

倾斜断块-潜山油气藏

——拉张型断陷盆地内新的油气圈闭类型

李德生

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

倾斜断块指产状呈单面山的断块结构。潜山是一种古地貌特征。倾斜断块-潜山油藏属混合圈闭类型,分布在基岩不整合面以下,具有构造油气藏和地层油气藏的双重特征。

一、国外的勘探进展

1928年,美国在中部地区发现了俄克拉荷马城大油田^[1]。在奥陶系砂岩和寒武-奥陶系白云岩内均获得高产油流。莱复生(Levorsen, 1945)解释属于不整合油藏^[2]。不整合面下的三套西倾储油层是受断层切割和顶部经受剥蚀的构造,被1800米厚的宾夕法尼亚和二叠系所覆盖(图1)。

欧洲北海盆地在二叠、三叠纪时期为克拉通内部盆地。侏罗纪启莫里运动由于大西洋的扩张和北海深部地幔物质的隆升,发生强烈的块断活动,形成许多狭长的断陷盆地。每个断陷盆地长约300公里,宽约50—100公里,其中充填着侏罗系、白垩系和第三系。最大的中央断陷-坳陷系统从英国设得兰和挪威之间的沃林盆地、维京地堑向南一直延伸到西欧的上、下莱因地堑和黑森地堑,长达1800公里^[1]。五十年代末期在荷兰陆上发现了二叠系格罗宁根大气田后,激起了西欧各国在北海海域勘探油气的热潮。1965年在英国南部海域发现一系列同类型的海上气田。1969—1970年在挪威海域发现埃科菲斯克油田,在英国中部海域发现福蒂斯油田,都是第三系穹窿构造。1973年在北海盆地北部维京地堑钻

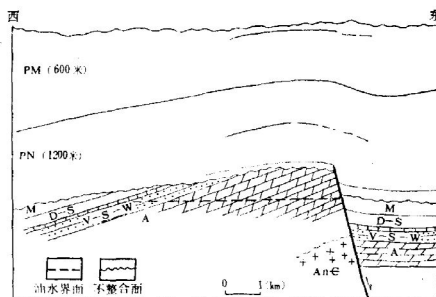


图1 美国俄克拉荷马城油田构造横剖面图
(据莱复生, 1945)

PM—二叠系, PN—宾夕法尼亚系, M—密西西比系,
S-D—志留-泥盆系, V-S-W—奥陶系, A—寒武-奥陶
系阿布克白云岩, AnE—前寒武系花岗岩

探侏罗系布仑特倾斜断块构造获得成功。近十年来共有二十多个侏罗系同类型的倾斜断块-潜山油藏投入开发, 总可采储量达16亿吨, 现已成为北海盆地重要的产区。这些倾斜断块-潜山圈闭分布在下白垩统底部不整合面以下, 共有四列倾斜断块(图2), 每个断块都是西倾的单面山, 倾角约10—20度(图3)。潜山的隆起幅度: 布仑特油田为600米(图4)。国家湾油田为450米(图5)。各断块东侧为正断层, 落差300—2000米不等。储油层: 派帕油田为上侏罗统砂岩; 尼尼安、贝里尔、考莫朗特、什斯脱尔等油田为中侏罗统砂岩; 布仑特油田和国家湾油田为中、下侏罗统两套砂岩; 奥克油田为上二叠统碳酸盐岩; 阿盖尔油田为上二叠统碳酸盐岩、下二叠统砂岩和泥盆系老红砂岩。大多数欧洲的石油地质家都公认维京地堑内上侏罗统启莫里阶页岩是主要生油岩。脱莱福尔(Threlfall, 1981)指出在维京地堑, 东北和西北两组断层非常清晰。大葛莱左旋剪切系统的分力被南北向的拉张

