

华北地台北缘西段主要成矿系统分析

肖荣阁 彭润民 王美娟 戚开静

(中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘要: 研究了华北地台北缘地质演化、构造分区, 从南到北依次为乌拉山—色尔腾山—大青山陆内隆起区、东升庙—渣尔泰山陆内裂陷区、狼山—石哈河陆缘隆起区、霍各乞—白云鄂博陆缘裂陷区、白乃庙—白银都西隆起裂陷带、温都尔庙—爱力格庙裂陷带、苏左旗—锡林浩特槽内隆起区。分析了陆缘基底建造和裂谷沉积建造, 划分出裂谷裂陷期和沉降期沉积。研究了成矿系统, 以成矿物质来源的同一性和继承性划分出3个成矿系统: (1) 变质岩金矿成矿系统, 以绿岩建造为物源基础, 有多种矿床类型组合, 主要产于古陆隆起带的变质岩区。(2) 海相火山细碧岩及喷流沉积成矿系统, 主要产于裂谷裂陷期形成的火山岩建造中, 与火山活动岩浆同期的热水喷流有关, 有铜、铅、锌多金属矿床。(3) 碱性—碳酸岩及喷流叠生成矿系统, 产于白云鄂博裂谷早期碱性—碳酸岩火山岩中, 其中伴随高温硅钾热水喷流沉积, 形成稀有—稀土—铁叠生矿床。主、东矿床新生代以来经受了强烈风化剥蚀, 并有冲积富集现象。

关键词: 古陆边缘; 喷流沉积; 成矿系统; 华北地台。

中图分类号: P611

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2000)04-0362-07

作者简介: 肖荣阁, 男, 教授, 博士生导师, 1949年生, 主要从事矿床学与矿床地球化学研究。

研究区位于内蒙古中西部地区, 西起狼山、东至集二线及其以东地区, 南部属于阴山山系, 北至中蒙边界, 主要山脉有狼山、大青山、乌拉山、色尔腾山、渣尔泰山等; 北部包括白云鄂博、白乃庙、温都尔庙至锡林浩特一线的丘陵山地。地质区域横跨华北古陆至海西地槽带。区域地质研究显示了古陆边缘构造、裂陷增生的演化历史。在不同的裂陷、隆起及增生带形成的矿产和矿化类型, 反映了特征的构造动力学演化模型。

1 沉积建造及构造分区

1.1 沉积建造分析

古陆边缘沉积建造分基底建造和盖层建造, 前中元古界变质岩作为基底, 在此基础上发育的边缘裂谷沉积作为盖层。

1.1.1 古陆基底沉积建造 太古宇是华北古陆台缘的核心, 厚5 300多m, 下太古界主要岩性为麻粒

岩, 夹辉石斜长片麻岩、紫苏混合花岗岩、斜长角闪岩及透辉磁铁矿石岩。原岩属基性至中酸性火山岩及火山碎屑岩夹磁铁质岩石^[1,2]。根据原岩研究, 属拉斑玄武岩、钙碱性火山熔岩、火山碎屑岩夹硅铁质灰岩组合。从基性、中基性火山岩到中酸性、酸性火山岩序列可以划分多个喷发旋回。据沈其韩^①研究, 原岩中部分拉斑玄武岩的稀土配分模式与典型的大洋玄武岩相近, 麻粒岩的 $w(\text{La})/w(\text{Yb}) - w(\text{Yb})$ 值相当于上地幔岩, 反映了地壳分异早期缺乏陆源碎屑沉积, 而以火山喷发沉积为主。

上太古界为含夕线石榴石长石石英岩、变粒岩、石榴石片麻岩、夕线石榴斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩夹浅粒岩、大理岩、麻粒岩; 原岩为泥质岩、泥质砂岩夹碳酸盐岩、中基性钙碱性火山岩, 保存有变余沉积结构、构造, 以层状副变质岩系为主。

下元古界变质岩系主要出露于色尔腾山及以北地区, 该变质岩系在乌拉特前旗东五分子一带发育较好, 厚度6 000多m, 南界以断层推覆于侏罗纪含煤岩系之上, 北界被中元古界渣尔泰山群不整合覆

^①沈其韩. 内蒙南部太古代麻粒岩—片麻岩岩石学及稀土地球化学特征. 国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集, 1986, (2): 104~141.

