

拉萨地块西段典中组火山岩岩浆作用过程及其地质意义

岳相元¹, 马润则², 何显川²

(1. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 成都 610041;

2. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059)

摘要: 拉萨地块西段分布有大面积的古近纪火山岩, 蕴含着丰富的地质信息。文章对措勤地区典中组火山岩年代学、地球化学的研究表明, 典中组火山岩岩浆活动在晚白垩世晚期已经开始, 之后逐步向东迁移, 时间上一直持续到古新世。印度板块与亚洲板块碰撞可能是从西段开始的, 之后逐渐向东碰撞过渡。典中组火山岩岩浆形成的过程中发生了部分熔融作用, 且在成岩过程中发生了混合作用; 典中组火山岩是岛弧型俯冲向碰撞过渡过程中产生的具有岛弧或陆缘弧特点的火山岩。

关键词: 拉萨地块; 典中组; 火山岩; 地球化学特征; 岩浆作用; 西藏自治区

中图分类号: P581, P588.14 **文献标识码:** A

0 引言

地质学界普遍认为, 古老的印度板块与亚洲板块经历了漂移、俯冲、碰撞、陆内造山几个阶段, 并提出了多种模式来解释特提斯洋演化与青藏高原的形成机制^[1-2]。然而不同学者对于印度板块俯冲和板块碰撞的时间界限的研究差异较大。因此, 深入研究青藏高原岩浆活动及其岩浆岩是了解印度板块与亚洲板块俯冲、碰撞和青藏高原形成等机制的重要内容。本文将通过对西藏措勤地区典中组火山岩的年代学、地球化学的研究, 探讨其岩浆作用过程及其地质意义。

1 研究区地质背景及岩石学特征

1.1 地质背景

拉萨地块地处青藏高原中南部, 呈 EW 向延

伸, 北邻班公湖—丁青湖缝合带; 南邻雅鲁藏布江缝合带。拉萨地块处于安第斯型活动大陆边缘构造环境。

在狮泉河北部等地出露有古老的拉萨地块变质基底, 其他地区则被古生代—中生代的沉积地层覆盖。受古特提斯、特提斯洋的演化作用控制, 在拉萨地块冈底斯岩浆岩带北侧的措勤地区形成了 NWW 向展布的革吉—措勤复合弧后盆地, 以典中组火山岩为代表的新生代火山岩广泛分布于这一地区。

1.2 岩石学特征

典中组火山岩为一套中酸性火山碎屑岩夹熔岩组合。岩石主要类型包括绿灰色安山岩、安山质火山集块岩、灰色英安质角砾凝灰熔岩、英安质集块角砾岩、紫灰色流纹质凝灰火山角砾岩、流纹质熔结角砾凝灰岩为主, 夹少量正常沉积碎屑岩。

(1) 安山岩。绿灰色, 块状构造, 斑状结构。基质为半晶质—隐晶质结构。斑晶(15%~30%)主要为板状斜长石, 少量绿泥石化角闪石, 有时可含少量

收稿日期: 2013-05-13; 责任编辑: 王传泰

作者简介: 岳相元(1985-), 男, 硕士, 矿物学、岩石学、矿床学专业, 现主要从事地球化学、矿床地质研究工作。通信地址: 成都中国地质科学院矿产综合利用研究所; 邮政编码: 610041; E-mail: yxyzhs@126.com

通信作者: 马润则(1957-), 男, 教授, 从事岩石学和岩石地球化学方面的教学和科研工作。通信地址: 成都理工大学地球科学学院; 邮政编码: 610059; E-mail: marz@cdut.edu.cn

辉石斑晶($\leq 5\%$);斑晶粒度多 1~3 mm,个别达 5 mm。见副矿物磷灰石、钛铁矿、磁铁矿。岩石常常具不同程度绿泥石化、绢云母化。

(2)英安质角砾凝灰岩。灰色,块状构造或假流动构造,凝灰结构或角砾凝灰结构;岩石主要由英安质火山凝灰物、火山尘组成,包括比例不等的岩屑、长石、石英晶屑及玻屑。其中,石英晶屑一般明显少于长石晶屑,含量 5%~15%;有时出现少量英安质或流纹质火山角砾($\leq 20\%$),角砾大小 2~12 mm,呈棱角状或不规则拉长状。