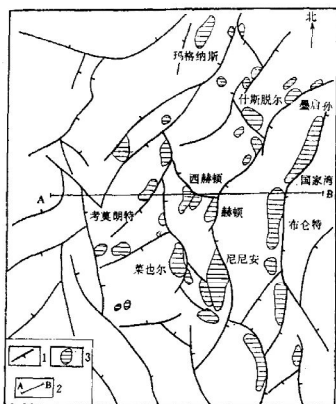


图2 北海维京地堑侏罗系倾斜断块-潜山油田分布图 (据依农, 1981)

1—正断层, 2—油田, 3—剖面位置

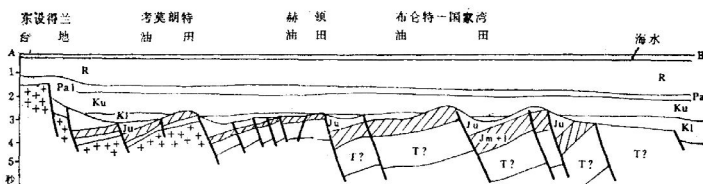


图3 维京地堑西部构造横剖面图 (据依农, 1981)

R—第三系, Pal—古新统, Ku—上白垩统, Kl—下白垩统, Ju—上侏罗统, T—三叠系

力所取代, 形成一系列不对称的正断层向东节节下掉。因此维京地堑亦呈箕状凹陷, 向西北因累积位移而张开。莫莱湾盆地亦被解释为一拉张空隙区, 由拉张和地壳减薄等原因所形成^[3]。

利比亚的锡尔特盆地为白垩纪—第三纪的断陷盆地, 被南北走向的正断层切割成一系列地堑和地垒构造。上白垩统和第三系不整合地覆盖在不同时代的

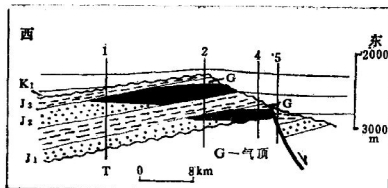


图4 北海布仑特油田横剖面图 (据威廉, 1978)

海水深度: 140米, 油田面积: 100—110平方公里, 可采储量: 2.92亿吨

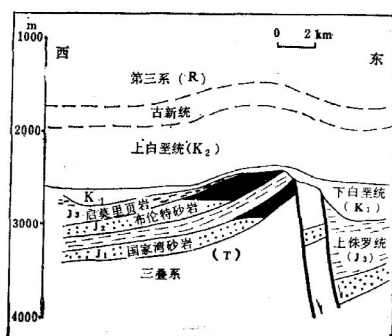


图5 北海国家湾油田横剖面图
(据威廉等, 1978)

海水深度: 155 米。油田面积: 70 平方公里, 可采储量: 油 5.8 亿吨, 气 700 亿立方米 (其中挪威 84%, 英国 16%)

1975 年 7 月, 渤海湾盆地冀中坳陷的任丘油田, 钻开中元古界蓟县系雾迷山组白云岩获得高产油流 (图 6)。初期单井日产量在 1000—3000 吨之间。雾迷山组硅质白云岩油藏高度达 870 米。不整合面之上被 2600—3000 米厚的新生界所覆盖。油水界面在 -3500 米, 具有统一的压力系统。油层条件下原油溶解气量仅 4 立方米/吨, 为一低饱和油藏。油田西侧为正断层, 落差达 1600 米, 被分支断层切割成四个倾斜断块山。地层向东北倾斜, 倾角 10—20 度。东北山头的坡上, 寒武系底部府君山组白云岩和奥陶系马家沟灰岩内亦产油, 但与雾迷山组油藏具有不同的油水界面^[4]。

任丘油田迅速投入开发以后, 在冀中、济阳、辽河、黄骅和渤中等同类型坳陷内以倾斜断块-潜山圈闭类型为勘探目标, 开展了物探 (以数字地震测量为主) 和钻探工作, 迄今共发现 42 个油气藏, 其中冀中坳陷 24 个, 济阳坳陷 7 个, 辽河坳陷 6 个, 渤中坳陷 5 个 (图 7)。在北部湾盆地和苏北盆地内经钻探亦获得了工业油流或油气显示。这种倾斜断块-潜山油气藏, 由于具有高产的特点, 已成为中国东部拉张型断陷-坳陷盆地的重要油气勘探目标^[5]。

