

冀东冷口断裂中生代以来的构造 活动及其地质意义

陈云峰, 王根厚, 张长厚, 秦 渊, 穆胜利, 刘 阳

(中国地质大学, 北京 100083)

摘 要: 冷口断裂在区域上整体构造格架以 EW 向和 NNE 向占主导地位的情况下, 其构造线方向却为 NW 向。在对冷口断裂进行了详细的野外追踪的基础上, 结合前人区域上的研究成果, 认为冷口断裂是多期构造活动的产物, 控制了中元古界的沉积。中生代以来断裂活动分为四期: ①中侏罗世早期由南向北逆冲; ②中侏罗世末—早白垩世正—左行走滑; ③晚白垩世由北向南逆冲; ④后期右行走滑。

关键词: 冀东地区; 冷口断裂; 燕山板内造山带; 正—左行走滑

中图分类号: P542

文献标识码: A

0 引言

研究区位于冀东迁安县、卢龙县一带, 大地构造上处于著名的燕山板内造山带^[1-2]东段的南部。燕山板内造山带总体构造格局是印支期 EW 向构造和燕山期 NE、NNE 向构造^[1-3]。区内的主要断裂——冷口断裂走向却是 NW 向 (图 1), 这与燕山地区的总体构造格局极不协调。冷口断裂的研究具有较长的历史, 不同比例尺区域地质调查中对该断裂命名及认识有所差异, 先后提出麻姑营—桃林口逆断层带^①、冷口断裂^②及擦崖子断裂^③等, 从构造变形和断层对沉积地层的控制、改造方面进行过一定程度的研究。认为该断裂最早形成于中元古代, 北侧地壳下陷接受中元古代沉积, 南侧上升遭受剥蚀, 至新元古代, 南侧开始下降。中生代以来, 断层南侧下降接受燕河营盆地的持续沉积, 沿断裂南侧边缘, 自下而上堆积了自土城子组至九佛堂组等数千米厚的碎屑岩堆积物。断层带内夹有髻髻山组、土城子组残块并覆盖于次级断层之上, 断层断开下侏罗统门头沟组, 认为该断层应形成于燕山运动第一期, 燕山运动晚期 (晚白垩世), 再次发生活动, 不仅造成九佛堂组地层倒转, 而且在部分地段可见长城系逆冲于九佛堂组之上。上述认识可以概括为: 冷口断裂经历了多期活动, 控制了

收稿日期: 2004-06-24

基金项目: 国家自然科学基金项目 (49802019 和 49702034) 和中国地质调查局 1: 25 万青龙幅区域地质调查项目 (编号: 2001300005141) 的成果。

