

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2018.04.008

云南万龙山锡锌多金属矿床主要金属 矿物特征及成因意义

艾金彪¹,张庆松¹,郭耀文¹,王能¹,吕杜¹,王礼兵²,杨光树³

(1. 四川省冶金地质勘查院,成都 610051;

2. 云南省有色地质局三〇六队,昆明 650217;

3. 昆明理工大学国土资源学院,昆明 650093)

摘要: 万龙山锡锌多金属矿是著名的都龙锡矿田中的一个矿床,对万龙山矿区主要金属矿物锡石、闪锌矿和黄铜矿进行的矿物组分、矿物特征和电子探针结果的研究发现,锡石颜色较深是由于矿物含有较多的Fe所致,并与锡石的结晶温度呈正相关性,早阶段温度较高时结晶的锡石颜色较深,锥面发育,多呈粒状和短柱状,而较晚阶段结晶时温度有所降低,Fe离子进入晶格的机会下降,锡石颜色较浅,晶形的柱面发育,出现长柱状或针状晶形。闪锌矿具有较高的Fe含量,主要为铁闪锌矿;闪锌矿的Zn与Fe呈负相关性,表明二者在不同温度条件下具有线性替代关系;闪锌矿中富Fe、In,贫Cd、Ga, $w(\text{Zn})/w(\text{Cd})$ 值多为300~500,显示出中-高温成矿的特点;闪锌矿具有极高的 $w(\text{In})/w(\text{Ga})$ 值且均大于1(平均114.71),显然与岩浆作用有关。黄铜矿中S、Fe、Cu含量稳定,并且不含Ni、Se、Cd,显示中-高温岩浆热液的特点;在闪锌矿中呈固溶体出溶物的黄铜矿和交代闪锌矿的黄铜矿共存,说明黄铜矿的形成经过了不同的温度变化。万龙山锡锌多金属矿与岩浆活动的中-高温流体有关,矿床为与燕山晚期岩浆作用有关的矽卡岩-热液型锌锡多金属矿床。

关键词: 万龙山锡锌多金属矿床;都龙矿田;锡石;闪锌矿;黄铜矿;矿床成因;滇东南

中图分类号: P618.4 **文献标识码:** A

0 引言

云南省万龙山锡锌多金属矿床位于马关县都龙锡锌多金属矿田内,矿床以锡、锌、铜为主,伴生银、镉等金属。自上世纪50年代开展正规地质勘查工作以来,都龙矿田的资源储量规模不断扩大,前人从不同视角对该矿田进行了广泛地质研究,取得了大量的研究成果,提出了不同的成因观点^[1-13],开拓了地质找矿思路,促进了矿田及外围的地质找矿工作。在最近实施的万龙山锡锌矿床地质勘查过程中,结合野外地质观察和岩矿鉴定,对矿床的主要金属矿物锡石、闪锌矿和黄铜矿进行电子探针和单矿物化

学分析研究,了解矿床主要金属矿物的地质产状、矿物学和矿物地球化学等方面的特征,据此推断金属矿物的形成环境和成因特点,为今后的地质研究和找矿勘查工作提供科学依据。

1 区域地质背景

云南省都龙锡锌矿田属于马关老君山锡多金属矿集区的组成部分,大地构造位置处于扬子陆块、华南褶皱带和越北古陆等几大地构造单元接合部的滇东南褶皱带老君山穹窿构造之南西翼,位于老君山复式花岗岩体西南侧外接触带^[3]。都龙锡锌矿田北部以区域性的NW向马关—都龙断裂为界,成矿主

收稿日期: 2018-08-23; 责任编辑: 余和勇

基金项目: 四川省冶金地质勘查局重点科研项目(编号:[2016]196)和商业地勘项目联合资助。

作者简介: 艾金彪(1987—),男,工程师,从事矿产地质勘查和矿床地质研究工作。E-mail: aijb1987@163.com

要受一组 SN 向断裂的直接控制,东部为铜街—五口洞断裂(F_0),中部有花石头—南当厂断裂(F_1),西部发育有林场—水洞厂断裂(F_2)^[14,15],断裂长 3~8 km 不等,倾向 W,倾角 $30^\circ\sim 70^\circ$ 不等;这 3 条 SN 向断裂大致平行展布,贯穿矿区,是矿区的主要控矿断裂。另有 NW 向断裂和一系列近 EW 向横断裂发育,构成矿田的基本构造格架。矿田的北部和东侧有大片花岗岩出露,为老君山杂岩体,矿田西部有脉状花岗斑岩出露。矿田范围出露地层有古元古界猛洞岩群南秧田岩组(Pt_1n)、新元古界新寨岩组(Pt_3x)和中寒武统田蓬组(ϵ_2t),其中新寨岩组和田蓬组是矿田的主要赋矿岩石。都龙锡锌多金属矿田主要分为铜街、曼家寨、万龙山、五口洞、南当厂和水洞厂等几个矿床(图 1)。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质简述

(1)地层。矿区范围出露的地层有新元古界新寨岩组(Pt_3x)和中寒武统田蓬组(ϵ_2t)。新寨岩组(Pt_3x)分布于矿区中部 F_0 和 F_2 之间的区段,是万龙山矿区锡锌多金属矿的主要赋存层位,以片岩和大理岩为主。片岩与大理岩多呈互层,或呈片岩中夹大理岩透镜体。片岩可分为(绿泥石)云母石英片岩、(绿泥石)石英云母片岩、石榴云母片岩等类型。依据岩性组合可将其划分 2 段,第一段为片岩与大理岩互层,底部为糜棱岩化片岩;第二段为片岩夹大理岩。田蓬组(ϵ_2t)主要分布于 F_2 以西的区段,下部岩性为泥质页岩夹灰岩,上部为灰色泥质白云质灰岩夹砂岩^[13]。

(2)构造。万龙山矿区地层均呈向 W 倾斜的单斜构造。区内断裂主要分为近 SN 向、NW 向和近 EW 向 3 组,其中的近 SN 向断裂是主要的控矿断裂,分别为铜街—五口洞断裂(F_0)、花石头—南当厂断裂(F_1)和林场—水洞厂断裂(F_2),这 3 条断裂规模较大,大致平行产出,产状倾向 W,倾角 $30^\circ\sim 70^\circ$ 不等;断裂具有多次活动的特点,成矿期的活动性质为正断层,主要沿地层界面滑脱,形成断层破碎带,沿构造薄弱带有花岗斑岩脉和长英质脉体的贯入,并发生热液蚀变和金属矿化。万龙山矿区的锡锌多金属矿化均产于 F_0 断裂和 F_2 断裂之间、 F_1 断裂上下盘的新元古界新寨岩组岩石中,因此,近 SN 向断裂具有控岩、控矿的作用。

