

大兴安岭地区的区域成矿特征

刘建明¹, 张锐^{1,2}, 张庆洲³

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所 矿产资源研究重点实验室 北京 100029 2. 北京科技大学 北京 100083 ;
3. 内蒙古自治区地质矿产勘查开发局 第十地质矿产勘查开发院 内蒙古 赤峰 024005)

摘要: 中国大兴安岭地区位于东西向古生代古亚洲构造-成矿域与北北东向中生代滨西太平洋构造-成矿域强烈叠加、复合、转换的部位。从而使大兴安岭地区的成矿地质条件优越、成矿期次多、成矿强度大、矿床类型多样。近年来区内找矿工作有了新突破,对内生金属矿床区域成矿规律的认识也有了新的进展,文中试图作一个阶段性的总结。文章将大兴安岭地区对照其大地构造单元划分成4个成矿带,总结了两期主要成矿期(海西期和燕山期),归纳出两大主要成矿系列,并分别就最近几年的新成果进行了典型矿床的举例。

关键词: 区域成矿;成矿系列;大兴安岭

中图分类号: P612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-2321(2004)01-0269-09

位于我国东北部边疆的大兴安岭地区东接东三省、南邻河北,而北和西则与俄、蒙接壤。20世纪70年代在大兴安岭中南段主峰的黄岗—甘珠尔庙成矿带相继发现了白音诺尔铅锌银、黄岗铁锡、大井铜银锡铅锌、浩布高铜铅锌等大型—特大型有色金属矿床,一时被誉为“草原上的小南岭”^[1]。20世纪80年代又在大兴安岭北段满洲里一带发现了乌奴格吐山铜钼、甲乌拉银铅锌、查干布拉根银铅锌、孟恩陶勒盖银等大型—准超大型矿床,再次引起关注。但这以后由于找矿难度增大、探矿投入不足,找矿工作一度停滞不前。可喜的是,最近几年在有关单位和人员的艰苦努力下,区内找矿工作有了新突破,对内生金属矿床区域成矿规律的认识也有了新的进展,显示了新的资源前景。本文仅就此作阶段性的总结概述,希望起到抛砖引玉的作用。

1 区域成矿地球动力学背景初探

本文的大兴安岭地区南至华北地台北缘断裂,北界为蒙古—鄂霍次克褶皱系,东至北北东向的嫩

江—白城断裂与松辽盆地为界,由此决定了大兴安岭东坡的宽度小、地形也较陡。但大兴安岭西部边界则较模糊,因为在大地构造上大兴安岭属东西向延伸的天山—兴蒙褶皱系的东段,向西没有截然的构造边界,因此在地形上大兴安岭西坡远比东坡宽缓。

在西伯利亚地台和华北地台之间,宽阔而复杂的东北亚造山带十分引人注目,这是古生代古亚洲构造-成矿域与中生代环太平洋构造-成矿域两个全球性构造-成矿域强烈叠加的区域。我国的大兴安岭地区正是其中的一个重要组成部分。

大兴安岭的大地构造格架和构造单元布局主要是在古亚洲洋演化期间形成的。古亚洲洋是古生代期间发育于西伯利亚地台和华北地台之间的一个复杂的多岛洋,以大规模的岛弧体系发育和陆缘增生为特征^[2]。可大致看成南北两大陆块边缘相向增生的同时,华北陆块相对向北漂移,而两陆块之间的多岛洋体制中,众多大陆亲缘性微块体和不断生长发育的岛弧体系相互汇聚拼贴(陆—陆、弧—陆、弧—弧),从而带来了同时发育多边界缝合并相互转换改造的复杂情形,结果形成了目前所见以软碰撞造山为特征,多边界汇聚—缝合的宽阔造山带。由于受向南凸出的蒙古弧的影响^[3],大兴安岭各构造单元和主构造线的方位从南往北由近东西向,转为北东向、北东向,直至最北部的德尔布干构造带转为北北东向。

收稿日期: 2004-02-26

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-138)和重大项目(KZCX1-07)