作者简介: 陈云峰 (1979-), 男, 在读博士研究生, 主要从事区域构造方面的研究。

① 河北省地勘局, 1/5 万肖营子幅、青龙幅、汤道河幅区域地质调查报告, 2000。

② 河北省地勘局, 1/5 万迁安幅、建昌营幅、卢龙县幅区域地质调查报告, 1996。

③ 河北省地勘局, 1/5 万下板城幅、峪崖幅、太平寨幅区域地质调查报告, 1998。

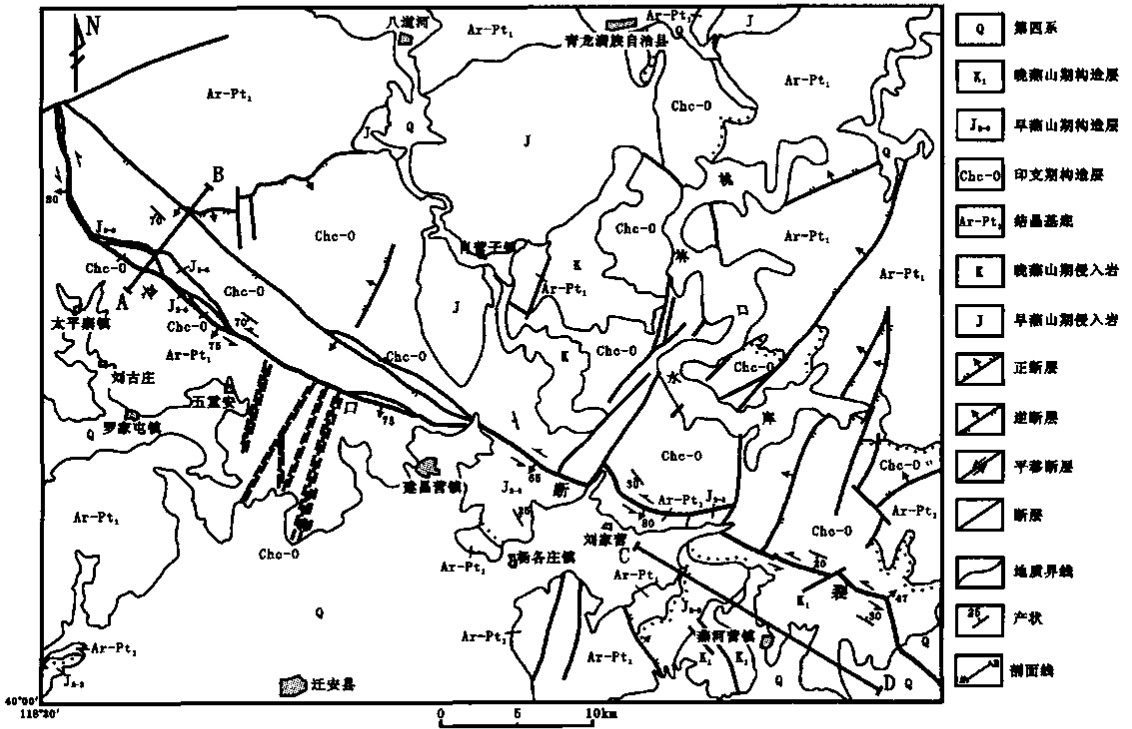


图 1 研究区构造纲要图

Fig.1 Regional structural map of the study area

中元古代地层的沉积，中生代以来也具有多期活动。本文的选题依据和研究重点是对该断裂中生代以来的活动期次和活动的性质深一步研究。此外，作者在野外观察到，沿断层带出露了一系列的金矿点，在建昌营镇 NE 方向的三家村附近已经进行了开采，品位约 2g/t。据金矿的成矿机理的研究，这些金矿的形成与冷口断裂的活动演化有着必然的联系。因此本文对该断裂活动期次的阐述可以为该区金矿成矿机理的研究提供一定的资料。通过对该断裂的野外详细研究，结合前人在燕山地区的研究成果，对该断裂几何学、运动学性质进行了较为系统的厘定，认为冷口断裂经历了多期活动，最明显的是中侏罗世末期—早白垩世发生的正—左行走滑运动，这期活动控制了断裂 SW 盘的燕河营盆地晚侏罗世—早白垩世的火山—沉积岩系。

1 研究区地质概况

区内地层分布以冷口断裂为界，冷口断裂以北主要为盖层沉积，出露长城纪、蓟县纪、青白口纪和早古生代地层，冷口断裂以南由太古宇基底和晚侏罗世、早白垩世的盆地沉积组成，中生代盆地沉积以角度不整合覆盖于太古宇之上。基底由太古宇遵化岩群、卢龙岩群、迁安岩群和古元古界朱杖子群、茨榆山群组成，其总体岩性为片麻岩、斜长角闪岩、变粒岩、变质火山岩和变质角砾岩等变质岩系。盖层可以分为三个构造层，①印支期（中元古界至三叠系）构造层；②早燕山期（侏罗系）构造层；③晚燕山期（白垩系）构造层。其中印支期构造层主要分布于冷口断裂以北，而侏罗系则除在冷口断裂带附近呈透镜状分布外，在该断裂以南的地区分布于燕河营盆地，白垩系只在研究区西南角有分布。断裂带控制并破坏

了中侏罗世侵入岩 (168 ~ 174Ma)^①。研究区除了发育 NW 向断裂外，还发育一系列 NE 向断裂，并可见到 NE 向断裂将冷口断裂左行错开的现象。

2 冷口断裂几何学

冷口断裂遥感影像非常清晰，地貌特征明显，断裂以北为高山区，以南为丘陵区，沿断裂北侧陡立的山岭修筑的长城蜿蜒展布。断裂走向呈 NW 向，与燕山地区的总体构造格局极不协调。断裂西起城自岭，向南东过擦崖子口、红峪口、石门、建昌营北的冷口、下庄、干涧岭，向南东没于洋河水库，全长约 70km。根据断裂带的产状、上下盘地层分布及内部组成等，将其分为两段：城自岭—冷口段和冷口—干涧岭段。

