

文章编号:1671-4814(2015)03-165-07

# 长江中下游成矿带(江苏段)硫铁矿床成矿模式<sup>\*</sup>

黄 震,姜 丽,王海欧,来又东,魏 芳

(江苏省地质调查研究院,南京 210018)

**摘要:**通过分析长江中下游成矿带(江苏段)区域成矿地质条件、硫铁矿典型矿床及区域成矿特征,建立了陆相火山岩型和矽卡岩型硫铁矿床成矿模式。结合典型矿床成矿、物化探异常特征,提出长江中下游成矿带(江苏段)硫铁矿床找矿模型,这对于该区域找矿预测具有指导意义。

**关键词:**硫铁矿床;成矿特征;成矿模式;找矿模型;长江中下游成矿带

**中图分类号:**P618.31

**文献标识码:**A

江苏沿江及苏南地区位于长江中下游成矿带东段,矿产资源丰富,矿床分布密集,已发现近百处铁铜硫铅锌银金等小型以上矿床,其中宁芜—溧水、宁镇、苏州矿集区为江苏省内重要的硫铁矿资源分布区。已发现的小型规模以上硫铁矿产地几乎全部分布于这三个矿集区内,矿床类型有陆相火山岩型、接触交代矽卡岩型和中低温热液型等。除单独构成矿床外,在有色金属矿床中普遍共生黄铁矿,可综合利用。近年来,随着地质勘查工作的不断深入,找矿难度越来越大,研究矿床成矿规律,建立矿床成矿模式和区域找矿模型,对于指导找矿预测具有重要意义。

## 1 成矿地质背景

研究区处于长江中下游成矿带东端,由于经历多次构造运动,区内地质构造复杂。自中元古代以来,各时代地层发育齐全。区内地质构造经历三个不同演化阶段,分别是前震旦纪变质基底发育阶段,震旦纪—早三叠世海相沉积阶段,中晚三叠世—白垩纪陆源碎屑岩和火山岩阶段。<sup>[1]</sup>

研究区变质基底以江南断裂为界,分为两部分,西部中元古界埤城岩群(年龄约 14 Ga)为一套以变中基性火山岩系为主的地层,岩性由斜长变粒岩、黑云斜长变粒岩、斜长黑云变粒岩、绿帘阳起片岩和长

石石英片岩等组成,下部混合岩化明显,原岩为碎屑岩和基性—中酸性火山岩,属火山—浅海沉积建造,东部上溪群(年龄 10~14 Ga)主要为一套千枚状泥砂质浅变质岩系,其原岩多为泥砂质沉积岩<sup>[2]</sup>。

震旦系至三叠系下统为浅海相碎屑岩与碳酸盐岩相间为主组成沉积盖层,中三叠世至中侏罗世在陆相湖盆中沉积了碎屑岩夹含煤层,晚侏罗世至白垩纪山间断陷型盆地发育,沉积了杂色碎屑岩—火山岩—红色碎屑岩;古近系到新近系主要于断拗盆地内沉积了大量红色碎屑岩夹火山岩。区内硫铁矿床赋矿地层及围岩主要为石炭—三叠系碳酸盐岩、钙泥质碎屑岩建造。

区内断裂构造主要有近东西向、北东向、北北东向、北西向和北北西向等,规模大小不等,性质各异。其中深大断裂不仅对地质构造演化起控制作用,且对岩浆活动和成矿作用具有重要影响,重要者有长江深断裂带、江南深断裂带、湖苏深断裂、南京—溧阳大断裂及苏州—无锡大断裂等。这些不同方向的深大断裂相互切割,控制了区内地质构造的发展和演化,形成以断块运动为特征的构造格局。因此,这些深大断裂往往是构造单元的边界(图 1)。

