

陕西柞—山地区冷(水沟)—池(沟)—色(河铺) 金钼铜矿带特征及其区域找矿意义

张西社¹ 代军治² 王瑞廷² 王 鹏¹ 郭延辉¹ 霍天云¹ 王 超¹

(1.西北有色地质勘查局七—三总队,陕西 商洛 726000;2.西北有色地质勘查局地质勘查院,陕西 西安 710054)

摘要:陕西柞—山地区冷(水沟)—池(沟)—色(河铺)金钼铜矿带地处陕西柞—山地区南部,位于小茅岭—陡岭元古宙岛链状隆起带中段,中、南秦岭接合部。该带东西长 35.7 km,南北宽 7.6 km,已在其中发现多处与燕山期中酸性岩浆活动有关的金钼铜矿床。对带内的冷水沟金钼铜矿床、池沟金钼铜矿床、色河铺铜矿等主要矿床的地质、矿体、蚀变、矿化规律进行了总结,发现矿化受主斑岩体控制,总体上,往往从斑岩体向围岩,出现内铜、外铜、远金的多金属矿化空间分带性,构成了斑岩型—矽卡岩型—隐爆角砾岩型—构造蚀变岩型金钼铜成矿系列。冷—池—色金钼铜矿带的发现,为中、南秦岭寻找斑岩型钼铜矿床提供了直接证据,拓宽了柞(水)—山(阳)地区的找矿思路和找矿空间。

关键词:金钼铜;成矿系列;斑岩;秦岭;陕西柞水—山阳

中图分类号: P612;P618.41;P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2012)06-1727-16

陕西柞(水)—山(阳)地区地质构造演化历史漫长,成矿地质条件优越,矿产资源丰富,是秦岭地区最重要的贵—多金属矿集区之一。20 世纪 60—80 年代,在海底热水喷流沉积成矿理论和沉积—改造层控矿床理论指导下,相继发现和勘探了大西沟—银洞子大型铁银铜多金属矿床、黑沟中型铁银铅多金属矿床、桐木沟中型锌矿床、小河口小型铜矿床、穆家庄中型铜矿床等。此后的 20—30 年间,柞—山地区的找矿裹足不前。近几年来,通过国家“十一五”和“十二五”科技支撑课题的研究攻关以及西北有色地质勘查局在该地区大量的找矿勘探工作,在柞—山矿集区内发现了冷(水沟)—池(沟)—色(河铺)(简称冷—池—色)金钼铜矿带,矿床类型有斑岩型、矽卡岩型、隐爆角砾岩型。本文对这些矿床的成矿地质背景、矿床类型和矿化规律进行了总结,并探讨其矿床成因,提出冷—池—色金钼铜矿带是斑岩型—矽卡岩型—隐爆角砾岩型—构造蚀变岩型金钼铜成矿系列,属秦祁昆成矿域(Ⅰ)→秦岭—大别成矿省

(Ⅱ)→南秦岭成矿带(Ⅲ)→柞—山成矿亚带(Ⅳ)内的 V 级矿带,进而为柞—山地区的找矿工作提供新的思路和依据。

1 柞—山地区成矿地质背景

陕西柞—山地区位于秦岭复合型造山带^[1]东段北部,夹持于华北板块与扬子板块的主缝合带——商(州)—丹(凤)大断裂与秦岭微板块内的镇(安)—板(岩镇)大断裂之间^[2-5](图 1)。主体位于中秦岭礼县—柞水—山阳海西褶皱带,南部跨南秦岭印支褶皱带。其西起柞水县,东到山阳县^[6],面积约 3 000 km²(图 2)。区域北部出露地层主要为中—上泥盆统刘岭群(D_{2-3L})之牛耳川组(D_{2n})、池沟组(D_{2c})、青石垭组(D_{2q})、桐峪寺组(D_{3ty})及下石炭统二峪河组(C_{1e}),岩性为一套浅变质海相细碎屑岩—碳酸盐岩夹热水喷流岩建造^[7-13],沉积韵律层发育。其中青石垭组(D_{2q})是中秦岭晚古生代柞水—山阳盆地内大西沟菱铁矿、银洞子银矿、桐木沟锌矿等热水喷流沉

收稿日期:2012-6-28;改回日期:2012-10-28

基金项目:“十二五”和“十一五”国家科技支撑计划课题(2011BAB04B05,2006BAB01A11)和公益性行业科研专项经费课题(201111007-3)资助。

作者简介:张西社,男,1965 年生,学士,地质高级工程师,从事地质矿产勘查研究和技术监督工作;E-mail:zxs_ok@163.com。

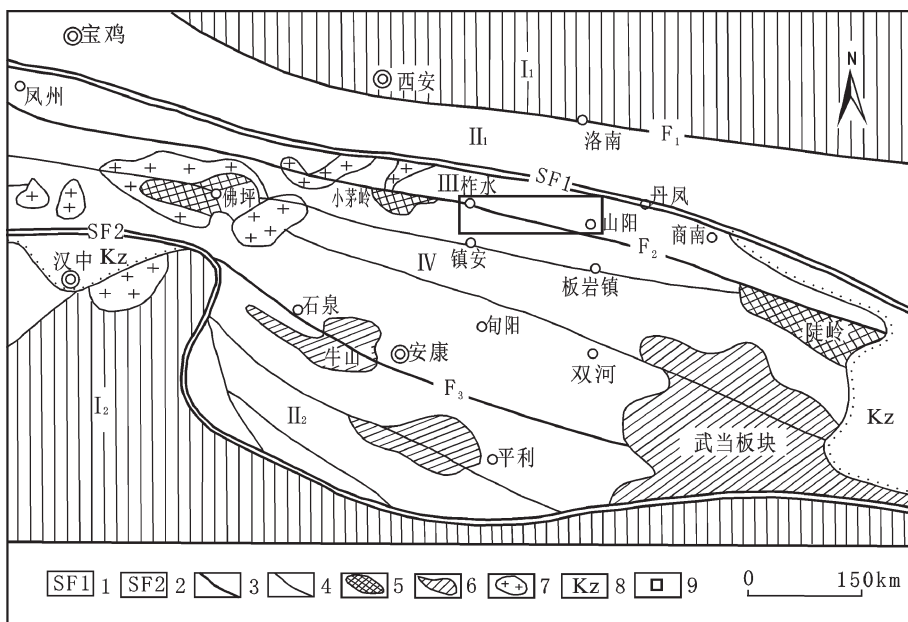


图1 柞-山地区大地构造位置略图^[2-3]

1—商丹缝合带;2—勉略缝合带;3—主干断裂;4—一般断裂;5—结晶基底岩块;6—过渡性基底岩块;7—花岗岩;
8—新生界;9—柞-山地区; I₁—华北板块; I₂—扬子板块; II₁—北秦岭加里东褶皱带; II₂—北大巴山加里东褶皱带;
III—中秦岭礼县-柞水海西褶皱带; IV—南秦岭印支褶皱带; F₁—铁炉子-三要断裂; F₂—临潭-凤镇-山阳断裂;
F₃—石泉-安康-竹山断裂

Fig.1 Tectonic sketch map of Zhashan area

1—Shangdan suture zone; 2—Mianlue suture zone; 3—Trunk fracture; 4—General fracture; 5—Crystalline basement rocks;
6—Transitional basement rocks; 7—Granite; 8—Cenozoic; 9—Zhashan area; I₁—North China plate; I₂—Yangtze plate; II₁—North
Qinling Mountains Caledonian fold belt; II₂—North Daba Mountain Caledonian fold belt; III—Middle Qinling Mountains
Lixian—Zhushui Hercynian fold belt; IV—South Qinling Mountains Indosinian fold belt; F₁—Qielouzi—Sanyao fracture;
F₂—Lintan—Fengzheng—Shanyang fracture; F₃—Shiquan—Ankang—Zhushan fracture

积型铁、铅、锌、银多金属矿和穆家庄铜矿、韭菜沟金矿点等沉积-改造层控型金铜矿的主要含矿层位;池沟组(D_{2c})及桐峪寺组(D_{3ty})既为沉积-改造层控型铜矿的含矿层位,亦是小河口、池沟、下官坊地区与中酸性岩浆热液型有关金、钼、铁、铜矿的容矿围岩^[4-5]。

区域南部露地层为上泥盆统古道岭组(D_{3g})、星红铺组(D_{3x})、九里坪组(D_{3-C₁})_j及下石炭统袁家沟组(C_{1y})_j,岩性为一套浅变质海相碎屑岩-碳酸盐岩建造,沉积韵律层发育。其中古道岭组(D_{3g})、星红铺组(D_{3x})是中酸性岩浆热液型金、铜矿的容矿围岩。

近东西向红岩寺—黑山街复式向斜、凤镇—山阳大断裂、云镇—冷水沟—牛耳川复背斜构成区域构造主体。凤镇—山阳大断裂为一长期活动的大断裂,其与北北东向多期活动的基底断裂^[4-6]共同控制了大西沟—银洞子—韭菜沟—黑沟—桐木沟热卤水沉积型铁银铅锌铜金多金属矿带、张家坪—穆家庄—肖台沉积-改造层控型铜矿带、袁家沟—小河口—原子街—下官坊砂卡岩型铜铁矿带、冷—池—色

斑岩—砂卡岩—隐爆角砾岩型金钼铜矿带的形成和分布。

区域岩浆活动频繁,依次为新元古代、早古生代、早中生代、晚中生代4期。新元古代主要形成迷魂阵石英闪长岩(846.7 Ma^[17])和冷水沟闪长岩、花岗岩((680±9)~(718±4)Ma^[18-19])、小磨岭宋家屋场蚀变辉绿(长)岩体((864.4±4)Ma^[17])、李家砭辉绿-辉长岩等。早古生代主要形成板板山碱性花岗岩(519 Ma^[20]、412 Ma^[20])等。早中生代主要形成的岩体有柞水花岗岩体(224.8 Ma^[21])、曹坪花岗岩体(216.9~224 Ma^[21-23])、沙河湾花岗岩体(205~213.8 Ma^[23-24])等大岩基。晚中生代(140~148 Ma^[18-19])沿凤镇—山阳大断裂及两侧形成北、南两个斑岩带,北岩带即袁家沟—小河口—园子街—下官坊斑岩带,岩性为花岗斑岩、石英二长斑岩、花岗闪长斑岩、闪长玢岩;南岩带即冷水沟—二元沟—池沟—色河铺斑岩带,岩性为花岗岩、花岗闪长斑岩、花岗斑岩、石英闪长玢岩、二长花岗岩。带内单个小岩体呈岩株、岩枝、岩瘤、岩脉或不规