作者简介: 刘建明(1958—),男,研究员,矿床学专业。E-mail: jmlu@mail.igcas.ac.cn

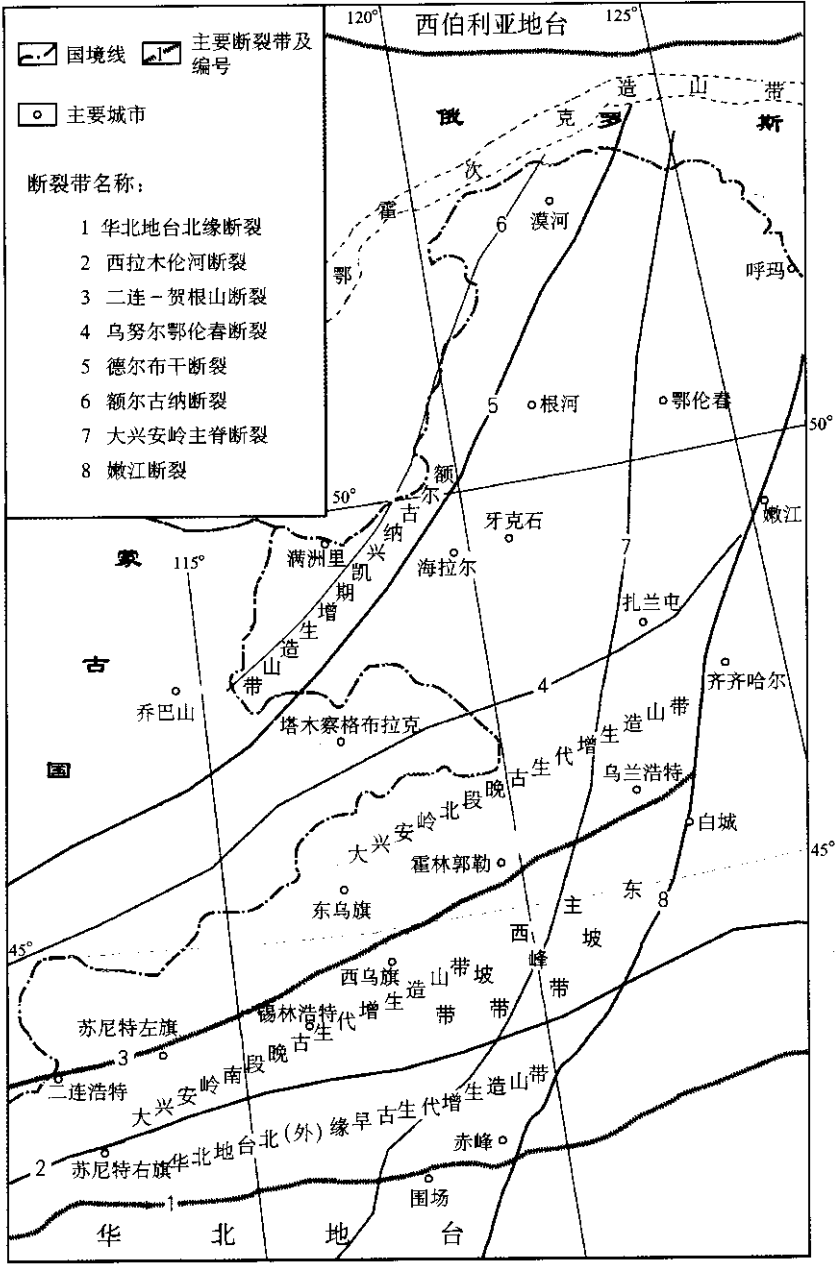


图1 大兴安岭地区大地构造分区简图
(根据文献[2]底图简化修改)
Fig. 1 Tectonic sketch of Da Hinggan Ling

(图1)。尽管尚存在较大的争议,本文仍暂且将二连—贺根山构造带作为大兴安岭地区古亚洲洋演化的最后的主缝合构造带,时间大致在二叠纪。其南以西拉沐沦断裂为界分为华北地台北(外)缘东西向的早古生代增生造山带和大兴安岭南段北东向晚古生代增生造山带;二连—贺根山构造带以北则是西伯利亚地台向南的增生带,包括大兴安岭北段的北东向晚古生代增生造山带^①以及德尔布干断裂带北西侧额尔古纳河流域的兴凯期(新元古代)增生

造山带(图1)。
大兴安岭以北发育于三叠纪并最后闭合于侏罗纪的蒙古—鄂霍次克洋,标志着古亚洲洋与古太平洋两个动力学体制的转换承接。此时由于受库拉板块向北西俯冲的影响,欧亚大陆的东缘开始进入滨西太平洋边缘活动阶段。这一构造阶段最显著的特

^① 可能有早古生代增生带存在,但被晚古生代和中生代地层—岩浆岩所覆盖、改造而难以恢复,需要进一步的研究。

征是燕山期北北东向断裂构造的强烈发育,一系列北东—北北东向的火山盆地和隆起以及共生的强烈的中酸性火山—岩浆侵入活动。

大兴安岭地区的地层从老至新可以大致分成4个构造层^[1-5]。(1)各大陆亲缘性块体中的前寒武纪变质岩基底,可能包括从新太古代至新元古代的变质岩,如北部的兴华渡口群、加格达群、黑龙江群,中南部的宝音图群等,以各类片麻岩、麻粒岩以及片岩为主。(2)早古生代浅—微变质的火山—沉积岩系,主要是各类片岩、砂板岩、大理岩以及安山岩等,显示大陆边缘增生体和岛弧增生体的特征。如北部伊尔施地区的寒武系苏中组、南部的包尔汗图群等。(3)晚古生代(以二叠纪为主)浅—微变质的火山—沉积岩系,主要岩石组合与早古生代类似,只是变质程度稍浅、出露面积广泛。(4)燕山期侏罗系和白垩系的陆相中—酸性火山岩和陆相碎屑沉积岩。必须指出的是,绝大部分地区都是以晚古生代(尤其是二叠系)地层为基底,上覆侏罗系—白垩系的陆相火山岩,显示典型的二层结构;而早古生界,尤其是前寒武系的地层较少见。

除地层中的火山岩外,区内的岩浆侵入岩主要属华力西期和燕山期,尽管也有少数加里东期和兴凯期岩体出露。基性—超基性岩体主要属华力西期,而且多沿块体拼合构造带发育,相当一部分被解释为构造侵位的小型蛇绿岩残片。燕山期以大规模的中酸性岩浆侵入为特征,与同时代的陆相火山岩系构成了同源、同时、异相的火山—侵入杂岩。与成矿关系最为密切的是二叠系的中基性火山岩和燕山期的中酸性火山—侵入杂岩,其次是海西期花岗质(尤其是埃达克质)的侵入岩。

