

文章编号: 0253-9985(2007)05-0615-06

苏北盆地卞闵杨油田的发现及其意义

邱旭明, 严元锋, 唐 焰

(中国石化 江苏油田分公司, 江苏 扬州 225009)

摘要: 通过回顾苏北盆地卞闵杨油田的发现历史, 分析了油田发现后盆地生烃、排烃、油气输导、构造形成和圈闭成藏等石油地质认识的转变, 总结了三维地震和斜井钻探等新技术的应用效果, 指出了该油田的发现对以后盆地油气资源评价、油气成藏规律认识、勘探思路转变和勘探新技术应用等方面产生的重要的影响。

关键词: 石油地质认识转变; 新技术应用; 卞闵杨油田; 苏北盆地

中图分类号: TE112.1

文献标识码: A

Discovery of BMY oilfield in the Subei Basin and its significance

Qiu Xuming Yan Yuanfeng Tangyan

(Jiangsu Oilfield Company, SINOPEC, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract Through reviewing the discovery history of the Biamin yang (BMY) oilfield in the Subei Basin, this paper analyzes the changes of petroleum geology understandings, such as hydrocarbon generation, expulsion, migration, structure formation and accumulation, after discovery of the oilfield, and summarizes the application results of new technologies including 3D seismic survey and deviated well-drilling. The discovery of BMY oilfield bears great significances and has a positive impact upon subsequent assessment of the hydrocarbon resources in the basin, understanding of reservoiring patterns, shifting of exploration concepts, and application of new technologies.

Key words change of petroleum geological understanding; application of new technologies; BMY oilfield; Subei Basin

卞闵杨油田位于苏北盆地金湖凹陷杨村断裂带东段下降盘的构造高带上, 毗邻龙岗次凹和汜水次凹 (图 1), 属典型的复杂断块油藏集合而成的油田, 已发现阜 (宁组) 三、阜二、阜一段油藏共 20 多个, 累计探明储量 $2\,800 \times 10^4$ t。

研究区的油气勘探始于 20 世纪 60 年代在油田大规模发现之前, 已先后钻探井 10 余口, 虽有部分井发现油气显示和油层, 但限于当时的地质认识和技术水平, 均没有取得突破。1987 年, 油田在苏北盆地高邮凹陷深凹带两侧断裂带中进行勘探的方针和思路已经进入了极为艰难的阶段 (已开始勘探 $0.1 \sim 0.5$ km² 微隆构造), 为了摆脱被动局面, 选择了在金湖凹陷卞闵杨构造带上的卞塘构造外甩探井卞 1 井, 该井在井深 1 551~1 848 m

阜一、阜二段地层中获得近 20 m 油层, 经试油获 38 t/d 的工业油流, 随后又在卞塘构造南部的杨家坝构造上实施杨 1 井, 同样在阜二、阜一段获得成功, 之后通过展开勘探, 在东部闵桥发现玄武岩油藏, 在上部发现阜三段油藏等众多含油断块。

在卞闵杨油田发现的勘探实践中, 对整个苏北盆地的石油地质理论和认识较之前发生了根本性变化, 从油气生成、运移、聚集、成藏等方面都有了全新的认识, 这些理论和认识有力地指导了之后整个苏北盆地的油气勘探, 掀起了新一轮勘探高峰, 使江苏油田在“八五”至“十五”期间的储量产量获得大幅度增长。同时, 三维地震和斜井勘探等新技术的应用也提高了勘探的成功率与勘探效益, 加快了勘探发现的历史进程。

