



东濮凹陷新生代断裂特征分析

施发剑¹, 何世军¹, 郭腾飞¹, 孟元库²

(1. 中国冶金地质总局第二地质勘查院, 福建 福州 350108; 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要:为了研究东濮凹陷新生代断裂系统的发育特征,通过对凹陷内不同区段地震剖面的解释,根据断层活动速率分析了东濮凹陷新生代断裂的活动特征及其强度,并对凹陷内不同部位的断层特征进行了对比分析。结果显示,东濮凹陷不同区段的断层发育特征既有一定的相似性,又有一定的差异性。断裂发育受到欧亚构造域和滨太平洋构造域的共同影响,同时在各区段受到的影响又有所差异。

关键词:东濮凹陷;控制因素;构造单元;新生代;断裂特征;渤海湾盆地

中图分类号:P548 **文献标识码:**A

引文格式:施发剑,何世军,郭腾飞,等.东濮凹陷新生代断裂特征分析[J].山东国土资源,2015,31(10):7-11.SHI Fajian, HE Shijun, GUO Tengfei, etc. Characteristic Analysis of Cenozoic Faults in Dongpu Depression[J]. Shandong Land and Resources, 2015,31(10):7-11.

东濮凹陷位于渤海湾盆地西南部,其四周以断裂为界与不同的构造单元相连,整体格局呈NNE向展布,北窄南宽^[1-2]。东濮凹陷是在华北基底上发育的一个新生代盆地,凹陷内部断层比较发育,不同部位断层的活动情况有所差异。通过对凹陷内部断裂的活动特征进行分析,从而了解断层在不同时期不同部位的活动情况,对盆地格局及演化规律的研究有着重要意义^[3-8](图1)。

1 断层分区特征

基底主干断层通常对裂陷盆地的整体格架起控制作用,盆地在演化过程中形成的盖层断层对盆地结构也会产生影响,但前者起主导因素^[9-10]。根据东濮凹陷主干基底断层在不同地段的差异性,可将其分为北、中、南3个区段(图2)。东濮凹陷北区大致在毛岗—柳屯一线以北的地区;中区大致为毛岗—柳屯和白庙—桥口—高平集所夹区域;南区大致为白庙—桥口—高平集一线以南的地区^[11],在不同的区段由于盖层断层等构造要素的不同,在剖面上存在一定的差异性。

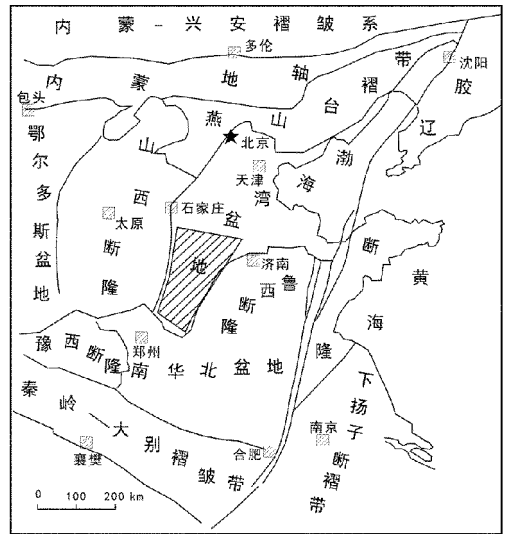


图1 研究区的区域构造位置示意图

1.1 北区断层特征分析

兰聊断层贯穿于整个东濮凹陷中,该文对其进行分区讨论。兰聊断层在北区为中等倾斜的铲式正断层,濮城断层、观城断层等与兰聊断层为同向的基底正断层,一并构成多米诺式断层系统。在剖面上表现为由主干基底正断层控制的复式半地堑,基底正断层上盘还发育有反向的盖层断层,如卫东断层、

