

文章编号:0258-7106(2002)04-0317-06

铜陵 Cu-Au(Ag)成矿区岩浆-流体-成矿系统和亚系统的识别*

邓晋福¹ 戴圣潜^{1,2} 赵海玲¹ 杜建国²

(1 中国地质大学,北京 100083;2 安徽省地质调查院,安徽 合肥 230001)

摘 要 文章讨论了铜陵 Cu-Au(Ag)成矿区岩浆-流体-成矿系统和亚系统的识别标志,划分出 9 个亚系统,其中的 5 个为已知的中型以上矿床的分布地段,4 个为该文预测的可能找到中型以上矿床的亚系统。在此基础上概略地识别出 8 个长江中下游铜铁成矿带的岩浆-流体-成矿系统,提出火成岩构造组合的类型和性质制约矿床(田)内优势矿种的发育。壳底岩浆房和壳内岩浆房分别控制系统和亚系统的形成及其分布。提出对系统、亚系统进一步研究的建议:识别、结构、成因、定位、预测。

关键词 地质学 岩浆-流体-成矿系统和亚系统 铜陵 Cu-Au(Ag)成矿区 长江中下游 Cu-Fe 成矿带

中图分类号:P612

文献标识码:A

最近,前国际矿物学协会和前国际大地测量和地球物理学联合会主席 Wyllie(2000)指出:“90 年代,板块构造理论已经前进了,从强调岩石圈板块的移动和地质结果,到全球作用过程,更多地注意到地幔对流的力和在固体地球作用过程中包含的流体圈(the fluid envelopes)的参与。”地幔对流向大陆的输入(input),包括物质和热,及其与流体圈之间的相互作用,是我们理解成矿作用的关键。岩浆-流体-成矿系统是实现成矿作用的源-运-储统一的时空系统(邓晋福等,1999a;1999b),岩浆萃取深部流体组分与成矿物质,并把它们带到地壳浅部。

受侵位于地壳浅部的岩浆热传导驱动的流体系统,一般位于地壳上部 5 km,温度 100~400℃,受其影响的岩石体积达到数十至数百立方公里,时间跨度达几百万年,参与循环的流体既可能是大气降水成因的,也可能是岩浆成因的,它们的化学组成和性质部分取决于流体源,但它可受流体与其流经的岩石相互作用的影响。金属的巨量堆积,需要有一个巨大的岩浆-流体-成矿系统来供给和支持。一般来说,最宏伟的成矿流体系统应来自一个地区岩浆活动旋回的晚期和末期,当深部岩浆房接近全部固结的时候,整个地壳,特别是其上部已被加热,岩浆房

和浅部定位的岩体释放出大量流体,加热的地壳释放出变质流体,与软流圈冷却时释放出的流体和可能加入的被加热的大气降水一起汇入到这个巨大系统中,这可能成为最好的成矿流体系统。因此,识别与圈定这样的岩浆-流体-成矿系统就成为地质调查工作中的一个重要内容。铜陵成矿区的研究程度很高,因此,有可能作为一个已知地区来开展这方面的探索工作。1998 年夏,笔者在铜陵地区尝试这一工作,获得了较好的结果,1999 年曾作过简单报道(邓晋福等,1999a;1999b),本文将进一步描述铜陵地区的岩浆-流体-成矿系统和亚系统。必须指出,这是一项探索性的尝试工作。目前,只能是十分粗线条的讨论,以提供进一步研究的框架。

1 铜陵 Cu-Au(Ag)成矿区岩浆-流体-成矿系统的识别

就现今的研究程度来看,岩浆-流体-成矿系统的识别主要依赖于火成岩组合和矿床的优势矿种两个标志。流体的标志无疑十分重要,但限于这方面的研究才刚刚起步,除了作为一个岩浆-流体-成矿系统必须具备有流体活动的广泛记录之外,有关某一个

* 本文受中国地质调查局项目(K1.4-1-2,K1.4-2-2,200113900018)和国土资源部科技专项计划(20001010202)及大型矿集区项目联合资助

