

宁夏南部弧形推覆构造带特征及演化

李天斌

摘要：宁夏南部弧形构造带主要由四大弧形推覆构造带组成，总体走向NW，凸向NE呈弧形展布，延伸150km~300km。每带又分为多个逆冲岩席和后缘断陷盆地，构成较典型的盆-山格局。它的形成是由于燕山期以来，地幔深部物质的运移或对流，引起上部壳内物质的侧向运动，沿能干性弱的层面滑脱，造成前缘的逆冲推覆和后缘的伸展滑覆、拉伸断陷，地壳随之增厚或减薄，形成盆-山构造体系。

关键词：弧形构造带；燕山—喜马拉雅期；宁夏南部

中图分类号：P542

文献标识码：A

THE FEATURE AND FORMATION MECHANISM OF ARCIFORM THRUST-NAPPE STRUCTURE ZONE OF THE SOUTHERN NINGXIA

LI Tian-bin

(Research Institute of Geology of Ningxia, Ningxia Yinchuan 750004, China)

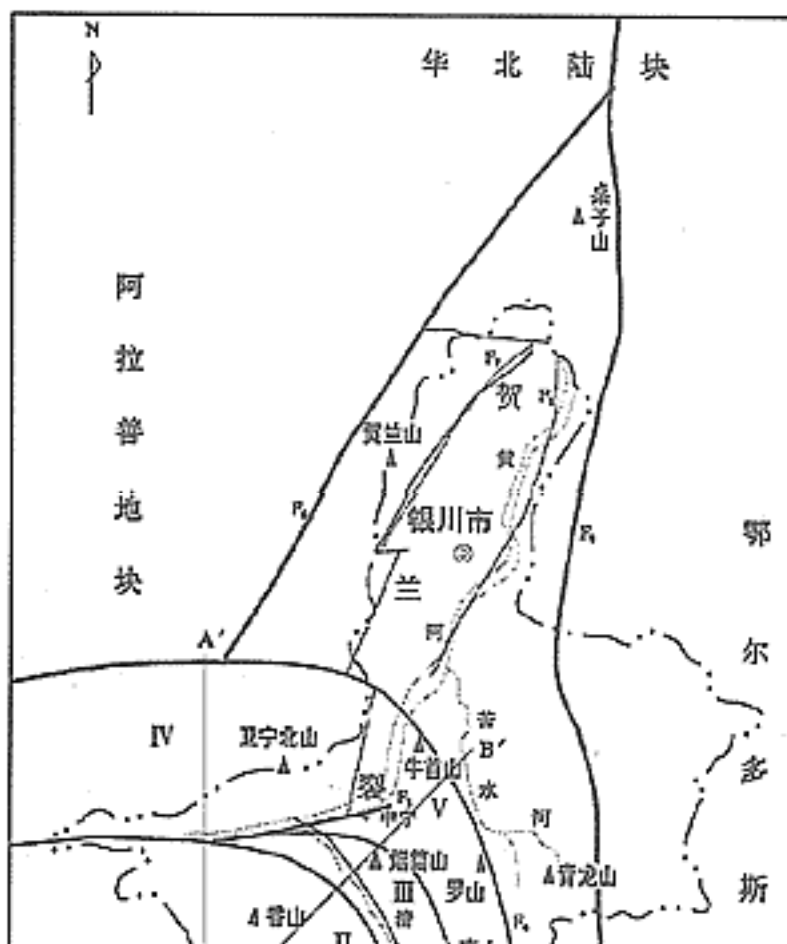
Abstract: The southern Ningxia's arciform structure zone, extending 150~300km, consists of four great arcuate thrust-nappe structural belts with a convex toward the northeast. Every belt is composed of many thrust sheets and back margin fault basin. They formed typical basin-range structures. Since Yanshanian movement because of movement and convection of upper mantle substance took place intracrust substance lateral movement, detachment along the layer surface of incompetent, forming thrust-nappe on the front margin while extensional gliding and tensional fault depression on the back margin, accompanied with that the crust was thicker or thinner, at the end the basin-range structure were formed.

