

# 新疆阿尔泰西北部白哈巴—冲乎尔—一带加里东和海西两期区域变质作用的厘定

彭 东<sup>1</sup> 徐胜兰<sup>2</sup> 林 丽<sup>3</sup> 彭 波<sup>1</sup> 王显锋<sup>4</sup> 谢云喜<sup>1</sup>

(1.四川地矿局区域地质调查队,四川 双流 610213;2.成都理工大学地球科学学院,四川 成都 610059;3.成都理工大学沉积地质研究院,四川 成都 610059;4.四川省地质调查院,四川 成都 610081)

**摘要:**通过对新疆西北部阿尔泰白哈巴—冲乎尔一带详细的野外地质填图和综合研究,在原划分的奥陶纪、震旦—寒武纪地层中分别采获了早泥盆世双壳化石,获得了加里东期、海西期不同期次的同位素地质年龄,在浅变质岩中划分出了石英岩状结构亚带和刺状结构亚带,在区域动力热流变质岩中划分出蓝晶石带、矽线石带、铁铝榴石带、十字石带等。新的证据表明,研究区白哈巴地区发育加里东期和海西期两期区域低温动力变质,东南部发育两期区域动力热流变质,海流滩为加里东期,冲乎尔则为海西期,沿库根断裂带产生叠加。这一划分使争论了近半个世纪的该区变质类型和变质世代的问题有了新的答案。

**关键词:**新疆;阿尔泰;白哈巴;冲乎尔;区域低温动力变质;区域动力热流变质;分期  
**中图分类号:** P588.34      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2008)04-0628-10

新疆西北部阿尔泰地区发育一套片岩、片麻岩,从境内铁列克以东的塔乌乃萨孜一带向东南延伸到蒙古阿尔泰山南坡,统称冲乎尔—青河构造建造带。1958年前苏联学者西尼村称此为中央结晶带<sup>[1]</sup>。对这套变质岩系的形成和时代问题一直存在着很大的争议。20世纪50年代,中国和前苏联科学院在阿勒泰地区进行考察时就有不同认识。西尼村<sup>[1]</sup>1935年、1954年和1958年,涅赫洛舍夫<sup>[2]</sup>1937年、1957年和李承三<sup>[3]</sup>1943年等提出中国阿尔泰及西部哈萨克斯坦库尔丘姆—卡利吉尔等地中—深变质岩的时代为前寒武纪,将额尔齐斯河流域以北的较高级变质岩系划分为前寒武纪中央结晶带;叶里谢夫和丘洛契尼科夫等认为是古生代岩层在构造条件下受花岗岩的热力作用变质而形成的<sup>[2-3]</sup>。这两种观点的争议一直延续到现在。主张该变质岩系为古生代地层的,如庄育勋<sup>[4]</sup>将这套变质岩看作区域动力热流变质产物,原岩为泥盆纪和石炭纪地层,Windley<sup>[4]</sup>也持有同样

的观点。阿尔泰西北部这套变质岩系还被作为区域动力热流变质岩的典型实例<sup>[5]</sup>。

笔者通过对白哈巴—冲乎尔一带 2 247 km<sup>2</sup> 的详细野外地质填图研究,获得了地层、岩浆岩、变质岩、构造等方面的大量新证据,新厘定了加里东期和海西期两期变质作用,从另一角度研究了上述问题。

## 1 区域地层研究的新进展

### 1.1 岩石地层

研究区地层属北疆—兴安地层大区北疆地层区阿尔泰地层分区<sup>[6]</sup>。出露的岩石地层为:震旦—寒武系喀纳斯群,下泥盆统东锡勒克组、白哈巴组(库根断裂以北),下泥盆统康布铁堡组、中泥盆统阿勒泰组(库根断裂以南)(图 1)。相比新疆其他地层区<sup>[7]</sup>,地层发育相对较差。

震旦—寒武系喀纳斯群在喀纳斯一带为浅变质的变质砂岩、板岩,岩石中发育同斜紧闭褶皱、尖棱

收稿日期:2007-12-24;改回日期:2008-04-09

基金项目:国家自然科学基金项目(40743016)和新疆维吾尔自治区专项资金项目(XJQDZ2003-1,XJQUZ2004-1)联合资助。

作者简介:彭东,男,1969年生,博士,高级工程师,从事区域地质矿产、环境地质工作;E-mail:peng\_dongxin@163.com。

①李承三.阿尔泰地区金矿考察报告,阿山金矿局,1943.

