

·专题研究·

辽北—吉南早前寒武纪大陆壳 的地质特征和演化

李俊建 沈保丰 李双保 毛德宝

(地矿部天津地质矿产研究所 天津 300170)

提 要 辽北—吉南地区是中国典型的早前寒武纪大陆壳出露区之一,由花岗岩—绿岩带和高级变质区构成,赋存有丰富的 Au、Cu、Zn、Fe 矿产资源。单颗粒锆石 U-Pb、⁴⁰Ar/³⁹Ar、Sm-Nd 和 Rb-Sr 等时线年龄表明绿岩带形成时代为 2 700~2 800 Ma,三类同构造期花岗岩的形成时代分别为 (2 555 ±35) Ma、(2 515 ±4) Ma 和 2 500~2 400 Ma。高级区表壳岩和花岗岩的形成时代分别为 3 018 Ma 和 2 950 Ma。绿岩带同构造期和后构造期金矿床的成矿时代分别为 2 409~2 475 Ma 和 180~90 Ma。本区早前寒武纪地壳可划分为两种类型,一类是地幔部分熔融直接添加而形成的初始地壳,另一类是先存地壳深熔或部分熔融的活化再造地壳。其造壳时代可划分为 3 500~3 700 Ma、3 000 Ma、2 700~2 900 Ma 和 2 500~2 600 Ma。

关键词 早前寒武纪 地质特征 年代学 形成和演化

中图分类号 P534.1、P597.3

位于华北地台北缘东段的辽北—吉南地区是中国典型的早前寒武纪大陆壳出露区之一,由花岗岩—绿岩带和高级变质区构成,赋存有丰富的金、铜、锌、铁等矿产资源,历来为中外地质学家所关注^[1-5]。

1 花岗岩—绿岩带

本区绿岩带主要分布于吉南的夹皮沟、板石沟、金城洞、辉南地区和辽北的清原地区,呈大小不等的长条状或不规则状分布在龙岗古陆核的边缘(图 1)。辽北—吉南地区绿岩带中变火山—沉积岩包括 6 类岩石:(1)变超镁铁质岩;(2)变镁铁质火山岩;(3)变安山质火山岩;(4)变长英质火山岩;(5)变碎屑岩和泥质岩;(6)变硅铁质岩,其中以变镁铁质火山岩最为重要。绿岩带地层包括清原群、夹皮沟群及和龙群,层序的原岩建造一般为下部广泛发育着厚层状变镁铁质火山岩,夹少量超镁铁质岩;中部为变安山质—长英质火山岩,变安山质火山岩仅分布在清原、金城洞地区;上部分布着变火山碎屑岩和沉积岩。条带状铁建造分布较广泛,但主要集中在层序的中上部。自下而上绿岩带地层具明显的多期火山—沉积旋回性。