盖。该岩群下部为一套绿岩建造,原岩以基性火山岩为主,夹陆源和火山碎屑沉积岩;上部岩性以大理岩、片岩为主;原岩是泥质碎屑岩和碳酸盐岩沉积,在区域上分布较广。

基底变质岩系的形成以区域变质及动力变质作用为主,并广泛发育混合岩化作用。

1.1.2 盖层地层及沉积建造 区内中元古代之后古陆边缘裂谷发育^[3],呈斜列式分布,各裂谷的沉积建造有较大的区别,并分别贯以不同的地层命名。从南向北,分别为渣尔泰山群、白云鄂博群、白乃庙群、温都尔庙群。白云鄂博群是组成白云鄂博裂谷建造的主要地层,西起白云鄂博以西,东经四子王旗延至商都、太仆寺旗一带,长约500 km,南北被断层切割或花岗岩侵入接触,宽20~60 km,裂谷中局部可见基底深变质岩系出露,并可以见到其中的不整合接触关系。白云鄂博群是一套低绿片相的火山及陆源沉积岩系,主要由变质砂砾岩、长石石英砂岩、板岩、结晶灰岩组成。我们调查发现了确切的富钠碱性火山角砾岩,确定了热水沉积富钾硅质岩及火成碳酸岩等火山岩系,这样解决了前人一直怀疑是否有火山岩存在的问题。白云鄂博群地层建造以裂谷沉积建造发育为特征,都拉哈拉岩组和尖山组是裂陷期沉积,由类磨拉石粗碎屑岩建造和火山岩建造组成。上部4个岩组为裂谷沉降期沉积物,表现水体深浅频繁变化的多旋回韵律型沉降,由细碎屑岩、碳酸盐岩互层构成了多个沉降旋回韵律。

渣尔泰山群沉积特征与白云鄂博群沉积特征类似,其沉积层序可以对比,但其岩性特点有所区别,并且分布于不同的裂陷区,故分别命名。渣尔泰山群分布于狼山与渣尔泰山地区,由于受后期构造及岩浆侵入破坏,分布比较分散,但区域上仍可以断续相连,构成渣尔泰山裂谷的主要沉积地层,整体呈东西向展布,在狼山地区受后期及同生剪切断裂影响呈NE向展布。裂谷底部岩组以碎屑岩建造为主,包括灰白色砂砾岩、石英砂岩、粉砂岩、板岩,含火山岩夹层。上部依次是细碎屑岩、碳酸盐岩、碳质页岩夹碳酸盐岩,形成多旋回沉积特征。横向上渣尔泰山群层序及岩性组成可以与白云鄂博群对比,底部以磨拉石建造到火山岩建造为主,中上部为碎屑岩、碳酸盐岩建造,但白云鄂博群缺失顶部的海退粗碎屑岩沉积层。

白乃庙群^[4]仅出露于白乃庙铜矿区,区域上无

可对比性,可划分为3个岩性段:下部绿泥斜长片岩、角闪斜长片岩,原岩为中基性火山岩;中部绢云长英片岩、变流纹岩、变凝灰砂岩;上部黑色绿泥阳起片岩、绿泥片岩,原岩为辉长岩、基性火山岩,夹结晶灰岩透镜体,构造挤压破碎强,灰岩呈香肠构造分布于绿片岩中。

温都尔庙群分布相对比较广,主要在集二线以东,分南北两个带,北带分布于苏右旗—苏左旗—锡林浩特一带,南带分布于朱日和、白音诺尔一带。前人研究温都尔庙群表明,包括一些深变质的片麻岩、硬绿泥石片岩、绿泥石片岩等海相变质火山岩,是一套变质深浅不同的岩石组合。20世纪90年代的研究发现,原始的温都尔庙群不是同一时代的地层,因此已被解体分出3套地层,即底部的下元古界片麻岩、下元古界上段高绿片岩相的硬绿泥石片岩及上元古界的温都尔庙群变质玄武岩,夹绢云石英片岩和含铁石英岩等硅铁建造。

1.2 区域构造分区及大陆边缘构造演化分析

一般认为华北地台基底最终形成于古元古代末,本区太古宙乌拉山群边缘拼贴了古元古代的色尔腾山群的含铁变质岩系之后,形成了克拉通基底。从中元古代进入古大陆边缘的构造发展期,中新元古代是被动大陆边缘,至古生代在北部边缘转化为活动大陆边缘。元古宙大陆边缘可以根据沉积建造分布划分为隆起、裂陷相间的构造环境(图1)。

