

小兴安岭—张广才岭地区区域成矿演化^{*}

尹冰川 冉清昌

(中国科学院矿床地球化学开放研究实验室, 贵阳)

提 要: 黑龙江小兴安岭—张广才岭地区是我国东北的一条重要的铅、锌成矿带。本文根据所发现的 25 个矿床的赋矿地层、与成矿有关的花岗岩、矿化类型及其时、空分布特征, 将它们划分为加里东期成矿系列和印支期成矿系列, 进而又将加里东期成矿系列划分为铅、锌成矿亚系列, 铁、铅、锌成矿亚系列和铅、锌、钨、锡、钼成矿亚系列。加里东期成矿系列是松嫩和佳木斯地块拼合、碰撞造山的结果; 印支期成矿系列是在松辽盆地断陷和佳木斯-伊舒断裂走滑的构造条件下形成的。提出全球构造是首要的控矿因素。研究区域成矿演化不但可以为构造演化提供证据, 而且对找矿预测也具有重要的意义。

主题词: 区域成矿演化 成矿系列 大兴安岭-张广才岭 松嫩地块

区域成矿演化和成矿省演化研究是本世纪末和下世纪初区域成矿学研究的主要领域和前沿^[1~3]。黑龙江小兴安岭—张广才岭地区位于松辽盆地的东缘, 属于松嫩地块的组成部分; 东以嘉荫-依兰-牡丹江断裂为界与佳木斯地块相接; 北以黑河-嫩江断裂为界与兴安地块相连。该区是我国东北的一条重要的铅、锌成矿带。研究其成矿演化, 不仅对该地区、乃至对中亚构造域的构造演化研究及找矿预测都具有重要的理论和实际意义。

1 区域地质概况

1.1 区域地层

该地区的结晶基底已被后期的构造严重肢解, 前寒武纪变质岩系主要分布于伊春东北部, 如下元古界以富铝片麻岩、富铝变粒岩为主的麻山岩系; 以各种片岩及大理岩为主的中、上元古界的东风山群等。下寒武统主要是一套细晶灰岩-浅变质碎屑沉积岩和浅变质中、酸性火山岩夹少量变基性岩的火山、沉积岩系; 区内缺失下、上奥陶统, 中奥陶统为泥质岩、硅质岩和中基性火山岩; 志留系为一套碳质板岩、石英片岩和片理化火山岩、砂岩和大理岩组成的浅变质岩系; 晚古生代地层主要为碎屑岩、火山碎屑岩; 二叠系已由灰岩夹砂岩和板岩、火山岩的海相沉积建造变为火山碎屑岩、凝灰岩和细砂岩组成的陆相沉积建造。中生代全部为陆相正常碎屑沉积和陆相火山沉积。

1.2 岩浆岩

该地区主要分布有四期花岗岩: 第一期为零星出露的晚元古代花岗岩, 其岩石组合为花岗闪长岩和二长花岗岩, 同位素年龄为 $614 \times 10^6 \sim 672 \times 10^6$ a (Rb-Sr, Sm-Nd); 第二期为加里东

^{*} “八五”地质矿产部攻关项目资助(编号 8506202)

尹冰川, 男, 1964 年生, 博士后, 工程师, 矿床地球化学专业。邮政编码: 550002

1996-06-04 收稿, 1996-12-16 修改回。由徐川编辑

期花岗岩,其岩石组合为混染花岗岩-花岗闪长岩-二长花岗岩和钾长花岗岩,同位素年龄为 $460 \times 10^6 \sim 400 \times 10^6$ a (Rb-Sr, Sm-Nd, Pb-Pb)^[4];第三期为印支期钾长花岗岩和碱长花岗岩,同位素年龄为 $236.8 \times 10^6 \sim 180.1 \times 10^6$ a (Rb-Sr, K-Ar)^[5];第四期为燕山期石英闪长岩、花岗闪长岩和花岗斑岩。其中,加里东期花岗岩和印支期花岗岩是本区出露面积最大、与成矿关系最为密切的两期花岗岩,呈南北向带状分布。

