

燕山西段及北京西山晚中生代逆冲构造格局及其地质意义

张长厚^{1,2,3,4}, 张 勇³, 李海龙³, 吴淦国^{1,2,3}, 王根厚³, 徐德斌³, 肖伟峰⁵,
戴 凛³

1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083
2. 中国地质大学 岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083
3. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083
4. 中国地震局 地质研究所, 北京 100029
5. 中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100080

ZHANG Chang-hou^{1,2,3,4}, ZHANG Yong³, LI Hai-long³, WU Gan-guo^{1,2,3}, WANG Gen-hou³,
XU De-bin³, XIAO Wei-feng⁵, DAI Lin³

1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
2. Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobation Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
3. School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
4. Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing, 100029, China
5. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geosciences, Beijing, 100080, China

ZHANG Chang-hou, ZHANG Yong, LI Hai-long, et al. Late Mesozoic thrust tectonics framework in the western part of the Yanshan orogenic belt and the Western Hills of Beijing: characteristics and significance. *Earth Science Frontiers*, 2006, 13(2): 165-183

Abstract: Late Mesozoic thrust faults in western Yanshan orogenic belt and the Western Hills of Beijing are distributed in three northeasterly trending zones, about 60 km apart from each other. The length of these three zones decreases from east to west, and as a result, they are distributed in a triangle area in map view. The western segment of the southern margin of the previously named “Inner Mongolia Inlier”, served as the north edge of the triangle area. The southwestern side of the triangle coincided with the margin of an early Mesoproterozoic sedimentary basin. The southeastern boundary of the triangle, can be matched to the eastern contact between the later Archean Trans North China Orogen and the east block of North China craton. Thrust tectonics in this area are characterized by the combination of basement-involved thick-skinned structures and only cover sequence-involved thin-skinned structures, with top-to-the-northwest thrusting during 140~130Ma. Post thrusting extensional deformation developed mainly behind the thrust fronts, and most of the extensional faults reactivated and followed the existing thrust faults. Based on the observations aforementioned, we infer that the reactivation of tectonic weak zones under a preferential tectonic regime might serve as one of the important mechanisms during intraplate deformation in Yanshan belt. Large scale magmatism both before and after the major thrusting deformation has been identified in the research area. This temporal relationship between contractional deformation and magmatism in the area can not be explained reasonably only by the partial melting of the lower crust of contraction-induced thickened crust, but further thermal materials and energy probably derived from deeper asthenosphere were needed. It has been proposed that a unified thrust fault system existed in Western Hills of Beijing containing the Xiayunling-Changcao,

收稿日期: 2005-12-20; 修回日期: 2006-01-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40272086, 40234048); 北京市“构造地质学重点学科”共建资助项目(XK104910480)

作者简介: 张长厚(1964—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事构造地质学教学与区域构造研究。E-mail: changhou@cugb.edu.cn

Jiaojunchang-Da'anshan and Malan-Hulin thrusts. The thrust faults that were once thought to be isolated with respect to each other are in fact, the different flats and ramps of a unified thrust fault system. It was formed after the Tiaojishan formation(146~148 Ma) and before the intrusion of Nanjiao diorite(128 Ma), instead of the "Indosinian period (before 207Ma) or earlier". This newly identified unified thrust fault system together with the Nandazhai-Babaoshan thrust system constituted the later Mesozoic thrust framework. The tectonic loading of the thrust sheet above the Nandazhai-Babaoshan thrust with an inferred original front about 10 km west to its present traces, instead of the Xiayunling thrust and associated nappes, could serve as an alternative tectonic model for dynamic metamorphism characterized by the formation of kyanites and chloritoids.

Key words: thrust fault; thick-skinned tectonics; extensional tectonics; Yanshan; Western Hills of Beijing

摘 要: 燕山西段及北京西山晚中生代逆冲构造集中分布于三个 NE 向带状区域中,三个带状区域的间隔约为 60 km,延伸长度自东向西依次减小,呈现出明显的逆冲构造发育的三角形区域。三角形区域的北界为“内蒙地轴”南缘断裂西段,南西界与中元古代早期古盆地构造边界一致,东南部边界则与华北克拉通基底新太古代-古元古代中部碰撞造山带的东部边界大致吻合。逆冲构造具有基底卷入的厚皮构造与盖层内部的薄皮构造共存的构造属性,上盘运动方向总体指向 NW,逆冲构造变形主要发生在 140~130 Ma。逆冲后伸展构造变形以发育在主要逆冲构造后侧为主,并利用先存构造薄弱带。先存构造薄弱带在有利区域构造应力和其他影响因素的作用下导致的构造活化,可能是燕山板内构造变形的重要机制之一。主要逆冲变形前后均有大规模岩浆活动的构造-岩浆时空组合表明,收缩构造造成地壳加厚及由此引发的深部地壳重熔,难以作为统一的机制对这些特征进行合理阐释,需要其他方式的深部热物质与能量的参与。北京西山霞云岭—长操、教军场—大安山以及马兰—胡林等逆冲断层,是一个统一的大规模的逆冲构造的不同组成部分,具典型、连续的断坪-断坡结构,它形成于髻髻山组(148~146 Ma)之后、南窖闪长岩(128 Ma)侵入之前,而不是“印支期(或更早)”,它与南大寨—八宝山逆冲构造构成北京西山晚中生代逆冲构造格局。区域性的 NW-SE 向收缩构造作用及南大寨—八宝山逆冲构造上覆岩席的构造加载,可能是北京西山的蓝晶石带和硬绿泥石带为代表的动力变质作用的基本构造原因。

关键词: 逆冲断层;厚皮构造;伸展构造;燕山;北京西山

中图分类号: P54 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-2321(2006)02-0165-19

1 区域构造背景

燕山西段及北京西山地区,系指北京密云—河北滦平—隆化一线以西,晋冀蒙交界区南东、华北平原西北隅北西的区域,主体位于东经 $114^{\circ}00' \sim 117^{\circ}00'$,北纬 $39^{\circ}30' \sim 41^{\circ}00'$ 。在地理上,该区位于太行山脉与燕山山脉的结合部,在构造上处于 NNE 向大兴安岭—太行山构造带与近 EW 向阴山—燕山造山带的交汇部位,同时也是中国东部重力梯度带经过的重要地段之一。根据岩浆岩稀土元素及同位素地球化学研究所确立的“中国东部燕山期高原”^[1-3]的西北部边缘也位于该区域(图 1)。上述独特的区域大地构造位置,使本区成为开展中国东部大陆岩石圈板内构造变形过程、不同方向和构造动力学位构造相互关系与转换过程研究的理想区域之一。分布在该区域的逆冲构造是最早被发现和研

究的构造形迹之一,20 世纪初即对北京西西南大寨—八宝山断裂^[4-5]和河北宣化下花园一带逆冲构造开展了研究^[6]。20 世纪 50 年代又有学者对上述区域的逆冲构造开展了进一步的研究^[7-8]。20 世纪 70 年代末以来,随着新一轮大比例尺区域地质填图和研究工作的开展,对燕山西段和北京西山地区逆冲构造的研究更趋深化^[9-14]。90 年代以后,在探讨华北地区或燕山造山带大区域总体构造演变过程的研究中,对该区域的逆冲构造多有涉及^[16-24]。但是,已有研究或者是针对某一条断裂构造的局部性具体研究,或者是在大尺度构造变形研究中仅粗略提及,并未从整体上针对该区逆冲构造进行整体性研究;该区逆冲构造基本格局、演化序列及构造样式以及逆冲构造与岩浆活动、区域动力变质作用及伸展构造之间的关系和构造意义的研究则更显不足。本文拟在近年来对燕山西段和北京西山地区逆冲构造比较系统的研究基础上,初步厘定该区逆冲构造总体格

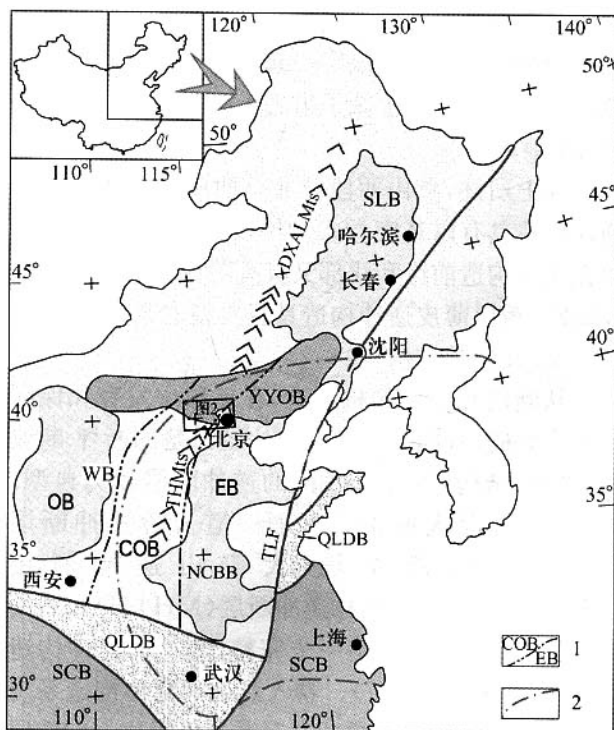


图1 研究区区域构造位置图

Fig.1 Tectonic settings of the research area

DXALMs—大兴安岭, NCB—华北—渤海湾盆地, OB—鄂尔多斯盆地, QLDB—秦岭—大别造山带, SCB—华南地块, SLB—松辽盆地, THMs—太行山, TLF—郯庐断裂, YYOB—阴山—燕山造山带, EB—华北克拉通基底东部块体, COB—华北克拉通基底中部新太古代—古元古代碰撞造山带, WB—华北克拉通基底西部块体。1—基底构造单元边界, 2—燕山期中国东部高原边界^[1-2]

局,并探讨逆冲构造格局形成机制、逆冲构造与岩浆活动、区域动力变质作用、伸展构造变形之间的相互关系及其板内构造变形意义。

2 逆冲构造几何学与运动学特征

2.1 基本构造格局

在燕山西段及北京西山地区厘定的晚中生代逆冲构造分布特征如(图2)所示。不难看出,该区逆冲构造的空间分布具有如下几方面的主要特征:首先它们都分布在 NWW-近东西向展布的尚义—崇礼—赤城断裂带(SCCF)以南,即前人所谓“内蒙地轴”南缘断裂以南的“燕山台褶带”范围之内;第二,主要逆冲断层在平面上集中分布在三个带状区域中,自南东向北西依次为:怀柔汤河口—昌平—房山带(东带),河北怀来王家楼—宣化下花园—涿鹿武家沟带(中带),尚义小蒜沟—韭菜沟带(西带),三带之间间距约为 60 km;第三,上述

