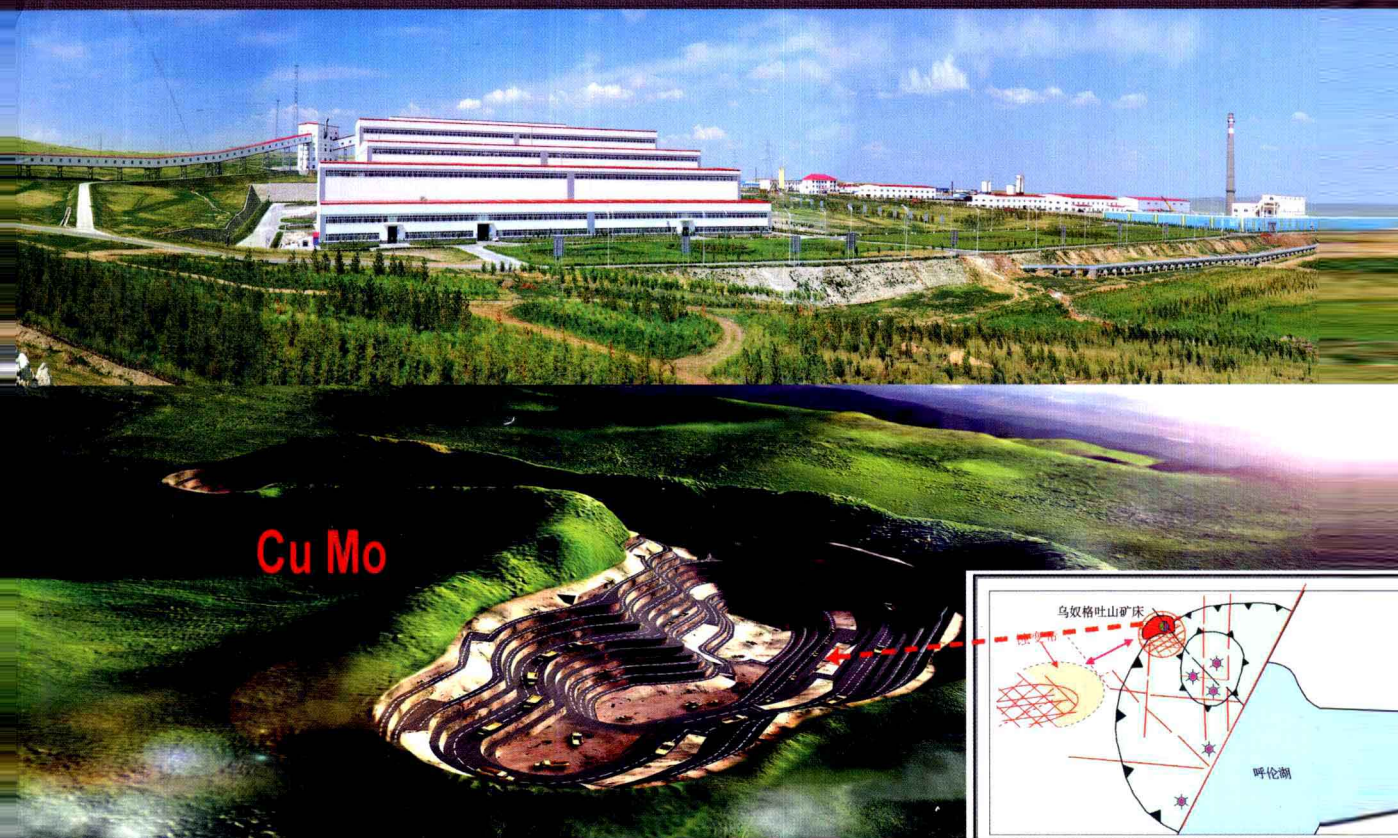




内蒙古有色金属重要矿床

—— 成矿特征、多源地质信息找矿模式及应用

雷国伟 杨旭生 汪正涌 韩国安 杨再红 编著



科学出版社

内蒙古有色金属重要矿床

——成矿特征、多源地质信息找矿模式及应用

雷国伟 杨旭生 汪正涌 韩国安 杨再红 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了内蒙古大地构造演化、有色金属成矿区、矿床分布、矿床类型及重要矿床,简述了地质找矿中遥感技术的应用基础,总结了斑岩型、矽卡岩型、热液型、造山型、层控变质型矿床形成特点及其在遥感影像图上的影像特征,论述了多源地质信息找矿模式,并叙述了找矿模式的应用实践。

本书适于从事有色金属资源类矿产开发、地质勘查、地质研究等专业人士参考阅读,也适于作为地质类研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

内蒙古有色金属重要矿床:成矿特征、多源地质信息找矿模式及应用 / 雷国伟等编著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-032569-3

I. ①内… II. ①雷… III. ①有色金属矿床—找矿—研究—内蒙古
IV. ①P618.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 211824 号

责任编辑:孙 芳 / 责任校对:钟 洋

责任印制:赵 博 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 1 月第一次印刷 印张:24 1/2

字数:560 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

序 一

《内蒙古有色金属重要矿床——成矿特征、多源地质信息找矿模式及应用》一书论述了内蒙古三条重要板块汇聚带的构造演化过程与有色金属矿床形成的关系,以及这一成矿区带上有色金属矿产的成矿特点;对不同成因矿床以成矿模型图展示出来,这对研究矿床赋存状态、开展地质找矿具有理论和实际的指导意义。