第一作者简介 邓晋福,男,1935 年生,教授,博士生导师,从事火成岩与深部壳幔过程研究。

收稿日期 2001-11-07;改回日期 2002-10-11。李岩编辑。

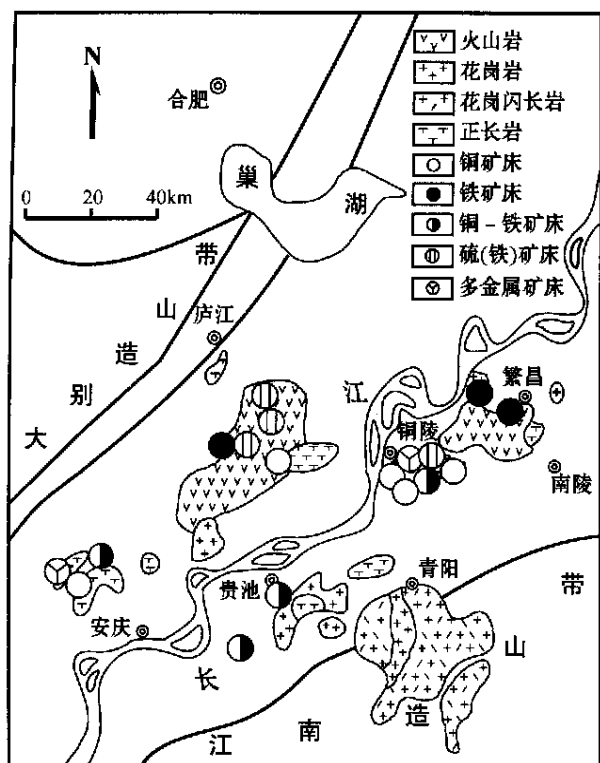


图1 铜陵 Cu- Au(Ag)成矿区及其周边岩浆-流体-成矿系统

Fig. 1 Sketch map showing magmatic-fluid-metallogenic systems in the Tongling Cu- Au(Ag) ore-forming area

系统(或亚系统)与另一个系统(或亚系统)在流体上的区别尚待进一步研究。图1标绘出了铜陵及其周边岩浆-流体-成矿系统的概略分布。铜陵 Cu- Au(Ag)矿区岩浆-流体-成矿系统的识别主要基于下述事实。

(1) 铜陵地区的侵入岩为辉长岩-闪长岩-石英闪长岩-花岗闪长岩组合,以石英闪长岩-花岗闪长岩为主,其中又以石英闪长岩占优势,这个侵入岩组合明显有别于周边地区(常印佛等,1991;唐永成等,1998;邢凤鸣等,1999)。铜陵地区以北的繁昌地区出现大面积火山岩,侵入岩则为石英闪长岩-石英正长岩-花岗闪长岩组合,以石英正长岩-花岗闪长岩为主。铜陵地区以西的长江对岸为庐枞地区,以大面积分布的火山岩为特征,侵入岩则为闪长岩-石英正长岩-碱性石英正长岩组合,以正长岩类为主。铜陵地区以南的贵池、青阳地区侵入岩为花岗闪长岩-石英正长岩-花岗闪长岩组合,以石英正长岩和花岗闪长岩为主。铜陵地区以东的南陵地区则被白垩纪-第三纪-第四纪沉积盆地覆盖。从侵入体的定位深度来看,铜陵地区主

要是浅成-超浅成的小侵入体,而其周边则主要为中或中深成相的较大岩体。铜陵地区侵入体组合及岩体定位深度与周边地区的明显差异是识别和圈定铜陵地区这一相对独立的岩浆-流体-成矿系统的重要标志。

(2) 铜陵地区是一个独立的 Cu- Au(Ag) 成矿区,已发现数十处 Cu- Au(Ag) 矿床(常印佛等,1991;唐永成等,1998;储国正等,2000)。其北、西面的繁昌成矿区、庐枞成矿区以 Fe 矿床为主,南面的贵池成矿区以 Cu- Fe 矿床为主。铜陵地区的主要成矿元素及其组合与周边地区的明显差异是识别和圈定铜陵地区为一个相对独立的岩浆-流体-成矿系统的另一个重要标志。

