

辽西地区构造演化与盆地成因类型研究

王伟锋 陆诗阔 孙月平
(石油大学) (辽河油田)

摘要 辽宁省西部地区发育了一系列中生代小型含煤盆地。这些盆地内有广泛的油气显示,但勘探效果却不理想。本文分析了辽西地区地球动力学背景,结合地球物理勘探资料研究了辽西地区盆地构造几何学和运动学特征,探讨了辽西地区构造演化史、盆地形成机制和成因类型,并以阜新盆地为例,阐述了盆地的构造特征和圈闭类型。

关键词 构造演化 岩浆活动 地球动力学 张扭性盆地

0 引言

辽西地区指辽宁省西部赤峰—开原以南、沈阳—盘锦以西的广大地区。这里自西向东分布着北票—建昌盆地、金羊盆地、阜新盆地和黑山盆地等。这些盆地形成、演化时期为侏罗纪至早白垩世,是中生代中、晚期沉积盆地。近年来,辽河石油勘探局为了找到新的油气田接替基地,对包括辽西地区在内的外围探区进行了大量油气勘探工作,但在这些盆地内仅有油气显示,而没有获得勘探突破。我们知道,油气藏形成和保存的基本条件是充足的油源、有利的生储盖组合、有效的圈闭和良好的保存条件。因此,对辽西盆地的油气成藏条件作出正确评价应能提高勘探效益,降低勘探风险。这项工作的前提应该是首先了解盆地的成因类型和构造演化过程。

1 地质概况

辽西地区位于燕山 EW 向构造带与 NNE 向新华夏系第二沉降带的复合部位,确切地说,是位于 EW 向构造带的赤峰—开原断裂以南和新华夏系的郯庐断裂交汇地区,被这两条断裂所夹持(图 1)。赤峰—开原断裂和郯庐断裂是两条岩石圈深断裂,前者是华北陆块和东北陆块的分界线,后者为中国东部的一条巨型走滑断裂带。该地区盆地的形成和演化过程与这两条岩石圈深断裂的活动密切相关。

辽西地区的沉积盆地是在前寒武系变质岩系基底之上形成的侏罗纪至早白垩世断陷盆地。侏罗纪以前为基底演化阶段,以后为盆地形成和演化时期。两个时期的构造活动方式、方

1997 年 5 月 13 日收稿。

中国石油天然气总公司“八五”项目——“辽河外围盆地石油地质综合研究”子课题。

的地壳伸展作用,在北票—建昌和金羊地区元古界变质基础上,沿帚状构造体系的外部和中
部,NNE向旋扭断层发生伸展裂陷作用,形成了北票—建昌和金羊断陷盆地,接受了中、下侏
罗统的沉积。中侏罗世末,太平洋板块再次发生俯冲作用,辽西地区再次遭受来自郯庐和赤峰
—开原断裂左行压扭应力场的影响,NNE向的断裂发生逆冲,使古老的元古界推覆到中侏罗
统蓝旗组(*Jl*)之上,结束了中、下侏罗世盆地演化阶段。

