

东昆仑造山带海德乌拉一带 早侏罗世火山岩特征及其构造意义

朱云海¹, 朱耀生², 林启祥¹, 王国灿¹

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074; 2. 青海省地质调查研究院, 青海西宁 810012)

摘要: 对东昆仑造山带哈拉郭勒地区海德乌拉山一带的火山岩进行了较系统的岩石学、地球化学研究。在实测剖面研究、同位素年代学及区域地层对比的基础上, 把该套火山岩厘定为早侏罗世火山岩。火山岩岩石组合主要为基性和酸性熔岩, 成分上具典型的裂谷“双峰式”特征, 缺乏中性岩石, 基性火山岩碱性程度较高, 酸性火山岩主要为钙碱性岩石, 其形成的构造环境为俯冲过程中在岛弧靠近大陆一侧弧后拉张形成的陆内裂谷的构造环境。

关键词: 东昆仑造山带; 早侏罗世; 裂谷; 火山岩。

中图分类号: P58

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2003)06-0653-07

作者简介: 朱云海(1964—), 男, 副教授, 1985年毕业于武汉地质学院, 主要从事造山带蛇绿岩、岩浆岩及造山带填图方法的研究及教学工作。

1 概述

东昆仑造山带为一多旋回的复合造山带, 经历了加里东、海西、印支期等多期的洋陆转换和造山过程^[1,2], 形成了不同时代的火山活动和构造岩浆组合, 前人对加里东期、海西期的构造岩浆活动研究较多^[3~5], 而对三叠纪以后的火山岩研究相对较少。在1:25万阿拉克湖幅区调工作过程中, 于海德乌拉山一带发现一套出露面积较广, 厚度较大, 时代较新的火山岩组合, 前人在1:5万及1:20万区域地质调查时把该套火山岩划归为晚三叠世八宝山组, 并认为其是一套安第斯型陆缘火山弧岩石组合。通过对火山岩所进行的岩相学、地球化学研究, 笔者认为该套火山岩为一具裂谷特征的火山岩组合, 具有典型裂谷火山岩双峰式的成分特征。并根据锆石SHRIMP年龄结合地层对比, 把该套火山岩的时代定为早侏罗世。该套火山岩的发现及厘定, 对于研究东昆仑地区印支期构造岩浆演化具有重要的意义。

2 地质学及岩相学特征

东昆仑地区中生代火山活动较为强烈, 在工作区以东出现一套晚三叠世火山岩, 岩石组合主要为中酸性的火山熔岩及火山碎屑岩, 该套火山岩在冬给措纳湖幅那更和可日一带大面积出露, 前人测得Rb-Sr等时线年龄值为 $(235 \pm 8) \text{Ma}$ ^[6], 将其时代确定为晚三叠世, 地层单位为鄂拉山组(T_3e)。

阿拉克湖地区中生代火山岩主要分布于中部偏北(图1), 自西向东集中出露于哈拉郭勒北侧的海德乌拉、埃肯迭特、八宝山一带, 在哈拉郭勒南侧的埃可劣乌拉一带也有少量出露, 形成了出露面积较广、厚度较大的一套双峰式火山岩, 其中尤以西部的海德乌拉一带火山岩发育最全, 宽度最大。

前人在1:20万区调填图和1:5万区调填图中均识别出该套火山岩, 但没有把它单独划分出来, 而是把它并入到晚三叠世八宝山组, 并通过少量岩石化学及地球化学的成分, 认为其为弧火山产物。根据八宝山组的原始涵义及青海省地层清理, 八宝山组应为“一套以碎屑岩为主夹火山碎屑岩的地层序列”, 本区早侏罗世火山岩尤其是海德乌拉地区出露的一套以火山岩为主的地层与八宝山组的原始定义相差较大, 应单独划出。故在本次填图中, 把该套以

收稿日期: 2003-05-15

基金项目: 中国地质调查局1:25万阿拉克湖幅区域地质调查项目(No. 19991300004021); 高等学校全国优秀博士论文作者专项资金项目(No. 200228)。

