

文章编号: 1008-0058(2001)03-0224-06

吉林延边地区中生代火山岩 金铜成矿系列及区域成矿模式

贾大成^{1,2}, 胡瑞忠¹, 冯本智², 卢焱²

(1. 中国科学院 地球化学研究所矿床地球化学开放实验室, 贵阳 550002; 2. 吉林大学 地球探测与信息技术学院, 吉林 长春 130026)

摘要: 延边地区为我国东部滨太平洋的一个重要金、铜—(多金属)矿化集中区。成矿带在时、空和物质组成上主要受控于中生代火山—岩浆侵入作用, 形成多种金、铜矿床类型组合的成矿带。在分析成矿带内不同矿床成因类型的基础上, 建立了该成矿带的成矿系列, 即斑岩铜钼、火山热液金银、次火山热液金银铅锌成矿系列。将成矿系列控矿条件和火山—岩浆侵入作用相结合, 探讨成矿系列的构造环境和成矿模式。

关键词: 成矿系列; 矿床成因类型; 构造环境; 成矿模式

中图分类号: P618.5; P618.41 **文献标识码:** A

延边地区为我国东部滨太平洋带的一个重要金、铜—(多金属)矿化集中区。成矿带在时、空和物质组成上主要受控于中生代火山盆地和盆地间由浅成侵入体构成的隆起区, 形成多种矿床类型的金、铜、及钼、银、铅、锌成矿带^[1]。不同矿床在成矿时、空和物质组成上均与该区中生代陆相火山—浅成岩浆作用有着密切成因联系, 矿床之间彼此在时间、空间和成因上也有密切联系, 构成一个统一的成矿系列。成矿系列的概念自70年代末在我国提出以来^[2], 在概念和内容及研究范围上都得到了不同程度的发展^[3], 在成矿系列研究中都强调了陆相火山岩(次火山岩)Cu、Au、U、Ag、Pb、Zn系列和与中、酸性浅成侵入活动有关的成矿系列等^[4]。与火山岩、次火山岩、斑岩有关的金、银及多金属矿可以作为一个大的成矿系列, 进一步的划分则应依据具体成矿带和矿床形成的构造环境、火山岩特点、矿床组合等因素综合考虑, 从而体现具体成矿带的区域成矿系列特征。

1 容矿火山岩系

延边地区天宝山—小西南岔中生代火山岩带总体呈北东东走向, 主要由上侏罗统刺猾沟组和下白

垩统金沟岭组安山岩—英安岩—流纹岩及粗面安山岩构成。火山岩带表现为若干火山盆地和局部隆起的相间排列, 在火山盆地中又表现为若干个火山机构相间排列。从喷发旋回的层序可以反映出先喷发后溢流, 最终为次火山岩、浅成侵入岩的火山岩产出特征。成矿带火山岩的产出具有四个共同特征: (1) 严格受基底断裂构造控制, 尤其是不同方向断裂的交汇部位; (2) 在活动方式上呈中心式多旋回喷发, 常常先是以熔浆上拱, 喷发和喷溢两者相间进行; (3) 破火山口内地层环形展布, 中心部位岩性相复杂, 以多相火山杂岩组成; (4) 在破火山口构造范围内, 断裂破碎十分发育, 常形成近等轴状的构造密集区, 并有环状及放射状张性断裂, 控制含金石英—方解石脉的产出。

含矿火山岩系的岩石组合以中基性—中酸性岩石为主, $w(\text{SiO}_2)$ 为 49%~77%, 众值为 54%~65%, 组合指数 $\delta = 1.8 \sim 4.5$, $w(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{MgO})$ 比值一般 > 2 , $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 5.81%~8.17%, $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 平均为 0.6。在火山岩分类 TAS 图解中, 表现出以玄武岩、安山岩、英安岩组合为主, 但仍有相当数量的玄武粗安岩、粗安岩、粗面岩组合, 既含有钙碱性系列, 又含有碱性系列,

