

昆中断裂带南北陆块基底、盖层沉积、岩浆岩对比研究——昆中断裂带构造意义的讨论

姜寒冰 李文渊 董福辰 张照伟 谭文娟 高永宝 郭周平

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要:本文依据 1:25 万区域地质调查成果资料,从昆中断裂带对南北两侧的基底变质岩系(包括变基性火山岩、变泥质岩)、表壳盖层沉积岩系、前寒武纪长英质火成侵入岩以及镁铁-超镁铁质侵入岩的沉积建造、岩石类型组合、岩石地球化学及所反映的源岩物性的控制,系统对比讨论了昆中断裂带南北两侧基底陆块特征及昆中断裂带的构造属性。得出以昆中断裂带为界,南北两侧陆块的大陆岩石圈,无论在表壳沉积岩系、中-下地壳和地幔的层性和物性结构及地球化学成分都存在显著差异。从而提出昆仑造山带实际上是两个陆块碰撞复合陆缘造山带。在元古宇以前南北陆块并非属同一古陆块,或者说昆中断裂带为欧亚大陆和冈瓦纳大陆的真正分界或二者的拼合带。

关键词:昆中断裂带;性质;构造意义

中图分类号:P542+.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)03-0581-14

对昆中断裂带的构造属性最早由高延林等(1988)提出“它是一条加里东期的缝合带,是青海境内柴达木地块与华南地块间的界线,沿此线保存的清水泉蛇绿岩可能代表了早古生代秦祁昆古大洋壳在东昆仑地区的残迹”^①;是一条南北两陆块的分界线^②;姜春发等(1992)指出“以大九坝断裂(昆中断裂在鲸鱼湖幅那段称为大九坝断裂)为界两边的基底盖层有很大差别”^③;赵茹石等(1994)认为“华北和华南板块的分界为泽库—武山断裂,在青海称昆中断裂,向东在陕西境内为丹凤—商南断裂”^④。新近航空重力和航磁资料揭示,沿昆中断裂带存在一条南低北高、宽 30~40 km 的重力梯度带,布格异常值($-410 \times 10^{-5} \sim -480 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$),北侧莫霍面深度 59 km,南侧 67 km,两侧地壳厚度相差 7~10 km。岩石圈厚度北侧为 117 km,南侧增至 137 km,落差达 20 km,表明昆中断裂应该是一条重要的地质分界线^⑤。然而,对这一认识目前尚无详细地质资料予以论述和讨论。据此,对昆中断裂带构造性质的进一步研究,

不但涉及华北与华南或欧亚大陆和冈瓦纳大陆间的具体分界的判定,也关系到东昆仑造山带是两陆块碰撞形成的陆缘复合造山带或是柴达木地块基底陆缘造山带^⑥,而且还涉及罗迪尼亚大陆(Rodinia)和哥伦比亚大陆(Columbia)的范围重塑和恢复等一些重大基础地质问题。因此,本文以 1:25 万区域地质调查成果资料为主要依据,从基底变质岩系、表壳盖层沉积岩系、前寒武纪长英质火成侵入岩以及镁铁-超镁铁质侵入岩的沉积建造、岩石组合以及岩石地球化学等特征入手,对昆中断裂带南北两侧基底陆块进行深入对比研究,详细讨论昆中断裂带的构造属性及构造意义。

1 昆中断裂带南北陆块基底及盖层沉积

习称的“昆中断裂带”西起且末县煤矿南与阿尔金山南缘断裂带的交汇处,向东经木孜鲁克塔格、朝阳沟南过库牙克库勒湖、大九坝、吐木勒克、诺木洪后,

收稿日期:2011-06-24;改回日期:2012-02-05

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(1212011120483、1212010881632、1212011121092、1212011121088)资助。

作者简介:姜寒冰,女,1979年生,助理研究员,从事岩浆作用矿床及区域成矿规律研究;E-mail:jianghanbing1980@126.com。

①青海地质调查院.1:25 万兴海幅区域地质调查报告,2002。

②李文渊,滕家欣,董福辰,等.西北地区矿产勘查部署与选区研究成果报告,2009。

向东南达布青山的得力斯坦,后转为北东至塔妥煤矿并继续向东延展至兴海县北(图1)。

按照邓晋福等(2004)关于中国大陆成年期陆壳和克拉通化的完成分别大体在新太古代和古元古代的认识^[5],构成昆中断裂带南北两侧成年期陆壳的基底变质岩系,在北侧阿尔金和东昆仑地区应为新太古—古元古代阿尔金岩群和金水口群白沙河岩组,南侧为东昆仑地区的古元古代苦海岩群;而盖层沉积,北侧始于中元古代长城纪直到三叠纪,南侧仅以晚古生代和中生代盖层沉积为主。

1.1 盖层沉积

区域地质资料揭示^[10],被昆中断裂带分割的陆块表壳岩系或盖层沉积,在地层时代、沉积建造以及所反映的构造背景上都存在明显的差别。北侧的阿尔金和东昆仑地区,从古元古代成核或克拉通化完成直到早古生代以来,一直处在一种浅—深水相的填积环境,期间还发生过几次重要的大陆裂解和汇聚增生事件,较典型的如伴有大量镁铁—超镁铁质杂岩体侵入、具有“双峰式”火成岩组合的新元古代(1 000~600 Ma)以及寒武纪—奥陶纪(600~440 Ma)两次裂解或大陆裂谷事件^[6],大体于晚古生代早期海相沉积过程结束,而转入陆内隆升造山和蚀源环境,总体上呈现出一种向成熟陆壳发展演化的模型;相反,昆中断裂带以南的昆南和巴颜喀拉地区,古元古代成核或克拉通化完成后直到晚古生代才由蚀源环境变为填积环境^[7]。

1.2 基底变质岩系

区域地质资料揭示,昆中断裂以北阿尔金和东昆仑地区的古老基底变质岩系为一套高角闪岩—麻粒岩相的TTG和孔兹岩系,以及含古老镁铁—超镁铁质变质侵入体的绿岩建造^[8]。目前已获得阿尔金岩群年龄值为(2674±142)Ma^[9],白沙河岩组变基性辉长岩锆石U—Pb年龄(2 460±46)Ma^[10]和(2 322±160)Ma^[9]。昆中断裂带以南的苦海岩群,为一套高绿片岩—角闪岩相的片麻岩、片岩、斜长角闪片岩、大

理岩和变粒岩组合,部分也含有TTG和镁铁—超镁铁质侵入岩的绿岩建造,岩群内基性岩墙的Sm—Nd等时线年龄为(2 213±101)Ma^[9],部分可能还包括新太古代地层^[7]。

对绿岩带或TTG组合的形成Johannes和Haltz(1996)提出大陆地壳形成演化三阶段模式,指出只有通过早期玄武质壳经上地幔再循环,才能够形成有大量英云闪长岩—奥长花岗岩组合的绿岩地体^[11]。并且参照Condie(1979)建立的绿岩带层序结构模型,通常在绿岩带层序的下部是以镁铁质和超镁铁质岩石为主的,随着层位的升高钙碱性和长英质火山岩比例的逐渐提高,即认为绿岩带是镁铁质火山岩占优势的上壳岩层^[12]。如按这种模型,被昆中断裂带分割的阿尔金岩群、白沙河岩组和苦海岩群的南北两个绿岩建造或绿岩地体,包括镁铁—超镁铁质侵入体以及正副变质的岩浆岩、沉积岩的原岩类型组合、地球化学及其所反映的源岩异同性,无疑可以用来判定被昆中断裂带分割的南北陆块的基底古陆系统的关系以及昆中断裂带的构造属性的重要依据。

笔者对绿岩建造主要成员的变基性火山熔岩类岩石化学成分进行比较,发现除部分苦海群样品稍偏离火山岩成分区外,阿尔金岩群和白沙河岩组的样品均落在火山岩成分范围内,且显示构成昆中断裂带南北缘绿岩地体的变基性火山岩类的岩石化学成分还存在一定差异(图2)。主要包括以下几个方面:

(1)碱性组分类型不同。北侧的阿尔金岩群和白沙河组的变基性火山熔岩(地球化学数据引自1:25万瓦石峡幅区域地质调查报告^①、1:25万苏吾什杰幅区域地质调查报告^②、1:25万库朗米其提幅区域地质调查报告^③、1:25万布喀达坂峰幅区域地质调查报告的^④K₂O/Na₂O比值高,最高达1.74,最低为0.40,平均为1.12,为偏钾或钾质成分系列火山岩类;而南侧苦海群(地球化学数据引自1:25万且末一级电站幅区域地质调查报告^⑤、1:25万阿拉克湖幅区域地质调

①青海地质调查院.1:25万兴海幅区域地质调查报告,2002.

②西安地质矿产研究所.1:25万苏吾什杰幅区域地质调查报告,2002.

③青海地质调查院.1:25万库朗米其提幅区域地质调查报告,2004.

