

对北祁连山火山喷溢型贱金属 硫化物矿床区域成矿的探讨*

孙海田¹ 郭介人² 沈建忠¹ 张效民¹

(1 地质矿产部矿床地质研究所, 北京 2 地质矿产部西安地质矿产研究所, 西安)

提 要: 北祁连山加里东优地槽褶皱山系由厚层海相火山岩系和沉积建造组成。其内已经发现数十个火山岩型块状硫化物矿床, 可划分为三种类型, 即Cu(Fe)型(或红沟型)、Cu-Zn型(或蛇绿岩套型)及Cu-Pb-Zn型(或白银厂型)。不同类型矿床分别形成于不同地质环境且趋向于在特定时空范围产出: Cu(Fe)型矿床集中分布在南部达坂山成矿带, 成矿与晚奥陶世双峰态细碧角斑岩系有关, 矿床形成于弧间或弧后盆地环境; Cu-Zn型矿床分布在北部九个泉—错沟、猪嘴哑吧—银洞沟矿带, 与早—中奥陶世蛇绿岩套有关, 矿床形成于大洋扩张构造环境; Cu-Pb-Zn型矿床集中分布在祁连、白银成矿区, 矿床产出与中寒武世中酸性石英角斑凝灰岩有关, 形成于优地槽发展早期阶段裂谷岛弧环境。

关键词: 北祁连山 早古生代 火山喷溢作用 块状硫化物矿床 区域成矿

北祁连山加里东优地槽褶皱山系横卧于我国西部, 东起陕西宝鸡、西至甘肃肃北, 呈NWW向延伸, 长约1200km, 宽约100~300km。造山带主要由下古生界厚层海相火山岩系和沉积建造组成, 其中夹有中—上元古界。经区域变质和变形作用, 绝大部分岩石变成绿片岩相, 少数变质程度稍高或低。造山带已经发现数十个火山岩型块状贱金属硫化物矿床。古代采矿遗迹可使该类矿床的开采史追溯至明初(宋叔和, 1982), 但对矿床类型的确定、矿床大规模勘查和开采则始于本世纪40年代末。当时宋叔和^①通过白银厂铁帽的评价, 确定其由硫化物矿床经表生氧化形成而不是原生铁矿露头, 并认为其可与葡萄牙—西班牙块状硫化物矿床成矿带对比, 从而推断深部存在硫化物矿体。50年代初, 普查评价和研究工作确定容矿岩石为一套海相火山岩系(宋叔和, 1949), 矿床形成与细碧角斑岩系有关(宋叔和, 1955)。这一认识早于葡萄牙—西班牙块状硫化物矿床容矿岩石性质的确定(Whilliam, 1962), 从而奠定了整个北祁连山区对该类矿床普查、找矿的基础。50年代以后地质和研究工作逐步深入, 其中有代表性的包括: 白银厂地区, 早期宋叔和(1955^[2]、1957)、胡惠民(1959)^[1]曾对矿床地质特征作过详细报导, 成岗(1980)^[4]、宋志高(1982、1984)^[6, 7]、陈文森(1985)^[9]等围绕矿床成因做了深入研究和探讨, 郭介人等(1985~1990)对矿床地质、矿床成因及进

* 本文属自然科学基金(D205)和地质行业科技发展基金项目(89030)资助项目的部分成果

第一作者: 孙海田, 男, 1955年生, 博士, 副研究员。从事矿床学研究。邮政编码: 100037

1992—11—2收稿, 1993—2—25修改回

① 宋叔和, 1947, 甘肃皋兰白银厂黄铁矿

一步找矿方向展开系统研究。甘肃省冶金地质三队自60年代开始围绕矿田范围做了大量系统的基础地质、矿床地质工作。在其它地区,青海省冶金地质七队自60年代初对红沟铜矿普查勘探工作开始,陆续对整个达坂山成矿带地质和矿床进行了大量工作。1981~1985年以来陕、甘、宁、青四省地质人员在地矿部统一部署下,组成北祁连—北秦岭铜硫成矿带区划小组,对北祁连山区的矿床进行了全面研究和总结。在前人工作基础之上,本文结合野外和部分室内工作,对矿床类型、时-空分布规律及成矿环境从整体上进一步作了较系统总结和探讨。

