

文章编号 1007-3071(2007)02-0001-06

巴布亚新几内亚新生代两类埃达克岩的构造环境意义

朱章显, 杨振强, 姚华舟

(宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003)

摘要 本文根据新几内亚安山岩的化学分析数据与典型埃达克岩进行对比, 讨论了巴布亚新几内亚埃达克岩的地球化学特征及其大地构造环境意义。对比结果表明: 巴布亚新几内亚埃达克岩微量元素特征为高锶(一般 $> 400 \times 10^{-6}$), Sr/Y 比值平均 > 41.7 , 重稀土元素 Y 和 Yb 含量很低(分别为 $\leq 20 \times 10^{-6}$ 和 1.9×10^{-6})。在微量元素蛛网图上有 Sr, Ba 正异常峰和明显的 Nb, Th 负异常。稀土元素表现为 LREE 富集模式, $(\text{La/Yb})_N$ 比值平均为 $2.19 \sim 18.69$ 。巴布亚新几内亚埃达克岩的 $\text{Mg}^\#$ 值 > 0.45 , $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值一般 < 0.7045 与典型埃达克岩一相致。

巴布亚新几内亚埃达克岩分别位于弧-陆碰撞带大地构造环境中的大洋岛弧和大陆边缘造山带中。埃达克岩的分布区域与世界级斑岩铜-金矿和浅成热泉金矿的成矿带的分布相一致。

关键词 埃达克岩 安山岩 微量元素 弧-陆碰撞; 斑岩铜-金矿和浅成热泉金矿带

中图分类号 P588.142

文献标识码 A

埃达克岩是一种新型的火山岩套。它首先被命名于 Adak 岛^[1~2], 是在火山岛弧环境中由俯冲的年轻($\leq 25 \text{ Ma}$) 大洋板片熔融所形成的一种岛弧火成岩, 与洋壳板片俯冲有成因关系。按照埃达克岩的原始定义, 它应该是一套以低重稀土元素 Yb 和 Y 含量($\text{Yb} \leq 1.9 \times 10^{-6}$ 和 $\text{Y} \leq 18 \times 10^{-6}$) 和高的 Sr/Y 比值($> 20 \sim 40$) 为特征的中酸性火成岩, 岩石组合为岛弧安山岩、英安岩、钠质流纹岩及相应的侵入岩 主要矿物组合为斜长石、角闪石、黑云母、辉石和不透明矿物。埃达克岩的概念提出后, 引起地质界广泛关注^[3~10], 并将其研究领域从新生代火成岩拓展到古老的岩系, 例如太古宙高铝 TTD^[3] (高-Al 奥长花岗岩-英云闪长岩-英安岩)。随着对埃达克岩的研究的不断深入, 对其认识也在逐渐完善。人们从对其单一成因的认识, 发展到多成因的认识, 并对其进行了不同成因的岩

石分类。埃达克岩的研究和认识是一个不断深入的过程, 各种不同观点、认识的出现, 研究领域的不断拓展, 都将对埃达克岩的研究起到极大的促进作用。

埃达克岩产出的大地构造位置位于大洋板块与大陆板块汇聚带中。环太平洋带是埃达克岩浆发育区。据文献报导, 东南亚的菲律宾和巴布亚新几内亚的 Arid Hills 地区^[11~13] 是新生代埃达克岩和类埃达克岩分布的地区之一。

最近笔者等在参加有关东南亚地质矿产研究工作过程中, 收集和整理了巴布亚新几内亚的部分火山岩资料。按照埃达克岩原始定义来衡量, 对已发表的化学分析结果重新认识, 发现其中大多数新生代安山岩的地球化学特点与文献中发表的埃达克岩和类埃达克岩的性质十分相似, 可以进行比较。笔者认为, 巴布亚新几内亚的新生代火山岩中, 应该存在着具有与埃达克岩很相似地球化学特征的安山岩或埃达克质安山岩。我们相信, 巴布亚新几内亚以及东南亚其它地区可能还会有更多的埃达克岩或类埃达克岩将被识别出来。

