

武当地块基性岩席群岩石地球化学特征及其大地构造意义

赵国春¹, 胡健民², 高殿松³

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国科学院地球物理研究所, 北京 100101;

3. 西安工程学院资源与材料工程系, 西安 710054)

[摘 要] 南秦岭构造带武当地块核部的基性岩席群, 是在古生代地幔底侵作用导致地壳伸展过程中岩浆沿主拆离面及基底变质岩群内次一级滑脱面侵位形成。岩席群岩石地球化学特征的研究表明, 其主要元素、微量元素及稀土元素地球化学与勉略缝合带发育的蛇绿岩组合中的辉绿岩和大洋玄武岩之岩石地球化学特点相似, 结合同位素地质学资料, 本文认为武当地块基性岩席群所代表的这次拉伸作用与勉略洋的打开是同一构造背景下不同阶段的产物。

[关键词] 席状基性侵入岩群 岩石地球化学 底侵作用 勉略缝合带 武当地块

[中图分类号] P545, P595, P558. 12⁺ 4 [文献标识码] A [文章编号] 0495- 5331(2000) 03- 0018- 04

1 地质构造背景

秦岭造山带以商丹缝合带为界划分为南、北秦岭构造带。武当地块是分布于南秦岭构造带内的一个中元古代地块^[1,2]。该地块南侧为扬子板块的北部边缘, 近年来在陕西省勉县、略阳一带所发现的南秦岭与扬子板块之间的晚古生代勉略缝合带, 对长期以来秦岭地质研究中存在的一些重大问题的解决提供了新的研究领域, 如关于秦岭造山带碰撞过程、造山时代等^[2,3], 尽管勉略带向东延伸仍存在着严重分歧, 但武当地块南侧扬子板块北缘侏罗纪前陆盆地的存在以及湖北随州变玄武岩的研究^[4]表明, 勉略缝合带很可能被向南逆冲的武当地块掩盖。

武当地块主体由中元古界武当山岩群组成, 其上覆的新元古界耀岭河组、震旦系陡山沱组、灯影组及寒武系、奥陶系和志留系等分布于隆起的边缘部位^[5]。武当地块发育武当岩群为基底的顺层伸展滑脱构造, 其时代为晚加里东到印支期, 构造指向为由南向北。在这一期伸展变形之后, 整个武当地块由于勉略缝合带的闭合而向南逆冲于扬子板块北缘之上。近来, 武当地块内部侵位于武当山岩群中的基性侵入体的产状及其成因引起了人们的注意, 提出这些基性侵入体的产出状态为岩墙, 基性岩墙群是地块裂解的标志之一, 因此这些基性侵入体是南秦岭于新元古代时裂解侵入的^[6,7]。然而最近完成的1:50000区域地质调查成果^{①②}表明, 武当地块内这些基性侵入体主要是武当山岩群与上覆耀岭河组间的主滑脱拆离面及其之下的武当山岩群内的一系列

顺层滑脱面侵位, 使得这些基性侵入体具有与基性岩墙群明显不同的构造含义^[8]。

2 基性岩席群的岩相学

基性岩席群主要岩石类型为变辉长岩与变辉绿岩, 少数变辉石岩与变闪长岩。变辉长辉绿岩。主要矿物组成为阳起石(40%±)、钠长石(20%±)、绿泥石(10%±)、绿帘石(8%±)、黑云母(8%±)、黑硬绿泥石(6%±)及少量白云母(<5%), 具变余辉长结构、变余辉绿结构、粒柱状变晶结构, 块状构造及片状构造; 变辉石岩矿物组成为透辉石(45%±)、阳起—透闪石(25~30%±)、钠长石(10%±)、绢云母(10%±), 少量绿泥石、绿帘石、黑云母等。有时透闪—阳起石75%以上。具粒柱状变晶结构, 块状构造。变辉绿岩矿物粒径一般1mm±, 变辉长岩与变辉石岩矿物粒径一般2mm~8mm, 往往可达10mm~15mm, 变辉石岩矿物粒径相对更粗。

