文章编号：1004—5589（2018）01—0021—16

大兴安岭北段新林战备村地区早白垩世火成岩年代学、地球化学及大地构造意义

王文东[1]，杨华本[1]，刘涛[2]，马治忠[2]，郑吉林[1]，胡军海[1]，魏小勇[1]

1. 中国人民武装警察部队 武警黄金第三支队，哈尔滨 150086；
2. 中国人民武装警察部队 武警黄金第一总队，哈尔滨 150086

摘要：大兴安岭北段新林战备村地区广泛发育晚中生代火山岩及花岗岩体。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测得战备村花岗岩体侵位年龄为 121.0±0.8 Ma，其周围出露的白音高老组流纹岩喷发年龄为 136.9±1.3 Ma，二者均形成于早白垩世。地球化学特征上，二者均属于过铝质高钾钙碱性-钾玄质系列，高 SiO_2，富 K_2O、Na_2O，低 Mg、Ti，微量元素富集大离子亲石元素 Rb、K、Ba 及 LREE，亏损高场强元素 Nb、Ta、Ti 及 HREE，轻重稀土明显分异（$(La/Yb)_N = 11 \sim 23.2$），具中等-弱的 Eu 负异常（$\delta Eu = 0.35 \sim 0.82$），二者具同源岩浆演化的特征。结合前人研究结果，新林战备村地区早白垩世火成岩形成于后造山或碰撞后的构造环境，代表了伸展的大地构造背景，这些火成岩产出可能与蒙古—鄂霍茨克洋中侏罗世至早白垩世闭合造山后的伸展作用有关。

关键词：新林战备村；早白垩世；火成岩；地球化学；大兴安岭北段

中图分类号：P597；P595 **文献标识码**：A **doi**：10.3969/j.issn.1004-5589.2018.01.003

Chronology, geochemistry and tectonic implications of Early Cretaceous igneous rocks in Xinlin Zhanbeicun area, northern Great Hinggan Mountain

WANG Wen-dong[1], YANG Hua-ben[1], LIU Tao[2], MA Zhi-zhong[2], ZHENG Ji-lin[1], HU Jun-hai[1], WEI Xiao-yong[1]

1. No. 3 Gold Geological Party of CAPF, Harbin 150086, China;
2. No. 1 Gold Geological General Party of CAPF, Harbin 150086, China

Abstract: Late Mesozoic volcanic rocks and intrusive rocks widely occurred in Xinlin Zhanbeicun area of northern Greater Hinggan Mountain. Zircon U-Pb dating using the LA-ICP-MS method gives the emplacement age of 121.0±0.8 Ma for Zhanbeicun intrusive rocks and 136.9±1.3 Ma for Baiyingaolao Formation rhyolites distributed around the Zhanbeicun intrusive rocks. The results suggested that the intrusive rocks and rhyolites were formed in Early Cretaceous. Moreover the rocks belong to high K calc-alkaline-shoshonite series in geochemistry, and exhibit high SiO_2, K_2O, Na_2O and low Mg, Ti. The trace elements generally have a similar variation trend, e.g. enrichment of LILE (Rb, K, Ba) and LREE, and depletion of HFSE (Nb, Ta, Ti) and HREE, with significant fractionation of LREE and HREE ($(La/Yb)_N = 11 \sim 23.26$) and weak-medium Eu anomalies ($\delta Eu = 0.35 \sim 0.82$). This indicates that the intrusive rocks and rhyolites have the same sources. Combined with previous studies, it is suggested that the Early Cretaceous igneous rocks in Zhanbeicun area are originated from partial melting of

收稿日期：2017-09-01；**改回日期**：2017-12-15
基金项目：中国地质调查局项目（12120113072400）.

the lower crust and formed in a post-orogenic extensional tectonic setting related to the closure of Mongolia –Okhotsk ocean during Middle Jurassic-Early Cretaceous.

Key words: Xinlin Zhanbeicun; Early Cretaceous; igneous rocks; geochemistry; northern Great Hinggan Mountain

0 引言

大兴安岭地区处于兴蒙造山带东段，经历了古亚洲洋构造域和古太平洋构造域两大演化阶段及西伯利亚板块、中朝板块间若干块体复杂的拼贴演化历史[1]。岩浆活动频繁，尤其中生代花岗质侵入岩和火山岩广泛发育，构成了大兴安岭火成岩省。前人对大兴安岭地区花岗岩及火山岩的一些基础地质问题已作过较详细的研究[2-14]，部分学者认为大兴安岭中生代火成岩与古太平板块向欧亚大陆俯冲有关，尤其是白垩纪火成岩是太平洋板块俯冲后岩石圈地幔拆沉的结果[13,14]。近年来，随着1∶5万区域地质矿产调查工作的广泛开展，在额尔古纳地块满归地区和新林大乌苏地区相继发现了早侏罗世满归组①、战备村组火山岩[15]（锆石U-Pb年龄分别为199±1 Ma，192.2±1.0 Ma），这些发现，揭示了这些火山岩的形成与蒙古—鄂霍茨克洋俯冲具成因关系[16-18]。同时，这些地区也发育中侏罗世到早白垩世中酸性火山岩，那么这些火山岩，尤其是早白垩世火山岩是否与鄂霍茨克洋俯冲有关，应给予关注。本文依托黑龙江省大兴安岭战备村、二中队幅1∶5万区域地质矿产调查子项目②，以战备村岩体和白音高老期火山岩为研究对象，利用LA-ICP-MS锆石U-Pb同位素和地球化学分析，讨论大兴安岭北段晚中生代火成岩的形成时代和成因等问题，并结合前人研究结果，进一步探讨该地区早白垩世火成岩形成的大地构造背景。

1 地质概况及样品特征

1.1 地质概况

研究区位于大兴安岭北段的额尔古纳地块之上，北与德尔布干断裂相望，南与新林—塔源—喜桂图断裂紧邻（图1）。区内早中生代地层分布于新林镇一带，为零星出露的奥陶纪—志留纪浊积岩组合，原为晚元古—早寒武世倭勒根群的吉祥沟组[19]，经玻乌勒山等四幅1∶5万区域地质矿产调查③，该组合为一套部分有序、总体无序的混杂岩，形成于石炭世之前，现称为大乌苏杂岩[20]；中生代地层为陆相火山岩地层，自下而上依次为下侏罗统战备村组，中侏罗统塔木兰沟组，上侏罗统满克头鄂博组、玛尼吐组，下白垩统白音高老组及梅勒图组。中生代火山岩地层的岩石组合总体表现为酸-基-酸-中-酸-基性的变化特征。区内侵入岩主要呈NE向展布，主要分布于战备村、曼拉开河及大阿鲁果西耶埃河下游附近，以岩株、岩枝状产出，为细粒花岗岩、中细粒石英二长岩和似斑状花岗岩等，划分为晚三叠世、中侏罗世、晚侏罗世和早白垩世4期。区内构造以NE向和NW向断裂构造为主，其次为SN向断裂。

1.2 样品特征

本文选择战备村岩体和白音高老组火山岩作为研究对象，二者在空间上紧密相伴出现。战备村岩体发育于火山盆地中部，白音高老组火山岩分布于战备村岩体旁侧，它们在空间上呈NE向产出，空间分布关系密切，共同受NE向构造带的控制（图1）。

战备村岩体出露于大兴安岭新林区战备村一带，出露面积42 km^2，呈NE向不规则状产出，该岩体北部及南部侵入中侏罗统满克头鄂博组，东部及西部侵入上侏罗统玛尼吐组及下白垩统白音高老组地层中。岩性以似斑状二长花岗岩（图2a）为主，少量似斑状细粒石英二长岩，岩体中心至边缘似斑晶呈从无到有、由少至多的趋势。战备村岩体边部晶洞发育，晶洞大小1～3 cm，呈似圆形-椭圆状，晶洞内矿物主要为长石、石英晶簇，与岩体主要矿物一致。晶洞构造的形成，反映岩浆突然上

① 黑龙江省地调院. 黑龙江1∶250 000漠河县、漠河、兴安幅区调修测报告[S]. 2011.

② 中国人民武装警察部队黄金第三支队. 黑龙江省1∶500 00战备村、二中队幅区域地质矿产调查报告[S]. 2016.

③ 中国人民武装警察部队黄金第三支队. 黑龙江省1∶500 00玻乌勒山等四幅区域地质矿产调查报告[S]. 2014.