(3)流纹质沉凝灰岩。紫灰色,沉凝灰结构,层状构造、纹层状构造、条带状构造或弱定向构造。岩石由长石、石英晶屑、英安质或流纹质火山岩屑、脱玻化玻屑及少量正常沉积物组成;部分火山岩屑粒径 >2 mm,呈棱角-次棱角状、大小不等的火山角砾。岩石具绢云母化、黏土化等。

2 典中组火山岩年代学特征

典中组火山岩的年龄数据来自成都理工大学地调院以及四川省地调院在措勤地区区调工作中所测得的典中组年龄数据(表 1)。

据成都理工大学地调院资料,在仲巴县隆格尔特若错南的典中组中部英安岩中所采样品,测得的 K-Ar 年龄值为 63.9 Ma;在仁多乡西南约 10 km 处帕玛讲的典中组底部流纹岩中所采样品,测得的 K-Ar 全岩同位素年龄值为 $71.52 \text{ Ma} \pm 2 \text{ Ma}$, ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄值为 82.15 Ma。四川地调院在江让乡石巴罗剖面英安岩中采样,测得的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄值 77.06 Ma, 79.2 Ma。在林周地区的典中组剖面所采最底层安山岩获得的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄值 61.45~64.43 Ma^[3]。

综上所述,本研究区典中组火山岩与林周地区典中组火山岩所形成的年龄上也有所差异,措勤地

区典中组火山岩形成时代大约开始于晚白垩世,要早于林周地区大约 18 Ma。

3 典中组火山岩岩浆演化特征

3.1 火山岩源区特征

实验岩石学研究表明,火山岩岩浆中稀土元素的比值主要与源区岩石的成分关系密切,与岩石熔融程度关系相关性不大^[3];La, Eu, Ce 等稀土元素丰度的差异,反映出了岩浆源区的不同。典中组火山岩稀土元素含量经原始地幔值(Wood, 1979)标准化后,La, Th 等显示为正异常, Ba, Sr, Ta 相对亏损, Ce 异常不明显, Eu 为负异常。以上特征表明岩浆源区为受混染的富集 II 型地幔,且有富集程度逐渐增加的趋势。

3.2 火山岩浆部分熔融特征

根据 Treuil 等(1975)分离结晶与平衡部分熔融作用图解(图 1),典中组火山岩成分点均沿部分熔融线分布,且呈具有一定斜率的直线,反映其岩浆主要是平衡部分熔融作用的产物。

从微量元素的 Rb/Sr—Sr 关系图(图 2)也可以确定成岩过程。从图 2 中可以看出,典中组火山岩分布具有一定规律性,呈双曲线形态,其成岩过程发生了平衡部分熔融作用。

前已述及,典中组火山岩具有负 Eu 异常,但结合图 1 和图 2 不难看出,导致 Eu 异常的原因更多的是部分熔融作用造成的,而不是岩浆房中的分离结晶作用。

董国臣的研究资料^[3]表明,林周盆地典中组火山岩中发生了部分熔融和分离结晶两种地质作用,其中的部分熔融为主要控制因素。这一研究结果与本研究区有一定相似性,这也间接地证明冈底斯岩浆岩带西段与东段典中组火山岩建造,虽不同源但是却同属性,形成于相似的大地构造环境。

表 1 措勤地区典中组火山岩同位素测年统计表

Table 1 Dianzhong volcanic rocks isotope dating TAB in Cuoqin area

采样地点	岩石名称	测试方法	年龄值/Ma	资料来源
塔若错南	英安岩	K-Ar	63.9	成都理工地调院
仁多乡西南	流纹岩	K-Ar	71.52 ± 2	
		Ar-Ar	82.15	
江让乡石巴罗	英安岩	Ar-Ar	77.06	四川地调院, 2002
			79.2	
林周地区	安山岩	Ar-Ar	61.45~64.43	文献[3]

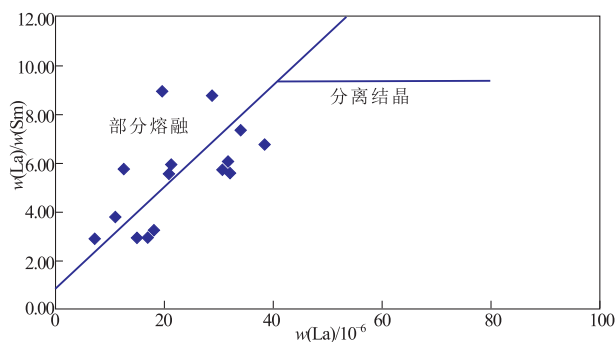


图 1 措勤地区典中组火山岩平衡部分熔融与分离结晶作用图解(据 Treuil, 1975; 修编)