(3) 铜陵地区是一个相对独立的航磁异常区,在航磁异常平面图上(常印佛等,1991;唐永成等,1998)呈现为一个由 $-1 \times 100 \text{ nT}$ 等值线圈闭的椭圆形,它可能是铜陵地区与 Cu- Au(Ag) 成矿作用有关的深部岩浆房空间分布的一个图像的表现。

关于这个系统的真实边界还不清楚,有待于进一步的地质填图工作来确定。

2 铜陵 Cu- Au(Ag) 成矿区岩浆-流体-成矿系统内部亚系统的识别

常印佛等(1991)指出:“长江中下游铜铁成矿带的矿产地具有分段集中、成群出现的特点”。同样,在铜陵 Cu- Au(Ag) 成矿区岩浆-流体-成矿系统内部,侵入岩、矿化点、矿床及流体聚集地段的分布是不均匀的,它们常常在一起成群地出现于某一个特定的地段。同时在另外一些地段则侵入岩少、矿化弱、流体活动产物贫乏,亦无矿床发现。笔者把侵入作用、矿化、流体活动和矿床成群分布的地段称为亚系统(Subsystem)。而亚系统的识别和圈定就成为我们进一步了解和阐明岩浆-流体-成矿系统时空结构的一个关键内容。由此对于成矿作用过程、路径的了解才能更为具体,并可为评估资源远景和进一步找矿工作提供基础。

火成岩的分布比较容易确定,但是流体-成矿作用的识别相对较难。有火成岩分布的地方,不一定有流体-成矿作用发生。认识流体-成矿作用的第一步是查明流体通过的路径及其时空分布。化学蚀变岩和矿化现象是流体通过岩石并和岩石发生明显反

应的最好记录。流体的路径好比地表的河流系统一样,笔者(邓晋福等,1999)把流体通过的地区称为流体流域,矿床应赋存于流体流域的一个特定部位。因此,在区域上对流体流域的识别十分重要。

铜陵地区识别受侵位于地壳浅部的岩浆热传导驱动的热和流体活动记录的地表标志有:碳酸盐岩石的大理岩化和夕卡岩化,泥质和砂泥质岩石的角岩化和青盘岩化,呈角砾岩筒的夕卡岩,侵入岩内部的脉状夕卡岩,脉状碳酸盐和石英脉,其他热液蚀变现象,铁帽和铁化现象,伟晶状方解石-磷灰石-萤石-钾长石-石英(±黄铜矿)脉,石英晶洞,方解石晶洞,黄铁矿脉,沿不同矿物成分的脉体内成脉壁的黄铁矿±黄铜矿化,岩石内部不均匀分布的黄铁矿化等多种蚀变和矿化现象。

根据侵入体、已知矿床和矿点,各种热和流体记录的共生和成群集中分布的特征,在铜陵 Cu-Au (Ag) 成矿区岩浆-流体-成矿系统内,可识别出 9 个亚系统(图 2),它们可能对应 9 个矿床分布地段。其中 5 个亚系统内有已知的中型以上矿床(田)的存在,狮子山亚系统内为超大型矿床(田),铜官山亚系统内为超大-大型矿床(田),新桥亚系统和凤凰山亚系统内为大型矿床(田),戴家汇亚系统内有中型矿床(田)。其中 4 个亚系统(舒家店、焦冲-严冲、盛冲、永村桥亚系统)是笔者预测的可能的矿床(田)分布地段。在安徽地矿局和 321 地质队已有的大量地质调查和科研基础上,通过野外地质调查工作,圈出

了 9 个亚系统,并大胆地预测除 5 个亚系统内有已知的中型以上矿床(田)存在之外,其他 4 个亚系统是可能找到新矿床的地段。常印佛院士在汇报交流中,对此作了肯定,并且指出,舒家店地段过去曾打过较深的钻孔,在深处见到很强烈的蚀变-矿化地段;近几年对焦冲的普查勘探工作已证实其为一个中型规模的矿床;盛冲亚系统内有较好的火成岩组合,有较为普遍的岩石蚀变和众多矿化分布;永村桥亚系统内亦有较好的火成岩组合出露,虽被第四纪大面积覆盖,但那里有一个较好的圈闭的航磁异常。