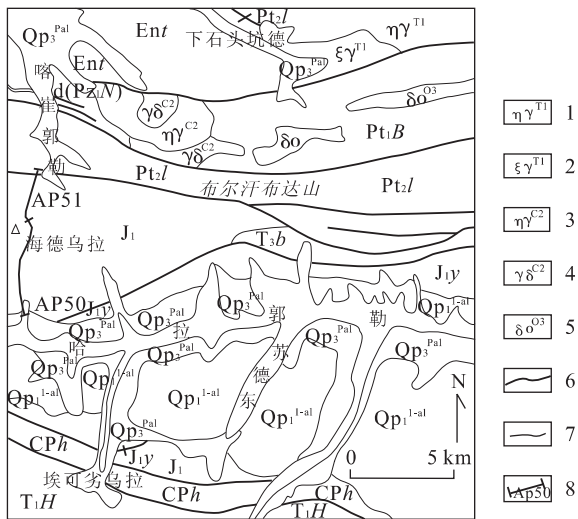


图 1 早侏罗世火山岩分布

Fig. 1 Sketch distribution map of Early Jurassic volcanic rocks

Qp₃^{pal}. 晚更新世洪冲积; Qp₁^{l-al}. 早更新世河潮积; Ent. 古近纪沱沱河组; J₁y. 早侏罗世羊曲组; J₁. 早侏罗世火山岩; T₃b. 晚三叠世八宝山组; T₁H. 早三叠世洪水川群; CPh. 晚石炭世—早二叠世浩特洛哇组; d(P_{z1}N). 早古生代纳赤台群变碎屑岩岩片; Pt₂l. 中元古代狼牙山组; Pt₁B. 古元古代白沙河岩群; 1. 早三叠世二长花岗岩; 2. 早三叠世钾长花岗岩; 3. 晚石炭世二长花岗岩; 4. 晚石炭世花岗岩; 5. 晚奥陶世石英闪长岩; 6. 断层; 7. 地质界线; 8. 实测剖面线及剖面号

火山岩为主的地层从八宝山组中解体出来, 对该套火山岩中玄武岩进行了较精确的锆石 SHRIMP 同位素年龄测定, 获得 (204 ± 2) Ma 的火山岩结晶年龄 (成果将另文发表), 时代为早侏罗世, 从野外产状

及八宝山组所产化石看, 其形成时代主体为早侏罗世, 部分可能已进入晚三叠世, 具有穿时性, 形成时代比八宝山组略晚。

哈拉郭勒地区早侏罗世火山岩主要分布于哈拉郭勒北侧海德乌拉山一带, 向东逐渐变窄, 东西延伸约 15 km, 南北宽约 7 km, 北侧与中元古代呈断层接触, 南侧与早侏罗世羊曲组也为断层接触 (图 1), 在哈拉郭勒南侧的埃可劣乌拉一带也有少量出露, 宽度 1~2 km, 与石炭—二叠纪浩特洛哇组和早侏罗世羊曲组也为断层接触。工作过程中在海德乌拉山对其进行了实测剖面 (AP50, AP51) 的测制 (图 2, 3)。该套火山岩主要由基性和酸性熔岩组成, 次为火山碎屑岩及不稳定的沉积碎屑岩。从下至上, 早侏罗世火山岩可分成 4 个喷发旋回, 下部的第一旋回主要为酸性的英安岩夹少量凝灰岩, 火山岩厚度较小, 以碎屑岩为主, 第二旋回下部为玄武岩, 上部为流纹岩及英安岩, 其中玄武岩的厚度较大, 为 168.8 m, 该旋回火山岩与碎屑岩几乎各占一半, 第三旋回以火山岩为主, 下部为玄武岩, 上部为流纹岩、粗面岩及少量安山岩, 第四旋回也以火山岩为主, 岩石组合中以玄武岩和流纹岩为主, 从这 2 个剖面看, 该套火山岩的岩石组合主要为基性火山岩和酸性火山岩, 中性岩较缺乏, 具有明显的双峰式特征。另外, 岩石多呈现紫红色, 发育气孔构造、杏仁构造、流纹构造, 不发育枕状构造, 同时在流纹岩中见有明显特征的豆粒状构造、肾状构造, 可能为岩浆结晶过程中熔离作用的产物。与火山岩共生的沉积岩基本为碎屑岩, 不发育碳酸盐岩。依据这些岩相学方面的信息可以

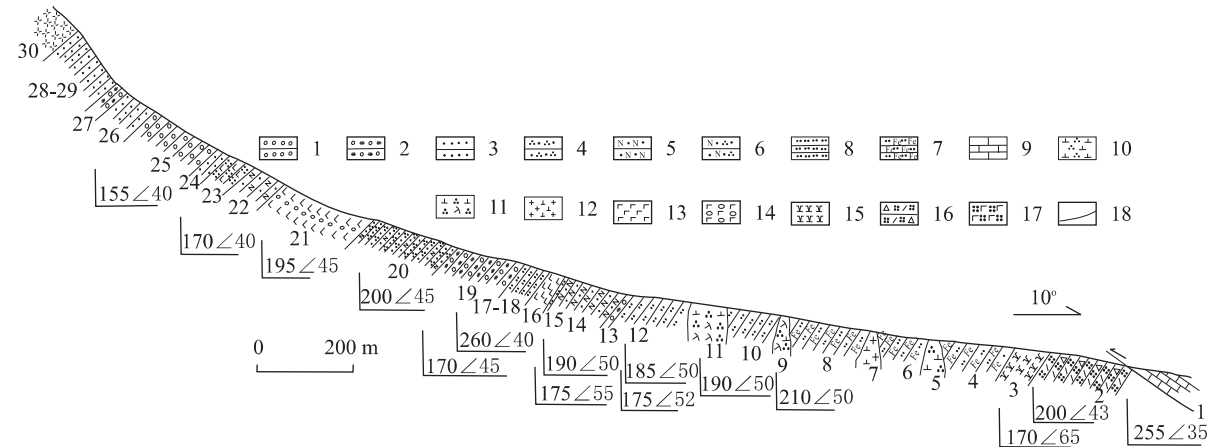


图 2 海德乌拉山北侧早侏罗世火山岩实测剖面 (AP51)