④广西壮族自治区地质调查院.1:25万瓦石峡幅区域地质调查报告,2002.

⑤青海地质调查院.1:25万布喀达坂峰幅区域地质调查报告,2003.

⑥湖南省地质调查院.1:25万且末一级电站幅区域地质调查报告,2002.

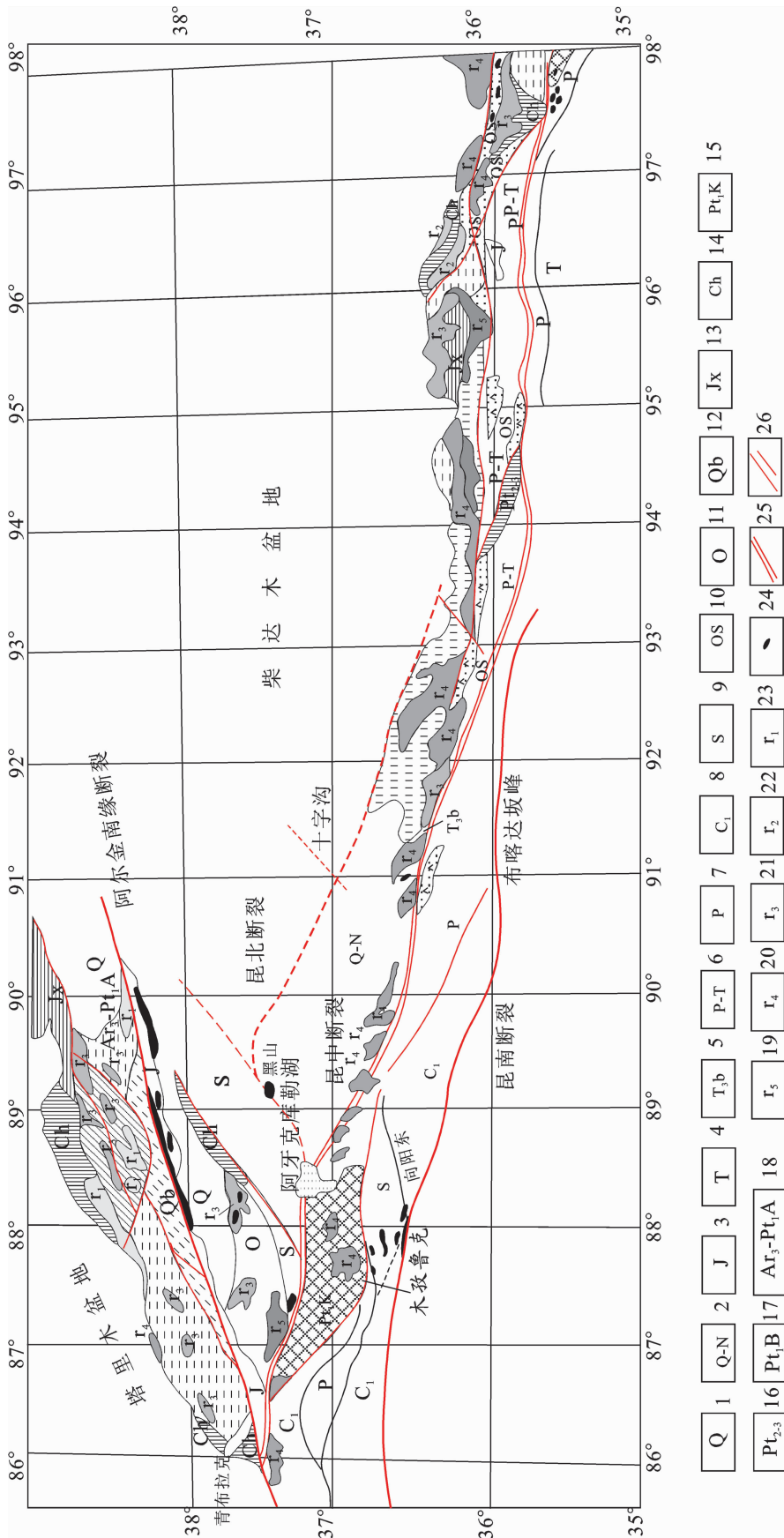


图 1 昆中断裂带及邻近地带地质构造略图

1—第四系; 2—第四系-新近系; 3—侏罗系; 4—三叠纪; 5—上三叠统八宝山组; 6—三叠-二叠系; 7—二叠系; 8—下石炭统托库孜达坂群; 9—志留系白干湖组; 10—奥陶-志留系纳赤台群; 11—奥陶系; 12—青白口系索尔库里群; 13—鲧县系金燕雁山组; 14—长城系巴什库尔干群-小苗群; 15—古元古代苦海群; 16—中-新元古代万保沟群; 17—古元古代白沙河组; 18—新太古-古元古代阿尔金山岩群; 19—印支期花岗岩类; 20—华力西期中酸性侵入体; 21—加里东期中酸性侵入体; 22—晋宁期中酸性侵入体; 23—前晋宁期中酸性侵入体; 24—基性-超基性岩体; 25—昆中断裂带(缝合带); 26—主要断裂和一般断裂

Fig.1 Geological structural sketch map of Kunlun fault zone and adjacent areas

1—Quaternary ; 2—Quaternary to Neogene; 3—Jurassic ; 4—Triassic ; 5—Babaoshan group of Upper Triassic; 6—Triassic to Permian; 7—Permian; 8—Tuokuzhidaban group of Lower Carboniferous; 9—Baiganhu formation of Silurian; 10—Nachtai group of Ordovician to Silurian; 11—Ordovician; 12—Suoerkuli group of Qingbaikou System; 13—Jinyanyanshan group of Jixian System; 14—Bashikuergan and xiaomiao group of Changcheng System; 15—Kuhai group of Paleoproterozoic; 16—Wanbaogou group of Mesoproterozoic - Upper Proterozoic; 17—Baishahe group of Lower Proterozoic; 18—Allyn rock group of Neoproterozoic to Early Proterozoic; 19—Indosinian granitoids; 20—Variscan intermediate-acid intrusive bodies; 21—Caledonian intermediate-acid intrusive bodies; 22—Jinning intermediate-acid intrusive bodies; 23—The former Jinningian intermediate-acid intrusive bodies; 24—Basic - ultrabasic rocks; 25— Kunlun fault (suture zone); 26—the main fracture and other fractures

查报告^①、1:25万冬恰拉纳湖幅区域地质调查报告^②、1:25万木孜塔格幅区域地质调查报告^③、1:25万兴海幅区域地质调查报告^④、1:25万鲸鱼湖幅区域地质调查报告^⑤中的变基性火山熔岩的 K_2O/Na_2O 比值最高仅 0.79,最低为 0.09,平均为 0.29,为典型的钠质系列火山岩类。

(2)在镁铁组份上,南侧苦海岩群中的变基性火山熔岩较北侧阿尔金岩群和白沙河岩组同类岩石较富镁质,具有玄武质科马提岩的成分特征(图 3),为偏镁系列的熔岩类。岩石的 $Mg^{\#}$ 最高 0.80,平均 0.6,部分属于原生玄武岩浆的 $Mg^{\#}$ 范围($Mg^{\#}=68\sim 72$,Frey 1978)^[14]。而北侧新太古—古元古代阿尔金岩群和白沙河岩组中的变基性火山岩,则全部落在高 Fe 和偏 $CaO、Al_2O_3$ 类型的拉班玄武岩成分区,且变化范围不大,其岩石的 $Mg^{\#}$ 变化于 0.38~0.57,平均为 0.47,属偏铁质系列的熔岩类。

(3)岩浆源区成分的不同。阿尔金岩群和白沙河岩组的变基性火山熔岩类无论在阿尔金或东昆仑地区,在 $Na_2O-K_2O、SiO_2-ALK、AFM$ 以及 $(Na_2O+K_2O)-Ti-TFe-P_2O_5$ 等系列图解中都反映显示其成分相对一致(图 4),暗示它们都形成于相似成分的岩源区。相比之下,苦海群中的变基性火山熔岩类,

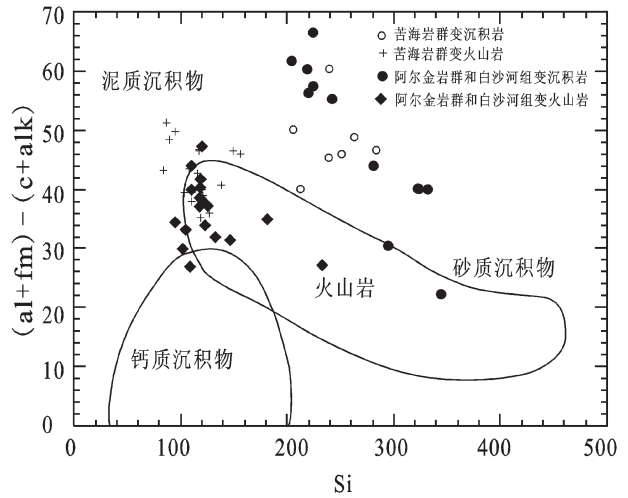


图 2 阿尔金岩群、白沙河岩组与苦海岩群变火山岩与变泥质岩 $[(al+fm)-(c+alk)]-Si$ 图^[13]