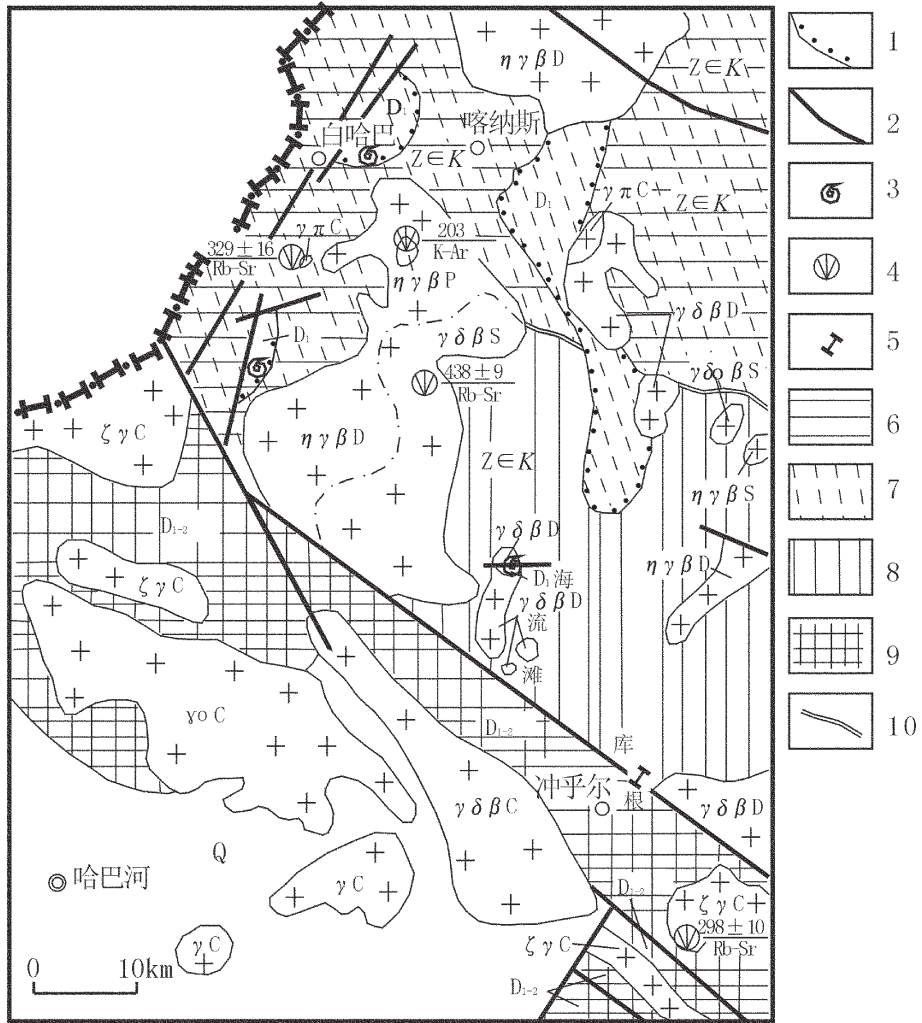


图 1 研究区区域变质地质图

Q—第四系;Z ∈ K—震旦—寒武系喀纳斯群;D<sub>1</sub>—下泥盆统东锡勒克组+白哈巴组;D<sub>1-2</sub>—下泥盆统康布铁堡组+中泥盆统阿勒泰组;γ δ β S—志留纪黑云母花岗岩闪长岩;η γ β S—志留纪黑云母二长花岗岩;γ δ o β S—志留纪黑云母英云闪长岩;η γ β D—泥盆纪黑云母二长花岗岩;γ δ β D—泥盆纪黑云母花岗岩闪长岩;γ δ β C—石炭纪黑云母花岗岩闪长岩;γ C—石炭纪花岗岩;γ C—石炭纪钾长花岗岩;γ o C—石炭纪斜长花岗岩;γ π C—石炭纪花岗岩斑岩;η γ P—二叠纪二长花岗岩;1—角度不整合;2—断层;3—化石产地;4—同位素年龄(Ma/测试方法);5—图 4 剖面位置;6—加里东期区域低温动力变质带;7—海西期区域低温动力变质带;8—加里东期区域动力热流变质带;9—海西期区域动力热流变质带;10—变质带界线

Fig.1 Regional metamorphic map of the study area

Q—Quaternary; Z ∈ K—Sinian—Cambrian Kanasi Group; D<sub>1</sub>—Lower Devonian Dongxileke Formation and Baihaba Formation; D<sub>1-2</sub>—Lower Devonian Kangbutiebao Formation and Middle Devonian Aletai Formation; γ δ β S—Silurian biotite granodiorite; η γ β S—Silurian biotite monzogranite; γ δ o β S—Silurian biotite tonalite; η γ β D—Devonian biotite monzogranite; γ δ β D—Devonian biotite granodiorite; γ δ β C—Carboniferous granodiorite; γ C—Carboniferous granite; ζ γ C—Carboniferous potassium feldspar granite; γ o C—Carboniferous plagiogranite; γ π C—Carboniferous granite—porphyry; η γ P—Permian monzogranite; 1—Angular unconformity; 2—Fault; 3—Location of fossils; 4—Isotopic age(Ma/methods); 5—Location of the section (Fig. 4); 6—Caledonian regional low-temperature dynamic metamorphic belt; 7—Hercynian regional low-temperature dynamic metamorphic belt; 8—Caledonian regional dynamic heat-flow metamorphic belt; 9—Hercynian regional dynamic heat-flow metamorphic belt; 10—Boundary of metamorphic belt

褶皱,总(视)厚度大于 7 308.1 m。鲍玛序列发育,产丰富的微古植物化石。而从铁列克以东的塔乌乃萨孜向东向南,则为中、深变质的变粒岩、片岩、片麻

岩。同名异物,一直是这套地层存在的焦点问题。喀纳斯以南—白哈巴—一带发育有下泥盆统东锡勒克组和白哈巴组,角度不整合于喀纳斯群之上。前

者为变质中酸性火山岩、火山碎屑岩,厚 458.6~773.9 m。后者为浅变质的变质细粒砂岩、板岩及结晶灰岩,整合于东锡勒克组之上,产丰富的双壳类、腕足类、苔藓虫化石。厚 626.3~943.8 m。海流滩可见受热接触变质生成的角闪透辉石英角岩,产丰富的双壳类化石,原岩可能为石英岩。沉积相为陆地边缘滨线碎屑岩相<sup>[8]</sup>。

冲乎尔一带,发育下泥盆统康布铁堡组和中泥盆统阿勒泰组。康布铁堡组为长石石英片岩,局部变质略浅,可鉴别出原岩为流纹岩、中酸性凝灰岩。厚 100~1 909.7 m。根据岩性组合、岩石化学、岩石地球化学特征,沉积环境为弧前或弧火山沉积盆地。阿勒泰组为浅粒岩、变粒岩、黑云母石英片岩,夹有大理岩和砾岩透镜体。厚度 1 003.5~3 260 m。受额尔齐斯断裂的影响,地层均呈断块产出。

2.2 年代地层研究新进展

东锡勒克组及白哈巴组由新疆地质局区测大队六分队王广耀等创名于 1980 年。创名以来一直沿用,但也有不同意见,如王宝瑜<sup>[9]</sup>曾划归哈巴河群,阎永奎<sup>[10]</sup>则厘定为早志留世,但均无可靠的化石依据或同位素年龄证据。

新疆岩石地层清理将东锡勒克组和白哈巴组年代地层归属上奥陶统<sup>[6]</sup>,但也指出,白哈巴组内所产化石均为一些种未定的属,且时限也较长,故其时代并非很确定。

本次工作新获取大量化石,经成都理工大学赵兵教授初步鉴定即发现似不属于奥陶纪。同一样品又先后送到成都理工大学和中国科学院南京地质古生物研究所,分别由苟宗海和陈楚震鉴定其结果一致,主要为双壳类: *Ptychopteria* (*Cornellites*) sp., *Palaeoneilo elegans* (Maurer)?, *Pterinopecten* sp., *Anulipecten* cf. *amicus*(Bar.), *Pterinopecten* (? *Newellipecten*) cf. *niobe* (Bar.), *Ptychopteria*(*Actinopteria*) sp.。腕足类: *Nicolella* sp., *Schellwienella* sp., *Latonotoechia* sp., *Dicoelostrophia* sp., *Septalaria* sp. cf. *S. subtetragona* Sch., *Devonochonetes* sp.。苔藓虫: *Fenestella* sp.等。鉴定者均认为从双壳组合面貌分析,其时代归属早泥盆纪。此外,野外工作还观察到以下特征:

(1)“东锡勒克组”与“白哈巴组”的岩性组合特征与下泥盆统康布铁堡组和中泥盆统阿勒泰组近似。从火山活动的期次上有可能为同期,而东锡勒克组层位略低,属于穿时地层。

(2)本次工作在研究区内铁列克—白哈巴公路边和白哈巴—喀纳斯公路边均可见到喀纳斯群与东锡勒克组火山岩的角度不整合面上火山岩之下发育有厚度数米—数十米不等的砾岩,砾石成分与喀纳斯群杂色层一致,均为浅变质的紫红色、灰绿色等杂色砂岩、粉砂岩。底砾岩的出现说明较长时间的构造剥蚀。

