

鞍山-本溪-抚顺地区新太古代地质演化探讨

田 毅,余 超,王广伟,豆士勇,鲍东明

辽宁省地质矿产调查院,辽宁 沈阳 110032

摘 要 鞍山-本溪-抚顺地区是我国太古宙岩石出露的主要地区及重点研究区。区内太古宙岩石以变质深成侵入体为主,变质表壳岩出露面积不足 20%。区内变质深成岩侵位于始太古代—新太古代的不同时期,原岩由 TTG 岩系和钙碱性 CA 岩系组成,变质表壳岩以磁铁石英岩和斜长角闪岩为标志性岩性。两类原岩建造在太古宙时期,遭受了由麻粒岩相到角闪岩相至绿片岩相连续降温减压过程。根据区内新太古代岩石出露的特点划分 3 个微古陆核,分别为鞍本古陆核、清原古陆核及辽北古陆核。中太古代和新太古代为本区最重要的造陆时期,以鞍本微古陆核为最早的增生点,经拼接增生、裂解改造,形成现今的地质格局。

关键词 新太古代,变质深成侵入体,变质表壳岩,微古陆核,辽宁省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2015.04.003

DISCUSSION ON THE NEOARCHEAN GEOLOGICAL EVOLUTION IN ANSHAN-BENXI-FUSHUN REGION

TIAN Yi, YU Chao, WANG Guang-wei, DOU Shi-yong, BAO Dong-ming

Liaoning Institute of Geological and Mineral Survey, Shenyang 110032, China

Abstract : Anshan-Benxi-Fushun is the main outcropped area and key study area for Archean rocks in China, where the metamorphic plutonic intrusion is dominant while the outcropped metamorphic supracrustal rocks are less than 20% by area. The metamorphic plutonic rocks are emplaced in different periods of the Eoarchean-Neoproterozoic, with the protolith composed of TTG and CA rock series. The typical metamorphic supracrustal rocks are magnetite quartzite and amphibolite. The protolith formations of the two types of rock experienced continuous temperature reduction and decompression process from granulite through amphibolite to greenschist facies in Archean. According to the outcropping characteristics of Neoproterozoic rocks, the authors divide the study area into three micro paleo-continent nucleuses, namely Anben, Qingyuan and Liaobei paleo-continent nucleuses. Mesoproterozoic and Neoproterozoic are the most important epeirogenetic periods, with the Anben micro paleo-continent nucleus as the earliest accretion center, going through matching and splitting transformation, then forming the current geological structure.

Key words :Neoproterozoic; metamorphic plutonic intrusion; metamorphic supracrustal rock; micro paleo-continent nucleus; Liaoning Province

0 引言

前人在鞍山-本溪-抚顺地区进行了大量的区调工作及科研工作。近几年的科研成果显示鞍山-本溪-抚顺地区的新太古代岩体的岩石特征、岩石地球化学、变质变形作用及年代学特征具有较大的差异,但具有区域规律性,既不同区域内的太古宙岩石的年龄差异大,不具有演化性;同一区域内的岩石的年龄、地

球化学、岩石学特征具有演化性。根据上述的区域性特征及空间展布的特点,可以将鞍山-本溪-抚顺地区划分为鞍本、清原及辽北 3 个微古陆核。

1 地质背景及岩体特征

1.1 清原微古陆核

主体位于胶辽吉陆块的次级构造单元清原弧盆地

收稿日期 2014-09-20,修回日期 2015-03-28,编辑 李兰英。

作者简介:田毅(1983—),男,硕士,工程师,主要从事区域地质研究,通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区宁山路羽丰大厦,E-mail://lnsytianyi@163.com

的浑河断裂以南区域,岩石组分以变质深成岩为主体,变质上壳岩出露面积不足总面积的5%。《辽宁省区域地质志》^[1]将这些变质岩系划分为上、下鞍山群,太古宙混合岩和混合花岗岩。新一轮1:5万区调在解体原鞍山群和混合岩、混合花岗岩基础上,将其划分为中太古代变质上壳岩、变质深成岩和新太古代变质上壳岩及变质深成岩,并识别出了多期具有重要地质意义的基性岩墙^{①②③}。

随着同位素测年技术的发展,近几年的科研成果显示清原古陆核不存在中太古代的岩石。清原古陆核的变质表壳岩的成岩年龄集中在2560-2540 Ma^{[2]④⑤},变质深成侵入体的成岩年龄范围较大,为2520~2470 Ma^[2]。

清原古陆核出露的太古宙岩体主要以变质深成侵入体为主,岩性主要为大冰沟紫苏石英闪长质片麻岩,网户英云闪长质片麻岩,平岭后闪长质、花岗闪长质片麻岩,奚家堡子奥长花岗岩,晚期太阳沟顶二长花岗岩。变质表壳岩出露面积有限。根据岩石组合及变质变形等特征划分为石棚子及通什村2个岩组,二者均呈包体形态产出于变质深成侵入体中。

1.2 辽北微古陆核

主体位于胶辽吉陆块次级构造单元清原弧盆系的浑河断裂以南区域,以变质深成侵入体为主,变质表壳岩的出露面积不足1%,地表均呈小包体出露。《辽宁省区域地质志》^[1]将这些变质岩系划分鞍山群红透山岩段,太古宙混合岩和混合花岗岩。新一轮1:5万、1:25万区调及辽东-吉南成矿带科研项目将原鞍山群和混合岩解体,划分出新太古代变质表壳岩及变质深成岩。

变质深成侵入体的岩性主要为网户英云闪长质片麻岩,平岭后闪长质、花岗闪长质片麻岩,奚家堡子奥长花岗岩,晚期太阳沟顶二长花岗岩。辽北为古陆核的变质深成侵入体具有一定的旋回演化性,早期为TTG岩系,晚期演化为CA岩系,标志陆壳的逐渐成熟。该微古陆核的变质表壳岩主要为红透山岩组,以出产我国著名的红透山式铜矿为特征区别于其他古陆核。其成岩年龄为2540±34 Ma(锆石 SHRIMP)^⑥。

