

• 地质与测量 •

湘西滑板溪金锑多金属矿床地质特征及找矿前景

赖胜¹ 付伟¹ 苏特^{1,2} 谭尹彬³ 王德恭² 滕建青¹

(1. 桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541000; 2. 湖南省地矿局四一八队, 湖南 娄底 417000;

3. 中国建筑材料工业地质勘查中心广西总队, 广西 桂林 541000)

摘要 滑板溪金锑多金属矿地处湖南安化境内,位于雪峰山弧形构造带上段北西边缘,地处著名的湘西多金属成矿带西南部。结合矿区最新地质工作成果,分析了区域地质背景、矿床地质特征,并对区内控矿因素、矿床成因及找矿标志进行了探讨。研究表明:①矿(化)体主要赋存于奥陶系下统宁国组灰绿色条带状板岩、粉砂质板岩组合的浅变质岩体中,多呈脉状、薄层状、浸染状产出,分带明显;②矿化蚀变作用强烈,细脉状硅化、退色化及黄铁矿化与矿化关系密切;③矿床多分布于区域性大断裂旁侧的次级断裂交汇处,受NE向断裂控制作用明显,并受地层岩性、断裂构造等因素共同控制,属中—低温热液充填改造型矿床;④矿体主要产于蚀变破碎带内,成矿方式以矿体(脉)沿断裂破碎带和裂隙充填为主,含矿断裂破碎带尤为发育。在上述分析的基础上,从地层、构造、蚀变、化探原生晕异常等方面分析了综合控矿特征及矿化特征,认为矿区构造交汇部位、NE向断裂、硅化脉破碎带、蚀变地段、地表出露的金属氧化物(如锑华)及其硫化物(毒砂)为有利的找矿标志;矿区W—NW向深部及1[#]、2[#]矿脉外围具有较大的找矿潜力,值得进一步开展工作。

关键词 金锑多金属矿 区域地质背景 地质特征 控矿因素 矿床成因 找矿标志

中图分类号 P618.51 P618.66 文献标志码 A 文章编号 1001-4250(2017)-09-151-09

Geological Characteristics and Prospecting Potential of Huabanxi Au-Sb Polymetallic Deposit in Western Hunan Province, China

Lai Sheng¹ Fu Wei¹ Su Te^{1,2} Tan Yincheng³ Wang Degong² Teng Jianqing¹

(1. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541000, China;

2. No. 418 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration of Hunan Province, Loudi 417000, China;

3. Guangxi Branch, China Geological Exploration Center of Building Materials Industry, Guilin 541000, China)

Abstract Huabanxi Au-Sb polymetallic deposit is located in Anhua County, Hunan Province, which is distributed in the northwest edge of the upper section of Xuefeng Mountain arcuate tectonic belt, the southwest of polymetallic metallogenic belt in Western Hunan Province. Based on the latest prospecting results in the mining area, the regional geological background, deposit geological characteristics are discussed, besides that, the ore-controlling factor, deposit genesis and prospecting indicator are also analyzed in detail. The study results show that: ①the mineralization bodies (ore-bodies) are mainly hosted in the shallow metamorphic rocks of the lime-green striped slate and silvery slate in Ningguo Formation of Lower Ordovician Series, the shapes of them are mostly presented as veined, layered, disseminated, and zoning characteristics is obvious; ②the mineralization alteration effect in the mining area is strong, the fine vein silicidation, fading and pyritization are closely related to mineralization; ③the deposits are mostly distributed in the intersection area of secondary fracture that is located in the side of the regional large fractures, and they are controlled by NE trending fracture significantly, and also controlled by strata, lithology and fracture structures, the deposits in the mining area are belongs to medium-temperature hydrothermal filling transformation deposit; ④the ore-bodies are mainly produced in alteration fracture belt, the metallogenic mode is mainly for the filling mode is conducted by ore-bodies (veins) along the fault fracture zone and fissure. Based on the above analysis results, the comprehensive controlling characteristics and mineralization characteristics are analyzed from the aspects of strata, structure, alteration and geochemical primary halo anomalies, the results show that the favorable prospecting indicators of the mining area are tectonic intersection area, NE trending fault, siliconized vein fracture zone, alteration section, the metal oxides (such as antimony) and their sulfides.

收稿日期 2017-06-21

基金项目 湖南省国土资源厅地质勘查基金项目(编号:201303061) 桂林理工大学研究生创新项目(编号:SS201601)。

作者简介 赖胜(1992—),男,硕士研究生。通讯作者 付伟(1980—),男,教授,博士,博士研究生导师。

(arsenopyrite) exposed in the surface in the mining area; the prospecting potential of the W-NW direction of the mining area and the periphery of 1[#]、2[#] ore-bodies are huge, they are worth conducting further prospecting and exploration work in the areas.

Keywords Au-Sb polymetallic deposit, Regional geological background, Geological characteristics, Ore-controlling, Deposit genesis, Prospecting indicator

滑板溪金锑多金属矿位于湘西安化县境内,安化与溆浦两县接壤地带,地处著名的湘西以锑金钨为主的多金属成矿带西南部^[1]。区域上该矿处于雪峰山弧形成矿构造带中段,自南西向北东呈现金—锑—钨—金、锑—钨—金的成矿序列,近年来在邻区相继发现有渣滓溪钨矿、沃溪金锑钨矿、桃江锑矿等大型矿床^[2-4]。沃溪金锑钨矿床以其独特的白钨矿—辉锑矿—自然金密切共生的矿物组合,产于浅变质沉积岩系中的整合层状矿化以及显著的层控性,吸引了众多学者浓厚的研究兴趣。有关该类矿床的成因,一直以来学术界争论较激烈,主要集中于岩浆热液成矿、沉积—变质热液成矿、变质水和大气降水混合热液成因等^[4-8]。诸多学者对湘西成矿带的研究认为,雪峰山构造带控制了湘西多金属成矿带浅变质岩系中大部分锑金矿床的生成与展布,从而形成了诸多大型钨金锑多金属成矿带^[9-10]。

滑板溪处于中间“锑金”阶段,区域上显示出金、锑矿床的优越成矿潜力,具有寻找大型金、锑矿床的前提,并与南侧陶金坪—龙鼻桥锑金成矿带处同一区域性韧性剪切带内^[11],为该成矿带上具中—大型成矿远景的金锑共生矿床。前人对该区域的研究多集中于沃溪金锑钨矿、桃江锑矿等著名矿床,而对滑板溪矿床的勘查研究较薄弱^[1]。因此,本研究在野外勘查基础上,结合矿区深部钻探成果,对区域地质背景、矿床地质特征进行分析,讨论断裂构造与矿脉的关系,分析控矿因素和矿床成因,并就找矿方向进行探讨。

