

惠民凹陷临南地区断层活动特征及控油作用

赵密福 刘泽容 信荃麟 李亚辉

石油大学(华东)

前 言

断层生长指数^[1] (growth index)概念自1963年提出以来,在国内外生长断层的研究中得到了较为广泛的应用,被许多文献(Chapman R E, 1983; 朱世新等, 1987)引用,普遍认为是研究生长断层的有效手段。然而,应用断层生长指数研究断层活动强度存在两个问题:首先,某一地层单元遭受剥蚀后的断层生长指数与未剥蚀的原始生长指数不同,它不能反映断层发育时的活动强度;其次,即使在连续沉积的剖面中,计算断层生长指数时常不考虑沉积速率的影响,因此得出的结论也常与实际不符。

惠民凹陷南坡的临南地区早第三纪断裂活动十分强烈,区内断层(以正断层为主)很发育。较准确地分析该区断层活动的时间和强度对油气勘探有重要意义。本文采用断层活动速率方法研究该区断层活动与油气分布的关系,不受地层剥蚀量和沉积速率的影响,取得了较好的效果。

有关断层活动速率的讨论

断层活动速率可以用断层活动强度(数值上等于某时期内断层落差与相应时间的比值^[1])来表征。

1 断层活动速率及沉积速率与生长指数的关系

要求得断层活动速率,需知断层的落差及其所经历的时间,而断层生长指数只需量得断层上、下盘的厚度。从形式上看,求取断层生长指数比求取断层活动速率更为简便。断层下降盘与上升盘同时代地层的厚度不同是生长断层的最显著特征,也是提出断层生长指数的基础,其原因是生长断层的活动导致两盘的沉积速率不同。对于上升盘而言,其沉积速率应当是仅受盆地沉积因素控制的沉积速率;而对下降盘而言,其沉积速率应为受盆地沉积因素控制的沉积速率和断层活动而使其下降的速率(即断层活动速率)的叠加^[2]。根据断层生长指数的定义,显然应有

$$G_i = \frac{(v_s + v_f)t}{v_s t} = 1 + \frac{v_f}{v_s} \quad (1)$$

式中 G_i ——断层生长指数; v_s ——盆地沉积因素控制的沉积速率, m/Ma; v_f ——断层活动速率, m/Ma; t ——时间, Ma。

可见断层生长指数不仅与断层活动速率呈正比关系,还与沉积速率呈反比关系。由(1)式可知,当 v_s 不同时, G_i 相同而 v_f 可能不同;而 v_f 相同时, G_i 又可以不同;当 G_i 很大但 v_s 很小时 v_f 很小,而当 G_i 很小但 v_s 很大时 v_f 则很大。用生长指数判定生长断层活动性的前提条件是各地层单元沉积速率相等,只有在此条件下,才能直接用生长指数判断断层在不同时代活动的相对强弱。然而各时代地层单元沉积速率的大小主要取决于盆地的沉降速率和沉积物充填补偿的程度,而这两个因素又主要依赖于盆地的动力学环境和沉积环境,所以沉积速率相同的条件很难满足,事实上盆地内不同时代地层单元的沉积速率一般是不同的。可见各地质时代的断层生长指数之间没有可比性,不能用于对比断层在各时代活动的相对强弱。

2 断层活动速率与地层剥蚀的关系

大量资料表明,临南洼陷东营组顶面(T_1 地震标志层)为一区域性不整合面,东营组普遍遭受剥蚀,其它地层在临南斜坡也遭受过不同程度的剥蚀。目前并不清楚不同层位在不同地区的剥蚀量,因此根据地层残余厚度而计算的断层生长指数并不能反映当时断层活动的强弱。若未被剥蚀时断层的原始生长指数为

$$G_0 = a/b$$

则被剥蚀后的生长指数为

$$G = (a - x)/(b - x) \quad (2)$$

式中 G_0 ——原始生长指数; G ——生长指数; a ——未被剥蚀时下降盘某地层厚度, m; b ——未被剥蚀时上升盘同层位地层厚度, m; x ——剥蚀量, m。