1.3 鞍本微古陆核

位于胶辽吉陆块次级构造单元太子河陆拗西南部

和营口宽甸隆起西北缘,出露面积约500 km²,呈弧形展布于鞍山-弓长岭-本溪一带。区内太古宙研究程度位于国内前列,特别是西部的鞍山地区集中了始太古代—新太古代的一系列同位素年龄数据及相应的地质体,刘敦一等^[3]曾在此发现和测定了我国至今为止最古老的硅铝壳,即3804±5 Ma的白家坟奥长花岗岩。总的来看,该地区以变质深成岩为主体,变质上壳岩约占总面积的5%,且新太古代富钾花岗岩占据了绝大部分面积。

变质表壳岩出露面积较其他微古陆核多而广,多呈NNW或近E-W向带状,集中出露于鞍山一带的樱桃园-胡家庙子、西鞍山-眼前山和东部的弓长岭-大峪沟等地。岩石类型主要为磁铁石英岩、绿泥片岩、石榴云母片岩、石英岩、黑云变粒岩、浅粒岩、长英质片麻岩。《辽宁省区域地质志》^[1]将其称为上鞍山群,王国桢^⑦、万渝生^[4]将其划归新太古代变质表壳岩系,万渝生^[4]认为该套新太古代变质上壳岩形成于2750~2650 Ma。田毅等在辽阳大柳峪采集的茨沟岩组斜长角闪岩的锆石U-Pb年龄为2564 Ma(未发表)。

需指出的是,伍家善等^[5]依据同位素年代学研究,在该地区鞍山陈台沟一带,识别出了古太古代陈台沟表壳岩,其岩性主要为斜长角闪岩、石英岩、黑云斜长片麻岩及薄层状变粒岩,是辽宁乃至我国现今发现的最古老的一套太古宙变质沉积-火山岩组合。

变质深成岩由始太古代—新太古代的TTG岩系及CA岩系组成,较早时期王国桢等^⑦在1:5万区调中,将其划分为中太古代铁架山花岗岩(岩性为花岗闪长岩-奥长花岗岩-二长花岗岩)和新太古代弓长岭花岗岩(中粗粒及似斑状富钾二长花岗岩)。在此基础上,伍家善等^[5]在鞍山地区的原铁架山花岗岩中,识别出始太古代白家坟奥长花岗岩、古太古代陈台沟花岗岩、中太古代立山奥长花岗岩、中太古代东鞍山花岗岩和中太古代铁架山花岗岩,它们构成了新太古代变质表壳岩的沉积基底,又共同被新太古代弓长岭富钾花岗岩侵入,呈捕虏体或小岩基状产出。由此来看,鞍山-本溪微古陆核变质深成岩属TTG岩系的奥长花岗岩和属CA岩系的花岗岩,在时序上具多旋回演化特征,

①王天武,等. 张家堡子等两幅1:5万区调联测报告. 1991.

②卢崇海. 1:5万大苏河等六幅区调报告. 辽宁地勘局第十地质大队. 1996.

③张立东,等. 英守堡等两幅1:5万区调联测报告. 1999.

④张国仁,等. 桥头等四幅1:5万区调报告. 辽宁省地质矿产调查院. 2012.

⑤田毅,等. 辽宁省1:25万辽阳市、宽甸县幅区调修测. 辽宁省地质矿产调查院. 2013.

⑥邢德和,等. 辽吉东部成矿带地质矿产调查评价成果集成. 中国地质调查局沈阳地质调查中心. 2013.

⑦王国桢,等. 鞍山市等两幅1:5万区调联测报告. 1989.

但总的来看,始太古代—中太古代早期以 TTG 岩系的奥长花岗岩为主,中太古代晚期—新太古代以 CA 岩系的二长花岗岩及富钾的二长花岗岩为主。

2 新太古代变质表壳岩成岩环境

2.1 清原微古陆核

该古陆区的变质表壳岩原岩主要由一套火山-沉积岩系变质而成,其中以沉凝灰岩质沉积岩为主,纯火山碎屑岩较少,说明他们是有邻区火山喷发物质搬运至此而沉积,即本区在太古宙时期火山活动较弱,是一个以接受沉积物为主的环境。其岩石组合和地球化学组成特征与岛弧系统十分类似。该区太古宙时期的大地构造环境相当于大陆边缘盆地,而火山物质来自附近岛弧区的火山活动。该区变质表壳岩原岩的形成环境相当于古陆边缘和古大洋的过渡地带,最初岛弧拉斑玄武岩的大量喷发,继之接近安山质的火山岩和大陆拉斑玄武岩开始形成。在岛弧发育到一定程度后,弧后盆地开始形成,在这种环境下形成了大量陆源碎屑沉积和硅铁建造。

2.2 辽北微古陆核

该微古陆核的变质表壳岩主要由有 2 个岩石单元组成:下部为镁铁质岩石单元,它主要由斜长角闪岩、角闪变粒岩组成;上部为长英质岩石单元,主要有黑云变粒岩、浅粒岩、夹角闪变粒岩、斜长角闪岩和磁铁石英岩,块状硫化物,顶部还含有石榴、蓝晶、夕线黑云片岩、片麻岩等。原岩恢复主要为中基性、中酸性火山熔岩及其对应的火山碎屑岩,夹少量细碎屑沉积岩和化学沉积岩。整个表壳岩具有向盆地特征,盆地边缘分布有变质中基性火山岩,而中心部位变为中酸性火山岩。结合上面的论述,认为该岩组的原岩沉积环境为陆源火山盆地,与现代岛弧和弧后盆地过渡部位相类似。红透山岩组中赋存块状硫化物说明其成岩位置更靠近洋壳。

