

# 古北口逆冲推覆构造及土城子组 脆韧性变形带特征

张计东 李翔 李广栋

(河北省区域地质矿产调查研究所,河北 廊坊 065000)

**摘要:**古北口逆冲推覆构造在区域上位于“尚义—平泉”大断裂带的中段,属燕山期板内造山运动产物。发育在中生代断陷盆地的北侧,由两条主断裂控制上、下两个推覆体由北向南依次逆冲,原地系统由中生代土城子组及以下地层构成。根据对断裂带中同构造期的石英正长岩脉的样品K-Ar法测年,获得同位素年龄为 $(16.1 \pm 2.3)\text{Ma}$ ,故认为本区逆冲推覆构造形成时代应在中侏罗世—晚侏罗世之间。中生代地层中局部形成脆韧性变形带。

**关键词:**古北口;逆冲推覆构造;土城子组;脆韧性变形

中图分类号:P54 文献标识码:A 文章编号:1000-3657(2002)04-0392-05

古北口地区原属尚义—平泉断裂带的通过区,该断裂过去被认为是一条具深断裂性质的断裂带<sup>[1]</sup>。在平面展布上,总体走向近EW,断裂中段向南微凸。沿线分布有太古宙变质岩,中—晚元古代海相沉积地层、中生代火山—沉积地层以及不同时代的侵入岩。经过对本区开展的1:5万区域地质调查工作,结合最新区域地质资料<sup>①</sup>认为该断裂带为一条巨型逆冲推覆构造带,致使中晚元古代地层被推覆到中生代地层之上。

## 1 区域地质构造背景

本区位于华北地台北缘燕山台褶带<sup>[1]</sup>,主要由太古宙变质岩、中—晚元古代和中生代地层以及中—晚元古代侵入岩构成。太古宙变质岩分布南北两侧,主要为变质深成岩。局部以及靠近断裂带的岩石遭受了较强烈的变质变形作用改造,发育构造面理走向为NWW向的绿片岩相韧性剪切变形带。中元古代长城群沉积地层主要分布在西侧,出露层位由常州沟组到高于庄组,层序基本正常,其间发育东西向断裂,局部地层有缺失现象。因燕山期推覆构造

作用,北部的太古宙变质岩被推覆到中元古代地层之上,而南侧的中元古代地层与太古宙变质岩为角度不整合关系<sup>②</sup>。中生代陆相火山—沉积盆地(遥桥峪盆地的西北部)向南东方向出露面积较大。主要由中侏罗世地层九龙山组、髫髻山组和土城子组构成。九龙山组为一套由杂色粉砂质泥岩、粉砂岩、砂岩组成的浅湖相沉积,在南部直接超覆于元古宙地层或太古宙变质岩之上<sup>③</sup>。髫髻山组为一套中性火山岩。土城子组由下而上可分3段,岩性为紫红—灰紫色复成分砾岩、砂质砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩,形成于冲积扇—扇三角洲到滨浅湖的沉积环境中。中—晚元古代侵入岩沿断裂北侧分布,岩性为斑状钾长花岗岩。

该区早侏罗世早期—中侏罗世中期,地壳以拉伸变形为主,形成断陷盆地,并接受九龙山期—土城子期的陆屑堆积间中基性火山喷发。中侏罗世晚期以水平挤压变形作用为主,形成了本区的逆冲推覆构造。晚侏罗世后伴随大量的火山喷发与岩浆侵位,发育并形成了北东—北北东向伸展构造及北西向断裂构造。

