

文章编号: 1006-6616 (2001) 03-0193-08

阿尔金山北缘早古生代岩浆活动的构造环境

陈宣华¹, 王小凤¹, 杨 风², 陈正乐¹, 陈柏林¹, 王克卓²

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 新疆地质调查院一所, 乌鲁木齐 830011.)

摘 要: 阿尔金山北缘地处塔里木盆地和柴达木盆地之间的阿尔金断裂的西北, 是青藏高原北部边界地区。该区花岗岩类主要形成于早古生代以来, 为钙碱性岩系(碱性程度不高), 发育 I 型和 A 型两种花岗岩类, 缺少 S 型花岗岩。早古生代与蛇绿岩伴生的双峰式火山岩系属于亚碱性系列, 其中的玄武岩主要为拉斑系列, 流纹岩属钙碱系列。花岗岩类构造环境分析和判别结果表明, 阿尔金山北缘早古生代处在破坏性活动板块边缘, 构造环境可能经历了早古生代活动陆缘的(火山)岛弧、中生代大陆造陆抬升以至新生代的后造山作用演化过程。火山岩类的构造环境分析结果表明, 玄武岩类可能具有洋脊区、岛弧区和板内区各种构造环境, 流纹岩类则主要处在板内区。以上分析说明早古生代“阿尔金洋”的存在。

关键词: 花岗岩类; 火山岩类; 地球化学; 构造环境判别; 阿尔金山北缘

中图分类号: P542.4

文献标识码: A

1 区域地质概况

阿尔金山北缘地处中国西北两大生油盆地——塔里木和柴达木盆地之间的阿尔金断裂的西北部(图1), 其主体(前中生代地层)曾被认为主要是浅变质的元古宙火山-沉积岩系^[1,2]。著名的阿尔金走滑断裂在其南部穿过, 北部则发育一条近 EW 向低角度正断层(暂名为阿尔金山北缘断裂)^[3]。阿尔金山北缘断裂以北出露太古宙麻粒岩相变质岩系(可能为塔里木地块的结晶基底)。近年来的研究表明^[4], 阿尔金山主体可以分出近 EW 向分布的早古生代坳拉槽构造, 槽内可能主要为奥陶系。下部主要为火山熔岩和火山碎屑岩组合, 包括蚀变玄武岩、流纹岩、硅质岩(碧玉岩)、英安质凝灰岩夹大量大理岩; 上部以沉积岩为主, 主要有灰黑色板岩、硅质板岩(泥质岩)、灰色灰岩等夹中基性凝灰质熔岩、透镜状磁铁矿和赤铁矿、细粒石英砂岩。坳拉槽内发育有近 EW 向分布的基性-超基性岩带, 古生代地层与该岩带为沉积接触或构造混杂关系, 构成了阿尔金山北部早古生代蛇绿混杂岩带(图1)。

阿尔金山北缘地区早古生代坳拉槽内同时发育中、酸性侵入岩带, 以岩基、岩株、岩枝

收稿日期: 2001-05-06

基金项目: 国家攻关 305 项目(96-915-06-01B)和国家地质调查项目(K1.1.2.3)

作者简介: 陈宣华(1967—), 男, 博士, 副研究员, 构造地质学专业。

及不规则状产出，主要为浅肉红色斑状花岗岩、灰白色黑云母斜长花岗岩、二云母斑状花岗岩、黑云母石英闪长岩、石英闪长岩、灰白色中粒花岗闪长岩、肉红色黑云母花岗岩、似斑状二长花岗岩、石英正长闪长岩、浅灰绿色闪长岩、灰白色花岗闪长岩、灰白色细粒黑云母花岗岩和碱长花岗岩等。该地区古生代火山岩类与蛇绿岩伴生，自西而东在巴什考供—喀腊大湾—拉配泉—910 石棉矿一带呈近 EW 向展布，往东向正常沉积岩过渡。火山岩岩石组合表现为双峰式，主要为玄武岩、流纹岩，少量粗面玄武岩、玄武质粗面安山岩和英安岩等。其中拉配泉西边的流纹岩同位素年龄大约为 480Ma (ID-TIMS U-Pb 地质年代分析)⁵¹。