2.1 城自岭—冷口段

该段断裂带走向呈 NW300°，倾向 SW，倾角为 60 ~ 80°左右，断层线呈向 SW 突出的弧形。断裂带南西盘主要由太古宇基底组成，北东盘为雾迷山组、杨庄组、高于庄组、青白口系和寒武系等组成，总体表现为逆冲性质，南东盘上升，北东盘下降的特点。靠近北东盘主要表现为碎裂岩、断层泥、构造透镜体、牵引褶皱发育。南西盘主要出露绿泥长英质糜棱岩、初糜棱岩等韧性变形产物，南盘有较强的混合岩化。断裂带内部断续分布着中生代髻髻山组火山岩夹片。从野外该断层北西段的多处露头观察到，太古宇变质岩系逆冲于中、新元

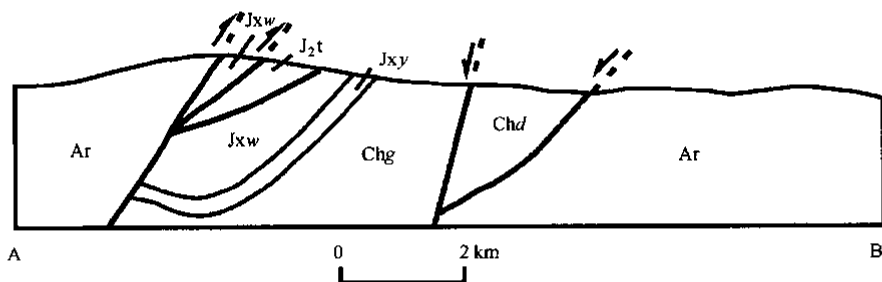


图 2 冷口断裂太平寨地区 A—B 剖面图

Fig.2 Section A—B of the Lengkou fault in Taipingzai

Ar—太古宇；Chd—大红峪组；Chg—高于庄组；Jxy—杨庄组；Jxw—雾迷山组；J₂t—髻髻山组

古代和早古生代各组地层之上 (图 2、图 3)，但断层面总体比较陡，一般达到 60°以上，有的地方甚至近于直立。该断层野外露头呈带状分布，断层带内发育断层泥、断层角砾岩和构造透镜体，断层带宽度变化很大，在小关村一带最宽，超过 300m，在三家一带最窄，只有 10m 左右。其总体规律是，当太古宇与雾迷山组白云岩、侏罗系火山岩等较能干岩层接触时断层带宽度较窄，在这种情况下断层带内常

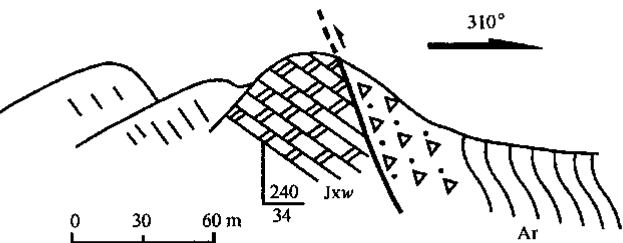


图 3 冷口断裂东风段剖面图

Fig.3 Section of the Dongfeng segment of the Lengkou fault

Ar—太古宇；Jxw—雾迷山组

① 中国地质大学 (北京) 地质调查院，1/25 万青龙幅区域地质调查报告，2003。

发育定向排列的构造透镜体；而当太古宇与寒武系泥质岩类接触时，断层带往往很宽，甚至于把整个组的地层都构造角砾化。

2.2 冷口—干涧岭段

断层总体呈 NW 向，在桃林口附近受 NE 向青龙河断裂影响，走向有变化，断裂总体倾向 SW，倾角 $65 \sim 70^\circ$ ，在局部如桃林、干涧附近，倾向 NE，但倾角很陡，所以，在该段断裂倾向显示来回摆动迹象。沿断裂带发育宽 $50 \sim 300\text{m}$ 的断层破碎带、构造透镜体。断裂带北东盘自南东向北西依次出露长城系常州沟组、串岭沟组、团山子组、大红峪组、高于庄组，蓟县系杨庄组、雾迷山组。断裂带南西盘出露太古宇变质岩系和中生代土城子组、张家口组和九佛堂组。中生代地层分布具有自 NW 向 SE 依次变新的特点，断裂带对中生代土城子组、张家口组和九佛堂组具有明显的控制作用。即，冷口断裂 SW 盘的中生代沉积受控于断裂的活动。盆地沉积后，断裂又有逆冲活动，表现在长城系逆冲于九佛堂组之上（图 4）。断裂带内部断续分布着下侏罗统（张家口组）含煤岩系，断裂带内部主要由千糜岩、糜棱岩、绿泥片岩、断层泥、断层角砾岩、断层透镜体和揉皱构成，在靠近太古宇结晶基底一侧由千糜岩、糜棱岩、绿泥片岩组成，并且岩石发生碎裂岩化，而靠近中元古界一侧由断层泥、断层角砾岩、断层透镜体和薄层岩层揉皱组成。构造岩既有挤压作用的产物，也有张性或剪切作用的产物，运动指向不一致，反映了断裂多期活动。