收稿日期 2001-10-16,改回日期 2002-07-29

作者简介 张计东,男,1968年生,工程师,从事区域地质矿产调查工作。

基金项目 冀地地[1994]30号1:5万(古北口幅、两间房幅、鞍匠幅)区域地质矿产调查项目资助。

① 河北省区域地质矿产调查研究所,1:25万承德幅区域地质调查报告,2000。

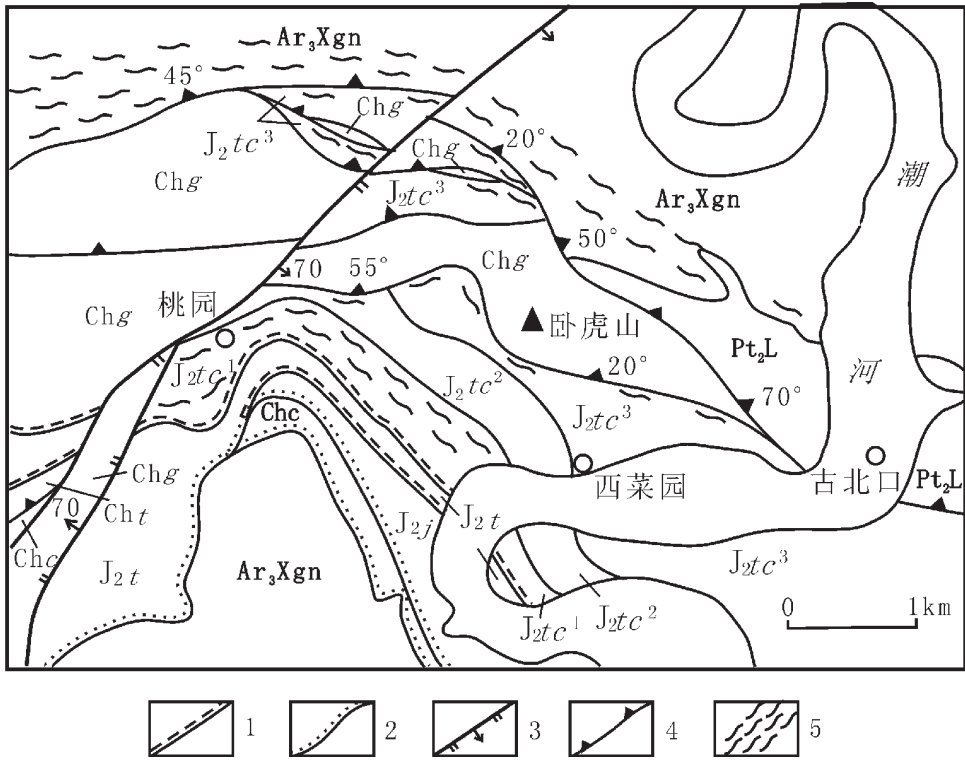


图1 古北口地区区域地质构造图

Fig. 1 Map showing the geological structure of the Gubeikou area

1—平行不整合界线 2—角度不整合界线 3—正断层 4—逆断层 5—脆韧性变形带  $J_{2tc}^3$ —土城子组三段;  
 $J_{2tc}^2$ —土城子组二段  $J_{2tc}^1$ —土城子组一段  $J_2j$ —髻髻山组  $J_2j$ —九龙山组  $Chg$ —高于庄组  $Chd$ —大红峪组;  
 $Cht$ —团山子组  $Chc$ —常州沟组  $Ar_3Xgn$ —太古宙小关庄片麻岩  $Pt_2L$ —中元古代喇叭洞单元钾长花岗岩

本区的逆冲推覆构造被NE向断裂分割,该断裂走向北东20~50°,倾向SE,倾角30~70°,具多期活动发展的历史,中生代中后期为该期断陷盆地西缘的控盆断裂,性质为具右行走滑特征的正断层。因断裂两侧岩石出露及构造特征在表现上的差异,本文主要讨论NE向断裂以东至潮河之间(卧虎山段)的逆冲推覆构造(图1)。

## 2 逆冲推覆构造几何结构特征

本段(卧虎山段)逆冲推覆构造东西长约4 km,南北宽约3 km。由北向南依次出露太古宙小关庄片麻岩(东段为中元古代喇叭洞单元侵入体),长城群高于庄组,中生代土城子组、髻髻山组、九龙山组,长城群常州沟组,太古宙小关庄片麻岩。该段逆冲推覆构造主要由两条主逆冲断层(向东汇聚为一条)控制上、下两个推覆体依次向南逆冲于中元古代及中生代地层之上(图2)。