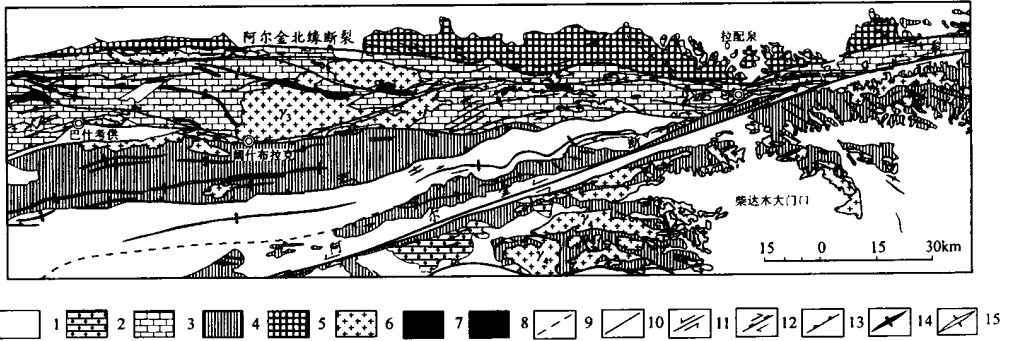


图 1 阿尔金山北缘地区地质略图 (据新疆和青海省地质矿产局资料改编)^{①②}

Fig.1 Geological sketch map of north Altyntagh area

- 1. 新生界; 2. 中生界 (侏罗系); 3. 古生界 (早古生代火山-沉积岩系); 4. 元古宇; 5. 太古宇 (麻粒岩相变质岩系); 6. 花岗岩类; 7. 基性岩; 8. 超基性岩; 9. 推测断层; 10. 断层; 11. 左行走滑断层; 12. 右行正断层; 13. 逆断层及逆掩断层; 14. 背斜; 15. 向斜

2 花岗岩类常量元素岩石化学特征和构造环境判别

阿尔金山北缘地区早古生代花岗岩类岩石主要为钙碱性系列花岗岩-花岗闪长岩，具有偏铝质和过铝质两种。通过皮科克钙碱指数作图，得到其钙碱指数 (CA) 大约为 57.1，处在 Peacock (1931)^{6]}划分的 4 个岩系类型中的钙碱性岩系范围；同时，在各常量元素对 Si 的变异图解中也表现出很好的线性关系。一般认为，钙碱性系列花岗岩是火山岛弧岩浆作用的产物。洋脊花岗岩标准化微量元素蛛网图解显示该地区花岗岩类具有岛弧花岗岩性质，与火山弧花岗岩类的 ORG 标准化曲线相类似。

Chappel & White^[7]把花岗岩类划分为 I 型花岗岩、S 型花岗岩两种；Loiselle & Wones^[8]又提出了 A 型花岗岩。I 型和 S 型花岗岩为造山花岗岩 (O 型)，其中，I 型花岗岩是科迪勒拉型山系形成和后造山抬升过程中的产物，花岗岩源区可能为下地壳和上地幔物质混合成因，钠含量相对较高，K/(K+Na) 比值较低，钙含量也比较高，过铝比值一般 < 1.10。S 型花岗岩是大陆碰撞的产物，一般来源于上地壳物质。A 型花岗岩则为非造山花岗岩，属偏铝类型，大多数 SiO₂ 含量高，碱量也高。

① 新疆地质局. 索尔库里幅 (J-46-Ⅲ) 和巴什考供幅 (J-46-Ⅳ) 区域地质调查报告. 1981.

② 青海省地质矿产局. 俄博梁幅 (J-46-Ⅸ) 区域地质调查报告. 1986.

