地信网
WWW.3S001.COM

第20卷第6期 地 质 与 资 源 Vol. 20 No. 6
2011年12月 GEOLOGY AND RESOURCES Dec. 2011
文章编号:1671-1947(2011)06-0452-06 中图分类号:P588.12;P597 文献标识码:A

新疆吾拉斯台一带下二叠统乌郎组火山岩地球化学特征

潘明臣,于海峰,梁有为,王福君,王粉丽,丁 伟,李 艳,李红梅,赵丽君,徐桂岩
(辽宁省地质勘查院,辽宁 大连 116100)

摘 要:乌郎组火山岩分布于哈萨克斯坦-准噶尔板块(Ⅰ级)伊犁-伊塞克湖微板块(Ⅱ级)阿吾拉勒晚古生代裂谷系(Ⅲ级)中,为一套陆相的火山岩和碎屑岩组合. 吾拉斯台一带火山活动较强,火山堆积厚度巨大,区内厚近4000 m,属乌郎组中上部层位. 火山岩主要由偏碱性的基性和酸性岩组成, 总体以双峰式火山岩为特征. 岩石地球化学所反映的构造环境为板内玄武岩和大陆裂谷玄武岩,这与所处的大地构造位置相吻合. 顶部层位的粗面玄武岩 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 同位素年龄为285±30 Ma,时代为早二叠世. 由此推断,阿吾拉勒晚古生代裂谷系火山活动在早二叠世时即将结束,之后晚二叠世接受陆相磨拉石堆积,进入稳定陆内盆地发展阶段.

关键词:乌郎组;下二叠统;双峰式火山岩;地球化学;新疆

GEOCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS OF THE LOWER PERMIAN WULANG FORMATION IN WULASITAI AREA, XINJIANG

PAN Ming-chen, YU Hai-feng, LIANG You-wei, WANG Fu-jun, WANG Fen-li, DING Wei, LI Yan, LI Hong-mei, ZHAO Li-jun, XU Gui-yan
(*Liaoning Institute of Geological Survey, Dalian* 116100, *Liaoning Province, China*)

Abstract: The volcanic rock of Lower Permian Wulang formation, distributed in the Late Paleozoic Awulale rift of Ili-Yisaikehu micro-plate, Kazakhstan-Junggar plate, is the assemblage of continental volcanic rocks and detrital rocks. Intense volcanic activities in the area left thick volcanic accumulation up to 4000 m, which belongs to the middle and upper layers of Wulang formation. The volcanic rocks are dominated by alkali-basic rocks and acidic rocks, characterized by bimodal. Lithogeochemistry shows a tectonic environment of intraplate basalt and continental rift basalt, which is in accordance with its tectonic location. The trachybasalt in the top layer is dated as Early Permian, with $^{207}Pb/^{206}Pb$ isotopic age of the 285±30 Ma. It is suggested that the volcanic activities of the Late Paleozoic Awulale rift tended to end in Early Permian. Then continental molasse was cumulated in Late Permian, marking the start of stable developing period of intracontinental basin.

Key words: Wulang formation; Lower Permian; bimodal volcanic rocks; geochemistry; Xinjiang

天山造山带是以一系列微陆块、岛弧地体及镶嵌于其间不同时期的褶皱带为主的巨型复合造山带,又称中亚造山带[1]. 是夹持于北部西伯利亚板块和南部塔里木板块、中朝板块之间的亚洲洋在形成、演化和消亡过程中伴随诸多陆块拼合增生、俯冲、碰撞造山的产物. 是世界上最复杂的造山带之一[2]. 其中伊犁微板块中阿吾拉勒晚古生代裂谷系位于伊犁盆地中部,是在前震旦系陆壳基底上发育起来的晚古生代裂谷. 早石炭世开始拉张,早石炭世后期拉张渐缓. 晚石炭世初转入汇聚,并伴随有闪长岩-花岗闪长岩建造的岩基生成. 早二叠世又生成上叠裂谷,堆积了上万米厚的碱性系列双峰式的陆相火山岩. 本文以工作区吾拉斯台

收稿日期:2011-08-30;修回日期:2011-11-11. 编辑:李兰英.
基金项目:新疆尼勒克县吾拉斯台一带1:5万区域地质矿产调查项目(XJQDZ2007-07)资助.
作者简介:潘明臣(1971—),男,地质工程师,从事区域地质矿产调查工作,通信地址 辽宁省大连市金州区五一路10号,E-mail//PMC100008@163.com

万方数据

雨塔斯套一带晚古生代下二叠统乌郎组火山岩为研究对象,在岩石学、地球化学、铅铅同位素测年的基础上,为研究伊犁微板块中阿吾拉勒晚古生代裂谷系闭合时间提供依据.