Fig.2 $((al+fm)-(c+alk))$ versus Si diagram for metapelites of Altun , Baishahe and Kuhai rock group

在不同地区成分存在较大差别(图 4-c,d,图 5):成分较偏镁质的玄武质科马提熔岩类,主要出现于木孜塔格地区,其东西两侧有向偏铁质系列和富 $TiO_2、P_2O_5$ 成分的演变趋势,显示出苦海群绿岩建造中火山熔岩类在不同地段岩浆源区成分还有差别。

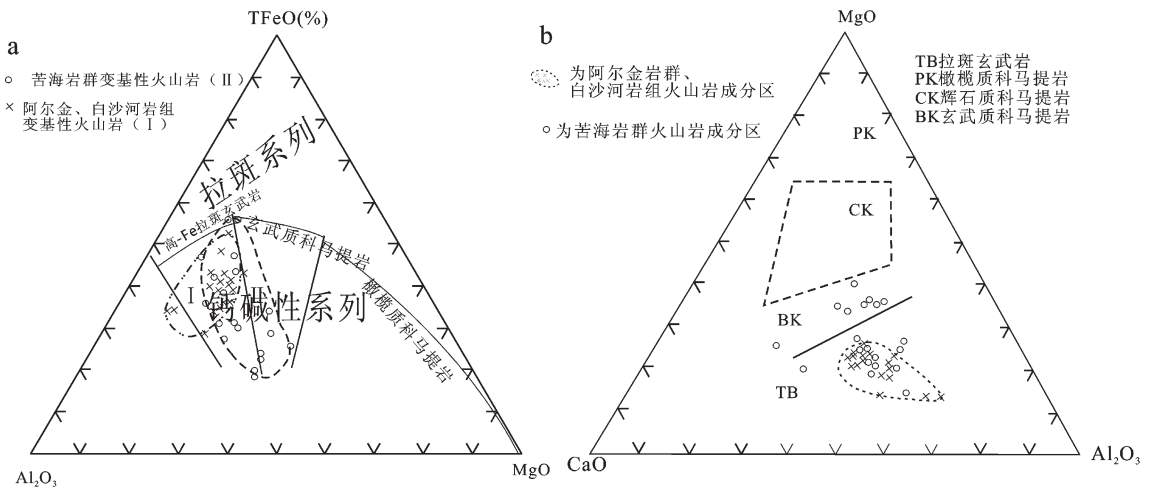


图 3 玄武岩及科马提岩 $TFeO-Al_2O_3-MgO$ (a)、 $MgO - CaO-Al_2O_3$ (b)图^[15]

Fig.3 $TFeO-Al_2O_3-MgO$ (a) and $MgO - CaO-Al_2O_3$ (b) diagrams for basalt and komatiites

①中国地质大学(武汉).1:25万阿拉克湖幅区域地质调查报告,2002.
 ②中国地质大学(武汉).1:25万冬恰拉纳湖幅区域地质调查报告,2000.
 ③新疆维吾尔自治区地质调查院. 1:25万木孜塔格幅区域地质调查报告,2002.
 ④青海地质调查院.1:25万兴海幅区域地质调查报告,2002.
 ⑤新疆维吾尔自治区地质调查院. 1:25万鲸鱼湖幅区域地质调查报告,2002.

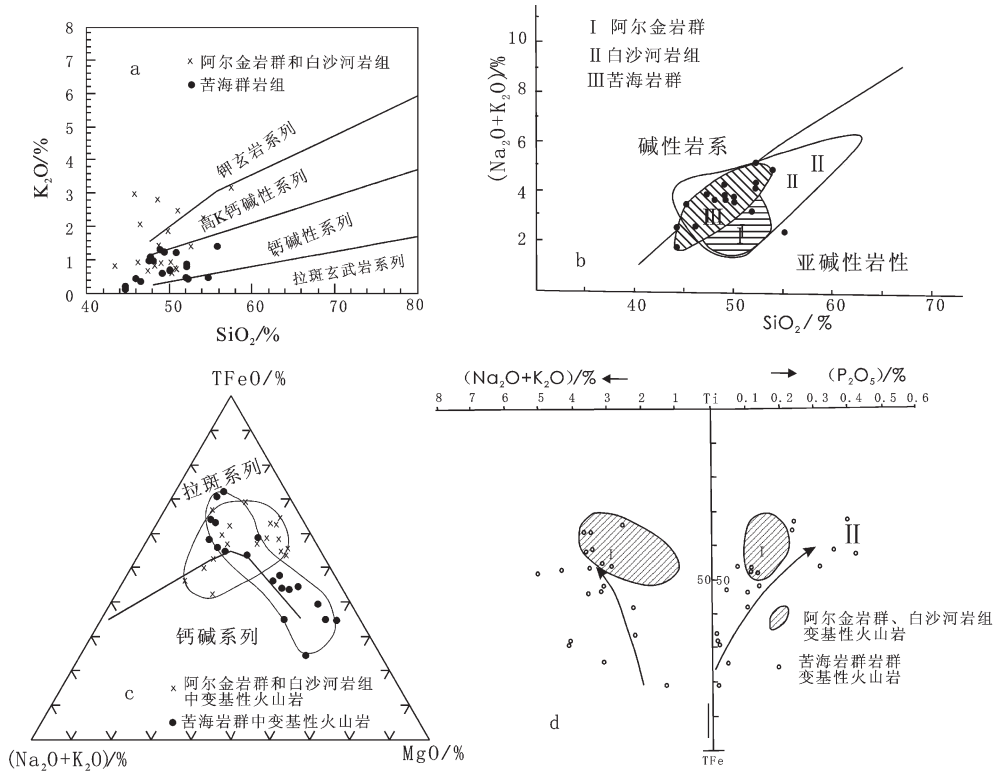


图 4 阿尔金岩群、白沙河岩组及苦海岩群变基性火山岩的 K_2O-SiO_2 、 SiO_2-ALK 、 AFM 、 $(Na_2O + K_2O)-Ti-TFe-P_2O_5$ 图解

Fig.4 K_2O-SiO_2 , SiO_2-ALK , AFM and $(Na_2O + K_2O)-Ti-TFe-P_2O_5$ diagrams for meta-basic volcanic rocks of Altun, Baishahe and Kuhai rock group

Condie(1979)依据岩石稀土元素和微量元素特征划分了玄武岩和科马提岩类型^[2]。阿尔金岩群和白沙河岩组的变基性火山熔岩基本与 TH_2 或拉斑玄武岩类相似,个别可和 TH_1 类型相对比。其主要特征是 TH_2 比 TH_1 更富轻稀土和相对低 TiO_2 、 K_2O 、 Zr 、 Sr 等(图 6)。而苦海岩群绿岩建造中的变基性火山熔岩,除有部分玄武质科马提岩外,也有一定比例的 TH_2 和 TH_1 。其中,玄武质科马提岩大多与 Condie(1979)划分的 BK_1 类玄武质科马提岩类相当,以平坦或轻稀土元素稍富集型图式和相对富 $MgO(>10\%)$ 、低 TiO_2 、 K_2O 、 P_2O_5 为特征(图 6)。而 TH_1 和 TH_2 的差别,除稀土元素配分图式不同外,主要表现在前者比后者更富 TiO_2 、 $TFeO$ 、 P_2O_5 、 Zr 、 Sr 等。这和太古宙绿岩带中的拉斑玄武岩较现代拉斑玄武岩成分相对富 $TFeO$ 也较为一致^[2]。

