

辽北地区早三叠世尖山子火山岩岩石地球化学特征及成因探讨

杨仲杰

辽宁省地质矿产调查院 辽宁 沈阳 110031

摘 要 辽北地区早三叠世尖山子火山岩由 1:25 万区域地质调查修测项目建立,出露范围局限,没有区域上的延展性。本文在 1:5 万区调工作的基础上,对其岩石学、岩石地球化学以及成因等方面进行深入细致的研究。该期火山岩,总体从基性→中性→酸性演化,具有钾、硅、铝增高,铁、镁、钙降低的特点。该时期火山岩各岩石过渡元素分配型式曲线基本协调一致,呈明显的“海鸥”型,表明为同源岩浆分异产物。偏碱性岩石为富稀土岩石,正常岩石为贫稀土岩石,LREE/HREE 值为 7.75~18.45。各岩石均具轻稀土富集、分馏较好及重稀土亏损、分馏较弱的特征。Sm/Nd 值为 0.14~0.21, Eu/Sm 值为 0.24~0.37,其反映该时期火山岩岩浆主要来自幔源。
关键词 尖山子火山岩;岩石地球化学;成因;早三叠世;辽北地区

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2016.06.003

PETROGEOCHEMISTRY AND ORIGIN OF THE EARLY TRIASSIC JIANSHANZI VOLCANIC ROCK IN NORTHERN LIAONING PROVINCE

YANG Zhong-jie

Liaoning Institute of Geological and Mineral Survey, Shenyang 110031, China

Abstract :The Early Triassic Jianshanzi volcanic rock in northern Liaoning, which was established by the Project of 1:250 000 Regional Geological Survey, is limitedly exposed, without regional extension. On the basis of the regional geological survey, this article studies the petrology, geochemistry and genesis of the volcanic rock. The result shows that the volcanic rock evolves from basic through intermediate to acidic, with characteristics of high-K, Si and Al and low-Fe, Mg and Ca. The distribution patterns of transition elements of this volcanic rock are generally consistent, suggesting a comagmatic origin. The meta-alkaline rocks are REE-rich; while the normal rocks are poor with REE. The rocks are characterized by enriched LREE with well fraction and depleted HREE with poor fraction, with LREE/HREE values ranging from 7.75 to 18.45, Sm/Nd values of 0.14-0.21, and Eu/Sm values of 0.24-0.37, indicating that the magma of the Jianshanzi volcanic rock is originated from mantle source.

Key words :Jianshanzi volcanic rock; petrogeochemistry; origin; Early Triassic; northern Liaoning Province

0 前言

辽北地区区域上隶属中国东部滨太平洋燕山期构造-岩浆-成矿带西段,辽东火山活动带(即胶辽构造岩浆岩带的组成部分)西北部,处于长期隆起的基底构

造背景之上,火山岩浆作用强烈,火山岩分布广泛^①。中生代以来,全区已上升为陆地而成为欧亚大陆板块的一部分(东缘),进入了滨太平洋构造域的发展演化阶段,受太平洋板块北西向作用影响,产生了一系列北

收稿日期:2015-12-16;修回日期:2016-02-29。编辑:李兰英。

基金项目:中国地质调查局“辽宁 1:5 万房木镇、八棵树镇等 4 幅区域地质矿产调查”项目(编号 12120113057900)。

作者简介:杨仲杰(1987—),男,工程师,从事区域地质调查与固体矿产勘查工作。通信地址:辽宁省沈阳市皇姑区宁山中路 42 号羽丰大厦 B 座 2511 号, E-mail//147018374@qq.com

①辽宁省区域地质志新编(未版)。2008-2015。

东向分布的断裂和褶皱,伴随着这种作用,形成了以裂隙式、中心式火山喷发为主要特点的火山活动,陆相火山岩十分发育。近年来,前人围绕辽宁北部及邻区火山岩已经作了大量的研究工作^[1-6]。通过新一轮的1:5万、1:25万区域地质调查,对中、新生代火山岩从岩石学、岩石地球化学、火山旋回、火山岩相、火山机构等方面进行了深入细致的研究。由于早三叠世火山岩规模小,分布有限,研究程度低,限制了对晚印支期—燕山期造山活动过程中岩浆起源与岩石圈深部过程的认识。为此,本文试图对辽北林丰地区早三叠世尖山子火山岩的岩石地球化学和岩石成因进行研究,希望能为探讨中生代早期地壳/岩石圈深部作用过程提供一些科学依据。

1 区域地质概况

研究区位于辽北开原市林丰乡的尖山子一带,近东西向展布(如图1)。在1976年1:20万开原幅区调工作时将早三叠世尖山子火山岩置于辽北辽河群的高家峪组;1988年王东方等^[6]置其于“清河镇群”的北大沟组;1989年唐克东等认为其为新太古代绿岩;1999年郇彦清等将其纳入中元古代开原岩群^①。直到2004年吉林地调院在完成1:25万辽源幅区调测工作时将其置于早三叠世,并在尖山子水库大坝处取英安岩测年(42°25.81'N,124°41.77'E),其锆石离子探针(SHRIMP)年龄为247.5±6 Ma,表明该套地层的确切时代为晚二叠世—早三叠世,暂将其置于早三叠世。由于其在区内分布局限,故暂以非正式地层单位尖山子火山岩称之^②。本文依托1:5万房木镇等四幅区调工作,在野外地质特征、室内岩石化学及前人资料的基础上,采用原1:25万辽源幅区调测年结果,将其置于早三叠世,划归为中生代早期早三叠世尖山子期火山岩。

