

冀北北岔沟门铅锌多金属矿床地质特征及成因

毛德宝¹, 钟长汀^{1,2}, 武永平³, 葛桂平³, 陈志宏^{1,2}, 胡小蝶¹

(1. 天津地质矿产研究所, 天津 300170; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 3. 内蒙古地质矿产勘查院, 呼和浩特 010010)

摘要:北岔沟门铅锌多金属矿床是近年来发现的一个具有大型超大型远景的矿床,其成矿系统在纵向和横向上具有明显的分带性:以斑岩型 Mo 矿体为中心,向外或向上依次为细脉浸染型 Cu - Pb - Zn 矿体、爆破角砾岩型 Pb - Zn 矿体、浅成低温热液型(高硫型或低硫型)Cu - Ag - Pb - Zn 或 Ag - Mn - Pb - Zn 矿体。成矿年代学研究表明,不同类型矿体是在不同阶段形成的,与不同类型岩浆作用有关。其中,钼成矿作用发生最早,与石英二长岩岩浆作用有关,成矿物质来源于下地壳,其成矿流体的稳定同位素特征接近于典型的岩浆流体,成矿流体含盐度高,成矿温度为中高温;铅锌铜多金属成矿作用晚于钼成矿作用,与二长花岗质岩浆活动有关,成矿物质来源于被深熔和流体渗滤的古元古代岩石,成矿流体具有演化天水或岩浆水与天水混合的特点,成矿温度为中低温;浅成低温热液银多金属成矿作用形成最晚,与早白垩世粗面质浅成岩浆活动(正长斑岩或石英正长斑岩)有关,成矿物质和成矿流体具有多元混合的特点。

关键词:冀北;北岔沟门;铅锌多金属矿床;中生代;成矿作用

中图分类号: P618.42; P618.43

文献标识码: A

文章编号: 1672 - 4135(2005)04 - 228 - 12

北岔沟门铅锌多金属矿床(图 1)是河北地勘局和地调院近年来发现的一个具有大型超大型远景的矿床。矿床产于河北省隆化县境内,构造上位于华北克拉通北部乌龙沟—上黄旗构造-岩浆岩亚带。

1 成矿地质背景

1.1 地层

区内广泛出露侏罗系-白垩系火山沉积地层,主要为一套陆相中性-酸性和偏碱性火山岩建造以及河湖相碎屑岩建造。古元古界变质火山-沉积岩零星出露,第四系松散堆积物沿沟谷分布。

中侏罗统火山岩在本区分布最广,主要分布于北岔沟门北部马道火山岩盆地及其西南部的花吉营火山盆地^[1],为一套酸性、偏碱性火山岩,其中下部为偏碱性火山熔岩及火山碎屑岩类。主要岩性为粗面岩、粗面质熔结凝灰岩、石英粗面质熔结角砾凝灰岩;中部主要为一套酸性火山熔岩和火山碎屑岩,主要岩性为流纹质晶屑凝灰岩、流纹质凝灰岩、球粒流纹岩、流纹

质晶屑凝灰岩及珍珠岩。

晚侏罗统—早白垩统主要为一套中性火山熔岩,如安山岩类夹河湖相凝灰质砂砾岩、凝灰质砂岩;在马道火山岩盆地,晚侏罗统—早白垩统上部还分布一套河湖相凝灰质砂砾岩、凝灰质砂岩及黑色页岩夹安山岩。

1.2 构造

本区在构造上介于康保—围场、丰宁—隆化东西向深大断裂之间,乌龙沟—上黄旗大断裂斜贯本区。受上述构造的影响,本区断裂构造较为发育,派生出一系列规模大小不一、性质各异,呈近东西向、北北东—北东向、北西—北北西向以及近南北向展布的次级断裂。主要断裂有北东向的 F₁ 和 F₃ 断层,北北西向 F₂ 断层和近南北向展布的 F₄ 断层。不同规模的断裂构造控制了中生代岩浆作用和成矿作用。爆破角砾岩化是火山岩发育区常见的构造作用形式,本区广泛发育爆破角砾岩筒,是本区重要的容矿构造。

1.3 岩浆侵入活动

北岔沟门地区岩浆侵入岩类型多样且形成

收稿日期:2005 - 10 - 08

基金项目:中国地质调查局河北省隆化县北岔沟门—围场县棒柴窝铺铅锌银矿资源调查评价(K1.2.5.3)

作者简介:毛德宝(1964 -),男,博士,研究员,从事区域成矿研究与矿产资源勘查评价工作;E-mail: tjmdebaobao@cgsg.gov.cn

演化历史复杂,尤以古生代末以来的岩浆侵入活动最为发育。根据本次研究工作所做的大量单颗粒锆石 U-Pb 同位素测年资料,中生代岩浆侵入活动可以划分成三个阶段:245 ~ 250 Ma、164 Ma ± 和 145 ~ 150 Ma^[2]。主要岩石类型有粗粒花岗岩、石英角闪二长岩、含钾长石石英

稀斑花岗岩、细粒正长花岗岩、黑云石英二长岩、花岗闪长斑岩、黑云母闪长玢岩、不等粒二长花岗岩、以及正长斑岩类和钠长斑岩等,这些不同类型的侵入岩类在空间上叠加发育,不仅构成了本区重要的赋矿围岩,对于本区矿床的形成也起着至关重要的制约作用。

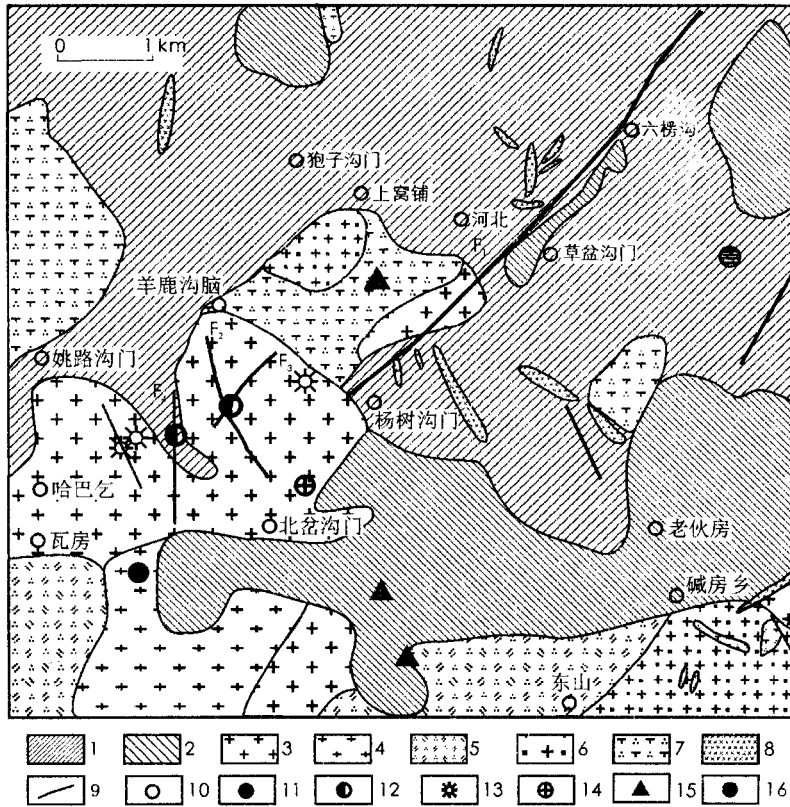


图 1 北岔沟门铅锌矿床地质略图(据河北地勘局 2000 年资料改编)