前述的4个构造单元从北往南分别由东西向的华北地台北缘断裂带、近东西向的西拉沐沦断裂带、北东向的二连—贺根山断裂带和北北东向的德尔布干断裂带所分隔,这些结构复杂的断裂构造带乃是古亚洲构造域演化的产物,与古生代的岩浆活动关系密切,而且经常控制着古生代地层的走向和褶皱轴的延展方向。较晚生成的北北东向大兴安岭—太行山断裂带大致沿大兴安岭主脊纵贯全区,切割了所有的早期断裂,但却没有出现大的位移,主要制约着燕山期大兴安岭火山岩带的发育。此外还有规模较小的北西向断裂发育。这几组断裂相互交切,分割出众多的菱形块体,控制了燕山期火山盆地、火山断隆以及大型花岗岩基的产出和分布。

2 主要成矿区带和成矿期次

正由于古亚洲构造—成矿域与环太平洋构造—成矿域的叠加、复合和转换,使大兴安岭地区的成矿地质条件优越,成矿期次多、强度大,矿床类型也复杂多样,区域成矿特征十分复杂。

2.1 主要成矿区带

与前文划分的大地构造单元相吻合,大兴安岭地区可划分出4个成矿带^①,从南往北包括:

(1)华北地台北(外)缘铅锌—铜—钼—铀—银成矿带

位于华北地台北(外)缘东西向的早古生代增生造山带,北和南分别以西拉沐沦断裂和华北地台北缘断裂为界,向东被嫩江—白城断裂所截(图1)。区内已发现小营子铅锌银矿床、敖包山铅锌铜矿床、库里吐钼矿床等大中型矿床。

本成矿带内有4套含矿岩石:①沿东西向的少郎河断裂带断续出露的一套早古生代浅变质火山—沉积岩系(志留系),可能属于早古生代沟—弧—盆增生体系中弧后盆地的浅海碎屑岩和碳酸盐沉积,其中产出著名的小营子大型铅锌银矿床;②敖汉旗中部—北部,紧靠华北地台北缘断裂有一套轻微变质的石炭系沉积岩系,以砂板岩间夹结晶灰岩(大理岩)为特征,最近发现其中产出具层控特征的铅锌银矿床,如敖汉旗的草房沟、银洞子等;③侏罗纪中酸性火山岩—次火山岩中产出具有浅成低温热液矿化特征的铅锌银矿床和具有次火山热液成矿特征的铀钼矿床。前者如翁牛特旗的黄花沟、后者如克旗的红山子;④小型花岗岩侵入体中产出热液脉型—斑岩型钼矿床,如敖汉旗的库里吐。前两套岩石中产出的矿床显示海底热液喷流沉积成矿的特征,而后两套岩石所含的矿床则是典型的与火山—侵入杂岩有关的浅成热液—斑岩型矿床。

(2)大兴安岭南段铅锌—银—铜—锡—铁成矿带

本矿带位于大兴安岭南段北东向晚古生代增生造山带,二连—贺根山构造带和西拉沐沦断裂带分别作为其北界和南界,往东被嫩江—白城断裂和松辽盆地所截(图1)。大兴安岭南段具有晚古生代

① 在大兴安岭两侧的晚中生代—新生代沉积盆地中还有前景良好的可地浸砂岩型铀矿,如东侧的松辽盆地(尤其是其中的开鲁盆地)和西侧的二连盆地、海拉尔盆地,但未纳入本文讨论之列。

(二叠纪为主)基底和燕山期盖层的两层结构模式,燕山期陆相中酸性火山岩、花岗质侵入岩广泛出露。本区在二叠纪时既具残留盆地性质,又显示活动大陆边缘火山岩浆弧的特征。二叠纪岛弧型火山岩广泛发育,北东向延伸的弧间海槽和脊状隆起并列,沉积相变非常剧烈。二叠纪地层从整体上显示从海盆、残留海盆到湖相盆地连续演化的特征,火山活动也具向上减弱的变化趋势。

区内矿床历来被认为是由燕山期岩浆活动有关的热液活动形成的^[1,6],然而区内近90%的矿床却产在二叠纪地层中,且具有整合层状矿化和受沉积相带控制的特征,显示出与二叠纪沉积地层的密切联系。近年我们选取其中的黄岗铁-锡矿床和大井锡-多金属矿床为例,对与矿石密切共生的接触交代夕卡岩(黄岗)和所谓的次火山相流纹斑岩(大井)开展了系统的地质学、岩相学、矿物学和组构学研究,结合必要的地球化学数据,得出了热水沉积岩的认识^[7,8],并据此提出区内曾有一期与二叠纪盆地演化有关的海底热液喷流-沉积成矿作用的发生。

大兴安岭南段目前的工作程度相对较高,可大致划分出3个各具特色的有色金属成矿亚带,从西向东包括:①西坡——富铅-富银-铜成矿亚带。近两年在原认为资源贫瘠的大兴安岭南段西坡实现了重要的找矿突破,一种以富银、富铅-富铜为特色的块状硫化物矿床从赤峰克旗的拜仁达坝到锡林郭勒盟西乌旗的花敖包特,勾画出了一条300多km长、百余km宽的北东向矿带。既有断裂控矿的中生代热液脉型矿床,也有二叠纪形成的海底热液喷流-沉积的块状硫化物矿床。目前的工作程度很低,但已经有特大型矿床的显示。②主峰——锡-铅-铁-铜成矿亚带。沿大兴安岭南段主脊产出一条发现于20世纪70年代、宽仅20km±、以锡为特色的矿带,是我国北方惟一的大型锡矿集中区,产有白音诺尔铅-锡矿床、黄岗锡-铁矿床、大井锡-银-铜-铅-锌矿床等特大型-大型矿床。③东坡——以铜为主的多金属成矿亚带。大兴安岭南段东坡众多铜-多金属矿床,历来为人所瞩目。“七五”以来相继发现了莲花山、闹牛山、布敦化等铜-多金属矿床,但都是中小型规模,没有大突破。最近发现,二叠纪海底喷流型铜-多金属矿床以及与海西期和燕山期的埃达克质岩浆岩有关的斑岩型矿床可能是本区有突破前景的重要矿床类型。

