

文章编号: 1001-1412(1999) 03-0010-07

河北省变质核杂岩

傅朝义

(中南工业大学 地质系, 湖南 长沙 410083)

摘要: 河北省变质核杂岩形成于中-新生代, 围绕华北拗陷盆地呈环带状分布在太行山、燕山地区。分为穹状和长垣状两种。同美国科迪勒拉式变质核杂岩相比, 在主拆离断层内缺失巨厚的韧性剪切带。其形成的动力机制包括岩浆底辟、区域大陆伸展和地幔(亚)柱上隆作用。

关键词: 变质核杂岩; 岩浆底辟; 大陆伸展; 地幔柱; 河北

中图分类号: P548 **文献标识码:** A

变质核杂岩(metamorphic core complex)的研究始于 70 年代对美国西部盆-岭地区第三纪大规模的大陆伸展构造的研究。目前较统一的定义是: 那些空间上呈穹状或长垣状(平面上近圆形或随圆形)的由地壳深部由于地壳水平伸展被抽拉上来的变质岩石, 周边覆盖未变质或弱变质的层状岩石, 二者之间以大型低角度正断层-拆离滑脱隔离的组合物。盖层中往往发育成群成组的陡倾铲状正断层(listric normal faults)或多米诺式断层(domino faults), 沿核部及拆离断层构造发育深源岩浆侵入体。变质核杂岩大部分在大陆板块边缘, 由于洋壳(或陆壳)板块俯冲, 导致地壳加厚, 引起重力滑塌作用(gravity collapse), 区域大陆伸展运动(continental extension)形成变质核杂岩带(metamorphic core complexes belts)。河北省变质核杂岩位于华北板块内部的太行山和燕山地区。最近有不少研究成果, 先后厘定了太行山的赞皇、阜平变质核杂岩^[1, 2], 房山变质核杂岩^[3], 燕山地区的云蒙山变质核杂岩^[4, 5], 以及邻区鲁西地区的泰山-鲁山-沂蒙山变质核杂岩^[6]。在此成果基础上, 对太行山、燕山地区变质核杂岩构造深部及地表地质特征进行简单介绍。

1 变质核杂岩的基本特征

区域重力异常研究发现: 变质核杂岩核部出露中-深变质岩及酸性侵入岩, 所以剩余重力异常为负值; 沉积盖层拆离下陷, 为剩余重力正异常。零值线则一般和主拆离断层相一致。根据前人资料和野外工作, 河北省(包括鲁西)厘定了麻棚、神仙山等 15 个变质核杂岩(图 1)。它

收稿日期: 1999-04-13; 修订日期: 1999-06-28

作者简介: 傅朝义(1964-), 男, 高级工程师, 现为中南工业大学博士生, 构造地质专业。

们围绕华北拗陷呈环带状分布。因为变质核杂岩形成机制和时间不同,变质核杂岩的形态特征不同,有穹状和长垣状。而且可以相互交叉,重叠。

变质核杂岩形成的时间可以用以下方法确定:(1)变质核杂岩形成过程中新生矿物的同位素年龄;(2)侵入的岩浆岩年龄;(3)同生构造盆地的地层年龄。据此推测河北省变质核杂岩形成始于印支期(229~185 Ma),燕山中晚期达到高峰(145~100 Ma),目前仍在活动。

核部基本上由太古界变质岩和复式花岗岩基组成,盖层由中—上元古界长城系、蓟县系、青白口系和古生代未变质的砂岩—灰岩组成。主拆离断层位于变质岩与沉积岩之间。

深大断裂构造分为两组:近东西向和北北东向。它们相向,阶梯状滑动。即向中心滑动(图1)。总体反映区域伸展状态。

研究区深部构造由三部分组成:华北拗陷区为上地幔隆起区,莫霍面深度为34~37 km。周围山区(太行山,燕山,鲁西)为地壳厚度变异带,莫霍面深度由37~40 km(幔阶和幔坎)。西北部山西台隆和坝上高原为上地幔拗陷区,莫霍面深度大于40 km。变质核杂岩环带和莫霍面深度变异带相一致,这一特点和美国西部变质核杂岩的深部构造相似:西侧为幔隆的洋壳,东北侧为幔拗的科罗拉多高原,中部为变质核杂岩发育部位(莫霍面变异带)的科迪勒拉造山带。

