

大厂长坡锡多金属矿床成因刍议

雷良奇

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)

广西大厂是我国著名的有色金属矿产资源基地。大厂矿田内锡多金属矿床的成因问题,历来为人们所关注。多数地质工作者认为:锡多金属矿床是花岗岩成因的;矿床属于与酸性岩浆活动有关的高一中温热液矿床;锡等成矿物质主要来源于燕山期龙箱盖花岗岩岩体。

1983年以来,笔者通过对大厂矿田特大型锡多金属矿床——长坡矿床详细研究后发现,按地质产状和矿物组合可将该矿床划分为两种矿化类型,即层状含锡硫化物矿化和脉状锡石-硫化物矿化。这两类矿化不仅发育特征差异明显,而且成矿时间也不同。层状含锡硫化物矿化具有典型的同生沉积特征,形成时间较早;脉状锡石-硫化物矿化则具有热液矿床的地质特征,形成时间较晚。然而,两类矿化间又存在着极为密切的空间联系。这表明长坡矿床具有沉积和热液矿床的双重地质特征。这种地质现象用“花岗岩一元论”成因理论难以作出令人信服的解释。

笔者撰写此文,对长坡矿床中两类矿化的主要发育特征、区别与联系,以及对矿床成因的粗浅认识作简要的阐述,并希望这对于活跃大厂锡多金属矿床的成因讨论能起到抛砖引玉的作用。

一、地质概况

丹池成矿带位于江南古陆西南缘之丹池晚古生代拗陷带内。自早古生代以来长期活动的丹池大断裂纵贯整个矿带,并具有明显的控岩控矿作用。大厂矿田处于该成矿带中段。

在大厂矿田内,NW-SE走向的丹池大断裂、复背斜和大厂断裂、倒转背斜,以及NE-SW走向的断裂和隆起组成矿田的基本构造格架,并控制了矿田内锡多金属矿床的分布。矿田内出露泥盆系、石炭系和二叠系,总厚度>7000m。泥盆系为一套由碳酸盐岩、硅质岩及生物礁灰岩组成的海相沉积建造,是锡多金属矿床的产出层位。矿田中发育的岩浆岩,以燕山期龙箱盖黑云母花岗岩(全岩Rb-Sr年龄值99—115Ma,据伍勤生1984年资料)为主,此外,还产出各种岩脉(如花岗岩脉和闪长玢岩脉等)。锡多金属矿床的分布与龙箱盖花岗岩体关系密切,矿床围绕花岗岩体呈带形分布;在岩体外接触带产出矽卡岩型含锡铜矿床(拉么矿床),远离岩体则产出锡石多金属硫化物矿床(如长坡矿床、巴力-龙头山矿床及大福楼矿床等)。

长坡锡多金属矿床位于大厂矿田西矿带北段,大厂断裂走向由340°向310°转折处与NE-SW走向断裂交汇部位的东南区。矿体赋存于大厂断裂上盘和倒转背斜东翼的上泥盆统同车江组泥质灰岩(D₃¹)和榴江组扁豆状灰岩(D₃^{2-d})、条带状灰岩(D₃^{a+b})及硅质岩(D₃³)中。主矿体(91号和92号矿体)则赋存在上泥盆统中下部的条带状灰岩和硅质岩中。在垂向上,矿体呈“四层楼”式展布,由上到下依次为:大脉型矿体、细脉带型矿体、似层状条带细脉型矿体(91号矿体)和似层状条带网脉型矿体(92号矿体)。

长坡矿床一般地质特征详见表1。

二、矿化类型划分及其发育特点

通过野外地质研究发现:长坡矿床中矿体基本上以层状和脉状两种方式产出,并且两者的矿物组合差异明显。因此,按矿体产状及矿物组合可将矿床划分为两种矿化类型,即层状含锡硫化物矿化(以下简称层状矿化,三个浸染状黄铁矿矿石的锡平均含量为0.997%)和脉状锡石-硫化物矿化(以下简称脉状矿化)。这两类矿化分别具有如下主要发育特点。

