

渤海湾盆地的构造格局及其演化

赵 重 远

(西北大学地质系)

提 要

渤海湾盆地的演化可分两个时期:中生代时期,从晚三迭世开始,止于始新世末;第三纪时期,从渐新世开始以至于今。中生代时期,在近南北向左旋剪切作用下生成了一系列走向北北东,大致平行的平移断层和位于其间的背斜和向斜褶曲。第三纪时期,则在拉张兼右旋剪张作用下使地壳沿着中生代断层拉开,生成渤海湾盆地。因而渤海湾盆地虽表现为张性构造,但实际上反映的是中生代的剪切挤压构造格局。

引 言

渤海湾盆地的构造格局及其演化先后受到许多研究者注意,发表了不少有益见解。本文将该盆地和其周围地区中、新生代构造的形成及其历史演化同周围板块运动的关系相联系,提出该盆地经历了中、新生代两种不同性质应力场发展阶段和早期构造格局控制晚期构造发展的观点。

一、渤海湾盆地周围的中生代构造格局

渤海湾盆地东临鲁西和胶辽隆起区,西接山西隆起区,南北分别被秦岭和燕山褶皱带所限。中生代时期,该盆地同其东西两侧的隆起区一起共同组成了一个巨大复式背斜隆起^[1],向西乃与同时期形成的鄂尔多斯向斜盆地相连。由于背斜的隆升和遭受侵蚀,在渤海湾盆地下面以及东西两侧的隆起区都钻遇或出露了太古界和元古界。从太行山向西还可直接看到从隆起到向斜,地层依次变新的序列。

渤海湾盆地及其周围地区以此复式背斜隆起为背景,复又发育了走向北北东—北东的雁行状剪压性断裂系和夹于其间的背斜及向斜褶曲构造。同时在某些背斜隆起上还发育了如同渤海湾盆地这样的第三纪断层盆地。

渤海湾盆地东西两侧分别发育有一条巨大左行剪切平移断裂带,东为郯庐断裂带,西为紫荆关断裂带,郯庐断裂带走向北北东,在渤海湾盆地以东向北越渤海,穿东北可达鄂霍茨克海,向南过长江穿华南可直抵越南^[2,3],是我国东部同时也是亚洲东部最为壮观的一条断裂带。据徐嘉炜研究^[2],该断裂带开始发育于晚三迭世,至晚侏罗世末达到其平移错动的最高潮,两侧地壳块体错开的距离最大者可达740公里。但从中生代晚期以来则转化为拉张性质,特别是第三纪以来,则兼具右行剪切性质^[2,3]。在渤海湾盆地以东有青岛—日照断裂带及胶南和栖霞复背斜带同郯庐断裂带组成入字型构造;在东北有依兰—伊通断

裂带同郯庐断裂带组成入字型构造。

上述两条断裂带并不是孤立的。渤海湾盆地西缘的太行山东麓断裂带和内部的沧东断裂带、聊城-兰考断裂带也应为界于二者之间,属于同一构造系统的产物。它们除各自本身由数段断裂组成雁列断层外,还共同组成了一个巨大左行平移断裂系,并将其间被其分割的地块错移成雁列地块。

除剪切断裂带外,在山西隆起区东部还发育有由背斜隆起组成的左行雁列背斜。太行山隆起主要是由阜平复背斜和赞皇-黎城复背斜与介于其间的井陘-沁水向斜组成的雁列背斜。背斜轴部出露太古界结晶岩石,向斜内填充石炭二迭系和三迭系。紫荆关断裂带穿行于二复背斜之间。

介于上述向斜盆地之间位置者,应为和它们同时生成并同样表现为雁行排列的背斜隆起,但是这个位置目前被一组第三纪地堑盆地所代替了。这一组盆地即是由大同、忻县、太原和汾渭等地堑盆地组成的晋陕雁列盆地。据形成历史分析,上述背斜隆起可能在第三纪时首先沿其拱顶产生拱张断裂,继而在右行剪张作用下断陷成为地堑盆地。