2 变质核杂岩的分类

研究区的变质核杂岩根据不同的特征,有不同的分类方法。(1)根据有无岩浆底辟作用,可以分为:a.主动式(有岩浆核)。由于岩浆底辟上侵形成,如云蒙山、房山、涞易、都山等变质核杂岩;平面上呈圆形。b.被动式(无岩浆核)。由于区域性陆壳伸展而成,如阜平、马兰峪核杂岩;平面上多呈椭圆形。(2)根据拆离滑脱方向的不同,可以分为对称型和不对称型两种。对称型是向两个相反方向或周围拆离滑脱。如房山和云蒙山核杂岩主要向东南方向拆离。(3)根据核部出露形态,则分为长垣状和穹状。前者多与区域性伸展—拉伸作用形成的被动式核杂岩一致,后者则和岩浆底辟作用形成的主动式核杂岩一致。(4)根据发育程度分为:a.早期核杂岩。核部基本上未出露。如曲阳核杂岩、涞易核杂岩,中—上元古界和古生界盖层拆离滑脱构造发育,重力负异常,深部有隐伏岩基,但核部变质岩出露很少或没有。属于变质核杂岩发育的早期阶段。b.中期核杂岩。核部及盖层均存在,如阜平、房山、云蒙山等核杂岩。c.晚期核杂岩。盖层被拆离滑脱消失或少量存在,大部分为核部变质岩或花岗岩基,如麻棚核杂岩,仅在北侧阜平一带有少量中—上元古界和古生界残留体。

3 拆离滑脱构造

拆离滑脱构造包括位于盖层与核部之间的产状缓倾的主拆离滑脱断层,盖层及核部内与主拆离断层平行产出的次级拆离断层,以及与拆离断层伴生的陡倾多米诺断层,箕状同生构造盆地和伴生的褶皱。按照 Lister 和 Davis (1989)^[7]研究美国西部变质核杂岩所得出的结论:拆

