

文章编号: 1000-0747(2003)03-0013-03

应用落差分析研究生长断层

赵勇^{1,2}, 戴俊生³

(1. 中国科学院广州地球化学研究所; 2. 中国石化胜利油田胜利采油厂; 3. 石油大学(华东))

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2001BA605A09); 中国石油化工股份有限公司“十五”科技攻关项目(P01013)

摘要: 将生长断层的落差定义为两盘地层厚度之差, 将其某时期古落差定义为该时期两盘沉积的厚度差。生长断层落差可以根据对构造演化剖面或地质剖面的直接测量而计算, 也可以对经时深转换的地震剖面进行测量而计算, 还能够通过某地层顶、底构造图的深度计算。与断层生长指数分析相比, 落差分析不受上升盘地层是否缺失的限制, 不受盆地整体沉降幅度的影响, 地质含义明确, 容易对比断层的活动强度, 方法简单、可操作性强。采用该方法分析东营凹陷始新世中期沙三下亚段沉积期明显活动的断层有45条, 当时断陷最深的地区位于陈南断层西段、胜永断层中段和中央主断层之间。

图2表2参6

关键词: 生长断层; 断层落差; 断层生长指数; 地层厚度

中图分类号: P542.3

文献标识码: A

生长断层的最大特点是两盘地层厚度明显不同。众多学者用断层生长指数反映断层的活动强度, 本文提出用古落差反映生长断层的活动强度。

1 断层落差的求取

断层落差也称铅直断层滑距^[1], 指在垂直于断层走向的剖面上, 断层两盘相当层之间的铅直距离。断层落差可以在地质剖面图和地震剖面上测量, 也可以根据构造图计算。大多数生长断层在发育过程中两盘都在下降, 只是下降幅度不同^[2-4], 其落差是上盘下降幅度与下盘下降幅度之差。在沉积补偿的情况下, 沉降幅度等于沉积物的厚度, 可以用两盘地层厚度分别代表生长断层两盘的下降幅度。只要断层线附近沉积表面没有明显的高度差, 可以用两盘的地层厚度差代表两盘的下降幅度差, 不必考虑整个盆地是否沉积补偿。实际上, 除了盆地边界主控断层和盆地内部凸起与凹陷的分界断层之外, 盆地内部其它断层很难造成沉积表面的明显高度差。因此, 生长断层的落差可表示为上盘厚度与下盘厚度之差。

研究生长断层的活动历史需要计算各地质历史时期的落差。因此, 本文将某地质历史时期的铅直断层滑距定义为生长断层古落差, 用同一地质历史时期两盘沉积地层的厚度差表示该时期生长断层的古落差(见图1), 即:

$$D_i = H_i - h_i$$

式中 D_i ——第 i 时期生长断层的古落差, m; H_i ——第 i 时期下降盘厚度, m; h_i ——第 i 时期上升盘厚度, m。

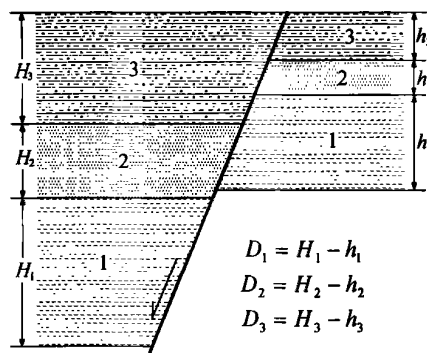


图1 生长断层古落差示意图

计算断层古落差应考虑压实作用、剥蚀作用、塑性流动、古水深等因素的影响^[5]。

2 断层落差分析的优点

目前定量研究生长断层的活动性, 主要是计算断层的生长指数(上盘厚度/下盘厚度), 属于厚度分析方法。生长指数为1即两盘厚度相等, 断层不活动; 生长指数大于1即上盘厚度大于下盘厚度, 属正断层活动; 生长指数小于1即上盘厚度小于下盘厚度, 属逆断层活动。正断层生长指数越大或逆断层生长指数越小, 断层活动越强烈^[6]。但实际研究中, 应用断层生长指数经常遇到无法克服的困难, 而断层落差分析具有许多优点。

2.1 不受上升盘地层是否缺失的限制

在上升盘缺失地层的情况下, 断层生长指数为无穷大, 无法准确表示断层的活动强度; 断层古落差则是两盘的厚度差, 如果上升盘缺失与下降盘相对应的地

层,下降盘该地层的厚度就是该时期的落差(见表1)。

表1 断层落差与生长指数比较表

时期	地层厚度(m)		古落差(m)	生长指数
	下降盘	上升盘		
4	800	525	275	1.52
3	300	75	225	4.0
2	1200	300	900	4.0
1	400	0	400	∞

