

西天山北部石炭纪火山岩 特征与沟弧盆体系

姜常义 吴文奎 谢广成 李伍平

(西安地质学院, 西安 710054)

关键词 火山岩 西天山 石炭纪 沟弧盆体系

摘要 本文据岩石化学资料确定了西天山北部石炭纪火山岩的化学系列和岩石组合, 并论述了其地球化学特征, 探讨了该地区的沟弧盆体系。北天山中石炭统上部岩石单元代表了准噶尔板块的活动陆缘, 而下部岩石单元属于弧前盆地沉积物。北天山蛇绿岩套是扩张速度缓慢的古洋壳残片。中天山北缘的下石炭统火山岩和海西中期的花岗岩类岩石组合代表了厚度甚大的大陆型岛弧部分, 而阿吾拉勒带中、下石炭统则属于内弧环境的火山岩岩石组合。伊什基里克带是有限拉张的弧后盆地。

近年来, 许多构造地质学家对西天山北半部的构造格局和演化历史进行了深入的分析 and 探讨, 并得出了大体上相近的认识。在这些研究工作中, 虽然都程度不同地涉及到火山岩, 但尚缺乏应有的系统性和完整性, 在很大程度上限制了大地构造学的研究, 并在一定程度上影响了立论的基础。由于该区的基本构造格局是在石炭纪形成的, 因而对石炭纪火山岩进行系统的研究尤为必要。

1 地质概况

西天山北半部跨越传统上划分的北天山和中天山两个构造单元, 二者以艾比湖—干沟大断裂为界(图1)。

北天山属海西褶皱带, 出露的主要地层为中泥盆统和中石炭统。中石炭统由上、下两个性质差别甚大的岩石单元组成。下部是一套重力流沉积物, 厚度近3000 m。主要岩石类型是油积岩, 具有典型的鲍马层序。其中的砂粒级和细砾级碎屑全部由火山碎屑物组成, 反映其物源区有同时代的强烈火山活动。在油积岩中夹有一些碳酸盐滑塌块体, 呈透镜状产出。由于油积岩中含有大量的深水相浮游生物放射虫和海绵骨针而又缺乏原地沉积的碳酸盐岩, 故有理由推断其沉积深度超过碳酸盐补偿线。上部岩石单元属火山岩建造, 最厚处逾9000 m。下部以中性和酸性火山岩为主, 火山碎屑岩发育, 并有少量基性火山岩。此时火山活动甚为强烈, 多为连续喷发。其上部仅限于酸性火山岩, 并在个别地段见有熔结凝灰岩。喷发环境总体上属浅海—滨海相, 局部为陆相。