### 2.1 上推覆体及上推覆断层

上推覆断层位于卧虎山北坡,断层走向NW,倾向NE,倾角变化较大,西部为20°左右,向东变为70°。构成断层上盘的上推覆体西部为太古宙小关庄片麻岩,东部为中元古代斑状钾长花岗岩。片麻岩具糜棱岩化到初糜棱岩的变形特征,底部靠近断层发育蚀变碎裂岩化带,宽2~10 m;斑状钾长花岗岩以高角度逆断层形式逆冲于中元古代高于庄组白云岩之上,底部为宽2~5 m的花岗质碎裂岩带;下盘主体为高于庄组白云岩,近断层岩石破碎。西部揭露出中生代土城子组且断层分支形成构造窗。土城子组岩石强烈蚀变,具脆韧性变形特征,发育不对称拖褶皺,反映逆冲运动性质。

### 2.2 下推覆体及下推覆断层

下推覆断层位于卧虎山南坡。断层上盘构成下推覆体,岩石为长城群高于庄组白云岩,逆冲于中生代土城子组之上,并形成卧虎山主峰。下推覆断层总

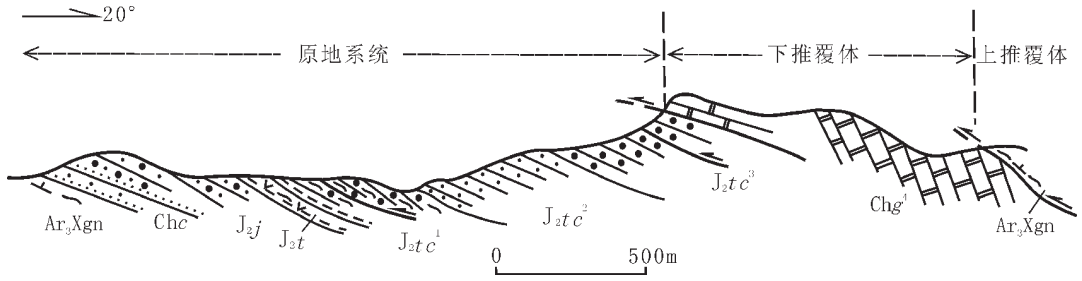


图2 卧虎山地质构造剖面图

Fig. 2 Section of geological structure of Wohushan

$J_2tc^3$ —土城子组三段  $J_2tc^2$ —土城子组二段  $J_2tc^1$ —土城子组一段  $J_2t$ —髫髻山组；  
 $J_2j$ —九龙山组；Chc—常州沟组； $Ar_3Xgn$ —小关庄片麻岩，箭头为断层

表1 土城子组韧性变形砾岩砾石应变测量统计结果  
 Table 1 Statistics of gravel strain measurements of ductilely deformed conglomerate in the Tuchengzi Formation

测点位置		西菜园西	西菜园南 500m	西菜园南 200m
岩石名称		千枚状(韧性变形)砾岩	千枚状(韧性变形)砾岩	千枚状(韧性变形)砾岩
岩层产状		70°∠32°	80°∠20°	70°∠32°
统计砾石数量	n	32	32	56 × 57
测量各轴长度	X'	10.10	18.88	
几何平均值	Y'	5.54	10.88	
(cm)	Z'	1.67	2.35	
应变椭球轴相对长度值	X	1.82	1.74	1.09
	Y	1.00	1.00	1.00
	Z	0.30	0.22	0.18
平均轴长		0.82	0.70	0.58
压缩率		63%	71%	69%
付林参数	a	1.82	1.74	1.09
	b	3.33	4.55	5.50
	k	0.35	0.21	0.02
变形程度(r)		4.15	5.29	5.59
体积变化(s)		-0.45	-0.62	-0.80