Key words: arciform structure zone; Yanshanian-Himalayan period; southern Ningxia

宁夏南部弧形推覆构造带位于华北陆块的阿拉善地块南缘，鄂尔多斯地块西缘及青藏高原东北缘的北祁连褶皱带东段北缘复合部位。由于所处构造部位特殊，许多地质学家从不同角度对其形态及其演化特征进行了研究^[1~4]，但有关它与北祁连造山带中段(白银以西)边界的衔接，弧形构造带的延伸及成生、发展演化，尤其是燕山期以来该区陆内变形与造山等问题的研究还十分薄弱。本文力图在这方面作一些探讨。

1 区域地质构造背景

新元古~早古生代, 华北板块南缘处于拉张环境; 中祁连与华北板块分裂拉开, 陆壳解体, 逐步发育成秦-祁-贺三叉型裂谷系。弧形构造带所在的贺兰裂谷震旦纪~早奥陶世为滨浅海陆源碎屑岩和碳酸盐岩建造。中、晚奥陶世, 裂谷强烈拉张下陷, 沉积了米钵山组、香山群斜坡-深水盆地, 类复理石建造夹巨厚的滑塌碳酸盐建造及远硅质页岩建造。志留纪时裂谷开始抬升变浅, 沉积了照花井组、旱峡组贝壳灰岩建造、碎屑岩建造。加里东运动使裂谷强烈褶皱隆起, 形成香山造山带; 北祁连-贺兰海槽关闭, 中祁连与华北陆块拼合。晚古生代香山造山带北缘、阿拉善地块南缘及鄂尔多斯地块西缘逐渐演化为前陆盆地(图1)。中、晚泥盆世沉积了石峡沟组、老君山组一套辫状三角洲-扇三角洲磨拉石碎屑岩建造。石炭纪遭受全面海侵, 总体表现为三角洲相碎屑岩夹碳酸盐岩单陆屑建造及含煤建造。二叠纪~三叠纪转化为河流相沉积, 三叠纪末的印支运动使前陆盆地全面褶皱隆起, 形成新的造山带——卫宁北山褶皱带, 镶嵌于香山主造山带与阿拉善地块和鄂尔多斯地块之间。侏罗纪在该区山间及山麓凹陷地带沉积了河湖相含煤碎屑岩建造。中晚侏罗世的燕山运动, 受NE向的侧向推挤, 先前的造山带发生大规模的陆内逆冲推覆作用, 喜马拉雅期推挤进一步强化, 终成现今弧形挤入推覆构造带。



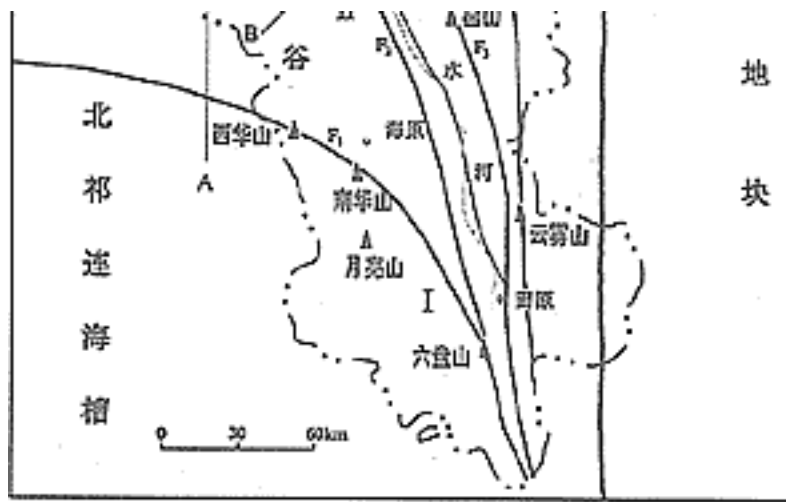


图1 宁夏南部弧形推覆构造及大地构造位置图
 Fig.1 Curvic nappe structures of the southern Ningxia
 ~ 弧形构造带及编号； $F_1 \sim F_9$ 断裂带及编号；
 A—A 、 B—B 平衡剖面位置

2 推覆构造带展布特征

宁夏南部弧形推覆构造带分带性极其明显，由SW向NE有：西华山—六盘山弧形推覆构造带；香山弧形推覆构造带；烟筒山—窑山弧形推覆构造带；香山造山带北缘前陆盆地—卫宁北山褶皱带；牛首山—罗山逆冲推覆构造带。各带有向西、向南收敛之势，且都可进一步分为主逆冲断裂前缘锋带、褶皱冲断中带和后缘断(拗)陷带。地貌表现为多列弧形山地与新生代断(拗)陷盆地相间排列的盆—山体系格局(图1)。