1 矿床类型的划分

火山岩型块状硫化物矿床亦被称之为“Volcex”矿床,即火山喷溢矿床。对该类矿床的分类一般从成矿金属元素组合和容矿主岩两个角度入手(Hutchinson, 1973^[15]; Sawkins, 1976^[19]; Solomon, 1976^[22]; Klau and Large^[16], 1980; Franklin等, 1981^[13]; Large 1992^[17])。这不仅因为主要成矿金属元素组合和容矿主岩性质代表了矿床最主要特征,而且这种分类亦在一定程度上反映了矿床形成的地质环境。在应用同样分类原则分析北祁连山块状硫化物矿床时,有两个问题需要说明:①向鼎璞等(1985)^[5]曾根据主要金属元素组合^[3],将块状硫化物矿床分成五类,即Cu、Cu-Zn、Pb-Cu-Zn、Pb-Zn-Cu及Pb-Zn型,并认为五种类型矿床在岛弧环境均有产出,而大洋盆地环境仅包括前两类矿床。这种分类的问题在于,作者将著名的白银厂矿田内产出的矿床划分为Cu型(铜厂沟)、Cu-Zn型(折腰山、火焰山)和Pb-Cu-Zn型(小铁山)等不同类型。但实际上这些矿床均以石英角斑凝灰岩为容矿主岩,具有相似的成矿环境,主要成矿元素Cu、Pb、Zn在各个矿床中均有产出,金属元素组合仅是相对含量和比例的变化,如折腰山和火焰山为Cu-Zn型矿床,但在开采过程中亦发现少量浸染状、块状和条带状Pb-Zn矿石,这些矿石基本不含铜,主要由黄铁矿、方铅矿和闪锌矿组成,矿石特点与小铁山Cu-Pb-Zn型矿床中的Pb-Zn矿石类似。某些小规模块状Pb-Zn矿体目前正在开采,如折腰山采场15号矿体。而小铁山Cu-Pb-Zn矿床目前开采的深部矿体具有十分明显的分带性,其中有较大规模块状含铜黄铁矿带,矿石特征与折腰山、火焰山矿床中的矿石类型相似。这种特征表明,白银厂矿田Cu-Zn型和Cu-Pb-Zn型矿床很可能是同类型、不同成矿地质条件的变种。②在矿床分类中,具有重要经济价值且已经开采的矿床被选择作为矿床类型的实例,同时兼顾已知的矿化点或暂无法利用的小型矿床。基于主要成矿金属元素组合,容矿围岩性质和典型矿例,北祁连山加里东成矿带块状硫化物矿床可划分出三个亚类,即Cu(Fe)型(或红沟型)、Cu-Zn型(或蛇绿岩套型)及Cu-Pb-Zn型(或白银厂型)。前两类矿床主要以细碧岩或变玄武岩为容矿主岩,后者以石英角斑凝灰岩为容矿主岩。

1.1 Cu(Fe)型(红沟型)矿床

该类矿床集中分布在达坂山成矿带,以红沟铜矿为代表。矿床具有两个突出特点:一是矿石为含铜黄铁矿,以富铜含量为特征,如红沟铜矿平均铜含量3.65%,个别铜品位达30%以上,铅锌含量很低,构不成工业价值;另一特点是块状含铜黄铁矿体常与大量块状磁铁矿伴生。矿床呈单个矿体成群出现,可分出七个矿体群。矿体产出被认为主要是脉状(青海省冶金地质七队, 1978)^[10]或复脉状(李嘉曾, 1986)^[8]。但实际上单个矿体主要呈似菱形和

