

东昆仑那陵格勒河南上三叠统鄂拉山组火山岩 地球化学特征及构造环境

张得鑫, 曾小平, 魏小林, 魏云祥, 杨延乾, 李嘉泰

(青海省地质调查局, 西宁 810001)

摘要: 东昆仑那陵格勒河南地区发育上三叠统鄂拉山组(T_3e)火山岩, 岩石类型主要以英安质玻屑晶屑凝灰岩和英安质熔结凝灰岩为主, 具有高碱、高钾、高铝的特征; 岩石的二氧化硅含量 $w(\text{SiO}_2) = 69.12\% \sim 74.52\%$, 全碱含量 $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 6.42\% \sim 7.33\%$, 里特曼指数 $\sigma = 1.39 \sim 2.01$, 岩石的铝过饱和指数 ASI 介于 1.02~1.17 之间, 属典型的过铝质高钾钙碱性系列。岩石的稀土元素 $w(\text{LREE})/w(\text{HREE}) = 11.02 \sim 15.99$, $\delta\text{Eu} = 0.54 \sim 0.67$, 钕具中等亏损, 属轻稀土富集型; 微量元素 K、Rb、Ba 和 Th 较强的富集, Sr、Ti、Sc、Cr 明显亏损, 具有后碰撞下地壳重熔产物的特征。在鄂拉山组玄武质晶屑凝灰岩中获 U-Pb 同位素年龄值为 $231 \text{ Ma} \pm 1 \text{ Ma}$, 形成时代为晚三叠世。通过综合分析认为, 鄂拉山组火山岩可能形成于以侧向挤压为主的陆-陆后碰撞过程中加厚地壳物质部分熔融的产物, 属于印支期后碰撞火山盆地岩石建造。

关键词: 鄂拉山组; 火山岩; 地球化学; 构造环境; 锆石 U-Pb; 东昆仑地区

中图分类号: P581 **文献标识码:** A

0 引言

东昆仑构造岩浆岩带是横亘青海省中部的一个规模巨大的复合侵入岩浆构造带, 岩浆侵入作用十分发育; 晚三叠世陆相火山活动是东昆仑火山岩带的重要组成部分, 所形成的岩石建造具有较典型的高钾钙碱性系列岩石组合, 是区内最强烈及最后一次火山活动产物^[1], 代表了古特提斯洋板块向北俯冲(晚华力西-印支造山旋回)过程中(加厚陆壳)的岩浆产物^[2]。

近年来, 在许多地质工作者在东昆仑东段热水、查查香卡、鄂拉山等地区对晚三叠世火山岩做了大量研究^[3-9]。在喀拉克登地区, 夏楚林认为晚三叠世陆相火山岩形成于陆-陆后碰撞环境^[8]; 刘红涛认为漫塔格山陆相火山岩形成的大地构造环境属活动

大陆边缘环境^[9]。

东昆仑那陵格勒河南地区属东昆仑岩浆带北昆仑岩浆弧的西端, 本文旨在对那陵格勒河南地区鄂拉山组火山岩岩石地球化学和形成的构造环境进行研究, 期望能够对祁漫塔格岩浆活动及东昆仑造山带的地质研究工作有所帮助。

1 区域地质概况

研究区位于柴达木盆地南缘, 处于昆北断裂和昆中断裂所夹持的昆北火山-侵入岩带(昆北构造带)及昆中花岗岩-变质杂岩构造带中^[10]。在经历了中-晚二叠世碰撞造山的影响和早三叠世的隆升剥蚀以后, 从晚三叠世开始发生了陆内叠覆造山作用。

收稿日期: 2016-04-07; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国地质调查局项目(编号: 1212010818044)资助。

作者简介: 张得鑫(1985—), 男, 地质工程师, 主要从事矿产勘查等方面的研究工作。通信地址: 青海省西宁市黄河路15号测绘大厦22楼; 邮政编码: 810001; E-mail: 179029209@qq.com

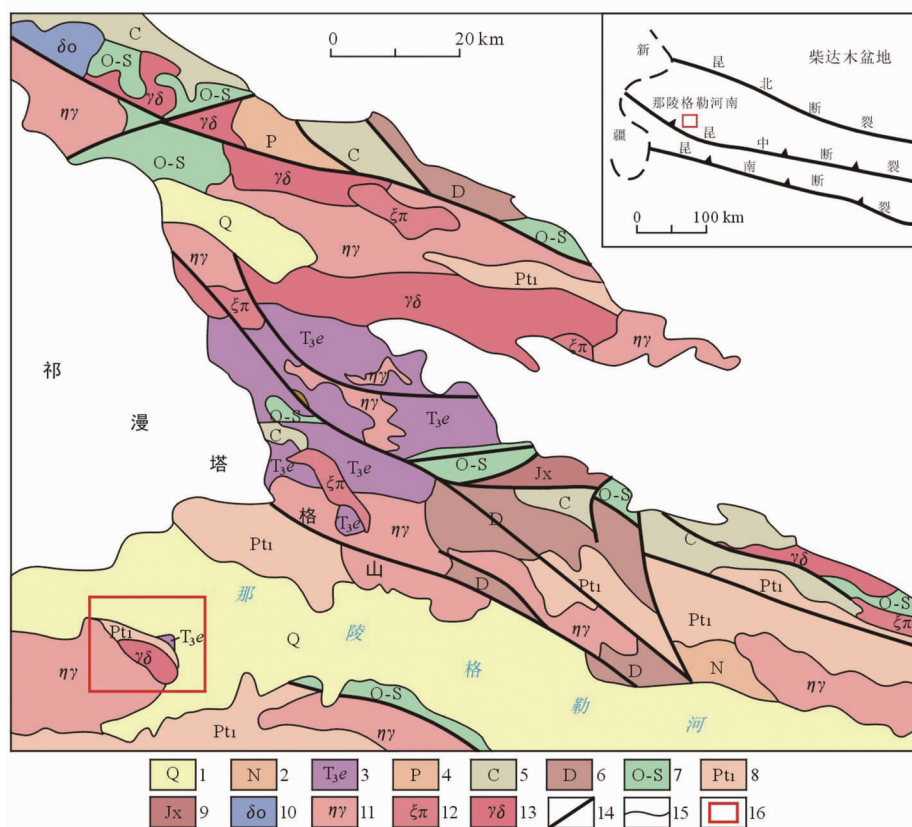


图1 祁漫塔格地区区域地质图(据1/100万青海省地质图修编)