(3)东锡勒克组底部发育一套石英质砾岩。石英质砾岩是特殊大地构造背景的产物,提示了存在着相当长的时间间隔。

因此,综合各类地质证据,东锡勒克组和白哈巴组属下泥盆统。

在海流滩北部大片片岩、片麻岩分布区内新发现一套角闪透辉长英角岩(原岩可能为石英岩)(图 1~2),与周围的片岩、片麻岩有明显差异。其内也产大量双壳类化石,同样分别经苟宗海和陈楚震鉴定,主要为双壳类: *Ptychopteria* (? *Cornellites*) sp., *Cypricardinia* sp., *Sphenotomorpha* sp., *Lyriopecten* sp., *Lyriopecten* sp. cf. *L. orbiculatus* (Hall), *Cypricardinia* sp., *Pterinopecten* cf. *aihuiensis*, *Pterinopecten* sp., *Cypricardinia* sp. (? sp. nov.), *Paracyclas* sp.等。另有少量腕足类: *Leptostrophia rotunda* *Bublichenko*。苟宗海认为其时限可能为奥陶—泥盆纪。陈楚震从标本显示的特征和属组合分析,认为化石的时代属于早期泥盆纪的可能性较大。这套岩石与白哈巴组岩性相近,沉积环境一致,化石特征也高度一致,对比为白哈巴组。其与周围的片岩、片麻岩属于完全不同的变质类型。

彭东<sup>[11]</sup>研究表明,上述化石可划分为 *Pterinopecten*-*Ptychopteria* 组合带,主要化石与张仁杰<sup>[12]</sup>

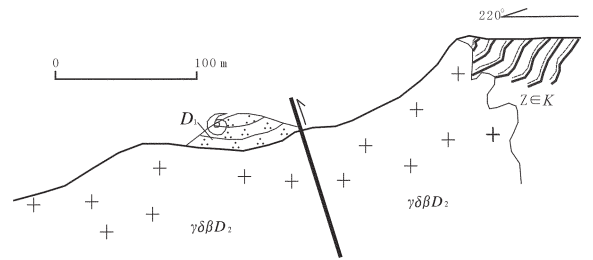


图 2 海流滩北部出露的下泥盆统剖面图  
D<sub>1</sub>—下泥盆统;Z ∈ K—震旦—寒武系喀纳斯群;  
γ δ β D<sub>2</sub>—中泥盆世黑云母花岗岩闪长岩

Fig.2 Section of the Lower Devonian exposed in northern Hailiutan

D<sub>1</sub>—Lower Devonian;Z ∈ K— Sinian—Cambrian Kanasi Group;  
γ δ β D<sub>2</sub>—Middle Devonian biotite granodiorite

划分的泥盆纪吉丁期—埃姆斯期早期的 *Megambonia kazakstanica*—*Pterinopecten* (*Newellipecten*) *almantayensis*—*Lyrinopecten ulungurensis* 组合可以较好的对比。

单强等<sup>[13]</sup>在喀纳斯以南的贾登峪采集石英斑岩(恢复的原岩化学定名为英安岩)中锆石,对 3 个单颗粒锆石采用稀释法进行了 U—Pb 同位素年龄测定,计算样品年龄的统计权重,平均值为  $475.5 \pm 4.7$  Ma。因其年龄与化石年龄相差较大,故笔者认为,(1)该文数据较少,仅分析了 3 个样品,很难真正说明的;(2)未介绍是否对锆石进行了阴极发光分析及分析结果,(3)而在介绍的 3 组 9 个表面年龄也不符合通常  $t^{206/238} < t^{207/235} < t^{207/206}$  的规律,而刚好相反。

同位素年龄应有合适的地质解释。对于锆石 U—Pb 测年(包括化学法、激光定年、SHRIMP 等),最好是能得到不一致曲线的上交点和下交点两个交点,则地质解释可靠性较高,如黎敦朋等<sup>[14]</sup>的研究作出了加权平均值和上、下交点年龄,且上交点年龄与权重年龄基本一致,可能较可靠。因此,在已有较可靠的古生物学证据的情况下,笔者采信古生物化石提供的地质时代。

## 2 侵入岩

大量的研究成果证明,研究区既有加里东期花岗岩侵入,也有海西期花岗岩分布<sup>[15]</sup>。其中加里东期岩浆活动大致可分为 460 Ma、400 Ma、375 Ma 3 个阶段<sup>[16]</sup>。本次研究开展的同位素测年进一步证实该区既有加里东期( $438 \pm 9$  Ma,全岩 Rr—Sr 等时线),也有海西期( $329 \pm 16$  Ma,  $298 \pm 10$  Ma,均为全岩 Rr—Sr 等时线)花岗岩体,还有印支期热事件存在(203 Ma,角闪石单矿物 K—Ar 法)。同位素样品分布见图 1,所有样品均由宜昌地质矿产研究所同位素分析室测定。

童英等<sup>[16]</sup>在喀纳斯湖东侧中粒黑云母二长花岗岩体内采用 LA—ICPMS 方法获得锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $398 \pm 5$  Ma(MSWD=2.3)。童英等<sup>[16]</sup>在铁列克乡南部采用同样方法还获得了  $403 \pm 5$  Ma(MSWD=4.9)的锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄,测点数据相对离散,童英等<sup>[16]</sup>又在—个锆石中心处测得—个  $393 \pm 3$  Ma 的年龄属中泥盆世。童英等的观察<sup>[16]</sup>与笔者野外考察后证明,两处岩体的围岩均为浅变质的

变质砂岩、板岩,产生角岩化(2005 年笔者在昆贵铜矿附近新掘进的坑道外观察了出渣的岩石,其角岩化尤其典型),而非片岩、片麻岩,说明中泥盆世的花岗岩侵入并未产生相应的区域动力热流变质。这与上述含早泥盆世古生物化石的角岩提供的信息相同:研究区存在早于早泥盆世的区域动力热流变质。

## 3 变质岩及变质作用类型和特点

董申保等<sup>[17]</sup>曾以伊来克断裂为界,将这一地区划分为“库木加里东变质地带”和“阿尔泰华力西变质地带”,前者为低绿片岩相型区域低温动力变质作用,后者为低压和中压相系型区域动力热流变质作用。但根据新的 1:5 万区域地质调查资料<sup>①</sup>及专题研究<sup>[11]</sup>,伊来克断裂并非区域动力热流变质作用和区域低温动力变质作用的分界断裂,断裂两侧均发育有片岩、片麻岩。研究表明,研究区由北向南的喀纳斯—白哈巴地区、海流滩地区和冲乎尔地区分别具有不同的变质作用特点。