1.1 绿岩带类型及其特征

根据地质、地球化学和成矿作用特征,将本区绿岩带划分为清原型和夹皮沟型(表 1)^[1,6]。

为“八五”国家重点科技攻关项目(90051-01)的部分研究成果,已在第三十届国际地质大会上宣读。

本文于 1996 年 7 月 29 日收到。

作者简介:李俊建,男,1962 年生,副研究员,1983 年毕业于南京大学地质系。从事前寒武纪地质及矿产研究工作。

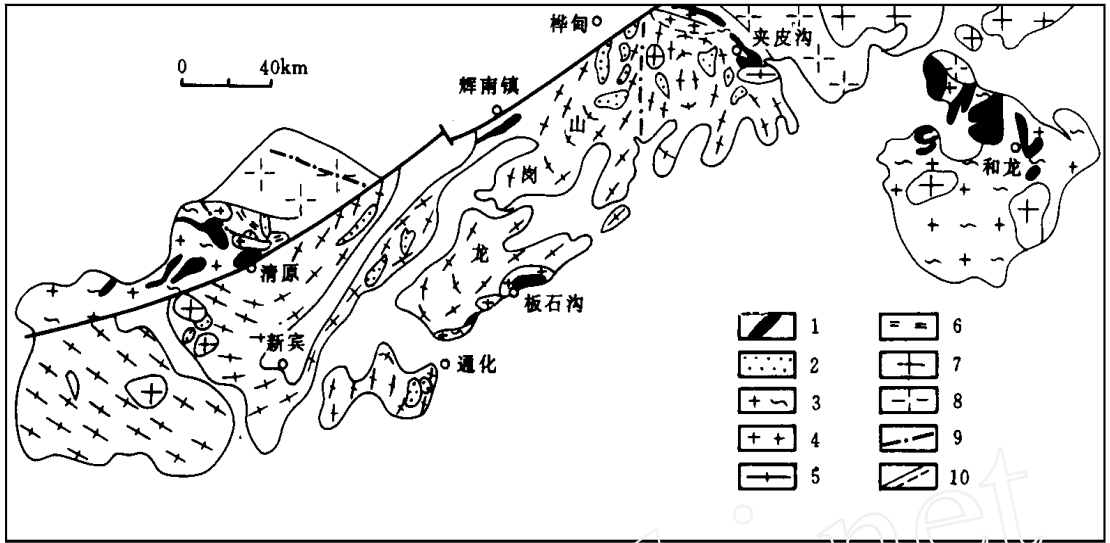


图 1 辽北—吉南地区太古宙地质图

Fig. 1 Archean geological map of the northern Liaoning-Southern Jilin region

1—新太古界绿岩带(清原群、夹皮沟群、和龙群); 2—中太古界高级区表壳岩(浑南岩群、龙岗岩群); 3—新太古代钠质花岗岩; 4—新太古代钾质花岗岩; 5—中太古代钠质花岗岩; 6—紫苏花岗岩; 7—燕山期花岗岩; 8—海西期花岗岩; 9—韧性剪切带; 10—断层

表 1 清原型、夹皮沟型绿岩带的对比

Table 1 Correlation between the Qingyuan-type and Jiapigou-type greenstone belts

主要特征	清原型	夹皮沟型	
层序及原岩建造	下部镁铁质火山岩占 40% ~ 47%，厚度变化大，上部为安山质、长英质火山岩与杂砂岩，火山岩显连续分异的火山岩组合特点，镁铁质岩、安山质—长英质火山岩、沉积岩之比为 4.1 3.2 2.7	下部以富铁—富镁拉斑玄武岩为主的镁铁质火山岩与少量的长英质火山岩占 84% ~ 87%，双峰态特点明显，显示相对分异火山岩组合特点。上部火山碎屑岩、碎屑沉积岩。镁铁质岩、长英质岩、沉积岩之比为 7.4 1.0 1.6	
镁铁质火山岩 岩石化学特征	18 个样品: CaO/Al ₂ O ₃ 0.63 MgO/FeO 0.81 K ₂ O/Na ₂ O 0.30	50 个样品: CaO/Al ₂ O ₃ 0.63 MgO/FeO 0.70 K ₂ O/Na ₂ O 0.43	
稀土元素特征	镁铁质火山岩	LREE 富集型, (La/Yb) _N 平均为 4.39, Eu/Eu* 平均为 0.92	REE 分布平坦, (La/Yb) _N 平均为 2.23, Eu/Eu* 平均为 0.77
	安山岩	LREE 中等富集, (La/Yb) _N 平均 7.40, Eu/Eu* 平均为 0.82	
	长英质火山岩	LREE 富集型, HREE 中等亏损, Eu/Eu* 平均为 0.69	LREE 明显富集, HREE 强烈亏损, Eu/Eu* 平均为 0.92
成岩年龄	2 844 Ma	2 766 Ma	
变质作用	中低压型低角闪岩相 (545 ~ 640 , 0.4 ~ 0.59 GPa)	中低压型低角闪岩相 (640 , 0.5 GPa)	
主要矿产	大型块状铜—锌矿、中小型金矿、铁矿	大型金矿、大型铁矿	
成岩构造环境	类似于现代岛弧的大陆边缘活动带	类似于大陆边缘裂谷或弧后盆地	

清原型绿岩带主要包括清原和金城洞绿岩带,其原岩建造为一个或多个连续的分异火山—沉积岩系,主要由下部的拉斑玄武岩、少量钙碱性玄武岩和中、上部钙碱系列的安山岩—英安岩—流纹岩及沉积岩所组成。镁铁质火山岩、安山质—长英质火山岩、沉积岩之比约为 4.1 3.2 2.7。绿岩带形成的古构造环境为类似于现代岛弧的大陆边缘活动带。绿岩带赋存有丰富的块状硫化物矿床,其次为铁矿和金矿。

夹皮沟型绿岩带主要包括夹皮沟、板石沟和辉南绿岩带。其原岩建造为相对分异的火山—沉积岩系,主要由下部拉斑玄武岩、少量钙碱性玄武岩和中、上部长英质火山岩及沉积岩所组成。镁铁质火山岩、长英质火山岩、沉积岩之比约为 7.4 1.0 1.6。绿岩带形成的古构造环境为类似于现代大陆边缘裂谷/或弧后盆地型火山—沉积盆地。该类型绿岩带中赋存有丰富的金矿、铁矿。

1.2 绿岩带变质火山岩的地球化学特征

辽北—吉南地区绿岩带中变质火山岩类的主元素、微量和稀土元素含量基本上可同国外太古宙绿岩带中相应的岩石对比。清原型绿岩带中变质镁铁质火山岩主元素含量除 TiO_2 偏低、 MgO 稍高外,其它成分与 Condie^[7]划分的太古宙 TH_2 型拉斑玄武岩接近,其稀土模式为 LREE 富集型, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 平均值为 4.39, Eu 呈弱负异常, Eu/Eu^* 平均为 0.92, 微量元素对 Ni/Co (1.95)、 Ti/V (21.1)、 Ti/Zr (63.8)、 Zr/Y (4.0) 等亦均类似于 TH_2 型玄武岩。夹皮沟型绿岩带中变质镁铁质火山岩的稀土总量低于清原型,稀土分布模式为平坦型,轻、重稀土间分馏不明显, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 平均值为 2.23, 铕负异常, Eu/Eu^* 平均值为 0.77, 与阿比提比绿岩带拉斑玄武岩(TH_1a)的稀土模式相类似,微量元素对 Ni/Co (3.1)、 Ti/V (25.2)、 Ti/Zr (101)、 Zr/Y (2.9) 等亦类似于 TH_1 型太古宙拉斑玄武岩^[7]。