Fig. 2 Section of Early Jurassic volcanic rocks in north of Haidewula Mountain

1. 砾岩; 2. 复成分砾岩; 3. 砂岩; 4. 石英砂岩; 5. 长石砂岩; 6. 长石石英砂岩; 7. 铁质粉砂岩; 8. 粉砂岩; 9. 灰岩; 10. 石英闪长岩; 11. 石英闪长岩; 12. 花岗闪长岩; 13. 玄武岩; 14. 杏仁状玄武岩; 15. 英安岩; 16. 含角砾晶屑凝灰岩; 17. 玄武质凝灰岩; 18. 断层

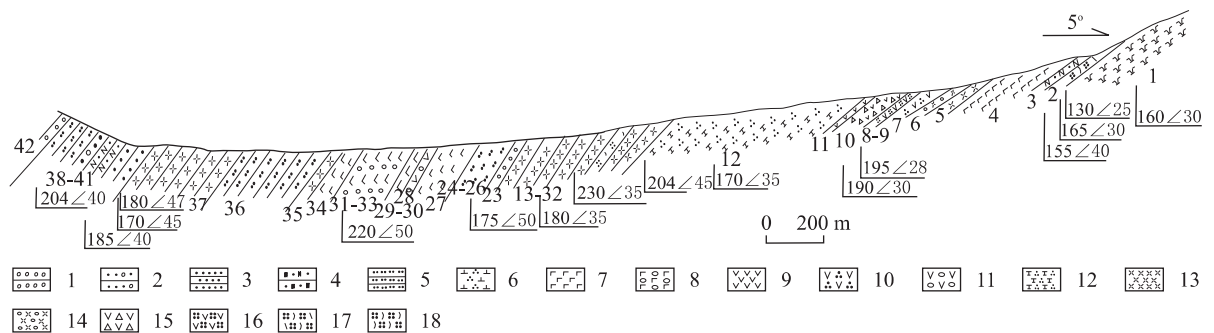


图 3 海德乌拉山南侧早侏罗世火山岩实测剖面 (AP50)

Fig. 3 Section of Early Jurassic volcanic rocks in south of Haidewula Mountain

1. 砾岩; 2. 含砾砂岩; 3. 砂岩; 4. 长石砂岩; 5. 粉砂岩; 6. 石英闪长岩; 7. 玄武岩; 8. 杏仁状玄武岩; 9. 安山岩; 10. 石英安山岩; 11. 杏仁状安山岩; 12. 粗面岩; 13. 流纹岩; 14. 豆状流纹岩; 15. 安山质火山角砾岩; 16. 安山质凝灰岩; 17. 晶玻屑凝灰岩; 18. 玻屑凝灰岩

表 1 早侏罗世火山岩化学分析结果

Table 1 Chemical analysis results of Early Jurassic volcanic rocks $w_B/\%$

样品号	岩石名称	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	CO ₂	H ₂ O ⁺	总和
AP ₅₁ Bb3-1	英安岩	65.88	0.39	14.60	1.43	1.60	0.05	1.78	3.54	5.53	0.78	0.10	2.20	1.93	99.81
AP ₅₁ Bb5-1	英安岩	65.42	0.50	15.74	0.79	3.28	0.08	1.27	3.04	3.86	2.75	0.18	0.29	2.54	99.74
AP ₅₁ Bb16-1	玄武岩	51.35	1.49	16.49	4.84	4.27	0.15	5.45	8.54	2.67	0.20	0.19	1.78	2.43	99.85
AP ₅₁ Bb21-1	玄武岩	50.59	1.41	15.26	4.17	5.03	0.18	4.49	8.25	2.95	0.32	0.26	3.66	3.27	99.84
AP ₅₀ Bb8-1	流纹岩	76.04	0.20	11.19	2.51	0.65	0.03	0.25	0.74	4.28	2.70	0.03	0.52	0.68	99.82
AP ₅₀ Bb14-1	流纹岩	76.94	0.10	11.00	1.82	0.50	0.01	0.17	0.72	3.07	4.59	0.01	0.33	0.62	99.88
AP ₅₀ Bb15-1	流纹岩	79.39	0.08	10.20	1.55	0.60	0.02	0.21	0.27	2.27	4.38	0.01	0.10	0.80	99.88
AP ₅₀ Bb17-1	流纹岩	75.46	0.10	13.06	1.13	0.47	0.01	0.22	0.29	2.71	5.29	0.01	0.15	0.96	99.86
AP ₅₀ Bb25-1	玄武质粗面安山岩	51.73	1.26	16.63	3.36	4.18	0.14	5.64	5.87	4.66	1.95	0.28	0.68	3.12	99.50
AP ₅₀ Bb27-1	玄武质粗面安山岩	52.89	1.99	13.64	7.47	3.85	0.18	3.93	6.19	3.54	2.75	0.65	0.68	1.92	99.68
AP ₅₀ Bb29-1	玄武岩	51.13	2.23	14.96	4.89	4.97	0.14	4.82	6.37	2.66	1.46	0.70	2.09	3.37	99.79
AP ₅₀ Bb30-1	玄武质粗面安山岩	51.09	1.90	14.22	6.86	3.53	0.19	4.77	4.75	5.13	1.05	0.64	2.72	2.93	99.78
1AP ₁ GS7-1*	玄武质粗面安山岩	50.25	1.69	15.86	7.82	1.48	0.13	2.80	6.10	6.80	0.65	0.47	0.28	5.10	99.43
1AP ₁ GS52-1*	粗面玄武岩	51.18	1.08	16.37	3.38	4.05	0.11	6.25	7.09	4.96	0.39	0.27	0.41	3.99	99.53
1AP ₁ GS60-1*	粗面玄武岩	50.24	1.52	15.77	4.35	4.25	0.14	4.89	6.90	4.43	1.32	0.34	0.36	5.34	99.85
2AP ₆ GS5-1*	粗面玄武岩	50.48	1.37	16.15	3.38	4.88	0.13	6.71	7.46	2.94	2.70	0.30	0.46	3.24	100.20
1AP ₁ GS13-1*	玄武质粗面安山岩	51.51	1.59	17.40	4.99	2.87	0.10	6.72	1.48	5.40	2.14	0.50	0.50	4.76	99.96
2AGS417*	玄武岩	47.85	3.03	12.50	2.39	12.50	0.21	5.67	7.83	2.79	0.38	0.30	0.46	4.09	100.00
2AP ₆ GS22-1*	粗面岩	68.36	0.26	13.86	2.48	1.89	0.08	0.22	1.45	4.75	4.57	0.05	0.42	1.38	99.77
1AP ₁ GS32-1*	流纹岩	76.77	0.19	10.62	1.53	0.88	0.03	0.19	0.53	2.20	5.22	0.05	0.14	0.92	99.27
1AP ₁ GS75-1*	流纹岩	75.91	0.12	10.96	1.76	1.19	0.01	0.25	0.82	3.08	3.21	0.02	0.22	1.55	99.10
2AP ₆ GS9-1*	流纹岩	77.10	0.10	11.48	0.98	0.98	0.02	0.30	0.67	3.25	4.38	0.02	0.26	0.60	100.14
2AP ₆ GS32-1*	流纹岩	73.70	0.10	12.55	1.31	0.39	0.03	0.41	2.22	1.03	3.80	0.02	0.36	3.48	99.40
2AP ₆ GS33-1*	流纹岩	76.95	0.12	11.35	1.37	0.73	0.03	0.14	0.53	2.84	4.97	0.02	0.28	0.64	99.97