渤海湾盆地以北的燕山褶皱带,中生代地质构造也显示为受近南北向左行剪切作用影响的结果。这里可以分辨出的印支期构造其褶皱轴向北东-北北东,亦呈左行雁列展布。燕山期则发育了一系列彼此孤立的早侏罗世含煤盆地,即由阜新、北票、凌源、承德和密云等盆地组成的燕辽雁列盆地。它们多重迭于印支期向斜之上或沿着印支期断裂带分布,但其构造线更向北北东方向偏移^[6]。

二、渤海湾盆地内部的中生代构造格局

渤海湾盆地内部的中生代构造,由于被新地层覆盖,特别是由于受到了第三纪拉张和

右旋剪张应力的改造,面目已不很清。但已如前述,各主断裂本身各段断裂的左行雁行组成以及与其旁侧褶曲构造的关系,都足以说明它们是属于华北东部左行剪切构造系的一部分。图1比较详细地标出了各主断裂的雁列组成。因为它们首尾相接,却并不相连,且其间常可被一北西向或近东西向断层连接起来(但在有些情

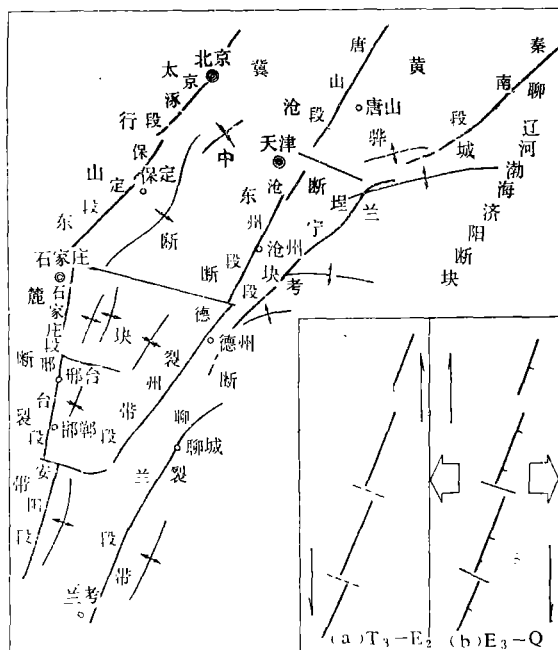


图1 渤海湾盆地中生代构造略图

右下角图表示主断裂带的演化过程

(a) T_3-E_2 时期在左行剪切作用下生成雁行状剪切平移断层; (b) E_3-Q 时期在拉张兼右行剪张作用下转化为正断层

况下这类断层仅是推测性质的), 以及目前它们从外观上呈现为一种锯齿状形态, 所以容易被误认为它们原本就是拉张性质的。另外, 还足以说明上述断裂带原为左行剪压性质者则为夹持于它们之间并同其配套的背斜和向斜褶曲。这些褶曲的轴向有的呈北北东, 同主断裂带平行, 二者属同级构造; 有的则呈北东或北东东, 与主断裂呈入字型结构, 乃属次一级构造。褶曲轴向的向东偏转也受区域构造环境的影响, 如分布于燕山褶皱带与鲁西地块之间渤海海域和济阳拗陷之中者, 但在总构造格局中仍是统一的。

三、渤海湾盆地的第三纪构造格局及其演化

渤海湾盆地的第三纪构造虽以拉张变形为特征, 但它终未脱出其下中生代左行雁列构造的基本格局, 其组成类型约有以下几种, 即: 雁列断块、雁列断层、“入”字形或分叉断层, “入”字形褶曲和断层和北西西—北西向断层或地堑和地垒。

1. 雁列断块 被太行山东麓断裂带、沧东断裂带、聊城—兰考断裂带和郑庐断裂带所分割的断块, 即从西向东排列的冀中断块、黄骅断块和辽河—渤海—济阳断块是最大一级的。在每一断块内部, 还有更次一级的, 如图2表示的冀中断块和黄骅断块内部的次级雁列断块。此种断块的左行剪切性质早已被一些研究者指出过^[7]。值得注意的是, 上述一级断块因为在第三纪时的拉张兼剪张作用下——侧曾沿着断裂带下滑, 所以目前都呈翘倾状态, 倾伏侧沦为拗陷, 翘升侧成为隆起, 如冀中断块西侧为冀中拗陷, 东侧为沧县隆起; 黄骅断块西侧为黄骅拗陷, 东侧为埕宁隆

