

黑龙江省呼玛县宽河地区侵入岩地球化学特征及地质意义

黄博伦^{1,2}, 李向文^{1,2*}, 邢凯³, 王冠^{1,2}, 刘世明^{1,2}

(1. 黑龙江科技大学矿业工程学院, 哈尔滨 150022;

2. 黑龙江省昂昂溪实物地质资料野外科学观测研究站, 黑龙江 齐齐哈尔 161031;

3. 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 哈尔滨 150081)

摘要:为了探讨大兴安岭呼玛县宽河地区地质发展史,进一步阐释岩浆活动和地壳演化机制,本文通过对研究区侵入岩地球化学特征进行分析,并结合邻区相关资料展开对比,探讨了岩石成因和构造环境,总结了地质意义。结果表明,呼玛县宽河地区侵入岩体具有富硅、偏碱、富钠、钙碱性以及轻稀土富集的特点,属于过铝质岩石,表现出明显的负钨异常,兼具壳幔混源型与壳源型花岗岩的特征。综合分析认为,早白垩世古太平洋板块的俯冲引起了加厚的地壳发生拆沉,新生的上地幔岩浆运移至下地壳,并致使下地壳物质发生熔融,随后这些岩浆沿着深大断裂上升至地表,经缓慢冷凝而形成了该地区的侵入岩体。

关键词:宽河地区;侵入岩;地球化学;岩石成因;构造环境

中图分类号: P597

文献标志码: A

文章编号: 1672-2736(2025)11-0068-9

0 引言

呼玛县宽河地区位于大兴安岭山脉北东端与小兴安岭山脉北西端交汇处,地层出露广泛,构造错综复杂,火山活动频繁,侵入岩较为发育,具有漫长的地质发育史,取得过较好的找矿成果,研究意义重大。前人在该地区矿床地质特征、成矿规律、成矿作用等方面做出过许多有价值的研究^[1,2],但在该地区侵入岩体的地球化学特征及地质意义等方面的研究尚有空白之处。本文依托黑龙江省呼玛县十站、宽河林业经营所地区1:5万区域地质矿产调查数据,聚焦于晚石炭世花岗闪长岩、早白垩世二长花岗岩及同期白云母花岗岩三类侵入岩体,通过岩石地球化学手段,对其主量、微量元素及稀土元素展开系统测定,并基于分析数据,重点阐释了岩体的成因机制、构造环境及其地质演化过程,系统揭示了该区域不同期次侵入岩的地球化学特征,为解析区域岩浆活动与构造演化的耦合关系提供了

