

东昆仑东端苦海—赛什塘地区 晚古生代蛇绿岩的地质特征

王秉璋 张智勇 张森琦 朱迎堂 曹生秀

(青海地质矿产勘查研究院, 西宁 810012)

摘要: 苦海—赛什塘一带断续分布着众多镁铁—超镁铁质岩岩块, 各种地质特征显示它们在成因上密切相关, 共同构成了曾经存在过的被肢解破碎的洋壳残迹. 岩石地球化学特征反映它们源于类似于 OIB 或 E-MORB 的富集型地幔源区, 并可能形成于初始扩张的小洋盆或消减带之上区域, 同位素测年资料显示洋盆初始扩张可能在 D_3 , 俯冲消减时间在 P_1-P_2 .

关键词: 蛇绿岩; 成因; 东昆仑.

中图分类号: P581; P588. 12 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2000)06-0592-07

作者简介: 王秉璋, 男, 工程师, 1969 年生, 1991 年毕业于长春地质学院地质系, 获学士学位, 现主要从事造山带区域地质调查工作.

苦海—赛什塘地区位于东昆仑与西秦岭接合地带, 该区尚无有关蛇绿岩的报道, 对于分布在这些地区的各类镁铁质、超镁铁质岩曾有不同的看法: 1:5 万苦海幅区域地质调查报告^①将分布于苦海周边的镁铁质、超镁铁质岩解释为热侵位的脉岩; 1:5 万鄂拉山口幅区域地质调查报告^②将雅日一带大规模出露的玄武岩做为二叠纪火山堆积地层解释, 并认为其形成于活动陆缘环境; 李福东等^[1]认为呈似层状、透镜状产出于塞日科龙洼、日龙沟一带的玄武岩是早三叠世拉张环境下形成的碱性—拉斑玄武岩系列基性熔岩. 本文以 1:25 万兴海县幅区域地质调查取得的新资料为基础, 在地质特征、岩石地球化学特征等方面进行综合分析并探讨其成因.

1 地质特征

镁铁质、超镁铁质岩以构造岩块或岩片的方式产出, 断续分布在苦海—赛什塘一带(图 1), 围岩多为遭受低绿片岩相韧性剪切变形的泥砂质浊积岩相

碎屑岩, 二者之间均以韧性界面接触. 不同地段岩石类型及组合出露情况不太一样, 苦海西侧加木龙一带岩石类型以超镁铁质岩为主, 次为辉长岩, 超镁铁质岩出露最大块体约 $100\text{ m} \times 1\ 100\text{ m}$, 小者仅数十 m^2 , 岩石类型主要有全蛇纹石化纯橄岩、全蛇纹石化方辉橄岩及硅化、碳酸盐化、铬云母化超基性岩, 辉长岩则多以规模较小的剪切透镜体产出, 出露零星. 苦海南西雪穷—苦海北东穷果拉布勒一带以辉长岩为主, 多以长透镜体产出, 规模约在 $5\text{ m} \times 20\text{ m} \sim 100\text{ m} \times 1\ 000\text{ m}$ 之间, 变形十分强烈, 原岩组构保留很少, 其次为玄武岩, 零星出露. 雅日一带以出露相对完整、规模较大的构造岩片北东—南西向弧形带状展布, 岩石组合主体以玄武岩、玄武质凝灰熔岩为主, 次为玄武质凝灰岩、硅泥质板岩, 见少量透镜状产出的辉长岩, 岩片边界及内部发育众多韧性剪切带, 变形强烈. 塞日科龙洼—赛什塘一带组分较单一, 出露也十分零星, 岩性以玄武岩为主, 次有少量辉长岩、辉绿岩, 总体环绕元古宙基底岩块展布.

2 地球化学特征

2.1 常量元素

岩石化学分析数据列于表 1, 各类岩石蚀变均

收稿日期: 1999-09-28

基金项目: 1:25 万兴海县幅区域地质调查项目.

^①青海省第六地质队. 苦海幅、温泉煤矿幅 1:5 万区域地质调查报告, 1996.

^②青海省第六地质队. 鄂拉山口幅、沙乃亥幅 1:5 万区域地质调查报告, 1994.