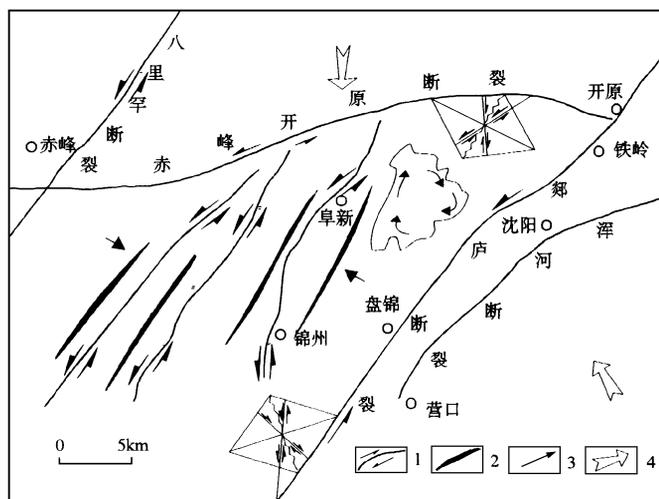


图 2 辽西地区构造纲要图

Fig. 2 Tectonic outline map in western Liaoning province

1. 断裂; 2. 背斜; 3. 运动方向; 4. 区域运动方向

晚侏罗世—早白垩世为中国东部的一个重要裂陷期,也是辽西盆地断陷发育时期。此时,由于印度板块对中国板块的强烈挤压俯冲所产生的碰撞裂谷效应和库拉—太平洋板块俯冲挤压联合作用,引起郯庐断裂带在内的中国东部地幔物质上拱,热构造作用明显,岩石圈伸展变薄,张性裂陷作用强烈,岩浆活动频繁。这个时期是辽西地区张扭性帚状断陷盆地形成时期。由于区域上NW—SE向拉张作用的影响,郯庐断裂和赤峰—开原断裂同时发生右行张扭运动,引起辽西地区发生大面积裂陷,在所有盆地内沉积了晚侏罗世—早白垩世的地层,至此,辽西张扭性帚状盆地已经定型(图1)。帚状断陷盆地系向NE收敛,向SW撒开,旋扭核心是黑山盆地。内旋层是阜新盆地,外旋层是北票—建昌盆地。从剖面(图3)上看,辽西盆地自西向东发展,或者说张扭性帚状断陷盆地由外向内发展演化,即位于帚状断陷盆地系最外部的北票—建昌盆地,形成时代为早侏罗世—晚侏罗世;中部的金羊盆地发育时期为早侏罗世—早白垩世;内部的阜新和黑山盆地形成时间为晚侏罗世—早白垩世,从辽西地区部分地震剖面上也可以看出这一特点。北票和金羊地区自早侏罗世兴隆沟期开始裂陷,在元古界基底上沉积了兴隆沟组(*J_{1x}*),北票组(*J_{1b}*)之后,郯庐断裂带左行压扭走滑,导致走向50°方向的南天门断裂向SE方向发生逆冲。到中侏罗世,郯庐断裂带右行张扭活动,南天门断裂发生负反转为正断层,在其下降盘沉积了蓝旗组(*Jl*)和土城子组(*Jt*)。土城子组沉积之后,郯庐断裂带发生右行压扭走滑,引起NW走向(320°方向)的大平房—八家子断裂向SW发生逆冲。进入晚侏罗世,郯庐断裂带再次左行压扭走滑,南天门断裂又一次逆冲,元古界(*Pt*)逆冲在土城子组(*Jt*)之上,而大平房—八家子断裂则发生负反转,地块掀斜,形成断陷,并伴随强烈的岩浆活动,阜新和黑山地

区开始裂陷并与北票—建昌盆地和金羊盆地同时沉积了上侏罗统义县组 (J_3y)和九佛堂组 (J_3ff)。九佛堂期之后,区域上再次发生 NW—SE 向挤压作用,北票—建昌盆地结束沉积,而在阜新、金羊和黑山盆地内还沉积了沙海组 (J_3sh)、阜新组 (J_3f)和早白垩世孙家湾组 (K_1s)。早白垩世孙家湾组沉积之后,郯庐断裂带再次大规模左行压扭走滑,南天门断裂发生强烈逆冲,引起元古界 (Pt)覆盖在孙家湾组 (K_1s)之上,从此结束了帚状断陷盆地系的演化。进入喜马拉雅期,辽西地区又经历了多幕构造运动的叠加和改造,使部分早期形成的断裂的封闭性发生改变,岩浆侵入,油气藏遭到破坏。