2 区域成矿特征

迄今为止,本区已探明 25 个铅、锌、铁、钨、钼和锡等矿床,其中大—中型矿床 15 个,小型矿床 10 个。这些矿床分布于小兴安岭的伊春地区和张广才岭的阿城-尚志一带(图 1)。根据这些矿床的赋矿地层、与成矿有关的花岗岩、矿化类型以及矿床的时、空分布特征,将区域矿床划分为加里东期成矿系列和印支期成矿系列。

2.1 加里东期成矿系列

该系列由 18 个矿床组成,其中大—中型矿床 11 个,小型矿床 6 个,矿化类型以铅、锌和铁矿床为主。这些矿床都分布于小兴安岭地区,全部产出于早寒武世西林群中,均与加里东期花岗岩有关。根据其产出的地层层位及其有关的演化序列和特征,又将加里东期成矿系列划分为三个成矿亚系列、即铅、锌成矿亚系列,铁、铅、锌成矿亚系列和铅、锌、钨、锡、钼成矿亚系列。

这三个成矿亚系列的矿床在空间上具有不同的分布区域和不完全相同的成矿地质特征。铅、锌成矿亚系列的矿床主要分布于伊春东南的小西林矿田,包括小西林、西林二段、西林南

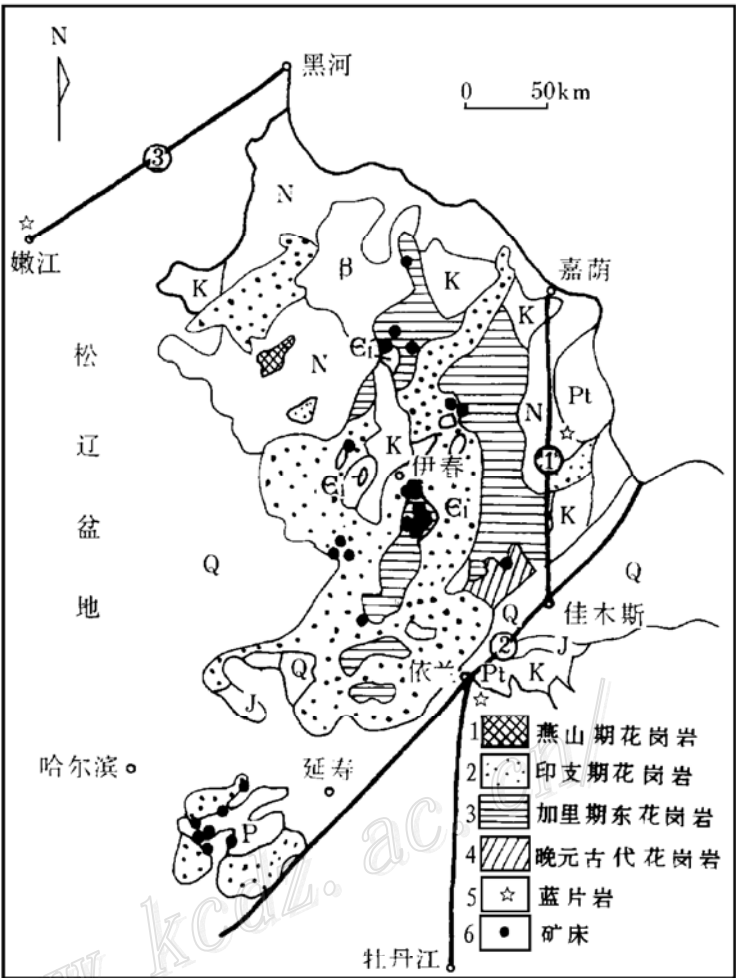


图 1 区域地质和矿床分布图

Q—第四系;N—第三系;K—白垩系;J—侏罗系;P—二叠系;O—奥陶系; ϵ_1 —下寒武统;Pt—元古界;①—嘉荫-依兰-牡丹江断裂;②—佳木斯-伊舒断裂;③—黑河-嫩江断裂