2 火山岩岩石学特征

研究区中生代早期火山活动强度微弱,火山活动以爆发—喷溢交替出现为特点,主要分布在林丰乡一带。该期火山岩岩石类型复杂,考虑到样品分布的均匀性和代表性,共取火山岩硅酸盐样品8件进行测试分析。根据TAS火山岩分类图解(图2),尖山子火山

岩系总体岩石化学成分属于碱性—钙碱性系列,岩石类型主要有玄武岩、玄武安山岩、安山岩、粗安岩、粗面岩、英安岩及流纹岩。其中以安山岩出露最为广泛,是尖山子期火山岩的主要岩石类型,其余均少量出露。岩石受印支期构造影响均发生了强烈的片理化,因此,片理化安山岩是尖山期最主要的岩石类型。

2.1 岩石基本特征

研究区内该时期火山岩岩石类型主要由玄武岩、安山岩、粗安岩、粗面岩、英安岩及流纹岩组成。现对其基本岩石类型描述如下。

1)灰绿色片理化安山岩:岩石风化面呈灰色,新鲜面呈灰绿色,变余斑状结构,杏仁状构造,岩石由变余斑晶和基质两部分构成。斑晶主要由呈板状斜长石组成,基质由呈针柱状的闪石类和长石、少量石英等构成,略呈定向分布。根据其蚀变类型和矿物含量的不同,可以进一步将其划分为灰绿色变质安山岩、灰绿色阳起变质安山岩、灰绿色绿帘石化安山岩、灰绿色角闪安山岩、灰绿色斑状变质安山岩。

2)黑色片理化玄武岩:岩石风化面呈灰黑色,新鲜面呈灰黑色,变余斑状结构,块状构造,部分具气孔构造或杏仁状构造。岩石斑晶成分为斜长石、橄榄石、单斜辉石。斜长石呈板状,常具环带构造或钠黝帘石化现象。橄榄石半自形—他形粒状,其内部常见皂石化现象。辉石呈自形或半自形短柱状。岩石基质呈玻晶交织结构或间隐—间粒结构,主要由隐晶质和微晶斜长石组成,其次有辉石微晶、玻璃质及铁质等。气孔常由绿泥石、皂石、铁质或硅质充填。

3)灰绿色片理化玄武安山岩:岩石风化面呈深灰色,新鲜面呈灰绿色,斑状结构,块状构造。偶见气孔—杏仁状构造。斑晶由斜长石和暗色矿物组成,以暗色矿物为主,成分为辉石或橄榄石,多呈自形柱状。斜长石斑晶常具环带构造。基质间粒结构、玻晶交织结构,由斜长石、单斜辉石微晶及玻璃质和不透明金属矿物组成。斜长石微晶呈长板条状,多数沿长轴近平行排列。辉石微晶、玻璃质及不透明金属矿物充填于其间隙中。

