# 伊春前进地区岩浆岩的地球化学特征 及其对成矿的制约

唐文龙<sup>1</sup>,杨言辰<sup>1</sup>,李 骞<sup>2</sup>,毛向军<sup>2</sup>

吉林大学 地球科学学院,长春 130061
 黑龙江省区域地质调查所,哈尔滨 150080

摘要:伊春前进地区地处伊春—延寿成矿带中部,区内 Mo、Cu、Pb、Zn、Ag 等多金属矿产资源丰富,且 成矿与岩浆活动关系密切。研究区出露的岩浆岩主要为花岗岩、二长花岗岩、正长花岗岩和酸性火山岩, 岩石化学成分上以富铝钾、贫镁铁,且经历了较大的分离结晶作用为特征。岩石轻重稀土分馏明显,轻稀 土富集,有明显的负销异常。研究表明,前进地区岩浆岩为造山后阶段岩石圈伸展体制下导致地壳碱性至 高钾钙碱性地壳岩石重熔的产物。通过对研究区岩浆岩成因、构造环境和成矿作用的讨论,确认该区多金 属矿床的形成主要受岩浆活动的制约。

关键词:岩浆岩;地球化学特征;地壳重熔;造山后阶段;伊春前进地区
 中图分类号:P591
 文献标识码:A
 文章编号:1671-5888(2007)01-0041-07

# Magmatite Geochemical Characteristics and Their Constraints on Mineralizations in Qianjin Area, Yichun

TANG Wen-long<sup>1</sup>, YANG Yan-chen<sup>1</sup>, LI Qian<sup>2</sup>, MAO Xiang-jun<sup>2</sup>

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

2. Heilongjiang Province Institute of Regional Geology Survey, Harbin 150080, China

Abstract: The Qianjin magmatite in the Yichun area is located in the central part of the Yichun-Yanshou metallogenic belt which is rich in polymetallic mineral resources of Mo, Cu, Pb, Zn, Ag. The magmatite in the area consist mainly of granite, monzonitic granite, syenogranite and acid volcanics. Petrtochemically, the igneous rocks in the magmatite are characterized by enrichment in alkaline, potassium and aluminium, poor Mg and Fe, suggesting remarkable crystal differentiation. With rather high REE and LREE contents, obviously depleted in Eu, it is suggested that this late Mesozoic magmatite in the Qianjin area was formed at post-orogenic stage of rapid lithospheric extension by resultative remelting of calc-alkaline and high-K cal-alkaline crustal rocks. Furthermore, the genesis, structure and mineralization of the Qianjin magmatite are discussed. It is suggested that the formation of the polymetallic deposits in the area might have been controlled by the magmatic activities in the area.

Key words: magmatite; geochemical characteristics; remelting of the crust; post-orogenic stage; Qianjin area, Yichun

**收稿日期:**2006-04-18

基金项目:中国地质调查局矿产资源评价项目(200210200034)

作者简介:唐文龙(1979-),男,河北廊坊人,硕士研究生,主要从事岩石地球化学研究,E-mail:twl011562@163.com 通讯联系人:杨言辰(1965-),男,河南伊川人,副教授,博士,主要从事有色及贵金属矿产勘查与研究,Tel:0431-88502131,E-mail: yyc@jlu.edu.cn。

#### 0 引 言

前进地区地处伊春一延寿成矿带中部,该带是 黑龙江乃至我国的一个重要的 Mo、Cu、Pb、Zn、Au、 Ag 多金属成矿带。前进地区岩浆岩广泛分布,少 量地层出露在岩体之间或内部。新发现的前进东 山、西岭东山、鹿鸣等多金属矿床矿体赋存于岩体内 部、接触带及围岩地层中。岩浆岩的特征及演化对 成矿有重要的控制作用。由于研究区植被覆盖严 重,给该区研究火成岩带来一定的困难,前人对本区 有关火成岩类方面的研究资料较少。自 2002 年实 施中国地质调查局矿产资源评价项目以来,获得研 究区丰富的地质资料。本文通过对该区的岩石地球 化学资料的分析,探讨前进地区岩浆岩的成因与构 造环境问题,并进一步阐明其对成矿的制约。