收稿日期 2007-02-06

基金项目 中国大陆周边地区主要成矿带成矿规律对比及潜力评价(编号 1212010661308)。

作者简介 朱章显(1959-), 男, 硕士, 长期从事区域地质与矿产调查工作。

万方数据

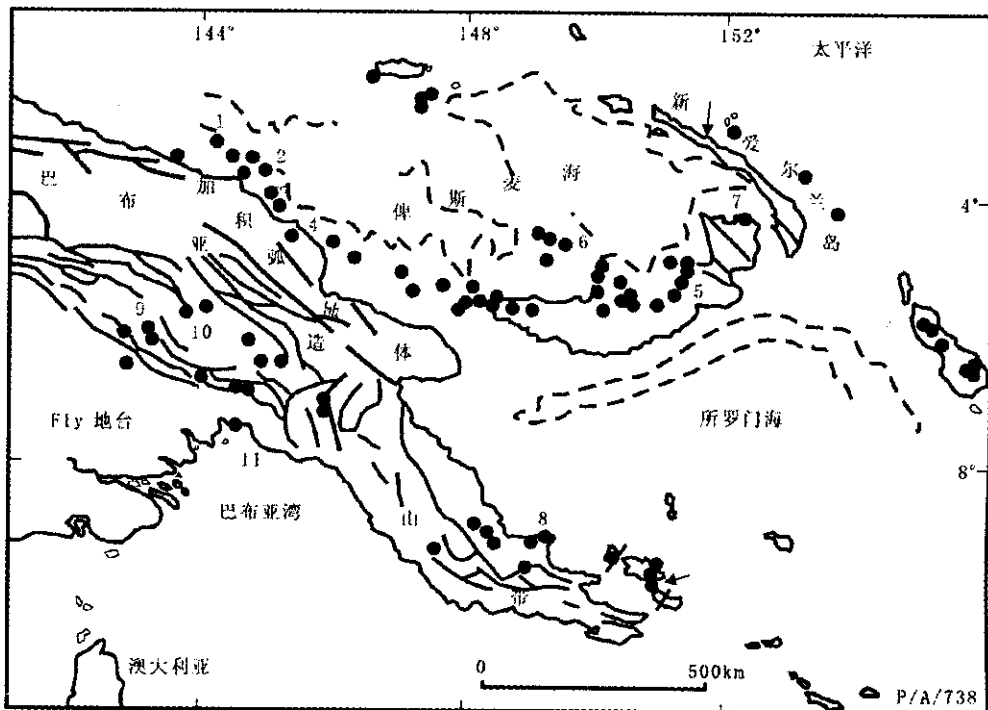


图 1 巴布亚新几内亚晚新生代火山(用圆黑点表示)分布图(Johnson,1982,见文献 [14])

Fig. 1 Late Cretaceous subaerial volcano (shown as solid circles) in Papua New Guinea (Johnson,1982) [14]

火山编号 1. Bagana ; 2. Bam ; 3. Boisa ; 4. Karkar ; 5. Bamus ; 6. Garove ; 7. Rabaul ; 8. Victory ; 9. Doma Peaks ; 10. Hange ; 11. Aird Hills

1 巴布亚新几内亚两类埃达克岩的分布

巴布亚新几内亚是新生代弧 - 沟型火山岩(安山岩 - 英安岩 - 流纹岩)发育的地区。这些安山岩和英安岩位于太平洋板块和印度洋 - 澳大利亚板块汇聚和碰撞带附近,与太平洋板块俯冲下沉有密切的成因关系。各板块的运动方向及其相互关系非常复杂(图 1)。随着所罗门海的海底扩张和该新生海洋板块向北俯冲,以及俾斯麦海海底扩张,形成了一系列新生代大陆边缘岛弧和大洋岛弧。巴布亚新几内亚大多数活火山都分布于俾斯麦海南部和西部。众多的埃达克质火山岩分布于这条火山岛弧带中。布尔干维尔和新爱尔兰岛火山规模较小。此外,由于岛弧与大陆板块之间在新近纪以来曾经发生过弧 - 陆碰撞,在新几内亚岛上形成一条规模巨大的 NW - SE 走向的高地造山带。该造山带基底岩石是白垩纪欧文斯坦利变质岩,并被莫罗比(Morobe)花岗闪长岩侵入,见有粗玄岩型安山岩和埃达克岩,其中包括有花岗闪长