三个逆冲构造集中带的延伸长度自东向西逐渐减小,构成一个逆冲构造发育的平面三角形区域(图2)。

东带自西南部房山区张坊北部,向北东经房山区北部,门头沟区西部,昌平区东北部,怀柔区西北部到汤河口一带,总体走向约 $N40^{\circ}E$,长约 160 km,宽约 32 km。其中包含了研究程度较高的一系列逆冲断层,例如北京西山的南大寨—八宝山断层(NBTH)、黄山店逆冲断层(HSTH)、长操—霞云岭逆冲断层(CXTH)、曹家堡—黄土梁逆冲断层(CTH),北京北部昌平十三陵逆冲断层(SSTH)、上庄—红螺寺逆冲断层(SHTH)以及怀柔汤河口逆冲断层(THTH)等。此外,该带中还包含近年来发现的北京西山庙安岭向斜与百花山向斜之间的马兰—胡林逆冲断层(MHTH),以及昌平南口镇西北部的龙潭—王家元逆冲断层(LWTH),延庆千家店逆冲断层(QJDTH)和沙梁子逆冲断层(SLTH)等。除北部千家店逆冲断层和沙梁子逆冲断层之外,其余单条断层多呈现为向北西凸出的弧形形态,但整个构造带具有比较清晰的 NE 向带状展布特征。

中带分布在北京延庆西北部、河北怀来王家楼、宣化下花园、到涿鹿武家沟一线及其北西侧,主体为前人所称下花园逆冲构造(XHTH),总体呈 $N50^{\circ}E$ 延伸,长约 100 km,宽约 12 km。平面上表现出显著的向北西凸出的弧形形态。而且,该带除了主要的一系列向北西逆冲的主要断层之外,在怀来王家楼南部等地发育有反向逆冲断层(图2)。

西带分布在河北尚义小蒜沟到韭菜沟一带(XJTH),向南西延入内蒙古兴和县境内,总体呈 $N40^{\circ}E$ 方向延伸,长约 40 km。断层总体几何学结构相对简单,仅在小蒜沟到洗马林一带主要断层上盘变质结晶基底岩系当中,发育两条次级逆冲断层(图2,3)。

在剖面上,燕山西段及北京西山地区的上述逆冲构造,构成了大规模的逆冲叠瓦状构造格局(图3)。逆冲变形主要分布在前述几个相对集中的带状区域内,而在它们之间的区域,由盖层变形以及基底与盖层界线构造形态所显示出的变形十分微弱。因此,在区域尺度上表现为强变形带与弱变形域相间的宏观构造格局,即具有应变局部化特征(strain localization)。

2.2 主要逆冲构造属性与几何学特征

2.2.1 基底卷入的厚皮构造与发育于盖层中的薄皮构造

从卷入逆冲构造变形的地质体看,燕山西段及北京西山地区晚中生代逆冲构造,具有基底卷入的厚皮构造(thick-skinned structures)和发育在盖层内部的薄皮构造(thin-skinned structures)共存的特征。

东带北部的千家店逆冲断层和汤河口逆冲断层,均表现为基底深变质岩系与盖层一起卷入逆冲变形的厚皮构造特征;位于两者之间的沙梁子逆冲断层,在地表地质中表现为仅有中元古界长城系大红峪组以上的盖层岩系卷入变形的薄皮构造特征。东带中南部绝大多数逆冲断层的地表地质特征均显示为发育在盖层岩系内部的薄皮构造,卷入逆冲变形的上盘岩席一般由厚度巨大的雾迷山组白云岩组成,例如昌平—怀柔一带的十三陵逆冲断层、上庄—红螺寺逆冲断层以及北京西山的黄山店逆冲断层、霞云岭—长操逆冲断层等。构造层次更浅的马兰—胡林逆冲断层和曹家堡—黄土梁逆冲断层则发育在中生代地层当中,或仅有部分古生界的卷入。南口西北部的龙潭—王家元逆冲断层(LWTH)逆冲断层却明确显示基底变质岩系卷入到逆冲构造变形当中(图2)。此外,尽管北京西山南部的南大寨—八宝山逆冲断层(NBTH)地表地质显示它只有长城系以上的盖层岩系卷入了逆冲构造变形,但根据上盘长城系地层产状、地层厚度以及断层所造成的地层效应分析,断层向下应切入了基底结晶变质岩系,而且长操—霞云岭逆冲断层向深部也可能延伸入基底当中(图3)。

中带逆冲构造也同时具有厚皮构造和薄皮构造共同发育特征(图4)。位于延庆西北部到怀来北部的东段,无论是主要逆冲断层还是反冲断层,均表现出基底与盖层共同卷入了逆冲构造变形(图4,5)。在延庆西北部张家堡到怀来北部,可见太古宇基底变质岩系逆冲于长城系石英岩状砂岩之上(图版I-1),并在王家楼南部可见基底岩系反冲于中元古界之上(图4,5a)。在下花园南部、西南部到涿鹿武家沟西部、西北部一带,逆冲断层主要发育在中、上元古界与侏罗系之间(图版I-2)以及中上元古界内部(图4),表现为薄皮构造变形。因此,总体上看是以基底卷入的厚皮构造为主,在前缘区域表现为发育在盖层内部的薄皮构造(图4,5)。

西带逆冲构造均表现为基底变质岩系与上覆总厚度较小的中元古界地层一起逆冲于早侏罗世煤系地层以及晚侏罗世土城子组之上的厚皮构造变形特征(图3)。

综上所述,燕山西段及北京西山地区晚中生代逆冲构造具有以基底卷入的厚皮构造特征为主,同时在逆冲构造前缘和浅部又具有薄皮构造性质。

2.2.2 盖层薄皮逆冲构造具有典型的断坪-断坡式几何学结构

从断层几何学结构上看,在盖层中发育和保存比较完好的逆冲断层,表现出比较清楚的断坪-断坡式几何学结构,以北京西山的逆冲断层较为典型。研究表明,前人所谓的长操—霞云岭逆冲断层(CXTH)^[14]、教军场—大安山逆冲断层(JDTH)^[27]、马兰—胡林逆冲断层(MHTH)和庙安岭逆冲带^[28],实际上是一个完整、统一的逆冲构造系统不同部分(图6,7)。卷入该统一逆冲构造系统的地层包括了中元古界蓟县系雾迷山组往上到侏罗系的整个盖层岩系。在平面上,逆冲系统总体表现为自南向北,出露断层的构造位置越来越高。根据断层切层特征可以发现,长操—霞云岭逆冲断层的中、南段,逆冲断层主要沿着新元古界下马岭组软弱岩系发育,使巨厚层雾迷山组白云岩大面积掩覆于新元古界之上(图6,7,图版I-3),断层产状与上覆逆冲岩席及下伏地层产状近于一致,表现为一完整逆冲构造系统的中部断坪(图7)。而在教军场往北,经水峪到大安山北部一带,蓟县系铁岭组以较大的下盘切层逆冲于古生界寒武系—奥陶系直至晚古生代石炭—二叠系地层之上,而断层产状与上盘铁岭组地层产状近于一致(图6,7),因此构成了一下盘断坡、上盘断坪。在大安山北部向西到史家营东北部一带,主断层倾向NW并沿着石炭系—二叠系煤系地层发育。分布在百花山向斜(BHSSy)与庙安岭向斜(MALSy)之间并向东北延伸至髫髻山向斜北翼的马兰—胡林逆冲断层(MHTH)(图6)^[28],则是位于沿晚古生代地层发育的主逆冲带之上的更浅层次上的滑脱-冲断-褶皱组合(图6,7)。

上述断坪-断坡式逆冲断层几何学结构,构成了一幅断层向北西方向发育深度依次递减、逆冲断层向上切层的构造几何学图像。曾有研究者将大安山—水峪附近复杂的断层平面几何学结构和运动学特征总结为复合旋扭构造组合^[27]。实际上,当沿着断层追索并进行断尖线(tip line)填图就会比较清楚

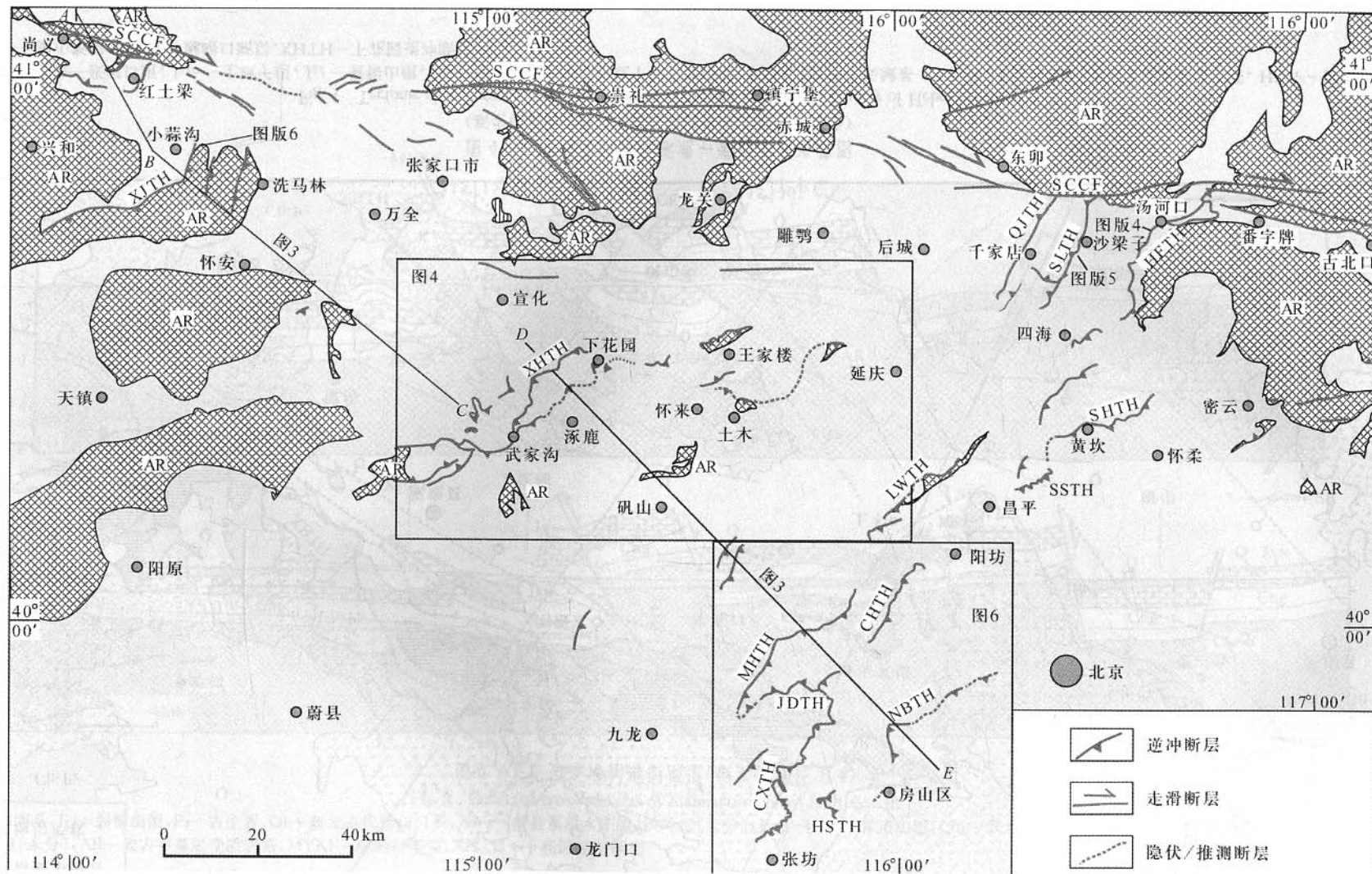


图2 燕山西段及北京西山地区晚中生代逆冲构造分布图

Fig. 2 Tectonic sketch map showing the distribution of the thrust faults in western Yanshan and the Western Hills of Beijing