本文于1992年3月收到, 1992年5月改回。

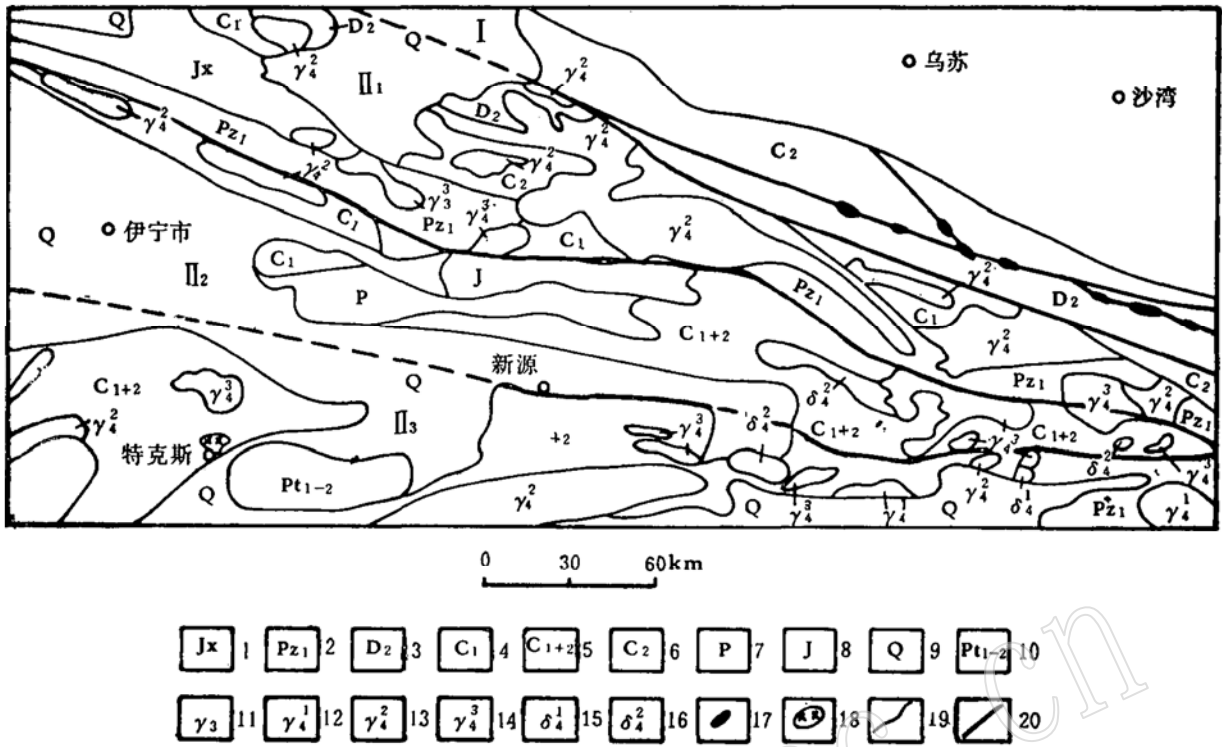


图 1 西天山北半部地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the northern half of west Tianshan mountains

I—北天山褶皱带；II₁—中天山北缘褶皱带；II₂—阿吾拉勒带；II₃—伊什基里克带

1—蓟县系；2—下古生界；3—中泥盆统；4—下石炭统；5—中一下石炭统；6—中石炭统；7—二叠系；8—侏罗系；9—第四系；10—中一下元古界；11—加里东晚期花岗岩；12—海西早期花岗岩；13—海西中期花岗岩；14—海西晚期花岗岩；15—海西早期闪长岩；16—海西中期闪长岩；17—蛇绿岩套；18—层状基性-超基性杂岩体；19—地质界线；20—主干断层（据新疆维吾尔自治区1:200万地质图修编）

大体上沿中泥盆统和中石炭统之间的断裂带断续分布着蛇绿岩套，延续长度达250km。其中以巴音沟蛇绿岩套最为完整^[1]，形成时代属早一中石炭世。

中天山北缘（包括地理上的科古琴山、婆罗科努山和依连哈比尔朵山东段的南坡）是在元古宙结晶基底上发育起来的加里东褶皱带，并受到海西构造旋回的强烈影响和改造。出露的主要地层包括中上元古界、下古生界和下石炭统。下石炭统下部以陆源碎屑岩为主。上部属火山岩建造，以中性和酸性火山岩为主，火山碎屑岩发育，局部地段有一些基性火山岩，厚度逾2000m。喷发环境属浅海—滨海相，局部地段为陆相，并见有熔结凝灰岩和球泡流纹岩。此带的最大特点是有很多巨大花岗岩基，花岗质岩浆活动十分强烈。岩石组合为闪长岩—石英闪长岩—花岗闪长岩—二长花岗岩—黑云母花岗岩，以后三种岩石类型为主，大部分属I型花岗岩，少部分属S型，大体上相当于欧州加里东造山带的花岗岩类岩石组合。在有些地段的空问分布上表现为I型花岗岩在北，S型花岗岩在南。

