

伊春地区晚印支期I型花岗岩带特征及其构造背景

刘宝山^{1,2,3}, 任凤和^{1,2,5}, 李仰春^{3,4}, 赵焕力^{1,2,3}

1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083;
2. 中国地质大学岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083;
3. 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 齐齐哈尔 161005;
4. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074;
5. 黑龙江省地质调查研究总院, 哈尔滨 150036)

[摘要]晚印支期花岗岩岩石类型主要为一套含角闪石黑云母二长花岗岩及含黑云母正长花岗岩, 岩石中暗色闪长质岩包体发育较普遍, 富含角闪石及镁质黑云母, 副矿物以榍石、磁铁矿、磷灰石常见, $Al_2O_3/(Na_2O + K_2O + CaO) < 1.1$, 显示出I型花岗岩特征。利用岩石矿物组合、岩石化学特征判别其产于碰撞后构造环境, 认为造山后伸展体制是这期花岗岩形成的重要原因。岩石($^{87}Sr/^{86}Sr$)_i及 δEu 值反映其源区为壳幔过渡区, 氧同位素($\delta^{18}O$)测定值在5.5‰~10‰之间, 具壳幔混源的特点, 表明岩石来源于下地壳或壳幔过渡部分, 与下地壳的部分熔融或壳幔过渡区部分熔融作用有关。

[关键词] I型花岗岩 晚印支期 伊春地区

[中图分类号] P588.12 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2007)01-0074-05

伊春—延寿花岗岩带是一条规模巨大的复式花岗岩带, 总体呈近SN向延伸, 原黑龙江区调第一地质大队(1988—1991)多将其划归为晚华力西期侵入岩, 而随着近几年1:5万和1:25万数字化填图的开展, 在这一花岗岩浆带中获得了许多详实可靠的岩石学、地球化学资料, 由此对其成因、构造环境、岩浆活动等方面进行了综合研究, 产生了一些新的认识。

1 区域地质概况

伊春—延寿花岗岩带印支期花岗岩分布最广, 规模最大, 位于佳木斯—兴凯地块及其陆缘造山带上^[1], 受控于依兰—伊通、牡丹江等区域大断裂带, 主要沿嘉荫县、伊春市、铁力市一线连续分布(图1), 大致呈南北向展布, 向南延入吉林省境内。研究区内基底由泥盆系黑龙宫组(D_1h)、晚石炭世花岗岩、二叠系土门岭组($P_{1-2}tb$)、上二叠统一下三叠统五道岭组[(P_2-T_1)w]构成。上覆地层为上三叠系凤山屯组(T_3f)、下白垩系板子房组(K_1bn)、宁远村组(K_1n), 其与晚印支期花岗岩体呈不整合接触。早侏罗世碱性花岗岩超动侵入晚三叠世二长、正长花岗岩系列。岩石类型为中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩、细粒斑状含角闪石黑云母二长花

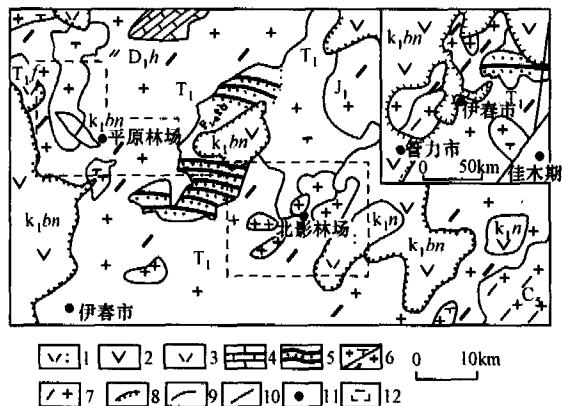


图1 伊春地区晚印支期花岗岩分布略图

K_1n —宁远村组; K_1bn —板子房组; T_3f —凤山屯组; D_1h —黑龙宫组; $P_{1-2}tb$ —土门岭组; J_1 —下侏罗统; T_3 —上三叠统; C_3 —上石炭统; 1—流纹质凝灰岩; 2—安山岩; 3—流纹岩; 4—大理岩; 5—砂质板岩; 6—正长花岗岩、二长花岗岩; 7—片麻状花岗岩; 8—不整合界线; 9—地质界线; 10—断层; 11—居民点; 12—研究区

