第 14 卷第 2 期　　地 质 与 资 源　　Vol. 14 No. 2
2005 年 6 月　　GEOLOGY AND RESOURCES　　June 2005
文章编号:1671 - 1947(2005)02 - 0087 - 06　　中图分类号:P588. 14; P591; P542　　文献标识码:A

大兴安岭北段塔木兰沟组玄武岩地球化学及构造背景

张　昱[1,2],赵焕力[3],韩彦东[3]
(1. 中国地质大学,北京 100083;2. 黑龙江地质调查研究总院,黑龙江 哈尔滨 150036;
3. 黑龙江地质调查研究总院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘　要:通过对大兴安岭北段塔木兰沟组玄武岩岩石学、地球化学及其形成的大地构造环境的综合研究发现,塔木兰沟组玄武岩具有拉斑玄武岩和碱性玄武岩的双重特征,$Na_2O-2<K_2O$; Eu 无异常,La/Yb = 35. 7(平均); 富集 Ba、Sr、K,亏损 Nb. 岩浆的形成可能与裂谷作用有关. 在这一构造 - 热事件中,推测该裂谷在上黑龙江地区陆壳减薄最大,呼中地区岩石圈减薄最大,根河地区陆壳、岩石圈减薄均较小.

关键词:玄武岩; 裂谷作用; 塔木兰沟组; 大兴安岭北段

大兴安岭北段中生代火山岩规模巨大,成岩时期为晚侏罗世—早白垩世,岩石类型复杂,基性—酸性火山岩均有大面积出露. 近年来,学者们对该区中生代火山岩进行了大量的研究,先后提出以下几种认识:(1)太平洋板块俯冲作用[1];(2)裂谷作用[2];(3)大陆根 - 柱构造[3];(4)与古亚洲洋闭合过程中壳幔相互作用引起的深部地幔热柱的上升有关[4];(5)发生于蒙古 - 鄂霍茨克洋盆封闭、碰撞使大兴安岭地区隆升造山之后的减压构造环境之中,受其超碰撞和伊佐奈歧板块与古亚洲板块相互作用的双重构造控制之下所发生的.

上述学者们的不同认识表明大兴安岭火山岩具有复杂成因特征. 通过大兴安岭北段额尔古纳左旗幅 1:25 万区域地质调查,笔者认为本区晚侏罗世基性火山岩与早白垩世基性 - 酸性火山杂岩的成因机制、构造环境是完全不同的. 本文试图通过对大兴安岭北段晚侏罗世塔木兰沟组玄武岩(K - Ar 全岩稀释法测年为 150. 7 Ma❶)岩石及地球化学的研究,探讨岩石圈地幔和软流圈地幔相互作用对本区塔木兰沟组玄武岩形成的贡献.

1　区域地质背景及岩相学

研究区位于大兴安岭火山岩带的北段(图 1),该火山岩带主要活动时期为晚侏罗世到早白垩世. 塔木兰沟组玄武岩系形成于晚侏罗世,是其最早的火山活动产物,沿 NE 向大兴安岭火山岩带山露. 工作区出露面积不大,但从剖面上及覆盖其上的中酸性火山碎屑岩角砾成分普遍含塔木兰沟组玄武岩看,塔木兰沟组玄武岩系可能遍布于中酸性火山构造洼地的大部分基底,说明当时其喷出量很大.

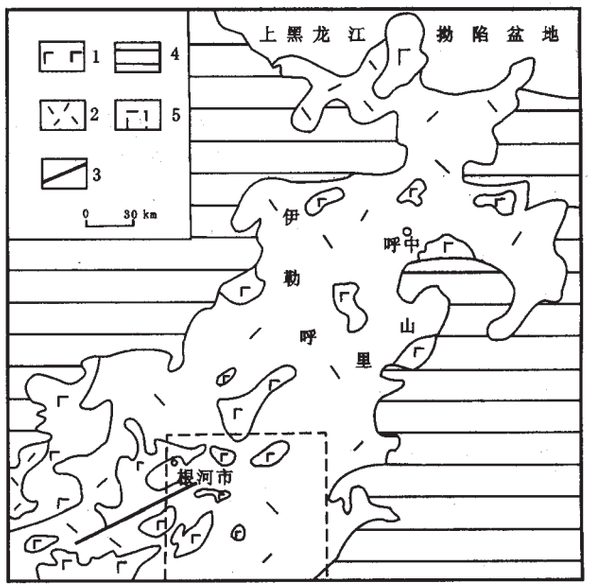


图 1　大兴安岭北段火山岩带简化地质图

Fig. 1　Simplified geological map of volcanic rocks in Northern Daxinganling

1—塔木兰沟组玄武岩(basalt of Tamulangou fm.);2—后期酸性火山岩覆层(acid volanic rock of later stage);3—断层(fault);4—基底(basement);5—研究区(studied area)

