

地质与矿产

陕西省丹凤县蔡凹锑矿床地质特征及找矿方向

范红科¹, 张代斌², 韩代成³, 边飞¹, 王淑利¹, 刘晓璐¹

(1. 西北有色地质研究院, 陕西 西安 710054; 2. 青海诺贝尔矿业有限公司, 青海 西宁 810008; 3. 山东省地质科学研究所, 山东 济南 250013)

摘要:蔡凹锑矿床位于北秦岭加里东造山带内, 产于古元古代秦岭群地层中, 严格受区域性大断裂和界岭复式背斜两翼的次级褶皱和断裂控制。文中从分析成矿地质背景、矿床地质特征和矿床成因入手, 总结了矿床的控矿因素, 认为该矿床受含矿地层、构造和岩浆岩等因素控制; 提出了新的找矿方向, 认为蔡凹锑矿床深部仍有较大的找矿潜力, 围绕有利的构造部位和矿化蚀变标志追索矿体, 实现找矿勘查的突破。

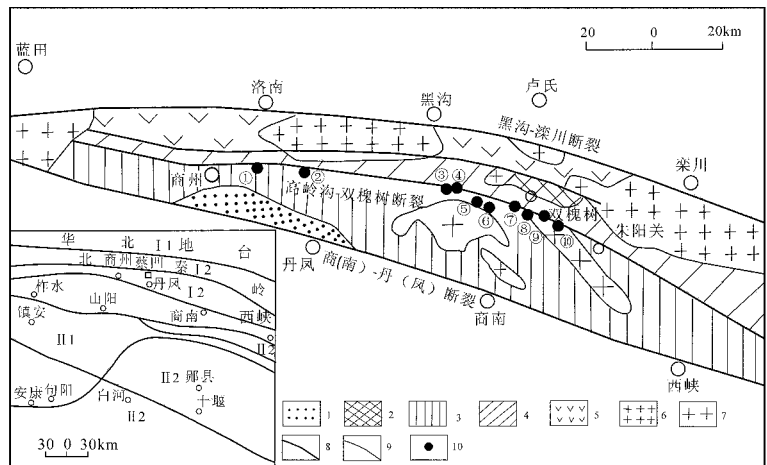
关键词:地质特征; 控矿因素; 找矿方向; 蔡凹锑矿床; 丹凤县; 陕西省

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

引文格式: 范红科, 张代斌, 韩代成, 等. 陕西省丹凤县蔡凹锑矿床地质特征及找矿方向[J]. 山东国土资源, 2015, 31(1): 18-22. FAN Hongke, ZHANG Daibin, HAN Daicheng, etc. Geological Characteristics and Prospecting Direction of Caiwa Antimony Deposit in Danfeng County in Shanxi Province[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(1): 18-22.

蔡凹锑矿床位于陕西省丹凤县蔡川镇, 南距丹凤县政府所在地 16 km。该区的地质找矿始于 20 世纪 50 年代, 商洛地质队在区内发现了锑矿化体; 1961—1965 年西北冶金地质勘探公司 106 队在蔡凹地区发现了 I、III、IV 3 个锑矿带, 探获 2 个锑矿体; 2001—2008 年西北有色地质勘查局 713 队在该区开展地质普查, 发现了 8 条锑矿化带, 13 条锑矿(化)体; 2009—2012 年西北有色地质研究院在充分收集整理和分析研究以往地质成果的基础上, 应用坑、钻探相结合的手段对已有矿体的深部和成矿有利地段进行控制, 找矿勘查取得较大进展。蔡凹锑矿床分布于陕豫锑成矿带的西段, 该带西起陕西商州市高岭沟, 东至河南卢氏县朱阳关一带, 东西延伸百余千米^[1]。锑矿床(点)沿区域性大断裂分布, 矿体产于大断裂旁侧的次级构造带内, 展布方向与区域构造线的展布方向基本一致。目前区内已发现高岭沟、蔡凹、掌耳沟和大河沟 4 个中型锑矿床,



