

黑龙江呼玛地区早侏罗世二长花岗岩的岩石成因及地质意义

成学光¹, 张坤^{2,3}, 史冬岩^{2,4,5}, 尹文会¹, 张晨²

(1. 呼伦贝尔查干矿业有限责任公司, 内蒙古自治区 呼伦贝尔 021300;

2. 黑龙江省矿业集团有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150000;

3. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083;

4. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130012;

5. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550081)

摘要: 本文通过岩石学、年代学、岩石地球化学等手段, 对位于兴安地块东北部的黑龙江呼玛地区早侏罗世二长花岗岩进行岩石成因和构造背景的研究。结果表明, 区内早侏罗世二长花岗岩的形成时间集中在(176.3±0.8)Ma~(177.7±1.1)Ma, 具有高硅、中低钾、中等镁铁及贫钙特征, 属高钾钙碱性系列; 富集轻稀土和大离子亲石元素, 亏损重稀土和高场强元素, Eu 负异常不明显(0.70~1.50); 随 SiO₂ 含量的增加 P₂O₅ 含量递减, 有相对高的 Sr/Y(9.67~148.07) 和 La_N/Yb_N(7.66~54.12) 比值, 低的 Mg#(23.07~39.37)Cr(6.00~11.60)×10⁻⁶ 和 Ni(4.69~9.39)×10⁻⁶ 值, 具有 I 型花岗岩特征。其 Nb/Ta 比值略高于大陆地壳均值, Th 含量介于地壳与地幔丰度值区间, 表明有幔源成分的加入。通过构造背景判图显示, 大部分样品落入火山弧环境中, 结合区域上相近年代侵入岩的分布特征及岩石地球化学特征规律, 推测岩浆形成于与蒙古-鄂霍茨克洋南向俯冲有关的大陆边缘弧环境。

关键词: 二长花岗岩; 锆石 U-Pb 测年; 岩石地球化学; 呼玛; 黑龙江

中图分类号: P581

文献标志码: A

文章编号: 1001-5663(2024)02-0271-13

0 引言

黑龙江呼玛地区构造位置上属兴安地块的组成部分。兴安地块位于我国大兴安岭地区, 呈北东向展布, 大地构造上属兴蒙造山带的组成部分, 其北侧是额尔古纳地块, 南侧为松嫩-张广才岭地块(图 1a)。关于兴安地块中生代的大地构造体制, 目前主要有三类观点: (1) 与古亚洲洋板块的造山或陆内造山相关^[1-2]; (2) 与蒙古-鄂霍茨克洋的俯冲闭合造山相关^[3-11]; (3) 与古太平洋板块的俯冲相关^[12-17]。由于三种构造体制(古亚洲洋、蒙古-鄂霍茨克洋和古太平洋)的俯冲闭合拼接过程都发生在短短的 100 Ma 内, 使其变得扑朔迷离。

依托于《黑龙江省 1:5 万翻身屯、新街基、三间房、金山、盘查、呼玛县幅区域地质矿产调查》项目, 黑龙江省第四地质勘察院于 2015—2018 年在兴安地块的呼玛地区识别出一期早侏罗世花岗质岩浆活动事件。由于前期相关报道较少, 该期岩浆活动事件的岩体地质、形成时代和地球化学特征, 以及它与相邻地块的同时期岩浆活动事件的关系, 目前也还不清楚。基于此, 本文在详细的野外地质调查的基础上, 对兴蒙造山带东部兴安地块中发现的早侏罗世二长花岗岩的岩体地质、形成时代和地球化学特征开展分析, 旨在探讨其岩石成因、物质源区和成岩动力学背景, 为后期的进一步研究提供直接依据。

投稿日期: 2024-1-01; 修回日期: 2024-03-02

基金项目: 中国地质调查局项目(12120114028101)和黑龙江省 1:5 万区域地质矿产调查项目(HLJKD2015-06)共同资助。

第一作者: 成学光(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查工作。E-mail: cxg8662@163.com

通信作者: 张坤(1988—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事矿床学与矿床地球化学研究。E-mail: wszk12@126.com

引文格式: 成学光, 张坤, 史冬岩, 等. 黑龙江呼玛地区早侏罗世二长花岗岩的岩石成因及地质意义[J]. 矿产与地质, 2024, 38(2): 271-283.

1 地质概况与岩石岩相学特征

1.1 地质概况

研究区内地层主要由新元古界结晶基底、古生界海相沉积建造、中生界火山喷发沉积建造、新生界河湖相砂砾沉积建造等构成(图 1b)。

新元古界结晶基底兴华岩组变质岩出露于研究区北部及东部,呈残留体分布。古生界浅海陆源沉积建造出露于研究区西南部,经历区域变质过程。中生界火山喷发沉积建造大面积出露于研究区中部和南部,自下而上划出龙江组、九峰山组、甘河组,其中龙

江组、甘河组为火山岩,九峰山组为陆相含火山物质的煤系地层,显示出两次火山喷发、喷发间隙有沉积作用的演化特点。新生界河湖相砂砾沉积建造由新近系河湖相沉积物和第四系河漫滩堆积组成。

研究区内侵入岩较发育,经综合地质构造、围岩的接触关系、岩石矿物特征、岩体的锆石 U-Pb 测年、岩石地球化学特征等,将区内侵入岩划分出两个岩浆活动期,分别为早侏罗世和早白垩世(图 1b)。其中,早侏罗世侵入岩主要发育在金山乡—二道盘查—余庆屯一带,岩石类型以酸性岩为主;早白垩世侵入岩集中分布在水磨沟—三间房一带,以中性岩为主。

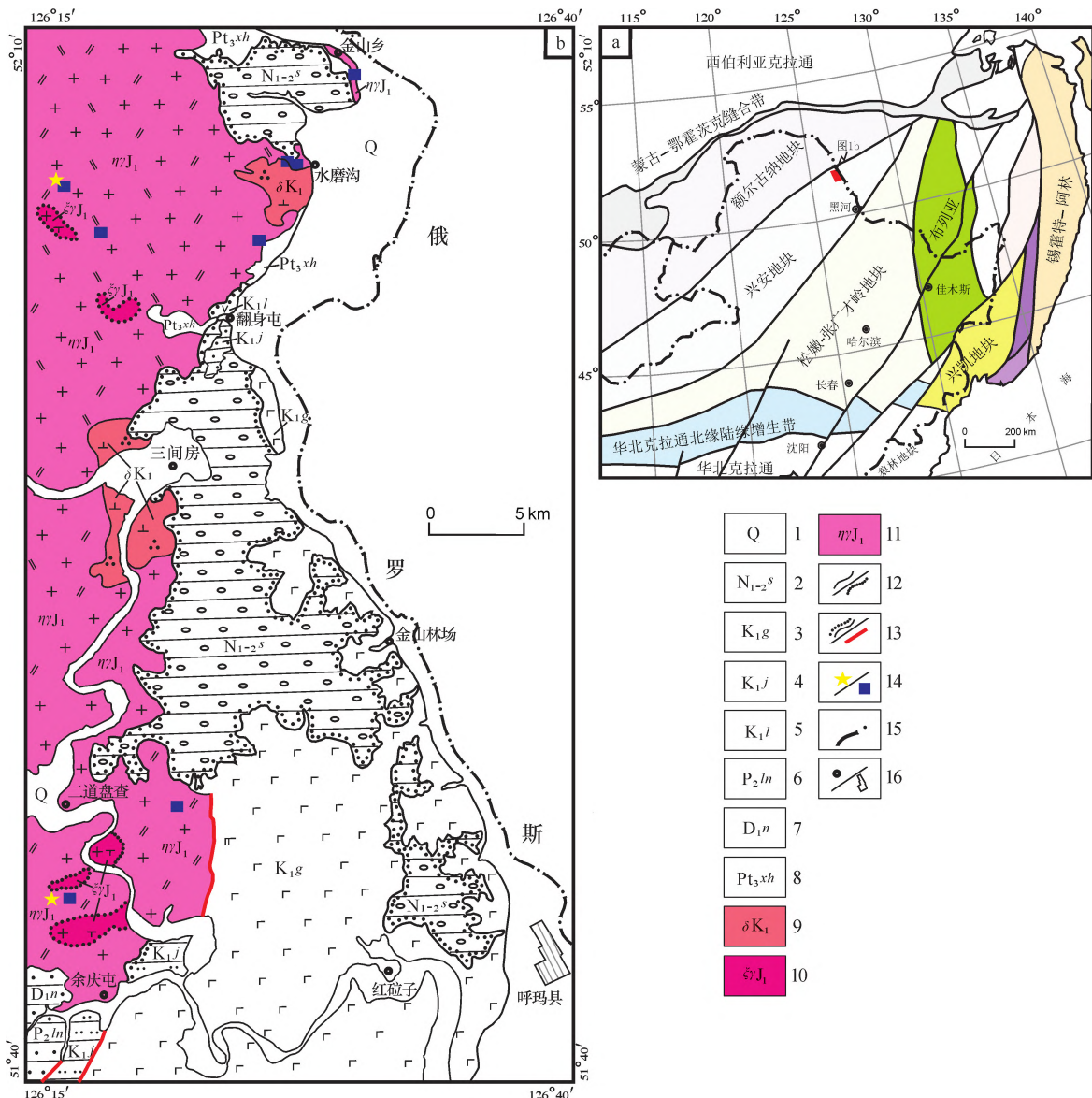


图 1 研究区大地构造位置图(a) (据文献[7]修改)和区域地质图(b)