4)灰黑色片理化粗安岩:岩石风化面呈灰黑色,新鲜面呈灰黑色,变余斑状结构,块状构造,有时可见到

①辽宁省1:5万房木镇、八棵树镇等四幅区域地质矿产调查报告,2013—2015。

②吉林省1:25万辽源市幅区域地质调查报告,2001—2003。

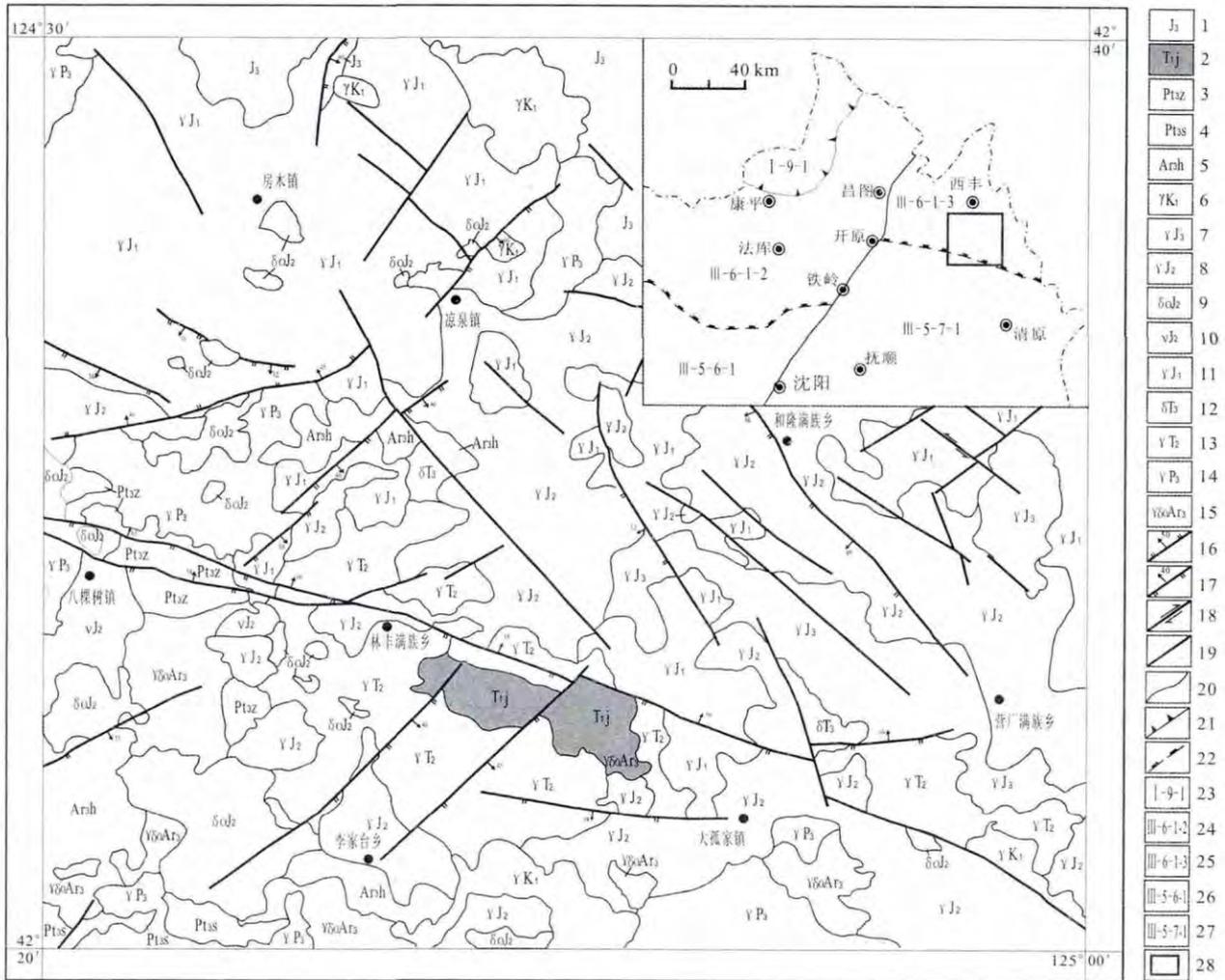


图 1 研究区区域地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch map of the study area

1—上侏罗统地层(U. Jurassic) 2—下三叠统尖山子火山岩(L. Triassic Jianshanzi volcanic rock) 3—新元古界照北山岩组(Neoproterozoic Zhaobeishan fm.) 4—中元古界石门岩组(Mesoproterozoic Shimen fm.) 5—新太古界红头山岩组(Neoarchean Hongtoushan fm.) 6—早白垩世花岗岩(E. Cretaceous granite) 7—晚侏罗世花岗岩(Late Jurassic granite) 8—中侏罗世花岗岩(Middle Jurassic granite) 9—中侏罗世石英闪长岩(M. Jurassic quartz diorite) ; 10—中侏罗世辉长岩 (M. Jurassic gabbro) ;11—早侏罗世花岗岩 (E. Jurassic granite) ;12—晚三叠世闪长岩(L. Triassic diorite) ;13—中三叠世花岗岩 (M. Triassic granite) ;14—晚二叠世花岗岩 (L. Permian granite) ;15—新太古代英云闪长质片麻岩(Neoarchean tonalitic gneiss) ;16—正断层(normal fault) ;17—逆断层(reverse fault) ;18—平移断层(strike-slip fault) ;19—性质不明断层(nature unknown fault) 20—地质界线(geologic boundary) 21—三级构造单元界线(3rd-order tectonic unit) 22—二级构造单元界线(2nd-order tectonic unit) 23—双辽拗陷(Shuangliao depression) 24—法库晚古生代残留海盆(Late Paleozoic Faku residual marine basin) 25—西丰晚古生代岩浆弧(Late Paleozoic Xifeng magmatic arc) 26—下辽河新生代断拗盆地 (Cenozoic Xialiaohe fault depression basin) 27—龙岗隆起(Longgang uplift) 28—研究区(study area)

气孔状、杏仁状构造。气孔中常充填硅质、绿泥石及沸石等。岩石斑晶由斜长石、钾长石、角闪石和少量辉石组成。斜长石呈自形—半自形板柱状,表面多泥化,有熔蚀现象。钾长石一般为自形—半自形厚板状,有的被熔蚀呈浑圆状,常见高岭土化。辉石为自形短柱状,多为普通辉石,少量透辉石。基质主要为玻璃质,含有钾长石、斜长石微晶和少量辉石微晶,构成玻晶交织结构。

5)灰色片理化粗面岩,岩石风化面呈灰黑色,新鲜面呈灰色,变余斑状结构,块状构造。斑晶成分为钾长石、斜长石、辉石、黑云母等。钾长石自形厚板状,有被熔蚀现象。斜长石为自形板状。辉石多为普通辉石,少量透辉石。黑云母多具暗化边。基质由微晶钾长石、斜长石及少量黑云母、绿帘石、石英等构成,粗面结构及霏细结构。

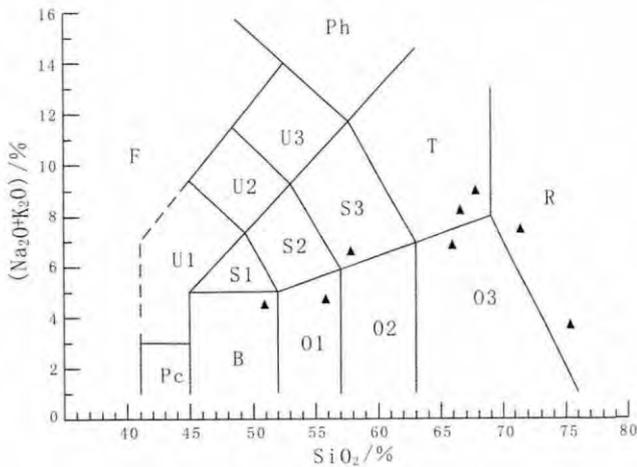


图2 尖山子火山岩 TAS 图解

Fig. 2 The TAS diagram of Jianshanzi volcanic rocks

F—副长石岩 (foidite) ;Pc—苦橄玄武岩 (picrite basalt) ;B—玄武岩 (basalts) ;O1—玄武安山岩 (basalt andesite) ;O2—安山岩 (andesite) ;O3—英安岩 (dacite) ;S1—粗面玄武岩 (trachybasalt) ;S2—玄武粗安岩 (basaltic trachyandesite) ;S3—粗安岩 (trachyandesite) ;T—粗面岩、粗面英安岩 (trachyte/trachyte) ;R—流纹岩 (rhyolite) ;U1—碧玄岩、碱玄岩 (basanite/tephrite) ;U2—响岩质碱玄岩 (phonotephrite) ;U3—碱玄质响岩 (tephriphonolite) ;Ph—响岩 (phonolite)