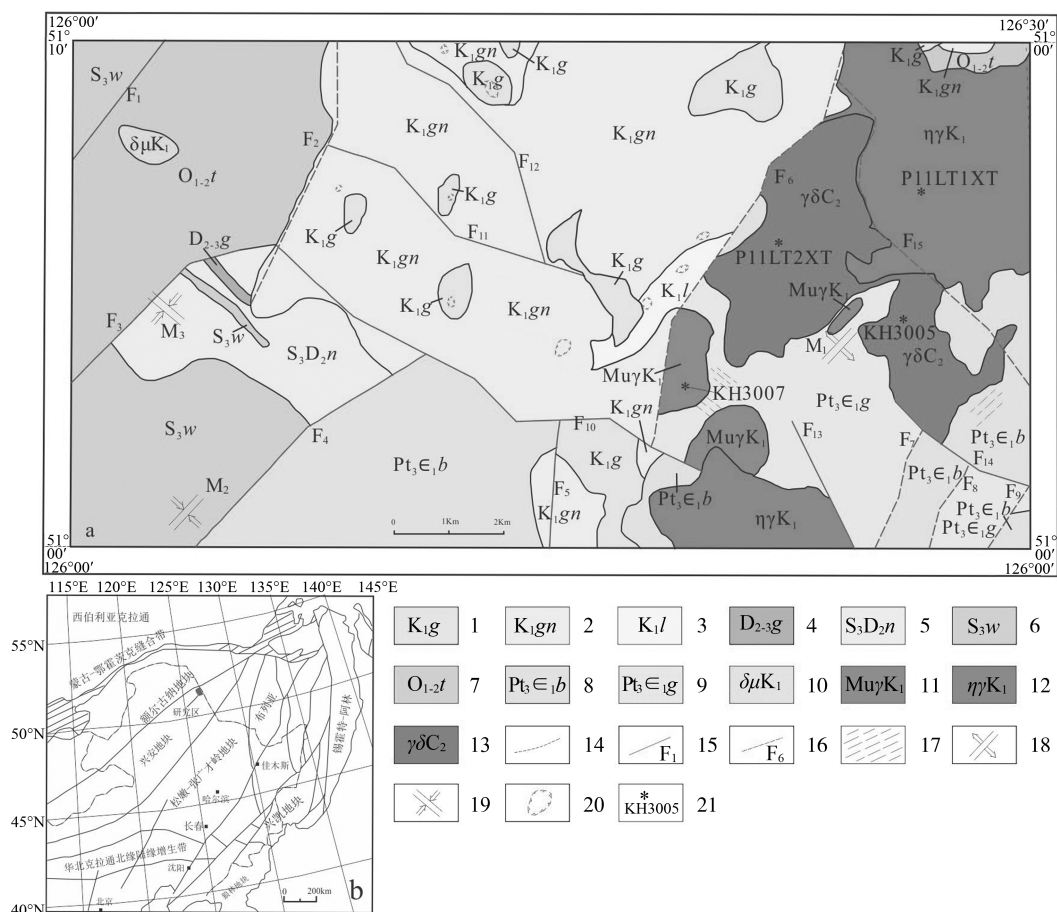
依据。

1 区域地质背景

研究区的大地构造位置处于额尔古纳与兴安板块的拼贴带内,隶属古亚洲洋构造域东北缘中生代陆缘增生体系关键部位^[3]。在漫长的地质时期,研究区经历了频繁的构造运动、火山活动、岩浆侵入及变质作用,导致不同时代和性质的断裂、褶皱构造极为发育。区内东部主要出露上元古界-下寒武统的砂泥质(火山)沉积变质岩系;西部主要出露奥陶系-泥盆系的海相碎屑沉积岩系;而在中部则广泛出露下白垩统的陆相火山岩。

研究区地层露头发育良好,主要包括晚元古代至早寒武世、奥陶纪早中期、泥盆纪早中期、白垩纪早期以及全新世等不同地质时期形成的地层。其中,晚元古代至早寒武世地层为嘎拉山岩组($Pt_3 \in 1g$)糜棱片岩、长石石英砂岩和北宽河岩组($Pt_3 \in 1b$)石英砂岩、硅质板岩。下一中奥

基金项目:2024年度黑龙江省省属高等学校基本科研业务费项目(2024-KYYWF-1110)。



1—甘河组;2—光华组;3—龙江组;4—根里河组;5—泥鳅河组;6—卧都河组;7—铜山组;8—北宽河岩组;9—嘎拉山岩组;10—早白垩世闪长玢岩;11—早白垩世白云母花岗岩;12—早白垩世二长花岗岩;13—晚石炭世花岗闪长岩;14—地质界线;15—实测断层;16—推断断层;17—千糜岩带;18—背斜;19—向斜;20—火山喷发中心;21—样品及编号

图1 宽河地区地质简图(a)与研究区大地构造简图(b)

陶统为铜山组($O_{1-2}t$)绿泥石板岩、杂砂质砾岩等浅海相火山—碎屑岩沉积建造。志留系—泥盆系为卧都河组(S_3w)中粗粒含砾长石石英砂岩、含砾岩屑石英砂岩等浅海相碎屑岩沉积建造和泥鳅河组(S_3D_2n)粉砂岩、细砂岩等浅海相碎屑岩沉积建造,根里河组($D_{2-3}g$)板岩、薄层砾岩等浅海—滨海相碎屑岩沉积建造。白垩系分布范围较大,主要出露有龙江组(K_1l)安山岩等酸性火山岩和光华组(K_1gn)流纹岩、英安岩,甘河组(K_1g)致密状玄武岩、安山玄武岩。新生界为陆相河湖沉积,由松散砂、砾堆积物构成。

侵入岩主要分布在研究区东部,包括晚石炭世花岗闪长岩、早白垩世二长花岗岩、早白垩世白云母花岗岩、早白垩世闪长玢岩四种类型(图1)。

区内褶皱和断裂构造十分发育,褶皱主要包括铁帽山复式背斜(M_1)、格达河复式向斜(M_2)及鹿场复式向斜(M_3);断裂构造有NE向和NW向断裂。

2 岩相学特征

研究区侵入岩出露于NE向呼玛—沐河华力西早、中期花岗岩带上,主要分布于研究区的东北部、中部和中南部,呈岩株、岩基状产出,其岩石成分变化幅度较小,分布面积约121km²。主要岩石类型包括晚石炭世花岗闪长岩($\gamma\delta C_2$),早白垩世二长花岗岩($\eta\gamma K_1$)、白云母花岗岩($Mu\gamma K_1$)和闪长玢岩($\delta\mu K_1$)。

2.1 晚石炭世侵入岩

晚石炭世花岗闪长岩($\gamma\delta C_2$)仅分布于研究

区东南部,主要呈岩株状产出,与新元古界—下寒武统地层呈断层或侵入接触,且多在其中产出。岩石呈灰白-灰褐色,具中粒花岗结构,主要由石英、斜长石、微斜长石和暗色矿物黑云母、角闪石组成。其中,斜长石为更长石 An14-27,含量占 50-60%,呈板柱状、它形粒状,具环带构造,发育聚片双晶,粒度为 2-5mm;微斜长石,含量占 10-15%,呈它形柱状,粒度为 2-3mm;石英为它形粒状,具明显的波状消光,含量占 20-25%,粒度为 2mm;暗色矿物主要为角闪石、黑云母,个别含少量白云母,含量占 5-10%,粒度为 1-2mm。副矿物主要为锆石、磁铁矿,次要矿物主要为褐帘石、辉钼矿。

