

内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征

潘龙驹 孙恩守^①

(黑龙江有色地质勘查局 706 队)

内容提要: 甲乌拉银铅锌矿床与燕山期火山、次火山岩浆活动有关, 并严格受北西向张扭性构造、层间构造及受潜火山影响的放射状、环状构造破碎之复合作用控制, 矿床呈脉状产出, 银与铅铜等元素呈互为消长关系。岩石化学、同位素地质学及包体研究表明: 矿床成因与次火山系列斑岩体有密切关系, 是典型的次火山热液脉状矿床。

主题词: 内蒙古甲乌拉 银铅锌矿床 次火山系列斑岩体 构造叠加 矿床成因

甲乌拉银铅锌矿床位于内蒙东部新巴尔虎右旗境内。继 80 年代初发现和评价了乌奴格吐斑岩型铜钼矿床之后, 于 1985 年由我队与物探队发现的。1985—1990 年经 706 队评价与分段勘探, 矿床已扩展为大型矿床。根据区域及矿床地质研究成果, 甲乌拉矿区位于古生代外贝加尔褶皱系与大兴安岭褶皱系衔接带, 北东向额尔古纳—呼伦深断裂的北西侧, 次级横向构造——北西向木哈尔断裂、甲乌拉—查干布拉根断裂从矿区南北两侧通过, 受深断裂的影响, 中生代晚期发生强烈构造岩浆作用, 并形成了包括甲乌拉在内的一系列与次火山活动有关的银多金属矿床。

一、矿区地层

1. 上古生界二叠系老龙头组 (P_2l): 为一套陆相火山-碎屑岩沉积, 自下而上可大致分为 6 层: ①中酸性、中基性火山岩 ($P_2\alpha$), 主要为安山岩、安山玄武岩; ②砾岩及含砾砂岩 (SL_1); ③粗砂岩、砂岩夹泥质板岩 (SL_2); ④含砾砂岩及砂砾岩 (SL_3); ⑤碳质板岩、泥质板岩、硅质板岩及砂岩互层带 (Sb); ⑥砾岩。在泥质板岩及砂岩中产植物化石 *Paracalamites*. sp.

2. 中生界侏罗系上库力组 (J_3s): 为一套火山喷发岩, 主要有流纹岩、流纹质凝灰岩 ($J_3\lambda$); 玄武安山岩、杏仁状安山岩 ($J_3\alpha$); 英安岩 ($J_3\epsilon$) 等 (图 1)。

二、岩浆活动

该区岩浆活动强烈而频繁, 海西晚期以中深成岩基状花岗岩类发育, 中生代较晚阶段以构造岩浆活化期的火山-次火山岩浆活动为代表, 先后有次闪长玢岩、长石斑岩 (石英长石

^① 参加撰写研究报告的还有李佐议、李占鳌, 本文执笔孙恩守

矿区火山岩及次火山岩的分布主要受北西向断裂构造控制,具有多个侵入或喷发中心:一是以南部的石英斑岩体为主体;二是矿区6—18线间的次闪长玢岩和长石斑岩为主体,深部可能合为一体,是一种潜火山通道的表现,同时又是成矿的热源中心,这种能量是矿化迁移的动力。

三、矿床构造特征

矿床严格受构造控制。由三个不同时期发生的构造叠加而使其构造较为复杂:一是古生代末期地槽回返产生的褶皱构造,黑云母斜长花岗岩沿轴部侵入;二是燕山运动晚期因区域性北西向木哈尔断裂带由于额尔古纳—呼伦深断裂继承性活动,诱发产生右旋转动及平移错动使古生代甲乌拉褶皱轴向在发生扭转及层间裂隙的方向发育,使轴向由北东转为北西向(图2),同时产生北北西向张扭性裂隙及断裂;其三是本区次火山岩沿上述通道的强烈侵入作用使岩层进一步沿其破裂带或通道周围产生近似放射状扇形排列或环状断裂系统(图3)。本区矿体主要分布于上述的北北西向、北西向及环形断裂破碎带中,其规模大小、富集程度均受构造因素叠加的程度所制约。

