

金沙江蛇绿岩带蛇纹岩中浅色岩类的成因*

魏君奇

(中国地质科学院宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

关键词 蛇纹岩 浅色岩类 结晶分异

摘要 浅色岩类的岩石类型包括斜长岩和斜长花岗岩, 它们均呈岩块状包裹于蛇纹岩中。浅色岩的正Eu异常明显, REE参数图解、Nb/Ta和Zr/Hf值等均呈现分离结晶趋势, 不相容元素Sr、Ba、Nb、Ta、Zr、Hf富集, 相容元素Sc、V、Co、Ni亏损, 并与其寄主岩——蛇纹岩形成强烈的互补关系。这些特征表明, 浅色岩是幔源超基性岩浆晚期结晶分异的产物。

1 地质特征

金沙江蛇绿岩带中未见完整的Steinmann(1927)描述的由蛇纹岩、细碧岩和燧石组成的“三位一体”型岩石组合^[1]。蛇绿岩套中主要的永久性成员——蛇纹岩分布较为稳定, 主要沿金沙江缝合带的南北向扎仁断裂和北西向德钦-中甸断裂, 从南往北, 在贡卡、雪堆和绒角等地呈构造岩片断续出露(图1)。蛇纹岩片理化发育, 与围岩均呈构造接触, 是“冷侵入”作用的产物。黑绿色蛇纹岩中包裹有团块状、透镜状和脉状的灰白色岩块, 构成黑白分明的二元结构景观, 其中的灰白色岩块称为浅色岩。

2 岩石学特征

金沙江蛇绿岩带中未见层状堆积岩及其顶部的浅色组分。浅色岩总是包裹于蛇绿岩底部层序——变质橄榄岩单元的蛇纹岩中, 没有侵入与蛇纹岩接触的就地生成的岩石中, 体积仅为蛇纹岩的几分之一, 暗示该浅色岩并非常见的、由玄武质岩浆经重力结晶分异作用形成的层状堆积岩, 而是超基性岩浆结晶分异的产物。浅色岩的主要岩石类型有斜长岩和斜长花岗岩。

该蛇绿岩带主要岩石类型特征如下:

蛇纹岩 广泛分布于金沙江蛇绿岩带中, 黑绿色, 致密块状, 交代残留结构、交织结构和网状结构。错动滑痕常见, 在滑动面上有一层黄绿色蜡状薄壳, 具滑感。主要由叶蛇纹石(50%)、纤维蛇纹石(30%)、水镁矿、铬尖晶石和磁铁矿等组成。蛇纹石具橄榄石和辉石假象, 从各种假象的百分比分析, 原岩为辉石橄榄岩或橄榄辉石岩。

斜长岩 产于贡卡蛇纹岩中, 自形粗粒结构, 由斜长石(90%)和暗色矿物(10%)组成。斜长石($An = 30 \sim 60$)为中长石和拉长石, 钠长石双晶常见, 具韵律环带。粗大的板柱状晶体

