

内蒙古狼山—渣尔泰山矿集区海底喷流成矿特征与勘查*

Characteristics and exploration of submarine sedex deposits in the Langshan-Zhaertai ore concentration area, Inner Mongolia

彭润民¹, 翟裕生^{1,2}, 王志刚³, 韩雪峰³, 秦俊文³, 王建平^{1,2}, 梅建明¹

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 中国地质大学“岩石圈构造、深部过程及探测技术”教育部重点实验室, 北京 100083; 3 内蒙古化工地质勘察院, 内蒙古 呼和浩特 010070)
PENG RenMin¹, ZHAI YuSheng^{1,2}, WANG ZhiGang³, HAN XueFeng³, QIN JunWen³,
WANG JianPing^{1,2} and MEI JianMing¹

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Key Laboratory of Lithosphere Structure, Deep Process and Detection Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3 Inner Mongolia Academy of Geological Exploration for Chemical Industry, Hohhot 010070, Inner Mongolia, China)

摘要 狼山—渣尔泰山矿集区内的东升庙、炭窑口、霍各乞和甲生盘等大型-超大型矿床的产出受华北古陆北缘裂陷槽内三级断陷盆地控制, 都具有鲜明的层控与岩控特征、矿体总体呈层产在中元古界的白云石大理岩、炭质千枚岩(或片岩)中, 成矿过程中的同生断裂活动与强度在一定程度上控制了矿体的空间分布与矿床规模。狼山地区的霍各乞、东升庙、炭窑口矿床成矿期间伴有明显的火山喷发活动, 可归于 SEDEX-VMS 型之间、但靠近 SEDEX 型一侧的矿床, 而甲生盘矿床则表现出较典型的 SEDEX 型矿床的成矿特点。古生代以来的造山过程对本类矿床有明显的改造与叠加成矿。新区与现有矿床深部及外围的找矿宜注重对容矿岩组中同生断裂活动遗迹与同沉积期火山活动产物的识别以及后期蚀变特征的追踪。

关键词 矿床特征; 海底喷流成矿; 成矿控制; 勘查要点; 华北地台北缘; 内蒙古

狼山—渣尔泰山矿集区位于华北地台北缘西段, 内产东升庙、炭窑口、霍各乞、甲生盘等大型~超大型矿床, 向东北可与著名的白云鄂博矿区相连(图1)。本文在简要介绍其矿床特征与成矿规律基础上, 提出找矿方向。至于该矿集区的构造地质背景、含矿岩系狼山群和渣尔泰山群的划分与对比、各典型矿床的基本地质特征及成因探讨等可参见文献(李兆龙等, 1986; 施林道等, 1994)。

1 矿床特征

1.1 中元古代的喷流成矿特征

前人的成果(李兆龙等, 1986; 施林道等, 1994)和作者在该区的多年研究表明, 狼山~渣尔泰山矿集区的形成受中元古代被动陆缘裂陷槽内三级断陷盆地、沉积建造岩性及组合、同生断裂活动、同沉积期火山作用、成矿物质来源、热水对流系统发育

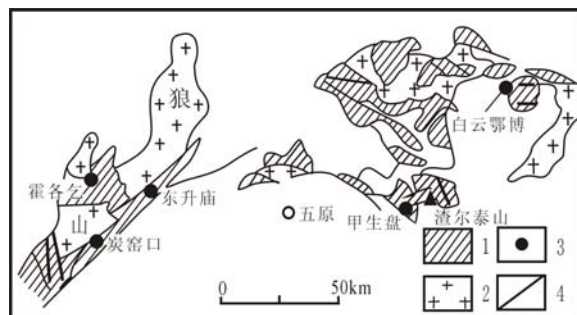


图1 内蒙古狼山-渣尔泰山-白云鄂博矿集区矿床分布图
1—中元古界狼山群、渣尔泰山群、白云鄂博群
2—花岗岩; 3—矿床; 4—断裂

*本研究得到了国家自然科学基金重点项目(批准号:40234051)、国家自然科学基金项目(批准号:40572064)、国家重点基础研究发展计划项目(编号 2006CB403503)和内蒙古自治区地质勘查招标项目(编号: 2004-01-KY2)联合资助