从(2)式可知,地层剥蚀量越大,断层生长指数越大,因此在有剥蚀的情况下,用生长指数无法确定断层

活动的相对强弱。断层活动速率则不受地层剥蚀的影响,只要上升盘地层不被完全剥蚀掉,即(2)式中的 x 小于 b ,剥蚀后的落差(ΔH)与剥蚀量无关,仍然是

$$\Delta H = (a - x) - (b - x) = a - b$$

因此,计算出的断层活动速率依然可以反映原始断层的活动速率。

临南地区断层活动规律

临南地区断层属于鲁西南断裂体系,断层规模大小不一,对控制区内的构造形成演化和油气运聚所起的作用也不一样。总体来说,近东西向和北东东向的二级、三级断层数量较少,属于走向断层,即平行于构造延伸方向,向下多断至沙三段烃源岩,向上可断至东

营组、馆陶组,甚至明化镇组,是连接烃源岩和储集层的油源断层,控制生油区和圈闭、油气聚集带的形成和分布;四级断层多,但被更高级别的断层所约束,展布方向规律性差,是主断层在不同时期活动而伴生的产物,控制油气藏的类型和分布位置。

本区二级、三级断层对断块油藏的形成有重要影响,为了正确认识它们的活动规律,作者计算了临南洼陷不同地区数十条断层的活动速率和生长指数。对两种方法得出的结果(见表1)进行比较分析,关键差异在于:断层生长指数计算结果反映的断层活动规律是单调减弱的过程,沙一段沉积期的断层活动强于东营组沉积期;断层活动速率计算结果反映的断层活动强度虽总体呈递减趋势,但东营组沉积期的断层活动强于沙一段沉积期。究竟哪种结果更符合研究区的实际地质情况,下面结合具体情况分析。

表1 临南洼陷平均断层活动速率和平均断层生长指数对比表

断层级别	断层条数	平均断层活动速率(m/Ma)						平均断层生长指数					
		Es ₃	Es ₂	Es ₁	Ed	Ng	Nm+Q	Es ₃	Es ₂	Es ₁	Ed	Ng	Nm+Q
二级	2	78.1	46.5	11.4	31.0	3.6	7.2	3.8	1.65	1.6	1.48	1.28	1.06
三级	3	43.1	30.4	9.6	19.5	2.7	3.1	1.47	1.45	1.3	1.11	1.06	1.03
四级	25	10.3	7.8	5.4	7.4	0.8	1.1	1.19	1.18	1.13	1.08	1.07	1.02

1 东营组沉积期构造沉降曲线斜率最大

构造沉降曲线的变化应当与断层活动密切相关,构造沉降曲线斜率大的时期断层的活动强度应当较大,反之活动强度则较小。由图1可见,虽然沙三段、沙二段沉积期是惠民凹陷的主要断陷期,但东营组沉积期构造沉降曲线斜率是最大的,这佐证了该时期断层活动强度大于沙一段沉积期。

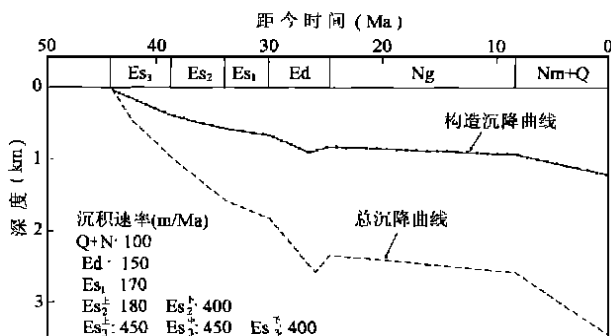


图1 临南洼陷第三系沉积速率及夏323井沉降史曲线

2 沙一段沉积期为火山活动平静期

区域地质和地球物理资料表明,济阳运动II幕发生前的沙二段沉积期是惠民凹陷火山活动最强烈的时

期,形成多种类型和产状的火山岩;而济阳运动II幕发生之后的沙一段沉积期为强烈火山活动之后的第一个火山活动平静期。东营运动之前的东营组沉积期是火山活动第二个强烈活动期;此后的馆陶组沉积期火山活动再次减弱,而且比第一个火山活动平静期更弱。火山活动强烈期多与区域构造活动期一致,也与断层强烈活动期一致。因此从火山活动的特征分析,东营组沉积期断层的活动强度应大于沙一段沉积期。