AR—太古宙基底变质岩分布区, CHTH—曹家堡—黄土梁逆冲断层, CXTH—长操—霞云岭逆冲断层, HSTH—黄山店逆冲断层, LWTH—龙潭—王家元逆冲断层, MHTH—马兰—胡林逆冲断层, NBTH—南大寨—八宝山断层, QJTH—千家店逆冲断层, SHTH—上庄—红螺寺逆冲断层, SLTH—沙梁子逆冲断层, SSTH—十三陵逆冲断层, THTH—汤河口逆冲断层, XHTH—下花园逆冲断层, XJTH—小蒜沟—韭菜沟逆冲断层, SCCF—尚义—崇礼—赤城断裂。A-B-C-D-E 为图3剖面位置

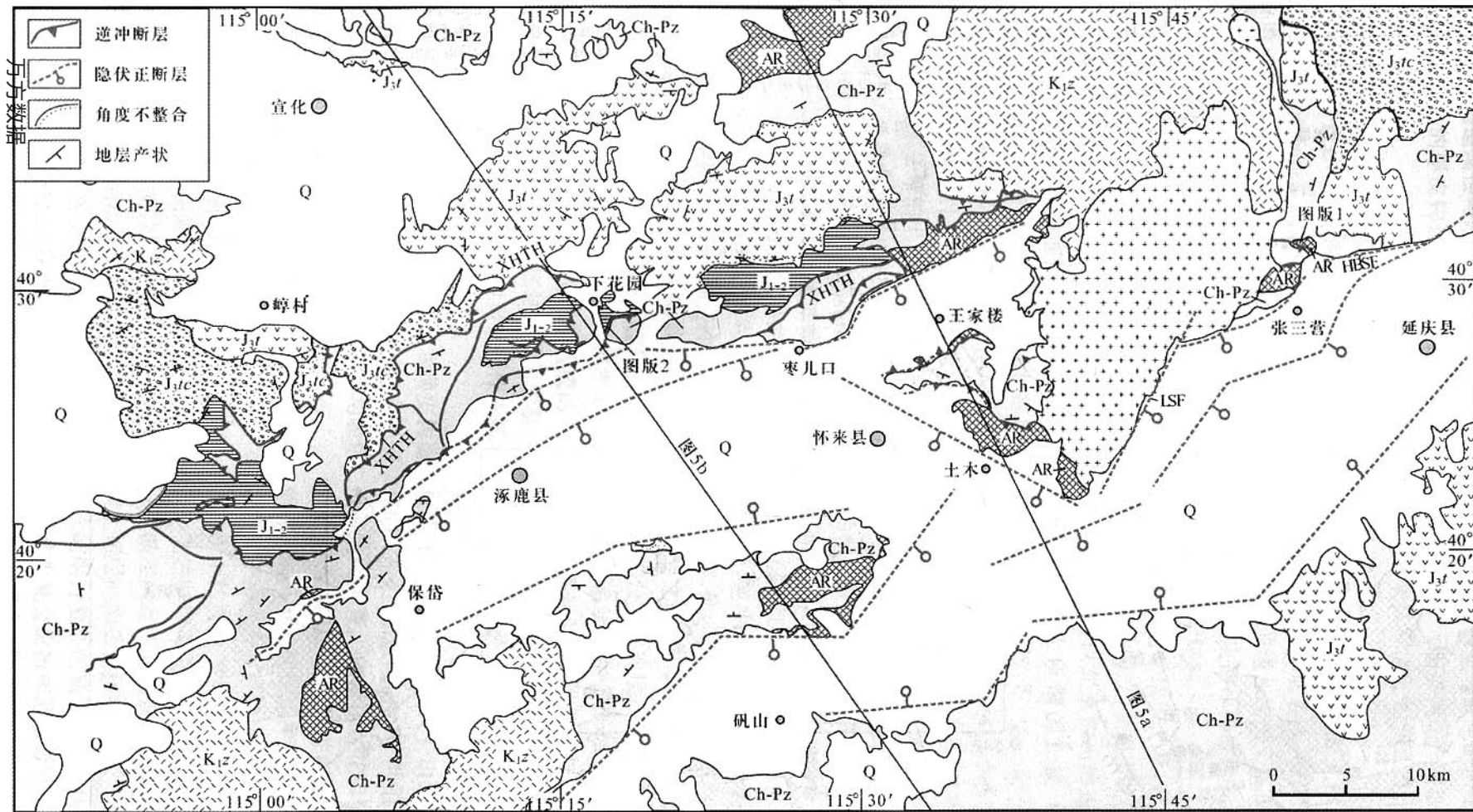


图4 北京延庆—河北涿鹿一带地质构造简图

(新生代盆地边缘及内部正断层参考文献^[25-26]标绘)

Fig. 4 Tectonic sketch map around the Yanqing of Beijing and Zhuolu County of Hebei Province

Q—第四系, K_{1z}—张家口组, J_{3tc}—土城子组, J_{3t}—髫髻山组, J₁₋₂—下侏罗统一中侏罗统下部九龙山组(未分), Ch-Pz—长城系—古生界(未分), AR—太古宇基底变质岩系, HBSF—黄柏寺断层, LSF—狼山断层, MYKF—麻峪口断层, XHTH—下花园逆冲断层

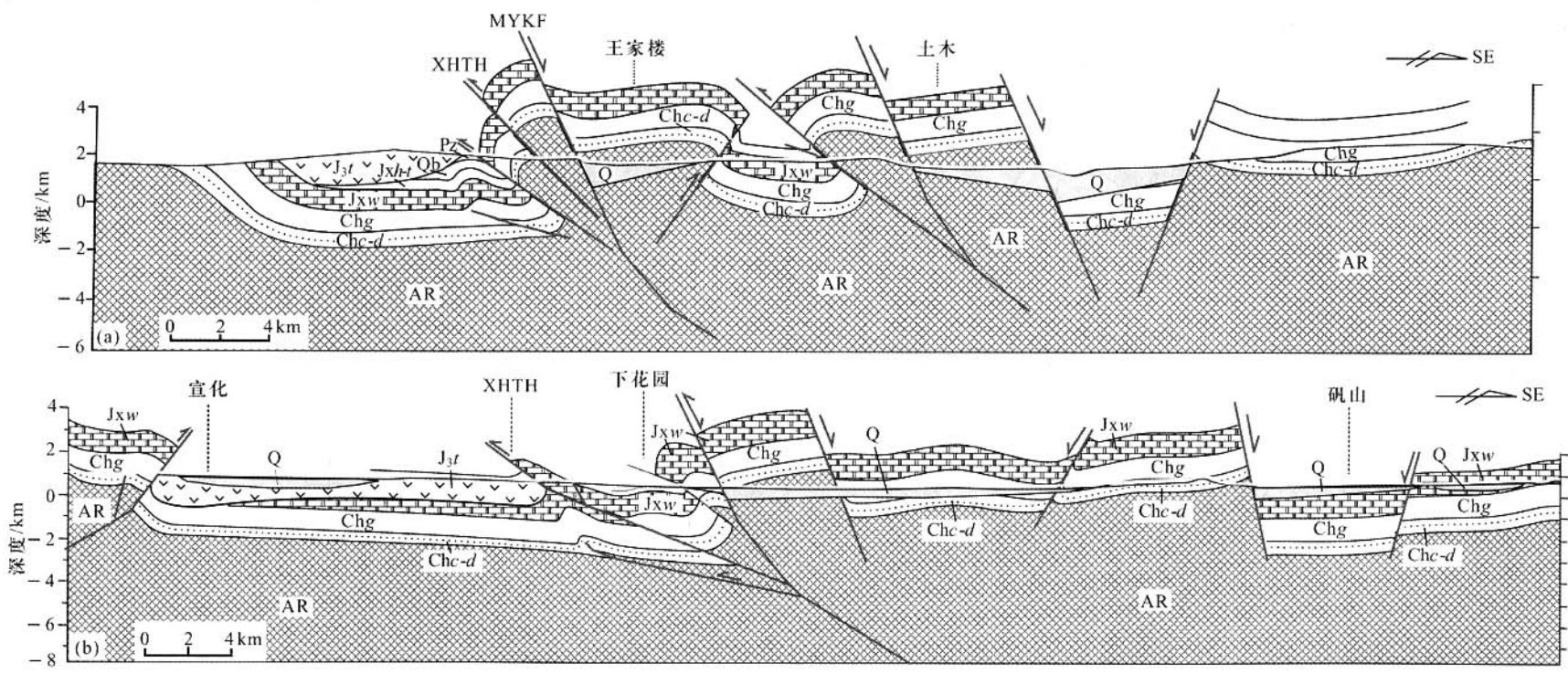


图5 下花园逆冲构造剖面图(剖面位置见图4)

Fig. 5 Collected cross-sections of Xiahuayuan thrust fault system

Q—第四系, J_{3t}—髫髻山组, Pz—古生界, Qb—新元古代青白口系, J_{xh-t}—蔚县系洪水庄组、铁岭组(未分), J_{xw}—蔚县系雾迷山组, Chg—长城系高于庄组, Chc-d—长城系常州沟组—大红峪组(未分), AR—太古宇基底变质岩系, MYKF—麻峪口断裂, XHTH—下花园逆冲断层

