

中国地质调查项目(199913000003)

“太行山北段阜平群的基本组成特征和深熔作用对地壳岩石的改造”

# 太行山中北段早前寒武纪地质图

(说明书)

编制单位：中国地质科学院地质研究所  
河北省区域地质矿产调查研究所

项目负责人：程裕淇 杨崇辉

编写人：刘增校 杨崇辉

项目成员：万渝生 刘增校 杜利林  
张西平 张寿广 伍家善

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

太行山中北段早前寒武纪地质图/程裕淇等编.—北京:地质出版社,2004.12

ISBN 7 - 116 - 04281 - 4

太... .程... .山—前寒武纪地质—地质  
图—山西省 .P562.25 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 124257 号

# 前 言

## 一、研究区地理概况

研究区主要位于太行山脉中北段，地理坐标大致位于北纬 38°10′ ~ 39°，东经 113°30′ ~ 114°30′ 的范围内。行政区划属河北省保定市的阜平县、曲阳县及唐县，石家庄市的平山县、行唐县和灵寿县及山西省的五台县和盂县。详细工作区范围见图 0 1。

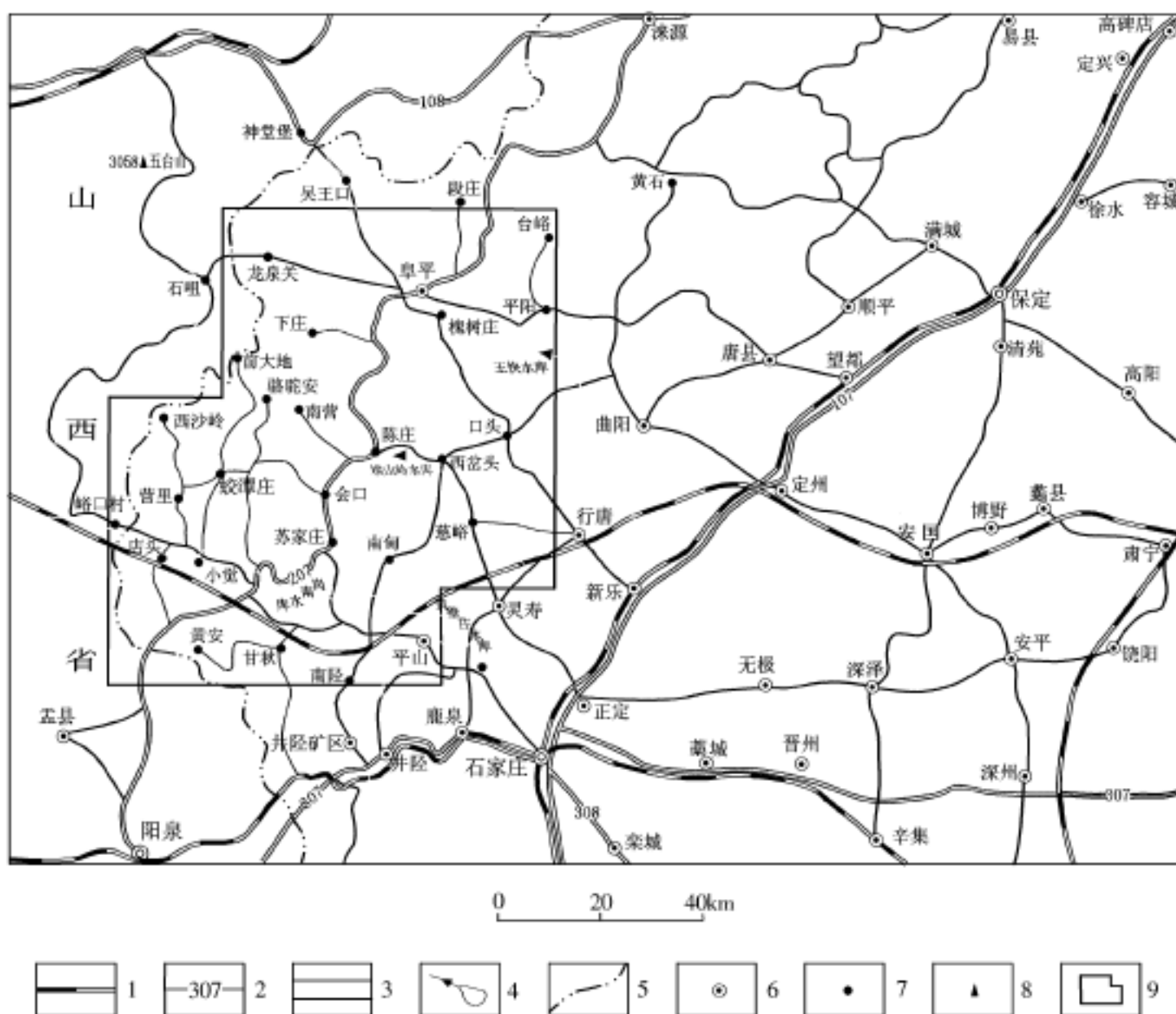


图 0 1 工作区交通位置图

1—铁路；2—国道及编号；3—省道及县道以下公路；4—水库；  
5—省界；6—县政府所在地；7—村庄；8—山峰；9—工作区范围

研究区交通尚属方便，以公路运输为主，除有南北向纵贯研究区的 207 省道外，还有南北向纵贯研究区东侧的 107 国道和东西向横穿研究区南侧的 307 国道，各县间均有省级公路相连，乡、村间一般都有简易公路或乡间土路相通，主要沿河谷分布，在河谷之间通常有山脊分布，较难通行。在两省交界处，除了山口外，几乎不能通行。此外，朔（州）

黄（骅）铁路呈东西向横穿研究区南部，对区内的交通运输起着重要的作用。

研究区地势西高东低，西部多为中高山区，海拔 600 ~ 2200m，切割较深，最大高差可达 1700m。中部为中山地貌，海拔 300 ~ 1500m，相对高差 200 ~ 500m。东部地势相对较低，为平原向山区过渡的丘陵地带海拔 200 ~ 400m，相对高差 100 ~ 300m。区内的河流多为 NWW 向，南部属滹沱河水系，北部属大沙河水系。

## 二、区域地质概况及研究简史

研究区所在的太行山中北段，位于华北克拉通的中部偏北，主要由早前寒武纪变质岩石和少量中生代花岗岩组成。按传统的大地构造划分方案其属于华北地台（Ⅰ级）山西断隆（Ⅱ级）的五台台拱和太行拱断束两个Ⅱ级构造单元。如果从盖层角度划分则属于燕山台褶带阜平—涞源复背斜的核部。最近 Zhao et al. (2000) 及赵国春等 (2002) 等将华北克拉通划分为东部陆块、西部陆块和中部陆块，他们认为中部陆块是东、西两陆块碰撞的一个大型的造山带，研究区位于他们所划的中部陆块的东部。

太行山的地质研究工作历史悠久，早在 19 世纪末、20 世纪初就有中外地质工作者在区内进行研究，但主要是在交通方便的地区进行路线地质调查或矿区和矿点的地质调查，资料零星。先后有李希霍芬 (1871)、Willis 和 Blackwelder (1904)、王竹泉 (1920)、王曰伦 (1928)、杨杰等 (1931) 进行过路线地质调查。比较系统的区域地质调查和研究工作是在新中国成立以后才逐步开展起来的。20 世纪 50 年代后期原北京地质学院师生在该区开展了 1:20 万区域地质测量及找矿工作，为太行山地区的早前寒武纪地层划分和区域构造研究奠定了一定的基础。谭应佳 (1959) 提出将这一带的太古宙地层划分为阜平系、建屏系和五台系。60 年代初河北和山西区测队对本区进行了 1:20 万区域地质调查工作，分别提交了 1:20 万阜平幅、石家庄幅和平型关幅、孟县幅区测报告。对太行山区的地质和矿产进行了系统的调查和研究。建立了早前寒武纪变质岩系著名的阜平群、龙泉关群、五台群和滹沱群，并将早前寒武纪地质演化划分为阜平期、五台期和吕梁期三个大的演化阶段。但对阜平群的认识并不一致，导致了不同的划分方案，最多的划分了 9 个组，孟县幅和石家庄幅等不能够完好接图。总的来说，这一轮 1:20 万区域地质调查积累了比较全面和大量的地质资料，为该地区以后的地质工作奠定了良好的基础。从 20 世纪 70 年代末、80 年代初开始至今本区陆续开展了 1:5 万区测工作，其中最重要的进展就是从原阜平群中解体出了大量的变质深成岩，但由于跨越的时间很长，不同测区在工作程度上存在一定差异，认识上也不完全一致。90 年代末河北省区域地质矿产调查研究所张晔卿等 (2000) 对太行山中北段进行了 1:5 万区调片区总结，对以往的 1:5 万区调成果进行了系统的总结，确定了统一的填图单位，是本区区调工作的一个阶段性的全面总结。

20 世纪 70 年代后期以来，中国地质科学院地质研究所、北京大学、中国地质大学、河北地质学院、香港大学及中国科学院地质研究所等单位先后在该区开展了不同内容的基础性专题研究工作。张寿广等 (1983) 通过大量的野外工作及详细的大比例尺填图，揭示了太行山地区太古宙变质岩系存在着多期变形和叠加褶皱，提出了阜平太古宙穹状复合褶皱群的构造样式及其变形历史。刘敦一等 (1984) 对太行—五台山区的前寒武纪变质岩系进行了同位素地质年代学研究，限定阜平群沉积年龄最大极限值为 2.7 ~ 2.9Ga。徐朝雷等 (1985) 经过专题研究否定了孟县幅划分的龙华河群，认为铁堡不整合向南延伸到滹沱

河一带，从而划分出五台群及七东山一带的滹沱群。王启超等（1988，1996，2001）根据多年来的区域地质调查工作认为，1 20 万石家庄幅阜平群内划分的陈庄组和湾子组之间存在不整合面，提出划分阜平超群（包括陈庄群和湾子群）、五台超群（包括龙泉关群、石嘴群和台怀群）及甘陶河群的意见，并主要根据他本人重新计算的 Sm Nd 年龄，将阜平超群的时代划为中太古代（3.3 ~ 2.8Ga）。伍家善等从 1980 年开始对广义的阜平群进行了深入的研究，于 1989 年出版了《阜平群变质地质》专著，对广义阜平群的同位素地质年代学、变质及变形作用、矿物与岩石、原岩性质及形成环境、地球化学、地球物理和地壳演化等方面进行了系统研究。认为广义的阜平群是一套变质的表壳岩，并分为上、中、下三个亚群，其原岩为新太古代大陆边缘浅水盆地含火山物质的沉积岩。张春华等（1990）在研究河北省的早前寒武纪变质岩时，对本区的变质作用、混合岩化作用及相应的花岗质岩石作了系统的研究。谭应佳等（1989，1993）研究认为本区的变质岩系的原岩是以火山岩和沉积岩为主的一套表壳岩，其中属于古侵入体的只是一小部分。在确定“小觉不整合”的基础上，在阜平群之上建立了蛟潭庄群，并对变质作用及演化、区域构造格架及序列、沉积变质矿产的控矿条件和找矿方向、早前寒武纪不整合的厘定及其研究方法等进行了研究。王凯怡等（1991）认为阜平地区的高级变质岩系主要由约占 60% 的灰色片麻岩（TTG）构成，其余为变基性岩和火山沉积岩。李江海等（1991）认为龙泉关群不是地层单元，而是大型的低角度的推覆剪切带。郝杰等（1995）则认为不应将龙泉关群作为一个大型韧性剪切带，其应该解体为“龙泉关构造岩层”和“跑泉厂变沉积岩组”两部分，前者为“阜平古陆块”刚性基底的一部分，在新太古代末经历了一次大规模的韧性剪切作用，后者为“阜平古陆块”西北陆缘带的边缘沉积，形成于古元古代。许荣华等（1995）对龙泉关韧性剪切带进行了年代学研究，认为该剪切带形成于 1.9Ga 前后。Sun et al.（1992）依据阜平杂岩中片麻岩和斜长角闪岩的 Nd 同位素亏损地幔模式年龄认为阜平杂岩具有近于 2.6Ga 的年龄。而后关鸿和孙敏等（1998）及孙敏和关鸿（2001）进一步研究认为阜平杂岩是由不同时代、不同成因的各种高级变质岩组成，其主体是 2.51Ga 的 TTG 片麻岩并包裹了少量 2.7Ga 的大陆残片。牛树银等（1994）提出了太行山地区是总体以拉张体制为主的变质核杂岩的演化模式，阜平和赞皇隆起是两个典型的变质核杂岩，并将阜平群岩石解体为阜平表壳岩和变质深成岩。程裕淇等（1996，1998，1999，2000a，2000b，2001）在平山和阜平等地进行了大量的深熔作用及地球化学方面的研究。刘树文等（1996a，1996b，1997，1999a，1999b，2002）及 Liu et al.（2000，2002）等将本区变质岩系分为阜平片麻杂岩、湾子变质层状岩系和南营花岗片麻岩三个地质单元，并对变质流体、变质作用、*PTt* 轨迹、同位素地质年代及矽线石石英球的成因等进行了研究。唐先梅和刘树文（1997）认为阜平片麻杂岩和湾子层状岩系之间发育大规模的低角度伸展变形带，沿该变形带南营片麻岩侵位。Wilde（1998），Cawood et al.（1998），Zhao et al.（2000a，2000b，2001，2002）和赵国春等（2002）认为太行山—恒山—五台山是同一岛弧岩浆带，他们将其划为华北克拉通的中部带，认为是华北克拉通东部陆块和西部陆块于 1.85Ga 左右发生碰撞作用的产物，正是这次事件使华北克拉通在 1.80Ga 左右最终固结。贺义兴等（1999，2001）和宋书林等（2000）对小觉地区的变质岩天然样品和实验样品在熔融过程中的一些矿物相及成分变化进行了研究。吴昌华等（2000）认为狭义的阜平片麻岩为 TTG 片麻岩，湾子岩系的时代为古元古代，是晋蒙高级区孔兹岩系的等同物。