Fig. 1. Geological sketch map of Xiaohingganling-Zhangguangcailing region, showing distribution of ore deposits. Q—Quaternary; N—Tertiary; K—Cretaceous; J—Jurassic; P—Permian; O—Ordovician; ϵ_1 —Lower Cambrian; Pt—Proterozoic; ①—Jiayin-Yilan-Mudanjiang fault; ②—Jiamusi-Yishu fault; ③—Heihe-Nenjiang fault; 1—Yanshanian granite; 2—Indosinian granite; 3—Caledonian granite; 4—Late Caledonian granite; 5—Blue schist; 6—Ore deposit.

沟、老道庙沟等大—中型铅、锌矿床。铁、铅、锌成矿亚系列的矿床以铁或含铁的夕卡岩型矿床为特征,主要分布于伊春北部和铁力-二股一带,大型矿床有红旗山(Fe)、大西林(Fe),中型矿床有二股东山(Pb-Zn-Fe)、二股西山(Pb-Zn-Fe)、二股响水河(Zn-Pb-Fe),小型矿床有翠兰(Pb-Zn)、伊春五星(Zn-Pb)和朗乡南沟(Fe)。铅、锌、钨、锡、钼成矿亚系列的矿床主要分布于伊春北部,也都是夕卡岩型矿床。大—中型矿床有翠宏山、翠岗铅、锌、铜、钨、锡、钼矿床,小型矿床有阿廷河钨矿床、杨树河和五星南沟锡矿床等。

过去的研究都把这些矿床划归为夕卡岩型,但经阎鸿铨、张贻侠等人的详细研究发现,小西林铅、锌矿床属于块状硫化物型并提出了火山热液-沉积成矿作用、变质和变形成矿作用、夕卡岩化及热液叠加成矿作用三阶段成矿模型^[6]。小西林矿床主矿体呈似层状。矿体产状与地层基本一致。原始似层状硫化物矿体的顶部有一层锰铁碳酸盐岩沉积。块状矿石产于富镁质碳酸盐岩的下部层位,矿体附近出现火山熔岩、凝灰岩及含碳岩石夹层;细脉浸染状硫化物矿石产于下部的变碎屑岩段,附近可见电气石石英岩层。矿体下盘附近的条带状矿石与围岩轴面片理及劈理产状一致。展示了早期海底火山喷发、喷气沉积成矿作用的特征。主矿体上盘的蚀变类型简单,强度较弱,主要为透闪石化、碳酸盐化和硅化;后期侵入的花岗岩及其次火山热液主要对下盘矿体进行了强烈的改造,形成了以夕卡岩化、白云母化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化及硅化等复杂蚀变类型和矿化。后两个成矿系列的矿床主要与加里东期花岗岩有关,矿床赋存于夕卡岩或夕卡岩带中,矿体呈似层状、透镜状、扁豆状及脉状。矿体呈SN向展布。

这三个成矿亚系列产出于下寒武统西林群的不同层位中。西林群从下往上分为老道庙沟组、铅山组和五星镇组。老道庙沟组由碳质灰岩、硅质泥质板岩、粉砂岩、粉砂质板岩夹薄层灰岩组成;铅山组为白云质大理岩、白云质灰岩、条带状大理岩、碳质板岩、粉砂质板岩;以富镁质碳酸盐岩为其重要特征;五星镇组以灰黑色碳质板岩和生物大理岩夹碳质板岩为主。铅、锌成矿亚系列全部赋存于铅山组富镁质碳酸盐岩中,铅、锌、铁成矿亚系列则产出于铅山组碳酸盐岩与花岗闪长岩接触处之夕卡岩中;第三个成矿亚系列则全部产出于五星镇组与钾长花岗岩之夕卡岩中。表现出不同类型、不同时代的矿床受从早期到晚期不同地层层位控制的演化特征。

