

河北阜平平阳片麻状奥长花岗岩的 地质和岩相学特征

张西平^{1,2} 万渝生² 杨崇辉²

(1.北京矿产地质研究所,北京 100012; 2.中国地质科学院地质研究所,北京 100037)

摘要: 平阳片麻状奥长花岗岩位于河北阜平县平阳镇一带,围岩为包括混合岩和片麻岩在内的变质表壳岩,层位上相当于阜平群的下部。研究表明平阳地区空间上存在高级变质作用、混合岩化作用和深熔作用的“三位一体”,因而由变质岩到花岗岩显示了系统的岩石学、岩相学以及产出关系上的渐变过渡特点。花岗岩中的变质表壳岩以及部分包体不仅在岩性上可和外围的同类岩石对比,而且也显示了明显的深熔作用改造的痕迹。有较为充分的证据表明平阳片麻状花岗岩总体上是原地深熔的奥长花岗岩,局部发生了一定尺度的位移。平阳地区变质表壳岩的深熔作用经历了以流体活动占主导地位、以矿物的溶解和重结晶为主要特点的早期阶段,演变为以部分矿物的熔融占主导地位的高级阶段。平阳片麻状奥长花岗岩的形成代表了阜平岩群变质表壳岩深熔作用的高级演化阶段,对于客观认识阜平岩群的组成和地质演化具有重大意义。

关键词: 平阳片麻状奥长花岗岩;阜平岩群;变质表壳岩;高级变质作用;混合岩化作用;深熔作用;岩石学;岩相学
中图分类号: P586;P583 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2003)01-0061-12

太行山阜平岩群的组成和地质演化近些年来颇受关注,相继提出了不同的认识和观点。伍家善等^[1]认为阜平群是一套变质的表壳岩,原岩为晚太古代大陆边缘浅水盆地含火山物质的沉积岩,并认为平阳花岗岩为重熔花岗岩。谭应佳等^[2]也认为阜平原岩是一套表壳岩,其中仅有少部分属于古侵入体。近十年来有许多学者认为阜平岩群大部分片麻岩为深成的 TTG 片麻岩^[3-8]。1991~1995 年 1:5 万区域地质调查,将阜平群解体为变质深成岩和变质表壳岩两大部分,平阳岩体也被当作 TTG 片麻岩^[5,8]。程裕淇等^[9-14]近年来一直致力于阜平群的深熔作用研究,强调在深变质岩地区应该多加注意深熔作用及其形成的岩石,认为平阳岩体大体上为原地花岗岩^①。那么平阳岩体究竟是片麻岩,还是原地深熔花岗岩,与区域变质变形作用又是什么关系,值得深入研究,这对客观认识阜平岩群的组成和地质演化、进而对中

朝陆块前寒武纪结晶基底的地质演化都具有非常重要的意义。作者通过几年来对平阳岩体及其周边变质岩较为系统的研究,基本查明了平阳岩体总体上为原地深熔的奥长花岗岩,其形成不仅与区域高级变质及变形作用有着密切的关系,而且代表了阜平群深熔作用发生发展演化历史的高级阶段。本文主要从地质、岩石学和岩相学方面详细阐述变质表壳岩—混合岩—平阳深熔花岗岩之间的演变关系。

1 区域地质背景及变质岩

太行山阜平地区为太古宙阜平岩群所构成的穹状复合褶皱群^[1-2,15-16](图 1),阜平岩群的原岩经历了高角闪岩相—麻粒岩相(局部)的中高级区域变质作用,也发育有不同规模的混合岩类以及包括平阳片麻状奥长花岗岩在内的花岗质岩石^[1,2,9,11,17]。阜平地区主要变质岩可分为 7 类^[1,2]:(1)基性麻粒岩;角闪

收稿日期:2002-09-25;改回日期:2002-11-08

基金项目:国土资源部地质调查项目(J1.3.1)资助。

作者简介:张西平,男,1960 年生,博士,研究员,主要从事岩石学、地球化学和矿产资源方面的研究;E-mail:zhangxiping@bjgm.com.cn。

① 程裕淇院士在中国地质调查局前寒武纪地质研究中心、同位素年代学研究中心成立大会学术讨论会上的讲话,2000。

斜长二辉麻粒岩和辉石斜长角闪岩、斜长角闪石榴麻粒岩;(2)角闪质岩;角闪岩和斜长角闪岩;(3)片麻岩;黑云斜长片麻岩、黑云二长片麻岩、角闪斜长片麻岩以及角闪黑云斜长片麻岩;(4)长英质岩;二长浅粒岩、钾长浅粒岩和斜长浅粒岩、黑云变粒岩、角闪变粒岩、磁铁变粒岩;(5)大理岩;(6)钙硅酸盐岩及(7)铁英岩。分布于平阳片麻状奥长花岗岩周边的主要变质岩有:

黑云斜长片麻岩: 主要分布于平阳岩体四周及外围变粒岩或浅粒岩地带。黑云斜长片麻岩与平阳岩体呈渐变过渡关系, 片麻理与花岗岩的片麻理协调一致, 多数情况下以条带状、条纹状的黑云斜长混合岩渐变为平阳花岗岩。局部与花岗岩相接的黑云斜长片麻岩中常发育顺片麻理产出的长英质伟晶状细脉, 花岗岩南北及西北侧附近可见厚或巨厚的粉红或白色伟晶岩脉穿插于黑云斜长片麻岩 (或与角闪斜长片麻岩、角闪质岩石互层部位)中。

岩体附近斜长石(奥长石)扩散消光现象明显, 双晶纹不清晰, 出现补片状反条纹长石; 石英显示强烈的波状消光; 黑云母(深褐色)出现退色, 晶体边缘或部分晶体常见暗化现象。根据人工重砂样品鉴定副矿物组合为磁铁矿、磷灰石、锆石、榍石、石榴石、金红石。

角闪斜长片麻岩: 为薄层状夹于变粒岩及浅粒岩互层地带或与斜长角闪岩及角闪变粒岩相伴出现, 在平阳岩体附近见与黑云斜长片麻岩相间出现。

黑云变粒岩: 呈层状分布在平阳岩体南北及东侧围岩中。该岩石与黑云斜长片麻岩之间都多呈渐变过渡的关系。斜长石以奥长石为主, 少量中长石, 靠近岩体边部扩散消光现象明显, 部分双晶纹变得模糊, 绢云母化逐渐增强, 出现补片状的反条纹长石。石英波状消光, 常见条状集合体和团块状。黑云母(深褐色)普遍出现退色、多色性减弱、暗化现象。角闪石(褐绿色)晶体则出现明显受局部应力影响, 主要复合了矿物潜在解理的“网格状结构”^[13,14]。

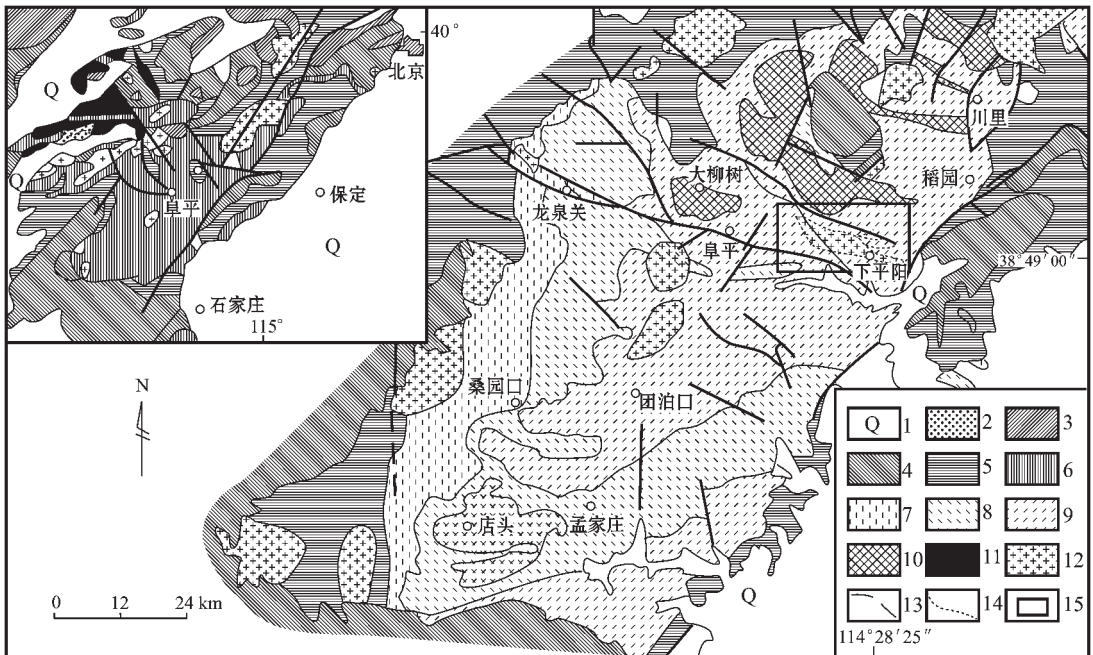


图 1 阜平地区阜平岩群地质略图(据 1990 版 1:5 000 000 中国地质图^[18]及伍家善等^[1]修改)