第一作者简介 彭润民, 男, 1957年生, 教授, 博士生导师, 矿床与勘查专业, E-mail: cprm@cugb.edu.cn

程度等多种因素制约 (Peng et al., 2004)。

Zn、Pb、Cu、Fe 硫化物矿体总体呈层产出、产状稳定,但在同生断裂附近,有些含有同生角砾状构造矿体的矿体厚度出现明显突变现象。

矿石矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿与黄铜矿,它们可有不同的组合、形成不同的矿石类型。可见到重晶石层与闪锌矿层、或者与黄铁矿层互层产出。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 (彭润民等, 2000; Peng et al. 2004)。

已知矿床层状矿体的各类矿石矿物的铅同位素模式年龄多集中在中元古代成矿,与容矿岩组中的同沉积期火山岩的形成年龄具有一致性。其硫同位素表现为重硫富集,与典型 SEDEX 型矿床的硫同位素组成具有相似性(韩发等, 1999)。总之,该矿集区的东升庙、炭窑口、霍各乞和甲生盘矿床具有鲜明的层控与岩控性,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

表 1 内蒙古狼山—渣尔泰山矿集区各典型矿床的成矿特征

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	渣尔泰山群阿古鲁沟组
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、透辉透闪石岩和石英岩	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 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	阿古鲁沟组炭质板岩、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、另可见到交代结构、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、另可见到交代结构、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	散胶状和变胶聚粒状结构、它形~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,另条带状、纹层状、角砾状、浸染状、网脉状矿石	以块状、条带状矿石为主,另有纹层状、浸染状矿石	以浸染状、条带状矿石为主,另有角砾状、斑杂状矿石和脉状矿石	多为条带(纹)状、块状、浸染状矿石,另有残余层纹状、斑杂状矿石
矿体形态	以层状矿体为主,另有似层状、透镜状矿体,总体与围岩产状一致	以层状、似层状矿体为主,另有透镜状矿体,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→CuZn→CuPbZn→PbZn(上);水平方向:由 CuPbZn→PbZn→Zn→(菱)Fe	垂向:由(下)Cu→Zn(Cu)(上);水平方向:总体由 CuZn→Zn	垂向:由(下)Cu→ZnPb→Fe(Pb)(上);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 $\delta^{34}\text{S}$ = (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见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:S 矿与 Zn、Pb、Cu 矿体、菱铁矿体	大型:S 矿与 Zn、Cu 矿体,缺少 Pb 矿体	大型:Cu 矿、Fe、Pb、Zn 矿	大型:S 矿、Pb、Zn 矿,缺少 Cu 矿体

资料来源: 本文; 芮宗瑶等, 1994; 王思源等, 1993; 王魁元等, 1994

型矿床 (韩发等, 1999; Sangster, 1999; MacIntyre, 1992) 的成矿特征 (表 1)。

1.2 后期叠加成矿特征

近年在已有矿床外围与深部的找矿工作中发现，一些层状铅锌矿体有明显的裂隙脉状重结晶与矿化现象，在矿脉周边的围岩蚀变后呈紫红色或褐色。另外还新见有裂隙脉状黄铜矿体，矿脉周边也有很明显的蚀变现象。这两类矿石中的闪锌矿与黄铁矿的起爆裂温度都大于 300℃，明显高于国内外典型 SEDEX 型矿床的成矿温度（韩发等，1999），显示出后期岩浆热液叠加的成矿特征。

2 成矿规律

2.1 矿床的空间分布

狼山—渣尔泰山矿集区呈近东西向展布，总长约 400 km，宽 30~50 km，可进一步分为南、北两个次级拗陷带，其中的三级断陷盆地是各典型矿床产出的具体场所（图 2）。各赋矿次级盆地都富含有机质，都属于华北古陆边缘拉张条件下的裂谷盆地。

2.2 矿体的赋矿层位

该矿集区的赋矿地层是中元古界狼山群和渣尔泰山群。东升庙、炭窑口、霍各乞矿床主要产在狼山群第二岩组三个岩段的不同岩类中。只有霍各乞矿床有部分铜矿体产在石英岩中，这可能与后期叠加成矿作用有关。而渣尔泰山群则只有阿古鲁沟组含矿，如甲生盘大型 Pb、Zn 硫化物矿床就是产在阿古鲁沟组二段中（表 1），层控特征都十分明显。

