

长江中下游地区铁、铜等成矿规律研究

翟裕生 姚书振 林新多

金福全

(中国地质大学,北京)

(合肥工业大学地球科学系)

周珣若 万天丰 周宗桂

(中国地质大学,北京)

内容提要: 本文反映了国家重点科技攻关项目 75-55-02-01 专题的地质研究成果, 论文探讨了长江中下游区域成矿的地质背景和构造演化, 提出燕山期本区为大陆板块内部的断块与裂隙交织的构造-岩浆-成矿带。燕山早期, 以 NWW—EW 向为主的岩石圈断裂, 控制了铜、钼、(金)矿带的分布; 燕山晚期, 以 NNE—NE 为主的岩石圈断裂, 主要控制了铁及铁-铜矿带的分布。矿带内各矿田的位置, 受基底构造和盖层构造的联合控制。根据环形构造、线性构造与侵入岩体的关系, 建立了本区矿田构造垂直分带的“三层结构”模式。首次研究了主要赋矿层位——石炭系、二叠系、三叠系地球化学, 包括有机碳含量及与金属成矿的关系。

对中生代侵入岩的岩石化学和含矿性进行了系统研究, 划分了 3 个成岩成矿亚系列。在综合研究区域构造、沉积、岩浆、成矿等作用演化的基础上, 提出本区存在两个成矿系列, 即沉积成矿系列(古生代为主)和岩浆成矿系列(燕山期为主), 后者是本区主要的金属成矿系列。两个系列的叠加复合是本区区域成矿的一个特色, 是造成矿床多样性和复合性的重要原因。

论文讨论了铁矿带和铜矿带的区域分布及二者的相互关联, 并论述了长江中下游成矿带在环太平洋矿带中的地位 and 特色。

主题词: 铁矿 铜矿 燕山期 成矿系列 成矿规律 长江中下游

长江中下游地区铁、铜、金等矿产资源丰富, 矿床的形成、分布和演化受构造、沉积、岩浆等多种因素控制, 且表现出较明显的规律性。探索这些控矿因素和成矿规律, 对找寻隐伏矿床有重要的指导意义。现将“七五”期间取得的部分研究成果作扼要介绍, 重点论述区域构造、地层、岩浆岩的控矿作用, 矿床类型与成矿系列, 以及区域成矿的一些规律。

一、区域构造及矿田构造特征

根据新近的地球物理探测和区域地质构造研究, 认为长江中下游地区的壳幔结构具有“多层、断块”性质^[1]。在纵向上分陆相中—新生界、海相中—古生界、浅变质岩、深变质岩、下地壳和上地幔 6 大层。在横向上被十多条岩石圈断裂(襄樊—广济断裂、大冶—阳新一瑞昌断裂、铜陵—南陵断裂、南京—湖州断裂等)分割成若干块段(图 1)。本区的这种“层、块交错、立体网络”构造格局, 是经长期地史演化形成。根据已知的资料将本区的构造演化分为 3 个主要阶段: 约 850 Ma 以前为变质基底形成阶段; 850—195 Ma 为板块迁移和沉积盖层发育阶段; 印支运动后为板内变形阶段。中生代时, 由于扬子和华北两板块碰撞对接以及太平洋板块向西俯冲的影响, 本区的构造-岩浆活动频繁而强烈。在其早期表现为褶皱造山, 形成了规模巨大的弧形褶皱系统(以九江地区为中心); 在其晚期, 则以断块构造和断陷盆地为主, 带有准裂谷性质(大陆边缘不成熟的裂谷带)。从整体看, 长江中下游燕山期构造为属于大陆板块内部的断块与裂隙交织的构造-岩浆-成矿带。

运用构造地质、地球物理和区域构造地球化学相结合的方法, 确定了岩石圈断裂和壳断裂是控制区域成岩成矿的主导构造。岩石圈断裂的地质地球物理特征表现为重力^[2]和磁力的梯度带, 有壳幔混源同熔型岩

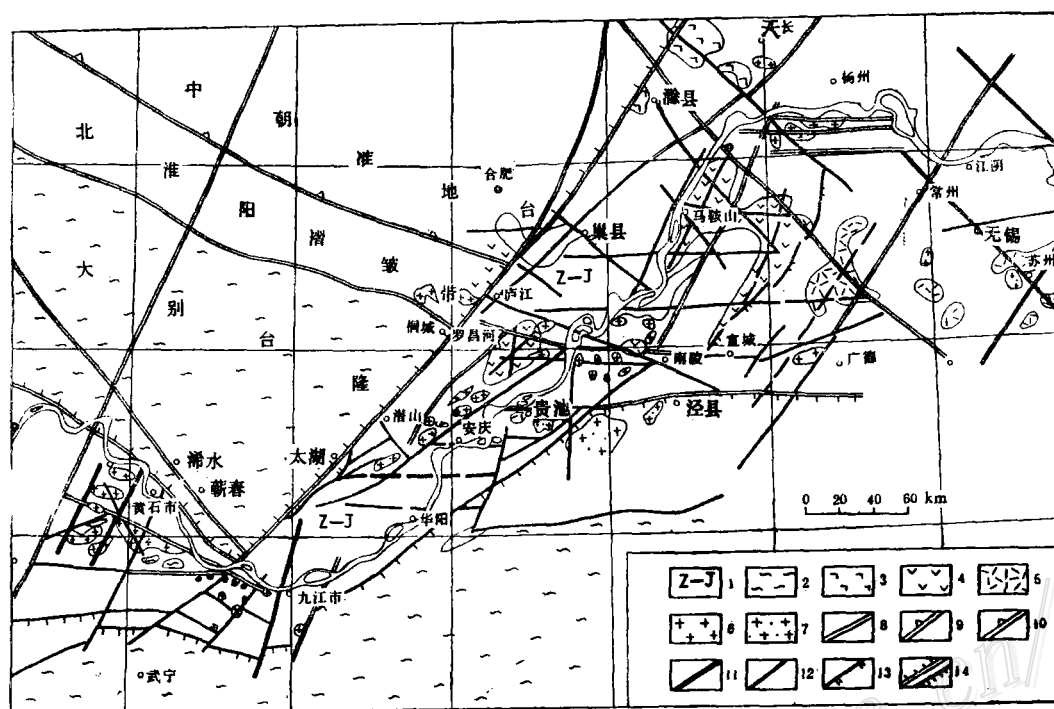


图 1 长江中下游断裂构造及岩浆岩分布简图

1—震旦系—侏罗系；2—前震旦系；3—喜马拉雅期玄武岩；4—燕山晚期中性及中偏碱性火山岩及次火山岩；5—燕山晚期酸性—酸性火山岩；6—燕山期中酸性侵入体；7—印支—燕山早期花岗岩；8—岩石圈断裂；9—晋宁期板块对接带；10—印支期板块对接带；11—壳断裂；12—盖层大断裂；13—推覆构造；14—长江中下游成矿带范围

Fig. 1. Diagrammatic map showing distribution of fault structures and magmatic rocks in the middle and lower valley of the Yangtze River.

