

山东省铜矿床类型、时空分布、典型矿床特征及成矿远景

王奎峰^{1,2,3,4)}, 李文平¹⁾, 杨德平^{2,3,4)}, 孙斌^{2,3,4)}, 梅惠呈⁵⁾, 贾三石⁶⁾

1) 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏徐州, 113001; 2) 山东省地质科学实验研究院, 济南, 250013; 3) 山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室, 济南, 250013; 4) 国土资源部金矿成矿地质过程与资源利用重点实验室, 济南, 250013; 5) 江西省地矿局九一五地质大队, 南昌, 330002; 6) 东北大学秦皇岛分校地球科学与信息技术研究所, 河北秦皇岛, 066000)

内容提要:山东省铜矿床的系统归纳和研究目前还没有, 本文根据大量已有山东省铜矿的科研成果及国土资源储量利用现状大调查的部分成果, 详细地分析了山东省铜矿资源基本状况、时空分布和不同矿床类型铜矿床特征。依据研究成果归纳总结划分出了斑岩型、矽卡岩型、似层状热液交代型、热液裂隙充填型、陆相火山岩型、基性超基性岩性型 6 种铜矿床类型, 其中, 斑岩型、矽卡岩型、似层状热液交代型是山东省铜矿床的主要类型, 其余类型多为其他矿种的伴生铜矿。中生代燕山期是山东省铜矿的主成矿期, 并系统研究说明了每种矿床类型的典型矿区矿床特征, 结合铜矿资源形成地质背景和时空分布特征及矿产资源规划, 划分出了邹平—淄博、莱芜、沂南、五莲—胶南、栖霞—牟平—荣成等 5 个成矿远景重点勘查区域。

关键词: 铜矿床类型; 矿床特征; 成矿远景; 矿床成因; 山东省

山东省铜矿资源不多, 探明资源储量少, 但矿床(点)分布广, 赋存在多种地质背景条件下, 成因类型多。已知铜矿点有 230 处左右, 在鲁东和鲁西地区均有分布。截止到 2009 年底, 全省查明累计铜金属资源储量约 118.5×10^4 t (伴生 55.1×10^4 t), 保有资源储量约 89.4×10^4 t (伴生 36.7×10^4 t)^①, 目前, 除烟台福山王家庄铜矿、栖霞香奁铅锌共生铜矿、莱芜张家洼铁矿港里伴生铜矿 3 处铜矿床达到中型规模外, 其余的矿区均为小型。其中, 以铜为主矿种或单一矿种的矿区较少, 有 20 几处, 其余的多为其他矿种如金、铁的共伴生矿区, 多处原来的主产矿区已经闭坑或停产。由于铜矿储量小, 成矿条件不是太好, 以往国内外学者对山东省铜矿床的研究只限于局部地区或个别的矿床(点)(袁叔容等, 1988; 王郁, 1991; 邱检生等, 1994, 1996; 张连营等, 1996; 张小允等, 2001; 于学峰等, 2006; 韩玉珍等, 2008; 刘涛等, 2008; 王永等, 2008, 2010, 2011; 王聿军等, 2008; 张军等, 2008a, 2008b; 李海勇等, 2009; 李科等, 2009; 胡芳芳等, 2010; 李洪奎等, 2010, 2011; 马兆同等,

2010; 丁正江等, 2011; 田乃凤等, 2011a, 2011b), 对全省铜矿床进行系统的归纳总结还没有, 本文通过山东省多年铜矿找矿科研成果和山东省铜矿资源利用现状调查的研究总结, 对山东省的铜矿床类型、时空分布及典型矿床地质特征、成矿远景进行了系统研究归纳, 并结合成矿地质条件和资源规划合理划分出了成矿远景区域, 以期给地质同行和学者的找矿及研究提供参考借鉴, 由于笔者资历尚浅, 不足之处还请各位同仁批评指正。

1 矿床类型的划分及时空分布

笔者通过对已有地质科研资料和山东省铜矿资源储量利用调查的研究总结, 划分出斑岩型、似层状热液交代型、矽卡岩型、陆相火山热液型、热液裂隙充填型、基性超基性岩型 6 类铜矿成因类型, 其中, 矽卡岩型、热液交代、斑岩型的查明储量比较大, 矽卡岩型多为金、铁矿的共伴生铜矿, 热液裂隙充填型多为胶东金矿的伴生铜矿, 斑岩型和似层状热液交代型铜矿多为主要和单一矿种的铜矿床(表 1)。

注: 本文为国土资源部专项“全国矿产资源利用现状调查”(国土资发[2007]192 号)之子项目“山东省铜矿资源利用现状调查”资助的成果。

收稿日期: 2012-03-23; 改回日期: 2013-01-17; 责任编辑: 郝梓国, 黄敏。

作者简介: 王奎峰, 男, 1981 年生。工程师, 博士研究生, 地质资源与地质工程专业。Email: maplewkf@126.com。

从山东省铜矿床类型分布及成矿远景图中可以看出,山东省铜矿床在区域空间上,鲁东鲁西都有分布,鲁东主要为热液裂隙充填型,鲁西主要为矽卡岩型,其中鲁东主要分布在招莱、牟乳金矿的发育地区,鲁西多分布在沂沭断裂带附近和鲁中地区,较集中分布的区域主要为:海阳—乳山—荣成地区(多为热液充填脉型铜矿);莱州—招远—栖霞地区(多为焦家式、玲珑式或金牛山式金矿伴生铜矿);五莲及邹平地区(为与火山机构有关的热液型铜矿);淄博金岭—莱芜地区(多为矽卡岩型铁矿床伴生铜矿);沂南及苍山地区(为矽卡岩型铜金矿及多金属矿床伴生铜矿)。

从表 1 中可以看出,山东省铜矿床类型在储量分布上,矽卡岩型储量所占比例最大,其次为斑岩型和似层状热液交代型,热液裂隙充填型矿床(点)分布最广泛,但储量所占比例较小,主要为其他多金属矿种的伴生矿。在成矿地质年代上,中生代燕山期是铜矿床的主要成矿期,基本上囊括了绝大多数铜矿床,对铜矿成矿作用具有特殊的重要意义,个别铜矿床形成于新太古代阜平期。在新太古代早期之前,山东区块为陆壳固结后的稳定地块,在>2850Ma 期间,地块内的鲁东和鲁西部分处于拉张状态中,在大陆边缘发生类似于海沟性质的断裂,形成面积广泛的海盆。此后,这个海盆内早期接受了来自地幔的超镁铁质—镁铁质岩浆的喷发、喷溢和

火山凝灰质沉积,晚期接收了泥质及杂砂质的正常沉积,在鲁西和鲁东地区分别形成泰山岩群和胶东岩群,构成较为典型的绿岩带。新太古代早期火山-沉积岩系列形成之后在鲁西形成的基性超基性组合(主要为辉长岩类岩体),经岩浆晚期与岩浆熔离作用,形成基性超基性岩型铜矿床(如泗水北孙徐铜矿床)。印支运动后,由于欧亚板块与太平洋板块的相互作用,使得整个中国大陆边缘的活动性显著增强,在早中白垩世沂沭断裂带活动强烈,在断裂内的盆地及胶莱盆地中火山活动强烈,形成了一套火山岩地层和与火山活动及火山岩有关的铜金等矿床(如五莲七宝山铜金矿床)。太平洋板块对欧亚板块的俯冲,导致岩浆活动,引起俯冲造山。鲁东地区在早白垩世呈现出不均匀的挤压,形成挤压带与引张带相间分布的特点,在挤压带内形成壳源岩浆侵位,与此类侵入岩有关,形成了烟台福山王家庄铜矿等矿床。鲁西地区由于远离俯冲带,岩浆活动较微弱,主要形成少量浅成侵入体,为鲁西地区金、铜矿的形成创造了条件(如沂南铜井铜、金矿床,邹平王家庄铜矿等)。

2 典型矿床类型特征

山东省的铜矿主要矿床类型为斑岩型、似层状热液交代型、热液裂隙充填脉型、矽卡岩型、陆相火山热液型,每种矿床类型都有其典型的矿区代表,这

表 1 山东省铜矿床类型及分布特征简表
Table 1 Copper deposit type and distribution characteristics in Shandong Province