### 1 区域地质特征

前进地区地处兴一蒙造山带内伊春一延寿褶皱 系中部西缘。区内出露地层主要为中奥陶统小金沟 组变钙质砂岩、板岩、大理岩和三叠统凤山屯组流纹 岩及其火山碎屑岩,局部岩石见有硅化、绿泥石化、 绿帘石化;中部和北部出露印支期中粒、中细粒二长 花岗岩(图1)。小金沟组、凤山屯组和二长花岗岩 呈侵入接触关系。在小金沟组、凤山屯组内出露石 英斑岩、正长岩、花岗闪长岩和辉绿岩。沿构造带或 岩体接触带发育绿帘石化、阳起石化、绢云母化等蚀 变,局部发育 Pb、Zn、Cu、Au、Ag 多金属矿化。区内 岩浆岩结构复杂,主要有压碎结构、骸晶结构及自形 一它形粒状结构;岩石构造类型以角砾状构造为主, 还包括团块状构造、浸染构造等。韩振新<sup>[1]</sup>提出该 区岩浆岩同属于印支晚期同一构造演化旋回的产物。

### 2 岩石地球化学特征

前进地区中酸性火山岩的化学成分及稀土元素 分析结果列于表 1。从表 1 可见,研究区 SiO<sub>2</sub> 质量 分数为 53.80%~81.12%,平均 68.20%。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 质量分数较高,为 8.67%~18.32%,A/NCK< 0.8;除个别样品外,岩石 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 质量分数大 于 5%,碱度率 AR 变化于 1.34~4.15,里特曼指数  $\sigma < 4$ ,表明岩石均为钙碱性岩石。在(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) -SiO<sub>2</sub>(图 2)图解中,样品点大多落于亚碱性系列 岩区,在 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O(图 3)图解中岩石样品点绝大



#### 图1 前进地区地质图

#### Fig. 1 Geologic map of Qianjin area

1.花岗岩;2.碱长花岗岩;3.花岗闪长岩;4.花岗斑岩;5.泥岩、砂 岩;6.二长花岗岩;7.酸性凝灰岩;8.风山屯组火山岩;9.第四纪 河流冲积层

部分落入高钾钙碱性和钾玄岩系列,除个别样品 Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O 比值小于 1,总体显示出岩石相对富钾 的特征,且岩石 K<sub>2</sub>O 含量与 SiO<sub>2</sub> 含量间不具有相 关关系,表明富钾是岩石的固有特征<sup>[2,3]</sup>。在 Harker 图解(图 4)中,岩体的 SiO<sub>2</sub> 与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、 FeO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MgO 呈明显的负相关趋势,与 Na<sub>2</sub>O、 K<sub>2</sub>O 无明显的相关性,表明在岩浆演化过程中存在 着钛铁矿、磷灰石等矿物的结晶分异作用。而 K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O/TiO<sub>2</sub> 比值与 SiO<sub>2</sub> 呈较弱的正相 关趋势,反映出在岩浆演化过程中存在一定程度的 地壳混染作用<sup>[4]</sup>。

#### 3 稀土元素地球化学

稀土元素总量较高,为(194.1~980.7)×10<sup>-6</sup>, 平均 425.6×10<sup>-6</sup>,轻稀土(LREE)富集,为(129.65



图 2 全岩的(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)-SiO<sub>2</sub> 图解(据文献[5])





图 3 岩石的 SiO<sub>2</sub> - K<sub>2</sub>O 图解(据文献[6])







~904.00)×10<sup>-6</sup>,重稀土(HREE)亏损,为(33.09 ~94.62)×10<sup>-6</sup>,LREE/HREE 的值为 1.63~ 11.79,(La/Yb)<sub>N</sub>=3.9~31.2,显示出轻重稀土分

馏明显,轻稀土富集的特征(表1)。轻稀土内部分馏 明显,(La/Sm)<sub>N</sub>=2.8~6.1,平均4.4。重稀土元 素分馏作用不显著,(Gd/Yb)<sub>N</sub>变化于0.79~2.53