区内岩浆岩为燕山期岩浆喷发与侵入活动的产物。燕山期火山活动以陆相火山喷发为主,具裂隙—中心式喷发特征,形成各类中基性、中偏碱性、中

<sup>\*</sup> 收稿日期:2014-01-21 改回日期:2014-04-24 责任编辑:汪建宁

基金项目:中国地质调查局“江苏省(含上海市)矿产资源潜力评价”项目(项目编号:1212010881615、1212011121007)资助。

第一作者简介:黄 震,1964 年生,男,高级工程师,主要从事矿产勘查评价和成矿规律研究工作。

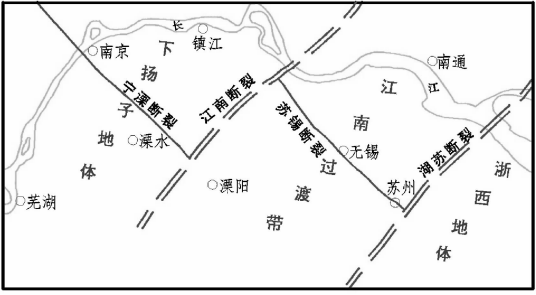


图 1 江苏南部构造单元及深大断裂分布示意图<sup>[3]</sup>  
Fig. 1 Tectonic units and deep fractures in southern Jiangsu Province

酸性火山岩和次火山岩,以钙碱性系列为主,主要分布于宁芜—溧水等火山岩盆地,构成龙王山组、大王山组、姑山组和娘娘山组等火山岩地层。通过对 4 组火山岩中熔岩的锆石 LA-ICP-MS 同位素定年,得到各组火山岩形成的时间分别为:龙王山组火山岩形成的时间为  $134.8 \pm 1.8$  Ma,大王山组火山岩形成的时间为  $132.2 \pm 1.6$  Ma 和  $130.3 \pm 0.9$  Ma,姑山组火山岩形成的时间为  $129.5 \pm 0.8$  Ma、 $128.2 \pm 1.3$  Ma、 $128.5 \pm 1.8$  Ma 和娘娘山组火山岩年龄为  $126.8 \pm 0.6$  Ma。与成矿有关的次火山岩为辉石(辉长)闪长玢岩等,主要形成于大王山组火山旋回,形成时间为  $127.1 \pm 1.2$  Ma、 $128.2 \pm 1.0$  Ma,表明宁芜—溧水等火山岩盆地火山岩浆活动发生的起止时间约为 135~127 Ma,持续时间在 8~10 Ma 左右<sup>[1,4-5]</sup>。侵入岩类型复杂,具明显的多次性,各次侵入岩叠加,组成各种杂岩体,主要见于宁镇、宜溧、苏州等地,以中基性、中酸性、酸性岩为主,与铁、铜、钼、多金属、硫等内生矿产有明显的成因联系。江苏省地质调查研究院 2013 年运用原位微区 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年技术,测得宁镇地区中酸性杂岩体的形成年龄分别为 107~108 Ma、102.5 Ma、108 Ma。苏州迁里花岗斑岩锆石 SHRIMP 测年为 142 Ma<sup>[6]</sup>,说明苏州地区与成矿有关的中酸性—酸性岩体的形成时间为燕山早期。

2 成矿特征及矿床成矿模式

长江中下游成矿带(江苏段)硫铁矿矿床类型主要有陆相火山岩型、砂卡岩型和中低温热液型,成矿地质构造环境为火山喷发上叠盆地、陆内断隆区构造—岩浆带以及造山—推覆构造<sup>[7]</sup>。

2.1 陆相火山岩型硫铁矿床成矿特征及成矿模式

该类型硫铁矿是区内主要的硫铁矿床类型,主

要分布于宁芜—溧水火山断陷盆地,矿床受火山构造和地质构造双重控制,NNE 向基底断裂为导矿构造,NE 向、NNE 向、NW 向断裂构造以及层间破碎带为容矿构造。赋矿围岩有周冲村组碳酸盐岩、黄马青组钙质砂页岩、象山群砂岩及龙王山组粗安质角砾凝灰岩,以周冲村组为主,成矿与碳酸盐岩关系最为密切。燕山期强烈岩浆活动为成矿提供丰富的热液和成矿物质,与成矿有关的侵入岩为辉石闪长玢岩等次火山岩体。

