

内蒙古中东部地区 重要金、银多金属矿床成矿规律研究

江思宏 牛树银 刘翼飞 侯万荣 聂凤军 等著

地质出版社

内蒙古中东部地区 重要金、银多金属矿床成矿规律研究

江思宏 牛树银 刘翼飞 侯万荣
聂凤军 白大明 马宝军 孙爱群 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本专著是全国危机矿山接替资源找矿专项项目办公室下达的典型矿床及成矿规律总结研究项目“内蒙古中东部地区金、银多金属矿床成矿规律总结研究”（项目编码：20089948）的研究成果。在对前人所获各类地、物、化、遥和矿产资料数据进行全方位收集、整理和综合性分析的基础上，对哈达门沟金矿床、金厂沟梁金矿床、拜仁达坝银多金属矿床、白音诺尔铅锌矿床、白乃庙铜铅金矿床和孟恩陶勒盖银多金属矿床六个典型矿床的产出环境和控矿因素开展了解剖性研究工作，包括野外地质调查、同位素年代学、同位素反演示踪和成矿流体研究等，建立了综合性成矿模式和找矿模型；系统总结了大兴安岭地区钼多金属矿床特征，开展了中蒙边境大型银铜多金属矿床对比研究。上述成果的取得，无疑对深化内蒙古中东部地区基础地质与金、银多金属矿床成矿规律认识，指导本区金、银多金属矿床的找矿勘查工作具有重要意义。本书对从事相关专业的生产、教学和科研人员具有重要的参考价值。

图书在版编目（CIP）数据

内蒙古中东部地区重要金、银多金属矿床成矿规律研究 / 江思宏等著. —北京：地质出版社，2016. 8
ISBN 978 - 7 - 116 - 08231 - 1

I. ①内… II. ①江… III. ①金属矿床—成矿规律—研究—内蒙古 IV. ①P618. 201

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 049823 号

责任编辑：韩 博 白 铁 李 华
责任校对：王素荣
出版发行：地质出版社
社址邮编：北京市海淀区学院路 31 号，100083
电 话：（010）66554643（邮购部）；（010）66554625（编辑室）
网 址：<http://www.gph.com.cn>
传 真：（010）66554686
印 刷：北京地大天成印务有限公司
开 本：889 mm × 1194 mm 1/16
印 张：30
字 数：950 千字
版 次：2016 年 8 月北京第 1 版
印 次：2016 年 8 月北京第 1 次印刷
定 价：100.00 元
书 号：ISBN 978 - 7 - 116 - 08231 - 1

（如对本书有建议或意见，敬请致电本社；如本书有印装问题，本社负责调换）

绪 论

本书是全国危机矿山接替资源找矿专项项目办公室下达的典型矿床及成矿规律总结研究项目“内蒙古中东部地区金、银多金属矿床成矿规律总结研究”（项目编码：20089948）的研究成果。根据危机矿山接替资源找矿项目 2008 年度任务书的要求，该项目的总体目标任务为：①按技术要求对内蒙古白乃庙铜矿床、内蒙古白音诺尔铅-锌矿床、内蒙古哈达门沟金矿床、内蒙古金厂沟梁金矿床、内蒙古拜仁达坝银多金属矿床及内蒙古孟恩陶勒盖银多金属矿等开展典型矿床研究（图 1）；②对内蒙古额仁陶勒盖银矿床等进行调研总结；③对相关重大科学问题进行探索研究。2008 ~ 2009 年度工作任务主要是按技术要求开展典型矿床（哈达门沟、金厂沟梁、白音诺尔和拜仁达坝）研究；2010 年度对白乃庙铜矿和孟恩陶勒盖银多金属矿床开展研究，并增加两项新任务：①系统总结大兴安岭地区钼多金属矿床特征；②开展中蒙边境大型银铜多金属矿床对比研究。

该项目的起止时间为 2008 年 12 月到 2011 年 12 月，工作周期为三年。项目研究所涉及的典型金属矿床包括白乃庙铜-钼-金矿床、白音诺尔铅-锌矿床、哈达门沟金矿床、金厂沟梁金矿床、拜仁达坝银多金属矿床、孟恩陶勒盖银多金属矿床和额仁陶勒盖银矿床。从地理位置上看，白乃庙铜-钼-金矿床和哈达门沟金矿床均位于内蒙古自治区中部，分别属四子王旗白音朝克图苏木和包头市阿嘎如泰苏木管辖。相比之下，白音诺尔铅-锌矿床、金厂沟梁金矿床、拜仁达坝银多金属矿床和孟恩陶勒盖银多金属矿床及额仁陶勒盖银矿床均位于内蒙古自治区东部和东北部，其中金厂沟梁、白音诺尔和拜仁达坝矿床分别属敖汉旗金厂沟梁乡、巴林左旗白音勿拉苏木和克什克腾旗巴音高勒苏木管辖。需要提及的是，孟恩陶勒盖和额仁陶勒盖均是以银为主的多金属矿床，它们位于科尔沁右翼中旗代钦塔拉苏木和新巴尔虎右旗额仁陶勒盖苏木境内。

从地形地貌特点看，哈达门沟金矿床和金厂沟梁金矿床分别位于高山区和低山区，而其他 5 处矿床则分布在草原覆盖区。无论是山区，还是草原，其海拔介于 800 ~ 1500 m 之间。研究区属典型的大陆性气候，夏季酷热干燥，冬季严寒风大。往年气象资料数据显示，研究区内年平均气温为 2.5℃，最高气温为 38℃，最低气温为 -37℃，每年气温最高时间段为 6 ~ 8 月，最低时间段为 12 月至次年 2 月，无霜期为 5 月到 9 月中旬。一般情况下，研究区内为多风少雨天气，年平均降水量为 209 mm，年降水量最大为 322 mm，年降水量最小为 122 mm，年蒸发量高达 2564 mm，为降水量的 12 倍。风向以西和西北为主，平均风速为 3 级（15 m/s），冬春季多为 6 级以上大风。平均地温 4.8℃，极高 63℃，极低 -45℃，冻土层在 2 m 以内。整体上看，研究区位于我国北部荒漠戈壁地带，工作区范围内人烟稀少，经济社会发展水平相对落后。由于近 10 年来内蒙古经济的飞速发展，基础设施明显改善，上述矿区基本上都有柏油路相通，并可以连接高速公路，因此总的来说，交通还算便利。

通过半个世纪科技找矿工作，在内蒙古中东部发现了一大批金属矿产地，为进一步开展地质找矿工作奠定了坚实的基础，创造了良好的条件。据不完全统计，研究区内共发现金属矿种 20 个，其中探明储量的矿种有铁、铜、锰、铬、镍、银、金、铅、锌、钨、锡和钼等；圈定矿产地近百处，探明储量的有几十处，其中哈达门沟金矿床、金厂沟梁金矿床、白音诺尔铅-锌矿床、拜仁达坝银多金属矿床、白乃庙铜-金-钼矿床、孟恩陶勒盖银多金属矿床、额仁陶勒盖银矿床、白音查干银矿床、大井银多金属矿床和朝不楞铁多金属矿床以产出规模大和矿石品位高为特点。另外，尚有百余处地球化学异常和更多的找矿信息等待检查，为今后寻找大型矿床提供了导向和目标。在过去几十年的矿产资源科学研究和找矿工作过程中，地质工作者除了找到哈达门沟、金厂沟梁、白音诺尔、拜仁达坝、白乃庙、孟恩陶勒盖和额仁陶勒盖等大型矿床外，还发现有一大批中、小型金属矿床，例如，白乃庙地区的谷那乌苏铜矿床、别鲁乌图铜-硫矿床、大敖包铁矿床、白音敖包铁矿床、哈达庙金矿床、白乃