* 据海德郭勒等八幅 1:5 万区调报告,其他为本队实测,测试单位:湖北省地质实验研究中心。

初步推测:该组火山岩为陆相火山岩,属板内火山岩浆作用的产物。

3 地球化学特征

3.1 常量元素特征

早侏罗世火山岩常量元素分析结果见表 1,从

表 1 中可以看出, SiO₂ 明显分为两部分, 分别集中于基性和酸性, $w(\text{SiO}_2) = 47.85\% \sim 52.89\%$ 及 $65.42\% \sim 79.39\%$, 缺少中性的 $w(\text{SiO}_2) = 53\% \sim 65\%$ 物质成分, 火山岩碱性程度较高, 其中基性者 ($w(\text{SiO}_2) < 53\%$) $ALK = 2.87\% \sim 7.45\%$, 平均 5.35% , 酸性者 $ALK = 6.31\% \sim 9.32\%$, 平均 7.36% . 在 TAS 图(图 4)中, 早侏罗世火山岩主要分布于基性

表 2 早侏罗世火山岩稀土元素分析结果

Table 2 Analysis results of REE of Early Jurassic volcanic rocks

$\omega_B/10^{-6}$

样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	总量
AP ₅₁ Bb3-1	12.65	26.25	3.31	11.45	2.40	0.73	2.26	0.36	1.95	0.40	1.16	0.18	1.19	0.18	11.37	75.84
AP ₅₁ Bb5-1	27.06	62.97	7.53	26.15	5.15	1.28	4.24	0.63	3.42	0.65	1.86	0.29	1.85	0.29	18.22	161.59
AP ₅₁ Bb16-1	9.84	24.60	3.40	15.22	4.12	1.33	4.76	0.85	5.05	1.01	3.09	0.47	3.03	0.46	28.10	105.33
AP ₅₁ Bb21-1	11.22	29.43	4.22	18.17	4.59	1.47	5.32	0.88	5.42	1.06	3.24	0.50	3.12	0.48	29.46	118.58
AP ₅₀ Bb8-1	46.69	104.90	12.82	49.21	11.34	1.30	11.02	1.83	10.96	2.12	6.32	0.95	6.11	0.87	59.21	325.65
AP ₅₀ Bb14-1	53.90	124.60	15.27	56.85	13.87	0.34	14.32	2.43	14.84	2.86	8.73	1.33	8.60	1.23	82.59	401.76
AP ₅₀ Bb15-1	50.85	113.30	13.79	51.40	12.11	0.32	12.67	2.18	13.38	2.53	7.51	1.10	6.86	0.97	73.14	362.11
AP ₅₀ Bb17-1	74.35	169.20	20.76	78.28	18.13	0.47	17.54	2.67	15.14	2.89	8.79	1.39	9.29	1.34	81.98	502.22
AP ₅₀ Bb25-1	17.80	44.08	5.65	23.05	5.38	1.54	5.62	0.92	5.33	1.04	3.09	0.47	2.99	0.45	29.03	146.44
AP ₅₀ Bb27-1	30.03	70.62	9.19	37.16	8.61	2.18	8.41	1.30	7.81	1.48	4.38	0.65	4.09	0.59	41.38	227.88
AP ₅₀ Bb29-1	31.12	75.75	9.75	38.59	8.95	2.42	9.01	1.38	8.17	1.60	4.67	0.70	4.45	0.67	43.65	240.88