Fig. 1 Equilibrium partial melting and separation crystallization Diagram of volcanic rocks of Dianzhong formation

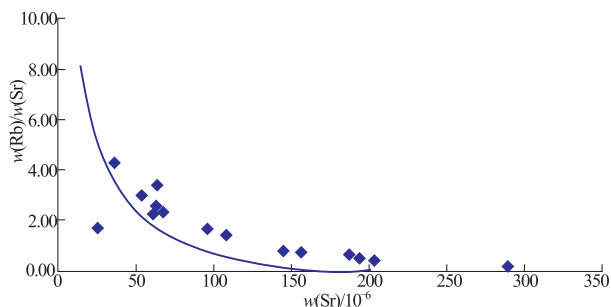


图 2 措勤地区典中组火山岩 Rb/Sr—Sr 图解(据赵振华, 1997; 修编)

Fig. 2 Rb/Sr—Sr diagram of volcanic rocks in Dianzhong formation

3.3 火山岩混合作用

鉴于火山岩成岩的过程非常复杂,常用的方法是采用比值—比值法(元素或同位素比值)作图,通常一组火山岩经混合作用,其投影图会呈一定的形态,如直线、双曲线等,符合混合作用的数据应沿双曲线分布,但是当所有数据的 2 个分母浓度相同时, $r=1$, 则数据沿一条直线分布,此时,这些直线代表了成岩过程经过了混合作用^[4]。本次研究选择 K/Ba—Rb/Ba 比值投影图(图 3)对典中组火山岩的混合作用进行探讨,且从图 3 可以看出,措勤地区典中组火山岩的投影点构成了良好的近似直线,显示具有较好的线性特征,表明典中组火山岩在成岩过程中可能发生了混合作用。

据赵振华(1997)研究,根据相容性质不同的微量元素组合可以判别混合作用是发生在岩浆形成之后的岩浆混合,还是源区的混

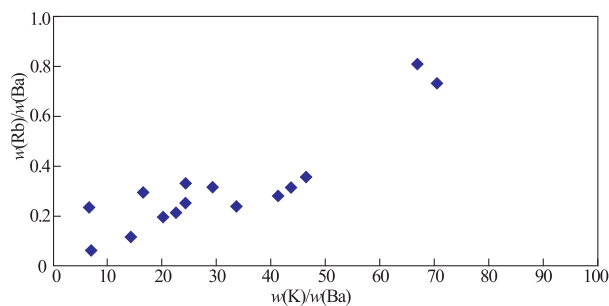


图 3 措勤地区典中组火山岩 K/Ba—Rb/Ba 比值投影图(据赵振华, 1995; 修编)

Fig. 3 K/Ba—Rb/Ba Projection diagram of volcanic rocks in Dianzhong formation

合。通常,部分熔融作用或分离结晶作用对不相容元素的比值的影响可以忽略不计,特别是强不相容元素,因此,可用不相容元素组合构成的比值图来判断源区混合与岩浆混合。由于分离结晶作用和部分熔融作用可以抵消相容元素的比值变化,如果不相容元素比值—比值图显示为混合趋势,而弱相容元素与不相容元素比值未显示混合趋势,这种混合是源区混合,而不是岩浆混合。所以,简单的区分方法是用不相容元素—不相容元素作图,岩区混合应为线形排列,而源浆混合则不显示线形^[4]。本次研究选择强不相容元素 Rb—Sr 和 Th—Ta 作图(图 4),从图 4 可以看出,两个图解中的典中组火山岩的投影点杂乱分布,而不呈线形分布,混合作用可能发生在岩浆形成之后,为岩浆混合作用。

4 典中组火山岩构造环境探讨

自然界火山岩分布广泛,不同类型的火山岩产于不同的构造环境和历史演化阶段,它们是确定构

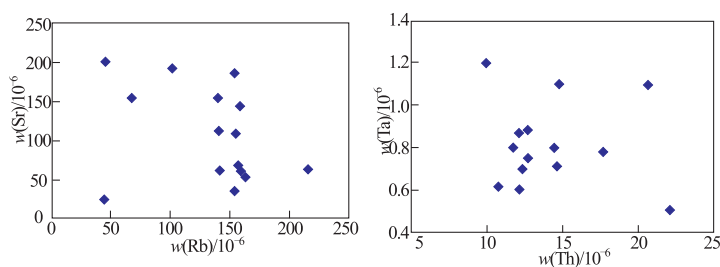


图 4 措勤地区典中组火山岩 Rb—Sr 和 Th—Ta 图解(据赵振华, 1997; 修编)