1. 层状矿化

(1) 主要发育在条带状灰岩和硅质岩中,顺层产出。矿石具有典型的同生沉积构造,如浸染状构造,

表1 长坡矿床一般地质特征简表

Table 1. Geological characteristics of the Changpo ore deposit

矿体名称	产出部位	矿物成分	主要结构和构造	围岩蚀变	平均品位(%)			备注
					Sn	Pb	Zn	
大脉型矿体(如0号、38号、74号、56号等矿脉)	主要发育在矿床上部,倒转背斜轴部的复合裂隙中。围岩为D ₃ ^{o+a} -D ₃ ⁱ	锡石、毒砂、磁黄铁矿、白铁矿、黄铁矿、铁闪锌矿、黄铜矿、方解石、黝锡矿、方铅矿、石膏、辉铋锡铅矿及复杂硫酸盐类矿物	交替溶蚀结构、自形晶结构、压碎结构、固溶体分离结构。块状、浸染状构造	硅化、绢云母化、碳酸盐化	2.01	1.98	8.29	矿脉延伸稳定,与围岩界线清楚截然。规模较小
细脉型矿体	主要发育在矿床中、上部,产于大脉之间,尤其是隐伏背斜轴部。围岩同上	黄铁矿、铁闪锌矿、毒砂、锡石、磁黄铁矿、黄铜矿、辉铋锡铅矿、黝锡矿、方铅矿、辉铋矿、方解石、石英及复杂硫酸盐类矿物	同上	同上	0.56	0.62	2.71	矿脉分枝复合、交岔,交代作用发育。规模较小
似层状条带细脉型矿体(91号矿体)	产于矿床中部。围岩为D ₃ ^{a+b}	锡石、毒砂、磁黄铁矿、铁闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、方铅矿、黄铜矿、黝锡矿、石英、方解石及复杂硫酸盐类矿物	结构同上。块状构造、层纹状构造、条带状构造、细脉状构造	硅化、电气石化	1.48	0.29	3.51	由顺层条带状、层纹状和细脉状矿石组成。规模较大,占矿床储量的26.1%
似层状条带网脉型矿体(92号矿体)	产于矿床下部。围岩为D ₃ ⁱ	黄铁矿、铁闪锌矿、锡石、毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿、黝锡矿、石英、方解石及少量萤石	结构同上。网脉状构造、扁豆状构造、条带状构造、层纹状构造	硅化、碳酸盐化、电气石化、萤石化	0.77	0.33	2.11	由顺层条带状、层纹状、扁豆状和细脉状矿石组成,矿脉密集成网。规模最大,占矿床储量的53.6%

条带状(块状)构造、层纹状构造和透镜状构造等(照片1—6)。

(2) 矿石矿物成分简单,以黄铁矿、磁黄铁矿为主,其次为铁闪锌矿和少量黄铜矿、方铅矿及黄锡矿。矿物分布具垂向分带性:上部(D₃^o-D₃ⁱ)主要发育黄铁矿,下部(D₃^a-D₃ⁱ)则以磁黄铁矿为主,其次为闪锌矿,少量黄铜矿、方铅矿和黄锡矿,黄铁矿含量明显减少。

(3) 矿化围岩蚀变不发育,在深部可见弱的碳酸盐化及硅化。

(4) 层状矿化被锡石-硫化物矿脉穿切(照片2、3、5)、交代(照片1)。表明层状矿化形成时间较脉状矿化早。

(5) 层状矿化中发育黄铁矿三晶嵌接结构(triple junction,照片7)和假像磁黄铁矿。许多研究者(如D.F.Sangster, 1972)都认为,三晶嵌接结构是沉积硫化物矿石在后期地质作用过程中经受了缓慢加热所形成的退火平衡结构。层状矿化中具黄铁矿立方体假像的磁黄铁矿是黄铁矿相变的产物。

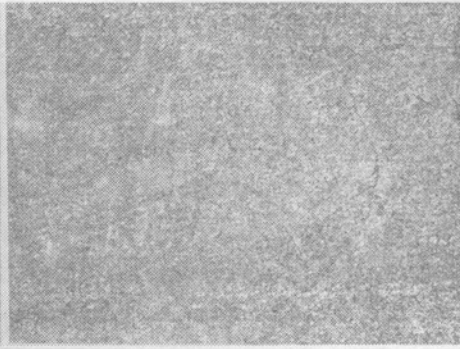
2. 脉状矿化

(1) 矿化主要受NE-SW走向构造裂隙系统控制(图1)。按矿脉走向和矿物组合特征可将脉状矿化划分为三组: I组(以0号、11号和14号矿脉为代表),走向N50°E,矿物组合以锡石、石英为主。由



