

华北陆块南缘熊耳期次火山岩地质地球化学特征

庞振山^{1,2}, 燕建设²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 河南省地矿局, 郑州 450007)

摘要:熊耳期次火山岩广泛分布于熊耳群火山岩及接近熊耳群底部的基底变质岩系中, 活动时间贯穿整个熊耳期, 以早期和晚期最为发育。次火山岩与围岩呈侵入接触, 主要以岩脉(墙)、岩带、岩株、岩床等形态产出。岩石类型多样, 包括超浅成-浅成的基性、中性、酸性岩石。岩石地球化学研究表明: 次火山岩富 FeO^+ 、 K_2O 而贫 CaO 、 MgO 、 Al_2O_3 , 为钾质岩系, 具岛弧型火山岩的地球化学, 不同岩性的次火山岩是由同源岩浆结晶分异形成的。

关键词:熊耳期; 次火山岩; 地质地球化学特征; 华北陆块南缘

中图分类号: P594 + . 1

文献标识码: A

文章编号: 1007 - 6956(2004)04 - 0234 - 05

分布于河南、山西、陕西三省交界处的熊耳群火山岩是华北陆块南缘结晶基底之上的第一盖层, 其形成时代(1 850 Ma ~ 1 650 Ma)正处于华北陆块前寒武纪地质历史的重要转折时期^[1]。四十年来, 省内外专家、学者对熊耳群的地层层序、岩类学、喷发环境、构造背景、成岩时代、成矿作用等进行了深入的研究^[2~5], 但对与喷出岩关系密切的次火山岩的研究尚没有引起足够的重视。本文综合了 1/5 万区域地质调查中获取的第一手资料, 着重讨论了熊耳期次火山岩的地质地球化学特征。

1 次火山岩地质特征

1.1 时空分布

熊耳期次火山岩主要分布于熊耳群及接近熊耳群底部的基底变质岩系中, 与熊耳群喷出岩同空间而分布范围略广, 以熊耳群与基底岩系的不整合接触面附近及马家河组中最为发育, 约占区内已发现次火山岩体(脉)的百分之九十以上。这种空间分布特征表明次火山活动贯穿整个熊耳期, 并以早期和晚期最为发育。有关熊耳期次火山岩的同位素年龄数据较多, 具有代表性的有: 栾川龙王童侵入马家河组中的次流纹斑岩的锆石 U - Pb 年龄为(1 750 ± 65) Ma, 卢氏官道口侵入马家河组中、被高山河组石

英砂岩不整合覆盖的石英二长岩体的 U - Pb 同位素年龄为(1 731 ± 29) Ma^[6], 它们基本代表了熊耳晚期次火山岩的侵入时代。

1.2 接触关系

次火山岩与围岩呈侵入接触, 可见岩浆机械贯入并捕虏围岩形成角砾, 边部发育流动构造、气孔或杏仁状构造。酸性岩中石泡和球泡构造发育, 含斑晶的次火山岩边部斑晶构造、气孔或杏仁状构造, 常平行接触面定向分布。含水暗色矿物如角闪石、黑云母等在次火山岩体的边部呈现微弱的暗化边。有些次火山岩体边部发育漏斗状、不规则状的角砾岩, 是富含挥发份的岩浆在上升到地下浅处(未通天)爆炸形成的, 边缘为震碎角砾岩, 周围有注入角砾岩。

1.3 地质形态

研究区内次火山岩体形态多样, 有脉状、枝状、带状、透镜状、次园状、椭圆状、水滴状等。其形态除受侵位空间制约外, 与岩浆粘稠度关系密切: 基性岩浆有较大的活动性, 故多呈脉状、盘状、似层状; 酸性岩则多呈岩株状产出。

1.4 赋存方式

区内次火山岩体的产出严格受基底构造和各级火山构造控制。次火山岩群的分布空间与展布方向与 级火山活动带相吻合。次火山岩体往往沿低级(、级)古火山机构侵位,

收稿日期: 2004 - 03 - 29; 改回日期: 2004 - 08 - 01

基金项目: 国土资源大调查项目 - 豫西南地区铅锌银矿评价(项目编号: 199910200227)

作者简介: 庞振山(1968 -), 男, 在读博士, 高级工程师, 从事区域地质调查及矿产资源评价工作。

其赋存方式有下述五种:

(1) 沿基底构造贯入的岩脉(墙), 分布于接近熊耳群底部的基底片麻岩中, 局部可见穿切许山组底部玄武岩—安山岩岩层, 岩性、岩貌及岩石地球化学特征与许山组底部喷出岩一致, 应属熊耳早期侵位的次火山岩。这类岩脉在区内分布广泛, 数量众多, 尤以崤山南坡和熊耳山北坡最为发育, 据初步统计, 崤山地区 350 余条, 熊耳山地区则有 570 余条, 密度最大的宜阳县上观北可达每千米 80 条。岩脉(墙) 平面形态多呈长条状及不规则状, 规模不等, 一般长 30 ~ 200 m, 最大的如宜阳上观北分布于太华岩群中的辉长辉绿岩脉, 东西延长近 7 km, 宽 20 ~ 30 m。岩脉(墙) 的产出受基底构造控制, 推测这些基底构造为熊耳期火山岩最初喷发的低级别裂隙通道, 导致不同地区岩脉(墙) 的走向有较大差异, 如崤山—熊耳山地区以近东西向为主, 嵩县地区以北东向和北西向为主, 栾川北部地区以北东向为主, 均与基底构造相吻合。

(2) 沿裂隙式喷发通道充填的带状次火山岩, 目前仅在崤山南坡见及, 数条规模巨大的次火山岩体呈近东西向、相互平行的带状分布于许山组中, 岩性为次流纹斑岩, 最长可达 11 km、宽 200 ~ 2 000 m, 系沿鸡蛋坪期裂隙式喷发通道灌入形成。该类岩石与许山组安山岩呈截切关系, 岩带边部具气孔、流纹、斑晶定向等流动构造及机械灌入作用形成的角砾状捕虏体。其分布范围和产状与控制熊耳群裂隙式喷发的上戈—付店隐伏深大断裂一致^[7]。

(3) 环绕古火山喷发中心或破火山口分布的岩脉(墙), 一般沿环状、放射状、锥状断裂、裂隙发育。岩脉规模较小, 一般长 50 ~ 500 m, 宽 0.1 ~ 10 m, 产状近直立。岩石类型较多, 与火山岩外貌相似, 常发育气孔状构造, 在栾川北部地区有发育。

(4) 沿中心式火山机构充填的岩株状次火山岩, 均分布在熊耳群中, 沿、级古火山机构的火山通道侵入, 受、级火山构造控制常呈群体集中出现, 为火山活动晚期、岩浆房内的残余岩浆上升、充填并扩大火山通道, 或扩大吞蚀周围火山岩层形成的次火山岩体。其平面形态呈近园形, 规模一般较小, 区内普遍发育。根

据岩性和侵入地层可分为两类: 一类以中基性的次安山(玢)岩—闪长(玢)岩为主, 侵入于许山组—马家河组中, 早、中、晚均有发育。另一类为酸性—超酸性次火山岩, 均分布在马家河组中, 呈穹状、岩株状侵入于安山岩中, 在区内普遍发育, 尤以栾川北部地区最为发育, 代表熊耳末期的次火山作用。

(5) 顺火山岩的层面、不整合面贯入的次火山岩岩床, 目前仅在洛宁县罗岭北见及, 岩性为次玄武岩—辉长辉绿岩, 呈长约 5 km, 宽 250 ~ 2 300 m 的岩床沿马家河组底部厚大的沉积夹层侵入, 与围岩呈协调—截切关系, 总体产状与火山岩层、沉积夹层产状一致, 在边部切穿、包裹沉积夹层及上、下层火山岩, 中部厚达 500 m, 向两侧急剧变薄。岩体具明显的分带性, 边部为致密块状的次玄武岩, 向内部渐变为粒径细小的辉绿岩, 中心出露矿物粒径粗大的辉长岩, 矿物粒径可达 1 ~ 2 cm, 三者间为渐变过渡关系。

