

吉林正岔铅锌矿床地质特征及成矿机理

冯守忠

(吉林矿产地质研究所, 长春 130012)

摘要: 吉林省正岔铅锌矿床具有多源、多期、多阶段成矿的特点,成矿主要与燕山期花岗斑岩体有关。对矿床地质特征、同位素地球化学特征、成矿机理等的研究认为:成矿物质具有双重来源——地层源与岩浆源,成矿水源为岩浆水和大气降水的混合,成矿热源为花岗斑岩的活动,成因类型为层控夕卡岩型矿床。

关键词: 正岔铅锌矿床;成因;层控夕卡岩型矿床;吉林省

中图分类号: P611;P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2008)01-0016-06

1 矿区地质概况

矿区位于虾蟆沟—四道阳岔背斜北东翼正岔平卧褶皱构造转折端附近。矿区出露集安群荒岔沟组,斜长角闪岩呈层状、似层状产出,单层厚数十米到百米以上,与石墨大理岩、黑云变粒岩、浅粒岩及透辉变粒岩共生或为其夹层,总厚度达1 000 m。该组的中段为铅锌矿的下含矿层;上段中部以斜长角闪岩为主,夹石墨大理岩,为铅锌矿的上含矿层。

荒岔沟组是在温暖潮湿还原环境形成的中基性火山岩、碳酸盐岩及复理石建造。沉积过程中,由于pH值、Eh值的不断变化,有机质吸附金属离子并沉积下来,使亲硫元素Pb, Zn, Cu, Ag等较相邻地层偏高,其中Zn超出克拉克值3~4倍,平均达 156×10^{-6} ,形成铅、锌多金属的矿源层。

根据已有资料^[1],下元古界集安群荒岔沟组的原岩建造为一套浅海相碳酸盐岩—碎屑岩—中基性火山岩,多数地质学者认为,其大地构造环境为大陆边缘海沟,也有人认为是发育在太古宙克拉通之上的一种特殊的优地槽相,是早元古代的一种水下岩壳,具有类似于大陆裂谷堆积的岩石组合。其变质作用特征,属中压—低压条件下的低角闪岩相区域变质。

斜长角闪岩的岩石化学特征: $w(\text{SiO}_2) =$

$45.14\% \sim 48.89\%$, $w(\text{FeO}) = 0.9\%$, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 10.49\% \sim 17.15\%$, $w(\text{MgO}) = 4.33\% \sim 7.63\%$, $w(\text{Na}_2\text{O}) = 2.70\% \sim 3.54\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) = 0.86\% \sim 2.56\%$, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$,以低硅、富碱质为特征,与碱性玄武岩成分很相近,微量元素中Ni, Cr, Co, V, Zr等元素高于(个别接近)地壳克拉克值,而Sr, Ba, Mo则低于克拉克值, Cr/Ni比值多数 > 1 ^[2],显示了正变质的特点。综合现有资料,斜长角闪岩之原岩为碱性玄武岩,石墨大理岩原岩为含碳质灰岩。

正岔东山一带出露有燕山期花岗斑岩及闪长岩^[3],花岗斑岩体面积约0.5 km²,为浅成相岩株,长轴为EW向,岩体剥蚀浅,保存了深部夕卡岩及矿体。岩体固相温度650℃,液相温度1 050℃,形成压力 9×10^7 Pa。岩体全岩 $\delta(^{18}\text{O}) = 6.09 \times 10^{-3}$,属贫¹⁸O($< 7.99 \times 10^{-3}$)的大气降水参与下熔融而成的壳源同熔岩浆^[4]。西部有斑状花岗岩,南西侧有斜长花岗斑岩。后期闪长玢岩、钠长斑岩等脉岩发育,多呈SN向展布。

矿区构造较为复杂,矿床形成于NNW向正岔复式平卧褶皱的转折端,并受EW向、NW向褶皱叠加构成复杂褶皱带控制,后期的NE向及NW向断裂不同程度地破坏了矿体。

矿区褶皱构造有正岔平卧褶皱,为集安运动形成的区域变形构造。褶皱转折端及其附近为矿体赋存部位。断裂构造有SN向、NNE向、NW向3组。SN向断裂先张后压扭,倾向E,倾角 $45^\circ \sim 60^\circ$,其中