塔木兰沟组的岩石类型有粗面玄武岩、玄武粗安岩及少量粗安岩和粗面玄武质集块岩. 岩流单位明显,红顶绿底发育,岩流厚度不大,岩石气孔杏仁发育,少斑—斑状结构(局部多斑或无斑),基质间粒、间隐、交织结构,斑晶由斜长石(5% ~30%)、

收稿日期:2003 - 10 - 05;修回日期:2004 - 02 - 23. 王力编辑.

❶黑龙江地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 1:25 万额尔古纳左旗幅区调报告.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

橄榄石(1% ~7%)、单斜辉石(1% ~5%)组成. 斜长石主要为中长石,少量更长石,An = 25 ~ 43,Np′Λ(010) = 12 ~ 19°,晶面多被星点状黏土矿物或绿泥石交代;橄榄石暗化边发育,形成黏土矿物及绿泥石、伊丁石化,个别中心部位由石英或玉髓交代;单斜辉石新鲜,个别绿泥石交代. 基质主要为更、中长石,少量橄榄石,其间充填辉石、铁质质点,局部析出石英. 岩石普遍含杏仁体,最小达显微级,含量在6% ~20%之间,成分以黏土矿物(中心多为玉髓)为主,次为玉髓、碳酸盐. 岩层中硅质和碳酸盐细脉发育. 偶见石英捕虏晶,表明岩浆偶有上地壳物质混染.

2 岩石化学及地球化学特征

塔木兰沟组玄武岩系的主元素和稀土、微量元素特征见表1.

岩石宏、微观特征具有明显的玄武岩特点. 由于塔木兰沟组岩石经历了后期热液作用,形成硅质杏仁体和橄榄石蚀变,中心为石英交代呈假象,其K、Na和低场强元素Cs、Sr、Rb、Ba在后期热液、蚀变作用过程中为活泼元素,而有可能发生迁移,因此,本文采用岩石宏、微观特征与主元素、不活泼的高场强元素(HFSE)Ti、Zr、Y、Nb、Ta、Hf、Th和稀土元素相结合的方法进行岩石分类和讨论.

岩石的Al_2O_3(15.31% ~17.37%)高,$Na_2O - 2 < K_2O$,为钾质岩石. 里特曼指数σ = 1.97 ~4.28,其中2个为碱性系列,5个为亚碱性系列. 将5个亚碱性系列岩石投入<FeO> - <FeO> /MgO图中(图2),4个落入拉斑玄武岩系列. 在Nb/Y - Zr/TiO_2关系图中(图3),主要落入碱性玄武岩区和拉斑玄武岩区. 说明本区塔木兰沟组玄武岩系属拉斑和碱性系列,是拉斑玄武岩和碱性玄武岩共生的岩浆组合.

塔木兰沟组玄武岩系稀土元素配分曲线(图4)右倾,曲线平滑,斜率大,$(La/Yb)_N$ = 17.5 ~36.5,高度富集轻稀土. La/Yb = 25.1 ~53.5,平均35.7,暗示玄武岩浆形成与交代富集岩石圈地幔(La/Yb > 30)有关[5]. 无铕异常(δEu = 0.83 ~1.06),说明不管是岩浆的矿物结晶分异作用,还是岩浆部分熔融形成过程中,岩浆均未曾与斜长石处于相平衡过程中.