Fig.1 Regional geologic map of Qimantage area

1. 第四系; 2. 第三系; 3. 晚三叠世鄂拉山组; 4. 二叠系; 5. 石炭系; 6. 泥盆系; 7. 奥陶志留系;
8. 古元古界; 9. 蓟县系; 10. 石英闪长岩; 11. 二长花岗岩; 12. 钾长花岗岩; 13. 花岗闪长岩;
14. 断层; 15. 地质界线; 16. 研究区

区内晚三叠世开始的陆内造山作用以大规模的地壳缩短为特征。在祁漫塔格地区,受昆北断裂、祁漫塔格北缘断裂及柴西缘北西向深大断裂影响,产生壳内不同层次的构造拆离,形成厚皮构造;地壳变形产生的摩擦热以及局部应力松弛、地壳加厚等因素,导致热的地幔上涌,从而发生了地壳物质的重熔,熔浆沿这些壳内拆离滑脱推覆面及断裂带发生了强烈的花岗质构造岩浆活动,造成大规模的印支期陆内花岗岩的侵入及晚三叠世中酸性陆相火山岩的喷发(图1)。

区内晚三叠世鄂拉山组(T_3e)火山岩是昆北构造特有的陆相火山岩,具有陆内派生岩浆弧的特征,岩石类型以流纹岩、流纹质凝灰岩及英安岩为主,含少量基性火山岩,具有玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩组合,属高钾钙碱性系列(部分为钾玄岩系列)火山岩。火山岩常伴随有同时代的花岗岩类侵入体。

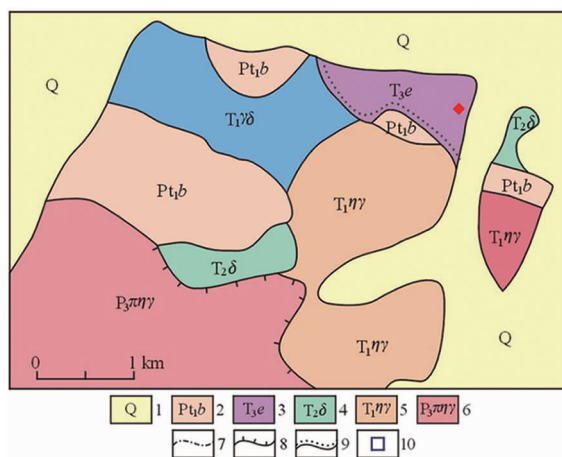


图2 研究区地质简图

(据1/5万祁漫塔格矿调略有修改)

Fig.2 Geological sketch of the study area

1. 第四系; 2. 金水口岩群白沙河岩组; 3. 三叠世鄂拉山组;
4. 中三叠闪长岩; 5. 早三叠世二长花岗岩;
6. 二叠世斑状二长花岗岩; 7. 脉动侵入; 8. 超动侵入;
9. 不整合界线; 10. 同位素采样位置

2 火山岩地质及岩石学特征

2.1 火山岩地质特征

那陵格勒河南地区的鄂拉山组(T_3e)火山岩出露面积较小,出露面积不足 2 km^2 ,厚度大于 455.81 m ,以角度不整合覆于古元古界金水口岩群和早三叠世花岗岩之上,其北侧被第四纪现代风成砂所覆盖(图 2)。

鄂拉山组(T_3e)火山岩以陆相火山岩为主体,以不含沉积夹层为特征,局部出现熔结凝灰岩,石泡构造、柱状节理较为发育,岩层具红顶灰底现象,均反映其陆相喷发特征。火山岩岩石组合较为简单,主要岩石类型以英安质玻屑晶屑凝灰岩和英安质熔结凝灰岩为主,并夹有中酸性凝灰岩。火山地层产状平缓,柱状节理发育,常形成陡壁地貌,岩石中气孔构造、石泡构造极为发育;岩相简单,以爆发溢流相为主,反映火山喷发强度较大,火山活动具明显的韵律性特点,上由下而上总体构成四个喷发韵律,反映出火山活动由爆发、溢流并举→火山强烈爆发的活动特点,而且从下至上粒度(含角砾→含集块)由细变粗,反映火山活动由弱到强的变化趋势。从早到晚由基性到酸性演化,构成一个较为完整的火山喷发旋回。