1　区域地质特征

晚古生代下二叠统乌郎组主要分布于吾拉斯台雨塔斯套至清源一带. 地层区划隶属塔里木-南疆地层大区,中南天山-北天山地层区,中天山-马鬃山地层分区的伊宁地层小区. 大地构造位置位于伊犁微板块阿吾拉勒晚古生代裂谷系(图 1)[3]. 阿吾拉勒晚古生代裂谷系是早石炭世伸展扩张成为裂古系的,是发育在伊犁中央地块内部的裂谷系. 该地块在早古生代及泥盆纪处于隆起状态. 晚石炭世有闪长岩-花岗闪长岩侵入.

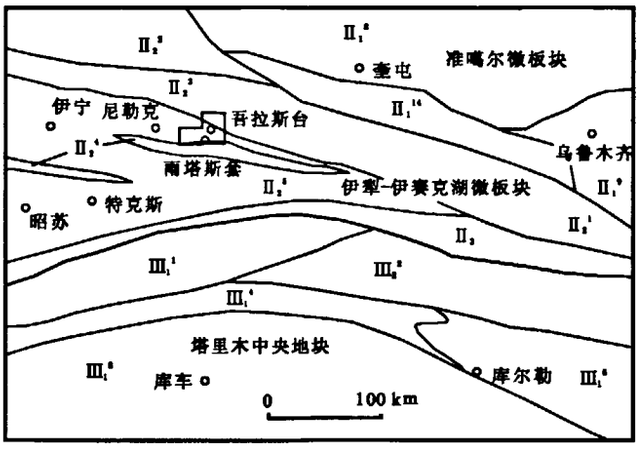

图 1　吾拉斯台一带大地构造位置图

Fig. 1　Tectonic map of Wulasitai area

II_1^8—准噶尔中央地块(Junggar central massif);II_2^2—赛里木地块(Sayram massif);II_2^3—博罗科努古复合岛弧带(Boluokenu old composite arc belt);II_2^4—阿吾拉勒晚古生代裂谷系(Late Paleozoic Awulale rift);II_2^5—伊宁中央地块(Yining central massif);III_1^6—塔里木地块(Tarim massif)

阿吾拉勒晚古生代裂谷系北与伊犁中央地块接触处为索孜木吐-塔斯布克深断裂. 该断裂规模比较宏大,长度大于 280 km. 北侧伊犁中央地块(II_2^5)是中-新生代拗陷,为在早二叠世盆地的基础上发育起来的继承性多期次复合盆地. 侏罗纪早期为河流相及湖沼相粗碎岩及含煤沉积;中期为主要成煤期;晚侏罗世开始由于天山抬升风化强烈,以粗碎屑沉积为主. 白垩纪伊犁中央地块整体抬升遭受剥蚀. 古近纪的中—晚期湖盆范围较小. 新近纪湖盆面积扩大,出现了大量的粗碎屑沉积.

工作区火山岩为乌郎组中上部,主要为一套陆相偏碱性基性和酸性火山岩及碎屑岩组合,夹少量中性安山岩. 该组多不整合于老的地层和侵入岩之上. 上部被中二叠统晓山萨依微角度不整合覆盖.