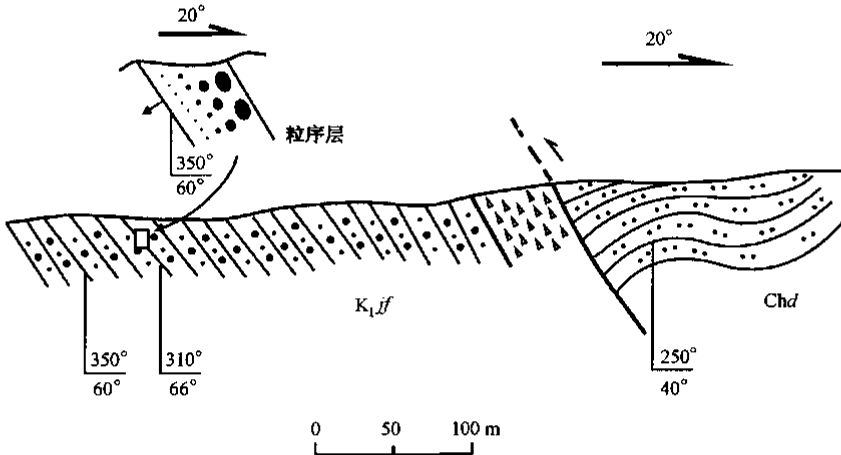


图 4 冷口断裂干涧岭段剖面图

Fig. 4 Section of the Ganjianling segment of the Lengkou fault

K_1jf —九佛堂组；Chd—大红峪组

3 冷口断裂运动学特征

根据断裂带上、下盘的组成及断裂带内的小构造可以判断出，冷口断裂经历了多期构造运动，主要证据如下。

3.1 断面擦痕

在该断裂的多处野外观察点上，都能见到断面上或构造透镜体表面上的大量擦痕，擦痕的产状基本上近于水平，但向 SE 有一定的侧伏角，大小一般在 10° 左右（图 5），并且在磨擦镜面上可以观察到阶步，从阶步与断面的产状关系可以判断出为左行。因此，从擦痕与阶

步的产状可以得出，冷口断裂的这次运动以走滑为主，并有一定程度的正断。

3.2 断层带内的薄层岩层揉皱

断层带内薄层地层具有明显的揉皱现象，如寒武系薄层泥质条带灰岩中发育一系列揉皱现象，断层带的小褶皱枢纽统计表明（图 6），小褶皱枢纽陡立，显示明显的走滑运动特点。

3.3 断层两盘的牵引构造

在该断裂东堡子附近的观测点上，断层北东盘的杨庄组白云岩层发生很明显的牵引现象，根据牵引构造与断层面的关系，判断断层运动为左行走滑（图 7）。

3.4 断层带内构造透镜体及断层泥定向特征

冷口断裂在露头上呈现的是一条断裂带，特别是在太古宇与强硬岩层如白云岩和火山岩接触的断裂带内往往发育一系列定向排列的构造透镜体。统计表明，构造透镜体与断层面交线侧伏角大于 70°，表明该断层运动性质以走滑为主。

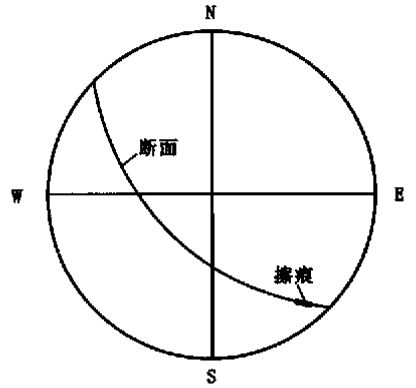


图 5 冷口断裂东风段断面上擦痕赤平投影图

Fig.5 Stereographic projection of slickensides on the section of the Dongfeng segment of the Lengkou fault