(3) 大兴安岭北段铜-钼-铅-铁成矿带

空间上与大兴安岭北段北东向的晚古生代增生造山带一致,位于二连—贺根山构造带北西盘、德尔布干断裂带的南东盘,向北延入俄罗斯远东并被蒙古—鄂霍次克构造带所截,而向西南则进入蒙古国与其南戈壁成矿省相接(图1)。

区内古生代,尤其是晚古生代具埃达克岩特征的中酸性岩浆活动相当强烈,花岗闪长岩、花岗岩及花岗斑岩极为发育,具有形成古生代大型斑岩型矿床的条件。如著名的黑龙江多宝山晚古生代斑岩型铜矿田,此外在内蒙古梨子山地区也发现极具找矿潜力的煤窑沟泥盆纪斑岩型铜矿点。值得特别说明的是,该矿带南西延伸部分的蒙古国南戈壁发现察干苏布尔加和欧玉陶勒盖大型—特大型斑岩铜金钼矿床。据2003年底网上公布,欧玉陶勒盖矿床初步控制的铜储量已达2000多万t,超过了我国目前可采铜金属储量的总和。可见,大兴安岭北段是寻找古生代大型斑岩型铜多金属矿床的有利地段。此外,在该矿带的北段还发现与上古生界细碧-角斑岩有关的海相火山成因的块状硫化物矿床,如产于石炭系细碧-角斑岩系中的六一牧场块状硫化物型硫铁矿床、产于泥盆系海相火山岩系中的三根河块状硫化物型铜矿。

(4) 额尔古纳铜-铅-银-钼-铀成矿带

该矿带位于北北东向德尔布干深断裂的北西盘,往北、往西延入俄、蒙境内(图1)。额尔古纳成矿带的南段普遍覆盖燕山期火山岩,北西向的火山断陷和断隆控制着矿床的产出。20世纪80年代勘查评价了乌努格吐山铜钼矿床、额仁陶勒盖银矿床、甲乌拉铅-银矿床和查干布拉根银-铅-锌矿床等4个大型矿床,均是与燕山期浅成侵入体-火山岩有关的浅成热液-斑岩型矿床。额尔古纳成矿带的北段有较多的元古宙—古生代花岗岩,但矿床(不包括砂金)都产在中生代火山岩和次火山岩中,如三河(大型)、上护林等次火山热液型银-铅-锌矿床,莫尔道嘎北浅成热液型金矿床以及卡米奴斯克斑岩型铜-铅-锌矿床等。因此,本区是寻找燕山期浅成热液-斑岩型有色金属矿床的有利地段。

本矿带位于中—俄—蒙交界部位,由大兴安岭西坡到蒙古东部和俄罗斯东后贝加尔地区乃是多种矿产的成矿密集区,已发现铀、金、银、铅-锌、铁、钼及萤石等矿种的超大型矿床10余处、大型矿床30余处。俄罗斯的斯特列措夫(铀储量达6万t)和蒙古国的多尔诺特铀(钼)矿田是世界上同类型铀矿中

最大的两个矿田。这些矿床绝大多数都集中形成于 160 ~ 120 Ma 这一狭短时段内, 与燕山早—中期的火山—侵入活动密切相关, 具有成矿强度大、频率高、密度大, 而且品位高的特点。我国境内地区与蒙古东部和俄罗斯后贝加尔具有相同的区域成矿地质背景, 同类型的铅锌、银、铜、金矿床也有发现, 但矿床的规模和数量远远少于上述两国, 表明境内部分的找矿潜力巨大。

2.2 主要成矿期次

区内矿床通常被认为是由燕山期岩浆活动有关的热液形成的^[16], 然而区内许多矿床却产在古生代, 尤其是晚古生代火山—沉积地层中, 且具有整合层状矿化和受沉积相带控制的特征, 显示出与古生代地层的密切联系。我们的近期研究显示了大量与晚古生代(二叠纪)盆地演化有关的海底热液喷流—沉积成矿作用的产物, 包括喷流型矿床和热水沉积岩^[78]。这为全面、准确地认识本区的成矿作用和成矿期次提供了新的思路。因此, 大兴安岭的主成矿期有两期, 即海西期和燕山期。海西期主要形成与二叠纪火山—沉积作用有关的海底热液喷流沉积型铅锌—银—铜—锡—铁矿床和与埃达克质侵入岩有关的斑岩型铜—钼—金矿床。燕山期则主要产出与陆相火山—侵入杂岩有关的浅成热液型—斑岩型—夕卡岩型铅锌—铜—钼—锡—银—金矿床。值得指出的是, 许多矿床具有两期成矿叠加改造的复杂特征。

众所周知, 同属古亚洲成矿域的新疆由于“305”等国家项目的实施, 近 20 年发现了大量矿床, 其绝大部分都是形成于晚古生代, 而且与古亚洲洋演化和随后的双向增生造山过程有关。新疆没有受到环太平洋构造—成矿域的改造, 古生代的原始成矿特征保存较好。但在大兴安岭地区, 由于中生代的强烈改造, 古生代矿床的原始面貌不清, 而且与大量的中生代矿床混杂在一起, 确实难以辨认。