在 Collins 等 (1982)^[9] Na₂O-K₂O 图解 (图 2) 中, 阿尔金山北缘地区早古生代花岗岩类属 I 型和 A 型花岗岩类, 而缺少 S 型花岗岩。

在 R₁-R₂ 阳离子图解 (图 3) 中, 早古生代花岗岩类处在破坏性活动板块边缘 (板块碰撞前) 和深熔岩浆作用 (同造山) 环境。由加里东期到海西期, 花岗岩类的演化符合闪长岩成分岩石的递进平衡部分熔融的熔体成分变化趋势。

根据 Maniar & Piccoli (1989)^[11] 对花岗岩类的构造环境分类和判别步骤, 对阿尔金山北缘地区早古生代花岗岩类进行了构造环境判别

(图 4), 结果得到它们主要为岛弧花岗岩类 (IAG)、大陆弧花岗岩类 (CAG) 和后造山花岗岩类 (POG) 三种, 少量可能为大陆碰撞花岗岩类 (CCG)。同时, 海西期花岗岩可能由岛弧花岗岩类 (IAG) 和大陆弧花岗岩类 (CAG) 和大陆弧花岗岩类 (CAG) 组成。结合 Shand 指数图解, 认为自早古生代以来该地区构造环境的演化可能经历了从岛弧和大陆弧到中生代大陆造陆抬升以至新生代形成后造山花岗岩。

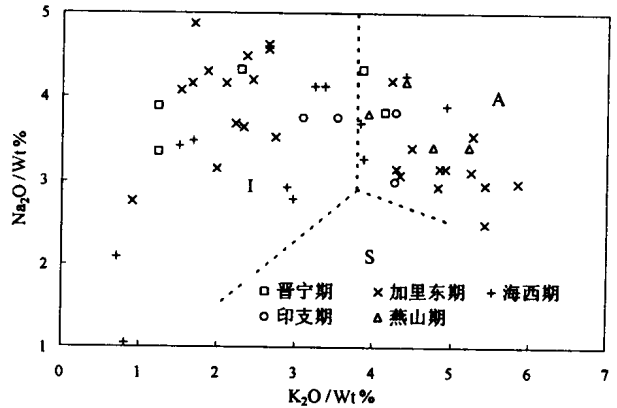


图 2 花岗岩类 Na₂O-K₂O 图解

Fig.2 Na₂O-K₂O plot for granitoids from north Altyn Tagh (数据来自新疆地质局 (1981) 和青海省地质矿产局 (1986) 及本文; 图解据文献 9 简化)

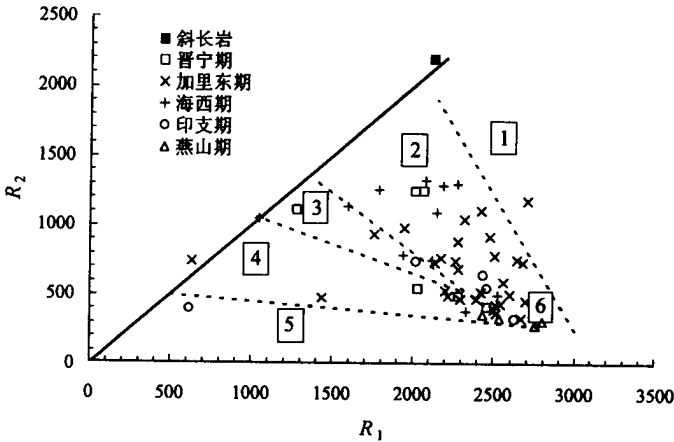


图 3 花岗岩类 R₁-R₂ 构造环境图解

Fig.3 Tectonomagmatic divisions on the R₁-R₂ multicationic diagram of granitoids from north Altyn Tagh^[10]

1. 地幔斜长花岗岩; 2. 破坏性活动板块边缘 (板块碰撞前); 3. 加里东 “permitted” 深成岩 (碰撞后抬升); 4. 亚碱性深成岩 (造山晚期); 5. 碱性/过铝质岩浆作用 (造山后); 6 深熔岩浆作用 (同造山); (数据来自新疆地质局 (1981) 和青海省地质矿产局 (1986) 及本文; 图解据文献 [10])