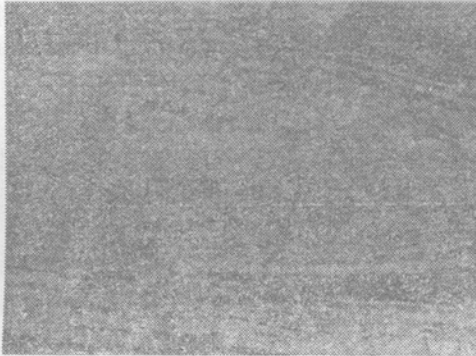
照片1 浸染状构造

浸染状黄铁矿被锡石-硫化物矿脉穿切。在靠近矿脉处，浸染状黄铁矿被交代形成“净化”边。容矿岩石为D₃泥质灰岩（595中段细脉带矿体）



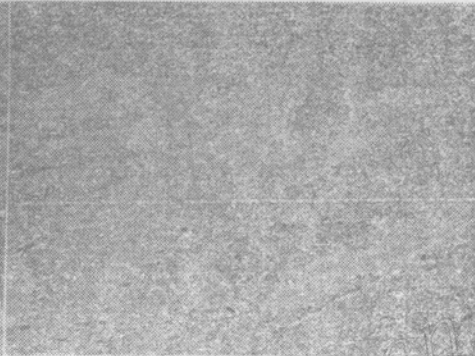
照片2 条带状构造

黄铁矿条带宽窄相间，呈“韵律”状产出。在含矿断裂（矿脉）通过处形成牵引褶皱构造。容矿岩石为D₃^b细条带状灰岩（505中段91号矿体）



照片3 条带状构造

磁黄铁矿条带（含黄铜矿）宽窄相间，呈“韵律”状产出，被锡石-硫化物细脉错断。容矿岩石为D₃^a宽条带状灰岩（标本T405-9，405中段91号矿体）



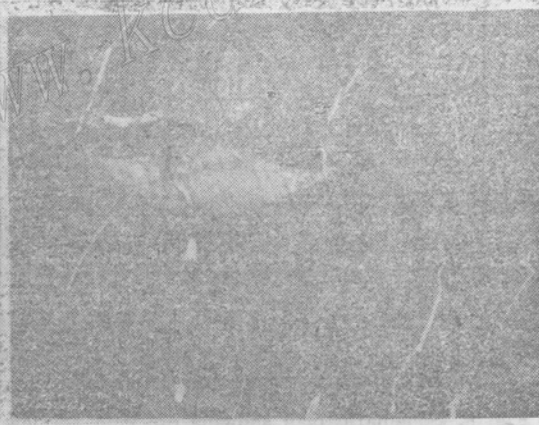
照片4 宽条带状(致密块状)构造

磁黄铁矿和铁闪锌矿（含黄铜矿、方铅矿、黄锡矿）呈顺层条带状产出，条带宽10—20cm，延伸稳定。容矿岩石为D₃硅质岩（405中段92号矿体）



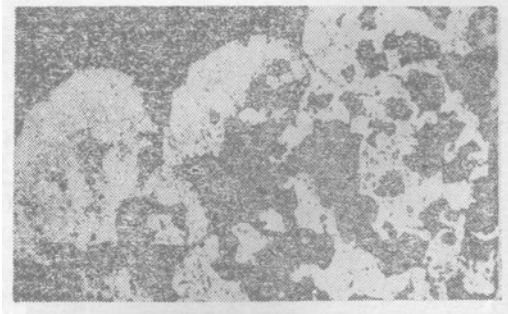
照片5 层纹状构造

磁黄铁矿层纹呈“韵律”状产出，被锡石石英细脉穿切。容矿岩石为D₃硅质岩（标本T405-18，大小为15×20cm²，405中段92号矿体）



照片6 透镜状构造

磁黄铁矿透镜状矿石（20×10cm²），长轴方向平行地层层理。容矿岩石为D₃硅质岩（550中段92号矿体）



照片7 黄铁矿三晶嵌接结构

近于等粒的自形一半自形黄铁矿，彼此间紧密镶嵌，相邻矿物颗粒间的平直边界互成120°夹角。黄铁矿被碳酸盐矿物和铁闪锌矿交代形成“晶核”
(光片，×36，标本C7-4，505中段91号矿体)

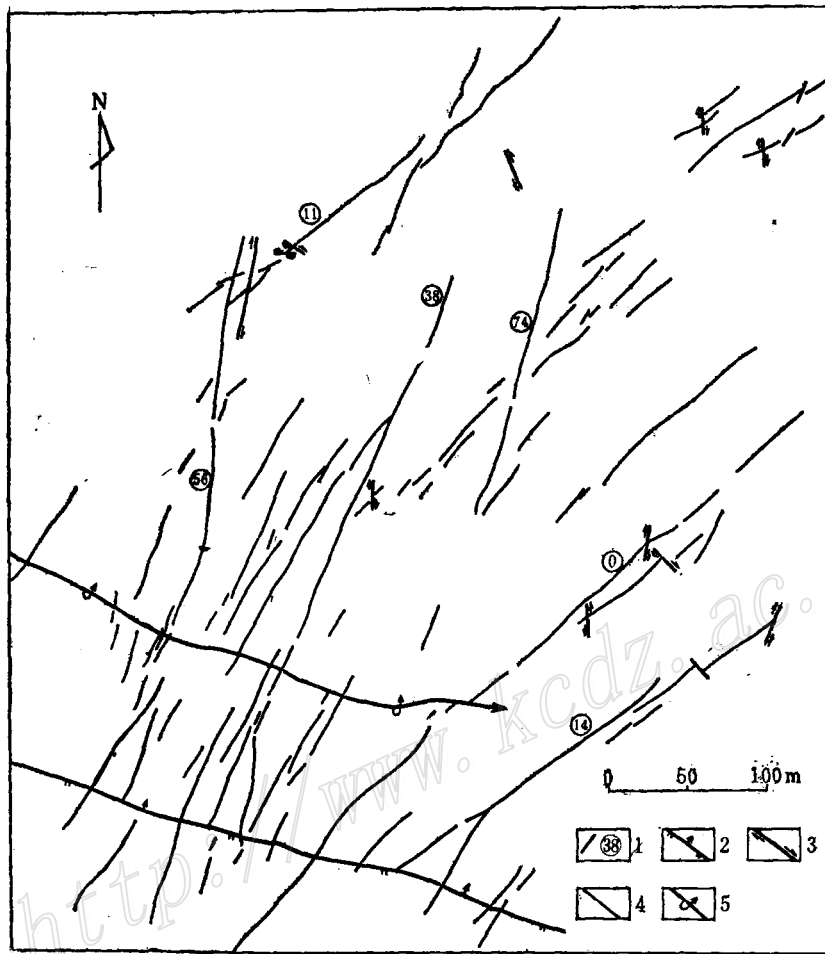


图1 长坡635中段矿脉格局图

(参考长坡矿区坑道编录资料绘制)

1—矿脉及其编号；2—断层；3—节理；4—性质不明节理；5—倒转背斜

Fig. 1. Schematic plan showing ore vein framework at 635 level of the Changpo ore deposit.

