

桦南地区黑龙江杂岩变质锆石年龄与原岩恢复

周 青

桂林理工大学, 广西 桂林

收稿日期: 2022年7月11日; 录用日期: 2022年8月8日; 发布日期: 2022年8月15日

摘 要

佳木斯板块桦南隆起区西侧出露大面积的变质岩, 称为黑龙江杂岩。通过锆石年龄及地球化学分析, 推断其构造变形时代与原岩恢复。黑龙江杂岩锆石边部谐和年龄为 178 ± 5 Ma (MSWD = 5.0, n = 10), 通过原岩恢复, 其原岩主要以泥质岩为主, 夹有火山岩。结合区域地质, 认为黑龙江杂岩构造成位时间为早侏罗世。黑龙江杂岩构造环境是活动大陆边缘, 是佳木斯地块与松嫩-张广才岭地块碰撞拼贴背景下而形成的构造混杂岩。

关键词

佳木斯板块, 黑龙江杂岩, 锆石年龄

Zircon Age and Protolith Restoration of the Heilongjiang Complex in the Southern Huashan Area

Qing Zhou

Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

Received: Jul. 11th, 2022; accepted: Aug. 8th, 2022; published: Aug. 15th, 2022

Abstract

A large area of the Heilongjiang complex is exposed on the west side of the Huanan uplift in the Jiamusi plate. Through zircon age and geochemical analysis, it is inferred that its tectonic deformation age and original rock restoration. The zircon edge and age of the Heilongjiang complex is 178 ± 5 Ma (MSWD = 5.0, n = 10). The original rock is restored original rock is mainly argillaceous rock with certain volcanic rocks. Combined with regional geology, it is believed that the Heilong-

jiang complex structure was in place during the Early Jurassic. The tectonic environment of the Heilongjiang complex is an active continental margin, a tectonic melange formed under the background of the collision and collage of the Jiamusi plate and the Songnen-Zhangguangcailing plate.

Keywords

Jiamusi Plate, Heilongjiang Complex, Zircon Age

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

佳木斯板块位于中亚造山带最东侧，其南侧是敦 - 密山断裂断开的兴凯地块，北侧是伊通 - 依兰断裂分隔的延伸到俄罗斯境内的布列亚地块，西侧是牡丹江断裂隔开的张广才岭地块[1]-[7]。黑龙江杂岩，又称黑龙江岩群江杂岩，主要分布于佳木斯 - 兴凯地块西侧。起初黑龙江杂岩由姜春潮、陈志明于 1957 年在黑龙江小兴安岭建立，命名为黑龙江群，时代归为下远古界；上世纪 90 年随着地质工作的深入，地质工作逐渐认识到黑龙江群并不是一个简单的变质地层，而是板块构造拼贴下而形成的一种构造混杂岩。张兴洲认为“黑龙江群”存在许多深海建造和陆缘性质的沉积岩，认为“黑龙江群”不是地层单元，是一套构造混杂岩，曹熹认为“黑龙江群”的变质时间为 610~746 Ma；1:25 万双鸭山幅区域地质调查工作认为“黑龙江群”地层原岩经多次强烈的变形变质作用改造，从局部到整体大多显示一种无序特征。因此，将这套复杂的变质岩系采用构造地层划分的方法，将原划分的黑龙江群重新厘定为黑龙江岩群江杂岩。随着地质工作的深入，黑龙江杂岩的变质时间为晚三叠世至早侏罗世，已经被广泛接受，但是黑龙江杂岩的年龄报道主要是针对佳木斯板块西侧的依兰地区、牡丹江地区，对于佳木斯板块桦南地区的黑龙江杂岩变质年龄报道相对较少，故本次对桦南地区黑龙江杂岩进行锆石年龄及地球化学研究，从而揭示其变质年龄及恢复原岩，并结合区域地质来揭示其构造背景。

