

大兴安岭白音诺尔铅锌矿控矿构造研究与找矿预测

牛树银¹, 孙爱群¹, 郭利军², 王宝德¹, 胡华斌¹, 刘建明³

(1. 石家庄经济学院地质调查研究院, 河北石家庄市 050031; 2 内蒙古地质矿产开发局, 内蒙古 呼和浩特市 010020 3 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要: 成矿物质来源及控矿因素是矿床学研究的前沿课题。过去人们认为成矿物质主要源于含矿围岩的萃取。因此, 找矿重点是寻找矿源层。但是, 更多的事实表明, 成矿物质主要来自深源, 通过地幔热柱多级演化迁移至地壳, 并在慢枝构造较好的控矿构造空间聚集成矿。本文探讨了大兴安岭中南段的成矿作用, 总结了该区的主要控矿构造, 指出了不同级别构造对成矿的控制作用, 并预测了不同级别的成矿靶区。

关键词: 慢枝构造; 成矿作用; 控矿构造; 找矿预测; 大兴安岭

中图分类号: P611 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1552(2008) 01-0072-09

白音诺尔铅锌矿发现于 1970 年, 经由辽宁省区调二队等单位相继工作, 证实为一伴生银、镉的大型铅锌矿(万志民等, 2003 吴静如, 1997 曾庆栋等, 2007 李仰春等, 2005)。但是, 对成矿作用尚有不同认识。本文拟通过慢枝构造演化特征, 探讨该区的成矿控矿作用, 进而提出找矿方向, 指出预测靶区。

1 矿区特征

白音诺尔铅锌矿位于大兴安岭中南段巴林左旗的北部, 区域地质划分属天山-内蒙-兴安地槽褶皱区, 内蒙古中部地槽褶皱系, 苏尼特右旗华力西地槽褶皱带, 哲斯-林西复向斜的北西翼。位于白音诺尔-景峰北东向断裂与白音诺尔-罕庙东西向断裂交汇处。受区域构造控制, 地层、侵入岩、构造形迹均呈北东向展布(图 1)。

白音诺尔铅锌矿展布于白音乌拉火山机构的北部, 矿区东西长 2km, 南北宽 1.9km。矿区出露的地层主要有二叠系下统黄岗梁组, 上统林西组; 上侏罗统满克头鄂博组。矿区外围尚有部分二叠系下统

大石寨组分布。黄岗梁组为一套浅变质海相砂泥质-碳酸盐岩沉积建造, 地层走向 40~50°, 倾向北西或南东, 倾角 70~90°。按岩性划分为三个岩性段, 下段为粉砂质、泥质板岩段; 中段为灰色、结晶灰岩和白色厚层大理岩; 上段为灰黑色斑点板岩夹粉砂质泥质板岩。林西组为湖盆相碎屑岩沉积建造, 岩性为泥质板岩、斑点板岩。地层走向 40~50°, 倾向北西, 倾角陡。满克头鄂博组为凝灰质砾岩、凝灰质角砾岩夹凝灰岩, 上部为流纹质熔结凝灰岩、安山岩。

矿区侵入岩分布较广, 主要为燕山早期中酸性浅-超浅成侵入岩。其主要岩性为石英闪长岩、流纹质凝灰熔岩、正长斑岩及部分脉岩。石英闪长岩受岩浆分异作用及围岩岩性影响, 其岩性变化较大, 可见有石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗斑岩、长石斑岩、闪长玢岩等。岩石主要以脉状产出, 呈北东-北北东向展布, 长几十米至几公里, 宽几米至几十米。全岩铷锶等时线年龄为 171~17Ma, 流纹质凝灰熔岩呈环状分布于火山岩底部, 或以指状交互与围岩

收稿日期: 2007-06-01; 改回日期: 2007-07-01

基金项目: 内蒙古地质勘查重大科研项目(内地研 2004-05)、中国地质调查局项目(1212010631106)和国家自然科学基金项目(40272088)资助。