2　岩石地球化学特征

2.1　火山岩相及岩石学特征

火山岩相有喷溢相、爆发相、火山碎屑流相、涌流相、火山爆发沉积相、沉积相和潜火山相等. 喷溢相最为发育,约占火山喷发旋回的 50%,有橄榄玄武岩、粗面玄武岩、玄武粗安岩、粗安岩、英安岩、粗面英安岩,另有少量的安山岩夹层. 爆发相约占 20%,普通火山碎屑岩类主要分布于乌郎组中下部,碎屑物质有集块、角砾、岩屑、晶屑、火山尘等. 碎屑呈棱角—次棱角状、不规则状. 常见结构有角砾状结构、岩屑、玻屑凝灰结构. 火山碎屑流相约占 5%~8%. 熔结火山碎屑岩类呈夹层出现. 岩石类型为蚀变安山质晶屑玻屑熔结凝灰岩,玻屑塑变结构,假流纹构造. 涌流相只有一种岩石类型,粗面英安质火山角砾熔岩. 火山爆发沉积相、火山碎屑沉积岩类约占 15%. 火山爆发沉积相分布于中上部,岩石类型有沉安山质火山角砾岩屑凝灰岩、沉安山质岩屑凝灰岩、沉安山质(斜长流纹质)火山尘凝灰岩、纹层状沉凝灰岩. 火山碎屑沉积岩类岩石类型有不等砾复成分砾岩、中细砾复成分砾岩、安山质中细砾砾岩、复成分砂砾岩、碳酸盐化铁钙质胶结不等粒长石岩屑砂岩、铁钙质胶结含砾粗粒长石岩屑砂岩、铁钙质胶结细粒长石岩屑砂岩、含铁质砂质粉砂岩.

2.2　岩石化学特征

下二叠统乌郎组火山岩的岩石化学及参数见表 1.

在火山岩硅碱图上(图 2),火山岩样品均投在碱性区域中,沿碱性玄武岩系列演化. 含铝指数 ANKC 均小于 1,为正常成分岩石类型. 根据硅-碱关系图解二分法(图 3),投影点落入碱性区. 在赖特 AR-SiO_2 图解三分法中(图 4),投影点落入碱性区. 为了进一步划分碱性系列火山岩钾质、钠质类型,在标准矿物三角图解(图 5)中,投影点均落入钾质区. 综上所述乌郎组火山岩主要属碱性系列钾质类型火山岩.

2.3　稀土元素特征

乌郎组火山岩稀土元素含量及参数值见表 2. 图 6 为稀土元素球粒陨石标准化图解,从图、表可以看出:各岩类稀土元素总量 ΣREE 在 52.23~191.86 之间变化,且轻重稀土比值 LREE/HREE 均大于 1,表明乌郎组火山岩分异程度均较高. 橄榄、粗面玄武岩、玄武粗安岩略显正铕异常,粗安岩、粗面英安岩略显负铕异常. $(La/Yb)_N$、$(Ce/Yb)_N$ 比值较大,并且变化范围为

万方数据

表 1 乌朗组火山岩岩石化学成分及特征值一览表

Table 1 Chemical composition and eigenvalues of the volcanic rocks of Wulang formation

序号	样品号	岩石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	LOI	AR	ALK	δ	ANKC
1	XX-35/1	橄榄玄武岩	46.82	1.65	17.98	4.73	8.37	0.13	6.29	9.35	0.84	3.5	0.31	100	1.38	4.34	4.93	0.76
2	XX-26/1	粗面玄武岩	49.85	0.93	17.22	4.82	7.315	0.38	5.28	8.51	2.07	3.35	0.23	100	1.53	5.42	4.29	0.74
3	XX-25/1	玄武粗安岩	50.91	0.76	16.63	5.11	7.319	0.34	5.1	7.75	2.8	3.06	0.19	100	1.63	5.86	4.34	0.75
4	P12S1-6	玄武粗安岩	53.50	0.80	17.55	3.98	5.27	0.23	4.54	7.35	2.50	4.07	0.23	100	1.72	6.57	4.11	0.77
5	P14S21-8	玄武粗安岩	54.20	1.08	15.81	3.76	5.23	0.12	1.61	10.91	2.54	4.21	0.53	100	1.68	6.75	4.07	0.54
6	XX-22/1	粗安岩	57.04	1.17	14.32	5.71	6.92	0.18	2.49	4.93	3.4	3.21	0.6	100	2.05	6.61	3.11	0.80
7	P14S1-6	粗面英安岩	65.55	1.01	14.97	2.80	2.23	0.46	1.47	1.20	6.09	3.88	0.35	100	4.21	9.96	4.40	0.99
8	P14S15-2	粗面英安岩	69.53	0.36	12.94	1.42	0.93	0.11	0.08	3.09	10.13	1.32	0.09	100	6.00	11.45	4.94	0.69

4、5、7、8 数据来源于新疆阿拉山口西一带 1:5 万七幅区域地质矿产调查项目,其他来源于新疆尼勒克县胡吉尔台一带 1:5 万三幅区域地质矿产调查. 含量单位:%. 本表序号与表 2、3 对应.

