

## 鸭绿江断裂带的主要特征及其研究意义

张国仁<sup>1,2</sup>, 江淑娥<sup>2</sup>, 韩晓平<sup>2</sup>, 黄振福<sup>2</sup>, 曲洪祥<sup>2</sup>, 郭伟静<sup>2</sup>, 王福君<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院 北京 100083 2. 辽宁省地质勘查院 辽宁 大连 116100)

**摘要** 鸭绿江断裂带是郯庐断裂带东侧的一个次级断裂,也是辽宁东部规模较大的断裂带,具有多期活动特点,先后经历了晚印支—早燕山期( $T_3-J_1$ )左行平移韧性剪切活动、中燕山期( $J_2-J_3$ )早期低角度伸展滑脱和晚期挤压逆冲活动、晚燕山期( $K_1$ )至末燕山期( $K_2$ )左行正走滑活动、末燕山晚期—喜马拉雅早期( $N$ )右行走滑活动等4个阶段。它控制着侏罗纪、白垩纪岩浆岩、沉积盆地和矿产的分布,也控制着白垩纪中酸性、中基性火山岩喷发。该断裂带为切割地壳硅镁层的深断裂。最大左行平移20 km,最大垂直断距4 km。该断裂带两侧地质构造特征可以对比,对其研究具有重要的指导意义。

**关键词** 鸭绿江断裂带;伸展滑脱;挤压逆冲;左行正—走滑;4期活动;断陷盆地;深断裂

鸭绿江是中朝两国的界河,沿江分布的鸭绿江断裂带是辽宁省东部规模较大的断裂带。这一断裂带明显控制了中生代沉积建造、岩浆岩及矿产的分布。它的发生、发展和多期活动的历史对沿江中朝两侧地质历史的发展演化与成矿至关重要。

鸭绿江断裂带由数条相互平行的断裂构成,主干断裂基本上被江道占据,在我国一侧沿丹东、接梨树、四道沟、古楼子、拉古哨、腰岭子、绿江村等地出露,向北经吉林省进入俄罗斯境内,向南跨海与山东境内的阜平—即墨断裂相连。鸭绿江断裂为郯庐断裂系中的一个重要分支断裂(图1、2),因此有人亦称青岛—鸭绿江断裂<sup>①</sup>。该断裂带两侧,地质特征差别较大,尤其是已查明的矿产资源差异显著。在断裂带西侧的我国丹东地区,虽有数十处金矿床(点)分布<sup>[1,2]</sup>,但目前已探明的规模和储量均不很大,而断裂带东侧朝鲜平安北道分布的金矿不是但数量多,而且储量大。以往由于受国界的限制,对鸭绿江断裂带及其地质、矿产未做深入的研究,影响了进一步的普查找矿部署。因此,详细研究鸭绿江断裂带的特征、活动期次和演化历史,对在该区进一步找矿勘探和成矿预测具有重要意义。

笔者在参加“辽宁省境内鸭绿江断裂带基本特征及成矿作用”专题研究和多幅1:5万区调<sup>②</sup>工作中,在广泛收集、研究前人资料的基础上,对该断裂带两侧的地质及构造进行了较为系统的调查和研究。本文主要对鸭绿江断裂带的基本特征及研究意义进行论述,旨

在为该区地质找矿提供基础科学依据。

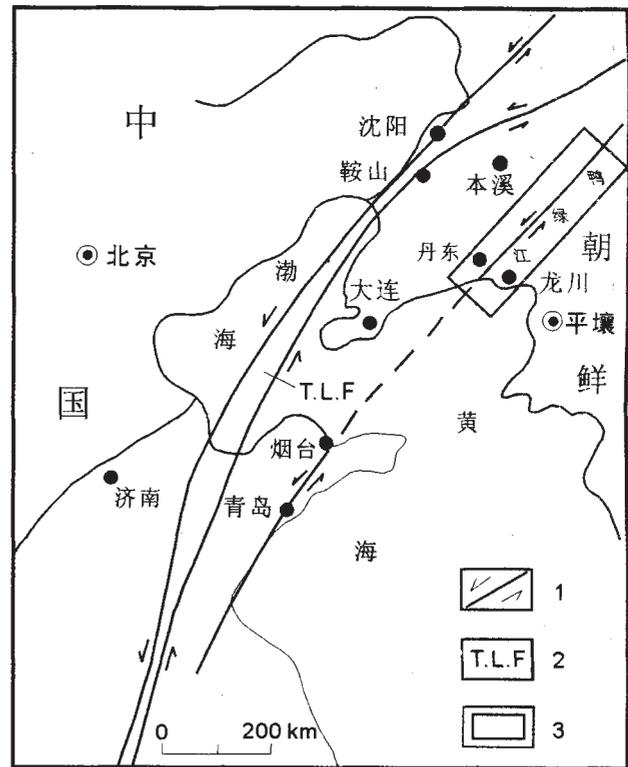


图1 鸭绿江断裂带与郯庐断裂带的空间关系

Fig. 1 Sketched tectonic map showing the spacial relationship between the Yalujiang fault zone and Tan-lu fault zone  
1—平移断层(strike-slip fault) 2—郯庐断裂带(Tan-Lu fault zone) 3—研究区范围(studied area)

收稿日期 2005-09-27;修回日期 2006-01-06. 李兰英编辑.

①辽宁省地调局区调队和第七地质大队. 辽宁省境内鸭绿江断裂带基本特征及成矿作用. 1992.

②辽宁省地调局区调队和第七地质大队. 1:5万毛甸子、太平湾等四幅区调. 1997.

