

长江中下游成矿带深部铁矿找矿的思考

杜建国, 常丹燕

安徽省地质调查院, 合肥, 230001

内容提要:长江中下游成矿带是以燕山期岩浆成矿作用为主的一条陆内成矿带,区内已知铁矿类型主要有产于火山-沉积盆地与中(基)性火山-侵入作用和偏碱性岩浆侵入作用有关的铁矿床,以及产于隆起区、隆-拗过渡区的与中性岩浆侵入作用有关的两大类铁矿床。本文在区域铁矿成矿背景研究基础上,对区内铁矿类型进行了简要划分,指出影响铁矿找矿突破需要解决的一些矿床学问题。根据区内深部铁矿找矿进展,重点对宁芜、庐枞地区铁矿成矿的异同点以及深部找矿面临的问题进行了讨论,提出本区深部铁矿找矿应在盆地基底或盆地与隆起区过渡部位,寻找“大冶式铜铁矿”、“铜陵式铁铜矿”、“斑岩型铜矿”。这些都是下一步需要重点探索的方向。

关键词:深部找矿; 铁矿; 长江中下游成矿带; 思考

长江中下游成矿带是一燕山期岩浆成矿作用为主的陆内成矿带,自鄂州—九江—安庆—马鞍山—南京—镇江,全长约500km,分布于长江沿岸,最宽处50~60km,一般20~30km,在成矿带内自北向南形成有宁镇、宁芜、铜陵、庐枞、贵池—安庆、九瑞、鄂东南等7个成矿区或称矿集区(图1)(刘湘培等,1988;Pan and Dong,1999),除宁芜、庐枞矿集区集中产出了陆相火山岩型铁矿(玢岩铁矿)外,其它矿集区多出现与矽卡岩型铜矿共、伴生的铁矿。从平面上看,长江中下游铁矿带在全国主要铁矿成矿区带中是一个范围狭小的成矿带;在垂向上,如安徽庐江泥河铁矿、湖北大冶铜绿山铜铁矿控制矿体延深1000m以下仍见有工业矿体,表明深部仍然具有较好的找矿前景。正是因为2007年长江中下游成矿带中的庐江泥河铁矿的发现和铜绿山深部找矿突破引起了国内地质学的高度重视,这两项成果均被中国地质学会评为2008年度全国十大地质找矿成果。

自新中国成立以来的60多年的矿产勘查工作中,在长江中下游成矿带铁矿勘查取得了巨大成果,已发现铁产地300余处,以中小型为主,大型矿床有10个,中型矿床35处,规模最大的罗河铁矿床详勘资源储量仅有5亿吨,尚未发现世界级铁矿床。但集腋成裘,截止2005年统计,全区累计探求铁矿资源储量达41.15亿吨,占全国铁矿总量约6%,

2005~2010年之间全区新增铁矿资源储量约5亿吨,但在国内所占比重不会发生太大变化。

在近十年来,随着国家实施危机矿山找矿计划、国土资源大调查和地方政府地质勘查基金等项目的实施,以及商业地质勘查资金的投入,在长江中下游铁矿勘查也取得了一些进展,如在湖北大冶铜绿山铜铁矿和铁山铁矿、安徽马鞍山和尚桥铁矿、江苏吉山铁矿、江苏韦岗铁矿的接替资源勘查中新增资源储量均达到中型矿床规模。在安徽当涂县耿家庄、当涂县杨庄、繁昌县高安桥、马鞍山市三官塘等地区新发现了达到中型矿床规模的矿产地,其中当涂县杨庄铁矿已达到大型规模。2007年,安徽省地质调查院在庐枞地区实施国土资源大调查项目中,在庐枞火山-沉积盆地内部的泥河地区于孔深675~990m之间发现隐伏铁矿,经勘探证实铁、硫矿均达到大型矿床规模,泥河铁矿的发现突破了庐枞地区铁矿的勘查深度,证明在-600m以下铁矿仍然具有较大的找矿潜力。

1 长江中下游成矿带铁矿成矿背景与铁矿类型

1.1 区域成矿背景

1.1.1 岩石圈尺度不连续是区内重要控矿构造

长江中下游成矿带在表层构造显示为一以网络

注:本文为国家科技专项项目“深部矿产资源立体探测技术与试验(编号 SinoProbe-03)”资助的成果。

收稿日期:2011-01-12;改回日期:2011-03-20;责任编辑:郝梓国。

作者简介:杜建国,男,1962年生。教授级高工。长期从事矿产地质勘查和研究。

DOI:CNKI:11-1951/P.20110512.0827.004 网络出版时间:2011-5-12 8:27:29

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1951.P.20110512.0827.004.html>

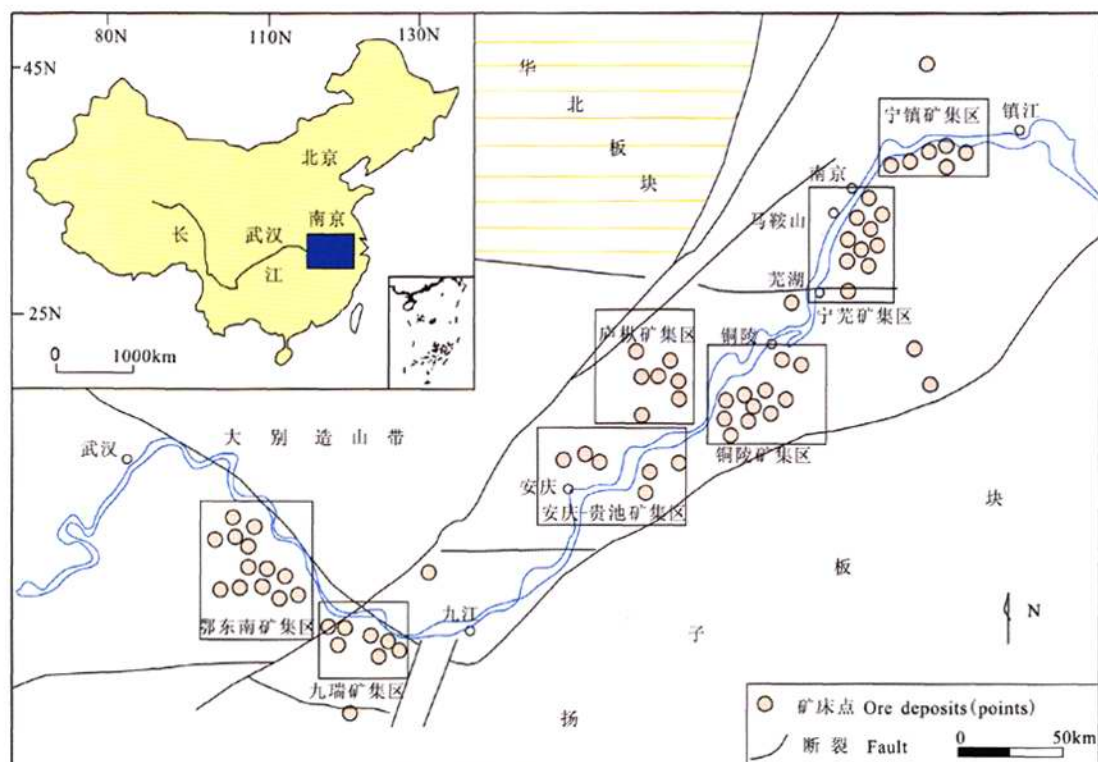


图1 长江中下游成矿带主要矿集区和矿床分布略图

Fig. 1 Sketch showing distribution of main metallogenic provinces and deposits in the Middle and Lower Reaches of Yangtze River(after Pan and Dong 1999)

状为构造的长江断裂带,中轴在平面上显示一由近东西向与北(北)东向交替出现“锯齿状”构造-岩浆岩带(刘湘培等,1988;常印佛等,1991),这种浅表构造格局是在基底构造基础上,印支期、燕山期构造叠加、改造后的综合表征。杜建国等(2003)通过区内变质基底类型及其地球物理、地球化学等资料综合研究,论证了长江中下游铜铁成矿带是一岩石圈尺度不连续、燕山期再活化的构造-岩浆岩带,它是控制成矿带形成的重要聚矿构造。燕山期强烈陆内造山活动以及岩石圈减薄过程中,这种多幕次构造-岩浆-成矿的最佳耦合作用,使其成为再活化岩浆成矿带,在近东西向与北东向构造交汇部位出现金属矿产巨量堆积的中心。

