

# 大兴安岭阿里河地区晚二叠世花岗质糜棱岩的发现及地质意义

郑吉林<sup>1,2,3</sup>, 刘军帅<sup>1,2\*</sup>, 姚宇<sup>1,2</sup>, 辛义国<sup>1,2</sup>, 李宇航<sup>1,2</sup>, 胡伟强<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 哈尔滨 150086;

2. 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站, 哈尔滨 150086;

3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

**摘要:**大兴安岭阿里河地区位于兴蒙造山带东段,前人研究显示该区发育大量中生代花岗岩,晚古生代花岗岩出露较少。笔者等在阿里河地区进行区域地质调查过程中新发现一套晚二叠世花岗质糜棱岩。通过该花岗岩岩石地球化学和锆石 U-Pb 年代学研究表明:花岗质糜棱岩属于中钾钙碱性准铝质 I 型花岗岩,具有 O 型埃达克岩地球化学特征;具有轻重稀土分馏明显,重稀土亏损的右倾型配分模式,富集大离子亲石元素 Rb、Sr 和 Ba,亏损高场强元素 Nb、Ta、Ti,指示其源岩具有壳源特征;锆石 U-Pb 年龄为  $253.6 \pm 1.1$  Ma,侵入时代为晚二叠世,形成于兴安地块与松嫩地块碰撞造山过程的后碰撞阶段构造背景。

**关键词:**晚二叠世花岗质糜棱岩;岩石地球化学;阿里河地区;大兴安岭

**中图分类号:**P535 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2025)09-0055-10

## 0 引言

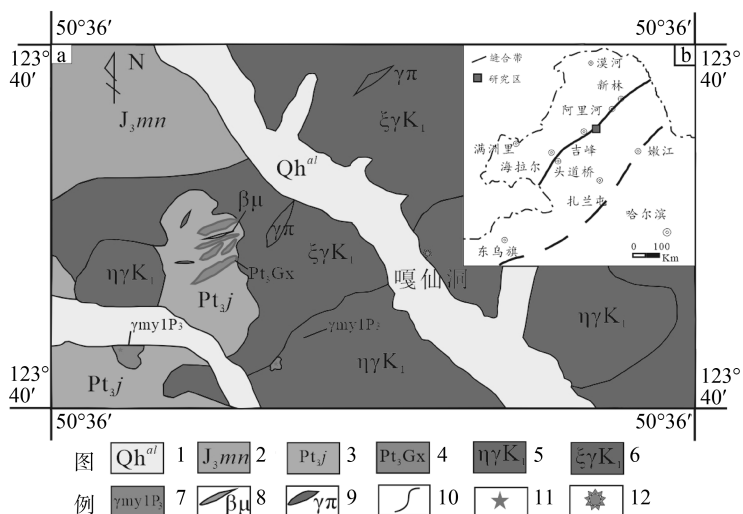
兴蒙造山带记录了古亚洲洋构造演化过程,为华北板块和西伯利亚板块碰撞拼合过程提出了重要证据<sup>[1,2]</sup>,特别是中生代花岗岩分布面积巨大,这些花岗岩与松辽盆地东部的张广才岭-小兴安岭花岗岩构成中国东部极为壮阔的地质景观—中生代“花岗岩海”<sup>[3,4]</sup>。大兴安岭阿里河地区位于兴蒙造山带东段,大兴安岭火山喷发带北段,是额尔古纳地块和兴安地块的结合部(图 1-b),其构造演化过程与古亚洲洋、蒙古-鄂霍茨克洋闭合密切相关<sup>[5-7]</sup>。前人对大兴安岭地区中生代花岗岩进行了大量的岩石学、年代学、地球化学研究工作<sup>[8-12]</sup>,得出了一系列有意义的成果。但由于大兴安岭火山岩带面积广阔,不同期次花岗岩成因也较为复杂,目前还不能较为系统的对整个大兴安岭地区的花岗岩进行综合对比研究,需要不断的开展花岗岩成因方面的

调查研究。2019年,笔者在大兴安岭北段阿里河地区开展 1:5 万区域地质调查工作时新发现一套晚二叠世花岗质糜棱岩,前人将其形成时代划归为晚侏罗世,而已有的研究资料表明区域上主要分布晚侏罗世—早白垩世花岗岩,二叠纪花岗岩却极为少见。因此,开展大兴安岭阿里河地区分布的花岗质糜棱岩的年代学、岩石地球化学特征研究,对大兴安岭北部花岗岩时空格架和区域构造演化具有一定的科学意义。

## 1 区域地质概况

研究区位于大兴安岭火山喷发岩带中北段,区内地层出露相对较少,主要为新元古界吉祥沟组(Pt<sub>3j</sub>)和上侏罗统玛尼吐组(J<sub>3mn</sub>);区内岩浆活动强烈,岩石类型以中深成的中酸性花岗质岩体为主,呈岩基、岩珠状产出,岩体主要受北东、北西和东西向构造控制,出露面积约 394km<sup>2</sup>(图 1-a);断裂构造以北西和北东向为主,近东

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD2016007807)。



1—第四系松散堆积物;2—玛尼吐组火山岩;3—吉祥沟组变质岩;4—嘎仙蛇绿岩;5—早白垩世二长花岗岩;  
6—早白垩世正长花岗岩;7—晚二叠世花岗质糜棱岩;8—辉绿岩脉;9—花岗斑岩脉;10—地质界线;  
11—采样位置;12—嘎仙洞

图 1 阿里河地区地质简图(据文献[13]修改)