Fig. 1 Simplified geological map of the Beichagoumen Pb-Zn polymetallic deposit

(modified from Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources, 2000)

1. 中侏罗世火山沉积岩系; 2. 晚侏罗世 - 早白垩世火山沉积岩系; 3. 印支期黑云母花岗岩; 4. 印支期二长花岗岩; 5. 燕山期石英二长岩 - 角闪二长花岗岩; 6. 燕山期二长花岗岩 - 正长花岗岩; 7. 燕山期正长斑岩 - 石英正长斑岩; 8. 辉绿岩脉; 9. 断层; 10. 村庄; 11. 钼矿; 12. 铅锌矿; 13. 铜铅锌多金属; 14. 高硫型银铜多金属矿; 15. 银锰多金属矿; 16. 银金矿化

2 矿床地质特征

北岔沟门矿床最初由验证物化探异常(河北地勘局 1996 年,异常编号为 D₁ ~ D₇)发现,经地质勘查区内矿床的地质特征、矿体分布规律和浅部规模,表明区内有多种矿化类型,成矿作用复杂多样,不同类型矿化具有良好的分带性,已构成一较为完整的斑岩 - 浅成低温热液成矿系统,为成矿作用研究提供了难得的实例。

2.1 斑岩型 Mo 矿体

该类矿体见于矿区西南部 D₂ 号异常区,矿

体在地表未出露,仅在钻孔中见到,是一个隐伏矿体。矿化呈细脉浸染状产于晚侏罗世角闪石英二长斑岩中。矿体有 21 层,累计厚约 70 m,平均品位 > 0.02 × 10⁻²,其中主要矿体有三层,厚 2.7 ~ 6.2 m,Mo 平均品位 (0.044 ~ 0.065) × 10⁻²,同时含有少量的铜和铅锌。矿石金属矿物成分主要是辉钼矿,其次见到少量黄铜矿、闪锌矿和方铅矿。脉石矿物主要是石英、少量的方解石和绢云母。围岩蚀变可见硅化、碳酸盐化、绿泥石化和钾长石化。从成矿特征和围岩蚀变等分析,该矿化类型具有斑岩型

矿床的成矿特征。

2.2 与潜火山岩浆活动有关的细脉浸染型 Cu 多金属矿体

该类型矿化产于西北部 D6、D7 号异常区,矿体位于海拔相对较低的沟谷内或为深部隐伏矿体,矿体形成深度相对较大,是介于斑岩型矿化和爆破角砾岩型矿化之间的一种矿化类型。目前已进行勘查的矿体 4 个,矿化产于印支-燕山期花岗岩复式岩体的破碎蚀变带中,呈石英-黄铜矿细脉和浸染状石英多金属矿体产出。矿体长 200 ~ 298 m,平均厚 1.09 ~ 8.71 m,已控制斜深 80 ~ 118 m。矿化有 Cu-Pb-Zn、Cu-Pb、Cu 三种类型,既有独立的铜矿体,也有与铅锌矿共生的铜矿体,以含较多的黄铜矿为特征,Cu 平均品位 $(0.42 \sim 0.90) \times 10^{-2}$,共生矿体中 Pb 平均品位 $(0.69 \sim 3.72) \times 10^{-2}$,Zn $(0.2 \sim 1.84) \times 10^{-2}$ 。主要矿石矿物为黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等,脉石矿物有石英、长石、高岭土、绢云母等。

2.3 爆破角砾岩型 Pb-Zn 矿体

该类矿体产于矿田中部的 D5、D7 号异常区,是区内发现的主要矿化类型。矿体主要产于印支-燕山期花岗岩复式岩体和中生代火山岩的接触带,赋矿围岩为由隐爆花岗岩为主构成的角砾岩,矿化呈脉状、细脉浸染状、浸染状多金属硫化物产出。目前已开展勘查的矿体主要有 5 个,矿体长 160 ~ 510 m,平均厚 22 ~ 38 m,已控制斜深 157 ~ 250 m。矿石铅品位最高 15×10^{-2} ,平均 $(1.16 \sim 1.77) \times 10^{-2}$;锌品位最高 14×10^{-2} ,平均 $(1.8 \sim 2.5) \times 10^{-2}$;银品位最高 305×10^{-6} ,平均 $(14 \sim 19) \times 10^{-6}$ 。主要金属矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿。脉石矿物有石英、绢云母、高岭石、绿泥石、绿帘石等。围岩蚀变主要有硅化、高岭土化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化等。

2.4 高硫型浅成热液矿体

该类矿体产于矿田南部的 D4 号异常区,已发现 2 个矿体,矿化呈脉状和细脉浸染状产于上侏罗统火山角砾岩中。其中富矿脉厚 0.20 ~ 0.50 m,平均品位:Ag 376.2×10^{-6} ,Cu 6.93×10^{-2} ,Pb 10.51×10^{-2} ,Zn 21.59×10^{-2} 。矿石金属矿物较为复杂,主要矿物有黝铜矿、硫磺

铜矿、黄铁矿、白铁矿、闪锌矿、方铅矿;次要成份有黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、深红银矿、银黝铜矿、辉银矿、螺状硫银矿;氧化矿物有铜蓝、铅钒、白铅矿、孔雀石、褐铁矿、赤铁矿。脉石矿物有石英、绢云母、高岭石、绿泥石、绿帘石、明矾石,其中石英结晶程度较差,呈玉髓状和微晶状。围岩蚀变较弱,主要有硅化、高岭土化、明矾石化等。矿石结构构造一般呈团块状、脉状、条带状等。

2.5 低硫型浅成低温热液矿体

该类型矿体产于矿田的北部和南部地区,如孙家营 Ag 多金属、二道窝铺村南硅化 Fe-Mn 矿化破碎带、老伙房一带的矿化蚀变带。矿化产于晚侏罗世火山岩或中细粒花岗岩的破碎蚀变带中,以 Ag-Mn、Ag-Pb-Zn、Ag 矿化为特征。孙家营一带已发现 4 个银多金属矿体,Ag 平均品位 $(134 \sim 323) \times 10^{-6}$,Pb $(0.92 \sim 3.73) \times 10^{-2}$ 。二道窝铺村南硅化铁锰矿化破碎带产于构造破碎蚀变的中细粒花岗岩中,平均品位:Ag 348.8×10^{-6} ,Pb 4.12×10^{-2} 。老伙房号蚀变带零星出露长 1000 余米,宽 2 ~ 3 m,产于晚侏罗世火山熔岩中,以铁锰矿化、硅化和褐铁矿化为主,地表风化淋滤较强,大部分呈蜂窝状构造。东部 1 矿体厚 0.60 m,Ag 品位 326×10^{-6} 。Ag 多金属矿体常见的矿石金属矿物为黄铁矿、辉银矿、深红银矿、溴银矿、自然银、硬锰矿、软锰矿、方铅矿、闪锌矿等。脉石矿物有石英、高岭石、钾长石、绢云母、方解石、萤石、冰长石等。

