

介绍大型矿集区的一种富集模式：多重圈闭等温场模式——以铜陵狮子山矿田为例

储国正

安徽省地质矿产勘查局,合肥,230001

内容提要:狮子山矿田是安徽铜陵地区乃至长江中下游地区重要的矿田之一。该矿田目前已探明铜、金等大中型矿床十多处,按赋存标高自下而上依次为:冬瓜山深部斑岩 Cu、冬瓜山 Cu、胡村 Cu、花树坡 Cu、大团山 Cu (Au)、老鸦岭 Cu、东、西狮子 Cu (Au)、鸡冠石 Ag、Au、Cu、Pb、Zn、包村 Au (Cu)、白芒山 Au 等矿床,达到大型-超大型规模,引起了国内外矿床地质学家的广泛关注。近年来又发现并勘查出几个独立岩金矿床,且在矿田深部 1000 多米处又发现了新的矿体,标志着该区找矿工作进入了一个新的阶段。多种矿床类型共存,铜矿与金矿配对,矿床(体)呈多层产出,是矿田的显著特色。矿田内业已发现矽卡岩型、层控矽卡岩型、斑岩型、中低温热液型和风化-淋滤型等矿床;既有以内生作用为主,又有以沉积作用为主的矿床,及二者的复合类型;铜、金可共生、伴生,也可形成各自独立的矿床;自深部斑岩铜矿至 C_{2+3} - T_2 中层状、脉状矿床,成矿垂深大。它们虽产于不同层位的地层中,主要表现为“多层楼”成矿特点,但其产出受统一构造、岩浆岩等多重圈闭因素制约而构成的统一的等温的岩浆-流体-成矿系统之中。在某种意义上说,狮子山矿田是铜陵地区乃至整个长江中下游成矿带的缩影和典型代表。因此,开展狮子山铜、金矿田的岩浆-流体-成矿系统的研究,建立其颇具特色的成矿模式,能指导该区乃至长江中下游地区的矿产勘查和开发,因而有着广阔的应用前景和实际意义。

关键词: 狮子山矿田;等温场;多重圈闭;成矿系统;成矿模式

铜陵地区位于长江中下游铁铜金多金属成矿带的中部,大地构造位置属于扬子板块北缘与华北板块的结合部位,亦即是大别山造山带前陆盆地中的次级隆起区(唐永成等,1998)。区内矿产资源丰富,尤其是铜金硫矿的成矿地质条件优越,找矿潜力较大,很长时期内被列为国家的重点找矿区之一。铜陵地区周边被四条断裂所围限(刘文灿等,1996),即北边以铜陵-南陵东西向隐伏基底断裂为界与繁昌火山岩盆地相接,南部为童埠-木镇东西向断裂,西以沿江断裂带为界与庐枞火山岩盆地隔江相望,东以麻桥-戴家汇断裂带与宣(城)南(陵)红色盆地为邻,面积约 1000km²(图 1)。

狮子山矿田位于铜陵市东 7km 处,其面积约 20km²,是铜陵地区目前储量最大的铜金矿田。构造位置上,处于区内铜陵市-沙滩角东西向断裂构造岩浆岩带与北东向顺安复向斜中青山次级背斜的交

汇部位,矿化发育于该背斜北段核部及其南东翼(储国正,1991)。卷入北东向褶皱的地层为上泥盆统五通组(D_3w)-中三叠统(T_2),岩性以碳酸盐岩、泥质页岩、硅质岩及砂页岩为主。矿田内侵入岩非常发育,多呈岩墙、岩枝产出,主要岩石以石英二长岩($\eta\delta O$)、花岗闪长岩($\gamma\delta$)为主,次为辉石二长闪长岩及二长花岗斑岩脉($\eta\gamma\pi$),其中前二者主要形成铜(金、银、铅、锌、硫、铁)矿化,而辉石二长闪长岩主要形成金、硫(银、铅、锌)矿化。

狮子山矿田是铜陵地区乃至长江中下游地区重要的矿田之一,矿田目前已探明铜矿等大中型矿床有十多处,铜资源储量超过 200 多万吨,近年来又发现并勘查出几个独立岩金矿床,且在矿田深部 1000 多米处又发现了新的矿体,是什么因素使得在如此有限的空间范围内造成巨量成矿元素的富集,形成如此多的矿床?因此有必要开展狮子山铜、金

注:本文由国家自然科学基金和“安徽铜陵狮子山铜金矿田成矿流体物理化学场与矿体定位的时空耦合”(编号 40472052)。收稿日期:2010-11-12;改回日期:2011-03-15;责任编辑:郝梓国。

作者简介:储国正,男,1957年生。安徽地质矿产勘查局总工程师,教授级高工。主要从事矿产地质研究和管理工。通讯地址:230001,合肥市屯溪路 296 号;电话:0551-4661496(兼传真);Email:chuguo Zheng@126.com。

DOI:CNKI:11-1951/P.20110512.0910.009 网络出版时间:2011-5-12 9:10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1951.P.20110512.0910.009.html>

