

试论内蒙古狼山式(型)铅锌矿床成矿地质分析^①

李荣祥, 郝通顺

(内蒙古有色地质勘查局511队, 内蒙古巴彦淖尔 015000)

摘要: 热水喷流—沉积型铅锌矿床多产于古大陆边缘或陆间裂陷槽中; 巨厚沉积物堆积与强烈还原环境是该类型矿床形成的前提。泥岩—细碎屑岩型(SEDEX型)及海相火山岩型(VMS型)铅—锌矿床虽具块状硫化物矿石, 硫化铁矿物含量都很高, 但二者产出的地质背景有明显不同。前者是冒地槽或陆相浅海环境, 大量泥砂堆积; 后者则是优地槽环境, 伴随钙碱系列或拉斑玄武的海底火山活动。文章通过对狼山成矿带上各典型矿床成矿特征的研究和总结后认为: 狼山多金属成矿带的各赋矿次级盆地是华北古大陆边缘拉张条件下具有还原性质的海相裂谷盆地, 矿床具有明显的层控与岩控特征, 并且同生断裂活动及其对成矿的控制作用, 喷流成矿过程中的同沉积期火山活动特点都比较明显, 说明狼山成矿带上典型矿床成矿作用与成矿动力来源的多样性、复杂性和独特性, 对在该区找矿具有一定指导意义。

关键词: 铅锌矿床; 成矿特征; 成矿作用; 沉积喷流型; 狼山—渣尔泰山; 内蒙古

中图分类号: P618.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5663(2010)01-0044-08

内蒙古狼山—渣尔泰山多金属成矿带位于华北地台北缘西段, 为中元古代被动陆缘热水喷流成矿带, 其成矿作用与火山活动密切相关。区内有东升庙、炭窑口、霍各乞、甲生盘等大型、超大型铅锌矿床, 向东北可与著名的白云鄂博矿区相连。

1 SEDEX型矿床的成矿特征

研究认为, 狼山—渣尔泰山中元古代热水喷流成矿带的形成受被动陆缘裂陷槽内赋矿盆地性质、沉积建造岩性及组合特征、同生断裂活动、成矿物质来源、热水对流系统发育程度等多种因素制约。

1.1 赋矿盆地特征

狼山—渣尔泰山被动陆缘裂陷槽是华北地台北缘裂陷槽带西段的重要组成部分, 呈近EW向展布, 长度约400km, 宽度30~50km, 可进一步分为南、北两个次级拗陷带, 其中三级断陷盆地是各典型矿床产出的具体场所(图1)。

根据近年来在霍各乞、东升庙和炭窑口矿床的含

矿地层狼山群二岩组中发现的变质火山岩夹层多具有“双峰式”组合、岩石化学成分多为碱性和偏碱性的火山岩, 稀土元素含量表现为轻稀土富集、重稀土亏损, 球粒陨石标准化曲线都呈现向右倾斜^[2, 6~7], 具有大陆(边缘)裂谷特征^[10~14], 且其含矿岩组中白云石大理岩的 $\delta^{13}\text{C} = -1.3\% \sim -2.4\%$ (PDB)、 $\delta^{18}\text{O} = -13\% \sim -13.3\%$ (PDB), 菱铁矿的 $^{13}\text{C} = -2.4\% \sim -2.8\%$ (PDB)、 $^{18}\text{O} = -11.9\% \sim -13.96\%$ (PDB), 均属于海相碳酸盐范畴。再结合赋矿地层又都含炭质, 说明该成矿带的各赋矿次级盆地都是华北古大陆边缘拉张条件下具有还原性质的海相裂谷盆地。

1.2 层控与岩控特征

该成矿带的赋矿地层为中元古界狼山群和渣尔泰山群, 二者的原岩建造基本相似, 具有可对比性。总体上看, 狼山群的第一岩组相当于渣尔泰山群的书记沟组、第二岩组则相当于渣尔泰山群的增隆昌组+阿古鲁沟组, 它们的形成时代相近、变质程度相同。狼山群只有第二岩组含矿, 已发现的东升庙、炭窑口、霍各乞等矿床(点)无一例外地都产在狼山群的第二岩组

① 收稿日期: 2009-06-10 作者简介: 李荣祥(1962-), 男, 内蒙托克托县人, 工程师, 主要从事地质勘查与找矿工作。

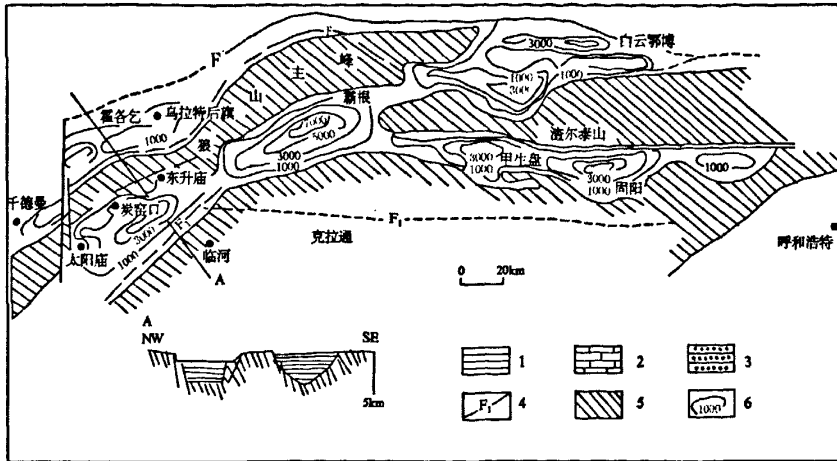


图1 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代沉积—构造图(据王思源等,1993年修改)