1—Ore vein and its serial number; 2—Fault; 3—Joint with unknown nature; 5—Overturned anticline.

于后期矿化的叠加,矿物组合变得比较复杂。Ⅱ组(以38号、74号矿脉为代表),走向 $N20^{\circ}-30^{\circ}E$,矿物组合较复杂,以锡石、硫化物尤其是硫盐类矿物发育为特征。Ⅲ组(以56号矿脉为代表),走向由 $N10^{\circ}E$ 向近 SN 向转变,矿物组合简单,以发育辉锑锡铅矿、方解石为特征。三组矿脉中,以Ⅰ、Ⅱ组较发育,Ⅲ组发育程度较差。根据矿脉间的穿插关系(图1)确定脉组生成顺序为:Ⅰ组→Ⅱ组→Ⅲ组。除上述三组矿脉外,矿床中还发育一组层间脉状锡石-硫化物矿化,主要产在靠近倒转背斜轴部的层间剥离裂隙中(如77号、75号矿脉等),是由NE组矿脉沿裂隙充填交代形成,并具有与NE组矿脉相同的矿物组合。因此层间脉状矿化应属于脉状矿化的组成部分。

上述表明,构造活动的多阶段性控制了脉状矿化的成矿作用阶段。换言之,由于构造活动影响,脉状矿化的成矿作用具有多阶段“脉动”性特征。

(2) 矿物成分较复杂,矿物分布在垂向上分带明显(以38号矿脉为例):上部为黄铁矿、方解石、硫盐类矿物及锡石;中部以铁闪锌矿、黄铁矿和锡石为主,含少量方解石及硫盐类矿物;深部则以磁黄铁矿、毒砂、锡石和石英为主,含少量方解石和闪锌矿。

(3) 围岩蚀变比较发育,以碳酸盐化、硅化和绢云母化为主,深部出现电气石化和萤石化。

综上所述,层状矿化和脉状矿化具有明显不同的发育特点,并且成矿时间差异显著。层状矿化具有沉积矿床的地质特征,形成时间较早;而脉状矿化则具热液矿床的地质特征,成矿时间较晚。层状矿化和脉状矿化相伴产出,构成长坡锡多金属矿床(在矿床下部,层状矿化和脉状矿化交织发育构成似层状矿体,即91号和92号矿体)。因此,长坡矿床具有沉积和热液矿床的双重地质特征。

三、对比分析

层状矿化较脉状矿化除了地质特征和成矿时间明显不同外,在下列几方面也存在显著差异:

1. 矿物中分散元素含量

(1) 黄铁矿(表2) 层状矿化与脉状矿化相比较,前者的黄铁矿中相对富含Ni和Co,而后的黄铁矿中Se含量较高。层状矿化黄铁矿中Co/Ni比值变化不大(0.14—0.79),平均值为0.44;S/Se比值变化较大(1.43×10^4 — 31.59×10^4),平均值为 11.56×10^4 。脉状矿化黄铁矿中Co/Ni比值变化较大(0.19—2.06),平均值为0.83;S/Se比值变化不大(0.78×10^4 — 6.32×10^4),平均值为 1.86×10^4 。

A. Bralia等(1979)研究了不同成因类型矿床黄铁矿的Co、Ni含量后认为,黄铁矿中Co/Ni比值是研究矿床成因比较可靠的地球化学标志,并指出:①沉积黄铁矿普遍具有Co/Ni比值低的特点,平均比值一般为0.6;②热液(脉状)黄铁矿的Co/Ni比值变化很大(这种变化在同一矿床中,甚至在同一块标本中都有出现),总平均值为1.17^[4]。据此分析,长坡层状矿化黄铁矿具有沉积黄铁矿Co/Ni比值低的特点,而脉状矿化黄铁矿则具有热液成因黄铁矿Co/Ni比值变化大的特点(这与两类矿化各自的地质特征相吻合)。

(2) 铁闪锌矿(表3) 层状矿化铁闪锌矿中In、Mn含量较高,其中In最特征,平均含量(1700ppm)比脉状矿化铁闪锌矿(678ppm)高1个数量级。脉状矿化铁闪锌矿中含Cu、Cd较高,其中Cd含量平均值(4167ppm)比层状矿化铁闪锌矿中Cd含量平均值(3950ppm)明显高。