体N—NE倾,倾角15~20°。向东与上推覆断层形成分枝复合的形式继续延伸,致使高于庄组时有时无。该段断层地表揭露显示上下盘岩层产状与断面产状大体一致,表现为断坪式结构特征。断层表现形式:破碎带宽5~10 m,据变形程度差异分上下两部分,上部为碎裂构造角砾岩带,宽4~8 m,角砾呈棱角状,成分为碳酸盐质,同成分碎粉胶结。下部为脆韧性变形带,宽1~2 m,由千枚状砂质砾岩构成,浅绿色,具丝绸光泽,砾石压扁拉长,部分拉成条带状,定向特征明显。断裂带内局部充填闪长玢岩脉,脉宽1~2 m。

2.3 原地系统

下推覆断层以下各岩石单位构成逆冲推覆构造的原地系统。中生代地层中发育一条脆韧性变形带及数条小规模次级叠瓦状逆冲断层及更小型低序次的台阶式逆冲断层。脆韧性变形带主体位于土城子组下部,为一套千枚状浅变质岩石。向南髫髻山组岩石具较强的蚀变特征,到九龙山组变质变形作用明显减弱。该变形带走向西段为近EW向,东段为SE走向,N—NE倾。变形带东西长2.5 km,南北宽200~500 m,西部被后期的NE向断裂截断,向东被潮河沉积物覆盖,其变质变形特征见后述。小规模断层也主要

发育在土城子组中,其特征为平面上延伸有限,断续、间隔排列,断层总体产状一致,断面倾斜向北,为倾角上陡下缓的铲形,倾角 $30\sim 40^\circ$ ,个别具断坡断坪的结构特征。在断层切层爬升的下盘断坡处,上盘岩层形成小型断弯褶皱。

### 3 脆韧性变形带特征

脆韧性变形带前已述及,主要发育在中生代土城子组、髫髻山组及部分九龙山组中,其中土城子组由上而下可分3段:三段为紫红色复成分块状砾岩,该段地层在顶部与推覆断层接触处局部发育脆韧性变形;二段为紫色泥质粉砂岩及粉砂质泥岩等;一段是构成变形带的主体,岩性为千枚状(脆韧性变形)复成分砾岩,其次为千枚状粉砂质粘土岩,千枚状粉砂岩等。髫髻山组为蚀变粗安岩。九龙山组主要为粉砂质粘土岩,顶部为千枚状,具弱变形特征。

#### 3.1 构造岩特征

脆韧性变形带中主体岩性为千枚状(脆韧性变形)复成分砾岩,其次为千枚状粉砂质粘土岩、千枚状粉砂岩及蚀变粗安岩。其原岩分别为侏罗纪土城子组复成分砾岩、砂岩、粉砂岩及髫髻山组粗安岩。

千枚状(脆韧性变形)复成分砾岩:宏观特征为绿灰色岩石,显示强烈变形,表面具弱丝绢光泽,板片状。砾岩成分主要为碳酸盐质、安山质次之,均已被压扁拉长,呈扁平状,大小不等,一般在 $(1\sim 3)\text{cm}\times(5\sim 20)\text{cm}$ ,含量 $50\%\sim 60\%$ 。碳酸盐岩质砾石呈蛋青色,断面上呈透镜条状,局部被拉成颈状,部分被拉断而呈头尾断续的脉状,砾间基质片理极发育,呈片岩状,纵断面呈丝带状,变形弱者可辨认出砂级颗粒。镜下特征为变余砾状结构、似千枚状构造,主要由变余砾级碎屑组成,砂级碎屑少量,变余砾级碎屑(为砾岩中细砾级碎屑)成分主要为安山岩、灰岩、粘土岩等,含量 $50\%\sim 60\%$ 。其特征为压扁拉长,长轴定向片理化明显,大小一般 $3\sim 15\text{mm}$ ,部分 $15\sim 30\text{mm}$ ;粘土多重结晶为绢云母,重结晶较强呈细小条纹、薄层状,与重结晶不明显者相间定向分布;安山岩多为斑状结构,常残留角闪石等假象,暗化边明显,斜长石多被绢云母交代,暗色矿物被绿泥石交代后又被绢云母交代,绢云母、绿泥石定向分布,析出铁质尘点杂乱分布;灰岩主要为泥粉晶、细粉晶、细晶、中细晶等结构,较大颗粒可见机械双晶,双晶弯曲,部分压扁拉长,局部略显糜棱岩化,较小颗粒多压扁拉