收稿日期: 2007-08-09

第一作者简介: 邱旭明 (1963-) 男, 博士、教授级高级工程师, 石油地质

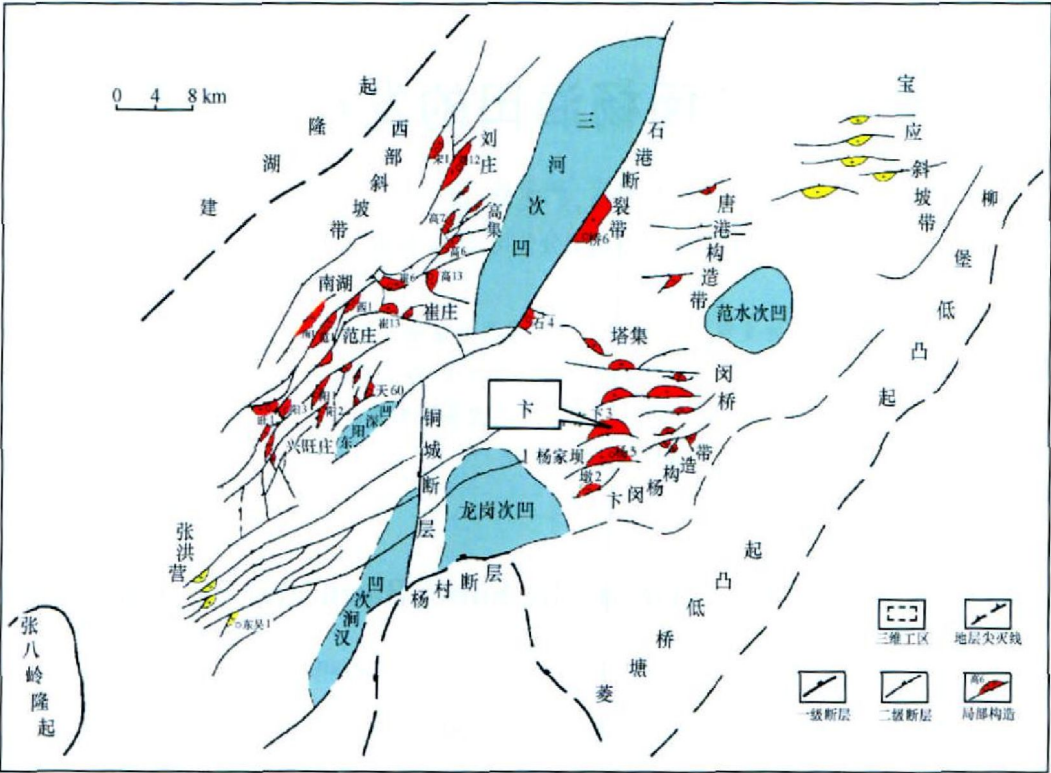


图 1 卞闵杨油田位置
Fig. 1 Location of BMY oilfield

1 石油地质认识的转变

1.1 生烃认识的转变

苏北盆地自 1975 年真武油田发现到 1987 年, 勘探方向主要集中在高邮凹陷深凹带两侧的真武断裂带和汉留断裂带三垛组及戴南组目的层, 其油气来源主要为深凹带的阜四段生油岩, 当时的研究表明生油岩的成熟门限在 2 750 m 以下^[1]。根据这一门限深度划定成熟生油岩范围, 只有高邮凹陷深凹带能大范围生烃, 而其他凹陷或次凹生烃范围都只集中在最深处附近较小范围, 勘探思路也因这一认识局限而难以展开。

在卞闵杨油田勘探过程中, 通过油源对比研究, 认识到该地区油藏的油源主要来自于阜二段的生油岩, 这与高邮凹陷所发现的三垛组、戴南组油藏油源主要来自于深凹阜四段生油岩明显不同; 同时大量的分析样品证实在卞闵杨地区本地埋深 1 500 m 左右的阜二段生油岩具有丰度高 (有机碳含量: 2.08%)、类型好 (腐泥型) 的特点, 而且已经大量生烃 (沥青 “A” 含量: 0.47%; 总烃含量:

1 983.14 × 10⁻⁶), 这之前所认识到的苏北盆地生油岩生油门限在 2 750 m 以下的结论明显不同。通过对生油岩沉积环境、母质类型、有机质演化、热模拟等多方面的研究, 首先提出了半咸化环境下沉积的优质生油岩和正常环境下沉积的生油岩生烃模式不同, 门限深度分别为 1 500 和 2 500 m^[2], 之后又通过对苏北盆地各地区的源岩有机质构成、成熟度和低成熟原油的分析认为, 当源岩镜质体反射率 R_o 小于 0.4% 时, 可溶有机质 “A” 含量可高达 0.25%, 其组分为低饱和烃和高含量非烃; 在部分油藏中存在典型的不成熟生物标志物; 在金湖凹陷, 阜二段烃源岩总烃随埋深加大出现两个高值段, 认为门限在 1 500 m 的生烃窗口属于可溶有机质非干酪根热演化生烃模式, 即低 (未) 熟生油模式 (图 2)。通过资源评价认为低 (未) 熟油在苏北盆地具有广阔的勘探前景。