1 区域地质背景

滑板溪金锑多金属矿区域构造位置处于扬子地台与华南褶皱系的接合部位,位于雪峰山弧形构造带上段北西边缘^[1,12-14],地处通道—安化深大断裂与郴州—邵阳深大断裂交汇处近北侧(图1)。区域构造线呈 NE 向展布,属华夏系构造^[15],主要表现为花背岩复式背斜、湖田界倒转向斜及其近核部的剪切带和两翼一系列近于平行展布的走向逆断层。区域经历了东安运动、雪峰运动、加里东运动、华力西—印支运动及燕山运动^[13],构造活动强烈,成矿条件优越,为寻找锑金钨等多金属矿的有利区。区域主要出露志留系、奥陶系、寒武系、震旦系及板溪群等地层^[1]。区域岩浆岩主要见于雪峰山中元古代武陵期梵净山

群,雪峰期—加里东早期岩浆活动频繁,岩浆岩带根据大地构造环境在空间上可分为西带和东带,西带从湘西怀化、黔阳至桂东北多见辉绿岩和橄榄岩,东带自益阳、新化到隆胜一带,出露碱性岩类,进入加里东晚期,在雪峰山地区东南边缘形成了碰撞型花岗岩^[14,16]。

2 矿区地质特征

2.1 地层

滑板溪金锑多金属矿矿区主要出露地层由老至新为奥陶系下统宁国组(O_{1n})、下统印渚埠组(O_{1y})及第四系(Q)。

(1) 奥陶系下统宁国组(O_{1n})。为主要的赋矿层位,按岩石砂质成分含量可分为 3 个岩性段,各段岩性变化不大,分界线不明显。下奥陶统宁国组(O_{1n}^1)为一套厚度较大的砂泥质岩系,其中段(O_{1n}^2)、上段(O_{1n}^3)为主要含矿层位,岩性为中厚层条带状板岩、条带状粉砂质板岩及板岩等(图2),具有轻微变质,裂隙带见锑锌矿化。

(2) 奥陶系下统印渚埠组(O_{1y})。岩性为黄绿色薄层状板岩,以绢云母和黏土质成分为主,含量约 90%,少量绿泥石、白云母、石英及碎屑物等片理发育,风化后呈叶片状剥落。

(3) 第四系(Q)。多为残、坡积层,与上述各地层为不整合接触关系。

2.2 构造

滑板溪金锑矿处于湖田界倒转向斜近北东端的南东翼,处于连里(F_1)、烟溪(F_2)两条平行区域性导矿断裂(图3)所夹持的地块内,两断裂具有多期活动特征,并控制着锑矿体的成生与展布^[1]。矿区褶皱构造形态为单斜构造,多呈 NE、NEE 向展布,与区域构造线一致,倾向主要为 SE 向,倾角多为 $45^\circ \sim 85^\circ$,受断裂影响,表现为逆冲叠瓦式构造。区内断裂构造发育,以 NE 向为主,次为 NW 向,断裂交汇地段含矿最为丰富,其中 NE 向断裂与成矿关系最为密切。断裂按含矿性可分为断裂和含矿(脉)断裂,由断裂派生的破碎带、节理、劈理发育。

2.2.1 断裂

矿区断裂构造主要有 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 断裂, F_1 、

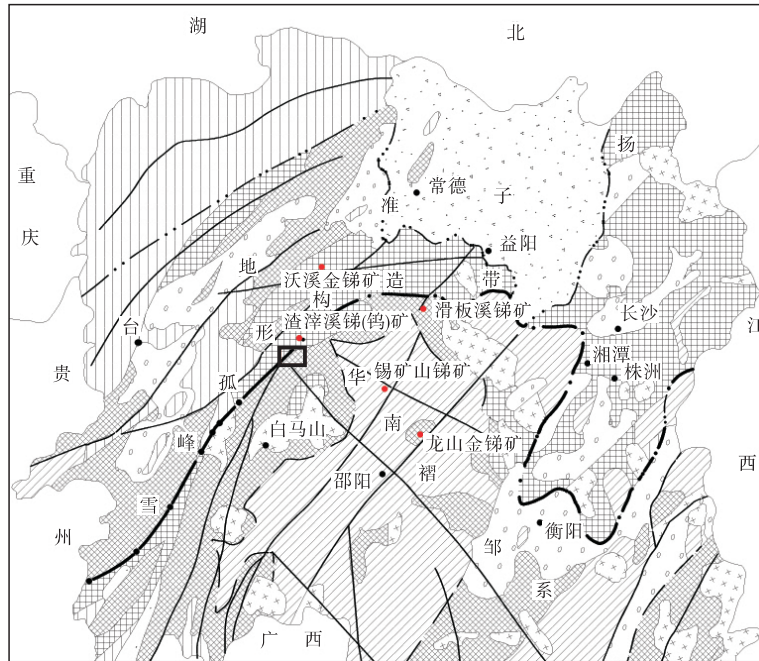


图 1 湘西区域构造特征

Fig. 1 Tectonic characteristics in Western Hunan Province

一扬子褶皱;
 一加里东褶皱;
 一印支褶皱;
 一燕山褶皱;
 一中、新生代红色建造;
 一新生带陆相松散沉积;
 一花岗岩类;
 一复式背斜轴;
 一断裂;
 一一级构造单元分界线;
 一二级构造单元分界线;
 一大型锑(金钨)矿床;
 一研究区



(a) 灰—黄绿色板岩 (b) 板岩与砂岩的铁质条带

图 2 奥陶系下统宁国组岩石样品

Fig. 2 Rock samples of ningguo formation of Lower Ordovician Series

F₂ 断裂为区域性导矿断裂,其余出露于上滑板溪一带。F₃ 断裂长约 300 m,宽 5~6 m,走向 NE75°,倾向 SE,倾角 54°,岩石挤压破碎,片理发育,上盘面上见