3 沙一段是构造平静期受气候控制发育的沉积体系

沙一段发育多种类型的滨浅湖相碳酸盐岩(鲕状灰岩、生物灰岩、藻灰岩、灰岩、白云岩、泥灰岩等)及半深湖相暗色泥岩、油页岩,反映地质背景是构造沉降减弱、水体面积进一步扩大、物源供给减少的构造平静期,其沉积体系是受温暖潮湿为主的气候控制而形成的。

以上3点证据表明,由断层生长指数得出的结论与实际不符,而由断层活动速率研究得到的结果更可信。临南洼陷断层在不同时期不仅落差不同,而且活动强度的变化过程也都各不相同。总体来说,沙三段、东营组沉积期为两个断层强烈活动期。

断层活动对油气运聚作用的控制

根据油气运移聚集规律,惠民凹陷的凹中隆地区和边缘斜坡带应是油气运移的优势方向。在洼陷边缘断裂发育地区,油气由层间运移转为向层外运移,运移的通道有断层、不整合面等。它们都与构造运动有关,特别是那些规模大、长期活动的生长断层,如夏口断裂带,对油气的运移与聚集起着重要的控制作用。由于研究区的烃源岩在东营组沉积末期开始排烃,而明化镇组沉积期至现今是主要的油气运移期,因此在油气运移期的断裂活动强度和方式大大制约了油气的分布。在油气大规模运移期仍然强烈活动的断层在纵向上常具开启性,对油气藏(特别是早期形成的油气藏)往往起破坏作用,使油气沿断裂自深层向浅层运移,在浅层适当的圈闭中聚集而形成次生油气藏^[3],断层活动强度越大,释放的能量也越大,越易造成油气的纵向运移。断层活动期后的一个短时期内,断层继续处于开启状况,这是由于断面一般都是曲率或大或小的曲面,在两盘相对位移后很难完全重合,某些部位存在裂隙;此后,如果断层两盘地层的时代较新、成岩较差,在压应力作用下裂隙会由于岩石蠕变而闭合。一旦断面闭合,断层即对油气主要起封闭作用,所以在油气聚集期已停止活动的断层,特别是停止活动时间较长的断层,多数情况下封闭性都较强。

本文研究区在东营组沉积末期断裂活动较强,断层封闭性相对较差,因此油气大量通过夏口断裂带向钱官屯、曲堤地垒方向运移,对这两个地区的成藏起着至关重要的作用。晚第三纪以来断裂活动强度总体减弱,同时地层埋藏深度逐渐加大,二级、三级断裂对油气主要起封堵作用,但其中明化镇组沉积期至现今活

动强度明显加大的断层,仍可作为油气纵向运移的通道,如曲10断块。因此,正确认识研究区不同地质时期断层的活动规律,对于认识油气纵向分布有重要意义。

结 论

1, 由于沉积速率因时因地而异,并且有的地区存在剥蚀,因此在实践中应用断层生长指数,既无法反映断层在不同时代活动的强度,也不能比较同一时代同一断层不同部位或不同断层的活动强度。

2, 本文对临南地区断层活动速率的研究所揭示的断层活动幕式性,与火山岩分布、构造沉降曲线的变化相吻合。因此,研究断层活动强度应结合这两个方面。

3, 钱官屯、曲堤地区的油气聚集时间较晚,与东营组沉积期二级断层活动强度大因而断层封闭性差有重要关系。结合原油产层的分布,推测这两个地区油气成藏应在馆陶组沉积以后。

参 考 文 献

- 1 Thorsen C E. Age of growth faulting in southeast Louisiana. Trans. Gulf-Coast. Ass. Geol. Socs., 1963, 13(2): 103~110.
- 2 钟宏平, 向凤典. 珠江口盆地断层活动强度与规律. 中国海上油气(地质), 1990, 4(4): 13~18.
- 3 刘泽容等(编). 断块群油气藏形成机制和构造模式. 北京: 石油工业出版社, 1998. 40~45.