实验岩石学资料证实 TH_1 和 BK_1 可由未亏损的地幔二辉橄榄岩部分熔融产生,但 TH_1 和 TH_2 不

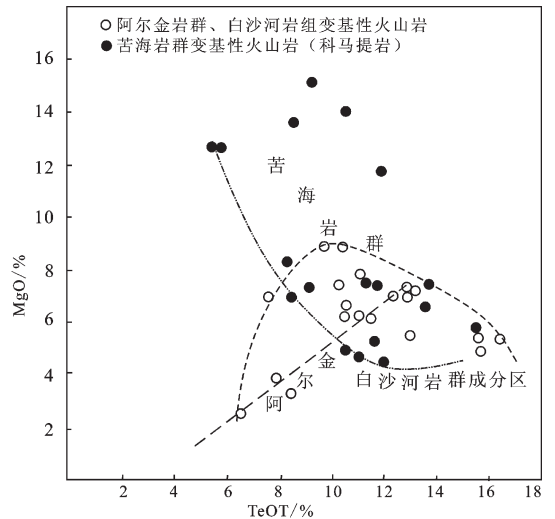


图 5 火山岩 $MgO-FeOT$ 图

Fig.5 $MgO-FeOT$ diagram for volcanic rocks

可能是同一地幔源岩熔融产生,也与分异结晶作用无关。因为,石榴石二辉橄榄岩虽然可以作为两类玄

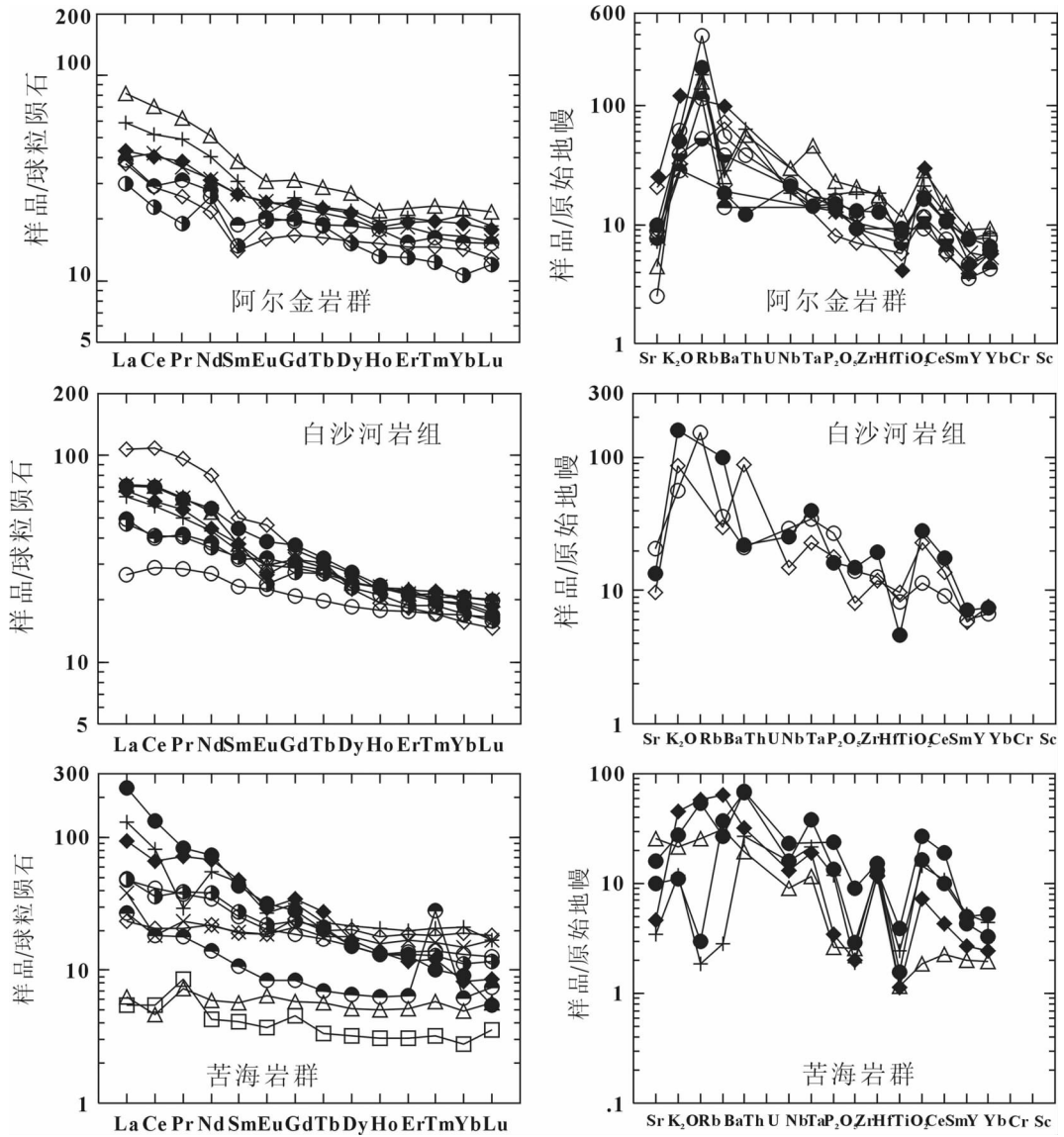


图6 阿尔金、白沙河岩组、苦海岩群变基性火山岩 REE 分配图式及微量元素蛛网图
(标准化数据 Sun and Donough, 1989)^[17]

Fig.6 Chondrite-normalized REE patterns and PM-normalized trace elements spider diagram for meta-basic volcanic rocks of Altun, Baishahe and Kuhai rock group (standardized data after Sun and Donough, 1989)

武岩的源岩,并认为 TH₂ 可由榴辉岩、石榴石角闪岩或角闪岩的部分熔融产生(石榴石和(或)普通角闪石为残余相)^[12]。由此可知,昆中断裂带两侧的南北绿岩建造中的变基性火山熔岩,二者的源岩是完全不同的。南侧苦海岩群中的玄武质科马提岩(BK₁)和拉斑玄武岩(TH₁)的源岩可能是未亏损的地幔二辉橄榄岩,而以 TH₂ 类型拉斑玄武岩为主的阿尔金岩群和白沙河岩组中的变基性火山熔岩类别

以初始下地壳榴辉岩相或富集地幔为源岩,因为其成分为偏钾或钾质系列(K₂O>Na₂O)熔岩类,这与同源区富云母或角闪石类矿物的稳定性密切相关。这也和熔岩的 K₂O/Na₂O 比值反映出的地幔软流圈地球化学性状差别也是对应的。在这方面,韩吟文等(2004)曾提出过“不同层圈及不同结构层的化学成分有所差异,以不同层圈或不同结构层为源岩所产生的岩浆,在元素(同位素)组成上将因继承源区的

特征而各不相同”^[16]。

1.3 变泥质岩类

昆中断裂带北侧的阿尔金岩群 (岩性分 a、b 两个岩组;下部为 a 岩组,上部为 b 岩组)和白沙河岩组中变泥质岩类主要为兰晶石榴二云片岩、石榴斜长二云片岩、含石榴石白云片岩、含石榴石白云石英片岩、二云片岩、黑云片麻岩、矽线石片麻岩、绿泥斜长变粒岩、绢云母板岩,以及副变质斜长角闪岩等。而南侧苦海岩群变泥质岩类包括角闪片岩、条带状片麻岩、石榴石黑云斜长片麻岩、石榴石二云片岩、变泥质岩等。在 [(al+fm)-(c-alk)]-Si 图解^[13],除个别样品为砂质沉积外,其余均落入泥质沉积物成分区(图 2)。比较昆中断裂南北两侧的变泥质岩类岩石化学成分(地球化学数据引自 1:25 万瓦石峡幅区域地质调查报告^①、1:25 万且末一级电站幅区域地质

调查报告^②、1:25 万苏吾什杰幅区域地质调查报告^③、1:25 万阿尔金山幅区域地质调查报告^④、1:25 万库朗米其提幅区域地质调查报告^⑤、1:25 万阿拉克湖幅区域地质调查报告^⑥、1:25 万冬恰拉纳湖幅区域地质调查报告^⑦、1:25 万木孜塔格幅区域地质调查报告^⑧、1:25 万鲸鱼湖幅区域地质调查报告^⑨、1:25 万兴海幅区域地质调查报告*,除苦海岩群变泥质岩类钙碱组分稍高外,总体上二者并无多大差别。但它们在 m/f-B/S 图中变化趋势明显不同,南侧苦海岩群中的变泥质岩的 m/f 比值大多介于阿尔金岩群 a 岩组、白沙河岩组和阿尔金岩群 b 岩组之间(图 7-a),并与苦海岩群中变基性火山熔岩类具有相似的范围和趋势,显示它们与所在地层中的火山岩有一定的亲缘关系,这从岩石的 ΣREE-La/Yb 图中也同样得以说明(图 7-b)。且无论是苦海岩群的变泥质岩类或是阿尔金岩群、白沙河岩组的变泥质岩类在该图中