变质安山岩类仅在清原型绿岩带中发育,其稀土模式总体为 LREE 中等富集型, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 平均 7.42, 铕负异常, Eu/Eu^* 平均 0.82。其中清原绿岩带中变质安山岩的稀土模式与 Condie^[7]划分的 I 型安山岩几乎重叠,其 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 值为 3.26~5.85, 向右缓倾斜型,弱负铕异常至无铕异常, Eu/Eu^* 值为 0.84~1.07。金城洞绿岩带的稀土模式与 I 型安山岩相似^[7], 其 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 值为 7.83~12.71, 向右倾斜型,铕负异常, Eu/Eu^* 值为 0.63~0.80。

变质长英质火山岩在清原型绿岩带中总体上类似于 F 型英安岩—流纹岩^[7], LREE 富集, HREE 中等亏损, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 平均值为 6.57, 铕负异常, Eu/Eu^* 平均 0.69, 而在夹皮沟型绿岩带中类似于 F 型^[7], LREE 明显富集, HREE 强烈亏损, (La/Yb) 平均值为 22.68, 铕负异常不明显, Eu/Eu^* 平均值为 0.92。

1.3 花岗质岩石

花岗质岩石是本区太古宙花岗岩—绿岩地体中的主要组成部分,根据其产出特征、地球化学、岩石组合特征和年代学资料可分为:(1)片麻状英云闪长岩、奥长花岗岩和花岗闪长岩;(2)花岗闪长岩和英云闪长岩底辟岩基/岩株;(3)钾质花岗岩。上述各类花岗质岩石在空间上与绿岩带紧密共生,并呈侵入接触关系。其中片麻状花岗质岩石是绿岩带火山作用晚期同构造岩浆侵入的产物,属绿岩带变质—变形期前的深成岩体;花岗闪长岩、英云闪长岩底辟岩基/岩株和钾质花岗岩则是绿岩带变质—变形期同造山岩浆活动的产物^[8]。

片麻状杂岩体的稀土元素分布呈较陡倾斜型, LREE 富集, HREE 亏损, 铕呈弱负异常

至正异常, Eu/Eu^* 为 0.80 ~ 1.24, 类似于高铝型英云闪长岩—奥长花岗岩^[7], 其微量元素含量以富 Sr、Ba、Zr、Rb、Cr、Ni、Co 为特征, 总体上亦接近于高铝型片麻岩。花岗闪长岩和英云闪长岩底辟岩基的稀土模式亦类似于高铝型底辟英云闪长岩—奥长花岗岩系, 表现为向右陡倾斜曲线, 弱负钕异常至弱正异常。微量元素含量与国外相应岩石相比^[7], Sr、Ba、Zr 接近, Rb 稍低, Cr 稍高。钾质花岗岩稀土模式具典型的花岗岩特征, 具明显的钕负异常, 与国外同类型太古宙花岗岩相比^[6], Sr、Ba、Zr 含量接近, Rb 稍低, Cr 较高。

1.4 绿岩带有关金矿

同国外一样, 本区广泛发育花岗岩—绿岩带中的金矿床, 是中国当前主要的产金基地之一。根据金矿的地质特征、控矿因素、岩浆作用和硫、铅同位素组成特征, 可将本区与绿岩带有关的金矿划分为二期三类^[1], 即同构造期层控细脉浸染型金矿及脉型金矿和后构造期再生型金矿。其中以绿岩带脉型金矿最为重要。

三类金矿床的 ^{34}S 集中在 +1‰ ~ +6‰ 之间, 单个矿床同位素组成在空间上变化规律性不大, 表明成矿流体同位素强烈均一。本区太古宙表壳岩、TTG 岩系和中生代花岗岩的硫同位素组成与金矿石硫同位素相似, 反映了三者硫同位素具有一定同源性——很可能代表着深源的性质。石英的氢氧同位素组成显示出三类金矿床成矿流体具多源性, 是深源变质水、重熔岩浆水和大气水混合的产物。成矿流体中金主要以金—硫络合物的形式搬运。

根据岩脉、矿脉的穿插关系及金矿石矿物的 Rb-Sr、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 和颗粒锆石 U-Pb 测定, 本区金矿的形成大致可划分为两个相隔较大的主成矿期。早期为新太古代末—古元古代, 以层控细脉浸染型南龙王庙金矿和脉型夹皮沟金矿为代表, 晚期为中生代燕山期, 包括下达堡和线金厂金矿床等, 构成了本区乃至中国绿岩带金矿“一老(2 409 ~ 2 475 Ma)”、“一新(180 ~ 90 Ma)”的成矿格局^[9]。