收稿日期: 2006-05-12; 改回日期: 2007-11-23

作者简介: 冯守忠(1934-),男,吉林长春人,高级工程师,从事矿床地质研究工作。

充填钠长斑岩,长 1 000 m 以上,宽约 10 m,为含矿断裂。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

矿体产于荒岔沟组中段和上段,分为 2 个含矿层。下部含矿层(近年新发现)的矿体主要赋存于中段厚层石墨大理岩夹斜长角闪岩中,位于花岗斑岩隐伏岩体的顶板;含矿层稳定、规模大,已发现 13 个矿体,其中铅锌矿体 4 个,锌矿体 2 个,银铅锌矿体 2 个,铜矿体 3 个,钼矿体 2 个;矿体呈层状、似层状;成矿元素以 Pb, Zn, Cu 为主,伴有 Ag, Au, Mo 等。上部含矿层的矿体赋存于上段中部斜长角闪岩

夹石墨大理岩中,受层位控制,多呈层状成群出现。已知矿体 35 个,其中铜矿体 2 个,余者皆为铅锌矿体,呈似层状、扁豆状、鞍状。

2.2 矿石特征

矿石矿物成分复杂,主要有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿,次有磁黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、白铁矿以及碲银矿等。矿石结构有他形粒状,包含、固溶体分解及交代溶蚀结构等;矿石构造以浸染状、斑杂状构造为主,次要有块状、条带状、网脉状构造。

2.3 围岩蚀变特征

早期夕卡岩阶段有钙铝—钙铁榴石、透辉石—钙铁辉石、硅灰石等;晚期退化蚀变有透闪石、锰铁闪石、绿帘石、符山石、绿泥石;成矿期有萤石化、绿泥石化、硅化;成矿后又有绿泥石化、碳酸盐化等。

矿床主要特征见表 1。

表 1 正岔铅锌矿床主要特征

Table 1 The main geological features of Zhengcha Pb-Zn deposit

矿体形态	似层状、扁豆状、鞍状,有时具分支复合现象。
矿体特征	上含矿层 长 73~96 m,最长达 416m;厚 6.66 m,平均厚 1.75 m;延深 25~183 m,最深 478 m $w(\text{Pb})=1.66\%$, $w(\text{Zn})=2.24\%$, $\text{Pb}/\text{Zn}=1:1.3$,共 48 个矿体,其中 4~6 号矿体最大
	下含矿层 长 100~500 m;厚 0.3~9.02 m; $w(\text{Pb})0.43\%~3.19\%$, $w(\text{Zn})0.51\%~4.35\%$, $w(\text{Ag})44\times 10^{-6}~155\times 10^{-6}$;共 13 个矿体,其中 1 号矿体最大
赋存标高/m	782~-50
矿体产状	倾向 70°,倾角 20°~30°
矿物成分	金属矿物主为方铅矿、闪锌矿,黄铜矿,次为磁黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、白铁矿、毒砂、辉钼矿,少量钴镍黄铁矿、自然铋、碲银矿;脉石矿物主为钙铝—钙铁榴石、透辉石—钙铁辉石、石英、方解石,次为绿帘石、绿泥石、阳起石、透闪石、硅灰石、水白云母、锰铁闪石、绢云母
元素组成	主要为 Pb, Zn;次要为 Cu, Ag, Co, Cd, Bi, Sn, Te, Sn
成矿元素及赋存状态	Pb 主赋于方铅矿中,少量分布于闪锌矿、黄铜矿、磁黄铁矿中, $w(\text{Pb})$ 平均值为 0.02%~0.11%; Zn 主赋于闪锌矿中,少量分散在方铅矿中, $w(\text{Zn})$ 平均值为 0.03%~0.3%; Ag 主赋于方铅矿中,探针分析 $w(\text{Ag})=0.29\%~0.62\%$,少量赋存于碲银矿中; Au 呈分散状态赋存于闪锌矿中, $w(\text{Au})=0.01\%~0.05\%$; Cu 主赋于黄铜矿中,极少量分散在方铅矿、闪锌矿中, $w(\text{Cu})$ 平均值为 0.075%~0.135%
元素间关系	Pb, Zn, Cu, Ag 呈正相关关系,其中 Ag-Cu, Ag-Pb, Pb-Zn 元素对相关关系最明显
元素空间分布规律	垂向:上部以 Pb 为主,下部以 Zn 为主;水平方向:自接触带由近至远为 Cu→Pb→Zn-Pb→Zn,距岩体由近至远具不甚明显分带 Mo, Sn→Fe, Cu→Cu, Pb, Zn→Pb, Zn;垂直分带: Hg-Co-Sb-As 矿晕, Ag-Ni-Pb-Zn-Cu 矿晕, Bi-Ba-Mo-W 矿晕, Mo, W 酸性岩体晕
矿石结构构造	结晶结构、出溶结构、交代结构,以后二者为主;浸染状构造,斑杂状构造为主,次为块状、条带状、网脉状构造
成矿阶段	I. 夕卡岩阶段:岩浆期后热液与围岩大理岩交代,带出大量 Ca, Mg, 与 Fe, Al, Si 结合形成无水夕卡岩(内带);随交代作用不断进行,晚期 $(\text{OH})^-$, CO_2 , H_2S 矿化剂作用加强,交代早期夕卡岩,形成含水夕卡岩(外带),局部有磁铁矿化;形成温度为 340~380°C; II. 闪锌矿阶段:叠加于外夕卡岩之上,以闪锌矿为主,其他矿物少量;形成温度 275~400°C,硫逸度 -7~11; III. 方铅矿阶段:以 Pb, Cu 矿化为特征,常伴弱的 Ag, Bi 矿化。均一法测温 260~340°C,以 260°C 为主; IV. 石英方解石阶段
金属矿物生成顺序	磁铁矿→赤铁矿→闪锌矿→磁黄铁矿→黄铁矿→钴镍黄铁矿→方铅矿→自然铋→碲银矿→白铁矿
围岩蚀变	夕卡岩化、硅化、方解石化、绿泥石化等

