

内蒙霍各乞铜铅锌矿床成因及成矿机理

蒋 心 明^①

(天津冶金地质调查所)

一、矿床成因的几种认识

内蒙狼山霍各乞是一有一定规模的铜铅锌多金属矿床^②，内蒙 511 队和研究所曾进行了普查勘探和科研工作。对于该矿床的成因，有以下几种不同的认识：一曰岩浆期后热液矿床（包括矽卡岩型和中温热液矿床）；二曰同生沉积变质矿床（包括复生沉积变质和火山沉积变质矿床）；三曰岩浆热液叠加上层控变质矿床。笔者在前人工作的基础上，通过近年对霍各乞矿床的研究，认为该矿床虽表现有某些沉积特征，但不是同生沉积受变质矿床，它虽具热液矿床面貌，但与岩浆作用又基本无关。笔者认为矿床的成矿物质主要来自围岩及其深部。矿床的形成乃经历了沉积、成岩、成岩期后、变质以及岩浆作用、表生成岩作用等阶段，是成矿物质长期重新分配和改造的结果，主要成矿作用是区域变质作用，成因类型属层控变质矿床。

二、矿区地质概况

(一) 地层层序及含矿建造

矿区地层由下元古界上部狼山群第二组 (Pt_1l_2) 云母石英片岩、千枚岩和第三组 (Pt_1l_3) 石英片岩、石英岩组成 (图1)。其含矿建造 (Pt_1l_2) 由下而上为：①透辉透闪石岩、条带状石英岩段 ($Pt_1l_2^1$)：分布在霍各乞背斜核部，中间是透辉透闪石岩，两侧为条带状石英岩，前者在后者中呈透镜体，与上覆地层为塑性断层接触。岩层厚度估计为几十米，分布不连续。为铜、铁和部分铅、锌的主要赋矿层位。②云母石英片岩、千枚岩段 ($Pt_1l_2^2$)：该岩段分布占矿区面积80%以上。因岩相变化与变质作用程度不同，背斜北翼主要为千枚岩，南翼为云母石英片岩。西部受岩浆活动影响，有较为明显的混染现象。估计厚度 450 米。与上覆地层多为塑性断层接触。铅-锌矿体赋存于下伏塑性断层顶盘的似板状云母石英片岩中。③高碳质千枚岩段 ($Pt_1l_2^3$)：见于西北部，其特征是含碳质。其中还有千枚岩、绿泥石片岩、钙质云母片岩等。估计厚度为 200 米。与上覆地层为塑性断层接触。背斜南翼此层缺失。其中所夹大理岩可能是“底辟”的结果。

(二) 变质岩岩石类型及其原岩恢复

1. 变质岩岩石类型：

① 参加本专题工作的有李兆龙、许文斗、滕杰、陈爱民、李固然、张风林、吴雪桦。

② 内蒙冶金地质一队1978年资料。

界	组	段	符号	柱状图 1:10000	厚度 (M)	岩石特征		建造性质	大地构造单元	造山运动
						变质岩	原岩			
下元古界上部	大敖包 石英岩组	P ₁₁₃	P ₁₁₃		400	中间为厚层石英岩	砂岩和泥砂岩	冒地槽滨海—浅海类复理石建造	内蒙地轴北缘	吕梁运动
						上部为石英片岩				
	霍各乞云母石英片岩组	P ₁₁₂	P ₁₁₂		200	高炭质千枚岩	泥炭质岩 泥质岩			
						岩夹千枚岩、石英片岩、钙质片岩				
Pt ₁	透辉石透闪石岩段	P ₁₁₂	P ₁₁₂		450	黑云母石英片岩	泥质岩 泥砂岩			
						白云母石英片岩、石英片岩、绿泥片岩				
			P ₁₁₂		65	透辉透闪石岩	碳酸盐岩 硅质岩			

图1 矿区地层柱状图

Fig. 1. Stratigraphic column of the mining area.