岩石微量元素原始地幔标准化蛛网图(图5)为右倾型,总体上显"隆起"特征,具板内玄武岩分布模式[6]. 高度富集Rb、

表1 塔木兰沟组主元素和稀土、微量元素分析结果

Table 1 Major elements, rare-earth and trace elements of Tamulangou formation

序号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	LOI	Total	σ
1	58.02	1.16	15.98	6.10	1.01	0.06	2.40	4.86	4.63	2.70	0.65	1.58	99.15	3.58
2	55.72	1.27	16.30	6.11	2.86	0.09	3.30	6.59	3.50	1.80	0.39	1.32	99.25	2.21
3	54.38	1.18	15.89	7.52	1.00	0.13	4.82	3.61	4.33	2.65	0.46	3.06	99.03	4.28
4	59.72	1.28	16.30	4.78	3.18	0.07	2.65	0.83	6.02	1.30	0.52	2.98	99.63	3.20
5	53.78	1.42	17.37	6.32	2.96	0.17	2.95	5.95	3.92	1.95	0.42	2.90	99.11	3.20
6	56.90	1.50	15.31	4.90	2.86	0.11	3.11	5.00	3.37	2.65	0.60	2.74	99.05	2.61
7	56.13	0.70	15.79	6.21	2.75	0.15	6.59	4.07	3.93	1.16	0.06	2.51	100.05	1.97

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	δEu
1	55.1	96.5	9.85	51.3	7.97	1.93	4.92	0.76	3.53	0.58	1.38	0.18	1.03	0.13	0.95
2	33.1	58.2	6.43	33.0	6.73	1.73	4.79	0.55	3.70	0.60	1.73	0.24	1.24	0.15	0.94
3	33.9	61.7	7.42	34.8	7.28	1.72	4.63	0.68	3.81	0.60	1.56	0.22	1.25	0.12	0.91
4	30.5	56.7	6.25	33.2	6.34	1.70	4.07	0.57	2.81	0.43	1.07	0.12	0.69	0.07	1.03
5	46.7	67.2	7.69	38.3	7.58	1.90	5.57	0.85	4.84	0.92	2.29	0.30	1.86	0.25	0.90
6	73.5	117.0	11.6	57.7	10.8	2.36	7.15	1.22	5.35	0.92	2.35	0.32	1.74	0.24	0.83
7	37.3	79.9	10.3	38.2	6.42	1.72	3.91	0.59	3.12	0.54	1.43	0.20	1.19	0.18	1.06

序号	Nb	Ta	Zr	Hf	U	Th	Ti	Cr	Ni	Rb	Cs	Sr	Ba	Sc	Y
1	13	3.1	270	7.7	1.5	7.5	8000	42.5	26.8	66.2	3.18	1080	1020	10	11.2
2	8.1	1.6	195	5.8	1.6	12	8000	77.4	29.6	45.8	2.68	1165	655	12	13.1
3	7.5	1.5	160	4.4	1	9.3	7700	97.3	47.3	55.3	9.08	1470	2070	14	13.4
4	5.8	1.5	160	5.6	1	11	8400	58.8	34	35.6	2.58	490	400	6.7	8.74
5	9.8	0.8	195	6.6	1.4	8	9000	52.2	17.9	42	4.9	820	770	15	18.5
6	15	1	310	8	1	10.8	8400	128	18	68.6	6.9	900	870	15	19.5
7	8.10	0.45	246	5.92	1.09	4.61	5400	46.3	28.5	51.4	2.82	756	648	12.9	15.1

分析单位:主元素由黑龙江地质调查研究总院齐齐哈尔分院测试;痕量元素由中国地质调查局宜昌地质矿产研究所测试. 含量单位:主元素为%;稀土、微量元素为10^{-6}.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

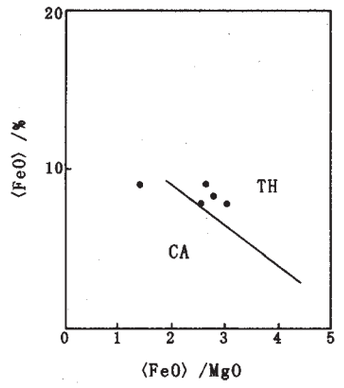


图 2　塔木兰沟组 <FeO> – <FeO> /MgO 图解

(据都城秋穗,1975)

Fig. 2　<FeO> – <FeO> /MgO diagram of Tamulangou formation

(after Miyarshiro, 1975)