收稿日期:2015-03-16;修订日期:2015-04-13;编辑:王敏

作者简介:施发剑(1986—),男,安徽庐江人,助理工程师,主要从事地质矿产勘查及研究工作;E-mail:sfj86@foxmail.com

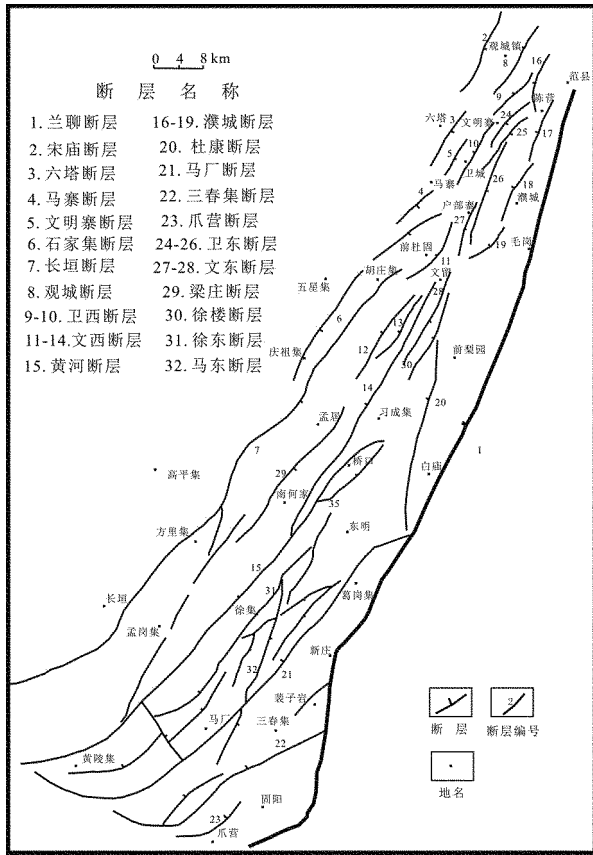


图2 东濮凹陷主要断裂系统图
(据樊生利等,1994)

宋庙断层、六塔断层和马寨断层,从而使盆地结构由半地堑向不对称地堑转化(图3)。观城断层向南逐渐尖灭,宋庙断层向南延伸,被同为反向的六塔断层和马寨断层取代。

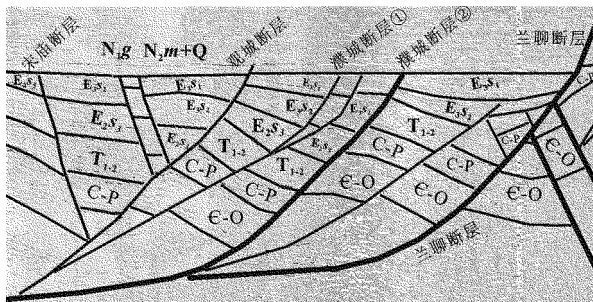


图3 东濮凹陷北区地震剖面图

1.2 中区断层特征分析

兰聊断层在中区明显变化为上陡下缓的铲式正断层,其上盘的同向基底正断层的数量明显小于北区,对凹陷结构有影响的是文西断层。文西断层由4条斜列式断层组成,走向为NNE,在平面上呈雁行式展布,剖面上向上分叉,被文东断层所切割。反向调节断层到中区更为发育,文东断层取代了北段的

卫东断层(图4)。

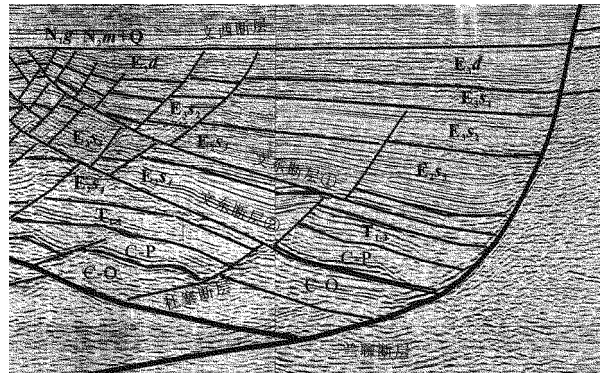


图4 东濮凹陷中区地震剖面图

1.3 南区断层特征分析

兰聊断层在南区仍铲式正断层,其上盘断层较发育,同向和反向断层相互交切。其中对盆地格局产生影响的同向基底断层包括爪营断层、三春集断层、马厂断层、黄河断层,反向基底断层主要为长垣断层(图5)。其中黄河断层和长垣断层在南区比较发育,和兰聊断层共同控制着该区的构造格局。