I—华北板块: I₁—华北地台; I₂—北秦岭造山带; II—秦岭南部晚古生代拗陷区(山柞甸盆地); II₂—南秦岭南部晚古生代隆起区; 1—新生界; 2—中生界; 3—秦岭群构造层; 4—二郎坪群构造层; 5—宽坪群构造层; 6—中生代花岗岩; 7—古生代花岗岩; 8—断裂带; 9—地质界线; 10—锑矿床(点); ①高岭沟; ②蔡凹; ③南阳县; ④官坡; ⑤掌耳沟; ⑥庆家沟; ⑦南沟; ⑧大河沟口; ⑨小

图1 蔡凹地区区域地质略图

红沟; ⑩黄柏沟

数十个小型锑矿床(点)。蔡凹锑矿是该成矿带西段较为重要的锑矿产地之一。

收稿日期: 2013-01-01; 修订日期: 2014-02-22; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 范红科(1972—), 男, 甘肃涇川人, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查、地球化学勘查及研究工作; E-mail: fhk929@tom.com

1 成矿地质背景

蔡凹铈矿床位于北秦岭加里东褶皱带内,处于商(南)-丹(凤)断裂与高岭沟-双槐树断裂之间,距高岭沟-双槐树断裂0.5~6 km^[2](图1),分布于界岭复式背斜两翼近轴部地段。区内出露元古界、古生界及中生界-新生界地层,地层总体呈 NWW 向展布。古元古代秦岭群为一套中-深变质岩系,主要岩性为片岩、片麻岩、混合岩和大理岩等;中元古代宽坪群为一套中-浅变质岩系,由长英质片岩、泥砂质大理岩、硅质岩等组成;下古生界为一套中-浅变质的海相火山喷发-沉积建造;上三叠统一下侏罗统为断陷盆地沉积,由一套浅变质的变质砂岩、砂页岩和炭质板岩等组成^[3]。

区内经历了前加里东期、加里东期、华力西期和印支期的构造叠加活动,形成 NWW 向、NE 向、NW 向和近 SN 向断裂交织的构造格局。NWW 向、近 EW 向和 SN 向断裂为矿区的主要容矿、控矿构造,控制了区内 8 条矿化带、13 条矿(化)体的空间展布。褶皱主要为界岭复式背斜,其核部地层为秦岭群第二岩性段,两翼为秦岭群第三、四岩性段。次级褶皱控制了区内铈多金属矿床(点)的空间展布。

区内岩浆岩以印支期二长花岗岩为主,次为加里东-燕山期中酸性混合花岗岩、片麻状花岗岩等,呈岩基、岩株或岩脉产出。

区内矿产资源较为丰富。金属矿产以铈、铜矿为主,已发现高岭沟铈矿床、蔡凹铈矿床、皇台铜矿床等;非金属矿产主要有石墨、矽线石和石棉等。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质特征

2.1.1 地层

矿区出露地层主要为古元古代秦岭群(Pt, qn)第二、三岩性段(图2)。第二岩性段(Pt, qn²)下部为大理岩、角闪斜长片麻岩;上部以石墨大理岩为主,局部夹有斜长角闪片麻岩。第三岩性段

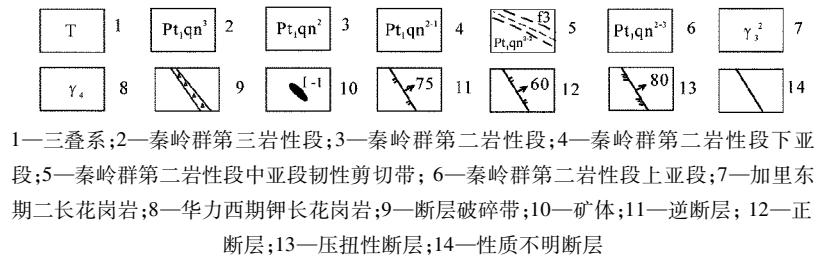
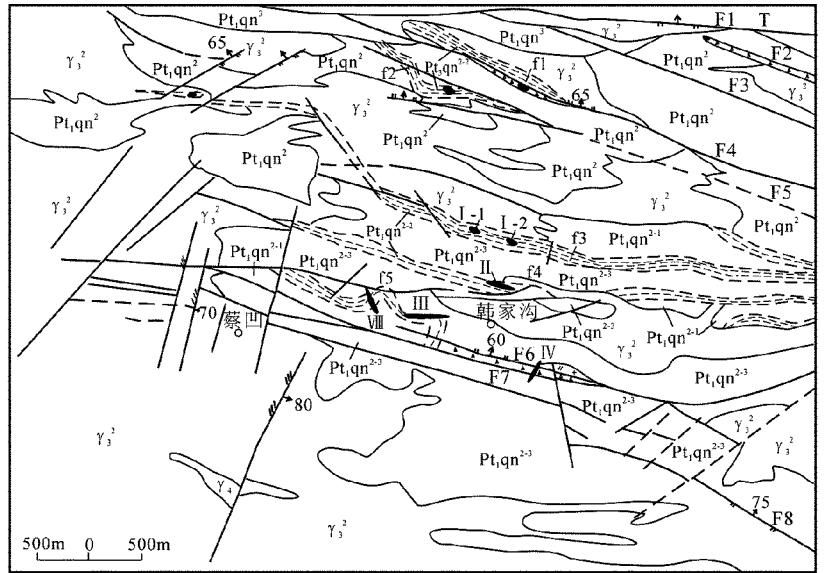