中天山内部的伊犁地块可分为两个带：北部的阿吾拉勒带和南部的伊什基里克带。阿吾拉勒带出露的主要地层为石炭系和二叠系。石炭系属巨厚的火山岩建造，以中酸性火山岩为主，火山碎屑岩发育，并有少量基性火山岩。火山活动以中心式喷发为主，火山机构发育。喷发环境属浅海—滨海相，部分地段属陆相。此带的另一特点是有大量的中酸性小侵入体，多属浅成相，与火山活动关系密切，以海西中晚避为主。岩石组合与中天山北缘的花岗岩相似。

伊什基里克山是一条著名的碱性火山岩带，其主体部分在哈萨克斯坦共和国境内。出露的主要地层是中、下石炭统，厚度达4000 m。下石炭统以中酸性和酸性火山岩为主，中石炭统则有数量较多的基性火山岩。火山活动受裂隙控制明显，东西向展布，属海相喷发环境。另外，此带内还有一些层状基性—超基性杂岩体、含有碱性暗色矿物的A型花岗岩和东西走向的中性—基性脉岩群。

2 石炭纪火山岩岩石化学与岩石组合

由于本区石炭纪火山岩受区域变质作用和其它热事件的影响轻微，所以岩石样品均新鲜或较新鲜，故采用 IUGS 火成岩分类学分会推荐的火山岩分类方案^[2](图 2)。对于投影在 S_1 、 S_2 和 S_3 区的火山岩则根据 K_2O 和 Na_2O 相对含量做了进一步分类。此外，还根据图 3 将所

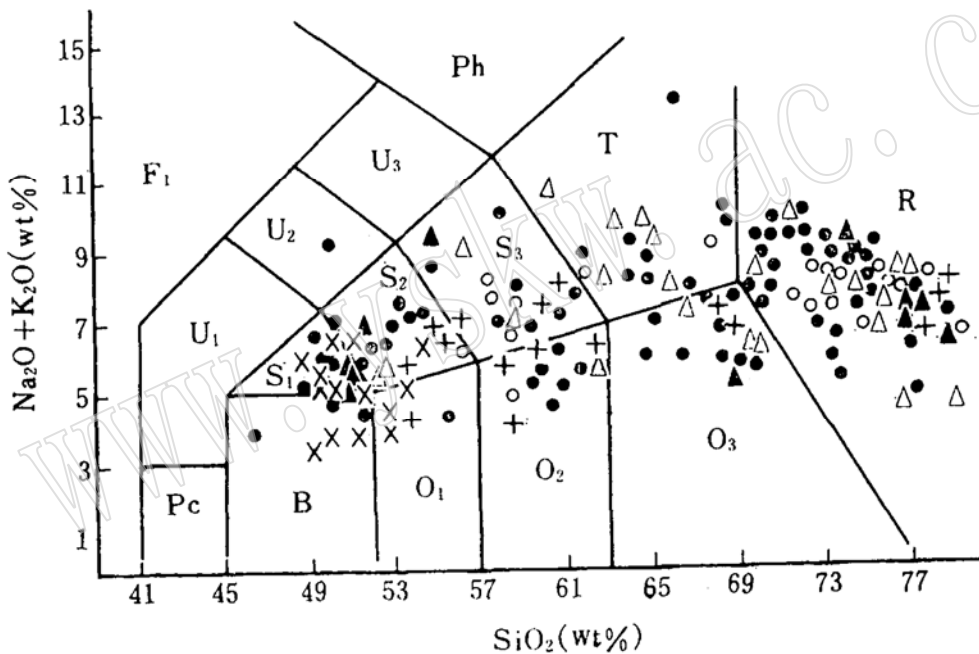


图 2 火山岩 TAS 分类图解

Fig. 2 Total alkali-silica (TAS) diagram of volcanic rocks

F—副长石岩；Pc—苦橄玄武岩；U₁—碱玄岩、碧玄岩；U₂—响岩质碱玄岩；U₃—碱玄质响岩；Ph—响岩；S₁—粗面玄武岩；S₂—玄武粗安岩；S₃—粗安岩；T—粗面岩、粗面英安岩；B—玄武岩；O₁—玄武安山岩；O₂—安山岩；O₃—英安岩；R—流纹岩
其他图例见图 3

