

内蒙古格鲁其堆山铅锌矿床地质特征及流体包裹体研究

刘丽君^{1,2}, 张悦^{1,2}, 闫永生^{1,2}

(1. 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心; 2. 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站)

摘要: 格鲁其堆山铅锌矿床是近年来新发现具有较大找矿潜力的铅锌矿床, 位于得尔布干断裂中段西侧, 矿化体赋存于额尔古纳河组、佳疙疸组等地层中, 铅锌矿化与闪长岩、闪长玢岩具有密切的生成关系, 受北东向断裂控制。热液期成矿作用大致可划分为黄铁矿±方铅矿-石英阶段(Ⅰ), 方铅矿、闪锌矿±黄铜矿-石英阶段(Ⅱ), 少硫化物-碳酸盐阶段(Ⅲ)。流体包裹体研究表明, 石英中仅发育气液两相包裹体, 成矿流体为简单中低温、低盐度的NaCl-H₂O热液体系, 早期成矿流体应以岩浆热液为主。主成矿阶段(Ⅱ)完全均一温度峰值集中在200℃~250℃, 平均值230.2℃, 盐度峰集中在2%~6%, 捕获时静水压力集中在14.00~25.27 MPa, 估算成矿深度为1.40~2.53 km。综合分析认为, 格鲁其堆山铅锌矿床与中酸性浅成侵入体具有密切时空关系, 成因类型属中温热液脉型。

关键词: 铅锌矿床; 地质特征; 流体包裹体; 成矿机制; 格鲁其堆山; 内蒙古

中图分类号: TD11 P618.4

文章编号: 1001-1277(2024)06-0085-06

文献标志码: A

doi: 10.11792/hj20240616

引言

格鲁其堆山铅锌矿床位于内蒙古额尔古纳地区, 得尔布干成矿带中部, 地处中亚造山带额尔古纳地块东部、得尔布干断裂中段西侧^[1], 金属成矿作用集中, 以形成斑岩型铜钼矿床及热液脉状铅锌银多金属矿床最为突出。格鲁其堆山铅锌矿床所处地域是得尔布干成矿带重要的矿集区, 周边发现了二道河子(大型)、得耳布尔(大型)、比利亚谷(大型)等多处铅锌多金属矿床。

格鲁其堆山铅锌矿床是近年来得尔布干成矿带新发现的铅锌矿床之一, 目前发现了2条矿带、15条矿体, 铅锌资源量已达中型, 显示出较好的找矿潜力。前人对该矿床地质特征、地电化学应用和找矿标志等方面^[2-5]进行了一定的科学研究, 对矿床勘查与研究有一定的促进作用, 但缺乏对成矿流体地球化学等方面的研究。本文在详细分析格鲁其堆山铅锌矿床地质及矿化特征的基础上, 开展流体包裹体研究, 探讨成矿机制, 以期后续勘查和成矿理论研究提供依据。

