

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

赖绍聪 张国伟 裴先治

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

摘要: 研究表明,康县-琵琶寺-南坪构造带是一个复杂的、含有不同成因岩块的混杂带。该带中分布有蛇绿岩块(古洋壳残片),为典型的洋脊型拉斑玄武岩,具有轻稀土亏损的稀土配分型式、不活动痕量元素及其比值 Th/Yb 、 Ta/Yb 、 Ti/Y 、 Ti/Zr 等,指示其来源于亏损的软流圈地幔。琵琶寺蛇绿岩与勉县-略阳地区庄科蛇绿岩以及德尔尼蛇绿岩完全可以类比。因此,康县-琵琶寺-南坪蛇绿构造混杂带乃是勉略带向西延伸的组成部分。

关键词: 蛇绿岩;地球化学;大地构造;琵琶寺;勉略结合带

中图分类号:P58,P54 文献标识码:A 文章编号:1671-2552(2002)-08-09-0465-06

近年来,关于勉略结合带东、西延伸的讨论存在较大争议^[1],并成为国家自然科学基金委“九五”秦岭重点项目的关键研究内容之一。因此,追索并查明该缝合带东、西延伸部分的细节,重点解剖东、西延伸部分可能属于该缝合带残余的火山岩、蛇绿岩区段,对于确立和约束该缝合带的性质具有重要意义。事实上,目前勉县-略阳蛇绿构造混杂带自略阳向西的延伸情况目前尚无岩石地球化学方面的确切证据,已有的研究工作仅达到略阳三岔子地区。该结合带是否继续向西延伸并最终与德尔尼蛇绿岩带^[2]相连,仍是目前学术界有很大争议的热点议题。本文对康县-琵琶寺-南坪构造混杂带中琵琶寺蛇绿岩的厘定,为勉略结合带至少已西延至琵琶寺地区提供了岩石地球化学新证据。

1 区域地质概况

康县-琵琶寺-南坪构造混杂带位于南秦岭褶皱带、扬子板块北缘西段以及松潘-甘孜褶皱带的结合部位,向东与勉县-略阳蛇绿岩带相连(图1)。带内以缺失奥陶系-志留系而发育泥盆系-二叠系为特征,与其南北两侧缺失泥盆系-石炭系恰成鲜

明对比。同时,带内出露的泥盆系-石炭系以及震旦系和火山岩基本被围限在北部塔藏-略阳断层(勉略缝合带北部边界断裂)和南部文县-勉县断层(勉略缝合带南部边界断裂)之间,与东部勉略构造带的基本组成和变形特征完全一致(图1)。构造带内主要由剪切变形的震旦系和泥盆-石炭系逆冲推覆岩片组成,形成自北向南的叠瓦逆冲推覆构造。其中震旦系主要由含砾泥质岩、泥质碎屑岩、火山碎屑岩、碳酸盐岩和镁质碳酸盐岩组成;泥盆系为深水浊积岩、泥质碳酸盐岩和泥质岩;石炭系为碳酸盐岩。琵琶寺洋脊型变质玄武岩主要以构造岩片的形式卷入该构造带(图1)。

2 样品处理与分析方法

我们在琵琶寺地区,沿垂直火山岩岩片走向方向系统采集了一组样品。首先经镜下观察,去除有后期交代脉体贯入的样品;然后用牛皮纸包裹击碎成直径约5 mm的细小颗粒,从中细心挑选200 g左右的新鲜岩石小颗粒,再用蒸馏水洗净烘干,最后在振动盒式碎样机(日本理学公司生产)内粉碎至200目。主元素采用湿法分析,痕量及稀土元素采用ICP-MS