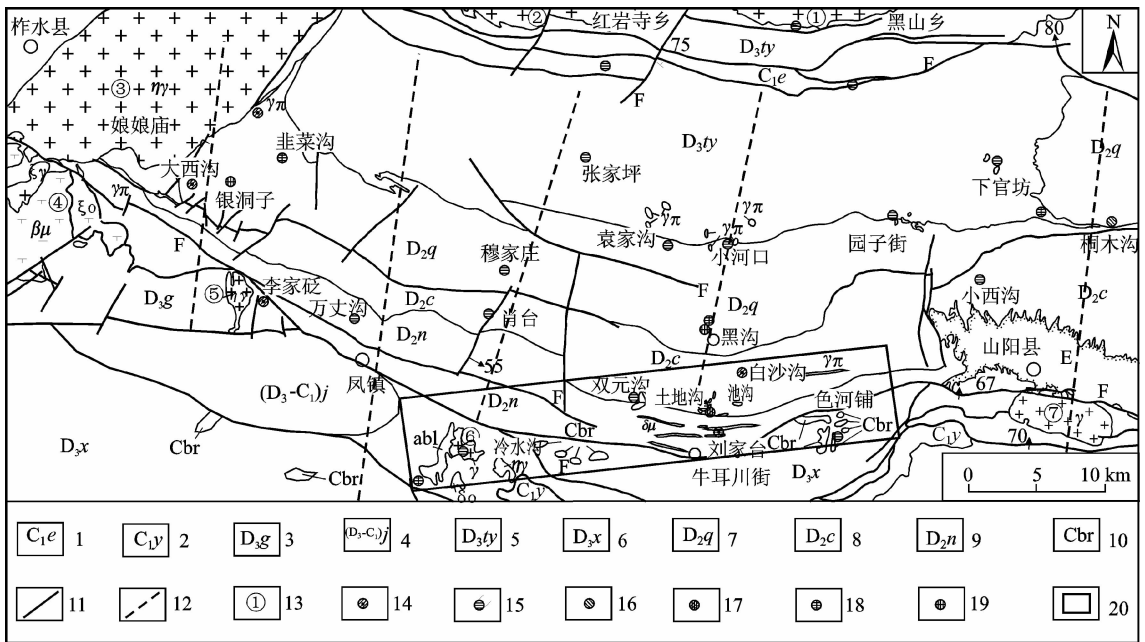


图 2 柞—山地区矿产地质略图 [15,26]

1—下石炭统二峪河组;2—下石炭统袁家沟组;3—上泥盆统古道岭组;4—上泥盆统九里坪组;5—上泥盆统桐峪寺组;6—上泥盆统星红铺组;7—中泥盆统青石垭组;8—中泥盆统池沟组;9—中泥盆统牛耳川组;10—隐爆角砾岩;11—断裂;12—隐伏基底断裂;13—岩体编号;①—沙河湾岩体;②—曹坪岩体;③—柞水岩体;④—迷魂阵岩体;⑤—小岭岩体;⑥—冷水沟岩体;⑦—板板山岩体;14—铁矿床(点);15—铜矿床(点);16—锌矿床(点);17—钼矿床(点);18—金矿床(点);19—银矿床(点);20—冷—池—色金钼铜矿带;abl—斜长角闪岩;βμ—辉绿岩;δμ—闪长玢岩脉;δo—石英闪长岩;γ—花岗岩;ξγ—正长花岗岩;ηγ—二长花岗岩;γπ—花岗斑岩

Fig.2 Geological sketch map of Zhashan area, showing distribution of mineral resources

1—Lower Carboniferous Hongyansi Formation;2—Lower Carboniferous Yuanjiagou Formation;3—Upper Devonian Gudaolin Formation;4—Upper Devonian Jiuliping Formation;5—Upper Devonian Tongyushi Formation;6—Upper Devonian Xinhongpu Formation;7—Middle Devonian Qinshiya Formation;8—Middle Devonian Chigou Formation;9—Middle Devonian Niuerchuan Formation;10—Hidden explosive breccia;11—Fracture;12—Concealed basilar fracture;13—Serial number of rock body;①—Sahewan rock body;②—Caoping rock body;③—Zhashui rock body;④—Mihunzhen rock body;⑤—Xiaoling rock body;⑥—Lenggshuigou rock body;⑦—Banbanshan rock body;14—Iron deposit(rock body);15—Copper deposit(rock body);16—Zinc deposit(rock body);17—Molybdenum deposit(rock body);18—Gold deposit(rock body);19—Silver deposit(rock body);20—Leng—Chi—Se gold molybdenum and copper belt;abl—Amphibolite;βμ—Diabase;δμ—Diorite dykes;δo—Quartz diorite;γ—Granite;ξγ—Syenogranite;ηγ—Adamellite;γπ—Granite porphyry

则状产出,与 Cu、Mo、Au、Fe 矿关系密切。

本区主要存在 3 个成矿系列,即①与海西期海底热水喷流活动有关的热水沉积型 Fe—重晶石—Pb—Ag—Cu—Zn—Au 成矿系列,典型矿床有大西沟大型菱(磁)铁矿床、银洞子大型银(铅铜)矿床、黑沟中型铅银菱(磁)铁矿床、桐木沟中型锌矿床;②与印支、燕山期构造—岩浆热液叠加作用有关的沉积—改造型 Cu 矿成矿系列[25],典型矿床(点)有张家坪铜矿点、穆家庄铜矿床、肖台铜矿床等;③与燕山期中酸性岩浆岩活动有关的斑岩型—矽卡岩型—隐爆角砾岩型 Cu—Mo—Au—Fe—Ag 成矿系列 [26],典型矿床(点)如冷水沟金铜矿床、小河口铁铜矿床、池沟金钼

铜矿床、周家沟银矿点等。

2 冷—池—色金钼铜矿带基本特征

冷—池—色金钼铜矿带地处陕西柞—山地区南部,柞水县与山阳县交界地段,位于小茅岭—陡岭元古宙岛链状隆起带[27-28]中段,中、南秦岭接合带上(图 1)。该金钼铜矿带北部跨中秦岭礼县—柞水海西褶皱带,南部跨南秦岭印支褶皱带。区域近东西向凤镇—山阳大断裂横贯矿带中部(图 2)。该矿带东西长 35.7 km,南北宽 7.6 km。

近年来,在柞—山地区沿凤镇—山阳大断裂两侧发现了多处与燕山期中酸性岩浆活动有关的斑岩

型-矽卡岩型-隐爆角砾岩型-构造蚀变岩型(银)金铜矿,如冷水沟金铜矿床、池沟斑岩型金(银)铜矿床、色河铺隐爆角砾岩型铜矿等,从而确立了冷(水沟)—池(沟)—色(河铺)金铜矿带的存在。

3 主要矿床特征

3.1 冷水沟金(铜)矿床

3.1.1 矿区基本地质特征

矿区由上、下两个构造单元组成,下构造层为冷

水沟次级古隆起岩块,由元古宇火成岩系变质而成的斜长角闪(片)岩及前早古生代中-酸性侵入岩组成,上构造层主要为中、上泥盆统一套中-细粒碎屑岩、泥质岩、碳酸盐岩及侵入其中的冷水沟中-酸性杂岩体组成。上、下构造层之间为沉积接触或断层接触(图3)。

区内断裂、裂隙较发育,主要有NW、NNE向断裂和NW、NNE(SN)向裂隙。NW向、NNE(SN)向断裂是该区的主干构造,分布于洞子沟及南沟一带。

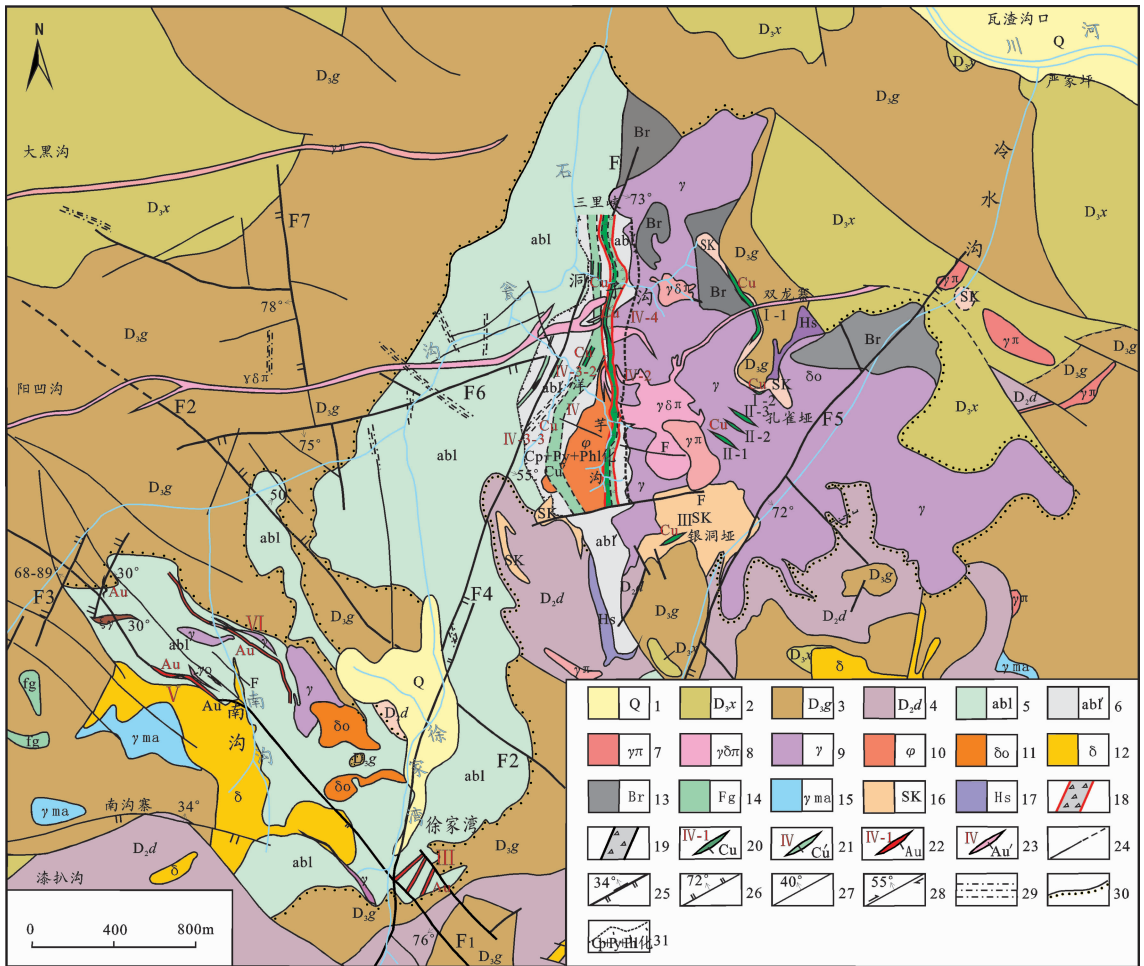


图3 冷水沟矿床地质图

- 1—第四系;2—上泥盆系红铺组;3—上泥盆统古道岭组;4—中泥盆统大枫沟组;5—斜长角闪(片)岩;6—蚀变斜长角闪岩;
- 7—花岗岩;8—花岗闪长斑岩;9—花岗岩;10—钠长岩;11—石英闪长岩;12—中粒闪长岩;13—爆破角砾岩;14—角砾凝灰(质)岩、集块岩;15—混染大理岩;16—矽卡岩;17—角岩;18—角砾岩带;19—破碎带;20—铜矿(化)体及编号;21—铜矿化带及编号;22—金矿体及编号;23—金矿化带及编号;24—实、推测断层;25—逆(冲)断层及产状;26—正断层及产状;
- 27—性质不明断层;28—走滑断层;29—韧性剪切带;30—角度不整合界线;31—黄铜、黄铁、绢英岩化蚀变范围

