

# 山西五台地区系舟山逆冲推覆构造地质特征

孙占亮, 续世朝, 李建荣, 刘成如, 高建平,  
杨耀华, 闫文胜, 张玉生

(山西省地质调查院, 山西 榆次 030600)

**摘要:**系舟山逆冲推覆构造带位于中生代燕山造山带的西南端, 分布于系舟山掀斜向斜的北西翼, 形成于晚侏罗世晚期, 空间上由一系列近平行排列的逆冲断裂组成, 剖面上表现为侧幕展布的犁式逆冲断裂所构成的前陡、后缓的单冲式叠瓦状构造。主体由北西向南东方向逆冲, 逆冲扩展方式为前展式, 运移距离大于 5.8 km。推覆构造中应力状态在横、纵向上呈现有规律的变化, 根带以挤压为主的高角度逆冲断裂及复杂多级褶皱为主; 中带以单剪为主, 形成叠瓦状构造; 锋带挤压作用增强, 发育反冲断层和不对称褶皱。随着挤压应力的松弛减弱, 山前形成规模较大的正断层。

**关键词:**逆冲推覆构造; 燕山造山带; 叠瓦状构造; 前展式; 正断层

中图分类号: P542+.3

文献标识码: A

文章编号: 1007-6956(2004)01-0028-07

系舟山逆冲推覆构造带位于中生代燕山造山带的西南端, 分布于忻定盆地的东南侧。北东与五台山区相接, 东连太行山, 西起阳曲县岔耳, 经系舟山主峰歪尖 - 山神爷尖 - 柳林尖 - 犁耳, 至五台县回龙梁逐渐消失于变质岩系中, 全长约 100 km, 宽 4 ~ 10 km, 主体呈 NE 方向带状展布, 与系舟山掀斜向斜<sup>[1]</sup>共同构成系舟山断褶带(图 1)。

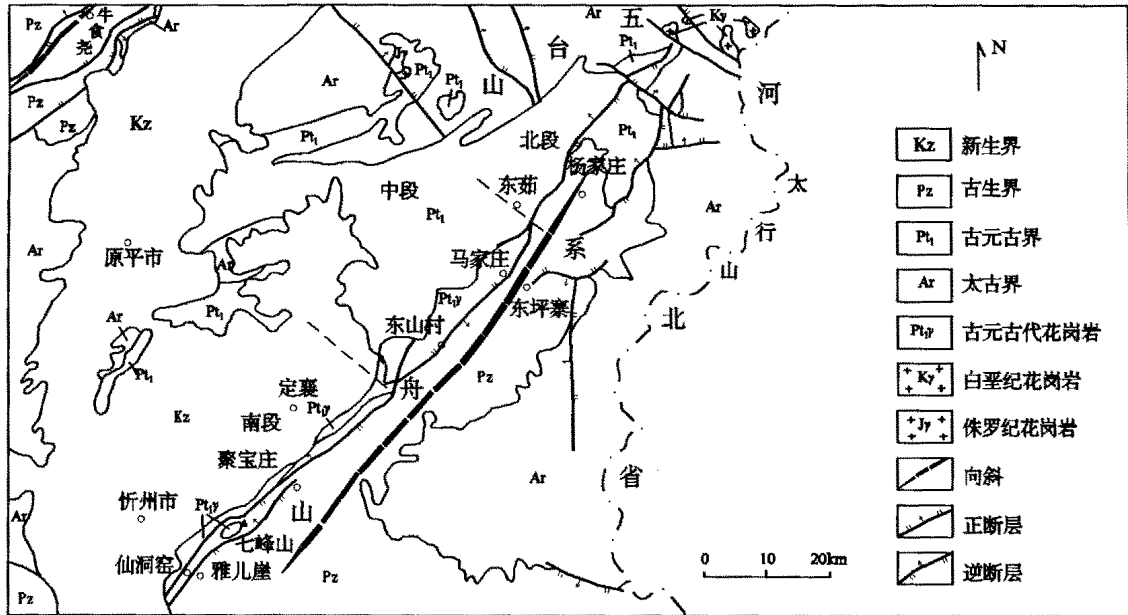


图 1 系舟山地质构造图

Fig. 1 Regional geological map of Jizhoushan Mountain

收稿日期: 2004 - 02 - 02

地调项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目(20001300004051)