2.2 早白垩世侵入岩

早白垩世二长花岗岩($\eta\gamma K_1$)广泛发育在研究区的东部和南部,其空间展布受区域构造控制,主体呈岩基状产出,局部发育岩株状侵入体。岩石具典型中粒花岗结构与块状构造,主要由钾长石、斜长石、石英、黑云母组成。其中钾长石为微斜长石,含量占 40-45%,呈它形柱状,发育卡氏双晶,具细条纹及钠长石镶边,粒度为 0.6-1mm。斜长石含量占 30-35%,为更-中长石 An25-30,呈半自形柱状,发育聚片双晶,具明显环带构造,边缘不规则,具绢云母化,粒度为 0.5-1mm。石英呈它形粒状,含量占 25%,具波状消光,粒度为 0.5-1mm。暗色矿物主要为黑云母,含量占 3-5%,呈棕黄色,为不规则片状,少部分蚀变为绿泥石。副矿物主要为锆石,次为黄铁矿,锆石呈灰色,透明性好,为长柱状,在紫外线下发亮黄光。

早白垩世白云母花岗岩($Mu\gamma K_1$)主要出露于研究区东南部的嘎拉山岩组地层中,呈岩株产出,由 2 个侵入体组成。岩石具中细粒花岗结构,主要由钾长石、斜长石、石英、黑云母及白云母组成。钾长石含量占 35-40%,为微斜长石、条纹长石,呈它形粒状,发育卡氏双晶,具细条纹及钠长石镶边,具轻微泥化,粒度为 0.6-1mm。斜长石含量占 30-35%,为更-中长石 An20-25,呈半自形柱状,发育聚片双晶,具不明显的环带

构造,部分被钾长石交代,边缘不规则,另有蠕虫石英发育,具轻微绢云母化,粒度为 0.5-1mm。石英含量占 20-25%,呈它形粒状,具波状消光,粒度为 0.6-1mm。暗色矿物主要为黑云母,含量占 3-5%,呈棕-淡黄色,为不规则片状,少部分蚀变为绿泥石。白云母少量,呈不规则小鳞片状,含量约 2-3%。

早白垩世闪长玢岩($\delta\mu K_1$)仅见于研究区西部的小部分区域,呈脉状产出,仅出露 1 个侵入体,面积很小。岩石呈灰色及灰绿色,具斑状结构和块状构造。斑晶为斜长石和普通角闪石,含量占 5-10%,呈自形柱状,粒度为 0.5-2mm;基质主要由斜长石、角闪石和少量石英组成,具微晶结构。

3 地球化学特征

本次研究在晚石炭世花岗闪长岩($\gamma\delta C_2$),早白垩世二长花岗岩($\eta\gamma K_1$)、白云母花岗岩($Mu\gamma K_1$)和闪长玢岩($\delta\mu K_1$)等四个岩体中分别采取了主量、微量和稀土元素分析样品,具体见图 1。由国家地质实验测试中心测试,其测试方法见参考文献^[4]。

3.1 主量元素特征

从岩石的主量元素分析测试结果可知(见表 1),晚石炭世花岗闪长岩 $w(\text{SiO}_2) = 68.48\% - 69.91\%$,平均 69.2%,属于弱酸性岩石;岩石 $W(\text{K}_2\text{O})/W(\text{Na}_2\text{O}) < 1$,属于钠质岩系; A/CNK 介于 0.98-1.02 之间,平均 1.00; $\text{Al}_2\text{O}_3 > (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ (均为分子数),标准矿物中出现刚玉(C),为过铝质岩石;里特曼指数 δ 为 2.25-2.34 < 3 ,属于钙碱性系列;在岩石 $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 图解中(图 2)落入亚碱性系列;在 $\text{SiO}_2 - (\text{FeO} * / \text{MgO})$ 和 $\text{FeO} * - (\text{FeO} * / \text{MgO})$ 图解中落入拉斑玄武岩区(图 3)。早白垩世二长花岗岩 $w(\text{SiO}_2) = 71.8\%$,属于酸性岩石;岩石 $W(\text{K}_2\text{O})/W(\text{Na}_2\text{O})$ 为 0.74 < 1 ,属于钠质岩系; A/CNK 为 1.03 > 1 ; $\text{Al}_2\text{O}_3 > (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ (均为分子数),标准矿物中出现刚玉(C),为过铝质岩石;里特曼指数 δ 为 2.23 < 3 ,属于钙碱性

表 1 研究区侵入岩主量元素组成及特征参数一览表 (%)

样号	岩石类型	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOT	Total
KH3007	MuγK ₁	77.06	0.05	14.08	0.16	0.58	0.06	0.06	0.51	5.78	1.06	0.03	0.64	100.07
P11LT1XT	ηγK ₁	71.8	0.13	15.02	0.49	0.95	0.07	0.34	1.86	4.6	3.42	0.05	1.16	99.89
P11LT2XT	γδC ₂	68.48	0.54	14.35	1.63	2.6	0.09	0.82	2.23	3.92	3.8	0.18	1.58	100.22
KH3005	γδC ₂	69.91	0.49	14.84	1.25	2.32	0.08	0.67	1.32	6.73	1.05	0.16	0.77	99.59

