泥岩、沥青或突破压力高于地层压力的断裂带物质;(2)断层下盘储油层与断层上盘泥质岩对接造成横向封堵。

2.2 逆断层的封闭性

有两种情况:(1)逆断层一般经受强烈挤压,在断层带内往往发育断层泥或糜棱岩,可以对油气起遮挡作用;(2)当断层停止活动后,如果断层一盘储集层与另一盘的非渗透层对接,则断层起遮挡作用。

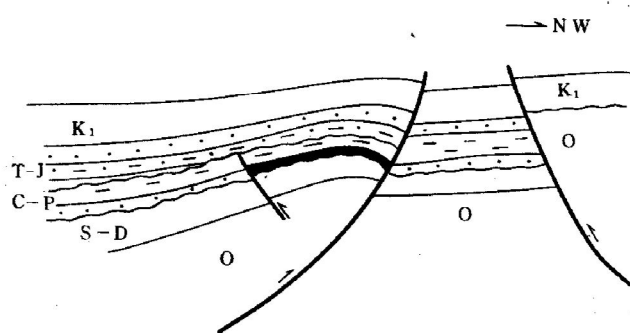


图5 波斯坦构造剖面示意图

波斯坦构造位于雅克拉-轮台断凸的西端,为海西晚期形成的断展背斜圈闭,东河1井在井深5 720.5~5 988.6 m钻遇一套267.5 m厚的石英砂岩(即东河砂岩)。经取芯、测井及测试,油层厚度为101 m,而背斜圈闭幅度仅为50 m,换言之,油柱高度远大于背斜闭合幅度,

显然背斜北翼的波斯坦断层起了重要的遮挡作用(图5)。

3 不同级别、不同系统断层输导和封闭性分析

断层的级别越高,意味着断层的活动时期越长和两盘接触的层位差异越大,从而增加了油气纵向转移的机会和分布的随机性,对油气运移起通道作用,如轮台断层、亚南断层、吐木休克断层、色力布亚断层及和田断层等。

塔里木盆地四级断层(指断层长度10~20 km)活动时期短、断距小(一般小于100 m),两盘接触的层位差异小,断裂带宽度相对较窄。当断层停止发育以后,由沥青、流动泥页岩或两盘对接地层封堵的机会很多,因此,四级断层主要表现为对油气的遮挡作用,如达里亚断层、波斯坦断层及阿克库勒构造三叠系中的正断层。

不同系统的断层,由于几何学和运动学特征不同,因此在封闭性方面存在较大的差异。

走滑断层系统多表现为基底卷入型特征,如阿恰断层、色力布亚断层、喀拉玉尔滚断层、策勒-车尔臣河断层和北民丰-且末南断层等,经过数十年的勘探(其中不少钻井验证),沿这些断裂带仅见少量油气藏,其原因有三:(1)上述走滑断层大多向上断至地表,其上缺乏区域性盖层;(2)由于其运动学特征所决定,沿断裂带很少有圈闭发育;(3)晚近时期活动强烈,大多定型于喜马拉雅晚期,不利于油气的聚集与保存。

逆冲断层系统在盆腹地区多表现为基底卷入型,在前陆地区则以盖层滑脱型占主导地位。盆腹地区的逆冲断层,活动时期早,定型时期也较早,后期构造运动对其影响微弱,控油作用十分有利,油气的运移和聚集只对断层的级别有较大的选择性。前陆地区的逆冲断层活动时期晚,定型时期也较晚,活动强烈,大多断至地表,对油气的聚集和保存较为不利,地表沿断裂带大量的非工业性油气显示就是佐证,但也不乏垂向排烃高阻的实例,如柯克亚构造等。

塔里木盆地正断层系统不很发育,主要分布于沙雅隆起,表现为两种形成方式,一是由于库车坳陷的被动沉降,而导致雅克拉-轮台断凸之上早期逆冲断层的性质反转;二是由于南北向的挤压,导致阿克库勒凸起东西方向的伸展作用,而形成的次级正断层。它们在控油过程中,主要表现为逆牵引背斜形成对油气的遮挡作用。

参 考 文 献

- 1 真炳钦次. 石油圈闭的地质模型. 童晓光等译. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991. 128~130
- 2 西北大学地质系石油地质教研室. 石油地质学. 北京: 地质出版社, 1979. 167~172

CARRYING AND SEALING PROPERTIES OF FAULTS IN TARIM BASIN

Yang Keming Gong Ming Duan Tiejun Wu Hong

(Comprehensive Research Institute of Petroleum

Geology, MGMR, Jingsha, Hubei)

Abstract

Faults developed very well in Tarim Basin. The control of the faults over oil and gas would principally be realized by carrying and sealing. The carrying could be seen by following: (1) abundant hydrocarbon seepages occurred along faults; (2) alternation presented in carrying oil and gas; (3) connecting underlying source rocks with overlying reservoir; (4) faults cut numerous source beds of different kerogens, thus resulting in the mixing of source rocks of various attributes. The sealing may be distinct from each other due to the differences between geometric and kinematic properties of faults and fault systems. The sealing of normal faults is closely related to intra-fault material flowage and the butt joint of the lower wall reservoir with the upper wall argillite; the sealing of abnormal faults is related to the gouge, mylonite within the faults, and the butt joint of reservoir on one side of a fault with the impermeable rock on the other side. Larger faults usually have carrying function on hydrocarbon, and smaller faults generally have sealing function.