2 高级变质区

卵形隆起是高级变质区最主要的构造类型, 广泛分布在吉南的龙岗山区和辽北浑南及浑北的五凤岭、线金厂地区, 其中出露面积最大的为龙岗卵形隆起区。龙岗古陆块主要由灰色片麻岩组成, 以卵形隆起形式产出, 相当于前人所称的“龙岗复背斜”, 北东向延长约 100 km, 北西向宽约 50 km, 分布在通化、柳河、靖宇、抚松和桦甸地区, 其中发育有柳河县—安口镇和王家店—靖宇—光华两条大型韧性剪切带。

2.1 花岗质岩石

辽北高级区的花岗质岩石分布在浑南和浑北两个卵形隆起区, 主要由紫苏花岗岩(浑北)和英云闪长岩质—花岗闪长岩质片麻岩组成。在浑北卵形隆起区南缘的五凤岭、团山子、猴石地区出露有花岗糜棱岩带, 其中发育有奥长花岗岩和英云闪长岩的残块。奥长花岗岩质片麻岩产出在龙岗古陆块卵形隆起区的中心, 英云闪长岩质片麻岩分布在边缘。

高级区的主要部分由灰色片麻岩构成, 其原岩主要由英云闪长岩、奥长花岗岩和花岗闪长岩及少量石英二长岩、花岗岩和紫苏花岗岩组成。片麻岩和上壳岩的接触关系有 4 种形式, 即侵入、包裹、剪切和过渡, 其中侵入接触较为普遍^[2]。上壳岩以残块或球状包体形式分布在花岗杂岩体中, 其中以杂岩体边部包体较多, 岩体中心较少, 有时在接触带形成黑白相间的条带状构造。花岗质岩石一般遭受了变质、变形作用的改造, 表现为程度不同的片理化、原始

粗粒矿物被后生细粒矿物所替代等现象。

英云闪长岩、奥长花岗岩、花岗闪长岩、紫苏花岗岩和花岗岩的 K_2O/Na_2O 比值分别为 0.37、0.48、0.82、0.89 和 1.13。明显地,从 TTG—紫苏花岗岩—花岗岩,岩石中 Na_2O 含量减少。花岗质岩石中 SiO_2 含量变化范围为 60%~70%,随 SiO_2 含量的增高, FeO (总量)、 MgO 、 TiO_2 、 CaO 的含量渐次降低, Na_2O 较稳定, K_2O 稍有增高,这是岩浆分异作用的结果。在 AFM 和 $Ca-Na-K$ 图解上^[2],花岗质岩石可分为钙碱性岩系和奥长花岗岩系,其中花岗闪长岩和花岗岩显示钙碱性演化趋势,而英云闪长岩和奥长花岗岩则偏离这一趋势。这与世界太古宙灰色片麻岩的特征是一致的。

2.2 镁铁质—超镁铁质侵入岩

镁铁质—超镁铁质侵入岩以层状和岩墙两种形式产出。以岩脉、岩墙和岩铸形式产出的岩石主要分布在辽北清原的景家沟和吉南桦甸的老金厂、大肚川。主要由变辉绿辉长岩、斜长角闪岩、透辉角闪岩、角闪岩、蛇纹岩、滑石绿泥片岩和滑石岩组成。它们的原岩分别为辉绿辉长岩、橄榄二辉岩、橄榄岩和纯橄岩。岩体的规模较小,与围岩具明显的侵入接触关系,但岩体具有与围岩一致的片麻理。辽北地区的层状镁铁质—超镁铁质侵入岩,在清原侯家窝棚—北龙王庙一带出露较好,厚约 100 m,岩性单一,主要由紫苏角闪岩和黑云母化角闪岩组成。在吉南桦甸夹皮沟地区,这类岩体分布在老金厂以东的表壳岩中,厚约 600 m,延长在 5 km 以上,岩体的成层性明显,岩体下部为变辉长苏长岩和角闪石岩,中、上部为斜长角闪岩,并且向上暗色矿物逐渐减少,变成淡色斜长角闪岩。3 种岩石类型呈过渡关系。

2.3 表壳岩

表壳岩主要以包体形式产出在花岗质岩石中,较大规模者为数甚少。辽北表壳岩层序称浑南岩群,自下而上分景家沟岩组和石棚子岩组。石棚子岩组上部以黑云斜长变粒岩为主,夹斜长角闪岩和闪石磁铁石英岩,厚约 1500 m;下部以次透辉黑云斜长角闪岩为主夹次透辉黑云斜长变粒岩和磁铁石英岩,厚约 1500 m。景家沟岩组以麻粒岩相岩石组合产出,包括斜长辉石麻粒岩、辉石斜长角闪岩和黑云辉石斜长片麻岩,以较小包体形式产在紫苏花岗岩中。吉南表壳岩层序称为龙岗岩群,分上、下两组,斜长角闪岩+黑云斜长变粒岩组合为上组,麻粒岩相岩石为下组。

