

黑龙江省前寒武纪变质地层划分对比研究进展

杜兵盈¹, 刘勇^{2*}, 刘宇崴¹, 张铁安¹, 王东明³, 李成禄⁴, 王文东⁵, 赵明胜⁶, 高洪岩¹
DU Bingying¹, LIU Yong^{2*}, LIU Yuwei¹, ZHANG Tician¹, WANG Dongming³, LI Chenglu⁴,
WANG Wendong⁵, ZHAO Mingsheng⁶, GAO Hongyan¹

1. 黑龙江省地质科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036;
 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;
 3. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;
 4. 黑龙江省自然资源调查院, 黑龙江 哈尔滨 150036;
 5. 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 黑龙江 哈尔滨 150081;
 6. 沈阳师范大学古生物学院, 辽宁 沈阳 110034
1. Heilongjiang Institute of Geological Sciences, Harbin 150036, Heilongjiang, China;
2. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;
4. Heilongjiang Survey Institute of Natural Resources, Harbin 150036, Heilongjiang, China;
5. Harbin Comprehensive Survey Center of Natural Resources, China Geological Survey, Harbin 150081, Heilongjiang, China;
6. College of Paleontology, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, Liaoning, China

摘要:黑龙江省前寒武纪地层分布广泛, 出露零星。通过对黑龙江省前寒武纪地层年代学、沉积建造、发育矿床特征及地层对比的综合分析显示, 黑龙江省前寒武纪变质岩系和古生界锆石测年数据中出现有较多的太古宙、古元古代的谐和年龄, 在古生代火成岩中也存在太古宙和古元古代捕获锆石的年龄数据信息, 且黑龙江省前寒武纪变质基底主要为中—新元古界, 产出沉积变质型铁矿和中、大型石墨矿床, 发育典型的硅铁建造、孔兹岩系或含石墨岩系, 并可在区域上对比。结合黑龙江省近年1:25万区域地质调查和相关科学研究成果, 在额尔古纳地块上划分出古元古代表壳岩, 将《黑龙江省区域地质志》置于新太古代的麻山群, 置于古元古代的兴东群、东风山群、兴华渡口群修订为岩群, 并依据近年来的区域地质调查成果、高精度测年资料、典型建造类型与变质程度等, 将时代厘定为中—新元古代, 同时依据建造和产出铁矿特征在宁安西南部地区划分对比出塔东岩群, 为黑龙江省前寒武纪地质研究提供了地层学方面的资料。

关键词: 黑龙江省; 前寒武纪; 矿床; 年代学; 地层划分对比

中图分类号: P53 文献标志码: A 文章编号: 1671-2552(2021)04-0467-13

Du B Y, Liu Y, Liu Y W, Zhang T A, Wang D M, Li C L, Wang W D, Zhao M S, Gao H Y. Research progress of the division and correlation of the Precambrian metamorphic strata in Heilongjiang Province. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(4): 467-479

Abstract: Precambrian strata in Heilongjiang province are widely distributed with sporadic surface outcrops. Based on the comprehensive analysis of the Precambrian stratigraphic chronology, sedimentary formation and ore deposits hosted in the strata, the division and

收稿日期: 2019-07-30; 修订日期: 2020-09-10

资助项目: 中国地质调查局项目《内蒙古1:25万加格达奇、新林镇幅区域地质调查修测》(编号: 12120113053300)、《全国陆域及海区地质图件更新与共享》(编号: DD20190370)、《黑龙江区域地质调查片区总结与服务产品开发》(编号: 12120114033501)

作者简介: 杜兵盈(1984-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事区域地质研究工作。E-mail: hljdubingying@126.com

* 通信作者: 刘勇(1982-), 女, 博士, 助理研究员, 从事花岗岩及区域地质综合研究工作。E-mail: 365639962@qq.com

correlation results of the Precambrian metamorphic strata in this area are summarized. Zircon dating of Precambrian metamorphic rocks and Paleozoic strata in this area yield more Archean and Paleoproterozoic harmonic ages, and that of Paleozoic igneous rocks gives Archean and Paleoproterozoic harmonic ages. In addition, the Precambrian metamorphic basement in Heilongjiang Province is mainly the Meso–Neoproterozoic strata, and typical ferrosilicon formation, khondalite series or graphitic series that can be compared regionally are well developed in the sedimentary metamorphic iron deposits and the medium–large graphite deposits hosted in the strata. Based on the 1 : 250000 regional geological survey and related scientific research results in recent years, the Paleoproterozoic surface rocks are demarcated in the Ergun Block. The late Archean Mashan Group, Paleoproterozoic Xingdong Group, Dongfeng Mountain Group and Xinghuadukou Group determined in “the regional geology of Heilongjiang province” are revised as rock groups. According to the regional geological survey, high–precision dating, typical formation types and metamorphic degree, the age is determined as Meso–Neoproterozoic. Meanwhile, based on the formation and characteristics of iron deposits, the Tadong Group is divided in the Ning’an area, which provides stratigraphic data for the study of Precambrian geology in Heilongjiang Province.

Key words: Heilongjiang Province; Precambrian; ore deposit; chronology; stratigraphic division and correlation

黑龙江省前寒武系较发育,岩性复杂且变化较大,浅变质岩系至深变质岩系均有发育,产出铁矿和石墨矿床,其形成时代和划分对比问题一直是研究的热点。《黑龙江省区域地质志》^[1]划分出新太古界麻山群,古元古界兴华渡口群、兴东群、东风山群,后期完成的《黑龙江省岩石地层》^[2]未对上述前寒武系进行地层清理工作,针对上述地层单位不同学者开展了岩石组合、微体古生物、岩石地球化学、同位素年代学、构造意义等方面的研究^{[3–12]①–⑩}。本次在收集黑龙江省 1 : 25 万区域地质调查(修测)报告、学术论文及专著等成果基础上,对上述黑龙江省前寒武纪变质岩的岩石组合、原岩建造及年龄数据进行了整理和分析研究。结合岩石组合、建造特征、空间展布、矿床产出等,将《黑龙江省区域地质志》^[1]划分的兴华渡口群、东风山群、兴东群和麻山群主体形成时代厘定为中—新元古代^[5–9, 13–14]。另外,在宁安西南部地区划分对比出塔东岩群。上述变质地层单位可区域对比。由于上述地层单位受构造作用和岩浆活动的影响,难以恢复原始层序,且变质程度深浅不一,多表现为构造叠覆关系,故根据《中国地层指南及中国地层指南说明书》^[15]修订为岩群,并划分出岩组,具体为古元古界查拉班河表壳岩,中—新元古界兴华渡口岩群、东风山岩群、兴东岩群、麻山岩群和塔东岩群(图 1)。

1 关于黑龙江省有无太古宙地层的认识

《黑龙江省区域地质志》^[1]划分出新太古界麻山群,后开展的 1 : 25 万区域调查工作称为麻山岩群,将其解体出变质深成岩,时代为新太古代^{①②}。麻山群中发现了相当埃迪卡拉动物群的后生动物

化石^[3–4],并结合密山地区矽线石榴二长片麻岩最小一组碎屑锆石 U–Pb 年龄集中在 1114~1026 Ma 之间和侵入其中的正片麻岩原岩结晶年龄(898~891 Ma)资料,其沉积时限约束为 1064~898 Ma,为新元古代早期^[14],而非新太古代。