3 主要成矿系列、重要矿床类型和典型矿床介绍

根据目前积累的资料, 大兴安岭地区主要的内生金属矿床可以归入下述两大成矿系列(1)与古生代火山—沉积盆地演化有关的海底热液喷流—沉积成矿系列, 以早二叠世成矿为主, 部分也有晚二叠世、石炭纪、泥盆纪、甚至更老的早古生代成矿者; (2)与大陆地壳中酸性火山—岩浆侵入作用有关的

热液成矿系列, 包括热液脉型、浅成低温热液型、斑岩型、夕卡岩型, 以中生代燕山期成矿为主, 也有相当多的海西期成矿者。

此外还有少量正岩浆矿床系列的实例, 包括产在蛇绿岩套中超基性岩内的铬铁矿矿床(如锡林浩特贺根山和克旗柯单山铬铁矿矿床), 碱性花岗岩中的稀有—稀土矿床(如扎鲁特旗的 801 稀有—稀土矿床)。

3.1 与古生代火山—沉积盆地演化有关的海底热液喷流—沉积成矿系列

海底热液喷流—沉积成矿系列是指成矿热液在海底喷溢—沉积而形成的矿床组合, 又被称为喷流型或热水沉积矿床, 包括 VHMS 型(volcanic-hosted massive sulfide 火山岩容矿的块状硫化物, 也称为火山喷流型)和 Sedex 型(sedimentary exhalative, 沉积喷流型), 二者具有相同的矿石沉淀就位机制^[9], 但成矿盆地类型和矿床空间分布等方面都有所不同。

①VHMS 型矿床产在具玄武质洋壳的大洋盆地或边缘海盆地中, 火山活动强烈; 盆地充填物以火山物质, 尤其是玄武质火山物质为主, 因此总是有火山岩共生。②Sedex 型矿床则产在发育于大陆性地壳(或至少是过渡性地壳)基底之上的正常沉积盆地中, 盆地充填物以正常沉积物为主, 火山活动和火山沉积可有可无。这两类盆地沉积建造的最明显区别是前者通常不发育碳酸盐沉积, 因此如果含矿地层中有较多的灰岩或白云岩, 则通常是 Sedex 型矿床。由于大陆地壳远较大洋地壳复杂, 因此 Sedex 型矿床远较 VHMS 型复杂, 可能出现非常复杂的成矿金属共生组合和矿床特征。在大兴安岭地区, 除产于石炭系细碧—角斑岩系中的六一牧场中型块状硫化物型硫铁矿床和小坝梁铜金矿床等可能属于典型的 VHSM 型矿床外, 大兴安岭地区古生代的海底热液喷流—沉积矿床大多形成于过渡性地壳之上, 因此往往具有 Sedex 型和 VHSM 型的过渡特征。特别值得指出的是, 这些与地层同时生成的矿床经常受到燕山期构造—岩浆—热液活动的改造叠加, 因此往往被误认为是单纯的燕山期热液矿床, 如下文中的小营子、黄岗以及大井等矿床就是这样。

(1) 翁牛特旗小营子铅锌矿床

小营子铅锌矿床和多个中—小型铅锌矿床都沿东西向的少朗河断裂集中分布在零星出露的志留系片岩和大理岩地层中。矿体的直接围岩是一套绿帘—绿泥片岩、绿帘—透辉岩和阳起石岩, 因此认为属燕

山期成矿的夕卡岩型矿床。但根据我们的初步研究,该矿床很可能属于典型的海底喷流成因。主要证据有:矿化具有显著的层控性,矿床都产在志留系地层之中,而大面积分布的年轻火山岩和花岗岩中却贫矿,矿体呈层状,严格受志留系地层控制,产状与地层一致,且与围岩同步褶皱,在褶皱轴部增厚、翼部变薄,矿石具典型的条带状-层纹状构造,且产状与地层整合一致;矿层共生典型的喷流岩(热水沉积岩)——层纹状硅质岩;矿体并非如典型的夕卡岩型矿床那样围绕花岗岩体展布,恰恰相反,岩体大都穿切了矿层和地层,表明侵入岩体是晚于矿体就位。与花岗岩有关的热液矿化也明显晚于层状矿化,呈石英脉和铅锌矿脉穿切层状矿体。

(2) 林西县大井锡-多金属矿床

在大井矿床,矿体呈薄脉状产在上二叠统林西组黑色细/粉砂岩、板岩地层中。矿区内无大的岩浆侵入体,但有很多燕山期次火山岩脉并被矿脉所穿切,因而被认为是次火山热液矿床^[6]。尤其是矿床中部的1号和10号主矿体均以浅色流纹斑岩脉为直接顶板,且岩脉内也有矿化。然而,我们的研究确认这些流纹斑岩乃是与二叠系林西组含矿地层同时形成的热水沉积岩,这些热水沉积岩及其下伏的矿体都呈层状且与林西组地层基本整合。大井矿床热水沉积岩的主要矿物相是石英,其次是菱铁矿和绢云母,因此称为“菱铁绢云硅质岩”^[7]。矿石和菱铁绢云硅质岩均显示沉积-成岩成因的完美组构特征:由于矿物组成和粒度发生变化而显现的层状-层纹状组构,水下冲刷面,成岩软变形构造,同生沉积角砾构造,沉积粒序现象以及菱铁矿细层的压溶缝合线构造。在大井矿区确实存在一期流纹斑岩脉,它们穿切矿体,表明是晚于矿体就位,而且显示清晰的流纹构造和众多长石斑晶,岩相学特征明显有别于菱铁绢云硅质岩。