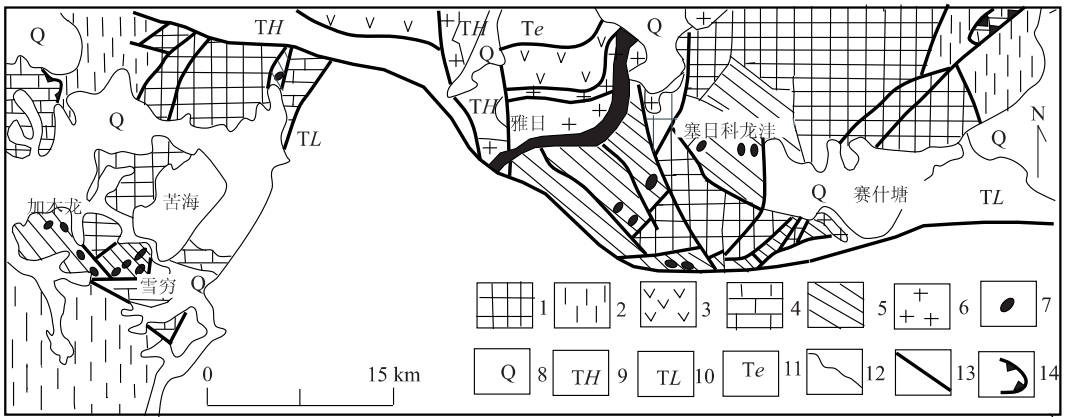


图 1 苦海—赛什塘地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of Kuhai-Saishitang area

1. 元古宙结晶基底岩块; 2. 二叠纪碎屑岩; 3. 二叠纪火山岩; 4. 二叠纪灰岩; 5. 蛇绿混杂岩; 6. 花岗岩; 7. 镁铁—超镁铁质岩岩块; 8. 第四系; 9. 洪水川群; 10. 隆务河群; 11. 鄂拉山组; 12. 地质界线; 13. 断层; 14. 推覆断层

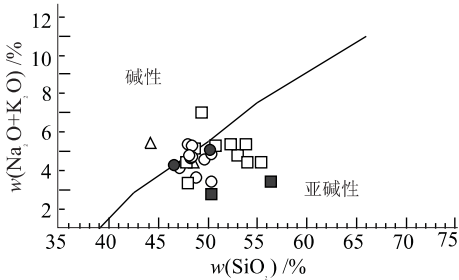


图 2 硅碱图解^[2]

Fig. 2 Diagram of $w(\text{SiO}_2) - w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$

○. 塞日科龙洼玄武岩; □. 雅日玄武岩; △. 雪穷玄武岩; ■. 雅日辉长岩; ●. 苦海辉长岩

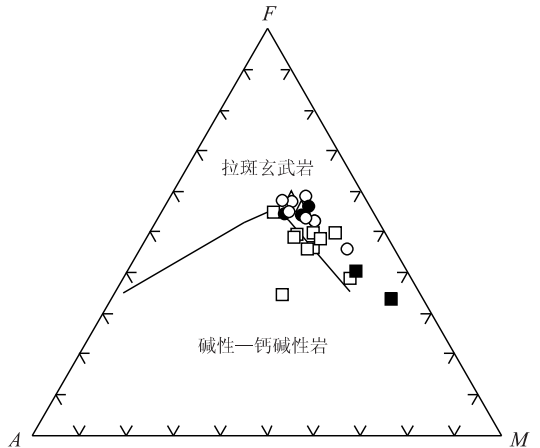


图 3 AFM 图解^[2]

Fig. 3 Diagram of AFM

○. 塞日科龙洼玄武岩; □. 雅日玄武岩; △. 雪穷玄武岩; ■. 雅日辉长岩; ●. 苦海辉长岩

较强,因此近似地调整总质量分数后再做讨论. 超镁铁质岩以富 MgO (34. 7% ~ 51. 92%), ΣFeO (8. 22% ~ 12. 8%), 贫 SiO_2 (36. 12% ~ 47. 59%), CaO (0. 6% ~ 8. 36%), Al_2O_3 (0. 3% ~ 1. 95%), $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (0. 13% ~ 1. 18%) 为特征. 在 $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ 图解中(图略)多数样品投在变质橄榄岩区,少数样品因 SiO_2 , CaO 质量分数偏高,有所偏离,这显然与本区超镁铁质岩广泛、强烈的硅化、碳酸岩化作用有关. $w(\text{Mg})/w(\text{Mg} + \Sigma \text{Fe})$ 在 0. 74 ~ 0. 91 之间,均值为 0. 81,与变质橄榄岩中方辉橄榄岩的值接近. 辉长岩、玄武岩岩石化学特征略显复杂,总体可以分为两组:(1)苦海周边及塞日科龙洼等地,玄武岩、辉长岩具相似的化学组成,以高钛为特征,质量分数在 1. 18% ~ 2. 56% 之间,个别达 4. 72%, SiO_2 变化小,质量分数在 44. 24% ~ 50. 19% 之间, Al_2O_3 在 13. 54% ~ 19. 77% 之间,

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 在 2. 48% ~ 4. 42% 之间. (2)雅日地区辉长岩、玄武岩则以低钛为特征,质量分数在 0. 3% ~ 0. 96% 之间,仅一个样品为 1. 62%, SiO_2 质量分数相对高一些,其余氧化物质量分数基本与前者相当,图 2 中,两区是一致的,样品多投在亚碱性区,在图 3 中,则多分布在拉斑玄武岩区,样点总体沿 Th 线分布,显示出拉斑玄武岩质岩浆的演化趋势.

