

毛堂群变质火山岩形成环境探讨

刘征华¹, 张传恒²

(1. 河南省有色金属地质矿产局第六地质大队, 河南 郑州 450003; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

摘 要: 扬子陆块北缘毛堂群记录了 Rodinia 裂解事件的重要地质信息。从四个方面分析论证了毛堂群火山岩形成于新元古代中晚期大陆板内裂谷环境: (1) 火山岩的地球化学特征, 主要通过稀土及多元素配分模式体现; (2) 火山岩的成岩年龄; (3) 火山碎屑岩的特点; (4) 基性火山岩构造环境判别图解。毛堂群裂谷火山活动是一次全球性的由地幔柱活动引发的裂谷火山事件群的组成部分, 是南秦岭前寒武纪大陆裂解的先兆。

关键词: 扬子陆块; 毛堂群; Rodinia 超大陆; 裂谷环境

中图分类号: P585.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3504(2010)04-301-09

20 世纪 90 年代以来, 国外掀起了重建和研究 Rodinia 超大陆的热潮, 近年来, 这股热潮已波及中国, 并已经成为我国前寒武纪地质研究的新起点。

综合前人的研究成果, 基本可以确定扬子陆块是 Rodinia 超大陆的组成部分 (Torsvik et al, 1996; Li et al., 2003)。Rodinia 超大陆形成后, 华南地块沿其北缘很快裂开形成裂谷, 沉积了新元古代早期火山-碎屑沉积。大约在 825 ~ 700 Ma 之间, Rodinia 超大陆全面裂解, 位于扬子陆块北缘的毛堂群所发生的构造岩浆活动可能就是这次 Rodinia 超大陆裂解过程的地表响应。

对扬子陆块北缘毛堂群的研究由来已久, 前人做了大量的工作, 涉及了许多方面, 问题多, 分歧也不少。其中毛堂群形成环境存在着一定的争议。

关于毛堂群的形成环境, 郝杰等 (1996) 认为其形成于岛弧环境; 刘鸿允等 (1999) 论述了毛堂群基性熔岩一种可能是由上地幔部分熔融产生, 与现代 MORB 比较其部分熔融程度应小于 20%; 另一种可能是由 MORB 在俯冲带消亡时再次重熔受陆壳物质混染的二次衍生岩石; 张宗清等 (2002) 论述了毛堂群变质酸性火山岩可能是老地壳物质再熔产物, 其母岩类似于陡岭群大沟组斜长片麻岩; 变质基性火山岩原岩可能是直接来自 MORB 亏损地幔源区部分熔融岩浆形成; 李怀坤等 (2003) 认为其形成于陆内裂谷环境。根据毛堂群复杂地质背景和前人

对其的认识, 本次研究在加强野外地质工作的基础上, 采用野外地质研究与实验室研究密切结合, 采集有代表性的样品, 通过地质、年代学和地球化学资料综合分析研究, 对其形成环境进行了再探讨。

1 地质概况

秦岭横亘我国中部, 是亚洲东部两个最大构造单元——华北陆块和扬子陆块的构造拼合带。以陕西商 (南) - 丹 (凤) 断裂带为界, 秦岭造山带被划分为南、北两部分: 北部称为北秦岭造山带; 南部称为南秦岭造山带 (张国伟等, 2001)。

研究区在自然地理上属于秦岭山系之东南隅及大巴山东段的余脉, 研究对象毛堂群是扬子古陆出露最北的前寒武纪地层, 隶属于中国中部陆间大区中昆仑秦岭区的南秦岭分区和武当淮阳分区的范畴 (王鸿祯, 1978)。毛堂群位于扬子陆块的北缘, 区域上南部有西起四川省城口, 经湖北房县青峰镇, 向东过南阳盆地与襄广断裂相连的青峰断裂; 北侧有西峡-内乡断裂, 其为商南-丹凤断裂的东延部分, 由一系列大致平行的断裂束组成 (图 1)。

区域内出露的前寒武纪地层, 主要有陡岭群、武当群、耀岭河群、陕西群、毛堂群和震旦系。

毛堂群是一套变质火山-碎屑沉积岩系, 呈带状出露于河南省西部淅川、西峡、内乡三县交界地区, 分布于荆紫关-师岗复背斜的北翼。呈北西-南东东向展布, 东西长约 80 km, 南北宽约 0.5 ~ 0.6 km。向西延入陕西境内, 向东在内乡封营一