收稿日期: 2001-02-21

基金项目: 中国科学院矿床地球化学开放实验室基金(2000)资助项目

作者简介: 贾大成(1958-), 男, 辽宁新民县人, 高级工程师, 博士后, 主要从事矿床地球化学研究。

火山岩投点沿着钙碱性系列和碱性系列的界线呈线性分布, 表明为统一的岩石系列, 即属于偏碱性的钙碱性系列。在 $w(K_2O) - w(SiO_2)$ 的分类和 $w(K_2O)/w(Na_2O) - w(SiO_2)$ 图解中, 表现为中钾—高钾岩系的特点。表明区内火山岩系明显不同于典型的钙碱性火山岩系列, 属于相对富钾的钙碱性火山岩系列。该火山岩系列与大兴安岭陆内火山岩系列相比, 其碱质含量略低, 相当于李兆霖提出的碱钙系列和邓晋福等提出的高钾钙碱性系列(HK-CA)^[3]。

2 区域成矿特征

2.1 矿床与火山岩系空间产出的一致性

矿床的形成是在一定地质历史发展阶段, 由多种地质作用和成矿作用在特定环境下演化的结果, 因此在特殊的成矿环境下往往形成某些成矿元素的高度富集直至形成工业矿床。延边地区五凤—小西南岔北东东向的 $J_3 - K_1$ 时期的火山—岩浆侵入岩

带即构成这一时期的特殊成矿环境, 使 Au、Cu、及 Mo、Ag、Pb、Zn 等元素在火山—岩浆侵入带内富集, 形成以金及铜、钼为主的金属矿化集中区, 构成东西长 135 km, 南北宽 20~30 km 的 Au、Cu、及 Mo 等矿床的密集带(图 1)。

在该成矿带内, 火山岩型和次火山岩型矿床多产于火山盆地内的边缘地带, 如五凤金矿、闹枝金矿、刺猬沟金矿、五星山金矿等矿床。而与浅成岩浆侵入体和斑岩有关的矿床则多产于火山盆地边缘的隆起区, 如天宝山多金属矿、九三沟金矿、苍林斑岩钼矿、小西南岔金铜矿等。

2.2 成岩成矿时间的连续性

区内不同类型矿床与火山岩、次火山和浅成侵入体在形成时代上具有一致性。矿体形成于火山喷发的末期, 与次火山岩脉互相穿切。从火山喷发至喷发末期为 147.5~130 Ma, 其喷发期间约为 17.5 Ma。五星山钾长花岗岩 Rb—Sr 等时线年龄为 137 Ma^[6], 小西南岔成矿前黑云母斜长花岗岩 Pb—Pb

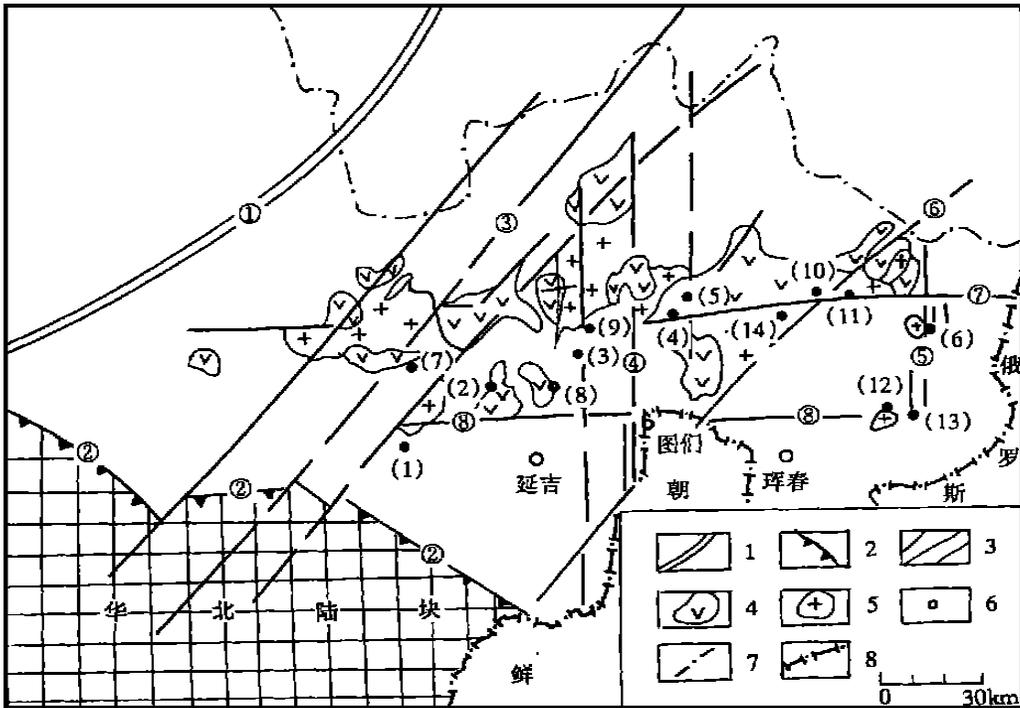


图 1 延边地区中生代火山—浅成侵入岩带及主要矿床略图

Fig. 1 Mesozoic volcanic—hypabyssal intrusive magma belt and deposits in Yanbian area