狮子山铜矿田研究程度最高(常印佛等,1991;唐永成等,1998;邢凤鸣等,1999;储国正等,2000),是笔者 1998 年野外地质调查时的重点,用以探索岩浆-流体-成矿系统和亚系统的野外识别是否可能。作为一个实例,本文把狮子山铜矿田看作铜陵系统中的一个亚系统。总体上看,在地表该亚系统呈近似椭圆的环状分布(参见图 2),大致可分出中心核部、中间带和边缘带,由此构成一个独立的亚系统。中心核部以东,以西狮子山为中心,可能包括大团山、老鸦岭和冬瓜山,其特征为:①这里侵入体分布最集中,侵入期次最多;②多种类型的夕卡岩广泛出露,包括呈爆破角砾岩筒产出的夕卡岩、侵入体内部的脉状夕卡岩和顺层产出的层状夕卡岩;③脉状碳酸盐、石英脉和晶洞、伟晶状方解石-磷灰石-萤石-钾长石-石英(±黄铜矿)脉或晶洞及黄铁矿±黄铜矿化现象广泛发育,并且常常与夕卡岩伴生;④大理岩

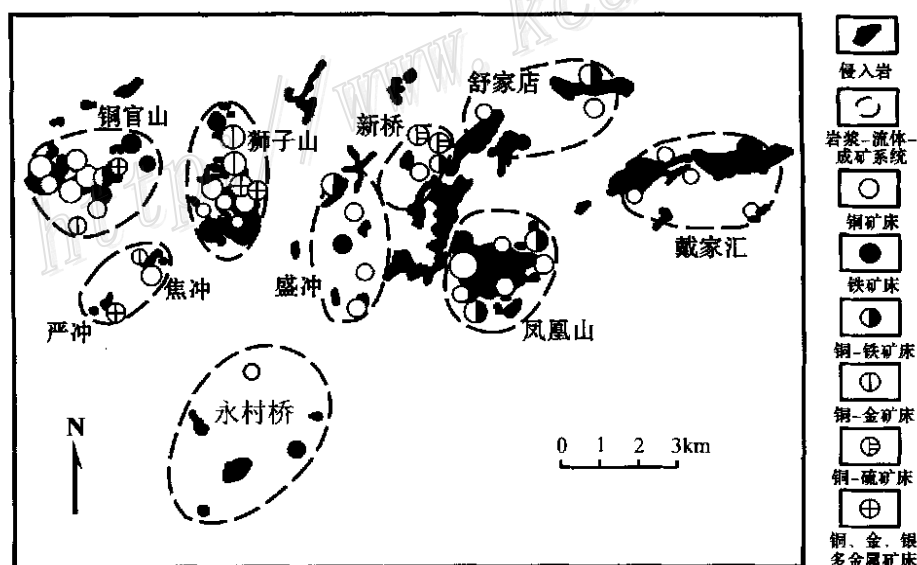


图 2 铜陵 Cu-Au (Ag) 成矿区岩浆-流体-成矿系统内亚系统的分布

Fig. 2 Distribution of subsystems in magmatic-fluid-metallogenic systems within the Tongling Cu-Au (Ag) ore area

化呈面型分布,不仅在侵入体旁发育,远离侵入体亦出现,大理岩常呈粗晶状-中粒状,大理岩内广泛发育方解石脉和黄铁矿脉;⑤这里赋存主要的铜矿床,包括一个大型铜矿床(冬瓜山)和4个中型铜矿床(狮子山、大团山、胡村、老鸦岭)。中间带分布在中心核部的周围,包括鸡冠山、鸡冠石、包村、龙虎山、龙塘湖等;与中心核部带比较,这里侵入体相对较少,几乎见不到夕卡岩;大理岩为中-细粒状,岩体的青盘岩化、硅化发育,含矿方解石脉和含石英脉多,发育脉状黄铁矿是该带的一个重要特征;这里赋存主要的金、银矿,已发现一个银矿(鸡冠石)、4个金矿(鸡冠山、包村、龙虎山、龙塘湖)。边缘带,为该亚系统北端的黄金山,为J-K安山岩,可见石英脉、铁帽等,无侵入体出露,虽有矿化,但还未发现有矿床。黄金山东边的长龙山由石灰岩构成,已无大理岩化,虽仍有大量方解石细脉,但无黄铁矿细脉,表明长龙山已不属于狮子山亚系统的范围了。常印佛院士等(1991)指出,狮子山矿田内岩浆岩沿北东、北西和近东西向网格断裂系侵入,形成具有特色的长达3 km、宽约1 km的浅成-超浅成相大型网格状岩墙-岩枝系,矿化均围绕此岩浆系统分布,并受这种“网络”控制;在矿田内近20 km²的范围内经受不同程度的热变质,远超过岩墙-岩枝系范围,在热变质基础上叠加热液作用,可证明深部热源-大岩体的存在,据

