

南秦岭勉略蛇绿构造混杂带辉长辉绿岩类微量—稀土元素地球化学

赖绍聪

(西北大学地质学系 大陆动力学教育部重点实验室, 陕西 西安 710069)

[摘要] 应用元素地球化学方法, 研究了勉略带中辉长辉绿岩的相关特征, 结果表明, 勉略蛇绿构造混杂带内的辉长岩属高铝强碱质辉长岩类, 是地幔橄榄岩部分熔融的产物。辉绿岩墙群属强碱铝质基性岩类, 过渡族元素蛛网图与辉长岩类几乎完全相同, 其不相容元素与辉长岩类总体趋势相一致, 反映了一种递进岩浆演化趋势。因此, 本区辉长岩与辉绿岩墙群具同源岩浆分异演化的地球化学特征, 其均为勉略蛇绿岩的重要组成端元。

[关键词] 辉长岩; 辉绿岩墙群; 蛇绿混杂带; 勉略缝合带; 南秦岭

[中图分类号] P588.14 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)03-0005-05

[作者简介] 赖绍聪(1963-), 男, 四川安岳人, 教授, 博士生导师, 从事岩石学研究。

勉略蛇绿构造混杂带地处南秦岭褶皱带与扬子地体的接合部位, 在勉略地区呈近东西向延伸近160 km。向西至甘肃康县、文县一带, 向东沿巴山弧形断裂已可至石泉、饶峰及西乡县五里坝一带。五里坝以东则因巴山弧形和大别南缘中生代巨大的向南逆冲推覆而被掩盖, 但据镇巴、随州南和大别南缘等地段的残存遗迹和地质特征尚可追踪, 文县西延则连接青海省花石峡缝合带而通昆仑造山带。总体是一被强烈改造而出露不全的原秦岭的主要板块缝合带^[1~7]。

在勉略地区, 前人认为该带是一条多期活动的区域性大断裂, 是南秦岭褶皱带的南部界线。近期研究表明^[8~16], 该带并非秦岭南缘的一条简单断裂带, 而是秦岭造山带中一个具复杂组成与构造演化仅次于商丹带的又一主构造缝合带。它由于遭受燕山期平武-阳平关-勉县-巴山弧形巨大逆冲推覆断裂的改造掩覆而失去其原貌, 仅在略阳三岔子、勉县安子山、关帝坪一带保存相对较为完备地蛇绿岩套岩石组合, 并在康县、文县、石泉及西乡县五里坝残存有与该蛇绿岩套有关的海相火山岩构造块体。

勉略蛇绿构造混杂带中, 断续出露有基性、超基性岩体214个, 超基性岩体及中基性火山岩中或旁侧均有辉绿岩、辉长辉绿岩墙群, 如三岔子超基性岩体南侧有大面积辉长岩产出, 关帝坪辉长岩具有典型的堆晶结构。笔者主要探讨带内辉长岩、辉绿岩及辉长辉绿岩的地球化学特征及其成因, 为恢复古构造演化特征及勉略蛇绿混杂带的形成模式提供地球化学依据。

1 岩石学

勉县关帝坪出露新鲜、结构完好的辉长岩。岩石为中-粗粒辉长结构、块状构造。主要造岩矿物有普通辉石、基性斜长石及少量斜方辉石和微量石英。基性斜长石体积分数为35%~45%, 普通辉石为45%~55%, 斜方辉石为<5%, 石英一般为1%~2%, 副矿物有钛铁矿、磁铁矿、黄铁矿、锆石、磷灰石、金红石等。普通辉石为淡棕黄色, 镜下具微弱多色性, 半自形柱状-它形粒状, 大小5×8 mm~1×2 mm, 部分被绿色、黄绿色绿泥石交代。基性斜长石为半自形板状, 大小4×8 mm~1×2 mm, 多数已高岭土化, 偶见聚片双晶。斜方辉石为弱多色性, 柱面平行消光, 高正突起, I级干涉色。石英为无色他形粒状, 粒径0.9~2 mm, 分布于普通辉

