

冀西北尚义盆地对晚侏罗世 构造活动的沉积响应

和政军¹ 牛宝贵¹ 张新元²

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;
2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037)

摘要: 尚义盆地位于走向近东西的中生代燕山冲断带前缘盆地群的西段, 在晚侏罗世土城子时期堆积了大量的粗碎屑。盆地中土城子组沉积相变明显, 自北向南从粗砾质变为粉砂质沉积, 具比较典型的非对称相带分布特征。土城子早—中期, 从北向南总体上形成砾质冲积扇(包括泥石流)—辫状河流—洪泛平原或干化湖泊等古环境布局。晚期则以砂砾质辫状河流沉积为主, 可能夹有发育大型风成交错层理的砂质沙丘沉积。土城子组碎屑成分以变质岩和花岗质岩石为主, 物源主要来自盆地北侧的“内蒙地轴”, 沉积充填具有同构造砾岩的性质。尚义盆地北缘发育一系列呈叠瓦状排列的逆冲断裂。断裂与盆地耦合关系的初步分析显示, 北缘逆冲断裂的构造载荷是控制尚义盆地形成和演化的主要因素。靠近北部冲断带一侧沉积相序的中—下部具有向上变粗的特点, 可能指示了土城子组沉积受前进式的冲断载荷和岩石圈挠曲控制的过程。根据尚义盆地与其北侧相关断裂的空间配置、沉积碎屑北粗南细的变化、盆地横断面北厚南薄的楔状体特征等分析, 盆地属于陆内的前陆式盆地, 推测是在自北向南的近水平挤压构造背景下形成的。

关键词: 尚义盆地; 沉积响应; 逆冲断裂; 晚侏罗世土城子组

中图分类号: P534.52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)02-0181-15

尚义盆地位于河北省张家口地区的西北端, 为靠近蒙古高原南缘的低山丘陵地貌。在构造上它属于整体走向近东—西的中生代燕山冲断带的西段。1934 年孙建初^①最早在尚义地区建立“土木路系”和“大青山砂岩页岩系”两套岩层。20 世纪 60 年代河北省地质局第二区域地质测量大队在编撰河北省区域地质志中, 基本厘定了它们与区域上中生代地层的对比关系, 即上部一套红层岩石组合为后城组^②。20 世纪 90 年代中国地质大学(北京)区域地质调查所进行了 1:5 万土木路和乌良台幅地质填图^②, 对构造、地层、沉积相等方面进行了较为系统的研究, 并有一系列专题论文发表^[3-6]。引人注意的是, 历年的

研究结果均显示出尚义盆缘北侧发育一系列大规模的逆冲断裂, 向南逆冲到晚侏罗世红层之上, 这一特点与区域上同期的燕山冲断带与前缘盆地群的关系相似^[7-21]。因此, 该盆地在晚侏罗世时期的构造性质, 它的沉积充填是如何响应构造活动的, 成为一个值得关注的问题。根据近年来笔者的野外观察, 并参考中国地质大学(北京)区域地质调查所的区调成果, 笔者对尚义盆地构造特点以及逆冲断裂活动对土城子组碎屑沉积影响等问题进行初步探讨。

1 区域地质背景

尚义地区的构造格局(图 1)基本上由走向近 EW 或 NNW 的尚义—赤城逆冲断裂带分割成南北

收稿日期: 2007-08-12; 改回日期: 2007-12-13

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40132020)和中国地质调查局地质大调查项目(1212010611808)资助。

作者简介: 和政军, 男, 1954 年生, 博士, 研究员, 从事沉积地质学及区域地质研究; E-mail: zjhcegas@126.com。

①河北省地质局第二区域地质测量大队. 华北中生代地层和近期玄武岩专题会议地质资料汇编(上册), 河北省地质局, 1976: 1-212.

②中国地质大学(北京)区域地质调查所. 1:5 万土木路幅和乌良台幅区域地质调查报告, 中国地质大学(北京), 1994: 1-215.

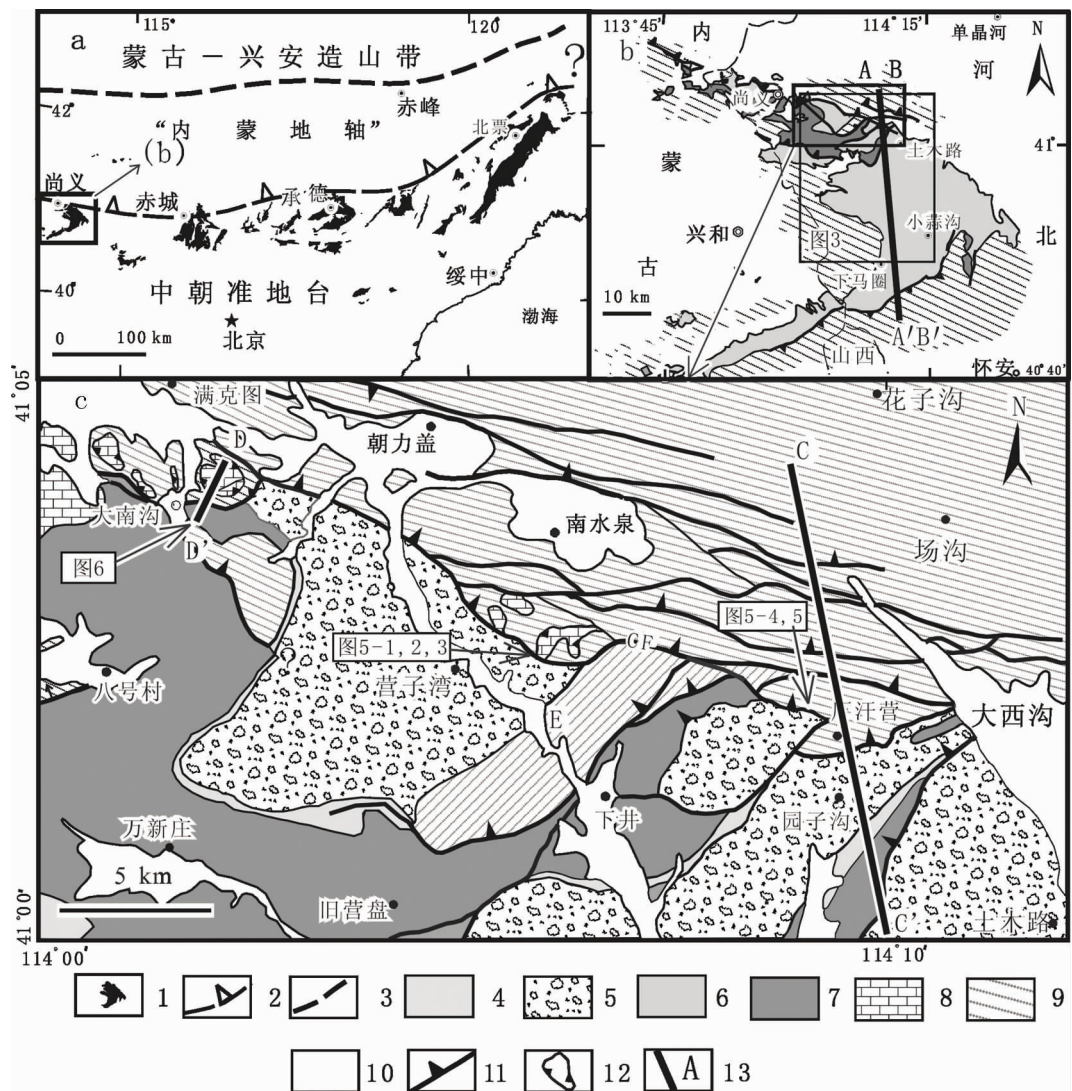


图1 河北西北部尚义地区地质及构造背景简图

(图1-c 据土木路幅1:5万地质图,略有修改)

- 1—土城子组分布区;2—赤峰—北票断裂带;3—构造单元界;4—土城子组下部粉砂岩—砂岩段;5—土城子组中部砾岩段;
- 6—土城子组未分(图b);7—下花园组;8—中元古界;9—太古宙和古元古界;10—第四系;11—逆断层;
- 12—飞来峰和构造窗;13—剖面线及编号;CF—厂汗营断裂

Fig.1 Simplified maps of geological and tectonic settings of the Shangyi area in northwestern Hebei

(Fig.1-c modified from the 1:50 000 Tumulu Sheet, 1994)

- 1-Tuchengzi Formation;2-Chicheng-Beipiao fault belt;3-Boundary of tectonic units;4-Siltstone-sandstone in the lower part of the Tuchengzi Formation;5-Conglomerate in the middle part of the Tuchengzi Formation;6-Tuchengzi Formation, undivided;
- 7-Xiahuayuan Formation;8-Mesoproterozoic;9-Archean and Paleoproterozoic;10-Quaternary;11-Thrust;12-Klippe and window;
- 13-Cross section and number; CF-Changhanying fault

两个部分。该断裂北侧的“内蒙地轴”^[23] 上为太古宙—古元古代变质结晶基底岩石, 主要岩石类型包括角闪片麻岩、黑云片麻岩、斜长角闪岩等, 其次是晚古生代花岗闪长岩和闪长岩等, 其上被大面积出露的中新世汉诺坝组玄武岩覆盖。断裂带南侧的侏

罗纪尚义沉积盆地, 主要堆积了累积厚度大于 3500 m 的沉积岩。盆地基底岩石除了主要为太古宙变质结晶岩石外, 部分区域还出露有中元古界长城系石英砂岩和白云岩。在盆地北东侧, 上侏罗统土城子组之上被(中)上白垩统洗马林组和土井子组沉积地层