(一) 主要控矿构造特征 目前已见的40条矿体均受断裂带或裂隙带控制,就其构造方向、性质及组合形式分以下几种:

1. 北北西(或北西)向张扭性断裂:构造方向为 320° — 350° ,个别有近南北向的,①②⑨⑩⑪⑭⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺号矿体均受其控制,又因其

他构造因素叠加而矿体大小不同。如①号矿体处于花岗岩(γ_1^2)侵入接触带;②号矿体为二叠系安山岩与砂岩层间破碎及放射状断裂、环形断裂系统叠加致使矿体延长延深均很大,富集程度高,为矿区最大矿体。

2. 放射状裂隙系统:以矿区南部以石英斑岩体为收敛端,大致呈扇形排列的放射状断裂、裂隙系统控制的矿脉为代表,是由于石英斑岩体自北西向南东斜向强行侵入所致,在古生代褶皱轴向转折处,褶皱翼部虚脱,岩浆次火山杂岩乘虚而入。控制的矿体有②③④⑫号矿体等,矿体走向 286° — 350° ,倾向由南西变成北东,倾角 55° — 80° ,甚至直立,立体上呈锥形断裂体系。矿体规模,富集程度均受构造叠加程度和距离远近的控制,位于成矿次火山斑岩体外侧矿体富,否则矿化较差,延深也不大。

3. 层间构造带控矿:二叠系褶皱构造因其安山岩与上覆砂砾岩、板岩等岩层力学性质差异较大,其层间成为构造软弱带,加之褶皱轴向的转折,枢纽部位附近地层产状变陡,甚至出现层间褶曲,所造成的构造虚脱与北西向张扭性断裂叠加,成为燕山晚期次火山岩侵入与热液上升活动的通道,控制了一些主要矿体的形成,如②③号等矿体。

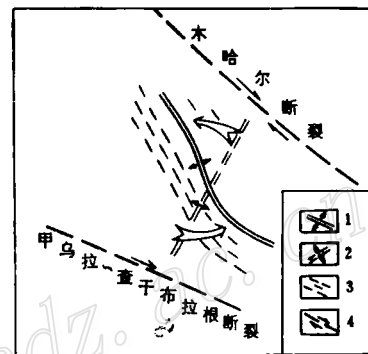


图2 褶皱轴向转动示意图

1—转动后褶皱轴; 2—原褶皱轴; 3—翼部虚脱部位; 4—北西向右旋错动

Fig. 2. Schematic diagram showing axial rotation.

1—Fold axis after rotation; 2—Original fold axis; 3—Collapse position of limb; 4—NW-trending right-lateral faulting.

5. 北西西向剪切构造控矿: 位于矿区南部的甲乌拉—查干布拉根断裂附近, 由强烈右旋水平错动而形成。走向 280° — 290° , 上述断裂的平行次级构造 (在本矿床东临的查干布拉根银矿床中此构造成为主要控矿构造)。近东西向的④、⑨号矿体受此构造控制。在矿区南部靠近北西西向断裂带附近应注意找矿。