[收稿日期] 2004-11-02

[基金项目] 国家自然科学基金重点项目(40234041); 教育部高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划项目

石及基性斜长石的空隙中。主要副矿物磁铁矿-钛铁矿多呈黑色半自形-它形粒状, 粒径 1.5 ~ 0.5 mm, 体积分数 1% ~ 3%。

堆晶辉长岩主要见于勉县关帝坪辉长岩体中, 具典型的火成堆积结构。堆积岩主要有 2 种类型:

(1) 辉石堆积岩, 由自形程度较高的普通辉石粗大晶体组成, 辉石粒度为 3 ~ 15 mm, 最大达 20 ~ 30 mm。岩石中仅含少量后堆积基性斜长石, 其自形程度较差, 呈填隙状分布在辉石晶粒之间的空隙之中。

(2) 斜长石辉石堆积岩或辉石斜长石堆积岩, 由基性斜长石相对集中的浅色条带与普通辉石相对集中的深色条带以垂直分带的形式重复交替出现, 构成韵律层, 层的厚度自几毫米至十几厘米不等。

带内辉绿岩及辉长辉绿岩大多呈岩墙状产出, 在三岔子、桥梓沟十分发育。受剪切变形影响, 矿物已发生显著的定向排列, 手标本观察浅色矿物(基性斜长石)呈米粒状, 暗色矿物(普通辉石)呈不对称眼球状, 镜下岩石具碎裂结构, 或粗糜棱结构。部分样品中见长石旋转碎斑系, 基性斜长石大多蚀变为高岭土及绢云母, 普通辉石已明显绿泥石化。

2 岩石化学

本区辉长岩及辉绿岩墙群的岩石化学分析结果见表 1。从表 1 可看出, 辉长岩 SiO₂ 质量分数 41% ~ 47%, 变化范围小; FeO(T)/(FeO(T)+MgO) 值在 0.6 ~ 0.7, 属高铝强碱质辉长岩类。在 Al₂O₃ - SiO₂ 图解(图 1)和 SiO₂ -(K₂O+N₂O)图解(图 2)中均位于 I 区, 但其碱含量却明显低于戴里碱性辉长岩的平均值, 相对接近戴里钙碱性辉长岩的 K₂O+N₂O 平均值。扎氏数值 $a = 5.8 \sim 10.29$, $m' = 41.57 \sim 52.47$, $f' = 47.53 \sim 58.43$, $S = 59 \pm$, m/f 值低(0.71 ~ 1.10), 属铁质基性岩类。

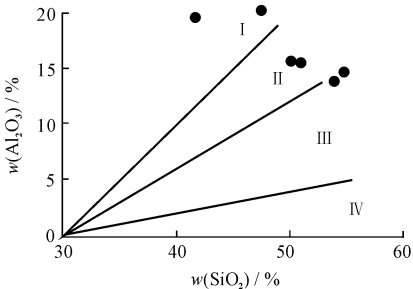
与辉长岩类相比较, 本区辉绿岩墙群 SiO₂ 质量分数明显偏高(50% ~ 55%), 碱质较富(K₂O+N₂O 为 5.18% ~ 6.13%), 而 Al₂O₃ (14% ~ 15.70%), CaO(5.53% ~ 7.89%)却明显偏低, 显示由辉长岩向辉绿岩的一种递进岩浆演化序列的特点。另一特点是辉绿岩 MgO 质量分数略高, 而且变化大(4.84% ~ 8.29%), 而 FeO(T)略低。按 Al₂O₃ - SiO₂ 及 SiO₂ -(K₂O+N₂O)划分(图 1, 图 2), 本区辉绿岩墙群属强碱铝质基性岩类, 其 K₂O+N₂O

质量分数介于戴里碱性辉长岩与钙碱性辉长岩之间, 反映了其与下部的辉长岩类在岩浆演化方面的渊源关系。在世界典型蛇绿岩带中, 岩墙群对上覆的枕状熔岩起着通道作用, 而向下延伸进入下伏的辉长岩中后即行尖灭。本区辉绿岩墙扎氏数值 a