AP ₅₀ Bb30-1	31.45	73.68	9.42	38.80	8.79	2.39	9.06	1.42	8.10	1.59	4.57	0.67	4.28	0.64	43.83	238.69
1AP ₁ 13-1*	27.60	60.79	9.21	36.40	7.24	1.55	6.95	1.08	6.03	1.20	3.26	0.50	3.08	0.43	29.90	195.22
1AP ₁ 32-1*	67.12	133.10	20.30	66.00	13.28	0.21	12.34	1.97	11.47	2.40	6.46	1.00	6.32	0.93	56.92	399.82
1AP ₁ 60-1*	14.76	33.71	6.39	24.60	5.28	1.34	5.91	0.93	5.24	1.10	3.04	0.50	2.83	0.42	26.98	133.03
2AP ₆ 5-1*	38.00	63.00	6.20	27.50	7.70	1.55	6.50	1.01	5.60	1.30	3.30	0.65	3.70	0.56	36.50	203.07
2A316-1*	48.00	113.00	10.00	56.00	11.50	3.40	10.00	0.29	8.40	1.30	4.50	0.68	4.40	0.30	43.00	314.77
2A417-1*	24.00	41.00	3.40	23.50	7.90	2.15	7.60	1.45	6.50	1.35	3.70	0.60	3.80	0.76	38.00	165.71
2AP ₆ 9-1*	37.00	64.00	6.00	27.00	9.20	1.03	8.70	1.60	8.20	1.66	4.70	0.73	5.20	0.65	53.00	228.67
2B112-1*	47.00	79.00	5.40	24.00	6.40	0.58	5.00	0.81	4.50	1.10	3.00	0.60	4.00	0.48	34.50	216.37

* 据海德郭勒等八幅 1:5 万区调报告,其他为本队实测,测试由湖北省地质实验研究中心完成.表中各样品岩石名称同表 1.

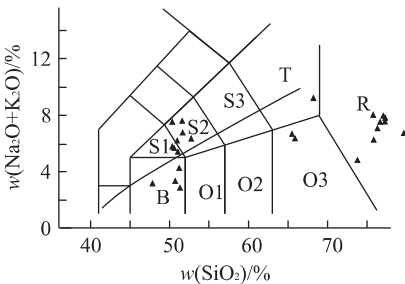


图 4 早侏罗世火山岩 TAS 图^[7]

Fig. 4 TAS diagram of Early Jurassic volcanic rocks^[7]
B. 玄武岩; O3. 英安岩; R. 流纹岩; S1. 粗面玄武岩; S2. 玄武质粗面安山岩; T. 粗面岩, 其他符号略

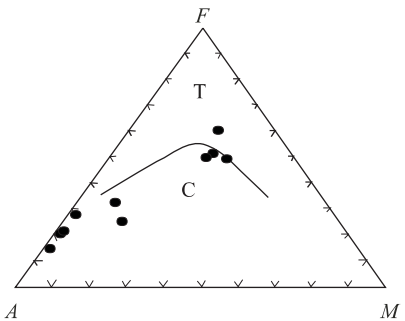


图 5 早侏罗世火山岩 AMF 图^[8]

Fig. 5 AFM diagram of Early Jurassic volcanic rocks^[8]
T. 拉斑玄武岩系列; C. 钙碱性系列

及酸性岩区,中性的安山岩及玄武安山岩缺乏,基性岩者碱性程度较高,投点多落在 S1 和 S2 区,为碱性的粗面玄武岩和玄武质粗面安山岩,少数落在 B 区,为亚碱性的玄武岩(占 30%左右),酸性的岩石主要为流纹岩、少量英安岩及较碱性的粗面岩.从岩石成分看,鄂拉山火山岩具有双峰式的成分特征,基性岩以碱性为主,亚碱性岩次之,酸性岩主要为亚碱性,少量碱性岩,在区分亚碱性岩石的 AFM 图(图 5)中,早侏罗世火山岩中亚碱性的岩石绝大部分为钙碱性的岩石.故早侏罗世火山岩由碱性和钙碱性的岩石组成,反映出裂谷双峰式的成分特征,其中基性者大部分为碱性岩,酸性者大部分为钙碱性岩.

3.2 稀土元素特征

早侏罗世火山岩稀土元素分析结果见表 2,球粒陨石标准化^[9]稀土配分曲线见图 6,从表 2 和图 6 中可以看出,早侏罗世火山岩稀土元素总量玄武岩类较低,中酸性岩类稀土总量较高,轻重稀土分馏均较明显,早侏罗世玄武岩配分曲线为轻稀土富集型,基本无 Eu 负异常,与裂谷碱性玄武岩的配分曲线相近,流纹岩的配分曲线与玄武岩的配分曲线基本相近,大部分具明显的 Eu 负异常,稀土总量较玄武岩高,所以配分曲线位于上方,从配分曲线的形态看,反映出裂谷的成因特征.