书中将有色金属矿床形成密切相关的深大断裂、岩浆活动等地质要素与卫星遥感影像图上显现的线性构造、环形构造和其他影纹等图形特征有机地联系在一起,根据已知矿床的形成条件寻找未知矿床赋存的有利地质部位,应用现代物探、化探方法开展找矿,从已知矿床建立起多源地质找矿模型,寻找出找矿靶区,显示科学、快捷的特点,这对于大范围覆盖区找矿、矿山周边找矿有指导意义,值得探索和实践。

中国黄金集团公司制定了未来五年将集团公司建成世界一流矿业开发公司的奋斗目标。增加资源储量是扩大产能的关键,时代要求我们地质工作者归纳总结每个工作区域资源赋存的特点,找到矿、找大矿,抓住发展机遇。

《内蒙古有色金属重要矿床——成矿特征、多源地质信息找矿模式及应用》一书的出版此时显得意义深远。我为作者开拓性的劳动成果感到由衷的高兴,对本书的正式出版表示热烈的祝贺。



2011年11月6日

序 二

近代地质科学的发展,使多分支学科之间相互渗透,出现了一些具有理论意义和应用价值的边缘学科。《内蒙古有色金属重要矿床——成矿特征、多源地质信息找矿模式及应用》一书论述了元古代始内蒙古从北至南几条重要的成矿区带,以及由板块汇聚、洋脊扩张所产生的岛弧、山弧、裂谷、造山带等构造环境下形成的矿床,如斑岩型矿床、热火山一次火山热液矿床、造山型金矿床、海沟及特殊裂谷海槽环境下形成的层控变质型矿床等。书中分别总结了这些矿床的形成特点、类型、规律、成矿模式。该书对研究内蒙古有色金属矿床特征、成矿规律,指导找矿具有重要的学术和实用价值。

书中重点论述了沿深大断裂发生的深部岩浆活动、中心火山机构、多次侵入分异的岩穹等地质体在遥感影像图上的影像特征,这些地质体在影像图上表现为大环小环组合、串珠状环形组合、中心式同心多环组合、大环中叠合多个小环等不同形式的环形组合。大环是深部岩浆房,小环是深部岩浆后期多次分异侵入的岩体,直径1~3公里,它是矿质富集、矿床形成的重要场所。这些线性构造、环形构造及不同的影纹图像是应用遥感技术进行地质找矿的标识。

书中系统总结了斑岩型、矽卡岩型、热液型、造山型、层控变质型矿床形成特点及其在遥感影像图上的特征,将矿床形成的区域构造、岩浆活动、空间部位等成矿要素与其在遥感影像图上的特征联系在一起,并抓住岩浆热事件是矿床形成的关键要素,建立了多源地质找矿模式及找矿方法,这是具有开创性并具有时代意义的思维。通过已知矿床建立多源地质找矿模型,从已知到未知判断矿产富集条件、矿床可能赋存部位,从广阔的地域捕捉到矿产赋存的可利位置,为应用物探、地质手段、化探手段寻找地下矿产缩小了空间,这对于在广阔地域找矿具有很重要的价值。

中国黄金集团公司是矿山生产型企业,其内蒙古乌奴格吐山大型铜铅矿床开发仅用一年半时间建成日处理矿石3万吨规模的现代化矿山,据悉再用一年时间将扩建成日处理矿石7万吨。这在过去是不可想象的事,说明时代要求我们要高速、科学、高水平地去实现既定目标,该书的技术路线、科学快捷的找矿方法思维显现了这种时代先进性的特征。

我为作者创造性的劳动及所取得的成就感到欣慰,为本书的出版表示由衷祝贺。



2011年11月6日

前 言

现代地质成矿理论是用地球运动思想,将矿产放在地球运动体系中发生成矿作用的观点来研究成矿的时间与空间,用岩浆演化的观点来探讨成矿物质的来源与富集,用壳—幔运动理论来研究物质的分布规律与就位机理。由此一来,矿浆运移除了与构造运动提供通道与就位空间有关外,显然与岩浆热事件发生与定位密不可分。人类的找矿经验表明,一次大规模的地质热事件发生后,相继会在同一区域发生多次中小型的地质热事件,伴随的岩浆侵位或大岩浆房多次分异形成小岩体,热事件期次多、持续时间长,形成矿床的概率就越大。从已知的矿床研究得知,大的有色金属矿产往往沿着地壳板块缝合线、深大断裂带分布,矿床往往形成在大的地质热事件的机构周围边,定位在次级侵位岩浆环的网形构造部位,如内蒙古大兴安岭地区北部的斑岩型铜钼矿床、中部黄岗梁—甘珠尔庙成矿带上的矽卡岩铅锌锡矿、南部造山型金矿等。这些矿床经历了不同的构造活动和地理地貌变迁,有的矿床显露在地表,有的隐伏在地下。人们注意到,最有效的化探找矿方法已将我们能达到的地表搜扫了数遍。事实上,化探异常已经分配成预查、调查、普查等形式探矿权。地质科学发展到今天,人们开始注重寻找掩埋了的矿产、隐伏的矿产、深部的矿产,并取得成效。例如,赤峰地区浅埋的拜仁达坝、维拉斯托银多金属矿是因为地质认识明确后而降低了化探物探的下限值,异常得以完美显露,矿床沉睡多年后被发掘出来;沙漠戈壁浅埋的珠斯楞斑岩铜金矿、草原覆盖的毕力赫斑岩金矿等是在应用现代卫星、物化探技术寻找定位,通过钻探逐一被找到并开发。本书所追寻和探索的目标就是用快速的手段寻找被覆盖或隐伏的矿产。