第一作者简介 赵密福 男, 29岁, 博士研究生, 从事石油地质、构造地质研究工作。地址: 山东省东营市, 石油大学(华东)资源系油藏地质研究所, 邮政编码 257061。

收稿日期 2000-08-10

(编辑、绘图 王孝陵)

石油勘探与开发·中文摘要

第 27 卷 第 6 期 出版日期 2000 年 12 月 23 日

·地质勘探·

TE122.1 **20000601**
 埕岛油田勘探实践与认识[刊]/郑和荣,林会喜... // 石油勘探与开发. -2000, 27(6). -1~3, 8

埕岛油田位于山东省东营市以北的浅海海域,是具有 7 套含油层系、十余种油藏类型、4 种流体性质的大型复式油气聚集区。针对 3 套目的层系石油地质特征和海上勘探高投入、高风险的特点,采用不同三维地震储集层描述技术:采用测井约束反演技术描述馆陶组河道砂储集层;采用地层基准面原理和基准面旋回对比技术预测东营组和沙一段的水下扇体储集层分布;采用合成声波测井等技术完成全区太古界、下古生界的储集层横向描述和预测。1984 年至 1999 年,按选带、控层、逐层深入的思路进行勘探,探井部署中采用多参数、神经网络等储集层描述和油气检测技术,缩短了勘探开发进程,取得了较好的经济效益,每口井平均探明储量 560×10^4 t。图 3 参 2(王孝陵摘)

主题词 大油气田 复合油气田 油藏描述 勘探程序 经济效益 埕岛油田

TE112.322 **20000602**
 岩性油气藏形成的成藏指数[刊]/王宁,陈宝宁... // 石油勘探与开发. -2000, 27(6). -4~5, 8

岩性油气藏的形成是成藏动力(即剩余围岩压力)与成藏阻力共同作用的结果,只有在前者大于后者的条件被满足时才可能成藏。根据对东营凹陷岩性油气藏成藏条件的分析和大量测试数据统计结果,将压汞实验中进汞 50% 时所对应的排驱压力定义为等效排烃压力,用于定量评价油气初次运移进入岩性圈闭的阻力大小。等效排烃压力的大小主要与储集层的孔隙度和渗透率相关,根据东营凹陷 1282 块压汞测试样品的统计结果,得出根据孔隙度、渗透率计算等效排烃压力的相关公式。成藏指数是成藏动力与成藏阻力之比的无因次量,其值越大越利于砂体形成岩性油气藏,越小

越不利于成藏。给出应用等效排烃压力和成藏指数评价东营凹陷牛庄地区两个沙三中亚段砂岩透镜体岩性圈闭的实例。钻探结果证实,等效排烃压力和成藏指数是定量评价砂岩透镜体成藏条件的有效参数,对油气勘探具有指导意义。图 2 表 1 参 6(王孝陵摘)

主题词 油气勘探 岩性油气藏 形成 排烃动力 阻力 定量 东营凹陷

TE112.24 **P631** **20000603**
 惠民凹陷江家店地区隐蔽油藏储集层预测[刊]/宋维琪,仝兆歧... // 石油勘探与开发. -2000, 27(6). -6~8

隐蔽油藏(尤其是薄砂体中的隐蔽油藏)是目前我国东部油田滚动勘探开发的主要对象,但其岩性圈闭预测难度很大。在对惠民凹陷江家店地区沙三上亚段砂体的预测研究中,综合应用地质、测井和三维地震资料,利用测井约束反演地震资料识别砂体,主要依据三维地震连续性分析和瞬时相位分析预测砂体分布,依据振幅相位宽度和高度之比、相邻波峰波谷的比值及其平均振幅和波阻抗数值大小预测砂体厚度及泥质含量等性质。预测砂体取得了较好的效果,对江家店地区油田滚动勘探开发具有指导意义。图 3 参 5(王孝陵摘)

主题词 砂岩体 隐蔽油气藏 储集层描述 地震地层解释 滚动勘探开发 惠民凹陷

TE111.2 **20000604**
 惠民凹陷临南地区断层活动特征及控油作用[刊]/赵密福,刘泽容... // 石油勘探与开发. -2000, 27(6). -9~11

断层生长指数不仅与断层活动速率有关,而且还与沉积速率有关,在有严重剥蚀的情况下该指数被严重歪曲。断层活动速率在数值上等于某时期内断层落差与相应时间的比值。同时利用断层生长指数与断层活动速率两种研究手段,对惠民凹陷临南地区的断层活动强度进行研究,将结果与各地层单元的沉积速率

