

闽中地区金属矿床成矿作用及区域成矿模式*

Mineralization process and metallogenic model of metal deposits in central Fujian Province

张 达^{1,2}, 吴淦国^{1,2}, 高天钧³, 狄永军^{1,2}, 余心起^{1,2}, 黄火剑^{1,2}

(1 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2 中国地质大学岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083; 3 福建地勘局, 福建 福州 350003)

ZHANG Da^{1,2}, WU GanGuo^{1,2}, GAO TianJun³, DI YongJun^{1,2}, YU XinQi^{1,2} and HUANG HuoJian^{1,2}

(1 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Key Laboratory of Lithospheric Tectonics and Lithoprobe Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3 Bureau of Geological Exploration and Development of Fujian Province, Fuzhou 350003, Fujian, China)

摘 要 根据闽中地区矿床、矿化特征及成因特征, 将该区划分为 7 个成矿系列、15 个矿床式。成矿系列一般表现为复合型, 主要特征是早期形成的矿化层位, 后期 (特别是燕山晚期) 受到强烈的岩浆热液叠加改造。主要铅锌铜矿床都是在新元古代裂谷构造环境中形成的, 并受到了后期强烈的构造岩浆叠加改造。与成矿有关的岩浆作用方式有多种多样, 包括不同时期的海相火山及陆相火山作用, 潜火山和中浅成侵入作用等。在对该区成矿构造环境、成矿特征、矿产时空分布规律认识的基础上, 提出了闽中金属矿床区域成矿模式。

关键词 成矿系列; 成矿作用; 金属矿床; 闽中

闽中地区已查明的金属矿床以铅、锌、银、铜、金、钼、铁为主, 在该区存在有大型或中型规模的矿床产出; 其次有铌、钽、钨、锡、钴、锰等中小型矿床产出。总体上由于构造岩浆成矿演化历史的久远及成矿物质来源的差异性导致该区矿种产出的多样性。同样具有复杂演变过程的是该区成矿作用及矿床类型。闽中地区矿床类型也较繁多, 主要类型包括海底火山或海底热水喷气 (流) 沉积型及岩浆热液改造型、动热变质热液型、侵入接触交代型、岩浆热液及构造充填型矿床等。闽中地区经历了长期的地质演化过程 (早元古代—新生代), 沉积建造、岩浆活动、构造系统等已变化得非常复杂。本文拟在研究闽中地区金属矿床成矿系列及成矿作用的基础上, 提出该区金属矿床的区域成矿模式。

1 成矿系列特征

1.1 成矿系列划分

根据闽中及相邻区矿床同位素年代学特征及成矿时代分布规律, 结合不同类型矿床地质特征、成矿作用特征及矿床空间分布规律, 从时代演化角度, 直接对不同时代的成矿系统进行划分, 确定不同成矿系列的主要矿床 (类型) 式, 并对代表性的矿床进行研究。同时在成矿系列划分过程中强调成矿系列产出的构造单元及其形成时相对应的构造环境。在成矿系列研究的基础上, 进一步研究不同成矿系列的时空演化规律, 以期对该区矿床成矿系统演化过程的总体深入认识。由于本项目重点对该区铜、铅、锌多金属矿床进行研究, 因此在成矿系列研究过程中重点研究与铜铅锌银多金属有关的成矿系列。

闽中地区主要构造单元包括闽中裂谷带、闽东火山断陷带及闽西南拗陷带。其中以新元古代裂谷带为

*本文得到国家自然科学基金项目(40372050), 地质大调查资源评价项目(1212010533105)的资助

该区构造单元的主体,在其东部和南部分别分布有其余2个构造单元。因此成矿系列将以前寒武纪成矿作用为主体。但由于该区受到后期强烈的构造、变质及岩浆热液的叠加改造,因此矿床的最终形成应该不是一个时代的成矿作用结果,而是经过了多期次叠加改造等复合成矿作用。因此在矿床系列的研究中,将矿床形成的每个过程都在不同时代的成矿系列中反映出来。通过对该区成矿系列整体的研究,可以对一个矿床形成的完整轨迹有清晰认识。

综合闽中地区矿床、矿化特征及成因特征,将该区划分为7个成矿系列。矿床成矿系列划分方案如下:

I. 与新元古代弧裂谷海底火山-沉积喷流(气)作用有关的铜(钴)铅锌银成矿系列,主要矿床类型有东岩式、水吉式、峰岩式、丁家山式、夏山式; II. 与加里东期区域变质、岩浆热液活动有关的金矿化及与花岗岩混合岩化有关的伟晶岩型铌钽成矿系列,主要矿床类型有西坑式铌钽矿床、肖坂-双旗山式金矿及何宝山式金矿的初步富集; III. 与晚古生代拗陷盆地内(闽中以南)局部裂谷火山喷气作用有关的块状铁、铜铅锌矿床,矿床类型有龙凤场式; IV. 与早侏罗世幔壳混源花岗岩质岩浆有关的金多金属矿床成矿系列,主要矿床有肖坂-旗山金矿、何宝山金矿、上村金矿、白仁岩金矿、小坑金矿、大丘埂金矿等; V. 与晚侏罗世中酸性花岗岩有关的锡、钼、钨、铅、锌、金矿床成矿系列,主要有龙凤场式铅锌铜银矿、遂昌冶岭头金矿床; VI. 与早白垩世中酸性斑岩-作用有关的铜、钼、金、银、铅、钨、锡成矿系列,矿床类型较为广泛,主要有紫金山式(硫酸盐型-高硫型)、冷水坑式、岩背式、悦洋式(冰长石、绢云母型-低硫型)、行洛坑式、萝卜岭式、赤路式、奇美式等; VII. 与晚白垩世陆相火山作用及热液活动有关的金银铅锌硫铁成矿系列,主要分布在武夷山隆起带、永梅拗陷带与北西向陆相火山带叠加复合部位及沿海火山断陷带上。矿床类型有主要矿床有浙江东部大型及超大型典型非金属矿床、闽中裂谷带热液叠加改造作用、岭头坪式金矿床、银坑式层状铅锌矿床、屏峰式层状硫铁铅锌矿床。

1.2 成矿系列分布规律

从以上不同时代成矿系列特征可以得出成矿系列的一些空间分布规律。总体上看,该区成矿系列一般都表现为复合型,主要特征是早期形成的矿化层位,后期(特别是燕山晚期)受到强烈的岩浆热液叠加改造。其中闽中裂谷带新元古代海底火山喷流沉积铅锌铜矿床、闽西南拗陷石炭—二叠纪海底火山喷流沉积型铅锌铁多金属矿床都受到了后期强烈的岩浆热液叠加改造。

新元古代海底火山喷流沉积型块状硫化物矿床主要分布在政和一尤溪一带的裂谷带上,加里东期与混合花岗岩有关的伟晶岩型铌钽钨锡矿成矿系列主要分布在南平—宁化构造岩浆带上,而金元素的活化富集在整个变质岩地层中都有明显表现。晚古生代与海底火山喷流作用有关的矿床成矿系列主要分布在闽中南部的闽西南拗陷。和早侏罗世有关的金矿成矿系列主要分布在原变质岩基底地层之上,但空间上和政和—大埔断裂带及崇安—石城断裂带相关。晚侏罗世—早白垩世成矿系列则主要集中在火山盆地边缘地带,闽中地区则主要集中在政和—埔城断裂带火山盆地周缘地带。

闽中裂谷和海底火山喷流沉积有关的铅锌铜块状硫化物矿床在不同部位表现型式也有差异,这种差异主要表现为处于裂谷盆地中的位置不同,如丁家山可能处于火山喷流口附近,峰岩则处于喷流口外侧,水吉矿床处于盆地中较深的部位,而夏山铅锌矿床后期改造作用强烈。

该区矿床成矿系列除加里东期和区域挤压环境一致外,其余成矿系列都是在张性构造环境中形成的,说明区域构造演化过程中整体拉张环境对于成矿作用是非常有利的。

2 区域成矿作用特征

根据闽中地区区域成矿系列特点,该区主要铅锌铜矿床都是在新元古代裂谷构造环境中形成的,并受到了后期强烈的构造岩浆叠加改造。除此之外,该区铜铅锌矿床在燕山晚期直接由岩浆作用所形成,构成了闽中地区区域成矿作用的最大特色。与成矿有关的岩浆作用方式多种多样,包括不同时期的海相火山及陆相火山作用,潜火山和中浅成侵入作用等。通过对典型矿床调查、成矿系列研究,总结出与岩浆作用有关的成矿是该区最重要的特征,主要存在以下几个主要的成矿作用类型。