#### 表1 前进地区岩浆岩常量元素、稀土元素质量分数

# Table 1 Major element and rare earth element of magmatite in Qianjin area, Heilongjiang Province

样品号	XD02	XD03	XD04	XD06	<b>X</b> D10	QD31	QD37	QD53	<b>Q</b> D59	XN1	XN2	XN7	XN8	XN9	XN10
岩石名称	流纹岩	流纹岩	流纹岩	角砾熔岩	角砾熔岩	闪长玢岩	辉绿岩	石英斑岩	闪长岩	糜棱岩	正长岩	花岗岩	糜棱岩	花岗岩	花岗岩
S1O2	78.90	76.86	81.12	70.16	64.58	53.80	55.24	72.16	56.60	64.42	67.60	67.76	78.80	68.40	66.60
$Al_2O_3$	12.09	12.74	8.67	13.99	16.58	15.66	12.47	12.70	16.96	18.32	15.55	15.28	9.00	15.31	16.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.39	0.90	1.75	1.01	5.65	1.93	4.03	1.69	4.09	3.56	3.29	2.36	2.6	1.21	1.50
FeO	0.80	0.98	0.98	3.20	1,87	3.56	2.67	1.96	3.74	2.67	0.36	1.48	2.42	2.24	2,38
CaO	0.54	0.65	4.52	3.14	1,24	10.63	8.10	1.53	7.10	0.17	0.06	0.6	0.17	0.98	1.15
MgO	0.87	0.37	0.40	1.24	1.59	5.35	6.45	0.55	4.50	0.22	0.16	0.32	0.22	0.32	0.85
K <sub>2</sub> O	4.44	6.39	1.71	3.57	4.90	2.59	5.18	4,72	2.02	5.94	5.18	5.85	2.65	4.84	5.02
Na <sub>2</sub> O	0.09	0.20	0.23	0.45	0.70	3.68	1.58	2.68	3.26	1.52	4.00	3.06	0.08	3.64	3.56
MnO	0.07	0.06	0.18	0.14	0.13	0.20	0.52	0.12	0.14	0.12	0.20	0.34	0.57	0.72	0.54
$P_2{\rm O}_5$	0.05	0.02	0.03	0.14	0.13	0.34	0.28	0.11	0.48	0.04	0.01	0.04	0.08	0.07	0.06
${\rm T_1O_2}$	0.12	0.12	0.08	0.61	0.70	1.09	0.86	0.30	1,09	0.23	0.16	0.22	0.17	0.20	0.22
$H_2O^-$	0.59	0.19	0.19	0.22	0.27	0.81	1.70	0.51	0.12	0.40	0.31	0.40	0.16	0.34	0.21
烧失量	1,88	1.03	0.66	2.12	1.91	2.15	2.62	1.62	0.48	3.01	3.08	2.24	2.3	1.72	1.64
合计	101.24	100.32	100.33	99.77	99.98	100.98	100.00	100.14	100.46	100.22	99,56	99,55	99.06	99.65	99.56
σ	0.57	1.28	0.10	0.60	1.45	3.64	3.73	1.88	2.05	2.60	3.43	3.21	0.21	2.83	3.12
τ	100.0	104.5	105.5	22.2	22,62	10,99	12.66	33.40	12.57	73.04	72.19	55.55	52.47	58.35	56.73
AR	2.12	2.94	1.34	1.61	1.92	1.63	1.98	3.17	1.56	2.35	3,86	3.56	1.85	3.17	2.99
A/NCK	0.71	0.64	0.79	0.75	0.72	0.63	0.60	0.57	0.69	0.67	0.56	0.57	0.75	0.57	0.58
La	26.5	38.5	26.7	42.4	37.0	35.3	49.6	32.3	38.6	147.8	85.8	223.6	150.2	234.4	234.6
Ce	62.7	116	66.4	83.1	89.6	78.6	106.4	80.2	79.2	192.7	168.8	313.9	322.8	325.3	440.0
Pr	9.3	12.5	9.2	11.1	11.4	9.5	10.9	9.2	10.5	30.05	18.54	39,27	33.14	43.71	50.61
Nd	24.9	44.9	28.5	38.3	37.2	34.5	42.6	35.5	29.0	100.8	49.3	142.1	97.1	141.7	150.8
Sm	5.9	8.2	5.9	7.2	6.9	6.9	9.2	7.5	5.3	15.85	8.32	24.52	17.45	24.28	26.44
Eu	0.35	0.36	0,28	1,10	1, 15	1.74	1.87	1.48	1.07	0.77	0.12	1,12	1.09	1.32	1.55
Gd	6.3	8.1	5,6	6.2	6.4	5.6	8.3	5,3	3.6	7.65	4.53	12.5	9.5	12.64	14.43
ТЬ	1.11	0.97	0.97	0.73	1.03	0.47	0.55	0.6	0.43	1.86	1.00	2.73	2.34	2.95	2.90
Dy	8.7	9.6	7.2	7.3	7.6	5.7	6.4	5.6	3.6	9.16	4.55	13.38	11.05	12.64	13.22
Ho	1.64	1.70	1,28	1.19	1.31	0.84	0.98	0.89	0.60	2.03	1.04	2.95	2.37	2.62	2.42
Er	6.56	10.22	5,65	3.04	3.28	3.09	5.90	3.45	1.48	6.57	3.5	7.94	7.5	7.19	6.33
Tm	0.66	0.59	0.52	0.46	0.44	0.19	0.02	0.14	0.09	0.71	0.41	0.83	0.75	0.67	0.46
Yb	4.69	5.59	4.44	4.30	4.27	2.22	2.71	2.51	1,78	6.05	3.24	6.34	6.35	5.37	5.21
Lu	0.77	0.85	0.73	0.72	0.66	0.40	0.60	0.41	0.29	0.84	0.60	0.87	0.87	0.69	0.76
Y	49.3	57.0	42.0	10.6	40.5	27.4	33.7	28.9	18.6	26.82	14.22	36.92	33.12	35.18	30,94
ΣREE	209.4	315.1	205.4	217.7	248.7	212.5	279.7	213.8	194.1	549.7	364.0	829.0	695.6	850.7	980,7
ðEu	0.17	0.13	0.15	0.49	0.52	0.82	0.64	0.68	0.70	0,19	0.05	0.17	0.23	0.21	0.22
(La/Yb)	N 3.9	4.8	4.2	6.8	6.0	11.0	12.7	8.9	15.0	16.9	18.3	24.4	16.4	30,2	31, 2

