

文章编号: 0258-7106 (2001) 04-0339-08

北祁连山石居里地区 Cu(Zn)-S 矿床 地质特征及综合成矿模式*

邬介人 于浦生 任秉琛

(中国地质调查局西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘要 文章主要论述了北祁连山西段石居里矿田内 VI 号沟、VIII 号沟、九个泉等矿床的基本地质特征, 并与北祁连山东段老虎山地区银洞沟、猪嘴哑吧等矿床对比。结合其早古生代构造演化历史、古洋脊或弧间、弧后拉张环境确定矿床类型, 将上述 3 个矿床归属为蛇绿岩 Cu(Zn)-S 型矿床(类塞浦路斯型)。建立综合成矿模式的基本要求: (1) 矿床具有一定的时控性, 有一定的含矿层位; (2) 生长性断裂的积极参与; (3) 海底火山喷发、喷气中心与次级盆地双向控制; (4) 多元热流体成矿系统。

主题词 北祁连山 早古生代 蛇绿岩型 Cu(Zn)-S 型矿床 石居里矿田综合成矿模式

中图分类号: P618.41; P618.43

文献标识码: A

西北海相火山岩地区块状硫化物矿床的勘查与研究始于新中国成立初期国家急需铜矿资源的形势下。由宋叔和先生开创的西北海相火山岩及其黄铁矿型矿床的地质研究事业, 在近半个世纪以来有了很大的进步。这一西北的特色研究方向能长期延续下来, 是与宋叔和先生的一贯提倡、执着坚持、切实指导、热情帮助分不开的。

在北祁连加里东褶皱带, 与海相火山岩系有关的铜(多金属)硫矿床主要有两大类: 一类是细碧岩-角斑岩岩系酸性端员的石英角斑质岩层间的矿床, 可以白银市折腰山-火焰山-小铁山矿床为代表; 另一类是细碧岩-角斑岩岩系基性端员的细碧岩或玄武岩层间的矿床, 可以白银市猪嘴哑吧、银洞沟, 肃南县的石居里、九个泉, 祁连县的阴凹槽为代表。前者矿床规模大, 开发早, 研究程度亦高; 后者已知矿床规模较小, 开发晚, 相应的勘查、研究程度较低。本文就后者资料进行总结, 并探讨其综合成矿模式。

1 祁连山蛇绿岩型 Cu(Zn)-S 矿床分布概况

在北祁连加里东褶皱带, 走廊南山南坡复背斜带(祁连县)和其东延白银厂地区(中带)有寒武纪中

酸性火山岩系集中分布, 走廊南山北坡复向斜带与其东延老虎山地区(北带)有奥陶纪中基性火山岩系与基性-超基性岩带的分布; 走廊南山南坡复背斜带南侧、托赖山复向斜带(南带)亦出露奥陶纪中基性火山岩系, 并伴有基性-超基性岩带的分布。在中带有白银厂-小铁山式铜多金属硫化物矿床, 一般归属日本黑矿型。产于北带与南带的 Cu(Zn)-S 矿床, 通常归属塞浦路斯型(图 1)。随着蛇绿岩剖面的建立(冯益民等, 1998; 夏林圻等, 1997)和研究的深入, 认为后者是在洋中脊或弧间、弧后扩张脊的强烈拉张构造环境下形成于蛇绿岩套中, 亦称之为蛇绿岩型 Cu(Zn)-S 矿床。在北祁连西段, 北带有错沟、九个泉、石居里等矿床, 南带有阴凹槽矿床; 北祁连东段有猪嘴哑吧、银洞沟等矿床。这些矿床规模小, 矿产地众多, 成群成带分布, 但研究程度较低, 尚有扩大资源量的前景, 有较高的经济价值。该类型矿床若在北祁连有重大突破, 亦具有重大的学术意义。

2 石居里地区 Cu(Zn)-S 矿床地质、地球化学特征

在肃南县石居里地区塔墩沟蛇绿岩剖面的建立(冯益民等, 1998), 为解释区内的火山岩、Cu(Zn)-S

* 本文得到中国地质调查局地质调查项目(编号: K4.2.3.4)“甘肃省石居里一带铜矿评价”的资助
第一作者简介 邬介人, 男, 1935 年生, 研究员, 从事矿床地质及地球化学的研究工作。
收稿日期 2001-07-04; 改回日期 2001-09-15。李 岩编辑。

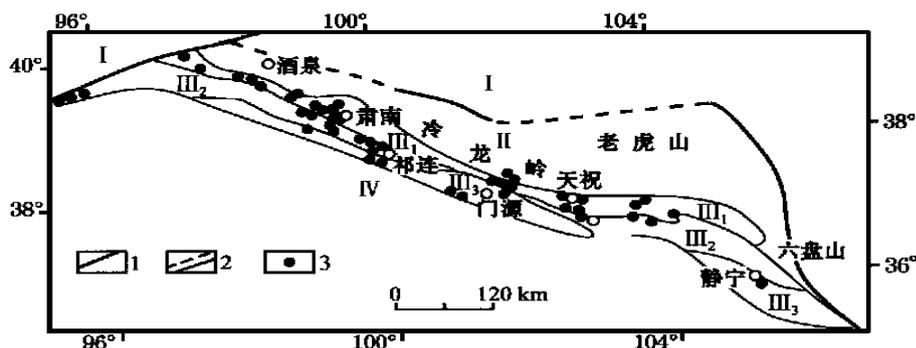


图1 北祁连加里东地槽褶皱带及火山成因硫化物矿床(点)分布示意图(据邬介人等,1994)