3 成矿系统的空间分布结构

3.1 矿石化学成分变化特征

表 1 列出了本矿区主要类型矿石的多金属元素分析结果。其中 1222-1、1273-1、1325-7、By9993、By9994、By981910 为浸染型铅锌矿石,取自 D5 号异常爆破角砾岩型的 Pb-Zn 矿体,1222、1273、1375 分别代表三个不同的标高;四-3 为多金属硫化物脉状矿石,取自高硫型浅成低温热液矿体;YQ1 为细脉浸染型铜矿石,取自 -2 号矿体。从表 1 可以看出,浸染型铅锌矿石明显富集 Pb、Zn、Cu 品位自下而上有逐渐变低的趋势。四-3 号样 Zn、Cu、Ag 含量很高

(分别为 61×10^{-2} 、 11×10^{-2} 、 343×10^{-6}),但铅含量较低(仅 0.5×10^{-2}),该样品 As 含量高达 6×10^{-2} ,这些特征与该样品中出现大量硫酸盐矿物相一致。细脉浸染型铜矿化矿石以 Cu、Zn 含

量为最高,但与四-3号样品相比,其砷含量明显要低,反映两种类型矿化在成因上和矿物组成上有差异。此外从上述各矿床地质特征描述中可见,D2号异常的 Mo 矿体厚度大、品位低。

表1 北岔沟门多金属矿石元素组成

Table 1 Element contents of ores from the Beichagoumen polymetallic deposit

样品代号	1221-1	1273-1	1325-7	四-3	YQ1	BY9993	BY9994	By981910
Au	96	31.1	25.8	54.5	107.8	3.4	7.9	3.7
Ag	276.5	34.6	99.8	343	33.8	10.1	9.03	13.5
Pb	8 521	46 408	53 763	5 020	8 319	27 354	31 504	15 491
Zn	309 225	190 659	126 893	619 554	123 182	30 216	61 403	22 211
Co	5.3	9.1	8.8	2.8	2.3	5.4	6.6	14.1
Ni	4.9	2.7	4.5	4.9	4.9	8.7	3.7	4.9
V	26.3	24.7	46.1	19	24.7	28.4	39.8	30.8
Cd	1 770	412.75	294.55	1 180.8	80.89	86.7	69.3	81.7
W	40.3	12.95	101.81	215.91	3.84	8.23	5.54	7.81
Mo	3.41	0.51	1.36	12.51	10.74	1.46	0.95	0.84
As	91.2	51.6	34.7	60 831	342	4.7	5.6	6.6
Mn	2 678	1 178	16 700	511	2 279	1 109	19 365	2 389
Cu	12 920	1 225	375	113 525	12 958	513	722	3 971

国家地质实验测试中心分析;分析方法:Au、Ag、Cd 无火焰原子吸收;W、Mo 极谱;As 原子荧光;V 为 X 荧光光谱;其余为火焰原子吸收;计量单位:Au、Cd 为 10^{-9} ,其余为 10^{-6}

3.2 矿石矿物组合及其分带性

根据野外观察和室内光薄片鉴定,确定本矿床的矿物共生组合如下:

石英-辉钼矿-黄铁矿组合呈细脉浸染状产出,目前仅见于 D2 号异常。金属矿物组成主要为辉钼矿和黄铁矿,少量黄铜矿,偶见方铅矿和闪锌矿,其赋矿围岩为黑云石英二长岩。根据 ZK201 钻孔资料,该类型矿化出现于孔深 250 米以下,赋矿标高较低。

黄铜矿-方铅矿-闪锌矿-石英组合以含黄铜矿较多为特点,呈细脉浸染型和脉型两种产状。其中,细脉浸染型矿化构成铜多金属矿化体,主要见于 D7、D6 号异常的部分矿体;脉型矿体形成较早,被后期矿化切割或改造,在 D5 号异常各矿体的下部中段常见。

石英-黄铁矿组合见两期,早期呈浸染状产出,可见萤石、高岭土、碳酸盐等矿物,见于隐爆角砾岩之中;晚期呈脉状产出,黄铁矿晶形完好、颗粒粗大,极少见方铅矿和闪锌矿等其它硫化物,在 D5 号异常的各矿体中常见。

闪锌矿-方铅矿-黄铁矿组合也呈细脉浸染型和脉型两种产状,是本矿床的主要矿石矿

物组合。根据矿物含量的相对多少,又可分为多金属富矿脉、方铅矿富矿脉和闪锌矿富矿脉。其中多金属富矿脉中方铅矿、闪锌矿、黄铁矿都很发育,并含少量的黄铜矿等矿物,该类矿脉形成较早,常可见矿物的分带现象,而闪锌矿富矿脉和方铅矿富矿脉的形成较晚,矿物成分相对单一,其中又以闪锌矿脉的形成稍早。

闪锌矿-方铅矿-黄铁矿-硫酸盐矿物组合以含硫代硫酸盐矿物较多而不同于上述矿物组合,硫酸盐矿物中主要有黝铜矿、硫砷铜矿及银的硫酸盐矿物,该类组合主要见于 D4 号异常-1 号矿体。

碳酸盐-石英-硫化物组合是热液成矿期最晚一期成矿作用,呈细脉状产出,由方解石和石英组成,并含有少量的方铅矿和黄铁矿等金属矿物。

碳酸盐-菱锰矿-硫化物-银矿物组合见于 D4 号异常以南各矿体以及桦树沟一带,是近地表浅成低温热液成矿的反映。

表生矿物组合以出现铜蓝、孔雀石、铅矾、白铅矿、褐铁矿等氧化矿物为特征。

上述特点表明各矿体的主要矿石矿物组合

有一定的分布规律,矿物成分的不同反映成矿条件和矿床类型的不同,也反映成矿系统时空演化的过程。

3.3 围岩蚀变

紧邻矿带(体)的围岩都遭受了强烈的蚀变交代作用,主要有黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化及硅化、高岭土化、钾长石化等。黄铁矿化蚀变分布范围广,局部地段黄铁矿的含量可达 5% ~ 10% 左右。绢云母化是本区近矿围岩蚀变的重要类型之一,矿化愈发育,绢云母化往往也愈强烈。绿泥石化蚀变主要表现为原岩暗色矿物被绿泥石交代,其分布比绢云母化离开矿体稍远。绿帘石化蚀变在 D5 号异常各矿体上部赋矿围岩中尤为发育,常见绿帘石网脉形成,在 D6 号异常还可见绿帘石与黄铁矿、闪锌矿、石英呈细脉状产于围岩中。硅化在北岔沟门村以西最发育,硅质体结晶程度低,具有低温热流体化学沉淀的特点,可能是火山期后热泉活动的产物。高岭土化见于 D5 号异常区矿化花岗岩中,钾长石化仅见于辉钼矿化黑云石英二长岩中。

