

鄂拉山查查香卡地区晚三叠世火山岩产出环境分析

芦文泉¹, 童海奎¹, 仓索南尖措², 马永胜²,

(1. 青海省国土资源勘查项目管理中心, 青海 西宁 810001; 2. 青海省第四地质矿产勘查院, 青海 西宁 810001)

摘 要:通过对查查香卡地区晚三叠世火山岩石学研究, 确定该套火山岩属晚三叠世鄂拉山组, 属钙碱性系列。喷出时的大地构造环境为陆内造山环境, 该火山岩最初可能形成于大陆边缘环境, 由于 A 型俯冲构造活动, 测区乃至鄂拉山地区产生一系列右旋走滑断裂带, 受北西向右旋走滑断裂的影响, 岩石孔隙加大, 并出现强烈的热流活动, 导致岩浆沿这些断裂带喷出地表。

关键词: 岩石学; 陆内造山; 构造环境; 东昆仑晚三叠世火山岩带; 查查香卡

中图分类号: P588.14

文献标识码: A

查查香卡地区晚三叠世火山岩位于青海省都兰县以北的查查香卡农场西南侧, 大地构造位置属鄂拉山与柴北缘结合部(高延林等, 1988)。空间上位于都兰县以北 43 km, 是区内最强烈及最后一期

火山活动的产物(姜春发等, 1992)。区域上受北西向右行走滑断裂控制, 集中分布于区内都库隆瓦—大海滩一带(图 1), 出露面积 56 km², 为一套钙碱性系列的陆相火山岩。

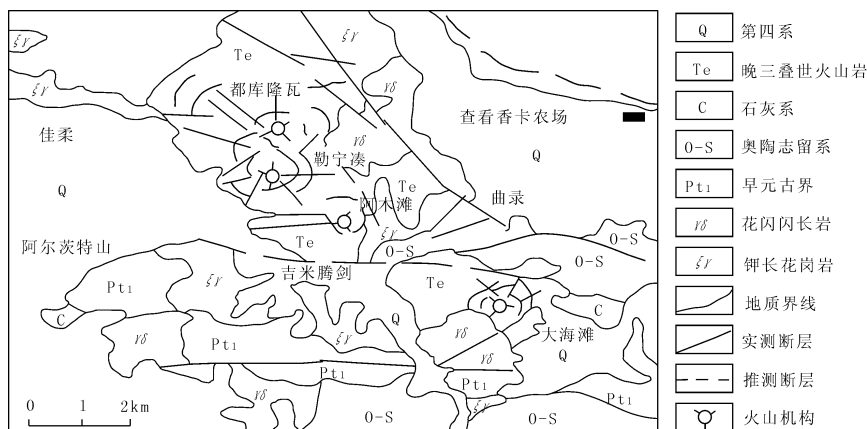


图 1 地质构造纲要图

Fig. 1 Scheme map for geological structure

1963 年 1:100 万 J-47 (西宁幅) 区调与 1969 年 1:20 万 J-47-33 (都兰幅) 区调工作中, 前人对该区晚三叠世火山岩空间分布、形态及岩相划分

作了一定的研究(李昌年, 1992), 但对火山旋回、韵律划分很粗浅, 岩石类型、岩石化学和地球化学等研究程度低, 火山机构的研究为空白。鄂拉山组

收稿日期: 2011-11-10; 修回日期: 2011-12-28

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目“青海省地质找矿工作跟踪研究”(121201140119)

作者简介: 芦文泉 (1976-), 男, 工程师, 主要从事地质勘查及项目管理工作。E-mail: tonghaikui@163.com

火山岩与晚三叠世侵入岩的关系及与构造关系的研究程度不够，缺乏岩浆的性质、成分、来源及火山喷发时的大地构造背景的综合研究，以及对火山构造单元的划分和火山喷发规律的研究。笔者经过野外仔细工作、系统采集各类样品，并结合前人工作成果综合研究分析发现：火山岩不整合于古元古代达肯大坂（岩）群、上奥陶—下志留统滩涧山群及下石炭统怀头他拉组等老地层之上。其被晚三叠世二长花岗岩、早侏罗世钾长花岗岩等侵入。在英安岩中测得同位素年龄值（ 217 ± 5 ）Ma（K-Ar）。确定该套火山岩时代为晚三叠世。岩石地层单位为鄂拉山组。

1 火山岩地质特征

1.1 火山岩的分布

该套火山岩属东昆仑晚三叠世Ⅰ级火山带中段（张智勇等，2002），都兰-鄂拉山Ⅱ级火山喷发带，区域上分布于都兰-鄂拉山Ⅱ级火山喷发带的最北端，测区内位于大海滩—都库隆瓦一线。笔者在上述Ⅰ、Ⅱ级火山构造单元的基础上划分次级火山构造单元。大海滩-都库隆瓦裂隙-中心式喷发（亚）带，分别由大海滩层状火山、阿木滩层状火山、勒宁湊层状火山、都库隆瓦层状火山等 4 个火山机构组成。火山机构均受北西向右旋压扭性断裂控制，呈串珠状北西向展布（图 2）。