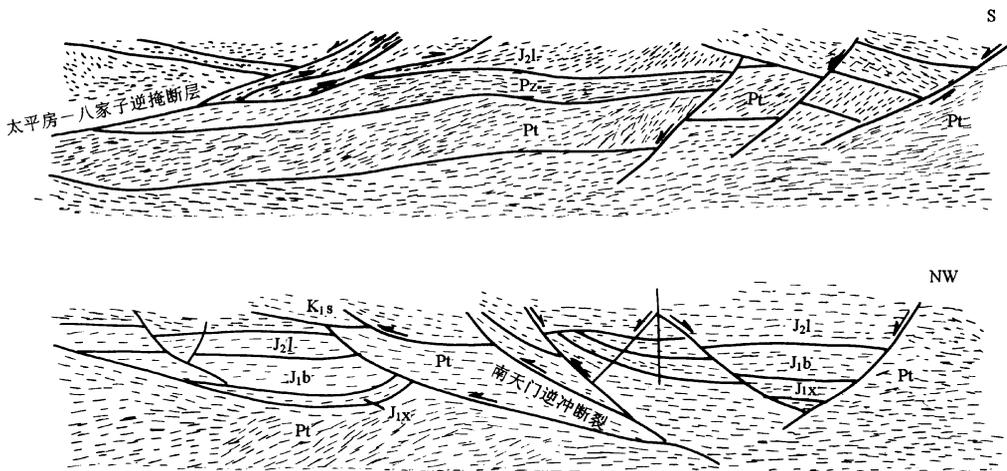


图 3 辽西地区地震剖面

Fig. 3 Seismic profiling in western Liaoning province

上图辽西地区 Lx-522地震剖面;下图为辽西地区 BP210.0地震剖面

3 地球动力学环境分析

火山活动受地球动力学环境制约,因而火山岩岩石化学及火山岩岩石类型的组合特征和火山岩的物质来源与大地构造环境密切相关。邱家骧 (1991)和胡振铎 (1994)分别对赤峰—开原断裂南北两侧和郯庐断裂附近的火山岩岩石化学成分和同位素地球化学进行了研究,结果表明,在赤峰—开原断裂以南为偏碱性的中性—中基性岩类组合,以北为基性和酸性火山岩组合,在铁岭和彰武地区由于郯庐断裂的影响表现为偏碱性的中性—中酸性的岩石组合。岩石系列(一组有成因联系按一定规律出现的岩石)随构造单元的不同也有所差异,在赤峰—开原断裂以北的火山岩为碱性系列岩石;以南的火山岩为钙碱性系列向碱性系列过渡的岩石;而在郯庐断裂附近的火山岩则为钙碱系列和碱性系列岩石兼而有之(图 4)。据火山岩化学成分特征分析,本区的火山岩多属钙碱性岩石,岩石中 SiO_2 介于 46.43—77.43% 之间, Al_2O_3 含量较低。同位素分析表明,赤峰—开原断裂以南的火山岩是下地壳与上地壳的混合;而赤峰—开原断裂以北的火山岩包括受郯庐断裂影响的铁岭地区的安山岩则是地幔与上地壳的混合。另外,稀土元素和微量元素特征进一步表明,基底属于华北陆块的赤峰—开原断裂以南的火山岩主要是下地壳的部分熔融,在上升过程中同化混染了上地壳的太古界和元古界的变质岩系。赤峰

一开原断裂以北地区的火山岩主要是地幔上涌时同化混染了古生界(G-P)中浅变质岩系。在深达地幔的郯庐断裂附近,地幔物质在拉张裂陷环境下上涌并与地壳物质混染。中生代西太平洋板块向大陆板块俯冲,在俯冲带附近形成沟、弧火山岩的同时,在远离俯冲带一定距离的区域内发生地幔上隆,地壳均衡减薄,在陆内拉张裂陷构造环境下,深部富碱岩浆上涌,形成偏碱性火山喷发系列。

因此,火山岩类型及地球化学特征表明了本区在中生代曾出现过陆内裂陷构造环境,火山岩同位素测定表明,中侏罗世(167±7Ma),晚侏罗世(142±5-124±5Ma)均有裂陷环境下的岩浆喷发;同时也证明了赤峰—开原断裂南北两侧为不同岩浆活动和构造变形单元,郯庐断裂在岩浆活动和区域构造形成演化过程中是重要的动力学因素之一。辽西盆地形成于早侏罗世,结束于早白垩世末,是在区域裂陷构造环境下的一个局部构造过程。

通过上述火山岩活动、构造演化和盆地构造变形史分析,黑山、阜新、金羊、北票—建昌盆地有共同的形成机制和演化历史,都是区域上的拉伸挤压作用导致郯庐断裂的走滑活动和深部物质作用下产生的构造变形。