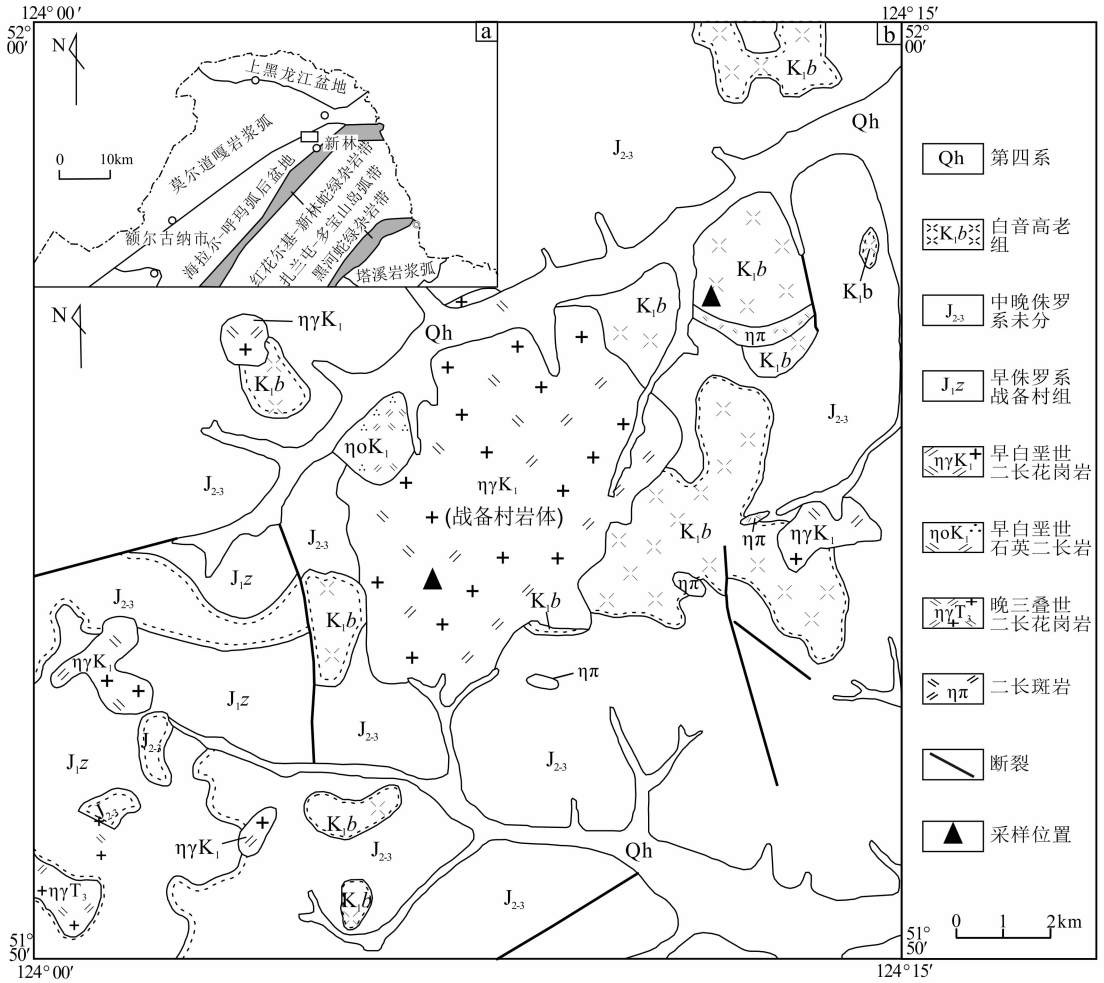


图 1　新林区战备村幅地质简图（据 1∶5 万战备村幅地质图①修改）和大地构造位置图

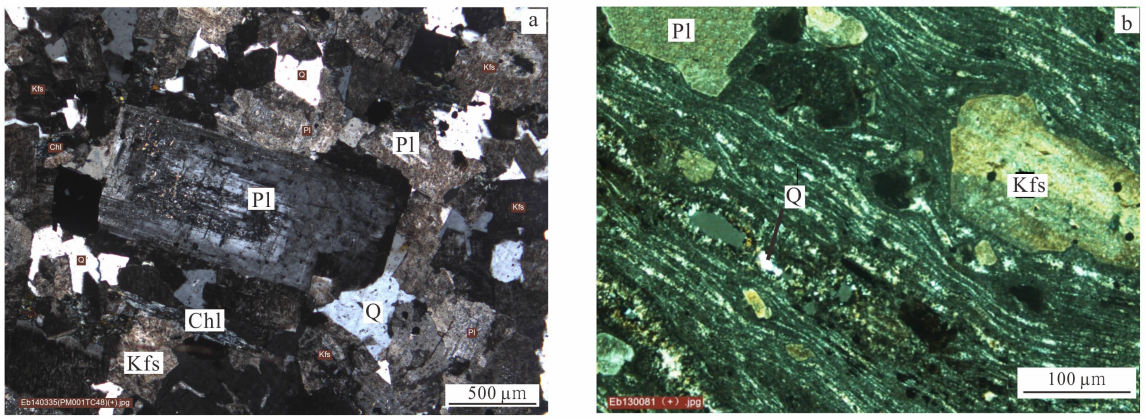
Fig. 1　Geological map of Xinlin Zhanbeicun area and location of tectonics

升，发生二次沸腾，散逸了挥发组分，是浅带花岗岩的特点[21]，结合战备村岩体岩石结构主要为似斑状结构，推断战备村岩体应为高侵位浅成侵入体。

白音高老组火山岩出露面积 46 km^2，厚度 439.13 m，其底部喷发不整合于上侏罗统玛尼吐组之上，局部被早白垩世似斑状二长花岗岩侵入。白音高老组火山岩主要为流纹质晶屑熔结凝灰岩、流纹岩（图 2b）及少量沉凝灰岩等，其中沉凝灰岩普遍存在于白音高老组的底部，为一个区域性的不整合面，表明白音高老火山期旋回之前，研究区经历了一个较长的间歇期。

本次研究选取战备村侵入岩体和白音高老期火山岩的 2 件典型样品：PM01TC41、PM015TC38，分别进行了 LA–ICP–MS 锆石 U–Pb 同位素分析（图 1），其中样品 PM001TC41 采自战备村北部，地理坐标 51°54′36″N，124°08′20″E，岩性为似斑状二长花岗岩；样品 PM015TC38 采自干部河上游南岸，地理坐标 51°57′06″N，124°24′05″E，岩性为流纹岩。

① 中国人民武装警察部队黄金第三支队. 黑龙江省 1∶500 00 战备村、二中队幅区域地质矿产调查报告［S］. 2016.



Q. 石英；Kfs. 钾长石；Pl. 斜长石；Chl. 绿泥石.

图 2 似斑状二长花岗岩显微照片（正交）（a）及流纹岩显微照片（正交）（b）

Fig. 2 Photomicrographs of monzonitic granites (a) and rhyolites (b)

似斑状二长花岗岩（PM01TC41） 浅肉红色，细粒似斑状花岗结构，块状构造；矿物成分：钾长石，肉红色，半自形板柱状，它形粒状，大小 1 ~ 4 mm，含量 35%，其中 > 5 mm 者为似斑晶，含量 8 ~ 15%；斜长石，灰白色，半自形板柱状，为更-中长石，部分中长石具环带结构，大小 2 ~ 4 mm，含量 30%；石英，灰色，它形，粒状，大小 0.2 ~ 3 mm，含量 20%；黑云母，黑色，片状，褐色-浅褐黄色多色性显著，大小 1 ~ 3 mm，少量。

流纹岩（PM015TC38） 颜色灰白色，斑状结构，基质霏细-隐晶质结构，流纹构造。斑晶主要为斜长石，灰白色，自形-半自形板柱状，为更-中长石，大小 1 ~ 3 mm，含量 5%，部分斜长石边缘被钾长石环绕，形成正边结构；钾长石，肉红色，半自形板粒状，大小 2 ~ 4 mm，含量 3%；石英，灰色，它形粒状，少数边缘具熔蚀现象，大小 0.2 ~ 2 mm，含量 2%。基质含量 90%，可见隐晶质和具有霏细结构的长石、石英集合体相间而定向分布，形成流纹构造。

2 分析方法

样品的锆石分选、制靶及阴极发光图像采集工作均由河北省区域地质矿产调查研究所完成，样品制备过程参见文献［22］。定年测试工作由天津地质矿产研究所完成，利用 LA-ICP-MS 分析，采用 193 nm 激光器（激光剥蚀孔径 35 μm），高纯度 He 气为剥蚀物质载体，对锆石进行剥蚀。测试过程中，每测 10 个样品，重复测 1 个锆石 91500 作为同位素外标进行校正。采用人工合成硅酸盐玻璃标准物质 NIST610 进行仪器状态的调整，测试结果通过 GLITTER4.0 程序处理，实验获得数据采用 Andersen 方法[23]进行同位素比值的校正以扣除普通 Pb 影响，采用 Isoplot/Ex 完成加权平均年龄的计算及谐和图的绘制。

样品的主量元素、微量元素和稀土元素均在河北省区域地质矿产调查研究所测试完成。主量元素采用 XRF 玻璃熔片法测定，分析精度及准确度优于 3%，详细分析步骤参见文献［24］；微量元素和稀土元素采用 ICP-MS 方法进行测定，准确度和精度优于 5%，详细流程参见文献［25］。

3 锆石年龄

样品似斑状二长花岗岩（PM001TC41）锆石 CL 图像显示，锆石晶形较好，呈短柱状或长柱状，长 80 ~ 200 μm，长宽比 2∶1 ~ 1∶1，普遍发育震荡环带（图 3a），Th/U 比值均 > 0.4，表明锆石为岩浆成因。该样品共测试了 29 个测点（表 1），测点值均落在 U-Pb 谐和线上及其附近，$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄集中在 117 ~ 125 Ma 之间，加权平均年龄值为 121.0 ± 0.8 Ma（MSWD = 1.7）（图 4a），此年龄值代表岩体的结晶年龄。

样品流纹岩（PM015TC38）锆石 CL 图像显

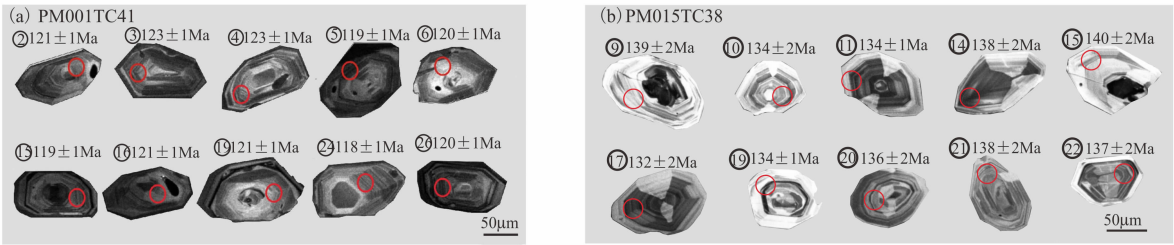


图 3　战备村岩体二长花岗岩（PM001TC41）（a）和白音高老组流纹岩（PM015TC38）（b）锆石 CL 图像

Fig. 3　CL images of selected zircon from monzonitic granites in Zhanbeicun intrusive rocks（PM001TC41）（a）and rhyolites in Baiyingaolao Formation（PM015TC38）（b）