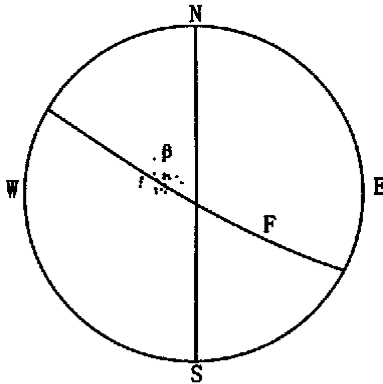


图 6 冷口断裂断裂带内小褶皱枢纽赤平投影图

Fig.6 Stereographic projection of the hinges of minor folds in the Lengkou fault belt
F—断层；β—小褶皱的枢纽

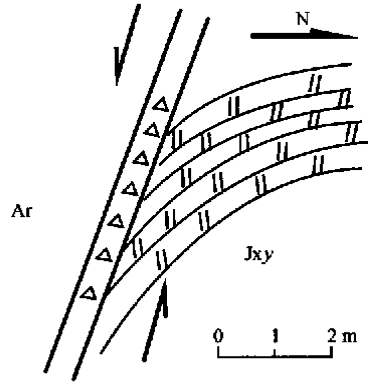


图 7 冷口断裂新庄段牵引构造素描图

Fig.7 Sketch of drag structure in the Xin Zhuang segment of the Lengkou fault
Ar—太古宇；Jxy—杨庄组

冷口断裂在鹿尾山一带断层带宽窄不一，在较宽处往往发育很厚的断层泥和断层角砾岩。从野外观察到断层泥有一定的定向排列，并且从其排列方向与断层带的走向可以判断其运动为右行走滑（图 8）。这期走滑活动只发育于较软的岩系中，因此，形成相对较晚。

3.5 断层的切割关系

在野外可以很清楚地观察到中、新元古界地层逆冲于下白垩统九佛堂组之上（图 2、图 3），这说明在早白垩世晚期，该区受近 SN 向构造应力作用，使冷口断裂发生了由北向南的逆冲作用，并在部分观察点可以看到由

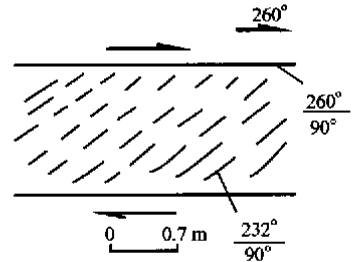


图 8 冷口断裂带内断层泥定向排列图

Fig.8 Diagram of oriented arrangement of fault gouge in the Lengkou fault belt

北向的逆冲断层把由南向北的冲断层切割 (图 9)。这充分反映断层多期活动的特征。

综上所述,从小构造所反映的断裂运动学特征可以看出,冷口断裂带既有由南自北和自北而南的逆冲,亦有左行和右行走滑,因此,中生代以来,冷口断裂至少经历了四期活动。根据断裂运动学,结合沉积记录、热年代学和区域构造演化等,对该断裂带中生代演化特征予以初步探讨。

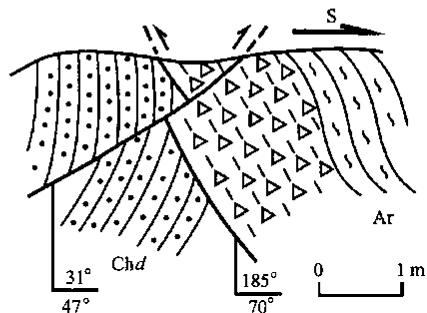


图 9 冷口断裂带自北向南逆冲切割自南而北逆冲剖面图

Fig.9 Section showing that the south-vergent thrust cuts the north-vergent thrust in the Lengkou fault belt
Ar—太古宇; Chd—大红峪组

4 冷口断裂活动期次的划分

从以上的论述中可以看到,冷口断裂南西盘为太古宇,北东盘为印支期盖层沉积,在断裂的 NW 段为老地层压盖新地层,据此可以得出冷口断裂在燕山期经历走滑运动前曾是逆断层。作者综合前人在该区对燕山造山带构造演化研究的基础上,结合野外观察,将冷口断裂中生代以来活动期次分为四期,其主要特征与证据分述如下。