作者简介: 孙占亮(1964), 男, 高级工程师, 从事区域地质调查工作。

对系舟山断褶带的研究,美国地质学家维里士早在 20 世纪初就做过工作,以后王竹泉在 30 年代亦曾进行过考察。解放后,随着工作的不断深入,对该断褶带的研究虽然不断,但由于认识不同,有的作者只注意到断褶带中正断层对忻定盆地的影响,有的注意到正断层、逆断层的存在,却没有将其视为一个整体从时空关系演化上进行探讨。

近年来,随着 1:5 万地质填图的不断进行,先后在太白维山<sup>[2]</sup>、神头等地发现了一系列规模较大的逆冲推覆构造,使得人们对该类构造的几何特征、形成机制、发育演化及产出背景有了较深入的认识。作者于 1996~1999 年在开展 1:5 万陈家庄测区及东冶幅区调时曾对系舟山断裂带中南段(瓦扎坪—肖家山)进行了调查研究,2000~2002 年开展忻州市幅 1:25 万区域地质调查时对该断裂构造又进行了重点观察,结果在系舟山北侧新发现了多条逆冲断裂及多处飞来峰和构造窗,并确认为空间上由一系列互相近平行排列的逆冲断裂及短轴不对称褶皱构成的逆冲推覆构造带。剖面上,该逆冲推覆带表现为向同一方向倾斜呈侧幕展布的犁式逆冲断裂所构成的前陡、后缓的单冲式叠瓦状构造,为燕山期板内造山带在区内的反映,形成于晚侏罗世晚期。

## 1 区域地质构造特征

系舟山逆冲推覆构造产于系舟山掀斜向斜的北翼,向斜南东翼地层产状平缓,北西翼地层产状陡立甚至倒转。核部地层为石炭—二叠纪含煤岩系,为五台山区仅有的蕴煤地层,向斜两翼出露大面积寒武—奥陶纪地层。在系舟山北西麓,还分布有狭长的前寒武纪地层及古元古代变质花岗岩,在石岭关一带被新生界覆盖。空间上该构造带由一系列 NE 向压扭性逆冲断裂、张性正断裂、不对称褶皱组成,山前并有主干断裂所赋存的飞来峰、构造窗及反冲断裂。

## 2 变形特征

系舟山逆冲推覆构造主干断裂大多出露于

山前,断裂带沿走向推覆运动方向变化明显,据其变形特征可分为三段:南段(阳曲县岔上—定襄县瓦扎坪)表现为一系列向南东逆冲的断裂,形成叠瓦状构造;中段(东山村—东坪寨)断裂面产状倾向南东,表现为南东盘向北西逆冲推覆;北段(东茹—杨家庄)表现为北西盘槐荫村白云岩逆冲推覆于倒转了的下盘地层之上(图 1)。