庙金矿床和毕力赫金矿床；哈达门沟地区的柳坝沟金矿床、乌兰不浪沟金矿床、沙德盖钼矿床和包头东金矿床；金厂沟梁地区的二道沟、郝仗子、莲花山、安家营子、柴胡栏子和红花沟金矿床；白音诺尔和孟恩陶勒盖地区的浩布高铅-锌矿床、敖瑙达坝银多金属矿床、东山湾钨-锡矿床、宝盖沟铁-锡矿床、敖尔盖铜矿床、大韭菜沟银多金属矿床、查木罕钨-锡矿床和黄岗锡-铁矿床；额仁陶勒盖银矿床外围的甲乌拉和查干布拉根银多金属矿床。大量野外地质调查和综合性研究结果表明，内蒙古中东部的哈达门沟、金厂沟梁、白音诺尔、拜仁达坝、白乃庙、孟恩陶勒盖和额仁陶勒盖地区显现出良好的成矿前景，存在巨大的找矿潜力。

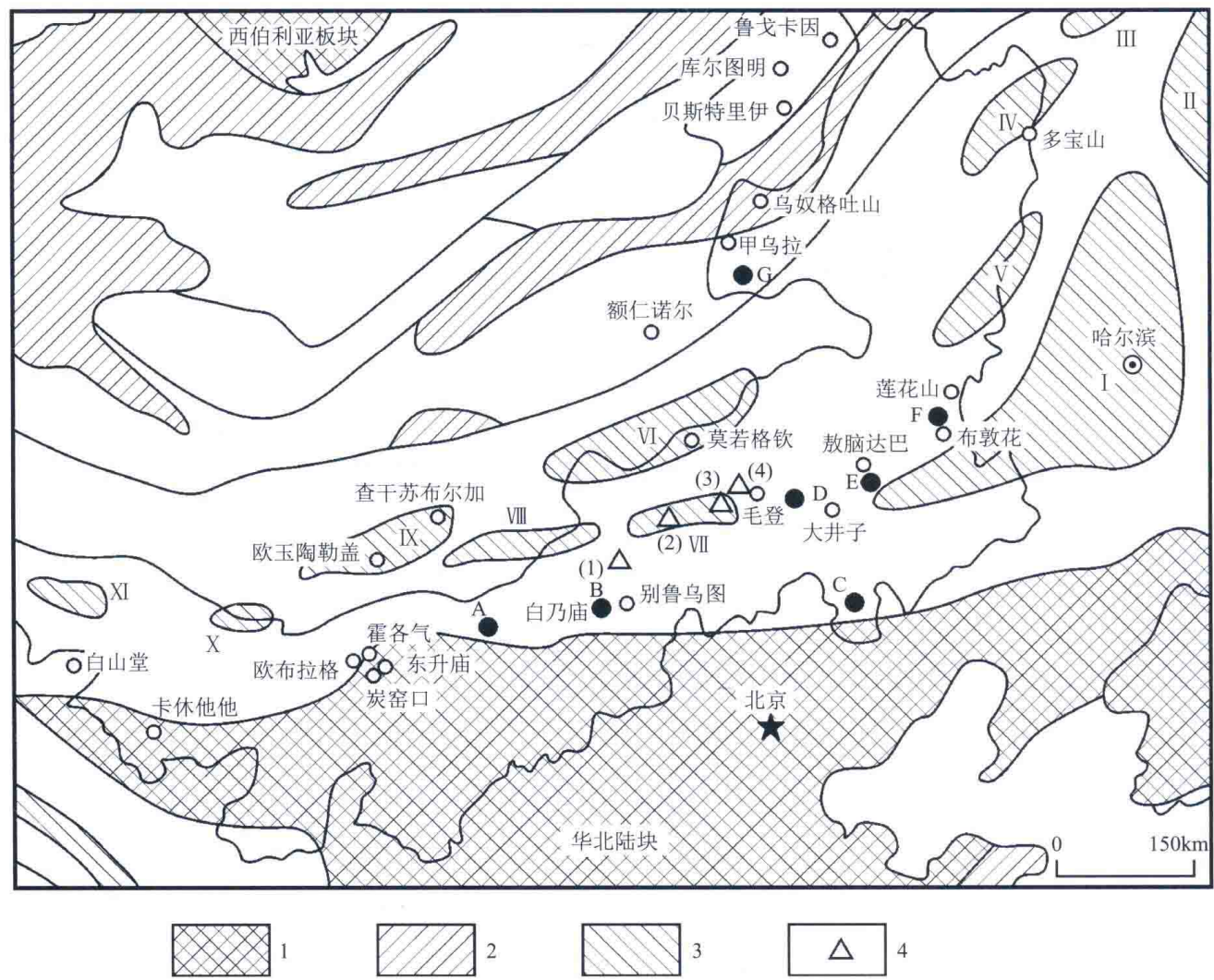


图 0-1-1 研究区大地构造位置图

(据任纪舜等, 1999; 洪大卫等, 2003; Perello 等, 2001 资料数据改编)

构造单元: 1—古大陆; 2—亲西伯利亚陆块; 3—亲古中华陆块; 4—前寒武纪变质岩块体。微陆块: I—松花江; II—布列亚-佳木斯; III—结雅; IV—鄂伦春; V—扎兰屯; VI—达里甘嘎; VII—锡林浩特; VIII—托托尚; IX—巴嘎; X—雅干; XI—汗山。变质岩块体: (1)—白银都西变质岩块体; (2)—乌华敖包变质岩块体; (3)—白音塔拉变质岩块体; (4)—巴音高勒变质岩块体。金属矿床: A—哈达门沟金矿床; B—白乃庙铜(金)矿床; C—金厂沟梁金矿床; D—拜仁达坝银矿床; E—白音诺尔铅-锌矿床; F—孟恩陶勒盖银多金属矿床; G—额仁陶勒盖银矿床

半个多世纪以来,我国地质科技工作者在内蒙古中东部地区开展了卓有成效的基础地质调查和找矿勘查工作,并且取得了大量的科研成果。全区 1:20 万地质、水文地质,1:50 万航磁和 1:100 万重力调查已经完成,并完成了全区面积 70% 的 1:20 万勘探地球化学扫面、10% 的 1:5 万地质填图和 1:5 万勘探地球化学普查。在地质科学研究方面,地质学家们从不同侧面对该区的地壳演化历史和金属成矿作用进行了深刻剖析,取得了令人瞩目的成就,代表性成果有《中国北方板块构造文集》(沈阳地质矿产研究所,1986)、《华北地台北缘早古生代大陆边缘演化》(胡晓等,1990)、《内

《内蒙古自治区区域地质志》(内蒙古自治区地质矿产局, 1991)、《Pre-Jurassic Geology of Inner Mongolia, China》(Ishii Kenichi et al., 1991)、《中国华夏与安加拉古陆间的板块构造》(王荃等, 1991)、《内蒙古赤峰地区金矿地质》(王时麒等, 1991)、《狼山-白云鄂博裂谷系及成矿特征》(王揖等, 1987)、《中朝板块北侧褶皱带构造演化及成矿规律》(唐克东等, 1992)、《内蒙古白乃庙地区岩浆活动与金属成矿作用》(聂凤军等, 1993)、《华北陆块北缘及邻区有色金属矿床》(芮宗瑶等, 1994)、《内蒙古乌拉山-大青山绿岩型金矿床地质》(陈纪明等, 1996)、《华北地块北缘及其北侧金属矿床成矿系列与勘查》(裴荣富等, 1998)、《大兴安岭及邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价》(赵一鸣等, 1997)、《内蒙古自治区志-地质矿产志》(内蒙古自治区地质矿产志编纂委员会, 1999)、《内蒙古自治区主要成矿区(带)和成矿系列》(邵和明等, 2001)、《A Special Issue Devoted to the Geology and Mineralization of the Southern Da Hinggan Mountains Area, Inner Mongolia, China》(Akiyama et al., 2001)、《中蒙边境中东段金属矿床成矿规律和找矿方向》(聂凤军等, 2007)、《中国成矿区带划分方案》(徐志刚等, 2008)。所有上述区域地质调查和科研成果均极大地丰富了该区的区域地质研究内容, 为后续的基础地质研究和隐伏金属矿床找矿勘查工作提供了理论依据和信息。前人所获成就主要体现在以下几方面: 其一, 初步阐明内蒙古中东部地区所处的大地构造格局, 特别是与两大古板块有关的大陆碰撞和造山形成机制; 其二, 基本厘定区内主要地质事件, 确认前寒武纪主要构造-热事件序列、古生代主要裂解增生时期和中生代构造活化时期; 其三, 确认了成矿作用的高峰期, 对主要矿化集中区的成矿背景、成矿机理和控矿因素有了较明确的认识, 为找矿勘查指明了方向。