全书共分六章。第一章简述内蒙古自然地理及矿产资源状况;第二章简述区域地球物理、地球化学及区域地质简况;第三章论述内蒙古大地构造演化、有色金属矿床成矿区、矿床分布、矿床类型及重要矿床;第四章简述地质找矿中遥感技术的应用基础;第五章论述多源地质信息找矿模式;第六章叙述找矿模式的应用实践。

本书编写安排为:第一章雷国伟(执笔)、韩国安;第二章韩国安(执笔)、雷国伟;第三章雷国伟;第四章雷国伟;第五章雷国伟(执笔)、杨旭升;第六章雷国伟(执笔)、杨旭升、汪正涌、韩国安、杨再红。全书由雷国伟统稿。计算机清绘图由李成博、白胡斯冷等完成。

本书技术顾问为杨志刚(地质矿产,中国黄金集团公司)、张廷秀(遥感地质,吉林大学)、刘伟(物探,黑龙江有色金属地质勘查局)。

感谢参加相关工作的同事及帮助过我们的朋友;感谢内蒙古自治区地质勘查基金管理中心专家给予的指导和支
持;对书中引用的文献资料作者表示感谢;特别感谢赵宝胜先生对多源地质信息找矿思路及方法提出的建设性建议与指导性意见。

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者
2011 年 9 月

目 录

序一	
序二	
前言	
第一章 内蒙古自然情况及矿产资源状况简述	1
第一节 自然经济地理概况	1
第二节 基础地质工作	1
一、区域地质调查	1
二、区域地球物理、地球化学调查	1
三、遥感地质调查	2
第三节 矿产资源现状	2
第二章 内蒙古区域地质及区域地球物理、地球化学简况	3
第一节 区域地质简况	3
一、华北地台区	4
二、兴安地槽和大兴安岭中生代火山岩区	6
三、内蒙古中部地槽区	8
四、天山地槽区	10
第二节 区域地球物理和地球化学特征	11
一、北山地区—阿拉善地区	11
二、二连浩特—东乌珠穆沁旗地区	13
三、大兴安岭地区	15
第三章 内蒙古有色金属矿产重要矿床地质特征及成矿模式	17
第一节 内蒙古地质构造单元分区及有色金属矿床	17
一、兴安地槽褶皱系与大兴安岭中生代火山岩区	17
二、内蒙古中部地槽褶皱系	17
三、华北地台北缘、天山地槽褶皱系与祁连加里东地槽褶皱系的内蒙古构造单元 区域	18
第二节 内蒙古大地构造演化与矿产关系讨论	19
第三节 内蒙古有色金属矿床成矿区(带)及成矿特征	21
一、大兴安岭成矿区构造背景、矿床类型及成矿期	22
二、大兴安岭成矿区带	25
三、内蒙古白乃庙、温都尔庙区、北山地区及狼山—阴山成矿区	35
第四节 内蒙古主要有色金属矿床分布规律	39
一、铜、铅锌矿床分布规律	39

二、内蒙古铝矿床分布规律	44
三、内蒙古金矿分布规律	48
四、内蒙古基性岩岩浆成因的铜镍矿床分布规律	53
第五节 斑岩型矿床——内蒙古斑岩型矿床形成特点、成矿模式及重要矿床	57
一、斑岩型矿床成矿条件及特征	58
二、斑岩型矿床成矿模式	59
三、斑岩型矿床找矿评价标志	61
四、内蒙古重要斑岩型矿床	62
第六节 矽卡岩型矿床——内蒙古矽卡岩型矿床形成特点、成矿模式及重要矿床	117
一、矽卡岩型矿床形成特点	117
二、矽卡岩型矿床成矿模式	119
三、内蒙古有色金属重要矽卡岩矿床	120
第七节 热液型矿床——内蒙古热液型矿床形成特点、成矿模式及重要矿床	134
一、热液矿床及形成特点	135
二、热液脉状多金属矿床	135
三、地下水热液矿床	137
四、火山-次火山热液矿床	137
五、爆破角砾岩(隐爆角砾岩)型矿床	138
六、内蒙古有色金属重要热液型矿床	138
第八节 层控变质型矿床——内蒙古层控变质型矿床形成特点、成矿模式及重要矿床	217
一、层控变质型矿床特征	217
二、狼山地区层控变质型矿床成矿地质条件、成因探讨	218
三、内蒙古有色金属层控变质矿床实例	219
第四章 卫星遥感技术地质找矿应用基础	255
第一节 卫星遥感数据预处理	255
一、卫星遥感数据的获取	255
二、遥感数据及遥感图像处理	256
第二节 卫星遥感地质信息的提取及处理	260
一、遥感地层、岩性信息提取	261
二、线形构造、环形构造、围岩蚀变遥感信息的提取与处理	262
第三节 地质构造遥感影像信息解译	266
一、线形构造影像信息的解译	266
二、环形构造影像信息的解译	271
三、环状构造与内蒙古部分矿床赋存关系	275
第四节 地层岩性遥感影像的解译与分析	276
一、岩石矿物的光谱特征	276
二、岩石的遥感影像解译	278