2.2 稀土元素

稀土元素分析数据列于表 2,超镁铁质岩强烈亏损稀土元素,总量在 $0. 564 \times 10^{-6} \sim 2. 196 \times 10^{-6}$ 之间,并主要集中在 $0. 564 \times 10^{-6} \sim 0. 904 \times 10^{-6}$ 之间,说明超镁铁质岩为地幔部分熔融的残留物,稀土

表 1 蛇绿岩岩石化学成分

Table 1 Chemical compositions of ophiolite

序号	岩性	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
1	辉橄岩	35.13	0.05	1.63	5.79	4.40	0.07	29.10	7.00	0.25	0.30	0.05	10.80	15.97
2	辉橄岩	38.71	0.04	1.06	8.37	1.57	0.07	35.80	0.89	0.28	0.75	0.02	11.40	12.27
3	蚀变超基性岩	22.82	0.02	0.59	3.32	2.82	0.12	32.80	0.45	0.17	0.05	0.02	1.03	36.94
4	蚀变超基性岩	30.32	0.00	0.20	1.52	3.92	0.05	28.00	1.70	0.10	0.20	0.01	1.14	33.78
5	辉橄岩	36.41	0.00	0.85	5.64	3.47	0.06	31.60	5.17	0.31	0.24	0.01	10.80	15.45
6	蛇纹岩	39.13	0.05	0.71	4.12	4.03	0.08	34.90	2.25	0.01	0.10	0.05	10.20	14.71
7	蛇纹岩	41.36	0.12	1.18	2.46	1.30	0.03	40.00	0.00	0.40	0.00	0.06	12.20	13.71
8	辉长岩	45.67	1.96	16.25	3.53	8.93	0.15	6.79	7.65	2.97	0.48	0.19	0.18	4.10
9	辉长岩	48.15	2.31	14.43	3.23	9.42	0.14	5.93	8.15	2.97	0.98	0.22	0.07	2.76
10	辉长岩	44.82	1.50	16.22	3.13	11.00	0.18	7.54	8.28	2.58	0.62	0.39	3.28	3.71
11	辉长岩	46.32	2.07	15.56	2.71	10.8	0.20	6.35	8.00	3.30	0.30	0.00	3.10	3.05
12	辉长岩	46.90	2.27	15.72	2.03	11.6	0.18	6.54	8.00	2.86	1.40	0.33	1.58	1.85
13	辉长岩	46.55	2.09	15.89	2.83	11.00	0.23	5.75	7.70	3.50	0.66	0.00	3.14	2.94
14	辉长岩	46.18	1.32	15.39	2.11	11.10	0.20	7.73	8.28	2.72	0.90	0.00	2.60	3.95
15	辉长岩	46.70	0.57	10.24	2.18	6.32	0.18	14.70	10.20	1.50	0.18	0.10	0.15	6.96
16	辉长岩	54.39	0.41	11.46	1.45	7.42	0.20	10.50	8.30	1.43	0.93	0.12	0.18	1.97
16	辉长岩	46.70	0.57	10.24	2.18	6.32	0.18	14.70	10.20	1.50	0.18	0.10	0.15	6.96
17	蚀变玄武岩	46.79	1.58	16.48	2.35	9.15	0.20	8.66	8.89	2.21	1.15	0.25	1.16	2.68
18	变基性火山岩	47.61	0.72	12.83	1.72	9.51	0.23	8.75	8.35	3.91	0.12	0.06	0.00	5.95
19	变基性火山岩	50.86	0.29	16.37	1.79	8.05	0.02	6.25	8.70	3.07	0.61	0.06	0.00	3.20
20	变基性火山岩	50.42	0.75	16.14	2.20	8.05	0.14	6.50	5.07	3.80	0.33	0.20	4.04	1.96
21	变基性火山岩	49.74	0.91	13.46	1.00	9.35	0.16	7.93	8.15	4.00	0.14	0.14	2.40	2.29
22	玄武质凝灰熔岩	52.76	0.57	15.78	2.64	7.25	0.20	12.10	0.54	2.82	0.46	0.12	0.00	3.05
23	玄武质凝灰熔岩	51.78	0.54	17.47	1.66	7.05	0.25	3.75	9.98	2.72	0.56	0.06	0.00	2.42
24	玄武质凝灰熔岩	45.86	1.38	13.58	13.68	0.65	0.25	9.18	5.44	2.76	1.20	0.29	0.00	4.69
25	玄武质凝灰熔岩	45.76	0.59	13.66	1.35	5.35	0.24	6.76	13.21	4.00	1.58	0.25	2.04	4.19
26	基性糜棱岩	43.32	0.52	15.04	2.18	8.07	0.18	8.00	10.71	0.96	1.17	0.06	3.99	9.88
27	变基性火山岩	45.17	1.80	18.42	4.54	7.71	0.18	7.60	7.10	2.90	0.12	0.32	2.09	1.83
28	变基性火山岩	48.11	1.64	18.89	3.04	10.90	0.11	7.80	0.91	3.65	0.09	0.45	2.73	1.02
29	变基性火山岩	44.84	1.29	16.77	2.25	10.50	0.21	8.00	2.90	3.17	0.06	0.43	4.73	4.02
30	变基性火山岩	47.86	1.16	15.82	5.05	7.70	0.20	6.00	11.41	2.12	0.48	0.18	0.50	1.17
31	变基性火山岩	49.17	1.60	13.23	2.78	8.48	0.21	10.60	9.00	1.59	0.83	0.20	0.68	1.29
32	蚀变玄武岩	42.40	4.52	15.32	9.92	6.73	0.20	7.22	5.00	3.74	0.50	0.30	0.21	3.92
33	蚀变玄武岩	46.22	2.46	14.52	3.94	9.41	0.18	6.72	8.15	2.93	0.37	0.28	0.13	3.47

