

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

周传芳^{1,2,3*}, 孟玲禹^{1,2}, 贾立明^{1,2}, 张璇璞^{1,2}, 王德财^{1,2}, 苗志风¹, 刘意仁^{1,2}

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:大兴安岭地区的兴华渡口群是兴安和额尔古纳地块重要的前寒武纪变质结晶基底。本文通过对大兴安岭北部洛古河地区兴华渡口群进行详细的野外调查和岩石地球化学分析。结果表明:该区兴华渡口群以残片形式存在,为一套中级低角闪岩相区域变质岩,主要由绿帘石英片岩和黑云母片岩组成,石英片岩具有富 Si(63.06%~63.81%,平均值 63.44%)、Al(16.89%~17.52%,平均值 17.21%)、K(10.64%~11.59%,平均值 11.12%)、低 Mg(0.85%~1.14%,平均值 1.00%)、Ca(1.68%~2.86%,平均值 2.27%)的特征,与沉积岩类相当;黑云母片岩表现为富 Al(14.38%~16.06%,平均值 15.58%)、Mg(2.21%~8.19%,平均值 3.44%)、Ca(3.93%~6.67%,平均值 4.81%)特征,与火山岩成分相当。稀土元素均具有轻稀土富集,重稀土亏损和负铈异常的特点;微量元素具有亏损高场强元素 Nb、Ti、P,大离子亲石元素 Ba、Sr,富集高场强元素 Zr、Th、U、Hf 和大离子亲石元素 Rb。岩石物源以长英质岩石和中性火山岩为主,沉积环境为被动大陆边缘和岛弧构造环境。

关键词:兴华渡口群;岩石地球化学;地质意义;额尔古纳地块;大兴安岭

中图分类号:P53 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2024)06-0061-10

0 引言

大兴安岭位于兴蒙造山带东段,由一系列微陆块、岛弧、增生楔及蛇绿岩等构成。自北向南依次划分出额尔古纳地块、兴安地块和松嫩地块^[1]。兴蒙造山带主要记录了古亚洲洋演化,特别是记录了华北板块和西伯利亚板块碰撞拼合的重要信息^[2-5],在大地构造演化史上,遭受了中生代蒙古-鄂霍茨克构造域和滨太平洋构造域的叠加作用^[6,7],是多个构造体系叠加与演化的经典地区^[8]。额尔古纳地块是兴蒙造山带最北部的地质构造单元,是研究兴蒙造山带东段构造演化的重要区域。兴华渡口群是额尔古纳地块前寒武系变质岩系,与额尔古纳河组、佳疙瘩组等共同构成了额尔古纳地块变质结晶基底^[9],是研究额尔古纳地块早期构造演化的重要窗口^[9,10]。笔者对发育于大兴安岭漠河市洛

古河地区的兴华渡口群进行了系统的岩石学、地球化学综合分析,进一步对兴华渡口群原岩组成、物源区性质及地质构造环境进行了详细研究,为额尔古纳地块前寒武纪构造演化提供新的科学证据。

1 区域地质概况

研究区位于大兴安岭北段的额尔古纳地块,区内出露新元古界-新生代地层,新元古界包括兴华渡口群、佳疙瘩组和额尔古纳河组,三者共同组成了额尔古纳地块前寒武纪变质结晶基底。兴华渡口群为一套变质的中基性火山岩和变质沉积岩,佳疙瘩组为一套变质中基性火山岩、陆源碎屑沉积岩、硅质岩及碳酸盐岩组合;额尔古纳河组为低绿片岩相变质沉积-火山岩组合。中生界地层主要为漠河盆地额木尔河群陆源碎屑沉积岩,自下而上划分为绣峰组、二十二站组、

漠河组、阿凌河砾岩^[11,12];九峰山组沉积岩,岩性主要为粗砂岩、泥岩夹煤线;甘河组中基性火山岩和火山碎屑岩,岩性主要为玄武岩、玄武质安山岩及火山角砾岩等。新生界包括古近系孙吴组弱固结砂砾岩和第四系松散沉积物。

研究区及邻区主要受漠河推覆构造影响,断裂构造和韧性变形发育。断裂以北西和北东向为主,近东西向和近南北向次之^[12]。受逆冲推覆构造影响,研究区北部发育北西向糜棱岩化带,地层多发育小型褶皱构造和揉皱等现象^[13]。区内岩浆活动强烈,从早古生代到中生代均有出露。主要包括晚寒武世花岗岩类(486±3 Ma)^[1]、晚奥陶世花岗岩类(458±4 Ma)^[14]和晚

二叠世花岗岩类(257±2 Ma,未发表)晚三叠世-早侏罗世花岗岩类(200±1 Ma, 202±1 Ma)^[15]和早白垩世花岗岩类(141±1 Ma,未发表)(图1)。

兴华渡口群由徐烈1960年创名于黑龙江省兴华渡口,1979年黑龙江省区域地层表编写组把该群自下而上划分为小古里河组、三十五公里组、兴安桥组和兴华村组等4个组。《内蒙古自治区区域地质志》采用了上述的划分意见。1993年黑龙江省区域地质志将分布于呼玛镇幅和兴隆沟幅的兴安桥组与十八站幅、老沟幅的下兴华组命名为兴华组,兴华岩组由此厘定,其岩性主要为斜长角闪岩、变粒岩、片麻岩、片岩和混合