表 3 早侏罗世火山岩微量元素分析结果

Table 3 Trace elements analysis results of Early Jurassic volcanic rocks $w_B/10^{-6}$

样品号	岩石名称	Co	Ni	Cu	Cr	Sr	Rb	Hf	Zr	Nb	Th	Pb	Ta	Ba
AP ₅₁ Bb3—1	英安岩	10.7	13.0	20.3	32.1	343	17.6	3.9	167	9.2	3.9	21.3	0.5	258
AP ₅₁ Bb5—1	英安岩	11.4	11.1	10.4	11.1	556	101.2	5.5	201	11.3	8.1	64.4	0.9	1 046
AP ₅₁ Bb16—1	玄武岩	39.8	36.7	27.1	107.9	193	3.0	3.9	135	5.4	2.2	27.8	0.5	156
AP ₅₁ Bb21—1	玄武岩	39.4	25.6	26.9	90.5	214	3.0	4.1	165	14.6	2.4	57.4	0.5	160
AP ₅₀ Bb8—1	流纹岩	3.2	5.7	8.2	10.6	51	112.6	8.6	300	14.9	22.8	56.7	1.1	701
AP ₅₀ Bb14—1	流纹岩	5.2	15.8	19.8	12.3	19	236	9.5	249	24.4	31.6	34.8	3.5	138
AP ₅₀ Bb15—1	流纹岩	3.2	6.8	10.7	14.0	16	218.9	8.4	225	21.0	28.0	43.3	2.2	160
AP ₅₀ Bb17—1	流纹岩	3.5	7.0	9.2	3.3	17	256.5	10.0	258	24.1	34.1	31.5	2.8	197
AP ₅₀ Bb25—1	玄武质粗面安山岩	39.4	51.3	16.1	211.7	276	101	4.9	185	9.6	5.7	62.3	0.6	370
AP ₅₀ Bb27—1	玄武质粗面安山岩	37.8	56.6	24.2	92.3	327	141.8	6.4	288	15.8	6.7	74.3	1.0	1 468
AP ₅₀ Bb29—1	玄武岩	40.4	57.5	37.2	109.4	256	47	6.9	294	18	6.7	45.8	2.3	555
AP ₅₀ Bb30—1	玄武质粗面安山岩	40.9	62.4	65.7	108.1	155	29.2	7.1	270	16.2	6.1	38.6	0.6	376

测试单位:湖北省地质实验研究中心.

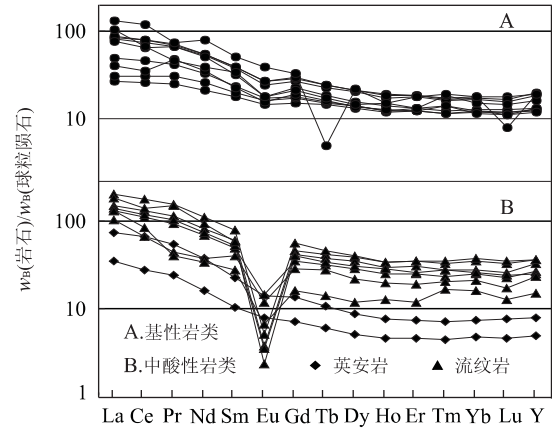


图 6 早侏罗世火山岩稀土配分曲线

Fig. 6 REE distribution patterns of Early Jurassic volcanic rocks

3.3 微量元素特征

早侏罗世火山岩微量元素分析结果见表 3,其 MORB 标准化^[10]比值蛛网图见图 7,从表 3 和图 7 中可以看出,早侏罗世火山岩不同岩石类型的微量元素特征相差较大,玄武岩中钙碱性岩石微量元素总体较平坦,Sr、K、Rb 较亏损,Ba、Th 较富集,其比值蛛网图的分布型式接近于夏威夷型火山岩^[11],而碱性的玄武岩类岩石大离子亲石元素富集,比值蛛网图分布型式像一个倒扣的勺状,与板内玄武岩中亚速尔的碱性玄武岩类似^[11],而中酸性火山岩中 Sr 较亏损,K、Rb、Th 富集较高,Ba 略低,在比值蛛网图中在 Rb 和 Th 处形成 2 个明显的峰值,其比值蛛网图分布型式接近于过渡类型的格林纳达岛火山岩.从火山岩微量元素特征可以看出,早侏罗世火山岩形成于裂谷的构造环境,代表了板内的特征.

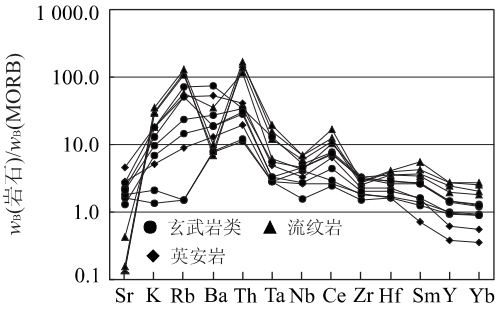


图 7 早侏罗世火山岩微量元素比值蛛网图

Fig. 7 Normalized-MORB trace elements spider diagram of Early Jurassic volcanic rocks

4 构造环境分析

从早侏罗世火山岩的物质成分看,其具有典型双峰式的特点,岩石主要由基性和中酸性岩组成,其中基性岩占 60%,中性岩占 10%,酸性岩占 30%,其分布型式与 Franco^[12]统计的不同裂谷带火山岩中的埃塞俄比亚裂谷火山岩接近.