作为盆地边界的主控断层和盆地内部凸起和凹陷的分界断层,其上升盘往往为长期遭受剥蚀的隆起区或凸起,生长指数无法表示这类重要断层的活动强度,而断层古落差可表示它们的活动强度。

2.2 不受断陷盆地整体沉降幅度的影响

对于断陷盆地,断层活动和盆地沉降同时发生。如果盆地沉降幅度大,断层两盘往往都接受相当厚的沉积,在断层强烈活动期,只要相对上升盘也接受了较厚的沉积,断层古落差再大,断层生长指数也较小。例如表1中断层在时期4的古落差是275m,应该说活动很强烈,但生长指数仅为1.52,很难反映断层在此时期的强烈活动。相反,如果盆地沉降幅度较小,下降盘沉积物较薄,即便断层活动较弱,计算出的断层生长指数也较大。由表1数据可见,时期3断层的落差为225m,活动性小于时期4,但生长指数为4.0,远大于时期4;时期2断层落差远大于时期3,其生长指数却与时期3相同。

2.3 容易对比断层的活动强度

断层古落差分析具有上述优点,因此能够很好地用于分析同一条断层的活动历史,并可用于对比同一时期不同断层的活动强度。

表2 东营凹陷中央断层与陈官庄断层生长指数和落差表

活动时期	东营凹陷中央断层		陈官庄断层	
	生长指数	古落差(m)	生长指数	古落差(m)
Ed ₂ ^上 —Ed ₃	1.20	50	1.17	30
Ed ₁ —Ed ₂ ^下	1.75	150	1.00	0
Es ₂ ^上 —Es ₁	1.83	250	1.00	0
Es ₃ ^上 —Es ₂ ^下	1.56	250	1.00	0
Es ₃ ^中	1.09	50	1.33	50
Es ₃ ^下	1.50	100	1.38	50

由表2展示的东营凹陷断层古落差数据和生长指数可见:①中央断层的活动在Es₃^上—Es₂^下沉积期和Es₂^上—Es₁沉积期最强烈,Ed₁—Ed₂^下和Es₃^下沉积期次之,Es₃^中和Ed₂^上—Ed₃沉积期最弱。断层的这种活动历史用生长指数难以反映。②Es₃^中沉积期中央断层和陈官庄断层的古落差均为50m,说明该时期两断层的活动强度相等;如按陈官庄断层的生长指数(1.33)

大于中央断层(1.09)分析,只能得出该时期中央断层活动强度比陈官庄断层大的结论。这说明,用生长指数不能准确对比不同断层的活动强度。

2.4 地质含义明确

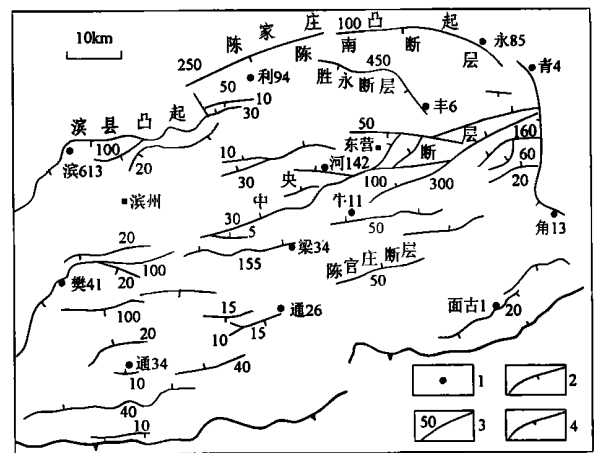
在断陷盆地中,生长断层的幕式活动是三级沉积旋回发育的主控因素。在旋回发育的早期,断层强烈活动,形成断层坡折带,新增可容空间迅速增大,发育湖侵体系域;旋回发育的中期和晚期断层活动减弱,新增可容空间逐渐减小,发育湖退体系域。例如陈官庄断层在沙三下亚段沉积期的古落差是50m,说明当时两盘的高差是50m,而该阶段断层活动主要发生在沙三下亚段沉积早期,表明那时陈官庄断层下降盘存在一个深度近50m的断槽。

2.5 可操作性强

计算断层古落差的原始数据是两盘的地层厚度,可以从构造演化剖面或地质剖面上直接量取;也可在地震剖面上量得顶底界面的反射时间后,经时深转换得到厚度;还能通过顶底层构造图进行测量计算。计算方法简单,可操作性强。