岗岩、中粒含黑云母正长花岗岩。三者接触界线清晰, 前二者呈脉动侵入接触, 后者超动侵入前二者花岗岩体。岩体规模不一, 与围岩边界清楚, 呈锯齿状、枝杈状形状。

[收稿日期] 2005-12-02; **[修订日期]** 2006-01-23; **[责任编辑]** 韩进国。

[基金项目] 中国地质调查局区域地质调查项目资助。

[第一作者简介] 刘宝山(1970年—), 男, 1998年毕业于齐齐哈尔大学, 获硕士学位, 在读研究生, 工程师, 现主要从事地质勘查工作。

2 岩石学及岩石化学特征

2.1 岩石学

岩石类型组合比较简单,为中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩,呈灰白色、肉褐色,中粗粒似斑状结构,钾长石(39%)以条纹长石为主,斜长石(27.5%)多为更长石,石英(29%)粒状,具波状消光,黑云母(4%)较富镁质,角闪石(0.5%)柱状;细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩,斑状结构,斑晶与基质成分相同,为石英(32%),钾长石(38%)为条纹长石,斜长石(28%)为更长石,黑云母(2.7%)为富镁质黑云母,角闪石(0.3%)为钙质角闪石;中粒含黑云母正长花岗岩,中粒结构,矿物成分石英(30%),钾长石(40%)为微斜条纹长石、条纹长石,斜长石(29%)为更长石,黑云母(1%)为铁

质,含量较低,角闪石偶见。副矿物组合为磁铁矿+锆石+磷灰石+榍石等。造岩矿物角闪石、黑云母的普遍存在显示了I型花岗岩的特点^[2]。中粗粒似斑状及细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩发育暗色闪长质岩包体、中粒含黑云母正长花岗岩偶见暗色闪长质岩包体。暗色闪长质岩包体的出现从一个侧面证明了它们属于I型花岗岩^[3]。

2.2 主量元素

岩石高SiO₂,富Na₂O+K₂O(表1),Na₂O/K₂O>1,里特幔指数δ介于1.49~2.83,仅个别为3.8,反映岩石为钙碱性、碱钙性系列,由A/CNK分子数比值看出,岩石属过铝、次铝类型。以Al₂O₃/(Na₂O+K₂O+CaO)=1.1(分子比)为界,研究区花岗岩岩石A/CNK<1.1,属I型花岗岩^[2]。

表1 岩石化学分析结果表

表 1 岩石化学分析结果表											ω _B /%		
岩性	中粒含黑云母正长花岗岩				细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩					中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩			
样号	P45Te4	Po45LT5	P48LT11	P36Te11	P48LT34	P36LT11	4827Gs	Po43LT51	P045LT19	P45Te13	P59LT10	P57LT16	P48LT10
SiO ₂	73.80	71.26	71.44	67.58	73.82	69.42	72.5	73.24	73.08	71.4	72.56	67.12	71.82
TiO ₂	0.10	0.10	0.10	0.55	0.25	0.50	0.40	0.30	0.20	0.30	0.35	0.70	0.30
Al ₂ O ₃	13.98	14.95	15.52	15.03	13.09	15.03	12.05	13.23	14.27	14.05	13.69	14.05	13.74
Fe ₂ O ₃	1.38	1.52	0.70	2.25	1.44	2.45	1.78	1.58	1.02	1.54	1.25	2.40	1.20
FeO	1.00	0.98	0.46	2.30	1.50	1.46	2.30	1.22	1.12	0.92	1.66	3.96	2.56
MnO	0.07	0.04	0.01	0.07	0.04	0.06	0.07	0.04	0.03	0.03	0.05	0.15	0.07
MgO	0.17	0.05	0.22	1.69	0.58	1.37	0.93	0.83	0.54	0.63	0.73	1.02	0.78
CaO	0.73	0.47	0.85	3.12	1.35	2.00	2.07	1.49	1.15	1.25	1.59	1.75	1.08
Na ₂ O	4.90	4.85	5.90	4.05	3.75	3.76	3.75	4.50	4.35	4.30	4.25	3.80	3.90
K ₂ O	4.05	4.10	4.50	2.50	3.45	3.00	2.90	3.15	4.50	4.10	3.20	3.30	3.45
P ₂ O ₅	0.25	0.05	0.35	0.30	0.20	0.15	0.25	0.33	0.30	0.25	0.35	0.25	0.15
LOS	0.36	0.68	0.70	0.34	0.56	0.51	0.54	0.20	0.10	0.20	0.24	1.02	0.66
δ	2.60	2.83	3.80	1.74	1.68	1.72	1.49	1.93	2.60	2.48	1.87	2.08	1.87
A/CNK	1.01	1.12	0.96	0.99	1.05	1.15	0.92	0.97	1.01	1.02	1.03	1.08	1.13
Na ₂ O/CaO	6.71	10.32	6.94	1.30	2.78	1.88	1.81	3.02	3.78	3.44	2.67	2.17	3.61
Na ₂ O/K ₂ O	1.21	1.18	1.31	1.62	1.09	1.25	1.29	1.43	0.97	1.05	1.33	1.15	1.13
MgO/(Fe ₂ O ₃ +FeO)	0.07	0.02	0.19	0.37	0.20	0.35	0.23	0.30	0.25	0.26	0.21	0.16	0.21
MgO/MnO	2.40	1.20	22.00	24.10	14.50	22.80	13.3	20.70	18.00	21.00	14.6	6.8	11.10
Al ₂ O ₃ /(Na ₂ O+K ₂ O)	1.60	1.70	1.50	2.30	1.80	2.20	1.80	1.70	1.60	1.70	1.80	2.00	1.90
FeOt+MnO+MgO	2.62	2.59	1.39	6.31	3.56	5.34	5.08	3.64	2.71	3.12	3.69	7.53	4.61
FeOt/(FeOt+MgO)	0.93	0.99	1.23	0.52	0.69	0.65	0.55	0.71	0.75	0.82	0.61	0.46	0.48
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0.55	0.58	0.58	0.47	0.46	0.62	0.41	0.54	0.45	0.60	0.40	0.35	0.30