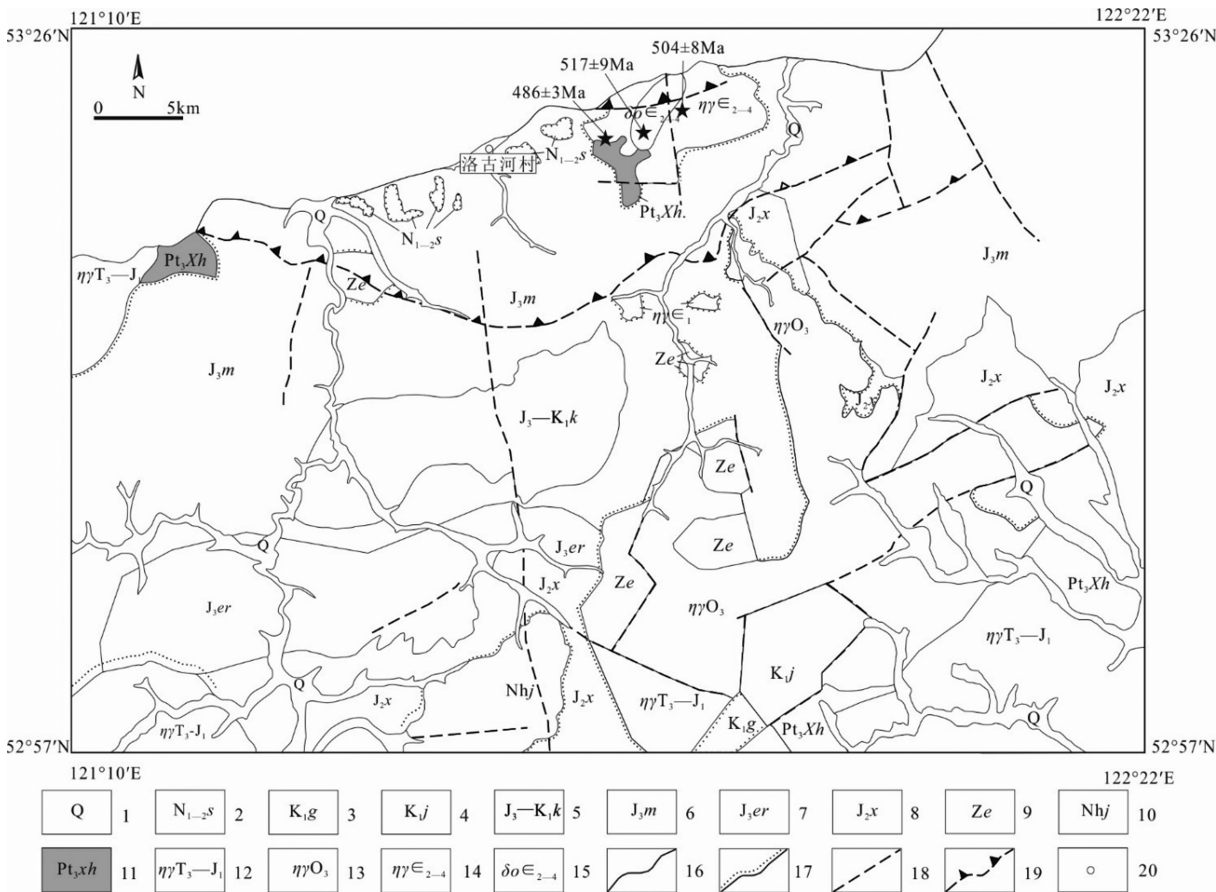


图1 大兴安岭北部洛古河地区地质简图

- 1 - 第四系松散堆积物;2 - 孙吴组弱固结砂砾岩;3 - 甘河组火山岩;4 - 九峰山组砂砾岩;5 - 开库康组砂砾岩;
- 6 - 漠河组砂岩;7 - 二十二站组砂岩;8 - 绣峰组砂砾岩;9 - 额尔古纳河组中浅变质岩;10 - 佳疙瘩组中浅变质岩;
- 11 - 兴华渡口群中深变质岩;12 - 晚三叠世-早侏罗世二长花岗岩;13 - 晚奥陶世二长花岗岩;14 - 中-晚寒武世二长花岗岩;15 - 中-晚寒武世石英闪长岩;16 - 整合地质界线;17 - 角度不整合地质界线;18 - 遥感解译断裂构造;19 - 推覆构造;20 - 城镇位置

岩。研究区内兴华渡口群出露面积较小,仅以残片形式存在,层序不连续,不进行进一步分组,其岩石组合含有白色透闪石大理岩、白色大理岩、钠长黑云透闪阳起片岩、钠长阳起黑云片岩质糜棱岩、透闪石英片岩质糜棱岩等(图2),为一套中级低角闪岩相区域变质岩。岩石局部受动力变形作用影响,发生不同程度糜棱岩化现象。

2 样品采集及岩相学特征

2.1 样品采集

本文样品采自于漠河市洛古河村东约9 km处的兴华渡口群与晚寒武世二长花岗岩实测剖面PM07上,岩性主要为绿帘石英片岩和黑云母片岩,受后期构造影响岩石均发生糜棱岩化(图2)。该剖面兴华渡口群被晚寒武世二长花岗岩侵入,被漠河组砂岩呈角度不整合覆盖,二者接触边界可见砂卡岩化。

2.2 岩相学特征

绿帘石英片岩质糜棱岩:灰白色,糜棱结构,碎斑结构,条带状构造。碎块:绿帘石英片岩,呈透镜状、条带状,矿物成分主要由微细粒石英、绿帘石,部分隐晶质玉髓等组成。绿帘石以集合体与石英相间定向排列,构成片状构造。大小为0.5~4.0 mm,含量约15%。碎斑:主要为石英、绿帘石等,多数呈次棱角-次圆状,少数呈透镜