1. 渤海湾盆地由于深部地幔的底辟活动, 导致上部地壳拉张破裂, 形成多缝扩张式的断陷-坳陷系统^[6]。其东北支为辽河断陷-坳陷系统, 长 470 公里, 宽 30—75 公里, 深 8—10 公里。南支为渤南-昌潍断陷-坳陷系统, 长约 200 公里, 宽 20—75 公里, 深 4—10 公里。西南支为济阳-东濮断陷-坳陷系统, 长约 600 公里, 宽 30—130 公里, 深 8—10 公里。西支为黄骅-临清断陷-坳陷系统, 长约 530 公里, 宽 20—60 公里, 深 5—10 公里。西北支为燕山-太行山前断陷-坳陷系统, 长约 800 公里, 宽 10—120 公里, 深 5—10 公里。各分支的中心连结部位在渤中坳陷, 该处莫霍面深约 29 公里, 整个渤海湾盆地断陷-坳陷系统从北到南长达 1270 公里^[6]。断陷-坳陷系统内有多期火山岩发育, 顺张性主干断裂分布, 呈岩墙和岩被两种形式, 岩性有辉石玄武岩、橄榄玄武岩和

老地层之上。潜山的隆起幅度达 800—1700 米。形成由寒武-奥陶系石英砂岩组成的阿马尔倾斜断块-潜山油藏和由前寒武系花岗岩组成的奥季拉基岩潜山油藏。分布在隆起顶部或两侧凹陷内的白垩系暗色泥质灰岩和页岩为主要生油岩, 原油沿不整合面的上倾方向运移而聚集在该面上、下的不同储集层内。