1.1.2 沉积盖层之下由不同特征的块体组成的基底

长江中下游成矿带由南华纪-中三叠世稳定沉积盖层之下呈“一盖两底”或“一盖多底”的结构(常印佛等,1996),地球物理资料揭示成矿带是一“鼻状”高值区,对应地幔隆起,中生代火山-沉积盆地

总体处于地幔隆起区,也即地壳相对较薄的位置,印证了地表构造形态与深部莫霍面的起伏呈镜像反映的事实;同位素地质研究表明南京-安庆一线附近存在分界线,矿床主要分布在此界线上及其两侧(李曙光,2001;陈江峰等,2001)。长江中下游地区存在较典型的双层结构的变质基底,但是在组成地壳的结构上,二者存在较大差异。江北基底由新元古代张八岭岩群为代表的浅变质岩系较薄,而以古元古代董岭杂岩、埤城群、新太古代南黄片麻岩等代表的结晶片麻岩较厚(邢凤鸣等,1999;陈沪生等,1999;涂荫玖等,2001);相反,在江南基底中,以中-新元古代历口群、溪口群为代表的浅变质岩系相对较厚,深变质岩系埋深较大,这已为地表观察结果和地球物理资料所证实(陈沪生等,1999)。这种基底结构及类型的差异,可能是导致“南铜、北铁”成矿不同的原因之一。

1.1.3 古生代频繁升降震荡环境沉积形成了“矿坯”层

在南华纪-中三叠世的盖层形成时期,地壳频繁

升降运动影响了沉积环境,也导致同生沉积成矿作用的出现。特别是加里东运动使下扬子海海底发生逆转,成矿带处于早古生代水下凸起和晚古生代海底沉陷部位,两期之间出现陆上环境,并在海西早期海侵时形成“古铜陵(半)岛”(安徽省地质矿产局,1987;常印佛等,1991),沉积了多层铁的氧化物、硫化物和碳酸盐,它作为“矿坯层”在燕山期叠改成矿过程中具有重要意义(刘裕庆等,1984;常印佛等,1991),铜陵、九瑞矿集区主要铜矿即产于该层位,该层位控制矿床的金属储量占整个成矿带铜29.21%、金28.78%、钼25.59%、铅73.69%、锌69.30%(常印佛等,1991)。中三叠世广泛分布的膏(盐)沉积在嗣后的成矿过程中发挥了重要作用,鄂东南、安庆主要铜铁矿也与这套地层有关,该层位控制的矿床的金属储量分别占整个成矿带的铜44.23%、铁11.09%、金51.63%(常印佛等,1991)。

1.1.4 印支-燕山期陆内构造发展控制了成矿带的格局

在印支期南北大陆碰撞过程中,长江中下游地区作为扬子陆块的前陆带,盖层收缩形成一系列北东向紧闭褶皱带和坳陷盆地,而南北大陆基底俯冲消减的地缝合线在郧庐断裂以东可能位于长江中下游一带(李曙光,2001),构成了岩石圈尺度的不连

续,为燕山期再活化的构造-岩浆-成矿活动奠定了基础(杜建国等,2003)。区内在燕山期进入陆内发展阶段,成为夹持于大别和江南两个隆起带之间的坳陷带,从燕山早期陆内挤压岩石圈加厚至燕山晚期岩石圈伸展减薄,记录了中国东部从早侏罗世进入滨太平洋构造域以及在晚侏罗-早白垩世发生构造转折的构造-岩浆-成矿过程。特别是坳陷带内部燕山期的块断运动产生了次级的隆坳构造分区,形成了火山-沉积盆地、断块隆起及介于其间的隆、坳过渡带等三类控矿构造单元,它直接控制了矿集区的空间分布及其内部的矿种组合。一类是断陷火山-沉积盆地,形成了与橄榄安粗岩系有关的铁、硫矿集区,如庐枞和宁芜地区,主要容矿层为早白垩世的火山岩系,控制了该成矿带内53.77%的铁储量和63.22%的硫储量(常印佛等,1991)(图2);二类是断块隆起区,形成了与晚侏罗世高钾钙碱性系列岩浆侵入活动有关的铜、金矿集区,如铜陵、九瑞、宁镇等地区,主要容矿层为中-晚石炭世老虎洞组、黄龙组、船山组,以及二叠纪地层;三类是隆-坳过渡带,如鄂东南、安庆-贵池,主要容矿层为中三叠世东马鞍山组。

由于长江中下游成矿带具有统一的盖层沉积演化史,分布稳定,大范围具有可比性(常印佛等,

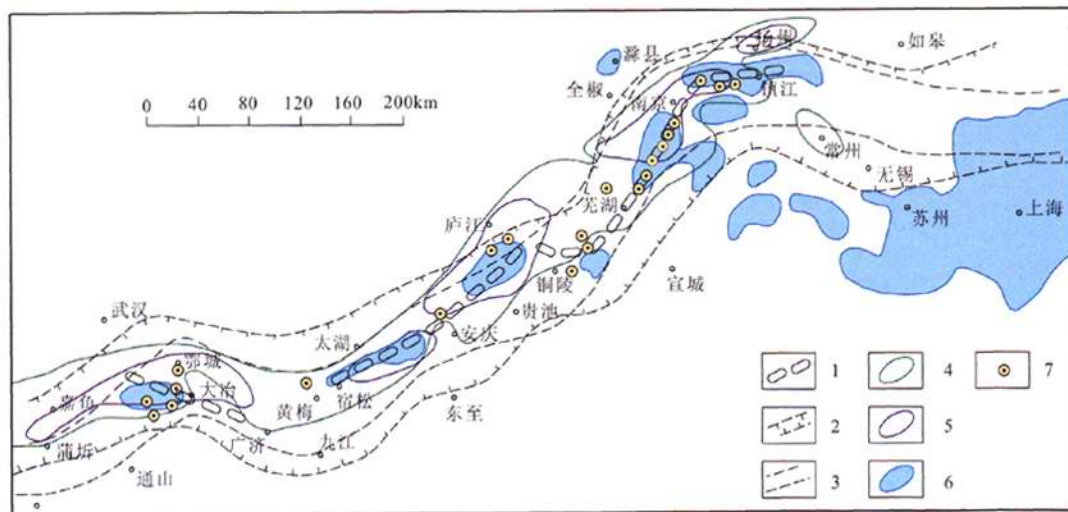


图2 长江中下游主要铁矿分布于中生代隆坳构造关系略图

Fig. 2 Schematic structural map shows the distribution of main iron ore deposits in Mesozoic uplift-subside zone

1—长江深断裂;2—中三叠世黄马青期沉积盆地南北边界;3—晚三叠世范家塘期沉积盆地南北边界;4—早侏罗世沉积等厚线0m;

5—中侏罗世沉积等厚线0m;6—早白垩世火山岩盆地或火山岩分布区;7—主要铁矿床

1—Yangtze River deep fault; 2—N-S boundary of the Middle Triassic Epoch Huang Ma Qing period sedimentary basin; 3—the N-S boundary of the Later Triassic Epoch Fan Jia Tang Period sedimentary basin; 4—Late Jurassic Epoch sedimentary isopach 0m; 5—Middle Jurassic sedimentary isopach 0m; 6—Early Cretaceous volcanic basin or volcanic rock distribution; 7—Main iron ore deposits

1991),因此上述三类控矿构造单元及其内部的控矿地层是目前勘查的主要目标,大部分地区勘查深度仅在500m以浅,可视为“第一找矿空间”,目前的深部找矿工作主要是沿现有已知的控矿层位和成矿岩体在深度方向的延伸部位继续追溯,这也是进入“第二找矿空间”的必然途径。

1.1.5 燕山期是大规模岩浆-成矿时期

长江中下游成矿带具有多期成矿、以燕山期成矿为主的特点。区内燕山第一期高钾钙碱性岩系岩浆活动多集中于近东西向的次级断块隆起区,为铜金矿成矿的重要时期(常印佛等,1991;翟裕生等,1992)。如在铜陵地区,大量的高精度同位素定年成果(毛景文等,2004;王彦斌等,2004a;2004b;2004c;徐夕生等,2004;吴淦国等,2008;谢建成等,2008),主要表现有两次岩浆-成矿事件,第一次岩浆成矿事件为152~138Ma,集中在140~139Ma的时限内,主要为花岗闪长岩-石英闪长岩类岩浆侵入活动,对应了本区大规模铜金成矿形成事件;第二次侵入时间在130~132Ma,主要是辉石二长闪长岩类岩浆侵位,并与区内金硫矿成矿有关。隆起区的第二次岩浆-成矿事件与庐枞、宁芜盆地区的火山-潜火山成矿作用的年龄相一致,表明隆起区也有区域岩浆-成矿事件的叠加。