以南京市云台山硫铁矿床<sup>[8]</sup>为例,该矿区位于宁芜火山岩盆地北段,矿区地层有周冲村组、黄马青组、象山群、龙王山组(图 2)。发育 NNE—NE、NNW、NWW 三组断裂。成矿受云台山—乔木山北北东向压扭性断裂带控制,矿体主要受北东向断裂和层间破碎带控制,南部天台山尚受龙王山组与象山群不整合接触面控制。云台山—乔木山断裂带,由 1~4 条冲断层组成,浅部为近直立的挤压破碎带,深部变缓,控制了辉长闪长玢岩的侵入,次一级断裂构造及层间裂隙控制矿体。矿体主要赋存于周冲村组和黄马青组碳酸盐岩、钙泥质粉砂岩中,在象山群砂页岩、龙王山组火山岩及辉石闪长玢岩中亦有部分矿体赋存。燕山期火山活动形成浅成—超浅成的辉长闪长玢岩体与成矿关系密切。

矿区分为狮子山、云台山、母鸡山和秃子山等矿段,共有 200 多个矿体,组成北北东—北东向延伸的矿带,长 5 km,延深 200~400 m。矿体多呈扁豆状、透镜状、似层状,少数呈脉状。矿体形态复杂,一般呈不规则的透镜状,沿走向及倾向常有分岔、尖灭现象。矿体产状与地层产状大体一致,倾向主要为北西,局部倾向南东,倾角 30~55°。矿体长 25~475 m,厚 1~69 m,一般厚 2~10 m。矿石矿物主要为黄铁矿,脉石矿物主要为石英、方解石和白云石。矿石以他形粒状结构为主,次为自形—半自形粒状结构。矿石以块状构造为主,次为浸染状、条带状及角砾状构造。矿石含 S 10%~30%,最高 47.02%,矿区 S 平均品位 31.48%,TFe 含量 20%~40%。氧化矿石中含 Cu 0.02%~0.06%,个别达 0.4%,Zn 0.02%~0.4%,含 Au 0.3~0.6g/t,Ag 1~7g/t。As 一般 0.01%~0.059%,F 0.01%~0.08%。