2.1 弧形断裂前锋带特征

该带主要为一列主滑脱逆冲推覆断裂带。它们是西华山—六盘山北东麓断裂带(F_1)，香山北麓断裂带(F_2)，烟筒山—窑山北东麓断裂带(F_3)，牛首山—罗山北东麓断裂带(F_4)。

这些断裂带总体呈NW~NNW，向北东凸之弧形，延伸150km~300km，航、卫片线性影像清晰，地貌分异明显。北东侧为新生代断(拗)陷盆地，南西侧主要为古生代地层组成的陡峻山体。构造特征主要表现为：

(1)主断面显示为上陡下缓的铲形断裂，多见奥陶系、泥盆系逆冲推覆于石炭系、第三系甚至第四系之上。沿断裂带构造破碎强烈，带宽一般50m~300m，局部地段可达500m~900m(弧顶)，以碎裂岩~碎粒岩为主，近断面见数厘米至数米的断层泥，未见糜棱岩系列。逆冲推覆强烈地段发育构造混杂岩，在香山北麓断裂中段弧顶的团部郎~青疙瘩一带，奥陶纪灰岩、变质砂岩、板岩与泥盆系、石炭系、第三系的杂色砂岩、页岩、砾岩破碎混杂，造成不同时代、不同岩性、大小十分悬殊的岩块、碎块、碎粒、角砾等混杂堆积，宏观上呈杂色斑块。

(2)褶皱构造主要表现为较紧闭的、与主断面倾向相同的倾斜式同斜褶皱、倒转倾卧褶皱和不对称剪切褶皱，劈理发育且密集。

(3)弧顶常见飞来峰，在香山北麓断裂带中段饮泉子~小洪沟一带，发育一系列飞来峰(9个)，致使奥陶系推覆于泥盆系、石炭系之上及泥盆系推覆于石炭系之上。飞来峰规模不等，大者可达 1km^2 ，小的仅 400m^2 ，形态各异，推覆面起伏不平，多SW倾，倾角平缓($5^\circ \sim 30^\circ$)。

(4)弧形构造带东北缘的牛首山—罗山逆冲推覆构造带之前锋带还发育反向逆冲推覆断裂形成的断层三角带，褶皱强烈，劈理发育。

2.2 弧形断裂中带特征

在各弧形推覆构造带中带，主要为一系列形态相似的铲式叠瓦状逆冲推覆断层和上覆逆冲推覆岩席，构造变形较前锋带弱，其特征为：

(1)叠瓦状逆冲推覆断层形态与前锋带主断裂一致，皆呈上陡下缓的铲形，断面几乎都倾向SW，倾角 $15^\circ \sim 70^\circ$ 。奥陶系、泥盆系逆冲推覆于泥盆系、石炭系或第三系之上。破碎带发育，但带宽较前锋带窄，一般仅数米至数十米，个别达百余米。破碎程度亦有所下降，多为碎裂岩，碎粒岩较少，未见构造混杂岩。

(2)岩席内部褶皱较宽缓或呈单斜层，构造变形不强，仅在接近逆冲推覆断裂的前方发育与断面倾向相同的倾斜式褶皱，劈理不甚发育。

(3)个别逆冲岩席后端出现一些伸展滑覆断层，在米钵山南麓小轱辘沟，石磨井一带，因断层伸展拉覆造成地层缺失，滑覆体近滑覆面见牵引褶曲，指示上盘下降；离滑覆面不远，滑覆体内部岩层连续，构造变形弱，表现为单斜层。另外，因后期活动，形成次级破裂面、劈理和牵引褶曲，指示上盘再一次发生了逆冲推覆运动，揭示出逆冲推覆作用至少有两期。