- 1. 岩石圈断裂; 2. 陆块边缘断裂; 3. 深断裂带; ①. 敦密断裂 ②. 古洞河断裂; ③. 两江断裂; ④. 图们江断裂; ⑤. 小西南岔断裂; ⑥. 鸭绿江断裂; ⑦. 敦化—杜荒子断裂; ⑧. 八道—三道沟断裂; 4. 中生代火山岩; 5. 燕山期浅成侵入体; 6. 矿床: (1)天宝山多金属矿; (2)五凤—五星山金矿; (3)闹枝金矿; (4)刺猬沟金矿; (5)干沟金矿; (6)小西南岔金铜矿; (7)金矿屯金矿; (8)春兴金矿; (9)富岩金矿; (10)九三沟金矿; (11)杜荒金矿; (12)三道沟金铜矿; (13)农坪金铜矿; (14)苍林斑岩钼矿; 7. 省界; 8. 国界

等时线年龄 $149 \text{ Ma}^{[1]}$, 表明次火山岩也具有相同的侵入期。闹枝金矿床矿石石英包体 $^{39}\text{Ar}-^{40}\text{Ar}$ 快中子活化年龄为 $127.8 \text{ Ma}^{[1]}$, 小西南盆矿化燕山期侵入体 $\text{K}-\text{Ar}$ 年龄为 $117 \sim 104 \text{ Ma}^{[1]}$, 表明主成矿期为 $130 \sim 104 \text{ Ma}$, 反映火山岩型和次火山岩型矿床是在火山喷发末期的产物, 构成成岩成矿的连续演化过程。即从 147.5 Ma 到 104 Ma 的燕山早—晚期的构造—岩浆成矿时期。

区内不同矿床类型所表现出来的时间和空间上的一致性, 表明区内不同矿床类型是受一个区域成矿作用而形成的, 具有一个统一的成矿过程。只是由于具体控矿条件的差异而形成不同的矿床类型, 这一总体成矿作用是导致区内出现成矿系列的前提。

2.3 区域矿床类型的多样性

区内与 J_3-K_1 火山—岩浆侵入岩带有关的矿床(点)有 30 多个, 以往习惯将本区矿床类型统称为火山岩型, 与其相对应, 将区域成矿作用归纳为火山成矿作用。然而, 对区内不同矿床的研究表明区内存在着多种矿床类型, 这些矿床类型之间具有一定成因联系并受统一控矿条件控制, 因此正确认识和划分区内主要矿床成因类型, 对于全面反映区域成矿系列, 明确区域找矿方向, 选择合理有效的勘查技术方法都具有重要意义。国内外对火山岩区金矿提出了多种分类方案^[7], 在对五凤—小西南盆成矿带内典型矿床及矿点的成矿特征和成因认识的基础上, 依据成矿地质环境, 将区内与 J_3-K_1 时期有关的矿床(矿点)分为以下几个类型。

2.3.1 火山热液型矿床

矿床的形成与火山喷发活动有关, 多呈脉状赋存于熔岩、火山碎屑岩的火山背景下, 矿体受火山机构和火山喷发形成的环状、放射状裂隙控制, 成矿热液为与火山岩同源的深源含矿热液, 在近地表浅部可有部分地下水混合。成矿多发生于火山喷发的间歇期或末期。对火山岩型金矿床又可依据矿物组合和地热系统及形成时物化条件划分为冰长石—绢云母型(低硫型)和硫酸盐型(高硫型)。^①冰长石—绢云母型矿床: 形成于近中性或弱碱性环境下的火山热液型矿床。矿体产于火山机构中的环状和放射状裂隙中, 成矿滞后于容矿岩石 1 Ma 以上。具有绢