表壳岩的岩石类型包括超镁铁质岩、斜长辉石岩、斜长角闪岩、片麻岩、变粒岩、浅粒岩、片岩和磁铁石英岩。表壳岩的岩石组合和地球化学特征显示出浑南岩群景家沟岩组和龙岗岩群下组的原岩建造为由玄武岩、安山岩—英安岩和半粘土岩组成的火山—沉积岩系,其中,角闪斜长二辉麻粒岩的原岩显示大陆拉斑玄武岩的特征,属于两岩群形成早期的火山—沉积作用产物。而浑南岩群石棚子岩组和龙岗岩群上组是由玄武岩、安山—玄武岩和杂砂岩所构成的火山—沉积岩系组成,上、下层位均发育条带状铁建造,是火山—沉积旋回的晚期产物。

3 变质作用

根据变质矿物共生组合、典型矿物对温度计计算及地质年代学研究,本区至少发生过 3 次可识别的较大规模区域变质作用^[1]。第一期高角闪岩相/麻粒岩相变质作用高峰产生在约 2 900 Ma,主要涉及高级区古陆块,其变质作用的温压条件为:(740 ±130) °C, 0.6~0.9 GPa,地热梯度为 28 °C/km,属中压型,相当于 22~29 km 的埋藏深度。其中浑南岩群景家沟

岩组和龙岗岩群下组为 715~874 Ma, 0.72~0.9 GPa; 浑南岩群石棚子岩组和龙岗岩群上组为 610~760 Ma, 0.6~0.78 GPa。第二期广泛的中低压型低角闪岩相变质作用产生在约 2 600 Ma, 为辽北—吉南地区绿岩带遭受的最主要变质作用, 其温压条件为: (560 ±60) Ma, 0.4~0.59 GPa, 地热梯度为 32 °C/km, 属中低压型, 相当于埋深 15~22 km。其中清原型绿岩带为 525~640 Ma, 0.4~0.59 GPa, 夹皮沟型绿岩带为 635 Ma, 0.5 GPa。第三期绿片岩相动力变质作用产生在约 2 500~2 400 Ma, 其形成的温压条件为 290~350 Ma, 0.2 GPa, 地热梯度为 32 °C/km, 属低压型, 相应的埋深为 7~10 km。

上述研究反映出, 伴随中太古代末—新太古代早期、新太古代中期和新太古代晚期—古元古代早期的造山作用, 本区变质作用的 $p-T-t$ 轨迹具明显的下降趋势(图 2), 相对于现代岛弧或大陆边缘背景的地热梯度为特征的中等厚度硅铝壳(至少 20~25 km)在 2 900 Ma 前已出现在华北地台北缘东段的辽北—吉南地区。在后来的 500 Ma 间渐进的较小强度的造山作用只是影响了区域变质变形期次, 自从新太古末期—古元古早期以来的克拉通化后本区已具统一陆块的性质。

4 地质年代学

辽北—吉南地区太古宙花岗岩—绿岩带的 Sm-Nd、Rb-Sr 等时线年龄和单颗粒锆石、微量锆石 U-Pb 年龄反映其大致形成在 2 500~2 800 Ma(表 2)。其中清原绿岩带据 Sm-Nd 全岩等时线测定为 (2 344 ±48) Ma(图 3a), 夹皮沟绿岩带据 Rb-Sr 全岩等时线测定为 (2 766 ±266) Ma, 板石沟和金城洞绿岩带据微量锆石 U-Pb 和 Rb-Sr 全岩等时线测定为 2 500~2 600 Ma。与绿岩带紧密共生的花岗质岩石的同位素年龄多集中在 2 505~2 587 Ma, 但不同类型花岗质岩石存在差异。片麻状杂岩体的形成时代为 (2 555 ±35) Ma, 花岗质底辟岩基的形成时代为 (2 515 ±4) Ma, 钾质花岗岩为 (2 505~2 400) Ma。

绿岩带的基底为太古宙高级区。清原高级区浑南岩群景家沟岩组麻粒岩相岩石组合的 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 (2 924 ±324) Ma^[12], 代表了麻粒岩相变质作用的年龄。清原小莱河铁矿区内石棚子岩组斜角闪岩中角闪石的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄为 (2 986 ±10) Ma 和 (2 989 ±2) Ma^[11], 说明其变质作用发生在 2.99 Ga。据 Sm-Nd 全岩等时线测定, 其成岩年龄为 (3 018 ±20) Ma(图 3b), 即中太古代, 其 T_{DM} 为 3 347~3 735 Ma, 有力地证明本区是国内最古老岩石分布区之一。吉南桦甸杨家店地区龙岗岩群 9 个斜角闪岩样品的 Pb-Pb 全岩等时线年龄为 2 950 Ma, 桦甸老金厂—会全栈一带龙岗岩群 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 (2 972 ±190) Ma^[15]。可见龙岗岩群的区域变质年龄亦在 2.9 Ga 左右。