黑龙江省前寒武系和古生代地层碎屑锆石测年数据中出现有较多太古宙的谐和年龄,如黑龙江省西北部绿林林场、韩家园子地区的兴华渡口群,嫩江—黑河地区的奥陶系、落马湖群、新开岭群,伊春—尚志地区的东风山群、张广才岭群、泥盆系及双鸭山—宝清—密山地区的麻山群、兴东群、泥盆系中含有较多新太古代锆石年龄数据,在古生代火山岩中也存在一些太古宙捕获锆石年龄数据(表 1)。另外,铁力地区二叠系土门岭组变质砂岩中存在 2442~1857 Ma 碎屑锆石年龄^[6],呼玛县嘎拉山地区二云石英片岩锆石 U–Pb 测年数据中 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 表面年龄为 3133±35 Ma 和碎屑锆石 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄加权平均值为 2419±43 Ma^[13]。结合 Hf 同位素二阶段模式年龄,如十七站一带古元古代变质深成岩为 3007~2780 Ma^[16]、龙江县马山岩体二长花岗岩为 3520~2992 Ma^[20],以及内蒙古自治区根河市比列亚铅锌多金属矿矿区钻孔约 2.6 Ga 变质深成岩片麻状二长花岗岩^[30]、黑龙江省龙江县地区 2579±15 Ma(锆石 U–Pb)花岗岩^[19]和铁力市桃山地区锆石核部年龄 2540±10 Ma(锆石 SHRIMP)花岗岩^[18]的存在,说明在黑龙江省古老地块上应该存在太古宙变质岩系,可能由于地质调查工作程度、覆盖严重等原因,暂时未在地表发现具有确切时代依据的太古宙地层。

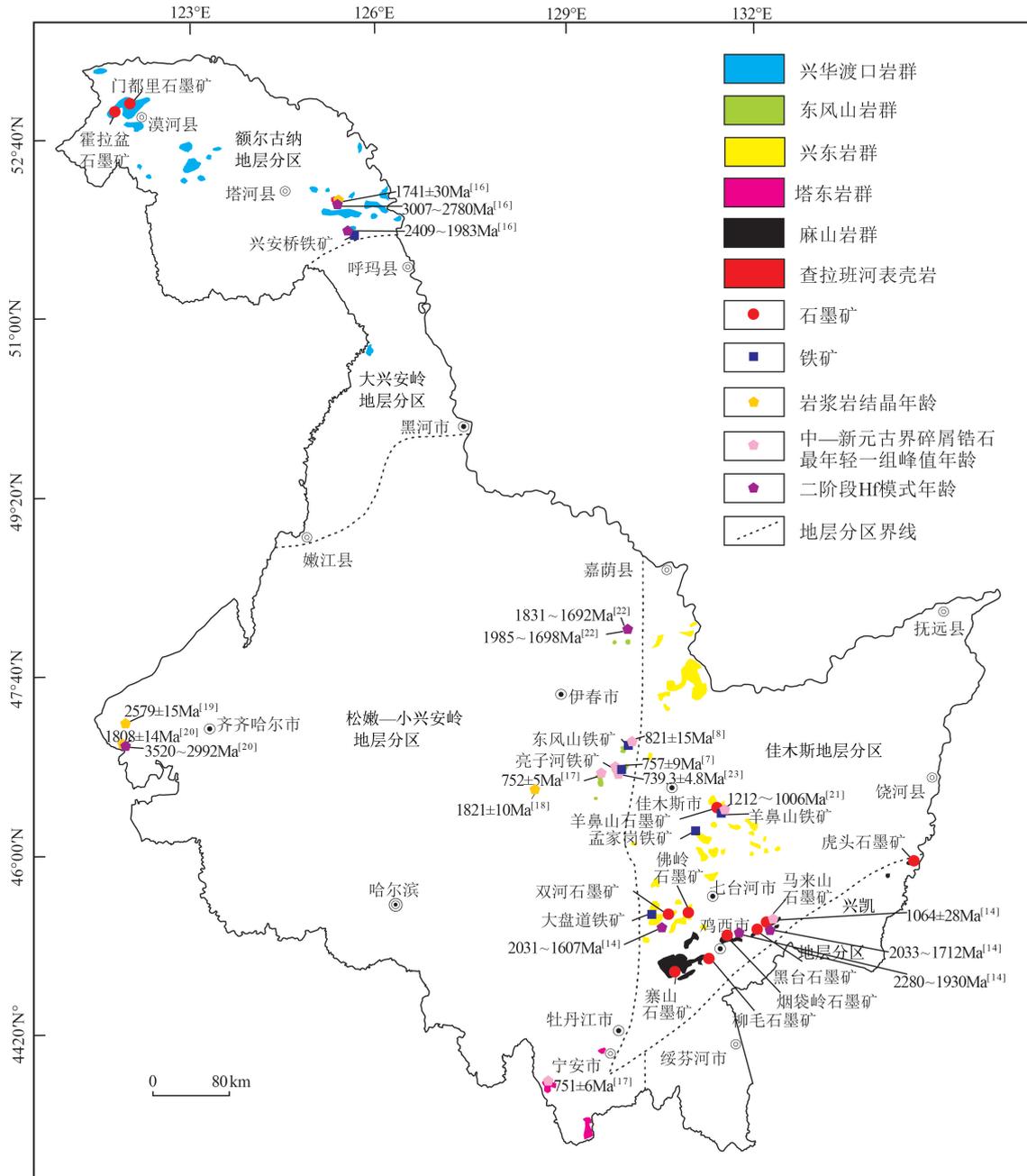


图 1 黑龙江省前寒武纪地层分布简图

Fig. 1 Geological map showing distribution of Precambrian strata in Heilongjiang Province

2 黑龙江省古元古代地层划分及地质特征

黑龙江省古元古界出露于额尔古纳地层分区,具体分布于大兴安岭地区十八站林业局查拉班河一带。1:25万区域地质调查工作划分为兴华渡口岩群兴华岩组,岩性为一套片岩、片麻岩组合,以孤岛、残块状“漂浮”于侵入岩中,原岩主体

为一套以中性火山岩为主的火山-沉积建造,其黑云斜长片麻岩锆石具岩浆锆石特点, Th/U 值绝大多数在 0.2~0.6 之间, U-Pb 同位素年龄为 1847 ± 4 Ma, 代表原岩结晶年龄^{[19]③}。十七站地区与查拉班河表壳岩伴生的变质深成岩黑云二长片麻岩获得锆石 SHRIMP 同位素年龄为 1837 ± 5 Ma, 变斑状二长花岗片麻岩 2 组锆石 U-Pb 同位素年龄分别为

表1 黑龙江省太古宙地质记录
Table 1 Archean geological records in Heilongjiang Province

地层分区	位置	岩石	测试方法/年龄说明	太古宙年龄信息/Ma	资料来源
	绿林林场	兴华渡口群二云母石英片岩	SHRIMP/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2519±11	[24]
	韩家园子	兴华渡口群含十字石榴二云片岩	SHRIMP/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2824±11~2537±18	[5]
	韩家园子	兴华渡口群斜长角闪片岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	2646±35	[5]
额尔古纳	兴华渡口	兴华渡口群石榴砂线片麻岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2791±18	[6]
	新林地区	大网子组微晶片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2706±72	[13]
	瓦拉干林场	晚寒武世玄武安山岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	2490±40	[25]
	新林地区	大网子组玄武粗安岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	3383±71	[13]
	兴华渡口	古元古代眼球状黑云二长花岗片麻岩	锆石 Hf 二阶段年龄	3007~2780	[16]
	嘎拉山林场	落马湖群二云母石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	3133.3±34.6	[13]
	依克特	新开岭群千枚岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2620±31~2561±34	[13]
大兴安岭	多宝山	多宝山组英安岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	3194±77	[13]
	罕达气	上奥陶统二云绿泥石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	3121±29、3020±12、2650±23、2547±26	[13]
	黑龙江宫镇	黑龙江组石英岩屑砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2609±13~2514±11	[26]
	晨明镇	宝泉组长石石英砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2508±5	[26]
	红光林场	张广才岭群柱状二云母片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2495±57	[7]
	钓鱼台村	张广才岭群黑云石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2541±7	[17]
松嫩-小兴安岭	东风山铁矿	亮子河组二云母片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2501±29、2482±27	[8]
	海风林场	亮子河组变质粉砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2702±12	[8]
	小金沟村	大青组玄武安山岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	2591±19	[27]
	铁力地区	桃山花岗岩	SHRIMP/捕获锆石 U-Pb 年龄	2557±20~2522±14	[18]
	龙江县	大泉子屯花岗岩	LA-ICP-MS/锆石 U-Pb 结晶年龄	2579±15	[19]
	龙江县	马山岩体二长花岗岩	锆石 Hf 二阶段年龄	3520~2992	[20]
	西北楞	兴东群砂线石榴黑云斜长片麻岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2712±16	[14]
	黑台镇	麻山群砂线石榴二长片麻岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2548±16	[14]
佳木斯	宝清地区	黑台组长石岩屑砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2731±18	[28]
	宝清地区	黑台组长石岩屑砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2735±19	[28]
	双鸭山市	兴东群石榴砂线钾长片麻岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	2714±12~2641±12	[9]
	宝清地区	二龙山组安山岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	2822±34	[28]
	羊鼻山铁矿	兴东群砂线石榴黑云母石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2711±18~2672±18	[21]
兴凯	道河	黄松群含石榴二云片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2554±27~2530±40	[29]