(3) 花敖包特铅锌银矿

矿区出露下二叠统寿山沟组深灰色板岩、砂板岩及蚀变火山碎屑岩和上侏罗统流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩、安山岩、安山质岩屑晶屑凝灰岩。矿体产在二叠系地层中,侏罗系火山碎屑岩不整合覆盖了二叠系地层和其中的矿体。矿区产出两类相互直交的矿体:①北东向顺层整合产出的层状矿体,为主矿体,矿体厚大稳定(10~25 m厚),块状铅锌银硫化物矿石,品位极高,蚀变不强,主要是矿体下盘深灰色板岩的褪色化;②北西向脉状矿体产出在层状

矿体的下盘,与层状矿体相交但不切穿它,强硅化,矿石具角砾状构造和网脉状构造,品位较低。

层状矿体的下盘为板岩,而直接上盘则经常是一种白色岩石,以前被称为超浅成侵位的次流纹岩,被认为是侏罗纪火山岩浆活动的产物。但我们的初步研究显示可能是一种以 SiO_2 为主的热液沉积岩(详情将另文发表),呈层状与地层和矿层整合,其上则是较纯的浅红色硅质岩(碧玉岩),也是一种典型的热液沉积岩。它们组合在一起构成了一个完整的海底热液喷流-沉积成矿成岩系统,而产于层状矿体下盘的北西向脉状矿体则被解释为属于海底热液通道系统的产物。

3.2 与燕山期和海西期火山-岩浆侵入作用有关的热液成矿系列

深部炽热岩浆的上升使大陆地壳温度分布不均匀,形成许多地热异常区。热力驱动下就会产生水热流体的环(对)流,这种热水活动是地质历史上最常见的热液成矿系统之一。现代大陆地热系统在地表有热泉、喷泉、喷气孔、热淤泥池、热水塘、泥火山、水热爆炸产物、泉华、热液蚀变等表现形式,并经常伴有浅成热液型金属矿化的发生。研究表明,浅部热水大多源于大气降水,向深部则岩浆热液的活动越来越强。我们曾通过对现代活动热液成矿系统和古代相应热液矿床的系统总结和广泛对比,把浅部下渗加热环流大气降水成矿体系与深源上升岩浆热液成矿体系联系在一起,提出了一个综合热液成矿系列模式,并运用这一模式讨论了中国东部中生代火山岩区和西藏中生代火山岩区有关热液矿床的成矿规律^[10]。综合起来,从地表向下可能出现如下的矿化分带:地表热泉型浅成热液金、汞矿床→脉型浅成热液金银矿床以及铅(银)矿床→斑岩型铜、钼矿床→夕卡岩型铜、铁、铅、锌矿床以及钨、锡矿床→石英脉型和云英岩型钨、锡矿床。上述矿化分带也可能表现为以热源为中心的水平分带。当然,由于具体的地质、地球化学条件不同会发生某些带的缺失或位置改变。更经常地是由于剥蚀深度的不同而出露不同的矿化类型。

大兴安岭地区属于本成矿系列的矿床很多,大多数是燕山期成矿,但也有相当一部分是海西期成矿,这已经有大量文献发表。如德尔布干成矿带的乌努格吐山斑岩型铜钼矿床、额仁陶勒盖浅成热液型银矿床,大兴安岭北段的多宝山斑岩型铜矿床,大兴安岭南段的浩布高夕卡岩型铜-多金属矿床等。

甚至在大兴安岭南段的黄岗梁地区还见有云英岩型-石英脉型的锡石矿床(小型)。作为本成矿系列的典型矿例,本文仅对这几年来新发现的几个潜力很大的矿床作简单的介绍。

(1) 黄花沟铅锌银矿床

这是近年新发现的浅成热液型铅锌银矿床,产于翁牛特旗敖包梁燕山期破火山机构南东侧。矿区出露晚侏罗世中酸性火山岩,其外围的基底隆起则出露二叠系海相火山沉积地层。矿化与火山口相的晚侏罗世次火山岩及次流纹岩有关,矿体呈脉状受火山机构周边的断裂带控制。矿脉沿断裂充填,切割火山岩、次火山岩和二叠系地层。地表已发现铅锌银矿化蚀变带和铅锌银矿脉50余条,分成相互平行的几组,主体走向为近东西-北西西,向南陡倾。主要金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,脉石矿物以石英、绢云母、长石、高岭石为主。矿脉两侧出现较强的硅化、绢云母化和泥化蚀变,地表出现强的铁锰染硅化带。矿石呈典型的开放空间充填的特征,显示角砾状、网脉状、条带状构造。

(2) 闹牛山铜-金-多金属矿床

闹牛山过去认为是一个小型的铜矿,近年有较大的突破,基本确定是一个具大型规模的铜-金-多金属矿床。矿化产于火山基底隆起与火山断陷盆地过渡部位的隐爆角砾岩带中。经地表工程控制,隐爆角砾岩带长达5700 m,宽30~400 m。矿区内出露上侏罗统安山质角砾凝灰岩、安山质熔岩,厚度大于1000 m。中基性-中酸性的小侵入岩、次火山岩脉随处可见,包括安山玢岩、闪长玢岩、斜长花岗岩等。通过近期工程控制,在隐爆角砾岩带内的物化探异常中共发现了10条铜矿带,单个矿带长500~1656 m,宽32~164 m。赋矿围岩为上侏罗统安山玢岩、安山质角砾凝灰岩以及闪长玢岩等。近矿围岩蚀变为硅化、绢云母化、绿泥石化以及碳酸盐化,在斜长花岗斑岩体内还见有钾长石化和硅化与钼铜矿化共生。目前揭露的闹牛山矿床是一个浅成热液的隐爆角砾岩型矿床,并可能在深部向斑岩型矿化过渡。