纵观已获各类地、物、化、遥和基础地质研究资料数据, 我们不难看出, 在基础地质方面, 对诸如大地构造单元的归属、古板块边界的厘定等一些重大地质问题的争议仍然较大, 对大面积分布的华力西期和燕山期花岗岩类侵入岩的侵位机制和古生代火山-沉积岩形成的构造环境缺乏全面系统的研究, 严重制约了对本成矿远景区成矿规律的总结与认识。

本项研究所采用的技术路线和实验方案简述如下: ①资料数据集成: 全面而系统地收集与本项研究工作有关的国内外地质文献、资料和数据, 并且对其进行全方位和多角度分析、整理、对比和集成。在充分消化和吸收前人科研成果的基础上, 编绘各种不同比例尺的矿产地质、岩体地质、地球物理和地球化学图件, 了解内蒙古中东部重要成矿区岩石圈结构特点, 为野外地质调查工作的顺利开展创造有利条件; ②野外地质调查: 以内蒙古中东部哈达门沟金矿床、金厂沟梁金矿床、拜仁达坝银多金属矿床、白音诺尔铅-锌矿床、白乃庙铜-钼-金矿床、孟恩陶勒盖银多金属矿床和额仁陶勒盖银矿床为重点对象, 开展以路线地质观察、典型剖面测制和大比例尺填图(小范围)为主的野外地质调查, 了解各主要地层单元、构造形迹、侵入岩(或火山岩)和典型矿床的基本地质特征, 查明它们的空间分布关系; 重点研究含矿侵入岩(或火山岩)及相关金属矿体的产出环境、几何形态、接触关系、形成期次、岩(矿)石类型和热液蚀变特征。在上述各项野外地质调查工作基础上, 系统性和有针对性地采集岩(矿)石样品, 为室内进一步的综合性研究做好充分的准备; ③同位素年代学: 运用显微镜和电子探针手段, 对典型金属矿床代表性岩(矿)石样品进行详细的矿物学研究, 查明各典型矿床主要矿(脉)石矿物的种属、形成期次、化学成分和结构构造。在此工作基础上, 开展同位素测年工作。其一, 运用硫化物(辉钼矿和黄铁矿)铼-钼同位素法确定部分岩(矿)体的形成时限, 获得成岩(矿)物质来源信息; 采用含钾矿物(绢云母、钾长石和伊利石) $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法确定含矿流体的演化历史和热事件发生的时间; 其二, 采用锆石 SHRIMP 或 LA-ICP-MS 对与典型矿床有关侵入岩(或火山岩)进行精细年代测定; ④同位素反演示踪: 同位素联合反演示踪技术是本次研究工作中所要采用的重要手段之一, 主要开展以下两方面工作。其一, 采用常规的铍-钨-铅同位素法对典型金属矿床及相关侵入岩体代表性岩(矿)石样品进行系统分析、确定成岩(矿)物质来源、源区特征和演化过程, 了解壳、幔物质在含矿侵入岩(或火山岩)和金属矿体中所占比例; 其二, 采用氧-氢-碳-硫同位素法对不同时期金属矿床成矿流体的产物(如金属矿床的矿石和蚀变岩及其所含矿物)进行系统分析, 阐明成矿流体来源和运移过程及成矿物质聚集机理, 揭示地壳不同期次演化阶段岩浆活动与金属成矿作用的耦合关系; ⑤成矿流体研究: 前人已对内蒙古中东

部重要成矿区个别典型金属矿床及其相关侵入岩（或火山岩）进行过流体包裹体研究。本次研究工作主要集中在以下两个方面：其一，对尚未进行过流体包裹体研究的部分金属矿床进行系统的流体包裹体研究，确定成矿流体的温度、压力、盐度和成分，阐明成矿流体的 PTt 演化轨迹和组分变化规律；其二，对部分金属矿床中高盐度（大于 46%）流体包裹体进行常规物理化学参数测定，同时，利用激光拉曼光谱（LRM）对单个包裹体成分进行分析，重塑含矿热液流体的演化历史；⑥成矿规律研究：其一，对前人所获各类地、物、化、遥和矿产资料数据进行全方位收集、整理和综合性分析，进一步完善已有的各类地质矿产和物、化、遥数据库；其二，对区内典型金属矿床产出的环境和控矿因素开展解剖性研究工作，建立综合性成矿模式和找矿模型；其三，利用地、物、化和遥资料数据，探讨物化探异常特征与矿产分布的内在联系，查明它们的空间分布。

通过对哈达门沟金矿床、金厂沟梁金矿床、拜仁达坝银多金属矿床、白音诺尔铅锌矿床、白乃庙铜钼金矿床和孟恩陶勒盖银多金属矿床 6 个典型矿床的解剖研究，对每一个矿床的研究程度相对前人来说有了较大的提高，尤其是前 3 个矿床。下面将每个矿床取得的主要成果总结如下：

（一）哈达门沟金矿床

1) 确定了成矿地质体，其中与成矿关系最为密切的是太古宙变质岩，其次可能是与大桦背岩体具有相似来源的深成岩体。

2) 以往多数学者认为沙德盖岩体和大桦背岩体（SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 (353 ± 7) Ma，苗来成，2000）为同期同源，但本次年龄结果表明，沙德盖岩体锆石 SHRIMP U-Pb 平均年龄为 (221.6 ± 2.1) Ma，西沙德盖岩体锆石 LA-ICPMS U-Pb 年龄为 (222.9 ± 0.82) Ma，成岩年龄均为印支期，这表明沙德盖岩体和大桦背岩体为两个不同时期构造-岩浆活动的产物。

3) 辉钼矿 Re-Os 年代学研究表明，哈达门沟金矿与含金黄铁矿共生的辉钼矿 Re-Os 年龄为 (386.6 ± 6.1) Ma，所以本区金（钼）成矿作用应为早泥盆世。矿区北部西沙德盖钼矿辉钼矿 Re-Os 年龄为 (226.4 ± 3.3) Ma，形成于三叠纪，改变了过去认为是同期形成的认识，说明本区至少有两期钼矿化，早期可能是与金矿化同时进行的。

4) 哈达门沟矿区矿石硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于 $-21.7\text{‰} \sim 5.4\text{‰}$ ，极差为 27.1‰ ，平均值为 -10.6‰ ，表现出亏损重硫的特点，表明哈达门沟金矿中的硫主要为深部流体和太古宙地层的混合硫。铅同位素示踪研究表明，哈达门沟金矿床中的部分铅来自变质岩，还有一部分铅可能来自与大桦背岩体有相同来源的岩体。

5) 哈达门沟金矿脉的 $\delta^{18}\text{O}$ 水在 $3.80\text{‰} \sim 5.20\text{‰}$ 之间，平均 4.49‰ ，柳坝沟金矿脉 $\delta^{18}\text{O}$ 水在 $4.22\text{‰} \sim 4.32\text{‰}$ 之间，平均 4.27‰ ，在 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} - \delta\text{D}$ 图上，投影点均落在原生岩浆水与大气降水之间，说明哈达门沟金矿和柳坝沟金矿的成矿热液主要来源于岩浆水，并有少量天水的混入。

6) 流体包裹体研究表明，哈达门沟金矿床含金石英脉石英流体包裹体均一温度范围 $160 \sim 300^\circ\text{C}$ ，成矿温度集中在 $200 \sim 280^\circ\text{C}$ 之间，中低盐度，盐度范围 $5\% \sim 15\%$ ，密度在 $0.75 \sim 0.98 \text{ g/cm}^3$ 之间，估算的成矿压力（平均值）为 $(139 \sim 366) \times 10^5 \text{ Pa}$ ，集中在 $(198 \sim 252) \times 10^5 \text{ Pa}$ 之间，对应的成矿深度为 $1.5 \sim 3 \text{ km}$ （静水）。