1854±20 Ma、1741±30 Ma^[16]。上述资料表明该地区存在约1.8 Ga的构造-岩浆事件,同时也表明存在古元古代变质基底。依据上述资料将查拉班河一带划分的原中-新元古代兴华渡口岩群厘定为查拉班河表壳岩,时代归属为古元古代。另外,在黑龙江省西北部绿林林场、韩家园子地区的兴华渡口群、倭勒根群,嫩江-黑河地区的兴华渡口群、落马湖群、新开岭群、奥陶系-志留系,伊春-延寿地区的东风山群、张广才岭群、泥盆系及双鸭山-宝清-密山地区的麻山群、兴东群、泥盆系,绥阳镇-道河地区的黄松群中含有较多古元古代锆石年龄数据,在新元古代、古生代花岗岩和古生代火山岩中也存在一些古元古代捕获锆石年龄数据(表2)。

3 黑龙江省中-新元古代地层划分及地质特征

《黑龙江省区域地质志》^[1]划分出了中元古界黑龙江群,后期开展的1:25万区域地质调查工作称为黑龙江岩群^{④⑤⑥},并从中解体出蛇绿岩部分,时代置于中太古代或二叠纪。关于黑龙江岩群的形成时代,结合萝北县太平沟斜长角闪岩锆石U-Pb同位素年龄267±2 Ma和变质辉长岩锆石U-Pb同位素年龄264±2 Ma^[36]、依兰县珠山岩体变辉长岩锆石U-Pb同位素年龄256±3 Ma^[37]和东兴绿帘蓝闪钠长片岩沉积下限年龄256 Ma^[38]及依兰县涌泉变枕状玄武岩锆石U-Pb同位素年龄251±1 Ma^[39]、穆棱市常兴村石英片岩碎屑锆石U-Pb同位素年龄246±1 Ma^[40]等测年资料显示其形成时代并非中元古代,并且其中的蛇绿岩岩块主要形成于二叠纪,作为基质的沉积单元最年轻的碎屑锆石年龄为235~180 Ma^[41],结合其中发育的大理岩岩块等,其应为一套俯冲增生杂岩^[42]。

本次在收集黑龙江省1:25万区域地质调查报告、科研论文及专著等资料的基础上,结合黑龙江省前寒武系的岩石组合、原岩建造、年代学资料和矿床产出等特征划分出中-新元古界为额尔古纳地层分区和大兴安岭地层分区兴华渡口岩群(兴华岩组、兴安桥岩组、门都里岩组)、松嫩-小兴安岭地层分区东风山岩群(亮子河岩组、桦皮沟岩组、红林岩组)和塔东岩群、佳木斯-兴凯地层区兴东岩群(大盘道岩组、建堂岩组)和麻山岩群(西麻山岩

组、余庆岩组)(图1;表3、表4)。

3.1 兴华渡口岩群

3.1.1 沿革和划分

兴华渡口岩群由兴华渡口群演变而来。《黑龙江省区域地质志》^[1]将其划分出古元古界兴华组和兴安桥组,后期完成的1:20万、1:25万及1:5万区域地质调查报告沿用了兴华渡口(岩)群,只是时代归属上存在差别。1:25万漠河、漠河县幅区调工作将原划分为兴华渡口岩群中的含石墨富铝岩石组合解体出来,划分为中元古界门都里河岩群^⑦,本次将其对比为兴华渡口岩群的上部层位门都里岩组,并将兴华渡口岩群自下而上划分为兴华岩组、兴安桥岩组和门都里岩组(表3)。《黑龙江省区域地质志》^[1]划分的新元古代落马湖群铁帽山组变质岩组合及变质变形特征与兴华渡口岩群基本相同,笔者将其对比为兴华渡口岩群。

3.1.2 分布、代表剖面及主要变质岩岩石组合

兴华渡口岩群主要发育于大兴安岭韩家园子和漠河县地区,在黑河地区亦有零星分布。兴华岩组代表剖面为呼玛县兴华渡口剖面,主要岩性为黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、二云片岩等;兴安桥岩组代表剖面同兴华岩组,主要岩性为富镁大理岩、黑云斜长片麻岩、二云石英片岩、变粒岩、磁铁石英岩、磁铁角闪片岩等;门都里岩组代表剖面为漠河县古莲河煤矿剖面,主要岩性为石墨片岩、石墨大理岩、含石墨石榴二云母石英片岩、砂线石墨大理岩夹石墨矿等,具孔兹岩系特征。

3.1.3 变质岩原岩建造

兴华渡口岩群中、下部以基性、中性火山岩为主,其次为泥质岩、泥质粉砂岩、白云质灰岩、硅铁质页岩等,其基性火山岩为拉斑玄武岩^[45],并且其形成在拉张的裂谷环境^[10];上部为以碎屑岩和碳酸盐岩为主夹火山岩的火山-沉积岩系^{[45]③⑧}。整个兴华渡口岩群的原岩主要为火山岩-含铁硅质岩-含石墨碎屑岩-碳酸盐岩建造。

3.1.4 同位素年代学资料

绿林林场兴华渡口岩群石榴砂线二云片岩碎屑锆石U-Pb年龄最年轻的一组峰值年龄为602 Ma、石榴砂线黑云片岩碎屑锆石U-Pb年龄最年轻的一组峰值年龄为808 Ma^[43](表4)。兴华渡口地区兴华渡口岩群石榴砂线片麻岩大部分碎屑锆石的年龄介于2791~881 Ma之间,兴华渡口地区北部

表2 黑龙江省古元古代地质记录
Table 2 Paleoproterozoic geological records in Heilongjiang province