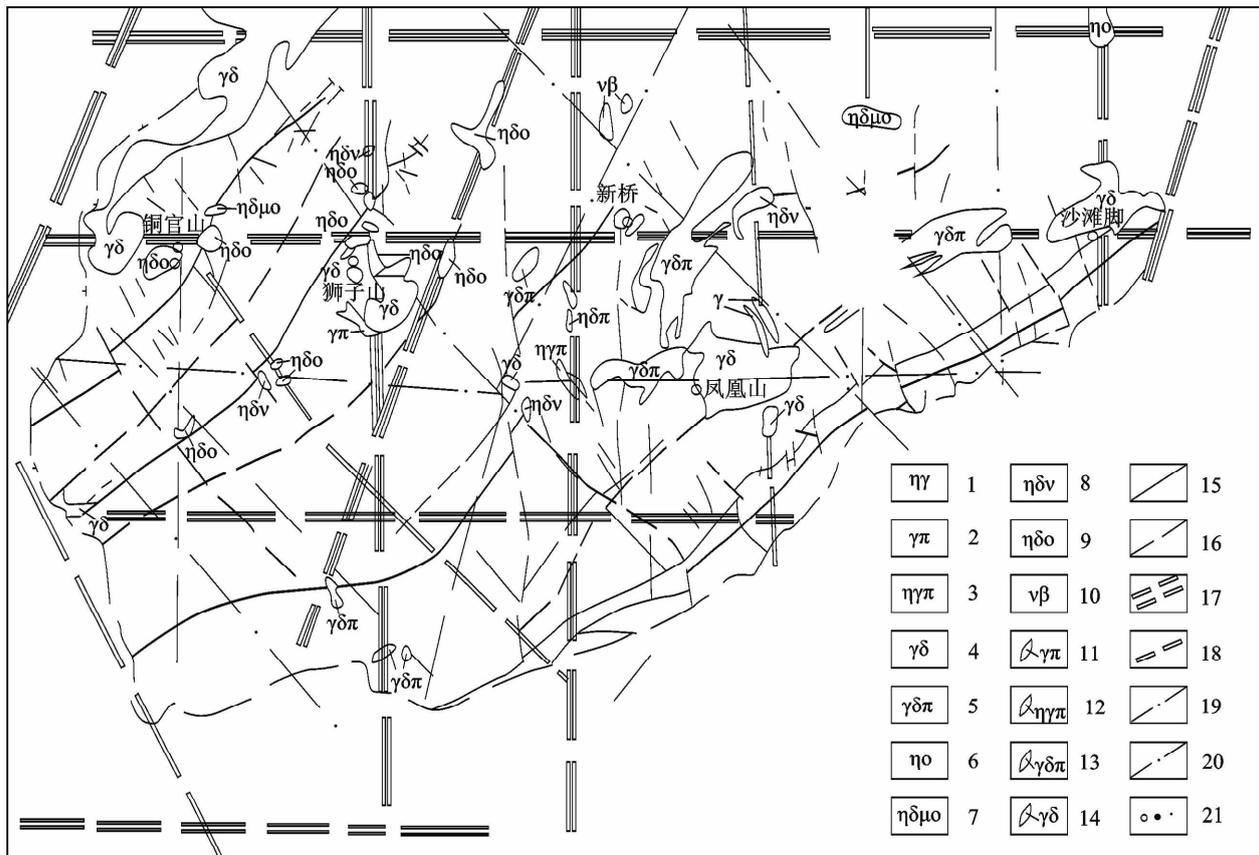


图 1 铜陵地区地质构造网络控岩控矿示意图(据李东旭等,1990)

Fig. 1 Diagram of geological structure controlling mineral and rock boches in Tongling Area, Anhui(after Li Dongxu et al., 1990)

1—二长花岗岩;2—花岗斑岩点;3—二长花岗斑岩;4—花岗闪长岩;5—花岗闪长斑岩;6—石英闪长岩;7—石英二长闪长岩;8—辉石二长闪长岩煌;9—石英二长闪长岩;10—辉长辉绿岩;11—花岗斑岩脉;12—二长花岗斑岩脉;13—花岗闪长斑岩脉;14—花岗闪长岩脉;15—背斜轴线;16—向斜轴线;17—推测基底断裂;18—推测盖层断裂带;19—推测大断裂;20—实测推测断裂;21—矿床、矿点
 1—granomonzonite; 2—granite porphyry; 3—granomonzonite porphyry; 4—granodiorite; 5—granodiorite porphyry; 6—quartz diorite; 7—quartz monzodiorite; 8—pyroxene monzodiorite; 9—quartz monzodiorite; 10—gabbro—diabase; 11—Granite porphyry vein; 12—granomonzonite porphyry vein; 13—granodiorite porphyry vein; 14—granodiorite vein; 15—anticlinal axis; 16—synclinal axis; 17—inferred basement fractures; 18—inferred cap fractures zone; 19—inferred large fractures; 20—observed/inferred fractures; 21—ore deposit, mineral occurrence

矿田主要控矿因素研究,建立其成矿模式,这既有理论意义,又可以指导该区乃至长江中下游地区的矿产勘查和开发工作。

1 地层控矿作用

铜陵地区地层岩性对成矿的控制作用主要表现在以下三个方面:①是存在有原始沉积的含矿层,主要是胶状黄铁矿层;②是有易被交代利于成矿的岩性,如灰岩、白云岩,白云质灰岩;③发育有利于成矿的岩性组合,如碎屑岩+白云岩(灰岩)+页岩,或是碳酸盐岩+硅质岩组合,造成易交代岩层和不易交代透水层共有的环境。

1.1 原始沉积矿层对成矿的控制

区内冬瓜山矿床主要赋存于上石炭统黄龙组,

黄龙组岩性控矿作用极其重要。黄龙组以微晶白云岩为主,局部见层纹状,含藻化石,并夹多层胶状黄铁矿,菱铁矿层。值得注意的是冬瓜山见有层纹状硬石膏层,而在同一层位成矿的铜官山亦可见石膏化现象。原始沉积的黄铁矿层,无疑是硫铁矿体的矿胚层,对铜金矿体而言,则起到重要的沉淀剂作用,促使岩浆晚期后的含 Cu、Au 热液交代沉淀,形成重要的铜、金矿体。原始沉积矿层在横向上可能转变为菱铁矿,若受侵入变质改造可以形成磁铁矿(或赤铁矿)矿床(常印佛等,1983)。

1.2 易于交代岩性的控矿作用

区内矿床以矽卡岩型占据主导地位,且具有明显的层位控制特点,这与其中的岩性构成有着密切的关系,如:石炭系、二叠系、下三叠统层位中主要为

白云质灰岩、白云岩和泥质灰岩等。显然这些层位岩石化学性质较活泼,易被交代,特别是镁质灰岩层更有利于成矿。

1.3 有利岩性组合对成矿的控制

区内地层控矿的另一特点是有利的岩性组合对成矿具有明显的控制作用。所谓有利的岩性组合是指既有易于交代成矿的岩石,又有不易交代和不具透水性岩石,两者组合则构成有利成矿层位。如泥盆系五通组与石炭系黄龙、船山组砂岩、粉砂岩、粘土质粉砂岩—黄铁矿、菱铁矿、胶黄铁矿层(白云岩)、硬石膏—大理岩组合,形成有冬瓜山等铜(金)矿床;二叠系下统栖霞组硅质岩—黄铁矿、铅锌矿—含炭页岩组合,形成有焦冲金矿;三叠系下统殷坑组泥岩、钙质页岩—厚层灰岩组合,形成有大团山铜金矿床等。以上有利成矿的岩石组合均具 Ca、Mg/Si、Fe、Al 组合,在岩浆热液作用下而产生物质的交换,而不易交代的岩层则形成隔挡屏蔽层,而使热液在其构成的夹层中运动,成矿物质发生沉淀,从而形成了矽卡岩型铜金等矿床。

2 构造控岩控矿作用

2.1 岩体的构造控制

矿田内岩浆岩均为燕山期侵入。第一次是花岗闪长岩(139Ma)侵入,呈岩墙产出,浅部受到多方向构造复合所控制,形态复杂,方向多变;第二次侵入为辉石二长闪长岩(136Ma),受 NNE 向构造伴生的 NNW 向张扭性断裂复合前期的 S—N 向和 E—W 向构造所控制,平面上呈近 S—N 向转折追踪状,剖面上呈向 NE 陡倾的岩墙产出;石英二长闪长岩为第三次侵入(135Ma),浅部呈岩墙—岩枝系产出,受多方向构造复合所控制,而深部则明显受 NNE 向构造控制,呈规模较大的岩墙产出,分布于 3 个 NNE 向构造带中,与成矿关系最为密切;最后一次侵入的二长花岗斑岩脉,则多沿 NW 向断裂贯入,破坏早期岩矿体,它的出现标志着成岩成矿作用的结束。其分布具如下特征:①岩体展布 NNE 向成带,E—W 向成行、NW 向成列;②岩浆侵入顺序为先主干构造,后伴生构造;③浅部形态复杂,方向各异,规模较小;深部则形态简单,方向稳定,规模较大;④岩体浅部侵位受多方向主干构造及其伴生构造、派生构造及层间滑脱构造控制,而深部则主要赋存于 NNE 向及 NNW 向断裂中(图 2)。NNE 向构造与先存构造的复合,沟通了深部岩浆源,成为本区的主要岩浆通道。