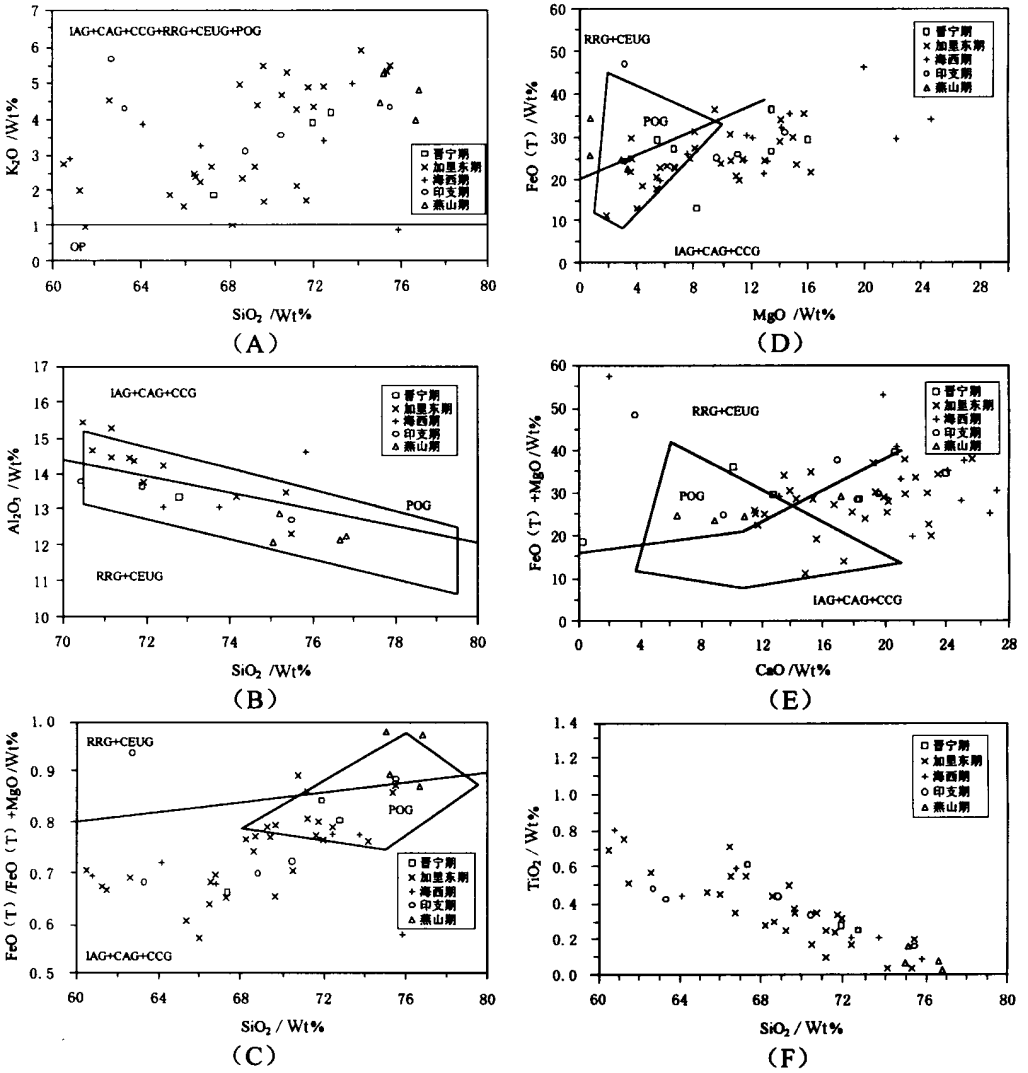


图4 花岗岩类构造环境判别

Fig.4 Tectonic discrimination of granitoids from north Altyn Tagh area^[11]

