第21卷第1期
1999年3月

西安工程学院学报
JOURNAL OF XI'AN ENGINEERING UNIVERSITY

Vol.21 No.1
Mar. 1999

北秦岭基底杂岩中变质基性岩的性质及其构造背景研究

王 洋　　裴先治

（西安工程学院外事办，西安 710054）　（西北大学地质学系，西安 710069）

提 要　通过对北秦岭造山带变质基底杂岩中变质基性岩的野外地质调查和岩石地球化学特征的研究，表明秦岭岩群中的变质基性岩应为古元古代晚期侵位的基性岩墙，其化学成分相当于大陆裂谷或板内拉斑玄武岩，代表了吕梁事件的产物，形成于元古宙大陆地壳拉张构造背景的早期阶段，是秦岭造山带中元古代大陆裂谷-小洋盆并存构造体制演化阶段的早期地质记录。

关键词　变质基性岩，基底杂岩，古元古代，构造背景，北秦岭

中图法分类号　P59，P58

第一作者简介　王 洋，男，1959年生，讲师，在读博士，主要从事区域地质学的科研工作。

秦岭造山带以商丹构造带为界可划分为北秦岭和南秦岭两个大地构造单元。在北秦岭，广泛出露有古元古代秦岭岩群变质基底杂岩，组成秦岭造山带主要的地壳基底。秦岭岩群变质基底杂岩主要由变质达角闪岩相的富铝长英质片麻岩、二云长英质片麻岩、黑云（角闪）斜长片麻岩夹大理岩、钙硅酸粒岩、斜长角闪岩等组成。前人对秦岭岩群已有较多的研究[1~8]。通过东秦岭商丹地区的1:5万地质填图工作，已将中元古代峡河岩群和松树沟蛇绿岩构造岩片从原秦岭群中分解出去[8]。在秦岭岩群中发育有变质基性岩（斜长角闪岩），对其产状、性质、成因及其构造背景还有不同认识，笔者的研究成果对进一步探讨秦岭造山带元古宙的构造性质和构造体制以及大陆地质的动力学特征具有重要意义。

1 变质基性岩的产状及原岩性质

秦岭岩群变质基底杂岩中的变质基性岩除少部分属与大理岩、钙硅酸粒岩共生的副变质岩外，大部分应属正变质岩。这些变质基性岩多出现于片麻岩中，而片麻岩系则显示层状岩系特点和副变质成因，变质基性岩多呈薄层或透镜体状产出，出露宽度几十厘米至几米厚，形态各异，成分均匀，与围岩片麻岩之间有清楚的接触界线，透镜体往往呈串珠状断续分布。野外产状特征表明原岩为基性岩墙（脉），而不是基性火山岩，后经强烈构造变形而形成透镜状或似层状。岩石的原岩恢复也表明为正变质斜长角闪岩。斜长角闪岩呈暗灰绿色，块状-片状构造，细粒粒状变晶结构，主要由角闪石、斜长石和少量黑云母、石榴石等组成。西峡地区斜长角闪岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为（1 987±49）Ma[6]，丹凤涌峪地区斜长角闪岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为1 948 Ma[6]，而片麻岩的同位素年龄主要为1 982～2 226 Ma[2,6]，表明基性岩墙主要是在秦岭岩群主体形成之后侵位的。

2 变质基性岩的岩石地球化学特征

秦岭岩群中变质基性岩的主量元素、微量元素和稀土元素地球化学组成见表1～3。样品均采自商南县的小松树沟、三岔河、吊棚地区，由地质矿产

收稿日期　1998-08-31

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表1 变质基性岩的化学成分 ($\times 10^{-2}$)

序号	样品号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	CO_2	$\sum$
1	3814/8	50.30	1.88	13.49	1.56	10.56	0.25	6.63	10.56	1.96	1.22	0.15	0.40	0.08	99.33
2	3856/8	50.71	1.96	12.87	2.40	12.20	0.23	6.77	8.82	1.75	0.42	0.16	0.47	0.13	98.89
3	3861/9	49.18	1.40	13.73	1.98	10.01	0.23	8.34	11.35	2.29	0.38	0.13	0.32	0.00	99.34
4	3885/2	50.04	1.60	13.55	2.21	10.43	0.16	7.16	10.54	1.51	1.13	0.13	0.84	0.09	99.40
平均值(4)		50.06	1.71	13.41	2.04	10.85	0.22	7.23	10.34	1.88	0.79	0.14	0.51	0.08	99.26

表2 变质基性岩的微量元素组成 ($\times 10^{-6}$)