此外, 在埃及红海地堑、澳大利亚吉普斯兰盆地和加拿大巴芬-拉不拉多盆地内均发现了一系列受正断层切割的倾斜断块-潜山油气藏。

二、中国渤海湾盆地的 倾斜断块-潜山油气藏

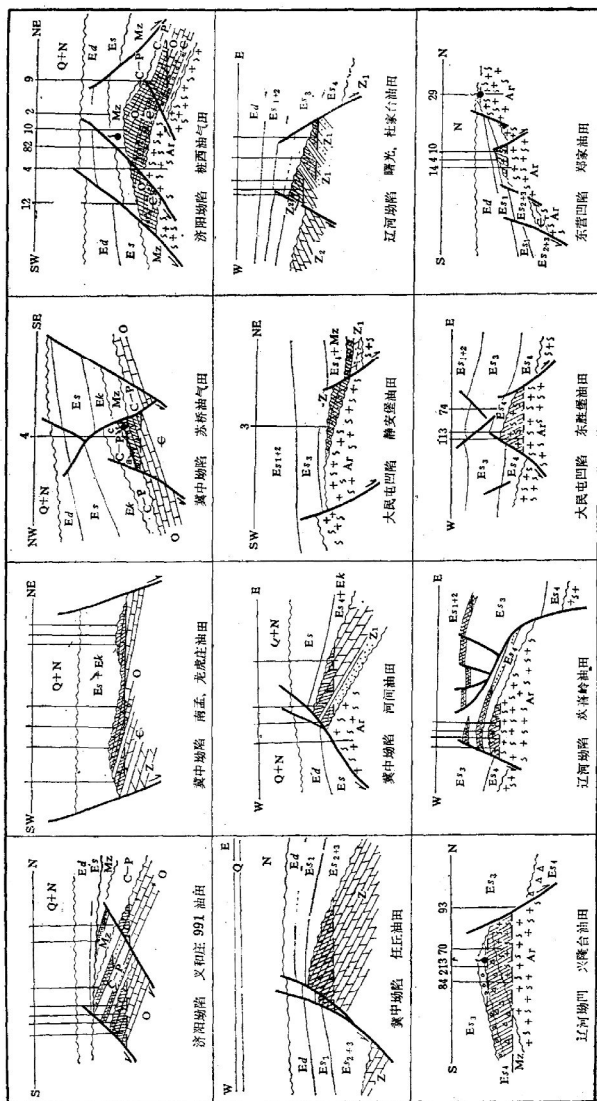


图6 渤海湾盆地倾斜地块-潜山油气田剖面图

寒武、奥陶系、灰岩,白云岩 中、晚元古界,白云岩,石英砂岩 太古界,花岗岩,麻岩

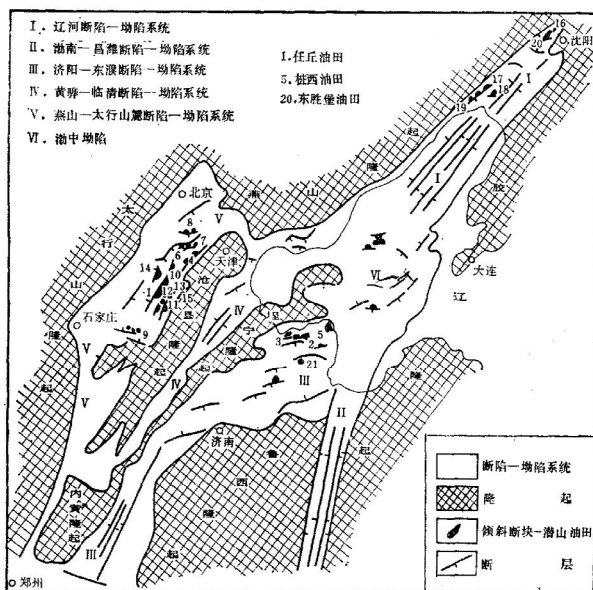


图7 渤海湾盆地倾斜断块-潜山油气田分布图

安山玄武岩等。火山岩早期沿凹陷的两侧活动，后期集中到凹陷的中心部位，岩性由偏碱性转变为过渡型的拉斑玄武岩。盆地内地温梯度较高，每深100米，增温 $3.5\sim 4.5^{\circ}\text{C}$ ，具有较高的热压条件。

2. 断陷盆地内构造运动的主要表现形式为：在总的沉降背景下，继承性的断裂带由于水平拉张而不断向深部延伸，向浅部扩张。为了填补理论间隙，断块体从长方柱逐渐倾斜成菱形柱。其上翘部位与邻块下陷部位之间发生相对位移，形成反向正断层。对应每一反向正断层形成一个小型箕状凹陷（图8）。不同断块体一端翘升和另一端沉陷的时间、速度和幅度很不相同。就目前已掌握的资料分析：任丘油田西翼反向正断层的落差约为1600米，倾斜断块-潜山油藏的含油高度为870米；坨西油田南翼反向正断层的落差约为2000米，倾斜断块-潜山油藏的含油高度为1000米；东胜油田西翼反向正断层的落差约为1400米，油藏的含油高度为500米。在断槽区供油条件比较充分的情况下，本区倾斜断块-潜山油藏的含油高度与断层落差幅度有1:2至1:3的正比关系。一些坡上山由于反向正断层的落差较小，只有200—500米，其倾斜断块-潜山油藏的含油高度一般只有100—200米。

3. 断陷盆地在强烈扩张阶段，具有快速沉降和快速堆积的特点。深槽部位堆积的生油岩和碎屑岩，厚度可以达到3000—5000米。沉积速率可以达到每年0.1—0.35毫