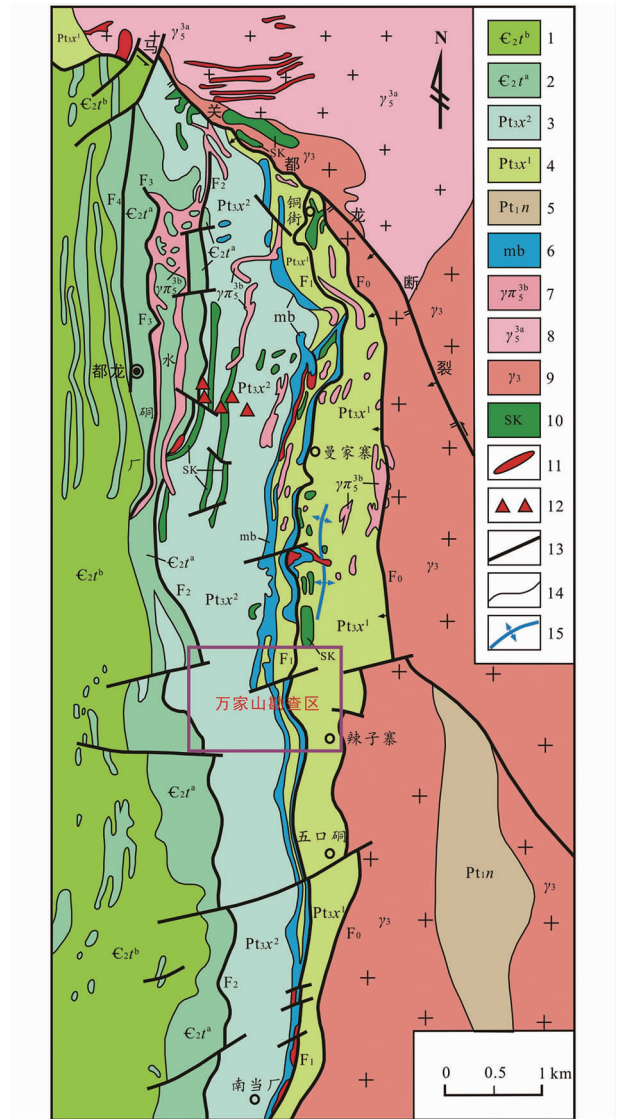


图 1 都龙锡锌多金属矿田地质略图

(据文献[10,14-16]编绘)

Fig. 1 Geological sketch of the Dulong Sn-Zn polymetallic ore deposit

1. 中寒武统田蓬组上部; 2. 中寒武统田蓬组下部;
3. 新元古界新寨岩组上部; 4. 新元古界新寨岩组下部;
5. 古元古界猛洞岩群南秧田岩组; 6. 大理岩;
7. 燕山晚期花岗斑岩; 8. 燕山晚期花岗岩;
9. 加里东期片麻状花岗岩; 10. 砂卡岩; 11. 地表锡锌矿体;
12. 锡锡硫化物露头; 13. 断裂; 14. 地质界线; 15. 背斜轴

(3)岩浆岩。万龙山矿区的东部见有加里东期片麻状花岗岩,矿区外围的马关断裂侧分布有燕山晚期老君山花岗岩;矿区附近地表局部见有燕山晚期花岗斑岩脉沿断裂侵入,另有少量石英斑岩脉和花岗细晶岩脉产出,这些脉岩多分布在都龙矿田的北部区段,万龙山矿区地表脉岩的数量明显减少,这些酸性脉岩产状多与地层、断裂的产状一致。根据

矿区深部地质勘查发现,矿区深部有隐伏花岗岩体分布^[9],且向南隐伏岩体顶界面深度逐渐加大,推断地表所见脉岩有可能是与深部花岗岩体相连的岩枝系统。

2.2 矿体特征

万龙山矿床的锡锌矿体以层状矽卡岩型矿体为主,其次为规模较小的石英脉型、方解石脉型、萤石脉型矿体;矿体主要赋存在碳酸盐岩与碎屑岩互层带的大理岩-矽卡岩带中,一般呈似层状、透镜状、囊状、条带状,且具有膨缩、分支、尖灭再现等特征,平面上呈近SN向延展,剖面上呈多层叠瓦状产出;大理岩-矽卡岩带产状与矿(化)层同步褶曲,沿走向和倾斜均具有波状起伏变化特点;东部的矿体产状较为平缓(局部向E倾斜),西部矿体产状稍陡($30^{\circ}\sim 50^{\circ}$);矿体向SW侧伏,侧伏角 $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 。

2.3 矿石特征

矿石中的矿石矿物有铁闪锌矿、锡石、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、毒砂和磁铁矿;脉石矿物主要为石榴石、透辉石、钙铁辉石、透闪石、阳起石、绿泥石、绿帘石、石英、方解石、白云石、云母及萤石等。矿石的有用金属组分主要为锌、锡和铜,伴生组分为银、铜、镉、砷和硫。

矿石结构为自形-半自形晶结构、他形晶结构、环带状结构、放射状(花朵状)结构、胶状结构、变斑晶结构、交代结构、和乳浊状结构等;矿石构造多为纹层状构造、条带状构造、致密块状构造、浸染状构造、脉状构造和斑块状构造等。

2.4 成矿期和成矿阶段

万龙山矿区的锡锌多金属矿床形成于燕山晚期,利用辉钼矿获得的Re-Os同位素等时线年龄为 $(88.9\pm 3.5)\text{Ma}$ ^[16],稍晚于区域老君山复式花岗岩和矿区花岗斑岩的年龄。成矿作用可划分为2个成矿期5个成矿阶段。

(1)矽卡岩期。①简单矽卡岩(干矽卡岩)阶段:形成主要矿物为透辉石、钙铁榴石和钙铝榴石,少量符山石;②复杂矽卡岩(湿矽卡岩)阶段:形成的矿物有阳起石、绿泥石、绿帘石、透闪石、金云母和黑云母等,以及磁铁矿和锡石;③氧化物阶段:形成的矿物主要为磁铁矿、白钨矿、锡石和白云石。

(2)硫化物期。①石英-硫化物阶段:形成的金属矿物为铁闪锌矿、黄铜矿、磁黄铁矿、锡石、毒砂、黄铁矿和辉钼矿,脉石矿物有石英、萤石、绿泥石和绿帘石等;②碳酸盐-硫化物阶段:主要形成闪锌矿、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方解石、萤石。

3 样品采集与分析

测试样品采集不于不同的中段、不同的矿体和不同的矿石类型,选择其中具有代表性的岩石标本作为测试样品。对样品进行必要的清洗、拍照,并将岩性特征作详尽的描述。

按照相关标准磨制电子探针片,并在显微镜下作仔细观察,圈选典型的金属硫化物作为电子探针成分分析的采样点。电子探针实验由成都地质矿产研究所电子探针实验室完成,测试仪器的型号为EMPA-1600,测试加速电压为20 kV,电子束流约为20 nA,束斑直径为20 μm 。

单矿物样品由河北省区域地质调查队实验室进行手工挑选,每件样品的纯度均大于99%,再对金属硫化物进行单矿物化学分析。单矿物化学分析由中国冶金地质总局第一地质勘查院测试中心实验室测试,分析精度均满足本次研究的要求。