2.1 海底喷气(喷流)作用

区内一批大型铅锌铜银矿床由其形成。主成矿时代是新元古代及晚古生代, 构造环境为拉张的裂谷, 成矿作用与地壳拉张及壳幔作用而形成的双峰式火山岩有关。其中又可按照火山岩浆的成分而分成变质基性火山岩的层控硫化物型大型铅锌矿床、细碧角斑岩型中小型的铜钴矿及海底喷流沉积块状硫化物矿床。新元古代与裂谷活动有关的矿床主要有闽中梅仙峰岩、丁家山、八外洋等铅锌矿床。石炭纪中期由于地壳伸展作用而在海盆内形成多个张裂中心, 导致深源的火山及气液活动。福建龙岩和广东梅州及江西的铅山处于当时盆地内的凹陷中心。前者形成了与基性火山岩有关的马坑块状铁矿床, 后者则形成与海底远火山及喷气-热液有关的玉水块状铜铅矿床及永平式和枫林式铜硫钨矿床。

2.2 潜火山中低温热液成矿作用

是本区一种最具特色极其重要的成矿作用, 已发现的紫金山及台湾金瓜石大型-超大型金、铜矿床均由其形成。闽中地区沿宁德—浦城断裂带广泛分布中生代火山盆地, 该种成矿作用类型的矿化现象发育, 是铜多金属矿床的重要成矿作用类型。

2.3 斑岩成矿作用

本区由斑岩作用形成的大型-超大型矿床有铜、钨、钼、锡及铅锌银等。其成矿斑岩与全球范围内典型地区相比有许多共同点。斑岩铜矿是世界和中国主要找寻类型, 也是武夷山成矿带铜矿资源找寻的主要类型。武夷山成矿带特定的地质发展演化历史和构造岩浆活动特点有利于斑岩铜矿的形成和分布。世界 3 大主要斑岩铜矿带(古亚洲带、环太平洋带和古地中海带)都贯通中国地域, 分别构成古亚洲斑岩成矿带、滨太平洋斑岩成矿带和特提斯—喜马拉雅斑岩成矿带。武夷山成矿带位于环太平洋带的一个成矿单元。

2.4 变质作用及深成地质作用是本区形成金矿床的重要成矿作用

前震旦纪变质岩系中金元素的原始丰度并不很高(福建平均值 1.38×10^{-9} , 最高的是片岩类亦仅 2.6×10^{-9}), 因而对成矿作用的要求是必须能使之富集至千倍以上才能成为工业矿床。由此决定了金的成矿往往要在很长时期内经过多种作用的反复叠加方能完成。变质作用及深成地质作用即是这样一种重要的成矿作用。由此种作用形成的金矿床, 又可依照控矿构造的不同而分为 2 种型式。一类是产于剪切带(韧-脆性, 通常叠加脆性张裂的糜棱岩带断裂带), 另一类产于张性破碎带(脆性断裂带)。以前一类价值较大。

2.5 侵入接触交代作用形成广泛分布的中小型矿床

燕山期岩浆侵入至碳酸盐围岩时, 在其接触带往往形成矽卡岩矿床, 以铅锌银为主。侵入岩成分偏酸性, 地层层位从元古界到下三叠统都有。矽卡岩及矿体常沿一定层位和层间破碎带分布而成为层状矽卡岩矿床。此类矿床又往往围绕某个侵入岩体成群分布而形成矿田或矿集区。有的矿床内还见到有矿化的斑岩及爆破角砾岩类, 因而又与斑岩型矿床构成一种具有成因联系的共生组合系列。

2.6 岩浆热液、叠加改造及构造充填作用也能形成大型矿床

成矿与燕山期花岗岩的侵入和岩浆热液作用有关。矿体虽产于侵入接触外带的沉积岩地层内, 但随着距岩体的远近而呈现出成矿元素的水平分带特征。此外, 其控矿构造也比较特殊, 使主矿体成为一种似筒状体产出。

3 区域成矿模式

根据野外和室内研究成果及对该区成矿构造环境、成矿特征、矿产时空分布规律的认识, 拟对闽中古裂谷构造演化及区域成矿模式进行总结如下:

在全球新元古代裂解作用过程中, 闽西北—浙西南组成早元古代形成的华夏古陆的主体。虽然整个华南大陆都处于古陆核的增生阶段, 但闽中地区自早元古代以来一直处于离陆地较远的浅海地带。在新元古代由于华夏古陆向扬子板块的俯冲而在该区形成了一定规模的弧裂谷, 形成了一系列的裂谷盆地。在闽中地区发育至少两条北东向的裂谷带, 其规模虽不能和大型裂谷盆地类比, 但盆地中沉积建造及间隙式的双峰式火山作用及同生沉积构造发育齐全。闽中裂谷带是在早中元古代华夏地块稳定克拉通基底上发育而成