表 1　新林区战备村岩体锆石 U-Pb 同位素分析结果

Table 1　Zircon U-Pb dating results for Zhanbeicun intrusive rocks from Xinlin area

点号	Pb /10⁻⁶	U /10⁻⁶	Th/U	$^{206}Pb/^{238}U$	±1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	±1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±1σ	$^{206}Pb/^{238}U$ Ma	±1σ	$^{207}Pb/^{235}U$ Ma	±1σ
PM001TC41 二长花岗岩													
1	3	139	0.66	0.019 5	0.000 2	0.128 8	0.013 1	0.047 5	0.004 9	125	1	123	13
2	2	82	0.86	0.019 0	0.000 3	0.135 8	0.020 9	0.051 3	0.008 1	121	2	129	20
3	4	163	0.81	0.019 3	0.000 2	0.139 0	0.010 0	0.051 8	0.003 7	123	1	132	10
4	2	95	0.68	0.019 3	0.000 2	0.134 3	0.016 0	0.048 7	0.006 1	123	1	128	15
5	3	118	0.82	0.018 6	0.000 2	0.127 2	0.012 3	0.048 8	0.004 8	119	1	122	12
6	3	129	0.91	0.018 8	0.000 2	0.132 3	0.010 8	0.050 4	0.004 1	120	1	126	10
7	1	66	0.68	0.019 3	0.000 3	0.135 1	0.025 7	0.050 9	0.010 0	123	2	129	24
8	4	183	0.94	0.018 5	0.000 2	0.124 5	0.009 9	0.048 6	0.003 8	118	1	119	9
9	4	166	0.87	0.018 9	0.000 2	0.125 0	0.011 7	0.047 2	0.004 5	123	1	120	11
10	3	125	0.76	0.019 2	0.000 2	0.135 8	0.011 8	0.050 5	0.004 5	120	1	129	11
11	3	126	0.72	0.019 0	0.000 2	0.136 1	0.014 8	0.051 0	0.005 7	120	1	130	14
12	5	229	0.71	0.018 8	0.000 2	0.128 9	0.007 5	0.049 6	0.002 8	121	1	123	7
13	6	307	0.73	0.018 2	0.000 2	0.131 6	0.005 2	0.052 3	0.002 1	120	1	126	5
14	7	293	1.20	0.018 6	0.000 2	0.135 4	0.005 8	0.052 6	0.002 2	121	1	129	6
15	3	148	0.74	0.018 9	0.000 2	0.129 5	0.011 3	0.049 6	0.004 3	119	1	124	11
16	2	92	0.64	0.019 2	0.000 2	0.132 2	0.016 8	0.049 7	0.006 3	121	1	122	16
17	3	121	0.68	0.019 4	0.000 2	0.138 1	0.012 8	0.051 5	0.004 5	124	1	131	12
18	4	167	0.82	0.019 0	0.000 2	0.127 4	0.009 4	0.048 2	0.003 6	123	1	126	9
19	3	160	0.66	0.018 9	0.000 2	0.133 8	0.011 6	0.051 1	0.004 5	121	1	127	11
20	5	228	0.71	0.019 4	0.000 2	0.140 5	0.007 3	0.052 3	0.002 7	124	1	134	7
21	5	234	0.72	0.018 9	0.000 2	0.132 6	0.006 4	0.050 7	0.002 4	121	1	126	6
22	2	107	0.79	0.019 4	0.000 2	0.130 6	0.015 6	0.048 0	0.005 7	124	2	125	15
23	3	149	0.68	0.018 5	0.000 2	0.126 2	0.009 7	0.049 3	0.003 8	117	1	118	9
24	6	263	1.19	0.018 3	0.000 2	0.123 1	0.006 6	0.049 0	0.002 6	118	1	121	6
25	5	244	0.82	0.018 8	0.000 2	0.128 0	0.007 0	0.049 5	0.002 7	121	1	122	7
26	5	226	0.82	0.019 0	0.000 2	0.138 1	0.007 7	0.052 5	0.002 9	120	1	131	7
27	4	179	0.76	0.019 1	0.000 2	0.137 0	0.009 6	0.051 9	0.003 6	121	1	130	9
28	6	250	0.87	0.018 8	0.000 2	0.136 2	0.006 2	0.052 4	0.002 4	122	1	125	6
29	5	203	0.72	0.019 1	0.000 2	0.131 5	0.007 8	0.049 5	0.002 9	120	1	130	7

示，锆石晶形较好，多数呈短柱状，少数长柱状，长 50 ~ 100 μm，长宽比 2∶1 ~ 1∶1，具明显岩浆成因的震荡环带（图 3b），绝大多数锆石 Th/U 比值 >0.3，为典型岩浆成因锆石。该样品共测试了 32 个测点（表 2），多数位于 U-Pb 谐和线上，28 个测点的$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄介于 131 ~ 143 Ma，加权平均值为 136.9 ± 1.3 Ma，MSWD = 3.9，此年龄值可以代表岩浆结晶年龄（图 4b）。测点 6、12、23、5 的$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为 306 ~ 497 Ma 和 710 Ma（测点 5），其锆石特征显示可能为岩浆上侵过程中捕获的锆石，代表岩浆捕获地壳岩石年龄。

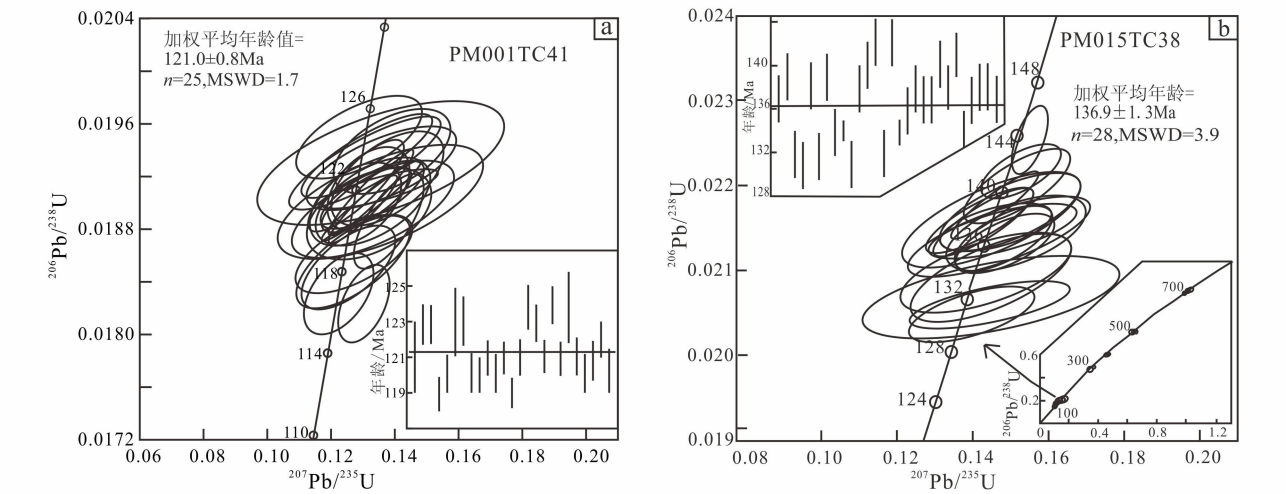


图 4 战备村岩体二长花岗岩（PM001TC41）（a）和白音高老组流纹岩（PM015TC38）（b）锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 4 Zircon U-Pb concordia diagrams for monzonitic granites in Zhanbeicun intrusive rocks (PM001TC41) (a) and rhyolites in Baiyingaolao Formation (PM015TC38) (b)

战备村岩体与白音高老组火山岩为侵入接触关系，岩体与白音高老组围岩接触带的界线较为清楚，岩体靠近接触带部分矿物颗粒有变细的趋势（范围有限），但在显微镜下观察，均无显著的接触变质现象，表明白音高老组火山岩与战备村岩体的形成时间相近，但比较起来，火山岩形成略早，战备村岩体略晚。实际地质现象与锆石 U-Pb 同位素年龄测试结果匹配较好。

4 岩石地球化学特征

在锆石 U-Pb 测年的基础上，选择了 12 个典型火成岩样品进行了岩石地球化学分析，其中 1 ~ 6 号样品为白音高老期火山岩，7 ~ 12 号样品为战备村岩体中的似斑状二长花岗岩（表 3）。

4.1 主量元素

战备村岩体 SiO_2 含量 69.78% ~ 73.04%，全碱（$K_2O + Na_2O$）含量 8.96% ~ 9.39%，K_2O 含量 4.51% ~ 5.04%，K_2O/Na_2O = 1.01 ~ 1.16，里特曼指数 σ = 2.63 ~ 3.63，$Mg^{\#}$ 为 26.4 ~ 37.1，A/CNK = 1.06 ~ 1.11，Al_2O_3 为 14.91% ~ 15.06%，MgO 为 0.37% ~ 0.54%、TiO_2 为 0.35% ~ 0.5%。