此外，河北省地质矿产局、冶金地质勘察队及天津冶金地质研究院还在该区开展过黄金、非金属等矿种的找矿勘察工作。

本次工作有专著 《太行山中北段早前寒武纪地质和深熔作用对地壳岩石的改造》， 请参阅。

# 目 录

前 言	
第一章 变质地层 .....	( 1 )
第一节 阜平岩群( $A_{r_3} F.$ ) .....	( 1 )
第二节 湾子群( $A_{r_3} W$ ) .....	( 6 )
第三节 五台岩群( $A_{r_3} Wt.$ ) .....	( 7 )
第四节 滹沱群( $P_{t_1} H$ ) .....	( 7 )
第二章 变质深成岩 .....	( 9 )
第一节 阜平旋回变质深成岩 .....	( 9 )
第二节 湾子旋回变质深成岩 .....	(11)
第三节 吕梁旋回变质侵入岩 .....	(14)
第三章 龙泉关构造 杂岩带 .....	(16)
第四章 沉积盖层 .....	(18)
第五章 侵入岩 .....	(19)
第六章 变质作用和深熔作用 .....	(20)
第一节 变质作用 .....	(20)
第二节 深熔作用 .....	(23)
第七章 基底构造 .....	(24)
第一节 构造形迹 .....	(24)
第二节 褶皱构造序列 .....	(25)
第三节 韧性剪切变形带 .....	(26)
第四节 主要地质事件的演化时序 .....	(28)
主要参考文献 .....	(29)

# 第一章 变质地层

区内的变质地层宏观上以层状、似层状产出,横向分布比较稳定。从老到新划分为新太古代阜平旋回阜平岩群;湾子旋回湾子群、五台岩群、麻河清岩组;古元古代吕梁旋回滹沱群。以阜平岩群出露面积最大,湾子群次之,麻河清岩组、滹沱群局部分布,五台岩群零星出露。

## 第一节 阜平岩群( $Ar_3 F.$ )

阜平岩群出露于坊里、大柳树、城南庄、叠卜安、陈庄、小觉、古月等广大地区,是本区早前寒武纪变质岩石的主体,也是本区最早的变质成层岩系。该套地层由于受到多期变质变形的改造,原有层序已被打乱,变成为岩性层状无序,但大套组合有序,可以划分为索家庄岩组和元坊岩组。随着研究工作的不断深入,现在所划分的阜平岩群中仍有解体出变质深成岩的可能。

### 一、索家庄岩组( $Ar_3 s.$ )

该岩组是本区最古老变质地层单位,分布于索家庄、陈庄、大柳树、坊里等地,构成背斜的核部,主要岩性为黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、浅粒岩、含紫苏辉石斜长片麻岩夹二辉斜长麻粒岩、(紫苏)斜长角闪岩、含磁铁紫苏角闪石英岩、含磁铁紫苏石榴斜长角闪岩等。顶部斜长角闪岩在本区中部陈庄—索家庄一带夹透辉斜长变粒岩和杂色大理岩,大理岩呈似层状、透镜状,在有的地方可见与斜长角闪岩呈相变关系;在本区北部大柳树、坊里等地夹有石榴紫苏磁铁石英岩和含磁铁石榴角闪石英岩。组合标志层成层性明显,空间延伸比较稳定。主要岩石类型的矿物组成含量见表 1 1,岩石化学成分见表 1 2。

岩石遭受麻粒岩相区域变质,混合岩化强烈,形成条带状、条纹状混合岩化岩石。变形强烈,本岩组构成(复式)背斜的核部,夹层发育无根褶皱、片内褶皱,强干性岩石被挤压拉断呈透镜状、石香肠状。

恢复原岩,以中基性火山岩及火山凝灰岩为主,夹硬砂岩,局部夹碳酸盐岩。

在阜平县大柳树村索家庄岩组底部黑云二长片麻岩中取得锆石 U Pb 一致线年龄  $2800 \pm 230$  - 150Ma(伍家善等,1980);大柳树周围索家庄岩组斜长角闪岩、角闪二辉麻粒岩、角闪斜长片麻岩中取得 Sm Nd 一致线年龄  $(2790 \pm 171)$ Ma(伍家善等,1986)。本次工作通过锆石离子探针测年确定索家庄岩组原岩形成于 2700 ~ 2540Ma 之间。

### 二、元坊岩组( $Ar_3 y.$ )

系指产出于索家庄岩组之上,湾子群厚层浅粒岩之下的一套层状—似层状岩石组合,主要岩性为浅粒岩、黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、斜长变粒岩等,呈间层状产出。下部夹紫苏磁铁石英岩、石榴二辉斜长角闪岩、磁铁紫苏斜长片麻岩等,多以夹层状、



透镜状、扁豆状分布,部分地段消失。上部夹一特征岩段,即角闪斜长变粒岩、斜长角闪岩、黑云斜长变粒岩夹磁铁石英岩组合,色率较深,普遍含石榴子石,成层性明显,延伸比较稳定。在岩组中部和(或)顶部夹似层状、透镜状透辉变粒岩、斜长角闪岩、不纯大理岩组合层。

岩组宏观成层性较好,各类岩层呈中薄层、中厚层交互产出,岩性变化频繁。大部分地区表现为高角闪岩相变质,部分地段为麻粒岩相变质。岩石经历了两期混合岩化作用,形成条带状、条纹状混合岩化岩石。

恢复原岩为硬砂岩、长石砂岩夹中基性凝灰岩、硅铁质岩、泥质砂岩、碳酸盐岩。

主要岩石类型的矿物组成含量见表 1 1,岩石化学成分见表 1 2。

岩石变形强烈,常构成大型复式背斜核部或两翼;无根褶皱、片内褶皱及由片麻理和条带形成的揉皱、尖棱褶皱发育;斜长角闪岩被挤压、拉断呈透镜状、石香肠状;磁铁石英岩形成紧闭同斜褶皱,转折端加厚,翼部拉断变薄。

## 第二节 湾子群( $Ar_3 W$ )

湾子群主要分布于阜平穹状隆起的南缘和西缘。在南缘,沿口头—湾子—下槐—车辐安一线呈 NEE 向带状展布;由下柳村向西至宋家口呈 NW 向;向宋家口向北则转为 NNE 向展布于隆起南西缘的蛟潭庄—秋卜洞一带。主要岩性有浅粒岩、变粒岩、钙硅酸盐岩、斜长角闪岩及大理岩,区域变质属高角闪岩相;普遍遭受了中等强度混合岩化作用。

本群层序稳定,岩石组合、原岩建造、沉积旋回性两分性明显,本次工作划分为湾子群下组和上组。本群与下伏阜平岩群为构造改造的不整合接触。

### 一、下组( $Ar_3 W_1$ )

组成本组的岩性以肉红色厚层 巨厚层状钾长浅粒岩、矽线石英球钾长浅粒岩为主,此外有磁铁矿浅粒岩、中薄层二长浅粒岩等。有的地段,原岩中泥质成分较多,形成含云母钾长浅粒岩、含透闪石浅粒岩等。浅粒岩可以覆盖在元坊岩组不同岩性之上。主要岩石类型的矿物组成含量见表 1 1,岩石化学成分见表 1 2。

岩石中所含矽线石石英球集合体是本组的重要识别标志之一,其含量沿倾向和走向变化较大,从无到含量达 30% 以上。集合体多呈椭球状,部分地段呈脉状或层状,变形后呈饼状、片状。球状集合体定向明显。本组在宋家口一带厚 96m,长峪厚 191m,蛟潭庄厚 100m。

沿口头—湾子—七树沟—庞家铺一线带状韧性变形叠加明显,浅粒岩改造为白云母钾长片麻岩及糜棱岩化岩石。变质岩石退变为低角闪岩相。

岩石以层状构造为主,虽经强烈变质变形作用改造,局部仍有变余层理、变余沉积结构保留,如浅粒岩中常见磁铁矿与浅色矿物相间定向排列;透闪石、黑云母、白云母呈条纹、条带状定向排列,显示变余原生层理构造特征;钾长浅粒岩镜下变余砂状结构偶有发现。恢复原岩为长石砂岩、岩屑砂岩等。为一套滨海相环境沉积形成的陆源碎屑岩建造。

岩石遭受了高角闪岩相区域变质。混合岩化作用主要表现为浅粒岩中矿物粒度增大,原生条纹、条带构造被局部破坏、改造或出现颗粒较粗的长英质不规则团块及脉状体。该脉状体可发展为长数米,宽数十厘米的不规则的不均一的花岗质岩石体,同浅粒岩呈渐变过渡关系。

## 二、上组( $Ar_3 W_2$ )

本组在空间分布上与下组紧密伴生。本组下部是覆于浅粒岩之上的含钙、镁较高的杂色岩石组合,为黑云斜长变粒岩、黑云二长变粒岩夹薄板状二长浅粒岩、细粒长石石英岩、含刚玉黑云钾长变粒岩(片岩)、斜长角闪岩、透辉变粒岩、透闪透辉变粒岩、透闪透辉石岩、方解石透辉变粒岩等组成的韵律层,靠下部变粒岩相对较多,向上钙硅酸盐岩、不纯大理岩逐渐增多。构成韵律层的岩性,单层厚度一般由几厘米到几十厘米不等。主要岩石类型的矿物组成含量见表 1 1,岩石化学成分见表 1 2。

本组上部以中厚层 厚层白色金云母大理岩、透闪大理岩、透辉大理岩、含橄榄大理岩为主,夹橘红色透辉大理岩、钙质变粒岩、斜长角闪岩、透辉石岩等。岩石成层清楚,在宋家口一带厚 553m,长峪厚 596m,蛟潭庄厚 266m。

原岩主要为粉砂岩、砂质泥岩、泥灰岩、碳酸盐岩夹中基性凝灰岩及火山岩。区域变质属高角闪岩相,带状变形叠加处退变为低角闪岩相。变形尤以钙硅酸盐岩表现明显,N 型、M 型、I 型褶皱发育,早期伟晶岩脉形成尖棱褶皱。

在长峪附近本组层状斜长角闪岩中取得 Sm Nd 等时线年龄 2546Ma(陈庄—神堂关测区报告,1995)。本次工作通过锆石离子探针测年确定湾子群原岩形成于 2536 ~ 1800Ma 之间。

## 第三节 五台岩群( $Ar_3 Wt.$ )

五台岩群是一套遭受褶皱干扰和断裂破坏的火山 沉积岩系,研究区内分布局限,见于本区北部板峪口—上堡一带,在龙泉关西北部有零星分布。岩石类型相对简单,变余层状构造、韵律构造发育。变质程度为角闪岩相,变形改造较为复杂。底部以韧性剪切带与阜平岩群接触,顶部被吕梁期花岗岩侵入或被中元古代沉积盖层覆盖。

本岩群下部主要岩性为中 厚层状石英浅粒岩、钾长浅粒岩夹石英岩、含透辉浅粒岩、斜长角闪岩、透辉变粒岩、黑云斜长变粒岩、石榴黑云斜长变粒岩、石榴黑云片岩、矽线石榴黑云片岩、角闪片岩、白色金云母透闪大理岩夹透辉大理岩等。岩层受韧性剪切变形改造强烈,发育糜棱岩和糜棱岩化岩石,其中强干性岩性层常呈豆荚体、透镜体赋存于变形带中,不纯大理岩中发育鞘褶皱。

上部为黑云斜长变粒岩、角闪斜长变粒岩夹斜长角闪岩、薄层浅粒岩,并夹有 3 ~ 4 层磁铁石英岩、磁铁角闪石英岩。这套含铁岩石断续相连,延续比较稳定,可作为标志层。

原岩分别为碎屑岩 碳酸盐岩建造和中基性、中酸性火山碎屑岩 含铁硅质岩建造。变质程度多表现为低角闪岩相,强变形部位退变为绿片岩相。混合岩化表现为条带状、条纹状钾质脉体发育,新生体中通常有少量黑云母。

## 第四节 滹沱群( $Pt_1 H$ )

分布于工作区东南部慈峪—林山—南陞一带,为一套未受混合岩化作用影响的绿片岩相变质岩系。底界不整合于新太古代变质岩系之上,后被脆 韧性滑脱变形叠加;顶部被中元古界角度不整合覆盖或以断层接触。

区内该套地层由三个岩石组合构成：下部为变质长石砂岩、变质长石石英砂岩、夹斜长角闪片岩,底部局部发育薄层变质砾岩。厚 103 ~ 218m。中部为斜长角闪片岩、黑云片岩夹绢云片岩、二云片岩,绢云石英片岩、透闪片岩、含铁石英岩等。厚 41 ~ 614m。上部为灰白色、浅红色厚层含石英大理岩化白云岩、含透闪大理岩化白云岩、含透辉大理岩化白云岩夹千枚岩、黑云片岩等。厚 116 ~ 277m。原岩为碎屑岩、粘土岩、碳酸盐岩夹中基性火山岩。自下而上构成了一个海进 海退沉积旋回。

岩石变质程度较浅,为绿片岩相。变形普遍强烈,主要表现为岩层至少受到两期褶皱构造叠加;斜长角闪岩与变质长石砂岩、长石石英砂岩强烈片理化;岩石中片状矿物平行定向分布,长英矿物和一些柱状矿物被拉长,构成矿物线理;长英矿物集合体或小砾石成不规则眼球状,长轴平行片理方向,局部可见少量不对称眼球,发育 S C 组构。

