

长江中下游铜、金成矿带主要研究进展

周涛发* 岳书仓

(合肥工业大学资源与环境科学系, 合肥)

提 要:长江中下游铜、金成矿带是我国最重要的金属成矿带之一,近年来与成矿带有关的基础地质、矿床地质和成矿规律等研究取得了许多重要的理论成果。本文分析与总结了区域成矿基底特征及地球动力学背景、成矿系列、构造、地层、岩浆岩,以及含矿流体来源、演化及矿床成因的同位素地球化学等方面的主要研究进展。

关键词:成矿背景 矿床成因 铜、金成矿带 长江中下游

1 区域成矿的基底特征及地球动力学背景

研究表明,长江中下游铜、金成矿带及其邻区现代地质构造的基本格局早在中生代早期即已基本形成。地球物理及大地测深资料解释(徐师文,1988;陈继宇等,1983;何友三,1988;冯进如等,1988)^[1,2]和分析结果显示,长江中下游地区的壳幔具明显的层状结构特征,且在纵向上和横向上都存在不均一性。长江中下游成矿带对应于一个地幔上隆带,且与升高磁场吻合很好,而后者则是中生代基性岩浆活动的反映。因此,长江中下游成矿带的形成与本区壳幔结构的特征及其演化密切相关。

长江中下游地区前震旦系变质基底很少出露地表,目前仅在安徽怀宁和江苏埭城有出露,分别称董岭群和埭城群,同位素年龄分别为 1895×10^6 a^[6]和 1771×10^6 a(江苏省地矿局,1989),指示长江中下游地区存在早元古代或更早的基底,属江北型基底的一部分^[8],或称扬子基底^[2]。地球物理资料(陈沪生,1988;李秀新等,1992)及侵入岩的铅、锶、钕同位素组成(Charoy,1996)研究显示^[3,4,6,10,14],长江中下游地区的基底具明显的分区特点,分别对应于张理刚等(1993,1995)划分的洪泽太湖构造同位素地球化学省和下扬子构造同位素地球化学省。铅同位素模式年龄多数大于 2600×10^6 a,钕同位素模式年龄变化于 $(751 \sim 2244) \times 10^6$ a 之间,峰值为 18~20 亿年和 12~16 亿年;皖南、赣东、赣西北、大别山等邻区沉积(变质)岩(基底)的模式年龄为 $(1522 \sim 2900) \times 10^6$ a 之间(陈江峰等,1989;李献华,1990;凌洪飞,1992),说明长江中下游地区 18 亿年前早元古代地壳已初步形成,中元古代地壳继续增生,而晚元古代地幔分异新增地壳形成的比例较少,变质基底本身具“双层结构”,部分地区可能具“三层结构”。

长江中下游地区经历了自吕梁旋回到加里东、海西、印支、燕山及喜山旋回的发展过程。其中,海西构造旋回的石炭纪主要表现为海侵,多处见火山碎屑岩和熔岩,区域为一拉张断陷盆地,受同生断裂控制(岳文浙、业冶铮,1993)^[7],成矿背景为一拉张-裂解的构造环境。进入燕山构造旋回后,翟裕生等(1992)认为长江中下游地区中生代的成岩-成矿作用位于板内断块岩浆活动带构造环境^[9],董树文等(1993)强调主体属前陆挤压环境,周涛发(1993)认为属大陆边缘环境向陆内断块环境的过渡,相当于陈衍景等(1997)主张的碰撞造山作用的挤压伸展转变期^[5]。顾连兴(1990)提出长江中下游为初期裂谷,胡受奚等(1995)、李文达等(1996)和常印佛等(1997)皆认为这些矿床形成于拉张的构造环境。综上可认为,本区的成矿作用发生于张性或向张性过渡的动力学背景之下。