(二) 成矿后构造 目前调查结果认为除一些北东向断裂外, 还有一些与矿体一致的北西向断裂顺矿层发生, 虽未破坏矿体, 但在坑道内见到矿体有碎裂化现象。

四、矿化作用与蚀变

如前所述, 区内矿体均产于构造破碎裂隙带中, 70%的矿体受控于北西 320° — 350° 的破碎带中, 现将几个主要矿体特征列于表1。

表1 甲乌拉矿区几个主要矿体特征表

Table 1. Characteristics of several major ore bodies in the Jiawula ore district

矿体	产 状	规 模	形 态	地 质 概 况	蚀 变	矿化形态
①	走向 340° , 倾向 SW, $\angle 55^{\circ}$ — 60°	长 350m, 平均厚 3.73m, 深大于 400m	脉状	黑云母斜长花岗岩与二叠系安山岩接触部, 受 F ₁ 断层带控制	近矿围岩蚀变局限于含矿破碎带两侧 2—5m 处的围岩中, 脉体中最强, 两侧渐弱	脉状、浸染状
②	走向 320° — 350° , 倾向 SW, $\angle 55^{\circ}$ — 65°	地表断续长约 1700m, 平均水平厚 5.18m, 延深大于 500m	脉状、分支复合、平行脉状, 较稳定	于二叠系安山岩与砂岩接触构造破碎带中, 地表出露分为五段, 矿化与燕山晚期次火山斑岩体关系密切	与铅锌银矿化有关的为石英化、碳酸盐化、绿泥石化, 与铜矿化有关的为硅化、绢云母化、萤石化	充填脉状、块状、细网脉状、浸染状
③	走向 286° , 倾向 SW, $\angle 80^{\circ}$ 左右	长约 1000m, 地表平均厚 1.79m, 延深大于 300m	脉状	产于长石斑岩 (γb)、闪长玢岩 (δu) 体南侧砂岩层中的构造破碎带, 地表分成四段, 深部可能与石英斑岩、二长斑岩体内之矿体相连	岩体及围岩中以水白云母化、伊利石化、绿帘石化为主, 其它还有黄铁矿化、高岭土化等	脉状、块状
⑫	走向 324° , 倾向 SW, $\angle 80^{\circ}$ 左右	长 500m, 延深大于 200m, 地表平均厚 3.3m	多条平行脉状, 分支复合	为 NW 向 F ₁ 控制, 产于二叠系砂岩、砂砾岩中及层间构造破碎带, 矿体通过长石斑岩、次闪长玢岩和砂岩接触带		充填脉状、深部细脉状、网脉状
④	走向 305° , 倾向 NE, $\angle 80^{\circ}$	最大长 400m, 延深较小	脉状	南部 F ₂ 控制, 破碎带在二叠系细砂岩、中粗砂岩中, 距岩体较远		脉状

五、矿石矿物特征

(一) **矿石类型** 矿石自然类型有铅锌矿石、银铅锌矿石、铜铅银锌矿石、铜锌矿石、铜银矿石、锌矿石等。主要矿石建造：①石英-绿泥石-方解石-硫化物建造，分布较广，以铅锌银矿化为主；②石英-绿泥石-毒砂-硫化物建造；③石英-绢云母（白云母）-萤石-硫化物建造；后二者以铜锌银矿化为主，分布较局限。

(二) **矿石物质成分与分带** 矿石具多元素组合成矿的特点，主要成矿元素为 Pb、Zn、Ag、Cu，伴生组分有 Au、Cd、In、Bi、S 等。主元素可单独圈出矿体且相互共生，伴生元素与主元素有一定相关性，如 Ag 与 Pb、Cu 呈消长关系，In、Cd 与 Pb、Zn、Cu 关系密切，自然金主要赋存在毒砂、黄铜矿、黄铁矿中。

成矿元素具一定分带性：水平分带北部以 Ag、Pb、Zn 为主，中部以 Pb、Zn、Ag、Cu 为主，南部 Cu、Zn、Ag 为主，再往南远离次火山斑岩体以 Pb、Zn 为主。垂直分带亦有一定规律，上部为 Pb、Zn、Ag，深部靠近斑岩体时为 Cu (Zn)、Ag。但由于次火山斑岩体有两个侵入中心而变得较复杂，通过部分剖面的原生晕元素浓度曲线变化预示本区深部找铜是有希望的。

(三) **矿石矿物与脉石矿物** 主要矿石矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿；次为磁铁矿、赤铁矿、穆磁铁矿、斑铜矿、毒砂等；含银矿物为硫锑银矿、金银辉铋铅矿、银黝铜矿、自然银、辉银矿、碲银矿、含硫铋铅银矿等，此外尚见极少量自然金微粒。