5 早前寒武纪地壳演化

5.1 地壳类型和造壳时代

根据岩石学、地球化学和地球物理资料, 构成地壳的主要成分火成岩都是经地幔或地壳岩石的部分熔融所形成的岩浆衍生而来, 也就是说地壳物质的生长有由地幔中分离出来和地壳物质间循环的两种方式。本区早前寒武纪地壳主要有两种类型, 一类是由地幔直接添加, 经地幔物质的部分熔融而形成的初始地壳, 这类地壳的主要岩石是超镁铁质—镁铁质岩; 另一类是先存地壳经深熔或部分熔融, 也可能有少部分地幔物质的添加而形成的活化再造地壳, 依据先

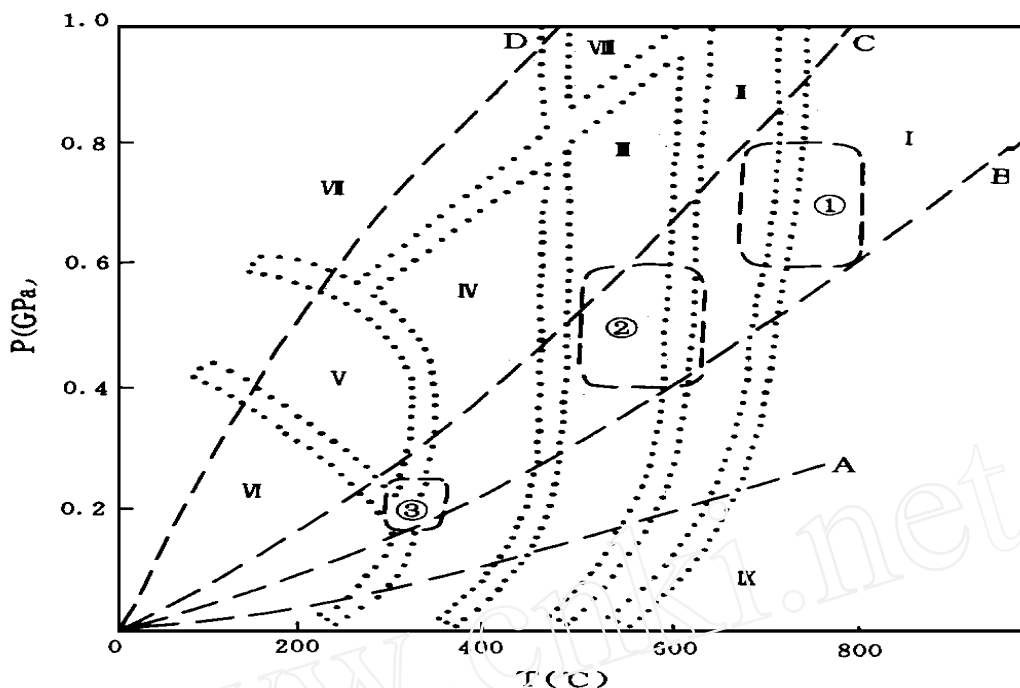


图2 变质作用温—压条件

Fig. 2 $p-t$ conditions of metamorphism

图中示出了相对于现代板块构造背景的地热梯度(据 Ernst, 1988)

- 麻粒岩区; —高角闪岩区; —低角闪岩区; —绿片岩区;
- 葡萄石—绿纤石区; —沸石区; —蓝片岩区; —榴辉岩区;
- 角闪岩区; A—扩张中心; B—火山深成杂岩; C—稳定板块内部;
- D—海沟杂岩; 、 、 分别代表本区 2 900 Ma、2 600 Ma