围岩普遍硅化、碳酸盐化、绢云母化、高岭土化和黄铁矿化,地表风化后,常形成铁帽或“火烧皮”(浸染状黄铁矿经风化后形成褐铁矿),是找矿的直接标志之一。

宁芜地区成矿作用主要发生在燕山期,与燕山期壳幔同熔型火山—次火山岩关系密切。区域矿产

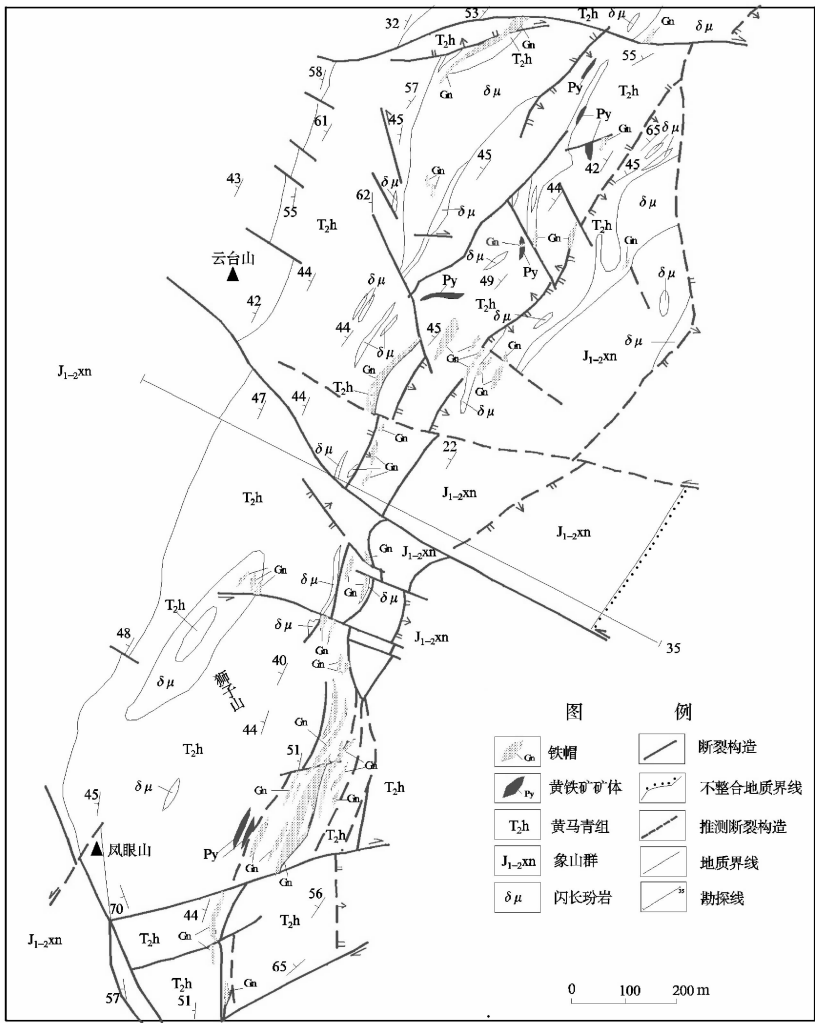


图 2 南京云台山硫铁矿床地质简图(据文献[8]修改)

Fig. 2 Geological sketch map of Yuntaishan pyrite deposit in Nanjing City

分布具明显的分区分带现象,大的矿带(矿田)的展布与大的断裂构造带或火山喷发带的展布相一致,矿床(体)受派生的次级断裂构造和次级的火山构造控制。燕山期,整个中国东部地区处于伸展背景下,发生了大规模的岩浆侵入—喷发活动。宁芜—溧水盆地在构造运动的强烈影响下,深部岩浆上涌,形成浅部岩浆房。在热动力的驱动下,富含铁、铜、金、硫等成矿流体的岩浆沿基底断裂上侵,与三叠系碳酸盐岩、钙质碎屑岩以及早先形成的火山岩接触,热流体进入地层淬取地层中的部分成矿物质,使含矿流体成矿物质更加富集,随着温度、压力、PH、EH 等物理化学条件的改变,在接触带及其附近地层层间构造裂隙等有利位置形成硫铁矿体,成矿模式见图 3。

2.2 矽卡岩型硫铁矿床成矿特征及成矿模式

区内矽卡岩型硫铁矿床主要分布于宁镇和苏州

两个矿集区,除少数以黄铁矿构成单独矿床外,大多为矽卡岩型铁、铜、多金属矿共伴生矿。矿体主要产于石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩、闪长岩、石英斑岩等酸性岩体与石炭系—三叠系灰岩接触带附近,矿体受接触带构造、推覆(滑脱)构造、局部裂隙带控制。在铜多金属矿床中,黄铁矿与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿共生,黄铁矿体与铜多金属矿体往往是重合的。在铁矿床中黄铁矿富集于铁矿体边缘或旁侧,可形成黄铁矿矿体,磁铁矿体中黄铁矿呈细脉或网脉状分布,硫的品位较贫,矿石含硫一般<20%,可综合利用。

以南京市岔路口硫铁矿床<sup>[8]</sup>为例,矿区位于宁镇断隆西段,杨坊山—长林村压扭性断裂带。出露地层为周冲村组灰岩、角砾状灰岩,黄马青组及象山群砂质页岩、粉砂岩及砂岩等(图 4)。矿区断裂发育,东西向压扭性断裂带不仅控制闪长岩的侵入,也

