

# Discussion on Ore-Forming Material Sources of Haobugao Pb-Zn Deposit in Chifeng, Inner Mongolia

Jiuda Sun<sup>1</sup>, Wenchao Liu<sup>2</sup>, Guoshun Ren<sup>2</sup>, Liqing Zhan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Inner Mongolia Chifeng Institute of Geological and Mineral Exploration and Development, Chifeng Inner Mongolia

<sup>2</sup>Chifeng Shandong Gold Hongling Non-ferrous Mining Co., Ltd., Chifeng Inner Mongolia

<sup>3</sup>Institute of Disaster Prevention, Beijing

Email: 306292193@qq.com

Received: Nov. 29<sup>th</sup>, 2018; accepted: Dec. 11<sup>th</sup>, 2018; published: Dec. 18<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

The Haobugao Pb-Zn deposit is a typical skarn deposit in Inner Mongolia. The main strata exposed in the mining area are the Permian Dashizhai Formation of marine sedimentary and continental-volcanic sedimentary rock series, and also the main host rock of the Haobugao Pb-Zn polymetallic deposit. Based on the analysis of ore-forming elements of different rocks in the boreholes of the deposit, the metallogenic elements As, Zn, Cu, Pb, Sn, etc. have relatively high abundance value in the formation surrounding rock (slate, marble, granite, etc.), which are obviously higher than the clark value; The mineralization elements in the surrounding rocks were activated by the hydrothermal fluid and the formation surrounding rock, which provided a certain amount of material source for the formation of the deposit.

## Keywords

Haobugao Pb-Zn Deposit, Abundance of Metallo-Genic Elements, Infiltration Metasomatism, Source of Metallogenic Material

---

# 内蒙古赤峰浩布高铅锌矿成矿物质来源的探讨

孙九达<sup>1</sup>, 刘文超<sup>2</sup>, 任国顺<sup>2</sup>, 湛礼卿<sup>3</sup>

<sup>1</sup>内蒙古赤峰地质矿产勘查开发院, 内蒙古 赤峰

<sup>2</sup>赤峰山金红岭有色矿业有限责任公司, 内蒙古 赤峰

<sup>3</sup>防灾科技学院, 北京

Email: 306292193@qq.com

收稿日期：2018年11月29日；录用日期：2018年12月11日；发布日期：2018年12月18日

## 摘要

内蒙古浩布高铅锌矿床是比较典型的矽卡岩型矿床。矿区出露的主要地层为海相沉积和陆相 - 火山沉积岩系的二叠系大石寨组，同时也是浩布高铅锌多金属矿床的主要容矿围岩。通过对该矿床钻孔中不同岩石成矿元素分析，成矿元素As、Zn、Cu、Pb、Sn等在地层围岩(板岩、大理岩、花岗岩等)中均具有相对较高的丰度值，明显地高于克拉克值；且成矿气水热液与地层围岩发生渗滤交代作用，热液在运动的过程中活化围岩中的成矿元素，为矿床的形成提供了一定的物质来源。