Fig. 1 Mesoproterozoic sedimentary construct map of Langshan-Zhaertaishan region in Neimenggu
1—泥质岩类 2—碳酸盐岩类 3—砂砾岩类 4—深断裂及编号 5—古陆 6—地层等厚线

表1 内蒙古狼山群、渣尔泰山群的岩性、含矿性及同生断裂活动特征

Table 1 Lithology, ore-bearing and contemporaneous fault activity feature of Langshan group and Zhaertaishan group in Neimenggu

狼山群的含矿特征(以东升庙矿床为例)				渣尔泰山群的含矿特征(以甲生盘矿床为例)			
组	段	厚度(m)	主要岩性、含矿特点与同生断裂活动	组	段	厚度(m)	主要岩性及含矿特征
第三组		>150	主要为灰色、灰白色块状石英岩、局部有绢云母石英片岩,深灰色绢云母石英片岩、灰绿色绿泥二云石英片岩,深灰色、灰黑色含炭质千枚状石英绢云片岩。不含矿	刘鸿湾组		>161	长石石英砂岩、石英岩 不含矿
第二组	第三段	75.00 ~ 242.50	顶部:炭质千枚岩与细晶方解石白云石大理岩互层(不含矿体)往下过渡为青灰—灰色细晶块状白云石大理岩,夹有黑云母(片)岩、炭质千枚岩、变质凝灰岩等夹层。有层间砾岩。含铅、锌、硫矿体	阿古鲁沟组	三段	>210	灰黑色炭质板岩、粉砂岩夹薄层含炭白云质灰岩、含黄铁矿、叠层石、有石盐假晶和石膏层不含矿
	第二段	11.00 ~ 231.00	灰黑色、黑色炭质千枚岩,局部夹有黑云母(片)岩、含白云石绢云母千枚岩、含炭质绢云母白云石大理岩,变质凝灰岩。含层间砾岩、滑塌堆积岩和角砾状矿石,含Pb、Zn、S、Cu矿体		二段	894	灰黑色含黄铁矿含炭泥砂质白云岩及白云质灰岩薄层、夹钙质板岩,所有铅—锌矿体均产在该岩段,含层间砾岩与角砾状矿石。
	第一段	6.00 ~ 462.00	青灰色、浅灰色、灰色细晶块状白云石大理岩,灰色变余薄、纹层状细晶白云石大理岩,夹变质“双峰式”火山岩、黑云母(片)岩、炭质千枚岩等夹层,有层间砾岩。主要含黄铁矿体		一段	419	灰黑色含炭千枚状粉砂质板岩。不含矿
第一组		>130.0 未见底	上部:石英岩 中部:黑云母石英片岩、石英黑云母片岩 下部:黑云母石英片岩、眼球(条带状)混合岩 不含矿	增昌隆组	二段	181	灰黑色灰岩、条带状硅质灰岩、含炭白云质灰岩、白云岩、含叠层石。不含矿
				一段	113	灰色炭质粉砂质板岩夹白云质灰岩。不含矿	
第一组		>130.0 未见底	上部:石英岩 中部:黑云母石英片岩、石英黑云母片岩 下部:黑云母石英片岩、眼球(条带状)混合岩 不含矿	书记沟组		60	上部:灰白色长石石英砂岩 中部:白色石英岩、灰色绢云母石英片岩 下部:含砾长石石英砂岩、石英岩,夹中基性火山岩、砾岩及石英片岩 不含矿

资料来源:化工部内蒙古地质勘察院、内蒙古105地质队

三个岩段中;而渣尔泰山群则只有阿古鲁沟组含矿,如甲生盘大型铅、锌硫化物矿床就产在阿古鲁沟组二段中(表1),赋矿层位稳定,层控特征十分明显。

狼山群和渣尔泰山群的组成岩类主要有:细晶白云石大理岩、方解石大理岩、炭质千枚岩类、炭质千枚状片岩类、石英岩类、混合岩类、浅粒岩和变粒岩类、镁铁闪石岩类、菱铁矿层等。其中容矿性最好的只有白云石大理岩(白云岩)类、炭质千枚岩(炭质板岩)类、炭质千枚状片岩等岩类(图2、图3)。