变质地层岩石矿物成分含量见表 1 1,变质地层岩石化学成分平均值见表 1 2。

表 1 1 变质地层主要岩石矿物成分含量表

单位	岩 性	矿 物 含 量/ %											
		钾长石	斜长石	石 英	黑云母	角闪石	透辉石	透闪石	方解石	白云石	白云母	石榴子石	其 他
麻 河 清 岩 组	浅粒岩	2 ~ 63	20 ~ 67	16 ~ 40	1 ~ 7						2 ~ 6		
	黑云斜长变粒岩、角闪斜长变粒岩	0 ~ 18	28 ~ 78	5 ~ 23	6 ~ 10	1 ~ 11							
	斜长角闪岩		30 ~ 38	1 ~ 10	少量	50 ~ 60						0 ~ 8	
	钙硅酸盐岩	少量	9 ~ 60				35 ~ 82	0 ~ 40	0 ~ 25				方柱石少量
	大理岩						0 ~ 20	0 ~ 18	63 ~ 70		0 ~ 15		金云母 4 ~ 13 蛇纹石 0 ~ 32
湾  子  群	钾长浅粒岩、二长浅粒岩	30 ~ 65	15 ~ 45	20 ~ 30	无或少量	少量	无或少量	无或少量			无或少量		矽线石 0 ~ 30、磁铁矿少量
	黑云二长变粒岩	25 ~ 45	40 ~ 25	10 ~ 20	10 ~ 20	无或少量							
	黑云斜长变粒岩	少量	50 ~ 60	10 ~ 40	12 ~ 25	少量	无或少量					无或少量	矽线石无或少量
	斜长角闪岩		30 ~ 50	少量	少量	45 ~ 60	少量						
	透闪透辉石岩						60 ~ 70	10 ~ 30	< 10		少量		金云母少量
	含刚玉黑云钾长变粒岩(片岩)	40 ~ 60	少量	15 ~ 30	10 ~ 25		无或少量						含刚玉
	透闪白云石大理岩		少量				无或少量	15 ~ 30	< 10	70 ~ 80	少量		金云母无或少量
	透辉橄榄白云石大理岩						10 ~ 15	< 10	0 ~ 10	70 ~ 90			橄榄石 10 ~ 20 金云母 0 ~ 5
	含矽线石石英球钾长浅粒岩(基体)	55 ~ 70		20 ~ 40	无或少量								矽线石无或少量
	透辉透闪斜长变粒岩	5	35 ~ 40	20	< 5		15 ~ 20	15 ~ 20					

续表

单位	岩 性	矿 物 含 量/ %											
		钾长石	斜长石	石 英	黑云母	角闪石	透辉石	透闪石	方解石	白云石	白云母	石榴子石	其 他
阜 平 岩 群	黑云斜长片麻岩	< 10	50 ~ 60	15 ~ 35	15 ~ 20	0 ~ 10	无或少量					无或少量	紫苏辉石无或少量, 矽线石无或少量
	角闪斜长片麻岩	少量	50 ~ 55	5 ~ 15	5 ~ 15	10 ~ 25	无或少量					少量	紫苏辉石无或少量
	石榴角闪二辉麻粒岩		20	5 ~ 10	< 5	25 ~ 30	15 ~ 20					15	紫苏辉石 10
	斜长角闪岩		30 ~ 50	少量	无或少量	40 ~ 65	无或少量					无或少量	紫苏辉石无或少量
	黑云斜长变粒岩	5 ~ 20	40 ~ 60	20 ~ 35	13 ~ 18	3 ~ 8						无或少量	矽线石无或少量
	角闪斜长变粒岩	少量	25 ~ 60	0 ~ 25	3 ~ 20	5 ~ 30	0 ~ 15					0 ~ 10	
	浅粒岩	20 ~ 60	5 ~ 50	25 ~ 40	0 ~ 5	0 ~ 8	0 ~ 8				无或少量		磁铁矿 < 5
	透辉白云石大理岩	0 ~ 5	0 ~ 10	0 ~ 5		0 ~ 10	5 ~ 25			70 ~ 90			橄榄石 0 ~ 5 方柱石 0 ~ 5
	磁铁石英岩		无或少量	> 50		30—少量	无或少量					无或少量	磁铁矿 10 ~ 30 紫苏辉石 0 ~ 10
	方柱透辉斜长变粒岩	< 20	30 ~ 55	少量	无或少量	2 ~ 10	15 ~ 30	无或少量	无或少量			无或少量	方柱石 5 ~ 10
	斜长透辉石岩	< 10	10 ~ 30	少量		< 10	50 ~ 80	< 10	无或少量				方柱石无或少量
	石榴黑云斜长变粒岩		50 ~ 60	10 ~ 25	10 ~ 25							5 ~ 15	
	石榴斜长角闪岩		30 ~ 40	< 5		40 ~ 50	0 ~ 20					5 ~ 20	
	含刚玉黑云钾长片麻岩	40 ~ 60	< 10	15 ~ 30	10 ~ 25								刚玉 2 ~ 10
	紫苏透辉斜长麻粒岩	少量	70 ~ 85	5 ~ 10		少量	10 ~ 15					少量	紫苏辉石 3 ~ 5

表 12 变质地层部分岩石化学成分平均值

单位	岩石类型	样品数	造岩元素氧化物含量( $w_B$ / % )													
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	Los
阜平岩群	角闪斜长变粒岩	2	57.77	0.60	15.36	2.29	5.38	0.12	4.90	7.37	3.69	0.77	0.13		0.34	
	含石榴黑云斜长变粒岩	1	64.35	0.16	15.25	1.34	5.05	0.08	3.39	2.04	4.28	2.23	0.16		0.46	
	石榴角闪斜长变粒岩	1	54.19	0.88	18.52	1.57	6.30	0.14	2.70	7.16	3.85	1.90	0.16		1.02	
	黑云斜长变粒岩	2	70.04	0.24	13.61	0.66	3.43	0.06	1.96	2.59	3.59	2.50	0.29			0.44
	黑云角闪斜长变粒岩	3	58.70	0.71	15.71	2.02	7.81	0.16	3.34	6.53	3.85	0.95	0.23		0.96	
	黑云斜长片麻岩	2	71.68	0.18	14.64	1.17	0.74	0.02	0.75	1.89	3.43	4.16	0.08		1.53	
	角闪黑云斜长片麻岩	2	66.41	0.72	14.46	1.73	3.88	0.07	2.05	3.55	3.85	2.37	0.14			0.65
	黑云角闪斜长片麻岩	2	58.39	0.53	14.91	1.87	4.49	0.09	2.97	4.30	3.93	2.40	0.12			0.57
	浅粒岩	1	82.96	0.25	7.5	1.65	1.03	0.03	0.13	0.54	1.90	3.12	0.08		0.24	
	磁铁石英岩	1	47.82	0.02	0.00	24.06	17.15	0.08	2.92	5.59	0.15	0.11	0.16		0.77	
	含石榴磁铁石英岩	1	52.30	0.12	2.40	14.52	23.99	0.08	3.18	2.13	0.14	0.02				
	含紫苏二长浅粒岩	1	67.22	0.39	15.48	2.00	2.18	0.05	1.17	2.98	4.42	2.77	0.20		0.92	
	含石榴透辉斜长角闪岩	2	48.84	0.76	13.77	3.08	9.39	0.21	6.95	10.64	2.65	0.88	0.08			0.83
	斜长角闪岩	4	49.66	0.78	13.58	3.57	11.41	0.19	6.40	9.94	2.10	0.93	0.08			0.98
	纯大理岩	1	13.76	0.08	1.18	0.57		0.83		46.37				37.01		
	蛇纹石化白云质大理岩	1	17.68	0.10	0.96	1.21	1.41		19.96	29.04				29.60		
	湾子群	黑云斜长角闪岩	2	51.32	0.71	14.89	3.26	7.33	0.15	6.55	8.89	3.17	0.99	0.18		
斜长角闪岩		6	51.82	0.92	15.08	2.98	7.44	0.16	6.17	8.49	3.42	1.26	2.27			0.85
透辉斜长角闪岩		7	50.06	0.91	14.87	1.85	8.71	0.15	7.08	9.31	3.33	1.64	0.20			1.07
斜长角闪透辉岩		1	51.78	0.93	14.73	2.36	5.11	0.07	6.93	12.02	3.56	0.78	0.25		0.86	
角闪黑云斜长变粒岩		1	56.48	0.63	19.21	1.63	3.97	0.04	3.68	2.50	4.24	5.84	0.16		0.95	
二云斜长片麻岩		1	60.56	0.65	13.07	4.68	2.06	0.03	2.83	0.83	1.93	5.0	0.27		2.62	

续表

单位	岩石类型	样品数	造岩元素氧化物含量( $w_B$ / % )													
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	Los
湾子群	黑云二长变粒岩	1	65.68	0.66	14.65	1.06	4.77	0.06	2.40	2.50	3.85	2.99	0.15		0.74	
	透辉透闪斜长变粒岩	1	65.20	0.33	11.69	0.44	2.11	0.04	6.08	5.83	4.32	2.37	0.18		1.24	
	白云钾长浅粒岩	3	79.73	0.24	10.03	1.21	1.66	0.02	0.30	0.38	1.31	4.10	0.03		0.42	0.51
	矽线石石英球钾长浅粒岩	8	78.81	0.22	9.58	1.44	1.72	0.05	0.69	0.21	1.18	5.99	0.05			0.26
	含磁铁钾(二)长浅粒岩	3	73.78	0.20	11.79	2.23	2.37	0.04	0.07	0.70	2.53	5.42	0.06		0.41	
	含黑云钾长浅粒岩	2	77.19	0.22	11.30	0.75	1.16	0.01	0.22	0.36	2.44	5.86	0.04		0.16	
	透辉二长浅粒岩	1	74.34	0.16	13.12	0.41	1.03	0.01	0.64	1.67	3.88	4.18	0.15			0.02
	含黑云二长浅粒岩	2	79.10	0.08	10.24	0.13	1.10	0.01	0.35	0.75	3.03	4.39	0.07		0.76	
	金云透闪白云石大理岩	8	7.85	0.02	1.11	0.22	0.86	0.02	20.49	29.08	0.14	0.38	0.05	39.68		
	金云石英大理岩	1	20.69	0.09	3.62	1.24	0.81	0.07	18.46	26.01	0.16	1.86	0.08	26.64		
麻河清岩组	透辉大理岩	1	7.50	0.03	1.64	0.04	0.58	0.02	20.28	28.60	0.23	0.48	0.08	40.35		
	眼球状钾长浅粒岩	1	73.86	0.24	13.47	0.57	1.67	0.03	0.41	0.75	3.38	4.98	0.06			
	黑云斜长变粒岩	3	69.87	0.34	14.62	0.75	2.74	0.05	1.20	2.22	4.17	2.95	0.15			
	黑云角闪斜长变粒岩	1	63.79	0.41	17.16	0.78	3.47	0.07	1.78	2.08	5.28	3.20	0.20			
	斜长透辉石岩	1	54.93	0.22	11.82	0.39	2.10	0.07	8.59	16.1	3.48	0.78	0.13			
	含透辉斜长角闪岩	1	49.44	0.83	15.72	3.06	6.67	0.16	7.21	9.13	3.99	1.60	0.28			

注：数据转引自河北省区域地质矿产调查研究所,2000,河北省太行山中 北段 1 5 万区调片区总结报告。

## 第二章 变质深成岩

研究区变质深成岩发育,遍布全区,从超基性岩石 酸性岩石均有出露。依据岩石组合与变质地层和不同变质深成岩彼此之间的接触关系,变质变形特点、同位素地质年龄,并结合太行山区早前寒武纪地壳演化特点,将其划分为新太古代阜平旋回、湾子旋回及古元古代吕梁旋回三个岩浆演化阶段。

### 第一节 阜平旋回变质深成岩

#### 填图单位划分及其地质特征

由大石峪深成片麻岩、坊里深成片麻岩、东庄深成片麻岩、段水基性岩墙组成,其原岩类型分别为石英闪长岩、英云闪长岩、奥长花岗岩、辉绿岩。前三者为一套 TTG 型花岗质岩石组合,岩石以富钠质为特征。它们遭受了强烈的中深层次构造变形,表现为揉流褶皱和小型韧性剪切带发育;经历了早期钠质和晚期钾质混合岩化作用;变质程度达高角闪岩相。原岩形成年龄约为 2536Ma。

##### 1. 大石峪深成片麻岩 ( $Ar_3 Dgn$ )

主要分布于城南庄窝、叠卜安、寨西南、清水口等地,片麻岩体平面形态呈不规则圆状,椭圆状,弱变形域内可见与元坊岩组呈侵入接触关系。片麻岩体内含斜长角闪岩、石榴斜长角闪岩等包体。岩石变质程度达高角闪岩相,发育斜长石英质和钾长石英质两种混合岩化条带。

岩石类型为稀疏条带状黑云角闪斜长片麻岩,岩石特征见表 2 1。岩性均一,宏观呈块状体,数千米内无岩性变化。原岩为石英闪长岩。

##### 2. 坊里深成片麻岩 ( $Ar_3 Fgn$ )

主要分布于白石堂、东城铺、骆驼安、板桥沟、王家岸、熊坪等地,片麻岩体平面形态呈不规则圆状、椭圆状,侵入围岩为元坊岩组,与大石峪深成片麻岩呈渐变接触关系,被湾子群钾长浅粒岩不整合覆盖。片麻岩体内既有围岩捕虏体,又有少量深源暗色包体,发育钠质和钾质两种混合岩化条带,区域变质达高角闪岩相。