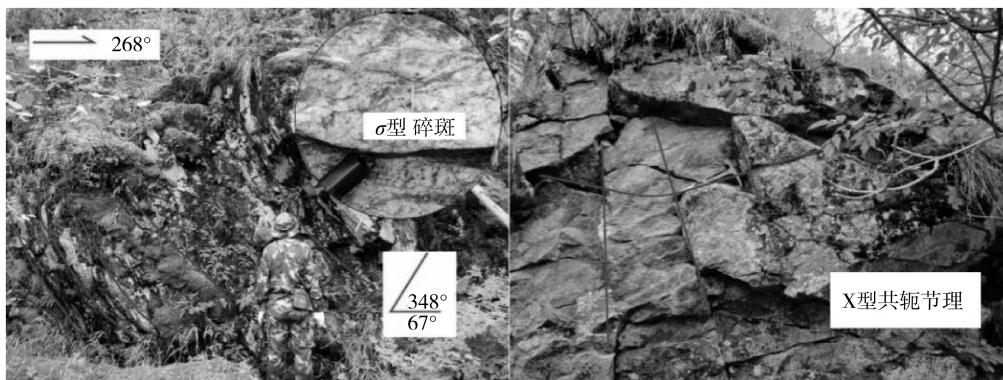


图 2 晚二叠世花岗质糜棱岩野外照片

西向和近南北向次之,区内发育三条韧性剪切带,均呈北东向展布。

## 2 样品采集及分析测试方法

### 2.1 样品采集

本文样品采自于阿里河镇西部嘎仙洞一带,野外露头呈岩珠状产出,共划分两个侵入体,分别位于嘎仙沟西南侧、微波路西侧,出露面积为 0.41km<sup>2</sup>,岩体侵入吉祥沟组变质砂岩或被早白垩世二长花岗岩包裹,叠加后期北东向韧性剪切构造。糜棱面理的产状为 348°∠67°,露头尺度可见花岗岩碎块和韧性剪切作用有关的“σ”型碎斑,碎块呈透镜状、眼球状构造(图 2)。显微

尺度上可见“δ”型碎斑,指示其具有右行韧性剪切变形特征。

### 2.2 分析测试方法

本文测试样品主量、微量元素测试在河北省区域地质矿产调查研究所实验室完成。主量元素采用熔片法 X-射线荧光光谱法测定,误差优于 2%~3%。稀土和微量元素首先用 Teflon 熔样罐进行熔样,采用 Finnigan MAT 公司生产的双聚焦高分辨等离子体质谱仪 ICP-MS 进行测定,测定误差优于 10%。锆石测年样品在河北区域地质调查所采用常规方法进行锆石分选,并完成制靶、透射光、反射光及阴极发光图像采集。锆石 U-Pb 同位素测试分析在中国地质调查局天

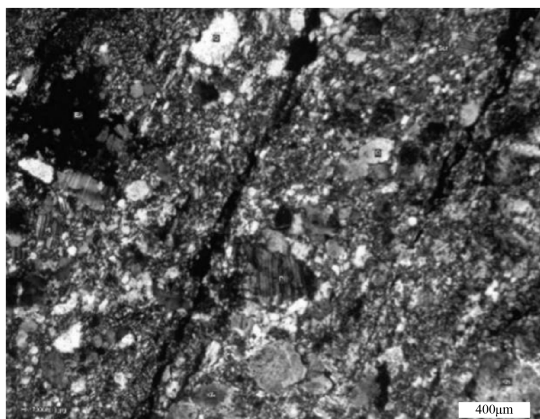


图3 花岗质糜棱岩显微镜下眼球状构造(+)

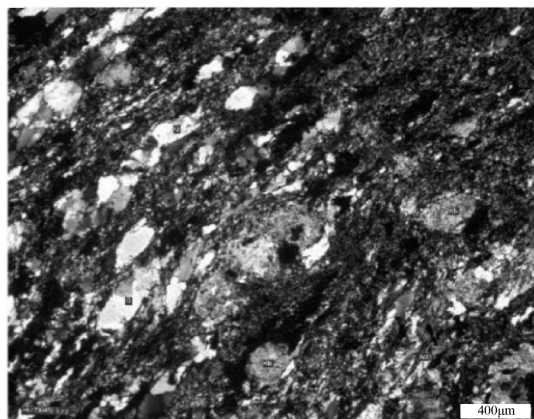


图4 花岗质糜棱岩显微镜镜下多晶石英集合体(+)

津地质调查中心实验室完成。主要采用激光剥蚀法进行操作,激光斑束直径为 35 $\mu$ m,频率为 8~10Hz,能量密度为 13~14/cm<sup>2</sup>,采用 TEMORA 为外部锆石年龄标准。利用 NIST610 玻璃标样作为外标计算锆石样品的 Pb、U、Th 含量。样品信号采集时间 60s,采用 ICP-MS DataCal 和 Isoplot 程序进行数据处理,详细数据处理方法参考文献<sup>[14]</sup>。

### 3 岩石学及地球化学特征

#### 3.1 岩石学特征

花岗质糜棱岩:风化面灰褐色,新鲜面浅绿灰色,糜棱结构,碎斑结构,条带状构造。碎块:为花岗岩,其成分由斜长石、钾长石和石英等矿物组成,呈透镜状,眼球状(图3),裂纹较为发育,均被微晶石英集合体充填,大小为 1.0~3.0mm,含量为 3%±。碎斑:为斜长石、钾长石、石英和少量暗色矿物等,沿长轴略显定向分布。其中,斜长石可见书斜式构造,粒径为 0.2~2.5mm,含量为 20%±;钾长石粒径为 0.2~1.5mm,含量为 12%±;石英呈无色透明,粒径为 0.1~0.6mm,含量为 5%±;暗色矿物均被绿帘石集合体替代,粒径为 0.3~0.5mm。基质:具显微粒状变晶结构,矿物成分由微晶长英质,少部分显微粒状绿帘石和少量鳞片状绢云母等组成,粒径均<0.1mm。其中,绿帘石粒状集合体呈条带状分布或充填后期岩石裂隙;多晶石英集合体呈