7) 流体包裹体成分分析表明，流体中的气相组分以 H_2O 和 CO_2 为主，液相组分中阴离子以 Cl^- 和 SO_4^{2-} 为主， Cl^- 为 $7.12 \sim 26.59 \mu\text{g/g}$ ， SO_4^{2-} 在 $4.90 \sim 53.77 \mu\text{g/g}$ 之间，阳离子以 Na^+ ， K^+ 和 Ca^{2+} 为主， Na^+ 为 $6.79 \sim 33.64 \mu\text{g/g}$ ， K^+ 为 $2.42 \sim 6.53 \mu\text{g/g}$ ， Ca^{2+} 在 $5.68 \sim 26.17 \mu\text{g/g}$ 之间。根据包裹体成分分析，推断金在流体中主要以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 配阴离子的形式进行迁移。

8) 根据流体包裹体均一压力计算获得的成矿流体的氧逸度为 $-37.10 \sim -36.76$ ，说明氧逸度值较高；二氧化碳逸度的结果为 $-1.32 \sim -0.80$ 。

9) 成矿流体从早到晚随着流体温度和压力的降低，流体逐渐由碱性→中性方向演化，成矿发生在近中性状态。不同盐度流体的混合可能是导致金沉淀的主要原因之一。

10) 哈达门沟矿田的构造变形从早到晚，变形性质从塑性到脆性，变形规模由小到大，变形类

型则是褶皱与剪切带同时形成，或相间进行。主要变形变质作用经历了4个期次：第一期为小规模流变褶皱与韧性剪切带，第二期为区域性褶皱与翼部脆韧性剪切，第三期为区域性横跨叠加褶皱与脆韧性剪切带，第四期大规模横弯褶皱与区域隆升。

11) 哈达门沟矿田构造研究表明，乌拉山地区的成矿作用对地层与岩性没有明显的选择性，在温度、压力、岩性等物理化学条件中，起主导作用的是脆韧性-韧脆性剪切带，它不仅沟通了深部矿源，而且是重要的成矿控矿构造。在解剖矿田构造的基础上，研究了成矿作用，探讨了成矿规律，归纳了成矿模式。

(二) 金厂沟梁金矿床

1) 确定了成矿地质体，其中与成矿关系最为密切的是对面沟花岗闪长岩体，其次是太古宙变质岩。

2) 同位素年代学研究表明，成矿地质体对面沟岩体的锆石 LA-ICP-MS 测年结果为 (142.65 ± 0.44) Ma 至 (138.7 ± 1.2) Ma，与成矿同期的黑云粗安岩的锆石 LA-ICP-MS 测年结果为 (131.7 ± 1.1) Ma，对面沟岩体里面最晚一期铜钼矿化的 Re-Os 年龄为 (131.45 ± 0.93) Ma，这说明，金矿床的成矿作用主要与对面沟岩体的侵位有关，金与铜钼属于同一期成矿事件的产物。

3) 矿石硫、铅研究表明，成矿物质主要来自岩体，只有少数来自围岩变质岩，而氢-氧同位素研究表明，成矿流体主要为岩浆水，含有少量大气降水。

4) 流体包裹体研究表明，金厂沟梁含金石英脉石英流体包裹体均一温度范围 $190 \sim 380^{\circ}\text{C}$ ，集中在 $240 \sim 340^{\circ}\text{C}$ 之间，平均 293.8°C ，盐度范围 $0.18\% \sim 8.81\%$ ，集中在 $0 \sim 0.5\%$ ， $3\% \sim 3.5\%$ 和 $4\% \sim 5\%$ 三个区间内，平均 3.79% ，密度 $0.58 \sim 0.90\text{g}/\text{cm}^3$ ，集中在 $0.65 \sim 0.85\text{g}/\text{cm}^3$ 之间，平均 $0.75\text{g}/\text{cm}^3$ ，成矿压力为 $(1 \sim 21) \times 10^6\text{ Pa}$ ，换算成相应的静水深度为 $0.1 \sim 2.1\text{ km}$ 。

5) 流体包裹体成分分析表明，流体中的气相和液相组分以 H_2O 和 CO_2 为主，包裹体液相组分中阴离子以 Cl^- 和 SO_4^{2-} 为主， Cl^- 为 $1.80 \sim 5.33\text{ }\mu\text{g}/\text{g}$ ， SO_4^{2-} 在 $1.51 \sim 7.43\text{ }\mu\text{g}/\text{g}$ 之间，阳离子以 Na^+ ， K^+ 和 Ca^{2+} 为主， Na^+ 为 $1.59 \sim 5.26\text{ }\mu\text{g}/\text{g}$ ， K^+ 为 $0.61 \sim 2.63\text{ }\mu\text{g}/\text{g}$ ， Ca^{2+} 在 $10.58 \sim 25.57\text{ }\mu\text{g}/\text{g}$ 之间，含量变化大。根据包裹体成分分析，推断金在流体中主要以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 配阴离子的形式进行迁移。

6) 根据流体包裹体均一压力计算获得的成矿流体的氧逸度为 $-35.26 \sim -33.99$ ，说明氧逸度值较高；二氧化碳逸度的结果为 $-1.39 \sim -0.86$ 。

7) 成矿流体从早到晚随着流体温度和压力的降低，流体逐渐由弱酸性→中性→弱碱性方向演化，成矿发生在近中性状态。不同盐度流体的混合可能是导致金沉淀的主要原因之一。

8) 矿田构造研究成果：在分析区域构造格架和结构面特征的基础上，首次应用幔枝构造，对金厂沟梁金矿田成矿地质体和成矿控矿构造进行了分析研究，探讨了其时间、空间演化特征及其与区域构造的关系，进行了成矿作用分析，归纳了成矿控矿模式，初步预测了深部矿体，指出了矿床外围和深部找矿方向，对该区进一步找矿有一定的指导作用。

(三) 拜仁达坝银多金属矿床

1) 拜仁达坝闪长岩体锆石 SHRIMP U-Pb 测年结果为 (326.5 ± 1.6) Ma ($\text{MSWD} = 1.7$)，显示其侵入时代为早石炭世，华力西期。闪长岩体为准铝质到弱过铝质闪长岩，具有钙碱性岩浆演化趋势，岩体地球化学特征显示，拜仁达坝闪长岩体具有火山弧岩浆作用成因的特点，同时受到古老地壳岩石（锡林浩特杂岩）的混染作用，与区域内的宝力道岩体相比，拜仁达坝闪长岩体受到古老地壳混染的程度明显更高。结合区域内其他华力西期岩体年代学及地球化学特征，显示该区华力西期经历了一次较为强烈的构造岩浆事件，同时预示该火山弧环境可能从苏尼特地区一直向东延伸至克什克腾旗的北部地区。

2) 拜仁达坝脉状铅-锌-银多金属矿床中矿体主要以断裂系统为赋矿空间，沿着矿体的走向方

向显示出明显的矿化分带特征，矿床中锌铜矿石、锌矿石及铅锌银矿石依次从矿化中心向外侧产出，主要矿体中成矿元素的块段金属量、块段平均品位及其元素比值沿着矿体的走向显示出系统的变化规律。

3) 拜仁达坝脉状铅-锌-银多金属矿床沿矿体走向方向所显示出的矿化分带性是成矿流体从矿化中心向外侧运移及由中偏高温向低温演化的过程中，成矿物质沿着矿体走向方向在矿体不同位置有选择地从成矿热液中卸载的结果。成矿热液在断裂系统内与不同比例大气水的混合则可能是成矿系统内温度梯度形成的重要原因。矿床中不同位置的矿物组合记录了成矿流体中硫逸度由高向低，pH 值由低向高的演化过程。

4) 拜仁达坝脉状铅-锌-银多金属矿床与维拉斯托脉状锌-铜-钨矿床组成了一个由中偏高温向低温逐渐演化的以断裂为赋矿空间的具有明显矿化分带现象的低硫化脉状贱金属成矿系统。