地层分区	位置	岩石	测试方法/年龄说明	古元古代年龄信息/Ma	资料来源
额尔古纳	绿林林场	晚奥陶世花岗闪长岩	SHRIMP/捕获锆石 U-Pb 年龄	2106±76~1630±79	[24]
	韩家园子	兴华渡口群含十字石榴二云片岩	SHRIMP/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2481±16~1609±57	[5]
	韩家园子	兴华渡口群斜长角闪片岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	1893±33、1879±40、1641±28	[5]
	新林地区	大网子组微晶片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	1733±39~1625±63	[13]
	瓦拉干林场	晚寒武世玄武安山岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	1936±18	[25]
	兴华渡口	黑云二长片麻岩	SHRIMP/锆石 U-Pb 结晶年龄	1837±5	[16]
	兴华渡口	变斑状二长花岗片麻岩	SHRIMP/锆石 U-Pb 结晶年龄	1741±30	[16]
	韩家园子	中寒武世内河岩体花岗闪长岩	锆石 Hf 二阶段年龄	2409~1983	[31]
大兴安岭	嘎拉山林场	落马湖群二云母石英片	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2455±40~1706±37	[13]
	大新屯	兴华渡口群二云母石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2443±34~1766±36	[32]
	依克特	新开岭群千枚岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2000±62~1584±23	[13]
	罕达气	上奥陶统二云绿泥石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	1984±31~1748±28	[13]
	罕达气	八十里小河组凝灰质粉砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2155±49~1880±33	[13]
	科洛	晚石炭世角闪斜长片麻岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	1769±57	[13]
	嫩江	中侏罗世糜棱岩化花岗岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	1661±48	[13]
松嫩-小兴安岭	黑龙江镇	黑龙江组石英岩屑砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2453±6~1680±16	[26]
	延寿县	福兴屯组长石砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2422±31~1771±38	[33]
	亮子河铁矿	亮子河组石榴黑云片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2153±68~1599±74	[7]
	红光林场	张广才岭群红柱石二云母片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2290±73~1587±76	[7]
	东风山铁矿	亮子河组二云母片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2387±39~1606±22	[8]
	海风林场	亮子河组变质粉砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2476±14~1595±36	[8]
	新兴林场	张广才岭群二云母石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	1796±33	[17]
	钓鱼台村	张广才岭群黑云石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2464±15~1766±14	[17]
	东风林场	晚三叠世辉长闪长岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	2299±32、1904±14	[17]
	小北湖水库	小北湖组玄武安山岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	2361±17	[27]
	金林林场	早奥陶世片麻状二长花岗岩	锆石 Hf 二阶段年龄	1985~1698	[22]
	金林林场	晚寒武世片麻状正长花岗岩	锆石 Hf 二阶段年龄	1831~1692	[22]
	铁力地区	桃山花岗岩	SHRIMP/锆石 U-Pb 结晶年龄	1821±10	[18]
	龙江县	马山岩体二长花岗岩	LA-ICP-MS/锆石 U-Pb 结晶年龄	1808±14	[20]
佳木斯	西北楞	兴东群砂线石榴黑云斜长片麻岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	1777±19~1568±60	[14]
	西北楞	新元古代正长花岗质片麻岩	SIMS/捕获锆石 U-Pb 年龄	1741±10	[14]
	黑台镇	麻山群砂线石榴二长片麻岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2362±35~1656±19	[14]
	宝清地区	黑台组长石岩屑砂岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	1743±11~1741±10	[28]
	双鸭山市	兴东群石榴砂线钾长片麻岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	1921±14~1604±14	[9]
	宝清地区	早二叠世正长花岗岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	1725±38	[34]
	方山林场	晚石炭世正长花岗岩	LA-ICP-MS/捕获锆石 U-Pb 年龄	1739±19	[34]
	庆仙水库	新元古代正长花岗质片麻岩	锆石 Hf 二阶段年龄	2033~1712	[14]
	西北楞	早奥陶世花岗岩	锆石 Hf 二阶段年龄	2031~1607	[14]
	哈达水库	早寒武世正长花岗岩	锆石 Hf 二阶段年龄	2280~1930	[14]
兴凯	绥阳镇	黄松群黑云石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2366±24~1829±44	[35]
	杨木车间	黄松群二云母石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2429±32	[29]
	道河	黄松群含石榴二云石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2440±16~1656±61	[29]
	道河	黄松群石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石 U-Pb 年龄	2385±14~1704±75	[29]

注:碎屑/捕获锆石 U-Pb 年龄均为²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 谐和年龄

表 3 黑龙江省前寒武纪地层划分对比

Table 3 Division and correlation of the Precambrian strata in Heilongjiang Province

地层区	额尔古纳—图瓦	内蒙古—大兴安岭				佳木斯—兴凯			
地层分区	额尔古纳	大兴安岭	松嫩—小兴安岭			佳木斯			兴凯
中—新元古界	门都里岩组	兴华渡口岩群	东风山岩群	塔东岩群	兴东岩群	建堂岩组	余庆岩组	麻山岩群	
	兴安桥岩组								
	兴华岩组								
	亮子河岩组								
古元古界	查拉班河表壳岩	?	?	?	?	?	?		
太古宇	?	?	?	?	?	?	?		

表 4 黑龙江省中—新元古界年龄研究成果

Table 4 Chronology research results of the Meso–Neoproterozoic strata in Heilongjiang Province

变质地层单位	位置	岩性	测试方法/年龄	地质解释	资料来源
兴华渡口岩群	绿林林场	石榴砂线二云片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 602 Ma	限定成岩年龄下限	[43]
	绿林林场	石榴砂线黑云母片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 808 Ma	限定成岩年龄下限	[43]
	绿林林场	黑云母片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 767 Ma	限定成岩年龄下限	[44]
	绿林林场	黑云斜长片麻岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 794 Ma	限定成岩年龄下限	[44]
	韩家园子	含十字石榴二云片岩	LA-ICP-MS/众多 1.0~1.2 Ga 碎屑锆石谐和年龄	成岩年龄小于 1.0 Ga	[5]
	漠河地区	黑云斜长片麻岩	最年轻的碎屑锆石核部年龄为 608±8 Ma	限定成岩年龄下限	[6]
东风山岩群	亮子河铁矿	石榴黑云片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 757±9 Ma	限定成岩年龄下限	[7]
	亮子河铁矿	红柱石斑点板岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石年龄加权平均值 739.3±4.8 Ma	限定成岩年龄下限	[23]
	东风山铁矿	二云母片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 821±15 Ma	限定成岩年龄下限	[8]
	晨明地区	二云母石英片岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 752±5 Ma	限定成岩年龄下限	[17]
兴东岩群	西北楞村	砂线石榴黑云斜长片麻岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 1061 Ma	限定成岩年龄下限	[14]
	羊鼻山铁矿	砂线黑云石英片岩	LA-ICP-MS/最年轻的一组碎屑锆石年龄 1006~1212 Ma	限定成岩年龄下限	[21]
	双鸭山市	石榴砂线钾长片麻岩	LA-ICP-MS/众多 1.0~1.4 Ga 岩浆锆石	原岩结晶年龄	[9]
麻山岩群	庆丰水库	砂线石榴二长片麻岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 1064±28 Ma	限定成岩年龄下限	[14]
塔东岩群	苇芦河林场	黑云变粒岩	LA-ICP-MS/碎屑锆石最年轻一组峰值年龄 751±6 Ma	限定成岩年龄下限	[17]

角闪斜长片麻岩碎屑锆石核部年龄为 1637~601 Ma、漠河县地区黑云斜长片麻岩碎屑锆石核部年龄为 1015±12~608±8 Ma, 显示物源区为中—新元古代的基底, 另外部分锆石记录为约 500 Ma 变质年龄^[6]。大兴安岭新林—韩家园子兴华渡口岩群碎屑锆石年龄谱中出现大量 1000~1200 Ma、1600~1800 Ma 的年龄^[5]。通过上述同位素年龄资料综合分析, 典型的兴华渡口岩群发育地区成岩年龄多分布在

中—新元古代, 其形成的主体时代为新元古代南华纪—震旦纪, 且较普遍地遭受后期构造—岩浆事件影响, 此外同位素测年数据中还存在古元古代—太古宙年龄信息。

3.2 东风山岩群

3.2.1 沿革和划分

东风山岩群由东风山群演变而来。《黑龙江省区域地质志》^[1] 将分布在汤原县与伊春市北沟的

“兴东群”厘定为东风山群,自下而上划分为亮子河组、桦皮沟组 and 红林组,时代置于古元古代。本次将里面的变质深成岩部分剔除,并将东风山岩群自下而上划分为亮子河岩组、桦皮沟岩组和红林岩组(表3)。