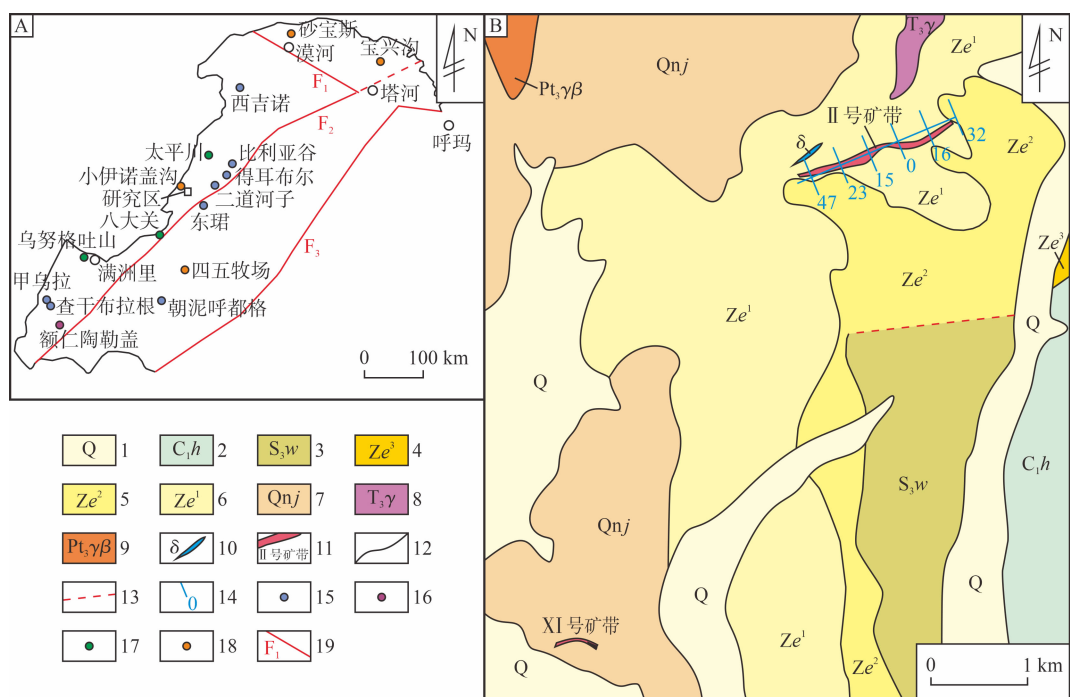
1 矿区地质特征

格鲁其堆山铅锌矿床位于中蒙古-额尔古纳兴凯造山带中段, 额尔古纳隆起和满洲里-克鲁伦浅火山

盆地过渡带上^[1], 该过渡带内岩浆活动强烈, 地质构造发育, 区域上形成了北东向深大断裂——得尔布干断裂, 沿该断裂两侧形成了大量铅锌矿床、银矿床、铜钼矿床及金矿床等(见图1-A)^[6-7]。矿区内地层出露广泛, 主要有新元古界青白口系佳疙疸组(Qnj)、震旦系额尔古纳河组(Ze)、志留系卧都河组(S_{3w})、石炭系红水泉组(C_{1h})及第四系(Q)(见图1-B)。

佳疙疸组大面积出露于矿区北西部和东南部, 主要岩性为绢云石英片岩、黑云绿泥片岩、变质砂岩等。额尔古纳河组大面积分布于矿区中西部, 自下而上可划分为3段, 总体呈近南北向条带状从下到上由西到东依次分布, 主要岩性为大理岩、变质砂岩、白云母片岩等。卧都河组呈条带状近南北向分布于东南部, 与额尔古纳河组中段(Ze²)呈断裂接触, 主要岩性为变质砾岩、变质石英砂岩等。红水泉组分布于矿区东侧, 呈北北东向条带状, 主要岩性为变质石英砂砾岩、石英砂岩等。矿区内已发现矿化体主要赋存在额尔古纳河组、佳疙疸组等古老基底地层中, 但区域上矿化体主要赋存在中侏罗统塔木兰沟组中基性火山岩中, 总体表现为受地层控制不明显^[7]。

矿区内发育新元古代震旦纪、中生代三叠纪侵入岩及岩脉。新元古代震旦纪黑云母花岗岩(Pt₃γβ)零星出露于黑山头北及五卡南东地区, 岩性主要为糜棱岩化细粒斑状黑云母花岗岩、糜棱岩化中细粒黑云母



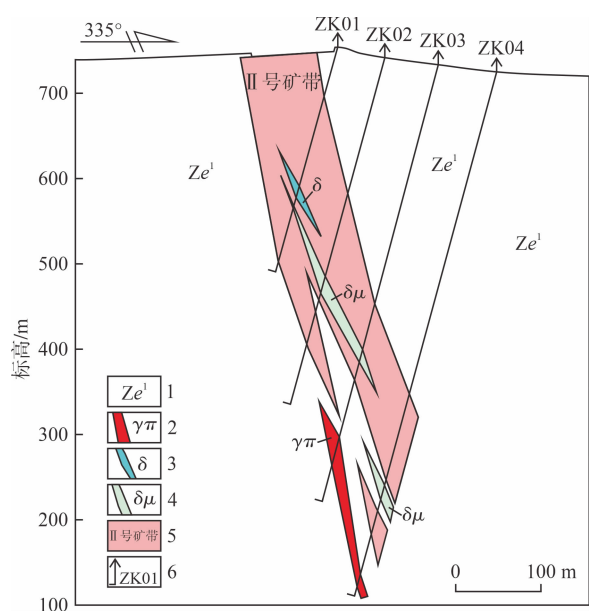
1—第四系 2—红水泉组 3—卧都河组 4—额尔古纳河组上段 5—额尔古纳河组中段 6—额尔古纳河组下段
7—佳疙疸组 8—晚三叠世花岗岩 9—新元古代震旦纪黑云母花岗岩 10—闪长岩 11—铅锌矿带及编号 12—地质界线
13—推测断裂 14—勘探线及编号 15—铅锌银矿床 16—银矿床 17—铜铅矿床 18—金矿床 19—区域断裂及编号

图1 格其堆山铅锌矿床大地构造位置(A)及矿区地质图(B)

Fig. 1 Geotectonic locations (A) and map of mining area geology (B) of Geluquiduishan Pb-Zn Deposit

