

内蒙古满洲里地区哈拉胜大型银铅锌矿床地质特征及成矿时代

王景昕¹, 胥 嘉², 余 何³, 舒广龙², 冯德胜⁴, 时建民², 孙振江⁴

1. 桂林理工大学 地球科学学院, 广西 桂林 541004; 2. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034;
3. 贺州学院, 广西 贺州 542899; 4. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队, 黑龙江 齐齐哈尔 161031

摘 要: 矿床产于哈拉胜火山穹隆中, 成矿与火山-岩浆作用关系密切。钻探和高磁资料显示, 火山基底为额尔古纳河组, 穹隆核部为次火山岩体, 盖层塔木兰沟组和满克头鄂博组火山-沉积岩为容矿围岩。共圈定的 11 条矿体分布于穹隆东北部, 受近南北向张性断裂-裂隙控制, 产状较陡。4 条主矿体长 500~1400 m, 平均厚度 1~3 m, 延深一般 500~900 m。自岩体至围岩化探异常元素组合依次为 Bi(-Pb-Ag-As-Mo)→Ag-Pb-Mo-Cu→Pb-Zn-As→Ag-Pb-Zn-Sb→Ag-Pb-Zn-Sb; 矿化元素组合依次为 Cu(-Mo-Pb-Zn)→Pb-Zn-Ag→Pb-Ag; 围岩蚀变由岩体内部向外依次为硅化-钾化-石英绢云母化→夕卡岩化→玉髓化-绿帘石化-绿泥石化-碳酸盐化。3 件岩浆岩锆石 U-Pb 年龄为 161~142 Ma, 结合区域典型矿床研究成果, 认为矿床成岩成矿于晚侏罗世—早白垩世, 成矿年龄为 142 Ma。

关键词: 银铅锌矿床; 浅成低温热液型; 哈拉胜; 新巴尔虎右旗; 内蒙古

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND METALLOGENIC AGE OF THE LARGE SILVER-LEAD-ZINC DEPOSIT IN HALASHENG OF MANZHOU LI AREA, INNER MONGOLIA

WANG Jing-xin¹, XU Jia², YU He³, SHU Guang-long², FENG De-sheng⁴, SHI Jian-min², SUN Zhen-jiang⁴

1. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi Autonomous Region, China;

2. Shenyang Center of Geological Survey, CGS, Shenyang 110034, China; 3. Hezhou College, Hezhou 542899, Guangxi Autonomous Region, China;

4. No. 706 Team of Heilongjiang Geological Survey for Nonferrous Metals, Qiqihar 161031, Heilongjiang Province, China

Abstract: This Ag-Pb-Zn deposit is occurred in the Halasheng volcanic dome, with mineralization closely related to volcano-magmatism. The drilling and high-precision magnetic data show that the volcanic basement is the Ergunahe Formation, with subvolcanic body as the core of the dome and the volcanic-sedimentary cap rocks of Tamulangou and Manketouebo formations as ore-host rocks. The delineated 11 orebodies in the northeast of the dome are controlled by the N-S-trending extensional fault/fracture with steep occurrence. The four main orebodies are 500 - 1400 m long with an average thickness of 1 - 3 m and general depths of 500 - 900 m. The geochemical anomaly element assemblages from the rock body to surrounding rocks are in the order of Bi(-Pb-Ag-As-Mo)→Ag-Pb-Mo-Cu→Pb-Zn-As→Ag-Pb-Zn-Sb→Ag-Pb-Zn-Sb. The mineralized element associations are Cu(-Mo-Pb-Zn)→Pb-Zn-Ag→Pb-Ag in sequence. The wallrock alterations from inside to outside of the rock body are silicification→potash feldspathization→quartz sericitization→

收稿日期:2018-05-21;修回日期:2018-07-11. 编辑:李兰英.

基金项目:中国地质调查局项目“大兴安岭成矿带漠河-扎兰屯地区地质矿产调查”(DD20160047).

作者简介:王景昕(1995—),男,在读硕士,从事构造地质学、矿床学研究,通信地址 广西桂林市桂林理工大学地球科学学院, E-mail//7978431@qq.com

skarnization→chalcedonization→epidotization→chloritization→carbonation successively. The zircon U-Pb isotopic age of 3 magmatic rock samples is 161 - 142 Ma. Combined with the research of regional typical deposits, it is believed that the diagenesis and mineralization occurred in Late Jurassic to Early Cretaceous with a metallogenic age of 142 Ma.

Key words: Ag-Pb-Zn deposit; epithermal type; Halasheng; Xin Barag Youqi; Inner Mongolia

满洲里-克鲁伦地区是大兴安岭成矿带重要的银多金属矿集区之一^[1],该区已探明多处大型银多金属矿床,主要有甲乌拉、查干布拉根、哈拉胜陶勒盖银铅锌矿床和额仁陶勒盖银矿床。这些矿床具有高度相似性,主要容矿岩石为中生代火山-沉积岩,并且与燕山晚期高钾钙-碱性侵入岩脉群和张裂构造具有密切的时空分布关系^[1],成矿时代为早白垩世^[2-12],矿床类型为浅成中低温热液脉型银多金属矿床^[1]。矿集区银多金属矿床与中生代岩浆作用密切相关,这一观点为人们普遍接受^[1-35] ①②③④。