注:样品由黑龙江地调总院齐齐哈尔分院实验室测定,1992—1994。

在K₂O-SiO₂岩石类型关系图解上(图2),各类岩石样品投影于澳大利亚科修斯科I型花岗岩线性方程K₂O/%=-5.3024+0.1169(SiO₂/%)线附近。

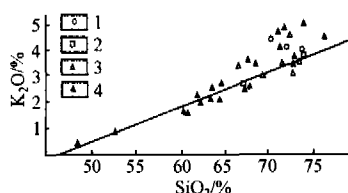


图2 K₂O-SiO₂图解^[15]

1—中粒含黑云母正长花岗岩;2—细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩;3—中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩;4—科修斯科I型花岗岩

2.3 稀土及微量元素

从二长—正长花岗岩,轻重稀土比值呈明显的下降趋势,(Sm/Nd)_N比值较大,重稀土较富集,同时,从二长—正长花岗岩δEu表现显著亏损特征,δEu值明显下降(表2)。岩石类型配分曲线表现为显著的轻稀土富集型(图3),曲线呈左高右低型,轻稀土分馏强烈,重稀土分馏较弱,总体反映了造山带中钙碱性花岗岩的普遍特征。从表2看出,Ni、Co、V、Ba含量较高,反映I型花岗岩特点,在微量元素蛛网图上(图4),Th元素富集,Sr元素亏损,Nb、Zr不同程度地贫化,与澳大利亚东南部拉兰褶皱带内的I型花岗岩曲线模式相近似^[4],反映该区花岗岩