2.2 岩石学特征

鄂拉山组(T_3e)火山岩岩石类型主要以中酸性火山碎屑岩为主,以英安质玻屑凝灰岩和英安质熔结凝灰岩为主。

(1) 英安质熔结凝灰岩

灰白—灰色,熔结凝灰结构,动流纹构造。岩石由晶屑(斜长石含量(体积分数) 15% 、钾长石 $10\%\sim 15\%$ 、石英 $10\%\sim 13\%$ 、黑云母 $10\%\sim 14\%$ 、角闪石 $1\%\sim 2\%$ 、磷灰石微量、锆石微量)和浆屑(塑性玻屑含量(体积分数) $25\%\sim 40\%$,火山灰、火山尘 $3\%\sim 5\%$)熔结压紧而成。晶屑大小不等粒径,约有 $0.13\sim 0.2\text{ mm}$ 、 $0.5\sim 0.9\text{ mm}$ 、 $1\sim 2.7\text{ mm}$ 三个范围。晶屑中斜长石成不规则状,具绢云母化,聚片双晶可见;钾长石成棱角状,为微斜长石,略具黏土化;石英成尖棱角状,受熔蚀强,有的成空洞或港湾状炸裂现象较强;黑云母成不规则鳞片长条等,具破碎或绿泥石化暗化边,常见弯曲变形明显;角闪石成不规则状,个别有较自形轮廓保存但多已被绿帘石等取代暗化边;常见磷灰石、锆石成总体存在于暗色矿物

之中。晶屑具熔蚀现象,石英、长石、暗色矿物有表现,石英更强且多有炸裂、变形或拉长压扁定向排列。塑性玻屑长约 $0.2\sim 0.5\text{ mm}$ 、宽约 $0.04\sim 0.1\text{ mm}$,亦具脱玻化重结晶现象,并绕晶屑成弯曲顶入和变形定向分布成动流纹构造;少量火山灰尘亦具脱玻化重结晶,常常与细小玻屑混于一起并有的成微粒长英质矿物或被粘土矿物取代。

(2) 流纹质玻屑晶屑熔结凝灰岩

灰色,熔结凝灰结构,流纹构造。岩石矿物组成为石英(体积分数) 12% 、钾长石 25% 、斜长石 8% 、黑云母 10% 、角闪石少量、岩屑(凝灰岩等)少量,以及浆屑 5% 、塑性玻屑 35% 、火山灰、火山尘 $<5\%$,并以晶屑为主。其中,钾长石成不规则屑状熔蚀不太明显,为微斜长石;斜长石亦成碎屑状均具棱角;石英成他形具较强熔蚀成港湾状;黑云母成拉长变形或弯曲状,具暗化现象;角闪石少许被熔蚀成空洞状具碳酸盐化。晶屑大小 $0.13\sim 0.2\text{ mm}$;浆屑成火焰状,撕裂状及拉长压扁变形,绕晶屑定向分布,并具脱玻化重结晶,少数具双层结构,长约 $1\sim 1.6\text{ mm}$,个别达 2 mm ,宽约 $0.2\sim 0.5\text{ mm}$;塑性玻屑长约 $0.1\sim 0.5\text{ mm}$ (个别 1 mm),宽 $0.02\sim 0.04\text{ mm}$,并已胶玻成弧面多面状具拉长定向分布,并绕晶屑成弯曲状或被顶弯嵌入等现象形成动流纹构造,具脱玻化有的部分为粘土矿物取代;火山灰、火山尘也已为粘土物取代。

3 年代学研究

3.1 样品采集及测试方法

那陵格勒河南地区的鄂拉山组(T_3e)火山岩呈 NW 向条带状出露,该期火山岩不整合于古元古代金水口群和早三叠世花岗岩之上,区域上多被晚三叠世、早侏罗世侵入岩侵入,并在内接触带见晚期侵入岩体岩脉、岩枝穿插。有资料显示,在其北邻 $1:25$ 万库朗米其提幅喀雅克登塔格、克其克库木库勒以北的鄂拉山组(T_3e)火山岩 Rb-Sr 等时线法测年年龄分别为 $204.6\text{ Ma}\pm 2.6\text{ Ma}$ 、 $209.2\text{ Ma}\pm 1.8\text{ Ma}$;在 $1/5$ 万冰沟幅区域地质矿产调查中,在英安岩中获得 K-Ar 年龄值为 $203.0\text{ Ma}\pm 1.8\text{ Ma}$,时代归属晚三叠世晚期。

本次将对那陵格勒河地区的玄武质晶屑凝灰岩进行取样,采用锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素测年法测定其年龄。选取新鲜岩石作为分析样品,此样

品采自于那陵格勒河南地区;采样位置见图 2,岩性为玄武质晶屑凝灰岩,样品均配套采集了岩石化学样品进行分析。

样品的破碎和锆石挑选工作由天津地质矿产研究所实验测试室完成。选用常规方法进行粉碎,并用浮选和电磁选取方法进行分选,采用激光烧蚀多接收器电感耦合等离子体质谱仪(LA-ICPMS)进行同位素测年。采用质谱仪为 Thermo Fisher 公司制造的 Neptune,激光剥蚀系统为美国 ESI 公司生产的 UP193-FX ArF 准分子激光器,激光波长 193 nm,脉冲宽度 5 ns,束斑直径为 2~150 μm 可调,脉冲频率 1~200 Hz 连续可调。利用 193 nm 激光器对锆石进行剥蚀,设置的剥蚀坑直径为 35 μm ,激光能量密度为 13~14 J/cm²,频率为 8~10 Hz,激光剥蚀物质以 He 为载气送入 Neptune,利用动态变焦扩大色散同时接受质量数相差很大的 U-Pb 同位素,从而进行锆石 U-Pb 测定。以 TEMORA 作为外部锆石年龄标样,利用 NIST612 玻璃标样作为外标计算锆石样品的 Pb、U、Th 含量。原始数据数

据处理、年龄计算和绘图使用 ICP MS Data Cal 程序和 ISOPLOT 程序。采用 Adersen 方法对普通铅进行校正,详细的实验流程见文献^[11-12],测试数据误差均为 1 σ 。