白音高老期火山岩 SiO_2 含量 68.97% ~ 76.03%，全碱（$K_2O + Na_2O$）含量 6.97% ~ 9.75%，K_2O 含量 3.49% ~ 5.88%，K_2O/Na_2O = 0.78 ~ 1.7，里特曼指数 σ = 1.87 ~ 3.55，$Mg^{\#}$ 为 28.2 ~ 45，A/CNK = 1 ~ 1.23，Al_2O_3 为 12.61% ~ 15.48%，MgO 为 0.38% ~ 0.92%、TiO_2 为 0.19% ~ 0.45%。

综合对比战备村岩体与白音高老期火山岩的岩石化学分析数据和主要参数特征，可以看出二者成分相似，主要氧化物相差无几，均具有富硅、富碱、富钾的特征，低 Mg、Ti 含量，里特曼指数相似，在 $SiO_2 - K_2O$ 图解上均属高钾钙碱性-钾玄质系列（图 5a）和过铝质岩石，A/CNK 值 > 1.0（图 5b）。在 Harker 图解（图略）中，战备村岩体和白音高老期火山岩的主要氧化物如 TiO、Al_2O_3、FeO^T、MgO、P_2O_5 等均随着 SiO_2 含量的增加而逐渐降低，二者构成了较好的线性关系，这表明它们经历了明显的结晶分异作用、部分熔融作用等演化，二者在成分和演化上具有一致性。

表 2　新林区白音高老组火山岩锆石 U-Pb 同位素分析结果

Table 2　Zircon U-Pb dating results for volcanic rocks in Baiyingaolao Formation from Xinlin area

点号	Pb /10⁻⁶	U /10⁻⁶	Th/U	$^{206}Pb/^{238}U$	±1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	±1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±1σ	$^{206}Pb/^{238}U$ Ma	±1σ	$^{207}Pb/^{235}U$ Ma	±1σ
PM15TC38 流纹岩													
1	2	102	0.94	0.021 5	0.000 3	0.146 0	0.016 7	0.049 4	0.005 8	137	2	138	16
2	14	592	0.84	0.021 9	0.000 3	0.150 4	0.004 0	0.049 9	0.001 2	139	2	142	4
3	5	219	1.15	0.020 6	0.000 2	0.144 9	0.014 0	0.050 9	0.005 0	132	2	137	13
4	14	601	1.03	0.020 6	0.000 3	0.143 4	0.004 8	0.050 5	0.001 4	131	2	136	5
5	30	259	0.45	0.116 5	0.001 2	1.017 4	0.016 7	0.063 4	0.000 9	710	7	713	12
6	46	779	0.30	0.060 6	0.000 7	0.452 2	0.006 8	0.054 1	0.000 7	379	4	379	6
7	6	254	1.17	0.021 6	0.000 3	0.145 5	0.005 3	0.048 8	0.001 7	138	2	138	5
8	5	219	1.05	0.020 9	0.000 3	0.143 9	0.014 0	0.050 8	0.005 0	132	2	137	12
9	4	186	0.76	0.021 8	0.000 3	0.144 9	0.008 0	0.048 3	0.002 6	139	2	137	8
10	6	236	1.04	0.021 1	0.000 3	0.147 0	0.010 0	0.050 6	0.003 4	134	2	139	9
11	9	332	1.32	0.021 0	0.000 2	0.142 5	0.006 6	0.049 2	0.002 2	134	1	135	6
12	9	198	0.49	0.048 6	0.000 5	0.351 9	0.009 6	0.052 5	0.001 3	306	3	306	8
13	11	437	0.84	0.020 5	0.000 2	0.140 1	0.011 4	0.049 6	0.004 0	131	2	133	11
14	7	279	0.82	0.021 7	0.000 2	0.149 7	0.007 8	0.050 1	0.002 6	138	2	142	7
15	6	224	1.10	0.022 0	0.000 3	0.151 1	0.009 7	0.049 9	0.003 1	140	2	143	9
16	24	875	1.37	0.022 5	0.000 3	0.154 4	0.003 4	0.049 9	0.001 0	143	2	146	3
17	4	215	0.32	0.020 7	0.000 3	0.144 8	0.022 3	0.050 7	0.007 9	132	2	137	21
18	7	271	0.85	0.022 2	0.000 2	0.152 3	0.007 7	0.049 8	0.002 5	142	2	144	7
19	14	538	1.26	0.021 1	0.000 2	0.145 3	0.004 9	0.050 1	0.001 7	134	1	138	5
20	6	283	0.06	0.021 3	0.000 2	0.148 9	0.009 1	0.050 7	0.003 1	136	2	141	9
21	4	163	0.70	0.021 7	0.000 3	0.148 7	0.013 5	0.049 7	0.004 5	138	2	141	13
22	5	220	0.70	0.021 5	0.000 2	0.149 5	0.012 1	0.050 4	0.004 0	137	2	141	11
23	34	384	0.82	0.080 1	0.000 9	0.639 7	0.010 5	0.057 9	0.000 9	497	5	502	8
24	5	211	0.79	0.021 5	0.000 2	0.144 5	0.010 9	0.048 7	0.003 6	137	2	137	10
25	4	176	0.88	0.022 0	0.000 3	0.150 9	0.010 2	0.049 7	0.003 4	140	2	143	10
26	18	670	1.29	0.021 6	0.000 2	0.147 0	0.003 6	0.049 3	0.001 1	138	2	139	3
27	13	508	0.77	0.022 1	0.000 2	0.150 1	0.007 1	0.049 3	0.002 2	141	2	142	7
28	3	132	0.68	0.021 0	0.000 3	0.143 5	0.014 8	0.049 5	0.005 2	134	2	136	14
29	6	249	1.06	0.021 5	0.000 3	0.146 1	0.008 7	0.049 2	0.002 9	137	2	138	8
30	7	291	0.80	0.021 7	0.000 2	0.148 1	0.008 3	0.049 6	0.002 7	138	2	140	8
31	5	186	0.91	0.021 6	0.000 3	0.147 2	0.012 6	0.049 4	0.004 2	138	2	139	12
32	3	118	0.71	0.021 4	0.000 3	0.146 1	0.016 1	0.049 4	0.005 5	137	2	138	15

表3 新林地区白音高老组火山岩和战备村岩体的岩石化学特征表(主量元素 wt %,微量元素 $\times 10^{-6}$)

Table 3 Major element (wt%) and trace element ($\times 10^{-6}$) data of Baiyingaolao Formation volcanic rocks and Zhanbeicun intrusive rocks from Xinlin area

样品编号	PM013TC07	PM015TC49	PM017TC05	PM003TC55	PM012TC23	PM012TC19	PM001TC28	PM001TC35	PM001TC41	PM001TC48	PM001TC53	PM008TC09
岩性	流纹岩	流纹岩	流纹质晶屑熔结凝灰岩	流纹质晶屑熔结熔凝灰岩	流纹质晶屑熔结凝灰岩	流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	似斑状二长花岗岩	似斑状二长花岗岩	似斑状二长花岗岩	似斑状二长花岗岩	似斑状二长花岗岩	似斑状二长花岗岩
SiO_2	76.03	74.44	74.66	69.76	68.97	70.35	71.33	71.61	71.30	71.24	73.04	69.78
Al_2O_3	13.02	13.25	12.61	15.37	15.48	14.62	14.65	14.45	14.53	14.59	13.91	15.06
TiO_2	0.19	0.25	0.32	0.44	0.45	0.43	0.38	0.37	0.40	0.42	0.35	0.50
Fe_2O_3	1.21	1.10	1.20	2.19	1.31	1.57	1.43	2.13	1.41	1.65	1.34	2.16
FeO	0.21	0.17	0.38	0.09	1.18	1.18	0.79	0.26	0.85	0.74	0.60	0.41
CaO	0.28	0.18	1.25	0.95	0.79	1.59	0.89	0.43	0.65	0.41	0.59	0.88
MgO	0.60	0.38	0.45	0.45	0.86	0.92	0.48	0.37	0.6	0.54	0.40	0.49
K_2O	3.49	5.88	4.81	4.72	4.80	4.43	4.51	4.76	4.68	4.75	4.68	5.04
Na_2O	3.48	3.45	2.84	5.02	4.76	5.51	4.45	4.29	4.37	4.39	4.20	4.35
MnO	0.05	0.05	0.03	0.067	0.05	0.07	0.08	0.05	0.07	0.07	0.06	0.08
P_2O_5	0.04	0.03	0.10	0.092	0.14	0.14	0.10	0.09	0.11	0.12	0.09	0.11
LOI	1.28	0.63	1.06	0.61	0.99	1.05	0.73	1.01	0.86	0.89	0.59	0.94
Total	99.89	99.81	99.71	99.75	99.77	99.86	99.82	99.83	99.82	99.82	99.85	99.78
K_2O/Na_2O	1.01	1.70	1.69	0.94	1.01	0.44	1.01	1.11	1.07	1.08	1.11	1.16
K_2O+Na_2O	6.97	9.33	7.65	9.75	9.55	9.94	8.96	9.05	9.04	9.14	8.89	9.39
$Mg^{\#}$	45.00	37.20	35.40	28.20	39.30	38.70	32.80	26.40	37.10	33.80	31.60	30.50
A/CNK	1.23	1.07	1.04	1.02	1.07	1.00	1.06	1.11	1.08	1.11	1.07	1.06
Y	6.54	16.01	11.31	14.83	11.08	11.87	13.26	11.31	16.13	14.83	16.07	16.78
La	25.39	27.84	18.64	47.71	33.9	32.23	39.29	39.38	43.13	44.71	42.12	40.52
Ce	44.93	65.13	42.64	99.33	63.82	59.52	77.94	76.34	87.11	88.58	79.56	84.91
Pr	5.16	7.63	6.21	11.21	7.37	6.9	8.81	9.02	9.94	9.86	9.43	10.20
Nd	17.76	27.76	25.16	38.3	26.43	24.66	29.69	30.33	34.19	33.62	31.86	36.32
Sm	2.71	4.36	4.06	5.83	4.10	3.96	4.54	4.32	5.29	5.12	5.12	5.84
Eu	0.46	0.54	0.78	1.28	1.02	0.97	0.83	0.78	0.93	0.86	0.82	0.98
Gd	2.39	5.10	4.38	4.65	3.59	3.48	3.73	3.52	4.32	4.17	4.13	4.58
Tb	0.26	0.63	0.57	0.62	0.45	0.47	0.53	0.46	0.61	0.58	0.58	0.67
Dy	1.12	2.90	2.30	2.89	2.00	2.16	2.48	2.17	2.99	2.74	3.00	3.27
Ho	0.22	0.55	0.42	0.53	0.38	0.42	0.48	0.41	0.55	0.51	0.56	0.62