① 云母石英片岩：有黑云母石英片岩、二云母石英片岩、白云母石英片岩等。以二云母石英片岩分布最广。岩石含少量电气石、红柱石、金红石、锆石和帘石类矿物。另有一种含矿的呈似板状的云母石英片岩。

② 千枚岩：主要矿物有绢云母、石英；次要矿物有石榴石、黑云母、红柱石；副矿物有电气石等。

③ 条带状石英岩：为主要含铜岩石。具条带状、块状构造，锯齿状不等粒花岗变晶结构。主要由石英、透辉石、透闪石组成。石英含量平均约70%。含少量绢云母、斜长石、方解石和碳质物。条带状构造主要由石英与透辉石-透

闪石或石英与碳质物相间排列构成。

④ 透辉石-透闪石岩：呈层状、透镜状，块状、条带状构造，纤状变晶结构。主要矿物为透闪石，次为透辉石、方解石、石榴石、帘石类矿物等。金属矿物有磁铁矿、磁黄铁矿、铁闪锌矿、方铅矿，穿入早期透辉石中。晚期透辉石呈草绿色，结晶粗大。

此外有少量大理岩和重晶石大理岩，还有顺层产出的斜长角闪岩和其它火成岩。

2. 原岩恢复：

据各类岩石化学成分和各种岩石化学方法计算、作图，并结合地质产状，判别原岩系由一套浅海或滨海相的碎屑泥质粘土岩、碳酸盐岩所组成（表1），顺层斜长角闪岩为基性侵入岩，条带状石英岩为正常沉积的碎屑沉积物，但据宏观和微观特征应为硅化石英岩。

（三）构造与岩浆活动

矿区构造极为复杂。北东走向，向北西倒转的同斜背斜先形成，倾向褶曲叠加其上。含矿层位于两期褶曲相结合的部位。当区域变质达到顶峰并形成霍各乞同斜背斜及随后的倾向褶曲时，岩浆顺层侵入，形成了辉长岩，继之有加里东期花岗闪长岩和海西、燕山期的花岗岩。

三、成矿控制因素

该矿床经历了多次成矿作用，但区域变质作用是成矿的主要作用，主要依据如下：

各种岩石化学方法恢复原岩表

表 1

	云母石英片岩类 (1—14)	石英岩类 (15—23)	大理岩类 (24—27)	透辉-透闪石岩类 (28—33)	斜长角闪岩类 (34—36)
尼格里四面体图解	除3、5、14落入火成岩区外,其余落入粘土质沉积岩区	除20、15落入粘土质碎屑沉积区外,其余落入火成岩区	24落入火成岩区,25、26、27落在化学沉积区范围	除32为化学沉积物外,其余投影于火成岩区	全部落入火成岩区
周世泰 K-A 相关图解	全部落入沉积区的泥质粉砂岩亚区, A 值在60—80, K 值在85~95范围内	除19外,全部落入沉积岩区	全部落入碳酸盐岩亚区	除29、30落入泥质粉砂质砂岩区外,其它落入碳酸盐亚区	全部落入火成岩区
B. 莫依纳 Fe + Al + Ti - Mg + Ca 图解			都落入粘土质、白云质、钙质泥灰岩区	前三者落入(VI)区,后三者除31外, SiO ₂ 含量高,不宜用此法, 32、33均属(VII)区	投影于基性岩区
· 米斯拉 TiO ₂ % - F (FeO + Fe ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃ + MgO) 图解				全分布于副变质岩区	正变基性岩区
A. 西蒙南 (al + fm) - (C + alk) - Si 图解	落入砂岩区和厚层泥岩区的界线附近,属于过渡岩石类型	分布于砂岩区			
D. M. 肖判别式: DF > 0 为正变质岩 DF < 0 为副变质岩	DF 为 -0.243 ~ -9.552, 为副变质岩	DF 为 -6.48 ~ -12.11 为副变质岩			
D. M. 肖和 A. M. 库多正副角闪岩判别式: D(x) > 0 为正角闪岩, D(x) < 0 为副角闪岩					D(x) 为: + 3.9336 + 1.6555 + 2.0535 为正角闪岩
(al - alk) - c 相关图解	副变质岩	副变质岩	副变质岩	副变质岩	正变质岩
其它地质特征	MgO > CaO k ₂ O >> Na ₂ O Al ₂ O ₃ /SiO ₂ 为 0.26—0.3, 属粘土岩类	SiO ₂ > 78.31 根据宏观与微观特征为硅化岩, 黑色石英岩为沉积岩	CaO/MgO 值在 2.2 以上属石灰岩、含白云质灰岩, 薄片鉴定为石灰岩		
结 论	正常碎屑泥质岩	含铜条带状石英岩为硅化石英岩	泥灰岩、白云质石灰岩	为石灰岩、泥灰岩	正变斜长角闪岩