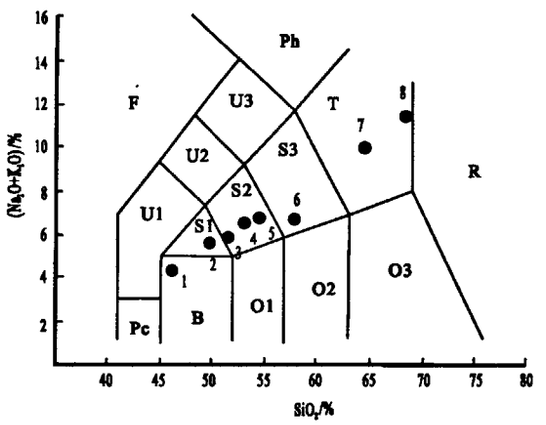

图 2 火山岩全碱-硅(TAS)图

(据 M. J. Le Bas 等,1986)

Fig. 2 TAS diagram of volcanic rocks

(after M. J. Le Bas et al., 1986)

B—玄武岩(basalt);S1—粗面玄武岩(trachybasalt);S2—玄武粗安岩(basaltic trachyandesite);S3—粗安岩 (trachyandesite);T—粗面英安岩(trachydacite)

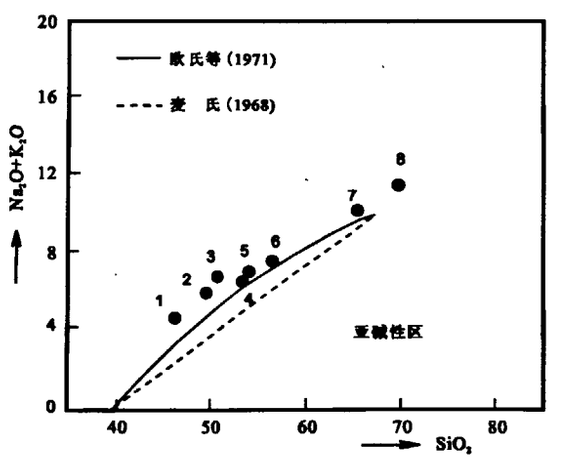

图 3 硅-碱关系图

Fig. 3 Diagram of SiO_2 vs. Na_2O+K_2O

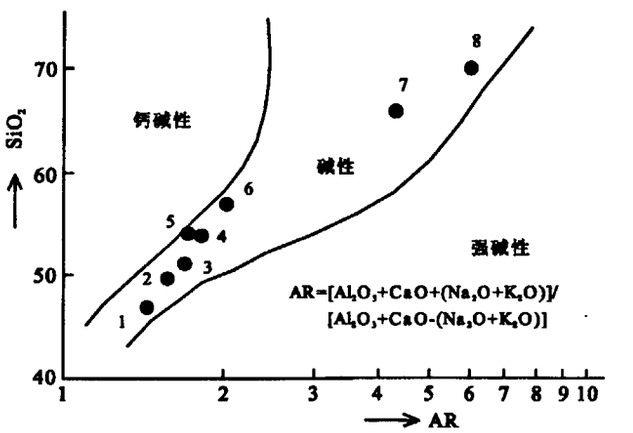

图 4 AR-SiO_2 图解

(据 Wright, 1969)

Fig. 4 Diagram of AR vs. SiO_2

(after Wright, 1969)

