

文章编号:1673-5005(2015)05-0018-09

doi:10.3969/j.issn.1673-5005.2015.05.003

金湖凹陷铜城断层构造特征与成因分析

张卫海¹, 王 韬¹, 何 畅¹, 杨立干², 刘喜欢²

(1. 中国石油大学地球科学与技术学院, 山东青岛 266580; 2. 中国石化江苏油田分公司地质科学研究院, 江苏扬州 225009)

摘要:依据高精度三维地震资料与前人对金湖凹陷乃至苏北盆地构造的分析成果,在构造理论指导下应用构造解析方法,对铜城断层构造特征与成因进行研究。结果表明:铜城断层近SN延伸,断面具“丝带效应”,其东、西两盘诸断层发育规模、活动性和剖面样式有所差异,铜城断层与两盘断层不具成因上的“世代关系”,但具有构造分区作用;区域应力和先存构造是影响铜城断层形成与演化的主要因素;古新世—早始新世NW—SE向伸展作用时,铜城断层为具有调节作用的变换断层,并不受郯庐断裂的走滑作用影响,中始新世近SN向伸展作用下,又叠加以主动走滑性质,断层规模扩大,渐新世至早中新世近EW向挤压应力造成南段断面倒转而呈“逆断层”特征;铜城断层形成于伸展环境,在挤压环境中受到局部改造,具有走滑性质、多期活动、逐次发育特征。

关键词:金湖凹陷; 铜城断层; 新生代; 走滑断层; 断层成因

中图分类号:P 542 **文献标志码:**A

引用格式:张卫海,王韬,何畅,等. 金湖凹陷铜城断层构造特征与成因分析[J]. 中国石油大学学报:自然科学版, 2015,39(5):18-26.

ZHANG Weihai, WANG Tao, HE Chang, et al. Structural characteristics and genetic analysis of Tongcheng fault in Jinhu sag [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2015,39(5):18-26.

Structural characteristics and genetic analysis of Tongcheng fault in Jinhu sag

ZHANG Weihai¹, WANG Tao¹, HE Chang¹, YANG Ligan², LIU Xihuan²

(1. School of Geosciences in China University of Petroleum, Qingdao 266580, China;

2. Geological Scientific Research Institute of Jiangsu Oilfield Company, SINOPEC, Yangzhou 225009, China)

Abstract: Using the high-precision 3D seismic data, and based on the previous results of structural analysis of Jinhu sag and Subei Basin, this paper analyzed the structural features and discussed the genesis of the Tongcheng fault. The results show that the Tongcheng fault strikes SN, and its fault-plane has the feature of "Ribbon Effect". The scale, activity and section structure pattern of the faults in the west side are different from the east side. The Tongcheng fault has no genetic relationship with the faults on its both sides, but it may have played a role in structural dividing. The regional stress and pre-structure has important influence on the fault's evolution. During Paleocene to early Eocene, the Tongcheng fault formed and was controlled by NW-SE extension. The fault was a transfer fault which played a role in the structural accommodating, but wasn't affected by the strike-slip Tan-lu fault in this stage. In Eocene the Tongcheng fault grew and owned property of active strike-slip, controlled by the near SN extension. During Oligocene to early Miocene, the south plane of the fault reversed and the fault became a reverse fault caused with near EW compression. The Tongcheng fault began to form in extensional environment, and experienced local modification in compressional environment. In summary the fault is featured as strike-slip, multi-periodic activities and varying fault nature at different structural stage.

Keywords: Jinhu sag; Tongcheng fault; Cenozoic; strike-slip fault; fault genesis

经历多期构造运动、具有复杂构造特征已然是 中国大多数含油气盆地的共性^[1-2]。金湖凹陷中南

收稿日期:2015-03-15

作者简介:张卫海(1963-),男,教授,博士,研究方向为石油地质学。E-mail: zwh7117@163.com。

部的铜城断裂构造带即是苏北盆地中典型的复杂构造带。构造带内的铜城断层因其成因复杂,演化多期,构造特征独特,受到众多学者关注。杨晓兰等^[3]认为铜城断层是具走滑性质的逆断层;邱旭明^[4]认为铜城断层是因郯庐断裂的扭动作用而形成的压扭构造;刘玉瑞等^[5]认为铜城断层是郯庐断裂右行扭动形成的“P”剪切走滑断层;叶绍东^[6]认为铜城断层是一条典型的走滑断层;能源等^[7]认为铜城断层是调节石港断层和杨村断层应力应变的变换断层。笔者在汲取前人成果的基础上,依据构造解析流程从多角度对铜城断层及其旁侧断层的构造几何学和运动学特征进行分析。

1 地质概况

金湖凹陷位于苏北盆地西南部,历经仪征、吴堡、真武、三垛、盐城多期构造运动,具有不同走向、不同性质、不同时期断层纵横交织的构造面貌^[7-8],铜城断层横亘于龙岗-汉涧次凹间(图1)。地层自下而上依次为泰州组、阜宁组、戴南组、三垛组、盐城组和东台组,其中阜宁组、戴南组和三垛组是主要油气富集段^[8-9]。