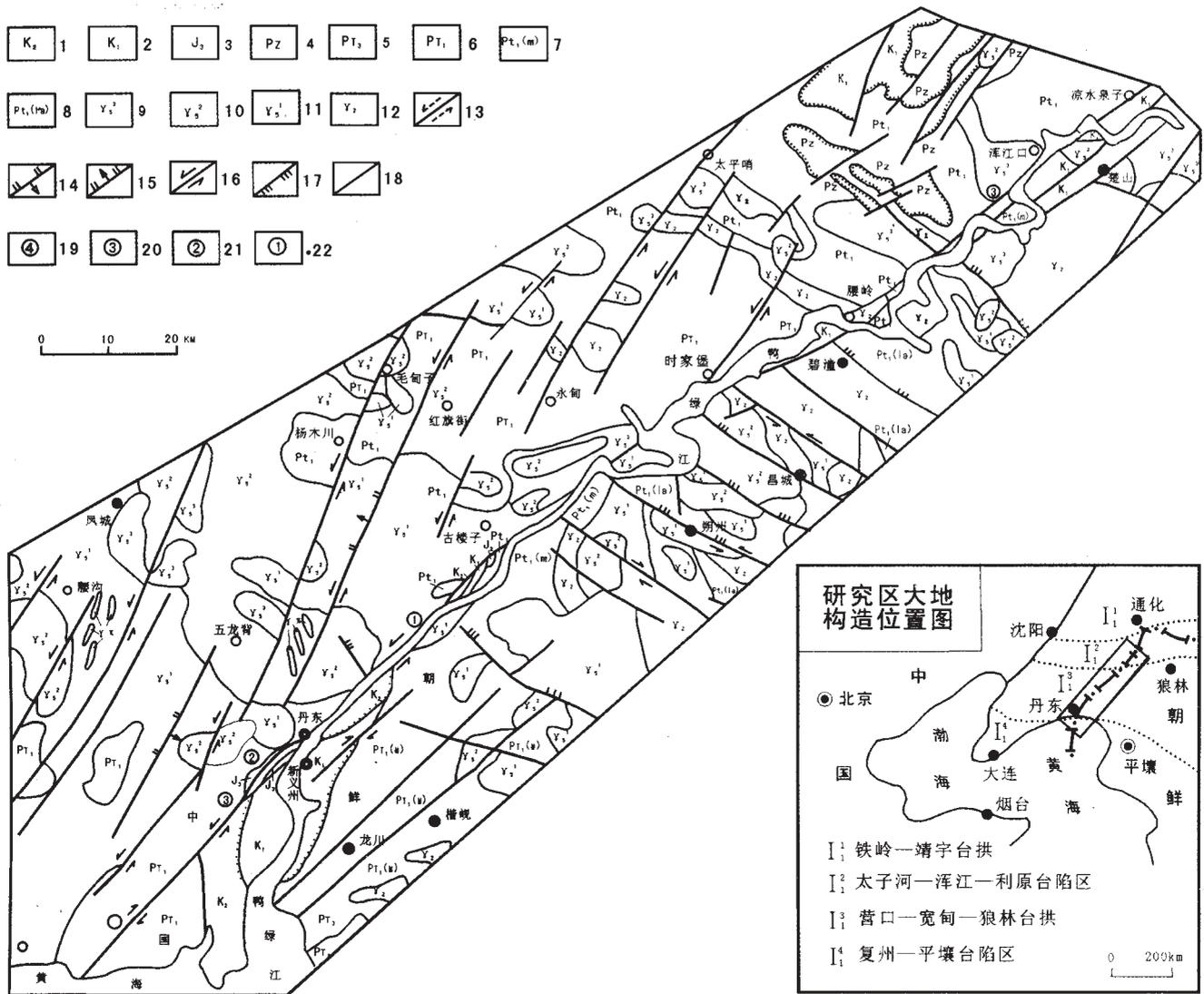


图2 鸭绿江断裂带地质构造图

Fig. 2 Geotectonic map of the Yalujiang fault zone

1—上白垩统 (Upper Cretaceous); 2—下白垩统 (Lower Cretaceous); 3—上侏罗统 (Upper Jurassic); 4—古生界 (Paleozoic); 5—新元古界 (Neoproterozoic); 6—古元古界 (Paleoproterozoic); 7—朝鲜古元古界摩天岭群 (Motianling group,  $Pt_1$ , in N. Korea); 8—朝鲜古元古界狼林群 (Langlin group,  $Pt_1$ , in N. Korea); 9—燕山晚期花岗岩 (late Yanshanian granite); 10—燕山早期花岗岩 (early Yanshanian granite); 11—印支期花岗岩 (Indosinian granite); 12—元古界花岗岩 (Proterozoic granite); 13—韧性走滑断层 (ductile strike-slip fault); 14—逆断层 (reverse fault); 15—正断层 (normal fault); 16—走滑断层 (strike-slip fault); 17—压挤断层 (compressive fault); 18—性质和期次不明断层 (fault with unclear property or stage); 19—末燕山期—喜马拉雅早期 (end of Yanshanian to early Himalayan); 20—晚燕山期 ( $K_1 - K_2$ ) (late Yanshanian); 21—中燕山期 (middle Yanshanian); 22—晚印支—早燕山期 ( $T_3 - J_1$ ) (late Indosinian to early Yanshanian)

### 1 鸭绿江两岸地质背景

鸭绿江西岸的我国辽宁省东部和朝鲜北部的平安北道及慈江道在大地构造位置上同属中朝准地台的东北部<sup>[3]</sup> (如图2)<sup>①②</sup>。前印支期为地台形成和发展阶

段,印支旋回主幕以后成为大陆边缘活动带<sup>[3,4]</sup>。

研究区内大面积出露早前寒武纪变质岩系及年龄值接近和大于1800 Ma的花岗岩类,只有在其南、北两侧有新元古代—古生代浅海相及滨海相的沉积。本文

①李钟哲,等编. 朝鲜地质构造图(1:100万). 1989.

②辽宁冶金107队. 五龙金矿床成矿地质条件及其找矿评价标志的几点认识. 1979.

③辽宁省地矿局区调队和第七地质大队. 辽宁省境内鸭绿江断裂带基本特征及成矿作用. 1992.