第一作者简介: 牛树银(1952-), 男, 教授, 主要从事构造地质学、构造与成矿的教学和科研工作。电话: 0311-87308286。

Email: niusy@sjzue.edu.cn

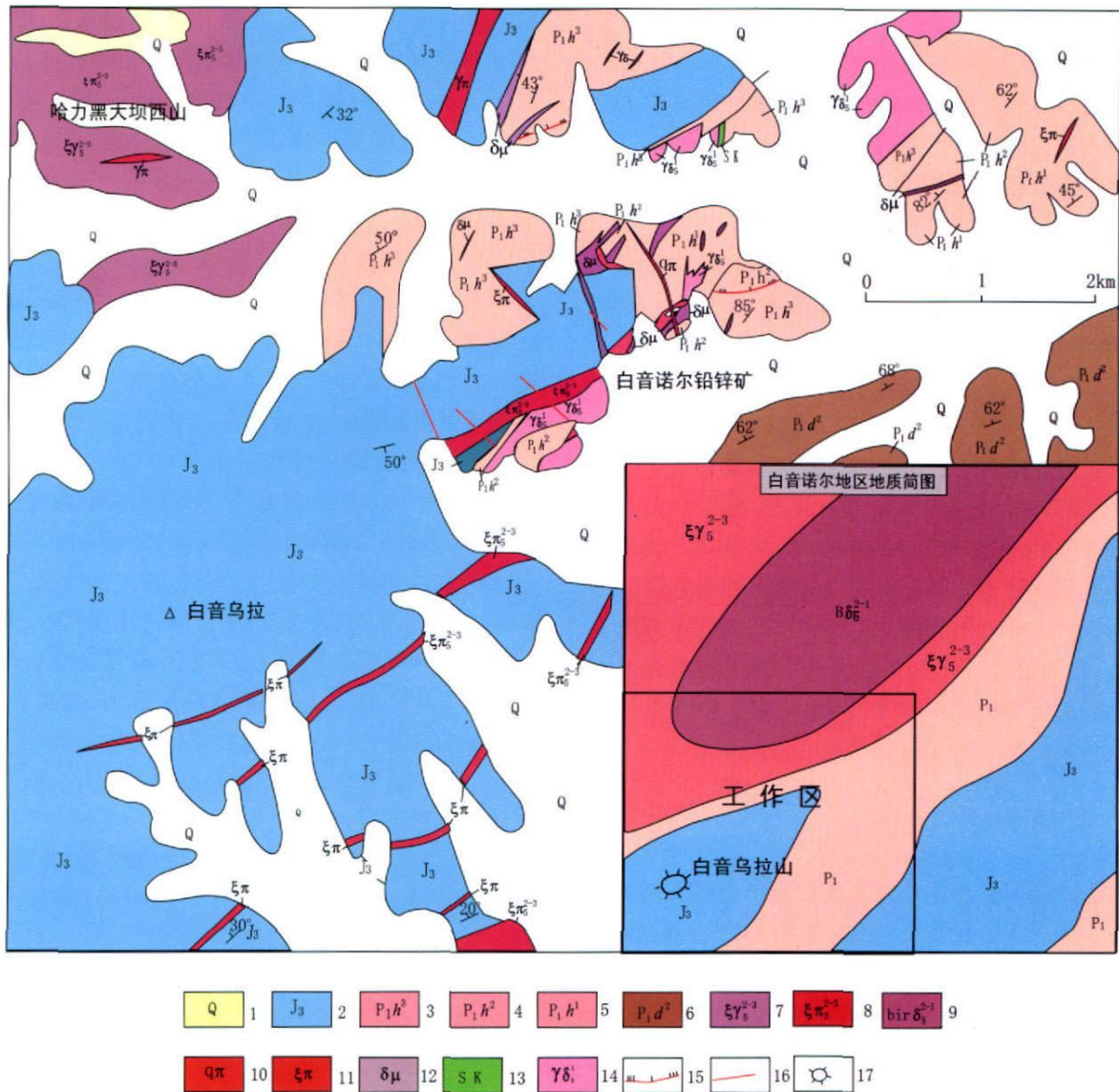


图 1 白音诺尔铅锌矿区地质图

1- 第四系; 2- 侏罗系上统; 3- 下二叠统黄岗梁组三段; 4- 黄岗梁组二段; 5- 黄岗梁组一段; 6- 大石寨组; 7- 燕山早期正长花岗岩; 8- 正长斑岩; 9- 中细粒黑云母花岗闪长岩; 10- 石英斑岩; 11- 正长斑岩; 12- 闪长玢岩; 13- 砂卡岩; 14- 印支期细粒花岗闪长岩、石英闪长岩; 15- 正断层; 16- 性质不明断层; 17- 火山机构

Fig 1 Geological map of the Baiyinnuoer Pb-Zn ore field

接触。主要岩性有流纹质晶屑凝灰熔岩、流纹质岩屑晶屑凝灰熔岩。全岩铷锶等时线年龄 160Ma。正长斑岩呈脉状或岩墙状侵位于火山岩及二叠纪地层中, 该类岩石具有绿泥石及绿帘石化。

矿区构造较为复杂, 不仅发育有褶皱构造, 而且北东向、北西向、东西向断层均较为发育, 并叠加有中生代火山机构。矿区总体为一背斜构造, 其核部地层为黄岗梁组第一岩性段砂泥质板岩, 两翼为第二岩性段大理岩。轴线长约 3km, 总体走向 45°, 向南西倾伏, 两翼倾向为北西和南东, 倾角 75~ 85°。断裂构造较为发育, 尤以北东向断裂最为发育, 矿区

多达十余条, 局部转向北北东或北东东向, 倾向北西或北东, 但总体较陡立。矿区南缘、北缘断裂规模较大, 纵贯全区并延出区外, 宽多几十米至上百米。南缘断裂向南陡倾, 北缘断裂向北陡倾, 既是矿区边界又是主要控矿构造。北北东向断裂多被北东向断裂所叠加, 晚期又多有继承性活动, 如 F₈ 断裂位于北矿带 115- 119 线南 200m, 断裂走向 15°, 倾向南东, 倾角 80~ 85°, 延长大于 300m, 宽 1~ 3m, 切断区内泥质板岩、大理岩、闪长玢岩、砂卡岩和矿体。北西- 北北西向断裂亦有多条发育, 走向多在 310~ 330° 之间, 倾向南西, 倾角 70~ 85°。断裂破碎带中

也可见有矽卡岩角砾和铅锌矿化。就总体而言,东西向断裂发育相对较早,北东-北北东断裂与北西-北北西断裂为准同时断裂,即总体发育于燕山中晚期,它们之间具相互切错。也有部分成矿后断裂,有的切错矿脉,但是其断距一般不大,对矿脉没有造成很大的破坏。

在矿区还发育多条总体走向近东西的断裂,一般长几十米至几百米,倾向或南或北,倾角中等至陡倾,是主要的控岩控矿构造。

白音乌拉火山机构以白音乌拉山为中心,面积近 30km^2 ,矿区北东部属此火山机构范围内的一个寄生火山通道,位于 75-9 线之间。通道内充填有流纹质熔结凝灰岩和流纹质凝灰岩,通道外围有凝灰质角砾岩、流纹质凝灰岩呈半环状分布。该寄生火山通道北东和南侧分布有白音诺尔铅锌矿体。白音乌拉中心式火山机构的主破火山口向北东方向至矿区,其蚀变与矿化均具有由高中温元素组合向中低温元素组合的侧向水平分带,垂向上由深至浅亦有由锌铜矿化 \rightarrow 锌 \rightarrow 锌铅矿化的垂向分带。

2 矿床地质特征

白音诺尔铅锌矿床在地质勘查中共圈定出工业矿体 163 余条。总体特征是矿体多,且形态复杂,厚度、品位及产状变化大,矿体成群、成带分布,规律性较强。区内依地形、地质因素及矿体的分布特征划分为两个矿带:南矿带长 1100 多米,宽 200~400m。赋存工业矿体 55 个;北矿带长 1300m,宽 600m,提交工业矿体 108 个(吴静如,1997)。