收稿日期:2001-12-18;修订日期:2002-05-10

基金项目:国家自然科学基金秦岭重点项目(编号:49732080),教育部骨干教师资助计划项目。

作者简介:赖绍聪,1963年生,男,博士,教授,岩石学及地球化学专业。

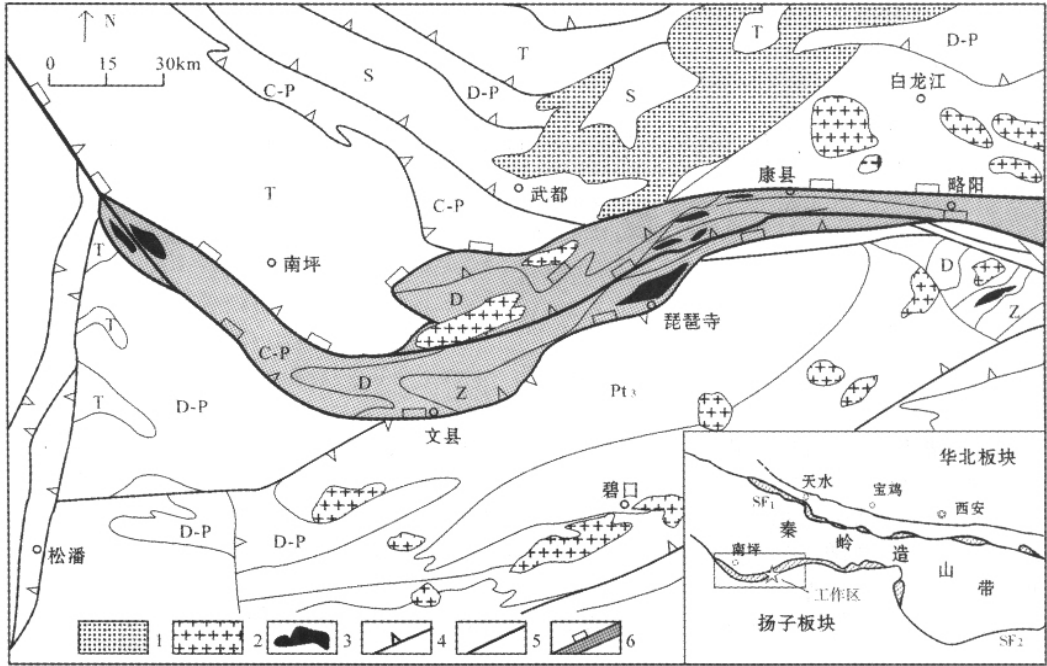


图1 勉略缝合带康县-琵琶寺-南坪段地质简图(据参考文献 [3])

Fig. 1 Geological sketch map of the Kangxian-Pipasi-Nanping area in the Mianlue suture zone

1—中生代沉积盆地 2—侵入岩体 3—火山岩构造岩片 4—逆冲断层 5—缝合带主边界逆冲断层 6—缝合带范围

(酸溶)法分析。全部测试工作由中国科学院贵阳地球化学研究所资源与环境分析测试中心完成。

3 结果与讨论

3.1 火山岩岩石化学特征

琵琶寺洋脊型玄武岩属于浅变质火山岩系(绿片岩相),呈宽约200~400 m,长约500~700 m的两条火山岩片夹持在构造混杂带内。岩石为暗绿—黑绿色,块状构造,部分样品发育有片理构造,变余斑状结构,斑晶为辉石和斜长石,辉石斑晶大多已绿泥石化。基质为微—细粒变晶结构,主要组成矿物有绿泥石、绿帘石和钠长石。

琵琶寺洋脊型玄武岩化学成分分析结果列于表1,可见其SiO₂含量变化不大,介于48.63%~50.94%之间,均处在玄武岩的范围内。岩石Fe₂O₃、FeO、MgO含量高,平均值分别为5.38%、6.80%和5.80%,且大多数样品的FeO>Fe₂O₃。值得注意的是,本区玄武岩TiO₂含量介于

1.10%~1.65%之间,平均为1.40%。就TiO₂含量而言,本区玄武岩类明显高于活动大陆边缘及岛弧区火山岩的TiO₂含量(0.83%、0.58%~0.85%),而与洋脊拉斑玄武岩TiO₂平均含量(1.5%)十分一致。由SiO₂-Nb/Y图解(图2a)和SiO₂-Zr/TiO₂图解(图2b)