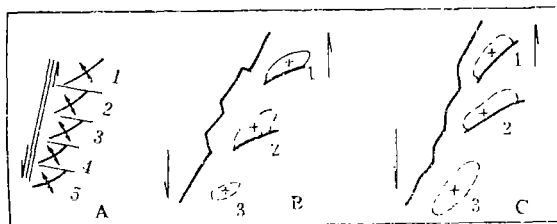


图2 黄骅拗陷和冀中拗陷中的雁列断块示意图

A、B为不同作者表示的黄骅拗陷雁列断块, A中的断块名称: 1. 小韩庄; 2. 北大港; 3. 孔店; 4. 徐杨桥; 5. 黑龙村 (据赵学平, 1979), B中的断块名称: 1. 北大港; 2. 孔店; 3. 东光 (据渤海地区石油地质研究所, 1978)。C为冀中拗陷的雁列断块: 1. 大兴; 2. 牛驼镇; 3. 高阳 (来源同B)

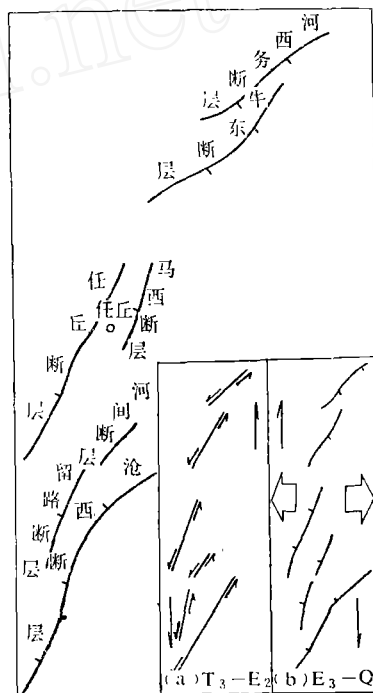


图3 冀中拗陷东部雁列断层及其形成机制和转化关系示意图

起等。另外, 位于拗陷中的次级雁列断块多由背斜, 半背斜或次级翘倾断块组成, 它们在拗陷中构成凸起或其它二级构造带。分布于次级雁列断块之间者则为填充着第三纪地层的雁列凹陷, 如在黄骅雁列断块西侧从北向南依次有北塘、板桥、沧东和南皮等凹陷; 东侧依次有南堡、歧口和盐山等凹陷; 冀中雁列断块两侧也分别有武清、坝县、饶阳和廊

固、保定、石家庄等凹陷。因为组成次级断块的构造多为背斜或半背斜等压性构造，这就需求如图2表示的那样其西侧的断裂一定具左行剪切平移性质。

2. 雁列断层 在图1中由各段断裂组成的太行山东麓断裂带，沧东断裂带和聊城-兰考断裂带为最大一级的雁列断层。分布于冀中拗陷东部由河西务、牛东、任丘、马西、河间、留路和沧西等断层组成的雁列断层则为次一级的(图3)。它们的形成机制和转化关系已如前述并表示于图3。

3. “人”字形或分叉断层 图4表示黄骅拗陷由走向北东的北大港断层、南大港断层、孔店断层、王官屯断层和徐黑断层与其西走向北北东的沧东断裂带组成的“人”字形断层。图5表示冀中拗陷由牛东断层与其东的分叉断层组成的“人”字形断层。二者的形成机制分别如其角图所示，所不同者二者的主干断层虽都是在中生代时的左旋剪切作用下生成的，但图4的分叉断层是从前第三纪地层向上延入第三纪地层之中的，而图5中的分叉断层仅发育在第三纪地层之中。这说明图4的“人”字形断裂是继承性的，只不过是第三纪时发生了性质和方向的相反转换；而图5的“人”形断裂其分叉断层是新生的，但是是在其西主干断层于第三纪作性质和方向相反的活动时带动它们生成的。它们属于第三纪时的右旋剪张