表 2 中所见金在毒砂、黄铜矿中含量高，银在方铅矿、黄铜矿中含量高，各自载体不一。

脉石矿物主要有石英、绿泥石、绢云母、伊利石、水白云母、白云母、方解石、斜长石等，还少见有纤维闪石、重晶石等。

表 2 几种主要单矿物元素含量统计表
Table 2. Statistics of element content of some major individual minerals

矿 物	元 素 平 均 值 (%)										分析单位
	Cu	Pb	Zn	Ag(g/t)	Au(g/t)	In	Ga	Cd	Co	Bi	
方铅矿	0.0592 (5)	80.782 (5)	0.534 (5)	1375.83 (7)	0.813 (7)	0.00046 (4)	0.000138 (5)	0.0178 (7)	0.00105 (5)		中南公 司宜昌 研究所
黄铁矿	0.107 (4)	0.95 (4)	0.315 (4)	48.77 (13)	0.385 (13)	0.0014 (5)	0.000263 (11)	0.00522 (11)		0.00695 (9)	
黄铜矿	21.9 (3)	0.12 (3)	1.44 (3)	785.25 (4)	1.514 (4)	0.000789 (4)	0.00185 (3)	0.0318 (4)		0.035 (3)	
闪锌矿	0.778 (4)	0.57 (4)	38.45 (4)	107.58 (8)	0.295 (8)	0.01206 (7)	0.001107 (7)	0.2643 (7)	0.0125 (6)	0.00942 (4)	
毒 砂				274.5 (2)	15.385 (2)		0.000035 (2)	0.001125 (2)	0.01405 (2)	0.051 (2)	

注：表中 () 内为样品数

(四) 矿石结构构造 矿石构造以块状、团块状、角砾状、浸染状, 脉状者常见, 富厚矿体多以块状为主。

矿石结构可分为: ①半自形、自形粒状结构; ②他形粒状结构; ③包含结构; ④共生结构; ⑤交代结构; ⑥乳浊状结构等。

矿物生成顺序为: 毒砂→黄铁矿→白铁矿→闪锌矿→方铅矿→晚期细粒黄铁矿→磁铁矿→赤铁矿→穆磁铁矿等。

六、矿床成因

甲乌拉矿床属与次火山斑岩成矿作用有关的次火山热液脉状矿床, 且受控于北西向张扭性断裂裂隙破碎带中。关于成矿物质来源讨论如下。

1. 硫同位素组成: 全区采集样品 71 件(表 3), 金属硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围在 -2.86% — 4.01% , 变化狭窄。在硫同位素组成直方图上呈塔式分布, 接近陨硫硫的分布范围, 按硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值的大小排列应为毒砂>黄铜矿>黄铁矿>闪锌矿>磁黄铁矿>方铅矿, 基本上符合酒井和巴金斯关于热源系统中 $\delta^{34}\text{S}$ 值按黄铁矿>闪锌矿>磁黄铁矿>黄铜矿>方铅矿的递减顺序。但局部略有差异, 说明是成矿的多阶段、多期次的产物。

表 3 硫同位素组成变化比较表

Table 3. Comparison of variations in sulfur isotopic composition

矿物	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)					平均值 (‰)	变化 范围 (‰)
	<0.99	1—1.99	2—2.99	3—3.99	>4		
黄铁矿	0.80 (1)	1.60 (2)	2.43 (8)	3.33 (20)	1.01 (1)	2.83 (32)	0.80— 4.01
闪锌矿	0.89 (1)	1.70 (1)	2.47 (8)	3.19 (8)		2.66 (18)	0.89— 3.60
黄铜矿			2.93 (2)	3.37 (5)		3.25 (7)	2.90— 3.70
方铅矿	-0.41 (3)	1.68 (4)	2.10 (4)			1.37 (11)	-2.36 —2.90
毒砂				3.35 (2)		3.35 (2)	3.30— 3.40
磁黄铁矿		1.50 (1)				1.50 (1)	1.5