这三个亚成矿系列分别与三个不同阶段的不同类型的花岗岩有关。与第一亚系列有关的花岗岩为混染花岗岩,其同位素年龄为 $451 \times 10^6 \text{a}$,岩石化学成分特征: SiO_2 含量为 $60.39\% \sim 70.82\%$, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 为 $6.29\% \sim 8.37\%$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 介于 $0.14 \sim 0.89$ 之间,里特曼指数为 $1.7 \sim 2.7$,属于钙碱性花岗岩。其初始锶同位素比值为 $0.7090 \sim 0.7131$,表现出S型花岗岩的特征。与第二亚系列有关的花岗闪长岩的同位素年龄为 $445 \times 10^6 \text{a}$,岩石化学特征为: SiO_2 含量为 $66.44\% \sim 68.59\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 $7.24\% \sim 9.95\%$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 为 $0.93 \sim 1.15$,里特曼指数为 $2.4 \sim 4.6$,属钙碱系列花岗岩。其初始锶同位素比值为 $0.7045 \sim 0.7086$,低于混染花岗岩。与第三亚系列密切有关的二长花岗岩和钾长花岗岩的同位素年龄为 $407 \times 10^6 \text{a}$ 。其中二长花岗岩的岩石化学组成特征为: SiO_2 含量为 74.27% , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 8.13% , $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 为 0.89 。初始锶同位素比值为 0.7056 ^[7]。

2.2 印支期成矿系列

该系列包括7个矿床,如弓棚子(Zn-Cu-W)、白岭(Zn)、苏家围子(Zn-Fe)、石发屯(Zn-Pb)、五道岭(Mo)、明礼(Pb-Zn)矿床等,这些矿床全部分布于张广才岭的阿城-尚志一带,均

为夕卡岩型矿床。锌、铅、铁矿床主要产于下二叠统玉泉组凝灰质砂岩、板岩、大理岩与印支期二长花岗岩、碱长花岗岩接触处之夕卡岩带内；钼矿床主要赋存于上二叠统土门岭组砂岩、板岩、大理岩与花岗岩接触带之夕卡岩内。矿体呈透镜状、不规则状、脉状和似层状。

与成矿密切有关的印支期碱长花岗岩的岩石化学特征： SiO_2 含量介于 $71.26\% \sim 76.24\%$ 之间， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 $8.13\% \sim 8.81\%$ ， $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} < 0.9$ ，其初始锶同位素比值多在 $0.7043 \sim 0.7111$ 之间。

3 成矿构造背景

大量的研究资料表明，加里东期成矿系列形成于松嫩和佳木斯地块拼合、碰撞造山的大地构造背景；而印支期成矿系列则形成于板内拉分-走滑的构造环境，与中国东北北部大陆由南北向挤压向东西向挤压的构造应力转换阶段有关。

3.1 加里东期成矿的构造背景

与加里东期成矿有关的三期花岗岩，可能是同一构造岩浆事件中不同演化阶段的产物。其岩石组合表明可能形成于造山环境。在 J A Pearce 花岗岩构造环境判别图解上^[10]，混染花岗岩($451 \times 10^6 \text{a}$)、花岗闪长岩($445 \times 10^6 \text{a}$)位于岛弧或同碰撞区(图 2)。在 Bowden 和 Batchelor (1985) R_1 - R_2 多参数阳离子图解上^[10]，混染花岗岩主要位于同碰撞区域(图 3)；花岗闪长岩、二长花岗岩($407 \times 10^6 \text{a}$)则落入造山晚期花岗岩区。这表明与成矿有关的加里东期花岗岩是同一造山环境中不同演化阶段的产物。其它证据也进一步证实了这一结论。