状。其中,石英,无色透明,粒径0.1~0.8 mm,含量约15%;绿帘石,淡黄绿色-无色,粒径0.1~0.5 mm,含量约5%。基质:具隐晶质-显微粒状变晶结构,主要由隐晶状玉髓-显微粒状石英及绿帘石等组成,以混晶集合体呈条带状定向分布于碎块、碎斑周围,含量约65%。

钠长阳起黑云片岩质糜棱岩:灰色-灰黑色,糜棱结构,碎斑结构,条带状构造。碎块:钠长阳起黑云片岩,呈透镜状、条带状,矿物成分主要由阳起石、钠长石、石英、黑云母,部分楣石等组成。碎块大小为1.0~30.0 mm,定向分布,含量约30%。碎斑:为石英、阳起石,部分钠长石等,多数呈透镜状、眼球状,部分呈次棱角状-次圆状,定向分布。其中,石英呈无色透明,边缘因重结晶而不规则,均以集合体呈条带状、透镜状定向分布,粒径0.2~1.0 mm,含量约8%;阳起石,绿色-浅黄绿色,可见拉断和扭折现象,粒径0.2~3.5 mm,含量约10%;钠长石,边缘因重结晶而不规则,颗粒晶面泥化、弱绢云母化而较为混浊,粒径0.2~1.0 mm,含量约2%。基质:具显微柱状鳞片粒状变晶结构,主要由微晶石英、长石及细小片状黑云母、不规则柱状阳起石,部分楣石等组成,以混晶集合体呈条带状定向分布于碎块、碎斑周围,含量约50%。

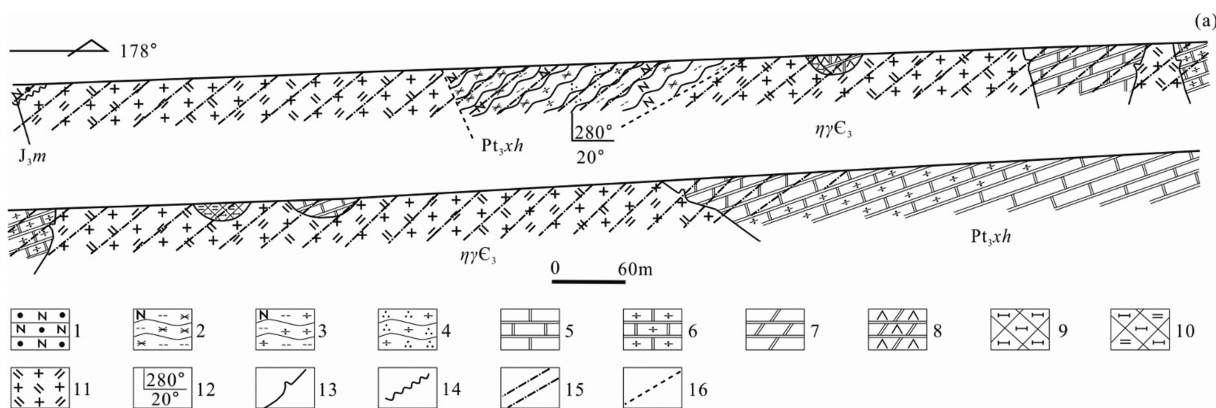


图2 兴华渡口群和晚寒武世二长花岗岩控制剖面

- 1 - 粗粒长石砂岩; 2 - 钠长黑云阳起片岩; 3 - 钠长黑云透闪片岩; 4 - 透闪石英片岩; 5 - 大理岩; 6 - 透闪石大理岩; 7 - 白云石大理岩; 8 - 镁橄白云石大理岩; 9 - 透辉砂卡岩; 10 - 白云母透辉砂卡岩; 11 - 二长花岗岩; 12 - 产状; 13 - 侵入界线; 14 - 角度不整合; 15 - 糜棱岩化; 16 - 推断断层

3 分析测试方法

样品全岩主量元素和微量元素分析测试工作在河北省区域地质矿产调查研究所完成。其中主量元素采用熔片法 X-射线荧光光谱法(XRF)测定,利用 X 射线激发样品产生二次 X 射线,对仪器误差和样品成分的二次 X 射线进行适当校准,通过射线的强度最终确定元素的含量,分析准确度和精度优于 2%~3%;微量元素和稀土元素是用 Teflon 熔样罐进行熔样,然后采用 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,分析流程采用 AGV-1 和 BHVO-1 等国际标准物质进行质量监测,分析过程中加入重复样以监测分析流程的精密度。准确度和精度优于 10%。主量元素和微量元素分析测试具体实验条件和步骤参考文献^[16]。

4 分析结果

4.1 主量元素特征

研究区兴华渡口群绿帘石英片岩质糜棱岩样品 SiO₂ 含量为 63.06%~63.81%,平均值为 63.44%;Al₂O₃ 含量为 16.89%~17.52%,平均值为 17.21%;TiO₂ 含量为 0.36%~0.75%,平均值为 0.56%;Fe₂O₃ 含量为 0.42%~0.55%,平均值为 0.49%;MgO 含量为 0.85%~1.14%,平均值为 1.00%;CaO 含量为 1.68%~2.86%,平均值为 2.27%;Na₂O 含量为 2.52%~2.53%,平均值为 2.52%;K₂O 含量为 10.64%~11.59%,平均值为 11.12%(表 1)。主量成分与沉积岩类相当。钠长阳起黑云片岩质糜棱岩样品 SiO₂ 含量为 54.42%~62.24%,平均值为 59.04%;Al₂O₃ 含量为 14.38%~16.06%,平均值为 15.58%;TiO₂ 含量为 0.97%~1.38%,平均值为 1.25%;Fe₂O₃ 含量为 1.09%~2.09%,平均值为 1.78%;MgO 含量为 2.21%~8.19%,平均值为 3.44%;CaO 含量为 3.93%~6.67%,平均值为 4.81%;Na₂O 含量为 3.56%~4.41%,平均值为 3.92%;K₂O 含量为 2.46%~