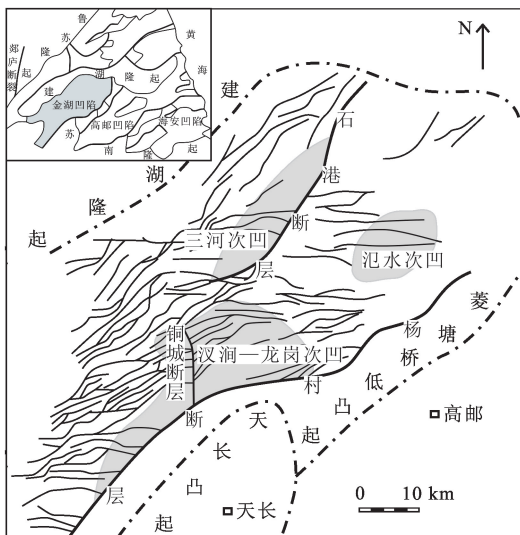


图1 金湖凹陷构造简图

Fig.1 Simplified structural map of Jinhu sag

2 断层构造特征

2.1 平面特征

平面上铜城断层南起杨村断层走向转折处,北抵天2南断层,表现为一条近SN延伸的线型构造。两侧发育一系列正断层,多为北倾或北偏西倾,正断层间呈平行式排列,还有若干断层与铜城断层相交。西盘正断层走向偏NEE,与铜城断层呈近垂直相

交;东盘正断层走向偏NE,与铜城断层呈锐角相交(图2)。

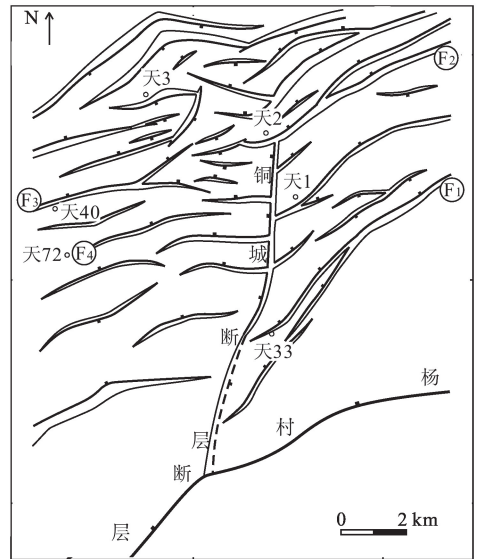


图2 铜城断层及其旁侧平面特征

Fig.2 Plane characteristics of Tongcheng fault and adjacent faults

2.2 剖面特征

剖面显示无论南段还是北段,铜城断层西盘具有明显的拖曳现象,东盘则呈上拱构造。断层向下切达基底,向上可断至三垛组顶部但并未向外散开,实质上是一条孤立的断层,剖面上表现出“似花状”。

不同位置的剖面表明沿走向断层产状发生变化:铜城断层南段断面东倾,倾角大,约为 80° ,呈逆断层特征;中南段断面转为西倾,高角度下切,断面倾角为 $70^\circ \sim 75^\circ$,表现为正断层特征;中北段断面西倾,为正断层,倾角变缓为 $65^\circ \sim 70^\circ$;北段断面倾向不变,倾角减小到约 55° ,并且断层在浅部被天2南断层限制。除南段具有逆断层形式外,铜城断层大部分表现为断面西倾的正断层样式,倾角由南向北逐渐变缓反映断层的走滑性质向北逐渐减弱。

铜城断层东、西盘构造具有显著差异:西盘断层密度较大,断层规模较小,断距为 $20 \sim 200$ m,主要为北倾板式断层,地层掀斜、旋转较弱,呈多米诺式排列,浅部次级断层不发育;东盘断层稀疏但规模较大,主断层断距多大于 100 m,最大可超过 500 m,断面多北倾,形态铲式或似椅式,地层掀斜、旋转较强,剖面以多米诺式排列为,兼有“y”字型组合等。两盘断层均可上断至三垛组顶部,但东盘断层下切深度明显大于西盘(图3)。