最近几年的研究发现^[8]，在松嫩和佳木斯地块之间，沿嘉荫-依兰-牡丹江断裂分布着一套

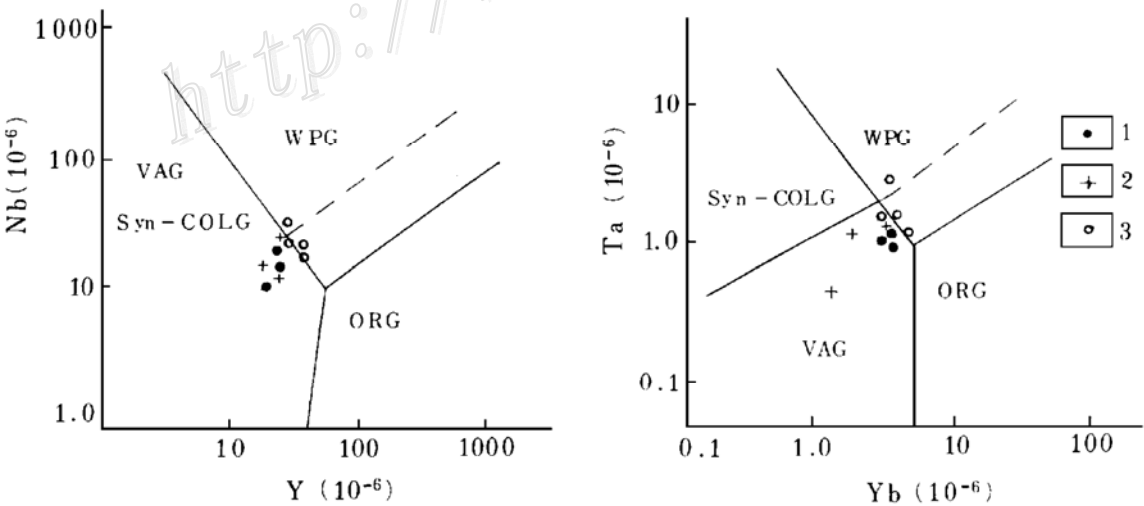


图 2 花岗岩类构造环境判别图解

Syn-COLG—同碰撞花岗岩；VAG—火山弧花岗岩；ORG—洋壳花岗岩；WPG—板内花岗岩；1—加里东期混染花岗岩；2—加里东期花岗闪长岩；3—印支期花岗岩

Fig. 2. Discrimination diagram for tectonic environments of granitoids.
Syn-GOLG—Syn-collision granite; VAG—Volcanic arc granite; ORG—Oceanic ridge granite;
1—Caledonian hybrid granite; 2—Caledonian granodiorite; 3—Indosinian granite.

混有解体的蛇绿岩、蓝片岩等残块并含有放射虫和几丁虫残迹的硅质岩块的黑龙江构造混杂岩系。其中蓝片岩岩块的全岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄为 $(644.9 \pm 32.3) \times 10^6 \text{ a}$;蓝闪石单矿物年龄为 $(599 \pm 11.5) \times 10^6 \text{ a}$;变质基性岩的年龄为 $445.36 \times 10^6 \sim 414.65 \times 10^6 \text{ a}$;和 $236.8 \times 10^6 \sim 180.56 \times 10^6 \text{ a}$ 。这表明在晚元古代以前,两地块之间曾存在着一个洋盆,蓝片岩岩块和蓝闪石单矿物年龄以及沿嘉荫-依兰-牡丹江断裂西侧分布的对应年龄的花岗岩,说明在晚元古代曾发生过大洋板块的主消减作用。同样,在嘉荫-依兰-牡丹江断裂西侧,分布着大面积的与变质基性岩年龄相当的加里东期和印支期花岗岩。可见,形成于加里东期造山环境的花岗岩,就是松嫩和佳木斯地块碰撞、造山的结果。