丝带状围绕上述碎块、碎斑而定向分布,形成条带状构造(图4),含量为 60%±。副矿物:为微量磷灰石、磁铁矿、锆石等。

#### 3.2 地球化学特征

样品主量、稀土及微量元素分析结果见表 1。岩石样品普遍遭受不同程度糜棱岩化,经去挥发分重新换算后对样品进行 TAS 图解投图,样品均投入碱性花岗岩区域(图 5)。SiO<sub>2</sub> 含量 68.24~68.54%,里特曼指数  $\sigma = 2.89 \sim 3.24$ ,属于钙碱性系列,K<sub>2</sub>O 含量 2.52~2.84%,Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O=2.18~2.41,具有低 MgO(0.62~0.66%)和低 TiO<sub>2</sub>(0.41~0.44%)的特点,Mg<sup>#</sup> 较低(40.89~43.70)。在 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O 图中投入中钾钙碱性系列岩石区域(图 6),铝饱和指数 A/CNK=0.92~1.01,属准铝质岩石(图 7)。

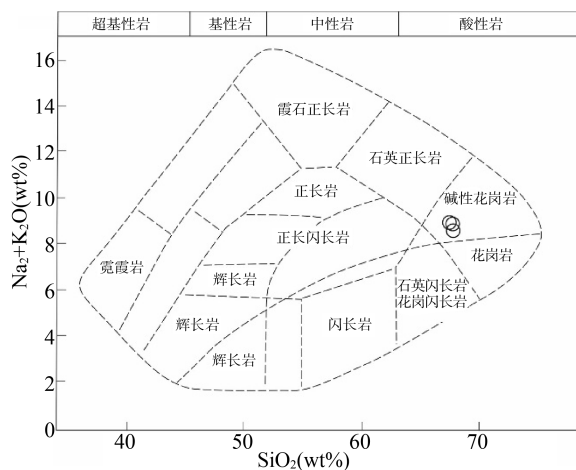


图5 花岗质糜棱岩 SiO<sub>2</sub>-(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)图

表 1 晚二叠世花岗质糜棱岩( $\gamma_{\text{mylP}_3}$ )岩石化学特征表(主量元素%,微量元素 $10^{-6}$ )

样品号	WJE068	WJE072	WJE073	样品号	WJE068	WJE072	WJE073
镜下定名	花岗质 糜棱岩	花岗质 糜棱岩	花岗质 糜棱岩	镜下定名	花岗质 糜棱岩	花岗质 糜棱岩	花岗质 糜棱岩
主量元素(wt%)							
SiO <sub>2</sub>	68.54	68.24	68.48	Sr	1196	903	1219
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.15	16.74	16.46	Zr	152	135	140
TiO <sub>2</sub>	0.41	0.44	0.41	Nb	9.99	8.48	8.73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.31	0.99	1.15	Mo	0.22	0.35	0.77
FeO	0.45	0.64	0.46	Cs	1.02	1.51	1.24
CaO	2.68	1.82	2.35	Ba	1294	1224	1415
MgO	0.62	0.66	0.62	Hf	4.44	3.21	3.67
K <sub>2</sub> O	2.52	2.84	2.69	Ta	0.54	0.51	0.56
Na <sub>2</sub> O	6.07	6.20	6.20	W	4.53	5.63	5.20
MnO	0.039	0.040	0.035	Pb	7.41	10.8	7.94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.16	0.16	Bi	0.09	0.11	0.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.42	0.65	0.44	Th	5.27	3.27	4.60
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.21	0.26	0.18	U	1.18	1.00	1.24
灼失量	0.76	0.94	0.68	Ag	0.023	0.023	0.023
总和	99.71	99.72	99.69	Sn	1.26	1.71	1.61
Mg <sup>#</sup>	40.89	43.70	42.70	B	3.30	5.26	5.31
A/CNK	0.92	1.01	0.95	F	354	272	365
A/NK	1.27	1.26	1.25	Y	5.66	4.69	6.12
FeO <sup>T</sup>	1.63	1.53	1.50	La	26.7	27.7	32.2
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	8.59	9.05	8.89	Ce	44.3	53.1	54.2
$\sigma$ -Rittmann	2.89	3.24	3.10	Pr	5.05	6.18	5.96
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	2.41	2.18	2.30	Nd	17.6	22.5	21.7
微量元素( $10^{-6}$ )							
Sm	2.68	3.21	3.06	Eu	0.99	0.95	1.11
Li	7.54	7.68	7.86	Gd	2.12	2.59	2.64
Be	1.57	1.70	1.77	Tb	0.26	0.27	0.31
Sc	2.67	2.54	2.01	Dy	1.29	1.09	1.34
V	32.1	26.0	30.6	Ho	0.23	0.17	0.22
Cr	29.3	24.5	11.1	Er	0.72	0.49	0.63
Co	2.70	2.52	2.48	Tm	0.12	0.07	0.10
Ni	15.1	15.4	5.33	Yb	0.83	0.49	0.64
Cu	7.02	13.8	9.05	Lu	0.11	0.07	0.10
Zn	25.4	30.9	61.2	$\delta$ Eu	1.23	0.98	1.17
Ga	19.6	16.7	17.8	La <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub>	21.76	37.99	34.04
Rb	50.2	61.6	59.6				