2.2 矿床的构造控制

狮子山矿田位于北北东向构造带与北东向背斜、东西向叠加褶皱和断裂带及南北向挤压构造带的复合部位。矿田内矿床集中分布于两个 NNE 向构造带及其两侧,一为狮子山的铜(金)矿带,一为鸡冠石多(贵)金属矿带。矿田 Cu 地球化学异常平面上呈 NNE 向展布,剖面上 Cu 的岩石地球化学异常呈现远离 NNE 向构造带逐渐降低的趋势,而各矿床主要矿体及其 Cu 品位趋势图,均呈明显的 NNE 向。由此可说明,NNE 向构造是矿田的主要导矿构造。矿液运移方向,据西狮子山矿床的上部矿体可大致判断为:由断裂接触带构造→顺层滑脱构造→裂隙构造→孔隙(储国正,1992)。主要储矿构造类型有:

(1)褶皱构造:背斜核部常形成虚脱空间,是良好的储矿构造。如白芒山背斜、西狮子山背斜、青山背斜核部都直接控矿。当不同方向褶皱叠加时,更利于矿液聚集。如花树坡、老鸦岭矿床受 NE 向和 E—W 向褶皱叠加部位控制。

(2)断裂裂隙构造:岩体中张性断裂带常控制脉状矿体群,延深较大。如鸡冠石、鸡冠山矿床受 E—W 向断裂控制。NW 向张性裂隙常控制晚期含铜石英脉。

(3)侵入接触构造:断裂—接触带构造是储矿的有利空间。如胡村矿床位于断裂—接触带构造中,接触一圈闭构造常控制各矿床中的部分小矿体。

(4)隐爆角砾岩筒构造:角砾岩筒中原生、次生裂隙发育,常充填不规则矿体群。如东狮子山矿床 I 号矿体。

(5)顺层滑脱构造:这是矿田内最主要的储矿构造。它不仅是矿液运移的良好通道,而且由于滑脱构造上、下岩板(角岩)的屏蔽作用,使得矿液在此聚集充填,并充分交代其间的碳酸盐岩,形成层位稳定、延展深长、规模较大的层状—似层状矿体及不对称的鞍状矿体。如冬瓜山、花树坡、老鸦岭、大团山、西狮子山等矿床主矿体均赋存于滑脱构造中(储国正等,1991)。

3 岩浆作用与成矿

关于本区侵入岩原生岩浆起源问题,许多学者从岩石学特征,痕量元素及同位素特征等方面进行了论述,认为其原生(始)岩浆起源于上地幔,是上地幔岩局部熔融产生的(常印佛等,1991,唐永成等,1998)。侵入岩中普遍出现的碳硅石也为原生岩浆

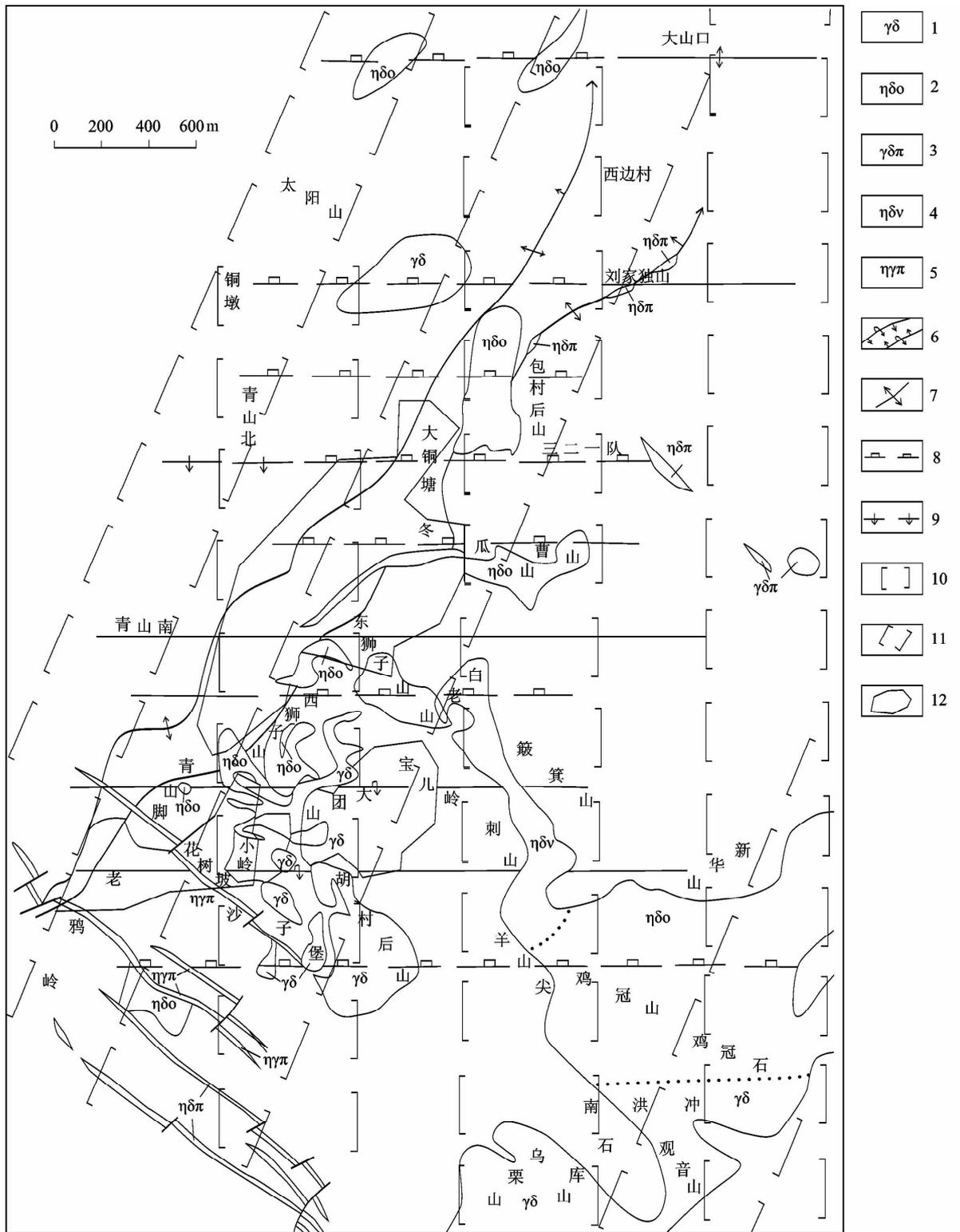


图 2 铜陵狮子山矿田构造纲要图(据储国正,1991)

Fig. 2 Outline of structure in Tongling Shizishan Minefield(after Chu Guozheng,1991)

- 1—花岗闪长岩;2—石英二长闪长岩;3—花岗闪长斑岩;4—辉石二长闪长岩;5—二长花岗斑岩;6—北东向双峰褶皱轴;
- 7—东西向褶皱;8—东西向压性断裂;9—陡立岩层带;10—南北向构造带;11—北东向构造带;12—矿体边界

- 1—Granodiorite; 2—Quartz diorite; 3—Granodiorite porphyry; 4—Pyroxene monzodiorite; 5—Granomonzonite porphyry; 6—NE bimodal folds axis; 7—E-W folds; 8—E-W compression fractures; 9—steep dipping beds zone; 10—SN structure; 11—NNE structure; 12—Orebody boundary

