

## 锡霍特-阿林成矿带金属矿床成矿作用的演化

冯 坚<sup>1</sup> 梁一鸿<sup>1</sup> 刘雪松<sup>2</sup> 李 敏<sup>1</sup> 秦 亚<sup>1</sup>

(1. 吉林大学 地球科学学院,吉林 长春 130061 ;2. 吉林大学 地质博物馆,吉林 长春 130026)

**摘 要** 锡霍特-阿林构造带由兴凯地块、老爷岭-格罗杰科岛弧和东锡霍特-阿林造山带 3 个构造单元组成。其金属矿床成矿作用可分为 3 期:里菲纪末期至志留纪末,在兴凯区形成了喷流-沉积为主的铁(锰)矿、铅锌矿及岩浆热液型锡矿;二叠纪中期,在老爷岭-格罗杰科岛弧地区形成了浅成低温热液型金(银)矿和变质热液型金矿;侏罗纪至古近纪末,在东锡霍特-阿林构造带中形成了夕卡岩型钨床、浅成低温热液型金(银)矿、夕卡岩型及脉状硼矿和铅锌矿、脉状金矿等矿床。

**关键词** 锡霍特-阿林成矿带;金属矿床类型;构造演化;成矿作用演化

## EVOLVEMENT OF THE METALLIC MINERALIZATION IN THE SIKHOTE-ALIN METALLOGENIC PROVINCE

FENG Jian<sup>1</sup>, LIANG Yi-hong<sup>1</sup>, LIU Xue-song<sup>2</sup>, LI Min<sup>1</sup>, QIN Ya<sup>1</sup>

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. The Museum of Geology, Jilin University, Changchun 130026, China)

**Abstract** : There Sikhote-Alin tectonic belt is composed of three tectonic units, i.e. Khanka massif, Laoyeling-Grodekovo island arc and East Sikhote-Alin orogenic belt. The evolvement of metallic mineralization in the region can be divided into three periods. From the end of Riphean to the end of Silurian, iron (manganese) deposits and lead-zinc deposits were formed by exhalative-sedimentary mineralization in Khanka area, with also some magmatic hydrothermal tin deposits. During Middle Permian, epithermal gold (silver) deposits, as well as metamorphic-hydrothermal gold deposits, were formed in Laoyeling-Grodekovo island arc region. Through Jurassic to the end of Paleogene, skarn type tungsten deposits, epithermal gold (silver) deposits, skarn and vein types of boron and lead-zinc deposits, and vein gold deposits were formed in the East Sikhote-Alin tectonic belt.

**Key words** :Sikhote-Alin metallogenic province; types of metallic deposits; tectonic evolution; evolvement of mineralization

### 0 引言

锡霍特-阿林成矿带是俄罗斯远东地区的一个重要成矿带,属于环太平洋成矿带的一部分。其中广泛发育锡、钨、铅锌、金银等金属矿床。锡霍特-阿林成矿带中以锡矿最为发育,占本次所统计的小型以上规模金属矿床的 60%,是俄罗斯重要的锡矿产区。钨矿也是本区的重要金属矿床之一,虽然比例不大,但大型矿床较多。本区铅锌矿不太发育,但其极具特殊性,其金属矿物的结晶形态非常好。金银矿床也是环太平洋

成矿带浅成低温热液金矿的代表之一。同时,本区还发育了一些斑岩型铜矿、铜钼矿、铜银、铜锡矿等。

锡霍特-阿林与我国黑龙江省和吉林省东部相邻,其金属成矿作用和矿床类型与吉黑东部相比具有一些共同特点,又有很大不同。因此,研究锡霍特-阿林成矿带的金属成矿作用对吉黑东部成矿作用研究有很大借鉴意义。

### 1 构造背景

收稿日期 2011-12-15,修回日期 2012-01-06,编辑 李兰英。

基金项目:中国地质调查局“锡霍特-那丹哈达-咸北成矿带成矿条件对比和成矿规律研究”项目(1212011120329)资助。

作者简介:冯坚(1985—),男,硕士研究生,通信地址:吉林省长春市朝阳区吉大前卫北区 4 舍 525 室,E-mail://fengjian\_0921@163.com