1—Sinian—Jurassic; 2—Presinian; 3—Himalayan basalt; 4—Late Yanshanian intermediate and somewhat alkaline volcanic and subvolcanic rocks; 5—Late Yanshanian intermediate-acid-acid volcanic rocks; 6—Yanshanian intermediate-acid intrusive body; 7—Indosinian—Early Yanshanian granite; 8—Lithospheric fault; 9—Plate junction of Jinning period; 10—Plate junction of Indosinian period; 11—Crustal fault; 12—Superficial great fault; 13—Nappe structure; 14—Limits of Middle and Lower Yangtze metallogenic belt.

浆岩带展布,有的还有基性和超基性岩体产出。由于各岩石圈断裂的发育时间和产出方位不同,因而与其有关的岩浆活动和成矿作用也就随时间而表现出差异性。根据对区域中大量纵弯褶皱轴面产状及断裂性质的统计分析,反演了区域不同时代的古构造应力场,认识到燕山早期和燕山晚期的古构造应力场是有变化的(图2)。在燕山运动早期,长江中下游区域的最大主压应力(σ_3)方向为NWW-SEE向,以NWW-SEE和近EW向的张剪性断裂深切下地壳或上地幔,诱发产生岩石部分熔融,形成初始岩浆,进而上涌并混熔地壳物质后向浅部的沉积盖层中运移和就位。因此,这些深断裂就成为重要的导岩导矿构造,形成燕山早期的构造-岩浆-成矿带,如大冶—九瑞矿带和铜陵—沙滩角矿带,这些矿带中主要产出中酸性岩及有关的Cu、Mo、Fe、Au矿床。到燕山运动晚期(早白垩世),区域最大主压应力(σ_3)方向转为NE-SW,早先存在的NE、NNE向断裂的拉张作用强烈,切割深度加大,导致火山-侵入活动剧烈而普遍,形成中—中酸性岩及有关的Fe、Cu、S矿床,例如, NNE向的程潮—铁山—灵乡矿带、罗河—怀宁矿带和宁芜矿带等。

本区的断裂构造错综复杂,但其基本格架是: NWW-EW的深断裂控制Cu、Mo、Fe、Au矿带的分布, NNE—NE向深断裂控制Fe及Fe—Cu、S等矿带的分布。这两个矿带的重叠、交接处,形成复合的矿带。总体上看, Cu带形成较早, Fe带形成较晚,但在时间上又有一定的重叠和交错,这就构成了长江中下游地区

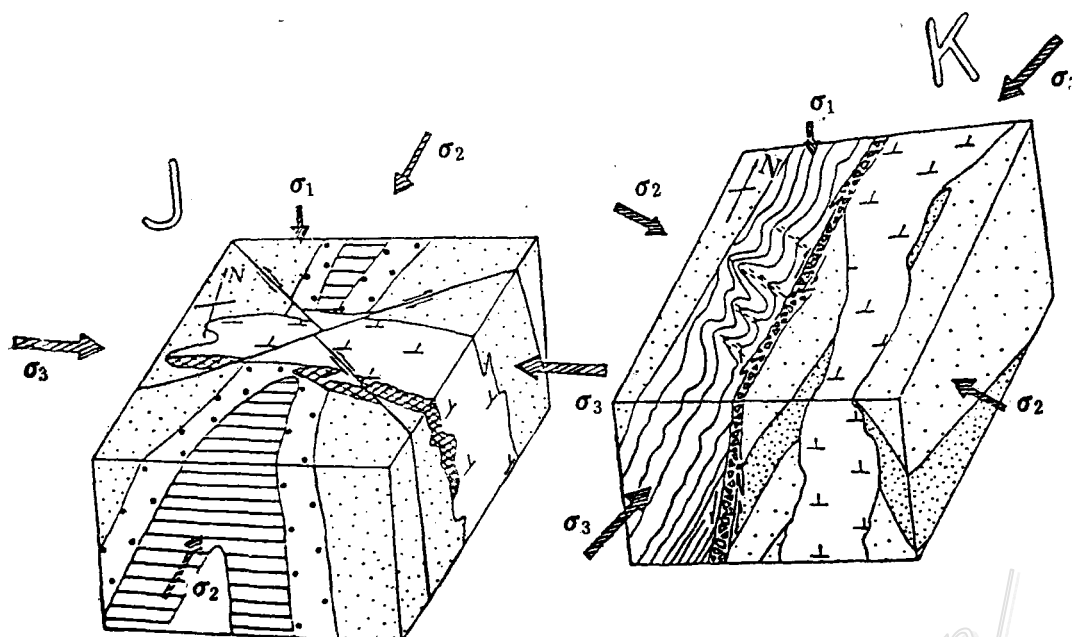


图 2 燕山早期和晚期构造应力状态及成岩成矿示意图

J—大致平行于最大主压应力 (σ_3) 方向, 即沿 NWW 向侵入含矿侵入岩与形成有关矿体, 沿中间主应力轴 (σ_2) 形成轴向为 NNE 向的纵弯褶皱, 并可沿 NEE 与 NW 向形成共轭断裂; K—NNE 向断裂在应力场作用下成为右行走滑-正断裂, 具张剪性, 常有岩浆侵入、喷发与含矿热液充填, 褶皱轴向以 NWW 向 (平行于 σ_2) 为主

Fig. 2. Stereograms showing tectonic stress as well as rock-forming and ore-forming

conditions in Early and Late Yanshanian period.

J—In the direction approximately parallel to maximum principal compressive stress (σ_3), i. e. in NWW direction, ore-bearing intrusives invaded and formed related ore bodies; along middle principal stress axis (σ_2), longitudinal curved folds with axial direction NNE were formed, together with the probable formation of conjugate faults in NEE and NW directions. K—Under the action of stress field, NNE-trending faults were turned into right-slip-normal faults with tensio-shearing properties, along which magma often intruded and erupted and ore-bearing hydrothermal fluids frequently filled; fold axes trended mainly NWW (parallel to σ_2).

