西昆仑塔什库尔干混杂岩的地质特征及其大地构造意义

王建平[1,2]
WANG Jian-ping[1,2]

1. 中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083;
2. 河南省地质调查院,河南 郑州 450007
1. *School of the Earth Sciences and Resources of China University of Geosciences,Beijing* 100083, *China*;
2. *Henan Institute of Geological Suevey,Zhengzhou* 450007, *Henan, China*

摘要:西昆仑塔什库尔干构造混杂岩带由古元古代基底岩片、震旦纪大陆板内裂谷玄武岩岩片、奥陶纪—志留纪复理石岩片、石炭纪—二叠纪火山弧岩片及高压变质岩片组成。根据高压变质、残余洋盆及岩浆弧的形成时间进行综合判断,混杂岩带形成于早古生代。该混杂岩带的发现对于确立康西瓦断裂带的性质和认识西昆仑地区的大地构造演化历史具有重要意义,进一步表明西昆仑地区在早古生代曾发生过板块俯冲和碰撞,并暗示麻扎-康西瓦断裂可能代表了原特提斯洋-古特提斯洋俯冲消减并最终闭合的界线。

关键词:西昆仑塔什库尔干地区;构造混杂岩;特提斯;早古生代
中图分类号:P542^{+}.4 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-2552(2008)12-2057-10

Wang J P. Geological features and tectonic significance of melange zone in the Taxkorgan area, West Kunlun. ***Geological Bulletin of China,*** **2008, 27(12):2057-2066**

Abstract: The Taxkorgan tectonic melange belt in West Kunlun is composed of the Paleoproterozoic basement , the mainland Sinian plate rift basalt rock film, Ordovician-Silurian flysch rock film, Carboniferous-Permian arc volcanic rock and high-pressure metamorphic rocks. Integrated study of the high-pressure metamorphic and the remnants of oceanic basin and the timing of magmatic arc indicated that the formation of melange belt commenced in early Paleozoic. The confirmation of the melange belt Kangxiwar is of great significance to establish the nature of the fault zone and to understand the framework evolution. This finding indicates that there have been plate subduction and collision durins the early paleozoic and suggested that the Mazar-Kangxiwar fault may represent the boundary of the original Tethys - the ancient Tethys subduction and final closure.

Key words: West Kunlun Taxkorgan area; tectonic mélange; Tethys; Early Paleozoic

本文研究的地区位于新疆维吾尔自治区西南部昆仑山系西段，行政区划分属喀什地区的塔什库尔干塔吉克自治县,西部与塔吉克斯坦共和国、阿富汗共和国和巴基斯坦共和国接壤。

西昆仑大地构造研究显示,麻扎-康西瓦断裂带是控制大地构造单元的主要构造边界，许多专家将其厘定为板块构造缝合带，认为古特提斯洋最终闭合于此[1-4]。该断裂带在康西瓦地区研究程

收稿日期:2008-11-05;**修订日期**:2008-11-17
地调项目:中国地质调查局《青藏高原 1:25 万塔什库尔干幅(J43C003003)、克克吐鲁克幅(J43C003002)、叶城县幅(J43C003004) 、库尔干幅(J43C001002)、艾提开尔丁萨依幅(J43C002002)、英吉沙县幅(J43C002003)区域地质调查》项目和国土资源部百名优秀青年科技人才计划(第二批,2004)项目资助。
作者简介:王建平(1964-),男,在读博士,高级工程师,地层古生物专业,从事区域地质调查工作。E-mail:hnwangjianping@163.com

度较高[5-7],但其由区外的近东西向“转”为北北西向进入研究区后的展布位置、构造特征和属性尚不清楚。1:25 万塔什库尔干塔吉克自治县幅、克克吐鲁克幅区域地质调查①,在塔什库尔干地区填绘出瓦恰断裂带、塔阿西断裂带,并认为这 2 条断裂均具板块结合带的性质。本文的研究工作在这 2 条断裂带之间识别出了早古生代高压变质岩片(块)和古元古界、新元古界、奥陶系—志留系、石炭系—二叠系等不同时代的构造岩片(块),认为 2 条断裂带之间是一条构造混杂岩带,属于板块结合带上的俯冲增生杂岩带。该构造混杂岩带在区域上是麻扎-康西瓦板块结合带的一部分,它向东南延伸与李博秦等[8]在麻扎地区描述的构造混杂岩带相连,向西北延伸到公格尔、木吉地区②。塔什库尔干构造混杂岩带的发现不仅明确了麻扎-康西瓦断裂带区域延伸的位置,而且为确定该断裂带具有板块结合带的性质提供了新的重要信息。它的发现和研究对认识西昆仑地区特提斯构造的演化具有重要意义。

1 混杂岩带的分布

经地质填图控制,塔什库尔干混杂岩带分布于塔什库尔干、马尔洋一带,呈北西—北北西向延伸,出露宽度 30~80 km,东、西构造边界分别为瓦恰断裂带、塔阿西断裂带(图 1)。

1.1 瓦恰断裂带

展布于塔什库尔干县皮也可达坂西、瓦恰、辛迪一带,走向 310~10°,总体约 330°,区内长度大约 150 km,宽数百米。主构造界面为西南侧的古元古界布伦阔勒岩群与西北侧的石炭系之间的断层带。受多期变形改造的影响,主断面及旁侧的次级断层倾向变化较大,总体上以向南西倾为主,倾角变化也较大,一般为 30~60°。构造变形主要表现为强烈韧性剪切及叠加其上的后期脆性断裂。在主剪切界面及其附近形成宽数十米至数百米的糜棱岩(化)带和强构造片理化带,形成糜棱岩、构造片岩等韧性构造岩,不对称组构发育,如不对称小褶皱、旋转碎斑系