- 1-第四系;2-古近系、新近系碎屑岩;3-中生界碎屑岩;4-古生界含煤碎屑岩;5-元古宇;6-太古宇;7-阜平群上亚群;
- 8-阜平群中亚群;9-阜平群中亚群下部;10-阜平群下亚群;11-太古宙杂岩;12-花岗岩;13-断裂;
- 14-花岗岩与围岩渐变过渡地质界线;15-研究地区

Fig. 1 Geological sketch map of the Fuping Group-complex in Fuping, Hebei

(modified after the Geological Map of China 1:5 000 000 and Wu Jiashan et al., 1989)

- 1-Quaternary; 2-Paleogene and Neogene clastic rocks; 3-Mesozoic clastic rocks; 4-Paleozoic coal-bearing clastic rocks; 5-Proterozoic; 6-Archean;
- 7-Upper Subgroup-complex of the Fuping Group-complex; 8-Middle Subgroup-complex of the Fuping Group-complex; 9-Lower part of the Middle Subgroup-complex of the Fuping Group-complex; 10-Lower Subgroup-complex of the Fuping Group-complex; 11-Archean complex; 12-Granite;
- 13-Fault; 14 -Gradational boundary between granites and country rocks; 15-Study area

角闪变粒岩:主要分布于平阳岩体南侧及东西两侧,呈稳定的层状。角闪石为褐绿色,偶见弱的黑云母及绿泥石化。靠近岩体边部,角闪石晶面越来越模糊而出现“网格状结构”。

钾长浅粒岩:薄层至厚层、巨厚层状,延伸稳定,在平阳岩体四周均有分布。呈巨厚层状产出的钾长浅粒岩大多在外观上很接近花岗质岩石。靠近岩体边部,岩石中各种交代结构常见,如缝合线结构^[19]、“铰链结构”^[9]、蠕英结构以及净边或钠长石边等,也可出现钾长石的出熔条纹(斜长石)。石英为各形弯曲状,波状消光,常出现较多的条状集合体。

二长浅粒岩:主要分布于平阳岩体南侧的中薄层浅粒岩与变粒岩互层地带,在北侧和西侧也有少量分布,主要以(中)薄层状产出。在混合岩化作用较强地带,该岩石成分多已变为类似于二长质的花岗状岩石。

斜长角闪岩:呈层状、似层状、串珠状及透镜状夹于平阳岩体四周的片麻岩或变粒岩中。花岗岩东西两侧的斜长角闪岩中常见中粗粒的石榴石变斑晶,多数可见初期深熔^[9]的长英细脉体或小团块。

斜长角闪石榴麻粒岩:见于平阳岩体南北两侧的黑云斜长片麻岩中,呈透镜体状产出,但并不多见,在阜平群中以前尚未见有这类麻粒岩的报道。

此外还见有少量沿走向不稳定的含夕线石石英球浅粒岩和铁英岩。这些变质岩在层位上相当于阜平群的下部。

上述变质岩由远端向花岗岩方向总体变化特点表现为:1)岩石的矿物粒度逐渐增大,“三结点”平衡生长结构逐渐消失,各种交代结构从无到有且普遍增多;2)斜长石的绢云母化增强、扩散消光现象愈加明显、出现新生的微斜长石及补片状反条纹长石、双晶纹模糊;3)不规则形状的石英及其团块逐渐增多,波状消光愈加明显;4)黑云母和角闪石的结构变化(暗化、网格状结构)也逐渐普遍;5)岩石中出现深熔长英质细脉或团块,见有各种混合岩。

2 平阳片麻状奥长花岗岩的地质特征

2.1 平阳片麻状奥长花岗岩的产状

平阳片麻状奥长花岗岩在构造上位于阜平复式穹状构造猴石顶倒转背斜^[11,16]的东部,岩体呈东西向展布,东部在平阳—下罗峪之间分为两支(图2)。东西长约19 km,南北宽3.5~5 km,出露面积大于40 km²。

平阳岩体位于向南倒转的复式背斜的核部,其产状及其面理与区域构造线完全一致(图版I及图3~5)。岩体东部的两个分支分别在北台以西被北西向断裂所切,在韩家峪东南偶被长城系不整合覆盖。在下平阳西南部岩体局部与围岩呈东西向层间断层相接,在中北部岩体与围岩呈侵入接触,其他部分的边缘均与围岩呈整合状渐变过渡。总体看,平阳岩体岩性不均匀,常见长英质集结体及团块,局部地段可见外缘模糊的长英质“无根”脉很发育。而岩体中部和中北部相对均匀些,外观岩浆岩特点也较为明显(图版I—a—b)。岩体中暗色矿物(黑云母、角闪石、磁铁矿)分布不均匀,黑云母一般在岩体边部相对富集;角闪石主要在表壳岩残留层(见后)相对集中的部位出现;磁铁矿主要在岩体中、北部较为常见。岩体中部见有明显的后期钾质流体的交代作用,其范围明显受裂隙或节理控制。东北部表壳岩残留层边部见钾长斜长岩脉分布于岩体与残留层之间,局部穿插残留层。细晶岩脉—钠长石英斑岩在岩体中也很常见。

2.2 平阳片麻状奥长花岗岩内变质表壳岩残留体及变质基性岩包体和岩片

平阳片麻状奥长花岗岩之中常见厚度不等的主要由角闪石、黑云母及长英质矿物组成的片麻状岩石的残留体或残留层(图3)。残留体一般厚几厘米至几十厘米,沿走向追踪可长达数千米,可称其为巨型条带(图版I—c)。当薄层状残留体尖灭时可明显看到在其周围分布着以石英占多数的浅色隐脉体或集结体,薄片可见粗大的条状石英,斜长石中的补片状反条纹长石明显多于花岗岩其他部位。残留层一般厚度较大、产状稳定,层状特点明显(图版I—d),与岩体的界线不十分清晰,但片麻理与岩体的片麻理协调一致。其中较厚的两层(十多米)顺走向均可发现局部夹角闪质岩石,其一为芝麻点状斜长角闪岩(图3),其二为具初熔长英质“无根”脉的斜长角闪岩(图版I—e)。岩体东部局部填图表明,这些残留层相当于平阳花岗岩东部两个分支之间的向斜在花岗岩内的延续,残留层显然继承了原岩的产状,即层理 S_0 、片麻理 S_1 保持了原状且与花岗岩的片麻理(S_1)、花岗岩外围变质表壳岩的产状(层理 S_0 、片麻理 S_1)完全协调(图3)。岩体中还广泛分布着各种类型的基性岩石包体(角闪质岩石和麻粒岩)和岩片,包体直径一般都大于几十厘米至数米不等,在东部具有明