花岗岩,侵位于佳疙疸组地层中。晚三叠世花岗岩($T_3\gamma$)出露于东部格其堆沟西侧,Ⅱ号矿带北侧,呈近南北条带状侵位于额尔古纳河组下段(Ze^1)大理岩中,主要岩性为花岗岩。矿区内岩脉比较发育,岩性主要有花岗斑岩、闪长岩、闪长玢岩等(见图2),侵入于额尔古纳河组大理岩、变质砂岩中。地表仅见闪长岩脉,出露于Ⅱ号矿带北西侧,呈北东向展布,与Ⅱ号矿带总体走向平行,走向延伸小于200 m;钻孔中零星出露。闪长玢岩脉在钻孔中较发育,总体与Ⅱ号矿带相伴,呈脉状产出,走向北东、倾向南东;走向上在0勘探线、7勘探线、15勘探线、23勘探线的钻孔均有控制,倾向上在15勘探线控制规模大,钻孔ZK02穿脉厚度可达20.88 m,向两侧递减,控制长度200 m。花岗斑岩脉仅在15勘探线上发现,位于矿带下盘,由ZK03和ZK04钻孔控制,倾向上控制长度大于100 m。其他勘探线钻孔未见花岗斑岩脉。闪长玢岩脉总体与矿带相伴产出,与矿体产状基本一致,与铅锌银矿化具有一定的生成关系。闪长岩脉、闪长玢岩脉与区域上相比具有一定的相似性,其成岩时代推测为早白垩世^[7-9]。

矿区构造以发育断裂为主。Ⅱ号矿带受北东向—北东东向断裂控制,应为得尔布干断裂的次级构造。区域上铅锌矿化多受北西向次级断裂控制^[9-11],如二道河子、得耳布尔及甲乌拉等铅锌多金



1—额尔古纳河组下段 2—花岗斑岩 3—闪长岩
4—闪长玢岩 5—铅锌矿带及编号 6—钻孔及编号

图2 格其堆山铅锌矿床15勘探线剖面图

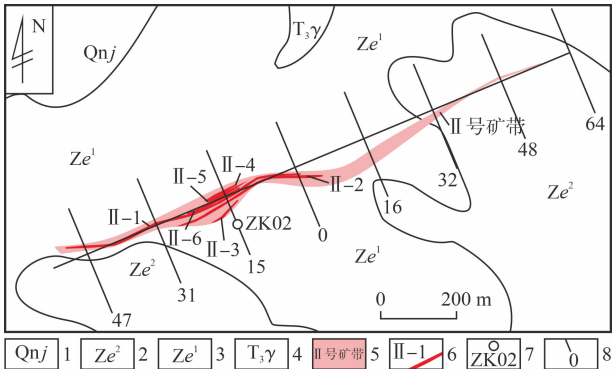
Fig. 2 Profile of Exploration Line 15 in Geluquiduishan Pb-Zn Deposit

属矿床均主要呈脉状产出,赋存于北东向得尔布干深大断裂的次级北西向张扭性断裂中;金矿化受构造控制较复杂,如小伊诺盖沟金矿床受近南北向、东北向、北西向断裂控制^[12]。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

目前,矿区内共发现 2 条矿带、15 条矿体,即 II 号矿带和 XI 号矿带。矿带中有益组分为铅、锌,伴生银。其中,II 号矿带为主矿带(见图 3),长 2 138 m,宽 6 ~ 34 m,最大宽度 120 m,倾向延伸最大 470 m。总体走向 65°,倾向南东,倾角 72° ~ 85°,局部近直立。该矿带总体赋存于额尔古纳河组中段深灰色石英方解大理岩、片岩、变质砂岩与下段灰白色大理岩接触地段,该部位断裂发育且韧性剪切作用强烈,岩石发生糜棱岩化,局部破碎呈砂状,可见方铅矿、闪锌矿沿糜棱面理呈条带状分布。该矿带内有多条闪长(玢)岩脉侵入,形成岩脉群,单个岩脉厚度一般为 1 ~ 3 m。II 号矿带共圈定 6 条矿体,II - 1 号矿体规模最大,为主矿体。该矿体长 1 048 m,倾向控制最大延伸 481 m,单样铅 + 锌最高品位 20.59 %,伴生银 41.81×10^{-6} ;矿体铅 + 锌平均品位 4.52 %,伴生银平均品位 21.37×10^{-6} ,铅 + 锌品位变化系数为 103 %;矿体平均厚度 2.44 m,厚度变化系数为 52 %。



1—佳疙疸组 2—额尔古纳河组中段
3—额尔古纳河组下段 4—晚三叠世花岗岩
5—铅锌矿带及编号 6—矿体及编号
7—钻孔及编号 8—勘探线及编号

图 3 格鲁其堆山铅锌矿区 II 号矿带平面图

Fig.3 Plan of II mineralized zone
in Geluquiduishan Pb - Zn District

2.2 矿石特征

矿石自然类型以原生矿石为主,氧化矿石不发育。矿石工业类型为方铅矿闪锌矿硫化物型铅锌矿石。矿石结构主要为不等粒晶粒结构,矿石构造以块状构造、浸染状构造、角砾状构造为主,其次为团块状构造、稀疏浸染状构造等。共生矿物组合主要为方铅矿和闪锌矿。根据分析结果,矿石中有益组分为铅、锌,银为伴生;其他化学成分未达到工业要求。