6) 灰黑色片理化英安岩: 岩石风化面呈灰黑色, 新鲜面呈灰黑色, 变余斑状结构, 流动构造, 岩石斑晶以斜长石为主, 斜长石为自形板状, 有轻微绢云母化现象。基质由微晶板条状的斜长石近平行—半平行排列, 其间充填有隐晶质, 长英质霏细粒状石英, 构成变余交织霏细结构。

7) 灰白色片理化流纹岩: 岩石风化面呈灰白色, 新鲜面呈灰白色, 变余斑状结构, 流动构造, 岩石由斑晶和基质组成。变余斑晶由斜长石和少量碱性长石组成。基质由少量呈微晶板条状斜长石半平行—平行排列, 其间充填有长英质、云母以及少量帘石成分, 构成变余交织霏细结构, 略具定向分布。

2.2 主量元素特征

该期火山岩主量元素分析结果见表 1。尖山子火山岩类岩石化学成分平均值与黎彤值和戴里值相比, 片理化玄武岩具高铝、富钾钠、贫铁钙的特点, 片理化玄武安山岩具低铝、富钾钠、贫铁钙的特点, 片理化粗安岩具低铝、贫钾钠、富镁铁钙的特点, 片理化粗面岩具低铝、贫钾钠、富镁钙的特点, 片理化英安岩具低铝、富钾钠、贫镁铁钙的特点, 片理化流纹岩具高铝、富钾钠、贫铁钙的特点。上述总体显示中生代早期岩浆由

基性→中性→酸性的演化过程, 同时也显示了该期火山岩形成于陆内构造环境^[7-8]。

2.3 微量元素特征

该期火山岩微量元素含量和有关参数值见表 1。该期火山岩类与黎彤的陆壳、洋壳及上地幔值相比, 火山熔岩从基性→酸性具 Cr、Ni、Co、V 含量逐渐减少的特点。Rb、Sr、Ba、Zr 在该期的火山岩石中显示较高的特点。依据黎彤等人的研究, 作为地球化学指示元素铁族微量元素 Cr、Co、Ni 及 Nb/Ta、Zr/Ta 比值从上地幔→洋壳→陆壳是递减的。碱性和与碱有关的微量元素 Rb、Sr、Ba、Zr、Nb、Th、U 及 Rb/Sr、Bb/Sr 比值从上地幔→洋壳→陆壳是递增的。根据这一变化规律, 判断本区火山岩的岩浆在上升迁移过程中, 除本身有分异和分馏作用外, 还与围岩物质发生了同化混染和重熔。从图 3a 中看出, 该期火山岩各岩石过渡元素分配型式曲线基本协调一致, 呈较明显的“海鸥”型, 表明为同源岩浆分异产物。岩石曲线出现相交现象, 是由于个别元素在不同岩石中富集程度不同所致, 反映了岩浆在运移和成岩过程中可能有外界物质的介入和混染。图中各类岩石的 Nb 具有明显的波谷, 表明该元素在该期火山岩中比较亏损, 说明该期火山岩属于正常岛弧火山岩, 由源自俯冲板片脱水产生的流体交代地幔楔发生部分熔融而形成^①。

2.4 稀土元素特征

该期火山岩稀土元素含量和有关参数值列入表 1。由表 1 可知, 该期火山熔岩各岩石稀土总量差别较大, ΣREE 为 101.17~165.47, 平均值为 132.49。与黎彤陆壳值 (154.7×10^{-6}) 以及世界同类岩石维氏值 (基性岩 85×10^{-6} 、中性岩 130×10^{-6}) 相比, 大部分较低, 各别样品接近或稍偏高。由此反映该期火山岩偏碱性岩石为富稀土岩石。LREE/HREE 值为 7.75~18.45, $(La/Yb)_N$ 7.86~30.57, $(Ce/Yb)_N$ 6.7~18.26, La/Sm 4.42~11.86, 以上参数值 (表 1) 及稀土曲线 (图 3b) 特征反映该期火山岩各岩石均具轻稀土富集、分馏较好, 重稀土亏损、分馏较弱的特点。 δEu 值反映铕异常不明显, 部分样品具有较明显正铕异常, 反映该类样品铕富集。 δCe 值反映该期火山岩的铈异常不明显, 除样号为 PM006_34_TY1、PM006_5_TY1 样品具有较强的正铈异常, 以上特征与稀土曲线相吻合。 Sm/Nd 0.14~0.21, Eu/Sm 0.24~0.37, 反映该期火山岩岩浆来自幔源^[7-10]。

① 辽宁省 1:5 万房木镇、八棵树镇等四幅区域地质矿产调查报告, 2013-2015。

表1 尖山子火山岩主量元素、微量元素及稀土元素分析结果表

Table 1 Contents of major, trace and rare earth elements in the Jianshanzi volcanic rock