矿床类型	成矿地质特征	典型矿床	成矿年代	累计查明储量[铜/×10 ⁴ t]	储量占比(%)
斑岩型	形成与中生代火山活动晚期浅成及超浅成岩浆活动有关,发育在早白垩世火山岩盆地中或其边缘与早前寒武纪古隆起相接地带	邹平王家庄、栖霞香奂、尚家庄	中生代燕山晚期	约 24.1	20.4
似层状热液交代型	中生代岩浆期后热液对围岩进行选择交代形成,分布局限,主要见于胶北隆起的烟台福山王家庄,但储量较大	烟台福山王家庄、莱芜铜山	中生代燕山晚期	约 28.8	24.3
热液裂隙充填型	以热液充填为主、交代为辅,主要发育在变质岩、火山岩、砂砾岩、花岗岩等的构造破碎带和裂隙带内	昌乐青上、莱芜胡家庄、枣庄下道沟、邹平大临池、招莱地区金矿的伴生铜矿	中生代燕山晚期	约 9.4	7.9
矽卡岩型	发育在燕山期中偏基性—中酸性侵入岩与古生代或元古代碳酸盐岩的接触带处	沂南铜井山子洞、汞泉、金厂、荣成乔北、莱芜、淄博一带的伴生铜矿	中生代燕山晚期	约 51.5	43.4
陆相火山热液型	白垩纪火山岩盆地内或周围,矿床与火山活动后期潜火山热液活动有关	五莲七宝山、胶南上沟	中生代燕山晚期	约 4.7	3.9
基性超基性岩型	呈脉状、透镜状产于新太古代阜平期的角闪辉长岩岩体	泗水北孙徐、历城桃科,分布极其有限	太古代阜平期	约 0.13	0.1

些典型矿床的周围往往是成矿远景和未来勘查的重点区域,因此对其矿床特征的研究其具有重要的现实和指导意义,下文以每种矿床的典型代表为例进行具体的研究和说明。

2.1 斑岩型铜矿床

斑岩型铜矿是我国最重要的铜矿床类型之一,国内外许多知名学者对该种类型矿床做过专门研究(Beane et al., 1981; 张洪涛等, 1991; 陈毓川等, 1993; Hezarkhani et al., 1998; 秦克章等, 1999; Frost et al., 2001; 侯增谦等, 2009), 山东省属于该类型的有邹平王家庄、栖霞香奁及尚家庄等铜矿。此类矿床的形成与中生代火山活动晚期浅成及超浅成岩浆活动有关。邹平王家庄和栖霞香奁是该类型的 2 处主要产地。斑岩型铜矿在时间、空间、成因上均与潜火山岩或晚期侵入体有关,矿体一般产于斑岩体内,部分赋存于外接触带的围岩中,主要发育在早白垩世火山岩盆地中或其边缘与早前寒武纪古隆起的相接地带。典型矿床王家庄铜矿床位于邹平凹陷北部边缘地带,是一隐伏矿床。矿床位于会仙山破火山口的中心部位,矿体处于破火山口的火山通道中,赋存于王家庄岩体内,是邹平火山岩盆地最为典型的斑岩型铜矿(图 1)。

矿区地层铜丰度较高,平均达 200×10^{-6} 。区内主要的构造有火山通道构造、辐射状构造。其中,火山通道构造是矿区内主要的控岩控矿构造,现已全部被第四系所覆盖。辐射状断裂构造主要发育在王家庄岩体的外围地层中。充填于会仙山破火山口中心通道中的王家庄岩体是该区主要的岩浆岩(汤立成, 1990; 于学峰, 2006)。王家庄铜矿床矿体赋存于石英闪长质—正长闪长质潜火山杂岩体中。王家庄铜矿可细分为伟晶岩型含金铜矿和细脉浸染状铜矿 2 种类型。伟晶岩型含金富铜矿体,产于石英正长闪长岩岩类中央靠顶部的强钾化蚀变带中。细脉浸染状铜矿体产于石英正长闪长岩体中部的强钾硅化蚀变带中^②。

矿石类型主要有伟晶状含金富铜矿矿石和细脉浸染状铜矿矿石 2 种。矿石结构主要由他形—半自形粒状结构、填隙结构等。矿石构造主要由伟晶状构造、晶洞状构造、细脉浸染状构造等。矿物成分组成中,金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、砷黝铜矿、硫砷铜矿、辉钼矿等。矿石中 Cu 品位一般在 1%~12% 之间,最高达 17.03%,平均品位 4.19%,属富铜矿石。蚀变类型以钾化、钾硅化、硅化为主。矿区内围岩蚀变作用具有多期叠加的特点,强钾硅化与

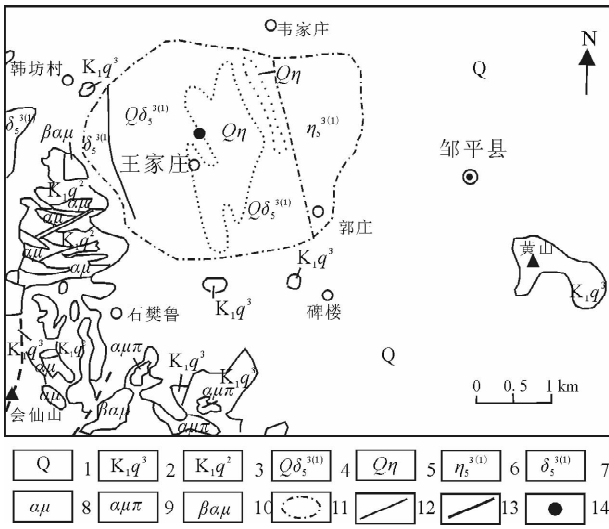


图 1 山东邹平王家庄矿区地质简图
(引自张军等, 2008b)

Fig. 1 Geological sketch of the Zouping Wangjiazhuang orefield, Shandong (modified from Zhang Jun et al., 2008b)

1—第四系; 2—青山组上亚组角砾凝灰岩; 3—青山组中亚组粗安岩; 4—石英闪长岩; 5—石英二长岩; 6—二长岩; 7—闪长岩; 8—粗安玢岩; 9—粗斑粗安玢岩; 10—玄武安山玢岩; 11—隐伏岩体界线; 12—侵入岩相界线; 13—断层线; 14—王家庄铜矿
1—Quaternary System; 2—brecciated tuff Upper Qingshan Fm; 3—trachyandesite Middle Qingshan Fm; 4—quartz diorite; 5—quartz monzonite; 6—monzonite; 7—diorite; 8—trachyandesite porphyrite; 9—magnophyric trachyandesite porphyrite; 10—basaltic andesite porphyrite; 11—blind stock; 12—boundary of intrusive rock facies; 13—fault; 14—Wangjiazhuang copper deposit

成矿作用关系最密切。钾化形成于岩浆晚期阶段, 钾硅化形成于伟晶岩阶段, 硅化形成于中温热液阶段。

在矿床成因方面, 前人曾对王家庄矿区的包裹体样品进行了测试研究, 结果显示矿化脉石英中流体包裹体均一温度介于 116~566℃ 之间, 均值为 289℃; 盐度介于 7.2%~63.2%, NaCl_{eq} 均值为 21.1%。 NaCl_{eq} 成矿流体在形成和演化过程中曾发生过沸腾作用, 矿床主要形成于高一中温和高一中盐度流体作用阶段(张军, 2008b)。矿化脉石英中的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 介于 -1.14‰~1.79‰ 之间, 均值为 0.94‰; δD 介于 -63.70‰~-56.50‰ 之间, 均值为 -59.8‰, 说明王家庄铜矿床的成矿流体主要源于岩浆, 后期混入大气降水。矿石矿物的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于 -8.80‰~-0.41‰ 之间, 均值为 -4.78‰, 说明硫来源于地壳深部或上地幔, 矿石矿物的铅同位素

投影点全部落在下地壳和大陆岩石圈源区范围,且有向上地壳漂移趋势,说明矿石具有深源铅为主的特征,后期可能受到上地壳铅的混染(张军等,2008a,2008b)。综上所述,邹平王家庄铜矿床受控于中生代燕山晚期石英正长闪长质岩浆活动,形成经历了早期热液交代成矿和晚期隐爆角砾成矿过程,属于中—高温和高—中盐度热液交代—隐爆角砾岩型斑岩铜矿床(张军,2008b)。