TH—拉斑玄武岩系(tholeiite series);CA—钙碱性火山岩系(calc-alkaline volcanic series)

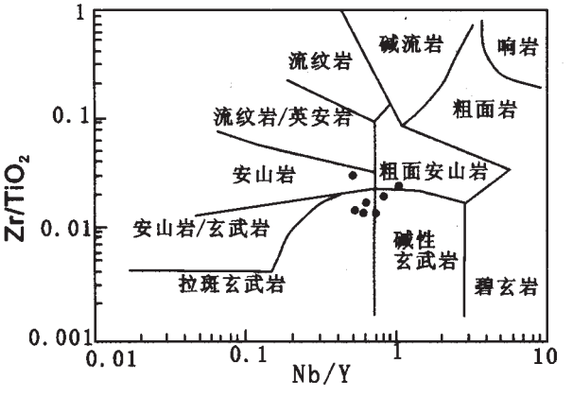


图 3　塔木兰沟组 Nb/Y – Zr/TiO_2 图解

(据 Winchester and Floyd, 1977)

Fig. 3　Nb/Y – Zr/TiO_2 diagram of Tamulangou formation

(after Winchester and Floyd, 1977)

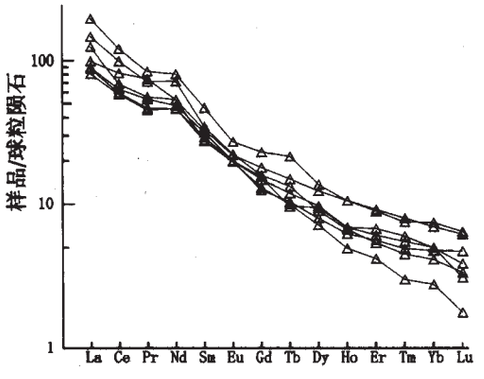


图 4　塔木兰沟组稀土元素球粒陨石标准化模式图

(标准化值引自 Boynton, 1984)

Fig. 4　Chondrite-nomalized REE pattern of Tamulangou formation

(after Boynton, 1984)

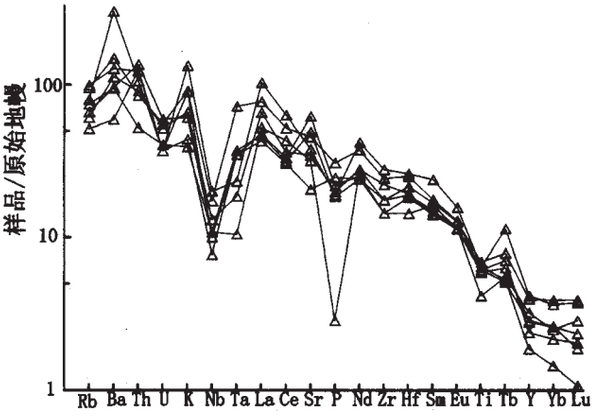


图 5　塔木兰沟组微量元素原始地幔标准化曲线图

(标准化值引自 Pearce, 1983)

Fig. 5　Primitive mantle-element pattern of Tamulangou formation

(after Pearce, 1983)

Ba、U、K 等大离子亲石元素(LILE),部分略富集 Sr,亏损 Nb 等高场强元素(HFSE)和 HREE、Y. 岩石亏损 Nb,而 Ta 不亏损,Nb/Ta = 3.9 ~ 18,显示 Nb – Ta 有明显的分馏. 岩石 Zr/Hf 值(27.6 ~ 41.5)接近(或略小)于原始地幔(36.27),远高于大陆地壳值(11),暗示本区塔木兰沟组玄武岩浆受到大比例地壳物质混染的可能性不大,但不排除偶有少量陆壳混染的可能,因为在局部玄武岩中偶尔见到石英捕虏晶.