5) 拜仁达坝银多金属矿床矿石中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-4\text{‰} \sim 1.6\text{‰}$ ，维拉斯托银多金属矿床矿石中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-0.8\text{‰} \sim 2\text{‰}$ ，与岩浆热液型矿床的硫同位素值接近，表明这两个矿床中的硫主要来自岩浆。

6) 拜仁达坝东矿区矿石中的铅同位素组成与维拉斯托矿区相似，变化范围要小，相对贫放射性铅同位素，并且均为混合铅。赋矿围岩可能提供了高 u 值的铅，但是低 u 值铅的来源尚不清楚，可能来自深部岩浆。

7) 拜仁达坝银铅锌矿和维拉斯托银铅锌矿的成矿控矿构造均具有典型性，且有较好的可比性，成矿作用以断裂构造控制为主导因素。分别分析、探讨了控制矿田构造、控制矿床构造、控制矿脉构造和控制矿化构造特征，总结了成矿控矿作用。

8) 在成矿作用和矿化特征上，主要表现为含矿流体沿不同级别的构造（裂隙）贯入为主，所控制的矿床类型有的呈断裂蚀变岩型，有的呈脉状或网脉状，有的呈裂隙状。但是，不管哪一种成矿类型，流体贯入特征均很明显，并可据此判断成矿作用期次和成矿作用时间。

(四) 白音诺尔铅锌矿床

1) 测试结果表明，矿石中硫化物的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值变化于 $18.266 \sim 18.372$ 之间，平均值 18.296 ， $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值 $15.501 \sim 15.579$ ，平均值 15.536 ， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值 $38.016 \sim 38.339$ ，平均值 38.138 。铅同位素年龄校正计算结果表明，矿石中硫化物的铅同位素比值与大理岩和花岗闪长（斑）岩非常相似，表明矿石中的铅主要来自花岗闪长（斑）岩和大理岩，说明成矿物质也主要来自这两类岩石。

2) 对矿区内及外围主要岩体的锆石 LA-MC-ICP-MS 测年结果表明，矿区外围花岗岩岩基的形成年龄为 $(134.8 \pm 1.2) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 2.40$)，矿区内花岗闪长岩的形成年龄为 $(244.5 \pm 0.9) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 0.85$)，石英斑岩为 $(129.2 \pm 1.4) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 5.5$)。这说明，白音诺尔铅锌矿的矿化蚀变发生在花岗闪长岩的就位过程中，成矿时代为印支期早期，而不是前人认为的燕山期早期，但受到燕山期晚期岩浆活动影响，有成矿作用的叠加。

3) 大兴安岭中南段是一典型的幔枝构造，由于韧性剪切带的深切和强烈活动，引起了幔-壳混源岩浆活动，并打通了深部含矿流体的迁移通道，在幔枝构造脆韧性-韧脆性剪切带、主次级拆离带、岩体内外接触带、铲状断裂、构造裂隙等有利构造扩容带中集聚成矿。

4) 从构造成矿控矿作用分析，可以划分区域成矿构造背景和矿区成矿控矿构造，它们分别控制着矿带、矿田、矿床、矿体、矿脉等的就位及储集。I—IV级具有战略意义，主要解决找矿方向，V—Ⅷ级具有战术意义，主要解决具体的成矿控矿靶区，对指导新一轮地质找矿具有重要的指导意义。

(五) 白乃庙铜钼金矿床

1) 白乃庙矿床的铜、钼、金矿化有三种类型，即与花岗闪长斑岩有关的铜-钼矿化，产出于绿片岩中的铜-钼矿化和产出于浅部的脉状金矿化，这三种不同类型的矿化是统一成矿系统的产物，反映了成矿系统内不同成矿深度不同的物理化学条件。

2) 矿床成矿地质体主要为花岗闪长斑岩和元古宇白乃庙群。从形成时间上说,花岗闪长斑岩的形成时代(449 Ma)与矿化时代(445 Ma)非常相近,显示出二者之间密切的内在联系。

3) 从成矿地质体的主量、微量、稀土、同位素组成和流体包裹体研究可以看出,花岗闪长斑岩和元古宇白乃庙群为矿床的形成提供了物源、热源和水源,成矿物质和成矿流体与地壳深部岩浆活动具有密切的成因联系。

4) 白乃庙铜矿主要在三级及其更低序次的构造裂隙中成矿,并表现出两种不同的主要成矿类型:一种是成矿流体在较高温度压力等物理化学条件控制下,贯入到早期剪切糜棱岩的片理之中,沿密集的糜棱岩面理逐渐结晶,表现为充填糜棱岩面理的纹层状黄铜矿化;另一种类型则是受张扭性裂隙构造控制,矿化多表现为硅化石英脉状,反映构造对成矿具有明显的控制作用。

5) 华北地台北侧早古生代大陆边缘地质演化,经历了从被动大陆边缘到海沟-岛弧-盆地体系活动大陆边缘的演化过程。在此基础上建立了区域尺度和矿区尺度的构造演化及其成矿作用模式,前者重点依据了华北地台北侧构造演化历程,后者则侧重探讨了白乃庙地区铜矿的成矿作用。

(六) 孟恩陶勒盖银多金属矿床

1) LA-MC-ICP-MS 锆石测年结果表明,孟恩陶勒盖岩基中黑云母斜长花岗岩的锆石年龄为 (240.5 ± 1.2) Ma, MSWD = 0.48; 白云母斜长花岗岩的锆石年龄为 (234.3 ± 3.2) Ma, MSWD = 0.21; 矿区外围杜尔基岩基中的黑云母正长花岗岩的锆石年龄为 (154.5 ± 0.5) Ma, MSWD = 0.41; 矿区外围安山玢岩的锆石年龄为 (127.5 ± 0.7) Ma, MSWD = 1.3, 分别代表了中三叠世、晚侏罗世和早白垩世的三期岩浆活动。

2) 孟恩陶勒盖岩基的黑云母斜长花岗岩和白云母斜长花岗岩与杜尔基岩基的黑云母正长花岗岩均为富 SiO_2 、富碱、准铝的钙碱性岩石,具有轻稀土分异明显、富集大离子亲石元素(LILE)的特征,其中 Ba, Nb, La, Sr, P, Ti 相对亏损,而 Rb, Th, K, Ta, Ce, Nd, Hf, Sm, Y 和 Yb 相对富集。结合岩体年代学研究结果,孟恩陶勒盖岩基和杜尔基岩基分别形成于印支期的碰撞造山和燕山期的伸展构造环境。

3) 根据本书获得的侵入岩的测年数据与孟恩陶勒盖银铅锌矿与成矿有关的蚀变白云母的 Ar-Ar 年龄 (179.0 ± 1.5) Ma 对比显示,这些侵入岩的侵位年龄与成矿年龄之间差别较大,说明这些岩体不太可能是孟恩陶勒盖银铅锌矿床的成矿母岩。成矿岩体可能在深部尚未出露,或者已被杜尔基岩体改造。

4) 研究认为北西向霍林河断裂应该是区域性导矿构造,旁侧发育的一系列与之呈“入”字形相交的近东西向断裂构造为储矿构造。当含矿流体从深部向上迁移过程中,由于受断裂构造开闭程度的影响,导致矿脉形成藕节状或豆荚状,并沿断裂由西向东展现出 Sn-Cu-Zn-In, Sn-Zn-Pb-In, Pb-Zn-Ag 矿物组合,反映由中高温向中低温成矿作用的演化特征。

(七) 大兴安岭地区钼多金属矿床成矿特征总结

1) 大兴安岭地区钼矿床以斑岩型钼矿床为主。按照成矿元素组合可以分为单一型钼矿床、钼-铜-金多金属矿床和钼-铅-锌-(银)-(钨)-(铋)多金属矿床。

2) 在空间上,大兴安岭地区的单一型钼矿床及钼-铅-锌多金属矿床常常与高度分异花岗岩有密切联系,而钼-铜-金矿床则与分异度相对较低的花岗闪长质侵入体有密切联系。

3) 在时间上,大兴安岭地区的钼-铜矿床形成于早古生代,单一型钼矿床及钼-铅-锌多金属矿床主要形成于中生代,部分矿床形成于晚古生代。其中,近年来发现的较多的钼矿床与印支期侵入岩有关,因此印支期斑岩钼矿化作用应该受到进一步的重视。