3.2.2 分布、代表剖面及主要变质岩岩石组合

东风山岩群主要分布于松嫩地块北部,靠近牡丹江断裂呈南北向分布。亮子河岩组代表剖面为汤原县亮子河铁矿剖面,主要岩性为云母石英片岩、大理岩夹石墨片岩、磁铁石英岩;桦皮沟岩组代表剖面为伊春市晨明镇桦皮沟剖面,主要岩性为云母石英片岩、电气石石英岩、大理岩及局部见条带状磁铁石英岩;红林岩组代表剖面为伊春市新青区青林南山路线剖面,主要由石英片岩、片麻岩、变粒岩、大理岩等组成。

3.2.3 变质岩原岩建造

东风山岩群在汤原县地区下部为泥质粉砂岩夹含铁硅质页岩,其上为泥质粉砂岩夹少量碳酸盐岩、泥质岩,偶尔出现流纹岩的一套岩石组合;在伊春地区除主要由泥质岩、粉砂岩组成外,还有较多的流纹岩和砂岩。东风山岩群的大部分沉积岩都含硼,为一套较富硼的沉积岩系。

3.2.4 同位素年代学资料

晨明地区亮子河铁矿亮子河岩组石榴黑云片岩碎屑锆石 U-Pb 同位素最小峰值年龄为 757 ± 9 Ma,代表了原岩沉积时间的下限^[7]。晨明地区亮子河铁矿磁铁石英岩围岩红柱石斑点板岩碎屑锆石 U-Pb 同位素年龄为 739.3 ± 4.8 Ma,代表了其沉积下限,另外还含有 1617 Ma、1644 Ma、2452 Ma 的古元古代谱和年龄^[23]。东风山铁矿西侧亮子河岩组二云母片岩碎屑锆石年龄介于 2501~814 Ma 之间,锆石 U-Pb 年龄谱峰值年龄最年轻一组为 821 ± 5 Ma,代表了其沉积下限^[8,17]。晨明镇西南约 7 km 处桦皮沟岩组二云母石英片岩碎屑锆石 U-Pb 年龄谱峰值年龄最年轻一组为 752 ± 5 Ma^[17]。

3.3 兴东岩群

3.3.1 沿革和划分

兴东岩群由兴东群演变而来。《黑龙江省区域地质志》^[1]将兴东群自下而上划分为大马河组、大盘道组及建堂组,时代置于古元古代。笔者结合近年兴东岩群的同位素测年资料对其时代进行重新厘定,将《黑龙江省区域地质志》^[1]划分的大马河组解

体,将其中属于变质深成岩的部分剔除、属于表壳岩部分作为大盘道岩组的下部层位,并将兴东岩群自下而上划分为大盘道岩组和建堂岩组(表3)。

3.3.2 分布、代表剖面及主要变质岩岩石组合

兴东岩群主要发育于勃利县、双鸭山市、萝北县等地区。大盘道岩组代表剖面为大盘道铁矿剖面和萝北县大马河剖面,主要岩性为大理岩、石英片岩、含石榴矽线片岩、磁铁石英岩、含石墨片岩、含石墨大理岩、斜长角闪岩、变粒岩、片麻岩等;建堂岩组代表剖面为林口县青山剖面,主要岩性为石英片岩、含石墨浅粒岩、含石墨大理岩、含石榴黑云变粒岩、变粒岩等。

3.3.3 变质岩原岩建造

大盘道岩组岩性具孔兹岩系特征^[21],原岩岩石组合为厚层泥岩、砂岩、泥质粉砂岩、长石砂岩、杂砂岩、岩屑砂岩和碳酸盐岩^[9],代表了一套以泥质岩为主的细碎屑岩、碳酸盐岩建造,自下而上碳酸盐岩剧增、火山岩增多;建堂岩组原岩岩石组合下部为杂砂岩-粘土岩-碳酸盐岩组合,向上火山岩逐渐增多,以碎屑岩为主夹少量中酸性火山凝灰岩。

3.3.4 同位素年代学资料

林口县西北楞村矽线石榴黑云斜长片麻岩碎屑锆石 U-Pb 同位素年龄显示,表面年龄为 2712~762 Ma,最年轻一组年龄为 971~762 Ma,峰值为 800 Ma、875 Ma 和 915 Ma^[14]。羊鼻山铁矿含铁建造中矽线石黑云母石英片岩碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 最小一组²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 表面年龄介于 1212~1006 Ma 之间,具 1010 Ma、1190 Ma 两组峰期年龄值^[21]。

3.4 麻山岩群

3.4.1 沿革和划分

麻山岩群由麻山群演变而来。《黑龙江省区域地质志》^[1]认为,麻山群是一套含有少量紫苏辉石麻粒岩或变质程度达麻粒岩相-高角闪岩相的深变质岩组成的地层,时代置于新太古代。笔者将麻山岩群中的变质深成岩剔除,将其中的片岩、片麻岩、变粒岩、麻粒岩、大理岩等划归为麻山岩群,划分为西麻山岩组和余庆岩组(表3)。

3.4.2 分布、代表剖面及主要变质岩岩石组合

麻山岩群主要发育于鸡西市麻山地区,在密山市、虎林市等地区有零星出露。西麻山岩组代表剖面为鸡西市吉祥村-西麻山煤矿剖面,主要岩性为

基性麻粒岩、大理岩、黑云斜长片麻岩、矽线石榴片麻岩等;余庆岩组代表剖面为同西麻山岩组,主要岩性为石墨片岩、片麻岩、变粒岩等。

3.4.3 变质岩原岩建造

麻山岩群中的孔兹岩系原岩为一套陆棚浅海沉积物^[46]。麻山岩群为镁质碳酸盐岩-富铝富碳的粘土质、半粘土质岩夹基性、中基性火山岩建造^{①②},可能初期为浅海环境,沉积形成一些含硅白云质碳酸盐岩和粘土岩,并伴随火山活动,喷溢出基性、中基性和少量酸性火山岩。

3.4.4 古生物与同位素年代学资料

麻山岩群曾发现相当于埃迪卡拉动物群的后生动物化石,有 *Jixiella*, *Arumberia*, *Glaessnerina*, *Mashsnia*, *Mashsnia sinensis*, *Mashsnia minuta*, *Palaeoplatoda ? segmentata* 等^[3-4],时代属南华纪—震旦纪。西麻山煤矿北部西麻山岩组黑云斜长片麻岩(原岩沉积岩)锆石蒸发法测年平均值为 527.5 ± 4.4 Ma,代表角闪岩相—麻粒岩相变质年龄^[47]。密山市庆丰水库麻山岩群余庆岩组矽线石榴二长片麻岩碎屑锆石 U-Pb 同位素年龄为 2548~1026 Ma,最小一组年龄集中在 1026~1114 Ma 之间,其²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄加权平均值为 1064 ± 28 Ma,另外侵入的正片麻岩原岩结晶年龄为 898~891 Ma^[14]。

3.5 塔东岩群

3.5.1 沿革和划分

1:20 万沙兰站公社幅区域地质调查报告称塔东岩群为青龙村群^⑨,划分为中元古代尔站组和苇芦河组。《黑龙江省区域地质志》^[1]创建张广才岭群,并将青龙村群归入其中。1:25 万汪清县、春化(半幅)、延吉市、马滴达幅区域地质调查报告称为杨木岩组^⑩,时代为新元古代。1:25 万亚布力镇幅区域调查报告^⑩称塔东岩群,时代置于古元古代。笔者采用塔东岩群,包括上述 1:25 万区域地质调查划分的塔东岩群和杨木岩组。

3.5.2 分布、主要变质岩岩石组合及原岩建造

塔东岩群主要分布于宁安市西南地区的尔站三场、苇芦河林场一带,主要岩性为黑云斜长(二长)片麻岩、变粒岩、二云石英片岩、变质中性火山岩、大理岩等。塔东岩群产出的塔东铁矿赋矿围岩建造为中基性火山喷发—陆缘碎屑沉积建造,含矿岩性段的建造具海底中基性火山喷发—火山碎屑交替沉积环境^[48]。