I—塔里木-华北地台; II—河西走廊边缘海褶皱带; III—北祁连山海槽褶皱带; III₁—走廊南山北坡-毛毛山复向斜带(北火山岩带); III₂—走廊南山南坡复背斜带(中火山岩带); III₃—托莱山-门源-静宁复向斜带(南火山岩带); IV—中祁连山隆起带;
图例: 1—深断裂; 2—构造分区界线; 3—硫化物矿床(点)

Fig. 1 Geological sketch map showing the structural divisions and the distribution of volcanogenic sulfide deposits (ore spots) in North Qilian Mountains (After Wu Jieren, 1994)

矿床形成于强烈拉张的扩张脊环境提供了重要依据。石居里沟一带火山岩型 Cu(Zn)-S 矿床(点)分布较密集,由南往北呈带状产出,南带有九个泉铜矿床等,中带有石居里 VI号沟铜矿床、VIII号沟铜矿床、VII号沟铜(锌)矿点等,北带有 I 号沟铜矿点等(图 2)。

2.1 矿床的地质位置

以石居里沟为中心的约 30 km² 范围内,集中分布了 3 个矿床和 10 余个矿(化)点,可构成一个 Cu(Zn)-S 矿田,容矿岩系为早古生代奥陶纪阴沟群基性火山岩及其火山沉积岩系(图 3)。从图 4 可见矿田北东与志留系呈断层接触,南西部分与泥盆系呈断层接触;在石居里沟东侧 VIII号沟铜矿床附近泥盆系不整合覆盖于奥陶系之上。据前人研究成果与资料分析,结合笔者沿主沟剖面的考察,提出如下几点认识(图 3): ① 断裂把奥陶系以 VII号沟、VIII号沟一带为中心分为南北两大岩片。② 自南向北由向斜-背斜-向斜构成复式向斜带。③ 奥陶系可分为上、中、下 3 个岩性段(O_{Yg}¹、O_{Yg}²、O_{Yg}³): 南岩片下部(O_{Yg}¹)为含炭质、泥质、硅质细火山碎屑-沉积建造,夹有蓝闪片岩与超镁铁岩,具韧性剪切带特征,出现细脉浸染状铜硫矿点(骆驼脖子);中部(O_{Yg}²)为中基性火山喷发-沉积建造夹粗火山碎屑岩和碧玉岩,出现块状铜硫矿床(九个泉、VIII号沟);上部(O_{Yg}³)为基性火山喷溢枕状玄武岩建造,有辉绿-辉长岩体的穿切。北岩片下部(O_{Yg}¹)建造特征与南岩片基本相同,在岩性组合及矿化特征上十分相近,但尚未发现

蓝闪片岩存在,在韧性剪切作用的规模与强度上不如南岩片。中部(O_{Yg}²)以中基性火山沉积建造为主,夹有基性火山熔岩、火山角砾岩透镜体及红碧玉、硅质岩层等,是南岩片(O_{Yg}²)北部向北过渡的层位。北岩片上部,火山熔岩、粗碎屑岩增多,与其岩片南部有所差异;上部(O_{Yg}³)以含火山质沉积岩为主,与南岩片(O_{Yg}³)枕状玄武岩为相变关系。VII号沟铜(锌)矿点产于北岩片下部岩组的顶部,VI号沟铜矿床产于中部岩组的下部。④ 在矿田范围内矿产地呈南、中、北三带分布,块状硫化物矿体主要赋存于 O_{Yg}² 岩组的同一含矿层位内。在 O_{Yg}¹、O_{Yg}² 岩性段中的细脉浸染状含铜黄铁矿化可视为火山喷气-沉积成因矿床下延的蚀变筒的产物。

2.2 矿床地质

除九个泉外,石居里矿田的 VI号沟、VIII号沟等 Cu-S 矿床均是在 1995 年以来,经民采发现工业矿体后由矿点升级的新矿床。这些矿床属特富铜矿,有较好的经济效益,对地方经济发展有所促进,亦推动了该类型矿床找矿前景的研究与探索。

2.2.1 矿床特征

(1) VI号沟矿床

位于中矿带复式背斜的北翼,含矿层为中基性火山-沉积岩系,其中夹有细碧岩、角砾集块岩和红碧玉、硅质岩。向西延伸,与 VII号沟脑铜矿点、VII号沟铜(锌)矿点呈一带状分布,生成环境受南侧火山机构北侧斜坡洼地和次级火山喷口双向控制。经区域构造演化,VI号沟矿区处于区域构造线(NW-SE