(3) 拜仁达坝铅锌银矿床

该矿是近年对1:20万化探异常进行1:5万化探加密测量及异常查证时新发现的。矿区主要出露下元古界片麻岩系、华力西期石英闪长岩及燕山早期花岗岩、花岗斑岩。目前已发现矿体33条,其中产于石英闪长岩中的I号主矿体规模最大。矿体

呈脉状,近东西向展布,控制长大于2000 m,向北缓倾(倾角11~40°),最大斜向延伸大于1000 m,厚0.2~17 m。仅根据目前的工程控制估算,I号矿体金属资源量:Pb+Zn达155万t,Ag达4600 t,规模已接近超大型。矿石中金属硫化物以磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿为主,主要脉石矿物为石英、绢云母等。近矿围岩蚀变以绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化为主。今年初我们对拜仁达坝矿床中的闪锌矿进行了Rb-Sr等时线定年研究,初步结果显示了燕山中晚期(116 Ma±)的成矿年龄,因此推测这类矿床是与燕山期岩浆活动有关的断裂充填型热液脉状矿床,在大兴安岭南段西坡具有很大的找矿潜力。

4 结语

(1) 大兴安岭地区位于东西向古生代古亚洲构造-成矿域与北北东向中生代环太平洋构造-成矿域强烈叠加、复合、转换的部位。古亚洲洋期间多块体拼贴、多边界缝合并移置转换,多期次软碰撞造山,多方式侧向增生,以及随后强烈叠加的中生代北北东向陆内火山岩浆-构造-成盆过程,最终交织成目前所见的复杂的构造格局,从而使区域成矿特征也十分复杂。

(2) 大兴安岭地区相应其大地构造单元可划分成4个成矿带,从南往北包括:华北地台北(外)缘早古生代增生造山带——华北地台北(外)缘铅锌-铜-钼-铀-银成矿带;大兴安岭南段晚古生代增生造山带——大兴安岭南段铅锌-银-铜-锡-铁成矿带;大兴安岭北段晚古生代增生造山带——大兴安岭北段铜-钼-铅锌-铁成矿带;德尔布干断裂带北西侧额尔古纳河流域的兴凯期(新元古代)增生造山带——额尔古纳铜-铅锌-银-钼成矿带。

(3) 区内矿床通常被认为是由燕山期岩浆活动有关的热液活动形成的,然而近期研究却表明,大兴安岭的主成矿期有两期,即海西期和燕山期。海西期主要形成与二叠纪火山-沉积作用有关的海底热液喷流沉积型铅锌-银-铜-锡-铁矿床和与埃达克质侵入岩有关的斑岩型铜-钼-金矿床。燕山期则主要产出与陆相火山-侵入杂岩有关的浅成热液型-斑岩型-夕卡岩型铅锌-铜-钼-锡-银-金矿床,而许多矿床具有两期成矿叠加改造的复杂特征。这为全面准确地认识本区的成矿作用并建立矿床勘查地质准则,提供了新的思路。

(4)区内主要的内生金属矿床可以归入下述两大成矿系列 ①与古生代火山-沉积盆地演化有关的海底热液喷流-沉积成矿系列,以早二叠世成矿为主,部分也有晚二叠世、石炭纪、泥盆纪,甚至更老的早古生代成矿者;②与中酸性火山-岩浆侵入作用有关的热液成矿系列,包括斑岩型、夕卡岩型、浅成低温热液型和热液脉型,以中生代燕山期成矿为主,也有相当多的海西期成矿者。

(5)长期复杂的地质演化历史和多期构造-成矿作用的叠加复合,使大兴安岭地区的成矿地质条件优越,成矿期次多、强度大,矿床类型多样,资源前景良好。最近几年相继发现了一系列很有远景的新的矿产地,显示出巨大的找矿潜力。鉴于大兴安岭地区在国内连接东北三省和华北东部,其丰富的矿产资源能直接构成东北老工业基地重振雄风和首都大经济圈进一步繁荣的资源依托,而大兴安岭数千km长的国境线与资源丰富且尚未开发的俄罗斯远东和蒙古国直接相连。因此是实施“走出去”战略,用好两种资源的最佳桥头堡,其重要的战略地位应该引起地矿工作者和有关部门的高度重视。

野外工作得到赤峰市、呼伦贝尔市、内蒙古国土资源厅、内蒙古地勘局、内蒙古地勘局十院、内蒙古地勘局赤勘院、内蒙古地勘局九院、华北有色地勘局,以及各有关矿山的大力支持,并得到刘洪涛、翟明国、曾庆栋、张旗、叶杰、于昌明、万志民、李德亭、李永兵等同事的帮助,谨致谢忱。

References[参考文献]:

- [1] RUI Z Y, SHI L D, FANG R Y, et al. *Geology and Nonferrous Metallic Deposits in the Northern Margin of the North China Land-mass and Its Adjacent Area*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 476 (in Chinese). [芮宗瑶, 施林道, 方如恒, 等. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 476.]
- [2] REN J S, NIU B G, LIU Z G. Soft collision, superposition orogeny and polycyclic suturing[J]. *Earth Sciences Frontiers*, 1999,

6(3):85-93 (in Chinese). [任纪舜, 牛宝贵, 刘志刚. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用[J]. 地学前缘, 1999, 6(3):85-93.]