2.1 北矿带

北矿带勘探区内原详查编号矿体 46 个,勘探时圈定工业矿体 41 个。矿体平均厚度在 0.70~13.13m,矿体走向延长 50~298m,最大延深 550m,厚度变化系数在 80.89%~126.87% 之间。 Pb 、 Zn 平均品位分别为 3.15%、8.12%, Pb 、 Zn 变化系数为 51.36%~193.13%。总体上看,矿体的倾向延深大于走向延长,倾向上较走向上变化较小。矿体具有成群、成带分布,同一矿体可因脉岩相互离、合而变位,在同一接触带内,矿体可具尖灭再现的特点。

以 17 号矿脉群为例述之如下:

17 号矿(脉)体群受北缘断裂带控岩、控矿构造控制。即沿北缘断裂带侵入脉岩群的上部展布,位于岩体与泥质板岩接触带或其附近,长 200m,宽 20m,圈定矿体有 17-1、2、3、4、5、6 其中 17 号矿

体是主矿体,17-1 位于 17 号上盘,平行分布,17-2、17-3 为控制 17 号矿体闪长玢岩下接触带矿体,产于同一蚀变岩带内;17-4、17-5 为同一蚀变岩所含的两个分枝矿体;17 号矿体在石英斑岩东侧的对应部分因控矿裂隙局部闭合使得蚀变与矿化不连续,呈尖灭再现特点。

17 号矿体分布于 99-115 线,长 200m,分布标高 465~955m。其中,主体标高在 600~900m,矿体呈脉状,走向 10~65°,总体走向 32°左右,倾向北西,倾角 60~76°,平均 71°,矿体分布于闪长玢岩上接触带及其附近。在脉岩汇合处则位于闪长玢岩内。矿体最大斜深 520m,平均 380m。最大厚度 15.03m,最小厚度 0.61m,平均 5.80m,平均变化系数为 116.037%,平均品位: Pb 6.74%、 Zn 18.34%、 Cd 0.09%、 Ag 59.09g/t, Pb/Zn 为 1~2.72。 Pb 、 Zn 品位变化系数分别为 149.78%、93.88%。赋矿岩石以透辉石矽卡岩为主,次为石榴石透辉石矽卡岩。矿石以半自形、它形粒状结构为主,乳滴状、叶片状结构次之;矿石构造为斑杂状、细脉浸染状及团块状。非金属矿物以柱状、粒状透辉石为主,次为绿-淡绿色石榴石,少量石英、方解石。金属矿物以闪锌矿为主,次为方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、毒砂等。闪锌矿棕-深棕色及黑色,细-粗粒状,粗粒多在 5mm 土,方铅矿呈细-微粒聚合体,不均匀分布。

其形成顺序为:闪锌矿 \rightarrow (及同时代黄铜矿) \rightarrow 黄铁矿、毒砂 \rightarrow 黄铜矿 \rightarrow 方铅矿。矿石类型以铅锌矿石为主,部分为锌矿石。

2.2 南矿带

南矿带赋存矿体 55 个。以 1 号矿体为例:1 号矿体位于 F2 矿层东侧,石英斑岩北西侧。矿体呈上宽下窄的楔形脉体,分布于结晶灰岩(局部为大理岩)与角岩化粉砂质板岩界面的顺层断裂构造中,矿体走向 20~60°,倾向南东,倾角 60~80°,长 240m,平均厚度 35.66m,平均延深 183m,矿体连续性好。主要成矿元素锌在矿体中分布比较均匀,自 73 勘探线向北东方向铅含量逐渐增高,递变成铅锌矿体。矿体底板为粉砂质板岩、黑云母长英质角岩,局部为结晶灰岩。矿体在 1100m 标高以上为连续的厚大矿体,向下呈多个分枝,其间夹透辉石矽卡岩、硅灰石矽卡岩、结晶灰岩、大理岩。矿体沿走向、倾向均被石英斑岩截切。该矿体大部分为锌矿体,矿体呈不规则分布,向北东渐次被闪锌矿体取代。矿石矿物以闪锌矿为主,其次为方铅矿,方铅矿多呈稠密或稀疏浸染状分布于辉石矽卡岩中。

2.3 矿物组合特征

矿区的矿物种类较多, 有用金属矿物以闪锌矿、方铅矿为主, 次为黄铜矿、磁铁矿, 偶见黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、斑铜矿等。非金属矿物以透辉石-钙铁辉石为主, 次为石榴石、硅灰石、绿帘石等。按着生成特征和组合类型可分为三类:

方铅矿闪锌矿组合: 主要由方铅矿、闪锌矿组成, 间有少量黄铜矿、黄铁矿等, 有时铜的含量可达工业要求。该组合是矿区主要金属矿物组合, 多分布在矿体中上部。

闪锌矿组合: 主要由单一闪锌矿组成, 有时含少量方铅矿, 微量黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿等, 多分布在矿体的中、下部。17号矿体以此组合为主。

方铅矿组合: 主要由单一方铅矿组成, 有时含少量闪锌矿, 方铅矿多呈脉状沿脉石矿物晶粒裂隙分布, 局部聚集成斑点状。方铅矿组合一般较少。

矿石的结构以各种粒状结构为主, 次为交代结构、包含结构、乳滴状结构、叶片状结构等; 矿石构造以浸染状构造为主, 少量斑杂状、团块状, 偶见脉状和致密块状构造。

2.4 围岩蚀变与成矿

矿区围岩蚀变较发育, 主要蚀变组合有透辉石、石榴石、硅灰石砂卡岩化和黝帘石化, 次为绿帘石化、绿泥石化、碳酸岩化及硅化等, 伴随砂卡岩化发生了以铅锌为主、伴有铜银镉等蚀变矿化作用。