角度不整合覆盖^①。尚义—赤城逆冲断裂带为长期影响区域构造演化的重要断裂带,具有多期活动的特点,在中生代曾发生过强烈的逆冲构造活动^[2-4,24-27]。

尚义地区的中生代地层主要由两大套陆相地层组成,下部为含煤的碎屑岩系,上部为红层粗碎屑沉积。它们与张家口以东典型的侏罗纪地层相比既有相同之处,又有差异,其中最显著的不同是缺少相当于髫髻山组层位的火山岩。1959 年,河北省地质局将该地区中生界下部煤系地层“红土梁组”与京西的门头沟组煤系地层对比,将上部“土木路组”砾岩与后城组对比。在 20 世纪 60 年代的区域地质调查中将这套地层自下而上划分为:红土梁组(产大量的植物化石)、哈拉沟组、土木路组及阎家窑组,并将前两个

组时代列入早侏罗世,后两个组定为中侏罗世。河北省地质局第二区域地质测量大队^①和河北省地矿局^②将红土梁组与区域上分布的下花园组对比,其上的 3 个组与后城组相当。之后,河北省地矿局^[28]、辽宁省地矿局^[29]和北京市地矿局^[30]建议用土城子组统一辽西—冀北地区相同层位的岩石地层名称。20 世纪 90 年代中叶中国地质大学(北京)^③在 1:5 万地质调查结果中对河北省地质局的划分做了部分修改,与冀北地区的岩石地层单位名称对应,划分出下花园组(相当于红土梁组和原哈拉沟组的下半段)、九龙山组(相当于原哈拉沟组的上半段)、后城组和阎家窑组。

经野外观察和区域对比,尚义地区原定“九龙山组”以含泥灰岩层或透镜体紫红色粉砂岩(图 2~3)夹

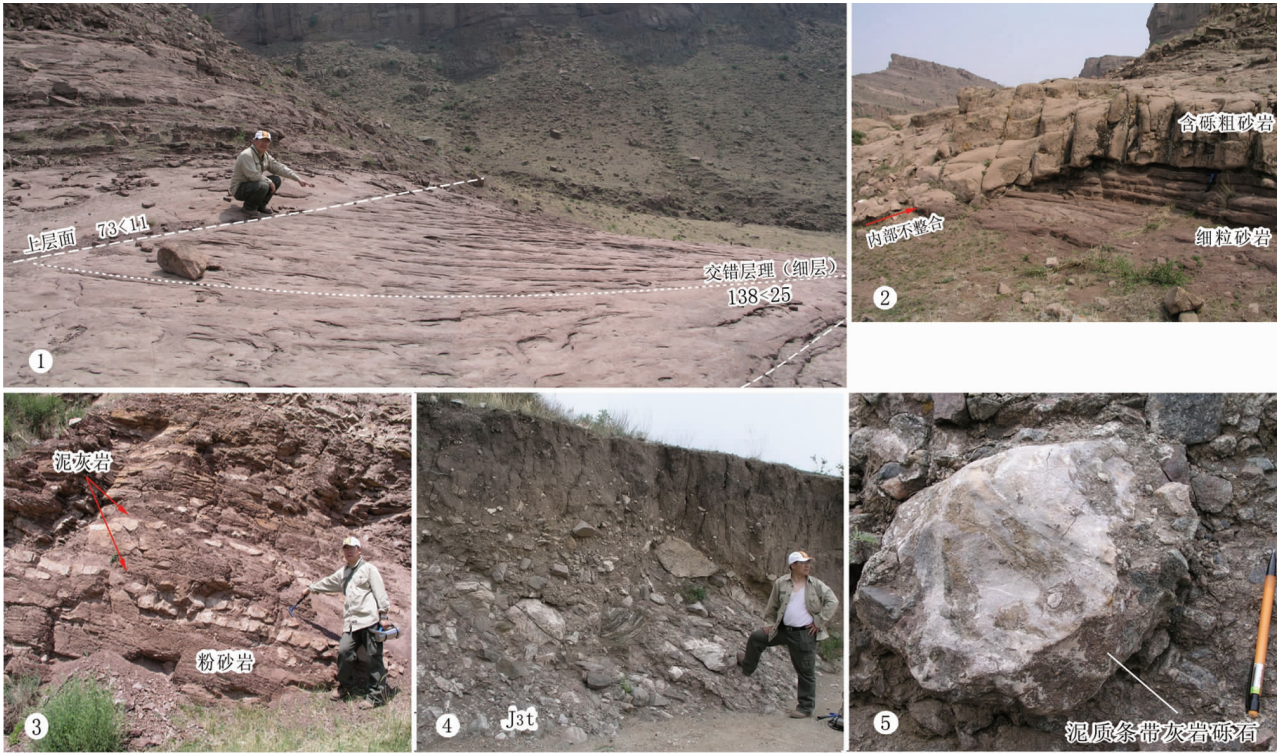


图 2 尚义盆地土城子组沉积特征

- 1—土城子组上段中的大型风成沙丘层理,层系厚 3.2 m,中乌拉哈达;
- 2—上段内部不整合构造,中乌拉哈达;
- 3—下段紫红色粉砂岩夹泥灰岩层或结核,北草碾;
- 4—冲积扇相中的泥石流沉积,营子湾;
- 5—土城子组砾岩中的泥质条带石灰岩砾石(寒武—奥陶纪?),营子湾(J_{3t}—晚侏罗世土城子组)

Fig.2 Sedimentary characteristics of the Tuchengzi Formation in the Shangyi basin

1—Large-scale cross bedding of eolian sand dunes in the upper member of the Tuchengzi Formation in Zhongwulahada (the sequence is 3.2 m thick); 2—Intraformational unconformity in the upper part in Zhongwulahada; 3—Purplish red siltstone with marlstone or concretions in the lower member in Beicaonian; 4—Mudflow deposits in alluvial fan facies, Yingziwan; 5—Argillaceous banded limestone gravel (Cambrian—Ordovician?) in the Tuchengzi Formation conglomerates, Yingziwan (J_{3t}—Late Jurassic Tuchengzi Formation)

①河北省地质局第二区域地质测量大队,华北中生代地层和近期玄武岩专题会议地质资料汇编(上册),河北省地质局,1976:1-212.

②中国地质大学(北京)区域地质调查所,1:5万土木路幅和乌良台幅区域地质调查报告,中国地质大学(北京),1994:1-215.

砾岩为主,厚 120~300 m。其下与下花园组为平行不整合关系,并向南广泛超覆在前寒武系之上(图 1);其上与土城子组(后城组)呈连续过渡,并且两者分布范围一致。从岩石地层特征上看,它与区域上普遍存在的土城子组下部含泥灰岩透镜体的紫红色粉砂岩段特征相同^[8-10],而在盆地南部则可能包括横向相变的产物(图 3、图 6)。前人所定的盆地北部的“阎家窑组”与之下的“土木路组”(或狭义的后城组)为连续沉积,岩石组合以紫灰色和灰绿色砂岩或含砾砂岩夹紫色粉砂岩为特征,与辽西土城子组上部的灰绿色砂岩夹紫灰色砂砾岩段(或称之为土城子组上段)相似。辽西土城子组上段沉积的最显著特征是发

育大型风成沙丘层理^[31,29]。最近在尚义盆地土城子组上段发现夹有具大型风成沙丘层理特征的砂岩层(图 2-1),反映出燕山西部土城子沉积晚期也可能具有相似的较强烈干旱的沉积环境背景。根据尚义下花园组的植物化石对比^[2],以及中国北方下侏罗统含煤岩系和上侏罗统的红层特征,以及干旱沉积等所反映的区域古气候事件对比等^[32],并结合岩石组合和序列特征等,本文暂采纳在尚义地区侏罗系基本上存在上下两套沉积地层的划分和对比方案^[2],土城子组底界相当于中国地质大学区域地质调查所划分的“九龙山组”底界。即这一地区存在相当于下侏罗统含煤岩系的下花园组和具有红层性质的土城子

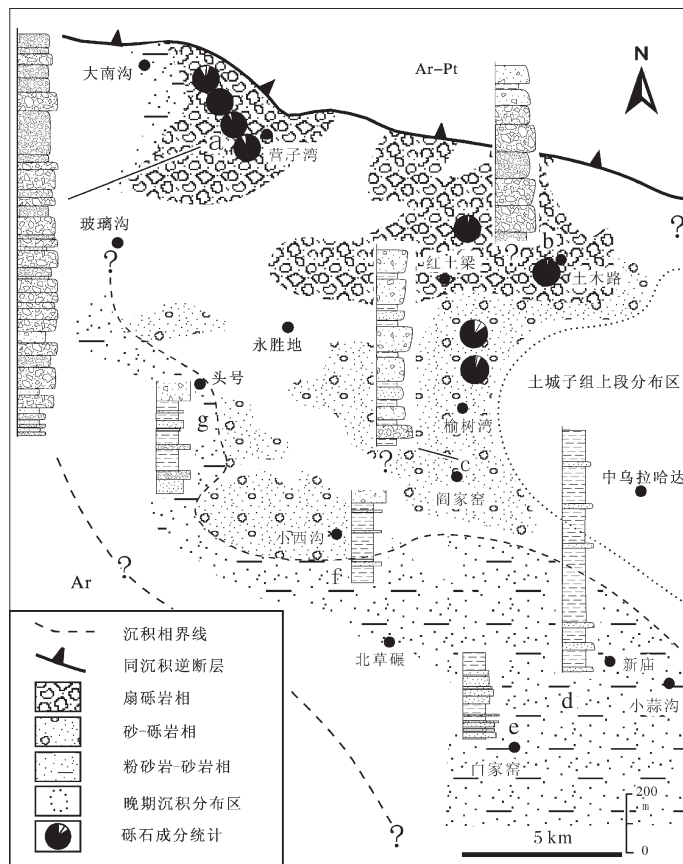


图 3 尚义盆地土城子早—中期岩相分布简图

(据参考文献[5]及 1:5 万土木路幅地质报告,1994)