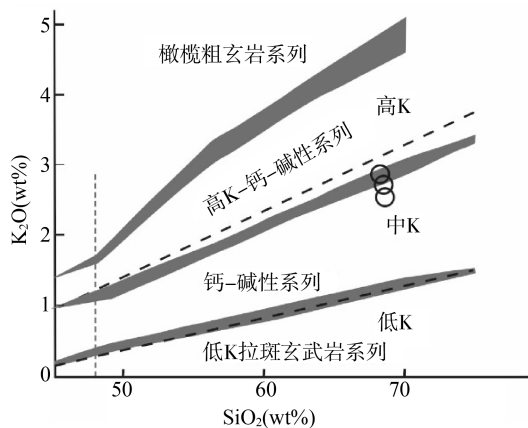


图6 花岗质糜棱岩 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O 图

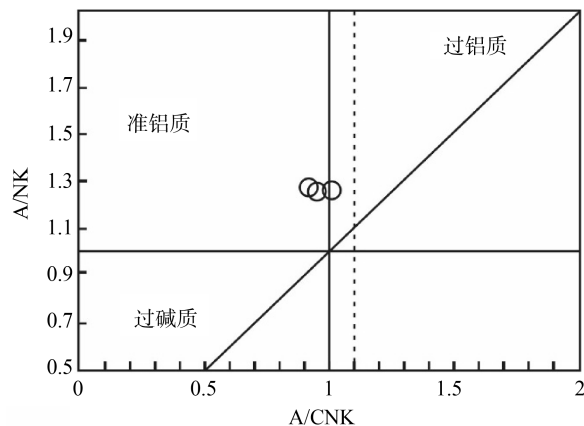


图7 花岗质糜棱岩 A/CNK-A/NK 图

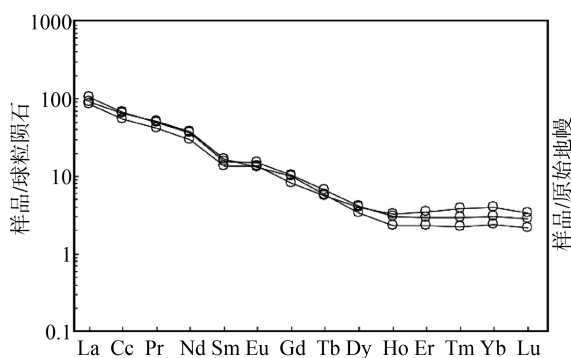


图8 花岗质糜棱岩稀土元素球粒陨石标准化配分图

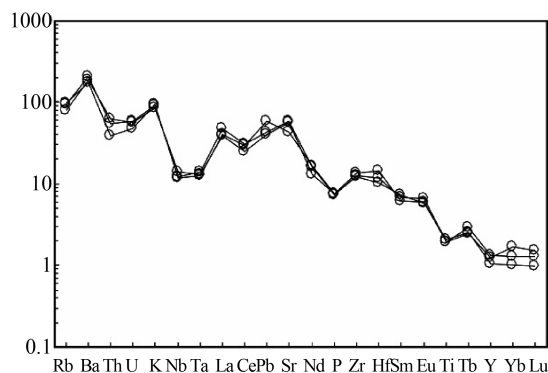


图9 花岗质糜棱岩微量元素蜘蛛图

稀土元素特征:花岗质糜棱岩稀土总量  $\Sigma \text{REE} = 108.57 \times 10^{-6} \sim 130.36 \times 10^{-6}$ ,  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$  比值介于 21.76~37.99 之间,轻重稀土分馏明显。在球粒陨石标准化的稀土元素配分曲线图中元素呈轻稀土富集,重稀土亏损的右倾型配分模式(图8)。铕元素具有轻微正异常特征( $\delta \text{Eu} = 0.98 \sim 1.23$ ),表明岩浆源区可能有微量的斜长石残留。微量元素特征:花岗质糜棱岩 Sr 和 Ba 含量较高,分别为  $903 \times 10^{-6} \sim 1219 \times 10^{-6}$  和  $1224 \times 10^{-6} \sim 1415 \times 10^{-6}$ ,重稀土含量低,低 Y、Yb 含量( $4.69 \times 10^{-6} \sim 6.12 \times 10^{-6}$ 、 $0.49 \times 10^{-6} \sim 0.83 \times 10^{-6}$ ),可能暗示石榴石为残留相。样品具有极高的 Sr/Y 比值(192.28~211.37),较高 Zr/Hf (34.31~42.09)值,在原始地幔标准化的微量元素蛛网图上,岩石富集大离子亲石元素 Rb、Sr 和 Ba,亏损高场强元素 Nb、Ta、Ti(图9),指示其源岩具有壳源特征。

## 4 形成时代及构造环境

### 4.1 形成时代

测试样品锆石 U-Pb 同位素年龄测定结果见表2。样品坐标:50°36'48"N,123°31'15"E,岩性为花岗质糜棱岩。样品显微镜下锆石为无色透明,多呈短柱状、浑圆状,少数呈长柱状,长宽比约为 2:1~1:1,在阴极发光图像上普遍发育震荡环带(图10),Th/U 比值为 0.43~1.13,表明岩浆成因。该样品共分析了 24 个测点,除 7 号测点 U、Pb 含量过低,为无效数据外,其余 23 个测点都落在谐和线及其附近区域,加权平均年龄值为  $253.6 \pm 1.1 \text{Ma}$  (MSWD=0.6)(图11),代表岩石形成年龄,时代为晚二叠世。