2.3 鞍本微古陆核

该区新太古代变质表壳岩系的形成环境可能为稳定的大陆边缘环境。通过对变质表壳岩性的岩石

学、地球化学分析,将分布于歪头山、本溪、弓长岭的茨沟岩组划分为以玄武质和安山质的火山沉积岩为主的表壳岩,距离稳定的大陆边缘较远,以基性的大洋拉斑玄武岩为主,将分布在歪头山以东、北台以北的大峪沟岩组划分为过渡性的表壳岩性,原岩为基性火山岩及其对应的碎屑岩、夹少量陆源沉积物;分布于鞍山樱桃园地区的樱桃园岩组划分为以陆源沉积物为主的表壳岩性夹少量基性火山岩,距离稳定大陆边缘较近,并且接受陆源碎屑的沉积。

近些年来对该区发育的鞍山式铁矿的研究也从另一方面佐证了该区变质表壳岩的成岩环境。不同的原岩建造发育在成矿海盆的不同部位,从海底火山活动中心附近至稍远以致距陆缘更近的各个不同地方,分别依次发育基性火山岩建造、凝灰岩建造、含沉积岩的基性—中酸性火山岩建造和沉积岩—中酸性火山岩建造。通过大量的科学研究证明,该地区条带状铁矿的成矿物质来源于火山活动,而其成矿的有利环境是火山作用影响较差,而陆源水影响显著的弱酸性沉积环境。这样,将成矿盆地中不同原岩建造分布情况,与不同部位形成铁矿结合起来,则是在基性火山岩建造中的铁矿小而零星分散。在凝灰岩建造及含沉积岩的基性—中酸性火山岩建造中铁矿较多、较大,且层次较多。在沉积岩—中酸性火山岩建造中的铁矿最大,而且呈一厚大的单层,这与该地区分布的不同类型变质表壳岩中的含铁性是一致的。

上述分析可以看出,新太古代表壳岩的成岩环境均为弧后盆地或火山岛弧。空间上各岩组呈北东-南西向串珠状展布。而岩组内部由片麻理及可识辨原生层理指示呈北西-南东向展布。

3 新太古代变质深成岩成岩环境

区内新太古代变质深成侵入体早期为 TTG 岩系,晚期为富钾 CA 岩系。TTG 岩系出露于清原微古陆核及辽北微古陆核。鞍本微古陆核缺少新太古代 TTG 岩系,发育新太古代晚期的富钾二长花岗岩。新太古代变质深成岩侵入岩体岩性及分布见表 1。

表 1 区内新太古代变质深成侵入体概况表

Table 1 Lithology of the Neoproterozoic metamorphic plutonic intrusions in the study area

鞍本	清原	辽北	岩性
	大冰沟片麻岩		紫苏石英闪长质片麻岩、紫苏英云质片麻岩
	网户英云闪长岩		英云闪长质片麻岩
	平岭后片麻岩		眼球状英云闪长质片麻岩、眼球状花岗闪长质片麻岩
奚家堡子奥长花岗岩			奥长花岗岩
	太阳沟顶二长花岗岩		二长花岗岩
弓长岭二长花岗岩			二长花岗岩

大冰沟片麻岩以紫苏英云闪长质片麻岩及紫苏花岗闪长质为主,在 $\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 图解(图 1)上其与网户英云闪长质片麻岩、平岭后片麻岩呈钙碱岩系变化趋势. 稀土分析结果及配分曲线显示,同太古宙 TTG 岩石比较相似,但是出现较弱的 Eu 正异常. 在 $(\text{La}/\text{Yb})_N-(\text{Yb})_N$ 图解(图 2)上,大冰沟片麻岩主要落入含榴角闪岩源岩附近,个别样品落入大陆上部地壳与洋壳区域. 在 $(\text{La}/\text{Sm})_N-(\text{La})_N$ 图解(图 3)上,平岭后片麻岩构成了倾斜的线性趋势,说明其岩浆由部分熔融作用形成. 在 $\text{Rb}-\text{Y}+\text{Nb}$ 图解(图 4)上,大冰沟片麻岩落于火山岛弧区域. 通过于网户英云闪长质片麻岩的岩相学、岩石化学、微量元素与稀土元素特征对比,发现二者存在许多相似性,反映他们呈几乎相同的成因类型. 前人研究表明,大冰沟片麻岩与网户英云闪长质片麻岩的成因均源于“地壳硅铝层”的部分熔融作用,因为在岩石中经常见到基性岩包体(角闪岩、辉石岩和闪长岩),这些包体很可能代表了源区的物质成分. 而这种“地壳硅铝层”构成古陆壳尚不属于传统认识上的硅铝壳,基本上由偏基性的岩石组成. 大冰沟片麻岩的“母岩浆”是由源岩在部分熔融与分凝作用而产生相当于网户英云闪长质片麻岩成分的正常岩浆的同时所余下的一种残留相^[6].

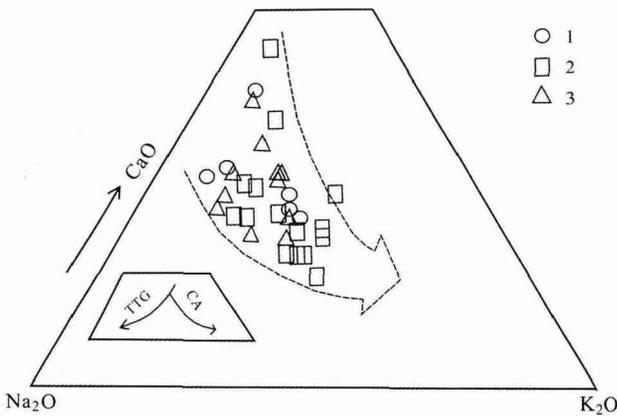


图 1 大冰沟片麻岩、网户片麻岩、平岭后片麻岩 $\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 图解

Fig. 1 The $\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ diagram of Dabinggou, Wanghu and Pinglinghou gneisses

1—大冰沟片麻岩(Dabinggou gneiss) 2—网户英云闪长质片麻岩(Wanghu tonalitic gneiss) 3—平岭后片麻岩(Pinglinghou gneiss)