砂卡岩化及矿化: 砂卡岩化主要发育在石英闪长岩脉、流纹质凝灰熔岩、正长斑岩与大理岩、结晶灰岩的侵入接触带及其附近。砂卡岩体形态多为不规则状或透镜状, 长数米至数百米, 宽数厘米至数十米不等。砂卡岩化铅锌矿化密切相关, 尤其是透辉石-钙铁辉石砂卡岩发育处。根据矿物形成顺序及矿化作用, 可将该矿床蚀变划分成内生、表生两个成矿期。内生成矿期又可划分为: 石英闪长岩系列(第一成矿阶段)、流纹质凝灰熔岩系列(第二成矿阶段)、正长斑岩系列(第三成矿阶段)等三个成矿阶段。

蚀变与矿化的空间变化总体上具明显的侧向分带特征, 由南西向北东元素组合依次为铁 \rightarrow 铁锌锡 \rightarrow 锌铅铜砷 \rightarrow 锌铅银 \rightarrow 锌铅镉 \rightarrow 锌铅铁。金属矿物组合依次为磁铁矿 \rightarrow 磁黄铁矿 \rightarrow 毒砂+黄铜矿 \rightarrow 方铅矿+银矿物 \rightarrow 含镉闪锌矿 \rightarrow 磁铁矿+方铅矿+闪锌矿。砂卡岩岩石类型依次为褐色石榴石简单砂卡岩 \rightarrow 石榴石辉石复杂砂卡岩 \rightarrow 辉石简单砂卡岩 \rightarrow 石榴石砂卡岩。

2.5 脆韧性变形分析

矿区岩石经历了脆韧性变形变质作用、韧脆性变形变质作用和多次脆性变形变质作用, 这些记录真实的反应了慢枝构造在成岩成矿过程中的构造演化:

2.5.1 脆韧性变形变质与硅化作用

脆韧性变形变质带在矿区岩石中形成大小不等的脆韧性破裂带, 沿脆韧性破裂带形成了一次广泛的硅化交代过程, 由于岩石所处构造部位和硅化作用强度的不同, 形成了不同产出形式的硅化产物。

在硅化作用较弱地段, 交代石英成分散状, 沿原岩微裂形成成分散状独立石英, 随着硅化作用增强, 在原岩中形成带状交代石英和团块状交代石英, 原岩残留与交代石英含量比为 60%~80%/40%~20%, 形成的交代石英有两种粒度, 在变形破裂带近侧石英粒度为 0.02~0.05mm, 不规则形, 以单一石英或石英颗粒集合体形式存在, 其间为条带状或团块状泥质岩残留; 在交代石英带或团块的外侧石英粒度为 0.04~0.15mm, 成不规则的外形, 颗粒边部有石英颗粒的消光阴影, 随着硅质交代进一步增强, 形成更宽的带状交代石英带, 带宽 0.5~12mm 不等, 由粒度 0.5~1mm 石英组成, 成不规则集合体, 石英颗粒边界平直, 粒状变晶结构, 石英表面脏化, 沿微裂隙有较多的绢云母和绿帘石细脉贯入。

交代石英带和交代石英团块是硅化作用强度最大地段的产物, 交代石英带是沿脆韧性变形破裂带向一侧或两侧围岩硅化交代形成的带状石英, 交代石英团块有两种形成方式, 一种是以原岩残留体为中心, 周边大粒硅化石英成放射状集合体团块; 一种是交代石英带被切割而成的断块状团块。

2.5.2 韧脆性变形变质与硅质流体交代

韧脆性变形变质破碎带: 在原岩残块中普遍存在, 在不同地段产出形式不同, 主要以韧脆性破裂形式和沿破碎带发生流体交代。在以破裂带形式产出的韧脆性变形变质带内, 破裂带成不规则的微裂隙, 宽 0.02~0.3mm, 中心有 0.01~0.02mm 的石英条带, 石英成多边形和拉长形, 为变形过程中形成的石英亚颗粒, 由中心向外被 0.02~0.05mm 的石英颗粒替代, 形成动态重结晶颗粒, 颗粒间界线平直, 粒状变晶结构。在动态重结晶颗粒边部形成稍大颗粒静态重结晶石英, 粒度 0.03~0.05mm, 静态重结晶石英颗粒边界为不规则形状, 形态受动态重结晶颗粒边界控制, 颗粒内部有动态重结晶颗粒的消光阴影。

受韧脆性变形变质作用影响,使早期形成的交代石英在塑性形变改造中形成杆状构造,石英杆为灰白色致密隐晶质团块,纵断面上有平直的拔丝条纹,拔丝条纹宽为 0.5~1mm,有时达 2~3mm,拔丝纹表面粗糙,横向上有脆性破裂纹,横断面石英块体成月牙形,构成旋转中心的杆状构造,杆长 40mm,宽 10mm。杆状构造形成于韧脆性变形变质作用期间,与其相配套的变形现象是在交代石英带中大颗粒石英边部出现条带状塑性破裂和小型塑性变形带。此外,受脆韧性变形变质作用影响,在交代石英带石英颗粒边部出现边缘碎裂化,石英产生圆弧状撕裂,破裂程度随远离破裂带面逐渐减弱,这种现象在钾长石取代石英颗粒时仍有保留。

脆韧性变形变质破碎带流体交代:硅质交代是流体作用的初期表现,伴随着韧脆性变形变质破碎带的形成,有硅化作用发生。在破裂带硅化区段,沿破裂带在原岩内形成断续的石英集合体条带和交代石英颗粒,粒度为 0.003~0.02mm。石英垂直脆韧性变形变质带向外生长,粒度逐渐变大,有时由粒度 0.02~0.03mm 的交代石英颗粒构成大小 0.1~0.2mm 的集合体团块。在脆韧性变形带交汇处形成粒度 0.2~0.5mm 的交代石英,成次棱角状,不规则状,内部有较小颗粒的残留阴影,表明大粒交代石英颗粒由小粒石英进一步交代加大形成的。