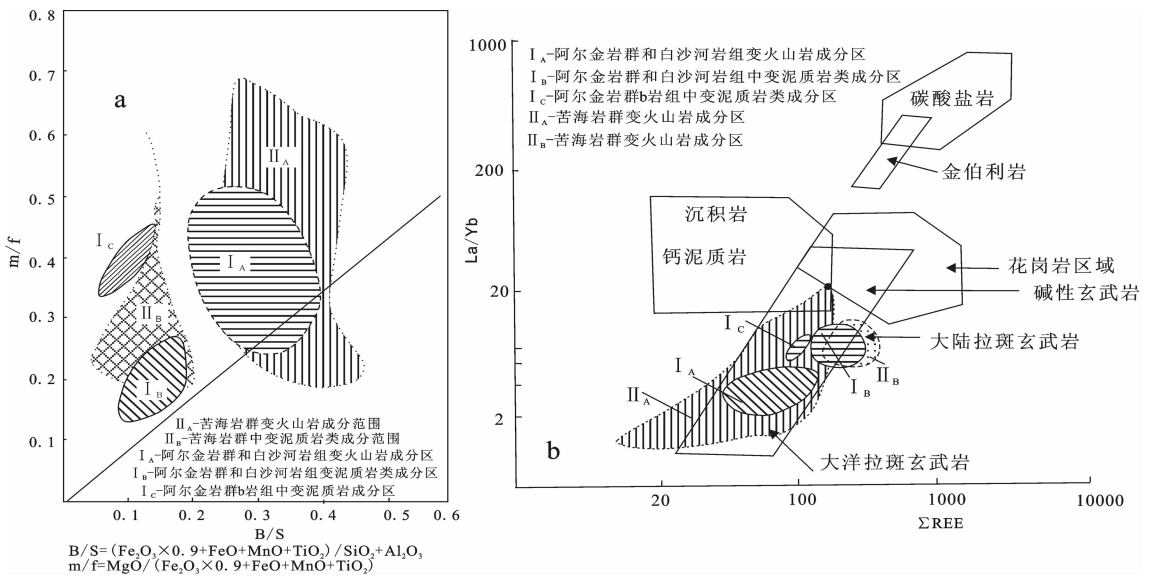


图 7 阿尔金岩群、白沙河岩组和苦海岩群变基性火山岩和变泥质岩类 m/f-B/S(a)、ΣREE-La/Yb(b)图解
Fig.7 m/f versus B/S(a) and ΣREE versus La/Yb(b) diagram for meta-basic volcanic rocks and metapelites of Altun, Baishahe and Kuhai rock group (after Allegre et al,1978)^[22]

- ① 广西壮族自治区地质调查院.1:25 万瓦石峡幅区域地质调查报告,2002.
- ② 湖南省地质调查院.1:25 万且末一级电站幅区域地质调查报告,2002.
- ③ 西安地质矿产研究所.1:25 万苏吾什杰幅区域地质调查报告,2002.
- ④ 广西壮族自治区地质调查研究院.1:25 万阿尔金山幅区域地质调查报告,2003.
- ⑤ 青海地质调查院.1:25 万库朗米其提幅区域地质调查报告,2004.
- ⑥ 中国地质大学(武汉).1:25 万阿拉克湖幅区域地质调查报告,2002.
- ⑦ 中国地质大学(武汉).1:25 万冬恰拉纳湖幅区域地质调查报告,2000.
- ⑧ 新疆维吾尔自治区地质调查院.1:25 万木孜塔格幅区域地质调查报告,2002.
- ⑨ 新疆维吾尔自治区地质调查院.1:25 万鲸鱼湖幅区域地质调查报告,2002.
- * 青海地质调查院.1:25 万兴海幅区域地质调查报告,2002.

均落在玄武岩成分范围。此外,北侧阿尔金岩群和白沙河组的变泥质岩 K_2O/Na_2O 比值比苦海岩群同类岩高,平均大于 2,最高达 19.59;而南侧苦海岩群,最高仅 3.04,一般为 0.70~1.5。显示泥质岩类成分上与所在岩群火山岩都有一定的继承关系。

由于泥质岩经绿片岩到角闪岩直到麻粒岩相的进变质中,稀土元素丰度可发生改变,但 REE 配分型式不会发生改变^[18]。在地球化学迁移中,稀土元素的移动是作为一种“整体”移动的^[19],并且在表生作用下,稀土元素以溶解状态进行迁移能力有限,绝大部分是呈矿物(独居石、褐帘石)碎屑残留在土壤及沉积物中^[20]。因此,可以利用泥质岩类的稀土和微量元素地球化学特征,探讨其蚀源区的物性,恢复其物源区的构造背景,而且还能获取蚀源和堆积区某些古地理环境信息^[21]。

尽管所见昆中断裂带两侧变泥质岩的稀土元素球粒陨石标准化图式并无多大差异,但与北美页岩分配图式比较,一些特征元素,如 Ce、Pr、Eu、Tb、Er、Sc 等却存在有较明显的差异(图 8)。如苦海岩群的变泥质岩类有 Ce、Gd、Tm 的正异常和 Pr、Eu、Tb 的负异常,以及较高的 Sc 含量,而阿尔金岩群和白沙河岩组的变泥质岩,除 Eu 负异常较苦海岩群不十分明显外,其余元素大多正好相反。从 Ce、Eu 异常不同可推测以昆中断裂带为界的南北蚀源区和堆积

区的古地理或古气候条件是有所差别的。具体说 Ce 正异常一般多反映一种氧化环境,而某些重稀土元素(包括 Sc、Cr)异常,可能由泥质岩类所含基性镁铁质矿物碎屑类型不同而引起。刘英俊等(1984)提出的海洋沉积物中 REE 分配往往具有区域性差异,与沉积物来源区的不同及蚀源区气候条件有关^[20]。这进一步揭示,以昆中断裂带为界南北两侧的新太古代—早古生代的泥质岩类沉积不是同一物源区和古地理古气候条件的产物,这与变质基性火山岩所揭示的情况也基本相一致。

2 长英质火成岩类

在太古宙花岗岩—绿岩地体演化中至少有 3 类岩浆源,即超镁铁—镁铁质和安山质或英云闪长岩—奥长花岗岩源岩^[22]。不过,限于资料和研究工作程度,研究区目前还缺少与绿岩建造同期的长英质火成岩类的岩石学和同位素年代学资料,积累的同位素年代学资料多集中于中—新元古代及其之后,包括晋宁、加里东、华力西及印支期等。但不管这些岩体的形成时代如何滞后于绿岩建造,而由它们的岩浆源区所反映的中下地壳物性结构,也应是大陆岩石圈结构异同性方面的重要判别标志。

据目前资料,出露于昆中断裂南北两侧的前寒武纪长英质侵入体,在昆中北地区相对较发育。有代

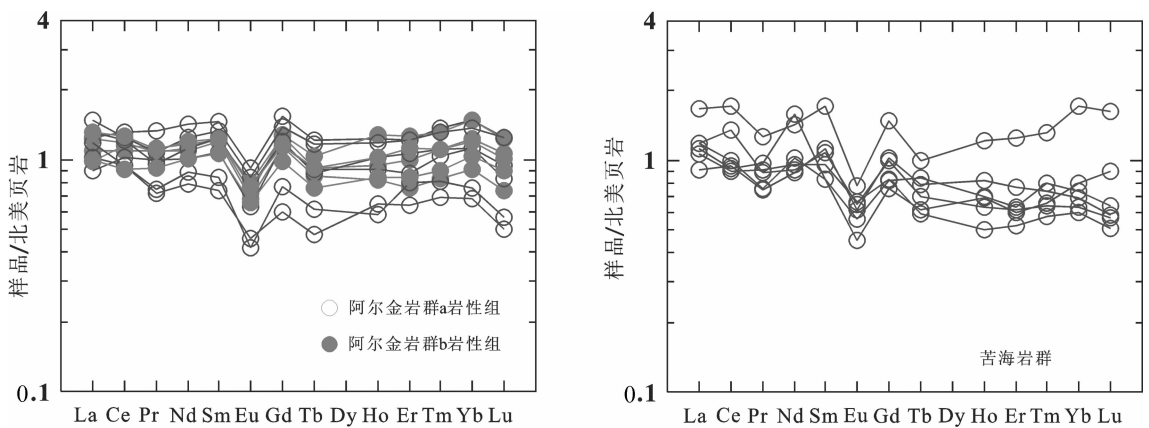


图 8 变泥质岩类稀土元素北美页岩标准化图式

Fig.8 NASC-normalized REE patterns of metapelites

表性的岩体在阿尔金地区有确鲁克—布拉克岩体 (1 209 Ma^①)、库如克萨依岩体(871 Ma^①)、哈底勒克岩体(575 Ma^②),东昆仑地区有滩北山岩体(831 Ma^③),黄土泉岩体(555 Ma^④)和群峰东岩体(550 Ma^④)等;而昆中南地区已知仅有年莫 1 个岩体(583Ma),岩体一般变形变质都较强烈,大多具有片麻状构造。岩体的岩石类型在昆中北地区较杂较全,包括石英闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩和石英正长岩等;而昆中南地区的年莫岩体却由单一的英云闪长岩构成。

岩石地球化学资料研究显示(地球化学数据引自1:25万苏吾什杰幅区调报告^④、1:25万瓦石峡幅质区调报告^①、1:25万兴海幅区域地质调查报告^⑤、1:25万冬恰拉纳湖幅区域地质调查报告^⑥及吴才来等^[23]),以昆中断裂带为界其南北两侧的前寒武纪长英质侵入体,在岩石类型组合、成因类型和岩源区方面也是完全不同的。出露于昆中北阿尔金和东昆仑地区的岩体,主要以 S 型和部分 I 型花岗岩类为主,而昆中南地区则为较典型的 I 型类花岗岩(图 9),显示在岩浆成分系列上,前者为碱性的高钾钙碱性—钾玄岩成分系列,后者则为中—低钾钙碱性系列(图 10-a、b),并显现某些 TTG 组合特征(图 10-c)。同样,