表 2 岩石稀土、微量元素分析结果表

$\omega_B/10^{-6}$

岩性	中细粒含黑云母正长花岗岩		细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩		中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩					
样号	P48LT11	P045LT5	P044LT1	P36LT11	P48LT34	P043LT31	4827X1	P045LT19	P48LT10	P59LT7
La	39.0	27.3	38.2	47.5	20.2	44.2	63.9	64.7	37.3	53.6
Ce	108.0	45.8	86.3	89.4	64.5	106.0	131.0	115.0	78.8	156.0
Pr	6.40	5.04	6.39	11.60	3.15	8.97	13.40	13.10	6.28	12.20
Nd	24.6	19.0	23.3	46.6	10.2	38.4	49.7	48.8	24.7	56.3
Sm	5.55	3.67	4.34	7.69	2.80	7.03	8.86	8.19	4.97	13.3
Eu	0.18	0.19	0.57	1.22	0.37	1.00	0.75	0.92	0.38	1.06
Gd	3.84	2.91	2.35	5.20	1.49	4.21	5.19	5.24	3.78	10.30
Tb	0.74	0.64	0.42	0.88	0.33	0.73	0.90	0.84	0.74	1.80
Dy	5.21	4.74	2.36	5.47	2.29	4.51	5.91	5.43	5.08	11.2
Ho	1.28	1.12	0.61	1.18	0.53	1.00	1.30	1.15	1.10	2.58
Er	3.53	3.74	1.86	3.21	2.01	2.81	3.81	3.34	3.81	6.96
Tm	0.56	0.63	0.35	0.48	0.39	0.43	0.63	0.51	0.66	1.04
Yb	3.37	4.15	2.11	2.71	3.00	2.62	3.74	3.10	4.50	6.24
Lu	0.54	0.65	0.32	0.40	0.46	0.37	0.62	0.46	0.73	0.96
Y	28.3	28.0	14.4	24.9	12.8	22.3	29.3	34.6	26.9	60.8
δEu	0.11	0.17	0.50	0.56	0.51	0.53	0.32	0.41	0.26	0.27
$(Sm/Nd)_N$	0.70	0.60	0.58	0.51	0.85	0.57	0.55	0.52	0.63	0.73
LREE/HREE	9.63	5.44	15.30	10.40	9.64	12.30	12.10	12.40	7.47	7.12
Th	33.4	42.4	24.3	16.4	26.4	20.3	43.6	26.5	42.0	20.7
Ni	3.1	4.0	6.0	4.0	7.0	8.0	2.0	5.0	9.0	4.0
Co	2.0	4.6	4.5	5.5	2.4	6.3	8.9	5.2	7.2	7.7
Rb	213	219	163	112	208	191	201	114	201	129
Cs	1.8	5.5	4.5	5.6	5.2	9.3	10.7	4.6	7.3	4.3
Sr	24.0	8.9	157	310	89	300	220	250	59.0	190
Ba	200	40	620	740	240	670	600	750	160	430
V	7.5	11.0	24.0	63.0	18.0	55.0	52.0	36.0	31.0	74.0
Nb	16.9	26.0	15.9	12.8	17.1	13.3	20.9	16.0	31.0	20.8
Ta	1.6	2.5	1.6	1.2	2.0	1.2	2.0	1.6	2.9	2.5
Zr	260	160	150	172	160	125	153	144	240	290
Hf	7.9	6.8	5.1	5.2	5.0	3.9	4.4	4.3	8.5	6.5
Rb/Cs	118	39.8	36.2	20.0	40.0	20.5	18.7	24.7	27.5	30.0
Rb/Sr	8.87	24.6	1.03	0.36	2.33	0.63	0.91	0.45	3.40	0.67

注:样品由宜昌地质矿产研究所测定,1992—1994。

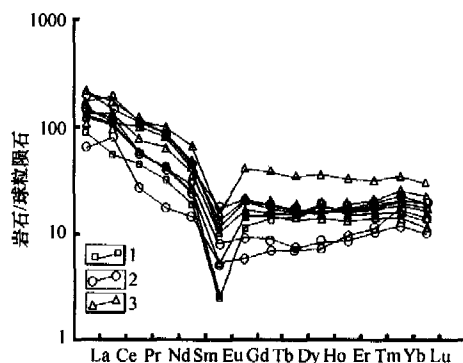


图 3 稀土元素球粒陨石标准化配分型式

1—中粒含黑云母正长花岗岩;2—细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩;3—中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩

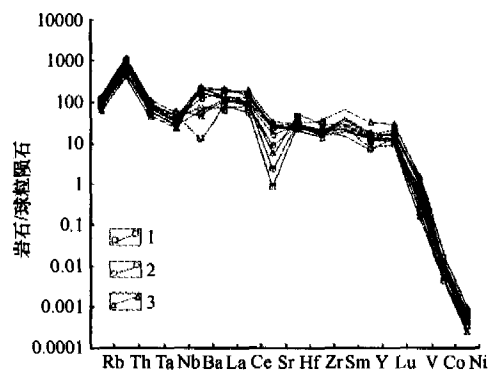


图 4 微量元素蛛网图

(图例说明同图 3)

具 I 型花岗岩成岩造山环境及特点。

2.4 氧同位素($\delta^{18}O$)特征

由中国宜昌地质矿产研究所 1996 年测定的 9 个氧同位素样品,其结果分别为 +9.54‰、+7.7‰、+7.1‰、+8.12‰、+9.9‰、+8.64‰、+8.2‰,为正常花岗岩类($\delta^{18}O$ 为 +6‰ ~ +10‰)^[2],符合很多地