云母+冰长石+黄铁矿±绿泥石组合, 不出现硫砷铜矿和深源明矾石, 出现以硅化+绢云母化+钾化±绿泥石化组合的近矿蚀变带, 向外可出现绢云母+高岭土的次生混合泥化带, 最外为青盘岩化蚀变带。区内五凤金矿、刺猬沟金矿属于此类型。对冰长石—绢云母型矿床的再进一步划分, 则应按矿床形成时的垂向标高, 划分为近地表的热泉型金矿和浅成冰长石—绢云母—方解石型矿床。区内因剥蚀程度较强, 很少见到热泉型金矿床;^②酸性硫酸盐型矿床: 形成于酸性环境, 矿体多产于火山机构的核部, 成矿略晚于容矿火山岩。具有硫砷铜矿+黄铁矿±铜蓝+深成明矾石+高岭石组合。近矿蚀变为高级泥化(深成明矾石+高岭石), 外围为绢云母+高岭石+蒙脱石的混合蚀变, 最外为青盘岩化。该类型矿床在区内尚未出现或未划分出来。

2.3.2 次火山热液型矿床

指成矿与次火山岩脉有时、空及成因联系的矿床。蚀变发生在次火山岩体背景上, 矿体与次火山岩受同一构造控制, 次火山岩脉本身是矿体的真正围岩。发育硅化、钾化、黄铁矿化和碳酸盐化等蚀变, 成矿物质来源为与火山一次山岩同源的深源成矿流体, 矿床多形成于火山喷发盆地的边缘。区内闹枝金矿, 五星山金矿属此类型。按矿石产出特征可将次火山热液型矿床进一步分为次火山热液石英脉型金矿和次火山热液蚀变岩型金矿。

2.3.3 与浅成侵入体有关的矿床

区内主要指与燕山早期浅成侵入体有时、空和成因联系的矿床。矿床产于浅成侵入体顶部及其附近, 矿床形成于地表以下一定深度, 成矿岩体为 $< 1 \text{ km}^2$ 的小岩体, 成矿温度为高一中温, 成矿深度较火山岩型和次火山岩型更大^①。按矿体产出和岩体特征可将该类型矿床进一步划分为:^①斑岩型矿床: 矿体产于浅成斑岩体顶部及斑岩体内, 成矿物质与斑岩体具有同一来源, 如小西南盆北山铜钼矿床、苍林斑岩型 Mo 矿点等;^②浅成侵入岩热液型矿床: 矿体以脉状产于浅成侵入岩体附近围岩中, 成矿物质和热液来源于浅成侵入体。依据矿石类型又可分为石英脉型和蚀变岩型两种, 前者如小西南盆南山与石英闪长岩株有关的石英脉型金铜矿体, 后者如与花岗斑岩体有关的复兴屯蚀变岩型金矿点。

2.3.4 隐爆角砾岩型矿床

矿体产于隐爆角砾岩筒中。区内以天宝山新兴铅锌矿床和九三沟金矿床为典型代表。

^① 周永昶. 吉林汪清县闹枝、刺猬沟金矿床. 科研报告, 1990.

2.3.5 夕卡岩型矿床

取决于浅成侵入体和碳酸盐围岩条件。区内体现为与基底碳酸盐地层的分布有关, 以天宝山立山多金属矿床为典型代表。

3 区域成矿系列

根据上述区域成矿与火山岩—浅成侵入体的时空关系、矿床类型以及它们同受火山—侵入成矿系统控制的特征, 可确定出区域成矿构成火山、次火山—斑岩金铜及钼铅锌银成矿系列。火山、次火山—斑岩金铜成矿系列是指在一定的地质时期, 与一定的大地构造环境相联系, 成因上与火山作用、次火山作用、浅成岩浆侵入作用有关的一系列金铜等的矿床组合。它不是单一的火山岩型或爆破角砾岩型矿床等的成因类型, 而是一个矿床成因组合系列。只不过由于具体的成矿地质条件和控矿因素不同才形成了不同的矿床类型, 但它们之间是有联系的。在一些成矿带中或一个火山盆地中通常发现若干个火山、次火山热液型、浅成岩浆热液型、斑岩型、爆破角砾岩型、夕卡岩型矿床在空间上伴生或同位叠加成矿, 它反映了受同一大地构造环境控制, 同一火山—岩浆作用的各种不同成矿方式。根据延边中生代火山岩成矿环境、容矿火山岩系、矿床组合等特点, 将该区成矿系列特征列于表1。研究矿床成矿系列空间上的共生组合, 可以根据一种矿床的出现来预测另一种矿床, 拓宽找矿思路。

