

# 云南金沙江蛇绿岩的地球化学特征 及其成因的初步研究<sup>\*</sup>

韩松 贾秀勤 黄忠祥 董金泉

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100080)

张旗 陈雨 李秀云

(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

主题词 云南 金沙江蛇绿岩 地球化学 岩石成因 构造环境

提 要 本文报道了出露于云南省德钦县白马雪山、书松、共卡及吉义独地区的金沙江蛇绿岩的地球化学特征。该蛇绿岩各岩石单元均为 LREE 富集型。文中讨论了金沙江蛇绿岩的成因及其形成的构造环境, 指出该区玄武岩的微量元素和 REE 分布可用 N-MORB 与 OIB 的混合来解释, 推测形成于类似现今冰岛的扩张脊与地幔热柱重叠的构造环境。

位于云南德钦县境内的金沙江蛇绿岩向北延伸至川藏交界处附近。据资料分析, 该带向北西尚可延伸至青海玉树、可可西里, 直至新疆南部出境到巴基斯坦。向南可与哀劳山蛇绿岩带相连, 金沙江蛇绿岩出露最好的部位在奔子栏至德钦的公路上, 蛇绿岩呈岩片出露在白马雪山、书松和共卡及其之南的霞若乡吉义独一带(图 1)。下面简述我们对金沙江蛇绿岩地球化学研究的某些认识, 不妥之处希批评指正。

## 1 地质概貌

如图 2 所示, 在白马雪山, 蛇绿混杂岩出露宽度约达 20km, 蛇绿岩杂岩构造侵位时代推测在晚三叠世之前, 因为混杂岩被晚三叠世红层不整合覆盖, 蛇绿混杂岩中的灰岩外来岩块和放射虫硅质岩的时代是二叠纪。白马雪山蛇绿混杂岩的块体成分复杂, 有变质橄榄岩、堆晶超镁铁岩、辉长岩、枕状熔岩、辉绿岩、斜长花岗岩、含放射虫硅质岩及外来的灰岩和石英斑岩等, 基质为剪切变形的碎屑岩及绿片岩, 在共卡地区, 蛇绿混杂岩呈冲断片产出, 出露宽度约 1km, 向东逆冲在金沙江变质岩之上(图 2), 主要由枕状熔岩和变质橄榄岩组成, 夹紫红色放射虫硅质岩及灰岩岩块。放射虫时代为二叠纪<sup>[1]</sup>。书松蛇绿岩混杂岩岩片的块体由变质橄榄岩和少量堆晶辉石岩及硅质岩组成, 基质为绿片岩和绢云母石英片岩, 向东逆冲在安山-玄武岩地层之上(图 2)。吉义独蛇绿岩岩片的组成不同于上述地区, 以堆晶岩为主(包括堆晶橄榄岩和辉石岩), 有少量辉长岩和变质橄榄岩。

金沙江蛇绿岩带东侧奔子栏—霞若一带泥盆纪—二叠纪的火山-沉积岩系形成于被动

\* 本文 1995 年 10 月收到。

大陆边缘,而其西侧沿澜沧江分布的二叠纪火山-沉积岩系则属于活动大陆边缘环境<sup>[2]</sup>。推测金沙江蛇绿岩所代表的洋盆的时代主要是二叠纪,以东是扬子地块,以西是昌都-思茅地块,金沙江洋盆是向西俯冲的。

2 地球化学

本次研究所分析的样品,先切割成新鲜小块,再在碳化钨磨具中研磨至200目。主元素Ba、Sr、Cr、Ni、Co、Y、Sc、V、Zr、Nb采用XRF方法分析(北京有色冶金设计总院测试中心,分析者:李中山和吴伟);REE和其余微量元素为INAA方法分析(中国科学院高能物理研究所),主元素和微量元素数据列于表1。

2.1 主元素

本区变质橄榄岩主要由二辉橄榄岩、方辉橄榄岩和少量纯橄岩组成,按照化学成分分为强烈亏损和弱亏损的两类,其Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量在0.49%—2.79%之间, CaO = 0.16%—1.09%, Mg值(Mg/Mg+Fe)变化范围在0.87—0.91之间。堆晶超镁铁质岩的岩石类型有单辉橄榄岩,橄榄单辉岩及角闪单辉岩等。堆晶橄榄岩具补堆晶结构,其Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和