收稿日期: 2010-10-14

作者简介: 刘征华 (1968—), 硕士, 地质工程师, 从事区域地质调查和矿产普查。E-mail: lianpeng530@163.com

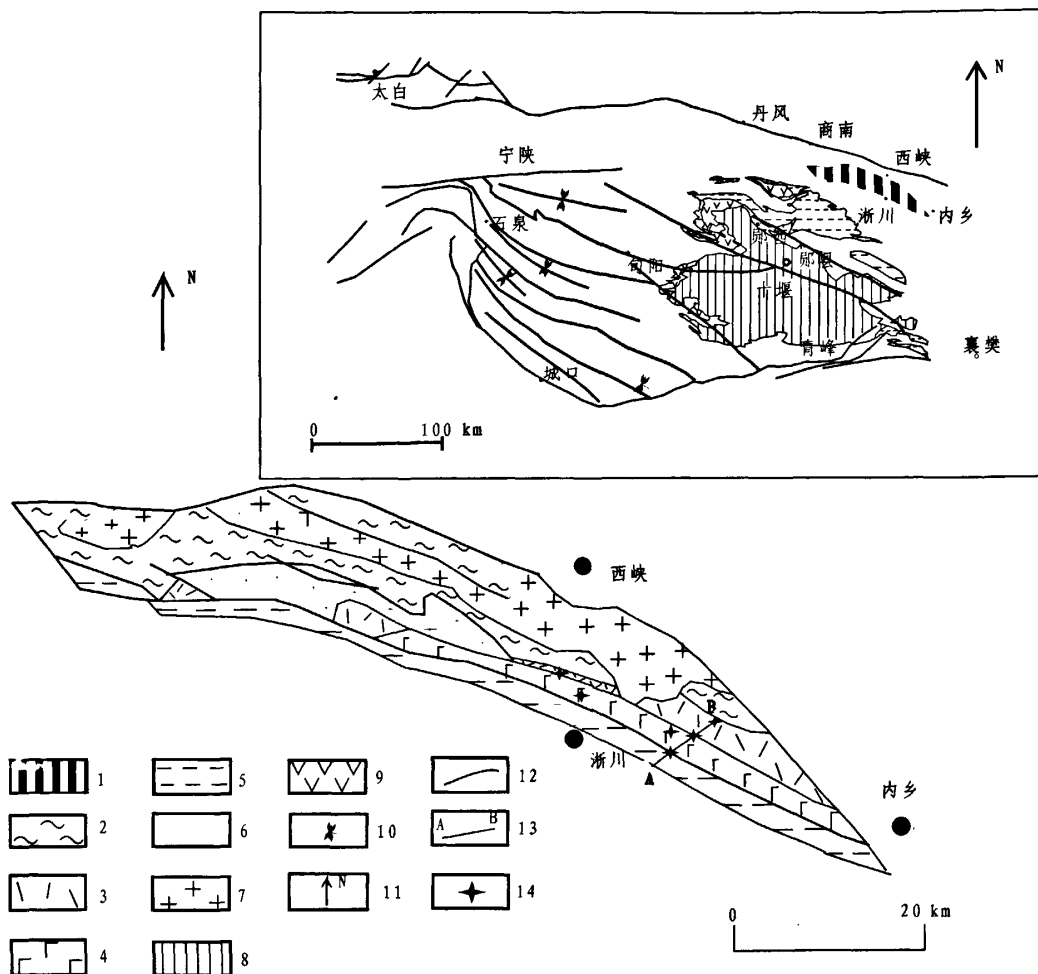


图1 研究区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Research Area

1. 研究区; 2. 陡岭群; 3. 姚营寨组; 4. 马头山组; 5. 震旦系; 6. 显生宇; 7. 中酸性侵入体; 8. 武当山群; 9. 耀岭河群; 10. 褶皱;

11. 图面方位; 12. 断层; 13. 剖面位置及编号; 14. 采样位置

带插入南阳盆地之下。北部与陡岭群接触, 南部与震旦系陡山沱组和灯影组以及古生界地层接触。

毛堂群划分为两个岩组, 下部岩组: 姚营寨组为一套浅变质岩系, 主要由变质酸性火山岩(包括熔岩及其火山碎屑岩)和陆源碎屑沉积岩组成, 岩性变化可划分为三段: 下段为砾岩、含砾长石砂岩、长石砂岩、粉砂岩、绢云片岩, 以及酸性熔岩、酸性凝灰岩, 夹有集块岩、熔结角砾岩; 中段下部为基性熔岩、基性凝灰岩, 上部为中性熔岩、酸性熔岩、酸性凝灰岩; 上段为酸性凝灰岩、酸性熔岩, 夹基性熔岩, 以及变质砂砾岩、长石石英粗砂岩、长石细砂岩、粉砂岩互层等。

上部岩组: 马头山组为一套浅变质的基性火山岩-火山碎屑岩系, 主要由变质基性火山岩(包括熔岩及其火山碎屑岩)和少量的陆源碎屑沉积岩组成。岩性变化也可分为三段: 下段为含砾枕状基性熔岩、枕状基性熔岩, 并夹有中性熔岩; 中段为基性熔岩、杏仁状基性熔岩, 夹绢云片岩、薄层基性凝灰岩; 上段为块状基性熔岩, 夹赤铁绢云片岩、绢云片岩。

毛堂群与下伏地层陡岭群为角度不整合接触, 与上伏地层陡山沱组为整合接触, 但因后期沿界面发生地层滑脱推覆, 二者呈断层接触, 毛堂群地层内部马头山组与姚营寨组为整合接触。

研究区内构造简单,主要受北西西—南东东几条近平行的断裂控制,地层中变形构造发育,表现为发育强烈密集片理化带,平均产状为 20 ~ 35°∠35 ~ 60°,不对称褶皱、无根褶皱,S-C 组构及挠曲等,一致指示主导自 NNW 向 SSE 到 NNE 向 SSW 的推覆运动。与区域上南秦岭北部逆冲推覆构造带中出现的各种变形构造所体现的推覆运动方向一致(张国伟等,2001)。

2 形成环境探讨

2.1 样品和分析方法

本次研究,元素地球化学分析采用了两种方法,主量元素用压片法 X-射线荧光光谱(XRF),微

量元素用等离子体质谱法(ICP-MS)。主量元素和微量元素分别在中国地质大学(北京)地学实验中心和河北省地勘局廊坊实验室进行分析测定。主量元素的分析精度优于 1%,微量元素的分析精度为 5% ~ 15%,共选取了 18 个火山岩研究样品,其中 16 个样品为本次研究中采取的(图 1),另外有 2 个样品 Q92436 和 Q92442 是引用张宗清等人(2002)的。样品中,有 13 个为基性熔岩($\text{SiO}_2 \leq 56\%$)样品,5 个为酸性熔岩($\text{SiO}_2 \geq 68\%$)样品,本次采取的 16 个样品的主量、微量元素分析结果均为本文首次发表。本文研究的主量元素和微量元素数据列于表 1。

表 1 毛堂群火山岩主量元素(%)和微量元素(10^{-6})数据
Tab.1 Major (%) and trace (10^{-6}) element data for the MaoTong Group volcanic rocks