起源于地球深部提供了证据。我们同意前人的看法,对此不作进一步的论述。在此仅对目前出露地表的中酸性岩浆的形成与成矿问题,进行一些讨论。

3.1 深部岩浆作用

上地幔岩局部熔融形成的富 K 等不相容元素及富 H_2O 的碱性玄武岩岩浆,其成分可能类似于宁芜-庐枞等地的碱性玄武岩-辉长岩(富 LREE, K, P 等不相容元素及挥发分)。在玄武岩岩浆形成的同时,发生了第一次 Cu、Au 等有用元素的萃取,使幔源的 Cu、Au 等元素进入岩浆。原生玄武岩岩浆聚集并上升形成岩浆池,并对下地壳下部的岩石发生底侵(underplating),使下地壳的岩石发生局部熔融产生花岗岩岩浆,同时发生了第二次有用元素的萃取,使下地壳中 Cu、Au 等有用元素进入岩浆,并发生了壳幔相互作用,及有用元素的混合作用。富不相容元素及挥发分的玄武岩岩浆以湍流的形式对花岗质岩岩浆房进行再充填,并和花岗岩岩浆混合而形成中酸性岩浆。在再充填的岩浆房中出现了稳定的组成梯度和不稳定的温度梯度,因此导致了岩浆房中双扩散对流作用的发生。经过了一个漫长的地质时期,双扩散对流作用导致了岩浆房中的组成分带和热分带,也就是形成了带状岩浆房。在岩浆房上部是演化程度较高的花岗闪长岩岩浆,下部为辉石二长闪长岩岩浆和石英二长闪长岩岩浆。在 J_3 结束前,研究区乃至中国东部处于一个挤压的构造环境, K_1 时已从挤压的构造背景转化成拉张的构造背景。由于构造应力的松弛诱发了岩浆的上升。在大约 139Ma 左右岩浆房上面的花岗闪长岩岩浆上侵,形成了花岗闪长岩岩体;其后,在 138~136Ma 左右辉石二长闪长岩岩浆上侵,形成了辉石二长闪长岩岩体;大约在 135Ma 左右时,岩浆上侵形成石英二长闪长岩岩体;因此,形成了“反序”的现象。在地表我们看到随时间推移形成侵入岩的顺序是:花岗闪长岩? 辉石二长闪长岩? 石英二长闪长岩。在这些岩浆形成和演化过程的同时,发生了 Cu、Au 等有用元素的萃取与混合作用,同位素的再平衡与均一化,并且在这些岩浆上侵过程中,同时发生多次 Cu、Au 等有用元素的萃取(邓晋福等,1996)。

3.2 岩浆岩分布特征

矿田以重高、磁高、低电阻为特征。地面重力场呈以高值异常为中心的椭圆状,覆盖了矽卡岩、角岩分布区及已知矿床,说明重力异常是反映由多种地质体引起的综合异常。

磁异常为一由三级异常叠加而成的复杂异常。

I 级异常由 200~300nT 等值线圈定,呈南北向展布的椭圆状,该异常反映出矿田深部存在一个大岩株,它是本矿田成矿所需热能和主要成矿物质的主要提供者;II 级异常叠加在 I 级异常之上,分布于重力异常梯级带部位,反映了受断裂控制的岩体分布情况;III 级异常分布于岩体两侧,为浅部或地表含磁性矿物的矿体所引起。

狮子山矿田岩浆岩发育,地表出露的侵入体多达 20 个,但规模均不大(面积 0.1~0.25km²),总面积约 3.0km²,主要侵入于上泥盆统至下三叠统地层之中,在岩体的边部顺层贯入围岩。这些岩体在浅部(-1000m 以上)构成一个浅成-超浅成相“树枝状”、“蘑菇状”、大型网络状岩墙岩枝系,受矿田内网络构造系统控制明显。主要岩石类型为石英二长闪长(玢)岩、花岗闪长(斑)岩和辉石二长闪长岩,剥蚀程度浅,封闭条件好;中深部(-1000~-2000m)为东西向、南北向、北东向的小岩体;深部(-2000m 以下)连成一个大岩体。伴随着岩浆的侵入作用,矽卡岩化、角岩化、大理岩化普遍发育,且向深部其热变质和蚀变范围也随之增大,这是矿田成矿的关键因素,形成了与岩浆侵入作用有关的 Cu、Au、S、Fe、(Pb、Zn)、Ag 等矿床。

3.3 岩浆与成矿

大陆成矿的驱动力来自新生的热地幔物质注入陆壳,它导致了大陆的“活化”,诱发岩浆-流体活动,萃取并迁移壳幔中 有用金属元素进入地壳浅部成矿。本区岩体 Cu、Au 成矿的专属性是岩石强烈蚀变的条件下形成的,岩体蚀变空间表明了流体来自深部。岩体类型和成矿元素有依赖关系。壳幔混合型岩体伴生壳幔混合型流体和壳幔混合形成矿液,Cu、Au 等有用元素来自地幔,他们与壳幔混合型岩体相伴生。构造薄弱带是构造活动频繁,多次岩浆侵入,脉岩活动、多次成矿流体叠加的地方,是矿床定位的最佳场所。

本矿田的矿化在时空和成因上与岩浆作用密切相关,岩浆岩是区内铜、金矿床形成的主要控制因素。岩浆岩对成矿的控制,主要表现在以下几个方面。

3.3.1 矿化与岩浆岩空间分布关系

本区铜金矿床,无论是赋存于正接触带上,还是赋存于一定的层位中,在平面上矽卡岩矿石明显地围绕岩体分布,形成形态复杂的含铜金矽卡岩矿体。且多数矿床显示近岩体富厚,远岩体贫薄的趋势。冬瓜山矿床矿体铜品位三次趋势面出现的富集中

心,正好处于岩体的前缘。即使是层控矽卡岩型矿床,多数也有岩浆岩侵位。

岩浆岩与矿床的空间关系,主要有共生、叠生、伴生三种配置形式。共生即矿床与岩体形成于同一空间,前者是后者的一部分,两者界线呈渐变关系。如冬瓜山深部斑岩铜矿;叠生即矿床叠置于岩体之上,产于岩体与围岩的接触构造带内,如胡村接触交代型矿床;伴生即矿床产在侵入岩体附近或外围地层中,热液交代-充填型层状和脉状矿床多属此类,如老鸦岭矿床,这种矿床虽距岩体有一定距离,但仍处在岩体侵位时所营造的利于成矿的热动力环境之中。

3.3.2 矿化与岩浆岩时间上的关系

总体说来,岩浆岩和与之有关的矿床在形成时间上是基本一致的。岩浆岩的时代分布特点,也就决定了与其有关的矿床的时代分布特点。大量资料表明,本区岩浆岩成岩期为燕山期,主要成矿期也与之相当。也就是说,主要内生矿床无论其矿质来源的复杂性如何,其成矿作用及矿床就位期都严格地与岩浆活动期一致。岩浆岩与矿床之间,在形成时间上的具体关系主要有:同时生成,准同时生成和稍晚生成。同时生成的主要为伴随岩浆岩成矿过程形成的矿浆型铜、金矿(体);准同时生成是指萌发于岩浆成岩晚期并延续至岩浆晚期的成矿作用形成的矿床,主要为斑岩型铜金矿床;晚于岩浆生成的,是本区的主体,包括几乎所有不同矿种不同组合的岩浆晚期热液交代-充填型矿床和沉积-热液叠加改造型矿床。

3.3.3 成矿与岩浆岩的成因关系

岩浆岩与矿床的成因联系是成岩成矿关系的内在原因。岩浆作用是驱动成矿元素迁移富集和控制铜、金矿化的主导作用,岩浆岩的含矿性和成矿专属性是不同矿种或成矿元素组合矿床形成的决定性因素。岩浆岩与矿床的成因联系主要表现在岩浆岩中成矿元素的丰度,不同岩石类型的成矿专属性以及岩体形成的热动力条件对金属富集和分带的制约等。