哈拉胜陶勒盖银铅锌矿床位于内蒙古新巴尔虎右旗境内,满洲里南西 70 km。1985~2015 年期间,由黑龙江省有色金属地质勘查 706 队先后完成矿床普查、详查和勘探工作,目前提交铅锌银总资源/储量银超过 1000 t,铅锌超过 50×10^4 t,平均品位:铅 2.40%、锌 1.34%、银 112.161×10^{-6} 。本文根据矿床勘探工作取得的新进展,结合区域相关研究成果,较为详细地介绍该矿床的地质特征,并对成矿时代进行探讨,期望对区域成矿研究和找矿起到积极作用。

1 成矿地质背景

研究区位于额尔古纳地块东南缘,得尔布干深断裂北西侧(图 1B)。新元古代该区处于洋盆发展阶段^[13],形成佳疙瘩组和额尔古纳河组海相火山岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造^[4,14]。受古亚洲洋构造体制和蒙古-鄂霍次克洋构造体制影响,晚古生代末—中生代早期,满洲里地区发育陆缘弧花岗岩类乌奴格吐山等斑岩型铜钼矿床^[4]。晚侏罗世—白垩纪拉张盆地、岩浆岩和其相关的矿床以及变质核杂岩的形成,与造山带增厚地壳的垮塌及地幔岩浆上涌有关^[22]。作为火山基底的佳疙瘩组和额尔古纳河组及晚古生代末—中生

代早期花岗岩类^[7],主要沿北西向断隆带出露于中蒙边境附近,中生代火山-沉积盖层广泛出露于断陷盆地中,是该区银铅锌矿床重要赋矿地层。受多期次大规模构造作用影响,满洲里地区深大断裂纵横交错,断裂构造主要为北东向和北西向,前者以得尔布干断裂为代表,后者以八大关哈尼沟断裂和木哈尔断裂带为代表。这两组断裂共同控制中生代火山基底断隆带与火山断陷盆地展布,使之呈北东—北北东向左行相间排列。火山构造中及其边界地带火山群呈带状分布,多分布于断裂构造交汇部位,总体沿北东向分布,局部沿北西向分布。

2 矿区地质特征

哈拉胜火山机构构成矿区主体,平面上近乎圆形,直径约 12 km(图 1),出露面积约 110 km²。火山机构总体为一火山穹隆构造,穹隆核部为次火山岩,盖层为火山-沉积岩。钻孔资料显示,矿区地层由老到新分别为震旦系额尔古纳河组、上侏罗统塔木兰沟组和满克头鄂博组。地表出露地层主要为满克头鄂博组,塔木兰沟组零星出露。钻孔中见额尔古纳河组为白色大理岩,普遍具含矿夕卡岩化。晚侏罗世塔木兰沟组见于 4~47 线的深孔中,不整合覆盖于额尔古纳河组之上,分上、下 2 个岩性段。下段为凝灰质砂岩、粉砂岩,赋存标高 80~40 m。上段为安山岩夹少量砂岩、泥岩等,顶面赋存标高一般约为 300 m,厚度大于 450 m。安山岩层上部气孔-杏仁构造特别发育,杏仁体多为玛瑙,少部分为方解石和绿泥石。满克头鄂博组可分上、下 2 个岩性段,两者间且与下伏塔木兰沟组间呈渐变过渡关系。下段以凝灰质砂岩、砾岩为主夹泥岩、流纹质凝灰岩,赋存标高大致为 400~300 m。上段以流纹质凝灰岩为主夹凝灰质砂岩、流纹岩、砾岩等,赋存标高为

①孙振江,等. 内蒙古自治区新巴尔虎右旗哈拉胜格拉陶勒盖矿区铅锌银矿勘探报告. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队,2013.

②孙振江,等. 内蒙古自治区新巴尔虎右旗哈拉胜格拉陶勒盖矿区铅锌银矿 2014 年总结. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队,2014.

③苏茂荣,等. 内蒙古新巴尔虎右旗哈拉胜格拉等六幅 1:5 万区域矿产调查. 内蒙古自治区地质调查院,2010.

④李德胜,等. 内蒙古自治区呼伦贝尔市查干陶勒盖等四幅 1:5 万区域矿产调查. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队,2005.