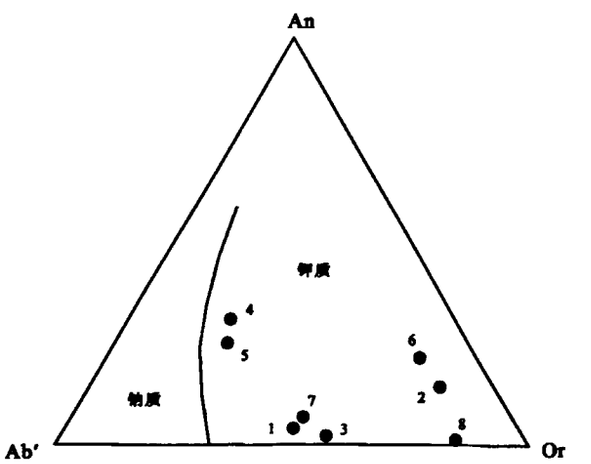

图 5 乌郎组碱性岩 An-Ab′-Or 图解

(据 Irvine, 1971)

Fig. 5 The An-Ab′-Or diagram of the alkaline rocks of Wulang formation

(after Irvine, 1971)

万方数据

表2　乌郎组火山岩稀土元素及参数值特征表

Table 2　Rare earth element contents and parameter features of the volcanic rocks of Wulang formation

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	∑REE	L/H	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$	δEu
1	12.06	30.9	4.23	19.9	4.52	1.67	5.6	0.8	4.89	0.97	2.82	0.39	2.66	0.4	20.5	91.81	3.95	2.69	1.67	1.29	1.13
2	9.91	24.71	3.33	15.92	3.81	1.33	4.52	0.61	3.74	0.75	2.18	0.3	2.06	0.32	16.89	73.49	4.08	2.86	1.63	1.34	1.08
3	6.99	17.3	2.33	11.3	2.74	0.93	3.37	0.45	2.67	0.54	1.6	0.23	1.55	0.23	11.72	52.23	3.91	2.68	1.59	1.33	1.04
4	10.09	21.43	2.583	12.71	2.788	1.005	2.89	0.509	2.697	0.508	1.477	0.159	1.517	0.185	15.79	60.55	5.09	3.95	2.26	1.17	1.18
5	30.96	62.57	7.446	31.4	5.815	1.734	5.534	0.821	4.351	0.7797	2.165	0.253	1.995	0.262	23.85	156.09	8.66	9.21	3.33	1.70	1.01
6	29.71	71.11	8.85	39.11	8.51	1.89	9.87	1.39	8.24	1.7	5.05	0.72	4.95	0.76	36.54	191.86	4.87	3.56	2.18	1.22	0.70
7	17.23	39.39	6.19	23.80	5.78	1.52	6.11	0.92	5.36	1.20	3.42	0.54	3.57	0.55	28.34	115.58	4.33	2.87	1.86	1.05	0.86
8	9.34	22.58	2.88	12.02	2.19	0.35	1.94	0.32	2.14	0.50	1.56	0.30	2.30	0.36	11.99	58.78	5.24	2.41	2.67	0.52	0.56

含量单位:10^{-6}.

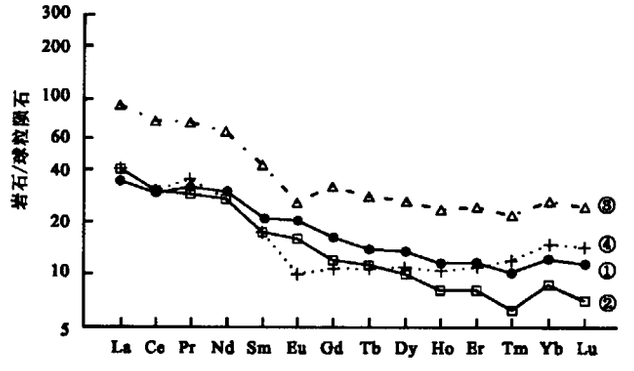

图6　乌郎组火山岩稀土元素陨石标准化分布模式图

(标准化据 Herrman 等,1970)

Fig. 6　REE patterns of the volcanic rocks of Wulang formation

(standardization after Herrman et al., 1970)

1.98~9.21，显示该套火山岩的分馏程度较高. 稀土配分曲线向右倾斜,轻稀土倾斜明显,重稀土略平坦,火山岩轻稀土强富集型.