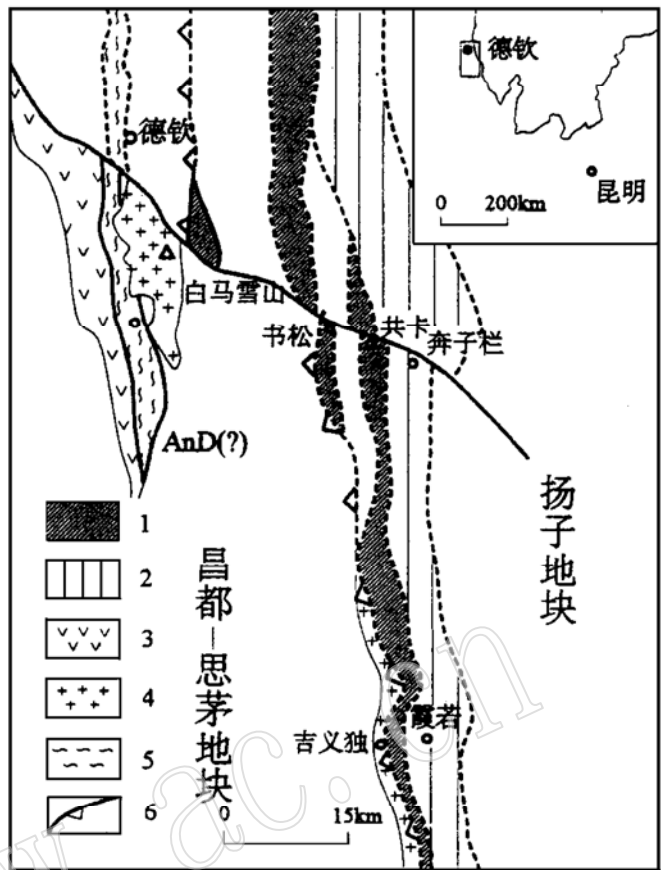


图1 金沙江蛇绿岩概略地质图

Fig. 1 Geological sketch map of the Jinsha River Ophiolite

- 1—蛇绿混杂岩; 2—泥盆—二叠纪火山-沉积岩系(被动大陆边缘); 3—二叠纪火山-沉积岩系(活动大陆边缘); 4—花岗岩; 5—浅变质岩(前泥盆纪?); 6—板块接合带

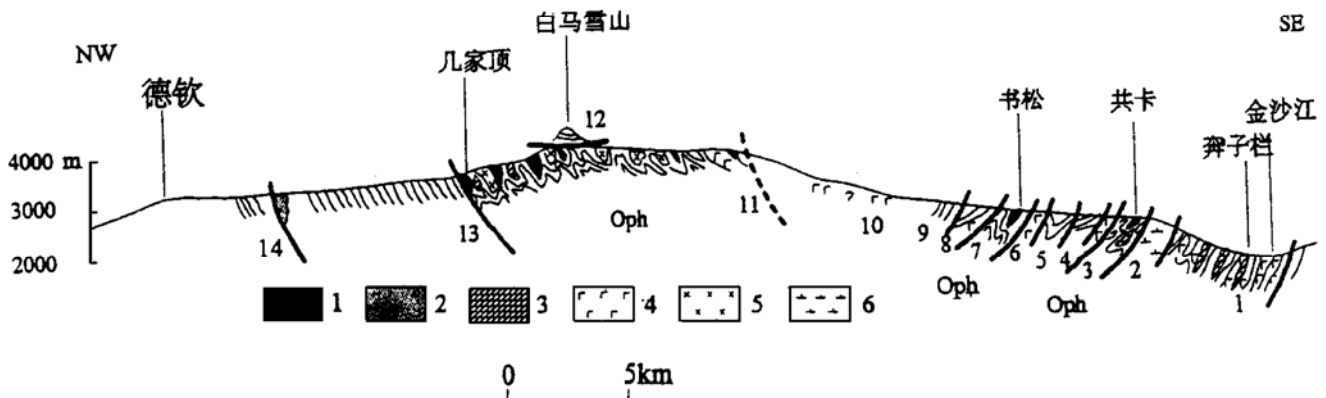


图2 奔子栏—德钦概略剖面图

Fig. 2 Sketch geological section of Benzilar-Deqin area

剖面图中 1—金沙江变质带; 2—闪长岩; 3—共卡蛇绿混杂岩; 4—鲁那灰岩夹白云质灰岩; 5—砂岩; 6—安山-玄武岩; 7—书松蛇绿混杂岩; 8—玄武岩夹泥岩; 9—板岩和砂板岩; 10—玄武岩夹流纹岩及板岩; 11—白马雪山蛇绿混杂岩; 12—三叠纪—第三纪红层; 13—砂岩、灰岩夹流纹岩及安山岩; 14—浅变质岩

图例: 1—变质橄榄岩; 2—花岗岩; 3—灰岩; 4—玄武岩; 5—辉长岩; 6—闪长岩

CaO 含量变化大, 分别在 1.72%—8.08% 和 2.12%—9.65% 之间,  $Mg'$  值为 0.85—0.90。辉长岩有堆晶辉长岩与均质辉长岩之分, 前者  $MgO$  和  $Mg'$  值高而  $Ti$  低, 后者正相反。玄武岩和辉绿岩具中等的  $TiO_2$  (0.89%—1.79%) 和  $MgO$  (3.91%—8.35%) 含量, 与 MORB 类似, 唯  $K_2O$  变化大 (0.11%—1.42%), 部分  $K_2O$  含量高, 可能与后期热液蚀变作用有关。在图 3 中, 白马雪山和共卡的玄武岩大多投影在 MORB 区域, 少数落入 OIT (洋岛拉斑玄武岩) 区。白马雪山的枕状熔岩除了玄武岩之外, 还有部分安山岩。后者除  $MgO$  略低外, 其余成分与玄武岩相近 (表 1)。