4) 大兴安岭地区的钼-铜-金矿床产出与火山弧环境,而单一型钼矿床和钼-铅-锌多金属矿床则主要产于后碰撞环境(印支期)及伸展环境(燕山期)。该地区大量钼矿床的形成是古亚洲洋构造体系、太平洋构造体系及鄂霍次克洋构造体系综合作用的结果。

5) 在大兴安岭地区,钼多金属矿床具有集中产出的特点,从而形成了大量的矿集区,例如,西

拉木伦铜矿集区和大兴安岭北段矿集区。

（八）中蒙边境大型银铜多金属矿床对比研究

1) 根据斑岩铜矿床容矿围岩性质和成矿作用特征，中蒙边境及邻区铜矿床大体可划分为3种类型，即①加里东期经典型斑岩铜矿床（点）；②华力西期经典型和火山岩型斑岩铜矿床；③燕山期深成岩型和火山岩型斑岩铜矿床。在所有上述铜矿床（点）中，蒙古国欧玉陶勒盖是迄今为止在亚洲地区找到的最大规模火山岩型斑岩铜（金）矿床，我国内蒙古白乃庙和黑龙江多宝山矿床为加里东期经典型斑岩铜（钼）矿床。

2) 根据斑岩铜矿床空间分布特点，本区大体可以划分出9个矿化集中区，阿勒泰南缘，觉罗塔格、北山、欧玉（陶勒盖）-察干（苏布尔加）、二连-东乌旗、白乃庙-谷那乌苏、多宝山-铜山、乌努格吐山-八大关和莲花山-布敦花，其中除白乃庙-谷那乌苏和多宝山-铜山矿化集中区与加里东构造-岩浆活动有关，乌努格吐山-八大关和莲花山-布敦花矿化集中区与燕山期构造-岩浆活动有关外，其余5处铜矿化集中区内的铜矿床均是华力西期构造-岩浆活动的产物。

3) 中蒙边境及邻区的斑岩铜矿化强度不仅表现在空间上，而且也表现在时间上。尽管本区斑岩铜矿床的成矿作用分别发生在加里东期、华力西期和燕山期，但是大多数矿床的形成时间与华力西期板块活动高峰期相吻合，大规模成矿作用与华力西期各类岩浆上侵定位和分异演化过程有关，因此，可以认为本区斑岩铜矿床（点）是地壳特定演化阶段构造-岩浆活动的产物。

本书由十章组成，编写工作具体分工如下：

绪论：江思宏、侯万荣、刘翼飞、聂凤军、牛树银；

第一章：聂凤军、白大明、江思宏；

第二章：侯万荣、江思宏、牛树银、白大明、马宝军、孙爱群；

第三章：侯万荣、江思宏、牛树银、白大明、马宝军、孙爱群；

第四章：刘翼飞、牛树银、江思宏；

第五章：江思宏、牛树银；

第六章：刘翼飞、牛树银、江思宏；

第七章：江思宏、牛树银；

第八章：聂凤军；

第九章：刘翼飞、聂凤军；

第十章：江思宏。

本书初稿完成后由江思宏对所有章节进行了修改与补充，最后由江思宏统筹定稿。

在本项目实施和专著编写过程中，得到了全国危机矿山接替资源找矿专项项目办公室叶天竺研究员、吕志成研究员、韦昌山研究员及有关技术专家的多次指导和帮助。中国地质科学院矿产资源研究所和石家庄经济学院曾给予大力支持。此外，在项目组野外地质调查工作过程中得到内蒙古自治区国土资源厅、内蒙古自治区地质矿产勘查开发局、内蒙古自治区第九地质矿产勘查开发院和赤峰地质矿产勘查开发院、武警黄金地质研究所、内蒙古自治区赤峰市国土资源局、内蒙古自治区乌兰浩特市国土资源局、哈达门沟金矿、金厂沟梁金矿床、白音诺尔铅锌矿、拜仁达坝银多金属矿、白乃庙铜矿、孟恩陶勒盖银矿和额仁陶勒盖银矿等矿山单位的大力支持和协助，没有上述领导、专家和有关单位的指导与支持，是不可能完成本书研究内容的。国家地质实验测试中心、国土资源部同位素实验室和核工业地质研究院测试中心承担了项目研究中的岩（矿）石样品测试工作。另外，本书还引用了相关科研单位、大专院校和地质勘查部门未公开发表的各类文献。在此对上述各位专家、地质同行和各有关单位以及本书所引用文献的作者们表示最诚挚的感谢。

鉴于本专著研究工作所涉及的典型矿床数量较多，区域面积较大，工作内容较多和工作时间较短，又限于我们的科学研究水平和文字表达能力，深感本著作还存有不少问题，敬请有关专家和地质同行给予批评指正。

目 录

第一章 区域成矿地质背景	(1)
第一节 区域地质	(1)
第二节 区域地球物理与地球化学特征	(7)
第三节 区域矿产	(16)
第二章 哈达门沟金矿床	(17)
概述	(17)
第一节 区域地质背景	(18)
第二节 矿床地质特征	(23)
第三节 成矿地质作用及成矿地质体	(38)
第四节 成矿构造系统与成矿结构面	(65)
第五节 成矿流体及成矿热(动)力学	(87)
第六节 成矿模式	(107)
小 结	(110)
第三章 金厂沟梁金矿床	(111)
概述	(111)
第一节 区域地质背景	(113)
第二节 矿床地质特征	(117)
第三节 成矿地质作用及成矿地质体	(124)
第四节 成矿构造系统与成矿结构面	(159)
第五节 成矿流体及成矿热(动)力学	(185)
第六节 成矿模式	(199)
小 结	(202)
第四章 拜仁达坝银-铅-锌多金属矿床	(204)
概述	(204)
第一节 区域地质背景	(205)
第二节 矿床地质特征	(212)
第三节 成矿地质作用及成矿地质体	(232)
第四节 成矿构造系统与成矿结构面	(233)
第五节 成矿流体及成矿热(动)力学	(249)
第六节 成矿模式	(259)
第七节 小 结	(264)
第五章 白音诺尔铅锌矿床	(266)
概述	(266)
第一节 区域地质背景	(267)
第二节 矿床地质特征	(268)
第三节 成矿地质作用及成矿地质体	(276)

第四节	成矿构造系统与成矿结构面	(286)
第五节	成矿流体及成矿热（动）力学	(299)
第六节	成矿模式	(305)
小 结		(307)
第六章	白乃庙铜－钼－金矿床	(308)
第一节	区域地质背景	(308)
第二节	矿床地质特征	(311)
第三节	成矿地质作用及成矿地质体	(319)
第四节	成矿构造系统与成矿结构面	(333)
第五节	成矿流体及成矿热（动）力学	(349)
第六节	成矿模式	(353)
小 结		(356)
第七章	孟恩陶勒盖银多金属矿床	(357)
第一节	区域地质背景	(357)
第二节	矿床地质特征	(358)
第三节	成矿地质作用及成矿地质体	(372)
第四节	成矿构造系统与成矿结构面	(372)
第五节	成矿流体及成矿热（动）力学	(379)
第六节	成矿模式	(381)
小 结		(383)
第八章	中蒙边境斑岩型铜矿床对比研究	(385)
概述		(385)
第一节	代表性铜矿床地质特征	(393)
第二节	中蒙边境地区区域地壳演化与斑岩型铜矿床成矿作用研究	(404)
小 结		(407)
第九章	内蒙古及邻区钼多金属矿床成矿规律总结	(408)
第一节	区域地质背景	(408)
第二节	准苏吉花斑岩钼矿床	(409)
第三节	查干花斑岩钼矿床	(416)
第四节	岔路口斑岩钼矿床	(433)
第五节	小东沟斑岩钼矿床	(438)
第六节	内蒙古及邻区钼多金属矿床成矿规律总结	(444)
小 结		(448)
第十章	结 论	(450)
参考文献		(455)