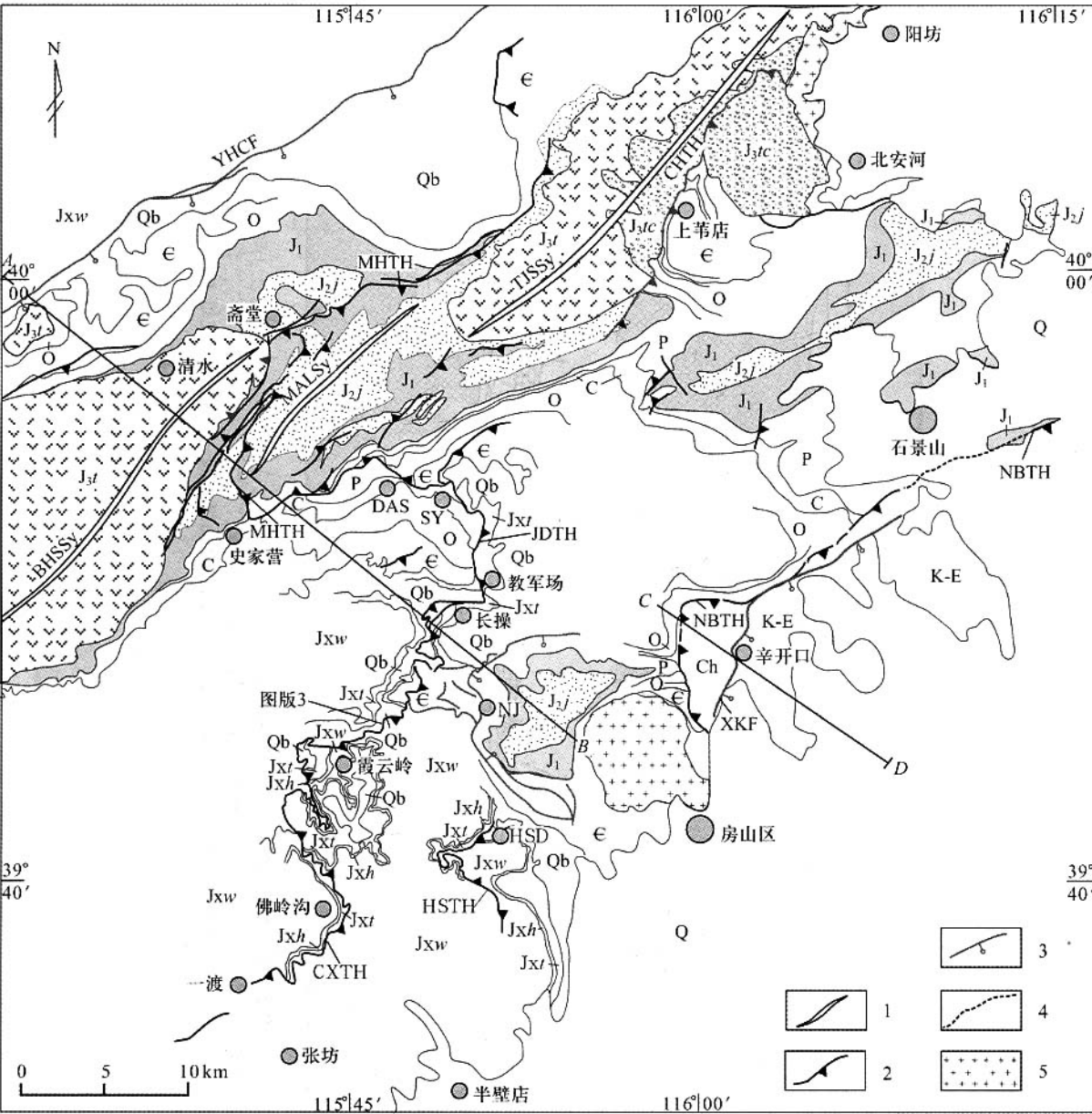


图 6 北京西山逆冲构造简图

Fig. 6 Tectonic sketch map of the thrust fault system in Western Hills of Beijing

Q—第四系,K—E—白垩系—第三系(未分),J_{3tc}—土城子组,J_{3t}—髫髻山组,J_{2j}—九龙山组,J₁—下侏罗统,P—二叠系(含三叠系),C—石炭系,O—奥陶系,ε—寒武系,Qb—新元古代青白口系,Jxt—蓟县系铁岭组,Jxh—蓟县系洪庄组,Jxw—蓟县系雾迷山组,Ch—长城系,CXTH—长操—霞云岭逆冲断层,NBTH—南大寨—八宝山逆冲断层,JDTH—教军场—大安山逆冲断层,MHTH—马兰—胡林逆冲断层,CHTH—曹家堡—黄土梁逆冲断层,XKF—辛开口断层,YHCF—沿河城断裂,BHSSy—百花山向斜,MALSy—庙安岭向斜,TJSSy—髫髻山向斜,DAS—大安山,HSD—黄山店,SY—水峪。1—向斜轴迹,2—主要逆冲断层,3—正断层,4—推测断层,5—侵入岩体;A—B、C—D—图7剖面位置

的发现,不管断层的产状发生怎样的变化,断层东侧或北东侧的地层构成的断盘,总表现出一致的向北西方向的运动,而且均表现为相对较老的地层构造覆盖在新的地层之上,但在露头尺度上既可以表现为正常的逆冲断层(当断层倾向南东时)、斜向逆冲断层(断层倾向SEE或E时)、或者是低角度的走滑断层(断层倾向NE时)^[27],甚至是低角度正断层

(断层倾向N或NW时),但是这种低角度的“正断层”的地层效应仍然是较老的地层掩覆在新地层之上。因此,整个断层系统始终表现为向前、向上切层的逆冲断层切层的一般规律(图7)。

这种构造几何学格局还显示,长操—霞云岭逆冲断层与大安山—教军场逆冲断层、马兰—胡林逆冲断层一样,是在髫髻山组火山岩之后收缩变形的

产物,而不是“印支期(或更早)”构造变形阶段的结果^[14,29]。近年来获得的侵入该逆冲断层系统的南窖闪长岩锆石 U-Pb 年龄为 128.4 Ma^[30-31],而不像前人所认为的是 207 Ma^[29],卷入逆冲构造变形的髻髻山组火山岩年龄为 146~148 Ma^[32],因此,西山南部主要逆冲构造形成于 146~128 Ma。所以,新的同位素地质年代学资料也表明,长操—霞云岭逆冲构造不是“印支期(或更早)”阶段构造变形的产物。根据断层与地层相互关系及卷入逆冲变形的地层厚度所编制的剖面显示,NEE-近东西向展布的大白石尖—清水涧箱形背斜可能是基底卷入的断弯背斜(图 7)。

位于上述大规模逆冲构造系统后侧(南东侧)的南大寨—八宝山断裂的上盘由长城系下部地层构成,根据构造变形样式和地层厚度恢复的逆冲断层上盘分布状况(图 7)显示,在现今断层地表分布区域北西约 10 km 的范围,可能曾经被该逆冲断层上覆逆冲岩席所掩盖。因此,北岭向斜及其中发育的薄皮滑脱褶皱的形成,也与该逆冲断层活动密切相关。所以,从区域尺度上看,无论是北岭向斜的复杂断裂—褶皱构造、还是庙安岭向斜与百花山向斜之间的复杂断裂及相关褶皱,都与区域上完整的逆冲构造系统相关,是区域性水平收缩变形的产物,而且大致构成了薄皮逆冲系统的前缘。而且,上述断坪—断坡式构造几何学结构的产生,明显受到雾迷山组底部及上覆洪水庄组、新元古界下马岭组、晚古生代煤系地层等软弱岩系与其间能干岩系相间分布的影响和控制,而雾迷山组大套巨厚层状白云岩系主导了总体构造变形格局与构造样式。

2.3 主要逆冲断层上盘逆冲方向

北京西山的逆冲断层与北京北部昌平一带的逆冲断层上盘逆冲方向业已得到很好的揭示,不同学者从具体断裂的断层面及伴生构造特征确认逆冲方向为 NW 向,总体为 310~330°。葛孟春等根据上盘岩席中同逆冲褶皱构造枢纽方位统计及褶皱不对称性特征,推测长操—霞云岭逆冲断层上盘逆冲运动方向为 340~350°,八宝山—南大寨逆冲断层断层面伴生及次生构造显示其上盘运移方向为 300~310°^[14]。昌平十三陵逆冲构造上盘逆冲方向为 320°^[11]。汤河口逆冲断层上盘向北西逆冲(图版 I-4),断层伴生构造揭示的运动方向大致为 315~325°。河北宣化下花园一带逆冲断层上盘逆冲运动方向约为 320~330°。较为复杂的是东带北部的赤

城沙梁子、千家店一带晚朱罗世盆地西缘的逆冲断层(图 2),它们表现出与全区范围内总体逆冲方向相反的逆冲特征,即上盘中元古界向南东方向逆冲于晚侏罗世土城子组之上(图版 I-5)。此外,在中带北东段的怀来北部王家楼东南部一带,也见有基底卷入的逆冲构造上盘向南东逆冲的现象,但从断层的延伸规模上看,它们似乎是向北西逆冲的主要逆冲断层的上盘反冲断层,因此,与主要逆冲断层共同构成了一个冲起构造(pop-up structure)。位于尚义小蒜沟—韭菜沟一带的西带,逆冲断层所造成的地层效应以及逆冲断层上盘伴生褶皱构造(图版 I-6)等特征,均显示了基底卷入的逆冲断层上盘向北西方向逆冲的运动学特征。

3 逆冲构造与岩浆活动相互关系及逆冲构造变形时代

燕山西段及北京西山地区的岩浆活动前人已经做过大量的研究工作,从这些岩浆活动与晚中生代逆冲构造的时间关系上看,既有逆冲构造作用之前的,也存在大量逆冲构造变形之后的火山喷发及岩浆侵入活动。前者以早侏罗世南大岭组基性火山岩及中、晚侏罗世髻髻山组中性—中酸性火山岩及部分中性、中酸性侵入岩为代表,后者则以早白垩世张家口组酸性火山岩(136~135 Ma)和大量的酸性侵入岩(130~120 Ma)为代表(图 8)。被逆冲断层掩覆的髻髻山组火山岩时代为 161~146 Ma^[30-32];断层切穿的最新侵入岩体为上苇店闪长岩,其时代为 138 Ma^[30-31]。而将断层穿过的最老侵入岩体为薛家石梁杂岩体,其时代为 130~123 Ma^[22,30-31]。Davis 等对十三陵逆冲断层断层泥年代学测试结果所获得的 140 Ma(⁴⁰Ar/³⁹Ar)的年龄值^[30-31],可能记录了该期逆冲构造开始变形的时间,而逆冲断层切穿上苇店岩体应看成是逆冲断层继续活动的结果。因此,构造变形与侵入岩切割侵入关系及岩体地质年代学测试结果显示的主要逆冲断层的活动时代大致为 140~130 Ma。

4 逆冲构造与伸展构造变形相互关系

在燕山西段和北京西山地区上述逆冲构造变形之后,至少有两期重要的伸展构造变形:(1)早白垩世中晚期的伸展构造变形。该构造变形,形成了

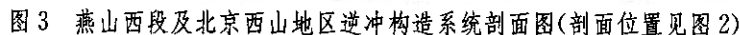


Fig. 3 A cross-section through the thrust system in western Yanshan orogenic belt and West Hill of Beijing (for location see Fig. 2)

Q—第四系, K—白垩系, J_{3tc}—土城子组, J_{3t}—髫髻山组, J₁—下侏罗统, P_{2z}—晚古生界(含中生界三叠系), P₂₁—下古生界, Jx—蓟县系(含青白口系), Ch—长城系, AR(I)—内蒙古轴太古宇基底变质岩, AR(y)—燕山造山带太古宇基底变质岩; CXTH—长操—霞云岭逆冲断层, MHTH—马兰—胡林逆冲断层, NBTH—南大寨—八宝山断层, XHTH—下花园逆冲断层, XJTH—小蒜沟—韭菜沟逆冲断层, SCCF—尚义—崇礼—赤城断裂, XKF—辛开口断裂, YHCF—沿河城断裂