10~20 cm 厚的断层泥,面亦光滑,具有压扭性特征。F₄ 断裂长约 450 m,走向 NW20°,倾向 SE,倾角 64°,断裂带宽 8 m,带内见板岩角砾、泥质物及石英细脉穿插,并见后期滑动面,面光滑,呈舒缓波状。F₅ 断裂长约 250 m,宽 1.13 m,走向 NE50°,倾角 62°,带内见石英角砾及粉砂质板岩角砾,砾径 0.2~1.5 cm,上、下滑动面间见 5~10 cm 厚的断层泥,经采样分析 $w(\text{Sb})$ 0.02%~1.00%。

2.2.2 含矿(体)断裂

区内主要含矿(体)断裂主要出露于矿田西北部 1#、2#、3# 破碎带中地表 Sb 品位较富集,含矿性好(表 1、图 1)。在裂隙发育地段锑矿化越强,通常构造交汇和裂隙发育处,岩性有利时矿化相对富集。

表 1 矿区主要含矿断裂特征

Table 1 Characteristics of ore-bearing fractures in mining area

编号	产 状			地表出露规模/m		地质特征	w(Sb) /%
	走向	倾向	倾角	长	宽		
1#	NE30°~70°	SE	41°~63°	1 200.0	4.10	碎裂破碎带	0.050~9.440
2#	NE30°~70°	SE	55°~62°	0.5~0.9	0.72	单一破碎带	0.110~14.230
3#	NE50°~60°	SE	25°~62°	700.0	0.90	单一破碎带	0.150~19.980
4#	NE60°	SE	45°	100.0	0.40	挤压破碎带	0.080
5#	NE22°~68°	SE	43°~45°	350.0	1.60~1.20	挤压破碎带	0.080~0.250
6#	NE30°~65°	SE	33°~50°	410.0	0.15~0.50	硅化破碎带	0.125
7#	N E 47°	SE	61°	100.0	2.00	硅化破碎带	0.120~0.150
8#	NE45°~86°	SE	32°~50°	300.0	0.35~1.40	硅化破碎带	0.050~0.220
9#	NW30°	NE	30°	100.0	0.40	硅化破碎带	0.130

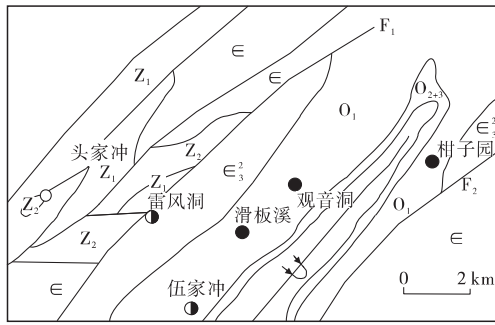


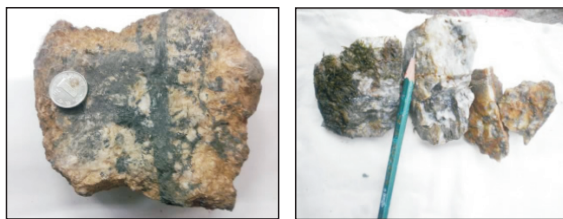
图 3 滑板溪矿区地质特征^[1]

Fig. 3 Geological characteristics of Huabanxi mining area

- 一 铜钴矿床; ● 一 铜钴矿点; ○ 一 铅锌矿点;
- ↖ 一 倒转向斜轴; [F₁] 一 区域性断裂; [O_{2,3}] 一 区域性断裂;
- [O₁] 一 区域性断裂; [E] 一 区域性断裂; [Z₂] 一 区域性断裂;
- [E₃] 一 区域性断裂; [Z₁] 一 区域性断裂

(1) 1[#]断裂。位于矿田西北部滑板溪水庄,由 3 条大体平行的矿体斜交脉间碎裂化岩石构成的破碎带组成。地表出露长 1 200 m,宽 0.28 ~ 12.0 m,平均 4.1 m,出露标高 360 ~ 550 m,走向 NE30° ~ 70°,倾向 SE,倾角 41° ~ 63°。带内见石英细脉,石英团块、褐铁矿化及辉锑矿化;石英脉厚 2 ~ 20 cm,其走向斜交破碎带;褐铁矿厚 1 ~ 10 cm,常平行破碎带;沿小裂隙充填有细小辉锑矿脉,个别细脉宽达 12 cm,多数小于 1 cm,密集地段 1 m 内可见 9 条辉锑矿小脉。蚀变以退色化、硅化为主,次为绿泥石化、黄铁矿化,蚀变宽者可达 50 m。经采样分析, $w(Sb)$ 0.05% ~ 9.44%。

(2) 2[#]断裂。位于矿田西部,由单一的破碎带组成,地表出露长 900 m,宽 0.50 ~ 0.9 m,平均 0.72 m,出露标高 380 ~ 550 m,走向 NE30° ~ 70°,倾向 SE,倾角 55° ~ 62°。破碎带两侧有较光滑的滑动面,面上见 1 ~ 2 cm 厚的断层泥。坑道内辉锑矿石(图 4(a))呈细脉状、团块状、浸染状分布,见不同程度的退色化、硅化等。经采样分析, $w(Sb)$ 0.11% ~ 14.23%。破碎带中有石英团块(图 4(b))、石英碎片及石英细脉穿插,地表锑矿化较差。



(a) 辉锑矿矿石 (b) 石英团块

图 4 破碎带矿石样品特征

Fig. 4 Ore samples characteristics of fracture belt

(3) 3[#]断裂。由单一破碎带组成。地表出露长 700 m,宽 0.6 ~ 1.6 m,平均 0.9 m,走向 NE50° ~ 60°,倾向 SE,倾角 25° ~ 62°,带内见平行、斜交破碎

带石英脉,脉厚 2 ~ 30 cm。地表矿化较差,坑道内见辉锑矿化呈细脉状、团块状、浸染状分布;在沿脉槽 TC3 中见一硅化体(长 3 m、宽 2.4 m),带中见数条滑动面,呈舒缓波状,滑动面上均可见 1 ~ 2 cm 厚的褐铁矿化,破碎带中具有不同程度的蚀变。经采样分析, $w(Sb)$ 0.15% ~ 19.98%。