序号	样品号	Sr	Rb	Ba	Th	Ta	Nb	Zr	Hf	Sc	Cr	Co	Ni	V	Cs	Ga	U
1	3814/8	111	50	72	3	1.28	14	100	3	53.3	188	38	67	325	5	19.8	1.00
2	3856/8	76	13	35	4	2.02	14	108	4	64.0	68	43	32	408	5	13.5	0.91
3	3861/9	152	19	55	3	1.00	9	89	3	60.0	219	43	72	302	5	12.9	0.77
4	3885/2	99	39	51	4	1.06	13	80	4	50.0	169	41	55	284	6	16.2	1.51
平均值(4)		110	30	53	3.5	1.34	12.5	94	3.5	57	161	41	57	330	5	15.6	1.05

表3 变质基性岩的稀土元素组成 ($\times 10^{-6}$)

序号	样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Y	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	δEu	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$
1	3814/8	12.7	25.9	3.08	15.8	5.00	1.92	5.76	1.01	6.73	1.29	3.33	0.42	2.62	0.23	23.9	85.91	2.99	1.10	3.18	1.55
2	3856/8	19.6	35.4	4.78	24.8	5.09	1.75	5.66	0.99	6.21	1.29	3.20	0.43	2.27	0.34	23.5	111.81	4.48	1.00	5.69	2.34
3	3861/9	9.57	18.9	2.99	15.5	3.87	1.49	4.64	0.83	5.51	1.17	2.96	0.39	2.16	0.29	21.5	70.27	2.91	1.08	2.92	1.50
4	3885/2	14.0	31.1	3.60	16.9	4.30	1.39	4.13	0.81	6.22	1.19	3.44	0.50	2.65	0.30	24.1	90.53	3.71	1.00	3.48	1.98
平均值(4)		14.0	27.8	3.61	18.3	4.57	1.64	5.05	0.91	6.17	1.24	3.23	0.44	2.43	0.32	23.3	89.63	3.53	1.05	3.82	1.84

部宜昌地质矿产研究所、西安综合岩矿测试中心分析测试。

变质基性岩的 SiO_2 为49.18%～50.71%, $wTiO_2$平均值为1.71%, 大于1.25%, 表明不属于岛弧拉斑玄武岩。在 $w(Na_2O+K_2O)-wSiO_2$图解上表明为亚碱性系列岩石, 在AFM三角图解上显示为拉斑玄武岩系列(图1)。其平均化学成分与不同构造环境拉斑玄武岩相比较[9], 则与大陆拉斑玄武岩成分接近。在 $wTFeO/MgO-wTiO_2$图解上落于洋岛玄武岩(OIB)范围, 这一致表明变质基性岩的化学成分相当于大陆裂谷或板内拉斑玄武岩。

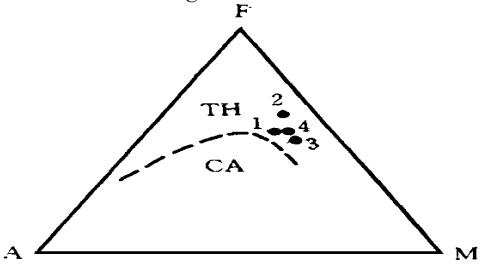

图1 变质基性岩AFM图解

TH-为拉斑玄武岩系列; CA-为钙碱性系列

变质基性岩的微量元素N-MORB标准化分配型式见图2。由图可见, 变质基性岩的K、Rb、Th、Ta比Sr、Ba、Nb、Ce有较强的富集, 而P、Zr、Hf、Sm、Ti及Sc仅有弱的富集, Y、Yb和Cr则亏损,