1.3 同生断裂活动及其对成矿的控制

近年来,通过对该成矿带的一些典型矿床深部地层的系统观察与地表追索,综合分析容矿岩组的岩性组成及其变化、含矿特征、矿体内部结构与分布规律等,认为在狼山群和渣尔泰山群成矿过程中有同生断裂活动。它是该成矿带的一种特殊且又非常重要的控矿构造类型,它伴随狼山—渣尔泰山裂陷槽的发展、演化而产生,又在一定程度上控制裂陷槽内次级断陷盆地内的沉积作用、火山活动和成矿、各种矿体的时空分布、层间砾岩的形成、以及这些盆地的空间展布。

1.3.1 区域性同生断裂活动对区域成岩成矿的控制

狼山—渣尔泰山裂陷受区域性断裂的控制。在拉张条件下,这些区域性断裂继承性活动,使得断裂之间不同范围内的地域产生不同幅度的下陷,从而在裂陷槽内又形成了一些局部的次级凹陷,并接受主要来自于地壳表层物源,少部分来自于地球内部的成岩(火山熔岩、凝灰质等)、成矿物质的喷流、沉积。由于地壳活动的不均一性和不同次级盆地周边的物质来源不同以及沉积速率不同等方面的差别,因而在该裂陷槽的不同部位有不同沉积岩相的形成和成矿元素的富集。可见区域性同生断裂活动主要是控制裂陷槽及其内部次级断陷盆地的空间展布和区域沉积相、沉积相的分布,因而东升庙、炭窑口、霍各乞和甲生盘矿床建造的岩性及其组合、容矿岩组的厚度存在明显差别。

1.3.2 矿区内同生断裂活动对矿区成岩成矿的控制

中元古代沉积的中期,随着拉张作用的进行,沉积盆地内水深加大,进入狼山群第二组和渣尔泰山群的增昌隆组+阿古鲁沟组(白云岩)为主、另有碎屑岩沉积的喷流—沉积成矿时期,赋矿盆地中同生断裂和火山活动十分明显。此期内同生断裂持续、脉动性活动的结果是:

(1)导致含矿地层岩相与岩性的突变,含矿地层厚度顺走向和倾向变化性大、厚度突变现象明显,在容矿岩组的含矿岩段中都存在层间砾岩、层间混杂堆

积、滑塌角砾岩^[9](图2、图3)。

(2)导致矿体厚度突变,在同生断裂附近,一些矿体突然变薄,甚至消失,且发育角砾状矿石,角砾成分为大小不一的炭质千枚岩碎块、方铅矿与闪锌矿、黄铁矿碎块、石英团块、凝灰岩块、变粒岩块、变质火山岩碎块、黑云母片岩碎块、矿石碎块、白云石大理岩块^[9]。

(3)同生断裂是深部成岩、成矿物质(流体等)进入古裂谷盆地通道。在下降盘,矿种多、矿化度高,还有厚大铅—锌—铜复合矿体形成(图2、图3)。

(4)同生断裂活动频率与持续时间影响矿体的时空分布与矿床规模:在不同断陷盆地内,同生断裂活动的时限、频率不同,成矿结果也各不相同。狼山东升庙矿床在含矿的第二组第一段、二段和三段都有同生断裂持续、脉动性活动(表1),并有角砾成分多层的(层间)同生角砾岩形成,大量成矿流体不断地沿同生断裂上升,在赋矿盆地喷流卸载、聚集形成铅、锌、铜、铁硫化物矿体和独立的菱铁矿层,以致矿床规模达到超大型。炭窑口、霍各乞和甲生盘矿床的同生断裂活动相对弱,矿化类型少(如甲生盘矿床没有铜矿体)。矿床规模则只为大型。

1.4 矿石矿物组成、矿石组构与矿体产状

该成矿带的矿石矿物主要有黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿与黄铜矿等。在不同的矿物矿床,它们有不同的组合、不同的矿石类型。矿石具有块状构造、同生角砾状构造、变余条带状构造和纹层状构造。

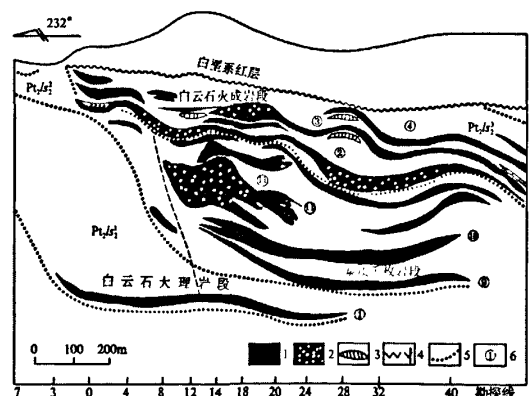


图2 内蒙古东升庙矿床纵剖面图

(据化工部内蒙古地质队资料修编)