Fig.3 Geological map of the Lengshuigou ore deposit

- 1-Quaternary; 2-Upper Devonian Xinhongpu Formation; 3-Upper Devonian Gudaoling Formation; 4-Middle Devonian Dafenggou Formation; 5-Amphibolite (schist); 6-Altered amphibolite; 7-Granite porphyry; 8-Granodiorite porphyry; 9-Granite; 10-Albitite; 11-Quartz diorite; 12-Medium-grained diorite; 13-Explosion breccia; 14-Breccia tuffaceous rock, volcanic agglomerate; 15-Hybrid marble; 16-Skarn; 17-Hornfels; 18-Breccia zone; 19-Faacture zone; 20- copper ore body and its serial number; 21-Copper mineralization belt and its serial number; 22-Gold ore body and its serial number; 23-Gold mineralization belt and its serial number; 24- Measured and inferred fault; 25- Reverse thrust and its attitude; 26- Normal fault and its attitude; 27-Unknown fault; 28-Strike-slip fault; 29-Ductile shear zone; 30-Angular unconformity; 31-Chalcopyrite, pyrite phyllic alteration

长数百米至数千米,宽 0.1~10 m。主要产于斜长角闪岩、钠长岩及二者与花岗岩的接触带附近,呈分枝复合状,具多期活动性。总体表现为韧性左行走滑剪切性质,伴有大量的压扭性构造面、挤压片理、破劈理及拖曳褶皱,局部可见叠瓦状构造。其控制了徐家湾地段金矿体和洋芋沟—洞子沟铜矿体的产出。NW、NNE(SN)向裂隙主要分布于孔雀垭、洋芋沟一带的斜长角闪岩、钠长岩和花岗岩中,成群密集斜列分布,长 $n \times 10 \sim 180$ m,是(钼)铜矿的容矿构造。

区内侵入岩浆活动强烈,成岩时代从古元古代→新元古代→晚侏罗世,岩性从基性→中酸性→酸性,侵入深度从中深度—浅成超浅成均有出露。岩浆活动具有多期多相特点。

①中元古代早期斜长角闪(片)岩(abl)

主要出露于冷水沟杂岩体西外围,与东侧花岗岩接触部位常发生透辉石矽卡岩化。成岩年龄为 $1725 \text{ Ma}^{\text{①}}$,变质年龄为 $(891 \pm 6) \text{ Ma}$ 。其为洋芋沟斑岩型(钼)铜矿的容矿岩石和南沟构造蚀变岩型金矿化的主要容矿岩石。

②新元古代晚期闪长岩、石英闪长岩、钠长岩、花岗岩

闪长岩(δ)主要出露于南沟—徐家湾一带,单体出露面积一般 0.08 km^2 。冷水沟闪长岩与区域迷魂阵闪长岩、小岭闪长岩同属新元古代晚期构造岩浆活动的产物。

石英闪长岩(δo)分布于南沟和冷水沟脑地段,地表形态为极不规则的蚕食状。单体出露面积 $0.001 \sim 0.02 \text{ km}^2$ 。在孔雀垭地段主要以捕虏体形式分布于花岗岩中。成岩年龄为 $(718 \pm 4) \text{ Ma}^{\text{①}}$,与该区西北侧磨沟峡地区的闪长岩年龄 $(743 \pm 12) \text{ Ma}^{\text{①}}$ 接近。

钠长岩(φ)主要分布于洋芋沟一带,侵入于斜长角闪岩中。地表呈近南北向不规则楔形,成岩年龄为 $(705 \pm 2) \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。在硅化石英脉发育的钠长岩中常有浸染状铜、钼矿化。其是洋芋沟斑岩型铜矿的容矿岩石之一。

花岗岩(γ)主要分布于冷水沟中、东部,面积 1.2 km^2 。总体呈 NNW 向延伸,空间上呈岩盆状。岩石中有较多的石英闪长岩、斜长角闪岩及少量钠长岩、角岩等捕虏体,特别是孔雀垭一带,捕虏体成群排列,走向大致 NW 向,捕虏体边缘裂隙控制了孔

雀垭地段铜矿的分布。成岩年龄为 $(704 \pm 3) \text{ Ma} \sim (708 \pm 3) \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。

③晚侏罗世花岗岩闪长斑岩、花岗斑岩

花岗闪长斑岩($\gamma \delta \pi$)分布于冷水沟地段,出露面积仅 0.17 km^2 。平面形态为极不规则的瘤状和叉枝状,膨大缩小、分支复合特征明显。在 66 线剖面图上则显示为陡立的岩株。地表走向为 NW 或 SWW 向。常穿切斜长角闪岩、花岗岩、钠长岩、上泥盆统地层、矽卡岩等,并在岩体中心部位见有花岗岩的捕虏体存在。根据穿插关系分析其形成晚于花岗岩,略早于花岗斑岩。成岩年龄为晚侏罗世 $(146 \text{ Ma}^{\text{①}}, 141.7 \text{ Ma}^{\text{①[8]}})$ 。

花岗斑岩体($\gamma \pi$):集中分布于冷水沟杂岩体的中央附近,出露面积 0.06 km^2 。岩体平面形态为似哑铃状。其北西部内含少量斜长角闪岩、花岗岩、花岗闪长斑岩、角岩、矽卡岩捕虏体,表明其形成最晚。成岩年龄为 $(145 \pm 1) \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。金属矿物极少,仅在石英脉中见有少量的方铅矿、黄铁矿。岩石次生蚀变较弱。

④爆破角砾岩(Br)

出露于冷水沟杂岩体北部及南沟口北西侧。主要见于中泥盆统古道岭组中,次见于斜长角闪岩中。爆破角砾岩角砾成分复杂,可以为石英岩、花岗岩、闪长(玢)岩、斜长岩、绿泥钠长岩、斜长角闪岩、长石石英晶屑、砂屑灰岩等,通常为上述 2~3 种岩(矿)屑的组合。胶结物可以为斜长石、绿泥石、石英、黑云母、方解石及磁黄铁矿(最高可达 8%)、钛铁矿、褐铁矿、黄铜矿等,通常为上述 3~4 种矿物的组合。

3.1.2 矿床特征

(1)矿带及矿体地质特征

目前已发现和初勘了 2 个矽卡岩型铜矿化带,即双龙寨矽卡岩银铜矿化带和银洞垭矽卡岩铜矿化带;2 个斑岩型铜矿化带,即孔雀垭钼铜矿化带和洋芋沟—洞子沟铜矿化带;6 个构造蚀变岩金矿带。其中洋芋沟—洞子沟铜矿化带为区内最有资源潜力的矿化带。

①双龙寨矽卡岩型银铜矿化带:产于花岗岩体与碳酸盐岩接触部位。断续长 700 余 m,宽 3.5~28.4 m。被燕山期花岗闪长斑岩所切穿。地表圈定了 I-1、I-2 号 2 个铜矿体,其中 I-1 号铜矿体规模较大,为该带主矿体,总体产状与矽卡岩和岩体接触

①谢桂青.陕西省柞山盆地池沟—冷水沟铜钼矿区的成矿规律和找矿方向研究[R].2011.

带产状一致,倾向 58~92°,倾角 45~65°。长 400 余 m,厚 1.45~10.92 m,平均厚 4.31m,品位 Cu $0.33 \times 10^{-2} \sim 1.32 \times 10^{-2}$,局部含 Ag、Au,品位 Ag $3 \times 10^{-6} \sim 92.5 \times 10^{-6}$ 、Au $0.16 \times 10^{-6} \sim 0.66 \times 10^{-6}$ 。

②孔雀垭斑岩型铜矿化带:产于花岗斑岩体东侧外接触带的花岗岩中,长 1000 多米,宽 100~320 m,走向北西。已圈定铜(钼)矿(化)体 10 个,单体长 20~250 m,厚 0.4~3.77 m,品位 Cu $0.2 \times 10^{-2} \sim 2.40 \times 10^{-2}$,Mo $0.01 \times 10^{-2} \sim 0.097 \times 10^{-2}$ 。总体走向 300°,倾向南西,倾角 60°左右。

③洋芋沟—洞子沟斑岩型铜矿化带:产于洋芋沟—洞子沟一带的花岗岩与斜长角闪岩、钠长岩的接触带附近(图 3~4),长 1 800 余米,宽 65~300 m。地表铜矿化较弱,仅见孔雀石零星分布,深部矿化增强。铜矿体产于蚀变斜长角闪岩及不同侵入岩接触带附近的裂隙带中。已圈定铜矿体 5 个,厚 1.0~2.0 m,品位 Cu $0.34 \times 10^{-2} \sim 0.42 \times 10^{-2}$ 。矿体产状与岩体接触面产状一致,走向近南北向,倾向东,倾角中等。

剖面上(图 4),孔雀垭斑岩型铜矿化带与洋芋沟—洞子沟斑岩型铜矿化带分别位于花岗闪长斑岩体、花岗斑岩体的两侧,形似盛开的花朵状。

④南沟—徐家湾金矿化带:产于斜长角闪岩中,

受剪切构造带控制。金矿带有北西向和北东向两组。矿带长一般 50~850 m,宽 0.19~2.37 m。初步圈定金矿体 10 余个,单体长 10~120 m,厚 0.2~1.1 m,品位 Au $0.49 \sim 9.99 \times 10^{-6}$,徐家湾地段金矿体中局部伴有 Ag、Cu、Pb。

(2)矿石矿物成分:斑岩型铜矿石中金属矿物主要为黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿,次为辉钼矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿,脉石矿物主要为石英、钠长石、斜长石、角闪石、黑云母、绿帘石、绿泥石等。矽卡岩型铜矿石中金属矿物为黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等,脉石矿物主要为石英、透辉石、透闪石、阳起石、绿帘石、绿泥石等。金矿石主要金属矿物以黄铁矿为主,黄铜矿、方铅矿次之,脉石矿物主要有石英、方解石、绢云母、角闪石、绿泥石等,自然金大多包裹于黄铁矿、黄铜矿中。

(3)蚀变及与矿化关系:铜(钼)矿化分布地段,蚀变类型主要有钾化、硅化、绢英岩化、绿泥石化、绿帘石化、矽卡岩化、碳酸盐化等,自斑岩体边缘向外,具一定的分带性。矿化主要有黄铁矿化、黄铜矿化、辉钼矿化等,金属硫化物呈细脉状、细脉浸染状或细网脉状分布于蚀变斜长角闪岩、蚀变钠长岩、蚀变花岗岩的裂(孔)隙、矽卡岩或花岗岩与石英闪长岩捕