吉林省地勘局第五实验室测试;δ=(Na2O+K2O)<sup>2</sup>/(StO2-43);τ=(Al2O3-Na2O)/TtO2;常量元素质量分数单位为 10<sup>-2</sup>;稀土元素质量分数单位为 10<sup>-6</sup>

之间(图 5),表明岩浆岩成岩过程中有较多的富重 稀土矿物发生分离,这与岩石中镁铁矿物含量增多 的矿物组成特点一致。稀土配分模式图(图 6)呈轻 稀土富集的右倾型曲线,有明显的负铕异常,说明有 斜长石的早期分离结晶作用。除个别样品外,整体 上随着岩石碱性程度和基性的升高,负铕异常越来 越明显,正长岩达到最大,反映出岩浆从早到晚的结 晶演化顺序。另外,虽然各岩石样品稀土总量不同, 但配分模式总体具有相似性,暗示它们为同源岩浆 演化的产物。



图 5 岩石的(La/Yb)<sub>N</sub>-(Gd/Yb)<sub>N</sub> 图解

Fig. 5 Diagram of  $(La/Yb)_N$  vs  $(Gd/Yb)_N$  for magmatite from Qianjin area



图 6 前进地区岩浆岩的球粒陨石标准化 REE 配分图解 (球粒陨石值据文献[7])

Fig. 6 Chondrite-normalized REE distribution patterns for magmatite in Qianjin area, Heilongjiang Province

# 4 微量元素地球化学

岩石的微量元素分析结果表明,岩浆岩中 Pb、 Zn、As、Ag含量明显较高。其中 Pb 是地壳丰度的 1.3~991 倍,Zn 是地壳丰度的 1~106 倍,明显富 集成矿元素。Ni 是典型的深源元素,从表 2 可以看 出,除前进东山的中基性岩与地壳平均 Ni 质量分数 (56×10<sup>-6</sup>)相接近外,其它远低于地壳 Ni 含量值, 而且从闪长岩类、花岗岩到流纹岩,Ni 含量逐渐降 低,由此认为前进地区岩浆岩来源于地壳。从不同 岩石的微量元素含量特征看,晚期岩浆岩中成矿元 素 Pb、Zn 等明显富集,如在正长花岗岩(包括糜棱 岩)中最高,局部构成明显矿化。这表明岩浆演化过 程对多金属元素的富集有重要影响,经过结晶分异 的晚期富碱花岗质岩浆为多金属矿床形成提供了成 矿物质来源。