2. 区域地质

佳木斯 - 兴凯地块构造演化复杂，岩石组合复杂[1] [8] [9]。佳木斯地块主要包含如下几种地质单元：麻山群，主要分布在牡丹江、七台河、双鸭山一带，以长英质片麻岩、夕线石榴长英质片麻岩、石墨片岩和大理岩为主的孔兹岩系，晚泛非期的高角闪岩相至麻粒岩相变质作用，SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄表明，最古老的原岩相当于中元古代时期，而岩石主要的变质作用发生在早古生代(500 Ma) [8] [10] [11]，研究区内主要出露于北部；马家街群，位于研究区中部，作为一套亚地层，尚未发现明显的化石，根据碎屑锆石推测其形成时代应为晚二叠系；黑龙江杂岩，主要岩性单元包括超基性岩、变质玄武岩、蓝片岩、绿片岩、大理岩、石英岩和长英质片岩等，并混杂有麻山群花岗片麻岩和石墨大理岩等高级变质岩类；早古生代花岗岩，岩石普遍发育泛非时期变形，岩石侵入到麻山岩群中，主要以花岗闪长岩为主，主要年龄集中在(460~530 Ma) [1] [2] [5] [6] [12]；晚二叠世花岗岩，主要出露在佳木斯 - 兴凯地块中南部，研究区区内主要出露在中部及北部，其与黑龙江杂岩呈现断层接触；早白垩世花岗闪长岩，主要为小岩枝，岩脉出露，侵入到黑龙江杂岩中(见图 1(b))。随着研究的深入，在不同的微陆块中相继发现了出露于地表的古元古代和新太古代地质体[14]。佳木斯地块中的片麻状花岗岩多与麻山群相伴生，由于缺乏古生