4.1 中侏罗世早期由南西向北东逆冲

该期运动虽然没有留下太多的地质记录,但从冷口断裂的几何学特征中可以看出,冷口断裂倾向 SW,地层接触是以老盖新,在南西盘的太古宇基底上直接覆盖了晚侏罗世和早白垩世的火山岩。以上特征说明,在晚侏罗世前,冷口断裂发生了基底卷入的逆冲作用,为厚皮构造样式。这种构造作用使太古宇直接压盖在印支期构造层之上。与断裂相关的火山岩和侵入岩的年代学样品测试结果显示,该期逆冲活动时间约在 174 ~ 168Ma 之间^①。

冷口断裂在该期逆冲作用的晚期,由于应力松弛作用,区内发生了一定程度的伸展作用,中侏罗世髻髻山组火山岩不整合覆盖在太古宇之上,而断层北东盘没有发现中侏罗世的火山岩,这说明冷口断裂在逆冲作用后的伸展作用中起到控制中侏罗世髻髻山组火山岩的作用。

4.2 中侏罗世晚期—早白垩世正—左行走滑活动

燕山板内造山带中侏罗世以来受到 NW—SE 方向构造挤压作用,使得区域上密云-喜峰口断裂发生右行斜压变形^[4-6],位于该断裂两侧的块体发生右行相对运动,作为 NW 向的冷口断裂,此时除了受到张裂作用外,断裂两盘还具有明显的左行运动特征 (图 10),即北东盘相对南西盘向 NW 运动。区域性密

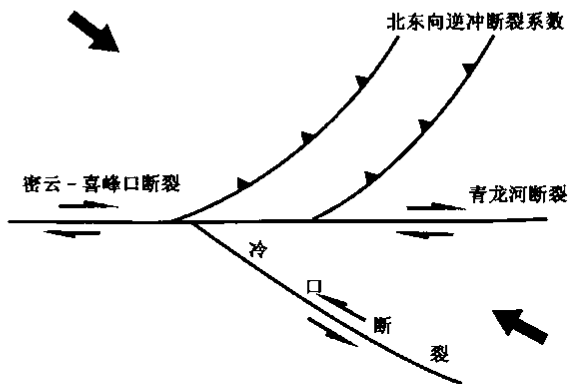


图 10 冷口断裂中侏罗世末—早白垩世左行走滑平面图

Fig.10 Map of left-lateral strike-slip movement of the Lengkou fault in late Middle Jurassic to Eearly Cretaceous

① 中国地质大学(北京)地质调查院,1/25万青龙幅区域地质调查报告,2003。

云-喜峰口断裂右行滑动，NW向冷口断裂左行滑动，因此，在冷口断裂南西盘形成了相对的NW—SE向伸张，断裂活动在平面表现为左行走滑、剖面上为正断的特点，随着变形的持续，断裂南西盘向南东正断断距增大。事实也是如此，该断层南西盘燕河营盆晚侏罗世—早白垩世火山—沉积地层的分布具有自北西向南东依次变新的特点，其沉积中心具有向南东迁移的趋势（图11）。断裂对中生代土城子组、张家口组和九佛堂组的沉积分布具有控制作用，说明该断裂具有正—左行走滑运动特征。这期活动在断裂带内部留下许多小构造痕迹。

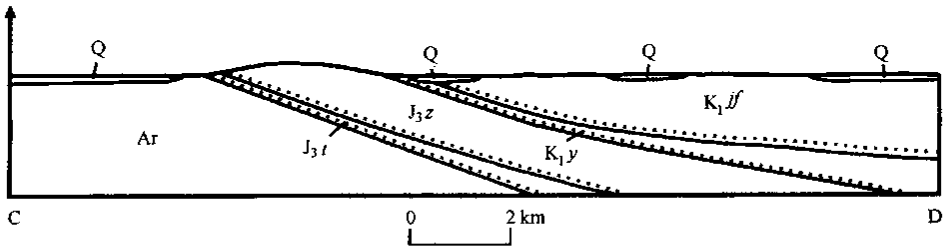


图11 燕河营盆地C—D地质剖面图

Fig. 11 Geological section C—D of the Yanheying basin

Ar—太古宇；J₃t—土城子组；J₃z—张家口组；K₁y—义县组；K₁f—九佛堂组；Q—第四系

- (1) 断层北东盘地层发生明显的左行牵引（图7）。
- (2) 断层带内发育一系列斜列的构造透镜体，根据其展布规律可以判断其为左行走滑。
- (3) 在该断裂鹿尾山段断层带内还发育很多小褶皱，这些小褶皱的枢纽产状统计表明，断层运动线方向向SE侧伏（图6），从而表示断裂运动性质为正—左行走滑。
- (4) 在多处断层观察点上，即在断面上或构造透镜体表面上都能观察到向SE侧伏的低倾伏角的擦痕，而且阶步向SE方向呈正阶步。