岩石类型为条带状黑云斜长片麻岩,岩石矿物特征见表 2 1。宏观岩性较均一,上千米没有岩性变化。原岩为英云闪长岩。

##### 3. 东庄深成片麻岩 ( $Ar_3 Dzgn$ )

分布于平山县城西马冢河两侧,呈椭圆状或不规则状岩株,岩体边部发育伟晶岩,局部含斜长角闪岩包体,侵入围岩为元坊岩组。

主体岩性为斜长花岗质片麻岩(表 2 1),以长英质矿物为主( $> 90\%$ ),表现为弱片麻状构造。区域变质达高角闪岩相。由于多期变质变形作用而产生不同世代的矿物组合。原岩为奥长花岗岩。



#### 4. 段水基性岩墙 ( $Ar_3 D_N$ )

呈脉状或串珠状分布于阜平岩群和阜平旋回的变质深成岩中,延长方向与区域构造线大致平行,多呈近东西向,倾角陡,  $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$  常见。一般脉宽数米至十几米,延伸或断续延伸数百米至数千米,具成群分布特征,岩墙边部具变余冷凝边。 $Sm-Nd$  模式年龄为 2579Ma(下平阳幅区调报告,1995)。

主要岩性为斜长角闪岩,岩石矿物特征见表 2 1。原岩为辉绿岩。

## 第二节 湾子旋回变质深成岩

包括杨家庄片麻岩、南甸片麻岩、茹家庄片麻岩、老人坪片麻岩及平阳花岗岩、菜树庄花岗岩、岗南花岗岩、三条占基性岩墙,代表了一个构造岩浆旋回从早期到末期不同发展阶段的不同成因类型的产物。岩体变形以发育片麻理为主要特点,变质程度达角闪岩相。较之阜平旋回,岩体具有较明显的侵入关系和原岩结构构造。目前已取得同位素年龄为 2506Ma。

### 一、杨家庄片麻岩 ( $Ar_3 Ygn$ )

该片麻岩体呈椭圆状、长条状分布于车厂、丁家庄、杨家庄等地,侵入元坊岩组及湾子群;含斜长变粒岩、斜长角闪岩等包体。片麻岩体边部存在细粒冷凝边,片麻理较内部发育,中心块状地质体特征明显。岩体被岗南花岗岩穿插。

岩石类型为英云闪长质片麻岩,岩石结构、构造、矿物成分特征如表 2 1。岩石遭受了低角闪岩相变质。

该片麻岩体属酸性岩类,  $SiO_2$  过饱和的正常岩石类型,以  $Na_2O > K_2O$  为特征。主要岩石化学成分平均含量见表 2 2。

稀土元素分布特征数值和主要岩石地球化学参数见表 2 4。该片麻岩稀土元素总量中等,配分模式为轻稀土元素富集型,  $Eu$  具低负异常。 $Rb/Sr$  比值为 0.09,反映物质来源于下部地壳和上地幔。

该片麻岩体岩石类型单一,岩性均匀。宏观地质、岩石、矿物组合、岩石地球化学特点均表现为侵入岩特征。原岩属英云闪长岩类。

### 二、南甸花岗岩 ( $Ar_3 N$ )

分布于南甸—慈峪一带,平面形态呈椭圆状,长轴呈 NE 向。片麻岩体侵入元坊岩组不同层位,界线呈指状交叉,被滹沱群不整合覆盖。岩体内部分布大量透镜状、长条状、不规则状黑云斜长变粒岩、斜长角闪岩、角闪片岩等包体。

岩石类型为片麻状含斑黑云母花岗岩,岩石结构、构造、矿物成分如表 2 1,斑晶主要为钾长石,含量从少量至 20%。矿物有两个世代,原生矿物和结构保留较多。

该片麻岩体属酸性岩类,铝、硅过饱和岩石,以  $K_2O > Na_2O$  为特征。主要岩石化学成分平均含量见表 2 2。

稀土元素分布特征数值和主要岩石地球化学参数见表 2 4。稀土元素总量中等,配分模式为轻稀土元素富集型,  $Eu$  具小的异常。 $Rb/Sr$ 、 $Sr/Ba$  比值接近地壳值。这些特征与地壳

表 2 1 变质深成岩岩石矿物特征表

单 位	岩 石 类 型	构 造	结 构	主 要 矿 物 成 分/ %							副 矿 物
				石英	钾长石	斜长石	黑云母	角闪石	辉石	白云母	
扣子头辉绿岩墙	辉长辉绿岩	块状	辉长辉绿	少量		60		少量	30		磁铁矿、磷灰石
上庄花岗岩	钾长花岗岩	块状、弱定向	中粒花岗	20 ~ 25	50 ~ 60	15 ~ 20	少量	少量			磁铁矿
白羊岭花岗岩	二长花岗岩	块状、弱定向	中细粒花岗	20 ~ 25	35 ~ 45	30 ~ 35	5				锆石、磷灰石、磁铁矿、榍石
杨木桥超基性岩	辉石角闪石岩	块状、弱平行定向	变余半自形粒状					55 ~ 65	30 ~ 35		尖晶石 < 5、磁铁矿 3 %
三条占基性岩墙	变质辉绿岩 角闪质岩石	弱定向、块状	变余辉绿、粒状变晶	< 5		35 ~ 45		45 ~ 50	少量		锆石、磷灰石、磁铁矿
岗南花岗岩	片麻状钾长花岗岩	弱片麻状	变余花岗、粒状变晶	20 ~ 25	35 ~ 65	10 ~ 30	少量	5 ~ 8			磁铁矿 1 % ~ 3 %、锆石、磷灰石、榍石
菜树庄花岗岩	片麻状二长花岗岩	片麻状、弱片麻状	变余花岗、粒状变晶	20 ~ 25	35 ~ 40	25 ~ 30	5 ~ 8	少量			磷灰石、磁铁矿、锆石、褐帘石
平阳花岗岩	片麻状奥长花岗岩	弱片麻状、片麻状	变余花岗、粒状变晶	25	少量	65 ~ 70	5	少量			锆石、磷灰石、褐帘石、磁铁矿、榍石
茹家庄片麻岩	片麻状白云母花岗岩	眼球状、片麻状	变余斑状	25 ~ 30	40 ~ 50	15 ~ 20	< 5			10 ~ 15	锆石、磷灰石、金红石、褐帘石
南甸片麻岩	片麻状含斑黑云母花岗岩	片麻状、眼球状	变余斑状、粒状变晶	20 ~ 30	30 ~ 40	25 ~ 30	8 ~ 15			少量	锆石、磷灰石、磁铁矿、黄铁矿
老人坪片麻岩	斑状花岗闪长质片麻岩	眼球状、片麻状	残斑、粒状变晶	20 ~ 30	15 ~ 25	40 ~ 45	5 ~ 10	10 ~ 5			磁铁矿、榍石、磷灰石、锆石
杨家庄片麻岩	英云闪长质片麻岩	片麻状	柱粒变晶、局部变余花岗	18 ~ 25	5 ~ 8	55 ~ 60	15 ~ 10	5 ~ 8			磷灰石、锆石、榍石、磁铁矿
段水基性岩墙	斜长角闪岩	块状、弱定向	粒状变晶、局部变余辉绿	< 5		30 ~ 40		45 ~ 60	0 ~ 10		磁铁矿、磷灰石
东庄深成片麻岩	斜长花岗质片麻岩	弱片麻状	花岗变晶、交代	20 ~ 25	10 ~ 5	65 ~ 70	< 5			少量	
坊里深成片麻岩	黑云斜长片麻岩	片麻状、条带状	粒状变晶	20 ~ 25	5 ~ 10	60 ~ 65	10 ~ 12	0 ~ 5			磷灰石、磁铁矿、锆石
大石峪深成片麻岩	黑云角闪斜长片麻岩	片麻状、稀疏条带状	柱粒状变晶	10 ~ 15	< 5	55 ~ 60	10	10 ~ 20			磷灰石、磁铁矿、锆石、褐帘石

表 2 2 中酸性变质深成岩岩石化学成分平均值

填 图 单 位	岩 石 名 称	样品数	造 岩 元 素 氧 化 物 含 量 ( w <sub>B</sub> / % )												
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O +	Los
上庄花岗岩	钾长花岗岩	2	76.79	0.305	10.78	1.70	1.56	0.025	0.06	0.59	4.77	2.89	0.02		0.03
白羊岭花岗岩	二长花岗岩	2	72.36	0.19	13.88	0.895	1.31	0.02	0.315	1.00	5.68	3.33	0.025		0.77
岗南花岗岩	片麻状钾质花岗岩	13	74.36	0.25	11.33	1.75	2.25	0.04	0.51	0.76	5.40	3.08	0.05	0.26	0.33
菜树庄花岗岩	片麻状二长花岗岩	4	75.16	0.28	11.53	0.81	2.37	0.04	0.47	0.85	5.39	2.74	0.05	0.28	0.17
平阳花岗岩	片麻状奥长花岗岩		71.11	0.24	15.21	0.64	1.48	0.03	0.83	2.76	1.36	5.50	0.08		
茹家庄片麻岩	片麻状白云母花岗岩	3	72.61	0.12	14.62	1.10	0.15	0.01	0.65	0.56	5.82	2.93	0.03	0.82	
南甸片麻岩	片麻状含斑黑云母花岗岩	12	70.27	0.46	14.13	2.30	0.71	0.03	1.01	1.75	4.39	3.00	0.15	1.00	
老人坪片麻岩	斑状花岗闪长质片麻岩	8	68.35	0.33	15.00	0.74	3.06	0.06	1.12	2.64	2.67	4.55	0.15	0.46	
杨家庄片麻岩	英云闪长质片麻岩	2	66.47	0.36	15.04	1.49	3.05	0.04	1.72	3.09	3.04	4.35	0.15	0.21	
东庄深成片麻岩	斜长花岗质片麻岩	2	75.00	0.16	13.43	0.81	1.27	2.09	0.33	1.65	4.73	0.03	0.04	0.18	
坊里深成片麻岩	黑云斜长片麻岩	9	69.65	0.37	15.01	0.96	2.37	3.05	1.25	1.67	4.86	0.04	0.10	0.67	
大石峪深成片麻岩	黑云角闪斜长片麻岩	5	62.44	0.69	14.45	2.08	4.89	4.43	3.52	2.15	3.99	0.11	0.18	0.21	

表 2 3 基性—超基性岩岩石化学成分及特征参数

填 图 单 位	岩 石 名 称	样品数	造 岩 元 素 氧 化 物 含 量 （ w <sub>B</sub> / % ）											$\frac{w(\text{CaO})}{w(\text{Al}_2\text{O}_3)}$	$\frac{w(\text{FeO})}{w(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$	$\frac{w(\text{MgO})}{w(\text{FeO})}$
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
扣子头辉绿岩墙	辉长辉绿岩	4	49.68	2.24	13.78	3.35	11.57	0.26	3.85	8.03	1.72	2.80	0.67	0.58	3.45	0.33
杨木桥超基性岩	辉石角闪石岩	1	39.46	0.38	3.80	7.41	11.42	0.25	28.84	1.91	0.05	0.36	0.01	0.50	1.54	2.52
三条占基性岩墙	变辉绿岩—斜长角闪岩	5	50.01	1.04	13.65	2.73	11.16	0.21	6.58	9.72	0.79	2.26	0.16	0.71	4.09	0.60
段水基性岩墙	斜长角闪岩	13	49.66	0.90	15.06	2.46	9.26	0.176	7.07	9.82	1.02	2.46	0.14	0.65	3.75	0.77

注：数据转引自河北省区域地质矿产调查研究所,2000,河北省太行山中 北段 1 5 万区调片区总结报告。

重熔型酸性岩特征一致。原岩类型为黑云母(二长)花岗岩。

表 2 4 主要变质深成岩稀土元素分布特征数值及主要岩石地球化学参数

岩石单位	稀土元素分布特征数值						岩石地球化学参数				
	REE	Ce/ Y	(La/ Yb) <sub>N</sub>	(La/ Sm) <sub>N</sub>	(Gd/ Yb) <sub>N</sub>	Eu		m/ f	Na <sub>2</sub> O/ K <sub>2</sub> O	Sr/ Ba	Rb/ Sr
扣子头辉绿岩墙	266.8	2.8	4.7	2.61	1.50	1.07	3.19	0.53	1.63	0.55	0.11
上庄花岗岩	795.0	6.38	16.78	4.04	2.12	0.25	1.73	0.02	0.61	0.19	1.24
白羊岭花岗岩	460.0	16.65	70.5	5.10	2.21	0.32	2.77	0.27	0.59	0.25	1.91
杨木桥超基性岩	47.2	1.68	3.59	1.76	1.01	0.95	0.03	2.80	7.20	1.72	0.09
三条占基性岩墙	67.9	1.14	1.93	1.74	0.75	1.11	1.35	0.91	2.86	1.55	0.25
岗南花岗岩	485.9	6.88	17.5	3.98	1.38	0.39	2.17	0.34	0.57	0.25	0.99
菜树庄花岗岩	311.3	13.68	64.0	4.89	1.46	0.59	2.20	0.29	0.51	0.26	0.68
茹家庄片麻岩	141.7	20.47	3.99	38.5	3.69	0.50	2.59	1.11	0.50	0.10	5.40
南甸片麻岩	192.9	10.96	2.56	14.65	3.44	0.65	1.99	0.95	0.68	0.30	0.35
老人坪片麻岩	198.9	7.02	17.60	3.95	2.15	0.79	2.03	0.47	1.70	0.48	0.18
杨家庄片麻岩	115.5	14.80	3.28	23.78	3.46	0.74	2.32	0.69	1.43	1.11	0.09

三、茹家庄花岗岩 (Ar<sub>3</sub>R )

分布于东林山—茹家庄一带,呈不规则状岩株产出。片麻岩体呈枝状侵入南甸片麻岩,被滹沱群不整合覆盖。片麻岩体内有变质辉绿岩侵入,发育黑云片岩、黑云斜长变粒岩等捕虏体。