(一) 成矿与沉积条件的关系

矿区厚度最大的岩层是云母石英片岩、千枚岩。恢复其原岩为碎屑泥质粘土岩, 氧化还原系数为 $K_{r,c} = 0.62$, 表明总的趋势是弱还原沉积环境。地层中含碳质和原生黄铁矿。据希

尔托娃等的“ $Al_2O_3 + TiO_2 - SiO_2 + K_2O - \Sigma$ ”的三角图解(图2),表明碎屑泥质粘土岩为中等分异,沉积物经过了一定距离的搬运和分选。各种粘土和片岩的投影点散落在海相粘土岩附近(图3),沉积环境也与浅海相相似。矿区及外围的云母石英片岩、千枚岩的Sr/Ba比值 > 1 ,也说明为海相沉积。碳酸盐岩以方解石为主,白云石很少, Mg/Ca 值 < 0.42 ,钙远比镁高。氧化还原系数为0.76,为浅海相沉积。

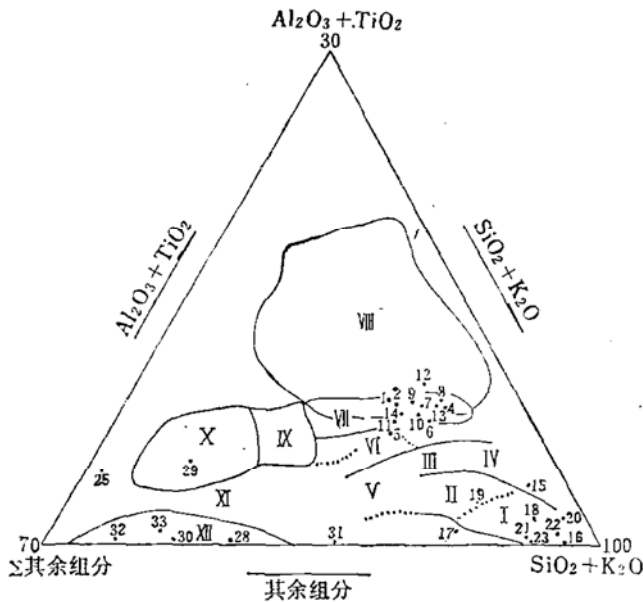


图2 $Al_2O_3 + TiO_2 - SiO_2 + K_2O - \Sigma$ 图解
(据B. Я. 西尔托娃等, 1974)

I—石英砂岩、石英岩; II—少矿砂岩、石英砂岩;
III—复矿砂岩; IV—长石质砂岩; V—钙质砂岩、含铁砂岩等; VI—化学上弱分异的沉积物

Fig. 2. Triangular diagram of $Al_2O_3 + TiO_2 - SiO_2 + K_2O - \Sigma$.

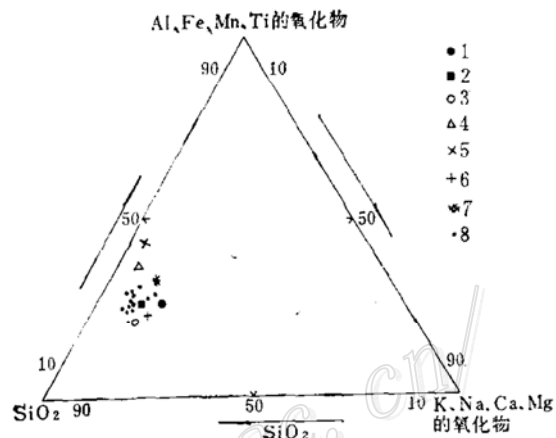


图3 不同类型粘土和片岩平均化学成分图解
(按B. K. 戈洛维诺克)

1—海相、盐渍湖相和干旱气候湖相粘土; 2—海相粘土;
3—寒带和亚寒带陆相粘土; 4—炎热潮湿气候带陆相粘土;
5—高岭石粘土; 6—胶岭石粘土; 7—水云母粘土;
8—本矿区云母片岩

Fig. 3. Triangular diagram showing average chemical composition of diverse clay rocks and schist.