### 3.1 喀纳斯—白哈巴地区

这一地区变质地层包括震旦—寒武系喀纳斯群、下泥盆统东锡勒克组和白哈巴组。变质岩类型主要有变质砂岩、变质粉砂岩、板岩、千枚岩、结晶灰岩等及变质中酸性火山岩。典型变质矿物组合为绢云母+绿泥石+酸性斜长石+石英+绿帘石,未见雏晶黑云母,因此变质带可划分为绢云母—绿泥石带。变质岩石呈大面积单相分布,变化较小,未见递增变质带,为区域低温动力变质作用而区别于研究区其他地区的区域动力热流变质。属低绿片岩相<sup>[11]</sup>。

喀纳斯群与白哈巴组变质程度一致,但变形样式有区别:前者发育同斜紧闭褶皱,后者则发育宽缓褶皱,变形层次显然不同。

根据极浅变质岩结构分类方法进行详细划分,可对同属绢云母—绿泥石带的喀纳斯群和白哈巴组变质程度再进行划分。前者属低绿片岩相刺状构造亚带,后者则属于低绿片岩相石英岩状结构亚带(图 3)。

#### 3.1.1 绢云母—绿泥石带石英岩状结构亚带

对应于白哈巴组(图 1)。岩石宏观特征为板岩中劈理发育,岩石劈理面较平直。显微镜下观察,变

①新疆布尔津县冲乎尔—一带 1:5 万区域地质(矿产)调查报告及新疆哈巴河县阿克哈巴河—一带 1:5 万区域地质(矿产)调查报告。

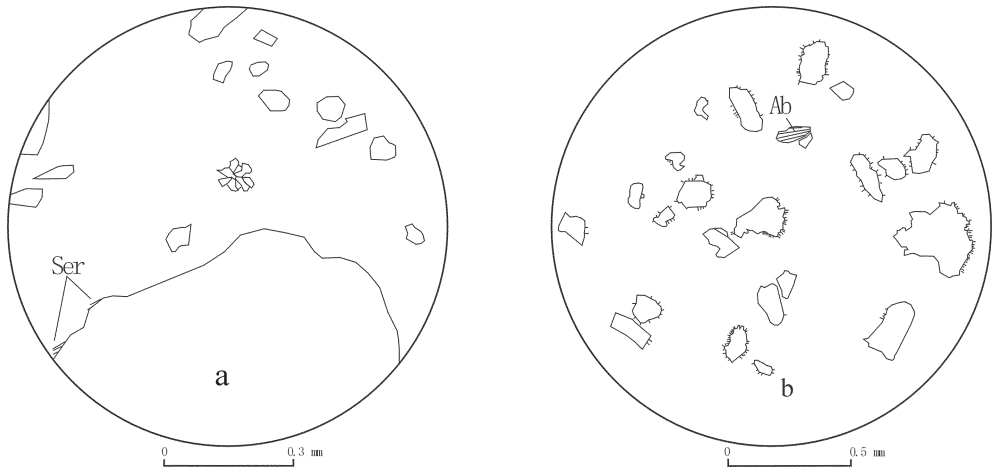


图 3 石英岩状结构亚带(左)和刺状构造亚带(右)显微素描  
Ser—绢云母;Ab—钠长石;未注明者均为石英

Fig.3 Sketch micrograph of subzones with quartzite-like(left) and thorn-like textures(right)  
Ser-sericite;Ab-albite;those that are not indicated are all quartz

质砂岩中杂基粘土矿物全部蚀变分解,生成绢云母、绿泥石及微粒石英集合体等新生矿物,硅质胶结物重结晶成微粒石英集合体,微粒石英集合体中的石英小颗粒间的边界为三交叉的直线状(即石英岩状结构)。石英碎屑颗粒无明显次生加大现象,颗粒外形基本保持不变(图 3-a)。石英保留棱角状外形,棱角尖端表面能相对较高处未被溶解,同时部分颗粒的港湾状的边缘附近没有新的微粒石英生成(该处表面能最低,是最有利于溶液中新生组分沉淀的),说明变质重结晶程度相对较低。石英颗粒边缘无石英次生加大边,而为绢云母细小鳞片(图 3-a 左下部)。图 3-a 中部偏上有一新生成的微粒石英集合体,可见内部成石英岩状结构,颗粒间近于以直线边接触。泥质岩石变质生成板岩,原岩中的粘土矿物全部蚀变分解成绢云母、绿泥石、微粒石英等新生矿物,绢云母平行定向分布,形成岩石的劈理,绿泥石微定向或无定向。

### 3.1.2 绢云母—绿泥石带刺状构造亚带

对应于喀纳斯群。岩石的宏观特征表现为岩石劈理发育,揉皱现象多见,且发育同斜紧闭尖棱褶皱。显微镜观察,岩石中绿泥石颗粒较大,绢云母常呈清晰丝带状。变质砂岩中杂基粘土矿物全部蚀变分解,生成绢云母、绿泥石及微粒石英集合体等新生

矿物,有时见微粒磷灰石。胶结物中的硅质成分次生加大石英碎屑颗粒,石英碎屑颗粒的次生加大边有的包含纤、片状矿物的一部分,另一部分露于石英颗粒之外,形似刺状(图 3-b)。部分颗粒边缘圆化(棱角处被溶解)。纤、片状石英组成“刺状”,而部分微粒石英明显呈次生加大边(图 3-b 中部)。

## 3.2 海流滩地区

以库根断裂为界,其北的海流滩地区和其南的冲乎尔地区变质特征迥异。

海流滩地区变质岩石主要为黑云斜长片麻岩、变粒岩、片岩等。变质带发育较好。自海流滩北向南,黑云母带、石榴石带、十字石带、红柱石带、蓝晶石带、矽线石带发育齐全,尤以蓝晶石和矽线石带发育最好(图 4)。变质相为高绿片岩相—低角闪岩相,局部达高角闪岩相。变质程度大致由北向南递增<sup>[1]</sup>。

### 3.2.1 高绿片岩相铁铝榴石带

发育于海流滩一带。典型矿物组合黑云母+白云母+石英+更长石,少量绿泥石、绿帘石。以出现铁铝榴石为特征。根据 137 件片麻岩薄片统计,平均矿物成分为:石英 38.9%,中—更长石(少量微斜长石) 39.2%,黑云母 13%,白云母 3.5%,铁铝榴石最高含量 8%。偶见红柱石。

本带南边界出现少量矽线石,根据薄片下矿物

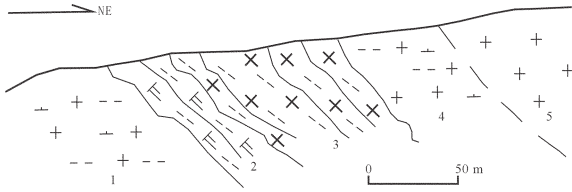


图 4 库根一带变质岩剖面图

1,4—黑云母花岗闪长岩;2—蓝晶矽线黑云片岩(矽线石带);  
3—十字蓝晶黑云片岩(蓝晶石带);5—花岗岩

Fig.4 Section of metamorphic rocks across Kugen

1, 4—Biotite granodiorite; 2—Kyanite-sillimanite-biotite schist (sillimanite belt); 3—Staurolite-kyanite-biotite schist (kyanite belt); 5—granite