质学家认为的 I 型花岗岩^[3],也与长江中下游 I 型花岗岩的 $\delta^{18}O$ 特征为 +7.5‰ ~ +9.9‰^[2] 吻合。

3 岩浆活动的构造背景

花岗岩体中各侵入体空间形态不规则,接触边界清晰,岩体内部无变形,闪长质岩包体多沿岩体边界定向分布,与区域构造线多截切,就位机制显现出

被动就位的形式。对于伊春地区花岗岩带构造背景目前有 4 种不同的观点:①与太平洋板块俯冲有关^[5];②与陆内造山作用有关^[6];③与古亚洲洋壳消失后的陆内持续俯冲、地壳缩短增厚有关^[7];④与古亚洲构造域造山后的伸展作用有关^[8-10]。由于岩浆岩组合和岩石成分与大地构造环境有着密切的关系^[11-12],由表 3 对比看出(参数详见表 1),该区花岗岩相当于富钾钙碱性花岗岩类(KCG)^[3],属后造山花岗岩类(POG)^[3],在 Maniar 等 4 组图解中(图 5),样点多落入后造山花岗岩区。而 KCG 花岗岩既可以产生于将碰撞事件的主峰期分开的张弛阶段,也可以产生在从挤压体制转变成拉张体制的过程中^[3],这与判别的后造山环境基本吻合。同时也与众多地质学者认为的 I 型花岗岩可以产于造山后的伸展环境一致^[13]。这一地区的花岗岩类与西伯利亚板块和华北板块碰撞对接后的伸展有关^[14]。基于上述特征及前人论证认为,古亚洲构造域造山后伸展动力学机制是这期花岗岩形成的直接原因。

4 时代确定及岩浆成因

4.1 时代确定

中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩、细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩侵入下伏最新地层上二叠统一下三叠统五道岭组[(P₂-T₁)w]安山岩^[15],同时被晚三叠世风火山期潜火山岩侵入^[15],中粒含黑云母正长花岗岩超动侵入中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩、细粒斑状含角闪石黑云

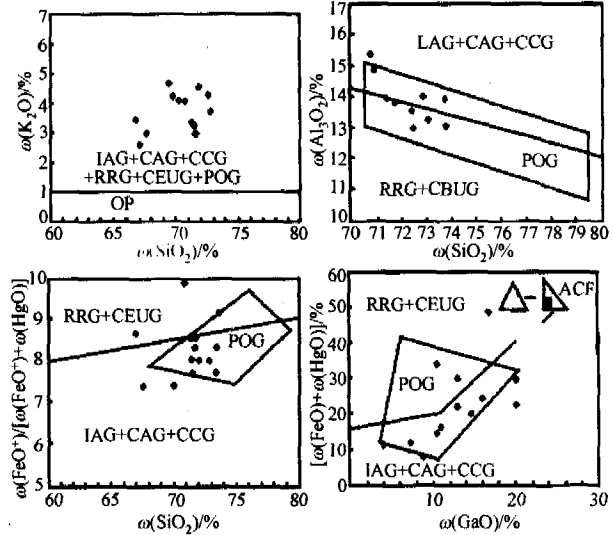


图 5 花岗岩构造环境判别图解(据 Maniar et al, 1989)

IAG—岛弧花岗岩类;CAG—大陆弧花岗岩类;CCG—大陆碰撞花岗岩类;POG—后造山花岗岩类;RRG—与裂谷有关的花岗岩类;CEUG—与大陆的造陆抬升有关的花岗岩类;OP—大洋斜长花岗岩

母二长花岗岩,结合同位素年龄测定成果(地矿部宜昌地矿所同位素室,孙玉兰等,1992,1995),中粒含黑云母正长花岗岩 K-Ar 全岩年龄(190±1)Ma,中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄(199.9±12.9)Ma,细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩 K-Ar 全岩年龄(207.1±1)Ma,故将该岩体确定为晚三叠世—早侏罗世。