2.3 同生断裂活动及其对成矿的控制

同生断裂活动是热水喷流成矿的重要标志与控矿因素。近年通过对该矿集区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、矿体内部结构与空间分布规律等资料，确认在狼山群和渣尔泰山群成矿过程中有同生断裂活动，它对喷流成矿起重要作用。不同规模的同生断裂对喷流成矿所起作用不同。

狼山—渣尔泰山裂陷槽的边界受区域性断裂的控制（图 2）。在拉张条件下，这些断裂的继承性活动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、沉积带的分布，因而东升庙、炭窑口、霍各乞和甲生盘矿床容矿建造的岩性及其组合、容矿岩组的厚度（表 1）存在明显差别。

矿区范围内的同生断裂活动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。在同生断裂附近，一些矿体突然变薄，甚至消失（图 3）。

同生断裂是深部成矿物质(流体等)进入赋矿盆地的通道，其活动频率与持续时间影响矿体的时空分布与矿床规模。

2.4 同沉积期火山活动对成矿的作用

近 10 多年的研究已在霍各乞、东升庙、炭窑口矿床容矿岩组中先后找到同沉积期的变质基性火山岩（杨海明等，1992）、钠质“双峰式”火山岩（彭润民等，1997）、钾质“双峰式”火山岩夹层（彭润民等，2004），证实狼山~渣尔泰山矿集区在喷流-沉积成矿过程中有明显海底火山（喷发）活动，它

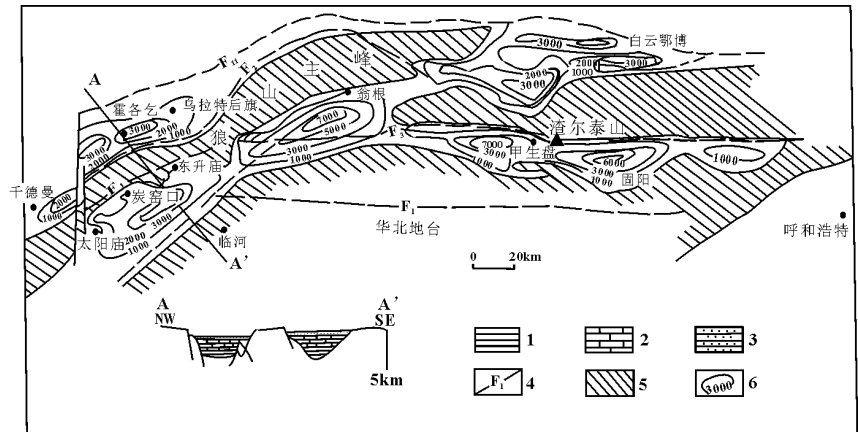


图 2 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代沉积-构造（据王思源等，1993 修改）
1—泥质岩类；2—碳酸盐岩类；3—砂砾岩类；4—深断裂及编号；5—古陆；6—地层等厚线

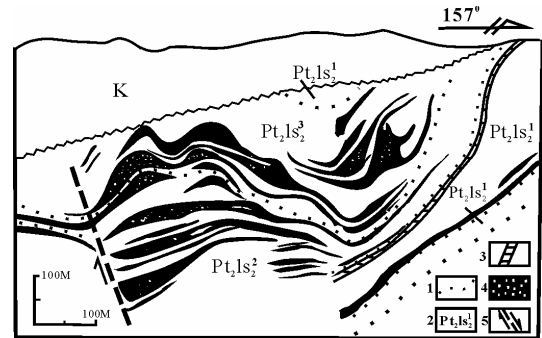


图 3 内蒙古东升庙矿床勘探剖面图(资料来源：本文、化工部内蒙古地质队)
1—岩段界线；2—岩段代号；3—火山岩层；4—含角砾状矿石的矿体；5—推测的同生断层

们与热水喷流-沉积成矿有密切内在成因联系,直接提供了部分成矿物质和热能,对维持赋矿盆地的热异常、维持热水对流成矿系统的形成与循环和热水喷流成矿作用的发生起了重要作用。