样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃ T	FeOT	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI	Σ	Mg ^a
Q92436	49.23	11.58	1.79	5.93	8	14.82	13.34	7.19	7.05	1.2	3.55	0.21	0.21	2.64	99.47	0.47
Q92442	49.14	11.86	2.64	6.63	8.91	16.53	14.88	5.89	5.74	0.77	4.44	0.21	0.38	2.14	99.74	0.39
Y0225-1	50.72	12.86	1.96	7.89	5.72	14.25	12.82	6.04	5.56	0.05	4.46	0.2	0.24	3.86	100.2	0.49
Y0226-1	46.1	12.36	2.42	5.45	8.43	14.82	13.34	6.86	5.51	0.04	0.56	0.24	0.24	10.07	99.22	0.4
Y0227-1	48.6	12.74	2.42	4.76	8.45	14.15	12.73	8.69	5.03	1.44	0.98	0.32	0.29	5.82	100.48	0.37
Y0866-1	44.35	15.07	2.54	4.85	8.78	14.61	13.15	10	6.81	0.25	2.32	0.25	0.3	3.81	100.31	0.44
Y0866-2	44.09	14.08	2.91	4.95	11.53	17.76	15.98	8.53	6.66	0.13	1.88	0.23	0.36	3.63	100.26	0.37
Y0883-1	45.08	13.27	2.69	5.32	10.32	16.78	15.11	8.91	6	0.5	1.84	0.2	0.37	4.92	131.31	0.37
Y0883-6	46.28	15.04	1.26	4.41	7.93	13.21	11.9	7.37	9.19	0.28	3.03	0.199	0.17	4.6	99.76	0.54
Y0883-7	50.36	12.35	2.58	8.02	6.51	15.25	13.73	9.7	3.7	0.21	2.32	0.182	0.42	3.4	99.76	0.36
Y0883-9	47.74	15.22	1.56	3.84	9.1	13.94	12.56	5	5.57	0.06	3.9	0.229	0.2	7.14	99.56	0.38
Y0883-11	47.42	13.44	1.84	4.68	8.1	13.67	12.31	4.89	9.6	0.05	2.88	0.231	0.22	5.99	99.34	0.54
Y0883-15	52.4	14.96	2.44	6.26	7.71	14.82	13.34	1.81	4.84	0.05	4.41	0.216	0.31	4.36	99.76	0.39
Y107-6	76.12	13.14	0.23			1.45	1.31	0.05	0.97	4.51	0.71	0.02	0.09	2.29	99.57	
Y107-7	73.87	13.22	0.23			2.00	1.80	0.63	0.21	4.45	4.50	0.08	0.07	0.36	99.62	
Y1013-1	68.54	15.14	0.51			3.73	3.36	1.94	1.12	4.87	1.60	0.07	0.12	2.01	99.66	
Y1014-1	75.09	11.75	0.22			1.36	1.23	2.17	0.15	1.50	4.35	0.09	0.06	2.51	99.25	
Y1014-2	75.21	14.24	0.10			1.96	1.76	0.07	0.23	3.18	0.68	0.02	0.10	3.28	99.05	
样号	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce
Q92436	90		41	54				24	192	30	138	8.4		190	15.16	36.79
Q92442	50		51	70				18	89	39	191	13.4		336	19.84	47.98
Y0225-1	99.8	1388	49.5	52	141.8	141		5	101	37.1	188	14	0.3	49	16.2	33
Y0226-1	99.79	1668	49.62	58.68	95.82	184.8	21.47	6.92	388.9	32.68	200.2	13.7	12.29	21.25	13.9	32.96
Y0227-1	82.5	2097	49.5	49.6	148.3	163		44	650	41	178	15	3.7	329	16.9	37.4
Y0866-1	125.7	1773	45.11	55.77	153.4	148.5	21.43	5.63	270.3	36.31	185.4	13.02	0.14	118.4	14.97	34.62
Y0866-2	146.5	1554	55.39	101.9	167.8	162.1	21.03	2.66	171.3	36.73	245	17.96	0.14	75.7	21.55	48.63
Y0883-1	138.2	1445	49.8	102.8	174.4	171	22.6	10.2	199	38.4	231	19.2	0.9	228	23	52
Y0883-6	213.8	1454	69.6	167.7	26.2	152	19.6	6.9	170	21.4	110	7.5	0.5	124	11	24