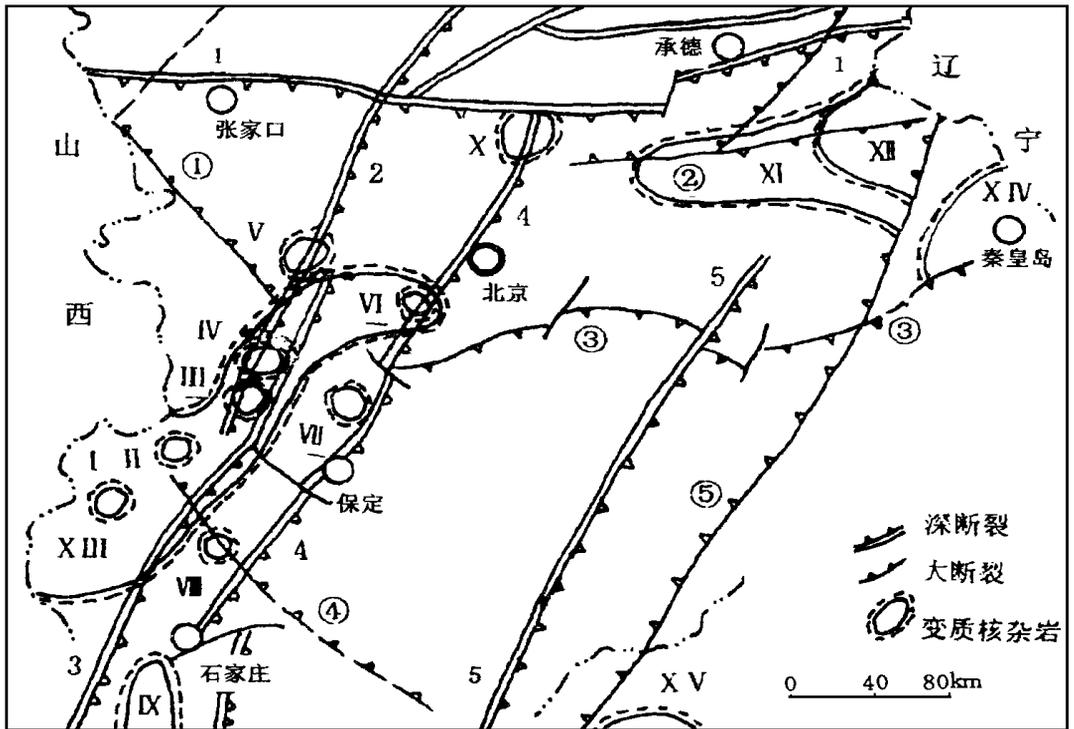


图1 河北省主要深大断裂及变质核杂岩分布图

Fig. 1 The distribution map of the master deep-great faults and metamorphic core complexes in Hebei province

深断裂: 1. 尚义-平泉深断裂 2. 乌龙沟-上黄旗深断裂 3. 紫荆关-灵山深断裂 4. 太行山前深断裂
5. 沧州-大名深断裂

大断裂: 马市口-松枝口大断裂 密云-喜峰口大断裂 固安-昌黎大断裂 无极-衡水大断裂
青龙-海兴大断裂

变质核杂岩: 麻棚 神仙山 司各庄 王安镇 大河南 房山 涞易 曲阳 赞皇
云蒙山 马兰峪 都山 阜平 秦皇岛 鲁西

离断层从上到下, 产状由陡倾变缓倾, 逐渐变为水平。变形特征则由脆性、脆-韧性到韧性。构造岩由角砾岩、网状狭窄糜棱岩带到透入性厚大糜棱岩带。对于发育完整的核杂岩, 主拆离断层带内, 一般可见深部拆离抽拉上来的厚度巨大的韧性剪切带。如湖南幕阜山变质核杂岩(李先福, 1992), 在桃林铅锌矿区, 主拆离滑脱带下盘由眼球状花岗质糜棱片麻岩和构造片岩组成的宽达 2~5 km 的韧性剪切带。上盘则由构造角砾岩组成, 宽 75~100 m, 从上到下可分为三个亚带: 角砾岩带、碎裂岩带、网状裂隙带。内蒙古亚干变质核杂岩(郑亚东等, 1993) 主拆离断层包括: 糜棱岩带, 绿泥石化碎裂岩带, 以及 25~30 cm 宽的超碎裂岩带-假熔岩带。

研究区内的主拆离断层一般可见到下盘的韧性剪切带和构造分带性。云蒙山核杂岩围绕岩基周围有 50~300 m 宽的糜棱岩化带^[5], 但多数核杂岩的韧性剪切带只有数米, 图 2 为涞水县土口主拆离断层示意图。从下向上, (1) 太古界黑云斜长片麻岩; (2) 弱蚀变黑云斜长片麻岩,

产状已逐渐和拆离面产状 $330^{\circ} 20' \sim 25'$ 一致, 宽约 10 m; (3) 碎裂, 片理化滑脱层(原岩主要为片麻岩), 可能代表早期的糜棱岩带, 后期改造形成, 宽 2~3 m; (4) 强蚀变碎裂片麻岩, 宽约 4 m; (5) 含硫化物片理化带, 含有大量硫化物, 宽约 2 m(位于沉积盖层和变质岩之间); (6) 碎裂蚀变(硅化, 黄铁矿化)砂岩, 宽约 5 m; (7) 断层角砾岩, 宽约 1 m; (8) 含石英网脉砂岩, 一组脉平行主拆离滑脱带, 一组为反向多米诺节理, 产状 $135^{\circ} 45'$; 充填含硫化物石英细脉, 宽 0.5~1 cm, 该带宽约 10 m; (9) 断层角砾岩, 位于白云岩和砂岩之间, 宽约 0.5 m; (10) 正常高于庄组白云岩。