注: () 内为样品个数

件是一致的, 成矿热液活动中硫的来源与深部岩浆活动有关, 矿质来源于地壳深部。

2. 铅同位素: 共采集样品 23 件, 铅同位素组成稳定, 比值变化范围小, 绝大多数样品源区 μ 值变化较一致。在铅同位素组成坐标图上基本重合, 未表现出任何线性关系(图 5)。所有成果均属正常铅, 位于零等时线附近, 具正常铅单一演化模式特征。74% 的样品铅同位

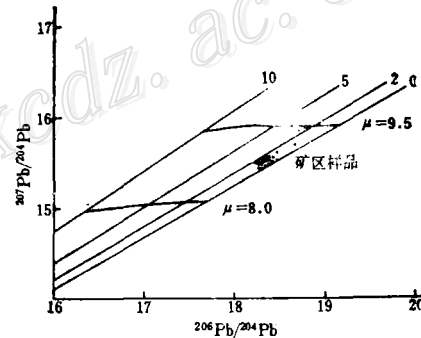


图 5 铅同位素组成坐标图

Fig. 5. Diagram of lead isotopic composition.

大本(1970)指出“矿床中硫的来源只有根据溶液中总硫量($\delta^{34}\text{S}_{\text{ss}}$)计算出的同位素组成才能进行讨论”。本文根据 Pihekney 和 Rafter (1972) 方法计算了成矿流体中闪锌矿 $\delta^{34}\text{S}_{\text{ss}}=3.32\%$ 、方铅矿 $\delta^{34}\text{S}_{\text{ss}}=1.06\%$, 均接近陨硫硫。

据上述 $\delta^{34}\text{S}$ 的相似性, 说明硫源与成矿条件是一致的。

素比值投影于中央海岭拉斑玄武岩铅范围内,少数样品离散程度大,说明矿质主要来源于上地幔,少部分来自地壳围岩。铅同位素模式年龄平均值 119 Ma,与矿区成矿次火山岩(长石斑岩和石英斑岩)的绝对年龄 122—117 Ma 相近,说明岩体与成矿的同源性和密切关系(图 6)。

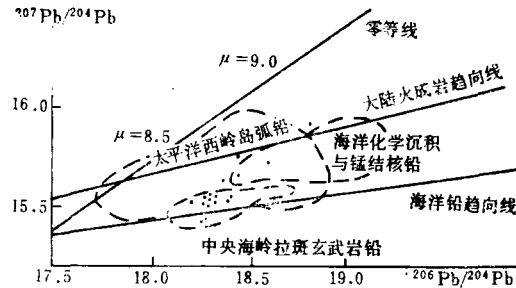


图 6 铅同位素组成比较图

Fig. 6. Diagram contrasting lead isotopic composition.

3. 氢氧同位素: 根据矿区 10 个样品统计结果: δD_{H_2O} 值变化范围在 -110 — -160 ‰ 之间, $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为 -11.8 — $+13.09$ ‰ 之间, 说明包体中水之来源属岩浆水并有部分雨水加入。

4. 包体测温及包体成分分析: 全区采集测试了黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、毒砂、石英、方解石、萤石等矿物样品 132 件。爆裂法测温结果: 毒砂 $311.6^{\circ}C$ (5 个), 变化范围 310 — $328^{\circ}C$; 黄铁矿 $292.5^{\circ}C$ (19 个), 变化范围 168 — $338^{\circ}C$; 闪锌矿为 $236.3^{\circ}C$ (18 个), 变化范围 138 — $320^{\circ}C$; 方铅矿为 $234^{\circ}C$ (14 个), 变化范围 100 — $285^{\circ}C$; 黄铜矿为 $226.8^{\circ}C$ (5 个), 变化范围 175 — $254^{\circ}C$ 。包体类型较多, 以液相包体为主, 次为多相及气相包体, 密集程度高、形态复杂。