3.4 矿化类型的空间分布规律

从上述各矿体产出的空间位置和赋矿围岩看,北岔沟门地区成矿作用具有明显的分带性,构成了很好的斑岩-浅成低温热液成矿系统。从深部 D2 号异常的斑岩型 Mo 矿体 D7 号异常的细脉浸染型的 Cu - Pb - Zn 矿体(黄铜矿-黄铁矿-方铅矿-闪锌矿) D5 号异常的爆破角砾岩型为主的 Pb - Zn 矿体 D4 号异常爆破角砾岩型 Cu - Ag - Pb - Zn(硫代硫酸盐矿物和含银的硫盐矿物-黄铁矿-闪锌矿-方铅矿) D4 号异常南的脉型的锰银矿化 老伙房一带的细脉浸染型银矿化,反映本区存在斑岩-浅成低温热液成矿系统成矿分带性的特点。垂向上看,斑岩型在深部(钻孔中见到),以深成的角闪石英二长斑岩为容矿围岩;脉型和爆破角砾岩型的(Pb - Zn)矿体位于中部,以隐爆的早期花岗岩杂岩体为容矿围岩;浅成低温热液型矿体在上部,以火山岩-火山角砾岩为容矿围岩。横向上看,以 D5 异常为中心向北至老伙房,向南至北岔沟门南,从中高温成矿作用变化至低温成矿作用。

4 矿床地球化学特征

4.1 稳定同位素地球化学

4.1.1 硫同位素

硫同位素分析结果见表 2。硫化物的 ^{34}S 值变化于 0.2‰ ~ 6.2‰ 之间,平均为 3.14‰,接近陨石硫的同位素组成,且呈正态分布,极差很小,具一定的塔式分布效应。黄铁矿的 ^{34}S 值变化在 0.3‰ ~ 6.2‰ 之间,平均为 3.69‰;方铅矿的 ^{34}S 值变化在 2‰ ~ 4.6‰ 之间,平均为 3.08‰;闪锌矿的 ^{34}S 值变化在 0.2‰ ~ 2.5‰ 之间,平均为 1.35‰。同一样品中硫化物的 ^{34}S 值:黄铁矿 > 方铅矿 > 闪锌矿,与矿物生成过程中硫同位素分馏的一般规律一致,说明本区硫同位素分馏已达平衡。

不同类型矿体之间的硫同位素变化有一定规律。从斑岩型 Mo (Cu) 矿体 潜火山岩型 Cu - Pb - Zn 矿体 爆破角砾岩型 Pb - Zn 矿体 浅成低温热液型(高硫型和低硫型) Cu - Ag - Pb - Zn 矿体,同一种矿物的 ^{34}S 值逐渐变大。

表 2 金属矿物硫同位素组成

Table 2 Sulfur isotope data of sulfide minerals from the Beichagoumen deposit

序号	样号	矿体	矿石类型	矿物	^{34}S (‰)
1	By97046	- 1	铅锌银矿石	黄铁矿	3.1
2	By98045	- 1	铅锌矿石	黄铁矿	5.2
3	By98054	- 1	铅锌矿石	黄铁矿	4.8
4	By97132	- 1	铅锌矿石	方铅矿	2.0
5	By98045	- 3	铅锌矿石	方铅矿	3.0
6	By98054	- 1	铅锌矿石	方铅矿	2.7
7	By97132	- 2	铅锌矿石	闪锌矿	2.5
8	By98054	- 1	铅锌矿石	闪锌矿	0.2
9	Zk201 - 1	钼矿体	辉钼矿矿石	黄铁矿	0.3
10	Zk201 - 2	钼矿体	辉钼矿矿石	黄铁矿	0.5
11	HB02 - 1	- 1	铅锌银矿石	黄铁矿	5.7
12	HB02 - 1	- 1	铅锌银矿石	方铅矿	2.3
14	HB03	硅华	黄铁矿	黄铁矿	6.2

分析单位:中国地质科学院矿产资源研究所

4.1.2 铅同位素

对 11 件矿石样品的单矿物进行了铅同位素分析(表 3): $^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ 的变化范围为 16.998 ~ 17.261,平均为 16.886; $^{208}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ 变化范围 15.277 ~ 15.652,平均为 15.313; $^{208}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ 变化范围 35.946 ~ 38.049,平均

为37.116,变化范围较大。在 Zartman^[3]的铅构造模式图上(图略),矿石铅同位素构成一条斜率较大的直线(假不一致线),与构造铅演化线呈大角度斜交,反映成矿物质来源的非均一性和多源的混合性。

不同类型矿体的铅同位素组成有一定差异。总的看来,钼矿体含放射性成因铅较低,铅锌矿体的铅同位素组成变化范围较大,银多金属矿体和硅质岩含放射性成因铅相对较高。与区内中生代花岗质岩体铅同位素组成相比,²⁰⁶Pb和²⁰⁸Pb明显较低,反映成矿物质并非全部由岩体提供,不同成矿金属元素也可能有不同的来源。

4.1.3 氢氧同位素

对本区矿石中石英单矿物作了氢氧同位素分析(表4)。矿石中石英的氧同位素变化在+2.1‰~+11.8‰之间,以 Clayton^[4]石英-水分馏方程式求得成矿流体的¹⁸O_{H₂O}为+5.67‰~-4.62‰,氢同位素组成变化于-72‰~-111‰。钼矿化中石英流体包裹体氢氧同位素组成与岩浆水的组成较为接近(图2),而其它类型矿化中石英流体包裹体与变质水和岩浆水的氢氧同位素组成都相差较大,位于大气水演化线与岩浆水之间,这反映成矿流体可能为大气水和岩浆水的混合流体或通过水/岩交换的岩浆水或大气水。

表3 铅同位素组成

Table 3 Lead isotope compositions of the sulfide minerals from the Beichagoumen deposit

序号	样品代号	矿体	矿物种类	铅同位素比值		
				²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb
1	By98062	硅质岩-黄铁矿	黄铁矿	17.352	15.625	37.982
2	B Y97046	- 1	黄铁矿	17.038	15.414	37.468
3	HB02 - 1	- 1	黄铁矿	17.040	15.435	37.288
4	B Y98054	- 1	黄铁矿	16.998	15.227	37.292
5	By98054	- 1	方铅矿	17.261	15.652	38.049
6	B Y97132	- 2	方铅矿	17.067	15.429	37.425
7	By98045	- 3	黄铁矿	16.879	15.344	37.144
8	B Y98045	- 3	方铅矿	16.943	15.337	37.206
9	Zk202	钼矿体	黄铁矿	16.412	14.783	36.324
10	Zk201	钼矿体	黄铁矿	16.417	15.007	36.184
11	Zk202	钼矿体	黄铁矿	16.336	15.195	36.292

分析单位:中国地质科学院地质研究所

表4 矿石石英的氢氧同位素组成

Table 4 Oxygen and hydrogen isotope compositions of the quartzs in the ores

样品代号	矿物	均一温度	¹⁸ O ‰ (石英)	¹⁸ O _{H₂O} ‰	D _{H₂O}
B Y98254	石英	268	+ 4.4	- 3.75	- 92
B Y98256	石英	255	+ 4.1	- 4.62	- 111
B Y98257	石英	310	+ 2.1	- 4.44	- 103
B Y98259	石英	231	+ 7.2	- 2.71	- 101
HB02 - 1	石英	210	+ 10.5	- 0.59	- 74
HB02 - 2	石英	210	+ 11.8	+ 0.71	- 72
Zk202	石英	380	+ 10.2	+ 5.67	- 82