2.2.3 节理和劈理

矿区节理发育,以 NE、NW、SN 向 3 组节理最为发育。劈理以 NE 向最为发育,受区域构造控制,由 NE 向转至 NEE 向展布,见辉锑矿细脉充填。

2.3 岩浆岩

矿区未发现岩浆岩体出露,但在矿区外围 NE 向约 60 km 的桃江锑矿床发现有燕山晚期花岗岩类,矿区东部约 50 km 的伪山区域见印支期花岗岩类,矿区西南向约 15 km 的白马山金锑矿床见加里东期花岗岩类。矿区与上述区域同处于湘西钨锑金成矿带上,成矿构造背景相似,矿区邻区外围金锑多金属矿床中均出现花岗岩体^[17],故可推测矿区数千米深部可能存在隐伏花岗岩体,并为成矿提供热源和物质来源。

3 矿床地质特征

3.1 矿脉(体)特征

滑板溪矿区处于花背岩复式背斜和湖田界倒转向斜相接触的褶皱带上。矿区已知矿体(组) 9 条,空间上受相应的含矿断裂控制(表 1)。锑矿(化)体均赋存于奥陶系下统宁国组中、上段板岩及粉砂质板岩中,主要受 NE—NEE 向含矿断裂控制,由近 9 条规模不等、含矿性不一的破碎带组成, Sb 的富集与硅化关系密切,退色化为近矿围岩标志。矿体主要由浸染状、块状辉锑矿石组成,矿体与围岩界线清楚,多数以断裂面为界。矿脉沿断裂破碎带产出和裂隙充填,受 NE 向剪切断裂带控制。矿区矿体多呈 NW 向展布,倾向多为 NE 向,倾角多为 40° ~ 50°,局部达 63°;矿体主要呈脉状、薄层状、浸染状,次为扁豆状产出;矿化方式以热液充填为主,交代为辅,属充填型锑矿床(图 5)。据矿山坑道已有工程揭露,区内矿体厚度 0.15 ~ 0.87 m,平均 0.57 m, $w(Sb)$ 0.05% ~ 3.87%,平均 2.75%。从矿体厚度、品位变化特征来看,浅表矿化较差,其中 1[#]、2[#]、3[#]矿脉具有工业价值(表 2),矿体向深部呈变富变厚的趋势。区内已知矿体除 7[#]、8[#]、9[#]矿脉分布于矿区南东部外,其余分布于 0[#] ~ 6[#]线长约 800 m、宽 500 m 的范围内,各矿脉大致平行展布,间距 15 ~ 100 m,由浅至深,间距变窄,逐渐收敛,呈扇型放射状(图 5),矿体长度、厚度、品位变化较大。

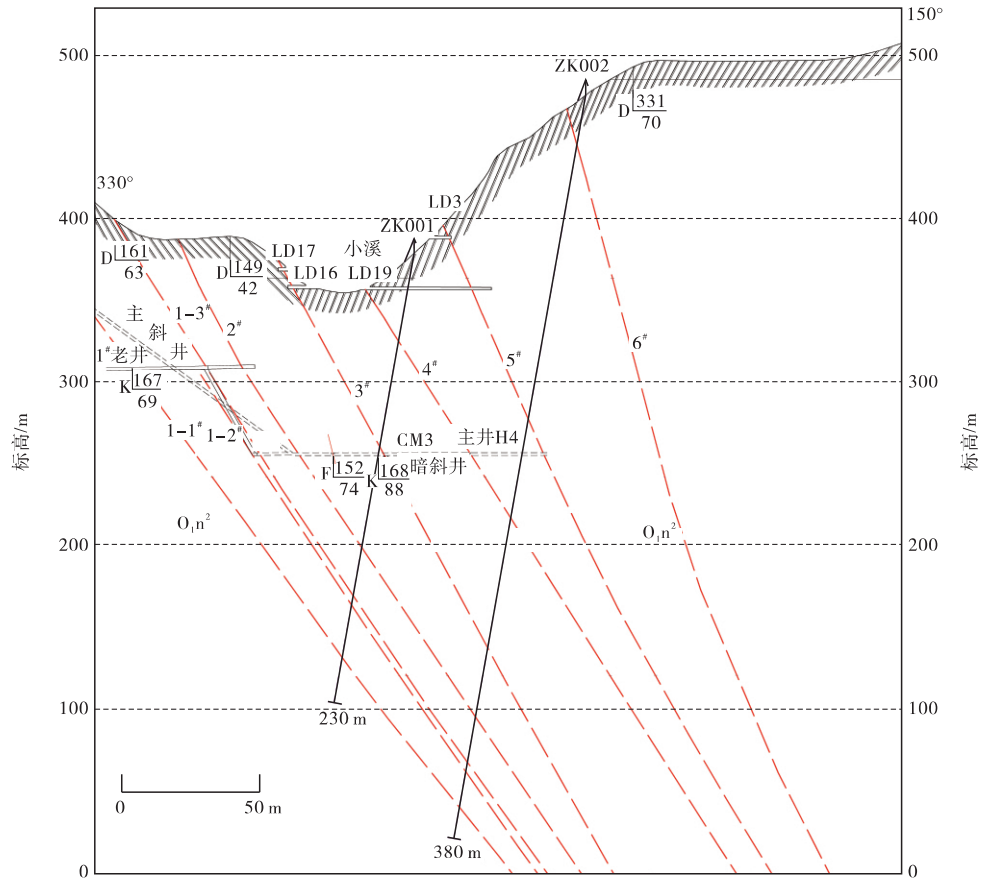


图 5 滑板溪矿床 0# 线剖面

Fig. 5 Geological profile of 0# line of Huabanxi deposit

O_{1n2}—宁国组中段; ▭—板岩; ▭—主井—坑道; ZK—设计钻孔编号; ▭—地质界线;
▭—实、推测矿脉及编号; CM—设计穿脉编号; D₁₆₁—岩层产状; D₁₄₉—岩层产状;
D₃₃₁—岩层产状; R₁₆₇—矿脉产状; R₁₆₈—矿脉产状; F₁₅₂—断层产状; E_{LD7}—老窿坑道

表 2 矿区主要矿体特征

Table 2 Characteristics of main ore-bodies in mining area

编号	控制工程	工程标高 /m	矿体产状		走向延长 /m	垂深 /m	厚度 /m	w(Sb) /%
			倾向	倾角				
1-1#	LD210	400					0.50	0.05
	1#老井	325	SE	54°~63°	300	90	0.68	2.14
	2#老井	302					0.57	2.97
1-2#	LD210	400					0.15	2.40
	1#老井	325	SE	54°~63°	300	80	0.77	2.57
	主井	310					0.68	2.54
1-3#	2#斜井	300					0.60	3.12
	1#老井	300	SE	49°~64°	800	120	0.47	3.82
2#	2#老井	300					0.87	3.69
	1#老井	325	SE	49°~68°	800	140	0.48	2.78
3#	主井	305	SE	51°~73°	700	80	0.72	3.87