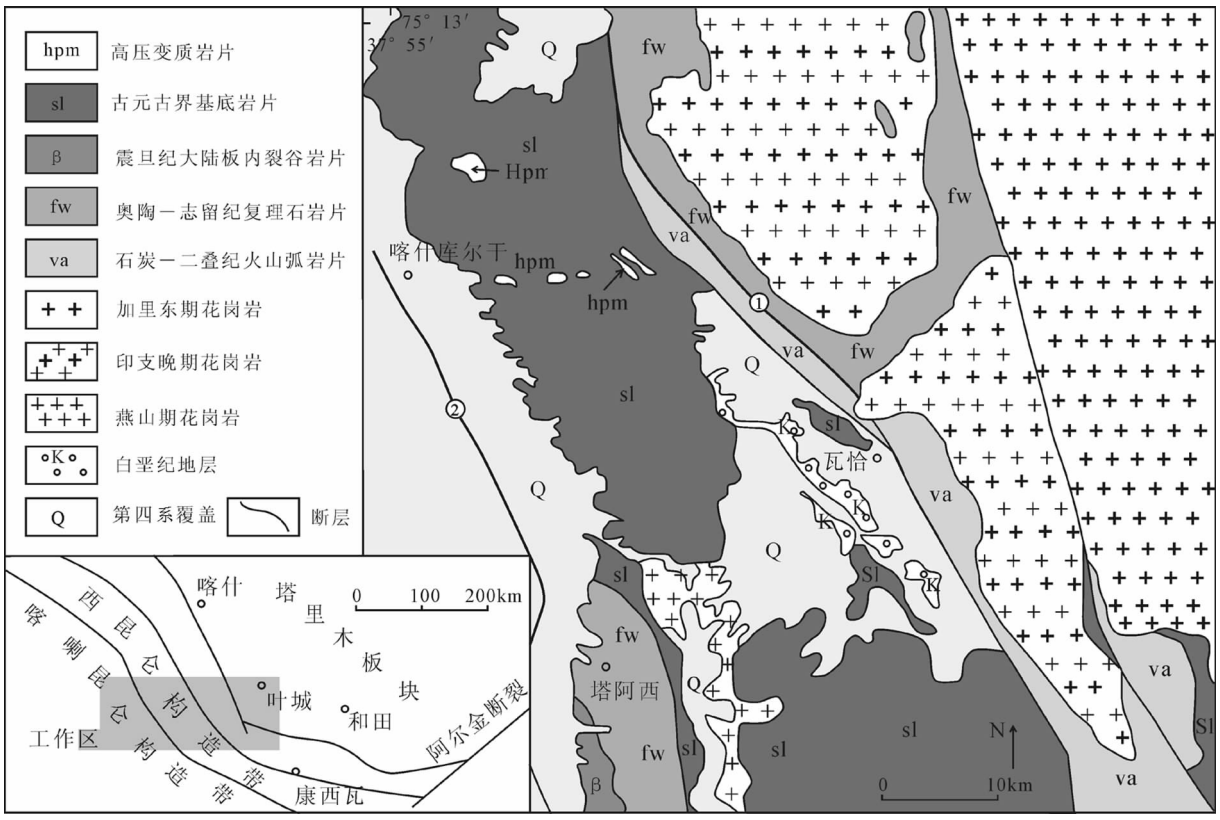


图 1 西昆仑塔什库尔干混杂岩带构造略图

Fig. 1 Tectonic sketch map of melange zone in the Taxkorgan area, West Kunlun

①瓦恰断裂带;②塔阿西断裂带

等,大多指示自南西向北东的逆冲推覆活动。根据对断裂带特征的分析，断裂带至少经历过 3 个构造活动阶段。早期的韧性剪切活动应主要发生在华力西期；后期的脆性断裂活动除了沿早期韧性剪切带活动外,在外围还形成多条新的断裂,其规模和影响范围似比韧性剪切活动大，主要应发生于中生代中晚期—新生代时期。

瓦恰断裂带内发现有大量基性—超基性岩岩块(图 2),主要为蚀变橄榄岩、蚀变橄辉岩、蚀变辉石岩、辉长岩,它们以构造小岩块的形态夹在混杂岩的基质中,一般只有几平方米至几平方千米,有些甚至小到手标本级。这些基性—超基性岩岩块遭受了强烈的构造剪切,难以形成完整的蛇绿岩套,但其产状为构造小岩块而非侵入体,岩石地球化学成分比较接近典型蛇绿岩的成分(笔者将另文讨论)。据此,可以将这些基性—超基性岩岩块视为蛇绿岩构造残片。考虑到这些残片“包裹”在奥陶纪—志留纪复理石的基质中，并见到在华力西晚期的侵入岩中呈捕虏体产出，因此判断这些蛇绿岩残片的形成时代为早古生代。

1.2　塔阿西断裂带

位于卡拉苏、塔什库尔干县城、塔阿西一线，基本上沿着塔什库尔干河谷延伸，呈北北西向延伸,走向 325~350°,区内出露长度约 80 km,宽数百米至 20 km。因主构造界面沿河谷分布,其特征难以直接观察,但它在宏观上分割了分属不同时代、不同构造环境的 2 套地层系统,分划性特征明显。与主构造界面平行的次级断裂为大规模的自北东向南西方向的韧脆性推覆断层带，古元古界布伦阔勒岩群推覆于志留系之上;自推覆断层带向西,塔什库尔干河谷以西的晚古生代地层中发育大量平卧褶皱和轴面向北东倾的紧闭同斜—倒转褶皱,褶皱形态自东向西呈现有规律的变化：东部均为平卧—近平卧褶皱,向西依次变为紧闭同斜褶皱、倒转褶皱、轴面北东倾的斜歪褶皱,这种褶皱形态的逐渐变化说明其形成是受推覆构造制约的。构造岩特征和断层组构特征反映断层性质为自北东向南西方向的逆冲。

该断裂带活动持续的时间较长，因晚古生代以前的地层卷入了由推覆作用引发的褶皱，故早期韧性剪切活动的时间应为华力西期—印支期。后期脆性断裂基本沿早期韧性剪切带活动，但其规模和影响范围不及韧性剪切活动大和强烈。它切割了早期的韧性剪切面,断面主体仍为北东倾,应是中新生代时期近现代构造运动的产物。



图 2　混杂岩中的超基性岩岩块(产于瓦恰断裂带)

Fig. 2　Ultrabasic rock blocks in mélange(occurrenced in Waqian fault)