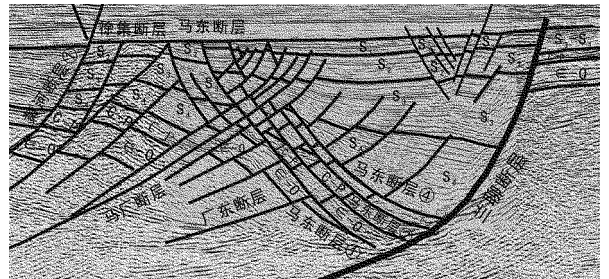


图5 东濮凹陷南区地震剖面图

东濮凹陷在纵向上具有南北分区,横向上呈现东西分带^[12]。东濮凹陷在EW向上由一系列NE—NNE向的断层控制。从东到西所构成的断层带依次为:兰聊断层带、观城—卫西—文西—黄河断层带、宋庙—石家集—长垣断层带。

2 断层特征对比分析

东濮凹陷中不同区段的断层在不同时期的活动性有差异,有时同一断层在同一时期的不同区段内的活动性也有差异,如兰聊断层。根据这种情况,对东濮凹陷中不同区段的断裂在不同时期的活动性进行研究。

断层生长指数(GI)=下降盘厚度(Hd)/上升盘厚度(Hu),下降盘厚度受盆地沉降因素控制的沉积速率(Vs)和断层活动速率(Vf)双重因素控制的厚度,而上升盘的厚度相对来讲仅受沉积速率的控制,

公式如下:

$$GI = Hd/Hu = (Vs + Vf) \times T/Vs \times T = 1 + Vf/Vs$$

式中: T 为时间。当各沉积单元沉积速率不同时, 其生长指数的大小不能反映断层在各时代活动的强弱。另外, 对于像兰聊断层的下盘几乎没有下古近系沉积, 用生长指数无法研究它的活动特征。因此, 可推得断层活动速率的计算公式:

$$Vf = (Hd - Hu)/T$$

断层活动速率是单位时间内某地层单元的厚度差, 也就是断层上下盘沉积速率差, 它可以定量地反映断层的活动强度^[13]。

东濮凹陷内的断层绝大多数为同生断层。根据区域地质与盆地构造演化资料, 把东濮凹陷古近纪构造活动分 4 期, 即沙四期 (ES_4)、沙三期 (ES_3)、沙二和沙一期 ($ES_2 - ES_1$)、东营期 (Ed)。

通过对东濮凹陷地震剖面解释分析, 计算出了东濮凹陷主要的断层活动速率, 将东濮凹陷主要断层分为南区、中区、北区 3 个断层组, 并对各断层组在不同的地质时期的活动特征进行了对比 (图 6)。