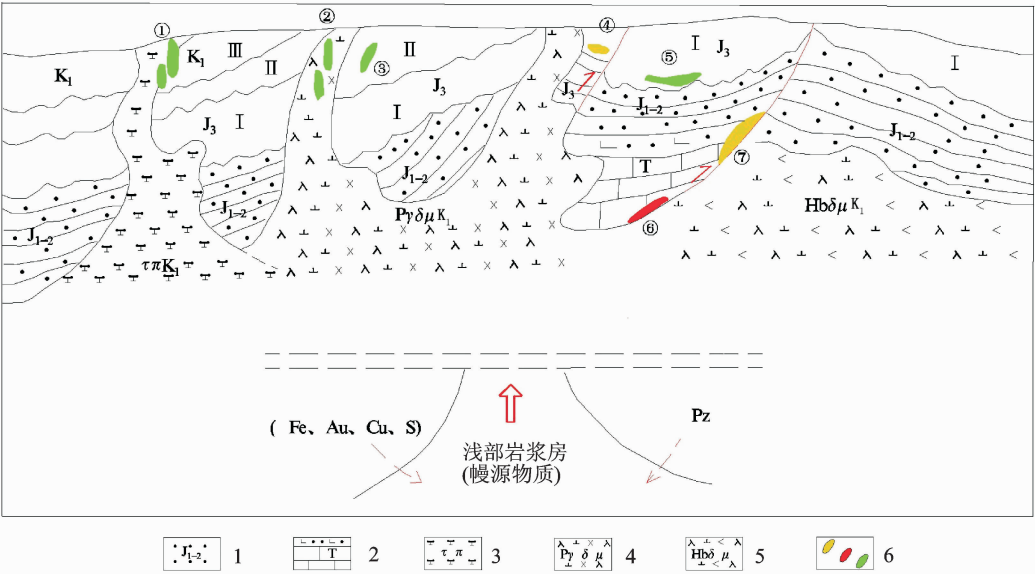


图 3 宁芜地区陆相火山岩型铜金硫铁矿成矿模式图

Fig. 3 Metallogenic models of continental volcanic-type copper-gold-pyrite deposits in Ningwu area

1-侏罗系中下统砂岩;2-三叠统泥灰岩、钙质粉砂岩、角砾状灰岩;3-粗面斑岩;4-(辉石)闪长玢岩;5-(角闪)闪长玢岩;6-矿床;①铜井铜金矿;②谷里铜矿;③大岭岗铜矿;④天台山硫铁矿;⑤大平山铜矿;⑥凤凰山铁矿;⑦云台山硫铁矿;I 安山岩旋回;II 粗安岩旋回;III 碱性岩旋回

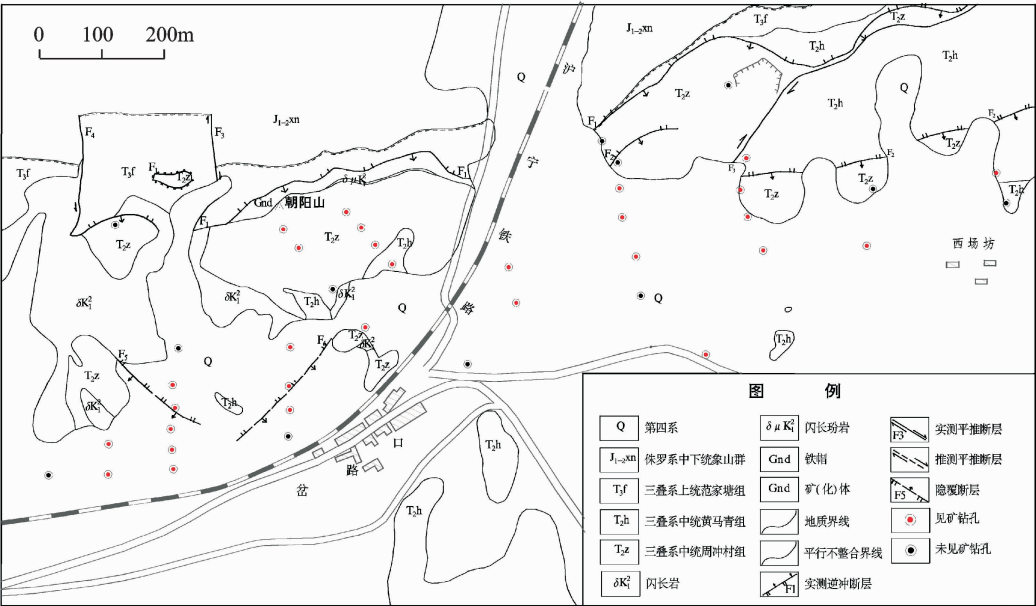


图 4 南京岔路口硫铁矿床地质简图(据文献[8]修改)

Fig. 4 Geological sketch map of pyrite deposit in Chalukou area, Nanjing City

控制矿体的分布。北西向断裂形成于成矿之后切割矿体。燕山晚期闪长岩呈岩床、岩舌状沿近东西向断裂侵入,与成矿关系密切。矿体主要赋存在岩体接触带和断裂内,以及接触带上部周冲村组角砾状灰岩中,少数见于下盘周冲村组、黄马青组、象山群及岩体裂隙中。矿体呈透镜状、似层状,部分有分叉