Fig. 1 Geotectonic location map of the study area (a) [7] and regional geological map (b)

- 1—第四系河漫滩沉积 2—新近系孙吴组沉积岩 3—下白垩世甘河组中性火山岩 4—下白垩世九峰山组沉积岩 5—下白垩世龙江组中性火山岩 6—二叠纪林西组沉积岩 7—泥盆纪泥鳅河组沉积岩 8—前寒武纪兴华岩组变质岩 9—早白垩世闪长岩 10—早侏罗世正长花岗岩 11—早侏罗世二长花岗岩 12—地质界线/相变界线 13—不整合接触界线/构造断裂 14—锆石 U-Pb 测年取样点/主量、微量元素取样点 15—国界线 16—居民点

1.2 岩石岩相学特征

金山乡一二道盘查—余庆屯一带的早侏罗世岩体呈岩基状出露于研究区西部与北部大部地区,面积达 382 km²,主要由中细粒二长花岗组成,局部相变为中细粒正长花岗岩。岩体围岩为新元古界兴华岩组变质岩和古生界沉积岩,接触带上可见角岩化,被下白垩统火山岩地层及新生界河湖相沉积物覆盖,岩体边部偶见细粒闪长质包体,局部岩体经受构造作用

影响,发生糜棱岩化—片麻理化,局部见花岗质初糜棱岩。

中细粒二长花岗岩(图 2)整体近北北东向展布,呈岩基状产出。岩石具典型的花岗结构,块状构造,主要造岩矿物为石英(20%~30%)、钾长石(28%~47%)、斜长石(25%~45%)、黑云母(<5%)和角闪石(偶见),斜长石部分被不规则状的微斜长石交代,副矿物主要有锆石、磷灰石、磁铁矿、独居石和榍石等。

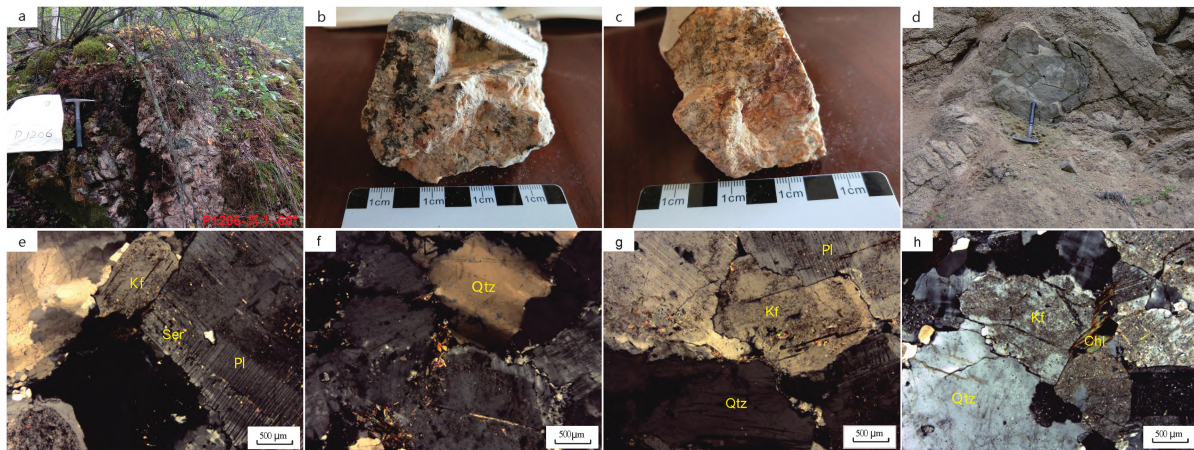


图 2 呼玛地区二长花岗岩露头及手标本照片和正交偏光显微镜下照片

Fig. 2 Photos of outcrops, hand specimens and orthogonally polarized photos under microscope of monzogranites in the Huma area

(a)—二长花岗岩露头 (b,c)—二长花岗岩手标本 (d)—二长花岗岩中闪长质包体 (e—h)—二长花岗岩正交偏光显微镜下特征 Pl—斜长石 Kf—钾长石 Qtz—石英 Chl—绿泥石 Ser—绢云母

2 样品采集与分析方法

研究区内选取 2 件年龄样品进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年,取样位置在研究区的南部(样品号 PM15LT62;126°17'13.25"E,51°44'46.46"N)与北部(样品号 PM4TC33;126°15'50.32"E,52°05'36.28"N),具有较好的代表性。样品分析单位为国土资源部华北矿产资源监督检测中心。首先将新鲜的岩石样品粉碎至 100 目,使用重力分选及标准磁分离技术,得到含锆石纯度较高的试样,然后在双目镜下挑选出纯的锆石晶体,并进行阴极发光图像处理,筛选出没有裂隙和包裹体杂物的锆石进行测试。激光剥蚀电感耦合等离子体质谱仪为美国 ESI 公司 NEW WAVE 193 nm FX 激光器和美国赛默飞世尔公司 NEPTUNE 多接收等离子质谱仪,使用 Isoplot/Ex_ver3 软件进行数据处理及制图。

研究区内共选取 8 件新鲜的二长花岗岩岩石样品进行主量和微量元素的分析,其中在研究区北部大面积分布二长花岗岩的范围内取样 6 件

(PM4TC33、LT45、LT53、LT54、LT67、LT68),在研究区南部较小面积分布二长花岗岩的范围内取样 2 件(PM12LT1、PM15TC62)。主量和微量元素的测试单位分别为黑龙江省第五地质勘查院和黑龙江省地质矿产实验测试研究中心。将新鲜的样品碎至 200 目,并按照乔特公式 $Q = 0.8d^2$ 进行缩分。主量元素分别采用重量法(SiO₂、烧失量)、滴定法(Al₂O₃、CaO、MgO、FeO)、原子吸收法(K₂O、Na₂O)、比色法(Fe₂O₃、TiO₂、P₂O₅)进行测定,精度误差优于 5%,使用的仪器设备为北京普析通用仪器有限责任公司的 GGX-610 型火焰原子吸收分光光度计和上海菁华科技仪器有限公司的 722 型可见光光度计、赛多利斯科学仪器(北京)有限公司的 BS124S 型电子天平。微量元素分别采用 X 射线荧光光谱法(稀土元素、部分微量元素)、离子选择电极法(F)、原子荧光法(Hg、As、Sb、Se)、发射光谱法(Ag、B、Sn)进行测定,精度误差优于 10%,使用的仪器设备主要为日本理学 ZSX Primus II 型全自动顺序扫描 X 射线荧光光谱仪。

3 锆石 U-Pb 定年结果

PM15TC62)进行锆石 U-Pb 测年,选取颗粒完整、自形程度较高、阴极发光图像显示清晰,环带清晰,无变质边,具有岩浆锆石特征(图 3)的颗粒进行测试,结果见表 1。

对两件中细粒二长花岗岩样品 (PM4TC33、

表 1 呼玛地区二长花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of monzogranites in the Huma area