这一既有明显规律, 又较复杂的成矿景象。

除上述断裂外, 本区的水平构造运动包括推覆构造也有发育, 它们主要分布滁州—庐江一线 (低角度脆韧性剪切带, NE 35° 延伸, 以 Cu、Fe 矿化为主) 和苏州西部 (双重逆推断裂, 以 Pb、Zn、Ag 矿化为主) 等地。与矿化有关的推覆构造主要发生在燕山晚期, 说明这个时期的长江中下游地区的沉积盖层具有较大的活动性。

此外, 区域中还有一些具有一定规模的基底断裂。这些基底断裂与深断裂连通时, 常成为岩浆进入沉积盖层的通道, 进而控制浅部岩浆房的就位和金属矿田的形成和展布, 尤其是 NWW—EW、NE—NNE、NW、NS 等几组断裂构成的网格状构造结点, 多为矿田所在部位, 如九瑞地区的武山和城门山矿田, 铜陵地区的狮子田矿田和宁芜地区的钟姑铁矿田等。

针对本区主要找寻隐伏矿床的需要, 我们采用遥感技术、矿床地质与地球物理研究相结合的方法, 系统研究了环形构造、线性构造与含矿岩体、隐伏岩基的关系, 建立了长江中下游地区矿田构造垂直分带模式——“三层结构” (图 3): ①深部是隐伏岩基, 是主要矿质、热能和热水的供给源, 其产出受深断裂控制; ②中部为构造-岩浆柱, 是岩浆及热液上升通道, 它受盖层的主要断裂控制; ③上部为含矿岩株及周围矿化晕圈, 受浅部褶皱及断裂联合控制。这一分带模式的建立, 为本区的矿田构造研究和隐伏矿床找寻提供了一个分层次的立体思路。

二、地层与成矿

本区矿床的形成、分布与地层关系密切,尤其是上古生界和中生界对成矿有显著作用。

(一) 地层层位与成矿 长江中下游地区不同时代地层的赋矿性有明显的差异。首先是矿种或矿产组合不同,如震旦系至下古生界中比较有代表性的矿产为钨、锡、锑、钼、铅、锌,其次为铜、金;上古生界至

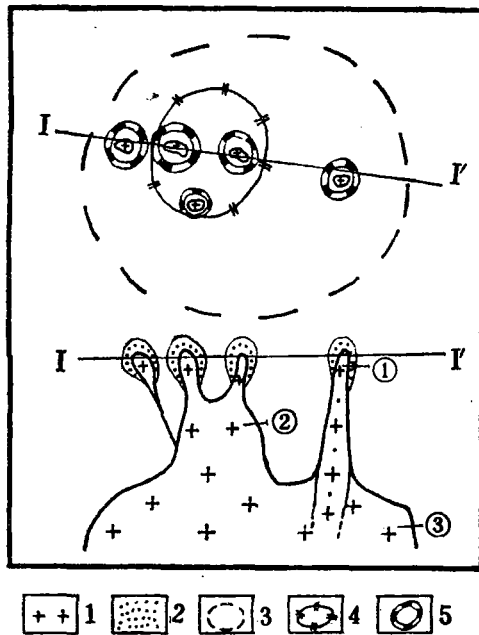


图3 矿田构造“三层结构”模式图

上一平面图包括环形影像;下一剖面图

1—花岗闪长岩类; 2—蚀变矿化晕; 3—岩浆房环; 4—岩浆柱环; 5—蚀变矿化晕环; ①—含矿岩株; ②—岩浆柱; ③—隐伏岩基

Fig. 3. "Three-layer structure" model of the ore field.

Upper—Plan view including circular image;
Lower—Profile.

1—Granodiorite; 2—Alteration-mineralization halo; 3—Ring of magma chamber; 4—Ring of alteration-mineralization halo ①—Ore-bearing stock; ②—Magma column; ③—Concealed batholith.

对本区主要成矿元素的层位性趋势有以下认识: ① Cu 主要富集在二叠系大隆组的硅质岩、三叠系东马鞍山组和南陵湖组以及石炭系黄龙组的碳酸盐岩中。与其伴生的有 Pb、Zn、Co、Ni; ② Fe 主要富集在碎屑岩中, 它包括三叠系的蒲圻组、黄马青组和马山桥组, 石炭系的高骊山组和志留系的坟头组、茅山组。与其伴生的有 Pb、Zn、Co、Ni、Mn; ③ Au 主要富集在三叠系蒲圻组碎屑岩、石炭系黄龙组底部碎屑岩和志留系高家边组的泥页岩中。Mn 主要富集在二叠系孤峰组硅质岩中。另外在蒲圻组、黄马青组和高骊山组中与其它元素共生; Pb、Zn 主要富集在二叠系中, 此外, Zn 在黄龙组底部的碎屑岩及下部的白云岩、粗晶灰岩中也很富集。

据生物地球化学研究, 有机质对许多金属矿床的形成起着重要作用。为探索有机质对本区成矿的影响, 在本次工作中, 首次研究了石炭系、二叠系和三叠系中的有机碳含量。全区共分析了 50 个样品, 其中石炭

下三叠统中以各种成因类型的铜、硫为主, 其次为铁、金及铅、锌; 中三叠统一白垩系中以铁、硫(铜、金)组合为主, 其次为铅、锌。再就是矿产储量和矿床频率的不均匀性。根据矿床储量的统计, 石炭系、二叠系、三叠系和下白垩统火山岩系是本区铁、铜、硫、金、钼、铅、锌等矿床的重要赋矿层位。这些赋矿层位在不同地区各有侧重, 总体上看, 鄂东南、安庆地区以三叠系赋矿最佳。如鄂东南以大冶群(T_1dy)为主要围岩的矿床, 已探明储量占该区总储量比例为: 铁 50% 左右; 铜 90% 以上。以蒲圻组(T_2-3pq)下段为主要围岩的铁矿储量为 40% 以上。九瑞地区的赋矿层位以石炭系最重要。贵池地区主要是石炭-二叠系。铜陵、宁镇地区赋矿层位较多, 但主要还是石炭系-三叠系。以铜陵地区为例, 不同赋矿层位中, 铜储量所占比例: 石炭系 62.69%; 二叠系 6.10%; 下三叠统 30.05%; 志留-泥盆系 0.93%。铁储量所占比例: 石炭系 68.47%; 二叠系 1.71%; 下三叠统 29.81%。由此可见, 区域的赋矿层位具有“限定性”(层控特征), 在水平分布上有“差异性”(不同成矿亚带主要赋矿层位有变化), 在垂向上表现为矿化“多层楼”的特色。

(二) 主要赋矿地层的地球化学特征 此次工作对石炭系、二叠系、三叠系进行了比较深入的地球化学研究, 通过对元素在不同时代地层中的概率分布特征、丰度及共生组合的研究, 揭示元素在原始沉积时的分布状态, 为成矿物质来源和成矿预测提供成矿元素地球化学背景场依据。