综上所述,乌郎组火山岩属轻稀土强富集型、分馏程度较高. 火山岩基性略显正铕异常,酸性略显负铕异常.

2.4　微量元素特征

火山岩微量元素分析结果及参数特征见表3. 在原始岩浆运移过程中,主要元素、微量元素均发生规律性变化. 微量元素的组合、比值和丰度反映原始岩浆的性质. 利用 Wood(1979)的微量元素图解对火山岩15种元素进行标准化[4]. 从乌郎组火山岩微量元素蛛网图(图7)可以看出,乌郎组火山岩微量元量配分曲线明显向右倾斜,为强不相容元素富集型的分配型式,与新西兰火山弧英安岩和流纹岩的微量元素比值蛛网图相似. 火山岩以 Rb、U、K 等元素的富集和 Th 、Ta、Nb、Ti 等元素的亏损为特征. 反映的成因信息为交代地幔源,熔融程度低,分离结晶程度强的残余熔体.

3　锆石 Pb-Pb 测年

本次工作取同位素测年样品一件，岩性为深灰色蚀变气孔杏仁状玄武粗安岩. 该岩石呈似层状产于乌郎组上部层位,厚度大于 400 m. 经吉林大学测试科学实验中心测试,锆石 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄为 285±30 Ma.

4　构造环境探讨

表3　乌郎组火山岩微量元素含量表

Table 3　Trace element contents of the volcanic rocks of Wulang formation

序号	Cr	Ni	Co	V	Rb	Sr	Ba	Zr	Hf	Be	Sc	Li	Nb	Ta	Ga	Th	U
1	25.33	74.13	44.81	193.2	21.93	606.9	366.3	121.1	3.68	0.94	26.5	94.2	4.224	0.364	34.07	2.328	1.1
2	39.23	14.05	31.72	233.7	117.9	278.7	528.2	68.01	2.385	0.69	30.66	102.2	2.342	0.184	42.28	3.841	1.863
3	67.91	18.25	32.29	159.4	104	279.2	705.2	50.64	1.858	0.48	32.28	102	1.687	0.142	49.06	3.893	1.106
4	48.47	14.18	28.04	306.7	110.4	618.5	393	58.8	2.036	1.295	33.34	33.69	2.393	0.174	20.32	2.835	1.305
5	215.1	40.77	19.3	165.6	59.5	518.5	712.4	207.1	5.598	1.827	22.49	23.48	10.65	0.557	34.32	2.407	1.593
6	26.64	14.59	19.4	127.9	131.8	203.6	527.9	256.8	9.548	1.54	22.5	30.74	11.1	0.936	42.61	31.88	11.44
7	6.8	3.7	7.9	60.3	185	85.9	884	279	7.4	1.9	16.4	18.1	8.5	0.89	16.7	9.6	2.4
8	8.2	3.7	3.6	28.2	246	26.7	1060	187	4.9	0.64	6.4	2.7	8.6	1.3	12	14.9	2.4

含量单位:10^{-6}.

万方数据

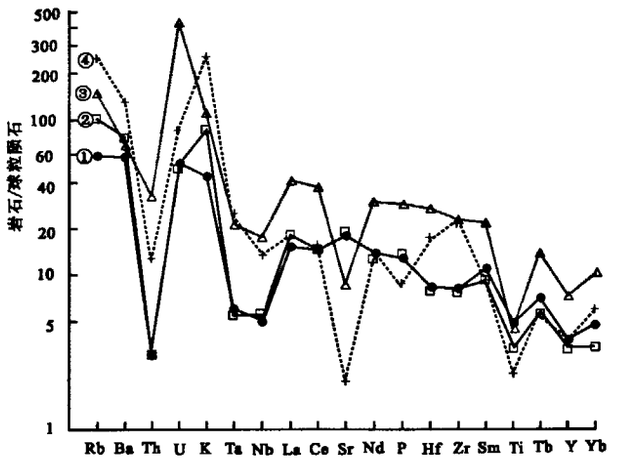

图 7 乌郎组火山岩微量元素比值蛛网图

(标准化数值据 Wood, 1979,原始地幔)

Fig. 7 Trace element distribution patterns of the volcanic rocks of Wulang formation

(standardization from the primary mantle by Wood, 1979)

①—粗面玄武岩(trachybasalt);②—玄武粗安岩(basaltic trachyandesite);③—粗安岩(trachyandesite);④—粗面英安岩(trachydacite)

板块构造的演化制约着火山作用的性质与特点. 在不同的大地构造环境中形成的火山岩，不但在其岩石组合和演化系列上不同，而且还反映在地球化学特征上的系统变化. 因此,火山岩的研究已成为构造环境研究中不可缺少的一部分.