3.2 锆石 U-Pb 分析结果

本次 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年对玄武质晶屑凝灰岩(09SQPM146JD1)中选取的 23 个锆石进行了测试工作,23 个锆石颗粒的测试数据如表 1 所述。锆石颗粒的 U、Pb 含量变化范围不大,其中 U 含量为 $167 \times 10^{-6} \sim 1286 \times 10^{-6}$,Pb 含量 $7 \times 10^{-6} \sim 52 \times 10^{-6}$ 。23 个分析点结果年龄变化范围小,²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄在 229 Ma~233 Ma 之间,²⁰⁶Pb/²³⁸U 值在误差范围均一致;本次测试过程中未发现较古老的锆石颗粒。在锆石 U-Pb 谐和图(图 3)中,年龄集中分布在谐和线上,全部 23 颗锆石的²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄加权平均值 231 Ma $\pm$ 1 Ma、MSWD=0.65,表明测试精度很高,基本代表了火山岩的形成年龄,故可确定本区鄂拉山组火山岩的形成时代为晚三叠世。

表 1 鄂拉山组晶屑凝灰岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析结果表

Table 1 LA-ICP-MS Zircon U-Pb isotopic analysis of crystal fragmental tuff of Elashan formation

样品号	$w_B/10^{-6}$		同位素比值		年龄/Ma	
	Pb	U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U
1	18	455	0.0365	1	231	23
2	26	638	0.0366	0.73	232	17
3	22	570	0.0363	0.88	230	20
4	21	547	0.0366	0.78	232	18
5	7	167	0.0366	2.63	231	60
6	32	825	0.0364	0.75	230	17
7	9	236	0.0362	1.64	229	38
8	29	710	0.0363	1.55	230	36
9	32	822	0.0363	0.96	230	22
10	24	615	0.0364	0.9	230	21
11	23	593	0.0365	0.84	231	19
12	20	515	0.0367	1.06	232	24
13	25	659	0.0368	0.76	233	18
14	22	566	0.0362	1.26	229	29
15	33	840	0.0363	0.8	230	18
16	52	1286	0.0363	1.02	230	23
17	43	1045	0.0364	0.91	231	21
18	50	1231	0.0364	0.67	231	15
19	25	624	0.0362	0.81	229	19
20	25	629	0.0368	0.92	233	21
21	32	807	0.0366	0.81	232	19
22	24	570	0.0367	1.4	232	32
23	25	638	0.0363	1.36	230	31

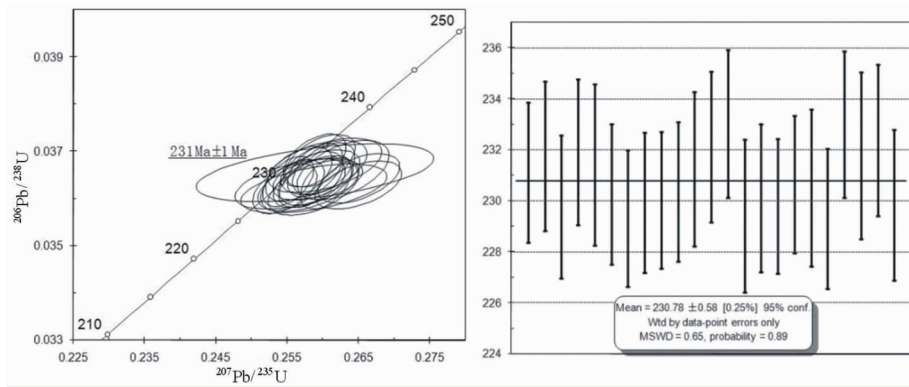


图 3 晶屑凝灰岩(09SQPM146JD1)LA-ICP-MS

锆石 U-Pb 同位素测年谱和图

Fig. 3 Concordia of LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the crystal fragmental tuff(09SQPM146JD1)

4 地球化学特征

为探讨那陵格勒河南地区玄武质晶屑凝灰岩的成因及形成环境,对本次选取的新鲜岩石的样品进行了化学分析。共分析 5 组样品,其中蚀变英安质玻屑晶屑凝灰岩 1 件,流纹质玻屑晶屑熔结凝灰岩 1 件,英安质熔结凝灰 3 件。主量元素和微量元素均由天津地质矿产研究所实验测试室完成分析;除 H_2O 用重量法和 FeO 用容量滴定法测定外,其余主量元素都用 X 荧光光谱仪测定^[13],分析精度(相对误差)优于 1%;微量元素和稀土元素采用电感耦合等离子体质谱仪(TJA-PQ-ExCell ICP-MS)测定,分析误差小于 5%。

4.1 主量元素

那陵格勒河南地区玄武质晶屑凝灰岩主量元素分析结果见表 2 所述,不同岩石的岩石化学组成含量较为一致,火山岩样品的 SiO_2 含量(质量分数)介于 69.12%~74.52%之间, $w(Al_2O_3)$ 值为 13.4%~15.4%, $w(K_2O+Na_2O)$ 含量较高(在 6.42%~7.33%之间), $w(K_2O)$ 值 2.46%~4.09%,但总体上 $w(K_2O) < w(Na_2O)$ 。显示岩石属于酸性铝过饱和和高钾系列型火山熔岩类。