### 4.2 构造环境

花岗质糜棱岩地球化学特征具有准铝质岩

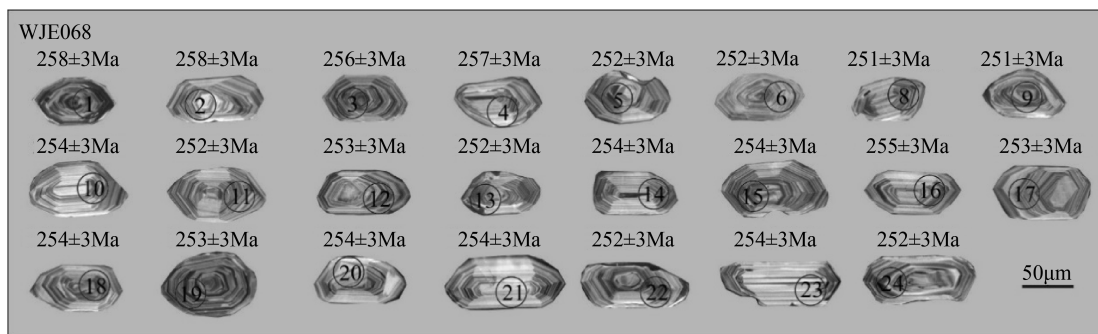


图 10 花岗质糜棱岩锆石 CL 图

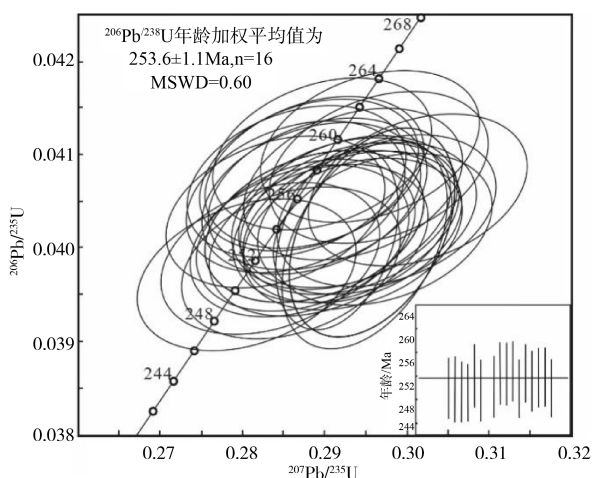


图 11 花岗质糜棱岩锆石 U-Pb 测年谐和图

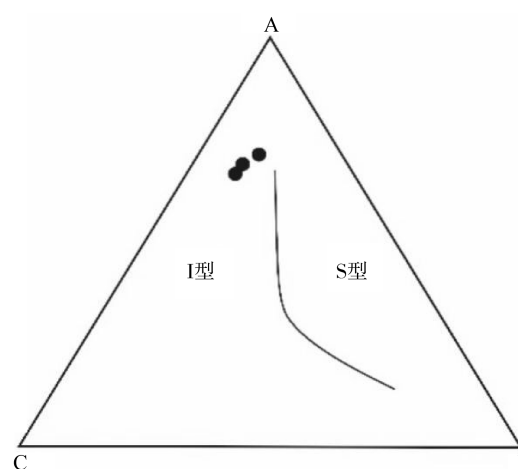


图 12 花岗质糜棱岩 A-C-F 判别图解

石特征,在  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$  图上显示中钾钙碱性系列(图 6),轻稀土富集,无明显铕异常现象,指示其为 I 型花岗岩,在花岗岩 A-C-F 判别图解中样品落入 I 型花岗岩区(图 12)。另外,样品岩相学上也未见 S 型花岗岩特征矿物堇青石、白云母等富铝矿物以及指示 A 型花岗岩的碱性暗色矿物。

花岗质糜棱样品具高 Sr 低 Y、Yb 的特征,  $\text{Sr}/\text{Y}>40$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3>15\%$ ,无负 Eu 异常的地球化学特征指示其可能为埃达克质岩石(图 13C)。张旗等最早提出的 C 型和 O 型埃达克岩的分类方案,主要是依据钾质和钠质进行分类,其中,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}>2$  为钠质 O 型埃达克岩<sup>[15-18]</sup>(图 13A)。在  $\text{SiO}_2\text{-Mg}^\#$ 图上样品也与阿留申型埃达克岩相吻合(图 13B)。Eu 显示轻微正异常,指示源区可能无斜长石,且极低的 Yb 含量( $0.49\times 10^{-6}\sim 0.83\times 10^{-6}$ )指示源区可能有石榴石残留,

在  $\text{SiO}_2\text{-MgO}$  图上,具有下地壳熔融的埃达克岩特征(图 13D)。

花岗质糜棱岩样品在  $\text{R}_1\text{-R}_2$  构造关系图解中全部投入到造山晚期(图 14),而在微量元素  $\text{Rb}\text{-(Yb+Nb)}$  构造判别图解上,则全部落在火山弧花岗岩区(图 15),微量元素  $\text{A}/\text{CNK}\approx 1.1\text{-}1$  之间,也指示其构造环境一般为火山弧花岗岩。综合表明,阿里河地区花岗质糜棱岩可能形成于板块主碰撞之后的陆内碰撞环境。综合研究表明,额尔古纳地块与兴安地块于 480Ma 前已完成拼合<sup>[19]</sup>,而在松嫩地块与兴安地块的接合部有大量的 291.5~351Ma 之间的花岗岩分布,这也充分说明两个地块的拼合时间应发生在晚古生代末期<sup>[20,21]</sup>。前人对研究区西南部诺敏地区二叠纪花岗岩研究认为,该区花岗岩形成于 252~292Ma 之间,其构造背景与兴安地块、松嫩地块碰撞有关<sup>[22]</sup>。空间上阿里河地区位于兴安