燕山第二期橄辉安粗岩系岩浆活动则主要产于北(北)东向展布的宁芜盆地、庐枞盆地中,近年获得的大量高精度同位素定年数据表明其主要形成时代在135~127Ma之间,属早白垩世。宁芜地区大王山、姑山旋回火山岩锆石U-Pb年龄为 128.2 ± 1.3 、 130.3 ± 0.9 Ma(侯可军等,2010),娘娘山旋回火山岩Rb-Sr等时线年龄为 133.1 ± 3.2 Ma(阎峻等,2009),袁顺达等(2010)等测得宁芜地区铁矿金云母Ar-Ar等时线年龄为 $128 \pm 14 \sim 134.9 \pm 1.1$ Ma,范裕等(2010)利用LA-ICP-MS锆石U-Pb同位素定年方法测得陶村、姑山、白象山等几个铁矿床中的含矿闪长玢岩年龄集中在 $129.2 \pm 1.7 \sim 131 \pm 3.1$ Ma范围;庐枞地区4个火山旋回锆石LA-ICP-MS锆石U-Pb同位素年龄在 136 ± 124 Ma之间,其中与铁矿有关的砖桥火山旋回时代为 134.1 ± 1.6 Ma(周涛发,2008),这与区内获得的罗河-泥河含矿岩体年龄在 132.8 ± 2.6 Ma~ 133 ± 0.6 Ma吻合(曾建年等,2010)。因此,宁芜、庐枞两个火山-沉积盆地地区铁硫矿是长江中下游成矿带内同一岩浆-成矿事件的产物。

在隆、拗过渡区的岩浆活动和成矿具有过渡色

彩,即自身特色,主要出现铜铁矿共(伴)生或形成多金属矿的特征。如区内与中性岩浆侵入作用有关的“大冶式”铜铁矿床,高精度同位素年代学研究表明,大冶地区岩浆-成矿时代分为两期,铜金矿成矿时代在144~137Ma(毛景文等,2004;谢桂清等,2008),铁矿成矿时代在136~132Ma(谢桂清等,2008);安庆地区铜铁矿共生的岩浆-成矿时代在138~135Ma(张乐骏等,2008)。显然,隆、拗过渡区“大冶式”铜铁共(伴)生矿是叠加成矿作用的结果。

根据以上同位素年代学研究成果,可将长江中下游成矿带燕山期成矿分为两个时段,铜金矿形成较早,集中在140~137Ma,主要分布在隆起区;铁硫矿形成较晚,集中在135~127Ma,主要分布在盆地;在隆、拗过渡区则具有二者叠加成矿的特点,保留有两个时段成矿的地质记录。区内两阶段岩浆-成矿事件与中国东部构造转折时期吻合,152~137Ma期间的岩浆-成矿事件系区内岩石圈加厚的记录,而137Ma以后的岩浆-成矿记录则表明区内已处于伸展减薄的构造环境,因此137~135Ma是构造转换的时间节点。值得提出的是:①在庐枞盆地的边缘隆起中的沙溪斑岩铜矿,与成矿有关的石英闪长玢岩黑云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄为 126.8 ± 1.0 Ma(傅斌等,1997),它明显晚于区域铜金矿、铁硫矿的主成矿期,这是否预示区内尚存在更晚的铜矿成矿作用还是其它原因需要进一步研究;②铜陵隆起与繁昌拗陷之间的姚家岭大型多金属矿、大冶外围的铅锌矿、宁镇地区铅锌矿与区域何种岩浆-成矿事件相关尚不清楚。

1.1.6 喜山期构造对矿带具有一定的破坏作用

在喜山期本区部分地段为红层覆盖,但晚期逆冲推覆体在宣城-广德地区将红层基底中的矿床上推至浅表(安徽省地矿局,1987;常印佛等,1991),成为深部找矿中值得关注的一个方向。

1.2 长江中下游成矿带中铁矿类型

在长江中下游地区,对铁矿进行细致、准确的成因分类是困难的,但按照铁矿床与主成矿作用关系大致可以分为以下几种类型:

1.2.1 主要类型

(1)与中(基)性火山-潜火山作用有关的铁矿床。主要分布在火山-沉积盆地,包括矿浆型矿床、火山-潜火山热液型矿床、气液接触交代型矿床、火山沉积型矿床等,前人(宁芜研究项目编写小组,1978)称为“玢岩铁矿”,实际上它是与该类成矿作用有关的一组矿床,有时在一个矿床中可见不同成因

类型矿体的复合。分布在宁芜、庐枞地区典型矿床主要有凹山、陶村、梅山、罗河、泥河等。本文建议将“玢岩铁矿”限定在仅指产于火山-潜火山岩内的铁矿组合,将产于火山岩盆地基底中的与浅成侵入作用有关的接触交代型矿床纳入另外类型(即后文的第②类矿床),以有利于深部找矿的对比研究。

(2)与中性岩浆侵入作用有关的铁矿床。主要分布在隆起区或隆、拗过渡区,它以矽卡岩型矿床为主,也包括矿浆成矿作用。主要分布在湖北大冶、安徽安庆地区,典型矿床有大冶程潮、金山店、铁山铁矿,以及安庆铜铁矿等,在九瑞、铜陵、宁镇(东段)也有出现。本文建议将宁芜地区凤凰山、白象山和庐枞地区龙桥铁矿以及二者之间的和县雍镇铁矿也归入该类矿床,刘湘培等(1989)也曾提出该类矿床成矿环境、成岩系列和赋矿层位及成矿元素与“大冶式铁矿”基本相同。

(3)与偏碱性岩浆侵入作用有关的铁矿床。主要分布在庐枞火山岩盆地,它以热液型(充填-交代)矿床为主,典型矿床(点)包括阳山洼、马口、罗岭等铁矿以及何家大岭、小岭深部铁矿,矿石具有玢岩铁矿相同的矿石矿物组合,其成矿时代与玢岩铁矿基本一致。已发现该类矿规模虽然较小,但是应值得今后重点研究的一类矿床。

1.2.2 次要类型

(4)与沉积作用有关的铁矿床。该类矿床主要出现在五通组、高骊山组内,在龙潭组、东马鞍山组中也可见到,主要分布在火山盆地两侧的隆起区,主要以赤铁矿、菱铁矿等形式出现。

(5)与沉积改造作用有关的铁矿床。该类矿床是基于成矿物质来源于“同生沉积”,以后又取决于热液的叠加-改造作用而形成,典型矿床为湖北的黄梅菱铁矿床。

(6)与复合作用有关的铁矿床。这是一类成因较复杂,具有两种以上成矿作用叠加而成的铁矿床,典型矿床为繁昌桃冲铁矿,它具有同生沉积、矿浆充填、矽卡岩-热液成矿等不同类型复合而成的面貌。

1.2.3 其它类型

(7)与风化淋滤成矿作用有关的铁矿床。系指区内由原地化学风化作用产物残留堆积而成的矿床,其原生矿床包括硫化物或氧化物、富铁沉积物矿床。该类矿床可进一步分成两个亚类:

(7a)铁帽型——主要由原生硫化物经风化淋滤作用形成的残积矿床,且多以“铁帽”形式出现,在氧化带下多出现原生矿,它已成为寻找半隐伏-隐伏矿

的标志之一。典型矿床有铜陵矾头山铁矿,

(7b)红土型——也是残积矿床的一种,与铁帽型不同是残积成矿物质又经历了表生富集作用,典型矿床有大菱山铁矿。

(8)与机械搬运成矿作用有关的铁矿床。主要为地表原生矿经机械搬运作用,堆积成矿,典型矿床有繁昌小阳冲铁矿。

2 铁矿勘查进展与存在问题

从长江中下游铁矿带勘查的成果与经验表明,在20世纪80年代以前,从寻找露头矿到半隐伏矿、隐伏矿的过程中,地质调查与磁法测量(航空磁测、地面磁测)具有直接的找矿效果,利用磁法寻找铁矿也因数据处理水平进步而取得新的成果,安徽龙桥铁矿的发现,表明技术进步也大大促进了铁矿勘查的成功率。随着对区内已发现的各类高磁-低磁-弱磁异常相继验证之后,铁矿勘查成功率大为降低,从1991年庐江龙桥铁矿勘探结束到2005年,十余年再未发现达到大型规模的铁矿床,区内铁矿勘查真正进入了“攻深找盲”的艰难时期,直到近年才有所收获。