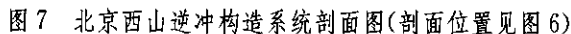


Fig. 7 A cross-section of the thrust system in Western Hill of Beijing

NQ—新第三系、第四系(未分), K-E—白垩系—下第三系(未分), J_{3t}—髫髻山组, J_{2j}—九龙山组, J_{1m}—下侏罗统门头沟群, T-J_{1n}—三叠系—下侏罗统下部南大岭组(未分), C-P—石炭系、二叠系(未分), O—奥陶系, ∈—寒武系, Qb—新元古代青白口系, J_{xht}—蔚县系洪水庄组、铁岭组(未分), J_{xw}—蔚县系雾迷山组, Ch—长城系, AR—太古宇基底变质岩系; CXTH—长操—霞云岭逆冲断层, NBTH—南大寨—八宝山逆冲断层, JDTH—教军场—大青山逆冲断层, MHTH—马兰—胡林逆冲断层, XKF—辛开口断层, YHCF—沿河城断裂, BHSSy—百花山向斜, MALSy—庙安岭向斜
[注: 辛开口断层(XKF)断距据参考文献^[34]标绘]

一系列半地堑式断陷盆地,并控制了火山-沉积盆地的分布。其中代表性的包括河北赤城南到北京延庆北部的雕鹗断陷盆地以及怀柔汤河口东北部化哨营—二道河断陷盆地(图8)。此外,怀柔河防口断层(HFKF),南口—沿河城断裂(YHCF)以及房山北部的辛开口断层(XKF),北京平原下伏黄庄—高丽营断裂(HGF)及其所控制断陷盆地等^[34],也是该阶段伸展变形的产物。该阶段伸展构造总体展布方向约为 $N30\sim35^{\circ}E$,与前述主要逆冲构造展布方向总体一致,而且主要发育在主逆冲断层的后侧(图8,3)。在靠近平原区的东南部区域该期伸展构造主要断层以倾向南东为主,而且剖面编制过程中还发现,沿河城断裂早期可能曾经历过重要逆冲活动(图7)。因此,它可能是负反转构造变形的结果。而在研究区北部区域,局部伸展构造显示出主要断层倾向 NWW 或总体具有近对称地堑式构造格局。与这一期伸展构造变形伴生的岩浆侵入活动强烈,包括了大海坨(DHTP)(119 Ma)、阳坊岩体(YFP)(118 Ma)、房山岩体(FSP)(128 Ma)以及薛家石梁岩体(XJP)(130~123 Ma)等。(2)新生代伸展构造变形。该构造变形与大区域上汾渭裂谷系形成与发展相一致,并成为该裂谷系的东北端,主要表现为斜列分布的延庆—矾山盆地、怀来—涿鹿盆地的形成,伸展断陷作用往西北在怀安西北部也有明显反映(图8,3,7)。北京西部山前的黄庄—高丽营断裂以及地表出露的辛开口断裂均有继承性的活动(图3,7)。与稍早的伸展断层相比,后期伸展构造的展布更偏东,总体呈 $N45\sim50^{\circ}E$ 方向延伸。该期伸展断层切割了先期伸展构造变形期间的侵入岩体,以怀来王家楼西北部麻峪口断裂(MYKF),延庆西部的狼山、张家堡到黄柏寺一带切割大海坨岩体的狼山断裂(LSF)、黄柏寺(HBSF)断裂最为典型(图4,5)^[25]。根据前人研究成果,新生代伸展构造变形主要发生于上新世以来^[25]。尽管本区新生代伸展变形是大区域范围内更广泛的伸展构造作用的一部分,但从区域尺度上看,主要伸展断层(正断层)多发育在中生代主要逆冲构造的后侧,并具有沿着后者产生正断层活动的特征。

5 讨论

5.1 晚中生代逆冲构造三角形平面分布区域的控制因素

燕山西段及北京西山晚中生代逆冲构造,尽管

单一断层在平面上延伸规模有限,彼此之间的连贯性亦不是非常好,但是,从整个区域上看,它们仍然可以区分为相对比较集中发育的三个北东向展布的带状区域。这三个逆冲构造带的长度自东南向西北依次减小,在平面上显示出清晰的三角形形态。三角形区域的北界基本上由 NWW -近 WE 向展布的尚义—崇礼—赤城断裂构成。如果将中元古代早期古地理和古构造研究结果^[35],与上述逆冲构造三角形平面分布区域相比较,则不难发现,该三角形区域的空间范围,基本上与中元古代常州沟组—团山子组沉积时期的古构造面貌一致,亦即晚中生代三角形逆冲构造分布区的南西界,基本上与燕山西段和北京西山地区常州沟组—团山子组沉积范围的西南部边界一致。而三角型区域的东南部边界,则与近年来识别出的太古宙华北基底东部块体与中部碰撞带^[36-41]的边界大致一致(图1,2)。近年来,对尚义—崇礼—赤城断裂西段的构造变形研究显示,晚中生代该断裂曾发生显著的右行走滑活动并伴生向南的逆冲^[42-43],与本文研究区域内的逆冲构造变形时间基本一致,亦即该区逆冲构造变形,与北部近东西向尚义—崇礼—赤城断裂的右行走滑活动在时间和空间上基本协调一致,因此,研究区北西向的逆冲构造变形与其北部边界的右行走滑构造变形,共同构成了燕山造山带晚中生代板内右行斜压构造系统^[44-45]。因此,基底构造特征对中元古代早期盖层沉积体系的影响及构造活化,可以被认为是该区域晚中生代逆冲构造平面分布格局的主要控制因素。

5.2 北京西山逆冲构造格局与蓝晶石带和硬绿泥石带动力变质带

如前所述,北京西山南部地区的逆冲构造格局大致上由两个重要的区域性逆冲断裂及其上覆逆冲岩席所构成,一个是由前人所称长操—霞云岭逆冲断层、教军场—大安山逆冲断层和马兰—胡林逆冲断层所构成的、具有典型坪-坡式结构的完整大型逆冲推覆构造;另一个是南大寨—八宝山逆冲断层,上盘岩席已经大部分被剥蚀。卷入逆冲变形的髫髻山组火山岩测年结果^[32]与侵入和切穿逆冲断层的南窖岩体和房山岩体的同位素年龄数据^[30-31]表明它们形成于146~128 Ma期间,并不是前人所谓的分别形成于“印支期(或更早)”和燕山晚期^[14,29]。这种构造格局和形成时代的厘定,对于认识北京西山的硬绿泥石带^[46]和蓝晶石变质带^[29,47]具有重要意义。

20世纪50年代初,王嘉荫先生研究并报道了

北京西山的硬绿泥石带^[46],指出硬绿泥石带受新华夏系构造控制,但并未明确指出是哪些具体的构造与这些动力变质带的产生存在成因联系。80 年中后期新一轮五万分之一区域地质调查和研究工作中,王方正等发现了分布在新元古代到晚古生代地层中的高压变质矿物——蓝晶石^[29,47],由于蓝晶石赋存层位之上正常的地层厚度远达不到可以形成蓝晶石所需要的上覆地层厚度,因此他们推测蓝晶石的形成可能与“构造流体超压有关”^[47],但未能指出可能是什么构造作用的结果。曾有学者将长操—霞云岭逆冲断层和黄山店逆冲断层的形成归于“印支旋回(或更早)”构造阶段,并与形成蓝晶石的区域动力变质作用相联系;而将南大寨—八宝山断裂的形成归于“燕山旋回”的晚期并认为与硬绿泥石变质带的形成相关^[29]。但是,根据硬绿泥石带和蓝晶石带的空间分布可以发现,它们位于构成北京西山逆冲构造格局的前述两个重要的逆冲断裂构造之间,即霞云岭—长操—大安山逆冲断层的上盘、南大寨—八宝山逆冲断层的下盘。因此,霞云岭—长操逆冲断裂的构造加载无助于形成上述动力变质矿物所需的高压环境。而南大寨—八宝山断裂在地表及北京平原西部的展布状况^[48],及剖面特征所显示的其上盘岩石可能的分布范围(图 7),则大致与上述高压动力变质带的空间分布^[46-47]接近。因此,将南大寨—八宝山断裂的大规模逆冲作用及构造加载看作硬绿泥石带和蓝晶石带所代表的动力变质作用的区域构造背景,应该更为合理。

5.3 逆冲构造地壳加厚与岩浆活动及造山后伸展构造

大量的实际研究揭示,造山带收缩作用引起的中浅层次逆冲构造和深部韧性缩短造成地壳加厚,加厚地壳重力失稳和深部地壳物质部分熔融引发的地壳温度升高与强度降低,最终导致造山带的伸展垮塌和造山后岩浆活动^[49-56],是造山带逆冲构造-岩浆活动-伸展构造发育过程的一般规律和特征。而影响造山带收缩变形与伸展变形之间的时间间隔的重要因素之一,是 Moho 界面的初始温度。如果初始 Moho 界面温度超过 700 °C,那么一旦缩短作用停止,随即发生伸展作用;而当温度低于 450 °C 时,伸展作用滞后于收缩作用可达 100 Ma^[57]。Liu^[56]通过对北美科迪勒拉新生代伸展构造变形与岩浆活动中重力垮塌作用的最新研究指出,只有在岩石圈遭受到充分的热弱化的情况下,才可以发生重要的

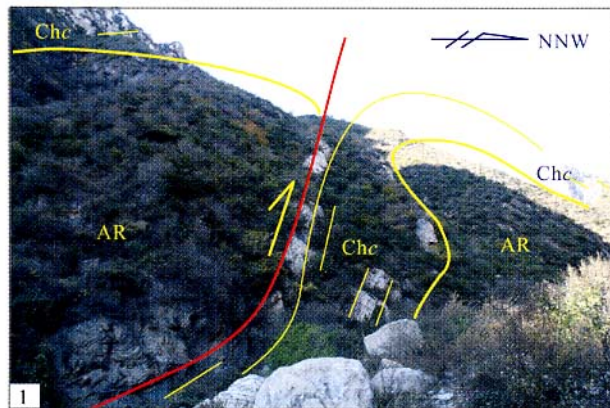
造山后伸展垮塌构造变形。燕山西段和北京西山地区晚中生代逆冲构造先于伸展构造变形发生,这一点与许多造山带伸展构造活动特征类似。而伸展构造与逆冲构造时间间隔非常短的现象则可能表明,燕山造山带西段与北京西山地区晚中生代时期 Mo-ho 界面温度是相对比较高的,该区域乃至整个燕山地区主要逆冲构造变形之前已有大量岩浆活动的存在,也证明了这一点。这也同时表明,燕山造山带与典型的形成于板块边缘因岩石圈板块俯冲或碰撞作用所形成的造山带不同,在主要收缩造山作用期前及期后均有重要的岩浆活动。因此,收缩变形引发的地壳加厚及其对深部地壳重熔影响的单一机制,难于对这种岩浆-构造变形时空组合方式做出全面合理的解释,而必须有赖于源自软流圈的深部热物质活动的参与^[20-21,58-61]。

5.4 逆冲构造与中国东部“燕山期高原”的可能联系

近年来,有学者根据中生代岩浆岩地球化学特征以及大别山超高压变质岩的形成与折返等研究,提出中国东部曾经存在着一个燕山晚期高原——中国东部高原的假说^[1-3,62],并认为该高原的大规模抬升发生在中—晚侏罗世期间,在早白垩世之后塌陷^[1,2]。根据张旗等^[1-2]所圈定的燕山期高原的大致范围,燕山西段和北京西山地区位于该高原的西北部边缘(图 1)。从前面本区逆冲构造形成时间的讨论可以发现,主要逆冲构造变形发生于高原隆升后期。而从区域上看,研究区上盘指向北西的逆冲构造与其北部右行走滑构造构成了板内斜压构造系统^[44-45]。该构造系统所预期的北西向区域最大挤压构造应力状态,可能是引起“燕山期高原”抬升并保持非塌陷状态的必要区域构造应力。这种应力状态的松弛或者改变和/或深部地幔软流圈活动,是导致伸展构造变形、大量岩浆活动以及“燕山期高原”塌陷的基本构造背景。