从原岩沉积环境、岩层稳定的东西延伸、沉积物的含矿特点和矿区内外很少有海相火山岩等来看,该矿床的含矿层在同生沉积时,并无特殊的泻湖或滞流盆地的沉积环境,而是地势较为平缓,范围较为宽广的浅海湾。通过海水沉积,在几百米宽,1—3千米长的范围内同时沉淀出品位如此之高,金属储量如此之大的铜、铅、锌矿体是不可能的^①,但形成一个铜、铅、锌的矿源层是可能的。

(二) 含矿建造中的铜、铅、锌含量

从矿区中成矿元素铜、铅、锌在近矿围岩、远矿围岩及世界相应的同类岩石中的含量对比(图4)看出,本区铜、铅、锌在近矿围岩中含量最高,远矿围岩次之。前者比后者一般高出几倍,最多高出38倍,比世界相应的同类岩石却高出数百倍。矿区岩浆岩的铜、铅、锌含量(图5),除角闪岩的铅、锌和次闪辉长岩的铅稍高于矿区外围岩浆岩外,其它均稍低于

① 刘宝琛1980年“关于层控矿床研究的评述”。

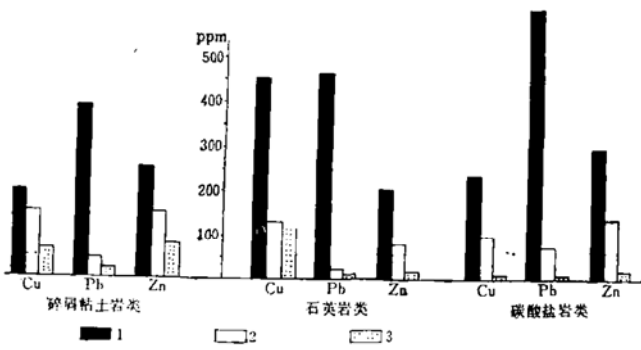


图4 铜、铅、锌在近矿围岩、远矿围岩、世界同类岩石中的含量对比

1—近矿围岩；2—远矿围岩；3—世界同类岩石

Fig. 4. Histograms showing contents of Cu, Pb and Zn in near-ore country rocks, distant country rocks as compared with their worldwide average abundance in these rocks.

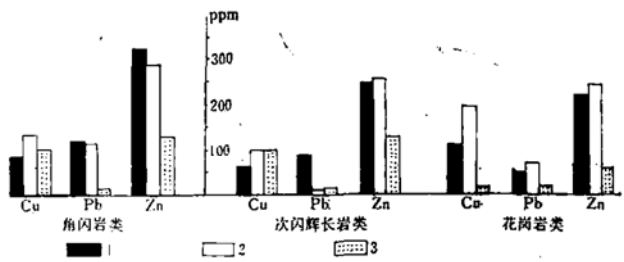


图5 铜、铅、锌在矿区、矿区外围及世界同类岩浆岩中的含量对比

1—矿区岩浆岩；2—矿区外围岩浆岩；3—世界同类岩浆岩

Fig. 5. Histograms showing contents of Cu, Pb and Zn in some intrusives in mining area and its periphery as compared with their worldwide average abundance in these igneous rocks.

矿区外围岩浆岩，总的变化幅度不大。上述资料说明含矿建造是一个矿源层。

(三) 成矿与多期变质作用的关系

矿区地层普遍遭受区域变质作用。海西期由于大规模的狼山花岗岩的形成，又发生了接触变质作用。

1. 区域变质作用的程度：由泥质粘土岩受区域变质作用形成的云母石英片岩、千枚岩，其主要变质矿物组合为石英-白云母-黑云母和石英-白云母或黑云母-铁铝榴石。前者与绿色片岩相相当，后者为绿帘石-角闪岩相。原岩为钙镁碳酸盐类经区域变质形成的透辉石-透闪石岩的矿物组合为透闪石-铁闪石-绿帘石-石英-铁铝榴石和透辉石-透闪石-铁铝榴石（-石英）。以前者为主，两者均为绿帘石-角闪岩相，矿化主要与此岩相有关。不纯的砂质岩石的区域变质矿物组合为石英-白云母。矿区原岩含钠极低，含铝、钾较高，所以区域变质岩中钠长石少见。在上述区域变质相中，亲石元素大部分保持稳定，亲铜元素可转变成活动性组分^①，从而使亲石亲铜元素分离。

