

文章编号: 1009-6248(2006)02-0096-18

祁连成矿带成矿规律和找矿方向

贾群子, 杨钟堂, 肖朝阳, 全守村, 邹湘华, 李宝强

(西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054)

摘要: 在系统分析区内成矿条件和区域成矿特征的基础上, 提出海相火山岩型、接触交代型(矽卡岩型)、变质(包括沉积-变质)型、沉积型(含喷气-沉积型)、构造蚀变岩型等是该区的主攻矿床类型。

通过对祁连成矿带地质、矿产、物探、化探、遥感等资料的综合分析, 并结合野外调研和室内的再研究, 共圈定69处成矿远景区, 其中A类5处, B类23处, C类41处。在此基础上, 结合最新的地质找矿成果, 优选出铜、金、铅、锌、钨远景区16处, 作为今后矿产资源评价首选地区。

关键词: 成矿背景; 成矿规律; 找矿方向; 祁连成矿带

中图分类号: 612

文献标识码: A

祁连成矿带位于阿尔金山以东, 龙首山以南, 柴达木盆地—青海湖以北, 东南与秦岭山脉相连, 地跨甘肃、青海、宁夏、内蒙古四省区。全长约1 200 km, 宽为200~300 km, 面积约33万km²。地理坐标为: 东经94°00′00″~106°00′00″, 北纬34°00′00″~40°00′00″。祁连山地区成矿条件良好, 矿种齐全, 已发现矿种107种, 探明储量的有88种。有关该带的科研工作有一些代表性著述(宋叔和, 1955; 李春昱等, 1978; 肖序常等, 1978; 夏林圻等, 1991; 郭介人等, 1994; 夏林圻等, 2001; 张德全等, 2001; 汤中立等, 2002)。

1 成矿地质背景

1.1 区域地质背景

区域地层整体呈北西向展布, 从太古宇—新生界均有出露。祁连成矿带位于秦—祁—昆成矿域的中间部位(陈毓川等, 1999), 空间分布与祁连造山带

一致, 从区域地质构造背景上看, 祁连成矿带包括两个构造单元: 北祁连造山带和中南祁连造山带, 各造山带内的构造单元划分见表1。北祁连山造山带(Ⅲ₁)内部构造复杂多样, 主要由微陆块、裂谷带、洋壳构造岩片、俯冲杂岩带、岛弧和弧后盆地等单元组成。中南祁连造山带(Ⅲ₂)包括以往所称的中祁连隆起、南祁连冒地槽和柴北缘, 范围相当于许志琴等(2003)划分的祁连微板块。

区内基底褶皱和盖层褶皱均发育, 多呈北西向展布, 前震旦系基底褶皱形成于晋宁运动, 主要分布于中祁连山, 以短轴构造和穹窿构造为主。盖层褶皱形成于加里东期及其以后, 古生代槽形褶皱分布于南、北祁连地区, 造山期后的褶皱主要有短轴构造、隔挡式褶皱、断层褶皱和构造盆地四类形式。

断裂构造十分发育, 常密集成带分布, 区域断裂构造线总体以北西西向为主, 构成该地区的主体构造格架。次为北东东向和近东西向断裂, 多形成走滑断裂构造。主要深大断裂有: ①阿尔金山南缘

收稿日期: 2005-02-18; 修回日期: 2006-04-12

基金项目: 国土资源大调查项目(200110200081)

作者简介: 贾群子(1962-), 男, 硕士, 研究员, 矿床学专业。通讯地址: 710054, 西安市友谊东路438号, 西安地质矿产研究所; 电话: 029-87821937; Email: Xajiaqunzi@egs.gov.cn。

表 1 祁连山造山带构造单元划分
Tab. 1 Division of tectonic unit in Qilian orogeny zone

Ⅲ级构造单元	Ⅳ级构造单元名称
Ⅲ ₁ 北祁连造山带	Ⅲ ₁ ¹ 加里东期永昌-中宁陆缘裂陷带
	Ⅲ ₁ ² 加里东中期嘉峪关-靖远弧后盆地
	Ⅲ ₁ ³ 加里东中期昌马-永登岛弧带
	Ⅲ ₁ ⁴ 加里东中期肃北-百经寺俯冲杂岩带
	Ⅲ ₁ ⁵ 前加里东期柳沟峡-小柳沟大陆裂谷带
	Ⅲ ₁ ⁶ 加里东早期郭米寺、白银环形裂谷带
	Ⅲ ₁ ⁷ 前加里东期北大河陆块
	Ⅲ ₁ ⁸ 加里东中期玉石沟-川刺沟洋壳构造岩片带
	Ⅲ ₁ ⁹ 加里东期红沟-庄浪陆缘裂谷带
Ⅲ ₂ 中南祁连造山带	Ⅲ ₂ ¹ 前加里东期龚岔大坂-兴隆山陆块
	Ⅲ ₂ ² 前加里东期大道尔吉-湟源陆块
	Ⅲ ₂ ³ 加里东期党河南山陆内裂谷带
	Ⅲ ₂ ⁴ 加里东期拉鸡山、雾宿山、贾家河陆内裂谷带
	Ⅲ ₂ ⁵ 加里东晚期哈尔腾-哲合隆断陷带
	Ⅲ ₂ ⁶ 前加里东期日月山、化隆陆块
	Ⅲ ₂ ⁷ 华力西期宗务隆山裂陷带
	Ⅲ ₂ ⁸ 前加里东期丁字口-欧龙布鲁克陆块
	Ⅲ ₂ ⁹ 加里东中期赛什腾山-锡铁山岛弧带
	Ⅲ ₂ ¹⁰ 加里东期阿尔茨托山岛弧带

断裂带。②龙首山-固原断裂。③青铜峡-罗山-蒿店断裂带。④宗务隆-青海湖-天水断裂带。⑤柴达木盆地北缘南隐伏断裂带。⑥北祁连北缘隐伏断裂带。⑦宗宾大坂断裂。⑧祁连南缘断裂。⑨中祁连南缘断裂带。10 红口子东-野牛台-哈拉湖东-茶汗河断裂带。11 白泉门-希格尔曲古道-乌兰断裂带。12 中宁-兰州断裂带。

岩浆活动强烈而频繁，侵入与喷发作用交替出现。基性、超基性岩的侵位以早古生代为主，元古宙及三叠纪次之。中、酸性岩浆从新太古代到古近纪均有发生，既有幔源型 (I) 又有壳源型 (S) 以及二者之间的过渡型，岩石类型复杂。火山岩的喷发和溢出自古元古代至古近纪均有出现，志留纪以前为海相火山岩，泥盆纪至三叠纪以海相火山岩为主，间有陆相火山岩；侏罗纪以后，均为陆相火山岩。加里东期是区内火山活动的鼎盛时期，构造环境多样，既有大陆裂谷型、洋壳型，也有岛弧型，活动大陆边缘型，不同构造环境，其岩石组合及岩石地球化学特性也不相同。

区内的变质作用较强烈，主要有区域变质作用 (区域动热力变质作用和区域埋深变质作用)、接触变质作用及动力变质作用等。此外区域动热变质作

用常导致早期形成的矿床发生迁移、富集、变形变位等，使矿床显示多期多阶段的特点。

1.2 区域地球物理特征

该成矿带布格重力异常皆为负值，且由南向北递增，呈向北突的弧形重力梯级带，构成青藏高原重力梯级带的东北边缘。并以阿尔金山、龙首山-青铜峡、鄂尔多斯西缘和柴北缘、青海湖-西秦岭等密集的重力梯级带和扭曲带围限成不对称梯形。造山带内部，以围绕祁连山西段哈拉湖一带形成菱形块状重力低为中心，向四周异常值递增、重力等值线疏密相间夹持着重力高和重力低分布，并产生局部扭曲，重力梯级带可分为北西西、北北西、北东东和北北东四组。

磁异常分布具有南北分带、东西分块的特征。南北可分为：走廊过渡带平稳磁异常带、北祁连高磁异常带、中南祁连磁异常带和柴北缘高磁异常带等四个带。北祁连高磁异常带由2~3 条近于平行展布的呈线状和串珠状正负相间磁异常亚带组成，并以门源以西的南亚带异常连续、完整性最好，磁异常具有强度大、规则而圆滑的特点。中亚带多为串珠状异常，强度也不如南侧高。从门源向东磁异常可以分为两支：一支从永登—白银到会宁—静宁，由一些零星分布、幅值较低的异常组成；另一支磁异常明显向北位移，沿乌稍岭、景泰、靖远、西吉、庄浪一线分布，方向由近EW 向转为NNW 向，由一系列呈串珠状、不规则状异常组成。中南祁连磁异常带西段在西宁以西为平稳磁场背景上叠加区域性负异常和局部正磁异常。中段在平静磁场背景上，叠置有3 条斜列弧形展布的磁异常带 (即拉鸡山-积石山、民和-宿雾山、会宁-通渭磁异常) 和一些零星分布的局部磁异常。中祁连东段分布在秦安—天水一带，呈NW 走向的块状强磁异常，北侧与北祁连NNW 向线性异常以负异常隔开。

1.3 区域地球化学特征

各分区地球化学特征差别较明显，主要有利成矿元素有异。

走廊过渡带 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Mo、Sn、As、Sb、Hg、Cr、Ni、Co 等14 种元素均有异常。其中，以 Au、Hg、W、Sn 等元素异常最为明显，其次是 Ag、Pb、Cr、Ni、Mo 等元素异常，有利成矿元素为 Au、Sb、Ag、Mo、Hg 和 Cu。

北祁连异常特征显著。其中，Au、Ni、Cr、Cu、

Co 等元素异常最明显, 其次是 W、Mo、As、Sb、Hg、Zn、Ag 等元素异常。银异常呈 NWW 向串珠状分布, 显示分段集中特征。Cr、Ni、Co 组合异常与基性-超基性侵入岩体群相关, Cu、Au、Ag、Pb、Zn 等元素组合异常多与火山岩分布区一致, W、Mo 等元素异常与中酸性侵入岩有关。该区成矿作用最强, 有利成矿元素也最多, 为 Mo、Ni、Cr、Sb、Cu、Au、Ag、Hg、Zn 和 W 等。

中祁连各元素异常弱于北祁连, 但也表现出明显的规律性。西段地区主要集中分布 Au、Cu、Cr、Ni、Co、As、Sb、Hg 元素异常, 其中 Au 元素异常强度最大, Cu、Cr、Ni、Co、As、Sb、Hg 元素异常规模小但成带出现, 且相对套合好。W、Mo、Sn、Pb、Zn、Ag 等元素异常在整个带上断续出现, 表现出某种程度的等间距分布特征。有利成矿元素有 Sb、W、Au、Mo 和 Ni 等。

南祁连异常比较明显的元素有 Au、Cu、Cr、Ni、Co、W、Sn, 其次为 Mo、Pb、Zn、As 等, 异常可分为两类组合, 即分布在早古生代裂谷发育区与基性-超基性岩浆岩、火山岩及火山碎屑岩空间关系密切的 Cu、Cr、Ni、Co 和 Au、As、Zn 等元素组合以及主要分布在晚古生代裂谷发育区与中酸性岩浆岩、火山岩、火山碎屑岩, 以及与中酸性岩浆岩有关的热蚀变空间关系密切的 W、Sn、Au、As、Pb、Zn、Ag 等元素组合。有利成矿元素有 Au、Hg、Sb、Cr、Sn 和 Ni。

柴北缘各元素几乎均有异常, 并且从高温元素到低温元素异常明显减弱, 也可以分为两个组合。一类与基性-超基性岩浆岩、火山岩、火山碎屑岩空间关系密切, 有 Cu、Cr、Ni、Co 和 Au、As、Zn 等元素; 另一类与中酸性岩浆岩、火山岩、火山碎屑岩, 以及与中酸性岩浆岩有关的热蚀变空间关系密切, 有 W、Sn、Au、As、Pb、Zn、Ag 等元素。有利成矿元素有 Au、Sb、Pb、Zn、Cr、W 和 Ag 等。