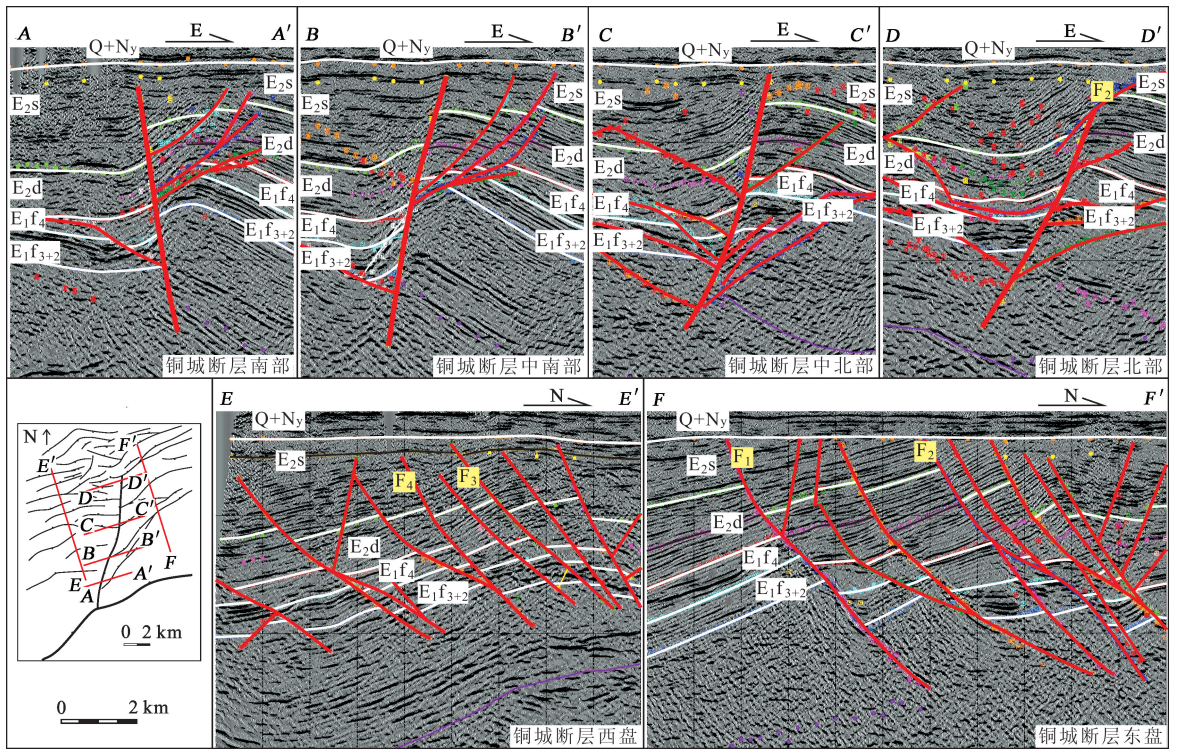


图3 铜城断层及其旁侧剖面特征

Fig. 3 Profile characteristics of Tongcheng fault and adjacent faults

3 断层活动特征

正断层或逆断层都是倾向滑动断层,通过计算古落差(考虑了构造抬升产生的剥蚀)即可表征断层活动性特点。尽管古落差不能表现纯走滑作用产生的走滑强度,但铜城断层具有走滑性质的同时兼具正断层或逆断层性质,故可以利用古落差衡量其整体活动强度。选取几条典型断层,依据三维地震资料,沿断层走向依次选取若干剖面位置计算古落差,据此判断断层的活动规律。

研究表明,铜城断层活动最早可追溯至阜二+三段沉积期(以下称阜二+三期),并且局限在南段活动,至阜四段沉积期(以下称阜四期,并将其与阜二+三期并称阜宁期),断层活动性南强北弱,表明断层是由南向北扩展;戴南组沉积期(以下称戴南期)断层整体活动性弱,仅在几处孤立段有微弱活动,但北扩范围增大;三垛组沉积期(以下称三垛期)断层的活动性最强,各段活动强度较均匀,北端终止于天2南断层。

铜城断层两盘断层活动特征不同:东盘的天33北断层、天2南断层阜宁期与三垛期活动范围相当,

西盘的天40北断层、天72东断层阜宁期活动范围远小于三垛期,说明东盘断层具有长期活动特点,西盘断层更多是晚期活动。戴南期断层活动强度低、活动范围小,三垛期断层活动性最强、活动范围最大,活动强度东盘断层明显大于西盘(图4)。

通过断层活动性分析可以得出以下判断:铜城断层形成时间较早,阜二+三期南段即开始形成,而其旁侧的天33北断层和天2南断层已与现今规模近似,说明铜城断层并不控制旁侧断层的形成;戴南期断层活动性均较弱,说明区域伸展作用并不强烈;三垛期断层活动达到最强,较前期变化显著,伸展作用显著增强;盐城组沉积期及以后进入稳定的拗陷阶段,断层活动微弱。

4 成因分析与讨论

4.1 区域构造背景

铜城断层是在区域构造发展、演化及作用下的产物,无论是断裂的形成基础、应力场条件及后期改造,都与区域构造背景密切相关。本文中综合多方面资料,梳理了苏北盆地形成演化的区域构造背景,为解释铜城断层形成的应力场条件奠定了基础。