2 混杂岩带的组成

在瓦恰断裂带和塔阿西断裂带之间，有大量不同时代、不同性质的构造岩片或岩块卷入构造混杂岩带，以及侵入于混杂岩带内的不同时代的岩浆岩侵入体。构造岩片之间均为断层接触,其上被白垩系红色砂砾岩不整合覆盖。由于混杂岩带成分复杂,本文按照张克信等[9]的分类方案,将塔什库尔干混杂岩划分为古元古界基底岩片、震旦纪大陆板内裂谷玄武岩岩片、奥陶纪—志留纪复理石岩片、石炭纪—二叠纪火山弧岩片及高压变质岩片(图 1)。

2.1 古元古界基底岩片

地层划分为布伦阔勒岩群(Pt_1B),出露于瓦恰断裂与塔阿西-色克布拉克断裂之间，沿可莫达坂—马尔洋—空木达坂一线分布，与周围地层多呈断层接触，班迪尔—下拉夫得一带河谷两侧被下白垩统下拉夫底群高角度不整合覆盖。布伦阔勒岩群为一套富含石榴子石、矽线石等特征变质矿物的变质岩系，变质程度达高角闪岩相，因大量岩浆岩侵入,亦常见接触变质作用叠加。该岩群主要岩石类型有角闪斜长片麻岩、石榴斜长角闪片麻岩、黑云斜长片麻岩、石榴黑云斜长片麻岩、矽线石榴黑云斜长片麻岩、大理岩,夹斜长石英岩、黑云石英片岩和少量变质杏仁状安山岩。有较多的花岗伟晶岩脉、花岗闪长岩脉、石英岩脉顺层或斜切贯入其中。

布伦阔勒岩群的岩性组合可分为含铁岩段、(含石榴)斜长角闪片麻岩段、矽线石榴片麻岩-石英岩段、大理岩段 4 套变质建造组合。

含铁岩段:分布于塔合曼、乔普卡里莫、老并等地,主要岩性组合为层状—条带状磁铁矿、磁铁石英岩、(含磁铁)黑云斜长片麻岩夹斜长角闪片(麻)岩等,具典型的沉积-变质型磁铁矿特征。为区内重要的含铁层位,形成规模巨大的铁矿化带,区内总长度达 120 km 以上。

斜长角闪片麻岩段:主体分布于该岩群中部,主要岩性组合为斜长角闪片麻岩、石榴角闪片麻岩夹少量石榴黑云石英片岩、二云斜长片麻岩。该段局部可见残余杏仁状、气孔状构造,具火山熔岩的外貌特征,横向延伸稳定,纵向上表现为从下至上深色调岩石与浅色调岩石韵律性重复出现，反映出火山多次喷发的韵律特征。

矽线石榴片岩-石英岩段：主体分布于该岩群中东部，岩石富含石榴子石、矽线石等特征变质矿物,含量高者可达 20%~30%。主要岩石组合为含石榴黑云石英片岩、含矽线石榴斜长黑云石英片岩、含石榴石英岩、含石榴子石大理岩、含(矽线)石榴黑云斜长片麻岩,夹少量角闪片岩、斜长角闪片岩等,局部出现矽线石片岩及石榴子石岩。

大理岩段:主体分布于该岩群东部,主要岩性组合为黑云母大理岩、透闪石大理岩,夹石榴黑云石英片岩、片麻岩等。

区域上岩石组合及变形特征差别不大,具很好的可对比性。由于强烈的变质变形,各地出露片褶厚度变化较大,空木达坂一带视厚度片(褶厚度)超过7000 m,瓦恰地区大于 5170 m,马尔洋一带大于 5874 m,维布隆地区逾万米。

该岩片中片麻理及脉体揉皱较强，构造置换强烈,原始构造形态已难以恢复。褶皱表现为一系列片麻理的平卧褶皱、斜卧褶皱、片内无根褶皱等,并形成一系列复式背向形构造。岩片塑性流变特征明显,石英脉体拉长，部分地段显示较清楚的变晶糜棱结构,镜下可见石英多晶条带、长石旋转碎斑等,反映其遭受过强烈的韧性剪切变形。岩石中有大量长英质、花岗质岩脉体,亦强烈揉皱,呈不规则肠状或拉断成石香肠状。

依据岩石的矿物成分、产状、共生组合关系,结合岩石地球化学及副矿物特征，将布伦阔勒岩群主要岩石类型的原岩恢复为一套中基性火山岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造。

关于布伦阔勒岩群的时代，前苏联曾在西帕米尔与本岩群相当的变质岩系中获得锆石 U-Pb 和全岩 Rb-Sr 等时线同位素年龄 2130~2700 Ma。孙海田等[10]在布伦口湖岸边黑云斜长片麻岩中获得锆石 U-Pb 年龄 2772 Ma±177 Ma。另外本岩群发育的含铁建造是古元古代的一个典型建造特征，具全球性对比意义，故将布伦阔勒岩群的形成时代置于古元古代。

2.2 震旦纪大陆板内裂谷玄武岩岩片

1:25 万塔什库尔干塔吉克自治县幅、克克吐鲁克幅区调在塔什库尔干县南卡拉其古以东发现了一套绿片岩相变质的基性火山岩，构造侵位于下志留统之中,并与古元古界布伦阔勒岩群呈断层接触,沿塔阿西断裂带东南缘分布。

该火山岩主要包括块状玄武岩、似枕状玄武岩、

气孔杏仁状玄武岩,岩石蚀变程度较高,绝大多数已经发生绿片岩相变质,部分达到角闪岩相变质,玄武岩原岩矿物结构已经完全被破坏。从岩相学上看火山岩可分为 2 类,一类是绿泥石阳起石片岩,岩石基本完全由片状的绿泥石、阳起石和钠长石、石英等组成;另外一类岩石变质程度较高,呈斑状变晶结构,主要斑晶矿物为角闪石,基质充填石英和斜长石,少数岩石中可见残余的普通辉石斑晶。