3　讨论

3.1　源区性质

由以上分析可知,本区塔木兰沟组玄武岩以稀土、微量元素含量相对均一或变化不大为特征(图 4、5),表现岩浆上升过程中地壳混染作用不大,主要反映其源区的地球化学性质. 本区玄武岩为拉斑和碱性共生的系列组合,形成于板内环境. 一般来说,拉斑玄武岩浆是起源于地幔较浅位置(1.5 ~ 2.5 GPa),经深程度部分熔融而形成的;而碱性玄武岩浆则是由深部地幔(> 3.0 GPa)经浅度部分熔融而成[7]. 推测本区岩浆形成于 1.5 ~ 3.0 GPa 的由较浅到深部地幔区. 岩石亏损 HREE 和 Y,暗示岩浆熔出后的残留物中有石榴子石,而富 Al(Al_2O_3 > 15%)、Sr(部分正异常),无 Eu 异常则说明源区残留物中无斜长石. 从以上稀土、微量元素特征看,至少有 2 个地幔端元参与了本区晚侏罗世塔木兰沟期玄武岩浆的形成:a)软流圈;b)由古老板块俯冲作用改造过的交代富集岩石圈地幔. 主要表现为:①岩石 Hf/Sm 值(0.6 ~ 1.2)接近洋中脊、洋岛玄武岩和原始地幔值(0.7 ~ 0.78),表明岩浆源区成分有软流圈地幔参与;②岩石 Zr/Hf 值(27.6 ~ 41.5)接近(或略小)于原始地幔(36.27),远高于大陆地壳值(11);③塔木兰沟组玄武岩系高度富集轻稀土,La/Yb =

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

25.1 ~ 53.5，平均 35.7，暗示玄武岩浆形成与交代富集岩石圈地幔(La/Yb > 30)有关[5]；④高度富集 Rb、Ba、U、K 等大离子亲石元素 (LILE)，部分略富集 Sr，亏损 Nb、Ti 等高场强元素(HFSE)和 HREE、Y，这种富集 Ba、Sr、K 而亏损 Nb 的岩浆，可能产生于受板块俯冲作用改造过的交代富集岩石圈地幔，这些岩浆代表了大陆玄武岩浆的一个混合端元[7].

3.2 岩石形成的构造环境及其动力学意义

本区(包括大兴安岭北段)二叠纪—早侏罗世未见沉积，呈隆起剥蚀状态，可能是蒙古－鄂霍茨克海封闭造成的，至中侏罗世局部地区接受陆相河湖相沉积．在岩石的 Ti/Y－Nb/Y 图解上(图 6)，投入板内玄武岩区(WPB)，表明本区(大兴安岭北段)塔木兰沟组玄武岩形成于板内环境．

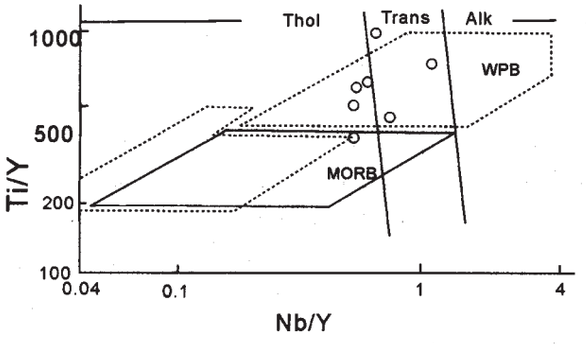


图 6 塔木兰沟组 Ti/Y－Nb/Y 图解

(据 Pearce, 1984)

Fig. 6 Ti/Y－Nb/Y diagram of Tamulangou formation

(after Pearce, 1984)

Thol—拉斑质 (tholeiitic)；Trans—过渡 (transitional)；Alk—碱性(alkaline)；WPB—板内玄武岩 (intraplate basalt)；MORB—洋脊玄武岩(mid-ocean ridge basalt)