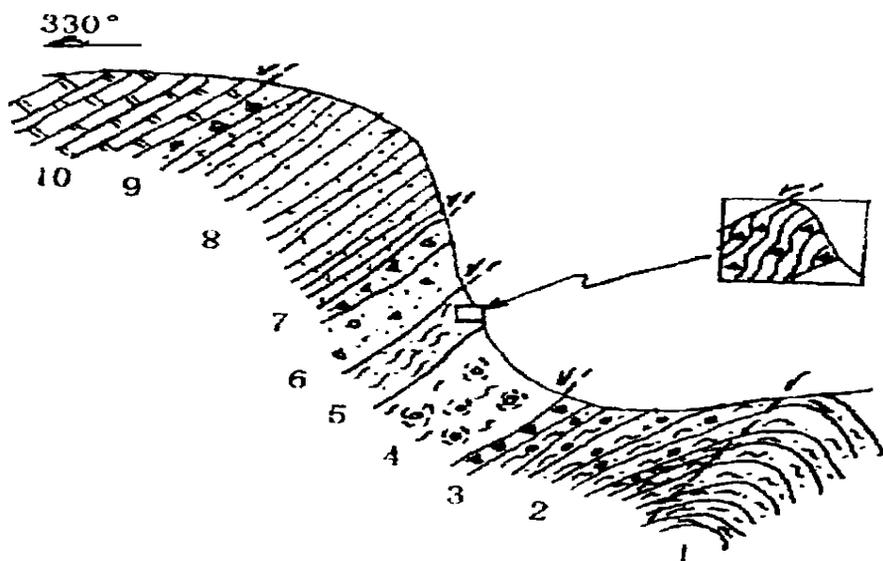


图2 涞水县土口拆离滑脱构造示意图

Fig. 2 The sketch of the detachment structure in Tukou, Laishui county (no scale)

1. 黑云斜长片麻岩 2. 弱蚀变黑云斜长片麻岩 3. 碎裂、片理化滑脱层 4. 强蚀变碎裂片麻岩
5. 含硫化物片理化滑脱层 6. 碎裂蚀变砂岩 7. 断层角砾岩 8. 含石英网脉砂岩
9. 断层角砾岩 10. 高于庄组白云岩

冀东都山变质核杂岩北西侧主拆离断层在尖宝山金矿区(F1断层)也有类似的分带特征, 从下到上: (1) 太古界三屯营组角闪斜长片麻岩; (2) 钾化-硅化脉穿插的片麻岩; (3) 钾化-硅化带(长英质混合岩化带); (4) 绿泥石片理化带(可能为早期的韧性剪切带); (5) 强硅化-绿泥石石英脉; (6) 强硅化含细粒浸染状黄铁矿石微角砾碎裂岩带; (7) 盖层褪色、蚀变砂岩带; (8) 盖层含砾、含石英细脉砂岩; (9) 长城系常州沟组砂岩。主拆离破碎带(2~8层)宽约 60 m。

4 变质核杂岩形成的动力模式

变质核杂岩是地壳上部伸展-拆离的结果, 主要形成于象北美克拉通边缘科迪勒拉第三纪

造山带、地中海及北岸阿尔卑斯造山带等大陆板块边缘构造环境。也有象房山、云蒙山、都山变质核杂岩形成于板块内部构造环境。不同类型的变质核杂岩或不同类型的构造环境形成的变质核杂岩,其形成的动力模式不同。归纳有以下五种模式:被动大陆边缘伸展模式;造山后伸展模式;大陆板块伸展模式;地幔(亚)柱作用;岩浆底辟作用。

(1) 被动大陆边缘伸展模式:包括喜马拉雅山(中国)、科迪勒拉(北美)、安第斯山(南美)、贝蒂克山链(西班牙)、爱琴海(希腊)等伸展构造体系。其动力机制由 Lister et al. (1991)^[10], Dunlap & Fossen (1998)^[11]等总结出来。由于板块之间相互俯冲-碰撞,使地壳叠置加厚。均衡作用使得上地壳产生伸展-拆离断层,形成地堑式盆地和变质核杂岩。另外,斜向俯冲-碰撞局部形成应力转换-侧向伸展作用。如美国盆岭地区^[12]走滑断层体系相邻断层末端的伸展作用。被动大陆边缘的伸展作用,有时也称为造山过程中的伸展运动。