称之为辽东-狼林台隆,隶属胶辽台隆的东北段。根据构造和建造特征,辽东-狼林台隆可以划分出 3 个次一级的构造单元:北部称太子河-浑江-利原台陷,中部为宽甸-狼林台拱,南缘为复州-平壤台陷。这 3 个次一级构造单元近东西向横跨鸭绿江,在中朝两国境内构成统一的“两陷夹一拱”的大地构造格局(图 2)。

辽东-狼林台隆的结晶基底发育有古元古界辽河群(Pt<sub>1</sub>) (辽东地区)、狼林群(Pt<sub>1la</sub>)及摩天岭群(Pt<sub>1lm</sub>) (朝鲜北部)。辽东地区的辽河群为一套遭受角闪岩相与绿片岩相变质的火山-沉积岩系。朝鲜北部的摩天岭群和狼林群可与辽东地区辽河群对比。岩石均经历了吕梁旋回 3 期变形,第一期为伸展机制下形成的顺层平卧褶皱,伴有顺层片理及顺层韧性剪切带;第二期为在挤压应力下形成的近东西向紧闭褶皱,伴有褶皱理的生成;第三期为在同一应力场作用下,形成的近东西向和北西西向的大型复式褶皱,目前辽河群的总体褶皱形态就是这一期变形的结果。

区内广泛发育辽河期的花岗岩类,主要有 3 种类型:早期的条痕状花岗岩(辽吉花岗岩)<sup>[4]</sup>,晚期的片麻状花岗岩和巨斑状花岗岩。

辽东-狼林台隆上的第一个盖层沉积为青白口系-震旦系,发育在南、北两个台陷区内。该套地层角度不整合覆盖在地台基底岩系之上,属山间盆地-滨海三角洲相的类磨拉石建造,中部为陆表浅海相单陆屑建造;上部震旦纪地层发育于南缘的复州-平壤台陷内,为浅海、滨海相的陆源碎屑岩和碳酸盐岩建造。该套地层相当于朝鲜的祥原系和驹岬系。古生界分布于两个台陷区,与下伏地层为平行不整合接触。为一套海相陆源碎屑和碳酸盐岩建造。

印支期岩浆活动较强烈,区内广泛分布的片麻状花岗岩、中粗粒斑状花岗岩,呈岩基状出露,已知同位素年龄值分别为 221 Ma<sup>[2, 4]</sup> (黑云母, K-Ar 法)、247 Ma (黑云母, K-Ar 法),属于钙碱系列铝过饱和酸性岩。岩体具有明显的片麻状构造,面理多围绕岩体而变化,属岩体侵位机制下的韧性变形作用。

燕山运动使辽东台隆产生强烈的活化。强烈的断裂活动和伴随产生的上叠式断陷盆地以及中酸性岩浆侵入( $\gamma_5^2$ 、 $\gamma_5^3$ )<sup>[2, 4]</sup> (锆石, U-Pb 法, 162 Ma, 120 Ma, 111 Ma) 和喷发,构成了醒目的辽东-朝北断裂岩浆岩带。它是中朝大陆边缘构造岩浆岩带的组成部分。依据侏罗-白垩系地层中存在的 4 个显著角度不整合接触关系,可将该区燕山期划分为 4 个构造运动幕

(表 1)。

喜马拉雅运动的表现形式有两种:一种为已生成的断裂再活动并伴随有玄武岩的喷发,另一种是区域整体隆升和诱发的地震活动。

表 1 盆地内构造构划分表

Table 1 The division of structural stages of the basin

时代	岩石地层	岩性	构造期
E	沙河街组	灰色泥岩、粉砂岩	喜马拉雅期 (第四幕)
K <sub>2</sub>	大峪组	紫色、灰色火山岩质	末燕山期 (第三幕)
		砾岩、粉砂质页岩	
K <sub>1</sub>	聂尔库组	黑色页岩、粉砂岩夹页岩、煤线	燕山 期
	梨树沟组	页岩、粉砂岩夹凝灰岩	
	小岭子组	中酸性火山岩、火山碎屑岩 夹中基性火山岩系	
	小东沟组	砂岩、砾岩、粉砂岩、页岩	
J <sub>2-3</sub>	转山子组	三个岭组	中燕山期 (第二幕)
		砂岩、砾岩、粉砂岩	
		砂岩、页岩、粉砂岩夹煤层	
J <sub>1</sub>	长梁子组	砾岩、砂岩、页岩夹煤层	早燕山期 (第一幕)
T	林家组/赛	砂岩、砾岩、页岩	印支期
	马碱性岩体		

## 2 鸭绿江断裂带的基本特征

对于鸭绿江断裂带的涵义,前人曾有过不同的论述<sup>①</sup>。本文对其定义为:主要出露在鸭绿江江道及两侧沿岸呈北东方向贯通的、彼此有共生关系的多条断裂及所直接控制的断陷盆地,统称为鸭绿江断裂带。鸭绿江断裂带最宽可达 17 km。其主干断裂出露在东港市前阳镇、丹东市四道沟、古楼子、腰岭子等地,沿江向北东方向延入吉林省境内,向南西方向可能延入北黄海海域,在辽宁省内全长大于 200 km。该断裂带为具有多次活动和演化史的一个复杂断裂带(图 2)。

### 2.1 鸭绿江断裂带活动期次及特征

鸭绿江断裂带是一个经历了多期活动并且其应力场有多次变动的复杂断裂带。按其所影响的地层、控制的沉积盆地、岩浆作用及其形成、发展演化过程,可以划分为 4 期 5 次活动:

#### 2.1.1 晚印支—早燕山期 (T<sub>3</sub>—J<sub>1</sub>) 左行平移韧性剪切活动

韧性剪切活动是鸭绿江断裂形成的前期表现形式,已知有数十条作为断裂活动标志产物的糜棱岩带,集中分布在丹东市沿鸭绿江断裂主干断裂的西侧(图 3),主要出露在丹东市气象台山、回手摸山、四道沟金

① 辽宁省地矿局区调队和第七地质大队。辽宁省境内鸭绿江断裂带基本特征及成矿作用, 1992。

矿、古楼子等地。糜棱岩直接围岩是古元古代辽河群。糜棱岩带在平面上的出露形态为狭长带状，单条糜棱岩多呈 80° 走向，波状延展，各糜棱岩带呈雁行式排列，雁列轴向为 50° 方向。糜棱岩面理产状陡立，一般倾向北西、北北西，倾角 75~85°。带内部发育 S-C 面理组构、剪切褶皱、旋转构造及拉伸线理（产状近水平，由矿物集合体组成）等具有指向意义的构造。据此判断，本区韧性剪切带做左行平移剪切运动（图 4）。

该韧性剪切带活动时代为晚印支—早燕山期。其依据为：剪切带总体上平行于鸭绿江分布，在古楼子及长山等地，叠加于印支期片麻状花岗岩（黑云母，K-Ar 法，221 Ma, 247 Ma）之上，形成花岗质及长英质糜棱岩；而在丹东市气象台山见侏罗纪花岗岩（锆石，U-Pb 法，135.5 Ma）侵入糜棱岩带，岩石本身没有受到韧性剪切作用；该糜棱面理产状与基底辽河群变质岩系片理产状不同。该期构造活动在区域上表现为早侏罗世长梁子组与中晚侏罗世转山子组间的不整合。该期