有的火山岩划分为碱性与亚碱性两大系列。从投影结果看，岩石类型与化学系列吻合，并弥补了该分类方案中对流纹岩类的划分和命名过于简略的弱点。将所有的亚碱性火山岩划分为钙碱性系列和拉斑玄武岩系列^[4]以及低钾、中钾和高钾三种类型，还将所有的碱性火山岩划分为钾质类型和钠质类型。 $Na_2O - 2.0 \geq K_2O$ 为钠质类型，若 $Na_2O - 2.0 \leq K_2O$ ，则为钾质类型。

北天山中石炭统火山岩共有 17 个岩石化学分析数据，基本上包括了已知的各种岩石类

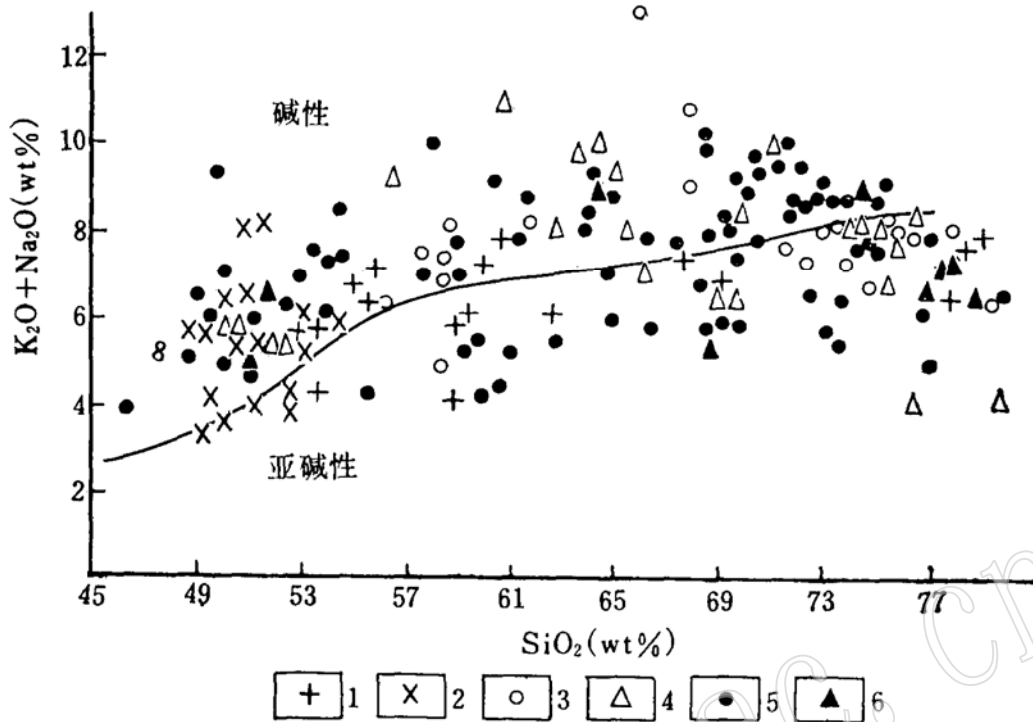


图3 划分火山岩系列的 $(K_2O + Na_2O) - SiO_2$ 图解^[3]

Fig. 3 $(Na_2O + K_2O) - SiO_2$ diagram for classification of volcanic series

1—北天山中石炭统火山岩；2—巴音沟蛇绿岩套中的火山岩；3—中天山北缘下石炭统火山岩；4、5—阿吾拉勒带下、中石炭统火山岩；6—伊什基里克带火山岩

型。其中有11件样品为钙碱性系列，并具有典型的钙碱性岩套的岩石组合：玄武安山岩—安山岩—英安岩—流纹岩，并以后三种岩石类型为主，分属中钾型和高钾型。属于碱性系列的6件样品中既有钠质类型又有钾质类型。钠质类型的岩石组合为：橄榄粗安岩—歪长粗面岩；钾质类型的岩石组合为：橄榄玄武粗安岩—安粗岩。