不少研究者都认为多金属矿床的闪锌矿中In和Cd含量与成矿温度有关。刘英俊等(1984)指出:“多金属矿床的闪锌矿是Cd的主要集中场所,通常认为Cd含量与闪锌矿的形成温度有关。一般是在中温或低温条件下形成的闪锌矿中Cd的含量最高,高温形成的闪锌矿中Cd最低”^[1]。伊万诺夫(1966)认为,高温条件下最有利于In的集中。因此,长坡矿床中两类矿化闪锌矿In、Cd含量的差异特征,可能表明层状矿化较脉状矿化的成矿温度高。

2. 黄铁矿包裹体成分特征(表4)

层状矿化黄铁矿包裹体成分中相对富含 K^+ 和 F^- (K^+/Na^+ 平均比值为7.94, F^-/Cl^- 平均比值为30.7),脉状矿化黄铁矿包裹体成分中则相对富含 Cl^- (F^-/Cl^- 平均比值为0.21)。两类矿化黄铁矿包裹体成分的明显差异,表明其成矿溶液的组成不同。

3. 成矿温度

黄铁矿、闪锌矿包裹体爆裂测温结果(表2、表3)表明,层状矿化的成矿温度(爆裂温度范围为260—

表2 黄铁矿化学成分及硫同位素、包裹体爆裂温度测试结果

Table 2. Chemical analyses, sulfur isotope values and decrepitation temperatures of inclusions of pyrite samples

矿化类型	序号	样品编号	采样地点	化学分析结果(ppm)				Co/Ni	S/Se ($\times 10^4$)	$\delta^{34}\text{S}$ 值 (‰)	爆裂温度 ($^{\circ}\text{C}$)
				S(%)	Se	Co	Ni				
层状矿化	1	P ₀₀₈₁	595中段D ₃ 浸染状矿石	48.42	5	11	74	0.14	9.68	-4.3	340
	2	P ₀₀₀₇	685中段D ₃ 浸染状矿石	49.27	14	46	140	0.33	3.52	-3.9	390
	3	P ₀₀₁₀	685中段D ₃ 浸染状矿石	47.38	1.5	79	100	0.79	31.59	-4.5	350
	4	P ₀₀₄₁	505中段D ₃ 条带状矿石	48.76	34	19	38	0.5	1.43	-4.4	380
	5	P _{000A}	405中段D ₃ 条带状矿石								390
脉状矿化	6	P ₀₀₀₁	725中段0号脉	46.23	40	14	22	0.64	1.16		
	7	P ₀₀₀₃	同上	46.80	35	66	32	2.06	1.34		
	8	P ₀₃₈₀	685中段38号脉							-2.7	
	9	P ₀₃₈₁	595中段38号脉							-3.5	
	10	P ₀₀₅₁	550中段77号层间脉	49.40	60	14	15	0.93	0.82	0.2	300
	11	P ₀₀₅₃	550中段细脉	49.72	16	44	63	0.7	3.11	0.1	270
	12	P ₀₀₅₆	550中段细脉	47.27	46	27	59	0.46	1.03	-2.8	280
	13	P ₀₀₅₇	550中段0号脉	50.54	8	7.6	10	0.76	6.32	-2.2	180
	14	P ₀₁₀₄	550中段104号脉							-4.3	
	15	P ₀₀₇₃	505中段0号脉	45.70	32	17	20	0.85	1.43	-4.0	260
	16	P ₀₀₇₄	同上	42.75	55	26	140	0.19	0.78	-3.2	300
	17	P ₀₀₇₆	505中段77号层间脉	46.77	60	32	35	0.91	0.78	-2.6	
	18 ^a	P ₀₀₉₂	505中段91号矿体中细脉							-2.9	
	19	P ₀₀₂₉	同上								330
	20	P ₀₀₁₈	405中段92号矿体中细脉								300
平均值			层状矿化	48.46	13.6	39	88	0.44	11.56	-4.75	370
			脉状矿化	47.24	39.1	27.5	44	0.83	1.86	-2.54	278

表中化学分析、 $\delta^{34}\text{S}$ 值及爆裂温度分别由本院分析室、同位素室及包裹体组分析测定

—390 $^{\circ}\text{C}$ ，均值为351 $^{\circ}\text{C}$)较脉状矿化的成矿温度(爆裂温度范围为160—330 $^{\circ}\text{C}$ ，均值为251 $^{\circ}\text{C}$)高。这与根据铁闪锌矿中In、Cd含量差异分析结果一致。

综上所述，层状矿化与脉状矿化相比较，不仅地质特征和成矿时间显著不同，而且成矿溶液组成和成矿物理化学条件(成矿温度)也存在明显的差异。这充分说明两类矿化是在不同期和不同的地质条件下形成的。然而，两类矿化之间又存在着密切的联系，主要表现在：①空间产出部位相吻合，即层状矿化发育部位也是脉状矿化发育的部位(如91号和92号矿体)；②层状矿化和脉状矿化(如38号脉)均具有上部发育黄铁矿，下部发育磁黄铁矿的特征。根据长坡矿床中出现脉状矿化交代层状矿化，以及层状矿化中发育黄铁矿三晶嵌接结构和假像磁黄铁矿分析，笔者认为，两类矿化间密切联系的特点，反映早期层状矿化经受了后期成矿热液(脉状矿化)的叠加改造；脉状矿化的成矿物质来源可能部分与早期层状矿化有关。