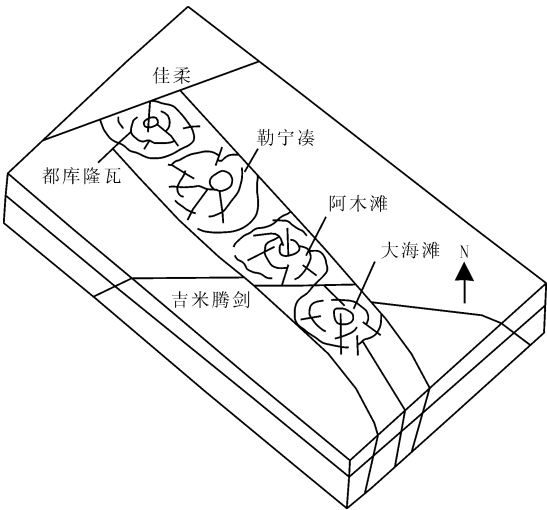


图 2 火山机构与区域构造关系图

Fig. 2 Diagram showing relationship of volcanic bodies and regional structural

鄂拉山组以一套中—中酸性钙碱性系列的火山岩为特征，由 4 个层状火山组成，即大海滩层状火山、阿木滩勒宁湊层状火山、都库隆瓦层状火山及勒宁湊层状火山。各火山机构火山喷发强度、喷发韵律的差异，所表现的火山岩相、岩性特征和岩层厚度等也有所不同，但总体反映出该套火山岩由爆发相-喷溢相相间周期，由强到弱形成的正韵律。火山岩地层中未见沉积夹层，岩石成层性较差，火山口四周集块岩多呈无序堆积，附近发育岩钟、岩碑地质地貌，局部岩石红顶绿底醒目，具明显的柱状节理，近距离岩性变化比较迅速。是典型的陆相喷发岩系，属造山带构造环境，与区内北西向右行走滑断裂关系密切。

1.2 火山喷发韵律、旋回及火山岩相的划分

岩石地层单位将该套陆相火山岩归属鄂拉山组，与之对应，区域上将其划为鄂拉山火山喷发旋回。与区域资料分析对比发现，测区内的火山喷发为鄂拉山喷发旋回中期，喷发强度属最强盛时期。各火山机构喷发特点、喷发作用强度等略有不同，表现为火山韵律、火山岩相等也有所差异，但总体反映出火山喷发活动为爆发相→喷溢相相间的周期，属由强到弱的正韵律。

都库隆瓦层状火山机构划分为 6 个韵律，第一、二、三韵律构成早期阶段的火山喷发活动特征，由爆发相-喷溢相相间的 3 个周期组成。岩性为一套安山质集块岩及英安岩，集块岩主要分布于火山口附近，英安岩与其交替出现，反映该阶段火山喷发活动较为强烈，爆发-喷溢频率较快。第四、五韵律构成火山喷发活动中晚期阶段，该段火山喷发更为强烈，规模大，爆发-喷溢持续时间长。岩性以安山质集块岩、英安山质火山角砾岩、英安质凝灰岩及英安岩为主。第六韵律由爆发相、潜火山相组成，岩性为一套火山角砾岩及次石英安山岩，反映火山喷发活动强度减弱，末期被潜火山相物质沿火山通道及裂隙侵入。该火山机构从早期阶段到晚期阶段显示火山喷发活动由强到弱，岩性由中性向中—酸性渐变，岩浆活动由喷发型向侵入型递进。

1.3 火山机构特征

通过对该区晚三叠世火山岩韵律、旋回及火山岩相的划分，对火山岩放射状、环状断裂、环状山体地貌以及火山岩岩碑、岩钟的调查，以及对直接

指示火山口的集块岩、火山弹的分布规律及岩石类型的调查,对测区鄂拉山组火山岩划分为 4 个层状火山机构。4 个层状火山均属大海滩-都库隆瓦裂隙-中心式喷发亚带,受同一北西向压扭性断裂控制,呈串珠状分布,相对集中,相互叠覆。这里只对比较典型的勒宁湊层状火山进行描述。

该火山机构位于都兰县夏日哈乡勒宁湊,由晚三叠世鄂拉山组中一中酸性火山岩组成。属岩浆多次爆发-喷溢交替、熔岩与火山碎屑岩及集岩交互成层产出的层状火山机构。

火山机构平面形态呈椭圆形,南北直径约 4.5 km,东西直径约 2.5 km。地貌上表现为中心低洼,内略缓,外陡的环形山体(图 3)。中心洼地南北直径约 3 km,东西直径 200~500 m 不等。在该火山机构中测得直径小于 500 m 的南北两个火口,但均被第四系湖积物覆盖。