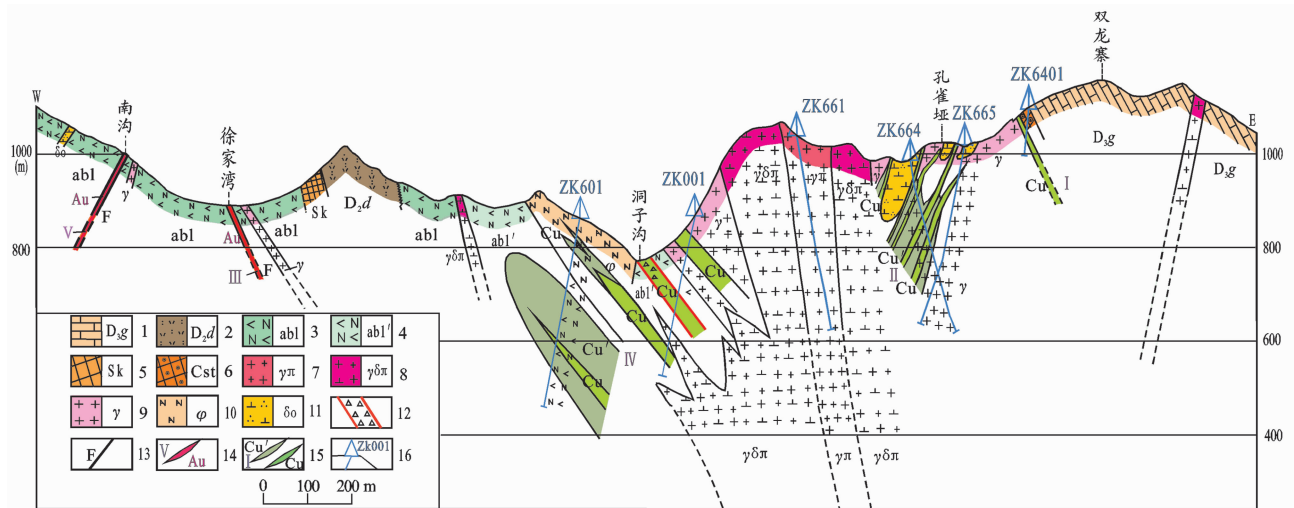


图 4 冷水沟金铜矿床横剖面图

- 1—上泥盆统古道岭组中厚层灰岩、大理岩;2—中泥盆统大枫沟组凝灰岩、凝灰质大理岩;3—斜长角闪岩;4—蚀变斜长角闪岩;5—矽卡岩;6—石榴石矽卡岩;7—花岗斑岩;8—花岗闪长斑岩;9—花岗岩;10—钠长岩;11—石英闪长岩;
- 12—角砾岩;13—断层;14—金矿体;15—铜矿(化)体;16—钻孔

Fig.4 Geological cross section of the Lengshuigou gold copper deposit

- 1—Thick layered limestone, marble of Upper Devonian Gudaoling Formation; 2—Tuff, tuffaceous marble of Middle Devonian Dafenggou Formation; 3—Plagioclase amphibolite; 4—Altered plagioclase amphibolite; 5—Skarn; 6—Garnet skarn; 7—Granite porphyry; 8—Granodiorite porphyry; 9—Granite; 10—Albitite; 11—Quartz diorite; 12—Breccia; 13—Fault; 14—Gold ore body; 15—Copper ore (mineralized)body; 16—Drill hole

流体接触带。钼矿化与石英脉关系密切,铜矿化主要与绿泥石化、矽卡岩化关系密切(图 5)。金矿分布地段,蚀变类型主要为粘土化、铁碳酸盐化、硅化、褐铁矿化和褪色化,深部可见黄铁矿化。金矿与硅化、褐铁矿化关系密切。

(4) 矿化分布规律

本矿床内不仅有铜矿,而且有金(银)矿产出,局部伴有钼矿化。铜矿不直接产于斑岩体中,而是围绕斑岩体分布,产于斑岩体与各种围岩的接触带附近,矿体呈脉状、透镜状、平行斜列分布。金矿远离斑岩体,产于斜长角闪岩中不同方向的断裂、裂隙带中。

3.2 池沟金(银)钼铜矿床

3.2.1 矿区基本地质特征

池沟地区出露的地层为中泥盆统池沟组中、上段(D_2ch^{2-3}),是一套浅变质的细碎屑岩—碳酸盐岩建造。划分有 5 个岩性(亚)层,其中 $D_2ch_2^{2-1}$ 角岩化粉砂质板岩夹石英砂岩、粉砂岩中赋存刘家台金(银)矿化, $D_2ch_2^{2-3}$ 条带状透辉石角岩、黑云母角岩、碳酸盐岩为池沟斑岩型钼、铜矿化和矽卡岩型铜矿化的含矿围岩, D_2ch_3 钙质粉砂质、粉砂质板岩、条带状透辉石角岩为白沙沟金(银)矿化的含矿围岩。

区内断裂以北东向隐伏基底断裂和近东西向断裂为主,次有北北东向、北东向小断裂。北东向隐伏断裂控制了小斑岩体群的总体展布,是主要的控岩断裂。北北东向断裂和近东西向断裂的交汇部位控制了各小岩体的最终就位。白沙沟近东西向顺层断裂控制了金(银)矿的产出。

池沟地区共出露有 I—VIII 号 8 个小岩体,在地表构成北东向串珠状分布的岩体群(图 6)。岩体均侵位于泥盆系池沟组中,与其呈锯齿状侵入或断层接触关系。岩体地表规模均较小,出露面积仅 0.007~0.12 km²。岩石类型多为石英闪长(玢)岩,次为二长花岗斑岩。上述岩体群均属浅成—超浅成相中酸性岩浆岩^[9]。岩体性质为高钾钙碱性系列,属 I 型花岗岩。成岩年龄为 148~140 Ma^[9],属燕山晚期的产物。

3.2.2 矿床特征

(1) 矿体地质特征

①池沟斑岩型钼矿:位于池沟 I 号黑云二长花岗斑岩体北侧,赋存于黑云二长花岗斑岩体内及旁侧围岩黑云母角岩及角岩化砂岩中,为隐伏矿。钻孔中可圈出 12~36 个单矿体,单体厚 0.44~4.94 m,间距 10~40 m。矿体倾向北北西—北北东,倾角 10~20°。

②池沟斑岩型铜矿:赋存于池沟 III、IV 号石英闪长岩体之小分支及其围岩角岩中。目前见 Cu1、Cu2 两个铜矿体,均属隐伏矿^[9]。铜矿体长 150~350 m,厚 36.4~265.18 m。矿体呈透镜状、似板状,倾向 NNW—NNE,倾角 65~70°。

③白沙沟构造蚀变岩型金(银)矿:产于 VIII 号石英闪长玢岩体围岩透辉石角岩中,受断裂带控制。目前见金矿体 5 条,按走向的不同分为两组,即北西组和北东组。单体长数十至 170 m,宽 10 cm~3.4 m。以金矿化为主,局部地段小裂隙中见银、铜矿化。

(2) 矿石特征:钼铜矿石金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、磁铁矿、褐铁矿、萤石等,脉石矿物为石英、黑云母、透辉石、绿泥石、绿帘石、绢云母等。矿石结构有交代熔蚀结构、交代残余结构、细脉充填交代结构、网脉状充填交代结构、交代包含结构、交代镶边结构、页片状固溶体分离结构、格状固溶体分离结构、交代自形晶结构、揉皱结构等,矿石构造主要为浸染状构造、细脉浸染状构造,其次为角砾状构造和胶状构造。

(3) 蚀变及与矿化关系

池沟岩体及围岩蚀变较强,主要蚀变类型有角岩化、钾化、绢英岩化、青磐岩化,其中钾化、绢英岩化、青磐岩化及高岭土化主要分布于岩体中或外接触带附近,角岩化分布于围岩中,蚀变均主要围绕 I 号岩体呈面型分布,并具有一定的分带性。钼矿化与钾化、硅化关系密切,铜矿化与青磐岩化叠加钾化关系密切(图 7),矽卡岩化基本顺碳酸盐岩层呈条带状分布。

(4) 矿化分布规律

池沟地区众多的小岩体中, I 号岩体为主岩,由 I 号斑岩体往外依次出现钼矿体、铜矿体和金矿体,构成内钼、外铜、远金的多金属矿化空间分带性,这种矿化的分带性与蚀变分带和地球化学异常分带相吻合^[9]。

3.3 色河铺铜矿床

3.3.1 矿区基本地质特征

区内出露地层主要为上泥盆统星红铺组第三岩性段(D_3x^3)和第二岩性段(D_3x^2),岩性为砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩、千枚岩夹粉晶灰岩、泥灰岩及细晶白云岩。

区内的构造主体以近南北向断裂和近东西向断裂为主,均穿过隐爆角砾岩和地层,为成岩成矿后的



图 5 冷水沟矿床岩、矿石照片

a—花岗岩中的黄铁矿化、钾化、绿帘石化(孔雀斑); b—花岗岩中的黄铁矿化、钾化、绿帘石化(孔雀斑); c—斜长角闪岩中的黄铜黄铁绿泥石英脉(洋芋沟); d—斜长角闪岩中的晚期黄铁矿脉穿切早期黄铜黄铁绿泥石英脉; e—斜长角闪岩中的黄铜黄铁矿脉(洋芋沟); f—隐爆角砾岩(双龙寨); g—黄铜矿化绿帘石榴石砂卡岩(双龙寨); h—斜长角闪岩中的黄铜黄铁硅化钾化(徐家湾 ZK III 101 孔)

Fig.5 Photographs of ores and wall rocks of the Lengshuigou deposit

a—Pyritization, potash alteration, chloritization in plagiogranite; b— Pyritization, potash alteration, chloritization in plagiogranite; c— Chalcopyrite, pyrite, chlorite, quartz veins in amphibolite; d— Late pyrite veins cutting across early chalcopyrite, pyrite, chlorite quartz veins in amphibolite; e— Chalcopyrite, pyrite veins in amphibolite; f—Hidden breccia; g— Chalcopyrite, epidote, garnet skarn; h— Chalcopyrite, pyrite, silicification, potash alteration in amphibolite