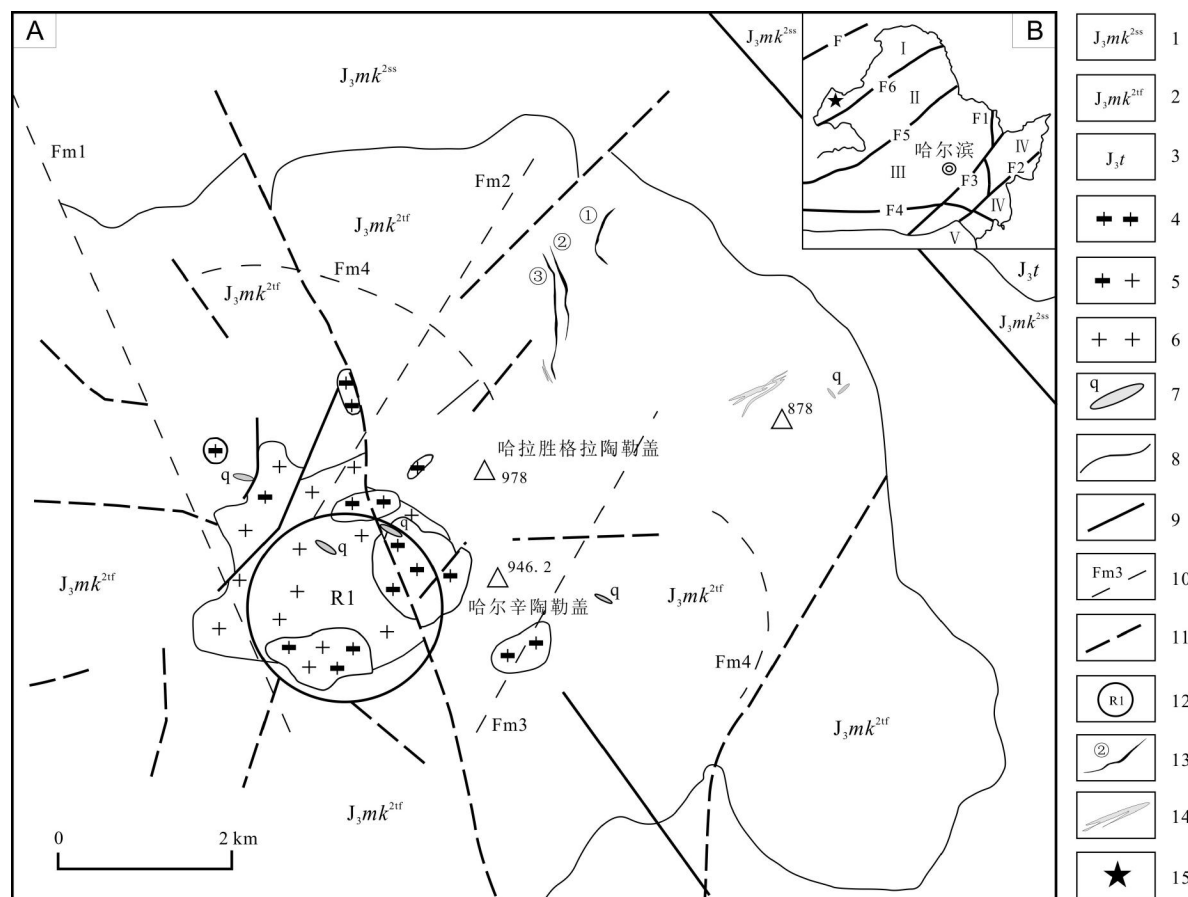


图1 哈拉胜矿床矿区地质图

(据文献①~③编绘)

Fig. 1 Geological map of Halasheng deposit

(Compiled by Literatures ①-③)

1—晚侏罗世满克头鄂博组上段火山岩夹碎屑岩 (volcanic rock with clastic rock of the U. mem. of Manketouebo fm., Late Jurassic); 2—满克头鄂博组上段碎屑岩夹火山岩 (clastic rock with volcanic rock in the U. mem. of Manketouebo fm.); 3—晚侏罗世塔木兰沟组安山岩 (andesite of Late Jurassic Tamulangou fm.); 4—早白垩世花岗岩斑岩 (Early Cretaceous granite porphyry); 5—早白垩世斑状碱长花岗岩 (Early Cretaceous porphyritic alkali-feldspar granite); 6—早白垩世碱长花岗岩 (Early Cretaceous alkali-feldspar granite); 7—石英脉 (quartz vein); 8—地质界线 (geological boundary); 9—断层 (fault); 10—高磁解译断层及编号 (high-precision magnetic interpreted fault and number); 11—遥感解译断层 (remote sensing interpreted fault); 12—高磁解译岩浆管道 (high-precision magnetic magmatic interpreted pipeline); 13—银铅锌矿 (带) 体及编号 (Ag-Pb-Zn ore belt/ orebody and number); 14—破碎带 (fracture zone); 15—研究区位置 (study area); F—蒙古-鄂霍次克缝合带 (Mongolia-Okhotsk suture zone); F1—牡丹江断裂 (? Mudanjiang Fault); F2—敦化-密山断裂 (Dunhua-Mishan Fault); F3—伊通-依兰断裂 (Yitong-Yilan Fault); F4—西拉木伦-长春断裂 (Xar Moron-Changchun Fault); F5—嫩江断裂 (Nenjiang Fault); F6—塔源-喜桂图断裂 (Tayuan-Xiguitu Fault); I—额尔古纳地块 (Erguna block); II—兴安地块 (Xing'an block); III—松嫩地块 (Songnen block); IV—佳木斯地块 (Jiamusi block); V—华北克拉通 (North China Craton)

300 m 以上。

侵入岩为早白垩世次火山岩, 岩体呈岩株状出露于破火山口及其附近, 出露面积近 2 km²。岩石主要为中细粒碱长花岗岩, 岩体边缘可相变为斑状碱长花岗

岩。矿物成分有碱性长石、石英、斜长石, 暗色矿物很少见黑云母, 矿物粒径为 1~2.5 mm。碱性长石呈半自形晶, 多为条纹长石, 少数为正长石, 均都具有显微文象结构, 含量 50% 左右。石英他形粒状, 局部集中, 粒径

①孙振江, 等. 内蒙古自治区新巴尔虎右旗哈拉胜格陶勒盖矿区铅锌银矿 2014 年总结. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队, 2014.

②苏茂荣, 等. 内蒙古新巴尔虎右旗哈拉胜格陶勒盖等六幅 1:5 万区域矿产调查. 内蒙古自治区地质调查院, 2010.

③李德胜, 等. 内蒙古自治区呼伦贝尔市查干陶勒盖等四幅 1:5 万区域矿产调查. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队, 2005.