3 岩石系列及主元素特征

在武当地块北缘和西缘、西南缘采集了14件样品进行岩石地球化学分析和大地构造判别(表1)。

Nb、Y均为不活泼微量元素, 较少受到蚀变和变质作用的影响, 对于碱性和碱性系列火山岩, 其Nb/Y值的区间范围十分稳定, 尤其对于基性、中基性和中酸性岩, 其碱性和非碱性系列的区分主要取决于Nb/Y值, 较少受SiO₂质量分数变化的影响。因此, SiO₂-Nb/Y图解为以有效地区分变质/蚀变基性岩

[收稿日期] 1998-12-10; [修定日期] 1999-10-08; [责任编辑] 张启芳

[基金项目] 国家攀登专项(SSER-III-2)和国土资源部1:50000三岔幅、白河县幅区调项目资助。

的系列^[9]。判别的结果大部分样落在非碱性系列岩区,少量落在碱性系列(图 1(a))。在确定为非碱性系列为主的岩石系列之后,采用 SiO₂ - FeO*/MgO 图解,进一步进行钙碱性和拉斑玄武系列的划分。由于这两个系列岩浆演化趋势截然不同,变质与蚀变作用只能使其演化趋变得模糊,而不能改变,所以一般的岩浆系列判别图解仍然适用^[9]。投影结果大部分样品落在拉斑玄武岩系列,两个样落在钙碱性

系列(图 1(b))。随 SiO₂ 的增加 FeO 的含量略有增加的趋势。岩石 SiO₂ 质量分数均低于 53%,属基性岩 SiO₂ 的范围,W(SiO₂)平均为 48.08,所有样品 FeO > Fe₂O₃、TiO₂ 含量分布于 0.83~3.67,个别为 0.51,平均 1.975,与洋脊玄武岩 1.5 类似,岩石的 TiO₂ - P₂O₅ 呈正相关(图 1(c)),TiO₂ - (Mg/Mg + Fe²⁺) (图 1(d))为负相关,与美国西部死谷支基性侵入岩特征一致^[10]。