2.2 似层状热液交代型铜矿床

该类矿床分布局限,主要见于胶北隆起的烟台福山王家庄,它是山东省内目前发现的资源储量最多的铜矿床,此外,莱芜铜冶店铜山铜矿也属于该类型,但规模较小。烟台福山王家庄铜矿位于烟台市福山区城西约 6km 处。大地构造位置位于华北地台东南缘之胶北隆起区北部,为栖霞—蓬莱多金属成矿带中的重要矿产地。地层主要为下元古界粉子山群和新生界第四系。侵入岩出露的主要为中生代燕山晚期伟德山超单元营盘单元和雨山超单元王家庄单元。发育有东西向构造体系和北东向构造体系,前者以褶皱为主,后者以断裂构造为主。在矿区南、西及北都广泛发育有石英闪长玢岩、闪长岩及花岗岩等浅成杂岩体,其中的闪长岩 Cu 含量在 100×10^{-6} 以上, Zn 在 150×10^{-6} , 明显高于正常岩浆岩(图 2), 这些浅成侵入岩与成矿作用密切相关。

矿床的矿化范围较大,矿体主要赋存于粉子山群巨屯组二段石墨大理岩和岗嵒组一段透闪大理岩中,严格受地层层位控制。有规模的工业矿体较集中分布于粉子山群巨屯组二段。矿区分布着 20 余个含矿层, 226 个矿体。矿体厚度一般 1~5m, 最厚大于 30m。矿体在含矿层中断续出现, 常见分支复合、膨胀收缩现象。矿体空间上大致呈平行重叠或斜列分布, 矿体呈似层状、透镜状在矿化层中断续出现, 分支复合现象常见。矿石类型主要为石墨硅质大理岩型、透闪岩型、蚀变闪长岩型为主, 约占 90% 以上。矿石结构有自形—他形晶粒状结构、包含结构等。构造主要是细脉浸染状构造、条带状构造。矿石中 Cu 品位一般在 0.30%~1.30% 之间, 最高为 14.07%, 矿区平均 0.85%。近矿围岩普遍发生蚀变, 主要有硅化、钾化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化等。矿化与硅化、钾化关系密切。

矿床成因: 尽管烟台福山王家庄铜矿床发育在古元古代变质沉积岩系中, 但通过矿床成矿作用研究及矿床开采资料的积累, 目前多认为该矿床形成于中生代燕山期, 为热液充填交代型矿床。

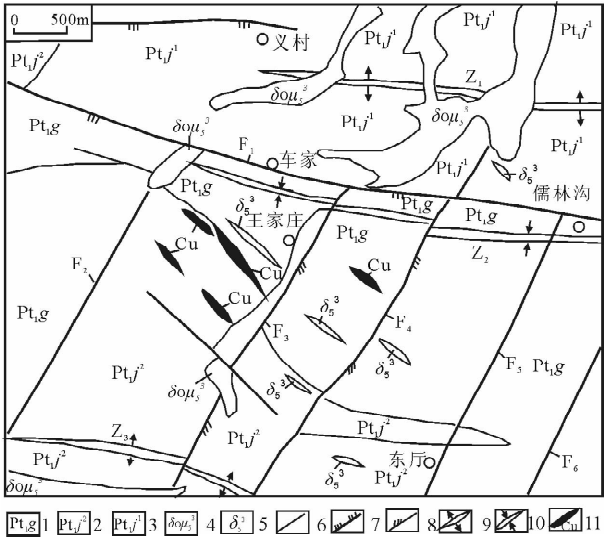


图 2 山东烟台福山王家庄铜矿地质简图 (引自于学峰等, 2006)

Fig. 2 Geological sketch of Wangjiazhuang Copper Mine in Yantai Fushan, Shandong(after Yu Xuefeng et al., 2006)

1—古元古代粉子山群岗嵒组; 2—粉子山群巨屯组二段; 3—巨屯组一段; 4—中生代燕山期石英闪长玢岩; 5—燕山期闪长岩; 6—性质不明断裂; 7—压性断裂; 8—压扭性断裂; 9—背斜构造; 10—向斜构造; 11—铜矿体; F₁—吴阳泉断裂; F₂—营咀西断裂; F₃—丁家夼断裂; F₄—玉石山断裂; F₅—东厅断裂; F₆—桃源断裂; Z₁—钟家庄背斜; Z₂—车家向斜; Z₃—厚磁沟背斜

1—Gangyu Formation of Palaeoproterozoic Fenzishan Group; 2—Jutun Formation 2 Member of Fenzishan Group; 3—Jutun Formation 1 Member; 4—quartz diorite-porphyrite Mesozoic phase of Yanshan; 5—diorite phase of Yanshan; 6—uncertified characteristic fault; 7—compressive fault; 8—compresso-shear fault; 9—anticline; 10—syncline; 11—copper ore body; F₁—Wuyangquan fault; F₂—Yingzuixi fault; F₃—Dingjiakuang fault; F₄—Yushishan fault; F₅—Dongting fault; F₆—Taoyuan fault; Z₁—Zhongjiazhuang anticline; Z₂—Chejia Syncline; Z₃—Houcigou Anticline

首先, 矿体走向与矿体所处部位的地层走向并不完全一致, 尤其是一 200m 以下深度的矿体, 主要矿体的深度系数在 1~2 之间, 且各矿体侧偏角并不一致, 矿体这些产状特征基本上反映出热液型矿床的矿体产状特点。矿区内多呈顺层分布的燕山期闪长岩与其围岩粉子山群岗嵒组和巨屯组的片岩、变粒岩及石墨大理岩同为铜矿化岩石, 表明铜矿化应发生在闪长岩形成之后或同期较晚阶段。此外, 矿区内闪长岩型铜矿石与石墨大理岩型铜矿石中黄铜矿单矿物组分数据的相似性, 表明赋存在二者中的铜等金属组分是同源的。其次, 矿体分布严格地受控于层间构造, 矿体多集中分布在岩层转折端部位,

只要存在着易于发生交代作用的岩性,则易形成厚度较大的矿体。此外,在地层挠曲虚脱部位亦易于形成肥厚的铜矿体,反映出热液充填交代金属矿床的一般赋矿规律。在矿区内见到在矿化闪长岩分布地段,周围发育有对应的其他类型赋矿地质体存在,且彼此矿化连接,表明含矿热液是同时沿着闪长岩及其围岩裂隙充填交代成矿的。而且矿石中金属矿物常见黄铜矿、黄铁矿等主要矿石矿物相互穿插交代以及普遍发育的硅化、钾化等蚀变热液型矿床特征(于学峰等,2006)。

2.3 陆相火山热液型铜矿床

该类型矿床分布于五莲七宝山、胶南铁橛山等白垩纪火山岩盆地内或周围,主要有五莲七宝山铜金矿、五莲县七宝山铜及多金属矿以及胶南上沟等铜矿床(点)。五莲七宝山铜金矿区位于五莲县城西北约 15km 的金线头村西北侧金牛栏附近。在大地构造上,处于华北板块与苏鲁-大别造山带之结合部位,沂沭断裂带与郝戈庄断裂呈“入”字型交汇的三角地带之中生代胶莱拗陷中(李洪奎,2010)。

矿区出露地层为中生代白垩纪青山群和王氏群,主要岩性为一套中性火山岩和火山沉积岩。其中闪长岩是矿带的主要围岩。石英闪长玢岩—花岗闪长斑岩侵入于早期岩体中,形成包围、穿插、分割早期岩体的特有接触部位,为晚期矿液的上升充填提供了有利的空间条件。矿区成矿前的 NE 向及近 EW 向的扭性断裂发育对矿体的形成有一定的控制作用,成矿后的断裂只有近 SN 向的一组,对矿体有不同程度的破坏作用(图 3)。矿区内节理裂隙较发育,是网脉型矿化形成的有利空间。矿体赋存于白垩纪青山期次火山穹窿内的石英闪长玢岩—花岗闪长斑岩隐爆角砾岩筒中,为含铜镜铁矿网脉状矿化带。矿化带在平面上呈南宽北窄的椭圆状。矿区由 4 个矿带组成,延深 92~300m,共 11 个大小不等的矿体。矿体形态以似层状、薄板状为主,局部膨大成透镜状、扁豆状、纺锤状等。矿体内部结构复杂,沿走向及倾向具有明显的分支复合、尖灭再现现象(于学峰等,2006)。