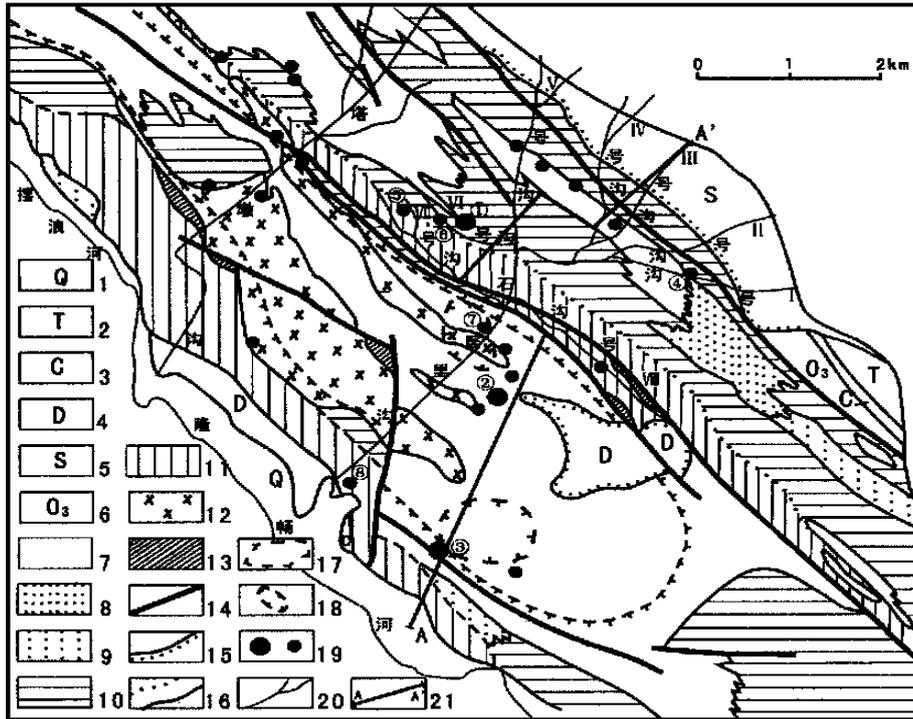


图 2 石居里一带火山岩型铜矿分布略图 (据甘肃省地矿局区调队, 1994 资料修编)

1—第四系; 2—三叠系; 3—石炭系; 4—泥盆系; 5—志留系; 6—上奥陶统; 7—凝灰岩; 8—玄武质凝灰岩; 9—中酸性火山喷发沉积岩夹含矿层位; 10—火山碎屑-沉积岩; 11—玄武岩、枕状玄武岩(6~11 为奥陶系阴沟群); 12—基性岩; 13—超基性岩; 14—断层; 15—不整合界线; 16—地质界线; 17—推测火山喷发中心; 18—裂隙式火山机构; 19—矿床(点); 20—水系; 21—剖面线; ①—VI号沟矿床; ②—VIII号沟矿床; ③—九个泉矿床; ④—I号沟矿床; ⑤—VII号沟矿床; ⑥—VII号沟矿点; ⑦—石居里沟 X₂ 矿点; ⑧—骆驼脖子铜矿点

Fig. 2 Schematic geological map showing the distribution of the volcanic rock-types copper deposits in Shijuli district, Sunan County, Gansu Province

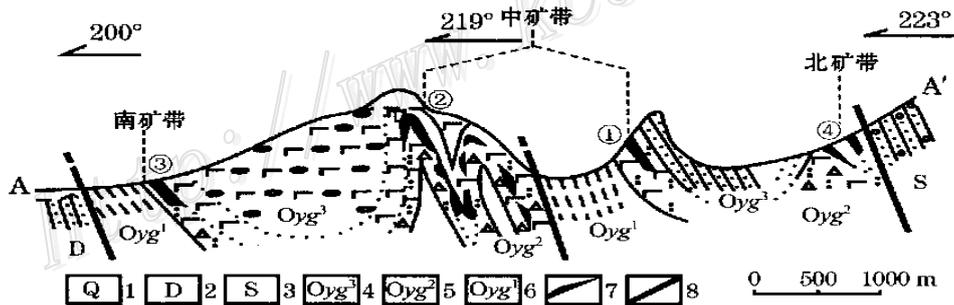


图 3 石居里矿田综合地质剖面及矿带分布示意图

1—第四系; 2—泥盆系; 3—志留系; 4—奥陶系阴沟群上岩组枕状熔岩(相变为凝灰质砂岩); 5—奥陶系阴沟群中岩组中酸性火山喷发沉积岩夹含矿层位; 6—奥陶系阴沟群下岩组火山碎屑沉积岩(含炭质、硅质、泥质岩); 7—矿体(含矿层位); 8—断层; 矿床编号①~④同图 2

Fig. 3 Comprehensive geological section and schematic map showing the distribution of ore belts in Shijuli orefield