岩石类型为片麻状白云母花岗岩,变余斑状结构(表 2 1),钾长石主要呈眼球状残斑,粒径一般 3 ~ 6mm。

该片麻岩体属酸性岩类,铝、硅过饱和岩石,以 K<sub>2</sub>O > Na<sub>2</sub>O 为特征(表 2 2)。稀土元素总量中等,具轻稀土元素富集,重稀土元素亏损,分馏特征明显, Eu 具负异常(表 2 4)。Rb/ Sr 为 5.4 远高于地壳平均值,反映物质来源主要为上地壳。恢复原岩为钾长花岗岩。

四、平阳花岗岩 (Ar<sub>3</sub>P )

主要分布于平阳及千石沟一带。与围岩多为渐变过渡关系,岩体北部可见侵入阜平岩群中岩体内包体十分发育,多为熔融残留体。

平阳片麻状花岗岩的岩性为奥长花岗质岩石,主要由奥长石 69.5% (64.8% ~ 74.4%),石英 24.4% (13.2% ~ 31%) 和黑云母 4.1% (1.9% ~ 5.7%) 组成,含少量微斜长石 1.7% (0 ~ 5.6%),局部含少量角闪石 1.1% (0 ~ 2.4%),极少量白云母。副矿物组合为:磁铁矿、磷灰石、锆石、褐帘石、石榴子石、榍石、部分含钛铁矿、金红石或独居石。

该片麻岩体属酸性岩类,铝、硅过饱和岩石,以 Na<sub>2</sub>O > K<sub>2</sub>O 为特征,稀土元素总量中等,具轻稀土元素富集,重稀土元素亏损,分馏特征明显, Eu 异常不明显。

五、菜树庄花岗岩 (Ar<sub>3</sub>C )

由菜树庄片麻岩演化而来。主要分布于西北部东下关—木厂一带及西部上庄、石板、老

坟沟、米窑沟等地。侵入于元坊岩组及坊里深成片麻岩。包体有斜长角闪岩、片麻岩、变粒岩、不纯大理岩等。局部见包体内部的早期面状构造与寄主岩石片麻理斜交。

岩石类型为片麻状二长花岗岩(表 2 1)。岩石以淡粉色,粗片麻状构造为特征,交代结构发育。

主要岩石化学成分平均含量见表 2 2。岩体属酸性岩类,铝、硅过饱和岩石,以  $K_2O > Na_2O$  为特征。

该岩体 Rb/ Sr 为 0.68,反映物质来源主要为上地壳。稀土元素总量中等,配分模式为轻稀土元素富集型, Eu 具负异常(表 2 4),与地壳重熔型花岗岩稀土元素分布特征相似。

恢复原岩为正变质深成岩,岩石类型为二长花岗岩。但部分样品带有较多的表壳岩信息,可能反映了重熔岩浆的母岩熔融程度较低。

### 六、岗南花岗岩 (Ar<sub>3</sub>G )

由岗南片麻岩演变而来。该岩体在区内分布广泛,主要见于北部的苏家台—黄花坨、康家沟;中部的半沟、石湖、宅北;西南部的七树沟、东红岭、塘家沟、车辐安、黄毛串、峪口—华咀等地,呈岩株、岩席状产出。侵入围岩有元坊岩组、湾子群、麻河清岩组及南甸片麻岩等。岩体所含包体较少,主要为透镜状黑云斜长变粒岩,斜长角闪岩等。

岩石类型为片麻状钾质花岗岩(表 2 1)。岩体内发育“游鱼状”不连续花岗质伟晶岩条带,岩石交代结构发育。

主要岩石化学成分平均含量见表 2 2。岩体属酸性岩类, SiO<sub>2</sub> 过饱和的正常岩石类型,以  $K_2O > Na_2O$  为特征。

微量元素以 Rb/ Sr 比值高为特征。稀土元素总量较高,轻重稀土元素分馏明显, Eu 具明显负异常(表 2 4)。上述特征显示该岩体具有重熔花岗岩特征。

恢复原岩为正变质深成岩,岩石类型为钾长(质)花岗岩。

### 七、三条占基性岩墙 (Ar<sub>3</sub>S<sub>N</sub>)

主要见于西部三条占、神堂关、黄土沟、秋林坪等地,具成群出露特点,呈脉状侵入于元坊岩组,麻河清岩组、老人坪片麻岩等单位,岩墙边部具细粒冷凝边。

岩石类型为斜长角闪岩或变质辉绿岩,岩石特征如表 2 1。

主要岩石化学成分平均含量见表 2 3。岩石属基性岩类, SiO<sub>2</sub> 饱和的正常类型。镁铁比值平均 1.02,属铁质基性岩。

稀土元素总量较低,轻重稀土元素分馏不太明显, Eu 具小的正异常(表 2 4)。

原岩为辉绿岩。

## 第三节 吕梁旋回变质侵入岩

本旋回变质侵入岩基本保留侵入岩面貌,变质程度低,变形为不明显,与围岩侵入接触关系清楚,包括四个岩石单元。

### 一、杨木桥超基性岩 (Pt<sub>1</sub>Y )

主要分布于杨木桥、柏坡、南伍河、南峪、王沟等地,具成群成带分布特征。岩体侵入于

元坊岩组、麻河清岩组、老人坪片麻岩及滹沱群,与围岩界线清楚或基本清楚。岩石遭受了绿片岩相变质。

岩石类型主要为辉石角闪石岩,岩石矿物特征见表 2 1。部分岩体具分带,从内向外可划分为斜辉橄榄岩、橄榄斜辉岩、辉石角闪石岩。岩体边部形成稳定的绿泥石黑云母蚀变带。

主要岩石化学成分平均含量见表 2 3, 镁铁比值为 2.8, 属铁质超基性岩。

## 二、白羊岭花岗岩(Pt<sub>1</sub>B )

主体分布于西部闫家庄—白羊岭—大地一线,以面状产出为主,局部呈脉状,侵入于新太古代变质岩;接触面不规则。岩体边部有围岩捕虏体分布,一般界线清楚。岩体被中元古代长城系不整合覆盖。在闫家庄—白羊岭一带,岩体内发育了大量花岗伟晶岩。

代表性岩石为中细粒二长花岗岩(表 2 1)。岩石经历了低绿片岩相轻微变质,矿物粒径 1 ~ 2.5mm。

岩体属铝过饱和的酸性岩石。以  $K_2O > Na_2O$  为特征(表 2 2)。稀土元素总量较高,轻重稀土元素较强分馏,具明显负铕异常(表 2 4)。

## 三、上庄花岗岩(Pt<sub>1</sub>S )

主要分布于韩家庄、河角、红土坡—油文、华堂村、上庄、上卸甲河、十里坪等地,呈岩株、岩席、巨脉状产出,规模不等。岩体侵入新太古代变质岩,与围岩界线清楚。岩体被吕梁末期辉绿岩脉侵入。

代表性岩石为中粒钾长花岗岩(表 2 1),岩石经历了低绿片岩相变质,矿物粒径 1.5 ~ 3mm。

主要岩石化学成分平均含量见表 2 2。属  $SiO_2$  过饱和的正常岩石类型,以  $K_2O > Na_2O$ 、CaO 低为特征。稀土元素总量高,轻重稀土元素中等分馏,具明显负铕异常(表 2 4)。

## 四、扣子头辉绿岩墙(Pt<sub>1</sub>K μ)

为本区最醒目的基性岩墙群,以北西向为主,具成群成带、平行排列的特点,切割区内所有变质岩石单位,被长城系不整合覆盖。岩墙具细粒冷凝边。

岩石类型以辉长辉绿岩为主(表 2 1),尚见有辉绿玢岩、含石英辉绿岩等。

主要岩石化学成分平均含量见表 2 3。岩石镁铁比值为 0.18 ~ 0.37,属富铁质基性岩。稀土元素总量较高,轻重稀土元素中等分馏, Eu 具轻微负异常(表 2 4)。

## 第三章 龙泉关构造杂岩带

龙泉关构造杂岩带分布于龙泉关—两界峰—闫家庄以西,铁堡—门限石—屋腔以东,总体向西缓倾,长度大于 80km,宽 6~12km,呈北北东向带状展布。该带弱变形域主要由麻河清岩组和老人坪片麻岩组成。该带南段吕梁期又受大量花岗岩、花岗伟晶岩侵位等叠加改造。

### 一、构造-杂岩带的岩石单位特征

#### 1. 麻河清岩组 ( $Ar_3 m.$ )

麻河清岩组呈 NNE 向展布于印钞石—秋林坪—桃花界—西沙岭—麻河清一带,东侧与阜平岩群元坊岩组、坊里深成片麻岩以韧性剪切变形带接触,沿接触带有钾质花岗岩侵位。该岩组乃是一套经历了多期变质变形的变质杂岩。包括两个基本岩性组合:黑云斜长变粒岩、角闪黑云斜长变粒岩、黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩、浅粒岩等,是本岩组主体组成;白云母浅粒岩、钙硅酸盐岩、大理岩,与上下岩石(层)呈韧性断层接触。两种岩性组合分别代表了火山岩建造和碎屑岩-碳酸盐岩建造。主要岩石类型的矿物组成含量见表 1 1,岩石化学成分见表 1 2。

桃花界以南,岩组内发育大量花岗伟晶岩。在白羊岭—峪口一带,变粒岩在花岗岩体中呈大小不等的捕虏体团块。岩石韧性变形明显,线理发育。

#### 2. 老人坪片麻岩 ( $Ar_3 Lgn$ )

分布于查明湾—下新庄、碾子沟—黑崖沟一带,呈 NNE 向带状展布。片麻岩体围岩主要为麻河清岩组,呈侵入接触。岩体被杨木桥超基性岩、白羊岭花岗岩、上庄花岗岩、三条占基性岩侵入,岩体边部发育变粒岩,斜长角闪岩、磁铁石英岩等捕虏体。岩体内发育韧性剪切变形带。

主要岩石类型为斑状、眼球状花岗闪长质片麻岩,局部为英云闪长质片麻岩(表 2 1),总体呈南部偏酸性、北部偏基性之趋势。碎斑(斑晶)为粗大的石英、斜长石、钾长石或其集合体构成。弱变形域斜长石保留半自形板状形态,并有环带结构保留;强变形地段斑晶呈眼球状、透镜状,大小一般为 3~10mm,最大可达 20~30mm。含量为 20%~35%。碎基由 <1.0mm 的石英、长石、黑云母、及少量角闪石组成,具明显的定向排列。

主要岩石化学成分平均值见表 2 2。该片麻岩属酸性岩类, $SiO_2$  过饱和的正常类型岩石,以  $Na_2O > K_2O$  为特征。

岩石稀土元素总量中等,配分模式属分馏程度中等的轻稀土元素富集型, Eu 具不明显的负异常(表 2 4)。Rb/Sr 比值小于地壳平均,反映物质来源主要为下部地壳。

老人坪片麻岩获得了单颗粒锆石 U-Pb 不一致线上交点年龄 2463Ma(神堂关幅 1:50000 区调报告,1995)和 2506Ma(龙泉关幅 1:50000 区调报告,1999)。作者认为老人坪片麻岩原岩形成于 2500Ma 前后,属新太古代晚期产物。

## 二、构造 杂岩带变形特征

龙泉关构造 杂岩带内构造形迹由湾子期低角闪岩相韧性剪切带和吕梁期绿片岩相脆韧性剪切带复合而成,以湾子期韧性剪切变形作用为主,形成机制均为逆冲推覆方式。

### 1. 湾子期韧性剪切带

剪切带展现于湾子期和部分阜平期岩石单位分布范围内,宏观特征有:

1)韧性剪切带由线状强变形带和透镜状弱变形域组成。强变形带由变晶糜棱岩和各种眼球状糜棱片麻岩组成;弱变形域由各种变粒岩、斑状花岗质片麻岩等组成。

2)以长英质糜棱岩为变形带中心,其两侧对称出现眼球状片麻岩、构造透镜体等相对弱变形分带。

3)强变形带内发育揉流性褶皱构造、挤压透镜体、糜棱岩及 S C 组构,封闭或半封闭的鞘褶皱,强干性岩层形成鱼群状香肠构造,新生糜棱面理斜截先期片麻理并呈逆冲式压叠关系。

构造岩类型主要有条纹状斜长角闪质糜棱岩、长英质糜棱岩、眼球状糜棱片麻岩等,随形变增强眼球由大到小,矿物颗粒由粗到细,角闪石减少,黑云母、石英等新生矿物含量增多。利用斜长角闪质糜棱岩中角闪石—斜长石矿物对计算的温压条件为  $t = 470 \sim 574$  ,  $p = (3 \sim 8) \times 10^8 \text{ Pa}$ , 变形环境已达低角闪岩相。

利用多种标志综合判断,湾子期韧性剪切带形成于逆冲作用下,方位由 NWW 向 SEE。

### 2. 吕梁期脆韧性剪切带

吕梁期脆韧性剪切带见于吕梁早期、湾子期岩石单位中,变形强度由西而东逐渐减弱、构造岩以糜棱岩和片岩为主,与湾子期韧性剪切带呈退变叠加关系。

剪切带宏观特征主要表现为:

1)剪切带由一系列窄而密的富云母的片岩带或片理带组成,变形带走向呈近南北向。其规模从标本尺度到填图尺度不等,宽  $1 \sim 2\text{m}$  至  $5\text{m} \pm$ ,长数十厘米到数千米,间隔数厘米到  $40\text{m}$ 。沿走向具分叉复合现象,空间上呈网状。强变形带与弱变形域常具比较明显的界面,显示脆 韧性特点。

2)剪切带中发育不对称之字形褶皱、无根褶皱和卷筒褶皱。

构造岩主要为黑云片岩、白云母石英片岩、黑云糜棱片岩等。斜长石、角闪石显示脆性破裂,黑云母、白云母、石英等呈塑性变形,矿物的重结晶作用、挠曲形变、波状消光等现象发育。剪切带变形环境相当于绿片岩相。