包体形成温度随深度增加而升高是一明显趋势, 就其石英测温结果并与区域内乌奴格吐山斑岩铜钼矿床相比(表 4), 温度相差 150 — $200^{\circ}C$, 均一压力相差 100×10^5 — $250 \times 10^5 Pa$, 说明两矿床成矿深度不同, 成矿垂直深度经计算大致相差 400 — $1000m$, 甲乌拉矿床的剥蚀程度相对较低。

表 4 包体观测对比表

Table 4. Comparison of inclusion observations

矿区	测试矿物	标高 (m)	项目平均值				测试单位
			均化温度 ($^{\circ}C$)	盐度 (wt% NaCl)	密度 (g/m^3)	均一压力 ($10^5 Pa$)	
甲乌拉	石英脉中的石英	+600m 以上	276.4	8.45	0.84	77.93	黑龙江公司 研究所
		+600m 以下	289.6	10.50	0.82	100.00	
乌奴格吐山	伊利石-水白云母化带中石英		180—310	高盐度极少 28—30, 多为 3.2—6.8	0.6—0.75	50—180	根据有色总公司北京地矿所王之田资料
	石英-绢云母化带中石英		280—430	极少数 30—42, 一般 3.1—7.9	0.6—0.9	200—350	
	石英-钾长石化带中石英		380—650	部分高者 32—56, 多为 2—11.6	0.9—11.2	200—1000	

包体成分分析资料表明:包体盐度分布与包体类型有关,所测石英样品基本反映了成矿期主要金属元素晶出后脉石英的情况,说明金属矿物沉淀较快,表现出脉状矿床大量出现块状矿石具充填交代为主的特点。含子晶的多项包体盐度、密度均较高,这部分石英与金属矿物晶出时间稍早或同时,代表了含矿热液的原始性质,即高密度、高盐度的热液携有 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 F^- 等的硅碱溶液,富含大量的 Pb、Zn、Ag、Cu 等金属元素,沿断裂裂隙带以紊流方式运移为主,向两侧渗滤为次,由于物理化学条件的变化而储集沉淀。

结 束 语

该矿床目前已具大型规模,在综合研究工作指导下取得了相当的找矿效果,找矿前景还在扩大,位于矿区南部的石英斑岩、石英二长斑岩体周围及深部找铜经一九九〇年的工作已取得可喜的进展,矿区外围找矿也有新的发现。

本文综合了大量野外实际资料和测试数据,得出的结论性认识可能尚不尽成熟,有待检验与纠正。但就我们多年在内蒙古满洲里一新巴尔虎右旗一带的工作实践,它对该区找矿及类似地区的找矿评价工作将有一定的启示和参考作用。

参 考 文 献

- [1] 王之田、秦克章 1988 乌奴格吐山下壳源斑岩铜铅矿床地质地球化学特征与成矿物质来源 矿床地质 第7卷 第4期
- [2] 刘云从 1985 矿床学参考书 地质出版社
- [3] 戚长谋、邹祖荣 李鹤年 1987 地球化学通论 地质出版社
- [4] 魏菊英、王关玉 1988 同位素地球化学 地质出版社

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE JIAWULA SILVER-LEAD-ZINC DEPOSIT, INNER MONGOLIA

Pan Longju and Sun Enyu

(No. 706 Geological Party, Heilongjiang Nonferrous Geological
Exploration Corporation, Qiqihar, Heilongjiang Province)

Abstract

The Jiawula silver-lead-zinc deposit is related to Yanshanian volcanic and subvolcanic magmatic activities and strictly controlled by compound action of NW-trending tension-shearing structures and interlayer structures as well as radiate and ring fracture connected with subvolcanism. It occurs in the veinlike form, and Ag exhibits synchronous growth and decline relationship with Pb, Cu and Zn. Petrochemical, isotope geological and inclusion studies indicate that the ore deposit has much to do with the porphyry body of subvolcanic series and is hence a typical subvolcanic hydrothermal veinlike ore deposit. Based on these data, the authors put forward some criteria and promising areas for ore-prospecting.