1.5 mm, 含量 30%左右. 斜长石呈自形程度比碱性长石要高, 粒径一般比石英和碱性长石要小, 含量 10%左右. 此外, 矿区还见有花岗斑岩、流纹斑岩等脉岩.

火山机构中的放射性断裂和环状断裂构造极为发育, 断裂构造一般具有深切、陡倾斜和多期活动特点. 北东向和北西向断裂规模较大, 次为近东西向和近南北向断裂. 近南北向容矿断裂构造, 如 F2、F3 等, 断层面倾向东, 倾角一般为 60~85°, 局部近直立. 该组断裂往往具有张性逆断层特征, 断裂面呈舒缓波状, 断裂带地层往往由于拉张而减薄. 878 高地发育北东向破碎带, 破碎带中有矿化体分布. 北东断裂构造成矿期后仍有活动, 破坏切穿矿脉和次火山岩体.

3 矿床地质特征

矿床产于火山机构东北部(图 1), 矿体主要赋存于塔木兰沟组和满克头鄂博组中, 明显受近南北向破

碎带控制. 共圈定 4 条矿带, 其中④号矿带为隐伏矿带, 位于③号矿带西侧, 两者间水平距离约 800 m(图 1). 共圈定工业矿体 11 条, 其中③-1、④、④-2、④-6 号矿体为主矿体.

③-1 号矿体: 规模最大(图 2), 矿体埋深 0~950 m, 赋矿标高 910~-50 m. 赋存在 F II-3 构造带中, 分布于 16~39 线, 27 线以南有隐伏侧伏趋势. 控矿斜深 970 m, 垂深 930 m. 矿体延深大于 900 m, 延长 1400 m, 平均真厚度 1.9 m. 矿体呈不规则脉状, 有分支复合, 膨胀收缩和尖灭再现现象. 走向总体为近南北向, 局部有北东、北北西向变化, 倾向 65~118°, 倾角较陡, 一般为 60~85°, 局部近直立. 金属量占总资源量比例铅为 55.47%, 锌 13.86%, 银 57.77%. 平均品位 Pb 4.28%, Zn 0.64%, Ag 215.11×10^{-6} .

④号矿体: 长度大于 500 m, 平均水平厚度 6.13 m, Cu 平均品位为 0.11%、Pb 0.79%、Zn 1.38%、Ag 42.218

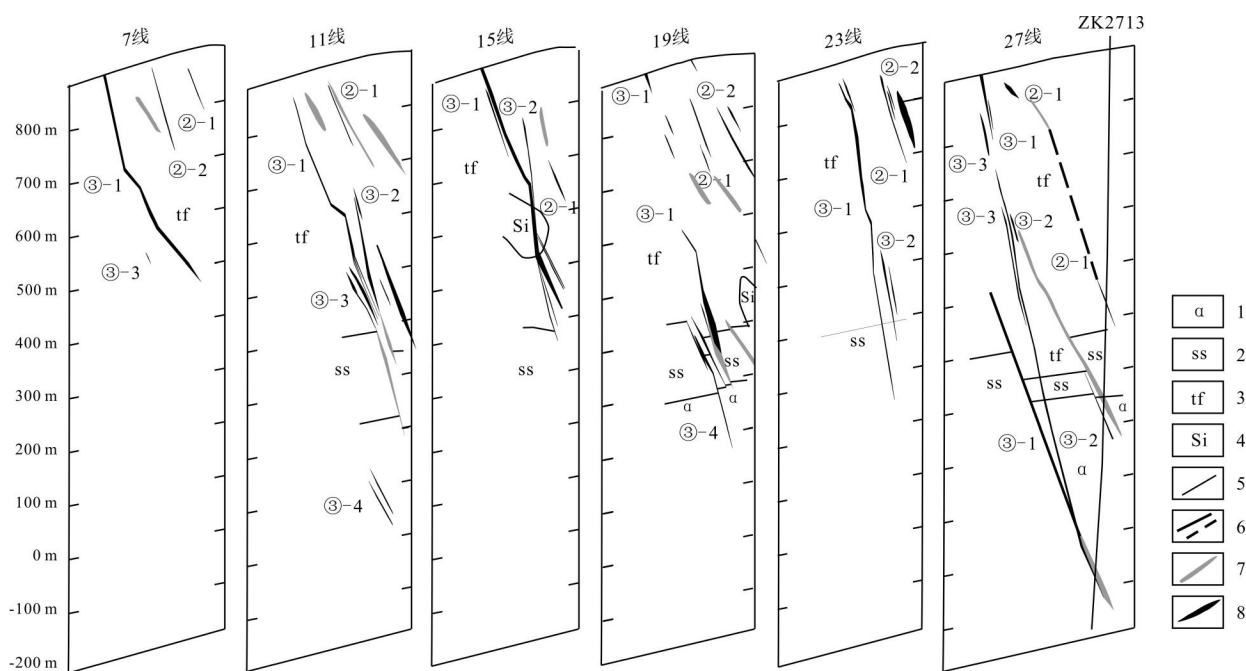


图 2 哈拉胜银铅锌矿床③-1 号矿体组合剖面图

(据文献①修绘; 剖面间距 310 m)

Fig. 2 Composite profiles of No. ③-1 orebody in Halasheng Ag-Pb-Zn Deposit

(Modified from Literature ①; with 310 m of profile spacing)

1—塔木兰沟组安山岩(andesite of Tamulangou fm.); 2—满克头鄂博组火山-沉积岩(volcanic-sedimentary rock of Manketouebo fm.); 3—满克头鄂博组火山碎屑岩(pyroclastic rock of Manketouebo fm.); 4—强硅化岩石(strongly silicified rock); 5—地质界线(geological boundary); 6—断层(fault); 7—破碎带(fracture zone); 8—矿体(orebody)

①孙振江, 等. 内蒙古自治区新巴尔虎右旗哈拉胜格拉陶勒盖矿区铅锌银矿 2014 年总结. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队, 2014.