测点号	同位素比值				年龄/Ma					
	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ
PM4TC33-1	0.0278	0.1963	0.0511	0.95	177	2	182	3	247	27
PM4TC33-2	0.0281	0.1957	0.0504	0.32	179	2	181	6	215	78
PM4TC33-3	0.0285	0.1974	0.0495	0.16	184	2	183	3	171	38
PM4TC33-4	0.0279	0.1955	0.0509	0.40	177	2	181	4	234	43
PM4TC33-5	0.0273	0.1932	0.0513	0.41	174	2	179	3	255	38
PM4TC33-6	0.0272	0.1924	0.0513	0.71	173	2	179	3	254	32
PM4TC33-7	0.1273	1.1962	0.0682	0.27	772	8	799	11	874	24
PM4TC33-8	0.0275	0.1929	0.0509	0.33	175	2	179	3	237	36
PM4TC33-9	0.0278	0.1912	0.0498	0.37	177	2	178	3	187	30
PM4TC33-10	0.0278	0.1941	0.0507	0.68	177	2	180	3	225	30
PM4TC33-11	0.1263	1.2065	0.0693	0.60	767	8	804	12	906	26
PM4TC33-12	0.0277	0.1947	0.0509	1.07	176	2	181	2	236	26
PM4TC33-13	0.0277	0.1979	0.0519	1.02	176	2	183	2	280	26
PM4TC33-14	0.0274	0.1934	0.0512	0.72	174	2	179	2	248	26
PM4TC33-15	0.0278	0.1923	0.0502	0.18	177	2	179	3	204	32
PM4TC33-16	0.0273	0.1941	0.0515	0.43	174	2	180	2	263	28
PM4TC33-17	0.0277	0.1933	0.0506	0.42	176	2	179	2	224	27
PM4TC33-18	0.0276	0.1941	0.0510	0.44	175	2	180	5	243	67
PM4TC33-19	0.0279	0.1931	0.0501	0.87	178	2	179	2	200	28
PM4TC33-20	0.0277	0.1967	0.0515	0.31	176	2	182	6	264	75
PM4TC33-21	0.0370	0.2857	0.0561	1.33	234	3	255	13	455	114
PM4TC33-22	0.0279	0.1930	0.0501	0.38	178	2	179	3	200	29
PM4TC33-23	0.0279	0.1936	0.0503	0.86	178	2	180	3	208	27
PM4TC33-24	0.0276	0.1942	0.0510	0.19	176	2	180	4	239	44
PM4TC33-25	0.0278	0.1940	0.0507	0.46	177	2	180	3	225	34
PM15TC62-1	0.0278	0.1938	0.0506	0.73	177	2	180	3	221	31
PM15TC62-2	0.0279	0.1923	0.0500	1.12	177	2	179	3	196	39
PM15TC62-3	0.0280	0.1984	0.0513	0.49	178	2	184	8	256	98
PM15TC62-4	0.0285	0.1908	0.0486	0.63	181	2	177	3	126	37
PM15TC62-5	0.0286	0.1899	0.0482	0.92	182	2	177	3	109	53
PM15TC62-6	0.0280	0.1965	0.0510	0.95	178	2	182	4	240	49
PM15TC62-7	0.0277	0.1967	0.0515	0.45	176	2	182	3	262	36
PM15TC62-8	0.0277	0.1995	0.0522	1.06	176	2	185	3	294	38
PM15TC62-9	0.0280	0.1936	0.0502	1.20	178	2	180	4	205	43
PM15TC62-10	0.0278	0.1949	0.0509	0.75	177	2	181	3	234	31
PM15TC62-11	0.0281	0.1947	0.0502	0.83	179	2	181	3	205	32
PM15TC62-12	0.0278	0.1966	0.0513	0.83	177	2	182	4	252	44
PM15TC62-13	0.0276	0.1962	0.0515	0.70	176	2	182	10	265	128
PM15TC62-14	0.0737	0.5729	0.0564	0.61	458	5	460	9	467	42



图 3 呼玛地区二长花岗岩部分锆石 CL 图像

Fig. 3 Partial zircon CL image of monzogranites in the Huma area

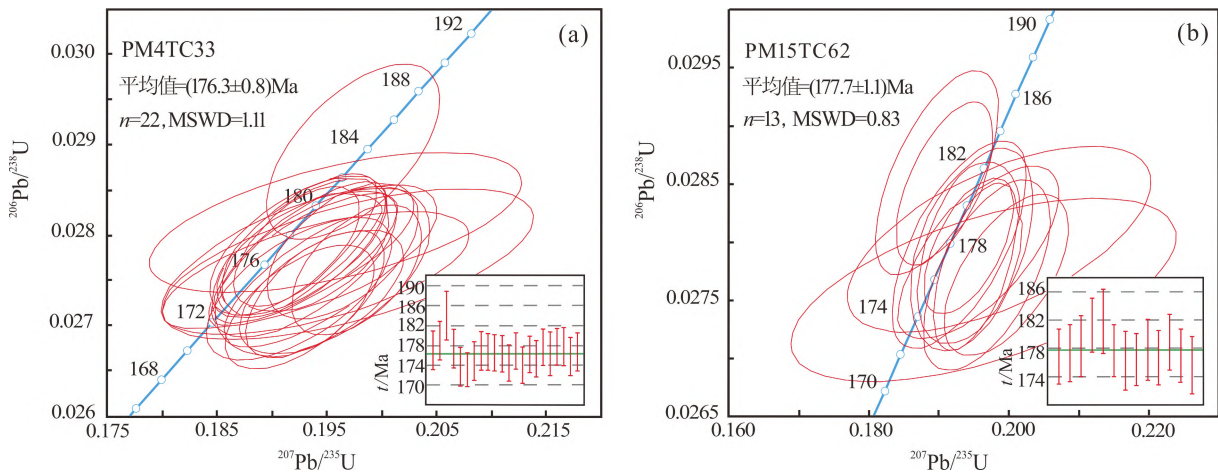


图 4 呼玛地区二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄谐和图与加权年龄图

Fig. 4 Zircon U-Pb age harmony diagram and weighted age diagram of monzogranites in the Huma area

样品 PM4TC33 的 25 个测试点中有 22 个测点 Th 含量在 $65 \times 10^{-6} \sim 2\ 653 \times 10^{-6}$ 之间, U 含量 $228 \times 10^{-6} \sim 2\ 650 \times 10^{-6}$ 之间, Th/U 值介于 0.16~1.07。样品的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 介于 $(173 \pm 2)\text{Ma} \sim (184 \pm 2)\text{Ma}$ 之间, 它们均落入谐和曲线及其附近(图 4a), 形成 $(176.3 \pm 0.8)\text{Ma}$ ($\text{MSWD} = 1.11, n = 22$) 一组 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄。另外 3 个测点为捕获锆石, 2 个在新元古代, 1 个在晚三叠世。

样品 PM15LT62 的 14 个测试点中有 13 个测点 Th 含量在 $198 \times 10^{-6} \sim 1\ 920 \times 10^{-6}$ 之间, U 含量在 $281 \times 10^{-6} \sim 3\ 030 \times 10^{-6}$ 之间, Th/U 值介于 0.45~1.20。其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 介于 $(176 \pm 2)\text{Ma} \sim (182 \pm 2)\text{Ma}$ 之间, 它们均落入谐和曲线及其附近(图 4b), 形成 $(177.7 \pm 1.1)\text{Ma}$ ($\text{MSWD} = 0.83, n = 13$) 一组 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄。另 1 测点(458 Ma)为捕获锆石, 代表中一晚奥陶世岩浆活动, 与区域上的多宝山期火山活动相对应^[18]。

$(176.3 \pm 0.8)\text{Ma}$ ($\text{MSWD} = 1.11, n = 22$)、 $(177.7 \pm 1.1)\text{Ma}$ ($\text{MSWD} = 0.83, n = 13$) 两组 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权

平均年龄, 代表二长花岗岩形成于早侏罗世。

4 岩石地球化学特征

4.1 主量元素

从表 2 可以看出, 去掉烧失量转换为干体系之后, 岩石主量组分如下: $w(\text{SiO}_2) = 70.94\% \sim 74.98\%$, $w(\text{TiO}_2) = 0.06\% \sim 0.31\%$, $w(\text{TFe}_2\text{O}_3) = 1.99\% \sim 4.54\%$, $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 13.85\% \sim 15.20\%$, $w(\text{CaO}) = 0.36\% \sim 1.86\%$, $w(\text{MgO}) = 0.30\% \sim 0.70\%$, $w(\text{Na}_2\text{O}) = 3.00\% \sim 5.01\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) = 1.24\% \sim 4.82\%$, $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 6.24\% \sim 8.21\%$, $w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O}) = 0.62 \sim 4.05$, 均值 1.29, $\text{Mg} \# [100\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{TFe}^{2+})] = 23.07 \sim 39.37$, 随 SiO_2 含量的升高, 具有 K_2O 含量增加, TiO_2 、 CaO 、 Al_2O_3 、 MgO 、 TFe_2O_3 、 P_2O_5 、 Na_2O 含量降低的趋势。岩石的里特曼指数 $\sigma = 1.33 \sim 2.37$, 均小于 3.3, $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 图解(图 5a)中落入钙碱性系列; 在 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 图解(图 5b)中, 样品落入高钾钙碱性系列; 岩石的