分析单位:中国地质科学院矿产资源研究所; 据 Clayton^[4], $1000 \cdot \ln \text{石英-水} = 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.40$

图2中还同时给出了不同水/岩比值条件下,岩浆水、大气降水与流体通道围岩(火山岩盆地的下伏基底为前寒武纪变质岩)进行交换的同位素演化曲线。由图上的理论曲线和实际分析值的对比可以看出,斑岩型钼矿体的氢氧

同位素组成与岩浆流体最为接近,而铅锌矿成矿流体的氢氧同位素组成与水岩比值较大(R = 0.1 ~ 1)时演化的大气水(即与变质岩经过交换的大气水)更为接近,或者是演化的大气水与演化的岩浆水混合的产物,但显然以演化的

大气水为主。浅成低温热液银多金属矿体的成矿流体来源可能更为复杂,但用演化的大气水与演化的岩浆水混合较为容易解释。总体看来,不同类型矿床的成矿流体的来源有所不同,但都有大气水的明显参与,甚至以演化的大气水为主。

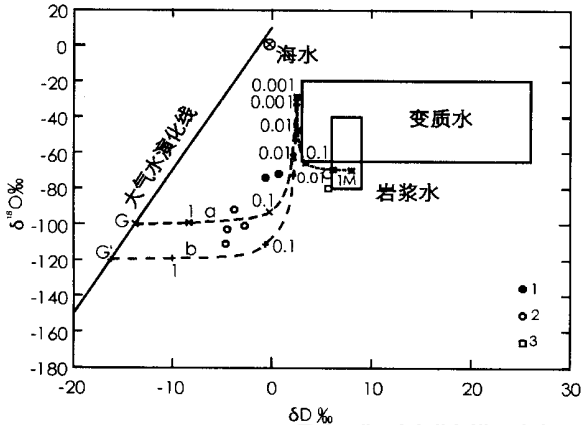


图 2 北岔沟门矿床石英流体包裹体成分氢氧同位素组成

Fig. 2 Oxygen and hydrogen isotope compositions of the ore-forming fluids

1. 银多金属矿脉; 2. 铅锌矿脉; 3. 铜矿脉。

图中点 G ($D = -100\text{‰}$, $^{18}\text{O} = -13.7\text{‰}$) 和点 G ($D = -120\text{‰}$, $^{18}\text{O} = -16.2\text{‰}$) 代表中生代大气降水的成分范围,由这两点引出的虚线为大气降水与变质岩 ($^{18}\text{O}_{\text{岩}} = +7\text{‰}$, $D_{\text{岩}} = -70\text{‰}$) 发生同位素交换的 D 和 ^{18}O 的变化曲线 a 和 b (计算方程式按 Ohmoto 等^[51]); C 曲线为不同比例岩浆水与变质岩发生同位素交换的 D 和 ^{18}O 变化曲线;数据 1 ~ 0.001 表示水/岩重量比 (R 值)

4.2 矿物包裹体地球化学

4.2.1 矿物中包裹体特征

流体包裹体地质地球化学特征见表 5。总体上看本区包裹体形态比较复杂,包裹体的分布为密集型,分布杂乱,多数无定向排列。大部分包裹体为无色透明,个别呈褐色、棕色、黑色,推测可能有二氧化碳包裹体和有机包裹体的存在。石英-辉钼矿脉和石英-黄铜矿脉中包体相对较大,为 $8 \sim 40 \mu\text{m}$,多数为 $10 \sim 30 \mu\text{m}$;硅质岩-黄铁矿中包体相对较小,为 $2 \sim 15 \mu\text{m}$,多数 $< 10 \mu\text{m}$;铅锌多金属矿体石英中的包裹体大小介于上述两类矿体包裹体之间。

不同类型矿体中石英流体包裹体类型有明

显的差别。石英-辉钼矿脉、石英-黄铜矿脉、银多金属硫化物-石英脉中所见的包体类型最多,气液比变化较大,可见 CO_2 包裹体,偶见有机包裹体,固相包裹体极为少见,局部还能见到活动型包裹体,说明成矿过程中发生过热液沸腾。石英-黄铁矿脉和石英-方铅矿脉中的流体包裹体类型相对简单,气液比较小,反映成矿作用是在较为稳定的溶液中发生的。由于本次工作对产在角砾岩中的铅锌矿体未能采到合适的包裹体观察对象,因而对爆破角砾岩中铅锌矿体的成矿流体状态了解不多,但从角砾岩的产状推断,流体的沸腾作用也是很明显的。

4.2.2 流体包裹体物理化学条件测定

温度:对不同类型矿石石英中所含的流体包裹体进行了均一温度的测定,为使获得的均一温度更有代表性,对每个样品中选择 10 个以上的包裹体进行测定。所测 8 个样品的包裹体均一温度变化在 $110 \sim 675$ 之间,不同类型矿体的成矿温度显然有明显的变化规律:石英-辉钼矿脉的包裹体温度变化范围最大,为 $190 \sim 675$,主要集中在 $280 \sim 400$,平均 352 ;石英-黄铜矿脉的流体包裹体的温度变化范围为 $20 \sim 480$,主要集中在 $200 \sim 380$,平均 323 ;硅质岩-黄铁矿脉的温度最低,为 $110 \sim 220$,平均仅 185 ;石英-黄铜矿脉、石英-方铅矿脉、银多金属硫化物-石英脉的温度变化范围较为接近。成矿温度总体显示出从斑岩型到浅成热液型逐渐变低的特征。

盐度:用冷冻法测定,测量前,先用标准浓度盐水溶液对仪器进行校正,所测得的冷冻温度必需用校正曲线进行校正,据有关盐度-冰点关系图解,从冷冻温度便可求得有关包裹体的盐度。所求得各个样品的盐度变化在 $(0.5 \sim 44.82) \text{wt} \% \text{NaCl}$,不同类型矿体之间的盐度变化特征也有一定规律。石英-辉钼矿脉、石英-黄铜矿脉、银多金属硫化物-石英脉明显存在两种气液比相差很大的包体,并且出现含盐类子晶的多相包裹体,表明出现过成矿热液的二次沸腾现象,因而包裹体的盐度变化也比较大,高低两种呈双峰式分布。其它三种类型矿体的流体包裹体盐度均较低。

压力:不同地质条件下形成的包裹体代表了不同的压力条件。上述石英-辉钼矿脉、石英-黄铜矿脉、银多金属硫化物-石英脉中包裹体有沸腾现象,说明成矿深度较浅,已知包裹体的平均均一温度为 180 ~ 420 左右,盐度

平均为 7 wt %,根据 NaCl - H₂O - CO₂ 体系实验相图^[6],从相应的沸腾曲线求得近似成矿压力大致在 0.3 × 10⁸ Pa,形成深度约为 1 km 左右。