续表

样号	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	
Y0883-7	59.3	1348	36.1	38.4	133.2	141	25.2	4.5	441	43.7	285	24.6	0.6	296	32	68	
Y0883-9	172.8	1693	68.5	40.5	20.2	230	17.9	2.2	61	24.3	144	11.3	0.5	17	13	28	
Y0883-11	204.7	1715	51.1	41.3	83.9	146	22.6	2.6	193	26.1	136	10.8	0.7	29	14	30	
Y0883-15	140.6	1733	61.4	131.3	242	152	20	3.3	57	28.1	187	15.6	0.7	34	16	34	
Y107-6	1.59	112.9	1.50	1.28	5.97	44.45	19.94	134.7	21.01	37.87	242.5	13.64	2.60	470.2	60.21	106.0	
Y107-7	3.81	530.0	0.66	1.60	4.71	54.51	18.57	84.56	61.96	32.78	251.4	21.84	1.27	830.2	48.28	91.12	
Y1013-1	15.48	522.6	4.01	6.72	4.03	61.37	19.84	115.4	275.2	32.25	255.7	17.24	3.67	1347	58.02	93.20	
Y1014-1	4.47	650.1	0.13	1.24	1.85	45.68	10.91	31.56	198.1	18.64	117.4	8.48	1.10	443.9	41.68	70.37	
Y1014-2	3.91	155.8	0.51	1.57	2.71	46.82	16.74	91.05	51.79	9.69	127.2	10.97	6.31	767.6	42.47	77.17	
样号	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Pb	Th	Ti
Q92436		22.07	5.79	1.99	6.48		7.17		4.06		3.23	0.45	4.8	0.8		2.7	10 731
Q92442		29.85	7.52	2.51	8.32		8.53		4.98		4.24	0.61	5.7	1.1		7	15 827
Y0225-1	4.7	23.9	6	1.86	7.23	1.3	7.01	1.35	3.42	0.5	2.5	0.29	7.4	0.9	7.9	1.4	12 686
Y0226-1	4.68	21.46	6.04	2.04	6.76	1.09	6.92	1.38	3.78	0.55	3.26	0.5	4.87	0.81	21.86	1.7	15 917
Y0227-1	5.1	26	6.5	2.18	7.88	1.44	7.82	1.56	3.93	0.59	3.2	0.35	6.3	0.9	26.8	1.6	14 059
Y0866-1	4.89	22.66	6.36	2.09	7.24	1.14	7.44	1.48	4.03	0.59	3.48	0.52	4.53	0.79	4.43	1.46	15 777
Y0866-2	6.62	29.06	7.39	2.15	7.9	1.22	7.52	1.52	4.11	0.59	3.6	0.54	5.65	1.08	2.32	2.1	18 389
Y0883-1	7.25	32.1	7.72	2.07	8.86	1.46	7.98	1.49	4.03	0.59	3.47	0.41	6.1	1.21	2.7	2.4	15 057
Y0883-6	3.42	15.5	3.89	1.27	4.7	0.77	4.39	0.85	2.31	0.35	2.04	0.25	4.2	0.49	2	1	6 840
Y0883-7	9.01	38.2	9	2.42	10.11	1.67	9.19	1.72	4.65	0.67	4.18	0.53	8.4	1.49	8.2	4.4	13 297
Y0883-9	3.97	17.8	4.57	1.33	5.47	0.94	5.36	1	2.68	0.38	2.3	0.29	5.4	0.77	1.5	1.9	9 125
Y0883-11	4.3	19.5	4.82	1.53	5.91	0.98	5.56	1.04	2.74	0.4	2.53	0.32	4.5	0.7	2.6	1.5	8 842
Y0883-15	5.23	23.3	5.87	1.7	6.74	1.17	6.61	1.22	3.37	0.51	3.12	0.35	5.9	1	1.8	1.7	14 968
Y107-6	14.54	48.83	9.09	0.84	7.02	1.06	6.76	1.48	4.40	0.75	5.21	0.85	7.27	0.76	14.73	13.37	1 144
Y107-7	10.41	34.80	6.29	0.48	5.22	0.84	5.37	1.17	3.22	0.51	3.48	0.56	6.96	1.45	13.74	12.62	1 220
Y1013-1	11.77	40.51	7.44	1.21	6.20	0.93	5.66	1.17	3.22	0.49	3.20	0.51	6.67	1.05	8.62	9.74	3 027
Y1014-1	7.94	25.58	4.01	0.71	3.16	0.46	2.79	0.62	1.81	0.29	1.99	0.32	2.92	0.34	4.03	5.58	1 267
Y1014-2	8.56	28.17	4.67	0.92	3.31	0.40	1.89	0.31	0.75	0.10	0.71	0.11	3.84	0.72	0.47	10.95	576.9

2.2 典型火山岩序列的地球化学特征

本次研究中共采取了 16 件样品,另加张宗清等人(2002)采取的两件样品,共有样品 18 件。基性岩有 13 件样品, $w(\text{SiO}_2)$ 主要在 44.09% ~ 52.40% 之间,中酸性岩有 5 件, $w(\text{SiO}_2)$ 主要在 68.54% ~ 76.12% 之间。整体上毛堂群变质火山岩系表现出主要有玄武质岩石和流纹质岩石组成,显示明显的双峰式特征。

毛堂群变质火山岩稀土主要具有 2 种不同的配分样式,变质基性火山岩的稀土配分样式,显示出相对平坦的稀土配分样式,具有轻稀土相对重稀土中等富集的特点。 $w(\text{La})n/w(\text{Yb})n = 2.87 \sim 4.37$, 平均 3.54。 $w(\text{Eu})n/w(\text{Eu}^*)n = 0.84 \sim 0.99$, 具有很弱的负 Eu 异常。变质酸性火山岩显

示明显 LREE 富集 ($w(\text{La})n/w(\text{Yb})n = 7.79 \sim 40.56$, 平均 16.81)、Eu 负异常 ($w(\text{Eu})n/w(\text{Eu}^*)n = 0.25 \sim 0.68$) (图 2)。

同样,毛堂群变质火山岩样品的原始地幔标准化微量元素模式具有一定的特点(图 3,4,5,6)。毛堂群变质酸性火山岩具有明显的 Nb,Ta,Ti 的负异常,总体上与上部陆壳的配分模式类似(图 3)。

毛堂群变质基性火山岩 Q92436, Q92442 及 Y0883-6 的配分模式总体上与下部陆壳类似(图 4)。变质基性火山岩 Y0225-1, Y0226-1, Y0227-1, Y0866-1, Y0866-2, Y0883-1, Y0883-7, Y0883-9, Y0883-11 及 Y0883-15 的配分模式整体上具有隆起状特点(图 5,6),与图中阴影区代表的地幔柱源的大陆溢流玄武岩的微量元素标准化分配型式极为