表2 呼玛地区早侏罗世二长花岗岩主量元素和微量元素组成

Table 2 Composition of major elements and trace elements of early Jurassic monzogranites in the Huma area

样号	PM15TC62	PM4TC33	PM12LT1	LT45	LT53	LT54	LT67	LT68
SiO ₂	74.33	73.87	70.54	70.61	73.57	71.69	72.99	72.23
TiO ₂	0.09	0.06	0.29	0.22	0.17	0.10	0.21	0.31
Al ₂ O ₃	13.82	13.75	15.11	14.37	14.64	14.89	15.03	14.95
Fe ₂ O ₃	0.34	0.29	0.45	1.79	0.27	0.63	0.39	1.96
FeO	2.04	2.35	2.57	2.45	1.64	3.21	1.42	0.74
MnO	0.038	0.051	0.073	0.024	0.022	0.028	0.008	0.020
MgO	0.34	0.39	0.54	0.58	0.58	0.54	0.30	0.69
CaO	0.66	0.72	1.65	1.68	1.86	1.74	0.36	0.93
Na ₂ O	3.619	2.980	4.356	3.334	3.743	4.969	3.811	3.154
K ₂ O	3.810	4.781	3.739	4.077	3.686	1.228	4.305	3.744
P ₂ O ₅	0.05	0.05	0.13	0.13	0.08	0.25	0.09	0.14
LOS	0.18	0.16	0.13	0.11	0.24	0.04	1.14	1.25
Total	99.32	99.45	99.55	99.37	100.48	99.31	100.05	100.11
TFe ₂ O ₃	2.63	2.92	3.32	4.54	2.08	4.23	1.99	2.81
Mg#	23.31	23.85	27.60	23.07	39.37	23.07	26.21	36.63
Na ₂ O+K ₂ O	7.49	7.82	8.14	7.47	7.41	6.24	8.21	6.98
Na ₂ O/K ₂ O	0.95	0.62	1.17	0.82	1.02	4.05	0.89	0.84
DI	89.28	88.50	84.52	83.21	85.15	81.76	91.17	86.17
A/NK	1.37	1.36	1.35	1.45	1.44	1.57	1.38	1.62
A/CNK	1.23	1.21	1.06	1.11	1.08	1.18	1.30	1.37
AR	3.00	2.40	2.87	2.42	2.64	2.19	2.96	2.32
σ	1.76	1.95	2.37	1.98	1.81	1.33	2.19	1.62
R1	2730	2689	2199	2465	2646	2634	2474	2771
R2	362	369	503	494	514	509	352	432
A/MF	3.30	2.93	2.71	1.99	3.55	2.21	4.59	2.82
C/MF	0.29	0.28	0.54	0.42	0.82	0.47	0.20	0.32
La	11.90	11.90	15.90	33.20	15.80	23.60	15.30	37.90
Ce	22.60	22.40	33.90	55.40	31.50	48.80	30.50	82.80
Pr	2.66	2.90	3.95	5.35	3.37	5.41	3.00	8.39
Nd	8.86	10.10	13.30	17.80	12.00	20.40	10.50	28.80
Sm	1.63	2.12	2.35	2.07	2.32	4.10	1.84	4.72
Eu	0.38	0.73	0.82	0.97	0.73	1.43	0.59	1.00
Gd	1.46	1.70	1.98	1.89	2.08	3.43	1.54	4.03
Tb	0.23	0.24	0.27	0.16	0.34	0.50	0.19	0.52
Dy	1.38	1.27	1.37	0.63	2.20	2.69	0.98	2.75
Ho	0.26	0.23	0.24	0.12	0.44	0.47	0.17	0.48
Er	0.58	0.54	0.56	0.40	1.43	1.32	0.50	1.38
Tm	0.09	0.10	0.09	0.06	0.23	0.18	0.07	0.18
Yb	0.64	0.73	0.72	0.44	1.48	1.09	0.45	1.09
Lu	0.10	0.13	0.12	0.09	0.24	0.17	0.07	0.17
Y	6.01	4.95	5.65	3.37	12.00	12.60	4.64	12.30
ΣREE	52.77	55.09	75.57	118.58	74.16	113.59	65.70	174.21
LREE	48.03	50.15	70.22	114.79	65.72	103.74	61.73	163.61
HREE	4.74	4.94	5.35	3.79	8.44	9.85	3.97	10.60
LREE/HREE	10.13	10.15	13.13	30.29	7.79	10.53	15.55	15.43
La _N /Yb _N	13.34	11.69	15.84	54.12	7.66	15.53	24.39	24.94

续表 2

样号	PM15TC62	PM4TC33	PM12LT1	LT45	LT53	LT54	LT67	LT68
Yb _N	3.76	4.29	4.24	2.59	8.71	6.41	2.65	6.41
δEu	0.75	1.18	1.16	1.50	1.02	1.17	1.07	0.70
δCe	0.98	0.93	1.05	1.02	1.06	1.06	1.10	1.14
Cr	8.70	9.60	11.4	8.60	6.00	11.6	9.00	9.30
Ni	5.51	4.69	8.54	5.91	5.59	9.39	5.30	5.34
Co	1.54	2.23	2.75	3.03	1.92	4.30	2.11	2.44
Rb	72.0	120	108	124	78.0	72.0	224	133
Pb	24.6	36.0	22.1	21.9	25.3	36.5	23.0	20.9
Th	1.36	6.40	7.67	15.1	8.78	1.71	6.54	6.16
U	0.16	0.74	2.37	1.39	0.81	0.62	1.29	2.62
Sr	136	194	593	499	469	266	120	119
Ba	636	636	1246	1795	864	614	163	396
V	8.40	9.30	15.4	24.2	11.1	8.60	5.90	11.2
Sc	4.54	3.06	2.38	1.49	2.78	3.41	3.17	5.62
Nb	8.00	9.70	9.90	6.30	7.30	5.80	9.00	7.25
Ta	0.32	0.86	1.04	0.37	0.81	0.49	0.85	0.60
Zr	50.0	47.0	138	168	78.0	23.0	51.0	97.0
Hf	2.10	2.00	4.20	5.60	3.30	1.90	2.80	3.60
B	20.3	2.70	4.03	2.61	2.89	2.87	6.37	13.3
Li	14.9	2.40	28.1	9.08	4.01	3.17	22.2	25.5
Ga	18.0	18.3	18.6	19.1	17.6	17.9	19.81	20.02
Sn	2.11	1.13	1.57	1.88	1.25	1.34	7.58	4.86
F	309	114	327	315	131	131	454	334
W	1.69	7.45	0.45	0.76	0.12	0.35	1.40	0.81
Mo	0.62	0.39	0.98	0.54	0.37	0.97	0.46	0.96
Bi	0.15	0.097	0.18	0.047	0.011	0.011	0.14	0.038
Cu	10.3	6.80	13.1	21.2	4.60	9.30	7.80	7.00
Zn	31.2	18.8	44.4	34.2	18.8	18.7	15.3	26.8
Ag	0.053	0.033	0.045	0.035	0.025	0.026	0.023	0.021
As	1.20	1.00	1.40	0.40	0.29	0.60	3.40	6.00
Be	0.76	2.18	1.92	2.60	2.23	1.56	6.54	5.22
Cl	45.0	32.0	21.0	20.0	31.0	24.0	22.0	22.0
Hg	0.022	0.010	0.010	0.004	0.005	0.004	0.006	0.005
P	128	141	436	411	161	74.0	562	332
Sb	0.33	0.16	0.27	0.16	0.17	0.18	0.28	0.19
Te	0.008	0.012	0.011	0.021	0.023	0.022	0.029	0.028
Sr/Y	22.63	39.19	104.96	148.07	39.08	21.11	25.86	9.67