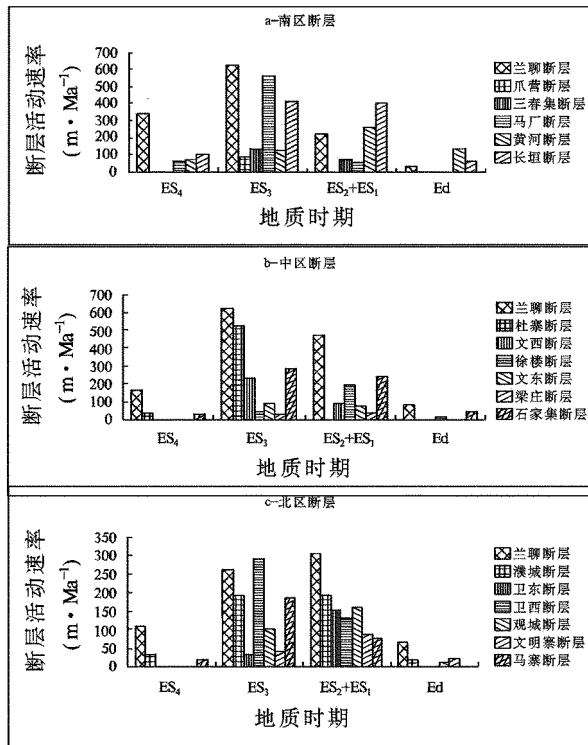


图 6 东濮凹陷新生代主要断层活动速率对比图

2.1 断层发育及活动特征

兰聊断层在南、中、北区都有分布, 现就每一区段分别进行讨论。东濮凹陷南区的主要断层大部分在 ES_4 和 ES_3 沉积时期开始活动。马厂、爪营和三

春集断层是兰聊断层在南部的分支断层, 其中爪营和三春集断层的形成稍晚于马厂断层。黄河断层在南区的规模仅次于兰聊断层, 从断层两盘的地层厚度对比可以推断黄河断层在盆地发育之初就开始活动, 可能和兰聊断层是同期形成的, 对古近系各层序的沉积都有影响。长垣断层的南端发育相对早, 可能同样形成于盆地发育之初, 逐渐向北扩展延伸。各断层的发育高峰期主要在 ES_3 , ES_2+ES_1 沉积时期, 在 ES_3 沉积时期, 兰聊断层、马厂断层、长垣断层在南区断层活动中比较强烈, 其中长垣断层的活动性要低于兰聊和马厂断层。在 ES_2+ES_1 沉积时期长垣断层的活动速率高于其他断层, 此时黄河断层的活动达到了高峰时期, 与兰聊断层的活动程度相当。在 Ed 沉积时期各断层的活动开始减弱。

东濮凹陷中区主要断层的活动性与南区断层既有一定的相似性又有一定的差异性, ES_4 沉积时期中区断层的活动情况明显比南区弱, 兰聊断层在中区的活动情况比南区要弱很多, 杜寨断层是兰聊断层在中区的一个分支断层。此时西边的石家集断层的活动性也比较微弱, 比长垣断层的活动速率要低, 在沙四期活动的断层在沙三期达到了活动高峰期。 ES_3 沉积时期中区主要断层都已经开始活动, 兰聊和杜寨断层的活动性在中区断层当中是活动最强的。文西断层在沙三期开始活动并达到高峰期, 在发育时间上, 由北向南依次变晚, 活动强度也逐渐减弱。文东、徐楼、梁庄断层在沙三期开始活动到 ES_2+ES_1 沉积时期达到活动高峰。东营期大部分断层开始停止活动, 盆地整体活动性变弱。

东濮凹陷北区在 ES_4 沉积时期兰聊、濮城和马寨断层开始活动到沙三期得到进一步加强, 在 ES_2+ES_1 沉积时期断层活动达到高峰。沙四时期北区断层的整体活动性比南区和中区的活动情况要弱, 其断层发育的条数也比南区和中区要少。濮城断层是兰聊断层在北区的主要同向分支断层, 它的活动情况受到兰聊断层的影响, 同时对凹陷的沉积起到了一定的控制作用。其他断层在 ES_3 沉积时期开始活动, 此时卫西断层的活动速率在北区最大, 超过了兰聊断层。卫东、观城、文明寨断层在 ES_2+ES_1 沉积时期的活动达到了高峰, 但总体活动还是比兰聊和濮城断层要低。 Ed 沉积时期各断层的活动性明显减弱, 部分断层开始停止活动。

东濮凹陷东部断层, 特别是兰聊断层在不同区

段断层的活动情况不同,西部的长垣断层在沙四期活动的基础上继续活动并向北发展延伸,沉积中心也相应的向北迁移。

2.2 断层活动强度

东濮凹陷不同区段断层发育高峰时期的活动速率有所差别(表 1),南区主干基底断层的活动强度均表现为自西向东由弱到强,如兰聊断层和马厂断层在活动高峰时断层活动速率大于西部的黄河断层和长垣断层。马厂断层是兰聊断层上盘在南区的同向分支断层,它的活动受到兰聊断层的影响。东西两端的断层活动性比中间断层的活动要强,如三春集断层各时期的断层活动性明显小于同时期两侧断层的活动性。该区断层的活动强度达到高峰的时期主要在沙三期,此时期断层所控制的沉积作用也同