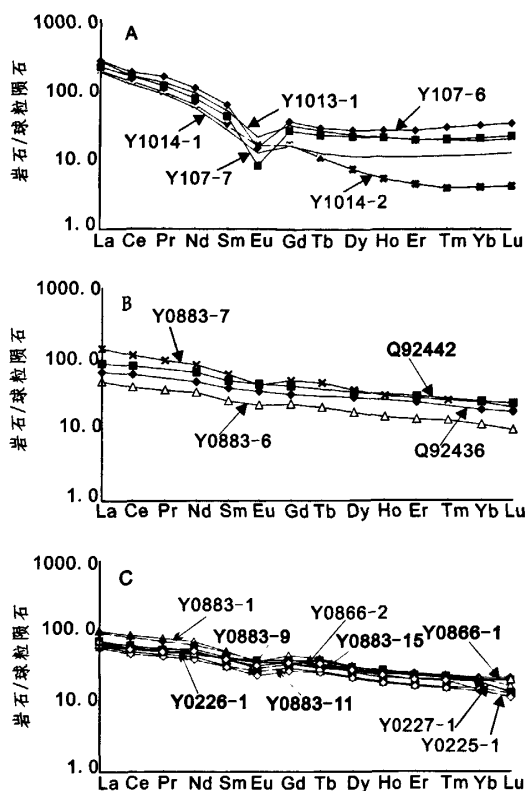


图2 毛堂群变质火山岩的球粒陨石
标准化稀土元素配分曲线

Fig.2 Chondrite normalized REE patterns of the
MaoTong Group Metamorphic volcanics

A. 变质酸性火山岩稀土分布模式; B. 变质基性火山岩稀土
分布模式; C. 变质基性火山岩稀土分布模式

相似。

2.3 构造环境分析

(1) 毛堂群变质基性火山岩的稀土元素配分曲线(图2 B,C)和多元素原始地幔标准化分配型式(图4,5,6)显示出,具有平坦的 REE 分配型式或 LREE 富集的分配型式,并以缺乏 Nb,Ta 和 Ti 的负异常为特征,与国际岩石学界(Ernst et al, 2005; Pearce, 1982; Hugh, 2000; Campbell, 1998)对大陆玄武质岩石成因研究所得出的结果相一致。

(2) 毛堂群变质基性火山岩的多元素原始地幔标准化分配型式(图5,6)显示出与地幔柱源的大陆溢流玄武岩相似的特点。

软流圈或地幔柱源的大陆玄武岩在受到地壳混染之后,会出现 TiO_2 含量降低和高 La/Nb, 高 Th/Nb, 低 Ti/Yb 的特点(Saunders et al., 1992;

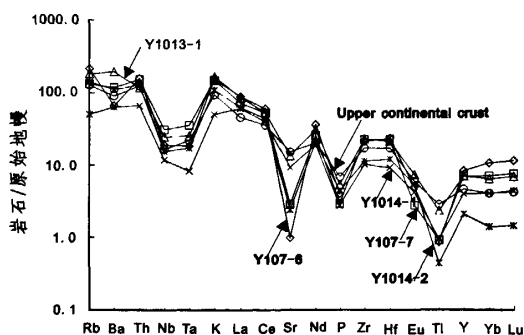


图3 变质酸性熔岩的多元素原始
地幔标准化分配型式

Fig.3 Primitive mantle normalized multi-element
plots for Metamorphic acidic lavas

(图中 Upper continental crust, Rudnick & Gao, 2003 为
上部陆壳的多元素原始地幔标准化分配型式)

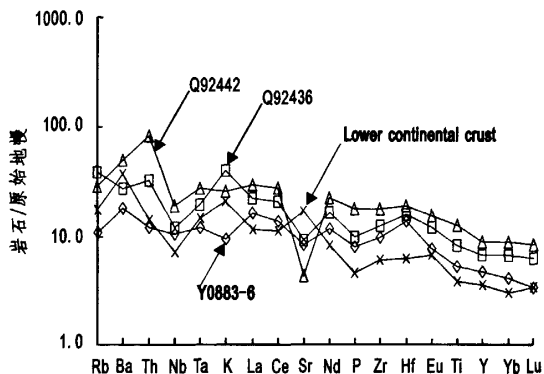


图4 变质基性熔岩的多元素原始
地幔标准化分配型式

Fig.4 Primitive mantle normalized multi-element
plots for Metamorphic basic lavas

(图中 Lower continental crust, Rudnick & Gao, 2003
为下部陆壳的多元素原始地幔标准化分配型式)

Kieffer et al, 2004; Thompson et al., 1984); 而岛弧玄武岩同样也具有低 TiO_2 含量和高 La/Nb (Pearce, 1982; Keppler, 1996; You et al., 1996) 的特点。这样,会将受到地壳混染的大陆玄武岩误判成岛弧玄武岩(Ernst et al., 2005)。

非常高的原始地幔标准化 Th/Nb 比值(>1) (Saunders et al., 1992) 和低 Nb/La 比值(<1) (Kieffer et al., 2004) 是地壳混染作用的两个可靠的微量元素指标。毛堂群基性熔岩样品中,一部分确实受到了地壳较为强烈的混染,却不显示岛弧玄武岩的特点,首先表现在,虽然具有高 La/Nb、高 Th/Nb 的比值,但是 TiO_2 含量的降低不明显或者

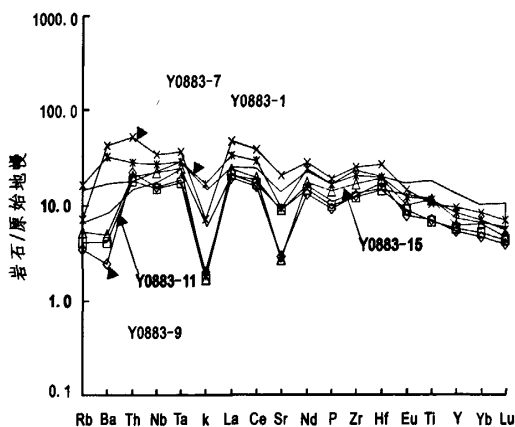


图5 变质基性熔岩的多元素
原始地幔标准化分配型式

Fig.5 Primitive mantle normalized multi-element
plots for Metamorphic basic lavas