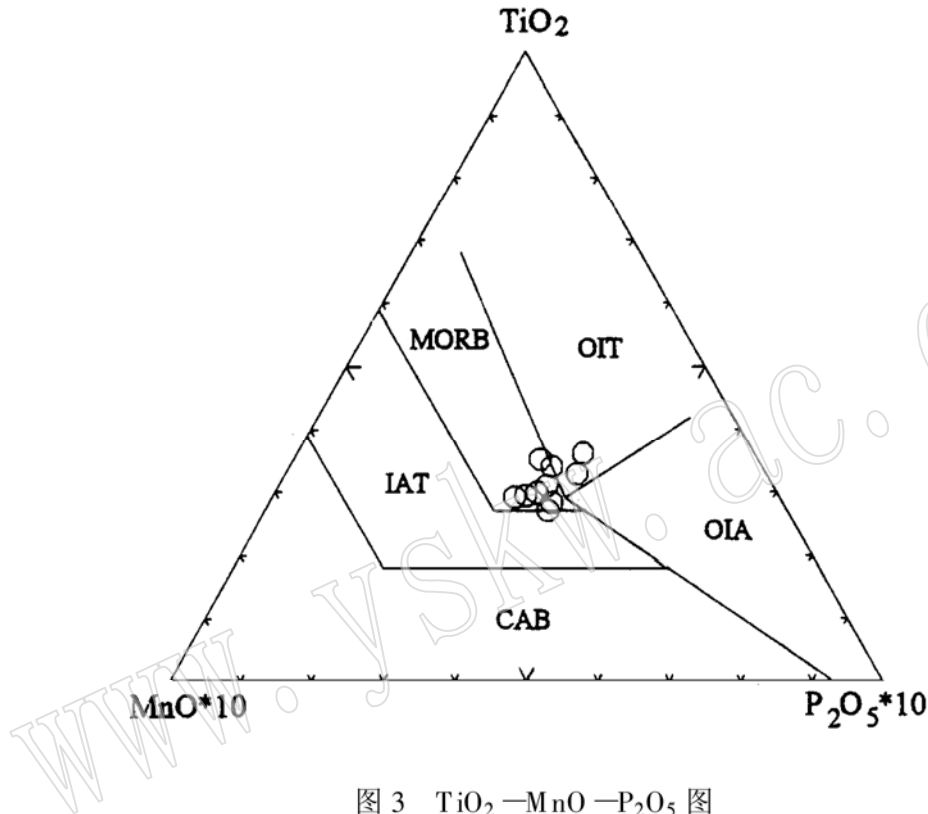


图 3  $TiO_2$ — $MnO$ — $P_2O_5$  图

Fig. 3  $TiO_2$ — $MnO$ — $P_2O_5$  diagram

空心园示白马雪山和共卡的玄武岩, MORB—洋中脊玄武岩;

IAT—岛弧拉斑玄武岩; CAB—钙碱性玄武岩;

OIT—洋岛拉斑玄武岩; OLA—洋岛碱性玄武岩

## 2.2 微量元素

本区变质橄榄岩除  $Ni$ 、 $Cr$ 、 $Co$  富集外, 贫几乎所有微量元素 (表 1)。堆晶橄榄岩的  $Cr$  与变质橄榄岩相当, 而贫  $Ni$ 、 $Sr$ 、 $Ba$ 、 $Y$ 、 $V$  等。白马雪山和共卡玄武岩的  $Ti/V$  比值在 20—50 之间, 属于拉斑系列 (图 4-A)。在  $Ti$ — $Zr$  图中 (图 4-B), 主要落入 D 区, 少数位于 C 区, 显示洋底玄武岩的特征。而在  $Ti$ — $Zn$ — $Y$  三角图中 (图 4-C), 大部分样品落入洋底玄武岩区, 少量位于板内玄武岩区, 与  $TiO$ — $MnO$ — $P_2O_5$  图展示的信息一致。从表 1 中看出, 本区玄武岩和玄武-安山岩的  $Th/Ta$  比值变化较大 (1.1—3.9), 在图 4-D 中分别落入 MORB 和岛弧区, 且有从 N-MORB 向 CAB 演化的趋势, 暗示有陆壳物质加入的痕迹, 结合  $Ti$ — $Mn$ — $P$  图和  $Ti$ — $Zr$ — $Y$  图给出的信息, 表明在玄武岩浆形成过程中可能有来自第二类富集地幔物质的混入, 在球粒陨石标准化的微量元素图中 (图 5), 玄武岩和玄武-安山岩呈自左向右的缓倾斜趋势, 除个别样品外,  $Th/Ta$  大体相当于 E-MORB。

表1 金沙江蛇绿岩代表性的组成岩石的化学分析

Table. 1 Chemical analyses of representative rocks that constitute Jinsha River ophiolites

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	b	b	a-b	b	b	b	a-b	a-b	a-b	a-b	g	pl	cp	g	g	px	cp	cp	mp	mp	
	ty320	ty324	ty325	bw41	dq99	dy74	dq99-1	dq99-4	dq99-7	dq101	dy32	dy32	dy32	ty344	ty373	dy34-1	ty426	dy30-4	bw48	dy127	
主元素(%)																					
SiO <sub>2</sub>	52.53	51.04	53.60	53.15	50.44	55.12	56.30	55.28	55.17	49.07	48.82	51.43	52.43	49.73	46.96	46.16	44.58				
TiO <sub>2</sub>	1.01	1.87	1.86	1.13	1.67	1.22	1.56	1.41	1.27	0.37	1.09	0.35	0.45	0.20	0.42	0.16	0.02				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.90	16.98	16.25	16.81	16.16	15.39	14.56	16.51	13.79	19.28	12.47	18.95	5.16	3.86	3.92	2.79	1.04				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.15	12.26	11.84	8.51	12.26	10.35	11.63	10.77	12.42	0.05	4.99	6.15	4.33	1.01	3.58	8.84	7.87				
FeO										3.74	2.58			5.45	4.98		2.77				
MnO	0.12	0.15	0.13	0.12	0.19	0.18	0.17	0.18	0.19	0.07	0.14	0.11	0.11	0.21	0.12	0.11	0.11				
MgO	7.38	4.72	4.05	8.76	8.29	7.18	5.06	4.64	4.49	6.01	13.22	7.13	16.17	27.75	28.95	40.67	42.96				
CaO	9.91	7.10	5.52	7.15	7.63	6.73	6.03	4.34	9.20	19.26	14.13	13.20	20.68	10.58	10.12	1.09	0.28				
Na <sub>2</sub> O	2.67	4.29	5.06	3.95	2.83	3.14	4.40	6.54	3.19	1.75	1.48	2.57	0.57	1.06	0.59	0.14	0.22				
K <sub>2</sub> O	1.18	1.36	1.47	0.28	0.30	0.53	0.09	0.15	0.15	0.35	0.97	0.11	0.02	0.13	0.20	0.02	0.01				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.23	0.22	0.14	0.23	0.16	0.20	0.18	0.13	0.05	0.11			0.02	0.16	0.02	0.14				
微量元素( $\times 10^{-6}$ )																					
Ba	202	130	195	264		132	176	72	269	88		42	61	28	31						
Sr	180	142	193	265	42	148	145	80	63	701	541	231	95	47	52	10	16				
Cr	221	240	174	214	45	255	30	35	69	34	2	48	1460	1232	1390	3260	1870	1600	2370		
Ni	113	77	92	94	34	123	17	29	44	79	22	113	145	116	240	438	1083	1880	1862		
Co	33	43	41	30	30	30	28	25	40	18	2	34	58	25	25	70	59	100	69		
Y	20	37	42	26	30	27	23	21	23	26	5										
Sc	29	41	39	30	22	30	35	31	29	26	1	58	52	35	37	5	28	10	11		