网户英云闪长质片麻岩在图 1 上与大冰沟片麻岩、平岭后片麻岩呈钙碱岩系变化趋势. 在图 4 及图 5 上,网户英云闪长质落于火山岛弧区域. 在图 2 上,网户英云闪长质片麻岩主要落入石英榴辉岩与含榴角闪岩源岩区域、大陆上部地壳及洋壳区域. 在图 3 上,网

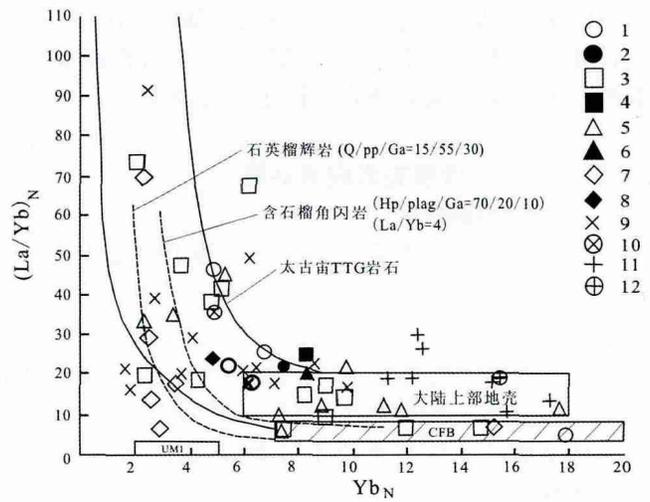


图 2 新太古代变质深成侵入体 $(\text{La}/\text{Yb})_N-(\text{Yb})_N$ 图解

Fig. 2 The $(\text{La}/\text{Yb})_N-(\text{Yb})_N$ diagram of Neoproterozoic metamorphic plutonic intrusions

1—大冰沟片麻岩(Dabinggou gneiss) 2—大冰沟片麻岩平均值(average value of Dabinggou gneiss) 3—网户英云闪长质片麻岩(Wanghu tonalitic gneiss) 4—网户英云闪长质片麻岩平均值(average value of Wanghu tonalitic gneiss) 5—平岭后片麻岩(Pinglinghou gneiss) 6—平岭后片麻岩平均值(average value of Pinglinghou gneiss) 7—奚家堡子奥长花岗岩(Xijiapuzi trondhjemite) 8—奚家堡子奥长花岗岩平均值(average value of Xijiapuzi trondhjemite) 9—太阳沟顶二长花岗岩(Taiyanggouding monzogranite) 10—太阳沟顶二长花岗岩平均值(average value of Taiyanggouding monzogranite) 11—弓长岭二长花岗岩(Gongchangling monzogranite) 12—弓长岭二长花岗岩平均值(average value of Gongchangling monzogranite)

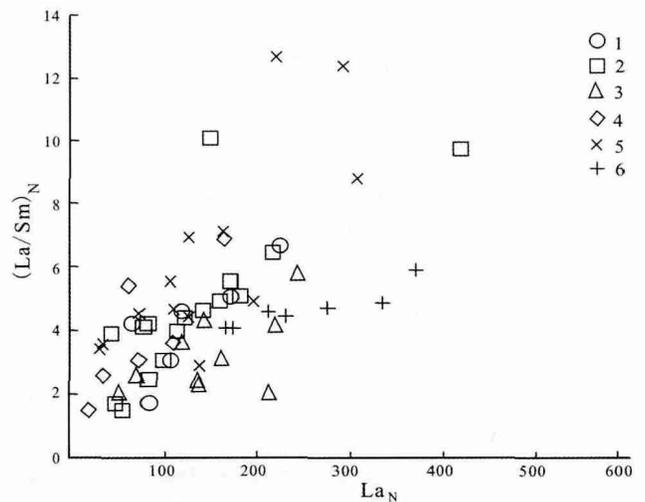


图 3 新太古代变质深成侵入体 $(\text{La}/\text{Sm})_N-(\text{La})_N$ 图解

Fig. 3 The $(\text{La}/\text{Sm})_N-(\text{La})_N$ diagram of Neoproterozoic metamorphic plutonic intrusions

1—大冰沟片麻岩(Dabinggou gneiss) 2—网户英云闪长质片麻岩(Wanghu tonalitic gneiss) 3—平岭后片麻岩(Pinglinghou gneiss) 4—奚家堡子奥长花岗岩(Xijiapuzi trondhjemite) 5—太阳沟顶二长花岗岩(Taiyanggouding monzogranite) 6—弓长岭二长花岗岩(Gongchangling monzogranite)

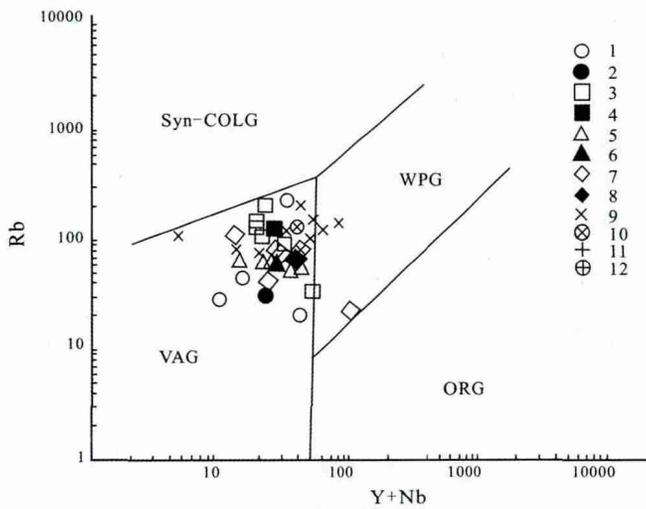


图 4 新太古代变质深成侵入体 Rb-Y+Nb 图解

Fig. 4 The Rb-Y+Nb diagram of Neoproterozoic metamorphic plutonic intrusions

1—大冰沟片麻岩(Dabinggou gneiss) 2—大冰沟片麻岩平均值(average value of Dabinggou gneiss) 3—网户英云闪长质片麻岩(Wanghu tonalitic gneiss) ;4—网户英云闪长质片麻岩平均值(average value of Wanghu tonalitic gneiss) ;5—平岭后片麻岩(Pinglinghou gneiss) ;6—平岭后片麻岩平均值(average value of Pinglinghou gneiss) ;7—奚家堡子奥长花岗岩(Xijiapuzi trondhjemite) ;8—奚家堡子奥长花岗岩平均值(average value of Xijiapuzi trondhjemite) ;9—太阳沟顶二长花岗岩(Taiyanggouding monzogranite) ;10—太阳沟顶二长花岗岩平均值(average value of Taiyanggouding monzogranite) ;11—弓长岭二长花岗岩(Gongchangling monzogranite) ;12—弓长岭二长花岗岩平均值(average value of Gongchangling monzogranite)