Fig. 2 Cross section map of Dongshengmiao deposit in Neimenggu

Pt₂l₅—中元古界狼山群 1—矿体 2—含角砾状矿石的矿体
3—菱铁矿层 4—推测的同生断层 5—岩段界线 6—矿体编号

矿体总体呈层状产出,产状稳定,但在同生断裂附近,有些含有同生角砾状构造矿石的矿体厚度出现明显突变现象(图2、图3)。

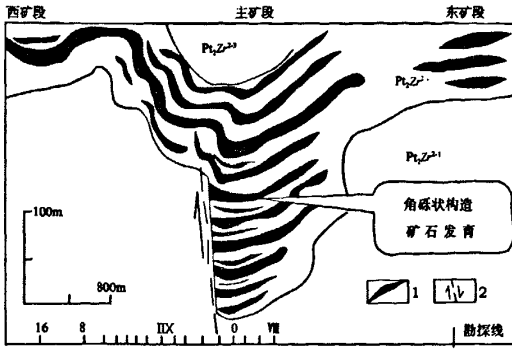


图3 内蒙古渣尔泰山甲生盘矿床纵剖面图
(据内蒙古105地质队资料修编)

Fig. 3 Cross section map of Jiashengpan deposit in Zhaertaishan, Neimengu
Pt₂Zr—中元古界渣尔泰山群 1—矿体 2—推测的同生断层

1.5 重晶石层

重晶石层是SEDEX型矿床的喷流—沉积成矿的标志之一。在该成矿带可见厚度为0.5~20mm的重晶石层。它可与闪锌矿层、或者与黄铁矿层互层产出,表明形成于相对较平稳的喷流—沉积成矿环境,成矿物质来源有交替变化。有的重晶石层已经褶皱变形,形态和上、下地层一致,说明是同沉积期喷流—沉积的产物。

1.6 成矿元素的分带性

本区有Fe、Zn、Pb、Cu等多种硫化物产出,从已发现的矿床来看,矿化分带性很明显。在区域上,自狼山→渣尔泰山一带,铜矿体含量由多→少,而铅矿体的含量则由少→多。在矿区范围内,矿化存在十分明显的分带现象,如东升庙矿床厚数百米的铅、锌、铜复合矿体,自下而上,出现:由铜→铜、锌→锌、铅、铜→锌、铅→铁硫化物的连续矿化分带现象, $Cu/(Cu+Zn+Pb)=0.585 \rightarrow 0.17 \rightarrow 0.021 \rightarrow 0.009$,表现出酷似澳大利亚的芒特艾萨、麦克阿瑟河等典型SEDEX型矿床^[16~18]一般具有的垂向分带特征(见表2)。

总之,该成矿带的东升庙、炭窑口、霍各乞和甲生盘矿床具有鲜明的层控、岩控性,其矿物成分与组构、金属分带、同生断裂活动、硫同位素、稀土元素特征等都显示出典型SEDEX型矿床^[16~21]的成矿特征。

2 同沉积期火山活动特征及其对喷流成矿的作用

除了上述SEDEX型矿床的一些成矿特征之外,狼山—渣尔泰山成矿带再喷流成矿过程中还有明显的火山(喷发)活动,它直接提供了部分成矿物质、与成矿关系密切,显示出VMS型矿床^[13,22]的一些特征。喷流成矿过程中的火山活动特点如下:

(1)容矿岩组中同沉积期火山岩夹层已在霍各乞、东升庙、炭窑口矿床唯一含矿的狼山群第二岩组找到同沉积期的基性火山岩、钠质“双峰式”火山岩、钾质细碧岩,目前又在炭窑口矿床狼山群二岩组中发现了钾质酸性火山岩夹层。它们的共同特征是:①都是在狼山群唯一含矿的第二组中、下部呈层产出,层位稳定。在东升庙矿床深部钻孔中,可见到基性火山岩与酸性火山岩共同产出(图4);②可以清晰见到变余斑状结构、变余中空骸晶结构、显微球粒结构和变余杏仁构造^[6~7,23],显示出明显海底火山喷发快速冷却成岩特征;③同位素年龄:霍各乞一带基性火山岩的Sm—Nd等时线年龄为1491Ma^[2],南侧东升庙一带基性火山岩的 $t_{DM}=1767 \sim 1867\text{Ma}$ ^[6],炭窑口一带钾质细碧岩的Sm—Nd等时线年龄为1824Ma,表明为中元古代同沉积期的海相火山岩。给它们的不同之处是岩石类型,化学成分有所差别(见表3)。

从表3可以看出,东升庙和炭窑口的火山岩夹层碱质总量($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)都较高,但东升庙一带的“双峰式”火山岩夹层富钠低钾(基性岩、酸性岩 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$)^[6],炭窑口的火山岩则富钾低钠(基性岩、酸性岩的 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$)^[7]。而霍各乞矿床容矿二组中的火山岩多为 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$,但碱质总量比东升庙和炭窑口矿床的低得多。

(2)容矿岩组中同沉积期的凝灰岩夹层,除了火山岩夹层之外,在东升庙、霍各乞、炭窑口矿床的容矿岩组中还见有多层凝灰岩,有时与正常地层呈互层状产出。但在甲生盘矿床唯一含矿的渣尔泰山群阿古鲁沟组(相当于狼山群二组上部层位)见有薄层状凝灰纸页岩或板岩(其 K_2O 一般为3%~5%、 Na_2O 一般为0.22%~0.66%)^[4],缺少具有变余斑状结构的火山岩夹层。

表2 内蒙古狼山—渣尔泰山成矿带各典型矿床的成矿特征

Table 2 Mineralization feature of typical deposits in Langshan-Zhaertaishan ore zone in Neimenggu