岩、安山岩、英安岩等组合。

巴布亚新几内亚的埃达克岩的岩石学特征按其大地构造分布不同而略有不同,可分为两种类型。第一种类型以钙碱性系列为主,见有拉斑系列, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值较低(0.7034 ~ 0.7037),分布于南俾斯麦海岛弧带上。第二种类型以高钾钙碱性系列为主(原来称为粗面安山岩),次为钙碱性系列,含有角闪石和少量黑云母,分布于高地造山带内,有较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值(0.7039 ~ 0.7049)。

2 两类埃达克岩的地球化学特征

我们把新几内亚 10 个新生代安山岩的化学分析数据(Johnson,1982) [14] 与典型的埃达克岩 [1-2] 进行对比,发现其中 8 个为埃达克岩,2 个为安山岩(表 1)。

本区埃达克岩主元素的特征表现为 SiO_2 含量为 54.9 ~ 59.6%, Al_2O_3 较高(16.4 ~ 17.3%), MgO 为 2.4 ~ 6.98%, 富钠(2.25 ~ 3.95%), 一般 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。在 $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ 图解(见图 2c)中,高地造山带内的埃达克岩表现为高钾钙碱性系列,而

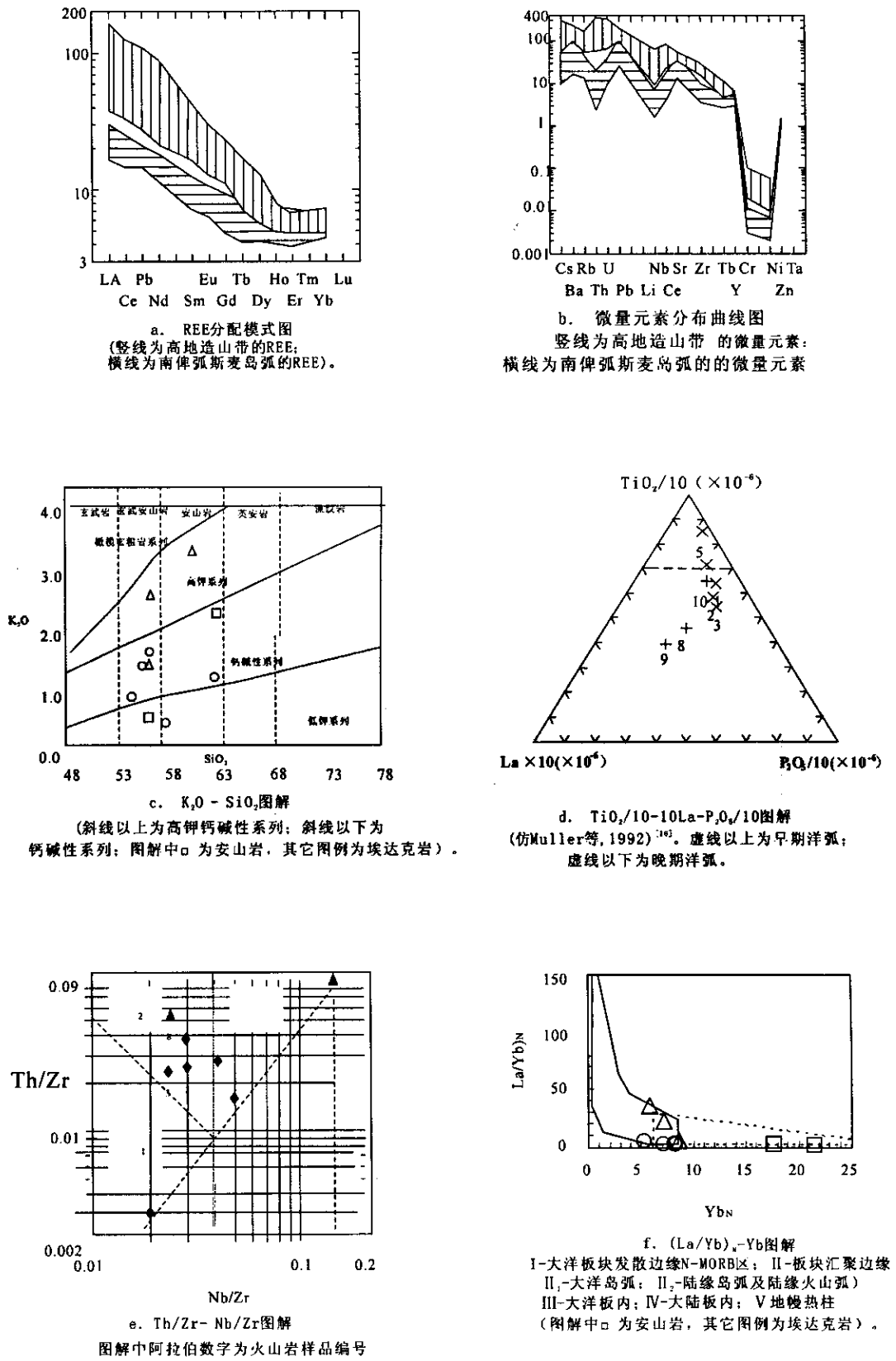


图 2 巴布亚新几内亚埃达克岩的地球化学图解
Fig. 2 Geochemical diagrams for adakites in Papua New Guinea

南俾斯麦火山岛弧则落在钙碱系列中。

本区埃达克岩微量元素的特征为高铽(一般 $>400 \times 10^{-6}$), 具有正 Sr 异常, Sr/Y 比值平均 >41.7 , 在微量元素丰度图上有 Sr, Ba 正异常峰。Y 和重稀土元素 Yb 含量很低(分别为 $\leq 20 \times 10^{-6}$ 和 1.9×10^{-6}), 高场强元素(HFSE)和 Nb, Zr, Hf, Ti 和 P 含量较低。