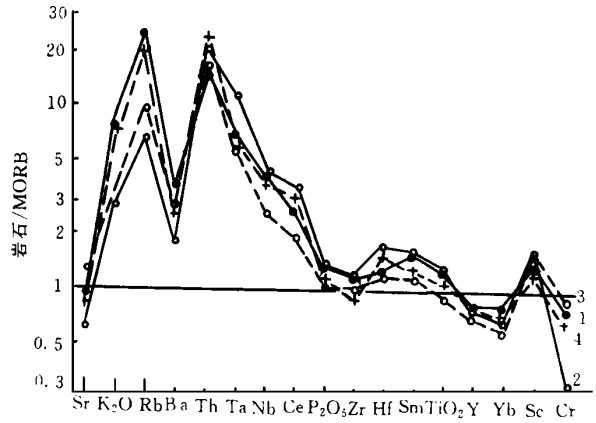

图2 变质基性岩的微量元素MORB标准化分配型式

© 1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

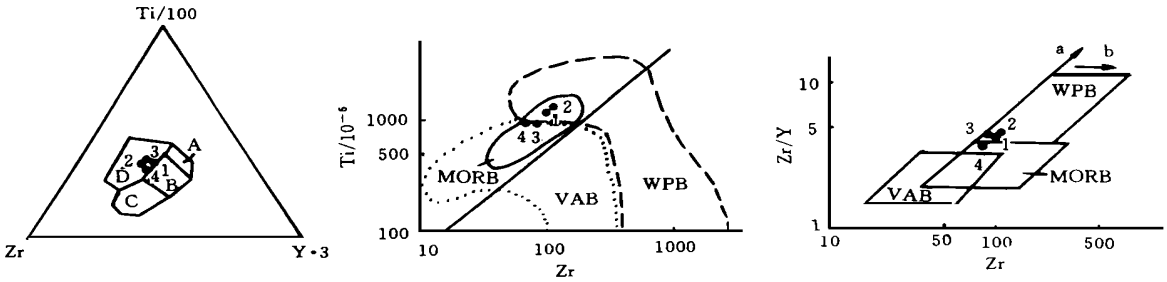

图3　变质基性岩的微量元素地球化学图解

a. Ti/100-Zr-Y 3图解（据 Pearce and Cann, 1973）；b. Ti-Zr 图解（据 Pearce, 1982）；c. Zr/Y-Zr 图解（据 Pearce and Cann, 1979）；A+B. 岛弧低钾拉斑玄武岩（LKT）；B. 洋脊拉斑玄武岩（DFB）；B+C. 岛弧钙碱性玄武岩（CAB）；D. 板内玄武岩（WPB）；MORB. 洋脊玄武岩；VAB. 岛弧玄武岩；WPB. 板内玄武岩

与板内拉斑玄武岩的微量元素地球化学分配型式比较接近[10]，只是 Ba 的丰度值普遍比较低。在 Ti/100-Zr-Y 3图解和 Zr/Y-Zr 图解上主要落于板内玄武岩区（WPB），Zr/Y 比值为3.32～4.59，Ti/Y 比值为390.37～471.57，Nb/Y 比值为0.41～0.58，而在 Ti-Zr 图解中则落入洋脊玄武岩（MORB）和板内玄武岩（WPB）重叠区（图3）。由此表明，变质基性岩具有板内拉斑玄武岩的微量元素地球化学特征，形成于板内地壳拉张裂陷构造环境，与恢复的原始产状为基性岩墙相符。

变质基性岩的稀土总量为 ΣREE=（70.27～111.81）×10⁻⁶，LREE=（52.32～91.42）×10⁻⁶，HREE=（17.95～21.51）×10⁻⁶，轻重稀土比值为 LREE/HREE=2.91～4.48，$(La/Yb)_N$=2.92～5.69，$(La/Sm)_N$=1.98～2.34，δEu=1.00～1.10，Eu/Sm=0.32～0.39，基本上无 Eu 异常或有弱的 Eu 正异常。稀土元素球粒陨石标准化分配型式为轻稀土略富集型（图4），与多数大陆拉斑玄武岩的稀土元素分配模式较接近[11]，而与岛弧、N-MORB 和 T-MORB 的 REE 分配型式差异较大，这表明秦岭岩群中的变质基性岩的形成与板内拉张构造背景有关。

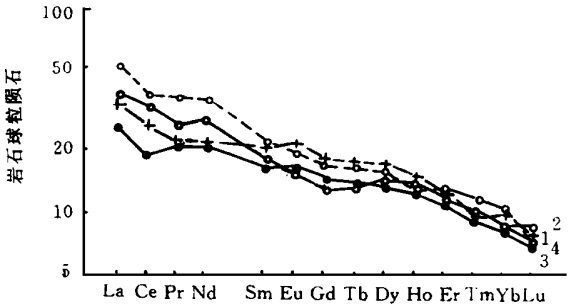

图4　变质基性岩的稀土元素分配型式

变质基性岩具有较高的初始 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值（+6.3～+7.3）[6]，表明其来源于强亏损状态的地幔源区。而且该岩石还具有高的放射性成因铅同位素组成，它们的 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 比值为18.314～19.099（均大于18），$^{207}Pb/^{204}Pb$ 比值为15.570～15.733（均大于15.5），$^{208}Pb/^{204}Pb$ 比值为37.887～38.662（多大于38）[12]，其较高的铅同位素组成与板内洋岛玄武岩（OIB）相近，而不同于具有较低铅同位素组成的洋脊玄武岩（MORB）以及岛弧火山岩（IAV），并表明其主要起源于大陆岩石圈地幔。