利用多种标志综合判断,吕梁期脆韧性剪切带形成于逆冲推覆方式。



## 第四章 沉 积 盖 层

区内盖层发育在南部和东部,按形成时间有中上元古界、下古生界、中生界、古近系和第四系。

### 一、中新元古界( $Pt_{2-3}$ )

本区南部下口—要子岩—南西焦一线,沉积集中于中元古界( $Pt_2$ ),建立有串岭沟组、大红峪组、高于庄组等岩石地层单位,与下伏地层(岩石)呈角度不整合接触;东部沉积盆地发育了中新元古界( $Pt_{2-3}$ ),主要有高于庄组、雾迷山组、龙山组等,与下伏岩层呈角度不整合或呈断层接触。为碎屑岩 碳酸盐岩建造。

### 二、下古生界( $Pz_1$ )

主要分布于南部东木口—塔崖—北防口一带,在东部口头一带及北部盆地边缘金龙洞、小孤山等地有零星出露。划分有寒武系的馒头组、张夏组、崮山组、三山子组,奥陶系的冶里组、亮甲山组、马家沟组等岩石地层单位,为细碎屑岩 碳酸盐岩建造,整体反映了碳酸盐岩台地的形成、发展及演化特征。

### 三、中生界( $Mz$ )

仅见于神仙山构造盆地南缘,为一套中酸性火山碎屑岩为主沉积,主要有英安质角砾凝灰熔岩、英安质角砾凝灰岩、英安质熔结角砾凝灰岩夹安山岩、安山质集块火山角砾岩、薄层状凝灰质砂岩等。不整合于奥陶纪马家沟组之上。归属于中侏罗世髫髻山组。

### 四、古近系( $E$ )

古近系在区内仅发育灵山组,主要沿山麓边缘分布于本区东部口头镇—上碑镇一带,为一套河流、湖沼相沉积,岩性以砾岩、砂岩及粘土岩为主,夹数层褐煤。不整合于下古生界或中新元古界之上。

### 五、第四系( $Q$ )

广泛分布于本区东南部山间盆地及山前平原,其次分布于开阔的山谷、河流两侧、低山盆地。岩性有亚粘土、亚砂土夹砂砾石层及砂砾石、亚砂土堆积等,成因类型复杂。

## 第五章 侵入岩

区内出露的侵入岩主要为燕山期中酸性侵入岩和脉岩,与矿产关系密切。

### 一、中酸性侵入岩( $\frac{2}{5}$ )

燕山期中酸性侵入岩主要包括台峪、麻棚、赤瓦屋、观音堂、刘家庄、柏里等复式岩体。岩体多呈同心环状构造,一般外部为中性或中酸性岩石,中心部位为酸性岩石,显示了多期次、多阶段的演化特点。岩体 Rb Sr 等时线年龄为 135.1 ~ 153Ma,侵入时代为燕山运动早期侏罗纪晚期。

近年来 1:5 万区调成果将其解体出不同岩石类型,归并为若干个岩石单元。

1) 闪长岩:分布于岩体外围,与 Au、Cu、Mo 关系密切。

2) 石英闪长岩、石英二长闪长岩:分布于复式岩体边缘。黑云母 K Ar 法年龄为 147.6Ma。与 Mo、Cu、Au 关系密切。

3) 花岗闪长岩:分布于复式岩体的过渡带。全岩 Rb Sr 等时线年龄(153 ± 10)Ma。

4) 二长花岗岩、斑状二长花岗岩分布于复式岩体中部。黑云母 K Ar 法年龄 124.2Ma,与 Sn、W 关系密切。

### 二、脉岩

区内中生代脉岩在岩体周围发育,受断裂或裂隙控制明显,成群出现,展布方向以南北向为主,其次是北东向和北西向。主要岩石类型有二长斑岩、石英二长斑岩、辉绿岩(煌斑岩)、闪长玢岩、花岗斑岩、石英斑岩、花岗闪长岩等。

## 第六章 变质作用和深熔作用

### 第一节 变质作用

#### 一、变质相划分及其特征

根据主要矿物的平衡共生组合、标志矿物和某些矿物特征,结合野外的宏观标志,将本区变质划分为麻粒岩相、高角闪岩相、低角闪岩相、绿片岩相。

##### 1. 麻粒岩相

麻粒岩相岩石主要见于阜平岩群索家庄岩组和元坊岩组下部。该套变质岩矿物共生组合的主要特征是基性变质岩、长英质 泥质变质岩及特殊的硅铁质变质岩均出现紫苏辉石,黑云母呈褐红色,矿物共生组合特征见表 6 1。据《河北省太行山中北段片区总结》研究,本区麻粒岩相的形成温度为  $t = 730 \sim 860$  ,压力为  $p = (4 \sim 8) \times 10^8 \text{ Pa}$ 。

##### 2. 高角闪岩相

高角闪岩相岩石主要见于阜平岩群、湾子群及阜平旋回变质深成岩,多具变晶结构,变余结构较少。矿物共生组合的主要特征是所有岩石中均未见紫苏辉石,基性变质岩中以棕绿色角闪石出现;并常有石榴子石、透辉石出现为特征;长英质—泥质变质岩以矽线石与正长石共生,刚玉与正长石共生为特征;硅铁质变质岩中以深蓝绿色角闪石和透辉石出现为特征;钙质变质岩中以透辉石、橄榄石、富钙方柱石出现为特征。矿物共生组合特征见表 6 1。本区高角闪岩相的形成温度为  $t = 640 \sim 700$  ,压力为  $p = (4 \sim 8) \times 10^8 \text{ Pa}$ 。

##### 3. 低角闪岩相

低角闪岩相主要分布于湾子旋回变质地层和变质深成岩中,其次叠加分布于阜平岩群之内。与高角闪岩相岩石有明显差别:粒度较细,角闪石  $N_g$  浅蓝,黑云母色浅且  $N_g$  发绿,斜长石聚片双晶细而密,钾长石均为微斜长石,白云母较多,变余结构构造普遍。矿物共生组合的主要特征是基性变质岩以蓝绿色角闪石出现,无单斜辉石和石榴子石为特征;在钙质变质岩中出现透闪石、透辉石、钠方柱石为特征,在泥质变质岩中出现十字石、蓝晶石为特征;硅铁质变质岩中角闪石以浅蓝绿色为特征(表 6 1)。湾子旋回中前进变质的上限  $t = 610$  ,  $p = (4 \sim 6) \times 10^8 \text{ Pa}$ ;下限  $t = 550$  ,  $p = (4 \sim 6) \times 10^8 \text{ Pa}$ (片区总结,2000)。

##### 4. 绿片岩相

绿片岩相岩石主要为吕梁旋回变质岩,其次分布于阜平旋回及湾子旋回变质岩的韧性变形带中。矿物共生组合特征是基性变质岩有绿帘石、阳起石及角闪石出现;泥质 长英质变质岩中有绿泥石、白云母、绿帘石等出现;钙质变质岩中以白云母、石英出现为特征(表 6 1)。

表 6 1 各种变质相的矿物共生组合

变质相	岩石类型		矿物组合	矿物代号
麻粒岩相	基性变质岩	斜长角闪二辉麻粒岩	Hy + Di + Pl(基)	Hy—紫苏辉石
		含石榴斜长角闪二辉麻粒岩	Hy + Di + Pl(基) + Gr	Di—透辉石
		紫苏角闪岩	Hy + Hb	Pl—斜长石
	长英质泥质变质岩	含石榴紫苏黑云斜长片麻岩	Hy + Pl(基 - 中) + Gr + Bi(红棕) + Q	Gr—石榴子石
		紫苏浅粒岩	Hy + Pl(中) + Or + Q + Bi(红棕)	Bi—黑云母
		含刚玉尖晶石黑云钾长片麻岩	Crd + Sp + Bi + Or	Q—石英
	硅铁质变质岩	紫苏磁铁石英岩	Hy + Mt + Q	Crd—刚玉
		磁铁紫苏石英石榴岩	Hy + Gr + Mt + Q	Sp—尖晶石
		含石榴紫苏磁铁石英岩		Or—正长石
		二辉磁铁石英岩	Hy + Di + Mt + Q	Mt—磁铁矿
		石榴磁铁二辉石英岩 石榴磁铁石英二辉岩	Hy + Di + Gr + Mt + Q	Sill—矽线石
高角闪岩相	基性变质岩	斜长角闪岩	Pl + Hb(绿、棕绿) ± Bi ± Q	Mi—微斜长石
		透辉斜长角闪岩	Pl + Hb(绿、棕绿) + Di ± Bi ± Q	Ms—白云母
		石榴透辉斜长角闪岩	Pl + Hb(绿、棕绿) + Gr + Di ± Bi ± Q	Ky—蓝晶石
	长英质泥质变质岩	变粒岩、浅粒岩、片麻岩	Pl + Q ± Or ± Hb ± Bi ± Gr ± Di	Tou—电气石
		刚玉黑云钾长变粒岩、片麻岩	Or + Bi + Crd ± Sill ± Pl	Tr—透闪石
		矽线斜长变粒岩、浅粒岩、片麻岩	Pl + Bi + Sill + Q ± Gr ± Or	Phl—金云母
	钙质变质岩	透辉大理岩	Di + Cal ± Pl ± Or ± Q ± Dol	Cal—方解石
		橄榄大理岩	Ol + Cal ± Phl ± Q ± Dol	Ol—橄榄石
		方柱透辉大理岩	Sc + Cal ± Di	Sc—方柱石
		含橄榄金云大理岩	Sp + Cal + Ol + Di + Phl	Ep—绿帘石
	硅铁质变质岩	透辉磁铁石英岩	Di + Mt + Q ± Hb(深蓝绿)	Dol—白云石
		透辉石榴磁铁石英岩	Di + Gr + Mt + Q	Act—阳起石
		斜长角闪石榴磁铁石英岩	Gr + Mt + Hb(深蓝绿) ± Bi + Q	Ab—钠长石
低角闪岩相	基性变质岩	斜长角闪岩、变质辉绿岩	Pl + Hb(蓝绿) ± Bi ± Q	Chl—绿泥石
	长英质泥质变质岩	钾长浅粒岩	Mi + Ms + Q ± Pl	
		含磁铁钾长浅粒岩	Mi + Ms + Q + Mt ± Pl	
		黑云斜长浅粒岩、变粒岩、英云闪长质片麻岩	Pl + Bi + Q ± Gr ± Hb(蓝绿) ± Mi	
		含磁铁角闪斜长变粒岩	Pl + Hb(蓝绿) + Q + Mi	
		片麻状含斑黑云母花岗岩	Pl + Bi + Q + Mi	
		纹层状含蓝晶石黑云斜长变粒岩	Pl + Bi + Q + Ky ± Tou	
		含矽线石黑云斜长变粒岩	Pl + Bi + Q + Sill ± Tou	

变质相	岩石类型		矿物组合	矿物代号
低角闪岩相	钙质变质岩	透闪白云石大理岩	Tr + Dol + Phl	
		斜长透辉大理岩	Pl + Di + Cal	
		石英斜长透辉变粒岩	Pl + Di + Q	
		斜长角闪大理岩	Hb + Pl + Cal + Ep ± Dol	
	硅铁质变质岩	角闪磁铁石英岩	Hb(浅蓝绿) + Mt + Q ± Bi	
		石榴角闪磁铁石英岩	Hb(浅蓝绿) + Gr + Mt + Q	
绿片岩相	变基性岩	绿帘黑云阳起片岩	Act + Ep + Pl(Ab) + Bi ± Q	
		黑云绿泥阳起片岩	Chl + Ep + Pl(Ab) + Bi ± Q	
		绿泥黑云片岩	Bi + Pl(Ab) ± Chl	
	钙质变质岩	白云母白云石细晶大理岩	Ms + Q + Dol	
		含白云母石英白云石细晶大理岩	Ms + Q + Dol + Mi + Mt	
	长英质泥质变质岩	二云片岩、变质石英砂岩	Ms + Bi + Q + Mi	
		白云母片岩、片状长石石英砂岩	Ms ± Bi + Q + Pl(Ab) + Mi	
		花岗闪长质糜棱岩	Bi + Ep + Pl(Ab) + Mi + q	
		花岗质糜棱岩	Pl(Ab) + Mi + Ms + Q	
		花岗质糜棱片麻岩	Ep + Bi + Hb(蓝绿) + Pl + Q	
		黑云二长糜棱片麻岩	Ep + Bi + Hb(蓝绿) + Pl + Mi + Q	

二、变质作用的温压条件及演化

1. 阜平期变质作用的温压条件及演化

(1) 早期递增变质阶段

在高角闪岩相 SiO<sub>2</sub> 过饱和的泥质变质岩中见有矽线石与正长石共生,并见到矽线石交代白云母现象,说明存在白云母 + 石英 = 矽线石 + 正长石 + H<sub>2</sub>O 的进变质反应。由低角闪岩相转变为高角闪岩相的温压条件为  $t = 650 \sim 680^{\circ}\text{C}$  ,  $p = (4 \sim 8) \times 10^8 \text{Pa}$ 。

在高角闪岩相基性岩中,存在角闪石 = 透辉石 + H<sub>2</sub>O,角闪石 + 石英 = 透辉石 + H<sub>2</sub>O 的变质反应,角闪石的分解标志着高角闪岩相的顶峰条件,据成岩格子法估计,  $t = 700 \sim 730^{\circ}\text{C}$  ,  $p = (7.2 \sim 8) \times 10^8 \text{Pa}$ 。