续表 3

样品编号	PM013TC07	PM015TC49	PM017TC05	PM003TC55	PM012TC23	PM012TC19	PM001TC28	PM001TC35	PM001TC41	PM001TC48	PM001TC53	PM008TC09
Er	0.64	1.70	1.29	1.64	1.09	1.20	1.35	1.20	1.63	1.49	1.71	1.84
Tm	0.14	0.31	0.20	0.27	0.20	0.22	0.22	0.18	0.26	0.21	0.29	0.27
Yb	0.79	1.84	1.22	1.76	1.24	1.35	1.50	1.21	1.72	1.43	1.89	1.80
Lu	0.27	0.47	0.32	0.74	0.39	0.40	0.34	0.32	0.45	0.30	0.47	0.47
Li	13.19	5.23	10.23	9.09	13.36	10.25	10.80	8.63	10.28	12.24	9.70	7.84
Be	1.81	1.62	1.61	2.56	2.46	2.38	3.30	2.90	3.11	2.43	3.36	3.74
Nb	9.13	11.58	9.38	19.17	9.48	8.85	13.81	11.98	13.87	11.16	13.67	19.14
Sc	1.63	2.55	3.38	4.81	3.20	2.43	3.49	3.43	3.77	3.91	3.80	6.35
Ga	17.09	16.26	11.30	19.04	19.54	18.56	19.52	19.42	19.38	20.92	20.32	22.61
Zr	122.18	195.41	211.41	486.7	265.36	221.86	218.6	224.60	233.40	247.50	210.20	378.30
Th	6.53	9.80	7.95	10.18	7.01	4.40	11.42	12.35	11.54	9.63	13.19	22.72
U	1.62	2.70	2.07	2.40	2.02	1.19	2.40	2.42	1.50	1.36	2.56	4.01
Sr	88.16	102.12	315.30	260.90	321.90	238.50	259.30	212.40	235.30	167.20	190.00	292.20
Ba	418.99	842.52	1 685.16	1 085.00	1 065.57	438.46	746.10	708.60	708.20	802.60	628.30	946.20
Rb	38.23	145.31	118.58	116.30	109.82	22.76	125.70	138.70	126.40	132.00	134.00	189.40
V	15.64	21.56	50.29	21.40	37.41	33.85	45.20	43.40	44.40	49.50	49.90	52.50
Cr	8.21	2.29	4.79	6.30	7.88	7.13	5.80	6.40	6.10	6.90	7.00	7.10
Co	2.24	0.47	2.63	0.99	3.85	3.51	2.43	2.73	2.63	2.74	1.92	3.12
Ni	1.97	0.55	1.19	1.30	1.57	1.50	1.80	1.70	1.70	2.00	1.70	2.10
Cu	2.85	2.88	12.87	5.70	9.50	4.94	6.50	7.10	6.20	6.70	7.80	7.40
Pb	11.85	23.40	13.70	25.86	22.07	10.15	40.08	31.69	26.86	40.94	28.18	23.79
Zn	41.34	25.96	34.06	53.20	45.08	37.30	57.90	60.90	42.10	67.60	51.20	49.00
W	0.38	1.16	0.33	0.33	0.51	0.89	1.09	0.85	0.58	0.88	1.17	1.40
Mo	0.13	0.15	0.06	0.19	0.86	0.07	1.71	2.00	0.41	0.58	1.71	0.77
Hf	4.16	5.98	7.62	12.67	7.62	6.62	7.83	9.66	8.92	9.63	7.21	15.93
Ta	0.85	0.90	0.68	1.04	0.78	0.72	0.92	0.80	0.89	0.69	0.91	1.52
Bi	0.05	0.03	0.13	0.16	0.12	0.15	0.26	0.22	0.19	0.09	0.27	0.12
Cs	1.46	2.37	2.35	1.02	4.50	1.58	1.26	1.84	1.67	1.71	1.26	1.94
$(La/Yb)_N$	23.00	10.90	11.00	19.50	19.60	17.10	18.73	23.26	18.01	22.40	16.00	16.13
δEu	0.55	0.35	0.57	0.75	0.82	0.80	0.61	0.61	0.60	0.57	0.54	0.58
ΣREE	108.78	162.78	119.49	231.59	157.05	149.82	185.00	180.95	209.25	209.01	197.59	209.06
TZr	788	809.00	815.00	883.00	828.00	786.00	813.00	822.00	821.00	830.00	813.00	863.00

注：LOI－烧失量；Total－岩石化学总量；A/CNK = A1/(Na + K + Ca)(摩尔比)；$Mg^{\#} = 100 \times (Mg^{2+}/(Mg^{2+} + Fe^{2+}))$；δEu－球粒陨石标准化后 Eu/SQRT(Sm × (Gd)值.

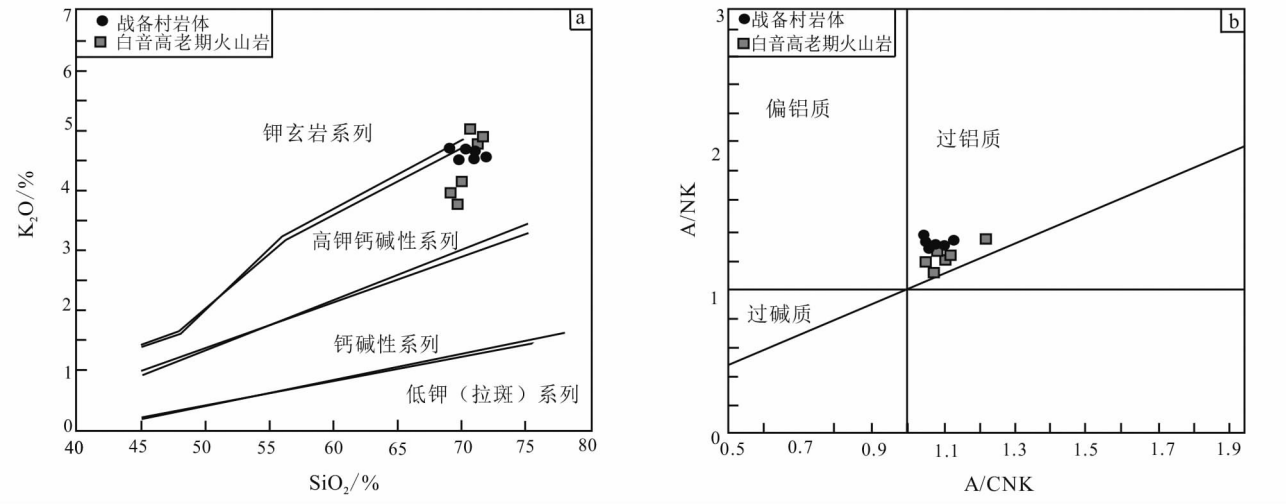


图5 战备村岩体及白音高老组流纹岩 SiO_2-K_2O 图（a）和 A/CNK－A/NK 图（b）

Fig. 5 SiO_2-K_2O diagram (a) and A/CNK－A/NK diagram (b) for Zhanbeicun intrusive rocks and volcanic rocks in Baiyingaolao Formation

4.2 稀土元素

战备村岩体样品稀土总量 ΣREE = 180.95 × 10^{-6} ~ 209.25 × 10^{-6}，$(La/Yb)_N$ 为 16 ~ 23.26，δEu 值 0.54 ~ 0.61，轻稀土分馏系数 $(La/Sm)_N$ 为 4.3 ~ 5.8，重稀土分馏系数 $(Gd/Yb)_N$ 为 2.3 ~ 2.7。白音高老期火山岩样品稀土总量 ΣREE = 108.78 × 10^{-6} ~ 231.59 × 10^{-6}，$(La/Yb)_N$ 为 10.9 ~ 23.0，δEu 值 0.35 ~ 0.82，轻稀土分馏系数 $(La/Sm)_N$ 为 3.1 ~ 6.0，重稀土分馏系数 $(Gd/Yb)_N$ 为 2.2 ~ 3.2。

战备村岩体与白音高老期火山岩稀土总量均比较高，Eu 亏损程度相似，LREE/HREE 比值及 $(La/Sm)_N$、$(La/Yb)_N$、$(La/Sm)_N$ 比值也非常相似。在稀土元素球粒陨石标准化配分模式图中（图6a），二者均具有轻稀土元素富集的右倾特征，轻重稀土分馏明显，重稀土分布相对较为平坦，两者具中等铕负异常，表明了源区有斜长石残留或参与分异结晶作用。