6-8. Subtle trap reservoirs (especially those in the thin sand bodies) are the main target of progressive exploration and development of petroleum in the eastern oil fields of China. For which it is very difficult to predict their lithological traps. In the prediction of sand bodies for Jiangjiadian area of Huimin sag, integrated geology, well logging, 3-D seismic data, and well-logging constrained seismic inversion are used for identifying these bodies, in which the continuity analysis of 3-D seismic data and phase analysis are used to predict the distribution of sand bodies, and the width over height ratio of amplitude and phase, the ratio of surrounding wave peak and wave trough and its average amplitude as well as wave impedance value are used to predict the thickness of sand body and the shaliness. This method is successfully used and will be spread widely. **Subject heading:** Sand body, Subtle reservoir, Reservoir description, Seismic interpretation, Rolling exploration and development, Huimin sag

Fault activity features and its control over oil of Linpan area in Huimin depression. ZHAO Mi-fu; et al. (University of Petroleum, Dongying 257062, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(6), 9-11. The growth index of a fault is related not only to its activity rate but also to the deposition rate, especially in seriously truncated area, the growth index is seriously distorted. But this situation has been neglected for a long time. Based on growth index and fault activity rate, the activity intensity of Linpan fault is studied, and it is so considered that the conclusion of latter is right. The speed of activity of a fault can be directly attained from the duration of sedimentation and reflects quantitatively the activity intensity of the fault, thus the terminology of the growth index of fault is practically meaningless. Fault activity was strong during Dongying time, and the buried depth of stratum is shallow, so fault sealing is worse, hydrocarbons migrated to Qianguantun and Qudi areas. This is important to hydrocarbon accumulation. Fault activity intensity was big during Minghuazhen time, which determined the vertical hydrocarbon distribution. **Subject heading:** Syngenetic fault, Geologic age, Feature, Control, Oil and gas migration, Linpan oil field, Fault growth index, Fault activity rate

The study of the oil and gas controlled by faults in Yong 8 Area. KONG Fan-qun; et al. (Dongxin Oil Production Company of Shengli Petroleum Administration, Shandong 257095, P. R.

China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(6), 12-13. Block Yong 8 is an area with high exploring risk. Although the exploring has succeeded in this area since 1998, the oil and gas distribution law is not very clear. By using the theory of fault sealing property, the author has studied the fault sealing properties of two group fault systems which intersect vertically each other in this area from the two respects of fault mechanics and the relationship of lithology juxtaposition. Although the two fault systems' fault sealing mechanisms are different, they have the good fault sealing properties identically. So the difference of oil and gas distribution in Block Yong 106 and the main Block Yong 8 lies on ability of the southern east-west striking fault in migrating oil. The oil migrating layer in Yong 106 fault-block's direction of downdip is offset by the fault, so the oil is poor in this fault-block. And the Yong 8 main fault-block has a smooth migrating layer in the direction of downdip so the oil is very rich in this fault-block. **Subject heading:** Fault, Control, Oil and gas migration, Dongying seg, Yong 8 Area

An application to the relationship of shale smear factor and fault sealing property of Dongying Formation, Dongxin oil field. ZHANG Yu; et al. (Dongxin Production Company, Shengli Petroleum Administration, Shandong 257095, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(6), 14-15. It is importance of fault gouge sealing oil and gas. There are many indexes to study the distributing condition of fault gouge. In this article, the author studied the Dongying Formation's fault sealing properties of Dongxin oil field by using the shale smear factor (SSF), the study results show that the fault sealing degree is most high when the SSF is about 2.0, and there exists a limit value which is about 4.3, and small SSF is the essential condition of fault sealing, but is not the all conditions of that. Because SSF can not describe the all geologic courses of fault gouge forming in the process of studying, we should consider other factors affecting the distribution of fault gouge so that the effects accord with the facts. **Subject heading:** Fault, Mechanics, Mechanism, Fault gouge, Syngenetic fault, Closed reservoir, Dongxin oil field, Shale smear factor

Characteristics of distribution and reservoir forming of the intrusive oil reservoir in Well-block Luo-151. LIU Kui-yuan; et al. (Hekou Production Company, Shengli Petroleum Administration, Shandong 257200, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(6), 16-18. Well-block Luo-151 is