4 区域成矿系列构造环境和成矿模式

4.1 区域成矿系列构造环境

成矿的早侏罗—晚白垩世在吉林东部乃至整个欧亚大陆的东部边缘的地史演化中是一个重要的构造环境转折时期, 即由原来的古亚洲特提斯构造域转变为环太平洋构造域, 构造方向也发生了重大转变。毛景文等在研究了我国东部大规模成矿环境和特点时, 提出大爆发式成矿作用往往发生于特殊的构造环境和构造环境转折变化的时期^[8]。这也正是区内出现 Au、Cu 成矿密集区的成矿动力学原因。

延边地区中生代火山岩带作为环太平洋东亚大

陆边缘巨型火山岩带的组成部分, 在初始研究成果中, 将本区构造环境概括为环太平洋构造带或库拉—太平洋板块俯冲陆缘挤压带^[9], 形成钙碱性火山岩系列, 这对于研究区域成矿系列的构造环境就显得过于笼统。随着近代环太平洋古板块研究的深入, 基本可以复原出太平洋西部各期古板块的演化历史和作用方式和运动速率^[10]。本区的构造—岩浆及成矿作用主要是与伊泽奈崎(晚侏罗—早白垩世)古板块的北西向俯冲有直接关系, 总体上属于俯冲带陆缘一侧的活动陆缘。伊泽奈崎板块以 5.3~30 cm/a 的速率向 NW 方向运动, 与欧亚大陆东缘形成小角度(28°±)斜向俯冲, 由此产生活动陆缘的大规模左行剪切构造带, 不仅形成了以郯—庐断裂带、鸭绿江断裂带、大兴安岭主峰等一系列北东向剪切带为代表的大规模左行剪切带, 而且形成断隆和断拗火山沉积盆地斜列式相间排列。区内北东向断裂带即为一系列平行的剪切带, 在左行压扭性剪切构造应力场控制下, 形成剪切拉分火山盆地, 并与断隆斜列式相间排列。构成区域内剪切拉分与剪切挤压斜列交互出现的动力学环境。区内这种左行剪切的成矿动力学条件与该区偏碱质的钙碱性火山岩系所反映的构造环境相一致。

4.2 区域成矿模式

伊泽奈崎大洋板块快速斜向俯冲, 形成一系列大型走滑剪切深大断裂带, 这些断裂带可深达上地幔乃至切割岩石圈。这种剪切的构造环境改变了原来地体拼贴挤压的构造环境和构造应力场, 至使前侏罗纪基底岩系构成的岩石圈拆离并下沉(冷地幔柱), 造成岩石圈减薄和软流圈地幔的上升, 并沿大型剪切走滑构造带形成热幔柱构造环境。热幔柱的上升导致底侵作用的产生, 热幔柱在约 100 km 深处首先交代和部分熔融岩石圈地幔, 形成初始玄武质岩浆, 初始玄武质岩浆在上升过程中及地幔岩浆房分别发生橄榄石和辉石的分离结晶作用, 当向上运移到 80~90 km 时, 其成分转化为玄武安山质或安山质高钾钙碱性火山岩系的成岩母岩浆。成岩母岩浆沿剪切构造带进入地壳并结晶形成偏碱质的钙碱性火山岩系。

表1 延边地区中生代火山、次火山—斑岩型成矿系列特征

Table 1 The mesozoic volcanic—subvolcanic—porphyry type metallogenic series in Yanbian area