深孔和物探资料推测,深部应有大岩体。由以上可以看出,岩浆活动的中心、热中心、流体活动中心与大、中型矿床群集在该亚系统的中心核部重叠,这样,岩浆活动中心、热中心和流体活动中心三者重叠出现的地段可能是指示大、中型矿床群集的地段,这三者的重叠可看作寻找大中型矿床群集可能地段的重要地质标志之一。

3 燕山期长江中下游铜铁成矿带的岩浆-流体-成矿系统

基于岩浆-流体-成矿系统的识别标志,以及长江中下游铜铁成矿带的矿产地具有分段集中(常印佛等,1991;唐永成等,1998;翟裕生等,1992)的特点,可概略地识别出8个岩浆-流体-成矿系统(图3)。

宁芜、繁昌、庐枞3个系统为燕山晚期火山盆地发育区,相应地发育以Fe矿床为主的岩浆-流体-成矿系统。铜陵、安庆、九瑞3个系统为燕山早期闪长岩-花岗闪长岩组合发育区,相应地发育以Cu矿床为主体的岩浆-流体-成矿系统。鄂东南系统为燕山早期闪长岩-花岗闪长岩组合发育与燕山晚期火山盆地发育的重叠区,相应地发育铜矿床,亦发育铁矿床。贵池系统为燕山期的闪长岩-花岗闪长岩组合

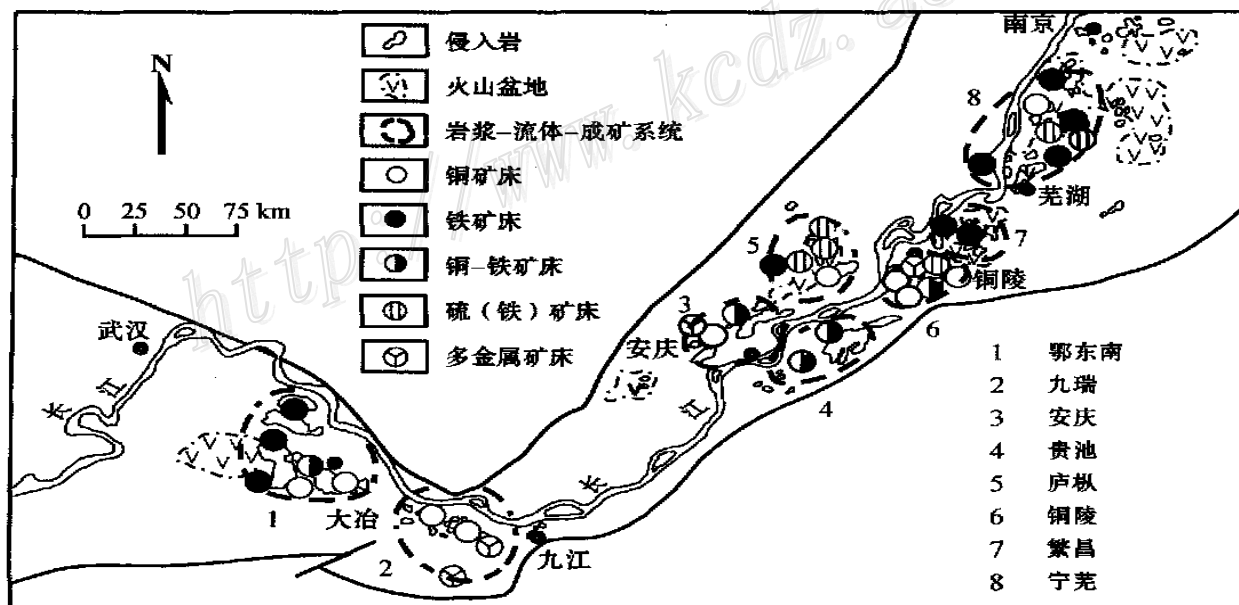


图3 燕山期长江中下游地区铜-铁成矿带岩浆-流体-成矿系统分布图

Fig. 3 Distribution of magmatic-fluid-metallogenic systems in the copper-iron ore-forming belt along the lower and middle reaches of the Yangtze River in Yanshanian period