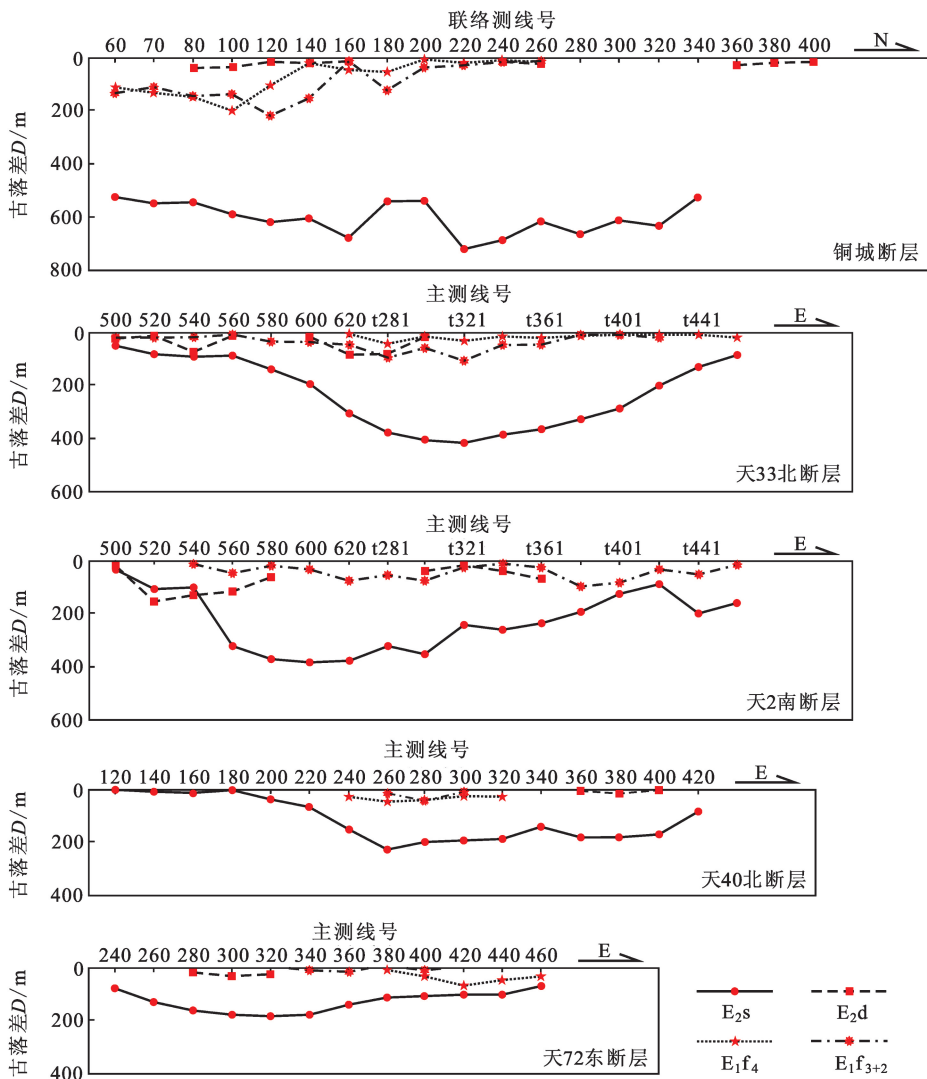


图 4 铜城断层及其旁侧典型断层古落差分布

Fig. 4 Throw distribution of Tongcheng fault and adjacent faults

泰州组沉积之前形成的先存构造对现今盆地演化起到重要作用^[8]。中三叠世末印支期扬子板块与华北板块的聚敛运动,在苏北盆地内形成了一系列 NEE 走向、倾向 NNW 的逆冲断层^[11],晚侏罗世西太平洋区伊泽纳崎大洋向北俯冲引起中国东部的挤压环境,在苏北盆地内又形成一系列 NNE 向左行平移断层^[12-13],由此形成苏北盆地内两套重要的基底断层系统。现今盆地的边界断层如杨村断层、吴堡断层等,盆地的内部断层如石港断层、盐城断层等都源于上述基底断层系统^[14-15]。

晚白垩世区域应力场发生重大变革,开始由区域性挤压扭动向区域性拉张转变,盆地演化进入全新的地史时期^[16]。此后中国东部的构造演化受太平洋-欧亚板块间的俯冲、印度-欧亚板块间的碰撞和日本海弧后扩张作用及深部岩浆活动的影响,其

中太平洋板块的俯冲作用影响尤为重要^[17](图 5,根据文献^[18-19]修改)。

晚白垩世,太平洋板块 NW 向高速小角度俯冲产生 NW-SE 向挤压应力场^[18]。古新世—早始新世,太平洋板块俯冲速率降低,俯冲角度增大,引起地幔对流、岩石圈减薄和大规模裂陷,在中国东部产生 NW-SE 向伸展作用^[18-19]。中始新世(40Ma)太平洋板块俯冲方向由 NW 转为近 EW 向^[20],相应的中国东部应力体制转为近 SN 向伸展^[14-15,20-22]。渐新世—早中新世,浅部板块碰撞与深部岩浆活动共同作用引起中国东部盆地在近 EW 挤压环境下广泛反转,苏北盆地对应三垛运动^[23]。新近纪—第四纪盆地进入平稳的拗陷阶段^[24]。

综上所述,盆地形成过程主要受控于板块运动产生的区域动力学环境。苏北含油气盆地自晚白垩

世开始形成,成盆前的先存构造尤其是两组基底断层在盆地形成中作用显著,并影响包括铜城断层在内的一系列断层的形成与演化。尤其是古新世—早始新世由于太平洋板块俯冲产生 NW-SE 向伸展、