成矿特征	东升庙矿床	炭窑口矿床	霍各乞矿床	甲生盘矿床
沉积—古构造环境	元古宙古大陆边缘裂陷槽南侧的三级(裂谷)盆地(滨、浅海)	元古宙古大陆边缘裂陷槽南侧的三级盆地(滨、浅海)	元古宙古大陆边缘裂陷槽北侧的三级盆地(向岛弧过渡)	元古宙古大陆边缘裂陷槽内侧的二级海盆(?)
容矿岩组	狼山群二组狼山群二组	狼山群二组	渣尔泰山群阿古鲁组	
容矿岩石	白云石大理岩、炭质白云石大理岩、炭质千枚岩、黑云母炭质千枚岩	炭质千枚岩、含方解石白云石大理岩	石英岩、炭质千枚岩、透辉透闪石岩	粉砂质(含炭)白云石大理岩、白云质灰岩、粉砂质板岩、炭质粉砂质板岩
同位素年龄	变质基性火山岩的Sm—Nd单阶段模式年龄平均为1805Ma,各种硫化物的铅模式年龄为1400~1600Ma	黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿的模式年龄为1700~1900Ma	变质基性火山岩的Sm—Nd等时线年龄为1491Ma,各种硫化物的Pb模式年龄为1200~1600Ma	阿古鲁组炭质板岩、方铅矿、黄铁矿的Pb—Pb等时线年龄为1679.65Ma模式年龄为1431~1685Ma
主要矿石矿物	黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿	黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿	黄铜矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿	黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿
矿石结构	以变晶结构为主、另可见交代结构、变余胶状结构、变余斑状结构等	以他形—半自形—自形的变晶结构为主、另可见交代结构、碎裂结构与填隙结构等	为(等粒)变晶结构、斑状变晶结构、交代自形变晶结构、交代残余结构、碎裂结构等	散状胶河边胶聚粒状结构、他形—自形粒状变晶结构、固融体分离结构、碎裂结构与填隙结构等
矿石构造	以块状矿石为主,次为条带状、纹层状、角砾状、浸染状、网脉状矿石	以块状、条带状矿石为主,次为纹层状、浸染状矿石	以浸染状、条带状矿石为主,次为角砾状、斑杂状矿石和脉状矿石	多为条带(纹)状、块状、浸染状矿石,次为残余层纹状、斑杂状矿石
矿体形态	以层状矿体为主,次为似层状、透镜状矿体,总体与围岩产状一致	以层状、似层状矿体为主,次为透镜状矿体,总体与围岩产状一致	层状、似层状或透镜状矿体较连续地沿层位延伸,与围岩产状整合,但界线截然可分	以层状矿体为主,次为透镜状、似层状矿体,也见有脉状矿体
金属分带	垂向;由(下)Cu→Cu—Zn→Cu—Pb—Zn→Pb—Zn(上);水平方向;由Cu—Pb—Zn→Pb—Zn→Zn→(菱)Fe	垂向;Cu→Zn(Cu);水平方向;总体由下往上是CuZn→Zn	垂向;由Zn—Pb→Cu→Fe(Pb)—Cu;水平方向;由Cu—Pb—Zn→Fe	垂向;由(下)Zn—Pb—S(Fe)(上);横向;从主矿→西矿→山片沟,由Pb—Zn→S(Fe)→Mn→Ba
硫同位素	重硫富集型;各种硫化物的 $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$ (多为)14.4~41.84	重硫富集型;各种硫化物的 $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$ =17~38.5	重硫富集型;各种硫化物的 $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$ =3.6~23.5	重硫富集型;各种硫化物的 $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$ =7.7~31.4
同生断层	发育,在含矿岩组中与矿体中都可看到滑塌角砾岩与角砾状矿石等	初步见有同生断裂活动	发育,一些规模较大的断层在沉积期继承性活动	发育垂直走向同生断裂,见有滑塌角砾岩
同沉积期火山岩	双峰式火山岩夹层与凝灰岩夹层	已找到钾质“双峰式”火山岩夹层	变质基性火山岩夹层,未见酸性与中性火山岩夹层	未见火山岩夹层,仅有凝灰质沉积
变质程度	总体为绿片岩相、局部达角闪岩相	总体为绿片岩相、局部达角闪岩相	早期的高压角闪岩相、晚期的低压角闪岩相—绿片岩相	沸石相—绿片岩
矿床规模	超大型:硫矿与铅、锌、铜矿体、菱铁矿体	大型:硫矿与铅、铜矿体,缺少锌矿体	大型:铜矿、铁、铅、锌矿	大型:硫矿与铅、锌矿体,缺少铜矿体

资料来源:中国地质调查局发展研究中心,年芮宗瑛、王思源、王魁元等(1993~1994)

