

文章编号: 1009-6248(2006)04-0065-09

论济阳坳陷新构造运动的成藏效应

卓勤功^{1,2}, 蒋有录¹, 解玉宝²

(1. 石油大学地球资源与信息学院, 山东 东营 257061;
2. 中国石化胜利油田有限公司地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 济阳坳陷新构造运动的构造形迹主要表现为断裂和背斜构造, 特别是复活性大断裂及其裂缝, 在济阳坳陷油气成藏过程中起着关键性作用。经研究认为, 新构造运动诱发和推动油气以断裂系统模式从烃源岩中排出, 提高了烃源岩的排烃效率和排烃动力, 影响油气运移取向, 控制主要油气藏呈北东—南西向展布; 输导或封堵油气, 坎陷内小断裂和微裂缝等隐蔽输导体系可输导油气形成砂岩透镜体油气藏; 控制油气幕式充注成藏; 多种输导体系沟通新近系大型披覆背斜圈闭和丰富的烃源岩, 形成了如孤岛、埕东等大中型油气田。笔者将新构造运动在油气成藏过程中所起的作用总称为成藏效应, 其研究成果有助于重新认识盆地油气资源, 并揭示油气成藏机理、成藏模式和成藏规律。

关键词: 新构造运动; 构造应力场; 断裂系统; 成藏效应; 济阳坳陷

中图分类号: P618.130.2 **文献标识码:** A

济阳坳陷位于渤海湾盆地东南部, 东以郯庐断裂为界, 西北与埕宁隆起相接, 南邻鲁西隆起, 东宽西窄, 面积约 26 000 km², 是一个中、新生代叠合的半地堑群, 经历了三叠纪—中侏罗世、晚侏罗世—早始新世、中晚始新世—渐新世和中新世—全新世四个演化阶段(宗国洪等, 1999)。早新近纪, 东营运动造成济阳坳陷大范围的抬升剥蚀, 但剥蚀并不十分强烈, 基本继承了古近纪末西南高, 新近纪东北低的构造格局。新近纪至第四纪, 盆地进入整体拗陷阶段, 新构造运动在盆地的最后定型及油气成藏过程中起着关键作用, 特别是后者。目前普遍认为济阳坳陷主要成藏期为馆陶期、明化镇期, 甚至第四纪(宗国洪等, 2002; 张善文等, 2003; 刘宗林, 2004), 因此, 研究济阳坳陷新构造运动的成藏作用无疑对该区油气勘探意义十分重大。目前研究新构造运动对油气的成藏作用多注重在断裂输

导、运移动力和晚期成藏等方面, 涉及的区域多在海上、流体多为天然气(华保钦, 1995; 龚再升, 2001; 邓运华, 2001; 宋岩, 2003), 而新构造运动的成藏作用尚缺乏全面、系统的研究, 尤其是在济阳坳陷。

1 济阳坳陷应力场演化和新构造运动

1.1 应力场演化

盆地应力场研究已经成为石油地质学家关注的焦点之一, 因为应力的作用一方面可导致岩石固体颗粒发生质点位移外, 即断裂或褶皱; 另一方面, 储集在地质体中的流体也在质点发生位移过程中发生迁移变化, 由高势区向低势区运移。所以, 应力场研究, 特别是新近纪以来的古应力场研究对于描述孔隙流体的运动变化规律、油气运移和聚集成藏的动力过程具有重要意义。

收稿日期: 2006-10-18; 修回日期: 2006-12-12

基金项目: 中国石油化工股份有限公司项目“济阳坳陷隐蔽油气藏成藏动力学研究及预测”(P03038)

作者简介: 卓勤功(1969-), 男, 汉族, 高级工程师, 中国石油大学(华东)在读博士, 现从事油气勘探及成藏研究。

通讯地址: 257015, 山东东营, 胜利油田地质科学研究院勘探综合室。电话: 0546-8715741; E-mail: zhaba@stof.com

以东营凹陷为例,由晶格位错密度测量和光弹实验得出了古近纪、新近纪沙三、沙二、沙一、东营、和馆陶组五个层面不同时代的古应力场^①。结果表明,东营凹陷应力场从沙三段沉积时期至今约50Ma时间内,应力场类型主要为具走滑性质(右旋剪切)的伸展应力场,盆地的最大水平主应力方向发生较大变化,沙三期古应力场最大水平主应力方向以NNW330°为主,沙二沉积时,最大水平主应力

的方向顺时针旋转了10°左右,其应力值较沙三期有所减小,但基本继承了沙三期的特点。沙一期古应力场最大水平主应力方向继续沿顺时针方向旋转,以近南北向为主,局部为北西向,为应力场转化的过渡时期。东营组沉积末期,最大水平主应力方向旋转至北东15°为主,馆陶组沉积末期最大水平主应力方向继续向北东方向旋转至北东20°左右(图1)。

