

# 安徽庐枞盆地铁矿含矿建造构造特征与成矿

杜玉雕,魏国辉

(安徽省地质调查院,合肥 230001)

**摘要:**庐枞盆地是长江中下游成矿带重要的矿集区之一,盆地内发育众多铁矿床(点)。本文以玢岩型铁矿和沉积-热液叠改造型铁矿为研究对象,在前人大量研究成果的基础上,通过野外地质调查和钻探等工作,对含矿建造构造特征进行了综合研究。结果表明:玢岩型铁矿的含矿建造包括粗安岩-凝灰岩建造、与膏辉岩化有关的变质建造和闪长玢岩建造;沉积-热液叠加改造型铁矿的含矿建造包括灰岩建造或钙质粉砂岩建造及粗安斑岩建造,与砂卡岩化有关的变质建造和正长岩建造关系密切;铁矿化与基底断裂、基底隆起带和岩侵型穹窿息息相关。初步认为庐枞火山岩盆地铁矿成矿作用可划分为沉积作用成矿期和岩浆热液成矿期。

**关键词:**庐枞盆地;铁矿床;含矿建造;构造;成矿

**中图分类号:** P618.31

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-4135(2018)04-0270-10

安徽庐枞盆地位于长江中下游断陷带内,北临华北板块,西接郟庐断裂带,地处扬子板块北缘,构造特征复杂,岩浆-成矿作用活跃,区内广泛发育与火山-潜火山岩及侵入岩有关的铁、铜、铅、锌、明矾石等矿床,是长江中下游成矿带中7个重要的矿集区之一<sup>[1-3]</sup>。近几年,庐枞地区开展了系统的研究工作,已在庐枞盆地岩浆岩的时空格架,地球化学特征及其源区、演化、深部过程以及盆地内典型矿床的研究等方面取得了重要的进展<sup>[4-10]</sup>,但关于矿床的形成机制还有待深入研究。庐枞地区自开展深部找矿以来,铁矿不断取得重大找矿突破,在罗河铁矿外围和深部先后发现和探明泥河铁矿和小包庄铁矿;在无为县尉山地区、枞阳县义津桥含山地区深部也发现铁矿;因深部找矿工作的新突破再次引起人们对铁矿的高度关注。目前为止,许多学者和高校在年代学、地球化学和成矿流体等方面对铁矿床进行了系统的研究和探讨<sup>[5,11-16]</sup>,为铁矿床成因提供了重要约束。

整体来看,铁矿含矿建造构造方面的资料相对缺乏,对于铁矿成矿与建造构造的关系研究甚少,这在很大程度上制约了对成矿过程的深入理解。本文选取玢岩型铁矿和沉积热液叠改造型铁矿为研究对象,在总结前人研究成果和地质矿产勘查项目成果的基础上,通过地质矿产调查、槽探和钻探等地质

工作,综合分析含矿建造构造特征,总结区内铁矿成矿规律及庐枞盆地沉积地层、构造和岩浆岩与铁矿成矿的关系,初步探讨了铁矿成矿作用,为进一步开展深部找矿和开拓找矿空间提供依据。

## 1 区域地质概况

庐枞盆地位于长江中下游断陷带内,是一个北东向展布的中生代火山岩盆地。盆地内的地层属于下扬子地层分区,自古生代以来,庐枞地区长期处于拗陷状态,接受了巨厚沉积,地层发育较全<sup>[1]</sup>。寒武-奥陶纪碳酸盐岩及碎屑岩主要出露于庐枞火山岩盆地外的盛桥-东顾山地区,志留纪至中三叠世地层主要出露于盆地周边。盆地内部主要为早白垩世陆相火山岩,由老到新分别为龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组,呈半环形,从盆地北、东和南部向盆地西部及中心地区依次分布,每一火山旋回均以爆发开始,溢流相逐渐增多,以火山沉积相结束。

庐枞盆地的构造形态以古生代拗陷为基底,以中生代火山断陷盆地和侵入岩为主体(图1),形成一个南西窄、北东宽的楔形构造格局。构造线以北东-南西及北西-南东方向为主,北北西-南南东方向次之。盆地内火山岩地层中的褶皱构造不发育,规模很小。火山构造较多<sup>[4-5]</sup>,有破火山口、层状火山残

收稿日期:2018-07-04

责任编辑:王国明

资助项目:国家地质调查项目“安徽庐江矾山-枞阳周潭地区深部找矿靶区验证与评价(12120114012701)”

作者简介:杜玉雕(1985-),男,工程师,2012年硕士毕业于中国地质大学(北京)矿物学、岩石学、矿床学专业,现主要从事地质调查与矿产勘查工作,E-mail:444637540@qq.com。