四、成矿物质来源

1. 层状矿化物源推断

据洗柏琪(1984)报道，大厂矿田外围益兰路口上泥盆统榴江组中存在富含Sn、Zn、Pb、Sb等成矿物质的火山凝灰熔岩，并且认为：“丹池地区泥盆纪海曾有火山活动，并带出比较丰富的成矿物质”⁽²⁾。叶俊等(1985)和蔡宏渊等(1985)在大厂矿田内上泥盆统榴江组中相继发现石英晶屑(D₃硅质岩中)和长石碎屑(D₃条带状灰岩及扁豆状灰岩中)，认为大厂矿田上泥盆统中存在“火山碎屑沉积物”。这表明大

表3 铁闪锌矿微量元素含量及 $\delta^{34}\text{S}$ 值、包裹体爆裂温度测试结果Table 3. Minor element contents, $\delta^{34}\text{S}$ values and decrepitation temperatures of inclusions of marmatite

矿化类型	序号	样品编号	采样地点	化学分析结果(ppm)				$\delta^{34}\text{S}$ 值 (‰)	爆裂温度 (°C)
				Cu	Mn	In	Cd		
层状矿化	1	S ₀₀₄₀	405中段D ₃ ^b 中条带状矿石	1940	4800	1400	3900		
	2	S ₀₀₈₀	同上	3150	3650	2400	4200		
	3	S ₀₂₇₀	405中段D ₃ ^a 中条带状矿石	2000	2300	1300	3700	0.6	260
	4	S ₀₀₇₀	405中段D ₃ 中透镜状矿石	1600	1900	1700	4000	1.3	350
脉状矿化	5	S ₀₃₈₀	685中段38号脉	2800	4400	590	4200	-6.9	240
	6	S ₀₃₈₁	595中段38号脉	2700	1400	900	4100	-2.6	210
	7	S ₀₃₈₂	同上	5300	3000	1200	4000		
	8	S ₀₃₈₃	550中段38号脉	2400	1900	520	4200		180
	9	S ₀₃₄₁	550中段74号脉	800	2500	460	4700		160
	10	S ₁₀₄₀	550中段104号脉	1000	2600	720	4000	-7.1	
	11	S ₀₃₈₄	505中段38号脉	4500	6400	540	3900		250
	12	S ₀₇₄₂	505中段74号脉	900	1900	510	4300		
	13	S ₀₉₂₀	505中段92号矿体中细脉	2100	900	660	4100	-3.9	
平均值			层状矿化	2173	3162	1700	3950	0.95	305
			脉状矿化	2500	2778	678	4167	-5.13	208

表中化学分析、 $\delta^{34}\text{S}$ 值及爆裂温度分别由本院分析室、同位素室及包裹体组分析测定

表4 黄铁矿包裹体成分中阴、阳离子比值

Table 4. Ratios of anions or cations in pyrite inclusions

矿化类型	序号	样品编号	采样地点	比值		
				K ⁺ /Na ⁺	Ca ²⁺ /Mg ²⁺	F ⁻ /Cl ⁻
层状矿化	1	P ₀₀₄₁	505中段D ₃ ^b 中条带状矿石	8.29	36.8	14.4
	2	P ₀₀₄₂	同上	9.27	98.6	72.2
	3	P _{000A}	405中段D ₃ 中条带状矿石	6.26	6.66	5.56
脉状矿化	4	P ₀₀₁₃	685中段7号矿体中细脉	1.12	14.1	0.48
	5	P ₀₀₃₄	663中段细脉	1.05	88.9	0.29
	6	P ₀₀₇₂	550中段0号脉	0.7	21.6	0.04
	7	P ₀₀₂₂	505中段92号矿体细脉	1.05	10.2	0.03
平均值			层状矿化	7.94	47.4	30.7
			脉状矿化	0.98	33.7	0.21

包裹体成分由本院包裹体组分析

厂地区晚泥盆世海存在火山活动迹象。由于在大厂矿田内泥盆系中未出现典型的火山岩石组合,说明丹池地区泥盆纪海火山活动在大厂地区表现不强烈。笔者认为:大厂地区晚泥盆纪海火山活动很可能是以海底火山热泉喷溢(或火山喷气)的形式表现出来,并带出较为丰富的成矿物质(在火山碎屑沉积物发育层位中Sn、Pb、Zn、S等含量明显高于地壳中同类岩石平均值的数倍至数十倍)①。

长坡层状矿化中黄铁矿、闪锌矿的硫同位素组成变化范围不大($\delta^{34}\text{S}$ 值为-4.5—+1.3‰),平均值为

① 据蔡宏渊等1985年资料。

-2.5‰ (表2及表3), 具有深源硫的特征。此外, 由于层状矿化产在“火山碎屑沉积物”发育的层位 (D_2^3 及 D_2^1) 中, 并且成矿温度较高 (260—390°C)。因此, 层状矿化的形成可能与大厂晚泥盆世海底火山热泉喷溢活动有关, 硫 (包括Sn、Pb、Zn等) 等成矿物质可能来源于地壳深部。