样号	岩石类型	δ	A.R	SI	DI	FL	MF	M/F	OX	LI	A/CNK	Na ₂ O/K ₂ O	n/k
KH3007	MuγK ₁	1.37	2.77	0.79	93.56	93.06	92.50	0.09	0.57	25.39	1.22	5.45	8.29
P11LT1XT	ηγK ₁	2.23	2.81	3.47	87.25	81.17	80.90	0.40	0.55	23.69	1.03	1.35	2.05
P11LT2XT	γδC ₂	2.34	2.74	6.42	81.1	77.59	83.76	0.35	0.56	19.42	0.98	1.03	1.57
KH3005	γδC ₂	2.25	2.86	5.57	86.31	85.49	84.20	0.35	0.56	18.84	1.02	6.41	9.75

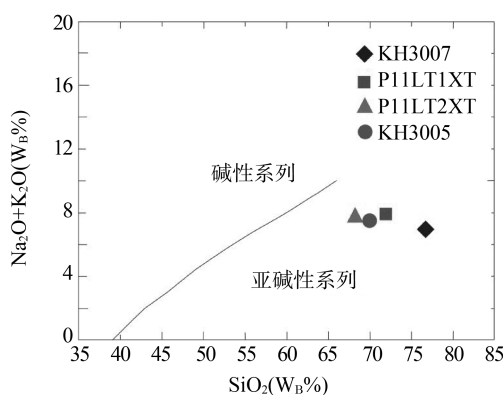


图 2 研究区侵入岩 SiO₂-(Na₂O+K₂O) 图解

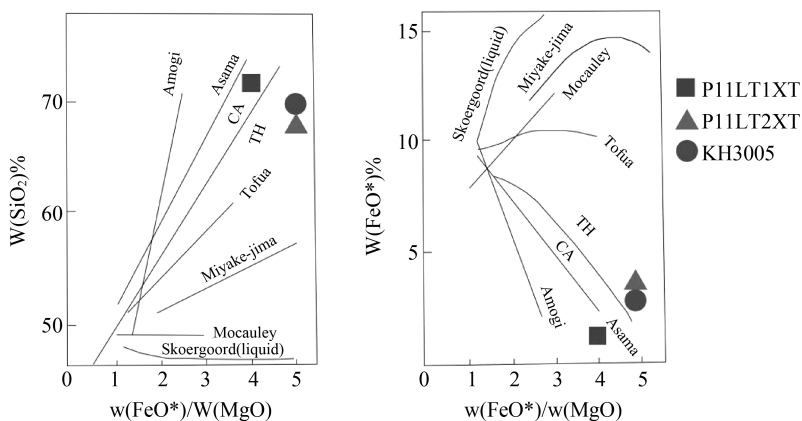


图 3 测区侵入岩 SiO₂-FeO*/MgO、FeO*-FeO*/MgO 图解

系列;在岩石 SiO₂-(Na₂O+K₂O) 图解中(图 2) 落入亚碱性系列;在 SiO₂-(FeO*/MgO) 和 FeO* -(FeO*/MgO) 图解中落入钙碱性岩区(图 3)。 早白垩世白云母花岗岩 w(SiO₂)=77.06%,属于

酸性岩石, w(Al₂O₃)=14.08%;岩石 W(K₂O)/ W(Na₂O) 0.18 < 1, 属于钠质岩系; A/CNK 为 1.22 > 1; Al₂O₃ > (Na₂O+K₂O+CaO) (均为分子数), 标准矿物中出现刚玉(C), 为过铝质岩石;

表 2 研究区不同时代侵入岩稀土元素含量(10^{-6})及特征参数表

样号	岩石类型	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
KH3007	Mu γ K ₁	3.12	6.68	0.71	2.49	0.6	0.16	0.51	0.09	0.5	0.08	0.22
P11LT1XT	$\eta\gamma$ K ₁	14.4	29.4	3.31	12.3	2.26	0.59	1.8	0.23	1.11	0.21	0.63
P11LT2XT	$\gamma\delta$ C ₂	37.9	100	10.1	38.6	8.03	1.61	7.5	1.24	7.51	1.5	4.65
KH3005	$\gamma\delta$ C ₂	29.4	59.5	7.61	27.5	5.98	1.23	6.07	0.95	5.91	1.24	3.65

样号	岩石类型	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	LREE	HREE	LREE/HREE	La/Yb	δ Eu	δ Ce
KH3007	Mu γ K ₁	0.03	0.22	0.04	2.59	15.45	13.76	1.69	8.14	10.17	0.86	1.06
P11LT1XT	$\eta\gamma$ K ₁	0.09	0.65	0.1	6.93	67.08	62.26	4.82	12.92	15.89	0.86	1.00
P11LT2XT	$\gamma\delta$ C ₂	0.68	4.43	0.67	44.2	224.42	196.24	28.18	6.96	6.14	0.62	1.23
KH3005	$\gamma\delta$ C ₂	0.54	3.52	0.56	34.5	153.66	131.22	22.44	5.85	5.99	0.62	0.95