4 分析结果

4.1 锡石

4.1.1 锡石的组构特征和产出状态

锡石颜色为淡黄褐-柠檬黄-棕色;粒度大小悬殊($0.01\sim 0.4\text{mm}$),细小者呈半自形-不规则粒状、柱粒状,较粗者呈半自形柱状、纤柱状或不规则团块状;锡石一般呈单晶或聚晶,呈星云状、条带状、放射状嵌布于绿泥石、绢云母、金云母、石英、萤石、绿帘石、透辉石、纤闪石、阳起石的解理间及颗粒间,集合体不均匀分布于铁闪锌矿及磁黄铁矿团块中及其边缘,或稀疏定向分布于磁黄铁矿带附近的石英脉中,少量与黄铜矿-磁黄铁矿集合体夹杂分布、呈半自形粒状与毒砂紧密伴生(图2)。

万龙山矿区以锡石锡为主,次为硅酸锡和胶态锡,极少量的硫化锡和水锡石,主要分布于矽卡岩或矽卡岩化片岩中。34件锡的物相分析结果(表1)显示,锡石锡占比为 $3.31\%\sim 97.3\%$,平均 71.43% ,其中有11件样品为 $90.98\%\sim 97.3\%$,有7件为 $84.7\%\sim 88.13\%$,有8件为 $53.83\%\sim 79.71\%$,还有8件为 $3.31\%\sim 47.14\%$;硅酸锡占比为 $0.21\%\sim 73.8\%$,平均 14.29% ,其中有3件为 $63.91\%\sim 73.8\%$,有22件为 $0.21\%\sim 7.66\%$;胶态锡占比为

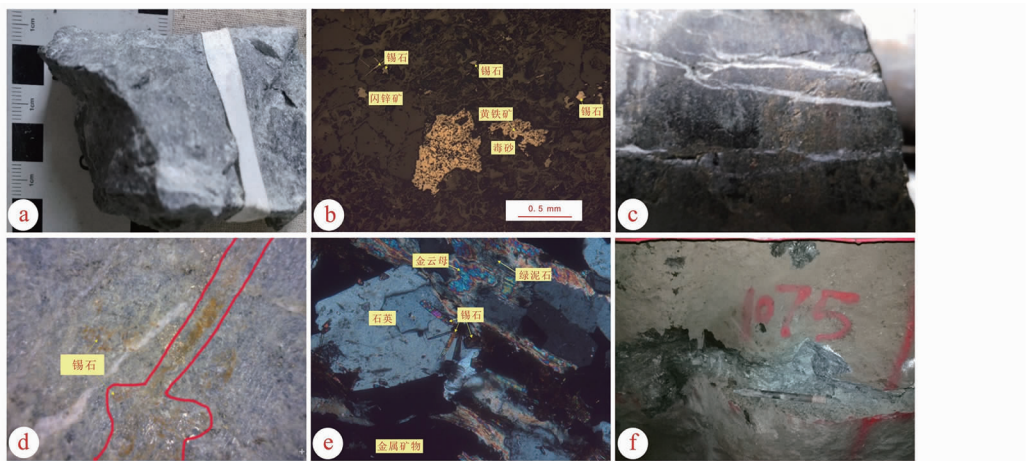


图 2 万龙山矿床不同产状锡矿石特征

Fig. 2 Characteristics of tin ore with different occurrence in Wanlongshan Sn-Zn deposit

- a. 萤石方解石化片岩型锡矿石(860-H659);b. 锡石,光片(-),暗褐-黑褐色,粒度 0.03~0.1 mm,自形粒状或柱状、不规则粒状,有不透明矿物微粒伴生呈细微团块,零星分布于金云母中(860-H659);
c. 浅红色锡矿石颗粒,单点 XRF $w(\text{Sn})$ 达 4%(ZK1604 孔 330 m);d. 锡石,浅棕黄色,金刚光泽,
X 荧光仪沿长轴测试, $w(\text{Sn})=1.2\%\sim 5.01\%$;e. 矽卡岩中的放射状锡石;
f. 绿泥石矽卡岩型锡矿石, $w(\text{Sn})=0.379\%$ (860-H1075)

表 1 万龙山矿床锡的物相分析统计

Table 1 Statistics for phase analyses of tin in Wanlongshan Skarn Sn Sn-Zn deposit

不同产出状态的锡	范围	平均
硫化物中锡	0.0002%~0.0473%	0.0107%
水锡石中锡	0.0005%~0.0428%	0.0079%
硅酸盐中锡	0.0004%~0.1694%	0.0417%
锡石中锡	0.0056%~6.2719%	0.5354%
胶态锡	0.0019%~0.0845%	0.0267%
硫化物中锡占比	0.08%~21.26%	2.79%
水锡石中锡占比	0.14%~10.58%	1.98%
硅酸盐中锡占比	0.21%~73.8%	14.29%
锡石中锡占比	3.31%~97.3%	71.43%
胶态锡占比	0.16%~31.7%	9.51%

样品数量:35 件。

0.16%~31.7%,平均 9.51%,其中有 11 件为 12.51%~31.7%,有 23 件 $\leq 9.09\%$;硫化锡占比为 0.08%~21.26%,平均 2.79%,其中只有 1 件样为 21.26%,其他样品均 $\leq 7.47\%$;水锡石占比为 0.14%~10.58%,平均 1.98%。硅酸锡在每件样品中都有出现,含量高低不一,当锡的总含量低时(0.2%以下),硅酸锡的含量就相对较高。当锡的总量 $>0.3\%$ 时,锡石锡的平均占比 $>85\%$ 。由此可见,矿区锡矿石主要为原生锡矿石。

4.1.2 锡石的成分

基于锡石产出状态的不同,对锡石-片岩型和锡石-硫化物矽卡岩型 2 种矿石类型的锡石进行电子探针分析(表 2)。分析结果表明,不同矿石中锡石

主要元素 Sn 的含量不同,并且混入了一部分 Fe、Cu、Zn。锡石中普遍含 Fe,含量 0.17%~3.21%,平均 1.35%,这导致了矿区中锡石的颜色深浅不同;Cu 含量 0~0.14%,平均 0.02%;Zn 含量 0~0.19%,平均 0.041%;少数锡石中含有 Au 元素。说明 Fe 是锡石最主要的置换元素之一,结晶时热液中含有一定量的 Cu、Zn 及 Au 等组分。

锡石的化学成分为 SnO_2 ,四方晶系,氧化物矿物。锡石中含锡的理论值为 78.6%,矿区锡石的锡元素含量普遍比理论值略低,如片岩型矿石中锡的含量平均值 $w(\text{Sn})=75.45\%$,矽卡岩型矿石中锡含量平均值 $w(\text{Sn})=76.45\%$,且都不同程度的混入了 Fe、Cu 和 Zn,但分布不均,含量较低,部分未检测到,而不含或极少含 Se、As、Cd 和 S 等元素。