3 找矿方向

中元古代时发生了伸展构造动力背景下的重大成矿事件,在全球范围内形成了许多大型—超大型热水喷流沉积矿床。内蒙狼山—渣尔泰山矿集区是中国最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。它的成矿时代、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 SEDEX 型矿集区(MacIntyre, 1992; Plumb, et al. 1990; Sangster, 1999)有相似性和可对比性。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。近年发现,白云鄂博表明其具有独特的地球动力学背景和成矿环境。

该矿集区的矿床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、由多种成矿因素综合作用、耦合成矿的产物。同生断裂活动、同沉积期的火山喷发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。在海西期以来的造山作用过程中,它们又受到了明显的改造作用,且已见到由后期叠加成矿作用形成的矿体。因此,在今后的找矿与研究工作中,宜注重做以下几方面的工作:

1 注重研究该矿集区在喷流成矿过程中的同生断裂与火山活动及产物。同生断裂是该矿集区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的空间展布以及盆地内的沉积作用、火山活动和成矿作用、各种矿体的时空分布。进一步研究同生断裂对成矿的控制作用,可有助于总结成矿规律、利于找矿工作。

2 注意研究同沉积期火山活动的时空分布规律。已有研究表明,同沉积期的火山活动直接提供了部分成矿物质。火山岩夹层与矿体有较稳定的空间关系,是重要的找矿标志层。在今后的工作中,宜进一步对它进行深入研究。

3 已初步研究发现,古生代以来的造山过程对本类矿床发生了明显的改造与叠加成矿。因此新区与现有矿床深部及外围的找矿宜注重对后期蚀变现象与特征的追踪,以深化对后期叠加成矿作用的认识。

参 考 文 献

- 韩发,孙海田. 1999. Sedex 型矿床成矿系统. 地学前缘, 6(1): 139~162.
- 郝梓国,王希斌,李震,等. 2002. 白云鄂博碳酸盐型 REE-Nb-Fe 矿床——一个罕见的中元古代破火山机构成岩成矿实例. 地质学报, 76(4): 525~540.
- 李兆龙,许文斗,庞文忠. 1986. 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. 地球化学: (1): 13~23.
- 施林道,谢贤俊,巩正基. 1994. 狼山—渣尔泰山中元古代裂陷槽有色金属矿床. 见: 芮宗瑶,施林道,方如恒编. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质. 北京:地质出版社. 121~131.
- 彭润民,翟裕生. 1997. 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. 地球科学, 22(6): 589~594.
- 彭润民. 1998. 内蒙古狼山炭窑口一带钾质细碧岩的发现. 科学通报, 43(2): 212~216.
- 彭润民,翟裕生,王志刚. 2000. 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矿特征. 地球科学—中国地质大学学报, 25(4): 404~409.
- 彭润民,翟裕生,王志刚,韩雪峰. 2004. 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. 中国科学, 34(12): 1135~1144.
- 杨海明,苏尚国. 1992. 内蒙古狼山北侧中元古代变基性岩特征及其成矿意义. 矿床地质, 11(2): 142~153.
- 翟裕生,彭润民,向运川,等. 2004. 区域成矿研究法. 北京:中国大地出版社. 161~173.
- MacIntyre D G. 1992. SEDEX-sedimentary-exhalative deposits. In: McMillan W J, Hoy T, MacIntyre D G, et al., ed. Ore deposits, tectonics and metallogeny in the Canadian Cordillera Victoria. Queens printer for British Columbia, 25~66.
- Peng R M and Zhai Y S. 2004. Hydrothermal mineralization on the Mesoproterozoic passive continental margins of China: A case study in the Langshan-Zha'ertaishan belt, Inner Mongolia, China. Acta geologica sinica, 78(2): 534~547.
- Plumb K A, Ahmad M and Wygralak A S. 1990. Mid-Proterozoic basins of the North Australian craton-regional geology and mineralisation. In: Hughes F E, ed. Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New Guinea (Vol 1). Australia: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy Clunies Ross House. 881~902.
- Sangster D F. 1999. Sedimentary-exhalative(SEDEX) sulphide deposits. In: Maria da Glória da Silva Aroldo Misi, ed. Base metal deposits of Brazil. Ernesto von Sperling. 16~17.