1.4 遥感影像特征

线性构造异常发育, 其优势方位为北西西向, 往往成带成束出现。北东向、北东东向断裂是祁连造山带内仅次于北西向断裂的另一组优势线性构造, 该组断裂多呈平直线状, 总体上切割了北西向断裂, 表现为较明显的左旋走滑运动。由于北西、北西西向断裂组被北东、北东东向断裂组切割, 使得祁连成矿带形成菱形、眼球状、三角形等各种影像块。环

形构造影像较为丰富, 多为圆形、半圆形、椭圆形, 规模大小不一, 成因不同, 基岩区和第四系覆盖区均有分布。以单个形式或多个环形组合形式出现, 组合方式有套环、菱环、层纹状环、蛛网状环等。成矿带内共解译出环形构造 66 个。类型主要有环状山、环状水系、环状岩体、环状断裂、环状火山沉积岩相带。

1.5 区域成矿特征

该区成矿作用在时间演化上具有多期性和不均一的特点 (肖朝阳等, 2003), 成矿时间从元古宙延续到第四纪。前寒武纪、加里东期、华力西期、印支期、燕山期、喜马拉雅期等各个时代均有矿床 (点) 的形成或矿化产出, 但各个时代的成矿强度不均一。祁连是一个复合型的造山带, 经历了大陆裂谷、洋壳削减俯冲、弧-陆碰撞、陆-陆碰撞和陆内推覆等构造作用, 有的矿床是多期次形成的, 后期叠加、改造现象十分普遍, 使一些矿床显示多期多阶段的成矿特点。

该成矿带有色金属矿产矿种齐全, 资源量比较丰富, 是祁连成矿带的优势矿产。铜及多金属矿产产地 157 处, 其中大型矿床 2 处、中型矿床 6 处、小型矿床 29 处, 主要分布于北祁连的白银、肃南、门源、祁连等地区, 其次是南祁连化隆等地。铅锌矿产地 36 处, 其中大型矿床 1 处、中型矿床 2 处、小型矿床 7 处, 主要分布于北祁连郭米寺和柴北缘的锡铁山等; 钨钼多金属矿产产地 18 处, 其中大型矿床 2 处、小型 3 处, 主要分布于北祁连南缘断裂带南北两侧, 钨资源量丰富, 是我国北方最大钨资源基地。岩金矿产产地 54 处, 其中大型矿床 1 处, 中型矿床 6 处, 小型矿床 21 处, 主要分布于北祁连和柴北缘, 其次是拉鸡山和党河南山等地区。镍矿产主要产于拉鸡山和化隆地区, 均为小型矿床或矿点。

2 主要矿床及特征

2.1 主要矿床及特征

在综合全区地质、矿产、物探、化探、遥感资料的基础上, 将祁连成矿带 (即祁连成矿省) 金属矿产划分为北祁连和中南祁连两个 III 级成矿带和 27 个 IV 级成矿亚带 (区)。依据祁连成矿带成矿作用的特点, 将该区的矿床共划分为岩浆型、斑岩型、伟晶岩型、接触交代型、热液型、海相火山岩型、盐

湖型、变质型、沉积型、火山沉积型、构造蚀变岩型、砂矿型、风化壳型、成因不明等14种基本类型。其中,以接触交代型(矽卡岩型)、海相火山岩型、变质(包括沉积-变质)型、沉积型(含喷气-沉积型)、构造蚀变岩型等为主,是该区的主攻矿床类型。

本区铜(多金属)矿床类型计有海相火山岩型铜(多金属)矿床、沉积变质铁-铜型矿床、砂页岩型铜矿床、岩浆铜-镍型矿床、斑岩型矿床以及热液型铜矿床等六种类型。其中,海相火山岩型铜(多金属)矿床是祁连成矿带内具有特色的优势矿床类型之一,主要分布在北祁连。钨矿床在本区有矽卡岩型、石英脉型、云英岩型和火山岩型等四种类型(杨钟堂等,2004),但主要成矿类型为矽卡岩型和石英脉型。金矿有伴生型金矿床,独立型岩金矿床和砂金型矿床。区内铅锌矿产存在有与海相火山岩有关的火山喷气型(火山岩容矿)、喷气沉积型(沉积岩容矿)以及热液型等矿床类型。火山喷气型铅锌矿床常与铜矿紧密相伴,如以郭米寺、小铁山为代表的Pb-Zn-Cu型矿床等。喷气沉积型矿床是祁连成矿带重要的铅锌矿床类型,其典型矿床为锡铁山、大东沟、蓄积山等。热液型矿床的产地较多,但绝大多数属于矿点或矿化点,仅个别达到小型规模。

2.2 铜(多金属)矿床

2.2.1 折腰山、火焰山和小铁山铜(多金属)矿床

这三个矿床均属海相火山岩型。折腰山和火焰山铜锌矿床位于郭米寺-白银环形裂谷带(III^b)的东段,白银矿田的西部。矿床产于中寒武世双峰式细碧角斑岩系建造中,下部为细碧岩,中部为石英角斑岩及其同质凝灰岩,上部为细碧岩。区内发育较多的石英钠长斑岩体,与火山凝灰岩、角砾岩、集块岩共同组成古火山机构。在含矿岩系偏上部位,在细碧岩与石英角斑岩或石英角斑质凝灰岩层间,常见一种致密的含铁硅质岩扁豆体,可作为块状硫化物矿床火山喷气形成的标志。这种含铁硅质岩与块状硫化物矿层间有一定的距离,与石居里矿床直接覆于硫化物矿层之上而有所不同。矿体呈透镜状、扁豆状产于中部石英角斑质凝灰岩层内,这种凝灰岩由于受后期构造变动和矿化蚀变作用,成为主要由石英与绢云母组成的片理化石英绢云母片岩。地表铁帽发育,折腰山蚀变带长1400 m,宽300~400 m,其中矿带长1100 m,宽100~150 m,赋存有196个矿体,其总体产状与含矿石英角斑质凝灰岩层产

状一致。火焰山由253个大小不等的矿体组成约1000 m的矿带,主矿体产于中基性与酸性火山岩转换部位即有沉积岩夹层的石英角斑凝灰岩层顶部。矿体常成群成带产出,走向在110°~135°变化,规模大小不等,大者走向长逾1000 m,厚几十米,倾斜延深几百米,小者长100~300 m,倾斜延深100~300 m,厚数米至十数米。中小型矿体多围绕大矿体呈平行的雁行排列或构成矿体群(图1)。不规则状矿体也较常见,但规模不大;脉状矿体一般受构造断裂系统控制,具有裂隙充填性质及规模小、生成晚的特点。主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿,次要矿物为闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿等;脉石矿物为石英、绢云母、绿泥石、方解石以及钠长石、白云母、重晶石等。矿石主要为致密块状、浸染状两种类型,有块状黄铁矿矿石、块状含铜黄铁矿矿石、块状铜铅锌矿石、块状铅锌矿石、浸染状铜矿石、浸染状铅锌矿石等矿石类型。矿体群上部为块状矿体,下部为浸染状矿体。折腰山矿床的矿体从上到下大致可分成以下几个带(宋叔和,1982):块状细粒黄铁矿、含铅锌但以锌为主的块状黄铁矿、含黄铜矿块状黄铁矿、网脉条带状含黄铜矿黄铁矿带夹浸染状含黄铜矿黄铁矿、稀疏浸染含黄铜矿黄铁矿等五个带。矿石构造以块状、浸染状为主,次为网脉状、条带状、角砾状及揉皱状等,矿石结构以细-中粒晶粒结构为主,发育各类溶蚀交代结构,次为固熔体分解结构、胶状-半胶状结构以及花岗变晶、角砾状、压碎、拉长等构造动力变形变质结构。主要围岩蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化、其次有金红石化、重晶石化、石膏化等,氧化带有褐铁矿化、黄钾铁矾化和高岭土化等。折腰山、火焰山矿石的主金属元素组合为铜、铜-锌、锌-铅型,含少量铅,折腰山矿床的铜品位还具有东富西贫和下富上贫的总体变化特征。

小铁山矿床位于白银矿田的东部,距白银厂2 km。该矿床与白银厂矿床产于同一层位的石英角斑质凝灰岩内,但在含矿岩类组合上,与白银厂相比,近火山口相岩类减少,沉积夹层增多,主要岩性为凝灰岩、沉凝灰岩,夹硅质千枚岩及碳酸盐岩。矿体由明显层纹条带状的细粒硫化物组成,并呈似层状产出,受构造作用,矿体上部较缓,向下变陡,近乎直立,整个矿体群没有明显的分带现象,但个别剖面显示中部富铜边部略富锌的现象。在矿石矿

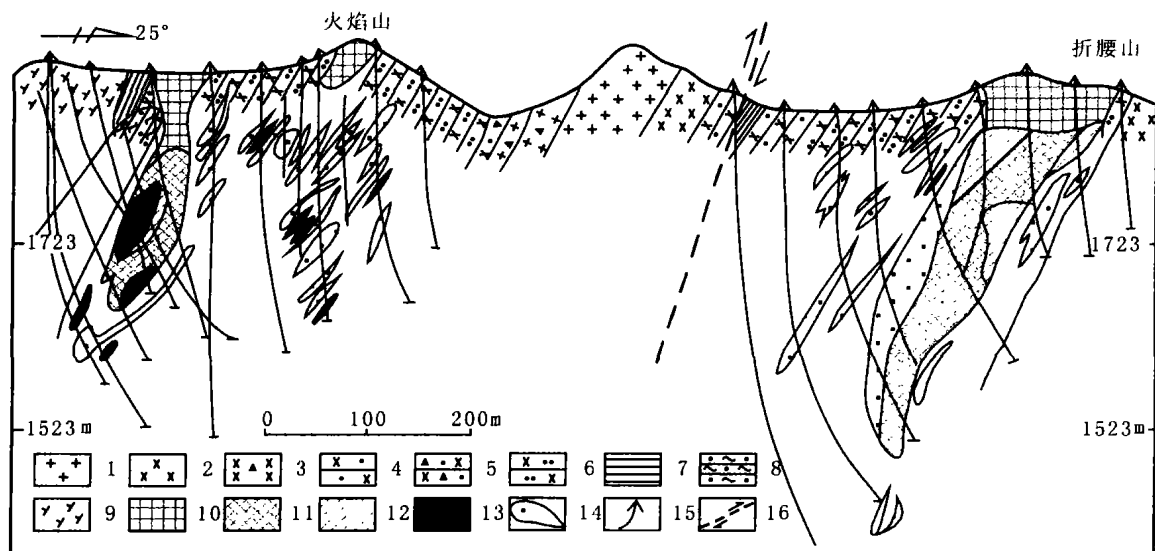


图1 白银厂折腰山、火焰山铜锌矿床V线剖面示意图

Fig. 1 Simplified section through ore bodies of Baiyinchang Cu-Zn deposits

(依据郭介人等, 1994)

1. 石英钠长斑岩; 2. 石英角斑岩; 3. 含角砾石英角斑岩; 4. 石英角斑凝灰熔岩; 5. 含角砾石英角斑凝灰熔岩; 6. 石英角斑凝灰岩; 7. 千枚岩; 8. 钙质绢云绿泥石英片岩; 9. 细碧玢岩; 10. 铁帽; 11. 块状含铜黄铁矿石; 12. 块状铜、铅、锌矿石; 13. 块状黄铁矿石; 14. 浸染状铜矿石; 15. 钻孔; 16. 推测断层

物组成上, 与白银厂相似, 只是闪锌矿、方铅矿明显增多, 重晶石含量明显增高。

白银矿田除上述三个矿床外, 还有铜厂沟、四个圈等铜多金属矿床, 也赋存于酸性凝灰岩中, 这五个矿床构成从铜→铜、锌→铜、铅、锌一个连续演化系列。

在北祁连西段祁连县境内产出的郭米寺矿田(包括郭米寺、下柳沟、湾阳河、下沟、尕大坂等矿床)在成矿环境、赋矿岩系和控矿因素等特征上与白银矿田基本类似, 但在成矿元素组合上以铜铅锌为主, 缺少铜锌组合。