户英云闪长质片麻岩构成了倾斜的线性趋势. 说明了网户英云闪长质片麻岩的岩浆形成于相对较浅的基性古陆壳局部熔融. 大地构造位置可能处在洋壳与陆壳的接触带.

平岭后片麻岩除岩相学特征与网户英云闪长质片麻岩有明显的差异外, 岩石化学、微量元素与稀土元素特征均比较相似, 在图 1 上其与网户英云闪长质片麻岩呈钙碱岩系变化趋势. 在图 4 及图 5 上, 平岭后片麻岩落于火山岛弧区域. 在图 2 上, 平岭后片麻岩和网户英云闪长质片麻岩投点区域基本一致, 主要落入石英榴辉岩与含榴角闪岩源岩区域、大陆上部地壳及洋壳区域. 表明平岭后片麻岩的岩浆也来自相对较浅的基性古陆壳局部熔融. 大地构造位置可能处在洋壳与陆壳过渡区域的火山岛弧区域.

奚家堡子奥长花岗岩在图 6 上, 随着岩石的 CaO 含量降低, Na₂O 含量快速增加, 而 K₂O 含量缓慢降低, 说明这些岩石具有 TTG 岩浆演化趋势. 在图 3 上, 奚家堡子奥长花岗岩构成了倾斜的线性趋势, 说明其岩

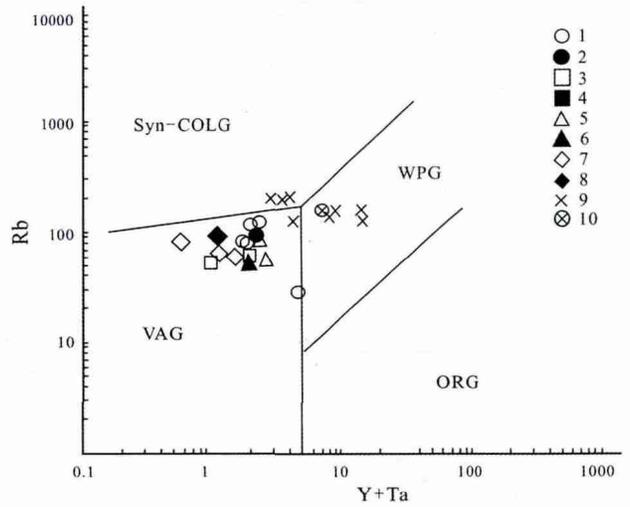


图 5 新太古代变质深成侵入体 Rb-Yb+Ta 图解

Fig. 5 The Rb-Yb+Ta diagram of Neoproterozoic metamorphic plutonic intrusions

1—网户英云闪长质片麻岩(Wanghu tonalitic gneiss) 2—网户英云闪长质片麻岩平均值(average value of Wanghu tonalitic gneiss) 3—平岭后片麻岩(Pinglinghou gneiss) ;4—平岭后片麻岩平均值(average value of Pinglinghou gneiss) ;5—奚家堡子奥长花岗岩(Xijiapuzi trondhjemite) ;6—奚家堡子奥长花岗岩平均值(average value of Xijiapuzi trondhjemite) ;7—太阳沟顶二长花岗岩(Taiyanggouding monzogranite) ;8—太阳沟顶二长花岗岩平均值(average value of Taiyanggouding monzogranite) ;9—弓长岭二长花岗岩(Gongchangling monzogranite) ;10—弓长岭二长花岗岩平均值(average value of Gongchangling monzogranite)

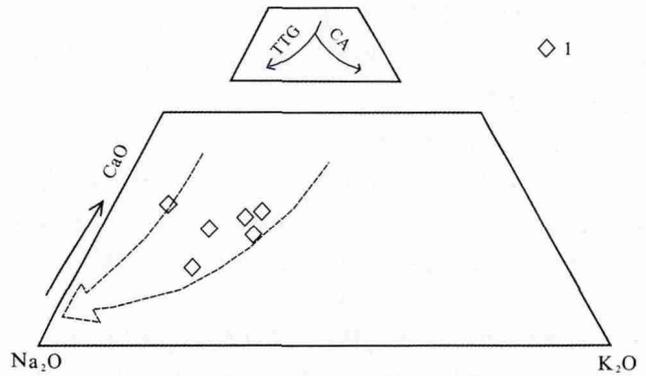


图 6 奚家堡子奥长花岗岩 CaO-Na₂O-K₂O 图解

Fig. 6 The CaO-Na₂O-K₂O diagram of Xijiapuzi trondhjemite
1—奚家堡子奥长花岗岩(Xijiapuzi trondhjemite)

浆由部分熔融作用形成. 在图 2 上, 奚家堡子奥长花岗岩投影点呈现上地幔重熔的趋势线. 在图 4 及图 5 上, 奚家堡子奥长花岗岩投入火山弧区域. 可以推测奚家堡子奥长花岗岩形成于大洋与大陆的过渡区——火山岛弧区, 成岩物质来源于上地幔.