锡霍特-阿林构造带由 3 个构造单元组成: 老爷岭-格罗杰科晚古生代岛弧、兴凯地块和东锡霍特-阿林造山带<sup>[1]</sup>。

兴凯地块是志留纪末期拼贴到一起的稳定陆块。它由前寒武纪被动大陆边缘(马特维耶夫-纳希莫夫地块)、早寒武世活动大陆边缘(沃兹涅辛构造带和谢尔盖耶夫构造带)和早古生代增生楔(斯帕斯克构造带)组成。上述地质体的拼贴开始于奥陶纪中期,以志留纪晚期格罗杰科和什马科夫深熔花岗岩的形成标示结束。

老爷岭-格罗杰科晚古生代构造带是二叠纪开始从兴凯地块裂解出来的岛弧。在二叠纪末期与兴凯古陆碰撞。

东锡霍特-阿林造山带是中侏罗世开始太平洋板块向欧亚大陆俯冲的结果。由萨马尔金中侏罗世增生楔、塔乌欣早白垩世增生楔、茹拉夫列夫-阿穆尔晚侏罗世-早白垩世大陆坡沉积楔和科玛岛弧 4 个 2 级构造单元组成<sup>[2]</sup>。

## 2 矿床类型

锡霍特-阿林成矿带的矿产资源丰富。初步统计,仅在滨海边疆区,就有 116 处小型以上规模的金属矿床。其中,大型矿床 10 余处,中型矿床 20 余处,小型矿床 80 余处<sup>[3]</sup>。主要矿床类型是锡矿、钨矿、铅锌矿和金(银)矿(如图 1)。

### 2.1 锡矿

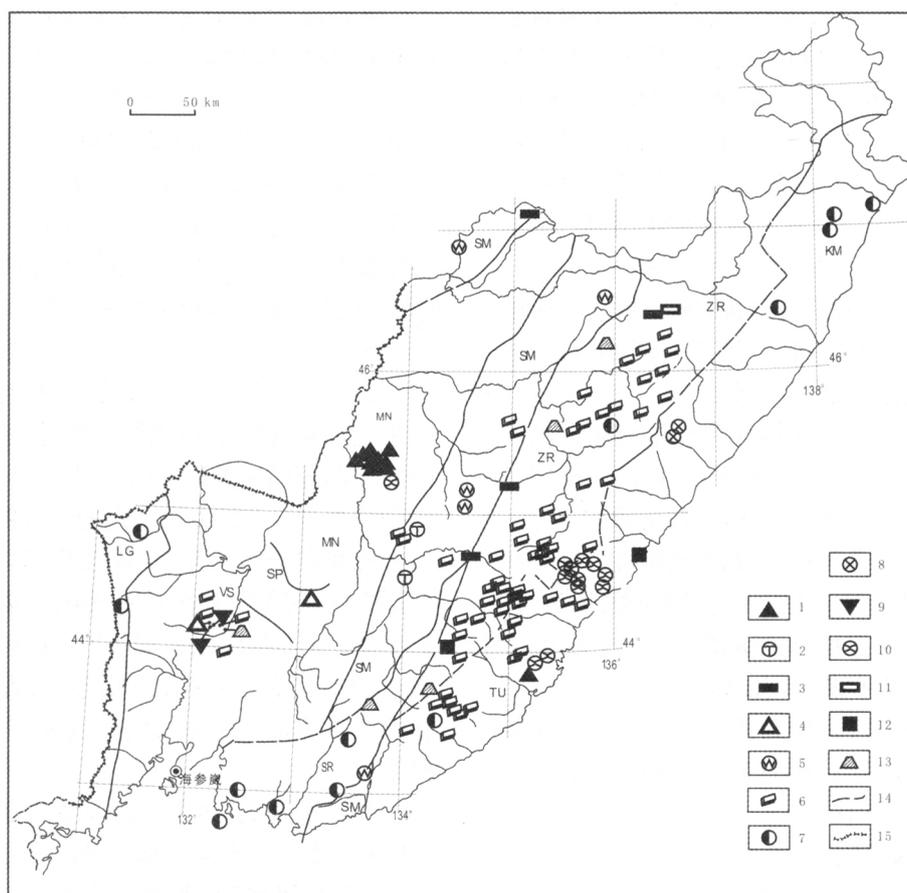


图 1 滨海边疆区矿床分布图

(据 S. V. Ramkchin, M. Yazanieva)