样达到高峰期。

东濮凹陷中区基底断层的活动强度与南区类似,东部强于西部,与南部不同的是,东部主干基底断层的主活动期在 ES_3 和 ES_2+ES_1 沉积时期,而南区主要在 ES_4 和 ES_3 沉积时期。同样与南区类似的是,东西两端的断层活动性比中间的要强。兰聊断层在中区最大的活动强度与南区相当,但是在沙四期时中区要比南区活动强度弱,到了 ES_2+ES_1 沉积时期以后,中区兰聊断层的活动性要比南区强。在西部石家集断层的整体活动强度要比长垣断层弱,但对西部沉积中心的形成也起到了一定的作用。杜寨断层对盆地的沙四段、沙三段的沉积有明显的控制作用,但到沙三段沉积以后,该断层逐渐停止活动。

表 1 东濮凹陷不同区段断层活动速率

北区	断层活动速率 (m/Ma)(高峰期)	中区	断层活动速率 (m/Ma)(高峰期)	南区	断层活动速率 (m/Ma)(高峰期)
兰聊断层	306	兰聊断层	622	兰聊断层	625
濮城断层	192	杜寨断层	525	瓜营断层	90
卫东断层	155	徐楼断层	196	三春集断层	137
卫西断层	290	文东断层	90	马厂断层	565
马寨断层	184	文西断层	235	黄河断层	262
观城断层	160	梁庄断层	33	长垣断层	415
文明寨断层	89	石家集断层	286		

东濮凹陷北区基底断层在发育高峰期时的活动强度明显比南区和中区要低,而且兰聊断层的活动强度在北区也远远低于中区和南区。同南区和中区类似,主干基底断层的整体活动强度东部强于西部。

从南、中、北区总体来看,控洼断层受边界控凹断层的控制,各时期的活动强度明显小于控凹断层,如 ES_3 沉积时期控凹断层的活动速率最高达到 565 m/Ma,而同时期控凹断层的活动速率最高为 90 m/Ma,其中断层强烈活动时期对应凹陷的主沉降期。

2.3 断裂展布及其对构造单元的控制

东濮凹陷中部分断层通过后期作用贯通凹陷南北区段,如宋庙-石家集-长垣断层、观城-文西-黄河断层和卫东-文东断层,它们呈 NE—NNE 向展布。各断层的排列方式具有显著的相似性,即左行雁列方式展布。这表明它们形成于统一的左旋拉张-剪切应力场,断裂展布及由此产生的构造线具有优选方向,即 NNE—NE 向。但是凹陷南北断裂走向存在较明显的差别,北部地区主要 NNE 向,而南部地

区则主要为 NE 向。不同期次、不同级别的断裂控制着不同的构造单元。兰聊断裂带控制着东部洼陷带和整个东濮凹陷的东界^[14];西部宋庙-石家集-长垣断裂构成西部断阶斜坡带,控制着西部洼陷带的西界;观城-文西-黄河断裂控制着中央隆起带的发育,并将西部洼陷带与中央隆起带分开;卫东-卫西断裂是北部中央隆起带与濮城-前梨园洼陷的大致界线。其他二级断裂和三级断裂控制着亚二级和三级构造的发育。更次级和更晚期的断裂将以上断裂控制的二级、三级构造带进一步复杂化,形成形态各异的众多大小断块。

3 东濮凹陷断裂发育的控制因素

东濮凹陷南、中、北部构造单元都处于华北板块构造应力场的作用之下,因而凹陷内部的断裂特征具有一定的相似性,如盆地中的断裂大多呈 NNE, NE 向展布。但由于南、中、北部构造单元处于不同的区段之内,其断层发育特征也有所差异。

东濮凹陷盆地演化及其断裂发育特征主要受到

2 种动力学背景的控制,一为欧亚构造域,华北板块与西伯利亚板块及扬子板块的相互作用,二为滨太平洋构造域。两大构造体系域在新生代地质时期对东濮地区构造单元的演化起到了非常重要的作用^[15-16]。

东濮凹陷在早白垩世末—古新世时期总体表现为隆起剥蚀状态,缺失了白垩系和古新统。始新世东濮凹陷以裂陷为主,渐新世时在裂陷的基础上,叠加了右旋走滑活动,使得东濮凹陷具有走滑盆地的特点。在右旋剪切应力场的控制下,早期 NW—NWW 向断层的活动性减弱甚至停止活动,产生了大量 NE, NNE 向的断层。到新近纪盆地进入拗陷发育阶段。