图2 蔡凹铈矿区地质简图

(Pt, qn³)为黑云角闪片麻岩、云母石英片岩、混合片麻岩夹斜长角闪片岩及大理岩,底部为黑云石英片岩。蔡凹铈矿主要赋存于秦岭群第二岩性段的大理岩、韧性剪切带及断层破碎带内。

2.1.2 构造

矿区褶皱主体为界岭复式背斜及其南翼的次级褶皱。矿体多分布在界岭复式背斜两翼的层间破碎带及次级褶皱的转折端和倾伏端。与矿化关系密切的次级褶皱有小虎狼沟-韩家沟(倒转)背斜、小虎狼沟口-邹家沟口向斜等。

矿区断裂主要有 NWW 向、NW 向、NE 向和近 SN 向 4 组。NWW 向断裂主要有 F5, F6, F7 及数条规模不等的小断裂。破碎带长数百至数千米,宽 0.3~25 m,断面呈舒缓波状起伏,具多期次活动的特点,为一组张扭性断裂;NE 断裂为一组压扭性断裂,延伸长 200~3 000 m,切割 NWW 向断裂;NW 向断裂延伸长 200~1 000 m,为后期断裂,对矿化带及矿体有明显的破坏作用;近 SN 向断裂延伸长 200~1 000 m,属压扭性断裂,与 NWW 向断裂交会部位可见铈矿化,与 NWW 向韧性剪切带的叠加部位常形成富矿体。

2.1.3 岩浆岩

区内岩浆岩主要有片麻状黑云母花岗岩、混合岩,浅色中粒斜长花岗岩、肉红色钾长花岗岩等,其中浅色中粒斜长花岗岩呈脉状沿断层破碎带断续分布,与铋矿化关系密切;混合花岗岩内也有铋矿体产出。

2.2 矿化带与矿(化)体特征

蔡凹铋矿区已圈出10条铋矿化带,均受断层破碎带或韧性剪切带控制。I至V号矿化带呈NWW向展布,VI至X号矿化带呈近SN向展布,其主要特征如下:

I号矿化带位于虎狼沟-闻家沟倒转背斜的南翼,受F3韧性剪切带控制。矿化带长大于3200m,宽0.40~24m,走向NWW,呈舒缓波状起伏,带内已圈出了2个铋矿体。矿体长85~790m,厚0.39~13.54m,铋品位0.80%~23.12%,见有硅化、辉铋矿化、少量黄铁矿化等。

II号矿化带位于邹家沟一带,长670m,宽1.0~4.0m,走向NWW,受F2韧性剪切带控制,赋存II号铋矿体,矿体长大于50m,厚1.50~3.80m,铋品位1.08%~1.89%。

III号矿化带位于虎狼沟口-韭菜沟一带,产于 Pt_1qn^{2-1} 大理岩与 Pt_1qn^{2-2} 片岩、片麻岩的接触带附近,长450m,宽0.70~2.80m,走向NWW,倾向N,铋矿体厚0.50~1.20m,铋品位0.50%~0.89%。