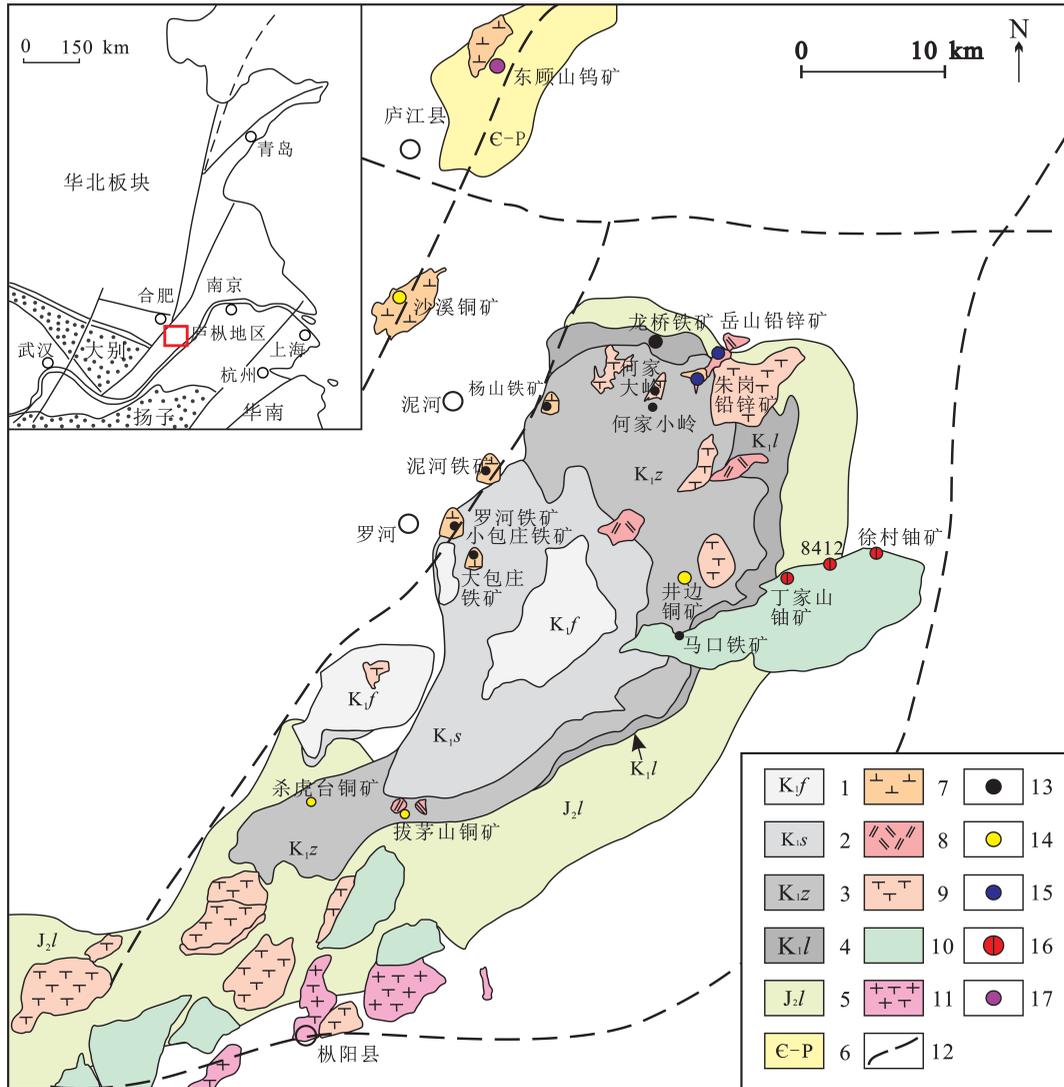


图1 庐枞地区区域地质矿产简图(据参考文献[16])

Fig.1 Sketch map of geology and mineral resources in the Lujiang-Zongyang basin

- 1. 早白垩世浮山组; 2. 早白垩世双庙组; 3. 早白垩世砖桥组; 4. 早白垩世龙门院组; 5. 中侏罗世罗岭组; 6. 寒武系-二叠系;
- 7. 闪长岩类; 8. 二长岩类; 9. 正长岩类; 10. 具A型花岗岩特征的正长岩类; 11. 正长花岗岩; 12. 推测的基底断裂; 13. 铁矿床;
- 14. 铜矿床; 15. 铅锌矿床; 16. 铀矿床; 17. 钨矿床

余、穹窿状火山、侵入穹窿、岩颈、火山口、爆发岩筒、火山穹窿及裂隙喷发带等。

庐枞盆地中生代岩浆的侵入活动主要集中在早白垩世,活动起止时间约为134~124 Ma,盆地内部及其周边地区有大量的侵入岩岩体分布,单个岩体出露面积从0.1~50 km<sup>2</sup>不等,可分为早晚两期<sup>[9]</sup>,早期主要为二长岩和闪长岩类;晚期侵入岩又可分为两类,一类为正长岩类,另一类为A型花岗岩。

盆地内成矿作用集中在早白垩世<sup>[9]</sup>,按成矿作用的时间与类型大致可分为<sup>[17]</sup>:1) 龙门院旋回与火山热液作用有关的Pb、Zn、Ag成矿系列,如岳山铅锌矿床;2) 砖桥旋回与火山-潜火山岩活动有关的玢岩型

铁矿,如泥河铁矿、罗河铁矿等;3) 砖桥旋回与潜火山热液活动有关的脉状铜矿床,如井边铜矿、石门庵铜矿等;4) 与正长岩类岩有关的Fe-Cu-U成矿系列,如马口铁矿、丁家山铀矿等。

庐枞盆地铁矿床主要集中于盆地北部,铁矿是庐枞地区的优势资源,罗河、泥河、龙桥、小包庄铁矿储量均已达大型规模。铁矿床类型以玢岩型铁矿和沉积-热液叠改型铁矿为主,玢岩型铁矿化在时空上与潜火山岩侵入活动(喷发中心或喷发带)有着密切联系,沉积-热液叠改型铁矿受到地层的严格控制,且与深部的隐伏侵入体有关;岩浆热液型铁矿次之,矿化类型为充填于石英正长岩体内断裂中的脉状铁

矿;火山喷发沉积型铁矿最少,矿体呈层状,与围岩层理平行产出,表现出火山喷发沉积的特征。

## 2 铁矿含矿建造构造特征

区内铁矿成因类型主要为玢岩型、沉积热液叠加改造型、火山热液充填型、火山喷发沉积型、岩浆热液型,玢岩型和沉积热液叠加改造型铁矿矿产规模以大型居多,本文仅综合分析区内玢岩型铁矿和沉积-热液叠加改造型铁矿的含矿建造构造。

### 2.1 玢岩型铁矿

玢岩型铁矿主要分布于清水塘-牛头山-泥河-小包庄地区,共发现大型矿床4个,小型矿床2个,矿点3个,矿化点2个。代表矿床有泥河铁矿、大包庄铁矿、罗河铁矿等。

#### (1) 矿床地质特征

以泥河铁矿为例,矿床地质特征如下:铁矿床是由磁铁矿体、硫铁矿体、硬石膏矿体组成的多矿种共生隐伏矿床。在走向上,矿床西南部以磁铁矿为主,中部以硬石膏为主,东北部以硫铁矿为主;在垂向上,上部为硬石膏、硫铁矿,下部为磁铁矿。磁铁矿体总体呈厚大的透镜状或似层状,产于辉石闪长玢岩穹窿上部,形态受辉石闪长玢岩穹窿控制。硫铁矿体具两种产出形态:一是呈似层状、透镜状产于辉石闪长玢岩体内,与磁铁矿体共生;二是产于呈似层状分布于砖桥组下段火山岩中。硬石膏矿体呈透镜状独立产出,赋存于砖桥组下段地层中。

金属矿物包括磁铁矿、黄铁矿、赤铁矿、菱铁矿及磁黄铁矿,非金属矿物主要为硬石膏、辉石、石英、钠长石、钾长石、碳酸盐岩矿物、高岭石、绿泥石、绿帘石。矿石结构主要有自形-半自形粒状结构、他形粒状结构、交代假象结构和筛状结构,矿石构造主要有浸染状构造、块状构造、斑杂状构造、细脉浸染状构造等。

矿床围岩蚀变强烈,在水平方向具成层性,在垂向上具分带性。按蚀变矿物组合特征和蚀变带形成的先后顺序,自下而上可以分为深色蚀变带、叠加蚀变带和浅色蚀变带。深色蚀变带产出于辉石闪长玢岩岩体内部,为矿体的近矿蚀变,主要蚀变类型为碱性长石化和硬石膏-辉石岩化;叠加蚀变带分布于深色蚀变带上部,原岩既有火山岩地层,又有辉石闪长玢岩体,该蚀变带为膏辉岩的水解变质带,以碳酸盐化、绿泥石化为主;浅色蚀变带主要发育于辉石闪长