2 岩石学特征

熊耳期次火山岩的主要岩石类型有次玄武(玢)岩—辉绿(玢)岩—辉长岩、次玄武安山岩—石英辉绿岩、次安山(玢)岩—(石英)闪长岩、次英安岩、次流纹斑状—花岗斑岩。次火山岩与同成分喷出岩具有相类似的岩貌, 一般具斑状结构, 基质结构较粗, 结晶程度较高, 斑晶含量较喷出岩高, 为半晶质—全晶质。次火山岩在岩石学方面的另一个显著特征是岩石的结构构造变化较大, 一般超浅成次火山岩体及较大岩体的上部或边部岩石具流动构造和气孔状、杏仁状构造, 岩石斑状结构发育, 基质为半晶质—全晶质, 粒径细小, 斑晶和基质粒径差异较大。浅成岩体或较大岩体的中心或深部, 岩石为块状构造, 结晶程度较高, 往往为全晶质, 矿物粒径相对较粗, 除酸性岩外, 少见斑状结构。

中基性次火山岩中的暗色矿物以辉石、角闪石为主, 偏中性者含有黑云母, 酸性岩中暗色矿物以黑云母、角闪石为主。暗色矿物次生交代蚀变强烈, 多已蚀变为绿泥石、次闪石等。总体上, 从基性—中性—酸性, 暗色矿物有逐渐减少的趋势。辉石仅在中基性岩中分布, 以贫钙的紫苏辉石为主, 透辉石也较普遍, 但含量较低。

利用消光角法测得各岩类斜长石 An 值,基性岩中 An = 33 ~ 57,为中—拉长石;中性岩中 An = 27 ~ 40,为中—更长石;酸性岩中 An = 8 ~ 28,以更长石为主,有少量钠长石。斜长石蚀变强烈,超浅成的次玄武岩、次安山岩中的斜长石钠黝帘石化最强,均已蚀变为钠长石—更长石,失去了定名意义,而浅成相次火山岩中斜长石较为新鲜。

副矿物含量较低,一般为 3 ~ 50 g/10 kg。其组合简单,为磁铁矿—磷灰石—锆石型。磁铁矿分布普遍,并在中酸性岩中显著增加。

3 地球化学特征

3.1 主要元素

熊耳期次火山岩的突出特征是富 FeO^{*}、K₂O 而贫 Al₂O₃、CaO、MgO、Na₂O(表 1),且 K₂O > Na₂O,属钾质岩系。与戴里同类岩石相比,FeO 和 Fe₂O₃明显偏高,且 FeO 高于 Fe₂O₃,在区域上 FeO^{*}的含量表现为北部地区普遍高于南部地区,而同一地区早期多高于晚期;Na₂O 普遍偏低,而 K₂O 普遍偏高,碱总量大多高于戴里同类岩石,尤其崮山、熊耳山地区偏高明显,且晚期明显高于早期;其它氧化物与戴里同类岩石相比,TiO₂ 明显偏高,Al₂O₃、CaO、MgO、Na₂O 则明显偏低,且 CaO、Al₂O₃ 在 SiO₂ = 60%、MgO 在 SiO₂ = 53%附近显示峰值。

研究区内次火山岩在里特曼岩系指数图解中的投点多集中于 1.8 ~ 3 区间,少数落入 3 ~ 4 区间,与区内喷出岩投点区间一致。且基性—中性—酸性岩间指数渐变过渡,没有明显间断,随 SiO₂ 增大,指数略有减小,演化趋势线向右向下稍微斜切指数曲线。表明具同源演化特征,演化趋势线反映了岩石主要是岩浆结晶分异的结果,同化壳型物质混入较少。

3.2 微量元素

熊耳期次火山岩具有明显的岛弧型微量元素地球化学特征,即强烈亏损 Nb、Ta、Ti 等高场强元素,而富集 K、Rb、Ba 等大离子亲石元素。微量元素含量及特征比值(表 1)与大陆玄武岩及大洋拉斑玄武岩有显著差异,而与岛弧型钙碱性火山岩组合一致。

随 SiO₂、Zr 的增加或 MgO 的减少,Sr、Ti、Cr

等微量元素含量及 K/Rb、Eu 值相应减小,Rb、Ba 等大离子亲石元素及 REE、Rb/Sr、K/Ba、Nb/Ta 等值相应增加。

不同岩性的次火山岩具有很类似的稀土元素配分型式(表 2,图 1),均具较高的稀土总量,LREE 富集,LREE/HREE、(La/Yb)_N 较为接近,表现在稀土配分曲线为大致平行的右倾曲线。