太阳沟顶二长花岗岩在 CaO-Na₂O-K₂O 图解(图 7)上, 与弓长岭二长花岗岩显示出明显的钙碱性岩浆

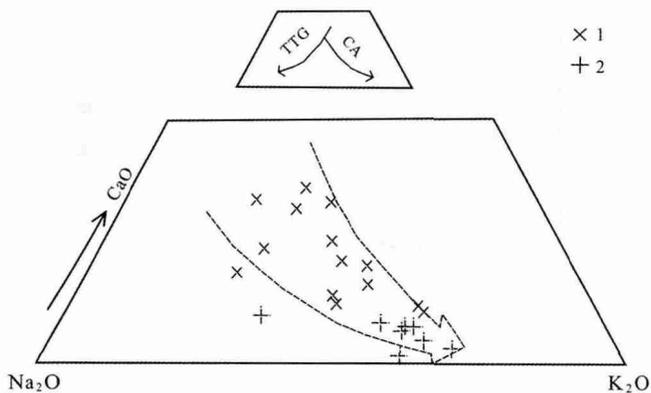


图 7 太阳沟顶二长花岗岩、弓长岭二长花岗岩
CaO-Na₂O-K₂O 图解

Fig. 7 The CaO-Na₂O-K₂O diagram of Taiyanggou and
Gongchangling monzogranites

1—太阳沟顶二长花岗岩(Taiyanggou monzogranite) 2—弓长岭二长花岗岩(Gongchangling monzogranite)

演化趋势,构成了富钾钙碱性岩系。在图 3 上,太阳沟顶二长花岗岩具有倾斜线性的特征,表明其岩浆由源岩部分熔融形成。在图 2 上,太阳沟顶二长花岗岩主要落于大陆上部地壳区域,少数样品落入石英榴辉岩与含榴角闪岩源岩区域,表明其岩浆由陆壳上部部分熔融所形成,同时暗示了新太古代末期的陆壳不再是早期的基性,而是偏硅铝质。由于陆壳经历长时间的增生、造陆活动,已由早期的基性陆壳向现今的硅铝质陆壳转变。在图 4 及图 5 上,太阳沟顶二长花岗岩主要投影于火山弧区,个别的投影于板内岩石区,代表当时构造环境较为强烈。

弓长岭二长花岗岩在图 7 上,与太阳沟顶二长花岗岩显示出明显的钙碱性岩浆演化趋势,构成了富钾钙碱性岩系。弓长岭二长花岗岩较太阳沟顶二长花岗岩更富钾贫钠,太阳沟顶二长花岗岩向弓长岭二长花岗岩具有线性演化的趋势。在图 3 上,弓长岭二长花岗岩具有平缓倾斜线性的特征。虽然倾斜,但有平行 La 轴的趋势,说明其岩浆的形成既具有分熔融特征,又具有结晶分异的特征。可能代表了弓长岭二长花岗岩是由上地壳部分熔融的太阳沟顶花岗岩岩浆经历结晶分异所形成的,这与二者在图 7 上呈线性演化的特征相吻合。在图 2 上,弓长岭二长花岗岩全部落于大陆上部地壳区域,表明其岩浆是由陆壳上部部分熔融所形成,虽然在新太古代末期的陆壳已由早期的基性向偏硅铝质转变,但与现今陆壳相比仍然偏基性,而弓长岭二长花岗岩投点完全落入大陆上部地壳区域,间接说明其

经历了结晶分异,并将原“偏基性”的成分残留在源区形成太阳沟顶二长花岗岩。弓长岭二长花岗岩在图 4 上,均落入火山弧区,而在图 5 上,其投点较为散乱,分别落入板内花岗岩区、同碰撞花岗岩区及火山弧区,表明其当时构造运动十分强烈,成岩环境较为复杂。

4 讨论

1)新太古代变质表壳岩的成岩年龄是解决新太古代地质演化的基础,前人对区内的表壳岩的年龄做了较为深入的研究,将区内表壳岩分为上鞍山群和下鞍山群,认为北东至南西岩石年龄逐渐变新,呈整合覆盖的关系。近期最新的研究成果显示,鞍本-抚顺地区的新太古代变质表壳岩的年龄集中在 2560~2540 Ma。其中石棚子岩组的年龄为 2560 Ma^[2],通什村岩组的年龄为 2549±8 Ma^①,红透山岩组的年龄为 2540±34 Ma^②,茨沟岩组的年龄为 2564 Ma^③。年龄的集中代表各岩组间不是简单的呈上下层位的关系,而且各岩组间的火山物质的地球化学特征有明显的差异,不具有演化性,表明区内新太古代表壳岩各岩组间可能呈平行的关系,各自所形成的构造位置不同。

2)最新资料显示,新太古代晚期可能已经存在超大陆(基诺兰超大陆),世界范围内新太古代广泛发育变质深成侵入体是这一超大陆造陆运动的反映。区内的新太古代晚期的 TTG 岩系大面积出露,而鞍本地区则缺少新太古代 TTG,说明在新太古代晚期造陆运动开始阶段鞍本地区处在相对稳定的环境下,并没有参与到初期的造陆运动。之后区内大面积 CA 岩系侵位阶段,鞍本微古陆核才被卷入到新太古晚期的造陆运动。区内鞍本微古陆核、清原微古陆核及辽北微古陆核的拼贴闭合是对基诺兰超大陆的反应。

5 新太古代地质演化模式

根据上述结论,结合测区抚顺-弓长岭一带新太古代各类岩石的岩石学特征、地球化学特征及年代学特征,我们将新太古代岩石出露区划分为辽北古、清原、及鞍本 3 个古陆核,提出了抚顺-弓长岭一带新太古代地质演化模式。

1)在 2560 Ma 前,鞍本古陆核和辽北古陆核较薄,相当现今的洋壳——“洋壳型”古陆核,清原古陆核较厚,相当现今的陆壳——“陆壳型”古陆核。在地幔热对流的作用下,原始硅镁质地壳底部不断拉伸张裂,3 个独立的古陆核遭受火山作用,分别形成基性火山岩及

①田毅,等.辽宁省 1:25 万辽阳市、宽甸县幅区调修测.辽宁省地质矿产调查院.2013.