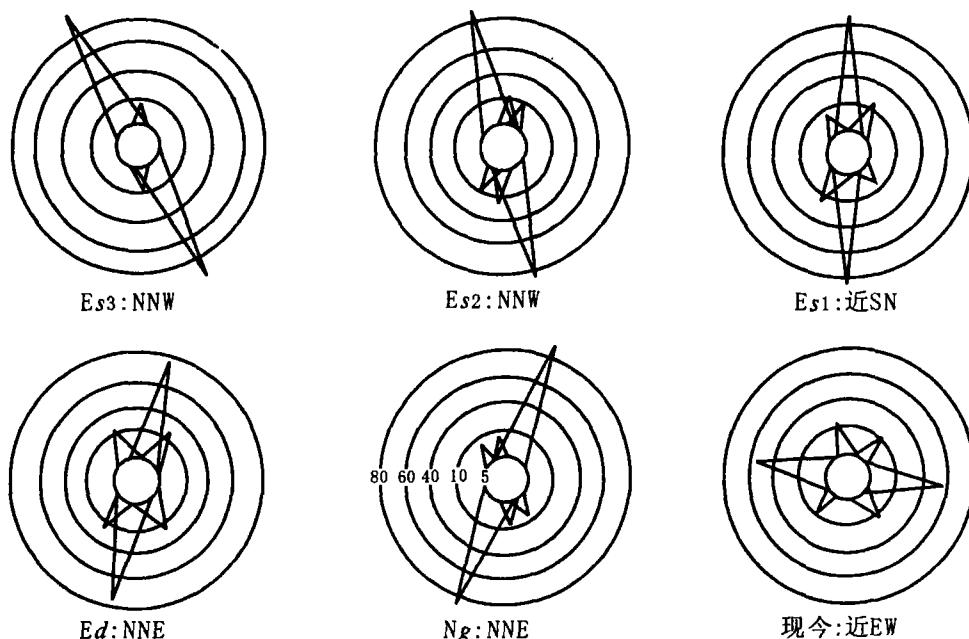


图1 东营凹陷馆陶组、东营组、沙一段、沙二段和沙三段最大水平主应力方向玫瑰图

Fig. 1 Rose map of the maximal principle horizontal stress of Es_3 , Es_2 , Es_1 , Ed , Ng and current field of stress in Dongying sag

用井壁崩落法研究表明,济阳坳陷现今最大水平主应力方向以近东西向为主,在济阳坳陷向西南收敛部位,最大水平主应力方向以北东80°为主。

综上所述,东营凹陷乃至济阳坳陷在新近纪、古近纪最大水平主应力方向由沙三期的NNW逐渐演化为沙一期的近SN向。馆陶期末的NE向、现今的近EW向,沿顺时针方向旋转了120°左右。因此,新近纪以来,济阳坳陷基本处于具走滑性质(右旋剪切),其最大水平主应力方向为北北东—北东东向的伸展应力场,主要是由于郯庐断裂带转为近东西向挤压,并伴有小幅度的右行平移的结果。

1.2 新构造运动

新近纪以来,在北北东—北东东向挤压应力作用下,北东东向断层活动最强,北北东向断层次之,北西向断层活动微弱。但由于压扭应力较弱,除发育张性或张扭性断层外,并没有形成北北西或近南北向的压性构造,此时,断层的活动性均减弱,馆陶组底落差一般小于100 m,且越往上落差越小,南部一般至馆陶组上部消失,北部可至明化镇组上部消失,消失深度大致为700~800 m。因此,说明此时断裂依然活动,火山活动和地震也是有力的证据。

新构造运动除引起断裂活动外,尚形成一批新

^① 段智斌,曹忠祥,程本合,等.济阳坳陷第三系古应力测定及应力场分析.1995.

近系披覆背斜, 如孤岛、孤东、埕岛、埕东等披覆背斜, 林樊家大型披覆背斜也最终形成。断裂活动还形成大量逆牵引构造、断鼻及断块构造, 而且早期形成的不同类型的圈闭亦在该时期最终定型。

2 新构造运动的成藏效应

新构造运动在构造上主要表现为断裂(以复活性大断裂最重要)和背斜构造。它们在济阳坳陷油气成藏过程中起着关键性作用, 特别是断裂和裂缝, 它诱发和推动油气的排、运, 提高烃源岩的排烃效率和排烃动力, 输导或封堵油气, 并决定油气运、聚的方向和方式。笔者将新构造运动在油气成藏过程中所起的作用总称为成藏效应。

2.1 提高烃源岩排烃效率

基础石油地质学理论中关于烃源岩排烃是建立在烃源岩与储集层互层的基础上。通过对砂泥岩剖面的详细观测发现了一系列反映运移现象的有机组分分异规律。Tissot 等观测到阿尔及利亚泥盆系靠近储集层的烃源岩可抽提的沥青逐渐减少, 且残余沥青中高分子量杂原子化合物逐渐增多, 其排烃模式为: 烃源岩中的油气进入与之接触的储层中, 然后进行二次运移。Vandenbroucke 研究巴黎盆地, Leythaeuser 等研究挪威油田, 陈军红等研究泌阳盆地, 张方吼等研究东营凹陷, 均得到同样的认识。

国内外大中型油气藏的主力烃源岩, 与主力储集层的中间隔层多数既不是好的烃源岩, 也不是好的储集层。优质烃源岩的沉积环境是比较稳定的环境, 水比较深, 如济阳坳陷沙四上亚段和沙三中下亚段油页岩、暗色泥岩, 其与河流相、三角洲相等储集层之间除了不整合面突变外, 多是渐变的。这就意味着油气要沿着某些通道, 如断裂才能向上运移。蒂索的模式有一定的局限性, 因此, 断裂系统在油气藏的形成过程中起着非常重要的作用, 断裂系统是油气二次运移的主要通道, 这已是不争的事实, 前人对济阳坳陷断裂系统输导油气二次运聚成藏的研究已相当深入(董波, 2004; 姜素华等, 2004; 卓勤功等, 2005)。