注:1~7 采自加木龙;8~14 采自雪穷;15~26 采自雅日;27~31 采自塞日科龙洼;32,33 采自雪穷。其中 1~5,17,26 由青海中心实验室测试;8,9,15,16,32,33 由西安综合岩矿测试中心测试;6,7,10~14 引自资料①;18~25 资料②;27~31 据文献[1]。

元素分布型式图与典型地幔岩亏损型模式相反,为轻稀土富集型(图 4), $w(\text{La})_n/w(\text{Yb})_n$ 平均值为 3.34,轻稀土分馏明显,重稀土呈平坦型或轻微左倾。不同地区辉长岩及玄武岩稀土元素组成是相似的,并未显示出明显的差异性,总量在 $42.09 \times 10^{-6} \sim 145.96 \times 10^{-6}$ 之间,均值为 92.56×10^{-6} ,分布型式图均显示为富集型模式, $w(\text{La})_n/w(\text{Yb})_n$ 均值为 6.78,富集程度高于超镁铁质岩。玄武岩与辉长岩具近似的稀土元素组成,可能说明岩浆房结晶分异程度低,也暗示岩浆房规模小或很不发育。

2.3 痕量元素

基性熔岩、辉长岩痕量元素丰度列于表 3,在比

值蛛网图中规律性比较明显(图 5),雪穷辉长岩、玄武岩图型呈隆起型,除 Y, Yb, Cr 以外所有元素以富集为特征,与板内玄武岩较为相似^[3],塞日科龙洼玄武岩也具这种特征,微小的差别是 Zr, Hf, Sm 的富集程度略低于前者,图形更具 WPB—MORB 过渡类型的特征,与雷克雅内斯洋脊的型式近乎一致^[3]。雅日玄武岩比值蛛网图型明显不同于前二者,以 K—Ta 的富集及 Nb—Zr 低的绝对丰度为特征,与拉斑玄武质的火山弧玄武岩相似。图 6 中,雪穷、塞日科龙洼辉长岩、玄武岩主要投在 WPB, MORB 区及二者的重叠区域,雅日玄武岩则主要投在 VAB 区,图 7 中的情况也是如此,但雪穷玄武岩投入了 D