冷口断裂正—左行走滑运动是该断裂中生代以来最明显的一期活动。它不但控制了晚侏罗世—早白垩世火山—沉积地层的分布，而且对中侏罗世及其以前的地质体有明显的改造，表现为中侏罗世髫髻山组火山岩呈断片断续分布在断裂带内部。

4.3 晚白垩世由北向南逆冲

研究区南东部冷口断裂北东盘为中、新元古界，而南西盘为白垩系九佛堂组。在野外可以很清楚地观察到中、新元古界地层逆冲至早白垩世九佛堂组之上，九佛堂组近断裂带附近具有明显的倒转现象。这说明在早白垩世之后，该区受近NNE—SSW向构造应力作用，使冷口断裂发生了由北向南的逆冲作用，并在部分观察点可以看到由北向南的逆冲断层把印支期形成的由南向北的冲断层切割（图9）。该期逆冲与区域上郯庐断裂晚白垩世左行走滑活动时间吻合^[7]，表现在该断裂带为自NE向SW的逆冲。

4.4 后期的右行走滑

冷口断裂在野外露头上呈现出是一条断裂带，断层带宽窄不一，在较宽处往往发育很厚的断层泥和断层角砾岩。野外观察可见到断层泥带内的角砾具有一定的定向排列，并且从其排列方向与断层带的走向可以判断其运动为右行走滑（图8）。因为这期走滑活动只发育于较软的岩系中，并无其它更明显的证据，因此，此期断裂活动时序最晚。

综上所述，冷口断裂形成时间和演化过程具多期、多阶段和继承性特点，并且是明显的控盆断裂。根据断裂带与地层的关系、断裂带内部小构造等，认为该断裂带中生代以来至少经历四期明显的活动，由早到晚的活动相对序列为：①向NE方向逆冲，使南西侧基底岩系

逆冲到北东侧的中新元古界和古生界的盖层上；②断裂的正—左行走滑，控制了土城子组、张家口组、义县组和九佛堂组沉积；③北东盘向南西盘逆冲，使北东盘的长城纪地层逆冲于九佛堂组之上；④断裂带内断层泥定向显示的 S/C 组构表明右行走滑发生最晚。

5 现代运动

冷口断裂对燕河营盆地不仅有控制作用，亦有破坏作用。据现今地球物理资料，冀东地区的地震带方向为 NW 向，冷口断裂由于其走向也为 NW 向，因而成为现今地震活动的一条频发地段。据介绍，该断裂仍以 0.1 ~ 0.25mm/a 的垂直变形速率和 0.25mm/a 的水平运动速率继续活动^①。冷口断裂位于中国最大的经济区——京津唐地区附近，因此，掌握冷口断裂的活动规律是现今地震研究的一个必不可少的课题。

6 结论及讨论

冷口断裂作为一条燕山板内造山带内部的断裂带，其活动及演化与燕山板内造山带的总体构造格局及活动规律密切相关。根据局部服从总体的规律，燕山板内造山带的规模较大的活动都能在冷口断裂内部找到特定的活动遗迹，野外观察和室内分析也确证了这一点。但燕山板内造山带的总体构造形迹为 EW 向和 NE 向，而冷口断裂的总体构造线为 NW 向，这种特点又与燕山板内造山带的总体特征不一致。作者认为，燕山板内造山带在造山作用前，曾经为蓟辽裂陷槽的一部分，在 NE 向延伸的蓟辽裂陷槽内部存在一系列的 NW 向的切割太古宇基底的转换断层^[8]，冷口断裂可能是这些转换断层中的一条。印支运动和燕山运动阶段，燕山地区曾受到主体为 SN 向和 NW—SE 向的构造应力挤压而发生造山作用，从而形成了以 EW 向和 NE 向构造占主体的燕山板内造山带。冷口断裂作为一条先存断裂，在印支运动和燕山运动阶段发生构造活化，但由于该断裂原来为 NW 向并切割基底，后期发生在该断裂上的构造变形只是延先存的断裂面运动，因而主体表现为斜向运动，这也说明先存的深大断裂能够控制后期发生在该断裂上的构造变形。