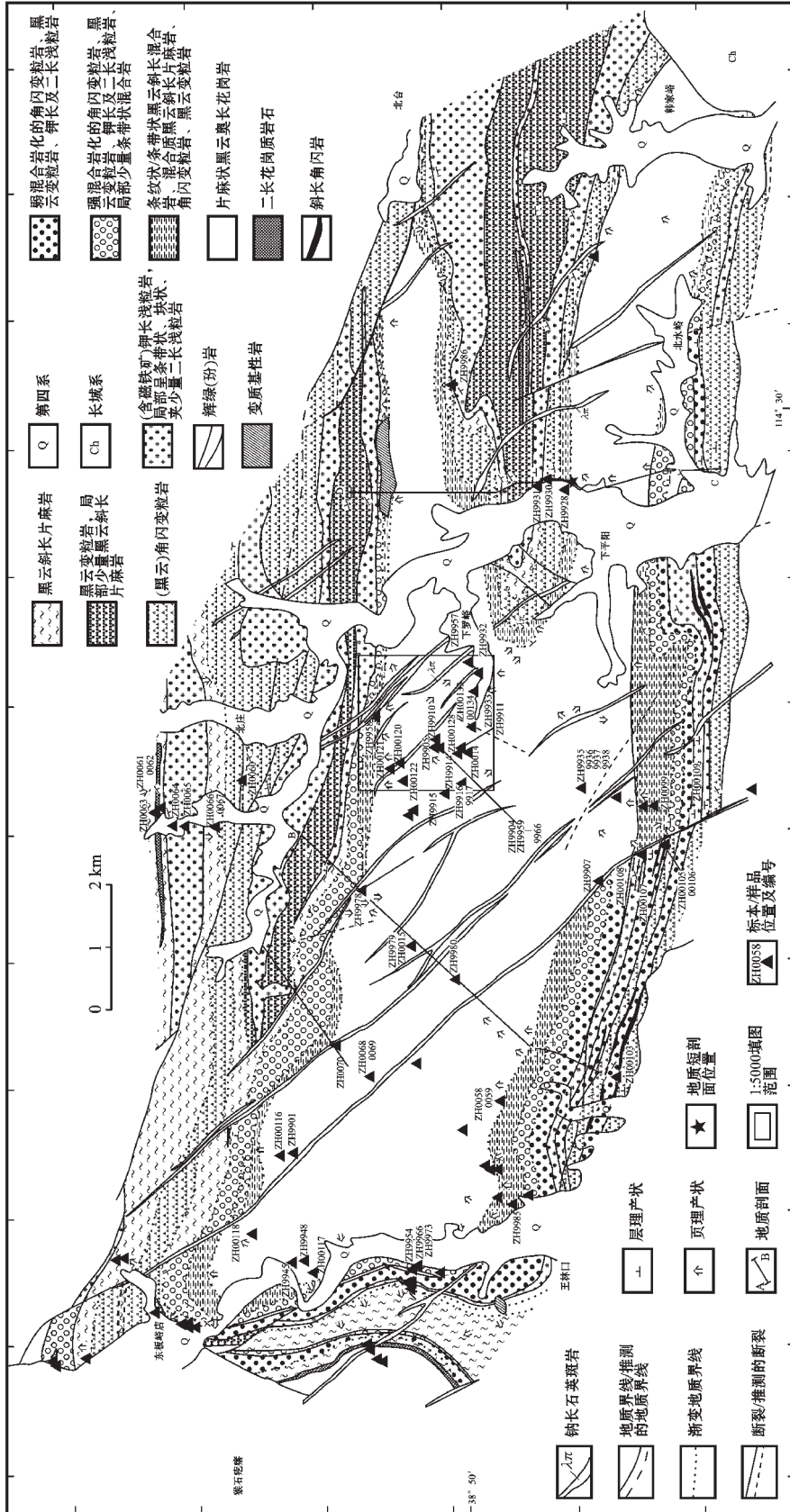


图 2 平阳地区阜平岩群地质略图(图中方框示图 3 位置)
 Fig. 2 Geological sketch map of the Fuping Group-complex in the Pingyang area (the block shows the position of Fig. 3)

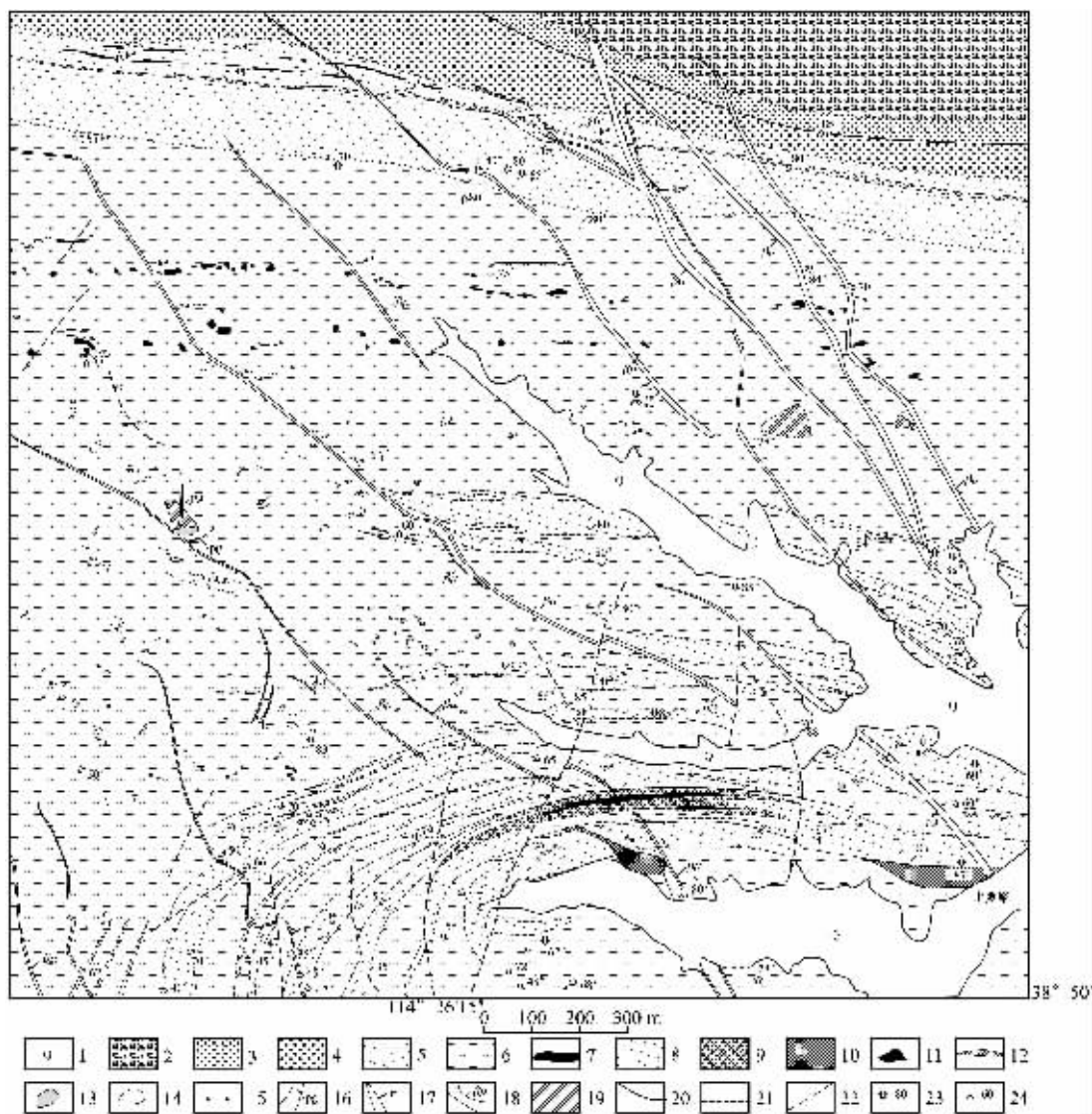


图 3 平阳上罗峪地段地质略图

1—第四系;2—粗粒块状钾长浅粒岩;3—含磁铁矿钾长浅粒岩,局部薄层状重结晶为粗粒状;4—(角闪)黑云变粒岩、角闪变粒岩夹钾长浅粒岩薄层;5—黑云奥长混合质片麻岩,局部夹黑云变粒岩、钾长浅粒岩薄层;6—片麻状黑云奥长花岗岩;7—斜长角闪岩;8—含黑云母角闪斜长片麻岩;9—黑云角闪片麻岩;10—钾长奥长岩脉;11—斜长角闪石榴麻粒岩;12—二辉斜长角闪岩;13—石榴角闪二辉麻粒岩;14—(含石榴石)角闪质岩石;15—钾长石化;16—伟晶岩脉;17—钠长石英斑岩脉;18—辉绿(玢)岩脉;19—变质基性岩;20—地质界线;21—渐变地质界线;22—推断断层;23—地层产状;24—页理产状