表 2	前进地区岩浆岩微量元素质量分数
-----	-----------------

Table 2	Trace element of magmatite in Qianjin area	a, Hei-
	longitong Province	10-6

iongjiang r rovince								$w_{\rm B}/10^{-1}$		
样品号	岩石名称	As	Pb	Zn	Nı	Co	Sn	Ag		
XD02	流纹岩	106.7	161.1	344.5	3.8	3.9	6.3	0.47		
XD03	流纹岩	671.0	49.4	120.2	2.8	2.8	5.6	0.22		
XD04	流纹岩	197.5	94.3	200.9	2.9	4.3	40.0	0.20		
XD06	角砾熔岩	4 730.0	73.5	123.9	19.9	13.0	6.9	1.08		
<b>X</b> D10	角砾熔岩	5 750.0	190.2	342.4	34.6	18.9	5.3	0.68		
QD31	闪长玢岩	76.2	197.0	4 218.6	42.4	11.9	4.6	3.4		
QD37	辉绿岩	25.4	227.1	2 888.0	52.0	17.6	10.0	0.36		
<b>Q</b> D53	石英斑岩	76.8	19.9	61.1	7.2	10.9	5.0	0.11		
<b>Q</b> D59	闪长岩	62.2	29.4	57.7	16.8	19.1	4.5	0.22		
XN1	糜棱岩	27.2	66.4	242.2	6.5	15.9	3.0	0.19		
XN2	正长岩	12.1	455.5	993.5	3.7	17.1	5.8	0.26		
XN7	花岗岩	6.4	1 363.9	646.8	4.4	15.6	7.0	0.86		
XN8	糜棱岩	16.8	14 665	6 890	2.4	13.9	12.0	13.4		
XN9	花岗岩	7.3	5 720.0	3 261.6	5.1	9.2	6.7	10.0		
XN10	花岗岩	11.9	3 230.9	2 134.6	5.3	12.9	6.6	4.8		

## 5 讨 论

根据粗粒二长花岗岩的 Rb - Sr 等时线年龄 (199±12.9) Ma 和 K - Ar 全岩等时线年龄(207± 1) Ma,将岩体时代定为晚三叠世<sup>[8]</sup>。由已有的大 地构造格架方面的资料可知,张广才岭中生代晚三 叠一中侏罗世花岗岩是在晚古生代到早中生代古亚 洲洋消失、西伯利亚板块与华北板块发生陆陆碰撞 对接后的构造背景下形成的<sup>[9]</sup>,属于造山后构造环 境。于晚中生代,该区进入造山后作用阶段,火山喷 发活动强烈而广泛,形成大规模的中生代火山岩 带<sup>[10]</sup>。在 lgδ-lgτ<sup>[11]</sup>构造环境图解(图 7)中,前进 地区岩浆岩样品均投点于 B 区,由此可以认为造山 后的伸展机制是形成该区酸性岩浆岩的构造背景。





**Fig. 7** Tectonic discrimination diagvams in Qianjin area A. 板内火山岩区; B. 造山带火山岩区; C. A、B 区演化的碱性火山 岩区

前进地区岩浆岩具有富铝钾、贫镁铁的特征,经 历了较大程度的结晶分异作用,属于高钾钙碱性系 列,而高钾钙碱性系列岩浆岩是后碰撞岩浆活动的 重要特征之一[12,13]。稀土元素呈轻稀土富集、重稀 土亏损,有明显的负铕异常为特征,而 REE 组成与 上地壳平均值接近。在 δEu-(La/Yb)<sub>N</sub> 图解(图 8)[14]中,样品点均投在壳源区,而高钾钙碱性酸性 岩浆岩只能由地壳中含水的钙碱性至高钾钙碱性的 镁铁质或中性变质岩石部分熔融作用产生,但研究 区岩石贫镁铁的特征说明源区岩浆只能为中性壳源 岩石部分熔融产生。综上说明前进地区岩浆岩应是 地壳物质重熔的产物。因此可以推测,在造山后作 用阶段,增厚的岩石圈地幔开始发生拆沉减薄,软流 圈地幔上涌达较浅的位置,给地壳岩石提供了"湿、 热"环境,促使地壳源区的古老钙碱性至高钾钙碱性 的岩石减压重熔,产生的中酸性岩浆经较大的结晶 分异后,继续沿深断裂带上升、侵位,形成酸性岩浆 岩。前进地区岩浆岩可能正是在这种环境下形成 的。