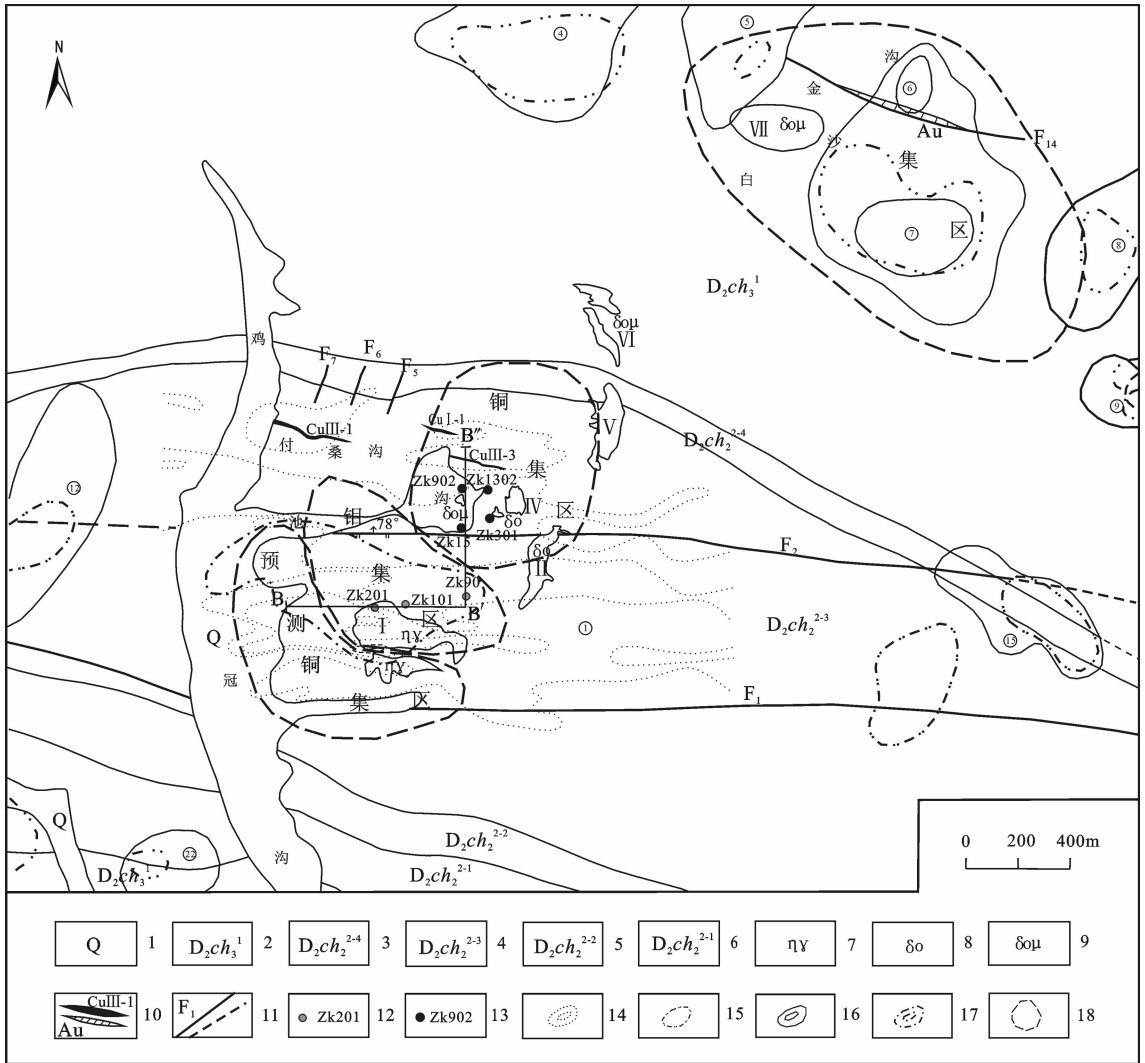


图 6 池沟地区地质、化探综合图

1—第四系冲、坡积物;2—钙质粉砂质板岩、黑云母粉砂质板岩夹泥质大理岩,底部角闪化岩石;3—条带状粉砂质板岩、石英黑云母角闪岩、透辉石角闪岩;4—透辉石角闪岩、黑云母石英角闪岩夹砂卡岩;5—石英砂岩、粉砂质板岩、黑云母石英角闪岩;6—石英砂岩夹粉砂质板岩;7—黑云母二长花岗岩;8—石英闪长岩;9—石英闪长玢岩;10—铜、金矿体;11—实、推测断层;12—见钼钻孔;13—见铜钻孔;14—铜次生晕异常;15—金次生晕异常;16—银次生晕异常;17—钼次生晕异常;18—铜、钼、金集区

Fig.6 Geological and geochemical map of Chigou area

1—Quaternary alluvium, slope wash; 2—Calcareous silty slate, black mica silty slate containing clay marble hornfels, bottom rocks; 3—Banded silty slate, quartz, biotite hornfels, diopside hornstone; 4—Diopside hornfels, biotite quartz hornfels intercalated with skarn; 5—Quartz sandstone, sandy slate, biotite quartz hornstone; 6—Quartz sandstone intercalated with silty slate; 7—Biotite monzonitic granite; 8—Quartz diorite; 9—Quartz diorite; 10—Copper, gold ore body; 11—Measured and inferred fault; 12— Molybdenum drill hole; 13—Copper drill hole; 14—Copper secondary halo anomaly; 15—Gold secondary halo anomaly; 16—Silver secondary halo anomaly; 17—Molybdenum secondary halo anomaly; 18—Copper, molybdenum, gold concentration area

断裂。

区内大面积出露有隐爆角砾岩(图 8),局部有酸性小岩枝出露。隐爆角砾岩穿层或顺层产出于星红铺组地层中,总体形态为不规则向西斜歪的“T”字形。隐爆角砾岩按物质组成特点的不同,进一步分为熔浆质隐爆角砾岩、混合质隐爆角砾岩和热液注

入震裂岩,三者在平面上有一定的分带性。熔浆质隐爆角砾岩的角砾以岩浆岩角砾为主,围岩角砾为辅,填隙物主要为岩浆成分的矿物碎屑,次为热液成分。混合质隐爆角砾岩的角砾成分为地层围岩及岩浆岩的矿物晶屑,填隙物主要为铁碳酸盐、石英及围岩粉末。热液震裂岩通常产出于混合质角砾岩与正常围

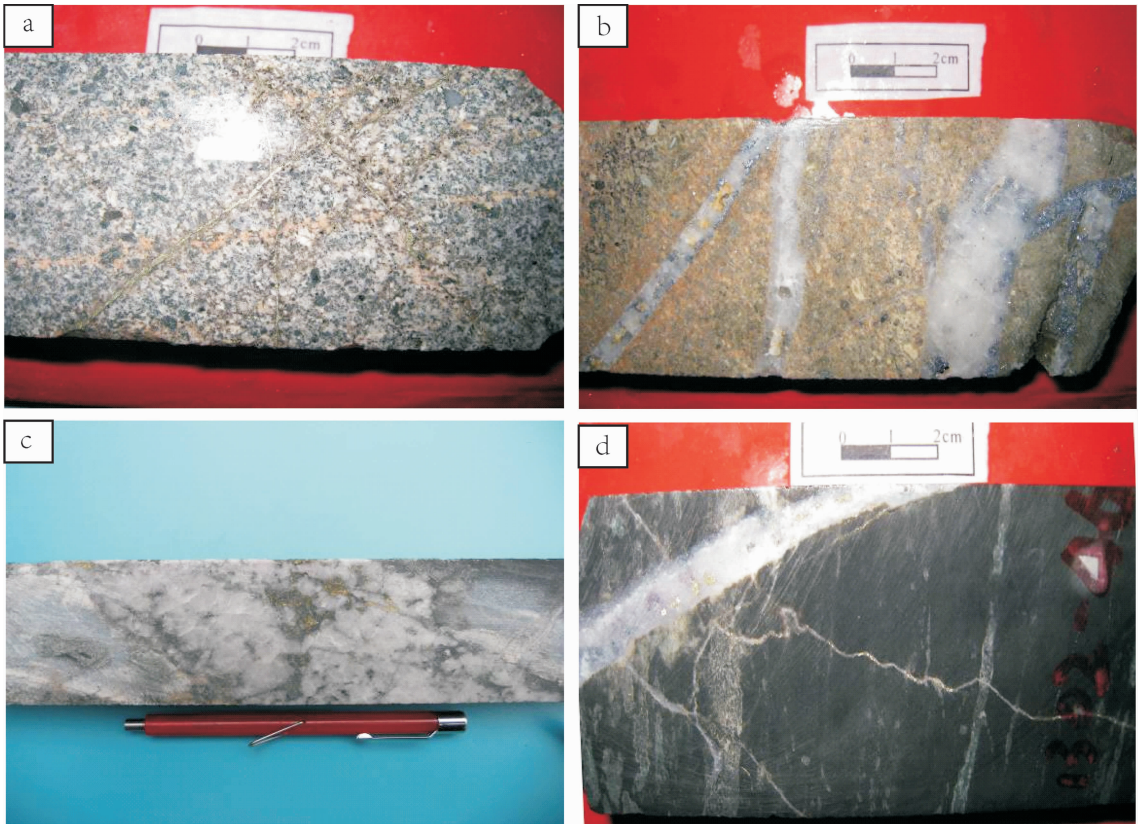


图7 池沟岩、矿石照片

a—黑云二长花岗岩中硫化物脉穿切钾长石脉;b—辉钼矿钾长石石英脉产于花岗岩中;c—黄铜矿绿泥石石英脉产于角岩中;d—角岩中黄铜矿与萤石石英脉穿切早期石英黄铁矿细脉

Fig.7 Rock and ore photograph of Chigou

a—Sulfide veins cutting across potassium feldspar veins in biotite monzogranite; b—Molybdenite potassium feldspar quartz veins in granite; c—Chalcopyrite chlorite quartz veins produced in hornfels; d—Chalcopyrite and fluorite, quartz veins cutting across early quartz pyrite veinlet in hornfels

岩之间的区段, 原先的地层围岩受巨大的爆破力影响, 发生破裂, 出现了许多或稀或密的不规则网状裂隙, 但岩石碎块仍保持原岩特征或原始层理, 并具有一定的可拼性。裂隙由岩浆期后热液为主的混合热液注入充填。充填物为方解石石英脉、方解石铁白云石脉。热液震裂岩为本区的容矿岩石。

3.3.2 矿床特征

(1) 矿体地质特征

经地表和深部少量工程揭露, 初步圈定出 I、II、III 号 3 条铜矿化带 13 条铜矿体。主矿带为位于甘沟的 II 号带, 主矿体为 II-1 号铜矿体, 该矿体长 400 m, 厚 0.73~7.86 m, 品位 Cu 0.21%~0.80%。深部钻探控制的 II-6 号为一盲矿体, 厚 7.70 m, 品位 Cu 0.55%。其他矿体一般长数十至百余 m, 厚 0.9~3.3 m, 品位 Cu 0.16%~0.40%。

(2) 矿石矿物成分

金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿, 次为黝铜矿、蓝铜矿、镜铁矿、闪锌矿和毒砂等, 脉石矿物为石英、铁白云石、方解石、绿泥石等。