3 沙三下亚段沉积期断层落差分析

结合地震剖面的解释和构造演化剖面的编制,本文计算了东营凹陷主要断层在沙三下亚段沉积期的断层落差(见图2)。



1—井位;2—断层;3—断层落差(m);4—沙三下亚段尖灭线

图2 东营凹陷沙三下亚段沉积期断层落差图

沙三下亚段发育于始新世的中期。该时期东营凹陷明显活动的断层有45条,它们对沉积都有明显控制作用。断层活动落差最大的是作为陡坡“二台阶”的胜永断层,其中段落差达450m;其次是中央主断层的东段,落差为300m;作为凹陷北部边界的陈南断层西段落差最大为250m(见图2)。总体来看,该时期凹陷北

部陡坡带和中央断层的活动强度要大于凹陷南斜坡区,由于这些断层的活动,使东营凹陷在该时期成为北断南超的伸展半地堑,断陷最深的地区位于陈南断层西段、胜永断层中段和中央主断层之间。东营凹陷沙三下亚段是一个完整的三级沉积旋回,断层活动主要发生在旋回发育的早期。

4 结论

以往定量表达断层活动强度的断层生长指数在实际操作中存在很多问题。本文提出用断层古落差定量表达生长断层的活动强度,其优点是不受上升盘是否缺失地层的限制,不受盆地整体沉降幅度的影响,地质含义明确,容易对比断层的活动强度,方法简单,可操作性强。采用断层落差分析法研究东营凹陷沙三下亚段沉积期活动明显的45条断层的活动强度,揭示了该时期凹陷北部陡坡带和中央断层的活动强度要大于凹陷南斜坡区,断陷最深的地区位于陈南断层西段、胜永断层中段和中央主断层之间。

参考文献:

- [1] 徐开礼,朱志澄.构造地质学[M].北京:地质出版社,1984.125-126.
- [2] 陆克政,戴俊生,陈清华,等.构造地质学教程[M].东营:石油大学出版社,1996.151-156.
- [3] Wernicke B, Burchfiel B C. Models of extensional tectonics[J]. Jour. Stru. Geol., 1982, 4: 105-115.
- [4] Gibbs A D. Balanced cross-section construction from seismic sections in area of extensional tectonics[J]. Jour. Stru. Geol., 1983, 5(2).
- [5] 王燮培,费琪,张家骅.石油勘探构造分析[M].武汉:中国地质大学出版社,1990.
- [6] 赵密福,刘泽容,信荃麟,等.惠民凹陷临南地区断层活动特征及控油作用[J].石油勘探与开发,2000,27(6):9-11.

第一作者简介:赵勇(1966-),男,山东潍坊人,胜利油田胜利采油厂高级工程师,从事油气田开发管理工作,现为中科院广州地球化学研究所在职博士研究生。地址:山东省东营市,胜利采油厂,邮政编码:257051;电话:(0546)8501026。

收稿日期:2003-01-10

(编辑、绘图 郭海莉)

Identification of growth fault by fault fall analysis

ZHAO Yong^{1,2}, DAI Jun-sheng³ (1. Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangdong 510640, P. R. China; 2. Shengli Oil Production Factory, SLOF, Sinopec, Shandong 257051, P. R. China; 3. University of Petroleum, Shandong 257062, P. R. China)

Abstract: Growth fault fall is defined as the layer thickness difference between two walls and paleo-fall of certain moment is defined as the sedimentary thickness difference of this moment, which can be measured and calculated directly by structural evolvment section or geologic section and top and bottom contour maps. Also, it can be measured and computed through time-deep transform on seismic profile. Compared with the fault growth index analysis, fault fall analysis can be used no matter whether some layers are short of on the upthrow side; secondly, it isn't influenced by the depth of basin subsidence; then it has a clear geologic meaning and can easily identify the fault active intensity. The fault fall analysis is a simple method and can be easily mastered and operated. Using this method, 45 faults in lower part of the Es-3 member of the Eocene Shahejie Formation in Dongying Sag were analyzed, which were in obvious movement at that time, and the conclusions are as follows: the deepest tract of fault subsidence was located within the western part of Chennan fault, the middle part of Shengyong fault and the central major fault.

Key words: growth fault; fault fall; fault growth index; layer thickness

作者投稿请用纸稿投寄初稿

在广大作者的支持下,《石油勘探与开发》的稿源极其丰富,虽然在编辑部的努力下,每期发表的论文篇数已多达三十余篇,但收到的70%以上的来稿仍然无法刊用,其中包括许多很不错的稿件。

近年来网上投稿的作者激增。本刊收到的绝大多数来稿要请论文对口专业专家外审,需要为专家提供文字和图件清晰的纸稿,因此请为本刊赐稿的作者投寄初稿时通过邮局寄纸稿,便于编辑部请专家审阅,待确定录用时再通过电子邮件等形式提供电子文档。目前网上投稿的一部分作者只提供了电子邮箱号,没有具体地址。务请作者在初稿中写明论文的联系人和具体联系方式,包括地址和电话,以便于编辑部与作者联系。

《石油勘探与开发》编辑部