$\times 10^{-6}$ 。矿体走向近南北,倾向 $80^{\circ} \sim 110^{\circ}$, 倾角 $60^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 。矿体赋矿标高 $860 \sim -70$ m, 金属硫化物多呈细脉状, 脉宽 $1 \sim 5$ mm, 100 m 标高处以大脉状为主, 脉宽 $0.40 \sim 1.80$ m。

此外,矿床中除还见有 2 条钼矿体,分布于③号矿带偏下部。在④号矿带深部大理岩中见夕卡岩铜多金属矿化体,在次火山杂岩周边部和岩体中见细脉-浸染状铜矿(化)体。矿化具有分带性,由岩体向外或由下至上元素组合依次为 $\text{Cu}(-\text{Mo}-\text{Pb}-\text{Zn})$ 、 $\text{Pn}-\text{Zn}-\text{Ag}$ 、 $\text{Pb}-\text{Ag}$ 。

矿石结构较为复杂,类型较多,结构以自形-他形晶粒状结构为主,少见交代结构、针状结构、填间结构、包含结构和固溶体分解结构、他形粒状结构、共生结构。矿石构造主要有块状、细脉状、浸染状、角砾状、斑杂状构造。矿石中矿石矿物主要有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、毒砂、车轮矿、菱锰矿,次为黄铜矿、辉钼矿、辉锑矿和硫锑铜银矿等含银矿物。脉石矿物主要有石英、斜长石、绢云母、绿泥石、绿帘石、伊利石、白云母等。

围岩蚀变具有分带性,次火山杂岩体中的蚀变主要为硅化、钾化、石英绢云母化。次火山岩体与大理岩接触带蚀变以夕卡岩化为主,火山-沉积岩中主要为硅化或玉髓化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化,偶见萤石化和石膏化。石英绢云母化、夕卡岩化和硅化等与矿化关系密切,蚀变发育地段矿化明显增强。

4 异常分布特征

化探异常分带性:1:1 万土壤化探异常元素具有分带性,由火山喷发中心向外元素组合依次为 $\text{Bi}(-\text{Pb}-\text{Ag}-\text{As}-\text{Mo})(\text{Ht}-1)$ 、 $\text{Ag}-\text{Pb}-\text{Mo}-\text{Cu}(\text{Ht}-4)$ 、 $\text{Pb}-\text{Zn}-\text{As}(\text{Ht}-3)$ 、 $\text{Ag}-\text{Pb}-\text{Zn}-\text{Sb}(-\text{As}-\text{Mo})(\text{Ht}-2)$ 、 $\text{Ag}-\text{Pb}-\text{Zn}-\text{Sb}(\text{Ht}-5)$;1:5 万土壤化探异常则为 $\text{Sn}-\text{Mo}$ 、 $\text{Mn}-\text{Pb}-\text{Zn}-\text{Ag}$ 。

物探异常分布特征:矿化带表现为负磁、低阻、高极化率异常。JD-1 至 JD-8 高极化率异常呈南北向展布,并大致呈等间距排列,相互间距约 $1 \sim 2$ km(图 3)。JD-2 异常与②、③号矿段对应,JD-4 异常与④号隐伏

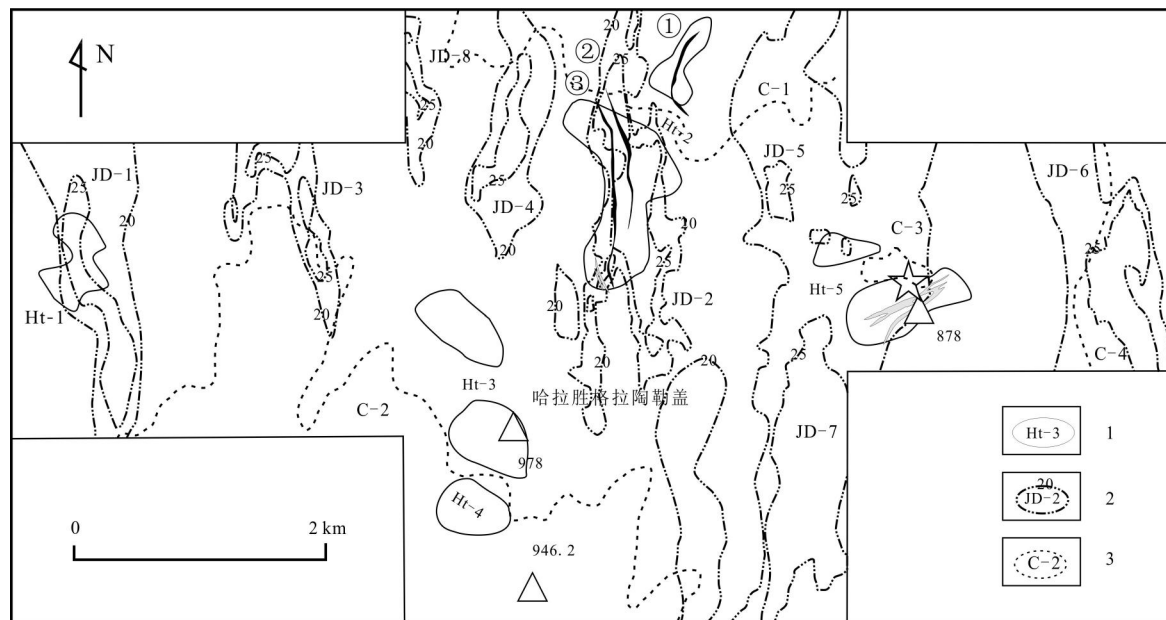


图 3 哈拉胜矿区物化探异常分布图

(据文献①修绘)