第一章 区域成矿地质背景

第一节 区域地质

一、地层

研究区地处华北克拉通与兴蒙造山带交汇部位,区内地质构造复杂、各时代地层分布广泛和前寒武纪古陆块星罗棋布,详实地记录了区域地壳演化历史(图1-1-1)。

本区的地层研究工作始于20世纪50年代中期,部分地质学家针对个别铁和铜矿区范围内分布的地层开展过零星路线地质调查(钱大都,1996)。在20世纪60~70年代完成的1:20万区域地质报告中,地质学家对本区的地层单元进行过系统描述和初步划分。20世纪90年代初期,《内蒙古区域地质志》(内蒙古自治区地质矿产局,1991)对二连浩特-东乌珠穆沁旗地区^①的地层进行过修订和总结。1996年“全国地层多重划分对比研究”项目从多重地层划分的角度,对本区地层进行了重新划分与清理,并且出版有专著《全国地层多重划分对比研究-内蒙古自治区岩石地层》(李文国,1996)。本节以全国地层多重划分对比项目研究成果为依托,结合本次综合性研究过程中所获最新资料数据,对本区各时代地层空间分布特征、岩性组合、化石类型、形成环境和地质意义进行了简要讨论。需要提及的是,在内蒙古中东部及邻区古生代构造-岩浆岩带中裹挟有规模大小不同、形态各异和变质变形强烈的前寒武纪古陆块,其与周边古生代地质体存在较大差异,并且呈断层接触关系。

根据对各主要构造-地层单元构造环境、沉积岩类型、地层层序和古生物群活动特点的综合性分析研究,内蒙古中东部及邻区地层的形成和演化可划分为两个阶段:其一,晚二叠世之前,华北克拉通与西伯利亚板块频繁构造活动期;其二,晚二叠世之后两大古板块焊接为统一的古大陆,地壳活动进入一个全新的地质发展时期。有鉴于此,本区的构造-地层单元大都是由两大部分所构成,即下部为前中生代变质岩块体和海相火山-沉积岩,上部为中生代陆相含煤(或油气)沉积岩(物)和中酸性火山岩。

(一) 太古界

研究区主要见新太古界,它也是华北克拉通的主要组成部分,分布范围广,如阴山地区的乌拉山群、色尔腾山群,辽西建平岩群等。这套岩系已发生角闪岩相为主的广泛区域变质作用,其原岩建造以海相火山-沉积岩系、硅铁建造、孔兹岩系及中基性岩脉与岩墙群为主,局部地区含有一些TTG侵入岩。这些岩层含金丰度较高,其中哈达门沟金矿床产于乌拉山群岩层,金厂沟梁金矿床产于建平群岩层中。

(二) 古元古界

主要见于研究区内蒙古大青山一带。下部主要为多次喷发的中基性细碧角斑岩型火山-沉积建造;上部主要为粗碎屑岩、碳酸盐岩建造,局部地区发育有火山岩,变质程度为角闪岩相-绿片岩相。

^① 东乌珠穆沁旗简称为东乌旗。

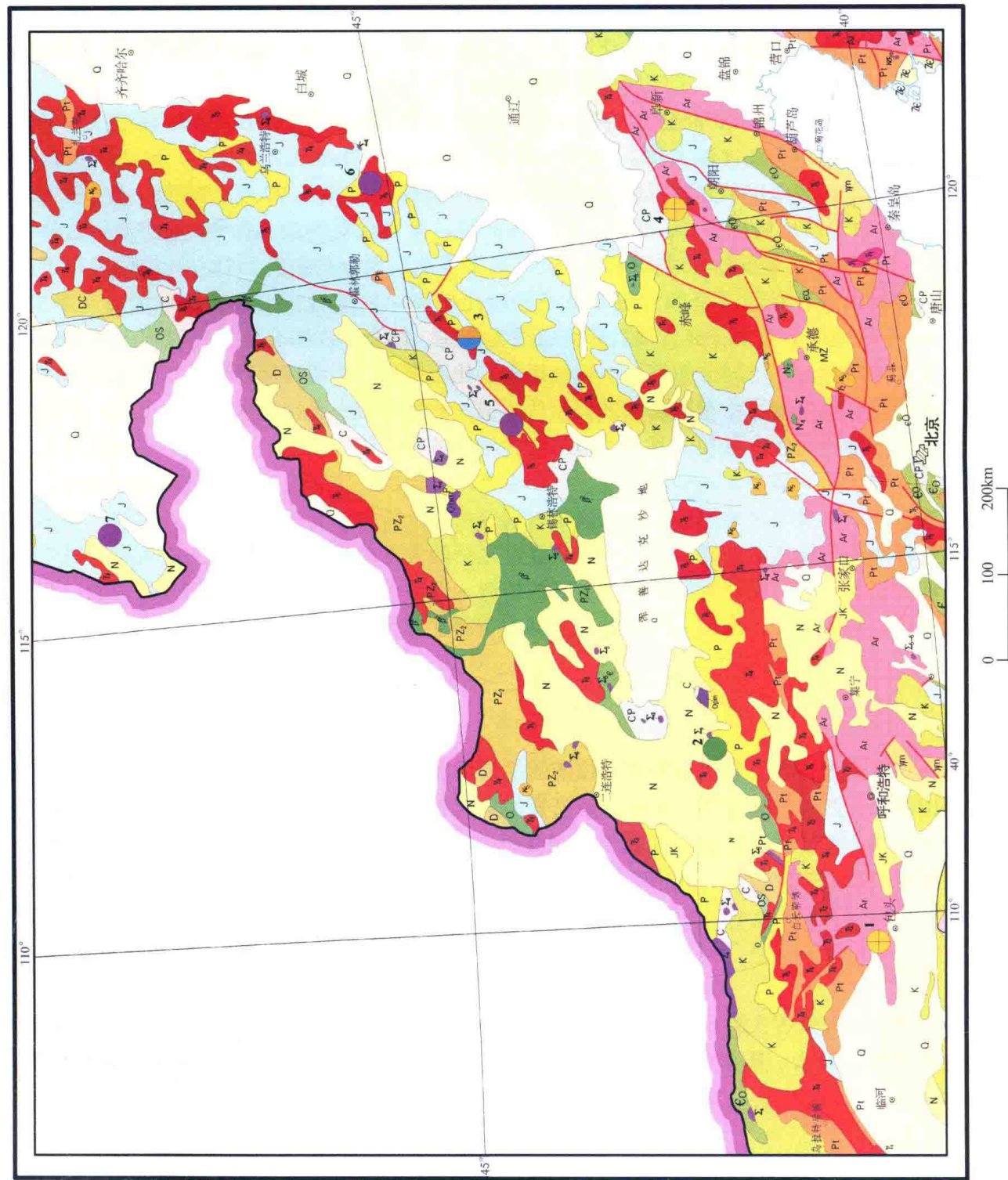


图1-1-1 内蒙古中东部地区区域地质及金、银多金属矿床分布简图

(三) 中元古界

中—新元古界主要出露在研究区西部的狼山—白云鄂博地区及研究区东北部包括锡林浩特在内的一些中间地块。中元古界渣尔泰山群、白云鄂博群为浅变质碎屑岩、碳酸盐岩夹少量火山岩,含有多个火山岩夹层,发生了绿片岩相区域变质作用。锡林浩特岩群主要岩性为片麻岩,局部夹有大理岩和片岩等。

(四) 新元古界

新元古界主要分布在工作区的中西部,代表性地层单元为温都尔庙群绿片岩(聂凤军等,1993,1994c)。温都尔庙群自下而上大体可划分为3个岩性段,即下部的桑达来音组变质基性火山岩,中部哈尔哈达组泥硅质岩和上部莫若格钦组蛇绿混杂岩。

(五) 古生界

奥陶系:下奥陶统乌宾敖包组仅见于苏尼特左旗乌宾敖包一带,奥陶系明安山群出现在翁牛特旗局部地段,属早古生代浅海相盆地中正常碎屑沉积岩建造。下部岩性段岩石类型以绢云板岩和粉砂质板岩为主,并且夹有灰岩透镜体;上部岩性段由长石砂岩、粉砂质板岩、变质泥岩、灰岩和石英岩组成。相比之下,中奥陶统汗乌拉组沉积岩地层零星见于苏尼特左旗、阿巴嘎旗和东乌珠穆沁旗以北地区,其下部为海相凝灰岩、安山岩和凝灰质粉砂岩;上部为凝灰质板岩、粉砂岩、细砂岩和灰岩,属浅海相火山—沉积岩建造。