2 成矿系列

长江中下游成矿带金属矿床成矿系列的划分方案大同小异,但对各系列的涵盖范围及相对主次认识差

* 周涛发,男,35岁,教授,从事矿床学、岩石学、地球化学及资源环境评价等方面的教学和科研工作。

邮政编码:230009

异很大。程裕淇、陈毓川(1983)曾把该区的成矿系列划分为3类:①城门山、铜山口等斑岩型铜钼硫亚系列;②大冶铁矿等接触交代-热液型铁矿亚系列;③宁芜、庐枞玢岩型铁、铜、磷、硫亚系列。依据成矿的地质构造环境、岩浆活动特征、成矿作用和矿床特点,常印佛等(1991)划分出扬子式同熔型岩浆成矿系列、沉积成矿系列和火山-沉积成矿系列。翟裕生等(1992)按照矿床形成的大地构造环境及其在时、空和成因上的联系,将该区的金属矿床划分为形成于古生代地台盖层沉积阶段的沉积Fe、Cu、S、Pb-Zn成矿系列;形成于中生代板内变形阶段的与燕山期构造-岩浆活动密切相关的内生Fe、Cu、Au、S成矿系列。并进一步将后者划分为3个成矿亚系列:夕卡岩型-斑岩型铜-钼-金成矿亚系列;夕卡岩铁和铁-铜成矿亚系列;玢岩铁矿成矿亚系列。李文达等(1996)根据铜、金多金属矿床的成矿地质作用、矿床组合和矿床成因,划分了两个主要成矿系列,即与海西期海底喷流(热水)沉积有关的成矿系列和与燕山期中酸性岩浆侵入活动有关的成矿系列。前者主要是指产于石炭系黄龙组底部的含铜黄铁矿矿床(体)、黄铁矿矿床、菱铁矿矿层,成矿同位素测年(董平等,1995;谢华光等,1995)表明,这类层状矿体的形成年龄与赋矿层位晚石炭世的时代基本吻合,即矿床形成于海西期;后一成矿系列包括4个主要成因类型。即接触交代型、斑岩型、隐爆角砾岩型和早期的脉型。其中以接触交代型为主,其次为斑岩型,与该系列矿床有关的侵入岩主要是燕山期 154×10^6 a的花岗闪长斑岩、石英闪长岩,矿床的形成年龄与岩体的形成年龄相近或稍晚,皆在 $(115 \sim 147) \times 10^6$ a之间(周涛发,1993)。在特定的地质条件下,上述两个成矿系列形成的矿床叠生在一起,形成“三位一体”或“多层楼”。

3 构造与成矿

构造是控制长江中下游成矿带总体地质特征和地史演化的主导因素,也是控制本区岩浆活动与矿床形成的重要因素。大量研究(常印佛等,1991;董树文等,1993)^[9,10]表明,不同形式、不同级次和不同规模的构造形成了控制长江中下游成矿带及其中成矿区、矿田、矿床乃至矿体的“立体网络构造系统”。长期构造运动形成的多期、多性质和多方向的构造要素,包括深断裂(岩石圈断裂、壳断裂)、断块构造、滑脱推覆构造、构造破碎带以及火山-侵入机构等,构成了长江中下游构造带的整体特征,其中表现最为明显的是断裂构造对成岩成矿的控制作用。

从区域上看,长江深断裂破碎带(刘湘培等,1988)或追踪大型断裂带^[2]控制了整个成矿带内岩浆岩的发生、发展以及一系列重要矿床的形成。长江中下游铜、金成矿带的矿化在空间上分布具不均匀性,形成了若干个金属矿化密集区。区内铜、金矿化密集区明显地受近E-W向和NNW向基底断裂(包括部分深断裂)控制,二者与另一方向断裂(包括盖层断裂)交汇处,常控制着侵入体和铜、金矿床的分布。