分布在白银矿田和郭米寺矿田之间的门源县银灿矿床, 其含矿岩石、矿床特征等方面等与前二者相似, 其成矿时代亦可能属寒武纪。

2.2.2 石居里铜矿床

该矿床处于北祁连错沟-靖远弧后盆地内。区内出露地层主要为奥陶系阴沟群, 由枕状基性熔岩、块状基性熔岩、硅质岩、火山碎屑岩等组成, 与下部超镁铁岩、堆晶辉长岩、辉绿岩构成弧后扩张脊蛇绿岩套(夏林圻等, 2001)。其次为志留系砂岩、粉

砂岩及砂砾岩和泥盆系砾岩, 与奥陶系火山岩系为不整合接触, 局部为断层接触。

矿体多产于蛇绿岩套上部的基性火山岩-沉积岩系内, 形成于多旋回火山活动的间歇期, 赋矿围岩为基性熔岩和凝灰熔岩以及火山碎屑岩, 矿体多呈隐伏或半隐伏状, 产于枕状玄武岩上部的凝灰岩、沉积岩或喷气岩(碧玉岩)中, 具多层性。矿体规模大小不一, 矿体呈透镜状、不规则板状、柱状, 矿化体延深较大(图2)。成矿期后的构造作用对矿体形态以及矿体的展布均有不同程度的改造和影响。

矿石类型主要有块状矿石、角砾状矿石、网脉状矿石和浸染状矿石, 矿体顶板一般为碧玉岩, 矿体上部为块状矿石, 下部为细脉浸染状或网脉状、角砾状矿石, 显示出喷气-火山成因矿床双层结构特征。矿石矿物主要有黄铁矿、黄铜矿及少量闪锌矿等; 脉石矿物主要有石英、绿泥石、黝(绿帘石)帘石、方解石等, 偶见钠长石。铜矿石自然类型均属硫化物矿石类(氧化铜含量小于10%)。矿体两侧的围岩蚀变有绿泥石化、帘石化、硅化、碳酸盐化等。南部的九个泉矿床与石居里矿床特征相似, 矿体总

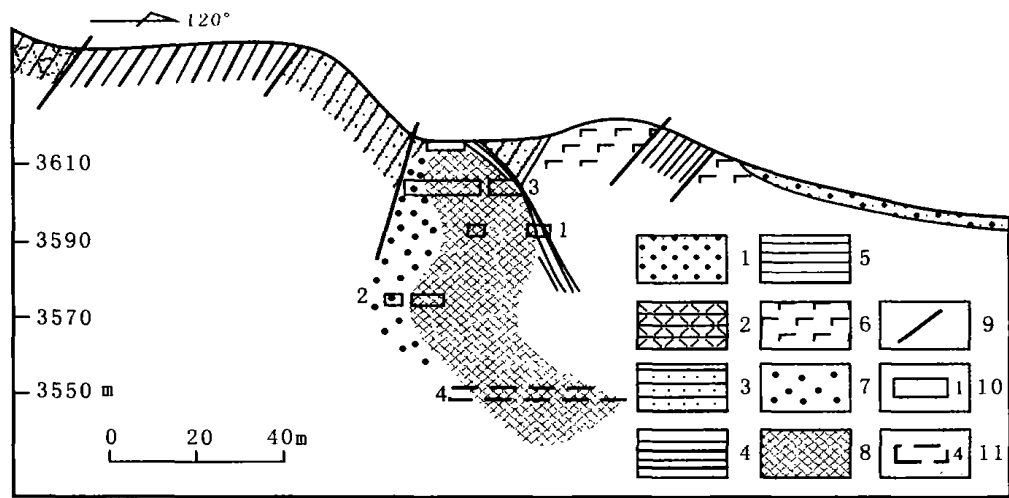


图2 石居里VI号沟铜矿横剖面图

Fig. 2 Geological section along No. VI Gully of the Shijuli copper deposit

(据夏林圻等, 2001)

1. 第四系坡积; 2. 凝灰质板岩; 3. 凝灰质砂岩; 4. 青灰色硅质岩; 5. 紫红色碧玉岩; 6. 细碧岩、玄武岩; 7. 网脉-浸染状铜矿; 8. 块状-角砾状铜矿; 9. 断层; 10. 探洞穿过位置及编号; 11. 探洞垂向投影位置及编号

体显示规模小, 产状变化大, 矿石品位富, 属塞浦路斯型铜矿床 (夏林圻等, 2001)。

矿石中金属元素含量组合特征为富Cu, 含一定量的Zn, 而贫Pb, 伴生Co、Ag, 而且各个矿床、矿点矿石的金属元素组合大体相近。在空间上, 矿区自南向北, 从Ⅷ号沟矿床→Ⅵ号矿床→Ⅴ号沟矿点, 其Zn的含量有增高的趋势。

石居里Ⅵ号沟和九个泉矿床玄武岩和铜矿石中黄铁矿、黄铜矿铅同位素组成相近, 表明容矿岩系与硫化物矿石具有共同的来源。硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于1.5‰~8.88‰ (郭介人等, 2001), 反映了硫源自于海水硫酸盐和火山岩。矿区近矿和远矿的碧玉岩及矿石中石英的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值变化于-0.1‰~-0.9‰, 推断其硅质与中基性火山岩有关 (杨合群等, 2002)。

2.2.3 镜铁山铁-铜型矿床

该矿床位于北祁连造山带西段柳沟峡-小柳沟前加里东期大陆裂谷带内 (Ⅲ₃), 属沉积变质型矿床。矿区出露长城系朱龙关群桦树沟组, 为遭低绿片岩相变质作用的含铁浅海相碎屑岩建造, 岩性以碳质、钙质千枚岩和石英岩、石英砂岩为主, 夹结晶灰岩、火山岩及铁、铜矿层 (图3), 总厚1 700 m以上。矿区地层构成一紧闭的倒转复式向斜构造。区

内断裂构造发育, 按走向大致可分为NW、NE和NEE向三组。岩浆侵入活动微弱, 仅见少量辉绿岩和石英闪长玢岩脉沿北西向走向断裂分布。铁矿体呈层状产出, 共圈定矿体7个, 长450~1 600 m, 厚14~150 m, 延深30~400 m。铁矿石主要由菱铁矿、镜铁矿、碧玉、重晶石和白云石等组成的条带状铁矿石。矿石中含少量的黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等, 黄铜矿局部富集, 可达工业品位。矿区铁矿石TFe平均为37.84%, SiO₂平均为19.28%, Al₂O₃平均为1.36%, CaO平均为0.799%, MgO平均为0.51%, 有害组分P平均为0.016%, S平均为1%。在矿层的顶部有较多重晶石层出现, 构成大型重晶石矿床。铜 (金) 矿体位于镜铁山铁矿桦树沟矿区西部, 产于铁矿带下盘碳质千枚岩、灰绿色千枚岩、碧玉岩中。围岩蚀变见有绢云母化、碳酸盐化、硅化等。目前已圈定铜矿体8个, 金矿体2个, 其产状与地层产状基本一致, 并与地层同步褶曲, 矿体形态呈透镜状、板状, 并具有尖灭再现和膨缩现象, 矿体长50~1 010 m, 厚2~7 m不等。矿石矿物主要为黄铜矿、辉铜矿、黄铁矿; 脉石矿物为石英、铁白云石、白云石、方解石、绢云母、重晶石、绿泥石等。据基本分析结果, 单样铜含量最高为29.40%, 最低为0.2%, 一般为0.2%~5.0%, 平均为2.14%, Au

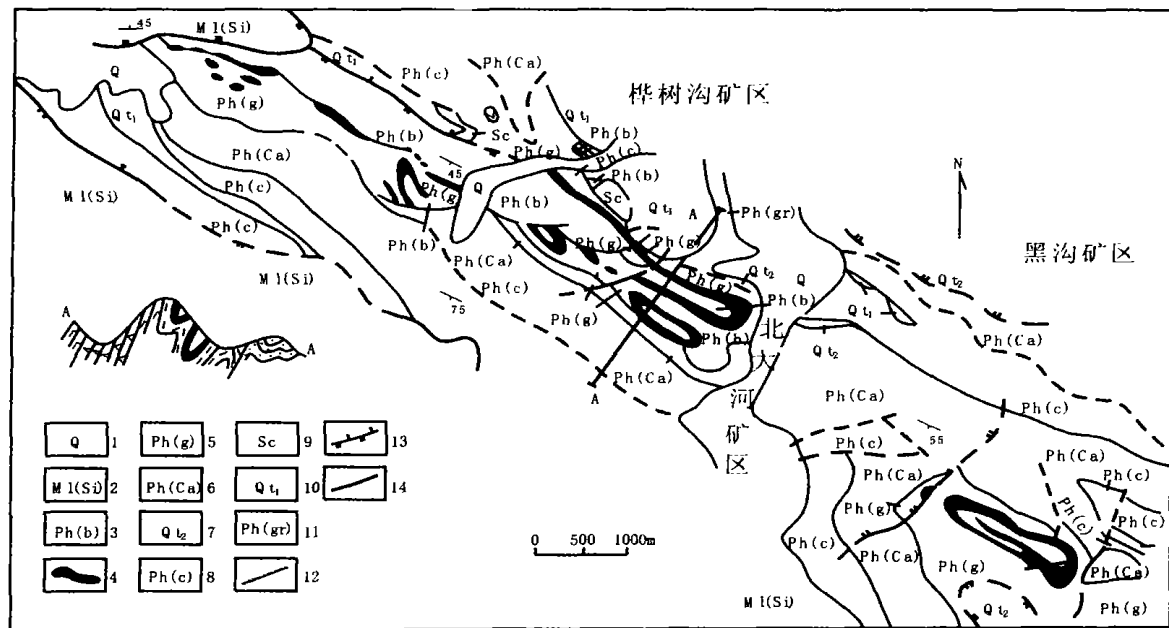


图3 镜铁山矿区地质略图

Fig. 3 Schematic geological map of the Jingtieshan iron ore area

(据郭介人等, 1999)

1. 第四系; 2. 白云岩及白云质大理岩; 3. 灰黑色千枚岩; 4. 碧玉-菱铁矿-镜铁矿; 5. 灰绿色千枚岩; 6. 钙质千枚岩; 7. 上部石英岩; 8. 碳质千枚岩; 9. 绢云母千枚岩; 10. 下部石英岩; 11. 杂色千枚岩; 12. 地质界线; 13. 逆断层; 14. 性质不明断层

为 $2 \times 10^{-6} \sim 3.32 \times 10^{-6}$ 。

矿床稀土元素分析显示铁建造可能是铜的矿源层。但二者稀土总量的显著差异, 反映出他们是不同地质作用的产物(夏林圻等, 2001)。铜矿石的铅同位素资料研究表明, 部分铅属于条带状铁建造中的继承铅, 部分为铜再富集过程中, 含矿围岩萃取围岩中放射成因铅。黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $+8.1\text{‰} \sim +31.7\text{‰}$, 黄铜矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $+14.0\text{‰} \sim +23.1\text{‰}$, 以富集重硫为特征; 重晶石 $\delta^{34}\text{S}$ 介于 $+30.2\text{‰} \sim +33.9\text{‰}$ 。硫主要是来自海水硫酸盐(郭介人等, 1999)。

2.2.4 小赛什腾山铜矿床

矿床地处柴达木北缘小赛什腾山西段南缘, 为小型含钼斑岩型铜矿床(李大新等, 2003)。区域北西向柴北缘大断裂(柴北缘深断裂)斜贯矿区, 断裂的西南侧为柴达木盆地, 东北侧为早古生代滩间山群火山岩系, 且受区域变质作用影响, 形成一套由绿泥石、绿帘石、阳起石、钠长石、石英、绢云母和方解石等组成的中低级绿片岩。矿区内主要由北西和北东两组方向较为明显的断裂裂隙构造组成(图4)。北西向区域性断裂是矿区的重要控岩和导矿