(3) 蚀变及与矿化关系

从熔浆质隐爆角砾岩→混合质隐爆角砾岩→热液注入震裂岩, 蚀变、矿化依次增强。在熔浆质隐爆角砾岩中的角砾边部通常仅出现少量的绿泥石化、硅化、褐铁矿化、绢云母化蚀变晕圈, 很少见金属矿化, 在混合质隐爆角砾岩中蚀变和矿化有所增强, 当混合质隐爆角砾岩胶结物中含斜长石或岩浆隐晶质时矿化转好。在热液注入震裂岩中蚀变和矿化程度最高, 通常形成碳酸盐化、硅化、镜铁矿石英铁白云石化、黄铁矿化, 黄铜矿化、蓝铜矿化和很少量的闪锌矿化、毒砂化、黝铜矿化、磁铁矿化等。

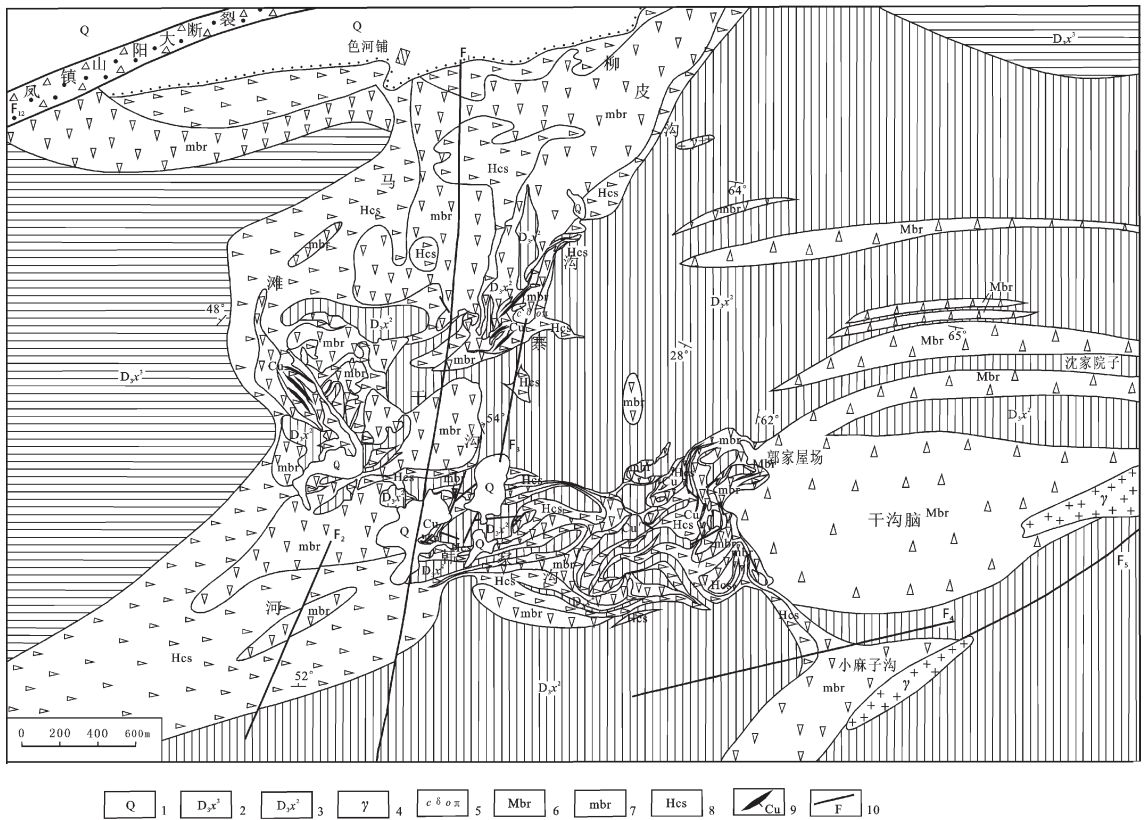


图 8 色河铺地区地质略图

1—第四系; 2—钙质砂、粉砂岩夹粉晶灰岩; 3—灰色粉砂岩、粉砂质板岩、灰岩、泥灰岩; 4—花岗岩; 5—绿泥石化石英闪长斑岩; 6—熔浆质角砾岩; 7—混合质角砾岩; 8—热液注入震裂岩; 9—铜矿(化)体; 10—断裂及编号

Fig.8 Geological sketch map of Shehepu area

1—Quaternary; 2—Calcareous sandstone intercalated with powder limestone; 3—Gray siltstone silty slate, with sandstone, limestone, marl; 4— Granite; 5—Chlorite quartz diorite porphyrite; 6—Magmatic cryptoexplosive breccia; 7—Mixed cryptoexplosive breccia; 8—Hydrothermal cracking shock rock; 9—Copper ore body; 10—Fault and its serial number

(4) 矿化分布规律

铜矿体不出现在熔浆质隐爆角砾岩中, 而产于热液注入震裂岩或其与混合质隐爆角砾岩的接触部位, 受北西向组、北东向组、近南北向组微裂隙带控制, 矿体具平行斜列产出特征。

4 冷—池—色金钼铜矿带矿床成因

该矿带以发育中酸性小岩体为特色。围绕主岩体, 蚀变类型从岩体向外, 依次出现硅化、钾化、绢英岩化、青磐岩化、角岩化等, 相应的也伴随钼、铜、金矿化, 并形成较为明显的矿化分带性。池沟矿区钼矿产于 I 号黑云母二长花岗岩及其外接触带, 向外则依次出现铜矿、金矿。冷水沟矿区铜矿不产于斑岩体中, 而是产于斑岩体附近的围岩中, 金矿则远离斑岩体分布。色河铺铜矿区铜矿产于隐爆角砾岩的外带震

裂岩中。铜、钼硫化物在矿石中呈细脉状、浸染状及细脉浸染状分布, 与典型斑岩型矿床成矿特征类似。

冷水沟、双元沟、池沟中、酸性侵入岩中部分成矿元素平均含量 $Cu\ 33\times 10^{-6}\sim 226\times 10^{-6}$ 、 $Mo\ 2\times 10^{-6}\sim 2.78\times 10^{-6}$ 、 $Ag\ 0.35\times 10^{-6}\sim 1\times 10^{-6}$ (表 1), 远远高于维诺格拉多夫(1962)给出的世界闪长岩、花岗岩中平均含量 ($Cu\ 20\times 10^{-6}\sim 35\times 10^{-6}$ 、 $Mo\ 0.9\times 10^{-6}\sim 1\times 10^{-6}$ 、 $Ag\ 0.05\times 10^{-6}\sim 0.07\times 10^{-6}$), 反映岩浆有提供成矿物质的前提。

冷水沟铜矿床斑岩和矿石中黄铁矿单矿物铅同位素组成接近 $^{209}Pb/^{204}Pb=17.620\sim 17.786$, $^{207}Pb/^{204}Pb=15.461\sim 15.484$, $^{208}Pb/^{204}Pb=37.647\sim 38.038$, 与地层中黄铁矿铅同位素组成 ($^{206}Pb/^{204}Pb=21.179$, $^{207}Pb/^{204}Pb=15.752$, $^{208}Pb/^{204}Pb=38.874$) 差异很大, 反映成矿与斑岩有关。

表 1 本区主要岩体成矿元素含量
Table 1 Ore-forming elements content of the main rock mass

地 区	岩 性	样数	含 量/ 10^{-6}						资料来源	
			Cu	Mo	Ag	Pb	Zn	W		Ni
双元沟	石英闪长岩	12	33.0	/	/	17.0	42.0		6.0	张本仁等 ^[29]
	花岗闪长斑岩	20	139		/	22.0	48.0	/	7.0	
冷水沟	中、酸性岩	20	213	2.78	0.35	29.0	19.0	4.7	5.0	
池沟	斑状花岗岩	1	226	< 2	< 1	18	35	3	< 5	谢桂青等 ^[19]
	石英闪长岩	7	200	< 2	< 1	13.8	48.1	2.7	7.1	
世界花岗岩平均含量 (维诺格拉多夫, 1962)			20.00	1.00	0.05	20.00	60.00	1.50	8.00	张本仁等 ^[29]
世界闪长岩平均含量 (维诺格拉多夫, 1962)			35.00	0.90	0.07	15.00	72.00	1.00	55.00	

池沟钼铜矿床黄铁矿单矿物硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 为 $-0.8\text{‰} \sim -4.3\text{‰}$ ^①, 冷水沟硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 为 $-0.29\text{‰} \sim +1.84\text{‰}$ ^[29](表 2), 变化范围较窄, $\delta^{34}\text{S}$ 接近陨石硫, 与矿带外围沉积地层中黄铁矿硫 ($\delta^{34}\text{S}=23.98\text{‰}$) 不同, 反映矿石中的硫由岩浆带来, 源自地幔, 可能混有下地壳基性岩中的硫。与国内典型斑岩型铜(钼)矿床的硫同位素组成(多宝山 $\delta^{34}\text{S}=-5.2\text{‰} \sim +3.3\text{‰}$, 平均 -0.77‰ ^[31]; 德兴平均 $\delta^{34}\text{S}=+0.61\text{‰}$ ^[32]; 富家坞 $\delta^{34}\text{S}=-0.6\text{‰} \sim +1.0\text{‰}$, 平均 $+0.48\text{‰}$ ^[33]) 基本类似。

冷水沟花岗闪长斑岩成岩年龄为 $142 \sim 146 \text{ Ma}$ ^[18], 花岗斑岩成岩年龄为 145 Ma ^[19], 辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 $(145.6 \pm 2.3) \sim (150.0 \pm 2.3) \text{ Ma}$ ^①; 池沟地区二长花岗斑岩和石英闪长玢岩成岩年龄为 $(148 \pm 1) \sim (140 \pm 1) \text{ Ma}$ ^[19], 辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 $(147.1 \pm 2) \sim (148.3 \pm 2.1) \text{ Ma}$ ^[19]。冷水沟、池沟铜钼矿床成矿与成岩年龄一致, 两者关系密切, 均属燕山晚期的产物。

根据区域地质背景、矿带成矿规律、岩体成矿元素含量、岩矿石硫、铅同位素特征、成矿年龄与成岩年龄的一致性等综合分析, 冷—池—色金钼铜矿带中的矿床属于与燕山期岩浆活动有关的岩浆热液型矿床, 为同源、同期岩浆演化作用下的同一成矿系列。矿质由深部岩浆提供, 中、酸性斑岩体为成矿主岩。钼矿成矿类型为斑岩型, 铜矿成矿类型有斑岩型、隐爆角砾岩型、矽卡岩型, 但以斑岩型铜矿和隐爆角砾岩型为主。金(银)矿成矿类型为构造蚀变岩型, 是在浅成低温热液成矿作用基础上, 经韧、脆性剪切构造作用再造而成。

5 找矿标志

5.1 地质标志

①近东西向深大断裂弧形转弯及其与隐伏的北东向基底断裂的交汇部位, 是控岩控矿的有利部位。

②中-酸性小(斑)岩体露头、爆破角砾岩露头、面状蚀变(硅化、钾化、绢云岩化、青磐岩化、粘土化、

表 2 本区及其他地区斑岩矿床硫同位素对比

Table 2 Sulfur isotope comparison of porphyry deposits between the study area and other areas

地 区	样品数	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$	平均	资料来源
冷水沟	8	$-0.29 \sim +1.84$	+1.23	张本仁等 ^[29]
池沟	20	$-4.3 \sim -0.8$	-2.24	谢桂青等 ^[19]
多宝山	234	$-5.2 \sim +3.3$	-0.77	杜琦等 ^[31]
德兴	101	/	+0.61	
玉龙	27	/	+1.18	周作侠等 ^[32]
城门山	34	/	+2.31	
富家坞	11	$-0.6 \sim +1.0$	+0.48	芮宗瑶等 ^[33]
铜厂	136	$-2.8 \sim +3.1$	+0.13	

①谢桂青, 陕西省柞山盆地池沟-冷水沟铜钼矿区的成矿规律和找矿方向研究[R], 2011.