和石英正长岩-花岗岩组合发育的叠加区,相应地发育铜矿床,亦发育铅锌银矿床。看来,矿床(田)中优势矿种的发育与火成岩构造组合的类型、性质有关,还与流体的类型、性质有关,这样,岩浆-流体成矿系统的识别和圈定,类型和性质,将是进一步研究区域成矿学和区域资源潜力的一个重要基础。

4 讨 论

(1) 详细的研究(唐永成等,1998;邢凤鸣等,1999)表明,铜陵地区侵入岩呈“三层结构”:下地壳的深部岩浆房、上地壳的高位岩浆房和近地表的网络状岩墙-岩枝系。可以推测,岩浆-流体成矿系统和亚系统可能分别对应壳底和壳内岩浆房,这样,岩浆的性质,地幔岩浆和陆壳岩浆的分别贡献及其相互作用,岩浆房的空间分布等,可能是制约矿床的成群分布、矿床种类优势、矿种发育的主要因素。系统和亚系统的规模可能控制了矿床(田)的大小。

(2) 广义的热液型成矿作用不仅需要深部成矿热流体的供给,还需要有沉淀聚集的条件。盆地是冷的地表水循环系统,它在深处某个位置与上行的热的成矿流体的交会地段将是成矿物质大量沉淀聚集的地方,因此,盆地常常成为成矿元素沉淀聚集的良好场所。另外,盆地沉积岩系内的一些不透水层常常可封闭上行的热成矿流体,促使成矿物质沉淀。流体动力学的实践和理论可预示,盆地内的局部隆起以及盆缘常常是二股流体交会的有利部位。找矿实践表明,这些部位一般是矿床集中分布的地段。铜陵地区在印支期属于大别造山带的下扬子前陆盆地的一部分,燕山期则属于造山带内的附生盆地。该区矿床学的详细研究,包括 C-H-O-S 同位素系统的示踪(常印佛等,1991;唐永成等,1998)表明,流体的来源,除了与岩浆活动有关的深源高温流体外,亦有与天水和盆地内地层中的水为主的流体的贡献。看来盆地可能是大型矿集区形成的条件之一。

(3) 常印佛院士(1991)曾指出,“长江中下游的深部可能会发现另一个与长江中下游相当的铜铁成矿带”。从上述讨论的系统和亚系统的特点来看,铜陵系统内还有4个研究程度较低的亚系统有发现矿床的潜力。已知的5个研究程度较高的亚系统中,包括狮子山在内的超大型矿床(田)的深部和边界处的矿体和矿化并未闭合,同样还有资源潜力。长江中下游成矿带中与铜陵相当的岩浆-成矿-流体系统

可能有8个,因此可以预测长江中下游成矿带的资源潜力仍然巨大,值得进一步研究,特别是深部的成矿潜力。

(4) 需要进一步做工作的建议:①系统和亚系统边界较为精确的确定;②系统和亚系统的物质结构和热结构;③系统和亚系统的成因,包括时代,内生和外生流体子系统的划分,流体交汇地段等;④系统和亚系统内矿床的定位;⑤资源潜力和远景地段的预测,以及隐伏和深部矿床的预测。上述建议可简化为:识别、结构、成因、定位、预测。