结构特征研究,形态为纤状、毛发状,属于黑云母、斜长石等转变而来,可能并不是变质反应产物,因此与变质带划分不矛盾。另外,刘顺生等<sup>[19]</sup>在青格里河上游,大桥、阿热散以及苏普特—塔尔浪—苏吾克巴斯套一线,冲乎尔等地划分的石榴石—十字石带,相当于本带。其内的石榴十字黑云(二云)片岩中也常含有毛发状或细针状的矽线石。这可能是本区的一个重要特点。

### 3.2.2 低角闪岩相

**十字石带:**位于铁铝榴石带之南。典型矿物组合与铁铝榴石带相似,但出现十字石、红柱石。在海流滩东侧,先是出现红柱石,接近库次根他乌一带时稳定出现十字石。仍可偶见红柱石,根据主要矿物组合划分为十字石带,带内十字石最高含量 10%。本带出露宽度约 6 km。

**蓝晶石带:**位于十字石之南与之渐变过渡,即海流滩第四系盆地南边界—库次根他乌一线。典型矿物组合是石英+中更长石+黑云母+白云母,偶见金红石。以蓝晶石出现为标志,可见少量石榴石、矽线石等。带内蓝晶石粒度较小,一般不大于 1 mm。蓝晶石最高含量 3%。出露宽度约 1 km。

根据带内(紧邻矽线石带)黑云母—石榴石矿物的分析(由成都地质矿产研究所电子探针室分析),采用郑巧荣<sup>[20]</sup>的电价差值法计算  $Fe^{3+}$  和  $Fe^{2+}$  离子数,根据格列鲍维斯基等(1977)对别尔丘克图解修正后的共存石榴石—黑云母之间 Mg 分配等温线图解,变质温度为 580℃。对应此温度,根据格列鲍维斯基等的石榴石—黑云母温压计,压力约为 0.53 GPa,对应温度 580℃(lnK -1.2)。与张翠光等<sup>[21]</sup>得出的十字

石带  $601 \pm 20^\circ C$ ,  $0.8 \pm 0.25 GPa$  的温度压力大致相当。

**夕线石带:**本带出露局限,与蓝晶石带过渡。镜下见矽线石与蓝晶石呈交生关系,系蓝晶石转变而来。单独划分出本带的依据是,带内蓝晶石、矽线石晶体急剧增大,即使在野外露头上也可以与蓝晶石带清晰划分开来,岩石本身就是本次研究工作中新发现的蓝晶石—矽线石矿的矿体。其中蓝晶石呈蓝、浅蓝色透明片柱状,粒径  $0.2 \times 0.5 \times 5$  cm,最大可达  $0.5 \times 1 \times 7$  cm。矽线石呈深灰色透明长柱状,长 2~5 cm,横断面粒度  $0.2 \times 0.5 \sim 0.5 \times 0.5 \sim 1$  cm。显微镜下矽线石含量为 55%,黑云母 30%,蓝晶石 13%,电气石 1%~2%。其中电气石晶体与矽线石晶体呈直线接触。出露宽度约 30 m。

### 3.3 冲乎尔地区

冲乎尔地区主要分布下泥盆统康布铁堡组和中泥盆统阿勒泰组,变质带不如海流滩地区发育完善。根据特征变质矿物的出现可划分出铁铝榴石带和十字石带。

#### 3.3.1 高绿片岩相(铁铝榴石带)

在该区最南部发育。典型矿物组合是石英+中更长石+微斜长石+黑云母+白云母+绿帘石,以出现特征变质矿物石榴石为标志。根据 121 件片麻岩薄片统计,平均矿物成分为:石英 24.7%,长石(中更长石,部分为微斜长石)53.7%,黑云母 13.9%,白云母 2.6%。铁铝榴石最高 2%。未见蓝晶石。大理岩中出现透辉石。本带出现微斜长石,据野外观察,可能是同熔花岗岩混染造成的,野外常可见变质岩与花岗质脉体呈“互层”状。

#### 3.3.2 低角闪岩相(十字石带)

低角闪岩相主要发育于库根断裂以南,铁铝榴石带以北。典型变质矿物组合为石英+更长石+黑云母+白云母,局部有微斜长石。以特征变质矿物十字石的出现为标志,常见红柱石,偶见堇青石。岩石中含十字石含量平均为 3.2%,最高达 8%,红柱石平均含量为 3.1%,最高 5%。可能受原岩控制,大理岩中未出现透辉石,但常见石英、白云母,偶见微斜长石。

利用别尔丘克图解获得本带黑云母—石榴石矿物对计算得出的温度为 550℃,压力约为 0.33 GPa(对应温度 550℃,lnK-1.5)。

## 4 变质期次划分

对上述海流滩、冲乎尔的这套中、深变质岩时代

及成因争论较大。何国琦等<sup>[22]</sup>、曲国胜等<sup>[23]</sup>、胡霁琴等<sup>[24]</sup>通过一系列的同位素年龄测定,发现阿勒泰—青河一带广泛发育的片麻岩、混合岩、角闪片岩、混合花岗岩、片麻状花岗岩等深变质岩的成岩年龄应在 10~24 亿年(其所取样品有来自研究区内的海流滩),李天德等<sup>[25]</sup>认为其形成于古—中元古代,应是古—中元古代结晶基底。但以上详细变质带的划分说明其并非简单的“基底”岩石,所呈现的较高的变质程度是区域动力热流变质作用形成的递增变质带,因而并不能仅以其变质程度较高就将其划归结晶基底,而大量的野外地质证据更多的支持其为加里东期变质岩的观点。同时较多的学者<sup>[2-5]</sup>认为其属于区域动力热流变质产物。胡霁琴等<sup>[24]</sup>通过对青河县西南地区(延伸于研究区内库根断裂带以南)英安质片麻岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年,获得其形成年龄为  $281 \pm 3(2\sigma)$  Ma (MSWD=1.2),也否定了“前寒武纪地层”的观点。

根据大量野外地质证据,上述 3 个地区内可鉴别出两期主变质期,即加里东变质期和海西变质期,两个主变质期在横向上均有变化。加里东期,在喀纳斯—白哈巴地区发育区域低温动力变质,海流滩地区则发育区域动力热流变质作用;海西期,喀纳斯—白哈巴地区依然发育区域低温动力变质,而冲乎尔地区则发育了区域动力热流变质作用。