运动在晚印支运动的基础上在南北两台陷区内形成了继承性断陷盆地，堆积了长梁子组陆相含煤砂页岩沉积（见表 1）。

2.1.2 中燕山期 (J<sub>2-3</sub>) 早期低角度伸展滑脱和晚期挤压逆冲活动

鸭绿江断裂带在中燕山期表现为早期低角度伸展滑脱和晚期挤压逆冲断裂（图 5）。

(1) 早期低角度滑脱断裂特征

该期断层断续出露在丹东市沿江的气台山、仪表学校北山、回手摸山、四道沟金矿区等地（图 3、5）。上盘为中晚侏罗世石英质砾岩、石英岩状砂岩和页岩；下盘为古元古代辽河群及晚印支—早燕山期的糜棱岩。断层呈北东向波状延展，倾向南东，倾角普遍较缓（小于 30°），断层破碎带宽 1~10 m。断层角砾岩、被拉伸的石香肠构造发育，均指示断层上盘下滑的运动特点。

该断裂早期控制了中、晚侏罗世沉积建造的分布和沉积，属断陷盆地边缘的同沉积期断裂，其主要分布

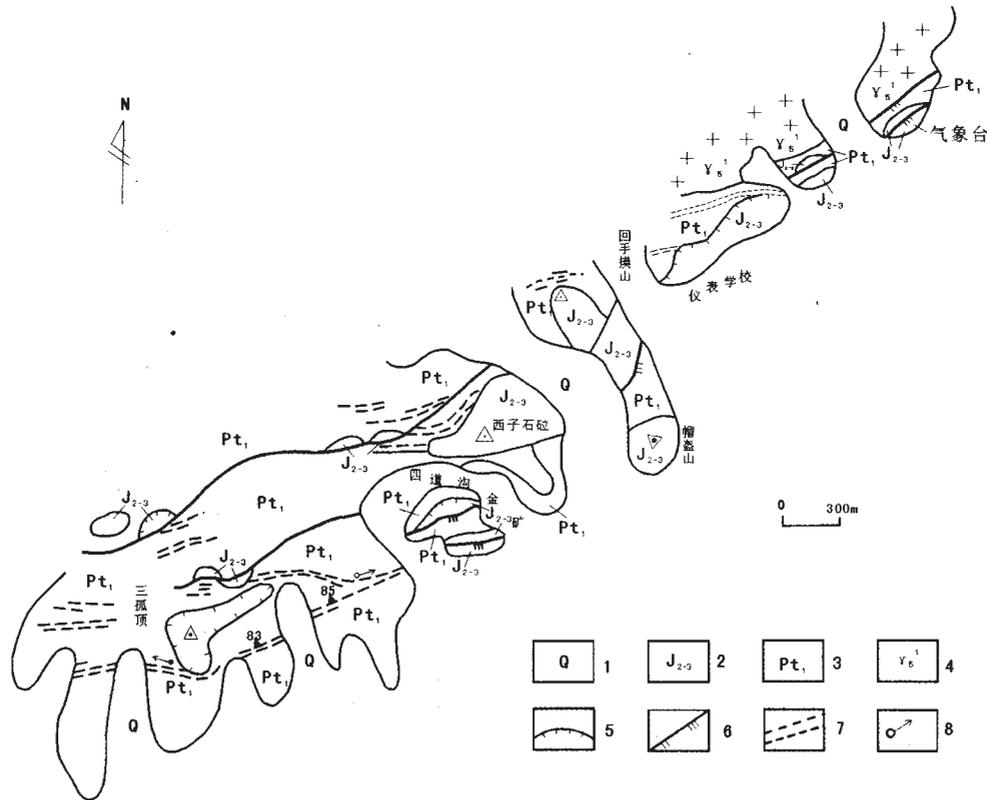


图 3 丹东市沿江地区地质构造简图

Fig. 3 Geologic and structural sketch map along the Yalu River, Dandong City

1—第四系 (Quaternary); 2—中上侏罗统 (Upper Jurassic); 3—古元古界 (Paleoproterozoic); 4—印支期花岗岩 (Indosinian granite); 5—伸展滑脱断层 (expanding slipping fault); 6—逆冲断层 (thrust fault); 7—糜棱岩带及面理产状 (mylonitized zone and occurrence of schistosity); 8—矿物拉伸线理及产状 (lineation of mineral and occurrence)

① 辽宁地矿局区调队和第七地质大队. 辽宁省境内鸭绿江断裂带基本特征及成矿作用. 1992.

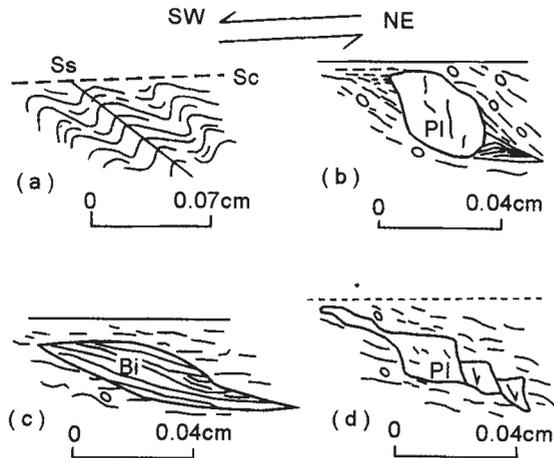


图 4 鸭绿江韧性剪切带剪切方向判别标志

Fig. 4 Microstructures indicating the moving direction of the Yalujiang shear zone

四道沟北(XZ面)(XZ profile, north of Sidaogou). a—显微褶皱轴面与Sc夹角尖指向(direction indicated by the angle between the micro-fold axis and Sc plane); b—不对称斜长石压力影(unsymmetrical pressure shadow of plagioclase) c—云母鱼(mica fish); d—斜长石碎斑高角度斜向滑动多米诺骨牌(domino style by high-angle slip of plagioclase fragments)

在丹东市向北东方向断续至古楼子一带, 向南西延至接梨树. 盆地断续长达 50 km, 断陷盆地建造厚度由南

西向北东逐渐减薄, 由丹东市回手摸山一带 440 m 至古楼子一带减为 100 m, 已接近于盆地的终端. 在断层面及附近, 可见早期沉积形成的浑圆状砾石和同沉积滑塌流动构造. 晚期沿早期同沉积断裂进一步发展, 两盘位移, 形成一系列正断层及相关的构造组合.