根据地层建造对比,区内下元古界变质岩的分布范围可以延伸至乌拉特后旗以北的东克日,经苏尼特左旗、锡林浩特至林西一线。大量古生代以来的重熔型花岗岩基、岩体的存在及混合花岗岩、混合岩、混合片麻岩等过渡型岩体的存在表明,古元古代变质岩在后期陆内造山作用中发生了明显的重熔,形成岩浆岩体,而残存的古元古代基底变质岩建造的研究就成了分析区内构造环境及构造演化的基础。

从中元古界的岩性组成及分布范围可以看出,中元古代整体表现了被动大陆边缘的构造环境,发生了多期局部拉张的裂陷作用,形成了多条、多期裂谷(图1),表现了台地形成早期陆缘基底的凹凸不平及地壳厚薄不均的原始构造形态,为中元古代地幔分异与陆核增生模式,而没有稳定的板块俯冲消减构造。

狼山地区总体构造线方向呈NE向,与其他地段明显不协调,一般认为是后期构造作用使其转向造成;因此狼山东侧东升庙及西侧霍各乞地区的地层可以与渣尔泰山裂陷及白云鄂博裂陷内的地层相连或对比。

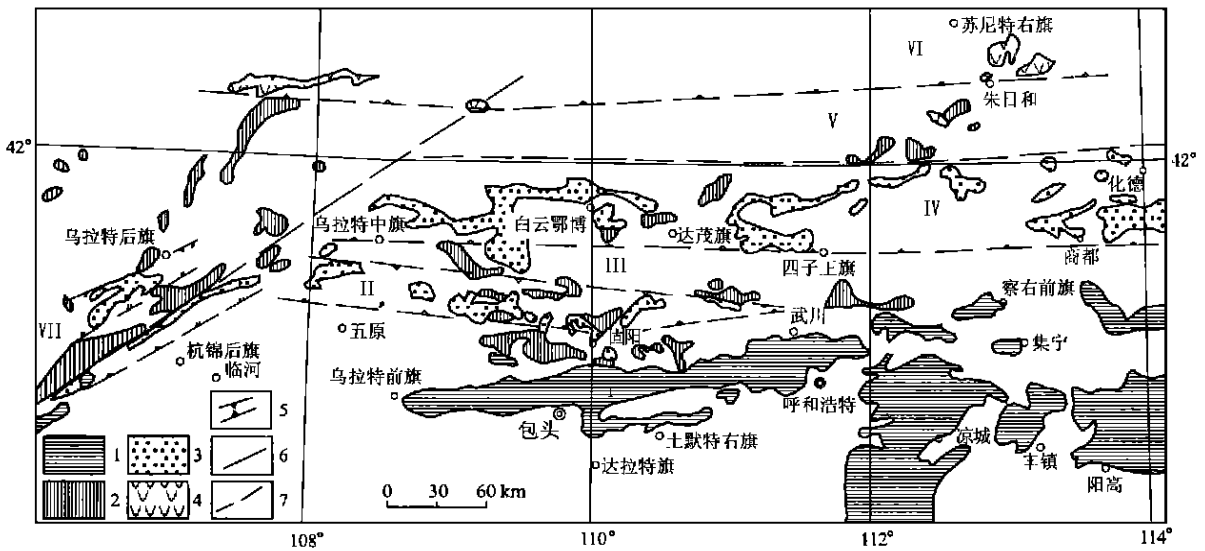


图 1 华北台北缘中西段构造分区

Fig. 1 Structural division of mid-west section in northern margin of North China platform

1. 太古宇; 2. 下元古界; 3. 中元古界; 4. 上元古界; 5. 断陷边界; 6. 剪切断陷区; 7. 剪切断裂带; I. 乌拉尔—色尔腾山—大青山陆内隆起区; II. 渣尔泰山陆内裂陷区; III. 石哈河陆缘隆起区; IV. 白云鄂博陆缘裂陷区; V. 白乃庙—白银都西隆起—裂陷带; VI. 温都尔庙—爱力格庙带; VII. 狼山剪裂带

2 变质岩区金矿成矿系统

变质岩区金矿成矿系统系指在中深变质岩中产出的或与变质岩系有成因联系的一套矿床类型组合^[5], 在华北地台北缘中深变质岩分布区构成了一个完整的成矿系统。

2.1 矿源岩分析

区内不同构造环境中分布有不同时代不同的沉积建造类型, 由于其金属元素丰度的差异构成了不同的矿源岩或含矿建造。隆起区内出露有太古宇、下元古界斜长角闪岩相以上的深变质岩系, 集中分布于乌拉山—色尔腾山—大青山隆起区, 在狼山—白云鄂博—白乃庙至朱日和一带断续有分布, 其中许多地段有金矿床或金矿化产出。