本区一般含矿岩体 Cu、Au 元素丰度均较高,Cu 达 $40 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$, Au 达 $4 \times 10^{-9} \sim 10 \times 10^{-9}$ 。从岩浆岩中包体的微量元素来看,碱性系列中角闪石、辉石堆积岩包体中的金丰度为 $0.0147 \times 10^{-6} \sim 0.0369 \times 10^{-6}$,比其它类型 0.0064×10^{-6} 高 2~5 倍,且为深源,说明金主要来自碱性系列的深源;而铜的丰度以高钾钙碱性系列中的微粒闪长质

混杂岩包体最高(1604.42×10^{-6}),反映了岩浆混合作用对 Cu 的富集起了积极作用。

不同岩浆岩系列控制不同成矿系列。区内高钾钙碱性系列岩体形成 Cu(S、Fe、Au、Ag、Pb、Zn)矿化,而碱性系列则形成 Au、S(Ag、Pb、Zn)矿化。当两种系列的含矿岩体共生混溶形成杂岩体时,则矿化强度增大,成矿远景更好。

随着热力学条件的不同,成矿元素多围绕岩体呈现出一定的分带,一般随着距岩体由近到远表现为 Cu、Mo→Cu(Au)→Cu、Au→Au、Cu→Ag、Au、Pb、Zn。矿田次生晕也表现出成矿元素与岩浆岩间的关系,Cu Au 异常位置均与狮子山和包村岩体相对应,且围绕岩体出现分带,反映这些元素与岩浆岩之间有着某种内在联系。

以上充分说明,矿田主要与岩浆作用有关的铜、金多金属矿床,其形成都统一于中生代燕山期强烈的构造-岩浆活动热事件中。矿床的形成,就其多数而言,通常都晚于岩浆岩;

其产出部位,无论是在岩体内,或是在岩体与围岩接触带部位,或在围岩中,均被包络在岩体形成时生成的热晕圈之内。岩浆活动是成矿的内因,岩浆岩是成矿母岩,成矿元素铜、金主要来自深部岩浆。

4 矽卡岩的控矿意义

矿田内不同成因的矽卡岩,彼此间有显著差异,由于各自拥有的成矿作用不同,所形成的矿床也明显不同。

层间反应交代矽卡岩与成矿的关系以层间产出的层间反应交代矽卡岩和层间渗滤交代矽卡岩为主岩,经受了与岩浆晚期后含矿热液或与造矽卡岩溶液有关的含矿热液顺层活动所发生的交代-充填成矿作用,形成了各种矿床。矿床主要发育在矽卡岩中,主要呈层状、似层状和透镜状,与围岩多呈整合接触,且呈多层产出。部分矿床可远离接触带作顺层延展;矿石主要呈浸染状和细脉-浸染状,有时为致密块状。由矿化中心向外,金属分带现象明显。含有同生沉积矿层(胚)时,具有受(热)变质和热液交代-充填矿床的双重特点,并在区域上与特定的含矿层位有关。这类矿床在矿田内占十分重要的位置,尤其是层控(式)矽卡岩型,常可达大中型规模。

接触交代矽卡岩与成矿的关系以接触(扩散-渗滤)交代矽卡岩为主岩,成矿溶液是造矽卡岩溶液的继续和发展,随着阶段性演变,分别在不同阶段发生金属矿化富集,从而形成了不同矿物组合和成矿特

点的各种矿床。矽卡岩体受控于接触构造带,通常具有较明显的矿物分带现象,与围岩常呈渐变过渡关系。矿体主要赋存于矽卡岩中,亦可出现于围岩,矿化富集地段主要受构造裂隙控制。矿体的形态、产状复杂多变,呈脉状、不规则状、透镜状和囊状等。矿体与主岩和/或围岩多呈渐变过渡关系;矿石的组成往往十分复杂,矿化结构、构造图案也十分复杂多样。这类矿床在本矿田占有较重要的位置,以中、小型规模为主。

浆矽卡岩与成矿的关系主要是伴随矽卡岩成岩过程中及成岩晚期残余气液活动而发生的不同成矿作用所形成的不同矿床。其特点为:矽卡岩体具有类似于小侵入体产出的特点,与围岩多呈突变接触,常引起围岩的热变质。矿体产于矽卡岩中,或矽卡岩体本身即是矿体。矿石多呈块状、包晶块状和充填浸染状,品位往往较高,常形成富矿石或特富矿石;矿石中成矿元素组合为 Cu Fe Zn Co Ni Au Ag (Mo)及 Pt Pd。这是其鲜明特色,是区别于接触交代矽卡岩矿床的显著标志之一。这类矿床中铜(金)矿床规模小而不甚重要,但常是富矿和特富矿(吴言昌等,1998)。

5 温度与成矿

从全矿田各矿床的矿物中流体包裹体均一温度来看,表现出两个特征:

一是不同成矿阶段其均一温度有显著差异,矽卡岩阶段的均一温度变化范围为 $400\sim 460^{\circ}\text{C}$,峰值为 440°C ,早期石英-硫化物的均一温度变化范围为 $300\sim 430^{\circ}\text{C}$,峰值为 380°C ;晚期石英-硫化物的均一温度变化范围为 $180\sim 320^{\circ}\text{C}$,峰值为 240°C ,碳酸盐阶段的均一温度变化范围为 $105\sim 240^{\circ}\text{C}$,其峰值 180°C 。反映随着成矿作用的进行,温度逐渐降低;矿物流体包裹体均一温度多阶段变化范围及其峰值,同时也反映了本矿田成矿作用过程的多期多阶段性。

二是除鸡冠石、白芒山等少数浅部矿床外,同一成矿阶段,位于不同深度的不同矿床的流体包裹体均一温度不随其深度的变化而显示显著变化;同时,在同一矿床中从近岩体到远离岩体不同部位,流体包裹体的均一温度变化也不大。据凌其聪(2002)对冬瓜山矿床的研究,将采自同一矿体不同深度石英-硫化物脉的流体包裹体均一温度数据进行统计对比,结果也发现从矿体的深部(-1000m)到浅部(-600m)均一温度的峰值并未显示明显的差异;并

且,自近岩体处到远离岩体也不呈现明显的变化,矿体不同位置的均一温度大致相同;同时不同成矿阶段成矿温度间有一定的重叠交叉。这表明成矿流体的输运过程基本上是一种近等温的迁移过程。其原因可能是,矿田岩浆热能供给充分,顺层滑脱构造发育且发育多层屏蔽层,使得岩浆所供给的热量得以保存,不易散失,长时间地预热、烘烤岩层,使得矿田内整个岩块趋于等温状态(我们称之为等温场),加之构造应力作用和岩浆热力的驱动力配合顺层滑脱构造发育的开放空间,成矿流体能快速向远处输运,在近等温的状态下成矿物质发生沉淀所致,且不同成矿阶段成矿温度的重叠交叉表明等温状态持续时间较长,使得成矿物质有时间充分沉淀。

纵观整个矿田矿物流体包裹体均一温度,虽略有差异,但总体具有类似特征,说明矿田中各矿床形成于一个统一的成矿系统,温度大致相同,从而构成了等温场。等温场的形成是岩浆热液在上述地层、构造、岩浆岩和矽卡岩等多重因素控制和围限的空间内温度不易散失,使得这一空间内温度大致相同。成矿元素在这一近等温的空间范围内发生沉淀,而造成巨量元素的聚集,形成大型-超大型矿床。由此说明,等温场是形成区内矿床的必要条件,而等温状态持续较长时间是矿质充分沉淀,造成巨量成矿元素聚集,形成内生大型-超大型矿床,的先决条件。