被拉长的透镜状,某些被拉长矿体形成一个“小尾巴”,显示出明显构造挤压特点。单个矿体规模一般变化于几十公分至20多米长,雁行排列,尖灭再现。矿体主要由块状硫化物组成,硫化物含量一般在90%以上,矿体均赋存在细碧岩中,明显受岩性和地层层位控制。矿体与围岩具有十分明显的接触界线,无明显热液蚀变迹象。部分矿体与细碧岩之间存在1至几公分宽绿泥片岩,这一特征曾被作为红沟矿床典型热液蚀变(李嘉曾,1986)^[8]。但是,这些绿泥片岩围绕透镜状矿体分布,具有明显强片理化特点,其形成更可能是由于在构造挤压过程中刚性块状硫化物矿体相对于细碧岩运动产生的构造绿泥片岩,而不是热液蚀变的产物。这些特征意味着,红沟矿区的矿体大多数是构造定位的。矿石主要为块状,次为条带状、角砾状及少量浸染状构造,主要由黄铁矿、黄铜矿和磁铁矿组成。5号矿体出现磁黄铁矿和毒砂。该类矿床被认为属高中温热液充填交代脉状铜矿床(青海冶金地质大队,1978)^[10]、火山沉积-火山热液矿床(李嘉曾,1986)^[8],或产于大洋盆地(向鼎璞等,1985)^[9]、别子型(宋志高,1984)^[7]及蛇绿岩套型矿床(夏林圻等,1991)^[12]。然而,野外地质关系表明,容矿火山岩系为一套细碧角斑岩,且以细碧岩和石英角斑岩为主体,少量角斑岩,显示出双峰态特点,矿体均赋存在细碧岩层内。此外,火山岩系沉积岩占较大比例,火山岩:沉积岩为1:5(宋志高,1984)^[7],并且伴生大量稍晚期的中酸性侵入岩,如闪长岩、花岗闪长岩及石英闪长岩等。显而易见,这套容矿火山岩系层序及其伴生的中-酸性侵入岩组合特征明显不同于蛇绿岩套建造。

1.2 Cu-Zn型(蛇绿岩套型)矿床

该类矿床广泛分布在北祁连山东部银洞沟—老虎山成矿带和西部错沟—九个泉成矿带。目前发现的矿化主要为小型矿床和矿点,典型的小型矿床有银洞沟、猪嘴哑吧、石居里、错沟和九个泉。矿床以含铜黄铁矿和Cu-Zn型矿石为主,基本不含铅。矿床形成与蛇绿岩套关系密切,矿体主要产在蛇绿岩套上部枕状细碧岩或与变玄武质凝灰岩及深海沉积碳质板岩、片岩过渡层位。在含矿及其上部层位常有大量硅质岩产出,如银洞沟矿床。在一个矿区内,蛇绿岩套可以发育齐全,从下部含超基性岩体混杂岩堆积带、辉绿岩墙群,到上部厚层枕状玄武岩层及最上部深海沉积物及硅质岩均有产出,如猪嘴哑吧矿床。但也有些矿区蛇绿岩套出露不全,如银洞沟矿区缺失下部混杂堆积岩。矿体成群出现,主要呈透镜状产出,雁行排列。矿石以块状、条带状为主,少量浸染状,主要由黄铁矿、黄铜矿和闪锌矿组成。块状矿石下部常发育细脉浸染状矿化及热液蚀变,如硅化、碳酸盐化和绿泥石化,构成明显的矿液和矿质补给带。

1.3 Cu-Pb-Zn型(白银厂型)矿床

该类矿床是迄今北祁连山成矿带已知的块状硫化物矿床中规模最大的矿床,分布在东部白银厂矿田和中西部祁连山矿田。矿床类型及典型矿床包括Cu-Zn型(折腰山、火焰山)、Cu-Pb-Zn(小铁山、石青洞、郭米寺、下沟、下柳沟等)型及含少量铜的黄铁矿型(香子沟)矿床。然而,当把一个矿田内的矿床作为一个整体考虑时,它们可总体归入Cu-Pb-Zn型矿床。矿床形成与中酸性中心式火山喷发活动有关,矿床产出受火山机构控制,矿体主要赋存在石英角斑凝灰岩层内。矿体往往呈大透镜状,其形态和产状明显受后期剪切构造的影响,矿体常沿片理化带分布。矿体一般由块状及细脉浸染状两部分组成,前者热液蚀变很弱,后者往往伴生强烈的硅化、绢云母化和碳酸盐化。在不同矿田,块状和细脉浸染状矿体的相对

发育程度不同。白银厂矿田的矿床以块状矿体为主,而祁连矿田的矿体细脉浸染状矿化及伴生的热液蚀变带极发育,其规模和范围远大于块状矿体,这表明两个矿田的成矿条件存在差异。沿块状硫化物矿体产出层位,常形成大规模硅质岩和铁锰建造,某些锰矿达工业品位,并可利用,如白银厂、祁连矿田正在开采的小型锰矿床。矿石主要为块状、条带状、角砾状、细脉状及浸染状构造。矿石矿物以黄铁矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿为主,但各矿物含量和相互比例在同一矿床不同矿化分带及不同矿床内明显不同。某些矿床主要为含铜黄铁矿,铅、锌矿石少量,如折腰山、火焰山;另一些矿床则以铜、铅、锌多金属矿石为主,如小铁山;也有的矿床以铅、锌矿石为主,少量铜矿石,如柳沟、下柳沟和郭米寺等矿床。矿体内重晶石的产出亦是该类型矿床有别于其它两类矿床独具的特征,如在小铁山矿床发现大量重晶石产出。在同一矿体内常具有十分明显的金属矿物分带性,如小铁山矿区目前开采的四、五中段,从矿体下盘向上盘,矿石分带性为:浸染状铜、铅、锌矿石→块状含铜黄铁矿矿石→块状和角砾状铜、铅、锌矿石→块状和条带状铅、锌矿石→含重晶石铅锌矿石或块状重晶石矿石→泥质片岩。块状矿体与围岩之间有十分明显的接触界线。