② 晚期挤压逆冲断裂特征

挤压逆冲断裂在分布上与前述伸展滑脱断裂一致(图 5). 逆冲作用下盘石英砂岩产生褶皱和破碎带中挤压片理的叠瓦状雁行排列, 同时错断了早期伸展滑脱断裂(如图 5), 使早期滑脱断片呈透镜体赋存于逆冲断裂带中. 该断裂带总体上呈 50° 左右方向展布, 在丹东市沿江地区由 2~4 条断续分布的逆冲断裂呈波状平行排列, 构成 1.2 km 宽, 延长 9 km 的逆冲断裂带. 此带向北东延至古楼子, 向南西可延至接梨树地区, 总体长达 50 km. 逆冲断层以向南东倾斜为主, 倾角较陡, 一般为 40~60°.

另外, 该期侵入的花岗岩( $\gamma_5^2$ )发育, 主要有长甸黑云二长花岗岩体(锆石, U-Pb 法, 162.3 Ma、144.2 Ma)①、五龙背-大堡似斑状花岗岩体、三股流花岗闪长岩体和朝鲜一侧数个侏罗纪花岗岩体(朝鲜, 136~164 Ma)②, 呈带状及岩株状沿北东向和北西向分布(见

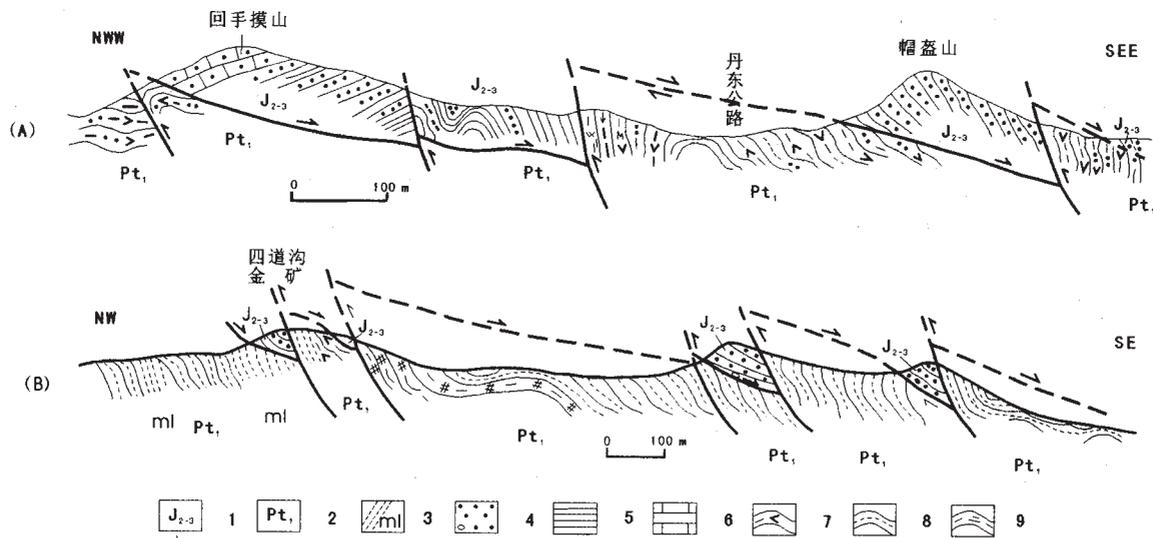


图 5 丹东市回手摸山、四道沟中燕山期(J<sub>2-3</sub>)早期伸展滑脱、晚期挤压逆冲断裂构造剖面

Fig. 5 The cross sections showing the stretching slip and compressive reverse thrust in Middle Yanshanian in Dandong  
 A—回手摸山(section at Huishoumoshan); B—四道沟(section at Sidaogou); 1—中上侏罗统(Middle-Upper Jurassic); 2—古元古界(Paleoproterozoic); 3—糜棱岩(myllonite) 4—含砾砂岩(pebbly sandstone); 5—页岩(shale); 6—砂质灰岩(sandy limestone); 7—角闪黑云变粒岩(amphibole-biotite granulite); 8—黑云片岩(biotite schist) 9—绢云片岩(seritite schist)

① 辽宁省地矿局区调队和第七地质大队. 辽宁省境内鸭绿江断裂带基本特征及成矿作用. 1992.  
 ② 辽宁省地矿局区调队和第七地质大队. 1:5 万毛甸子、太平湾等四幅区调. 1997.

图 2)。该期构造控制了白垩纪断陷盆地和陆相沉积，区域上形成了早白垩世三个岭组与上覆小东沟组之间的角度不整合接触(见表 1)。

2.1.3 晚燕山期(K<sub>1</sub>)—末燕山期(K<sub>2</sub>)左行正—走滑运动

鸭绿江断裂带在该期表现为左行正走滑断裂活动,组成区域大型走滑断裂系统,在主干走滑断裂的东侧形成拉分盆地,并控制了白垩纪的火山喷发和沉积(见表 1)断陷盆地的构造型式为半地堑式(图 6)。

该时期为鸭绿江断裂带及主干断裂的主要活动期,也是走滑断裂带的主要形成时期。该走滑断裂带走向 50°,倾角陡立,主要向南东倾斜,倾角一般为 70~80°。断裂破碎带宽 10~80 m,发育断层角砾岩和断层泥,地貌上构成醒目的断层崖和断层谷。鸭绿江流向主要受此断裂控制。在平面上该期断裂带两侧地质体大规模左行平移,在纵向上形成断陷盆地。充分反映出具有左行正走滑活动特点。