在伊春—延寿一带发现了下中奥陶统地层,下统宝泉组以酸性熔岩和凝灰岩为主,局部地区为中性熔岩,夹砂岩、板岩,底部见石英角砾岩、石英岩,是一套岛弧或活动大陆边缘型建造;中统小金沟组由含腕足

类的砂岩、大理岩、岩屑砂岩和生物灰岩并含有中酸性火山熔岩组成;上部大青山组整合覆盖于小金沟组之上,岩性以中性熔岩、中酸性熔岩为主,中性熔岩以安山岩为主,属钙碱系列火山岩,其 K-Ar 年龄为 $(401.2 \sim 441.8) \times 10^6 \text{ a}$ 。中奥陶统火山岩平均组合指数为 1.94~2.82,钙碱指数(CA)为 56.5,具钙碱性岩石的演化特征,这与岛弧区域活动陆缘区的岩石组合及化学成分特征相似;火山岩的稀土配分模式基本上无铈异常,并且以相对富集轻稀土、贫重稀土的右倾斜型为特征,与岛弧区安山岩的稀土分配型式相似,接近于活动陆缘型安山岩的稀土组成特征^[4]。说明在中奥陶世松嫩地块处于岛弧或活动陆缘的构造环境。另外,从宝泉组流纹岩中获得了 $(437 \pm 27.91) \times 10^6 \text{ a}$ 的同位素年龄,这与张广才岭二合营群变质基性岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 $(471.23 \pm 58.63) \times 10^6 \text{ a}$ ^①十分一致,并与加里东期花岗岩的年龄接近。说明在加里东期松嫩地块处于活动陆缘的构造环境。

沿嘉荫-依兰-牡丹江断裂以西存在一条呈南北向展布的基性-超基性岩带,被黑龙江区域地质志(1994)称之为伊春—延寿基性-超基性岩带,有的岩体直接赋存于奥陶系中,有的与寒武系和奥陶系密切相伴,有的呈捕虏体存在于加里东期花岗岩中。该带是一个宽 500~800 m 的糜棱岩化带,走向南北,倾向东,其主体岩石组成是糜棱岩、大量斜长角闪岩、大理岩和基性-

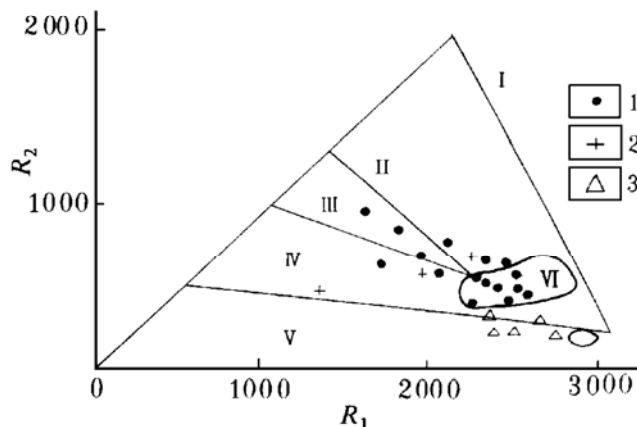


图 3 R_1 - R_2 多参数阳离子图解

I—幔源花岗岩; II—板块碰撞前消减地区花岗岩; III—板块碰撞后隆起区花岗岩; IV—造山晚期花岗岩; V—非造山区的 A 型花岗岩; VI—同碰撞花岗岩; 1—加里东期混染花岗岩; 2—加里东期花岗闪长岩; 3—印支期花岗岩

Fig. 3. R_1 - R_2 multication diagram of granite.

I—Mantle-derived granite; II—Pre-collision granite in subduction area; III—Post-collision granite in uplifted area; IV—Late orogenic granite; V—Type A granite in anorogenic area; VI—Syn-collision granite. 1—Caledonian hybrid granite; 2—Caledonian granodiorite; 3—Indosinian granite.