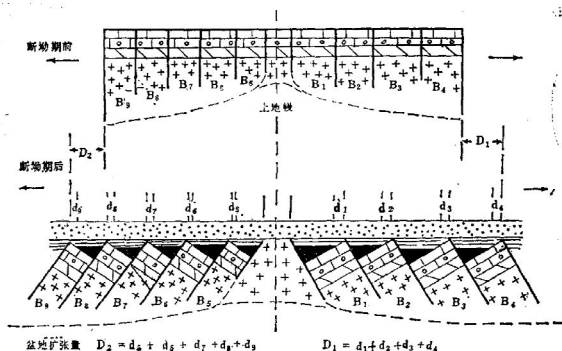


图8 拉张型断陷-拗陷盆地倾斜断块-潜山构造形成机理图

米。倾斜断块-潜山油气藏“新生古储”成油史的直接证据，是在古生界和元古界储层产出的原油内发现有第三纪的孢子花粉。但是，随着这类油气藏的大量发现，在中生界、石炭-二叠系、寒武-奥陶系和前古生界等不同储层内所产出的原油和天然气，其物理性质和组分有很大的差异。唐皆廷等¹⁾研究任丘油田中元古界蓟县系雾迷山组储层的原油性质及有机地化指标后认为具有两种油源，主要是第三系陆相原油，其次亦混合有雾迷山组自生的海相原油。郝石生等（1982）¹⁷⁾认为在燕山平泉县双洞背斜具有原生油气特征，中元古界铁岭组碳酸盐岩晶洞内有大量液体油苗和沥青。这个古油藏虽已暴露地表，但目前岩石内的残留油量和沥青量仍有 671—761 万吨/立方公里。生油岩的地化指标和干酪根镜下鉴定属腐泥型，环烷烃含量较高。它们可能由低等生物提供，与蓝绿藻及细菌的类脂化合物有关。

倾斜断块-潜山油气藏可能具有多期的成油史。在中新生代以前，古生界和中晚元古界的海相有机质生油岩早期已发挥其生油潜力，后上升经历了多期的剥蚀幕，原生油气一部分已逸散，可能还有一部分保存在深部的各类隐蔽圈闭内。中生代和早第三纪的陆相油源通过断层面和不整合面重新灌注到古老的圈闭内。新第三纪拗陷阶段盆地整体下沉，原来彼此分隔的断陷和凸起之上普遍覆盖 1000—3000 米厚的上第三系和第四系，使下伏从老第三系到中元古界各时期的生油岩系又被深埋达到热成熟。威布（Webb, 1976）¹⁸⁾提出过俄克拉荷马城油田从保存在不整合面下的生油层中二次生油的理论，对中国东部各断陷-拗陷盆地内成油史的研究，可供借鉴。

4. 倾斜断块-潜山油气藏具有很高的油气产能。单井日产油量多在 100 吨以上，日产气量多在 10 万立方米以上。有不少油井初期日产油量达到 1000—3000 吨，气井初期日产气量达到 100 万立方米。这是由于储油气层具有良好的储集条件。华北地台在青白口系沉积以后，经历了震旦纪约 2 亿年的水平溶蚀和剥蚀时期；中奥陶统沉积

1) 唐皆廷, 孙世松, 1983, 任丘雾迷山组油藏碳酸盐岩生油问题初探. 古潜山, 总第 18 期, 26—32 页。

以后,又经历了晚奥陶世至早石炭世约1.3亿年的古喀斯特风化淋滤时期;二叠系沉积以后,又经历了印支期约3000万年的褶皱抬升和剥蚀时期;燕山期发生多期的块断升降活动,断块的沉降部位堆积侏罗-白垩系。断块的抬升部位,在第三系沉积以前,又经受了约1.3亿年的风化、淋滤和剥蚀作用。钻井过程中在穿过第三系底部不整合面进入倾斜断块-潜山储集岩层时,常有泥浆漏失、钻具放空、岩心破碎、裂缝溶孔发育和油气显示活跃等录井特征。杨云岭等¹⁾(1983)根据地震反射波的组合关系,可以在钻井之前,判断倾斜断块-潜山的性质,区别灰岩山、花岗岩片麻岩山和泥砂山。根据速度谱资料可以判断山的地层剖面和地质界线,提高了勘探工作的准确性(图9)。