Fig. 3 Distribution of geophysical and geochemical anomalies in Halasheng orefield

(Modified from Literatures ①)

1—土壤化测组合异常及编号(soil-geochemical survey composite anomaly and number); 2—激电中梯测量异常及编号(IP intermediate gradient survey anomaly and number); 3—正磁异常及编号(positive magnetic anomaly and number)

①孙振江,等. 内蒙古自治区新巴尔虎右旗哈拉胜格陶勒盖矿区铅锌银矿 2014 年总结. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队, 2014.

矿带对应。钻孔资料显示,C-2 正高磁异常由隐伏岩体引起,由此推测 C-1、C-3 和 C-4 正磁异常也由隐伏岩体引起。

5 成矿时代

对矿区 3 件岩浆岩进行锆石 U-Pb 同位素年龄测试^[3]。斑状碱长花岗岩锆石谐和年龄为 142.4 ± 0.52 Ma, 加权平均年龄为 142.4 ± 1.0 Ma; 流纹岩谐和年龄为 152.90 ± 0.93 Ma, 加权平均年龄为 153.0 ± 1.2 Ma (图 4); 流纹质晶屑凝灰岩的加权平均年龄为 161.35 ± 0.69 Ma (图 5)。

哈拉胜矿区岩浆岩锆石 U-Pb 年龄为 161~142 Ma, 区域典型矿床成岩成矿年龄为 164~135 Ma^[1-2, 4-9, 11]。甲乌拉和得耳布尔矿床硫化物 Rb-Sr 等时线年龄为 143~142 Ma^[4-5], 哈拉胜斑状碱长花岗岩锆石 U-Pb 年龄为 142 Ma, 与区域典型矿床成矿年龄基本一致, 由此认为该年龄代表哈拉胜矿床成矿年龄。综上所述, 哈拉胜矿床成岩成矿于晚侏罗世—早白垩世, 成矿时代为早白垩世。

6 结论与讨论

1) 巨厚的火山-沉积地层给矿床形成提供了足够的容矿场所, 火山基底中的大理岩具有形成矽卡岩型矿床的有利地质条件。火山-沉积地层能起到圈闭成

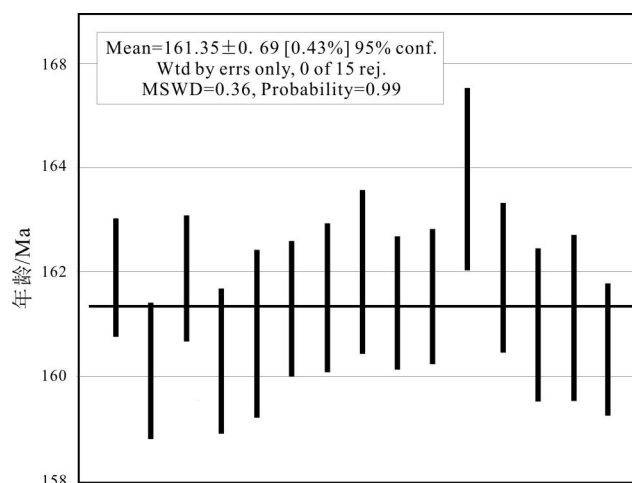


图 5 流纹质晶屑凝灰岩锆石 U-Pb 年龄直方图^①

Fig. 5 Zircon U-Pb age histogram of the rhyolitic crystal tuffs

矿流体的作用, 从而使之能与围岩充分地进行水岩反应, 使流体在适宜的物理化学条件下释放出成矿物质。

2) 早白垩世岩浆多次侵入作用为成矿提供热动力和部分成矿物质。岩浆上侵和冷凝收缩过程中会产生一系列有利于成矿的断裂构造, 多期次岩浆活动有利于成矿物质多次富集, 持续的岩浆侵入作用产生的热液循环系统, 是成矿物质运移和矿质富集成矿的保障。岩浆侵入火山基底可形成夕卡岩型矿床, 次火山岩体和爆破角砾岩往往是斑岩型矿床有利容矿围岩。