变质岩的岩石组成主要是黑云母斜长片麻岩、黑云母斜长变粒岩、斜长角闪岩、黑云角闪变粒岩、长英质混合岩等, 其含金丰度在 $10 \times 10^{-9} \sim 30 \times 10^{-9}$, 最高达 32.4×10^{-9} , 尤其是斜长角闪岩、黑云角闪变粒岩等组成的绿色岩系构成重要的含金建造。太古宇—下元古界含金变质岩建造构成了区内初始矿源岩, 在后期剥蚀再沉积中进一步富集形成了新的沉积矿源岩, 如含金碎屑岩, 在中元古界、古生界都有分布。

2.2 矿床类型

区内金矿产出较多, 其物源基础以变质含金绿岩建造为主, 在平面或剖面上与含金绿岩建造有一定关系, 按矿化富集作用可以划分出 5 种矿化类型: (1) 富硅钾流体充填交代型金矿。以哈达门沟金矿、老羊壕金矿、十八顷壕金矿为代表, 矿化产于混合岩化强弱不同的变质岩带边缘以及各种黄铁矿矿化石英脉中。(2) 重熔碱性岩浆热液交代型金矿。以东火房金矿、后石花金矿为代表, 它产于碱性岩体交代的围岩及接触带中。(3) 古砂矿及浅成热液型金矿。如志留系徐尼乌苏金矿、白云鄂博群石英砂岩中的双胜美金矿等, 其成矿物质间接来自古陆风化剥蚀物。(4) 现代河床砂矿。产于变质岩区的河谷沉积物中, 尤其是含金绿岩分布地区, 冲积砂金矿产出很普遍。(5) 新生代热泉型金矿。以新生代火山地热活动吸取活化绿岩或各种含金岩石中的矿物质形成低温脉状矿化, 经常与褐铁矿硅质岩在空间上紧密伴生。以赛乌苏金矿为例, 含矿围岩是下元古界变粒岩、片麻岩类深变质岩, 但矿区内广泛分布褐铁矿硅质岩热泉沉积物, 也是白云鄂博北矿带, 曾被认为是无根的褐铁矿铁帽。根据区域地质分析, 此热泉活动为与新生代汉诺坝玄武岩喷发有关的地热活动, 区内已经发现多处该期热水沉积物, 具有找矿前景。

所有这些金矿类型以含金绿岩为核心, 构成了

一个完整的变质岩区金矿成矿系统,其成矿物质直接或间接来自含金绿岩建造,成矿作用有多种方式,成矿时代有多期,构成了多个层次、多种类型、多个阶段的矿床组合。

3 海相火山细碧岩及热水喷流沉积成矿系统

区内细碧岩及热水喷流沉积岩是多金属矿源岩,经后期构造作用活化富集成矿床。

3.1 细碧岩岩石及层序特征

在陆缘裂陷带沉积中,火山沉积占有重要的部分,尤其是在裂谷早期阶段,火山岩发育,一般为海相火山岩浆岩夹层,由基性火山岩和侵入岩组成。其化学组成与甘肃白银厂细碧岩类似,但是其 $w(\text{TiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 相对较高,而碱性组分及 $w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O})$ 比值较低,表现了近陆缘的特点,岩石地球化学表现为钙碱性岩系。

细碧岩建造分布于霍各乞、白乃庙等陆缘裂陷中,经区域变质作用形成绿泥斜长片岩、黑云母斜长片岩或斜长角闪片岩等。霍各乞地区细碧岩系中矿质丰度 Cu : $54.81 \times 10^{-6} \sim 103.00 \times 10^{-6}$; Pb : $34 \times 10^{-6} \sim 55 \times 10^{-6}$; Zn : $141 \times 10^{-6} \sim 176 \times 10^{-6}$, 矿化系数 $1.63 \sim 2.83$; 白乃庙地区细碧岩系中矿质丰度 Cu : $38 \times 10^{-6} \sim 149 \times 10^{-6}$; Mo : $4 \times 10^{-6} \sim 11 \times 10^{-6}$ 。