2 矿床的时-空分布

北祁连山加里东成矿带块状硫化物矿床趋向于在特定时-空范围产出,矿床具有成群、成带分布的特点,矿体产出受地质环境及相应火山活动和火山机构控制。根据矿床空间分布、相对集中程度及具有代表性开采矿床产出位置,沿成矿带东西向可分出四个成矿集中区、南北向三个成矿亚带(图1)。

四个成矿区由西向东分别为肃南、祁连、门源及白银成矿区:①肃南成矿区主要以错沟—九个泉成矿带为主体,代表性矿床有错沟、石居里和九个泉,后者正在开采。矿床类型主要为与蛇绿岩套有关的Cu-Zn型矿床,矿体均产在蛇绿岩套上部枕状细碧岩或变玄武岩层内。除几个小型矿床外,该区还发现许多矿化点,然而终归“只见星星,不见月亮”。从成矿环境看,目前尚无法排除发现大型矿床的可能性。②祁连成矿区存在两类矿床,主要为Cu-Pb-Zn组合的白银厂型及与蛇绿岩套有关的Cu-Zn型矿床。Cu-Pb-Zn型矿床规模可达中型,金属元素组合以Pb-Zn为主,含少量Cu。典型矿床包括郭米寺、下柳沟、湾阳河、下沟及香子沟,其中某些矿床正在开采。矿床形成与酸性火山碎屑岩有关,矿体赋存在石英角斑凝灰岩层内。与蛇绿岩套有关的矿床仅发现少数矿化点,如柏树台子铜矿。③门源成矿区可分出南、北两个成矿带:南带矿床主要分布在达坂山成矿带,均为Cu(Fe)型矿床,其中重要矿床包括红沟中型铜矿、松树南沟、宝库小型铜矿床及达坂山、东岔沟脑、下白土沟等矿化点。矿床形成与晚奥陶世细碧角斑岩有关,矿体均赋存在细碧岩层内,受岩性和层位控制;北成矿带仅发现含铜黄铁矿型矿化点,主要产在早奥陶世中-基性火山岩系内,如浪力克、银灿、托拉河脑、俄博沟、东岔沟、直河等矿点。白银成矿区亦明显分为两个成矿亚带:北亚带分布在银洞沟—老虎山一带,为蛇绿岩套型Cu-Zn矿床,矿床主要产在中—晚奥陶世蛇绿岩套上部枕状细碧岩层内,典型矿床包括银洞沟、猪嘴哑吧及围昌沟,其中银洞沟矿床正在开采。南亚带从白银厂矿区—石青铜,主要为白银厂型Cu-Pb-Zn矿床。矿床规模大,其中折腰山、火焰山、小铁山为大型铜多金属矿床,四个圈、铜厂沟和石青铜亦具一定规模,这