#### 4.1 两期区域低温动力变质作用的厘定

对喀纳斯一带的区域低温动力变质作用时代有两种不同观点。新疆区域地质志根据区域地质证据<sup>[27]</sup>认为属于加里东期,但已经注意到了其对比为“上奥陶统”的东锡勒克组和白哈巴组可能不属于此期变质;徐学纯等<sup>[28]</sup>则划归海西期,其依据是喀纳斯一带与变质作用同期的花岗岩 Sm-Nd 同位素年龄为 390 Ma<sup>[29]</sup>。以花岗岩同位素年龄指正区域低温动力变质作用时期是值得商榷的,况且这一年龄以及新获得的  $398 \pm 5$  Ma 的锆石 LA-ICPMS 年龄<sup>[16]</sup>也属于加里东期。因此,无论是归属加里东期还是海西期均存在无法解决的矛盾。

喀纳斯—白哈巴变质带内绿片岩相绢云母—绿泥石带的最新变质地层为早泥盆世白哈巴组。喀纳斯群与白哈巴组变质程度一致,但变形样式有区别:前者发育同斜紧闭褶皱,后者则发育宽缓褶皱,分属于两个构造层。童英等<sup>[16]</sup>也持此观点。根据构造、岩浆活动、变质作用的一致性,应属于不同变质

期次的产物。

新疆区域地质志将震旦—寒武系内发育的区域低温动力变质作用划分为加里东期,可能是加里东中期,属于阿尔泰加里东变质地带的北部。这与其变质变形特征是一致的。而东锡勒克组和白哈巴组角度不整合于喀纳斯群之上,根据上述特征,属于晚一期的海西期区域低温动力变质作用。在变质岩石学上也有相应的特征:如前所述,虽然同属于低绿片岩相绢云母—绿泥石带,但采用极浅变质岩结构分带(反映变质程度的相对深浅),喀纳斯群变质程度高于下泥盆统。因两套地层之间存在角度不整合,在喀纳斯群强烈褶皱后才沉积的下泥盆统,因此该现象不太可能是因深度原因造成,而最有可能是两期变质作用的叠加所致。

两期变质作用的厘定,解决了阿尔泰北部地区区域低温动力变质作用划分为加里东期和海西期均存在的地质证据方面的矛盾。

#### 4.2 两期区域动力热流变质作用的厘定

庄育新<sup>[3]</sup>、徐学纯等<sup>[30]</sup>将研究区的区域动力热流变质划分为海西期,何国琦等<sup>[31]</sup>认为是加里东期。邹永兴<sup>[32]</sup>认为存在加里东和海西两期区域动力热流变质。但直接证据均较少。

前述海流滩新发现的含早泥盆世化石的角闪透辉斜长角岩,是典型的热接触变质岩,其中角闪石受热变质所致为褐色,宏观上岩石呈褐红色。与区域动力热流变质形成的变粒岩、片麻岩、片岩迥然不同。本区北部存在加里东期岩浆侵入作用,其侵入地质时代为早泥盆世后。因而,区域动力热流变质发生于泥盆纪前,其后则沉积了这套石英岩。何国琦等<sup>[31]</sup>根据斜长花岗岩同位素年龄认为变质时期为 400~430 Ma。曾乔松等<sup>[33]</sup>在冲乎尔北缘库根断裂带北的斜长花岗岩岩株内采样进行了锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定。笔者与曾乔松等对该岩株的岩性、岩石野外地质特征观察是一致的,该岩株为与喀纳斯群片麻岩渐变过渡的斜长花岗岩,笔者认为其属于同熔花岗岩。将花岗岩时代定为加里东期。值得指出的是,在 18 个  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄中,除两个明显偏离数据的年龄 ( $256.5 \pm 8.5$  Ma 和  $606 \pm 10$  Ma) 外,其余数据中 9 个大于 416 Ma, 1 个接近 (415.8 Ma), 只是大部分被剔除了,理由是“可能代表所捕获的火山岩围岩的年龄”,然而,详细的野外地质填图,并未在该岩体附近的喀纳斯群中发现火山岩。因此,海流滩地区发育加里东

期区域动力热流变质,且早于早泥盆世。

根据冲乎尔地区 7 件全岩 Rb—Sr 法测年结果<sup>[34]</sup>,泥盆系康布铁堡组岩石有两期主变质年龄,分别为  $355.1 \pm 7.9$  Ma 和  $241.7 \pm 18.6$  Ma。郑常青等<sup>[35]</sup>根据电子探针分析独居石 Th—U—Pb 化学法(CHIME 法)定年,获得变质年龄为  $(262 \pm 10) \sim (264 \pm 22)$  Ma。胡霁琴等<sup>[29]</sup>更在库根断裂以南的青河县西南英安质片麻岩中的锆石 SHRIMP U—Pb 定年  $281 \pm 3(2\sigma)$  Ma (MSWD=1.2) 的变质年龄。因此将其划分为海西期。

## 5 结 论

阿尔泰西北部哈巴河—冲乎尔—一带发育两期区域变质作用。变质世代上,有加里东期和海西期两期。变质类型上,北西部白哈巴—喀纳斯一带发育加里东期和海西期两次区域低温动力变质,东南部,海流滩发育加里东期区域动力热流变质,冲乎尔发育海西期区域动力热流变质。这种纵向上和横向上的变化的特殊规律,为研究西伯利亚板块早期演化及其后额尔齐斯断裂活动历史提供了极其重要的线索和基础资料。

承蒙新疆地矿局董连慧、胡建卫、冯京、赵树铭、张红喜、李卫东、焦生瑞,新疆地矿局第四地质大队李香仁、杨文平、周刚、刘国仁、赵军合,四川地质调查院王全伟、阚泽忠先生等的帮助和指导,在此谨表谢意!