Ar—太古宇;Pt—元古宇 a—营子湾剖面;b—土木路剖面;c—阎家窑剖面;d—新庙剖面;
e—白家窑剖面;f—小西沟剖面;g—头号剖面

Fig.3 Distribution of sedimentary facies during the early-middle stages of deposition of the Tuchengzi Formation in the Shangyi basin

(modified from Xu Debin et al., 1995; Regional Geological Report of the 1:50000 Tumulu Sheet, 1994)

Ar—Archean;Pt—Proterozoic. Names of cross sections;a—Yingziwan;b—Tumulu;c—Yanjiaoyao;
d—Xinmiao;e—Baijiayao;f—Xiaoxigou;g—Touhao

组(包括中国地质大学区域地质调查所划分的 3 个组:九龙山组、后城组和阎家窑组)两套地层。

2 尚义盆地土城子组沉积特征和碎屑组成

尚义地区土城子组厚度一般为 1000~3000 m。下段以紫红色粉砂岩夹含砾长石砂岩和中—细砾岩为主,厚度为 100~300 m,盆地南部的粉砂岩中普遍含泥灰岩层或结核(图 2~3),局部夹有 5~50 m 厚的安山玢岩和玄武质安山岩等。岩层具水平和波状层理。沉积环境以阵发性半干旱湖泊及曲流河为特点。土城子组中段相变很大,盆地北部以暗紫色砾岩或杂色为特征,厚度 600~1500 m。在靠近盆地北缘的营子湾和土木路剖面上几乎均由砾岩组成,以粗砾居多,并且普遍含巨砾或岩块(图 2~4)。砾石主要为棱角状和次棱角状;岩块砾径 1~2 m,无磨圆现象。碎屑分选极差,普遍为砂泥质杂基支撑,反映水体具有高载荷的特点。它代表了在燕山地区很少保留下来的晚侏罗世盆地北缘的边缘相沉积。盆地南部中粗粒砂岩和紫色泥岩增多,岩层中发育大—中型交错层理。从总体上看,土城子组中段的盆地北部沉积相主要包括泥石流和大型砾质河道充填等,南部为砂泥质组成的网状河流和冲积平原,主要反映出半干旱型阵发性冲积环境(图 3~4)。土城子组上段(大致相当于原定的阎家窑组)一般厚 500~1500 m,主要为灰绿色和紫色含砾中—粗粒长石砂岩、

中—细粒岩屑长石砂岩、紫色粉砂岩和砾岩,大—中型板状、楔状和槽状交错层理发育。上段砂砾质冲积序列中还可能夹有具区域环境意义的古沙丘沉积。在中乌拉哈达可见两种类型,一种为中—细粒砂岩发育较典型的巨型沙丘层理(图 2-1),其层厚 3.2 m,细层厚 3~8 cm,细层视倾角与岩层面具有大于 35°的夹角,并被另一组斜向产出的细层切割。沿同一层岩层走向追索观察约 300 m,露头均为分选良好的砂岩,其顶部被上覆的砂砾质层底部的截切面(truncational planes)改造。另一种可能的砂质沙丘沉积为灰绿色细砂岩,内部发育平缓的低角度(3~5°)大型交错层理,细层厚 3~4 cm,延长大于 4 m,与辽西所见的灰绿色砂质沙丘沉积类型相似(有待于研究)。上述特征显示出土城子组上段以砂砾质河道充填等网状河流和洪泛平原环境为主,间或出现砂质沙丘环境。这可能反映出土城子晚期曾出现幕式或脉动式的干旱条件^[33-35]。另外,整个尚义盆地土城子组沉积序列中大型侵蚀冲刷面构造发育,上段出露了可能具有盆地范围(或区域)意义的内部不整合(图 2-2)(intraformational unconformity^[36-37])。

土城子组砾石成分统计结果显示,尚义盆地沉积物的砾岩碎屑成分以各类片麻岩和花岗质岩石为主(图 2-4)。采用线段法统计了 8 个砾石样品(每个样品统计砾石数量为 211~335 个),其中变质—结晶类碎屑平均含量为 90.4%;火山岩砾石为 7.2%;白云岩为主的沉积岩砾石为 2.4%。另外值得一提的是,

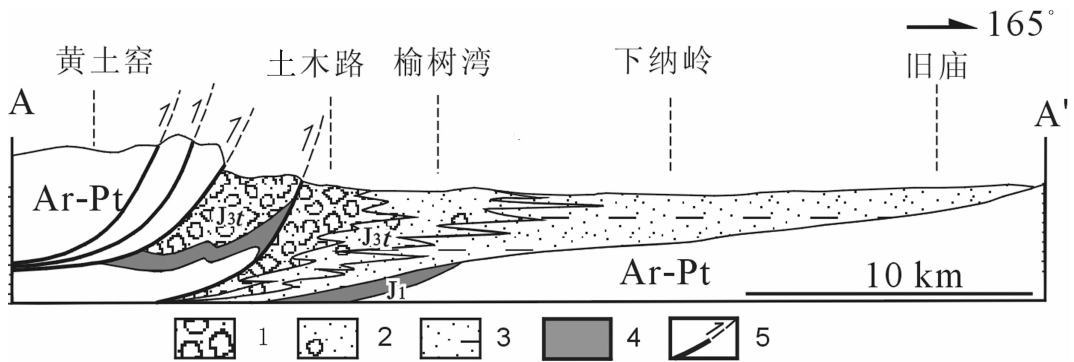


图 4 土城子早—中期尚义盆地沉积相带断面示意图(A—A'剖面位置见图 1-b)
Ar—太古宇;Pt—元古宇;J₁—下侏罗统;J_{3t}—上侏罗统土城子组;1—扇砾岩;2—砂砾岩;
3—粉砂岩—砂岩;4—含煤岩系;5—逆冲断裂;

Fig.4 Schematic section of sedimentary facies in the Shangyi basin in the early-middle stages of deposition of the Tuchengzi Formation (for the location of section A—A', see Fig. 1b)
Ar—Archean;Pt—Proterozoic;J₁—Lower Jurassic;J_{3t}—Upper Jurassic Tuchengzi Formation;
1—Fan conglomerate;2—Sandy conglomerate;3—Siltstone—sandstone;4—Coal measures;5—Thrust fault

在营子湾还见到了具有早古生代泥质条带灰岩(花斑状灰岩)特征的砾石(图 2-5)。形成鲜明对照的是,在区域上位于尚义盆地以东的承德盆地、辽西金岭寺—羊山盆地和北票盆地土城子组,同期的火山岩砾石成分分别占 76.8%(23 个统计样品^[10])和 71.9%(17 个样品^[9]),尚义盆地的火山砾石含量明显少于这两个地区(图 3)。考虑直接发育在变质结晶基底之上的下侏罗统砾石成分以石英岩和变质结晶岩屑居多以及上述土城子组砾石成分的特点,推测自古生代以来,该地区没有发生过强烈的火山喷溢活动。盆地基底和周边的前寒武纪结晶岩石、白云岩、石英岩和早古生代灰岩,以及经过长期剥蚀逐渐暴露出来的晚古生代—三叠纪花岗岩质岩石,成为侏罗纪盆地充填的主要供屑来源^[9-10,13,21]。

与整个燕山地区一样,土城子组在纵向上具有向上变粗的沉积序列特征,即从下部的粉砂岩组合向上变为砾岩和砂岩组合。土城子组中一下段的横向相变明显。在横切尚义盆地的南北向剖面,自北向南碎屑粒度明显由粗变细(图 3)。从北侧含岩块的粗—中砾岩相带向南迅速转变为含砾粗砂岩和细砂岩相带,以及紫红色粉砂岩和泥岩相带。它显示出从泥石流组成的砾质冲积扇向南转变为片流沉积的辫状河流,并过渡成干湖或泛滥平原沉积半旱地扇的沉积系统^[38]。盆地横断面总体上呈现出北厚南薄的楔状体(图 4)。从土城子组粗碎屑自北向南粒度变细、古水流指向南^[6,5]、以及砾石成分组成特点等分析,可以推断碎屑供给主要来自尚义盆地北侧的“内蒙地轴”之上。

3 尚义盆地北缘断裂带

位于燕山冲断带西段走向近东西的尚义—赤城逆冲断裂带,属于“内蒙地轴”南缘边界断裂系的组成部分,它们被认为是多期形成的,晚中生代时期发生过强烈的构造活动^[4,24-27]。尚义盆地北缘发育的一系列走向近东西的逆冲断层(图 1),是尚义—赤城逆冲断裂带的一部分。在区域上,断裂上盘的太古宙变质—结晶岩石或中元古代白云岩和石英岩向南逆冲在上侏罗统土城子组砂砾岩之上(图 4),并在盆地东部被上(中)白垩统沉积地层角度不整合覆盖(图 1)^[9]。