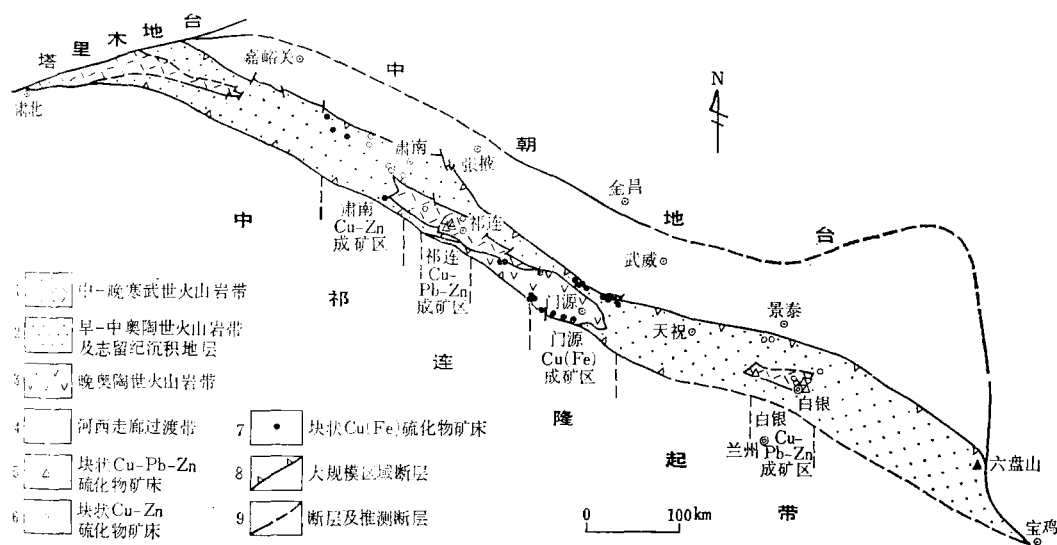


图 1 北祁连山成矿带地质简图及块状硫化物矿床区域分布图

Fig. 1. Geological sketch map of the North Qilianshan metallogenic belt showing regional distribution of massive sulfide deposits.

1—Middle-Late Cambrian volcanic belt; 2—Early-Middle Ordovician volcanic belt and Silurian sedimentary rocks; 3—Late Ordovician volcanic belt; 4—Hexi Corridor transitional belt; 5—Massive Cu-Pb-Zn sulfide deposit; 6—Massive Cu-Zn sulfide deposit; 7—Massive Cu(Fe) sulfide deposits; 8—Regional fault; 9—Fault and inferred fault.

些矿床均已经开采。矿床形成与酸性火山碎屑岩有关, 矿体产在石英角斑凝灰岩内。

三个成矿亚带可相应称之为南、中、北带。南亚带矿床以达坂山成矿带为代表, 分布在北祁连山优地槽与中祁连隆起接壤部位。矿床主要为红沟型Cu(Fe)矿床, 容矿火山岩系为晚奥陶世双峰态细碧角斑岩建造。中亚带包括东部白银厂和中西部祁连成矿集中区, 主要包括白银厂型Cu-Pb-Zn矿床。无论是成矿时代、地质环境、容矿火山岩系性质及矿床地质特征等诸方面, 两个矿田的矿床都是可以对比的, 矿床形成均与中寒武世细碧角斑岩系酸性火山碎屑岩有关。北亚带东起白银厂北部银洞沟—老虎山成矿带, 经门源北部成矿带至肃南错沟—九个泉成矿带, 东西延长达600km。矿床主要为与蛇绿岩套有关的Cu-Zn型矿床, 矿体产在中—晚奥陶世蛇绿岩套上部枕状细碧岩层内, 但目前该带发现的矿床均为小型规模或矿化点。

3 成矿环境

加里东期及更晚期构造运动形式以韧性变形为主体, 叠加有脆性变形, 推覆构造在某些地区的发展被划分出四个幕(王作华, 1992)^①, 结果导致北祁连山下古生代地层强烈形变, 各地层单元(群、组)之间主要呈断层接触。断层规模从几到几千公里。被断层分割的地层构成独立的构造-地层单元或称之为地体。由于构造位移, 各地体之间的原始关系已经