至中始新世转变为近 SN 向的伸展、渐新世至早中新世由太平洋板块俯冲速率回返引起近 EW 向挤压这三期区域应力变化,对铜城断层的形成与演化起到决定性的影响。

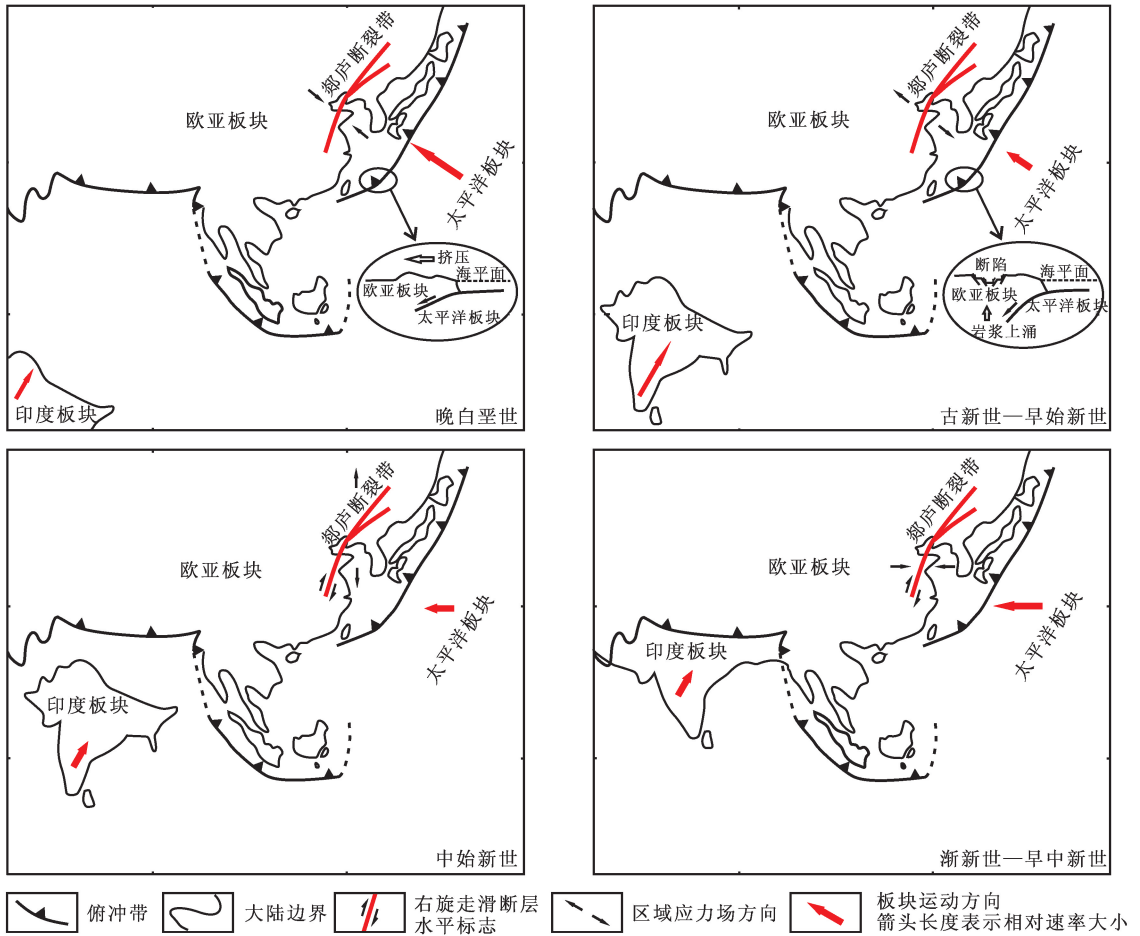


图5 中国东部晚中生代—新生代构造应力背景

Fig.5 Late Mesozoic-Cenozoic tectonic stress background of East China

4.2 铜城断层成因分析

走滑构造在区域构造中可作为独立的构造体现,也可作为一个组成单元提供构造转换和调整,前者可称为“非调节性”走滑断层,后者常称为调节断层或变换断层^[25]。两者的主要区别在于前者在区域应力下主动走滑,后者则是被动产生位移,受之于与其相连的伸展区的差异伸展控制^[26]。铜城断层平面上呈一条线性构造,剖面上具有“丝带效应”^[27],符合走滑断裂的鉴定标志。研究认为,它是一条形成于伸展环境、并在挤压环境中受到局部改造,具有走滑性质、多期活动、渐次发育特征的复杂走滑断层。

盆地伸展伴随先存构造的复活与改造,边界杨村断层源于基底断层^[28],走向具有明显两段式:以铜城断层为界,南段 NE 向,北段 NEE 向(图 1、2)。

同一应力在不同方向构造上具有差异性作用,NW-SE 伸展时(阜宁期—戴南期正值此时),沿汉涧—便宜集—龙岗,杨村断层水平拉长强度呈“V”型,相应的杨村断层上盘剖面伸展率呈“Λ”型(图 6,杨村断层水平拉长强度根据文献[29]),趋势上铜城断层的位置需要调节最大的伸展位移,应力模拟结果也显示铜城断层与杨村断层相交处具有最大主差应力,表明此处最有利于断层形成。

铜城断层旁侧伸展活动差异反映其调节局部应力应变具有必然性。断层活动性在 NW-SE 伸展时东盘断层强于西盘,原因在于先存断层在两盘存在不同的优势方向。伸展早期的活动断层反映了更多先存构造的信息^[22],由图 7 反映西盘先存断层优势方向近 EW 向,东盘偏 NE 向,东盘与伸展方向更匹配,所以伸展强度大于西盘,图 8(a)也证实东盘断

层附近主差应力更大,更有利于断层活动。可见, NW-SE 向伸展时铜城断层东、西两盘的局部应力应变需要调节。

郟庐断裂右行走滑发生在中始新世近 SN 向伸展作用下^[18,30],而在 NW-SE 向伸展时,近 NE 走向的郟庐断裂表现为伸展活动并不产生走滑作用。在 NW-SE 向伸展环境下,铜城断层的形成不受郟庐断裂的走滑作用影响,而是在区域伸展作用下形成的具有调节作用的变换断层。

三垛组沉积中后期为近 SN 向伸展阶段,区域应力方向与铜城断层走向平行,同时郟庐断裂右行走滑,这两方面作用都有利于铜城断层主动走滑;西盘断层走向有利于伸展(图 8(b)),东盘断层长期活动易于进一步伸展,其活动性仍大于西盘。东、西两盘仍存在一定的应力应变差异,有利于被动走滑作用的产生,使得铜城断层兼具变换断层与主动走滑断层的性质,断层进一步扩张。

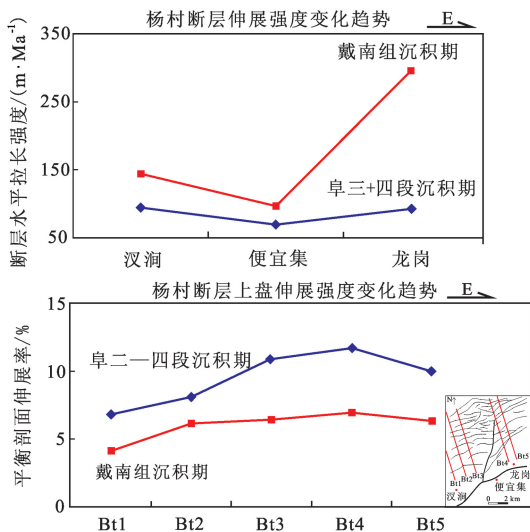


图 6 杨村断层与其上盘伸展强度变化趋势图
Fig. 6 Extensional intensity of Yangcun fault and its upper-wall