表 1 辉绿岩、辉长岩岩石化学分析结果

Table 1 Major chemical composition result for the gabbro and diabase $w_B / \%$						
岩性	辉绿岩	辉长辉绿岩		辉绿岩	变形辉长岩	辉长岩
样号	LQ36	LQ45	LQ46	LQ48	M19	M15
位置	三岔子	田坝	小松沟	小松沟	关帝坪	关帝坪
SiO ₂	54.30	51.20	50.60	55.00	41.54	46.99
Al ₂ O ₃	14.00	15.60	15.70	14.60	20.29	20.78
Fe ₂ O ₃	2.87	2.22	1.27	2.17	9.17	3.65
FeO	5.03	6.11	9.63	5.46	3.52	6.04
CaO	6.94	7.89	5.35	6.65	12.60	9.79
MgO	6.73	8.29	4.84	7.20	4.75	5.86
K ₂ O	2.35	3.51	1.22	2.36	0.20	0.20
Na ₂ O	3.78	1.67	4.72	3.52	2.15	4.16
TiO ₂	0.88	0.76	1.28	0.85	4.71	1.20
MnO	0.14	0.15	0.16	0.13	0.13	0.14
P ₂ O ₅	0.40	0.22	0.21	0.41	0.15	0.38
H ₂ O	1.58	2.18	3.16	1.42	0.84	1.47
CO ₂	0.39	0.39	1.74	0.58	0.38	0.19
Total	99.39	100.19	99.88	100.35	100.43	100.85

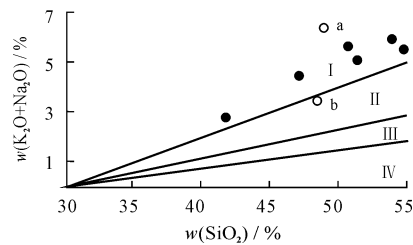
注: 2000 年中国地质科学院测试研究所用湿法分析测试



I - 高铝质区; II - 铝质区; III - 低铝质区; IV - 贫铝质区

图 1 辉长辉绿岩 Al₂O₃ - SiO₂ 变异图解

Fig. 1 Al₂O₃ - SiO₂ diagram of the rocks



I - 强碱质区; II - 碱质区; III - 弱碱质区; IV - 贫碱质区; a - 戴里碱性辉长岩; b - 戴里钙碱性辉长岩

图 2 辉长辉绿岩 SiO₂ -(K₂O+N₂O) 图解

Fig. 2 SiO₂ -(K₂O+N₂O) diagram of the rocks

(9.17~12.96), $S(61.57\sim64.75)$, m' (60.76~64.16) 均略高于辉长岩类, 其 m/f 值较低 (0.79~1.79), 与辉长岩类差异不大, 仍具铁质基性岩类的化学成分特点。

3 微量元素地球化学

3.1 辉长岩类

3.1.1 过渡族元素组

本区辉长岩及辉绿岩(辉长辉绿岩)墙的微量元素分析结果如表 2。表 2 中本区辉长岩类与地幔的过渡族元素丰度相比, Ti, V, ($D<0.2$) 质量分数高得多, Fe($D\approx1$) 略高或相近, Mn($D\approx1$) 大致相当, Cr, Ni($D>1$) 低得多。一般认为, 在地幔橄榄岩中和玄武质岩浆结晶分离相中, Ni 主要寄生于橄榄石和斜方辉石中, V 和 Ti 主要寄生于单斜辉石中, 而 Cr 主要寄生于石榴石和单斜辉石中。因此, 未受混染的玄武质岩浆过渡族元素丰度主要受地幔橄榄岩源岩的部分熔融程度和玄武质岩浆分离结晶相的种类所控制。从图 3 可看到, 本区辉长岩的过渡族元素蛛网图呈陡斜率的“W”型, Ti, V 的正异常十分明显, 而 Cr, Ni 的负异常尤为显著。与本区超基性岩过渡族元素蛛网图具有明显的互补和规律性变化^[11~12], 说明辉长岩类很可能是地幔橄榄岩部分熔融的产物。