从岩石化学特征表中可以看出战备村岩体与白音高老期火山岩微量元素丰度基本相近，但仍有一定的差异，表现为战备村岩体 Cu、Pb、Zn、W、Mo、Ni、V、Zr 元素丰度稍高于白音高老期火山岩，从火山岩到侵入岩 Rb、Rb/Sr 比值呈递增趋势，K/Rb 比值呈递减趋势，这种差异具有连续变化的过程，与岩浆分异演化趋势一致。说明了火山喷发至岩浆侵入，岩浆分异程度越来越高，分异作用愈趋完善，岩浆向富挥发分和成矿元素的方向演化[26,27]。岩浆房上部岩浆富集 K_2O、Na_2O 组分，下部富集 CaO、MgO 及 TFe 组分，具有明显的岩浆分带的特点，其上部主要表现为喷发形式，下部则呈侵入产出[28]。此外，从稀土元素配分模式图中（图6a）可以看出，二者曲线形态基本一致，但火山岩曲线位置稍低于侵入岩，暗示了战备村岩体和白音高老期火山岩为同源岩浆分离结晶作用的产物。

4.3 微量元素

战备村岩体与白音高老期火山岩微量元素配分曲线形态基本一致，二者以高 Sr、Ba 含量（分别为 88.16 × 10^{-6} ~ 321.9 × 10^{-6}，418.99 × 10^{-6} ~ 1 685.16 × 10^{-6}）为特征，富集大离子亲石元素（LILE）Rb、K、Ba 及 Pb，亏损高场强元素（HFSE）Nb、Ta 和 Ti（图6b）。另外，从岩石化学特征表（表3）可以看出，从白音高老期火山岩到战备村岩体稀土总量逐渐增高，重稀土逐渐富集，ΣCe/ΣY 逐渐降低，总体表现出有规律的岩浆演化特征。

综上表明，研究区白音高老期火山岩和战备村岩体之间，有着密切的生成联系，二者紧密伴生、形成时间相近，同时二者在岩石类型、岩石化学特征、稀土元素和微量元素地球化学特征方面具有高

度的一致性，说明二者为同源岩浆分异的产物。

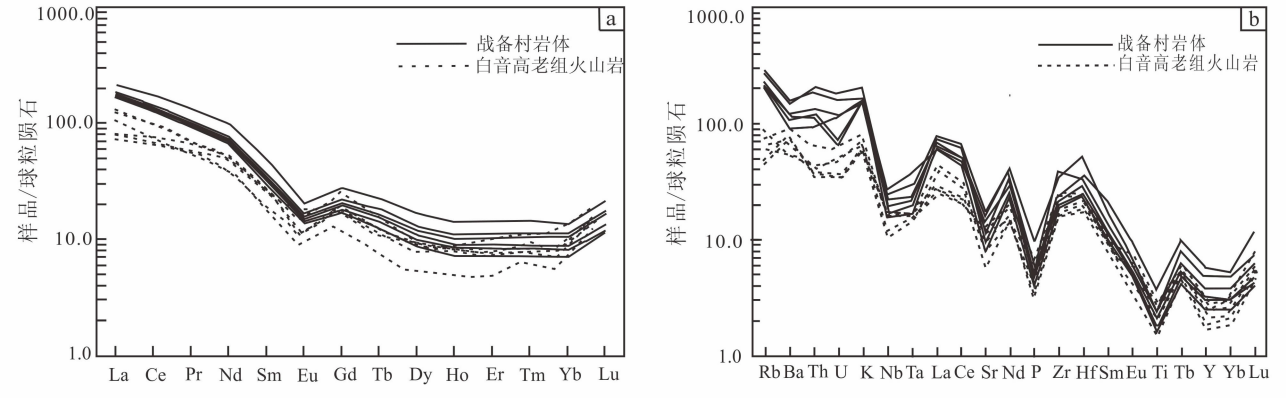


图 6　战备村岩体及白音高老期火山岩稀土元素球粒陨石标准化配分图（a）和微量元素蛛网图（b）

Fig. 6　Chondrite-normalized REE patterns（a）and primitive mantle-normalized spidergrams（b）for Zhanbeicun intrusive rocks and volcanic rocks in Baiyingaolao Formation

5　岩石成因及构造环境

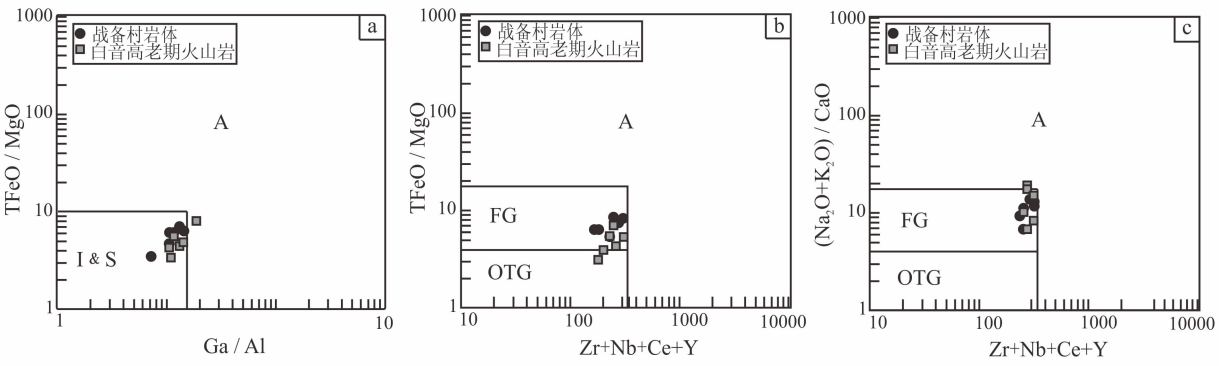
5.1　岩石成因

研究区战备村岩体和白音高期火山岩主量元素显示高硅、富碱、富钾和偏铝-过铝质的特征，除去 2 个样品的 A/CNK 值为 1.23、1.11，其余 1 < A/CNK < 1.1，且在 Harker 图解中 P_2O_5 与 SiO_2 具负相关性，这些特点与 I 型花岗岩相同。在 SiO_2 - K_2O 岩石系列判别图解（图 5a）中，样品多数落入高钾钙碱性系列。

微量元素特征显示，研究区战备村岩体和白音高期火山岩具富集大离子亲石元素（LILE）Rb、K 和 Ba，亏损高场强元素（HFSE）Nb、Ta 及 Ti 的特征，说明二者具有与俯冲作用相关的微量元素地球化学特征[29]。不相容元素（Th，U，K）明显富集和不相容元素（Nb，Ta）明显亏损，这种特征表明岩浆源区可能为俯冲流体交代的岩石圈地幔或者为陆壳物质的熔融，样品的重稀土元素分布具有轻度的凹陷，表明岩浆源中残留矿物有角闪石或发生过角闪石的分离结晶。白音高老期火山岩和战备村岩体的 Nb/Ta 比值分别为 10.7 ~ 13.7（一个样品为 18.4）和 12.5 ~ 15.9，明显低于地幔和源于地幔的岩浆熔体的比值（17.5 ± 2.0）[30]，而更接近壳源岩浆的 Nb/Ta 值（11 ~ 12）[31]，二者的 Nd/Th 比值 1.59 ~ 5.60，平均为 3.11，其值接近壳源岩石（≈3）而明显有别于幔源岩石（>15）；Ti/Y 比值 150.6 ~ 362.2，平均值 245.5，接近陆壳岩石值（< 200）[32]；Ti/Zr 比值 12.7 ~ 19.3，平均 15.5，符合陆壳岩石值（<30）[32]。由于部分熔融的地幔不可能产生类似于陆壳较低的 Ti/Zr、Ti/Y 比值，所以这些比值表明了战备村岩体和白音高老期火山岩不可能是地幔部分熔融的产物，也不可能由地幔部分熔融的岩浆经结晶分离而产生，而更可能的反映了壳源特征[33]。战备村岩体和白音高老期火山岩应该来源于下地壳岩石的部分熔融。在 Zr + Nb + Ce + Y - TFeO/MgO 和 Zr + Nb + Ce + Y -（Na_2O + K_2O）/CaO 图解[34]上（图 7），战备村岩体及白音高老期火山岩主要落入高分异 I 型花岗岩区，个别落入 A 型花岗岩区。另外，本文通过 Watson 等[35]提出的锆石饱和温度模拟公式计算了战备村岩体和白音高老期火山岩的锆饱和温度，其结果集中在 786℃ ~ 883℃之间，低于 A 型花岗岩原始岩浆的形成温度，而与 I 型花岗岩形成的温度相似，综上所述，战备村岩体和白音高老期火山岩应为高分异 I 型花岗岩。

5.2　构造意义

关于大兴安岭地区中生代火成岩产出的构造背景，主要有几种观点：①与地慢柱活动或相关的板内作用有关[2,3,5]；②与古太平洋的俯冲作用及俯冲后的伸展作用有关[13]；③与蒙古—鄂霍茨克洋的闭合和造山后垮塌有关[8,36]。研究发现，大兴安岭和邻近地区不存在环状火山岩带，同时中生代火山岩和侵入岩的形成年龄跨度较大，因此，喷发周期较短的地幔柱构造模式很难解释中生代火山岩



I、S、A－I 型、S 型、A 型花岗岩；FG－高分异 I 型花岗岩；OGT－未分异花岗岩.