里特曼指数 δ 为 1.37<3,属于钙碱性系列;在岩石 SiO₂-(Na₂O+K₂O)图解中(图 2)落入亚碱性系列。

整体而言,呼玛县宽河林业经营所侵入岩体呈现出富硅、偏碱、富钠以及钙碱性的特征属于过铝质岩石,为亚碱性系列,具 I 型花岗岩的特点,又与 S 型花岗岩有一定的相似性和可比性^[5]。

3.2 稀土元素特征

根据研究区侵入岩体的稀土元素测试结果(表 2)可知,晚石炭世花岗闪长岩的稀土总量 Σ REE=153.66-224.42 $\times 10^{-6}$,LREE/HRE 为 5.85-6.96,平均 6.41,该比值较大,表现为轻稀土富集;稀土元素对 La/Yb 比值为 8.35-8.56<10, δ Eu 值为 0.62>0.5;在球粒陨石标准化模式分配曲线图上(图 4)呈现出具有明显负铕异常的右倾型分布模式。早白垩世二长花岗岩的稀土总量为 Σ REE = 67.08 $\times 10^{-6}$,LREE/HREE 为 12.92,较大,也表现为轻稀土富集;稀土元素对 La/Yb 比值为 22.15>10, δ Eu 值为 0.86>0.5;在球粒陨石标准化模式分配曲线图上(图 4)也显示出明显的负铕异常。早白垩世白云母花岗岩的稀土总量 Σ REE = 15.45 $\times 10^{-6}$,LREE/HREE 为 8.14,较大,表现为轻稀土富集;稀土元素对 La/Yb 比值为 14.18>10, δ Eu 值为 0.86>0.5;在球粒陨石标准化模式分配曲线图上(图 4)同样

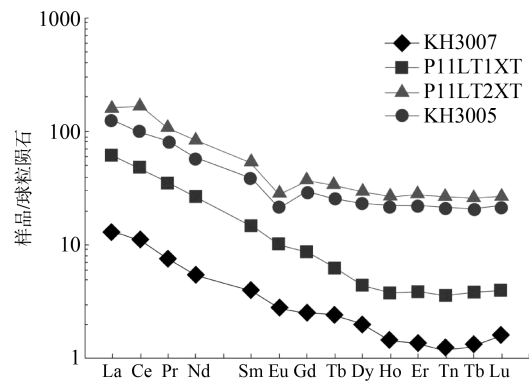


图 4 侵入岩稀土元素球粒陨石标准化图解

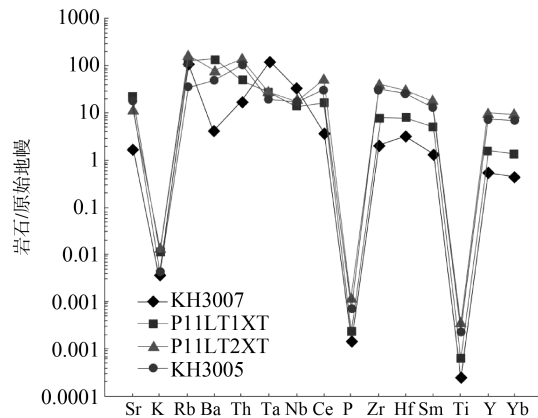


图 5 侵入岩微量元素原始地幔标准化蛛网图

显示出明显的负铕异常。

整体而言,研究区内的侵入岩体呈现出稀土总量中等、轻稀土元素高度富集的特征,并且在图 4 所示的球粒陨石标准化模式分配曲线图上可见,均呈现出向右倾斜且具有显著负铕异常的

表3 不同时代侵入岩微量元素含量(10^{-6})表(%)

样号	岩石类型	Sr	K	Rb	Ba	Th	Ta	Nb	Ce
KH3007	Mu γ K ₁	33.6	0.89	71.1	26.8	1.4	5	23	6.68
P11LT1XT	$\eta\gamma$ K ₁	502	2.87	78.2	951	4.4	1.17	9.77	29.4
P11LT2XT	$\gamma\delta$ C ₂	233	3.21	103	562	12.2	1.07	12.6	100
KH3005	$\gamma\delta$ C ₂	394	0.88	23.6	340	10	0.85	11.1	59.5

样号	岩石类型	P	Zr	Hf	Sm	Ti	Y	Yb	Rb/Sr
KH3007	Mu γ K ₁	0.013	22.4	1.02	0.6	0.03	2.59	0.22	2.12
P11LT1XT	$\eta\gamma$ K ₁	0.022	87.7	2.45	2.26	0.08	6.93	0.65	0.16
P11LT2XT	$\gamma\delta$ C ₂	0.08	447	9.36	8.03	0.33	44.2	4.43	0.44
KH3005	$\gamma\delta$ C ₂	0.071	368	8.11	5.98	0.30	34.5	3.52	0.06