三、隐伏断裂及隐伏中酸性岩遥感影像解译	285
四、遥感影像矿化蚀变特征地质解译	286
第五章 多源地质信息找矿模式	289
第一节 概述	289
一、序言	289
二、内蒙古大地构造演化、不同时期矿床类型及特征与遥感影像关系	290
第二节 多源地质信息找矿模式技术路线、工作程序及方法	292
一、多源地质信息找矿模式技术思路	292
二、遥感找矿靶区特征要素	292
三、遥感找矿靶区确定的原则	295
四、选择遥感找矿靶区的方法步骤	295
第三节 物化探验证工作	296
第四节 土壤地球化学找矿工作	298
第五节 地质调查找矿工作	298
第六节 找矿模式	298
一、概论	298
二、矽卡岩型矿床找矿模式	300
三、斑岩型矿床多源地质信息找矿模式	302
四、热液型矿床多源地质信息找矿模式	306
五、层控变质型矿床多源地质信息找矿模式	312
六、造山型矿床(低温热源)多源地质信息找矿模式	315
第六章 多源地质信息找矿模式找矿应用与实践	319
第一节 阿拉善北部地区遥感地质基础工作	319
一、北部地区区域地质背景	319
二、北部地区地层遥感影像解译	321
三、区内遥感线形构造影像解译	322
四、区内遥感网格状构造影像解译	323
五、区内遥感环形构造影像解译	323
六、区内岩浆岩遥感环形影像识别与解译	323
七、区内隐伏岩体遥感影像识别与解译	324
八、区内矿化蚀变遥感影像蚀变解译及其分布特征	326
九、典型矿床遥感影像特征分析	328
第二节 北部地区应用遥感地质信息选择找矿靶区	331
一、应用遥感地质信息选择找矿靶区的依据、准则和目标	331
二、北部地区遥感地质信息找矿选区	331
三、遥感地质信息选择找矿靶区结果	333
第三节 物探电法找矿及验证工作	334
一、物探电法工作的地质环境	334
二、物探电法选择工作靶区	334

三、工作方法的选择	336
四、遥感找矿靶区的物探找矿成果	340
五、讨论与建议	340
第四节 化探找矿及验证工作	340
一、化探工作方法	340
二、化探找矿成果	343
第五节 地质调查找矿及验证工作	343
一、地质调查工作方法	343
二、取得的主要找矿成果	344
第六节 阿拉善盟北部区 47 号靶区多源地质信息模式应用解析	344
一、靶区遥感影像地质成矿特征解译	345
二、47 号靶区物探电法验证找矿工作	345
三、47 号靶区化探验证与找矿工作	351
四、靶区地质验证与找矿工作	353
五、靶区成矿条件、矿体赋存方式、开展深部找矿条件分析	355
第七节 兴安盟南部 31 号靶区多源地质信息找矿模式应用解析	357
一、靶区遥感影像地质成矿特征解译	358
二、31 区物探电法验证与找矿工作	360
三、31 区化探验证与找矿工作	365
四、31 区地质验证与找矿工作	365
五、31 号靶区成矿条件、矿体赋存方式、开展深部找矿条件分析	367
第八节 有色金属矿产多源地质信息找矿模式应用举例	367
一、呼伦贝尔金矿例	367
二、锡林浩特铅锌铜矿例	371
参考文献	374

第一章 内蒙古自然情况及矿产资源状况简述

第一节 自然经济地理概况

内蒙古自治区位于中国北部,东、南、西三面与黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、陕西及宁夏、甘肃等八省(区)毗邻,北部与蒙古、俄罗斯两国为邻。全区东西长 2400km,南北宽 1700km,面积为 $118 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全国土地总面积的 1/8。内蒙古全区人口 2413 万,其中,蒙古族 436 万,汉族 1880 万,其他为达斡尔、鄂温克、鄂伦春、朝鲜、满等民族。

内蒙古地形以高原为主,其次为山地和平原。大兴安岭、阴山、贺兰山蜿蜒相连,呈反“S”形横贯全区,与内蒙古高原、河套平原呈带状镶嵌排列。高原占全区面积的一半左右,海拔 1000m 以上。东北部著名的大兴安岭延伸 1400km,海拔 1000~1300m,最高峰 2034m,是内蒙古高原与松辽平原的分水岭。横亘内蒙古中部的阴山山脉由大青山、乌拉山、色尔腾山和狼山组成,绵延 1000km,海拔 1500~2000m,主峰 2364m。贺兰山呈南北向耸立在本区西部,海拔 2000~2500m,最高峰 3556m。

第二节 基础地质工作

一、区域地质调查

(1) 从 1957 年开始到 20 世纪 60 年代中期,内蒙古完成了 1:100 万区域地质调查。

(2) 从 1956 年开始,内蒙古大部分地区完成了 1:20 万区域地质调查。1999 年开始的国土资源大调查重点开展了大兴安岭空白区 1:25 万区域地质调查。