玢岩体未接触带的砖桥组地层中,主要的蚀变类型包括:水云母-高岭石化、次生石英岩化及硬石膏化。

根据详细的野外地质观测和镜下鉴定结果,并根据矿物的生成世代、交生关系及围岩蚀变与矿化之间关系等综合研究,本矿床的形成可以划分为两个成矿期,分别为热液期和表生期。热液期划分为四个成矿阶段,即磁铁矿黄铁矿化阶段、石英碳酸盐黄铁矿化阶段、石英黄铁矿化阶段、脉状碳酸盐硫酸盐阶段。表生期形成上部火山岩内褐铁矿矿化。

#### (2) 含矿建造

野外调研发现,玢岩型铁矿床产于早白垩世砖桥组火山碎屑岩和熔岩中(图2),是由富集地幔产生的碱性玄武岩浆经演化、结晶分异作用形成的一套碱性钾玄岩系列,以凝灰岩和粗安岩为主,喷发活动具有多期间歇性特征,形成的构造环境为陆壳板内离散构造环境。铁矿化与粗安岩-凝灰岩建造有关,钻孔内见部分铁矿体呈脉状产于凝灰岩或粗安岩中。

结合泥河铁矿、大包庄铁矿和罗河铁矿的钻孔资料,玢岩型铁矿床近矿围岩蚀变强烈<sup>[18]</sup>,自下而上可以划分为深色蚀变带、叠加蚀变带及浅色蚀变带(图2)。深色蚀变带原岩为闪长玢岩,蚀变矿物以透辉石、硬石膏、石榴子石、磷灰石、磁铁矿、黄铁矿为主,磁铁矿与黄铁矿富集的地段即形成工业矿体,深色蚀变与区内玢岩型铁矿化密切相关,尤其是与膏辉岩化有关的热接触变质建造与区内玢岩型铁矿化关系密切,如罗河铁矿<sup>[19]</sup>、泥河铁矿等。

钻孔资料显示玢岩型铁矿体呈厚大的透镜状、似层状产出于闪长玢岩穹窿顶部,岩浆的上侵可以带来大量的成矿组分,为矿床(点)的形成提供了物质来源。侵入岩冷却时常产生大量的裂隙,同时侵入岩的侵入作用会造成围岩产生构造裂隙,这些裂隙为后期含矿热液的运移、矿质的沉淀提供了良好的空间。可见,闪长玢岩建造是玢岩型铁矿的主要赋矿围岩和成矿母岩。

#### (3) 构造与成矿

北东向基底断裂构造控制了火山盆地及构造岩浆带的展布,同时也对矿床和地化异常的分布有重要影响。其中最重要的是SN和EW向断裂、构造破碎带和裂隙构造,直接影响了玢岩型铁矿的形成,罗河、泥河铁矿主要分布在缺口-罗河北东向基底断裂带周边。

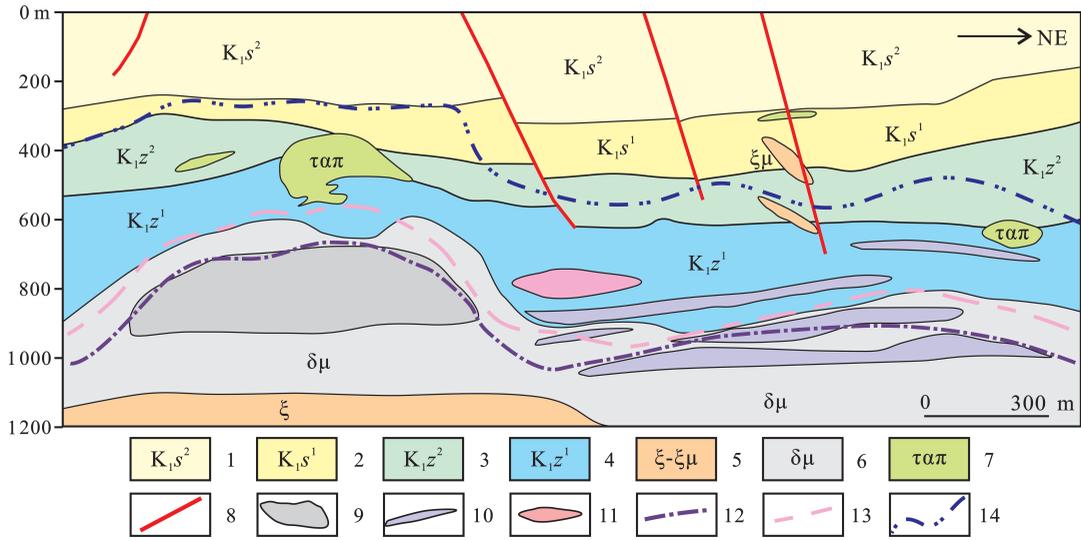


图2 泥河铁矿 I 纵地质剖面图(据参考文献[11])

Fig.2 The geological section of I exploration line in the Nihe iron deposit

1. 早白垩世双庙组上段;2. 早白垩世双庙组下段;3. 早白垩世砖桥组上段;4. 早白垩世砖桥组下段;5. 正长(斑)岩;6. 辉石闪长玢岩;7. 粗安斑岩;8. 断裂;9. 铁矿体;10. 硫铁矿体;11. 硬石膏矿体;12. 深色蚀变带顶界;13. 叠加蚀变带顶界;14. 浅色蚀变带顶界

玢岩型铁矿体呈厚大的透镜状、似层状产出于闪长玢岩穹窿顶部,受到岩体穹窿构造的控制,许多已知玢岩型铁矿床均与火山-潜火山岩岩侵型穹窿有关(图3),如罗河铁矿、泥河铁矿、大包庄铁矿等。

### 2.2 沉积-热液叠加改造型铁矿

沉积-热液叠加改造型铁矿主要分布于庐枞盆地边缘,共发现大型矿床1个,中型矿床3个,矿(化)点5个。代表矿床有龙桥铁矿、蔚山铁矿、下含山铁

矿、马鞭山铁矿等。

#### (1) 矿床地质特征

以龙桥铁矿为例,矿床地质特征如下:铁矿床的矿种较为单一,以磁铁矿体为主,仅在6线伴生有少量的铜矿体,规模很小;此外,在铁矿体东部有少量零星分布的铅锌矿体。

铁矿体共有13个,但以I号矿体为主,长2188 m,宽190~783 m,占矿床中铁矿石总储量的99.7%;