4 地层与成矿

长江中下游成矿带地层与成矿关系研究近年来的主要进展表现在:地层的地球化学特征及地层含矿性;岩性、岩相及古地理环境与矿化富集;“膏盐层”与铁铜硫金成矿的关系等3个主要方面。常印佛等(1991)、翟裕生等(1992)详细测定和计算了长江中下游地区地层成矿元素含量及地层中各组、各类岩石中化学元素的丰度及成矿元素组合,表明铜主要富集在二叠系大隆组的硅质岩、三叠系东马鞍山组(月山组)和南陵湖组以及石炭系黄龙组的碳酸盐中,Au主要富集在三叠系碎屑岩、石炭系黄龙组底部碎屑岩和志留系高家边组的泥页岩中。周涛发等(1995)系统研究了月山地区赋矿地层地球化学特征及含矿性,通过地层主要元素、成矿元素、硫、铅、碳同位素及有机碳的研究,提出二叠系和三叠系是该区铜、金矿床形成的重要地质条件之一,成矿过程中,两类地层与成矿热液发生水岩作用,地层中部分硫及少量成矿物质进入热液体系参与成矿,但总体上,地层提供大规模矿质的潜力不大。

尽管各地区赋矿层位不尽相同(刘凤美,1991;常印佛等,1991)^[9],但长江中下游铜、金多金属矿床主要赋存于3个层位,上石炭统黄龙组、下二叠统栖霞组及中下三叠统大冶群和东马鞍山组。矿床多分布于碎屑岩相向碳酸盐相或碳酸盐相向碎屑盐相过渡部位的偏碳酸盐一侧,即产于海侵岩系底部或海退岩系顶部相变处,其中,上石炭统的矿床多数位于碳酸盐浅滩相与泻湖相交接部位,产于中下三叠统的矿床多数位于泻湖相与台地相的交接部分和泻湖相内。常印佛等还提出了成矿与“古铜陵岛”有关^[8]。随着层状火山碎屑岩和熔

岩的不断发现,有人指出了海底火山作用或热水沉积作用在铜、金矿床形成中的作用。

“膏盐层”与成矿的关系自蔡本俊(1977,1978,1980)首先提出“蒸发岩(膏盐层)-岩浆作用-铁铜矿床存在内在的联系以来,争论颇大。胡文喧等否认膏盐层能为成矿提供 Na^[11],吴言昌等(1988)、邢凤鸣等(1991)认为 Na 来自岩浆本身。近年来的大量研究(范洪源等,1995;郭佩霞等,1991;蔡本俊等,1993)表明,长江中下游地区下、中三叠统膏盐层广泛分布,膏盐层的性质使之既为岩浆侵位、矿石沉淀提供有利场所,又为成矿提供金属元素,Na 质、挥发组分、矿化剂和足够的硫源。周涛发等研究后认为^[10,13],包括膏盐层在内的地层为安庆铜矿床提供了 9% 左右的金属和 22% 以下的硫。

5 与成矿有关的岩浆岩研究

近年来,长江中下游地区与成矿有关的岩浆岩研究进展主要体现在对岩浆的来源、形成与演化机制,岩浆岩成分特点、形成条件、成岩时代,岩浆动力学与成矿等方面的研究。

张邦桐等(1988)研究安-庐正长岩带时,认为它们是原始地幔源岩浆经过相当大程度(46.7%~39.8%)的地壳物质混杂形成的。周涛发等(1993,1995)认为形成安庆月山地区岩浆岩的原始岩浆为蚀变了的地幔源区不同部分经部分熔融(13.14%~14.11%)形成的碱性橄榄玄武质岩浆,在其上升过程中与中、上地壳岩石发生同化混染和结晶分异联合作用(AFC 过程)形成的,并进一步通过 Pearce 过程研究^[17],排除了由麻粒岩相形成的下地壳部分熔融形成岩浆的可能。杨荣勇等(1993)、崔彬(1993)及周泰禧(1994)亦持类似观点。陈江峰(1991)、张理刚等(1994)根据铅、锶、钕、氧同位素研究,否定幔源岩浆结晶分异形成岩体的可能性,但对来源区基底的性质认识不一。另外,邢凤鸣、徐祥(1996)认为铜陵地区的岩浆岩可能是幔源玄武质岩浆同化古老麻粒岩相下地壳的产物;周询若等^[16]则提出苏州地区 I 型花岗岩为幔源岩浆与下地壳部分熔融岩浆混合及 AFC 作用的产物,而 A 型花岗岩为下地壳(麻粒岩相)熔融后分离结晶的产物。