2.3 弧形断裂后缘带(断陷、拗陷)特征

各弧形推覆构造带的后缘多受到拉伸，形成新生代断陷或拗陷盆地。由南西向北东有海原-兴仁盆地、中卫-同心盆地、中宁-红寺堡盆地。盆地中广泛沉积第三系、第四系，厚达 $1500\text{m} \sim 3000\text{m}$ ，构造变形相对较弱，褶皱平缓开阔，轴向与弧形构造带总体方向一致。边缘多有正断层，构造变形不强，破碎带窄，一般小于 10m 。

3 地壳深部特征

3.1 重力场特征

在重力水平梯度图上(图2)，主断裂带呈明显的重力梯度带，且异常等值线常发生弧形扭曲，总体为NW向，与弧形构造带走向基本一致。另据 g 上延 $5\text{km} \sim 20\text{km}$ 的重力异常图，推断主断裂逆冲推覆切割深达 $10\text{km} \sim 20\text{km}$ ，为陆内收缩基底滑脱逆冲推覆断裂。

3.2 莫霍面基本特征

弧形构造带莫霍面深度为 $47\text{km} \sim 49\text{km}$ (图3)，基本上是一个向SW倾的斜坡。等深线作NW向平行延伸，总体处于青藏高原东北缘地壳构造和地壳厚度急剧变化的地带。由SW向NE，地势的降低与莫霍面的升高总体呈现“镜像反映”。