南俾斯麦火山岛弧上埃达克岩具明显的 Nb, Th 负异常, 显示出岛弧安山岩的地球化学特征。而高地造山带上的埃达克岩的 Th(U, Pb) 和 Ce 正异常非常显著, 显示出大陆板内的特征。稀土元素表现为 REE 富集(见图 2a), $(La/Yb)_N$ 比值平均为 $2.19 \sim 18.69$ 。Mg[#] 值 >0.45 , $^{87}Sr/^{86}Sr$ 一般 <0.7045 。本区埃达克岩与典型埃达克岩不同之处在于其 Cr 和 Ni 含量很低, 具强烈 Cr, Ni 负异常(见图 2b)。其中, 在南俾斯麦火山岛弧上, 7 个火山岩样品中, 有 5 个样品可定为埃达克岩。南俾斯麦火山岛弧上埃达克岩的各项特征值都符合 Adak 岛上埃达克岩的特征值^[1], 唯有 $(La/Yb)_N$ 比值稍低于真正的埃达克岩。高地造山带上的 3 个火山岩样品平均的地球化学特征值与 Adak 岛上标准的埃达克岩相比, 各项数据都符合, 唯有 Y 平均值略高($Y=20$)。相反, 在南俾斯麦火山岛弧上的拉包尔火山和 Garove 火山所采集的 2 个安山质火山岩样品中, 其 Sr 正异常不明显(Sr 值较低, 为 295.5×10^{-6}), Y 和 Yb 含量明显高于埃达克岩(分别为 34.5×10^{-6} 和 4.1×10^{-6}), Sr/Y 平均比值为 8.57, 显然小于埃达克岩。其 Mg[#] 值 <0.43 , 也小于埃达克岩(>0.5)的标准值, 与典型的岛弧钙碱性火山岩特征相近, 显然不属于埃达克岩。因此, 这两个火山的火山岩样品仍然属于岛弧安山岩的地球化学特征无疑。

3 构造环境和找矿意义讨论

3.1 埃达克岩形成的构造环境和地球化学特征差异性

随着研究工作的深入, 人们发现符合埃达克岩
万方数据

初始定义的埃达克岩有多种不同的成因类型。朱弟成等认为埃达克岩有两种成因类型^[7~8]: 一类是由俯冲的年轻大洋板片发生部分熔融形成; 另一类是由新底侵的玄武质下地壳熔融而成。张旗^[9~10]等将埃达克岩分为 O 型和 C 型两类。O 型埃达克岩与板块的消减作用或玄武岩底侵作用有关, C 型埃达克岩则是加厚的地壳底部的中 - 基性岩部分熔融的产物。将巴布亚新几内亚的岛弧安山岩(和英安岩)与典型的埃达克岩比较之后, 发现巴布亚新几内亚埃达克岩构造环境属性比较接近 O 型埃达克岩, 少数 C 型埃达克岩。