4.2 闪锌矿

4.2.1 闪锌矿的组构特征和产出状态

铁闪锌矿是矿区内主要的矿石矿物,呈黑褐-红棕色,粒度相差较大,一般 0.01~1.00 mm,最大可达 15 mm,具自形、半自形以及他形晶结构。呈 0.01~20 mm 的不规则团块状、条带、细脉及细小粒状集合体零星分布,嵌布于绿泥石、阳起石、透辉石、绢云母、石英、毒砂及碳酸盐矿物颗粒或团块间。可见闪锌矿中含微粒黄铜矿固溶体,黄铜矿交代铁闪锌矿,磁黄铁矿环绕或沿裂隙充填交代铁闪锌矿等现象;铁闪锌矿可交代磁黄铁矿后又被黄铁矿交

表 2 万龙山矿床锡石电子探针分析结果

Table 2 Electron probe analysis of cassiterite from Wanlongshan Skarn Sn-Zn deposit

样品号	矿石类型	取样位置	探针编号	矿物名称	S	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sn	Au	Total
ZK15025-616.2	矽卡岩型锡铜矿	616.2m	11-2	锡石	0.00	0.17	0.00	0.14	0.02	0.00	0.00	0.00	76.90	0.01	77.24
PK860-B18	矽卡岩化片岩型锡矿	H57	2-1	锡石	0.00	1.10	0.00	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	76.38	0.01	77.54
PK860-B18	矽卡岩化片岩型锡矿	H57	2-2	锡石	0.00	3.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	75.06	0.00	78.17
PK860-B18	矽卡岩化片岩型锡矿	H57	2-3	锡石	0.00	3.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.90	0.00	78.11
PK860-H653	矽卡岩型锡矿	H653	3-3	锡石	0.00	1.48	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	76.02	0.05	77.57
PK980-XT1	矽卡岩型锡铜矿	H7	5-2	锡石	0.01	0.70	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	76.72	0.00	77.61
ZK0313-537.5	矽卡岩型锡铜矿	537.5m	8-1	锡石	0.00	2.26	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	75.04	0.00	77.44
ZK36009-359.7	矽卡岩型锡铜矿	359.7m	8-4	锡石	0.01	0.30	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	76.83	0.00	77.16
PK980-XT4-1	矽卡岩型锡铜矿	H38	9-21	锡石	0.00	0.28	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.92	0.00	77.21
PK980-XT4-1	矽卡岩型锡铜矿	H38	9-3	锡石	0.00	0.90	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	76.75	0.00	77.67

测试单位:成都地质矿产研究所;量单位: $w_B/\%$ 。

代,也可与磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿共生(图 3)。

根据矿物共生组合和成矿阶段划分,铁闪锌矿主要产于湿矽卡岩阶段、石英(萤石)-硫化物阶段和方解石-硫化物阶段。湿矽卡岩阶段的闪锌矿以自形晶为主,部分为半自形晶,矿物粒度变化较大(粒径 0.01~15 mm),主要呈条带状、浸染状、斑杂状;石英(萤石)-硫化物阶段的闪锌矿以自形-半自形为

主,矿物粒度变化较大,主要呈团块状、浸染状、斑杂状、星点状,常交代毒砂、磁黄铁矿、黄铁矿,又被方铅矿交代;方解石-硫化物阶段的闪锌矿以半自形-他形为主,主要呈浸染状、斑杂状、星点状,常与黄铁矿、方铅矿以及方解石、萤石等共生。因为闪锌矿的粒径变化较大,不同成矿阶段均有闪锌矿产出,不宜简单地以闪锌矿的粒度和晶形来划分矿物的世代关系。

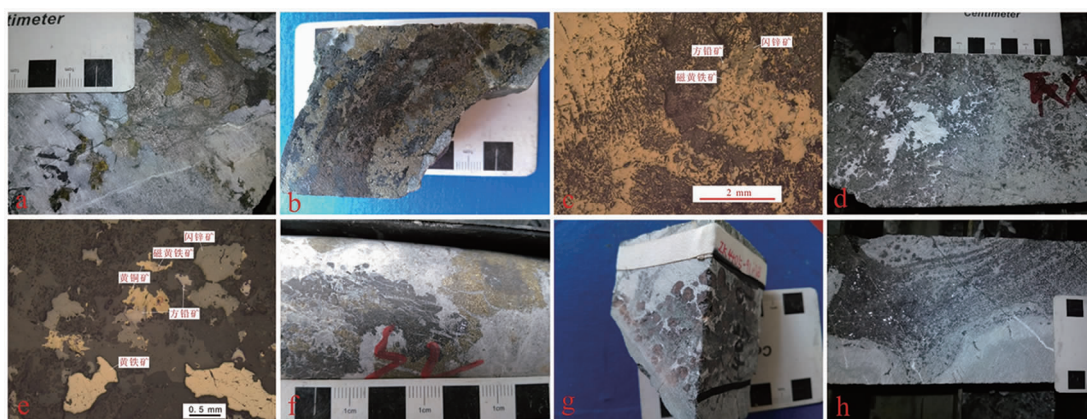


图 3 万龙山矿床锌矿石特征

Fig. 3 Characteristics of zinc ore from Wanlongshan Sn-Zn deposit

- 透辉石矽卡岩中的黄铜矿-雌黄-闪锌矿(ZK2811-94.5);
- 石英-方解石脉中的磁铁矿和磁黄铁矿(ZK2417-550.1);
- 片岩型锌锡矿石,磁黄铁矿→闪锌矿-黄铜矿固溶体→方铅矿(WD03-H1);
- 透辉石矽卡岩中的方解石和硫化物(ZK0309-25.7);
- 呈细-中粒结构和稀疏浸染状构造的绿泥石矽卡岩型铜锌矿石(ZK2331-XT1);
- 大理岩中铁闪锌矿包裹方铅矿,黄铁矿交代闪锌矿(ZK4413-313.8);
- 透辉石矽卡岩型锌矿石中不同颜色的闪锌矿(ZK4405-91);
- 条纹-条带状及团斑状铁闪锌矿(ZK2811-88.5)

表 3 万龙山矿床闪锌矿电子探针分析结果

Table 3 Electronic probe analysis of sphalerite from Wanlongshan Skarn Sn-Zn deposit