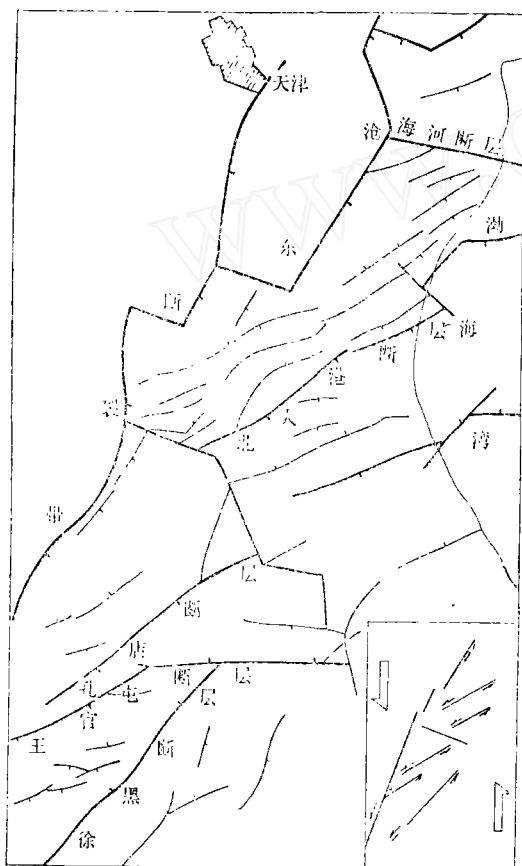


图4 黄骅拗陷“人”字形断裂格局示意图
角图表示它原是在左行剪切作用下生成的，现在已经过了方向和性质相反的转换 (据大港油田资料编绘)

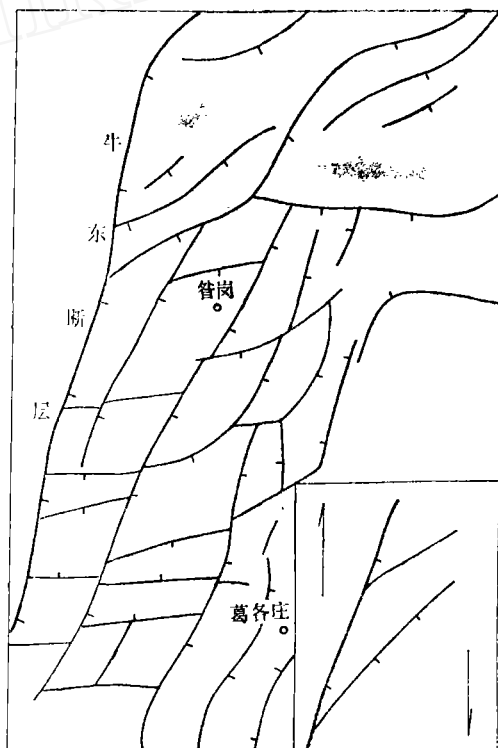


图5 冀中拗陷管岗—葛各庄“人”字形断裂格局示意图
角图表示其分叉断层可能是在第三纪时的右行剪张作用下生成的 (据高维亮)

断裂,但仍与主干断裂组成了统一构造。

4.“入”字形褶曲和断层 由一主干断层与旁侧的背斜褶曲和分叉断层共同组成“入”字形构造也是渤海湾盆地最常见的一种型式。图6a表示任丘油田的地质构造。任丘断层为主干断层,其东呈雁行状排列着四个被断层断落一翼的半背斜褶曲。该褶曲由晚元古界蓟县系雾迷山组组成,其上覆以渐新统沙河街组和东营组,构成披盖构造。图6b表示它在中生代时的形成机制,图6a是经过第三纪时的拉张兼右行剪张作用改造的结果。

5. 北西西—北西向断层、地堑和地垒 渤海湾盆地的中生代和第三纪构造都以北东—北东走向称著,但是北西西—北西向断层也很发育。在图1中表示了冀中拗陷部分此种断层,其中重要者有七里庄、出岸、五尺、南王庄、旧城北和衡水等。另外,在黄骅拗陷有海河和羊三木等(图4)。它们大都发生于中生代时期,在前第三纪地层中有相当大的断距,如五尺断层断距可达千米以上,但在第三纪时活动不甚明显。