新构造运动引发已有断裂复活, 并产生新的断裂和裂缝, 很大地改善了烃源岩的排烃条件, 诱发油气排出, 从排烃通道、排烃相态、排烃动力和排

烃方式方面提高了烃源岩的排烃效率。

烃源岩排烃可划分为两个主要阶段, 即压实排烃和微裂缝排烃(王平, 1993)。其中, 压实排烃阶段烃源岩埋藏较浅, 孔隙度和渗透率较高, 其孔隙流体在压实作用的影响下顺利排出, 主要受重力应力的影响, 构造应力对松软的烃源岩层影响很小, 可以不加考虑; 关于岩石破裂形成微裂缝的条件以及微裂缝排烃, 国内外很多学者都作了论述, 并建立排烃模型(Rouchet, 1981; 郝石生等, 1994; 余雄鹰等, 1996; Mark J Osborne 等, 1997), 微裂缝排烃阶段烃源岩处于埋藏较深、孔隙度和渗透率很小的成岩阶段, 岩石的可压缩性很小, 流体排出受阻, 压实作用对流体的排出不起主要作用。该阶段因多种因素综合作用产生了孔隙流体异常压力, 在异常高压和外部应力的作用下烃类通过微裂缝排出, 应力对排烃的影响主要出现在这一阶段。

由烃源岩自然热演化剖面及烃源岩残余油饱和度推测烃源岩主要排烃门限在3 100m左右, 此深度对应于地层岩石紧密压实阶段, 地层流体压力为异常高压(图2)。由此表明, 济阳坳陷烃源岩排烃主要处于微裂缝排烃阶段。进一步由济阳坳陷岩石和薄片观察统计证明, 凹陷内已成熟烃源岩体确实存在大量裂缝和微裂缝, 而国内外含油气盆地中也已发现了大量泥质岩裂缝油气藏(Jean Du Rouchet, 1981; 赖生华等, 1998; 张金功等, 2002; 慕小水等, 2003)。济阳坳陷4个凹陷均有泥岩裂缝油气藏, 但以东营、沾化凹陷为主, 如义18井、永54井、新郭3井、罗42井等, 河54井测试日产原油可达91.3t, 单井累计产油达13 605t。油页岩层理缝是油气运移的通道已是不争的事实, 重要的是油页岩或泥岩存在高角度裂缝, 裂缝中充填方解石、石英或沥青脉体, 甚至存在原油, 由脉体原油和围岩有机质亲源性证明裂缝中原油确实来自围岩, 裂缝的确是烃源岩排出油气的通道。

新构造运动期是济阳坳陷形成裂缝的主要时期。因为济阳坳陷裂缝主要发育在沙三段烃源岩中, 而裂缝的发育程度一般都与岩石的埋深及脆性呈正相关关系(Wayne Narr 等, 1982)。新构造运动产生的断层和背斜又是控制裂缝发育的主要因素, 背斜的顶部和陡翼、洼陷的斜坡与平缓底部的过渡带及鼻状构造的倾伏端等地层产状急剧变化的部位,

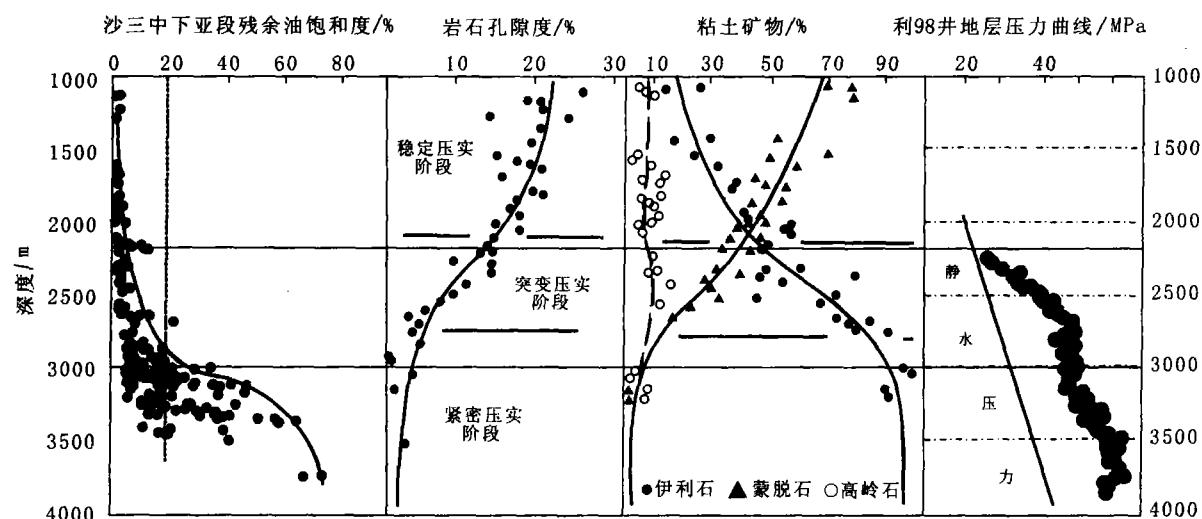


图2 东营凹陷成岩与成烃关系图

Fig. 2 Diagram showing expulsion stage of source rock in Dongying sag

岩石变形比较强烈，通常也是裂缝发育带；断层外凸区、转换带、断层的交汇处应力集中，也是裂缝发育的有利部位（Kinji Magara, 1981）。另外，异常高压区发生构造运动更有利于断裂系统的发育（John M. Hunt, 1990）。总之，源岩中断裂和大量裂缝的存在使孔隙、裂缝、断裂形成一个相互连通的裂缝网络，再配合有机质组成的干酪根有机网络，很大程度上改善了烃源岩的排烃条件。