IAG. 岛弧花岗岩类; CAG. 大陆弧花岗岩类; CCG. 大陆碰撞花岗岩类; POG. 后造山花岗岩类; RRG. 裂谷花岗岩类; CEUG. 大陆造陆抬升花岗岩类; OP. 大洋斜长花岗岩类 (数据来自新疆地质局(1981)和青海省地质矿产局(1986)及本文;图解据文献[11])

3 火山岩类常量元素岩石化学特征和构造环境判别

从火山岩全碱-二氧化硅(TAS)分类图解(图5)可以看出,该地区火山岩类主要分布在基性和酸性这两个成分区域,缺少中性成分(玄武安山岩少见),呈现双峰式火山岩岩石组合特征。该区火山岩主要为玄武岩和流纹岩,少量粗面玄武岩、玄武粗安岩(可能与蚀变有关)和英安岩。岩石化学成分基本上处在Irvine分界线的下方,为亚碱性系列。

其中，粗面玄武岩和玄武粗安岩绝大多数具有富钠特征，即 $Na_2O - 2.0 > K_2O$ ，可以进一步划分为夏威夷岩（粗面玄武岩）和橄榄粗安岩（玄武粗安岩）。本区所有流纹岩的过碱性指数均小于 1，说明该区没有过碱性流纹岩。

玄武岩成分在 ATK 图解（图 6）中，一部分样品处在洋脊玄武岩区，另一部分样品处在造山带玄武岩区，而缺少大陆裂谷型玄武岩。在 $MnO \times 10 - TiO_2 - P_2O_5 \times 10$ 少量氧化物图解（图 7，即 MTP 图解）中，玄武岩可能的主要类型为岛弧拉斑玄武岩（IAT），少量处在大洋岛屿拉斑玄武岩（OIT）范围，并有几个样品分别处在大洋岛屿碱性玄武岩（OIA）和洋中脊玄武岩（MORB）区，在钙碱性玄武岩（CAB）区仅有 1 个样品。

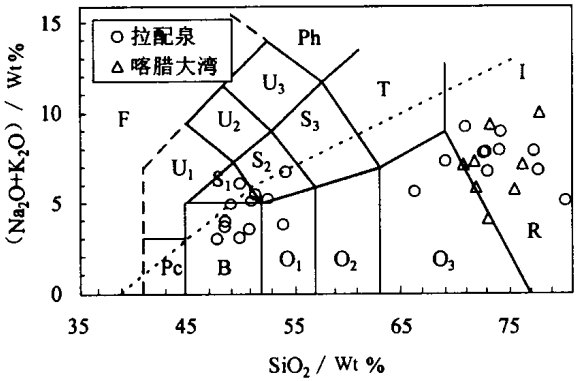


图 5 双峰式火山岩组合全碱-二氧化硅 (TAS) 图解

Fig.5 TAS diagram for the volcanic rocks showing bimodal association

I 是 Irvine (1971) 分界线^[13]，上方为碱性，下方为亚碱性（岩石分类图解据文献 [12]，部分数据据新疆地质局（1981）和青海省地质矿产局（1986））