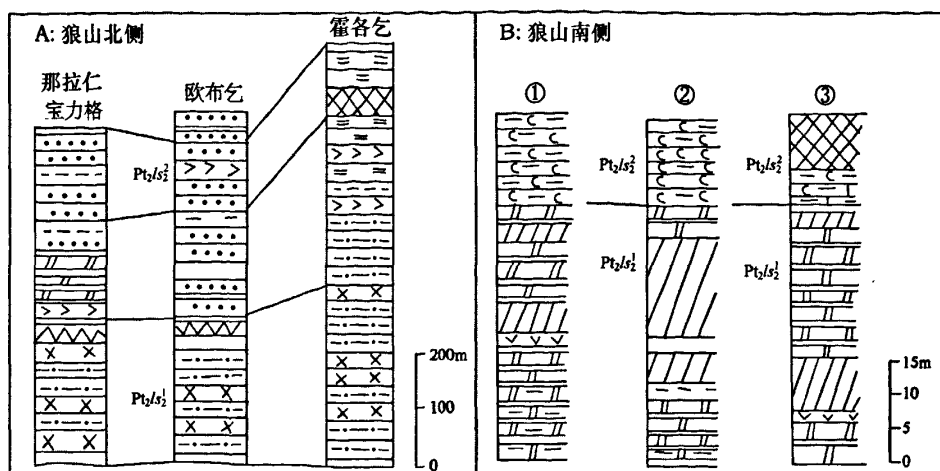


图4 内蒙古中元古界狼山群中变质火山岩夹层与矿体的产出层位

Fig. 4 Ore-bearing stratum and volcanic interlayer of Langshan group of Mesoproterozoic system in Neimenggu

1—二云母片岩(变质基性凝灰岩) 2—炭质千枚岩 3—二云母炭质千枚岩 4—(白云石)大理岩 5—含炭质白云石大理岩 6—矿体 7—变质石英角砾岩 8—变质基性火山岩 9—绿片岩类 10—千枚岩 11—板岩 12—角闪岩类 13—黑云母石英片岩 14—石英岩 15—黑色石英岩 16—二云母石英片岩 17—①、②、③依次为东升庙矿床第19、0、14 勘探线的钻孔柱状图

表3 内蒙古东升庙、炭窑口和霍各乞矿床变质火山岩层的平均化学成分(%)

Table 3 Average chemical component of metamorphic volcanic rocks of Dongshengmiao deposit, Tanyaokou deposit and Huogeqi deposit in Neimenggu

矿区	序号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	总计	K ₂ O+Na ₂ O	平均样数
东升庙	1	71.38	0.12	14.66	0.58	1.70	0.08	0.49	1.71	4.72	2.15	0.11	0.94	1.63	100.29	6.89	9
	2	52.92	1.33	17.11	1.50	6.98	0.12	3.72	4.63	4.08	3.33	0.34	1.77	2.09	99.91	7.41	4
炭窑口	3	74.38	0.07	12.30	0.52	0.73	0.05	0.37	0.87	3.42	5.46	0.02	0.58	1.04	99.80	8.87	4
	4	48.24	1.18	16.44	2.49	6.30	0.14	5.66	5.32	2.49	4.92	0.33	3.85	2.35	99.82	7.41	6
霍各乞	5	47.63	0.77	16.89	1.92	8.08	0.16	7.06	9.66	3.37	0.73	0.22	3.00	0.95	99.96	4.10	6

注:序号1~2为矿床钠质“双峰式”火山岩;3~4为矿床钾质“双峰式”火山岩;(1~4,数据由国家地质实验测试中心测试);5为变质基性火山岩(据杨海明等,1992)

3 同沉积期火山活动对热水喷流成矿的作用

一般认为,被动陆缘并无火山活动,典型SEDEX型矿床的成矿作用与海底火山喷发活动也无直接关系^[16,20~21]。但通过研究后认为,狼山—渣尔泰山成矿带同沉积期的海底火山活动直接提供了部分成矿物质。它与矿化类型、矿化强度密切相关,对本区热水喷流成矿起了重要作用。

3.1 直接提供了部分成矿物质

(1)间接标志 有研究认为,黄铁矿的Co、Ni含量和Co/Ni比值是判断其成因的有效标志之一。正常沉积成因的黄铁矿Co/Ni<1与火山热液或火山岩有关的黄铁矿Co/Ni>1^[24]。从表4可以看出:①狼山—渣尔泰山成矿带四大矿床的黄铁矿的Co、Ni含量及Co/Ni比值多大于1,少部分黄铁矿的Co/Ni比值小于1。②含矿岩组中有火山岩夹层的霍各乞、东升庙、炭窑口矿床的黄铁矿Co/Ni比值总体高于含矿岩组

中只有凝灰岩夹层的甲生盘矿床。其中以含“双峰式”火山岩夹层和多层凝灰岩的东升庙矿床的黄铁矿 Co/Ni 比值又最高,其角砾状铅-锌矿石的黄铁矿的 Co、Ni 含量与塔斯曼尼亚火山岩型矿床黄铁矿的 Co、Ni 含量更接近^[24];③秦岭泥盆纪 SEDEX 型矿带的典型矿床,其含矿岩系中无火山岩夹层、黄铁矿 Co/Ni 比值均小于 1^[25]。