图 7 战备村岩体及白音高老期火山岩岩石成因类型判别图

Fig. 7 Discrimination diagrams of petrogenetic types for Zhanbeicun intrusive rocks and volcanic rocks in Baiyingaolao Formation

的时空分布问题[37]，同时，在蒙古国中东部发现了大量的与大兴安岭中生代火山岩相似的火成岩，它们远离古太平洋板块，其形成很难与古太平洋板块的俯冲联系起来[38]。近年来，随着蒙古—鄂霍茨克洋缝合带研究水平的提高，特别是蒙古—鄂霍茨克洋向南俯冲的确定[39,40]，越来越多的学者把大兴安岭中生代火成岩的形成和蒙古—鄂霍茨克洋的演化联系起来。最新的研究表明，蒙古—鄂霍茨克洋从西向东剪刀式闭合，东部最终碰撞时间在晚侏罗世至早白垩世[41]，且中侏罗世之后大兴安岭地区在一定时期内均受蒙古—鄂霍茨克洋闭合后造山作用的影响。结合本文年代学资料，可以判断研究区战备村岩体和白音高老期火山岩的形成应该与蒙古—鄂霍茨克洋闭合后的陆陆碰撞造山作用有关。

本文所研究的战备村岩体与白音高老期火山岩，富硅、富碱，贫 CaO、MgO，属碱性、高钾钙碱性系列，准铝质-过铝质岩石。在微量元素 Rb－Y＋Nb 构造判别图解上（图 8a），样品落入后碰撞花岗岩区；在 R1－R2 成因分类图解中（图 8b），样品落在晚造山区域内。结合构造判别图解、同时代大兴安岭火山岩特征及区域构造背景（蒙古—

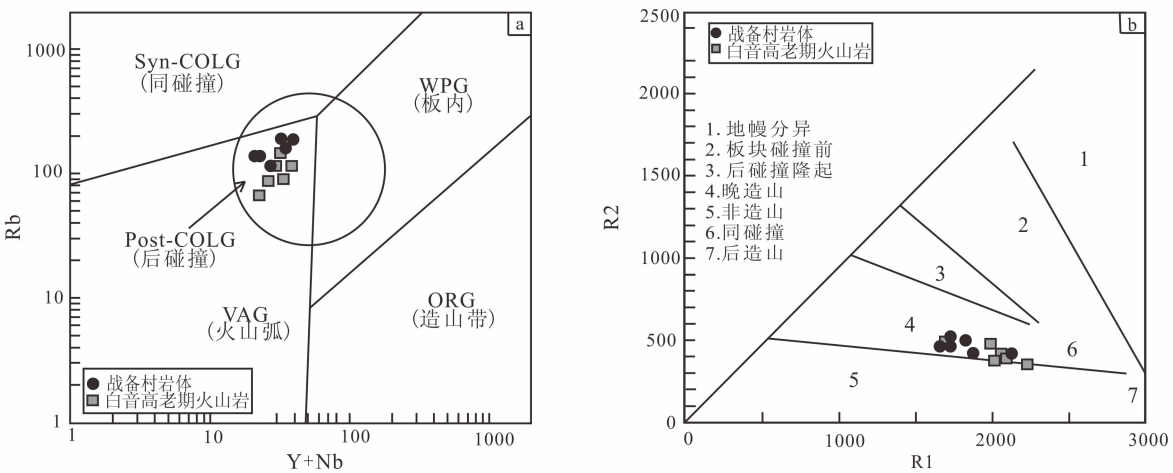


图 8 战备村岩体与白音高老期火山岩形成构造环境判别图[42,43]

Fig. 8 Diagrams of tectonic environment discrimination of Zhanbeicun intrusive rocks and volcanic rocks in Baiyingaolao Formation

鄂霍茨克洋造山带主造山期在早白垩世已经结束），研究区战备村岩体与白音高老期火山岩形成于蒙古—鄂霍茨克洋造山带后碰撞伸展阶段。

6　结论

（1）研究区战备村岩体与白音高老期火山岩空间分布关系密切，形成时间相近，皆为早白垩世岩浆活动的产物，比较起来，火山岩形成略早（136.9±1.3）Ma，战备村岩体形成略晚（121.0±0.8）Ma。

（2）战备村岩体与白音高老期火山岩在岩石类型、岩石化学、稀土和微量元素地球化学特征等方面具相似性和一致性，表现出同源性和同步演化的特征，表明了二者为同源岩浆房在统一地质动力作用下定位于不同环境的产物。

（3）研究区战备村岩体和白音高老期火山岩均为高分异I型花岗岩，二者为统一的构造-岩浆体系的产物，为下地壳物质部分熔融的产物，形成于蒙古—鄂霍茨克洋闭合后的伸展环境。

致谢　行文过程中得到吉林大学张元厚教授的指导，在此表示感谢。

参考文献：

[1] 李双林，欧阳自远. 兴蒙造山带及邻区的构造格局与构造演化［J］. 海洋地质与第四纪地质，1998，18（3）：45-54.
LI Shuang-lin，OUYANG Zi-yuan. Tectonic frame work and evolution of Xing'anling-Mongolian orogenic belt and its adjacent region［J］. Marine Geology and Quaternary Geology，1998，18（3）：45-54.

[2] 葛文春，林强，孙德有，等. 大兴安岭中生代两类流纹岩成因的地球化学研究［J］. 地球科学，2000，25（2）：172-178.
GE Wen-chun，LIN Qiang，SUN De-you，et al. Geochemical research into origins of two types of Mesozoic rhyolites in Daxing'anling［J］. Earth Science，2000，25（2）：172-178.

[3] 葛文春，李献华，林强，等. 呼伦湖早白垩世碱性流纹岩的地球化学特征及其意义［J］. 地质科学，2001，36（2）：176-183.
GE Wen-chun，LI Xian-hua，LIN Qiang，et al. Geochemistry of Early Cretaceous alkaline rhyolites from Hulun Lake，Daxing'anling and its tectonic implications［J］. Chinese Journal of Geology，2001，36（2）：176-183.

[4] 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.
GE Wen-chun，WU Fu-yuan，ZHOU Chang-yong，et al. The age of the Tahe granite body in northern Greater Khingan Range and its constraints on the tectonic attribution of Eergu'na block［J］. Chinese Science Bulletin，2005，50（12）：1239-1247.

[5] 林强，葛文春，曹林，等. 大兴安岭中生代双峰式火山岩的地球化学特征［J］. 地球化学，2003，32（3）：208-222.
LIN Qiang，GE Wen-chun，CAO Lin，et al. Geochemistry of Mesozoic volcanic rocks in Da Hinggan Ling：the bimodal volcanic rocks［J］. Geochimica，2003，32（3）：208-222.

[6] 张玉涛，张连昌，英基丰，等. 大兴安岭北段塔河地区早白垩世火山岩地球化学及源区特征［J］. 岩石学报，2007，23（11）：2811-2822.
ZHANG Yu-tao，ZHANG Lian-chang，YING Ji-feng，et al. Geochemistry and source characteristics of Early Cretaceous volcanic rocks in Tahe，North Da Hinggan Mountain［J］. Acta Petrologica Sinica，2007，23（11）：2811-2822.

[7] 苟军，孙德有，赵忠华，等. 满洲里南部白音高老组流纹岩锆石U-Pb定年及岩石成因［J］. 岩石学报，2010，26（1）：333-344.
GOU Jun，SUN De-you，ZHAO Zhong-hua，et al. Zircon LA-ICPMS U-Pb dating and petrogenesis of rhyolites in Baiyingaolao Formation from the southern Manzhouli，Inner-Mongolia［J］. Acta Petrologica Sinica，2010，26（1）：333-344.

[8] 孙德有，苟军，任云生，等. 满洲里南部玛尼吐组火山岩锆石U-Pb年龄与地球化学研究［J］. 岩石学报，2011，27（10）：3083-3094.
SUN De-you，GOU Jun，REN Yun-sheng，et al. Zircon U-Pb dating and study on geochemistry of volcanic rocks in Manitu Formation from southern Manchuria，Inner Mongolia［J］. Acta Petrologica Sinica，2011，27（10）：3083-3094.

[9] 周长勇，吴福元，葛文春，等. 大兴安岭北部塔河堆晶辉长岩体的形成时代、地球化学特征及其成因［J］. 岩石学报，2005，21（3）：763-775.
ZHOU Chang-yong，WU Fu-yuan，GE Wen-chun，et al. Age，geochemistry and petrogenesis of the cumulate

gabbro in Tahe, northern Da Hinggan Mountain [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21 (3): 763-775.

[10] 张彦龙，赵旭晁，葛文春，等. 大兴安岭北部塔河花岗石英二长岩-花岗岩的地球化学特征及成因[J]. 岩石学报，2010，26 (12)：3507-3520.
ZHANG Yan-long, ZHAO Xu-chao, GE Wen-chun, et al. Geochemical characteristics and genesis of Tahe granitic adamellite-granite in northern part of the Da Hinggan Range [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26 (12): 3507-3520.

[11] 张彦龙，葛文春，柳小明，等. 大兴安岭新林镇岩体的同位素特征及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版)，2008，38 (2)：177-186.
ZHANG Yan-long, GE Wen-chun, LIU Xiao-ming, et al. Isotopic characteristics and its significance of the Xilin Town pluton, Great Hinggan Mountains [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2008, 38 (2): 177-186.

[12] 王雄，陈跃军，李勇，等. 大兴安岭中北段塔尔气地区早白垩世白音高老组火山岩地球化学特征及意义[J]. 世界地质，2015，34 (1)：25-33.
WANG Xiong, CHEN Yue-jun, LI Yong, et al. Geochemical characteristics and geological implication of volcanic rocks in Early Cretaceous Baiyingaolao Formation from Taerqi area, middle-north part of Da Hinggan mountains [J]. Global Geology, 2015, 34 (1): 25-33.