2. 脉状矿化物源推断

脉状矿化中黄铁矿、闪锌矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围不大 (-7.1—+0.2‰), 平均值为-3.2‰ (表2及表3), 与层状矿化中相应矿物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值大体一致, 表明脉状矿化中硫源与层状矿化有关。

在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 与 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值图 (图2) 上, 脉状矿化中铅的硫酸盐类矿物 (脆硫锑铅矿、辉锑锡铅矿及硫锑铅矿) 的铅同位素组成呈面型分布, 具有混合铅的特征; 部分数据点落在龙箱盖花岗岩的长石和拉么矿床 (与花岗岩有成因联系) 的方铅矿的铅同位素数据区。表明脉状矿化中铅具有多源性, 部分铅来自龙箱盖花岗岩。

根据脉状矿化中锡石、石英、方解石和龙箱盖花岗岩中石英、长石的氧同位素值和包裹体均一温度资料 (据本院大厂专题组1983年资料), 运用“氧同位素平衡温度计算法”算出热液中水的氧同位素组成, 并将计算结果作 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 对比图 (图3)。由图可见, 脉状矿化成矿热液的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值变化范围较大 (2.4—17‰), 但其主值范围 (8—10‰) 与龙箱盖花岗岩浆热液的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值变化范围 (6.7—8.6‰) 接近。表明脉状矿化成矿热液 (水) 主要来源于龙箱盖花岗岩。

综合上述, 脉状矿化的形成与燕山期龙箱盖花岗岩浆热液活动有关, 成矿物质不单来源于花岗岩, 而且与层状矿化有关, 即具有成矿物质多来源的特点。

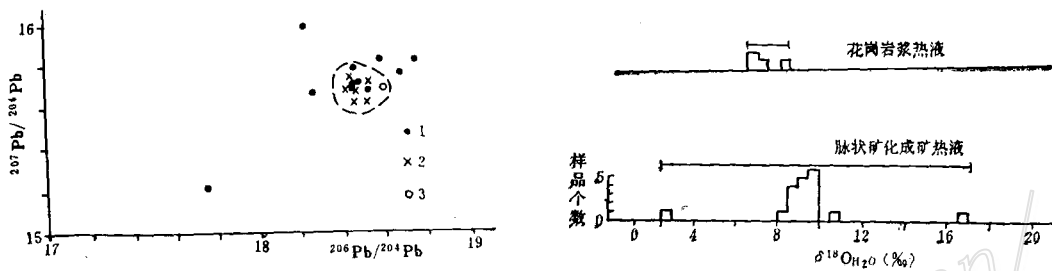


图2 (上左) 矿物铅同位素比值图

(原始数据来源于本院大厂专题组)

1—脉状矿化铅的硫酸盐类矿物; 2—拉么矿床方铅矿; 3—龙箱盖花岗岩中长石

Fig. 2. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diagram (left).

1—Sulfosalt minerals of lead in veinlike mineralization; 2—Galena from the Lamo ore deposit; 3—Feldspar from the Longxianggai granite.

图3 (上右) $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值对比图

Fig. 3. Diagram showing $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ ranges of different hydrothermal fluids (right)

陈代忠等 (1983) 用实验方法 (在密闭还原系统中) 研究了黄铁矿的相变后指出: 当系统温度升高到300°C时, 黄铁矿开始向磁黄铁矿转化, 同时释放出大量硫^[3]。层状矿化中发育的假像磁黄铁矿是黄铁矿相变的产物。根据陈代忠等人的研究结果, 结合硫同位素资料和脉状矿化交代层状矿化的现象 (照片1) 分析, 笔者认为: 在燕山期花岗岩浆侵入过程中所产生的热能和热液作用下, 早期层状矿化中的部分成矿物质 (硫及锡等金属成矿物质) 可能通过黄铁矿相变和热液交代作用发生活化迁移, 进入后期成矿热液, 为脉状矿化的形成提供部分成矿物质。

结 语

1. 长坡锡多金属矿床具有沉积和热液矿床的双重地质特征。矿床中包括两种矿化类型, 即层状含锡硫化物矿化和脉状锡石-硫化物矿化。这两类矿化不仅地质特征和成矿时间明显不同, 而且在成矿热液组成

及成矿物理化学条件(成矿温度)等方面也存在显著的差异,这充分表明两类矿化是在不同期和不同的地质条件下形成的。

2. 层状矿化是在大厂晚泥盆世海底同生沉积形成的。矿化的形成可能与沿深大断裂(丹池断裂)活动的海底火山热泉喷溢有关,硫及成矿金属(如锡、铅、锌等)来源于地壳深部。由于后期(燕山期)花岗岩浆侵入所产生的热能及成矿热液作用影响,层状矿化中部分成矿物质可能通过硫化物(黄铁矿)相变及热液交代作用发生活化迁移,为后期脉状矿化的形成提供硫及部分金属成矿物质(如锡、铅、锌等)。