3.1.2 不相容元素组

从图 4 可以看出, 本区辉长岩 Cs, Rb, U, K, Ta, Nb 等强烈不相容元素表现为总体上的富集特征, 符合强不相容元素更趋富集于局部熔融(部分熔融)的易熔组分中的一般地球化学规律。而 La, Sr, Hf, Ti 与原始地幔比较, 呈中-弱的富集状态, 与本区超基性岩类(蛇纹岩)中该组元素的亏损状态恰成互补关系^[12], 表明了辉长岩与超基性岩类在源区特征及成因方面的相关性。

3.2 辉绿岩墙群

3.2.1 过渡族元素组

从图 5 中看, 本区辉绿岩(辉长辉绿岩)的过渡族元素蛛网图与辉长岩类几乎完全相同: 呈陡斜的“W”型, Ti, V 的正异常和 Cr, Ni 的负异常十分显著。

3.2.2 不相容元素组

从图 6 可以看出, 本区辉绿岩不相容元素蛛网图总体显示为右倾型式, 强不相容元素富集度高, 弱不相容元素富集度低, 随着自左向右元素不相容性的降低, 富集度逐渐减弱。与本区辉长岩不相容

元素蛛网图总体趋势相一致, 但曲线较为平缓、平

表 2 辉长岩及辉绿岩(辉长辉绿岩)墙微量元素和稀土元素分析结果

Table 2 Trace element and REE analysis

result for the gabbro and diabase $w_B/10^{-6}$

岩性	辉长岩	变形辉长岩	辉绿岩	辉长辉绿岩		辉绿岩
样号	M15	M19	LQ 36	LQ 45	LQ46	LQ 48
位置	关帝坪	关帝坪	三岔子	田坝	小松沟	小松沟
Sc	26.9	28.6	24.2	43.6	34.0	24.0
Zn	5.66	7.20	24.3	8.80	7.48	39.3
As	0.802	0.472	5.18	10.70	7.07	7.73
Se	1.47	2.88	0.044 3	0.008 4	0.052 8	0.015 8
Mo	10.2	11.1	22.3	20.2	26.9	18.6
Ag	0.736	0.84	0.74	1.16	0.916	0.901
Sb	4.26	4.76	0.67	0.535	0.533	0.346
Cs	7.53	6.75	3.12	1.70	1.24	2.08
Hf	5.70	2.00	3.45	1.93	3.08	3.40
Ta	0.205	0.977	0.403	2.45	0.361	2.63
W	0.856	2.04	1.43	1.32	1.78	1.19
Au	0.100	0.012	0.006 8	0.002 6	0.003 5	0.002 3
Th	0.215	0.501	3.65	1.60	2.68	3.48
U	0.207	0.199	1.00	0.388	0.527	1.18
Ba	214	701	1 110	936	408	907
Co	26	56	27	34	32	28
Cr	91	13	286	158	3.0	362
Nb	6.7	16	7.2	5.9	9.0	7.1
Ni	44	25	101	35	9.9	127
Rb	16	7.2	46	102	48	55
Sr	1 300	1 410	652	239	164	452
V	207	427	211	204	332	196
Y	28	13	21	25	32	21
Zr	203	64	133	72	115	131
La	17.3	15.3	17.3	11.3	18.2	15.7
Ce	39.5	29.8	33.8	21.2	28.0	29.8
Nd	28.5	17.7	19.7	11.4	16.2	17.0
Sm	7.07	4.40	4.96	2.99	4.39	4.73
Eu	2.14	2.04	1.45	1.07	1.19	1.61
Gd	6.73	3.50	4.86	3.90	5.32	4.55
Tb	1.03	0.482	0.789	0.745	0.93	0.762
Ho	1.29	0.546	0.885	1.04	1.31	0.864
Tm	0.449	0.16	0.303	0.432	0.506	0.335
Yb	2.51	0.844	1.72	2.37	2.94	1.98
Lu	0.334	0.121	0.257	0.328	0.416	0.242
ΣREE	134.85	87.89	107.02	81.78	111.40	98.57
(La/Yb) _N	4.94	13.00	7.21	3.42	4.44	5.69
(Ce/Yb) _N	4.37	9.81	5.46	2.48	2.65	4.18
(La/Sm)	2.45	3.48	3.49	3.78	4.15	3.32
δEu	0.93	1.54	0.89	0.96	0.75	1.05