(3) 2005 年以来,以重点成矿区带为主,开展了 1:5 万区域地质调查,大比例尺区域地质调查工作程度明显提高。

二、区域地球物理、地球化学调查

(1) 1:50 万~1:100 万区域重力调查已实现全区覆盖。

(2) 1:50 万~1:100 万区域航磁调查已实现全区覆盖。

(3) 大部分地区 1:20 万航空磁测和区域重力调查已完成。

(4) 重点地区 1:5 万~1:10 万航空磁测和重力调查已完成。

(5) 全区 1:20 万水系沉积物测量已完成。

(6) 1999 年开始国土资源大调查以来,全区除个别地区外,基本实现了 1:25 万区域化探全覆盖。

(7) 在一些重要成矿区带还进行了大中比例尺物探(磁法、激电、瞬变电磁法等)和化探(1:5万和1:1万)岩石地球化学测量和土壤地球化学测量。

三、遥感地质调查

(1) 全区1:100万遥感构造解译基本完成。

(2) 重点成矿区带1:5万~1:20万遥感地质调查工作基本完成。

(3) 2002年,包玉海进行了内蒙古自治区国土资源遥感综合调查。

(4) 2006年,中国国土资源航空物探遥感中心王永江等开展了内蒙古北山典型成矿带1:10万遥感地质调查及遥感异常提取工作。

(5) 2009年,中国黄金集团内蒙古金盛矿业开发有限公司雷国伟等开展了内蒙古兴安盟南部、阿拉善北部地区多金属矿产遥感调查靶区寻找及验证工作。

第三节 矿产资源现状

内蒙古是矿床类型比较齐全的省区之一,现已发现各类矿床4100多处,种类达128种,其中,能源矿2种、金属矿32种、非金属矿49种上储量平衡表。全区现有大型矿产地106个,中型矿产地177个,小型矿产地501个。稀土资源储量居世界之首。内蒙古已探明的黑色金属矿主要有铁、锰、铬,已发现大小铁矿产地254处,累计探明储量17.12亿吨,居全国第9位,储量集中于包白和集二两条铁路沿线。白云鄂博以富有铁和稀土等多种金属共生矿而成为世界罕见的“宝山”。铬铁矿探明储量180万吨,居全国第二位。已知锰矿产地35处,储量31.4万吨,居全国第15位。有色金属资源已上储量表的矿种有铜、铅、锌、铝、镍、钴、钨、锡、铋、钼等10种,其储量居全国前10位的有6种,矿产地102处。全区共发现金矿床、矿点200余处,探明储量的原生金矿产28处,保有各类黄金储量127吨。银矿产地23处,累计探明储量4749吨,保有储量4141吨。达拉特旗芒硝矿储量34亿吨,是世界上最大的芒硝矿之一。在煤炭资源方面,内蒙古已查明煤炭资源储量超过7000亿吨。从资源储备来看,内蒙古的能源综合实力居全国首位。

十一五期间,煤炭资源总量达到7413.9亿吨,初步估算新增煤炭资源储量5100亿吨;有色金属资源储量大幅度增加,查明铜金属资源储量670万吨,新增243万吨,增幅达56%;铅金属资源储量893万吨,新增412万吨,增幅85%;锌金属资源储量2270万吨,新增782万吨,增幅52%;钼金属资源储量88万吨,新增56万吨,增幅1.75倍;金资源储量新增310吨;银资源储量新增15000吨。新发现锐钛矿中二氧化钛储量30万吨,填补了我区钛矿资源的空白。

按现有矿产资源开发利用水平和市值计算,以上资源储量潜在经济价值达90万亿元。

第二章 内蒙古区域地质及区域地球物理、地球化学简况

第一节 区域地质简况

内蒙古在大地构造位置上跨越华北地台和天山地槽褶皱系、内蒙古中部地槽褶皱系、兴安地槽褶皱系等大地构造单元(图 2-1)。以阿拉善右旗高家窑—乌拉特后旗—化德—赤峰深大断裂为界,南部为地台区,北部为地槽区,西南角为秦昆地槽区的一小部分,东北部为大兴安岭中生代火山岩区。内蒙古有色金属矿产资源集中区主要分布在华北地台区、天山地槽区、内蒙古中部地槽区及兴安地槽和大兴安岭中生代火山岩区。