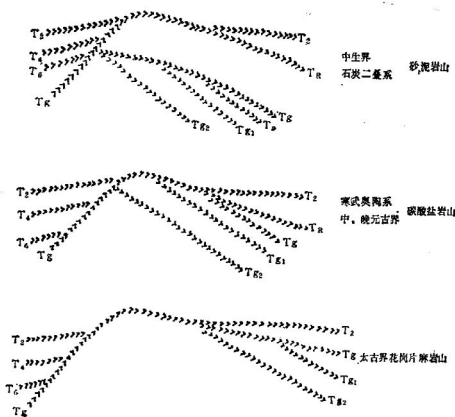


图9 不同地质年代不同岩性倾斜断块-潜山地震波模式
(据杨云岭, 1983)

5. 倾斜断块-潜山油气藏的形成受断层和不整合面的明显控制^[9],其油气生成可能是多源的,油气运移和聚散的过程是比较复杂的,因此都以复合油气聚集带的型式出现。倾斜断块本身为块状或层状的地层圈闭,潜山为块状的古地貌圈闭,倾斜断块的断侧下降盘常有断阶和滚动背斜圈闭,并有水下扇、坡积砂和生物礁等地层-岩性圈闭。倾斜断块的坡侧有反向正断层形成的坡上山圈闭或盆倾断层形成的滚动背斜或断鼻圈闭。环绕在倾斜断块-潜山主体的四周有地层上倾尖灭圈闭和各种类型的岩性圈闭。山顶的覆盖层内有披覆背斜圈闭。不整合面上下有各种地层圈闭。不同类型的圈闭都有一定的排列位置。通过构造、沉积方面的综合研究和高精度的数字地震探测,顺藤摸瓜,可以提高勘探成功率。

结 束 语

中国东部在拉张机制作用下形成的一系列中生代断陷-拗陷盆地,如松辽、海拉尔、二连、苏北-南黄海、江汉、北部湾和珠江口等盆地。由于印支期和燕山期强烈的块断升降活动,使中生界、古生界或元古界的基底块断破裂形成若干线状分布的倾斜断块-潜山圈闭。如有合适的油源(原生的或次生的),就有可能形成倾斜断块-潜山油气藏。

1) 杨云岭等, 1983, 济阳拗陷沿岸隐蔽油藏的地震勘探。胜利油田地质指挥部研究所。

渤海湾盆地的勘探实践表明, 其它断陷-地陷盆地内这种新的油气圈闭类型是具有很大的油气资源潜力的。

(收稿日期 1984年10月31日)

参 考 文 献

- [1] McGee, D. A. et al. 1932, Geology and development of Oklahoma City Field, Oklahoma County, Oklahoma. AAPG Bull. Vol. 16, No. 10, P. 957-1020.
- [2] Levorsen, A. I., 1945, Time of oil and gas accumulation. AAPG Bull. Vol. 29, No. 8, P. 1189-1194.
- [3] Threlfall, W. F., 1981, Petroleum geology of the continental shelf of NW Europe (ed. by Illing and Hobson) P. 98-109.
- [4] 范泰雍等, 1982, 潜山油气藏. 石油工业出版社.
- [5] 李德生, 1982, 中国含油气盆地的构造类型. 石油学报, 第3卷, 第3期.
- [6] 李德生, 1980, 渤海湾含油气盆地的地质构造特征. 石油学报, 第1卷, 第1期.
- [7] 郝石生等, 1982, 渤海湾盆地震旦亚界原生油气藏的形成条件及远景初探. 石油勘探与开发, 第5期.
- [8] Webb, G. W., 1976, Oklahoma City oil-second crop from preserved subunconformity source rocks. AAPG Bull. Vol. 60, No. 1, P. 1189-1194.
- [9] Chung-Hsiang P'an, 1982, Petroleum in basement rocks. AAPG Bull. Vol. 66, No. 10, P. 1597-1643.