表 2 晚二叠世花岗质糜棱岩( $\gamma_{\text{mylP}_3}$ )LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素地质年龄测定结果表

样品号	含量 ( $\times 10^{-6}$ )		同位素比值						年龄(Ma)					
	Pb	U	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$1\sigma$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$
WJE068														
1	25	496	0.0408	0.0004	0.2921	0.0045	0.0140	0.0002	1.0427	0.010	258	3	260	4
2	9	194	0.0409	0.0004	0.2894	0.0056	0.0117	0.0001	1.1309	0.024	258	3	258	5
3	17	371	0.0406	0.0004	0.2895	0.0042	0.0118	0.0001	0.9567	0.005	256	3	258	4
4	8	174	0.0406	0.0004	0.2941	0.0060	0.0114	0.0001	0.7698	0.005	257	3	262	5
5	12	280	0.0398	0.0004	0.2879	0.0049	0.0108	0.0001	0.7820	0.006	252	3	257	4
6	8	182	0.0398	0.0004	0.2890	0.0062	0.0120	0.0001	0.8000	0.012	252	3	258	6
7	15	323	0.0398	0.0004	0.2938	0.0049	0.0112	0.0001	0.9845	0.013	251	3	262	4
8	15	334	0.0397	0.0004	0.2919	0.0045	0.0110	0.0001	0.8854	0.011	251	3	260	4
9	7	159	0.0402	0.0004	0.2947	0.0068	0.0119	0.0001	0.6214	0.006	254	3	262	6
10	11	248	0.0398	0.0004	0.2905	0.0052	0.0122	0.0001	0.8277	0.009	252	3	259	5
11	11	263	0.0401	0.0004	0.2897	0.0054	0.0115	0.0001	0.6388	0.008	253	3	258	5
12	11	257	0.0399	0.0004	0.2918	0.0048	0.0125	0.0001	0.6948	0.009	252	3	260	4
13	10	217	0.0403	0.0004	0.2895	0.0051	0.0115	0.0001	0.7369	0.010	254	3	258	5
14	9	202	0.0402	0.0004	0.2892	0.0055	0.0128	0.0001	0.4829	0.003	254	3	258	5
15	6	136	0.0403	0.0004	0.2904	0.0070	0.0117	0.0001	0.4324	0.007	255	3	259	6
16	12	258	0.0398	0.0004	0.2892	0.0044	0.0119	0.0001	0.8531	0.007	252	3	258	4
17	10	226	0.0403	0.0004	0.2891	0.0063	0.0103	0.0001	0.7051	0.003	254	3	258	6
18	18	391	0.0400	0.0004	0.2907	0.0044	0.0121	0.0001	0.7827	0.011	253	3	259	4
19	8	189	0.0401	0.0004	0.2918	0.0053	0.0115	0.0001	0.5467	0.010	254	3	260	5
20	5	126	0.0402	0.0004	0.2896	0.0083	0.0104	0.0001	0.6424	0.006	254	3	258	7
21	12	274	0.0399	0.0004	0.2891	0.0056	0.0097	0.0000	0.8105	0.011	252	2	258	5
22	7	165	0.0402	0.0004	0.2928	0.0057	0.0109	0.0001	0.6137	0.003	254	3	261	5
23	11	267	0.0399	0.0004	0.2894	0.0093	0.0087	0.0001	0.8199	0.002	252	2	258	8

地块北部边缘,笔者等新发现的该地区花岗质糜棱岩形成时代为 253.6Ma,综合分析兴安与松嫩地块的拼合时间以及研究区的位置距离,说明阿里河地区的花岗岩可能是由兴安地块与松嫩地块碰撞造山过程的后碰撞阶段经加厚的下地壳物质部分熔融而形成。

## 5 结论

(1)阿里河地区出露的花岗质糜棱岩,属于中钾钙碱性准铝质 I 型花岗岩,具有 O 型埃达克

岩特征,其原始岩浆来源于下地壳熔融。

(2)阿里河地区花岗质糜棱岩具有轻重稀土分馏明显,重稀土亏损的右倾型配分模式,岩石富集大离子亲石元素 Rb、Sr 和 Ba,亏损高场强元素 Nb、Ta、Ti,指示其源岩具有壳源特征。

(3)阿里河地区花岗质糜棱岩锆石 U-Pb 同位素加权平均年龄值为 253.6 $\pm$ 1.1Ma,形成时代为晚二叠世,兴安地块与松嫩地块碰撞造山过程的后碰撞阶段是该区花岗岩形成的主要构造背景。