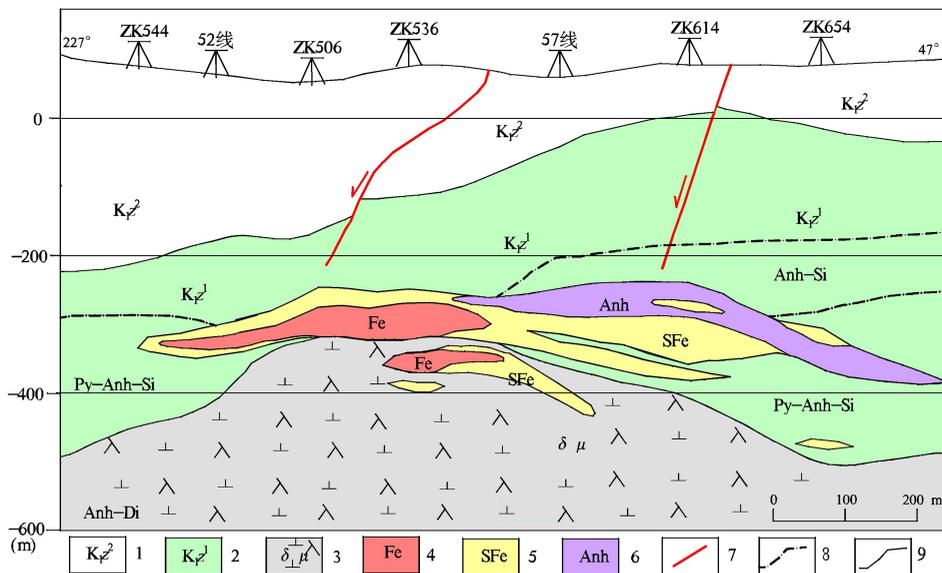


图3 大包庄硫铁矿 II - II' 线纵剖面图(据参考文献[20])

Fig.3 The geological section of II - II' exploration line in Dabaozhuang iron deposit

1. 砖桥组上段;2. 砖桥组下段;3. 闪长玢岩;4. 磁铁矿;5. 硫铁矿;6. 硬石膏;7. 断层;8. 蚀变岩界线;9. 地质界线; Anh-Si. 含硬石膏硅质岩与硅化岩;Py-Anh-Si. 含黄铁矿及硬石膏硅质岩、硅化岩

其余12个矿体均为单孔控制的零星分布的透镜状矿体。I号矿体平面投影形态为一不规则的矩形,其长轴总体走向为 $290^{\circ}$ ;但从局部段来看矿体的走向变化较大,其中8线以西矿体走向为 $320^{\circ}$ ;倾向SW;8线至1线矿走向近EW,倾向S;1线以东矿体走向为 $80^{\circ}$ ;倾向SSE。矿体形态较为简单,呈层状-似层状产出,除1、5、18线矿体的头部出现分枝;9、14线矿体中部有分枝复合现象外,其余各线均为完整单一的层状矿体。矿体产状平缓,倾角一般为 $10\sim 20^{\circ}$ ,最大为 $30^{\circ}$ ,最小为 $7^{\circ}$ 。矿体倾角在空间上具有明显的变化规律,即矿体的中部(2~6线间)倾角较大,一般为 $20^{\circ}$ 左右;向东西两侧矿体的倾角逐渐变缓至 $10^{\circ}$ 左右;而在22与26线的北部矿体倾角较大,可达 $30^{\circ}$ 以上。从纵向上看,矿体中部微有隆起,向东西两个方向侧伏,向东侧伏角为 $5^{\circ}$ ,向西侧伏角为 $10^{\circ}$ 。矿体顶板主要为中三叠世周冲村组泥质粉砂岩,部分为早白垩世龙门院组火山岩;底板为中三叠世周冲村组泥质粉砂岩,在2线、3~5线接触正长岩体。当矿石为块状、稠密浸染状时较顶底板与矿体的界线较为清楚,为稀疏浸染状时与围岩多呈逐渐过渡关系。顶底板主要发育矽卡岩化、电气石化、绿泥石化蚀变和角岩化变质。

龙桥铁矿的矿石构造较为多样,以块状构造、浸染状构造和层纹状构造为主,局部发育有团块状构造、角砾状构造、网脉状构造及花斑状构造等。矿石中的矿物组合以磁铁矿为主,次为黄铁矿、菱铁矿、黄铜矿等;脉石矿物主要为透辉石、石榴子石、金云母、绿泥石、方解石、高岭石等。

龙桥铁矿床的形成经历多期多阶段的成矿作用,其中成矿后期中低温热液活动强烈,围岩蚀变广泛发育。钾化、高龄石化、绿泥石化主要发育于龙门院组和砖桥组的火山岩中是火山岩浆期后热液蚀变所形成与成矿无直接关系,矽卡岩化带主要发育在周冲村组含矿地层中,与成矿关系密切。大理岩变质带位于矿体下部,主要蚀变矿物为方解石,矿化较弱。碱性长石化、角岩变质带主要发育于矿体的底部,主要蚀变矿物组合为次生加大的石英和钾长石,源岩为砂岩、粉砂岩。矿化较弱,局部发育有黄铁矿和磁铁矿,后期发育镜铁矿化。

龙桥铁矿床的形成划分为两期<sup>[12]</sup>:第一期为沉积期,含菱铁矿的沉积岩层在这个阶段形成。第二期为热液期,其中又分为四个阶段:含磁铁矿矽卡岩阶

段;磁铁矿阶段;石英-硫化物阶段;镜铁矿、方解石阶段。

### (2) 含矿建造

沉积-热液叠加改造型铁矿矿体呈层状-似层状产出,铁矿化与沉积建造关系密切,受到地层的严格控制。区内含铁沉积建造较多,如龙桥铁矿矿体产于中三叠世底部周冲村组地层中,铁矿化与含铁锰结核的灰岩建造有关;下含山铁矿矿体产于中三叠世月山组地层中,铁矿化与粉砂岩建造有关;蔚山铁矿矿体产于晚石炭世黄龙组地层中,铁矿化与白云岩-粗晶灰岩建造有关;吴桥铁矿矿体产于中侏罗世罗岭组顶部地层中,铁矿化与灰岩建造或钙质粉砂岩建造有关。

钻孔资料显示龙桥铁矿部分矿体的顶板为粗安岩建造,主要分布于早白垩世龙门院组下段第二层下部和早白垩世龙门院组上段第二层上部,矿体与粗安岩体的界线十分清晰,岩体受成矿作用影响发育少量磁铁矿化,磁铁矿脉穿切岩体。可见,铁矿化与粗安岩建造有关。

沉积-热液叠加改造型铁矿床的形成经历多期多阶段的成矿作用<sup>[12]</sup>。根据龙桥铁矿的钻孔资料,矿床的围岩蚀变自上而下可分为六个蚀变(变质)带,即钾化-高龄石化-绿泥石化蚀变带,钾化-电气石化蚀变带,矽卡岩化带,大理岩化带,碱性长石化蚀变-角岩化变质带,角岩化变质带。其中矽卡岩化带主要发育在中三叠世周冲村组含矿地层中,与成矿关系密切(图4),主要矿物为透辉石、石榴子石、金云母等,有强烈的磁铁矿化,并伴随有黄铁矿化、黄铜矿化和镜铁矿化。可见,与矽卡岩化有关的热接触变质建造与区内沉积-热液叠加改造型铁矿化密切相关。