金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜

矿,个别氧化矿石可见到孔雀石、铜蓝、铅矾、褐铁矿、赤铁矿。其中,方铅矿多呈自形一半自形粒状,切面呈方形或不规则状,多数情况下粒度相差悬殊,一般为 0.5 ~ 20.0 mm。闪锌矿呈不规则粒状,深褐色,粒度为 0.01 ~ 0.2 mm,杂乱分布。脉石矿物主要为石英、萤石、重晶石、方解石、白云石等。

2.3 围岩蚀变

II 号矿带围岩蚀变以中—低温蚀变为主,主要有硅化、碳酸盐化、绢云母化、重晶石化、萤石化等。硅化有 2 种形式,一种为致密状硅化大理岩、硅化砂岩,主要分布在大理岩与砂岩接触带附近;另一种为石英细脉、网脉,主要发育在片理化砂岩中。重晶石化,主要形成重晶石(细)脉,矿体中较发育,在破碎大理岩角砾间及片理化砂岩的裂隙中充填,多与方铅矿化伴生,为近矿围岩蚀变。碳酸盐化主要形成方解石细脉,充填于后期岩石裂隙中,多形成于矿化晚期,矿体中亦有发育,可见重晶石脉伴生。绢云母化主要产于砂岩中,主要由长石蚀变形成。萤石化多以脉状形式产于矿化蚀变较强的大理岩中,颜色多为浅粉色、浅绿色,为近矿围岩蚀变,形成于主成矿期晚期,颜色逐渐变浅。

XI 号矿带矿体大多赋存在硅化角砾岩中,角砾成分主要为石英岩,少量变质砂岩,围岩蚀变主要有硅化、高岭土化、绢云母化,矿化为方铅矿化、褐铁矿化、铁锰矿化等。

2.4 矿化阶段划分

在多年野外调查的基础上,依据金属矿物共生组合及脉体穿切关系,将热液期成矿作用大致划分为 3 个成矿阶段:黄铁矿 ± 方铅矿 - 石英阶段(Ⅰ),该阶段矿物共生组合简单,硫化物较少,以黄铁矿为主,多呈自形一半自形粒状,亦可见五角十二面体晶形,粒度多为 0.02 ~ 0.6 mm,偶见粒状方铅矿,该阶段为成矿早期,含矿性一般;方铅矿、闪锌矿 ± 黄铜矿 - 石英阶段(Ⅱ),该阶段矿物组合主要为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿,方铅矿多数情况下多于闪锌矿,偶见黄铜矿,脉石矿物重晶石大量出现,多以脉状或矿物集合体形式出现,偶见萤石与重晶石伴生;该阶段以硫化物种类数量多、重晶石和少量萤石出现为主要特征,是主成矿期,含矿性好;少硫化物 - 碳酸盐阶段(Ⅲ),该阶段矿物组合以石英 - 方解石为主,亦见萤石与方解石伴生,一般呈脉状或不规则状,沿岩石节理裂隙充填,脉壁中可见微量他形立方体黄铁矿,该阶段为成矿晚期,含矿性差。

3 流体包裹体

流体包裹体样品均采自 II 号矿带,共采集样品

5 件,均为 ZK02 孔钻样品,样品较新鲜。挑选出3 件样品进行了矿相学和流体包裹体显微测温。其中,黄铁矿±方铅矿-石英阶段(Ⅰ)样品 1 件,方铅矿、闪锌矿±黄铜矿-石英阶段(Ⅱ)样品 2 件。流体包裹体显微测温工作在吉林大学地球科学学院地质流体实验室完成。

3.1 流体包裹体岩相学特征

镜下包裹体岩相学观察表明,流体包裹体较为发育,2 个成矿阶段均仅见气液两相包裹体(见图 4),未发现其他类型包裹体。室温下,该类包裹体主要由液相和气相两相组成,气液比一般较低。成矿早期(Ⅰ)气液比一般为 15 % ~ 20 %,平均值为 16.5 %;包裹体粒度一般为 5 ~ 10 μm,形态多为椭圆形及长条形等。主成矿期(Ⅱ)气液比一般为 10 % ~ 45 %,平均值为 24.2 %,包裹体粒度一般为 5 ~ 25 μm,大小不一,形态多为椭圆形及长条形等。2 个成矿阶段包裹体镜下呈无明显定向随机分布,多属于原生流体包裹体,近于同时捕获^[13]。但是,成矿

期包裹体粒度不一,总体表现为主成矿期(9.6 μm)比成矿早期(7.8 μm)大,气液比比成矿早期要大,冰点温度(−3.4 ℃ ~ 2.7 ℃)变化较为一致,但稍有升高。

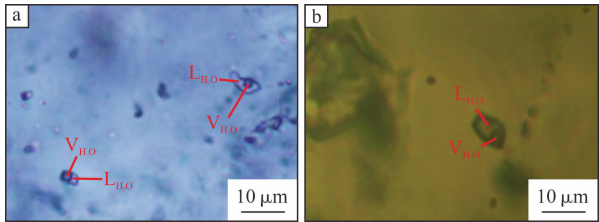


图 4 格鲁其堆山铅锌矿床流体包裹体岩相学特征
Fig. 4 Petrographic characteristics of fluid inclusions in Geluquiduishan Pb-Zn Deposit