代沉积盖层的约束，且由于以前将麻山群的变质时代确定为古元古代甚至太古代，致使人们认为这些花岗岩应形成于前寒武纪的新元古代[15]。

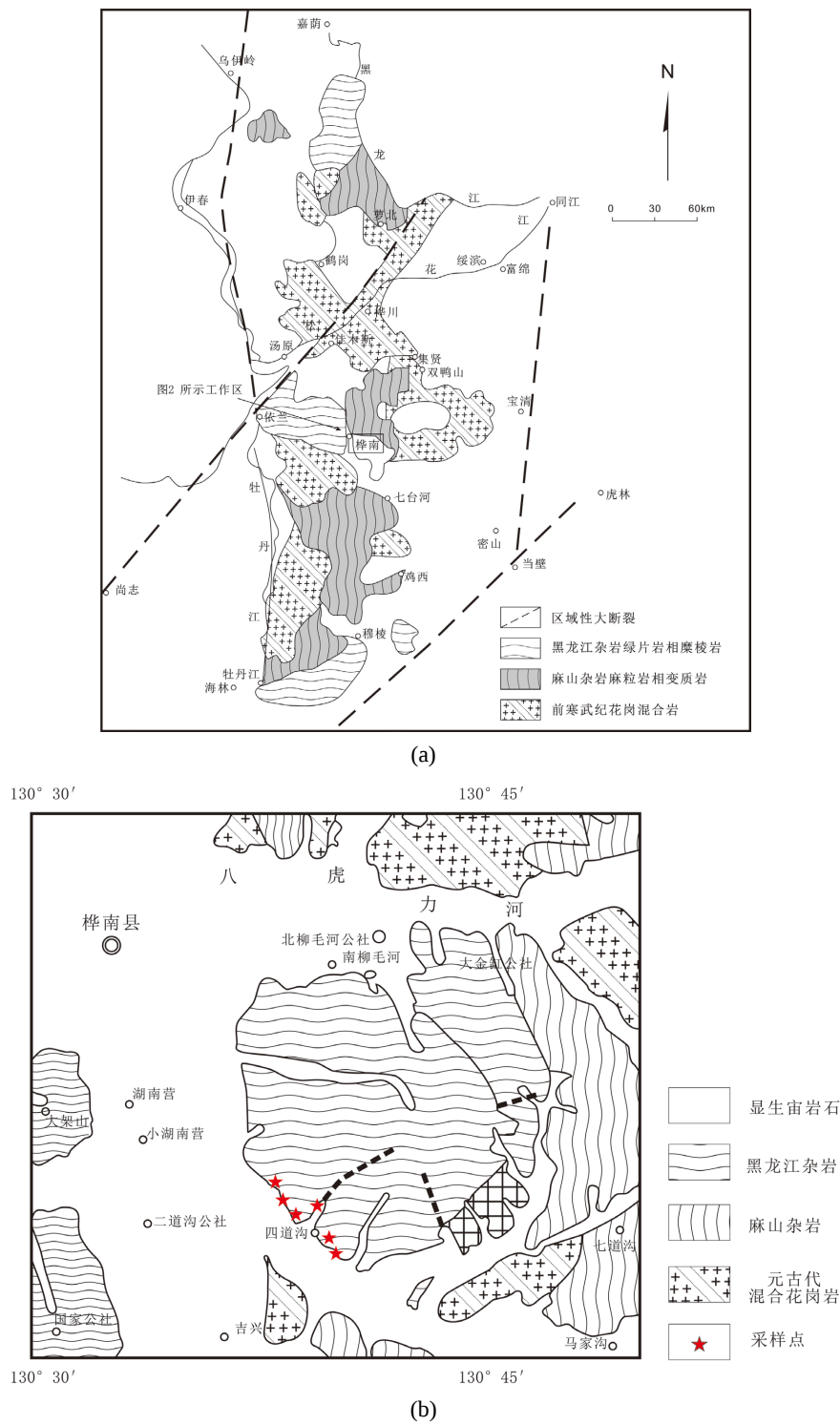


Figure 1. Study area geotectonic location map (a) and geological sketch map (b) of the study area (according to reference [13])

图 1. 研究区研究区大地构造位置图(a)和地质简图(b) (据文献[13])

3. 样品采集及分析

3.1. 样品采集位置及岩石特征

本次样品采集主要是在天然露头及人工采场,样品新鲜无污染情况。样品 HN05 (年龄样)为细粒石榴二云母片岩,采样位置在二道沟村西侧人工采石场, N: 130°38'33", E: 46°08'22", 岩石为斑状变晶结构, 基质细粒片状粒状变晶结构, 片状构造。变斑晶矿物为石榴子石, 基质主要矿物为石英、白云母、黑云母, 石榴子石: 自形粒状, 粒度 0.2~0.5 mm, 含量 10%, 石英含量在 50%左右, 粒径在 0.5~1.2 mm, 白云母及黑云母含量均在 20%左右, 粒径在 0.5~1.5 mm; HN20 为中细粒石榴堇青二云母片岩, 岩石斑状变晶结构, 基质中细粒粒状片状变晶结构, 片状构造, 变斑晶为石榴子石及堇青石, 基质矿物有电气石、石英、钠长石、白云母、黑云母和碳质矿物。样品 HN32 为细粒石榴黑云母片岩, 岩石斑状变晶结构, 基质细粒粒状片状变晶结构, 片状构造。变斑晶矿物为石榴子石, 基质主要矿物为黑云母、石英、角闪石、斜长石 HN60 为中细粒含石榴白云母片岩, 岩石为中细粒粒状片状变晶结构, 片状构造, 主要矿物有白云母、石英、斜长石、钾长石, 特征变质矿物为石榴子石。HN72 为细粒二云片岩, 岩石斑状变晶结构, 基质细粒片状粒状变晶结构, 片状构造。变斑晶矿物为钠长石、黑云母, 基质主要矿物为钠长石、白云母、黑云母、石英、石榴子石。HN74 为钠长黑硬绿泥石片岩, 岩石为斑状变晶结构, 基质中细粒粒状柱状变晶结构, 片状构造, 变斑晶矿物为钠长石, 基质中矿物有角闪石、石英, 特征变质矿物为绿泥石。HN79 为石榴钠长白云母片岩, 岩石为斑状变晶结构, 基质是中粗粒粒状片状变晶结构, 片状构造。变斑晶为钠长石, 基质为白云母、石英, 特征变质矿物为石榴石。HN83 为绿帘绿泥片岩, 岩石为中细粒粒状柱状变晶结构, 片状构造。主要矿物有角闪石、绿帘石、黝帘石、石英和斜长石。HN86 为含石榴钠长二云母片岩, 岩石斑状变晶结构, 基质细粒片状粒状变晶结构, 片状构造, 变斑晶矿物为钠长石, 基质主要矿物为长石、白云母、黑云母、石英、石榴子石。云母平行排列形成片理。HN89 为钠长云母片岩, 岩石斑状变晶结构, 基质细粒片状粒状变晶结构, 片状构造。变斑晶矿物为钠长石、黑云母, 基质主要矿物为钠长石、白云母、黑云母、石英、石榴子石。测试样品采样点位如(图 2)所示。