(1) 1#矿脉。处于矿区西北部,受滑板溪水庄断裂控制,1-1#矿脉为一隐伏矿脉,往下逐渐靠拢1-2#、1-3#矿脉,矿化由浅往深变富。1-2#矿脉为一隐伏矿脉,往下向1#~3#脉靠拢,矿化由浅往深变富变厚。1-3#矿脉在坑道中见矿脉中充填有透镜状辉锑矿体,单体长2~10 m,厚5~20 cm,局部地段矿体

变富变厚。1#矿脉均属薄脉型矿体,大体平行展布,矿石呈团块状、浸染状产出,呈上陡下缓趋势,锑矿化较强,μ(Sb)达3.82%。

(2) 2#矿脉。地表矿化较差,坑道内矿脉厚度变化不大,品位变化较大,受滑板溪西部断裂控制,矿脉中充填有透镜状辉锑矿体,单体长1~5 m,厚5~15 cm,旁侧中多呈浸染状、星点状辉锑矿化,零星开挖,w(Sb)达3.69%。

(3) 3#矿脉。坑道内厚度较薄,充填有致密块状辉锑矿体,单体长0.5~5 m,厚3~10 cm,见明显浸染状、星点状辉锑矿化,矿化不均匀,矿体长1~10 m,厚0.10~0.35 m,局部可达0.70 m,w(Sb)达3.87%。

3.2 矿石矿物特征

矿区矿石矿物以辉锑矿为主,次为少量闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、自然金;脉石矿物主要为石英、方解石、毒砂、雄黄等。其中辉锑矿为银白色,呈粒状、短柱状,也有针状集合体;闪锌矿为棕色,呈团块、星点状、条带状产出;黄铁矿呈浅黄铜色,粒度较

小 结晶程度不等;方铅矿常与辉锑矿共生,晶形肉眼难辨;自然金主要以包裹金的形态存在,多数被包裹于黄铁矿中,大部分为“不可见”金,部分自然金裂隙中与辉锑矿或黄铁矿、毒砂共生;石英为乳白色、灰白色,以团块状为主,次为细脉状及角砾状。

矿脉中矿石具有半自形粒状结构、他形晶粒结构,呈致密块状构造、条带状构造、浸染状构造、网脉状构造。矿石中普遍含 Zn、Pb,据部分矿样分析结果,矿石中伴生有益组分 $w(\text{Zn})$ 0.005% ~ 0.821%,最高 1.765%, $w(\text{Pb})$ 0.002% ~ 0.064%; $w(\text{Au})$ 0.06 ~ 0.768 g/t,个别拣块样品 $w(\text{Au})$ 达 1.7 g/t。

3.3 围岩蚀变

矿区近矿围岩蚀变沿断裂分布,主要见硅化、退色化、黄铁矿化(经氧化后呈褐铁矿化)、绿泥石化、碳酸盐化等,由 1#、3#脉矿化特征结合蚀变样品分析可知,硅化、退色化、黄铁矿化与锑矿化关系密切,可作为地表圈定矿体的标志。硅化常在破碎带内及两

侧呈细脉状或透镜状产出,退色化常发育于各破碎带中,主要表现为破碎带及两侧的围岩产生退色后而呈灰白色,发育含矿石英-方解石脉,蚀变矿物主要为绢云母,蚀变样品分析显示靠近浅色围岩一侧 Sb 品位普遍较高,表明矿体与退色化关系密切;黄铁矿化普遍发育于矿体、硅化体中;绿泥石化通常见于滑动面上。

3.4 成矿潜力

在矿区共布置了 0# ~ 6#线对矿体进行控制,在矿区西北部对 1#、2#矿脉施工了 ZK001、ZK003、ZK004 钻孔并进行了取样分析,在矿区南东部对 3#矿脉施工了 ZK002、ZK005、ZK006 钻孔并进行了取样分析,结果见表 3。由表 3 可知:ZK001、ZK003、ZK004 钻孔控制的矿体中 Sb、Au、Zn、Pb 含量较高,表明矿区西北部 1#、2#矿脉成矿潜力较好。

表 3 钻孔取样分析结果

Table 3 Analysis results of drilling samples

$\times 10^{-6}$

钻孔编号	平均含量									
	Zn	Cu	Ag	Pb	W	Mo	As	Sb	Hg	Au
ZK001	64.81	63.11	1.12	48.00	3.69	14.40	2.45	107.80	0.61	5.9
ZK002	51.15	26.45	1.23	31.64	4.37	14.20	87.67	34.45	0.57	2.1
ZK003	133.33	72.39	1.91	25.16	4.03	30.08	33.66	132.80	1.33	5.5
ZK004	89.73	82.40	1.92	36.17	3.15	18.21	56.36	101.90	1.44	4.6
ZK005	61.60	16.30	0.83	16.59	3.90	10.56	21.48	24.66	0.55	3.5
ZK006	13.96	18.35	2.25	25.10	3.62	8.73	10.83	10.88	0.12	2.6

注: Au 含量单位为($\times 10^{-9}$)。

3.5 土壤地球化学异常特征

1: 20 万第二代化探扫面资料反映滑板溪矿床存在 AS61#异常,本研究在该异常范围内垂直于主要构造线方向进行了 1: 10 000 土壤剖面测量工作。在对矿区 1 169 件化探样品的分析数据剔除极大、极小值后,对 Sb、Au、Pb、Zn、As 含量值采用均值加 1 倍离差作为异常下限,其他元素采用均值加 1.5 倍离差作为异常下限,以下限值的 2 倍、4 倍作为异常中带、内带底界线,圈定了 3 处异常区。

(1) AS1#异常区。总面积约 1.9 km²,分布于矿田西北部,沿水庄 1#断裂分布,异常套合性较好,长约 5 km,宽 100 ~ 700 m,浓集中心较明显。该异常区异常范围大、强度大,Sb 异常形态呈 NW 向长柱状,异常峰值 $1 001 \times 10^{-6}$,异常均值 98×10^{-6} ,异常衬度 5.8,异常明显;Au 异常峰值 41.80×10^{-9} ,异常均值 8.42×10^{-9} ,异常衬度 3.6,Sb、Au 异常较明显。该异常区主要由 1#、2#矿脉引起,水庄 1#断裂对该异常区域也有叠加作用,与 NE 向滑板溪水庄断层吻合,异