这说明狼山—渣尔泰山各矿床的成矿物质来源与火山喷发(流)活动密切相关。

(2)直接证据 近年来,在东升庙矿床的钻孔深部新发现了黄铁矿中有高岭土化的酸性火山岩块、凝灰岩块与岩屑,形状和其大小不一,具有明显的受挤压变形后产生的塑性流变现象,小的岩屑在黄铁矿集合体之间定向排列,大的岩块发育折劈理。这类矿石受挤压定向排列现象十分明显,与上、下地层发育相同方向的劈理,表明它们与地层经历过相同期次的构造挤压作用,是同沉积期形成的产物。这有力地说明同沉积期海底火山喷发活动直接提供了部分成矿物质。

表 4 不同类型矿床中黄铁矿的 Co、Ni 含量特征
Table 4 Co and Ni content of pyrite in different type deposits $w_{(B)}/10^{-6}$

矿床	黄铁矿产状(样数)	Co	Ni	Co/Ni
狼山—渣尔泰山成矿带	甲生盘 层纹状矿石(4)	11~16	16~20	0.60~0.84
	层纹状矿石(3)	23~85	23~80	1.0~1.67
东升庙	黄铁矿矿石(6)	10~40	11~180	0.08~0.45
	含角砾 Zn—Pb 矿石(6)	460~2100	70~410	1.6~11.67
	未分类(23)	—	—	平均值 11.91
	未分类(27)	—	—	3~28
	炭窑口 未分类(15)	—	—	2.15~167
	未分类(38)	—	—	平均值 2.15
秦岭南带	锌硫矿石(2)	—	—	8.7~17.20
	霍各乞 黄铁矿石(13)	—	—	0.5~3.15
	邓家山 黄铁矿(7)	平均 47	平均 347	平均值 0.14
	李家沟 黄铁矿(3)	平均 46	平均 330	平均值 0.13
塔斯曼尼亚	毕家山 黄铁矿(3)	平均 42	平均 190	平均值 0.22
	黄铁矿(11)	平均 307.3	平均 114.3	平均值 3.14

资料来源:李兆龙,张汉文,陈光远,等(1986~1987)

3.2 对矿化类型及其强度的影响

甲生盘矿床含矿岩组中只有少量凝灰质岩石,缺少具有变余斑状结构的变质火山岩夹层,矿床只有铅、锌矿而没有铜矿。东升庙、霍各乞、炭窑口矿床唯一含矿岩组具有变余斑状(或聚斑状)结构的变质火山岩夹层,矿床除了铅、锌矿之外,还有铜矿。

东升庙矿床同沉积期火山活动最明显,唯一含矿二组中既有“双峰式”火山岩,又有多层凝灰岩,且在矿石中还见有火山岩屑与岩晶,矿化程度高,其硫铁矿、铅、锌、铜矿都可以单独形成矿体或者形成复合矿体,矿床规模为超大型。这进一步间接说明同沉积期的海底火山喷发活动与热水喷流成矿有密切内在成因联系。

3.3 有利于海底热水对流系统的形成

通过对现代海底热水沉积成矿的观察、对流体活动与中元古代热水喷流沉积作用的研究,认识到在伸展构造体制下古陆边缘 SEDEX 型矿床形成的必要

条件之一是“发育完整的、持续稳定的热水对流系统(有长期存在的地热异常场)和长期稳定持续的热水沉积作用”^[6]。狼山—渣尔泰山裂陷槽同沉积期间歇性海底火山喷发活动,将大量深部岩浆热能带入到赋矿盆地,导致长期存在地热异常,极有利于海底热水对流系统的形成与循环,使深部富含 Zn、Pb、Cu、Fe、的成矿流体不断地顺同生断裂系统上升至海盆喷流、卸载、聚集成矿。正是由于地幔的成矿流体在顺同生断裂系统上升的过程中,有进一步淋滤、攫取通道附近围岩(基底地层)中的部分金属,使成矿物质来源更为广泛,从各种硫化物的铅同位素显示,成矿物质来源从下地壳→地幔→造山带→上地壳都有,但以地幔和下地壳来源为主^[1]。

显然,该成矿带内东升庙、炭窑口、霍各乞矿床同沉积期海底火山喷发活动,为该裂陷槽内的热水喷流—沉积成矿作出了一定贡献。这也证明元古宙古大陆边缘热水喷流沉积成矿作用的多样性、复杂性。

4 结论

(1) 狼山—渣尔泰山热水喷流成矿带的所有矿床都具有鲜明的层控与岩控特征,其中炭窑口、东升庙和霍各乞矿床都产在狼山群第二岩组白云石大理岩或炭质千枚岩中,而甲生盘矿床产在渣尔泰山群的增昌隆组白云石大理岩或炭质千枚岩中。

(2) 该成矿带是在华北地台北缘中元古代裂陷槽内具有张性和还原性质的赋矿盆地中、由多种成矿综合作用、耦合成矿的产物。同生断裂作用、同沉积期的火山喷发活动与含矿热水喷流之间的耦合作用(尤其同生断裂的活动时限与火山作用规模)是影响矿化类型与矿床规模的重要因素。