TILTED FAULT BLOCK-BURIED HILL TRAPS

A NEW TYPE OF OIL/GAS TRAPS IN RIFT-RELATED TENSIONAL BASINS

Li Desheng

(Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development)

Abstract

Recent ten years or more, a lot of tilted fault block-buried hill oil/gas traps have been discovered by means of geophysical exploration and drilling in the eastern China Meso-Cenozoic rift-related depression basins, the Viking Graben of North Sea of Europe, the Red Sea Graben of Egypt, Sirte Basin of Libya, Gippsland Basin of Australia and the Baffin-Labrador Basin of Canada. High oil/gas yield was recovered from this new type of traps. They are more likely to develop into good exploration targets both at home and abroad. The mechanism of their occurrence can be explained as follows:

1. The crust's tensional stress, resulting from the upswelling of the upper mantle, caused a series of tensional rift-subsidence basins, with heat released from the upper mantle and creating a rather high geotherm-pressure conditions.

2. The block-faulting break-up of older platforms or basements formed a

series of lineally distributed tilted fault block-buried hill structures.

3. The rapid subsiding and infilling environments during the early rifting stage were in favorable conditions for maturation and transformation of source materials. Second crop might occur again from the preserved disconformable older source rocks during the later depression stage.

4. Suffering from weathering and karstification for a long geological time, the uplift parts of the tilted fault blocks are often good for reservoir formation.

5. Combinations of multiple style of traps and multiple source-reservoir-cap assemblages of the rift-subsidence tensional basins could result in multiple-pay pools.

安宁盆地一批钾盐探井发现油显示

安宁盆地位于云南省中部, 东北距昆明市 32 公里, 面积 264 平方公里, 盆内为中生代河湖相碎屑岩和含盐岩系, 厚约 3000 米。

1982 年, 云南省地矿局钾盐队对该盆地进行钾盐勘探, 在 ZK1 孔钻入上侏罗统安宁组泥质白云岩时发现油显示。当时可见棕黑色的原油从岩心中慢慢地向外渗出, 散发出很浓的油味。随后在钾盐队所续钻的七口井中(截至 1984 年 9 月止)均见有不同程度的油显示。这八口井中, 较好的为 ZK5 和 ZK1 孔, 前者有 17 层含油, 后者有 9 层含油, 其它井含油 2—5 层不等。这些含油层位大多数集中在安宁组中盐段和下盐段, 其中又以中、下盐段交界附近出现的层数最多, 也最稳定。它们的组合状态基本一致, 都被上下膏盐层所夹持。单层一般厚 1—2 米, 最厚 4 米, 最薄 30 厘米。据薄片鉴定: 岩性为灰黑色—青灰色泥质白云岩、泥灰岩、灰质泥岩。油显示主要产于构造裂隙和层间裂隙中。整个油盐共生组合地层(安宁组)厚达 440—725 米, 由很多个青灰色或紫红色白云质泥岩、灰质泥岩—膏盐芒硝的韵律层组成。其中暗色生油岩总厚 200 米以上。它们都有丰富的浮游生物残体和碎片, 如藻类、叶肢介、介形虫等, 有机质含量较为丰富。据井下所采 7 个样分析结果为: 有机碳 0.848—1.97%, 氯仿沥青 A 0.0586—0.7880%, 连通孔隙率为 3.03—3.21% (煤油饱和法), 气体渗透率均小于 0.1 毫达西。从各方面看, 虽有生油能力, 但物性条件不好, 上下又均有膏盐芒硝层所隔挡, 故认为它是自生自储性油藏。

由于安宁盆地面积较小, 且圈闭条件欠佳, 形成工业性油藏的可能性不大。但它在侏罗—白垩纪时期曾与楚雄盆地同属一个盆地, 故其油显示直接有助于判断楚雄盆地的含油性。楚雄盆地侏罗—白垩纪红层较发育, 许多地质工作者因而担心没有生油岩。现安宁井下揭示了生油岩的存在, 证明楚雄盆地具有重大的勘探价值。例如, 该盆地北部均陷有近 4000 平方公里的由第三系含盐岩系所覆盖的地区, 侏罗—白垩系保存较好, 并有类似于安宁盆地的岩性组合, 它应是这一地区很有价值的勘探目的层系, 可望找到一定规模的油藏。

(刘志森)