3.65%,平均值为 3.04%(表 1)。主量成分与火山岩成分相当。

4.2 稀土元素特征

稀土元素在沉积岩中的含量较为均一,不易受到风化、成岩以及后期沉积作用的影响,因此对于研究地壳演化具有重要意义^[17]。兴华渡口群样品稀土元素含量见表 2,石英片岩类的 $\Sigma\text{REE} = 192.93 \times 10^{-6} \sim 211.44 \times 10^{-6}$, LREE/HREE = 1.44~1.65,反映了轻重稀土分馏较弱,具有中等-弱的负铈异常。黑云片岩类的 $\Sigma\text{REE} = 222.14 \times 10^{-6} \sim 318.39 \times 10^{-6}$, LREE/HREE = 1.40~7.08,反映了轻重稀土有一定分馏,具有中等负铈异常;在稀土元素球粒陨石标准化图解上(图 3a),呈右倾模式,重稀土元素分配曲线。

4.3 微量元素特征

微量元素 La、Sc、Co、Th、Zr、Hf、Ti 等受后期风化、搬运和成岩作用影响较小,组合特征可以示踪沉积物源类型和判断盆地构造环境^[18]。兴华渡口群样品微量元素含量见表 2,在原始地幔标准化微量元素蛛网图中(图 3b),各样品曲线高度一致,亏损高场强元素 Nb、Ti、P 和大离子亲石元素 Ba、Sr,富集高场强元素 Zr、Th、U、Hf 和大离子亲石元素 Rb。

5 讨论

5.1 形成时代讨论

关于兴华渡口群的形成时代主要存在两方面的分歧:一是认为原岩形成于古-中元古代,变质发生于新元古代或早寒武世^[19];二是认为原岩为早古生代,变质发生于晚古生代或中生代^[20]。导致上述不同论述的主要原因是兴华渡口群实际上涵盖了不同时代、不同岩石组合、不同变质程度的地质体,既有变质表壳岩,也包含变质变形的侵入体,笼统地将不同地区具有变形变质外貌的变质岩系划归“兴华渡口群”,必然会得出不同的年龄数据,产生不同的认识^[19]。

兴华渡口群内的侵入岩二长花岗岩年龄为

表 1 兴华渡口群岩石主量元素地球化学特征表(%)

样号	WJL017	WJL185	WJL152	WJL153	WJL154	WJL155	WJL163	WJL181
岩性	绿帘石英 片岩质糜 棱岩	绿帘石英 片岩质糜 棱岩	钠长黑云 透闪阳起 片岩	钠长阳起 黑云片岩 质糜棱岩	钠长阳起 黑云片岩 质糜棱岩	钠长阳起 黑云片岩 质糜棱岩	钠长阳起 黑云片岩 质糜棱岩	黑云斜长 片岩质糜 棱岩
SiO ₂	63.06	63.81	54.42	59.52	62.24	59.73	59.12	59.23
Al ₂ O ₃	16.89	17.52	14.38	15.76	15.29	15.93	16.04	16.06
TiO ₂	0.75	0.36	0.97	1.38	1.16	1.27	1.34	1.36
Fe ₂ O ₃	0.42	0.55	1.09	1.78	2.02	2.09	1.71	2.01
FeO	0.85	0.50	5.52	5.79	4.75	5.03	5.40	5.54
CaO	2.86	1.68	6.67	3.93	4.56	4.95	4.65	4.10
MgO	1.14	0.85	8.19	2.76	2.21	2.51	2.34	2.63
K ₂ O	10.64	11.59	2.56	3.12	2.46	3.09	3.37	3.65
Na ₂ O	2.52	2.52	4.04	4.05	3.70	3.74	4.41	3.56
MnO	0.05	0.04	0.11	0.12	0.12	0.11	0.10	0.13
P ₂ O ₅	0.18	0.09	0.38	0.30	0.27	0.26	0.29	0.30
灼失量	0.41	0.27	1.41	1.34	1.11	1.14	1.02	1.27
总和	99.35	99.77	99.76	99.85	99.89	99.86	99.78	99.83
K ₂ O/Na ₂ O	4.22	4.60	0.63	0.77	0.66	0.83	0.76	1.03
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	3.73	3.64	3.78	3.78	4.07	3.75	3.69	3.69