该断裂带沿走向规模变化较大,在南北两端较宽,破碎带可达 80 m;中间较窄,仅为 10 m。在南端控制了拉分式断陷盆地的形成和白垩纪地层沉积,由南西向北东有浪头—古楼子盆地、朝鲜肖城盆地、腰岭子盆地、绿江村、凉水泉子盆地(如图 2)。上述盆地均沿断裂带分布,为半地堑式断陷盆地,西侧直接以鸭绿江主干正走滑断裂为边界线,盆地东侧白垩纪地层以角度不整合覆盖在变质岩之上(图 6、7 和表 1)。另外该期断裂构造所控制的岩浆活动(γ<sub>s</sub><sup>3</sup>)及火山喷发活动较为强烈。区内主要有榆树林子岩体、川沟岩体、石柱子岩体、腰岭子岩体、丁歧山岩体(锆石,U-Pb 法,116.7 Ma<sup>①</sup>),以及朝鲜境内沿江出露的数个白垩纪岩体(朝鲜,100~120 Ma)。它们多呈串珠状分布。岩体长轴以北西向为主,北东向、北西西向次之。此外,还有早

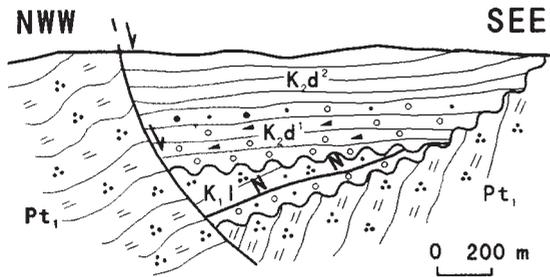


图 6 丹东古楼子白垩纪半地堑式断陷盆地示意图

Fig. 6 Sketch showing the Cretaceous semi-graben fault basin at Gulouzi, Dandong

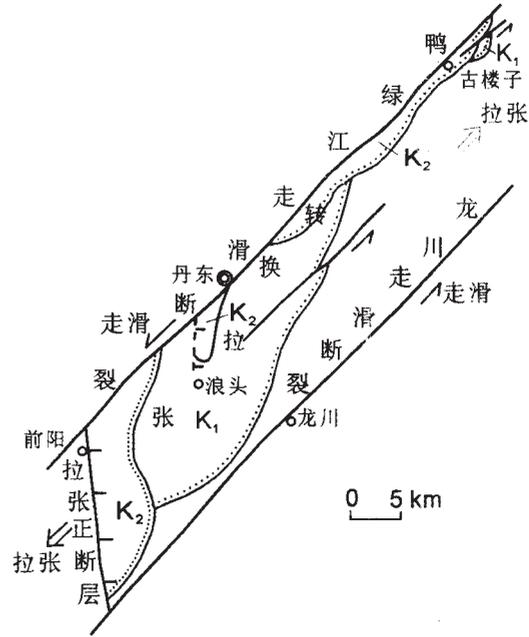


图 7 鸭绿江断裂带左行走滑和拉分断陷盆地形成示意图

Fig. 7 Sketch showing the forming of the left-lateral slip fault and the pull-apart fault basin in the Yalujiang fault zone

白垩世小岭组中性火山喷发。

2.1.4 末燕山晚期—喜马拉雅期早期(N)的右行走滑活动

中晚白垩世晚期开始至第三纪时,由于大区域上的应力场已由原近南北向转变为近东西向挤压,鸭绿江断裂带在此应力场影响下,产生较为显著的右行平移运动。右行走滑结果导致主干断裂内的构造岩重新就位并显示出右行平移的排列格局。例如,在丹东接梨树、古楼子以及腰岭子等地,鸭绿江主干走滑断裂中(主干走滑断裂呈北东 50°走向)构造岩被改造呈北北东向(25~30°),并在断裂破碎带中作右旋雁行排列。北北东向雁行排列的构造岩条带由产状陡立(倾角多在 80°左右)的片理化断层泥和挤压透镜体带构成,其本身为压扭性,与主干走滑断裂间为锐角相交,夹角 20~25°。锐角指示主干走滑断裂做右行扭动(图 8)。在朝鲜一侧,一系列北西向压扭性断层和北东向右行走滑断层,也在此期形成。

在古楼子先期左旋走滑形成的破碎带中,发现此期走滑形成的压扭性条带、片理,显示右旋走滑特点。该期所形成断裂带的边界,在先期断裂的基础上,没有大的改变,为继承性,只是运动方向发生了变化。鸭绿江断裂经历了该期右行走滑活动后趋于稳定,最终形成现今醒目的鸭绿江断裂带。但本期断裂活动不论从

①李钟哲,等编. 朝鲜地质构造图(1:100万). 1989.

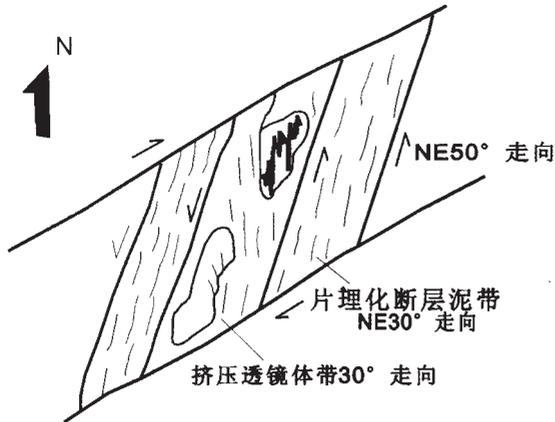


图 8 丹东古楼子鸭绿江走滑断裂右行扭动示意图

Fig. 8 Sketch showing the right-lateral shearing of Yalujiang fault at Gulouzi, Dandong

规模上, 还是位移距离上, 均不如前期断裂活动强烈。它是继承了先期断裂的活动空间, 在此基础上进一步活动。在地貌上它构成明显的 'U' 形断层谷和断层崖。

## 2.2 鸭绿江断裂带断距及形成深度浅析

### 2.2.1 鸭绿江断裂带的断距分析

鸭绿江断裂带是一条经历了多期不同活动方式的断裂带。对侏罗纪以来各期活动的垂直断距和水平断距可做以下讨论。

#### (1) 中燕山期早期伸展滑脱和晚期逆冲断裂的断距

早期伸展滑脱断裂中的条纹状初糜棱岩, 是属于韧性-脆性过渡的构造岩类型, 初糜棱岩形成深度大体上在 10 km 左右, 该期糜棱岩带集中分布在鸭绿江主干断裂带的西侧, 据两侧岩石变形特征相比, 推断伸展滑脱断裂的断距不应小于此数。使该类岩石上升地表, 与表层变形岩石相接触。