向)局部转向(NE-SW 向)部位,岩层与矿体产状基本一致。

主矿体为近地表的盲矿体(图 4),呈向北东方向(倾向 NW30°,倾向 70~80°)侧伏的似层状、扁豆状

矿体产出,有分枝复合现象。矿体的边界多样,除部分为原始整合边界外,大部分为构造变形后的边界,因而矿体整体形态是原生的与变动的复合态。为矿区 170 m 以下深部找矿提供了重要线索。

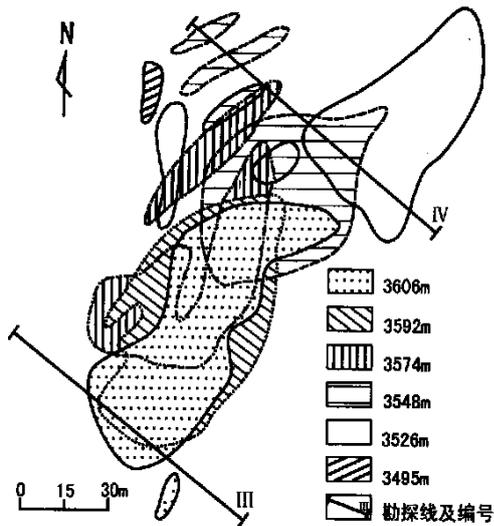


图4 石居里VI号沟矿床不同中段矿体形态叠置略图

Fig. 4 Superposed ore shape diagram at different levels of No.6 Ditch deposit in Shijuli area

据主矿体 PD₁、PD₂ 中段部分样品平均值^①,块状-角砾状矿石铜品位(w_{Cu})为1.80%~12.81%,网脉状-浸染状矿石铜品位(w_{Cu})为0.46%~2.76%, w_{Zn} 低(0.02%~0.28%),个别可达0.78%~1.22%。伴生组分据 PDI 中段组合样块状-角砾状矿石(w_{Co} 为0.028%~0.088%)、网脉状-浸染状矿石(w_{Co} 为0.006%~0.020%);矿体富铜、富钴是其主要特征。 w_{Cu}/w_{Zn} 、 w_{Co}/w_{Ni} 比值与铜品位变化相一致。

(2) VIII号沟铜矿床

位于中矿带复式背斜的南翼,南岩片复式向斜北翼的转换部位。容矿岩石为中基性火山熔岩、凝灰熔岩、集块角砾岩夹凝灰岩、碧玉岩,工业矿体为盲矿体。其赋矿部位正是基性熔岩层间碧玉岩和含碧玉岩团块的基性火山岩层位,即火山喷发间歇期喷气-沉积的时空位置。据探矿观察矿体具有双层结构,上部为块状(角砾状)Cu(Zn)-S矿体;下部为角砾状、网脉-浸染状Cu(Zn)-S矿体,顶板是红碧玉岩层,其产状变化与其下部矿体相同(图5)。

矿石主要有两大类型^①:①块状-角砾状矿石, w_S 为28.32%~41.88%, w_{Cu} 为1.83%~13.44%,锌含量低(w_{Zn} 0.02%~0.22%);②网脉状-浸染状矿石, w_S 为2.44%~15.58%, w_{Cu} 为0.06%~

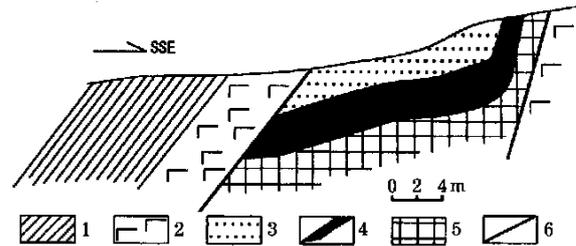


图5 VIII号沟PDI矿体结构剖面示意图

1-基性火山质构造蚀变岩;2-蚀变玄武岩;3-碧玉岩;
4-块状(角砾状)矿石;5-网脉-细脉浸染状矿石;6-断层
Fig. 5 Ore-structural sketch section at PDI gallery of
No.8 Ditch in Shijuli area

2.46%,锌含量低(w_{Zn} 0.003%~0.24%)。与VI号沟矿床相比,两者均有特富铜矿石和局部的含锌铜矿石及富钴特征,差别在于VIII号沟铜矿床角砾状-网脉状矿石更为发育,Cu-Zn型特征更为明显。

(3) 九个泉矿床

位于南岩片复向斜南翼,中基性火山-沉积碎屑岩向熔岩过渡的部位, O_{y_2} 早阶段喷发间歇期喷气-沉积成矿。容矿岩石为蚀变玄武岩、基性凝灰岩为主夹(红碧玉)硅质岩,矿体为块状Cu(Zn)-S矿体。从勘探线剖面(图6)可见,矿体被第四系覆盖。在含矿层位中,绿泥石片岩和硅质岩较发育,IV号矿体的顶部为硅质岩层,因而推断直接容矿的近矿围岩除熔岩外,主要为基性凝灰岩与硅质岩,属火山喷发间歇期的火山-沉积岩层。矿带与地层产状一致,矿体近于平行排列,多呈透镜状,沿走向有膨大、分支、尖灭及弯曲现象,亦见有绿泥石壳的“包蛋矿”。这种多变的特点是在初始喷气-沉积作用基础上经过后来叠加改造、变形、变位的结果。近年在矿区东延的区段经物探与坑探结合仍能发现特富的Cu-S矿体(盲矿)。