由前进岩浆岩的 Harker 图解中可以看出,从 辉长闪长岩类到花岗岩、流纹岩,随着 SiO<sub>2</sub> 含量的 逐渐升高,FeO、MgO、TiO<sub>2</sub> 等的含量逐渐降低,岩 石由中基性向酸性过渡,岩浆岩表现出良好的的演 化趋势。从稀土元素配分图解中可以得出同样结 论。在野外地质观察中,发现前进东山小金沟组内 部出露受北西向断裂控制的中基性岩脉;西岭南山 大面积出露中细粒钾长花岗岩;西岭东山广泛出露 酸性火山岩及其碎屑岩,与该区岩浆岩演化趋势一



致,与笔者的推测相符。

前进地区位于构造单元的结合部位,这为岩浆 侵位、热液活动和成矿物质的重新富集提供了条件。 前进地区铅锌矿床总体属于岩浆热液矿床成因,其 中前进东山矿床属于夕卡岩型矿床,矿体赋存于岩 体边部的接触带,围岩为一套浅海相碎屑岩夹碳酸 岩;西岭东山和西岭南山矿床为岩浆热液型矿床,矿 体赋存于岩浆岩体内部构造带中。成矿元素地球化 学特征表明,前进铅锌多金属矿化在时间、空间和物 质成分上均受岩浆活动控制,晚期岩浆活动为成矿 提供了大量的成矿物质来源,在岩浆侵入和喷出时 多金属元素发生交代作用,使这些元素重新富集成 矿。由于岩浆起源于硅铝壳重熔,镁铁组分含量低, 含矿岩浆上升时与钙质围岩接触,交代形成夕卡岩 式矿床。随着岩浆向中酸性、碱度升高的方向演化, 岩浆热液上升携带多金属元素在构造有利部位形成 多金属矿床。尹冰川等[15]、韩振新等[1]在小兴安岭 一张广才岭区域地球化学研究中,发现在印支晚期 碱性岩浆岩中富集 Pb、Zn 等多金属,而前进地区岩 浆岩碱性程度高,  $Na_2O+K_2O$  的质量分数为 4%~ 9%,平均 6.8%,绝大部分 K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 比值大于 1. 3,与印支晚期成矿花岗岩碱度(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O为6. 13%~8.23%,K2O/Na2O>1.1)相似,岩石主量元 素富碱贫镁铁成为该区成矿岩浆岩的判别标志。

## 6 结 论

通过对前进地区岩浆岩类岩石学、岩石地球化 学的研究,结合区域构造格架方面的资料,可得出以 下结论: (1)前进地区成矿岩浆岩 K<sub>2</sub>O 含量较高,属于 钙碱性至高钾钙碱性岩浆岩,且 K<sub>2</sub>O 含量与 SiO<sub>2</sub> 含量间无明显相关性,说明岩浆活动晚期富钾岩石 对区内多金属成矿有重要控制作用。

(2)岩浆岩岩石化学特征、稀土元素地球化学特 征和成矿元素地球化学特征分析表明,前进地区岩 浆岩形成于造山后作用阶段,为壳源钙碱性至高钾 钙碱性岩石重熔,经结晶分异作用后的产物。在岩 浆演化过程中同时存在一定程度的地壳混染作用。

(3)前进地区多金属矿床的形成是在岩石圈伸展环境下引起地幔物质上涌,促使地壳物质重熔,同时在热液作用参与下,金属元素重新富集而形成的。

#### 参考文献(References)

- [1] 韩振新,徐衍强,郑庆道. 黑龙江省重要金属和非金属 矿产的成矿系列及其演化[M]. 哈尔滨:黑龙江人民 出版社,2004.
  HAN Zhen-xin, XU Yan-qiang, ZHENG Qing-dao. The importantmetals and nonferrous metals deposits minerogenetic series and their evolution[M]. Harbin: Heilongjiang People's Publishing House, 2004.
  [2] Roberts M P, Clements J D. Origin of high-potassi-
- um, calc-alkaline, I-type granitoids [J]. Geology, 1993,21:825 825.
- [3] 毕献武,胡瑞忠,彭建堂,等.姚安和马厂箐富碱侵人体的地球化学特征[J].岩石学报,2005,21(1):113-124.