在不同构造环境内玄武岩的判别(图 8、9)中,玄武岩的岩石化学数值落在板内玄武岩和火山弧玄武岩中. 在微量元素不同类型岩浆岩与板块构造的关系图中(图 10),乌郎组火山岩落在火山弧和同碰撞区内.

综上所述，早二叠世乌郎火山岩构造环境属板块内裂谷系.

5 结论

工作区位于中天山构造带的伊犁微板块巩乃斯晚古生带裂谷区. 中天山夹在北侧的准葛尔盆地和南侧塔里木盆地之间. 晚古生代是天山造山带形成演化史中一个非常关键的时期. 天山地区完成了从大洋向大陆的转化,经历了晚古生代初期古生代洋盆的消减、闭合以及早古生代洋盆关闭后的大规模石炭-二叠纪裂谷拉伸事件. 在二叠纪晚期真正进入陆内演化阶段. 与这一洋陆转化过程相伴的是天山及邻区十分醒目的高峰期岩浆活动和大规模成矿事件.

在早石炭纪末期发生的鄯善运动，标志着伊连哈必尔尕小洋盆的残余海发展阶段告终，即有限洋盆的

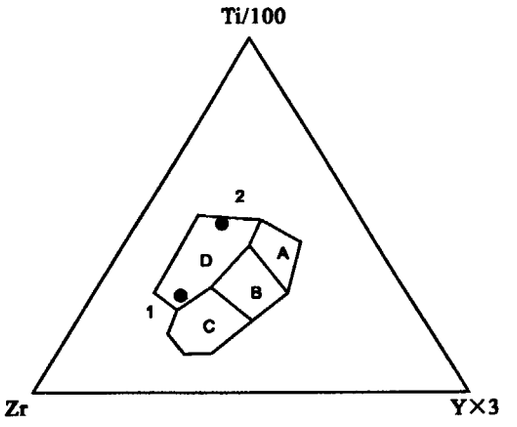

图 8 乌郎组玄武岩构造环境分析 Ti/100-Zr-3Y 图

(据 Pearce 等, 1984)

Fig. 8 The Ti/100-Zr-3Y diagram of the basalt of Wulang formation

(after Pearce et al., 1984)

A,B—岛弧拉斑玄武岩(island arc tholeiite);B,C—岛弧钙碱性玄武岩(island arc calc-alkalic basalt);D—板内玄武岩(intraplate basalt)

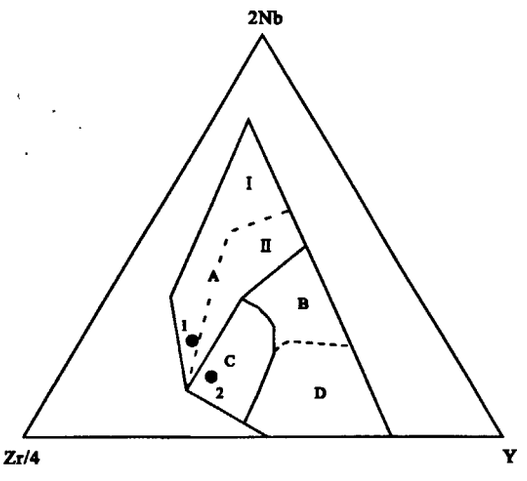

图 9 乌郎组玄武岩的 Nb-Zr-Y 图解

(据 Meschede 等, 1986)

Fig. 9 The Nb-Zr-Y diagram of the basalt of Wulang formation

(after Meschede, 1986)

A,I,II—板内碱性玄武岩(intraplate alkalic basalt);II,C—板内拉斑玄武岩(intraplate tholeiite);B— P-MORB;D— N-MORB;C,D—火山弧玄武岩(volcanic arc basalt)