3 矿床成因

3.1 硫同位素组成特征

矿床硫化物 $\delta(^{34}\text{S}) = 2.6 \times 10^{-3} \sim 7.9 \times 10^{-3}$, 除个别黄铁矿 $\delta(^{34}\text{S}) = 13.4 \times 10^{-3}$ 外, 同一个矿物的 $\delta(^{34}\text{S})$ 值较接近, 均以富重硫为特征, 塔式效应较明显, 表明来源较单一, 经历了高温均一和充分结晶分异的物化过程。在铅锌成矿阶段, 成矿热液体系内不同硫化物间硫同位素已达到平衡, 推断与成矿有关的硫主要来自深部的高温均一硫。

3.2 铅同位素组成

铅同位素组成近似正常铅, 但放射性成因铅较高, 分析值变化率为 $3.53 \times 10^{-3} \sim 4.17 \times 10^{-3}$ ($> 1 \times 10^{-3}$), 属异常铅范围。计算结果表明铅经历了两个阶段演化: 在 1 971 Ma 前这些铅处于封闭的地幔系统中, 1 971 Ma 时铅从上地幔分离出来, 进入集安群, 开始以不同比例的放射成因铅相混合; 直到 129 Ma, 在岩浆热液作用下, 这些铅从地层中活化、迁移富集、重新就位, 形成矿床。

3.3 碳同位素组成

矿区大理岩的 $\delta(^{13}\text{C})$ 值 ($-1.96 \times 10^{-3} \sim -3.1$

$\times 10^{-3}$) 与矿体中方解石 $\delta(^{13}\text{C})$ 值 ($0.5 \times 10^{-3} \sim 1.9 \times 10^{-3}$) 比较接近, 表明碳源与地层相关; 早期夕卡岩矿脉中方解石 $\delta(^{13}\text{C}) = 5.3 \times 10^{-3}$, 呈现岩浆碳特征; 据 $\delta(^{13}\text{C})$ 值计算的矿液水 $\delta(^{18}\text{O}_w) = -3.6 \times 10^{-3} \sim 4.0 \times 10^{-3}$, 具大气降水特征^[5]。