晚期逆冲断裂是叠加在早期伸展滑脱断裂上的浅层脆性断裂。据被逆冲的中晚侏罗世地层厚度 (> 400 m) 推算, 逆冲断裂垂直断距小于 1 km。

#### (2) 晚燕山-末燕山左行正走滑断裂的断距

该正-走滑断裂的垂直断距是依据所控制形成的半地堑式断陷盆地中地层厚度来推算的。在丹东市东南, 半地堑式断陷盆地中的白垩纪地层厚度大于 4 km, 这个数据可以代表正走滑断裂在该地段的垂直距离, 它与地面重力剖面推导出的断距 (4 km) 相一致<sup>[5]</sup>。该断裂的垂直断距, 在南、北两端较大, 中部较小。

该正-走滑断裂的平移距离主要是根据断裂两侧对应地质体的平移距离估算的 (不考虑后期右行平移的抵消部分), 最大左行平移距离不超过 20 km。其

证据如下 (见图 2):

①在断裂带的中南部, 两侧大面积出露的印支期一早燕山期花岗岩 ( $\gamma_5^2$ 、 $\gamma_5^1$ ), 在断裂带两侧集中分布区发生了左行偏移 (如在北西盘集中分布于五龙背-古楼子一带; 而南东盘集中分布于朔州-昌城一带)。就其北部边界相比, 左行平移约 20 km。

②在古楼子以东地区, 断裂带最西部断裂错断了古元古代地层 ( $Pt_1$ ), 断距约 6 km。

③在断裂带的北东段 (腰岭-浑江口-凉水泉子一带), 两侧地质体依次对应 (由南西至北东依次为  $Pt_1$ 、 $\gamma_2$ 、 $Pt_1$ 、 $\gamma_5^3$ 、 $\gamma_2$ 、 $Pt_1$ 、 $\gamma_5^3$ )。据此大致估算左行平移小于 10 km。

总之, 该断裂带在中部左行平移较大, 在北东段位移较小。

### 2.2.2 鸭绿江断裂形成深度分析

本文主要通过断裂所控制的岩浆岩的来源探讨其形成深度。

燕山期以来, 鸭绿江断裂控制了钙碱性花岗岩侵入和中基性火山岩的喷发。其中在浪头-古楼子半地堑式断陷盆地中有早白垩世小岭子组安山岩喷发, 裂隙式火山通道相。在古楼子窑厂有橄榄玄武岩脉沿鸭绿江断裂的相关配套裂隙充填。上述资料表明, 鸭绿江断裂切割深度应达地壳硅镁层, 为壳断裂性质的深断裂。

### 2.3 鸭绿江断裂带两侧地质构造对比

鸭绿江断裂带是郯庐断裂带东侧的一个次一级断裂, 也是中国东部大陆边缘活动带的重要组成部分。鸭绿江断裂带两侧在地质体结构、发展和演化史上, 反映出相似性。两侧同属中朝准地台 (I 级构造单元) 的胶辽-朝北台隆 (II 级构造单元) 区上的组成部分。

印支-燕山期构造旋回使地台活动、强烈褶皱、断裂并伴随岩浆侵入及喷发, 构成醒目的大陆东部边缘构造岩浆岩带, 从而又共同进入中朝准地台大陆边缘活动带发展阶段。

区内断裂构造基本上形成于印支-燕山期, 其中的燕山期活动尤为强烈。它们同属滨太平洋断裂体系的组成部分。北东向、北北东向和北西向断裂交织构成棋盘格状断裂网络, 构成了鸭绿江断裂带西侧断裂基本格架。两侧断裂系统发育程度稍有不同: 在辽东一侧经北北东向断裂最发育, 北东向和北西向断裂出现较少; 朝鲜一侧北西向断裂尤为发育, 北东向和北北东向断裂出现较少。

### 3 鸭绿江断裂带研究意义

鸭绿江断裂带是我国东部一条重要的断裂带,由多条相同方向(NE向)延伸、成生密切的断裂组成,也为著名的郯庐断裂带东侧一条多期活动的断裂带<sup>[6-8]</sup>。受其控制的鸭绿江构成了中朝两国的界河。

上述研究表明,鸭绿江断裂带明显地控制了该区分中生代沉积建造与岩浆岩和火山岩的分布。因此,对其发生、发展和多期活动历史的研究,对沿江中朝两侧地质历史的发展演化与成矿研究至关重要,具有指导意义。

#### 3.1 鸭绿江断裂带对岩浆岩、火山岩的控制作用

该断裂带控制着区内侏罗纪和白垩纪花岗岩的侵入及早白垩世火山岩的喷发,为我国东部大陆边缘构造岩浆岩带的组成部分。对该断裂带的研究,可以了解、掌握中生代以来,岩浆和火山活动时代、期次以及岩浆岩、火山岩的物质组成、岩石类型等特征。

#### 3.2 鸭绿江断裂带对中生代沉积盆地的控制作用

该断裂带控制了区内侏罗纪和白垩纪断陷盆地的形成和发展,在晚印支—早燕山期控制了早侏罗世的沉积盆地;中燕山期控制了中、晚侏罗世沉积盆地;晚燕山期控制了早白垩世沉积盆地;末燕山期控制晚白垩世沉积盆地。上述沉积盆地,总体上分布于断裂带内及两侧,呈串珠状或带状断续分布,各断陷盆地由于形成时期和样式的不同,因而具不同的沉积特点。因此,对断裂带研究,可以掌握区内各时期沉积盆地的形成、发展、演化和沉积特征。

#### 3.3 鸭绿江断裂带对区域矿产的控制作用

该断裂带内及两侧为重要的金矿、铜矿、铅锌矿等成矿带。两侧现已发现有关的矿床、矿点 200 余处<sup>①</sup>,矿产地具有分布集中、成群出现的特点。在断裂带西侧丹东地区,虽有数十处金矿点(床)分布,但目前已探明的规模和储量均不很大,而断裂带东侧朝鲜平安北道分布的金矿数量多、储量大。以往由于受国界的限制,对鸭绿江断裂及其与矿产的关系未作深入研究,直接影响了进一步普查找矿的部署。因此,详细研究鸭绿江断裂带的特征、活动期次和演化历史,为断裂带两侧地质、矿产对比,查明鸭绿江断裂带对矿产的控制作用,为在该区进一步找矿勘探和成矿预测等具有重要