① 王作华, 1992, 白银地区逆冲推覆构造史。庆祝地质学会成立70周年论文集, 甘肃地质学会

很难确定,因此同一地体内块状硫化物矿床和容矿火山岩系构成的整体在恢复古构造环境方面显得尤为重要。

北祁连山加里东优地槽区缺失早寒武统地层,火山活动主要延续于中寒武世一晚奥陶世,志留纪火山活动减弱,中一晚志留世火山活动基本停止(甘肃省地质志,1991;青海省地质志,1991)。块状多金属硫化物矿床的形成和产出与火山活动具有直接的联系。寒武纪火山岩带东西断续延伸约900km,且以中寒武世火山岩为主体(图1)。西部火山岩主要为中基性熔岩和碎屑岩,中部和东部则由基性到酸性细碧角斑岩系组成,其中中性火山岩比例很小,显示出双峰态特点。西部火山活动以裂隙式喷发为主,中部为裂隙式兼中心式喷发,东部则以中心式喷发为主。伴随中寒武世火山活动,形成大规模Cu-Pb-Zn型矿床,集中分布在白银厂和祁连成矿集中区。西部火山岩层内仅发现零星矿化。与矿化有关的双峰态火山岩系,在白银厂矿田表现为整个容矿火山岩系由北部中基性、中部中酸性和南部基性火山岩三大部分组成,而在祁连矿田容矿火山岩层则以中酸性与中基性火山岩大规模互层为特征。矿床形成均与中酸性火山碎屑岩有关,矿体赋存在石英角斑凝灰岩内。容矿火山岩系常夹有正常沉积泥质及富碳泥质板岩、片岩和少量碳酸盐岩。矿床形成被认为属岛弧环境(宋志高,1982^[6];向鼎璞,1985^[5];夏林圻等,1991^[12])。然而,需要注意的是,世界范围内岩浆作用与构造环境关系的研究结果表明,造山带和非造山带存在两种类型的岩浆作用,前者主要在挤压环境形成由基性到酸性连续性火山岩系列,而后者则在张性构造环境形成双峰态火山岩系(Martin and Piwinski, 1972)^[18]。另外,弧后盆地环境也以双峰态火山活动为特点(Sinton等,1987^[20];Hochstaedter等,1990^[14];Smith等,1990)^[21]。因此,Cu-Pb-Zn型矿床及容矿火山岩系很可能形成于北祁连山优地槽发展早期阶段中寒武世初始大洋化过程中的裂谷火山岛弧环境。

奥陶纪火山岩广泛出露,分南、北两个带。南带东起甘肃省马雅山—白银,向西到青海省门源、祁连。北带东起岷峨山、老虎山、经冷龙岭至肃南、昌马,延伸达800~900km。火山活动形成的大规模中-基性火山岩且广泛伴生超基性侵入体,表明早一中奥陶世北祁连区已经广泛大洋化。这些中基性火山岩及超基性岩体组合与深海沉积富碳泥质片岩和硅质岩作为一个整体构成蛇绿岩套。在蛇绿岩套基性火山岩和超基性侵入岩体内广泛形成块状Cu-Zn硫化物矿床和铬铁矿床。前者主要出现在肃南九个泉—错沟及白银厂北部银洞沟—老虎山成矿带。

晚奥陶世火山活动仍然较广泛,但分布局限。与火山活动有关主要形成红沟型Cu(Fe)块状硫化物矿床,集中分布在南部达坂山成矿带,延伸达200多公里。容矿火山岩系为双峰态细碧岩和石英角斑岩,矿体均赋存在细碧岩层。火山岩系夹有大量沉积岩并伴生较大规模中酸性侵入岩。从区域上看,容矿双峰态火山岩系呈长带状分布于中性熔岩层内,二者可能为不同阶段火山活动的产物(图2)。这意味着矿床很可能形成于弧间或弧后裂谷盆地环境。这一点亦得到岩石化学资料的佐证,细碧岩TiO₂含量低,一般不超过1%。

三种不同类型块状多金属硫化物矿床分别赋存在不同性质火山岩建造之内,矿体的形成和产出受容矿火山岩性质、火山机构及沉积环境控制。Cu-Pb-Zn型矿床产在中酸性火山碎屑岩建造石英角斑凝灰岩内。酸性火山碎屑岩往往构成十分明显的火山机构,火山集块岩、火山岩块角砾岩和火山砾凝灰岩构成近火山口相,次火山侵入岩很可能代表火山茎相,而容