2.1 铁矿勘查主要进展

近几年,长江中下游成矿带找矿取得了重要进展,也使区内从地表找矿跨入到深部找矿的新时期,以下就区内几个深部找矿案例就铁矿找矿进展简述之。

大冶铜绿山铜铁矿:湖北鄂东南地质队在2007年实施危机矿山接替资源勘查项目中,在-700m~-800m发现了新的富铜铁矿,仅单层厚度就达60余m,进一步勘查探明新矿体资源储量铜、铁分别达到12万吨、779.8万吨。

庐江泥河铁矿:安徽省地质调查院在2007年实施国土资源大调查项目发现的,2007年5月首钻ZK0501孔在自675.78m至1065.13m见到不同视厚度的磁铁矿体11层,累计视厚度250.93m,平均品位TFe 40.02%、mFe 35.57%,其中TFe>50%的矿体厚度有79.75m, TFe 56.28%, mFe 52.68%。2010年7月完成矿床勘探,证明该矿与罗河铁矿完全可以对比,矿床产于潜火山岩隆起部位,矿体主要赋存在潜火山岩体内接触带一侧(图3),探明铁矿资源储量1.84亿吨、硫铁矿1.4亿吨,二者均达到大型规模。

宁芜南段地区铁矿:该区接触交代型铁矿找矿也取得了重要进展。当涂杨庄铁矿产于向斜构造部

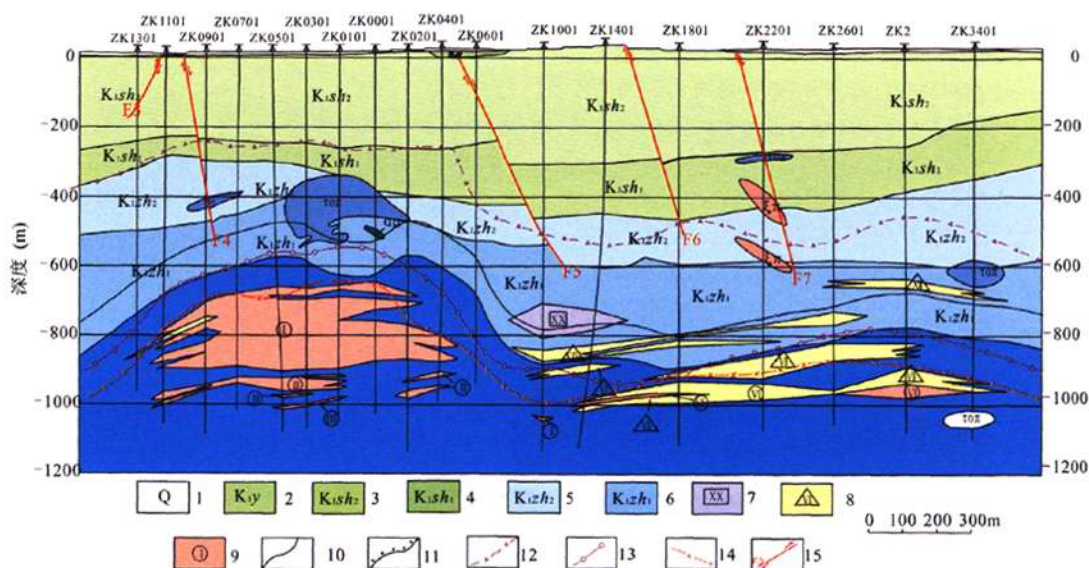


图3 安徽庐江泥河铁矿勘探剖面图

Fig. 3 Exploration Geological section of Nihe Iron deposit in Lujiang, Anhui

1—第四系;2—杨湾组;3—双庙组上段;4—双庙组下段;5—砖桥组上段;6—砖桥组下段(未分);7—石膏矿体及编号;8—硫矿体及编号;9—铁矿体及编号;10—实、推测地质界线;11—不整合界线;12—浅色蚀变带界线;13—混合蚀变带界线;14—深色蚀变带界线;15—断层及编号
1—Quaternary; 2—Yangwan Formation; 3—The upper member of Shuangmiao Formation; 4—The lower member of Shuangmiao Formation; 5—The upper member of Zhuanqiao Formation; 6—The lower member of Zhuanqiao Formation; 7—Gypsum ore and the number; 8—Pyrite ore body and the number; 9—Iron ore body and the number; 10—Measured and inferred geological boundary; 11—Unconformable boundary; 12—Light-colored alteration boundary; 13—Mixed alteration boundary; 14—Dark-colored alteration boundary; 15—Faults and its number

位,铁矿赋存在闪长岩体与周冲村组接触带中,属典型的接触交代型矿床(林刚等,2010),主矿体赋存标高为-355~-1014.2m,探明资源储量达到1.9亿吨,平均品位为TFe35.71%。此外,当涂白象山铁矿外围普查新增资源储量达到5000万吨以上,当涂和陆山南部发现云楼铁矿,也达到中型规模,当涂姑山矿南部也发现具有中等以上规模的铁矿。

以上这些勘查成果都突破了500m以浅的第一找矿空间,是在第二成矿空间获得的重要成果。

2.2 区内深部找矿面临的问题

深部资源勘探与开发利用除受国家宏观因素制约外,主要取决于勘查单位的人才素质状况、成矿理论、勘查方法技术的进步以及勘查资金的投入等四个重要因素。但在勘查单位、资金有保障的前提下,实施深部找矿面临的问题主要有以下几点:

(1)铁矿主要分布的宁芜、溧阳、繁昌、庐枞、金牛等火山-沉积盆地地区,在1500~2000m以下即可能达到盆地基底深度,向下盆地范围缩小,进入基底后找什么矿?

(2)深部成矿理论研究基础薄弱。在长江中下游地区“玢岩铁矿”、“矽卡岩型铜铁矿”成矿理论一直在指导区内勘查,在寻找露头矿、浅部矿取得了巨大的成果,由于这些成矿理论主要基于与火山-超浅成-浅成-中浅成岩浆活动有关的矿床研究,但是对于中深部与中深成岩浆成矿作用进行的基础研究尚较薄弱。

(3)寻找深部矿缺少有力的技术支撑,因一些探测深部矿的方法技术尚处于探索阶段,除利用高成本的钻探验证外,有效地实现矿床、矿体定位、评价方法极少。

(4)如何获取深部找矿信息直接进行勘查是难点。利用前人资料、充分利用信息集成技术,滤去浅表信息干扰提取深部找矿信息也是深部找矿亟待解决的问题。

(5)长江中下游地区是国内地质工作程度较高的地区之一,区内积累的各类地质资料丰富,但大量的地质资料多获自浅表,矿山深部开采地质资料了解甚少,也影响到对矿床深部客观地质变化的认识

以及深部勘查工作。

3 区内深部铁矿找矿中矿床学研究

3.1 深部找矿的特点

2007年3月叶天竺教授在全国危机矿山接替资源找矿项目监审会议中[●],提出深部找矿是具有探索性、个案性、综合性的问题,深部找矿地质研究是基础,物化探技术是支撑,探矿工程是实现目标的三个要素,以及地质研究包括成矿地质作用、矿田构造、成矿作用标志三方面内容。叶天竺教授对深部找矿的特点以及工作方法和内容等总结具有很强的科学性和指导性,笔者赞同。本文主要就其中之一“成矿地质作用研究”部分进行初步讨论。

3.2 深部找矿的矿床学研究

在长江中下游深部铁矿找矿中应加强地质研究工作,笔者强调的科研工作不是单纯的科学研究,应定位于围绕深部找矿为中心的应用研究和基础研究,有着明确的实际应用目标。以下仅仅就长江中下游铁矿深部找矿中存在矿床学研究方面的应用与基础研究意见,与同行共议之。

在矿床学应用与基础研究中,重点应在于成矿地质作用研究,其主要内容包括沉积的、岩浆的、变质的和复合的成矿作用。应用研究主要在于已有经典的、成熟的矿床学理论对区内成矿作用的再认识,同时要完善已有的矿床学理论认识,以期获得新的勘查成果;基础研究应着重就区内矿床研究中存在的基本问题进行揭示,形成新的认识,指导找矿。