Fig. 4 Rb—Sr and Th—Ta diagram of volcanic rocks in Dianzhong formation

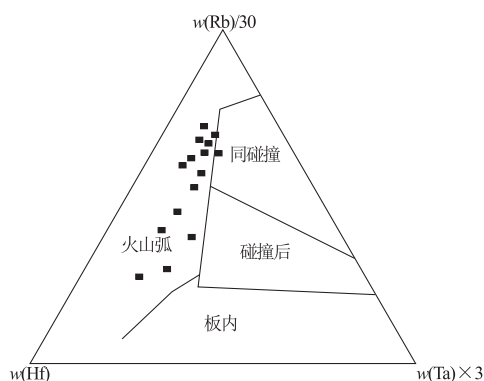


图 5 Hf—Rb/30—Ta×3 三角图解(据 Harris, 1986)

Fig. 5 Hf—Rb/30—Ta×3 Triangular diagram of volcanic rocks in Dianzhong formation

造环境的指示剂^[5]。板块构造理论认为,碱度不同的 3 个火山岩系列在不同的构造部位上的发育程度不同。一般造山带环境(包括岛弧、活动大陆边缘)以钙碱性系列常见,而稳定区(包括大陆、大洋及洋中脊)以拉斑玄武岩、碱性玄武岩系列岩石发育。

微量元素图解已经用来判别岩浆侵入构造环境。利用 Hf—Rb/30—Ta×3 图解可以区分同碰撞花岗岩、碰撞后花岗岩、火山弧花岗岩和板内花岗岩^[6]。本次研究选择典中组火山岩中不活泼的高场强元素铪、钼、钽组成的 Hf—Rb/30—Ta×3 三角图解(图 5)来判别其形成构造环境。从图 5 不难看出,典中组火山岩主体样品投影点都落在了火山弧

花岗岩区,且靠近火山弧花岗岩区与同碰撞花岗岩区的接触边界,反映了措勤地区的典中组火山岩是岛弧型俯冲向碰撞条件过渡过程中产生的具有岛弧或陆缘弧特点的火山岩。

5 典中组火山岩对于板块碰撞的动力学意义

拉萨地块按照地理位置可划分为东段(E90°以东)、中段(E85°30′—E90°)、西段(85°30′以西)3 个部分^[7],它们在地质作用及其演化方面有所差异。

拉萨地块典中组火山岩地球化学特征对比见表 2。从表 2 可以看出,从东段到西段,火山岩的钾质、铝质含量增高,陆源成分也有明显增加的趋势。西段典中组出现钾玄岩是该段陆陆碰撞的重要标志^[8-10]。据此说明板块碰撞过程可能是从西段开始,之后逐渐向东段碰撞过渡的,而非大规模的、大面积的正向碰撞。

从拉萨地块典中组火山岩形成时代统计表(表 3)可以看出,西段典中组火山岩岩浆活动在晚白垩世晚期已经开始,相比东段和中段地区要早大约 18 Ma。西段典中期火山喷发、地质作用及构造演化时间范围较长,火山岩发育也最为成熟;火山活动逐步向东迁移,一直持续到古新世末。因此,从时间上看,板块碰撞也是从西段开始的。

表 2 拉萨地块典中组火山岩地球化学特征对比简表

Table 2 Geochemical characteristics contrast short list of Dianzhong volcanic rocks in western Lhasa block

构造位置	东段	中段	西段	岩石演化特征
典中组	钙碱-高钾钙碱性系列,少数为低钾拉斑系列;英安质火山岩为主,部分为基性、酸性岩	钙碱-高钾钙碱性系列,以钙碱性为主;英安质火山岩为主,部分为基性、酸性岩	高钾钙碱性-钙碱性系列,以高钾钙碱性为主,部分为钾玄岩系列;英安质火山岩为主,部分为基性、酸性岩	从东段到西段,典中组火山岩表现为:由钙碱性→高钾钙碱性过渡的趋势;由偏铝质→铝质→过铝质过渡;由钠质→钾质→高钾质过渡的趋势