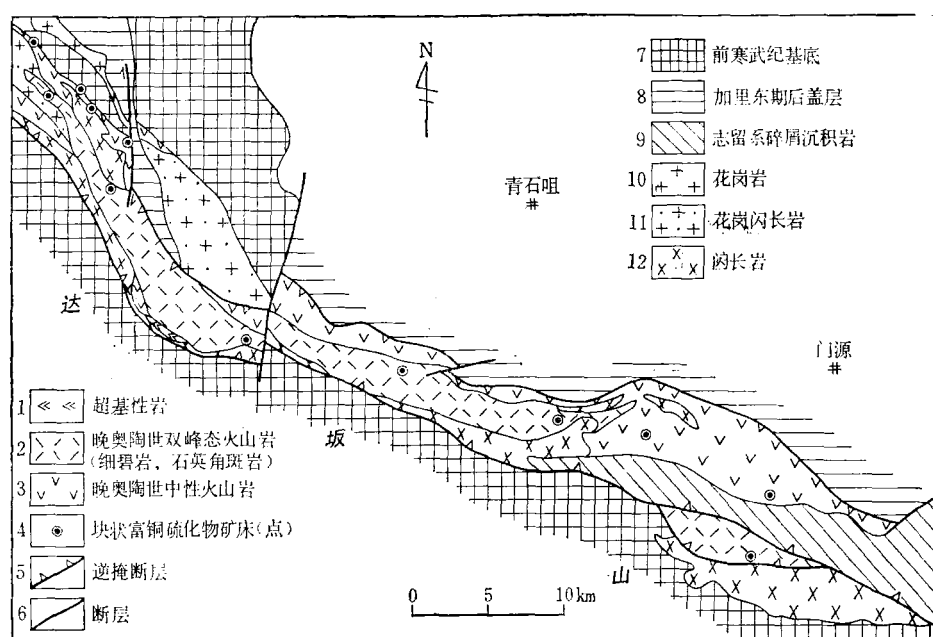


图 2 红沟火山盆地及块状硫化物矿床分布图

Fig. 2. Geological map of Honggou volcanic belt showing distribution of massive sulfide deposits.

- 1—Ultrabasic rocks; 2—Late Ordovician bimodal volcanic rocks (spilite and quartz-keratophyre);
3—Late Ordovician intermediate volcanic rocks; 4—Massive Cu-rich sulfide deposit (occurrence);
5—Thrust; 6—Fault; 7—Precambrian basement; 8—Post-Caledonian cover; 9—Silurian clastic sedimentary rocks; 10—Granite; 11—Granodiorite; 12—Diorite.

矿石英角斑凝灰岩主要反映了火山盆地沉积环境。值得注意的是, 在每个较大规模矿床下部的火山岩层内, 如折腰山、火焰山和小铁山矿床, 都有近火山口相的火山岩组合出露, 其中都有次火山岩的产出。这意味着在矿床形成过程中, 次火山岩作为热源对于矿床的形成并驱动热液成矿系统很可能是至关重要的。火山机构控制矿床形成和产出的特点, 在祁连成矿区 Cu-Pb-Zn 型矿床内亦存在。Cu-Zn 型矿床的形成主要与蛇绿岩套有关, 矿体在蛇绿岩套上部厚层枕状细碧岩或变玄武岩层内及其与上覆深海沉积岩过渡层位产出, 反映了其形成于海底新生洋壳扩张盆地环境。Cu(Fe) 型矿床产在陆缘窄长火山盆地内, 矿床产出与双峰态火山岩系有关, 火山岩建造及岩石化学特点表明其形成于弧后或弧间裂谷盆地环境。需要着重指出的是, 该类矿床矿体形态、产状、结构构造及与围岩接触关系表明, 矿床很可能形成于海底火山盆地环境, 矿石由热液喷溢作用形成, 但矿床现在的位置、形态和产状则是后期构造定位的结果。

野外工作期间得到汤中立、周世德、黄文耀、张书来、文玉堂、宿振昌、刘博、李志忠等人的大力帮助, 某些地质问题与同行陈跃宇、黄玉春等进行过颇有价值的讨论。特别是许多尚未提到姓名的同仁也给予了多方面的协助和支持。在此作者一并谢忱。研究项目一直得