这套火山岩的 SiO_2 含量为 47.4%~53.9%,Na_2O+K_2O 变化范围较大,在 3.7%~7.0%之间,TiO_2 含量在 1.05%~2.23%之间,TFe_2O_3 含量较高,在 9.2%~16.9%之间,MgO 含量中等,为 3.9%~5.5%。$Na_2O>>K_2O$ 且二者含量变化均较大。经过多种类型的样品成分投图判别,总地来说,岩石主量元素的成分接进于大陆裂解玄武岩的成分。绝大多数样品的稀土元素总量均大于 80×10^{-6},为 81.3×10^{-6}~123.9×10^{-6}。La/Yb 很高,为 6.23~10.54,显示了轻稀土元素强烈富集的特征。$Eu/Eu^*=0.6$~0.9,有轻微的 Eu 负异常。微量元素的特征与富集地幔比较相似,强烈富集 Rb、Ba、Th、U 等大离子亲石元素,Pb 有明显的正异常,一般认为是由于受到地壳物质的混染。Sr、Nb 同位素分析结果显示,$^{87}Sr/^{86}Sr$ 值很高,且变化范围较大(0.7128~0.7273),I_{Sr} 为 0.7080~0.7160,$^{143}Nd/^{144}Nd$ 很低且变化范围较小(0.51181~0.51187),$\varepsilon_{Nd}(t)$ 为 −9.16~−8.46(860 Ma),较高的 I_{Sr} 值和很低的 ε_{Nd} 值显示了强烈的大陆亲缘性。以上这些地球化学特征表明,这套变质基性火山岩为受到地壳混染的大陆板内裂谷玄武岩。

该火山岩的锆石 SHRIMP U−Pb 年龄非常复杂(图 3),最老的年龄为 2.7 Ga,最年轻的年龄为 719 Ma。年龄较老的锆石一般具有明显的变质锆石的形貌特征,而 800~900 Ma 的锆石则呈现出岩浆锆石的振荡环带结构。一般认为玄武岩中最年轻的岩浆锆石的年龄代表玄武岩的成岩年龄,测试中 9 颗岩浆锆石样品的加权平均年龄为 861 Ma±43 Ma,应为火山岩的成岩时代。

该玄武岩的成岩时代为震旦纪早期,表明该地区存在新元古代的岩浆作用。根据目前的研究,新元

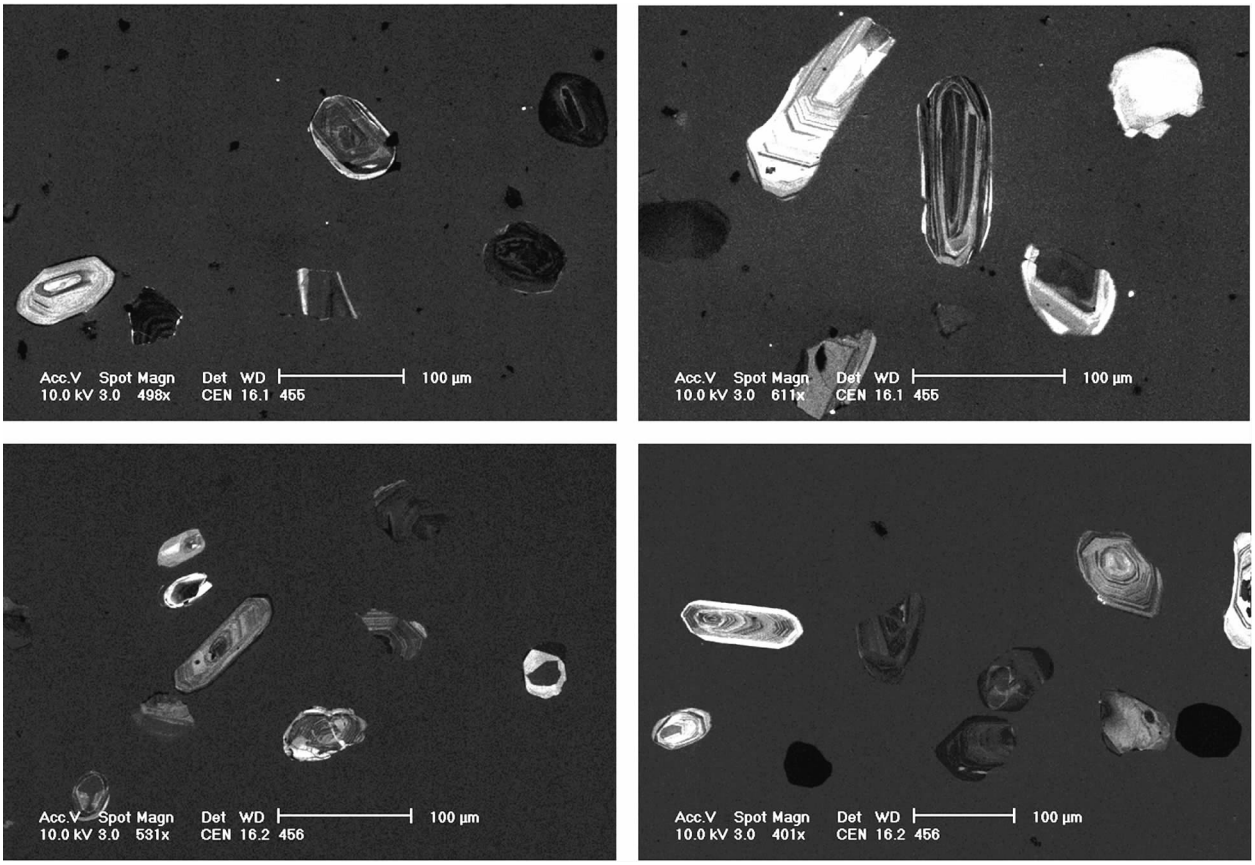


图 3　变质玄武岩中的锆石的阴极发光图像

Fig. 3　CL images of zircons in metabasalt

古代的岩浆作用可能与 Rodinia 超大陆的演化相关,因此有可能是 Rodinia 演化过程中的产物。研究显示 Rodinia 经历了 2 次较大的地幔柱事件，时间分别为 830~800 Ma 和 780~750 Ma[11-12],地幔柱的影响直接导致了 Rodinia 超大陆的裂解。从时间上看，该玄武岩的成岩时代可与第一次地幔柱事件相对应，推断它的形成有可能与 Rodinia 超大陆裂解时的岩浆活动有关。

2.3 奥陶纪—志留纪复理石岩片

呈大小不一的岩片、岩块分布在瓦恰断裂带和塔阿西断裂带中，为一套经历了剪切变形和低绿片岩相区域变质作用的变质岩系。岩石类型有粉砂质板岩、炭泥质板岩、硅质板岩、结晶灰岩、变砂岩。