3.4 氧同位素组成特征

石英 $\delta(^{18}\text{O})$ 值偏低, 计算的 $\delta(^{18}\text{O}_w) = 0.6 \times 10^{-3} \sim -10.7 \times 10^{-3}$, 低于岩浆水 ($5 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3}$), 而呈现大气降水特征。只有稍早的夕卡岩中方解石的平衡水 $\delta(^{18}\text{O}_w) = 4.0 \times 10^{-3}$, 处于岩浆水下限。由此表明, 成矿早期有少量岩浆水, 而后主要是以大气降水为主^[2]。

3.5 矿物氢和矿物包体的氢氧碳同位素特征

矿物气液包体的氢、氧、碳同位素数据、矿物氢同位素数据及矿物的 $\delta(^{18}\text{O})$ 值列入表 3。矿液氢、氧同位素组成关系见图 1。

对矿床矿物氢和矿物气液包体的氢、氧、碳同位素研究表明, 矿液水可能为大气降水和岩浆水的混合。早期有岩浆水成分, 中期以后大气降水占优势。

矿物包体中 CO_2 气体 $\delta(^{13}\text{C}) = 4.1 \times 10^{-3}$, 考虑矿物形成温度低, 包体内液体主要为大气降水, 包体中 CO_2 气体碳也可能是外生沉积碳。

表 3 矿床矿物和矿液氢、氧碳同位素组成

Table 3 Hydrogen, oxygen, carbon isotope composition of mineral and ore solution in Zhengcha Pb-Zn deposit

编号	矿物	$\delta(^{18}\text{O})/10^{-3}$	$\delta(\text{D})/10^{-3}$	T/°C	矿物包裹体气液同位素		
					$\delta(^{18}\text{O}_w)/10^{-3}$	$\delta(\text{D}_w)/10^{-3}$	$\delta(^{13}\text{C}_{\text{CO}_2})/10^{-3}$
Z-1-11	方解石	1.2		310	-3.6	-87	
Z-1-2	方解石(大理岩)	1.1		330	-3.2		
Z-1-4	方解石	3.4		345	-0.5		
Z-1-4	石英	5.6		360	0.6		-11.6
Z-1-1	角闪岩		-122	500		-90	
Z-6-1	方解石(大理岩)	7.7		295	2.5		
Z-6-1	白云母(?)	3.9	-124	370	2.0	-90	
Z-9-2	黑云母	-0.9	-129	500	1.6	-91	
Z-9-8	石英	5.9		350	0.6	-110	-17.0
Z-11-2	方铅矿			270		-103	
Z-12-1	石英	-6.1		280	-7.8		
Z-12-1	方解石(大理岩)	6.3		290	-0.9	-105	
Z-12-3	方铅矿			235		-80	
Z-14-4	石英	2.0		185	-10.7	-120	4.1
Z-14-4	方解石	9.4		290	4.0		
J-1	石英	11.2		370	6.4	-96	-3.0
J-1	方解石	9.8		330	5.3		

测试单位: 长春地质学院地质系。

据变质岩相推断的地质温度与矿物氢平衡的矿液 $\delta(\text{D}_w)$ 的计算公式:

$$103 \ln \alpha_{\text{角闪石-水}} = -23.9 \times 106 T^2 + 7.9 \text{ (Suzcoki, 1976);}$$

$$103 \ln \alpha_{\text{白云母-水}} = -22.1 \times 106 T^2 + 19.1 \text{ (铃木和爱波斯坦, 1977);}$$

$$103 \ln \alpha_{\text{黑云母-水}} = -21.3 \times 106 T^2 - 2.8 \text{ (铃木和爱波斯坦, 1977).}$$

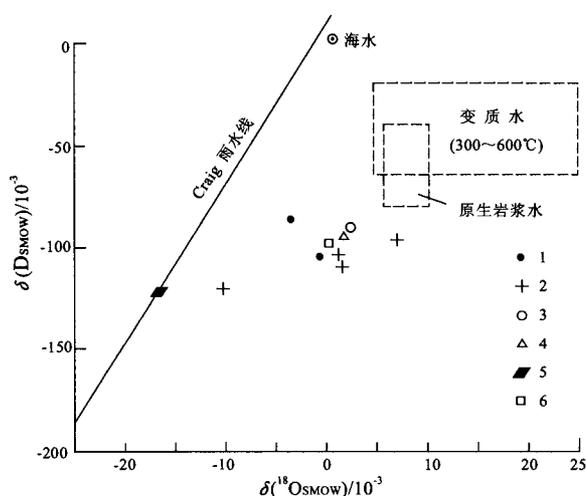


图 1 矿床矿液水 $\delta(D) - \delta(^{18}O)$ 值图解

Fig. 1 Ore solution $\delta(D) - \delta(^{18}O)$ value graph of Zhengcha Pb-Zn deposit