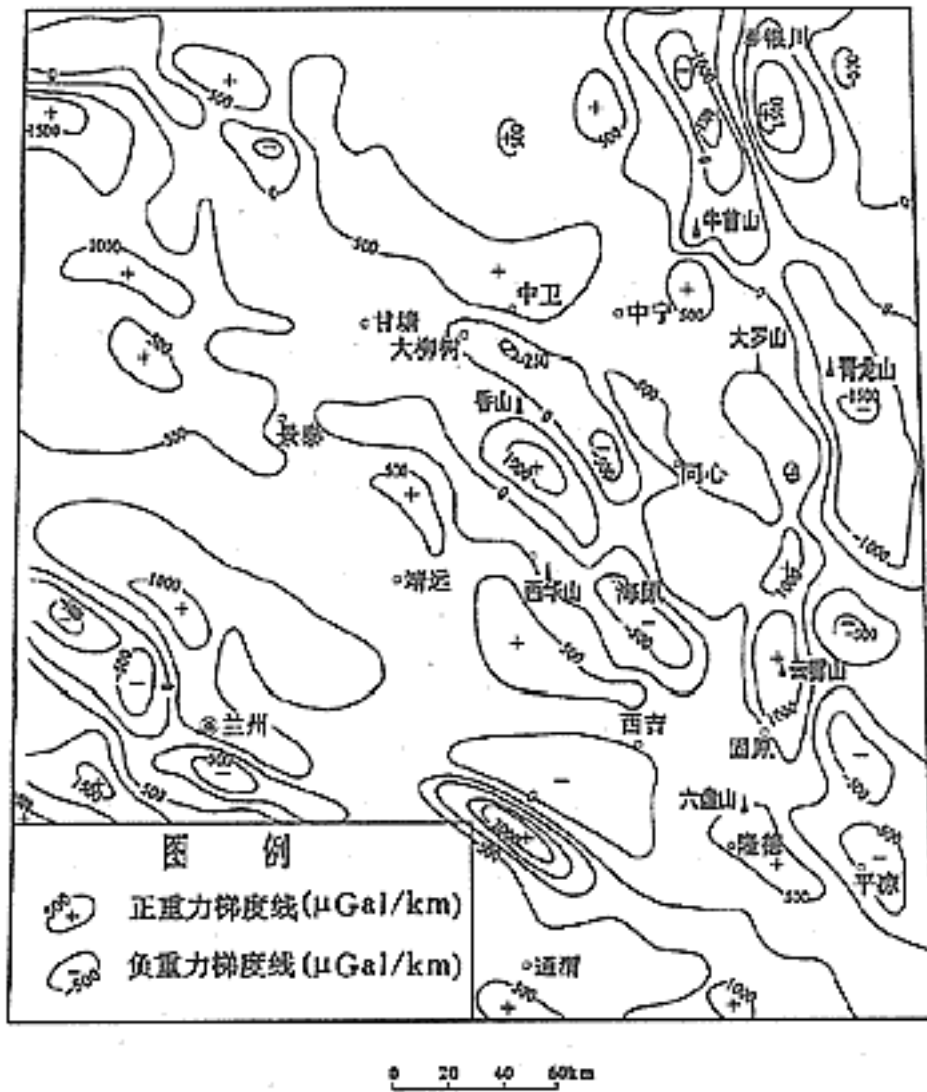


图2 重力水平梯度图

Fig.2 Horizontal gradient of gravity

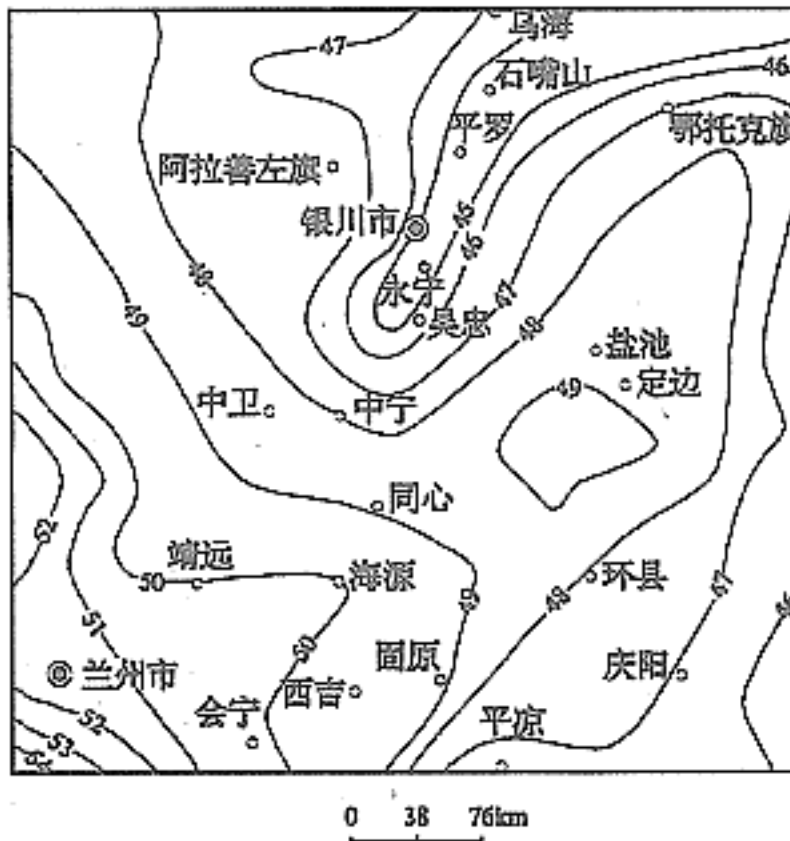


图3 莫霍面等深线/km
(据李渭娟、梁桂培资料绘)

Fig.3 Contour diagram of Moho depth

4 弧形推覆构造带运动学分析

4.1 逆冲推覆方向

宁夏南部弧形推覆构造带平面上总体呈向NE凸出之弧形，且弧顶前方出现飞来峰。据Elliot(1977)的“弓箭”法则，最大位移方向为 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。在上述各主要逆冲推覆断裂前缘推挤中，由紧闭同斜褶皱、倒转倾卧褶皱及旁侧牵引褶曲、次级分支断裂、劈理和主断层总体结构样式分析，皆指示上盘由SW往NE推覆。

4.2 形成时代与推覆距离

宁夏南部弧形推覆构造带是在加里东至印支期形成的褶皱造山带的基础上，经强烈剥蚀后于燕山期、喜马拉雅期发生两次大规模的逆冲推覆，古生界地层分别推覆于侏罗系、第三系和第四系之上而形成。

据推覆构造带断裂和褶皱形态及产状，前陆地层发育情况及物探重力资料编制平衡剖面进行复原，并结合累积位移-距离图解，分别求得香山推覆构造带总位移量 $d=20.5\text{km}$ ，缩短率(不含兴仁盆地) $e=-30.1\%$ ，收缩率 $=69.9\%$ ；烟筒山—窑山推覆构造带 $d=6.5\text{km}$ ， $e=-22.4\%$ ， $=77.6\%$ ；牛首山—罗山推覆构造带 $d=13.5\text{km}$ ， $e=-28.4\%$ ， $=71.6\%$ 。三带总位移 $d=40.5\text{km}$ ， $e=-26.2\%$ ， $=73.8\%$ 。