表 2 蛇绿岩稀土元素丰度

Table 2 REE abundance of ophiolite

序号	$w_B/10^{-6}$															$w(La)_n/w(Yb)_n$	$\delta(Eu)$
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE		
1	0.500	0.760	0.065	0.420	0.068	0.013	0.091	0.007	0.055	0.024	0.043	0.000	0.140	0.010	2.196	2.400	0.500
2	0.105	0.262	0.025	0.120	0.035	0.008	0.069	0.012	0.085	0.020	0.060	0.009	0.080	0.014	0.904	0.880	0.500
3	0.141	0.310	0.022	0.110	0.013	0.002	0.013	0.002	0.017	0.004	0.015	0.004	0.019	0.003	0.675	5.080	0.400
4	0.150	0.280	0.031	0.122	0.023	0.006	0.024	0.000	0.022	0.005	0.016	0.002	0.020	0.003	0.704	5.060	0.800
5	0.120	0.230	0.020	0.084	0.017	0.002	0.02	0.003	0.018	0.004	0.015	0.003	0.024	0.004	0.564	3.370	0.300
8	20.10	38.90	4.75	21.60	5.02	1.54	4.46	0.75	4.74	0.91	2.16	0.29	1.89	0.30	107.41	7.17	0.98
9	25.90	51.30	6.14	25.50	5.79	1.82	4.52	0.87	5.21	0.93	2.28	0.29	1.79	0.27	132.61	9.76	1.05
16	9.59	16.70	3.04	10.5	2.18	0.57	1.98	0.479	2.39	0.47	3.18	0.25	1.23	0.317	52.87	5.26	0.82
17	13.19	26.36	3.31	16.35	4.26	1.53	4.81	0.70	3.90	0.80	2.22	0.29	1.90	0.32	79.94	4.68	1.03
26	8.89	15.08	1.80	7.65	1.90	0.67	1.81	0.28	1.63	0.31	0.90	0.13	0.89	0.15	42.09	6.73	1.09
27	14.40	30.80		17.70	4.83	1.74		0.89					2.33	0.34	73.03	4.20	
28	19.50	41.80		22.50	4.90	1.59	4.72	0.77					1.81	0.25	97.85	7.30	1.00
29	21.70	45.10		23.40	5.12	1.54		0.72					1.59	0.22	99.39	9.20	
30	7.43	17.00		10.40	2.44	0.79		0.45					1.34	0.21	40.06	3.70	
31	16.00	35.60		17.60	3.32	0.94		0.54					1.27	0.17	75.43	8.50	
32	21.30	43.10	7.59	27.50	5.71	2.12	5.63	1.01	6.81	0.76	6.66	0.39	2.43	0.35	131.36	5.91	1.13
33	24.60	47.10	8.45	30.90	6.29	2.10	6.21	1.16	7.14	0.87	7.65	0.45	2.65	0.38	145.96	6.26	1.02
1-1	19.20	39.10	4.65	18.80	4.26	2.95	3.91	0.72	4.48	0.81	1.76	0.25	1.49	0.23	102.61	8.69	2.17
1-2	17.50	26.70	5.30	16.20	3.32	1.21	3.13	0.67	3.83	0.70	2.96	0.33	2.00	0.31	84.16	5.90	1.13
1-3	21.40	40.04	4.18	21.35	4.81	1.74	5.85	0.83	4.15	0.86	2.25	0.27	1.63	0.22	109.58	6.41	1.00
1-4	21.70	37.58	4.03	20.88	4.91	1.78	5.82	0.75	4.12	0.84	2.18	0.27	1.61	0.23	106.70	8.87	1.02

注:1-1 为辉长岩;1-3,1-4 为玄武岩,采自雪穷;1-2 为玄武岩,采自雅日。其余样品序号同表 1,其中 1,1-2,1-3,1-4,16 由西安综合岩矿测试中心测试;27~31 据文献[1];其余样品由国家地质实验测试中心分析。

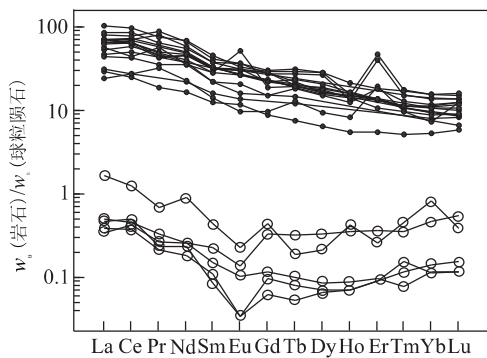


图 4 蛇绿岩稀土元素分布型式

Fig. 4 REE distribution patterns of ophiolite

○. 超镁铁质岩; ●. 玄武岩辉长岩

由上述分析不难得出如下结论,雪穷—塞日科龙洼等地镁铁质岩具有相似的微量元素组成,反映它们的形成环境介于 WPB—MORB 之间,可能代表了一种成熟裂谷—初始洋盆之间的过渡环境。雅日地区镁铁质岩则更多反映了 SSZ 区域的一些特点。

3 古构造背景讨论

从前面讨论看,东昆仑东端苦海—赛什塘地区镁铁质岩的成因是复杂的,据空间展布及岩石化学特征分析,苦海周边地区,包括加木龙超镁铁质岩,雪穷地区辉长岩、玄武岩,以及赛什塘西部塞日科龙洼等地玄武岩、辉长岩、辉绿岩具有明显的亲缘关系,做为曾经存在过的、被强烈肢解破碎的洋壳残片,依据是充足的:(1)超镁铁质岩虽蚀变强烈,原岩