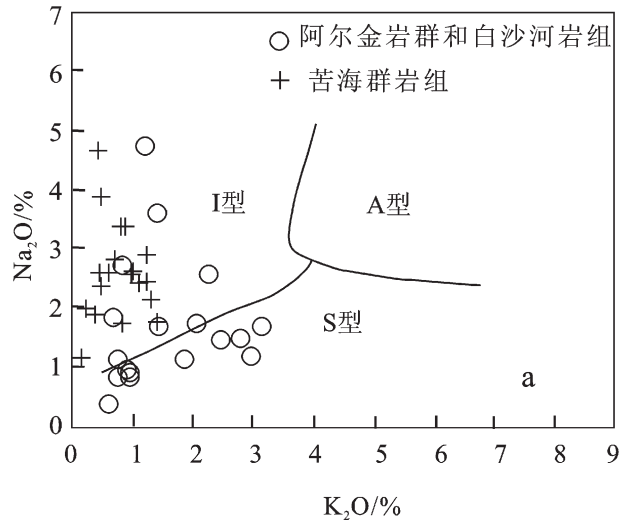


图 9 阿尔金岩群、白沙河岩组及苦海岩群变基性火山岩的 K₂O—Na₂O 图解

Fig.9 K₂O—Na₂O diagram for meta-basic volcanic rocks of Altun, Baishahe and Kuhai rock group

尽管南北两侧岩体的稀土配分图解和微量元素蛛网图型式基本一致,但某些特征元素存在较大差别,如 Ce、Pr、Eu、Nb、Ta 等,且苦海岩群中的长英质侵入体相对富集中稀土元素和高场强元素(图 11)。

其中,昆中北地区前寒武纪长英质侵入体,类型

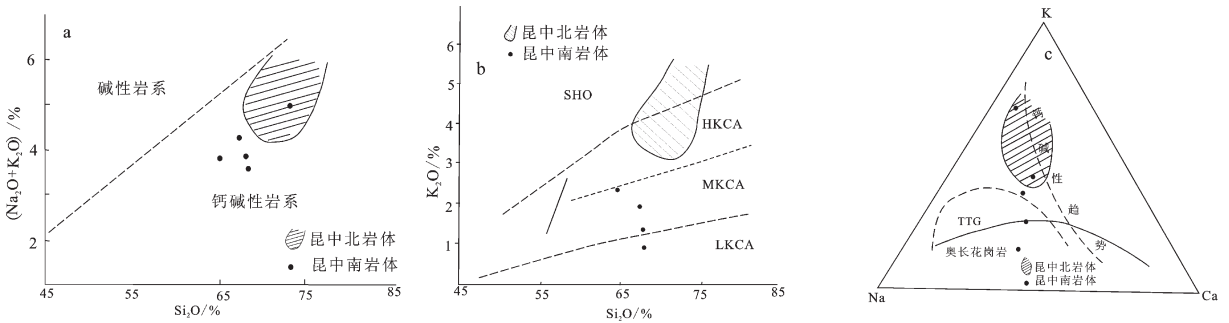


图 10 前寒武纪长英质侵入岩(Na₂O+K₂O)—SiO₂、K₂O—SiO₂、Na—K—Ca

Fig.10 (Na₂O+K₂O) versus SiO₂, K₂O versus SiO₂, Na—K—Ca diagrams for Precambrian felsic intrusive rocks

- ① 广西壮族自治区地质调查院.1:25 万瓦石峡幅区域地质调查报告,2002.
- ② 湖南省地质调查院.1:25 万且末一级电站幅区域地质调查报告,2002.
- ③ 青海地质调查院.1:25 万库朗米其提幅区域地质调查报告,2004.
- ④ 西安地质矿产研究所.1:25 万苏吾什杰幅区域地质调查报告,2002.
- ⑤ 青海地质调查院.1:25 万兴海幅区域地质调查报告,2002.
- ⑥ 中国地质大学(武汉).1:25 万冬恰拉纳湖幅区域地质调查报告,2000.

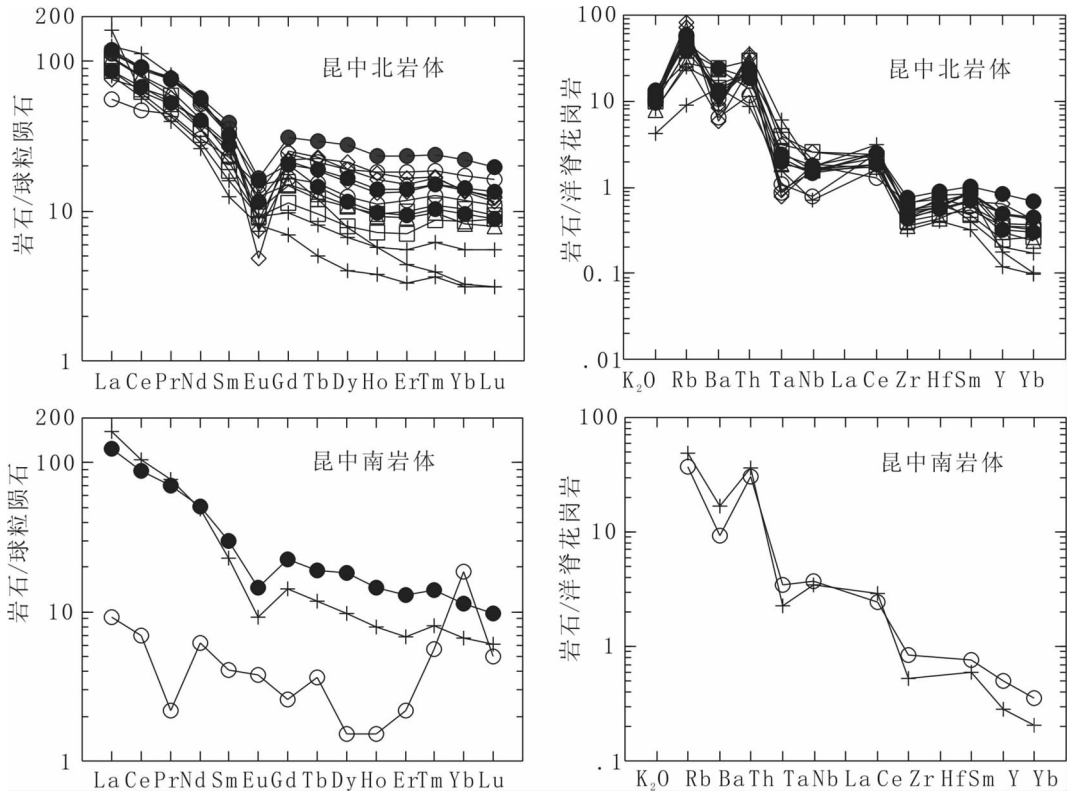


图 11 前寒武纪中酸性侵入岩 REE 配分模式及微量元素蛛网图(标准化数据据 Sun and Donough, 1989)

Fig.11 Chondrite-normalized REE patterns and trace elements spider diagram for Precambrian intermediate-acid intrusive rocks (standardized data after Sun and Donough, 1989)

上有随时代变新从 S 型向 A 型和 I 型演变趋势分析 (图 9), 出现于前晋宁期的确鲁克—布拉克 S 型长英质侵入体, 按 Condie (1979) 观点“高钾花岗岩浆不可能因超镁铁质和镁铁质母岩的部分熔融而轻易生成, 然而, 在含有大量安山质化学成分的下地壳中麻粒岩可能为这些岩浆的生成提供足够的母岩”^[12]。亦即, 这种类型花岗岩是由下地壳物源的部分熔融产生。这可由获得的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值为 0.707 59 情况所说明。也可以说, 它是在大陆块克拉通化完成后而成熟陆壳发展生长过程的一种岩浆作用。这也正像邱瑞照等 (2008) 提出的“中—新元古代钾长花岗岩碱长花岗岩组合, 为元古宙增生陆壳碰撞—固结时期的产物, 属成熟陆壳阶段的岩浆作用事件”^[24]。

晋宁期 (1 000~550 Ma) 的 I 型和 A 型花岗岩类岩浆作用过程中, 伴随有同期大量镁铁—超镁铁质侵入所显示的“双峰式”火成构造组合特征, 例如瓦石峡地区的长沙沟镁铁—超镁铁质杂岩体 (637~792