后期的勘探实践和分析对上述认识又进行了重要的补充, 在发现的大量油气藏中除低熟原油外, 还有大量成熟原油, 且在深度为 1 500 m 上下所获取的生油岩样品, 其 R_o 大部分已经在 0.6% 以上, 与深凹埋深 2 500 m 的生油岩处于相同演化

钱基. 江苏下扬子地区第二次油气资源评价. 1994 15~ 36

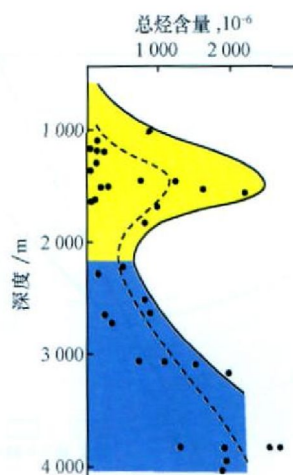


图 2 苏北盆地地化剖面

Fig. 2 Geochemical profile of the Subei Basin

阶段,造成这一现象的主要原因是 23Ma 前发生的三垛事件,箕状凹陷的掀斜翘倾使斜坡带的沉积地层遭到大量剥蚀(图 3),生油岩在事件前已经进入成熟阶段,后期沉降并没有超过事件前的沉降幅度,形成浅埋成熟的特点^[13]。

1.2 生油岩排烃及油气输导认识的转变

金湖凹陷阜二段地层一般厚 100~200 m,可分为 3 段:上部为稳定黑灰色泥岩段(俗称“泥脖子”),中部黑灰色泥岩夹泥灰岩段(俗称“七尖峰”、“王八盖”、“四尖峰”)下部黑灰色泥岩、泥灰岩夹砂岩段,随地区不同岩性厚度有少许变化,但其俗称的几个标志层是大范围稳定分布的。在卞闵杨油田勘探过程中,大量的生油岩分析样品说明阜二段的优质生油岩主要分布在中段,而上部稳定泥岩段生油指标较差,不是生油层,相反成为中部生油岩排烃的隔层,迫使生油岩只有向下部

阜二段及阜一段砂岩排烃,这与高邮凹陷深凹带阜四段生油岩向上排烃的方式明显不同。

高邮凹陷三垛组、戴南组的油气勘探经验认为,凹陷二级断裂,如真武断裂,汉留断裂是油气运移的主要通道,油气藏沿油源断层两侧分布,在纵向上呈“串珠状”特点,油气勘探需围绕断裂带进行,而卞闵杨地区的油气输导方式则是按照油气沿阜二段下部及阜一段上部砂岩层向高部位做侧向运移,因此其勘探思路显然不能按照围绕断裂带的方式开展(图 4),

后期该地区阜三段也发现了大量的油气藏,通过油气源追踪对比、原油物性、圈闭断层性质等分析认为主要为次生油气藏,其成因主要是阜二段、阜一段油藏形成后由控制油藏的断层活动调整所致。

1.3 构造形成及分布规律认识的转变

长期以来,人们认为苏北盆地属于张性盆地,不应有挤压性构造存在,寻找捕获油气的构造圈闭局限于滚动背斜,张性断层断块等,而卞闵杨油田的勘探则发现有两排相互平行的近南北向延伸的鼻状构造带存在(图 1),而这些构造的成因是纯张性构造成因所无法解释的,通过对区域地质背景、盆地发育史、构造演化等综合分析,认识到盆地演化具有张扭性质,特别是郯庐断裂新生代以来的右旋扭动与盆地扭动构成统一的活动体系。研究认为^[4~7]: 1)右旋扭动分解为北西向的张应力和北东向的压应力,使得盆地呈北西向延伸的挤压褶皱体系(背斜带、向斜带)与北东向延伸的拉张构造体系(凹陷、突起)相互叠加,其中向