## 关键词

浩布高铅锌矿，成矿元素丰度，渗滤交代作用，成矿物质来源

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

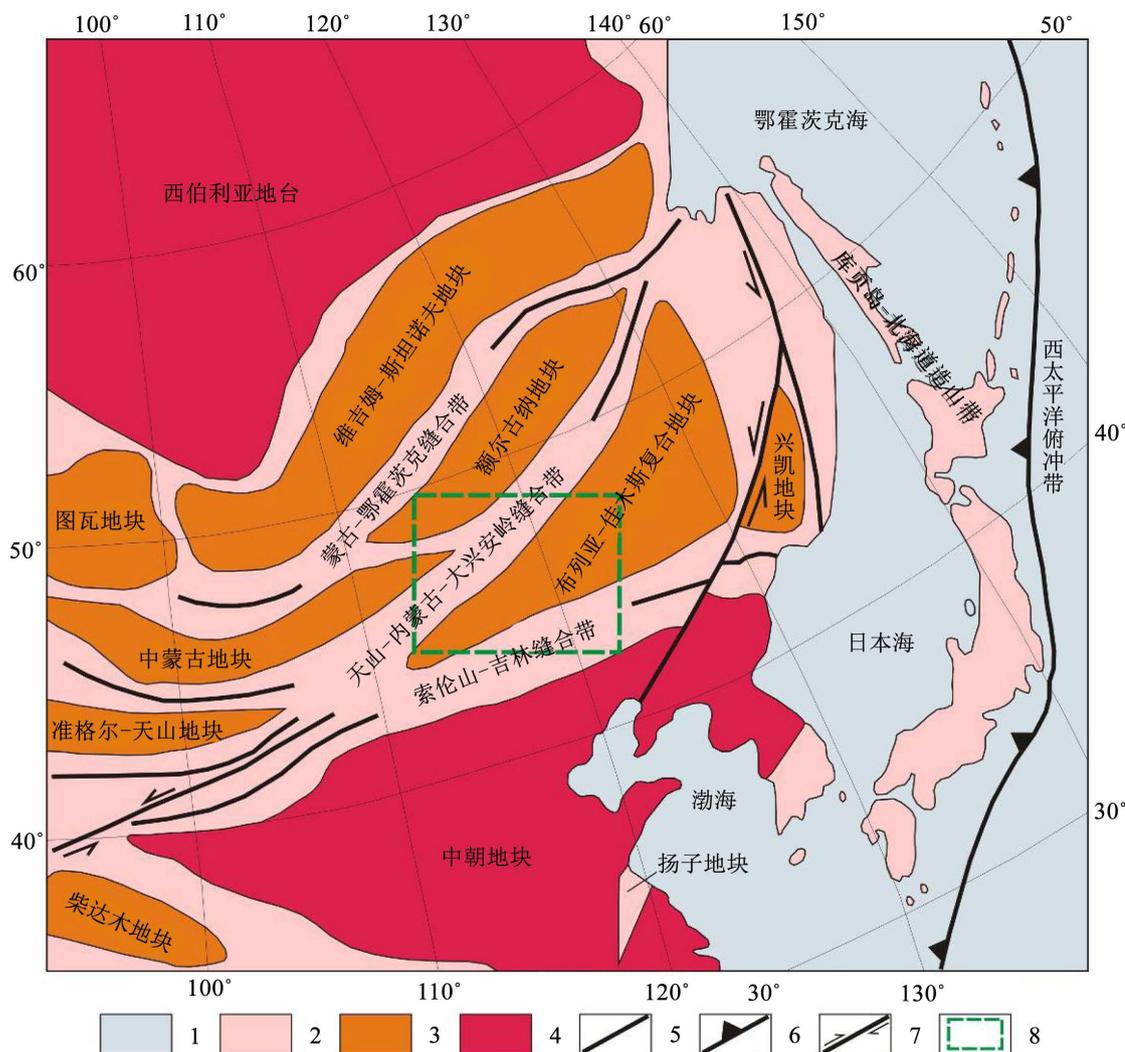
浩布高铅锌矿位于大兴安岭南东段南坡，黄岗 - 甘珠尔庙复式背斜北东端。其矿体产于燕山晚期花岗岩与二叠系大石寨组接触带部位。前人对区内矿床的成岩成矿时代、矿床成因、区域成矿规律等方面做了较多的研究工作。对于矿床的成矿年代，由于缺乏适合定年的矿物，一直存在争议；有学者认为本区成矿作用发生在燕山期[1]-[6]，也有学者认为本区存在海西期和燕山期两期成矿在事件[6] [7] [8]。对于该矿床的成因类型问题前人的争议不大，多数学者认为该矿床属中生代形成的矽卡岩型矿床，并认为其成矿流体明显受到大气降水的影响[9] [10] [11]。但对于该矿床的成矿物质来源，要梅娟(2012)等通过对矿床硫化物进行 S-Pb 同位素分析，提出成矿物质源自于深源岩浆[10]，由古生代造山作用产生的增生地壳物质是成矿物质的主要来源；王祥东对乌兰楚鲁特和乌兰坝杂岩体的地球化学研究显示，它们具有相似的主量元素特征以及一致的稀土微量元素配分模式[12]，显示成岩与成矿具同源性[13]。前人研究显示，该矿床成矿物质来源主要存在两种观点，一种是二叠纪大石寨组和哲斯组可以作为部分成矿元素的矿源层，部分成矿元素来自大陆壳，部分来自下地壳 - 地幔[14]；另一种观点则是浩布高铅锌多金属矿区的主要成岩、成矿物质具有相同来源，均源自地壳和地幔两个端源的贡献[13]。鉴于此，本文主要通过对浩布高矿区钻孔中不同标高的岩石的成矿元素含量分析，探讨二叠系与成矿物质来源的关系。