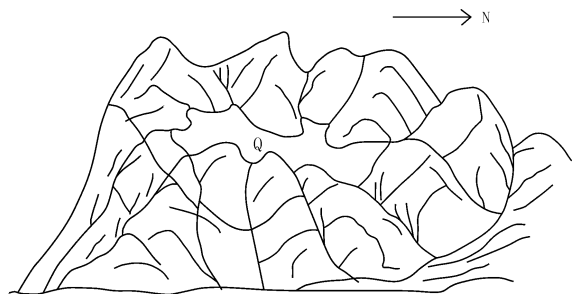


图 3 层状火山形成的环形山体素描图

Fig. 3 Sketch map for layered formation of volcanic crater

火山机构西侧受一走向 $55^{\circ}\sim 215^{\circ}$ 向北西倾的正断层控制,北部受北西向压扭性断裂控制。从中心至边缘发育放射状、环状断裂,其形成一系列放射状水系、环状陡崖。火山机构中岩相、岩性界线大部分清楚,且协调,火山处形成中心洼地,层状火山机构特征保留较好。该火山机构经受中一浅程度剥蚀。火山口被湖积物覆盖,形成一中心洼地,其四周附近为略内倾的火山集块、火山弹等无序堆积,外图则以凝灰熔岩类为主,产状外倾,倾角 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$,其中发育柱状节理。是由强烈火山活动,使中一酸性岩浆上升并交替爆发与喷溢形成的产物,属由强到弱的正韵律周期。

火山机构中心至边缘依次出露有英安质集块岩、英安质含集块火山角砾岩、英安质复屑熔岩含集块凝灰岩、英安质岩屑熔岩火山角砾凝灰岩、英

安质岩屑含火山角砾凝灰熔岩、安山质晶玻屑熔岩凝灰岩、安山质岩屑熔岩火山角砾凝灰岩及安山质晶岩屑角砾凝灰熔岩等。它们交替成层产出,且呈弧形或环带分布。

2 火山岩岩石化学、稀土元素及微量元素特征

2.1 岩石化学特征

在 TAS 图中投影,一个样品投于流纹岩区,其余样品投于英安岩区,与实际岩石类型无明显差异。表 1 中显示岩石 SiO_2 含量为 $64.60\%\sim 71.54\%$,变化较大,平均 67.91% ,略高于世界平均英安岩 SiO_2 含量。 K_2O 平均含量为 3.55% ,略高于世界平均值。 Na_2O 含量略高于 K_2O , N/K 值为 $1.29\sim 1.66$ 。反映出晚三叠世火山岩岩浆活动向酸性增强,碱度增大。随着 SiO_2 含量的增加, K_2O 、 Na_2O 含量也随之增加,显正相关性,而 FeO 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 TiO_2 、 Al_2O_3 等含量减少,显负相关性,表明岩浆演化向富 Si、富碱、贫 Mg、贫 Fe 方向演化。 CaO 平均含量 2.42% ,高于世界平均值。里特曼指数 σ 值为 $1.43\sim 2.36$,均小于 3.3,钙性、钙碱性、碱钙性和碱性岩的分界线分别为 $\sigma=1.8$ 、4 和 9。 TiO_2 含量为 $0.14\%\sim 0.56\%$,反映岩石为亚碱性区钙碱性系列的普通岩石,属低钛型(图 4)。岩石标准矿物组合完全相同,含量变化不大,表明岩石来自同一岩浆房。长英指数 FL 值为 $68.02\sim 87.57$,略偏高,显示岩石属中酸性岩类;碱值 NK 为 $6.02\sim 7.92$,变化范围小,岩石含碱相近。分异指数 DI 值为 $72.31\sim 88.15$ 偏高,表明已经分异演化彻底,酸性程度高,介于石英安粗岩均值(68)和流纹岩均值(88)间。固结指数 SI 值大多小于 10,在安山岩-英安岩($SI=0\sim 9$)区间内,表明岩石分异较完全,但固结成岩一般。氧化率 OX 值为 $0.56\sim 0.68$,岩石后期氧化蚀变强度不大。近年来国外普遍把火山岩的系列组合与板块构造联系起来进行研究,笔者通过分析并结合板块构造学研究,认为测区鄂拉山组火山岩为活动大陆边缘火山岩正序列共生组合(P. 亨德森,1989),即钙碱性系列安山岩-英安岩-流纹岩组合。

表 1 晚三叠世火山岩岩石化学特征表

Tab. 1 Chemical characteristics of late Triassic volcanic rocks

岩 性	样品号	氧 化 物 组 合 及 含 量/%													
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	烧失量	总量
英 安 岩	I ₉ 458	71.54	0.14	14.16	1.37	1.35	0.01	0.42	1.10	3.88	3.87	0.03	1.04	0.51	99.42
英安质含角砾凝灰熔岩	I ₉ P ₅ 5-1	68.52	0.36	14.61	1.30	2.82	0.07	1.10	2.28	3.42	4.02	0.08	0.32	0.69	99.59
英安质火山角砾岩	I ₉ P ₅ 7-1	66.98	0.43	13.74	2.64	3.74	0.12	1.42	2.90	3.08	2.82	0.10	1.52	0.40	99.89
次石英安山岩	I ₉ P ₆ 1-1	64.60	0.56	16.05	2.62	2.28	0.07	1.10	3.38	3.69	3.50	0.12	0.64	1.59	100.2