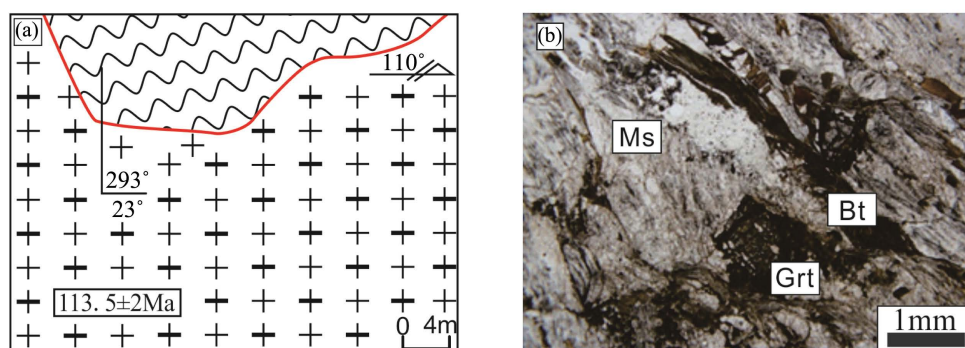


Figure 2. Field outcrop of Heilongjiang complex (a) microscopic characteristics of HN20 medium fine grained garnet cordierite schist (b). Ms—white mica; Bt—biotite; Grt—garnet stone

图 2. 黑龙江杂岩野外露头(a) HN20 中细粒石榴堇青二云母片岩镜下特征(b). Ms——白云母; Bt——黑云母; Grt——石榴子石

3.2. 样品分析方法

锆石分选测试由吉林大学测试科学实验中心完成。样品用常规方法分选,即将细粒石榴二云母片岩(HN05)经粉碎、淘洗、电磁选、重液分选选得锆石,然后在双目镜下挑选出不同晶形、颗粒大小、磨蚀程度及颜色不同的锆石颗粒进行锆石样品制靶、阴极发光(CL)图像采集,测定利用激光烧蚀多接收器等

离子体质谱仪 LA-ICP-MS 进行，采用的激光束斑直径为 30 μm 。测试数据、年龄加权平均值的误差均为 1σ ，加权平均年龄计算采用的是 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄数据，置信水平区间 95%，使用 Isoplot 程序完成数据采集。

地球化学分析及微量元素分析在中国冶金地质总局第一地质勘查院测试中心完成，主量元素的测试采用硅酸盐岩石化学分析方法，微量元素测试采用 X 射线荧光光谱法，微量元素的测试采用电感耦合等离子质谱 (ICP-MS) 分析法，稀土元素测试采用电感耦合等离子体质谱法。