源岩主要在岩石紧密压实阶段排烃，此时源岩中地层水已大量排出，而且粘土矿物也早已大量转化脱水，由此推论烃源岩排出的流体以油气为主。济阳坳陷泥岩裂缝油藏产出流体性质可进一步加以证实，裂缝油气藏储层中的原油以轻质油为主，伴有少量天然气，不含水或含水少^①。因为泥岩裂缝油气藏可看作是烃源岩裂缝排烃，并聚集后无断裂向外输导的产物。

新构造运动对烃源岩排烃的影响除产生排烃的通道（微裂缝）外，还可提供排烃的动力。油气运移是地下流体系统和固体系统相互作用的复杂过程，一般认为地层在构造应力作用下发生构造运动和岩石变形的同时，岩石中的孔隙体积必然产生变化，孔隙体积的变化又会使岩层内孔隙流体压力产生变化，导致岩层中孔隙流体产生压力梯度或势差，从而推动流体在岩层内流动，当遇到合适的构造部

位和应力环境时，油气聚集成藏。因此，应力驱动油气运移的作用原理是通过改变孔隙流体压力来实现的，所以说应力是驱动油气运移的间接动力，特别是成藏期中构造运动强烈活动时期。另一方面，裂缝扩容将造成瞬间相对负压（华保钦，1995），油气在高压力差驱动下混相涌流运移（王新洲等，1996；解习农等，1998）。

综上所述，烃源岩排烃不单是沿着相邻渗透层运移，而大多数是通过断裂系统在相对高的驱动力作用下以油气为主快速混相涌流，并不一定非满足烃源岩排烃临界饱和度才能排出，这可能是不同学者得出烃源岩排烃临界饱和度值相差较大的主要原因（1%~20%）。因此，烃源岩以断裂系统模式排烃大大提高了排烃效率，而且目前国内学者通过模拟等方法得到的烃源岩排烃效率确实很高（表1）。由于对烃源岩断裂系统排烃缺乏认识，济阳坳陷历次资源评价均根据传统的压实排烃观点，排烃效率一般采用21.8%~26.2%，平均为23.4%，由此可见，济阳坳陷油气资源潜力是巨大的。

2.2 影响油气运移取向、输导油气运移

油气脱离生烃灶中的生烃有机物质时，起初运移是分散的，无方向性的。随着烃源岩中大量烃类的生成，初次运移中油气沿源岩层理面和微裂缝汇聚、排出，凹陷内源岩层理面在水平方向上是无方

^①李琦·泥岩裂缝油气藏地质模型与成因机制研究·博士后研究报告，2001。

向性的, 因此, 油气初次运移主要受源岩中微裂缝的控制。

表 1 烃源岩排烃效率

Tab. 1 Expulsion efficiency of the source rock

| 地区 | 层位 | 排烃效率 |
|-----------|-----------|---------|
| 国 | 外 | 60%~90% |
| 黄骅坳陷(卢双航) | E_{k_2} | 92.4% |
| | E_{s_1} | 70.1% |

如前所述, 应力对油气初次运移方向的影响是通过促使微裂缝的生成和改变孔隙流体压力来实现, 当应力组合和烃源岩孔隙流体压力符合岩石破裂条件时, 微裂缝开启, 含烃流体从微裂缝排出, 排出的方向为微裂缝的延伸方向, 即平行于最大主压应力方向。随着流体的排出, 孔隙流体压力减小, 微裂缝迅速闭合, 完成一个排烃周期。随着生烃的继续及其他因素的影响, 微裂缝排烃过程会持续反复

进行。因此, 油气运移的方向受成藏期应力场、输导体系综合作用的控制。应力场控制着盆地内断裂及裂缝系统的展布和演化, 即控制油气运移主要输导体系的展布及其有效性。同时, 油气又总是由高势区向低势区沿最省功的方向运移, 平面上油气运移的方向基本平行最大水平主应力值的梯度方向; 部分油气运移方向不平行主应力值的梯度方向, 说明在实际的油气运移过程中, 油气运移除受应力场因素控制外, 还受其他作用的控制, 如输导体系等, 是多种因素综合作用的结果。

新近纪以来, 对应着油气的成藏期, 济阳坳陷主要处于伸展构造应力作用下, 古应力场中最大水平主应力为北东向, 生成的微裂缝是垂直伸展方向的直裂缝, 断层和微裂缝展布方向也主要为北东向。因此, 油气初次运移的方向主要为北东向。