IV号矿化带位于小蔡凹一带,斜穿 Pt_1qn^{2-3} 大理岩及其与花岗岩的接触带,受F6断层破碎带控制。矿带长600m,宽0.40~5.42m,走向NE。IV号矿体断续长520m,厚1.25~3.47m,铋品位1.54%~7.88%。

V号矿化带位于南沟口一带,产于 Pt_1qn^3 混合岩内,赋存2个矿体,长250m,宽0.30~3.75m,铋品位2.05%~4.47%。

VII号矿化带,位于矿区西部,受近SN向断层破碎带控制。矿带长760m,宽0.30~2.70m,矿体分布于大理岩、花岗片麻岩和混合花岗岩中,呈舒缓波状起伏。控制矿体长100多米,厚0.58~1.63m,铋品位1.65%~7.84%。矿带内充填有围岩角砾,硅质胶结,具强烈硅化、辉铋矿化等。

VIII号矿化带位于虎狼沟地区,穿层或顺层状分布于 Pt_1qn^{2-3} 大理岩与 Pt_1qn^{2-2} 韧性剪切带内,走向近SN,控制矿体长650m,厚0.55~2.60m,铋品位1.63%~7.00%。

IX, X矿化带分布于 Pt_1qn^{2-1} 大理岩及花岗岩内,受近SN向断层破碎带控制。控制矿体长230~500m,厚0.20~0.90m,铋品位0.50%~5.99%。

2.3 矿石特征

2.3.1 矿石矿物组成

矿石矿物成分简单,金属矿物主要为辉铋矿,次为少量黄铁矿、菱铁矿,局部地段见有少量含铋自然铋、神铋矿、自然铋等;次生铋矿物有黄铋华、铋华和铋赭石等。常见脉石矿物以石英、方解石为主,次为少量高岭土、绢云母、重晶石等。

2.3.2 矿石结构构造

矿石的结构主要有自形一半自形针状、柱状结构、碎裂状结构、角砾状结构和交代残余结构等。矿石构造主要有浸染状构造、致密块状构造、条带状构造和溶蚀充填构造等。

2.3.3 围岩蚀变

矿区近矿围岩蚀变主要有硅化、辉铋矿化、碳酸岩化、白云母化、炭化和黄铁矿化等。硅化、炭化与成矿关系较密切。

硅化与辉铋矿化受断层破碎带控制,有辉铋矿化一定有硅化,但有硅化不一定有辉铋矿化。硅化可分为早期的暗色硅化和晚期的浅色硅化。暗色硅化规模较大,矿体两侧可延伸数百米,与被交代的围岩呈不规则的渐变关系,呈不规则脉状、囊状、似层状分布,远离矿化带硅化逐渐变弱;浅色硅化分布较为零星,晚于矿化而生成,常呈微细脉穿插于近矿围岩中。

炭化受断层控制,常常产于控矿断裂的边部或断裂带的各组裂隙间,与辉铋矿化有一定的相关性,炭化强辉铋矿化弱,炭化弱则构造带中可能伴随有铋矿化。

3 矿床成因分析

3.1 成矿物质来源

3.1.1 金属来源

通过对区内秦岭群地层中的岩石微量元素分析数据统计表明,该地层中铋元素的平均含量为 0.96×10^{-6} ^[4],高于区域内其他地层中铋元素的背景值和地壳克拉克值(0.51×10^{-6});高岭沟、蔡凹、掌耳沟和大河沟等铋矿床(点)均赋存于秦岭群地层中,说明该地层是区内铋矿的主要矿源层,也是主要的

赋矿层位。

3.1.2 硫来源

高岭沟—蔡凹一带锑矿石中采集辉锑矿(3件)、黄铁矿(2件)、方铅矿(1件)、雄黄(1件)7件硫同位素样品测试 $\delta^{34}\text{S}$ 值(表1)范围在 $(-7.20 \sim +8.00) \times 10^{-3}$ 之间,平均 2.93×10^{-3} ,极差为 15.20×10^{-3} ,表明该矿床中矿物硫同位素来源有2种途径,一种为变质流体,一种为岩浆流体。矿脉中辉锑矿与黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值差异较小,说明矿床形成过程中变质流体与岩浆流体混合后硫同位素组成基本达到平衡状态^[5-6]。