矿石类型、主要金属矿物组合、铜品位等与石居里VI号沟、VIII号沟等Cu-S矿床相似。块状矿石 w_{Cu} 为1.14%~18.86%,平均3.34%;浸染状矿石 w_{Cu} 为0.31%~2.60%,平均0.66%;条带状矿石 w_{Cu} 17.74%, w_{Zn} 0.11%, w_{Co} 0.12%, w_S 26.91%, w_{Fe} 30.35%, $w(SiO_2)$ 13.73%(张伟,1994)。依据上述数据,九个泉矿床的矿石应称为块状-条带状矿石,是本区层纹状特征明显的Cu-S矿石,亦是特富铜矿石。九个泉矿床矿化带的地质位置、矿石的物

① 西安地质矿产研究所,1998年专项总结报告。

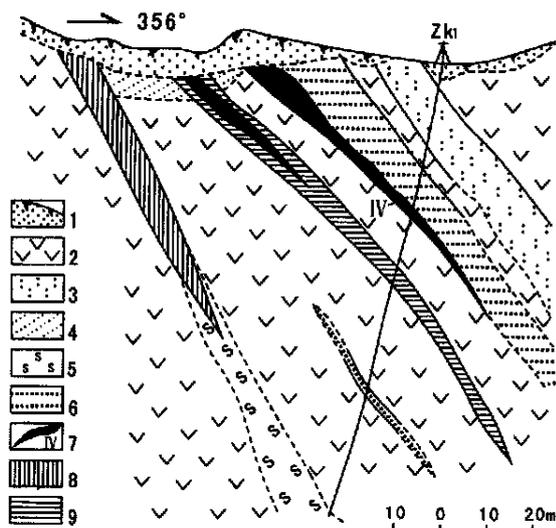


图6 九个泉铜矿 VI 勘探线剖面图(据甘肃第四地质队资料修编)

1—第四系;2—玄武岩;3—基性凝灰岩;4—凝灰岩;5—绿片岩;6—硅质岩;7—铜矿体及其编号;8—锌矿体;9—铜锌矿体

Fig. 6 Geological section along No.6 exploration line at Jiugequan ore district (modified after No.4 Geological Party of Gansu Province)

质组成及组构是其在火山喷发间歇期喷气-沉积成因环境中成矿的重要佐证。

2.2.2 矿床地球化学特征

容矿火山岩均属玄武岩类,VI号沟矿床的容矿岩石偏碱性、富钠质,亦可称之为细碧岩类^①。硅质岩、碧玉岩 $w(\text{SiO}_2)$ 为 80.69%~86.31%,含铁质、泥质、钙质; $w_{\text{Co}}/w_{\text{Ni}} < 1$, w_{Ag} 为 $(2.0 \sim 2.80) \times 10^{-6}$, w_{Hg} 为 $(8.76 \sim 103) \times 10^{-9}$,显示喷气沉积特征。本区碧玉岩及矿石中石英的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值变化范围为 $-0.9\text{‰} \sim -0.1\text{‰}$,平均为 -0.5‰ ,与火山岩及某些深海放射虫硅质岩范围一致。

本区玄武岩及其矿石中的黄铁矿、黄铜矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 17.355~18.408, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.383~15.573, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 36.993~38.215; μ 值为 9.17~9.45(夏林圻等,1998;郭介人等,2000^②)。诸矿床数据离差小,比较一致,表明容矿岩系与硫化物矿石具有共同的来源。据黄铁矿、黄铜

矿硫同位素数据(夏林圻等,1998;郭介人等,2000^②),石居里、VI号沟、VIII号沟、摆浪沟等矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 为 4.0‰~8.88‰;九个泉 $\delta^{34}\text{S}$ 值较低,为 1.5‰~3.2‰。一般认为,前者硫源可能为海水硫酸盐,后者硫源可能为幔源硫。

由宜昌地质矿产研究所应用 ICPS-1000 II 扫描等离子体发射光谱仪测定的岩、矿石稀土元素数据显示玄武岩(细碧岩)REE 配分模式稍右倾,即轻稀土略富集型;红碧玉具有明显的 Eu 亏损特征;矿石显示轻稀土略富集的较缓的右倾趋势。表明矿石与容矿岩系稀土元素的继承性和不同矿床的一致性。

2.2.3 同类型矿床对比

北祁连山东段老虎山—银洞沟地区亦发育有早古生代奥陶纪蛇绿岩套^③,其中产有小型铜(锌)矿床,以老虎山猪嘴哑吧、银洞沟矿床为代表。

(1) 银洞沟 Cu(Zn) 矿床

产于细碧质熔岩向基性火山碎屑岩、沉积岩转换的部位,夹有含铁硅质岩、凝灰质角砾岩和 Cu(Zn)-S 矿体(郭介人等,1994),底盘除基性熔岩外,还有辉绿岩体存在。矿体属半盲矿、盲矿体;地表为铁帽,下部为块状矿体。总体走向与区域构造线方向一致。这一点与石居里、九个泉 Cu-S 矿床相同,但后者无大量的中酸性岩脉侵入。