巴音沟蛇绿岩套的17件火山岩样品中有5件属于拉斑玄武岩系列，并具有典型的拉斑质岩石组合：拉斑玄武岩—拉斑玄武安山岩，分属低钾型和中钾型。12件碱性系列火山岩样品以钠质类型为主，钾质类型次之。钠质类型的岩石组合为：夏威夷岩—橄榄粗安岩；钾质类型的岩石组合为：钾质粗面玄武岩—橄榄玄武粗安岩。

中天山北缘下石炭统火山岩共有19件分析样品，除缺少基性岩外包括了已知的各种岩石类型。其中有12件样品属钙碱性系列。这12件样品除一件为安山岩外，其余均为流纹岩；它们共同构成了与钙碱性岩套有所不同的酸性火山岩套，并以高钾型为特征。碱性系列以钠质类型为主，钾质类型次之。钠质类型的岩石组合为：橄榄粗安岩—歪长粗面岩—钠质粗面英安岩；钾质类型的岩石组合为：安粗岩—粗面岩。

阿吾拉勒带下石炭统火山岩共有24件分析样品，基本概括了已知的各种岩石类型。其中碱性系列和亚碱性系列的样品各占一半。亚碱性系列的火山岩以流纹岩占绝大多数，英安岩和安山岩数量很少，均属钙碱性系列的高钾和中钾型，表现了酸性火山岩套所具有的岩石组合特征。碱性系列中钠质类型和钾质类型数量相当。钠质类型的岩石组合为：橄榄粗安岩—歪长粗面岩—钠质粗面岩；钾质类型的岩石组合为：安粗岩—粗面岩—碱性流纹岩。

阿吾拉勒带中石炭统火山岩共有80件分析样品，概括了各种岩石类型。其中属于碱性系

列的样品有53件,属于钙碱性系列的样品有27件,碱性系列占据明显优势。钙碱性系列以高钾型和中钾型为主,少部分属低钾型。岩石组合为:玄武安山岩—安山岩—英安岩—流纹岩,明显地属于钙碱性火山岩套。碱性系列的岩石类型复杂,而且明显地向基性和酸性两端扩展。钠质类型的岩石组合为:钠质碱性玄武岩—夏威夷岩—橄榄粗安岩—歪长粗面岩—钠质粗面岩—碱性流纹岩。钾质类型的岩石组合为:钾质碱性玄武岩—钾质粗面玄武岩—橄榄