表1 高岭沟—蔡凹锑矿床硫同位素样品测试结果

样号	矿物名称	$\delta^{34}\text{S}$ (10^{-3})	平均 (10^{-3})	采样地点
II C-2	辉锑矿	5.30	2.93	蔡凹
II C-3	辉锑矿	7.00		
II C-5	辉锑矿	8.00		
II C-4	黄铁矿	1.90		
IV Py-1	黄铁矿	2.93		高岭沟
IV Ga-1	方铅矿	2.60		
II C-1	雄黄	-7.20		蔡凹

测试单位:中国科学院地球化学研究所,1986年。

3.2 成矿温度

高岭沟—蔡凹锑矿矿石中采集石英(3件)、辉锑矿(6件)、方解石(3件)共12件样品用爆裂法测温结果(表2),表明伴有辉锑矿的3期热液形成温度为 $126 \sim 258^\circ\text{C}$,各期均在 $254 \sim 257^\circ\text{C}$ 时先有石英析出,尔后辉锑矿在 $126 \sim 206^\circ\text{C}$ 晶出;到方解石热液阶段,其温度略有升高,达 280°C 左右。

表2 矿物包裹体爆裂法温度测定

样品编号	矿物名称	成矿期次	爆裂温度($^\circ\text{C}$)	采样地点
82-155	石英	晚于主成矿期	254	蔡凹
82-156	辉锑矿	主成矿期长柱状辉锑矿	172	
82-157			172	
82-158	方解石	方解石化期,与短柱状辉锑矿伴生	272	高岭沟
82-159			288	
82-160			282	
82-161	辉锑矿	稍晚于主成矿期,呈毛发状产于晶洞中	126	蔡凹
82-163	石英	晚于主成矿期	258	
82-165		晚于主成矿期与长柱状辉锑矿共生	257	
82-166	辉锑矿	主成矿期长柱状辉锑矿	188	高岭沟
82-167		成矿后期短柱状辉锑矿	206	

成矿过程中,辉锑矿形成具有多期次成矿的特

点,主矿化期结晶过程持续时间较长,形成的辉锑矿结晶程度高,多呈针状、柱状或放射状;次矿化期矿液冷却过程较快,形成的辉锑矿结晶程度相对较低,多为短柱状或他形粒状。

综上所述,蔡凹锑矿床的成矿物质主要来源于地层,成矿流体有变质流体和岩浆流体,为中—低温条件成矿,初步认为该矿床的成因类型为变质—岩浆再造型锑矿床。

4 控矿因素

4.1 地层与岩性控矿

陕西商州市高岭沟到河南卢氏县朱阳关一带的锑矿床均赋存于秦岭群地层中,并与大理岩关系密切^[7]。据统计,秦岭群中锑元素含量是其他各岩群中锑元素含量的2.5~4倍^[8],为该区锑矿床的形成提供了丰富的物质来源;同时,大理岩孔隙度高,渗透能力强,化学性质活泼,利于矿液运移和交代,是较为理想的容矿层位。大理岩内常有云母石英片岩或片麻岩的夹层,由于两者物理性质的差异,当其受到强烈挤压褶曲时,易产生层间剥离,为矿液的储存创造了有利空间;当其发生塑性变形后构造裂隙不发育,对矿液起到了遮挡作用,较易形成厚大矿体。锑矿(化)体多分布于中细粒大理岩中,其内层间裂隙、溶洞发育,岩石破碎,利于矿质富集。大理岩内若发育“黄泥洞”、溶洞或方解石晶洞,则其附近常有高品位锑矿体出现。

4.2 构造控矿作用

高岭沟—双槐树断裂为区内锑矿化奠定了构造基础。控制了该区地质构造的发展,也控制了锑矿床(点)的空间展布。区内已知的锑矿床(点)均分布在该断裂以南0.5~6 km范围内,赋存于秦岭群地层中的次级断裂破碎带内。矿体的产出部位和形态严格受界岭复式背斜及其两翼的次级褶皱和断裂控制。小虎狼沟—韩家沟一带倒转背斜的核部或转折端常有厚大的锑矿体;2组断裂的交会部位或断裂产状由陡变缓的部位常形成囊状富矿体;层间破碎带或层间剥离带内常形成层状或似层状矿体。