我们研究了石炭系、二叠系、三叠系和志留系 4 个系、19 个组、27 个岩石类型单位的元素丰度, 测试的元素共 36 个。在获得各组、各岩石类型中化学元素的丰度后, 又对地层中元素共生组合规律进行分析。

系 14 个, 二叠系 20 个, 三叠系 16 个。

分析结果表明, 在二叠系各组地层中有机碳含量较高(均大于 0.1%), 为 0.16—1.31%。其次为早石炭世, 含量为 0.122%。三叠系有机碳含量不高, 为 0.047—0.086%。

将有机碳的这种分布特点与区域主要含矿层位进行对比, 发现含有有机碳高的部位, 不一定是主要含矿层, 而恰是位在主要含矿层位的下面, 作为主要含矿层的底板。这可能为以后的改造成矿作用创造了物理化学条件。

此次研究工作中, 对已发现的火山碎屑岩层进行了查证和厘定, 同时又发现了石炭系、二叠系和三叠系中的几处新的火山碎屑岩层露头。这对进一步认识区域成矿构造环境和矿质来源有一定意义。

三、中生代岩浆岩与成矿

本区中生代岩浆岩呈罗棋布, 其中出露面积大于 0.2 km² 的岩体就有 260 多个。我们选择了其中的 19 个有代表性的含矿和无矿岩体进行研究, 进一步获得以下认识。

(一) 岩浆岩的主要特征及产出环境

1. 岩石类型较多, 主要有碱长花岗岩、花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、石英正长岩、石英二长岩、石英二长闪长岩、石英闪长岩、二长岩、二长闪长岩、闪长岩等。它们都属广义的花岗岩类岩石。

2. 岩石 SiO₂ 含量变化较大, 最小者仅 50% 左右(如阳新岩体第一期侵入岩), 最大者达 76% (如鄂城岩体第三期侵入岩), 这与本区侵入岩岩石类型较多是一致的。全区岩石全碱含量变化也较大, 小者仅 6% 左右(如宁芜地区的一些岩石), 大者超过 9% (如鄂城、狮子山岩体中的一些岩石)。总的看, 岩石的碱含量偏高。K₂O/Na₂O 比值变化也较大, 小者仅为 0.23, 大者可达 1.31, 这反映出有关岩石可能属于不同的亚系列。

3. 本区岩浆岩的稀土元素含量及稀土配分模式的差异也较大, 稀土总量最小仅 120 ppm, 最大达 360 ppm, 轻重稀土比值最小仅 1.3, 最大达 9.8。δEu 值最小不到 0.2, 最大大于 1。

4. 就岩石的化学成分类型看, 本区岩石属于弱碱质岩系—钙碱质岩系。

5. 一些出露面积较大的岩体多为复式岩体。这从野外地质观测和同位素年龄资料均可以证实。

6. 中生代侵入岩的年龄跨度较大。从 200—90 Ma。同时, 又表现为多期多阶段的岩浆活动特征。

7. 从本区 147 个中生代岩浆岩 An 值统计看, 它们分别集中在 0—4% 和 10—20% 区间, 在图上呈双峰式分布, 表现了拉张环境下岩浆岩的特征。再结合前述的本区岩石圈断裂为板块内部拉张带分析, 说明本区中生代岩浆活动的构造环境为断块—岩浆活动带。

总之, 通过岩石化学、矿物学和地球化学研究, 进一步确定本区中生代岩浆岩是以壳幔混源 I 型花岗岩为主, 有部分壳源 A 型(如苏州花岗岩), 其中控制本区金属成矿的主要是 I 型花岗岩。

(二) 岩浆岩亚系列及其含矿性 长江中下游含矿侵入岩、火山岩和次火山岩种类繁多, 可根据岩石组合和岩石化学特征及其含矿性, 划分为高碱富钾酸性岩亚系列、高碱富钙中—中酸性岩亚系列和富钠偏基中性岩亚系列, 岩浆岩成矿专属性比较明显。

1. 高碱富钾中—酸性岩亚系列: 主要的岩石组合为闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长(斑)岩、花岗岩和石英斑岩等。岩石酸度较大, 为高碱背景下富钾的钙碱性岩。主要形成矽卡岩型、斑岩型铜矿床, 有时伴有钼矿化和铁矿化。

2. 高碱富钠中—中酸性岩亚系列: 主要的岩石组合为辉石闪长岩、闪长岩、石英闪长岩、石英二长岩、花岗闪长岩及花岗岩等。岩石酸度与上个亚系列相比稍低, 属高碱富钠的钙碱性岩。主要形成矽卡岩型铁矿床, 有时伴有铜矿化。

3. 富钠偏基、中性岩亚系列: 主要岩石组合为辉长闪长玢岩、闪长玢岩、钠长斑岩、粗安岩等, 以及辉石粗安斑岩、玄武粗安岩、粗面岩、正长岩等, 主要出现在断陷火山岩盆地中。宁芜盆地的含矿次火山岩基性程度较高, 为富钠的偏基性中性岩。主要形成玢岩型铁矿。而庐枞盆地含矿次火山岩 K₂O 含量偏高, Na₂O/K₂O 比值为 1.04, 除了形成玢岩型铁矿外, 还有明显的铜矿化。

关于本区含矿岩浆岩系列的时、空位置和岩石组合及有关矿床类型见表 1。

表 1 长江中下游含铁铜火山-侵入岩系列

Table 1. Iron and copper-bearing volcanic-intrusive series in the Middle and Lower Yangtze Valley

含矿岩浆岩亚系列	富碱高钾 中-酸性岩亚系列	富碱高钠 中-酸性岩亚系列	富钠偏基、 中性岩亚系列
岩石组合	闪长岩、石英闪长岩、石英正长闪长岩、花岗闪长(斑)岩、花岗岩、石英斑岩	辉石闪长岩、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、石英二长岩、花岗岩	辉石闪长玢岩-闪长玢岩、钠长岩、粗安岩、辉石粗安玢岩-玄武粗安岩-粗面岩、正长岩等
就位时代(Ma)	170—130	160—120	130—90
构造背景	褶皱隆起区	隆起与拗陷过渡区	断陷火山岩盆地
侵位深度(km)	3—1	3—1.5	<1.5
主要围岩	$\epsilon-T_2$	T_1-T_2	$J-K_1$
SiO ₂ (%)		56.44—65.83	59.33—70.23
	平均	63.16	64.18
K ₂ O + Na ₂ O (%)		6.79—8.30	7.56—9.10
	平均	7.58	8.23
K ₂ O Na ₂ O		0.56—1.21	0.33—0.84
	平均	0.88	0.61
A/C	54—56	56—58	53
成矿元素	Cu、S、Mo、Au、Fe、Pb、Zn、Ag、W、	Fe、Cu、S、Co、Au	Fe、S、P、V、Ti、后期 Au、Cu
矿床类型	接触交代型、斑岩型、热液型	接触交代型、矿浆型、矿浆-热液过渡型、热液型	次火山气液型、矿浆型、伟晶型、热液型
成矿亚系列	矽卡岩型、斑岩型 Cu-Mo-Au 成矿亚系列	矽卡岩型 Fe 及 Fe-Cu 成矿亚系列	玢岩铁矿成矿亚系列
分布地区	铜陵、九瑞、阳新、宁镇	大冶、繁昌、安庆	宁芜、庐枞