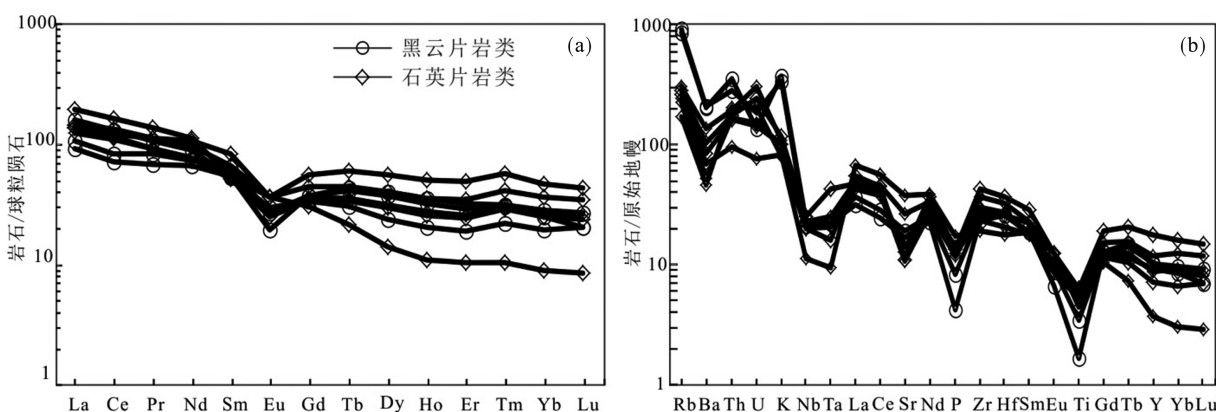


图 3 兴华渡口岩群球粒陨石标准化配分图和微量元素原始地幔标准化蛛网图

486 Ma ~ 517 Ma^[1],为寒武纪。因此,兴华渡口群年龄应早于早寒武世。区域上,恩和哈达幅、奇乾幅 1:25 万区调修测和漠河幅、漠河县幅 1:25 万区调修测将兴华渡口群厘定为早元古代;新林地区测得含十字石榴二云片岩(原岩为泥砂质沉积岩)锆石 SHRIMP U - Pb 年龄、成岩年龄小于 1000 Ma,测得绿帘石化斜长角闪片岩

(547 ± 46) Ma,认为其形成于寒武纪 - 晚元古代^[21]。2012 年闹达罕幅 1:5 万区域地质调查取得了含十字石榴二云片岩的碎屑锆石年龄为 1000 ~ 1100 Ma、绿帘石化斜长角闪片岩岩浆锆石年龄为 816 ± 27 Ma;2015 年笔者碧州公社幅等 4 幅 1:5 万区调取得了黑云斜长变粒岩锆石 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 年龄 1047 ±

表 2 兴华渡口岩群岩石稀土和微量元素地球化学特征表(10-6)

样号	WJL017	WJL185	WJL152	WJL153	WJL154	WJL155	WJL163	WJL181
岩性	绿帘石英 片岩质糜 棱岩	绿帘石英 片岩质糜 棱岩	钠长黑云 透闪阳起 片岩	钠长阳起 黑云片岩 质糜棱岩	钠长阳起 黑云片岩 质糜棱岩	钠长阳起 黑云片岩 质糜棱岩	钠长阳起 黑云片岩 质糜棱岩	黑云斜长 片岩
Y	46.65	48.17	17.15	32.90	42.46	40.08	54.90	82.63
La	25.44	21.97	47.77	38.92	33.41	29.81	35.08	32.98
Ce	51.52	44.64	102.34	81.17	72.29	68.05	82.75	75.85
Pr	7.97	6.50	13.32	10.43	8.97	8.76	10.78	10.82
Nd	35.06	31.20	52.97	42.09	36.53	36.96	45.77	51.29
Sm	10.12	8.48	8.32	8.13	7.95	8.02	10.28	12.76
Eu	1.56	1.11	2.10	1.71	1.44	1.65	2.13	2.13
Gd	7.65	7.76	6.27	7.00	7.11	7.55	9.26	11.56
Tb	1.63	1.56	0.79	1.15	1.25	1.35	1.69	2.28
Dy	10.29	9.42	3.53	6.08	7.59	8.04	10.26	14.44
Ho	2.00	1.82	0.61	1.16	1.44	1.55	1.99	2.89
Er	5.26	4.81	1.69	3.16	4.08	4.26	5.68	8.14
Tm	0.80	0.78	0.26	0.56	0.75	0.80	1.06	1.46
Yb	4.80	4.19	1.50	3.32	4.20	4.59	6.18	8.05
Lu	0.69	0.52	0.22	0.52	0.61	0.67	0.88	1.11
Rb	613.79	565.45	157.97	171.56	111.95	148.66	202.29	186.48
Ba	1524.75	1479.83	498.32	604.98	329.62	378.07	987.66	745.99
Th	24.89	30.90	8.25	14.3	17.7	14.4	16.88	15.52
U	3.95	2.98	1.66	3.09	4.45	3.29	6.60	5.27
Nb	15.35	16.95	8.10	14.63	14.61	14.62	16.31	18.33
Ta	0.93	0.93	0.39	0.67	0.92	0.86	1.04	1.77
Sr	411.80	361.58	807.39	236.30	228.11	304.96	568.98	271.36
Zr	292.86	268.76	216.74	324.74	268.02	346.75	414.91	488.57
Hf	8.21	8.06	5.49	8.05	6.40	8.53	10.26	11.55
Li	9.69	11.02	94.89	85.81	59.36	72.11	53.30	87.42
Be	2.35	1.70	2.57	3.39	4.52	4.38	4.18	4.56
Sc	10.43	5.13	15.28	16.55	13.16	17.65	14.42	16.05
Co	1.50	1.67	26.20	15.37	14.12	15.17	14.83	17.49
Ga	26.92	26.09	19.52	25.03	25.02	24.40	25.52	26.09
Cs	14.29	13.02	40.54	27.84	6.83	16.78	32.31	13.56
W	294.98	1.74	0.92	1.36	0.96	3.91	1.56	1.14
Pb	21.45	26.21	9.81	16.97	26.25	19.61	17.36	34.90
Th/Sc	2.39	6.02	0.54	0.86	1.34	0.82	1.17	0.97
Zr/Sc	28.08	52.39	14.18	19.62	20.37	19.65	28.77	30.44
La/Th	1.02	0.71	5.79	2.72	1.89	2.07	2.08	2.13
LREE	131.67	113.90	226.82	182.45	160.59	153.25	186.79	185.83
HREE	79.77	79.03	32.02	55.85	69.49	68.89	91.90	132.56
LREE/HREE	1.65	1.44	7.08	3.27	2.31	2.22	2.03	1.40
ΣREE	211.44	192.93	258.84	238.30	230.08	222.14	278.69	318.39