区,与其高 TiO_2 的事实相矛盾,反映 Th 相对 Ta 有异常的富集,这一现象在图 5 中尤为清楚,可能与 Th 分析精度有关。

表 3 蛇绿岩痕量元素丰度

Table 3 Trace element abundance of ophiolite 10⁻⁶

序号	Cr	Rb	Ba	Sr	Ta	Nb	Hf	Zr	Th
8	71	28	338	326	0.75	12	7	103	4
9	96	32	432	435	1.80	15	8	145	4
17	89	60	679	618	2.20	9	6	154	4
26	178	26	1 072	737	1.75	4	7	76	5
27	84.3	12.2	106	463	0.58	7	3.18	89.1	1.12
28	52.4	23.7	143	124	1.25	22	4.37	153	2.39
29	52.8	19	136	125	1.21	22	4.86	139	2.34
30	64.4	23.5	113	156	0.342	7	1.53	103	0.694
31	415	53.3	72.2	164	0.365	8	2.61	191	1.48
32	54	12	46	251	1.2	22	6	110	4
33	119	14	58	638	0.62	17	4	158	5
1-1	109	43	346	444	1.9	20	7	160	4
1-2	178	17	397	375	0.24	5	6	63	4

注：样品序号同表 2；其中 27~31 据文献[1]；其余样品均由西安综合岩矿测试中心测试。

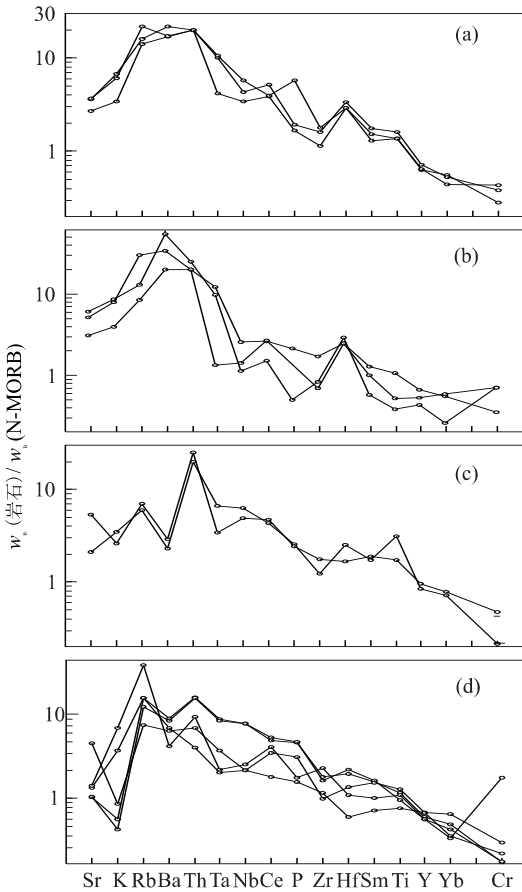


图 5 蛇绿岩痕量元素比值蛛网图

Fig. 5 Spider diagrams of trace elements of ophiolite

a. 雪穷辉长岩; b. 雅日玄武岩; c. 雪穷玄武岩; d. 塞日科龙注玄武岩

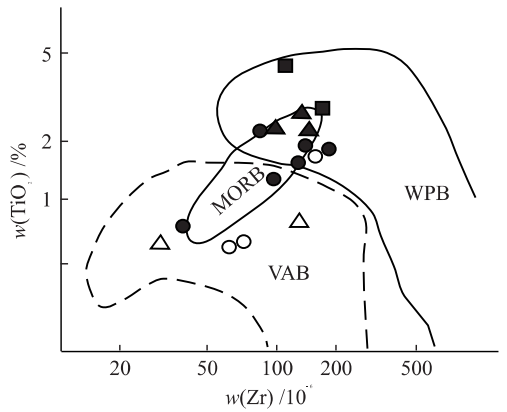


图 6 $w(\text{TiO}_2) - w(\text{Zr})$ 图解

Fig. 6 Diagram of $w(\text{TiO}_2) - w(\text{Zr})$

VAB. 岛弧斑斑玄武岩; WPB. 板内玄武岩; MORB. 大洋中脊玄武岩; 原图分区据 Pearce^[4]

岩石之一; (2) 各类镁铁质、超镁铁质岩均以构造界面与泥砂质浊积岩相围岩相接触, 并构成了蛇绿混杂岩; (3) 辉绿岩出露十分有限, 但其存在本身即是洋脊扩张的依据之一; (4) 超镁铁质岩、镁铁质岩在稀土元素特征等方面具亲缘关系, 并且反映其来源于类似于 OIB 或 E-MORB 的富集型地幔源^[5,6], 各种构造环境判别图解均显示出 WPB-MORB 过渡类型的特点; (5) 图 8 中显示扩张速率 $\leq 1 \text{ cm/a}$, 如此低的扩张速率, 国内有些学者将这类蛇绿岩划为似蛇绿岩类^[7] 或慢速扩张地带的基性—超基性岩组合^[8], 并认为其形成环境为裂陷槽、成熟裂谷或初始洋盆裂陷槽、裂谷带等。结合野外地质产状、区域地质背景等特征, 笔者初步确定其形成背景为成熟