四、区域矿床类型及成矿系列

成矿系列是指在一定地质构造环境中由一定的主导地质作用形成的,在时间、空间和成因上有密切联系的一组矿床类型构成的整体^[4]。

成矿系列以联系的观点、系统的观点研究在一个地区中不同矿床类型间的联系,注意这些矿床形成的地质构造背景及发展历史,将矿床及成矿系列作为地壳的一个组成部分加以研究。

基于上述理解,我们在深入研究本区铁、铜、金等矿床特征的基础上,提出了区域成矿系列,划分了亚系列,并对它们的特征和时、空分布进行了研究。

(一) 区域矿床类型 本区自晋宁期以来,经历了漫长的沉积盖层发育和燕山期强烈的构造-岩浆活动,在多种有利的环境中,形成了丰富多采的矿床类型。按照矿床的形成环境和成因,可归纳成9种成因类型^[1,2]:①沉积及火山-沉积型(如阳新枫林黄铁矿矿床);②沉积-改造型或层控型(如栖霞山铅锌矿);③矿浆型及矿浆-热液过渡型(如铁山和灵乡铁矿);④矽卡岩型(如铜录山铜矿);⑤斑岩型(如铜山口铜

矿);⑥玢岩铁矿(火山-次火山热液型,如梅山铁矿);⑦热液脉型(如铜牛井铜矿);⑧复合型(如城门山铜矿);⑨风化型,包括铁帽(如马山金矿)和硫化物次生富集带(如六峰山铜矿)。

(二)区域成矿系列 按照矿床形成的大地构造环境及矿床在时间、空间和成因上的联系,认为本区存在两个成矿系列。即:沉积成矿系列和岩浆成矿系列。沉积成矿系列以古生代沉积建造序列为主体,岩浆成矿系列以燕山期为主体,岩浆成矿系列占有主导地位。

1. 沉积成矿系列:沉积成矿系列主要形成于古生代到三叠纪地台盖层沉积阶段,多生成于滨海-浅海相沉积环境,以碳酸盐岩相为主,间夹硅质岩和海底交互相碎屑岩,通过正常沉积作用或海底热水(热泉)沉积作用成矿,包括铁、铜、铅、锌、锰、硫等矿床(点)。

季绍新、王文斌等^[6]系统研究了江西九瑞地区的铜矿床,认为该区的层状含铜黄铁矿型矿床属于海西期海底喷气成因,并提出该区存在与海底喷气活动有关的成矿系列。

沉积矿床形成后,如未经后期明显改造,则仍保留原有的沉积成矿特征。如大冶王公林的二叠系褐铁矿矿床、阳新枫林二叠系黄铁矿矿床以及彭泽郭桥震旦系莲沱组的砂岩铜矿床等。另一部分沉积矿床(层)经历过燕山期的岩浆-热液的叠加改造,则形成沉积-改造型矿床,如铜官山矿床的松树山矿段和武山矿床北矿带。

2. 岩浆成矿系列:主要形成于中生代板内变形阶段。为与燕山期构造-岩浆活动密切相关的内生Fe、Cu、Au成矿系列。这是本区的主要成矿系列。其矿床成因类型众多,都具有以下的共同特征:①是燕山期中酸性岩浆活动持续演化的产物,矿床与岩浆岩体紧密伴生;②成矿物质主要来自岩浆,部分矿质由矿旁侵入岩体受碱质交代作用而析出,还有部分矿质是由沉积或火山-沉积矿源层活化转移而提供的;③成矿方式主要是气化热液充填交代,其次为矿浆贯入,再就是沉积矿源层的岩浆-热液叠加改造。

具有上述共同特征各矿床类型,是在古生代沉积建造基础上,主要由燕山期的构造、岩浆、热流体作用形成的,可称为燕山期铁铜金成矿系列。在这个成矿系列中,又根据成矿的构造-岩浆岩条件、围岩性质和矿石建造,划分为3个成矿亚系列。

(1) 砂卡岩-斑岩型铜铅硫成矿亚系列:分布于褶皱隆起区,矿化带主要受NWW-EW向深断裂控制,含矿小岩株多位于网格断裂交点,有的受断裂及褶皱联合控制。含矿侵入岩为富碱高钾的中酸性岩系列,以花岗闪长(斑)岩、石英闪长岩、石英正长闪长(玢)岩为主,多为复式岩体。当围岩为碳酸盐岩时,主要生成砂卡岩型矿床;当围岩为硅铝质岩时,则形成斑岩型矿床;在有利条件下,可形成斑岩-砂卡岩复合型矿床。有时,也出现热液脉状矿床。该亚系列主要产于阳新一九瑞地区和铜陵地区。

(2) 砂卡岩型及矿浆-砂卡岩复合型铁及铁铜金成矿亚系列:主要分布于隆起区与拗陷区的过渡部位,矿化带受NNE向深断裂控制。含矿岩体和矿床常呈串珠状展布。含矿侵入岩为富碱高钠的中-中酸性岩类,以闪长岩、石英闪长岩、辉石闪长岩为主,多构成复式岩体。围岩以下、中三叠统的含膏(盐)碳酸盐岩为主。这个亚系列的重要特征是有矿浆成矿作用。有多种类型矿床,如接触交代型(砂卡岩型)、矿浆贯入型、矿浆-热液过渡型和热液充填交代型等。主要产于鄂城-灵乡、安庆月山等地。

(3) 玢岩铁矿成矿亚系列:产于宁芜、庐枞等中生代继承式断陷火山岩盆地中,成矿与主喷发旋回晚(末)期的富钠中偏基性次火山岩密切相关,以含矿辉长闪长玢岩为中心,经常出现一套从岩浆晚期矿化开始,经伟晶-高温气液矿化,直到中低温热液矿化所形成的一系列铁(磷)矿床(体),以及与其伴生的黄铁矿矿床(体)。此外,在火山活动晚期,还生成与碱性次火山岩密切相关的Cu与Cu-Au矿床。矿床具有典型的控矿构造系统和显著的蚀变矿化特征。