在野外调查与成文过程中得到宋鸿林教授的指导，颜丹平教授、张维杰副教授对文章提出许多宝贵意见，在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 李四光. 东亚一些构造型式及其对大陆地壳运动问题的意义 [A]. 见: 地质力学方法 [C]. 北京: 科学出版社, 1976. 53 ~ 113.
- [2] 任纪舜, 陈廷恩, 牛宝贵, 等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1990. 90 ~ 103.
- [3] 崔盛芹, 吴珍汉, 马寅生, 等. 北京地区中生代陆内造山过程 [J]. 地质力学学报, 2003, 9 (3): 201 ~ 219.
- [4] 张长厚, 张生辉, 张新虎, 等. 燕山中段密云—喜峰口中生代斜压断裂系特征和板内造山意义 [J]. 现代地质, 1998, 12 (增刊): 127 ~ 136.
- [5] 张新虎, 宋鸿林. 论河北兴隆一带东西向走滑断裂系统 [J]. 中国区域地质, 1997, 16 (2): 180 ~ 187.

① 河北省地勘局第五地质队, 秦皇岛市环境地质综合评价, 1993.

- [6] 张长厚,王根厚,王果胜,等. 辽西地区燕山板内造山带东段中生代逆冲推覆构造 [J]. 地质科学, 2002, 37 (1): 64~76.
- [7] 王瑜. 中生代以来华北地区造山带与盆地的演化及动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [8] 和政军,孟祥化,葛铭. 燕山地区长城纪沉积演化及其构造背景 [J]. 沉积学报, 1997, 12 (2): 10~19.

TECTONIC ACTIVITY OF THE LENGKOU FAULT IN EASTERN HEBEI SINCE THE MESOZOIC AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

CHEN Yun-feng, WANG Gen-hou, ZHANG Chang-hou, QIN Yuan, MU Sheng-li, LIU Yang

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: While regionally the whole tectonic framework of the Yanshan intraplate orogenic belt is oriented in E—W and NNE directions, the tectonic line of the Lengkou fault strikes NW. On the basis of detailed field tracing of the Lengkou fault, combined with previous regional research results, the authors hold that the Lengkou fault resulted from polyphase tectonic activities and controlled Mesoproterozoic deposits. The fault activities since the Mesozoic may be divided into four phases: 1. north-vergent thrusting in the early Middle Jurassic; 2. normal-sinistral strike-slip movement in the terminal Middle Jurassic to Early Cretaceous; 3. south-directed thrusting in the Late Cretaceous; and 4. dextral strike-slip movement in the late phase.

Key words: eastern Hebei; Lengkou fault; Yanshan intraplate orogenic belt; normal-sinistral strike-slip movement

(上接第 376 页)

APPLICATIONS OF DIFFERENTIAL GEOMETRY TO QUANTITATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL GEOLOGY

LI Zhi-yong^{1,2}, ZENG Zuo-xun^{1,2}, LUO Wen-qiang³

(1. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

2. Central China Tectonomechanical Research Center, Wuhan 430074, Hubei, China;

3. Department of Mathematics and Physics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: This paper elucidates the necessity of introducing differential geometry in the quantitative study of structural geology and discusses its applications in the quantitative study of structural geology and relevant numerical calculation method. Differential geometry provides a basis for the quantitative description of the geometry of geological structure and construction of a precise mathematical analytical model and is also an important mathematical tool for the in-depth quantitative study of the geometry of geological structure and its variations. In order to combine differential geometry with other advanced techniques and methods more conveniently, on the basis of previous studies, the authors summarize the construction and reconstruction of a mathematical model for geological structure, computer-aided automatic analysis and calculation and 3D visualization and movement simulation. It can be applied to the forecasting of fractures, analysis of structural plane deformation, morphological classification of folds, detection of hidden faults and evaluation and study of mineral deposits and oil/gas accumulations.

Key words: differential geometry; structural geology; curvature; quantitative analysis; forecasting of fractures; structural deformation