表 1 基性岩席群岩石岩石化学分析数据

样品号	2037/1	2038/1	2039/1	2040/1	2040/2	2040/3	2040/4	223/1	021/1	021/2	2151/1	2695/2	3136/3	3137/1
SiO ₂	47.42	48.56	50.47	48.44	51.23	45.39	45.65	50.85	48.82	47.80	40.15	50.15	48.38	49.90
TiO ₂	1.09	2.27	0.83	2.73	2.35	0.89	1.12	2.22	2.63	1.48	0.51	3.67	2.68	3.18
Al ₂ O ₃	16.09	13.81	13.98	12.67	13.91	16.91	14.49	13.94	12.20	14.00	7.60	12.42	13.83	13.56
Fe ₂ O ₃	2.41	5.48	2.59	1.94	1.17	2.07	1.87	1.90	1.62	1.43	4.99	3.37	4.67	4.72
FeO	7.11	7.18	6.54	10.98	7.72	7.22	8.62	14.15	11.77	10.02	7.07	11.35	10.17	9.52
MnO	0.18	0.24	0.21	0.23	0.20	0.18	0.21	0.11	0.21	0.18	0.12	0.3	0.24	0.28
MgO	9.81	5.39	8.48	6.06	8.97	10.91	12.44	4.03	4.60	6.09	25.83	4.29	5.64	3.90
CaO	8.82	11.03	11.19	10.72	6.33	8.7	8.16	5.67	6.84	8.51	4.48	6.67	8.45	6.91
Na ₂ O	2.53	2.29	2.53	3.09	4.17	1.73	1.61	3.81	1.83	3.53	0.02	3.45	3.30	3.45
K ₂ O	0.46	0.31	0.18	0.28	0.12	0.94	0.58	0.20	0.10	0.10	0.3	1.98	0.71	1.22
CO ₂	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	2.42	0.04	0.01	0.00	0.71
P ₂ O ₅	0.14	0.25	0.07	0.46	0.49	0.16	0.17	0.12	0.03	0.13	0.74	0.42	0.18	0.56
H ₂ O ⁺	3.34	2.56	1.70	1.64	3.16	3.92	4.14	1.34	4.9	3.5	7.2	1.06	1.46	1.42
H ₂ O ⁻	0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.26	0.18	0.22
Pb	4	6	2	9	6	1	3	16	6	14	4	9	11	17
Zn	102	90	69	144	126	76	84	182	118	126	180	205	157	172
Rb	3	1	<1	<1	<1	10	1	2	<1	<1	<1	6	0	0
Sr	340	700	330	280	80	190	110	64	150	200	30	180	78	260
Ba	160	86	66	66	52	240	160	190	170	310	62	530	180	380
Nb	8.5	14	7.6	19.5	12	9.2	9	21	11	7.9	4.2	50	40	39.5
Ta	0.58	1.35	0.54	1.60	0.68	2.2	0.64	1.9	0.68	0.82	0.5			
Zr	70	140	46	245	180	67	62	300	200	105	30	235	160	130
Hf	1.9	8.6	6.5	6.8	6.9	3.4	0.7	8.7	7.1	6.3	0.1	8.3	7.4	7.5
Sc	28	40	52	42	43	26	27	31	38	50	18.5	38	8	42
Cr	510	44	880	240	115	460	720	185	84	130	1000	13.5	30	14
Th	3.2	3.5	2.1	3.5	3.3	4.4	3.1	4.3	3	2.3	2.8	1.3	2.7	2.2
La	9.8	23	9.03	27.7	15.4	13.9	9.55	45	20.8	13.9	8.43	14.7	12.6	9.56
Ce	15.2	41	14.3	53.2	30.6	15.6	15.7	118	38.4	23.8	11.6	57.8	49.1	36.8
Pr	2.22	5.42	1.76	7.67	4.58	3.55	2.08	11.6	5.24	3.12	1.67	8.11	5.58	4.92
Nd	9.26	23	7.26	32.3	21.6	10.6	9.63	58.8	22.7	14.3	6.1	33.2	24.2	23
Sm	2.58	2.51	2.27	8.02	5.66	4.11	2.69	18.4	5.72	3.67	1.89	8.21	5.74	5.73
Eu	1.02	2.00	0.77	2.65	1.43	1.24	1.13	4.81	2.12	1.51	0.39	2.61	1.97	2.66
Gd	2.33	5.06	2.11	7.24	5.85	3.13	2.61	12	5.75	4.01	1.24	8.94	5.58	6.64
Tb	0.46	0.90	0.41	1.25	1	0.59	0.44	2.21	1.05	0.72	0.19	1.39	0.83	1.18
Dy	3.56	5.89	6.97	8.35	16.2	4.47	5.57	4.82	7.27	4.93	1.33	9.17	5.39	7.82
Hb	0.58	1.06	0.55	1.45	1.52	0.74	0.62	2.25	1.44	0.94	0.29	1.84	1.17	1.61
Er	1.52	2.73	1.39	3.45	3.81	1.93	1.64	6.47	3.43	2.35	0.86	5.41	3.27	4.77
Tm	0.23	0.40	0.21	0.48	0.56	0.28	0.24	1.00	0.56	0.36	0.13	0.67	0.41	0.58
Yb	1.41	2.07	1.27	2.69	3.13	1.55	1.49	5.65	3.31	2.28	0.78	3.92	2.20	3.50
Lu	0.21	0.32	0.19	0.40	0.45	0.23	0.20	0.98	0.42	0.30	0.12	0.49	0.25	0.42
Y	12.9	23.1	12.4	38.0	34.3	39.2	15.0	10.50	28.3	20.8	7.18	39.60	23.3	33.3