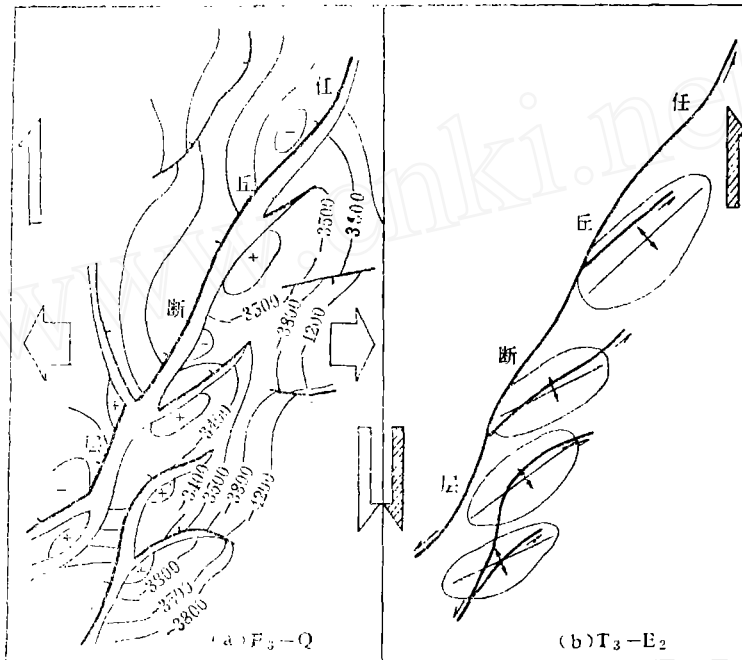


图6 任丘油田地质构造图

(a)现代构造(据渤海湾地区石油地质研究所), (b)表示在中生代时期的形成机制

上述断层在中生代时的左旋剪切作用下具剪张性质,有的还互相结合生成地堑和地垒构造。在地堑中有晚中生代和部分早第三纪沉积。在第三纪的右旋剪切作用下,该种断层则转化为左行平移性质,地堑中的沉积可能发生北西向的褶曲,形成潜伏构造带,它们和地垒构造一起,起着控制第三纪沉积或分割南北断块的作用。

以上构造型式的形成和演化代表了渤海湾盆地的基本构造格局。除此而外,在渤海湾盆地还发育有相当数量的其它型式构造,它们大都是同沉积形成的,如生长断层、滚动(逆牵引)背斜、压实构造或披盖构造。但它们在形成和演化中不起控制全局的作用。另

外,值得指出者,前述许多形成于中生代的剪压性断层,第三纪的转化为拉张或剪张性质,延入第三纪地层之中而继续发展者,往往也以生长断层面目出现,如下降盘比上升盘同期沉积显著增厚,但它们并不是典型的生长断层,如它们不是重力成因的;它们是有根的,其根部并不沿某一新地层界面或滑脱带消失。虽然有的断面在前第三纪地层中变缓,但这主要是断块翘倾的结果,与生长断层根部沿着一个剪切面滑脱不同。另外,渤海湾盆地的潜山构造,大部分也不标准。因为它们大都为一种不同规模的翘倾断块,其形成和发育受着构造作用控制,其分布服从于中生代左行剪切构造格局,并不全受某种地貌学法则支配。由于这种断块在第三纪时,还具同沉积生长性质,所以似乎可称它们为同生断块或生长断块。

四、渤海湾盆地演化的构造背景及形成机制

综上所述,渤海湾盆地是在由左旋剪切作用生成的中生代构造基础上,经由第三纪的拉张和右旋剪张作用将地壳沿先已存在的断裂拉开,下陷而成的。同时,这两期不同性质的构造作用也不是渤海湾盆地所独有,而是具有相当大规模的,至少影响到了中国东部大部分地区。

李四光(1962)^[9]在讨论新华夏构造体系的形成原因时,早就指出过中生代以来亚洲东部存在着由亚洲大陆向南太平洋相对向北运动而产生的左旋剪切作用。这一作用与现今查明的联合古陆在晚三迭世开始解体时出现的欧亚板块作顺时针旋转^[9]与太平洋板块向北北西方向运动^[10]二者之间所产生的剪切应力相一致。它是形成中国东部中生代左旋剪切构造的主要应力。