尚义盆地北缘所发育的一系列断层面北倾的逆冲或逆掩断裂,呈叠瓦状排列。按断层倾角变化基本

上可以分为两组断裂,一组倾角在 60°左右,另一组为 30~10°。笔者重点追索了最靠近盆地边缘的厂汗营断裂(图 1-c,CF),其总体特点表现为走向近东西,倾向北,倾角在 60°左右。在营子湾北的 1499 高地附近,可见厂汗营断裂上盘的中元古代白云岩和石英岩(以及太古代片麻岩)向南逆冲在土城子组砾岩层之上(图 5-1)。在紧靠该断裂的下盘土城子组砾岩已发生塑性变形,形成宽约 60 m 的强烈挤压变形带。在该带中土城子组砾岩的泥砂质杂基已定向,并且部分片理化,原始大小多为 3~35 cm 的砾石大部分已经被挤压成长透镜状(图 5-2,3)。在厂汗营该断裂露头比较连续,可见强变形带出露宽度大于 50 m(图 5-5),其间有约 15 m 宽的未变形的煌斑岩脉。下盘砾岩与煌斑岩脉接触,接触面产状为 345°∠42°(表示倾向和倾角,后同)。煌斑岩本身没有变形,因为风化较强烈,还不清楚与砾岩之间是否也为断层接触。北侧上盘的太古代片麻岩的片麻理产状为 345°∠48°南侧下盘一些土城子组砾石的变形特征指示了厂汗营断裂向上(向南)逆冲的运动方向(图 5-4)。在营子湾和厂汗营两地分别统计了 33 个和 31 个砾石压扁面产状,其倾向多在 340~10°(图 5-6),倾角 50~65°,平均为 349°∠58°,大致反映了旁侧断裂面的产状。在挤压破碎带中,近垂直于已挤压变形的砾石长轴的方向常形成一组张性节理,它们没有切穿到周围的杂基中(图 5-3)。

在尚义县城以东的大南沟地区,太古宇结晶岩系向南逆冲到土城子组紫色粉砂岩和砾岩之上,又被中元古界白云岩组成的岩片以低角度向南逆掩到二者之上,并形成飞来峰(图 6-a,c)。在大南沟低角度主逆冲岩片的下盘的土城子组粉砂岩和砾岩中,可见一系列低角度小型逆冲断裂,根据被切断的砾岩层错位关系判别,这些断层运动方向大致指向南方(图 6-b)。在黄石牙山北坡中元古代的燧石白云岩发育一系列的歪斜褶皱,轴面向北倾斜,反映出自北向南的逆冲^[9]。

从尚义盆地整体构造变形程度看,北部岩层强烈褶皱,产状陡立或者局部倒转,影响范围约 5 km。向盆地南侧,岩层产状总体上为角度 10~20°向北倾的宽缓褶皱(图 7)。另外,在盆地南侧局部还发育断面南倾的高角度(60~80°)逆冲断裂,影响范围小于 1 km^[9]。根据南缘断裂基本上没有影响土城子组沉积相带的分布,推测它们有可能形成于土城子组之后。

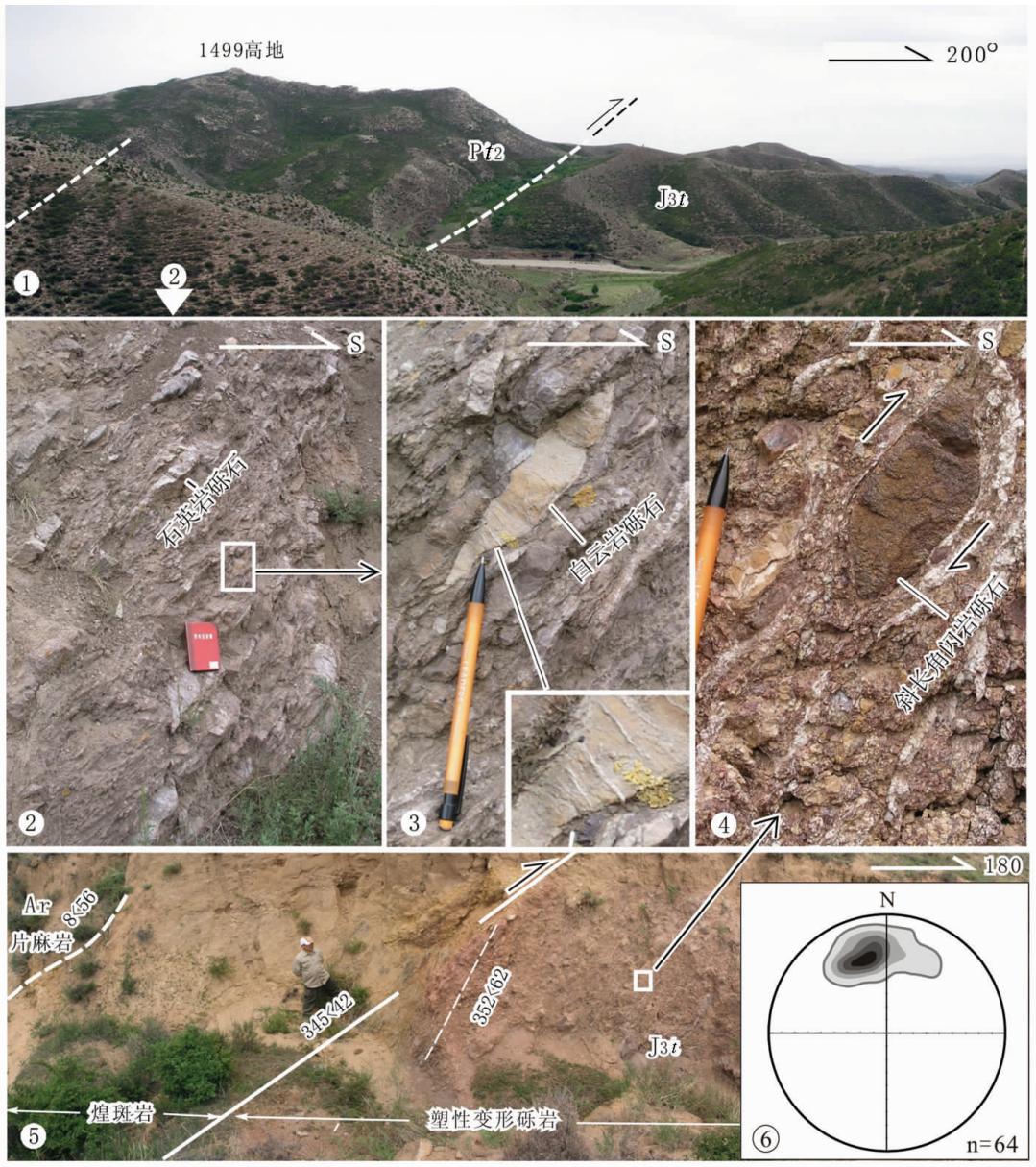


图 5 尚义盆地北缘厂汗营逆断裂特征

Ar—太古宇;Pt—元古宇;J_{3t}—上侏罗统土城子组;1—营子湾地区上盘中元古界白云岩-石英岩向南逆冲到土城子组砾岩之上;2—厂汗营断裂的强烈挤压带,土城子组砾岩中的砾石普遍遭受压扁而定向分布;3—被拉长的白云岩砾石的局部放大,注意近于垂直砾石长轴方向的张性裂隙(被方解石充填);4—挤压变形带中被压扁的变质岩砾石;5—厂汗营地区的厂汗营断裂的强烈挤压带(5张照片拼接);6—营子湾和厂汗营断裂带内变形砾石的扁平面的方位等密度图(n为样品数量)

Fig.5 Characteristics of the Chanhanying fault along the northern edge of the Shangyi basin

Ar—Archean;Pt—Proterozoic;J_{3t}—Upper Jurassic Tuchengzi Formation. 1—Mesoproterozoic dolomite-quartzite in the hanging wall thrust southward over the conglomerate of the Tuchengzi Formation in Yingziwan;2—Strongly compressional belt of the Chanhanying fault, and gravels in conglomerate of the Tuchengzi Formation are strongly flattened and oriented;3—Locally enlarged stretched dolomite gravels; note the tensional fractures (filled by calcite) are perpendicular to the direction of the long axis; 4—Flattened gravels in metamorphic rocks in compressional belts;5—Strongly compressional belt in the Chanhanying fault of the Chanhanying area (mosaic of 5 photos);6—Lower hemispheric Schmidt (equal area) stereogram of flattened gravels in the Chanhanying fault and Yingziwan (n= number of samples)

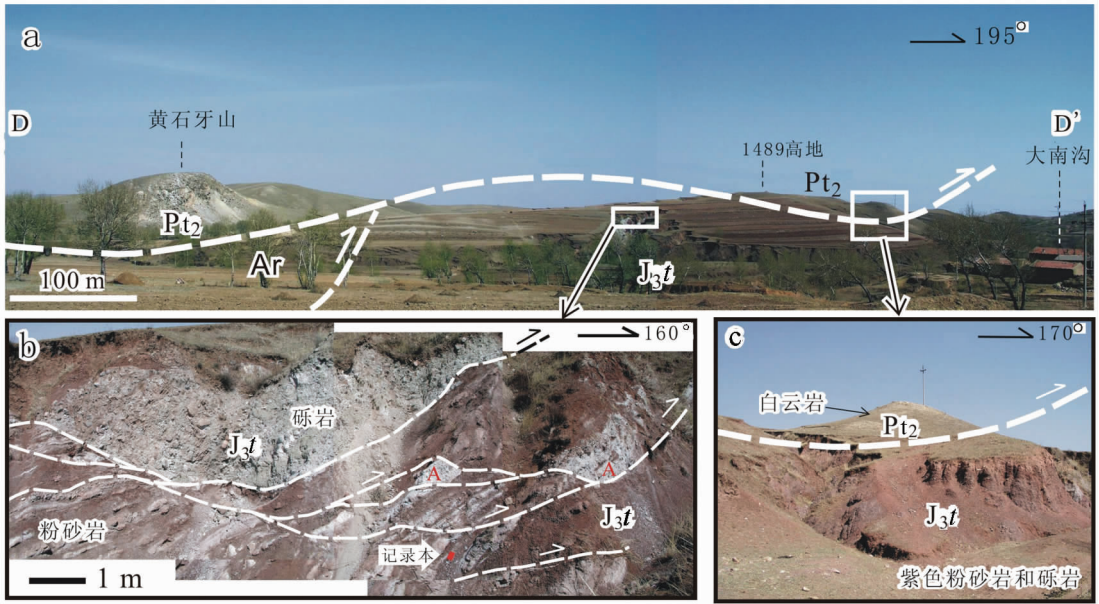


图 6 尚义盆地北侧大南沟低角度逆掩断层及构造飞来峰
 (D-D'剖面位置见图 1,图 6-b 图中的 A-A'层视错距约 2 m)
 Ar—太古宇;Pt—元古宇;J_{3t}—上侏罗统土城子组