表 5 不同成矿阶段和成矿世代石英流体包裹体特征

Table 5 Characteristics of fluid inclusions in quartz from Beichagoumen deposit

成矿阶段或世代	石英-辉钼矿	石英-黄铜矿	石英-黄铁矿	石英-方铅矿	银多金属硫化物-石英	硅质岩-黄铁矿
形态	分布杂乱,偶见或呈环带状或沿裂隙分布,呈石英的负晶形或椭圆状、不规则状	分布杂乱,偶见呈环带状或沿裂隙分布,呈石英的负晶形或椭圆状、不规则状	分布一般不规则或沿裂隙分布,呈椭圆状或石英的负晶形、不规则状	不规则分布或沿裂隙分布,呈石英的负晶形或椭圆状、不规则状	呈环带状分布、线形分布、不规则分布,呈石英的负晶形或椭圆状、不规则状	分布杂乱或沿裂隙呈线形,形态极不规则
大小	8 ~ 40μm,一般 10 ~ 25μm	5 ~ 35μm,一般 10 ~ 25μm	3 ~ 30μm,一般 5 ~ 25μm	3 ~ 20μm,一般 8 ~ 15μm	2 ~ 20μm,一般 3 ~ 10μm	2 ~ 15μm,一般 < 10μm
类型	、 、 、 、 五类型包体均可见到,以、为主	见、 、 、 四类型包体,以、为主	以、类型为主	以类型包体为主	、 、 、 五类型包体均可见到,以、为主	以类型包体为主
气液比	5% ~ 90%	5% ~ 80%	2% ~ 50%	3% ~ 30%	1% ~ 80%	1% ~ 25%
均一温度	190 ~ 675	205 ~ 480	145 ~ 390	170 ~ 362	150 ~ 420	110 ~ 220
盐度 wt %NaCl	2.9 ~ 44.82	3 ~ 35	5 ~ 7.7	6 ~ 8	0 ~ 20	0.5 ~ 4

矿产资源研究所李荫清测试:表中包裹体类型为液体包裹体(V/L = 30%),为气液包裹体(V/L = 30% ~ 50%),为气体包裹体(V/L = 50%),为含子矿物的多相包裹体,为含有机质或 CO₂ 的多相包裹体

4.2.3 包裹体成分

石英流体包裹体成分分析结果见表 6。总体上看,流体包裹体的 Na⁺ / K⁺ 值为 0.16 ~ 0.43,均小于 1;阴离子成分中以 SO₄²⁻ 为主,但 Cl⁻、F⁻ 也有一定的含量,这与矿床中普遍出现重晶石化和萤石化的蚀变现象是一致的,说明金属元素的搬运主要呈硫氢络合物、硫代硫酸络阴离子和 F、Cl 的络合物等形式。气相成分中以水为主,H₂O 的含量是 CO₂ 的一百多倍。而 CO₂ 和还原气体 CO、CH₄、C₂H₆、H₂S 的含量相比也很高,说明成矿时的氧逸度较高,特别是硅质岩形成的氧化程度更高。不同类型矿体之间的流体包裹体在类型上有一定的区别,成

矿温度略显分带性,从钼矿化到铅锌矿化再到银多金属矿化,其温度有逐渐降低的趋势,主要类型矿体如石英-辉钼矿脉、石英-黄铜矿脉、爆破角砾岩型铅锌矿体、银多金属硫化物-石英脉在成矿作用发生时成矿流体都处于临界状态,发生过沸腾作用,成矿的深度也较小,属浅成的斑岩-浅成热液类型。

上述资料显示不同类型矿化在成矿物理化学条件和流体包裹体成分上不但有一定的差异,而且在成矿元素组合和矿物组合上的差别更大,这很可能说明不同矿化类型固然是成矿温度和深度分带(同一含矿流体)演化的产物,但更可能是不同含矿流体、不同成矿阶段的产物。

表 6 石英流体包裹体成份表

Table 6 Chemical compositions of the fluid inclusions in the quartz from Beichagoumen deposit

样号	矿体名称	液相成份 (ug / g)							总量	比值 (mol 比)		
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		Na ⁺ /K ⁺	Cl ⁻ /F ⁻	SO ₄ ²⁻ /Cl ⁻
98254	石英 - 方铅矿	5.43	29.70	1.20	<0.01	0.79	0.27	45.24	46.30	0.31	0.18	60.61
98256	石英 - 黄铁矿	3.99	17.70	1.11	<0.01	0.61	1.71	27.14	29.46	0.38	1.50	5.74
98257	石英 - 黄铁矿	6.57	15.30	0.96	0.06	0.33	2.89	27.14	30.36	0.73	4.69	3.40
98259	石英 - 方铅矿	0.93	5.70	0.30	<0.01	0.36	0.56	6.96	7.88	0.28	0.83	4.50
HB01	石英 - 辉钼矿	4.213	24.738	0.036	0.114	0.667	1.036	25.966	27.669	0.29	0.83	9.07
HB02 - 1	银多金属石英	2.071	35.635	0.01	0.054	1.775	6.258	18.078	26.111	0.10	1.89	1.04
HB02 - 2	银多金属石英	20.698	28.387	1.159	0.266	1.401	43.065	127.196	171.662	1.24	16.47	1.07
HB03	石英 - 黄铜矿	7.635	18.364	0.952	0.02	0.652	2.965	31.654	35.271	0.70	2.44	3.86
HB04	硅质岩	0.56	5.15	0.27	<0.01	0.18	0.33	8.18	8.69	0.18	0.98	8.97
样号	矿体名称	气相成份 (10 ⁻⁶ mol/g)							总量	比值 (mol 比)		
		H ₂ O	CO ₂	CH ₄	CO	N ₂	C ₂ H ₆	H ₂ S		H ₂ O/CO ₂	R	
98254	石英 - 方铅矿	43.934	0.633	0.078	0.170	0.025			45	169.66	1.34	
98256	石英 - 黄铁矿	101.164	2.186	0.068	0.096	0.031			104	113.12	6.73	
98257	石英 - 黄铁矿	88.602	1.198	0.075	0.096	0.031			90	180.79	3.48	
98259	石英 - 方铅矿	58.157	0.975	0.048	0.060	0.000			59	145.81	4.31	
HB01	石英 - 辉钼矿	15.000	0.313	0.078	0.335	0.051	0.023	0.002	16	117.15	0.41	
HB02 - 1	银多金属石英	97.805	0.964	0.000	0.124	0.738	0.312	0.031	100	248.01	2.44	
HB02 - 2	银多金属石英	97.962	1.011	0.000	0.175	0.675	0.287	0.001	100	236.86	2.37	
HB03	石英 - 黄铜矿	106.365	1.236	0.067	0.086	0.056	0.056	0.002	108	210.36	3.25	
HB04	硅质岩	27.310	2.330	0.021	0.015	0.033	0.005	0.000	30	28.65	31.07	

注: R = CO₂ / (CO + CH₄ + C₂H₆ + H₂S); 分析单位: 中国地质科学院矿产资源研究所

金属元素成矿系统的成矿分带性是一种常见的成矿作用现象,分带性良好的矿田、矿床为成矿系统的动力学演化研究提供了理想的研究对象。关于这种分带性的成因至少可能有两种解释:1)同一种母成矿热液随着物理化学条件的演化,金属矿物的先后沉淀形成的分带^[7];2)成分不同的含矿流体在不同空间的沉淀,包括同一母岩浆分离结晶导致的成分不同^[8,9]和不同源岩浆导致的成分不同^[10]。要明确是哪一过程在成矿中起主导因素,必须研究区内岩浆作用及其衍生的热液特征及其与成矿的关系。如 Audetat 等^[11]通过对流体包裹体成分的系统测定研究澳大利亚 Mole 花岗岩周围大规模的成矿分带性,认为该区成矿的分带性受两种作用的共同控制,即既有不同来源的成矿流体,也由于同一流体的不断演化。同样, Titley^[12]在研究美国西南部斑岩型铜矿区 Cu - Pb - Zn - Ag - Au 成矿的分带性时,已识别出三种成矿流体,证明成矿的分带性也受到上述两种作用的控制。本研究也同样证明,北岔沟门成矿作用的分带性不仅有同一含矿流体分异的因素,更重要的是不同成矿流体成矿作用的产物。