除上述3个成矿亚系列外,以栖霞山矿田为代表的层控型铅锌矿床也有特色,经勘探查明的大型铅锌矿床虽只有栖霞山一处,但就区域成矿条件分析,它还是值得重视的有远景的矿床类型。

(三)沉积成矿系列和岩浆成矿系列的叠加复合 由于区域构造演化的继承性,在古生代及三叠纪沉积建造形成沉积矿层的空间,常有燕山期的岩浆侵入体就位,并伴有岩浆-热液矿化,因而造成两个成矿系列——沉积成矿系列与岩浆成矿系列的叠加与复合,形成沉积-改造型矿床(层),如新桥铜硫矿床和铜官山的松树山矿段等。这种两个系列间的叠加形成了长江中下游地区金属成矿具有多样性和复合性的特点。

根据上述认识,我们建立了长江中下游区域成矿系列图(图4),以概括本区主要金属矿床的时间、空

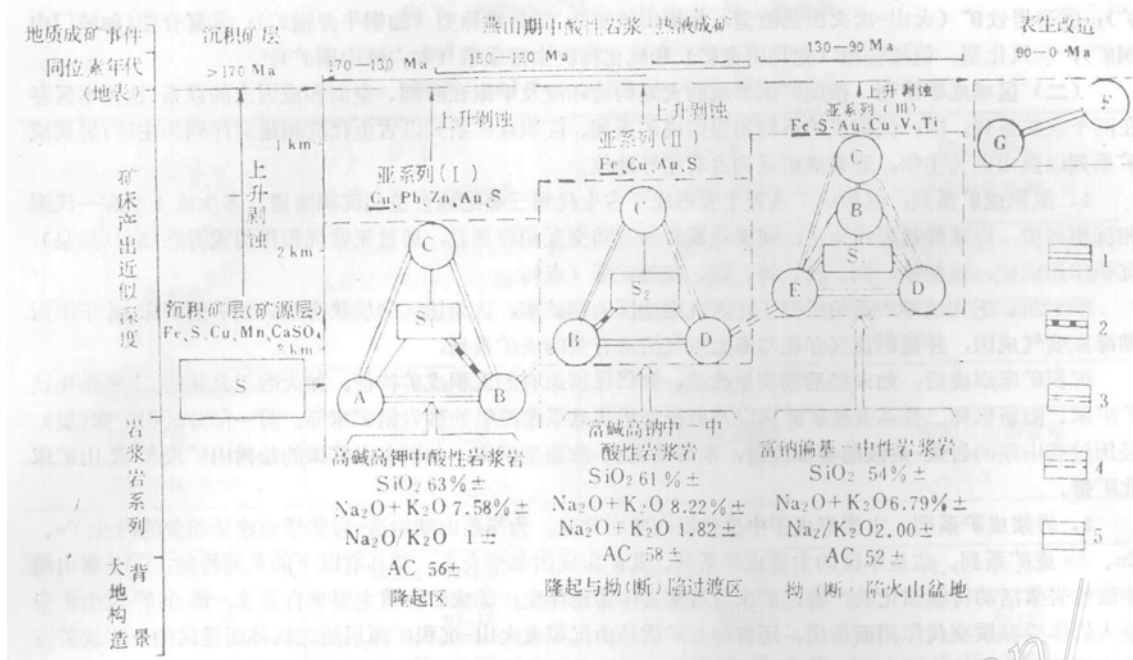


图4 长江中下游区域成矿系列图解

成矿系列中各矿床类型间关系：1—共生；2—叠加；3—过渡；4—联系各亚系列间关系；5—关系尚不明确；矿床类型：A—斑岩型；B—矽卡岩型；C—热液脉型；D—矿浆贯入型；E—狭义矽卡岩铁矿；S—沉积型；S₁—沉积型铜、硫矿；S₂—沉积型铁矿；S₃—火山-沉积型铁、硫矿；F—铁帽；G—次生硫化物富集带

Fig. 4. Diagram showing regional metallogenic series of the Middle-Lower Yangtze valley.

Relationship between various ore deposit types in the metallogenic series; 1—Paragenesis; 2—Superimposition; 3—Transition; 4—Relation linking various subseries; 5—Indeterminable relationship. Types of ore deposits; A—Porphyry type; B—Skarn type; C—Hydrothermal vein type; D—Ore magma injection type; E—Porphyrite iron deposit in narrow sens.; S—Sedimentary type; S₁—Sedimentary type copper and sulfur deposit; S₂—Sedimentary type iron deposit; S₃—Volcanic-sedimentary type iron and sulfur deposit; F—Gossan; G—Secondary sulfide enrichment zone.

间分布及其成因联系。图中，着重表现了燕山期岩浆（-热液）成矿系列，反映了其3个成矿亚系列间的联系，以及各亚系列中矿床类型间的共生、过渡和叠加复合关系。

五、区域的矿化分带

根据构造、沉积、岩浆活动的差异，可将本区构造划分为断块隆起区、断陷盆地区和隆拗过渡区三类。每个地区的地质构造和成矿条件不同，因之在所形成的矿床类型和矿种组合上，也显出差别，表现为矿化的分带性。

断块隆起区位于长江中下游成矿带的南、北边缘地带，多由较早期地层组成（一般由寒武系到二叠系或三叠系），EW或NNW向基底构造比较稳定连续。岩浆活动主要在燕山早期和晚期早阶段，为高碱富钾花岗岩类，在地表多呈岩株、岩瘤状，向深处为岩浆柱和隐伏岩基。在垂向上“三层结构”较为明显，在平面上则为网格状断裂控矿系统。矿床为斑岩型、矽卡岩型和沉积-改造型以及它们的复合型。矿种为Cu、Mo、Au、S等。矿化具有较大的垂深。这类成矿构造区以九瑞地区和铜陵地区为代表。

断陷火山岩盆地是本区的另一种构造类型，它们分布在成矿带中段的沿江地区，多是继承了先前的黄马青组沉积盆地，又受到侏罗纪-白垩纪火山喷发作用而形成的。盆地中多组断裂的交叉部位形成火山-侵入中心，有复杂的火山机构和一定数量的次火山岩体。岩石为富钠偏基性的闪长岩类和粗面安山岩类，到火

山活动晚期向富碱质方向转化。矿床类型为玢岩铁矿,为火山-次火山气液交代型铁矿,成矿元素为Fe、P、V、S等,成因亚类包括气液交代型、矿浆型、矽卡岩型等。此外,还常见脉型Cu、Au矿床产于火山机构的裂隙系统中,其形成时间更晚。