Ma), 祁漫塔格山地区的黑山堆晶辉长岩体 (891 Ma) 及库木俄岛拉镁铁—超镁铁质侵入杂岩体 (894 Ma) 等, 明显地呈现岩浆底侵或壳幔岩浆混合作用成因模型, 可归属近似于 Rodinia 大陆裂解汇聚事件的产物。湛宏伟等^[25]、莫宣学等^[26]和刘成东等^[27]对东昆仑地区华力西和印支期的长英质岩体成因和形成机制作过较详尽的讨论, 提出在一定的构造条件下, 地幔源区部分熔融所产生的镁铁质岩浆, 在上升到达莫霍面时因其密度大于下地壳但小于上地幔而残留在下地壳底部。一方面镁铁质岩浆带来的巨大热量 (可能还有流体) 将促使下地壳的深熔作用而产生花岗质岩浆, 继而发生镁铁质岩浆与长英质岩浆的混合, 改造原有地壳; 另一方面底侵的镁铁质岩浆的冷却将产生榴辉岩相的下地壳, 促使地壳的增生^[29]。这一机制对昆中北地区晋宁期长英质岩浆的形成也应当是适用的。而且这种岩浆底侵与下地壳源岩的深熔混合作用, 在大陆裂谷拉张环境条件下, 应显得更

为突出和重要。

依据长英质岩浆的高钾钙碱性-钾玄岩系列成分性质特征可知产生长英质岩浆的源岩成分也应当具有高钾钙碱性成分特征。因为以拉斑玄武岩、钙碱性和碱性玄武岩作为源岩所形成的长英质岩浆不能进入高钾成分范围^[9]。Nicholls and Garmicheal(1972)推断可能是源于榴辉岩(或基性麻粒岩)的局部熔融^[28]。这与源岩为下地壳麻粒岩相母岩^[12]和底侵镁铁质岩浆的冷却将产生榴辉岩相的新下地壳^[29]的认识相一致。可见,昆中北地区前寒武纪(晋宁期)长英质岩浆的产生,主要表现为一种地幔岩浆(镁铁-超镁铁质)底侵引起下地壳榴辉岩或麻粒岩相岩浆的深熔或部分熔融所产生的长英质岩浆与幔源岩浆部分混合的成因机制。

与上不同,侵位于昆中南元古宙苦海群的长英质侵入体,依其岩浆成分具中-低钙碱性和高 Al₂O₃ (>15%)TTG 特征。其源岩应当是玄武质或闪岩相的下地壳。只有拉斑玄武岩、钙碱性和碱性玄武质角闪岩的局部熔融,形成的长英质岩浆或 I 型花岗岩类在低-中钾成分范围^[10]。发育在昆中断裂和昆南断裂带之间的晚古生代-中生代中酸性侵入岩和火山岩,同样具有中-低钾钙碱性和部分 TTG 特征^[30],部分岩体显示与埃达克岩相似的地球化学特征^[31],这进一步说明,昆中南地区前寒武纪长英质岩体岩浆的源岩特征。发育于昆中南地区前寒武纪长英质岩体,其岩浆源岩不是玄武质就是角闪质下地壳。

由此可知,昆中断裂带南北两侧的前寒武纪(晋宁期)长英质岩浆作用事件,在构造背景、岩体岩石类组合、源区条件及成岩机制方面存在差异。即昆中北(包括阿尔金)地区主要以幔源岩浆底侵,促使下地壳榴辉岩或基性麻粒岩源岩的局部熔融所产生的高钾钙碱性的“S”型和部分“I”、“A”型长英质岩浆作用为特征。而南侧则显示一种由玄武质或角闪质下地壳局部熔融的成因模型。从而,表现出南北陆块各自不同的生长方式。

3 镁铁质-超镁铁质岩类

依据同位素年代学资料,昆中断裂南北两侧的镁铁-超镁铁质岩体,也与长英质侵入岩类一样,时代滞后于绿岩建造而不属于绿岩带同期的产物。该区出露的岩体以晋宁期和加里东期为主,并通常以侵入体形式与同时代的长英质岩侵入岩共同构成一种较典

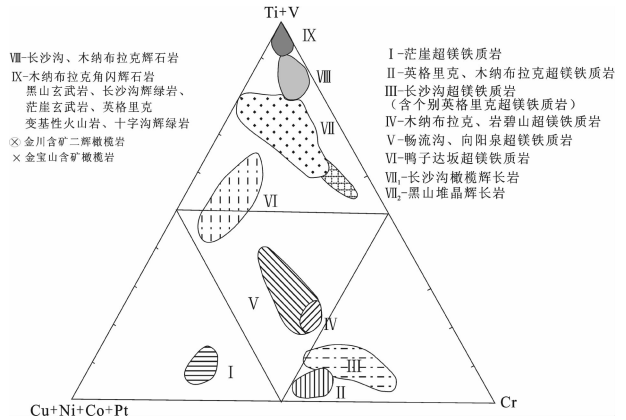


图 12 阿尔金-东昆仑地区镁铁质-超镁铁质岩部分有用金属元素(Cr-Ni+Cu+Co+Pt-Ti+V)图解

Fig.12 (Cr-Ni+Cu+Co+Pt-Ti+V) diagram for some useful metals from mafic-ultramafic rocks in Altun-East Kunlun area

型的“双峰式”火成构造组合。李荣社等^[7]研究表明南北镁铁-超镁铁质岩体存在以下不同:①南部的镁铁质-超镁铁质岩比北部同类岩石相对富钛、磷和碱组合;②南部 Pr 为正异常而 Eu 为负异常,北部 Eu 为正异常而 Pr 却为负异常;③在有用金属(矿化)和过渡金属元素地球化学特征上,南部处于 Cr-Cu+Ni+Pt-Ti+V 三角图中的过渡区,北部主要表现为 Cr-Cu+Ni+Co+Pt 元素系列(图 12);④南北镁铁-超镁铁质岩体成岩时限不一致,昆中北的阿尔金和东昆仑地区的岩体分别形成于 1 400~1 100 Ma, 800~600 Ma 以及 500~400 Ma 3 个主要时段内,而昆中南地区仅集中形成于 1 000~800 Ma 的较单一时段内,这种差异反映了两侧陆块地质构造演化历程的不同^[7]。这也表明,以昆中断裂带为界的南北两陆块不仅所经历的演化历程不同,而且在两陆块之下的地幔地球化学成分也存在明显差异。韩吟文等^[16]提出的“由于不同层圈及不同结构层的化学成分有所差异,以不同层圈或不同结构层为源岩所产生的岩浆,在元素(同位素)组成上将因继承源区的特征而各不相同”。

4 结论

以昆中断裂带为界,在元古宙以前南北两侧地块的大陆岩石圈,无论在表壳岩系沉积、中-下地壳和地幔的层性和物性结构及地球化学成分都存在显

著差异。表明它们在元古宙以前并非属同一古陆块，而各自有不同的演化历程。而昆仑造山带实际上应是两陆碰撞复合造山带。或者说昆中断裂带是欧亚大陆和冈瓦纳大陆的真正分界或二者的拼合带。

参考文献(References):