岩 性	样品号	CIPW 标准矿物组合及含量/%												总 量
		ap	il	mt	c	Q	or	ab	an	hy				
										en	fs			
英安岩	I ₉ 458	0.068	0.272	1.778	1.698	31.226	23.371	33.553	5.374	1.069	1.592	99.999		
英安质含角砾凝灰熔岩	I ₉ P ₅ 5-1	0.177	0.693	1.912	0.688	25.649	24.098	29.356	10.946	2.78	3.693	99.992		
英安质火山角砾岩	I ₉ P ₅ 7-1	0.223	0.834	3.639	0.599	28.694	17.013	26.606	14.024	3.612	4.748	99.991		
次石英安山岩	I ₉ P ₆ 1-1	0.267	1.081	3.322	0.34	20.086	21.001	31.709	16.23	2.782	3.17	99.987		

岩 性	样品号	岩 石 化 学 参 数 值											
		σ	SI	FL	ϵ	DI	AR	NK	OX	LI	N/K	log σ	log ϵ
英安岩	I ₉ 458	2.08	3.86	87.37	73.47	88.15	3.06	7.92	0.56	24.12	1.52	0.32	1.87
英安质含角砾凝灰熔岩	I ₉ P ₅ 5-1	2.15	8.69	76.54	31.10	79.10	2.36	7.55	0.68	19.70	1.29	0.33	1.49
英安质火山角砾岩	I ₉ P ₅ 7-1	1.43	10.38	67.04	24.79	72.31	2.10	6.02	0.61	14.90	1.66	0.16	1.39
次石英安山岩	I ₉ P ₆ 1-1	2.36	8.03	68.02	22.06	72.80	2.18	7.30	0.58	15.54	1.60	0.37	1.34

综上所述，本区晚三叠世火山岩以中—高 Ka、高 Ca、低 Ti 为特征，属钙碱性系列（李昌年，1992）。

2.2 稀土元素特征

表 2 中 Σ REE 值为 $153.62 \times 10^{-6} \sim 238.94 \times 10^{-6}$ ，在中性岩 Σ REE 均值 130×10^{-6} 和花岗岩 Σ REE 均值为 250×10^{-6} 之间（据赫尔曼，1970）；LREE 值 $125.59 \times 10^{-6} \sim 193.98 \times 10^{-6}$ 。HREE 值为

$28.03 \times 10^{-6} \sim 44.96 \times 10^{-6}$ 。LREE/HREE 值为 4.01~4.48，La/Sm 值为 5.83~6.77，变化不大。La/Yb 值为 14.85~17.47，略偏高，以上特征均表明岩石均为轻稀土富集型。稀土元素配分曲线（图 5）均呈右倾较缓的平滑线，Eu 处呈较浅的“V”字型谷，弱的负 Eu 异常，与岛弧的火山岩相似（Pearce J. A, 1989）。 δ Eu 值为 0.44~0.68，Eu 弱亏损， δ Ce 值为 0.99~1.08，Ce 亏损不明显。

表 2 晚三叠世火山岩稀土元素特征表

Tab. 2 Characteristics of rare earth elements in volcanic rocks in late Triassic

岩 性	样品号	轻稀土元素组合及含量/ $\times 10^{-6}$						重稀土元素组合及含量/ $\times 10^{-6}$								
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
英 安 岩	I ₉ 458	48.3	89.4	9.45	38.8	7.13	0.90	4.92	0.85	5.52	1.15	3.19	0.54	3.04	0.45	25.3
英安质凝灰熔岩	I ₉ P ₅ 5-1	30.4	59.7	6.29	23.5	4.83	0.87	3.08	0.54	3.46	0.66	1.81	0.28	1.74	0.26	16.2
次石英安山岩	I ₉ P ₆ 1-1	40.7	76.3	8.97	35.7	6.98	1.37	4.92	0.85	5.40	1.06	2.92	0.44	2.74	0.39	23.7

岩 性	样品号	稀 土 元 素 参 数 特 征 值											
		REE	LREE	HREE	LREE/HREE		δ Eu	δ Ce	Sm/Nd	La/Yb	La/Sm	Ce/Yb	Eu/Sm
英 安 岩	I ₉ 458	238.94	193.98	44.96	4.31		0.44	1.00	0.18	15.89	6.77	29.41	0.13
英安质凝灰熔岩	I ₉ P ₅ 5-1	153.62	125.59	28.03	4.48		0.65	1.08	0.21	17.47	6.29	34.31	0.18
次石英安山岩	I ₉ P ₆ 1-1	212.44	170.02	42.42	4.01		0.68	0.99	0.20	14.85	5.83	27.85	0.19