常为水庄断层引起。经 LD210、1#老井、ZK001、ZK003 等工程采样验证,该异常区内见有铅锌锑金矿化。

(2) AS2#异常区。总面积约 1.3 km²,位于 1#、3#矿脉东部,分布于矿区西部,呈近 NE 向扁椭圆状分布,长约 2 km,宽 700 m。Sb、Pb、As 异常套合好,未见 Au 异常。Sb 异常峰值 208×10^{-6} ,异常均值 66.69×10^{-6} ,异常衬度 2.1;Pb 异常峰值 323.63×10^{-6} ,异常均值 55.11×10^{-6} ,异常衬度 1.8,Sb、Pb 异常明显。该异常区与 1#、2#矿脉吻合,异常为水庄断裂、滑板溪西部断裂引起。该异常区异常浓集中心较明显,经斜井、LD16、LD19、ZK004 等工程采样验证,见有铅锌锑金矿化。

(3) AS3#异常区。总面积 0.52 km²,位于矿区南东部 3#、4#矿脉附近,长 1.20 km,宽 500 m,形态不规则。Sb 异常峰值 93.76×10^{-6} ,异常均值 18.00×10^{-6} ,异常衬度 0.9;Au 异常峰值 63.70×10^{-9} ,异常均值 10.61×10^{-9} ,异常衬度 0.5,未见异常中带及内

带 Sb、Au 异常不明显。AS3[#]异常区面积小,推测异常由 3[#]、4[#]矿脉引起,但异常与老硐、老井吻合程度高,沿矿脉走向异常延伸不明显,因此认为该异常区的异常与老硐废渣污染了土壤样品有关。经主井及 ZK005、ZK006 钻孔采样验证,该异常区内未见有铅锑金矿化,异常强度总体较弱,不具备找矿意义。

4 控矿因素及矿床成因

4.1 控矿因素

4.1.1 地层岩性

矿区矿体通常分布于奥陶系下统宁国组一套板岩、粉砂质板岩组合浅变质岩体的地层中,表现出显著的层控性。此外,矿床内矿石构造以浸染状构造、网脉状构造、条带状构造为主,表现出典型的层控矿床的矿石结构特征,同生性明显,进一步佐证了滑板溪矿床典型的层控性特征。粉砂质板岩物性相对较脆,易于形成裂隙,提供储矿空间,产生层间剥离空间,矿液沿其空间充填形成较富的致密块状矿体,而板岩则主要呈塑性,且空隙度小,起隔层作用,与粉砂质板岩组合易形成封闭环境,当矿液沿围岩裂隙活动时,Sb、Au 等随溶液迁移、分解、沉淀而成矿,该套板岩与粉砂质板岩组合的岩层为成矿提供了有利的容矿场所。

4.1.2 构造

矿床地处雪峰山弧形构造带中段北西边缘,分布于雪峰山钨锑金成矿带上,发育于地壳相对较深层次的韧性剪切带内。韧性剪切变形不仅形成了导矿通道和容矿空间(韧性剪切型矿床如邻区沃溪金矿),而且在其生成演化过程中,促使成矿物质活化、迁移并在适当部位成矿^[3]。该变形带内的断裂面无论在平面上还是在剖面上均呈舒缓波状。区内断裂带的形成机制、力学性质均较复杂,因而在其不同地段控制的不同型式的伴生、派生构造(断裂、裂隙、层间破碎带和层间剥离),为矿体的形成及赋存提供了有利场所。经华夏系断裂构造改造、迁移而富集成矿,为矿床形成的重要条件。

矿区断裂构造以 NE 向为主,次为 NW 向,断裂处发育有大量节理和劈理裂隙,反映了其在经过区域性构造挤压作用下产生的。结合 1[#]、2[#]、3[#]矿脉在断裂及破碎带、旁侧裂隙矿化富集特征的分析,认为构造活动在滑板溪矿床形成过程中起到了关键作用^[18-20]。由构造活动控制的具有硅化增强现象的矿脉,沿断裂构造破碎带,尤其沿断裂发育密集处、分枝复合及挠曲部位分布,说明矿脉严格受断裂构造控制,并以 NE 向含矿富集明显,表明 NE 向断裂在成矿期为重要的控岩控矿构造。破碎带内发育大量构造

角砾岩碎裂岩,表现较强烈,其中石英脉被挤压破碎,说明在成矿作用完成后,构造带经再次活动遭受挤压作用。次级 NNE—NE 向断裂为容矿构造,矿脉(体)严格受其控制,该组断裂多具有逆—平移性质,一般具有沿走向、倾向延伸较稳定的特点。NW 向剪切断裂碎裂带特征与 NE 向断裂相似,也为重要的控矿构造,但含矿富集不明显且规模较小。

4.2 矿床成因

通过分析矿脉的穿插关系、结晶程度、矿物共生组合,其成矿作用可初步分为早期、晚期两个成矿阶段(同属一个成矿期)。早期阶段为主要矿化阶段。辉锑矿晶形多呈粒状,脉石矿物方解石呈薄膜状,矿石多呈网脉状、块状、细脉状。晚期阶段中辉锑矿晶形呈针状、少量粒状,脉石矿物方解石呈细脉状,伴生金属矿物(如闪锌矿)、蚀变矿物(如黄铁矿)较早期增多。该期矿体多呈扁豆状,其长、短轴长度均小于 1 m,矿石呈浸染状。

矿区地处通道—安化深大断裂与郴州—邵阳深大断裂交汇处,分布于区域性导矿断裂 F₁、F₂ 所夹持的断块中,该类断裂切割较深,为深部矿液提供了运移通道,与褶皱一起在水平挤压作用下形成,断裂结构面多具有压扭性,在上升隆起区断裂处于引张状态,在“泵吸”作用的驱动下,携带矿质的深部热液沿区域性断裂上升^[18],在派生的次级断裂构造的引张空间储存下来,经成矿流体的混合作用对早期矿化进行了叠加改造,并于构造有利部位富集形成了脉层状叠加充填型矿床。根据对矿体特征、成矿作用方式(充填和交代作用)、硅化—绢云母化—黄铁矿化围岩蚀变组合特征、构造对成矿控制特征的分析,认为滑板溪锑矿应属于中—低温热液充填改造型矿床。