V	176	280	248	173	275	183	305	250	305	186	70	73	155	43	71
Zr	104	75	157	109	68	142	116	108	99	51	18		27		18
Nb	5	9	6			7	5	5	4	2	2	7	4	2	2
La	7.03	6.7	8.89	8.23	9.06	10.3	5.96	5.68	5.6	2.27	1.44	1.61	0.677	2.35	0.144
Ce	12	15.4	15.5	17	20	20.6	14.2	10.8	11.4	6.13	2.86	4	1.625	5.81	0.366
Nd	8.33	12.6	13.9	10.12	13.45	9.5	11.9	7.73	7.39	3.94	1.2	2.86	1.14	3.56	0.25
Sm	3.06	4.51	5.5	3.21	3.75	4.05	3.37	3.24	3.22	1.12	0.251	2.09	0.392	0.867	0.075
Eu	1.17	2.11	1.81	1.14	1.31	1.42	1.33	1.26	1.23	0.554	0.314	0.816	0.331	0.113	0.0268
Gd	3.45	7.72	6.47			5.53	4.73	4.12	4.92						
Tb	0.564	1.3	1.27	0.728	0.728	0.642	0.85	0.771	1	0.259	0.058	0.485	0.0787	0.216	0.0192
Ho	0.772	1.73	1.76			1.56	1.21	1.12	1.34						
Tm	0.348	0.603	0.679			0.652	0.536	0.506	0.536						
Yb	2.19	3.72	3.89	2.58	2.84	2.47	3.33	3.18	3.23	0.9	0.146	1.57	0.315	0.939	0.0707
Lu	0.285	0.441	0.53	0.386	0.389	0.324	0.466	0.423	0.441	0.124	0.021	0.224	0.0421	0.145	0.0074
U	0.958	0.527	0.6	0.546	0.363	0.307	0.633	0.25	0.432	0.395	0.207	0.541	0	0.266	0.454
Rb	14			11.7	19	36	154	9.7	0	9	10				
Th	1.35	0.593	0.657			1.65	0.807	0.88	0.648	0.415	0	0.174	0.176	0.232	0.308
Hf	2.43	2.47	3.98			4.09	3.78	3.06	2.82	1.23	0	0.471	0.942	0.402	0.329
Ta	0.343	0.545	0.386			0.445	0.316	0.315	0.26	0.636	0	0.133	0.09	0.451	0.115