的,经历了晋宁期区域变质作用(851 Ma)、新元古代中期以来的(825 Ma)陆壳拉张阶段和加里东期碰撞闭合阶段。裂谷海北深南浅,沉积了数千米的复理石火山沉积建造(马面山群)。矿床形成时地壳较薄,金属元素主要来源于深部。华夏古陆在中元古代地壳和上地幔均较富于 Pb、Zn、Cu,尤其是前寒武纪变质基底,显示富集 Pb、Zn、Cu、Ag、Au 的特征。在新元古代,通过多次拉张,闽中地区当时处于次级海盆环境。正是由于在空间上,盆地位于几个构造单元的复合地段,具拉张的构造环境,有利于盆地基底岩层中张裂隙的广泛发育,从而导致了大规模矿化层位或“矿胚层”的形成。这种演变过程决定了闽中地区块状硫化物矿床的形成。建阳水吉、建瓯八外洋及尤溪梅仙(包括丁家山及峰岩矿床)铅锌银矿是典型矿床。

加里东期,区域上由于隆起造山发生大规模的区域变质作用,较深层次的韧性剪切带发生褶皱。变质热液对前寒武纪地层中金元素进行了初步的活化及富集。在经历大规模压缩体制下的褶皱变形和隆起之后,在印支末期,新元古代变质岩中韧性剪切带叠加了浅层次的脆性变形。之后,在燕山早期,随着东南沿海大面积的火山喷发,广泛发育深成的中酸性侵入岩,它们拥有极大的热源和流体源,为地层和变质岩中金等成矿因素的活动和参与成矿提供了必要的热动力条件,由于熔融的地层岩石含金较高,因此该岩浆分异结晶后的残留热液中也含有较高的金元素,随着岩浆热液向地壳浅部的运移,不断萃取地层岩石中的金等成矿元素,形成富含金元素的含金热液;同时在岩浆热液作用下,部分地下水升温,萃取地层中的金元素,也加入到成矿热液中;当这些含矿热液进入韧脆性断层中,由于该断层具压扭性的力学性质和岩石的片理化,含矿热液顺该断层迁移并交代构造岩,形成蚀变岩型金矿石(双旗山金矿、七宝山金矿、何宝山金矿),当局部交代彻底时,形成交代硅质岩(石英脉)金矿体(上村金矿)。

早中石炭世闽中南部闽西南坳陷由于拉张环境出现了短暂的局部的裂陷环境,发生了火山沉积作用,形成基性玄武岩浆。携带大量成矿物质及热能的火山热液与沉积围岩充分反应,形成具海底热液喷气(流)沉积改造型铁(龙凤场式)矿床。这种类型的局部裂陷带在早二叠世末期及早三叠世末期也有表现,形成小型 Pb、Zn、Cu 矿床等。

在印支末—燕山早期的早侏罗世梅州盆地由于局部张性环境而产生海底火山喷发作用,其中火山作用产生大量的银锑等成矿金属元素与下侏罗统金鸡组的上段一套由黑色碳质页岩夹砂岩、灰岩组成的海相沉积物充分作用,形成海底喷流沉积型银锑矿床。

燕山早中期由于本区经历了挤压与伸展的交替作用,形成了大量的侵入花岗岩及推覆—滑脱构造。在接触带中易形成矽卡岩型矿床,在顺层滑脱构造带的虚脱部分则形成层状矽卡岩型矿床。

自新元古代海底火山喷流作用形成铅锌矿化层位以来,经历了加里东期、印支期改造,矿化层位发生变质及变形作用的叠加。

中生代以来,研究区发育一系列北东及北西向深大断裂,同时在古生代断陷盆地的基础上形成了一些中生代火山盆地和广泛的火山-侵入作用。在晚侏罗世陆相火山喷发活动末期,火山盆地边缘的断裂活动破坏了火山机构。花岗岩岩浆沿火山管道侵入于逆断层中并发生隐爆作用。在岩浆冷凝过程中,在大气降水参与下,逐步富集形成含矿流体,随之与花岗斑岩发生交代作用,形成浸染状、细脉浸染状矿化或沿断裂和层间破碎带充填成矿。晚白垩世大规模岩浆期后热液对早期形成的矿床特别是中元古代原始矿层或矿化层位进行了强烈的叠加,使矿体富集形成叠加改造型矿床。同时形成的赋存于陆相火山岩中的似层状矿床及热液脉型矿床也具一定规模。

参 考 文 献 略