Fig. 1 The distribution map of deposits in the Primorsky Krai

(After S. V. Ramkchin and M. Yazanieva)

LG—老爷岭-格罗杰科成矿带(Laoyeling-Grodekovo metallogenic belt); VS—沃兹涅先斯科耶成矿带(Voznesenskoye metallogenic belt); SP—斯帕斯克成矿带(Spassk metallogenic belt); MN—马特维耶夫-纳希莫夫成矿带(Matveyevka-Nasimov metallogenic belt); SR—谢尔盖耶夫成矿带(Sergeyev metallogenic belt); SM—萨马尔金成矿带(Samarka metallogenic belt); ZR—茹拉夫列夫成矿带(Zhuravlevsk metallogenic belt); TU—塔乌欣成矿带(Tauka metallogenic belt); KM—科玛成矿带(Kema metallogenic belt); 1—铁矿(Fe); 2—钛矿(Ti); 3—铜矿(Cu); 4—锌矿(Zn); 5—钨矿(W); 6—锡矿(Sn); 7—金矿(Au); 8—银矿(Ag); 9—萤石矿(fluorite); 10—铅锌矿(Pb-Zn); 11—锡铜矿(Sn-Cu); 12—铜钼矿(Cu-Mo); 13—钨锡矿(W-Sn); 14—成矿带边界(boundary of metallogenic belt); 15—国界线(national boundary)

锡矿是滨海边疆区最主要的矿床类型。在滨海边疆区 116 个小型以上规模的矿床中,锡矿和锡可以作为副产品的矿床占 70 个,是统计矿床总数的 60%。俄罗斯 95% 的锡矿产于远东地区,滨海边疆区在其中起着重要作用。

滨海边疆区的锡矿主要形成于晚白垩世—古近纪 (100~50 Ma)<sup>[4-6]</sup>。但是,在早古生代也有一次锡的成矿作用。

早古生代锡的成矿作用发生在沃兹涅先成矿区。有 5 个中、小型锡矿。早古生代末期(志留纪末—泥盆纪初),在斯帕斯克沉积楔形成之后发生的马特维耶夫—纳希莫夫地块与沃兹涅先早古生代活动大陆边缘的碰撞作用导致了同碰撞期黑云母花岗岩的形成。

在花岗岩的围岩和花岗岩的顶部,形成了富含萤石和电气石的云英岩型锡矿脉。同时,在黑云母花岗岩与灰岩的接触带处,也形成了小型夕卡岩型锡矿床<sup>[7]</sup>。

在 70 个锡矿床或含锡的矿床中,有 50 个发育在茹拉夫列夫—阿穆尔成矿区。成矿时期跨越晚白垩世到古近纪 (100~50 Ma)。该区锡的成矿作用可以分为 5 期。

(1)100~90 Ma: 在茹拉夫列夫—阿穆尔成矿区的西部、靠近萨马尔金成矿区附近,形成与锂—氟花岗岩有关的深成云英岩型含钨的锡矿床。

(2)75~85 Ma: 在茹拉夫列夫—阿穆尔成矿区的东部形成锡—多金属脉状矿床。矿床与安山岩—二长闪长岩—花岗闪长岩有关。含锡矿物是锡石和黄锡矿。

(3)70~60 Ma: 形成锡石—硅酸盐型脉状锡矿。矿床与富钾流纹岩关系密切。锡—多金属矿床也发育在塔乌欣成矿区,区内的 10 个小型锡矿中,有 6 个属于锡—多金属矿。

(4)65 Ma: 形成锡—斑岩矿床。位于火山颈。浸染状的锡石、硫化物(方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等)分布于火山角砾岩及其胶结物中。