注: 主元素为无水的干成分。

b—玄武岩; a—安山-玄武岩; g—辉长岩; px—辉长岩; cp—堆晶橄榄岩; mp—变质橄榄岩; pl—斜长石; qpx—单斜辉石。

1—4, 14—15, 19 采自共卡; 5—10 采自白马雪山; 11—13, 16, 18—采自吉义独 17, 20 采自书松。

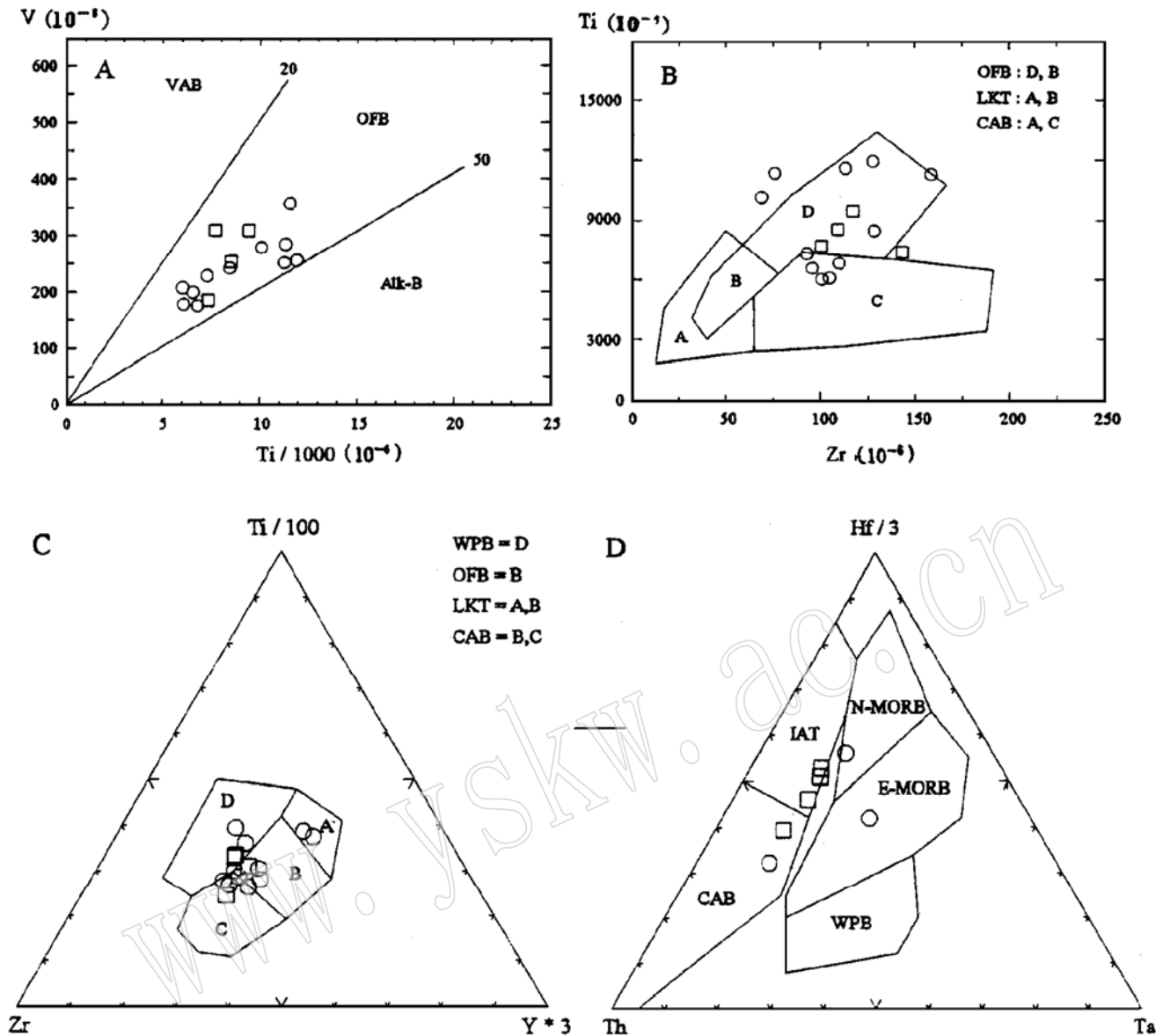


图 4 玄武岩微量元素判别图

Fig. 4 Discrimination diagram of trace elements in basalts

A: Ti-V 图; B: Ti-Zr 图; C: Ti-Zr-Y 图; D: Ta-Th-Hf 图。VAB—火山弧玄武岩; OFB—洋底玄武岩;  
 ALK-B—碱性玄武岩; LKT—低钾拉斑玄武岩; CAB—钙碱性玄武岩; WPB—板内玄武岩;  
 N-MORB—正常的洋中脊玄武岩; E-MORB—富集洋中脊玄武岩;  
 IAT—岛弧拉斑玄武岩; 空心圆—玄武岩; 空心方块—安山—玄武岩

### 2.3 稀土元素

金沙江蛇绿岩各类岩石的 REE 分布图表示在图 6 中, 3 件地幔橄榄岩的 REE 丰度是各类岩石中最低的, 其 HREE 丰度均低于球粒陨石, 有一件 La 的丰度大于球粒陨石。La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> 在 1.2—3.3 之间, 为 LREE 富集型(图 6-A)。堆晶辉石岩和橄榄岩的 REE 分布与变质橄榄岩相似, 仅堆晶岩的总 REE 丰度较高。在图 6-A 中, 堆晶橄榄岩的 REE 丰度变化很大, 这可能与全岩成分中单斜辉石含量的多寡有关, 这从辉长岩中单斜辉石的 REE 分布上(图 6-B) 可以看出来。单斜辉石是 LREE 略富集型的, La 的丰度为球粒陨石的 13 倍。本区辉长岩的 REE 分布为 LREE 略亏损至 LREE 富集型(La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> = 0.9—2.5)。辉长岩的