硅酸盐分析为 wt %, 其它为 ×10⁻⁶;测试单位:宜昌地质矿产研究所测试中心。

4 稀土元素特征

基性侵入岩稀土总量较低,一般在 50 ×10⁻⁶~120 ×10⁻⁶ 之间,个别样品高达 156.85 ×10⁻⁶,ΣLREE/ΣHREE 介于 2.5~6.0 之间,分异程度较低,无 Eu 异常,稀土配分曲线为略右倾的 LREE 富集曲线,配分曲线的总体特征与勉略带辉绿岩 REE 配分

曲线形态非常一致,与勉略带洋脊玄武岩 REE 曲线相比,后者轻稀土明显亏损(图 2)。

5 微量元素特征及 ε_{Nd} 值

微量元素原始地幔标准化图解(图 3)具以下特点:具弱的 Nb 谷,Nb < La 显示具弱的 Nb 的相对亏损,随着元素不相容性程度减弱,与原始地幔比值降

低,呈现向右微弱倾斜的分布型式(图 4)。与勉略带火山岩具有一定的相似性^[9]。另一组微量元素的原始地幔标准化图也显示了与勉略带火山岩的一致性^[11]。 ϵ_{Nd} 值介于 - 4.8 ~ - 3.4 之间,与意大利 Ivrea 地区通过底侵作用侵入到下地壳的幔源基性杂岩体的上地幔 ϵ_{Nd} 值一致^[12]。

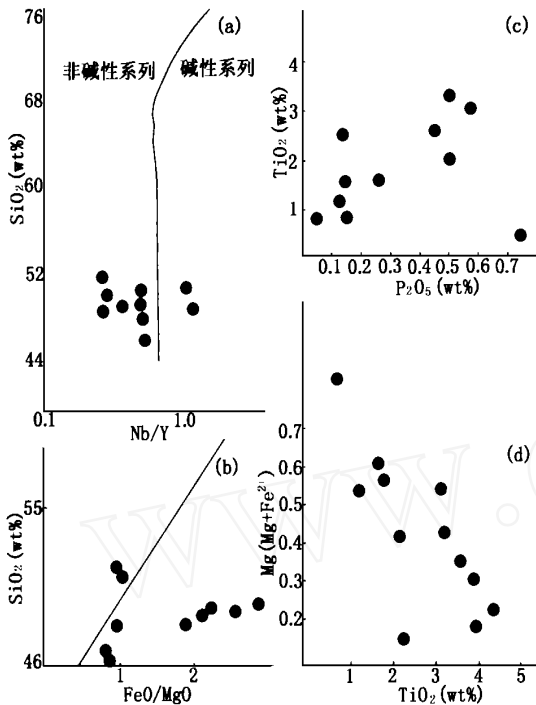


图 1 基性岩席群岩石化学特征 SiO_2 - Nb/Y 图

(a) — SiO_2 - Nb/Y 图; (b) — SiO_2 - FeO/MgO 图;

(c) — TiO_2 - P_2O_5 图; (d) — TiO_2 - $(Mg/(Mg + Fe^{2+}))$ 图

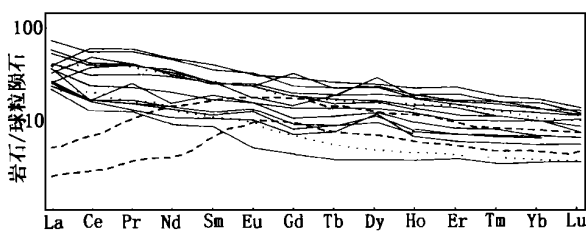


图 2 基性岩席群岩石 REE 配分型式

(实线为研究区基性岩席;两条点虚线间为勉略带辉绿岩^[9]。)