特征	天宝山地区	五凤—五星山	闹枝	刺猬沟	小西南岔	苍林	区域成矿系列特征
元素组合	Cu—Mo Cu—Pb—Zn	Au Au—Ag—Cu —Pb—Zn	Au—Cu—Pb —Zn	Au Au—Ag—Cn Pb—Zn	Cu—Mo Au—Cu Sb—Au	Mo—Cu	Au—Cu— Mo—Pb—Zn —Ag—Sb
赋矿部位	火山盆地间的局部构造隆起, 浅成侵入体内外接触带	火山盆地边缘, 破火山口放射状, 环状裂隙	火山盆地间的局部断块隆起, 浅成侵入体内外接触带	火山盆地边缘, 破火山口, 放射状, 环状裂隙	局部构造隆起, 浅成侵入体内外接触带	局部构造隆起, 浅成侵入体内外接触带	火山盆地边缘和其间隆起区, 放射状, 环状裂隙, 浅成侵入体内外接触带
与成矿有关岩浆作用	花岗斑岩, 花岗闪长质隐爆角砾岩筒偏碱质钙碱性火山岩	次粗面安山岩, 安山岩, 偏碱质钙碱性火山岩	次安山岩, 闪长玢岩, 偏碱质钙碱性火山岩	次粗面安山岩, 闪长玢岩, 安山岩, 偏碱质钙碱性火山岩	花岗斑岩, 闪长玢岩, 偏碱质钙碱性火山岩	花岗闪长斑岩, 偏碱质钙碱性火山岩	偏碱质钙碱性火山岩, 次粗面安山岩, 次安山岩, 闪长玢岩, 花岗斑岩
矿体产出形式	细脉浸染状脉状, 角砾状块状	脉状 网脉浸染状	脉状	脉状	脉状 细脉浸染状	细脉浸染状	脉状, 细脉浸染状, 角砾状
矿床类型及组合	夕卡岩型 隐爆角砾岩筒型 斑岩型	火山热液脉型 次火山热液脉型	次火山热液脉型	火山热液脉型	斑岩型 浅成热液脉型	斑岩型	火山—次火山热液脉型—斑岩型—隐爆角砾岩筒型—夕卡岩型
矿化类型及蚀变	夕卡岩多金属矿化 斑岩 CuMo 矿化, 隐爆角砾岩 PbZn 矿化 绿泥石化 硅化 钾化 夕卡岩化	石英脉型, 冰长石—石英脉, 方解石—石英脉型 Au 矿化 冰长石化 绢云母化 钾化 硅化	石英脉型, 冰长石—方解石—石英脉型 AuCuPbZn 矿化 硅化 绢云母化 碳酸盐化	石英脉型, 冰长石—石英脉, 方解石—石英脉型 Au 矿化 冰长石化 绢云母化 钾化 硅化	斑岩型 Cu—Mo 矿化, 浅成热液脉型 AuCu 矿化和 SbAu 矿化 绢云母化, 钾化, 绿泥石化, 碳酸盐化	斑岩 CuMo 矿化 硅化 钾化 绿泥石化	石英脉型 Au 矿化, 冰长石—方解石—石英脉型 Au 矿化, 斑岩 CuMo 矿化, 隐爆角砾 PbZn 矿化, 夕卡岩多金属矿化, 冰长石化, 绢云母化, 钾化, 硅化
成矿地质环境	陆缘剪切火山岩—浅成侵入杂岩带	陆缘剪切火山岩—浅成侵入杂岩带	陆缘剪切火山岩—浅成侵入杂岩带	陆缘剪切火山岩—浅成侵入杂岩带	陆缘剪切火山岩—浅成侵入杂岩带	陆缘剪切火山岩—浅成侵入杂岩带	陆缘剪切火山岩—浅成侵入杂岩带
成矿相对顺序	夕卡岩型→隐爆角砾岩型	火山热液脉型→次火山热液脉型	次火山热液脉型	火山热液脉型→次火山热液脉型	斑岩型 Cu—Mo→浅成热液脉型 AuCu→浅成热液脉型 AuSb	斑岩型	斑岩型, 夕卡岩型→火山热液脉型→次火山热液脉型, 隐爆角砾岩型
同位素组成(平均值)	$\delta^{45}\text{S}$: -1.24‰	$I\text{Sr}$: 0.701 89 $\delta^{45}\text{S}$: -1.24‰ $\delta^{34}\text{S}$: -8.0‰ $\delta^{80}\text{S}$: -4.93‰ δD : -93‰	$I\text{Sr}$: 0.703 605 $\delta^{45}\text{S}$: -1.24‰ $\delta^{34}\text{S}$: -10.3‰ $\delta^{80}\text{S}$: -0.15‰ δD : -102‰	$I\text{Sr}$: 0.704 22 $\delta^{34}\text{S}$: -1.24‰ $\delta^{13}\text{C}$: -7.7‰ $\delta^{18}\text{O}$: 2.97‰ δD : -99‰	$I\text{Sr}$: 0.704 90 $\delta^{45}\text{S}$: -1.24‰ $\delta^{34}\text{S}$: -5.4‰ $\delta^{80}\text{S}$: 2.06‰ δD : -61‰		$I\text{Sr}$: 0.703 65 $\delta^{45}\text{S}$: -1.24‰ $\delta^{34}\text{S}$: -7.9‰ $\delta^{80}\text{S}$: -2.54~+2.42‰ δD : -89‰