- [3] LI S Q, ZHANG W J, GENG M S, et al. *Geological Features of Mongolia Arc Structure and Its Formation and Evolution*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998. 145 (in Chinese). [李述靖, 张维杰, 耿明山, 等. 蒙古弧地质构造特征及形成演化概论[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 145.]
- [4] Bureau of Geology and Mineral Resources of Nei Mongol Autonomous Region. *Regional Geology of Nei Mongol Autonomous Region*[Z]. Beijing: Geological Publishing House, 1991. 532 (in Chinese). [内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[Z]. 北京: 地质出版社, 1991. 532.]
- [5] Bureau of Geology and Mineral Resources of Nei Mongol Autonomous Region. *Stratigraphy (Lithostratic) of Nei Mongol Autonomous Region*[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996. 244 (in Chinese). [内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 244.]
- [6] ZHAO Y M, ZHANG D Q. *Metallogeny and Prospective Evaluation of Copper-Polymetallic Deposits in the Da Hinggan Mountains and Its Adjacent Regions*[M]. Beijing: Seismological Press, 1997. 318 (in Chinese). [赵一鸣, 张德全. 大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价[M]. 北京: 地震出版社, 1997. 318.]
- [7] LIU J M, YE J, ZHANG A L, et al. A new exhalite type—Siderite-sericite chert formed in fault-controlled lacustrine basin[J]. *Science in China (Series D)* 2001, 44:408-415.
- [8] LIU J M, YE J, LI Y, et al. A preliminary study on exhalative mineralization in Permian basins, the southern Segment of the Da Hinggan Mountains, China—Case studies of Huanggang and Dajing deposits[J]. *Resource Geology*, 2001, 51:345-358.
- [9] LIU J M, YE J, LI J J. Comprehensive comparison of Sedex and VHMS deposits[J]. *Mineral Deposits*, 2002, 21(Suppl):28-31 (in Chinese). [刘建明, 叶杰, 刘家军. Sedex型和VHMS型矿床及其成矿地球动力学背景的对比[J]. 矿床地质, 2002 21(增刊):28-31.]
- [10] LIU J M. *Genese der Zhilington Au-Ag-Lagerstaette und Hydrothermale Au-Ag-Erze in den Vulkangebieten von Suedostchina*[M]. Heidelberg: Heidelberger Geowiss. Abh. Bd. 26, 1989. 181.

THE REGIONAL METALLOGENY OF DA HINGGAN LING, CHINA

LIU Jian-ming¹, ZHANG Rui^{1 2}, ZHANG Qing-zhou³

(1. Key Laboratory on Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China 2. Beijing University of Science and Technology Beijing 100083, China ;
3. No. 10 Team of Bureau of Geology and Mineral Resources of the Inner Mongolia Autonomous Region, Chifeng 024005, China)

Abstract : The Da Hinggan Ling area is located at the superimposed, composite and transformed portion, where the Mesozoic NNE-stretching tectonic domain of the global Circum-Pacific belt strongly overprints the Paleozoic E-W-stretching tectonic domain of the Paleo-Asian Ocean. Because of this peculiar tectonic setting, strong ore-forming events occurred repeatedly in the Da Hinggan Ling, resulting in abundant various types of polymetallic ore deposits and complex features of regional metallogeny. Recently, a number of promising ore occurrences were discovered in the Da Hinggan Ling, and new progress was achieved in the study of regional metallogeny of the Da Hinggan Ling. In this paper, the authors try to give a short summary on these new approaches. Four metallogenic zones are identified according to the tectonic framework. Two principal metallogenic events and two principal metallogenic series are summarized. Several newly discovered deposits are described as typical examples.

Key words : regional metallogeny; metallogenic series; Da Hinggan Ling

腾格里沙漠东南缘格状沙丘沉积构造的解析

哈 斯

(北京师范大学 资源学院 中国沙漠研究中心 环境演变与自然灾害教育部重点实验室 北京 100875)

格状沙丘以纵横交叉的两组沙梁(主梁和副梁)在平面上呈网格状为特征。它在沙漠中分布比较广泛,且一般出现在风成沙连续覆盖和沙丘疏密度比较高的地区,因而在地层中保存的可能性也比较大。但是,迄今尚没有见到在岩石记录恢复格状沙丘的报道。其原因并不在于地质时期没有格状沙丘或该沙丘不保留其沉积,而是目前人们还不了解该沙丘的沉积特征。腾格里沙漠东南缘格状沙丘由走向为 SW-NE 的主梁和与其近乎垂直的副梁(SE-NW)组成。区域主、次风分别来自 NW—NW 和 NEE,合成输沙方向为 142.5° 。我们对该区格状沙丘形态、沉积物、表面过程进行了较为系统的野外观测,并取得了一些初步进展。新近,我们又对该

类型沙丘的沉积特征开展了以下工作。

(1)内部构造:主梁迎风坡沿轴线几个剖面显示,自坡脚到丘顶主要是单向倾斜的高角度交错层理,其上覆低角度薄层平行纹理。副梁丘顶内部由几组反向倾斜(各层组间的夹角达 $120^{\circ} \sim 180^{\circ}$)的交错层形成双极交错层理。这些层理均由发育良好的三级界面(再作用面)分割为厚度、形状各异的板状和楔状纹层组。在垂直于丘脊线的横剖面上呈“人”字形格局。根据纹层厚度变化和与上下界面的接触关系,主梁高角度板状交错层理的前积层倾向与主梁背风面坡向一致,倾角 $24^{\circ} \sim 32^{\circ}$,单层纹理不显,属主梁背风坡滑落面沉积。层组间的底角度界面倾角 $15^{\circ} \sim 24^{\circ}$,属风向变化引起