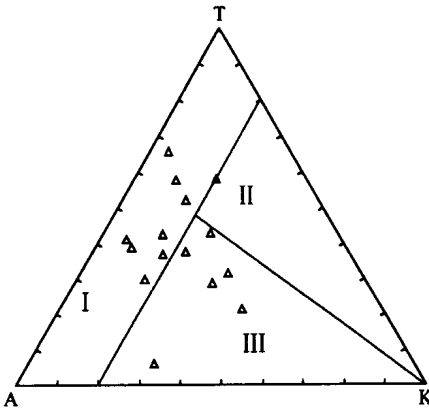


图 6 玄武岩 ATK 图解（据文献 [14]）

Fig.6 ATK diagram of basalts

A. $Al_2O_3/Wt\%$; T. $TiO_2 \times 10/Wt\%$; K. $K_2O \times 10/Wt\%$;
I. 洋脊玄武岩区；II. 大陆裂谷型玄武岩区；
III. 造山带玄武岩及安山岩区（弧玄武岩等）

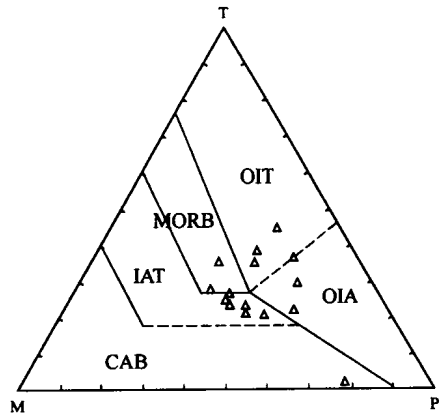


图 7 玄武岩 MTP 图解（据文献 [15]）

Fig.7 MTP diagram of basalts

M. $MnO \times 10/Wt\%$; T. $TiO_2/Wt\%$; P. $P_2O_5 \times 10/Wt\%$;
OIT. 大洋岛屿拉斑玄武岩；OIA. 大洋岛屿碱性玄武岩；
MORB. 洋中脊玄武岩；IAT. 岛弧拉斑玄武岩；CAB. 钙碱性玄武岩

4 岩浆活动构造环境的微量元素判别法

Pearce 等（1984）根据花岗岩侵位的地质背景把花岗岩类划分为 4 种主要类型^[16]：洋脊花岗岩（ORG）、火山弧花岗岩（VAG）、板内花岗岩（WPG）和碰撞花岗岩（COLG）。每一种花岗岩又可以根据精确的地质背景和岩石性质进一步划分，且各自具有显著不同的微量元

素特征。其中 Y-Nb、Yb-Ta、Rb-(Y + Nb) 和 Rb-(Yb + Ta) 图解最为有效。

微量元素构造环境判别显示，阿尔金山北缘早古生代花岗岩类具有火山弧花岗岩特征，中生代出现板内花岗岩，新生代花岗岩处在火山弧、同碰撞和板内三种构造环境的过渡部位。早古生代火山岩类在图 8 中分布在几个不同区域，其中，基性火山岩有自洋脊区→岛弧区→板内区演化的趋势；而酸性火山岩除个别处在岛弧区以外，基本上处在板内区。