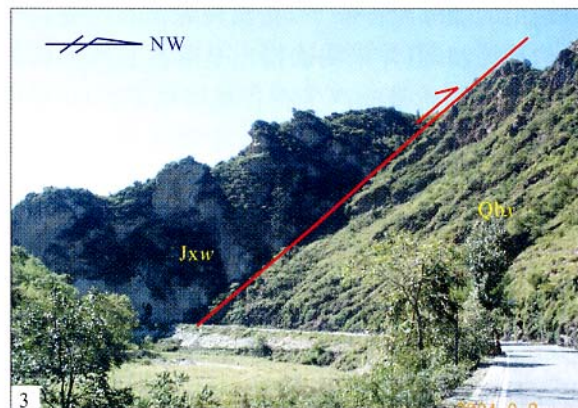
5.5 板内构造变形意义

如前所述,燕山造山带西段与北京西山地区晚中生代逆冲构造的三角形平面构造格局,在空间上与华北克拉通新太古代—古元古代碰撞造山带东部边界以及中元古代早期古构造边界大致一致,因此,中生代逆冲构造变形的构造格局,明显受到基底构造及其对中元古界早期沉积体系空间分布状况的制约。在剖面上,逆冲构造总体表现为上盘逆冲指向北西的逆冲叠瓦扇构造系统。在三个带中,均



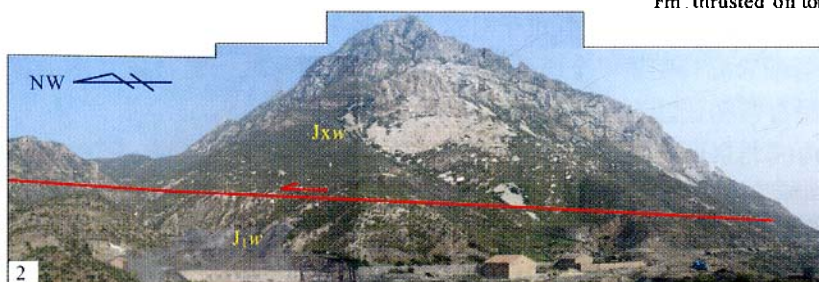
1-延庆西北部基底卷入的逆冲构造, 太古宇基底变质岩系 (AR) 逆冲于常州沟组之上

1-Basement-involved thrust fault, Northwest of Yanqing



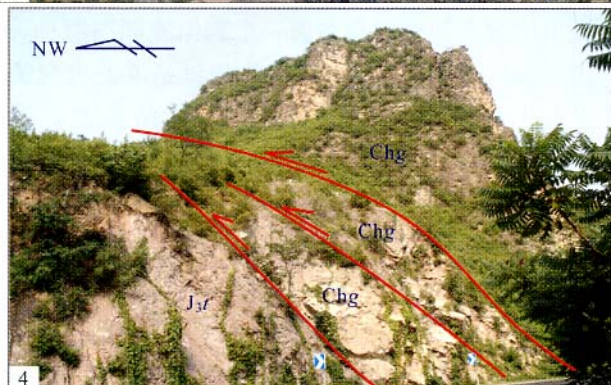
3-长操-霞云岭逆冲构造, 中元古代雾迷山组(Jxw)逆冲于新元古代下马岭组(Qbx)之上

3-Changcao-Xiayunlin Thrust, Mesoproterozoic Wumishan Fm. thrusts on top of Neoproterozoic Xiamaling Fm. (Qbx)



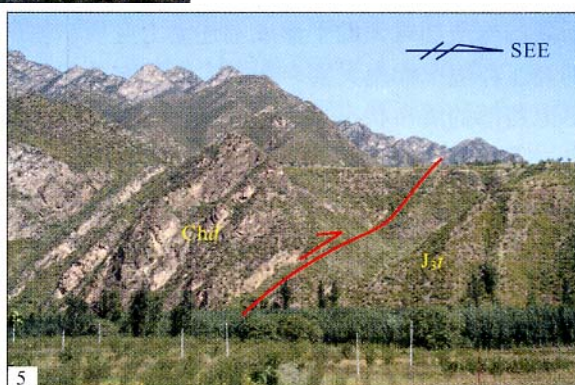
2-中元古代雾迷山组(Jxw)沿下花园逆冲断层逆冲于早侏罗世下花园组(J1x)之上

2-Wumishan Fm. was placed on top of Early Jurassic Xiahuayuan Fm. along the Xiahuayuan thrust fault



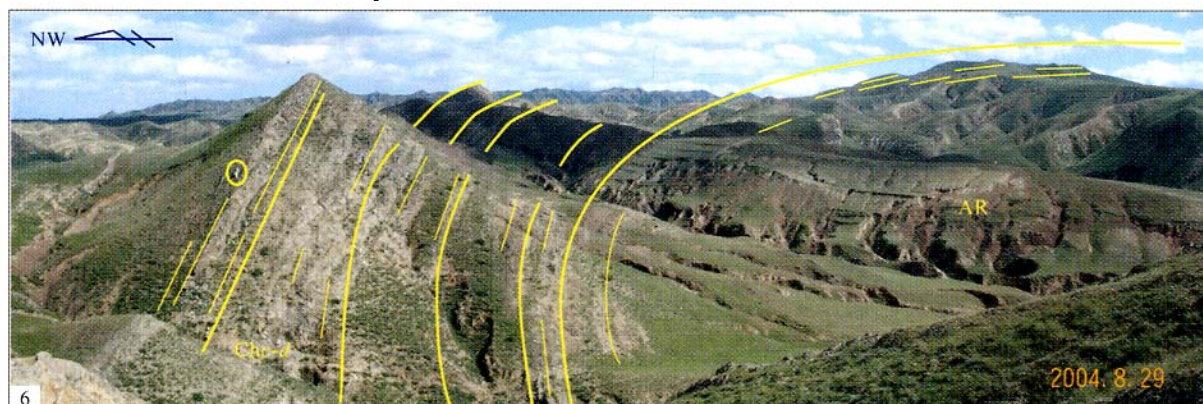
4-中元古代高于庄组(Chg)沿汤河口断层逆冲于晚侏罗世土城子组(J3t)之上(怀柔汤河口西南部)

4-Mesoproterozoic Gaoyuzhuang Fm. (Chg) was thrust on top of the Late Jurassic Tuchengzi Fm. (J3t) along the Tanghekou thrust fault (West of Tanghekou Town)



5-大红峪组逆冲于晚侏罗世土城子组之上, 延庆沙梁子西南

5-Mesoproterozoic Dahongyu Fm. (Chd) was placed on top of the Late Jurassic Tuchengzi Fm. (J3t) along the Shaliangzi thrust fault (Southwest of Shawanzi village)



6-小蒜沟-韭菜沟逆冲断层上盘基底卷入的不对称背斜指示向北西的逆冲作用(尚义小蒜沟东南), [Chc=常州沟组]

6-Basement (AR)-involved asymmetric anticline in the hanging wall of the Xiaosuangou-Jiugaigou thrust fault (Southeast of Xiaosuangou, Shangyi County) [Chc=Changzhougou Formation of Mesoproterozoic]

见基底卷入的厚皮构造与主要发育于盖层之中的薄皮构造共存的特征,但并未显示出整个逆冲构造系统后侧(东带)以基底卷入的厚皮式构造变形为主、前缘区域以发育于盖层内部的薄皮构造为主的板块边缘造山带前陆褶皱逆冲带构造变形的总体特征,反而是在北西带,即整个逆冲构造系统的前缘表现出更多基底变质岩系卷入的厚皮构造特征。这种逆冲构造变形特征,可能主要受逆冲构造发育之前基底埋深差异的影响。研究区上述晚中生代逆冲构造的构造属性与构造格局,显示出基底构造或先存构造对板内造山带构造变形的重要影响或控制作用,换言之,在有利区域构造应力或其他影响因素的控制下,先存构造的构造活化作用(tectonic reactivation),可能是板内构造变形的重要机制之一^[63-67]。

6 结论

燕山西段及北京西山晚中生代逆冲构造集中分布于三个 NE 向带状区域中,自南向北西依次为北京房山—昌平—怀柔汤河口带(东带),河北涿鹿—宣化下花园—怀来王家楼—延庆张三营带(中带),以及河北尚义小蒜沟—韭菜沟带(西带)。三个带状区域的间隔约为 60 km, NE 向延伸长度自东带的约 160 km,经中带的约 100 km 减少到西带的约 40 km,平面上呈现出明显的逆冲构造发育的三角形区域。这个三角形区域的北界为“内蒙地轴”南缘断裂西段——尚义—崇礼—赤城断裂,南西界与中元古代早期古构造与沉积古地理边界一致,东南部边界则与华北克拉通基底新太古代—古元古代中部碰撞造山带的东部边界大致吻合。因此,晚中生代逆冲构造的变形范围和基本格局明显受基底构造本身,及其对中元古代沉积体系控制的影响。逆冲构造表现出基底卷入的厚皮构造与盖层内部的薄皮构造共存的构造属性,上盘运动方向总体指向 NW,逆冲构造变形主要发生在 140~130 Ma。

北京西山前人所谓霞云岭—长操逆冲断层、教军场—大安山逆冲断层以及马兰—胡林逆冲断层,是一个统一的大规模的逆冲构造的不同组成部分,具有典型的断坪—断坡几何结构,它与南大寨—八宝山逆冲构造共同构成了北京西山的晚中生代逆冲构造格局,它们形成于髫髻山组火山活动之后,南窖闪长岩、房山岩体等侵入之前,大约在 146~128 Ma 期间。区域性的 NW—SE 向收缩构造作用及南大

寨—八宝山逆冲构造上覆岩席的构造加载,可能是北京西山的蓝晶石带和硬绿泥石带为代表的高压动力变质作用的基本构造原因。

该区逆冲构造变形之后的伸展构造大致可以分为两个阶段,即早白垩世晚期和新生代阶段,前者以地堑式断陷盆地的发育和大量的岩浆活动为特征,后者则是中国东部更广泛的伸展构造变形的一部分,但是区域伸展构造变形与主要逆冲构造形迹空间关系显示,伸展变形以发育在早期主要逆冲构造后侧为主,并利用先存构造薄弱带。因此,先存构造薄弱带在有利的区域构造应力状态和其他影响因素的作用下导致的构造活化,可能是板内构造变形的重要机制之一。在区域主要的逆冲构造之前和以后均有大规模岩浆活动的构造—岩浆时空组合表明,收缩构造造成的地壳加厚及由此引发的深部地壳重熔,难以作为统一的机制对这些特征进行合理阐释,需要其他方式的深部热物质与能量的参与,而这种深部作用的结果之一是导致上覆地壳与岩石圈强度的明显降低,从而为强烈的浅部地壳构造变形与岩浆活动奠定了重要的物质与能量基础。