## 参考文献 (References):

- [1] 西尼村, B M. 新疆地质构造的主要特征 [C]//地质集刊, 第四号. 北京: 科学出版社, 1958.  
Sinichyin V M. The major tectonic features in Xinjiang [C]//Geologic Collection, No.4. Beijing: Science Press, 1958 (in Chinese).
- [2] 李天德, 祁志明, 吴柏青, 等. 中国和哈萨克斯坦阿尔泰地质及找矿研究的新进展 [C]//中国地质学会编, 献给三十届国际地质大会“八五”地质科技重要成果学术交流会议论文选集. 北京: 地质出版社, 1996.  
Li Tiande, Qi Zhiming, Wu Boqing, et al. New improvement of comparative study of geology and mineralization of Altai between China and Kazakhstan [C]//Chinese Geological Society (ed.). Thesis Volume of the Symposium of the 8th Five-Year Plan of Geoscience for Contributions to 30th IGC. Beijing: Geological Publishing House, 1996 (in Chinese with English abstract).
- [3] 庄育勋. 中国阿尔泰造山带热动力时空演化和造山过程 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1994.  
Zhuang Yuxun. The Thermal Dynamical Time-space Evolution and Orogenic Process in Chinese Altaides [M]. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1994 (in Chinese with English abstract).
- [4] Windley B F, Guo Jinghui, Li Ying-yi, et al. Terranes and tectonic evolution of the Chinese Altai [R]. Abstracts in ICCP-420 Workshop. Urumqi, Xinjiang, China, 1998: 67.
- [5] 中国地质地质调查局. 青藏高原区域地质调查野外工作手册 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001.  
China Geological Survey. Field Geological Workbook of Regional Geological Surveying in Qinhai-Tibet Plateau [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2001 (in Chinese).
- [6] 新疆维吾尔自治区地矿局. 新疆维吾尔自治区岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999.  
Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development of Xinjiang. Stratigraphy of Xinjiang [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1999 (in Chinese).
- [7] 李玮, 胡健民, 高卫, 等. 新疆南天山库车干一带泥盆纪—早石炭世放射虫组合的发现 [J]. 中国地质, 2007, 34(4): 584-591.  
Li Wei, Hu JianMin, Gao Wei, et al. Discovery of a Devonian-Lower Carboniferous radiolarian assemblage in the Korgan area, South Tianshan Mountains [J]. Geology in China, 2007, 34(4): 584-591 (in Chinese with English abstract).
- [8] 曾允孚, 夏文杰. 沉积岩石学 [M]. 北京: 地质出版社, 1986.  
Zeng Yunfu, Xia Wenjie. Petrology of Sedimentary Rocks [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986 (in Chinese).
- [9] 王宝谕. 新疆哈尔克山志留系划分及床板珊瑚 [J]. 科学通报, 1985, 30(14): 1094-1096.  
Wang Baoyu. Silurian classification and tabulata of Haerke Mountain in Xinjiang [J]. Chinese Science Bulletin, 1985, 30(14): 1094-1096 (in Chinese).
- [10] 阎永奎, 张全忠, 等. 新疆阿尔泰地区变质岩中微古植物的发现及其地质意义 [J]. 新疆地质, 1989, 7(2): 49-53.  
Yan Yongkui, Zhang Quanzhong, et al. Discovery and geological significance of micropalaeoflora in metamorphic rock in Altai District, Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 1989, 7(2): 49-53 (in Chinese with English abstract).
- [11] 彭东. 新疆阿尔泰西北部布尔津—哈巴河地区地质演化及成矿潜力研究 [D]. 成都: 成都理工大学出版社, 2007.  
Peng Dong. Researches on Geological Evolution and Metallogenetic Potential of Buerjin-Habahe District, Northwestern of Altai, Xinjiang [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology Press, 2007 (in Chinese with English abstract).
- [12] 张仁杰. 我国泥盆纪双壳类的地理区系和动物群特征 [J]. 古生物学报, 1992, 31(6): 734-755.  
Zhang Renjie. Palaeobiogeography and faunal features of Devonian Bivalves of China [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1992, 31(6): 734-755.
- [13] 单强, 牛贺才, 于学元, 等. 新疆北部哈纳斯盆地火山岩地球化学特征、锆石 U—Pb 年龄及其构造意义 [J]. 地球化学, 2005, 34(4): 315-327.  
Shan Qiang, Niu Hecai, Yu Xueyuan, et al. Geochemistry and



- zircon U-Pb age of volcanic rocks from the Hanasi basin in the Northern Xinjiang and their tectonic significance [J]. *Geochimica*, 2005, 34(4):315-327.
- [14] 黎敦朋, 李新林, 周小康, 等. 塔里木西南缘新太古代变质辉长岩脉的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义 [J]. *中国地质*, 2007, 34(2):262-269.
- Li Dulpeng, Li Xinlin, Zhou Xiaokang, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating of Neoproterozoic metagabbro dikes on the southwestern margin of the Tarim plate and its significance[J]. *Geology in China*, 2007, 34(2):262-269(in Chinese with English abstract).
- [15] 胡霭琴, 王中刚, 涂光炽, 等. 新疆北部地质演化及成岩成矿规律[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- Hu Ai qin, Wang Zhonggang, Tu Guangzhi, et al. Geological Evolution and Diagenetic and Metallogenetic Regularity in Northern Xinjiang[M]. Beijing: Science Press, 1997(in Chinese).
- [16] 童英, 王涛, 洪大卫, 等. 中国阿尔泰北部山区早泥盆世花岗岩的年龄、成因及构造意义[J]. *岩石学报*, 2007, 23(8):1933-1944.
- Tong Ying, Wang Tao, Hong Dawei, et al. Ages and origin of the early Devonian granites from the north part of Chinese Altai Mountains and its tectonic implications [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23(8):1933-1944(in Chinese with English abstract).
- [17] 董申保, 等. 中国变质作用及其与地壳演化的关系[M]. 北京: 地质出版社, 1986.
- Dong Shenbao (Tung, S.P.), et al. Metamorphism in China and Its Relation with the Crustal Evolution [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986(in Chinese with English abstract).
- [18] 童英, 王涛, 洪大卫, 等. 阿尔泰山造山带西段同造山铁列克花岗岩体锆石 U-Pb 年龄及其构造意义 [J]. *地球学报*, 2005, 26 (增刊):74-77.
- Tong Ying, Wang Tao, Hong Dawei, et al. Zircon U-Pb age of Syn-orogenic Tielieke Pluton in the western part of Altai Orogenic Belt and its structural implications [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2005, 26(Sup.):74-77(in Chinese).
- [19] 刘顺生, 李志纯, 谭凯旋, 等. 中国阿尔泰山带的变形变质及流体作用[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- Liu Shunsheng, Lizhichun, Tan Kaixuan, et al. Deformation, Metamorphism and Flow Fluid Action in Altai, Xinjiang [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003(in Chinese).
- [20] 郑巧荣. 利用电子探针结果计算  $Fe^{3+}$  及  $Fe^{2+}$  离子数 [J]. *矿物学报*, 1983(1):55-62.
- Zheng Qiaorong. Calculation of the  $Fe^{3+}$  and  $Fe^{2+}$  contents in silicate and Ti-Fe oxide minerals from EPMA data [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 1983 (1):55-62 (in Chinese with English abstract).
- [21] 张翠光, 魏春景, 侯荣玖, 等. 新疆阿尔泰山带低压变质作用相平衡研究[J]. *中国地质*, 2007, 34(1):34-41.
- Zhang Cuiguang, Wei Chunjing, Hou Rongjiu, et al. Phase equilibrium of low-pressure metamorphism in the Altai, Xinjiang[J]. *Geology In China*, 2007, 34(1):34-41(in Chinese with English abstract).
- [22] 何国琦, 韩宝福, 岳永君, 等. 中国阿尔泰山带的构造分区和地壳演化[C]//新疆地质科学(2). 北京: 地质出版社, 1990.
- He Guoqi, Han Baofu, Yue Yongjun, et al. Tectonic division and crustal evolution of Altai orogenic belt in China[C]//Geoscience of Xinjiang (2). Beijing: Geological Publishing House, 1990 (in Chinese with English abstract).
- [23] 曲胜国, 崇美英. 阿尔泰山带的铅同位素地质及其构造意义[J]. *现代地质*, 1991, 4(1):100-110.
- Qu Guosheng, Chong Meiyong. Pb isotopic geology and its implications for tectonics of Altai Orogen [J]. *Geoscience*, 1991, 4 (1):100-110(in Chinese with English abstract).
- [24] 胡霭琴, 张国新, 李启新, 等. 新疆北部同位素地球化学与地壳演化[C]//涂光炽主编. 新疆北部固体地球科学新进展. 北京: 科学出版社, 1993.
- Hu Ai qin, Zhang Guoxin, Li Qixin, et al. The isotopic geochemistry and crustal evolution in Northern Xinjiang [C]// Tu Guangzhi, ed. New Improvement of Solid Geosciences in Northern Xinjiang. Beijing: Science Press, 1993(in Chinese).
- [25] 李天德, 波里扬斯基 B. H. 中国和哈萨克斯坦阿尔泰山大地构造及地壳演化[J]. *新疆地质*, 2001, 19(1):27-32.
- Li Tiande, Poliyangsi B H. Tectonics and crustal evolution of Altai in China and Kazakhstan [J]. *Xinjiang Geology*, 2001, 19(1):27-32(in Chinese with English abstract).
- [26] 胡霭琴, 韦刚健, 邓文峰, 等. 阿尔泰山地区青河县西南片麻岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J]. *岩石学报*, 2006, 22 (1):1-10.
- Hu Ai qin, Wei Gangjian, Deng Wenfeng, et al. SHRIMP zircon U-Pb dating and its significance for gneisses from the Southwest area to Qinghe County in the Altai, China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(1):1-10(in Chinese with English abstract).
- [27] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development of Xinjiang. Regional Geology of Xinjiang [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993 (in Chinese with English abstract).
- [28] 徐学纯, 郑常青, 赵庆英. 阿尔泰山西造山带区域变质作用类型与地壳演化[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2005, 35(1):7-11.
- Xu Xuechun, Zheng Changqing, Zhao Qingying. Metamorphic types and crustal evolution of Hercynian orogenic belt in Altai Region, Xinjiang [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2005, 35(1):7-11(in Chinese with English abstract).
- [29] 张湘炳, 隋静霞, 李志纯, 等. 额尔齐斯构造带构造演化与成矿系列[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- Zhang Xiangbing, Sui Jingxia, Li Zhichun, et al. Tectonic evolution and Mineralization Series in the Erqisi Tectonic Zone [M]. Beijing: Science Press, 1996(in Chinese with English abstract).
- [30] 徐学纯, 郑常青, 赵庆英. 新疆阿尔泰山地区冲乎尔递进变质带特征及其演化[J]. *现代地质*, 2005, 19(3):334-340.
- Xu Xuechun, Zheng Changqing, Zhao Qingying. Characteristics