样品号	PM006-24-TY1	PM006-32-TY1	PM004-40-TY1	PM006-11-TY1	PM006-21-TY1	PM006-34-TY1	PM009-29-TY1	PM006-5-TY1
样品名称	片理化流纹岩	片理化流纹岩	片理化英安岩	粗面岩	片理化粗面岩	片理化粗安岩	片理化玄武安山岩	片理化玄武岩
SiO ₂	77.21	72.89	67.89	68.36	67.46	58.60	57.12	53.19
TiO ₂	0.29	0.29	0.51	0.45	0.57	1.36	0.97	0.89
Al ₂ O ₃	14.22	15.08	16.09	15.40	15.77	16.29	14.46	16.86
Fe ₂ O ₃	2.36	1.33	1.42	1.55	1.57	1.73	3.30	4.33
FeO	1.09	0.79	3.02	1.78	2.34	5.09	3.70	4.59
MnO	0.02	0.03	0.06	0.07	0.06	0.11	0.15	0.14
MgO	0.39	1.04	1.85	1.70	1.85	4.51	6.68	7.76
CaO	0.14	0.84	2.05	1.99	2.00	5.53	8.72	7.01
K ₂ O	3.84	4.52	3.22	3.79	3.50	2.17	0.72	1.59
Na ₂ O	0.34	3.12	3.76	4.74	4.71	4.34	4.11	3.29
P ₂ O ₅	0.10	0.09	0.13	0.16	0.18	0.27	0.07	0.34
总和	100	100	100	100	100	100	100	100
Co	4.79	3.9	13.7	9.81	12.4	27.7	39	39.5
Cr	33.3	39.5	71.8	62	68.6	198	470	390
Ni	23.2	5.67	25.7	28.4	26	84.8	259	139
Th	16.5	18.9	10.9	8.27	9.35	11.9	6.3	5.78
Rb	86.5	147	89.4	96.4	104	60.3	19.4	38.6
Ba	1091	1143	1074	873	808	569	344	403
Sr	338	284	332	772	954	928	976	891
Nb	9.2	8.61	8.15	4.38	4.87	8.72	5.22	3.99
Ta	0.96	0.97	0.39	0.26	0.34	0.64	0.28	0.58
Zr	177	200	175	161	233	167	192	259
U	4.65	3.6	0.69	2.33	2.65	1.63	1.09	0.57
Hf	3.91	4.31	3.46	4.14	4.97	2.79	3.89	5.15
Rb/Sr	0.26	0.52	0.27	0.12	0.11	0.06	0.02	0.04
Ba/Sr	3.23	4.02	3.23	1.13	0.85	0.61	0.35	0.45
Zr/Nb	19.24	23.23	21.47	36.76	47.84	19.15	36.78	64.91
Zr/Ta	184.38	206.19	448.72	619.23	685.29	260.94	685.71	446.55
Nb/Ta	9.58	8.88	20.9	16.85	14.32	13.63	18.64	6.88
La	32.3	34.5	23.3	20.8	30.5	26.2	21.4	21.8
Ce	49.3	53.7	46.3	37.5	54.3	66.3	39.1	63.9
Pr	5.51	5.81	5.05	4.76	6.9	7.04	5.34	5.96
Nd	19	20.1	18	18	25.7	26.5	21	23.7
Sm	2.91	2.91	2.93	3.24	4.56	4.96	3.77	4.93
Eu	0.7	0.72	1.09	1.11	1.32	1.61	1.36	1.79
Gd	2.1	2.57	2.47	2.83	3.83	5.07	3.97	4.27
Tb	0.27	0.31	0.28	0.32	0.46	0.67	0.53	0.71
Dy	1.54	1.57	1.72	1.8	2.3	3.91	3.03	4.16
Ho	0.28	0.28	0.36	0.34	0.44	0.66	0.55	0.73
Er	0.76	0.82	0.95	0.94	1.42	1.99	1.81	2.32
Tm	0.098	0.13	0.17	0.11	0.24	0.31	0.25	0.33
Yb	0.74	0.76	1.08	0.64	1.09	1.61	1.51	1.87
Lu	0.16	0.13	0.13	0.12	0.19	0.24	0.21	0.3
Y	6.37	9.04	6.5	8.66	15.2	18.4	15.1	21.7
ΣREE	122.04	133.35	110.33	101.17	148.45	165.47	118.93	158.47
LR/HR	18.45	17.92	13.5	12.03	12.37	9.17	7.75	8.31
(Ce/Yb) _N	17.23	18.26	11.08	15.17	12.87	10.66	6.7	8.84
(La/Yb) _N	29.43	30.57	14.54	21.93	18.85	10.98	9.56	7.86
La/Sm	11.1	11.86	7.95	6.42	6.69	5.28	5.68	4.42
δCe	0.82	0.84	0.98	0.87	0.87	1.15	0.86	1.33
δEu	0.83	0.79	1.21	1.1	0.94	0.97	1.07	1.17
Eu/Sm	0.24	0.25	0.37	0.34	0.29	0.32	0.36	0.36
Sm/Nd	0.15	0.14	0.16	0.18	0.18	0.19	0.18	0.21

含量单位: 主量元素为%, 其他元素为 10⁻⁶.