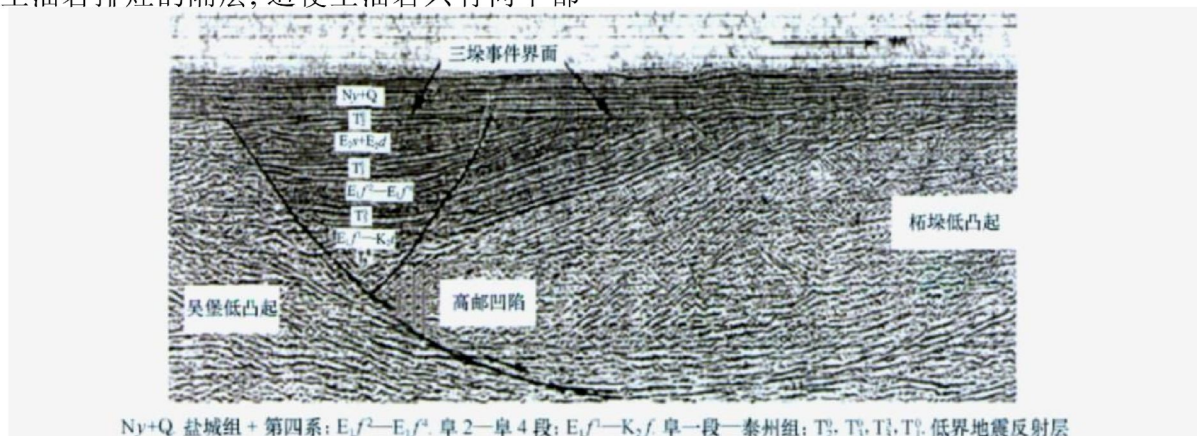


图 3 高邮凹陷 G78 二维地震测线

Fig. 3 2D seismic traverse of G78 across the Gaoyou Sag

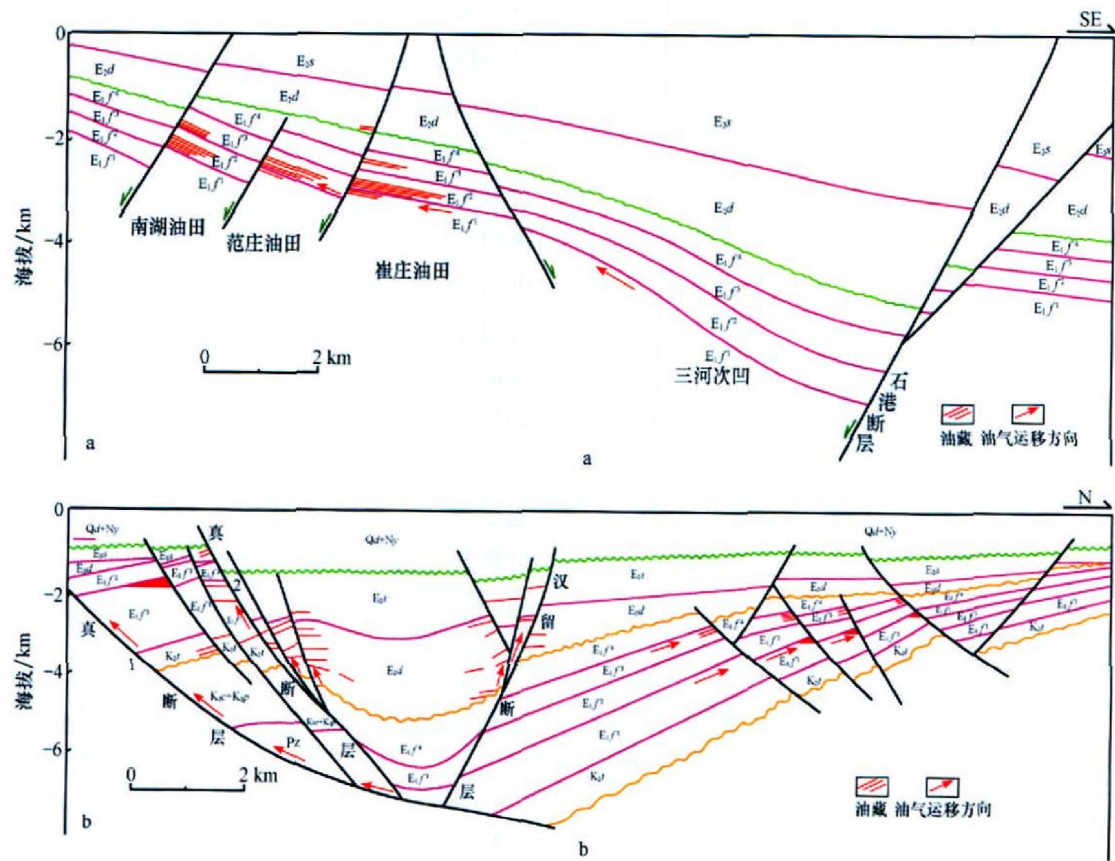


图 4 地质剖面及油气运移模式示意图

Fig. 4 Sketch map showing geologic profiles and hydrocarbon migration patterns
a. 金湖凹陷; b. 高邮凹陷