组构造消失殆尽, 但岩石地球化学特征仍能确定其为地幔橄榄岩无疑, 地幔橄榄岩是蛇绿岩中最特征的

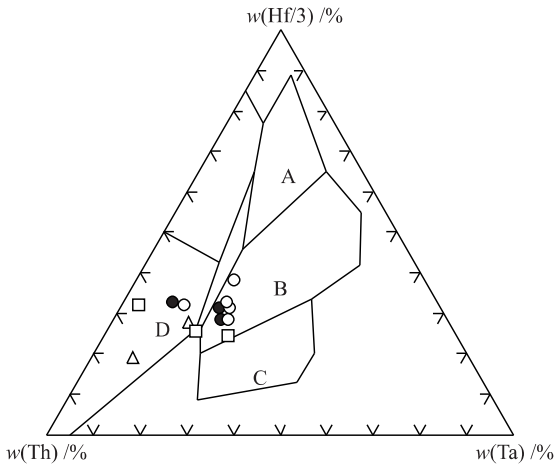


图 7 $w(\text{Th})-w(\text{Hf}/3)-w(\text{Ta})$ 图解

Fig. 7 Diagram of $w(\text{Th})-w(\text{Hf}/3)-w(\text{Ta})$

○. 塞日科龙洼玄武岩; ■. 雅日玄武岩; △. 雪穷玄武岩; ●. 苦海辉长岩. A. 亏损型(正常)洋中脊拉斑玄武岩; B. 富集型(异常)洋中脊玄武岩; C. 板内碱性玄武岩及分异产物; D. 岛弧玄武岩及其分异产物, 原图分区据 Wood^[9]

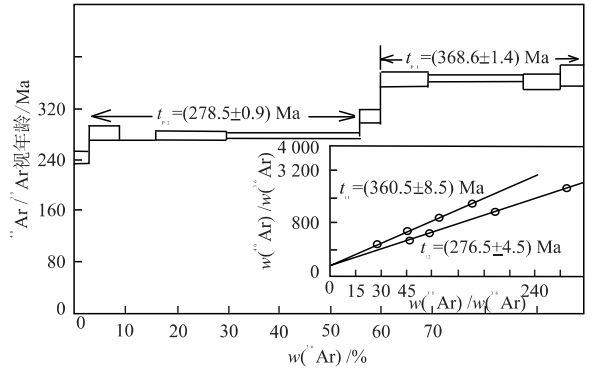


图 9 雪穷辉长岩辉石⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄及等时年龄

Fig. 9 Plateau ages and isochron curve of ⁴⁰Ar/³⁹Ar of pyroxene gabbro in Xueqiong

的特征,当然对这一问题需做进一步深入工作.

4 时代讨论

苦海、塞日科龙洼等地蛇绿岩形成时代可能在 D₃-P₁ 之间, 主要依据有: (1) 雪穷辉长岩中采用 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 法选用辉石(多变质为纤闪石)定年, 样品由中国科学院地质研究所测试(图 9), 获得了两个坪年龄, $t_{p1} = (368.6 \pm 1.4) \text{ Ma}$, 相对应的等时线年龄值为 $(360.5 \pm 8.5) \text{ Ma}$, 这一值应为辉长岩的成岩年龄, $t_{p2} = (278.3 \pm 0.8) \text{ Ma}$, 相对应的等时线年龄值为 $(276.5 \pm 4.5) \text{ Ma}$, 代表了纤闪石的形成年龄, 即洋壳俯冲并遭受变质、变形的年龄. (2) 蛇绿混杂岩, 在强烈剪切破碎的泥砂质基质中已获得两组全岩 Rb-Sr 等时线年龄值, 分别为 $(274.84 \pm 9.027) \text{ Ma}$ (年莫)^[1], $(269 \pm 11.76) \text{ Ma}$ ^③. 这一组较为近似的年龄值也可视为蛇绿岩的俯冲就位年龄, 也应为该区蛇绿岩形成时代的上限.

雅日地区玄武岩等尚未获得直接测年资料, 但区域上与之紧密共生的火山岩岩浆弧形成于二叠纪, 二者可能为同一沟弧盆体系的产物, 其形成也是近乎同时的.

5 地质意义

具 MORB 型蛇绿岩特征的苦海周边及塞日科龙洼—赛什塘镁铁—超镁铁质岩和具 SSZ 型蛇绿

③青海省区调综合地质大队. 赛什塘幅、南木塘幅度 1:5 万区域地质调查报告. 1994.