如果进一步分析区域上的拉伸、挤压力起源,必然涉及地球岩石圈板块间的相互作用历史及其由此引起的深部物质过程以及板块内岩石受力状态、变形机制等诸多理论问题。关于裂陷盆地的形成机制,许多学者提出了多种大陆伸展构造模式来解释大陆内部及被动大陆边缘裂陷伸展区的各种地质和地球物理特征。概括起来,可分为纯剪切、简单剪切和分层剪切三种伸展模式。纯剪切模式认为在拉张应力作用下,岩石圈发生均匀的“细颈作用”,下部地壳及地壳下岩石圈(上地幔)以韧性流变方式造成透入性的韧性伸展减薄,而上部地壳则以脆性块断作用方式造成地壳的伸展减薄,形成双断式地堑结构。简单剪切模式认为浅层地壳中,脆性块断构成的伸展构造系统是地壳或岩石圈大型低角度正断层上盘的剪切滑动引起的,可形成不对称地堑结构。分层剪切模式认为岩石圈伸展构造是分层的,不同层次岩石圈其伸展变形方式可以不同。浅层次的伸展受大型拆离断层控制,发生简单剪切变形,形成非对称掀斜断块构造;深层次的伸展构造可以是受纯剪切伸展作用影响形成透入性的韧性流变及基性岩墙群侵入。这三种模式都是建立在单向拉伸作用下,剖面上可能形成的构造形态,不能反映三维空间复杂应力状态下地壳的变形特点,用于解释以走滑作用为主,兼有伸展和压缩变形的盆地显然是不适宜的。图5是适合该区复杂变形条件下形成的三维空间构造现象的动力学模式。东北亚地区在早侏罗世—早白垩世期间经历了多期拉张和挤压运动的影响,是太平洋板块间歇俯冲与印度板块强烈碰撞挤压中国大陆板块而引起的。在太平洋板块活动相对平缓时期,印度板块的碰撞裂谷效应就会引起华北及东北地区地壳拉张伸展变形,地壳减薄,同时拉张作用引起郯庐断裂右行走滑、赤峰—开原断裂左行走滑。这两条岩石圈深断裂的走滑作用不仅导致了阜新等盆地的张剪变形,而且是壳下岩浆上涌喷出的触发因素。一旦太平洋板块俯冲挤压作

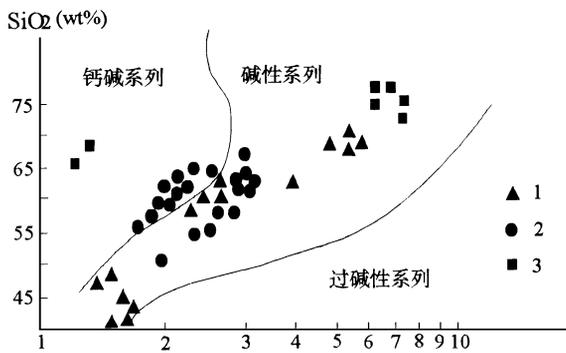


图4 辽西地区火山岩碱度概率图解 (据胡振铎, 1994)

Fig. 4 Basicity-probability of volcanic rocks in western Liaoning province

- 1. 赤峰—开原断裂以北的样品;
- 2. 赤峰—开原断裂以南的样品;
- 3. 依兰—依通断裂附近的样品

用占居主导地位,便引起郯庐断裂左行压扭走滑,盆地便发生压扭变形,进而抬升,出现沉积间断,遭受剥蚀。这一过程在早侏罗世—早白垩世期间共发生了五次。早白垩世之后的区域裂陷中心向东迁移至郯庐断裂带内,辽西地区抬升遭受剥蚀至今。