②邢德和,等.辽吉东部成矿带地质矿产调查评价成果集成.中国地质调查局沈阳地质调查中心.2013.

火山盆地(图 8).

2)2560 Ma ,由于受地幔热对流的作用 ,辽北古陆核首先向清原古陆核俯冲(图 9) ,此时鞍本古陆核继续接受沉积. 辽北古陆核向清原古陆核俯冲的过程中 ,同时使火山冲积物发生褶皱、变形及变质. 俯冲岩片早期在部分熔融与分凝作用下而产生相当于网户英云闪长质片麻岩成分的正常岩浆 ,同时所余下的一种残留相成为大冰沟片麻岩的“母岩浆”. 晚期在部分熔融作用下形成平岭后片麻岩岩浆.

3)2540 Ma ,鞍本古陆核向清原古陆核俯冲 ,俯冲作用导致了二者之间的过渡区的上地幔向上隆起 ,从而降低了上地幔岩石的部分熔融温度 ,首先形成了奚家堡子奥长花岗岩岩浆 ,其次由于大量上地幔物质的上升 ,为陆壳重熔提供了大量的热. 陆壳的部分熔融作用在新太古代晚期形成了大规模的钙碱性岩浆. 这种钙碱性岩浆在清原古陆核一侧直接侵位形成太阳沟顶二长花岗岩 ,在鞍本古陆核侵位由于受俯冲岩片的阻挡 ,较长一段时间内使岩浆上侵暂时停滞 ,经历结晶分异作用 ,地幔热流的持续作用 ,岩浆上涌侵位形成弓岭二长花岗岩(图 10).

4)在 2510 Ma ,鞍本古陆核、清原古陆核及辽北古

陆核拼贴闭合形成统一的龙岗陆块 ,形成现今的地质格局(图 11).

6 结论

1) 区内新太古代变质表壳岩成岩年龄基本一致 ,岩性组合较为相似. 各岩组间并不是简单的上下层位的关系 ,而是呈平行的关系 ,即红透山岩组、石棚子岩组、通什村岩组及茨沟岩组为同时异地的产物. 由于各岩组的地球化学、变质变形及含矿性的差异 ,以及空间分布与原生层理的产状近垂直等特点 ,判断新太古代各岩组分别形成于不同的微古陆核.

2) 区内的新太古代晚期的 TTG 岩系大面积出露 ,而鞍本地区则缺少新太古代 TTG ,说明在新太古代晚期造陆运动开始阶段鞍本地区处在相对稳定的环境下 ,并没有参与到初期的造陆运动. 之后区内大面积 CA 岩系侵位阶段 ,鞍本微古陆核才被卷入到新太古代晚期的造陆运动. 鞍本微古陆核的变质表壳岩较另外 2 个微古陆核陆缘碎屑物更多也反映了清原微古陆核与辽北微古陆核拼贴闭合的时候 ,鞍本微古陆核处在相对稳定的构造环境接受更多的陆缘碎屑物的沉积 ,形成大峪沟岩组及樱桃园岩组.

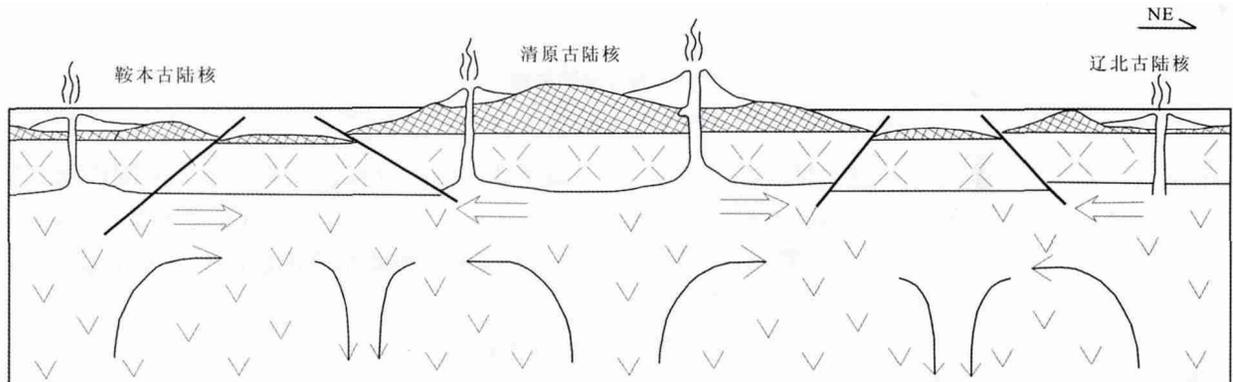


图 8 新太古代表壳岩形成模式图

Fig. 8 Formation model of Neoproterozoic supracrustal rocks

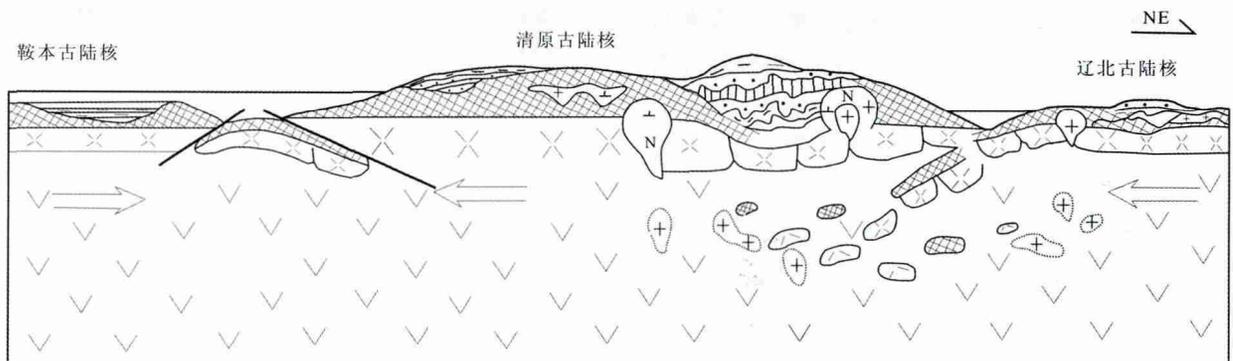


图 9 清原微古陆核、辽北微古陆核闭合模式图

Fig. 9 Closing model of Qingyuan and Northern Liaoning micro paleo-continent nucleus