3.2 流体包裹体显微测温特征

本次利用 Linkam THMSG-600 两用型冷热台,对黄铁矿±方铅矿-石英阶段(Ⅰ),方铅矿、闪锌矿±黄铜矿-石英阶段(Ⅱ)流体包裹体进行了显微测温研究,结果见表 1、图 5。

表 1 格鲁其堆山铅锌矿床流体包裹体特征

Table 1 Characteristics of fluid inclusions in Geluquiduishan Pb-Zn Deposit

成矿阶段	数据组数	粒度/μm	气液比/%	冰点温度/℃	完全均一温度/℃	盐度/%	密度/(g·cm ⁻³)	压力/MPa
Ⅰ	36	5 ~ 10	15 ~ 20	−6.1 ~ −1.4	219.5 ~ 292.9	2.4 ~ 9.3	0.75 ~ 0.89	15.63 ~ 26.17
		7.8	16.5	−3.4	255.2	5.6	0.83	21.82
Ⅱ	82	5 ~ 25	10 ~ 45	−5.2 ~ −1.0	183.5 ~ 271.6	1.7 ~ 8.1	0.79 ~ 0.92	14.00 ~ 25.27
		9.6	24.2	−2.7	230.2	4.5	0.86	18.59

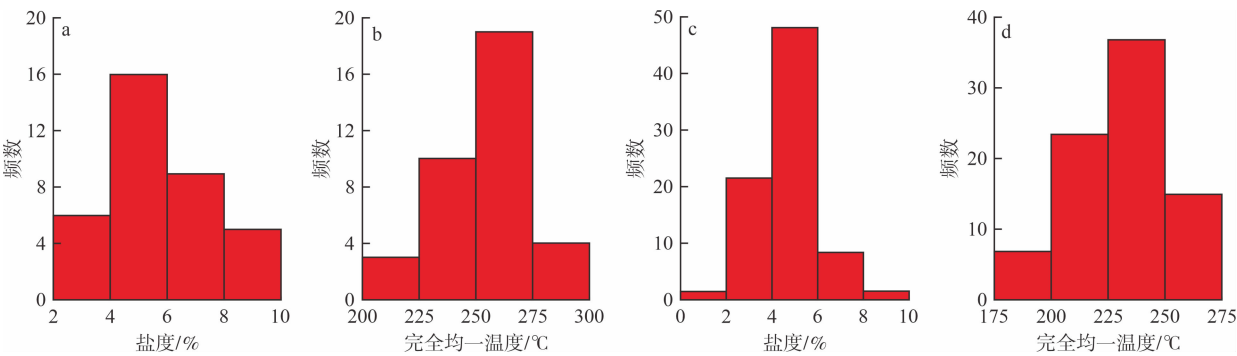


图 5 格鲁其堆山铅锌矿床流体包裹体完全均一温度与盐度直方图

Fig. 5 Histograms of full homogeneous temperature and salinity of fluid inclusions in Geluquiduishan Pb-Zn Deposit

1) 黄铁矿±方铅矿-石英阶段(Ⅰ)。该阶段(成矿早期)石英脉中仅见气液两相包裹体,共测得 36 组数据,其冰点温度为 −6.1 ℃ ~ −1.4 ℃,盐度^[14]为 2.4 % ~ 9.3 %,峰值集中在 4 % ~ 8 % (见图 5-a);包裹体均一至液相,完全均一温度为 219.5 ℃ ~ 292.9 ℃,峰值集中在 225 ℃ ~ 275 ℃ (见图 5-b);计算得出密度^[15]和压力^[16]分别为 0.75 ~ 0.89 g/cm³、15.63 ~ 26.17 MPa。

2) 方铅矿、闪锌矿±黄铜矿-石英阶段(Ⅱ)。该阶段(主成矿期)亦仅为气液两相包裹体,测得 82 组数据。测得包裹体冰点温度跨度大,为 −5.2 ℃ ~ −1.0 ℃,盐度为 1.7 % ~ 8.1 %,峰值集中在 2 % ~ 6 % (见图 5-c);包裹体均一至液相,完全均一温度为 183.5 ℃ ~ 271.6 ℃,峰值集中在 200 ℃ ~ 250 ℃ (见图 5-d);计算得出密度和压力分别为 0.79 ~ 0.92 g/cm³、14.00 ~ 25.27 MPa。