在麻粒岩相岩石中,可见到角闪石 + 石英 = 紫苏辉石 + 透辉石 + 斜长石的变质反应,同样反映了递增变质作用的存在,二辉石温度计、成岩格子法估计  $t = 760 \sim 800^{\circ}\text{C}$  ,  $p = (5 \sim 8) \times 10^8 \text{Pa}$ 。

(2) 变质峰期阶段

麻粒岩相的峰期产物为等轴粒状的单斜辉石 + 斜方辉石 + 斜长石,形成温度压力为  $t = 820 \sim 860^{\circ}\text{C}$  ,  $p = (4 \sim 7) \times 10^8 \text{Pa}$ 。

(3) 麻粒岩相退变为高角闪岩相阶段

可由麻粒岩相中石榴石冠状的分带性看到,其形成的温压条件为  $t = 700 \sim 710^{\circ}\text{C}$  ,

$p = (4 \sim 6.5) \times 10^8 \text{ Pa}$ 。此阶段之后常伴有混合岩化作用。

#### (4) 高角闪岩相退变为低角闪岩相阶段

大量薄片均可见到退变现象:斜长石 + 角闪石(棕绿) 斜长石正环带 + 角闪石(蓝绿), 石榴子石 角闪石(蓝绿) + 黑云母(浅棕) + 磁铁矿 + 斜长石,透辉石 透闪石,矽线石 白云母等,本阶段常伴有韧性变形。形成温压条件为  $t = 550 \sim 650$  ,  $p = (4 \sim 6) \times 10^8 \text{ Pa}$ 。

由此看出,阜平期变质作用的温压条件随时间的演化构成一顺时针  $p-t$  演化趋势。

### 2. 湾子期变质作用温压条件及演化

#### (1) 早期递增变质阶段

在贫硅泥质岩石中可见到刚玉与正长石共生,二者集合体呈板状外形,类似白云母假象;在  $\text{SiO}_2$  过饱和的泥质岩中见有矽线石与正长石共生,并见矽线石交代白云母现象。由低角闪岩相转变为高角闪岩相的条件为  $t = 650 \sim 680$  ,  $p = (4 \sim 7) \times 10^8 \text{ Pa}$ 。

#### (2) 变质峰期阶段

单斜辉石呈等轴粒状,与绿色角闪石平衡共生,方柱石多呈半自形粒状,与透辉石、方解石平衡共生,显示高角闪岩相峰期特征。温压条件为  $t = 685 \sim 710$  ,  $p = 8 \times 10^8 \text{ Pa}$ 。

#### (3) 峰期后退变阶段

表现为透辉石 透闪石,角闪石 黑云母等现象。

## 第二节 深 熔 作 用

研究区早前寒武纪地质体大多受到了不同程度的深熔作用的影响。在局部地区随着深熔程度的增加,生成混合岩类,甚至花岗质岩石,使岩石的外貌完全改变,层状特征消失,而呈现块状构造。不同岩类在相同或相近的地质条件下,表现出来的深熔特征是不相同的,而同一岩类在不同条件下,也表现出不同的深熔特征。研究区的变质岩类主要由浅粒岩类、变粒岩 片麻岩类、角闪质岩类和变质深成片麻岩类组成,局部地区发育有大理岩和钙硅酸盐岩类。大理岩和钙硅酸盐岩类在研究区分布较局限,深熔作用的表征也比较简单,主要是岩石的粒度明显加粗以及方解石条带的生成。而其他岩类深熔表现相对复杂些,详见专著有关内容。为了实际操作简单易行和便于图面表达,我们根据岩石中新生的深熔浅色体数量的多少,将研究区大致分为较弱深熔改造区、中等深熔改造区、较强深熔改造区和深熔花岗岩区四个级别。较弱深熔改造区岩石中新生的深熔浅色体数量  $< 10\%$  ,中等深熔改造区岩石中新生的深熔浅色体数量约为  $10\% \sim 30\%$  ,较强深熔改造区岩石中新生的深熔浅色体数量通常  $> 30\%$  ,而深熔作用的最高级别——深熔花岗岩区则是指由深熔作用形成的壳源花岗岩分布区。至于熔体的比例则很难划出一个截然的界限,研究区内的深熔花岗岩中残留体或残影体的比例通常  $< 20\%$  。理论上讲,当岩石中熔体或熔浆达到相当比例时,在应力作用下,熔浆可以挟持固体岩石冲破原有体系发生运移,可以认为这时岩浆作用已经开始,在所谓的“岩浆”里,随着温度升高,固相岩石的变质反应继续递进,同时它们又被继续熔融,熔浆的比例和成分不断改变,直至全部熔融,即是“完全地”陆壳重熔型的岩浆作用了。区内的阜平岩群和湾子群以及阜平旋回变质深成岩都受到了角闪岩相以上的变质,它们多数也都受到了中等程度以上的深熔改造。较弱深熔改造区分布较局限,考虑到图面负担,没有在图中单独表示出来。

# 第七章 基底构造

## 第一节 构造形迹

### 一、面理

#### 1. 变余层理

最常见的和最普遍的层理是以变余递变层的形式表现出来的,一般从底到顶由长英质矿物渐变到云母类或(和)其他有色硅酸盐矿物;在条带状建造中,从底到顶,由富硅质渐变到富铁质。在变质程度达角闪岩相的岩层中,除邻近褶皱转折端部位外,层理同片理趋于平行。

#### 2. 片理(劈理)

片理主要以变质矿物的平行排列表现出来,普遍以轴面片理(劈理)存在,在同期褶皱的转折端附近,垂直于或大角度交切层理或先存面理,在广阔的褶皱翼部,片理平行层理。

#### 3. 片麻理和条带状构造

二者同为中深变质岩区的常见面状构造,二者的发育程度代表着应变的强弱。

#### 4. C 面理和 S 面理

二者又称糜棱岩剪切面理和压扁面理,常形成 S C 组构,从剪切带边部到中心部位,二者夹角逐渐减小。

#### 5. 面理置换和复合

面理置换是一种面理被另一种面理改造或代替的转换现象。区内变质岩中的面理置换是一种普遍存在的构造现象。在溁沱群构造层中为轴面劈理置换层理:在阜平岩群和湾子群中,除早世代褶皱的转折端附近出现轴面片理置换层理的现象外,早世代褶皱翼部和晚世代褶皱的叠加,主要表现为面理的复合,包括轴面片理与层理的复合,晚世代片理同早世代层理的复合。变质深成岩体的面状构造置换主要表现为各类脉体的布丁化和平行化现象。

### 二、线理

#### 1. 拉伸线理

拉伸线理主要表现为矿物颗粒、砾石、眼球状残斑等的定向压扁拉长,并平行片理、片麻理分布,属 a 线理。这些拉伸线理指示着韧性剪切变形中物质的运动方向。

#### 2. 矿物定向线理

矿物定向线理指垂直主压应力而平行排列的针状、柱状矿物所表现的线理,属 b 线理。

#### 3. 石香肠构造

形成香肠体的强干岩石以斜长角闪岩为主,其次为早期长英质、硅质脉岩。最常见的为横断面呈藕节状或透镜状,其长轴方向与褶皱轴平行,属 b 线理范畴。

#### 4. 小褶皱枢纽

枢纽统计意义上与区域褶皱平行或小角度斜交,属 b 线理类型。

### 三、褶皱构造

按兰姆赛分类,区内褶皱形态主要有两种类型。

#### 1. 相似褶皱( I 型)

相似褶皱是区内褶皱的主要类型之一,其特点是等斜线互相平行且等长,褶皱层的内外弧曲率相等,具顶厚特征。各构造层的早世代褶皱主体形态为相似褶皱。主要有:

1)层(片)内流变褶皱:此种褶皱一般都被限制在软硬岩层相间的软弱岩层中。发育较好时可以在其转折端及两翼分出“ M ” S ” N ”型次级褶皱。褶皱的翼部多被拉薄甚至拉断,而转折端部位则成几倍地加厚。

2)片内无根钩状褶皱:如果地层以软弱岩层为主,间夹一些强硬薄层,当褶皱作用不断加强时,强硬薄层形成的褶皱往往被拉断,成为片内无根钩状褶皱。

3)剪切褶皱:多表现在较软弱的薄层岩石之中。

4)不协调褶皱:主要表现在软硬岩层互层的地层之中。

5)斜歪褶皱:是区内褶皱构造的主要表现形式之一,其特点是转折端圆滑加厚,两翼变薄。产于剪切带时,可指示运动学方向;产于大型褶皱翼部时,据其倒向可判断所处的构造部位和大型褶皱的两翼位置。

6)尖棱褶曲:主要形成于薄层岩石和条带发育的片麻岩中,特点是转折端呈尖棱状并加厚,两翼较平直,厚度较稳定。

7)平卧等斜褶皱:两翼近平行,转折端加厚呈圆滑状或尖棱状,形态多为一翼完整,另一翼缺失或呈断续状。

8)鞘褶皱:常见于韧性剪切带中。

#### 2. 平行褶皱( I<sub>B</sub> 型)

平行褶皱特点是发生褶皱的岩层厚度保持不变,同一变形面的曲率在各点相等,而不同变形面的曲率则不等。各构造层晚世代褶皱多属此类型。

### 四、叠加褶皱

区内以斜跨叠加褶皱和共轴叠加褶皱为多见。斜跨叠加褶皱的特点是前期褶皱的枢纽和轴面均发生弯曲。共轴叠加褶皱是在晚世代运动坐标  $b_2$  轴同早世代褶皱枢纽  $B_1$  平行或接近平行,而晚世代运动坐标  $a_2$  轴同早世代褶皱  $A_1$  轴相互垂直或斜交的情况下形成。

### 五、断裂

伴随褶皱作用,微小剪切断裂沿叶理广泛发育,而少数较大断裂呈带出现,边界不易观察,其中发育糜棱岩化构造岩和糜棱岩,具显微凸镜体和条带构造。

## 第二节 褶皱构造序列

基础构造层的褶皱构造,按其形成的时间、特征、规模和强度,至少可以划分为五个期



次,各期构造经历了既有独特变形特征及构造组合样式,又有彼此控制,继承和改造、叠加关系。

### 一、第一期褶皱构造

本期褶皱规模较小,一般只为露头尺度,多为层内褶皱和无根钩状褶皱。褶皱紧闭同斜,即使在褶皱转折端部位,片理与轴面间夹角也很小。常表现为不协调褶皱,塑性流变褶皱,剪切褶皱密切共生,反映这幕褶皱作用是在物质处于高塑性环境下形成的。

### 二、第二期褶皱构造

本期褶皱为轴迹近东西向的大型紧闭同斜(倒转)褶皱或平卧褶皱,转折端岩层加厚现象明显,次级小褶皱呈现相似特点。区内形成一系列背向斜。伴生有大型推覆韧性剪切带。

### 三、第三期褶皱构造

本期褶皱变形是在近南北向的水平力挤压作用下产生的轴迹近东西向褶皱变形。叠加于阜平期变形体之上,是以第二期褶皱构造的轴面和轴面劈理为主要参考面叠加形成的共轴褶皱,由一系列相间排列的背向形组合而成。对于湾子群表现为紧密线状褶皱,但所处构造位置的不同,其组合样式也不同。

### 四、第四期褶皱构造

本期褶皱变形是在近东西向挤压应力场作用下形成近南北向缓倾伏褶皱,与第二期、第三期褶皱横跨叠加。表现为  $Ap_2$ 、 $Ap_3$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  的左右摆动, $B_2$ 、 $B_3$  的上下波动,并发育新的轴面劈理  $S_4$ 。

### 五、第五期褶皱构造

本期褶皱是在 NNW—SSE 方向挤压应力作用下形成轴向 NEE 向线性褶皱群落,应力场具挤压兼右旋剪切性质。该期褶皱变形在滹沱群表现最明显。

## 第三节 韧性剪切变形带

韧性剪切变形带是指带状展布的发育在地壳一定深度的高应变带,是变质岩区重要的构造类型。根据韧性剪切带的基本特征,形成的构造背景,卷入的地层时代等,可划分为阜平期、湾子期(五台期)、吕梁期几个不同时代。

### 一、阜平期韧性剪切变形带

太行山地区阜平期的韧性剪切变形带分布比较广泛,区内主要有下口—三家店、柏坡—口头、石湖—九口子、龙泉关—阜平等数条韧性剪切变形带,具有如下总体特征。

#### 1. 韧性剪切变形带的组合形式

变形带组合总体在平面上呈向北西撒开,向南东收敛的扇形展布。这种特征表明在阜平期变形期间,在南北向挤压应力作用下,本区有向西挤出的变形特征。

## 2. 韧性剪切变形带的规模

本期韧性变形带都有较大的影响范围,一般长几十至上百公里,宽几百米至几公里。往往构成次级构造单元的界线,甚至造成地层 岩石单元的重复、缺失、不同时代岩石单元的直接接触,或强烈的剪切、褶皱变形带。例如:龙泉关 阜平韧性剪切变形带的向南逆冲剪切,致使阜平以北地区暴露出阜平岩群下部地(岩)层。

## 3. 韧性剪切变形带的宏观特征

阜平期韧性剪切变形带一般比较散漫,往往由几条平行的韧性强变形带组成具有区域规模的大型韧性剪切带,其间夹有变形较弱的弱变形域或岩块。

## 4. 韧性剪切变形带中的中小构造特征

1)小规模韧性剪切带:在韧性剪切变形带内,局部边界条件或应力状态的改变,都会导致产生小的局部应力场,发育中小尺度的韧性剪切带。

2)强烈揉皱带:是韧性剪切变形带的一种构造形式,表现出非常强烈的塑性流变状态。黑云斜长片麻岩中的基体被剪切成糜棱状物质,其间的长英质脉体则被揉皱成肠状、钩状、香肠状不连续残留体。