3.5.3 同位素年代学资料

宁安地区苇芦河林场黑云变粒岩碎屑锆石 U-Pb 同位素年龄主要集中于 747~916 Ma 之间,锆石 U-Pb 同位素 3 组年龄谱峰值年龄为 751 ± 6 Ma、 855 ± 3 Ma、 914 ± 4 Ma,且在该处后期切穿的英云闪长岩脉体锆石 U-Pb 同位素年龄为 516 ± 4 Ma^[17]。

4 黑龙江省中—新元古代地层划分对比

黑龙江省中—新元古界普遍存在硅铁建造和孔兹岩系或含石墨岩系岩石组合,兴华渡口岩群、东风山岩群、兴东岩群和麻山岩群均具有相似的硅铁建造特征,并普遍发育含石墨岩系,在兴华渡口岩群、兴东岩群和麻山岩群还见有孔兹岩系岩石组合。

黑龙江省中—新元古界产出铁矿和石墨矿。兴华渡口岩群兴安桥岩组产出兴安桥铁矿,门都里岩组产出门都里石墨矿、霍拉盆石墨矿等;东风山岩群亮子河岩组产出东风山铁矿、亮子河铁矿等;兴东岩群大盘道岩组产出羊鼻山铁矿、大盘道铁矿、孟家岗铁矿、云山石墨矿、佛岭石墨矿、双河石墨矿、西北楞石墨矿等;麻山岩群产出柳毛石墨矿、烟袋岭石墨矿、黑台石墨矿、马来山石墨矿、城子河磁铁矿点等。另外,吉林省塔东岩群产出大型火山—沉积变质型塔东铁矿^[48]。

长期以来,依据建造类型与变质程度,将典型孔兹岩系的麻山岩群置于新太古代,将典型硅铁建造的兴东岩群、东风山岩群、兴华渡口岩群置于古元古代^[1]。根据前述资料,硅铁建造与孔兹岩系或含石墨岩系的碎屑锆石年龄并无明显差别,且峰期变质时代均为早—中寒武世。根据 1:25 万区域地质调查报告和 1:20 万区域地质调查报告(矿产部分)典型硅铁建造铁矿(兴安桥铁矿、东风山铁矿、亮子河铁矿、孟家岗铁矿、羊鼻山铁矿、大盘道铁矿)资料的研究显示,原来认为单一的硅铁建造如兴东岩群和东风山岩群具有含石墨岩系特点,兴华渡口岩群具有孔兹岩系和含石墨岩系特点,这在上述几个铁矿中的典型硅铁建造也均显示有孔兹岩系或含石墨岩系特点(表 5)。

由此可知,黑龙江省中—新元古界基本包括硅铁建造与孔兹岩系或含石墨岩系建造类型,硅铁建造与孔兹岩系或含石墨岩系基本为同一个地质时代的产物,总体上硅铁建造偏下,孔兹岩系或含石墨

表5 黑龙江省中—新元古代典型铁矿床特征
Table 5 Characteristics of the typical Meso–Neoproterozoic iron deposits in Heilongjiang Province

序号	典型矿床名称	含矿层位	含矿地层简要特征	沉积建造	成矿时代
1	兴安桥铁矿	兴华渡口岩群 (兴安桥岩组)	主要岩石类型有石英片岩、角闪片岩、变粒岩、石英岩、磁铁石英变粒岩、片麻岩、含石墨大理岩、白云质大理岩等,厚约 740 m,上部含工业磁铁矿矿体,下部矿体不具工业意义	硅铁建造	
2	亮子河铁矿	东风山岩群 (亮子河岩组)	上段(厚约 500 m):以绢云石英片岩、碳质片岩为主,夹大理岩、黑云片岩、长石石英片岩等	含石墨岩系	围岩红柱石斑点板岩(碎屑锆石年龄加权平均值为 739.3 ± 4.8 Ma) ^[23] ;围岩石榴黑云片岩(碎屑锆石最年轻一组峰值年龄为 757 ± 9 Ma) ^[7]
			下段上部大理岩层(厚约 100 m):厚层大理岩,底部含鳞片状石墨 下段下部含矿层(厚约 200 m):以绢云石英片岩、黑云石英片岩、磁铁石英岩为主,夹薄层大理岩、碳质页岩、长石石英片岩	硅铁建造	
3	东风山铁矿	东风山岩群 (亮子河岩组)	上段(厚 350 m):主要由石英片岩、石墨片岩、黑云石英片岩等组成 中段(厚 350~450 m):下部大理岩为主,夹电气石石墨片岩、石英片岩等;上部以石墨片岩为主,夹大理岩、石英岩及变质中性火山凝灰岩	含石墨岩系	围岩二云母片岩(碎屑锆石最年轻一组峰值年龄为 821 ± 15 Ma) ^[8]
			下段(厚 40~120 m):石英片岩、石英变粒岩等硅质岩与磁铁石英岩、磁铁透闪石岩等铁质岩石组合,为铁矿主要层位	硅铁建造	
4	孟家岗铁矿	兴东岩群 (大盘道岩组)	上部大理岩层(厚约 100 m):厚层大理岩夹黑云石英片岩,局部含石墨	含石墨岩系	围岩地层沉积时代为中—新元古代 ^[49]
			上部含矿层(厚 80~120 m):砂线黑云变粒岩、黑云石英片岩夹大理岩、磁铁矿矿体 中部大理岩层(厚 50~100 m):白云质大理岩夹石墨片岩 下部含矿层(厚 100~150 m):主要为黑云石英片岩夹薄层大理岩、石英岩、磁铁矿矿体	硅铁建造 夹含石墨岩系	
			下部大理岩层(厚约 100 m):硅化、蛇纹石化大理岩夹薄层黑云石英片岩、变粒岩、条带状磁铁石英岩及磁铁矿矿体		
5	羊鼻山铁矿	兴东岩群 (大盘道岩组)	上部岩段(厚 562 m):石榴云母石英片岩、石榴砂线石英片岩、浅粒岩、黑云二长片麻岩等	孔兹岩系	围岩砂线黑云石英片岩(最年轻的一组碎屑锆石年龄区间为 1006~1212 Ma) ^[21]
			下部岩段(厚 595 m):含砂线黑云二长片麻岩、石榴砂线钾长石英片岩、磁铁钾长变粒岩、磁铁石英岩、大理岩、磁铁矿矿体等	硅铁建造	
6	大盘道铁矿	兴东岩群 (大盘道岩组)	条带状大理岩,下部夹磁铁石英岩、石英岩、石英云母片岩,含铁矿层(大理岩厚 250~300 m、磁铁石英岩夹层厚 20~30 m)	硅铁建造	磁铁石英岩(碎屑锆石最年轻一组峰值年龄为 655 ± 1.3 Ma) ^[50]
			石墨石英片岩(厚 20~50 m)	含石墨岩系	
			透闪石白云岩夹磁铁石英岩、石英岩、石英黑云片岩、含铁矿层(透闪石白云岩厚 160~300 m、磁铁石英岩夹层厚 15~50 m)	硅铁建造	
			石墨石英片岩(厚 30~80 m)	含石墨岩系	
			下部透闪石白云岩、条带状大理岩(厚 100~200 m),磁铁石英岩(厚 60~100 m);中上部条带状大理岩夹磁铁石英岩、石英黑云片岩	硅铁建造	