6 多重圈闭等温场模式

狮子山矿田内矿床众多,主要有冬瓜山铜矿床、胡村铜矿床、花树坡铜矿床、老鸦岭铜(钼)矿床、大团山铜(金)矿床、西狮子山铜矿床、东狮子山铜矿床、大铜塘铜矿床、鸡冠山铁(金、硫)矿床、南洪冲、曹山硫铁矿床、包村金矿床、白芒山金矿床、鸡冠石银(金)多金属矿床及观音山、乌栗山等矿点(图3)。这些矿床分别赋存于上石炭统(C_{2+3})-中三叠统(T_2)之间不同地层中,主矿体多呈层状-似层状产出,矿床具多层位的特点,在空间上构成“多层楼”分布特色。

(1)矿田受深部诸多因素制约。地幔隆起,董岭式基底组成、地壳内部“三层结构”的岩浆房等,并由长江深断裂串通起来,成为本矿田产出的深部制约因素。

(2)有利的岩性层位和不同的岩性组合,是形成多层矿化的必要条件,为矿床形成提供构造-化学空间。如含胶黄铁矿层的白云岩为成矿提供了化学空

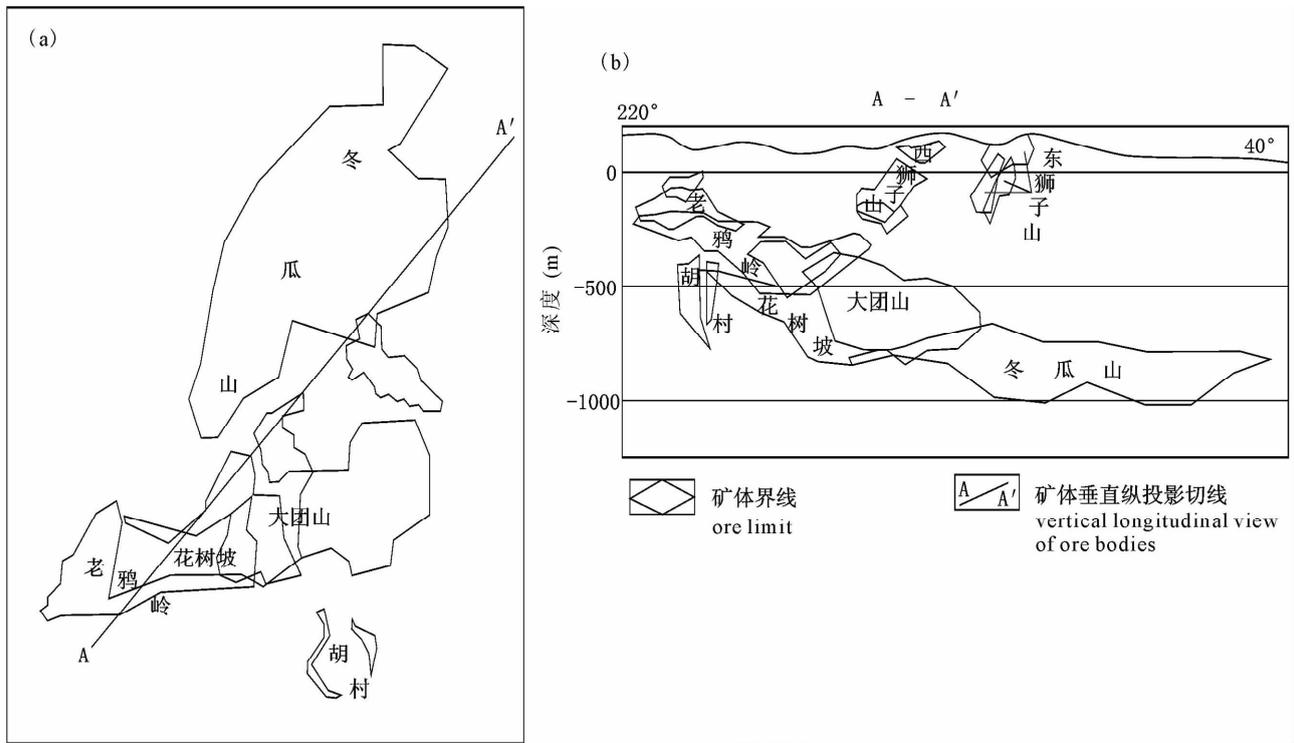


图 3 狮子山矿田主要矿体分布图(据 321 队)

Fig. 3 Distribution map of Main Orebody in Shizishan Minefield

(a)—矿体水平投影图; (b)—矿体垂直纵投影图

(a)—Horizontal projection of ore bodies; (b)—vertical longitudinal view of ore bodies

间,形成层状矿化;条带状泥质灰岩泥灰岩提供了构造-化学空间,形成多层似层状矿化;碎屑岩为成矿提供构造空间,形成网脉状矿化。

(3)矿田受区域性深断裂控制,处于东西向和南北向基底深断裂的交汇部位。盖层的北东向青山背斜,北北东向、南北向、东西向、北西向和多层滑脱构造等多种构造的复合,为岩浆和流体运移提供了构造空间,控制了岩浆和矿床(体)的就位。矿田内的构造具有明显的分带现象,由深至浅为:层间滑脱构造→接触带构造→角砾岩筒构造→断裂、裂隙构造。不同构造控制了相应的岩、矿体形态。

(4)矿床受同熔型高钾钙碱性、碱性中性—中酸性岩控制,岩体呈深源中浅成相,浅处呈“有根”的小岩株及岩墙—岩枝状出现,深部存在大岩体,供给矿田成矿所需的热能,烘烤矿田内由十分发育的层间裂隙及垂向网格状断裂所割切成的并被岩枝-岩墙围限的相对封闭的岩块,使其预热,为后继的成矿作用提供了一个等温场,并能持续较长时间,使得矿质有较充分的时间沉淀;同时岩浆岩还提供成矿所需的主要成矿物质,使成矿作用与成岩作用紧密相连,具体表现为石英二长闪长岩—花岗闪长岩与铜(金)

矿床密切相关,而辉石二长闪长岩与金(铜)矿床具成因联系,当不同岩石相交汇时形成铜、金叠加的矿化。这是形成本矿田众多矿床的关键因素。

(5)矿化类型在垂向上存在明显分带现象,从深部→浅部:斑岩型(冬瓜山深部)→层控矽卡岩型(冬瓜山)→层间式矽卡岩型(花树坡、大团山、老鸦岭、西狮子山)→角砾岩筒式-裂隙式矽卡岩型(东狮子山)→中低温热液型(鸡冠石)→铁帽。

(6)矿化也存在明显分带现象,自下而上为:Cu(伴生 Au)(如冬瓜山等)→Cu、Au(如大团山)→Au、Cu(如包村)→Au(如白芒山);自矿田中心向外为:Cu(Au)→Cu、Au→Au(Cu)→Ag、Au、Pb、Zn。

(7)矿田内除鸡冠石、白芒山等少数浅部矿床外,同一成矿阶段,位于不同深度的不同矿床的流体包裹体均一温度不随其深度的变化而发生较大变化;同时,在同一矿床中从近岩体到远离岩体不同部位,流体包裹体的均一温度变化也不大。这表明成矿流体的输运过程基本上是一种近等温的迁移过程。