(5)60~50 Ma: 锡矿化。

## 2.2 钨矿

钨矿也是滨海边疆区主要金属矿床之一。尽管在滨海边疆区的 100 多个矿床中,钨矿所占比例不多,但是在 10 个大型矿床中,钨矿就有 2 个。

根据矿石建造,滨海边疆区的钨矿可以分为 4 个类型。

(1)白钨矿夕卡岩矿床:其中可以分为钼—钨、钨—锡—多金属以及钨等 3 种矿石类型。

(2)白钨矿—黄铁矿矿床:与含有少量氟和硫的花

岗闪长岩有成因关系。在这类矿床中,白钨矿—夕卡岩—云英岩矿床严格受断裂控制。

(3)稀有金属—锡—钨型矿床:矿床与小型的、中酸性的、含锂和氟的侵入岩有关。具有工业价值的只有扎贝特、季格里和基洛夫矿区的矿床。这些矿床依靠综合的金属提炼来获取利润。

(4)石英—硫化物脉:锡—钨—砷型。产于乌斯米克金内等地区。

钨矿主要沿着萨马尔金构造带以及其东侧分布,个别分布在沃兹涅先斯克地区。

从形成时间看,主要形成于早白垩世。可分为 2 个成矿期:早期(135~125 Ma)和晚期(115~105 Ma)。

## 2.3 铅锌矿

在滨海边疆区,铅锌主要来源于 5 种类型的矿床:层状铅锌矿、脉状铅锌矿、夕卡岩型铅锌矿、隐爆角砾岩型锡—多金属矿和脉状锡—多金属矿。这些矿床主要形成于早古生代和晚白垩世—古近纪。早古生代的铅锌矿属于层状铅锌矿,形成于沃兹涅先构造带。晚白垩世—古近纪的矿床有脉状锡—多金属矿、夕卡岩型铅锌矿、脉状铅锌矿和隐爆角砾岩型锡—多金属矿床,分别分布在茹拉夫列夫—阿穆尔成矿区和塔乌欣成矿区。

沃兹涅先斯克构造带是早古生代活动大陆边缘。在古大陆架环境下形成的碳酸盐岩构成喷气—沉积成因的层状铅锌矿床的围岩。矿床多与喷气—沉积成因的硅质岩共生,那些硅质岩的氟、硼和锌的含量高,是克拉克值的 5~10 倍。部分层状矿体产在层状磁铁矿矿层中,也有部分矿体产在藻礁生物灰岩中。与许多同类矿床一样,在认识到其喷气—沉积成因之前,曾一直被认为是夕卡岩矿床,因此,并没有引起足够的重视。新的成矿理论,引起人们在该区寻找大型层状矿床的愿望。

茹拉夫列夫—阿穆尔成矿区是滨海边疆区最重要的锡矿产地。在 75~85 Ma 期间,于该矿区的东部形成了锡—多金属矿床。矿床与安山岩—二长闪长岩—花岗闪长岩有关。矿石除富含铅、锌和铜的硫化物外,还富含锡石和黄锡矿。属于锡—多金属矿脉。

在纳霍德卡北东约 300 km 的锡霍特山脉的东坡,分布着达利涅戈尔斯克矿田(属于塔乌欣成矿区)的夕卡岩型铅锌矿床。矿床产在早白垩世增生楔中的三叠纪灰岩被交代而成的夕卡岩中。含铅—锌的夕卡岩被认为形成于 70~60 Ma。成矿溶液的来源是距夕卡岩 300 m 外的花岗岩侵入体。

在同一矿区,分布着脉状铅-锌矿,它们几乎是与夕卡岩型矿床同时形成的。与夕卡岩型矿床不同的是,矿石中有大量锡石和黄锡矿。脉状矿床与花岗闪长岩有关,其 K-Ar 年龄为 60~65 Ma。