彭润民等^[6]系统研究表明:根据东升庙矿区“双峰式”火山岩夹层和同生断层,以及含矿岩系渣尔泰山群中的一些标志层,确定含矿岩系自下至上(从一组到三组)是正常层序。二岩组含矿地层中石英钠长浅(变)粒岩、黑云钠一更长片岩类、钠一更长石绿泥(角闪)片岩类的特征为:(1)稳定成层产出,并与上、下相邻地层一起褶皱、变形;(2)含有变余斑晶和晶屑;(3)轻稀土富集,重稀土亏损;(4)多种岩石化学图解一致表明它们是正变质岩;(5)各类岩石呈上下层关系连续产出;(6)Sm-Nd 同位素模式年龄为 $1\ 767 \sim 1\ 867\ \text{Ma}$,证明它们是中元古代海底火山喷发产物,确认它们都是变质火山岩夹层,并具有“双峰式”特点。从而直接证明东升庙矿床形成于元古宙古大陆边缘的张性裂谷盆地。

根据炭窑口地区二岩组中钠(钾)长绿片岩夹层呈绿色、外观致密、具有变余中骸晶与变余(聚)斑结构及变余杏仁构造,多种岩石化学图解表明其是正

变质岩及其 Sm-Nd 等时线年龄为 $1\ 824\ \text{Ma}$ 等特征,确认原岩为钾质细碧岩,结合在东升庙、霍各乞、甲生盘矿床已经找到的变质火山岩夹层和狼山—渣尔泰山裂陷槽含矿建造的总特征,可为深入研究该裂陷槽在中元古代的地壳活动与演化及成矿作用提供新的思路。

3.2 喷流沉积铜—铅—锌成矿系统

传统矿床成因研究认为,细碧角斑岩型铜多金属矿床是洋底火山喷发形成的,后来研究发现,该类矿床存在明显的热液交代现象,因此认为是洋底热液交代玄武岩形成。但我们研究发现,华北地台北缘的一系列铜多金属矿化,尽管矿床矿化存在于细碧岩相的变质玄武岩中,其矿化产生于一定层位,但基本呈细脉产出,其形成时代明显晚于细碧岩及海底热液交代矿化,而主要形成于变质作用之后。

据霍各乞铜多金属矿床研究^[7],矿体本身具有复杂的多期变形构造,在变形过程中或变形后发生矿化,由于矿化硅质岩在变形中形成丰富的微裂隙,为含矿流体充填提供了空间,形成具有一定层位的矿化,铜矿质则直接来自下部含铜建造。据构造研究,变质玄武岩至少经历了 3~4 期变形变质作用,铜矿化主要在晚期的节理中充填,多伴生有黑云母、方解石、石英等热液矿物,具有明显的后生特点。

白乃庙铜铅矿床成因一直具有多解性,由于矿体产于细碧岩、变质玄武岩中,一些研究认为是细碧角斑岩型同生矿床。由于矿体空间上与燕山期花岗岩体有一定关系,因此有人认为是斑岩型矿床。

笔者认为,对于此类多金属矿床已经不是用单一成矿作用所能解释的,而是一种多成因作用模式。其成矿物质主要来自细碧岩含铜建造,因为是间接地幔源,其地球化学特征反映深源元素组合。在后期地质作用中,包括构造、变质及岩浆作用,活化了成矿物质并提供了新的成矿空间进一步富集成矿。

根据变质作用温压条件研究,白乃庙绿片岩的变质矿物组合为夕线石—铁铝榴石—黑云母等,其变质温度在 $400 \sim 600\ ^\circ\text{C}$ 之间, p 为 $4 \times 10^8\ \text{Pa}$ 。霍各乞绿片岩中变质矿物组合有铁铝榴石、镁铁闪石,变质温度 $400 \sim 500\ ^\circ\text{C}$, $p < 4 \times 10^8\ \text{Pa}$ 。在这样的物理化学条件下,热水溶液中铜的溶解度明显增加,因此物源层中成矿物质将大部分活化迁移并重新富集。

东升庙—甲生盘硫多金属矿床,主要产于黑色碳硅质岩系中,具有多个矿化层,其矿化有明显的同生喷流成矿特征,呈块状、层状及角砾状矿化,但也

有脉状的后生叠加矿化,因此具有多期富集的特征。

4 碱性—碳酸岩喷流叠生成矿系统

白云鄂博矿床是大型铁矿、大型稀有矿,还是超大型稀土叠生复合矿床。对其成因问题人们一直持有多种意见。前人大多把 3 种矿产作为一个同期共生系统来研究,因此有人获得了同生沉积的证据,有人获得了后生热液交代的证据,有人获得了多阶段成矿的证据。事实上所有这些现象在白云鄂博都是存在的,而且矿区内几乎存在所有地质作用,只是对于不同矿产或矿体表现不同。