岩系偏上。前寒武纪铁建造主要集中于2.8~1.8 Ga,在1.8 Ga之后有一个连续的缺失,但在0.8 Ga左右因雪球事件又重新少量出现^[51]。中国BIF型铁矿床在古太古代、中太古代、新太古代、古元古代、新元古代均有产出,但主要是新太古代—古元古代^[52-53]。新元古代南华纪—震旦纪(800~543 Ma)在扬子陆块东南缘中西段赣中矿集区内分布着新余式BIF型铁矿床^[54],主要是由0.8 Ga左右的“雪球地球”事件控制^[55],其是新元古代“雪球地球”事件的产物,形成于冰盖开始融化的初期^[56]。新元古代冰期时由于全球范围海洋冰盖阻碍了大气圈中的氧进入海洋,使海水近于停滞和缺氧,形成一次全球性的BIF铁矿^[57],作为亚洲最富的铁矿床海南石碌铁矿的形成时代被限定在0.8~1.0 Ga^[58]。由上述资料可以看出,条带状铁建造(BIF)主要有2个时期,主要为新太古代—古元古代,其次为新元古代,在中国,前者主要见于华北克拉通,后者主要见于华南地区,并且与孔兹岩系相伴,BIF在下,孔兹岩系在上,黑龙江省情况与中国华南基本可以对比,其时代相当于南华纪—震旦纪,另外,中元古代—早寒武世也是中国石墨矿的重要成矿期^[59]。结合前述中—新元古代变质岩岩石组合、原岩建造、年代学资料、产出矿床特征等,将麻山岩群、兴东岩群、东风山岩群、兴华渡口岩群和塔东岩群时代厘定为中—新元古代,并可进行区域对比。

黑龙江省中—新元古界普遍存在硅铁建造与孔兹岩系或含石墨岩系岩石组合。新元古代中晚期黑龙江省古气候正值冰期“雪球地球”,基底岩系下部以中基性火山岩为主,间有中酸性火山岩和碎屑岩、碳酸盐岩沉积,属氧逸度较低的还原环境,随着冰川融化,形成硅铁建造,发育沉积变质型铁矿,其中,靠近火山活动中心位置形成塔东铁矿等Algoma型铁矿,远离火山活动中心的地方形成大盘道铁矿、羊鼻山铁矿、孟家岗铁矿、东风山铁矿等Superior型铁矿;上部以滨浅海碎屑岩—碳酸盐岩为主夹火山岩,属间冰期温暖气候,发育典型孔兹岩系或含石墨岩系,形成著名的柳毛、云山、佛岭、霍拉盆等超大型、大型石墨矿床。

5 结 论

通过黑龙江省1:25万、1:20万区域地质调查成果和相关的科研论文及专著等资料进行总结

分析,综合前寒武纪地层的变质岩岩石组合、原岩建造、含矿特征、同位素年龄成果等,初步得到以下认识。

(1)通过对前寒武系和古生代地层中含有的太古宙碎屑锆石谐和年龄、古生代火成岩中含有的太古宙捕获锆石谐和年龄、太古宙岩浆岩和Hf同位素二阶段模式年龄等资料,认为黑龙江省古老地块上应该存在太古宙变质岩系。

(2)建立了黑龙江省前寒武系划分对比方案,将黑龙江省前寒武系划分为额尔古纳—图瓦、内蒙古—大兴安岭和佳木斯—兴凯3个地层区、额尔古纳、大兴安岭、松嫩—小兴安岭、佳木斯、兴凯5个地层分区,具体包括非正式地层单位表壳岩1个、岩群5个、岩组10个,为在黑龙江省开展区域地质调查工作和前寒武纪地质研究提供了地层学方面的资料。

(3)通过黑龙江省中—新元古界的岩石组合和产出的典型铁矿、石墨矿分析,认为其普遍存在硅铁建造和孔兹岩系或含石墨岩系岩石组合,兴华渡口岩群、东风山岩群、兴东岩群和麻山岩群均具有相似的岩石建造特征,总体上硅铁建造偏下,孔兹岩系或含石墨岩系偏上,可与中国华南地区南华纪—震旦纪受控“雪球地球”事件影响的BIF铁矿对比,并结合变质岩岩石组合、原岩建造、年代学资料等,将麻山岩群、兴东岩群、东风山岩群、兴华渡口岩群和塔东岩群时代厘定为中—新元古代,并可在区域上对比。

致谢:感谢收集资料过程中黑龙江省各地勘单位的大力支持和提供了丰富的资料,感谢审稿专家和黑龙江省地质调查研究院韩松山教授级高工提出的宝贵意见。

参 考 文 献

- [1] 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,1993:1-43.
- [2] 黑龙江省地质矿产局.黑龙江省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997:1-18.
- [3] 刘效良.黑龙江省鸡西麻山群后生动物化石[J].中国地质科学院院报,1981,3(1):71-83.
- [4] 刘效良.黑龙江省麻山群后生动物化石新资料[C]//中国地质科学院沈阳地质矿产研究所文集(7).中国地质学会,1983:10.
- [5] 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.