庐枞地区在三叠纪沉积了一套富含铁质的钙质泥质粉砂岩、碳酸盐岩,形成了矿胚层。白垩纪早期,随着正长质岩浆的侵入,带来了热液和大量的成矿物质。热液萃取活化了地层中的铁质,并与岩浆本身所分异出来的铁质混合、运移,形成含矿热液。矿床的形成经历了早期矿坯层形成及后期岩浆热液叠加富集两个阶段,矿体底部与之相接处的侵入岩体为正长岩体,岩石中含少量星点状的磁铁矿,铁矿化与正长岩建造有关(图4)。

### (3) 构造与成矿

北东向基底断裂构造控制了火山盆地及构造岩浆带的展布,同时也对矿床和地化异常分布有重

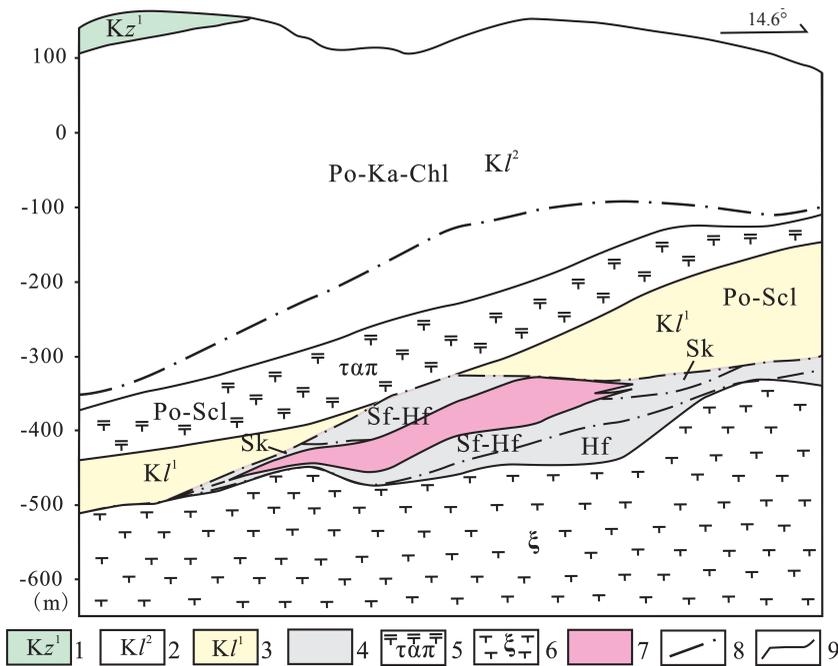


图4 龙桥铁矿床5线剖面图(据参考文献[12])

Fig.4 The geological section of No.5 exploration line in Longqiao iron deposit

- 1. 早白垩世砖桥组下段; 2. 早白垩世龙门院组上段; 3. 早白垩世龙门院组下段;
- 4. 中三叠世周冲村组; 5. 粗安斑岩; 6. 石英正长岩; 7. 矿体; 8. 蚀变分带界线; 9. 地质界线; Po. 钾化; Ka. 高岭石化; Chl. 绿泥石化蚀变; Sf. 电气石化; Scl. 碱性长石化; Sk. 砂岩角化蚀变; Hf. 角岩化变质

要影响。其中最重要的是SN和EW向断裂、构造破碎带和构造裂隙构造,直接影响了龙桥式铁矿的形成,龙桥、马鞭山铁矿分布在清水塘-黄屯近东西向基底断裂带上。石马滩-黄姑闸断裂与龙门桥断裂控制了中三叠统周冲村组含矿地层的空间分布,石马滩-黄屯基底断裂控制了龙桥地区深部正长岩(二长岩)的产出,NE向黄屯-枞阳基底断裂与近EW向的龙门桥以及石马滩-黄屯基底断裂的交汇处形成了龙桥铁矿。

龙桥铁矿位于基底三叠系隆起带NE东端,褶皱的核部主要是中三叠世周冲村组的膏溶角砾岩建造、白云质灰岩建造、泥质粉砂岩建造等,经过早白垩世的火山-潜火山岩交替喷发-侵入作用,其岩浆期后热液进一步加速铁矿的富集成矿。

### 3 铁矿成矿规律

庐枞盆地中的玢岩铁硫矿床均与早白垩世砖桥旋回末期闪长玢岩活动有关<sup>[4-5]</sup>,因此玢岩铁矿的成矿应约同于或稍晚于闪长玢岩的活动时限(132~133 Ma),前人测定的成矿年龄均在130~131 Ma<sup>[13]</sup>,

与地质事实相符。从龙桥铁矿采集了与磁铁矿共伴生的金云母样品,进行了Ar-Ar同位素定年,获得Ar-Ar坪年龄 $130.5 \pm 1.1 \text{ Ma}^{[12]}$ ,马口铁矿采集了与磁铁矿共伴生的金云母样品,进行了Ar-Ar同位素定年工作,获得Ar-Ar坪年龄 $127.3 \pm 0.8 \text{ Ma}$ 。因此,除马口铁矿外,区内铁矿成矿时限为130~131 Ma。

#### 3.1 构造与成矿

罗河矿区外围施工的钻孔内出现白垩系砖桥组地层直接与三叠系范家塘组接触的现象,直接证实了基底隆起带的存在;小包庄深部的钻孔证实该隆起带核部主要由周冲村组地层所组成。基底隆起带控制了周冲村组地层的空间展布,周冲村组上部主要为铁质钙质泥质粉砂岩和角砾状碳酸盐岩,为龙桥式铁矿的主要含矿层位,下部主要为膏(盐)层。周冲村组的膏溶角砾岩具有初始矿胚层的作用,经过早白垩

世的火山-潜火山岩交替喷发-侵入作用,其岩浆期后热液进一步加速铁矿的富集成矿。

火山穹窿边缘常有环状断裂围绕,为深部岩浆向地表移动或向外喷溢扩张时顶起上覆岩层而形成的张性断裂及裂隙带,在岩体顶部及其围岩发育较多的张性断裂和裂隙带,致使岩浆携带的大量活动组分或矿液,有了良好的容矿空间。钻孔资料显示罗河-大包庄矿床就是受大包庄岩侵型火山穹窿的控制(图3),何家大岭、何家小岭矿床位于何家大岭、何家小岭隆起顶部,泥河铁矿、牛头山、杨山铁矿也受隆起构造制约。

爆发角砾岩筒构造对铁矿床具有一定的控制作用。由于岩浆上侵至地表时,在骤然减压情况下,气体强烈爆发,导致围岩强烈角砾岩化、破裂化,成矿作用主要发生于角砾状围岩及潜火山岩岩体中,何家大岭铁矿即是典型的代表,野外调研发现,何家大岭铁矿体主要产于角砾状粗安斑岩中。