(2) 造山后伸展模式:张家声^[13]、张进江和郑亚东^[14]总结了造山后伸展机制,可以从深部和浅部两方面考虑。在深部机制方面,大陆碰撞形成造山带并在其下形成下凸的根带。根带通过拆沉(delamination)、崩塌作用(collapse)^[15,16],以及对流夷平作用(convective removal)^[14]而消失。导致造山带的浮力反弹。去根作用及热的软流物质的补充在造山带下部形成热穹隆。同时使地壳产生广泛的部分重熔,形成岩浆上涌,进一步加强了浮力反弹效应。从而导致造山带的拉伸应力场。浅部机制主要是造山运动形成的造山楔体与周围相比,存在较陡的压力梯度和较大的重力势能差,从而使楔体发生重力扩散以达到与周围的平衡(地壳增厚效应)。水平挤压应力的减小和消失,使增厚产生的巨大垂向压应力变为主压应力,形成利于重力扩散的侧向张应力场(应力场变换)。造山带增厚的过程中流变性质的软化和水分的加入,在造山带下部形成韧性软弱带,形成造山带的不稳定基底。加上其他诸因素,使造山带挤压体制末期和后期发生大规模的伸展运动。地壳减薄,产生拆离断层-变质核杂岩体系。

河北省变质核杂岩的形成主要和下述三种作用有关(图3)。

(3) 大陆板块伸展模式(图3B):主要指刚性陆壳在深部多层韧性层之上运动的不均匀性所产生的上地壳伸展运动,一般发生在板块内部。板块运动(或漂移)的机制可以是多方面的,由于深部地幔对流,可以带动上部陆壳(岩石圈)运动。板块之间相互作用,也可以造成陆壳运动。板块运动在各处速度是有差别的,快速板块后方可以形成垂直于运动方向的拆离断层(构造盆地)。如欧亚板块东部的一系列北东走向的盆地和隆起可能和华北板块中—新生代受到印度板块向北东挤压,西伯利亚板块向南挤压造成板块总体南东移动的不均匀性有关。下部韧性层流变(或地幔对流),也可以带动上部地壳局部伸展-拆离^[17],形成变质核杂岩。这种伸展运动可以形成多个变质核杂岩带平行产出,同时垂直于板块运动方向,单个变质核杂岩呈长垣状。研究区在中—新生代,赞皇、阜平等长垣状变质核杂岩以及大量北东向箕状构造盆地、拆离断层的形成,部分原因是由于华北板块东南漂移所产生拆离-伸展作用造成的。

(4) 地幔(亚)柱作用(图3C):地球深部核幔边界附近产生的呈柱状上升的,顶部具半球状顶冠和细颈尾柱的蘑菇柱状的高温低粘度热物质流(地幔柱构造),它不仅引起地壳深熔、大规模的岩浆活动、区域变质作用,还可以使地壳伸展,形成变质核杂岩^[18,19,20]。地壳伸展的机制是由于地幔上隆,产生垂向压力,加上均衡作用,使得上地壳下陷,中—下地壳向周围伸展-迁移,周围地壳加厚和上隆,亦产生重力的不稳定性,发生侧向伸展。地幔(亚)柱作用产生

的伸展-拆离、变质核杂岩特点是围绕地幔(亚)柱,华北拗陷带已证实为河淮地幔柱的一部分(地幔亚热柱)^[21]。其依据有:地表为拗陷和大量碱性玄武岩喷发,重力正异常,地幔上隆,存在低速的呈半球状上隆的热柱体,地热异常等。围绕华北拗陷分布的太行山、燕山和泰山变质核杂岩,很明显与地幔(亚)热柱作用有关。

(5) 岩浆底辟作用(图3A):岩浆底辟作用所形成的变质核杂岩其形态多为圆形(穹状),核部为复式岩基。深成岩浆在上升的过程中,由于围压逐渐减少,岩浆房类似于上升的热气球,对围岩产生挤压作用。使上覆岩石上隆,周围岩石褶皱、片理化等变形变质作用。同时,上覆岩石向周围流动-拆离,形成变质核杂岩^[3, 5, 22, 23]。研究区王安镇、大河南、房山、云蒙山等复式岩基围岩都有挤压作用所形成的褶皱、片理构造,岩浆底辟作用明显。变质核杂岩的形成和岩浆底辟作用有关。