4.1 含矿围岩建造

矿区内含矿岩性主要为 4 类,即碳酸岩、富钾硅质岩、霓石钠长黑云母片岩类与钠闪钠长火山碎屑岩类^[8],前三类岩性是主矿、东矿和西部矿段的主要含矿岩性,后一种岩性在东矿以东 2 km 地段内广泛分布。铁矿产出范围大,是白云鄂博矿床的主体,分西部矿段(呈一系列条带状矿体产出)、中部矿段(包括主矿、东矿)和东部矿段(有一些集中分布的中小型矿体产出),整个矿带东西长 22 km。富钾硅质岩是区内一种特殊的喷流沉积岩系,在整个裂隙区内都有分布,是以高钾为特征,主要含钾矿物为钾长石,它与角斑岩不同的是以低钠高钾为特征,具有隐晶质或微晶质结构,为热水喷流沉积结构,呈独立层状或与碳酸岩成互层或混层分布,与矿化关系密切,它与碳酸岩呈过渡关系,在过渡带形成磁铁矿体和稀有稀土矿体。西矿段碳酸岩夹有多层薄层云母片岩或与云母片岩互层产出,下部云母片岩增加,矿化发生在碳酸岩与云母片岩的接触带;中部矿段主矿体、东矿体的碳酸岩中含钾硅质岩碎屑较多,与富钾硅质岩呈过渡接触关系,铁稀土矿化主要产于其接触带;东部矿段产于云母片岩与碳酸岩的接触带或碱性火山碎屑岩中。稀有稀土矿产分布范围不限于铁矿体(层)内,在其上下层白云岩、富钾硅质岩、黑云母片岩中也有富集,形成白云岩型、霓石型、云母型稀有稀土矿石,与萤石化氟交代关系密切。

4.2 元素相关分析

根据矿区内 33 个矿化岩石样品的 15 个元素氧化物作的 R 型聚类分析,可以划分为 3 组相关元素组:REE—F—Ba—Fe₂O₃—TiO₂—Nb₂O₅—CaO—P₂O₅—MgO—FeO—MnO, 两组元素呈正相关关系;

Al₂O₃—SiO₂—K₂O—Na₂O 硅酸岩氧化物组成一组,与前述两组负相关。

分析区内钕稀有矿物基本为与 Fe、Ti、Ce、Na、Mn、Ca 等元素组成类质同象的氧化物矿物,很少形成硅酸岩矿物,因此它与硅酸岩氧化物负相关,可以解释其赋存状态是非硅酸岩矿物,在岩石中与主要造岩矿物必成消长关系。Nb—Fe 具有同源富集特征。FeO 与 CaO、MgO 相关,表明有部分菱铁矿或铁白云石矿物存在,在非纯碳酸岩中其矿物元素间的类质同象替代必出现正相关关系,与区内菱铁矿的存在状态是一致的。REE 与 F 密切相关,是因为萤石是主要含矿脉石矿物,其属于同源流体来源。矿床学研究也表明,萤石型铁矿石中稀土矿化最强, $w(\text{REE}_2\text{O}_3) = 6\% \sim 10\%$, 其次是霓石型铁矿石, $w(\text{REE}_2\text{O}_3) = 5\% \sim 8\%$, 其他类型矿石稀土矿化较弱,仅 $w(\text{REE}_2\text{O}_3) = 1\% \sim 3\%$ 。铁矿体顶板、底板围岩中稀土矿化特征也类似,萤石型稀土矿石品位 4.02%, 黑云母型稀土矿石稀土品位 2.20%。钕在各类矿石中矿化普遍,且品位变化均匀,在 0.065%~0.270% 左右。

稀土元素矿物主要是氟、钡碳酸盐,含铈氧化物,通过与铈的键桥作用,这组元素与铈组成正相关关系。一个重要的相关特征是稀土与 Fe₂O₃ 的密切相关关系,这种相关关系表明,赤铁矿三价铁矿物是原生铁矿物,而且与二价铁矿物磁铁矿形成阶段是有差异的,两种铁矿物的氧同位素也反映了这种特征。赤铁矿形成有 3~4 期,晚期赤铁矿含 TiO₂ 较高,或与金红石共生,与稀土矿物形成关系密切。磁铁矿也是在 2~3 期内形成,铈矿物、碳酸盐与之共生,晚期磁铁矿含 TiO₂ 也较早期磁铁矿高。从铁矿物分布看,赤铁矿是萤石型、霓石型铁矿石的主要矿石矿物,产于氟钠交代强的矿石中,与稀土矿物产出特征一致。磁铁矿是各种铁矿石的主体矿物,菱铁矿仅在下部过渡带中出现。