4 成矿机制

4.1 区域演化

新元古代早期至中晚期,随着超级大陆裂解作用的持续,在区域上断陷盆地中形成了佳疙瘩组和额尔古纳河组等一系列陆相-浅海相沉积岩建造^[17]。至新元古代晚期,额尔古纳地块处于活动大陆边缘环境,在地质演化过程中形成了系列侵入岩^[18]。古生代,额尔古纳地块先后经历了造山隆升、挤压向拉张构造体制转换、后碰撞等构造环境,形成了海相复理石建造和火山岩建造地层,区域形成了卧都河组、红水泉组。至中生代早期,蒙古-鄂霍茨克洋向南俯冲,形成一系列深大断裂和北东向分布的早-中侏罗世断陷盆地,期间对斑岩型铜钼成矿作用具有一定的控制作用,如乌努格吐山、八大关等斑岩型铜钼矿床^[7-8];至中生代晚期,受俯冲影响,构造环境由挤压向伸展转换,使北东向构造-岩浆活动大大加强,对铅锌铜等多金属矿化富集起到了促进作用^[19-22],沿着北东向构造带形成了一系列的铅锌银等多金属矿床,如甲乌拉、二道河子、得耳布尔、东珣等铅锌多金属矿床。格鲁其堆山铅锌矿床亦是其中之一。

4.2 流体地球化学性质及演化

流体包裹体岩相学及显微测温研究结果显示,成矿早期(Ⅰ)包裹体完全均一温度峰值集中在 225℃~275℃(平均值为 255.2℃),盐度峰值集中在 4%~8%(平均值为 5.6%);主成矿期(Ⅱ)包裹体完全均一温度峰值集中在 200℃~250℃(平均值为 230.2℃),盐度峰值集中在 2%~6%(平均值为 4.5%)。2 个阶段变化较为明显,主成矿期(Ⅱ)完全均一温度、盐度均低于成矿早期,总体表现为中低温、低盐度。由完全均一温度-盐度-密度关系图(见图 6)可知,各测点数据相对集中,2 个阶段相互重叠区域较大,且流体包裹体多随机分布,表明主成矿期流体为简单中低温、低盐度的 NaCl-H₂O 热液体系。铅锌矿化作用与闪长岩、闪长玢岩脉具有密切的时空关系,矿体主要产于闪长岩、闪长玢岩脉与额尔古纳河组等地层内外接触带内,铅锌矿化作用应发生在闪长岩体侵入或在岩浆期后的热液作用时限范围之内,即闪长(玢)岩岩浆分异的热液为成矿提供了热液流体;随着大气降水的加入,完全均一温度和盐度均表现为逐渐降低趋势。因此,结合区域矿床流体特点^[7-12],可以推测格鲁其堆山铅锌矿床成矿流体成矿早期应以岩浆水为主,随着大气降水的加入,逐渐演化成混合水,完全均一温度和盐度总体具有逐渐降低的特征^[23-24]。

主成矿期(Ⅱ)石英与铅锌矿、闪锌矿等多金属矿共生,因此所测得的完全均一温度代表主成矿阶段

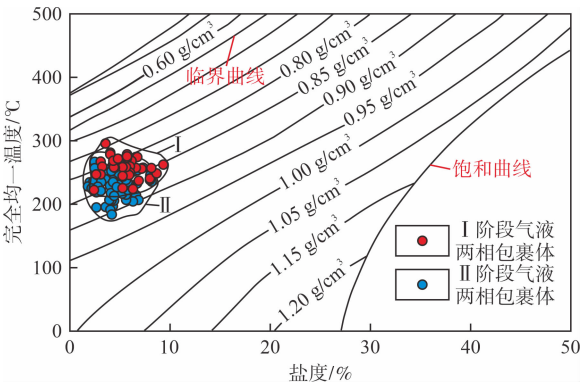


图 6 流体包裹体完全均一温度-盐度-密度图

Fig. 6 Diagram of full homogeneous temperature - salinity - density of fluid inclusions

的成矿温度^[23-24],即其峰值集中在 200℃~250℃,平均值为 230.2℃,捕获时静水压力为 14.00~25.27 MPa,推算成矿深度^[25]为 1.40~2.53 km。

4.3 物质来源及成矿时代

区域上甲乌拉、查干布拉根、二道河子、得耳布尔、比利亚谷、东珣等铅锌多金属矿床,以及小伊诺盖沟金矿床在空间位置上均位于得尔布干断裂两侧,且以西侧为主,矿化体受得尔布干断裂次级断裂控制,多呈北西向,亦见南北向、北东向;赋矿围岩主要为中侏罗统塔木兰沟组中基性火山岩,次为额尔古纳河组变质岩、中侏罗统万宝组砂砾岩等。矿化体多产于浅成-超浅成中酸性侵入岩体与其他地质单元接触部位或其附近。众多资料显示,矿化作用对构造和赋矿围岩的选择性不强,浅成-超浅成中酸性侵入岩是成矿作用的主导,结合已有同位素等研究成果^[6-11],区域上铅锌矿化成矿物质来源应以深部岩浆为主。关于成矿时代,上述矿床地质特征基本相同,均与同期火山一次火山岩浆作用具有密切的时空和成因联系,其成矿时代应形成于早白垩世。格鲁其堆山铅锌矿床位于得尔布干断裂西侧,与多个铅锌多金属矿床相邻^[6-11,26],并具有相似的地质特征,故可推测其与上述矿床属于同一岩浆成矿系列,形成于早白垩世,成矿物质主要来源于深部岩浆。