在规模较大的构造岩块中，地层的原始层序及沉积特征保存较好。在塔什库尔干县达布达尔乡沙依地库拉沟一带地层主体为轻微变质的碎屑岩,厚度大于 1200 m。经详细的剖面研究,可以分为以下几种岩石类型。

深水盆地沉积:含笔石泥板岩、含黄铁矿炭泥质板岩夹深灰色薄板状灰岩、硅质岩,发育水平纹理。

中粒浊积岩:野外露头显示特殊的韵律结构,即所谓的复理石韵律。每个递变式韵律层一般包含鲍玛层序的 abc、bcd、ab 段。一个完整的浊积层序厚 20~70 cm,一般小于1 m,包括 3 个基本单元:下部相当于鲍玛层序 a 段,为下粗上细的砂质层,底部为中粗砂,含炭屑、泥砾,底界面不平;底层面上发育复理石印模,向上正粒序递变,渐变为块状构造细砂岩,含少量泥质脉体和炭屑。中部以粉砂质为主,相当于鲍玛层序 bcd 段,不易细分,发育水平层理、波状层理、脉状层理。上部泥质段,相当于鲍玛层序 e 段,以黑色泥质(板)岩为主,含炭质,发育微细水平层理,含遗迹化石。

细粒浊积岩(泥质浊积岩):宏观露头上表现为黑色砂质板岩与黑色含炭质板岩互层，每个复理石韵律层厚 10~40 cm,大体包含 3 个单元:下部含泥质粉砂,即粉砂质板岩,具透镜状纹层。中部为含粉砂泥质板岩,发育不规则的波状纹层及较平整的规则纹层。上部为含泥质板岩,不显纹理,可见细弱的水平虫迹。

1:25 万塔什库尔干塔吉克自治县幅、克克吐鲁克幅区域地质调查在这套地层中采到丰富的笔石化石,主要属种有 cf.*Climacograptus anjiensis*(Yang), *C.* cf.*minutus* Carruthers, cf. *Diplograptus deformis* Huang et Lu。时代为早志留世。李博秦等[8]在麻扎地区对这套地层进行了研究,发现了丰富的微体化石,有疑源类和几丁虫,时代为晚奥陶世—志留纪。

奥陶纪—志留纪复理石岩片在混杂岩带中既以独立的构造岩片(块)出现,又是整个混杂岩带的基质,构造变形非常强烈(图 4)。发育一系列紧闭褶皱,常具强弱不等的定向组构，发育与区域构造线一致的北西向构造片理，碎斑沿区域构造片麻理方向强烈拉长、定向排列,长、宽比一般为 5:1~10:1,大者可达 20:1 以上,表明变形以强烈挤压、横向缩短为主要特征。

2.4 石炭纪—二叠纪火山弧岩片

沿瓦恰断裂带呈大小不一的岩片、岩块分布在瓦恰—巴什克可—布候杰拉普及皮勒沟一线，与周围地层呈断层接触,并被白垩纪地层不整合覆盖,局部被后期侵入岩侵入。在塔什库尔干县孔自罗夫剖面上厚 1591.4 m,下部岩石组合为灰色含粉砂泥岩、黄灰色薄层状钙质细粒长石砂岩、灰色中层细粒石英砂岩、灰黑色薄层状硅质岩及硅质泥岩透镜体、黄灰色薄层状硅质团块泥晶灰岩、深灰色中层含粉砂泥晶灰岩。总体向上变薄、变细,由盆地边缘相渐变为中心相。上部为溢流相火山熔岩,由浅灰绿色→灰绿色英安岩夹英安质角砾熔岩构成，顶部为灰黑色英安岩,向上溢流频率加大。

英安岩的化学成分显示为高钾钙碱性火山岩系,在 lgτ−lgσ 环境判别图上,样品点落在消减带火山岩区，其 SiO_2=62.42%,FeO^*/MgO=2.70>2.0、K_2O/Na_2O=3.48，这些特征均显示该火山岩形成于消减带靠近大陆一侧的活动陆缘(火山弧)环境。

前人在该地质单元下部地层中发现有筵*Pseudoschwagerina sphaerica* var. *gigas*,*Schwagerina* sp.,*Triticites* sp.等,时代为晚石炭世。

2.5 高压变质岩片

与古元古界基底岩片相伴分布，常以透镜体形态产于广义的布伦阔勒岩群的变质岩中。由基性高压麻粒岩和泥质高压麻粒岩组成。

2.5.1 基性高压麻粒岩

基性高压麻粒岩呈透镜体产在石榴子石斜长角闪岩中,一般长 30~50 cm,宽 20~40 cm。剖面上从以角闪岩相变质的石榴斜长角闪岩为主夹杂高压麻粒岩、石榴二云母片麻岩、斜长片麻岩迅速变化到绿片