长,具定向性。砂级碎屑成分以岩屑为主,含少量长石、石英,呈棱角一次棱角状,大小一般 $2\sim 0.5\text{mm}$ ,含量 $10\%$ 左右,受力作用明显减弱,岩屑片理化弱,长石、石英略显定向排列;局部发育少量微裂隙,沿裂隙有方解石微细脉分布。胶结物主要为重结晶的方解石,少量为粘土质,分布于砂砾之间。由于片理化、重结晶等作用较强,其界限多不清晰。

千枚状(脆韧性变形)粘土质粉砂岩:岩石灰—灰绿色,变余粉砂结构,流片状构造,强烈韧性变形片理面光滑,具丝绢光泽。镜下特征:变余粉砂状结构,变余层理构造,千枚状构造;岩石由陆源粉砂级碎屑及少量胶结物组成,粉砂级碎屑主要由石英及少量长石、白云母构成,含量 $70\%$ 左右,仍保留其次棱角状外形,少数次圆状,大小 $0.005\sim 0.05\text{mm}$ ,少数 $0.1\text{mm}$ 左右,为细砂级,略显定向拉长,胶结物(填隙物)为粘土质,含量 $30\%$ ,已重结晶为细小鳞片状绢云母,少量绿泥石,定向分布,局部与铁质相聚成线痕状、条痕状、薄层状,平行定向排列;少量碳酸盐细脉沿近于垂直层理的微裂隙充填。

#### 3.2 变形特征

古北口构造剖面(图2)控制段表现为在强变形带内发育数条次级小规模断裂,断裂由更低序次的断面及岩片构成破碎带。其间断面的分支复合成网状结构,具强带弱域的变形特征,断裂总体表现为北倾,倾角上陡下缓;发育断层泥及镜面构造。上盘表现为断弯褶皱现象,表明断裂为挤压作用力下的逆冲性质,据露头尺度观察到的不对称牵引小褶皱的轴面,枢纽产状判断,变形带具左行斜冲性质,与该段逆冲推覆构造总的运动学特征相一致。

为分析判断韧性变形带的变形特征,野外露头对观测点挑选变形砾石进行了三维测量统计及室内对所取定向标本分别在平行走向及倾向两断面上的砾石作二维测量统计,定向切面分别以走向及倾角线为参线作 $R_f/\psi$ 法测量<sup>[3,5]</sup>,对测量统计结果采用 $R_f/\psi$ 图解,求变形砾石的二维应变椭圆的椭圆度 $R_s$ 及初始椭圆度 $R_i$ ,结果为初始椭圆度小于2.0,垂直走向断面上的应变椭圆度 $R_s\approx 6.0$ ,垂直倾向切面上的应变椭圆度 $R_s\approx 5.5$ ,其中砾石的长轴方向与岩层片理走向及倾向分别有一小角度夹角,但基本顺层排布。

为了更直观的反映应变特征,对定向标本上的二维测量进一步作三维分析,因两切面分别垂直片理,可近似看作与应变椭球中的XZ、YZ主应变面重合,

进而计算出应变椭球相关数据。应变测量统计结果(表1)投于能反映变形程度的付林图解中(投点均靠近a轴)<sup>[3]</sup>,由表及图示可以看出,应变椭球体为三轴扁椭球状,为压扁型应变,且压缩率大,同时有较大的体积损失,结合宏观变形特征,反映该变形带以压扁作用为主,基本无剪切位移或剪切位移不明显。