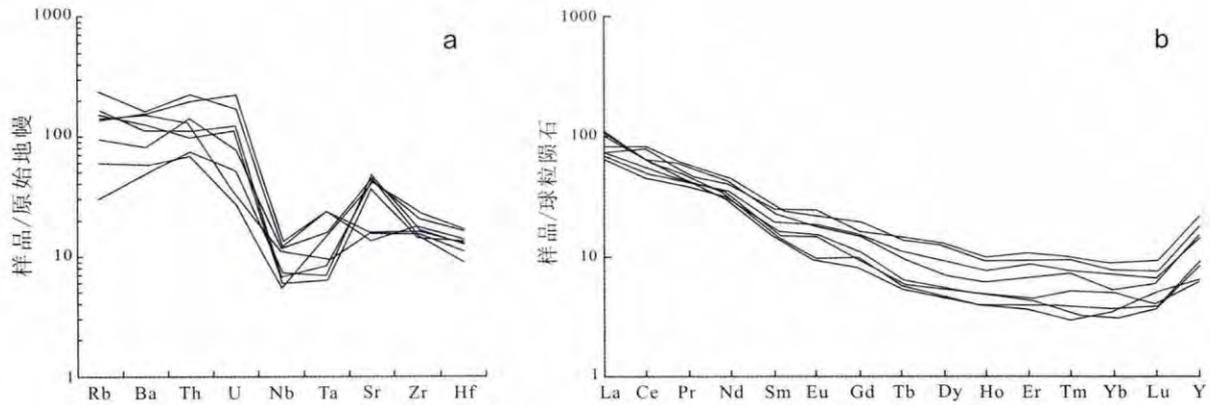


图3 尖山子火山岩微量元素蛛网图与稀土元素配分曲线模式图
(标准值采用 Sun and McDonough ,1989 推荐值)

Fig. 3 Primary mantle-normalized trace element patterns and chondrite-normalized REE distribution patterns of the Jianshanzi volcanic rocks
(Standard values after Sun and McDonough ,1989)

3 火山岩形成环境及源区

判别火山岩岩浆来源及成因的方法很多，本次研究采用以下几种方法对各个火山喷发旋回火山岩岩浆来源及成因进行分析判别。

3.1 火山岩岩浆源及成因分析

在 $(La/Yb)_N - Yb_N$ 图解(图4)中,尖山子火山岩的投影点大部分投在大陆壳源区左侧及上侧,主要由角闪岩组成的源区产生的熔体趋势线附近,个别样品点投在大陆壳源区内及其下方大洋中脊附近.该旋回火山岩稀土元素总量较高,为轻稀土富集型岩石. δEu 显示正常或不明显负异常, Eu/Sm 为0.24~0.37, La/Yb 值均大于10,为幔壳源^[7].微量元素异常值特征反映该期火山岩既有地壳成因信息,也有幔源的信息.在 $La/Sm - La$ 关系图解(图5)中,有两个火山岩投影点落在分离结晶线附近,其余均落在分离结晶线下方.综上所述,各种信息反映该期火山岩岩浆来源于壳幔混源.

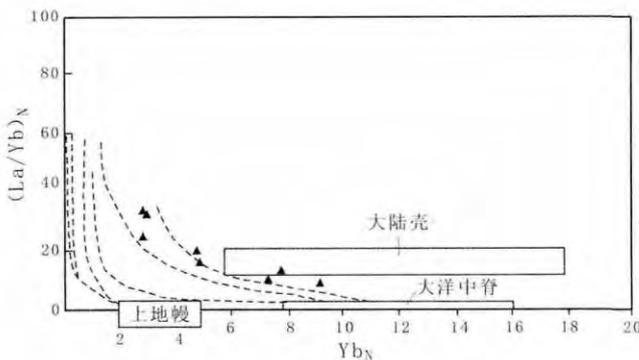


图4 尖山子火山岩 $(La/Yb)_N - Yb_N$ 图解
(据江博明,1981)

Fig. 4 The $(La/Yb)_N - Yb_N$ diagram of Jianshanzi volcanic rocks
(After Jahn B M ,1981)

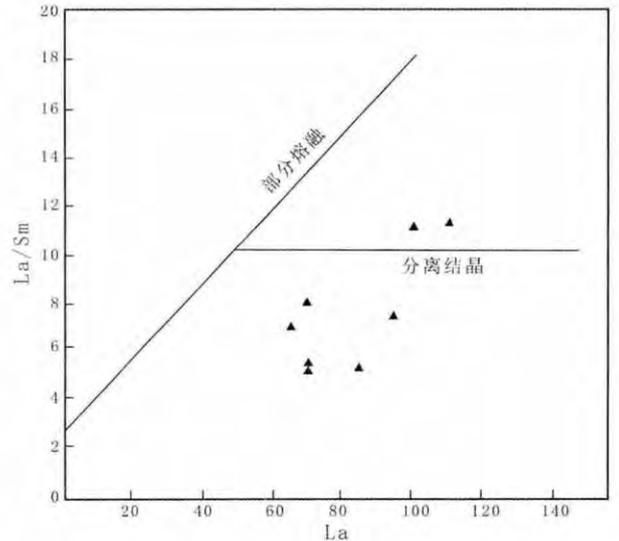


图5 新生代火山岩 $La/Sm - La$ 图解
(据 Allegre ,1973)

Fig. 5 The $La/Sm - La$ diagram of Cenozoic volcanic rocks
(After Allegre ,1973)
▲—尖山子火山岩(Jianshanzi volcanic rock)

3.2 火山岩形成构造环境

在 $\log \gamma - \log \delta$ 图解(图6)中,中生代早期尖山子火山岩投影点,主要投在B区,处于造山带火山岩区.与日本火山岩相比,在其附近,表明该时代火山岩构造位置接近中生代的俯冲带,反映该时代火山岩构造位置处于构造活动较强的不稳定地区.从Rb-Sr关系图解(图7)中可以看出,该期火山岩投影点多数落在地壳厚度大于30 km区内,少数落在20~30 km范围内.由此表明,该时代火山岩形成时地壳厚度大于30 km.从反映火山岩构造位置的 $<FeO> - MgO - Al_2O_3$ 图解(图8)及 $TiO_2 \times 10 - Al_2O_3 - K_2O \times 10$ 图解(图9)中得知,尖山子