(1)南段(阳曲又上—定襄瓦扎坪)的推覆构造特征于曹家山—聚宝庄一带表现最明显,主要由三条主干逆冲断裂组成。受断裂影响,山前地貌奇险,山脊锯齿,冲沟深壑,构造剖面图(图 2 A-A、B-B)直观地反映了该推覆构造的基本特征。在水峪一带,古元古代花岗岩逆冲推覆于寒武系、奥陶系之上。由于主断面产状的陡缓变化及后期侵蚀作用,在山前逆冲推覆构造锋缘形成许多飞来峰构造,最引人注目的是白家山南六岔尖上的飞来峰。该处滹沱群白云岩逆冲推覆于寒武系灰岩之上,高高耸立,蔚为壮观(图 3),反映出逆掩断层的低角度特征。地表断层产状倾向北西,倾角  $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ,向深部产状平缓。断层上盘发育着一系列往下延伸归并于主干逆掩断层上的次级逆断层,断层下盘则形成规模较大的倒转向斜。破碎带内构造磨砾岩、挤压透镜体、片理化带发育。断面产状随不同构造部位变化较大,根部产状较陡,中部产状平缓。据飞来峰出露位置估算,断距大于 5 km,而在禹王洞北,白家山一带正断层将主干断裂切割错开,断距达 500 m。受该断层的影响,在主断裂根部保留了长约 4 km,宽 500 m 的构造窗(图 2 A-A、图 4)。肖家山—七峰山间,变质花岗岩、滹沱群及寒武系等外来系统逆冲于寒武—奥陶系三山子组白云岩之上(图 2 B-B),推覆位移量 5~6 km。外来系统(上盘)的岩层产状杂乱,强烈揉皱,节理、劈理发育,不同层位岩石呈叠瓦状堆垛在一起,地层层序难以恢复。而原地系统则呈一规模较大的倒转向斜,馒头组—三山子组间岩层全部倒转。主推覆面产状在不同构造部位变化较大,在根部及锋带产状陡立,根部产状  $320^{\circ}\sim 48^{\circ}$ ,锋带产状  $330^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ,而在中部产状近水平。在聚宝庄一

山西省水利厅农田水利局等,山西忻定盆地水文电探技术报告,1961

中国科学院地质研究所、山西省科委、山西地震地质组,山西省忻定盆地、大同盆地西南震地质条件及地震发展趋势的初步分析,1969.

带(图 2 C-C)的推覆系统中还发育反冲逆冲断层, 已见有三条与主干断裂倾向相反的小型反冲断层, 并在反冲断层与主干逆冲断裂所围限的会聚部位, 形成三角状 - 平顶状的背斜构造。反冲逆冲断层的形成可能与主断裂扩展过程中局部受阻有关。推覆构造系统中褶皱较为复杂, 主断裂附近的褶皱形态为不对称紧闭褶皱、

倒转褶皱、平卧褶皱, 倒转翼常常拉断变薄, 而锋带外缘褶皱形态由紧闭褶皱、开阔褶皱往挠曲、单斜变化。断层带内发育的小型逆冲断层、牵引褶皱及断层角砾岩带等小型构造均指示逆冲断层由北西向南东运动, 据飞来峰至推覆根部的距离估算, 推覆体的最小位移距离达 5.8 km。