### 3.3 韧性变形砾岩形成的温压条件及变质相

前已述及,岩石结构为变余砾状、砂状结构,似千枚状构造,原岩结构大部分尚能被保留下来,原砾、砂级粘土质碎屑多绢云母化,砂级碎屑长石及石英略具定向排列,钙质胶结物均重结晶为方解石,粘土质形成的新生矿物主要为绢云母和少量绿泥石,为低绿片岩相变质;宏观上本套韧性变形砾岩位于古北口卧虎山下推覆断层面之下498~545m,位于封闭条件下的推覆构造准原地系统中;结合砾石应变计算分析,可以初步得出变形砾岩属低绿片岩相的变形与变质,其形成的温压条件,在低绿片岩相区间,压力偏高,温度偏低,即压力为0.2~0.3Gpa,温度为200℃以下,形成深度500~700m,为逆冲推覆在浅层次产生的动压、动热所致<sup>[2]</sup>。

## 4 结 论

古北口逆冲推覆构造体系发育在中生代断陷盆地北侧,属于燕山板内造山运动过程中,近南北向强

烈水平挤压作用的产物,致使中生代地层局部发生了强烈变形作用改造。其表现为有基底变质岩参与的由盆缘向盆内逆冲的厚皮型推覆构造特征<sup>[4]</sup>。逆冲推覆构造结构型式为块断式,变形和位移主要集中于主逆冲断层附近,而断块内部未见较明显变形。逆冲推覆机制类似于推土机的推挤作用,断裂依次由北向南发育,以脆性断裂为主。属于地壳浅部构造层次上的产物。据测区东部推覆构造被张家口组覆盖,区域上张家口组与土城子组间的角度不整合接触关系,揭示并代表了介于其间的时限内曾发生过一次明显的构造运动事件以及取自断裂带中同构造期石英正长岩脉(测区东部)的样品经全岩k-Ar法测定,同位素年龄结果为(161.2±2.3)Ma。故认为本区逆冲推覆构造生成时代应在中侏罗世—晚侏罗世之间。

### 参考文献:

- [1] 河北省地质矿产局.河北省、北京市、天津市区域地质志[M]北京:地质出版社,1989.
- [2] 单文琅,宋鸿林,傅昭仁,等.构造变形分析的理论方法和实践[M]武汉:中国地质大学出版社,1991.
- [3] 郑亚东,常志忠.岩石有限应变测量及韧性剪切带[M]北京:地质出版社,1985.
- [4] 朱志澄.逆冲推覆构造[M]武汉:中国地质大学出版社,1989.6.
- [5] J.G.兰姆塞著,刘瑞甸译.应变分析[A]见:现代构造地质学方法[C]第一卷,北京:地质出版社,1985.

## Gubeikou thrust nappe structure and brittle-ductile deformation belt of the Tuchengze Formation

ZHANG Ji-dong, LI Xiang, LI Guang-dong

(Hebei Institute of Regional Geology and Mineral Resources Survey, Langfang 065000, Hebei, China)

**Abstract:** Regionally located in the central segment of the Shangyi-Pingquan fault belt, the Gubeikou thrust nappe structure is the product of the Yanshanian intraplate orogenic movement. It is developed on the northern side of the Mesozoic down-faulted basin. Controlled by two major faults, the upper and lower nappes were successively thrust from north to south. The autochthonous system consists of the Mesozoic Tuchengzi Formation and the strata below it. K-Ar dating of samples from a syntectonic quartz syerictite dike in the fault zone yielded an isotope age of 16.1±2.3 Ma; so it is considered that the thrust nappe structure in the area formed between the Middle Jurassic and Late Jurassic. A brittle-ductile deformation belt is formed locally in the Mesozoic strata.

**Key words:** Gubeikou; thrust nappe structure; Tuchengzi Formation; brittle-ductile deformation