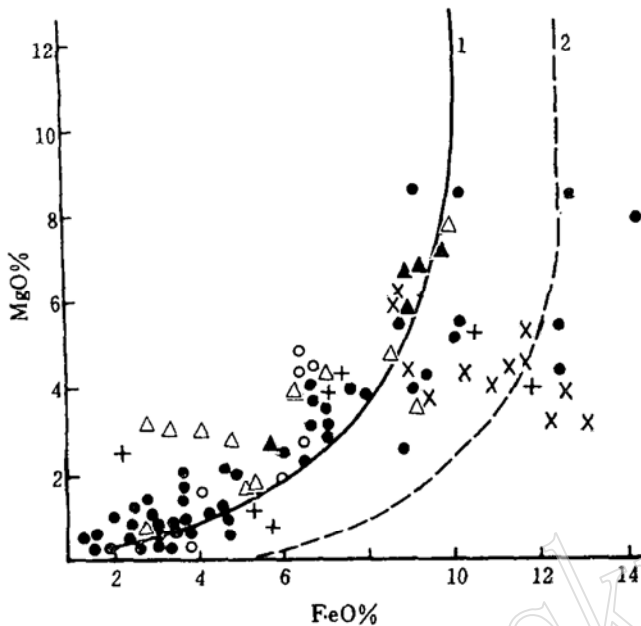


图4 MgO—FeO*图解

Fig. 4 MgO—FeO* diagram

1—钙碱性系列趋势线; 2—碱性玄武岩系列趋势线; 其余图例同图3

玄武粗安岩—安粗岩—粗面岩—粗面英安岩—碱性流纹岩。就数量而论,则以钾质类型为主,钠质类型次之。

伊什基里克带中、下石炭统火山岩共有18件化学分析样品,大体上反映了该带火山岩的概貌。这18件样品中, SiO₂含量大于65%的有8件,而 SiO₂含量小于53%的有10件,明显地具有双峰式组合特征。其中属于钙碱性系列的有7件样品,除1件为英安岩外,其余的均为流纹岩,多属高钾和中钾型。碱性系列共有11件样品,以钠质类型为主,钾质类型次之。钠质类型的岩石组合为:钠质碱性玄武岩—夏威夷岩—橄榄粗安岩。钾质类型的岩石组合为:钾质粗面玄武岩—安粗岩。

在前述的各个带中,均有数量不等的碱性火山岩,这些火山岩是属于橄榄安粗岩系列还是碱性玄武岩系列?是一个值得探讨的问题。可以借助于某些元素含量区别这两种系列的岩石。橄榄安粗岩系列的全铁含量略低于或相当于钙碱性系列,而碱性玄武岩系列的全铁含量则要更高一些。在图4上,巴音沟蛇绿岩套中碱性火山岩主要投影在碱性玄武岩系列趋势线两侧,而其它各带的碱性火山岩则主要投影在钙碱性系列趋势线左侧。由此证明巴音沟蛇绿岩套中碱性火山岩属于碱性玄武岩系列,而其它各带的碱性火山岩则属于橄榄安粗岩系列。它们的化学系列与各自的岩石组合特征相符。众所周知,橄榄安粗岩系列主要产出于岛弧、活动陆缘和陆内拉张环境。

3 稀土元素与微量元素地球化学

巴音沟蛇绿岩套中火山岩的稀土元素配分曲线明显分为两组^[1]。拉斑玄武岩的配分曲线呈平坦型,而碱性玄武岩的配分曲线呈轻稀土富集型。表明它们的岩浆源区属富集型地幔。

阿吾拉勒带中、下石炭统火山岩的稀土元素配分曲线均呈轻稀土富集型,表明它们来自于富集型地幔源区。大多数配分曲线不具铈负异常,证明在岩浆演化过程中没有经历过斜长石的显著分离结晶作用。尽管各种不同岩石类型之间的稀土元素地球化学特征有一定差异,