处于两种构造单元之间的,具有过渡性质的成矿构造单元是隆-拗过渡带,其中的主要地层为由泥盆系到侏罗系,尤以发育三叠系膏盐层和白云岩层为特征。兼有褶皱和断裂构造,常见EW向与NNE向褶皱叠加产生的横跨褶皱。岩浆岩以高碱富钠的中酸性岩类为主。岩体多为岩株状,规模有时较大,被动侵位明显,主要受NNE向断裂控制。矿床类型以矽卡岩型和矿浆-矽卡岩复合型为主。矿种有Fe、Cu、Co、Au、S等。由于存在三叠系膏盐层的影响,上侵岩浆的分异作用比较完全,具有生成富铁熔浆(矿浆)的有利条件,因而矿浆型铁矿在这个构造单元中比较发育。

在上述三种成矿构造单元间还有处于过渡地位的地质构造环境,它们中产生的矿床类型也就具有过渡性质。

以上是按照构造-矿化性质所划分的区域成矿分带。若按主要矿种进行划分,则可分出铜带和铁带,其它如金带和铅、锌带等则因资料不足,暂不能独立分出。从鄂东南到宁镇地区,共划分和描述了3个以铁为主的矿带和5个以铜为主的铜带(图5)。

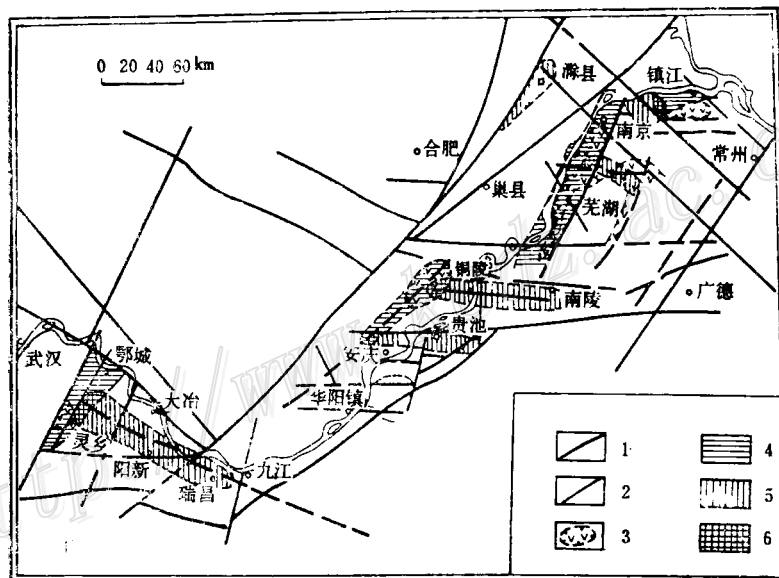


图5 长江中下游地区铁、铜矿带分布图

1—深断裂; 2—盖层断裂; 3—火山岩盆地; 4—铁矿带; 5—铜矿带; 6—铁铜矿带

Fig. 5. Distribution of iron and copper metallogenic belts in Middle and Lower Yangtze Valley.

1—Deep fault; 2—Superficial fault; 3—Volcanics basins; 4—Iron ore belt; 5—Copper ore belt; 6—Iron-copper ore belt.

3个铁矿带为: ①宁芜—繁昌铁矿带; ②庐纵—安庆铁矿带; ③鄂城—灵乡铁矿带。这3个铁矿带都作NNE或NE向延伸,受燕山晚期的岩石圈断裂和深断裂控制,自西向东,作斜列式排列。前两个铁矿带主体在火山岩盆地中,分别外延到隆拗过渡区的繁昌、安庆月山地区。

5个铜带有: ①大冶—九瑞Cu、Mo、Au矿带; ②月山—贵池Cu、Pb、Zn矿带; ③铜陵—沙湾角Cu、Au、S矿带; ④宁镇Cu、Pb、Zn、Fe、Mo矿带; ⑤滁县Cu、Fe矿带。上述以铜为主的矿带中,除滁县矿带为NE方向延伸外,其余4个都作EW或NWW向延伸,都受到近EW向深断裂的控制。

以上8个矿带自身的延展方向和分布范围已基本上被认识,现在要研讨的是矿带之间的相互关系,这

对深入理解区域成矿规律和新区找矿很有意义。根据初步研究,铁带与铜带之间的相互关系可区分为几种情况:

1. 铁带和铜带在平面上交接,为鄂城—灵乡铁矿带与大冶—九瑞铜矿带在大冶地区交接重叠呈“T”字型,产生出Fe-Cu-Au等过渡类型,如铜录山铁-铜矿床。

2. 铁带和铜带呈“立体交接”。庐枞盆地铁带与铜陵矿带的交接可能属此种情况。盆地的上部即火山岩系中产出玢岩铁矿以及一些脉型Cu(Au)矿。但在盆地底盘岩层中即上侏罗统以下地层中,如在三叠系膏盐层中则有可能产出类似于月山矿田的砂卡岩型Cu-Fe矿床或Cu矿床,包括斑岩型Cu矿。如经进一步深部查探,确存在这种情况,则这种铁带、铜带的连接将是“立体交叉”(借用交通方面的语汇)。铁矿在上,铜-铁矿或铜矿在下。

3. 铁带与铜带逐步过渡。宁芜矿带与宁镇矿带的交接可能属于此种情况。在宁芜矿带东北端有南京梅山铁矿,向东和北东则有蒋庙等基性岩中铁矿,向东则逐步变为斑岩型矿床为主,总体上呈渐变趋势,既非立体交接,又不同于平面上叠接。详细情况还有待深入研究。

矿带间的叠接、过渡或立体交叉,以及其它形式取决于区域构造的演化及区域构造垂直、水平分带特征,以及各断块间的构造连接性质,这是今后应该研究的课题。

六、长江中下游成矿带在环太平洋矿带中的位置和特色

长江中下游地处环太平洋矿带的亚洲大陆边缘,郭文魁^[3]将其划归为我国大成矿域之一的滨太平洋成矿域的华南成矿省,定名为长江中下游燕山期铁、铜、铅、锌、钼、金断裂成矿带,并论述了这个成矿带与华北和华南各成矿带在地质背景、金属组合和矿床类型间的一致性和差异性。

在此次研究中,我们又将长江中下游成矿带与世界范围的环太平洋矿带的矿化特征作了类比,有其相似性,也有本身的特殊性。其相似性主要有:

1. 位于大陆板块边缘,中生代以来的构造-岩浆活动强烈而频繁,对成矿起了主导作用。
2. 岩浆活动以酸性、中酸性和中性为主,属于受深断裂控制的幔壳混源型,以浅部就位的小型岩体居多,也发育陆相火山盆地。
3. Cu、Fe、Pb、Zn、Mo、W、Au、Ag等为主的或重要的金属成矿元素。
4. 矿床类型以砂卡岩型、斑岩型、层控型、热液脉型和陆相火山岩型等为主。
5. 矿质来源与岩浆作用关系密切,深层岩浆(幔壳混源)是成矿物质主要来源。部分地区早期沉积成因硫化物在岩浆热液影响下,可能重新活化参加了后来的成矿过程。

由于地质构造发展史和区域地球化学背景的不同,与其它地区相比,长江中下游成矿带有自己的特色,并在环太平洋矿带的各地段中占有一定的地位,初步认识到的有以下几点:

1. 长江中下游夹持在华北地块和扬子地块之间的狭窄地带,两大地块中生代以来的强烈碰撞控制了接合带附近的成岩成矿作用,太平洋板块向北西方向运动(俯冲及其它机制)对本区构造-岩浆活动有重要影响。

2. 本区的主要金属矿床都对应于莫霍面的鼻状隆起带(NWW向到NEE向)上,说明中生代时大陆板内拉张断裂,地壳减薄,地幔隆起,地热异常显著的总的动力学机制,这是形成本区Cu、Fe等富集的一个重要原因。

3. 成矿金属组合以Fe、Cu为主,还有Pb、Zn、Au、Ag、Mo、W等。其中,Cu、Au、Ag等是滨太平洋矿带尤其是内带的典型金属,W、Mo等是外带常见金属,而Fe(以及伴生的V、Co、P等)是大陆内部或边缘深断裂带有关的金属。成矿金属的多源复合是本成矿带的一个特点。这可能与华北、华南两大地块基底地球化学背景的差异有关。

4. 古生代为主体的沉积成矿系列与燕山期岩浆成矿系列的并存,以及两大成矿系列的叠加与复合,是长江中下游成矿带的一个重要特色。这种叠加复合显示了区域成矿“基预”(ground preparation)与成矿继承的有机联系,是造成大型金属矿床的重要条件。

5. 成矿的围岩条件不同,在华北区以老地层为主(元古界及古生界),在华南多为古生界(泥盆系占重

要地位)。而长江中下游则以上古生界—三叠系为主。

6. 本区既有与浅侵位中小型岩体有关的矽卡岩型、斑岩型、脉型和层控型Cu、Fe、Au、Mo矿床,又有与陆相火山岩—次火山岩有关的玢岩铁矿、脉型Cu、Au矿等。由于多种成矿因素的有利组合,常形成“多位一体”的复合型矿床,如矽卡岩—斑岩—层控型Cu—Mo—Au矿床等(城门山式)。

7. 本区三叠系膏盐层的广泛分布,明显影响到侵入岩浆的化学组成、分异作用、岩浆中挥发组分特征。直到Fe、Cu等成矿组分的分离和富集,这也可能是在岩浆分异演化过程中形成富铁熔浆,使本区发育岩浆型铁矿的一个重要原因。

8. 本区具有多层位的容矿岩层(E-S、D、C-P、T、J、K等),含矿侵入岩体又多呈“三层结构”(隐伏岩基、岩浆柱、岩株),因之矿化是有较大的垂深范围。铜陵狮子山式的“多层楼”模式也有一定的普遍性(尤其对Cu、Mo、Au矿床)。

上述区域成矿的几个基本特征从总体上体现了滨太平洋矿带成矿的统一性(共性寓于个性之中),又明显地表现出长江中下游自身的成矿个性。这些特色是由多种因素综合控制的,其中,区域大地构造环境、区域地球化学背景、构造—沉积—岩浆演化过程是重要的控制因素。

此项研究工作得到地质矿产部科技司的支持,各有关地质队和矿山的大力帮助,谨在此一并致以衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 翟裕生等 1980 长江中下游铁矿床成因类型及成矿系列的探讨 地质与勘探 第3期
- [2] 翟裕生、石准立等 1982 鄂东大冶式铁矿成因的若干问题 地球科学 第2期
- [3] 郭文魁等 1987 中国内生金属成矿图说明书 地图出版社
- [4] 翟裕生、秦长兴 1987 关于成矿系列与成矿模式 矿床学参考书(下册) 地质出版社
- [5] 陈沪生 1988 扬子准地台下扬子盆地HQ-13地球物理—地质综合解释纲要 中国南方油气勘查新领域探索论文集 第2辑 地质出版社
- [6] 季绍新、王文斌等 1990 赣西北铜矿 地质出版社

METALLOGENIC REGULARITY OF IRON AND COPPER DEPOSITS IN THE MIDDLE AND LOWER VALLEY OF THE YANGTZE RIVER

Zhai Yusheng, Yao Shuzhen, Lin Xinduo, Zhou Xunruo,

Wan Tianfeng and Zhou Zonggui

(China University of Geosciences, Beijing)

Jin Fuquan

(Department of Earth Sciences, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui Province)

Abstract

The middle and lower valley of the Yangtze River, an important part of the Circum-Pacific metallogenic belt, lies between the North China plate and the Yangtze plate. In Paleozoic, this region was an epicontinental sea in which alternating beds of carbonate rocks and siliceous clastic rocks precipitated together with some syngenetic bedded iron, copper and sulfur deposits.

During the late Mesozoic Yanshanian movement, magmatic activity reached its culmination in this region, being mainly intermediate-acid rocks associated with different types of ore deposits.

In early Yanshanian period (170—135 Ma), following compressional folding, granitic magma intruded and formed skarn type and porphyry type copper, molybdenum and gold deposits. Both granitoids and ore deposits are distributed along NWW—EW trending deep faults.

In late Yanshanian period (135—90 Ma), this region transformed into a fault block framework like an immature rift, whose major axis trended NNE—NE. Along this fault zone there intruded andesitic magma which formed diorite-andesite association accompanied by the formation of skarn type iron, copper and sulfur deposits (such as the Daye-Lingxiang iron metallogenic subbelt) and volcanic-hydrothermal type iron and sulfur deposits including ore magma injection type ore bodies (such as Nanjing-Wuhu iron metallogenic subbelt).

On the basis of an integrated study of structures, sedimentation, magmatism and metallogenesis in this region, two metallogenic series have been established, i. e. Paleozoic sedimentary metallogenic series and Mesozoic-magmatic-hydrothermal metallogenic series, with the latter series having more important economic significance. The superimposition of these two metallogenic series leads to the extensive distribution of composite type ore deposits such as stratabound-skarn deposits, and this constitutes an outstanding feature for the Middle-Lower Yangtze metallogenic belt.