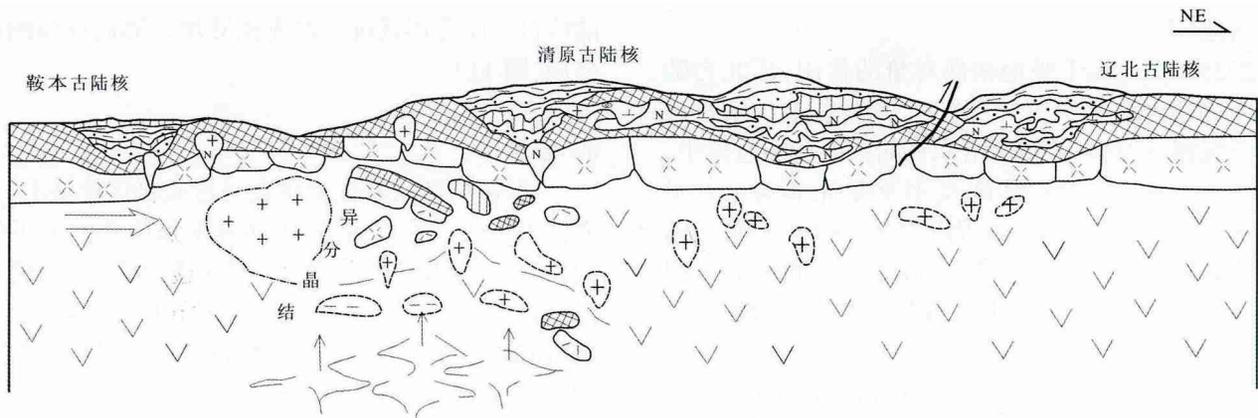


图 10 鞍山微古陆核拼贴闭合模式图

Fig. 10 Matching and closing model of Anshan-Benxi micro paleo-continent nucleus

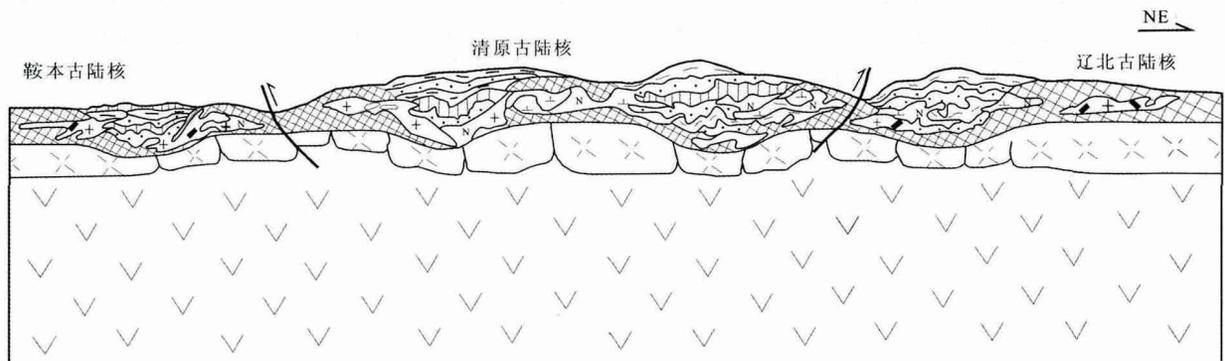


图 11 现今地质格局

Fig. 11 The current geological structure

3) 抚顺地区新太古代早的深成侵入体仅在太子河断陷以北, 浑河断裂两侧出露, 遭受高角闪岩相—低角闪岩相的变质作用, 呈钙碱岩系演化的趋势, 岩浆来自相对较浅的基性古陆壳局部熔融, 大地构造位置可能处在洋壳与陆壳的接触带, 说明当时在太子河以北地区, 浑河断裂附近出现陆壳碰撞增生活动。

4) 太古代中期—末期深成侵入体遭受低角闪岩相—绿片岩相的变质作用, 奚家堡子岩体在太子河北侧断陷带两侧出露, 呈 TTG 岩浆演化趋势, 岩浆来自上地幔重熔, 说明当时地幔热流活动较强, 地幔局部熔融上涌, 形成于大洋与大陆的过渡区——火山岛弧区。太阳沟顶二长花岗岩在太子河北侧断陷带以北出露, 弓长岭二长花岗岩在太子河北侧断陷带南部出露, 二者显示出明显的钙碱性岩浆演化趋势, 构成了富钾钙碱性岩系。太阳沟顶二长花岗岩由陆壳上部部分熔融所形成, 弓长岭二长花岗岩经历了结晶分异, 并将原

“偏基性”的成分残留在源区形成太阳沟顶二长花岗岩。二者形成于岛弧向同碰撞构造转化的区域, 说明当时在太子河北侧断陷带附近出现陆壳碰撞增生活动。

参考文献:

- [1] 辽宁地质矿产局. 辽宁省地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [2] 万渝生, 宋彪, 耿元生, 等. 辽北抚顺—清原地区太古宙基底地球化学组成特征及其地质意义[J]. 地质论评, 2005, 51(2): 128—137.
- [3] 刘敦一, Nntman A P, Williams I S, 等. 中国鞍山和冀东地区老于 3.8 Ga 地质记录的发现[J]. 中国地质科学院地质研究所所刊, 1992, 23: 86—98.
- [4] 万渝生. 辽宁弓长岭含铁岩系的形成与演化[M]. 北京: 科学技术出版社, 1993.
- [5] 伍家善, 等. 中朝古大陆太古宙地质特征及构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [6] 凌贤长. 抚顺东部地区紫苏花岗岩岩石的特征及成因[J]. 吉林地质, 1995, 14(2): 37—44.