矿石矿物主要为黄铜矿、自然金、银金矿、镜铁矿。矿石结构主要为自形—半自形—他形粒状结构,构造主要为角砾状构造及网脉状构造。矿石中有益组分 Cu 含量一般为 0.3%~2.5%,平均为 0.58%。矿带顶底板围岩主要为闪长岩和石英闪长玢岩—花岗闪长斑岩,部分地段为安山玢岩。区内主要的围岩蚀变为绢英岩化、硅化、绿泥石化、高岭

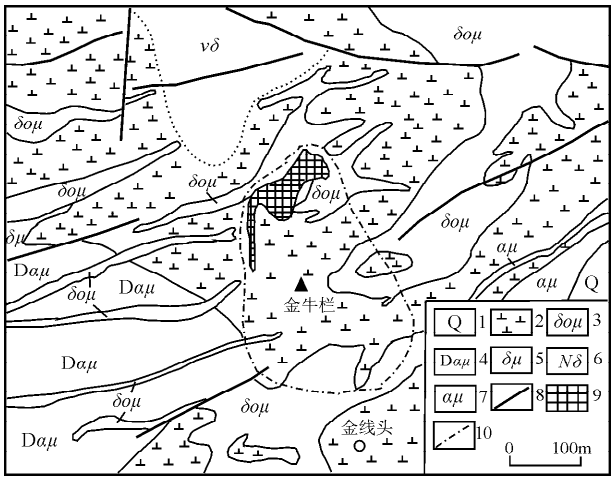


图 3 山东五莲县七宝山铜金矿地质简图
(引自于学峰等,2006,略有修改)

Fig. 3 Geological sketch of the Qibaoshan copper and gold orefield in Wulian County, Shandong (modified from Yu Xuefeng et al., 2006)

- 1—第四系;2—燕山晚期闪长岩;3—燕山晚期石英闪长玢岩;
4—燕山晚期大岭安山玢岩;5—燕山晚期闪长玢岩;6—燕山晚期辉石闪长岩;7—燕山晚期安山玢岩;8—断层;9—含铜金镜铁矿矿带;10—含铜金镜铁矿矿化带边界线
1—Quaternary System; 2—Late Yanshanian diorite; 3—Late Yanshanian quartz diorite porphyrite; 4—Late Yanshanian daling andesite porphyrite; 5—Late Yanshanian diorite porphyrite; 6—Late Yanshanian pyroxene diorite; 7—Late Yanshanian andesite porphyrite; 8—fault; 9—copper and gold bearing specularite belts; 10—copper and gold bearing specularite belts boundaries

土化、碳酸盐化。与矿化关系密切的蚀变为绢英岩化,其次为绿泥石化。

流体包裹体测温结果显示,冰点温度为-0.6~-12.9℃,对应盐度为 1.1%~16.8%NaCl;均一温度为 97~368℃,主要成矿区间为 130~200℃,说明该矿床为浅成中—低温热液矿床(王永等,2008)。硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 3.16‰,接近陨石值,具有地壳深部的特点,铅同位素组成稳定,具有深源的特点,矿石稀土元素具有富集轻稀土的特征,与火山岩的稀土元素具有一定的继承性,都来源地壳深部。矿石 K-Ar 测年为 146.7Ma,说明成岩成矿的时代为中生代。鉴于上述特征,该矿床应形成于七宝山火山机构的火山热液活动的晚期阶段,属陆相火山热液型矿床(王郁,1991;邱检生等,1994;张连营等,1996; Xu X W et al., 2000; 田乃风等, 2011a, 2011b)。

2.4 矽卡岩型铜矿床

矽卡岩型铜矿也是我国重要的铜矿类型,许多

专家学者对其做过专门研究(王之田等,1988;陈毓川,1993;秦克章等,1999;Misra,2000;Robb,2005;Chen Y J et al.,2007)。山东省内以铜为主或铜金、铜金铁共生的矽卡岩型铜矿床主要分布在鲁西地区的沂南铜井—金厂、莱芜铁铜沟、苍山龙宝山及鲁东地区的孔辛头、冶头和荣成乔北等地,矿床规模一般较小,其中以沂南铜井—金厂地区铜金矿床成矿条件和成矿作用具有代表性。

沂南县铜井铜金矿区位于沂南县城北约 6km 处之铜井村东。包括汞泉、山子涧、龙头旺和堆金山 4 个主要矿段,属于沂南铜金矿区。沂南铜金矿东起铜井,西至金厂,东西长约 9km,南北宽约 3km,包括铜井和金厂 2 个矿区,每个矿区又包括几个矿段。矿区内出露地层主要为新元古代土门群及寒武系中下部层位的碳酸盐岩夹泥灰岩建造,主要岩性为灰岩、砂岩、页岩、白云质灰岩等。灰岩、鲕粒状灰岩为成矿的有利围岩,土门群的石灰岩与新太古代变质岩系的不整合面也是成矿的有利部位。

岩浆岩主要为铜井闪长岩类杂岩体,由闪长岩—闪长玢岩系列构成杂岩体,是矿区的成矿母岩。在闪长玢岩与寒武系石灰岩的接触带处形成矽卡岩及铜金矿体。本区构造以断裂为主,褶皱构造主要为铜井穹状背斜。断裂主要有 NNE 向、NW 向、NEE 向及近 EW 向 4 组。NNE 向和 NW 向断裂的交汇部位控制了岩浆岩和矿床的分布,铜井铜金矿床即发育在 NNE 向郯部—葛沟断裂与 NW 向的马家窝—铜井断裂的交汇部位上(图 4)。围绕铜井岩体接触带形成了汞泉、山子涧、龙头旺矿床,其矿体形态、规模等特征见表 2。

矿石矿物主要为磁铁矿、黄铜矿、黄铁矿、自然

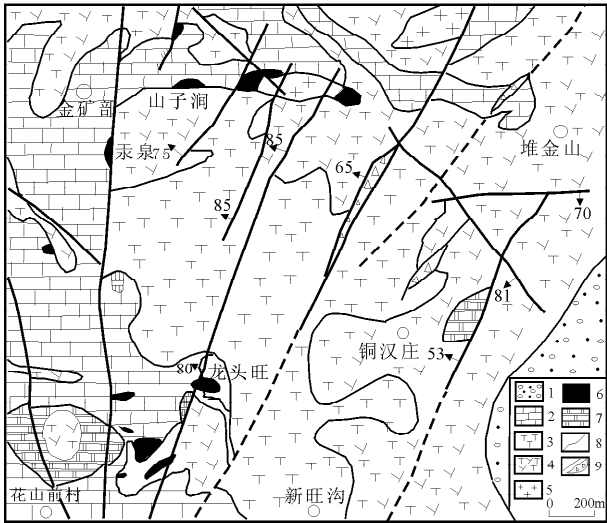


图 4 山东沂南铜井铜金矿地质简图
(引自李洪奎等,2011,略有修改)

Fig. 4 Geological sketch of the Tongjing copper and gold orefield in Yinan County, Shandong (modified from Li Hongkui et al.,2011)

- 1—第四系;2—寒武系灰岩;3—燕山晚期闪长岩;4—燕山晚期闪长玢岩;5—燕山晚期花岗岩;6—矽卡岩;7—大理岩;8—地质界线;9—断层及构造破碎带
- 1—Quaternary System; 2—Cambrian System limestone; 3—Late Yanshanian diorite; 4—Late Yanshanian diorite-porphryrite; 5—Late Yanshanian granite; 6—skarn; 7—marble; 8—geological boundary; 9—fault and structural fracture zone

金。矿石结构主要为自形一半自形结构、交代残余结构、填隙结构等,构造为块状构造、条带状构造、浸染状构造等。矿床中 Cu 品位一般为 0.3%~1.0%。围岩蚀变作用主要为矽卡岩化、大理岩化,矿体主要赋存在矽卡岩带内。围岩蚀变中透辉石矽卡岩和石榴子石矽卡岩带的分布位置是矿体存在的

表 2 山东沂南铜井矿床矿体特征一览表(引自李洪奎等,2011)

Table 2 Orebody characteristics in the Tongjing deposit in Yinan County, Shandong (after Li Hongkui et al.,2011)