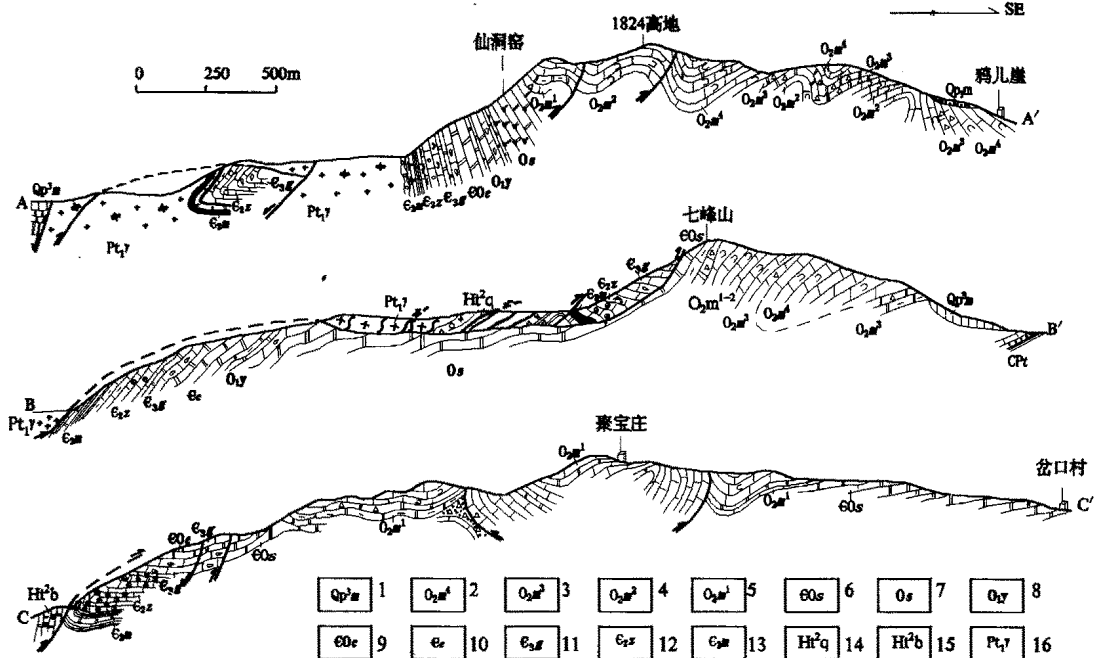


图 2 系舟山逆冲推覆构造带南段构造剖面图

Fig. 2 Structural section of the southern sector of Jizhoushan thrust nappe

- 1. 马兰组; 2. 马家沟组四段; 3. 马家沟组三段; 4. 马家沟组二段; 5. 马家沟组一段; 6, 7. 三山子组; 8. 冶里组; 9、10. 炒米店组; 11. 茴山组; 12. 张夏组; 13. 馒头组; 14. 溱沱群青石村组; 15. 溱沱群北大兴组; 16. 吕梁期花岗岩

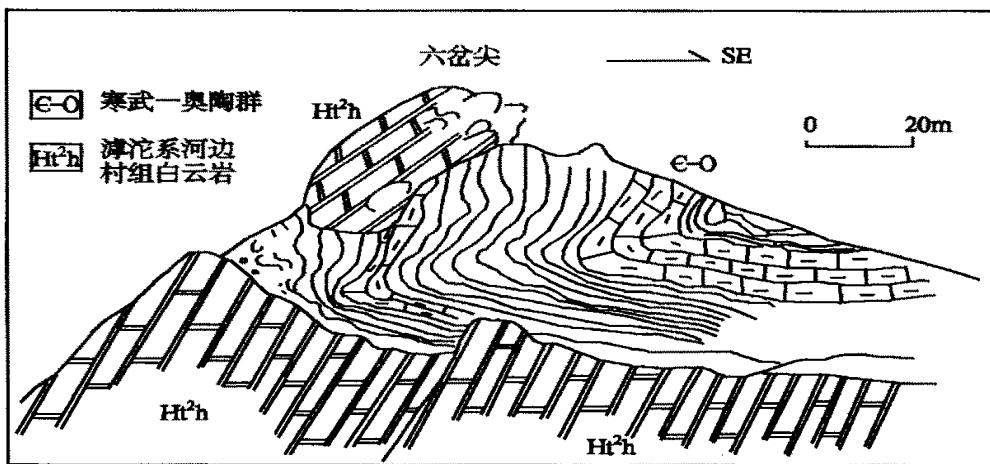


图 3 白家山六盆尖飞来峰素描图

Fig. 3 Liuchajian klinne sketch

(2) 中段(东山村—东坪寨)逆冲推覆构造主要由东山 - 神西、东山 - 祁家咀两条断裂组

成。东山 - 神西断裂长约 20 km, 东山村一带可见到溱沱群青石村组(SE 盘)逆冲推覆于奥陶

系马家沟组(NW 盘)之上,断距达 1 km,下盘呈一倒转向斜(图 5 D-D')。断裂产状在垂向上陡缓变化明显,浅部倾角 50°~ 60°,深部逐渐变缓到 15°~ 20°。神西村可见寒武系馒头组页岩逆冲推覆于寒武-奥陶系的三山子组之上,断距较小。破碎带、挤压片理化带、碎裂岩、斜列的挤压透镜体及牵引褶皱等指示上盘向 NW 逆冲推覆。

东山-祁家咀断裂的东坪寨南上盘(SE 盘)冶里组灰岩逆冲推覆于三山子组白云岩之

上。断面局部较陡,产状 135° 60°,总体产状 145° 30°,断面上见 2~3 cm 厚的钙质、铁质薄膜并发育有擦痕线理。断裂带中发育断层泥,断层角砾岩,并见劈理化带、挤压透镜体、牵引拖拉褶皱等。而在马家庄-东坪寨一带(图 5 E-E'),则表现为一系列倾向 SE 的逆冲断裂呈叠瓦状产出,单条断裂断距较小,一般 100~200 m,但整体造成该带地层多处重复。断裂两侧褶皱十分发育,褶皱形态由不对称紧闭褶皱向宽缓对称褶皱变化,显示挤压应力渐趋减弱。