6 大地构造环境判别与讨论

武当地块内变基性侵入岩的岩石地球化学特征与勉略地区大洋玄武岩及变辉绿岩总体的特点具有较大的一致性^[4,9,11],表明二者岩浆很可能具有同源性。但岩席群的产状特点及微量元素构造环境判别却表明,这些基性岩侵入于大陆板块内部。作者等先前进行的构造学研究成果已经证明,这些基性侵入岩是沿低角度拆离带顺层侵位的同构造基性岩

席群,因此它们具有与勉略洋打开过程相同的伸展构造背景,结合基性侵入岩席群(425 Ma ~ 260 Ma)与勉略带火山岩同位素年代学(230 Ma)的差异^[8,11],它们很可能是由于勉略洋拉开前源于上地幔的深部岩浆上涌,使岩石圈拉伸减薄发生拆离,这一次伸展构造的持续进行导致勉略洋打开。另一方面,具地幔岩浆来源性质的基性岩浆大规模顺层侵位,很可能暗示着在晚加里东—印支期,秦岭造山带之下发生过较强烈的底侵作用^[12]。

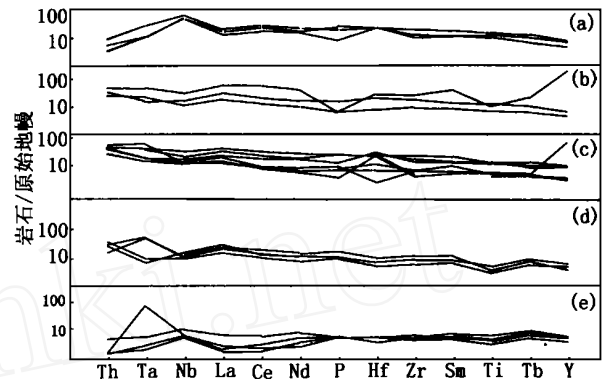


图 3 基性岩席群岩石微量元素原始地幔标准化图

(a - c) 为研究区基性岩席; (d) 为勉略带辉绿岩^[9],

(e) 为勉略带洋玄武岩^[9]

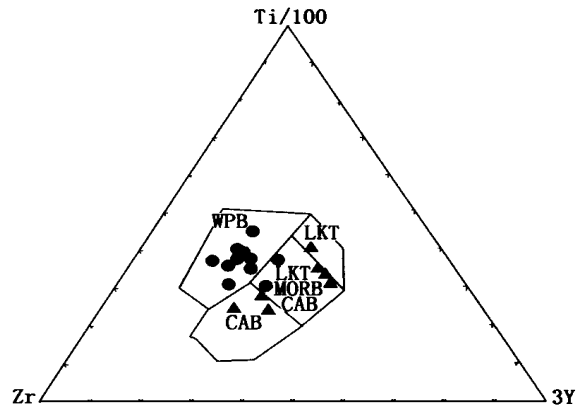


图 4 基性岩席群岩石 $Ti/100$ - Zr - Y_3 判别图解

圆点为研究区基性岩席;黑三角为勉略带辉绿

岩、洋玄武岩基性岩样品^[9]

[参考文献]

- [1] 张二册. 秦岭—大巴山及邻区地质图(1:100 万) [M]. 北京:地质出版社,1992.
- [2] 张国伟,孟庆任. 秦岭造山带的结构构造[J]. 中国科学(B 辑), 1995,25 (9):994~1003.
- [3] Meng Qingren, Zhang Guowei. Timing of collision of the North and South China blocks: Controversy and reconciliation[J]. Geology, 1999,27 (2):123~126.
- [4] 赖绍聪,张国伟,董云鹏. 秦岭—大别勉略缝合带湖北随州周家湾变质玄武岩地球化学及其大地构造意义[J]. 矿物岩石, 1998,18 (2):1~8.