分布模式,其在稀土元素特征方面符合壳源型花岗岩的典型特征,这与岛弧岩浆系统中发育的酸性、钙碱性火成岩具有可比性^[6]。

3.3 微量元素特征

根据研究区侵入岩体的微量元素测试结果(表3)表明,晚石炭世花岗闪长岩的岩石微量元素与花岗岩和闪长岩维氏值相比较,Li、Cs、Ba、Sc、Hf等亲石元素含量相对较高,Rb、Nb等大离子亲石元素含量相对较低,Sr在两者之间,而Ni、Zr接近于花岗岩维氏值,Ta、U接近于闪长岩维氏值;在微量元素蛛网图(图5)上Ba、Th、Ce、Ta等富集大离子亲石元素(LILE)呈现出正异常,而Rb、Cs、Y、Ta、Li等亲石元素呈现负异常。早白垩世二长花岗岩的岩石微量元素与花岗岩维氏值相比较,Li、Cs、Sc、Hf等亲石元素含量高,Rb、Nb等大离子亲石元素含量相对较低,而Ni、Zr接近于花岗岩;在微量元素蛛网图(图5)上Ba、Th、Ce、Ta等富集大离子亲石元素(LILE)呈现出正异常,而Rb、Cs、Y、Ta、Li等亲石元素呈现负异常。早白垩世白云母花岗岩的微量元素中,Sr、Rb、Ta、Hf等大离子亲石元素含量高,而Li、Cs、Sc、Nb等元素含量低;在微量元素蛛网图(图5)上Sr、Rb、Ta等富集大离子亲石元素(LILE)呈现出正异常,而Ba、P、Ti等亲石元素呈现负异常。

通过分析这些侵入体的微量元素特征,能够探究岩浆源区的组成和特征,从而进一步推断出

岩浆形成的构造环境^[7,8]。其中,晚石炭世花岗闪长岩的Rb/Sr比值为0.23-0.58<1,Rb/Cs比值为2.82-9.45,亲石元素含量较高,大离子亲石元素含量较低,富集大离子亲石元素(LILE)呈现出正异常,Nb、Ta等高场强元素具明显负异常,符合同熔型花岗岩的特征。早白垩世二长花岗岩的Rb/Sr比值为0.16<1,较小,Rb/Cs比值为36.54,微量元素特征与晚石炭世花岗闪长岩相似,因此同样与同熔型花岗岩可比。早白垩世白云母花岗岩的Rb/Sr比值为2.12,Rb/Cs比值为61.29,亲石元素含量较低,大离子亲石元素含量较高,Nb、Ta等高场强元素呈现出弱亏损,符合改造型花岗岩的特征。三者的微量元素原始地幔标准化蛛网图(图5)总体形态大致相似,综合分析认为这三者是同源岩浆的产物^[9]。

4 讨论

4.1 岩石成因及构造环境

呼玛县宽河林业经营所侵入岩体的地球化学特征分析结果显示,晚石炭世花岗闪长岩具有富硅、偏碱、富钠和钙碱性的特点,反映出I型花岗岩的属性;铝饱和指数(A/CNK) ≥ 1.1 ,表明属于铝过饱和型岩石,且标准矿物CIPW计算中含0.8-1.2%的刚玉标准(C-norm)分子,其呈现出的负钨异常、轻稀土元素高度富集以及稀土总量中等的特征又反映出S型花岗岩的属性。而在岩浆成因的K₂O-Na₂O图解(图6)中显示

其样品落入 I 型花岗岩区,揭示其 S-I 过渡型成因特征,推测其可能是在陆壳重熔改造时,有少量幔源物质的混入^[10]。此外,本期花岗闪长岩在 Rb-(Nb+Y) 构造环境判别图解中(图 7)落入火山弧/碰撞后构造环境,在 Rb-(Yb+Ta) 图解中(图 8)落入火山弧花岗岩区,结合区域构造背景,可以推断其形成于与俯冲作用有关的活动大陆边缘环境^[11,12],与古亚洲洋的演化有关。

早白垩世二长花岗岩也表现出富硅、富钠和钙碱性的特征,属偏铝型岩石,标准矿物 CIPW 计算中含 0.6%-1.0% 的刚玉标准(C-norm)分子,符合 S 型花岗岩的判别标准。但在岩浆成因的 K₂O-Na₂O 图解(图 6)中显示其样品落入 I 型花岗岩区,暗示其壳幔混合成因。因此,本期二长花岗岩也同时具备 I、S 型两种花岗岩的特点,属于 S-I 过渡型花岗岩,其可能是在陆壳重熔改造时有少量幔源物质的参与。其构造环境判别结果显示(图 7-8)该岩体的形成与鄂霍茨克洋中生代闭合引发的陆缘俯冲作用有关^[13]。