3) 北东向和北西向断裂控制火山机构和次火山岩

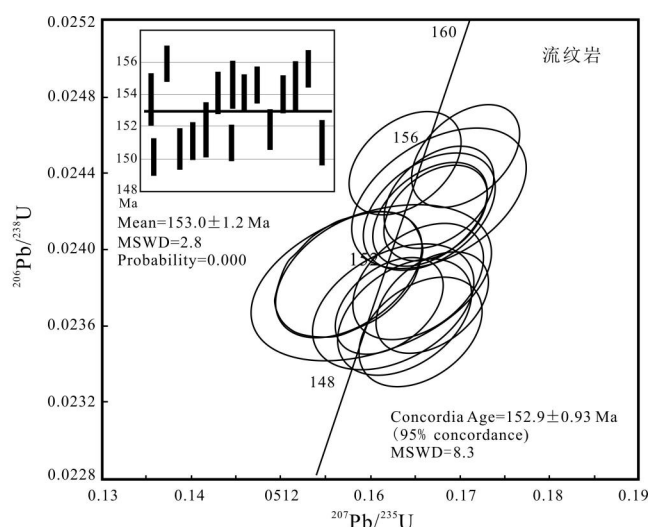
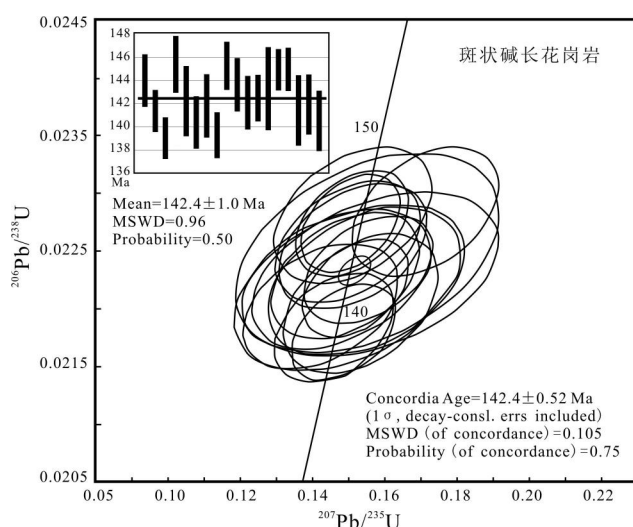


图 4 斑状碱长花岗岩和流纹岩锆石 U-Pb 协和图和年龄直方图^①

Fig. 4 Zircon U-Pb concordia and age diagrams of the porphyritic alkali feldspar granites and rhyolites

① 孙振江, 等. 内蒙古自治区新巴尔虎右旗哈拉胜格陶勒盖矿区铅锌银矿 2014 年总结. 黑龙江省有色金属地质勘查 706 队, 2014.

分布,是重要的导岩导矿构造。火山作用过程中产生的次级断裂构造系统是运矿和储矿构造,已知矿体及物化探异常明显受南北向张性断裂构造控制。

4)成矿元素组合、围岩蚀变和化探异常具有的带状性,对成矿预测和找矿勘查具有指导意义。

5)哈拉胜矿床成岩成矿于晚侏罗世—早白垩世(161~142 Ma),矿床形成于早白垩世(142 Ma)。

参考文献:

- [1] 聂凤军,刘飞翼,刘勇,等. 中蒙边境查夫-甲乌拉地区中生代银多金属矿床成矿作用[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2011,41(6):1715-1725.
- [2] 许立权,刘翠,邓晋福,等. 内蒙古额仁陶勒盖银矿区火成岩岩石地球化学特征及锆石 SHRIMP U-Pb 同位素定年[J]. 岩石学报,2014,30(11):3202-3212.
- [3] 李铁刚. 内蒙古甲乌拉-查干布拉根铅锌银矿田成矿作用[D]. 北京:中国地质大学,2016:74-78.
- [4] 李铁刚,刘军,武广,等. 大兴安岭北部甲乌拉铅锌银矿床 Rb-Sr 同位素测年及其地质意义[J]. 岩石学报,2014,30(1):257-270.
- [5] 赵岩. 内蒙古得尔布干成矿带铅锌银矿成矿模式与找矿预测[D]. 北京:中国地质大学,2017:53-54.
- [6] Li T G, Wu G, Liu J, et al. Geochronology, fluid inclusions and isotopic characteristics of the Jiawula Pb-Zn-Ag deposit, Inner Mongolia, China[J]. Journal of Asian Earth Science, 2015,103:305-320.
- [7] 牛斯达. 大兴安岭甲乌拉铅锌银矿岩浆侵位序列与成矿——来自年代学、地球化学和成因矿物学的证据[D]. 北京:中国地质大学,2017:95-96.
- [8] 明珠,孙景贵,闫佳,等. 内蒙古东部得尔布尔铅锌矿床安山岩的形成环境和岩浆热液演化史:锆石 U-Pb 定年[J]. 世界地质,2015,34(3):590-598.
- [9] 杨梅,王忠禹,孙景贵,等. 大兴安岭西坡甲乌拉铜银铅锌矿床富碱花岗岩斑岩的成因及其地质意义:锆石 U-Pb 年定和地球化学化特征[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2017,47(2):477-496.
- [10] 杨梅. 大兴安岭西坡甲乌拉铜银铅锌矿床成因研究[D]. 长春:吉林大学,2017:95-96.
- [11] 张璟,邵军,鲍庆中,等. 蒙古国乌兰铅锌矿地质特征、岩石地球化学特征及 U-Pb 年龄[J]. 中国地质,2014,41(4):1124-1135.
- [12] 戴蒙,严光生,刘翠,等. 内蒙古满洲里地区甲乌拉银铅锌矿区石英斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素年代学研究[J]. 矿床地质,2014,33(增刊):183-184.
- [13] 崔芳华,郑长青,丁雪,等. 内蒙古额尔古纳八大关牧场“佳疙瘩组”变质岩系原岩研究[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2014,44(1):198-212.
- [14] Wu G, Chen Y C, Chen Y J, et al. Zircon U-Pb ages of the metamorphic supracrustal rocks of the Xinghuadukou Group and granite complexes in the Argun massif of the northern Great Hinggan Range, NE China, and their tectonic implications[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012,49:214-233.
- [15] 葛文春,吴福元,周长勇,等. 大兴安岭北部塔河花岗岩体的时代及对额尔古纳地块构造归属的制约[J]. 科学通报,2005,50(12):1239-1247.
- [16] Wu G, Sen F Y, Zhao C S, et al. Discovery of the Early Paleozoic post-collisional granites in the northern margin of the Erguna massif and its geological significance[J]. Chinese Science Bulletin,2005,50(23):2733-2743.
- [17] 李锦铁. 中国东北及邻区若干地质构造问题的新认识[J]. 地质论评,1998,44(4):339-347.
- [18] 李锦铁,莫申国,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.
- [19] 祁进平,陈衍景, Pirajno F. 东北地区浅成低温热液矿床的地质特征和构造背景[J]. 矿物岩石,2005,25(2):47-59.
- [20] 黄始琪,董树文,胡健民,等. 蒙古-鄂霍次克构造带的形成与演化[J]. 地质学报,2016,90(9):2192-2205.
- [21] 翟德高,刘家军,王建平,等. 内蒙古甲乌拉银多金属矿床稳定同位素地球化学及成矿流体性质研究[J]. 矿物学报,2009,增刊:348-349.
- [22] 翟德高,王建平,刘家军,等. 内蒙古甲演乌拉与银成多矿金属属制矿分床析成矿流体[J]. 矿物岩石,2010,30(2):68-76.
- [23] 翟德高,刘家军,王建平,等. 内蒙古甲乌拉大型 Pb-Zn-Ag 矿床地球化学稳定同位素研究[J]. 地学前缘,2013,20(2):213-225.
- [24] HU Shao-kang, YAN Hong-quan, YE Mao, et al. Metallogenic focus-area and superlarge mineral deposits in bordering zones between China, Russia and Mongolia[J]. Science China: Series D (Earth Sciences),1998(s1):28-36.
- [25] 李宪臣,秦克章. 内蒙古甲乌拉-查干布拉根银铅铜矿床主成矿元素分布规律及意义[J]. 有色金属矿产与勘查,1999,8(6):512-516.
- [26] 李宪臣,孟昭君. 内蒙古乌奴格吐山-哈拉胜成矿富集区铜多金属资源潜力评价[J]. 矿产与地质,2003,97(17):294-297.
- [27] 解成波,刘明. 查干布拉根银铅铜金矿床地质特征及成因类型[J]. 世界地质,2001,20(1):25-29.
- [28] 杨祖龙,张德全,李进文,等. 得尔布干成矿带西南段矿床类型、成矿分带及找矿方向[J]. 矿床地质,2009,28(1):53-62.
- [29] 陈祥. 内蒙古额仁陶勒盖银矿床成岩成矿模式[J]. 桂林工学院学报,2000,20(1):12-20.
- [30] 秦克章,王之田,潘龙驹. 满洲里-新巴尔虎右旗铜铅银成矿带成矿条件与斑岩含矿性评价[J]. 地质论评,1990,36(6):479-488.