4.3 岩浆岩控矿作用

区内岩浆活动强烈,岩浆热液为矿质的活化、运移创造了良好条件。花岗岩体内的断裂带中常有锑矿体产出,如蔡凹锑矿区的VI, VII号矿体;花岗岩与

围岩的接触带或旁侧围岩中常有锑矿体产出,说明花岗岩与锑矿之间有一定的成因联系。

5 找矿方向探讨

(1)蔡凹锑矿区找矿方向应以“探边摸底,攻深找盲”为原则。对已知矿体的深部、边部以往工作程度较低地段布置探矿工程进行控制。注意背斜核部或转折端以及2组断裂的交会部位或断裂产状由陡变缓部位。

(2)区内矿体在空间上呈“豆荚状”或透镜状产出,沿走向和倾向分布不连续,但硅化、石墨化等围岩蚀变分布较连续,溶洞、“黄泥洞”和方解石晶洞等地质现象普遍存在,显示该区仍有较好的找矿前景。

(3)小东沟地区应继续对Ⅵ,Ⅶ号矿体深部进行控制,围绕花岗岩体中的断层破碎带及暗色硅化蚀变带对矿体进行追索,扩大矿体规模。

(4)蛟阴沟和四方块地区已施工4个钻孔,见矿效果较好,有3个钻孔见有锑矿(化)体,其中ZK1701钻孔见锑矿厚12.40 m,锑品位0.71%~21.89%,说明该地区找矿潜力较大,应加大勘查工作力度,以期找到厚大的富矿体。

(5)对区内已有的分散流成果,结合自电异常,对成矿有利地段进行工程验证。矿区西部的韭菜沟地区锑分散流异常规模大、浓度高,建议对该异常进行追索,查证异常源。

参考资料:

- [1] 张正伟,张建军,黄海明,张中山.东秦岭北锑-汞矿带矿床特征及其构造控矿作用[J].矿物岩石地球化学通报,2007,26(2):185-190.
- [2] 王清廉.陕西商丹北部锑矿床成因的初步认识[J].矿床地质,1984,3(4):45-51.
- [3] 陕西省地质局.陕西省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989:1-480.
- [4] 高菊生.陕西蔡凹锑矿构造特征及其对成矿的控制[J].有色金属矿产与地质,1999,8(1):53-59.
- [5] 张国林,姚金炎,谷湘平.中国主要类型锑矿床矿物包裹体地质地球化学[J].地质与勘探,1999,35(6):4-8.
- [6] 张国林,谷湘平.中国主要类型锑矿床硫同位素组成及地球化学特征[J].矿产与地质,1999,13(71):172-178.
- [7] 杨琳,王昊,闫石,张文博.河南王庄锑矿床地质特征、矿床成因与找矿方向探讨[J].地质与勘探,2010,46(5):844-851.
- [8] 张西社.陕西蔡凹锑矿床地质特征及矿床成因[J].有色金属矿产与地质,1999,18(6):698-700.

Geological Characteristics and Prospecting Direction of Caiwa Antimony Deposit in Danfeng County in Shanxi Province

FAN Hongke¹, ZHANG Daibin², HAN Daicheng³, BIAN Fei¹, WANG Shuli¹, LIU Xiaolu¹

(1. Northwest Institute of Nonferrous Geology, Shaanxi Xi'an 710054, China; 2. Nobel Mining Limited Corporation, Qinghai Xining 810008, China; 3. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Caiwa antimony deposit in Shanxi province locates in the northern Qinling Caledonian fold belt. It occurred in metamorphic rocks of Proterozoic Qinling group, and is strictly controlled by secondly folds of regional fault and faults of Jieling anticlinorium. Based on comprehensive analysis of metallogenic geological setting, geological characteristics and the origin of deposit, ore-controlling factors of this deposit have been summarized. It is regarded that the Caiwa antimony deposit are obviously controlled by ore-bearing strata, faults and magmatism. New prospecting direction is proposed. It is inferred that there is prospecting potentiality in the deep part of Caiwa antimony deposit. Based on favorable faults position and the ore prospecting indicators of mineralization and alteration, new orebodies can be found and a great breakthrough in ore prospecting can be gained.

Key words: Geological characteristics; ore-controlling factors; prospecting direction; Caiwa antimony deposit; Danfeng county; Shanxi province