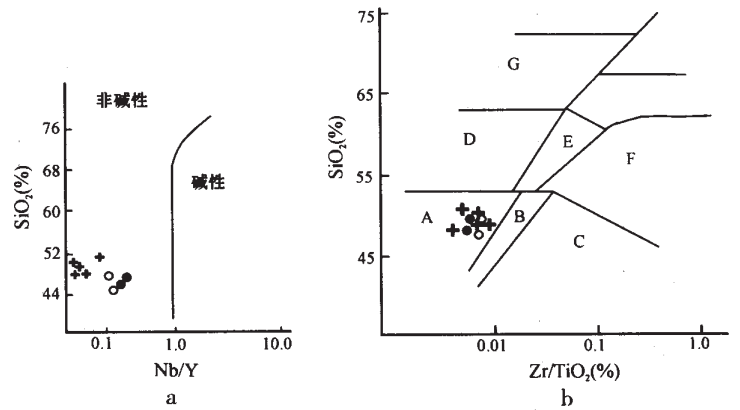


图2 火山岩SiO₂-Nb/Y图解(a)和SiO₂-Zr/TiO₂图解(b)(据参考文献 [7])

Fig. 2 SiO₂-Nb/Y (a) and SiO₂-Zr/TiO₂ (b) diagrams of volcanic rocks

A—亚碱性玄武岩类, B—碱性玄武岩类, C—粗面玄武岩类;

D—安山岩类, E—粗面安山岩类, F—响岩类, G—英安流纹岩、英安岩类;

十一琵琶寺洋脊型火山岩, ●—庄科洋脊型火山岩, ○—德尔尼洋脊型火山岩

表 1 勉略带琵琶寺、庄科和德尔尼 MORB 型玄武岩化学成分及微量元素分析结果

Table 1 major and trace element analysis for MORB - type basalts from Pipasi, Zhuangke and Deerni areas

样品编号 及位置	PBS-01 琵琶寺	PBS-06 琵琶寺	PBS-13 琵琶寺	PBS-30 琵琶寺	PBS-35 琵琶寺	LQ50 庄科	LQ51 庄科	DN30 德尔尼	DN29 德尔尼
岩性	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩
SiO ₂	49.64	49.06	48.63	50.94	49.25	49.90	48.50	47.68	48.93
TiO ₂	1.52	1.65	1.10	1.37	1.38	0.92	1.13	1.36	1.43
Al ₂ O ₃	14.22	12.18	16.06	15.23	16.25	13.90	14.40	15.00	15.41
Fe ₂ O ₃	7.33	6.00	4.60	4.35	4.62	4.81	6.15	5.39	4.26
FeO	6.37	8.20	5.20	7.05	7.18	7.19	6.90	4.20	5.86
MnO	0.20	0.21	0.24	0.18	0.20	0.15	0.18	0.15	0.15
MgO	5.60	5.40	4.90	6.20	6.90	6.91	8.36	6.83	7.84
CaO	7.30	10.00	9.50	8.40	8.80	5.55	7.53	10.70	6.11
Na ₂ O	4.56	3.83	3.84	1.07	2.76	3.19	3.22	3.97	4.77
K ₂ O	0.07	0.07	0.13	1.02	0.21	0.70	0.04	0.02	0.04
P ₂ O ₅	0.23	0.20	0.07	0.10	0.11	0.14	0.15	0.11	0.12
CO ₂						1.45	0.05		
烧失量	2.55	2.66	5.50	3.68	2.21	5.02	3.44	4.46	4.75
总计	99.59	99.46	99.77	99.59	99.87	99.83	100.05	99.87	99.67
Li	19.69	12.25	32.94	39.43	28.57				
Sc	51.54	55.01	42.14	47.42	54.42				
V	361.6	439.2	203.1	262.1	354.2			229	226
Cr	85.04	89.14	227.7	154.6	169.1			244	253
Co	43.47	47.20	44.47	50.54	58.99			60	64
Ni	49.46	50.88	107.5	69.93	90.45			91	105
Cu	270.9	261.7	162.4	178.9	205.6				
Zn	294.8	631.5	90.60	118.1	121.9				
Ga	14.44	20.97	16.20	19.45	19.27				
Ge	1.43	1.89	1.10	2.46	2.46				
As	20.66	17.27	14.37	15.06	17.04				
Rb	0.58	0.62	2.10	28.13	4.49	28.00	3.20	3.5	3
Sr	154.5	259.3	127.6	771.4	130.1	55	132	161	67
Y	43.94	47.61	23.21	31.35	34.93	25	28	32	33
Zr	111.7	132.7	50.28	78.89	96.55	54	64	92	99
Nb	2.49	2.61	1.59	3.09	2.22	4.0	3.9	4.0	4.0
Mo	16.29	7.68	5.22	3.84	6.32				
Cd	0.68	1.78	0.26	0.10	0.29				
In	0.22	0.30	0.12	0.18	0.22				
Sn	5.61	3.74	2.23	2.71	2.47				
Sb	7.83	5.28	3.59	4.56	5.66				
Cs	0.24	0.11	0.31	2.02	0.42	4.30	1.08		
Ba	175.9	57.33	55.21	450.9	81.31	210.0	17.00	20	20
La	4.24	4.36	3.34	3.89	3.87	1.23	1.59	2.18	3.04
Ce	13.72	14.15	8.08	11.01	12.63	4.46	5.42	7.89	9.68
Pr	2.36	2.45	1.27	1.82	2.30				
Nd	12.74	14.11	6.97	10.32	13.25	5.42	6.87	8.89	9.38
Sm	4.90	5.29	2.35	4.00	4.37	2.23	2.63	3.24	3.43
Eu	1.47	1.71	1.04	1.30	1.56	0.784	0.956	1.25	1.44
Gd	6.50	6.40	3.15	4.65	5.66	3.65	3.89		
Tb	1.16	1.23	0.58	0.85	1.00	0.717	0.876	0.89	1.03
Dy	8.19	8.28	4.00	5.68	6.63				
Ho	1.65	1.62	0.80	1.20	1.27	1.06	1.45		
Er	4.76	5.21	2.60	3.46	3.81				
Tm	0.66	0.65	0.36	0.42	0.50	0.432	0.627		
Yb	4.67	4.81	2.47	3.40	3.62	2.59	3.48	3.53	3.88
Lu	0.70	0.67	0.37	0.48	0.50	0.352	0.421	0.54	0.56
Hf	4.10	3.69	1.58	2.59	3.18	1.97	1.64		
Ta	0.18	0.18	0.13	0.22	0.14	0.095	0.105		
W	1.66	1.26	0.68	0.57	0.59				
Pb	179.3	200.0	71.18	100.0	243.5				
Th	0.20	0.16	0.13	0.22	0.17	0.146	0.153		
U	0.14	0.08	0.08	0.09	0.08	0.249	0.259		