在玄武岩微量元素与构造环境的 $w(Y)/15 - w(La)/10 - w(Nb)/8$ 图(图 8)中,早侏罗世玄武岩大部分落在 2A 区,为大陆玄武岩,少数落在 1A 区,为钙碱性玄武岩,个别落在 3B 区,为富集的 E 型 MORB,反映了早侏罗世火山岩从大陆开始拉张,局部拉张幅度较大,形成富集的 E 型 MORB 玄武岩.在 $w(Ti)/100 - w(Zr) - 3w(Y)$ 图(图 9)中早侏罗世玄武岩均落在 D 区,为板内玄武岩,反映了早侏罗世火山岩是从稳定的板内开始拉张,在区分板内不同类型玄武岩的 $2w(Nb) - w(Zr)/4 - w(Y)$ 图(图 10)中.

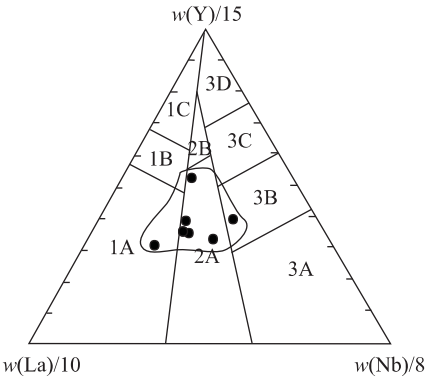


图 8 早侏罗世玄武岩 $w(Y)/15-w(La)/10-w(Nb)/8$ 关系^[13]

Fig. 8 Diagram of $w(Y)/15-w(La)/10-w(Nb)/8$ of Early Jurassic basalts^[13]

1. 火山弧; 1A. 钙碱性玄武岩; 1B. 过渡区; 1C. 火山弧拉斑玄武岩; 2. 大陆玄武岩; 2A. 大陆玄武岩; 2B. 弧后盆地玄武岩; 3. 大洋玄武岩; 3A. 陆内裂谷碱性玄武岩; 3B, 3C. E-型 MORB(B 富集, C 略富集); 3D. N-型 MORB

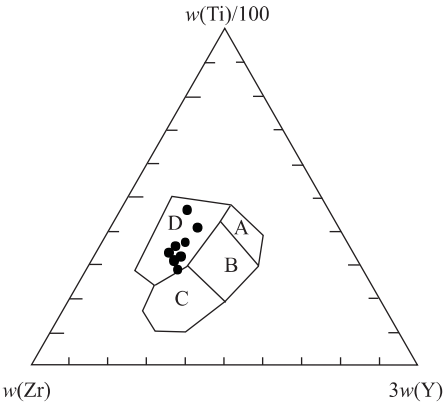


图 9 早侏罗世玄武岩 $w(Ti)/100-w(Zr)-3w(Y)$ 图^[14]

Fig. 9 Diagram of $w(Ti)/100-w(Zr)-3w(Y)$ of Early Jurassic basalts^[14]

A. IAT; B. MORB+CA; C. CA; D. WPB; IAT. 岛弧拉斑玄武岩; MORB. 洋中脊玄武岩; CA. 钙碱性玄武岩; WPB. 板内玄武岩

早侏罗世玄武岩大部分落在 AII 区和 C 区, 其中 AII 区代表了板内碱性+板内拉斑玄武岩, 而 C 区代表板内拉斑+火山弧的构造环境。

综合上述构造判别图以及早侏罗世火山岩的化学成分及稀土微量元素特征, 可以对东昆仑地区晚古生代—早中生代的构造环境作出如下推测: 晚古生代二叠纪时, 本地区处于强烈的拉张时期, 形成一套代表洋中脊构造环境的基性火山岩组合, 二叠纪晚期构造机制变为以挤压为主, 洋盆收缩, 发生俯冲碰撞, 早三叠世时形成一套代表俯冲碰撞类型的弧花岗岩组

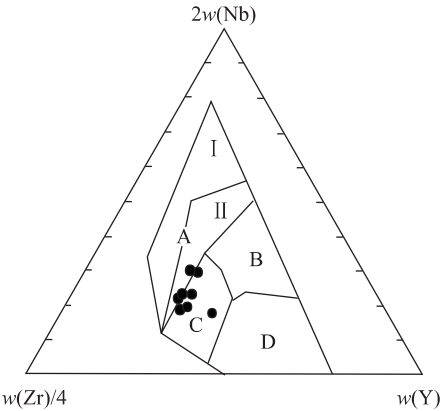


图 10 早侏罗世玄武岩 $2w(Nb)-w(Zr)/4-w(Y)$ 图^[15]

Fig. 10 Diagram of $2w(Nb)-w(Zr)/4-w(Y)$ of Early Jurassic basalts^[15]