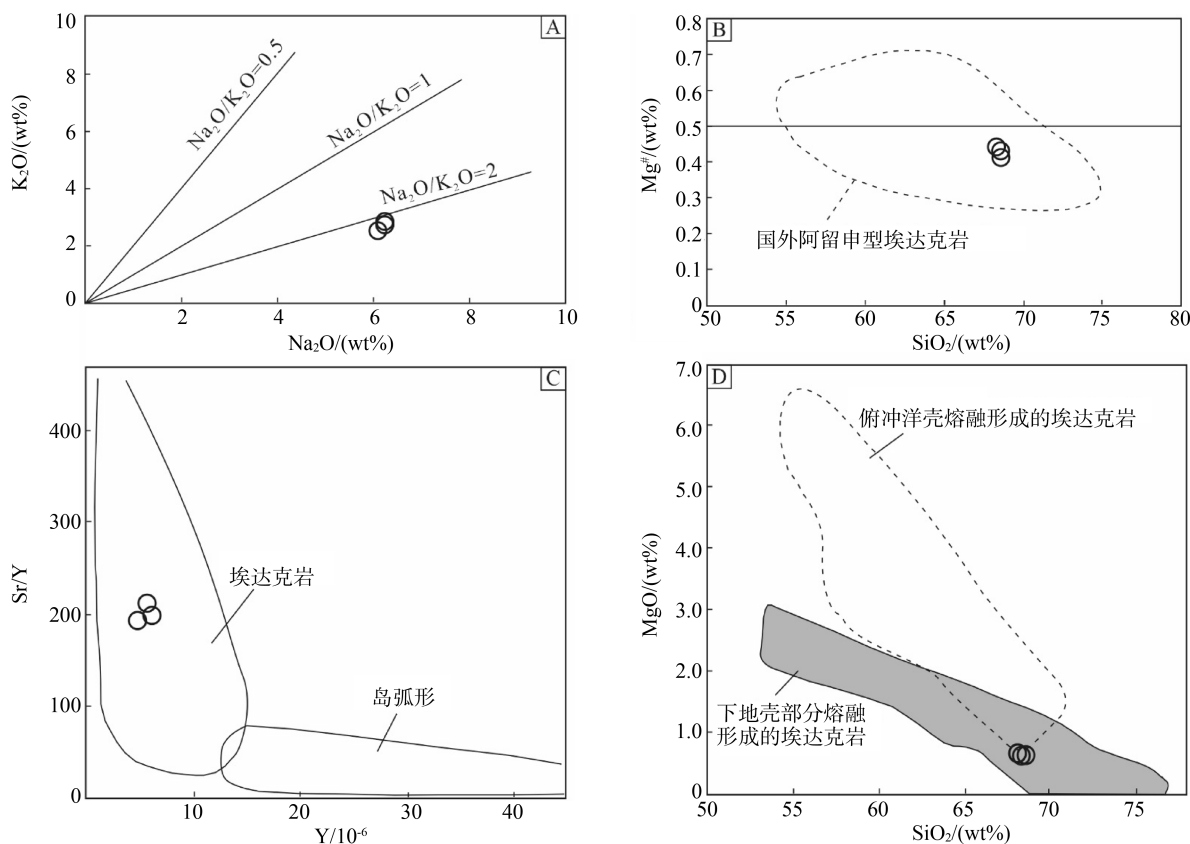


图 13 Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O 图解、SiO<sub>2</sub>-Mg<sup>#</sup> 图解、Y-Sr/Y 图解和 SiO<sub>2</sub>-MgO 图解

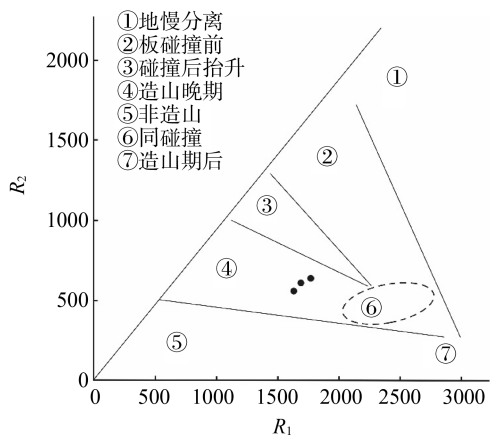


图 14 花岗质糜棱岩构造环境 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> 判别图解

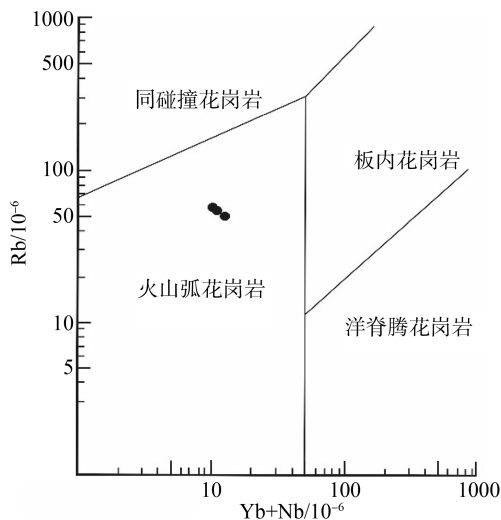


图 15 花岗质糜棱岩 Rb-(Yb+Nb) 图解

参考文献 (References):

[1] Xu B, Zhao P, Wang Y Y, et al. The pre-Devonian Tectonic Framework of Xing'an-Mongolia Orogenic Belt (XMOB) in North China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2015, 97(Part B): 183-196.  
 [2] 杨泽黎, 胡晓佳, 王树庆, 等. 兴蒙造山带南缘早古

生代增生造山带内前寒武纪地层的识别及其地质意义 [J]. 地球科学, 2021, 46(08): 2786-2803.