	汞泉矿段	山子涧矿段	龙头旺矿段
矿体产出地质环境	产于铜井岩体西部石英闪长玢岩与朱砂洞组地层接触带的矽卡岩中,埋深 11~212m	产于铜井岩体西北边缘石英闪长玢岩与朱砂洞组地层接触带的矽卡岩中或围岩捕虏体周围,个别产于不整合接触带上,埋深 0~300m	产于铜井岩体西南及南部边缘石英闪长玢岩与朱砂洞组、馒头组、张夏组地层接触带的矽卡岩中或断裂破碎带中,埋深 0~500m
矿体形态	似层状或扁豆状,多呈斜列、尖灭再现的形式出现	似层状或扁豆状,在控矿断裂两侧呈囊状	沿层面或层间破碎带产出的似层状或扁豆状
矿体产状	倾向西—西南,倾角 5°~15°	倾向以北为主,个别北东,倾角 10°~60°	倾向南东,西部受层面控制,倾角 30°,东部受层间破碎带控制,倾角 60°
矿体规模	长 18~200m,一般 50~100m 延伸 29~202m,一般 50m 厚度 0.83~5.39m,一般 1~2m	长 15~158m,一般 50m 延伸 12~150m,一般 50m 厚度 0.46~18.45m,一般 1~3m	延伸 25~50m,一般 50m~100m 厚度 2~20m,一般 3~5m

间接标志。

成矿期次:可分为 3 个阶段。矽卡岩期:主要为石榴子石、透辉石、绿帘石等矽卡岩矿物及磁铁矿形成阶段,亦有部分黄铁矿生成。硫化物期:以铜、金、硫铁矿为主要成矿期,其早期除继续形成黄铁矿外,还伴有少量磁铁矿及黄铜矿形成;中期为最主要成矿期,生成大量黄铜矿及少量斑铜矿,黄铜矿中含金;晚期主要形成大量晶形完好、且粒度较大的黄铁矿及自然金。碳酸盐-硫酸盐期:主要形成方解石、绿泥石等脉石矿物(李洪奎,2010)。

矿床成因:本区铜金矿床是在花岗-绿岩带的基础上活化改造长期演化的结果,新太古代泰山岩群和变质变形的花岗岩共同构成花岗-绿岩地体,可作为本区的中介矿源层。依据沂南铜井矿区各个矿段的闪长玢岩样品的 Sr-Nd 和 Pb 同位素特征,Sr-Nd 数据点在地幔演化线区域内,显示了幔源特征。Pb 同位素数据显示富含来源于深部的放射性铅(王永等,2011)。与矿体共生的磁铁矿的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $1.3\text{‰}\sim 4.3\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 $8.0\text{‰}\sim 10.8\text{‰}$,表明主矿化阶段成矿热液主要为岩浆热液,龙头旺矿段矽卡岩带内黄铁矿的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $2.1\text{‰}\sim 5.9\text{‰}$, $\delta^{32}\text{S}/\delta^{34}\text{S}$ 值为 $22.097\sim 22.174$,可判断铜井铜金矿的硫来源于上地幔(邱检生等,1996;刘涛等,2008;胡芳芳等,2010;王永,2010;王永等,2011)。据李洪奎取自该区铜井汞泉矿段矿石的实测锆石样品,锆石 SHRIMP U-Pb 年龄 $128.6\pm 3.6\text{Ma}$ 代表了燕山晚期岩浆结晶的年龄(李洪奎等,2011)。浙江大学所做的矿石矿物的爆裂温度范围在 $417\sim 150^\circ\text{C}$ 之间,其中磁铁矿、赤铁矿形成温度主要为 $400\sim 300^\circ\text{C}$,黄铁矿主要为 $306\sim 255^\circ\text{C}$,黄铜矿主要为 $252\sim 163^\circ\text{C}$,斑铜矿主要为 $180\sim 150^\circ\text{C}$,金、碲、铜矿物主要为 $230\sim 150^\circ\text{C}$,由此说明,金、铜、银矿物均形成于中低温热液阶段(于学峰等,2006)。由此得出,矿床的成因类型属明显的中低温热液矽卡岩型矿床。

2.5 热液裂隙充填脉型铜矿床

热液裂隙充填型铜矿在山东省内分布广泛,但矿床规模很小。主要分布在胶东的海阳、乳山、栖霞、安丘及鲁西地区的莒县、沂南、临朐、昌乐等地。主要产地有昌乐青上、安丘西官庄、乳山寨前、海阳花园等。主要发育在大的断裂破碎带和邻近的次级断裂构造和裂隙带内,如沂沭断裂带和牟即断裂带内以及其近侧分布有多处铜矿床及矿点。铜矿体或矿化体赋存在新太古代至中生代的地层或岩浆岩

中。矿体一般呈脉状、细脉状、透镜状、似透镜状,长一般几十米至数百米,厚不足 1m 至数米。

典型矿床昌乐青上铜矿区位于昌乐县鄌郚镇青上一孙家庄一带,受控于沂水-汤头断裂带。该断裂在矿区内呈 NNE 向展布,倾向 NWW,倾角一般 60° 左右。断裂带上盘为白垩纪大盛群砂岩、页岩和泥岩,下盘为古元古代傲徕山超单元蒋峪单元条带状中粒黑云二长花岗岩(李洪奎,2010)。

矿床内共划分为 2 个矿段,一个为青上矿段,包括 3 条矿体,一个为孙庄矿段,包括 1 个矿体。矿床由 3 个主矿体组成,皆产于蚀变破碎带中。一、二号矿体位于青上附近,三号矿体位于孙家庄附近。一号矿体呈似层状,走向与断裂一致,纵断面上北端翘起而向南倾伏,倾伏角 20° 左右。三号矿体(孙家庄矿体)为一、二号矿体向深部尖灭再现的部分,所以埋深较大,在 $150\sim 300\text{m}$ 之间(图 5)。矿体受不整合面的控制,青上铜矿体、孙家庄铜矿体都赋存在不整合面下伏的花岗片麻岩中,不整合面则为矿体的上限。不整合面向上凸起,则矿体厚大,不整合面平缓或低凹,则矿体变薄或无矿。

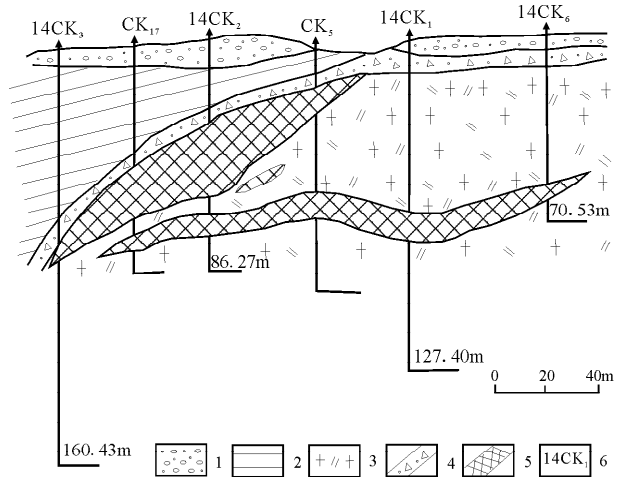


图 5 山东昌乐青上铜矿 14 线地质剖面图
(引自李洪奎,2010)

Fig. 5 Geologic section of 14 exploration line of Qingshang copper mine in Changle, Shandong (after Li Hongkui,2010)

- 1—第四系;2—大盛群砂页岩;3—二长花岗岩;
4—破碎带;5—矿体;6—钻孔及编号
1—Quaternary System; 2—Dasheng Fm sandstone and shale;
3—monzogranite; 4—fractured zone; 5—orebody; 6—drilling and number

矿石呈细粒结构、镶边结构,浸染状构造,局部为块状构造。有用矿物以斑铜矿、辉铜矿为主,有少

量蓝铜矿及黄铜矿。青上铜矿体斑铜矿、辉铜矿一般呈浸染状,局部为块状,品位较高,矿体平均品位为 0.78%,但是品位变化较大,低者 0.30%,高者达 6.7%,相差 20 倍,孙家庄矿体的铜矿物均为浸染状,品位相对较低,平均品位为 0.56%,最高 1.02%,比较均一。铜品位的变化,在空间上无明显的规律,在垂向上一般上部品位较高,下部位位较低。据钻孔和采掘巷道资料,矿体含铜矿物及其他金属矿物具有垂直分带性(李洪奎,2010)。