5 成矿作用分析

5.1 成矿时代

对斑岩型钼矿体中辉钼矿进行 Re - Os 法测年,5 个样品获得等时线年龄为 (143 ± 13) Ma^[13],与辉钼矿赋矿围岩(程子沟单元黑云石英二长岩)的单颗粒锆石 U - Pb 年龄 (146.2 ± 1.4) Ma^[2] 相近。

本区铅锌矿主要产在印支期中 - 粗粒花岗岩中,但在晚侏罗世碱房单元和河东单元正长花岗岩中可见铅锌矿脉的穿插。根据花岗岩的相互切割关系,碱房单元正长花岗岩应该晚于钼矿的赋矿围岩程子沟单元的石英二长岩。本研究对王家窝铺一带铅锌矿赋矿围岩正长花岗岩的时代进行了单颗粒锆石 U - Pb 年龄测定,获得 145.6 Ma 的统计权重年龄(另文发表),说明花岗岩的年龄比程子沟单元石英二长岩的年龄要稍微年轻。这一测试结果符合野外两种类型岩体的空间关系,铅锌矿体的成矿年龄应晚于花岗岩年龄。

铜银铅锌多金属矿体的形成时代可能最晚。由于该类型矿体赋存在隐爆角砾岩或火山角砾岩内,岩石成分比较混杂,直接测定围岩时代不易解释,为了获得成矿年龄,所以我们选取与北岔沟门高硫型矿体邻近并且矿石矿物组合相似的榛柴窝铺银铜铅锌多金属矿点进行时代测定。榛柴窝铺地区银多金属矿脉产于区域上

较晚侵入的石英二长斑岩中,单颗粒锆石 U-Pb 同位素年代学的研究表明,该矿点石英二长斑岩的成岩时代为 $(138.5 \pm 1.3) \text{ Ma}$,矿脉切穿岩体说明矿化作用比岩浆侵入作用要晚。刘凤山等^[14]曾报道了邻区牛圈银多金属矿床的玉髓脉的全岩 K-Ar 年龄为 $(120.66 \pm 3.16) \text{ Ma}$ 的年龄,说明本区银多金属成矿作用发生的时间更晚。

上述研究表明,区内钼、铜、铅、锌、银不同矿体在成矿时代上可能具有先后演化关系,是多次成矿作用的产物。

5.2 成因模式

综合以上分析资料,北岔沟门矿床的形成地质地球化学过程可以概括为如下成矿模式(图 3):

晚侏罗世早期 ($< 164 \text{ Ma}$),伴随燕山陆内

造山运动峰期的结束,引发了区域范围内大规模的岩浆活动,形成了区域上主体呈北东向展布的乌龙沟—上黄旗巨大构造岩浆岩带,北岔沟门地区位于该构造岩浆岩带的北端东侧。受其影响,形成了一系列北东向、北西向、近东西向展布的断裂构造,为成矿作用的发生造就了有利的地质背景条件。

大约 145 Ma,随着中酸性火山活动的结束,发生了大规模的岩浆侵入活动。首先侵入的闪长岩、花岗闪长岩和石英二长岩等中性和中酸性岩,作为区域性壳幔相互作用和不同深度地壳部分熔融的岩浆混合演化的产物,在岩浆相对快速结晶过程中,伴随热流体活动,大量有用成矿元素得以有效活化和聚集,形成了 Mo 和 Mo-Cu 矿化。

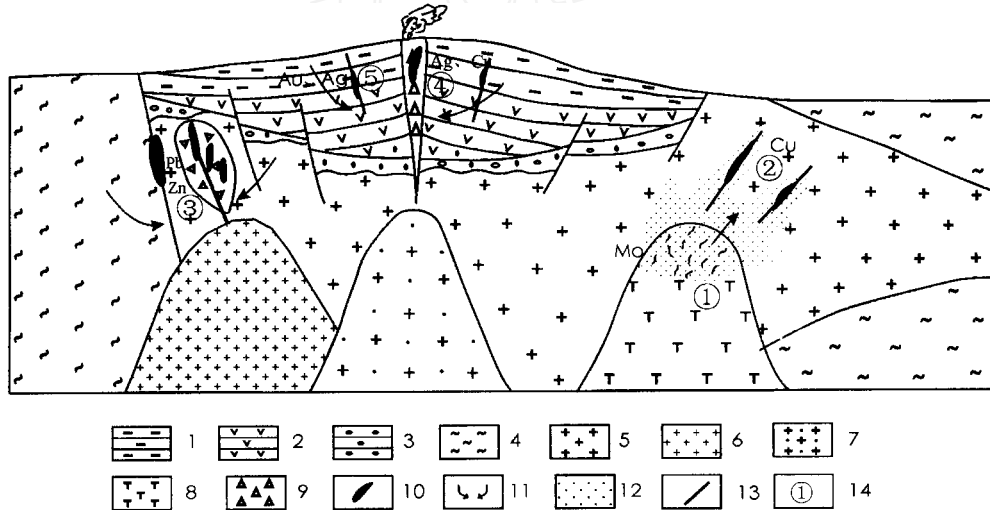


图 3 北岔沟门含银铅锌铜矿斑岩—浅成低温热液热液体系成矿模式图

Fig. 3 Schematic model for the development of Beichagoumen Pb-Zn-Cu-Ag porphyry-epithermal metallogenetic system

1. 流纹质火山岩;2. 粗面质火山岩;3. 底砾岩;4. 前寒武纪变质岩;5. 华力西-印支期花岗岩;6. 晚侏罗世二长花岗岩-正长花岗岩;7. 晚侏罗世-早白垩世正长斑岩;8. 晚侏罗世闪长玢岩、黑云石英二长岩、花岗闪长岩;9. 邻近火山通道的爆破角砾岩;10. 矿体;11. 成矿热液流体;12. 斑岩型热液蚀变;13. 断层;14. 矿床类型: . Mo 矿化, . 网脉状的石英-黄铜矿化, . 脉状充填爆破角砾岩型 Pb、Zn 主矿化带, . 高硫型浅成热液银多金属矿化, . 低硫型浅成热液银多金属矿化

随着下地壳部分熔融体的减少,中地壳熔体受到更深部岩浆混染的成分愈来愈少,生成了以二长花岗质为主岩浆,该类型岩浆的分异结晶便形成正长花岗质岩浆。岩浆的高位侵入引发基底岩系在断裂构造基础上发生爆破角砾岩化,岩石的角砾岩化使岩石的组构变的疏松,有利于地表天水的深部循环,为成矿流体运移聚集提供了有利的构造空间,发生铅锌多金