样品号	矿石类型	取样位置	探针编号	矿物名称	S	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sn	Au	Total
ZK15029-XT62	矽卡岩型锌(钨)矿	H49	1-1	铁闪锌矿	32.52	7.93	0.00	0.00	57.89	0.06	0.00	0.13	0.00	0.00	98.53
ZK15029-XT62	矽卡岩型锌(钨)矿	H49	1-2	铁闪锌矿	32.98	7.57	0.00	0.00	58.98	0.06	0.00	0.09	0.00	0.00	99.67
ZK15029-XT62	矽卡岩型锌(钨)矿	H49	1-3	铁闪锌矿	33.02	7.63	0.00	0.00	58.59	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	99.32
PK980-XT1	矽卡岩型锌锡矿	H7	5-3	铁闪锌矿	33.42	11.37	0.00	0.00	54.26	0.05	0.01	0.08	0.00	0.00	99.20
PD860-XT21	矽卡岩型锌铜(钨)矿	H287	6-1	铁闪锌矿	33.54	11.17	0.00	0.00	54.93	0.09	0.00	0.12	0.00	0.00	99.84
PD860-XT21	矽卡岩型锌铜(钨)矿	H287	6-2	铁闪锌矿	33.01	11.09	0.00	0.00	54.59	0.15	0.00	0.14	0.01	0.01	98.99
PD860-XT21	矽卡岩型锌铜(钨)矿	H287	6-3	铁闪锌矿	32.68	11.45	0.00	0.00	54.40	0.06	0.01	0.12	0.01	0.00	98.74
ZK0313-537.5	矽卡岩型锌锡铜矿	537.5m	7-1	铁闪锌矿	33.15	10.09	0.00	0.00	55.31	0.11	0.00	0.15	0.03	0.00	98.83
ZK0313-537.5	矽卡岩型锌锡铜矿	537.5m	7-2	铁闪锌矿	32.57	9.05	0.00	0.00	56.40	0.09	0.00	0.13	0.01	0.00	98.25
ZK36009-359.7	矽卡岩型锌锡铜矿	359.7m	8-2	铁闪锌矿	33.99	8.58	0.00	0.00	55.39	0.02	0.02	0.11	0.00	0.00	98.11
WD04-H1	矽卡岩型锌矿	曼家寨寨采坑	12-1	铁闪锌矿	33.58	10.08	0	0.01	54.35	0.09	0	/	/	/	98.11
WD04-H1	矽卡岩型锌矿		12-2	铁闪锌矿	33.05	11.96	0	0.07	52.9	0.15	0.02	/	/	/	98.15
WD04-H1	矽卡岩型锌矿		12-3	铁闪锌矿	33.04	12.51	0	0.05	53.25	0.12	0	/	/	/	98.97
WD04-H1	矽卡岩型锌矿		12-4	铁闪锌矿	32.96	11.81	0	0.03	54.03	0.08	0	0.13	/	/	99.04
WD04-H1	矽卡岩型锌矿		12-5	铁闪锌矿	32.29	12.1	0	0.09	53.35	0.05	0.01	0.14	/	/	98.03
WD04-H1	矽卡岩型锌矿		12-6	铁闪锌矿	32.32	12.14	0	0.15	53.75	0.18	0	0.13	/	/	98.67
WD04-H1	矽卡岩型锌矿		12-7	铁闪锌矿	32.2	12.21	0	0.1	53.37	0.16	0.03	0.12	/	/	98.19
WD04-H1	矽卡岩型锌矿		12-8	铁闪锌矿	33.46	11.88	0	0.05	53.29	0.1	0	0.14	/	/	98.92
WD04-H1	矽卡岩型锌矿		12-9	铁闪锌矿	33.35	10.51	0	1.25	53.56	0.12	0	0.1	/	/	98.89

测试单位:成都地质矿产研究所;量单位: $w_B/\%$ 。

4.2.2 闪锌矿成分

对万龙山矿床闪锌矿进行了电子探针成分分析(表 3),分析结果表明,闪锌矿中 $w(\text{Fe})=7.57\% \sim 12.51\%$,平均值为 $10.59\%(n=19)$;矿区闪锌矿中普遍含铁,测试样品中的 $w(\text{Fe})$ 均大于 6% ,应该属于铁闪锌矿,表明闪锌矿结晶的温度是比较高的。闪锌矿中 Cd 含量较低, $w(\text{Cd})=0.07\% \sim 0.15\%$,平均 $0.12\%(n=16)$,因有 3 个点未检测到 Cd,未参加统计),这与岩浆热液型矿床的 Cd 含量特点较为相似。闪锌矿中基本不含 Co 和 Ni,Se 的含量也很低,只在少数样品中检测到 $w(\text{Fe})=0.1\% \sim 0.3\%$ 。

In 是地球上最稀少的元素之一,但在富锡硫化物矿床中 In 的富集程度却相当高,云南的白牛厂和都龙锡锌矿均为国内铟资源的主要产地,而且均为闪锌矿赋 In^[17]。采用矿物化学分析方法获得万龙山矿区闪锌矿的 In 和 Ga 的含量(表 4),闪锌矿中 $w(\text{In})=10.9 \times 10^{-6} \sim 2\,724 \times 10^{-6}$,平均 $663 \times$

10^{-6} ;矿区闪锌矿中富含 In 元素,尽管含量区间跨度很大,但宏观上闪锌矿确实是矿床铟资源的主要载体矿物。闪锌矿中 $w(\text{Ga})=2.34 \times 10^{-6} \sim 11.3 \times 10^{-6}$,平均 5.78×10^{-6} ;与 Ga 较高的地壳丰度相比较(15×10^{-6})^[18],矿区闪锌矿的 Ga 含量显然是比较低的。

4.3 黄铜矿

4.3.1 黄铜矿的组构特征和产出状态

铜黄色,显均质性;粒度 $0.01 \sim 0.6\text{ mm}$;呈不规则团块状或微粒状不均匀地散布于岩石裂隙中,或充填于毒砂和黄铁矿裂纹中,或呈微粒固溶体分布于铁闪锌矿中;与铁闪锌矿、磁黄铁矿、锡石及脉石矿物紧密共生,部分呈片状、不规则粒状或细小团块状与铁闪锌矿共生;黄铜矿有时呈大小不等的团块或脉体交代充填、穿插或夹杂于闪锌矿集合体及片岩裂隙中(图 4)。

表 4 万龙山矿床单矿物化学分析结果

Table 4 Single mineral chemical analysis of Wanlongshan Skarn Sn-Zn deposit

矿物名称	样品编号	$w_B/10^{-6}$				$w_B/10^{-9}$	$w_B/\%$
		In	Cd	As	Ga	Au	Cu
闪锌矿	PD860-XT15	27.1	1 493	73.0	11.3	7.02	1.74
	PK980-XT1	10.9	1 195	8.97	2.34	3.83	0.89
	PD860-XT20	561	1 703	20.0	3.17	3.98	3.19
	PD860-XT21	529	1 663	7.98	2.54	3.94	1.54
	ZK0313-537.5	2724	1 940	30.9	5.13	4.51	1.12
	ZK36009-359.7	608	1 261	159	7.23	4.19	1.60
	ZK15029-XT62	181	1 672	8.99	8.77	8.02	0.04
	平均	663	1 561	44.11	5.78	5.07	1.44
锡石	ZK0313-537.5	6.49	4.62	35.4	1.58	11.0	0.01
黄铜矿	ZK20006-XT53	1137	34.7	119	1.33	8.08	32.3
	ZK0313-537.5	332	40.2	38.3	1.32	16.1	33.0
	ZK20002-XT49	86.7	32.9	38.0	1.10	5.54	28.9
	PK980-XT4	6.39	22.6	29.9	0.60	19.0	32.7
	PD860-XT20	309	38.7	26.0	0.67	4.35	29.5
	平均	374	33.8	50.20	1.00	10.62	31.29