Fig. 3 Geological sketch map of the Shangluoyu district, Pingyang

1-Quaternary; 2-Coarse-grained and massive K-feldspar (leucopelite); 3-Magnetite-bearing K-feldspar leucogranulite; 4-(Hornblende-) biotite granulite (leptite) and hornblende granulite with thin K-feldspar leucogranulite layers; 5-Biotite-oligoclase migmatitic gneiss with local thin biotite granulite and K-feldspar leucogranulite layers; 6-Gneissic biotite trondhjemite; 7-Amphibolite; 8-Biotite-bearing hornblende-plagioclase gneiss; 9-Biotite-hornblende gneiss; 10-K-feldspar-oligoclase rock dike; 11-Plagioclase-hornblende-garnet granulite; 12-Pyroxene amphibolite; 13-Garnet-hornblende-pyroxene granulite; 14- (Garnet-bearing) hornblendic rock; 15-K-feldspathization; 16-Pegmatite dike; 17-Allbite-quartz porphyry dike; 18-Diabase (-porphyrite) dike; 19-Meta-basic rock; 20-Geological boundary; 21-Gradational geological boundary; 22-Inferred fault; 23-Attitude; 24-Foliation attitude

显的“成群成带”分布特点(图 3~4),在中、西部相对少见,但一般多见于岩体边缘部位。此外,花岗岩之中还可见黑云斜长片麻岩残留体。

2.2.1 变质表壳岩残留体

岩体东部上罗峪一带(图 3)的残留层最具代表性,分布范围最大,其岩性为:

含黑云母角闪斜长片麻岩:外观呈带有绿色调的灰黑色,风化后呈灰色,主要由斜长石、角闪石、石英及少量黑云母组成,可含少量微斜长石,偶见细粒透辉石。斜长石常见反条纹长石。角闪石为绿色,常见“网格状结构”^[13-14]。黑云母为褐色,常见退色及暗化现象。部分石英具弯曲多变的外形。

黑云角闪片麻岩:灰绿色,主要由绿色的角闪石、斜长石、黑云母和少量石英组成。角闪石、斜长石和黑云母也都具有深熔初期的岩相学变化特点^[13-14]。

斜长角闪岩:灰绿色,角闪石“网格状结构”发育;斜长石大多“糟化”、绢云母化;辉石表面很脏,糙面十分突出,解理及裂理粗而黑。

值得指出的是,残留体中和花岗岩附近岩石中角闪石的“网格状结构”,与相对远离花岗岩的岩石中所见有较大区别,主要是网格更密,甚至出现大片暗化,疑是可能开始出现沿裂隙充填的深熔物质^[13-14]。

2.2.2 变质基性岩包体

斜长角闪石榴麻粒岩:呈带暗红色调的铁灰色,为致密块状的透镜体,与花岗岩外围的同类岩石特征相同。本类包体在平阳花岗岩中局部具有明显的带状分布特点(图 3),其延伸方向基本上平行于岩体的边界,其余零星见于岩体边缘部位。粗大的石榴石变斑晶筛孔结构很发育,石榴石边缘多具由斜长石、角闪石、透辉石和紫苏辉石构成的后成合晶。部分包体见有初熔的长英无根脉体。

石榴角闪二辉麻粒岩:岩石呈铁灰色,为致密块状的透镜体。辉石筛孔结构非常发育,角闪石见网格状结构;石榴石多为细粒、少部分中粒状,可见筛孔结构,但很少见裂理,晶体外的斜长石构成的“白眼圈”大多为一个单一斜长石晶体构成,与斜长角闪石榴麻粒岩中石榴石的后成合晶结构明显不同。可见稀少的初熔长英无根脉。该类包体除零星分布外,在下罗峪明显可见成群分布于靠近变质表壳岩残留层附近(图 3,图版 I—h)。

二辉斜长角闪岩:本类包体除零星分布外,多见为东西向延伸的薄层状。

含石榴石角闪质岩石:主要由角闪石、斜长石和石榴石组成,部分包体的矿物颗粒较粗尤其是石榴石。岩性上可与花岗岩东部分支部位的同类围岩相比。岩石也具有深熔初期的岩相学特点,常见其边部少部分已被改造。这类岩石在岩体中的分布很广泛,在下罗峪地区明显可见该类包体成群分布于石榴角闪二辉麻粒岩与斜长角闪石榴麻粒岩之间(图 3)。

以上 4 类岩石包体在花岗岩中的分布除了少部分较为零散外,总体看具有一定的层位性,反映原岩(不排除可能的基性岩墙)的产出情况。

变质基性岩岩片:平阳片麻状花岗岩中还广泛分布着一类变质基性岩岩片,主要由角闪石和斜长石组成。分布于平阳花岗岩的北半部,它们显然经历了近东西向的剪切作用,因而可见由斜长石斑晶构成的眼球体、扁豆体、或细而密的浅色条带。

3 平阳片麻状奥长花岗岩的过渡带

根据野外实际调查,总体上平阳片麻状奥长花岗岩与外围变质岩是一种渐变过渡的接触关系。实测短剖面(图 4)显示了由变质岩过渡为片麻状花岗岩的情形。

可以看出,变质表壳岩经过条纹状黑云斜长混合岩(图版 I—f)及均质黑云斜长混合岩过渡到片麻状花岗岩。在平阳岩体的南部、西部、北部边缘地带都可遇到类似的情况(图版 I—f—g)。也就是说平阳片麻状奥长花岗岩与变质岩围岩之间存在着一个过渡带,范围一般在数十米到百米,东部分支部位的过渡带较窄,过渡带内一般常见角闪质岩石透镜体。岩体北部局部(中间地段)显示侵入接触(图版 I—a),表明局部发生了位移。在岩体的西北部及西部的过渡带中还存在薄层状的二长花岗岩及奥长花岗岩夹层。在由层状变质岩向花岗岩过渡的过程中,岩石的 S_0 层理逐渐由平行 S_0 的片麻理(S_1)所替代,直至花岗岩内,但后者的片麻理明显减弱。过渡带中岩石可含 10% 左右的黑云母,而花岗岩的黑云母为 5% 左右。

4 平阳片麻状奥长花岗岩与褶皱构造的关系

由横穿平阳岩体的两条主干构造剖面测量,以及在岩体周边的路线性调查结果表明,平阳片麻状花岗岩正好位于复式背斜的核部。以葛老—白家峪村口剖面为例简述如下:

该剖面横穿了平阳岩体东部的两个分支。平阳岩体南部分支以南为总体产状倾向北,局部产生次级褶曲的、倒转的变质表壳岩;主要由变粒岩、浅粒岩及片麻岩组成,通过混合质黑云斜长片麻岩过渡为片麻状花岗岩。花岗岩的片麻理(S₁)与片麻岩的片麻理(S₁)一致并平行于岩石的层理(S₀),花岗岩中夹有变质表壳岩残留层,其产状与花岗岩的片麻理(S₁)协调,并仍由混合质黑云斜长片麻岩过渡为变质表壳岩。进而构成一个以花岗岩为核部、变质表壳岩为两翼的完整的倒转背斜。花岗岩北部分支基本类同于南部分支,同样是一个以花岗岩为核部,变质表壳岩为两翼的倒转背斜并在其北翼发育另一次级褶皱。两个倒转背斜之间为一由变质表壳岩组成的倒转向斜,巨厚层状的含磁铁矿钾长浅粒岩是很好的标志层。整个剖面揭示了一个复式倒转褶皱行迹(图 5)。