矿体的上盘围岩为白垩纪大盛群砂页岩,矿体顶板以紫色页岩为主,基本上无蚀变作用,局部裂隙面上具有轻微的绿泥石化。页岩不但具有矿化作用,而且蚀变也轻微,是成矿后的覆盖岩层。矿体的下盘围岩为蚀变二长花岗岩,绿泥石化相当剧烈,并有破碎现象。矿体与围岩没有明显的界限。二长花岗岩与矿体有着密切的空间关系,控制着矿体的生成部位。除强烈的绿泥石化外,还具有一定的硅化、碳酸盐化、绢云母化、孔雀石化、黄铁矿化、黄铜矿化等。

2.6 基性超基性型铜矿床

该类型的铜矿床在山东省内分布极其有限,前人的研究资料和成果也相对较少,矿床主要发育在鲁西地区的新太古代阜平期辉长岩类岩体中,有泗水北孙徐和历城桃科 2 处,矿床规模很小,储量亦很少。

典型矿床为泗水北孙徐矿区,位于泗水县城东南约 9km 处,矿区内地层主要出露古生界寒武系及奥陶系,晚太古代地层仅于局部零星出露。区内构造形式以断裂为主,其中东西向踞龙山断层对矿体具有明显的破坏作用。矿区内岩浆岩主要为晚太古代、早元古代侵入岩,其岩性主要为花岗闪长岩、二长花岗岩和角闪辉长岩等,并发育少量早元古代和中生代脉岩。其中,百草房单元角闪辉长岩与铜、镍矿化关系密切,为北孙徐铜矿的成矿母岩。百草房单元角闪辉长岩岩体具明显的分带现象,可分为边

缘相、过渡相和内部相,铜矿体主要赋存于过渡相中,局部可延伸至内部相。

矿床范围内共圈定铜矿体 8 个,规模一般较小,仅 I、II、IV 号矿体规模相对较大。矿体呈脉状、透镜状产于角闪辉长岩中,严格受岩体控制,一般为西深东浅,随岩体向北西侧伏。矿体近于平行展布,走向北西 300°左右,倾向北东,倾角不太稳定。其矿体编号、规模、产状、形态变化见表 3。

矿石中主要矿石矿物为黄铁矿、黄铜矿、方黄铜矿、黝铜矿、方铅矿等。矿石中主要脉石矿物为角闪石、辉石、斜长石等。矿石结构主要为辉长结构、变余辉长结构、半自形粒状结构等,构造为块状构造和浸染状构造。

矿石中主要有用组分为铜,铜在矿石中的含量比较稳定,沿走向和倾向变化不大,地表一般在 0.4%~0.6%之间,最高可达 1.45%;浅井和钻孔中含铜比地表稍高,一般为 0.5%~0.8%,最高可达 2.72%,从整个矿区的矿体看, I 号矿体最高平均为 0.65%, V 号矿体最低平均为 0.40%,一般在 0.5%左右。全矿区总平均为 0.5%。本矿床矿石主要有用组分多以硫化物形成赋存于矿石中,主要矿石矿物为黄铜矿、方黄铜矿、黝铜矿、紫硫镍铁矿等,矿物颗粒最大可达 2.10mm,与其他同类型矿山对比应属易选矿石。

矿床矿石类型较为简单,其自然类型以硫化物矿石为主,多为黄铁矿化角闪辉长岩含铜矿石。矿石的工业类型以铜镍矿石、铜镍钴矿石为主。

矿体围岩为中粒和细粒角闪辉长岩,和矿体多呈渐变关系,少数有裂隙者界限清楚。近矿围岩多受到程度不同的黄铁矿化和褐铁矿化,而在矿体两侧形成矿化带。一般的规律是矿体部位黄铁矿化和褐铁矿化强,形成铜镍矿体,向两侧逐渐变弱形成矿化带,再向两侧更弱变成围岩。

表 3 山东泗水北孙徐铜矿体特征一览表

Table 3 Orebody characteristics in the Beisunxu deposits Sishui County, Shandong

矿体编号	产状			规模			形态变化		备注
	走向	倾向	倾角	长(m)	厚(m)	延深(m)	沿走向	沿倾向	
I	295°	NE	45°	150	3.14	52~98	脉状	板状	局部膨大,分支复合等
II	295°		90°	200	2.96	25~34	脉状	楔状	
III	300°	NE	83°	100	2.59	15~37	脉状	楔状	
IV	280°~300°	NE	87°	200	2.40	22~52	脉状	楔状	东部分支
V	295°		90°	68	0.59	8	脉状	楔状	
VI	305°		90°	133	1.75	16~36	脉状	楔状	
VII	300°	NE	82°	65	0.72	32	脉状	楔状	
VIII	295°	NE	76°	40	1.15	22	透镜状	楔状	

3 讨论

山东省目前发现和勘查评价的铜矿资源不是太多,矿床规模较小。但铜矿床、矿点比较多,分布广,成因类型多,其中斑岩型、矽卡岩型和热液充填交代型铜矿在山东具有较好的找矿条件和找矿前景。根据山东省铜矿资源利用现状调查和矿产资源规划,建议应在铜矿分布矿集区的外围和深部加强勘查,加强全省范围内铜矿成矿远景区的研究,尤其是已有矿山的外围和深部,重点是邹平、沂南铜井、沂沭断裂带北段及五莲七宝山、海阳等有色金属成矿远景区。根据山东省资源储量利用现状调查、资源潜力评价及山东省矿产资源规划,划定 5 个铜矿成矿远景重点勘查区。每个远景区的详细情况和建议见表 4 和图 6。

(1)邹平—淄博成矿远景重点勘查区。位于邹平—淄博—临淄一带。这一地区发现的铜矿(床)点较多,已查明铜资源量较为丰富,成矿条件有利,已知王家庄、大临池、聚和、碑楼等铜矿床呈 NNW 向展布。邹平铜矿成矿区具有“二低一高”的物探异常特征,即:磁力低、电阻率低,极化率高。重力表现为高背景中的重力低。这些特征反映了次火山岩体的赋存部位,次火山岩、花岗闪长玢岩等中酸性岩体与成矿关系密切。同时,该区域具高极化率带、串珠状负磁异常和不规则的重力梯级带,是向两端跨越、深部挖潜寻找铜矿最有利的地区之一(马兆同等,2010)。而且,火山通道构造及断裂构造发育,具有较好的找矿前景。今后应加大区内矿床成因、成矿模式方面的

研究,争取找矿突破。淄博市金岭铁矿分布区发育有燕山晚期闪长岩体,环绕岩体分布着奥陶纪、石炭纪、二叠纪地层,区内 NE、NWW 向断裂构造发育。铁矿体主要赋存在闪长岩体与奥陶纪灰岩接触带,普遍伴生有铜、钴,在该区应加强矽卡岩型铁矿的找矿工作,同时加强对铜资源的综合利用评价。