注:主量元素的含量单位为%,微量元素的含量单位为 10^{-6} 。

$A/CNK=1.06\sim 1.37$ (平均 1.19),在 $A/CNK-A/NK$ 图解(图 5c)中,样品落入准铝质—弱过铝质范围内。综合可知,呼玛地区早侏罗世二长花岗岩为高钾钙碱性系列岩石,具准铝质—弱过铝质特征。

4.2 微量元素

从微量元素分析结果(表 2)中可知,岩石稀土总量($\sum REE$)为 $(52.77\sim 174.21)\times 10^{-6}$ (平均 $91.21\times$

10^{-6});轻重稀土比(LREE/HREE)为 $7.79\sim 30.29$, $(La/Yb)_N$ 为 $7.66\sim 54.12$ (平均 20.94),指示轻重稀土元素分异程度强烈,轻稀土元素分馏较好而重稀土元素分馏较弱; δEu 值在 $0.70\sim 1.50$ 之间,从负异常过渡到正异常; δCe 值在 $0.93\sim 1.14$ 之间,具较弱的正异常特征。从球粒陨石标准化稀土元素配分图(图 6a)中可以看出,各样品的稀土配分模式曲线大致平行,呈轻稀土富集的右倾模式。从原始地幔标准化微

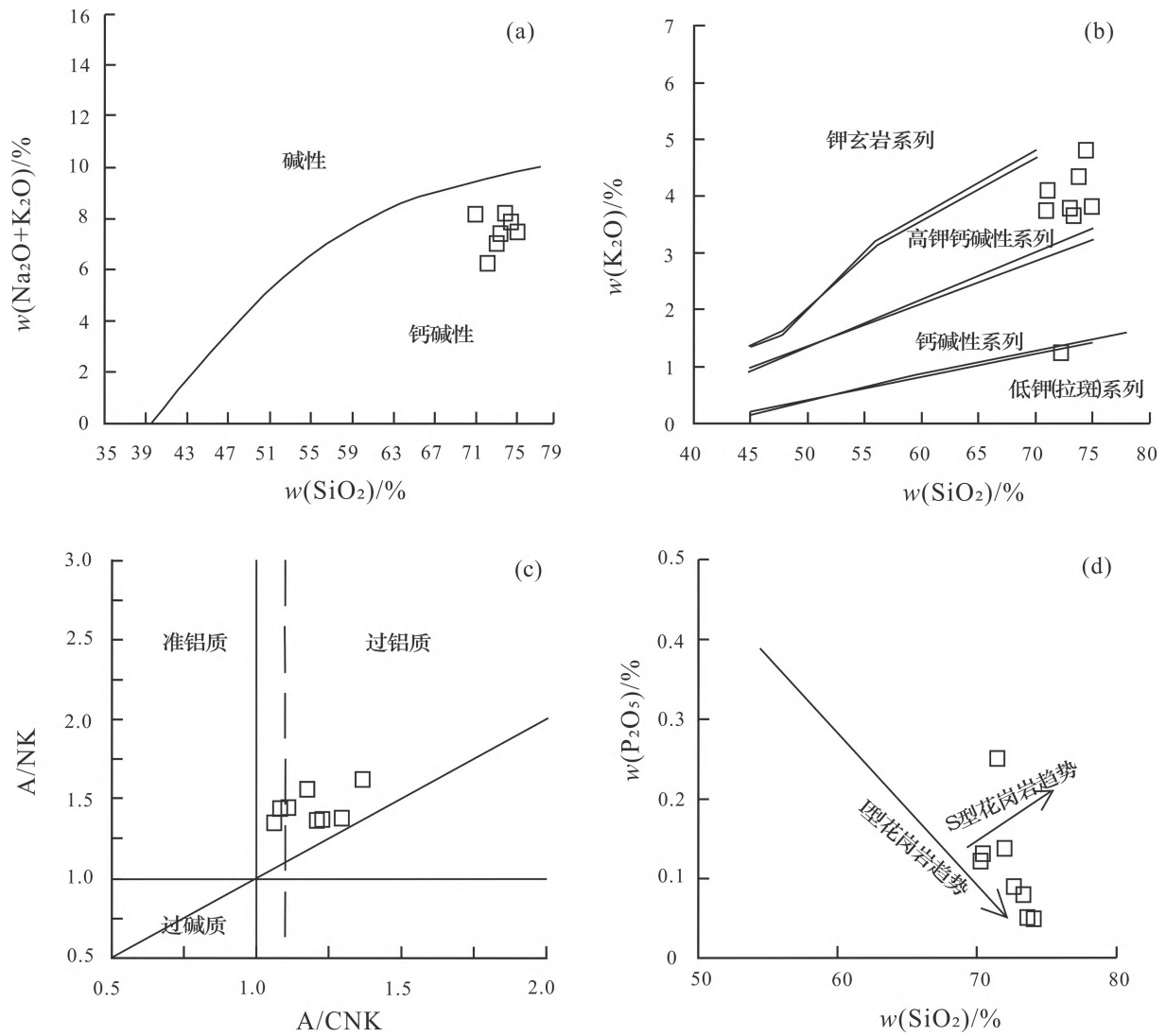


图 5 呼玛地区早侏罗世二长花岗岩的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ ^[19] (a) $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ ^[20] (b) $\text{A/NK} - \text{A/CNK}$ ^[21] (c) 和 $\text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$ (d) (据[22]修改) 图解

Fig. 5 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ ^[19] (a) $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ ^[20] (b) $\text{A/NK} - \text{A/CNK}$ ^[21] (c) and (d) $\text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$ ^[22] (d) diagrams of early Jurassic monzogranites in the Huma area

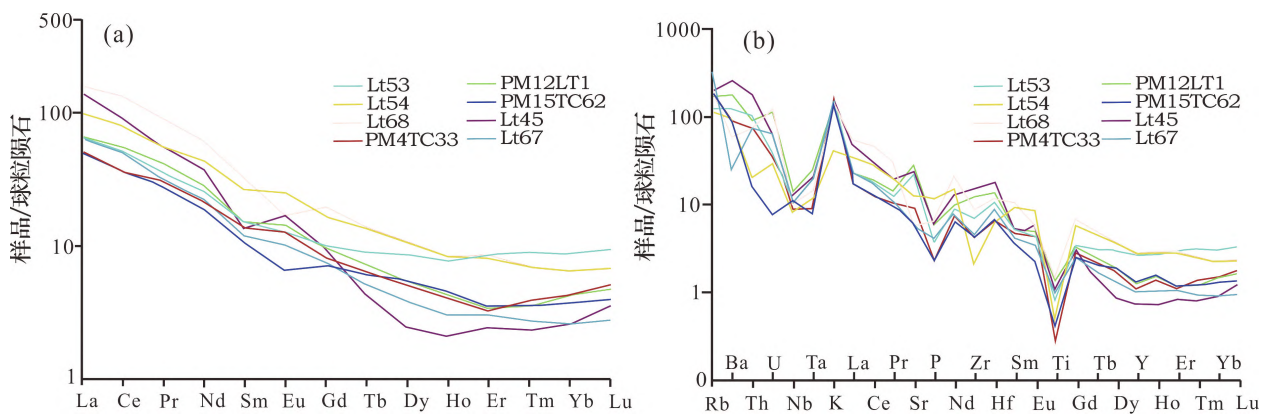


图 6 呼玛地区早侏罗世二长花岗岩球粒陨石标准化稀土元素配分图 (a) 和原始地幔标准化微量元素蛛网图 (b) ^[26]

Fig. 6 Chondrite normalized REE distribution map (a) and primitive mantle normalized trace element spider diagram (b) ^[26] of early Jurassic monzogranites in the Huma area

量元素蛛网图(图 6b)中可以看出,该期次二长花岗岩的 Rb、K、Sr、Ba 等大离子亲石元素及轻稀土元素相对富集, Nb、Ta、Ti、P、Zr 等高场强元素及重稀土元素亏损明显。大量的研究表明,原始地幔的 Nb/Ta 值为 17.5, 亏损地幔的比值为 15.5, 大陆地壳的比值明显较低约为 12.3^[23]。研究区内二长花岗岩的 Nb/Ta 比值均值为 13.29, 比较靠近大陆地壳的均值, 但略高于后者。Th 在地幔中具有较低的丰度值 (0.05×10^{-6})^[24], 而在地壳中丰度值较高 ($16 \times 10^{-6} \sim 21 \times 10^{-6}$)^[25]。研究区二长花岗岩的 Th 含量为 $1.36 \times 10^{-6} \sim 15.10 \times 10^{-6}$ (平均 6.72×10^{-6}), 介于地壳与地幔丰度值区间, 且更接近地壳丰度值。