图中阴影区为地幔柱源的大陆溢流玄武岩
(Saunders et al., 1992)

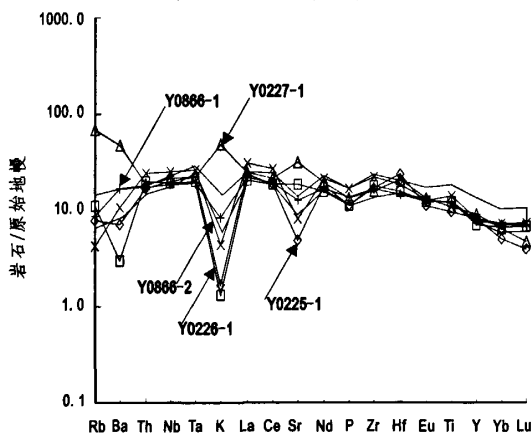


图6 变质基性熔岩的多元素
原始地幔标准化分配型式

Fig.6 Primitive mantle normalized multi-element
plots for Metamorphic basic lavas

图中阴影区为地幔柱源的大陆溢流玄武岩
(Saunders et al., 1992)

Ti 的负异常不明显。其次,岛弧玄武岩系中,钙碱性的安山岩类占有明显优势,而毛堂群变质火山岩以拉斑为主,钙碱性次之,碱性更少。而且,毛堂群所取样品中钙碱性样品均为变酸性火山岩。另外李怀坤等(2003)在相当于过去所谓武当山群的毛堂群姚营寨组层位中取样,用TIMS法锆石U-Pb测年得到 (746 ± 2) Ma 的成岩年龄,相当于新元古代中晚期,本次研究以此成岩年龄作为毛堂群地层的

形成时代。从大的区域背景上看,这个时期应是Rodinia 超级联合大陆发生初始裂谷化的时期;此时,该超级大陆还没有最终裂解,新的大洋体系(指古亚洲洋域体系或古劳亚大洋体系)还未形成。因此,不存在形成大规模岛弧火山岩系的背景条件。

(3)毛堂群变质酸性火山岩样品的原始地幔标准化微量元素模式具有明显的Nb, Ta, Ti 的负异常,总体上显示出与上部陆壳的配分模式类似(图3)。

(4)通过基性火山岩构造环境判别图解(图7)看出,毛堂群基性熔岩样品的成分点均落在板内玄武岩区内(图7a,b)或大陆玄武岩区内(图7c)。

(5)在毛堂群姚营寨组底部层位中,见到陆相爆发相物质(图8)。

以上这些事实均证明了毛堂群火山岩应当形成于大陆板内裂谷环境。

3 结论与讨论

通过前述的分析和论证,表明毛堂群变质火山岩系形成于大陆板内裂谷环境。扬子地块北缘及南秦岭中—新元古代陕西群、耀岭河群、西乡群及碧口群火山岩系具大陆溢流玄武岩—大陆裂谷火山岩属性,形成于大陆拉张构造环境(张国伟等, 2001)。毛堂群形成于大陆板内裂谷环境,表明毛堂群构造岩浆活动是南秦岭中—新元古代火山作用的组成部分,是南秦岭前寒武纪大陆裂解的先兆。

应当指出,发育于新元古代中—晚期的毛堂群裂谷火山活动并非只是一次孤立的火山事件,而是波及中亚—东亚(包括中国中西部和华南)、澳大利亚、北美、非洲南部和南极的一次全球性的由地幔柱活动引发的裂谷火山事件群(Xia et al., 1996a, 1996b; Li et al., 1995, 1996, 1999; Wang, 2000; Wang et al., 2001)的组成部分。这次具有全球规模的裂谷火山事件群应当就是Rodinia 超级古大陆裂解作用的深部地球动力学的地表响应,而包括古亚洲洋域体系在内的古劳亚大洋体系正是这次具有全球意义的裂解事件的产物。因此,可以说,新元古代中—晚期(直至早寒武世初期)的裂谷火山活动乃是古劳亚大洋体系开启的前兆。

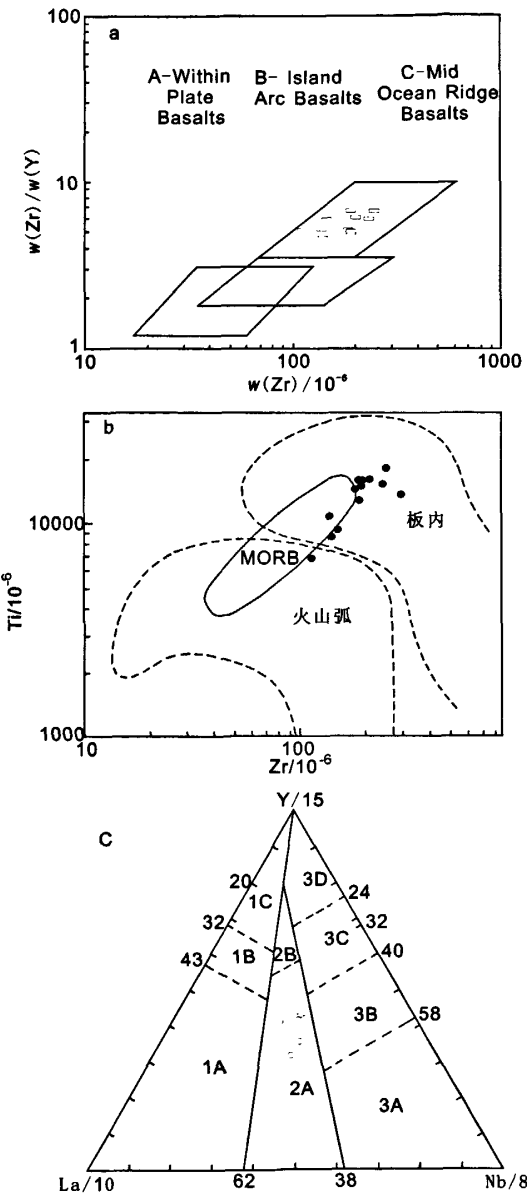
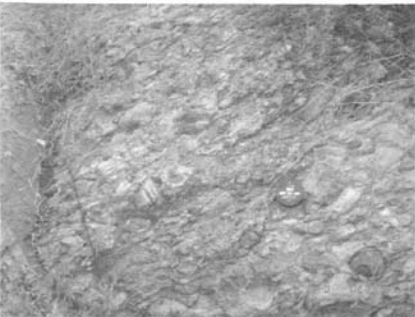