在该地区还发育有隐爆角砾岩型铅锌矿。方铅矿、闪锌矿、黄铁矿和锡石成浸染状分布在角砾岩中。这些火山岩形成于 60~65 Ma。

#### 2.4 金(银)矿

在所统计的 116 个矿床中,金(银)矿床有 13 处。其中,大型矿床 1 处,中型矿床 2 处,小型矿床 10 处。这 13 处金(银)矿床分布在科玛成矿区(4 个)、茹拉夫列夫-阿穆尔成矿区(3 个)、老爷岭-格罗杰科成矿区(1 个)、波格拉尼奇成矿区(1 个)和谢尔盖耶夫成矿区(4 个)。从形成时间来看,以 95~65 Ma 的成矿作用为主。但是,在波格拉尼奇成矿区和老爷岭成矿区的金矿床,可能形成于二叠纪。

在空间上,老爷岭-格罗杰科成矿区的浅成低温热液金(银)矿床(克米萨洛夫金(银)矿)与彼尔姆流纹岩有关。但是,对于该矿床的研究甚少。

波格拉尼奇成矿区与老爷岭-格罗杰科构造带的一部分相邻。分布在该成矿区的索菲亚小型金矿床的围岩是二叠纪的动力变质岩。矿床是黄铁矿含金石英脉。金及有关的硫化物最初富集于海底火山作用,在动力变质作用过程中富集成矿。该矿床规模小,并且在该地区没有继续发现同类矿床。由于该地区沙金矿广泛发育,似乎有进一步勘察的潜力<sup>[8]</sup>。

谢尔盖耶夫成矿区的范围与同名的谢尔盖耶夫构造带一致。它与沃兹涅辛构造带一样,是早古生代活动大陆边缘的一部分。但是,在晚侏罗世—早白垩世的太平洋板块俯冲过程中,它仰冲到萨马尔金增生楔之上,并被晚白垩世花岗岩侵入。在成矿区的西部边界附近,分布着 4 个与晚白垩世花岗岩有关的中、小型金矿床,主要是含黄铁矿和磁黄铁矿的含金石英脉。尽管矿床数量不多,但是,该区金的矿化现象普遍,并且沙金矿床广泛发育,暗示该地区金的成矿潜力<sup>[9]</sup>。

科玛成矿区是另一个金的主要成矿区。该区与同名岛弧区一致。它由岛弧火山岩和火山-沉积岩组成。岛弧火山岩主要是安山岩-玄武岩以及相关的火山碎屑岩。沉积岩是由细砂岩、粉砂岩和泥板岩构成的复理石建造。在早白垩世晚期,科玛岛弧向茹拉夫列夫构造带拼贴,使岛弧岩系形成倒转褶皱,并发育同期和同方向的逆掩断层。在该矿区,发育一系列浅成低温热液型金(银)矿脉,主要是含金冰长石石英脉。矿石特点之一

是银含量大于金,Ag/Au 值最大超过 200。含银矿物主要是硫锑银矿和脆银矿等,在深部被辉银矿取代。

在茹拉夫列夫-阿穆尔成矿区,除发育 1 个大型脉状金矿和一个小型浅成低温热液金(银)矿外,还发育一个小型的斑岩型铜(金)矿<sup>[10]</sup>。含矿岩体形成于晚白垩世,为二长闪长玢岩。

#### 2.5 其他矿床

滨海边疆区发育 6 个铜矿床,均是小型的斑岩型矿床。包括 1 个斑岩型铜矿,2 个斑岩型铜(钼)矿,1 个斑岩型铜(金)矿,1 个斑岩型铜(银)矿和 1 个斑岩型铜(锡)矿。其中,4 个分布在茹拉夫列夫-阿穆尔成矿区,1 个分布在萨马尔金成矿区,1 个分布在塔乌欣成矿区。

铁矿分布在卡巴尔金成矿区内,构成乌苏里斯克小型铁矿床群。矿石由磁铁矿石岩和赤铁-磁铁矿石岩组成,并富含锰。矿床产于早寒武世的碳酸盐层中,属于喷气-沉积成因的铁(锰)矿床。