References:

- [1] ZHANG Qi, QIAN Qing, WANG Erqi, et al. An east China plateau in middle-late Yanshanian period: implication from adakites[J]. Chinese Journal of Geology, 2001, 36(2):248-255(in Chinese).
- [2] ZHANG Qi, WANG Yan, WANG Y L. Preliminary study on the components of the lower crust in east China plateau during Yanshanian period: constraints on Sr and Nd isotopic composition of adakite-like rocks[J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(4):505-513(in Chinese).
- [3] WU Genyao, CHEN Huanjiang, MA Li, et al. Occurring of the eastern China Yanshanian plateau and its inspiration to mineral and petroleum resources evolution[J]. Petroleum Geology and Exploration, 2002, 24(1):3-12(in Chinese).
- [4] CHEN Kai, XIONG Yongxian. Overthrust faults in Western Hills of Peking[J]. Bulletin of Geological Society of China, 1935, 14(4):535-567.
- [5] YIH L F. The geology of Hsishan or Western Hills of Peking[J]. Mem Geol Surv China, 1920(1):1-92.
- [6] SUN C C, WANG Y L. The geological structure of the Hsuanhua region[J]. Mem Geol Surv China, (15):1-9.
- [7] HE Jingyu. The Jimingshan fault and its timing of deformation in Xuanhua area of Hebei Province[J]. Journal of Beijing College of Geology, 1957(2): 75-82(in Chinese).
- [8] GAO Ping. The large-scale deep faults in West Hill of Beijing

- [J]. Journal of Beijing College of Geology, 1957, (1): 29-37 (in Chinese).
- [9] WAN Tianfeng. Structural features and deformation mechanism of the Nadazhai-Babaoshan fault zone, Western Hill, Beijing[J]. Collection of Structural Geology, 1981(1): 152-163(in Chinese).
- [10] WANG Shide, ZHANG Zhiyi, WU Xinguo. Characters and deformation mechanism of the Babaoshan fault zone, Western Hill, Beijing[J]. Journal of Hebei College of Geology, 1982, 5(1-2): 111-116(in Chinese).
- [11] ZHANG Zhiyi, WU Xinguo, LI Hongyang. Thrust tectonics around Xiazhuang village of Changping County, north of Beijing[J]. Journal of Hebei College of Geology, 1983, 6(3): 3-9(in Chinese).
- [12] LEI Shihe, WU Xinguo. The characteristics of the geological structure and its evolution in the Ming Tomb region, Changping County, Beijing[J]. Journal of Hebei College of Geology, 1986, 9(2): 147-159(in Chinese).
- [13] ZHENG Y, WANG Y, LIU R, et al. Sliding-thrusting tectonics caused by thermal uplift in the Yunmeng Mountains Beijing China[J]. Jour Struct Geol, 1988(10): 135-144.
- [14] GE Mengchun, REN Jianye. The nappe structures in the Western-Hill, Beijing[M]// ZHANG Jishun, SHAN Wenglang. The geological study of Xishan, Beijing. Wuhan: China University of Geosciences Press, 30-41(in Chinese).
- [15] ZHAO Zhanyuan. Preliminary study of the features of tectonites in the Nadazhai thrust domain, Western Hill, Beijing and its mechanism[J]. Journal of Hebei College of Geology, 1990, 13(3): 275-283(in Chinese).
- [16] ZHANG Changhou. Structural and tectonic study on the intracontinental orogenesis of the Yanshan orogenic belt in Mesozoic[D]. Beijing: China University of Geosciences, 1996: 113(in Chinese).
- [17] ZHANG Changhou, SONG Honglin. Mesozoic thrust tectonics in Yanshan intraplate orogen and the differences between them and those of foreland fold and thrust belt[J]. Earth Science, 1997, 22(1): 33-36(in Chinese).
- [18] SHAO Ji'an, MENG Qingren, WEI Haiquan, et al. Nature and tectonic environment of Late Jurassic volcanic-sedimentary basins in northwestern Hebei Province[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(10): 751-761(in Chinese).
- [19] SHAO Ji'an, ZHANG Lùqiao, CHU Zhuoyin. Early Cretaceous volcanism-sedimentation in north Hebei and its tectonic setting: a discussion[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(6): 384-390(in Chinese).
- [20] SHAO Ji'an, ZHANG Changhou, ZHANG Lùqiao, et al. Suggestion of a dynamic model of North China basin-range system[J]. Progress in Natural Science, 2003, 13(4): 311-320.
- [21] SHAO Ji'an, HE Guoqi, ZHANG Lùqiao. Deep-seated factors controlling the intracontinental orogeny of Yanshan Mountains[J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 137-148(in Chinese).
- [22] DENG Jinfu, SU Shangguo, ZHAO Hailing, et al. Deep process of Mesozoic Yanshanian lithosphere thinning in North China[J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10(3): 41-50(in Chinese).
- [23] 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).
- [24] DENG Jinfu, ZHAO Guochun, SU Shangguo, et al. Structure overlap and tectonic setting of Yanshan orogenic belt in Yanshan area[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2005, 29(2): 157-165(in Chinese).
- [25] YI Mingchu. Neotectonic movement and Wei-Yan rift structure[M]. Beijing: Seismological Press, 1993: 153-170 (in Chinese).
- [26] CUI Shengqin, WU Zhenhan, MA Yinsheng, et al. Mesozoic intracontinental orogenic process in the Beijing area—A case study based on geological observations from the Ming Tombs to Badaling mountain[J]. Journal of Geomechanics, 2003, 9(3): 201-219(in Chinese).
- [27] DU Zitu, LI Dongxu, GAO Dezhen. Note on Shuiyu compounding vortex structure in west mountains, Beijing[J]. Journal of Geomechanics, 1995, 1(3): 65-71(in Chinese).
- [28] XU Zhibin, HONG Liu. On style of the thrust-nappes in Western Hill coal field of Beijing[J]. Geotectonica et Metallogenia, 1996, 20(4): 340-347(in Chinese).
- [29] SHAN Wenglang, WANG Fangzheng, FU Zhaoren, et al. On the tectonic evolution of cover rocks in the southern part of West-Hill, Beijing[J]. Earth Science, 1989, 14(1): 37-44 (in Chinese).
- [30] DAVIS G A, ZHENG Yadong, WANG Cong, et al. Geometry and geochronology of Yanshan belt tectonics[M]// Department of Geology, Peking University. Papers Collection of International Geological Conference at Peking University. Beijing: Seismological Press, 1998: 275-292.
- [31] DAVIS G A, ZHENG Y, WANG C, et al. Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan segment of the Yinshan fold-and thrust belt, northern China[M]// HEDRIX M S, DAVIS G A. Paleozoic and Mesozoic tectonic evolution of central Asia: from continental assembly to intracontinental deformation. Boulder, Colorado: Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 171-197.
- [32] LI Wuping, LU Fengxiang, LI Xianhua, et al. Geochemical features and origin of volcanic rocks of Tiaojishan formation in Western Hills of Beijing[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2001, 20(2): 123-133(in Chinese).
- [33] LIU Cui, DENG Jinfu, SU Shangguo, et al. Zircon SHRIMP dating of Yunmengshan gneissic granite and its geological significance[J]. ACTA Petrologica et Mineralogica, 2004, 23

- (2): 141-146(in Chinese).
- [34] QI Jiafu, YANG Qiao, LU Kezheng, et al. Geologic map of sub-outcrop and its implied information of tectogenesis in Bohai bay basin province[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11 (3):299-307(in Chinese).
- [35] CUI Shengqin, YANG Zhensheng, QIU Ganlin, et al. The paleotectonic evolution of the Late Proterozoic(Sinian Subera) in Yanshan area, China[M]// Scientific papers on geology for international exchange; prepared for the 26th international geological congress (1). Beijing: Publishing House of Geology, 1980;117-128(in Chinese).
- [36] ZHAO G, CAWOOD P A, WILDE S A, et al. Metamorphism of basement rocks in the central zone of the North China craton; implications for Paleoproterozoic tectonic evolution[J]. Precambrian Research, 2000,103: 55-88.
- [37] ZHAO G, WILDE S A, CAWOOD P A, et al. Archean blocks and their boundaries in the North China craton; lithological, geochemical, structural and *p-T* path constraints and tectonic evolution[J]. Precambrian Research, 2001, 107: 45-73.
- [38] ZHAI Mingguo, BIAN Aiguo. Neoarchaeon supercontinental amalgamation and late Paleoproterozoic- Mesoproterozoic splitting of the north China craton[J]. Science in China, Series D,2000(suppl.):129-137(in Chinese).
- [39] ZHAI Mingguo, MENG Qingren, LIU Jianming, et al. Geological features of Mesozoic tectonic regime inversion in Eastern North China and implication for geodynamics[J]. Earth Science Frontiers, 11(3): 285-298(in Chinese).
- [40] LI Jianghai, QIAN Xianglin, GU Yongchang. Outline of Paleoproterozoic tectonic division and plate tectonic evolution of north China craton[J]. Earth Science, 1998, 23(3):230-235 (in Chinese).
- [41] LI Jianghai, QIAN Xianglin, HUANG Xiongnan, et al. Tectonic framework of North China Block and its cratonization in the early Precambrian[J]. Acta Petrologica Sinica, 2000,16 (1):1-10(in Chinese).
- [42] WEN Changshun, HU Jianzhong, BAI Zhida, et al. Structural characters and evolution of the Shangyi-Chicheng fault zone[J]. Earth Science, 1995, 20 (Suppl): 15-20 (in Chinese).
- [43] SONG Honglin. Oblique slip and strike-slip transform structures[J]. Geological Science and Technology Information, 15 (4):33-37(in Chinese).
- [44] ZHANG Changhou, SONG Honglin, WANG Genhou, et al. Mesozoic dextral strike slip structural system in middle segment of intraplate Yanshan Orogenic belt, northern China[J]. Earth Science, 2001,26(5): 464-472(in Chinese).
- [45] ZHANG Changhou, WANG Genhou, WANG Guosheng, et al. Thrust tectonics in the eastern segment of the intraplate Yanshan orogenic belt, western Liaoning Province, North China[J]. Acta Geologica Sinica, 2002, 76(1):64-76(in Chinese).
- [46] WANG Chiayin. On the chloritoid belt in Western Hills of Peking[J]. Bulletin of the Geological Society of China, 31(1-4):23-30.
- [47] WANG Fangzheng. The discovery of kyanite metamorphic belts and its geological meaning on West-Hill, Beijing[M]// ZHANG Jishun, SHAN Wenlang. The geological study of Xishan, Beijing[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1990;83-92(in Chinese).
- [48] ZHANG Hongren. Yanshan event[J]. Acta Geologica Sinica, 1999, 72(2): 103-111(in Chinese).
- [49] CONEY P J. The regional tectonic setting and possible cause of Cenozoic extension in the North America Cordillera[M]// COWARD M P, DEWEY J F, HANCOCK P L. Continental extensional tectonics. Geological Society Special Publication, 1987(28):177-186.
- [50] DEWEY J F. Extensional collapse of orogens[J]. Tectonics, 1988,7:1123-1139.
- [51] HUTTON D H W, ALSOP G I. Extensional geometries as a result of regional scale thrusting: tectonic slides of the Dunlewy -NW Donegal area, Ireland[J]. Journal of Structural Geology, 1995,17(9): 1279-1292.
- [52] COOGAN J C, DeCELLES P G. Extensional collapse along the Sevier desert reflection, northern Sevier Desert basin, western United States[J]. Geology,1996,24 (10): 933-936.
- [53] THOMPSON A B, SCHULMANN K, JEZEK J, et al. Thermally softened continental extensional zones (arcs and rifts) as precursors to thickened orogenic belts[J]. Tectonophysics, 2001, 332:115-141.
- [54] SCISCIANI V, TAVARNELLI E, CALAMITA F. The interaction of extensional and contractional deformations in the outer zones of the Central Apennines, Italy[J]. Journal of Structural Geology, 2002, 24: 1647-1658.
- [55] FOSTER D A, FANNING C M. Geochronology of the northern Idaho batholith and the Bitterroot metamorphic core complex; magmatism preceding and contemporaneous with extension[J]. GSA Bulletin, 1997,109(4):379-394.
- [56] LIU Mian. Cenozoic extension and magmatism in the North American Cordillera; the role of gravitational collapse[J]. Tectonophysics, 2001,342:407-433.
- [57] SONDER L J, ENGLAND P C, WERNICKE B P, et al. A physical model for Cenozoic extension of western North America[M]// COWARD M P, DEWEY J F, HANCOCK P L. Continental extensional tectonics. Geological Society Special Publication, 1987(28):187-201.
- [58] DENG Jinfu, ZHAO Hailing, MO Xuanxue, et al. Continental roots-plume tectonics of China—Key to the continental dynamics[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 32-39(in Chinese).
- [59] DENG Jinfu, ZHAO Guochun, ZHAO Hailing, et al. Yanshanian igneous petroectonic assemblage and orogenic-deep