* 国土资源部攻关项目“金沙江结合带构造演化及铜、金成矿规律研究(95-02-001-03)”课题资助。

作者简介 魏君奇, 男, 1963年生, 副研究员, 从事岩石学研究。

收稿日期 1999-03-29, 改回日期 1999-11-29

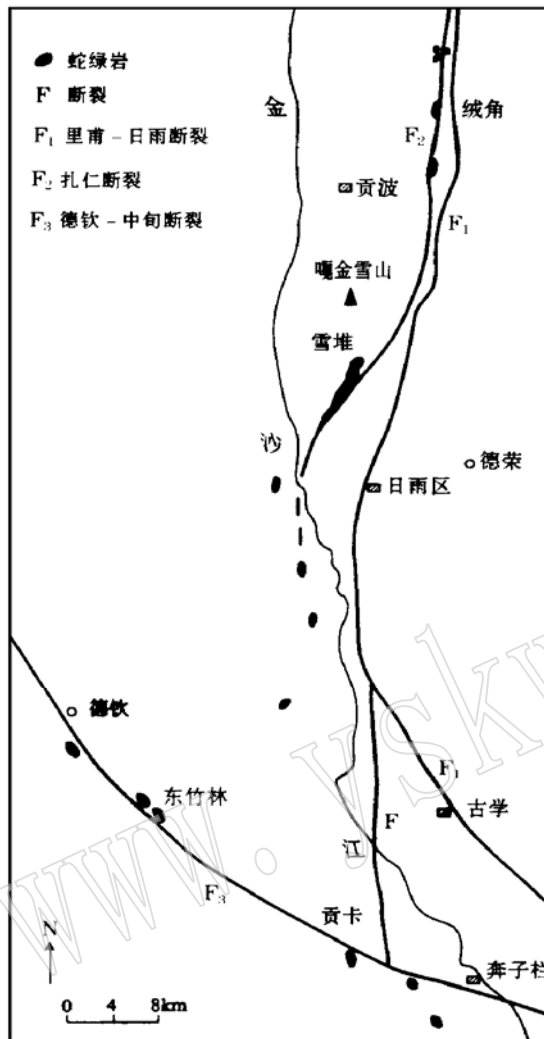


图1 金沙江蛇绿岩带分布示意图
(据 1/20 万德钦幅、古学幅)

Fig. 1 Geological sketch map showing the distribution of Jinshajiang ophiolite belt

相互堆积、连结,形成斜长石堆晶。晶体本身也出现变形粒化现象。暗色矿物有橄榄石、辉石和角闪石等,呈细粒状充填于斜长石粗晶之间。

斜长花岗岩 灰白色,半自形粗粒结构,由斜长石(50%)、石英(40%)和暗色矿物(10%)组成。斜长石($An = 20 \sim 50$)一般为更长石或中长石;石英为不等粒状,局部出现粒化重结晶现象;暗色矿物有角闪石和黑云母等,均发生绿泥石化。斜长花岗岩主要产于徐麦乡雪堆蛇绿岩剖面,呈不规则团块状、透镜状和脉状包裹于蛇纹岩中。另外,少数斜长花岗岩岩块中又包裹有蛇纹岩碎块,形成了“双包体”。上述现象说明,超基性岩浆开始结晶时,长英质残余熔体并不受重力成层性的支配漂浮于早期结晶的镁铁质矿物之上,而是被封存于镁铁质矿物的间隙或镁铁质岩层之下,在结晶分异晚期,才就地或从下面聚积上来,形成包裹于蛇纹岩之中的浅色岩岩块,且极少数镁铁质矿物团块又被聚积上来的浅色岩包裹。

异剥钙榴岩 呈构造包体的形式产于绒角蛇纹岩中,灰白至灰绿色,自形中粒结构,由异剥石(30%)、石榴石(20%)、绿帘石(20%)、葡萄石(10%)、绿泥石(10%)、符山石、阳起石、斜长石和榍石等组成。异剥石强烈扭曲变形,并被石榴石交代,呈残留的孤岛状。该类构造包体应是在强烈挤压状态下混杂进去的,并经历了地表的交代蚀变作用。

3 岩石化学特征

金沙江蛇绿岩带蛇纹岩及浅色岩类的岩石地球化学分析数据见表1。

蛇纹岩 SiO_2 含量偏低,富含 H_2O ,说明蛇纹岩化作用中仅有 H_2O 的参与,其蛇纹石、水镁石、尖晶石的矿物组合也证实了这一点。 MgO/SiO_2 为 0.9~1.2,变化范围大,表明其原岩以辉石橄榄岩或橄榄辉石岩为主。

浅色岩高Si,低Fe、Mg、Al、Ti、K极低。由于火山岩中 K_2O 的含量与其岩浆来源深

表 1 金沙江蛇绿岩带岩石化学分析结果
Table 1 Chemical analyses of rocks in Jinshajiang ophiolite belt