脆性变形变质带和含矿热液蚀变:脆性破裂带在岩石中普遍存在,具有多期次活动的特点,不同地段强弱程度不同,在变形强带可将原岩整体冲碎,形成宽有 6.0~7.5mm 的破碎带,原岩分割成角砾,破碎带中有小原岩残块和矿屑,并发育绿帘石和钠长石化。在变形弱带,脆性变形变质带主要形成宽 0.02~0.04mm 的破裂带,破裂面较平直,可由数条成大致平行的破裂带组成。切割钾长石时,形成粒度为 0.005~0.01mm 的多边形钾长石碎粒和 0.15~0.4mm 的拉长形块体。当脆性破碎带切割石英,在脆性破裂带形成 0.015~0.03mm 的石英碎粒,沿破碎带中心分布,并在此基础上形成大小为 0.03~0.1mm 不规则外形的重结晶颗粒和 0.1~0.2mm 的菱形石英块。石英内有不规则平直破裂纹,在斜长石内沿解理纹方向破裂和错动,并使双晶纹弯曲和错位。

与脆性变形带有关的蚀变作用有角闪石化、绿帘石化、磁铁矿化、钠化、钾化、绢云母化、多金属矿化、方解石化和萤石化,是矿化的主要表现形式。

3 幔枝构造与成矿作用

成矿物质来源及控矿因素是矿床学研究的重点(陈毓川等,1996;滕吉文,2003;杜乐天,1996;侯增谦和李红阳,1998;毛景文和王志良,2000),地壳上绝大部分地区无矿化或矿化较弱是正常的,而某些区段成矿则是异常现象,说明有成矿物质的大规模聚集。很明显,成矿作用发生的必要条件首先是成矿物质来源,而成矿物质的来源有两种基本认识:一种认为主要萃取自围岩;一种认为主要来自深源。过去曾一度下大力气寻找矿源层,但结果并不理想。而更多的证据表明成矿物质主要来自深源,甚至可能来自核-幔边界,通过地幔柱多级演化向上迁移(Fukao *et al.*, 1994; Maruyama, 1994; 牛树银等, 1996, 2001)。幔枝构造则是地幔柱多级演化的第三级构造单元,也即地幔柱多级演化在地表(壳)的表现形式,是具体的成矿控矿构造,裴荣富先生将其概括为源、运、储(裴荣富和吴良士,1998),幔枝构造是具体的储矿构造。

受幔枝构造控制的岩浆活动特征、岩性特征、含矿性及成矿作用取决于深切韧性剪切带的切割深度和活动强度。而韧性剪切带的活动强度又受地壳运动、区域构造应力场的制约。当韧性剪切带活动强烈、切割深度较大时,沟通了幔源物质,岩浆活动就表现为幔源特征;随着地幔亚热柱上升,含矿流体得以向上迁移,并在有利的构造扩容带中成矿;当韧性剪切带切割浅时,就可能以中、下地壳低速层重熔形成的花岗质岩浆为主,含矿流体相对较少,则成矿作用较弱。

具体的成矿控矿构造则是脆-韧性剪切带,主、次级拆离带,铲状断裂,岩体内、外接触带,次火山岩构造,不同方向、不同性质的断裂,甚至裂隙,它们分别控制着矿带、矿田、矿床、矿体、矿脉等的就位及储集,是主要的成矿控矿构造。

如果上述认识是客观的,真实的,那么在地壳中绝大多数区域无矿(化)是正常的,而某些区段有矿(化)则应是异常现象。它往往位于幔枝构造的范围,且很可能表现出大中型矿床连片分布的特征。如大兴安岭中南段,绝大多数 Pb-Zn-Ag-Cu-Sn-Au 等矿床集中分布于大兴安岭幔枝构造的轴部。实际上就是幔枝构造成矿控矿的典型实例。

4 幔枝构造控矿作用及其找矿方向

大兴安岭地区的成矿部位及类型, 主要受幔枝构造特征的控制。在轴部韧脆性剪切带中可形成幔壳交代型矿床, 在外围拆离带中可形成蚀变岩型或石英脉型矿床。而在幔枝构造的外围韧脆性剪切带或环状、放射状断裂系统也还会形成蚀变岩型或石英脉型矿床。因此, 地幔柱多级演化及其成矿控矿作用研究值得重视、应用、推广。

4 1 幔枝构造对成矿的控制

幔枝构造对成矿的控制也可以分级进行探讨, 从大到小可依次分为 (图 2):

- I 级构造: 亚热柱 - 幔枝构造组合 (盆 - 山耦合);
- II 级构造: 幔枝构造 (可划分为多个幔枝构造);
- III 级构造: 核部岩浆 - 变质杂岩, 主、次级拆离滑脱带, 上叠断陷盆地;

IV 级构造: 轴部韧脆性、脆韧性剪切带, 次级韧脆性剪切带, 次级拆离滑脱带, 铲状断裂系统, 次火山岩构造;

- V 级构造: 控制矿田断裂体系;
- VI 级构造: 控制矿床断裂系列;
- VII 级构造: 控制矿体断裂构造;
- VIII 级构造: 控制矿脉断裂裂隙。

仍可进一步据露头规模, 甚至显微尺度进行更详细的划分。

以白音诺尔铅锌矿区为例, 可从区域构造背景和具体成矿控矿构造两个方面来探讨: I 级区域构造背景是 (大兴安岭 - 松辽盆地) 盆山构造体系; II 级构造为大兴安岭中南段幔枝构造, 轴部为岩浆 - 变质杂岩, 两侧为断陷盆地; II 级构造为燕山期马勒根坝杂岩体, 杂岩体外环带为中性 - 中酸性岩体, 内环为黑云母二长花岗岩及黑云母钾长花岗岩。成矿多位于杂岩体与围岩的内外接触带上; IV 级控矿构造为白音乌拉次火山机构, 尤其是次火山机构北东、南西两个方向的端点; V 级构造控制矿田, 具体地讲