- and evolution of progressive metamorphic belt in Chonghuer of the Altai Area, Xinjiang[J]. *Global Geology*, 2005, 19(3):334-340 (in Chinese with English abstract).
- [31] 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 中国新疆古生代地壳演化及找矿[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 香港: 香港文化教育出版社, 1994.
- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, et al. *Paleozoic Crustal Evolution and Mineralogy in Xinjiang, China* [M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, Hongkong: Hongkong Culture and Education Publishing House, 1994(in Chinese).
- [32] 邹永兴. 新疆阿尔泰地区变质作用的基本特征[C]//芮行健主编. 新疆阿尔泰金矿论文集. 北京:地质出版社, 1994.
- Zou Yongxing. The basic feature of metamorphism in Altay, Xinjiang [C]//Rui Xingjian (ed.). *Symposium of Gold Ore in Altay, Xinjiang*. Beijing: Geological Publishing House, 1994 (in Chinese with English abstract).
- [33] 曾乔松, 陈广浩, 王核, 等. 阿尔泰冲乎尔盆地花岗质岩类的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其构造意义 [J]. *岩石学报*, 2007, 23(8):1921-1932.
- Zeng Qiaosong, Chen Guanghao, Wang He, et al. *Geochemical characteristic. SHRIMP zircon U -Pb dating and tectonic implication for granitoids in Chonghuer basin, Altai, Xinjiang* [J]. *Acta Petroiologica Sinica*. 2007, 23(8):1921-193.
- [34] 吴志亮. 新疆阿尔泰山南缘早泥盆世火山—沉积建造及其穿时性[J]. *昆明工学院学报*, 1992, 17(6):1-10.
- Wu Zhiliang. Lower Devonian Volcanic-sedimentary formation of South Altai in Xinjiang Province and its diachronism [J]. *Journal of Kunming Institute of Technology*, 1992, 17 (6):1-10 (in Chinese with English abstract).
- [35] 郑常青, 徐学纯, EnamiM, 等. 新疆阿尔泰红柱石—矽线石型变质带的独居石年龄及其地质意义 [J]. *世界地质*, 2005, 24(3): 236-242.
- Zheng Changqing, Xu Xuechun, Masaki Enami, et al. *Monazite and geological implication, of andalusite-ages an implications analusite - sillimanite type metamorphic belt in Altay, Xinjiang* [J]. *Global Geology*, 2005, 24(3):236-242(in Chinese with English abstract).

## Redefinition of Caledonian and Hercynian regional metamorphism in the Baihaba–Chonghu´er district, northwestern Altay, Xinjiang

PENG Dong<sup>1</sup>, XU Sheng–lan<sup>2</sup>, LIN Li<sup>3</sup>, PENG Bo<sup>1</sup>, WANG Xian–feng<sup>4</sup>, XIE Yun–xi<sup>1</sup>

(1. Regional Geological Survey Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Shuangliu 610213, Sichuan, China;

2. College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

3. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

4. Sichuan Institute of Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** Based on geologic mapping and integrated study in the Baihaba–Chonghuer district, northwestern Altay, Xinjiang, Lower Devonian fossils were collected from the strata that were originally assigned to the Ordovician or Sinian–Cambrian, and Caledonian and Hercynian isotopic geologic ages were acquired in some distinct plutons. Subzones with quartzite–like and thorn–like textures were distinguished in low–grade metamorphic rocks and kyanite, sillimanite, almandine and staurolite zones were recognized from regional dynamic heat–flow metamorphic rocks. The new evidence indicates that the Caledonian and Hercynian phases of regional low–temperature dynamic metamorphism occurred in the Baihaba district of the study area and that two phases of regional dynamic heat–flow metamorphism occurred in the southeastern part of the study area: the Caledonian phase in Hailiutan and the Hercynian phase in Chonghuer, which are superposed along the Kugen fault. This division gives a new answer to the dispute about the metamorphic types and generations in the area that lasted for nearly half century.

**Key words:** Xinjiang; Altay; Baihaba; Chonghu´er; regional low–temperature dynamic metamorphism; regional dynamic heat flow metamorphism; phase

---

**About the first author:** PENG Dong, male, born in 1969, Ph. D, and senior engineer, majors in regional geology and mineral resources and environment geology; E–mail: peng\_dongxin@163.com.