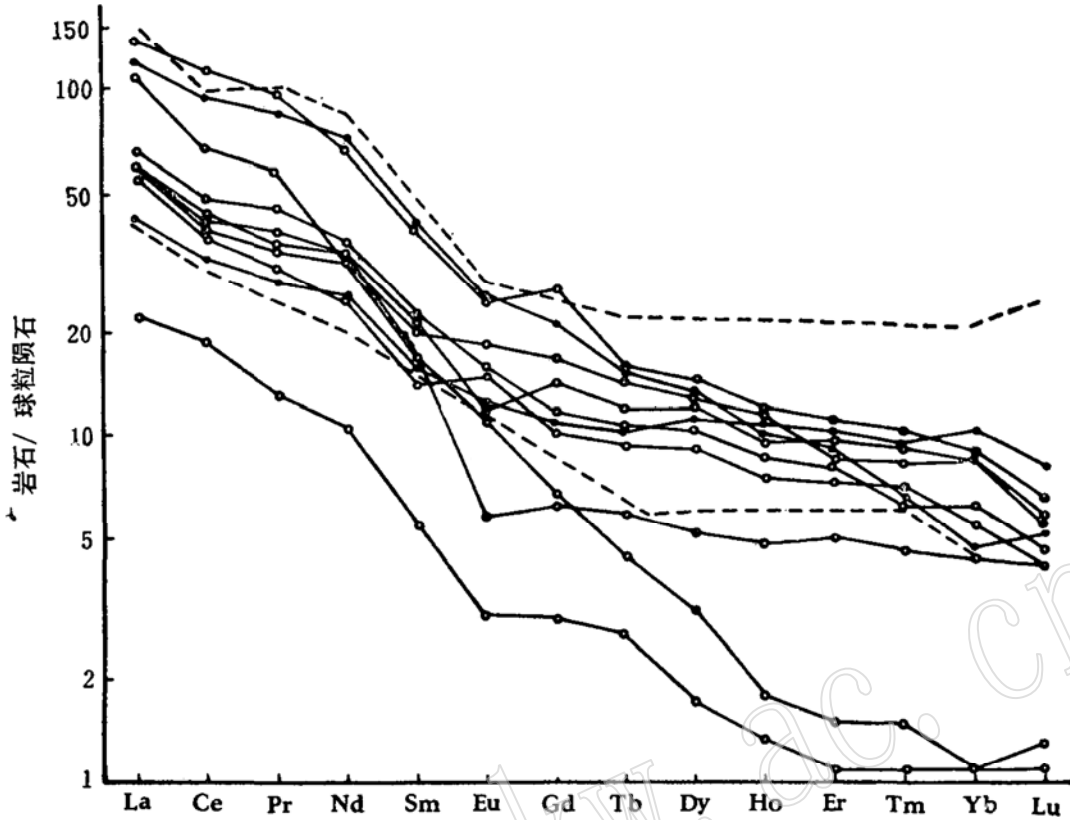


图 5 阿吾拉勒带下 (1)、中 (2) 石炭统火山岩稀土元素配分曲线

Fig. 5 Chondrite-normalized-REE patterns of volcanic rocks from middle and lower Carboniferous along Awulale belt

虚线为橄榄安粗岩系列的投影范围, 其他图例同图 3 (据参考文献 6)

但大多数曲线均位于橄榄安粗岩系列范围。

前述各带中基性火山岩的 TiO_2 含量有明显差别。巴音沟蛇绿岩套中火山岩的 TiO_2 平均含量为 1.9%，伊什基里克带火山岩的相应值为 1.7%，而其它各带火山岩的 TiO_2 平均含量均少于 1.0%。众所周知， TiO_2 含量低是岛弧和活动大陆边缘火山岩的一种显著特征。

4 西天山北半部沟弧盆体系

北天山石炭系所含的生物群属安加拉型，而中天山石炭系则含有华夏型生物群^[7]。因此，北天山石炭系位于准噶尔板块的南缘，而中天山在石炭系则与塔里木板块连为一体，这两个板块被石炭纪北天山古洋盆分隔。

如前所述，北天山中石炭统上部岩石单元以中钾型和高钾型的钙碱性系列岩石为主，橄榄安粗岩系列次之。它们代表了位于俯冲带之上活动大陆边缘的火山岩组合。中石炭统下部岩石单元的重力流沉积物无疑应属于弧前盆地环境的产物。而海沟底部的楔状增生体已经构造缺失。

北天山现存的蛇绿岩套是早一中石炭世古洋盆的残片。蛇绿岩套中出现大量的碱性玄武岩意味着扩张速度缓慢^[8]。有限的发展演化时间加之缓慢的扩张速度决定了该洋盆难扩以展

为浩淼无垠的大洋,而更可能是一个范围有限的洋盆。

大量的证据证明北天山古洋盆在向北俯冲的同时也向南侧俯冲。其海沟底部的楔状增生体和弧前盆地的主体部分已经构造缺失。中天山北缘应该代表了位于俯冲带之上的主弧部分。该带经历了强烈的抬升和剥蚀,海西中期的巨大花岗岩基直接裸露于地表就是最有力的证据。正因为如此,主弧的火山岩已被剥蚀殆尽,仅在断陷盆地中残留有少量的下石炭统火山岩。特征的高钾型酸性火山岩套和以花岗岩居绝对优势地位的侵入岩组合证明,该带是一个地壳成熟度高、厚度颇大的大陆型岛弧。