但是,欧亚板块的顺时针旋转随着特提斯海的合拢而减弱,直至特提斯海消亡,印度板块与欧亚板块碰撞而完全停止。这个时限大约在38百万年前^[11]。另外,在此之前大约在45~40百万年前之间,太平洋板块也改变了自己的运动方向,即由原来的北北西向改变为北西西向^[10,12,13]。这样,在大约45~38百万年前以来,中国东部便进入了另一种构造运动体制。这种体制一方面是印度板块与欧亚板块碰撞之后由于它继续向北推进,在与中国东部大陆之间产生了右旋剪切作用^[14];另一方面是欧亚板块与太平洋板块之间的关系,由原来的左旋剪切作用改变成了相对仰冲和俯冲运动,使在俯冲带前方的弧后地区产生了扩张作用。这一作用有可能波及到了中国东部部分地区。这两个时期的早期,即中生代时期,从晚三迭世开始,大约止于始新世末;晚期,即第三纪时期,从渐新世开始以至于今。

渤海湾盆地的形成因受此前后两期不同性质应力的作用,所以在形成机制方面同世界上典型的裂谷盆地相比便有所不同。首先,渤海湾盆地是生成在一个曾发生左旋剪切挤压破裂的中生代复式背斜隆起上,因而当拉张和右旋剪张作用起作用时,便首先利用原先的破裂面滑离拉开,生成许多不对称箕状拗陷,使早期的盆地形态呈现严重分割局面。而典型的裂谷盆地的形成,一般先是地壳被拉伸变薄(细颈作用)产生拗曲,进而发生引张断陷成为盆地。所以盆地的剖面形态一般是对称的,也较少分割。再者,渤海湾盆地的形成没有经由象典型裂谷盆地那样先起源于地幔或地幔垫的隆起,最后导致地壳拱张破裂生成裂谷盆地。目前,渤海湾盆地下面的地幔也有隆起现象,但它可能是后生的,即中生代时

当华北地区在左旋剪切挤压作用下成为一个复式背斜隆起时,由于隆起本身的支撑减小了地壳对地幔的压力,地幔便局部向上拱升。后来当渤海湾盆地沿着先期断裂滑离,地壳因而被拉伸变薄时,地幔便进一步向上隆升。其次,因为渤海湾盆地的中生代基底断裂大部已切穿岩石圈^[3],所以当其拉开时岩石圈断块便会很快具有较自由的边界条件,从而可较充分地进行均衡调整,并进而达到在均衡作用支配下的全面下沉。渤海湾盆地地下边的莫霍面形态和盆地内部的构造格局具极为相似的镜象关系而且和典型裂谷盆地不同具正布格重力异常,大约正是这个原因。

根据上述,渤海湾盆地演化的顺序大致可归纳为以下几个阶段:(1)从晚三叠世起在左旋剪切挤压作用下华北复式背斜隆起的形成阶段;(2)中生代晚期在华北复式背斜隆起上发生拱张断陷的盆地萌芽阶段;(3)早第三纪初应力场发生转变后盆地开始拉开并同时进行均衡调整的盆地形成阶段和(4)新第三纪以来盆地在均衡作用支配下的全面下沉阶段。第一阶段只为渤海湾盆地的出生准备了构造条件。第二阶段也只是在复式背斜隆起上产生了一些地堑和地垒构造。在地堑以及复式背斜的向斜构造中沉积了一定厚度的中生代地层。因为这些拱张断裂的断距较小,所以并未能成为第三阶段盆地拉开形成的基础。第三阶段盆地形成时主要是沿着中生代的主要左旋剪切平移断裂带拉开的。在拉开过程中并随即进行着均衡调整。这个阶段开始的时期与中国东部两期应力场的转换时期密切相关。在渤海湾盆地从构造和沉积两种作用的变迁分析,则大约发生在始新世沙河街组第四段(沙四段)沉积之末到渐新世沙河街组第三段(沙三段)沉积之末。因为在构造方面,在沙三段沉积前有许多从中生代继承来的断层停止了活动,同时从沙三沉积之时起另一些老断裂又重新开始活动,同时还产生了许多新断裂。在沉积方面,从渤海湾盆地各时期地层等厚图上可以看出,始新统孔店组和沙四段沉积范围都较小,而从沙三段开始则显著扩大。表明沙四段到沙三段时期,这里明显发生过构造变化。第四阶段开始之时,渤海湾盆地的大规模拉张期已过。盆地内各断块也进行过充分均衡调整。所以本阶段盆地演化的主要特征表现为在均衡作用支配下全面下沉。盆地在第三阶段呈现的严重分割局面已经被新沉积物填平,从而在人们面前展现出了一个庞大统一的盆地面貌。