2. 接触变质作用：通过 Rb-Sr 法测定，狼山群变质年龄为 11 亿年，方铅矿粗铅法为 10.8—13.6 亿年（表2），说明成矿年龄与区域变质年龄一致。而 K-Ar 法年龄测定，狼山群多为 1—3 亿年间，辉长岩为 7.72 亿年，这应与接触变质作用有关。红柱石、钙铝榴石的出现，云母石英片岩的似板状构造，都可能与海面—燕山期的大规模花岗岩浆侵入有关。

(四) 矿化与岩性关系

磁铁矿矿体严格受透闪石岩控制。黄铜矿矿体主要产在南北含铜条带状石英岩中。铅-锌矿体虽受岩性控制不明显，但主要产在似板状云母石英片岩和透辉透闪石岩中。如1、2号矿床中的铅、锌矿体产在似板状云母石英片岩中的有19个、透辉透闪石岩中有44个、条带状

① 据郑明华1980年资料。

霍各乞矿区方铅矿粗铅法绝对年龄值

表 2

编 号	采 样 地 点	岩 石 类 型	地质年龄 (亿年)	测 试 单 位
乞-34	2号矿床19线ck205—215M	含黄铜矿、方铅矿石英岩	13.6	桂林冶金地质研究所
乞-36	1号矿床7线斜井	含磁黄铁矿、方铅矿石英岩	10.8	桂林冶金地质研究所
ck93-3	1号矿床5线ck93—542.5M	矿化大理岩	10.987	地质部天津地质矿产研究所
77-单-61	1号矿床17线ck75—360~373M	含方铅矿、铁闪锌矿、磁黄 铁矿板状云母石英片岩	10.993	地质部天津地质矿产研究所
ck229-9	2号矿床ck229-9(382M)	透闪石岩	11.129	地质部天津地质矿产研究所

石英岩中有10个、千枚岩和云母石英片岩中有19个,说明含矿岩性多种多样。矿体呈透镜状、似层状,与含矿岩层产状基本一致,但有膨缩、分枝复合、跨层、穿层等现象。

(五) 围岩蚀变

与成矿有关的蚀变主要为硅化,有两种形式:一为不规则脉状,脉壁或脉端分布有黄铜矿;一为团块状,黄铜矿呈浸染状、斑杂状分布于石英颗粒间。与矿体接触处有10米左右的绢云母化带,绢云母化稍晚于硅化,与铅锌矿化关系密切。叶绿泥石化和金云母化与矿化也有较为密切的关系。

(六) 矿石特征

矿石中 useful 元素主要有铜、铅、锌,可综合利用银、铟、镉、铁、硫。金属矿物主要有黄铜矿、方铅矿、铁闪锌矿、磁黄铁矿、黄铁矿、磁铁矿。次要矿物有方黄铜矿、斑铜矿、毒砂和其它氧化物。主要矿物生成顺序为黄铁矿→磁黄铁矿→黄铜矿→铁闪锌矿→方铅矿。

主要矿石自然组合有:黄铜矿型、黄铜矿-磁黄铁矿型、黄铜矿-方铅矿-铁闪锌矿-磁黄铁矿型、方铅矿-铁闪锌矿-磁黄铁矿-黄铁矿型、磁黄铁矿-磁铁矿型、磁铁矿-方铅矿-铁闪锌矿-磁黄铁矿型、磁铁矿型。

矿石构造主要是:①条带状构造:金属硫化物沿云母石英片岩片理、条带状石英岩的透辉石-透闪石条带或碳质条带分布,界线清晰,条带宽一般2—3厘米。此类构造系区域变质过程中,由成矿物质沿顺层片理和第一期轴面劈理充填交代而成。②细脉-网脉状构造:金属硫化物沿岩石的细小裂隙、脉石矿物颗粒间隙或解理(照片1)分布。③斑杂-团块状构造:黄铜矿、方铅矿、铁闪锌矿、磁黄铁矿等呈斑杂或团块状分布,为主要矿石构造类型。④浸染状构造:金属矿物呈稀疏浸染到稠密浸染,是含矿的变质热液顺着片理和第一期轴面劈理,再沿岩石粒间活动充填交代的结果。另外还有块状构造、花纹状构造、角砾状构造等。