## 2. 区域地质背景

浩布高多金属矿床位于天山 - 内蒙古 - 大兴安岭缝合带上及其附近(图 1)，矿区处于西伯利亚板块与中朝地块的挤压碰撞带以及西太平洋板块的俯冲带上。故导致大兴安岭地区区域内的火山、岩浆活动一再的异常和 NE 向断裂构造异常发育[13]。

古生代时，大兴安岭处于古亚洲洋活动板块边缘，经历过多期的碰撞造山、块体的拼接缝合；中生代以来，又经历了太平洋板块的俯冲碰撞构造作用的影响，以及 NE 向火山岩浆 - 构造活动。因此，研究区的成矿地质条件得天独厚。由于地壳的稳定下降，使得地层依次有序沉积；在三叠世期间，由于地

壳的升起,使得地层处于风化侵蚀环境,使得地层顺序中缺少了三叠系。在区内普遍发育中生代地层和古生代地层。古生代地层发育较好,比较有典型意义的为二叠系。二叠系岩性以泥岩、板岩和粉砂质板岩等为主,其次为碎屑岩,包括砾岩以及砂岩和粉砂岩等,主要分布于矿区的林东-巴林左旗地区。岩浆岩在区域内分布范围较广,整体呈带状分布,主要以酸性侵入岩为主。华力西晚期岩浆岩多为花岗岩类,燕山期区域岩浆侵入和火山喷发作用猛烈,岩浆岩分布广,组合多。岩浆岩主要呈酸性侵入岩,形态多样。



1. 海洋; 2. 显生宙造山带; 3. 被改造的微大陆; 4. 古大陆; 5. 古缝合带; 6. 现代俯冲带; 7. 走滑断层; 8. 研究区。

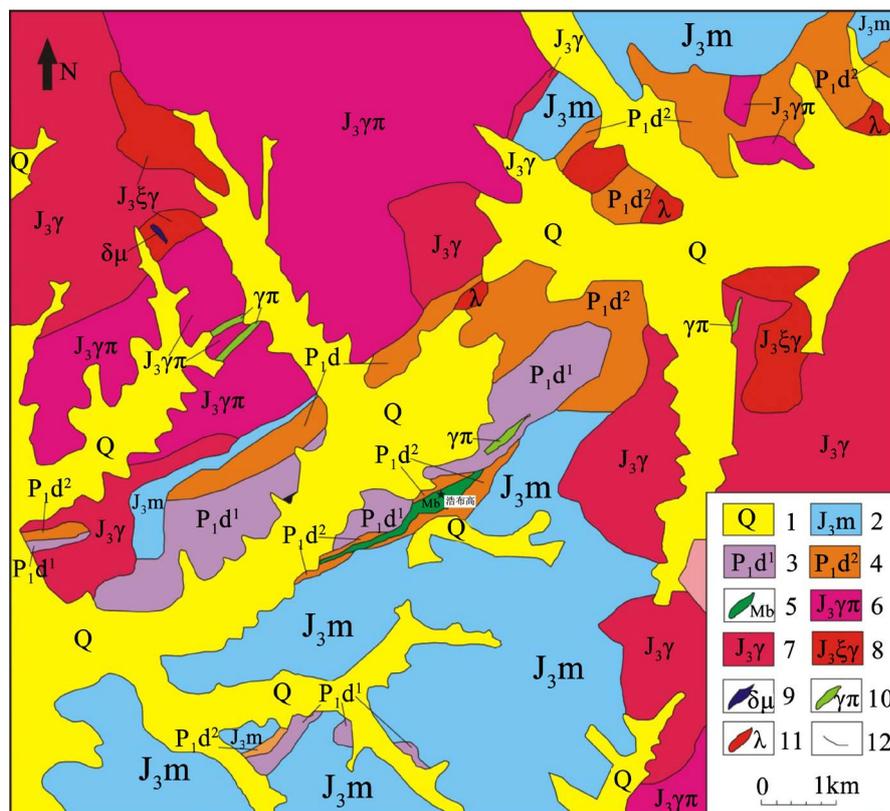
Figure 1. Geotectonic location map of the study area [15]

图1. 研究区大地构造位置图[15]

### 3. 矿床地质特征

矿区内地表可见的露头主要有4类地层,分别为二叠系中统大石寨组( $P_2ds$ )、二叠系中统哲斯组( $P_2zs$ )、侏罗系上统满克头鄂博组( $J_3mk$ )和第四系(图2)。