注: 2000 年中国科学院高能物理研究所用中子活化法对 Sc~U 和 La~Lu 测试分析; 2000 年北京有色冶金设计研究总院中心化验室用 XRF 法对 Ba~Zr 测试分析; 稀土元素球粒陨石标准化值引自文献[13]

滑,不具有显著地“峰”和“谷”。如果说辉长岩在一度程度上承袭了源区地球化学特征的话,那么辉绿岩则更多地反映了一种递进岩浆演化趋势,不相容元素符合岩浆演化过程中的普遍规律。

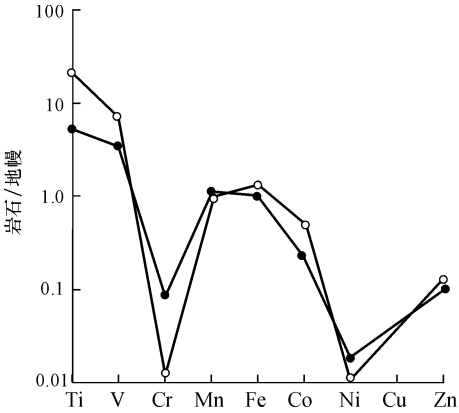


图 3 辉长岩过渡族元素地幔标准化蛛网图

Fig.3 Mantle normalized transition element distribution patterns of the gabbro

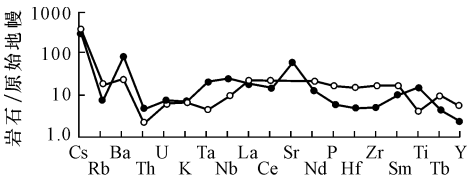


图 4 辉长岩不相容元素原始地幔标准化蛛网图

Fig.4 Primary mantle normalized incompatible element distribution patterns of the gabbro

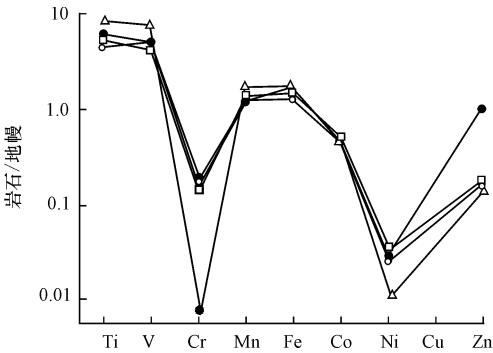


图 5 辉绿岩过渡族元素地幔标准化蛛网图

Fig.5 Mantle normalized transition element distribution patterns of the diabase

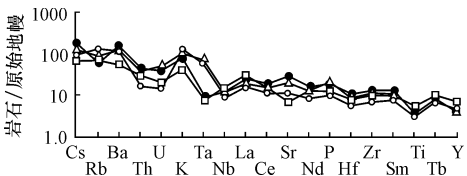


图 6 辉绿岩不相容元素原始地幔标准化蛛网图

Fig.6 Primary mantle normalized incompatible element distribution patterns of the diabase

4 稀土元素地球化学

本区辉长岩类(La/Yb)_N 4.94~13.00, 平均 8.97; (Ce/Yb)_N 4.37~9.81, 平均 7.09; La/Sm 2.45~3.48, 平均 2.97; δEu 0.93~1.54。稀土配分型式(图 7)为右倾型,即轻稀土富集型, M19 号样品具显著地正铕异常($\delta Eu=1.54$),而 M15 号样品 Eu 异常不显著($\delta Eu=0.93$)。