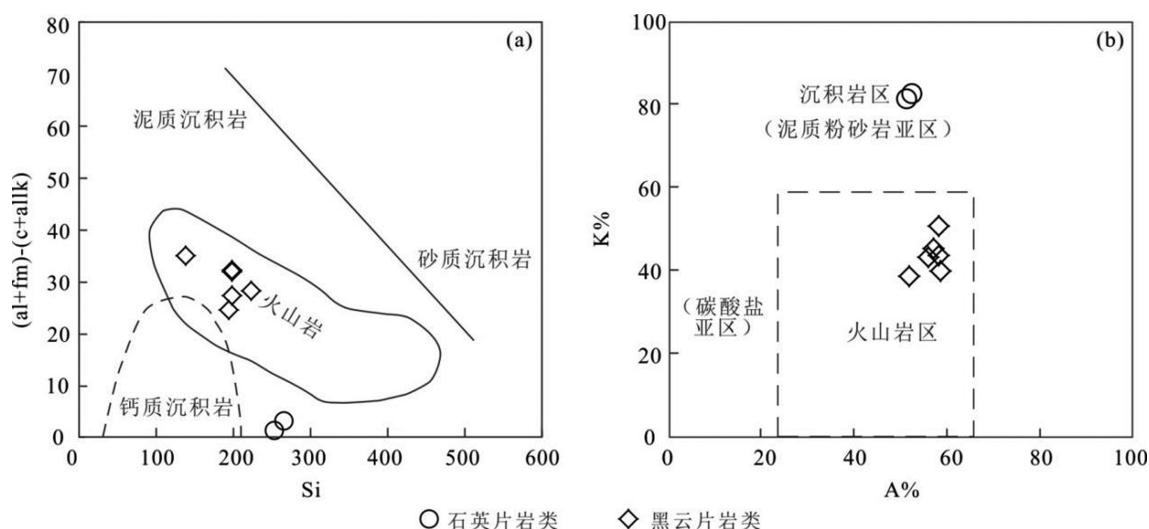


图4 兴华渡口群 $(al + fm) - (c + alk) - Si$ 和 $K\% - A\%$ 原岩恢复图解

6. 8Ma、黑云二长片麻岩(变质深成岩) 914 ± 2.8 Ma。通过区域对比,本次研究将兴华渡口群的沉积时限限定于 914 ~ 1000 Ma,时代置于新元古代。

5.2 原岩恢复

研究区内兴华渡口群变质岩虽遭受后期变质变形和岩浆侵位事件等的影响,但原始层状岩系的特征仍多数被保留。石英片岩质糜棱岩局部与黑云片岩质糜棱岩互层产出,可能代表原岩的原始组构特征。从矿物组合看,绿帘石英片岩质糜棱岩中可见石英、绿帘石等,说明其原岩可能为硅泥质岩石,钠长阳起黑云片岩质糜棱岩中可见阳起石、钠长石、石英、黑云母,部分楣石,说明其原岩可能为中基性火山岩。根据尼格里值 $(al + fm) - (c + alk) - Si$ 图解^[22](图4a),兴华渡口群石英片岩质糜棱岩样品点投在沉积岩区,黑云片岩类(包括阳起黑云片岩质糜棱岩,黑云斜长片岩)样品点投在在火山岩区,与周世泰^[23]提出的 $K\% - A\%$ 图解上(图4b)得到同样的结果。以上结果表明石英片岩类的原岩为沉积岩,黑云片岩类原岩为火山岩。

5.3 物源和构造环境分析

地球化学元素示踪是沉积岩物源分析中的最为重要的手段之一,前人在研究中发现,碱金属和碱性元素具有较强的溶解性,易在风化、搬

运和沉积作用过程中丢失,一般不作为物源分析和示踪使用。在 $Th/Sc - Zr/Sc$ 图解中(图5a),兴华渡口群多数样品落在组分的BFG分异曲线附近,接近大陆上地壳和长英质岩石,少部分落到了沉积在循环区。稀土元素指示沉积物源区性质非常可靠^[17],利用 $La/Th - Hf$ 图解^[24]来判断不同构造环境沉积物源区,样品点主要分布在上地壳和古老沉积物质增加区域(图5b)。

物源区性质、风化条件、搬运方式和成岩作用等制约着陆源沉积物的化学成分。这些因素主要受沉积盆地的构造环境控制^[17]。利用沉积物化学组成与板块构造之间的联系,可以有效识别古沉积盆地的构造环境^[25]。根据构造位置和矿物成熟度可以将沉积盆地构造环境划分为活动大陆边缘、被动大陆边缘、大洋岛弧和大陆岛弧^[25]。在 $SiO_2 - K_2O/Na_2O$ 构造环境判别图解(图6a),兴华渡口群样品中石英片岩落于被动大陆边缘,黑云母片岩落入大洋岛弧范围,在 $K_2O/Na_2O - SiO_2/Al_2O_3$ 双变量构造环境判别图解(图6b),石英片岩样品点落于被动大陆边缘,黑云母片岩落入到演化岛弧内。说明研究区兴华渡口群物源具有多元性。