5 找矿前景

5.1 找矿标志

(1) 地层岩性。矿区奥陶系下统宁国组均有矿化显示,矿化强度与岩性及其硅化强度成正相关。区内奥陶系下统宁国组弱硅化(矽化)粉砂质板岩、条带状板岩组合浅变质岩系为锑矿体的赋矿层位和主要地层找矿标志。

(2) 构造。矿区含矿断裂构造以 NE 向断裂为主,与区域构造线一致,次为 NW 向断裂;呈 NE 向展布的 F₁、F₂ 断裂为具有多期活动特征的导矿断裂,控制着锑矿体的形态与展布。受褶皱和挤压作用,矿脉(体)沿断裂破碎带产出和裂隙充填,主要受 NE 向剪切断裂带控制,因此 NE 向断裂可作为找矿标志。受构造控制的硅化脉破碎带和节理裂隙常伴随有较强的硅化、退色化、黄铁矿化等蚀变现象,为重要找矿标

志。此外,次级 NNE—NE 向逆—平移断层也为找矿构造标志。

(3) 围岩蚀变。区内热液与围岩发生充填、交代作用产生了明显的围岩蚀变,矿区蚀变样品测试分析表明 Sb 异常富集,说明岩体中出现硅化、褪色化、黄铁矿化、毒砂化等尤其是沿断裂分布的蚀变为重要找矿标志。

(4) 矿床共生组合。锑金矿床在区域分布上与一些在成因上近似的金矿、砷矿(雄黄雌黄)、汞矿等矿床中的某一个或数个矿床在同一地区产出,形成了矿床组合,故可利用矿床组合进行找矿。

(5) 矿化露头。矿化出露地表,被大气降水冲刷、侵蚀后,顶部多被氧化,矿体在经地表长时间露头风化后,易形成帽状堆积物——“铁帽”,在露头附近或沟谷多出现转石,转石与矿体的距离一般较小,区内该类氧化露头及转石作为判定矿化(体)存在的重要依据。结合其他找矿标志,可大致确定矿化(体)分布^[13]。地表出露金属氧化物(如锑华)及其硫化物(毒砂化)为寻找锑金矿体和隐伏矿体的有效标志^[21]。区内分布的锑矿转石、岩石破碎蚀变及锑金矿化带在裂隙面、填隙物、断裂等构造带内被氧化后呈红褐、灰绿等氧化色的条带,也可作为重要找矿标志。

5.2 找矿方向

滑板溪矿床的控矿因素主要为地层、岩性和构造,寻找该类热液型金锑矿床应在弱硅化—硅化(矽化)粉砂质板岩、条带状板岩组合浅变质岩系及其断裂活动强烈区域(构造交汇部位、NE 断裂、破碎带等)以及围岩蚀变(硅化、褪色化等)地区重点进行。对于矿区及其外围,根据矿化体富集特征、化探原生晕异常及其控矿因素和找矿标志的分析,化探异常元素(Sb、Pb、Zn、Au、As、Hg)套合较好,异常区总体与断层地表位置对应,大多分布于断裂破碎带附近,经 LD210、1#老井、ZK001、ZK003 等工程验证,异常区与已知矿体(点)吻合,加之 AS1#、AS2#异常区面积较大且形态分别呈 NW 向长柱状、近 NE 向扁椭圆状分布,故认为滑板溪 1#、2#矿脉往 W—NW 向延伸的潜力较大,W—NW 向 1#、2#矿脉品位明显优于南东部所实施工程的见矿效果,也表明 W—NW 向找矿潜力较大。坑道、老井工程矿化样品分析表明,各坑道内矿体连续性较好,矿化明显优于浅地表出露的矿体,矿化程度由浅部至中—深部逐渐增强,故也应加强对 W—NW 向 1#、2#矿脉深部的找矿工作。综合认为,矿区下一步工作应在区内 W—NW 向深部及 1#、2#矿脉外围进行找矿。

6 结 语

详细分析了滑板溪金锑多金属矿地质特征、成因及控矿因素,认为该区 W—NW 向深部及 1#、2#矿脉外围找矿潜力较大,宜进一步开展工作。

参 考 文 献

- [1] 鲍振襄. 安化滑板溪—柑子园锌锑成矿区地质特征[J]. 湖南地质, 1993, 12(4): 231-233.
Bao Zhenxiang. Geological characteristics of zinc and antimony metallogenic of Huabanxi-Ganziyuan, Anhua County[J]. Hunan Geology, 1993, 12(4): 231-233.
- [2] 崔立峰, 陈明辉, 鲍振襄, 等. 渣滓溪大型脉状锑矿中钨矿化产出地质特征及找矿远景[J]. 地质找矿论丛, 2015(4): 532-538.
Cui Lifeng, Chen Minghui, Bao Zhengxiang, et al. Geological characteristics of scheelite mineralization in Zhazixi large veinlike stibnite deposit and the scheelite prospecting potential[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2015(4): 532-538.
- [3] 彭南海, 黄德志, 辛宇佳, 等. 湘西沃溪金锑钨矿床流体包裹体特征及矿床成因[J]. 中国有色金属学报, 2013(9): 2605-2612.
Peng Nanhan, Huang Dezhi, Xin Yujia, et al. Characteristics of fluid inclusions and genesis of Woxi Au-Sb-W deposit in Western Hunan Province, China[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2013(9): 2605-2612.
- [4] 张振儒, 李健炎, 黄绪灿. 湖南桃源沃溪金锑钨矿床金的赋存状态[J]. 中南矿冶学院学报, 1978, 9(1): 58-71.
Zhang Zhenru, Li Jianyan, Huang Xucan. The genesis and ore-forming mechanism of the Woxi Au-Sb-W deposit, Taoyuan[J]. Journal of Central-south Institute of Mining and Metallurgy, 1978, 9(1): 58-71.
- [5] 罗献林, 梁金城, 易诗军. 论湘西沃溪金锑钨矿床的成因[J]. 地质与勘探, 1984, 20(1): 1-10.
Luo Xianlin, Liang Jincheng, Yi Shijun. Discussion on the genesis of the Woxi Au-Sb-W deposit, Western Hunan[J]. Geology and Exploration, 1984, 20(1): 1-10.
- [6] 牛贺才, 马东升. 湘西层控金矿床成因机制的研究[J]. 矿床地质, 1992, 11(1): 65-75.
Niu Hecai, Ma Dongsheng. Metallogenic of strata bound gold deposits in Western Hunan[J]. Mineral Deposits, 1992, 11(1): 65-75.
- [7] 张理刚. 湘西雪峰隆起区钨锑金矿床稳定同位素地质学[J]. 地质与勘探, 1985, 21(11): 24-28.
Zhang Ligang. Stable isotope geology of the tungsten-antimony-gold deposits in the Xuefeng upgoing, West Hunan[J]. Geology and Exploration, 1985, 21(11): 24-28.
- [8] 顾雪祥, Oskar S, Franz V, 等. 湖南沃溪钨锑金矿床的矿石组构学特征及其成因意义[J]. 矿床地质, 2003, 22(1): 108-120.
Gu Xuexiang, Oskar S, Franz V, et al. Ore fabric characteristics of Woxi W-Sb-Au deposit in Hunan and their genetic significance[J]. Mineral Deposits, 2003, 22(1): 108-120.
- [9] 何永森, 鲍振襄, 包觉敏. 湖南西部钨锑金矿床成矿规律及找矿应用[J]. 地质找矿论丛, 2013(1): 70-77.
He Yongmiao, Bao Zhenxiang, Bao Juemin. Metallogenic model of