5 讨论

5.1 岩石成因

早侏罗世二长花岗岩的 $10\ 000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ 值介于 2.25~2.50 之间, 平均值 2.44, 低于 A 型花岗岩的下限值 2.6^[27]; $\text{FeO}^{\text{T}}/\text{MgO}$ 值介于 3.23~6.99 之间, 平均值 5.73, 同样与 A 型花岗岩强烈富 Fe 特征不符^[28-29]。在 Zr、Ce— $10\ 000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ 判别图(图 7a-7b)上, 样品投影点多落在 I 型和 S 型花岗岩区内。

岩石圈上地壳具有较复杂的成分组成, 同时岩浆在有下地壳甚至幔源的物质加入时, 可以造成组分中 Ca、K 值偏低, Na、Fe、Mg 的偏高^[30], 这会使铝指数

(A/CNK)失去其指示意义。从岩石的年代学特征可知, 本文样品有捕获的新元古代、中一晚奥陶世、晚三叠世岩浆锆石, 指示有较老的岩石参与到了岩浆演化过程, 即岩浆演化时有围岩的同化混染作用存在, 而引起相对源岩具有较高的铝含量, 而相对过铝(图 5c)。由于磷灰石可溶于过铝质熔体, 磷在 S 型花岗岩熔体的分馏时会变得越来越富集, 这不同于强烈分馏的 I 型花岗岩熔体中 P_2O_5 递减的趋势^[22]。在 P_2O_5 — SiO_2 图解(图 5d)中, 随 SiO_2 含量的增加, P_2O_5 含量呈递减趋势, 显示出 I 型花岗岩的特征。在薄片显微镜下观察中, 亦未见有指示 S 型花岗岩特征的堇青石、石榴子石、电气石等典型矿物。而且本区早侏罗世二长花岗岩具有相对较低的 REE 总量, 明显不同于 A 型与 S 型花岗岩。综合上述, 研究区内早侏罗世二长花岗岩应为 I 型花岗岩。

Nb、Ta 均属于高场强元素, 在地球化学作用中具有相对同步的稳定性和相似性, Th 相比于地幔更多富集于地壳中。研究区内二长花岗岩的 Nb/Ta 均值靠近且略高于大陆地壳的均值, 说明岩浆的物质来源以大陆地壳为主, 同时有来自幔源成分的加入。研究区二长花岗岩的 Th 含量介于地壳与地幔丰度值区间, 且更接近地壳丰度值, 同样指示了有幔源成分的加入。

5.2 构造背景

早侏罗世二长花岗岩的岩石投点落入火山弧和

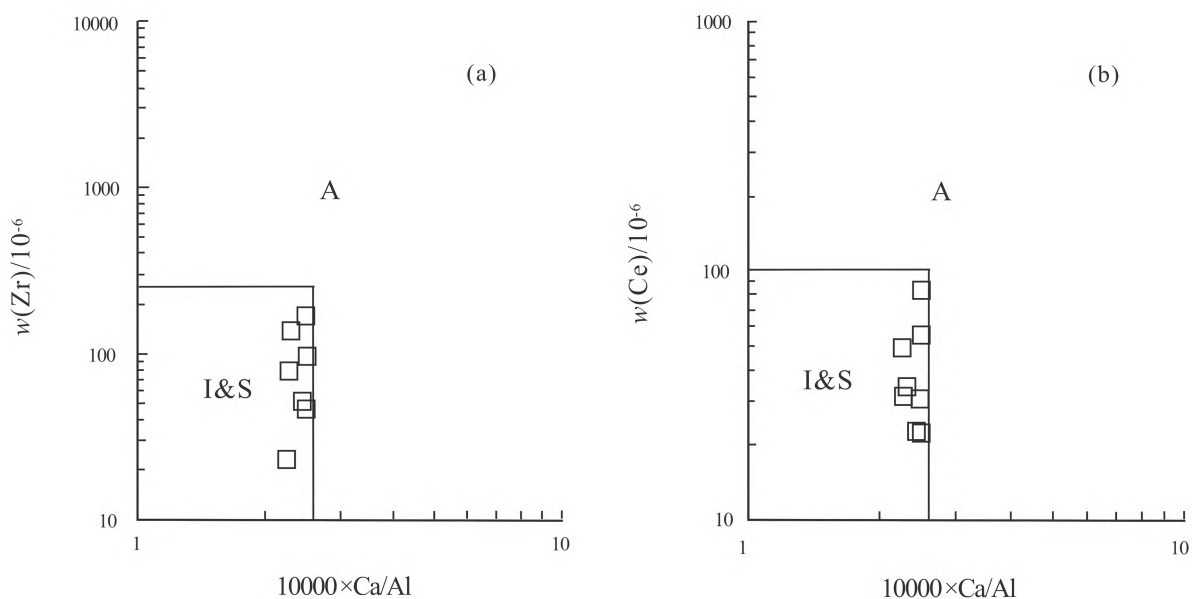


图 7 呼玛地区早侏罗世二长花岗岩的 Zr— $10\ 000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ (a)和 Ce— $10\ 000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ (b)判别图^[27]

Fig. 7 Zr— $10\ 000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ (a) and Ce— $10\ 000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ discrimination diagrams (b)^[27] of early Jurassic monzogranites in the Huma area

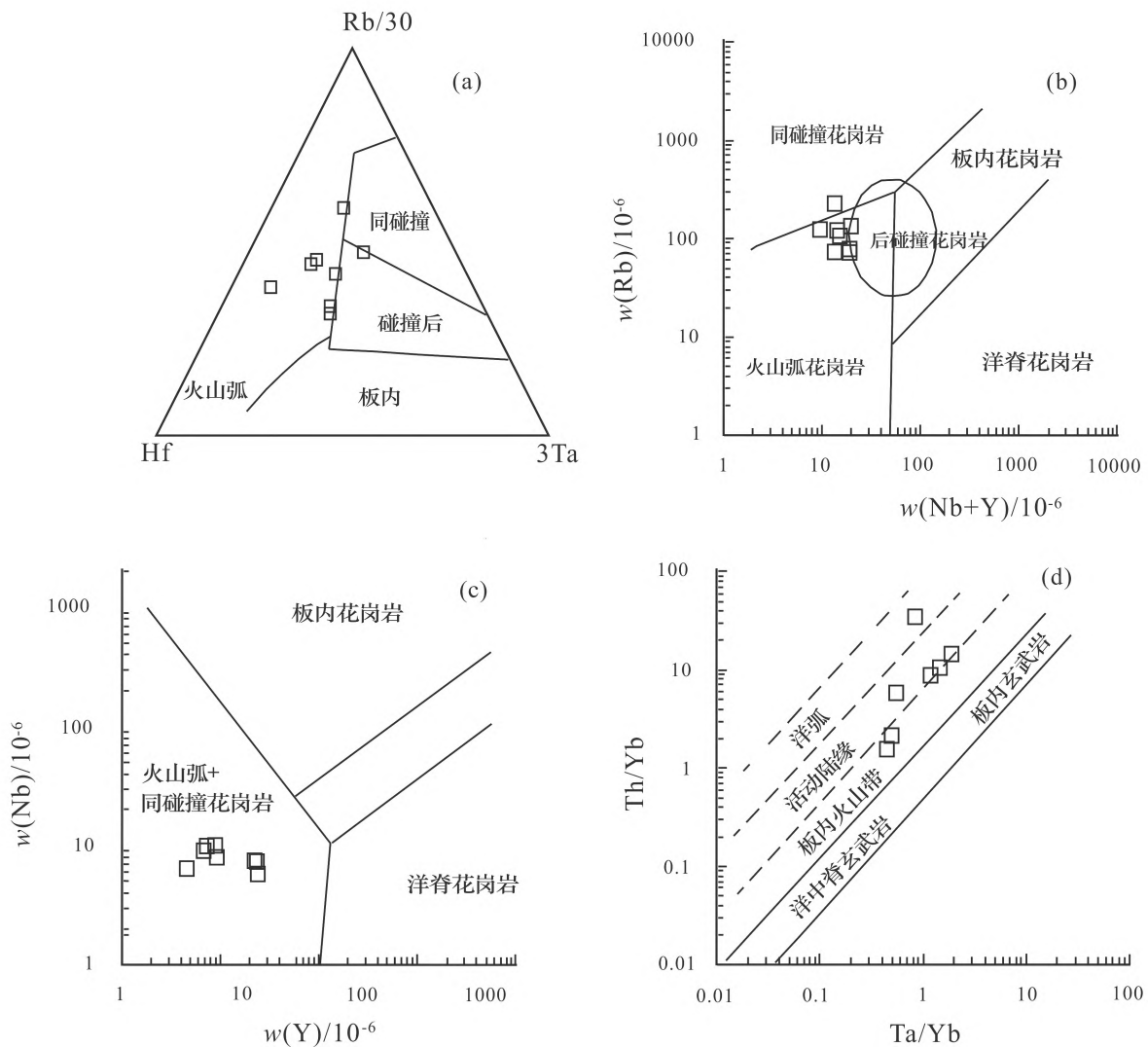


图 8 呼玛地区早侏罗世二长花岗岩的 $Rb/30-Hf-3Ta$ (a)^[42], $Rb-Nb+Y$ (b)^[43], $Nb-Y$ (c)^[42]和 $Th/Yb-Ta/Yb$ (d)(据[44]修改)图解