6 结论

(1)研究区兴华渡口群主要由石英片岩和黑云母片岩组成,其中石英片岩显示出富Si、Al、

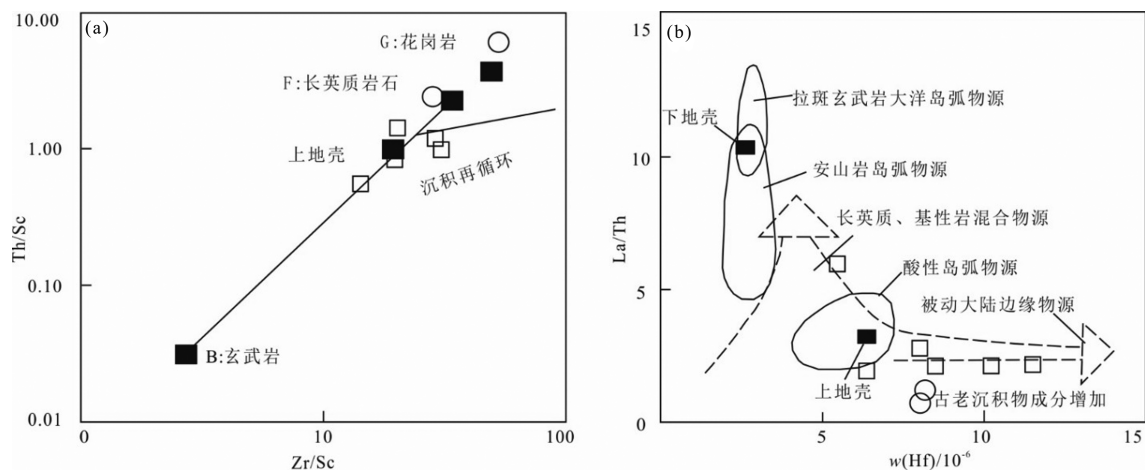


图 5 兴华渡口群 Th/Sc - Zr/Sc(a) 和 La/Th - Hf(b) 判别图解(图例同图 4)

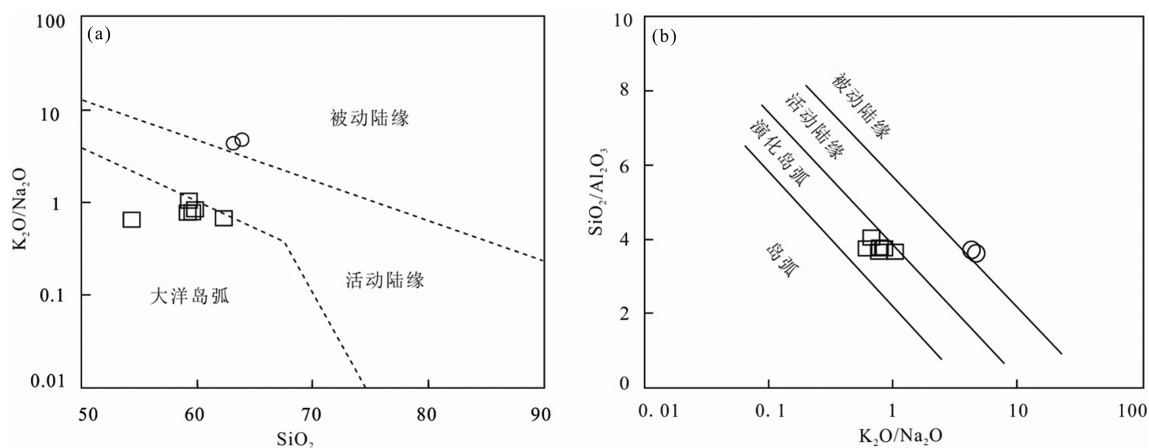


图 6 兴华渡口群 $K_2O/Na_2O - SiO_2$ (a) 和 $SiO_2/Al_2O_3 - K_2O/Na_2O$ (b) 构造环境判别图(图例同图 4)

K, 低 Mg、Ca 的特征, 而黑云母片岩显示富 Al、Mg、Ca 的特征, 二者稀土元素和微量元素特征相似, 稀土元素具有轻稀土富集, 重稀土亏损和负铈异常的特点; 微量元素具有亏损高场强元素 Nb、Ti、P, 大离子亲石元素 Ba、Sr, 富集高场强元素 Zr、Th、U、Hf, 大离子亲石元素 Rb。

(2) 通过对原岩的地球化学组分析, 结果表明: 研究区兴华渡口群物源以长英质岩石和中性火山岩为主, 并存在再沉积过程, 其沉积环境为被动大陆边缘和岛弧构造环境。

参考文献(References):

[1] 周传芳, 杨华本, 段明新, 等. 大兴安岭北段洛古河地区晚寒武世花岗岩的岩石成因及其对兴蒙造山带构造演化的约束[J]. 地质通报, 2023, 42(11): 1924 - 1937.

[2] Xiao W J, Windley B F, Huang B C, et al. End - Permian to mid - Triassic Termination of the Accretionary Processes of the Southern Altaids: Implications for the Geodynamic Evolution, Phanerozoic Continental Growth, and Metallogeny of Central Asia[J]. International Journal of Earth Sciences, 2009, 98(6): 1189 - 1217.

[3] Jian P, Liu D Y, Kröner A, et al. Time Scale of the Early to mid - Paleozoic Orogenic Cycle of the Long - lived Central Asian Orogenic Belt, Inner Mongolia of China: Implications for Continental Growth [J]. Lithos, 2008, 101(3 - 4): 233 - 259.

[4] 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.