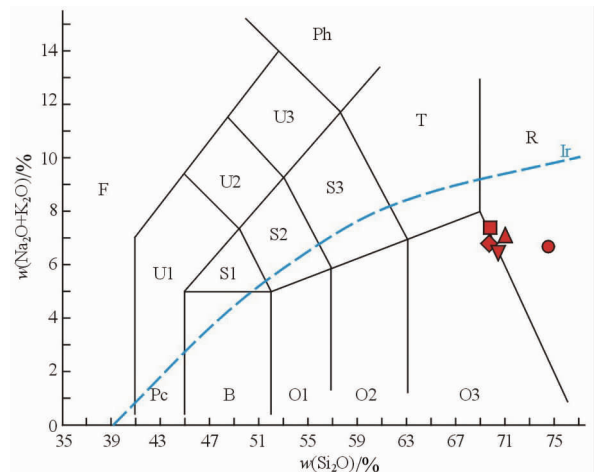
在 TAS 图解(图 4)上,样品点均落入英安岩与流纹岩的边界线附近,岩石均属酸性火山熔岩类。在 $w(SiO_2)-w(K_2O)$ 图(图 5)中均位于高钾钙碱性区及附近。各样点在 $w(SiO_2)-w(K_2O+Na_2O)$ 图解中(图 6)均落在亚碱性系列区,在 AFM 图解中

(图 7)所有样品均落在钙碱性系列区。里特曼指数 $\sigma=1.39\sim2.01$,属钙碱性岩类^[14]。岩石的铝过饱和指数 ASI 在 1.02~1.17 之间,均值为 1.06,属铝过饱和岩石,其 CIPW 标准矿物 $Q+Or+Ab+An+C+Hy$,均有标准分子 C 的出现,反映出高铝的特征。属典型的过铝质高钾钙碱性系列。

4.2 稀土和微量元素特征

那陵格勒河南地区玄武质晶屑凝灰岩稀土元素、微量元素分析结果见表 3。

不同的酸性凝灰熔岩的稀土含量及特点近于完全一致,其稀土总量中等, $w(\Sigma REE)=143.34\sim161.63\times 10^{-6}$ 之间,轻重稀土的含量及比值也变化不大, $w(LREE)/w(HREE)=11.02\sim15.99$, $w(La)_N/w(Yb)_N=9.49\sim19.55$,岩石轻稀土富中等。

图 4 TAS 图解[$w(K_2O+Na_2O)-w(SiO_2)$]

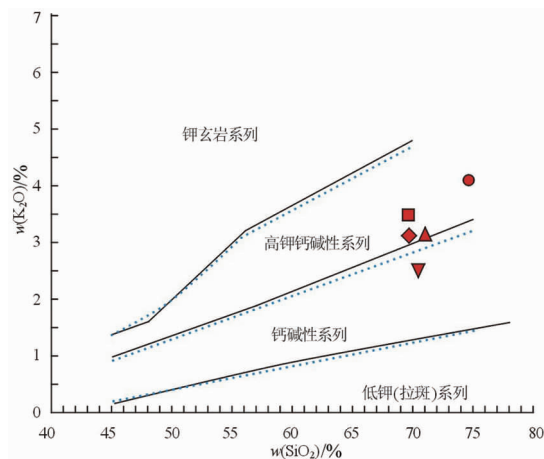
(据 J. A. Pearce 等, 1984)

Fig. 4 TAS diagram($w(K_2O+Na_2O)-w(SiO_2)$)

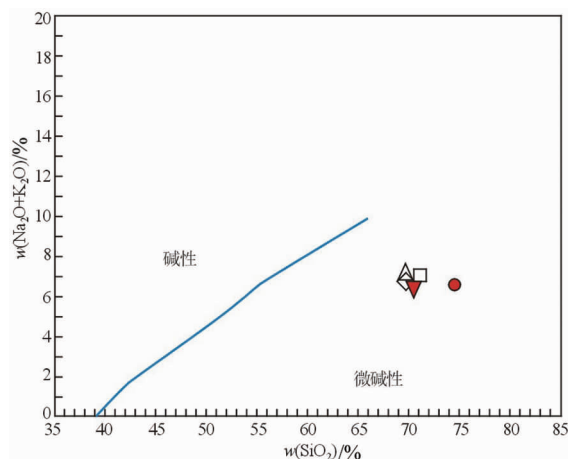
表 2 鄂拉山组火山岩岩石化学含量表

Table 2 Petrochemical composition of volcanic rocks in Elashan Formation

序号	送样号	氧化物含量($w_B/\%$)												
		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	LOS	Σ
1	3P6GS4-1	74.5	0.23	13.4	1.47	0.88	0.09	0.36	1.60	2.54	4.09	0.73	0.77	100.7
2	PM146GS2	69.1	0.38	15.2	1.52	1.99	0.10	0.87	2.64	3.83	3.44	0.09	0.57	99.7
3	PM146GS3	70.4	0.38	14.5	1.94	1.62	0.09	0.70	2.37	3.91	3.13	0.09	0.60	99.8
4	PM146GS4	69.2	0.40	15.4	2.06	1.62	0.09	0.91	2.75	3.71	3.08	0.10	0.50	99.8
5	PM146GS5	69.8	0.40	14.8	1.53	2.12	0.09	0.94	2.95	3.90	2.46	0.10	0.69	99.8

图 5 $w(\text{SiO}_2)$ — $w(\text{K}_2\text{O})$ 图

(据 Taylor, 1976)

Fig. 5 $w(\text{SiO}_2)$ — $w(\text{K}_2\text{O})$ diagram图 6 $w(\text{SiO}_2)$ — $w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 图解

(据 Irvine 等, 1971)

Fig. 6 $w(\text{SiO}_2)$ — $w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ diagram

δEu 在 0.54~0.67 之间, 钕具中等亏损。以球粒陨石平均值标准化的稀土配分曲线均向右倾斜(图 8), 岩石属轻稀土富集型^[15], 钕具有明显的负异常特征。