上述盆地演化的第一、二阶段属于早期区域应力场,即左旋剪切应力场;第三、四阶段属于晚期应力场,即拉张兼右旋剪切应力场。

本文在写作过程中得到了介霖、黄汉辉、党振荣、吴继龙等同志帮助,特此表示感谢。

(本文收到日期 6月7日)

参 考 文 献

- [1] 张裕明,汪良谋,1980,华北断块区中、新生代构造特征及其动力学问题。华北断块区的形成与发展,第143—157页,科学出版社。
- [2] 徐嘉炜,1980,郯庐断裂带巨大的左行平移运动。合肥工业大学学报,第1期。
- [3] 黄汲清、任纪舜、姜春发、张正坤、秦德余,1980,中国大地构造及其演化。第95页,第97—98页,科学出版社。
- [4] 李春昱,1956,对于“渭河地堑”的质疑。地质学报,第4期。
- [5] 邓起东、王克鲁、汪一鹏、唐汉军、吴裕文、丁梦麟,1973,山西隆起区新构造带地质条件及地震发展

趋势概述。地质科学, 第1期。

[6] 崔盛芹、杨振声、周南硕、李志超、葛肖虹, 1978, 燕辽及其邻区的古构造体系研究。国际交流地质学论文集。(1), 第149—162页, 地质出版社。

[7] 华北石油会战指挥部石油勘探开发研究院渤海湾地区石油地质研究所, 1972, 渤海湾地区古潜山油气田。石油化学工业出版社。

[8] 李四光, 1962, 地质力学概论。科学出版社。

[9] Dietz, R. S., Holden, J., 1970, Reconstruction of Pangea: Breakup and Dispersion of Continents, Permian to Present. Jour. Geophys. Research, V. 75, p. 4939—4956.

[10] Uyeda, S., Miyashiro, A., 1974, Plate Tectonics and the Japanese Islands, A Synthesis, Geol. Soc. America Bull., V. 85, p. 1159—1170.

[11] Molnar, P., Tapponnier, P., 1975, Cenozoic Tectonics of Asia: Effects of a Continental Collision. Science, V. 189.

[12] Zvi Ben-Avraham, 1978, The Evolution of Marginal Basins and Adjacent Shelves in East Southeast Asia. Tectonophysics. V. 45, p. 269—288.

[13] Hide, T. W. C., Uyeda, S., Kroenke, L., 1977, Evolution of the Western Pacific and its Margin. Tectonophysics, V. 38 p. 145—165.

[14] 汪一鹏, 1979, 我国板内地震和中、新生代应力场。地震地质, 第3期。

STRUCTURAL PATTERN AND EVOLUTION OF BOHAIWAN BASIN, CHINA

Zhao Zhongyuan

(Department of Geology, Northwest University)

Abstract

The Bohaiwan (Bohai Bay) basin lying on the basis of Mesozoic structures is a rifting basin developed from the Late Mesozoic. Its evolution can be divided into two stages: the first, the Mesozoic stage ranging in age from the Late Triassic to the Late Eocene; and the second, the Tertiary stage, ranging in age from the Oligocene to the Recent. A series of wrench faults running parallel to each other with a NNE trend and a number of anticlinal and synclinal folds between them were formed in the Mesozoic stage by sinistral shear stress in a nearly SN direction. In the Tertiary stage, the Bohaiwan basin was formed under both the tensile and dextral shear stresses that pulled apart the crust along the Mesozoic faults. For this reason, the structures in the Bohaiwan basin which appear to be caused by tensile stress are actually reflections of shear-compression structural pattern of the Mesozoic.