到宋叔和研究员的关心和指导,并且审阅了初稿。

参 考 文 献

- 1 北祁连—秦岭铜硫成矿带区协作小组. 北祁连地区黄铁矿型矿床的基本地质特征简介. 中国地质, 1983, (2)
- 2 宋叔和. 祁连山一带黄铁矿型铜矿的特征与成矿规律. 地质学报, 1955, 35(1)
- 3 宋叔和. 黄铁矿型铜和多金属矿床——世界范围内一些主要矿带和矿床类型的对比及研究趋势. 中国地质科学院矿床地质研究所刊, 1982, (3)
- 4 成岗. 白银厂黄铁矿型矿床的若干地质特征. 地质与勘探, 1980, (9)
- 5 向鼎璞, 戴天富. 北祁连山火山成因硫化物矿床区域成矿特征. 矿床地质, 1985, 4(1)
- 6 宋志高. 白银厂块状硫化物矿床形成环境及其成因意义. 地质论评, 1982, 28(4): 335~342
- 7 宋志高. 祁连山槽区块状硫化物矿床形成地质环境的初步对比研究和探讨. 矿床地质, 1984, 3(2): 11~20
- 8 李嘉曾. 青海红沟铜矿床成因探讨及其在北祁连山地区的找矿意义. 中国地质科学院西安地质矿产研究所刊, 1986, (12)
- 9 陈文森. 白银厂黄铁矿型矿床成因模式探讨. 地质与勘探, 1985, (11)
- 10 青海冶金地质第七勘探队. 青海红沟富铜矿床地质特征及找矿标志. 见: 铁铜矿产专辑. 第八集. 北京: 地质出版社, 1978.
- 11 胡惠民. 祁连山东部火山岩系中的金属矿床. 地质论评, 1959, 19(1): 12
- 12 夏林圻, 夏祖春等. 祁连、秦岭山系海相火山岩. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.
- 13 Franklin J M, Sangster D F, Lydon J W. Volcanic-associated massive sulphide deposits. Econ. Geol., 1981, Seventy-Fifth Anniversary Volume: 486~627
- 14 Hochstaedter A G. Volcanism in the Sumisu rift, major elements, volatile, and stable isotope geochemistry; and subduction and nonsubduction related components. Earth Planetary Science Letter, 1990, (100): 179~209
- 15 Hutchinson R W. Volcanogenic sulphide deposits and their metallogenic significance. Econ. Geol., 1993, 68: 1223~1246
- 16 Klau W, Large D E. Submarine exhalative Cu-Pb-Zn deposits, a discussion of their classification and metallogenesis. Geol. Jahrb. Sec. D, 1980, (4): 13~58
- 17 Large R R. Australian volcanic-hosted massive sulphide deposits: features, styles, and genetic model. Econ. Geol., 1992, 87: 471~510
- 18 Martin R F, Piwinski A J. Magmatism and tectonic setting. Journal of Geophysical Research, 1972, 77(26): 4966~4975
- 19 Sawkins F J. Massive sulphide deposits in relation to geotectonics. Geol. Assoc. Canada, Spec. Paper, 1976, (14): 221~240
- 20 Sinton J M, Freger P. Mariana trough lavas from 18 N: implications for the origin of backarc basin basalts. J. Geophys. Res., 1987, 92(12): 782~812
- 21 Smith J R, Taylor B, Malahoff A, Petersen A. Submarine volcanism in the Sumisu rift, Izu-Bonin arc, submersible and deep-tow camera results. Earth and Plane. Sci. Let., 1990, 100: 148~160
- 22 Solomon M. Volcanic massive sulphide deposits and their host rocks: a review and an explanation. In: Wolf, K A. ed. Handbook of stratabound and stratiform ore deposits, 11, Regional Studies and Specific Deposits, Amsterdam, Else. 1976, 21~50

TYPES AND REGIONAL TECTONIC SETTING OF VOLCANOGENIC EFFUSIVE TYPE BASE METAL SULFIDE DEPOSITS IN NORTH QILIAN MOUNTAIN

Sun Haitian, Shen Jianzhong and Zhang Xiaomin

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Wu Jieren

*(Xian Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological
Sciences, Xian, Shaanxi Province)*

Abstract

Located in West China, the North Qilian Mountain Caledonian eugeosynclinal orogenic belt 100—300 km in width extends some 1200 km in NWW direction. It consists mainly of Lower Paleozoic thick marine volcanic rocks and sedimentary formations, within which several tens of volcanogenic massive base metal sulfide deposits have been found. These deposits might be grouped into three types: copper (iron) type (Honggou type), copper-zinc type (ophiolite type) and copper-lead-zinc type (Baiyinchang type). Different types of deposits occur in different geological environments and tend to be confined within their respective spatial-temporal domains. The copper (iron) type deposits, which were formed in a back arc or interarc basin rift environment, are concentrated in Dabanshan metallogenic zone in the south and related to Late Ordovician bimodal spilite-keratophyre sequence, with orebodies hosted by spilite. The copper-zinc type ore deposits are distributed in Yindonggou-Zhuzuiyaba and Cuogou-Jiugequan metallogenic zones in the north and occur in basalts of the Middle Ordovician ophiolite suite, suggesting that they were formed in an ocean-floor extensional environment. The copper-lead-zinc type ore deposits, which were formed in a rift volcanic arc environment during oceanization at the early evolution stage of the Caledonian eugeosyncline, are concentrated in Baiyinchang and Qilian metallogenic areas and occur in Early Cambrian spilite-keratophyre sequence, with orebodies hosted by quartz keratophytic tuff.