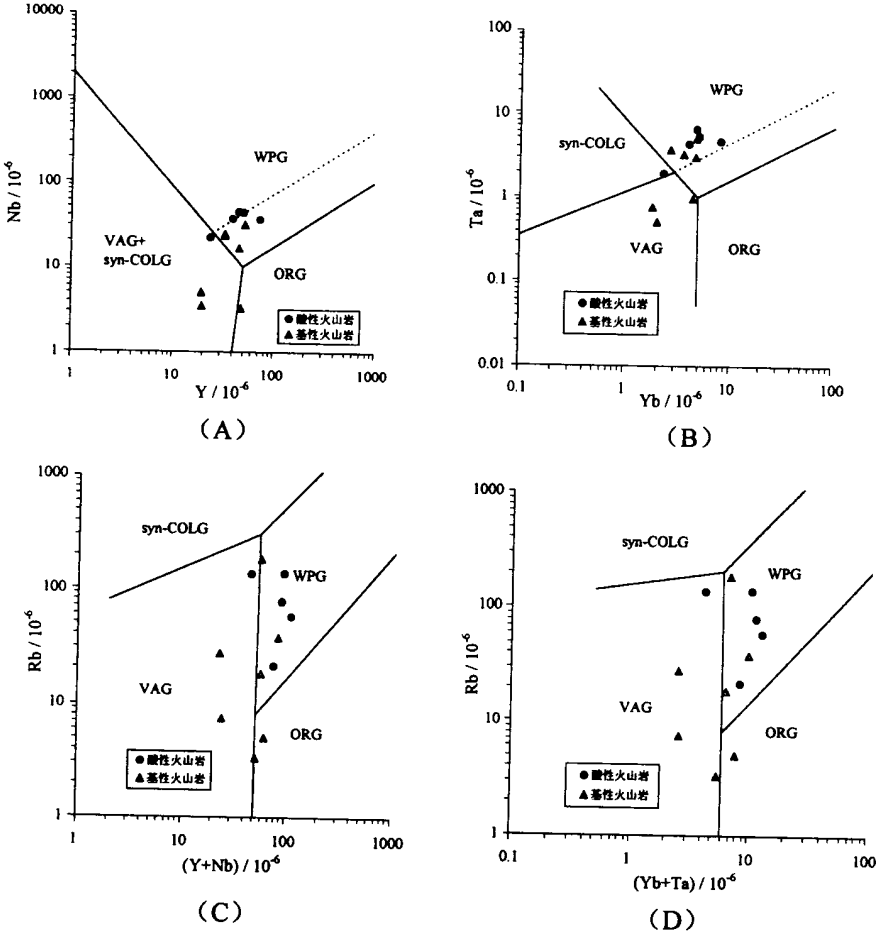


图 8 火山岩 Nb-Y、Ta-Yb、Rb-(Y + Nb) 和 Rb-(Yb + Ta) 图解 (图解据文献 [16~19])

Fig.8 Nb-Y、Ta-Yb、Rb-(Y + Nb) and Rb-(Yb + Ta) diagrams of volcanic rocks
syn-COLG. 同碰撞带; VAG. 岛弧区; WPG. 板内区; ORG. 洋脊区

5 结论与讨论

我们通过以上分析认为，阿尔金山北缘地区早古生代花岗岩类主要发育 I 型和 A 型两种，缺少 S 型花岗岩，可能形成于活动陆缘的（火山）岛弧构造环境，构造演化可能经历了中生代大陆造陆抬升及新生代后造山作用过程。

该地区早古生代火山岩类表现为双峰式岩石组合，属于亚碱性系列火山岩系，其中玄武

岩主要类型为岛弧拉斑玄武岩。根据各种图解的判别,火山岩类可能形成于包括岛弧、洋中脊和板内等各种构造环境在内的大洋环境。

因此,根据花岗岩类和火山岩类的构造环境判别,我们认为阿尔金山北缘地区在早古生代时可能存在一个“洋”的环境,并具有一个完整的沟弧盆体系,这里称之为“阿尔金洋”。它与祁连山地区早、中奥陶世形成的完整的沟弧盆体系和成熟大洋^[20]在时间上相当,因此可能是相通的。它们可能具有一段共同的造山作用历史,形成阿尔金-祁连造山带。中生代之后形成的阿尔金断裂的大型左行走滑作用分割了阿尔金山和祁连山,视滑移量可能达到 400km^[21]。