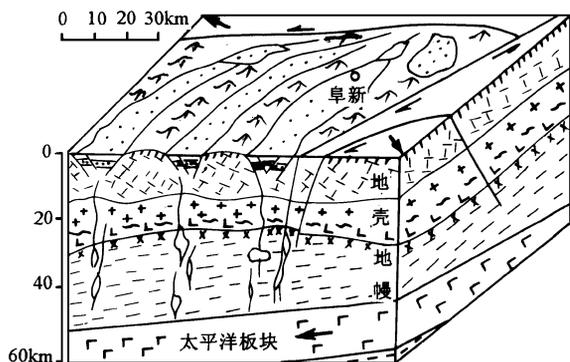


图 5 辽西地区盆地动力学模式图

Fig. 5 Geodynamic model of basins in western Liaoning province

4 盆地类型及构造特征

从上述的盆地形成演化和动力学背景分析可以看出,辽西地区的盆地是在以扭动作用为主,兼有挤压和拉伸作用下形成的,具有明显的张扭性质。由于控制辽西地区构造变形的高一级构造是郯庐走滑断裂,故盆地类型应属走滑盆地类型的张扭性盆地。

按边界断裂特征可进一步划分双断地堑型和单断箕状两类张扭性盆地。阜新盆地为双断地堑型,黑山、阜新、金羊、北票—建昌盆地为单断箕状盆地。油气

勘探结果证实,盆地内的侏罗纪地层是良好的烃源岩,特别是九佛堂组及其下伏的北票组暗色泥岩均已达到生烃门限;沙海组的储集岩厚度大、分布广;阜新组沉积末期形成了多种构造圈闭。因此,各盆地都具类似的石油地质特征和良好的成藏条件,其中阜新盆地的构造特征具有代表性,而且也是辽西地区勘探前景最好的盆地。本文以阜新盆地为例来阐述盆地构造特征与油气的关系。

该盆地走向 NNE—NE,呈狭长地堑式盆地。南北长约 80km,东西宽 11—22km,面积约 1500km²。盆地内富含煤系地层,是东北地区煤炭基地之一,经大量浅孔钻探发现有油气显示。近年来,辽河石油勘探局进行了大量的油气勘探和研究工作,认为阜新盆地烃源岩已经生成了大量油气,并且已聚集成藏。

阜新盆地横剖面上为双断型地堑式盆地,即由 2 个不同结构特征的构造层次垂向叠置而成。下部为前中生界盆地基底构造层,上部为由晚侏罗与早白垩世地层组成的盆地盖层构造层。基底岩系发生强烈的断裂变形,形成一系列由阶梯状断裂组成的断阶带,受盆缘两侧相向倾斜的基底断裂所控制,由两侧向中间下掉,呈不对称式地堑(盆地)结构。盆地的沉积盖层呈楔形充填于地堑之中,受基底断裂的影响,形成基底卷入型盖层断裂系统。剖面上,表现为垒堑相间的构造样式,盖层构造明显受基底起伏控制。

平面上,阜新盆地被西界松岭断裂和东界间山断裂所夹持,呈狭长的弧形展布,东西边界断裂均为迁就利用早期的 NNE 和 NW 向扭性断裂发育而成的追踪张裂。盆地近东侧发育一系列走向近 EW,呈雁行状排列的背斜和向斜构造。这些背、向斜等距分布,褶皱轴与边界断裂呈锐角相交,显示边界断裂曾发生过左行走滑运动。除此以外,基底和盖层内都发育了不同走向的断裂,这些断裂与盆缘断裂多呈斜交关系,这一特征在第三纪裂陷盆地中是不多见的。这种次级断裂与边界主断裂的组合关系,说明盆地的形成与演化不单受到侧向挤压或拉张,而且剪切运动也起了重要作用。

根据地震资料揭示的盆地盖层剖面与平面的构造特点,可将盆地分为西部断阶带、中间凹

陷带和东部断阶带 3 个二级构造带(图 6)。同时,由于受基底近 EW 向的隆起和凹陷的影响,沉积盖层的构造分区与基底类似,可进一步分为若干三级构造带(表 1)。

表 1 阜新盆地次级构造单元划分表

Table 1 Classification of tectonic sub-unit in Fuxin basin

构造单元 构造层次	二级构造带 (NNE向)	三级构造带	
		背斜带(近 EW 向)	洼陷带(近 EW 向)
盆地盖层	西部断阶带 中间凹陷带 东部断阶带	清河门—艾友构造带、东梁构造带、小胡家断鼻、海北断鼻、市西断鼻	九道岭、民家屯、依吗图、海州、县城、新邱
盆地基底		隆起带	凹陷带