AI. 板内碱性玄武岩; AII. 板内碱性+板内拉斑玄武岩; B. E-型 MORB; C. 板内拉斑+火山弧; D. N-型 MORB+火山弧玄武岩

合以及早—中三叠世弧火山岩, 至晚三叠世时已形成陆壳, 在俯冲的后缘在大陆基础上拉张形成裂谷盆地, 形成一套具典型裂谷特征的火山岩岩石组合。拉张的宽度不大, 大部分为大陆玄武岩, 玄武岩的碱度较大, 大部分玄武岩为碱性的玄武质粗面安山岩。火山岩的物质成分中以玄武岩和酸性的流纹岩及英安岩为主, 缺少中性的成分。该次拉张活动除形成了代表陆内裂谷环境的火山岩外, 前人在东部兴海地区进行 1:25 万填图时也发现了早侏罗世的基性辉绿岩墙群及正长岩体, 也反映出造山后期伸展的构造背景, 反映了经历俯冲造山运动以后的伸展。

参加野外工作的还有贾春兴、向树元、安守文, 宣闯在室内对实测剖面资料进行了整理, 在此表示衷心的感谢。

参考文献:

[1] 朱云海, 张克信, Pan Yuanming, 等. 东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(2): 134—138.
ZHU Y H, ZHANG K X, PAN Y M, et al. Determination of different ophiolitic belts in east Kunlun orogenic zone and their tectonic significance [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1999, 24(2): 134—138.
[2] 殷鸿福, 张克信, 王国灿, 等. 非威尔逊旋回与非史密斯方法——中国造山带研究的理论与方法[J]. 中国区域地质, 1998, (增刊): 1—9.
YIN H F, ZHANG K X, WANG G C, et al. Non-Wilson cycle and non-Smith method—The theory and method in studying orogenic belts, China [J]. Regional Geology of

- China, 1998, (Suppl): 1—9.
- [3] 罗照华,邓晋福,曹永清,等. 青海省东昆仑地区晚古生代—早中生代火山活动与区域构造演化[J]. 现代地质, 1999, 13(1): 51—56.
- LUO Z H, DENG J F, CAO Y Q, et al. On Late Paleozoic—Early Mesozoic volcanism and regional tectonic evolution of eastern Kunlun, Qinghai Province [J]. Geoscience, 1999, 13(1): 51—56.
- [4] 袁万明,莫宣学,喻学惠,等. 东昆仑早石炭世火山岩的地球化学特征及其构造背景[J]. 岩石矿物学杂志, 1998, 17(4): 289—295.
- YUAN W M, MO X X, YU X H, et al. Geochemical characteristics and tectonic setting of the Early Carboniferous volcanic rocks in the East Kunlun Mountains [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 1998, 17(4): 289—295.
- [5] 潘裕生,周伟明,许荣华,等. 昆仑山早古生代地质特征与演化[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26(4): 302—307.
- PAN Y S, ZHOU W M, XU R H, et al. Early Paleozoic geological characteristics and evolution of Kunlun Mountains [J]. Science in China (Series D), 1996, 26(4): 302—307.
- [6] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. Regional geology of Qinghai Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991.
- [7] Le Bas M J. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram [J]. J Petrol, 1986, 27: 745—750.
- [8] Irvine T N, Barager W R A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks [J]. Can J Earth Sci, 1971, 523—548.
- [9] Taylor S R, McLennan S M. The continental crust: Its composition and evolution [M]. Oxford: Blackwell, 1985.
- [10] Pearce J A. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins [A]. In: Hawkesworth C J, Norry M J, eds. Continental basalts and metal xenoliths [M]. Nantwich: Shiva, 1983. 230—249.
- [11] Pearce J A. Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environment on Cyprus [J]. Tectonophysics, 1982, 25: 41—67.
- [12] Franco B, Roberto santacroce and jacques varet [J]. Geodynamics Series, 1982, 8: 223—258.
- [13] Cabanis B, Lecolle M. Le diagramme La/10—Y/15—Nb/8: Un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale [J]. C R Acad Sci Ser II, 1989, 309: 2023—2029.
- [14] Pearce T H. The TiO_2 - K_2O - P_2O_5 diagram: A method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts [J]. Earth Planet Sci Lett, 1975, 24: 419—426.
- [15] Meschade M. A method of discrimination between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram [J]. Chem Geol, 1986, 56: 207—218.

Characteristics of Early Jurassic Volcanic Rocks and Their Tectonic Significance in Haidewula, East Kunlun Orogenic Belt, Qinghai Province

ZHU Yun-hai¹, ZHU Yao-sheng², LIN Qi-xiang¹, WANG Guo-can¹

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Institute of Qinghai Geological Survey, Xining 810012, China)

Abstract: This article studies systematically the petrology and geochemistry of the volcanic rocks of Haidewula area, east Kunlun orogenic belt, Qinghai Province. Based on the section, isotopic dating and regional strata contrasting, it has determined that this suit of volcanic rocks should be Early Jurassic. These volcanic rocks are mainly basic and acid, showing typical "Bi-model" character of rifting, but lacking in intermediate rocks. The basic rocks have a higher alkali degree, while the acid rocks mainly belong to calc series. The volcanic rocks are formed in the rift tectonic environment, split from inner continent among the post orogeny.

Key words: east Kunlun orogenic belt; Early Jurassic; rift; volcanic rock.