浩布高背斜是矿区的主要褶皱构造,长150 km,宽45 km,轴向约为NE 55°,主要由晚古生代二叠统大石寨组地层组成的,主要分布于浩布高一带[16]。



1. 第四系；2. 晚侏罗系满克头鄂博组火山碎屑岩；3. 早二叠系大石寨组下段安山岩；4. 早二叠系大石寨组中段粉砂质板岩；5. 大理岩；6. 燕山晚期花岗斑岩；7. 燕山晚期闪长玢岩脉；8. 燕山晚期中细粒钾长石花岗岩；9. 斑状花岗岩；10. 花岗斑岩脉；11. 流纹斑岩脉；12. 地质界线。

Figure 2. Location and geological setting of Haobugao deposit

图 2. 浩布高矿区地质简图

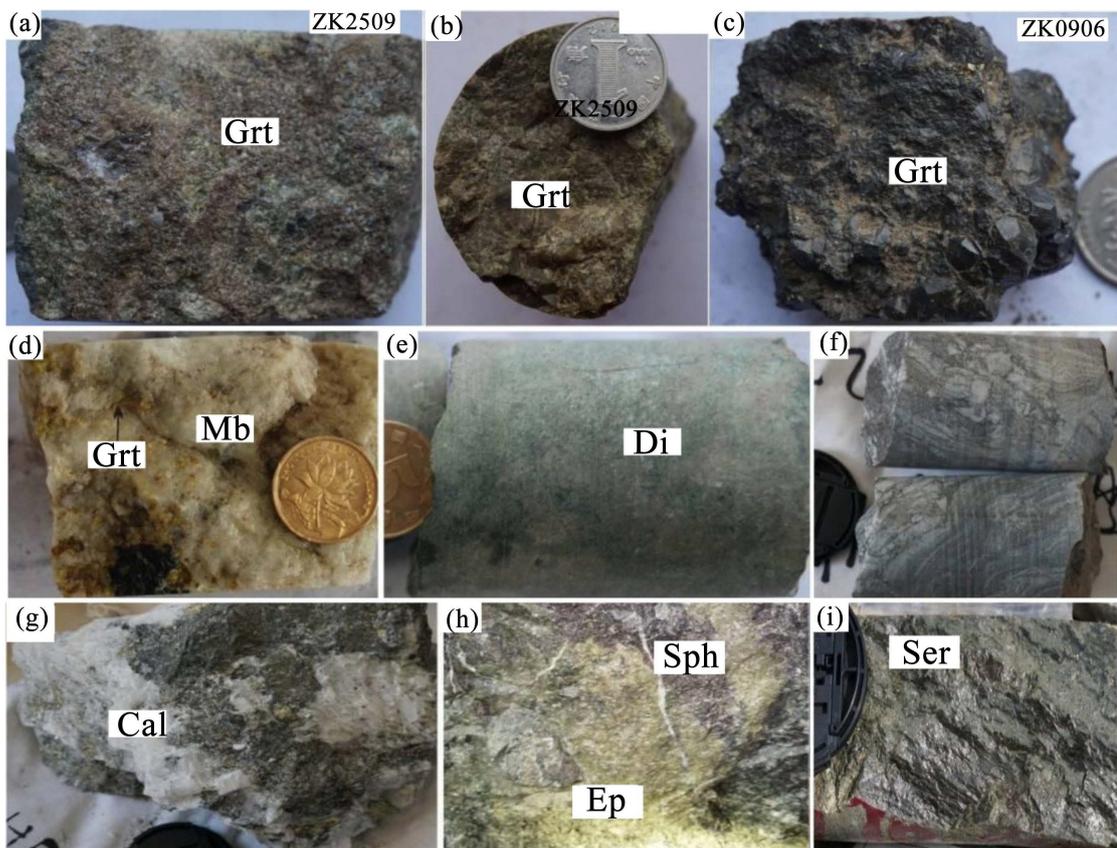
断裂构造也十分发育，燕山晚期是多数断裂构造形成的重要时期。矿区内花岗质侵入体在北东向的构造岩浆岩带上广泛分布，主要有华里西晚期和燕山期形成的各种花岗质侵入岩。