微量元素 Cr、Co 含量普遍较低, 而 Ba 较高。

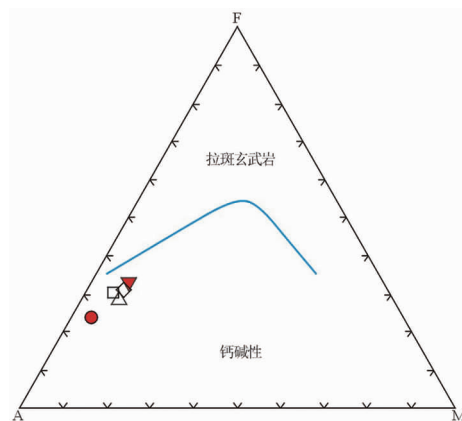


图 7 AFM 图解

(据 Irvine et al., 1971)

Fig. 7 AFM diagram

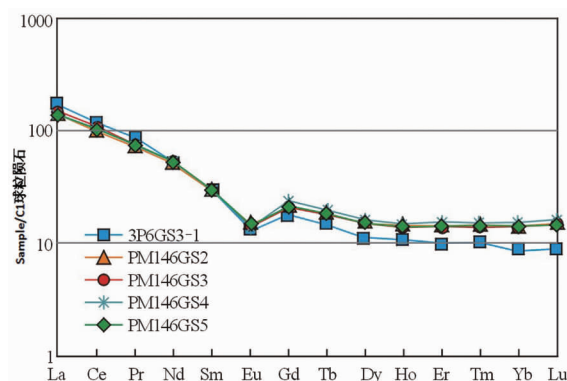


图 8 稀土元素配分图

(据 Sun and McDonough, 1989)

Fig. 8 Rare earth partition ideograph

以 N 型 MORB 值标准化的微量元素分布形式(图 9)具有与典型钙碱性火山弧系列“三隆起”的特征型式极为相似, 表现为 K、Rb、Ba 和 Th 较强的富集, 并伴有 Ta、Nb、Ce、Zr、Hf、Sm 等中等富集, 而 Ti、Y、Yb、Sc、Cr 亏损, 尤其 Sr、Ti、Sc、Cr 明显亏损, 低于 MORB 标准值, 不同样品其配分型式具有相同性或相似性, 表明具有相同的岩浆来源, 具有后碰撞下地壳重熔产物的特征^[16]。

表 3 鄂拉山组火山岩稀土元素、微量元素分析结果及特征表

Table 3 Compositions and characteristics of REE and trace elements for late Triassic volcanic rocks

样品号	3P6GS4-1	PM146GS2	PM146GS3	PM146GS4	PM146GS5
岩石名称	蚀变英安质 玻屑晶屑凝灰岩	流纹质 玻屑晶屑熔结凝灰岩	英安质熔结 凝灰岩	英安质 熔结凝灰岩	英安质 熔结凝灰岩
La	40.33	31.1	33.4	35.9	31.6
Ce	70.29	58	62	67.4	61
Pr	8.18	6.79	6.92	7.63	6.8
Nd	26.55	23.7	24.6	26.7	24.1
Sm	4.51	4.38	4.47	4.77	4.39
Eu	0.75	0.94	0.82	0.87	0.76
Gd	3.53	4.2	4.24	4.64	4.2
Tb	0.54	0.66	0.67	0.73	0.67
Dy	2.85	3.73	3.78	4.01	3.78
Ho	0.59	0.77	0.76	0.83	0.74
Er	1.56	2.29	2.27	2.47	2.28
Tm	0.25	0.36	0.36	0.38	0.36
Yb	1.48	2.35	2.33	2.53	2.3
Lu	0.22	0.38	0.37	0.4	0.36
Sr	153	221	194	209	187
Rb	133	173	154	169	149
Ba		482	430	460	247
Th	20.3	21.6	19.9	21.2	20.0
Ta	0.86	1.04	1.02	1.11	1.08
Nb	10.4	8.98	8.24	9.76	9.04
Zr	152	164	117.8	167.9	137.9
Hf	3.94	5.9	4	5.5	4.9
Cr		6.32	6.42	7.13	6.94
Ni		4.52	4.3	4.32	4.65
Co		6.12	5.76	6.59	6.19
Y		21.9	22.4	25.5	22.3
Sc	3	7.4	7.27	7.51	7.53
Be		2.47	2.44	2.44	2.22
Li		31.8	25.9	25.3	22.4
Cu		4.66	4.34	4.45	3.52

量单位: $w_B/10^{-6}$

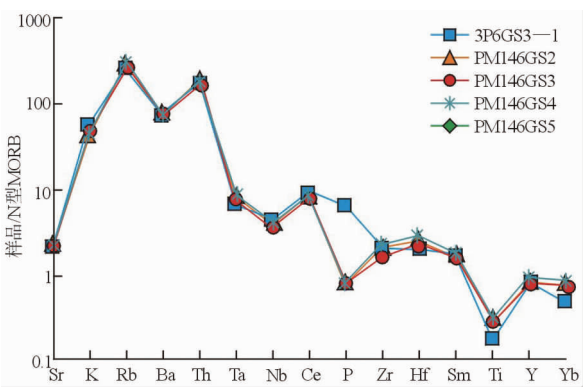


图 9 微量元素蛛网图

(据 Sun and Mcdonough, 1989)

Fig. 9 Trace elements spider diagram

5 构造环境

从岩石化学特征看,那陵格勒河南地区鄂拉山组(T_3e)火山岩岩石类型以酸性—中酸性的火山岩为主,未见基性岩石出露;岩石均为晶屑凝灰岩为主,含部分岩屑及火山灰质,但岩石地球化学成分较均一,以此探讨火山岩的特点。火山岩具有高碱、高钾、高铝的特征;铝过饱和指数 ASI 在 1.02~1.17 之间,属典型的过铝质高钾钙碱性系列。