当深源流体及气体状态 Au、Ag、Cu 等元素随地幔柱向上运移到较浅部位, 一部分气体转变为液相, 形成气液混合相的幔源 HACONS 混合流体^[1], 到 80~100 km 深时, 由于其热力和能量使地幔岩石部分熔融, 因此含矿热液应是深源含矿流体与地幔岩部分熔融产生初始玄武岩浆过程中分离出来的含矿地幔气-液流体的混合。地幔岩石部分熔融增加了成矿物质, 并沿火山通道网络向上运移, 岩浆多旋回喷发、多期次侵入, 后期富含成矿物质的次火山岩和含矿热液的持续上侵, 交代火山岩系, 与地表异源环流水结合, 沿火山机构及脆性断裂贯入成矿, 由于上升不同部位和不同围岩形成的物理化学条件差异, 构成多种致使矿质沉淀富集的地球化学障, 形成同一区域成矿作用下的不同矿床类型组合。

上述成矿是一个复杂的深部壳幔成矿作用过程, 从热幔柱形成、上拱到上地幔岩石部分熔融, 形成深部幔源含矿流体, 再到岩浆与含矿流体上升与地壳环流水部分混合, 形成蚀变矿化带和矿体, 构成一个完整的成岩、成矿演化过程。从火山岩形成时代(147.5 Ma), 浅成侵入体年龄(137 Ma), 到矿体形成年龄 127.8~130.1 Ma, 构成约 17.4~19.7 Ma 时间间隔的成岩-成矿期, 如此长期持续的能量释放, 为区域成矿系列的形成提供了丰富的物质和能量来源。

参考文献:

- [1] 芮宗瑶, 张洪涛, 王龙生, 等. 吉林延边地区斑岩型-浅成热液型金铜矿床[J]. 矿床地质, 1995, 14(2): 99-126.
- [2] 程裕淇. 再论矿床的成矿系列问题[J]. 中国科学院院报, 1983.
- [3] 翟裕生. 成矿系列研究[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1996.
- [4] 冯建忠, 王京彬, 梅友松. 论中国火山次火山岩-斑岩金铜成矿系列[J]. 地质与勘探, 2000, 36(3): 1-4.
- [5] 邓晋福, 赵国春, 赵海玲, 等. 中国东部燕山期火成岩构造组合与造山-深部过程[J]. 地质论评, 2000, 46(1): 41-48.
- [6] 刘文达, 万玉胜. 吉林延边北部火山岩型金矿地质特征及成矿规律[J]. 吉林地质, 1984, (4): 1-13.
- [7] 刘连登, 陈国华, 吴国学, 等. 我国浅成热液金矿的分类探讨[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(3): 222-226.
- [8] 毛景文, 华仁民, 李晓波. 浅议大规模成矿作用与大型矿集区[J]. 矿床地质, 1999, 18(4): 291-298.
- [9] 黄汲清, 任纪舜. 中国大地构造及其演化[M]. 北京: 科学技术出版社, 1981.
- [10] 丸山茂德, 濑野澈三. 日本列岛周围的板块相对运动和造山运动[J]. 国外地质, 1987, (3): 1-10.
- [11] 杜乐天. 地壳流体与地幔流体的关系[J]. 地学前缘, 1996, 3(4): 172-180.

GOLD—COPPER METALLOGENIC SERIES AND METALLOGENIC MODEL OF MESOZOIC VOLCANIC BELT IN YANBIAN AREA, JILIN PROVINCE

JIA Da-cheng^{1,2}, HU Rui-zhong¹, FENG Ben-zhi², LU Yan²

(1. LODG Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China; 2. College of Geo-exploration and Information Technology, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: The Yanbian Mesozoic volcanic belt is one of the main gold and copper metallogenic belts in China. The metallogenic belt was controlled by action of Mesozoic volcanic-magmatic intrusion. Based on the analysis of deposit genetic type in the belt, the gold-copper metallogenic series, that is the porphyry Cu-Mo-volcaniogene hydrothermal Au-Ag and subvolcaniogrnr hydrothermal Au-Ag-Pb-Zn-series has been put forward. The tectonic setting and metallogenic model has been discussed.

Key words: metallogenic series; deposit genetic type; tectonic setting; metallogenic model