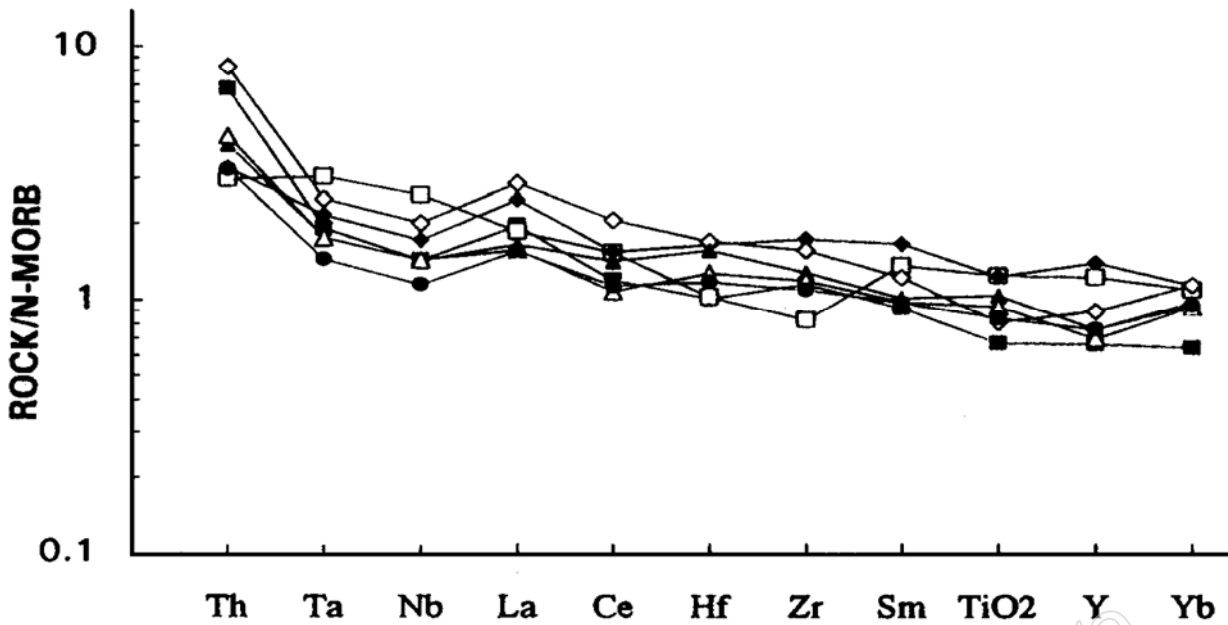


图 5 N-MORB 标准化的微量元素分布图

Fig. 5 N-MORB-normalized trace element patterns

■ —ty320; □ —ty324; ◆ —ty325; ◇ —dq99- 1; ▲ —dq 99- 4; △ —dq99- 7; ● —dq101

N-MORB 标准化数值据[3]

REE 的配分型式受单斜辉石和斜长石的综合控制,且 Eu 异常主要与斜长石 Eu 异常的高低及斜长石的含量有关。玄武岩和安山-玄武岩也是 LREE 略富集型( $La_N/Yb_N = 1.1-1.9$ ),这一点也明显反映在  $La_N/Ce_N$  比值上(玄武岩为  $1.2-1.6$ ,安山-玄武岩甚至略低,为  $1.1-1.5$ )(图 6-C,图 6-D)。

### 3 讨论

#### 3.1 金沙江蛇绿岩形成的构造环境

在蛇绿岩的各个组成岩石中,最具有成因及构造环境鉴定意义的当数玄武岩和辉绿岩<sup>[3]</sup>。本区辉绿岩不发育,在此仅依据玄武岩以及与玄武岩成分接近的安山-玄武岩的数据来进行讨论,从图 4 中看出,上述岩石给出的环境介于 MORB 和 OIB 之间。在 Ti—Zr—Y 三角图中(图 4-C),样品分别落入 B、C 和 D 区。按原图作者的注解,落入 B 区的为洋底玄武岩,落入 A 和 B 区的是低 K 拉斑玄武岩,而 B—C 区为钙碱性玄武岩<sup>[4]</sup>。实际上,该图的功用主要限于区分开板内玄武岩与非板内玄武岩,而不是判别洋底玄武岩、钙碱性玄武岩和低 K 拉斑玄武岩的重要标志<sup>[3]</sup>。因此,图 4-C 所给出的信息与  $TiO_2-MnO-P_2O_5$  图一致,说明金沙江蛇绿岩的 MORB 型岩浆中混有 OIB 的因素。再看图 4-D,我们知道, Ta、Th、Hf 是非常有用的元素,它们有类似的中等的电离势( $5.7-7.7^{[5]}$ ),是不活动元素,在蚀变过程中比较稳定。Ta、Hf 的离子半径较小(分别为  $0.68$  和  $0.78^{[5]}$ ),还属于高场强元素(HFSE); Th 则是由于离子半径较大( $1.02$ , 出处同上),还属于(高电价)大离子亲石元素(LILE),在陆壳中相对富集。因此, Ta—Th—Hf 图是十分有用的。在该图中,本区的部分样品分布在岛弧区,是否表明存在岛弧环境呢? 在该图中,从下到上,即从 WPB 区经 E-MORB 到 N-MORB

(Hf 的丰度逐渐增加), 指示地幔源区逐渐亏损的过程; 而从 N-MORB 向 Th 的演化(Th 的丰度逐渐增加), 则反映了陆壳物质混杂程度增加的趋势<sup>[6]</sup>。实际上, 某些与裂谷或大陆减薄作用有关的大陆溢流玄武岩也可投在岛弧区, 指示岩浆上升时与陆壳物质发生过混染作用, 而不解释为岛弧环境的痕迹<sup>[6,7]</sup>。从图中看出, 本区玄武岩主要位于 MORB 区域, 而安山-玄武岩主要落在了岛弧区, 但这并非暗示在岩浆演化过程中有陆壳物质的加入。因为在 N-MORB 标准化的微量元素分布图中(图 5), 并未出现 Nb、Ta 明显亏损的现象, 尽管大部分样品  $Th > Ta$  ( $Th/Ta = 1.1 - 3.9$ , 见表 1)。

综上所述, 金沙江蛇绿岩中的枕状熔岩给出的信息表明, 它具有端员与 OIB 混合的结果。这种类型的蛇绿岩可以产于大洋中脊、弧后盆地的早期阶段、小洋盆以及转换断层环境等<sup>[8]</sup>。结合滇西北的情况, 推测相当于小洋盆环境, 有人认为可能属于弧后盆地环境, 但研究表明, 其西南侧的昌宁—孟连洋盆是在晚石炭世开始消减的, 而金沙江和哀劳山洋盆是在早—中石炭世打开的<sup>[9]</sup>, 因此, 不存在弧后盆地的依据。