矿石结构有:①变晶结构:其中有自形变晶结构、半自形变晶结构、他形变晶结构、共生边界变晶结构;②交代结构:其中有交代残余结构(照片2)、交代溶蚀结构(照片3)、交代骸晶结构;③固溶体分离结构:其中有乳滴状结构,黄铜矿在磁黄铁矿中,磁黄铁矿或黄铜矿在铁闪锌矿中呈乳滴状分布;④文象结构:磁铁矿与透辉石组成文象状,方黄铜矿在黄铜矿中组成条纹、格状结构;⑤塑性变形结构:具有交代特征的假象黄铁矿沿磁黄铁矿{0001}解理分布,因受外力作用而发生塑性变形。假象黄铁矿系由磁黄铁矿转化而来,在弯曲解理中充填有黄铜矿。方铅矿三组解理造成的黑三角形空穴规则地排列成弯曲状,反映矿物解理受后期作用发生了弯曲(照片4)。

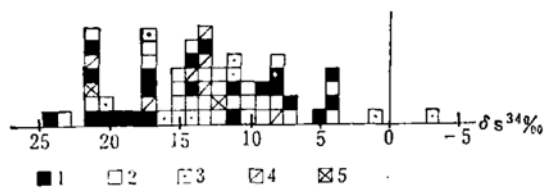


图6 霍各乞矿区硫同位素分布特征图
1—磁黄铁矿, 2—黄铜矿, 3—黄铁矿, 4—方铅矿;
5—铁闪锌矿

Fig. 6. Distribution of sulfur isotopes
in the Huogeqi mining area.

上述典型的构造和结构, 都是在区域变质条件下改造和再造的结果。

(七) 硫同位素组成:

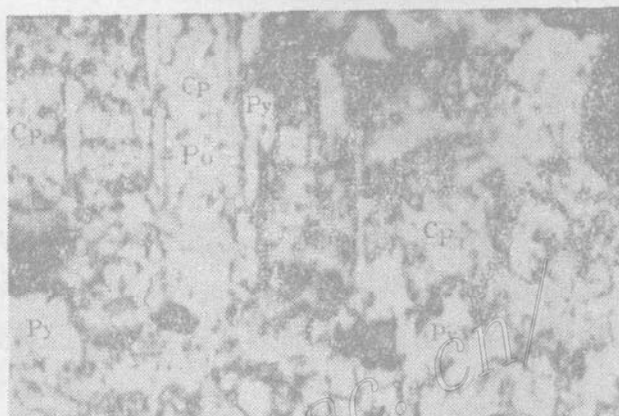
矿床中硫同位素明显地富集 S^{34} (图6)。除一个方解石脉中的黄铁矿为负值外, 其它均为正值 (+4.0至+21.4%), 无明显峰值。1、2号矿床硫同位素组成相近, 不同金属硫化物差别不大, 说明与后生改造有一定成因联系。

(八) 成矿温度



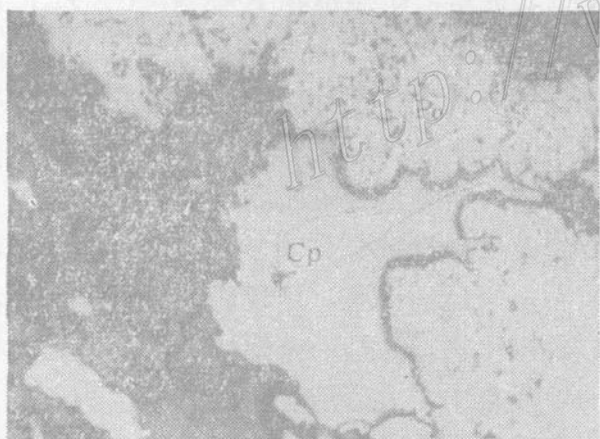
照片1 充填交代构造

金属硫化物(黑色)沿透辉石裂隙或解理充填交代薄片 单偏光 ×63



照片2 交代残余结构

黄铜矿(Cp)交代磁黄铁矿(Po)和黄铁矿(Py), 后者在黄铜矿中呈交代残余 光片 ×63



照片3 交代溶蚀结构

他形黄铜矿(Cp)交代磁黄铁矿(Po) 光片 ×63



照片4 塑性变形结构

因受外力作用, 方铅矿解理呈弯曲状 光片 ×500

据固溶体结构分析, 金属矿物分离温度下限, 黄铜矿-方黄铜矿为 450℃, 磁黄铁矿-黄铜矿为 250—600℃, 闪锌矿-黄铜矿为 350—650℃, 磁铁矿-透辉石为 600℃以上。为进一步确定成矿温度, 对铁闪锌矿进行了成分分析, 计算FeS分子为20.1, 在FeS-ZnS相平衡图(据 G. K. Ullerud)上判读固溶体分离温度为 600℃左右, 排除了同生沉积的可能。对矿石中金属硫化物和脉石矿物用爆裂法进行包体测温, 在排除解理、裂隙干扰后, 黄铜矿的爆裂温度