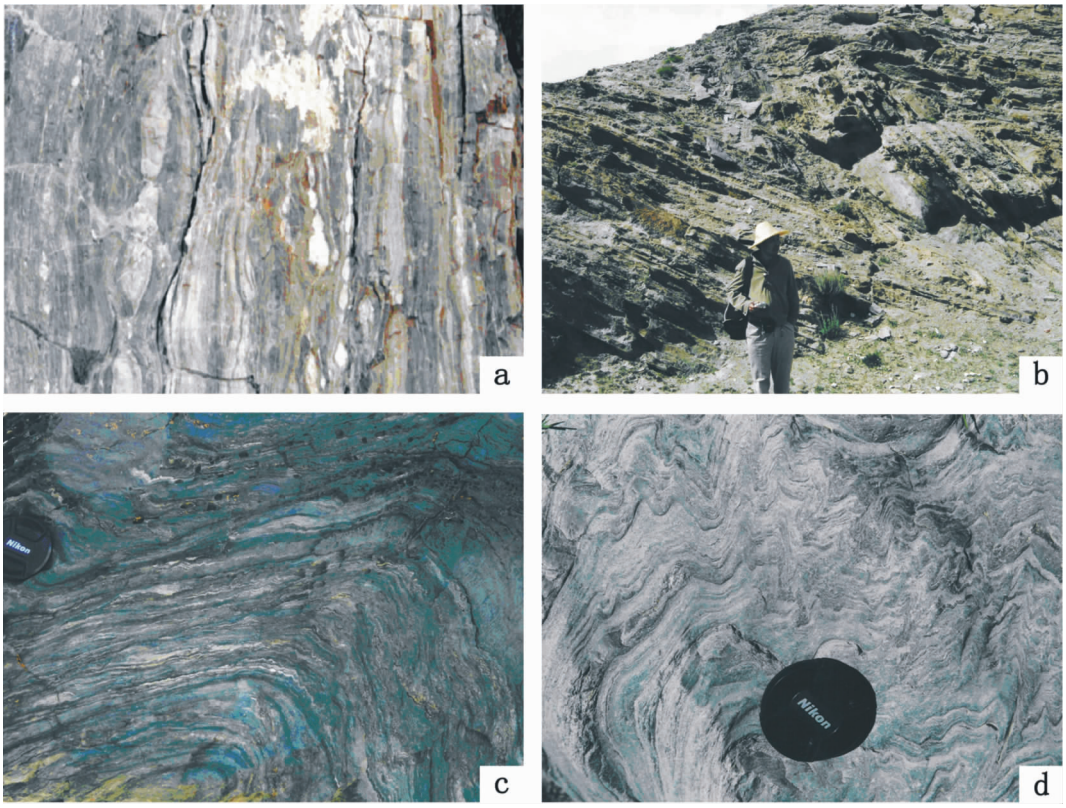


图 4　混杂岩的复理石基质遭受强烈构造变形

Fig. 4　Strongly tectonical deformation in flysch deposit of mélange

a—塔什库尔干县司热洪奥陶系—志留系; b、c、d—塔什库尔干县达布达尔乡沙依地库拉沟下志留统

岩相变质的石英云母片岩、绢云母片岩等,岩石表现明显的剪切变形,部分已经变为糜棱岩,显示出强烈的构造混杂特点。

基性高压麻粒岩主要由石榴子石(15%~25%)、单斜辉石(20%~30%)、斜长石(20%~30%)、角闪石(15%~20%)等组成。通过岩相学的研究,确定峰期矿物组合为石榴子石-单斜辉石-斜长石,这也是典型的基性高压麻粒岩的特征矿物组合。从区域地质分布看,基性高压麻粒岩呈透镜体产出于区域上大面积分布的石榴角闪岩内。一般认为石榴角闪岩是由更高级的变质岩退变而来的。从岩相学上看,该高压麻粒岩明显经历过较为强烈的角闪岩相退变质作用,除了斜长石的环带之外,部分单斜辉石边部也退变为角闪石。因此,该高压麻粒岩至少经历了 2 期变质作用,即峰期高压麻粒岩相变质阶段和角闪岩相退变质阶段。峰期高压麻粒岩相变质阶段的代表性矿物组合为石榴子石(核)-单斜辉石(核)-斜长石(核 An:23)-金红石-石英;角闪岩相退变质的变质矿物组合为石榴子石(边)-角闪石-斜长石(边 An:62)。对该高压麻粒岩的变质温压条件进行计算,得出高压麻粒岩峰期麻粒岩相的变质温压条件为 760~820℃,1.0~1.2 GPa;角闪岩相退变质的温压条件为 620~720℃,0.7~0.8 GPa。

2.5.2　泥质高压麻粒岩

泥质高压麻粒岩与基性高压麻粒岩产出于同一区域。泥质高压麻粒岩为含钾长石的蓝晶石石榴子石二云母片岩,产出于大面积分布的石榴子石二云母片岩之中。

蓝晶石石榴子石二云母片岩的主要矿物组成为:石榴子石(15%~20%)、蓝晶石(10%~15%)、钾长石(5%)、黑云母(10%~15%)、白云母(15%~20%)、斜长石(10%~15%)、石英(10%~15%),另有少量金红石、钛铁矿、锆石等副矿物。

根据岩相学的观察和对矿物之间结构关系的分

析,泥质高压麻粒岩经历了 4 个演化阶段:第一阶段为峰期高压麻粒岩相变质阶段, 矿物组合为石榴子石-蓝晶石-钾长石-金红石, 这也是 O′Brien 等[13]提出的典型泥质和长英质高压麻粒岩的矿物组合;第二阶段钾长石和石榴子石发生退变质, 生成黑云母和矽线石,可能的变质反应为钾长石+石榴子石+流体=黑云母+蓝晶石+石英,钾长石+石榴子石+流体=黑云母+矽线石+石英; 第三阶段岩石进一步发生退变质,降温降压到高角闪岩相,出现白云母,可能的变质反应为蓝晶石+钾长石+流体=白云母+石英和矽线石+钾长石+流体=白云母+石英, 并且后期生成的白云母交代前期生成的黑云母; 第四阶段为退变到低角闪岩相矿物组合, 出现白云母-黑云母-矽线石共生组合。

高压泥质麻粒岩以出现蓝晶石-钾长石-石榴子石的矿物组合为标志, 它们经常与基性高压麻粒岩一同产出[13]。

变质温压条件计算的结果显示, 该泥质高压麻粒岩的峰期温压条件(800~900℃,1.0~1.2 GPa)与前述基性高压麻粒岩的峰期变质温压条件基本一致,同时二者在野外密切伴生,因此很有可能是同时经历了高压麻粒岩相变质作用后一齐被抬升到地表的。

3 混杂岩带的形成时代

发育于大陆边缘的构造混杂岩带, 其形成过程就是板块结合带的演化过程。形成构造混杂岩带的主要地质作用所发生的时间与洋盆(古特提斯洋)消减、俯冲的时间相一致。因此,塔什库尔干构造混杂岩带的形成时代可以根据高压变质、残余洋盆及岩浆弧的形成时间进行综合判断。

(1)高压变质岩的形成时代:从基性高压麻粒岩中挑选锆石, 送北京离子探针中心进行锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定。16 颗锆石的 23 次分析结果主要集中于 2 个年龄段(图 5),其中 10 个核部的年龄点加权平均年龄为 456 Ma±30 Ma,11 个边部的年龄点加权平均年龄为 177 Ma±6 Ma。锆石边部的 Th/U 比值为 0.03~0.29,锆石核部的 Th/U 比值在 0.22~1.22 之间。锆石明亮的边部应为变质过程中形成的, 而核部未见保留典型岩浆锆石的振荡环带结构。据此认为 2 个年龄都是变质年龄,456 Ma±30 Ma 代表了峰期高压麻粒岩相的变质年龄,177 Ma±6 Ma 代表后期热事件叠加的结果。判断依据有以下