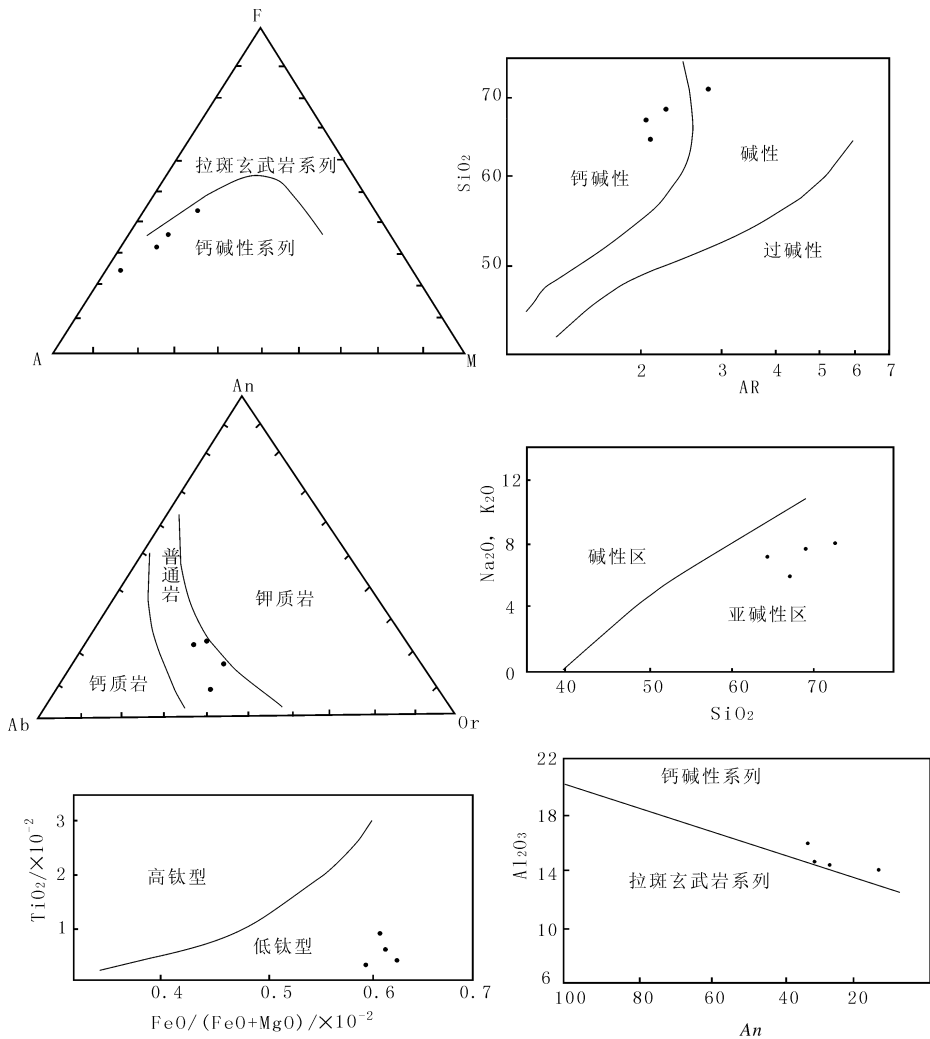


图 4 晚三叠世火山岩化学图解

Fig. 4 Chemical diagram for late Triassic volcanic rocks

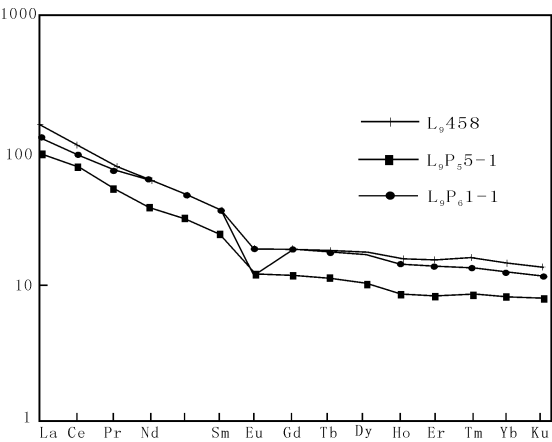


图 5 火山岩稀土元素配分曲线图

Fig. 5 REE patterns for volcanic rocks

2.3 微量元素特征

表 3、图 6 显示：岩石中 K、Rb、Ba、Th 等元素强烈富集，Ta、Nb、Ce、Zr、Hf 等元素富集中等，P、Ti、Y、Yb、Sc、Cr 等元素明显亏损。其中，Ti、Sc、Cr 元素强烈亏损。MORB 标准化分配曲线图中曲线呈明显的“M”型。另外，在 Ti-Zr 判别图中投于 C 区（钙碱性玄武岩）（Pearce，1982；夏林圻，2001）。微量元素特征参数比值有规律性变化，Rb/Sr（0.65、1.14、1.80）、Ni/Co（0.83、1.38、1.33）、Ba/Sr（3.25、4.22、7.86）值随岩浆分离结晶作用程度递增而变大，Nb/Ta（15、17、23）随中性—酸性而依次增高，但对酸性岩来说，随着分异作用过程其比值反而呈变小趋势。岩石中 Au 含量为 12×