微量元素特征是判别火山岩浆产出环境的有效依据之一。利用各种火成岩构造判别图可知, 本区埃达克岩形成的构造环境部位为大洋岛弧和大陆后碰撞弧, 例如在 $3 \times Zr - 50 \times Nb - (Ce/P_2O_5)$ 的判别图上, 多数样品落在后碰撞弧的范围内(图略), 而在 $TiO_2/10 - 10La - P_2O_5/10$ 判别图上也显示大多数样品落在后碰撞弧和大陆弧的范围内, 有个别样品落在初期洋弧的范围内(见图 2d)。这种情况与本区火山岩的产出大地构造部位的实际情况完全吻合。

微量元素 Th - Nb - Zr 是区别大洋和大陆构造环境有效的判别指标^[15]。一般来说, 板块汇聚带的 Nb/Zr 比值较低(<0.04), Th/Nb 比值 >0.11 ; 大陆板内 Nb/Zr 比值 >0.04 , Th/Nb 比值 >0.11 。本区火山岩含 Nb 和 Th 很低, Nb/Zr 比值一般较低(<0.05), Th/Nb 比值 >0.11 。在 Nb/Zr - Th/Zr 判别图上, 多数样品落在汇聚边缘的范围内(图 2e), 个别高地造山带的埃达克岩落在大陆板内(初始裂谷)范围内。而南俾斯麦的拉包尔火山的安山岩和 Bamus 火山的埃达克岩的 Th/Zr 比值低于 0.01, 落在初期大洋岛弧的范围内, 说明 GAI 该火山岩仍然具有初期大洋岛弧的性质, 与实际的构造环境相符合。

由此可见, 巴布亚新几内亚岛的两类埃达克岩, 即大洋岛弧型埃达克岩和大陆板内(初始裂谷)

型埃达克岩的地球化学特征略有差异。

3.2 本区埃达克岩的找矿意义

研究本区埃达克岩具有巨大的经济意义。埃达克岩与 Au、Ag、Cu 和 Mo 浅成低温热液矿床及斑岩矿床密切共生的现象值得关注,不论埃达克岩本身成矿的可能性如何,这种与大型矿床密切共生的岩类本身就是一种极好的找矿标志。

在最近的研究中发现^[16~18],Au、Ag、Cu、Mo 等浅成低温热液矿床及斑岩矿床多与埃达克岩或埃达克质岩密切共生,且世界级斑岩铜矿多与 Adak 岛的 O 型埃达克岩有关,如智利 Ckuquicamata 的铜金属量 $6\,935\times10^4\text{t}$, La Escondida 的铜金属量 $2\,880\times10^4\text{t}$, El Abra 的铜金属量 $1\,450\times10^4\text{t}$ 。

表 1 巴布亚新几内亚火山岩的地球化学特征与典型埃达克岩对比

Table 1 Comparison of geochemical characteristics between the volcanical rocks and the typical adakites

巴布亚新几内亚火山岩				阿留申群岛, adak 岛	
埃达克岩		安山岩		埃达克岩	
	南俾斯麦岛弧 (5 个样平均)	高地造山带 (3 个样平均)	南俾斯麦岛弧 (2 个样平均)	Adak 型	Piip 型
SiO ₂	56.58	56.93	58.68	56~59	56~69
Al ₂ O ₃	18.16	16.13	16.36	>15	16~18
MgO	3.51	5.32	3.28	4.50	1.3~6.6
Na ₂ O	2.95	3.53	4.10	3.60	3.3~5.6
K ₂ O	1.10	2.39	1.39	2.00	1~1.8
Sr	596.80	835.67	295.50	>400	302~548
Y	13.60	20.00	34.50	15~18	
Yb	1.54	1.50	4.1	≤1.9	
Sr/Y	43.88	41.78	8.57	20~40	
(La/Yb) _N	2.19	18.69	1.8	20.00	
Mg [#]	0.45	0.59	0.43	0.5~0.71	0.49~0.75
Sr	正异常	正异常	正异常	正异常	正异常
Eu	正异常/无异常	无异常	无异常	正异常	正异常
Cr	17.8	199	11	165	16~564
Ni	8.6	64	10	125	8~132