钛铁矿矿床分布在萨马尔金构造带的阿里阿德涅成矿区(阿里阿德涅矿和科克沙罗夫矿),是岩浆型矿床。矿床与偏碱性的基性-超基性岩(辉长岩-辉石岩)有关。含矿岩体的特点是偏碱性,钛、锆、铌和其他稀有元素含量较高。这些基性-超基性岩体形成于早白垩世碰撞型花岗岩侵入之前。矿石矿物以钛铁矿为主,并且富含磷灰石。

### 3 构造与成矿作用的演化

锡霍特-阿林造山带的历史开始于马特维耶夫-纳希莫夫地块的形成。但是,关于该地块变质岩原岩的年龄一直没有很好解决。目前,人们关于该地块年龄的推测来自 Wilde 等(2000)和 Wilde(2001)所作的佳木斯地块麻山群麻粒岩中的变质锆石颗粒的离子探针年龄,结果是 502±8 Ma 和 498±11 Ma。由于兴凯地块的马特维耶夫-纳希莫夫地块的组成与之类似,所以推测其形成于里菲期到早寒武世<sup>[11]</sup>。在里菲末期到早寒武纪,在马特维耶夫-纳希莫夫地块的中部出现了一个近东西向的裂谷带——卡巴尔金斯克大陆裂谷,从而开始了锡霍特成矿带最早的成矿作用:在裂谷演化过程中,伴随裂谷沉积作用,形成了与喷流-沉积作用有关的铁(锰)矿床-乌苏里斯克小型铁(锰)矿床群。

显然,沃兹涅辛构造带不能代表一个完整的大陆。它在寒武纪早期是某一个大陆的活动大陆边缘<sup>[12]</sup>。这似乎暗示,在早寒武世,介于马特维耶夫-纳希莫夫地块和沃兹涅辛活动大陆边缘之间的斯帕斯克洋已经开

始向沃兹涅辛活动大陆边缘方向消减。在沃兹涅辛活动大陆边缘的成矿作用仍然是以喷流-沉积成矿作用为主,在早寒武世的碳酸盐地层中形成了沃兹涅辛成矿区的层状铅锌矿。

在沃兹涅辛构造带中出现的中奥陶世含锂-氟白岗质花岗岩,暗示沃兹涅辛斯克活动大陆边缘与马特维耶夫-纳希莫夫地块的碰撞作用的开始。这种碰撞作用延续到志留纪末-泥盆纪初,形成了黑云母花岗岩。与含锂-氟白岗质花岗岩有关的岩浆热液矿床是石英-黄玉云英岩型的 Nb-Ta 矿;而与黑云母花岗岩有关的岩浆热液金属矿床是云英岩型的脉状锡矿。但是在沃兹涅辛成矿区,最著名的与早古生代花岗岩有关的岩浆热液矿床是沃兹涅辛斯克萤石矿和波格拉尼奇萤石矿。这两个矿床无论是品位还是储量都是世界上屈指可数的。

二叠纪的中期,在兴凯地块西侧的兴凯湖以南的南北向的中俄边境线附近,形成了一条岛弧带——老爷岭-格罗杰科岛弧。在弧后地区的火山-沉积岩中,形成了与火山作用有关的浅成低温热液型的克米萨洛夫金(银)矿。伴随二叠纪末的造山作用,在岛弧造山带中形成了变质热液型的索菲亚金矿。

从中侏罗世开始,兴凯地块的东部成为太平洋西岸活动大陆边缘的一部分。伴随伊邪那歧板块的俯冲,从中侏罗世到早白垩世末,在兴凯地块东侧形成了中侏罗世的增生楔——萨马尔金蛇绿混杂岩带、早白垩世的增生楔——塔乌欣蛇绿混杂岩带、早白垩世的沉积楔——茹拉夫列夫-阿穆尔带以及科玛岛弧带<sup>[13-14]</sup>。碰撞作用开始于早白垩世初,结束于早白垩世末,代表了伊邪那歧板块的俯冲和消亡过程<sup>[2]</sup>。在碰撞期,形成了一套富铝的碰撞型花岗岩。这些花岗岩侵入到萨马尔金带和茹拉夫列夫-阿穆尔带中,形成了夕卡岩型钨矿和一些小型锡矿。而阿里阿德涅成矿区的钛铁矿则是在碰撞型花岗岩侵入之前形成的。