塔木兰沟组玄武岩的 $Na_2O-2<K_2O$，为钾质岩石．板内钾质岩浆的形成通常与软流圈上涌和岩石圈伸展－减薄或裂谷作用有关[8]．地质背景上，中侏罗世大兴安岭北段由北至南发育上黑龙江拗陷、大兴安岭中断陷带[9]等一系列断、拗陷(本区位于断陷带南端)．在上黑龙江拗陷内发育一套由陆相河－湖－沼泽沉积组成的额木尔河群 (J_2e)，底部为风化壳型花岗质砂砾岩，其上部夹多层煤线或煤层，煤系沉积指示地形平坦与温湿气候，可能表明中性或拉张的构造环境[3]．与此相应在大兴安岭中断陷内发育一套由陆相河流堆积的粗碎屑沉积岩石组成的万宝组 (J_2w)，可与额木尔河群 (J_2e) 对比．本区北部的大兴安岭呼中地区中－晚侏罗世构造应力场是拉伸的[10]．塔木兰沟组玄武岩仅在黑龙江省境内分布面积就达 1200 km^2 [9]，而在伊勒呼里山(内蒙古与黑龙江交界)以南至本区也有大面积分布．仅以本区来看，出露面积不大，但隐伏于中酸性火山岩之下的塔木兰沟组玄武岩面积却可能很大，该玄武岩层厚度 609 ~ 1159 m[9,11]，如果再加上风化剥蚀量，其喷出量是相当可观的．在大陆环境下，只有当地幔热柱和裂谷重叠的情况下，才会形成大量的熔浆[7]，呼中地区部分岩石已表现出地幔热柱成因的特点(图 7)．另一种解释是上涌软流圈的潜能温度 (t_p) 越高或岩石圈拉张程度越高，熔浆生成量也就越大[7]．在 Th/Hf－Ta/Hf 判别图上(图 7)，投点落入大陆拉张带(或初始裂谷)和陆内裂谷碱性玄武岩区．

结合上述地质背景分析和构造环境判别图解的结果可知，本区塔木兰沟组玄武岩系形成于陆内初始裂谷－裂谷环境．

岩石地球化学显示岩浆具有原始地幔特征，在 Ta/Hf－Ta/Hf 判别图上(图 7)，本区及上黑龙江拗陷地区❶的岩石大多投入大陆拉张带(或裂谷初始区)，个别落入陆内裂谷区，岩石属拉斑质和碱性共生系列．而呼中地区❷岩石的投点大多落入陆

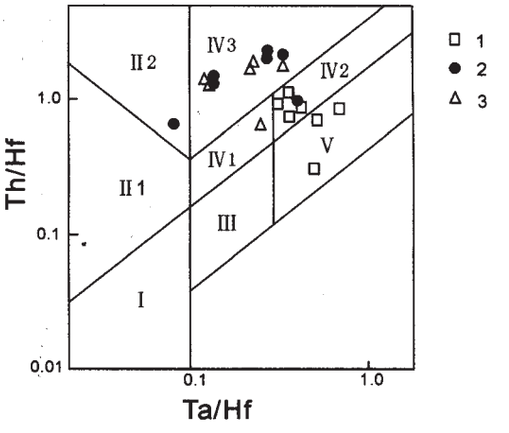


图 7 塔木兰沟组 Th/Hf－Ta/Hf 判别图

(据汪云亮等, 2001)

Fig. 7 Th/Hf－Ta/Hf diagram of Tamulangou formation

(after WANG Yun-liang et al., 2001)

Ⅰ—板块发散边缘 N-MORB(N-MORB area of divergence margin of plate)；Ⅱ—板块汇聚边缘(convergence margin of plate)；Ⅱ1—大洋岛弧玄武岩区(basalt area of ocean island arc)；Ⅱ2—陆缘岛弧及陆缘火山弧玄武岩区(basalt area of continental margin island arc and continental margin volcanic arc)；Ⅲ—大洋板内洋岛、海山玄武岩区及 T-MORB、E-MORB 区(basalt area of ocean intraplate arc and seamountain, T-MORB and E-MORB areas)；Ⅳ—大陆板内(continental intraplate)；Ⅳ1—陆内裂谷及陆缘裂谷拉斑玄武岩区(tholeiite area of intracontinental and continental margin rift)；Ⅳ2—陆内裂谷碱性玄武岩区(alkli basalt area of intracontinental rift)；Ⅳ3—大陆拉张带或初始裂谷玄武岩区(basalt area of continental extension belt or initial rift)；Ⅴ—地幔热柱玄武岩区(basalt area of plume)；1—呼中地区样品(samples from Huzhong area)；2—本区样品(samples from the studied area)；3—上黑龙江样品(samples from Shangheilongjiang area)