[3] 李向文, 牛柏然, 刘意仁, 等. 十五里桥地区水系地球化学特征及成矿元素演化规律 [J]. 黑龙江国土资源, 2024, 22(02): 54-60.  
 [4] 曾涛, 王涛, 童英, 等. 俄罗斯远东地区晚中生代花

- 岗岩类的时空分布及地质意义[J]. 地质通报, 2012, 31(05): 732-744.
- [5] 郑吉林, 王文东, 杨华本, 等. 大兴安岭北部下侏罗统战备村组的建立及其地质意义[J]. 地质通报, 2016, 35(07): 1106-1114.
- [6] 周传芳, 孟玲禹, 贾立明, 等. 大兴安岭洛古河地区兴华渡口群地球化学特征及地质意义[J]. 黑龙江国土资源, 2024, 22(06): 61-69.
- [7] 孙德有, 吴福元, 张艳斌, 等. 西拉木伦河-长春-延吉板块缝合带的最后闭合时间: 来自吉林大玉山岩体的证据[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2004, 34(02): 174-181.
- [8] 葛文春, 吴福元, 周长勇, 等. 大兴安岭北部塔河花岗岩体的时代及对额尔古纳地块构造归属的制约[J]. 科学通报, 2005, 50(12): 1239-1247.
- [9] 余宏全, 李进文, 向安平, 等. 大兴安岭中北段原岩锆石 U-Pb 测年及其与区域构造演化关系[J]. 岩石学报, 2012, 28(02): 571-594.
- [10] 葛文春, 隋振民, 吴福元, 等. 大兴安岭东北部早古生代花岗岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及地质意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(02): 423-440.
- [11] 隋振民, 葛文春, 吴福元, 等. 大兴安岭东北部侏罗纪花岗质岩石的锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及成因[J]. 岩石学报, 2007, 23(02): 461-480.
- [12] 徐立明, 刘涛, 郑吉林. 大兴安岭北段阿里河镇早白垩世高分异花岗岩的确定及其地质意义[J]. 现代地质, 2023, 37(03): 613-626.
- [13] 郑吉林, 刘涛, 徐立明, 等. 大兴安岭嘎仙蛇绿混杂岩中超镁铁质岩地球化学、年代学特征及其地质意义[J]. 地质通报, 2020, 39(04): 480-490.
- [14] Liang Q, Jing H, Gregoire D C. Determination of trace elements in granites by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Talanta, 2000, 51(03): 507-513.
- [15] 张旗, 周国庆. 中国蛇绿岩[M]. 北京: 北京科学出版社, 2001. 1-180.
- [16] 孙建东, 徐敏成, 谭桂丽, 等. 赣东北黄山铌钽矿床成矿岩体地球化学特征及成矿意义[J]. 华东地质, 2023, 44(01): 28-38.
- [17] 李斌, 黄寄洲, 李仁和, 等. 安徽蒙城西贾庄金铅锌多金属矿床成矿期次及成矿岩体年代学研究[J]. 华东地质, 2024, 45(03): 318-331.
- [18] 张靖怡, 张舒, 张赞赞, 等. 北淮阳东端牛王寨岩体年代学及地球化学研究: 对大别造山带早白垩世深部地质过程的制约[J]. 华东地质, 2022, 43(02): 141-153.
- [19] 葛文春, 吴福元, 周长勇, 等. 大兴安岭北部塔河花岗岩体的时代及对额尔古纳地块构造归属的制约[J]. 科学通报, 2005, 50(12): 1239-1246.
- [20] 孙德有, 吴福元, 李惠民, 等. 小兴安岭西北部造山后 A 型花岗岩的时代及与索伦山-贺根山-扎赉特碰撞拼合带东延的关系[J]. 科学通报, 2000, 45(20): 2217-2222.
- [21] Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis [J]. Chemical Geology, 2002, 187: 143-173.
- [22] 梁科伟, 李成禄, 张立东, 等. 大兴安岭诺敏地区二叠纪花岗岩的地球化学特征及地质意义[J]. 地质与资源, 2012, 21(02): 181-187.

---

**作者简介:**

第一作者: 郑吉林, 1985 年生, 男, 吉林农安人, 硕士, 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 高级工程师, 主要研究方向为地质调查。Email: 123982315@qq.com;

通讯作者: 刘军帅, 1985 年生, 男, 吉林农安人, 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 工程师, 主要研究方向为地质调查。Email: 785396992@qq.com

---

## Discovery and Geological Significance of Late Permian Granitic Mylonites in the Alihe Region, Greater Xing'an Mountains

ZHENG Jilin<sup>1,2,3</sup>, LIU Junshuai<sup>1,2\*</sup>, YAO Yu<sup>1,2</sup>, XIN Yiguo<sup>1,2</sup>, LI Yuhang<sup>1,2</sup>, HU Weiqiang<sup>1,2</sup>

(1. Harbin Center for Integrated Natural Resources Survey, China Geological Survey, Harbin 150086, China;

2. Observation and Research Station of Earth Critical Zone in Black Soil, Harbin, Ministry of Natural Resources,  
Harbin 150086, CHina;

3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The Alihe region in the Greater Xing'an Mountains is located in the eastern section of the Xing-Meng Orogenic Belt. Previous studies have documented that this area is dominated by Mesozoic granites, with limited exposures of Late Paleozoic granitic rocks. During regional geological investigations in the Alihe area, we identified a previously undocumented suite of Late Permian granitic mylonites. Integrated petrological, geochemical, and zircon U-Pb geochronological investigations indicate that these granitic mylonites are characterized as medium-potassium, calc-alkaline, quasi-aluminous I-type granites with O-type adakitic geochemical signatures. The rocks display pronounced light and heavy rare earth element fractionation characterized by heavy rare earth element depletion and a right-sloping distribution pattern, with enrichment in large ion lithophile elements (Rb, Sr, and Ba) and depletion in high field strength elements (Nb, Ta, and Ti), indicating significant crustal source contributions. Zircon U-Pb geochronological analysis yields an age of  $253.6 \pm 1.1$  Ma, constraining the emplacement to the Late Permian period. These granitic mylonites were emplaced during the post-collisional stage of the orogenic event between the Xing'an and Songnen blocks.

**Key words:** late permian granitic mylonites; petrogenetic geochemistry; Alihe Region; Greater Xing'an Mountains