铁碳酸盐化、黄铁矿化、褐铁矿化和褪色化等)、面状热变质岩(角岩)是岩浆活动的宏观标志,暗示具备寻找斑岩型矿产的前提。

5.2 物探标志

①小比例尺航磁异常或大比例尺地面高精度磁异常除指示含磁铁矿地层、(超)基性岩体外,部分磁异常指示(隐伏)中-酸性斑岩岩带、岩体群、热液交代岩或与之有关的金属矿化存在。

②低阻、中等充电率(7%~18%)异常是对钼铜矿化体的反映。过高是对地层中块状(磁)黄铁矿的反映,过低是对一般岩石的反映。

5.3 化探标志

①出现 Cu、Mo、Bi、Pb、Zn、Au、Ag、Hg、Sb 多元素组合异常,平面上具高-中-低温元素的分带性时,直接指示斑岩型矿化的存在。

②原生晕异常值 $\text{Cu } 500 \times 10^{-6} \sim 1000 \times 10^{-6}$, 指示铜矿化体, $\text{Cu} > 1000 \times 10^{-6}$, 指示铜矿体。 $\text{Mo} > 30 \sim 50 \times 10^{-6}$, 指示钼矿化体, $\text{Mo} > 100 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$, 指示钼矿体。 Au 几 $\sim < 10 \times 10^{-9}$, 指示金矿化体; $\text{Au} > 10 \times 10^{-9}$, 指示金矿体。

5.4 地貌标志

岩石外表呈大面积黄褐色、青灰色混杂的火烧皮。

6 认识及区域找矿意义

凤镇—山阳大断裂为一自新元古代就开始长期活动的区域性深大断裂^[34], 是柞—山地区控隆、控盆、控岩、控矿的主导因素,具导热、导流、导浆、导矿功能^[25], 不同时期、不同类型、不同规模的金属矿床都受其控制。

过去在海底热水喷流成矿理论的指导下,在柞—山地区发现和勘探了一批热水喷流沉积型、沉积-改造层控型矿床, 但该理论又长期束缚了人们的思维, 致使柞—山地区的找矿出现过徘徊。近年来,冷—池—色金钼铜矿带的发现给人以新的启发, 拓展了人们的找矿思路, 已显示出在柞—山地区寻找斑岩型多金属矿潜力巨大。

大量资料表明, 斑岩型铜矿产于大洋板块向大陆板块俯冲时大陆板块边缘岩浆弧环境中^[35]。包括柞—山地区在内的秦岭地区在印支期就完成了华北

板块和扬子板块的对接和拼合^[36], 成为统一的中国大陆, 而冷—池—色金钼铜矿带形成于燕山期, 是板内造山作用的产物。冷—池—色金钼铜矿带的发现改变了传统观点, 丰富了斑岩成矿理论, 扩大了找矿的空间。

过去认为东秦岭印支—燕山期钼矿带只分布于华北板块南缘, 但北秦岭马河钼矿、南台钼矿^①的发现将东秦岭钼矿带的南界推进到了商—丹缝合带, 柞—山地区冷—池—色金钼铜矿带中池沟钼矿的发现, 又进一步将东秦岭钼(铜)矿带的南界推进到了南秦岭中部。柞—山地区及周边零星的钼、铜矿线索亦反映了中、南秦岭寻找与燕山期岩浆活动有关的金、铜、钼矿还是有潜力的。

冷—池—色金钼铜矿带成矿斑岩体出露面积小, 岩体形态多为不规则的岩株、岩枝、岩脉或岩瘤, 有的地段仅出现隐爆角砾岩, 说明岩体剥蚀浅, 往深部找矿前景较好。如池沟地区目前发现的斑岩型钼矿、铜矿均是隐伏矿, 色河铺地区发现的仅是隐爆角砾岩型铜矿, 相比池沟、冷水沟矿床, 其深部存在斑岩体和斑岩型铜矿的可能性较大。

7 结论

(1)冷—池—色金钼铜矿带矿化与燕山期中、酸性岩浆活动有关。并受主斑岩体控制。总体上, 往往从斑岩体向围岩, 出现内钼、外铜、远金的多金属矿化空间分带性, 构成了斑岩型—矽卡岩型—隐爆角砾岩型—构造蚀变岩型金钼铜成矿系列。

(2)带内成矿类型以斑岩型铜矿为主, 次为斑岩型钼矿、隐爆角砾岩型铜矿、构造蚀变岩型金矿。矿化产于斑岩体边部、接触带或围岩中。矿体呈似板状、透镜状或脉状, 具平行斜列产出特征。

(3)围岩蚀变主要为角岩化、钾化、绢英岩化、青磐岩化, 次为矽卡岩化、高岭土化、碳酸岩化等。铜矿化主要与硅化、青磐岩化、矽卡岩化、铁白云石化有关; 钼矿化主要与硅化、钾化有关。铜、钼矿中的金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、辉钼矿和磁铁矿, 次为方铅矿、闪锌矿。脉石矿物为石英、钠长石、斜长石、角闪石、绿泥石、绿帘石、黑云母、铁白云石等。矿石构造主要为细脉状构造, 次为浸染、浸染细脉状构造。

(4)本带岩体总体剥蚀程度浅, 已知矿床旁侧及

①樊忠平. 陕西省商洛市商州区龙王庙乡南台钼多金属矿详查地质报告[R]. 2010.

隐爆角砾岩深部找矿潜力大。

(5)冷—池—色金铜矿带的发现为中、南秦岭寻找斑岩型铜矿床提供了直接证据,拓宽了柞—山地区的找矿思路和找矿空间。

致谢:本文得到匿名审稿人和编辑的悉心指导和审阅,谨致谢意!

参考文献 (References):

- [1] 张国伟, 张本仁, 袁学城. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2001:1-855
Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng. Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics[M]. Beijing: Science Press, 2001:1-855(in Chinese).
- [2] 王相, 唐荣扬, 李实, 等. 秦岭造山与金属成矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996:171-187.
Wang Xiang, Tang Rongyang, Li shi, et al. Qinling Mountains Orogeny and Metallic Mineralization [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1996:171-187(in Chinese).
- [3] 朱华平, 祁思敬. 陕西柞山地区铜矿找矿突破口的选择 [J]. 西北地质, 1997, 18(1):18-21.
Zhu Huaping, Qi Sijing. Zhashan area in Shaanxi copper prospecting breakthrough options [J]. Northwestern Geology, 1997, 18(1):18-21(in Chinese).
- [4] 王东生, 王瑞廷, 代军治, 等. 秦岭造山带金属矿床的“二元控矿”特征[J]. 地质学报, 2009, 83(11):1719-1729.
Wang Dongsheng, Wang Ruiting, Dai Junzhi, et al. Qinling Mountains orogenic belt metal deposit “two yuan of ore control” feature [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83 (11):1719-1729 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王瑞廷, 任涛, 李建斌, 等. 柞水银洞子银铅多金属矿床地球化学特征、成矿模式及找矿预测[J]. 地质学报, 2010, 84(3):418-430.
Wang Ruiting, Ren Tao, Li Jianbin, et al. Geochemistry, metallogenic model and prospecting prediction in Zhashui Yindongzi silver polymetallic deposit [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(3):418-430.
- [6] 刘平. 柞山地区金银铜找矿前景[J]. 中国铝业, 1998:22(7-9).
Liuping. Future for looking for mineral deposits of Au, Ag, Cu in Zhashan area [J]. China Molybdenum Industry, 1998:22 (7-9)(in Chinese with English abstract).
- [7] 杨志华. 边缘转换盆地的构造岩相与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 1991:1-228.
Yang Zhihua. Edge Conversion Basin Tectonic Lithofacies and Mineralization [M]. Beijing: Science Press, 1991:1-228(in Chinese with English abstract).
- [8] 薛春纪, 祁思敬, 马国良, 等. 秦岭泥盆纪海底热液沉积岩的岩石学和地球化学研究[C]//祁思敬, 李英等主编. 秦岭热水沉积型铅锌(铜)矿床. 北京: 地质出版社, 1993:88-103.
Xue Chunji, Qi Sijing, Ma Guoliang, et al. Qinling Mountains Devonian hydrothermal sedimentary petrology and geochemistry[C] //Qi Sijing, Li Ying, et al. Qinling Mountains Hot Water Sedimentary Pb-Zn (Cu) Deposit. Beijing: Geological Publishing House, 1993:88-103(in Chinese).
- [9] 薛春纪, 马国良. 东秦岭泥盆纪成矿海盆中一种(准)同生热水蚀变岩研究[J]. 矿物岩石, 1993, 13(1):25-32.
Xue Chunji and Ma Guoliang. Study of syngenetic altered rock of hot water in metallogenic basin of devonian period in Qinling[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1993, 13(1):25-32(in Chinese with English abstract).
- [10] 祁思敬, 李英. 南秦岭晚古生代海底喷气沉积成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6(1):171-177.
Qi Sijing, Li Ying. The upper Paleozoic submarine exhalative sedimentary metallogenic system in south Qinling[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(1):171-177(in Chinese with English abstract).
- [11] 闫臻, 王宗起, 王涛, 等. 秦岭造山带泥盆系形成构造环境:来自碎屑岩组成和地球化学方面的约束 [J]. 岩石学报, 2007, 23(5):1023-1042.
Yan Zhen, Wang Zongqi, Wang Tao, et al. Qinling Mountains orogenic belt in Devonian tectonic environment: from Clastic Composition and geochemical constraints [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(5):1023-1042(in Chinese with English abstract).
- [12] Yan Z, Wang Z, Yan Q, et al. Devonian sedimentary environments and provenances of the Qinling orogen: Constraints on Late Paleozoic southward accretion of the North China craton [J]. International Geology Review, 2006, 48:585-618.
- [13] 方维萱, 胡瑞忠, 张国伟, 等. 秦岭造山带泥盆系热水沉积岩相的亚相和微相划分及特征[J]. 地质与勘探, 2001, 37(2):49-54.
Fang Weixuan, Hu Ruizhong, Zhang Guowei, et al. On classifications and characteristics of the devonian hydrothermal sedimentary facies in the Qinling orogen [J]. Geology and Prospecting, 2001, 43(5):6-10(in Chinese with English abstract).
- [14] 汤正刚. 秦岭泥盆系层控成矿带的成因和找矿问题[J]. 西北金属矿产地质, 1995:14,15.
Tang Zhenggang. Qinling Mountains Devonian stratabound ore belt and its genetic and prospecting problem [J]. Northwest Metal Mineral, 1995:14,15(in Chinese).
- [15] 陈松岭, 张亚雄, 胡祥昭. 柞水—山阳多金属成矿带成矿地质条件及找矿方向[J]. 中国有色金属学报, 1995, 5(2):1-5.
Chen Songling, Zhang Yaxiong, Hu Xiangzhao. Zhashui - Shanyang polymetallic metallogenic geological condition and prospecting direction [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1995, 5(2):1-5(in Chinese).
- [16] 杨志华. 秦岭造山带南北向构造及有关问题的讨论 [J]. 地质论评, 1997, 43(1):10-16.
Yang Zhihua. Qinling Mountains orogenic belt north and south to structure and discussion on related problems [J]. Geological Review, 1997, 43(1):10-16(in Chinese with English abstract).
- [17] 刘仁燕, 牛宝贵, 和政军, 等. 陕西柞水地区小茅岭复式岩体东段 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年 [J]. 地质通报, 2011, 30(2/3):