3)鞘褶皱:是强烈韧性剪切变形形成的 A 轴褶皱,在不同断面上呈不同形态的封闭—半封闭构造。

4)鱼群状香肠构造:如果卷入韧性剪切带的是多层角闪质岩层,由于与围岩韧性差大小不同等原因,角闪质岩石会形成一系列大小不同、形态各异的石香肠构造。

5)糜棱岩:变形带中发育不同类型的糜棱岩、糜棱岩化片麻岩等。在具有长英质脉体的糜棱岩中,形成大量旋转残斑,并构成眼球状构造及 S C 组构等。

# 二、湾子群韧性剪切变形带

主要分布于峪口—龙泉关、板峪口、湾子—庞家铺、车辐沟—胡家峪等地。在下口—三家店、口头—柏坡等构造变形带上也叠加有该期变形。该期韧性剪切变形带通常沿同构造层不同岩石组合之间的界面或不同构造层之间的不整合面发育,区域上呈 NNE NE 向的平行带状展布,倾向北西或南西,倾角  $25^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,一般长数十公里,宽 200 ~ 500m。主导变形机制为右旋剪切推覆型。

剪切带内指向构造标志极其发育,如不对称平卧褶皱、剪切褶皱、鞘褶皱、S C 组构等。岩石残块,交代斑晶和变斑晶旋转组构、拉伸线理等也普遍可见。构造岩类型为糜棱岩、糜棱岩化片麻岩、眼球状片麻岩等。矿物主要显微构造是定向生长、晶格优选和变形双晶等。

# 三、吕梁期韧性剪切带

吕梁期韧性剪切变形带形成于古元古代裂隙槽挤压闭合的吕梁运动主旋回,主要展布于古元古代地层与新太古代变质杂岩的接触地带或叠加于先期构造变形带上。古元古界内部发育的韧性剪切带一般规模较小,长几公里,宽几米至几十米。剪切变形带变形机制早期为顺层滑脱型,晚期为逆冲推覆型。强变形带与弱变形域常见比较明显的界面,显示脆 韧性特点。构造岩主要为糜棱片岩和糜棱岩化岩石。

滹沱群内的韧性剪切变形作用可使地层厚度变薄,造成地层厚度较大变化,变形带多发育在地层的主期褶皱倒转翼和正常翼。岩石强烈片理化,发育 S-C 组构、拉伸线理、剪切褶

皱等韧性剪切变形组构。

## 第四节 主要地质事件的演化时序

研究区的主要地质事件的时代和演化顺序如下所示：

- 1820 ~ 1885Ma 角闪岩相区域变质作用, 深熔作用表征强烈, 可能为板内构造性质  
(1820 ~ 2016Ma)
- 2536Ma ~ ? 湾子群形成 (稳定大陆内部或边缘沉积)
- 2526Ma 龙泉关花岗闪长岩侵位
- 2536Ma TTG 侵位并受到高角闪岩相变质
- 2540Ma 麻粒岩相 高角闪岩相区域变质及深熔作用, 为本区最重要构造事件, 可能具有造山性质
- 2700 ~ 2540Ma 阜平岩群形成 (火山及沉积作用)

## 主要参考文献

- 程裕淇,高吉凤,万渝生,马瑞 .2000b .河北平山小觉地区新太古代阜平岩群中变质岩所显示深熔改造的一些岩相学特征 .中国地质,2000(12):14~16
- 程裕淇,高吉凤,万渝生,马瑞 .1998 .河北平山阜平群两种岩石类型的初步熔融实验及其启示 .中国地质,1998(3):18~22
- 程裕淇,高吉凤,万渝生 .1996 .河北平山晚太古代阜平群一些主要变质岩类深熔特征的初步研究 .献给第三十届国际地质大会地质科学研究论文集 .北京:中国经济出版社,273~284
- 程裕淇,高吉凤,万渝生 .1999 .论中国河北平山西北部新太古代阜平群一些变质岩类的深熔作用 .见:钱祥麟,游振东主编,前寒武纪地质学和变质岩石学 .第30届国际地质大会论文集(17):126~136
- 程裕淇,万渝生,高吉凤,马瑞 .2001 .河北平山小觉地区阜平岩群中三种岩类深熔现象的岩相学特征 .地质论评,47(1):1~8
- 程裕淇,万渝生,高吉凤 .2000a .河北平山小觉地区阜平群变质作用和深熔作用同位素年代研究的初步报导 .地质学报,74(1):30~38
- 关鸿,孙敏,徐平 .1998 .阜平杂岩中几种不同类型片麻岩的锆石激光等离子体质谱年代学研究 .岩石学报,14(4):460~470
- 郝杰,王凯怡,周少平 .1995 .五台山西南麓“龙泉关群”地层、构造特征及有关问题的讨论 .地质科学 30(2):183~189
- 贺义兴,马瑞,姚杰等 .2001 .河北平山阜平群夕线石钾长浅粒岩深熔作用的微区矿物学标志 .地质论评,47(1):82~88
- 贺义兴,宋书林 .1999 .河北平山阜平群两种岩石熔融过程中的矿物相变及成分变化 .地质学报,73(4):315~320
- 李江海,钱祥麟 .1991 .太行山北段龙泉关剪切带研究 .山西地质,6(1):17~29
- 刘敦一, R.W. 佩吉, W. 康普斯顿, 伍家善 .1984 .太行山—五台山区前寒武纪变质岩系同位素地质年代研究 .中国地质科学院院报,第8号,57~82
- 刘树文,李江海,潘元明等 .2002 .太行山—恒山太古代古老陆块:年代学和地球化学制约 .自然科学进展,12(8):826~833
- 刘树文,梁海华,华永刚 .1999a .太行山太古宙湾子岩系的流体与岩石平衡体系 .北京大学学报(自然科学版),35(2总168):259~264
- 刘树文,梁海华,华永刚 .1999b .太行山含夕线石石英球花岗岩的地质学、地球化学和岩石成因 .地质科学,34(3):390~396
- 刘树文,梁海华,赵国春,华永刚,简安华 .2000 .太行山早前寒武纪杂岩的同位素年代学和地质事件,中国科学(D辑),2000(1)
- 刘树文,梁海华 .1997 .太行山太古宙变质杂岩中富铝片麻岩的变质作用 .岩石学报,13(3):303~312
- 刘树文 .1996a .太行山阜平片麻杂岩的流体与岩石平衡体系研究 .中国科学(D)辑,27(3):239~244
- 刘树文 .1996b .阜平地区麻粒岩的 P-T 路径研究 .高校地质学报,2:75~84
- 牛树银,陈路,许传诗等 .1994 .太行山区地壳演化及成矿规律 .北京:地震出版社
- 宋书林,姚杰,王安平 .2000 .河北平山阜平群夕线石浅粒岩中黑云母深熔作用的微区信息研究 .长春科技大学学报,30(4):338~341
- 孙敏,关鸿,2001 .阜平杂岩年龄及其地质意义:兼论前寒武高级变质地体的定年问题 .岩石学报,17(1):145~156
- 谭应佳,王方正,赵温霞 .1993 .太行山阜平隆起南部早前寒武纪地质——兼论太古宙地质若干问题及研究方法 .武汉:中国地质大学出版社,161
- 谭应佳,赵温霞,王方正等 .1989 .太行山阜平隆起南部早前寒武系划分及其形成构造环境 .地球科学——中国地质大学学报,14(1):67~76
- 谭应佳 .1959 .五台太行山区太古代地层(摘要) .献给第一届全国地层会议论文集,北京地质学院
- 唐先梅,刘树文 .1997 .太行山北段晚太古宙变质杂岩伸展变形带的初步研究 .北京大学学报(自然科学版),33(4):447~455
- 王凯怡,李继亮,刘如琦 .1991 .阜平片麻岩之成因 .地质科学,1991(3):254~267
- 王启超,肖文暹,张少卿 .1996 .太行山阜平超群的地质时代及地层划分 .华北地质矿产杂志,11(3):443~446
- 王启超,赵永利,王琴廷等 .2001 .太行山区阜平超群的地质时代及层序 .地层学杂志,25(Supp.):391~397
- 王启超 .1988 .太行五台区、燕山区、阴山东段的早前寒武纪地层年代、划分及对比 .地质学报,62(1):16~30
- 吴昌华,李惠民,钟长汀,左义成 .2000 .阜平片麻岩和湾子片麻岩的单颗粒锆石 U-Pb 年龄——阜平杂岩并非一统太古宙

- 基底的年代学证据 .前寒武纪研究进展,23(3):129 ~ 139
- 伍家善,耿元生,徐惠芬等 .1989 .阜平群变质地质 .中国地质科学院地质研究所所刊,第 19 号
- 徐朝雷,徐有华,张平 .1985 .太行山区龙华河群的建立与否定 .地球科学,10(4):151 ~ 158
- 许荣华,朱铭,陈福坤等 .1995 .龙泉关韧性剪切带的年代学研究 .第四纪研究,1995(4):332 ~ 342
- 杨杰 .1931 .山西省五台山地质略述 .中国地质学会志,2:261
- 张春华,王启超等 .1990,河北早前寒武纪变质作用 .北京:地质出版社
- 张寿广,金龙国,肖庆辉 .1983 .阜平太古宙穹状褶皱的构造样式及变形史 .中国区域地质,(6):97 ~ 108
- 赵国春,孙敏 .2002 .华北克拉通基底构造单元特征及早元古代拼合 .中国科学,32(7):538 ~ 549
- Sun M, Armstrong R L, et al .1992 .Petrochemistry and Sr, Pb and Nd isotopic geochemistry of early Precambrian rocks, Wutaishan and Taihangshan areas, China .Precambrian Res ., 56:1 ~ 31
- Cawood P, Wilde S A, Wang, K Y and Nemchin A .1998 .Integrated geochronology and field constraints on subdivision of the Precambrian in China: data from the Wutaishan .Abstract of the 9<sup>th</sup> International Conference on Geochronology and Isotope Geology, Beijing .Chinese Science Bulletin ., 43:17
- Liu Shuwen, et al .2000 .Isotopic chronology and geological events of Precambrian complex in Taihangshan region .Science in China Ser D, 43(4): 386
- Liu Shuwen, Pan Yuanming, Li Jianghai, et al .2002 .Geological and isotopic geochemical on the evolution of the Fuping Complex, North China Craton .Precambrian Research, 117: 41 ~ 56
- Wilde S A, Cawood P, Wang, K Y, and Nemchin A .1998 .SHRIMP U - Pb zircon dating of granites and gneisses in the Taihangshan-Wutaishan area: Implications for the timing of crustal growth in the North China craton: The 9<sup>th</sup> International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology, Abstract, Beijing .Chinese Science Bulletin, 43:144
- Zhao G C .2001 .Palaeoproterozoic assembly of the North China Craton .Rapid Communications, 138(1): 1 ~ 5
- Zhao G C, Cawood P A, Wilde S A, et al .2000a .Metamorphism of basement rock in the Central Zone of the North China Craton: implications for Paleoproterozoic tectonic evolution .Precambrian Research, 103: 55 ~ 88
- Zhao G C, Wilde S A, Cawood P A, Sun M .2002 .SHRIMP U - Pb zircon ages of the Fuping complex: implications for late archaean to Paleoproterozoic accretion and assembly of the North China Craton .American Journal of Science, 302(3): 191 ~ 226
- Zhao G C, Wilde S A, Cawood P A, Lu L Z .2000b .Petrology and P - T path of the Fuping mafic granulites: implications for tectonic evolution of the central zone of the North China craton J .metamorphic Geol ., 18:375 ~ 391

## 内部参考资料

中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 辛庄幅, 1997 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 下口幅, 1997 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 温塘幅, 1997 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 城南庄幅, 1988 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 井陘县幅, 1992 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 平山县幅, 1992 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 北庄幅, 1993 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 阜平幅, 1993 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 团泊口幅, 1995 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 菜村岗幅, 1995 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 神北幅, 1995 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 稻园幅, 1995 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 灵山镇幅, 1995 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 下平阳幅, 1995 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 走马驿幅, 1995 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 陈庄幅, 1996 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 神堂关幅, 1996 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 小觉幅, 1996 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 孟家庄幅, 1996 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 下关幅, 1998 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:50000 马庄幅, 1998 .  
中华人民共和国地质图 1:50000 口头幅地质图, 1999 .  
中华人民共和国地质图 1:50000 南甸幅地质图, 1999 .  
中华人民共和国地质图 1:50000 慈峪幅地质图, 1999 .  
中华人民共和国地质图 1:50000 龙泉关幅, 2002 .  
中华人民共和国地质图 1:50000 前大地幅, 2002 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:200000 孟县幅, 1966 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:200000 阜平幅, 1966 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:200000 石家庄幅, 1965 .  
中华人民共和国地质图及说明书 1:200000 平行型关幅, 1967 .  
中华人民共和国区域地质调查报告 1:50000 小觉幅、孟家庄幅, 1996 .  
中华人民共和国区域地质调查报告 1:50000 城南庄幅、前大地幅(东部), 1988 .  
中华人民共和国 1:50000 龙泉关幅区域地质调查简报, 1998 .  
中华人民共和国 1:50000 前大地幅区域地质调查简报, 1998 .  
中华人民共和国区域地质调查报告 1:50000 龙泉关幅、前大地幅, 1999 .  
中华人民共和国区域地质调查报告 1:50000 口头幅、南甸幅、慈峪幅, 2001 .  
张晔卿, 刘增校等 .2000 .河北省太行山中——北段一比五万区调片区总结报告(比例尺 1:250000)  
裴利庭等 .2000 .1:5万龙泉关—前大地测区专题研究:龙泉关韧性剪切带地质特征 .  
王国平等 .2001 .太行山阜平隆起南部太古宙变质地层划分对比及时代讨论(专题研究报告) .

---

在编图过程中,引用和参考的资料。