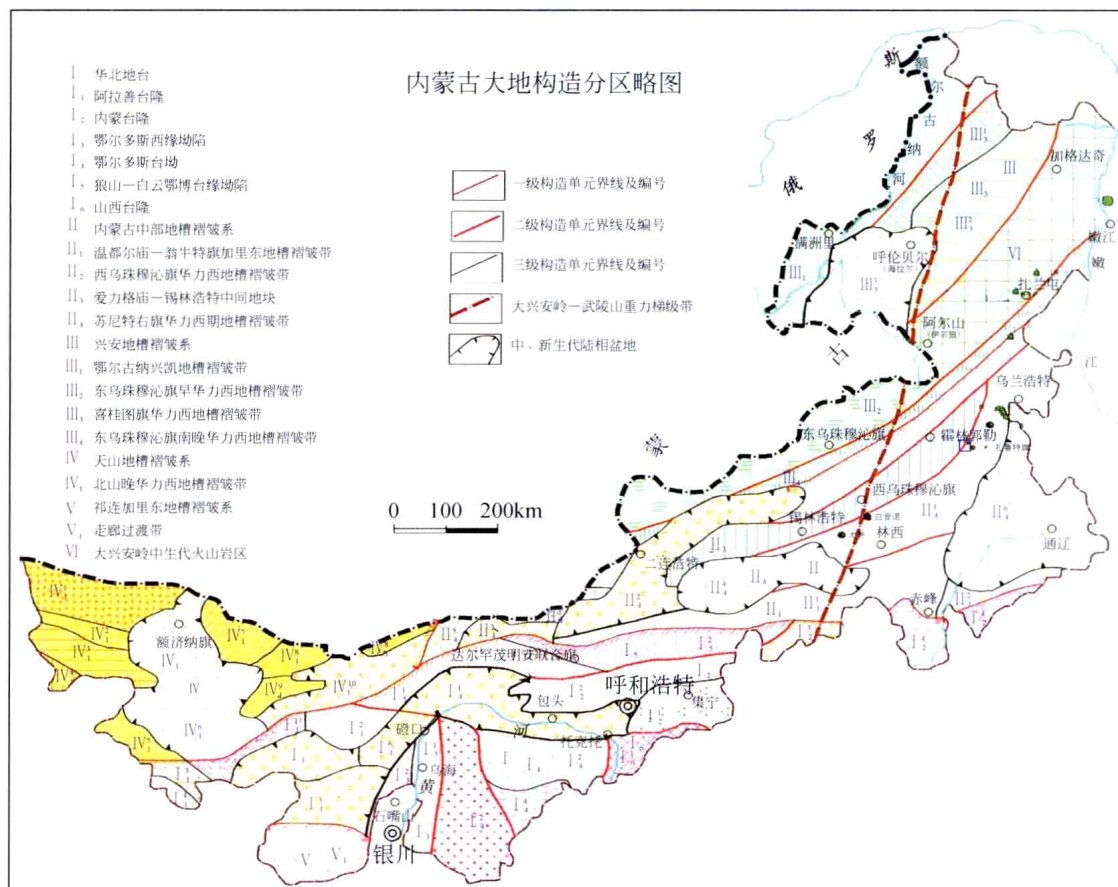


图 2-1 内蒙古大地构造分区略图

一、华北地台区

华北地台区前寒武纪地层发育。太古界与下元古界构成地台褶皱基底,中、上元古界和古生界为沉积盖层。

1. 主要构造单元特征

(1) 阿拉善台隆(I_1)。该台隆的褶皱基底由太古界和下元古界变质岩系构成。中、上元古界为盖层性质的沉积。元古代以后,整体处于长期上升隆起剥蚀阶段,侏罗系往往直接覆盖在褶皱基底或元古界盖层之上,仅二叠系见有火山岩发育,但分布极为局限。次一级的构造单元有雅布赖山断隆(I_1^1)、巴音诺尔公断隆(I_1^2)、潮水断陷(I_1^3)、龙首山断隆(I_1^4)、雅布赖断陷(I_1^5)和吉兰泰断陷(I_1^6)。

(2) 内蒙台隆(I_2)。该台隆位于狼山—白云鄂博台缘拗陷以南,鄂尔多斯台坳、山西台隆以北,以深断裂与上述诸单元相接。本区是华北地台早前寒武纪变质基底岩系出露最集中地段,晚元古界及古生界稳定盖层直接不整合其上。除其东南部凉城一带长期处于稳定上升和保留北东向展布的构造线外,其他如阴山地区在古生代末及其以后曾处在长期的活动状态中,构造线近东西向。印支亚旋回以后,经燕山亚旋回、喜马拉雅亚旋回的阶段性上隆抬升,形成今日横亘于内蒙古中部的崇山峻岭地貌景观。次一级的构造单元有凉城断隆(I_2^1)、阴山断隆(I_2^2)、冀北断陷(I_2^3)和喀喇沁断隆(I_2^4)。

(3) 鄂尔多斯西缘拗陷(I_3)。该拗陷位于阿拉善台隆和鄂尔多斯台坳之间,东、西两侧为大断裂所分割,总体由桌子山、贺兰山和六盘山构成,是华北地台古生代强烈沉降地带。次一级的构造单元有桌子山褶断束(I_3^1)和贺兰山褶断束(I_3^2)。

(4) 鄂尔多斯台坳(I_4)。本区四面群山环绕,现代地貌为海拔 800~2000m 的高原地带,因而也被称为鄂尔多斯高原,其四周以深大断裂分别与北部的内蒙台隆、南面的秦岭地轴、东面的山西台隆和西面的鄂尔多斯西缘拗陷相接,总体呈一个北北东向的矩形,该构造单元是一个基底硬化程度很高、比较标准的稳定地块。次一级的构造单元有河套断陷(I_4^1)、东胜凸起(I_4^2)、赛乌苏拗陷(I_4^3)和伊陕斜坡(I_4^4)。

(5) 狼山—白云鄂博台缘拗陷(I_5)。该拗陷位于华北地台最北缘,西起狼山西南端,向东经渣尔泰山、白云鄂博、四子王旗至化德县一带,东西长约 800km,南北宽 40~120km。台缘拗陷西段的狼山和渣尔泰山一带呈向北西突出的弧形,主体构造线方向为北东向,常形成紧密的线型褶皱、倒转平卧褶皱,局部地区则为穹隆或构造盆地。经多期构造变动,褶皱、断裂发育。褶皱构造既有早期的、岩层塑性较大的层理柔皱,又有形成区域构造线的大型复式褶皱。断裂构造以其规模大、延续时间长、活动强烈及多次反复活动为特点。台缘拗陷的东段,西起乌拉特中旗,向东至化德县一带。断裂构造十分发育,以白云鄂博北为最典型。断裂具有多期活动的特点,燕山期乃至喜马拉雅期仍可见其活动踪迹。由于复杂的构造应力场的联合作用,在白云鄂博南巴嘎乌德一带形成了独特的扭动构造。沿着张扭性裂隙,规则地侵入辉长岩脉和花岗岩脉。次一级的构造单元有狼山—渣尔泰山褶断束(I_5^1)和白云鄂博褶断束(I_5^2)。

(6) 山西台隆(I_6)。主体在山西省,本区仅占其西北一隅。在本区,三级构造单元称清

水河凸起。构造变动轻微。本区在印支旋回时期逐渐抬升。

2. 主要断裂特征

(1) 高家窑—乌拉特后旗—化德—赤峰深大断裂带。该断裂呈近东西走向,出露长约2000km,构成地台和地槽的分界线,对两侧地质构造的演变起着明显的控制作用。西段西起北大山南,东至口子井一带,呈东西向直线状延伸。挤压破碎带宽1~2km,断面倾向北,倾角 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。中段断裂西部从狼山北侧通过,向北东延伸至川井一带,经白云鄂博北、化德县延入河北省境内,与康保—围场深断裂相接。区内长达720km。东段自河北围场北延入内蒙古,经赤峰、平庄、查尔台等地,向东延入辽宁省。区内长约490km。总体呈东西向展布。本段破碎带走向呈波状弯曲,倾向多变,倾角陡立,一般在 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。破碎带宽窄不一,从数百米至数公里。带内具大量压碎岩、糜棱岩及千糜岩,形成大量挤压片理和构造扁豆体。