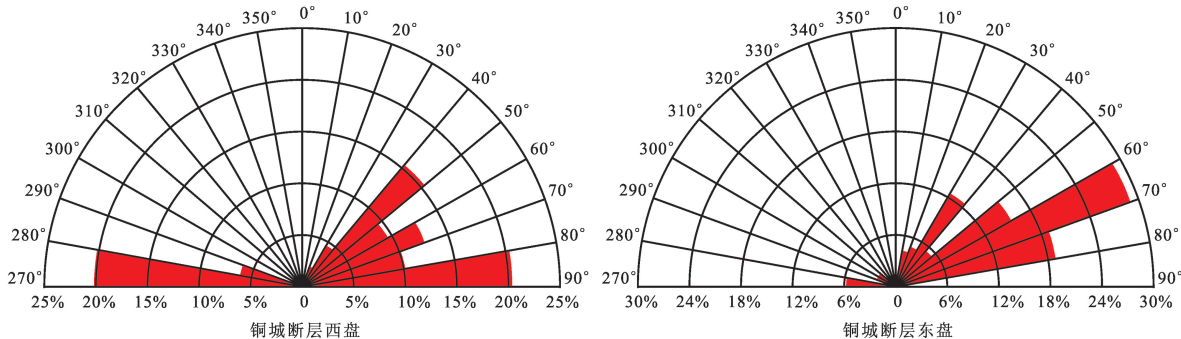


图 7 阜二+三段沉积期活动断层走向玫瑰花图

Fig. 7 Rose diagram of active faults strike of Fu 2+3 Member sedimentary period

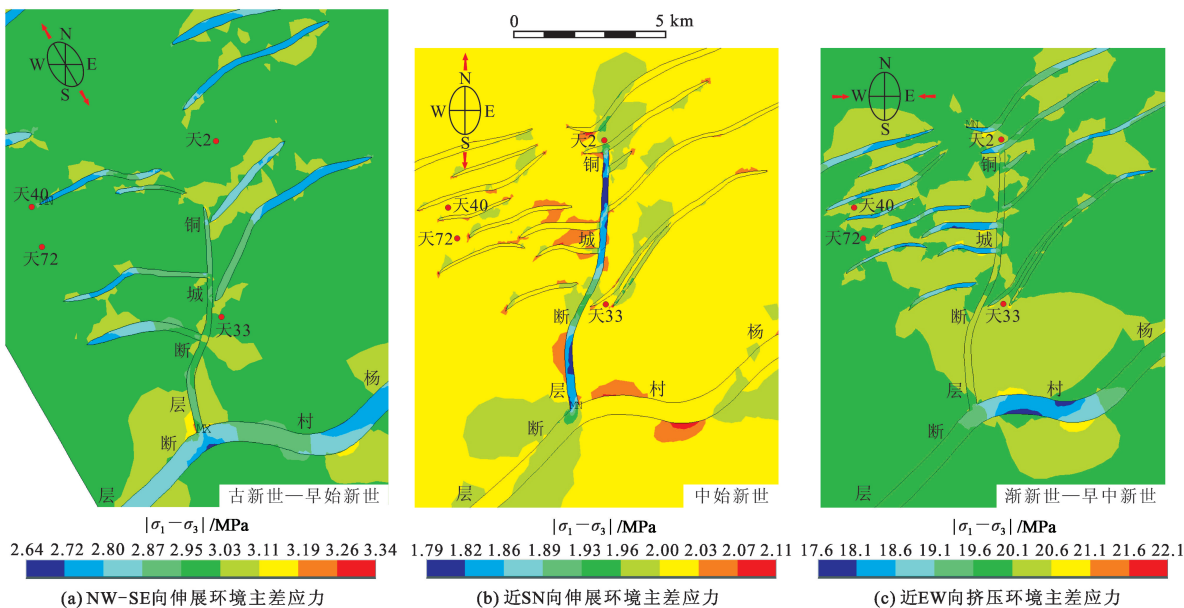


图 8 不同阶段主差应力分布

Fig. 8 Distribution of principal stresses difference of different stage

铜城断层东、西两盘断层活动性曲线都为中部大两端小的“拱形”或“分段形”(图4),属于单断层或断段独立生长^[31],并且铜城断层北端被天2南断层终止,未能自然衰减倾没(图2、3)。这表明铜城断层与其两盘断层虽彼此影响但不具有成因上的“世代关系”,同时先存的构造格局对后期构造演化具有重要影响,甚至制约铜城断层的延伸扩展。区域应力环境虽然产生主动走滑,但作用时间较短且较晚,所以现今主动走滑特征不甚明显。

伸展作用下铜城断层不具有产生逆断层特征的应力环境,通过应力模拟判断铜城断层南段的逆断层属于“欺压式逆断层”^[32-33]。渐新世至早中新世近EW向挤压环境下,铜城断层南部为高值区且走向与挤压方向垂直(图8(c)),导致断盘间相互作用,断面变陡并倒转,产生“欺压式反转”,从而呈现现今的逆断层特征。

5 结 论

(1)铜城断层具有多个走滑断层的典型识别标志。断层两侧在构造几何学和运动学上差异显著,因此铜城断层虽与两侧断层不具有成因上的“世代关系”,但客观上实现了构造分区作用。

(2)铜城断层是区域应力作用和先存构造共同影响下的产物。区域应力决定先存构造的形成和演化,而区域应力方向的多期变化、平面上区域应力作用差异及东西两盘先存构造在同一区域应力下的响应差异决定了铜城断层发育的位置、活动方式、断面产状变化及延伸范围。

(3)根据区域应力变化,铜城断层演化可分3期:古新世—早始新世NW-SE向伸展下铜城断层开始形成,表现为具有调节作用的变换断层;中始新世为近SN向伸展,区域构造活动整体强烈,铜城断层在变换断层基础上叠加主动走滑性质,断层规模扩大;渐新世—早中新世,近EW向挤压应力造成铜城断层南段断面倒转而呈逆断层特征,使铜城断层成为形成于伸展环境、并在挤压环境中受到局部改造,具有走滑性质、多期活动、渐次发育特征的复杂断层。