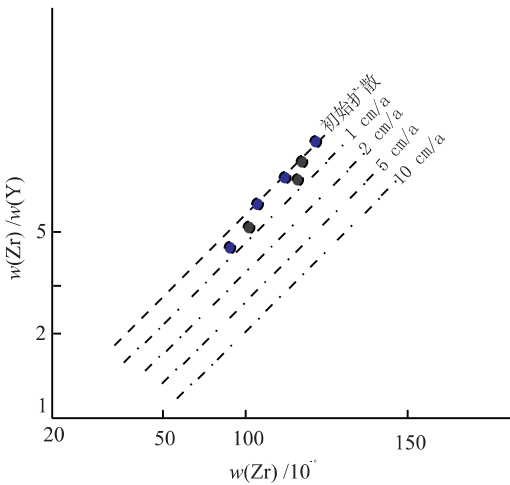


图 8 $w(\text{Zr})/w(\text{Y})-w(\text{Zr})$ 图解^[6]

Fig. 8 Diagram of $w(\text{Zr})/w(\text{Y})-w(\text{Zr})$

裂谷—初始洋盆之间的过渡环境.

雅日地区玄武岩、辉长岩明显有别于前者, 由于缺乏相配套的标志性组分, 如辉绿岩墙等, 一般分析其可能的成因有两种: 一是岛弧火山岩组合, 二是 SSZ 型蛇绿岩. 笔者倾向于后者, 有几点依据: ①玄武岩以规模较大的玄武岩岩片产出, 辉长岩则以较小的剪切透镜体分布在玄武岩岩片中, 围岩中尚未见出露, 岩石组合中缺乏岛弧火山岩建造中经常占优势比例的中酸性熔岩及爆发相火山碎屑岩; ②岩石地球化学特征也指示了 VAB-MORB 过渡类型

岩特征的雅日、错扎玛镁铁质岩分别代表了海西期分隔东昆仑后加里东古陆^[10]与西秦岭—若尔盖古陆的古特提斯洋及其北西侧弧后盆地(边缘海)消亡的遗迹,并与早中二叠世火山弧岩片、复理石楔岩片、中高压混杂岩岩片、元古宙结晶基底岩片等共同构成了介于东昆仑—西秦岭之间的北西—南东向展布的陆缘俯冲增生杂岩楔。研究表明东昆仑后加里东古陆东南—东缘为活动大陆边缘,西秦岭—若尔盖古陆西缘则为被动大陆边缘。因此,苦海—赛什塘地区晚古生代蛇绿岩的发现与研究基本肯定了东昆仑与西秦岭是晚二叠世随古特提斯多岛洋消亡以板块缝合带型式相结合的,详细的构造解析还进一步证实了碰撞侵位模式是本区蛇绿岩就位的主要机制。

参考文献:

- [1] 李福东,张汉文,宋治杰,等. 鄂拉山地区热水成矿模式 [M]. 西安:西安交通大学出版社,1993. 9~16.
- [2] Irvine T N, Barager W R. A guide to the chemical classification of the common volcanic rock [J]. *Can J Earth Sci*, 1971, 8: 523~548.
- [3] Pearce J A. 玄武岩判别图“使用指南”[J]. 国外地质,

1984, (11): 1~13.

- [4] Pearce J A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries [A]. In: Thorps R S, ed. *Andesites* [C]. Chichester: J Wily & Sons, 1982. 525~548.
- [5] 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.
- [6] Pearce J A, Cann J R. Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr and Y [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1971, 12: 339~349.
- [7] 肖序常. 从扩张速率试论蛇绿岩的类型划分[J]. 岩石学报, 1995, (11): 10~24.
- [8] 汤耀庆,高俊,赵明,等. 西南天山蛇绿岩和蓝片岩[M]. 北京:地质出版社,1995. 59~62.
- [9] Wood D A. The application of a Th—Ha—Ta diagrams to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic provinces [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1980, 50: 11~30.
- [10] 张以佛,庞存廉,李长利,等. 可可西里—巴颜喀拉三叠纪沉积盆地的形成和演化[M]. 西宁:青海人民出版社,1997. 1~37.

GEOLOGICAL FEATURES OF LOWER PALEOZOIC OPHIOLITE IN KUHAI-SAISHITANG REGION, EASTERN SECTION OF EASTERN KUNLUN

Wang Bingzhang Zhang Zhiyong Zhang Senqi Zhu Yingtang Cao Shengxiu
(*Qinhai Institute of Geology and Mineral Exploration, Xining 810012, China*)

Abstract: Mafic-ultramafic rock blocks, consecutively distributed in Kuhai-Saishitang region, are closely associated with each other in origin, as shown by their different geological features. These rock masses constitute the oceanic crust vestiges that once existed but later were broken. The petro-geochemical features show that the rock masses originating from the enrichment mantle source similar to that of OIB or E-MORB, may have occurred in the region above the initial-spreading small oceanic basin or subduction zone. The isotope dating references show that the initial spreading of the oceanic basin may have occurred in D₃, and the subduction may have occurred in P₁—P₂.

Key words: ophiolite; genesis; eastern Kunlun.