- [6] 周建波, 张兴洲, Wilde S A, 等. 中国东北~500 Ma 泛非期孔兹岩带的确定及其意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(4): 1235-1245.
- [7] 权京玉, 迟效国, 张蕊, 等. 松嫩地块东部新元古代东风山群碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 2013, 32(Z1): 353-364.
- [8] 高福红, 王枫, 许文良, 等. 小兴安岭“古元古代”东风山群的形成时代及其构造意义: 锆石 U-Pb 年代学证据[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2013, 43(2): 440-456.
- [9] 赵立国, 王磊, 李娟娟, 等. 佳木斯地块中部兴东岩群大磐道岩组 U-Pb 年代学证据[J]. 地质与资源, 2015, 24(6): 532-538.
- [10] 董策, 周建波. 中国东北地区西部约 500 Ma 泛非期孔兹岩系中斜长角闪岩原岩恢复及其构造背景[J]. 地球科学, 2013, 38(S1): 21-30.
- [11] 贾立民, 刘洪章, 鞠佳星, 等. 大兴安岭绿林林场一带兴华渡口岩群原岩恢复及大地构造环境探讨[J]. 地质力学学报, 2018, 24(4): 544-554.
- [12] 郑全波, 李文龙, 肖林, 等. 大兴安岭富克山地区兴华渡口群地球化学及锆石 U-Pb 年龄特征[J]. 世界地质, 2018, 37(2): 363-373.
- [13] 孙巍. 兴安地块“前寒武纪变质岩系”——下古生界锆石年代学研究及其构造意义[D]. 吉林大学博士学位论文, 2014.
- [14] 杨浩. 佳木斯地块新元古代—早古生代构造—岩浆事件研究[D]. 吉林大学博士学位论文, 2017.
- [15] 全国地层委员会编. 中国地层指南及中国地层指南说明书[M]. 北京: 地质出版社, 2001: 8-13.
- [16] 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——来自花岗岩片麻岩的锆石 U-Pb 年龄证据[J]. 地质通报, 2013, 32(Z1): 341-352.
- [17] 王枫. 松嫩—张广才岭地块东缘“元古界”的岩石组合与形成时代: 对区域构造演化的意义[D]. 吉林大学博士学位论文, 2013.
- [18] 吴才来, 陈安泽, 高前明, 等. 东北伊春地区桃山古元古代花岗岩的发现[J]. 地质学报, 2010, 84(9): 1324-1332.
- [19] 钱程, 陈会军, 陆露, 等. 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.
- [20] 张超, 吴新伟, 刘正宏, 等. 松嫩地块西缘前寒武岩浆事件——来自龙江地区古元古代花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学证据[J]. 岩石学报, 2018, 34(10): 3137-3152.
- [21] 赖科, 任云生, 郝宇杰, 等. 黑龙江佳木斯地区羊鼻山 BIF 型铁矿床的形成时代及地质意义[J]. 世界地质, 2017, 36(2): 495-506.
- [22] 郭秀玮, 于介江, 李宏浩, 等. 小兴安岭“古元古代”东风山群早古生代片麻状花岗岩锆石 U-Pb 定年、Hf 同位素特征及地质意义[J]. 世界地质, 2019, 38(4): 910-920.
- [23] 颜秉超, 王建民, 郝士龙. 黑龙江省东部东风山岩群岩石学特征及时代探讨[J]. 吉林地质, 2016, 35(4): 14-17.
- [24] 武广. 大兴安岭北部区域成矿背景与有色、贵金属矿床成矿作用[D]. 吉林大学博士学位论文, 2006.
- [25] 汪岩, 杨晓平, 那福超, 等. 大兴安岭北段塔河地区晚寒武世中基性火山岩的发现及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2017, 47(1): 126-138.
- [26] 孟恩. 黑龙江省东部晚古生代—早中生代构造演化: 碎屑锆石与火山事件的制约[D]. 吉林大学博士学位论文, 2011.
- [27] 王志伟. 小兴安岭—张广才岭早古生代火成岩的岩石学与地球化学: 对块体拼合历史和地壳属性的制约[D]. 吉林大学博士学位论文, 2017.
- [28] 董策. 佳木斯地块构造演化——来自晚古生代沉积—火山岩的制约[D]. 吉林大学博士学位论文, 2013.
- [29] 郝文丽. 黑龙江省东部“新元古界”一面坡群和黄松群的岩石组合与时代: 对区域构造演化的意义[D]. 吉林大学博士学位论文, 2018.
- [30] 邵军, 李永飞, 周永恒, 等. 中国东北额尔古纳地块新太古代岩浆事件——钻孔片麻状二长花岗岩锆石 LA-ICP-MS 测年证据[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2015, 45(2): 364-373.
- [31] 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(2): 423-440.
- [32] 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.
- [33] 何雨思, 高福红, 修铭, 等. 张广才岭福兴屯组的形成时代、物源及构造背景[J]. 地球科学, 2019, 44(10): 3223-3236.
- [34] 毕君辉. 佳木斯地块东缘晚古生代构造—岩浆演化[D]. 吉林大学博士学位论文, 2018.
- [35] 于泓超, 梁一鸿, 李想, 等. 黑龙江黄松群碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年[J]. 世界地质, 2016, 35(1): 66-76.
- [36] 任子慧. 佳木斯地块西缘萝北北部地区斜长角闪岩和变质辉长岩的成因及其构造意义[D]. 吉林大学硕士学位论文, 2017.
- [37] 朱莹, 杨浩, 董玉, 等. 黑龙江东部依兰珠山变辉长岩的年代学、地球化学及其构造意义[J]. 世界地质, 2017, 36(2): 413-427.
- [38] 周建波, 张兴洲, Wilde S A, 等. 黑龙江杂岩的碎屑锆石年代及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 2009, 25(8): 1924-1936.
- [39] 吕长禄, 肖庆辉, 冯俊岭, 等. 黑龙江依兰地区变玄武岩及变堆晶辉长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 2016, 35(7): 1081-1094.
- [40] 吕长禄. 黑龙江俯冲增生杂岩的形成及演化[D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 2015.
- [41] 刘永江, 冯志强, 蒋立伟, 等. 中国东北地区蛇绿岩[J]. 岩石学报, 2019, 35(10): 3017-3047.
- [42] 张克信, 李仰春, 王丽君, 等. 造山带混杂岩及相关术语[J]. 地质通报, 2020, 39(6): 765-782.
- [43] 徐久磊. 额尔古纳地块兴华渡口群变质作用研究[D]. 吉林大学博士学位论文, 2018.
- [44] Wu G, Chen Y, Chen Y, et al. Zircon U-Pb ages of the metamorphic supracrustal rocks of the Xinghuadukou Group and granitic complexes in the Argun massif of the northern Great Hinggan Range, NE China, and their tectonic implications[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012, 49: 214-233.
- [45] 表尚虎, 李仰春, 何晓华, 等. 黑龙江省塔河绿林林场一带兴华渡口群岩石地球化学特征[J]. 中国区域地质, 1999, 18(1): 3-5.
- [46] 姜继圣. 麻山群孔兹岩系的地球化学特征[J]. 地球化学, 1993, 2(4): 363-372.
- [47] 宋彪, 李锦轶, 牛宝贵. 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, 18(3): 306-312.
- [48] 寇林林, 张森, 吕俊超, 等. 吉林塔东铁矿赋矿建造地球化学特征

- 及其地质构造意义[J].地质与资源,2013,22(4): 289-295.
- [49] 王继尧.黑龙江省孟家岗铁矿床地质特征及成因[D].吉林大学硕士学位论文,2017.
- [50] 薄军委.黑龙江省建堂地区铁、金成矿特征及综合信息预测[D].吉林大学硕士学位论文,2016.
- [51] 王长乐,张连昌,刘利,等.国外前寒武纪铁建造的研究进展与有待深入探讨的问题[J].矿床地质,2012,31(6): 1311-1325.
- [52] 沈保丰,杨春亮,翟安民,等.中国前寒武纪地壳演化与成矿[J].矿床地质,2004,23(S1): 78-89.
- [53] 沈保丰,翟安民,杨春亮,等.中国前寒武纪铁矿床时空分布和演化特征[J].地质调查与研究,2005,28(4): 196-206.
- [54] 沈保丰.中国 BIF 型铁矿床地质特征和资源远景[J].地质学报,2012,86(9): 1376-1395.
- [55] 李厚民,王登红,李立兴,等.中国铁矿成矿规律及重点矿集区资源潜力分析[J].中国地质,2012,39(3): 559-580.
- [56] 李志红,朱祥坤,孙剑.江西新余铁矿的地球化学特征及其与华北 BIFs 铁矿的对比[J].岩石学报,2014,30(5): 1279-1291.
- [57] 储雪蕾.新元古代的“雪球地球”[J].矿物岩石地球化学通报,2004,23(3): 233-238.
- [58] 孙剑,朱祥坤,李志红.大规模早新元古代条带状铁建造的发育及意义:海南石碌铁矿成因研究[C]//第八届全国成矿理论与找矿方法学术讨论会论文摘要文集.矿物学报,2017: 933.
- [59] 颜玲亚,高树学,陈正国,等.中国石墨矿成矿特征及成矿区带划分[J].中国地质,2018,45(3): 421-440.
- ①黑龙江省地质调查研究总院.中华人民共和国 1: 250000 鸡西市幅区域地质调查报告.2004.
- ②黑龙江省地质调查研究总院.中华人民共和国 1: 250000 虎林市、虎头镇幅区域地质调查报告.2004.
- ③黑龙江省地质调查研究总院.中华人民共和国 1: 250000 开库康、塔河县、新街基幅区域地质调查报告.2014.
- ④黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院.中华人民共和国 1: 250000 乌云镇、嘉荫县、太平沟幅区域地质调查报告.2006.
- ⑤黑龙江省地质调查研究总院.中华人民共和国 1: 250000 佳木斯市幅区域地质调查报告.2014.
- ⑥黑龙江省地质调查研究总院.中华人民共和国 1: 250000 双鸭山市幅区域地质调查报告.2014.
- ⑦黑龙江省地质调查研究总院.中华人民共和国 1: 250000 漠河、漠河县幅区域地质调查报告.2012.
- ⑧黑龙江省地质调查总院齐齐哈尔分院.中华人民共和国 1: 250000 呼中镇幅区域地质调查报告.2000.
- ⑨黑龙江省地质矿产局第一区域地质调查大队.中华人民共和国 1: 200000 沙兰站公社幅区域地质调查报告.1990.
- ⑩吉林省地质调查院.中华人民共和国 1: 250000 汪清县、春化(半幅)、延吉市、马滴达幅区域地质调查报告.2007.
- ⑪黑龙江省地质调查研究总院.中华人民共和国 1: 250000 亚布力镇幅区域地质调查报告.2007.