4. 分析结果

4.1. U-Pb 测试结果

锆石阴极发光 CL 图像显示，所测锆石呈现半自形——他形长柱状，大部分锆石具有明显次生长边，说明岩石经历了热变质作用，从而导致锆石形成新的生长环(图 3)，为典型的变质锆石。Th/U 的值范围主体 0.02~1.16，锆石次生环年龄主要有两个年龄区间：早侏罗世(180 Ma)和晚三叠世(230 Ma)代表黑龙江杂岩存在至少存在两期主要的构造变形，而最终构造定位年龄为早侏罗世。锆石核部年龄变化较大：主要由前寒武世(>500 Ma)和二叠世，前寒武世年龄主要来源于佳木斯地块结晶基底的碎屑锆石，二叠世年龄应是佳木斯地块广泛发育的二叠世花岗岩。锆石年龄谐和图与统计(见图 4)。

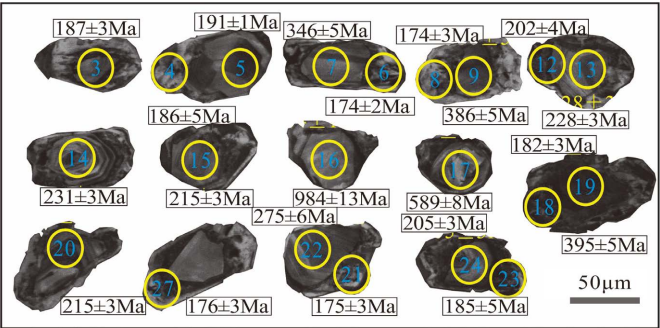


Figure 3. Zircon images, dot locations and test results
图 3. 锆石图像和打点位置及测试结果

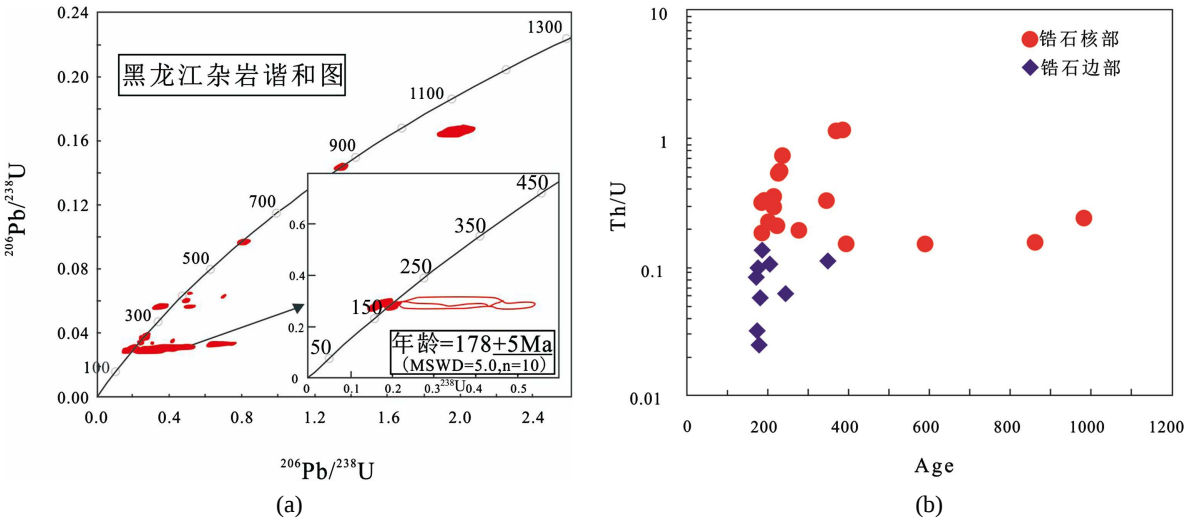


Figure 4. Zircon age concordance diagram (a) and zircon location statistics diagram (b) of the Heilongjiang complex
图 4. 黑龙江杂岩锆年龄谐和图(a)和锆石打点位置统计图(b)