和 2 500 ~ 2 400 Ma 变质作用的 $p-t$ 范围

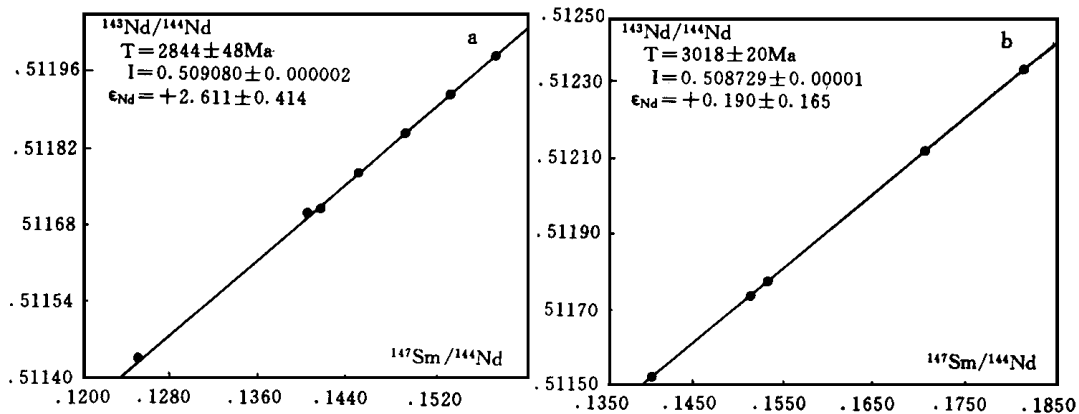


图3 Sm-Nd 全岩等时线

Fig. 3 Whole-rock Sm-Nd isochron

a—绿岩带斜长角闪岩; b—高级区透辉斜长角闪岩

表 2 辽北—吉南地区同位素年龄数据
Table 2 Isotope age data of the northern Liaoning-southern Jilin region

序号	地 区	地质情况及测试样品	方 法	年龄 (Ma)	资料来源
1	清 原	清源群 7 个科长角闪岩全岩样	Sm-Nd 等时线	2844 ±48	本文
2		清原群 6 个科长角闪岩, 3 个黑云变粒岩全岩样	Rb-Sr 等时线	2624 ±48	本文
3		侵入清原群摩里红英云闪长岩锆石样	U-Pb 法	2511 ±1	[5]
4		孢子沟底辟花岗岩闪长岩—英云闪长岩锆石样	U-Pb 法	2519 ±77	本文
5		树基沟片麻状英云闪长岩黑云母样	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar 法	2578 ±6	[10]
6		红透山英云闪长岩颗粒锆石样	U-Pb 法	2520 ±16	本文
7		清原群黑云变粒岩颗粒锆石样	U-Pb 法	2505 ±15	本文
8		浑南岩群石榴子岩组 5 个透辉斜长角闪岩全岩样	Sm-Nd 等时线	3018 ±20	本文
9		浑南岩群石榴子岩组 3 个透辉斜长角闪岩全岩样	Rb-Sr 等时线	2515 ±83	本文
10		浑南岩群石榴子岩组斜长角闪岩中角闪石样	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	2986 ±10 2989 ±2	[11]
11		浑南岩群景家沟岩组 4 个麻粒岩全岩样	Rb-Sr 等时线	2924 ±325	[12]
12	夹皮沟	夹皮沟群斜长角闪岩、黑云变粒岩中 9 个锆石样	Pb-Pb 等时线	2525 ±12	[13]
13		夹皮沟群老牛沟组 5 个斜长角闪岩全岩样	Rb-Sr 等时线	2766 ±266	[13]
14		夹皮沟腰坨子东北奥长花岗岩锆石样	Pb-Pb 等时线	2565	[14]
15		夹皮沟腰坨子西北奥长花岗岩锆石样	Pb-Pb 等时线	2497	[14]
16		夹皮沟八家子英云闪长岩颗粒锆石样	U-Pb 法	2521 ±14	本文
17		夹皮沟板庙岭钾质花岗岩颗粒锆石样	U-Pb 法	2505 ±14	本文
18		会全棧 7 个 TTG 质片麻岩全岩样	Rb-Sr 等时线	2971 ±95	[14]
19		龙岗岩群 9 个斜长角闪岩全岩样	Pb-Pb 等时线	2950	[15]
20	和 龙 金城洞	和龙群变粒岩和浅粒岩互层锆石样	U-Pb 法	2535	[15]
21		和龙群斜长角闪岩锆石样	U-Pb 法	2520	[15]
22	板石沟	板石沟夹皮沟群 4 个斜长角闪岩全岩样	Rb-Sr 等时线	2586 ±67	本文
23		板石沟夹皮沟群斜长角闪岩颗粒锆石样	Pb-Pb 蒸发法	2519 ±2	

注: 毕守业等, 吉林省南部早太古宙地质特征及找矿方向研究报告, 1990

存地壳的成分, 活化再造地壳的岩石类型有镁铁质岩, 但更多是长英质岩石。本区早前寒武纪地壳的造壳时代大致可分为 3.5~3.7 Ga, 3.0 Ga 左右, 2.7~2.9 Ga 和 2.6~2.5 Ga 4 个时代, 不同地区、不同时代的地壳类型、形成环境也有差异。

5.2 地壳演化

辽北—吉南地区在 3 000 Ma 前由于地幔的分离作用和物质向地面运移, 发育了初始硅铝壳。随着硅铝壳的形成, 逐渐发生了海陆分化, 形成古隆起和古海盆。大约在 3 000 Ma, 本区发生了第一次强烈的构造—岩浆热事件, 形成了早期陆块, 开始出现了首次地壳的稳定化时期。在早期古陆块形成后, 大约从 2 900 Ma 起, 在由古陆块组成的卵形穹隆区的边缘形成了类似现代大陆边缘活动带或弧后盆地的裂谷环境, 大量的火山喷发和沉积作用在狭长的槽型盆地内聚集了大量的火山—沉积物质, 即原始绿岩建造。强烈的海底火山活动, 从地幔带来了大量的 Au、Fe、Cu、Zn 等有用金属, 形成了原始矿源层。