构造, 而花岗闪长斑岩与闪长杂岩体的北西向侵入接触带是最主要的容矿构造。

矿化与蚀变表现为正相关关系, 当绢英岩化叠加在黑云母化带上时, 矿化富集, 常形成达工业要求的铜矿体; 斑岩体下盘的强蚀变岩带中的矿(化)体比上盘的宽度大、连续性好。矿区地表及深部已圈出大小不等的 Cu (Mo) 矿体 30 余个, 大多赋存于花岗闪长斑岩脉外接触带强蚀变闪长岩体网状裂隙发育的碎裂带部位, 受黑云母-绢英岩化蚀变带的控制, 个别为含铜(钼)的石英脉。矿体多呈不规则脉状斜列式排布于浅部斑岩体外接触带 200 m 范围内, 其规模小、变化大、品位低, 一般长 20 ~ 50 m、厚 1 ~ 2 m, 最长 140 m, 厚 9.3 m, 具上宽下窄, 两端逐渐尖灭或分叉尖灭的特点。矿体以铜矿体为主, 钼矿体极少。

矿石矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、铜蓝和磁铁矿, 少量为辉钼矿、方铅矿、闪锌矿等, 主要呈他形一半自形粒状结构和交代结构。矿石构造类型以浸染状、微细脉状和团块状为主, 偶见角砾状构造。矿石以硫化矿为主, 氧化矿石或混

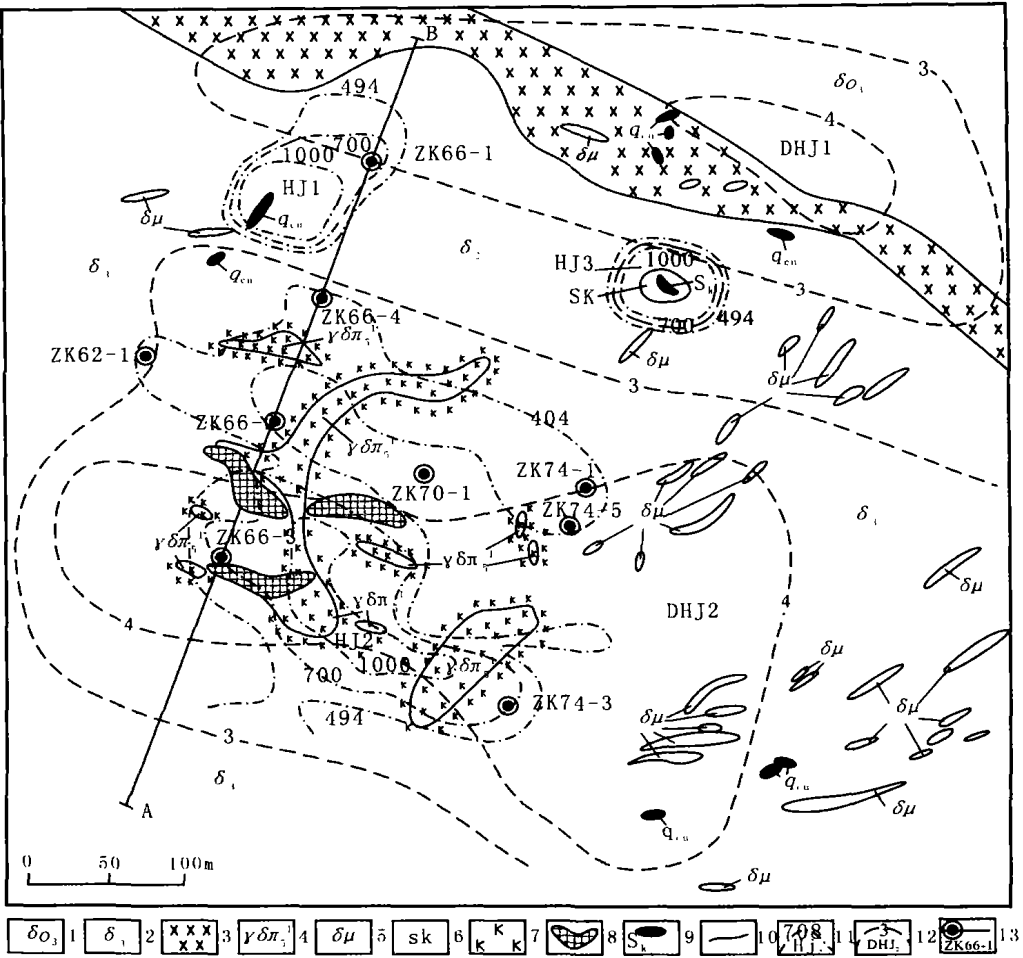


图4 小赛什腾山铜矿床地质、物化探综合图

Fig. 4 Simplified geological map of the Xiaosaishitengshan porphyry copper deposit
(李大新等, 2003)

1. 晚加里东期石英闪长岩; 2. 晚加里东期闪长杂岩内部相; 3. 闪长杂岩边缘相辉石岩; 4. 印支期花岗岩闪长斑岩;
5. 闪长玢岩脉; 6. 矽卡岩化带; 7. 钾硅酸盐化带; 8. 浸染状及细脉状铜矿体; 9. 矽卡岩型铁 (铜) 矿体; 10. 地
质界线; 11. 化探原生晕异常编号及铜等值线; 12. 激电异常编号; 13. 勘探线及钻孔编号

合矿石局部发育。矿石的Cu含量一般在0.3%~0.6%, Mo含量在0.001%~0.04%。伴生有益元素组分有Ag、Pb、Zn和Ga等, 但含量均不高。

本区花岗闪长斑岩体的Cu、Mo含量明显高于区内其他岩类, 区内钾化花岗闪长斑岩的平均铜和钼含量最高, 其次为蚀变闪长岩, 远离斑岩体接触带的蚀变石英正长闪长岩体和角闪岩含量则较低。空间上, Cu、Mo、Ag、Pb、Zn等元素围绕斑岩体具带状分布, 显现出Mo (Cu) 在内带, Cu (Ag) 在过渡带, Cu (Pb、Zn) 在外带的地球化学特征; 铜矿体主要出现在斑岩与闪长岩陡产状的侵入接触带

上, 表明印支期花岗闪长斑岩岩浆活动是本矿区Cu (Mo) 矿化物质来源的重要途径。

近来, 对发现的龙尾沟铜矿点进一步调查和研究证实也为一斑岩型铜金矿床 (徐善法等, 2004), 矿体产于花岗闪长斑岩和斜长花岗岩中, 从而为在本区找寻斑岩型铜矿床提供了新的线索。

2.2.5 拉水峡铜镍矿床

拉水峡岩浆铜-镍型矿床位于中南祁连造山带东段日月山-化隆陆块 (Ⅲ₂) 内。区内超基性、酸性侵入岩发育, 铜镍矿化赋存于侵入化隆岩群变质岩系的角闪石岩及其外接触带的片麻岩中, 岩脉和矿

化明显受背斜翼部及层间剥离构造的控制, 围岩蚀变较弱, 主要有碳酸盐化及叶蜡石化。矿区已查明两个工业矿体 (图 5)。I 矿体位于背斜北东翼, 产于角闪岩及片麻岩中, 走向北西, 倾向北东, 倾角 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$; 长 150.5 m, 宽 3.81~21.2 m, 最大延深 160 m, 呈不规则透镜状产出。矿体氧化带发育, 但垂直分带不明显。II 矿体全为氧化矿石, 赋存于石英角闪片岩中, 风化的含矿石英角闪片岩即为矿

体, 长 30 m, 宽 3.8~21 m, 延深 23 m, 呈一上宽下窄的楔状体, 走向北东, 倾向 $270^{\circ} \sim 305^{\circ}$; 倾角 $50^{\circ} \sim 65^{\circ}$; 西端被断层所截。I 矿体原生矿石品位 Ni 平均为 5.07%, 最高达 17.8%, Cu 平均为 0.46%, 最高为 4.16%, Co 平均为 0.094%, 最高为 0.2%; 氧化矿石 Ni 品位为 2.5%, 铜局部达工业品位。II 矿体 Ni 平均为 1.05%, 最高达 2.73%, Cu 为 0.16%~0.49%。伴生有益组分为铂族元素

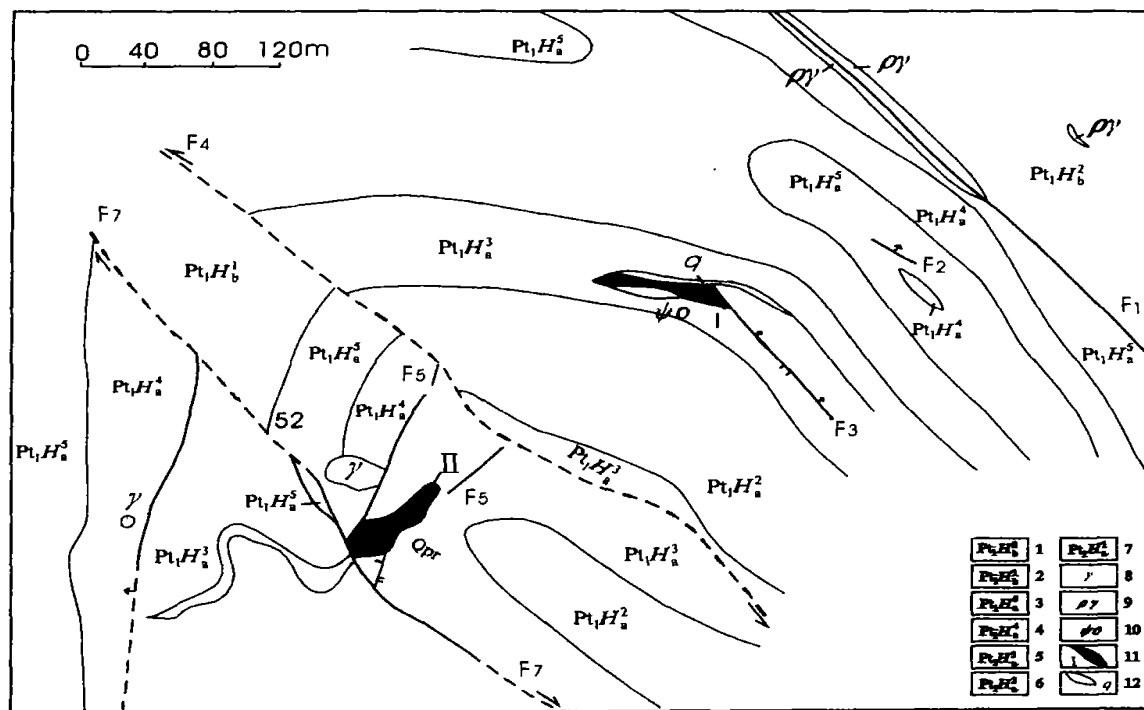


图 5 化隆拉水峡铜镍矿床地质图

Fig. 5 Schematic geological map of the Lashuixia copper-nickel deposit

(据青海区调综合地质大队, 1990)

- 古元古界化隆岩群中岩段 1. 眼球状片麻岩; 2. 花岗片麻岩、黑云石英片岩夹石英岩; 下岩段: 3. 石英岩夹黑云石英片岩; 4. 石英角闪片岩夹片麻岩及薄层石英岩; 5. 注入片麻岩、条带状片麻岩夹石英岩; 6. 石英岩夹片麻岩及石英角闪片岩; 7. 注入片麻岩夹石英岩透镜体; 8. 花岗岩; 9. 花岗伟晶岩; 10. 角闪石岩; 11. 矿体及编号; 12. 石英脉