以东营凹陷为例, 已发现的大中型油藏多分布在生油洼陷的北东和南西两端, 并与北东向断层相伴呈北东向展布, 尤其是构造和岩性油藏(图3)。

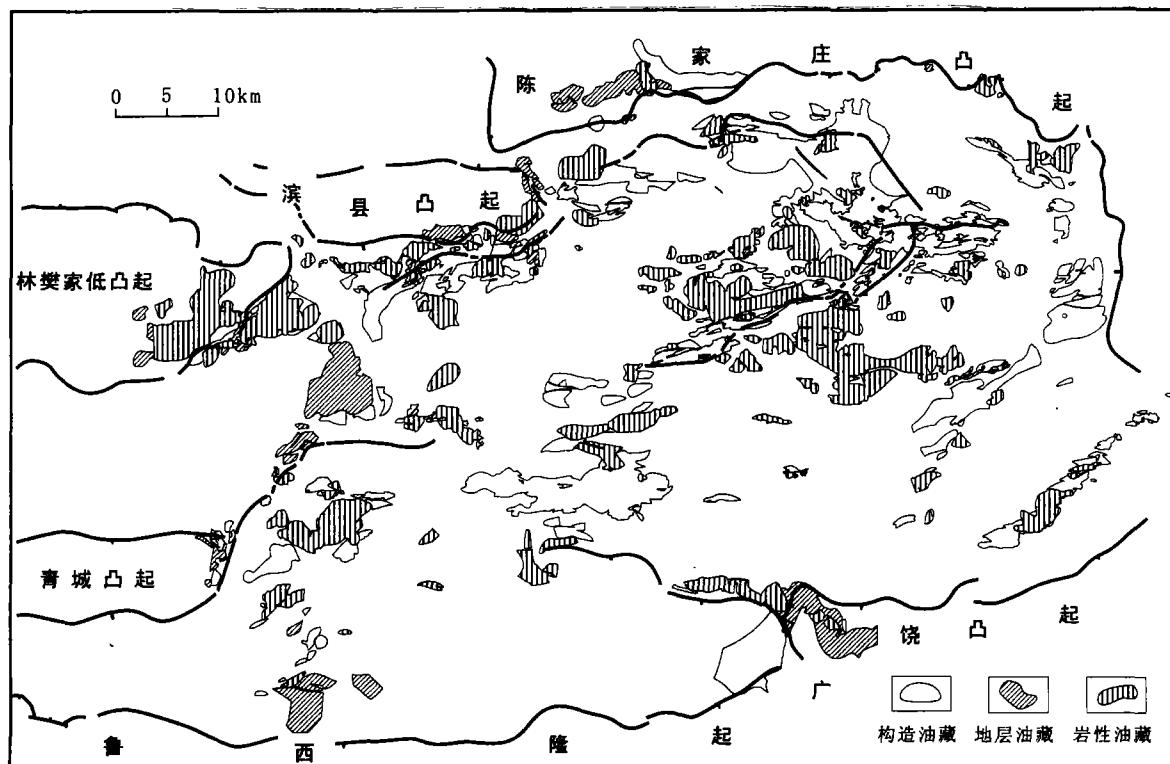


图3 东营凹陷已发现油藏分布图 (据姜秀芳, 2004)

Fig. 3 Distribution of proved reservoirs in Dongying sag

随着济阳坳陷隐蔽油气藏勘探逐渐深入，洼陷带内发现了一批砂岩透镜体油气藏。油源对比表明，其中相当多油气藏的源岩与储层之间存在巨厚的泥岩隔层，而且三维地震剖面上看不出任何断层的存在。如块74、块143、牛34-C等砂体位于沙三中亚段，而原油大都来自下部的沙四上亚段烃源岩。由此推论油气是通过小的断层或裂缝向上运移的，只