矿体产于二叠系下统下部大石寨组地层中的大理岩等碳酸盐和中基性岩接触带及其附近，发生接触交代作用，形成矽卡岩矿床。围岩蚀变以接触交代类型为主，矽卡岩化为主要的蚀变类型(图 3)，也是对成矿最有利的蚀变类型[13]；此外还见有磁铁矿化、铜矿化、褐铁矿化、绿泥-绿帘石化、角岩化、云英岩化、和硅化等。

矿体产于二叠系下统下部大石寨组地层中的大理岩等碳酸盐和中基性岩接触带及其附近，矿体赋存于矽卡岩中。铜 6970 吨，平均品位 0.14%；银矿石量为 114.14 吨，平均品位为 16.79 g/t；锌矿体中伴生铁矿石量：260.0508 万吨，平均品位 17.23%；铅与锌同体共生矿体金属量：1512 吨，平均品位 1.72%；铜与锌同体共生矿体金属量：8661 吨，平均品位 0.94%；铜与锌异体共生矿体矿石量：3.3718 万吨，金属量 206 吨，平均品位 0.61%；铁矿体矿石量：753.4754 万吨，平均品位 32.69%。

锌 1 号矿体：呈似层状，走向为南北方向和东南方向，长为 1300~1400 m，深度 200~400 m，厚 0.99~28.33 m；锌矿体矿石总量为 676.6013 万吨，锌金属量为 286,916 吨，平均品位 4.24%；锌矿体中伴生金属量中铅矿体为 3872 吨，平均品位 0.23%；

铅 1 号矿体：呈层状、似层状，走向为东西方向；长度 350~550 m，厚度 0.35~7.37 m；铅矿体矿石总量为 635.2056 万吨，平均品位 2.25%。



Grt: 石榴子石; Di: 透辉石; Mb: 大理岩; Cc: 方解石; Ep: 绿帘石; Ser: 蛇纹石; Sph: 闪锌矿。

**Figure 3.** Photographs of typical ores in Haobugao Pb-Zn deposit

**图 3.** 浩布高铅锌矿典型矿石照片

矿石结构：半自形 - 他形粒状结构、乳滴状结构、交代溶蚀结构、固溶体分离结构、交代残余结构、填隙结构、碎裂结构、骸晶结构、次文象结构等。

矿石构造：主要有致密块状构造、条带状构造、角砾状构造、脉状构造、梳状构造浸染状、网脉状、斑杂构造等。

#### 4. 实验样品与实验结果

本次研究对浩布高铅锌矿区 5 个钻孔采集了 267 块标本，对其进行原岩光谱分析，其分析结果列于表 1。

**Table 1.** Statistical table of ore-forming elements analysis data of rocks and ores with different elevations in boreholes

**表 1.** 钻孔不同标高岩石及矿石成矿元素分析数据统计表

元素	单位	最小值	最大值	中国陆壳	元素平均含量					
					大石寨组	矽卡岩	板岩	大理岩	花岗岩	变质粉砂岩
As	10 <sup>-6</sup>	<50	>500	1.90	183.02	266.81	101.69	117.50	50.00	50.00
Pb	10 <sup>-6</sup>	<10	200	15.00	18.47	20.44	18.14	15.00	18.33	18.00
Cu	10 <sup>-6</sup>	<10	>5000	38.00	433.00	613.98	100.17	39.00	47.50	42.00
Zn	10 <sup>-6</sup>	50	>5000	86.00	810.15	1050.27	232.20	389.00	183.33	200.00
Sn	10 <sup>-6</sup>	<10	>500	4.10	201.60	318.58	28.98	29.50	15.83	38.00

## 5. 讨论

二叠系中的大石寨组和哲斯组为红岭铅锌矿内主要的出露地层。它们主要分布在巴林右旗 - 黄岗 - 巴林左旗 - 林西地区。张德全等(1994)对研究区二叠纪地层各组地层中元素丰度进行了研究,在大石寨组和哲斯组中,As、Sn、Pb、Zn、Ag、Ba和Mn元素的浓集系数均大于1 [17]。其中成矿元素中的As为特富集元素[19], $K > 5$ 。在大石寨组中,元素Ag、Pb、Sn、Zn也都相对较为富集[12], $K > 1.5$ ,明显高于元素的地壳克拉克值。浓集系数为0.5~1范围的为铁族元素,包括Cr、Mn元素,称为稳定元素; $K(\text{Ni}) < 0.5$ ,非常明显的低于元素的地壳克拉克值。在哲斯组中,元素Ba、Pb、Sn、Ag为富集元素, $K > 1.5$ ;元素Ni为贫化元素, $K(\text{Ni}) < 0.5$ ,也非常明显的低于元素的地壳克拉克值;其余元素为稳定元素, $K = 0.5 \sim 1$ 。