矿体产状与熔岩层一致,呈似层状和透镜状,几乎全部由块状矿石组成。在块状含铜黄铁矿矿石之上,往往有薄层的磁铁矿,自上而下呈上铁下铜(锌)分带,以 VICK11 为例,块状磁铁矿 $w_{\text{Cu}} 0.27\%$ 、 $w_{\text{Zn}} 0.25\%$ 、 $w_{\text{Pb}} 0.02\%$ 、 $w_{\text{S}} 8.76\%$;块状含铜黄铁矿 $w_{\text{Cu}} 1.25\%$ 、 $w_{\text{Zn}} 3.88\%$ 、 $w_{\text{Pb}} 0.038\%$ 、 $w_{\text{S}} 45.44\%$,属锌铜硫型, $w_{\text{Cu}}:w_{\text{Zn}}=1:(2 \sim 4)$ 。主要伴生元素为 Co、Ni、Se、Te^④。

(2) 猪嘴哑吧 Cu(Zn)-S 矿床

含矿层位为蛇绿岩套中的下部枕状细碧岩层,其间夹有角砾岩化、绿泥石化的铁染细碧岩、角斑岩、硅质岩、板岩和块状硫化物矿体,属海底火山喷发间歇期产物。矿区的地质构造格架、矿带分布,甚至有关矿体向西陡倾、向北侧伏等基本特征均与石居里 VI号沟矿床有极大的相似性(郭介人等,1994)。

① 西安地质矿产研究所,1990. 中国地质调查局地质调查项目“甘肃省石居里一带铜矿评价”。

② 郭介人,2000. 甘肃省石居里一带铜矿评价专题总结资料。

③ 任秉琛,郭介人,黄玉春,等,1992. 北祁连东段块状硫化物矿床区域矿规律与找矿预测。

④ 万冠儒,1982. 白银矿床成因和分类初探. 白银地区找矿前景学术讨论会论文集,102~116。

除 1、2 号矿体出露地表外,大部分为隐伏在 300 ~ 500 m 深度的盲矿体,以似层状、凸镜状、群鱼状为主。见有一横截面呈椭圆形的筒状矿体,主体为块状矿石,边部有细脉浸染状铜矿化。过去曾认为其与白银厂折腰山磁黄铁矿筒类似,属热液通道,但据现在对比考察,认为这是含矿层位在特定的压、扭构造条件下造成的矿体的复合态。

就矿石的组成与组构特征而言,应属 Cu-Zn-S 型组合,以块状矿石为主,细脉浸染状、条带状、角砾状次之。Cu 品位最高达 6.84%,平均 3.71%;Zn 品位最高达 9.62%,平均 2.06%;Co 品位最高达 0.169%,平均 0.114%,属一般的富铜型矿床, $w_{Cu}:w_{Zn}=1$, $w_{Co}/w_{Ni}=22.8$ ^①。富钴是该矿床矿石的重要特征。总之,在成矿元素组合方面,北祁连山东段老虎山—银洞沟地区的有关矿床比北祁连山西段石居里地区的有关矿床更富 Zn。

3 蛇绿岩型 Cu(Zn)-S 矿床综合成矿模式

宋叔和先生在“关于国外黄铁矿型铜矿床的一些问题”一文^②中介绍了“奥菲里”建造及其塞浦路斯矿床,并认为“蚀变向深处呈管状,说明含矿火山岩浆系从地幔沿管道喷发到海底,在上部形成块状而在下部形成深蚀变带中的浸染状矿体”。由于塞浦路斯型矿床赋存于中生代未经变动的蛇绿岩系中,通常认为是洋中脊块状硫化物矿床的典型代表。

在北祁连加里东褶皱带,奥陶纪蛇绿岩有着广泛的分布,相应的铜-硫产地亦成群成带分布,除若干小型矿床外,目前对其他矿床(矿)的研究程度均很低。

根据石居里(郭介人等,2000^③)和祁连山东段银洞沟—猪嘴哑吧(任秉琛等,1992^④)等铜-硫矿床的研究资料,以石居里地区为代表,拟建立蛇绿岩型矿床综合成矿模式。以此代表在北祁连一个矿田范围内的区域成矿模式,以利于指导找矿,扩大资源量。

3.1 石居里铜矿类型的归属

石居里铜矿床的基本特征可归结为如下几点:

① 矿床位于北祁连山加里东褶皱带走廊南山北坡的复向斜带中,九个泉含蓝闪石片岩韧性剪切带北侧,早奥陶世含蛇绿岩中基性火山-沉积岩带内。② 沿石居里沟,块状硫化物矿床位于以三条区域大断裂带为界的两个岩片内。自上而下沉积环境的演变为早期深水盆地火山-沉积环境→中期中基性火山喷发-沉积环境→晚期基性火山喷溢-沉积环境。石居里矿田 VI 号沟、VIII 号沟和九个泉铜矿均产于中期中基性火山喷发-沉积旋回中, VIII 号沟矿床、X₅ 矿点和九个泉矿床等可能为近火山机构火山口(含破火山口)洼地成矿;VI 号沟矿床则为主火山机构边缘次级喷口火山洼地成矿。③ 矿床(点)与矿体成群成带出现,具层控性。喷气沉积岩(红碧玉岩)的伴随是其特别标志。④ 矿体规模小,以块状矿石为主的富矿体资源量可达到(中)小型;矿田范围内的产地累计资源量有可能达到大中型。⑤ 矿体顶板一般为碧玉岩,上部为块状矿,下部为细脉-浸染状或网脉状、角砾状矿,显示喷气-火山成因矿床双层结构的特征。⑥ 矿石为黄铁矿-黄铜矿组合,富铜、钴为其成分特征。VI 号沟主矿体属 Cu 型、Cu-Zn 型矿,但于其西南延向上已出现较贫铜的 Cu-Zn 型、Zn-Cu 型矿体呈系列变化。VIII 号沟矿床 PD1 平硐就存在 Zn-Cu 型高硫矿石。⑦ VI 号沟、VIII 号沟等矿床主矿体具有盲矿体特征;VIII 号沟矿床与西侧主沟 X₅ 矿点归属同一矿化带,两者高差 500 m 左右;VI 号沟在 PD7、PD8 等硐发现深部的盲矿体,均说明本区域内剥蚀程度低,矿化带延深较大,有利于扩大前景,增加资源量。

综上所述,结合北祁连乃至国内外同类矿床的分类状况,石居里式铜矿可归属海相火山沉积岩区铁-铜-硫成矿系列,硫-铜型成矿亚系列(郭介人等,1998)。石居里 VI 号沟矿床类似红沟矿床的富铜、德尔尼矿床的富钴,由还原环境(含硫黑色岩系)递变为半还原、半氧化环境(含铁锰硅质岩、红碧玉)。石居里 VI 号沟矿床、VIII 号沟及九个泉等矿床与蛇绿岩套基性火山喷发-沉积岩系有关,形成于弧间或弧后扩张的中基性火山喷发-沉积环境,而后发展为扩张脊与前期火山沉积岩系拼贴。可归属硫-铜亚系列的蛇绿岩型矿床(类塞浦路斯型)。

① 宋叔和. 1973. 西北地质科技情报, 第一期.
② 郭介人. 2000. 甘肃省石居里一带铜矿评价专题资料.
③ 任秉琛, 郭介人. 1992. 地质行业基金项目 88028 科研报告. 161 ~ 170.

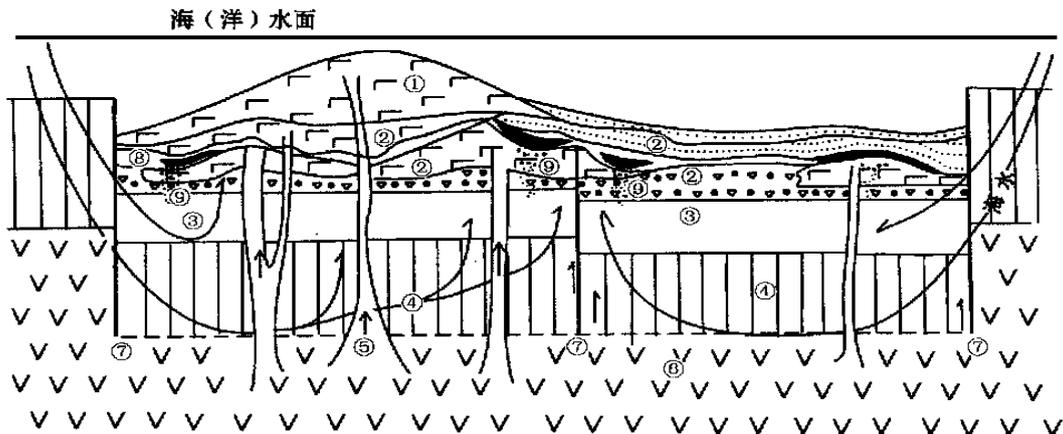


图7 石居里矿田火山岩型铜矿综合成矿模式

①—海底上部火山岩、火山-沉积岩；②—海底下部火山岩、火山-沉积岩；③—海底深部火山-沉积岩系；④—前期火山-沉积岩系及基底；⑤—基性岩浆房与岩浆通道；⑥—洋壳；⑦—生长性断裂；⑧—含矿层位喷气岩与矿体；⑨—蚀变筒及浸染状矿体

Fig. 7 Generalized metallogenetic model of ophiolitic type Cu (Zn) S-ore deposits in Shijuli orefield