及硒、碲等。其中, 铂族元素品位较高, 有较大综合利用价值。矿石硫同位素测定结果与陨硫的范围接近, 与岩浆铜镍硫化矿床的硫同位素一致, 表明硫来源于上地幔。

拉水峡铜镍矿床在矿化率、矿石特征等方面与产于阿拉善地块南缘的金川铜镍矿床有较大的相似性 (李文渊, 2004)。需要引起注意的是, 产于我国

西部的主要铜镍矿床金川、会理以及本带的拉水峡等都出现在东经 102° 南北一线, 因此, 认为这与我国中部的东经 $98^{\circ} \sim 104^{\circ}$ 存在的南北向构造带可能有极密切的关系^①。

2.3 钨 (多金属) 矿床

2.3.1 小柳沟钨钼多金属矿床

小柳沟矿区位于北祁连成矿带南缘的前加里东

① 青海省地质科学研究所, 青海省构造体系与铁、铜铅锌矿产分布规律图说明书, 1984。

期大陆裂谷带中。矿区经勘探评价现已圈定出祁宝、贵山、世纪、小柳沟等四个矿床（安涛等，2002）（图6），构成一大型钨钼多金属矿田。该矿区与其西部的塔儿沟大型钨矿床一起构成祁连地区的钨矿集区（杨钟堂等，2002）。

矿区出露地层为元古宇长城系朱龙关群桦树沟组碳酸盐岩-基性火山岩（大陆溢流玄武岩）-碎屑岩建造，可分为上下两个岩组。其中，上岩组为矿区主要含矿层位。矿区地表侵入岩不发育，仅见花岗岩、石英闪长岩脉和少量辉长岩脉。钻探已证实深部有

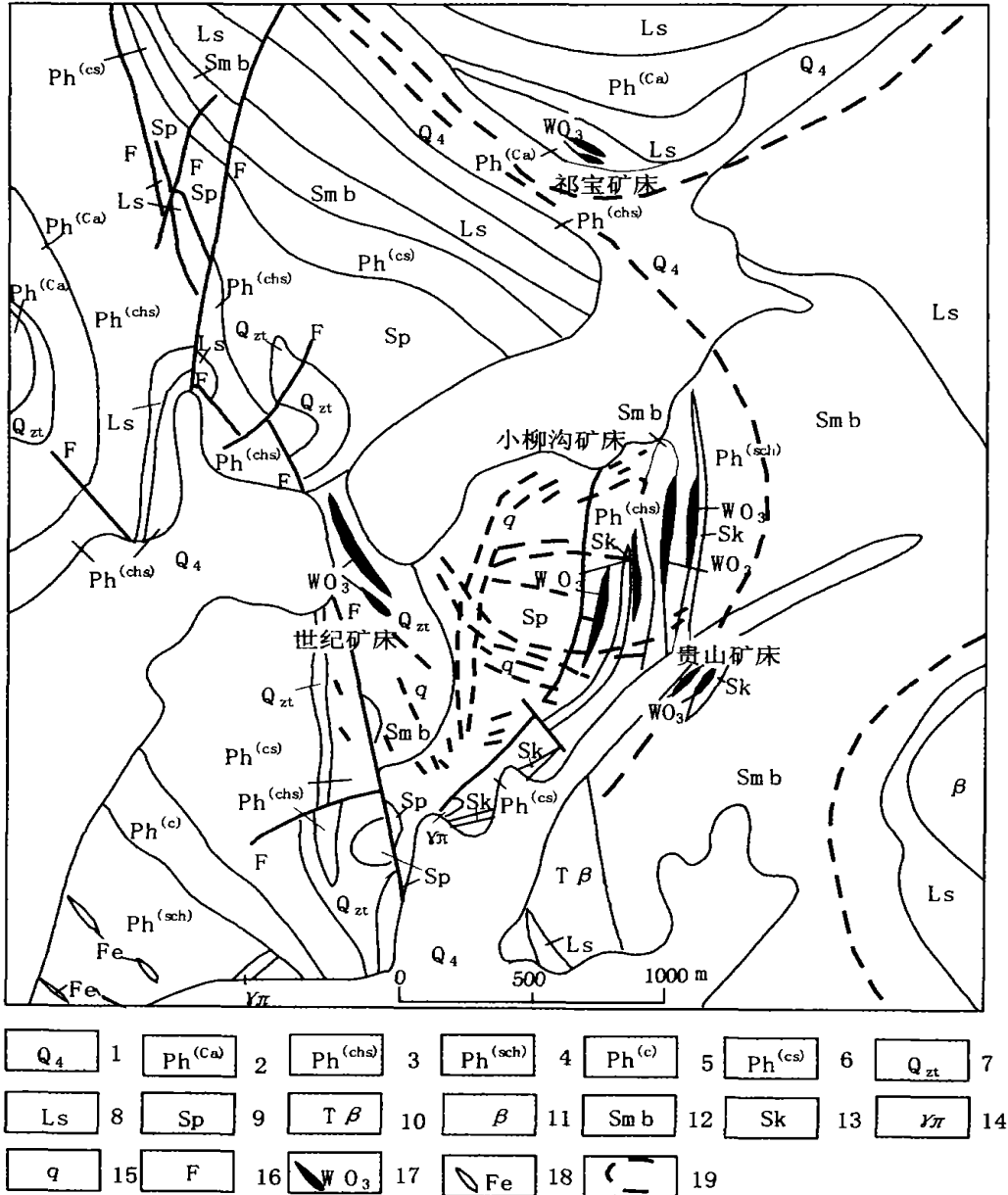


图6 小柳沟钨钼矿区地质略图

Fig. 6 Sketch map of the Xiaoliugou tungsten-molybdenum deposits
(据安涛等，2002)

- 1. 第四系; 2. 钙质千枚岩; 3. 绿泥绢云千枚岩; 4. 绢云绿泥千枚岩; 5. 炭质千枚岩; 6. 含炭绢云千枚岩;
- 7. 石英岩; 8. 灰岩; 9. 千枚状细砂岩; 10. 玄武质凝灰岩; 11. 玄武岩; 12. 角闪云母片岩; 13. 矽卡岩;
- 14. 花岗岩斑; 15. 石英脉; 16. 断层; 17. 钨矿体; 18. 铁矿体; 19. 穹窿构造

隐伏的花岗岩体存在, 岩石组合为二长花岗岩、花岗闪长岩等, 赋存厚大的钼矿体。花岗岩岩石地球化学特征具有同碰撞造山 S 型花岗岩或造山期后 A 型花岗岩成因性质。

矿化赋存于朱龙关群上岩组下岩性段和中岩性段, 且集中赋存于每一个由碎屑岩和火山岩及其底部的薄层状灰岩构成的韵律旋回层中的火山岩底部, 与矽卡岩化、绿泥石化、绿帘石化、硅化、碎裂岩化关系密切。钼矿体呈层状、似层状、透镜状, 赋存于以透辉石、钙铝榴石-钙铁榴石和符山石为主的钙质矽卡岩中, 在钼矿体中可圈出独立的铜矿体。目前共圈定钼矿体 26 个, 矿体最长可达 970 m, 最厚可达 20.96 m, WO_3 品位 0.37%~0.81%, 最高可达 10% (周廷贵等, 2001)。

钼矿体的围岩有地层和花岗岩两种。前者的岩性主要为云母角闪片岩、细砂岩及灰岩, 矿化类型为石英脉型, 石英脉长 20~150 m, 宽 0.10~0.5 m, 脉距 0.3~3 m, 石英脉走向有近东西向、北东向和北西向三组, 相互叠加, 形成南北宽 150~300 m, 东西长 1 500 m 的石英网脉密集区, 钼矿化呈星点状和团块状产出, 石英脉中有白钨矿化产出, 钼平均品位 0.131%, 最低品位 0.037%, 最高品位 0.523%, WO_3 品位 0.1%~1.5%^①。后者为隐伏岩体, 含矿岩石以二长花岗岩为主, 其次是似斑状二长花岗岩, 钼矿化较弱, 可划分为石英脉钼矿石和花岗岩钼矿石。据 ZK66-1 孔资料^[4], 岩体中钼矿体累计厚度达 240.8 m, 平均品位 0.078%, 最低品位 0.04%, 最高品位 0.483%。

围岩蚀变较发育, 总体蚀变呈面状分布, 与钼矿化关系密切的蚀变主要有矽卡岩化、硅化、绿泥石化、绿帘石化等, 蚀变发育在灰岩中常形成矽卡岩化灰岩或矽卡岩, 并形成富矿体; 发育在云母角闪片岩中则形成绿泥绿帘透闪石蚀变岩, 并出现细脉浸染状白钨矿化。与钼矿化有关的蚀变主要是绢云母化、硅化和云英岩化等。

岩体的外接触带为矽卡岩型钼铜矿体, 岩体的顶部和内部分别为石英脉型钼矿体和细脉浸染状钼矿体, 外围则为热液型铅锌矿化。在成矿元素组合上, 以深部成钼花岗岩为中心, 向上、向外成矿元素显示钼、钨、铜→钨、钼→钨、钼、铜→铅、锌

的分带趋势, 构成一完整的成矿系列。

矿石中黄铁矿钼同位素与区内朱龙关群基性火山岩组成基本一致, 具有深源岩浆性质, 黄铜矿则放射铅含量高, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 比值明显地高于黄铁矿, 表明在成矿过程中曾经历了陆源铅的混染。安涛等 (2002) 依据 Re 含量 ($0.8 \times 10^{-6} \sim 8.7 \times 10^{-6}$, 平均为 3.7×10^{-6}), 认为成矿物质来源介于壳源与壳幔混合源之间, 更偏向壳源一端 (安涛等, 2002)。

辉钼矿石的 Re-Os 同位素等时线年龄为 (462 ± 13) Ma (毛景文等, 1999), 反映成矿可能与北祁连加里东期洋壳板块俯冲阶段的构造岩浆-热液活动有关。本次研究获得祁宝矿区斜长花岗斑岩枝年龄为 (347.07 ± 6.1) Ma (全岩 K-Ar) 和二长花岗岩为 (305.7 ± 6.0) Ma (锆石 U-Pb), 为华力西期的岩浆岩, 反映了区内花岗岩对钼成矿富集具有多阶段、多期次的作用。

2.3.2 大黑山钼矿点

大黑山 (黑石山) 也是近年来新发现并经普查评价的钼矿点, 矿区位于前加里东期龚岔大坂-兴隆山陆块 (Ⅲ₁) 中段, 出露地层为古元古界托赖岩群, 主要为黑云石英片岩、黑云斜长片麻岩, 其次是透辉石大理岩、条带状混合岩等。加里东期花岗岩为一复式岩体, 呈岩基产生, 侵入于托赖岩群中。岩性为黑云母花岗岩、二长花岗岩等。白钨矿体产于花岗岩外接触带透辉石矽卡岩中。

矿区内已发现 6 条矿带。其中, II 号矿带是区内规模最大的矿带, II 号矿带分布于大黑山岩体北西向外接触带托赖岩群黑云石英片岩中。矿带长 1 000 m, 宽 12~78 m。矿带内已圈定 5 个矿体, 矿体呈透镜状、层状、脉状等形态产于透辉石矽卡岩中。最大的矿体长 950 m, 宽 2.1~15.4 m, 矿体厚度变化大。矿石类型为浸染状白钨矿矿石和石英脉型钼矿石。矿石矿物成分为透辉石、绿帘石、透闪石、石英、萤石、白钨矿、黄铁矿、黄铜矿等。 WO_3 品位 0.19%~0.52%, 平均 0.21%。围岩蚀变除矽卡岩化外, 后期的蚀变主要有萤石化、硅化、碳酸盐化等。其中, 硅化与钼矿化密切, 多形成白钨矿石英细脉, 交代早期形成的浸染状白钨矿透辉石-透闪石矽卡岩, 使钼矿石变富。