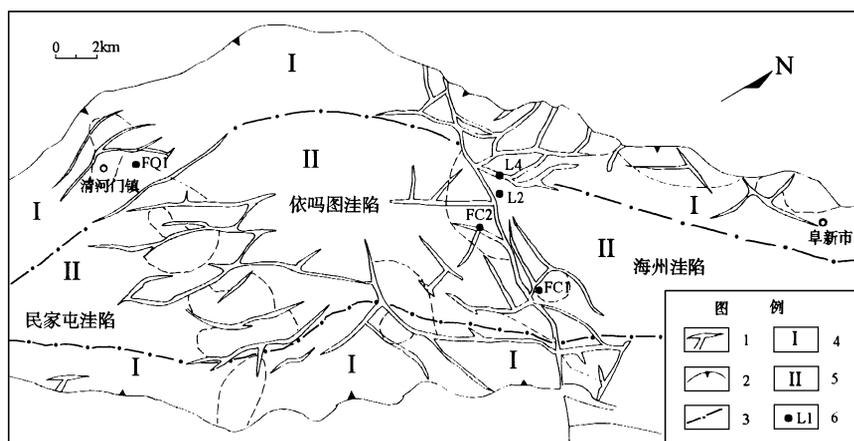


图 6 阜新盆地构造图

Fig. 6 Tectonic map of Fuxin basin

1. 断层; 2. 边界断层; 3. 单元界限; 4. 断阶带; 5. 凹陷带; 6. 井位

盆地二级构造带受益缘断裂控制,与盆地轴向一致,呈 NNW-NE 向分布。西部断阶带剖面上发育一系列东倾的铲形断层逐级向盆地中心断落,这些断层向深部延伸与西界主断裂斜交构成断阶带;平面上,大致在依吗图以南地区,阶梯状断裂走向近 SN,平行展布,向依吗图洼陷逐级下掉;在依吗图以北,断裂走向为 NE 向,向 SE 断落。

与西部断阶带相对应,东部断阶带发育一系列西倾的铲形断层,向 NW 断落形成阶梯状断阶带,断裂延伸到一定深度与东界主断裂交汇,成为主断裂控制下的滑脱断阶。平面上以民家屯为界,以南地区阶状断裂走向 NW,以北地区断裂走向以 NNE 向为主,也有 NW 和 NE 向断裂,它们共同向依吗图洼陷断落。

中部凹陷带位于两个断阶带之间,是盆地的沉积、沉降中心,总体上南北两端浅、中部深,西部浅、东部深。

三级构造单元由南向北依次为民家屯洼陷,清河门—艾友构造带,依吗图洼陷,小胡家断鼻,东梁构造带,海州洼陷和海北断鼻。也就是三洼两隆两断鼻的构造格局。它们平行斜列,近 EW 走向,排列方式受基底起伏和边界断裂走滑活动控制。

构造圈闭在盆地中占有相当重要的地位。根据全区各组段底界构造图统计,盆地中,北部

地区共发现和落实的局部正向构造共 8 个,均属构造圈闭。按其成因分类,有断裂背斜、断鼻和断块三种圈闭类型,其中背斜圈闭居首位,占圈闭总数的 67%;断鼻圈闭分布于盆地西缘靠近边界断层附近,呈 NE 向展布,形成于晚侏罗世早、中期;背斜型圈闭分布有两种形式:一种是分布于盆地偏西侧的背斜圈闭,它们围绕生油凹陷西北缘呈 NE 向雁行式排列,圈闭主要形成于晚侏罗世中期,圈闭规模大,埋深适中,对侏罗系上统九佛堂组、沙海组烃源岩来说属于早期构造,能长期持续捕获油气,保存条件相对较好;一种是分布于盆地东缘间山断裂下降盘的背斜圈闭,围绕生油洼陷东缘呈 NNE 向雁行式排列,圈闭基本上形成于晚侏罗世中后期,对九佛堂组、沙海组烃源岩大量排油期来说属同期构造,有一定捕油能力。这些构造圈闭是油气勘探的主要目标。