1. 方解石 2. 石英 3. 白云母 4. 黑云母
5. 成矿时的矿区大气降水(计算值)
6. 正岔矿床 $\delta(D)$ 和 $\delta(^{18}O)$ 平均值交汇点

3.6 成矿流体包体特征及性质

矿体流体包裹体分布规律是:由花岗斑岩→接触带→夕卡岩→矿体→弱蚀变大理岩,包体类型由复杂→简单,气液比由大→小,包体数量由多→少;说明包体的形成与花岗斑岩密切相关。

均一温度平面上由矿区南东到北西,温度由高(400~380°C)→低(348~260°C);垂直方向自下而上,温度由高(380°C为主)→低(340°C);表明近岩体温度高,远岩体温度低。

从包裹体液相成分及气相成分数据分析,成矿流体属(Na,K)Cl-(Mg,Ca)Cl₂-H₂O型体系(图2)。

图2的I区代表第一类型流体,II区代表第二类型流体,III区代表两类流体混合区,是石英-硫化物集中区,流体温度260~400°C,盐度 $w(\text{NaCl}) = 7\% \sim 12\%$,尤其是盐度为9%~11%时形成富矿堆积。

上含矿层的富液体包体密度为0.4~1.0 g/cm³,峰值为0.7~0.8 g/cm³,而0.7~1.0 g/cm³为上含矿层密度区;下含矿层的富液体包体密度为0.3~1.1 g/cm³,集中于0.5~0.6 g/cm³和0.8~1.0 g/cm³。

密度为0.2~0.4 g/cm³代表少数晚期夕卡岩矿物流体的密度,矿化高峰期流体密度为0.5~0.6 g/cm³,成矿晚期的石英-方解石阶段流体的密度

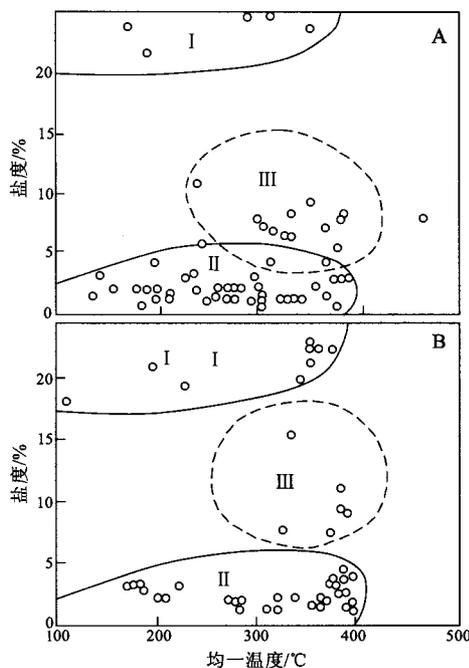


图 2 矿床富液体包体的均一温度-盐度关系图

Fig. 2 Homogeneous temperature-salinity Plot of fluid inclusion riched in solution from Zhengcha Pb-Zn deposit
A. 上含矿层 2. 下含矿层

高达0.8~1.0 g/cm³。上含矿层主要为高密度流体,下含矿层密度大,除有一组高密度流体外,低密度流体也占相当比例。

从正岔矿床流体主要特征和参数看出,成矿可能有两种性质不同的流体,一是高温、高盐度、高密度流体,另一种是低温、低盐度、高密度流体。

3.7 成矿物质来源

荒岔沟组石墨大理岩夹斜长角闪岩和斜长角闪岩夹石墨大理岩层是Pb,Zn,Ag多金属矿源层。荒岔沟组变粒岩可视为本区金的富集层位(即矿源层)。花岗斑岩侵入不仅提供热源,同时也提供含矿热液,因此成矿与花岗斑岩有直接成因联系。本区岩浆岩也携带来部分成矿元素。