阿吾拉勒带中、下石炭统火山岩以橄榄安粗岩系列为主,钙碱性岩套次之,这是许多靠近弧后盆地一侧的内弧(或称后弧)所共有的特征,表明了随着与海沟带距离的增加碱质含量增长的特点。橄榄安粗岩系列中以钾质类型为主,意味着弧后区有陆壳存在。这一点也是与实际地质情况吻合的。

伊什基里克带火山岩具有明显的双峰式组合特征和板内熔岩的地球化学特征。该带内还有A型花岗岩、层状基性-超基性杂岩体和东西走向的中性-基性脉岩群,这些均证明该带属弧后盆地性质的拉张环境。从其岩石组合分析,断裂带的深度是不断下延的,并在中石炭世发展为岩石圈断裂。在现有的分析数据中没有拉斑玄武岩,说明这种拉张作用是有限的,该弧后盆地并未破坏伊犁地块的总体形态,似可做为这种认识的佐证。在中石炭世末期,随着北天山古洋盆的闭合,该弧后盆地亦由拉张环境转变为挤压环境,并导致了大范围内地层的褶皱和隆起(即新疆区调队所称的博格达运动)^[9],从此,西天山北半部进入了陆内发展阶段。

本文在撰写过程中引用了本区8幅地质图(1/20万)的有关地质资料和岩石化学数据,在此向有关人员表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 王作勋、郇继易等.天山多旋回构造演化及成矿.北京:科学出版社,1990.85-99.
- 2 Le Bas M J, Le Maitre R W, Streckeisen A, Zanettin B. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Jour. Petrol.* 1986, 27: 745-750.
- 3 Kuno H. Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs. *Bull. Volcanol.* 1966, 29: 195-222.
- 4 Miyashiro A. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Am. J. Sci.* 1974, 274: 321-355.
- 5 Morrison G W. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. *Lithos*, 1980, 13 (1): 97-108.
- 6 Cullers R L, Graf J L. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: Predominantly basic and ultrabasic rocks. In: Henderson P ed. *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, 1984. 237-267.
- 7 张良臣、吴乃元.天山地质构造及演化史.新疆地质, 1985, 3 (3): 1-14.
- 8 Sinton J M, Fryer P. Mariana trough lavas from 18°N implications for the origin of back-arc basin basalts. *J. Geophys. Res.* 1987, 92(B12): 12782-12802.
- 9 新疆维吾尔自治区地质矿产局.中国新疆维吾尔自治区地质图说明书(1:200万).北京:地质出版社,1985.64-70.

Characteristics of Carboniferous Volcanic Rocks and the Trench-Arc Basin System in the Northern Part of West Tianshan Mountains

Jiang Changyi, Wu Wenkui, Xie Guangcheng, Li Wuping
(Xian college of Geology)

Key words: volcanic rocks; trench-arc basin system; Carboniferous; west Tianshan Mountains

Abstract

Based on 175 petrochemical data, this paper has defined chemical series and rock assemblages of Carboniferous volcanic rocks in the northern half of west Tianshan Mountains and dealt with their geochemical characteristics. On such a basis, the trench-arc basin system of this area is investigated. The upper unit of Middle Carboniferous in North Tianshan Mountains represents the active continental margin of Junggar plate, whereas the lower unit belongs to sediments of a forearc basin environment. Rocks of the ophiolite suite in north Tianshan Mountains are remnants of a slowly spreading ancient oceanic crust. Lower Carboniferous volcanic rocks and Middle Hercynian granitoids along the northern margin of Central Tianshan Mountains represent the main part of the extremely thick continental island arc, while Middle and Lower Carboniferous rocks along the Awulale belt are of volcanic assemblages in an internal island arc environment. The Yishijilike belt is a back-arc basin with limited extension.