产地 岩石名称	绒 角		雪 堆			贡 卡	
	蛇纹岩	蛇纹岩	斜长花岗岩	斜长花岗岩	蛇纹岩	斜长岩	蛇纹岩
样号	W15	W25	W28	W30	W37	W74	W76
SiO ₂	39.32	34.82	75.28	75.16	40.04	57.38	39.9
Al ₂ O ₃	1.51	0.21	12.28	12.68	0.58	19.11	1.03
TiO ₂	0.01	0	0.17	0.23	0	0.2	0
Fe ₂ O ₃	4.97	3.82	0.08	0	5.54	0.13	5.15
FeO	2.14	3.7	1.44	2.01	1.67	1.04	1.54
CaO	0.1	0.13	2.38	2.1	2.22	8.42	0.09
MgO	38.07	41.2	1.6	0.79	37.1	0.55	38.49
K ₂ O	0.04	0.04	0.18	0.22	0.08	0.07	0.01
Na ₂ O	0.27	0.43	4.93	6.17	0.2	8	0.1
P ₂ O ₅	0.008	0.006	0.02	0.02	0.007	0.03	0.001
MnO	0.059	0.111	0.02	0.034	0.134	0.017	0.066
H ₂ O ⁺	12.9	14.64	0.9	0.46	11.64	1.64	13.28
总计	98.497	99.107	99.28	99.874	99.211	96.587	99.657
La	2.04	2.29	5.41	8.51	0.89	11.2	1.47
Ce	2.57	2.5	8.09	13.8	1.48	15.6	3.7
Pr	0.14	0.13	0.92	1.55	0.12	1.35	0.51
Nd	0.7	0.54	2.92	4.44	0.4	5.24	2.61
Sm	0.25	0.15	0.72	1.08	0.11	0.87	0.83
Eu	0.048	0.031	0.66	0.63	0.028	0.49	0.17
Gd	0.2	0.11	0.73	0.84	0.09	0.61	1
Tb	0.034	0.018	0.13	0.15	0.015	0.1	0.16
Dy	0.17	0.083	0.62	0.75	0.074	0.5	1.01
Ho	0.038	0.022	0.15	0.16	0.02	0.11	0.18
Er	0.089	0.048	0.51	0.56	0.051	0.3	0.29
Tm	0.015	0.008	0.093	0.098	0.008	0.044	0.04
Yb	0.11	0.052	0.61	0.55	0.049	0.25	0.23
Lu	0.015	0.008	0.12	0.081	0.008	0.04	0.033
Y	0.64	0.29	4.02	4.46	0.27	2.94	0.71
ΣREE	7.06	6.28	25.7	37.66	3.61	39.64	12.94
Rb	3	4	5	5	9	3	4
Sr	4	3.6	305	290	4.4	170	3.8
Ba	37	20	395	270	26	68	26
Th	2.4	1.3	2	1.2	0.8	0.5	1.6
U	0.8	0.8	1	1	0.9	1	0.8
Ta	1.6	1.1	1.1	2.6	1.8	1.9	1.1
Nb	2.4	1.7	4.5	6.9	1.7	5	1.6
Hf	1.7	0.73	5.8	11	0.62	22	0.54
Zr	44	21	85	97	19	110	20
Sc	12	4.8	2.2	2.5	9.5	2.1	11
V	40	9.2	5.8	7.1	30	12	39
Co	75	90	1	2	82	3	62
Ni	1768	1671	—	5	1926	12	1762
Nb/Ta	1.5	1.55	4.09	2.65	0.94	2.63	1.45
Zr/Hf	25.88	28.77	14.66	8.82	30.65	5	37.04
Th/U	3	1.63	2	1.2	0.89	0.5	2
Zr/Nb	18.33	12.35	18.89	14.06	11.18	22	12.5

测试单位: 宜昌地质矿产研究所岩矿测试室; 测试方法: 原子吸收光谱法和 ICP-AES 光谱法; 常量元素单位为%, 微量元素及稀土元素均为 1×10^{-6} 。

度及地壳厚度呈正相关^[2],所以浅色岩的岩浆来源应该较浅,相当于扩张洋壳板块之下的上地幔。

4 稀土元素特征

(1) 浅色岩类 ΣREE 为 $25\sim 40(10^{-6})$, 远大于蛇纹岩的 $\Sigma\text{REE}[3\sim 13(10^{-6})]$ (表 1), 这是因为稀土元素为中等不相容元素, 在结晶分异过程中易保留在残余液相中。因此, 由晚期残余熔体结晶形成的浅色岩, 稀土元素相对富集, 而早期结晶的超镁铁岩, 稀土元素则严重亏损。

(2) 浅色岩的正 Eu 异常与蛇纹岩的负 Eu 异常形成强烈互补(图 2)。这是因为 Eu 与斜长石中 Ca 的晶体化学性质相似^[3], 常从熔体进入斜长石中 Ca 的位置, 导致包含大量斜长石的浅色岩正 Eu 异常, 而富集镁铁矿物的蛇纹岩负 Eu 异常。