图 7 毛茛群基性火山岩形成的构造环境判别图解
Fig.7 Tectonic setting of the MaoTong Group basic volcanics

a. Zr/Y-Zr 图解(据 Pearce 和 Norry, 1979); b. Ti-Zr 图解(据 Pearce, 1982); c. La/10-Y/15-Nb/8 图解(据 Cabanis 和 Lecolle, 1989).
1A. 钙碱性玄武岩; 1C. 火山弧拉斑玄武岩; 1B. 1A 和 1C 的重叠区域; 2A. 大陆玄武岩; 2B. 弧后盆地玄武岩; 3A. 大陆内裂谷区的碱性玄武岩; 3B. 富集的 E 型 MORB; 3C. 弱富集的 E 型 MORB; 3D. N 型 MORB



a. 陆相砾岩



b. 集块岩



c. 集块岩



d. 熔结角砾岩

图 8 毛茛群陆相爆发相物质
Fig. 8 The eruption matter of continental facies of the MaoTong Group

参考文献

- 郝杰,李日俊,刘小汉. 1996. 东秦岭陡岭古岛弧和武当古弧后盆地及其地质意义[J]. 中国区域地质, (1): 44-51.
- 河南省地质矿产局. 1989. 河南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社:111-114.
- 李怀坤,陆松年,陈志宏,等. 2003. 南秦岭耀岭河群裂谷型火山岩锆石 U-Pb 年代学[J]. 地质通报, 22(10): 775-781.
- 刘鸿允,郝杰,李日俊,等. 1999. 中国中东部晚前寒武纪地层与地质演化[M]. 北京:科学出版社:63-76.
- 王鸿祯. 1978. 论中国地层分区[J]. 地层学杂志, (2).
- 张国伟,张本仁,袁学诚,等. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京:科学出版社.
- 张宗清,张国伟,唐索寒. 2002. 南秦岭变质地层同位素年代学[M]. 北京:地质出版社:206-216.
- Campbell I H. 1998. The mantle's chemical structure: insights from the melting products of mantle plume[A] // Jackson I NS. The Earth's mantle: composition, structure and evolution [C]. Oxford, UK: Cambridge University Press: 259-310.
- Ernst R E, Buchan K L, Campbell I H. 2005. Frontiers in large igneous province research[J]. Lithos, 79: 271-297.
- Hugh R, Rollison. 2000. 杨学明,杨晓勇,陈双喜译. 岩石地球化学. 合肥:中国科学技术大学出版社:178-269.
- Keppeler H. 1996. Constraints from partitioning experiments on the composition of subduction zone fluids[J]. Nature, 380: 237-240.
- Kieffer B, Arndt N, Lapierre H, et al. 2004. Flood and shield basalts from Ethiopia: magmas from the African superwell. J Petrol, 45(4): 793-834.
- Li Z X, Li X H, Kinny P D, et al. 1999. The breakup of Rodinia: did it start with a mantle plume beneath South China[J]. Earth Planet Sci Lett, 173: 171-181.
- Li Z X, Zhang L, Powell C M. 1995. South China in Rodinia: Part of the missing link between Australia-East Antarctica and Laurentia[J]. Geology, 23: 407-410.
- Li Z X, Zhang L, Powell C M. 1996. Positions of the East Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia[J]. Australia J Earth Sci, 43(6): 593-604.
- Li Z X, Li X H, Kinny P D, et al. 2003. Geochronology of Neoproterozoic correlations with other continents: Evidence for a mantle super-plume that broke up Rodinia[J]. Precambrian Research, 122: 85-109.
- Pearce J A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries[A] // Thorpe R S. Andesites[C]. New York: John Wiley and Sons: 525-548.
- Saunders A D, Storey M, Kent R W, et al. 1992. Consequences of plume-lithosphere interaction[A] // Storey B C, Alabaster T, Pankhurst R J. Magmatism and the causes of continental break-up[C]. London: Geol Soc Spec Pub: 41-60.
- Thompson R N, Morrison M A, Hendry G L, et al. 1984. An assessment of the relative roles of a crust and mantle in magma genesis: an elemental approach[J]. Phil Trans R Soc Lond, A310: 549-590.
- Torsvik T H, Lohmann K C, Sturt B A. 1996. Varian glaciations and their relation to the dispersal of Rodinia: Paleomagnetic: A tale of Baltica and Laurentia[J]. Earth-Sci Rev, 40(3-4): 229-258.
- Wang J, Liu B J, Pan G T. 2001. Neoproterozoic rifting history of south China: significance to Rodinia breakup[J]. J Mineral Petrol, 21(3): 135-145.
- Wang J. 2000. Neoproterozoic rifting history of south China: Significance to Rodinia breakup[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1-146.
- Xia L Q, Xia Z C, Xu X Y. 1996a. Properties of Middle-Late Proterozoic volcanic rocks in South Qinling and the Precambrian continental break-up[J]. Science in China: Series D, 39(3): 256-265.
- Xia L Q, Xia Z C, Xu X Y. 1996b. The confirmation of continental flood basalt of the Proterozoic Xixiang Group in South Qinling and its geological implications[J]. Geological Review, 42(6): 513-522.
- You G F, Castillo P R, Gieskes J M, et al. 1996. Trace element behaviour in hydrothermal experiments: implications for fluid processes at shallow depths in subduction zones[J]. Earth Planet Sci Lett, 140: 41-52.