BI Xian-wu, HU Riu-zhong, PENG Jian-tang, et al. Geochemical characteristics of the Yao' an and Machangqing alkajine-rich intrusions[J]. Acta Petrologica Sinica, 2005,**21**(1):113-124.

- [4] 郭峰,范蔚茗,王岳军,等.大兴安岭南段晚中生带双峰 式火山作用[J]. 岩石学报, 2001, 17(1):161-168.
  GUO Feng, FAN Wei-ming, WANG Yue-jun, et al. Petrogenesis of the late Mesozoic bimodal volcanic rocks in the southern Dahinggan Mts, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2001,17(1):161-168.
- [5] Rollinson H. Using geochemistry data: evaluation, presentation, interpretation [M]. New York: John Wiley & Sons, 1993: 43.
- [6] Le Matre, Bateman P, Dudek A, et al. A classification of igneous rocks and glossary of terms[M]. Oxford: Blackwell, 1989.
- [7] Boynton W V. Geochemistry of the rare earth elements: meterorite studies [C]//Henderson P. Rare

Earth Element Geochemistry. Amsterdam: Elservier, 1984:63-114.

- [8] 刘宝山,马永强,吕军,等.伊春地区上游新村晚三叠世 二长花岗岩体成因及就位机制[J].地质与资源, 2005,14(3):170-175.
   LIU Bao-shan,MA Yong-qiang, LÜ Jun, et al. Genesis and emplacement mechanism of the late Triassic adamellite series in Yichun area, Heilongjiang Province
  - [J]. Geology and Resources, 2005, 14(3): 170 175.
- [9] 孙家鹏,张兴洲,杨宝俊.张广才岭岩石圈结构及盆岭 构造[J].长春科技大学学报,1999,29(1):25-29. SUN Jia-peng, ZHANG Xing-zhou, YANG Bao-jun. The crustal and lithospheric structures and basin range structure in Zhangguangcailing region[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 1999,29(1):25-29.
- [10] 孙德有.张广才岭中生代花岗岩成因及其地球动力 学意义[D].长春:吉林大学,2001.
  SUN De-you. Petrogenesis and geodynamic implications of Mesozoic Zhangguangcailing granitoids[D].
  Changchun: Jilin University,2001.
- [11] 邱家骧,林景仟. 岩石化学[M]. 北京:地质出版社, 1991:131.
   QIU Jia-xiang, LIN Jing-qian. Rock chemistry[M].

Beijing: Geological Publishing House, 1991:131.

- Liegeios J P, Narez J, Hertogen J, et al. Cortrasting orgin of post-collisional high-K cal-alkaline and shoshonitic versus alkaline and peralkaline granitoids[J]. The use of Sliding Normalization Lithos, 1998,45:1-28.
- [13] Zhao, Coe R S. Paleomagnetic constraints on the paleogeography of China: Implications for Gondwanaland[C]//Abstract of 30th I G C. Beijing: [s. n. ], 1996: 231.
- [14] 王中刚,于学元,赵振华,等.稀土元素地球化学
  [M].北京:科学出版社,1989:223-224.
  WANG Zhong-gang, YU Xue-yuan, ZHAO Zhenhua, et al. Rare earth element geochemistry[M]. Beijing: Science Press, 1989:223-224.
- [15] 尹冰川,冉清昌. 小兴安岭一张广才岭地区区域成矿 演化[J]. 矿床地质,1997,16(3):235-241.
  YIN Bing-chuan, RAN Qing-chang. Metallogenic evolution in Xiaohingganling - Zhangguangcailing region, Heilongjiang Province[J]. Mineral Deposits, 1997,16(3):235-241.