主要为150—390℃，方铅矿、铁闪锌矿爆裂曲线峰值很低，但在600℃有爆破反应，黄铁矿为265℃、485℃、525℃，磁黄铁矿为220℃、305℃，后者是主要的，石英峰值是325℃，透闪石峰值为525℃。据金属矿物固溶体分离结构、地质温度计铁闪锌矿、爆裂法包体测温及产出的变质相，推定成矿延续时间较长，变质成矿温度主要在300—600℃之间，金属硫化物在温度下降过程中多次成矿。

(九) 构造对矿化的控制

在岩相控矿的前提下，构造对矿化起了重要作用，经区域动力变质形成的倾向褶曲叠加在霍各乞同斜背斜之上的叠加褶曲，是矿化最好的部位。矿体呈陡倾岩墙状向深部延伸，如一号矿床倾向褶曲轴以70度左右角度向南西倾，深度超过800米以上，三号矿床在舌状褶曲的尖端矿化最富，二号矿床西端为两个反“S”形叠加褶曲控制。条带状石英岩与似板状云母石英片岩接触处的塑性断层和倾向褶曲联合控矿，如一号矿床Pb-1矿体。变质热液作用所形成的矿床产状较陡，多为叠加褶曲所控制，类似于混合岩化有关的构造控矿。而与岩浆热液矿床构造控矿（既受褶曲，亦受断裂控制）及成岩后生矿床构造控矿（背斜两翼）相区别。

综观上述，霍各乞矿床是含矿岩系岩石形成和变质过程的一个组成部分。主要来自陆源的成矿物质（也不排除有远源火山的铜、铅、锌物质），在沉积、成岩、成岩后生、区域变质作用过程中逐渐富集而形成工业矿床。岩浆作用和表生成岩作用对矿床有所改造。

四、矿床形成机理的讨论

在沉积的最初阶段，通过粘土吸附、络合物形式^①把成矿物质运移到浅海—滨海湾，由于同生期的沉积分异作用和掺合作用，使碎屑、粘土、泥质、矿质堆积下来，集中于Pt₁l₂地层内，形成矿源层，为霍各乞矿床的形成打下了物质基础。

成岩阶段，区域地层总体是上升运动。由于细菌等有机质作用和氧逸度的降低，使介质处在还原条件下，引起物质的重新分配组合，形成新的成岩矿物。对成矿有重要意义的是脱水作用和有机质的分解作用，前者造成含铜溶液的运移，后者导致矿质的沉淀。充填于沉积物中的间隙水，通过络合媒介（可能是有机质螯合物或氯）携带金属离子，并沿着孔隙性和渗透性较好的硅质、钙质岩石渗流，由于厚层泥质粘土岩层的屏蔽，出现较为缓慢的侧向流动，而使金属离子在H₂S还原作用下开始沉淀，形成硫化物。这是一个比较长的过程。长期成岩作用可促使矿源层中的分散金属元素在一定的地段集中。成岩后生阶段有一定的深度、温度、压力，金属元素通过热卤水迁移，集中到固定的地球化学障壁中。矿区钻孔中发现有12米厚的重晶石化大理岩，表明热卤水的存在。

在区域变质作用中，岩石主要组分生成热(ΔH)值越高，化合物越稳定。实验资料表明，硫化物的生成热远远低于氧化物和硅酸盐的生成热，前者一般不超过50000千卡/克分子，而后者一般在100000千卡/克分子以上。说明亲铜元素和亲石元素的活动不是同步的。在绿色片岩相和绿帘石-角闪岩相的变质条件下，亲石元素大部分保持稳定，碎屑岩变为石英