本文作者在野外工作中得到新疆地质调查院第一地质调查所司迁、褚春花高级工程师和康正文、李学智、杨懿、杨子江、张爱国、李咸阳、魏新昌等工程师以及地质力学研究所周显强研究员和徐兴旺博士的帮助,样品测试得到北京大学地质学系邵宏翔等老师的帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 中国地质科学院成都地质矿产研究所. 青藏高原及邻区地质图(1:1500000)(附说明书)[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [2] 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.
- [3] Yin A, Gehrels G, Chen X, et al. Normal slip along the northern Altyn Tagh fault, North Tibet [J]. *Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing)*, 2000, 7 (Suppl.): 237 ~ 238.
- [4] 张庭庭, 郑健康, 苟金. 阿尔金山东段槽型晚奥陶世地层的发现及其构造意义[J]. *地质论评*, 1984, 30 (2): 184 ~ 186.
- [5] Gherels G, Yin A, Chen X, et al. Preliminary U-Pb geochronologic studies along the Altyn Tagh Fault, western China [J]. *Eos Trans. AGU*, 1999, 80 (17), Fall Meet. Suppl., F1018.
- [6] Peacock M A. Classification of igneous rock series [J]. *J. Geology*, 1931, 39: 54 ~ 67.
- [7] Chappell B W, White A J R. Two contrasting granite types [J]. *Pacific Geology*, 1974, 8: 173 ~ 174.
- [8] Loiselle M C, Wones D R. Characteristics and origin of anorogenic granites [J]. *Geol. Soc. America Abstracts with Programs*, 1979, 11: 468.
- [9] Collins W J, et al. Nature and origin of A type granites with particular reference to South-eastern Australia [J]. *Contrib. Miner. Petro.*, 1982, 80: 189 ~ 200.
- [10] Batchelor R A, Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters [J]. *Chem. Geol.*, 1985, 48: 43 ~ 55.
- [11] Maniar P D, Piccoli P M. Tectonic discrimination of granitoids [J]. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1989, 101: 635 ~ 643.
- [12] Le Bas M J, et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram [J]. *J. Petro.*, 1986, 27 (3): 745 ~ 750.
- [13] Irvine T N. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks [J]. *Can. J. Earth Sci.*, 1971, 8: 532 ~ 548.
- [14] 莫宣学, 沈上越, 朱勤文, 等. 三江中南段火山岩-蛇绿岩与成矿[M]. 北京:地质出版社, 1998. 1 ~ 128.
- [15] Mullen E D. MnO/TiO₂/P₂O₅: A minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1983, 62: 53 ~ 62.
- [16] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. *J. Petrology*, 1984, 25 (4): 956 ~ 983.
- [17] Pearce J A. The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins [A]. In: Hawkesworth C J and Norry M J. eds. *Continental basalts and mantle xenoliths* [C]. Nantwich: Shiva, 1983. 230 ~ 249.
- [18] Pearce J A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries [A]. In: Thorpe R S. ed. *Andesites: orogenic andesites and related rocks* [C]. Chichester: Wiley, 1982. 525 ~ 548.

- [19] Pearce J A and Cann J R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.* , 1973 , 19 : 290 ~ 300.
- [20] 冯益民. 祁连造山带研究概况——历史、现状及展望 [J]. *地球科学进展* , 1997 , 12 (4) : 307 ~ 314.
- [21] 许志琴, 杨经绥, 张建新, 等. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制 [J]. *地质学报* , 1999 , 73 (3) : 193 ~ 205.

TECTONIC ENVIROMENTS OF MAGMATISM IN EARLY PALEOZOIC IN THE NORTH ALTYN TAGH , CHINA

CHEN Xuan-hua¹ , WANG Xiao-feng¹ , YANG Feng²

CHEN Zheng-le¹ , CHEN Bai-lin¹ , WANG Ke-zhuo²

(1. *Institute of Geomechanics , CAGS , Beijing 100081 , China ; 2. Xinjiang Geological Survey , Urumqi 830011 , China .*)

Abstract : The North Altyn Tagh is located at the northewst area to Altyn Fault between Tarim and Qaidam Basins. Granitoids from this area formed mainly in Ordovician , and are classified as calc-alkaline based on alkaline-lime index , and metaluminous and peraluminous on Shand's index. I and A types are the principal granitoids , no S-type granitoids found here. Volcanic rocks occurring together with ophiolite suite in this area , mainly of Early Paleozoic , consist of pillow basalts and rhyolites , and smaller amounts of trachybasalts , basaltic trachyandesites and dacites , belonging to subalkali and showing bimodal distribution in $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ plot. Major- and trace-element trectonic discrimination of the granitoids shows the evolution of tectonic environments from destructive active plate margin/volcanic arc in Early Paleozoic , the continental apeirorogenic uplift in Mesozoic and post-orogenic in Cenozoic of North Altyn Tagh. Tholeiitic basalts had formed in several environments from MORB to island arc and within-plate. Acid volcanic rocks here of calc-alkali series may belong to within-plate environment only. The existing of " Altyn Ocean " in early Paleozoic is then deduced from the analyses above.

Key words : granitoids ; volcanic rocks ; geochemistry ; tectonic discrimination ; north Altyn Tagh