Fig.6 Overthrust faults and structural klippen in Danangou at the north edge of the Shangyi basin
 (for the location of section D-D', see Fig. 1)

Ar—Archean;Pt—Proterozoic;J_{3t}—Upper Jurassic Tuchengzi Formation.
 Note that the apparent displacement of bed A-A is about 2 m in Fig. 6-b

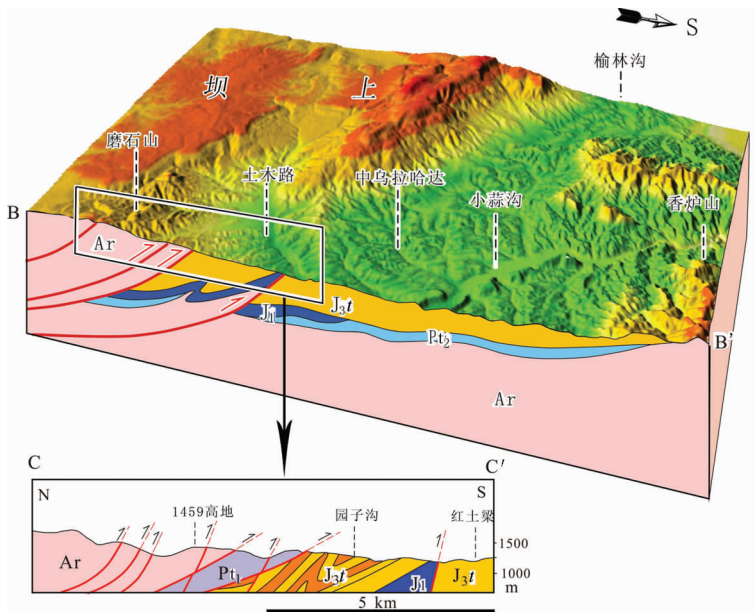


图 7 尚义盆地三维构造变形断面示意图(B-B')及局部构造变形断面图
 (C-C',剖面位置见图 1;参考 1:5 万土木路幅地质图,新生代地层忽略)
 Ar—太古宇;Pt₁—古元古界;Pt₂—中元古界;J₁—下侏罗统;J_{3t}—上侏罗统土城子组

Fig.7 3D structural deformation section of the Shangyi basin (B-B') and local structural deformation section (C-C') (after 1:50,000 geological map of the Tumulu Sheet) (for the locations of the sections, see Fig.1)
 Ar—Archean;Pt₁—Paleoproterozoic;Pt₂—Mesoproterozoic;J₁—Lower Jurassic;J_{3t}—Upper Jurassic Tuchengzi Formation (Cenozoic ignored)

4 尚义盆地的构造性质

将上述盆地沉积特征与同期走向近东西的向南逆冲的断裂结合起来考虑,初步认为,晚侏罗世时期的尚义盆地在构造类型上更可能是挤压型的盆地。主要依据有以下几点。(1)分布在尚义盆地北侧的逆冲断裂及其上盘前中生代岩石普遍向南逆冲在土城子组之上,有可能反映了与这一时期尚义盆地形成的密切联系。靠近盆地北侧岩层的强烈挤压变形(图 7),而越向南侧岩层变形越弱,应反映了同期单向水平挤压的构造变形特点。(2)盆地横断面显示土城子组堆积为靠近北缘断裂厚而向南(“前陆”方向)减薄的楔状体,碎屑粒度具有由北向南明显变细的特点(图 3~4)。(3)与燕山其他地区一样,尚义土城子组早—中期沉积总体形成向上变粗的沉积序列(图 3,8-a),而与一般情况下拉张盆地向上变细的特征不同(图 8-b)。(4)土城子组沉积与早期拉张背景沉积的下侏罗统下花园组地层 15 km 宽的分布范围显著不同。土城子组南北分布宽度 >50 km, 向南广泛沉积超覆于变质结晶基底岩石之上(图 1、图 3),反映了两期盆地形成时期的构造格局具有明显的差异。(5)盆地北缘断裂挤压破碎带中的土城子组砾岩的挤压变形特征,显示出有可能是同构造期形成的(图 5-3~4)。(6)上侏罗统土城子组以结晶岩石砾石为主,下侏罗统下花园组砾石的成分以石英岩为主,两者碎屑的成分成熟度差别较大。在结构成熟度上也不同,前者粗碎屑几乎毫无分选和磨圆,砾岩以杂基支撑为特色;后者砾石大部分呈次圆状(即便个别直径达 80 cm 的砾石磨圆也很好),并以颗粒支撑为主。它显示出土城子组在强烈构造活动背景下的快速和超补偿沉积,具有非稳定构造背景堆积的特征。(7)目前在盆地周边(特别是盆地北缘),还没有发现同沉积期的张性或张扭性断裂。(8)从区域构造背景上看,晚侏罗世燕山地区同时形成了一系列挤压类型的盆地^[7-9],推断尚义盆地粗碎屑堆积也受这一时期统一构造应力场作用的影响。

5 沉积作用对逆冲推覆活动响应的讨论

构造变形和盆地沉积响应反映了构造事件的两个方面,前者在地质过程中起到改造和破坏的作用,

后者则主要起到再构建和保存的作用。构造活动主要从两个方面影响盆地的沉积充填,开辟碎屑物源和提供容纳空间。因此,可以通过对同构造期盆地沉积充填特点及其形成构造背景等研究,判别或确定构造事件的发生时间、活动方式和强度等^[39-40]。

目前还不清楚前述尚义盆地北缘的中等和低角度两组断裂的精确的活动时间。通过切割关系初步判断,低角度断层的形成要相对晚一些。根据逆冲断裂与下盘土城子组的关系等,区调结论认为这一地区普遍而强烈的逆冲推覆活动主要发生在侏罗纪末期—白垩纪初^[9-9]。野外工作结果显示,从辽西的朝阳地区到冀北的承德地区,土城子组岩层在靠近逆冲断裂活动部位,可见岩层近直立或局部倒转的现象,并被总体形成于伸展背景下的下白垩统地层高角度不整合覆盖^[9-10,16-17]。而在尚义地区,盆地北缘断裂带附近土城子组岩层,同样发生了强烈的近直立或局部倒转(图 7,C-C'剖面)。通常大规模的逆冲构造带形成要经历一个过程,在这一过程中会发生多次脉动式逆冲推覆活动,后一时段的构造活动,可以使前一时段的半固结沉积物或岩层发生变形^[9-10,41-46]。在挤压构造背景下,前陆式盆地的沉降和充填历史上就是构造载荷冲断活动时间的间接度量尺^[39]。尽管在尚义地区,土城子组与下白垩统地层没有直接的覆盖关系,而是被上白垩统地层高角度不整合覆盖^[2]。但从盆地充填对盆缘断裂的沉积响应关系,盆地内沉积层的同构造期变形特点,以及区域构造背景等整体考虑^[7-10,15-18,20,22],初步推断尚义盆地北缘一系列逆冲断裂的活动应贯穿于晚侏罗世土城子期,并控制着盆地的形成和发展。

上述分析表明,尚义盆地北缘具有强烈挤压变形特点的一系列断裂,总体上显示出呈叠瓦状排列,以中等—低角度向南逆冲(图 5~7)。根据构造载荷对盆地形成和沉积物堆积的控制原理^[9,14,19,21,39-44]等分析,向南逆冲的断裂带特征及其与尚义盆地的空间配置关系、盆地北厚南薄的极性沉积充填、盆地构造变形的非对称特点、以及碎屑物源主要来自北部(图 4)等,指示了这一时期区域性近水平的挤压构造活动指向南(图 7)。

向上变粗的砾岩序列是构造事件的潜在的重要沉积指标,这是因为在砾岩序列的构造解释上,碎屑

① 中国地质大学(北京)区域地质调查所. 1:5 万土木路幅和乌良台幅区域地质调查报告. 中国地质大学(北京), 1994:1-215.