火山岩的投影点大部分投在岛弧造山带火山岩区内。从 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 关系图解(图 10)反映,尖山子山旋回岩浆来源深度 100~200 km。据此分析研究区应属接近俯冲带活动大陆边缘构造背景。

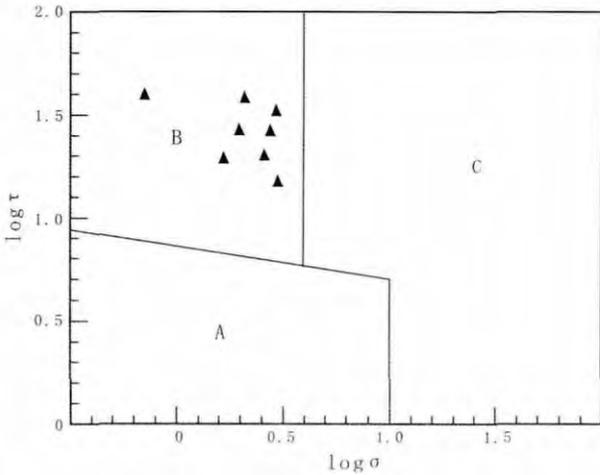


图 6 里特曼-戈蒂里图解
(据 Rittmann, 1973)

Fig. 6 The Rittmann-Cottine diagram
(After Rittmann, 1973)

A—非造山带火山岩 (anorogenic volcanic rock) B—造山带火山岩 (orogenic volcanic rock) C—A、B 区派生的碱性、偏碱性火山岩 (alkaline/meta-alkaline volcanic rock derived from A and B areas); ▲—尖山子火山岩(Jianshanzi volcanic rock)

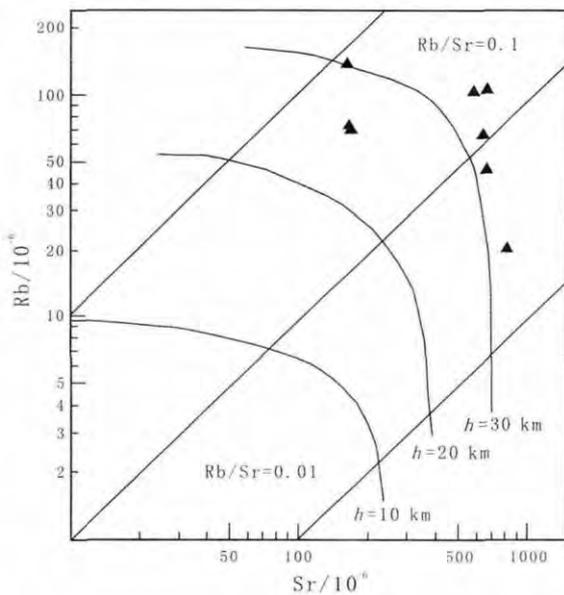


图 7 Rb、Sr 浓度与大陆壳厚度关系图
(据 Condie, 1973)

Fig. 7 Relationship between the contents of Rb and Sr and the thickness of continental crust
(After Condie, 1973)

▲—尖山子火山岩(Jianshanzi volcanic rock)

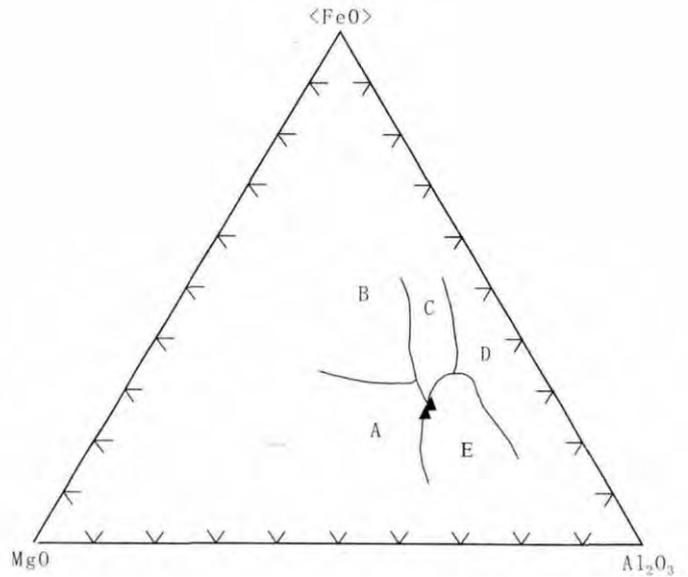


图 8 <FeO>-MgO-Al₂O₃ 图解
(据 Pearce, 1977)

Fig. 8 The <FeO>-MgO-Al₂O₃ diagram
(After Pearce, 1977)

A—洋中脊火山岩 (mid-ocean ridge volcanic rock) B—洋岛火山岩 (oceanic island volcanic rock) C—大陆火山岩 (continental volcanic rock) D—岛弧拉张中心火山岩 (island arc extension center volcanic rock) E—造山带火山岩 (orogenic volcanic rock); ▲—尖山子火山岩 (Jianshanzi volcanic rock)