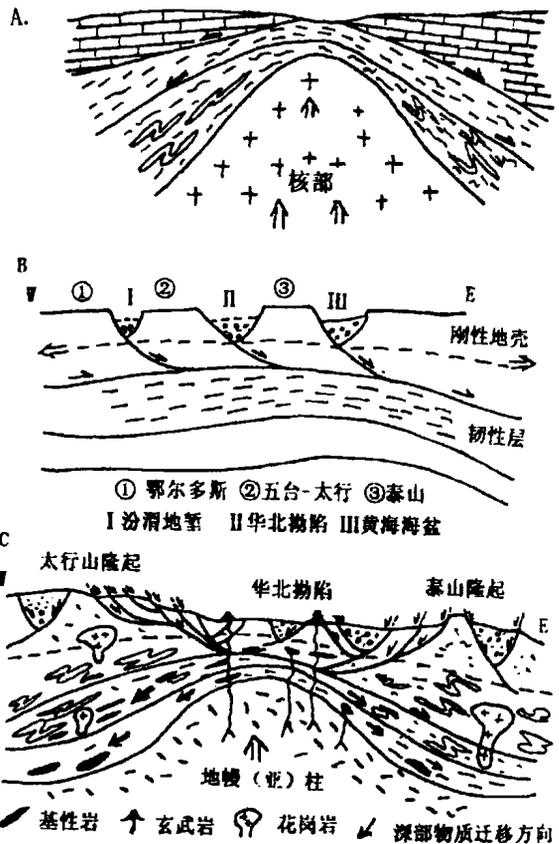


图3 变质核杂岩的成因模式图

Fig. 3 The mechanical model of the metamorphic core complexes

A. 岩浆底辟模式 B. 大陆伸展模式 C. 地幔(亚)柱模式

5 主要结论

(1) 河北省变质核杂岩形成于中—新生代,始于印支期,燕山中—晚期达到高峰,目前仍在活动。

(2) 河北省变质核杂岩呈环带状分布于华北拗陷周围,深部构造和莫霍面深度变异带相一致。

(3) 与变质核杂岩有关的主拆离滑脱断层虽有构造岩分带性,下部发育韧性剪切带,但厚度小,一般只有数米。

(4) 在5种主要伸展运动机制中,河北省变质核杂岩的形成可能和大陆伸展运动、地幔(亚)柱作用及岩浆底辟作用有关。

参考文献:

- [1] 雷世和, 胡胜军, 赵占元. 河北阜平、赞皇变质核杂岩构造及成因模式[J]. 河北地质学院学报, 1994, 17 (1) : 54-64.
- [2] 牛树银, 许传诗, 国连杰, 等. 太行山变质核杂岩构造及成因模式[J]. 河北地质学院学报, 1994, 17 (1) : 43-53.
- [3] 宋鸿林. 北京房山变质核杂岩的基本特征及其成因探讨[J]. 现代地质, 1996, 10 (2) : 149-158.
- [4] Zheng Y, Wang Y, Liu R, et al. Sliding- thrusting tectonics caused by thermal uplift in the Yunmeng Mountains Beijing, China, [J]. J. Struct. Geol, 1998, 10 (2) : 135-144.
- [5] 许继峰, 王人镜, 杨淑荣. 北京云蒙山花岗岩基的岩石变形及其成因[J]. 地球科学, 1994, 19 (6) : 806-813.
- [6] 燕守勋, 王桂梁, 邵震杰, 等. 鲁西地壳隆升的伸展构造模式[J]. 地质学报, 1996, 70 (1) : 1-11.
- [7] Lister G S, Davis G A. The origin of metamorphic core complexes and detachment faults formed during Tertiary continental extension in the northern Colorado River region, U. S. A. [J]. J. Struct. Geol. 1989 11 (1/2) : 65-91.
- [8] 李先福. 湖南桃林与剥离断层有关的铅锌及萤石矿化作用[J]. 现代地质, 1992, 1: 46-53.
- [9] 郑亚东, 张青. 内蒙古亚干变质核杂岩与伸展拆离断层[J]. 地质学报, 1993, 67 (4) : 301-309.
- [10] Lister G S, Etheridge M A, Symonds P A. Detachment models for the formation of passive continental margins[J]. Tectonics, 1991, 10 (5) : 1038-1064.
- [11] Dunlap W J, Fossen H. Early paleozoic orogenic collapse, tectonic stability, and late paleozoic continental rifting revealed through thermochronology of K- feldspars, Southern Norway[J]. Tectonics, 1998, 17 (4) : 604-620.
- [12] Peter J Coney, Tekla A Harms. Cordilleran metamorphic core complexes: Cenozoic extension relics of mesozoic compression[J]. Geology, 1984, 12 (9) : 550-554.
- [13] 张家声. 造山后伸展构造研究的最新进展[J]. 地学前缘, 1995, 2 (1-2) : 67-82.
- [14] 张进江, 郑亚东. 造山带伸展构造机制综述[J]. 地质科技情报, 1996, 15 (3) : 26-34.
- [15] 邓晋福, 莫宣学, 赵海玲, 等. 中国东部岩石圈根/去根作用与大陆“活化”——东亚型大陆动力学模式研究计划[J]. 现代地质, 1994, 8 (3) : 349-356.
- [16] Craig Docherty, Enric Banda. Evidence for the eastward migration of the Alborn sea based on regional subsidence analysis: A case for basin formation by delamination of the subcrustal lithosphere[J]. Tectonics, 1995, 14 (4) : 804-818.
- [17] Othmar T Tobisch, Jason B Saleeby, Paul R Renne, et al. Variations in deformation fields during development of a large- volume magmatic arc, central Sierra Nevada, California[J]. G. S. A. Bull, 1995, 107 (2) : 148-166.
- [18] 牛树银, 李红阳, 孙爱群, 等. 地幔热柱的多级演化及其成矿作用[J]. 矿床地质, 1996, 15 (4) : 298-307.
- [19] Lie J E, Husebye E S. Simple- shear deformation of the Skagerak lithosphere during the formation of the Oslo Rift[J]. Tectonophysics, 1994, 232: 133-141.
- [20] Nicolaus F, Gianreto M. Kinematics of Jurassic rifting, mantle exhumation, and passive- margin formation in the Austroalpine and Penninic nappes (eastern Switzerland)[J]. G. S. A. Bull, 1996, 108 (9) : 1120-1130.
- [21] 孙继源, 邢集善, 叶志光, 等. 华北地区板块内构造及深部过程初探[J]. 地质科技情报, 1992, 11 (1) : 4-13.
- [22] Dosouky M E, Feely M, Mohr P. Diaprite- granite magma mingling and mixing along the axis of the Golway Granite batholith Ireland[J]. J. G. Soc. London, 1996, 153 (3) : 361-374.
- [23] Clemens F D. Observation on the origins and ascent mechanisms of granitic magmas[J]. J. G. Soc. London, 1998, 155 (5) : 843-851.

PRELIMINARY ANALYSES ON MINEROGENETIC CHARACTERISTICS OF GOLD DEPOSITS RELATED TO DUCTILE SHEAR ZONE IN SOUTHERN MARGIN-AREA OF ALTAY

LIU Wu-hui, LIAO Qi-lin, DAI Ta-gen, ZHAO Xiao-xia

(*Institute of Geology, CSUT, Changsha 410083, China*)

Abstract: The Au deposit related to ductile shear zone is one of the main types of primary Au deposit in the south margin area of Altay. The authors make a correlative study on Keke-sayi, Saidu and Dolanasayi which are typical Au deposits related to ductile shear zone in the area and generalize the characteristics and prospecting criteria of such type of Au deposit. The sources of ore are discussed and it is considered that ductile shear zone is the prerequisite and sedimentary clastic rock and Au-bearing low metamorphic volcanic clastic rock formations are the favourable setting in late palaeozoic arcs for formation of such Au deposit.

Key Words: ductile shear zone; gold deposit; minerogenetic characteristics; southern margin of Altay; Xinjiang

(上接第 16 页)

THE METAMORPHIC CORE COMPLEXES IN HEBEI, CHINA

FU Chao-yi

(*The Central-South university of Technology, Changsha 410083, China*)

Abstract: The metamorphic core complexes in Hebei were formed during Mesozoic-Cenozoic Period occurring as belts in Taihang, Yanshan mountain areas etc, in the surroundings of the North China Depression. They are formed by magma diapirism, continental extension and mantle plume. However the huge ductile shear zones in Cordilleran metamorphic core complex are absent here.

Key words: metamorphic core complexes; diapir of magma; continental extension; mantle-plume; Hebei.