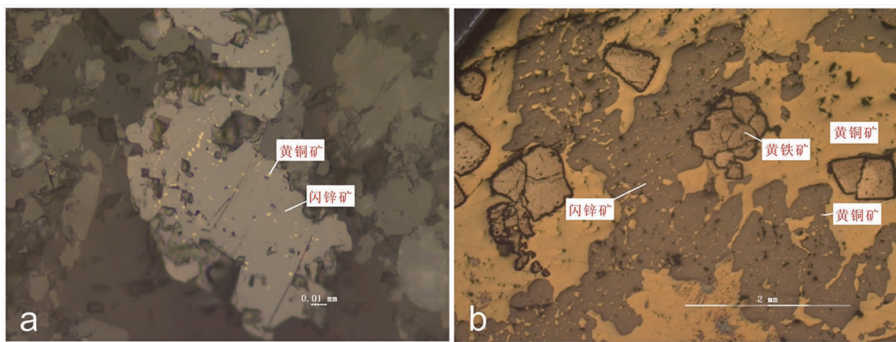


图 4 万龙山矿床不同产状黄铜矿特征

Fig. 4 Characteristics of chalcopyrite with different occurrence
in Wanlongshan Sn-Zn deposit

- a. 细小的第一代黄铜矿颗粒呈尘滴状固溶体分布于铁闪锌矿中(ZK1621 孔 456.7 m);
- b. 第二代黄铜矿呈团块或细脉状交代闪锌矿，
另有细小黄铜矿颗粒呈出溶的固溶体赋存于闪锌矿中

黄铜矿可分为 2 个世代。①第一个世代黄铜矿粒度细小,粒径多为 0.001~0.01 mm,呈尘滴状固溶体分布于铁闪锌矿中,形成稍晚于铁闪锌矿;如图 4a 所示,透辉石绿泥石矽卡岩型锌矿的闪锌矿粒度为 0.005~0.15 mm,半自形-不规则粒状,呈团块状或似脉状集合体,大颗粒内含粒度 5 μm 或 $<1 \mu\text{m}$ 的稀疏状黄铜矿固溶体;②第二代黄铜矿呈粒状、不规则团块状与铁闪锌矿交生,有时交代铁闪锌矿、黄铁矿和毒砂,有时呈脉状充填于毒砂或黄铁矿的裂纹中;以图 4b 为例,含石英矽卡岩型锌多金属矿呈土黄绿色-土橙黄色,弱非均质性,主体呈致密块状集合体,一些细小黄铜矿(0.1~1 mm)团块或脉体沿闪锌矿的裂隙交代充填或呈穿孔交代状分布于

其内,还有少量微粒固溶体较密集分布于闪锌矿中;闪锌矿呈鲜红色、大小不等的不规则残块状、岛状不均匀分布于黄铜矿块体中,少量呈略浑圆的残余粒状零星分布,并含黄铜矿脉体及固溶体;淡黄色的黄铁矿不均匀分布于黄铜矿内,其边缘被闪锌矿和黄铜矿交代蚕食呈港湾状。矿物生成顺序可能为黄铁矿→闪锌矿及黄铜矿固溶体→黄铜矿。

4.3.2 黄铜矿的成分

利用电子探针对矽卡岩型铜矿石和锡铜矿石中的黄铜矿进行了成分分析(表 5)。结果表明,两种矿石中的黄铜矿中 $w(\text{Cu}) = 33.84\% \sim 34.77\%$, Cu、Fe 和 S 的含量与理论值($w(\text{Cu}) = 34.56\%$, $w(\text{Fe}) = 30.52\%$, $w(\text{S}) = 34.92\%$)相差不大;部分

表 5 万龙山矿床黄铜矿电子探针分析结果

Table 5 Electron probe analysis of chalcopyrite from Wanlongshan Skarn Sn-Zn deposit

样品号	矿石类型	取样位置	探针编号	矿物名称	S	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sn	Au	Total
ZK20002-XT49	矽卡岩型铜矿	H76	4-1	黄铜矿	34.89	30.27	0.00	33.88	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	99.30
ZK20002-XT49	矽卡岩型铜矿	H76	4-2	黄铜矿	33.96	30.47	0.00	33.91	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	98.61
ZK20002-XT49	矽卡岩型铜矿	H76	4-3	黄铜矿	34.63	30.29	0.00	33.84	0.00	0.28	0.00	0.00	0.01	0.00	99.04
ZK15025-616.2	矽卡岩型锡铜矿	616.2m	10-2	黄铜矿	33.92	30.92	0.00	34.34	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.04	99.35
ZK15025-616.2	矽卡岩型锡铜矿	616.2m	10-3	黄铜矿	34.73	29.55	0.00	34.35	0.00	0.18	0.00	0.00	0.01	0.01	98.82
ZK15025-616.2	矽卡岩型锡铜矿	616.2m	11-1	黄铜矿	34.66	30.49	0.00	34.04	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.05	99.29
ZK15025-616.2	矽卡岩型锡铜矿	616.2m	11-3	黄铜矿	33.76	30.64	0.00	34.77	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	99.42

测试单位:成都地质矿产研究所;量单位: $w_B/\%$ 。

黄铜矿中混入了少量 Sn 和 Au 元素,均不含 Ni 和 Zn 元素;黄铜矿中普遍含 As, $w(As) = 0.06\% \sim 0.28\%$, 光片中颜色较深的黄铜矿 As 的含量相对较高,这与矿石中含一定量的毒砂有关,结晶时热液中的 Sn、Au 及 As 等组分多以机械混入物形式进入矿物中。

5 主要金属矿物成因讨论

5.1 锡石

锡石的颜色与结晶时的温度环境有关。研究表明,锡石的形成温度越高,颜色就越深^[19];万龙山矿区的锡石颜色普遍偏深,说明锡石应在中-高温环境下形成。

锡石晶体中往往会混入一些杂质元素,某些金属离子(如 Fe 离子)还可进入晶格替代部分 Sn 离子,与 Sn 构成类质同像^[20-21],从而造成锡石颜色的变深;湖南芙蓉锡矿、云南云龙锡矿和云南昌宁锡矿床中锡石的 $w(FeO)$ 平均值为 $0.12\% \sim 0.42\%$ ^[20],而万龙山矿床中锡石的 $w(FeO) = 0.22\% \sim 4.13\%$, 平均 1.74% , 表明锡石中含 Fe 较高,这与矿区锡石颜色偏深的特点是一致的。在同一成矿期内,成矿温度较高的阶段,锡石有充足的结晶条件,杂质元素可有大量进入矿物晶格的机会,所以早结晶的锡石具有较完整的晶型,并且颜色较深;反之较晚结晶的锡石,由于结晶温度不断下降,结晶不充分,所以锡石的晶形不甚完好,且颜色较浅。

结晶温度还可使锡石晶型产生差异,温度较高时锡石锥面发育,形成锥状晶体,而温度较低时锡石则是沿 C 轴的柱面相对发育,形成柱状、针状晶体^[22]。万龙山矿区在温度较高的早期阶段,多发育粒状、短柱状锡石,且结晶程度较好;在较晚阶段温度下降,则出现长柱状、针状锡石,晶型有时不甚完