张德全等(1994)对矿区内二叠纪地层元素地球化学背景进行研究认为:1)元素在不一样的地层中也有不一样的富集程度,在大石寨组中,Sn、Ag含量最高,Pb元素含量较低;但在哲斯组中却相反,Pb元素含量很高,但Sn、Ag元素较低;2)主要富集元素为As、Sn、Ag、Pb和Zn五种元素[16];且As和Sn元素的浓集系数均大于2,Pb浓集系数在1.5~2之间[17],Zn为1~1.5之间,均明显的高于克拉克值;3)贫化元素且浓集系数 $K < 1$ 的为活动能力较低的铁族元素,包括Cr、V、Ti、Co、Ni等元素。

矿区内的二叠系地层为该矿床重要的赋矿层位[18],大石寨组地层对矿体的形成具有重要的控制作用[2]。地层中富集Pb、Zn、Sn、As等成矿元素[7],Pb、Zn元素的浓集系数 $K$ 为1~2 [16],Sn、As为特富集元素, $K$ 均大于2,在某些岩石类型中 $K$ 高达3~4或更高。Sn、Zn、Pb、Cu元素中的浓集系数高于克拉克值,同时也为矿区的成矿元素,这反映地层为成矿提供了一定的物质来源。

本区南部地层以富集Sn、Zn为特征,故南部区主要产出锡锌多金属矿床[16](如黄岗 - 大井矿床);北部区地层富含Pb元素为特征,故较发育铅矿床(如莲花山矿床);中部区富含Sn、Zn、Pb等元素,故形成铅锌锡多金属矿床(如浩布高 - 白音诺尔矿床)。从图4中可以看出,成矿富集元素与矿床的分布具有一定的规律,反映了地层提供一定的成矿物质来源。

矿体分布于大理岩层间及顶底板之间,均产在矽卡岩中[19]。花岗岩、变质粉砂岩和板岩等也是矿体周围的围岩。在浩布高铅锌矿的形成演化过程中,总是与地层围岩之间有活动组分的带入和带出,与地层之间会发生化学反应,产生物质交换。故分析矿体中的元素含量与地层围岩中的元素含量之间的关系对确定成矿物质来源具有重要的定性作用。

野外采集的围岩基本上来自于二叠系的大石寨组地层,且地层中的成矿元素含量明显高于克拉克值。对矿体周围不同距离的围岩中的主要成矿元素(表1)进行统计分析发现,在围岩中的矽卡岩和板岩都相对富集Cu、Pb、Zn和Sn元素。在矽卡岩中尤为富集;其中Cu平均含量 $613.98 \times 10^{-6}$ ,是大陆地壳克拉克值的140.4倍;Pb平均含量为 $20.44 \times 10^{-6}$ ,是克拉克值的1.80倍;Zn平均含量为 $1050.27 \times 10^{-6}$ ,是克拉克值的12.21倍;Sn平均含量为 $318.58 \times 10^{-6}$ ,是克拉克值的77.70倍。大理岩和花岗岩中相对富集Zn和Sn元素。

在钻孔ZK2016(图4)中,矿石主要为铅锌矿石和磁铁矿矿石,并且矿石中的成矿元素含量均较高;矽卡岩和矽卡岩化大理岩普遍分布于矿石的周围,并且成矿元素的含量也相对较高,但低于矿石中的元素的含量;矿体的周围还分布有大理岩、矽卡岩化大理岩、板岩和矽卡岩化板岩等围岩。在围岩与矿石中都比较富集的Zn、Sn元素随着ZK2016岩性柱中不同岩性的变化,对矿石周围的围岩中元素的含量与矿石中元素的含量进行处理得出结论:在矿石两侧的围岩中的元素的含量比矿石中的元素含量明显更低。

前人通过S同位素、Pb同位素和辉钼矿的Re-Os同位素示踪研究发现,浩布高铅锌矿主要成岩、成矿物质具有相同来源,均源自地壳和地幔两个端源的贡献[13]。浩布高铅锌矿为典型的矽卡岩型矿床,根