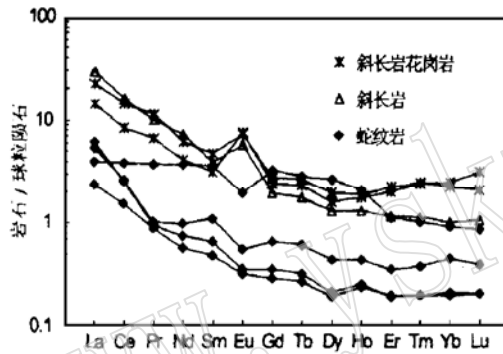


图 2 金沙江蛇绿岩带岩石的 REE 球粒陨石标准化曲线

Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of rocks in Jinshajiang ophiolite belt

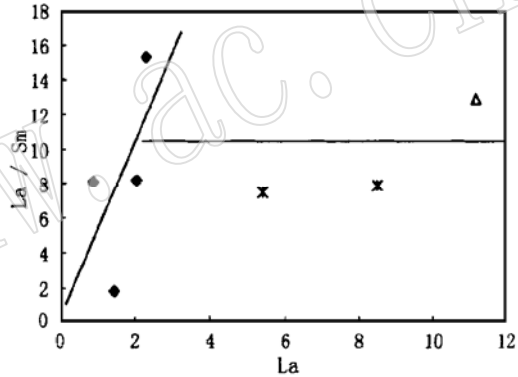


图 3 金沙江蛇绿岩带岩石 La/Sm-La 图解

Fig. 3 La/Sm-La diagram of rocks in Jinshajiang ophiolite belt (图例同图 2)

(3) 在 La/Sm-La 图解^[4](图 3)中,斜长岩和斜长花岗岩表现为结晶分异趋势,蛇纹岩则表现为部分熔融趋势。

5 微量元素特征

(1) 同源岩浆演化形成的岩石,其 Th/U 值相对固定^[5]。该区蛇纹岩的 Th/U 值为 $0.89\sim 3$, 浅色岩的为 $0.5\sim 2$ (表 1), 两者基本重合,且均与上地幔 Th/U 值 ($1\sim 2$) 相当,说明蛇纹岩的原岩和浅色岩为同源地幔岩浆演化的产物。

(2) Zr/Nb 均为高场强元素, Zr/Nb 值常用于指示源区性质。该区浅色岩类的 Zr/Nb 值为 $14\sim 22$ (表 1), 与原始地幔的 Zr/Nb 值为 $18^{[5]}$ 基本一致,显示了幔源性质。蛇纹岩的 Zr/Nb 为 $11\sim 18$, 低于原始地幔值, 主要因为在蛇纹石化过程中, Zr 随磁铁矿结晶分离, 使 Zr/Nb 值降低。

(3) 在岩浆结晶分异时, 随结晶分异程度的加大, Nb/Ta 值升高而 Zr/Hf 值降低, 部分

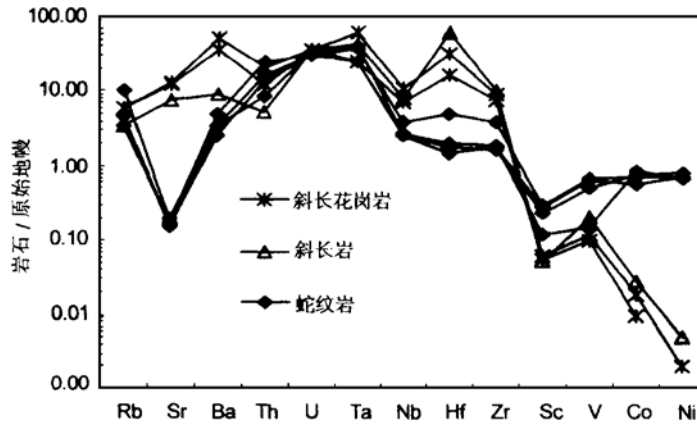


图 4 金沙江蛇绿岩带岩石微量元素原始地幔标准化配分图

Fig. 4 Initial mantle standardized partitioning diagram of trace elements of rocks in Jinshajiang ophiolite belt
(标准化值据 Wood and Kay, 1978, 转引自[2])