- process in eastern China [J]. Geological Review, 2000, 46 (1):41-48(in Chinese).
- [60] DENG Jinfu, MO Xuanxue, ZHAO Hailing, et al. A new model for the dynamic evolution of Chinese lithosphere: 'continental roots-plume tectonics' [J]. Earth Science Reviews, 2004, 65: 223-275.
- [61] CHEN Bin, ZHAI Mingguo, SHAO Ji'an. The origin and implications of the Mesozoic batholith in north part of Taihang Mountains: constraints from the geochemistry of major and rare elements[J]. Science in China: Series D, 2002, 32(11):896-907(in Chinese).
- [62] DONG Shuwen, WU Xihao, WU Zhenhan, et al. On the tectonic seesawing of the east Asia continent—Global implication of the Yanshanian Movement[J]. Geological Review, 2000, 46(1):7-13(in Chinese).
- [63] SONG Honglin. Characteristics of Yanshan type intraplate orogenic belts and a discussion on its dynamics[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(4): 309-316(in Chinese).
- [64] BUTLER R W H, HOLDSWORTH R E, LLOYD G E. The role of basement reactivation during continental deformation [J]. Journal of the Geological Society, London, 1997, 154 (1): 69-71.
- [65] HAND M, SANDIFORD M. Intraplate deformation in central Australia, the link between subsidence and fault reactivation[J]. Tectonophysics, 1999, 305(1-3): 121-140.
- [66] HOLDSWORTH R E, HAND M, MILLER J A, et al. Continental reactivation and reworking: an introduction [C]// MILLER J A, HOLDSWORTH R E, BUICK I S, et al. Continental reactivation and reworking. London: Geological Society, Special Publications, 2001, 184: 1-12.
- [67] SANDIFORD M, HAND M, McLAREN S. Tectonic feedback, intraplate orogeny and the geochemical structure of the crust: a central Australian perspective[M]// MILLER J A, HOLDSWORTH R E, BUICK I S, et al. Continental reactivation and reworking. Geological Society. London: Special Publications, 2001, 184: 195-218.
- [7] 何镜宇. 河北省宣化鸡鸣山断层及其时代问题[J]. 北京地质学院学报, 1957(2): 75-82.
- [8] 高平. 北京西山的深大断裂[J]. 北京地质学院院报, 1957(1): 29-37.
- [9] 万天丰. 北京西山南大寨—八宝山断裂带的构造特征及形成机理的探讨[J]. 构造地质论丛, 1981(1): 152-163.
- [10] 王士德, 张之一, 吴新国. 北京西山八宝山断裂带特征及其形成机理探讨[J]. 河北地质学院学报. 1982, 5(1-2): 111-116.
- [11] 张之一, 吴新国, 李红阳. 北京昌平—下庄一带推覆构造基本特征[J]. 河北地质学院学报. 1983, 6(3): 3-9.
- [12] 雷世和, 吴新国. 北京十三陵地区的地质构造及其演变特征[J]. 河北地质学院学报. 1986, 9(2): 147-159.
- [14] 葛孟春, 任建业. 北京西山的推覆构造[M]// 张吉顺, 单文琅. 北京西山地质研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990: 30-41.
- [15] 赵占元. 北京西山南大寨逆冲断层域构造岩特征及其形成机制[J]. 河北地质学院学报. 1990, 13(3): 275-283.
- [16] 张长厚. 燕山造山带中生代陆内造山作用构造研究[D]. 北京: 中国地质大学, 1996: 113.
- [17] 张长厚, 宋鸿林. 燕山板内造山带中生代逆冲构造及其与前陆褶冲带的对比研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22(1): 33-36.
- [18] 邵济安, 孟庆任, 魏海泉, 等. 冀西北晚侏罗世火山-沉积盆地的性质及构造环境[J]. 地质通报, 2003, 22(10): 751-761.
- [19] 邵济安, 张履桥, 储著银. 冀北早白垩世火山-沉积作用及构造背景[J]. 地质通报, 2003, 22(6): 384-390.
- [21] 邵济安, 何国琦, 张履桥. 燕山陆内造山作用的深部制约因素[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 137-148.
- [22] 邓晋福, 苏尚国, 赵海玲, 等. 华北地区燕山期岩石圈减薄的深部过程[J]. 地学前缘, 2003, 10(3): 41-50.
- [23] 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.
- [24] 邓晋福, 赵国春, 苏尚国, 等. 燕山造山带燕山期构造叠加及其大地构造背景[J]. 大地构造与成矿学, 2005, 29(2): 157-165.
- [25] 易明初. 新构造运动及渭延裂谷构造[M]. 北京: 地震出版社, 1993: 153-170.
- [26] 崔盛芹, 吴珍汉, 马寅生. 北京地区中、新生代陆内造山过程——以十三陵—龙庆峡—八达岭路线观察为基础[J]. 地质力学学报, 2003, 9(3): 201-219.
- [27] 杜子图, 李东旭, 高德臻. 北京西山水峪复合型旋扭构造研究[J]. 地质力学学报, 1995, 1(3): 65-71.
- [28] 徐志斌, 洪流. 试论北京西山煤田逆冲构造样式及成因[J]. 大地构造与成矿学, 1996, 20(4): 340-347.
- [29] 单文琅, 王方正, 傅昭仁. 论北京西山南部盖层构造演化[J]. 地球科学, 1989, 14(1): 37-44.
- [32] 李伍平, 路风香, 李献华, 等. 北京西山髻髻山组火山岩地球化学特征与岩浆起源[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(2): 1213-133.
- [33] 刘翠, 邓晋福, 苏尚国, 等. 北京云蒙山片麻状花岗岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 23(2):

参考文献:

- [1] 张旗, 钱青, 王二七, 等. 燕山中晚期的中国东部高原: 埃达克岩的启示[J]. 地质科学, 2001, 36(2): 248-255.
- [2] 张旗, 王焰, 王元龙. 燕山期中国东部高原下地壳组成初探: 埃达克质岩 Sr、Nd 同位素制约[J]. 岩石学报, 2001, 17(4): 505-513.
- [3] 吴根耀, 陈焕疆, 马力, 等. 中国东部燕山期高原的发育及对矿产和油气资源评价的启示[J]. 石油实验地质, 2002, 24 (1): 3-12.
- [4] 陈恺, 熊永先. 北京西山之逆掩断层[J]. 中国地质学会会志, 1935, 14(4): 535-567.
- [5] 叶良辅. 北京西山地质志[M]. 地质专报甲种第一号. 1920: 1-92.

- 141-146.
- [34] 漆家福,杨桥,陆克政,等. 渤海湾盆地基岩地质图及其所包含的构造运动信息[J]. 地学前缘,2004,11(3):299-307.
- [35] 崔盛芹,杨振升,仇甘霖,等. 燕山地区晚元古代(震旦亚代)古构造演化史[C]// 中国地质学会构造专业委员会编. 国际交流地质学术论文集(一)[M]. 北京:地质出版社,117-128.
- [38] 翟明国,卞爱国. 华北克拉通新太古代末超大陆拼合及古元古代末—中元古代裂解[J]. 中国科学, D 辑, 2000, 30 (增刊):129-137.
- [39] 翟明国,孟庆任,刘建明,等. 华北东部中生代构造体制转折峰期的主要地质效应和形成动力学探讨[J]. 地学前缘,2004, 11(3):285-298.
- [40] 李江海,钱祥麟,谷永昌. 华北克拉通古元古代区域构造格架及其板块构造演化探讨[J]. 地球科学, 1998, 23 (3): 230-235.
- [41] 李江海,钱祥麟,黄雄南,等. 华北陆块基底构造格局及早期大陆克拉通化过程[J]. 岩石学报,2000,16(1):1-10.
- [42] 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 II):15-20.
- [43] 宋鸿林. 斜向滑动与走滑转换构造[J]. 地质科技情报, 1996, 15(4):33-37.
- [44] 张长厚,宋鸿林,王根厚,等. 燕山板内造山带中段近东西向中生代右行走滑构造系统[J]. 地球科学, 2001, 26(5): 464-472.
- [45] 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]. 地质学报,2001,76(1): 64-76.
- [47] 王方正. 北京西山蓝晶石变质带的发现及其地质意义[M]// 张吉顺,单文琅. 北京西山地质研究. 武汉:中国地质大学出版社,1990:83-92.
- [48] 张宏仁. 燕山事件[J]. 地质学报,1998,72(2):103-111.
- [58] 邓晋福,赵海玲,莫宣学,等. 中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙[M]. 北京:地质出版社, 1996:32-39.
- [59] 邓晋福,赵国春,赵海玲,等. 中国东部燕山期火成岩构造组合与造山-深部过程[J]. 地质论评,2000,46(1):41-48.
- [61] 陈斌,翟明国,邵济安. 太行山北段中生代岩基的成因和意义: 主要和微量元素地球化学证据[J]. 中国科学: D 辑, 2002, 32 (11):896-907.
- [62] 董树文,吴锡浩,吴珍汉,等. 论东亚大陆的构造翘变——燕山运动的全球意义[J]. 地质论评,2000,46(1):7-13.
- [63] 宋鸿林. 燕山式板内造山带基本特征与动力学探讨[J]. 地学前缘,1999,6(4):309-316.