① 周裕文等,1993,中国满州里—绥芬河地质断面域内古老地块和古老地块间缝合构造带的变质作用及演化规律,长春地质学院科研报告

超基性岩,与黑龙江岩系的组成极为相似,可能是由东向西逆冲推覆的黑龙江岩系。这也证实了发生于两地块之间的挤压造山事件。

从上述可以看出,加里东期成矿系列的矿床全部赋存于稳定浅海的沉积建造内。但从矿床特征推断铅、锌成矿亚系列与海底火山喷气、喷发作用有关,其初始成矿环境可能为早寒武世的裂陷槽(拗拉槽),由于被动大陆边缘的引张作用,导致了海底火山喷气-热液成矿作用的发生。以后又经历了变质、花岗岩侵入等成矿作用的叠加和强烈改造。造山期花岗岩的侵入是造成加里东期成矿系列形成的最重要的原因。

3.2 印支期成矿的构造背景

在松嫩地块,印支期花岗岩主要有三种岩石组合,从早至晚的顺序依次为二长花岗岩、正长花岗岩和碱长-碱性花岗岩。印支期成矿系列主要与滨东一撮毛复式花岗杂岩体有关。有 J A Pearce 花岗岩构造环境判别图解上,印支期花岗岩位于板内区(图 2),在 R_1-R_2 多参数阳离子图解上位于非造山区的 A 型花岗岩区,稀土元素的地球化学特征与 A 型花岗岩相似^[4],黑龙江区域地质志也认为印支期侵入岩的形成可能与陆内大规模俯冲(A 型俯冲)有关。但印支期花岗岩在 Brown(1982)lgCaO/(Na₂O+K₂O)-SiO₂ 图解上位于引张型碱性-钙碱性花岗岩区^①。可能表明印支期花岗岩形成于伸展-走滑这样一种构造环境。

从晚古生代末期到印支早期,中国东北北部已成为一个统一的大陆。早侏罗世($210 \times 10^6 \sim 180 \times 10^6$ a),锡霍特岛弧与西部大陆碰撞,完达山大陆边缘裂谷闭合,从而在弧后区域^[5]造成大规模的印支期花岗岩侵入。但吉林省区域地质志的成果表明,该时期在东部区形成了一系列与走滑左旋断裂有关的侵入岩($232 \times 10^6 \sim 188 \times 10^6$ a)和喷出岩($196 \times 10^6 \sim 184 \times 10^6$ a)。上述表明,印支期是中国东北北部由南北向挤压向东西向挤压转换时期,构造应力的转换是造成弧后引张和区域断裂走滑的主要原因。这可能就是该地区印支期成矿系列只局限于松辽盆地东缘与佳木斯-伊舒断裂所控制的三角区内的根本原因。

4 结论与讨论

由上述可见,松嫩地块和佳木斯地块之间在前寒武纪曾一度被洋盆相隔,晚元古代曾发生过大洋板块的俯冲消减;至早古生代末期,大洋板块又一次俯冲,使松嫩和佳木斯地块发生拼合、碰撞乃至逆冲推覆等造山事件,形成了加里东期成矿系列。同碰撞时期造成了混染花岗岩侵入,形成了铅、锌成矿亚系列;随着两地块之间挤压强度的增加,发生逆冲推覆作用,使黑龙江构造混杂岩系的基性岩变质并使部分岩石逆冲到伊春—延寿一带,同时使早古生代地层发生低温动力变质作用,在这一过程中随着花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩的上侵,形成了其它两个成矿亚系列。晚古生代本区已成为一个统一大陆,至印支期,由于中国东北北部大陆处于由南北向挤压向东西向挤压的转换时期,本区处于伸展-走滑的构造环境,伴随松辽盆地的初始裂陷及佳木斯-伊舒断裂的走滑,引发了大规模的花岗岩侵入,在张广才岭的阿城—尚志一带形成了与此事件有关的印支期成矿系列。