注 LQ50和LQ51据参考文献 [5] ,DN30和DN29据参考文献 [2] ;其余由本文提供 ,中国科学院贵阳地球化学研究所分析 (2001) ,其中氧化物采用湿法分析 (%) ,微量元素采用 ICP-MS 法分析 (10⁻⁶)

可以看出,本区玄武岩属于亚碱性拉斑玄武岩类,并与庄科、德尔尼洋脊型火山岩岩石类型完全一致 [2,4-6]。

3.2 火山岩稀土元素特征

琵琶寺洋脊型玄武岩稀土总量较低,一般在 $37 \times 10^{-6} \sim 70 \times 10^{-6}$ 之间,平均为 57.88×10^{-6} ;轻重稀土分异不明显, $\sum LREE / \sum HREE$ 十分稳定,在 1.40~1.60 之间变化,平均为 1.54;岩石 $(La/Yb)_N$ 介于 0.65~0.97 之间,平均为 0.77; $(Ce/Yb)_N$ 大多介于 0.82~0.97 之间,平均为 0.88; δEu 趋近于 1,变化不大,平均为 0.95,表明岩石基本无铕异常。在球粒陨石标准化配分图上(图3a),显示为轻稀土亏损型分布模式,具典型的N型MORB稀土元素地球化学特征,表明它们来自亏损的软流圈地幔。琵琶寺洋脊型玄武岩稀