3.2 石居里铜矿综合成矿模式

塞浦路斯型单矿床(体)成矿模式亦具有双层结构特征,上部为整合块状硫化物矿体,顶部有褚石层(碧玉岩),下部为火山岩蚀变筒,形成角砾状、网脉状-细脉浸染状硫化物矿体。这种特征在石居里Ⅷ号沟矿床与九个泉矿床主矿体中显示得比较清楚,表明主矿体是在火山喷发的间歇期穹隆上叠盆地水-岩界面附近就位的。矿体具有明显的双层结构与顶部的“硅质帽”(红碧玉岩)。石居里Ⅵ号沟主矿体主体由块状-角砾状矿石组成,其中角砾状矿石是由石英-硫化物组合胶结基性火山岩的角砾而成的。在Ⅵ号沟矿床、九个泉矿床,块状矿体的顶板往往是含铁(锰)硅质岩(碧玉岩)。硫化物矿体上覆“硅帽”的存在即标志着喷气成矿活动有利于硫化物矿体的保存。

在石居里矿田范围内,矿床(点)的分布具有规律性,这主要决定于含矿层位的时空位置。九个泉矿床的产出特征表明含矿层位是 O_{yg}^2 的水平分层,属中基性火山活动的早期产物,Ⅵ号沟、Ⅷ号沟等矿床(点)是其同一层位的水平延展。晚期的枕状熔岩覆盖于前者之上,对早期火山岩系的矿化蚀变起叠加作用,但它并不是本区的重要容矿岩段。

石居里矿田综合成矿模式图是在综合上述诸多因素与国内外同类型矿床研究现状的基础上拟编的(图7)。综合成矿模式的拟定,无疑对北祁连蛇绿岩型 Cu (Zn) -S 矿床成矿规律的总结、控矿因素的厘定、找矿模式的建立,以及找矿前景的认识、资源量

的扩大有一定的意义。虽然就已知矿床(点)而论,仍以小型(金属量 < 10 万吨)为主,但从众多的矿点升级着眼,从一定区域(如一个矿田)而论,若干个(中)小型矿床的累计资源量完全有可能扩大到一个大型规模,这种小而富、小而多的矿床类型,同样具有重大的经济价值。当然,系统的研究若能在理论上与找矿实践上获得重大突破(找到 1 ~ 2 个大型矿床),亦是大家所期望的。

参考文献

- 冯益民,何世平. 1998. 祁连山大地构造与造山作用[M]. 北京:地质出版社. 40 ~ 74.
- 宋叔和. 1980. 黄铁矿型多金属矿床——世界范围一些主要矿床类型对比和研究趋势[A]. 中国地质科学院矿床地质研究所刊[C]. 第3号. 北京:地质出版社. 1 ~ 34.
- 宋叔和,宋志高,任丰寿. 1985. 伊比利亚黄铁矿带西段的火山岩和复合金属黄铁矿型矿床地质[A]. 中国地质科学院西安地质研究所刊[C]. 第10号. 西安:陕西科学技术出版社. 1 ~ 14.
- 宋叔和,韩发,葛朝华,等. 1994. 火山岩型铜多金属硫化物矿床 VCPSD 知识模型[M]. 北京:地质出版社. 48 ~ 80.
- 郭介人,任秉琛,黄玉春,等. 1994. 西北海相火山岩地区块状硫化物矿床[M]. 北京:中国地质大学出版社. 192 ~ 242.
- 郭介人,于浦生,贾群子,等. 1998. 海相火山沉积岩区铁-铜-硫成矿系列及铁铜型矿床[M]. 北京:地质出版社. 1 ~ 7.
- 夏林圻,夏祖春,任有祥,等. 1997. 祁连山及其邻区火山作用与成矿[M]. 北京:地质出版社. 4 ~ 45.
- 张瑞林,赵江天,申少宁. 1997. 北祁连早古生代海相火山沉积相及地质找矿[M]. 北京:地质出版社. 31 ~ 87.
- 张伟,池三川,覃炯职. 1994. 甘肃九个泉地区构造演化、构造控

矿作用及矿床成因的研究[M], 北京:中国地质大学出版社. 30~62.

Geological Characteristics and Comprehensive Metallogenic Model of Copper and/ or Zinc Sulfide Deposits in Shijuli Area, North Qilian Mountains

Wu Jieren, Yu Pusheng, Ren Bingchen

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Science, Xi'an 710054, Shanxi, China)

Abstract

Early Paleozoic massive sulfide deposits of ophiolitic type in North Qilian Mountains are distributed mainly in areas of Early and Middle Ordovician basic volcanic and volcano-sedimentary rocks. During the process from continental margin rifting to ocean spreading and the thrusting of island arc, ophiolite suites and massive sulfide deposits were formed. These deposits, similar to those of Cyprus-type ore deposits, are generally called ophiolite-type deposits. In this paper, basic geological and geochemical characteristics of many typical deposits are summarized, and their origins are determined. On such a basis, a comprehensive metallogenic model for the whole Shijuli orefield is set up. All this serves the purposes of guiding ore-hunting practice, enlarging ore prospects and pushing forward the prospecting work for this type of deposits both in North Qilian Mountains and in the whole country.

Key words: North Qilian Mountains, Early Paleozoic, ophiolite type Cu (Zn)-S deposit, comprehensive metallogenic model of the Shijuli orefield

<http://www.kcdz.ac.cn/>