- [5] 湖北地矿局. 湖北省地质志[M]. 北京:地质出版社,1980.
- [6] Huang Wanfu. Multiphase deformation and displacement within a basement complex on a continental margin: the Wudang Complex in the Qinling Orogen, China[J]. Tectonophysics, 1993, 24:305~326.
- [7] 周鼎武,张成立,王居里,等. 武当地块基性岩墙初步研究及其地质意义[J]. 科学通报,1997,42(23):2546~2549.
- [8] 胡健民. 南秦岭构造带武当地块构造演化[D]:[学位论文]. 北京:中国地质大学地矿系,1998.
- [9] 赖绍聪,张国伟,杨永成,陈家义. 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.
- [10] Hammond S G. Geochemistry and petrogenesis of Proterozoic diabase in the Southern Death Valley region of California[J]. Contrib Mineral Petrol, 1986, 93:312~512.
- [11] 李曙光,孙卫东,张国伟,等. 南秦岭勉略构造带黑沟峡变质火山岩的年代学和地球化学[J]. 中国科学,1996,26(3):223~230.
- [12] 金振民,高山. 底侵作用(underplating)及其壳—幔演化动力学意义[J]. 地质科技情报,1996,15(2):1~722.

GEOCHEMISTRY OF THE SHEET - LIKE BASIC SWARM IN WUDANG BLOCK AND ITS TECTONICS SIGNIFICANCE

ZHAO Guo - chun, HU Jian - min, GAO Dian - song

Abstract: There are a lot of tabular basic intrusive bodies in Wudang block of South Qinling Orogenic zone. It has been confirmed, in tectonics, that they intruded into the Middle Proterozoic Wudangshan group during the Paleozoic extensional process of Wudang block. The geochemistry of the sheet - like basic swarm shows that they are similar to that of diabases of ophiolites in Mianlue suture zone. It is very possible that the opening of Mianlue ocean and the intrusion of the sheet - like basic swarm were the results of different extensional stages during the same extension in South Qinling zone.

Key words: sheet - like basic swarm, geochemistry, tectonics, Wudang block, South Qinling orogenic zone

第一作者简介:



赵国春(1963年-),男。1989年毕业于西安地质学院,获硕士学位。现为中国地质大学(北京)副教授,主要从事构造地质学、岩石大地构造学等领域的教学与科研工作。

通讯地址:北京市海淀区学院路29号 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院构造教研室 邮政编码:100083

(上接第17页)

- [12] Eisenlohy B N. 西澳地壳规模的剪切带及其对太古代金矿成矿作用的意义[A]. 见:甘盛飞,等译. 国外前寒武纪金矿地质研究进展. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1992. 155~162.
- [13] 吴美德,芮促清. 含金剪切带型金矿档[M]. 地质矿产部情报研究所,1989. 1~8.
- [14] 姬金生. 新疆东天山康古尔塔格金矿带研究[J]. 地质论评, 1997, 43(1):69~77.

A PRODUCT OF PLATE COLLISION —METALLOGENIC CONTROL OF HIGHLY STRAINED STRUCTURAL BELT TO EASTERN JUNGGAR GOLD DEPOSIT

GAO HUAI - zhong, ZHANG Wang - sheng, SUN Hua - shan

Abstract: Eastern Junggar highly strained structural belt is a product of plate collision. Distribution of eastern Junggar gold deposit is controlled by this highly strained structural belt. Gold mineralization is much more developed in intersection parts of the highly strained structural belt and NNW trending faults. Gold ore bodies and veins are developed in subsidiary fractures and fissures which are located in the highly strained structural belt.

Key words: eastern Junggar, plate collision, highly strained structural belt, gold deposit

第一作者简介:



高怀忠(1945年-),男。1969年毕业于北京地质学院,获学士学位。现为中国地质大学资源学院矿床教研室副教授,主要从事矿床学科研究和教学工作。

通讯地址:湖北省武汉市 中国地质大学资源学院矿床教研室 邮政编码:430074