(1)庐枞及宁芜两个火山盆地基底含矿性研究。庐枞、宁芜盆地主要形成于早白垩世,盆地充填物主要为一套橄榄安粗岩系列及碱性系列火山-浅火山岩。关于两个盆地属“继承式”盆地还是“上叠式”盆地尚有不同认识(宁芜研究项目编写小组,1978;赵玉琛,1990;任启江,1991),在火山盆地形成与“玢岩铁矿”共生在一起的硫铁矿及普遍出现的钠长石化、硬石膏化,一些学者认为其硫、钠来自盆地基底的三叠纪“膏盐层”(草广金,1977;蔡本俊,1980;丁毅,1992;侯增谦等,2004),表明基底岩石类型对成矿具有控制作用;火山盆地内及基底是否存在晚侏罗世高钾钙碱性系列、橄榄安粗岩系列侵入岩以及基底构造、岩石组合与成矿关系等,都直接牵涉到盆地深部找矿问题,这是一个难度很大的课题,需要和勘查工作密切结合,在现有深部成果基础上,通过多学科综合方法,逐步深入。

(2)庐枞、宁芜地区偏碱性石英正长岩-二长岩

类含矿性研究。两个火山盆地一些铁矿底板普遍出现的(石英)正长岩-二长岩在成矿作用中的贡献进行重新认识和研究,如在庐枞何家大、小岭(硫)铁矿正长岩-二长岩中的磁铁矿脉以及庐枞地区该类侵入体中出现的镜铁矿脉(图4),阳山洼、马口地区赋存在正长岩类侵入体内的磁铁矿化。据周涛发(2010)利用LA-ICP-MS锆石U-Pb同位素对盆地侵入体进行较系统的测定结果:盆地内侵入岩主要形成时代在134~123Ma之间,并可分为早晚两期,早期侵入岩为二长岩类与闪长岩类,形成于134~130Ma之间,与盆地砖桥旋回火山活动时代一致,并与盆地内主要铁、铜、铅锌矿成矿关系密切;晚期侵入岩形成于129~123Ma之间,与盆地内双庙旋回、浮山旋回火山活动对应,与铁、金、铀矿成矿具有一定联系。但是,早、晚期石英正长岩-二长岩类侵入岩与成铁硫的橄榄安粗岩系列火山-潜火山岩类是否属同一成岩系列、不同演化阶段的产物?金属矿为何主要赋存在橄榄安粗岩系列岩石组合中?石英正长岩-二长岩类侵入岩对成矿的贡献如何?这些见于偏碱性侵入岩中的金属矿化是否预示深部尚存在其它类型矿化?此项研究将扩大火山盆地深部找矿范围,或将导致区内找矿实现新突破。

这也是一个探索性很强的课题。需要与国内外有关矿床从比较矿床学角度进行探讨,包括对长江中下游成矿带是否具有IOCG型矿床特征的认识等。

(3)富铜、富铁两个岩浆-成矿系列关系的研究。长江中下游成矿带在总体坳陷的背景下出现次级的“隆、拗”构造,在隆、拗中分别出现岩浆侵入成矿作用和火山成矿作用(常印佛等,1991),对应形成与高钾钙碱性火成岩系列矽卡岩型铜(金)矿和橄榄安粗岩火成岩系列“玢岩型”铁硫矿两类岩浆-成矿组合,而在隆-拗过渡区则出现介于二者之间的岩石系列与矽卡岩型铜铁矿床,如湖北大冶、安徽安庆等地,在安徽庐枞盆地边缘的龙桥铁矿,也出现有矽卡岩型含铜磁铁矿体,与大冶地区没有区别;在宁芜盆地南缘雍镇铁矿,也出现与大冶铁矿相同的成矿元素组合;在庐枞盆地内部白垩纪火山岩中出现大量的含铜石英脉、宁芜盆地边缘的铜金矿等。即使在湖北大冶地区,也出现东西、南北铜铁分带现象(常印佛等,1991)。虽然两类火成岩岩石系列与矿床的形成时代存在差异,而在隆起区、盆地区、隆-拗过渡区出现的铜铁分离、共生现象(刘湘培等,1988;常印佛等,1991),必然牵涉到区内燕山期深部成矿作用过

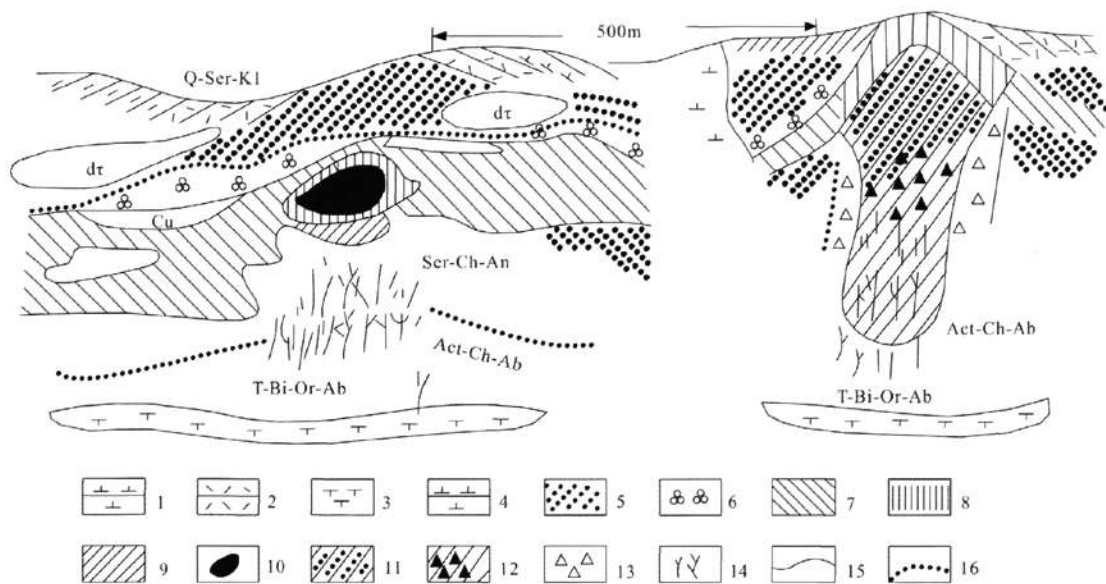


图4 何家大岭、何家小岭矿化蚀变剖面(据张荣华,1982)

Fig. 4 Mineralization-alteration cross-section in Hejiadalín, Heji Xiaolin iron deposit (after Zhang Ronghua, 1982)

1—粗安岩;2—凝灰岩;3—正长岩;4—辉石闪长玢岩;5—绢云母化岩石、高岭石岩;6—硅化岩;7—黄铁矿石;8—赤铁矿石;9—磁铁矿石;10—块状磁铁矿石;11—浸染状磁铁矿石;12—角砾状磁铁矿石;13—角砾岩;14—脉状磁铁矿;15—矿石界线;16—蚀变界线;Q-Ser-Kl:石英-绢云母-高岭石组合;Ser-Ch-An:表示绢云母-绿泥石-长石组合;Act-Ch-Ab:阳起石-绿泥石-钠长石组合;T-Bi-Or-Ab:电气石-黑云母-钾长石-钠长石组合;dr:粗安岩;Cu:铜黄铜矿

1—Trachyandesite; 2—tuff; 3—syenite; 4—pyroxene diorite porphyrite; 5—sericite altered rock, kaolinite; 6—silicified rock; 7—pyrite ore; 8—hematite ore; 9—magnetite ore; 10—massive magnetite ore; 11—disseminated magnetite ore; 12—brecciated magnetite ore; 13—breccia; 14—vein magnetite ore; 15—ore boundary; 16—boundary of alteration; Q-Ser-Kl: quartz-sericite-kaolinite association; Ser-Ch-An: sericite chlorite feldspar association; Act-Ch-Ab: actinolite-chlorite albite association; T-Bi-Or-Ab: tourmaline-biotite-k feldspar-albite association; dr: trachyandesite; Cu: chalcocopyrite