4.3 成矿期次分析

白云鄂博叠生矿床至少发现 4 期成矿作用^[9]: (1)在中元古代伸展构造条件下,碱性岩浆喷发、喷流期,由于深部熔离作用,岩浆活动顺序喷发为:①钠长钠闪岩浆喷发,形成碱性火山碎屑岩、火山熔岩等;②富钾热水喷流,形成富钾硅质岩、钾长石岩;③富铁、氟岩浆喷发、喷流,形成含赤铁矿、菱铁矿的磁铁矿岩石;④碳酸岩浆喷溢,形成白云岩及凝灰质白云岩;⑤转入正常沉积,形成薄层状碳酸盐岩。岩浆喷溢、热水喷流形成赤铁矿、磁铁矿层及铁稀有富集

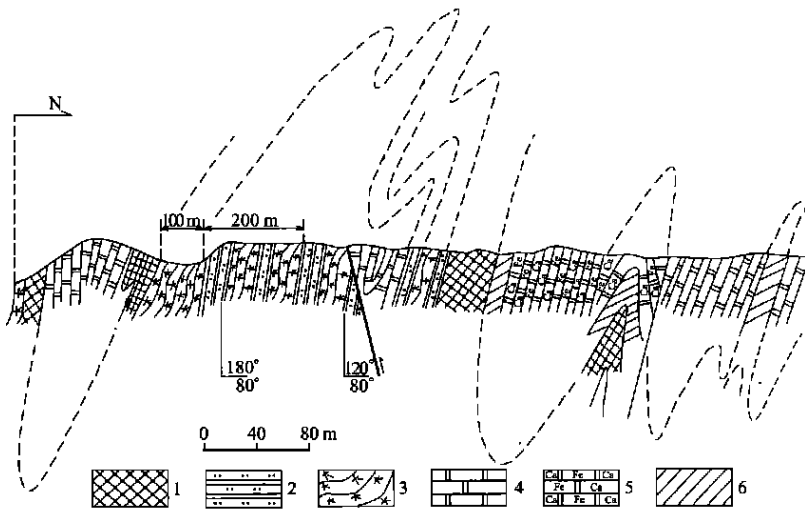


图2 白云鄂博东矿构造地质剖面

Fig.2 Vertical structural profile of eastern part of Bayan Obo deposit

1. 铁矿体; 2. 富钾硅质岩; 3. 钠长钠闪黑云母片岩; 4. 白云岩; 5. 矿化白云岩; 6. 稀土矿层

岩与稀土初步富集层。(2)区域变质作用,发生于震旦纪的吕梁期构造运动造成区域地层褶皱变形变质,使岩石结构构造改变及矿物组成的局部调整富集。(3)海西期花岗岩浆侵入改造期,岩浆热使喷发喷流层中的F, Fe, REE进一步活化、迁移,以及花岗岩浆同化Fe, REE, Nb源岩形成高温氧化型Fe, F, REE与Nb的流体矿液,伴随褶皱变形,叠加或交代于铁矿层,形成含赤铁矿的富铁矿和Nb, REE矿化体。(4)次生改造期,燕山造山运动及新生代玄武岩浆喷发期,局部地热异常造成矿质重新分配,形成一些脉状矿化。

铁、铌是上述各期成矿作用下多期富集改造形成;稀土则是在碱性岩浆喷发喷流预富集形成的矿源岩基础上,主要在海西期活化叠生富集成矿。

4.4 矿床保存条件及表生变化

华北地台经历了多期构造运动和地质作用,除了对矿床、矿体的构造富集之外,也明显有破坏作用,尤其是新生代以来的地质作用对矿体有明显的破坏作用,因此矿床形成后的保存条件及后生变化研究在该区尤其重要。

区内燕山期的造山运动导致大陆边缘整体隆升和断块分割破碎,随后经历大面积的剥蚀。剥蚀区内许多矿床在此期后大部分裸露地表,开始矿床剥蚀阶段,其中尤以金矿、铁稀土矿床剥蚀强烈。从矿体形态分析,白云鄂博主矿、东矿呈一楔状体插入地下,最宽厚部位出露地表^[9],这表明已经历了强烈