是这些小的断层或裂缝目前地震资料尚无法识别，其控制因素主要为构造应力和地层流体异常压力。

至于断层输导油气迁移或封挡油气成藏，前人的研究已很多，而且也很深入，在此不再重复。

2.3 决定油气幕式成藏方式

新构造运动幕式活动决定了断裂系统是幕式活动的(图4)，断层分层活动性研究证明了这一点，从

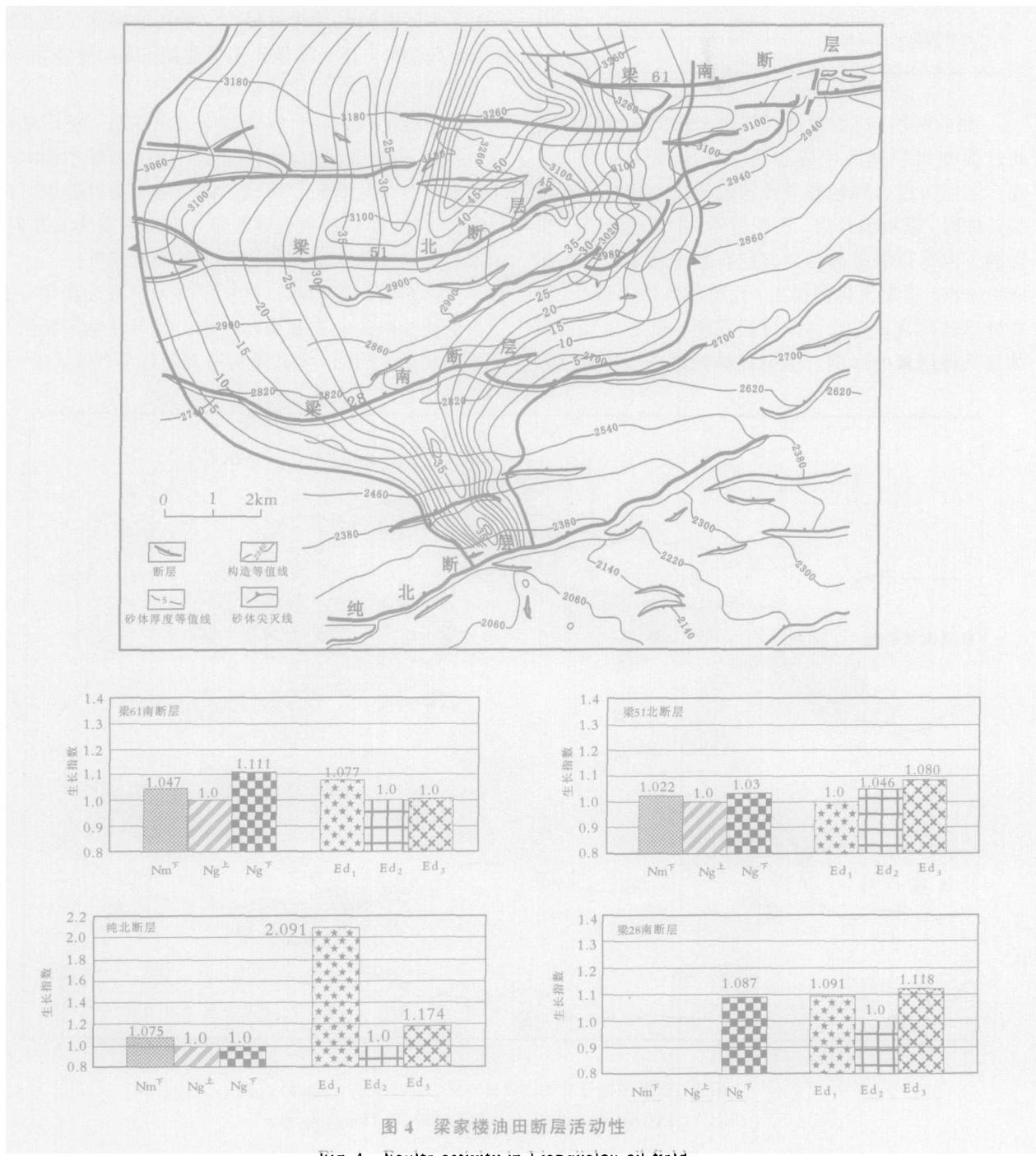


Fig. 4 Faults activity in Liangjialou oil field

而也决定了油气成藏以幕式为主。下面从源岩幕次排烃、输导层油气多期运移和圈闭油气充注期与断层活动期匹配三方面论述。

源岩裂缝充填脉体的荧光薄片观察发现：由裂缝边缘至中心，依次充填方解石、石英和隐晶石英，而且各自伴随着一期油气荧光显示，从而表明源岩中大规模的油气排出具有幕次性，这与盆地构造平稳定的烃源持续生烃、构造活动期源岩排烃相一致。

Simon C. George 等研究了澳大利亚北部近海法尔坎亚盆地的油气运移通道（Simon C. George 等，2004），综合岩相学分析、包裹体 GOI 分析和测井资料，确定研究样品取自油运移通道，目前没有油气聚集，但样品中存在较少量的油包裹体，群体包裹体地球化学分析揭示有机成分中存在两种矛盾现象，一是降解与未降解地化指标共存；二是饱和烃和芳烃成熟度参数结论不符。从而说明此处至少发生了两期不同性质的油气运移。

根据东营凹陷梁家楼油田油气包裹体均一化温度结合源岩埋藏史研究，得出油气成藏为 3 期幕式充注成藏（宗国洪等，2002），即东营末期、馆陶期和明化镇期。与之对应，该区 4 条主要断层自古近纪末以来也发生了 3 期活动，即东营末期、馆陶早期和明化镇早期（图 4），特别是北部的油源断层（梁 61 南断层和梁 51 北断层）。由此可见，新构造运动阶段大规模构造运动对应着油气主成藏期。另外，由北向南，自古近纪末以来，4 条断层的活动性依次减弱，至馆陶组上亚段沉积时期，南部的梁 28 南断层和纯北断层停止活动或活动微弱，因而，此时沙三段中下亚段烃源岩生成的油气没有穿过梁 28 南断层进入南部的纯 56 和纯 47 断块（卓勤功等，2005）。

2.4 形成大中型构造油气藏

新构造运动除引起断裂活动外，还形成了一批大型的新近系披覆背斜圈闭，以及大量面积较大、幅度较小的逆索引、断鼻和断块等构造圈闭，如孤岛、孤东、埕岛、埕东等披覆背斜，且早期形成的不同类型的圈闭亦在该时期最终定型。