- 448-460.
- Liu Renyan, Niu Baogui, He Zhenjun, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb geochronology of the eastern part of the Xiaomaoling composite intrusives in Zhashui area, Shaanxi, China [J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30 (2/3):448-460 (in Chinese with English abstract).
- [18] 牛宝贵, 和政军, 任纪舜, 等. 秦岭地区陡岭—小茅岭隆起带西段几个岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年及其地质意义 [J]. 地质论评, 2006, 52(6):826-835.
- Niu Baogui, He Zhengjun, Ren Jishun, et al. SHRIMP U-Pb ages of zircons from the intrusions in the western Douling - Xiaomaoling uplift and their geological significances [J]. Geological Review, 2006, 52(6):826-835(in Chinese with English abstract).
- [19] 谢桂青, 任涛, 李剑斌, 等. 陕西柞山盆地池沟铜钼矿区含矿岩体的 U-Pb 年龄和岩石成因 [J]. 岩石学报, 2012, 28(1):15-26
- Xie Guiqing, Ren Tao, Li Jianbin, et al. Zircon U-Pb age and petrogenesis of ore-bearing granitoid for the Chigou Cu-Mo deposit from the Zhashan basin, Shaanxi Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28 (1):15-26 (in Chinese with English abstract).
- [20] 卢欣祥, 肖庆辉, 董有. 秦岭花岗岩大地构造图 [M]. 西安:西安地图出版社, 2001.
- Lu Xinxiang, Xiao Qinghui, Dong You. The Qinling Granite Tectonic Map [M]. Xi'an:Xi'an Cartographic Publishing House, 2001(in Chinese with English abstract).
- [21] 弓虎军, 朱赖民, 孙博亚, 等. 南秦岭沙河湾、曹坪和柞水岩体锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2009, 25(2):248-264.
- Gong Hujun, Zhu Leimin, Sun Boya, et al. Zircon U-Pb ages and Hf isotope characteristics and their geological significance of the Shahewan, Caoping and Zhashui granitic plutons in the south Qinling orogen [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25 (2):248-264 (in Chinese with English abstract).
- [22] 尚瑞钧, 严阵. 秦巴花岗岩 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1988: 69-105.
- Shang Ruijun, Yan Zhen. Qinba Granite [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1988:69-105 (in Chinese with English abstract).
- [23] 张宗清, 张国伟, 刘敦一, 等. 秦岭造山带蛇绿岩、花岗岩和碎屑沉积岩同位素年代学和地球化学 [M]. 北京:地质出版社, 2006: 280-285.
- Zhang Zongqing, Zhang Guowei, Liu Dunyi, et al. Isotopic Geochronology and Geochemistry of ophiolites, Granites and Clastic sedimentary Rocks in the Qinling Orogenic Belt [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006:280-285 (in Chinese with English abstract).
- [24] 张成立, 王涛, 王晓霞. 秦岭造山带早中生代花岗岩成因及其构造环境 [J]. 高校地质学报, 2008, 14(3):304-316.
- Zhang Chengli, Wang Tao, Wang Xiaoxia. Origin and tectonic setting of the early mesozoic granitoids in Qinling orogenic belt [J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14 (3):304-316(in Chinese with English abstract).
- [25] 张西社, 王瑞廷. 陕西省山阳县池沟地区斑岩成矿特征、成矿规律及找矿预测 [J]. 西北地质, 2011, 44(2):73-74.
- Zhang Xishe, Wang Ruiting. Porphyry metallogenic regularity and prospecting direction in Chigou region of Shangyang county, Shaanxi province [J]. Northwestern Geological, 2011, 44(2):73-74 (in Chinese with English abstract).
- [26] 任涛, 王瑞廷, 王向阳, 等. 秦岭造山带柞水—山阳沉积盆地铜矿勘查思路与方法 [J]. 地质学报, 2009, 83(11):1730-1738.
- Ren Tao, Wang Ruiting, Wang Xiangyang, et al. A way and method for prospecting copper deposit in the Zhashui-Shanyang sedimentary basin in the Qinling orogenic belt [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(11):1730-1738(in Chinese with English abstract).
- [27] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及其演化 [M]. 北京:科学出版社, 1980:1-124
- Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun, et al. Geotectonic Evolution of China [M]. Beijing: Science Press, 1980:1-124 (in Chinese with English abstract).
- [28] 任纪舜, 张正坤, 牛宝贵, 等. 论秦岭造山带—中朝与扬子陆块的拼合过程 [C]//叶连俊, 钱祥麟, 张国伟主编. 秦岭造山带学术讨论会论文集. 西安:西北大学出版社, 1991:99-110.
- Ren Jishun, Zhang Zhengkun, Niu Baogui, et al. On the Qinling Mountains orogenic belt - Sino - Korean and Yangtze blocks matching process [C]//Ye Lianjun, Qian Xianglin, Zhang Guowei, the Qinling Mountains Orogenic Belt Symposium. Xi'an: Northwestern University Press, 1991:99-110 (in Chinese with English abstract).
- [29] 张本仁, 陈德兴, 李泽九, 等. 陕西柞水—山阳成矿带区域地球化学 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1989:115-128.
- Zhang Benren, Chen Dexing, Li Zejiu, et al. Regional Geochemistry of the Zhashui-Shanyang Metallogenic Belt, Shaanxi Province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1989: 115-128(in Chinese with English abstract).
- [30] 张西社. 南秦岭柞山地区铜矿成矿类型、成矿规律及找矿预测 [J]. 地质与勘探, 2012, 48(4):728-741.
- Zhang Xishe. Copper mineralization types, metallogenic regularity and prospecting prediction of Zhashan area in South Qinling mountains [J]. Geological and Exploration, 2012, 48 (4):728-741 (in Chinese with English abstract).
- [31] 杜琦, 马晓阳, 韩成满, 等. 斑岩铜矿成因探讨 [M]. 北京:地质出版社, 2008:60-71.
- Du Qi, Ma Xiaoyang, Han Chengman, et al. Porphyry Copper Deposit Genesis [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 60-71(in Chinese).
- [32] 周作侠. 我国斑岩铜矿特征及其成矿来源 [J]. 矿床地质, 1983 (4):43-49.
- Zhou Zuoxia. Characteristics and metallogenic source of porphyry copper deposits in China [J]. Mineral deposits, 1983 (4):43-49(in English Abstract).

- [33] 芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国明, 等. 中国斑岩铜(钼)矿床[M]. 北京:地质出版社, 1984:1-202.
Rui Zongyao, Huang Chongke, Qi Guoming, et al. Copper (molybdenum) Deposits in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984:1-202(in Chinese with English abstract).
- [34] 方维萱. 柞山泥盆纪沉积盆地成矿动力学分析 [J]. 矿产与地质, 1999, 71(13):142-147.
Fang Weixuan. Research on geodynamics of Zhashan Sedimentary Basin[J]. Mineral Resources And Geology, 1999, 71(3):142-147 (in Chinese with English abstract).
- [35] 侯增谦, 杨志明. 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[J]. 地质学报, 2009, 83(12):1779-1860.
Hou Zengqian, Yang Zhiming. Porphyry deposits in continental settings China: geological characteristics, magmatic-hydrothermal system and metallogenic concept model [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(12):1779-1860(in Chinese with English abstract).
- [36] 钟建华. 陕西秦岭泥盆系区域成矿大地构造演化[J]. 大地构造与成矿学, 1997, 21(3):242-250
Zhong Jianhua. On the evolution of regional metallogenic geotectonics of the devonian system in Qinling, Shaanxi Province [J]. Geotectonica et metallogenia, 1997, 21(3):242-250(in Chinese with English abstract).

Characteristics of Ling(shuigou)-Chi(gou)-Se(hepu) metallogenic belt in Zhashan area of Shaanxi Province and their regional ore-prospecting significance

ZHANG Xi-she¹, DAI Jun-zhi², WANG Rui-ting²,
WANG Peng¹, GUO Yan-hui¹, HUO Tian-yun¹

(1. No. 713 Geological Party of Northwest Nonferrous Geological Exploration Bureau, Shangluo 726000, Shaanxi, China; 2. Geological Exploration Institute of Northwest Mining and Geological Exploration Bureau for Nonferrous metals, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: The Leng (shuigou)-Chi (gou)-Se (hepu) gold molybdenum and copper belt of Zhashan area in Shaanxi Province is located in southern Zhashan area and lies in the middle of Xiaomaoling-Douling Proterozoic island chained uplift belt and at the junction of the middle and south Qinling Mountains. With the east-west length of 35.7 km and the north-south width of 7.6 km, this belt contains multiple gold molybdenum and copper deposits related to intermediate and acid magmatic activities of Yanshanian period. Geology, ore body, alteration and mineralization regularities of the Lengshuigou gold copper deposit, the Chigou gold and molybdenum copper deposit, the Sehepu copper deposit and other main deposits are summarized in this paper. They are controlled by the main porphyry rock. On the whole, from the porphyry body to surrounding rocks, there appears molybdenum in the inner part, copper in the outer part and gold in the distal part, constituting a porphyry type-skarn type-cryptoexplosion breccia type-tectonic altered rock type gold molybdenum copper metallogenic series. The discovery of the Leng-Chi-Se gold, molybdenum and copper belt provides direct evidence in search for porphyry molybdenum-copper deposits in middle and south Qinling Mountains, and also broadens the ore-prospecting train of thought and space in Zhashan area.

Key words: gold, molybdenum and copper; metallogenic series; porphyry; Qinling; Zhashan area of Shaanxi

About the first author: ZHANG Xi-she, male, born in 1965, bachelor, senior engineer, engages in geological exploration of mineral resources research and technological management; E-mail: zxs_ok@163.com.