剥蚀作用,并且是富矿被剥蚀强烈。根据对称关系,矿体剥蚀量与现地下埋藏矿体量至少是相当的,如果考虑主矿、东矿体本身是一向斜构造,与南侧介格勒矿体构成一复式背斜构造(图2),那么背斜核部矿体已经全部剥蚀掉,因此白云鄂博矿床原有规模将明显大于现有矿床规模2~3倍以上。根据剥蚀堆积物特征及其分布范围研究,破碎铁矿石呈磨圆度较好的滚圆砾石,以铁矿物为主,其中稀土萤石条带大部分淋滤成残孔状,有一些铁砾石内保留有稀土萤石条带。铁矿物成分以赤铁矿、磁铁矿为主,表面磨损面光滑,未见氧化层,砾石砾径在0.5~30.0 cm。从砾石结构构造看,铁砾石大部分是块状、条带状富铁矿。根据主矿、东矿北部冲积河床沉积物观察,铁砾石分布于冲刷面或每一沉积旋回的底部砂砾石层中,主要产于第四系河床冲积物中,其次在热水硅质岩胶结的碎屑物中,在现代地表有再富集现象。

参考文献:

[1] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991. 9~29.
 [2] 李树勋, 徐学纯, 刘喜山, 等. 内蒙古乌拉山早前寒武纪地质[M]. 北京:地质出版社, 1994. 1~78.
 [3] 王辑, 李双庆, 王宝良, 等. 狼山-白云鄂博裂谷系[M]. 北京:北京大学出版社, 1992. 1~88.
 [4] 聂凤军, 裴荣富, 吴良才, 等. 内蒙古白乃庙地区岩浆活动与金属成矿作用[M]. 北京:科学出版社, 1993. 30~72.

- [5] 肖荣阁, 龚羽飞, 翟裕生. 变质岩区金矿成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6(2): 243~250. 中国地质大学出版社, 1993. 24~140.
- [6] 彭润民, 翟裕生. 内蒙古东升庙矿区狼山群中变质“双峰式”火山岩夹层的确认及其意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22(6): 589~594. [8] 白鹤, 袁忠信. 白云鄂博矿床地质特征和成因分析[M]. 北京: 地质出版社, 1993. 24~62.
- [7] 王思远, 杨海明. 狼山造山带喷溢成矿研究[M]. 武汉: 中国科学院地球化学研究所. 白云鄂博矿床地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1988. 42~497.

ANALYSIS OF MAJOR METALLOGENIC SYSTEMS IN WESTERN SECTION, NORTHERN MARGIN OF NORTH CHINA PLATFORM

Xiao Rongge Peng Runmin Wang Meijuan Qi Kaijing

(Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper addresses the geological evolution and tectonic zonation of the northern margin of North China platform where are successively distributed from the south to the north the Wulashan-Seertengshan-Daqingshan intracontinental upwarping zone, the Dongshengmiao-Chaertaishan intracontinental rift, the Langshan-Shihahe pericontinental upwarping zone, the Huogeqi-Bayan Obo pericontinental rift, the Bainaimiao-Baiyindusi rift and upwarping zone, the Wenduermiao-Ailigemiao rift. This paper analyzes the pericontinental basement formation and rift sedimentary formation, classifies the rift sedimentation during the splitting and subsiding periods. In addition, this paper deals with the metallogenic system. The identity and the successiveness of the metallogenic material sources are used for the classification of the metallogenic system as four subsystems as shown below: (1) The metallogenic system of metamorphic gold deposit established on the basis of material sources of greenstone formation and composed of various ore-deposit-type assemblages. This system occurs mainly in the metamorphic area of the upwarping zone in the palaeo-continent. (2) The SEDEX metallogenic system in the marine volcanic spilite. This system, mainly composed of Cu-Pb-Zn polymetallic deposits and mainly occurring in the volcanic rock formation shaped during the rift-splitting period, is related to the hydrothermal erupting in the same period of magmas produced in the volcanic activity. (3) The metallogenic system of the spout-telescoped deposit in the alkaline rock and carbonatite. This system occurred early in the alkaline volcanic carbonatite of the Bayan Obo rift, with the spout sediments of high-temperature silica-potassium hydrothermal solution, resulting in the rare element-REE-iron telescoped deposits. The main ore deposit and the east ore deposit underwent strong weathering and denudation, and alluvial enrichment occurred since Cenozoic era.

Key words: palaeo-continent margin; SEDEX; metallogenic system; North China platform.