致 谢 感谢常印佛院士的指导和充分的学术讨论,野外工作期间得到储国正博士、王训诚高级工程师的帮助和321地质队的大力支持。

References

- Chang Y F, Liu X P and Wu Y C. 1991. The copper-iron belt of the lower and middle reaches of the Changjiang River[M]. Beijing: Geol. Pub. House(in Chinese) .
- Chu G Z, Wang X C and Zhou Y C. 2000. Study on relation of copper and gold mineralization and its genesis in Tongling area, Anhui[J]. J. Precious Metallic Geol., 9(2): 73 ~ 77(in Chinese with English abstract) .
- Deng J F, Mo X X, Zhao H L, et al. 1999a. Lithosphere-aesthenosphere catastrophe and formation of super ore area[A]. In: Pei R F, Zhai Y S and Zhang B R, ed. Deep tectonism and ore-forming[C]. Beijing: Geol. Pub. House. 36 ~ 43(in Chinese) .
- Deng J F, Mo X X, Zhao H L, et al. 1999b. The Yanshanian lithosphere-aesthenosphere catastrophe and metallogenic environment in east China[J]. Mineral Deposits, 18(4): 309 ~ 315(in Chinese with English abstract) .
- Tong Y C, Wu Y C and Chu G Z. 1998. Geology of copper-gold polymetallic deposits in the along-Changjiang area of Anhui Province[M]. Beijing: Geol. Pub. House(in Chinese) .
- Wyllie P J. 2000. Petrology: Materials sciences of the universe[C]. The National Symp. at the Ann., Con., G S, India, Veranas. 2000-11-14 ~ 16. Souvenir Publication. 1 ~ 6 .
- Xing F M and Xu X. 1999. Yangtze magmatic belt and mineralization, Anhui Province[M]. Hefei: Anhui People Press(in Chinese) .
- Zhai Y S, Yao S Z, Lin X D, et al. 1992. The copper-iron (gold) belt of ore-forming law of the lower and middle reaches of the Changjiang River[M]. Beijing: Geol. Pub. House(in Chinese) .

附中文参考文献

- 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 1991. 长江中下游铜铁成矿带[M]. 北京: 地质出版社.

- 储国正, 王训诚, 周育才, 等. 2000. 安徽铜陵地区铜金矿化关系及其成因初探[J]. 贵金属地质, 9(2): 73 ~ 77.
- 邓晋福, 莫宣学, 赵海玲, 等. 1999a. 岩石圈-软流圈系统的大灾变与巨型矿集区形成[A]. 见: 裴荣富, 翟裕生, 张本仁, 主编. 深部构造作用与成矿[C]. 北京: 地质出版社. 36 ~ 43.
- 邓晋福, 莫宣学, 赵海玲, 等. 1999b. 中国东部燕山期岩石圈-软流圈系统大灾变与成矿环境[J]. 矿床地质, 18(4): 309 ~ 315.
- 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[M]. 北京: 地质出版社.
- 刑凤鸣, 徐 祥. 1999. 安徽扬子岩浆岩带与成矿[M]. 合肥: 安徽人民出版社.
- 翟裕生, 姚书振, 林新多, 等. 1992. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律[M]. 北京: 地质出版社.

Recognition of Magmatic-Fluid-Metallogenic Systems and Subsystems in Tongling Cu-Au(Ag) Ore-forming Area

Deng Jinfu¹, Dai Shengqian^{1,2}, Zhao Hailing¹ and Du Jianguo²

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Anhui Geological Survey, Hefei 230001, Anhui, China)

Abstract

This paper deals with the recognition of the magmatic-fluid-metallogenic systems and subsystems in the Tongling Cu-Au(Ag) ore-forming area. 9 subsystems were recognized. In districts of 5 subsystems large and medium-size orefields were found. Therefore, it is expected that large and medium-size orefields can also be found in the other subsystems. 8 magmatic-fluid-metallogenic systems were detected in the copper-iron belt along the lower and middle reaches of the Yangtze River. The type and characteristics of the igneous petro-tectonic association may control the formation of preponderant deposits in the orefield. Magma chamber at the base of continental crust and within the crust may control the development of systems and subsystems, respectively. Large resource potential is likely existent in the copper-iron belt along the lower and middle reaches of the Yangtze River, especially in the deep crust. The systems and subsystems in this area deserve further investigation.

Key words: magmatic-fluid-metallogenic systems and subsystems, the Tongling Cu-Au(Ag) ore-forming area, the copper-iron belt along the lower and middle reaches of the Yangtze River