表 3 拉萨地块典中组火山岩形成时代统计表

Table 3 Statistics of the rock-forming age data of volcanic rocks in Dianzhong formation

构造位置	拉萨地块					
	东段		中段	西段		
测试方法	Ar-Ar	U-Pb	K-Ar	K-Ar	Ar-Ar	Ar-Ar
年龄值/Ma	60.43±0.71					
	60.63±0.35		60	71.5±2.1		77.06
	64.02±0.63	62.5±1.1			82.15	
	63.89±0.41		54	63.9		79.2
资料来源	董国臣, 2002	李皓杨, 2006	西藏地调院, 2002	本文		四川地调院, 2002

根据拉萨地块典中组火山岩构造环境判别,东段、中段、西段都显示出是与大陆有关的陆缘火山弧环境,都处于碰撞前的火山弧区。措勤地区典中组火山岩更靠近火山弧与同碰撞火山岩区域的边界,显示措勤地区典中组火山岩是在岛弧型俯冲向碰撞条件过渡过程中产生的具有岛弧或陆缘弧特点的火山岩。因此,从构造环境上看,板块碰撞也是从西段开始的。拉萨地块不同区段典中组火山岩的特征反映出板块碰撞和岩浆演化具有一定差异性:从岩石、地球化学特征来看,板块碰撞可能开始于冈底斯岩浆岩带西段,之后随着板块运动逐渐向东段碰撞过渡,而非大规模的、大面积的正向碰撞;从时间上来看,板块碰撞应该始于晚白垩世晚期。

6 结论

(1)拉萨地块西段措勤地区典中组火山岩形成的时代为晚白垩世晚期—古新世,形成年龄为 63.9~82.15 Ma。

(2)微量元素研究显示措勤地区典中组火山岩源区位于 EM II 区域及其附近,源区为俯冲和再循环的大陆地壳物质与地幔岩发生了岩浆混合作用的产物。岩浆在形成时以平衡部分熔融为主,在成岩过程中发生过混合作用。混合作用发生在岩浆形成之后,为岩浆混合作用。

(3)拉萨地块西段典中组弧型火山岩是印度大陆向北俯冲末期的俯冲—碰撞构造环境条件下的产物。

综上所述,措勤地区所处的拉萨地块西段地区,

可能是印度板块与亚洲板块碰撞的最前沿部位,也是板块接触最早的部位之一。由此开始,在南北向挤压力持续作用下,印度板块随之与亚洲板块沿冈底斯陆块南缘一侧向东段继续呈剪刀闭合式的俯冲碰撞,与俯冲碰撞作用相关的火山活动也从至今大约 82 Ma 一直持续到 40 Ma,西段典中组火山岩开始形成的时间要比东段早约 18 Ma。

参考文献:

- [1] 肖序常,刘增乾. 青藏高原构造演化[J]. 地质科学, 1984, 10(4): 179-203.
- [2] 潘裕生,孔祥儒,钟大赉,等. 青藏高原岩石圈结构演化和动力学[M]. 广州: 广东科学技术出版社, 1998: 25-66.
- [3] 董国臣. 西藏林周盆地林子宗火山岩及其反演的板块碰撞过程研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2002.
- [4] 赵振华. 微量元素地球化学原理[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [5] Pearce J A, 梅厚均. 青藏高原地质演化[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 186-189.
- [6] Harris N B W, Pearce J A, Tindle A G. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism[J]// Coward M P, Ries A C. Collision tectonics, Geological Society Spec. Publ. Geol. Soc. Lond., 1986, 19: 67-81.
- [7] 李志国. 西藏措麦林子宗群年波组火山岩地球化学及其意义[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
- [8] 莫宣学, 赵志丹, Depaolo D J, 等. 青藏高原拉萨地块碰撞—后碰撞岩浆作用的三种类型及其对大陆俯冲和成矿作用的启示: Sr-Nd 同位素证据[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 796-801.
- [9] 侯增谦, 莫宣学, 高永丰, 等. 印度大陆与亚洲大陆早期碰撞过程与动力学模型——来自西藏冈底斯新生代火成岩证据[J]. 地质学报, 2006, 80(9): 1233-1248.
- [10] Rowley D B. Age of initiation of collision between India and Asia: a review of stratigraphic data[J]. Earth Planet Sci. Lett., 1996, 145: 1-13.