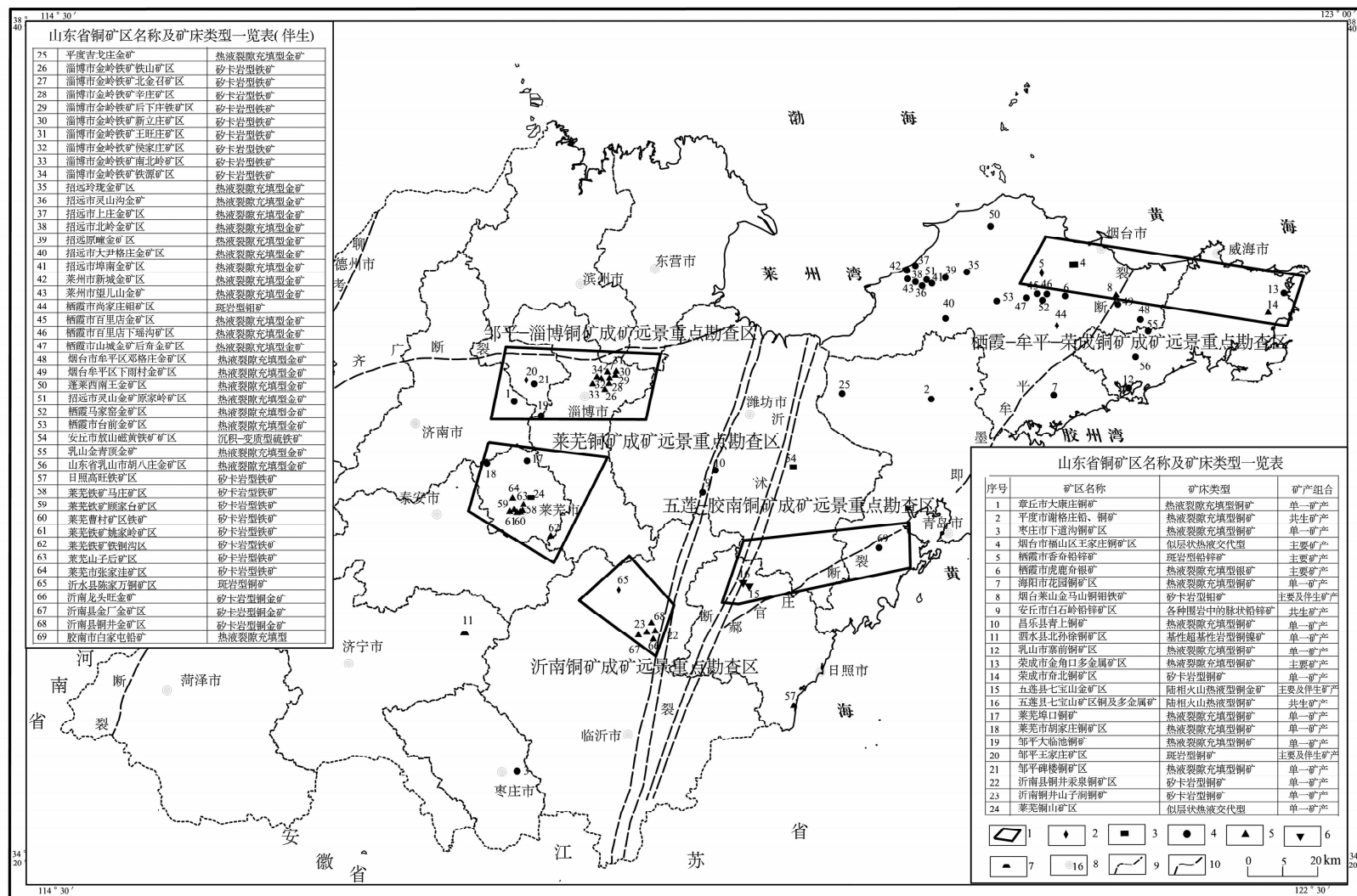
(2)莱芜成矿远景重点勘查区。位于莱芜上游一带,北部与邹平淄博重点勘查区相邻。这一地区是矽卡岩型铁矿的密集分布区,矿床中普遍伴生有铜,品位较为稳定,资源量较为丰富,铜矿成矿地质条件较为有利。应加强以往圈定的物化探异常的解釋评价和验证,优先找矿区域。加强铜矿成矿地质条件、矿床成因研究,从宏观上指导找矿、确定找矿方向。重点放在莱芜闪长岩体和区内同期类似岩体与灰岩的接触带附近。应用新的找矿方法,增加勘查深度。

(3)沂南成矿远景重点勘查区。位于沂南县铜井—沂水县夏蔚一带。区内的沂南铜井矿区包括汞泉、山子涧、龙头旺和堆金山 4 个主要矿段,主要产金和铜。区内发育的侵入岩为中生代燕山晚期的沂南超单元的中酸性及中基性浅成岩体,沉积岩为寒武系中下部碳酸盐岩系。铜金矿体发育在这些侵入体与碳酸盐岩系接触带处,具备着矽卡岩型铜矿成矿的有利条件。沂南铜井—沂水夏蔚一带在区域磁场上表现为走向北西的正磁异常区,峰值达 300~400nT,沂南金厂附近金铜矿水系沉积物样参数 Cu 为 371×10^{-6} ,明显高于全省 24×10^{-6} 的丰度值(李洪奎,2010),异常相当明显,因此应加强该区域外围及深部的勘查,该区域是一个比较有前景的区域。

表 4 山东省成矿远景重点勘查区一览表(铜/ $\times10^4$ t)

Table 4 Metallogenic prospect and key exploration area in Shandong Province (copper/ $\times10^4$ t)

序号	成矿远景重点 勘查区名称	行政区	典型矿床代表	主要矿床类型	开发利用建议
1	邹平—淄博 远景区	滨州、淄博	邹平王家庄铜矿、淄博金岭铁矿(伴生铜)等	斑岩型铜矿、矽卡岩型铁矿伴生铜矿	加强成矿模式及找矿方法的研究及矿山深部和外围的勘查
2	莱芜远景区	莱芜	莱芜铁矿顾家台、姚家岭铁矿(伴生铜)等	矽卡岩型铁矿伴生铜矿	加强矿山深部及外围的勘查,在找铁的同时注意综合利用评价伴生铜
3	五莲—胶南 远景区	日照、青岛	五莲七宝山铜及多金属矿等	陆相火山热液型铜矿	加强该区域火山岩、次火山岩、断裂构造的分析研究及相关物化探异常分布区的勘查
4	沂南远景区	临沂	沂南铜井汞泉、山子涧铜矿等	矽卡岩型铜矿及金矿伴生铜矿	加强该区域物化探异常分布区及矿山深部和外围的勘查
5	牟平—荣成 远景区	烟台、威海	烟台福山王家庄铜矿、栖霞香乔多金属矿、荣成乔北等	似层状热液交代型铜矿、斑岩型铅锌矿共生铜矿、矽卡岩型铜矿	加强区域成矿规律研究,同时对已有矿山深部及邻近地区加强勘查



(4)五莲—胶南成矿远景重点勘查区。位于五莲县七宝山—胶南市铁镬山一带。区内包括五莲七宝山金矿、铜及多金属矿等矿区。矿床与火山活动后期潜火山热液活动有关。矿床主要赋存在白垩纪青山期次火山岩、火山岩中。该区为重力高值区,航磁异常呈现跳跃剧烈的火山岩磁场;重砂异常为金—多金属—黄铁矿组合类型;化探异常为 Cu、Pb、Zn、Au、As 等组合;遥感显示线形、环形、套环形及线、环形相交特征(于学峰等,2006)。该区是一个极具找矿潜力的陆相火山热液型铜金矿找矿远景区。

(5)栖霞—牟平—荣成成矿远景重点勘查区。位于烟台栖霞—牟平区—威海荣成一带。分布有烟台福山王家庄铜矿、栖霞香乔铅锌(铜)矿、荣成乔北、金角口多金属铜矿。烟台福山铜矿是似层状热液交代型铜矿,发育在古元古代粉子山群石墨大理岩等变质岩中,成矿作用与中生代燕山期岩浆期后热液对不纯质碳酸盐岩等变质岩石的选择交代有密切关系,在区内相似的成矿地质条件,如福山东厅—门楼等地区,有好的找矿远景。牟平孔辛头—荣成乔北地区具备矽卡岩型铜矿的找矿潜力。

4 结论

(1)本文通过已有的科研成果和山东省铜矿利用现状调查,划分出斑岩型、似层状热液交代型、矽卡岩型、陆相火山热液型、热液裂隙充填型、基性超基性岩型 6 类铜矿成因类型。

(2)斑岩型、似层状热液交代型、陆相火山热液型、矽卡岩型为主要的铜矿成因类型,矽卡岩型、热液裂隙充填型主要为铁矿、金矿的伴生铜矿,但储量较大。

(3)山东省铜矿床在区域上鲁东主要分布在招莱、牟乳金矿的发育地区,鲁西多分布在沂沭断裂带附近和鲁中地区,绝大多数铜矿床形成于中生代燕山晚期。

(4)依据山东省铜矿地质背景、时空分布特征和山东省矿产资源储量利用现状调查部分成果、山东省矿产资源潜力评价以及山东省矿产资源整体规划,划分出邹平—淄博、莱芜、沂南、五莲—胶南、栖霞—牟平—荣成等 5 个成矿远景区域。

致谢:作者感谢两位匿名审稿专家对本文提出的宝贵建设性修改意见,编辑部人员对本文形成所做的辛苦工作,在此一并表示感谢!

注 释

① 山东省地质科学实验研究院. 2011. 山东省铜矿资源利用现状调

查汇总报告.

② 山东省地矿局第一地质大队. 1992. 山东邹平火山岩盆地及邹平铜矿王家庄矿床地质特征初步研究.