4.2 岩浆成因

表 3 花岗岩类矿物组合、岩石化学特征构造环境判别对比表

富钾钙碱性花岗岩类(KCG) ^[3]		研究区		富钾钙碱性花岗岩类(KCG) ^[3]		研究区		后造山花岗岩类(POG) ^[3]		研究区	
矿物成分	含量	含量	化学特征	含量及参数	含量及参数	矿物、岩石化学	参数特征	矿物、岩石化学	参数特征	矿物、岩石化学	参数特征
黑云母	丰富	1~4	Al ₂ O ₃	一般	12.05~15.52	两种长石类型	条纹长石≥斜长石	条纹长石 35~40, 斜长石 20~30		条纹长石 35~40, 斜长石 20~30	
白云母	稀少	0	CaO	一般	0.47~3.12	暗色矿物组合	黑云母±普通角闪石	黑云母,角闪石		黑云母,角闪石	
角闪石	稀少	0.2~0.6	Na ₂ O	一般	3.8~5.9	二氧化硅的变化	70~78	67.12~73.80		67.12~73.80	
磷灰石	一般	十几粒	K ₂ O	高	2.5~4.1	碱钙指数	碱钙性	碱钙性,钙碱性		碱钙性,钙碱性	
锆石	丰富	数十粒	FeOt+MnO+MgO	一般	1.39~7.53	山德指数	过铝质偏铝质	过铝,次铝		过铝,次铝	
褐帘石	一般	十几粒	Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	一般	0.3~0.6	Na ₂ O/CaO	2.0~18.0	1.30~10.32		1.30~10.32	
榍石	一般	十几粒	FeOt/(FeOt+MgO)	0.8~1.0	0.46~1.23	Na ₂ O/K ₂ O	0.6~1.2	1.05~1.62		1.05~1.62	
钛铁矿	稀少	几粒	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.706~0.712	0.7073~0.70846	MgO/(TFeO)	0.02~0.30	0.02~0.37		0.02~0.37	
磁铁矿	稀少	十几粒	δ ¹⁸ O/‰	+5~-+10	7.1~9.54	MgO/MnO	2.0~18.0	1.2~24.1		1.2~24.1	
斜长石-An	15~30	22~27				Al ₂ O ₃ /(K ₂ O+Na ₂ O)	0.9~1.4	1.6~2.2		1.6~2.2	

注:研究区样品测试单位、时间同表 1。

岩石学及地球化学特征表现出 I 型花岗岩的若干特点。I 型花岗岩的形成多少有幔源物质的贡献^[3]。二长花岗岩与正长花岗岩系列中斜长石有序度结构指数为 0.62、0.78、0.59、0.58、0.76、0.84,钾长石有序度结构指数为 0.26、0.51、0.19、0.22、

0.33、0.86,表明岩石形成于中低温环境^[16]。δEu 多介于 0.6~0.3 之间,反映岩石是经由地壳不同程度的部分熔融形成^[2]。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值为 0.7073、0.70846,显示了壳幔过渡源区特点,岩石初始值在 0.706~0.719 之间的花岗岩,其岩浆来源主要是壳

源物质,但受到幔源物质的混染^[2], $\delta^{18}\text{O}$ 测定值均介于5.5‰~10‰之间,显示其具幔壳混源型特征。暗色闪长质岩包体呈细粒结构,形态椭圆状、球状、长条状及不规则状,与寄主岩呈过渡接触,副矿物磷灰石呈针状,其特征显示为岩浆混合成因^[17]。伊春—张广才岭花岗岩带闪长质岩包体是中基性岩浆与酸性岩浆发生混合作用的结果^[18]。包体的产出意味着花岗岩体形成时有另一个源区存在,这个源区可能是位于花岗质源区下方的幔源物质,加之暗色闪长质岩包体出现的比较普遍,显然在岩浆形成与演化过程中,幔源物质的参与是比较大的,一定程度上为下地壳的部分熔融提供了热源。因此,有理由认为,伊春地区晚印支期花岗岩类可能是幔源基性岩浆以底侵形式就位于下地壳底部,既而改变了下部地壳的热状态和力学性质,在古亚洲构造域造山闭合转入伸展体制下,岩石圈发生“剥离”拆沉作用,热软流圈上涌导致大量地幔物质注入到地壳区,与地壳物质在广阔的空间范围内相互作用,迫使下地壳发生部分熔融,伴随着牡丹江区域大断裂、依兰—伊通区域大断裂等的拉张活动,形成该区大面积的I型花岗岩。

5 结 论

1) 伊春—延寿印支期二长花岗岩(中粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩、细粒斑状含角闪石黑云母二长花岗岩)—正长花岗岩(中粒含黑云母二长花岗岩)系列为I型花岗岩类,是下地壳部分熔融或壳幔过渡区部分熔融的产物,时代属三叠世—早侏罗世花岗岩。