大约在 2 500 Ma, 在本区发生了第二次较为强烈的构造—岩浆热事件, 太古宙地体基本克拉通化。在此期间, 花岗岩浆的侵入, 作为热源体, 对早先绿岩建造中的一些金属元素, 如金, 产生重结晶、活化、迁移等, 形成了受剪切带控制的层控型金矿和脉型金矿床。

早前寒武纪大陆壳形成后, 又遭受到吕梁运动、海西运动和燕山运动等多次构造—岩浆热

事件的改造,尤其是燕山运动,对本区再生型金矿的形成十分重要。

研究工作中,得到了骆辉、金文山研究员的指导和帮助,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 李俊建,沈保丰,李双保等. 清原—夹皮沟绿岩带地质及金的成矿作用. 天津:天津科学技术出版社,1995,1~132.
- 2 沈保丰,骆辉等. 辽北—吉南太古宙地质及金的成矿作用. 北京:地质出版社,1994,1~231.
- 3 阎鹤,梁延慧. 以变质火山—沉积岩系旋回性来划分辽北地区太古宙绿岩带地层. 见:中国地质学会编,国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集(二). 北京:地质出版社,1986,45~52.
- 4 翟明国,王凯怡,杨瑞英等. 清原太古代花岗岩—绿岩区花岗岩的稀土地球化学. 岩石矿物及测试,1984,3(1):18~25.
- 5 Peuot J J,江博明,Corntchet J. 中国东北清原太古宙花岗岩—绿岩地体的一个英云闪长岩的锆石 U-Pb 精确年龄. 见:中国地质学会编,国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集(三). 北京:地质出版社,1986,222~229.
- 6 沈保丰,骆辉,李双保等. 华北陆台太古宙绿岩带地质及成矿. 北京:地质出版社,1994,1~202.
- 7 Conde K C. Archean Greenstone Belts, Amsterdam: Elsevier, 1981, 1~434.
- 8 沈保丰,彭晓亮,骆辉等. 中国太古宙绿岩带. 地质学报,1993,67(3):208~220.
- 9 李俊建,沈保丰等. 吉林夹皮沟金矿的成矿时代. 地质学报,1996,70(4):335~341.
- 10 王松山,胡世玲,翟明国等. 清原树基沟英云闪长岩⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄谱. 地质科学,1986,21(1):97~100.
- 11 王松山,胡世玲,翟明国等. 应用⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年技术研究清原花岗岩—绿岩地体形成时代. 岩石学报,1987,1(4):35.
- 12 孙荣圭,Amstrong R L. 辽宁清原地区太古代岩石 Rb-Sr 年代. 地球化学,1989,(1) 84~91.
- 13 戴薪义,刘劲鸿,邵建波等. 吉林夹皮沟—金城洞花岗岩—绿岩带地质特征. 前寒武纪地质,1990,(4):51~59.
- 14 林宝钦,阮忠义. 吉林南部夹皮沟地区早前寒武纪地质及金的成矿作用. 沈阳地质矿产研究所所刊,1986,13 1~116.
- 15 徐公愉,吴家弘. 吉林早前寒武地质及同位素地质年代研究. 天津地质矿产研究所所刊,1985,13 33~47.

GEOLOGICAL FEATURE AND EVOLUTION OF THE EARLY PRECAMBRIAN CONTINENTAL CRUST IN NORTHERN LIAONING PROVINCE AND SOUTHERN JILIN PROVINCE

Li Junjian, Shen Baofeng, Li Shuangbao and Mao Debao

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Tianjin)

Abstract The region of northern Liaoning Province and southern Jilin Province is one of the regions where typical Early Precambrian continental crust is exposed. It is composed of the granite-greenstone belt and high-grade metamorphic terrain, which contain abundant mineral resources such as gold, copper, zinc and iron. Single-zircon U-Pb, ⁴⁰Ar/³⁹Ar, Sm-Nd and Rb-Sr isochron ages suggest that the greenstone belt was formed 2 700—2 800 Ma ago. The ages of three types of syntectonic granites associated with the greenstone belt are (2555 ±35) Ma, (2515 ±4) Ma and 2 505—2 400 Ma, respectively. The formation ages of supracrustal rocks and granites in the high-grade terrain are 3 018 Ma and 2 950 Ma. Metallogenic epochs of syntectonic and post-tectonic gold deposits in the greenstone belt are 2 409—2 475 Ma and 180—190 Ma. The Early Precambrian crust can be divided into two types in the study area: one type is primary crust which was formed by direct mantle partial melting, while the other is reworked crust which was formed by anatexis or partial melting of preexisting crust. Four periods of Early Precambrian continental crust formation may be distinguished, they are 3 500—3 700 Ma, 3 000 Ma, 2 700—2 900 Ma, respectively.

Key words: Early Precambrian, geological feature, geochronology, formation and evolution