4 结语

通过对东濮凹陷新生代断裂进行分区,并对南、中、北区断层的发育及活动特征进行分析,以及断裂发育所受的控制因素。在欧亚构造域和滨太平洋构造域的影响下,东濮地区 NW—NWW 向断层及兰聊断层在侏罗—白垩纪时期产生及发育,新生代时期 NW—NWW 向断层的消亡,兰聊断层由左旋变为右旋剪切,同时产生 NE—NNE 向断层。同时在凹陷内由于南北分区,东西分带的影响,从而使得东濮凹陷的断裂系统出现不同的发育特征,断层活动强度以及对盆地的控制等方面都有所差异。因此通过对凹陷内部断裂特征进行分析研究可以更好地掌握盆地格局及其演化规律。

参考文献:

Characteristic Analysis of Cenozoic Faults in Dongpu Depression

SHI Fajian¹, HE Shijun¹, GUO Tengfei¹, MENG Yuanku²

(1. No.2 Geological Prospecting Institute of China Metallurgical Geology Bureau, Fujian Fuzhou 350108, China; 2. Chinese Academy of Geological Sciences Research Institute, Beijing 100037, China)

Abstract: in order to study development characteristics of Cenozoic faults in Dongpu depression, through explanation of seismic profiles in different sections, according to activity rates of fault activities, activity characteristics and strength of Dongpu depression in Cenozoic faults have been analyzed, and the characteristics and intension of the faults in different regions have been compared and analyzed in Dongpu depression. As showed by the results, development characteristics of faults in different regions have some similarities and differences. The faults evolution is influenced by both the Eurasian tectonic system and the Pacific tectonic system. Meanwhile, the influence is different in different regions.

Key words: Dongpu depression; controlling factors; tectonic units; Cenozoic; fault characteristics; Bohaiwan basin

- [1] 陆克政,漆家福.渤海湾新生代含油气盆地构造模式[M].北京:地质出版社,1997.
- [2] 中原油田石油地质志编辑委员会.中国石油地质志——卷七(中原油田)[M].北京:石油工业出版社,1993.
- [3] 李鹏举,李德生.东濮凹陷张拉构造研究[J].石油勘探与开发,1994,21(4):6-9.
- [4] 韩会军,郑德顺.济阳拗陷东西部构造单元中—新生代断层特征对比及其控制因素[J].油气地质与采收率,2007,14(3):12-17.
- [5] 何海清,王兆云,韩品龙.华北地区构造演化对渤海湾油气形成和分布的控制[J].地质学报,1998,72(4):313-322.
- [6] 杜旭东,李洪革,陆克政,等.华北地台东部及邻区中生代(J-K)原型盆地分布及成盆模式探讨[J].石油勘探与开发,1999,26(4):5-9.
- [7] 李鹏举,卢华复,施央申.渤海湾盆地东濮凹陷的形成及兰聊构造研究[J].南京大学学报,1995,31(1):128-138.
- [8] 戴俊生,陆克政,漆家福,等.渤海湾盆地早第三纪构造样式的演化[J].石油学报,1998,19(4):16-20.
- [9] 樊满仓.东濮凹陷北东向断裂系形成机制与油气关系[J].中国石油勘探,2008,(6):26-33.
- [10] 樊生利,王秀林,苏玉山.东濮凹陷断裂系统构造格局与油气聚集[J].断块油气田,1995,2(3):16-23.
- [11] 张克鑫,漆家福.新生代东濮凹陷构造特征及其演化[J].新疆石油地质,2007,28(6):714-717.
- [12] 陈书平,漆家福,王德仁,等.东濮凹陷断裂系统及变换构造[J].石油学报,2007,28(1):43-49.
- [13] Jacks on J, Mck enzie D. The geometrical evolution of normal fault systems, J. Struct. Geol., 1983, (5): 471-482.
- [14] 郭秀岩,张建伟,袁西龙,等.聊考断裂活动性综合分析研究[J].山东国土资源,2011,27(7):11-14.
- [15] 王婧媪,宋惠利,王正斌,等.东濮凹陷断裂体系及其意义[J].石油地球物理勘探,2004,36(9):724-729.
- [16] 刘建忠,李三忠,周立宏,等.华北板块东部中生代构造变形与盆地格局[J].海洋地质与第四纪地质,2004,24(4):45-54.