颗粒大小和源区地形之间的关系更为密切^[47],而地形的变化主要受构造变动的制约^[39]。从包括辽西地区的整个燕山土城子组沉积相序特征来看,相对完整的剖面从下部到中部大多数显示出向上变粗的特点^[8-10]。尚义盆地的大部分沉积剖面从下部到中部也显示出向上变粗的序列。即便在紧靠逆冲断裂带的盆地北缘位置,砾岩占优势的营子湾剖面也显示出向上变粗的特点,即由底部的砂岩和中细砾岩逐渐向上变为中粗砾岩至含岩块粗砾岩组合(图3)。尽管尚义盆地内部岩层产状比较平缓,土城子组下段的紫色粉砂岩组合出露的较少,但在大忽太村东和大南沟等地的露头仍可见到。在初期,一般情况下挤压盆地和拉张盆地对不同性质构造活动的沉积响应是不一样的。在水平挤压背景下,早期以岩石圈弹性挠曲为特征(有可能存在盲逆断层),沉积环境特点是地势相对平缓,并可以出现一定规模的汇水区(湖泊),沉积物以粉砂和泥质等细碎屑为主。随着逆冲断裂的产生和切割地表,上盘因逆冲

载荷产生隆升,地貌高差增大,致使物理剥蚀增强,粗碎屑堆积产生。特别是冲断带向前陆方向推进的盆地系统,在位于冲断前缘一侧的盆地充填,早—中期沉积一般具有较典型的向上变粗的序列(图8-a)^[47-48]。大陆内部大型逆冲构造带前缘盆地的演化,在某种程度上类似于碰撞造山过程中形成的前陆盆地。即从低量充填(underfilled)的复理石阶段至过量充填(Overfilled)的磨拉石阶段的转变^[49-50]。土城子组向上变粗的序列可能反映了在逆冲带前缘形成前陆式盆地时,随着逆冲构造载荷的向南推进,盆地沉积补偿状态从低量向过量充填的基本变化,显示出构造载荷对沉积作用的影响增大的过程(图8-a)。与之形成对照的是,下花园组的中—下部沉积相序总体显示出向上变细的特征^[3,51],反映出早—中期随着伸展活动增强的拉张型盆地沉积相序特征(图8-b)。在拉张的半地堑盆地情况下,早期破裂形成相对狭窄的地堑式裂隙^[52],初始沉积物往往以粗碎屑堆积为主,之后随着盆地伸展作用继续,汇水区范围加大

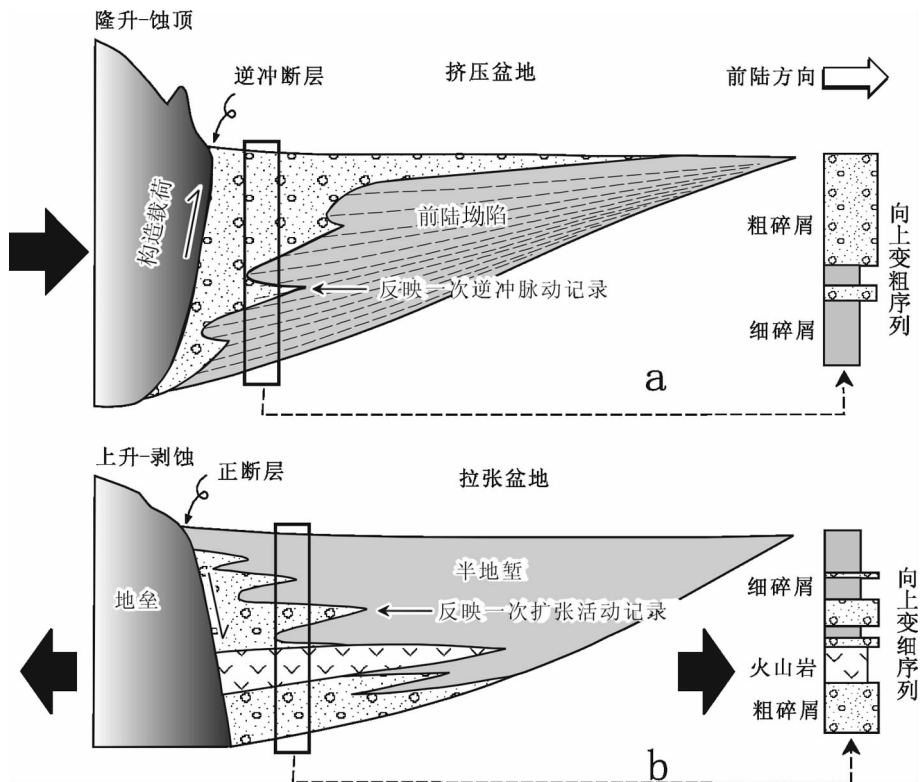


图8 前进型的前陆式盆地(a图据参考文献[46-47]修改)与半地堑式伸展盆地(b图)早—中期沉积充填的概念模型及其典型沉积相序(这里列举的典型沉积序列位于盆地的靠近同沉积断裂一侧)

Fig.8 Conceptual models of the progressive foreland-style basin (a) (modified from [46-47]) and half graben-style extensional basin (b) and their typical sedimentary facies sequences in the early to middle stages of sedimentary accumulation (the typical sedimentary sequences shown here are located on the syndepositional fault side of the basins)

和水体逐渐加深,碎屑供给逐渐处于饥饿补偿状态,总体上构成向上变细的序列(图 8-b)^[53-54]。此外,在拉张构造背景下,断裂系统更容易形成通道使岩浆喷溢出地表,形成溢流相火山熔岩堆积。

从整个燕山地区的晚侏罗世盆地沉积相带出露情况来看,由于遭受到同期或之后的构造变形和剥蚀,大部分土城子组盆地北缘或北西缘都缺失边缘相沉积。尚义盆地由含有粗砾和岩块组成的粗碎屑属于冲积扇相的扇根沉积,构成了北侧的边缘相带,直接反映了盆地北缘逆冲断裂的强烈活动(图 5-a)。盆地横断面从北缘断裂带附近向南的“前陆”呈北厚南薄的楔状体(图 4),类似于典型造山带逆冲前缘前陆型盆地的断面特征^[55]。建模研究显示,前陆盆地的非对称几何形态主要产生于冲断带之下的岩石圈挠曲和相关构造载荷,盆地的深度和宽度依赖于相邻冲断带的体积和几何形态、盆地底面状况和沉积物载荷,以及依赖于前陆盆地底下的岩石圈挠曲刚性^[47-56]。根据盆地沉陷响应边缘逆冲岩片的载荷理论,捕获粗碎屑的部位位于受最大载荷驱动的靠近冲断-隆升区的一侧的沉降带中^[19,41,46]。在地表条件下,由于冲断前端构造变形造成地形梯度增加,促使推覆体前缘的剥蚀强度增大。同时,由于地壳载荷速率在冲断前端增加,也会造成冲断带下盘的盆地基底挠曲加大,致使沉陷的容纳空间增加,从而使沉积物堆积速率增大^[49,57]。在较干旱的气候下,受阵发性洪水作用影响,容易在靠近源区处形成山麓冲积扇,会促成同构造性质的砾质粗碎屑堆积^[41-42,46-48,57-59]。在冲断载荷位移期间,盆地的沉降是最快的,在邻近前缘伴随的沉积作用是快速堆积的粗碎屑,向远处迅速递变为相对细粒的沉积物^[47]。近年来一些研究表明,前陆式盆地中粗碎屑堆积一般在时间上略延后于盆缘断裂逆冲的活动^[46-47],但从特定的地质尺度上看,它们的形成可以看作是同时的。据前述尚义盆地充填和盆缘构造特点,可以推断该盆地是在构造逆冲加载期间形成的,因此尚义地区的土城子组沉积充填应属于同构造性质的堆积。尚义盆地的形成并非孤立的地质现象,而是与晚侏罗世近南北向水平挤压、岩石圈缩短或增厚的区域性构造事件有着密切的关系^[4,7-22,60]。尚义盆地应属于晚侏罗世土城子期形成的、走向近东西的燕山冲断带前缘盆地群的组成部分(图 1-a)^[7-10]。

6 初步结论

(1)尚义盆地沉积充填以红色粗碎屑堆积为特点,沉积相变明显。在早—中期期间,从北向南总体上为扇砾岩-辫状河流-洪泛平原或干化湖泊相沉积;晚期则以砂砾质辫状河流沉积为主夹可能的风成砂质沙丘沉积。总体古气候条件为半干旱-干旱。沉积碎屑成分以变质岩和花岗质岩石为主,石英岩、白云岩及灰岩少量,主要来自北侧的“内蒙地轴”。

(2)尚义盆地具有比较典型的非对称相带分布,自北向南明显地从粗砾质堆积变为粉砂质沉积,极性充填特征明显。在剖面上,在靠近冲断带一侧的下部至中部沉积相序具有向上变粗的特点。这些特征显示出尚义盆地是在挤压构造背景下形成的。以非稳定碎屑组成的砾质粗碎屑堆积,总体上反映出非稳定构造背景的沉积,具有构造砾岩的性质。

(3)尚义地区发育一系列走向近东西向南逆冲的断裂带,分布在尚义盆地北缘。断裂与盆地耦合关系分析显示,北缘的逆冲断裂是控制尚义盆地形成和演化的主要构造。根据盆地与其北侧相关断裂的空间配置、沉积碎屑北粗南细的变化、盆地横断面北厚南薄的楔状体特征等分析,尚义盆地是在北缘断裂带向南推进逆冲载荷过程中逐渐形成的。区域对比研究显示,尚义盆地是晚侏罗世燕山—阴山构造带前缘盆地群的重要组成部分。

参考文献(References):

- [1] 孙建初. 绥远及察哈尔西南部地质志[M]. 地质专报, 1934: 甲种第 12 号, 1-66.
Sun Jianchu (Sun C C). Geology of the Suiyuan and Southwestern Chahar Region [M]. Geological Memoirs A12, 1934: 1-66 (in Chinese).
- [2] 河北省地矿局. 河北省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 192-218, 393-423.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Hebei Province. Regional Geology and Geological Maps (Scale 1:500,000) of Hebei Province, Beijing Municipality and Tianjin Municipality [M]. Geological Memoirs, s.1, n. 15, Beijing: Geological Publishing House, 1989: 1-741 (in Chinese with English abstract).
- [3] 温长顺, 胡建中, 徐得斌. 土木路盆地构造演化分析[J]. 地球科学, 1995, 20(增刊 2): 8-14.
Wen Changshun, Hu Jianzhong, Xu Debin. Tectonic evolution of the Tumulu Basin in Shangyi County, Hebei Province [J]. Earth Science - Journal of China University of Geosciences, 1995, 20 (Supp.2): 8-14 (in Chinese with English abstract).