剖面测量结果十分清楚地揭示了平阳片麻状奥长花岗岩的空间形态,即复式倒转背斜的核部。说明岩体的形成是与褶皱构造具有密切关系,也表明其形成是与造山运动分不开的。显然背斜的核部为岩体的形成创造了良好的空间条件。

5 平阳片麻状奥长花岗岩的岩相学

平阳片麻状奥长花岗岩主要由奥长石、石英和黑云母组成,含少量微斜长石,局部含少量角闪石,极

少量白云母。据 12 件薄片统计,平均矿物成分:奥长石 69.5%(64.8%~74.4%),石英 24.4% (13.2%~31%),黑云母 4.1% (1.9%~5.7%),微斜长石 1.7%(0~5.6%),角闪石 1.1%(0~2.4%),为奥长花岗岩。据 4 件人工重砂样品鉴定副矿物为磁铁矿、磷灰石、锆石、褐帘石、石榴石、榍石、±钛铁矿±金红石±独居石。

平阳片麻状奥长花岗岩具有典型的,由外形弯曲多变的长英矿物构成的波状—齿状花岗变晶结构。矿物粒度一般<3mm,岩体中心部位粒度粗,多>1mm,部分≥3mm。奥长石多为他形板状晶,钠长双晶为主,不同形态的补片状反条纹长石、缝合线结构很常见,局部可见绢云母化或主要由其构成的“槽化”,在奥长石的晶粒之间或双晶纹处还可见由绢云母化进一步转变而成的微斜长石新成体,奥长石中乳滴状石英的交代穿孔结构也十分普遍。石英粒度不均,外形弯曲多变,也常见条形体,波状消光明显。黑云母为深褐色,晶体明显比花岗岩围岩中的小,常见多色性减弱、退色、暗化以及分解性变化,边缘常见细粒—微细粒暗色不透明矿物(磁铁矿)集合体。这些特点与程裕淇等^[11,13,14]在阜平以南的平山地区阜平群变质表壳岩、由其形成的各种混合岩、长英质岩石的深溶实验产物中所观察到的特点基本相同,详情将另文阐述。不多见的角闪石为褐绿—绿色,可见绿泥石化,偶见细粒的角闪石为奥长石的包粒。岩

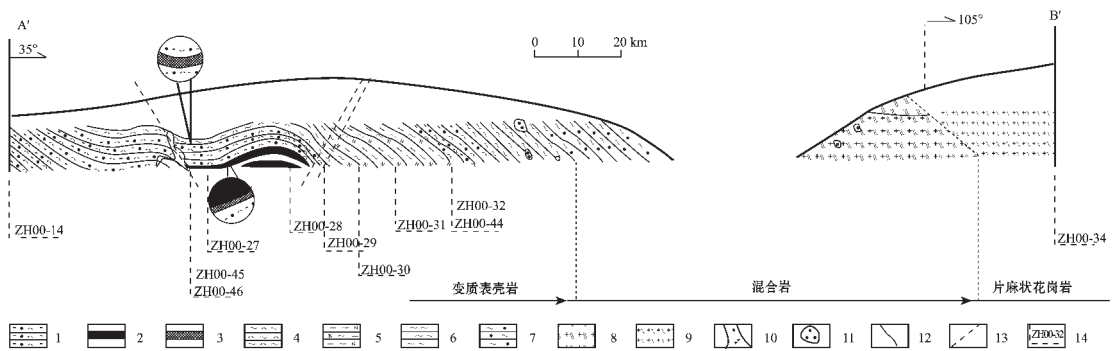


图 4 上白岔三位一体地质剖面

- 1—(含黑云)角闪变粒岩;2—斜长角闪岩;3—紫苏—透辉石铁英岩;4—含角闪黑云斜长片麻岩;5—黑云角闪斜长片麻岩;6—条带(角闪)黑云斜长片麻岩;7—条纹状混合岩;8—均质混合岩;9—片麻状花岗岩;10—伟晶岩脉;11—石榴角闪质岩石透镜体;12—渐变过渡地质界线;13—推测断裂;14—标本编号及采集部位

Fig. 4 Geological section at Shangbaicha, Pingyang, showing the ‘trinity’

- 1—(Biotite-bearing) hornblende granulite (leptite); 2—Amphibolite; 3—Hypersthene—diopside itabirite; 4—Hornblende-bearing biotite-plagioclase gneiss; 5—Biotite—hornblende—plagioclase gneiss; 6—Banded (hornblende-) biotite—plagioclase gneiss; 7—Ribbon migmatite; 8—Homogenic migmatite; 9—Gneissic granite; 10—Pegmatite dike; 11—Garnet amphibolitic rock; 12—Gradational geological boundary; 13—Inferred faults; 14—Sample No. and position

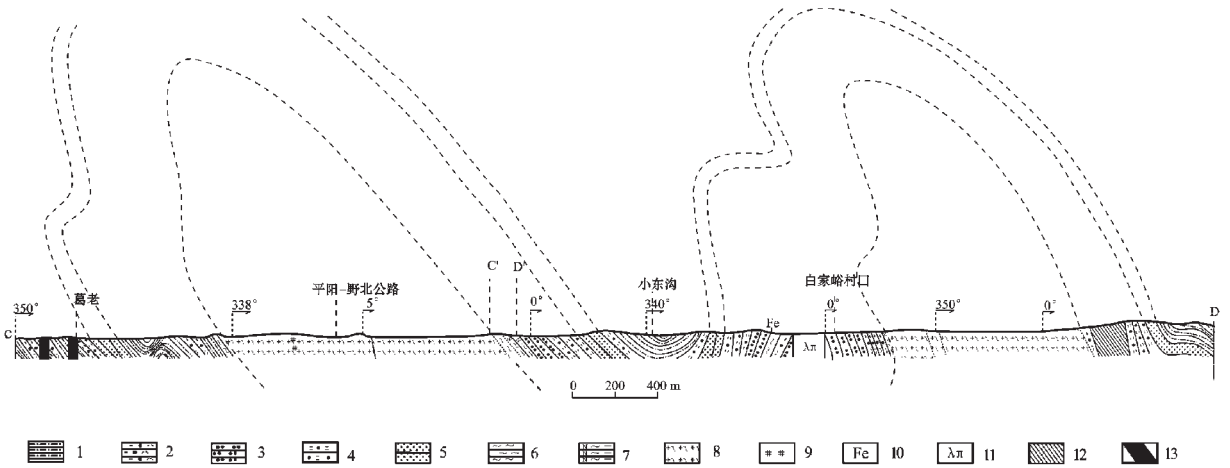


图5 葛老—白家峪村口地质剖面

1—黑云变粒岩;2—黑云角闪变粒岩;3—角闪变粒岩夹斜长角闪岩;4—变粒岩与浅粒岩互层;5—磁铁钾长浅粒岩;6—黑云斜长片麻岩;7—黑云角闪斜长片麻岩;8—片麻状花岗岩;9—钾长石化;10—铁英岩;11—钠长石英斑岩;12—变质基性岩;13—辉绿(玢)岩

Fig. 5 Geological sketch map in the eastern part of the Pingyang gneissic granite

1-Biotite granulitite (leptite); 2-Biotite-hornblende granulitite; 3-Hornblende granulitite with amphibolite; 4-Alternating layers of granulitite and leucogranulitite; 5-Magnetite-K-feldspar leucocleptite; 6-Biotite-plagioclase gneiss; 7-Biotite-hornblende-plagioclase gneiss; 8-Gneissic granite; 9-K-feldspathization; 10-Itabirite; 11-Albite-quartz porphyry; 12-Meta-basic rock; 13-Diabase-porphyrity