(2) 临河—集宁深断裂。该断裂西起临河北,向东经乌拉特前旗北、武川县、察哈尔右翼中旗至集宁市,再向东则延入河北省境内,与尚义—平泉深断裂相连接。区内长约570km。其中,沿大青山北侧延伸至察哈尔右翼中旗的区段由数条近东西向断层和糜棱岩带组成断裂束或大破碎带。

(3) 乌拉特前旗—呼和浩特深断裂。该断裂西起乌拉特前旗,向东经包头、呼和浩特,沿乌拉山和大青山南麓呈东西向延伸,长度为370km。该深断裂构成山脉与平原之间的天然分界,最大高差可达千余米。

(4) 巴音乌拉山—狼山—色尔腾山南缘深断裂。该断裂自西向东大致沿巴音乌拉山、狼山、色尔腾山的南缘伸展,平面上呈现向北突出的弧形,总长度约5000km。

(5) 贺兰山西缘深断裂。该断裂呈北北东向展布于贺兰山西缘,向南延入宁夏境内。在科学山一带,地表显露破碎带。在大战场西侧,一系列由中寒武统香山群形成的孤立山包,大体沿北北东 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 方向排列。卫片线形要素清晰。

(6) 桌子山东缘深断裂。该断裂北起磴口以南的巴汗图,向南经阿尔巴斯、上海庙牧场,然后延入宁夏境内,大致沿桌子山东麓作南北向延伸。区内长度为220km。卫星照片上呈较明显的线状。

(7) 乌审旗深断裂。该断裂西端起自桌子山东麓阿尔巴斯以南,向南东东经鄂托克旗至乌审旗北,然后折为北东东向延入山西省境内,终止于河曲县附近,呈向南突出的弧形展布,在内蒙古长约239km,其隐伏于中、新生界覆盖层之下,为一条物探资料推测的深断裂。

(8) 阿拉善右旗—雅布赖—迭布斯格大断裂。该断裂西端由甘肃省延入内蒙古,经阿拉善右旗、雅布赖山南缘,在巴音诺尔公一带向东分为南、北两支:北支向东经迭布斯格山一带与巴音乌拉山—狼山—色尔腾山南缘深断裂汇为一体;南支在德斯特乌拉一带与上述深断裂相接。总体呈北东—南西向延伸,区内长约500km。大断裂由数条冲断层和断裂破碎带组成。断裂带宽7~10km,带内构造透镜体发育,沿断裂带有若干基性岩小侵入体分布,并控制加里东、华力西及印支亚旋回岩浆活动。

(9) 查干楚鲁特—达南托隆大断裂。该断裂西起阿拉善左旗查干楚鲁特南,向东经乌力图、哈尔陶勒盖、达南托隆等地,再往东则隐伏于第四系之下。总体呈北东—近东西向展布,长290km。该断裂由数条规模较大的区域性逆断层组成。破碎带宽1~3km,断裂西段

倾向南,倾角 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$,显压扭性质;中、东段断裂线平直如刀切,断面倾向北,倾角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$,具有明显的逆冲兼右行扭动特征。

(10) 巴音乌苏—清水河大断裂。该断裂沿鄂尔多斯高原北缘展布,走向近东西,长440km,构成河套断陷与东胜凸起的界线。

(11) 包头大断裂。该断裂北起包头,向南西经昭君坟,终止于宿亥图一带,呈北东—南西向延伸,长约90km,是综合物探资料推断的大断裂。

二、兴安地槽和大兴安岭中生代火山岩区

该区位于锡林郭勒盟北部、兴安盟西北部和呼伦贝尔盟。出露地层主要为古生界及中、新生界地层。寒武系下统在大兴安岭地区为绿片岩、变质砂岩、结晶灰岩、大理岩;奥陶系分布广泛、以碎屑岩和灰岩为主,中、下统夹火山岩。泥盆系主要为滨、浅海相碎屑岩和灰岩,上统顶部为陆相沉积。石炭系发育齐全,分布广泛。下统至上统下部主要为滨、浅海相—海陆交互相碎屑岩和灰岩,局部夹中性火山岩。

1. 主要构造单元特征

(1) 额尔古纳兴凯地槽褶皱带(Ⅲ₁)。该褶皱带位于内蒙古最北部,西北以额尔古纳河与俄罗斯、蒙古接壤,东南以德布干深断裂与华力西褶皱带相连。本区断裂构造极发育,若干北东向和近东西向断裂将该区分割成众多断块。其中,北东向断裂一般规模较大,活动时间长,并造成强烈的构造破碎或糜棱岩化带。褶皱构造以兴凯期的北西至北北东向紧密线型和倒转褶皱为主。盖层褶皱为北东或北北东向宽缓的短轴状背、向斜。地槽期后,以华力西中期的深成岩浆侵入活动最强烈,形成大面积的花岗岩基,该期岩浆活动及后期断裂对本区总体构造格局起了巨大的改造作用。

(2) 东乌珠穆沁旗早华力西地槽褶皱带(Ⅲ₂)。该褶皱带位于查干敖包—阿荣旗深断裂以北,头道桥—鄂伦春自治旗断裂以南,西与蒙古戈壁—兴安岭拗陷相连。本区构造变动较强烈,褶皱和断裂发育。基底褶皱以紧密线型的复式背、向斜为主,轴向北东或北东东;盖层褶皱继承先期褶皱构造方向,但形态比较开阔;断裂构造以北东向压扭性断裂最发育,其次为北北东向压性和北西向张性断裂,少数断裂具有明显的继承性和多期活动性;喜马拉雅期沿北西向断裂有大量玄武岩浆喷溢。