### 3.2 玄武质岩浆的成因

金沙江蛇绿岩从地幔岩到枕状熔岩全部呈 LREE 富集型, 在文献中是很少见到的。这个问题困扰我们多年, 我们曾反复采样, 精心碎样, 多次测试, 结果仍如此, 薛峰把部分样品带到德国用 ICP-MS 方法测试, 得出的结果与我们实验室分析的结果大体一致, 即除个别辉石岩有 LREE 亏损的型式外, 均为 LREE 富集的。据莫宣学等报道<sup>[2]</sup>, 他们在共卡一带也仅见 LREE 富集型的玄武岩。看来, 本文报道的数据是可靠的。

本区变质橄榄岩 LREE 富集, 一般来说, 地幔橄榄岩如果有明显的蛇纹石化, 常常是 LREE 富集型的(包括部分 V 型的), 指示受后期蚀变作用的干扰, 并不反映地幔岩本身的性质。因为地幔橄榄岩本身的 REE 含量非常低,

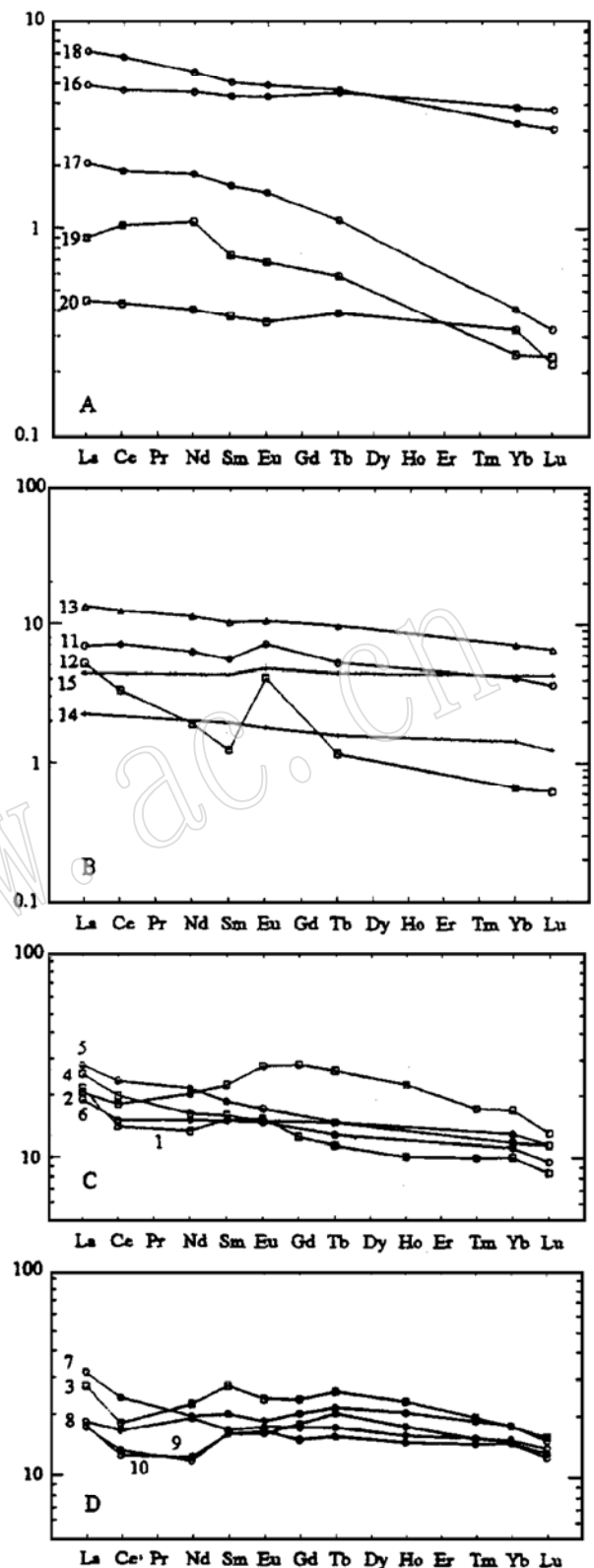


图 6 金沙江蛇绿岩 REE 分布

Fig. 6 REE distributions from Jinsha River Ophiolite

A—变质橄榄岩(空心方块)、堆晶橄榄岩(空心圆)和辉石岩(实心圆); B—辉长岩, 其中: 空心方块—斜长石; 空心三角—单斜辉石; 空心圆—dy32号辉长岩; 十字—辉长岩; C—玄武岩; D—安山-玄武岩; C和D中: 空心圆—白马雪山; 空心方块—共卡  
顺序号同表 1