4.2. 地球化学特征

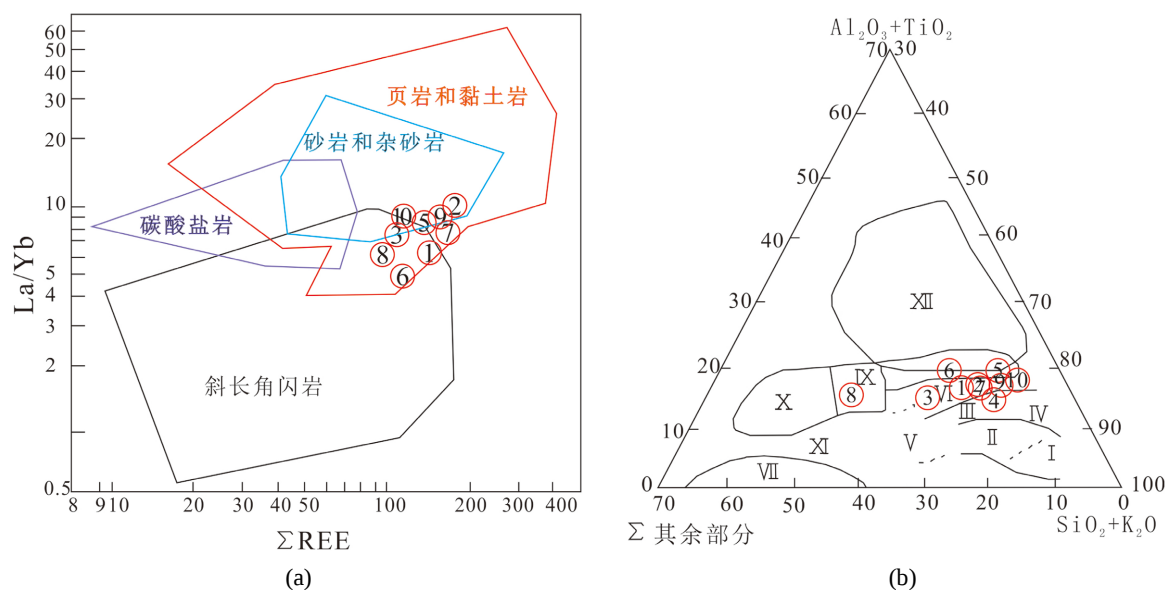
本次工作取黑龙江杂岩测试样品 9 件, 岩石中主量元素 SiO_2 含量 50.08%~70.76%, Al_2O_3 含量 11.04%~16.65%, $\text{CaO} < \text{MgO}$, Na_2O 含量多数小于 K_2O 含量, 尼格里参数 $\text{ALK} + \text{C} < \text{AL}$, 岩石属铝过饱和型。样品稀土元素总量 $\Sigma\text{REE} = 97.55 \sim 180.55 \times 10^{-6}$, 轻重稀土比值 $\text{LREE}/\text{HREE} = 5.64 \sim 9.19$, (La/Yb) 。

$N = 5.66 \sim 9.21$, $\delta\text{Eu} = 0.43 \sim 1.03$, 表现出弱的负铕异常, 轻重稀土元素分馏明显, 配分曲线不对称右倾, 表现出轻稀土分馏明显, 中稀土分馏不明显的特征, 稀土配分曲线略呈“V”字形。微量元素 Nb、Sr 明显偏低, Rb、Th 具明显正异常。

5. 讨论

5.1. 原岩恢复

根据大量的薄片鉴定, 推测黑龙江杂岩的原岩主要为泥质岩、长英质、火山岩等岩性。通过主量元素对黑龙江杂岩进行原岩恢复, 采用 $\Sigma\text{REEvsLa}/\text{Yb}$ 图解和采用 $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) - (\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O}) - \Sigma$ 其余组分图解及 SiO_2 vs TiO_2 图解来区别黑龙江杂岩原岩是火山岩还是沉积岩。通过对黑龙江杂岩变质岩 ΣREE vs La/Yb 图解图解, 有 10 件样品落入页岩及黏土岩中, 有 4 件样品落入页岩和黏土岩与斜长角闪岩交汇区(见图 5)。($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$)—($\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O}$)— Σ 其余组分图解中, 除③HN72 绿帘绿泥片岩落入 IX 区域, 其余样品均落入 VI 区, 主要以化学弱分异的沉积物为主(见图 5(b))。 SiO_2 vs TiO_2 图解中① HN05 细粒石榴二云母片岩、② HN20 中细粒石榴堇青二云母片岩、⑥ HN66 钠长黑硬绿泥石片岩落入火成岩区域, 其余 7 件样品投于沉积岩区(见图 6(a))。通过以上图解得出, 黑龙江杂岩主体是以沉积岩为主, 并混有火山岩, 这个结果与前人研究相似, 黑龙江岩并不是传统的地层单元, 为板块拼贴过程中形成的一套构造混杂岩。