表 3 晚三叠世火山岩微量元素特征表

Tab. 3 Trace elements abundances for late Triassic volcanic rocks

样品号	Ba	Cs	Nb	Zr	Y	Sr	U	Rb	Th	Hf	Zn	Cr	V	Ti	Sc	Ta	Au	Co	Ni	Li	Ag
I ₉ 458	731	6	23	191	23	93	4	167	14	9	44	13	13	986	5	1	12	3	4	14	140
I ₉ P ₅ 5-1	620	6	17	118	19	147	4	167	17	8	73	25	51	2460	9	1	15	8	11	22	118
I ₉ P ₅ 7-1	705	6	14	144	19	147	3	136	11	9	171	28	68	2955	11	1	16	8	7	33	200
I ₉ P ₆ 1-1	751	5	15	284	27	231	3	150	13	9	65	22	47	3518	12	1	67	6	5	26	289
I ₉ P ₆ 10-1	393	5	14	120	21	69	4	172	14	8	59	13	54	2403	10	2	13	6	4	10	101

注：全定量分析；含量为 $\times 10^{-6}$ ，其中，Au、Ag 为 $\times 10^{-9}$ 。

$10^{-9} \sim 67 \times 10^{-9}$ ，Ag 含量为 $101 \times 10^{-9} \sim 289 \times 10^{-9}$ ，显示低丰度值，无富集或矿化迹象。

3 火山岩成因及构造环境分析

查查香卡地区晚三叠世火山岩是东昆仑晚三叠世火山带都兰-鄂拉山火山喷发带的成分,岩石化学特征反映岩石属钙碱性系列,为低 Ti 型。Rb/Ba 值为 0.20~0.44,与岛弧玄武岩的比值一致(殷鸿福等,1998),反映出该区火山岩源区为下地壳。根据 Condie 不同构造背景玄武岩的判别流程,Zr/Y 值是原始地幔该项比值(2.3)的 2.48~4.57 倍。Th/Yb 值是原始地幔该项比值(0.25)的 18.42~39.08 倍。La/Ta 值是原始地幔该项比值(16.5)的 1.84~2.93 倍;Hf/Th 值是原始地幔该项比值(3.8)的 12.4~21.5。这也表明本区中一酸性火山岩不同于岛弧,是地壳下部的岩浆经历了早期的结晶分异作用的结果。稀土元素 Sm/Nd 值为 0.18~0.21,与壳层花岗岩的 Sm/Nd 值一致(表 4)。Eu/Sm 为 0.13~0.19,La/Sm-La 图解显示,岩石属同源岩浆分异结晶的产物。稀土元素分布曲线表现为均呈右倾斜型(轻稀土富集),反映了它们形成于同一构造环境。Log ϵ -Log σ 图解中投于 B 区(殷鸿福等,1998)。岩浆上涌成岩时温度为 700~750℃,压力为 $1 \times 10^5 \sim 3 \times 10^5$ kPa。上述信息表明,岩石是来自地壳下部的火山岩浆经分异结晶并在上涌过程中混入有上地壳物质而喷发形成。

区内发育的火山岩与侵入岩在物质成分、地质背景、成因及构造环境等方面有着必然的联系。晚三叠世早期,受东昆仑“ A ”型斜向俯冲影响(姜春发等,1992),区内形成较大面积陆相钙碱性火山岩,即鄂拉山组火山岩,随火山喷发活动相对减弱,岩浆活动由喷发向侵入型递变,区内形成一套以中性-酸性侵入岩为主体的查查河超单元。该

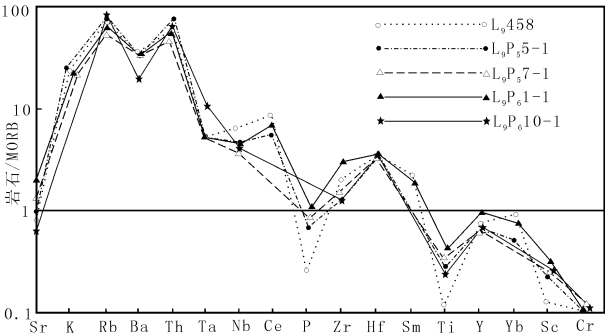


图 6 火山岩微量元素 MORB 标准配分

Fig. 6 MORB-normalized trace elements patterns for volcanic rocks

期先喷发形成的火山岩和后期侵入的侵入体同处于都兰-鄂拉山岩浆活动构造带,是同源岩浆先喷发后侵入而形成的产物,在物质成分、岩浆成因和构造环境等方面有着密切的联系,表明火山岩岩浆和侵入岩岩浆是下地壳同源物质熔融的产物,二者构造环境均属陆内造山环境。