- [1] 高延林, 吴向农, 左国朝. 东昆仑山清水泉蛇绿岩特征及其大地构造意义 [J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1988, 21:17-28.
Gao Yanlin, Wu Xiangnong, Zuo Guochao. The characters and tectonic significance of ophiolite first discovered in the East Kunlun area [J]. China's Xi'an Academy of Sciences Institute of Geology and Mineral Resources Geology, 1988, 21:17-28 (in Chinese with English abstract).
- [2] 姜春发, 王宗赵, 李锦轶. 昆仑开合构造[M]. 北京:地质出版社, 1992:47-68.
Jiang Chunfa, Wang Zongzhao, Li Jinyi. Opening -closing Tectonics of Kunlun [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992:47-68(in Chinese).
- [3] 赵茹石, 周振环, 毛金海, 等. 甘肃省板块构造单元划分及其构造演化[J]. 中国区域地质, 1994, 1:28-36.
Zhao Rushi, Zhou Zhenhuan, Mao Jinhai, et al. Plate -tectonic units and tectonic evolution in Gansu [J]. Regional Geology of China, 1994, 1:28-36(in Chinese with English abstract).
- [4] 王国灿, 张天平, 梁斌, 等. 东昆仑造山带东段昆中复合蛇绿混杂岩带及“东昆中断裂带”地质涵义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(2):134-137.
Wang Guocan, Zhang Tianping, Liang Bin, et al. Composite ophiolitic melange zone in central part of eastern section of eastern Kunlun orogenic zone and geological significance of “fault belt in central part of eastern section of eastern Kunlun orogenic zone” [J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 1999, 24(2):134-137(in Chinese with English abstract).
- [5] 邓晋福, 罗照华, 苏尚国, 等. 岩石成因、构造环境与成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 2004.
Deng Jinfu, Luo Zhaohua, Su Shangguo, et al. The Genesis, Tectonic Environment and Mineralization [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004(in Chinese).
- [6] 高永宝, 李文渊, 李侃, 等. 阿尔金和东昆仑造山带中酸性侵入岩地质、地球化学特征及地质意义[J]. 新疆地质, 2011, 29(4):359-366.
Gao Yongbao, Li Wenyuan, Li Kan, et al. Geological and geochemical characteristics of intermediate -acid intrusive rocks in altyan and east Kunlun orogenic belt and their significances [J]. Xinjiang Geology, 2011, 29(4):359-366 (in Chinese with English abstract).
- [7] 李荣社, 计文化, 杨永成, 等. 昆仑山及邻区地质[M]. 北京:地质出版社, 2008.
Li Rongshe, Ji Wenhua, Yang Yongcheng, et al. The Geological of Kunlun Mountains and Around [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008(in Chinese).
- [8] 毛德宝, 王克卓, 钟长汀, 等. 阿尔金成矿带主要成矿系列及其地质特征[J]. 地质与勘探, 2003, 39(5):1-5.
Mao Debao, Wang Kezhao, Zhong Changting, et al. Metallogenic series and geological characteristics in the Altun metallogenic belt [J]. Geology and Prospecting, 2003, 39(5):1-5 (in Chinese with English abstract).
- [9] 崔军文, 唐哲民, 邓晋福, 等. 阿尔金断裂系[M]. 北京:地质出版社, 1999.
Cui Junwen, Tang Zheming, Deng Jinfu, et al. The Fracture Series of Altun [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999(in Chinese).
- [10] 陆松年. 青藏高原北部前寒武纪地质初探[M]. 北京:地质出版社, 2002:1-125.
Lu Songnian. Precambrian Geological Discussed of the Northern Qinghai-Tibet Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002:1-125(in Chinese).
- [11] Johannes W, Holtz F. Petrogenesis and Experimental Petrology of Granitic Rocks[M]. Springer-verlag, 1996:1-335.
- [12] Condie K. 著. 1979. 车自成, 高知云, 王润三, 等译. 太古代绿岩带. 天津地质矿产研究所印刷厂, 1985.
Condie K. (writer, 1979). Che Zicheng, Gao Zhiyun, Wang Runsan, et al. (translators). Archean Greenstone Belt. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources of The Printing Shop, 1985.
- [13] Simonen A. Stratigraphy and sedimentation of svecofemidie. Early Archean Supracrustal rocks in southwestern Finland [J]. Bull. Comm. Geol. Finland, 1953, 160:164.
- [14] Freg F A, Green D H, et al. Integrated models of basalt petrogenesis: A study of quartz tholeiites to olivine melilitites from south eastern Australia utilizing geochemical and experimental petrological data[J]. Journal of Petrology, 1978, 19:463-513.
- [15] 董显扬, 李行, 叶良和, 等. 中国超镁铁质岩[M]. 北京:地质出版社, 1995:118-129.
Dong Xianyang, Li Hang, Ye Liangye, et al. Ultramafic rocks in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995:118-129(in Chinese).
- [16] 韩吟文, 马振东. 地球化学[M]. 北京:地质出版社, 2003.
Han Yinwen, Ma Zhendong. Geochemistry [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003(in Chinese).
- [17] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [C]//Saunders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basins. Geol. Soc. Spec. Pub., London, 1989, 42:313-345.
- [18] Cullers R L, Graf J H. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: predominantly basic and ultrabasic rocks [C]//Henderson P, et al. Rare earth element geochemistry Elsevier, 1984:237-274.
- [19] V. M. 尔德施未特. 地球化学[M]. 中译者:沈永直、郑康尔. 北京:科学出版社, 1959.
Goreschmidt V M. Geochemical [M]. Translators: Shen Yongzhi,

Zheng Kangle. Beijing: Science Press: 1959.

- [20] 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社: 1984.
- Liu Yingjun, Cao Liming, Li Zhaolin, et al. Element Geochemical [M]. Beijing: Science Press: 1984 (in Chinese).
- [21] Taylor S R, Mclennan S M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution[M]. Black-well Oxford, 1985: 312.
- [22] Allegre C J, Minster J F. Quantitative models of trace element behavior in magmatic processes[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1978, 38 (1): 1-25.
- [23] 吴才来, 杨经绥, 姚尚志, 等. 北阿尔金巴什考供盆地南缘花岗岩杂岩体特征及锆石 SHRIMP 定年 [J]. 岩石学报, 2005, 21(3): 846-858.
- Wu Cailai, Yang jingsui, Yao Shangzhi, et al. Characteristics of the granitoid complex and its zircon SHRIMP dating at the south margin of the Bashikaogong Basin, North Altun, NW China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21 (3): 846-858 (in Chinese with English abstract).
- [24] 邱瑞照, 李文渊, 周肃, 等. 中国西北大陆岩石圈类型、岩石学结构及其意义[J]. 西北地质, 2008, 41(2): 1-21.
- Qiu Ruizhao, Li Wenyuan, Zhou Su, et al. Lithospheric types, petrological structures and their implications in northwestern China continent[J]. Northwestern Geology, 2008, 41(2): 1-21 (in Chinese with English abstract).
- [25] 谌宏伟, 罗照华, 莫宣学, 等. 东昆仑造山带三叠纪岩浆混合成因花岗岩的岩浆底侵作用机制[J]. 中国地质, 2005, 32(3): 386-395.
- Chen Hongwei, Luo Zhaohua, Mo Xuanxue, et al. Underplating mechanism of Triassic granite of magma mixing origin in the East Kunlun orogenic belt[J]. Geology in China, 2005, 32(3): 386-395 (in Chinese with English abstract).
- [26] 莫宣学, 罗照华, 邓晋福, 等. 东昆仑造山带花岗岩及地壳生长 [J]. 高校地质学报, 2007, 13(3): 403-414.
- Mo Xuanxue, Luo Zhaohua, Deng Jinfu, et al. Granitoides and crustal growth in the East-Kunlun orogenic belt [J]. Geological Journal of China Universities, 2007, 13 (3): 403-414 (in Chinese with English abstract).
- [27] 刘成东, 莫宣学, 罗照华, 等. 东昆仑造山带花岗岩类 Pb-Sr-Nd-O 同位素特征[J]. 地球学报, 2003, 24(6): 584-588.
- Liu Chengdong, Mo Xuanxue, Luo Zhaohua, et al. The features of Pb-Sr-Nd-O isotope composite of granitoids in Eastern Kunlun Orogenic Belt [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2003, 24(6): 584-588 (in Chinese with English abstract).
- [28] Nicholls J, Carmicheall S E. The equilibrium temperature and pressure of various lava types with spinel and garnet peridotite [J]. Am. Miner., 1972, 57: 941-959.
- [29] 金振民, 高山. 底侵作用 (underplating) 及其壳-幔演化动力学意义[J]. 地质科技情报, 1996, 15(2): 1-7.
- Jin Zhenming, Gao Shan. Underplating and its geodynamical significances for the evolution of crust-mantle boundary [J]. Geological Science and Technology Information, 1996, 15(2): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- [30] 赵振明, 马华东, 王秉璋, 等. 东昆仑早泥盆世碰撞造山的侵入岩证据[J]. 地质论评, 2008, 54(1): 47-56.
- Zhao Zhenming, Ma Huadong, Wang Bingzhang, et al. The evidence of intrusive rocks about collision-orogeny during Early Devonian in eastern Kunlun area [J]. Geological Review, 2008, 54 (1): 47-56 (in Chinese with English abstract).
- [31] 詹发余, 古风宝, 李东生, 等. 青海东昆仑埃达克岩的构造环境及成矿意义[J]. 地质学报, 2007, 81(10): 1352-1368.
- Zhan Fayu, Gu Fengbao, Li Dongsheng, et al. Tectonic environment of adakite in eastern Kunlun area, Qinghai, and its ore-forming significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(10): 1352-1368 (in Chinese with English abstract).

A comparative study of the basement, the sedimentary blanket and the magmatic rocks of the south and north landmasses in the middle Kunlun fault belt: the tectonic significance of the middle Kunlun fault belt

JIANG Han-bing, LI Wen-yuan, DONG Fu-chen, ZHANG Zhao-wei, TAN Wen-juan,
GAO Rong-bao, GUO Zhou-ping

(Xi'an Center, China Geological Survey, Xi'an 710054, China)

Abstract: Based on 1:250000 regional geological survey in a blank area of northern Tibetan Plateau, the authors studied the middle Kunlun fault belt in such aspects as structure properties and rock types, geochemistry and sources of the basement metamorphic rocks (including the meta-basic volcanic rocks and metapelite), cover sedimentary rocks, Precambrian felsic intrusive rocks, and mafic-ultramafic intrusive rocks. The results show that the north and south sides of the Kunlun fault zone is completely different in continental lithosphere, sedimentary rocks, crust and mantle structure, physical properties and geochemical composition. It is thus suggested that the East Kunlun orogenic belt is actually a land mass of the collision between two continental-margin orogenic complexes. Therefore, the north land mass and the south land mass did not belong to the same land mass in Proterozoic, and the middle Kunlun fault was exactly the boundary between Eurasia and Gondwana land.

Key words: middle Kunlun fault zone; property; tectonic significance

About the first author: JIANG Han-bing, female, born in 1979, master candidate, majors in petrologic research; E-mail: jianghanbing1980@126.com.