I——石英砂岩、石英岩; II——少矿砂岩、石英岩质砂岩; III——富矿砂岩; IV——长石质砂岩; V——钙质砂岩; VI——化学弱分异的沉积物: (a)——杂砂岩, (b)——富矿粉砂岩, (c)——含泥质胶结物的砂岩及寒带和温热带气候的陆相粘土; VII——寒带和温热带气候的海相和陆相粘土; VIII——湿气候带化学强分异粘土; IX——碳酸盐质含铁粘土; X——泥灰岩; XI——硅质泥灰岩、含铁砂岩; XII——含铁石英岩。

Figure 5. σ REEvsLa/Yb diagrams (a) and $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) - (\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O}) - \Sigma$ rest components (b) of the Heilongjiang complex

图 5. 黑龙江杂岩 $\Sigma\text{REEvsLa}/\text{Yb}$ 图解(a)和 $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) - (\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O}) - \Sigma$ 其余组分图解(b)

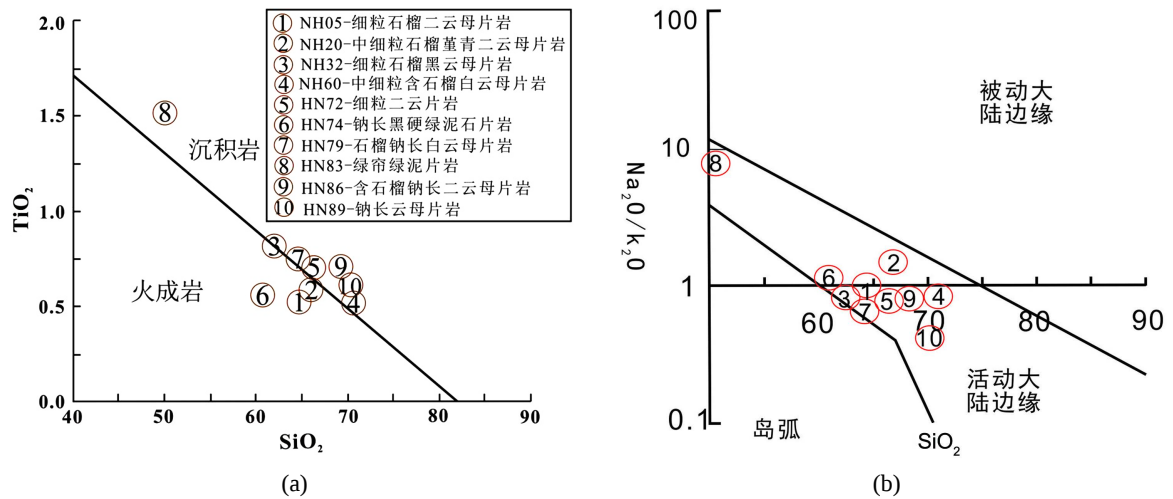


Figure 6. SiO_2 vs TiO_2 diagram of heilongjiang complex (a) SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (b)

图 6. 黑龙江杂岩 SiO_2 vs TiO_2 图解(a) SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (b)

5.2. 构造背景

黑龙江杂岩已经公认为是一种构造混杂岩, 黑龙江杂岩主要分布于佳木斯地块西缘, 是受佳木斯地块与松嫩-张广才岭地块加持的牡丹江洋的闭合控制, 变质岩的构造环境判别依据 SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 图完成。黑龙江杂岩 SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 图解见(图 6(b)), 样品全部落入活动大陆边缘, 且松嫩-张广才岭上的小兴安岭出露大量同时期岩浆岩, 均表明黑龙江杂岩形成于活动大陆边缘。