注 分析数据见参考文献[14],Sr,y,Nb 单位为 $w_B/10^{-6}$,主元素单位为 $w_B/10^{-2}$ 。

巴布亚新几内亚高地造山带是最重要的世界级斑岩铜 – 金矿床的成矿带。例如著名的波格拉金矿就位于此后碰撞弧的范围内,与成矿作用有关的火山岩为高钾的钙碱性火山岩和橄榄粗玄岩^[19~20]。而本区造山带内的埃达克岩恰恰是以高钾为特征,例如,Victory 和 Doma 具有埃达克岩的

火山岩都是高钾的埃达克岩(图 2c)。因此,高钾埃达克岩出现在高地造山带内,对于寻找斑岩铜 – 金矿床具有的一定的指示意义。

另一方面,位于南俾斯麦火山岛弧和太平洋岛弧布尔干维尔岛上的埃达克岩和安山岩则是以钙碱性系列为特征,这种系列多数与世界级的热泉金

矿和斑岩铜 - 金矿的成矿作用有关。例如,布尔干维尔岛上的 Bagana 金矿,产于洋壳 - 火山岛弧带火山机构中,矿区内第三纪火山岩为埃达克岩,矿床产于埃达克质火山岩之下的石英闪长岩内,Cu,Au,Ag,Mo 矿化与石英密切伴生。南俾斯麦火山岛弧上的 Wild Dog 金矿是浅成热泉金矿的典型矿床,位于埃达克岩分布岩带之内,与埃达克质安山岩有密切成因关系,离它不远的 Bamus 火山就是埃达克岩火山。

4 结论

(1) 本区埃达克岩形成于汇聚边缘的弧 - 陆碰撞的大地构造环境中,分布于高地造山带的埃达克岩具有更为明显的板内和后碰撞弧的特征,而南俾斯麦火山岛弧的埃达克岩则具有较多的大洋岛弧性质。

(2) 埃达克岩的分布区与世界级斑岩铜 - 金矿和浅成热泉金矿的成矿带的分布相一致,因此,研究本区埃达克岩具有深远的理论和实际意义。

在成文过程中得到饶家光、梁约翰及谌建国等研究员的大力帮助和指导,在此表示感谢。

参考文献

- [1] Defant M J, Drummond M S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere [J]. *Nature*, 1990, 347(18): 662—665.
- [2] Kay R W. Aleutian magnesian andesites: melts from subducted Pacific Ocean crust [J]. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1978, 4: 117—132.
- [3] 王强,许继峰,赵振华. 一种新的火成岩 - 埃达克岩的研究综述 [J]. *地球科学进展*, 2001, 16(2): 201—208.
- [4] 罗照华,柯珊,谌宏伟. 埃达克岩的特征、成因及构造意义 [J]. *地质通报*, 2002, 21(7): 436—440.
- [5] 王焰,张旗,钱青. 埃达克岩 (adakite) 的地球化学特征及其构造意义 [J]. *地质科学*, 2000, 35(2): 251—256.
- [6] 董申保,田伟. 埃达克岩的原义、特征与成因 [J]. *地学前缘*, 2004, 11(4): 585—594.
- [7] 朱弟成,段丽萍,廖忠礼,等. 两类埃达克岩 (Adakite) 的判别 [J]. *矿物岩石*, 2002, 22(3): 5—9.
- [8] 朱弟成,潘桂棠,段丽萍,等. 埃达克岩研究的几个问题 [J]. *西北地质*, 2003, 36(2): 13—19.
- [9] 张旗,许继峰,王焰,等. 埃达克岩的多样性 [J]. *地质通报*, 2004, 23(9~10): 959—965.
- [10] 张旗,王焰,钱青,等. 中国东部燕山期埃达克岩的特征及其构造 - 成矿意义 [J]. *岩石学报*, 2001, 17(2): 236—244.
- [11] Smith TEM, Taylor S R, Johnson R W. REE-fractionated trachytes and dacites from Papua New Guinea and their relationship to andesite petrogenesis [J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 1979, 69: 227—233.
- [12] Sajona F G, Maury R C, Bellon H, et al. Initiation of subduction and the generation of slab melts in western Mindanao, Philippines [J]. *Geology*, 1993, 21: 1007—1010.
- [13] Sajona F G, Bellon H, Maury R C, et al. Magmatic response to abrupt changes in geodynamic settings: Pliocene-Quaternary calc-alkaline lavas and Nb-enriched basalts Leyte and Mindanao (Philippines) [J]. *Tectonophysics*, 1994, 237: 47—72.
- [14] Johnson RW. Papua New Guinea, in Thorpe R S (Editor): *Andesites: Orogenic andesites and related rocks* [M]. John Wiley & Sons, 1982, 225—244.
- [15] 孙书勤,汪云亮,张成江. 玄武岩类岩石大地构造环境的 Th、Nb、Zr 判别 [J]. *地质论评*, 2003, 49(1): 40—47.
- [16] 张静. 埃达克岩及其成矿作用和相关问题的讨论 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2003, 22(4): 365—371.
- [17] 张旗,王元龙,张福勤,等. 埃达克岩与斑岩铜矿 [J]. *华南地质与矿产*, 2002(3): 85—90.
- [18] 廖宗廷. 埃达克岩研究及斑岩铜矿找矿新方向 [J]. *铜业工程*, 2004(2): 1—6.
- [19] Fleming, A. W. 等. 1986, 巴布亚新几内亚的波格拉金矿床 [J]. *地质科技情报*, 1989, 8(1): 69—75.
- [20] Muller D & D I Grove. 钾质火山岩、橄榄粗玄岩与金矿的直接与间接的关系 [J]. *世界地质*, 1994, 13(2): 6—16, 64.