成岩物理化学条件研究(杨荣勇等,1993;周涛发等,1993)^[6,10]表明长江中下游燕山期侵入体岩浆结晶的水逸度、水压较低,定位深度浅,结晶温度和氧逸度普遍偏高,这种性质有利于铜(金)的成矿作用。周涛发等基于火成岩石学、流体动力学、流变学、传热学和热力学等的研究^[13],计算和分析了安徽月山地区岩浆的分凝、上升、对流、定位和结晶等岩浆作用过程的速度与机理,并探讨了岩浆的某些物理学性质和动力学行为,如熔体的含水量、水的运动特征、岩浆生长系统、岩浆上升速度和对流状态以及冷却特点等与铜、金成矿作用的联系。

很多学者都曾先后指出长江中下游成矿带中岩浆岩的成分具有某些特殊性,胡受奚等(1979)、冯祖钧(1982)、王文斌等^[4]分别研究了成分特点与铜、金成矿的关系,给出了成矿专属性的多种判别指标,其中,岩浆岩富碱特点与成矿的关系最引人注目,为此,常印佛等(1991)划分出富钠闪长岩类、高钾(花岗)闪长岩类及其分别与铁成矿有关的钠硅质异常演化及与铜成矿作用有关的钾硅质异常演化。对岩浆岩中碱质(K、Na)异常是来自富集地幔或是上(中)地壳或是膏盐层,尚争论不一(李文达等,1995;周涛发,1993;蔡本俊,1986;石原舜三,1986)。

长江中下游铜、金成矿带成岩年代学研究取得了重要进展^[4,9],已积累近百个岩体 130 多个同位素年龄数据,结果表明,本区侵入岩形成的时间跨度较大,从印支期一直到燕山晚期,但侵入岩的主要形成期为晚侏罗世和早白垩世($140 \times 10^6 \sim 95 \times 10^6$ a)。

6 含矿热液流体来源、演化及矿床成因的同位素地球化学制约

应用氢、氧、硫、铅等稳定同位素,矿床学问题研究不断深入。

李文达等(1996)系统研究了长江中下游铜、金成矿带层状含铜黄铁矿矿床的氢、氧同位素组成,认为此类矿床的成矿流体主要是大气降水和地层水,并有部分海水、岩浆水的混入。与燕山期岩浆侵入活动有关的矿床的氢氧同位素数据积累很多,研究结果皆肯定了岩浆水在矿床形成过程中的主导作用。周涛发等^[10]分析了安徽月山矿田成矿热液流体氢氧同位素组成的 5 种可能演化机理后认为,与月山岩体有关的夕卡岩型矿床和热液脉型矿床的成矿热液以广义岩浆水为主,铜、金(铁)等成矿物质是从岩浆水和/或具复杂演化历史的岩

浆水中沉淀的,若主要成矿阶段大气降水比例达30%以上时,不形成具工业价值的矿化。

长江中下游铜、金成矿带已积累矿床硫同位素数据1000余个^[8,10,13]。(石炭纪)层状含铜黄铁矿矿床的硫同位素组成(刘裕庆,1987,1991;王文斌,1994)指示这类矿床的硫主要来自海水硫酸盐的还原^[18],部分来自地层和岩浆。本区接触交代型矿床S的来源复杂(周涛发等,1994),矿床硫为岩浆硫+(三叠系及前三叠系)碎屑地层硫+膏盐地层硫,如安庆铜矿中岩浆S占78%,地层S占22%。成矿热液体系中S的转换与获取机制的复杂性及时空上的差异性,反映了围岩及构造条件对成矿热液系统的演化具深刻影响。