稍有流体加入即改变 REE 样式(因为流体总是富 LILE 和 LREE 的<sup>[8,10]</sup>)。本区堆晶辉石岩和橄榄岩的 LREE 富集,如前所述,主要受单斜辉石 REE 分布的制约。辉长岩也如此,尽管辉长岩的 REE 型式还同时受斜长石的影响,斜长石通常是富 LREE 的,因而辉长岩的 LREE 亏损或富集主要与辉石的 REE 型式有关,迄今为止,文献中报道的蛇绿岩堆晶岩中的单斜辉石大多是 LREE 亏损的,少数是 LREE 富集型<sup>[11]</sup>。本区单斜辉石 LREE 略富集,反映了其母岩浆的 REE 特征。本区玄武质岩浆 Mg' 值最高的为 0.65(bz41 号样品),略低于原始岩浆(0.68—0.72<sup>[12]</sup>),该样品的 Cr( $214 \times 10^{-6}$ )、Ni( $94 \times 10^{-6}$ ) 丰度也较高。值得注意的是,该样品的 Ti/V = 38,接近板内碱性玄武岩的数据(Ti/V > 50),Zr/Y = 4.2,相当于板内玄武岩的特征(Zr/Y > 3,而 MORB 的 Zr/Y < 3<sup>[4]</sup>)。这种情况表明该样品兼具 MORB 和 OIB 的特征,LREE 富集的分布( $La_N/Yb_N = 1.9$ ,  $La_N/Ce_N = 1.3$ )也支持这种解释。本区蛇绿岩的组成岩石几乎全部是 LREE 富集型的,推测地幔热柱可能与扩张脊是重叠在一起的,类似现今冰岛的模式。取本区之南昌宁—孟连蛇绿岩带中的铜厂街 N-MORB 和 OIB 的平均值<sup>[13]</sup>分别作为端员组分计算,为了得到金沙江蛇绿岩的 REE 样式,所需的 OIB 混入的比例在 3%—7% 之间,地幔热柱从化学成分(主要是放射性同位素成分)上可以分为三类:即高 U/Pb 异常地幔(HIMU),富集地幔 I(EMI,以最富非放射性成因的 Nd 和 Pb 同位素为特征)以及富集地幔 II(EM II,以最富集放射性成因 Sr 为特征)<sup>[14]</sup>。这三类富集地幔中,EM II 与早先的消减事件有关,带有较多的陆壳物质的痕迹。考虑到本区枕状熔岩多出现 Th > Ta 情况,推测混入的 OIB 的源区可能是 EM II。

## 4 结论

① 金沙江蛇绿岩呈岩片产出,主要分布在德钦县白马雪山、书松、共卡和吉义独地区;其中以白马雪山蛇绿岩各组成岩石单元出露最全。

② 金沙江蛇绿岩最显著的地球化学特点是各组成岩石几乎全是 LREE 富集型的,玄武岩的化学特征暗示为 N-MORB 与 OIB 不同程度混合的产物,推测形成于类似现今冰岛的扩张脊与地幔热柱重叠的构造环境。

**致谢:** 先后参加金沙江蛇绿岩考察的还有:李达周、张魁武、潘裕生、王连诚、王二七、钟大赉、吴浩若、赵大升、吴根耀、王昕渡、薛峰等,笔者在此表示衷心地感谢。

## 参 考 文 献

- 1 孙晓猛,聂泽同,梁定益. 滇西北金沙江蛇绿混杂岩的形成时代及大地构造意义. 现代地质, 1994, 8: 241—245.
- 2 莫宣学,路风香等. 三江特提斯火山作用与成矿. 北京:地质出版社, 1993.
- 3 Pearce J A, Lippard S J, Roberts S. Characteristics and tectonic significance of supra-subduction zone ophiolites. Marginal Basin Geology. London: Geol Soc Blackwell Sci Publ. 1984, 77—94.
- 4 Pearce J A, Cann J R. Tectonics setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth Planet Sci Lett, 1973, 19: 290—300.
- 5 勒斯勒 H J, 朗格 H. 地球化学表(卢焕章、徐仲伦译), (1972). 北京:科学出版社, 1985.
- 6 Pearce J A, Deng Wanming. The ophiolites of the Tibet Geotraverse, Lhasa to Golmud(1985) and Lhasa to Kathmandu (1986). in: The Geological Evolution of Tibet (eds: Chang C, et al.). London: The Royal Society. 1988, 215—238.

- 7 Wood D A. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth Planet Sci Lett.* 1980, 50: 11—30.
- 8 Wilson M. *Igneous Petrogenesis*. London: Unwin Hyman. 1989.
- 9 Zhong D, Wang Y. Paleotethys tectonic evolution in western Yunnan, SW China. in: *Proc. First Inter. Symp. IGCP 321. Abstract*, 1991, 280—285.
- 10 Frey F A. 上地幔岩石中稀土元素丰度, 见: 稀土元素地球化学. (1984) (P 亨德森编, 田丰等译), 北京: 地质出版社, 1989, 91—120.
- 11 Ottonello G, Ernst W G, Joron J L. Rare earth and 3d transition element geochemistry of peridotitic rocks: I. Peridotites from the Western Alps. *J. Petrol.* 1984, 25: 343—372.
- 12 BVSP (Basaltic Volcanism Study Project). Ocean-floor basaltic volcanism. In: *Basaltic Volcanism on the Terrestrial Planets*, 1981.
- 13 张旗, 张魁武, 李达周. 横断山区镁铁-超镁铁岩: 北京: 科学出版社, 1992.
- 14 Hart S R. A large-scale isotopic anomaly in the Southern Hemisphere mantle. *Nature*, 1984, 309: 753—757.

## A Preliminary Geochemical and Genetic Study of Jinsha River Ophiolites, Yunnan Province

Han Song   Jia Xiuqin   Huang Zhongxiang   Dong Jinquan  
(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing 100080)

Zhang Qi   Chen Yu   Li Xiuyun  
(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing 100029)

**Key words:** Jinsha River ophiolite, geochemistry, genesis of rocks, tectonic setting

### Abstract

The present paper describes geochemical characteristics of Jinsha River ophiolites in Baimaxueshan, Shusong, Gongka and Jiyidu areas of Deqen County. Various rocks assemblages of the ophiolites are exclusively of LREE-enriched patterns, and their genesis and tectonic setting are discussed here. It is pointed out that the trace element and REE characteristics of basalts could be interpreted by mixing N-MORB with OIB, and that Jinsha River Ophiolites were probably formed in a tectonic environment characterized by the superimposition of spreading ridge and mantle plume, similar to things of Iceland.