- [4] 温长顺, 胡建中, 白志达, 等. 尚义-赤城断裂带的构造特征与演化[J]. 地球科学, 1995, 20(增刊2):15-20.
Wen Changshun, Hu Jianzhong, Bai Zhida, et al. Characteristics and evolution of Shangyi-Chicheng fault zone [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1995, 20(Supp.2): 15-20(in Chinese with English abstract).
- [5] 徐德斌, 胡建中, 李志忠. 河北尚义中生代盆地后城组沉积环境分析[J]. 地球科学. 1995, 20(增刊II):51-55.
Xu Debin, Hu Jianzhong, Li Zhizhong. Analysis of sedimentary environments of the Houcheng Formation in the Mesozoic Shangyi basin, Hebei Province [J]. Earth Science -Journal of China University of Geosciences, 1995, 20 (Supp.2): 51-56 (in Chinese with English abstract).
- [6] 胡建中, 徐得斌, 李志忠, 等. 陆相盆地沉积旋回、沉积体系、地层界面与岩石地层单位关系研究——以冀北土木路中生代断陷盆地为例[J]. 地球科学, 1995, 20(增刊2):38-43.
Hu Jianzhong, Xu Debin, Li Zhizhong, et al. The relations among Sedimentary cycles, depositional system, stratigraphic boundary and rock-stratigraphic units in continental facies; An example from the Mesozoic Tumulu faulted Basin, north Hebei [J]. Earth Science - Journal of China University of Geosciences, 1995, 20 (Supp.2):38-43(in Chinese with English abstract).
- [7] 和政军, 李锦轶, 牛宝贵, 等. 燕山阴山地区晚侏罗世强烈推覆隆升事件及沉积响应[J]. 地质论评, 1998, 44(4):407-418.
He Zhengjun, Li Jinyi, Niu Baogui, et al. An intense nappe-uplift event of late Jurassic in the Yanshan-Yinshan area, northern China and its sedimentary response [J]. Geological Review, 1998, 44(4): 407-418 (in Chinese with English abstract).
- [8] 和政军, 王宗起, 任纪舜. 华北北部侏罗纪大型推覆构造带前缘盆地沉积特征和成因机制初探 [J]. 地质科学, 1999, 34 (2):186-195.
He Zhengjun, Wang Zongqi, Ren Jisun. A preliminary research on sedimentary features and genetic mechanism of frontal basins of the Jurassic large-scale nappe in the northern region of North China[J]. Scientia Geologica Sinica, 1999, 34 (2):186-195 (in Chinese with English abstract).
- [9] 和政军, 牛宝贵, 张新元. 辽西朝阳地区晚侏罗世逆冲断裂及同构造沉积盆地系统[J]. 地质论评, 2007, 53(2):152-163.
He Zhengjun, Niu Baogui, Zhang Xinyuan. Late Jurassic thrusting and depositional basin systems in the Chaoyang region, western Liaoning[J]. Geological Review, 2007, 53(2):152-163(in Chinese with English abstract).
- [10] 和政军, 牛宝贵, 张新元. 晚侏罗世承德盆地砾岩碎屑源区分析及构造意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(3):655-666.
He Zhengjun, Niu Baogui, Zhang Xinyuan. Provenance analysis of the conglomerate clastic compositions from the Late Jurassic Chengde basin and its tectonic significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(3):655-666(in Chinese with English abstract).
- [11] 王根厚, 张长厚, 王果胜, 等. 辽西地区中生代构造格局及其形成演化[J]. 现代地质, 2001, 15(1):1-7.
Wang Genhou, Zhang Changhou, Wang Guosheng, et al. Tectonic framework of western Liaoning Province and its evolution during Mesozoic [J]. Geoscience, 2001, 15 (1):1-7(in Chinese with English abstract).
- [12] 杨庚, 柴育成, 吴正文. 燕山构造带东段——辽西地区薄皮逆冲推覆构造[J]. 地质学报, 2001, 75(3):322-332.
Yang Geng, Chai Yucheng, Wu Zhengwen. Thin-skinned thrust nappe structures in western Liaoning in the eastern sector of the Yanshan orogenic belt[J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(3):322-332(in Chinese with English abstract).
- [13] 闫义, 林舸, 陈卓. 北票盆地侏罗纪砾岩沉积特征及对区域构造演化的指示[J]. 大地构造与成矿学, 2001, 25(4):361-367.
Yan Yi, Lin Ge, Chen Zhuo. Depositional characteristics of Mesozoic conglomerates and the indication to the structural development of Beipiao basin [J]. Geotectonica et Metallogenia. 2001, 25(4):361-367(in Chinese with English abstract).
- [14] 闫义, 林舸, 李自安, 等. 辽西北票(金—羊)盆地中生代砂岩碎屑组分对区域构造演化的响应[J]. 沉积学报, 2003, 21(3):441-447.
Yan Yi, Lin Ge, Li Zi'an, et al. Detrital composition of Mesozoic sandstone and its implication for provenance and tectonic evolution of Beipiao (Jin2Yang) Basin, western Liaoning Province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21 (3):441-447 (in Chinese with English abstract).
- [15] 李忠, 刘少峰, 张金芳, 等. 燕山典型盆地充填序列及迁移特征对中生代构造转折的响应[J]. 中国科学(D), 2003, 33(10): 931-940.
Li Zhong, Liu Shaofeng, Zhang Jinfang, et al. Typical basin-fill sequences and basin migration in Yanshan, North China[J]. Science in China(series D), 2004, 47(2):181-192.
- [16] 赵越, 徐刚, 张栓宏, 等. 燕山运动与东亚构造体制的转变[J]. 地学前缘, 2004, 11(3):319-328.
Zhao Yue, Xu Gang, Zhang Quanhong, et al. Yanshanian movement and conversion tectonic regimes in East Asia [J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11 (3):319-328 (in Chinese with English abstract).
- [17] 赵越, 张栓宏, 徐刚, 等. 燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):854-863.
Zhao Yue, Zhang Quanhong, Xu Gang, et al. Jurassic major tectonic events of the Yanshanian intraplate deformation belt [J]. Geological Bulletin of China, 2004,23(9/10): 854-863(in Chinese with English abstract).
- [18] 张长厚, 吴淦国, 徐德斌, 等. 燕山板内造山带中段中生代构造格局与构造演化[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):864-875.
Zhang Changhou, Wu Ganguo, Xu Debin, et al. Mesozoic tectonic framework and evolution in the central segment of the intraplate Yanshan orogenic belt [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(9/10):864 - 873(in Chinese with English abstract).
- [19] 张长厚, 徐德斌, 张维杰, 等. 同构造沉积分析反演逆冲构造变形过程——燕山东段凌源南部中生代逆冲构造变形过程研究

- [J]. 地学前缘, 2004, 11(3):227-243.
Zhang Changhou, Xu Debin, Zhang Weijie, et al. Syntectonic sedimentation analysis applied to the reconstruction of the thrusting deformation process: An example from the Mesozoic thrust tectonics in eastern Yanshan orogenic belt, south of Lingyuan City, western Liaoning Province[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(3): 227-242(in Chinese with English abstract).
- [20] 刘少峰, 李忠, 张金芳. 燕山地区中生代盆地演化及构造体制[J]. 中国科学(D), 2004, 34(增刊 I), 19-31.
Liu Shaofeng, Li Zhong, Zhang Jinfang. Mesozoic basin evolution and tectonic mechanism in Yanshan, China [J]. Science in China (D), 2004, 47(Supp. II):24-38.
- [21] 刘少峰, 张金芳, 李忠, 等. 燕山承德地区晚侏罗世盆地充填记录及对盆缘构造作用的指示 [J]. 地学前缘, 2004, 11 (3):245-254.
Liu Shaofeng, Zhang Jinfang, Li Zhong, et al. Late Jurassic basin-fill record and its implication for basin margin tectonism, Chengde, Yanshan Mountains, North China[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(3):245-254(in Chinese with English abstract).
- [22] 邓晋福, 苏尚国, 赵国春, 等. 华北燕山造山带结构要素组合[J]. 高校地质学报, 2004, 10(3):315-323.
Deng Jinfu, Su Shangguo, Zhao Guochun, et al. Structural elements association of Yanshan orogenic belt, North China [J]. Geological Journal of China Universities, 2004, 10 (3):315-323(in Chinese with English abstract).
- [23] Huang, JiQing(Huang, T. K.). On Major Tectonic Forms of China [M]. Geological Memoirs, 1945, ser. A, 20:1-165.
- [24] 葛肖虹. 华北板内造山带的形成史 [J]. 地质论评, 1989, 35(3): 254-261.
Ge. Xiaohong. The history of formation of intraplate orogenic belts in the North China paleoplate[J]. Geological Review, 1989, 35(3): 254-261(in Chinese with English abstract).
- [25] 叶俊林, 向树元. 河北赤城岩浆岩区逆冲推覆构造特征及其形成机制[J]. 地球科学, 1998, 14(1):95-100.
Ye Junlin, Xiang Shuyuan. The characteristics and formation mechanism of thrust-nappe structure in magmatic body area in Chicheng, Hebei Province [J]. Earth Science-Journal of China University of Geoscience, 1998, 14 (1):95-100 (in Chinese with English abstract).
- [26] 马高尚, 华耀敏. 浅谈冀北推覆构造与找煤 [J]. 中国煤田地质, 1989, 1(4): 5-9.
Ma Gaoshang, Hua Yaomin. Discussion on nappes in northern Hebei and coal investigation [J]. Coal Geology of China, 1989, 1 (4):5-9 (in Chinese).
- [27] 吴珍汉. 燕山北部崇礼-隆化-阜新构造带形变特征及其控矿作用[J]. 地质力学学报, 1997, 3(2):73-81.
Wu Zhenhan. Deformation features of Chongli-Longhua-Fuxin structural zone and its control of mineralization [J]. Journal of Geomechanics, 1997, 3 (2):73-81 (in Chinese with English abstract).
- [28] 河北省地矿局. 河北省岩石地层: 全国地层多重划分对比研究 (13) [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996:80-81.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Hebei Province. Regional Stratigraphy of Hebei Province:Multiple Classification and Correlation of the Stratigraphy of China (13) [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996:80-81(in Chinese).
- [29] 辽宁省地矿局. 辽宁省岩石地层: 全国地层多重划分对比研究 (21) [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997:119-122.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Liaoning Province. Regional Stratigraphy of Liaoning Province:Multiple Classification and Correlation of the Stratigraphy of China (21) [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997:119-122(in Chinese).
- [30] 北京市地质矿产局. 北京市岩石地层: 全国地层多重划分对比研究(11) [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996:111-114.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Beijing. Regional Stratigraphy of Beijing:Multiple Classification and Correlation of the Stratigraphy of China (11) [M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 1996:111-114(in Chinese).
- [31] 张川波, 何元良. 辽宁北票附近中侏罗世晚期的沙漠沉积[J]. 沉积学报, 1983, 1(4):48-60.
Zhang Chuanbo, He Yuanliang. Late Middle Jurassic aeolian depositions near Beipiao, Liaoning[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1983, 1(4): 48-60(in Chinese with English abstract).
- [32] Liu Benpei, Deng S, Qi X. Jurassic climatic events of North China and their geological significance [J]. GeoResearch Forum, 2000, 6: 463-472.
- [33] Horne R R. The association of alluvial fan, Aeolian and fluvial facies in the Caherbla Group (Devonian), Dingle Peninsula, Ireland [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1975, 45(2):535-540.
- [34] Loope, D B. Episodic deposition and preservation of Aeolian sands:a late Paleozoic example from southeastern Utah[J]. Geology, 1985, 13:73-76.
- [35] Scherer C M S, Lavina E L C, Filho D C D, et al. Stratigraphy and facies architecture of the fluvial-aeolian-lacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Reconcavo Basin, Brazil [J]. Sedimentary Geology, 2007, 194:169-193.
- [36] Anadon P, Cabrera L, Colombo F, et al. Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro Basin margins (NE Spain)[C]//Allen P A, Homewood P (eds.). Foreland Basins. International Association of Sedimentologists, Special Publication v. 8, Blackwell, Oxford, 1986: 259-271.
- [37] Seager W R, Mack G H, Lawton T F. Structural kinematics and depositional history of a Laramide uplift-basin pair in southern New Mexico:Implications for development of intraforeland basins [J]. GSA Bulletin, 1997, 109:1389-1401.
- [38] Collinson J D. Alluvial sediments [C]//Reading H G (ed.). Sedimentary Environments and Facies. Oxford:Blackwell Scientific, 1986:20-62.
- [39] Jordan T E, Flemings P B, Beer J A. Dating Thrust-fault activity by use of foreland-basin strata [C]//Kleinsphn K L, Paola C (eds.).