4.4 成矿机制探讨

区域上晚侏罗世-早白垩世构造背景属蒙古-鄂霍茨克洋俯冲伸展环境,产生了一系列北东向、北西向断裂,为深部岩浆物质上涌提供了通道,为岩浆活动及成矿作用创造了有利空间。闪长岩、闪长玢岩等岩浆活动侵入是格鲁其堆山铅锌矿床成矿作用的主导因素。闪长岩、闪长玢岩等岩脉沿着先前已形成的北东向断裂上侵,上侵过程中结晶分异出岩浆流体携带成矿物质,侵位到地壳浅部,与额尔古纳河组等岩层进行复杂的热液交代,活化萃取其中的铅锌等成矿物质,流体为中低温、低盐度富含铅、锌等成矿元素的 NaCl-H₂O 体系热液,随着少量的低温、低盐度的

地层水或大气降水开始混入,会沉淀少量的黄铁矿等硫化物;流体进一步混合后,温度快速下降,密度升高,流体平衡受到破坏,成矿元素伴随着方铅矿、闪锌矿等硫化物的沉淀析出,沿裂隙充填成脉状铅锌等矿体,并在 230 ℃ 左右达到顶峰;随着温度进一步下降,成矿物质消耗殆尽,矿化作用结束。综合分析认为,格鲁其堆山铅锌矿床是早白垩世伸展环境下,与中酸性浅成侵入岩密切相关的中温热液脉型铅锌矿床。

5 结 论

1) 根据不同的矿物组合可以将热液成矿期划分为 3 个成矿阶段:黄铁矿 ± 方铅矿 - 石英阶段 (I),方铅矿、闪锌矿 ± 黄铜矿 - 石英阶段 (II),少硫化物 - 碳酸盐阶段 (III)。其中,II 阶段为主成矿阶段。

2) 各阶段石英中仅发育气液两相包裹体,成矿流体为简单中低温、低盐度的 NaCl - H₂O 热液体系,成矿早期成矿流体应以岩浆热液为主。

3) 主成矿阶段完全均一温度峰值集中在 200 ℃ ~ 250 ℃,平均值为 230.2 ℃,盐度峰值集中在 2 % ~ 6 %,捕获时静水压力为 14.00 ~ 25.27 MPa,成矿深度为 1.40 ~ 2.53 km。

4) 综合分析认为,格鲁其堆山铅锌矿床与中酸性浅成侵入体具有密切时空关系,成因类型属中温热液脉型。

[参考文献]

- [1] 徐智涛. 内蒙古额尔古纳地区铅锌多金属矿床成因与成矿地球动力学背景[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [2] 范洪志, 康建坤. 内蒙古格鲁其堆山铅锌矿地质特征及找矿方向[J]. 甘肃冶金, 2013, 35(2): 65 - 68.
- [3] 马靖, 周殿宇. 内蒙古格鲁其堆山铅锌银矿床地质特征与矿床成因分析[J]. 甘肃冶金, 2015, 37(2): 104 - 107.
- [4] 刘延斌, 罗先熔, 刘攀峰, 等. 地电化学集成技术在内蒙古格鲁其堆山矿区及外围寻找隐伏铅锌矿的应用[J]. 地质与勘探, 2018, 54(5): 1 001 - 1 012.
- [5] 刘涛, 王献忠, 江秉忠, 等. 格鲁其堆山铅锌矿床地质特征及地球物理找矿标志[J]. 甘肃冶金, 2016, 38(2): 58 - 62.