① 中国有色金属甘肃地质勘查局地质勘查院, 甘肃祁连地区小柳沟—后长川一带资源评价设计, 2005。

目前在成矿带内陆续发现小鄂博头、石油河脑、大峡、朱岔、后长川等一批有潜在成钨远景的区段,显示出区内良好的找钨前景。

2.4 铅锌矿床

大东沟铅锌矿床为一喷气沉积型铅锌矿床,矿床位于柳沟峡-小柳沟前加里东期大陆裂谷带(Ⅲ₃)内。矿区出露地层为古元古代北大河岩群及中元古代长城系。北大河岩群出露于矿区南北两侧,为一套中深变质岩系。长城系为一套浅海-泻湖相碳酸盐岩-碎屑岩沉积建造,根据岩性组合由南向北依次划分3个岩组,下岩组可分为3个岩性段。

矿区侵入岩为石英黑云母闪长岩和花岗闪长岩等加里东期中酸性岩类(U-Pb同位素年龄为 $(498.0 \pm 0.4) \text{ Ma}$),以花岗闪长岩为主,成因为地壳重熔型花岗岩类。铅锌矿床分布于岩体旁侧,反映出铅锌成矿与花岗岩的侵入及其相伴的热液活动有一定的内在联系。

铅锌矿体赋存于下岩组第二岩性段绿泥绢云千枚岩中,与围岩呈整合关系。矿化带长约4 000 m,宽10~60 m,与地层产状吻合。矿区15~40线间,为主要矿体赋存地段,29线以西及38线以东地表含矿性差,但有向下含矿性变好的趋势。矿化带已圈定矿体共20个,呈层状、透镜状,矿体沿走向倾向延伸稳定,在矿体富集地段,围岩硅化程度高。

矿石类型为原生硫化矿石,即含磁铁矿铅矿石及含磁铁矿铅锌矿石。矿石结构为半自形-他形粒状、交代结构,矿石构造为浸染状、细脉浸染状、条纹及条带状、块状等。矿石矿物主要有方铅矿、闪锌矿、磁铁矿,次为黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、白铅矿等;脉石矿物主要为方解石、石英、斜长石、绢云母、绿泥石等。金属矿物生成顺序:磁铁矿→黄铁矿→黄铜矿→方铅矿→闪锌矿。矿石Pb平均品位为0.68%~5.85%,Zn含量为0.11%~0.67%。

矿石方铅矿的铅同位素组成较单一,多投入在造山带铅同位素演化曲线附近,推断铅主要来源于地幔,同时有一定量加里东中期热液改造过程中造山带铅的混入; $\delta^{34}\text{S}$ 值为9.6‰~12.0‰,平均为10.8‰,而前寒武系沉积型矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+14‰,推断矿区的地层硫参与了成矿作用。研究表明该矿床矿石明显继承了长城系地层的稀土元素配分特点,但加里东中期花岗质岩浆的侵位,使得矿石的轻稀土元素含量和重稀土元素含量之间的分馏程度

比地层更高(王志良等,1999)。

2.5 金矿床

2.5.1 寒山金矿床

矿区出露地层为早奥陶世阴沟群,是一套岛弧环境下形成的火山沉积岩系,赋矿岩石有安山-英安质凝灰岩、安山岩、枕状熔岩、砂(板)岩等,但工业矿体均产于片理化凝灰岩中。矿区南部有闪长岩($(370 \pm 25) \text{ Ma} \sim (347.1 \pm 6.4) \text{ Ma}$,锆石U-Pb)侵入于奥陶系地层。矿区断裂构造发育,以北西西向脆韧性剪切带及其次级的近东西向构造为主,矿体群发育于一条长逾10 km,宽200~600 m的脆韧性剪切带中。

目前矿区已圈出矿化蚀变带65条,矿体31个。矿化蚀变带规模较大,地表表现为土黄-灰白色黄钾铁矾化或棕褐色铁染碳酸盐化、褐铁矿化强片理化带,矿体产于其中,其中强硅化蚀变岩及充填于其中的石英硫化物脉金多达到工业品位。矿石矿物主要有银金矿、自然金、辉银矿、黄铁矿、毒砂,其次为黝铜矿、方铅矿、闪锌矿和黄铜矿等。脉石矿物主要有石英、绢云母、铁白云石和重晶石等,金平均品位为 5×10^{-6} ,在不同方向裂隙复合部位,矿体规模大且金的品位也较高。

矿石有浸染状、细网脉状、块状、粉末状和蜂窝状。其成矿可分为3个阶段:第一阶段矿化以大规模微晶石英绢云母化为特征,含有少量的硫化物;第二阶段为中细粒富硫化物绢云母,硫化物含量高,种类较多;第三阶段为粗晶石英碳酸盐岩。与成矿关系密切的围岩蚀变为硅化、黄铁矿化、绢云母化、臭葱石化和碳酸盐化。

矿石稳定同位素及稀土元素研究表明,成矿物质来源于容矿火山岩,成矿流体为低温、低盐度和低密度溶液,成矿流体为以大气降水为主,有岩浆流体参与的混合热液。区内具多次侵入特征的岩浆活动提供了成矿的热源,而韧-脆性剪切带则是其容矿空间。成矿作用受碰撞造山期(和期后)断裂系统控制,特别是叠加于韧性剪切带之上的脆性剪切裂隙(强片理化带)控制。该矿床为构造破碎蚀变岩型,成矿时代为 $(395 \pm 46) \text{ Ma} \sim (303 \pm 10) \text{ Ma}$ 。另据有关单位对矿体所测的年龄值($213.95 \sim 224.44 \text{ Ma}$)分析(殷先明等,2000),该金矿可能经历了多次成矿富集作用。

2.5.2 滩间山金矿床

滩间山金矿床地处赛什腾山-锡铁山岛弧带内,区内出露地层主要为中元古界万洞沟群,属一套遭受区域变质及动力变质作用的碳泥质碎屑和富镁碳酸盐岩建造。矿区构造活动强烈,断裂、褶皱发育。发育于万洞沟群的 NW 向大型剪切带内的次级 NNE-SN 向褶皱轴部及翼部的断裂-裂隙带为区内的控矿构造。矿区的岩浆岩主要为侵入岩,以酸性为主,中性次之。岩石类型有斜长花岗斑岩、花岗斑岩、花岗细晶岩、斜长细晶岩、闪长玢岩、闪长细晶岩、云煌岩。据地科院矿产资源研究所和青海地勘局^①的研究表明,中-酸性岩体形成于(同)碰撞造山环境,成岩时代主要为华力西中期(294~330

Ma),而金矿石的年龄为(268.94 ± 4.31) Ma (K-Ar)以及金矿体细晶岩脉中云煌岩的年龄为 288.9 Ma (K-Ar),表明成矿时代晚于成岩时代。

矿体均赋存于万洞沟群碳质千枚岩片岩段内,严格受 NNE 方向和 NW 向片理化带中的断裂构造破碎带(脆性破裂)及层间走滑断裂的控制,主要工业矿体均产于褶皱轴部及翼部的 NNE 向的断裂-裂隙带中,少数矿体呈 NW 向展布。矿体多呈脉状、分枝脉状、透镜状成群产出,沿走向和倾向有分枝复合、尖灭再现的现象,与蚀变围岩呈渐变过渡关系。主矿体倾向 SE, 倾角较陡,矿体长 20~430 m, 宽度变化较大,控制最大斜深 100 m (图 7)。

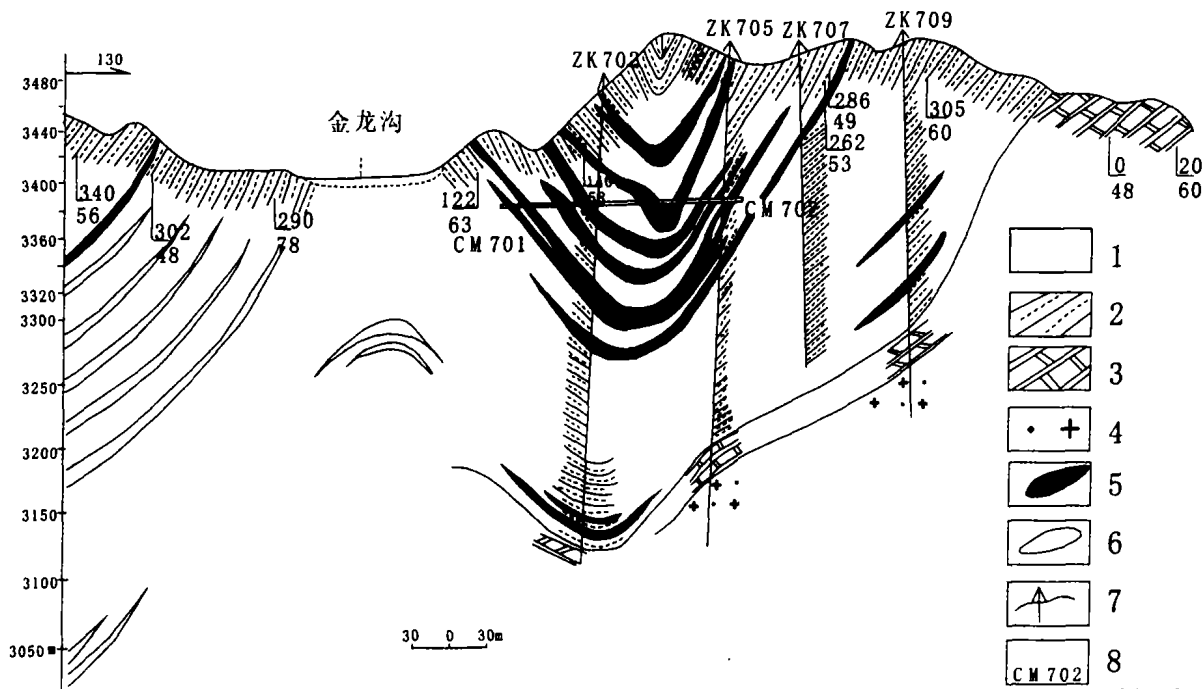


图7 滩间山矿区金龙沟C-D剖面图

Fig. 7 Geological section along C-D exploration line of the Tanjianshan gold ore area

(引自张德全等, 2000)

1. 第四系; 2. 碳质绢云千枚岩、碳质绢云斑点状千枚岩; 3. 白云石大理岩; 4. 花岗斑岩; 5. 金矿体;
6. 推测金矿体; 7. 钻孔及编号; 8. 穿脉及编号

3 找矿方向

在现有大量地、矿、物、化、遥等资料的综合整理和研究基础上, 根据成矿预测区划分原则, 以

建立的找矿模型为基础, 对研究区的地质、地球物理、地球化学异常进行综合分析, 并结合野外调研和室内的再研究, 共圈定 69 处成矿远景区。其中 A 类 5 处, B 类 23 处, C 类 41 处。在此基础上, 结合最新的地质找矿成果, 优选出铜、金、铅、锌、钨

① 张德全等, 柴达木盆地北缘成矿地质环境及多金属矿产预测研究报告(内部), 2000。

远景区16处,作为今后矿产资源评价首选地区。

(1) 郭米寺-尕大坂铜多金属远景区:该区与白银矿田具有极为相似的成矿背景和成矿特征。铜多金属矿化带呈南北两条分布于大陆裂谷环境的中寒武统黑茨沟群中酸性火山岩和中基性火山岩的接触部位的矿化蚀变带内,矿化蚀变带受断裂控制。该成矿远景区位于面积为 $2\,293.52\text{ km}^2$ 的地球化学块体内。区内铜、铅、锌、银化探异常面积大,强度高,有明显的浓集中心;清水沟—白柳沟地段圈出9个水系沉积物组合异常,异常宽度达 $3\sim 6\text{ km}$;1:2.5万化探扫面在大柳沟—绵沙湾一带圈出Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、Hg等8种元素的组合异常;地气测量和汞气测量圈出尕大坂-红桥、湾阳河-下沟和郭米寺-倒石道等三个异常带,各异常与已发现的矿床(体)吻合。东部近年物探工作圈出尕大坂激电异常和赖都滩激电异常,均见到工业矿体、延深较大且稳定。通过该区的进一步普查评价,矿产储量有望继续扩大,可达大型规模。