早白垩世白云母花岗岩同样呈现出与其他侵入岩体一样的富硅、偏碱、富钠和钙碱性特点, A/CNK>1.1, 属铝过饱和型岩石,标准矿物 CIPW 计算中出现刚玉标准(C-norm)分子且>1%,也与 S 型花岗岩可比。但在岩浆成因的 K₂O-Na₂O 图解(图 6)中其显示出 I 型花岗岩的属性,揭示其形成过程中存在少量幔源物质的参与,因此其具有 S-I 过渡型花岗岩的成因特征。其构造环境判别结果显示(图 7-8)该岩体形成于陆内俯冲背景,反映出在当时区域构造应力场的影响之下,研究区内曾出现过陆壳叠置的地质过程。这一特殊成因表明,岩石虽以壳源重熔为主导,但幔源组分的加入显著改变了其地球化学属性,形成独特的过渡型花岗岩。

综合研究区侵入岩体的特征可见,其普遍具有壳-幔相互作用的过渡型属性,兼具 S 型花岗岩与 I 型花岗岩的特征。这种 S-I 过渡型花岗岩揭示了陆壳重熔过程中幔源组分的参与是主要影响因素。

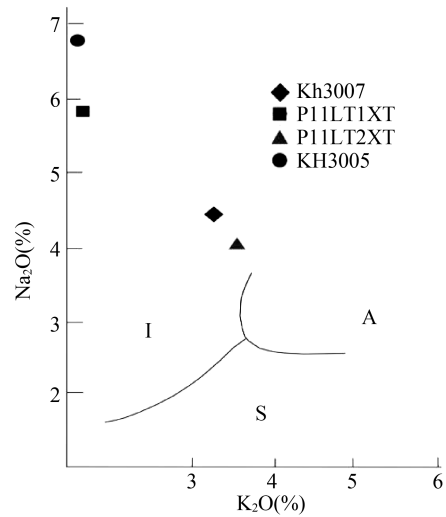


图 6 岩浆成因的 K₂O-Na₂O 图解

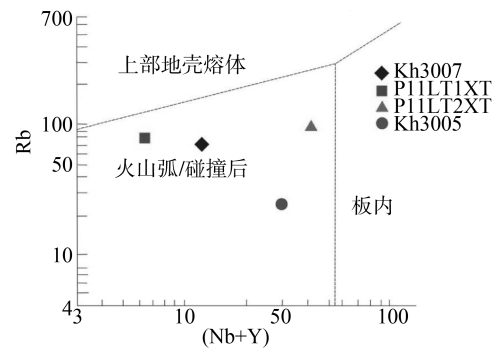


图 7 侵入岩 Rb-(Nb+Y) 构造环境图解

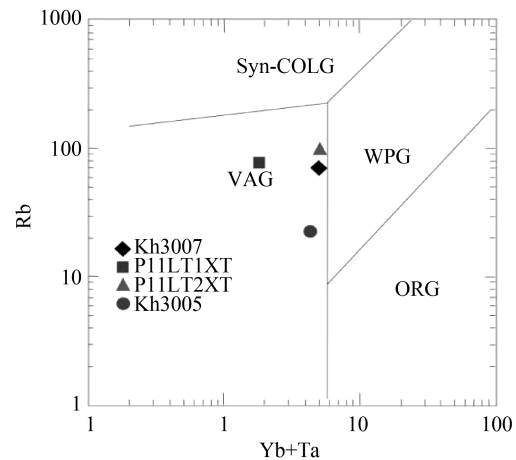


图 8 侵入岩 Rb-(Yb+Ta) 构造环境图解

4.2 地质意义

根据黑龙江省呼玛县宽河林业经营所侵入岩的地球化学特征、岩石成因及构造环境,并结合研究区的区域地质背景,综合分析认为在晚石炭世古亚洲构造域结束之后,研究区遭受了强烈的构造挤压,使古生代构造层发生挤压及断裂,

呈断块状产出,同时伴随着强烈的岩浆活动,中酸性岩浆在研究区老的隆起上侵入。到了早白垩世时期,太平洋板块的俯冲引起了加厚的地壳发生拆沉,新生的上地幔岩浆运移至下地壳,并致使下地壳物质发生熔融。随后这些岩浆沿着深大断裂上升至地表的拉分盆地,最终缓慢冷凝形成了研究区的侵入岩体。这些研究成果对进一步重建区域地质历史,解释岩浆活动与地壳演化具有很深的意义。

5 结论

(1) 黑龙江省呼玛县宽河林业经营所侵入岩体具有富硅、偏碱、富钠和钙碱性的特点,符合 I 型花岗岩的特征;均属于过铝质岩石,为亚碱性系列,又与 S 型花岗岩有一定的相似性和可比性。

(2) 研究区的侵入岩体均为同源岩浆的产物,其中晚石炭世花岗闪长岩和早白垩世二长花岗岩呈现出同熔型花岗岩的特征,早白垩世白云母花岗岩呈现出改造型花岗岩的特征。岩体均表现为轻稀土富集,具明显负铕异常,兼具壳幔混源型与壳源型花岗岩特征。