3. 脉状矿化成矿与燕山期花岗岩浆热液活动有关,锡等成矿物质部分来自花岗岩体,部分则来自早期层状矿化,即具有成矿物质多来源的特点。

综上所述:长坡锡多金属矿床成矿经历了由晚泥盆世到燕山期这样一个漫长的地质时期,其成矿过程是成矿物质由同生沉积→热液叠加改造的继承性演化过程,层状含锡硫化物矿化是长坡锡多金属矿床的前身。因此,笔者认为:长坡锡多金属矿床不是单纯的花岗岩成因矿床,而是同生沉积(海底火山热泉喷溢沉积)和岩浆热液叠加改造的复合成因矿床;龙箱盖花岗岩体不是锡等成矿物质的唯一来源。

通过本项研究,笔者认为:大厂锡多金属矿床的“唯花岗岩成因”认识,需根据新的研究资料加以重新审理。此外,层状含锡硫化物矿化是大厂矿田内新的锡矿化类型,进一步深入研究,为在矿田内开拓新的锡矿找矿远景可能将有一定的实际意义。

由于笔者水平所限,文中错误难免,敬请批评指正。

本文承蒙昆明工学院地质系黄佑文教授、李志鹤副教授和本院黄有德高级工程师、魏明秀及蔡宏渊等工程师的热情指教,在大厂工作期间,曾得到215队和大厂矿务局各位同志的帮助,特此一并致谢。

主要参考文献

- (1) 刘英俊等编著 1984 《元素地球化学》 科学出版社
- (2) 沈柏琪 1982 试论广西锡矿的成矿条件及分布规律 地质学报 第1期
- (3) 陈代忠等 1983 黄铁矿在不同温度下的相变演化 成都地质学院学报 第4期
- (4) Bralía, A., Sabatini, G. and Troja, F., 1979, Mineral Deposita, Vol. 14, No. 3, pp. 353—374.

A TENTATIVE DISCUSSION ON THE ORIGIN OF THE CHANGPO TIN-POLYMETALLIC DEPOSIT, DACHANG ORE FIELD

Lei Lianchi

(Research Institute of Geology for Mineral Resources, China National Nonferrous Metals Industry Corporation, Guilin, Guangxi, China)

Abstract

The Changpo tin-polymetallic deposit occurs in the Upper Devonian marine carbonate rocks and silicious rocks and is controlled jointly by three factors, i. e., strata (D_3), structures and magmatic rocks, bearing dual characteristics of the syndepositional deposit and hydrothermal one. According to modes of occurrence and mineral assemblages, it can be divided into two types of mineralizations: stratiform stanniferous sulfides and veinlike cassiterite-sulfides. The former has such characteristics of sedimentary deposits as being controlled by

the strata (D_3^1 and D_3^2), and possessing typical syndepositional structure, e. g., striped and laminated structure, as well as less developed wall rock alterations. In contrast, veinlike mineralizations are characterized by features of hydrothermal deposits, such as being governed by fracture systems and affected by tectonic activities, showing polystage pulsation and having typical hydrothermal wall rock alterations including sericitization, tourmalinization and fluoritization. The two types display distinct differences not only in geological characteristics, but also in mineral assemblages, metallogenic physical-chemical conditions and temperatures as well as ore-forming time. Nevertheless, there exist close relations between the two mineralizations: (1) they occur in the same spatial position; (2) they have similar vertical mineral zoning: pyrite in the upper part of the orebody and pyrrhotite in the lower; (3) $\delta^{34}\text{S}$ values of pyrite and sphalerite are similar in the two types, being -4.5% — $+1.3\%$ in the pyrite and -7.1% — $+0.2\%$ in the sphalerite respectively. All this implies that these two mineralizations have intimate relationships and also obvious differences. On the one hand, they were formed in different ore-forming stages and diverse geological conditions; on the other hand, the stratiform mineralization was superimposed and remolded by the late ore-forming hydrothermal fluids, i. e., veinlike mineralization, whose material sources in turn had something to do with the stratiform mineralization.

Studies show that the stratiform mineralization is of sea-floor syndepositional type formed in Late Devonian whose formation was probably related to the eruptive sedimentation of the volcanic hot spring ascending along the deep-seated fractures. The metallogenic elements such as S, Sn, Pb and Zn were derived from the depth of the crust, and the veinlike mineralization resulted from the hydrothermal liquid of Yanshanian granitic magma. Under the action of the magmatic solution and the heat of the magma, the metallogenic materials in the stratiform mineralization were activated and transported, and thus provided some ore-forming materials for veinlike mineralization, such as S, Sn, Pb and Zn. It is therefore concluded that the Changpo ore deposit is a composite-origin type formed both by syndeposition, i. e., eruptive deposition from volcanic hot spring at seafloor, and by superimposition-reformation of the magmatic hydrothermal fluids, and that this deposit must have evolved from the stratiform stanniferous sulfide mineralization.