Fig. 8 $Rb/30-Hf-3Ta$ (a)^[42], $Rb-Nb+Y$ (b)^[43], $Nb-Y$ (c)^[42] and $Th/Yb-Ta/Yb$ (d)^[44] diagrams of early Jurassic monzogranites in the Huma area

活动的大陆边缘弧环境(图 8a-8d),少量样品落入同碰撞或后碰撞区域内(可能由部分样品具高分异特征产生 Nb、Ta 元素的相对富集引起)。岩石中 Rb、K 等大离子亲石元素及轻稀土元素相对富集, Nb、Ta、Ti、P 等高场强元素及重稀土元素亏损明显,均指示该时期岩浆形成于岛弧岩浆活动环境。

大兴安岭地区中生代以来的构造体制,大致有三方面观点:

(1)与古亚洲洋板块的造山或陆内造山相关^[1-2]。但近年的研究显示,古亚洲洋在东北地区的闭合位置是东西向展布的索伦—西拉木伦缝合带^[31-32]。缝合的时间约在晚二叠世—中三叠世,自西向东呈剪刀式闭合,闭合的时间具有不等时性。且该缝合线位于大

兴安岭南侧,呈东西走向展布,不能合理解释大面积的北东走向大兴安岭中生代火山岩带形成原因。

(2)与蒙古—鄂霍茨克洋的俯冲闭合造山相关^[3-11]。该看法主要形成于近 30 年,并迅速被广泛认可。蒙古—鄂霍茨克洋存在自北向南的俯冲,自西向东呈剪刀式闭合^[33-40]。在大兴安岭地区的岩石地球化学数据及野外观察证据较好的印证,额尔古纳地块与兴安地块存在晚三叠世—早白垩世早期的岩浆活动与此相关,并存在自北向南自西向东随时间逐渐推移的趋势。邓昌州^[41]的研究发现,蒙古—鄂霍茨克洋板块在早侏罗世及以前处于低角度俯冲状态,进入中侏罗世演变为高角度俯冲及板块回撤,晚侏罗世则形成平板俯冲,产生大面积北北东向展布的大兴安

岭火山岩带。该观点较好的解释额尔古纳地块、兴安地块中生代岩浆岩形成过程,与古地磁、地层、火山岩、构造等不同角度证据吻合度较高,更与本文的早侏罗世二长花岗岩岩石地球化学特征相契合。

(3)与古太平洋板块的俯冲相关^[12-17]。古太平洋板块对欧亚大陆的俯冲始于早侏罗世,不可能远在1300 km以外的额尔古纳微地块、兴安徽地块同时出现大量与板块俯冲相关的岛弧环境花岗岩。由此说明古太平洋板块对大兴安岭的俯冲作用有限。

在大兴安岭地区,早侏罗世侵入岩在额尔古纳地块和兴安地块内皆有出露,整体展布方向与蒙古—鄂霍茨克洋结合带方向一致,并显示出按照成岩时间先后从北西向南东逐渐推移的趋势,如漠河富克山岩体^[41](192.2 Ma)、根河大金山岩体^[11](183.2 Ma)、本文讨论侵入岩(176.3~177.7 Ma)等。该类岩体皆显示出I型花岗岩特征,并具有相对高的Sr/Y和 La_N/Yb_N 比值,低的MgO、Mg#、Cr和Ni值,岩浆的物源以大陆地壳为主,同时有幔源成分的加入。本文认为,研究区内早侏罗世的二长花岗岩主要与蒙古—鄂霍茨克洋的南向俯冲相关。

6 结论

(1)通过LA-ICP-MS锆石U-Pb测年,限定研究区内早侏罗世二长花岗岩的成岩时间为(176.3±0.8)Ma~(177.7±1.1)Ma。

(2)研究区内早侏罗世二长花岗岩具有高硅、中低钾、中等镁铁、贫钙的特征,属高钾钙碱性系列,富集轻稀土和大离子亲石元素,亏损重稀土和高场强元素,具有随着SiO₂升高而P₂O₅降低的趋势,显示为I型花岗岩特征,具有相对高的Sr/Y和 La_N/Yb_N 比值和相对低的Mg#、Cr、Ni值,岩浆源区物质以大陆地壳为主,混有少量幔源物质,结合区域上相近年代侵入岩的分布特征规律,推测岩浆形成于与蒙古—鄂霍茨克洋南向俯冲有关的大陆边缘弧环境。

参考文献:

[1] 林强,葛文春,吴福元,等.大兴安岭中生代花岗岩类的地球化学[J].岩石学报,2004,20(3):403-412.
[2] 邵济安,张履桥,肖庆辉,等.中生代大兴安岭的隆起:一种可能的陆内造山机制[J].岩石学报,2005,21(3):789-794.
[3] WANG F, ZHOU X H, ZHANG L C, et al. Late Mesozoic volcanism in the great Xing'an range(NE China): timing and

implications for the dynamic setting of NE Asia [J]. Earth and Planetary Science Letters, 2006(251):179-198.

- [4] 许文良,王枫,裴福萍,等.中国东北中生代构造体制与区域成矿背景:来自中生代火山岩组合时空变化的制约[J].岩石学报,2013,29(2):339-353.
[5] 许文良,孙晨阳,唐杰,等.兴蒙造山带的基底属性与构造演化过程[J].地球科学,2019,44(5):1620-1646.
[6] TANG J, XU W L, WANG F, et al. Early Mesozoic southward subduction history of the Mongol-Okhotsk oceanic plate: evidence from geochronology and geochemistry of Early Mesozoic intrusive rocks in the Erguna massif, NE China [J]. Gondwana Research, 2015, doi:10.1016/j.gr.2014.12.010.
[7] 唐杰,许文良,王枫,等.古太平洋板块在欧亚大陆下的俯冲历史:东北亚陆缘中生代—古近纪岩浆记录[J].中国科学:地球科学,2018,48(5):549-583.
[8] DENG C Z, SUN D Y, HAN J S, et al. Late-stage southwards subduction of the Mongol-Okhotsk oceanic slab and implications for porphyry Cu-Mo mineralization: Constraints from igneous rocks associated with the Fukeshan deposit, NE China [J]. Lithos, 2019,326-327:341-357.
[9] 赵院冬,车继英,吴大天,等.小兴安岭西北部早—中侏罗世TTG花岗岩年代学、地球化学特征及构造意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2017,47(4):1119-1137.
[10] 施璐,唐振,郑常青,等.大兴安岭中部柴河地区晚侏罗世花岗岩质岩石成因及构造意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2020,50(1):112-128.
[11] 尹志刚,李敏,李文龙,等.大兴安岭中北段大金山地区早侏罗世埃达克质花岗闪长岩的成因及构造环境[J].矿物岩石地球化学通报,2019,38(1):69-79.
[12] 隋振民,葛文春,吴福元,等.大兴安岭东北部侏罗纪花岗岩质岩石的锆石U-Pb年龄、地球化学特征及成因[J].岩石学报,2007,23(2):461-480.
[13] 褚少雄,刘建明,徐九华,等.黑龙江三矿沟铁铜矿床花岗闪长岩锆石U-Pb定年、岩石成因及构造意义[J].岩石学报,2012,28(20):433-450.
[14] 苟军,孙德有,李蓉,等.孙吴—嘉荫地区早中生代花岗岩的年代学、地球化学与成因[J].吉林大学学报(地球科学版),2013,43(1):119-133.
[15] 汪岩,钱程,马永非,等.吉林白城岭下地区花岗质糜棱岩锆石U-Pb年代学与地球化学特征对松辽盆地西缘晚古生代以来的俯冲背景的制约[J].地质学报,2019,93(1):117-137.
[16] DONG Y, GE W C, YANG H, et al. Geochronology, geochemistry, and Hf isotopes of Jurassic intermediate-acidic intrusions in the Xing'an block, northeastern China: Petrogenesis and implications for subduction of the Paleo-Pacific oceanic plate [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2016,118:11-31.
[17] XU G Z, DENG C Z, LI C L, et al. Petrogenesis of late carboniferous A-type granites and early Cretaceous adakites of the Songnen block, NE China: Implications for the geodynamic evolutions of the Paleo-Asian and Paleo-Pacific oceans [J].