辉绿岩(辉长辉绿岩)类(La/Yb)_N 3.42~7.21, 平均 5.19; (Ce/Yb)_N 2.48~5.46, 平均 3.69; La/Sm 3.32~4.15, 平均 3.69; δEu 0.75~1.05。稀土配分曲线(图 8)仍为右倾、轻稀土富集型,但曲线较平缓,除一个样品(LQ46)具弱负 Eu 异常($\delta Eu=0.76$)外,其他样品 Eu 异常不显著。

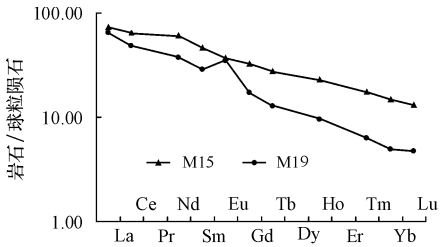


图 7 辉长岩稀土元素球粒陨石标准化配分型式

Fig.7 Chondrite normalized REE distribution patterns of the gabbro

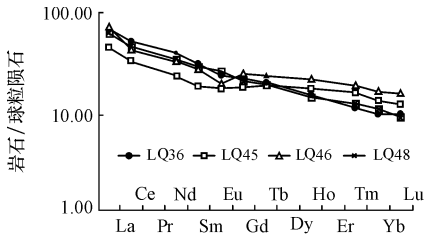


图 8 辉绿岩稀土元素球粒陨石标准化配分型式

Fig.8 Chondrite normalized REE distribution patterns of the diabase

5 结语

勉略缝合带中与蛇绿岩组合有关的主要岩石组合单元为变质橄榄堆晶辉长岩、辉长辉绿岩墙群-洋中脊拉斑玄武岩-岛弧拉斑玄武岩-岛弧钙碱系列火山岩。一般认为,蛇绿岩中的堆晶-侵入杂岩、席状岩墙群和上覆的枕状熔岩为一套具有成因联系的岩石组合。但是,由于地幔源区成分的不均一性、亏损程度和部分熔融程度不同以及岩浆演化

程度的不同和岩浆同化地壳易熔组分程度不同,因而蛇绿杂岩组合中“三位一体”的概念较之最初的概念要复杂得多。特别是许多蛇绿岩往往产于复杂的造山带中,在整个造山带形成过程中,往往会使不同时代、不同地块的火成岩混杂在一起,从而增加了蛇绿岩研究工作的难度,使蛇绿岩组合中各岩石单元之间的关系更为复杂多样化。事实上,勉略缝合带现今已成为一个蛇绿构造混杂带,不同组合类型的岩石单元大多以构造块体的形式存在和出现。

勉(县)略(阳)蛇绿构造混杂带内辉长岩属高铝强碱质辉长岩类,是地幔橄榄岩部分熔融的产物。辉绿岩墙群属强碱铝质基性岩类,过渡族元素蛛网图与辉长岩类几乎完全相同,其不相容元素与辉长岩类总体分配趋势相一致,反映了一种递进岩浆演化趋势,表明本区辉长岩与辉绿岩墙群具同源岩浆分异演化的地球化学特征,它们均为勉略蛇绿岩的重要组成端元。

[参 考 文 献]

- [1] 赖绍聪,张国伟,杨永成.南秦岭勉县-略阳结合带变质火山岩岩石地球化学特征[J].岩石学报,1997,13(4):563~573.
- [2] 赖绍聪,张国伟,杨永成,等.南秦岭勉县-略阳结合带蛇绿岩与岛弧火山岩地球化学及其大地构造意义[J].地球化学,1998,27(3):283~293.
- [3] 赖绍聪,张国伟,杨瑞瑛.南秦岭勉略带两河弧内裂陷火山岩组合地球化学及其大地构造意义[J].岩石学报,2000,16(3):317~326.
- [4] 赖绍聪,杨瑞瑛,张国伟.南秦岭西乡群孙家河组火山岩形成构造背景及其大地构造意义的讨论[J].地质科学,2001,36(3):295~303.
- [5] 赖绍聪,张国伟,裴先治.南秦岭勉略结合带琵琶寺洋壳蛇绿岩的厘定及其大地构造意义[J].地质通报,2002,21(8~9):465~470.