Research on Formation Environment of Metamorphic Volcanic of Maotang Group

LIU Zheng-hua¹, ZHANG Chuan-heng²

(1. The 6th Geological Brigade, Non-ferrous Geology and Mineral Re-Sources Bureau of Henan Province, Zhengzhou, HN 450003, China; 2. China University of Geosciences(Beijing), Beijing, 100083, China)

Abstract: The Maotang Group in the northern margin of the Yangtze Block recorded important information of Rodinia breakup. From the following four aspects: (1) Geochemical characteristics of volcanic rocks reflected Mainly through the rare-earth and multi-element distribution patterns; (2) Diagenetic age of volcanic rocks; (3) The characteristics of pyroclastic rocks; (4) Tectonic setting discrimination diagrams of mafic volcanic; It is analyzed and proved that Maotang Group was formed in rifting environment of the inner continent during middle-late Neoproterozoic. The volcanic event indicated by the Maotang formation is a part of the globe rifting and volcanic activity event which is thought to be triggered by mantle plume, and the harbinger of the Precambrian continental splitting of South Qinling.

Key Words: Yangtze Block; Maotang Group; Rodinia; rifting environment

作者: 刘征华, 张传恒, [LIU Zheng-hua](#), [ZHANG Chuan-heng](#)

作者单位: 刘征华, [LIU Zheng-hua](#)(河南省有色金属地质矿产局第六地质大队, 河南, 郑州, 450003), 张传恒, [ZHANG Chuan-heng](#)(中国地质大学, 北京, 100083)

刊名: [东华理工大学学报\(自然科学版\)](#)

英文刊名: [JOURNAL OF EAST CHINA INSTITUTE OF TECHNOLOGY\(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)

年, 卷(期): 2010, 33(4)

参考文献(25条)

1. [Saunders A D;Storey M;Kent R W](#) [Consequences of plume-lithosphere interaction](#) 1992
2. [Pearce J A](#) [Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries](#) 1982
3. [Li Z X;Li X H;Kinny P D](#) [Geochronology of Neoproterozoic correlations with other continents:Evidence for a mantle super-plume that broke up Rodinia](#) 2003
4. [Li Z X;Zhang L;Powell C M](#) [Positions of the East Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia](#) 1996(06)
5. [Li Z X;Zhang L;Powell C M](#) [South China in Rodinia:Part of the missing link between Australia-East Antarctica and Laurentia](#)[外文期刊] 1995
6. [Li Z X;Li X H;Kinny P D](#) [The breakup of Rodinia:did it start with a mantle plume beneath South China](#)[外文期刊] 1999(3)
7. [Kieffer B;Arndt N;Lapierre H](#) [Flood and shield basalts from Ethiopia:magma from the African superwell](#)[外文期刊] 2004(04)
8. [Keppler H](#) [Constraints from partitioning experiments on the composition of subduction zone fluids](#) [外文期刊] 1996
9. [You G F;Castillo P R;Gieskes J M](#) [Trace element behaviour in hydrothermal experiments:implications for fluid processes at shallow depths in subduction zones](#)[外文期刊] 1996
10. [Xia L Q;Xia Z C;Xu X Y](#) [The confirmation of continental flood basalt of the Proterozoic Xixiang Group in South Qinling and its geological implications](#) 1996(06)
11. [Xia L Q;Xia Z C;Xu X Y](#) [Properties of Middle-Late Proterozoic volcanic rocks in South Qinling and the Precambrian continental break-up](#) 1996(03)
12. [Wang J](#) [Neoproterozoic rifting history of south China:Significance to Rodinia breakup](#) 2000
13. [Wang J;Liu B J;Pan G T](#) [Neoproterozoic rifting history of south China:significance to Rodinia breakup](#) 2001(03)
14. [Torsvik T H;Lohmann K C;Sturt B A](#) [Verdian glaciations and their relation to the dispersal of Rodinia:Paleomagnetic:A tale of Baltica and Laurentia](#) 1996(3-4)
15. [Thompson R N;Morrison M A;Hendry G L](#) [An assessment of the relative roles of a crust and mantle in magma genesis:an elemental approach](#) 1984
16. [Hugh R](#), Rollison; 杨学明; 杨晓勇; 陈双喜 [岩石地球化学](#) 2000
17. [Ernst R E;Buchan K L;Campbell I H](#) [Frontiers in large igneous province research](#)[外文期刊] 2005(3/4)
18. [Campbell I H](#) [The mantle's chemical structure:insights from the melting products of mantle plume](#)

1998

19. [张宗清;张国伟;唐索寒](#) [南秦岭变质地层同位素年代学](#) 2002
20. [张国伟;张本仁;袁学诚](#) [秦岭造山带与大陆动力学](#) 2001
21. [王鸿祯](#) [论中国地层分区](#) 1978(02)
22. [刘鸿允;郝杰;李曰俊](#) [中国中东部晚前寒武纪地层与地质演化](#) 1999
23. [李怀坤;陆松年;陈志宏](#) [南秦岭耀岭河群裂谷型火山岩锆石U-Pb年代学](#)[期刊论文]-[地质通报](#) 2003(10)
24. [河南省地质矿产局](#) [河南省区域地质志](#) 1989
25. [郝杰;李曰俊;刘小汉](#) [东秦岭陡岭古岛弧和武当古弧后盆地及其地质意义](#) 1996(01)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hddzxyxb201004001.aspx