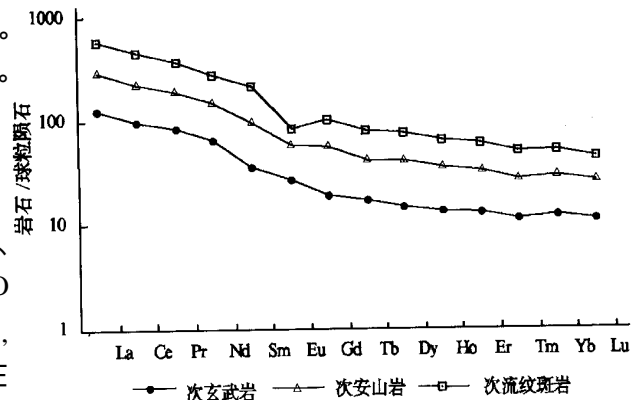


图 1 熊耳期次火山岩稀土配分型式图

Fig.1 REE distribution patterns for subvolcanic rock of Xiong'er period

4 结论

(1) 豫西熊耳期次火山岩分布于熊耳群及接近熊耳群底部的基底变质岩系中,侵入活动贯穿整个熊耳期,以早期和晚期最为发育。

(2) 次火山岩的空间分布与产状受基底构造和各级古火山构造控制,早期次火山岩体多赋存于基底岩系中发育的熊耳期低级别裂隙通道内。中晚期次火山岩体多赋存于二级火山机构的通道及周围裂隙中。

(3) 豫西熊耳期次火山岩具有岛弧型钙碱性火山岩的地球化学特征,不同成分的岩石具有同源演化特征。

参考文献:

[1] 关保德,等. 河南东秦岭北坡中—上元古界[M]. 郑州: 河南科学技术出版社,1998.
 [2] 赵嘉农,等. 元古宙爆破角砾岩型店坊金矿[J]. 前寒武纪研究进展,1998,21(1):1-6.
 [3] 任富根,等. 熊耳山—外方山区爆破角砾岩型金矿床的特征和有关找矿问题[J]. 前寒武纪研究进展,1999,22(2):32-36.

表 1 熊耳期次火山岩主要元素(Wt %)及微量元素($\times 10^{-6}$)分析结果表
 Table 1 Major and trace element analyses for subvolcanic rock of Xiong'er period
 (Major element Wt %, trace element 10^{-6})

岩性	次玄武岩	辉长岩	辉绿岩	辉绿岩	次安山岩	次安山岩	次安山岩	次英安岩	流纹斑岩	石英斑岩
位置	河南栾川	河南嵩县	河南洛宁	河南陕县	河南栾川	河南嵩县	河南洛宁	河南栾川	河南栾川	河南栾川
编号	LCY1	SXY1	LN Y1	SHY1	LCY5	SXY6	LN Y3	LCY7	LCY8	LCY23
SiO ₂	51.01	51.49	50.79	54.54	56.84	56.11	55.3	66.82	69.42	70.24
TiO ₂	1.28	1.15	1.37	1.49	1.48	1.71	1.45	0.65	0.65	0.56
Al ₂ O ₃	20.42	17.58	12.62	13.96	14.35	12.9	14.21	12.14	12.87	11.91
Fe ₂ O ₃	2.13	3.41	5.21	4.62	4.27	5.91	5.72	3.76	3.3	5.16
FeO	6.63	6.65	4.95	7.69	5.77	6.73	3.91	4.54	2.7	2.02
MnO	0.12	0.15	0.15	0.18	0.14	0.16	0.15	0.07	0.11	0.06
MgO	4.21	3.75	4.58	4.07	3.73	2.63	4.03	0.65	0.93	0.65
CaO	4.17	5.24	4.24	5.07	5.06	5.61	11.5	1.24	2.95	0.57
Na ₂ O	4.04	3.24	1.36	2.99	3.01	1.86	0.46	3.26	1.6	3.33
K ₂ O	2.28	2.55	4.32	2.28	2.76	2.54	0.2	4.42	3.32	4.35
P ₂ O ₅	0.39	0.26	0.37	0.36	0.38	0.56	0.28	0.15	0.13	0.13
烧失量	3.47	4.24	9.65	2.46	2.35	3.24	2.64	1.95	1.99	1.07
总量	100.15	99.71	99.61	99.71	100.14	99.96	99.85	99.65	99.97	100.05
Ti	4 618	5 000	2 500	2 833	2 900	3 250	1 900	4 286	1 967	1 808
Mn	706	617	900	1 067	1 200	1 450	842	886	750	715
Ba	1 853	2 038	1 900	2 333	1 520	1 375	1 745	1 729	2 500	2 623
Co	24.6	24.5	33.5	16.7	22	50	13.6	11.6	7.3	5.2
Cr	80	70	160	10	100	238	228	10.7	10.8	10
Cu	16.2	17.5	135	227	12	13.6	22.1	134	85	12.2
Li	23.8	21.7	10	20	31	22.5	16.5	13.6	10	10.4
Ni	19.3	23.3	35	13.3	38	57.5	22.8	26.4	19.2	9.6
Pb	23.7	19.2	22.5	53.3	23	13.6	107	23.6	20.8	25
V	80.8	80	150	33.3	146	90	88.5	30	31.7	43.8
Zr	80.6	67	175	243	160	170	200	228	178	223
Zn	104	98	100	217	186	275	111.9	157	158	93.8
Mo	0.8	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	1.7	0.5	0.8	0.6
Sr	110	190	125	98	360	320	395	48	83	410
K	12 300	16 700	20 300	25 200	19 900	8 400	20 200	22 500	25 200	29 800