(3) 狼山的三个代表性矿床唯一容矿的狼山群第二岩组中都有火山岩夹层,但各矿床中火山岩夹层的岩性特征存在明显差异:

(4) 狼山—渣尔泰山地区中元古代裂陷槽内的热水喷流成矿作用存在不均一性、成矿过程复杂。狼山地区的炭窑口、东升庙和霍各乞矿床既有典型SEDEX型成矿特征,又具VMS型矿床的一些特征,再结合矿床黄铁矿的Co/Ni比值多大于1,则显示内生成矿特点,为此,可以认为三者是处于SEDEX型之间^[22],但靠近SEDEX型一侧的过渡型矿床^[26]。而渣尔泰山地区的甲生盘矿床则表现出较为典型的SEDEX型矿床的成矿特点。

(5) 中元古代是重要的热水喷流沉积—成矿期,在全球形成了许多大型—超大型热水喷流沉积矿床。内蒙狼山—渣尔泰山—白云鄂博成矿带是我国有代表性的中元古代伸展构造体制下被动大陆边缘喷流

沉积成矿矿集区,是中亚成矿域的重要组成部分^[27],该矿集区的成矿时代、矿化类型、容矿岩石特征等都与加拿大、澳大利亚等中元古代著名SEDEX型矿集区^[16-20]有相似性和可比性。而其在赋矿盆地范围内的拉张—沉陷—喷流成矿过程中有“海底火山喷发活动”又明显有别于国内外典型的SEDEX矿床,表明其具有独特的地球动力学背景和成矿环境。结合相邻白云鄂博矿床新发现的中元古代火山岩与火山机构成矿的新成果^[28,29],可进一步揭示狼山—渣尔泰山—白云鄂博中元古代矿集区成矿作用与成矿动力来源的多样性、复杂性和独特性。

参考文献:

- [1] 李兆龙,许文斗,庞文忠. 内蒙古中部层控多金属矿床硫、碳和氧同位素组成及矿床成因[J]. 地球化学, 1986, (1): 13-23.
- [2] 杨海明, 苏尚国. 内蒙古狼山北侧中元古代变基性岩特征及其成矿意义[J]. 矿床地质, 1992, 11(2): 142-153.
- [3] 施林道, 谢贤俊, 巩正基. 狼山—渣尔泰山中元古代裂陷槽有色金属矿床. 见: 芮宗瑞, 施林道, 方如恒编. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 121-131.
- [4] 王魁元, 赵彦明, 曹秀兰. 华北地台北缘元古代典型铅—锌矿地质[J]. 北京: 地质出版社, 1994, 1-12: 115-164.
- [5] 彭润民, 翟裕生. 内蒙古东升庙矿区狼山群中变质“双峰式”火山岩夹层的确认及其意义[J]. 地球科学, 1997, 22(6): 589-594.
- [6] 彭润民. 内蒙古狼山炭窑口一带钾质细碧岩的发现[J]. 科学通报, 1998, 43(2): 212-131.
- [7] 彭润民, 翟裕生, 王志刚. 内蒙古东升庙、甲生盘中元古代SEDEX型矿床同生断裂活动及其控制特征[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 25(4): 404-409.
- [8] 彭润民, 翟裕生, 王志刚, 等. 内蒙古狼山炭窑口热水喷流沉积矿床、钾质“双峰式”火山岩层的发现及其示踪意义[M]. 中国科学, 2004.
- [9] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 祁连山—秦岭山系海相火山岩[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991, 59-106, 183-198.

Discussion of mineralization feature of Langshan lead-zinc deposit in Neimenggu

LI Rong-xiang, HAO Tong-shun

(Geological Team 511#, Neimenggu Non-ferrous Metals Geological Exploration Bureau, Bayannaer, Neimenggu 015000)

Abstract: Hydrothermal sedimentation-exhalation Pb-Zn deposit is often located in the ancient continental margin or intracontinental rifting trough. Thick sedimentary accumulation and strong deoxidizing environment is the formation precondition of this kind deposit. Although there are with mass sulfide ore in mudstone and fine clastic rock type (SEDEX type), marine volcanic rock type (VMS type) deposit, with rich content of pyrite, the two types are obviously different in geological environment. The former is in the shallow marine environment of shelf or miogeosyncline with a lot of accumulation of mud and sand. The latter is in the environment of eugeosyncline, with marine volcanic activity of calc-alkaline series or tholeiitic basalt. On the basis of the study and summary of the mineralization feature of the typical deposits in the Langshan ore zone, the paper has pointed out that secondary basin of the deposit is a marine rifting basin with deoxidizing quality under the spreading condition in the ancient continental margin of north China. The contemporaneous faulting activity is the main ore-controlling process. The volcanic activity of the same sedimentary period is also obvious in the exhalation mineralization process. The mineralization process and dynamical source of the typical deposits in the Langshan ore zone are various and complicated and special. It is significant to guide the exploration in the region.

Key Words: Pb-Zn deposit, mineralization process, sedimentation-exhalation type, Langshan-Zhaertaishan, Neimenggu