体边部主要为中粒结构,中部为中—粗粒结构,总体上显示了交代、重熔成因的岩相学特点。

6 讨论及初步结论

花岗岩从提出至今其成因历来是地质学家感兴趣和不断争论的问题^[20-24],但地质问题的研究必须从实际出发,以全面细致的野外地质调查为基础,综合考虑各种因素,才有可能比较客观地揭示它的原貌。变质岩、混合岩以及花岗岩的密切关系必定意味着它们之间成因和演化上的内在联系^[25,26]。Read^[23]很早就指出,当追踪到高级变质岩的时候,最终往往会遇到花岗质核。实际上它们之间是由变质交代—深熔作用这条主线所关联的^[27]。平阳地区的情形也恰恰如此:由花岗岩外围远侧向花岗岩方向,岩石的宏观特点、岩石类型、矿物组合以及组构的变化,均表明了变质程度逐渐加深,碱性流体活动逐渐增强,混合岩化和深熔作用逐渐增强。也就是说,伴随区域变质作用的进行,空间上存在高级变质作用、混合岩作用和深熔作用的“三位一体”。

平阳片麻状奥长花岗岩本身成分很不均匀,长英质团块、集结体和无“根”脉很发育;具有典型的波状—齿状花岗变晶结构,常见补片状反条纹长石及奥长石中乳滴状石英的交代穿孔结构;多出现粒度

不均、形状各异的弯曲状的石英;黑云母的多色性减弱、退色、暗化、边缘有细粒暗色不透明矿物(磁铁矿)析出等等。程裕淇等^[11,13-14]在本研究区西南部平山县阜平群中的黑云变粒岩和钾长浅粒岩的深熔实验研究表明,黑云母及长英质矿物显示了一系列的包括粒度、粒间结构(缝合线结构)以及晶体内部的岩相学变化特点(暗化和网格状结构);在由长英质和角闪质岩石形成的各种混合岩或混合花岗质岩石实际标本中也观察到了包括斜长石、黑云母和角闪石等的类似的岩相学变化特点。显然,本研究区的情形是可以和平山一带相互对比和印证的。此外,黑云母的变化也与刘福来等^[28]在麻粒岩相条件下对石榴黑云斜长片麻岩的熔融实验研究结果非常吻合。因此,平阳片麻状奥长花岗岩的深熔成因当无疑义。而本研究区由花岗岩外围的变质表壳岩,到花岗岩过渡带的片麻岩、混合岩,再到花岗岩以及花岗岩内变质表壳岩残留体中所观察到的黑云母、角闪石及长英质矿物连续的、类似的、发育程度逐渐增强的岩相学变化特点。比如角闪石的“网格状结构”在花岗岩附近和花岗岩之内的岩石中,就比远离花岗岩的岩石要更为发育,并且局部可能已开始出现沿裂隙充填的深熔物质^[13-14];而斜长石则较难发现在平山一带较为常见的“网格状结构”^[13-14]。这些都说明本区

深熔作用的发展阶段要比平山一带的更高。可以认为平阳地区的深熔作用是由以流体活动占主导地位情况下矿物的溶解和重结晶为主要特点的早期阶段,演变为以部分矿物(斜长石和黑云母为主)的熔融为主导地位的高级阶段,代表了阜平岩群变质表壳岩深熔作用发生发展的高级演化阶段,也代表了阜平岩群地质演化中的一段重要而完整的历史,即由片麻岩到混合岩最终出现花岗岩体。所以平阳片麻状奥长花岗岩是高级变质作用、混合岩化作用和深熔作用“三位一体”发展演化的最终产物。

阜平岩群的原岩主要经历了高角闪岩相和局部达麻粒岩相的中高级区域变质作用,此前所报道的麻粒岩也主要见于阜平县城西的大柳树一带^[1-2]。现在看来平阳地区的麻粒岩出露的范围更大,类型也有所变化,尤其是基性麻粒岩中石榴石所具有的后成合晶结构可能指示了一种减压过程^[29-31]的存在,而部分麻粒岩露头上所见的稀疏的长英质浅色无根脉体、部分角闪石也具有“网格状结构”等无疑表明它们也受到了深熔作用的改造,所以它们与平阳片麻状奥长花岗岩的形成特别是深熔作用的发展演化应具有密切的关系。这是值得注意和深入研究的问题,具体将另文讨论,这里暂不赘述。但毫无疑问,从区域上看,平阳地区是一个变质温压条件都相对较高的局部地区,平阳片麻状奥长花岗岩又位于复式背斜的核部,因此深熔作用发生发展的条件完全具备。

花岗岩的中部、北部(中间地段)岩浆岩特点较为明显,各类包体及变质表壳岩残留层较少,局部与围岩呈侵入接触,显示了位移特点。花岗岩的其他部位与混合岩或片麻岩为渐变过渡关系,空间形态与区域构造线完全协调一致,东部各类包体及表壳岩残留层非常发育,残留层主体明显继承了原岩的产状,且与花岗岩的片麻理、花岗岩外围变质表壳岩以及东部两个分支之间由变质表壳岩构成的次级向斜的产状整体上都十分协调(图2,5)。此外,花岗岩边缘地带角闪质岩石包体也比较多见,连同其他部位,包括基性麻粒岩在内的包体一般都可发现受深熔作用不同程度的改造特点。所以总体上来看,平阳片麻状花岗岩原地特点十分明显,但局部(北部)也确实发生了一定尺度的位移。花岗岩中部分变质基性岩岩片(包体)的斜长石斑晶构成的眼球体、扁豆体或细而密的浅色条带,斜长角闪岩残留层中深熔浅色体的“S”型排列(图版I—e),花岗岩内外变质表壳

岩部分矿物尤其是角闪石的“网格状结构”等都说明深熔作用发生发展的过程中,应力作用的影响也是非常重要的。所以平阳片麻状奥长花岗岩的形成与区域变形作用也有密切的关系。

对比阜平以南平山县一带阜平岩群中的变质表壳岩初期深熔作用的特点^[9-14],平阳地区表壳岩的深熔作用,尤其是平阳片麻状奥长花岗岩的形成,不仅为阜平岩群表壳岩深熔作用的深入研究提供了一个极好的案例和绝佳的天然实验室,而且对客观和重新认识阜平岩群中的花岗质岩石的成因具有很大的启发和帮助,无疑也将对客观认识阜平岩群的组成和地质演化具有非常重要的意义。

综上所述,可以得出以下初步结论:

- 1) 平阳片麻状奥长花岗岩总体上是原地深熔的奥长花岗岩,局部发生了一定尺度的位移;
- 2) 平阳地区存在高级变质作用、混合岩化作用和深熔作用的“三位一体”,平阳片麻状花岗岩是该“三位一体”发展演化的最终产物;
- 3) 平阳地区的深熔作用经历了以流体活动占主导地位情况下、矿物的溶解和重结晶为主要特点的早期阶段,演变为以部分矿物的熔融占主导地位的高级阶段,代表了阜平岩群变质表壳岩深熔作用发生发展的高级演化阶段;
- 4) 平阳片麻状奥长花岗岩的形成与区域上的构造减压作用以及变形作用有密切的关系。

本研究是在程裕淇院士生前精心指导下进行的,沈其韩院士、游振东教授对论文的初稿也提出了许多宝贵的修改意见,在此一并致谢。

参考文献(References):

- [1] 伍家善,耿元生,徐惠芬,等.阜平群变质地质[J].中国地质科学院地质研究所所刊,1989,19:1~219.
Wu Jiashan, Geng Yuansheng, Xu Huifeng, et al. Metamorphic geology of the Fuping Group [J]. Bulletin of the Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, 1989, 19: 1~219 (in Chinese with English abstract).
- [2] 谭应佳,王方正,赵温霞.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[M].武汉:中国地质大学出版社,1993.1~161.
Tan Yingjia, Wang Fangzheng, Zhao Wenxia. The Early Precambrian Geology in the South of the Fuping Uplift on the Taihang Mountains and Discussion of a Few Basic Problems and the Research Methods of the Archean Geology [M]. Wuhan: Press of China University of Geosciences, 1993. 1~161 (in Chinese).
- [3] 王凯怡,李继亮,刘如琦.阜平片麻岩之成因[J].地质科学,1991,