2) 伊春—延寿印支期二长—正长花岗岩系列形成于碰撞后构造环境,与古亚洲构造域造山后伸展作用有着直接关系,是中生代晚印支期花岗岩形成的重要原因。

【参考文献】

- [1] 赵春荆,彭玉鲸,党增新,等. 吉黑东部构造格架及地壳演化[M]. 沈阳:辽宁大学出版社,1996.
- [2] 高秉璋,洪大卫,郑基俭,等. 花岗岩类区1:5万区域地质填图方法指南[M]. 北京:中国地质大学出版社,1991.
- [3] 肖庆辉,邓晋福,马大铨,等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 2002.
- [4] 国外花岗岩区填图方法研究[R]. 地质矿产部情报研究所. 1985.
- [5] 张海骅,栾慧敏,陈乐国. 黑龙江省印支期花岗岩的确定及其构造意义[J]. 黑龙江地质,1991,37(4):16-19.
- [6] 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.
- [7] 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志[M]. 哈尔滨:地质出版社,1993.
- [8] 邵济安,牟保磊,何国琦,等. 华北北部在古亚洲域与太平洋域构造叠加过程中的地质作用[J]. 中国科学 D 辑, 1997, 27: 390-394.
- [9] 王万军,孙振家,胡祥昭. 内蒙古前进林场花岗岩体的地质特征及其构造环境[J]. 地质与勘探,2005,41(2):35-40.
- [10] 吴福元,孙德有,林 强. 东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生[J]. 岩石学报,1999,15(2):181-189.
- [11] 邓晋福,赵国春,赵海玲,等. 中国东部中生代火成岩构造组合与造山—深部过程[J]. 地质评论,2000,46(1):41-48.
- [12] 罗照华,邓晋福,韩季卿. 太行山造山岩浆活动及其造山过程反演[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [13] 王 涛. 花岗岩研究与大陆动力学[J]. 地学前缘,北京:中国地质大学出版社,2000.7(增刊):137-146.
- [14] 吴福元,孙德有,林 强. 东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生[J]. 岩石学报,1999,15(2):181-189.
- [15] 丘顺帆,张 昱,张跃龙,等. 1:5万新凤林场幅区调报告[R]. 哈尔滨:黑龙江省地矿局,1993.
- [16] 廖庆康. 广西大容山—十万大山花岗岩岩基南成均地区单元超单元填图方法研究[R]. 广西地质矿产局,1989.
- [17] 李永军,王 冉,李注苍,等. 西秦岭糜棱岩体铁镁质微粒包体的特征及成因[J]. 地质通报,2003,22(7):506-511.
- [18] 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]. 吉林大学博士学位论文,2001.

CHARACTERISTICS AND TECTONIC SETTING OF LATE INDOCHINIAN I - TYPE GRANITE ZONE IN THE YICHUN AREA

LIU Bao-shan^{1,2,3}, REN Feng-he^{1,2,5}, LI Yang-chun^{3,4}, ZHAO Huan-li^{1,2,3}

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobeing Technology of Ministry of Education,

China University of Geosciences; Beijing 100083;

3. Qiqihar Branch, Heilongjiang Institute of Geological Survey, Qiqihar 161005;

4. Earth Science Institute, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

5. Heilongjiang Institute of Geological Survey, Harbin 150036)

Abstract: Main types of the late Indochinian granites in the Yichun area are amphibole - biotite - bearing adamellite, biotite - bearing syenogranite. The melanocratic diorite enclaves are development in granites. Granites are rich in amphibole and magnesian biotite, accessory minerals are titanite, magnetite and apatite. $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ values are less than 1.1. These show that the granites have characteristics of I - type granite. The mineral association and petrochemistry indicate that the granite was generated in the post - collision, and the post - orogeny extensional system is the important reason of its generation. The high ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i values and δEu values show that the source area is the transitional parts of the crust and mantle. $\delta^{18}\text{O}$ values range from 5.5‰ to 10‰, showing that they have the characteristics of crust and mantle mixing origin. The source of rocks was the lower crust or the transitional parts of the crust and mantle, and might get in touch with partial melting of the lower crust or the transitional parts of the crust and mantle.

Key words: I - type granite, late Indochinian, Yichun area