- [6] 王忠禹, 孙景贵, 明珠, 等. 内蒙古东部得耳布尔铅锌矿床地质特征、控矿因素及找矿方向[J]. 黄金, 2016, 37(7): 21 - 24.
- [7] 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(北京), 2017.
- [8] 王文元. 内蒙古得尔布干成矿带南段铅锌银及铜钼多金属成矿作用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2021.
- [9] 刘艳荣, 李芳, 刘云华, 等. 内蒙古二道河子铅锌银多金属矿床流体包裹体红外光谱测温研究[J]. 大地构造与成矿学, 2019, 43(5): 953 - 966.
- [10] 梁小龙, 孙景贵, 邱殿明, 等. 大兴安岭西坡比利亚谷银铅锌多金属矿床成因[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2020, 50(3): 781 - 799.
- [11] 牛斯达, 李胜荣, 郭健. 内蒙古甲乌拉铅锌银矿绢云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄及其地质意义[J]. 地质与勘探, 2020, 56(1): 60 - 67.
- [12] 杨言辰, 张兰玲, 叶松青, 等. 黑龙江省逊克县新民金矿床流体包裹体研究[J]. 黄金, 2009, 30(3): 17 - 22.
- [13] 李向文, 张志国, 王可勇, 等. 大兴安岭北段宝兴沟金矿床成矿流体特征及矿床成因[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2018, 48(4): 1 071 - 1 084.
- [14] 齐雨宁, 孙国胜, 冯德胜, 等. 内蒙古敖汉旗岱王山金矿床流体包裹体特征及矿床成因[J]. 黄金, 2024, 45(3): 67 - 71.
- [15] 乌日根, 庄倩, 张爽, 等. 大兴安岭北段八分场银矿床的发现及其成矿流体特征[J]. 地质与勘探, 2023, 59(1): 12 - 26.
- [16] 王俊德, 任晓仲, 杜晓阳, 等. 豫西上宫金矿床成矿流体特征[J]. 黄金, 2022, 43(12): 19 - 25.
- [17] 吕志成, 段国正, 郝立波, 等. 佳疙瘩组变碎屑岩地球化学特征及古构造环境[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2002, 32(2): 111 - 115.
- [18] 邵军, 李永飞, 周永恒, 等. 中国东北额尔古纳地块新太古代岩浆事件——钻孔片麻状二长花岗岩锆石 LA - ICP - MS 测年证据[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2015, 45(2): 365 - 373.
- [19] 毛景文, 谢桂青, 张作衡, 等. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景[J]. 岩石学报, 2005, 21(1): 169 - 188.
- [20] 毛景文, 周振华, 武广, 等. 内蒙古及邻区矿床成矿规律与成矿系列[J]. 矿床地质, 2013, 32(4): 716 - 730.
- [21] 孙景贵, 张勇, 邢树文, 等. 兴安造山带东缘内生钼矿床的成因类型、成矿年代及成矿动力学背景[J]. 岩石学报, 2012, 28(4): 1 317 - 1 332.
- [22] 徐智涛, 李萌萌, 孙景贵, 等. 大兴安岭得耳布尔地区中侏罗世流纹岩成因及成矿地球动力学背景[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2023, 53(3): 866 - 886.
- [23] 张德会. 流体的沸腾和混合在热液成矿中的意义[J]. 地球科学进展, 1997, 12(6): 546 - 552.
- [24] 陈衍景, 倪培, 范宏瑞, 等. 不同类型热液金矿系统的流体包裹体特征[J]. 岩石学报, 2007, 23(9): 2 085 - 2 108.
- [25] 王晰, 段明新, 任云生, 等. 内蒙古额尔古纳地区八大关铜钼矿床流体包裹体特征与成矿时代[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2016, 46(5): 1 354 - 1 367.
- [26] 张龙升, 林芳梅, 姬祥永, 等. 额尔古纳地块七一牧场北山银铅锌矿床地质特征及其成因分析[J]. 地质与勘探, 2021, 57(1): 64 - 72.

Study of geological characteristics and fluid inclusions of Geluquiduishan Pb - Zn Deposit in Inner Mongolia

Liu Lijun^{1,2}, Zhang Yue^{1,2}, Yan Yongsheng^{1,2}

(1. Harbin Center for Integrated Natural Resources Survey, China Geological Survey;

2. Observation and Research Station of Earth Critical Zone in Black Soil, Harbin, Ministry of Natural Resources)

Abstract: Geluquiduishan Pb - Zn Deposit is a newly discovered Pb - Zn deposit with great exploration potential in recent years. It is located on the west side of the Derbugan fault section, with mineralization occurring in the strata of the Ergune River Formation, Jiageda Formation, and other formations. The lead - zinc mineralization has a close genetic relationship with diorite and diorite porphyry and is controlled by NE faults. The mineralization during the hydrothermal period can be roughly divided into pyrite ± galena - quartz stage (I), galena, sphalerite ± chalcopyrite - quartz stage (II), and low sulfide - carbonate stage (III). Fluid inclusion studies show that only gas-liquid two-phase inclusions are developed in quartz. The ore-forming fluid is a simple, medium low temperature, low salinity NaCl - H₂O hydrothermal system, with early ore-forming fluids composed mainly of magmatic hydrothermal fluids. The peak full homogenization temperatures of the main mineralization stage (II) are concentrated in the range of 200 ℃ to 250 ℃, with an average of 230.2 ℃, and salinity peaks concentrated in the range of 2 % to 6 %. The estimated formation depth is between 1.40 km and 2.53 km, with the static hydro-pressure concentrated around 14.00 - 25.27 MPa. Preliminary comprehensive analysis suggests that the Geluquiduishan Pb - Zn Deposit has a close spatiotemporal relationship with medium acidic shallow intrusive bodies, and the genetic type belongs to the medium temperature hydrothermal vein type.

Keywords: Pb - Zn deposit; geological characteristics; fluid inclusions; mineralization mechanism; Geruquiduishan; Inner Mongolia