参考文献:

- [1] 张功成,徐宏,王同和,等. 中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社,1999.
- [2] 姚超,焦贵浩,王同和,等. 中国含油气构造样式[M]. 北京:石油工业出版社,2004.
- [3] 杨晓兰,刘玉瑞. 铜城逆断层的地质特征与油气聚集[J]. 小型油气藏,2000,5(4):4-6.
YANG Xiaolan, LIU Yurui. Geological characteristics of Tongcheng thrust fault and hydrocarbon accumulation[J]. Small Hydrocarbon Reservoirs, 2000,5(4):4-6.
- [4] 邱旭明. 苏北盆地扭动构造油气藏[J]. 石油勘探与开发,2004,31(3):25-29.
QIU Xuming. Strikesliding structure traps in the Subei Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2004,31(3):25-29.
- [5] 刘玉瑞,刘启东,杨小兰. 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):279-283,293.
LIU Yurui, LIU Qidong, YANG Xiaolan. Relation between features of strike-slip faults and hydrocarbon accumulation in Subei basin[J]. Oil and Gas Geology, 2004,25(3):279-283,293.
- [6] 叶绍东. 金湖凹陷铜城断层构造特征与油气成藏[J]. 地质力学学报,2012,18(2):187-194.
YE Shaodong. Structural characteristics of Tongcheng fault and hydrocarbon accumulation in Jinhu Sag[J]. Journal of Geomechanics, 2012,18(2):187-194.
- [7] 能源,漆家福,张春峰,等. 金湖凹陷断裂特征及其石油地质意义[J]. 大地构造与成矿学,2012,36(1):16-23.
NENG Yuan, QI Jiafu, ZHANG Chunfeng, et al. Structural features of the Jinhu Sag in the Subei Basin and its petroleum geological significance[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2012,36(1):16-23.
- [8] 舒良树,王博,王良书,等. 苏北盆地晚白垩世—新近纪原型盆地分析[J]. 高校地质学报,2005,11(4):534-543.
SHU Liangshu, WANG Bo, WANG Liangshu, et al. Analysis of Northern Jiangsu Prototype Basin from Late Cretaceous to Neogene[J]. Geological Journal of China Universities, 2005,11(4):534-543.
- [9] 宋宁. 苏北盆地油气藏分布规律和主要控制因素[J]. 上海地质,2010,31(增):240-243.
SONG Ning. Petroleum reservoirs distribution and controlling factors in Subei Basin[J]. Shanghai Geology, 2010,31(sup):240-243.
- [10] 叶兴树,王伟锋,戴俊生,等. 东营凹陷沙三—东营期断裂活动特征[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2006,30(4):6-11.
YE Xingshu, WANG Weifeng, DAI Junsheng, et al. Characteristics of fault activities of Sha-3 member and Dongying periods in Dongying depression[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Sci-