表 4 火山岩 Sm/Nd 值与各岩类的对应关系

Tab. 4 Sm/Nd ratios of volcanic rocks and other rocks

物质来源	Sm/Nd 值
地幔	0.260~0.375
大洋玄武岩	0.234~0.425
壳层的花岗岩及各沉积岩	小于 0.2
测区火山岩	0.18~0.21

注：引自王中刚等，稀土元素地球化学，1989。

区域上在安山岩中取得同位素 Rb-Sr 等时线,其 Sr^{87}/Sr^{86} 初始值为 0.710 6,比值较大(大陆岩石平均的初始比值为 0.719),表明为壳源型玄武质岩浆与地壳硅铝质岩石发生混染而形成。

由于微量元素对次生变化不敏感而稳定,因此,不同的构造环境下具有较稳定的特征。测区内各岩

类微量元素（表 3），用 N 型洋脊玄武岩加以标准化，所得出的地球化学分布型式表明，测区晚三叠世鄂拉山组安山岩类、英安岩类、流纹岩类具有十分相似的地球化学分布模式曲线。曲线相似于 Pearce（1982）典型的钙碱性玄武岩，并以 Sr、K、Rb、Ba 和 Th 较强富集，并伴有 Ce、Sm 的富集特征，类似于智利火山岩。各岩类曲线表现为极为一致的地球化学特征，表明它们来自同一岩浆源，具有相同的成因。根据 Pearce 的洋脊花岗岩（ORG）标准化的各类火山岩地球化学分布型式，研究表明晚三叠世鄂拉山组安山岩类、英安岩类、流纹岩类具有完全一致的地球化学分布型式，说明它们形成于相同的大地构造背景，具有同一物质来源，与 Pearce（1984）的洋脊花岗岩标准化的地球化学型式比较，相似于同碰撞型花岗岩分布型式（夏林圻等，2009）。岩石中 La、Nb、Y 等亲石元素与造山安山岩相近，并在 Nb-Y（图 7）中，其投点集中在同碰撞花岗岩区，表明岩石形成于造山晚期环境，与查河超单元花岗岩共生。在 Ti/100-Zr-3Y 三角图中，Zr/Y-Zr、Zr/Y-Ti/Y、Ti/Y-Ti 的坐标和 Zr/Y-Zr，投点落在大陆火山弧。在里特曼-戈蒂里

Log τ 与 Log σ 关系图上，火山岩投点落在 B 区，为造山带火山岩区，显然为构造活动强烈环境下形成，并且越到晚期（流纹岩类）位于 B 区偏上，说明前者较后者形成时期构造变动更强烈。微量元素特征和稀土元素特征也证明这一特征。通过比较，测区晚三叠世火山岩各项特征指数与活动陆缘型火山岩系相似，又具有本身的独特性（表 5）。

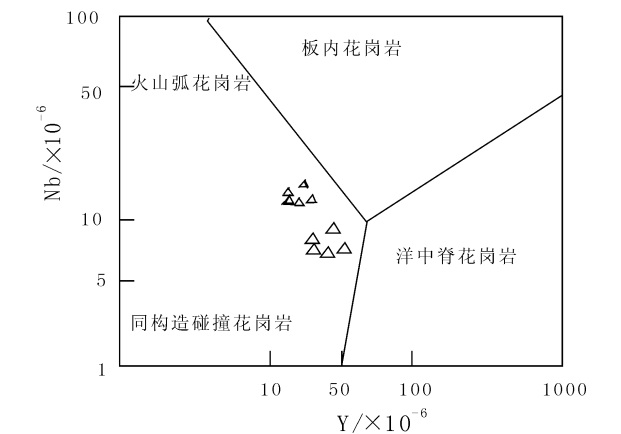


图 7 Nb-Y 构造环境判别图
Fig. 7 Nb-Y tectonic setting discrimination diagram

表 5 测区晚三叠世火山岩与造山带火山岩特征对比表
Tab. 5 Comparison of volcanic rocks features in survey area and the orogenic belt

火山岩系		SiO ₂ /%	FeO/MgO	K ₂ O/Na ₂ O	K ₂ O
造山带	活动陆缘型火山岩系	56~75	>2	>0.6	比较固定
	岛弧型火山岩系	50~66	<2	<0.6	变化范围较大 向大陆方向变化
		多<56			
测区晚三叠世火山岩系（Te）		64.6~71.54	2.07~3.21	0.92~1.18	2.82~4.02