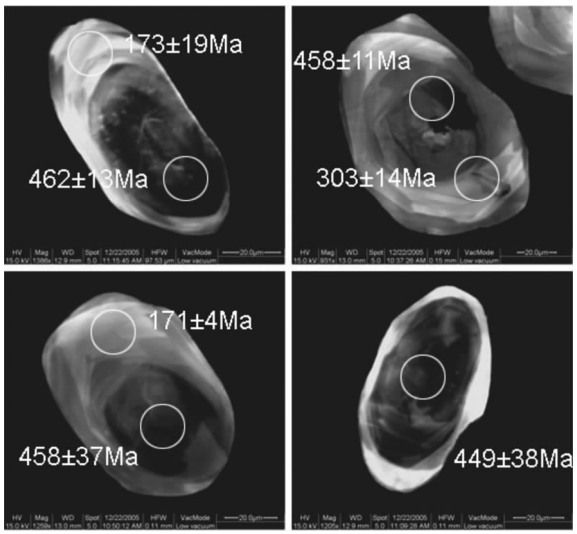


图 5 高压麻粒岩锆石阴极发光图像

Fig. 5 CL images of zircons in high pressure granulite

3 点: ①高压麻粒岩与古元古界布伦阔勒岩群紧密共生, 高压变质岩的原岩应与布伦阔勒岩群关系密切, 而布伦阔勒岩群的时代已有证据证明为古元古代,456 Ma±30 Ma 不能代表高压变质岩的原岩年龄。②在相同地区出露 456 Ma±30 Ma 左右的地层,只遭受了轻微变质。③如果把 177 Ma±6 Ma 作为高压变质时代,与本地区已有的研究成果不能相容。

(2)残余洋盆的时代:上文描述的奥陶纪—志留纪复理石岩片,既是可以单独区分的构造岩片,又是构造混杂岩带的基质。其形成于深海环境,确切的时代是早志留世。相同性质的残余洋盆记录,在麻扎地区也有报道[8],其时代也被确认主要为早志留世。

(3)岩浆弧的时代:反映了构造混杂岩带消减、俯冲的时间。在研究区的混杂岩内发现有晚石炭世的弧火成岩,混杂岩带东侧发育大规模的岩浆弧。刘振涛等③曾在孔孜罗夫沟北侧的辉长岩中获得锆石 Pb-Pb 年龄 253 Ma。李博秦等[8]在麻扎地区的弧火成岩内采集角闪石英闪长岩样品, 利用岩浆锆石进行 SHRIMP U-Pb 测试,分析平均年龄为(338 ±10) Ma,为早石炭世。崔建堂等[14-15]在康西瓦地区俯冲型角闪闪长岩中获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄 440.5Ma±4.6 Ma,时代为晚奥陶世,此年龄与上述的高压变质年龄非常接近。

(4)不整合于混杂岩之上的磨拉石建造的形成时代:代表了造山运动结束的时间。在研究区内,不

整合于混杂岩之上的地层为下白垩统下拉夫底群。该群为一套湖泊三角洲沉积,主要岩石组合为灰色厚层状粗—中砾岩、黄灰色薄层状细粒长石砂岩、黄褐色薄层状钙质石英粉砂岩、黄灰色薄层状含粉砂泥晶灰岩及灰色中层泥晶灰岩、浅灰色粉砂质泥岩、粉砂质页岩,偶夹石膏层。含骨鱼类 *Telestei*、孢粉 *Langaevipollis* sp.等化石,时代为早白垩世。在麻扎地区[8],不整合于混杂岩之上的磨拉石建造为早—中三叠世赛力亚克达坂群。

根据以上几个相互吻合的重要依据可以认定,塔什库尔干构造混杂岩带的形成过程开始于早古生代,是原特提斯洋闭合事件的产物。构造混杂岩带中存在晚古生代火山弧岩片,表明消减、俯冲的过程比较长、比较复杂。混杂岩带最终的构造定位可能形成于印支期。

4　混杂岩带的形成过程及其大地构造意义

构造混杂岩是古洋壳消减过程中发生的岩浆作用、沉积作用乃至后期构造混杂作用(复合构造带)的结果,形成过程比较长、比较复杂。本文将塔什库尔干构造混杂岩带的形成阶段及主要特征总结如表 1。

西昆仑造山带是研究特提斯构造域极为重要的地区。塔什库尔干地区处在西昆仑造山带一个重要的构造转折部位,几条构造边界汇聚于此。其中麻扎-康西瓦断裂带是最主要的一条构造边界,许多专家将其厘定为板块构造缝合带,认为古特提斯洋最终闭合于此。塔什库尔干构造混杂岩带的发现和研究不仅明确了麻扎-康西瓦断裂带的区域延伸位置,而且为确定该断裂带具有板块结合带性质提供了新的重要信息,对认识西昆仑地区特提斯构造演化具有重要意义。

由于麻扎-康西瓦构造带上鲜有蛇绿混杂岩和高压变质岩的发现,对其构造属性存在极大争议。近年随着康西瓦地区研究工作的深入,肖文交等[5-7]提出塔什库尔干东部的库地—麻扎地区的原甜水海地体可能是俯冲杂岩体,而康西瓦断裂北侧的赛利亚克岩浆带可能属于古生代岛弧。最近在麻扎地区对构造混杂岩带的研究又有新的发现和认识[8],其地