- Lithos, 2020, 366-367: 1-13.
- [18] 葛文春, 吴福元, 周长勇, 等. 兴蒙造山带东段斑岩型 Cu, Mo 矿床成矿时代及其地球动力学意义[J]. 科学通报, 2007, 52(20): 2407-2417.
- [19] LE MAITRE R W. A classification of igneous rocks and glossary of terms [J]. Blackwell, Oxford, 1989, 193.
- [20] PECCERILLO R, TAYLOR S R. Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1976, 58: 63-81.
- [21] MANIAR P D, PICCOLI P M. Tectonic discrimination of granitoids [J]. Geological Society of America Bulletin, 1989, 101: 635-643.
- [22] CHAPPELL B W. Aluminium saturation in I-and S-type granites and the characterization of fractionated haplogranites [J]. Lithos, 1999, 46: 535-551.
- [23] RUDNICK R J, BARTH M, HORN I, et al. Rutile-bearing refractory eclogites: Missing link between continents and depleted mantle [J]. Science, 2000, 287: 278-281.
- [24] SUN S S. Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs [J]. Phil. Trans. R. Soc. Lond, 1980, 297: 409-445.
- [25] PITCHER W S. Phanerozoic plutonism in the Peruvian Andes [J]. Andean Magmatism, 1984: 152-167.
- [26] SUN S S, MCDONOUGH W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes [J]. Geological Society, London, Special Publication, 1989, 42: 313-345.
- [27] WHALEN J B, CURRIE K L, CHAPPELL B W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987, 95: 407-419.
- [28] 赵振华. 关于岩石微量元素构造环境判别图解使用的有关问题 [J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(1): 92-103.
- [29] FROST C D, FROST B R. On ferroan (A-type) granitoids: their compositional variability and modes of origin [J]. Journal of Petrology, 2011, 52: 39-53.
- [30] 李永军, 刘志武, 付国民, 等. 花岗岩类 I 型 S 型分类在造山带实践中存在的问题-以西秦岭地区为例 [J]. 华南地质与矿产, 2002 (2): 1-7.
- [31] 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-来自吉林大玉山花岗岩体的证据 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2004(2): 174-181.
- [32] WU F Y, ZHAO G C, SUN D Y, et al. The Hulan group: Its role in the evolution of the central Asian orogenic belt of NE China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2007, 30: 542-556.
- [33] COGNE J P, KRAVCHINSKY V A, HALIM N, et al. Late Jurassic-early Cretaceous closure of the Mongol-Okhotsk ocean demonstrated by new Mesozoic palaeomagnetic results from the TransBaikal area (SE Siberia) [J]. Geophysical Journal International, 2005, 163: 813-822.
- [34] MIAO L C, FAN W M, LIU D Y, et al. Geochronology and geochemistry of the Hegenshan ophiolitic complex: Implications for late-stage tectonic evolution of the Inner Mongolia-Daxinganling Orogenic Belt, China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32: 348-370.
- [35] WU F Y, SUN D Y, GE W C, et al. Geochronology of the phanerozoic granitoids in northeastern China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 41: 1-30.
- [36] XU W L, PEI F P, WANG F, et al. Spatial-temporal relationships of Mesozoic volcanic rocks in NE China: Constraints on tectonic overprinting and transformations between multiple tectonic regimes [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 74: 167-193.
- [37] LI S, WANG T, WILDE SIMON A, et al. Evolution, source and tectonic significance of early Mesozoic granitoid magmatism in the central Asian orogenic belt (central segment) [J]. Earth-Science Reviews, 2013, 126: 206-234.
- [38] DONSKAY T V, GLADKOCHUB D P, MAZUKABZOV A M, et al. Late Paleozoic-Mesozoic subduction-related magmatism at the southern margin of the Siberian continent and the 150 million-year history of the Mongol-Okhotsk ocean [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 62: 79-97.
- [39] 李锦轶, 刘建峰, 曲军峰, 等. 中国东北地区主要地质特征和地壳构造格架 [J]. 岩石学报, 2019, 35(10): 2989-3016.
- [40] 纪政, 葛文春, 杨浩, 等. 大兴安岭中段晚三叠世安第斯型安山岩: 蒙古-鄂霍茨克大洋板片南向俯冲作用的产物 [J]. 岩石学报, 2018, 34(10): 2917-2930.
- [41] 邓昌州. 大兴安岭北部中生代斑岩铜矿: 成岩与成矿 [D]. 长春: 吉林大学, 2019: 1-199.
- [42] PEARCE J A, HARRIS N B W, TINDLE A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. Journal of Petrology, 1984, 25(4): 956-983.
- [43] PEARCE J A. A user's guide to basal discrimination diagrams [J]. Geological Association of Canada, Short Course Notes, 1996, 12: 79-113.
- [44] GORTON M P, SCHANDL E S. From continents to island arcs: a geochemical index of tectonic setting for arc-related and withinplate felsic to intermediate volcanic rocks [J]. The Canadian Mineralogist, 2000, 38: 1065-1073.

The petrogenesis and geological significance of early Jurassic monzogranites in the Huma area of Heilongjiang Province

CHENG Xueguang¹, ZHANG Kun^{2,3}, SHI Dongyan^{2,4,5}, YIN Wenhui¹, ZHANG Chen²

(1. Hulunbuir Chagan Mining Co., Ltd, Hulunbuir 021300, Inner Mongolia Autonomous Region, China;

2. Heilongjiang Mining Group Co., Ltd, Harbin 150000, Heilongjiang, China;

3. Institute of Geosciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

4. College of Geosciences, Jilin University, Changchun 130012, Jilin, China;

5. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, Guizhou, China)

Abstract: By means of petrology, chronology and lithogeochemistry, this article studies the early Jurassic monzogranites in the Huma area of Heilongjiang Province, located in the northeast of the Great Xing'an Mountains, revealing their petrogenesis and tectonic background. The diagenesis time of the Early Jurassic monzogranites in the study area ranges from (176.3 ± 0.8) Ma to (177.7 ± 1.1) Ma, characterized by high silicon, medium to low potassium, moderate magnesium iron, and poor calcium in lithogeochemistry. The rocks belongs to the high potassium calcium alkaline series, enriched in light rare earth elements (LREE) and large ion lithophilic elements (Rb, K, Sr, Ba, etc.), but depleted in heavy rare earth elements (HREE) and high field strength elements (Nb, Ta, Ti, P, Zr, etc.), with no significant negative Eu anomaly (0.70-1.50). Compare to the increase of SiO_2 , the monzogranites shows a decrease trend in P_2O_5 , with relatively high Sr/Y (9.67-148.07) and La_N/Yb_N (7.66-54.12) ratios, low Mg # (23.07-39.37), Cr $(6.00-11.60) \times 10^{-6}$, and Ni $(4.69-9.39) \times 10^{-6}$ values, indicating the characteristics of I-type granites. Its Nb/Ta ratio is slightly higher than the average of the continental crust, and the Th content is between the abundance values of the crust and mantle, indicating the addition of mantle derived components. The tectonic background map shows that most of the samples fell into a volcanic arc environment. Based on the distribution characteristics of intrusive rocks of similar ages in the region and its geochemical characteristics, it is speculated that the magma formed in a continental margin arc environment related to the southward subduction of the Mongolian-Okhotsk Ocean.

Keywords: monzogranite, zircon U-Pb dating, petrochemistry, Huma area, Heilongjiang