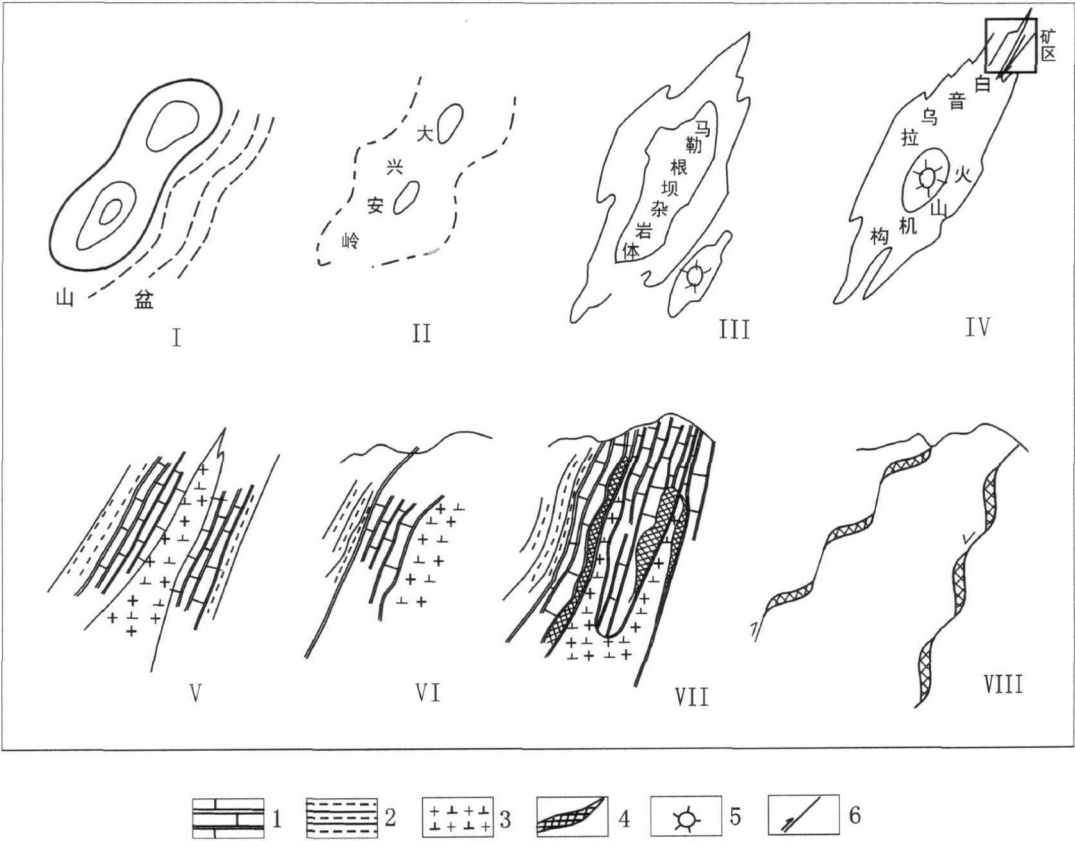


图 2 白音诺尔铅锌矿不同级别构造控矿特征

1-大理岩; 2-泥质板岩; 3-中酸性侵入岩; 4-矿体; 5-火山机构; 6-控矿构造

Fig 2 Tectonic ore-controlling characteristics of various grades for the Baiyinnuoer Pb-Zn deposit

白音乌拉次火山机构的北东端为很好的减压区,有利于含矿流体的迁移聚集; V级构造控制矿床,控矿构造是花岗闪长岩等中酸性岩类与大理岩的接触带,大理岩性质较为活跃,与中酸性岩体接触容易形成矽卡岩带,而上覆的板岩往往起到封闭层的作用; VI级构造控制矿体,具体的控矿构造则是大理岩地层中相对薄弱层,如厚层碳酸盐中的薄层泥质灰岩,顺层剪切带等薄弱带往往成为岩浆灌入的通道,形成大致顺层的中酸性岩床(脉),而随岩浆灌入的含矿流体就会在岩床与大理岩的接触带,尤其多在顶板接触带上沉淀集聚成矿; VII级构造控制矿脉,控矿构造多表现为张扭性或压扭性裂隙。前者多在陡倾段富集,后者在缓倾段富集,以至于形成豆荚状矿脉。

很显然, I -IV级构造研究具有战略意义,可以确定找矿方向和找矿靶区。 V-VIII级构造研究具有战术意义,可以圈定具体的勘探靶区,甚至部署钻孔位置。

4 2 找矿方向及找矿预测

成矿作用是矿床研究和成矿预测研究的焦点问题,而成矿物质来自哪里? 通过什么途径迁移? 在

什么部位聚集成矿? 这些问题又是成矿作用的前提条件,如果幔枝构造控矿作用的认识是客观的,可信的,那么,成矿规律和找矿预测也可以分级进行:

例如: II级找矿预测 应主要限定在大兴安岭主轴范围,只有轴区矿产才能通过幔枝构造隆升被抬升到近地表。矿床的分布亦有一定的等间距性,这种认识已有初步论述(牛树银等, 2005),某一个成矿集中区中,具体的矿床又受着不同方向断裂的控制;

就白音诺尔矿区来讲(图 2、3):

II级找矿预测 应限定在马勒根坝杂岩体的内、外接触带,特别在杂岩体的某些港湾状接触带,很可能成为有利的成矿控矿区段;

IV级找矿预测 要注意白音乌拉次火山机构的两个端部,就像压力影构造的两个尖端往往是低压区,容易被流体充填一样,在白音乌拉次火山机构的两个端部应是成矿的有利部位。白音诺尔铅锌矿形成于次火山机构的北东端,那么,南西端也应该注意找同样类型矿床;