- 26(3):254~266.
- Wang Kaiyi, Li Jiliang, Liuruqi. Origin of the Fuping gneisses [J]. *Scientia Geological Sinica*, 1991, 26 (3): 254~266 (in Chinese with English abstract).
- [4] 牛树银, 陈路, 许传诗, 等. 太行山区地壳演化及成矿规律 [M]. 北京: 地震出版社, 1994.
- Niu Shuyin, Chen Lu, Xu Chuanshi, et al. Crustal evolution and mineralization in Taihang mountain area [M]. Beijing: Seismological Publishing House 1994 (in Chinese with English abstract).
- [5] 关鸿, 孙敏, 徐平. 阜平杂岩中几种不同类型片麻岩的锆石激光探针等离子体质谱年代学研究 [J]. *岩石学报*, 1998, 14(4): 460~470.
- Guan Hong, Sun Min, Xu Ping. Geochronological study of zircons from high-grade gneisses of Fuping Complex by LP-ICPMS technique [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1998, 14(4): 460~470 (in Chinese with English abstract).
- [6] 刘树文, 梁海华, 赵国春, 等. 太行山早前寒武纪杂岩的同位素年代学和地质事件 [J]. *中国科学(D辑)*, 2000, 30(1): 18~24.
- Liu Shuwen, Liang Haihua, Zhao Guochun, et al. Isotopic geochronology and geologic events of Early Precambrian complex in Taihang mountain area [J]. *Science in China (Series D)*, 2000, 30 (1): 18~24. (in Chinese).
- [7] Zhao G C, Wilde S A, Cawood P A, et al. Petrology and P-T path of the Fuping mafic granulites: implications for tectonic evolution of the central zone of the North China craton [J]. *J. Metamorphic Geol.*, 2000, 18: 375~391.
- [8] 孙敏, 关鸿. 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 [J]. *岩石学报*, 2001, 17(1): 145~156.
- Sun Min, Guan Hong. Zircon U-Pb ages of the Fuping Complex and their implications: some comments on the geochronology study of the Precambrian high-grade metamorphic terranes. *Acta Petrologica Sinica* [J]. 2001, 17(1): 145~156 (in Chinese with English abstract).
- [9] 程裕淇, 高吉凤, 万渝生. 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 [A]. 见: 中国国家计划委员会等编, 献给第三十届国际地质大会地质科学论文集 [C]. 北京: 中国经济出版社, 1996. 273~283.
- Cheng Yuqi, Gao Jifeng, Wan Yusheng. Preliminary study on the anatexis characteristics of metamorphic rocks of Late Archaean Fuping group, Pingshan, Hebei [A]. In: China State Planning Commission (eds), Proc. 30th Int'l. Geol. Congr. [C]. Beijing: China Economic Press, 1996. 273~283 (in Chinese).
- [10] Cheng Y Q, Gao J F, Wan Y S. Notes on the anatexis of some metamorphic rock types of Late Archaean Fuping Group of Northwestern Pingshan, Hebei Province, China [A]. In: Qian X L, et al (eds), Proc. 30th Int'l. Geol. Congr. [C]. 1997, vol. 17, (part II): 173~185.
- [11] 程裕淇, 高吉凤, 万渝生, 等. 河北平山阜平群两种岩石类型的初步熔融实验及其启示 [J]. *中国地质*, 1998, 25(3): 18~22.
- Cheng Yuqi, Gao Jifeng, Wan Yusheng, et al. Preliminary study on the anatexis of two metamorphic rock types of the Fuping group, Pingshan, Hebei and its indications [J]. *Geology in China*, 1998, 25(3): 18~22 (in Chinese).
- [12] 程裕淇, 万渝生, 高吉凤. 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道 [J]. *地质学报*, 2000, 74(2): 30~37.
- Cheng Yuqi, Gao Jifeng, Wan Yusheng. Preliminary study on the isotopic age of metamorphic and anatexis of the Fuping group of the environs of Xiaojue, Pingshan County, Hebei Province [J]. *Acta Geological Sinica*, 2000, 74(2): 30~37 (in Chinese with English abstract).
- [13] 程裕淇, 高吉凤, 万渝生, 等. 河北平山小觉地区新太古代阜平群中变质岩所显示深熔改造的一些岩相学特征 [J]. *中国地质*, 2000, 27(12): 14~16.
- Cheng Yuqi, Gao Jifeng, Wan Yusheng, et al. Preliminary study on the anatexis petrographic characteristics of metamorphic rocks of the Fuping group—complex of the Xiaojue region, Pingshan, Hebei [J]. *Geology in China*, 2000, 27(12): 14~16 (in Chinese).
- [14] 程裕淇, 高吉凤, 万渝生, 等. 河北平山小觉地区阜平群中三种岩类深熔现象的岩相学特征 [J]. *地质论评*, 2001, 47(1): 1~8.
- Cheng Yuqi, Gao Jifeng, Wan Yusheng, et al. Petrographic characteristics of three anatexis transformed metamorphic rock types of the Fuping group—complex of the Xiaojue region, Pingshan, Hebei [J]. *Geological Review*, 2001, 47(1): 1~8 (in Chinese with English abstract).
- [15] 马杏垣, 游振东, 谭应佳, 等. 中国东部前寒武纪大地构造发展的样式 [J]. *地质学报*, 1963, 37(1): 27~52.
- Ma Xingyuan, You Zhendong, Tan Yingjia, et al. Precambrian tectonic evolution of eastern China [J]. *Acta Geological Sinica*, 1963, 37(1): 27~52 (in Chinese with English abstract).
- [16] 张寿广, 金龙国, 肖庆辉. 阜平太古宙穹状复合褶皱群的构造样式及变形史 [J]. *中国区域地质*, 1983, 2(6): 97~110.
- Zhang Shouguang, Jin Longguo, Xiao Qinghui. Structural style and deformational history of the Fuping Archean domal composite fold group [J]. *Regional Geology of China*, 1983, 2(6): 97~110 (in Chinese).
- [17] 贺义兴, 宋书林. 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 [J]. *地质学报*, 1999, 73(4): 315~320.
- He Yixing, Song Shulin. Phase transition and composition change of minerals from melting experiment of two kinds of metamorphics in Fuping Group, Pingshan, Hebei Province, China [J]. *Acta Geologica Sinica* 1999, 73 (4): 315~320 (in Chinese with English abstract).
- [18] 中国地质图(1:5 000 000)编辑委员会. 中国地质图(1:5 000 000). [M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- Editorial Board of China Geological Map (1:5 000 000). *Geological Map of China (1:5 000 000)* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990 (in Chinese).
- [19] 程裕淇, 沈其韩, 刘国惠, 等. 变质岩的一些基本问题和工作方法 [M]. 北京: 中国工业出版社, 1963, 1~195.
- Cheng Yuqi, Shen Qihan, Liu Guohui, et al. Basic Problems and Research Methods of Metamorphic Rocks [M]. Beijing: China Industry Press, 1963. 1~195 (in Chinese).
- [20] Wyllie P J, Hutton, Hall. On theory and experiments: the view