(2) 浪力克-红腰仙铜铅锌金远景区:浪力克-红腰仙铜铅锌金远景区处于昌马-冷龙岭-永登岛弧带的中部。该区已发现浪力克、银灿等矿床和俄博沟、红腰仙等矿(化)点,构成长 30 km 左右的矿带。区内铜、铅、锌、金化探异常发育但该区工作程度较低,以往虽然对矿床和矿(化)点进行了检查评价和物探电法的地表工程检查,但缺乏对深部矿化蚀变的了解。如浪力克铜矿床,经对电法异常高峰值区地质验证后,证实矿体下延部分有逐渐加厚变富趋势,并在青盘岩化蚀变强烈地段出现一些盲矿体,说明深部找矿仍有一定潜力。浪力克矿床大多数人认为属块状硫化物矿床,但从矿体主要产于闪长玢岩中、矿石主要为细脉浸染状黄铜矿黄铁矿矿石,以及钼在局部地段富集可构成工业矿体等特点来看,该矿床有可能属斑岩型;银灿矿床在矿床产出特征上与白银、郭米寺矿田的一些矿床相似,受酸性火山岩的控制,存在规模扩大的可能。

(3) 青海绿梁山-双口山金铜铅锌远景区:该区位于赛什腾山-锡铁山岛弧带内,滩间山群火山岩厚度大,延伸稳定,其内常见铁锰硅质岩层、铁碧玉岩,已发现顺层产出的铜矿化多处(以绿梁山铜矿点规模大)和1处Pb(Zn、Ag)矿床;在区域地球化学块体图上,显示面积为 835 km^2 的区域异常,且4个带分级明显,存在较大的成矿物质供应量。主攻

矿床类型为海相火山岩铜多金属矿床和构造蚀变岩型金矿床。

(4) 榆树沟山金铜远景区:位于北祁连弧后盆地区,区内地层为下奥陶统阴沟群上亚群变沉积岩夹火山岩系以及下亚群的细碧角斑岩系,其中细碧角斑岩系岩石蚀变普遍,蚀变带长 $7\,000\text{ m}$,宽 $100\sim 700\text{ m}$,带内圈定出分散流6处,原生晕17处;区内铜、金、镍、铬、钴、银等元素异常发育,其中铜、金异常规模大,强度高,有明显的浓集中心。在蚀变带南侧有石英方解石脉型铜矿化,地表铜矿化较普遍,为星点状或细脉状黄铜矿、黄铁矿和镜铁矿,次生矿物为孔雀石、铜蓝和褐铁矿。预测区东北部有加里东晚期灰白色斜长花岗岩侵入。该区具有类似石居里式铜矿床的成矿背景和条件,值得进一步工作。主攻矿种为Au、Cu,矿床类型为海相火山岩型、构造蚀变岩型和热液型。

(5) 苏干湖铜钨矿远景区:区内地层为古元古代达肯大坂岩群变质岩系。区内钨异常呈近东西向展布,面积大,分带明显,部分地段有铜异常的出现。钨、钼、铜等地化异常套和较好,苏干湖以北的多罗尔什山南部一带六五沟及六五沟东侧分布有两个钨异常,钨异常面积分别为 128.4 km^2 和 44.8 km^2 。龙尾沟矿区的北部和西部,分布两处铜和三处钨的1:20万化探异常,最大面积分别为 197.6 km^2 (铜异常)和 137.9 km^2 (钨异常)。异常分布在前寒武系达肯大坂岩群和华力西期二长花岗岩出露区。在龙尾沟已发现斑岩型铜(钨)矿点,矿化与花岗闪长斑岩有关,深部见矿情况良好。在龙尾沟北出现 WO_3 含量为1.5%高值点。该区评价以Cu、W为主,兼顾Au;矿床类型为斑岩型和石英脉型及矽卡岩型。

(6) 拉水峡铜镍远景区:该区成矿条件与金川相似。区内基岩出露新太古界—古元古界化隆岩群中深变质岩系,前加里东期基性-超基性岩较发育,是铜镍成矿的矿源岩。已发现拉水峡小型铜镍矿,官庄沟、冶什春及沙家等铜镍矿点。赋矿岩体有橄榄岩、辉石岩、角闪岩和辉长岩等,岩体的产出受断裂的制约。针对该区基底岩层出露极差,被白垩系—第三系红色碎屑岩所覆盖的特点,前期应开展大比例尺面积性物探工作,圈定异常体,为后期工程验证提供依据。

(7) 小柳沟钨钼多金属远景区:区内分布有大

型小柳沟钨钼矿床, 世纪铜钨矿床以及祁宝、贵山铜钨矿床等。特别是朱龙关群火山岩建造中钨元素含量较高, 为该区钨矿成矿提供了物质基础, 多期的构造活动和岩浆侵入为成矿物质的活化迁移富集提供了条件, 钨矿床位于面积为 $2\,847.8\text{ km}^2$ 钨地球化学块体东部一子块体中。钨钼化探异常强度高, 分带明显, 钨矿床均位于其中。近年来在钨矿体的下部发现隐伏的含钼花岗岩体, 钼矿体厚度大, 由于工程揭露不够, 隐伏岩体的规模、形态及其含矿性有待进一步查明。从已有资料分析, 该区不仅为一大型钨矿产地, 同时钼也具有大型以上的找矿前景。

(8) 肃北县塔儿沟钨铅银远景区: 区内出露地层为北大河岩群, 并有大面积加里东期花岗岩体侵入, 形成清晰的内外接触带, $1:20$ 万水系扫面铜、钨异常规模大、强度高, 钨异常围绕岩体分布, 钨重砂异常发育, 并相互套合, 钨铜矿(化)体位于异常区内, 找矿潜力大。塔儿沟钨矿床矿石矿物为黑钨矿和白钨矿, 矿石类型主要为矽卡岩型白钨矿和石英脉型钨矿两种。近期在塔儿沟钨矿床西部的野牛滩花岗闪长岩体南部外接触带发现塔儿沟西钨矿点共有13层矿化, WO_3 品位 $0.12\%\sim 0.93\%$, 矿体呈似层状顺层赋存于北大河岩群矽卡岩化大理岩及云母角闪片岩、绢云石英片岩中。在塔儿沟矿区的东南部有石洞沟银铅矿床产出, 近期找矿也有所进展, 银可达大型规模, 与塔儿沟矿床属同一成矿系列。

(9) 宝库-大黑山钨矿远景区: 地层为元古宇托赖岩群变质岩系, 加里东期中酸性岩浆岩侵入其中。已发现大黑山钨矿点, 圈出白钨矿体7条, 其中II-1号矿体长 370 m , 水平厚度为 $2.1\sim 8\text{ m}$, WO_3 平均品位 0.258% , 最高品位为 0.49% ; II-2矿体长近 $1\,000\text{ m}$, 宽 $2\sim 20\text{ m}$, WO_3 平均品位为 0.24% , 最高品位为 0.42% 。该矿点与塔儿沟钨矿床相似。远景区位于面积为 $1\,696.5\text{ km}^2$ 地球化学块体中, 块体金属钨资源潜力达 34.27 万t 。 $1:20$ 万圈出的大黑山化探异常以W、Mo、Be为主, 伴有U、Bi、Sn、Ag、Au、Cu等。以 2.5×10^{-6} 为异常下限圈出W异常面积约 328 km^2 , 峰值可达 125×10^{-6} , 具有明显的外、中、内浓度分带, 内带面积达 40 km^2 , Mo、Be浓度分带明显, 三者套合较好, 是区内最具找钨前景的异常之一。

(10) 西插山钨铜多金属远景区: 区内出露地层

为志留系浅海相碎屑岩沉积, 预测区的北部为加里东晚期金佛寺岩体, 在岩体与地层内外接触带已发现11处铜、钨、钨钼、铅锌矿点。还见有黑钨矿重砂异常、铅矿物重砂异常。该区位于面积为 $1\,174.3\text{ km}^2$ 地球化学块体中, 金属钨资源潜力为 13.80 万t 。 $1:20$ 万水系沉积物钨铜异常发育, 经 $1:5$ 万水系沉积物测量, 分解出多个钨铜异常。该区成矿条件有利, 各类矿点较多, 但因工作程度低, 至今尚未发现成型的矿床。

(11) 花石峡-朱岔-下古城钨钼远景区: 该区位于北祁连造山带南部的由下奥陶统阴沟群变质基性、中基性火山岩系所围限的菱形前寒武系地块内。预测区内出现朱岔、扎隆沟、先密科3处白钨矿重砂异常。圈定出 $1:20$ 万地球化学钨、钼、锡和铜异常多处, 其中W、Mo元素异常套合程度高, 具浓集中心。区内已发现花石峡钼钨矿点和朱岔钨矿点。调查表明先密科白钨矿重砂异常为矿致异常, 先密科岩体主要为加里东中期(454.8 Ma)侵入的花岗闪长岩和石英闪长岩, 其Cu、W、Mo、Pb、Zn、Bi等成矿元素含量均超过祁连地区花岗岩类的平均含量, 其中铜和钨约为平均值的 $8\sim 10$ 倍。

(12) 寒山-照壁山金铜远景区: 位于北祁连岛弧带西段北西边缘, 阿尔金走滑断裂南东侧。已发现中小型金矿和矿点多处, 是我国西部一个金矿资源丰富集区之一, 汤中立等(2002)曾预测该地区金资源量可达 100 t 以上。含矿地层为奥陶系阴沟群蚀变岩。寒山金矿床产于长 10 km , 宽 $200\sim 600\text{ m}$ 的北西西向脆韧性剪切带中。从中心往外依次为硅化—黄铁绢英岩化—绢英岩化—铁染带(红带)—高岭土化、碳酸盐化。评价区位于面积为 $3\,019.61\text{ km}^2$ 的地球化学块体内, 区内发育两处金重砂异常, 寒山、车路沟等金矿床(点)位于该异常内。区内化探元素组合复杂, 铜、金异常面积大, 存在多处浓集中心。遥感解译资料显示, 照壁山一带存在一个隐伏环形构造, 可能是一处隐伏的次火山岩体, 对寻找火山岩型及斑岩型铜矿有指导意义。

(13) 赛什腾山中西段金铜远景区: 万洞沟群和滩间山群是主要的赋矿地层。区内经历了多次构造运动, 北西—北西西向韧—脆性断裂极其发育。发育铜地球化学块体(面积为 $1\,072.9\text{ km}^2$, 铜资源潜力为 186.88 万t)和两处金的区域化探异常。 $1:20$ 万水系沉积物Au、Cu、Pb、Zn异常沿北西向断裂

密集分布。其中,金异常规模大,强度高,分带清晰,已知的金矿床就是在金异常查证中发现的,因此该区具有形成大型金矿的远景。滩间山群火山岩及花岗岩中,常见含Cu 石英脉及沿层展布的孔雀石矿化;紫石沟、中间沟两处激电异常中,存在两个多金属硫化物矿化带,单个矿化带沿地层展布,长达2 300~3 000 m。

(14) 党河南山金铜远景区:早古生代裂谷作用形成一套活动型海相火山-沉积建造,加里东晚期造山作用以及伴随强烈的岩浆作用为金、铜多金属等成矿元素的富集、迁移和控矿构造的发生、发展提供了条件,该带砂金矿发育,素有“七十二道金沟”之称,找矿前景好。该评价区金、铜地球化学块体发育,面积分别为9 813.13 km²和2 174.9 km²,地球化学块体预测有68.10 t 金和405.42 万t 铜的资源潜力。区内有大量的金铜多金属地球化学异常,具有强度高、梯度大、分带性明显,是火山岩型铜矿和构造蚀变岩型金矿的重要成矿带,已发现黑刺沟、贾公台、白石头沟、钓鱼沟等一批金、铜矿床(点)。