V级找矿预测 则应注重寻找有花岗闪长岩体

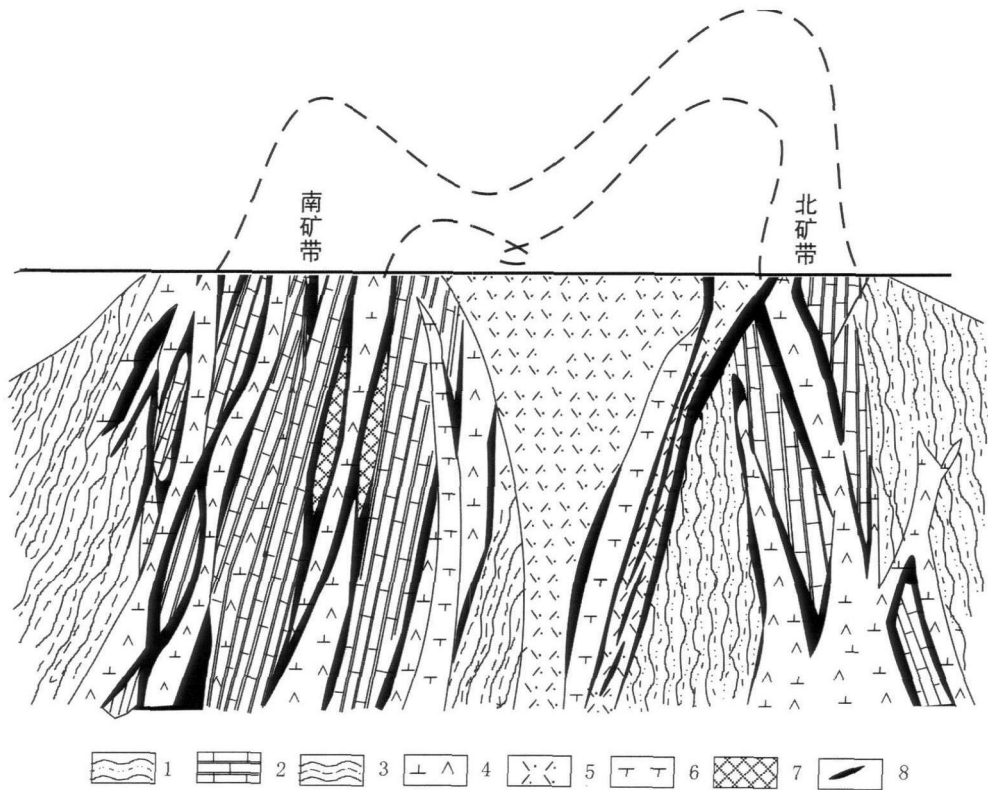


图 3 白音诺尔铅锌矿构造控矿及成矿模式图(据矿区报告修改)

1-粉砂(凝灰)质砂质板岩; 2-大理岩; 3-泥质板岩; 4-闪长玢岩; 5-凝灰质流纹岩; 6-正长斑岩; 7-角岩; 8-矿体及矽卡岩

Fig 3 Tectonic ore-controlling model for the Baiyinnuoer Pb-Zn deposit

等中酸性类岩体侵位与碳酸盐岩接触带的部位,特别是两者接触面较为复杂的接触带,或者岩体以脉岩形式多层次灌入若干碳酸盐薄弱层之中,则更有利于形成矿田;

Ⅵ级找矿预测 要紧紧抓住花岗闪长岩类侵入体与碳酸盐岩接触界面附近的矽卡岩带,因为矽卡岩带的存在,表明有大量含矿流体的活动,同时,这些构造活动、岩浆作用、热液蚀变为成矿作用提供了有利的集聚空间,因此,矽卡岩带往往是有利的成矿部位;

Ⅶ级找矿预测 沿侵位到大理岩薄弱带中的岩脉顶、底板寻找矿体,特别是顶板更应注意,因为岩脉的侵入,除开辟了有利通道,打开了一定的空间,有利于形成矽卡岩带。同时,随岩体侵入一起活动的含矿流体,被圈闭在岩脉与碳酸盐岩接触带界面附近的矽卡岩带之中,并且随着温压条件的降低,逐渐冷却并集聚成矿,特别是在岩脉与碳酸盐岩上接触带界面附近的矽卡岩带更容易成矿;

Ⅷ级成矿预测 则要分析控矿裂隙的力学性质,掌握控矿裂隙局部引张的分布规律,进而掌握豆荚状矿体的展布规律,指导矿体采掘。

当然,由于野外研究时间有限,上述分析仅以初步认识为基础的讨论,但是,这无疑是新一轮地质找矿的重要信息,具体的找矿勘探尚需要野外进一步深入研究。

5 几点基本认识

大兴安岭中南段是我国东部重要的成矿集中区之一,是振兴东北的重要资源基地,近年来基础地质研究和地质找矿工作取得了长足的进展(邵济安等, 1998, 1999, 张履桥等, 1998, 肖成东和杨志达, 1997, 张振法和葛昌宝, 2000)。仍有些问题急需深入研究,例如为什么大兴安岭中南段地区大中型内生金属矿床均集中分布在大兴安岭的主轴地区?是什么构造控制着该区的变形变质作用及其成矿作用?这些问题的解决对指导新一轮地质找矿,以期实现地质找矿理论上的重要进展与找矿实践的重大突破有着重要的意义。

(1) 在内生热液金属矿床的成矿控矿作用中,构造是诸多成矿控矿因素中的主导因素,大到成矿区带,小到矿床、矿体均受不同级别的构造控制。因此,成矿控矿构造的研究显得非常重要,对新一轮地质找矿起着举足轻重的作用。

(2) 地幔热柱多级演化研究表明,地球的成圈作用与地幔热柱的多级演化是地球物质重力分异作用与热力膨胀作用这对矛盾对立统一的表现形式,两者互为依存,共同控制着地球幔壳运动。