(8)依据同位素研究资料,矿田内 Cu、Au 成矿

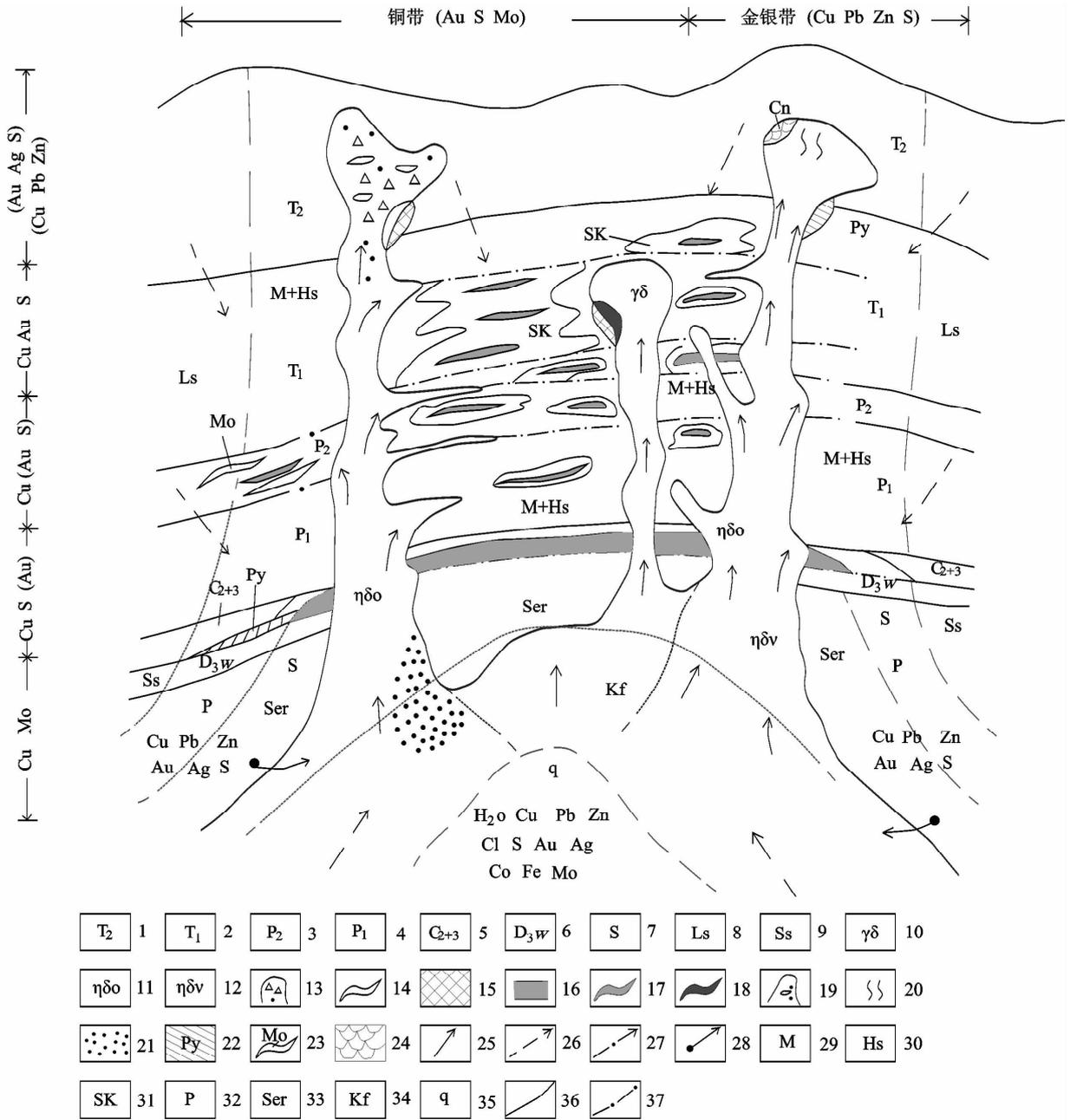


图 4 狮子山矿田成矿系统模式图

Fig. 4 Model of Shizishan Mineralization System

1—中三叠统；2—下三叠统；3—中二叠统；4—下二叠统；5—黄龙、船山组；6—五通组；7—志留系；8—灰岩；9—砂岩；10—花岗闪长岩；11—石英二长闪长岩；12—辉石二长闪长岩；13—隐爆角砾岩；14—层间矽卡岩；15—块状矽卡岩；16—层控矽卡岩矿床；17—层间式矽卡岩矿床；18—接触式矽卡岩矿床；19—角砾岩筒式矽卡岩矿床；20—中低温热液型矿床；21—斑岩型矿床；22—黄铁矿；23—钼矿；24—铁帽；25—成矿流体；26—地层水、天水；27—岩浆热液；28—成矿元素迁移方向；29—大理岩；30—角岩；31—矽卡岩；32—青盘岩化带；33—绢云母化带；34—钾化带；35—硅化带(石英核)；36—蚀变带界线；37—层间裂隙

1—Middle Triassic period; 2—low Triassic period; 3—middle Permian; 4—low Permian; 5—Huanglong, Chuanshan Formation; 6—Wutong Formation; 7—Silurian Period; 8—Limestone; 9—Sandstone; 10—Granodiorite; 11—quartz monzodiorite; 12—Pryoxene monzodiorite; 13—Mesothermal breccia; 14—interbedded skarn; 15—massive skarn; 16—layer control skarn deposit; 17—interbedded skarn deposit; 18—contact skarn ore; 19—breccia barrel skarn ore; 20—middle to low temperature mesothermal deposit; 21—Porphyry type deposit; 22—Pyrite; 23—molybdenum ore; 24—iron cap; 25—mineral fluid; 26—geological bed water, Meteoric water; 27—Magma mesothermal flow; 28—Migrating Direction of mineralization elements; 29—Marble; 30—taconite; 31—Skarn; 32—Qingpan Lithifying Belt; 33—Sericitization belt; 34—Kaliumization belt; 35—silication belt; 36—alteration boundary; 37—crack between geological layers

物质主要来自岩浆,少部分来自地层。

(9)成矿流体主要是岩浆水与地下水混合而成的属 $\text{NaCl-H}_2\text{O-CO}_2$ 体系的热流体。岩浆房和浅部定位的岩体释放出大量流体,被岩浆-流体加热的地壳(深部变质基底)也可能释放出变质流体,同时与加热的大气降水一起汇入到这个巨大的系统中,变成了一个多来源、成份复杂、物理化学条件较均一的统一的成矿流体系统(储国正,2003),因而成为区内最佳的成矿流体系统。

(9)铜、金主要呈氯的络合物和硫的络合物形式迁移。金的沉淀作用主要有减压沸腾、不混溶和流体混合作用。铜、金从成矿流体中分离的原因是温度的降低,PH、Eh的变化及络合物形式的转变等(储国正,1999)。

(10)围岩变质、交代蚀变作用有大理岩化、角岩化、矽卡岩化、黑云母化、钾长石化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁绢英岩化。成矿主矿化期为石英-硫化物阶段早、晚阶段,早期以交代为主,晚期表现为热液充填为主。