很多学者(舒全安,1992;王文斌等,1986;杨学明等,1989;张术根,1994;周涛发和岳书仓,1996;江苏省地矿局,1983,1987)开展了该成矿带矿床铅同位素研究,总的看来,铅同位素对指示成矿物质来源具重要意义,并可有效用于定量评价不同地质体对矿床成矿物质的贡献(周涛发和岳书仓,1996),对找矿勘探也具重要作用。

此外,周涛发等(1996)研究了有关矿区的硅同位素特征,董平等(1995)、谢华光等(1995)研究了一些矿床的锶同位素特征,都取得了很好的效果。

7 其他重要进展

对长江中下游铜、金成矿带的研究还取得了其他许多重要进展,如成矿规律和成矿模式研究^[2,7,8]、岩浆岩体成矿潜力估算^[10]、超大型矿床形成条件的研究(李文达等,1996)以及成矿动力学研究(于崇文等,1995)等。

参 考 文 献

- 1 陈沪生. 扬子准地台下扬子盆地 HQ-13 地球物理-地质综合解译纲要. 见: 中国南方油气勘查新领域探索论文集. 第二期. 北京: 地质出版社, 1988, 483~484.
- 2 常印佛, 唐永成等. 安徽沿江地区铜金多金属成矿预测研究(简介). 安徽地质科技, 1997, 10(1): 1~18.
- 3 陈江峰, 周泰禧, 李学明. 长江中下游岩带含铜岩体的同位素地球化学研究. 同位素地球化学研究. 杭州: 浙江大学出版社, 1994, 121~131.
- 4 王文斌, 李文达, 范洪源. 长江中下游铁铜多金属矿床铅同位素特征. 火山地质与矿产, 1995, 16(2): 11~20.
- 5 陈衍景, 秦善, 李欣. 中国夕卡岩型金矿时间、空间、地球动力学背景和成矿模式. 北京大学学报, 1997, 33(3): 40~52.
- 6 邢凤鸣, 徐祥. 安徽沿江中生代岩浆的基本特征. 岩石学报, 1995, 11(4): 25~31.
- 7 翟裕生, 张湖, 宋鸿林. 大型构造与超大型矿床. 北京: 地质出版社, 1997, 51~56.
- 8 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 长江中下游铜铁成矿带. 北京: 地质出版社, 1991, 294~312.
- 9 翟裕生, 姚书振, 林新多等. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京: 地质出版社, 1992, 1~11.
- 10 周涛发, 岳书仓, 兰天佑. 安徽月山地区闪长岩类岩浆动力学及其与成矿作用的联系. 矿床地质, 1995, 14(4): 303~313.
- 11 胡文宣, 胡受奚. 宁芜和庐枞地区钠长石化的钠质来源新探. 地质找矿论丛, 1991, 6(2): 8~16.
- 12 蔡本俊. 内生铁铜矿床与蒸发岩关系的回顾——答胡文宣. 地质找矿论丛, 1993, 8(1): 21~26.
- 13 周涛发, 岳书仓, 兰天佑. 安徽安庆铜矿床硫同位素地球化学. 地球科学, 1995, 20(6): 705~711.
- 14 张理刚, 陈振胜. 中国东部富碱侵入岩铅同位素组成模式及其地质意义. 地质科学, 1994, 19(2): 66~71.
- 15 李文达, 王文斌. 长江中下游火山-侵入杂岩研究中值得探讨的几个问题. 火山地质与矿产, 1995, 11(2): 1~10.
- 16 周询若, 杨静, 任进. 苏州地区 I-A 型花岗岩特征与成因的对比研究. 地球科学, 1997, 22(3): 50~56.
- 17 Ernst R E et al. Modelling of igneous fractionation and other processes using pearce diagrams. Contrib. Mineral. Petrol., 1988, 100.
- 18 Sangster D F. Sulfur and lead isotopes in strata-bound deposits of calc-alkaline affiliation. Geol. Assoc. Canada, Spec. Paper 14. 1976a.