3　变质基性岩形成的构造背景及秦岭造山带元古宙构造体制讨论

近年来，对北秦岭造山带变质基底的研究有了很大进展，多数学者[2～7]认为秦岭岩群主体形成于古元古代，对其中变质碎屑岩岩石地球化学特征和物源组成的研究证明，它是由具有双峰式特征的两端员岩石提供物源的，形成于大陆裂谷或大陆边缘裂陷构造环境[2,7]。而其中的变质基性岩则有很多人认为其原岩为基性火山岩。我们的详细野外地质调查证明，其原岩是基性侵入岩墙，现多呈大小不等的似层状或透镜体产出，分布范围虽然广泛，但个体规模均不大。组成秦岭岩群主体的片麻岩系根据张宗清（1994）的同位素年代学研究，其锆石 U-Pb 年龄为2 226 Ma，单颗粒锆石 Pb-Pb 年龄为2 172 Ma[6]，而变质基性岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为1 987～1 948 Ma[6]，表明基性岩墙主体是在片麻岩系的原岩陆源碎屑岩形成之后发生侵位的，并代表

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

了古元古代晚期古秦岭陆壳初始形成之后秦岭地区较早的地质事件，即吕梁事件，而且是在已固结的较刚性地壳基础上发生的地壳拉张事件，使起源于亏损岩石圈地幔的具大陆板内拉斑玄武岩性质的基性岩浆上侵至地壳当中形成在秦岭岩群变质基底杂岩中分布广泛的基性岩墙。通过近年来对秦岭造山带中元古宙主要构造岩石地层单位的研究表明，北秦岭的中元古代宽坪岩群、峡河岩群、武关岩群变质沉积-火山岩系和松树沟蛇绿岩片均形成于地壳拉张裂谷-小洋盆构造环境，表明中元古代秦岭造山带处于在早前寒武纪不均一结晶基底基础上的裂谷和小洋盆并存的大陆地壳拉张裂谷构造体制[13]，而秦岭岩群中变质基性岩墙的侵位应是这种构造体制在深部岩石圈地幔动力学演化背景下的反映。至新元古代早期的晋宁期发生构造体制转换，秦岭古洋盆沿商丹构造带向北发生俯冲碰撞造山作用，从而进入板块构造体制演化阶段。

参 考 文 献

1 肖思云，张维吉，宋子季等. 北秦岭变质地层. 西安：西安交通大学出版社，1985. 29～90

2 游振东，索书田等. 造山带核部杂岩变质过程与构造解析——以东秦岭为例. 武汉：中国地质大学出版社，1991. 184～204

3 张国伟. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安：西北大学出版社，1988. 99～115

4 安三元，胡能高，张维吉等. 北秦岭裂陷的形成与变质作用. 西安：西北大学出版社，1992. 1～33

5 刘国惠，张寿广等. 秦岭造山带主要变质岩群及变质演化. 北京：地质出版社，1993. 26～44

6 张宗清，刘敦一，付国民等. 北秦岭变质地层同位素年代研究. 北京：地质出版社，1994. 8～55

7 张本仁等. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究. 武汉：中国地质大学出版社，1994. 162～166

8 裴先治. 东秦岭商丹构造带的组成与构造演化. 西安：西安地图出版社，1997，11～28

9 Condie K C 著. 张雯华，李继亮译. 板块构造与地壳演化. 北京：科学出版社，1986. 134～139

10 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. 111～114

11 王中刚，于学元，赵振华等. 稀土元素地球化学. 北京：科学出版社，1989. 162～190

12 许继锋，张本仁，韩吟文. 东秦岭造山带两类元古宙地壳基底及其地壳增生. 地球科学，1996，21 (5)：476～480

13 张国伟，孟庆仁，于在平等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学 (D辑)，1996，26 (3)：193～200

CHARACTER AND TECTONIC SETTING OF METAMORPHOSED BASIC ROCK IN BASEMENT COMPLEX OF NORTH QINLING

Wang Yang

(*Xi'an Engineering University*, *Xi'an* 710054)

Pei Xianzhi

(*Dept. of Geology*, *Northwest University*, *Xi'an* 710069)

Abstract By way of making a geological and geochemical studies of the metamorphosed basic rock in the basement complex of the orogenic belt of the north Qinling, there are indications that the metamorphosed basic rock in the Qinling group belongs to the intrusive basic dike shaped in the late Paleoproterozoic era and has the chemical composition analogous to that of tholeiite in continental rift or intraplate. At this point, it makes known the facts that the intrusion mentioned above took shape in the early stage of the geotectonic setting of continental crust stretch in Proterozoic era, and also put on the early geological record about the geotectonic system that the continental rift and small ocean basin existed side by side in the Qinling orogenic belt.

Key words metamorphosed basic rock, basement complex, Paleoproterozoic, tectonic setting, north Qinling

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net