[5] 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.
- [6] 柴明春, 赵国英, 覃小锋, 等. 大兴安岭十八站—韩家园地区中酸性侵入岩 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. 地质论评, 2018, 64(3): 569 - 583.
- [7] 冯志强, 刘永江, 金巍, 等. 东北大兴安岭北段蛇绿岩的时空分布及与区域构造演化关系的研究[J]. 地质前缘, 2019, 26(2): 120 - 136.
- [8] 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.
- [9] 王照元, 郑常青, 徐久磊, 等. 内蒙古莫尔道嘎佳疙瘩组变质岩地球化学特征及构造意义[J]. 地球科学, 2018, 43(1): 176 - 198.
- [10] 吕志成, 段国正, 郝立波, 等. 佳疙瘩组变碎屑岩地球化学特征及古构造环境[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2002, 32(2): 111 - 115.
- [11] 周传芳, 杨华本, 蔡艳龙, 等. 漠河盆地西缘漠河组形成时代及物源区构造环境判别[J]. 中国地质, 2021, 48(3): 832 - 853.
- [12] 周传芳, 冯嘉, 杨华本, 等. 漠河盆地中侏罗世绣峰组物源分析及构造意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2023, 53(2): 450 - 474.
- [13] 徐建鑫, 周传芳, 杨华本, 等. 漠河盆地西段洛古河泥岩地质特征及时代[J]. 地质通报, 2023, 42(2/3): 376 - 384.
- [14] 段明新, 周传芳, 杨华本, 等. 黑龙江省漠河县富源沟林场含电气石花岗岩的形成时代及地质意义[J]. 地质科学, 2019, 54(4): 1290 - 1307.
- [15] 胡军海, 杨华本, 周传芳, 等. 大兴安岭北段漠河富源沟林场早侏罗世花岗岩——年代学、地球化学特征及构造意义[J]. 地质与资源, 2018, 27(3): 224 - 234.
- [16] Liang Q, Jing H, Gregoire D C. Determination of trace elements in granites by inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. Talanta, 2000, 51(3): 507 - 513.
- [17] Taylor S R, McLennan S M. The continental crust: its composition and evolution[J]. The Journal of Geology, 1985, 94(4): 57 - 72.
- [18] Bhatia M R, Crook K A W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. Contrib[J]. Mineral Petrol, 1986, 92(2): 181 - 193.
- [19] 孙立新, 任邦方, 赵凤清, 等. 内蒙古额尔古纳地块古元古代末期的岩浆记录——来自花岗片麻岩的锆石 U - Pb 年龄证据[J]. 地质通报, 2013, 32(2/3): 341 - 352.
- [20] 赵院冬, 许逢明, 车继英, 等. 锆石 U - Pb 定年对大兴安岭东北部“兴华渡口群”形成时代和组成的约束[J]. 中国地质, 2017, 44(3): 575 - 587.
- [21] 苗来成, 刘敦一, 张福勤, 等. 大兴安岭韩家园子和新林地区兴华渡口群和扎兰屯群锆石 SHRIMP U - Pb 年龄[J]. 科学通报, 2007, 52(5): 591 - 601.
- [22] Simonen A. Stratigraphy and Sedimentation of the Svecofennidic, Early Archean Supracrustal Rocks in Southwestern Finland[J]. Bulletin of the Geological Society of Finland, 1953, 160: 1 - 64.
- [23] 周世泰. 鞍山、本溪地区鞍山群变质岩岩石化学研究及条带状铁矿的成矿条件[J]. 中国地质科学院院报, 1987, 16: 139 - 153.
- [24] Floyd P A, Leveridge B E. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones[J]. Journal of the Geological Society, 1987, 144(4): 531 - 542.
- [25] Roser B P, Korsch R J. Determination of Tectonic Setting of Sandstone - Mudstone Suites Using SiO₂ Content and K₂O/Na₂O Ratio[J]. Journal of Geology, 1986, 94(5): 635 - 650.

作者简介:

第一作者/通讯作者:周传芳,1985年生,男,黑龙江兰西人,硕士,中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心,正高级工程师,主要研究方向为矿产普查与勘探。Email:546011015@qq.com

Geochemical Characteristics and Geological Significance of Xinghuadukou Group in Luoguhe Area, Greater Khingan Mountains

ZHOU Chuanfang^{1,2,3*}, MENG Lingyu^{1,2}, JIA Liming^{1,2}, ZHANG Xuanpu^{1,2}, WANG Decai^{1,2},
MIAO Zhifeng¹, LIU Yiren^{1,2}

- (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 150086, China;
3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The Xinghuadukou Group in the Greater Khingan Mountains area is an important Precambrian metamorphic crystalline basement of the Xing'an block and Ergun massif. This study conducted a detailed field investigation and petrological and geochemical analysis of the Xinghuadukou Group in the northern part of the Luoguhe area in the Greater Khingan Mountains. The results show that the Xinghuadukou Group in the study area exists in the form of fragments and is a medium grade low amphibolite facies regional metamorphic rock, mainly composed of green schist and biotite schist. The green schist is rich in Si (63.06% – 63.81%, average value is 63.44%), Al (16.89% – 17.52%, average value is 17.21%), and K (10.64% – 11.59%, average value is 11.12%), with low Mg (0.85% – 1.14%, average value is 1.00%), Ca (1.68% – 2.86%, average value is 2.27%) comparable to sedimentary rock types; the biotite schist shows the characteristics of high Al (14.38% – 16.06%, average value is 15.58%), Mg (2.21% – 8.19%, average value is 3.44%), Ca (3.93% – 6.67%, average value is 4.81%) similar to volcanic rock composition. The rare earth elements exhibit characteristics of light rare earth element enrichment, heavy rare earth element depletion, and negative Eu anomaly; the trace elements show deficits in high-field strength elements Nb, Ti, P, and depletion in large ion-lithophile elements Ba, Sr, while high-field strength elements Zr, Th, U, Hf and large ion-lithophile elements Rb are enriched. The rock source is mainly composed of felsic rocks and intermediate volcanic rocks, and the depositional environment is a passive continental margin and island arc tectonic environment.

Key words: Xinghuadukou Group; petrogeochemistry; geological significance; ergun massif; Greater Khingan Mountains