据含矿气水热液作用的方式和机理，可以判断是在地壳浅部或者中等深度、裂隙节理较为发育的、相对塑性的围岩中发生渗滤交代作用而形成的。由中酸性(或中基性)花岗侵入体分泌出来的含矿气水热液[20]，沿着接触带的裂隙构造系统上升运动；内蒙古浩布高红岭铅锌矿的成矿物质来源大部分来自于深源岩浆热液。但对于矿区出露的二叠系大石寨组中地层和围岩地球化学元素的分析，可以得出，地层围岩也为矿体的形成提供了一定的物质来源。

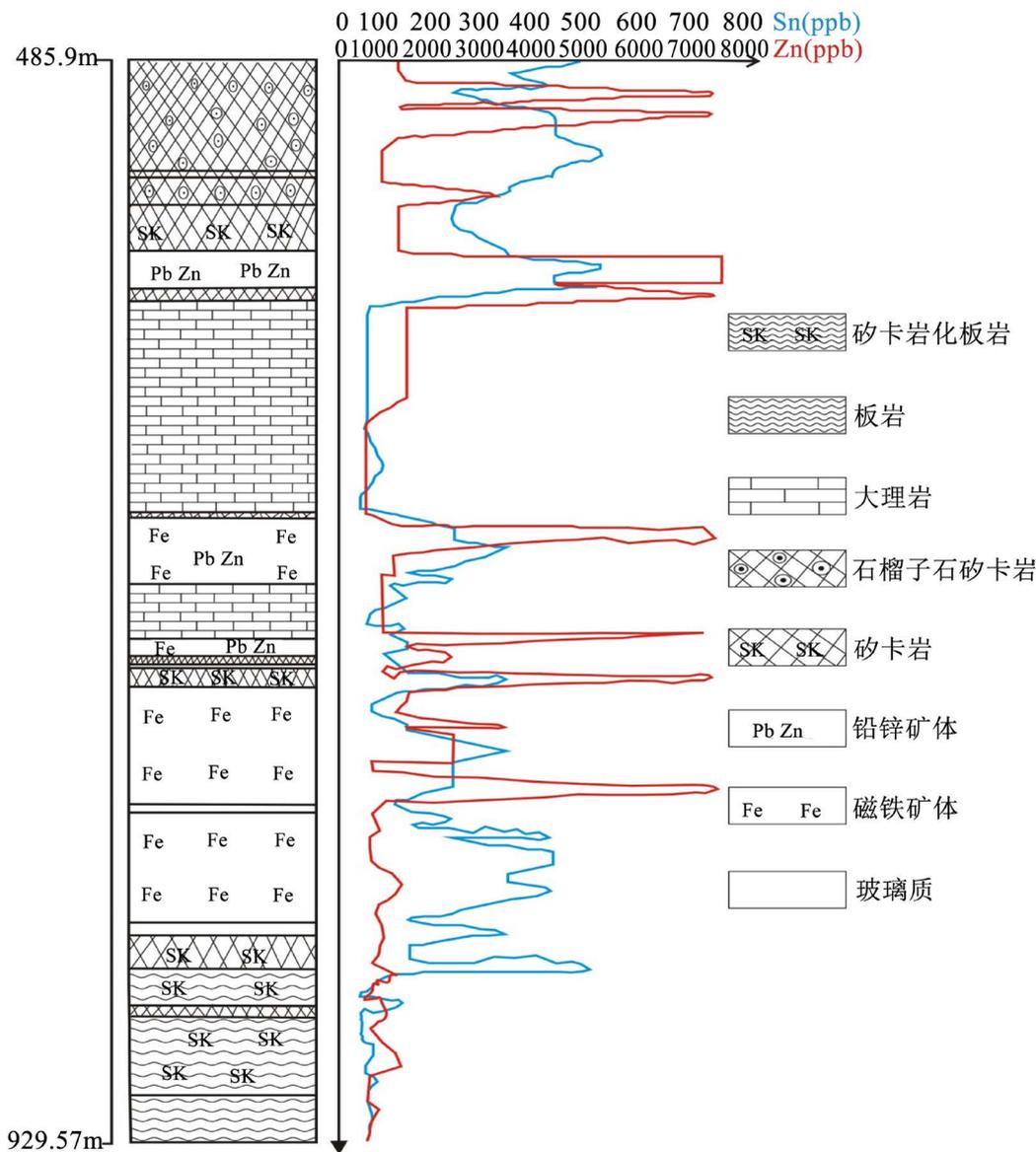


Figure 4. Borehole column map and corresponding element content change map

图 4. ZK2016 钻孔柱状图及对应元素含量变化图

## 6. 结论

1) 在矿区内出露的地层中，特别是二叠系中的大石寨组和哲斯组的地层中，成矿元素的浓集系数均较大，都明显的高于地壳克拉克值；并且在该元素富集地区也富产该金属矿床，体现了地层提供了一定的成矿物质来源。