5 弧形推覆构造带动力学分析

5.1 主应力方向和差应力

本区燕山期的褶皱和逆冲推覆作用在各推覆岩席中使侏罗系、白垩系地层褶皱。据赤平极射投影，可求出三个主应力方向： $\sigma_1=44^\circ \sim 224^\circ$ ， $\sigma_2=134^\circ \sim 314^\circ$ ， $\sigma_3=258^\circ \sim 78^\circ$ ， $\sigma_3=88^\circ$ 。喜马拉雅期褶皱主要表现为第三系褶皱，赤平极射投影得： $\sigma_1=232^\circ \sim 52^\circ$ ， $\sigma_2=322^\circ \sim 142^\circ$ ， $\sigma_3=75^\circ \sim 255^\circ$ ， $\sigma_3=86^\circ$ 。

香山北麓断裂西段大柳树拟建坝址附近所作的显微构造(石英变形纹及方解石双晶纹)分析揭示：喜马拉雅期断层主要活动期在 $N_2 \sim Q_2$ ，主压应力 σ_1 方向为NE~SW向； Q_3 以来除继承性逆冲外，兼有左行走滑， σ_1 为NEE~SWW。由方解石双晶纹求得古差应力70MPa~90MPa。西华山北麓断裂带中的碎裂岩，方解石、白云石双晶纹分析得到早更新世(Q_1)中晚期以来最大主应力 σ_1 方位为 65° 。

据弧形构造带上34次小震($M \leq 3.0$)的震源机制解P轴方向为 $40^\circ \sim 130^\circ$ ，主压应力优势方位为 77° ；地形变测量(70年代)最大缩短方向为 $35^\circ \sim 78^\circ$ ，平均最大压应变轴方向为 53.5° 。

综上，据推覆构造带中、新生界褶皱和断裂显微构造分析，震源机制解及地形变测量，燕山~喜马拉雅早期最大主应力方向为NE向，喜马拉雅晚期最大主应力方向为NEE向。

5.2 成生发展演化机理

莫霍面的形态变化对大陆动力学条件起着决定性作用。研究区由于喜马拉雅期的构造活动基本继承了燕山期的逆冲推覆， σ_1 方向基本一致，因此，现今的莫霍面形态反映了燕山期以来的深部构造活动特征。前已述及，弧形构造带正对莫霍面的陡倾带，且滑脱面的倾向与莫霍面倾向一致。这种倾斜带存在极大的势能差，易导致深部地幔物质的运移和对流，也易于引起壳内物质的侧向运动，使其沿能干性弱的层面滑脱，造成前缘逆冲推覆和后缘伸展滑覆、拉伸断陷，地壳随之增厚或减薄，形成典型的盆-山体系，重力场亦表现出明显的梯度带和异常区。

需要指出的是，弧形构造带由于受到阿拉善地块与鄂尔多斯地块的阻挡，构造带中段弧顶不断向正对银川盆地的方向挤入，在其发展过程中银川盆地所在地发生引张而成为一种挤出构造。而在弧顶的西、南两段断裂带除逆冲作用外还分别兼有左行和右行走滑两种位移方式截然不同的运动。这就解决了关于宁夏南部弧形断裂带西段显反扭，南段显顺扭这个多年来一直使地质工作者感到困惑的矛盾。

基金项目：原地质矿产部1/5万区调科研专题

作者简介：李天斌(1962—)，男，现为宁夏地质调查院总工程师、高级工程师。1982年毕业于成都地质学院地质力学专业，主要从事区域地质矿产调查及地层、构造等基础地质研究。

作者单位：宁夏地质调查院，宁夏 银川 750004

参考文献

- [1] 李四光.旋扭构造[M].北京：科学出版社，1974.16~18.

[2] 宁夏地质矿产局.宁夏回族自治区区域地质志 [M] .北京：地质出版社，1990.363 ~ 421.

[3] 国家地震局地质研究所，宁夏地震局.海原活动断裂带 [M] .北京：地震出版社，1990.36 ~ 260.

[4] 冯益民，何世平.祁连山大地构造与造山作用 [M] .北京：地质出版社，1996.84 ~ 101.

收稿日期：1999-07-20