(3) 宽河林业经营所地区的侵入岩体均形成于与俯冲作用相关的地质构造背景中,其中晚石炭世花岗闪长岩、早白垩世二长花岗岩形成于活动大陆边缘环境;早白垩世白云母花岗岩则形成于陆内俯冲的构造环境,综合岩体的地球化学特征与区域构造演化,这些侵入岩体是由于早白垩世时期古太平洋板块的俯冲导致了加厚的地壳发生拆沉,新生的上地幔岩浆运移至下地壳,并熔融了下地壳物质,随后这些岩浆沿着深大断裂上升至地表的拉分盆地而最终冷凝形成的。

参考文献(References):

[1] 胡升奇,李晓龙,孙哲雨. 黑龙江省呼玛县一面坡银铅矿地质特征及找矿标志[J]. 资源信息与工程, 2020, 35(06): 21-23.

[2] 韦健. 黑龙江呼玛县一带地质特征及成矿远景研究[J]. 世界有色金属, 2018, 32(15): 101+103.

[3] 张坤. 黑龙江呼玛地区中生代侵入岩地球化学与

含矿性评价[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2021.

[4] 李向文,杨言辰,王献忠,等. 黑龙江省塔河县宝兴沟金矿床地质特征与成矿构造环境[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2012, 42(06): 1700-1710.

[5] 宋丙剑. 大兴安岭北部福草山侵入岩体特征及构造环境[J]. 地质找矿论丛, 2012, 27(01): 109-114.

[6] 孙耀锋,赵同阳,郑加行,等. 北山聚源侵入岩地球化学特征及地质意义[J]. 新疆地质, 2021, 39(03): 378-386.

[7] 王宏明. 内蒙古东北部乌奴耳地区早石炭世侵入岩地球化学特征及其意义[J]. 四川地质学报, 2024, 44(01): 12-17.

[8] 于倩. 兴安地块晚古生代—早中生代侵入岩的成因及其地质意义[D]. 吉林大学, 2017.

[9] 梁东,赵德怀,华北,等. 东昆仑东段清水泉中酸性侵入岩地球化学特征及成因讨论[J]. 地质找矿论丛, 2022, 37(01): 58-67.

[10] 雷敏. 秦岭造山带东部花岗岩成因及其与造山带构造演化的关系[D]. 北京: 中国地质科学院, 2010.

[11] 郑勇,杨阳,杨林春,等. 新疆托克逊可可乃克一带晚奥陶世侵入岩地球化学特征及地质意义[J]. 新疆地质, 2024, 42(04): 515-525.

[12] 王冠,王键,许成瀚,等. 佳木斯地块北部晚寒武世花岗闪长岩 U-Pb 年代学、地球化学及其构造意义[J]. 黑龙江国土资源, 2024, 22(01): 38-39+41-46.

[13] 张坤,史冬岩,常翔鲲,等. 伸展背景下的埃达克质岩: 黑龙江呼玛地区早白垩世侵入岩的年代学和地球化学特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2024, 54(04): 1248-1263.

作者简介:

第一作者:黄博伦,2004年生,男,湖南益阳人,黑龙江科技大学,主要研究方向为资源勘查工程。Email: 2099600584@qq.com;

通讯作者:李向文,1976年生,男,黑龙江海伦人,高级工程师,黑龙江科技大学,博士,主要研究方向为固体矿产勘查教学与研究。Email:872416149@qq.com

Geochemistry and Tectonic Significance of Intrusive Rocks in the Kuanhe Area, Huma County, Heilongjiang Province

HUANG Bolun^{1,2}, LI Xiangwen^{1,2*}, XING Kai³, WANG guan^{1,2}, LIU Shiming^{1,2}

(1. School of Mining Engineering, Heilongjiang University of Science & Technology, Harbin 150022, China;

2. Ang'angxi Physical Geological Data Field Observation and Research Station of Heilongjiang Province, Qiqihar 161031, China;

3. China Geological Survey Harbin Natural Resources Comprehensive Survey Center, Harbin 150081, China)

Abstract: In order to explore the geological development history of Kuanhe area in Huma County, Greater Khingan Mountains, and further explain the mechanism of magmatic activity and crustal evolution, this paper analyzes the petrographic and geochemical characteristics of intrusive rocks in the study area, and compares them with the relevant data of adjacent areas. The petrogenesis and tectonic environment are discussed, and the geological significance is summarized. The results show that the intrusive rocks in Kuanhe area of Huma County are characterized by rich sodium, calc-alkaline, and light rare earth enrichment. They belong to peraluminous rocks, showing obvious negative europium anomaly, and have the characteristics of crust-mantle mixed source type and crust source type granites. According to the comprehensive analysis, the subduction of the Paleo-Pacific plate in the Early Cretaceous caused the delamination of the thickened crust, and the new upper mantle magma migrated to the lower crust, resulting in the melting of the lower crust material. Subsequently, these magmas rose to the surface along the deep fault and slowly condensed to form the intrusive rock mass in this area.

Key words: Kuanhe Area; intrusive rocks; geochemistry; rock genesis; structural environment