的指导意义。

### 4 结论

(1)鸭绿江断裂带是具有多期活动和演化史的一个复杂断裂带。主要经历了晚印支—早燕山期( $T_3-J_1$ )左行平移韧性剪切活动;中燕山期( $J_{2-3}$ )早期低角度伸展滑脱和晚期挤压逆冲活动;晚燕山期( $K_1$ )至末燕山期( $K_2$ )左行正走滑活动,为该断裂带形成的主要活动期,起到主导作用。末燕山晚期—喜马拉雅早期(N)右行走滑活动。第四纪开始鸭绿江断裂活动趋向稳定,进入区域整体隆升的发展阶段。

(2)鸭绿江断裂带控制着侏罗纪、白垩纪侵入岩、火山岩和沉积盆地分布,前者为伸展方向形成的断陷盆地,后者为叠加前者之上拉分半地堑式断陷盆地。

(3)鸭绿江断裂带为郯庐断裂带东侧一个次级断裂带,两者构成同一断裂体系。最早活动为印支期,燕山期活动强烈,喜马拉雅期活动较弱。该断裂为切割地壳硅镁层的深断裂,最大左行平移 20 km,最大垂直断距 4 km。

(4)鸭绿江断裂带两侧地质构造特征可以对比。

(5)对鸭绿江断裂带的研究为在区内进行岩浆岩、沉积地层以及地质找矿等方面研究具有重要指导意义。

在成文过程中,得到中国地质大学(北京)宋鸿林、张长厚两位教授的指导,在此一并感谢!

### 参考文献:

- [1] 辽宁省地方志编纂委员会办公室,编.辽宁省志——地质矿产志.沈阳:辽宁科学技术出版社,1997.
- [2] 白万久.丹东四道沟金矿地质特征和成因探讨[A].见:中国北东部金矿主要类型及找矿方向(三)[C].北京:地质出版社,1979.
- [3] 辽宁省地质矿产局.辽宁省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
- [4] 张秋生,等.辽东半岛早期地壳与矿产[M].北京:地质出版社,1988.
- [5] 王雅山,等.根据区域重磁资料浅谈辽宁地区主要断裂构造的基本轮廓[J].辽宁区域地质,1980,(2)
- [6] 万天丰.中国东部中、新生代板内变形构造应力场及其应用[M].北京:地质出版社,1993.
- [7] 朱光,等.郯庐断裂带的平移运动与成因[J].地质通报,2003,(3): 200—207.
- [8] 李自坤,等.郯庐断裂的平移及其对邻区构造的影响[A].见:构造地质论丛(三)[C].北京:地质出版社,1982.

①辽宁省地矿局区调队和第七地质大队.辽宁省境内鸭绿江断裂带基本特征及成矿作用.1992.

## THE MAIN CHARACTERISTICS OF YALUJIANG FAULT ZONE AND ITS SIGNIFICANCE

ZHANG Guo-ren<sup>1,2</sup>, JIANG Shu-e<sup>2</sup>, HAN Xiao-ping<sup>2</sup>, HUANG Zhen-fu<sup>2</sup>, QU Hong-xiang<sup>2</sup>, GUO Wei-jing<sup>2</sup>, WANG Fu-jun<sup>2</sup>

(1. College of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Liaoning Institute of Geological Exploration, Dalian 116100, China)

**Abstract:** The large-scale Yalujiang fault zone, lying in Eastern Liaoning Province, is the secondary fault zone of the Tan-Lu fault zone on its east side, with multiple activities. The movements underwent four stages, namely, left-lateral shearing in Late Indosinian-Early Yanshanian epoch ( $T_3 - J_1$ ); low angle expanding-slipping and compressive reverse thrust in Middle Yanshanian epoch ( $J_{2-3}$ ); left-lateral normal strike-slip faulting from Late Yanshanian ( $K_1$ ) to the end of Yanshanian ( $K_2$ ); and right-lateral strike-lateral strike-slip faulting from the end of Yanshanian ( $K_2$ ) to Early Himalayan epoch ( $N$ ). The fault zone controls the distribution of the magmatic rocks, sedimentary basins and minerals. It also controls the intermediate-basic and acidic-intermediate volcanic rocks of Cretaceous. It is a deep fault that cut the sima. The left-lateral transposition is up to 20 km, with the greatest vertical displacement of 4 km. The geological and structural characteristics on both sides of the fault zone are comparable, which is significantly important for the research in the region.

**Key words:** Yalujiang fault zone; extension-slip; compressive reverse thrust; left-lateral normal strike-slip; fault activity; fault basin; deep fault

作者简介: 张国仁(1962—),男,教授级高级工程师,硕士,1996年毕业于中国地质大学(北京),现在读构造地质学博士,主要从事区域地质、矿产调查与研究工作,通讯地址:大连市金州区友谊街道677号,邮政编码116100, E-mail//dkyjcb@163.com

(上接第 61 页)

## STUDY ON THE ENRICHING REGULARITY OF GEOTHERMAL WATER IN THE MESO-CENOZOIC BASINS IN LIAONING PROVINCE

NI Jin<sup>1</sup>, FENG Li-jie<sup>1</sup>, YAN Bao-qiang<sup>1</sup>, TIAN Lin-hao<sup>2,3</sup>

(1. Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources Survey, Shenyang 110032, China; 2. Inner Mongolia Institute of Geological Survey,

Hohhot 010020, China; 3. Institute of Geophysics and Information Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Rich geothermal resources are hosted in the Meso-Cenozoic basins in Liaoning Province. The geothermal fields are broadly distributed, with stable thermal reservoir horizons and high geotemperature. The water-rich host rocks contain large geothermal energy resources, with a great exploration potential. The geothermal in the deep of the basins can be divided into four sections, i. e. 1) the shallow buried reservoir at the basement upwarping; 2) the deeply buried reservoir at the block raising; 3) the ultra-deep reservoir at the center of basin; and 4) the transitional section of low-middle temperature disturbed by cold water.

**Key Words:** Meso-Cenozoic basin; geothermal water; enriching; Liaoning Province

作者简介: 倪金(1968—),男,高级工程师,1991年毕业于西安地质学院水文地质与工程地质专业,主要从事水文地质、环境地质调查评价及研究工作,通讯地址:沈阳市北陵大街29号,邮政编码110032.