利用有关酸性花岗岩类的判别图解进行鄂拉山组(T_3e)形成环境的分析:利用 Pearce 判别,各样点在 $w(Y)-w(Nb)$ 图解和 $w(Rb)-w(Y+Nb)$ 图解

中投影点均落入 VAG+Syn-COLG 区和 VAG 与 Syn-COLG 之间的 Post-COLG 区;在花岗岩的 $w(\text{Hf})-w(\text{Rb})/10-w(\text{Ta})\times 3$ 图解中落入碰撞大地构造背景上的花岗岩区及其附近,在 $w(\text{Hf})-w(\text{Rb})/30-w(\text{Ta})\times 3$ 判别图解中均位于火山弧及碰撞后区界线附近。综合以上特征并结合区域构造特征,研究区鄂拉山组火山岩可能形成于以侧向挤压为主的陆—陆后碰撞过程中加厚地壳物质部分熔融的产物,属于印支期后撞火山盆地的产物。

研究区内鄂拉山组火山岩,由下至上具有由碱性→酸性的演化序列,代表了一个较完整的火山喷发旋回;据岩石学、岩石化学特征分析,属同一构造期火山喷发旋回的产物。在卡而却卡地区见该套地层呈角度不整合覆于中三叠世卡而却卡单元肉红色中细粒二长花岗岩之上;在喀雅克登塔格又见早侏罗世坎皮北肉红色中细粒正长花岗岩单元侵入火山岩中。从岩石组合及时空分布特征上,该套地层均可与东昆仑东段的鄂拉山组对比。本次在英安质玻屑晶屑凝灰熔岩中获得 U-Pb 年龄为 $231\text{ Ma}\pm 1$

Ma,形成时代归属为晚三叠世。该套地层的时代有可能跨到中三叠世。单元内缺失中下三叠统的沉积,表明该时期基本处于陆内造山的隆升阶段。中生代晚期—新生代发育形成了那陵格勒河断陷。

6 结论

(1)那陵格勒河南地区火山岩岩石类型主要以中酸性火山碎屑岩为主,以英安质玻屑晶屑凝灰岩和英安质熔结凝灰岩为主,具有高碱、高钾、高铝的特征; SiO_2 含量(质量分数)为 $69.12\%\sim 74.52\%$,总碱含量(质量分数) $6.42\%\sim 7.33\%$,里特曼指数 $1.39\sim 2.01$,岩石的铝过饱和指数 ASI 在 $1.02\sim 1.17$ 之间,属典型的过铝质高钾钙碱性系列。

(2)火山岩稀土总量中等, $w(\Sigma\text{REE})=143.34\times 10^{-6}\sim 161.63\times 10^{-6}$ 之间, $w(\text{LREE})/w(\text{HREE})=11.02\sim 15.99$, $w(\text{La})_{\text{N}}/w(\text{Yb})_{\text{N}}=9.49\sim 19.55$,岩石轻稀土富中等, δEu 在 $0.54\sim 0.67$ 之间,钕具

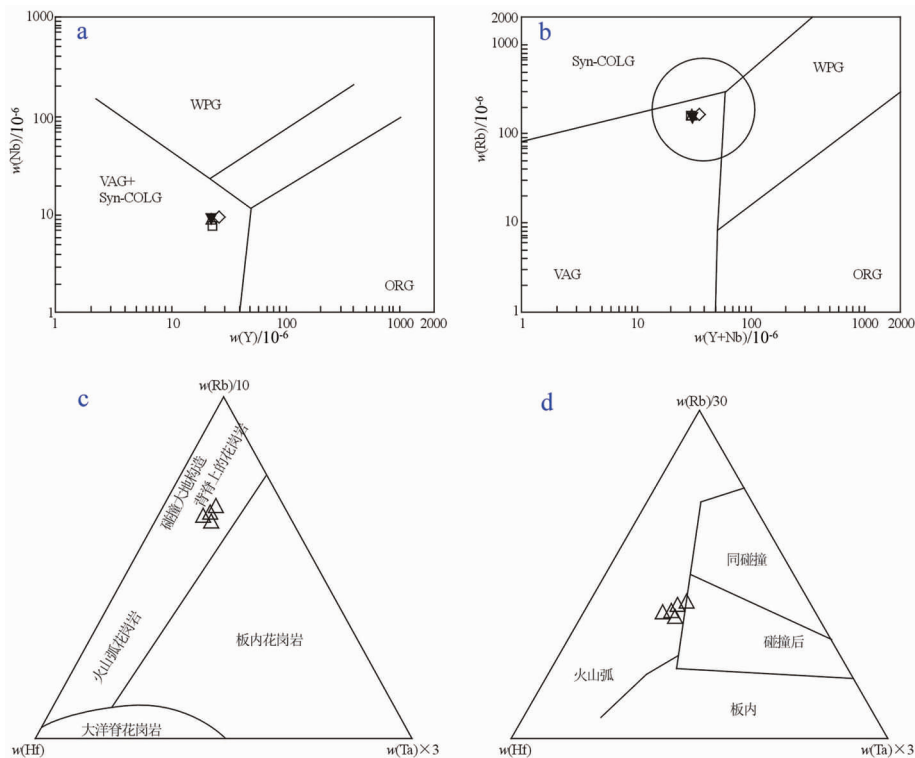


图 10 那陵格勒河地区火山岩构造环境判别图解

Fig. 10 Tectonic environment discrimination diagram for volcanic rocks in Nalingelehe area

a. $w(\text{Y})-w(\text{Nb})$ 图解(据 pearce, 1984); b. $w(\text{Rb})-w(\text{Y}+\text{Nb})$ 图解(据 pearce, 1984);

c. $w(\text{Hf})-w(\text{Rb})/10-w(\text{Ta})\times 3$ 图解(据 Harris et al, 1986);

d. $w(\text{Hf})-w(\text{Rb})/30-w(\text{Ta})\times 3$ 图解(据 Harris et al, 1986);