最终封闭[5]. 晚石炭世地壳处于后碰撞的拉张期,在赛里木湖陆缘拉伸形成阿拉套晚古生带陆缘盆地. 晚石炭纪末期发生的造山运动——因尼卡拉运动影响甚大,它完成了新疆北部的洋陆转化,洋壳全部封闭,海退成陆——欧亚大陆出现,由此进入陆内发展阶段. 早二叠世地壳基本为挤压环境，但局部处于后碰撞的松弛拉张期,使伊犁地块拉伸再现陆壳火山裂谷. 在巩乃斯、雨塔斯套等地产生上二叠裂谷形成乌郎组. 它不但

万方数据

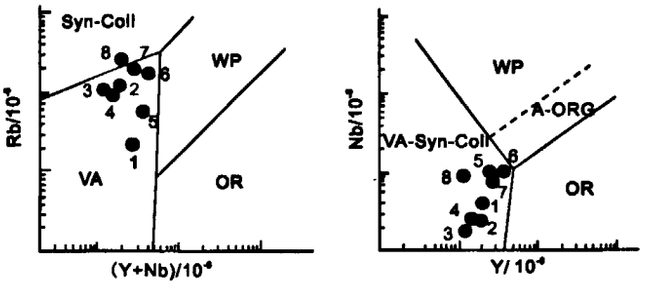

图 10　乌郎组火山岩的构造环境判别

(据 Pearce 等, 1984)

Fig. 10　Discriminant of tectonic environment of the volcanic rocks of Wulang formation

(after Pearce et al., 1984)

Syn-Coll—同碰撞(syn-collision); WP—板内(within plate); OR—洋脊(oceanic ridge); A-ORG—异常洋中脊(abnormal oceanic ridge); VA—火山弧(volcanic arc)

发育偏碱性火山岩系，而且此时有较多的偏碱性花岗岩侵入. 中晚二叠纪末发生新源运动，结束大陆裂谷发展，从而进入以正断裂为主的断陷盆地(伸展构造)发展的新阶段. 晚二叠世造山带上升剥蚀，在盆地堆积磨拉石形成河湖相碎屑岩，尼勒克运动宣告结束.

通过总结前人研究成果，结合工作区火山岩的岩石地球化学等特征，总结如下.

吾拉斯台雨塔斯套一带下二叠统乌郎组火山岩，火山活动强烈，为一套陆相的火山岩和碎屑岩组合，火山堆积厚度巨大. 本次获得乌郎组顶部层位的玄武粗安岩同位素年龄为 285±30 Ma，标志早二叠世时火山活动将结束. 火山岩浆以偏碱的基性和酸性岩浆为主，总体以双峰式火山岩为特征. 火山岩浆来源于上地幔，上升过程中熔融了部分陆壳物质，夹有少量的安山质岩浆. 岩石地球化学所反映的构造环境为板内玄武岩和火山弧玄武岩. 同时区域上伴有中深成—超浅成的辉长岩-花岗岩和碱性正长岩建造的小岩体和层状侵入体. 这与所处的大地构造位置，即阿吾拉勒晚古生代裂谷系是相吻合的.

参加本项目工作的成员还有郭洪方等. 岩石地球化学引用了部分新疆第九地质大队《新疆尼勒克县胡吉尔台一带 1:5 万区域地质矿产调查》项目数据. 在此一并表示感谢.

参考文献:

[1]郑和荣，蔡立国，李铁军. 天山南北前陆盆地演化及褶皱-冲断带构造样式[M]. 北京：地质出版社，2007.

[2]夏林圻，张国伟，夏祖春，等. 天山古生代洋盆开启、闭合时限的岩石学约束[J]. 地质通报，2002，21(2): 55—62.

[3]董连慧，李卫东，张良臣. 新疆大地构造单元划分及其特征[A]// 第 6 届新疆天山地质矿产资源学术会议讨论会论文集. 乌鲁木齐：中国青少年出版社，2008: 27—32.

[4]李昌年. 火成岩微量元素岩石学[M]. 武汉：中国地质大学出版社，1992.

[5]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: 488—491.

万方数据