整,呈他形晶,表明成矿持续了多个阶段,锡石的晶出也经历了结晶环境温度由高到低的变化过程。

5.2 闪锌矿

根据野外的详细观察与显微镜鉴定,万龙山矿区的闪锌矿共分 3 种颜色,分别为深褐色、红棕色和浅棕黄色,以深褐色为主,红棕色次之,浅棕黄色较少。其中深褐色的闪锌矿中 Fe 的含量较高,电子探针分析 Fe 最高可达 12.51% , 矿物为铁闪锌矿。成矿早期阶段的铁闪锌矿中相对富 Fe, 所以颜色也比较深,随着时间的变化,成矿流体中的 Fe 含量有所下降, Zn 的含量不断升高,矿物颜色也就呈现变浅趋势。电子探针测定结果表明,矿区铁闪锌矿中 Zn 和 Fe 元素的含量呈负相关的关系(图 5), 2 个元素之间的替代关系明显。以往的研究也发现闪锌矿中 Fe 对成矿温度的指示意义,即当成矿流体在高温状态下闪锌矿 Fe 元素替代 Zn 元素的能力最强^[23-24], 闪锌矿的这种地球化学变化规律在万龙山矿区中也有表现。

前人利用闪锌矿的 $w(Zn)/w(Cd)$ 值来判定矿物形成时温度的参考值^[18]: $w(Zn)/w(Cd) > 500$ 为高温环境, $w(Zn)/w(Cd) = 100 \sim 500$ 为中温环境, $w(Zn)/w(Cd) < 100$ 为低温环境。万龙山矿区闪锌

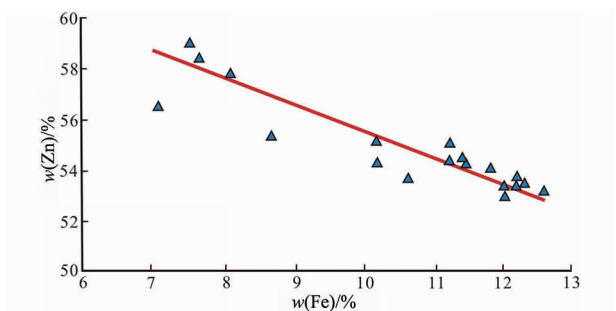


图 5 万龙山锡锌多金属矿床闪锌矿 Fe-Zn 图解

Fig. 5 Fe vs Zn diagram of sphalerite in Wanlongshan Sn-Zn Polymetallic deposit

矿中的 $w(\text{Zn})/w(\text{Cd})$ 值变化范围为 368.73~837.00, 平均为 487.31 ($n=16$), $w(\text{Zn})/w(\text{Cd})$ 值多集中在 300~500 范围内, 与刘英俊给出的中-高温环境相对应; 在成矿早期的湿矽卡岩成矿阶段 ($w(\text{Zn})/w(\text{Cd}) > 500$), 矿区开始出现少量的闪锌矿; 闪锌矿的主要形成时段为硫化物期的早硫化物阶段 ($w(\text{Zn})/w(\text{Cd}) = 300 \sim 500$), 在中-高温的环境下, 大量的闪锌矿从成矿流体中晶出成矿。

叶霖等的研究表明^[25], 高温条件下形成的闪锌矿富集 Fe、Mn、In、Se、Te 等元素, 并以较高的 $w(\text{In})/w(\text{Ga})$ 值为特征, 而低温条件下形成的闪锌矿相对富集 Cd、Ga、Ge 等元素, 以较低的 $w(\text{In})/w(\text{Ga})$ 值为特征。闪锌矿中 $w(\text{In})/w(\text{Ga})$ 比值被人们作为鉴别矿床成因及成矿温度的指示标志。统计表明, $w(\text{In})/w(\text{Ga})$ 比值高时表征闪锌矿的形成温度较高, 反之则表示闪锌矿的形成温度较低; 当 $w(\text{In})/w(\text{Ga}) > 1$ 时, 多为热液型矿床或与岩浆作用相关的热液矿床, 当 $w(\text{In})/w(\text{Ga}) < 1$ 时, 多为层控型矿床或与地下水作用有关的热液铅锌矿床^[26]。万龙山矿床的闪锌矿中富 Fe、In, 贫 Cd、Ga, 是高温条件下的产物; 闪锌矿的 $w(\text{In})/w(\text{Ga}) = 2.40 \sim 531.00$, 平均 114.71, $w(\text{In})/w(\text{Ga})$ 值均大于 1 (见表 4), 显然属于与岩浆作用有关的热液矿床; $w(\text{In})/w(\text{Ga})$ 值的大小悬殊, 说明闪锌矿的晶出可能延续了几个成矿阶段, 形成温度经历了由高到低的一个过程, 既有较高温度环境下形成的闪锌矿, 也有较低温度环境下形成的闪锌矿。

5.3 黄铜矿

黄铜矿中 S、Fe、Cu 元素含量稳定, 测试结果显示不含 Ni、Se、Cd 元素, 显示出高温岩浆热液成因的特点。

万龙山矿区的矿石中普遍存在闪锌矿-黄铜矿形成的固溶体出溶物, 这是矿石经过中-高温阶段的温度指示。根据陈正海的计算, 广西大厂矿田铜坑矿区的黄铜矿在固溶体中的饱和温度为 427 °C, 黄铜矿的出溶温度为 400 °C; 湖南黄沙坪铅锌矿黄铜矿的饱和温度为 425.7 °C^[27]。在随后的晚硫化物阶段, 温度有所下降, 出现了交代成因的黄铜矿 (图 4b)。

6 结语

对万龙山矿区主要金属矿物锡石、闪锌矿和黄

铜矿进行的矿物组分、矿物特征和电子探针等测试结果, 揭示了锌锡矿床形成的部分成因特点。

(1) 锡石颜色较深是由于晶格中有较多呈类质同象的 Fe 离子, 颜色还与锡石的结晶温度呈正相关, 早阶段温度较高时结晶的锡石颜色较深, 锥面发育, 多呈粒状和短柱状, 而较晚阶段结晶时温度有所降低, 替代 Sn 的 Fe 离子进入锡石晶格的机会下降, 所以锡石颜色较浅, 且晶形的柱面发育, 出现长柱状或针状晶形。

(2) 矿石中的闪锌矿具有较高的 Fe 含量, 主要为铁闪锌矿; 矿物中的 Zn 与 Fe 呈明显的负相关性, 表明二者在不同温度条件下具有线性替代关系; 闪锌矿中富 Fe、In, 贫 Cd、Ga, $w(\text{Zn})/w(\text{Cd})$ 比值多集中在 300~500 范围内, 显示出中-高温成矿的特点; 闪锌矿具有极高的 $w(\text{In})/w(\text{Ga})$ 比值均大于 1 (平均 114.71), 显然属于与岩浆作用有关的热液矿床。

(3) 黄铜矿中 S、Fe、Cu 含量稳定, 并且不含 Ni、Se、Cd, 显示中高温岩浆热液的特点; 在闪锌矿中呈固溶体出溶物的黄铜矿和交代闪锌矿的黄铜矿共存, 说明黄铜矿的形成经过了不同的温度变化。