基底断裂带是庐枞盆地玢岩铁矿重要的控矿构造,已知的玢岩铁矿床均分布在缺口-罗河基底断裂带之上,包括小包庄、罗河、泥河、杨山铁矿。基底断

裂带控制了闪长玢岩的侵位,亦是深部成矿物质上升参与浅表成矿作用的重要通道。深大断裂带以及基底断裂对成矿的控制作用主要以环状断裂的形式表现出来,环状断裂的形成,是由于岩浆沿深大断裂上升,在上升过程中,继承和改造了原有基底断裂而形成初始环状断裂,初始环状断裂受岩浆活动等因素影响得以发展,形成不同规模、不同形状的环状构造体系。

### 3.2 沉积地层与成矿

庐枞盆地内玢岩型铁矿均发育硬石膏化,钻孔资料显示部分矿床形成独立的硬石膏矿体(图2);如泥河铁矿中成矿期硬石膏硫同位素组成与区内周冲村组膏盐层中硬石膏硫同位素组成相似或略低<sup>[14]</sup>,推测成矿硫的来源与周冲村组的膏溶角砾岩(膏盐层)关系密切。同时,周冲村组亦是龙桥铁矿重要的赋矿层位(图5),周冲村组具有沉积特征的黄铁矿、菱铁矿可能为区域重要的矿胚层。

野外地质矿产调查发现,盘石岭、泥河、何家小岭、罗河、杨山铁矿均产于或部分产于砖桥组层位中。砖桥组形成早期以火山喷发作用为主,岩性为火山碎屑,此时形成了盘石岭沉积型铁矿及何家小岭上部沉积型黄铁矿;砖桥旋回后期,火山喷溢作

用为主,火山气液与岩浆气液发育,形成了泥河式(罗河)与火山-次火山气液有关的铁矿。

### 3.3 岩浆岩与成矿

庐枞盆地中生代火山岩与次火山岩活动具有间歇性的特征,次火山岩与侵入岩的活动与铁矿的形成具有内在联系。

岩浆活动不仅直接提供了成矿物质与成矿流体,如泥河铁矿、何家小岭铁矿(图6),还提供热动力,驱动成矿流体与地下水对流循环,萃取交代岩体、围岩及基底地层中的矿化元素进而运移富集。次火山岩冷却时常产生大量的裂隙,同时次火山-侵入岩的侵入作用会造成围岩产生构造裂隙,这些裂隙为后期含矿热液的运移、矿质的沉淀提供了有利的空间。

由于火山-岩浆活动的影响,形成地表热泉,出现喷流-沉积作用,形成赤铁矿、硫铁(锰)矿、黄铁矿,经过后期热液叠加改造形成工业矿体,如盘石岭、何家小岭、何家大岭铁矿等。

## 4 铁矿成矿作用初探

庐枞火山岩盆地铁矿成矿作用,总体上可划分为早中三叠世含膏盐地层沉积作用期和早白垩世岩

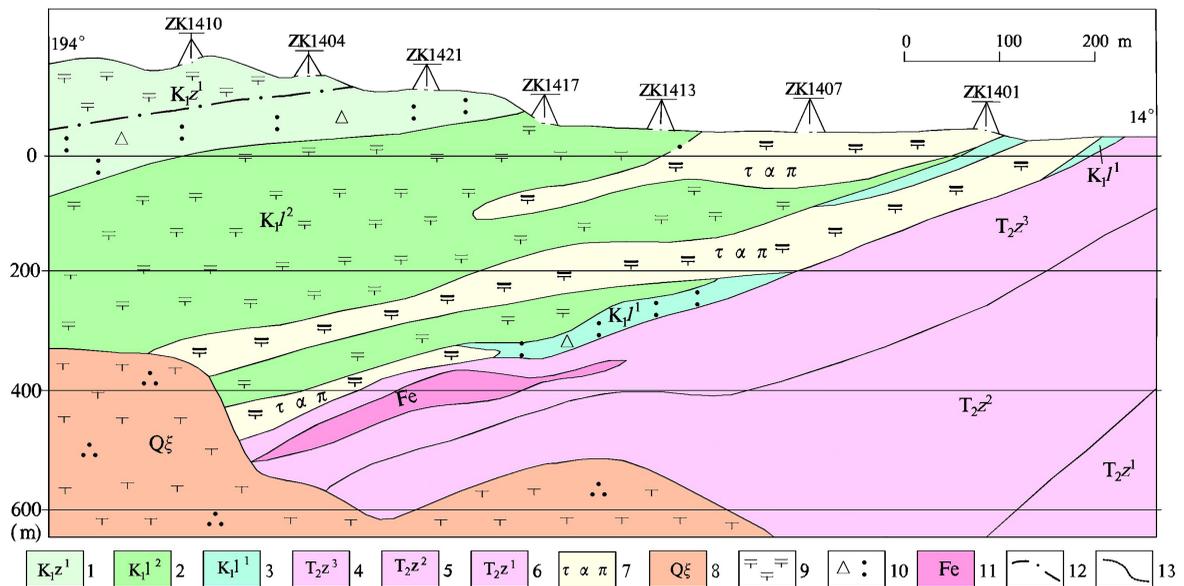


图5 龙桥铁矿14线地质剖面图<sup>①</sup>

Fig.5 The geological section of No.14 exploration line in Longqiao iron deposit

1. 早白垩世砖桥组一段; 2. 早白垩世龙门院组二段; 3. 早白垩世龙门院组一段; 4. 中三叠世周冲村组三段; 5. 中三叠世周冲村组二段; 6. 中三叠世周冲村组一段; 7. 粗安斑岩; 8. 石英正长岩; 9. 粗安岩; 10. 角砾凝灰岩; 11. 铁矿体; 12. 岩性界线; 13. 地质界线

<sup>①</sup>魏国辉, 金世恒, 杜玉雕, 等. 安徽庐江矾山-枞阳周潭地区深部找矿靶区验证与评价报告, 安徽省地质调查院, 2017.