程中铜铁分离、共生、富集机制问题,该问题的解决也有助于我们在盆地基底找什么矿提供方向,也即是盆地基底是否存在“第二成矿带”的问题。

这是一个很饶有兴味的科学问题,也是有着重要实际应用的基础研究,它应该更接近于实践指导作用。它是与第一个问题具有密切关联的应用基础科学问题。

(4)桃冲式铁矿成矿和找矿研究。该矿床系产于晚泥盆世五通组顶部的中石炭世黄龙组内的镜铁矿-磁铁矿矿床(图5),为长江中下游地区唯一含碳酸盐的自熔性富矿。该矿成因有岩浆型、矽卡岩型、层控叠改型之说(唐永成等,1998),本文称它为复成型。对该矿成因研究,牵涉到“铜陵古岛”南北两侧的找矿问题,在铜陵地区南为铜(硫)、北为铁,繁昌盆地中有大量的花岗质侵入体及镜铁矿脉,是否预示深部成矿物质在岩浆-流体作用下的迁移,深部存在桃冲式铁矿?所以,这也是实践性很强的课题,其

特点是以往研究较少,可能于较短时间内取得实质性进展。

(5)黄梅式铁矿的成矿及其与区域构造-岩浆-成矿作用关系研究。黄梅铁矿区内没有岩浆活动(图6),是否是同生沉积的铁质经改造而成,其形成原因何在?其深部是否与岩浆作用有关?此外,在大冶铜铁矿区,自西向东出现铜铁矿-铅锌矿(锍矿)-菱铁矿的分带现象,是否预示在构造-岩浆作用下成矿物质的迁移富集现象。

黄梅及其周边地区在长江中下游带找矿工作尚属一个空白点,所以开展这项研究可以开拓一片新的找矿空间。

(6)浅表构造-岩浆-矿床定位的深部约束机制以及深部成矿的定位机制等综合研究。浅表构造-岩浆-成矿作用是不同地球动力学背景下深部地质作用的表征(邓晋福等,1996),它蕴含深部成矿地质信息,应结合深部探测技术成果,将浅表各类地质信

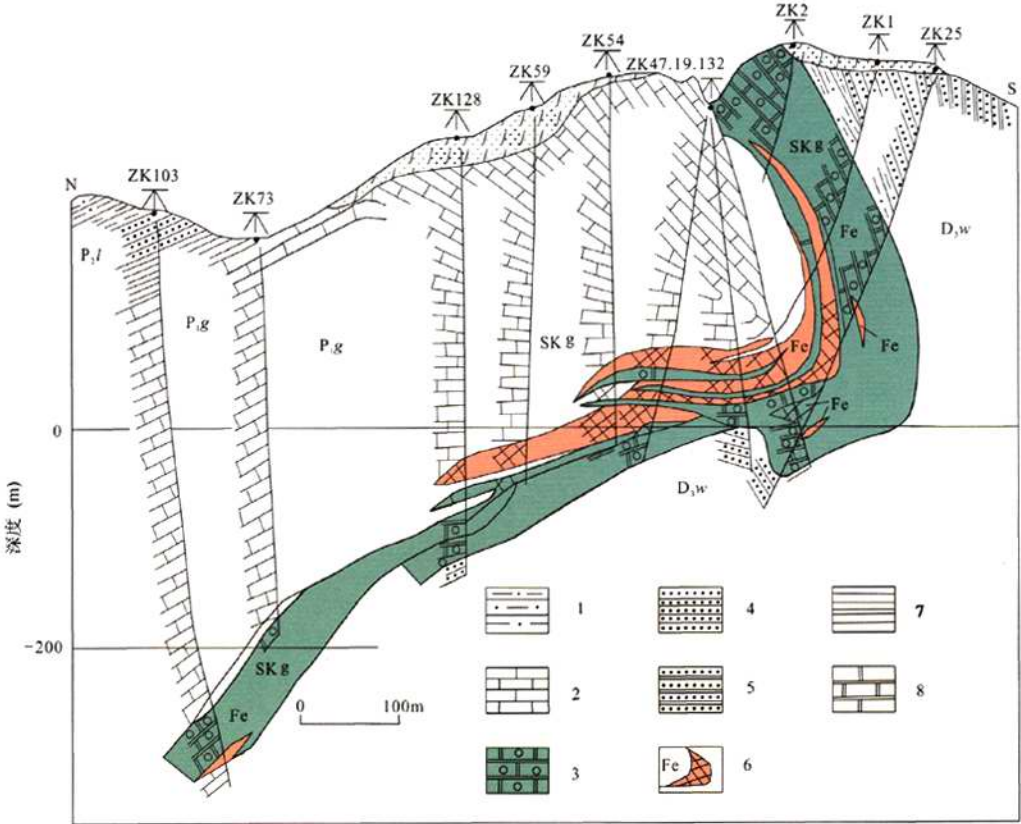


图 5 桃冲铁矿床 W09 线地质剖面图(据 803 地质队)

Fig. 5 Geologic profile W09 across of Taochong iron deposit (after 803 Geological Team)

1—砂质页岩;2—灰岩;3—砂卡岩;4—砂岩;5—石英(砂)岩;6—铁矿体;7—硅质页岩;8—大理岩

1—Arenaceous shale; 2—limestone; 3—skarn; 4—sandstone; 5—quartz sandstone; 6—iron ore body; 7—siliceous shale; 8—marble

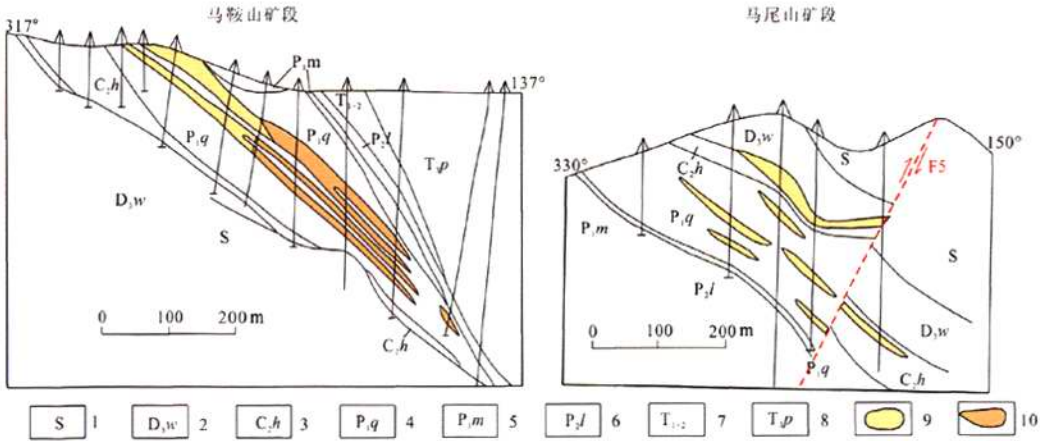


图 6 湖北黄梅铁矿勘探线剖面图

Fig. 6 Gologic profile of Huangmei iron deposit, Hubei

1—志留系;2—五通组;3—黄龙山组;4—栖霞组;5—茅口组;6—龙潭组;7—青龙群;8—蒲圻组;9—褐铁矿;10—菱铁矿
1—Silurian System; 2—Wutong Formation; 3—Huanglong Formation; 4—Qixia Formation; 5—Maokou Formation;
6—Longtan Formation; 7—Wutong Formation; 8—Puqi Formation; 9—imonite ore body; 10—siderite ore body

息置于深部作用过程背景研究,建立区域三维尺度的地质模型,它既是对深部成矿理论的探索,也是实现深部成矿定位预测的主要途径。这是一个区内多学科综合进行的应用基础与勘查紧密结合的综合性课题,难度较大,但对于指导区内深部找矿意义重大,可由多部门联合进行。

(7)玢岩铁矿围岩蚀变作用研究。这是一个前人已做过多次研究工作的老题目(张荣华等,1974;1980;1982),但仍不失其新鲜性。正因如此,作出创新性成果难度也较大,但对一些专家而言,可谓轻车熟路,不存在太大困难。

以上几点,仅仅是笔者对区内矿床研究中,有关于深部找矿中成矿作用方面的一些思考,但实际区内有关矿床学研究的问题较多,需要细细梳理,有待同行共同解决。

4 有关下步深部铁矿找矿的思考

以往工作也表明,长江中下游成矿带中已发现的铁矿规模不是很大,至今尚未发现超大型规模矿床,深部虽有发展潜力,但寻找具大型规模的铁矿难度逐渐加大。虽然在20世纪90年代就有学者预测长江中下游成矿带深部存在“第二个成矿带”,“第二成矿带”在哪里?如何寻找?正是当前深部找矿要解决的问题。本文认为开展“第二成矿带”找矿也即深部找矿应是探索同一成矿系统深部结构样式的过程,也是加大勘查深度由过去勘查浅表矿床为对象向深部矿为目标勘查的自然延伸,除完善现有模式实施“就矿找矿”外,寻找新类型、新矿种是深部找矿的主要方向。