复合现象。走向近东西,倾向南,倾角 30~70°,上陡下缓。已控制矿化带长 1000 m,宽约 800 m,延深 600 m。在灰岩、角砾状灰岩与接触带中矿体规模较大,厚 0.43~18 m,最厚约 30 m,控制长约 250 m,延深 200 余米。闪长岩中矿体呈脉状,规模小,长数米至数十米。矿石矿物为黄铁矿,氧化后成褐



3 区域找矿模型

找矿模型是矿产勘查工作的实际指导,是缩小勘查区(或靶区)甚至发现矿床的择优技术,成矿模

式的内容只有结合找矿模型,才可能最大限度地发挥作用。根据研究区内硫铁矿床成矿模式,结合典型矿床及区域物化探特征,总结区域硫铁矿床找矿模型如表 1。

表 1 长江中下游成矿带(江苏段)硫铁矿床找矿模型

Table 1 Prospecting models of pyrite deposits in the middle and lower Yangtze River metallogenic belt, Jiangsu Province

找矿标志		要素特征	
		陆相火山岩型	矽卡岩型
地质背景	构造环境	火山喷发上叠盆地。 矿床形成与壳幔混源的中基性—中酸性喷出岩和次火山岩有关。	陆内断隆区构造—岩浆带及造山—推覆构造环境,矿床形成与燕山期中酸性岩浆侵入关系密切。
	控矿构造	区域性基底断裂控制辉长闪长玢岩等次火岩体的侵入,为主要控岩控矿构造,次级构造和层间裂隙提供了容矿空间。	推覆构造及压扭性断裂带既是岩体侵入的主要通道,也是主要控矿、容矿构造。
	岩浆岩	燕山中晚期侵入的辉长(石)闪长玢岩等次火山岩体与成矿关系密切。	宁镇地区:燕山晚期闪长岩等中酸性岩体与成矿关系密切。苏州地区:燕山早期石英斑岩(花岗斑岩)、闪长玢岩与成矿关系密切。
	赋矿围岩	主要为三叠系周冲村组和黄马青组碳酸盐岩、泥灰岩、钙质泥质粉砂岩,其次为象山群砂页岩、龙王山组安山质火山碎屑岩及辉长闪长玢岩。	主要为石炭—三叠系碳酸盐岩,次为泥质粉砂岩。
	成矿时代	燕山期。	宁镇地区为燕山晚期,苏州地区为燕山早期。
矿床地质特征	矿化特征	矿体受断裂及层间破碎带控制,呈透镜状或似层状产出。主要赋存在周冲村组碳酸盐岩层、黄马青组泥灰岩、钙质泥质粉砂岩中,在象山群砂页岩、龙王山组安山质火山碎屑岩及辉长闪长玢岩中也有矿体赋存。	宁镇地区:矿体主要赋存在中酸性岩体与碳酸盐岩接触带和断裂内,少数矿体赋存于黄马青组砂页岩及岩体裂隙中。苏州地区:矿体主要赋存在石英斑岩等中酸性岩体与石炭系—二叠系碳酸盐岩接触交代形成的矽卡岩中。
	矿物组合	矿石矿物以黄铁矿为主,有少量白铁矿、磁铁矿、菱铁矿和极少量镜铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿及辉钼矿等;脉石矿物以白云石、方解石、石英为主,次为绢云母、绿泥石等。	矿石矿物以黄铁矿为主,氧化后成褐铁矿。共伴生有少量磁黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿等;脉石矿物有石英、方解石、菱铁矿、绿泥石及石榴子石等。
	矿石结构构造	主要有他形粒状结构,次为自形—半自形晶粒状结构,少量压碎结构、包含结构等。	矿石结构有自形粒状结构、半自形粒状结构、他形粒状结构及压碎结构;矿石构造主要为块状构造、浸染状构造、细脉浸染构造、角砾状构造等。
	围岩蚀变	围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化、绢云母化、高岭土化、绿泥石化等。	围岩蚀变主要为硅化、绿泥石化、高岭土化、角岩化、绿帘石化、矽卡岩化、碳酸盐化、大理岩化等。
	风 化	矿(化)体出露或近地表易氧化成褐铁矿(铁帽)或“火烧皮”,是直接的找矿标志。	浅部矿体氧化成褐铁矿(铁帽),是地表直接找矿标志。
物化探找矿标志	地球物理标志	硫铁矿(化)体通常表现为低电阻率、高极化率异常信息,与成矿相关的火山一次火山岩体有中等强度的磁性。重力和磁性中高背景、低电阻率、高极化率为该类矿床地球物理找矿标志。	低电阻率、高极化率、重力高背景为主要地球物理标志,磁性表现为弱—中等。
	地球化学标志	S 元素异常为直接找矿标志;亲硫元素 Cu、Mo 等异常,内、中、外带分带清晰,浓集中心明显,可间接指示找矿。	S 元素异常为直接找矿标志;分布 As、Sb、Cu、Pb、Zn 等亲硫元素异常,异常弱—中等,可间接指示找矿。