从上述还可以看出,区域成矿系列是构造演化的某一阶段的产物。构造运动为成矿提供了

① 尹冰川,1995,中国东北北部区域成矿演化,长春地质学院博士学位论文

巨大的动力来源,从这种意义上来讲,全球构造才是区域成矿的首要控制因素,它决定了岩浆作用、变质作用和成矿作用的特点,区域成矿演化的研究,不仅为构造演化研究提供了矿床学依据,而且为找矿预测提供了思路 and 方向。

参 考 文 献

- 1 汪东坡. 成矿省和成矿作用的演化——查明矿产分布规律和解决某些重大基础地质问题的关键. 有色金属矿产与勘查, 1993, 2(5): 257~263
- 2 裴荣富, 吴良士. 金属成矿省的地质历史演化和成矿年代学研究新进展. 矿床地质, 1993, 2(3): 285~286
- 3 裴荣富, 吴良士. 金属成矿省演化与成矿. 地学前缘, 1994, 1(3~4): 95~99
- 4 许文良, 孙德有, 周燕. 满州里-绥芬河地学断面岩浆作用和地壳结构. 北京: 地质出版社, 1994
- 5 张海驹, 栾慧敏, 陈乐国. 黑龙江印支期花岗岩的确定及其构造意义. 黑龙江地质, 1991, 2(1): 8~18
- 6 阎鸿铨, 张贻侠. 小兴安岭南段区域构造和小西林块状硫化物矿床. 见: 长春地质学院地质研究所文集. 北京: 地震出版社, 1992, 75~86
- 7 韩振新, 郝正平, 侯敏. 小兴安岭地区与加里东期花岗岩有关的矿床成矿系列. 矿床地质, 1995, 14(4): 293~302
- 8 张兴洲. 黑龙江群中放射虫硅质岩的首次发现及意义. 长春地质学院学报, 1991, 21(2)
- 9 Pearce J A et al., Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granite rock. Journal of Petrology. 1986, 25(4): 956~983
- 10 Batchlor R A et al., Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicatic parameters. Chem. Geol., 1985, 48: 43~55

METALLOGENIC EVOLUTION IN XIAOHINGGANLING-ZHANGGUANGCAILING REGION, HEILONGJIANG PROVINCE

Yin Bingchuan and Ran Qingchang

(Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang 550002)

Key words: metallogenic evolution, metallogenic series, Xiaohingganling-Zhangguangcailing, Songnen block

Abstract

Xiaohingganling-Zhangguangcailing region is an important metallogenic belt of lead and zinc deposits in Northeast China. 25 ore deposits have so far been found in this region. Ore deposits of this region are assigned to Caledonian metallogenic series and Indosinian metallogenic series according to ore-bearing strata, granites related to ore deposits mineralization type and temporal-spatial distribution characteristics of ore deposits. The Caledonian series is further divided into three subseries, namely lead and zinc metallogenic subseries, lead, zinc and iron metallogenic subseries and lead, zinc, tungsten, tin and molybdenum metallogenic subseries. The Caledonian metallogenic subseries was formed in the process of collision between Songnen block and Jiamusi block and orogenic movement, whereas the Indosinian

series was formed against the tectonic setting of stretching-strike-slipping. Tectonics is the first ore control factor. The study of metallogenic evolution is of great significance not only for the investigation of tectonic evolution but also for the search and prognosis of ore deposits.



(上接 234 页 continued from p. 234)

Studies show that the spatial distribution of “integral whole of multiplaces” large and super large copper deposits is controlled obviously by deep intermediate-acid magma series formed along the jointing zone between the North China land block and the Yangtze land block in the middle and lower reaches of the Yangtze River. As a result of the intensification of the copper-rich basic crust and the favorable geochemical barrier, the underplating between the two blocks, the vertical crust-mantle interaction in the jointing zone and the continued enrichment of metallogenic elements through multi-stage “magmatic pump”, copper, a deep metallogenic element, was continuously and effectively piled up and concentrated until the formation of rich deposits in the middle and lower reaches of the Yangtze River.