(11)矿田的主要成矿时代为燕山期,大致为140~135Ma。金可分为两期矿化:即与辉石二长闪长岩有关的独立金矿床,和作为Cu的伴生元素形成晚于铜矿化;铜矿也可分早、晚两期矿化,早期与花岗闪长岩有关,晚期与石英二长闪长岩有关。

矿田内不同类型的矿床不管其成矿物质来源如何,成矿作用不同,以及地质特征的差异,其矿床的最终形成是在燕山期统一的岩浆-流体-成矿系统中形成的,而多重圈闭构成的等温场是形成内生大型矿床的先决条件。可将其比喻为蒸笼,深部岩体犹如锅炉,不断供给成矿所需的热能,使由地层、构造、岩枝、矽卡岩等围限的相对封闭的岩块形成等温场(“蒸笼”);岩浆似沸水提供流体和成矿物质,并与地层水混合形成统一的成矿流体系统(沸水、蒸气);赋矿地层好象一摞摞“笼屉”,为成矿提供地球化学空间;构造恰似笼屉隔板中的缝隙,为岩浆和成矿流体提供通道;多层矿床(体)似为一层层蒸熟的蒸制品。因此将其形象地称为“蒸笼”模式(图4)。这一模式是对该区原“多层楼”模式(黄许陈等,1993)

的继承和发展,既体现了原模式的特征(矿体空间展布特征—静态的),同时赋予其动态含意—沸腾的“蒸笼”;另外该模式同“多位一体”(武山、城门山、铜官山)模式,接触交代模式(大冶、铜录山、安庆月山)一起构成长江中下游地区铜金矿床的典型模式。

7 结论

(1)探讨了成矿物质来源和流体来源及其性质。成矿物质总体为多来源,但以岩浆来源为主。流体早期以岩浆水为主,晚期有大量地层水加入,并发生较为充分的混合,形成统一的岩浆-流体系统。

(2)通过流体包裹体温度研究,揭示了各成矿阶段均一温度在矿田空间范围内是近乎等温的。矿田均一温度表现出两个特征:一是不同成矿阶段,温度既有显著差异又有部分重叠。矽卡岩阶段(400~460℃)、石英-硫化物早阶段(300~430℃)、石英-硫化物晚阶段(180~320℃)和碳酸盐阶段(105~240℃);二是除少数浅部矿床外,不同深度的矿床相同成矿阶段的温度未显示显著变化,同一矿体距岩体远近不同部位温度相差不大,明确提出其所处环境为等温环境(等温场)。

(3)等温场的是岩浆热液在地层、构造、岩浆岩和矽卡岩等多重因素控制和围限的空间内温度不易散失,使得这一空间内温度大致相同所形成。

(4)矿田内不同类型的矿床不管其成矿物质来源如何,成矿作用不同,以及地质特征的差异,其矿床的最终形成是在燕山期统一的岩浆-流体-成矿系统中形成的,而多重圈闭构成的等温场是形成内生大型矿床关键因素。

(5)成矿元素长时间在等温场中发生沉淀,从而造成巨量元素的聚集,形成大型-超大型矿床。等温场是形成区内矿床的必要条件,而等温状态持续时间是矿质充分沉淀,造成巨量成矿元素聚集,形成内生大型—超大型矿床的先决条件。

值此常印佛院士从事地质工作60周年,又逢其八十华诞之际,作为他的学生,谨以此文表示热烈的祝贺!衷心祝愿常印佛先生健康长寿!

参 考 文 献

- 常印佛,刘学圭.1983.关于层控式矽卡岩型矿床——以安徽省内下扬子拗陷中一些矿床为例.矿床地质,2(1):11~20.
- 常印佛等.1991.长江中下游铜铁成矿带(M).北京:地质出版社.
- 储国正,李东旭.1991.顺层滑动构造对安徽狮子山矿田“多层楼”矿床的控制.现代地质.
- 储国正.1991.狮子山矿田构造及其控岩控矿特征的研究.中国地质大学(北京)研究生论文.
- 储国正.1992.铜陵狮子山矿田构造及其控岩控矿作用研究.安徽地质,2(2):1~14.
- 储国正.1999.安徽沿江地区铜金多金属矿化系列及其相互关系.安徽地质,9(1):45~53.
- 储国正.2003.铜陵狮子山铜金矿田成矿系统及其找矿意义.中国

- 地质大学博士学位论文.
- 储国正. 2010. 安徽金矿主要特征及找矿方向. 安徽地质, 20(4):255~259.
- 邓晋福等. 1996. 中国大陆根—柱构造—大陆动力学的钥匙. 北京: 地质出版社.
- 凌其聪, 刘丛强. 2002. 冬瓜山层控矽卡岩型铜矿床成矿流体特征, 吉林大学学报(地学版), 32(3):219~224.
- 刘文灿, 高德臻, 储国正. 1996. 安徽铜陵地区构造变形分析及成矿预测. 北京: 地质出版社.
- 唐永成, 吴言昌, 储国正等. 1998. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京: 地质出版社.
- 吴言昌, 常印佛. 1998. 关于岩浆矽卡岩问题, 地学前缘, 5(4):291~301.

Introduction to one Concentrated Mode for Large Scale Ore-Intensive Area ——Multi-factors Confined Isothermal Field Space Mode; An Example from the Shizishan Orefield in Tonglin

CHU Guozheng

Bureau of Geology and Mineral Exploration of Anhui Province, Hefei, 230001

Abstract

Shizishan orefield is one of the most important orefields in Anhui Province, even in Yangtze Delta region. More than ten copper and gold deposits with various scales have been discovered in this orefield. The deposits identified includes from bottom to top: Dongguashan deep porphyry Cu deposit, Dongguashan porphyry Cu deposit, Hucun Cu deposit, Huashupo Cu deposit, Datuanshan Cu (Au) deposit, Laoyaling Cu deposit, east and west Shizishan Cu (Au) deposit, Jiguanshi Ag-Au-Cu-Pb-Zn deposit, Bacun Au (Cu), Beimangshan Au deposit, etc. This large-scale ore intensive area has drawn high attention from the geologists both at home and abroad. Recent year, several gold mines and some mineral deposits (depth >1000m) have been discovered, suggesting that the exploration for mineral resource is entering a new stage. This orefield is characterized by coexistence of multi-minerals, pairing copper mine and gold mine, and multi-layer deposits. Skarn, stratabound skarn, porphyry, moderate to low temperature mesothermal. Weather-leached type deposits have also been found in this area. Some of these deposits are dominated by endogenetic factors, and some by sedimentation or both endogenetic factors and sedimentation. In addition, gold and copper can coexist or associate and form individual mine. The orefield is characterized from bottom to top by the deep porphyry copper, C_{2+3} - T_2 layered or vein-type deposits in the middle from bottom to top, forming huge, vertical orebodies. Even occurring at different geological units, the deposits in the orefield present multi-layer feature. But occurrences of these deposits are confined within a unified isothermal magma-fluid-mineralization system due to constraints from structure, magmatic rocks and other factors. In some senses, the Shizishan orefield is the typical model of the mineral deposits in Tongling area, even in Yangtze Delta. Therefore, conducting the research into magmatic fluid and metallogeny in the Shizishan Cu-Au ore field and establishing its own metallogenic mode will be a guide for exploration and development in the area, and even in the Middle-Lower Reaches of Yangtze River. The study is of wide application prospect and practical significance.

Key words: Shizishan orefield; Isothermal Field; Multi-Factors Confined Space; Mineralization System; Mineralization Mode