志留系:工作区内志留系分布零星,不甚发育。早中志留世(?)沉积岩地层仅见于阿巴嘎旗的红格尔庙和西乌珠穆沁旗乌套海农场一带,中、晚志留世沉积岩也分布在翁牛特旗地区,岩石类型主要有变质砂岩、绿泥石英千枚岩、硅质岩、结晶灰岩和含铁石英岩及石英片岩、片麻岩、变粒岩和大理岩。相比之下,上志留统巴特敖包群的主要岩石类型为变质砂岩、片岩、石英岩和结晶灰岩。

泥盆系:泥盆系主要分布在研究区的北部,其早中泥盆世岩石类型主要为凝灰质粉砂岩、泥质粉砂岩和粉砂岩,中泥盆统主要岩石类型为凝灰岩、晶屑岩屑凝灰岩、硅质粉砂岩、泥质粉砂岩、硅质板岩、粉砂岩和硬砂质长石砂岩夹灰岩透镜体;上泥盆统岩性主要为硬砂质砂岩、长石石英砂岩、板岩、泥质粉砂岩、长英质砂岩和生物碎屑灰岩,局部地段见有凝灰岩。

石炭系:下石炭统仅见于苏尼特左旗和阿巴嘎旗南部地区,为一套浅海相碎屑岩和安山质火山岩。中石炭统本巴图组主要分布在苏尼特左旗本巴图、敖木根呼都格、苏尼特右旗呼吉诺尔、西乌珠穆沁旗^①古尔班道包格和米韩高巧高鲁等地,其下部岩性段岩石类型有硬砂岩、含砾凝灰岩和粉砂岩夹灰岩透镜体,上部岩性段以安山岩、英安岩和流纹岩及相应的中酸性凝灰岩为主。相比之下,晚石炭世火山—沉积岩地层分布广泛,上石炭统阿木山组见于苏尼特左旗满都拉图以南、二连浩特市达布苏北达来、苏尼特右旗查干诺尔碱矿以南、西乌珠穆沁旗猴头庙和石灰窑及锡林浩特市包伊呼都格等地,其主要岩石类型有砂岩、板岩和灰岩,局部地段为安山岩、英安岩、流纹岩、英安质凝灰熔岩、流纹质凝灰熔岩、石英钠长流纹斑岩、凝灰质细砂岩和凝灰质砂板岩。

二叠系:研究区内二叠系分布广泛,尤其是在研究区东部地区,同时也是最重要的含矿地层,特别是铜和铅—锌—银矿床的找矿有利层位。下二叠统主要分布于东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗、苏尼特左旗和阿巴嘎旗北部及林西、翁牛特旗和大石寨一带,主要岩石类型为中酸性凝灰岩和熔岩及粉砂岩、细砂岩、粉砂质泥岩和灰岩,局部地段见有安山岩、流纹岩、凝灰岩和火山角砾岩。上二叠统出露零星,仅见于西乌珠穆沁旗、阿巴嘎旗和苏尼特左旗等地,基本上为一套陆相碎屑沉积岩建造。主要岩石类型为砂砾岩、粉砂岩和泥质板岩,局部地段见有安山质和流纹质凝灰岩、熔结凝灰岩和火山角砾岩。

^① 西乌珠穆沁旗以下简称为西乌旗。

（六）中生界

三叠系：研究区内三叠系极为少见。

侏罗系：下—中侏罗统零星分布在东乌珠穆沁旗、锡林浩特、西乌珠穆沁旗、苏尼特左旗、阿巴嘎旗和多伦等旗或县，为一套陆相含煤沉积岩建造，主要由砂岩、砂质泥岩、泥岩夹砂砾岩及可采煤层组成。受区域性深大断裂构造影响，晚侏罗世地层大多呈条带状沿北东—北北东向构造线分布，为一套巨厚的陆相火山岩地层，主要岩性为流纹岩、流纹斑岩及流纹质凝灰岩、火山角砾凝灰岩和少量珍珠岩、黑曜岩和松脂岩。

白垩系：白垩系零星分布在各种断陷盆地中，岩石以淡水湖相和河流相为主，并且为第三纪（古近纪、新近纪）或第四纪沉积物所掩盖。下白垩统分布范围严格受控于燕山期早期区域主断裂构造活动所形成的断陷盆地，不同地段岩层沉积厚度和岩石类型变化很大，所含煤层数量和厚度取决于断陷盆地的产出规模。岩层下部岩性段主要由砾岩、含砾砂岩和砂砾岩组成；中部岩性段为泥岩和粉砂岩；上部岩性段为砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩、炭质泥岩和可采煤层。另外，在二连浩特—西乌珠穆沁旗一带，部分断陷盆地的下部含有可采油气层。上白垩统出露于东乌珠穆沁旗南部和二连浩特达布苏诺尔一带。岩层下部岩性组合为灰白色砂砾岩、粗砂岩、中细粒砂岩和薄层砂质泥岩；上部为泥岩、砂质泥岩、砂岩和薄层泥灰岩。

（七）新生界

第三系（古近系、新近系）：研究区内第三纪（古近纪、新近纪）沉积岩地层分布广泛，其中以苏尼特右旗和苏尼特左旗一带，层序以出露完整、厚度大和哺乳动物化石种类繁多为特征，是亚洲地区陆相下第三统（古近系）最为系统、连续和完整的地层剖面。下第三统（古近系）为一套湖相红色泥岩建造，上第三统（新近系）主要由砖红色砂质泥岩、灰白色含砾砂岩和杂色泥岩构成，局部地段见有玄武岩。

第四系：第四纪沉积物（岩）分布广泛，从更新统至全新统均有出露。其中中下更新统以冲洪积相沉积物为主，局部地段见有少量湖相，冰碛和冰水相沉积层，岩层呈半胶结状态，较松散。主要沉积物有砾石、砂质、泥质和冰碛砾石，砾石成分因地而异，极为复杂，砾径大小不一，磨圆度一般，分选性差。胶结物多为钙质、铁质及砂质。此外，大面积分布于锡林浩特—阿巴嘎旗一带的玄武岩盖层，亦是下中更新统的一个重要组成部分。上更新统以冲积相和湖相沉积物为主，由半胶结的泥岩和粉砂岩及少量玄武岩构成。全新统在工作区范围十分发育，并且以沉积物类型繁多为特征，主要有风积相、冲积相、洪积相、冲洪积相、湖积相和坡积相等。

二、侵入岩

受西伯利亚板块、古亚洲洋壳和华北克拉通多期次俯冲、碰撞和对接作用影响，内蒙古中东部及邻区各种岩石类型、不同形成时代和不同产出规模的侵入岩体分布广泛，其中以晚古生代花岗岩类侵入岩最为发育，并且与金属矿床（点）具有密切的时空分布关系。依据侵入岩体围岩时代、相互穿插关系、岩石类型和副矿物特征，并且结合最新获取的同位素年龄数据，可将工作区范围内侵入岩体的形成过程划分为6个时期，即加里东期、华力西期、印支期和燕山期。各类侵入岩基本地质特征如下。

（一）太古宙—古元古代侵入岩

华北克拉通北缘发育多期岩浆侵入活动。古—中太古代侵入岩以英云闪长岩—花岗闪长岩—奥长花岗岩（TTG）组合为主，这些侵入岩多发生角闪岩相—麻粒岩相区域变质作用，岩体形态与原生结构构造均受到多期变形—变质的强烈影响与置换，易被当成变质地层。新太古宙早期侵入岩以中基性岩墙、岩脉群为主，晚期以中酸性侵入岩为主，形成大量规模较大的花岗质岩体，如山海关—绥中混合花岗岩、鞍山花岗岩、弓长岭花岗岩、摩离山花岗岩等。古元古代早期侵入岩以辉长—闪长岩为主，晚期