[13] 马家骏，方大赫. 黑龙江省中生代火山岩初步研究[J]. 黑龙江地质，1991，2 (2)：1-16.
MA Jia-jun, FANG Da-he. Study on Mesozoic volcano rock in Heilongjiang Province [J]. Geology of Heilongjiang, 1991, 2 (2): 1-16.

[14] 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.

[15] 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地质意义[J]. 地质通报，2016，35 (7)：1106-1114.
ZHENG Ji-lin, WANG Wen-dong, YANG Hua-ben, et al. The establishment of the Lower Jurassic Zhanbeicun Formation and its geological significance in the northern Da Hinggan Mountains [J]. Geological Bulletin of China, 2016, 35 (7): 1106-1114.

[16] 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.
XU Wen-liang, WANG Feng, PEI Fu-ping, et al. Mesozoic tectonic regimes and regional ore-forming background in NE China: constraints from spatial and temporal variations of Mesozoic volcanic rock associations [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29 (2): 339-353.

[17] 佘宏全，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 (2)：217-240.
SHE Hong-quan, LI Jin-wen, XIANG An-ping, et al. U-Pb ages of the zircons from primary rocks in the middle-northern Daxinganling and its implications to geotectonic evolution [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28 (2): 217-240.

[18] 孟凡超，刘嘉麟，崔岩，等. 中国东北地区中生代构造体制的转变：来自火山岩时空分布与岩石组合的制约[J]. 岩石学报，2014，30 (12)：3569-3586.
MENG Fan-chao, LIU Jia-lin, CUI Yan, et al. Mesozoic tectonic regimes transition in the Northeast China: constraints from temporal-spatial distribution and associations of volcanic rocks [J]. Acta Petrologica Sinica, 2014, 30 (12): 3569-3586.

[19] 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京：地质出版社，1993：40-42.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Heilongjiang Province. Regional geology of Heilongjiang Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 40-42.

[20] 刘玉，孙加鹏，王献忠，等. 大兴安岭北部新林地区大乌苏混杂岩锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版)，2016，46 (5)：1383-1405.
LIU Yu, SUN Jia-peng, WANG Xian-zhong, et al. Dawusu complex of Xinlin district in northern Greater Hinggan Mountains zircon U-Pb chronology, petrogeochemistry, and its geological implication [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2016, 46 (5): 1383-1405.

[21] 肖庆辉，邓晋福，马大铨，等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京：地质出版社，2002：169-170.
XIAO Qing-hui, DENG Jin-fu, MA Da-quan, et al. The way of investigation on granitoids [M]. Beijing:

Geological Publishing House, 2002: 169-170.

[22] 宋彪, 张玉海, 万渝生, 等. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论 [J]. 地质论评, 2002, 48 (增刊1): 26-30.
SONG Biao, ZHANG Yu-hai, WAN Yu-sheng, et al. The preparation of SHRIMP sample target for zircon, age determination and discussion of the related phenomena [J]. Geological Review, 2002, 48 (Suppl. 1): 26-30.

[23] Anderson T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb [J]. Chemical Geology, 2002, 192 (1/2): 59-79.

[24] Xianhua L I. Geochemistry of the Longsheng ophiolite from the southern margin of Yangtze Craton, SE China [J]. Geochemical Journal, 1997, 31 (5): 323-337.

[25] Liu Y, Hu Z, Gao S, et al. In situ, analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard [J]. Chemical Geology, 2008, 257 (1/2): 34-43.

[26] 胡受奚, 赵乙英. 中国东部中—新生代活动大陆边缘构造-岩浆作用演化和发展 [J]. 岩石学报, 1994, 10 (4): 370-381.
HU Shou-xi, ZHAO Yi-ying. Evolution and development of tectonics and magmatism at the active continental margin of East China during Mesozoic and Cenozoic [J]. Acta Petrologica Sinica, 1994, 10 (4): 370-381.

[27] 朱小辉, 陈丹玲, 刘良. 柴北缘锡铁山地区镁铁质岩石的时代及地球化学特征 [J]. 地质通报: 2012, 31 (12): 2079-2089.
ZHU Xiao-hui, CHEN Dan-ling, LIU Liang. Chronology and geochemistry of the mafic rocks in Xitieshan area, North Qaidam [J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31 (12): 2079-2089.

[28] 王德滋, 周新民, 邱检生, 等. 中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩特征与成因 [J]. 高校地质学报, 2000, 6 (4): 487-498.
WANG De-zi, ZHOU Xin-min, QIU Jian-sheng, et al. Characteristics and origin of Late Mesozoic granitoid volcanic intrusive complexes in southeastern China [J]. Geological Journal of China Universities, 2000, 6 (4): 487-498.

[29] Kelemen P B, Dick J B, Quick J E. Formation of harzburgite by pervasive melt/rock reaction in the upper mantle [J]. Nature, 1992, 358: 635-641.

[30] Hofmann A W. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental, and oceanic crust [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1988, 90 (3): 297-314.

[31] Green T H. Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crust-mantle system [J]. Chemical Geology, 1995, 120 (3/4): 347-359.

[32] Wedepohl K H. The composition of the continental crust [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59 (7): 1217-1232.

[33] 张遵忠, 顾连兴, 吴昌志, 等. 东天山印支早期尾亚石英正长岩: 成岩作用及成岩意义 [J]. 岩石学报, 2006, 22 (5): 1135-1149.
ZHANG Zun-zhong, GU Lian-xing, WU Chang-zhi, et al. Weiya quartz syenite in Early Indosinina from eastern Tianshan Mountains: petrogenesis and tectonic implications [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (5): 1135-1149.

[34] 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 (4): 407-419.

[35] Watson E B, Harrison T M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1983, 64 (2): 295-304.

[36] 陈志广, 张连昌, 周新华, 等. 满洲里新右旗火山岩剖面年代学和地球化学特征 [J]. 岩石学报, 2006, 22 (12): 2971-2986.
CHEN Zhi-guang, ZHANG Lian-chang, ZHOU Xin-hua, et al. Geochronology and geochemical characteristics of volcanic rocks section in Manzhouli Xinyouqi, Inner-Mongolia [J]. Acta Petroligica Sinica, 2006, 22 (12): 2971-2986.

[37] 孟恩, 许文良, 杨德彬, 等. 满洲里地区灵泉盆地中生代火山岩的锆石 U-Pb 年代学, 地球化学及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2011, 27 (4): 1209-1226.
MENG En, XU Wen-liang, YANG De-bin, et al. Zircon U-Pb chronology geochemistry of Mesozoic volcanic rocks from the Lingquan Basin in Manzhouli area, and its tectonic implications [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27 (4): 1209-1226.

[38] Fan W M, Guo F, Wang Y J, et al. Late Mesozoic calc-alkaline volcanism of post-orogenic extension in the northern Da Hinggan Mountains, northeastern China [J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2003, 121 (1): 115-135.

[39] 陈志广，张连昌，卢百志，等. 内蒙古太平川铜钼矿成矿斑岩时代，地球化学及地质意义［J］. 岩石学报，2010，26（5）：1437-1449.
CHEN Zhi-guang，ZHANG Lian-chang，LU Bai-zhi，et al. Geochronology and geochemistry of the Taipingchuan copper-molybdenum deposit in Inner Mongolia，and its geological significances［J］. Acta Petrologica Sinica，2010，26（5）：1437-1449.

[40] Tang J，Xu W L，Wang F，et al. Geochronology and geochemistry of Early-Middle Triassic magmatism in the Erguna Massif，NE China：constraints on the tectonic evolution of the Mongol-Okhotsk Ocean［J］. Lithos，2014，184-187（1）：1-16.

[41] Metelkin D V，Vernikovsky V A，Kazansky A Y，et al. Late Mesozoic tectonics of central Asia based on paleomagnetic evidence［J］. Gondwana Research，2010，18（2）：400-419.

[42] Pearce J. Sources and settings of granitic rocks［J］. Episodes，1996，19（4）：120-125.

[43] Batchelor R A，Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters［J］. Chemical Geology，1985，48（1）：43-55.

地质图数据库建库过程中的注意事项

赵娟

吉林省区域地质矿产调查所，长春 130022

随着数字地质调查工作的全面展开，社会对数字地质信息需求的逐步增大，建立正确有效、高质量的数据库系统，能够实现综合查询、数据统计、分析预测、报表生成、数据表现和制图输出等多方面的应用。数据库建库过程中存在的问题不仅影响地质信息的准确表达，还严重影响基于这些数据而进行的数据统计、分析预测等工作。常见问题大致分8个方面。

（1）**原始数据录入不完整** 原始数据室内录入不齐全、信息有偏差。

（2）**野外路线数据属性项缺失** 关键属性项是必填项，若缺失则失去建库意义。

（3）**原始数据与成果数据内容相矛盾** 野外路线数据与成果数据库继承关系和逻辑一致性相矛盾。原则上，地质图成果数据应由野外路线数据继承和综合而来，二者应保持总体上的逻辑一致性。

（4）**物、化、遥数据库及等值线图** 文件存储路径、文件命名和属性结构不规范，相关等值线图无属性。

（5）**空间数据库** ①文件规范性：独立要素类命名不规范、图示图例内容与要素类混淆。②拓扑关系：线弧不一致，图幅接边处存在较大误差等。③属性逻辑一致性：要素类和对象类逻辑关系不一致，数量不符。

（6）**矿调成果数据库** 异常查证及矿点检查结果、矿产预测远景区、找矿靶区和工作部署建议等矿调成果数据库缺失及属性不全。

（7）**元数据** 元数据中缺少矿调成果内容。

（8）**繁冗文件** 数据库建库过程中存在过多备份、过渡及垃圾文件。