新构造运动产生的断裂、裂缝组成的输导体系沟通了新近系大型披覆背斜圈闭和古近系丰富的油源，形成了如孤岛、埕东等大中型油气田。

3 结论

(1) 新构造运动引起大断裂带，特别是油源断裂多期幕式活动，并形成新的断裂及裂缝，诱发烃源岩以断裂系统模式排烃，从而提高了烃源岩的排烃效率。

(2) 新构造运动的构造应力以及由此产生的断裂系统影响油气运移取向，控制主要油气藏呈北东—南西向展布。

(3) 新构造运动产生的断裂系统输导，并汇聚油气运移，洼陷内小断裂和微裂缝等隐蔽输导体系可输导油气形成砂岩透镜体岩性油气藏，为隐蔽油气藏勘探开辟新的思路。

(4) 新构造运动幕式活动控制油气幕式充注成藏，揭示油气成藏机理。

(5) 新构造运动形成了一批大型的新近系披覆背斜圈闭，以及大量面积较大、幅度较小的逆索引、断鼻和断块等构造圈闭，结合多种输导体系以及丰富的油源，形成了如孤岛、埕东等大中型油气田。

参考文献：

- 宗国洪，肖焕钦，李常宝，等. 济阳坳陷构造演化及大地构造意义 [J]. 高校地质学报，1999，5 (3): 37-44.
- 宗国洪，卓勤功，郝雪峰，等. 利用有机包裹体恢复油藏油气充注史及应用实例 [J]. 油气地质与采收率，2002，9 (3): 11-13.
- 张善文，王永诗，石砾石. 网毯式油气成藏体系——以济阳坳陷新近系为例 [J]. 石油勘探与开发，2003，30 (1): 1-10.
- 刘宗林. 车镇凹陷油气成藏动力学系统 [J]. 西北地质，2004，37 (4): 24-28.
- 华保钦. 构造应力场、地震泵和油气运移 [J]. 沉积学报，1995，13 (2): 77-85.
- 龚再升，王国纯. 渤海新构造运动控制晚期油气成藏 [J]. 石油学报，2001，22 (2): 1-7.
- 邓运华. 郊庐断裂带新构造运动对渤海东部油气聚集的控制作用 [J]. 中国海上油气(地质)，2001，15 (5): 301-305.
- 宋岩，王双喜. 新构造运动对天然气晚期成藏的控制作用 [J]. 天然气地球科学，2003，14 (2): 103-106.
- 董波. 构造作用与济阳坳陷上第三系油气成藏 [J]. 油气地质与采收率，2004，11 (3): 28-33.
- 姜素华，姜雨，覃忠校. 复杂断块油田弧形断层对油气的聚集作用——以东辛油田东营组油藏为例 [J]. 西北地质，2004，37 (4): 29-34.
- 姜素华，李涛，姜雨. 次生断层对飞雁滩地区馆陶组石油运

- 移和聚集影响的模拟实验研究 [J]. 西北地质, 2001, 37 (4): 98-103.
- 卓勤功, 宁方兴, 荣娜. 断陷盆地输导体系类型及控藏机制 [J]. 地质论评, 2005, 51 (4): 416-422.
- 王平. 含油气盆地构造力学原理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- 郝石生, 柳广弟, 黄志龙, 等. 油气初次运移的模拟模型 [J]. 石油学报, 1994, 15 (2): 21-31.
- 余雄鹰, 王越之, 李自俊. 声波法计算水平主地应力值 [J]. 石油学报, 1996, 17 (3): 59-63.
- 赖生华, 刘文碧, 李德发, 等. 泥质岩裂缝油藏特征及控制裂缝发育的因素 [J]. 矿物岩石, 1998, 18 (2): 47-51.
- 张金功, 袁政文. 泥质岩裂缝油气藏的成藏条件及资源潜力 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23 (4): 336-338.
- 慕小水, 苑晓荣, 贾贻芳, 等. 东濮凹陷泥岩裂缝油气藏形成条件及分布特点 [J]. 断块油气田, 2003, 10 (1): 12-14.
- 王新洲, 宋一涛, 王学军. 石油成因与物理模拟 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1996.
- 解习农, 刘晓峰, 胡祥云, 等. 超压盆地中泥岩的流体压裂与幕式排烃作用 [J]. 地质科技情报, 1998, 17 (4): 59-64.
- hydrocarbon accumulation in Bohai sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22 (2): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- Deng Yunhua. Tancheng-Lujiang fracture zone Neotectonism eastern Bohai sea hydrocarbon accumulation [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2001, 15 (5): 301-305 (in Chinese with English abstract).
- Song Yan, Wang Shuangxi. Modern structure movement Himalaya movement natural gas Late accumulation [J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14 (2): 103-106 (in Chinese with English abstract).
- Dong Buo. Oil-gas migration Neogene faults oil-gas reservoir forming Jiyang Depression Bohai Bay basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2004, 11 (3): 28-33 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Suhua, Jiang Yu, Qing Zhongxiao. Dongxin oil field arcuate fault complex block oil field petroleum accumulation [J]. Northwestern Geology, 2004, 37 (4): 29-34 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Suhua, Li Tao, Jiang Yu. Subfault injection amount hydrocarbon migration and accumulation Feiyantan area [J]. Northwestern Geology, 2004, 37 (4): 98-103 (in Chinese with English abstract).
- Zhuo Qingong, Ning Fangxing, Rong Na. Types of passage systems and reservoir-controlling mechanisms in rift basins [J]. Geological Review, 2005, 51 (4): 416-422 (in Chinese with English abstract).
- Wang Ping. Principle of structure mechanics in petrolierous basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993 (in Chinese with English abstract).
- Hao Shisheng, Liu Guangdi, Huang Zhilong, et al. Simulation models for primary hydrocarbon migration [J]. Acta Petrolei Sinica, 1994, 15 (2): 21-31 (in Chinese with English abstract).
- Yu Xiongying, Wang Yuezhi, Li Zijun. Calculation of horizontal principal in-situ stress with acoustic wave method [J]. Acta Petrolei Sinica, 1996, 17 (3): 59-63. (in Chinese with English abstract).
- Mark J Osborne, Swarbrick R E. Mechanisms for Generating overpressure in sedimentary basins: A reevaluation [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81 (6): 1023-1041.
- Jean Du Rouchet. Stress fields, a key to oil migration [J]. AAPG Bulletin, 1981, 65 (1): 74-85.
- Lai Shenghua, Liu Wenbi, Li Defa, et al. Characters of pelite-fractured reservoir and factors of controlling fractured development [J]. Mineral Petrol, 1998, 18 (2): 47-51 (in Chinese with English abstract).