❶黑龙江地质调查研究总院齐齐哈尔分院．1∶5 万七号林场等 2 幅区调报告．

❷黑龙江地质调查研究总院齐齐哈尔分院．1∶25 万呼中幅区调报告．

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

内裂谷区，少数落入地幔热柱区，属碱性系列，并且其岩石 Th/Ta 明显低于本区（包括上黑龙江拗陷），暗示其软流圈物质参与岩浆较多[12]. 可以推测呼中地区为软流圈上涌的中心，软流圈物质隆起最高，说明岩石圈减薄最大，渗透性最强，陆壳减薄则较小，断陷沉积了山前河流堆积的粗碎屑岩(万宝组)；上黑龙江拗陷地区岩石圈减薄较小，陆壳减薄最大，其中沉积了巨厚的河湖相陆源碎屑岩(额木尔河群)；根河地区(本区)岩石圈、陆壳减薄均较小，断陷内沉积了山前河流堆积的粗碎屑岩（万宝组）. 可以发现，大兴安岭晚侏罗世塔木兰沟期裂谷作用模式与 Wernike 模式的最基本特征相似，即陆壳减薄最大部位与岩石圈最大减薄部位不在一条垂线上，与我国华北克拉通北缘西段内蒙古阿拉善地区古元古代查干础鲁－巴音诺尔公拉张构造带一样[13].

综上所述，中侏罗世到晚侏罗世塔木兰沟组玄武岩形成时，本区（包括大兴安岭北段）始终处于拉伸的应力场之下，形成大陆初始裂谷－裂谷区（呼中地区形成陆内裂谷）. 当岩石圈拉张、减薄时，软流圈物质绝热（减压）上升，以充填因岩石圈拉张减薄造成的空间. 由于软流圈地幔上涌和地温梯度的增高，导致上覆富集 LILE 和 LREE、亏损 Nb 和 Ti 的交代富集岩石圈地幔中的低熔组分发生部分熔融形成的(拉斑玄武质)熔浆与上涌软流圈地幔部分熔融形成的(碱性玄武质)熔浆发生混合，也可能是岩石圈地幔和软流圈地幔混熔的结果，从而形成本区具有双重地球化学特征的塔木兰沟组玄武岩浆. 并且受裂谷发育程度不同的影响，在区域上显示一定对称分布的岩石化学和地球化学特征.

4　结论

(1) 本区塔木兰沟组玄武岩属钾质拉斑和碱性共生的系列组合，主要岩石化学分析数据显示岩浆为原始的和弱分异的化学组成. 高度富集 LREE、LILE，亏损 Nb、HREE、Y. 岩浆上升过程中虽局部有陆壳混染，但混染作用不大，其地球化学特征主要反映了源区性质.

(2) 大兴安岭北段晚侏罗世塔木兰沟期处于陆内拉张体制之下，岩石形成与裂谷作用有关. 上黑龙江拗陷陆壳减薄最大，岩石圈减薄较小；呼中地区陆壳减薄较小，岩石圈减薄最大；根河地区(本区)陆壳、岩石圈减薄均较小，说明岩石圈减薄最大部位与陆壳减薄最大部位并不在一条垂线上.

(3) 塔木兰沟组玄武岩的稀土、微量元素特征显示，至少有 2 个地幔端元参与了岩浆的形成：①软流圈地幔；②由板块俯冲作用改造过的交代富集岩石圈地幔.

致谢：本文资料来自黑龙江地质调查研究总院齐齐哈尔分院 1∶25 万额尔古纳左旗幅区调报告，野外工作得到项目组全体同仁的帮助与支持，特别是成文过程中得到中国地质大学肖庆辉研究员、罗照华教授的悉心指导，并提出了许多有益的修改意见，在此一并致以诚挚的感谢.

参考文献：

[1]马家骏，方大赫. 黑龙江中生代火山岩初步研究[J]. 黑龙江地质，1991，2(2)：1－16.

[2]蒋国源，权恒. 大兴安岭根河、海拉尔盆地中生代火山岩[J]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊，1988，(3)：23－100.

[3]邓晋福，赵海玲，莫宣学，等. 中国大陆根－柱构造——大陆动力学的钥匙[M]. 北京：地质出版社，1996. 1－100.

[4]林强，葛文春，孙德有，等. 东北地区中生代火山岩的大地构造意义[J]. 地质科学，1998，33(2)：129－139.

[5]李曙光. 大陆俯冲化学地球动力学[A]. 见：郑永飞，编. 化学地球动力学[C]. 北京：科学出版社，1999. 334－357.