熔融时则正好相反^[5]。该区从蛇纹岩到浅色岩,其 Nb/Ta 值升高而 Zr/Hf 值降低(表 1),正是结晶分异的显示。

(4) 与蛇纹岩相比,浅色岩中的强不相容元素 Ba 强富集,中等不相容元素 Nb、Ta、Zr、Hf 中等富集,相容元素 Sc、V、Co、Ni 强亏损,且亏损程度随相容性的增强而增大(图 4)。但也有例外出现:强不相容元素 Rb 不富集,而中等不相容元素 Sr 强富集,这主要是因为浅色岩中富 K 矿物(钾长石、黑云母等)极少,以富 Ca 斜长石为主, Sr

可替代 Ca 以类质同象的形式进入斜长石晶格,从而使 Sr 在浅色岩中富集,而 Rb 则无法通过取代 K 而富集。

6 讨 论

特征蛇绿岩层序中,受重力结晶分异作用的控制,由斜长岩或斜长花岗岩组成的浅色岩总是位于层状辉长岩的顶部,属基性玄武质岩浆结晶分异的最终产物^[1]。与特征的蛇绿岩岩石组合相比,金沙江蛇绿岩带蛇纹岩中的浅色岩,具有如下特征:

(1) 浅色岩呈岩块状完全包裹于蛇纹岩中,其体积仅是蛇纹岩体积的几十分之一;浅色岩、蛇纹岩与上地幔的重要微量元素 Th/U、Zr/Nb 比值基本重台,说明浅色岩和蛇纹岩的岩浆来源均为幔源超基性岩浆。

(2) 浅色岩具 Eu 正异常,表现为结晶分异趋势;蛇纹岩具 Eu 负异常,表现为部分熔融趋势。浅色岩与蛇纹岩中相容元素和少数不相容元素的含量显示出强烈的互补关系,说明浅色岩与蛇纹岩是幔源超基性岩浆经过不同阶段演化的产物。

通过上述对比分析,浅色岩的成因及形成过程可以概括如下:金沙江洋盆拉张期,部分熔融形成的幔源超基性岩浆从扩张洋脊处涌出,首先晶出的镁铁质矿物形成超镁铁岩,残余的长英质熔体则被封存在镁铁质矿物间隙或超镁铁岩层之下,随后上升聚集结晶,形成斜长岩或斜长花岗岩,呈岩块状包裹于超镁铁岩之中,构成了该区蛇纹岩中的浅色岩类。随着金沙江洋盆的敛合,超基性岩做为仰冲洋壳的一部分,以构造岩片的形式抬升到地表,形成金沙江蛇绿岩带,其中的超镁铁岩蚀变为蛇纹岩。

参 考 文 献

- 1 R. G. Coleman 著. 鲍佩声译. 蛇绿岩. 北京: 地质出版社, 1982, 1~ 5, 32~ 42.
- 2 邱家骧. 应用岩浆岩岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991, 187~ 191, 231~ 233.
- 3 刘英俊等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984, 169~ 187.
- 4 陈德潜, 陈刚. 实用稀土元素地球化学. 北京: 冶金工业出版社, 1990, 242~ 244.
- 5 李昌年. 火成岩微量元素岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992, 94~ 114.

Genesis of Leucocratic Rocks in Serpentinite of Jinshajiang River Ophiolite Belt

Wei Junqi

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS, Yichang 443003)

Key words: serpentinite; leucocratic rocks; crystallization differentiation

Abstract

The leucocratic constituents in serpentinite of Jinshajiang ophiolite belt are called leucocratic rocks, which, assuming the massive form, are wrapped in serpentinite. Composed mainly of anorthosite and plagiogranite, the leucocratic rocks show distinct Eu positive anomaly. The REE parametric diagram and variations of Nb/Ta and Zr/Hf values suggest crystallization segregation, characterized by enrichment of incompatible elements such as Sr, Ba, Nb, Ta, Zr and Hf and depletion of Compatible elements like Sr, V, Co and Ni. All of these characteristics are in contrast with their host rock_serpentinite and show that the leucocratic rocks were produced by crystallization differentiation of ultramafic magma.