5.3. 地质意义

黑龙江杂岩最终构造定位的时代为早侏罗世, 代表着佳木斯地块与松嫩-张广才岭地块最终碰撞拼贴结束, 古牡丹江洋的彻底闭合完成。根据黑龙江杂岩中锆石年龄分布情况, 推测其原岩物源区主要为佳木斯地块。黑龙江杂岩原岩主要是泥岩等沉积岩, 可能是牡丹江洋闭合时, 快速堆积的磨拉石, 并且卷入了一定的火山岩。其构造拼贴的动力有可能是古太平洋板块的向欧亚板块俯冲的结果。

6. 结论

1) 佳木斯地块桦南地区黑龙江杂岩变质年龄为 $178 \pm 5 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 5.0$, $n = 10$), 表明其构造就位年龄为早侏罗世。

2) 黑龙江杂岩形成于活动大陆边缘的构造背景, 是佳木斯地块与松嫩-张广才岭地块碰撞拼贴背景下而形成的构造混杂岩。

参考文献

- [1] 吴福元, Wilde, S., 孙德有. 佳木斯地块片麻状花岗岩的锆石离子探针 U-Pb 年龄[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 443-452.
- [2] 周建波, 石爱国, 景妍. 东北地块群: 构造演化与古大陆重建[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2016, 46(4): 1042-1055.
- [3] 唐克东, 王莹, 何国琦, 邵济安. 中国东北及邻区大陆边缘构造[J]. 地质学报, 1995(1): 16-30.
- [4] 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 邓晋福, 冯益民, 张克信, 等. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 2009, 36(1): 1-28.
- [5] 王五力, 李永飞, 郭胜哲. 中国东北地块群及其构造演化[J]. 地质与资源, 2014, 23(1): 4-24.
- [6] 许文良, 孙晨阳, 唐杰, 栾金鹏, 王枫. 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): 1-12.

- 1620-1246.
- [7] 邵济安, 牟保磊, 何国琦, 张履桥. 华北北部在古亚洲域与古太平洋域构造叠加过程中的地质作用[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 1997(5): 390-394.
 - [8] 姜继圣. 麻山群孔兹岩系主期区域变质作用及演化[J]. 岩石矿物学杂志, 1992(2): 97-110.
 - [9] 周建波, 曾维顺, 曹嘉麟, 韩杰, 郭晓丹. 中国东北地区的构造格局与演化: 从 500Ma 到 180Ma[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(5): 1298-1316
 - [10] 姜继圣. 麻山群孔兹岩系地层新见[J]. 地层学杂志, 1992(4): 304-311.
 - [11] 宋彪, 李锦轶, 牛宝贵, 徐文喜. 黑龙江省东部麻山群黑云斜长片麻岩中锆石的年龄及其地质意义[J]. 地球学报, 1997(3): 83-89.
 - [12] 黄映聪, 张兴洲, 张宏宾, 熊小松, 刘昌林, 赵亮亮. 黑龙江东部马家街群的岩石地球化学特征及其沉积时代[J]. 地质学报, 2009, 83(2): 295-303.
 - [13] 李旭平, 焦丽香, 郑庆道, 董晓, 孔凡梅, 宋召军. 黑龙江桦南地区黑龙江杂岩锆石 U-Pb 定年[J]. 岩石学报, 2009, 25(8): 1909-1916.
 - [14] 钱程, 陈会军, 陆露. 黑龙江省龙江地区新太古代花岗岩的发现[J]. 地球学报, 2018, 39(1): 27-36.
 - [15] 孙白云. 黑龙江省东南部勃利-牡丹江一带前寒武纪花岗闪长岩及花岗岩体成因探讨[C]//中国地质科学院沈阳地质矿产研究所文集(6). 1983: 68-78.