- New Perspectives in Basin Analysis. New York Springer-Verlag: Inc., 1988:307-330.
- [40] 和政军. 辽宁锦西地区中元古代-中生代砂岩构造背景的探讨 [J]. 沉积学报, 1989, 7(2): 21-28.
He Zhengjun. Approach of tectonic background for Middle Proterozoic - Mesozoic sandstones in Jinxi, Liaoning [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1989, 7(2): 21-27 (in Chinese with English abstract).
- [41] DeCelles P G, Gray M B, Ridgway K D, et al. Kinematic history of a foreland uplift from Paleocene synorogenic conglomerate, Beartooth Range, Wyoming and Montana [J]. GSA Bulletin, 1991, 103: 1458-1475.
- [42] DeCelles P G, Gehrels G E, Quade J, et al. Neogene foreland basin deposits, erosional unroofing, and the kinematic history of the Himalayan fold-thrust belt, western Nepal [J]. GSA Bulletin, 1998, 110: 2-21.
- [43] Verge J, Marzo M, Munoz J A. Growth strata in foreland settings [J]. Sedimentary Geology, 2002, 146: 1-9.
- [44] Horton, B K, Yin A, Spurlin M S, et al. Paleocene - Eocene syncontractional sedimentation in narrow, lacustrine - dominated basins of east-central Tibet [J]. GSA Bulletin, 2002, 114(7): 771-786.
- [45] Nemcok M, Schamel S, Gayer R. Thrustbelts: Structural Architecture, Thermal Regimes and Petroleum Systems [M]. London: Cambridge University Press, 2005: 121-134, 192-220.
- [46] Jones M A, Heller P L, Roca E, et al. Time lag of syntectonic sedimentation across an alluvial basin: theory and example from the Ebro Basin, Spain [J]. Basin Research, 2004, 16: 467-488.
- [47] Heller P L, Angevine C L, Winslow N S, et al. Two - phase stratigraphic model of foreland basin sequences [J]. Geology, 1988, 16(6): 501-504.
- [48] Heller P L, Paola C. The paradox of Lower Cretaceous gravels and initiation of thrusting in the Sevier orogenic belt, United States Western Interior [J]. GSA Bulletin, 1989, 101: 864-875.
- [49] Flemings P B, Jordan T E. A synthetic stratigraphic model of foreland basin development [J]. Journal of Geophysical Research, 1989, 94(B4): 3851-3866.
- [50] Sinclair H D. Flysch to Molasse transition in peripheral foreland basins: The role of the passive margin versus slab breakoff [J]. Geology, 1997, 25(12): 1123-1126.
- [51] 刘玉敏, 周江. 尚义煤田的煤岩层对比 [J]. 中国煤田地质, 2006, 18(增刊): 10-11, 30.
Liu Yumin, Zhou Jiang. Shangyi coalfield coal and strata correlation [J]. Coal Geology of China, 2006, 18(Sup.): 10-11, 30 (in Chinese with English abstract).
- [52] Burke K. Intra - continental rifts and aulacogen [C] // Continental Tectonics, National Academy of Sciences Study in Geophysics, 1980: 42-49.
- [53] Einsele G, Ricken W, Seilacher A. Cycles and Events in Stratigraphy [M]. Springer-Verlag, Berlin, 1991: 354-359.
- [54] Schlische R W, Olsen P E. Quantitative filling model for continental extensional basins with applications to early Mesozoic rifts of eastern North America [J]. Journal of Geology, 1990, 98: 135-155.
- [55] Kuhlemann J, Kempf O. Post - Eocene evolution of the North Alpine Foreland Basin and its response to Alpine tectonics [J]. Sedimentary Geology, 2002, 152: 45-78.
- [56] Jordan T E. Thrust loads and foreland basin evolution, Cretaceous, western United States [J]. AAPG, 1981, 65: 2505-2520.
- [57] Schlunegger F, Jordan T E, Klapner E M. Controls of erosional denudation in the orogen on foreland basin evolution: The Oligocene central Swiss Molasse Basin as an example [J]. Tectonics, 1997, 16(5): 823-840.
- [58] Paola C, Heller P L, Angevine C L. The large - scale dynamics of grain - size variation in alluvial basins, 1: Theory [J]. Basin Research, 1992, 4: 73-90.
- [59] Brozovic N, Burbank D W. Dynamic fluvial systems and gravel progradation in the Himalayan foreland [J]. GSA Bulletin, 2000, 112(3): 394-412.
- [60] Ren Jisun, Niu Baigui, He Zhengjun, et al. Tectonic framework and geodynamic evolution of eastern China [C] // Xiao Xuchang, Liu Hefu (eds). Proc. 30th. Int'l Congr. V. S. P., 1997, 6: 1-14.

Sedimentary response of the Shangyi basin, northwestern Hebei, to the Late Jurassic tectonism

HE Zheng-jun¹, NIU Bao-gui¹, ZHANG Xin-yuan²

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

2. *Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China)*

Abstract: The Shangyi basin is located in the west segment of the frontal basin group of the Mesozoic nearly E-W-striking Yanshan thrust belt, where voluminous coarse fragments were accumulated during the deposition of the Late Jurassic Tuchengzi Formation. The Tuchengzi Formation in the basin shows a pronounced lateral sedimentary facies change from coarse gravelly deposits in the north to silty deposits in the south, displaying typical characteristics of asymmetric facies belt distribution. In the early-middle stages of deposition of the Tuchengzi Formation, there generally occurred conglomeratic alluvial fans (including mudflow deposits), braided streams and flood-plains and/or dried lakes from north to south. In the late stage of deposition of the Tuchengzi Formation, sandy and gravelly braided-river deposits were predominant, possibly intercalated with sandy dune deposits with large-scale eolian cross-bedding. Metamorphic rocks and granitoid rocks are dominant clastic components of conglomerate, indicating that the provenance was mainly the "Inner Mongolian axis" to the north of the basin. The sedimentary fillings have the nature of syntectonic conglomerate. A series of imbricate thrusts are developed at the northern margin of the basin. Preliminary analysis of the coupling relation between the faults and basin shows that the structural load of the thrust on the northern margin was an important factor for controlling the formation and evolution of the basin. The middle and lower parts of the sedimentary facies series near the side of the thrust to the north have the coarsening-upward characteristics, probably implying that the process of deposition of the Tuchengzi Formation was controlled by progressive thrust loading and lithosphere flexuring. Based on the relations between the basin and its related faults to the north, south-fining clastic size change and south-thinning, wedge-shaped section of the sedimentary basin, it is inferred that the basin formed in the continental interior in a N-S subhorizontal compressional setting.

Key words: Shangyi basin; sedimentary response; thrust fault; Late Jurassic Tuchengzi Formation

About the first author: HE Zheng-jun, born in 1954, senior researcher, engages in studies of sedimentary geology and regional geology; E-mail: zjhecags@126.com.