Qd + Ny. 第四系 + 盐城组; E_{2s} 三垛组; E_{2d} 戴南组; E_{1f}⁴. 阜四段; E_{1f}³. 阜三段; E_{1f}². 阜二段; E_{1f}¹. 阜一段; K_{2t} 泰州组

斜带与凹陷叠加成为有利的生油次凹, 而背斜带与凹陷叠加成为最有利的三级构造油气聚集带, 卞闵杨构造带就是其中之一; 2) 控制各凹陷的边界主断层同样具有扭动性质, 在其两侧发育四级的羽状断层和雁列式排列的背斜, 羽状断层将雁列式背斜切割, 从而形成断鼻构造带, 卞闵杨油田所展现的两排平行的断鼻构造带就是这种成因类型, 这一思路引领了后期对油气聚集带和构造圈闭的勘探, 共发现 13 个三级构造带, 其中 9 个已发现油气, 在金湖凹陷西斜坡、高邮凹陷北斜坡及海安凹陷所发现的三级构造带中, 发育十多个富集油气的雁列式断鼻断块带。

1.4 圈闭成藏认识的转变

苏北盆地的圈闭构造以复杂小断块为典型特征, 几乎所有的构造圈闭都与断层有关, 早期的勘探实践发现, 这些构造圈闭的油气充满程度都不高, 甚至有些油气富集条件很好的构造却不含油气, 所以认为, 造成这种现象的主要原因可

能和盆地的资源丰度太低、资源总量太少、缺乏足够的油气来充满圈闭有关。但更多的专家认为可能与构成圈闭要素的断层有关。在卞闵杨油田的勘探过程中, 通过对断层的发育性质、断层倾角的大小及与地层倾向的关系、断层断距、断层两侧岩性并置关系和断层面的泥岩涂抹等因素分析, 对圈闭成藏的认识有了明显的转变^[8], 如屋脊式断鼻断块比顺向断层断鼻断块更能捕获油气, 断层断距大于盖层厚度的断鼻断块往往为无效圈闭, 圈闭溢出点和油柱高度往往受断层岩性并置关系或泥岩涂抹程度的控制^[9-10]等等, 这些认识有利地指导了以后的圈闭优选和勘探。

2 主要勘探技术

在卞闵杨油田的勘探过程中, 新的勘探技术的应用也发挥了极大的促进作用, 特别是三维地震和斜井钻探技术。

2.1 三维地震技术

三维地震技术对油气勘探的作用和意义是不言而喻的,但对于不同盆地和不同构造特征,其作用和意义又是各不相同的。在苏北盆地,复杂小断块圈闭大小一般在 $0.5 \sim 1.5 \text{ km}^2$,而圈闭形态一般为长条状,宽度一般在 500 m 以内, $0.5 \text{ km} \times 0.5 \text{ km}$ 的二维地震测网很难准确描述这样的圈闭,这是导致过去钻探圈闭失败偏多,地质认识出现较大偏差或无法深入的主要原因,而三维地震大大提高了复杂小断块的成像精度^[11~13],勘探效益得到大幅度提高,地质认识和对油气富集规律的把握也更加符合地下的实际情况,如在高邮凹陷北斜坡发财庄地区(图 5),利用二维地震钻探了发 1 井,没有发现油藏,实施三维地震以后,由于二维地震的偏移归位不准,实际的圈闭并不在原来发 1 井钻探位置,而“漂移”到其北部,发 1 井钻在其圈闭以外,通过发 2 井的钻探才发现该油田,这样的事例在苏北盆地的勘探实践中有很多。

2.2 斜井技术

由于苏北盆地的油气藏类型多以屋脊式断鼻断块为主,直井钻探只有准确地钻到“屋脊”的最高点才能获取最大厚度的油层,向两侧偏移或将

油层断缺,只能发现部分油层(图 6),从而对发现油层和认识油藏不利,偏移过大还将导致探井落空。采用斜井技术,沿断层倾向钻探就克服了直井存在的不足,能最大限度的发现油层并认识油藏,同时沿一条断层纵向上常常形成多套含油层系,构成多个屋脊式断鼻断块油藏,由于这些油藏沿断层倾向分布,因此,直井钻探无法同时将这些油藏发现,而沿断层倾向进行斜井钻探就可以达到同时发现多个油藏的目的,多个目的层兼探也降低了勘探风险。后期的勘探实践证明,斜井技术的应用极大的提高了探井成功率。