- [6] 赖绍聪,张国伟,裴先治,等.南秦岭康县-琵琶寺-南坪构造混杂带蛇绿岩与洋岛火山岩地球化学及其大地构造意义[J].中国科学(D辑),2003,33(1):10~19.
- [7] 许纪锋,于学元,李献华,等.秦岭勉略带中鞍子山蛇绿杂岩的地球化学-古洋壳碎片的证据及意义[J].地质学报,2000,74(1):39~50.
- [8] Lai S C, Zhang G W. Geochemical features of ophiolite in Mianxian Lueryang suture zone, Qinling orogenic belt[J]. Journal of China University of Geosciences, 1996, 7(2): 165~172.
- [9] Lai S C, Zhong J H. Geochemical features and its tectonic significance of the meta basalt in Zhoujiawan area, Mianlue suture zone, Qinling Dabie mountains, Hubei province[J]. Scientia Geologica Sinica, 1999, 8(2): 127~136.
- [10] Lai S C, Zhang G W, Yang R Y. Identification of the island arc magmatism zone in the Lianghe Raofeng Wuliba area, south Qinling and its tectonic significance[J]. Science in China (Series D), 2000, 43(Sup): 69~81.
- [11] Lai S C, Li S Z. Geochemistry of volcanic rocks from Wuliba in the Mianlue suture zone, Southern Qinling[J]. Scientia Geologica Sinica, 2001, 10(3): 169~179.
- [12] 王卫东,张永志,王平,等.渭河断陷盆地及邻近地区地震活动的深部背景[J].地球科学与环境学报,2004,26(3):57~60.
- [13] 李永军,李注苍,丁仁平.西秦岭温泉花岗岩体岩石学特征及岩浆混合标志[J].地球科学与环境学报,2004,26(3):7~12.
- [14] 刘护军,薛祥熙.对渭河盆地新生界及其年代的讨论[J].地球科学与环境学报,2004,26(4):1~5.
- [15] 王瑞廷,毛景文,任小华,等.煎茶岭硫化镍矿床矿石组分特征及其赋存状态[J].地球科学与环境学报,2005,27(1):34~38.
- [16] 朱广彬,刘国范,姚新年,等.东秦岭铅锌银金钼多金属成矿带成矿规律及找矿标志[J].地球科学与环境学报,2005,27(1):44~52.
- [17] 赖绍聪.秦岭造山带勉略缝合带超镁铁质岩的地球化学特征[J].西北地质,1997,18(3):36~45.
- [18] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes[A]. In: Saunders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basin[C]. Geol Soc Special Publ. 1989, (42):313~345.

Geochemical features of trace and rare earth elements of gabbro diabase in Mianlue ophiolitic melange zone, South Qinling

LAI Shao cong

(Key Laboratory of Continental Dynamics of Ministry of Education, Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract This paper studied the geochemical features of the gabbro diabase in the Mianlue suture by element geochemistry method. The gabbro in the Mianlue ophiolitic melange zone exhibits high Al_2O_3 and $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ contents, indicating an origin from the partial melting of the mantle peridotite. The diabase in the melange zone also exhibits high alkaline, showing almost the same distribution pattern of transition metal elements and incompatible elements as the gabbro. It implies that the gabbro and the diabase in the studied area belong to a comagmatic system. They are the important components of the Mianlue ophiolitic association.

Key words gabbro; diabase dike swam; ophiolitic melange zone; Mianlue suture; South Qinling

[英文审定:周军]