- ence), 2006,30(4):6-11.
- [11] 朱光,徐嘉炜,刘国生,等.下扬子地区沿江前陆盆地形成的构造控制[J].地质论评,1998,44(2):120-129.
- ZHU Guang, XU Jiawei, LIU Guosheng, et al. Tectonic control on development of the foreland basin along the Yangtze River in the Lower Yangtze River Region[J]. Geological Review, 1998,44(2):120-129.
- [12] 董树文,张岳桥,龙长兴,等.中国侏罗纪构造变革与燕山运动新诠释[J].地质学报,2007,81(11):1449-1461.
- DONG Shuwen, ZHANG Yueqiao, LONG Changxing, et al. Jurassic tectonic revolution in China and new interpretation of the Yanshan Movement[J]. Acta Geologica Sinica, 2007,81(11):1449-1461.
- [13] 朱光,王勇生,牛漫兰,等.郯庐断裂带的同造山运动[J].地学前缘,2004,11(3):169-182.
- ZHU Guang, WANG Yongsheng, NIU Manlan, et al. Synorogenic movement of the Tan-Lu fault zone [J]. Earth Science Frontiers, 2004,11(3):169-182.
- [14] 朱光,姜芹芹,朴学峰,等.基底断层在断陷盆地断层系统发育中的作用:以苏北盆地南部高邮凹陷为例[J].地质学报,2013,87(4):441-452.
- ZHU Guang, JIANG Qinqin, PIAO Xuefeng, et al. Role of basement faults in faulting system development of a rift basin: an example from the Gaoyou Sag in Southern Subei Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2013,87(4):441-452.
- [15] 李亚辉.高邮凹陷隐蔽性断层圈闭样式与识别技术[J].中国石油大学学报:自然科学版,2014,38(4):26-33.
- LI Yahui. Trap styles and identification technology of concealed faults in Gaoyou sag[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2014,38(4):26-33.
- [16] 张永鸿.下扬子区构造演化中的黄桥转换事件与中、古生界油气勘探方向[J].石油和天然气地质,1991,12(4):439-448.
- ZHANG Yonghong. Huangqiao transfer movement in tectonic evolution of Lower Yangtze Region and the Mesozoic hydrocarbon exploration target [J]. Oil & Gas Geology, 1991,12(4):439-448.
- [17] NORTHROP C J, ROYDEN L H, BURCHFIELD B C, et al. Motion of the Pacific Plate relative to Eurasia and its potential relation to Cenozoic extension along the eastern margin of Eurasia[J]. Geology, 1995,23(8):719-722.
- [18] 黄超,余朝华,张桂林,等.郯庐断裂中段新生代右行走滑位移[J].吉林大学学报:地球科学版,2013,43(3):820-832.
- HUANG Chao, YU Chaohua, ZHANG Guilin, et al. Cenozoic dextral strike-slip displacement of the Middle Tan-Lu Fault Zone[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2013,43(3):820-832.
- [19] 余朝华,黄超,祁成祥,等.济阳坳陷东部垦东—孤东潜山带走滑断层特征与成因分析[J].石油物探,2013,52(3):301-306.
- YU Chaohua, HUANG Chao, QI Chengxiang, et al. Analysis of genesis and characteristics of strike-faults in Kendong-Gudong Buried-hill zone in Eastern Jiyang Depression [J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2013,52(3):301-306.
- [20] 董亨茂,赵宝银,董哲,等.渤海湾盆地南堡凹陷断裂系统成因的构造解析[J].地质学报,2013,87(11):1647-1661.
- TONG Hengmao, ZHAO Baoyin, DONG Zhe, et al. Structural analysis of faulting system origin in the Nanpu Sag, Bohai Bay Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2013,87(11):1647-1661.
- [21] 石砥石,杨贵丽,张盛.青东凹陷北西向断层成因分析[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2012,35(5):681-686.
- SHI Dishu, YANG Guili, ZHANG Sheng. Analysis of formation mechanism of NW-striking faults in Qingdong Sag [J]. Journal of Hefei University of Technology (Edition of Natural Science), 2012,35(5):681-686.
- [22] 詹润,朱光.济阳坳陷青东凹陷基底断裂复活规律和方式[J].地质论评,2012,58(5):816-828.
- ZHAN Run, ZHU Guang. Reactivity features and patterns of basement faults in the Qingdong Sag, Jiyang Depression [J]. Geology Review, 2012,58(5):816-828.
- [23] 鲍倩倩.济阳坳陷东营末期构造反转特征分析[D].东营:中国石油大学地球资源与信息学院,2009.
- BAO Qianqian. Analysis on characteristic of tectonic inversion in the end of Dongying stage in Jiyang Depression [D]. Dongying: College of the Geo-resources and Information, China University of Petroleum, 2009.
- [24] 陈书平,王小群,王章青,等.海安凹陷上白垩统一新生界断裂形成及演化[J].石油地球物理勘探,2009,44(6):760-766.
- CHEN Shuping, WANG Xiaoqun, WANG Zhangqing, et al. The fracture formation and its evolution from Upper Cretaceous to Cenozoic in Haian Depression [J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2009,44(6):760-766.
- [25] 王义天,李继亮.走滑断层作用的相关构造[J].地质科技情报,1999,18(3):30-34.

- WANG Yitian, LI Jiliang. Fault-related tectonics of the strike-slip faulting[J]. Geological Science and Technology Information, 1999,18(3):30-34.
- [26] 漆家福. 裂陷盆地中的构造变换带及其石油地质意义[J]. 海相油气地质, 2007,12(4):43-50.
- QI Jiafu. Structural transfer zones and significance for hydrocarbon accumulation in rifting basins[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2007,12(4):43-50.
- [27] 夏义平, 刘万辉, 徐礼贵, 等. 走滑断层的识别标志及其石油地质意义[J]. 中国石油勘探, 2007,1:18-23,48.
- XIA Yiping, LIU Wanhui, XU Ligui, et al. Identification of strike-slip fault and its petroleum geology significance[J]. China Petroleum Exploration, 2007,1:18-23,48.
- [28] 陈安定. 苏北箕状断陷形成的动力学机制[J]. 高校地质学报, 2001,7(4):408-418.
- CHEN Anding. Dynamic mechanism of formation of dustpan subsidence, Northern Jiangsu [J]. Geological Journal of China Universities, 2001,7(4):408-418.
- [29] 王洪艳. 金湖凹陷构造特征研究及目标评价[D]. 青岛:中国石油大学地球科学与技术学院, 2011.
- WANG Hongyan. Research of constitution character and evaluation for object drilling in Jin-Hu hollow [D]. Qingdao: School of Geosciences, China University of Petroleum, 2011.
- [30] 朱光, 王道轩, 刘国生, 等. 郯庐断裂带的演化及其对西太平洋板块运动的响应[J]. 地质科学, 2004,39(1):36-49.
- ZHU Guang, Wang Daoxuan, LIU Guosheng, et al. Evolution of the Tan-lu Fault Zone and its responses to plate movements in West Pacific Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 2004,39(1):36-49.
- [31] 李三忠, 岳云福, 高振平, 等. 伸展盆地区断裂构造特征与成因[J]. 华南地质与矿产, 2003,2:1-8.
- LI Sanzhong, YUE Yunfu, GAO Zhenping, et al. Features and genesis of faults in extensional basins[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2003,2:1-8.
- [32] 张青林, 佟殿君, 王明君. 松辽盆地十屋断陷反转构造与油气聚集[J]. 大地构造与成矿学, 2005,29(2):182-188.
- ZHANG Qinglin, TONG Dianjun, WANG Mingjun. Relationship between inversion structures and hydrocarbon accumulation in Shiwu Fault Depression of Songliao Basin [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2005,29(2):182-188.
- [33] 张玉明, 张青林, 王明君, 等. 松辽盆地十屋断陷反转构造样式及其油气勘探意义[J]. 地球学报, 2006,27(2):151-156.
- ZHANG Yuming, ZHANG Qinglin, WANG Mingjun, et al. The reverse structural styles in the Shiwu Rift Depression, Songliao Basin, and their oil and gas exploration significance [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2006,27(2):151-156.

(编辑 徐会永)