3 卞闵杨油田发现的重要意义

1) 卞 1 井的钻探成功及卞闵杨油田的发现,建立了优质生油岩生烃、低熟生烃和浅埋成熟等生烃模式,极大地解放了科技人员的思想,使盆地生烃从深凹局部地区扩展到广大斜坡地区,盆地油气资源大幅度增加,勘探思路也由围绕深凹带转变为广阔的斜坡带,有利的勘探领域得到极大的拓展,至今为止已累计探明石油地质储量近 $1.5 \times 10^8 \text{ t}$ 油田年原油产量由卞闵杨油田发现前的不足 $80 \times 10^4 \text{ t}$ 上升至目前的 $170 \times 10^4 \text{ t}$ 显然,对于江苏油田而言,卞 1 井及卞闵杨油田的发现具有历史转折的重大意义。

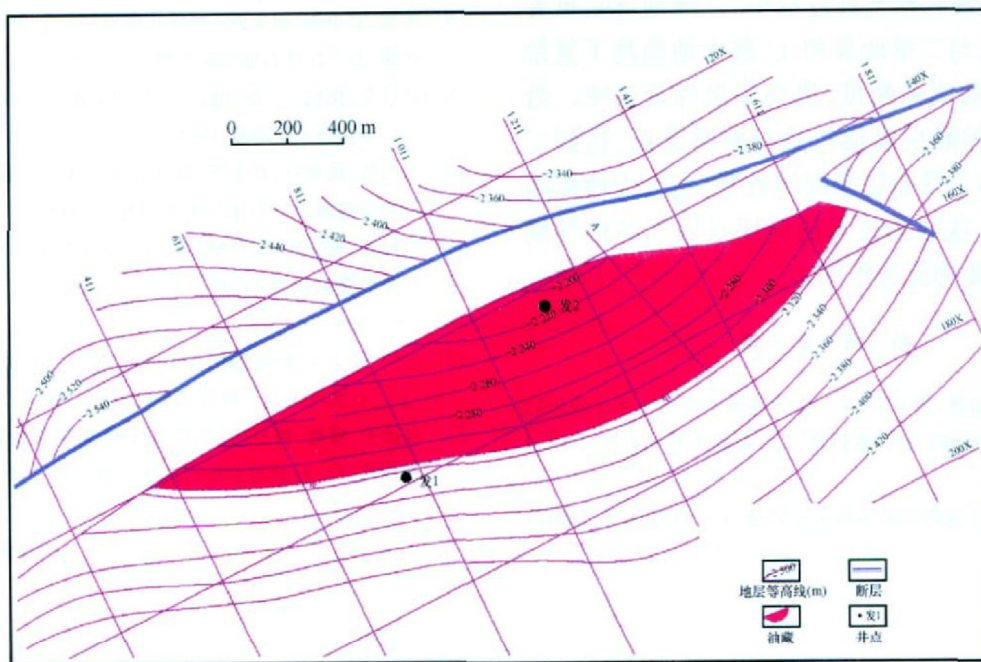


图 5 发 1 断块阜二、阜一段油藏构造

Fig. 5 Structural map of oil reservoirs in the first and second members of the Funing Formation in F-1 fault block