表 1　塔什库尔干构造混杂岩带的形成阶段及主要特征

Table 1　Evolution stages and their characteristics in Tashenkuergan mélange belt

<table>
<tr><th colspan="2">地质年代</th><th>岩　片</th><th>演化阶段</th><th colspan="2">造山带形成演化阶段</th><th>大地构造演化期</th></tr>
<tr><td>Mz</td><td>J
T</td><td></td><td rowspan="2">改造</td><td>陆内俯冲、推覆、
走滑、伸展</td><td>陆内调整</td><td>燕山期</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Pz_2
|
Pz_1</td><td rowspan="2">P
C</td><td rowspan="2">火山弧岩片</td><td rowspan="2">收缩、俯冲、拼合为主</td><td rowspan="4">多期洋陆转换阶段</td><td rowspan="3">印支|海西期</td></tr>
<tr><td rowspan="2">定位</td></tr>
<tr><td rowspan="2">D
S
O
∈</td><td rowspan="2">复理石岩片
高压变质岩片</td><td>扩张、伸展为主</td></tr>
<tr><td rowspan="2">形成</td><td>收缩、俯冲、拼合为主</td><td rowspan="2">加里东|晋宁期</td></tr>
<tr><td>Pz_1</td><td rowspan="3">扩张、伸展为主</td></tr>
<tr><td>Pt_3</td><td>Qb</td><td>板内裂谷玄武岩岩片</td><td rowspan="4">发展</td></tr>
<tr><td>Pt_2</td><td></td><td></td><td>收缩、俯冲、拼合为主</td><td rowspan="3">前晋宁期</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>扩张、伸展为主</td></tr>
<tr><td>Pt_1</td><td></td><td>基底岩片</td><td>构造体制不明</td><td>基底形成阶段</td></tr>
</table>

质特征及形成、演化过程可以与本文研究的塔什库尔干构造混杂岩带进行对比。

混杂岩中包含了洋壳俯冲消减以来的地质信息,缺少洋盆发展初期的信息。潘裕生[3]从区域构造演化的角度分析,认为康西瓦缝合带所代表的盆地可能开始于奥陶纪(或更早),当时它是原特提斯的弧后盆地,但是早古生代并没有出现真正的洋壳,属地形比较复杂的半深水盆地;晚古生代以来在弧后半深水盆地的基础上进一步破裂、扩张,于石炭纪、二叠纪时期出现真正的大洋地壳。姜春发等[16]认为康西瓦洋(古特提斯)开裂时间为晚二叠世—中三叠世,三叠纪末闭合。刘训[17]也认为古特提斯洋的闭合时间为晚二叠世至三叠纪,形成了以康西瓦断裂为代表的地壳结合带。

本文研究的塔什库尔干构造混杂岩是目前西昆仑地区康西瓦带上唯一有高压麻粒岩相变质岩石的构造混杂岩,高压麻粒岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 456Ma±30 Ma,与残余洋盆的时代、弧火山的时代相吻合。据此可以确定,塔什库尔干构造混杂岩带的形成过程开始于早古生代,持续到晚古生代,表明西昆仑地区在早古生代开始发生板块的俯冲和碰撞,暗示麻扎-康西瓦断裂带可能代表了原特提斯洋-古特提斯洋俯冲消减并最终闭合的界线。

致谢:本文是项目组全体同志,尤其是王世炎、陈瑞宝、卢书炜高级工程师和北京大学张立飞教授、艾永亮博士、曲军峰博士等共同研究的结果。在成文过程中,中国地质大学(北京)周洪瑞教授进行了指导,中国地质科学院地质力学研究所孟宪刚研究员、邵兆刚博士审阅全文并提出了宝贵意见。在此向他们表示衷心的感谢!

参考文献:

[1]潘裕生.昆仑山区构造区划初探[J].自然资源学报,1989,4(3):196-203.

[2]潘裕生.西昆仑山构造特征及演化[J].地质科学,1990,(3):224-232.

[3]潘裕生.喀喇昆仑山—昆仑山地区地质演化[M].北京:科学出版社,2000.

[4]邓万明.喀喇昆仑—西昆仑地区蛇绿岩的地质特征及其大地构造意义[J].1995,岩石学报,11(增刊): 98-111.

[5]肖文交,李继亮,侯泉林,等.西昆仑东南构造样式及其对增生弧造山作用的意义[J].地球物理学报,1998, 41(增刊):133-141.

[6]肖文交,侯泉林,李继亮,等.西昆仑大地构造相解剖及其多岛增生过程[J].中国科学(D 辑), 2000, 30(增刊):22-28.

[7]肖文交,周辉,B F Windley,等.西昆仑造山带复式增生楔的构造特征与演化[J].新疆地质,2003,21(1):98-111.

[8]李博秦,计文化,边小卫,等.西昆仑麻扎构造混杂岩的组成及其地质意义[J].现代地质,2007,21(1):78-87.

[9]张克信,殷鸿福.造山带混杂岩区地质填图理论、方法与实践[M].武汉:中国地质大学出版社,2001.

[10]孙海田,李纯杰,吴悔,等.西昆仑金属成矿省概论[M].北京:地质出版社,2003.

[11]Li X H, Li Z X, Ge W C, et al. Neoproterozoic granitoids in South China: crustal melting above a mantle plume at ca. 825 Ma? [J]. Precamb. Res., 2003, 122:45-83.

[12]Li Z X, Li X H, Kinny P D, et al. Geochronology of Neoproterozoic syn-rift magmatism in the Yangtze Craton, South China and correlations with other continents:evidence for a mantle superplume that broke up Rodinia[J]. Precambian Res., 2003, 122: 85-109.

[13]O′Brien P J, Rotzler J. High-pressure granulites: formation, recovery of peak conditions and implications for tectonics[J]. J. Metamorph. Geol., 2003, 21:3-20.

[14]崔建堂,王炬川,边小卫,等.西昆仑康西瓦一带早古生代石英闪长岩的地质特征及其锆石 SHRIMP U-Pb 测年[J].地质通报,2006,25(12):1450-1457.

[15]崔建堂,王炬川,边小卫,等.西昆仑康西瓦北侧早古生代角闪闪长岩、英云闪长岩的地质特征及其锆石 SHRIMP U-Pb 测年[J].地质通报,2006,25(12):1441-1449.

[16]姜春发,杨经绥,冯秉贵,等.昆仑开合构造[M].北京:地质出版社,1992.

[17]刘训,姚新建,王永.再论塔里木板块的归属问题[J].地质评论,1997,43(1):1-9.

① 河南省地质调查院.中华人民共和国 1:25 万塔什库尔干塔吉克自治县幅(J43C003003)、克克吐鲁克幅(J43C003002)、叶城县幅(J43C003004)区域地质调查报告.2004.

② 河南省地质调查院.中华人民共和国 1:25 万库尔干幅(J43C001002)、艾提开尔丁萨依幅(J43C002002)、英吉沙县幅(J43C002003)区域地质调查报告.2005.

③ 新疆地质调查院.1:5 万下拉夫迭幅(J43E015015)区域地质图及说明书.1998.