晚白垩世初到古近纪末,锡霍特-阿林构造带成为太平洋西北岸转换大陆边缘的一部分。这是由于伊邪那歧板块消亡之后,新形成的库拉板块开始向北俯冲的缘故。此时是锡霍特-阿林构造带中成矿作用的爆发期。成矿主要集中在萨马尔金构造带以东的茹拉夫列夫-阿穆尔带(锡矿为主)、科玛带(浅成低温热液型金/银矿为主)和塔乌欣带(夕卡岩型及脉状硼矿和铅锌矿为主)。但是,在萨马尔金构造带以西的塔乌彼科带(铅锌和锡矿)和谢尔盖耶夫带(脉状金矿)中,也有成矿作用发生。

#### 4 结束语

我国吉林省和黑龙江省的东部与俄罗斯的锡霍特-阿林构造带相邻。事实上,黑龙江省东北角的完达山脉(那丹哈达岭)就是锡霍特中央构造带(萨马尔金带)沿着敦密断裂左行位移的结果。因此,在吉黑东部找矿勘探过程中,借鉴锡霍特-阿林成矿带的成矿条件和成矿规律是有现实意义的。

#### 参考文献:

- [1]弗茹布列夫斯基 A A. 锡霍特褶皱系的大地构造[J]. 大地构造与成矿学, 1988, 12(2): 95—100.
- [2]汉丘克 A И. 俄罗斯远东金属矿床形成条件的古地球动力学分析[J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2004, 34: 23—35.
- [3]Орехоб А А, Гонечук Г А, Гонечук В Г, Лебедев В А. Редкометалльные граниты кавалеровского рудного района (Приморье)[J]. Тихоокеанская Геология, 2006, 25(4): 79—91.
- [4]Гонечук В Г. Оловоносные системы Дальнего Востока: магматизм и рудогенез[M]. Владивосток: Дальнаука, 2003: 297.
- [5]Гонечук В Г, Гонечук Г А, Кокорин А М, и др. Новые изотопно-геохронологические данные и некоторые вопросы генезиса оловянного оруденения Кавалеровского района (Приморье, Россия)[J]. Тихоокеан Геология, 2005, 24(6): 77—88.
- [6]Whalen J B, Curree K L, Chappell B M. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis [M]. Contr to Miner Petrol, 1987, 95(24): 407—419.
- [7]Ханчук А И, Раткин В В, Рязанчева М Д, и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края: очерк [M]. Владивосток: Дальнаука, 1995.
- [8]Shcheka G G, Vrzhosek A A, Lehmann B, et al. Associations of platinum-group minerals from the Zolotaya gold placers, Primorye, Russian Far East[J]. Con Miner, 2004, 42: 583—599.
- [9]Gvozdev V I. Feldspathic feldspathic metasomatic rocks from the Lermontovo deposit, Primorye, Russia[J]. Geology of Ore Deposits, 2007, 49(3): 215—226.
- [10]Fat'yanov I I, Khomich V G. Mineralogical and geochemical ore types of the Mnogo-vershinnoe gold-silver deposit in the Lower Amur area[J]. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, 1999, 1999(3): 50—58.
- [11]Wilde S A, Dorsett-Bain H L, Liu J. The identification of a Late Pan-African granulite facies event in northeastern China: SHRIMP U-Pb zircon dating of the Mashan Group at Liu Mao, Heilongjiang Province, China [A]//Proceedings of the 30th International Geological Congress. Amsterdam: VSP International Science Publishers, 1997: 59—74.
- [12]Раткин В В. Металлогения оловца и цинка Тихоокеанской окраины Азии Автореф. Дисс. На соискание уч. Степени доктора г м наук. Владивосток, 1995: 36.
- [13]Sengor A M C, Natalin B A. Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis. The tectonic evolution of Asia [M]. University of Cambridge: Cambridge University Press, 1996: 486—640.
- [14]Парфенов Л М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойд Северо-Востока Азии [M]. Новосибирск: Наука, 1984: 190.