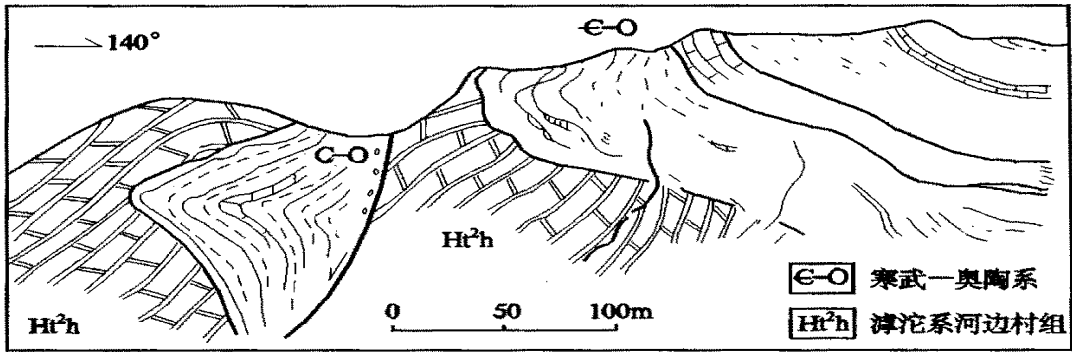


图 4 白家山断裂地质剖面图  
Fig. 4 Tectonic section of Baijiashan fault

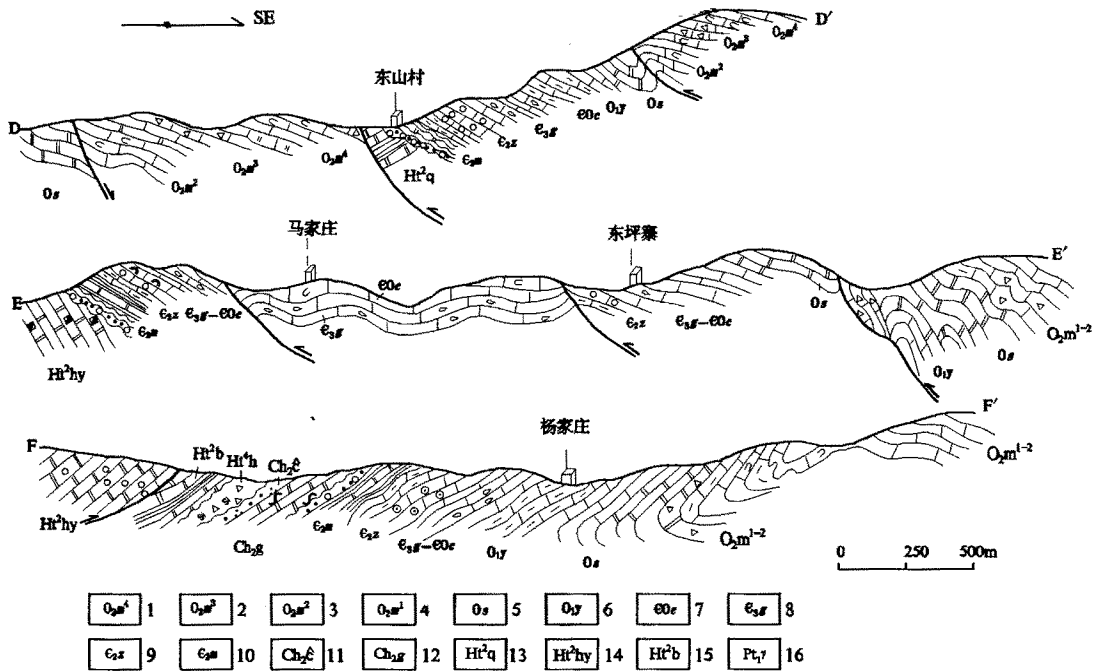


图 5 系舟山逆冲推覆构造带中北段构造剖面图

Fig. 5 Tectonic section of the middle and north parts in the Jizhoushan thrust nappe