(下转第 97 页 /Continued on Page 97)

终反映到分析元素强度的变化. 对载气流量大小的选择直接影响分析结果的准确性. 本实验通过多次载气流量的选择, 结果表明当载气流量达 0.5 L/min 时, 多数元素的峰值强度最好.

2.3 待测元素测定分析

元素的测定分析结果如表2.

通过实验结果可以看出, 电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES)测定高纯银中的杂质, 可以采用硝酸溶样, 不分离银基体, 直接用 ICP-AES 法测定高纯银中的杂质; 也可以采用生成氯化银沉淀的方法去除银基体, 再测定高纯银中的杂质. 分离掉银基体, 会造

成待测杂质元素的损失, 但损失不大. 电感耦合等离子体发射光谱法测高纯银中 19 种微量元素, 平均回收率在 90%~110%之间, 相对标准偏差(RSD, $n=6$) 在 2%~10%之间.

参考文献:

- [1]韩永志, 编. 标准物质手册[M]. 北京: 中国计量出版社, 1998: 1-12.
- [2]侯列奇, 李洁, 王树安, 等. 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定高纯银中 25 种微量元素[J]. 分析实验室, 2007, 26(增): 363-366.
- [3]何春玲. 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铝合金中的硼[J]. 中国金属通报, 2017, 6: 60-61.
- [4]宋丽华, 郝原芳, 高慧莉. 地质样品中金的测定方法研究[J]. 地质与资源, 2014, 23(6): 577-579.
- [5]秦克章. 额尔古纳南段中生代斑岩-次火山岩-浅成低温 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag 成矿系统[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 201-206.
- [6]双宝, 葛玉琦, 刘继贤. 内蒙古呼盟地区甲乌拉银铅锌矿床流体包裹体与成矿的关系[J]. 吉林地质, 2009, 28(2): 32-47.
- [7]向伟东, 胡绍康, 闫鸿铨, 等. 大兴安岭西坡及邻区银铅锌矿床成矿作用若干问题的讨论[J]. 铀矿地质, 1998, 14(6): 344-351.
- [8]田京, 李进文, 王润和, 等. 内蒙古额仁陶勒盖地区侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及地球化学特征[J]. 中国地质, 2014, 41(4): 1092-1107.
- [9]WANG Fei, ZHOU Xin-hua, ZHANG Lian-chang, et al. late Mesozonic volcanism in the Great Xing' an Range (NE China): Timing and implications for the dynamic setting of NE Asia[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2006, 251(4): 179-198.

(上接第 24 页 /Continued from Page 24)