(15) 肃北县大东沟-吊大坂铅锌远景区:该区出露地层为长城纪桦树沟组,为一套浅海相碳酸盐岩-碎屑岩沉积组合。区内已发现大东沟中型铅锌矿床和吊大坂小型铅锌矿床,矿床受层位控制明显。大东沟矿床按其成矿条件和主要控矿因素分析,在已知含矿带的深部(推深300 m 以下)及矿区的其他地段仍有扩大矿床远景的可能性,该矿床位于大东沟铅族重砂异常范围内,1:5万化探异常显示,在矿区的西北出现新的浓集中心,强度和规模与已知矿床相当,其外围也有扩大远景的可能性。在吊大坂铅锌矿东约1 km 已发现Pb 含量达0.76%的锰矿体,很可能为其东延部分,其周围铅异常具明显的浓集中心,与吊大坂铅锌矿床相套合。

(16) 青海蓄积山铅锌银远景区:地层为上石炭统中吾农山群碳酸盐岩夹千枚岩,为喷气-沉积型铅锌矿床的容矿岩系,下、中、上岩性段均发现有层状、似层状铅、银矿体或矿化,以蓄积山铅矿床为代表。铅锌化探异常发育,并与该套地层扣合。两处铅重砂异常。银异常两处,具明显的浓集中心。

4 结论

综上所述,祁连成矿带铜矿产仍以海相火山岩型为主攻矿床类型,北祁连的郭米寺、银灿为首选目标区,同时区内存在形成斑岩型铜矿的地质前提,是值得重视的矿床类型;钨多金属矿产与中酸性岩浆侵入活动有关,以接触交代型为主,具有良好的找矿前景,北祁连南缘断裂带的两侧是成矿的有利地区;金矿产以构造蚀变岩型为主,其主攻地区为寒山-照壁山、党河南山和柴北缘;铅锌矿产以喷气沉积型为主,工作重点应放在柴北缘、北祁连西段。

参考文献:

- 宋叔和. 祁连山一带黄铁矿型铜矿的特征与成矿规律[J]. 地质学报, 1955, 35 (1): 1-21.
- 李春昱, 刘仰文, 朱宝清, 等. 秦岭及祁连构造发展史[A]. 国际交流地质学术论文集, 《区域构造, 地质力学》[C]. 北京: 地质出版社, 1978: 174-187.
- 肖序常, 陈国铭, 朱志直. 祁连山古蛇绿岩带的地质构造意义[J]. 地质学报, 1978, 52 (4): 281-295.
- 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 祁连秦崆山系海相火山岩[M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 1991.
- 郭介人, 任秉琛, 黄玉春, 等. 西北海相火山岩地区块状硫化物矿床[M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 1994.
- 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学[M]. 北京: 中国大地出版社, 2001.
- 张德全, 丰成友, 李大新, 等. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床[J]. 矿床地质, 2001, 20 (2): 137-146.
- 汤中立, 白云来, 徐章华, 等. 华北古陆西南缘(龙首山-祁连山)成矿系统及成矿构造动力学[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- 陈毓川主编, 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- 许志琴, 杨经绥, 吴才来, 等. 柴达木北缘超高压变质带折返的时限及机制[J]. 地质学报, 2003, 77 (2): 163-176.
- 肖朝阳, 邹湘华, 贾群子, 等. 祁连成矿带矿产资源现状及思考[J]. 西北地质, 2003, 36 (3): 38-49.
- 杨钟堂, 肖思云, 肖朝阳, 等. 祁连成矿带钨矿成矿特征及其区域找矿标志[J]. 中国地质, 2004, 31 (3): 301-307.
- 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[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 1982, 第3号: 1-33.
- 郭介人, 于浦生, 任秉琛. 北祁连石居里Cu (Zn) -S 矿床地质特征及综合成矿模式[J]. 矿床地质, 2001, 20 (4): 339-346.

- 杨合群, 宋忠宝, 王兴安, 等. 北祁连中西段塞浦路斯型铜矿特征、成矿作用及找矿标志 [J]. 西北地质, 2002, 35 (4): 65-85.
- 郭介人, 于浦生, 贾群子, 等. 海相火山沉积区铁-铜-硫成矿系统及铁-铜型矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- 李大新, 张德全, 崔艳合, 等. 小赛什腾山斑岩铜 (钼) 矿床根部带的特征 [J]. 地球学报, 2003, 24 (3): 211-218.
- 徐善法, 张汉成, 陈建平, 等. 青海龙尾沟铜金矿床地质特征、矿床成因及成矿远景分析 [J]. 地质与勘探, 2004, 40 (2): 12-17.
- 李文渊. 祁连山岩浆作用有关硫化金属矿床成矿与找矿 (博士论文) [D]. 2004.
- 安涛, 周继强. 甘肃小柳沟钨多金属矿地质特征及成矿模式 [J]. 甘肃地质学报, 2002, 11 (2): 54-66.
- 杨钟堂, 贾群子, 肖朝阳, 等. 塔儿沟-小柳沟钨矿集区成矿条件及区域找钨 [J]. 矿床地质, 2002, 21 (增刊): 515-518.
- 周廷贵, 周继强, 刘芳. 小柳沟铜钨矿区矿化特征及找矿方向 [J]. 地质找矿论丛, 2001, 16 (4): 252-256.
- 毛景文, 杨健民, 张招崇, 等. 北祁连山小柳沟钨钼矿床 Re-Os 同位素测年及其意义 [J]. 地质论评, 1999, 45 (4): 412-417.
- 王志良, 毛景文, 杨建民, 等. 浅论甘肃大东沟沉积-改造型铅锌矿床. 地球学报, 1999, 20 (增刊): 308-311.
- 殷先明主编, 甘肃岩金矿床地质 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2000.

References:

- An Tao, Zhou Jiqiang. W-multimetal ore deposit Geological character of ore deposit Ore genesis Metallogenic model [J]. Acta Geologica Gansu, 2002, 11 (2): 54-66 (in Chinese with English abstract).
- Li Chunyun, Liu Yangwen, Zhu Baoqing, et al. Tectonic history of Qinling-Qilian mountains [A]. Contribution of international communication to the geology [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1978: 174-187 (in Chinese).
- Li Daxing, Zhang Dequan, Cui Yanhe, et al. The root part of the Xiaosaishitengshan porphyry Cu (Mo) deposit [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2003, 24 (3): 211-218 (in Chinese with English abstract).
- Li Wenyuan. Metallogenic process and exploration of magmatic-association metallic sulfide deposits of Qilian mountains (Thesis of the Degree of the Doctor of Philosophy) [D]. 2004.
- Mao Jingwen, Zhang Zhaocong, Wang Zhiliang, et al. Re-Os age dating of molybdenites in the Xiaoliugou tungsten deposit in the Northern Qilian mountains and its significance [J]. Geological Review, 1999, 45 (4): 412-417 (in Chinese with English abstract).
- Song Shuhe. The characteristics and metallogenic regularity of pyritic copper deposits in Qilian mountains [J]. Acta Geologica Sinica, 1955, 35 (1): 1-21 (in Chinese).
- Song Shuhe. A study of pyritic copper and polymetallic mineral deposits (Cu, Pb, Zn): the correlation and research tendency of some of the worldwide mineral belts and ore deposits types [J]. Bulletin of the Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, 1982, (3): 1-33 (in Chinese with English abstract).
- Tang Zhongli, Bai Yunlai, Xu Zhanghua, et al. Metallogenic systems and metalotectonic dynamics in the Southwest margin (The Longshoushan mountains and the Qilian-shan mountains) of North China paleocontinent [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zhiliang, Mao Jingwen, Yang Jianmin, et al. Discussion on Dadonggou Sedimentary-Reformation Pb-Zn Deposit in Gansu [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1999, 20 (Suppl.): 308-211.
- Wu Jieren, Ren Bingchen, Huang Yuchun, et al. Massive sulfide deposits in marine volcanic rocks in Northwest China [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1994 (in Chinese with English abstract).
- Wu Jieren, Yu Pusheng, Jia Qunzi. Iron-copper-sulfur metallogenic series and iron-copper type deposit in marine volcanic-sedimentary formation area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999 (in Chinese).
- Wu Jieren, Yu Pusheng, Ren Bingchen. North Qilian mountains Early Paleozoic ophiolite type Cu (Zn) -S deposit comprehensive metallogenic model of the Shijuli ore-field [J]. Mineral Deposits, 2001, 20 (4): 339-346 (in Chinese with English abstract).
- Xia Linqi, Xia Zhucun, Ren Youxiang, et al. Marine volcanic rocks from Qinling&Qilian Mts. [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991 (in Chinese with English abstract).
- Xia Linqi, Xia Zhucun, Ren Youxiang, et al. Tectono-volcano-magmatic ore-forming dynamics in North Qilian mountains [M]. Beijing: China Land Press, 2001 (in Chinese).
- Xiao Chaoyang, Zou Xianghua, Jia Qunzi, et al. Present situation of the mineral resources in Qilian metallogenic

- belt and thinking [J]. *Northwestern Geology*, 2003, 36 (3): 38~49 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Xuchang, Chen Gouming, Zhu Zhizhi. Geological tectonic significance of paleo-ophiolite belts in Qilian mountains [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1978, 52 (4): 281-295 (in Chinese with English abstract).
- Xu Shanfa, Zhang Hancheng, Chen Jianping, et al. Geologic characteristic, genesis and perspective analysis of Longweigou porphyry copper and gold deposit, Qinghai Province [J]. *Geology and Prospecting*, 2004, 40 (2): 12-17 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Yang Jinsui, Wu Cailai, et al. Timing and mechanism of formation and exhumation of the Qaidam ultra-pressure metamorphic belt [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2003, 77 (2): 163-176 (in Chinese with English abstract).
- Yang Hequn, Song Zhongbao, Wang Xing, an, et al. The characteristics, mineralization and prospecting indications of Cyprus-type copper deposits in mid-west section of the North Qilian mountains, China [J]. *Northwestern Geology*, 2002, 35 (4): 65-85 (in Chinese with English abstract).
- Yang Zhongtang, Jia Qunzi, Xiao Chaoyang, et al. Metallogenic geological conditions of Taergou-Xiaoliugou W-collecting area and regional prospecting in Qilian metallogenic belt [J]. *Mineral Deposits*, 2002, 21 (Suppl.): 515-518 (in Chinese).
- Yang Zhongtang, Xiao Siyun, Xiao Chaoyang, et al. Mineralogical features of tungsten deposits in the Qilian metallogenic belt and regional ore indications [J]. *Chinese Geology*, 2004, 31 (3): 301-307 (in Chinese with English abstract).
- Yin Xianmin (eds.). *Geology of gold deposits in Gansu province* [M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2000 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Dequan, Feng Chengyou, Li Daxin, et al. orogenic belt gold deposits North Qaidam and East Kunlun mountains [J]. *Mineral Deposits*, 2001, 20 (2): 137-146 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Tinggui, Zhou Jiqiang, Liu Fang. The mineralization characteristics and ore-searching direction in Xiaoliugou tungsten mine, Gansu, China [J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 2001, 16 (4): 252-256 (in Chinese with English abstract).

Metallogenic Characteristics and Prospecting Target in the Qilian Metallogenic Zone

JIA Qun-zì, YANG Zhong-tang, XIAO Chao-yang, QUAN Shou-cun,
ZOU Xiang-hua, LI Bao-qiang

(*Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China*)

Abstract: On the basis of a synthetic analysis of ore-forming conditions and regional mineralization characteristics in the Qilian metallogenic zone, it is proposed that marine volcanic, contact metasomatic (skarn), meta-sedimentary (including sedimentary exhalative) and ductile shear zone types are the major target ore-deposits in the zone. By means of study on geology and ore deposits as well as geophysical, geochemical exploration and remote sensing, 69 prospecting areas have been located. Among them, 5 areas are grade A, 23 areas grade B and 41 grade C, and 16 copper, lead, zinc, gold and tungsten target areas for mineral resource assessment have been selected.

Key words: metallogenic background; metallogenic characteristics; prospecting area; Qilian metallogenic zone