参 考 文 献

陈毓川,朱裕生. 1993. 中国矿床成矿模式. 北京:地质出版社.

丁正江,孙丰月,刘殿浩,张丕建,杨国福,孔彦. 2011. 烟台福山北部地区金及多金属矿成矿系列. 山东国土资源, 27(1): 1~6.

韩玉珍,王世进,曹秀华. 2008. 山东省邹平地区铜矿成矿地质条件及典型矿床研究. 山东国土资源, 24(3): 20~25.

侯增谦,杨志明. 2009. 中国大陆环境斑岩型矿床:基本地质特征、岩浆热液系统和成矿概念模型. 地质学报, 83(12): 1779~1817.

胡芳芳,王永,范宏瑞,郑小礼,焦鹏. 2010. 鲁西沂南金场夕卡岩型金铜矿床矿化时代与成矿流体研究. 岩石学报, 26(5): 1503~1511.

李海勇,徐兆文,刘苏明,杨小男,张军,李红超. 2009. 山东邹平南洞子铜(金)矿床成矿物理化学条件及成因机制研究. 南京大学学报(自然科学版), 45(3): 392~402.

李洪奎. 2010. 沂沭断裂带构造演化与金矿成矿作用研究. 青岛:山东科技大学博士论文.

李洪奎,耿科,李逸凡,嵯传源. 2011. 沂南县铜井金矿床锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义. 矿床地质, 30(3): 497~503.

李科,顾雪祥,董树义. 2009. 山东沂南金铜铁矿床同位素地球化学研究. 矿床地质, 28(1): 93~104.

刘涛,郭怀兴,刘帮君,刘铭. 2008. 山东铜井岩体稀土元素特征及矿源研究. 科技资讯, (20): 132~133.

马兆同,郝光前,张庆花,国玮芳. 2010. 邹平火山岩盆地铜矿找矿远景分析. 山东国土资源, 26(10): 15~20.

秦克章,汪东波,王之田,孙枢. 1999. 中国东部铜矿床类型、成矿环境、成矿集中区与成矿系统. 矿床地质, 18(4): 359~371.

邱检生,王德滋,任启江,张重泽. 1994. 山东五莲七宝山金矿床成矿物理化学条件及矿床成因. 矿产与地质, (1): 12~18.

邱检生,王德滋,任启江. 1996. 山东沂南金场矽卡岩型金铜矿床地质地球化学特征及矿床成因. 矿床地质, 15(4): 330~340.

汤立成. 1990. 山东邹平火山岩盆地伟晶岩含金铜矿地质简介. 地质论评, 36(1): 85~87.

田乃风,张帆,高宗军,袁杰. 2011a. 山东五莲七宝山铜及多金属矿床成矿地质特征及找矿方向. 山东国土资源, 27(4): 8~11.

田乃风,张帆. 2011b. 山东五莲七宝山铜及多金属矿床成矿地质特征浅析. 山东煤炭科技, (4): 126~127.

王永,范宏瑞,胡芳芳,蓝廷广. 2008. 山东五莲七宝山 Cu-Au 矿床成矿流体特征及成矿作用. 岩石学报, 24(9): 2029~2036.

王永. 2010. 鲁西南地区晚中生代岩浆活动与金铜矿成矿作用. 北京:中国科学院地质与地球物理研究所博士论文.

王永,范宏瑞,胡芳芳,蓝廷广,焦鹏,王世平. 2011. 鲁西沂南铜井闪长质岩体锆石 U-Pb 年龄、元素及同位素地球化学特征. 岩石矿物学杂志, 30(4): 553~566.

王聿军,汤立成. 2008. 邹平火山岩盆地铜矿地质成因地球物理特征探讨. 山东国土资源, 24(9): 19~23.

王郁. 1991. 山东七宝山金矿床地质特征及成因讨论. 地质论评, 37(4): 329~336.

王之田,秦克章. 1988. 中国铜矿床类型、成矿环境及其时空分布特点. 地质学报, 61(3): 257~267.

于学峰,张天祯. 2006. 山东矿床. 济南:山东科学技术出版社, 353~370.

袁叔容,黎秉符. 1988. 山东邹平王家庄斑岩铜矿的蚀变特征. 地质论评, 34(1): 36~44.

- 张洪涛, 芮宗瑶. 1991. 论中国斑岩铜矿系列的地质背景. 地质学报, 65(3): 250~262.
- 张军, 徐兆文, 李海勇, 刘苏明, 杨小男, 朱蓓蓓, 李红超. 2008a. 山东邹平王家庄铜矿含矿岩体地球化学及成因探讨. 南京大学学报(自然科学版), 44(6): 632~641.
- 张军, 徐兆文, 李海勇, 刘苏明, 杨小男, 陆现彩, 李红超. 2008b. 邹平王家庄铜矿床成矿地球化学及成因探讨. 地质论评, 54(4): 466~476.
- 张连营, 程敏清. 1996. 山东五莲七宝山金铜矿床地球化学特征及成因分析. 地质找矿论丛, 11(1): 18~24.
- 张小允, 刘立金, 陈恕昌, 张君, 薛世强, 韩英, 厉金. 2001. 山东五莲七宝山金铜矿控矿因素及找矿方向. 山东地质, 17(3): 82~85.
- Beane R., Titley S. 1981. Porphyry copper deposits Part II: Hydrotherma, l alteration and mineralization. Economic Geolog, 75th Anniversary: 235~269.
- Chen Y J., Chen H Y., Zaw K., Pirajno F., Zhang Z J. 2007. Geodynamic settings and tectonic model of skarn gold deposits in China: an overview. Ore Geology Reviews, 31(1): 139~169.
- Frost B., Barnes C., Collins W. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. Journal of Petrology, 42(11): 2033~2048.
- Hezarkhani A., Williams J. 1998. Controls of alteration and mineralization in the Sungun porphyry copper deposit, Iran: Evidence from fluid inclusions and stable isotopes. Economic Geology, 93: 651~670.
- Misra K. C. 2000. Understanding mineral deposits. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, Springer.
- Robb L J. 2005. Introduction to ore-forming processes. Oxford: Blackwell Science Ltd Publishers, Wiley-Blackwell.
- Xu X W., Cai X P., Qin D J., Wang J., Liang G H., Zhang X Y., Liu L J. 2000. Fluids double-fracturing genetic mechanism and mineralization of gold-copper of the breccia pipe at Qibaoshan in Shandong Provine. Science in China(series D), 43(2): 113~121.

Types, Distribution and Feature of Typical Copper Ore Deposits in Shangdong Province and Its Ore-forming Prospect

WANG Kuifeng^{1,2,3,4)}, LI Wenping¹⁾, YANG Deping^{2,3,4)}, SUN Bin^{2,3,4)}, MEI Huicheng⁵⁾, JIA Sanshi⁶⁾

1) School of Resources and Earth Sciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu, 221008; 2) Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Jinan, 250013; 3) Key Laboratory of Metallogenic Processes and Resource Utilization of Metallic Minerals of Shandong Province, Jinan, 250013; 4) Key Laboratory of Gold Mineralization Processes and Resources Utilization, Ministry of Land and Resources, Jinan, 250013; 5) No. 915 Geological Brigade, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Nanchang, 330002; 6) Earth Science and Information Technology Institute, Northeast University at Qinhuangdao, Qinhuangdao, Hebei, 066000

Abstract

There has been not systematic study for copper ore deposits in Shangdong province. Based on numerous scientific researches of copper mine deposits and utilization situation of land resources in Shangdong, this study analyzed resources situation and distribution of copper ore deposits, and characters of copper deposits of various types in detail. Six formation types of copper ore deposits have been classified; porphyry type, skarn type, bedded hydrothermal metasomatic type. The first three types are dominant copper types in Shangdong, with others being associated copper deposits. Mesozoic Yanshanian is the main metallogenic period. This study described the deposit characteristics of reprehensive copper ores of each type. Combined with geological backgrounds and distribution features of copper ore deposits and planning of mineral resources, five areas, namely Zouping-Zibo, Laiwu, Yinan, Wulian-Jiaonan, Qixia-Mouping-Rongcheng, have been listed as key ore-forming prospect areas.

Key words: copper deposit type; deposit characteristics; metallogenic prospect; deposit genesis; Shandong Province