References :

- Zong Guohong, Xiao Huanqin, Li Changbao, et al. Tectonic evolution and significance in Jiyang depression [J]. Geological Journal of China Universities, 1999, 5 (3): 37-44 (in Chinese with English abstract).
- Zong Guohong, Zhuo Qingong, Hao Xuefeng, et al. Application of organic inclusion in recovering oil-gas injection history of oil reservoirs and its examples [J]. PGRE, 2002, 9 (3): 49-51 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Shanwen, Wang Yongshi, Shi Dishi, et al. Mesh work-carpet type oil and gas pool-forming system-Taking Neogene of Jiyang depression as an example [J]. Petroleum exploration and development, 2003, 30 (1): 1-10 (in Chinese with English abstract).
- Liu Zhonglin. Chezhen Sag geologic elements of hydrocarbon accumulation dynamic systems for pool formation key controlling factor of petroleum accumulation [J]. Northwestern Geology, 2004, 37 (4): 24-28 (in Chinese with English abstract).
- Hua Baoqin. Stress field, seismic pumping and oil-gas migration [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13 (2): 77-85 (in Chinese with English abstract).
- Gong Zaisheng, Wang Guochun. Neotectonism and late

- Zhang Jingong, Yuan Zhengwen. Formation and potential of fractured mudstone reservoirs [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23 (4): 336-338 (in Chinese with English abstract).
- Mu Xiaoshui, Yuan Xiaorong, Jia Yifang, et al. The formation conditions and the distribution characteristics of the oil pools in the fractures of the shales in Dongpu depression [J]. Fault-block Oil & Gas field, 2003, 10(1): 12-14 (in Chinese with English abstract).
- Wayne Narr, John B. Currie. Origin of fracture porosity-example from Altamont field, Utah [J]. AAPG Bulletin, 1982, 66 (9): 239-247.
- Kinji Magara. Mechanisms of natural fracturing in a sedimentary basin [J]. AAPG Bulletin, 1981, 65 (1): 123-132.
- John M. Hunt. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74 (1): 1-12.
- Wang Xinzhou, Song Yitao, Wang Xuejun. Petroleum origin and physical simulation [M]. Dongying: University of Petroleum Press, 1996 (in Chinese with English abstract).
- Xie Xinong, Liu Xiaofeng, Hu Xiangyun, et al. Hydrofracturing and associated episodic hydrocarbon-expulsion of mudstones in over-pressured basin [J]. Geological Science and Technology Information, 1998, 17(4): 59-64. (in Chinese with English abstract).
- Simon C. George, Manzur Ahmed, Keyu Liu, et al. The analysis of oil trapped during secondary migration [J]. Organic Geochemistry, 2004, 35: 1489-1511.

Oil Pool-Forming Effects of Neotectonic Movement in Jiyang Depression

ZHUO Qin-gong^{1,2}, JIANG You-lu¹, XIE Yu-bao²

(1. Faculty of Earth Resource and Message, University of Petroleum, Dongying 257061, China;
 2. Geological Scientific Research Institute, SLOF, Dongying 257015, China)

Abstract: Neotectonic movement in the Jiyang depression mainly formed faults and anticlines, especially, the large revived faults and its fractures. These structures play a important role in the processes of oil and gas accumulation. Neotectonic movement induces and drives oil and gas out from hydrocarbon source rocks in form of faults system, which improves efficiency and power of expulsion and influencs orientation of oil and gas migration and controls north-east extension of main pools; conducts and envelops oil and gas, small faults and microcracks conduct oil and gas, form pool of sandstone lens in sub-depression; Neotectonic movement controls hydrocarbon to cyclic accumulate; multi-conductive systems linked large upper Tertiary drape anticlines and prolific source rocks and formed large and medium size fields like Gudao and Chengdong and so on. In this paper, above-described effects derived from Neotectonic movement in the processes of reservoir-forming is called oil pool-forming effect whose study can reevaluate petroleum resources of basin, and reveal mechanism, pattern and law of oil pool-forming.

Key words: Neotectonic movement; tectonic stress field; fault system; oil pool-forming effect; Jiyang depression