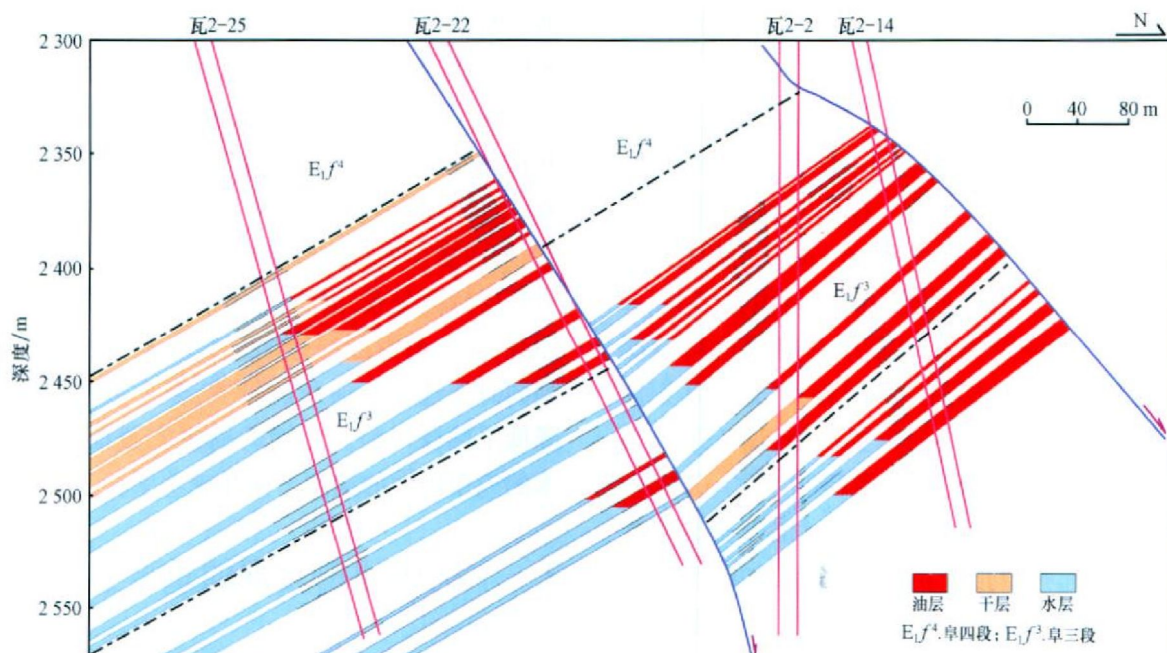


图 6 典型断块油藏剖面

Fig. 6 Profile of typical fault-block reservoirs

2) 在油田勘探发现过程中,对油气富集及成藏规律的认识和总结,进一步明确了阜一段和阜二段是极为重要的勘探目的层,油气在斜坡地区以侧向运移为主,由扭动形成的构造高带是油气聚集的有力地区,同时以断鼻断块为主的圈闭,其油藏类型和规模大小受断层的封闭与开启控制,这些认识有利地指导了盆地以后的油气勘探,提高了勘探效益。

3) 在油田勘探发现过程中,三维地震是重要的技术手段,与二维地震相比,极大地提高了复杂小断块圈闭的成像精度,提高了勘探成功率。沿屋脊式断块的断层高部位进行斜井钻探,达到了多层圈闭、多个目的层兼探的效果,也极大地提高了勘探效益,这些新技术的应用对后期的油气勘探起到了重要的促进作用。

参 考 文 献

- 1 范善发,史继扬,徐芬芬,等. 苏北高邮凹陷第三系生油岩的有机地化特征和生油门槛研究 [J]. 石油天然气地质, 1985, 6 (1): 60~69
- 2 黄宛平. 苏北盆地两类生油岩的特征 [J]. 江苏油气, 1990, 1 (3): 3~6
- 3 陈安定. 苏北盆地第三系源岩“浅”熟的构造背景 [J]. 石油勘探开发, 1996 (4): 22~28
- 4 邱旭明. 苏北盆地断块圈闭分类及油气成藏特征 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24 (4): 371~374
- 5 邱旭明. 苏北盆地扭动构造油气藏 [J]. 石油勘探开发, 2004, 31 (3): 26~29
- 6 邱旭明. 扭动作用在苏北盆地构造体系中的表现及其意义 [J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24 (2): 5~9
- 7 刘玉瑞. 苏北盆地走滑断层特征与油气聚集关系 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25 (3): 279~283
- 8 曹冰, 刘小燕, 熊学洲. 断层在高邮凹陷复杂断块区成藏中的作用 [J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25 (2): 3~5
- 9 刘启东, 杨晓兰, 刘世丽. 金湖凹陷断层封闭性研究及应用 [J]. 河南石油, 2002, 16 (5): 7~10
- 10 吴东胜, 扬申谷, 刘少华. 陆相盆地隐蔽油气藏综合勘探方法与应用初探 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27 (1): 118~123
- 11 毛凤鸣, 陈安定, 元严锋, 等. 苏北盆地复杂小断块油气成藏特征及地震识别技术 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27 (6): 828~840
- 12 牟荣. 复杂小断块圈闭识别描述方法——以苏北盆地为例 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27 (2): 269~274
- 13 余德平, 曹辉, 郭全仕. 断裂系统解释与储层预测中的三维相干技术 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28 (1): 110~105

(编辑 董立)