综上所述，测区晚三叠世鄂拉山组火山岩的岩石矿物组合、常量元素、微量元素、稀土元素特征及元素参数判别图解、Q 型聚类分析均表明火山岩喷出时的大地构造环境为陆内造山环境，为华北板块南部活动陆缘成熟硅铝壳上发育起来的陆相火山岩。该火山岩最初可能形成于大陆边缘环境，由于 A 型俯冲构造活动，测区乃至鄂拉山地区产生一系列右旋走滑断裂带，受北西向右旋走滑断裂的影响，岩石孔隙加大，并出现强烈的热流活动，导致岩浆沿这些断裂带喷出地表。

4 结论

（1）晚三叠世早期，受东昆仑“A”型斜向俯

冲影响，区内北北西向右行走滑形成的造山运动初具规模，从而诱发了晚三叠世火山喷发活动，导致在大海滩—都库隆瓦地区形成较大面积陆相钙碱性火山岩。火山岩同位素年龄值为（217±5）Ma。

（2）测区晚三叠世火山岩属鄂拉山火山喷发旋回总体反映爆发相-喷溢相相间分布，由强到弱的正韵律火山活动。岩石类型为爆发相的集块岩、火山角砾岩及凝灰岩类，喷溢相的安山岩、英安岩及流纹岩类，以及潜火山岩相的次石英安山岩。岩相间的界线大部分清楚。

（3）本区晚三叠世火山岩为中—中酸性，岩石具有中—高 Ka、高 Ca、低 Ti 的特点，为亚碱性区钙碱性系列的岩石。分异较完全，但固结成岩一

般。依据稀土元素特征，发现岩浆分异程度较高，曲线呈右倾较缓的平滑线，具弱负 Eu 异常，属轻稀土富集型。物质来源为下地壳。微量元素特征表明该区晚三叠世火山岩构造环境为陆内造山环境。

参考文献 (References):

高延林, 吴向农, 左国朝. 东昆仑山清山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): 8-13.

Gao Yanlin, Wu Xiangnong, Zuo Guochao. East Kunlun Qingshan spring characteristics and its tectonic significance of Ophiolite [J]. 1988, (21): 8-13.

姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 等. 昆仑开合构造 [R]. 地质矿产部地质专报 (五), 1992, 37-40.

Jiang Chunfa, Yang Jingsui, Feng Binggui, et al. Kunlun opening - closing tectonics [R]. Special Issue of Ministry of Geology and Mineral Resources (No. 5) 1992, 37-40.

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

Li Changnian. Trace elements in igneous Petrology [M]. China University of Geosciences Press, Beijing, 1992.

张智勇, 张克信, 于庆文, 等. 造山带区 1: 25 万区域地质调查方法 [J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2002, 27 (04): 3-11.

Zhang Zhiyong, Zhang Kexin, Yu Qingwen, et al. Method of 1: 250000 regional geological survey in orogenic belts [J]. Earth Sciences-journal of China University of Geosciences, 2002, 27 (04): 3-11.

P. 亨德森. 稀土元素地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1989.

Henderson P. REE geochemistry [M]. Geological publishing House, Beijing, 1989.

夏林圻. 造山带火山岩研究 [J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20 (03): 225-232.

Xia Linqi. A study on volcanic rocks in orogenic belts [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2001, 3225-232.

殷鸿福, 张克信. 中央造山带的演化及其特点 [J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1998, 23 (05): 9-12.

Yin Hongfu, Zhang Kexin. Evolution and characteristics of the central orogenic belt [J]. Earth Sciences-Journal of China University of Geosciences, 1998, 23 (05): 9-12.

夏林圻, 夏祖春, 马中平, 等. 南秦岭中段西乡群火山岩岩石成因 [J]. 西北地质, 2009, 42, 0223-27.

Xia Linqi, Xia Zuchun, Ma Zhongping, et al. Petrogenesis of volcanic rocks from Xixiang group in the middle part of South Qinling Mountains [J]. Northwest Geological, 2009, 42, 0223-27.

Pearce J A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries, in Andesites [J]. 1982, 101-109.

Analysis of Environment for Late Triassic Volcanic Rocks in Chachaxiangka, Elashan

LU Wen-quan¹, TONG Hai-kui¹, CANG Suo-nanjiancuo², MA Yong-sheng²

(1. Center for Land Resources Exploration Project Management in Qinghai Provinc, Xining 810001, China; 2. Quaternary Geology and Mineralresources Exploration in Qinghai Province, Xining 810001, China)

Abstract: Through study on Petrology of the Late Triassic volcanic rocks from Chachaxiangka area, the volcanic rocks belong to Elashan Formation and are calc-alkaline series. Considering the tectonic setting of intra-continental orogenic environment, the Late Triassic volcanic rocks initially may form in the continental marginal environment. Researched area and even Elashan area produced a series of right rotary sliding fault zone because "A" type subduction. Affected by northwestern Right-lateral strike slip fault zone, rock pore increased and strongly heat flow activities appears coursing magma spray out surface along these fault zone.

Key words: petrology; intra-continental orogenic; tectonic environments; Late Triassic volcanic belt of Eastern Kunlun mountains; Chachaxiangka