土配分型式与庄科(图2b)及德尔尼(图3c)MORB型玄武岩稀土配分型式完全一致,属同一类型 [2,4-6]。

3.3 火山岩微量元素特征及形成构造环境的判别

微量元素的原始地幔标准化配分图解(图4)显示,琵琶寺洋脊型玄武岩不相容元素具有以下特点:曲线总体显示为左倾正斜率亏损型分布型式,除Ba、K等活动性较强的大离子亲石元素变化较大外,其他元素自左向右,随元素不相容性的降低,富集度逐渐增高;Zr、Sm、Tb、Y等不相容性较弱的元素相对于La、Ce、Nb等不相容性稍强的元素略呈富集状态。曲线中无Nb、Ta的亏损现象,这与岛弧火山岩显著不同。有微弱的Ti谷,说明岩浆体系中存在较弱的钛铁氧化物分离结晶现象。该组玄武岩Ti/V为 22.5~32.5(平均 26.98);Th/Ta为 0.93~1.22(平均 1.06);Th/Y为 0.003~0.007(平均 0.005);Ta/Yb十分稳定,在 0.04~0.06 之间,平均为 0.05。它们与来自亏损的软流圈地幔的MORB型玄武岩具有完全一致的微量元素地球化学特征 [9]。在Nb/Th-Nb、La/Nb-La图解(图5)和Nb/Zr/Y图解(图6)中,该组玄武岩无一例外地落入MORB型玄武岩区内,与庄科和德尔尼MORB型玄武岩所显示的地球化学性质完全一致;而Th/Yb-Ta/Yb图解(图7)则清楚地表明,该组玄武岩来自亏损的MORB型地幔源区。所有上述分析都充分说明,琵琶寺洋脊拉斑玄武岩为典型的洋壳蛇绿岩组成部分,代表勉略洋盆发育期

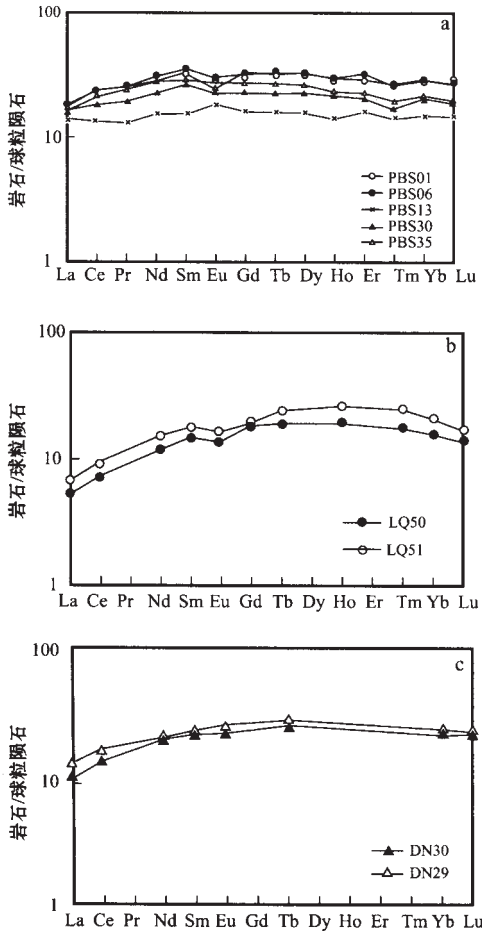


图3 稀土元素球粒陨石标准化配分型式

Fig. 3 Chondrite-normalized REE distribution patterns
a—琵琶寺洋脊型火山岩 b—庄科洋脊型火山岩;
c—德尔尼洋脊型火山岩;球粒陨石标准值据参考文献 [8];
图中编号对应于表1中的样品编号

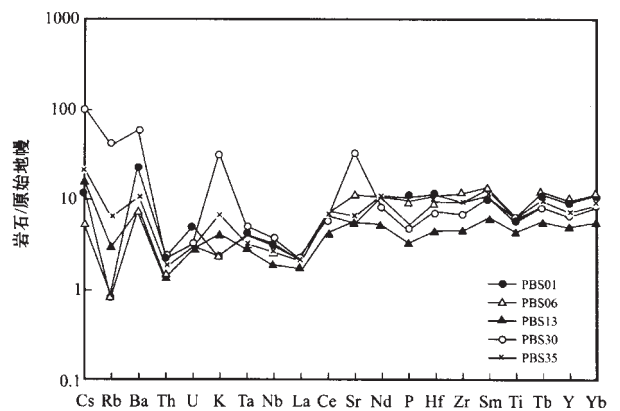


图4 琵琶寺洋脊型火山岩微量元素原始地幔标准化配分型式

Fig. 4 Primary mantle-normalized trace element distribution patterns of the Pipasi oceanic ridge-type volcanic rocks
图中编号对应于表1中的样品编号