- tungsten-antimony-gold deposits in West Hunan Province and the application of the model of the ore exploration [J]. Contributions to Geology and Minerals Resources Research 2013(1): 70-77.
- [10] 鲍振襄, 万榕江, 鲍珏敏. 湖南共生金矿床及其成矿规律 [J]. 黄金地质 2003(1): 38-47.
Bao Zhenxiang, Wan Rongjiang, Bao Juemin. Paragenetic gold deposits and its metallogenic rule of Hunan [J]. Gold Geology, 2003(1): 38-47.
- [11] 尹大改, 孙际茂, 尹华锋, 等. 陶金坪金矿区控矿规律及找矿方向分析 [J]. 矿产与地质 2015(1): 29-35.
Yin Dagai, Sun Jimao, Yin Huafeng, et al. Analysis of ore-controlling regularity and prospecting direction of Taojinping gold mining area [J]. Mineral Resources and Geology 2015(1): 29-35.
- [12] 杨绍祥, 劳可通. 湘西北铅锌矿床的地质特征及找矿标志 [J]. 地质通报 2007 26(7): 900-903.
Yang Shaoxiang, Lao Ketong. Geological characteristics and ore indicators of lead-zinc deposits in Northwestern Hunan, China [J]. Geological Bulletin of China 2007 26(7): 900-903
- [13] 付胜云, 邓 蕾, 唐分配, 等. 湖南安化—桃江地区锑矿地质特征及找矿标志 [J]. 金属矿山 2016(11): 113-116.
Fu Shengyun, Deng Lei, Tang Fenpei, et al. Geological characteristics and prospecting indicator of Sb deposit in Anhua-Taojiang Area, Hunan Province [J]. Metal Mine 2016(11): 113-116.
- [14] 柏道远, 钟 响, 贾朋远, 等. 雪峰造山带南段构造变形研究 [J]. 大地构造与成矿学 2014 38(3): 511-515.
Bai Daoyuan, Zhong Xiang, Jia Pengyuan, et al. Study on the deformation in the Southern Xuefeng Orogenic Belt [J]. Geotectonica et Metallogenia 2014 38(3): 511-515.
- [15] 刘光召, 李家清, 杨锦坤. 湖南省安化县同心锑矿床地质特征及成矿机制初探 [J]. 地质与资源 2014 23(2): 164-166.
Liu Guangzhao, Li Jiaqing, Yang Jinkun. Preliminary study on the geology and metallogenesis of the Tongxin antimony deposit in Hunan Province [J]. Geology and Resources 2014 23(2): 164-166.
- [16] 朱景文, 陈强春, 王高道. 湖南省桃江—城步断裂带北东段锑矿成矿规律及找矿模型 [J]. 地质论评 2002 48(1): 89-91.
Zhu Jingwen, Chen Qiangchun, Wang Gaodao. Metallogeny and prospecting model of antimony deposits at the northeastern section of the Taojiang-Chengbu fault zone in Hunan [J]. Geological Review 2002 48(1): 89-91.
- [17] 付山岭. 湘中印支期花岗岩成因、形成时代及其与锑金成矿作用关系 [D]. 北京: 中国科学院大学 2015.
Fu Shanling. The Origin and Formation of the Period and Its Relationship with the Metallogenic Mineralization in Middle Hunan [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences 2015.
- [18] 汪劲草, 夏 斌, 雷鸣波, 等. 伸展型脆—韧性剪切带对沃溪钨锑金矿床的构造控制 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版 2003, 33(2): 137-138.
Wang Jincao, Xia Bin, Lei Mingbo, et al. Structural control of the extensional brittle-ductile shear zone on Woxi W-Sb-Au deposit in Western Hunan Province [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition 2003 33(2): 137-138.
- [19] 刀 艳, 李 峰, 陆世才. 九顶山铜钼多金属矿床控矿因素及找矿标志 [J]. 科学技术与工程 2015, 15(14): 121-125.
Dao Yan, Li Feng, Lu Shicai. Ore-controlling factors and prospecting indications of Jiudishan Cu-Mo polymetallic deposit in Western Yunan, China [J]. Science Technology and Engineering 2015, 15(14): 121-125.
- [20] 杨继清, 罗荣章, 张修硕, 等. 云南普朗铜多金属矿床矿化类型及成因探讨 [J]. 有色金属工程 2017(2): 81-86.
Yang Jiqing, Luo Rongzhang, Zhang Xiushuo, et al. Mineralization type and ore genesis of Pulang copper-polymetallic deposit in Yunnan Province [J]. Nonferrous Metals Engineering 2017(2): 81-86.
- [21] 刘 伟, 安玉伟, 胡乔帆, 等. 广西河池五圩箭猪坡铅锌锑矿多阶段成矿特征分析 [J]. 矿产与地质 2015(2): 217-219.
Liu Wei, An Yuwei, Hu Qiaofan, et al. Characteristics of multistage mineralization in Jianzhupo Pb-Zn-Sb deposit in Wuxu, Hechi of Guanxi [J]. Mineral Resources and Geology 2015(2): 217-219.

(责任编辑 王小兵)