5 结 论

辽西地区的盆地是在郯庐断裂和赤峰—开原断裂走滑运动派生应力场以及由此引发的深部物质过程共同作用下,在中燕山期 (J_3-K_1) 形成和发育的张扭性断陷盆地。这些盆地在平面上组合成帚状构造型式。帚状断陷盆地的旋扭核心为黑山盆地,旋扭层为阜新盆地、金羊盆地和北票—建昌盆地。自西向东,盆地形成和演化时代逐渐变新。剖面上,盆地受边界断裂控制,表现为单断箕状或双断地堑式盆地。盆地构造变形强烈,因而,构造圈闭很发育,以背斜、断鼻和断块圈闭为主。但是盆地面积普遍较小,都缺乏拗陷期上覆地层,油气藏的保存条件较差。

参 考 文 献

- 1 李东旭等,地质力学导论。北京:地质出版社,1990
- 2 马杏垣,论伸展构造。地球科学,1982,7(3)
- 3 朱志澄,构造地质学。武汉:中国地质大学出版社,1989
- 4 彭作林等,中国主要沉积盆地分类。沉积学报,1995,13(2)
- 5 朱夏,中国中生代盆地构造演化。北京:科学出版社,1983
- 6 朱夏,朱夏论中国含油气盆地构造。北京:石油工业出版社,1986
- 7 李德生,中国东部含油气盆地的构造特征。石油勘探与开发,1982,(2)
- 8 李德生,中国含油气盆地的构造类型。石油学报,1982,3(3)
- 9 谭试典,中国中、新生代沉积盆地类型与演化。石油学报,1990,11(3)
- 10 杨克绳,中国中生代沉积盆地箕状断陷类型、形成机理及含油性。石油天然气地质,1990,11(2)
- 11 王燮培,含油气盆地构造样式研究中几个问题的讨论。地质科技情报,1996,15(4)
- 12 谭试典,渤海湾盆地伸展构造样式。石油地震地质,1992,4(4)
- 13 万天丰,构造应力场研究的最新进展。地学前缘,1995,2(1-2)
- 14 谭 敏,论箕状盆地的成因。地球科学,1987,12(2)
- 15 张晓东,含油气盆地形成机制的综合分析。石油地球物理勘探,1993,28(4,6)
- 16 杨巍然,大陆裂谷研究中的几个前沿课题。地学前缘,1995,2(1-2)
- 17 徐嘉炜,论走滑断层作用的几个主要问题。地学前缘,1995,2(1-2)
- 18 李思田,沉积盆地的动力学分析。地学前缘,1995,2(3-4)
- 19 何登发,沉积盆地动力学研究的新进展。地学前缘,1995,2(3-4)
- 20 徐锡伟,华北及其邻区块体转动模式和动力来源。地球科学,1994,19(2)
- 21 陈发景,含油气盆地地球动力学模式。地质论评,1996,42(4)
- 22 杨华等,造山带。盆地环太平洋构造。北京:地质出版社,1996

TECTONIC EVOLUTION OF THE SEDIMENTARY BASINS IN WESTERN LIAONING PROVINCE AND THEIR GENESIS TYPE

Wang Weifeng Lu Shikuo Sun Yueping
(*University of Petroleum, China*) (*Liaohé Oil Field*)

Abstract There are several small Mesozoic coal basins in western Liaoning province. Those basins are also petroleum basins. This paper is a research report of the formation and evolution of the basins. Firstly, geodynamic background of western Liaoning province is studied. Secondly, structural geometry and kinematics of these basins are analyzed based on seismic and magmatic data. Thirdly, the mechanism of formation of the basins and their genesis are discussed. Finally, structural features and trap types of the basin are illustrated by an example.

Key words structural evolution, magmatic activity, geodynamics, transtensional basin

第一作者简介

王伟锋,男,1958年生,副教授。1982年毕业于长春地质学院地质系地质力学专业,1990年获石油大学煤田、油气地质与勘探专业硕士学位。1995年考取国家地震局地质研究所在职博士研究生。现主要从事油藏描述和石油构造地质学研究。通讯地址:山东省东营市石油大学(华东)勘探系。邮政编码:257062