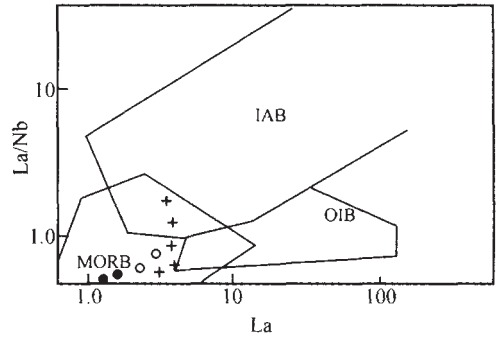
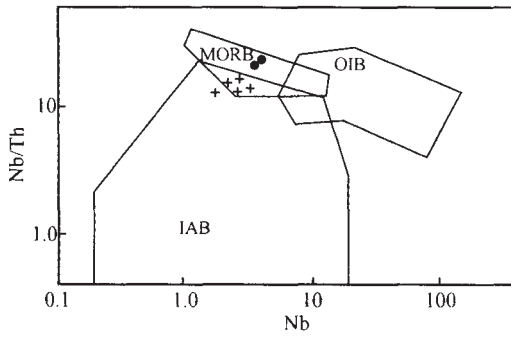


图5 火山岩Nb/Th-Nb (a)和La/Nb-La (b)图解 (据参考文献 [10])

Fig. 5 Nb/Th-Nb (a) and La/Nb-La (b) diagrams of volcanic rocks
+—琵琶寺洋脊型火山岩;●—庄科洋脊型火山岩;○—德尔尼洋脊型火山岩
MORB—洋中脊玄武岩;IAB—岛弧玄武岩;OIB—洋岛拉斑玄武岩

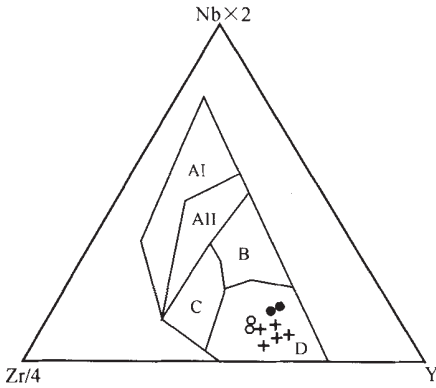


图6 火山岩Nb/Zr/Y图解 (据参考文献 [11])

Fig. 6 Nb/Zr/Y diagram of volcanic rocks
+—琵琶寺洋脊型火山岩;●—庄科洋脊型火山岩;
○—德尔尼洋脊型火山岩
AI—板内碱性玄武岩;AII—板内碱性玄武岩,板内拉斑玄武岩
B—富集型MORB;C—板内拉斑玄武岩,火山弧玄武岩;
D—正常型MORB,火山弧玄武岩

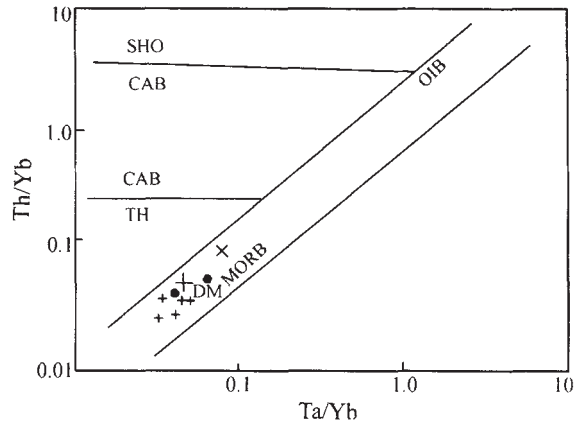


图7 火山岩Th/Yb-Ta/Yb图解 (据参考文献 [9])

Fig. 7 Th/Yb-Ta/Yb diagram of volcanic rocks
+—琵琶寺洋脊型火山岩;●—庄科洋脊型火山岩
CAB—钙碱性玄武岩;SHO—钾玄岩;TH—拉斑玄武岩;
OIB—洋岛拉斑玄武岩;MORB—洋中脊玄武岩