因此, 矿床主要金属矿物揭示了万龙山锡锌多金属矿床的成矿与来自岩浆活动的中-高温流体有关, 矿床为与燕山晚期岩浆作用有关的矽卡岩-热液型锌锡多金属矿床。

参考文献:

- [1] 宋焕斌. 云南东南部都龙锡石-硫化物型矿床的成矿特征[J]. 矿床地质, 1989, 8(4): 29-38.
- [2] 周建平, 徐克勤, 华仁民, 等. 滇东南喷流沉积块状硫化物特征与矿床成因[J]. 矿物学报, 1998, 18(2): 158-168.
- [3] 刘玉平. 一个受后期改造和岩浆热液叠加的块状硫化物矿床: 都龙锡锌多金属矿床 [D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 1996: 1-79.
- [4] 刘玉平, 李朝阳, 谷团, 等. 都龙锡锌多金属矿床成矿物质来源的同位素示踪[J]. 地质地球化学, 2000, 28(4): 75-82.
- [5] 刘玉平, 李正祥, 李惠民, 等. 都龙锡锌矿床锡石和锆石 U-Pb 年代学: 滇东南白垩纪大规模花岗岩成岩-成矿事件[J]. 岩石学报, 2007, 23(5): 967-976.
- [6] 李进文, 裴荣富, 王永磊, 等. 云南都龙锡锌矿区同位素年代学研究[J]. 矿床地质, 2013, 32(4): 767-782.
- [7] 张春红, 黎应书, 王金良, 等. 云南马关都龙锡锌多金属矿床成矿控制条件[J]. 有色金属, 2008, 60(4): 140-143.
- [8] 张世奎, 苏航, 陶志华. 都龙锡锌多金属矿床控矿因素及成因的再认识[J]. 地球学报, 2013, 34(S1): 115-121.
- [9] 苏航, 韦文彪, 陶志华, 等. 云南都龙矿区隐伏花岗岩地质地球化学特征与锡锌成矿作用[J]. 矿物学报, 2016, 36(4): 488-496.

- [10] 王小娟,刘玉平,缪应理,等. 都龙锡锌多金属矿床 LA-MC-ICPMS 锡石 U-Pb 测年及其意义[J]. 岩石学报, 2014, 30(3): 867-876.
- [11] 叶霖,鲍谈,刘玉平,等. 云南都龙锡锌多金属矿床成矿阶段与成矿流体[J]. 矿物学报 2016, 36(4): 503-509.
- [12] 何芳,张乾,王大鹏,等. 云南都龙 Sn-Zn 多金属矿床成矿物质来源:硫、碳、氧稳定同位素证据[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2014, 33(6): 900-907.
- [13] 张所清,罗爱国,苏剑,杨忠. 2016. 都龙矿区铜街—曼家寨矿段找矿模式与盲矿体预测[J]. 矿物学报, 36(4): 549-554.
- [14] 陶志华,苏航,韦文彪,等. 滇东南都龙矿区南北向断裂构造演化与控矿[J]. 矿物学报, 2016, 36(4): 497-502.
- [15] 林知法. 云南马关都龙锌铜多金属超大型矿床构造控矿特征及矿床成因研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2010.
- [16] 王礼兵,艾金彪. 马关县都龙锡矿中辉钼矿钼-锶同位素特征及意义[J]. 云南地质, 2018, 37(2): 189-194.
- [17] 涂光炽,高振敏,胡瑞忠,等. 分散元素地球化学及成矿机制[M]. 北京:地质出版社, 2003: 1-424.
- [18] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社, 1984.
- [19] 胡泽宁. 云龙锡矿锡石的标型特征[J]. 矿物学报, 1988, 8(4): 381-384.
- [20] 黄品赞,汪相,陈洁,等. 赣南淘锡坑锡矿床中锡石晶体形态学和地球化学研究[J]. 地质论评, 2012, 58(5): 987-1000.
- [21] 丁俊,张术根. 黄沙坪砂卡岩型多金属矿石中锡的工艺矿物学研究[J]. 矿物学报, 2011, 31(1): 80-87.
- [22] 吕蒙. 个旧锡矿锡石成因矿物学及流体包裹体研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2013. am
- [23] 肖禹. 西藏扎西康铅锌多金属矿床闪锌矿标型特征研究[D]. 成都:成都理工大学, 2016.
- [24] 刘铁庚,叶霖,周家喜,等. 闪锌矿的 Fe、Cd 关系随其颜色变化而变化[J]. 中国地质, 2010, 37(5): 1457-1468.
- [25] 叶霖,高伟,杨玉龙,等. 云南澜沧老厂铅锌多金属矿床闪锌矿微量元素组成[J]. 岩石学报, 2012, 28(5): 16-26.
- [26] 赵晓. 太行山南段桃园铜矿成因矿物学研究[D]. 石家庄:河北地质大学, 2015.
- [27] 陈正海. 根据闪锌矿黄铜矿固溶体分离结构探讨成矿过程中的温度变化速度[J]. 有色金属矿产与勘查, 1997, 6(1): 42-46.

Characteristics of the main minerals in Wanlongshan Sn-Zn Polymetallic Deposit and the genetic significance

AI Jinbiao¹, ZHANG Qingsong¹, GUO Yaowen¹, WANG Neng¹,

LV Du¹, WANG Libing², YANG Guangshu³

(1. Sichuan Institute of Metallurgical Geology and Exploration, Chengdu 610051, China;

2. No. 306 Geological Party of the Bureau of Nonferrous Geology of Yunnan, Kunming 650217, China;

3. College of land and resources, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: Wnalongshan Sn-Zn polymetallic deposit is one of the well known deposits in Dulong tin ore field. Characteristics of the main metal minerals of cassiterite, sphalerite and chalcopyrite and their chemical and electronic probe analysis show that dark color of the cassiterite was resulted from its higher Fe content and the color is positively correlated to temperature. The earlier cassiterite crystallized at high temperature is in darker color with cone plane developed and occurring as grainy and short axial mineral, the later at lower temperature in lighter color with less Fe ions into the lattice and columnar plane developed occurring as long columnar and acicular mineral. The sphalerite is mainly Fe-sphalerite and characterized by higher Fe content. Zn and Fe in the sphalerite is negatively correlated indicating that the two elements are linearly substituted at different temperature. The sphalerite is rich in Fe, In and poor in Cd, Ga and Zn/Cd is ranged 300~500 that is characteristic of medium-high temperature and very high In/Ga ratio, averagely larger than 1, i. e. 114.71 that is clearly characteristic of magmatism. The chalcopyrite is stable in S, Fe, and Cu content and depleted in Ni, Se, Cd that is characteristic of magma-related medium-high temperature. Co-existence of chalcopyrite occurring as solid solution in sphalerite and chalcopyrite that replaces sphalerite suggests that temperature variation occurred during formation of the pyrite. Wanlongshan Sn-Zn deposit is related to magmatic medium-high temperature fluid and it is a Late Yanshanian magmatism-related skarn hydrothermal Sn-Zn deposit.

Key Words: Wnalongshan Sn-Zn polymetallic deposit; Dulong Sn ore field; cassiterite; sphalerite; chalcopyrite; the southeast Yunnan province