综上所述,矿床成矿物质来源具有双重性,即主要来源于地层,也有部分来自岩浆岩。

3.8 成矿压力

上含矿层压力为 $1.5 \times 10^{-7} \sim 3 \times 10^{-7}$ Pa,下含矿层压力为 $2.5 \times 10^{-7} \sim 4 \times 10^{-7}$ Pa。

4 成矿机理探讨

岩浆热液在热动力驱赶下,由高温区向低温区流动,与大理岩产生碱质交代,在 $640\sim 426^{\circ}\text{C}$ 的高温下形成钙铝榴石、透辉石、硅灰石组合的夕卡岩,成为靠近岩体一侧的内带夕卡岩。此后,流体继续向围岩流动,温度下降,溶液中 HCl 、 HF 、 CO_2 等相对集中,溶液由碱性向酸性转化,与早期结晶的夕卡岩矿物产生反应而形成新的矿物,同时分解出气态 NaCl 、 KCl 、 CaCl_2 、 MgCl_2 混入流体中使盐度增大。这种高温、高密度、高盐度热液继续向大理岩流动时,酸碱中和,降低矿物溶解度,在 $400\sim 300^{\circ}\text{C}$ 时流体中金属矿物沉淀。早期形成的硅酸盐矿物进一步被交代,形成透闪石、符山石等晚期夕卡岩矿物。它们一部分叠加于内带夕卡岩之上,一部分直接产于大理岩中,由于近热源,温度基本保持在 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$,又因接近地表、无泥质阻挡层,体系处于开放状态,压力减小,流体产生沸腾,加速了金属矿物的沉淀,流体盐度、密度减小,温度在 $260\sim 400^{\circ}\text{C}$,盐度为 $7\%\sim 12\%$,密度为 $0.5\sim 0.8\text{ g/cm}^3$ 时,在夕卡岩和大理岩接触带及附近形成一定规模的金属硫化物矿体。

而后,流体继续向大理岩方向流动,由于远离热源、低温度、低盐度、高密度流体,同时受大理岩影响,溶液 pH 值增大、酸度减小,无法溶解围岩矿物,在单一碱性环境中,矿物的沉淀速度也减小,因而流体的盐度不会增加,也不会快速稀释(大气降水还不足以使全部高盐度热流体迅速变为低盐度流体),这就是某些包体具有高盐度、低温度的主要原因。

图3中细箭头代表第二类低温度、低盐度、高密度的大气降水的演化规律。这种高密度流体由大理岩向近热源的夕卡岩—花岗斑岩缓慢渗透时,流体温度不断升高($100\sim 300^{\circ}\text{C}$),受大理岩碱性环境的抑制,流体难于溶解周围的矿物,盐度基本恒定;温度的升高引起体积膨胀,并导致液体密度稍有下降,图3中 300°C 以下范围内均一温度与流体密度呈反相关关系;当体系温度高($>400^{\circ}\text{C}$)、流体盐度大(达 20%)时,活跃的酸性介质使体系处于动态平衡,不利于金属矿物沉淀,故在内夕卡岩带难于形成有价值的铅锌矿;在远离接触带的大理岩内,低温度、低盐度的大气降水无法萃取成矿物质,溶液保持稀释状态,流体温度低,难以沸腾,因而也不是矿石大量

堆积的理想环境;只有在外接触带夕卡岩和其附近的大理岩中(即两类流体的混合处)才是成矿的最有利部位,其体系温度 $260\sim 400^{\circ}\text{C}$ 、盐度 $7\%\sim 12\%$,密度 $0.5\sim 0.8\text{ g/cm}^3$ 是成矿的最佳条件(图3的四边形范围内)。