间古洋壳的残片。

4 结论

琵琶寺一带分布的玄武岩,无论是稀土元素特征,还是不活动痕量元素特征均表明其为典型的大洋拉斑玄武岩。具有轻稀土亏损的稀土配分型式,不活动痕量元素及其比值Th/Yb、Ta/Yb、Ti/Y、Ti/Zr等,指示其来源于亏损的软流圈地幔。其地球化学特征和岩相学特征与勉略缝合带内已厘定的庄科洋壳蛇绿岩片^[6]、德尔尼洋壳蛇绿岩片^[2]完全相同,具有无可争议的横向可对比性。因此,琵琶寺洋

脊拉斑玄武岩岩片代表本区消失了的古洋壳岩石,是勉略洋盆扩张期间火山作用的产物,为真正的洋壳蛇绿岩组成部分。

琵琶寺洋壳蛇绿岩的初步厘定表明,南秦岭勉略洋盆在泥盆纪—石炭纪—中三叠世期间曾经经历过一个较完整的有限洋盆发生、发展与消亡的过程。这对于确立华北—秦岭陆块的碰撞时代和秦岭造山带的形成与演化均有重要的大地构造意义。

参考文献:

[1] 张国伟,孟庆任,赖绍聪.秦岭造山带的结构构造[J].中国科学(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

- (B辑), 1995, 25: 994~1003.
- [2] 陈亮, 孙勇, 柳小明, 等. 青海省德尔尼蛇绿岩的地球化学特征及其大地构造意义 [J]. 岩石学报, 2000, 16 (1): 106~110.
- [3] 裴先治. 勉略-阿尼玛卿构造带的形成演化与动力学特征 [D]. 西北大学博士论文, 2001, 26~27.
- [4] Lai Shaocong, Zhang Guowei. Geochemical features of ophiolite in Mianxian-Lueyang suture zone, Qinling orogenic belt [J]. Journal of China University of Geosciences, 1996, 7 (2): 165~172.
- [5] 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.
- [6] 许纪峰, 于学元, 李献华, 等. 高度亏损的N-MORB型火山岩的发现: 勉略古洋盆存在的新证据 [J]. 科学通报, 1997, 42 (22): 2414~2418.
- [7] Winchester J A and Floyd P A. Geochemical discrimination of different magmas series and their differentiation products using immobile elements [J]. Chem. Geol., 1977, 20: 325~343.
- [8] Sun S-S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [A]. In: ed by Saunders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basin [C]. Geol. Soc. Special Publ., 1989, (42): 313~345.
- [9] Pearce J A. The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins [A]. In: Hawkesworth et al. eds. Continental Basalts and Mantle Xenoliths [C]. Nantwich Shiva, 1983. 230~249.
- [10] 李曙光. 蛇绿岩生成构造环境的Ba-Th-Nb-La判别图 [J]. 岩石学报, 1993, 9 (2): 146~157.
- [11] Meschede M A. A method of discriminating between different types of mid-ocean basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram [J]. Chem. Geol., 1986, 56: 207~218.

Geochemistry of the Pipasi ophiolite in the Mianlue suture zone, South Qinling, and its tectonic significance

LAI Shaocong ZHANG Guowei PEI Xianzhi

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

Abstract: The Kangxian-Pipasi-Nanping tectonic belt is a complex mélangé zone which includes many tectonic blocks of different origins. The blocks (relict fragments of ancient oceanic crust) therein are typical oceanic ridge basalt and show LREE-depleted REE distribution patterns. The Th/Yb, Ta/Yb, Ti/Y and Ti/Zr ratios indicate that they originated from the depleted asthenospheric mantle. The Pipasi ophiolite may be correlated with the Zhuangke ophiolite and Dur'ngoi ophiolite in the Mianxian-Lueyang (Mianlue) suture zone. Therefore the Kangxian-Pipasi-Nanping tectonic mélangé zone is a westward extension of the Mianlue suture zone.

Key words: ophiolite; geochemistry; tectonics; Pipasi area; Mianxian-Lueyang suture zone