- 1. 马家沟组四段; 2. 马家沟组三段; 3. 马家沟组二段; 4. 马家沟组一段; 5. 三山子组; 6. 冶里组; 7. 炒米店组; 8. 崮山组;
- 9. 张夏组; 10. 馒头组; 11. 常州沟组; 12. 高于庄组; 13. 滹沱群青石村组; 14. 槐荫村组; 15. 北大兴组; 16. 吕梁期花岗岩



(3) 北段(东茹—杨家庄)逆冲构造带实际上属于系舟山断褶带的北东段。杨家庄村北主干断裂产状倾向 NW, 倾角  $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ , 与两侧地层产状近一致。上盘槐荫村组结晶白云岩逆冲推覆于北大兴组白云岩和板岩之上, 受断裂影响下盘出露了一规模较大的紧闭倒转向斜, 致使下盘厚约 1 km 的地层全部倒转。褶皱两翼的次级褶皱十分发育(图 2 F-F), 倒转翼地层厚度总体明显拉断变薄, 而局部地段可见褶皱加厚地层或地层重复的现象。北段逆冲构造带于东部回龙梁一带延入变质岩区, 断裂规模逐渐变小, 最终表现为开阔褶皱而逐渐消失。

### 3 组合方式

系舟山逆冲推覆构造与褶皱相伴生, 产于系舟山掀斜向斜的北翼, 空间上由一系列相互近平行排列的压扭性逆冲断裂及短轴不对称褶皱组成。组成逆冲推覆系统的各逆冲断层, 断面倾向一致, 倾角相近, 主体表现为向南东方向逆冲。在逆冲断层系统中, 滑动量最大的肖家山—七峰山断层位于系舟山逆冲推覆构造的前缘, 剖面上表现为同一方向倾斜的犁式逆冲断裂, 形成前陡、后缓的单冲式叠瓦状构造。

## 4 动力学特征

### 4.1 逆冲方向

系舟山断褶带属多级别的逆冲推覆构造。在区域挤压应力控制下, 系舟山掀斜向斜的存在构成了逆冲推覆构造形成与演化的必备条件。在主构造带的北东段及南西段, 主向斜北翼上的古元古代变质花岗岩及溥沱群逆冲推覆于寒武系—奥陶系之上, 形成飞来峰、构造窗及一系列复杂的伴生褶皱。飞来峰均分布在主推覆面的地表出露线的前面, 即东南侧。两盘发育的褶皱枢纽及不对称褶皱的倒向、断面擦痕等多种标志表明, 推覆方向为上盘(外来系统)向南东方向逆冲运动。而在中段东山村—东坪寨一带, 断面倾向南东, 运动方向为上盘向北西逆冲推覆, 说明挤压应力具有不平衡的特点。综合各类推覆构造变形特征、两侧地层分布状况、飞来峰和构造窗所处构造部位等, 反映区内系舟山推覆构造的形成受控于 NW—SE 向水平挤压应力场。

主干断裂及伴生的构造变形特征同时表

明, 推覆构造中的应力状态在横、纵向上呈现有规律的变化。横向上, 根带以挤压为主, 以高角度逆冲断裂及复杂多级褶皱为主要特点; 中带以单剪为主, 断裂产状平缓形成叠瓦状构造及网结状构造; 锋带则挤压作用变强, 岩石强烈破碎, 出现反冲断层及轴面陡立的不对称褶皱, 以及不同层位的岩层堆垛、叠置在一起。纵向上, 由于断裂带上受力不均匀, 北东段断层的断距、水平位移较中南段小。随着挤压应力的松弛减弱, 山前形成规模较大的正断层, 反映该推覆构造带经历了先压后张、先推后滑的过程。

### 4.2 逆冲扩展方式

系舟山逆冲推覆构造的上盘地表大部分地段被剥蚀, 仅在七峰山一带保存较好, 其基本特征为:

(1) 断层总是在构造运移方向上切层爬升, 最终到达地表。

(2) 低位逆断层控制了高位逆断层的前缘, 在成生次序上, 低位逆断层晚于高位逆断层。

(3) 前部推覆体的变形较后部弱。

依据上述特征, 系舟山逆冲推覆构造系统的逆冲扩展方式为前展式<sup>[3]</sup>。

### 4.3 位移的距离

逆冲推覆的位移量大小是衡量该推覆构造规模的标准。根据系舟山逆冲推覆构造系统的结构特征, 聚宝盆一带吕梁期变质花岗岩及溥沱群北大兴组白云岩推覆于三山子组白云岩之上, 飞来峰至推覆根部的距离初步估算为 5.8 km, 推算上盘推覆体相对下盘的位移距离下限为 5.8 km。

## 5 逆冲推覆构造的形成时代

在系舟山逆冲推覆构造带中, 由于后期剥蚀虽未保留中生代的地质体, 但其邻区乃至晋东北侏罗—白垩纪陆相聚煤盆地及火山断陷盆地边缘都广泛发育逆冲推覆构造带, 显示它们具有相同的构造背景和成生时代。西部宁武—静乐向斜卷入的地层有侏罗系大同组、云岗组、天池河组, 且两翼均发育逆冲推覆构造。系舟山北部的五台山北坡及太白维山的逆冲推覆构造带也切割了侏罗纪火山岩地层, 它们的共同点是高山区均为燕山期区域性向斜, 逆冲推覆构造则出现在向斜两翼, 以对冲式逆冲断裂组合和逆冲推覆构造为特征, 并对中侏罗纪聚煤

盆地有不同程度的改造。太白维山逆冲推覆构造切割了晚侏罗纪火山岩地层,被义县组不整合覆盖,因此其形成时代为晚侏罗世晚期。

## 6 形成机制及后期构造变形的影响

吕梁运动以后,本区一直无明显的构造运动影响。直到燕山运动,由于北西—南东向的水平挤压,本区首先形成区域性北东向的背、向斜构造。持续的应力作用使向斜倒转,接着在倒转翼产生破裂并向两端扩展,出现沿软弱岩层或不整合界面由翼部向核部的逆冲推覆。侧向挤压应力的不均衡性使这些逆冲推覆构造在一侧发育而在另一侧相对较弱,于是形成了系舟山掀斜向斜及其北翼上规模较大的逆冲推覆构造带。区域上伴随的壳源型花岗岩的侵入,为燕山运动主造山期。

主体构造格局形成之后,随着挤压应力的松弛减弱,构造运动性质开始发生改变,进入较缓和的构造应力重新调整阶段,主要表现为先存的北东向断裂的复活,形成平行于断褶带(造山带)的北东向正滑或正滑平移断裂系。规模较大者有河旁岭—西笏口断裂,已将系舟山逆冲推覆构造主干断裂切割错开,使逆冲推覆体滑落于山前,对逆冲断覆系统起到了局部改造和破坏作用。喜马拉雅期构造运动,总体是在地壳强烈拉伸的构造环境下,以继承性断裂活动和地壳间歇性抬升为主导运动形式。它虽造就了山体整体抬升和忻定盆地的形成,构成了现今盆岭构造景观,但未能改变燕山期主造山运动形成的构造格局。

## 7 结论

(1) 系舟山逆冲推覆构造带位于中生代燕

山造山带的西南端,主要出现在系舟山掀斜向斜的北翼,区域上为燕山期板内造山带的组成部分,空间上由一系列相互近平行排列的压扭性逆冲断裂、短轴不对称褶皱组成,剖面上则表现为向同一方向倾斜呈侧幕展布的犁式逆冲断裂所构成的前陡、后缓的单冲式叠瓦状构造。