4 结论

长江中下游成矿带(江苏段)硫铁矿床类型以陆相火山岩型和矽卡岩型为主,形成于火山断陷盆地

和陆内断隆及造山—推覆构造环境,成矿与燕山期岩浆侵入及喷发活动关系密切。通过典型矿床及区域成矿特征分析总结了区内陆相火山岩、矽卡岩型硫铁矿床成矿模式,在此基础上,结合物化探找矿标

志分析,提出了区域找矿模型,对于区内矿产预测及找矿勘查具有指导意义。

参考文献

[1] 毛景文,段超,刘佳林,等. 陆相火山—侵入岩有关的铁多金属矿成矿作用及矿床模型——以长江中下游为例[J]. 岩石学报,2012,28(1):1-14.

[2] 江苏省地质调查研究院. 江苏省(及上海市)成矿地质背景研究报告[R]. 南京:江苏省地质调查研究院,2013.

[3] 江苏省地质调查研究院. 长江中下游成矿带江苏段研究成果报告[R]. 南京:江苏省地质调查研究院,2001.

[4] 周涛发,范裕,袁峰,等. 宁芜(南京—芜湖)盆地火山岩的年代学及其意义[J]. 中国科学(地球科学),2011,41

(7):960-971.

[5] 侯可军,袁顺达. 宁芜盆地火山一次火山岩的锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素组成及其地质意义[J]. 岩石学报,2010,26(3):888-902.

[6] 王登红,陈郑辉,陈疏川,等. 我国重要矿产地成岩成矿年代学研究新数据[J]. 地质学报,2010,84(7):1030-1039.

[7] 黄震,贾根,姜丽. 江苏成矿地质环境及成矿谱系研究[J]. 地质学刊,2013,37(4):570-576.

[8] 江苏省地质矿产局区域地质调查大队. 江苏省区域矿产总结[R]. 南京:江苏省地质矿产局区域地质调查大队,1986.

[9] 江苏省地质矿产局. 苏南铜多金属矿勘查研究[R]. 南京:江苏省地质矿产局,1995.

Metallogenic models of pyrite deposits in the middle and lower Yangtze River metallogenic belt, Jiangsu Province

HUANG Zhen,JIANG Li,WANG Hai-ou,LAI You-dong,WEI Fang  
(Geological Survey of Jiangsu Province , Nanjing 210018, China)

**Abstract:**Based on the study of regional metallogenic conditions, typical pyrite deposits and regional mineralization characteristics of the middle and lower Yangtze River metallogenic belt, Jiangsu Province, we establish metallogenic models of continental volcanic-type and skarn-type pyrite deposits in this paper. Combined with the characteristics of mineralization and geophysical-geochemical anomaly of some typical deposits, we propose metallogenic models of pyrite deposits in the middle and lower Yangtze River metallogenic belt, Jiangsu Province, which has guiding significance for regional prospect prediction in this area.

**Key words:** pyrite deposit; mineralization characteristics; metallogenic model; prospecting model; Middle and lower Yangtze River metallogenic belt