就长江中下游成矿带铁矿而言,区内铁矿主要集中在宁芜和庐枞两个中生代火山-沉积盆地区,估计火山盆地盖层垂深在1500~2000m间(安徽省地矿局,1987),即使火山岩盖层不完全消失,盆地规模也将相应萎缩,寻找与火山-潜火山作用有关的铁矿(即狭义的“玢岩铁矿”)为目标不再出现,但深部铁矿或许以另一种形式出现。基于这样的考虑,完善现有以寻找“玢岩型”铁矿的思路,继续在盆地内部已知矿床深部及周边地区开展找矿,寻找已知矿床延伸部分,勘查风险相对较低,可作为近期勘查的主要方向。如要真正实现区内找矿新突破,开辟“第二找矿空间”,重要的是探索新的方向,但勘查周期可能较长,勘查风险较高,短期难以取得成效,如取得成效将是突破性成果,值得关注的是产于火山盆地基底及其以外的隆起区以及介于两者之间的过渡区

内出现的新类型矿床,从庐枞地区的龙桥铁矿、宁芜地区杨庄铁矿等矿床的发现已经证明了“玢岩铁矿”深部有新类型铁矿存在;庐枞地区沙溪斑岩型铜矿、铜陵地区姚家岭铅锌多金属矿的发现,则证明盆地周边或基底有可能出现新矿种、新类型矿床。

在宁芜地区,“玢岩铁矿”主要受基底隆起带、裂控火山-潜火山活动带、潜火山隆起带,可称为“三带控矿”。宁芜地区与“玢岩铁矿”成矿有关的火山-潜火山岩,自地表向深部岩相为连续的变化,浅表为安山玢岩、中部为辉石闪长玢岩、深部为闪长岩类,显示有同源演化特征(赵玉琛,1990)。前人建立的“玢岩铁矿模式”、“宁芜模式”、“三部八式模式”实际上都具有“多位一体”的特征(宁芜研究项目编写小组,1978;赵玉琛,1990;常印佛等,1991),铁矿主要围绕火山-潜火山岩体分布。近年随宁芜南段地质勘查工作的深入,发现火山岩系与基底地层间,围绕火山机构,岩体呈蘑菇状分布,“玢岩铁矿”即产于上部的火山-潜火山岩体中,在火山岩的基底三叠纪黄马青组与周冲村组之间岩体则呈席状侵入,且分布范围较大,在岩体接触带部位形成有白象山、杨庄等铁矿,岩体在空间上这种双层分布及成矿特征,被称为“双层结构”(林刚等,2010),产于下层浅成相辉石闪长岩、闪长岩有接触交代型铁矿,在铁矿的早期矿化蚀变中出现矽卡岩矿物组合,被称为“类矽卡岩化”(宁芜研究项目编写小组,1978),据刘湘培等(1989)、林刚等(2010)研究认为其特征与“大冶式”铁矿相同。

在庐枞地区,玢岩铁矿成矿背景、成矿时代与宁芜地区完全一致,但矿床地质特征与宁芜地区玢岩铁矿尚存在一定差别。庐枞地区罗河铁矿、泥河铁矿、大鲍庄硫铁矿、小鲍庄铁矿受控于中心型火山机构,矿床具有明显的环状分布规律,主要矿床产于潜火山岩隆起部位,矿体主要产在岩体内外接触带附近,具有宁芜地区陶村式、凹山式、向山式等不同样式矿床组合的特点。在庐枞地区北部火山岩基底发现的龙桥铁矿,矿床主要受中三叠世周冲村组地层控制,具有宁芜地区“白象山式”矿床特点(常印佛等,1991);最近在盆地南东侧的枞阳石矶地区,于孔深734m以下发现类似龙桥铁矿特征的铁矿体,也证明在盆地基底具有寻找“大冶式铁矿”的找矿线索。经对庐枞地区大部分磁异常深部验证以及泥河铁矿、龙桥铁矿、何家小岭硫铁矿等详查-勘探表明,在深部普遍见有石英(辉石)正长岩-二长岩类侵入体,部分地区其中尚见有脉状、浸染状磁铁矿(图

5),阳山洼铁矿、马口铁矿就直接产于石英正长岩内,并具有与矽岩铁矿相同的矿石矿物组合,所以庐枞盆地的火山岩-潜火山岩与富钾质侵入岩构成了类似宁芜地区的“双层结构”,但与宁芜南段的差异主要在于庐枞地区火山-潜火山岩深部未发现与铁矿成矿有关的火山-潜火山具同源演化关系的闪长岩类侵入体。因此,庐枞地区开展石英(辉石)正长岩-二长岩类与铁矿成矿关系研究及直接围绕侵入体进行深部找矿已经成为实现区内找矿突破的关键问题。

从成矿带区域矿产分布特征分析,庐枞盆地与怀宁盆地之间的安庆-贵池地区已经发现有典型的“大冶式铜铁矿”、“铜陵式铁铜矿”,宁芜南段当涂地区以及庐枞与宁芜之间的和县雍镇地区发现的产于闪长岩体与周冲村组中的雍镇铁矿,系典型的接触交代型铁矿,具有“大冶式铁矿”的基本特征;铜陵与繁昌盆地之间发现的姚家岭大型铅锌多金属矿,则具有明显隆-拗过渡带成矿的色彩;而在庐枞盆地的边缘隆起发现的沙溪斑岩型铜金矿,其辉钼矿 Re-Os 年龄为 $133 \pm 2.3 \text{ Ma}$ (周涛发等, 2010), 与区内矽岩铁矿成矿时代完全一致。因此,在长江中下游成矿带中,铁矿深部找矿应在盆地基底或盆地与隆起区过渡部位,寻找“大冶式铜铁矿”、“铜陵式铁铜矿”、斑岩型铜矿都应是下步重点探索的方向。

5 几点建议

加强区内科研工作。科研工作是深部找矿工作的基础,也是开辟新的找矿领域的先行工作,建议:

(1)在深部找矿过程中,需要对科研工作、勘查工作统一安排,协调进行。科研项目在国家、地方政府投资基础性、公益性项目中单独列出,在矿产勘查项目中应列入适当比例资金用于科研。

(2)科研工作要提倡“产学研”三结合,在成矿区带重大科学问题研究中,仍然需要各自发挥优势,形成跨行业、跨部门的联合攻关体系,基础课题应以生产单位为主体,而另一些课题则要以院校科研机构为核心。

(3)有条件时可以在长江中下游成矿带中选择1~2个矿集区进行深部立体填图结合深部矿产资源潜力调查的示范性研究项目,同时建立长期的科研基地或野外地质实验室。

本文是根据常印佛院士在2008年天津召开的全国第一次铁矿找矿会议交流材料编写而成,其中收集、补充了近年区内地质找矿成果材料,在此对提

供材料的单位和个人表示感谢。

谨以此文祝贺常印佛院士80华诞!