ORG. 洋脊花岗岩; WPG. 板内花岗岩; VAG. 火山弧花岗岩; Syn-COLG. 同碰撞花岗岩

中等亏损,岩石属轻稀土富集型,钕具有明显的负异常特征;微量元素 K、Rb、Ba 和 Th 较强的富集,并伴有 Ta、Nb、Ce、Zr、Hf、Sm 等中等富集, Sr、Ti、Sc、Cr 明显亏损,具有相同的岩浆来源,具有后碰撞下地壳重熔产物的特征。

(3)在玄武质晶屑凝灰熔岩中获得了单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄值 $231 \text{ Ma} \pm 1 \text{ Ma}$,形成时代为晚三叠世,可能形成于以侧向挤压为主的陆—陆后碰撞过程中加厚地壳物质部分熔融的产物,属于印支期后碰撞火山盆地岩石建造。

参考文献:

- [1] 詹发余,舒泽民,庄永成. 青海省柴南缘与晚三叠世陆相火山活动有关的铜钴等多金属矿产资源潜力调查研究[R]. 青海省地质调查院, 2005.
- [2] 丰成友. 青海东昆仑地区的复合造山过程及造山型金矿床成矿作用[D]. 中国地质科学院矿产资源研究所, 2002.
- [3] 李运东,刘小玉. 青海热水地区晚三叠世火山岩地球化学特征及构造环境[J]. 西北地质, 2014, 47(3): 14-25.
- [4] 芦文泉,童海奎,仓索南尖措,等. 鄂拉山查查香卡地区晚三叠世火山岩产出环境分析[J]. 西北地质, 2012, 45(1): 48-55.
- [5] 童海奎,王树林,宋生春,等. 青海省查查香卡地区晚三叠世火山岩岩石学及其构造环境[J]. 高原地震, 2004, 16(2): 38-48.
- [6] 李永祥,李善平,王树林,等. 青海鄂拉山地区陆相火山岩地球化学特征及构造环境[J]. 西北地质, 2011, 44(4): 23-32.
- [7] 张洪美,李海平,冯乔,等. 柴达木盆地东南缘晚三叠世火山岩地球化学特征及构造环境分析[J]. 西北地质, 2011, 44(4): 15-22.
- [8] 夏楚林,任二峰,高莉,等. 青海喀雅克登塔晚三叠世鄂拉山组火山岩地球化学特征及构造环境探析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2011, 29(6): 48-53.
- [9] 刘洪涛. 祁漫塔格陆相火山岩:塔里木块体南缘印支期活动大陆边缘的岩石学证据[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 337-351.
- [10] 张德全,朱华平,闫升好,等. 东昆仑古生代复合造山过程及金属成矿作用[J]. 矿床地质, 2002(增刊): 293-296.
- [11] 李怀坤,耿建珍,郝爽,等. 用激光烧蚀多接收器等离子体质谱仪(LA-MC-ICPMS)锆石 U-Pb 同位素年龄的研究[J]. 矿物学报, 2009(增刊): 600-601.
- [12] 吴芳,张续教,张永清,等. 东昆仑仓坚沟组流纹质凝灰岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质力学学报, 2010, 16(1): 44-50.
- [13] 张玉清,张长明. X 射线荧光光谱测定矿样中主元素及微量元素[J]. 矿产与地质, 1990, 4(3): 63-96.
- [14] 邱家骧. 岩浆岩岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1986.
- [15] 亨德森. 稀土元素地球化学[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- [16] 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.

Geochemistry and Tectonic Setting of Late Triassic Volcanics In Elashan formation in South of Nalingelehe river, East Kunlun

ZHANG Dexin, ZENG Xiaoping, WEI Xiaolin, WEI Yunxiang, YANG Yanqian, LI Jiatai

(Qinghai Geological Survey, Xining 810001, China)

Abstract: Volcanics of Late Triassic Elashan formation (T_3e) in south Nalinggele river, East Kunlun are mainly dacitic glassy, crystal fragmental tuff and dacitic ignimbrite with high alkaline, high potassium and high aluminum. $w(\text{SiO}_2) = 69.12\% \sim 74.52\%$, $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 6.42\% \sim 7.33\%$, Rittmann coefficient $\delta\text{Eu} = 0.54 \sim 0.67$, aluminum saturation index $\text{ASI} = 1.02 \sim 1.17$ belonging to paraluminal high-K calc-alkaline rock series. Analysis of $w(\text{LREE})/w(\text{HREE}) = 11.02 \sim 15.99$ and $\delta\text{Eu} = 0.54 \sim 0.67$ are of LREE enrichment and medium Eu depletion. Trace element analysis shows stronger enrichment of K, Rb, Ba and Th and evident depletion of Sr, Ti, Sc, Cr. The data mentioned above are characteristic of post collision crust remelting products. Sample from basaltic crystal fragmental tuff of Elashan formation dated at U-Pb age of $246.8 \text{ Ma} \pm 1.7 \text{ Ma}$ thus the formation is formed in Late Triassic Epoch. According to comprehensive analysis volcanics of Elashan formation may be the product of the partially remelted thickening crust during the post lateral compression dominant continent-continent collision thus is a post Indosinian period rock formation in collisional volcanic basin.

Key Words: Elashan formation; volcanics; geochemistry; tectonic setting; zircon U-Pb dating; East Kunlun