[6]李献华. 元古宙地壳增长和演化的地球化学制约——以华南为例[A]. 见：郑永飞，编. 化学地球动力学[C]. 北京：科学出版社，1999. 288－316.

[7]徐义刚. 拉张环境中的大陆玄武岩浆作用：性质及动力学过程[A]. 见：郑永飞，编. 化学地球动力学[C]. 北京：科学出版社，1999. 119－167.

[8]李献华，周汉文，刘颖，等. 粤西阳春中生代钾玄质侵入岩及其构造意义[J]. 地球化学，2001，30(1)：57－65.

[9]黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京：地质出版社，1993. 1－734.

[10]赵书跃，孙广瑞，赵杰，等. 大兴安岭呼中火山岩区中生代古构造应力场初探[J]. 地质力学学报，2001. 7(4).

[11]内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京：地质出版社，1991. 1－784.

[12]汪云亮，张成江，修淑芝. 玄武岩类形成的大地构造环境的 Th/Hf－Ta/Hf 图解判别[J]. 岩石学报，2001，17(3)：413－419.

[13]卜文瑞，王延印，马亚杰. 华北克拉通北缘西段中元古代花岗岩类的特征及其形成构造环境[J]. 岩石学报，2001，17(4)：609－616.

(下转第 96 页)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

THE EMPLACEMENT MECHANISM AND CONTINENTAL DYNAMICS EVOLUTION OF INDOSINIAN INTRUSIVE ROCKS IN EAST LIAONING PENINSULA

GUO Wei-jing, CHEN Shu-liang, YU Hai-feng, QU Hong-xiang, TAN Wen-gang
(*Liaoning Institute of Geological Exploration, Dalian* 116100, *China*)

Abstract: The Indosinian intrusive rocks are broadly distributed in East Liaoning Peninsula. Based on the study on the geology, petrochemistry and geochemistry of the intrusive rocks, it is concluded that the evolution of the source magma is in the trend of ultrabasic → basic → intermediate → acid → alkaline. The source types of the magma are mantle source, crust-mantle mixture and crust source. The continental dynamic evolution process of magma involves three periods under three emplacement mechanism patterns, that is, the sheeted emplacement in the extensional mechanism from the initial to early period of orogeny, the doming and piercing emplacement in the main period of orogeny, and the passive emplacement of tectonic collapse in post-orogeny period.

Key words: Indosinian intrusive rocks; emplacement mechanism; magma; continental dynamic evolution; East Liaoning Peninsula

作者简介:郭伟静(1961—),男,高级工程师,1983 年毕业于长春地质学院,现从事区域地质调查与矿产普查工作,通讯地址 大连金州龙王庙 辽宁省地质勘查院,邮政编码 116110.

(上接第 91 页)

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND TECTONIC BACKGROUND OF BASALT FROM TAMULANGOU FORMATION IN NORTHERN DAXINGANLING

ZHANG Yu[1,2], ZHAO Huan-li[3], HAN Yan-dong[3]
(1. *China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*; 2. *Heilongjiang Institute of Regional Geological Survey, Harbin* 150036, *China*;
3. *Qiqihar Branch, Heilongjiang Institute of Regional Geological Survey, Qiqihar* 161005, *China*)

Abstract: Study on the petrology, geochemistry and tectonic setting of the basalt from Tamulangou formation indicates that the basic volcanic rocks are geochemically similar to both tholeiitic basalt and alkali basalt, with $Na_2O - 2 < K_2O$, no negative Eu anomaly, La/Yb = 35.7, rich Ba, Sr and K, and deficient Nb. The magma is probably generated by rifting. In such a thermal-tectonic event, it is speculated that the crust in Shangheilongjiang area and the lithosphere in Huzhong area were thinned greatly; while the lithosphere and the crust in Genhe area were slightly thinned.

Key words: basalt; rifting; Tamulangou formation; Northen Daxinganling

作者简介:张昱(1963—)男,在职博士,高级工程师,1984 年毕业于长春地质学院,现从事区调研究及管理工作,通讯地址 黑龙江省哈尔滨市 黑龙江地质调查研究总院,邮政编码 150036, E-mail//zhangyu1963@ mail. china. com

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net