注 释

● 2007年3月在海南省召开的全国危机矿山找矿项目监审工作会议总结。

参 考 文 献

- 安徽省地质矿产局. 1987. 安徽省区域地质志. 北京: 地质出版社. 539~547.
- 蔡本俊. 长江中下游地区内生铁铜矿床与膏盐的关系. 地球化学, 1980, (2): 193~199.
- 章广金. 1977. 长江中下游及华北地区内生铁铜矿床与膏盐的关系. 地质与勘探, (1): 26~33.
- 常印佛, 董树文, 黄德志. 1996. 论中下扬子“一盖多底”格局与演化. 火山地质与矿产, 17(1-2): 1~15.
- 常印佛, 刘湘培, 吴昌昌. 1991. 长江中下游铁铜成矿带. 北京: 地质出版社. 1~379.
- 陈沪生, 张永鸿等著. 1999. 下扬子及邻区岩石圈结构构造特征与油气资源评价. 北京: 地质出版社.
- 陈江峰, 谢智, 张翼, 周泰禧. 2001. 安徽的地壳演化: Sr-Nd 同位素证据. 安徽地质, 11(2): 123~130.
- 邓晋福, 赵海玲, 莫宜学, 吴宗絮, 罗照华. 1996. 中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙. 北京: 地质出版社. 1~110.
- 丁毅. 1992. 宁芜矽岩铁矿成因新论: 同化作用、高侵位和铁质凝合. 矿床地质, 11(3): 195~202.
- 杜建国, 戴圣潜, 莫宜学, 邓晋福, 许卫. 2003. 安徽沿江地区燕山期火成岩成矿地质背景. 地学前缘, 10(4): 551~560.
- 范裕, 周涛发, 袁峰, 张乐骏, 钱兵, 马良, David, R. C. 2010. 宁芜盆地闪长岩的形成时代及对成矿的指示意义. 岩石学报, (26)9: 2715~2728.
- 傅斌, 任启江, 邢凤鸣, 徐兆文, 胡文珩, 郑永飞. 1997. 安徽沙溪含铜斑岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年及其地质意义. 地质论评, 43(3): 310~316.
- 侯可军, 袁顺达. 2010. 宁芜盆地火山-次火山岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素组成及其地质意义. 岩石学报, 26(3): 888~902.
- 侯增谦, 杨竹森, 李荫清, 曾普胜, 蒙义峰, 徐文艺, 田世洪. 2004. 碰撞造山过程中流体向前陆盆地大规模迁移汇聚? 来自长江中下游三叠纪膏盐建造和区域蚀变的证据. 矿床地质, (23)3: 310~326.
- 李曙光. 2001. 长江中下游中生代岩浆岩及铜铁成矿带的深部构造背景. 安徽地质, 11(2): 118~123.
- 林刚, 许德如. 2010. 在宁芜矽岩铁矿深部寻找大冶式铁矿的探讨——以宁芜铁矿南段为例. 矿床地质, 29(6): 427~436.
- 刘湘培, 常印佛, 吴昌昌. 1988. 论长江中下游地区成矿条件和成矿规律. 地质学报, 62(2): 167~177.
- 刘湘培. 1989. 长江中下游地区矿床系列与成矿模式. 地质论评, 35(5): 398~408.
- 刘裕庆, 刘兆康, 杨成兴. 1984. 铜陵地区冬瓜山铜矿稳定同位素研究. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 第1号: 70~101.
- 毛景文, Stein H, 杜安道, 周涛发, 梅燕雄, 李永峰, 戴文栓, 李进文. 2004. 长江中下游地区铜金(铂)矿 Re-Os 年龄测定及其对成矿作用的指示. 地质学报, 78(1): 121~131.
- 毛景文, 张作衡, 余金杰, 牛宝贵. 2003. 华北及邻区中生代大规模成矿的地球动力学背景: 从金属矿床年龄精确得到启示. 中国科学(D辑), 33(4): 289~299.
- 宁芜研究项目编写小组. 1978. 宁芜矽岩铁矿. 北京: 地质出版社. 1

- ~196.
- 任启江,刘孝善,徐兆文. 1991. 安徽庐枞中生代火山构造洼地及其成矿作用. 北京:地质出版社. 1~206.
- 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.
- 涂荫坎,杨晓勇,郑永飞,李惠民. 2001. 皖东南黄片麻岩的锆石 U-Pb 年龄. 岩石学报, 17(1):157~160.
- 王彦斌,刘敦一,曾普胜,杨竹森,蒙义峰,田世洪. 2004a. 铜陵地区小铜官山石英闪长岩锆石 SHRIMP 的 U-Pb 年龄及其成因指示. 岩石矿物学杂志, 23:289~304.
- 王彦斌,刘敦一,曾普胜,杨竹森,蒙义峰,田世洪. 2004b. 安徽铜陵新桥铜-硫-铁金矿床中石英闪长岩和辉绿岩锆石 SHRIMP 年代学及其意义. 中国地质, 31:169~173.
- 王彦斌,刘敦一,曾普胜,杨竹森,田世洪. 2004c. 安徽铜陵地区幔源岩浆底侵作用的时代——朝山辉石闪长岩锆石 SHRIMP 定年. 地球学报, 25:423~427.
- 吴才来,董树文,国和平,郭祥炎,高前明,刘良根,陈其龙,雷敏, Wooden J L, Mazadbfk, Mattinson G. 2008. 铜陵狮子山地区中酸性侵入岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及岩浆作用的深部过程. 岩石学报, (24)8:1801~1812.
- 吴淦国,张达,狄永军,臧文栓,张祥信,宋彪,张忠义. 2008. 铜陵矿集区侵入岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其深部动力学背景. 中国科学(D 辑), 38(5):630~645.
- 谢桂青,毛景文,李瑞玲,蒋国豪,赵财胜,赵海杰,侯可军,潘怀军. 2008. 鄂东南地区大型砂卡岩型铁矿床云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 同位素年龄及其构造背景初探. 岩石学报, 24(8):1917~1927.
- 谢桂青,赵海杰,赵财胜,李向前,侯可军,潘怀军. 2008. 鄂东南铜绿山矿田砂卡岩型铜铁金矿床的辉钼矿同位素年龄及其地质意义. 矿床地质, (28)3:227~239.
- 谢桂清,李瑞玲,蒋国豪,赵财胜,侯可军. 2008. 鄂东南地区晚中生代侵入岩的地球化学和成因及对岩石圈减薄时限的制约. 岩石学报, (24)8:1703~1714.
- 谢建成,杨晓勇,杜建国,孙卫东. 2008. 铜陵地区中生代侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学及 Cu-Au 成矿指示意义. 岩石学报, (24)8:1782~1800.
- 邢凤鸣. 1999. 安徽沿江地区岩浆成矿带. 安徽地质, 9(4):272~279.
- 闫峻,俞永飞,陈江峰. 2009. 宁芜地区娘娘山组火山岩 Rb-Sr 同位素定年及其意义. 地质评论, 55(1):731~735.
- 袁顺达,侯可军,刘敏. 2010. 安徽宁芜地区铁氧化物-磷灰石矿床金云母 Ar-Ar 定年及地球动力学意义. 岩石学报, (26)3:797~808.
- 翟裕生,林新多,姚书振. 1992. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京:地质出版社. 1~235.
- 张乐骏,周涛发,范裕,袁峰. 2008. 安徽月山岩体锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其意义. 岩石学报, 24(8):1725~1732.
- 张荣华,盛继福,陆成庆. 1982. 庐枞火山岩盆地矿化蚀变与矿质来源. 中国地质科学院矿床地质研究所刊. 2:51~67.
- 张荣华. 1974. 一个铁矿床的围岩蚀变与成因探讨. 地质学报, (1):53~90.
- 张荣华. 1980. 长江中下游岩铁围岩蚀变的地球化学分带和形成机理. 地质学报, 54(1):70~85.
- 赵玉琛. 1990. 宁芜岩铁硫矿成矿规律与找矿预测研究. 矿床地质, (9)1:1~12.
- 周涛发,范裕,袁峰,宋传中,张乐骏,钱存超,陆三明, David R C. 2010. 庐枞盆地侵入岩的时空框架及其对成矿制约. 岩石学报, (26)9:2694~2714.
- 周涛发,范裕,袁峰. 2008. 长江中下游成矿带成岩成矿作用研究进展. 岩石学报, 24(8):1665~1678.
- Pan Y M, Dong P. 1999. The lower Changjiang (Yangzi/Yangtze River) metallogenic belt, eastcentral China: Intrusion and wallrock hosted Cu, Fe, Au, Mo, Zn, Pb, Ag deposits. Ore Geology Reviews, 15(4):177~241.

Consideration on the Deep-iron Ore Deposits Prospecting in the Middle-Lower Yangtze Metallogenic Belt

DU Jianguo, CHANG Danyan

Geological Survey of Anhui Province, Heifei, 230001

Abstract

The Middle-Lower Yangtze metallogenic belt is a intra-continental belt dominated by Yanshannian magmatic mineralization. There are two types of iron ore deposits in this area; one occurs mainly in volcanic-sedimentary basin and is genetically related to the intrusion of intermediate to mafic magma and slightly alkaline magma, the other occurs in uplift area and the transitional zone of uplift and subsidence. Based on the investigation of regional metallogenic background, the iron ore types are subdivided. It pointed out that some problems which affect iron deposit prospecting need to solve. According to the progress in deep-iron deposit prospecting, the focus of this study is to discuss similarities and differences of the iron mineralization in the Ningwu and Luzong volcanic-sedimentary basins, and some issues related to deep-iron ore prospecting. It is suggested that the deep-iron prospecting in this area should concentrate on the floor of the sedimentary basin and transitional zone of the basin and uplift areas. Daye-type Cu-Fe deposit and Tongling-type Fe-Cu and porphyry Cu deposits should be the major prospecting targets for upcoming work.

Key words: deep ore prospecting; iron deposits; Middle-Lower Yangtze metallogenic belt; consideration