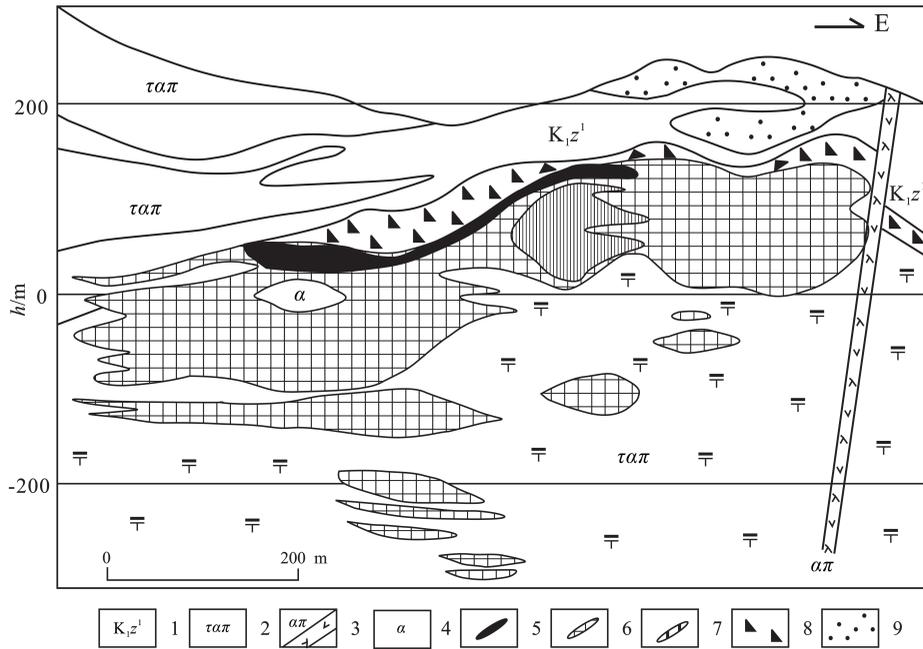


图6 何家小岭铁矿地质剖面图<sup>②</sup>

Fig.6 The geological section map of the Hejiaxiaoling iron deposit

1.早白垩世砖桥组下段;2.粗安斑岩;3.安山玢岩;4.安山岩;5.铁矿体;6.硫铁矿体;7.硬石膏矿体;8.角砾岩;9.次生石英岩

浆热液成矿期,矿床的形成经历了沉积-构造-岩浆活动的多重叠加效应,具有多期次复合成矿的特征。

早三叠世,扬子板块与华北板块发生碰撞拼贴,扬子板块北缘发生构造抬升,中下扬子海逐渐闭合<sup>[4]</sup>。中三叠世,构造抬升导致海水大规模退出,长江中下游地区海盆范围进一步缩小,滞留于低洼处的海水形成潮坪-泄湖环境,海水逐渐蒸发,庐枞盆地内形成了中三叠统含膏盐层沉积地层。中三叠世晚期,中下扬子海完全闭合,海相沉积结束<sup>[4]</sup>;区域进入了陆相碎屑沉积阶段,形成了中三叠统范家塘组、下侏罗统磨山组和中侏罗统罗岭组地层。区域中三叠统-中侏罗统地层中原始沉积的地层及膏盐层,不仅仅为岩浆期成矿提供成矿物质来源,而且易溶的膏盐层参与到成矿作用过程中,还起到矿化剂与氧化剂的作用,促进矿质的析出、富集、运移与沉淀。

早白垩世,庐枞盆地在内的长江中下游地区完全进入太平洋构造体制,在拉张作用下,岩石圈拆沉,软流圈上涌,地幔隆起作用加剧,区域伸展作用加强,地幔物质上侵,在地壳内发生交代作用。

在砖桥旋回早期火山喷发过程中,矿质被带出地表,在构造洼地处沉积形成了层状赤铁矿床,如盘石岭铁矿<sup>[16]</sup>,由于火山喷发沉积作用矿体严格受火山

岩地层控制。在砖桥旋回火山喷发过程中,局部次火山岩体在火山通道中发生隐爆作用,早先形成的含矿流体交代充填隐爆角砾间隙,如何家大岭铁矿,矿体受隐爆角砾岩筒控制。

砖桥旋回晚期,偏基性闪长质岩浆沿基底断裂上侵,在近地表构造薄弱地带以岩穹(穹窿)方式侵入于早先形成的砖桥组火山岩中,在上覆的砖桥组地层中形成了与岩穹有关的裂隙系统<sup>[14]</sup>,含矿热液也随之向闪长玢岩体顶部集中,在闪长玢岩及围岩接触带处发生强烈的蚀变交代作用,形成层状-似层状玢岩型铁矿化,如泥河铁矿和大包庄铁矿等。

正长质岩浆沿基底断裂上侵,对基底地层中的铁钙质泥质粉砂岩发生强烈的碱性长石化<sup>[12]</sup>,热液萃取活化了地层中的铁质,形成含矿热液。当含矿热液在上升运移过程中遇到矿胚层或灰岩、砂岩过渡地带,成矿流体体系的物理化学条件发生急剧变化,铁的络合物解体,铁质开始沉淀形成沉积-热液叠加改造型铁矿。同时,部分正长岩侵位到早期形成的玢岩铁矿底部,造成了正长岩与赋矿闪长玢岩的构造破碎,使得早期的玢岩体中的矿质再活化,在流体的驱动下于正长岩顶部的构造裂隙中充填成矿,形成网脉-脉状磁铁矿矿体,如野外调研和钻孔资料显

<sup>②</sup>赵文广,魏国辉,汤井田,等.安徽矾山镇-将军庙幅深部矿产资源远景调查报告,安徽省地质调查院,2015.

示何家大岭铁矿和何家小岭铁矿深部正长岩中见到的网脉状磁铁矿化。

浮山旋回之后,岩浆沿断裂上升至浅部地壳,发生岩浆熔-流分离作用,形成岩浆热液,同化混染了基底地层中的含矿建造,在大量热能和挥发分作用下,使建造中的成矿物质活化迁移并驱动流体活化迁移,成矿物质在岩浆热液中不断富集,最终演化为含矿热液。含矿热液沿区域断裂上升,运移到裂隙发育部位,成矿流体体系物理化学条件发生变化,使含矿热液系统不稳定,从而造成大量的成矿物质析出、沉淀,在构造裂隙处沉淀形成脉状-网脉状磁铁矿,如马口铁矿矿体呈脉状和网脉状沿石英正长斑岩体中构造破碎带产出,产状严格受构造破碎带控制,也是庐枞盆地内最后一次成矿作用的产物<sup>[15]</sup>。

## 5 结论

(1)玢岩型铁矿与粗安岩-凝灰岩建造、与膏辉岩化有关的热接触变质建造和闪长玢岩建造关系密切,沉积-热液叠加改造型铁矿与灰岩建造或钙质粉砂岩建造及粗安斑岩建造、与矽卡岩化有关的热接触变质建造和正长岩建造关系密切;庐枞地区内基底断裂、基底隆起带和火山-潜火山岩岩侵型穹窿与铁矿床的形成息息相关。

(2)周冲村组和砖桥组地层是重要的赋矿地层,基底隆起带内存在周冲村组地层;火山穹窿和爆发角砾岩筒构造与铁矿成矿作用关系密切。基底断裂带控制了闪长玢岩的侵位,亦是深部成矿物质上升参与浅表成矿作用的重要通道。次火山岩与侵入岩的活动与铁矿的形成具有内在联系。

(3)庐枞火山岩盆地铁矿成矿作用,总体上可划分为早中三叠世地层沉积作用期和早白垩世岩浆热液作用期,矿床的形成经历了沉积-构造-岩浆活动的多重叠加效应,具有多期次复合成矿的特征。