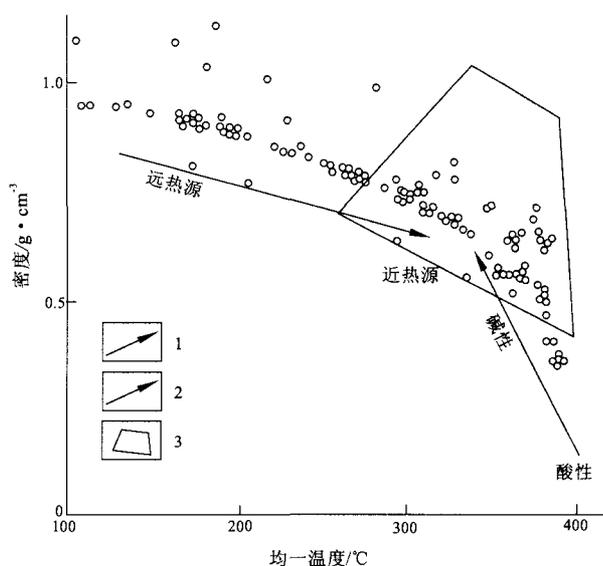


图3 正岔铅锌矿床均一温度—密度关系图

Fig. 3 Homogeneous temperature-density plot of ore fluid from Zhengcha Pb-Zn deposit

1. 岩浆热流动演化方向
2. 大气降水演化方向
3. 矿化最佳温度、密度范围

当温度 $<260^{\circ}\text{C}$,大量金属矿物已沉淀,溶液盐度大大减小,由酸性变为弱碱性或碱性,特别是 $<200^{\circ}\text{C}$ 时已基本没有金属矿物沉淀了。

综上所述,正岔铅锌矿床的形成经历了以下几个阶段:

(1) 沉积阶段形成矿源层:早元古代荒岔沟期为浅海盆地环境,形成一套中基性火山碎屑岩、碳酸盐建造。温暖潮湿和充分的降水使盆地水体淡化,有利于生物繁衍,大量有机质堆积分解出 H_2S 和 CH_4 ,在水体缺氧的还原条件下有利于碳保存和黄铁矿在地层中均匀分布。由于 pH 和 Eh 值不断变化以及有机质对金属离子的吸附,使亲碳元素 Pb 、 Zn 、 Cu 、 Au 等丰度高于相邻地层,高于克拉克值 $3\sim 4$ 倍,形成荒岔沟组以含石墨为特征(局部形成石墨矿)的铅、锌多金属为主的矿源层。

(2) 区域变质阶段形成变质后矿源层:集安运动产生区域变质变形,与此同时成矿金属元素发生活化、迁移,使金属元素再度富集,形成变质后矿源层。

(3) 岩浆热液叠加改造成矿阶段:燕山运动,花

岗斑岩侵入,为成矿提供充足的热源及含矿热液,进一步活化了地层中的成矿元素,含矿热液向有利的岩性、构造运移并交代成矿。

总之,本矿床成矿物质来源具双重性,成矿水源为岩浆水和大气降水的混合,成矿热源为花岗斑岩,成矿压力为 15~40 MPa,成矿时代为 129 Ma,因此本矿床为层控夕卡岩成因类型。

参考文献:

[1] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京:地质出版

社,1984. 290.

- [2] 赵伦山,张本仁. 地球化学[M]. 北京:地质出版社,1988. 40-208.
- [3] 孙鼎. 火成岩岩石学[M]. 北京:地质出版社,1985. 258-259.
- [4] 邱家骧. 岩浆岩石学[M]. 北京:地质出版社,1985. 147-316.
- [5] 魏菊英,王关玉. 同位素地球化学[M]. 北京:地质出版社,1991. 112-139.
- [6] 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1985. 19-21.
- [7] 徐克勤. 花岗岩地质和成矿的关系(国际学术会议集)[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1984. 165-179.

GEOLOGICAL FEATURES AND METALLOGENIC MECHANISM OF JILIN ZHENGCHA Pb-Zn DEPOSIT

FENG Shou-zhong

(Jilin Institute of Geology for Mineral Resources, Changchun 130012, China)

Abstract: The characteristics of formation of Jilin Zhengcha Pb-Zn deposit is of polygene, multistage and multiphase and related to Yanshan porphyry. After research on geological features, isotope geochemistry features and metallogenic mechanism, the writer believes that metallogenic substance has double sources—strata and magma. Metallogenic water is the mixture of magma and precipitate water; Metallogenic heat are from magmatism of granoporphyre; the ore deposit belongs to stratabound skarn ore deposit.

Key Words: Zhengcha Pb-Zn deposit; metallogenic mechanism; stratabound skarn ore deposit; Jilin province