(3) 地幔物质的重力分异作用使铅、锌、银、铜、锡、金等大部分重元素下沉至地核,并呈气态弥漫于外地核之中。地幔热柱多级演化则可将这些金属成矿元素呈气相(包志伟, 2007)(地幔热柱的起始处—核幔边界)带至地表,并在幔枝构造的主要扩容带中集聚成矿。因此,与地幔热柱活动密切相关的某些金属矿床的预测、寻找,应注重幔枝构造的成矿控矿作用研究。

(4) 白音诺尔铅锌矿区的成矿作用分析,找矿方向及找矿预测是仅以该矿区为例的构造成矿控矿作用分析,是典型矿区解剖。很显然,他还是粗略的,但愿能起到抛砖引玉的作用,推动幔枝构造成矿控矿作用的讨论。

致谢: 作者衷心感谢李廷栋院士、陈毓川院士、翟裕生院士、毛景文博士所给予的热情鼓励和指导,感谢白音诺尔铅锌矿地质技术人员的大力协助。感谢裴荣富先生给予的指导性意见。

参考文献 (References):

- 包志伟. 2007. 成矿金属元素的气相运移研究进展. 大地构造与成矿学, 31(1): 83–91.
- 陈毓川, 毛景文, 骆耀南, 魏家秀, 曹志敏, 银剑钊, 周剑雄, 杨百川. 1996. 四川大水沟碛(金)矿床地质和地球化学. 北京: 原子能出版社, 1–146.
- 杜乐天. 1996. 地壳流体与地幔流体间的关系. 地学前缘, 3(3–4): 341–346.
- 侯增谦, 李红阳. 1998. 试论幔柱构造与成矿系统——以三江特提斯成矿域为例. 矿床地质, 17(2): 97–113.
- 李仰春, 刘宝山, 赵焕利, 张昱, 韩彦东. 2005. 大兴安岭北段根河地区中生代构造应力场特征. 大地构造与成矿学, 29(4): 434–450.
- 毛景文, 王志良. 2000. 中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨. 矿物岩石地球化学通报, 19(4): 403–405.
- 牛树银, 郭利军, 王宝德, 王硕, 孙爱群. 2005. 大兴安岭中南段区域构造演化及其成矿作用. 西部资源, (1): 44–46.
- 牛树银, 罗殿文, 叶东虎, 李红阳, 王金锁. 1996. 幔枝构造及其成矿规律. 北京: 地质出版社, 1–124.
- 牛树银, 孙爱群, 邵振国, 王宝德, 赵明合, 王立峰, 蒋威, 许传诗. 2001. 地幔热柱多级演化及其成矿作用. 北京: 地震出版社.

- 出版社, 1- 225
- 裴荣富, 吴良士. 1998 中国特大型矿床成矿偏在性与异常成矿构造聚敛场. 北京: 地质出版社, 1- 286
- 邵济安, 张履桥, 牟保垒. 1998 大兴安岭中南段中生代的构造热演化. 中国科学 (D 辑), 28(3): 193- 200
- 邵济安, 张履桥, 牟保垒. 1999 大兴安岭中生代伸展造山过程中的岩浆作用. 地学前缘, 6(4): 339- 346
- 滕吉文. 2003 地球深部物质和能量交换的动力过程与矿产资源的形成. 大地构造与成矿学, 27(1): 3- 21
- 万志民, 于峰, 李永新, 纪永刚, 宗德奎, 张玉莲. 2003 白音诺尔铅锌矿找矿新线索. 有色矿山, (1): 4- 7
- 吴静如. 1997 关于白音诺尔铅锌矿床勘探类型的探讨. 有色矿山, (4): 5- 10
- 肖成东, 杨志达. 1997 内蒙赤峰北部两个重要的成矿带及其成矿特征. 有色金属矿产与勘查, 6(4): 197- 201
- 曾庆栋, 刘建明, 万志民, 于昌明, 叶杰, 刘红涛. 2007 内蒙古赤峰市白音诺尔铅锌矿床构造控制与找矿方向. 大地构造与成矿学, 31(4): 430- 434
- 张履桥, 邵济安, 郑广瑞. 1998 内蒙古甘珠尔庙变质核杂岩. 地质科学, 33(2): 140- 146
- 张振法, 葛昌宝. 2000 内蒙古东部深部构造特征和大地构造问题浅议. 内蒙古地质, (3): 6- 18
- Fukao Y, Manuana S and Inoue H. 1994 Geological implication of the whole mantle P-wave tomography. *J Geol Soc Japan*, 100(1): 4- 23
- Manuana S. 1994 Plume tectonics. *J Geol Soc Japan*, 100(1): 24- 49
- 肖成东, 杨志达. 1997 内蒙赤峰北部两个重要的成矿带及

ORE-CONTROL STRUCTURES AND PROSPECTING FOR THE BAIYINNUOER PB-ZN DEPOSIT IN THE DA HINGGAN RANGE

NIU Shuyin¹, SUN Aiqun¹, GUO Lijun², WANG Baode¹,
HU Huabin¹ and LIU Jiaming³

(1 Institute of Geological Survey, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China; 2 Bureau of Geology & Mineral Resource Exploitation, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China; 3 Institute of Geology & Geophysics, CAS, Beijing 100029, China)

Abstract The source of metallogenic and ore-forming factors is a frontier topic for study of mineral deposit. In the past, people ever thought that metallogenic element was mainly derived from ore-bearing wall rocks. Therefore, ore prospecting was cast about for source bed. But in fact, it is now indicated that ore-forming materials are mainly derived from a deep source. The metallogenic materials migrating along with multistage evolution of the mantle plume have been collected by favorable ore-controlling structures of mantle branch. Based on the working idea, this article discusses metallogenesis in the middle and southern segments of the Da Hinggan Mts., outlines the major ore-controlling structures, and reveals the control mechanism for ore formation of different grades. A favorable exploration targeting area has been predicted.

Keywords mantle branch structure; metallogenesis; ore-controlling structure; prospecting; Baiyinnuoer Pb-Zn deposit; Da Hinggan range