### 参考文献:

- [1] 常印佛,刘湘培,吴言昌.长江中下游铜铁成矿带[M].北京:地质出版社,1991,1-359.
- [2] 毛建仁,苏郁香,陈三元.长江中下游中酸性侵入岩与成矿[M].北京:地质出版社,1990,1-191.
- [3] 任启江,刘孝善,徐兆文.安徽庐枞中生代火山构造洼地及其成矿作用[M].北京:地质出版社,1991,1-145.
- [4] 覃永军.安徽庐枞盆地燕山期成矿地球动力学背景及成矿模式[D].中国地质大学(武汉)硕士学位论文,2010,1-149.
- [5] 张乐骏.安徽庐枞盆地成岩成矿作用研究[D].合肥工业大学博士学位论文,2011,1-239.
- [6] 汤家富,陆三明,李建设,等.安徽庐枞火山岩盆地与邻区基底构造变形、形成演化及其对矿床分布的控制[J].岩石学报,2010,26(9): 2587-2597.
- [7] 袁峰,周涛发,范裕,等.庐枞盆地中生代火山岩的起源、演化及形成背景[J].岩石学报,2008,24(10): 1691-1702.
- [8] 周涛发,范裕,袁峰,等.长江中下游成矿带火山岩盆地的成岩成矿作用[J].地质学报,2011,85(5): 712-730.
- [9] 周涛发,范裕,袁峰,等.庐枞盆地侵入岩的时空格架及其对成矿的制约[J].岩石学报,2010,26(9): 2694-2714.
- [10] 周涛发,范裕,袁峰.长江中下游成矿带成岩成矿作用研究进展[J].岩石学报,2008,24(8): 1665-1678.
- [11] 张舒,吴明安,汪晶,等.安徽庐枞盆地与正长岩有关的成矿作用[J].地质学报,2014,88(4):519-531.
- [12] 张舒,吴明安,赵文广,等.安徽庐江泥河铁矿矿床地球化学特征及其对成因的制约[J].岩石学报,2014,30(5): 1382-1396.
- [13] 赵文广,吴明安,张宜勇,等.安徽省庐江县泥河铁硫矿床地质特征及成因初步分析[J].地质学报,2011,85(5): 789-802.
- [14] 吴礼彬,陈芳,柳丙全,等.安徽省庐江县罗河式铁矿床地质特征与成矿模式[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2011,34(6):899-904.
- [15] 胡文暄,徐充勤.论安徽庐枞盆地大鲍庄式喷气沉积-叠加改造型硫铁矿床[J].地质科学,1992,3:213-224.
- [16] 段超.安徽庐枞盆地龙桥铁矿床地质地球化学特征和矿床成因研究[D].安徽:合肥工业大学硕士学位论文,2009,1-95.
- [17] 范裕,刘一男,周涛发,等.安徽庐枞盆地泥河铁矿床年代学研究及其意义[J].岩石学报,2014,30(5): 1369-1381.
- [18] 周涛发,范裕,袁峰,等.安徽庐枞盆地泥河铁矿床与膏盐层的成因联系及矿床成矿模式[J].地质学报,2014,88(4): 562-573.
- [19] 周涛发,王彪,范裕,等.庐枞盆地与A型花岗岩有关的磁铁矿-阳起石-磷灰石矿床-以马口铁矿床为例[J].岩石学报,2012,28(10): 3087-3098.
- [20] 张赞赞,张舒,吴明安,等.庐枞盆地小包庄铁矿床地质特征及<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar同位素年代学研究[J].矿床地质,2017,36(4):795-815.

## Characteristics of ore bearing formation–tectonic and mineralization of iron deposits in the Lujiang–Zongyang volcanic basin in Anhui Province

DU Yu-diao, WEI Guo-hui

(*Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001, China*)

**Abstract:** The Lujiang-Zongyang volcanic basin in Anhui province is one of the important ore concentration regions in the Middle-Lower Yangtze metallogenic belt, where there are many iron deposits (points). The authors chose porphyrite iron deposit and sedimentary hydrothermal-transformation iron deposit in the basin to study. On the basis of the collection and secondary development on the number of previous studies data and achievements of exploration projects, through field geological investigation and drilling exploration, and identify characteristics of ore-bearing formation-tectonic. It is suggested that the ore bearing formation of porphyrite iron deposit includes trachyandesites-tuff formation, anhydrite-pyroxene alteration metamorphic formation and diorite porphyrite formation. And the ore bearing formation of sedimentary hydrothermal-transformation iron deposit includes limestone or calcareous siltstone formation, skarnized metamorphic formation and syenite formation. The iron mineralization was associated with basement fault, basement uplift and volcanic dome. On the combination of metallogenic regularity, and the mineralization of iron deposits in the Lujiang-Zongyang volcanic basin can be divided into sedimentation period and magma hydrothermal metallogeny period.

**Key words:** Lujiang-Zongyang volcanic basin; iron deposit; ore bearing formation; tectonic; mineralization

## Study on the chemical index of alteration of the Middle and Late Jurassic Strata in the western margin of Ordos basin and its implications

ZHANG Tian-fu<sup>1,2</sup>, ZHANG Yun<sup>1,2</sup>, MIAO Pei-sen<sup>1,2</sup>, YU Reng-an<sup>1,2</sup>, LI Jian-guo<sup>1,2</sup>,  
JIN Ruo-shi<sup>1,2</sup>, SUN Li-xin<sup>1,2</sup>

(*1.Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;*

*2.Laboratory of Non-fossile Energy Minerals, China Geological Survey Tianjin Geological Survey Center, Tianjin 300170, China*)

**Abstract:** The method of Chemical Index of Alteration(CIA) is applied to the researches of Middle-Late Jurassic strata and discussion of paleoclimate changes. The experimental data show that samples during Middle Jurassic Bajocian (Yan'an Formation period) are characterized by high CIA values, ranging from 70.4 ~ 73.5, implicating the warm-temperate humid climate and medium chemical weathering. The 65.6 ~ 79.8 CIA values of the samples from Middle Jurassic Bathonian (Low-Zhiluo Formation) reflects alternate appearance of change from warm-temperate humid climate to semi-arid and semi-humid climate. CIA values of the samples from Callovian (Upper-Zhiluo Formation) fall to 58.9 ~ 72.4 (focus on 60 ~ 70; average value 66.4, n=14), away below the average CIA values of samples from Bajocian to Bathonian (72.8 and 71.9), reflecting a stable semi-arid and semi-humid climate. The transform boundary which climate change from warm-temperate humid climate to semi-arid and semi-humid climate is C3-boundary that below Upper-Zhiluo Formation. The CIA values between Middle Jurassic and Late Jurassic chang from 58.9 to (65.9 ~ 69.4), and then low down to 54.2, which reflect the possibility of ephemeral cooling event.

**Key words:** Ordos basin; late Jurassic; Paleoclimate; sandstone-type uranium; Chemical Index of Alteration (CIA)