2) 含矿气水热液在运动的沿途与围岩发生化学反应, 并将围岩中的活动组分活化出来并带入地层中参与反应, 使得矿石中的成矿物质元素高于围岩中的成矿元素。

3) 内蒙古浩布高红岭铅锌矿的成矿物质来源大部分来自于深源岩浆热液, 但有部分物质来源于来自于地层围岩。

## 基金项目

由中国地质调查局全国重点矿集区找矿预测子项目 DD2016005222 资助。

## 参考文献

- [1] 邵济安, 张履桥. 大兴安岭中生代伸展造山过程中的岩浆作用[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 339-346.
- [2] 邵济安, 牟保磊, 朱慧忠, 等. 大兴安岭中南段中生代成矿物质的深部来源与背景[J]. 岩石学报, 2010, 26(3): 650-656.
- [3] Ishiyama, D., Sato, R., Mizuta, T., *et al.* (2001) Characteristic Features of Tin-Iron-Copper Mineralization in the Anle-Huanggangliang Mining Area, Inner Mongolia, China. *Resource Geology*, **51**, 377-392. <https://doi.org/10.1111/j.1751-3928.2001.tb00109.x>
- [4] Zeng, Q.D., Liu, J.M. and Zhang, Z.L. (2010) Re-Os Geochronology of Porphyry Molybdenum Deposit in South Segment of Da Hinggan Mountains, Northeast China. *Journal of Earth Science*, **21**, 392-401. <https://doi.org/10.1007/s12583-010-0102-4>
- [5] Wang, J.B., Wang, Y.W., Wang, L.J., *et al.* (2001) Tin-Polymetallic Mineralization in the Southern Part of the Da Hinggan Mountains, China. *Resource Geology*, **51**, 283-291. <https://doi.org/10.1111/j.1751-3928.2001.tb00102.x>
- [6] 刘建明, 张锐, 张庆洲. 大兴安岭地区的区域成矿特征[J]. 地学前缘, 2004(1): 269-277.
- [7] 王长明. 大兴安岭中南段喷流——沉积成矿特征与成矿预测[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2008.
- [8] 孙珍军. 华北克拉通北缘赤峰——朝阳地区金矿成矿作用研究[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [9] 王莉娟, 王京彬, 王玉往, 等. 内蒙古东部与夕卡岩型矿床有关的花岗岩氧同位素特征——以浩布高矿床为例[J]. 地质论评, 2005, 50(5): 513-513.
- [10] 要梅娟, 刘家军, 翟德高, 等. 大兴安岭南段多金属成矿带硫, 铅同位素组成及其地质意义[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2012, 42(2): 362-373.
- [11] 邵济安. 大兴安岭的隆起与地球动力学背景[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [12] 王祥东. 内蒙古林东地区银铅锌多金属矿床成岩成矿作用[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2017.
- [13] 李剑锋. 内蒙古赤峰红岭铅锌多金属矿床成矿作用及外围成矿预测[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [14] 张德全. 浩布高铅锌锡铜砂卡岩矿床分带及成因探讨[C]//大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集. 北京: 地质出版社, 1993: 200-215.
- [15] 李锦轶, 莫中国, 和政军, 等. 大兴安岭北段地壳左行走滑运动的时代及其对中国东北及邻区中生代以来地壳构造演化重建的制约[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 157-167.
- [16] 李蒙文. 天山-兴蒙造山带中段内生金属矿床成矿系列及成矿预测[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2006.
- [17] 韩峰, 侯建军. 大兴安岭中段二叠系地球化学特征及其成矿意义[J]. 西部资源, 2012(1): 130-132.
- [18] 付丽娟. 内蒙古西乌珠穆沁旗布金黑铅锌矿床地质特征及找矿方向[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [19] 季斌. 内蒙古浩布高地区多金属矿综合信息找矿预测研究[D]: [博士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.
- [20] 吕书君. 新疆青河县老山口铁铜金矿床成矿机制研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2012.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)