- after 2 centuries[J]. *Episo.*, 1998, 21(1): 3~10.
- [21] Pitcher W S. The Nature and Origin of Granite(2ed) [M]. Chapman & Hall, 1997, 1~387.
- [22] 马莫. V. 花岗岩岩石学与花岗岩问题[M]. 北京:地质出版社, 1979. 1~255.
- Marmo V. Granite Petrology and the Granite Problem[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1979, 1~255 (in Chinese).
- [23] Read H H. The Granite Controversy[M]. Thomas Murby & Co. 1957.
- [24] 董申保. 五十年来中国花岗岩研究的回顾与展望[A]. 见:王鸿祯主编. 中国地质科学五十年[C]. 武汉:中国地质大学出版社, 1999. 123~130.
- Dong Shenbao. Review on research of granite in China in past 50 years [A]. In: Wang Hongzhen(ed), *Geosciences in China in past 50 years* [C]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1999, 123~130(in Chinese).
- [25] Mehnert K R. Migmatites[M]. Elsevier, Amsterdam, 1968, 1~393.
- [26] Winkler H G F. Petrogenesis of Metamorphic Rocks(5ed) [M]. Springer Verlag, 1979. 1~348.
- [27] 张西平. 深熔作用及有关问题[J]. *地球学报*, 1999, 20(增刊): 38~47.
- Zhang Xiping. Anatexis and related petrogenesis[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 1999, 20(Supp.): 38~47(in Chinese).
- [28] 刘福来, 沈其韩, 耿元生, 等. 麻粒岩相条件下熔融反应与矿物相转变机制的实验研究[J]. *地质学报*, 1997, 71(3): 254~265.
- Liu Fulai, Shen Qihan, Geng Yuansheng, et al. Experimental study of melting reaction and genetic mechanism of mineral phase transformation in granulite facies metamorphism[J]. *Acta Geological Sinica*, 1997, 71(3): 254~265(in Chinese with English abstract).
- [29] Schenk V. Petrology of felsic granulites, metapelites, metabasites, ultramafics and metacarbonates from southern Calabria(Italy): prograde metamorphism, uplift and cooling of a lower crust [J]. *J. Petrol.*, 1984, 25: 255~298.
- [30] Harley S L. Garnet-orthopyroxene-bearing granulites from Enderby Land, Antarctica: metamorphic pressure-temperature-time evolution of the Archaean Napier Complex[J]. *J. Petrol.*, 1985, 26: 819~856.
- [31] Attoh K. Models for orthopyroxene-plagioclase and other corona reactions in metanorites, Dahomeyide orogen, West Africa [J]. *J. Metamorphic Geol.*, 1998, 16: 345~362.

Geology and petrography of the Pingyang gneissic trondhjemite, Fuping, Hebei

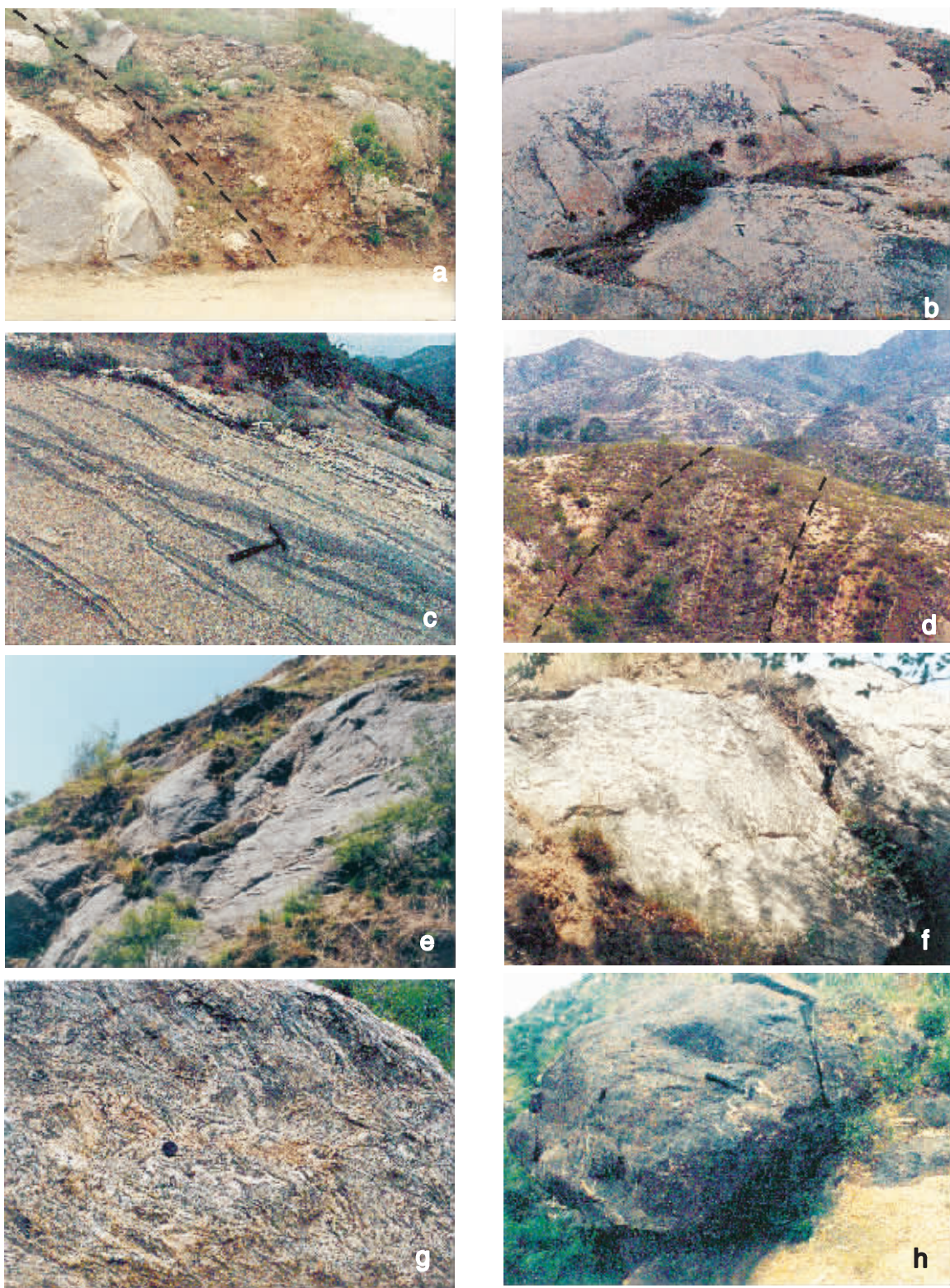
ZHANG Xi-ping^{1, 2}, WAN Yu-sheng², YANG Chong-hui²

(1. *Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012, China*

2. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*)

Abstract: The Pingyang gneissic trondhjemite is located in the vicinity of Pingyang Township, Fuping County, Hebei Province. Its country rocks are supracrustal rocks including migmatites and gneisses, stratigraphically equivalent to the lower part of the Fuping Group. The high-grade metamorphism, migmatization and anatexis have close spatial relationships in the Pingyang area, showing the 'trinity'; thus the change from metamorphic rocks to granites show the gradational features with respect to systematic petrology, petrography and occurrence relationships. The metamorphosed supracrustal rocks and some inclusions in granites can not only be correlated with their equivalents in the surrounding areas but also show signs of modification by anatexis. Ample evidence indicates that the Pingyang gneissic trondhjemite is generally autochthonous anatectic trondhjemite, which has been displaced to some extent locally. The anatexis of metamorphosed supracrustal rocks in the Pingyang area progressed through the early stage characterized mainly by dissolution and recrystallization of minerals and the late stage when melting of some minerals predominated. The formation of the Pingyang gneissic trondhjemite represents the higher evolutionary stage of anatexis of metamorphosed supracrustal rocks of the Fuping Group-complex, which has great significance for the objective understanding of the composition and geological evolution of the Fuping Group-complex.

Key words: Pingyang gneissic trondhjemite; Fuping Group-complex; migmatites; migmatization; meta-supracrustal rocks; high-grade metamorphism; anatexis; petrology; petrography



图版 I 说明: a—片麻状奥长花岗岩中北部边缘,为比较均匀的块状体,显示小尺度位移的特点,虚线示推测侵入界面; b—片麻状奥长花岗岩中部,局部呈较为均匀的块状体; c—片麻状奥长花岗岩东部,局部见薄层状黑云角闪斜长片麻岩残留体; d—片麻状奥长花岗岩南部,虚线范围示局部黑云角闪斜长片麻岩残留层; e—片麻状奥长花岗岩东部,局部见含深熔浅色体的斜长角闪岩残留层,浅色体呈 S 型旋转状; f—片麻状奥长花岗岩南部局部过渡带中的混合岩; g—片麻状奥长花岗岩北部局部过渡带中的混合岩; h—片麻状奥长花岗岩中的含深熔浅色体的石榴角闪二辉麻粒岩包体