宜昌地矿所测试(1999)

表 2 熊耳期次火山岩稀土元素特征参数一览表

Table 2 The list of characteristic parameter of the REE for subvolcanic rock of Xiong'er period

岩性	地点	编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE	LREE	HREE	LREE/HREE	Eu
次玄武岩	河南栾川	LCY1	126	96.1	83.3	64.4	35.5	26.8	19.1	16.9	14.1	12.9	12.4	11.3	12.5	11.4	252.93	209.48	20.65	10.14	0.98
次安山岩	河南栾川	LCY5	188	133	117	84.8	58.3	29	38.6	26.1	27.2	22.1	19.7	16.3	16.8	14.2	369.71	293.71	36.4	8.07	0.6
流纹斑岩	河南栾川	LCY8	307	225	182	133	131	27.6	47.9	37.3	33.6	30	27.5	24.1	20.9	19.4	596.35	488.89	46.66	10.48	0.31

宜昌地矿所分析(1999)

- [4] 任富根,等. 熊耳山群火山岩系金矿中的碲(硒)地球化学信息[J]. 地质调查与研究, 2003, 26(1): 45-51.
- [5] 周洪瑞,王自强. 华北大陆南缘中新元古代大陆边缘性质及构造古地理演化[J]. 现代地质, 1999, 13(3): 261-267.
- [6] 任富根,丁士应,等. 豫西元古宙盆岭构造及其形成机制[J]. 中国区域地质, 1996, (3).
- [7] 张晓春,冯风雪,王正晓. 用区域重力资料确定的华北地台南缘地缝合线及其质意义[J]. 河南地质, 1997, 15(4): 288-306.

Geological and Geochemical Features of the Middle Proterozoic Xiong 'er Subvolcanic Rocks in the Southern Margin of the North China Block

PANG Zhen shan , YAN Jian she

(1. China University of Geosciences , Beijing 100083; 2. Henan Bureau of Geology and Mineralization , Zhengzhou 450007)

Abstract : The Middle Proterozoic Xiong 'er subvolcanic rocks are widely located in Xiong 'er Group volcanic rocks and the metamorphic basement near the bottom of Xiong 'er Group. They formed in the Xiong 'er Period, and developed best during the early and late period. The subvolcanic rocks intruded in the country rocks. They mainly take the shapes of vein, dike, sill, stock etc. The rock types are varied, including hypabyssal, super hypabyssal, basic, intermediate and acid rocks. The study on the geochemistry shows that the subvolcanic rocks are rich in FeO^* , K_2O , and poor in CaO , MgO , Al_2O_3 . They belong to potassic rock system with the geo features of the island arc volcanic rocks. The different subvolcanic rocks formed through the crystallization differentiation of the affinity magma.

Key words : Xiong 'er Group ; subvolcanic rocks ; geological and geochemical features ; North China Block