(3) 喜桂图旗华力西地槽褶皱带(Ⅲ₃)。该褶皱带位于兴凯地槽褶皱带和早华力西地槽褶皱带之间。本区构造变动以断裂构造最发育,褶皱构造由于断裂的破坏和中生代地层的掩盖而难以观其全貌。燕山期以断块构造为其特点,表现为区域性的倾斜和地堑发育。次一级的构造单元有三河复向斜(Ⅲ₃¹)、喜桂图旗复背斜(Ⅲ₃²)和海拉尔拗陷(Ⅲ₃³)。

(4) 东乌珠穆沁旗南晚华力西地槽褶皱带(Ⅲ₄)。该褶皱带位于东乌珠穆沁旗早华力西地槽褶皱带之南,以二连浩特—贺根山深断裂与西乌珠穆沁旗晚华力西地槽褶皱带相邻。本区褶皱构造和断裂构造同等发育,所显示的构造线方向以北东或北东东向为主。岩浆活动以华力西晚期和燕山早期最发育。

(5) 大兴安岭中生代火山岩区(Ⅵ)。该区是一个北北东向的上叠于华北地台北缘和古生代褶皱基底之上的构造单元,由北向南纵贯8个二级大地构造单元。火山岩区广泛地发

育了燕山旋回钙碱性火山岩和中-浅成侵入岩。火山活动从早期基性岩浆喷发开始,经中期酸性岩浆喷发,到晚期的基性-中基性岩浆喷发结束,其成因可能是太平洋板块向亚洲大陆俯冲而产生了类似弧后扩张,在类裂谷带的构造背景下导致岩浆上涌。该带构造线方向为北北东向。在总体隆起的背景下发育一系列北东、北北东向断裂和小型隆、拗相间的垒-堑构造体系。大兴安岭主脊断裂纵贯全区,以左旋剪切为主,对构造、岩浆活动起了显著的控制作用。北西向张扭性断裂晚于前者,并往往成为喜马拉雅亚旋回玄武岩浆喷溢的通道。褶皱构造以火山岩系的宽缓短轴背、向斜为主,轴向北北东。强烈而频繁的火山活动和发育的断裂构造为本区丰富的金属和非金属矿产的形成提供了有利条件。

2. 主要断裂特征

(1) 查干敖包—阿荣旗深断裂带。该断裂西端自蒙古境内延入内蒙古,向北东经查干敖包、东乌珠穆沁旗至阿荣旗南,呈北东向延伸。区内长达 1000km 以上。东部被大兴安岭主脊—林西深断裂所截,构成东乌旗早华力西地槽褶皱带与东乌旗南晚华力西地槽褶皱带的分界线。卫星照片上线形要素较清晰。

(2) 德尔布干深断裂带。该断裂两端自蒙古延入内蒙古,大致从呼伦湖东岸经黑山头,沿德尔布干河及金河河谷呈北东向伸展。区内长约 660km。该断裂带构成了北侧兴凯褶皱带与南侧华力西海槽的重要分界线。在德尔布干一带,断裂北西盘出现一系列近于平行排列的次生弧形断裂,这些弧形断裂是受北西—南东向挤压应力作用而产生的张性断裂,呈带状北西向展布。

(3) 头道桥—鄂伦春自治旗深断裂。该断裂南西端自蒙古延入内蒙古,向北东经头道桥、伊利克得、鄂伦春治旗,再向北东延入黑龙江省,总体呈北东—北北东向展布。区内长度为 620km。在头道桥—伊利克得一带,由数条呈北东向展布的逆断层组成断裂带。断裂通过之处,地表可见 1.5~2km 宽的破碎带。

(4) 大兴安岭主脊—林西深断裂带。该断裂沿大兴安岭主峰及其两侧分布,向南延入河北省境内,与上黄旗—乌龙沟深断裂连为一体,呈北北东向延伸千余公里。断裂总体向东倾斜,倾角在 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 之间。

(5) 嫩江—八里罕深断裂带。该断裂位于大兴安岭的东缘,北端自黑龙江呼玛一带延入内蒙古,向南沿嫩江流域到莫力达瓦旗,经黑龙江省、吉林省再入内蒙古境内,由扎鲁特旗以东的白音诺尔、奈曼旗西、平庄、八里罕,再向南延入河北省,呈北北东向延伸,长度 1200km 以上,是自晚侏罗世至新生代长期活动的西抬东降正断裂。断裂北段大致沿嫩江河谷延伸,由两条互相平行的区域性大断裂组成。断裂倾向东,倾角 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,显张性特点。多处被北西向大断裂及区域性断裂所截,并产生位移。断裂南段扎鲁特旗—八里罕一带长 720km,大部地段为第四系所覆,只在平庄—八里罕一线显露地表,为断面东倾的正断层。该断裂在开鲁西部截断东西向温都尔庙—西拉木伦河深断裂带,显示左行张扭性质。

(6) 额尔古纳大断裂。该断裂位于中俄边境,沿额尔古纳河延伸,总体呈北北东向展布,区内长 350km。断裂东侧古生界构造线及中-晚华力西旋回岩浆岩带的展布方向与断裂走向一致。沿断裂带岩石均遭破碎,形成 2.5km 宽的挤压破碎带。断裂倾向西,倾角 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$,为东抬西降兼左行扭动的压扭性断裂。