属矿化作用。

大约在 125 Ma 侏罗纪和白垩纪的转换期,华北克拉通北缘由挤压应力作用变为拉张应力作用,造山带全面进入崩塌期。岩浆活动首先表现为中基性火山作用,随后是偏碱性的正长斑岩和石英正长斑岩等浅成侵入岩的定位,由岩浆活动提供的热驱动地下水形成含矿流体,随着压力降低发生隐爆作用,从而形成高硫型

或低硫型 Ag 多金属矿化。

致谢:野外工作过程中得到了河北省地勘局陈华山总工,河北地质调查院杨志宏、毕伏科、谢如斌等领导专家和专家的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。作者谨以此文敬贺恩师沈保丰先生 70 华诞暨从事地质工作 50 周年。

参考文献:

- [1]河北省地质矿产局. 河北省北京市天津市区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1989,393-453.
- [2]毛德宝,陈志宏,钟长汀,等. 冀北北岔沟门地区中生代侵入岩地质年代学和地球化学研究[J]. 岩石学报, 2003,19(4):661-674.
- [3]Zartman R E, Doe B E. Plumbotectonics - the model [J]. Tectonophysics, 1981,75:135-162.
- [4]Clayton R N, O'Neil J R, Mayeda T K. Oxygen isotope exchange between quartz and water [J]. J. Geophys. Res., 1972,77:3057-3067.
- [5]Ohmoto H, Krouse H R. Hydrogen and oxygen isotopic compositions of fluid inclusions in the Kuroko deposits, Japan[J]. Econ. Geol., 1974,69:947-953.
- [6]Wilkinson J J. Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits[J]. Lithos, 2001,55:229-272.
- [7]Heinrich C A, Guenther D, Audetat A, Ulrich T, Frischknecht R. Metal fractionation between magmatic brine and vapor, determined by microanalysis of fluid inclusions[J]. Geology, 1999,27:755-758.
- [8]Cline J S, Bodnar R J. Can economic porphyry copper mineralization be generated by a typical calc-alkaline melt[J]? Journal of Geophysical Research, 1991,96:8113-8126.
- [9]Candela P A, Blevin P L. Do some miarolitic granites preserve evidence of magmatic volatile phase permeability? [J]. Econ. Geol., 1995,90:2310-2316.
- [10]Lang J R, Eastoe C J. Relationships between a porphyry Cu-Mo deposit, base and precious metal vein, and Laramide intrusions, Mineral Park, Arizona [J]. Econ. Geol., 1988,83(3):551-567.
- [11]Audetat A, Gunther D, Heinrich C A. Causes for large-scale metal zonation around mineralized plutons: fluid inclusion LA-ICP-MS evidence from the mole granite, Australia [J]. Econ. Geol., 2000,95(8):1563-1581.
- [12]Titley S R. Characteristics of porphyry copper occurrence in the American southwest [A]. In: Kirkham R V, et al. (eds.) Mineral deposit modeling [C]. Geological Association of Canada, Special Paper, 1993,40:433-464.
- [13]毛德宝,陈志宏,钟长汀,胡小蝶. 冀北北岔沟门铅锌矿床中辉钼矿的铷-锶同位素年龄[J]. 地球化学, 2000,29(2):132-135.
- [14]刘凤山,张国辉. 河北丰宁牛圈热泉型银(金)矿床成因及其找矿标志[J]. 华北地质矿产杂志,1997,12(2):137-146.

Metallogenic Processes of Beichagoumen Lead-Zinc Polymetallic Deposit, North Hebei Province: Constrains from Geological and Geochemical Characteristics

MAO De bao¹, ZHONG Chang ting^{1,2}, WU Yong ping³,
GE Gui ping³, CHEN Zhi hong^{1,2}, HU Xiao die¹

(1. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083; 3. Geological Survey of Inner Mongolia, Hohhot 010010)

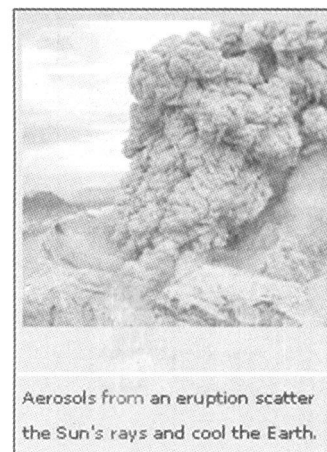
Abstract: The Beichagoumen Pb-Zn-Cu-Ag polymetallic deposit, discovered recently by the Bureau of Geology and Mineral Resources and the Geological Survey of Hebei Province and located at the Longhua County, Hebei Province, lies within the northern margin of the North China Craton. The mineralizations span a broad range in style and position relative to porphyritic intrusive or volcanic subvol-

canic centers. In the ore field, mineralizations show a well defined vertical and lateral zonal distribution with Mo porphyry, roof breccias ores at their core. removed from the core, the types and metal assemblages of the zoned deposits are varied from Pb-Zn-Cu stockworks ores at the peripheral areas, to Pb-Zn (Ag) veins, disseminations and hydrothermal breccias at proximal areas, and to epithermal Ag-Cu-Pb-Zn (Au) or Ag-Mn-Pb-Zn ores at distal areas. Information about the mechanism of ore formation was obtained from field relationships, Mineralized chronology, detailed studies on petrography, geological feature of orebodies and stable isotopic geochemistry, analysis of fluid inclusions for temperature, pressure and chemical compositions. The results imply different types of mineralizations were formed in different time and related to different magmatism. Molybdenum mineralization occurred earliest and was directly related to the late Jurassic quartz monzonite, precipitated from ore forming fluid with higher temperature, higher salinity and similarity to primary magmatic fluid in H and O isotopic compositions. The sources of Mo were from low crust. Pb-Zn-Cu mineralizations took place later than Mo and were related to the late Jurassic monzonitic granite. The hydrothermal systems that formed Pb-Zn-Cu polymetallic orebodies are inferred to have originated from the mixing of convecting meteoric fluids and magmatic fluids with the temperature less than 400 °C and source of metals from Paleoproterozoic basement reworking. The high sulfidation or low sulfidation epithermal Ag polymetallic orebodies were the latest mineralizations in the area, and were developed on the early Cretaceous, related to trachyandesitic rocks and syenitic porphyry in space and time. Epithermal ores reflects same paleohydrologic regimes dominated by lateral fluid flow with temperature less than 300 °C.

Key words: Beichagoumen of North Hebei Province; Pb-Zn polymetallic deposit; Mesozoic; mineralization

火山喷发和海平面的关系

据英国《自然》杂志的 Michael Hopkin 报道,较大的火山喷发可以对世界气候产生极大影响,它可以导致全球海平面下降,几年后才得以恢复。以澳大利亚南极气候生态系统合作研究中心的海洋大气学家 John Church 为首的研究队伍的研究成果显示:1991年,当菲律宾的 Pinatubo 火山喷发达到高潮时,引起全球平均海平面一年就降下约 6 mm,引发了一系列的气候事件。火山爆炸释放出大量叫做浮质的微粒进入大气中,比烟雾还细小,肉眼不宜察觉。它们能散射太阳光,导致到达地面的热量减少,海水冷却并发生收缩。结果,海平面就降低了。



刘新秒供稿