① 据关广岳1980年资料。

岩, 泥质粘土岩变为千枚岩、云母石英片岩, 石灰岩变为大理岩、透辉透闪石岩; 亲铜元素则为活动组分, 溶解到间隙水和结晶水中, 形成相应温度的含矿变质热液, 在新的地质构造、物理化学条件下再造成矿床, 并对围岩产生微弱蚀变。据残留的菱铁矿和石灰岩的氧化还原系数(0.78)及变质程度推断, 菱铁矿有可能是区域变质热液, 分解、交代菱铁矿而成。

构造运动与成矿作用同时贯穿于沉积、成岩、成岩后生和变质作用的始终。在沉积、成岩阶段, 构造运动主要表现为垂直运动, 成岩后生阶段, 表现为水平挤压运动。在区域变质中期, 形成霍各乞同斜背斜, 溶解在变质溶液中的金属元素处于活化状态, 可储存于背斜的某一部位。当倾向褶曲形成, 含矿的变质溶液又迁移到两期褶曲相结合的部位, 构造运动逐渐稳定, 温度慢慢下降, 到达矿物结晶温度时, 在适当的物理化学、岩性条件下金属矿物沉淀下来。

结 语

H. T. 苏多维科夫把变质水的形成分为三个脱水前峰, 霍各乞矿床的形成相当于其第二脱水前峰, 其高峰形成于绿片岩相至铁铝榴石-角闪岩相的过渡时期^①。

该矿床受地层和岩性控制, 同时又受褶曲控制。寻找矿源层并在矿源层中进一步搞清构造和构造所控制的岩性, 是今后找矿中应该注意的问题。

主 要 参 考 文 献

- [1] 程裕淇等 1966年 变质岩的一些基本问题和工作方法 中国工业出版社
 [2] K.H. 乌尔夫主编 层控矿床和层状矿床 地质出版社
 [3] 中国科学院地球化学研究所简明地球化学手册编译组编译 1977年 简明地球化学手册 科学出版社

A DISCUSSION ON THE GENESIS AND ORE-FORMING MECHANISM OF THE HOGEQI Cu-Pb-Zn DEPOSIT

Jiang Xinming

(Geological Survey of Tianjin, Ministry of Metallurgical Industry)

Abstract

The Hogeqi deposit is a Cu-Pb-Zn polymetallic deposit located in the Nei Monggol Autonomous Region. An analysis of its ore-forming conditions

① 据罗耀星1980年资料。

and sedimentation environment rules out the possibility of forming such a large deposit during syndeposition. The correlation of near-ore and distant wall rocks of this deposit with the corresponding rocks at the rest of the world in ore-forming elements shows that Pt_1L_2 was a source bed. It is presumed that under the metamorphic environments of greenschist facies and amphibolite facies, chalcophile elements separated from lithophile elements, migrated with metamorphic fluids and finally concentrated into ores. This accounts for the fact that galena has the same age as the regional metamorphism. Ore occurrence is closely related to banded quartzite, diopside-tremolite rocks, and mica-quartz schist. Such phenomena of ore bodies as widening or narrowing, ramification, convergence, and their cutting into or penetrating the underlying or overlying strata can sometimes be observed within the ore-bearing bed. Silicification, chloritization, sericitization and phlogopitization are common alterations accompanying mineralization. The ores assume mainly banded, veinlet-network and taxitic structures, apparently having replacement character from place to place. Solid solution textures are well-developed. δS^{34} Values vary in the range from +4.0 to 21.4‰, showing no noticeable peaks. According to solid solution textures, geological thermometer of marmatite, inclusion temperatures and metamorphic facies, ore-forming temperatures are estimated to have been between 300° and 600°C. Mineralization was obviously controlled by the superimposed structure. All this indicates unequivocally that mineralization had much to do with post-mineral transformation and bore the characteristic of multiple ore-forming processes. Of all factors, regional metamorphism played the dominant role in ore formation. This deposit, therefore, is of stratabound metamorphic type.

Metallogenic elements were derived predominantly from terrestrial sources. The source bed formed during sedimentation provided material basis for the subsequent economic ore deposit. Hot brine of the post-sedimentation phase or the diagenesis and post-diagenesis phase began to concentrate the ore material. Later, the metamorphic fluids formed the economic deposit during regional metamorphism. Magmatic activity and supergene diagenesis modified the deposit to some extent but did not change fundamentally its genetic character.