(2) 组成逆冲推覆系统的各逆冲断层,断面倾向一致,倾角相近,主体表现为北西往南东方向逆冲,运移距离大于5.8 km,局部推覆方向存在差异,反映挤压应力不均。

(3) 推覆构造中应力状态在横、纵向上呈现有规律的变化。横向上,根带以挤压为主,表现为高角度逆冲断裂及复杂多级褶皱;中带以单剪为主,断裂产状平缓,形成叠瓦状构造;锋带则挤压作用增强,发育反冲断层及轴面陡立的不对称褶皱。纵向上,北东段断层的断距和水平位移较中南段小。

(4) 逆冲推覆构造带主要形成于晚侏罗世晚期的燕山运动主造山期,后期不同方向的断裂对逆冲断覆系统起到了局部改造和破坏作用,从而构成现今的盆岭构造格局。

致谢:在成文过程中得到了苗培森博士、赵风清研究员、赵祯祥高级工程师的指导和帮助,苗培森博士仔细审阅了全文,提出了宝贵的修改意见,在此一并表示诚挚的谢意。

### 参考文献:

- [1] 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志[J]. 北京:地质出版社,1989
- [2] 刘德佑,胡学智. 山西灵丘太白维山推覆构造[J]. 山西地质,1987,2(2).
- [3] 朱志澄. 逆冲推覆构造[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991.

## Geological and Structural Features of Jizhoushan Thrust Nappe in Wutaishan Area, Shanxi Province

SUN Zhan fang, XU Shi chao, LI Jian tong, LIU Cheng fu,  
GAO Jian ping, YANG Yao hua, YAN Wen sheng, ZHANG Yu sheng

(Shanxi Institute of Geological Survey, Yuci, Shanxi 030600)

**Abstract** Jizhoushan thrust nappe belt is located in the southwestern part of the Mesozoic Yanshan orogenic zone. The thrust nappe belt lies on the northwestern limb of the Jizhoushan syncline with a NE striking axial and occurs during the late period of the late Jurassic. It is composed of a series of nearly parallel thrust faults like plough shape in across section, forming an imbricate arrangement with steep in the front and gentle in the back. The thrust direction of the nappes is mainly southeastward and the slipping distance is more than 5.8 km. The stress during the thrust changed regularly both in horizontal and longitudinal direction. In the basic belt, the main structure is made of high angle thrust faults and complex multilevel folds with compression stress. In the middle belt, the stress turned into shearing, and formed imbricate structure. And the recoil fault formed with the compression increasing in the peak belt. Later, the bigger scale normal fault appeared in the foreland with the compression decreasing.

**Key words** : Jizhoushan thrust nappe; Yanshan orogen; imbricate structure; normal fault

### 《地质调查与研究》征订启事

经国家科委和新闻出版署批准, 我刊《前寒武纪研究进展》于 2003 年起更名为《地质调查与研究》。办刊宗旨: 本刊为地质科学领域中的学术性刊物, 执行党的基本路线及国家的出版政策法规, 坚持“百花齐放, 百家争鸣”的双百方针, 面向地质调查和研究工作, 为地质调查和研究成果提供交流载体, 推动我国地质调查和研究工作的开展, 为我国的经济建设和发展服务。主要刊登内容: 地质调查和研究的新认识、新成果、新进展, 地区性、专业性焦点、难点问题讨论, 新理论、新技术、新方法、新工艺的研究和引进。内容涉及基础地质、矿床地质、同位素地质年代、第四纪地质、水资源与环境、灾害地质、城市地质、农业地质、旅游地质、地球物理勘查、地球化学勘查、地质调查信息等领域, 以及国民经济和社会发展对地质工作的需求等方面的文章, 亦刊登国外相关领域的研究动态和成果。主要开设栏目: 基础地质、矿产资源、水文地质、工程地质、环境地质、技术方法等, 非常适合地质工作者、地质院校师生和有关单位的管理者阅读参考。

本刊为季刊, 公开发行, 每期约 10 万字, 可全年订阅, 也可分期订阅。订阅办法: 1) 单位和个人均可向我刊发行组订阅; 2) 邮局汇款, 地址: 天津市河东区大直沽八号路 4 号, 邮编: 300170; 3) 银行信汇: 天津市河东区工商行大直沽分理处, 账号 401088066213。

联系电话: 022 - 24023549

《地质调查与研究》编辑部