Magmatism process and source region tectonic evolution of Dianzhong volcanic rocks in western Lhasa block, Tibet, China

YUE Xiangyuan¹, MA runze², HE Xianchuan²

(1. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources,
Chinese Academy of Geosciences, Chengdu 610041, China;

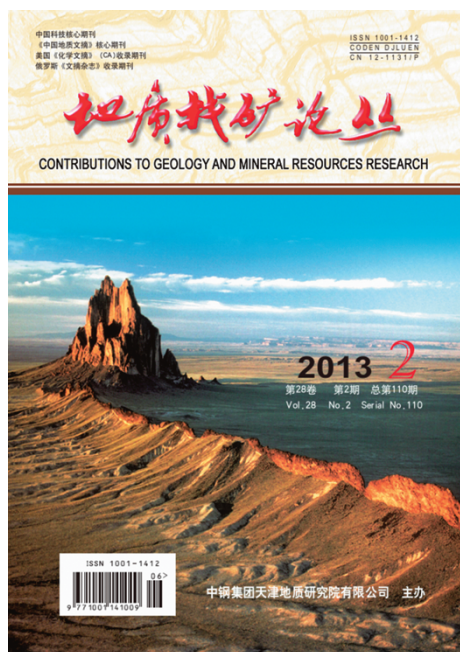
2. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology,
Chengdu 610059, China)

Abstract: In the west Lhasa block is distributed large areal Paleogene volcanic rocks which contain abundant geological information. Researches on chronology and geochemistry of volcanic rocks of Dianzhong formation in Cuoqin area show that magmatism of the formation started from Late Cretaceous period then

moved eastward and continued temporally until Paleogene epoch. Collision of India plate and Asia plate began at the west part and propagated eastward. During formation of volcanic rocks of Dianzhong formation partial melting occurred and mixture of the magma and the melted materials followed. Volcanic rock of Dianzhong formation is characteristic of island arc volcanics or marginal arc volcanics of continent generated during transformation from island subduction to collision.

Key Words: Lhasa block; Dianzhong formation; volcanics; geochemistry; magmatism; Tibet

欢迎订阅 2014 年《地质找矿论丛》



《地质找矿论丛》是中国科技核心期刊,被美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》、《中国学术期刊文摘(中文版)》、《中国地质文摘》等著名文摘刊物收录,是《中国科学引文数据库》、《中国科技论文统计》和《中国学术期刊综合评价数据库》的来源期刊,期刊全文入编《中国学术期刊(光盘版)》、《中国知网》(CNKI)、《万方数据科技期刊群》、《中文科技期刊数据库》(维普)和《华艺 CEPS 中文电子期刊》等电子出版物及数据库,以多种媒体方式向读者提供服务。

《地质找矿论丛》主要报道矿产成矿理论与成矿预测、物质成分及综合利用、矿产地质勘查新技术新方法及其应用、地学信息技术、水文地质与工程地质、环境地质调查与治理、资源勘查工程、矿产品深加工技术、地质矿产技术经济等方面的科研成果、进展评介、研究简报,并不断开拓报道领域与深度。

《地质找矿论丛》刊物信息丰富、学科跨度大、兼顾理论研究和应用技术,是地学研究、矿产勘查、矿业开发领域专业人员和院校师生的良师益友。热忱欢迎地矿行业、地学院校、文献信息部门的单位和个人踊跃订阅并投稿。

《地质找矿论丛》为季刊;国际标准连续出版物号 ISSN 1001-1412,中国标准连续出版物号 CN 12-1131/P;铜版纸彩色印刷,国际开本(A4),每季末月 25 日出版;每期定价 20.00 元,全年定价 80.00 元;公开发行,国内邮发代号:6-283。

订阅办法:

(1)通过各地邮局订阅

邮发代号:6-283,全国各地邮局均可办理订阅。

(2)通过“全国非邮发报刊联合发行部”订阅

地址:天津市大寺泉集北里别墅 17 号,全国非邮发报刊联合征订服务部

邮政编码:300385

电话:022-23973378;23962479 传真:022-23973378

E-mail:LHZD@public.tpt.tj.cn “刊林网”网址:www.LHZD.com

(3)向《地质找矿论丛》编辑部订阅(只限不需要发票者)

汇款地址:天津市河东区友爱东道平房 4 号,中钢地质院《地质找矿论丛》编辑部

邮政编码:300181 电话:022-84283083 联系人:任光义

E-mail:luncong@163.com; luncong@yeah.net