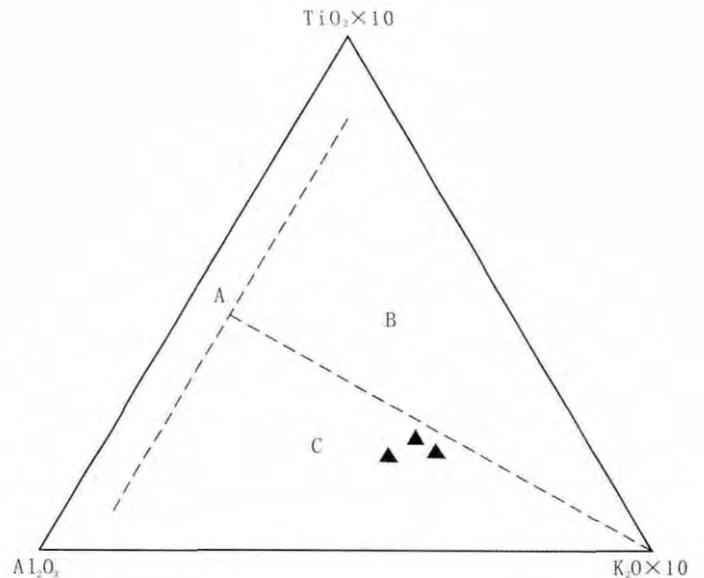


图 9 TiO₂×10-Al₂O₃-K₂O×10 图解
(据赵崇贺, 1989)

Fig. 9 The TiO₂×10-Al₂O₃-K₂O×10 diagram
(After Zhao C H, 1989)

A—大洋玄武岩区 (oceanic basalt) B—大陆裂谷型玄武岩、安山岩 (continental rift basalt/andesite) C—岛弧造山带玄武岩、安山岩区 (island arc orogenic basalt/andesite); ▲—尖山子火山岩(Jianshanzi volcanic rock)

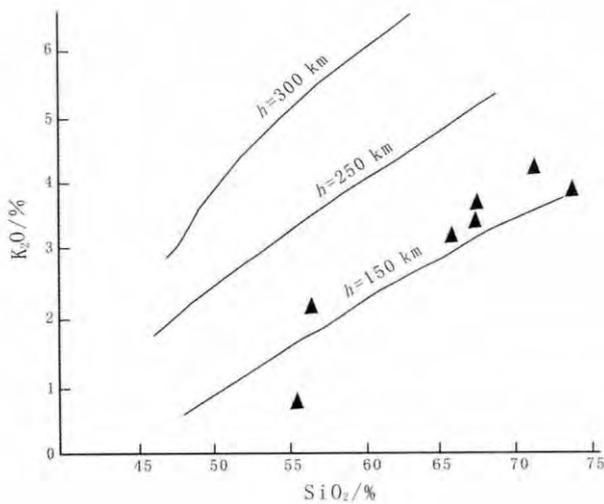


图 10 SiO₂-K₂O 与岩浆来源深度关系图

Fig. 10 Relationship between the contents of SiO₂ and K₂O and the depth of magmatic source

▲—尖山子火山岩(Jianshanzi volcanic rock)

综上所述,研究区中生代早期早三叠世火山岩属于活动大陆边缘的产物,火山喷发盆地形成的驱动力并非是古太平洋板块向欧亚板块斜向俯冲的结果,而是由于中生代期间古太平洋板块向欧亚板块的斜向俯冲方向不断改变^[11],华北陆块南部与华南陆块旋转碰撞,北部受西伯利亚板块的俯冲、碰撞的影响,引起地壳或岩石圈处于拉张的结果所致。因此尖山子火山岩具有活动大陆边缘地区的特征。由于局部拉张作用,幔源岩浆沿基底深大断裂中心式火山喷发,形成早三叠世尖山子火山岩,岩浆来源深度 100~200 km。

致谢: 本文是辽宁省 1:5 万房木镇等 4 幅区调项目中侵入岩章节研究的部分成果。在撰写过程中得到了项目负责刘锦、技术负责彭游博等同志的帮助,在此一并致谢。

参考文献:

- [1]王忠江,翟富荣,王岐,等.辽宁西丰大岩体的解体及其地质意义[J].地质与资源,2013,22(2):86-93.
- [2]代丽霞,辛玉莲,王伯臣,等.辽宁省开原市八棵树一带地质构造特征[J].吉林地质,2011,30(3):38-42.
- [3]陈跃军,孙春林,刘跃文,等.辽北清原地体上的一个新的特殊岩石地层单位——芦家堡子岩组[J].世界地质,2006,25(3):213-221.
- [4]赵春荆,彭玉鲸,党增欣,等.东部构造格架及地壳演化[M].沈阳:辽宁大学出版社,1996:1-186.
- [5]彭玉鲸,苏养正.吉林中部地区地质构造特征[C].中国地质科学院沈阳地质矿产研究所集刊,1997(5/6):335-376.
- [6]王东方,陈从云,杨森,等.辽北早古生代清河镇群的建立及其重大地质意义[J].中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊,1988,17:1-21.
- [7]Rollison H R. 岩石地球化学[M].合肥:中国科学技术大学,2000:1-243.
- [8]刘丛强,解广轰,增田彰正.中国东部新生代玄武岩的地球化学——I 主量元素和微量元素:岩石成因及源区特征[J].地球化学,1995,24(1):1-19.
- [9]张宏,张旗.辽西北票四合屯地区义县组高镁火山岩的稀土、微量元素特征及启示[J].中国稀土学报,2005,23(6):736-741.
- [10]彭艳东,张立东,张长捷,等.辽西义县组火山岩的 K-Ar、⁴⁰Ar/³⁹Ar 法同位素年龄测定[J].地球化学,2003,32(5):427-435.
- [11]肖高强,高山,黄华,等.辽西彰武大四家子地区中生代火山岩锆石 U-Pb 年代学及地球化学特征.地球科学——中国地质大学学报,2008,33(2):151-164.