(下转第 13 页)

[J]. 矿产与地质, 2005, 19(3), 233—238.

金矿产地质, 1991, 2 期, 1—12.

[6] 许效松. 锰矿成矿作用与盆地相变性的探讨[J]. 西南冶

Geochemical Characteristics of the Shuicheng – Nayong Manganese Deposits in Guizhou

LIU Ping¹, ZHU Hua², XU Shi – hui¹, CHENG Yong – qi², TAO Yong¹, WENG Shen – fu²

(1. No. 106 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Zhunyi 563000, Guizhou, China; 2. Guizhou Provincial Institute of Geological Surveying, Guiyang 550004, Guizhou, China)

Abstract Shuicheng – Nayong manganese deposits belong to manganese – capped deposits in type of superior oxidized manganese. Geochemical study indicates that constant elements, microelements and trace elements in manganese ores and protore wholly take on thermal sedimentary characteristics, the siliceous limestone, silica – bearing limestone and bioclastic limestone is predominant protore beds of manganese – capped ores. They are of middle – low – thermal sediments within platform – ditch – facies belt of upper Maokou Formation in middle of Guizhou, which manganese source mainly come from the basalt of the Maokou Phase. Pure silicalite only exposed at surface is silica – bearing rocks of protore beds experiencing extreme oxidation at surface as additional production while generating oxidized manganese ores

Key words : manganese ; protore beds ; geochemistry ; thermal sediments ; Shuicheng – Nayong ; Guizhou

(上接第6页)

A Primary Discussion on Tectonical Environment Significance of Two – type of Adakites, Papua New Guinea

ZHU Zhang – xian, YANG Zhen – qiang, YAO Hua – zhou

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang, 443003, Hubei, China)

Abstract The geochemical characteristics of adakites in Papua New Guinea is reviewed and discussed on the basis of the results of chemical analysis for the so – called Andesites, and compared to the typical adakites. The comparative results show that the trace elements of adakites for Papua New Guinea are characterized by high Sr content ($>400 \times 10^{-6}$) and average high Sr/Y ratio >41.7 . However, both Y and Yb of heavy REE contents are very low ($Y \leq 20 \times 10^{-6}$ and $Yb \leq 1.9 \times 10^{-6}$ respectively). There are strongly positive Sr and Ba anomaly peaks and relatively both negative Nb and Th anomaly on the spidergrams of trace element. The REE patterns exhibit LREE enrichment model with average (La/Yb)_N ratios from 2.19 to 18.69. Meanwhile, The adakites of the Papua New Guinea have lower Mg# values >0.45 and $87\text{Sr}/86\text{Sr} < 0.7045$ like most typical adakites.

The adakites of Papua New Guinea are respectively located at the oceanic island arcs and continental margin orogen zone within the tectonically setting of arc – continent collision zone and their distribution districts are corresponded to the world – scale porphyry copper – gold as well as hot – spring gold zones.

Key words : Adakite ; Andesite ; Trace element ; Arc – continent collision ; Porphyry Cu – Au and hot – spring Au zones
万方数据