



内蒙古成矿地质环境分析

——黄金重要矿床与找矿

雷国伟 韩国安 王博峰 杨再红
杨旭升 汪振涌 张学贵

编著



科学出版社

内蒙古成矿地质环境分析

——黄金重要矿床与找矿

雷国伟 韩国安 王博峰 杨再红 编著
杨旭升 汪振涌 张学贵

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书重点分析西伯利亚与华北板块碰撞带地体与成矿关系；阐述大兴安岭、白云鄂博区域的成矿环境与成矿特点；介绍内蒙古重要黄金矿床；建立层控型、造山型、火山-次火山岩浆黄金矿床多源地质信息找矿模式；重点介绍多源地质信息找矿模式思维方式与应用方法，并列举多个应用实例。

本书尤其适于从事有色金属资源类地质勘查、地质调查、地质研究的野外工作人员阅读，也可作为地质类专业研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

内蒙古成矿地质环境分析：黄金重要矿床与找矿/雷国伟等编著. —北京：科学出版社，2016.5

ISBN 978-7-03-048320-1

I. ①内… II. ①雷… III. ①金矿床—成矿地质—地质环境—分析—内蒙古 IV. ①P618.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 108930 号

责任编辑：杨向萍 张晓娟 乔丽维 / 责任校对：蒋 萍

责任印制：张 倩 / 封面设计：左 讯

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

*

2016 年 5 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2016 年 5 月第一次印刷 印张：31 1/4

字数：741 000

定价：235.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

序 一

现代地质成矿理论是将矿产放在地球运动体系中来研究成矿的时间与空间，用壳-幔运动理论来研究物质的分布规律与就位机理。

现代地质找矿方法主要是应用板块成矿理论思想，分析所在区域地质演化历史，预测大地构造演化过程中形成的不同时代、不同构造环境、不同类型的矿床，进而应用卫星遥感方法定位靶区，应用物探、化探技术寻找矿化异常体，用地质方法揭露异常体，使用地质工程勘查矿体，这是《内蒙古成矿地质环境分析——黄金重要矿床与找矿》一书重点论述的找矿思想、方法。该书重点介绍这一方法在内蒙古地质找矿中的应用。

该书将内蒙古主要黄金矿床归类为造山型、层控变质型、火山-次火山岩浆型，将矿床的地质、化探、物探、遥感模型相联系建立多源地质信息找矿模式。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，确定找矿靶区，为寻找地下矿产大大缩小了空间、缩短了时间，这对在广阔地域找矿具有很重要的探索实用性。该书对研究内蒙古成矿规律、指导找矿具有重要的理论意义和实践价值。

我为作者创造性的劳动和所取得的成绩感到欣慰，为该书的出版表示由衷的祝贺！

张强

2015年9月16日

序 二

内蒙古中部地区大地构造格架和构造单元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。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，发育多边界缝合并相互转换改造，形成了以软碰撞造山为特征、多边界汇聚增生缝合的宽阔造山带。

内蒙古造山带是在一个复合型的造山作用过程中，以连续性演化形式形成的，单纯用海西运动、印支运动或燕山运动等某一造山运动是无法阐明的。因此，用完整的时间演化序列来认识造山带的造山作用过程是十分必要的。在这种大地构造环境下形成的矿产具有多过程、多期次、多世代、多类型复杂成因特点。找矿工作必然要先分析成矿地质环境，才能锁定找矿目标，部署相应的地质勘探工作。《内蒙古成矿地质环境分析——黄金重要矿床与找矿》一书作者的第一主题“成矿地质环境分析”，切合了找矿工作需要。

该书论述了板块构造运动与成矿关系；论述了西伯利亚板块和中朝-塔里木板块间存在的数条古板块俯冲碰撞带及增生带、混杂岩带以及相应的矿产；论述了白云鄂博、渣尔泰裂谷、林西一带二叠系裂隙槽、大兴安岭火山盆地及成矿特点。

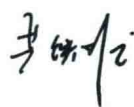
书中将内蒙古主要内生金矿主要归类为层控型、造山型、火山-次火山岩浆型矿床。建立了这种三类型矿床的地质、遥感、化探、物探多源信息找矿模式。

书中提出的“多源地质信息找矿模式”是应用遥感方法缩小找矿区域，确定找矿靶区，应用化探、物探方法寻找矿化异常体，使用地质探矿工程找矿探矿，并列举多个应用实例，具有可操作性。

当前，地质找矿工作要求地质专业人员具备现代找矿的理论知识，熟练掌握地质、遥感、化探、物探等综合方法，以求达到快速、准确找矿的目的，这是时代对地质工作者的要求。该书的技术路线、科学快捷的找矿思维方法显现了这种时代先进性。

该书对研究内蒙古成矿找矿规律具有重要的理论意义，对找矿工作具有实际的指导意义。

我为该书的正式出版表示热烈的祝贺。



2015年9月16日

前 言

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渗透性学科。本书应用现代板块运动与成矿理论，分析内蒙古中生代前板块汇聚、洋脊扩张等构造环境下形成的矿床；应用现代卫星遥感找矿方法大幅缩小找矿区域，定位靶区，用物化探技术寻找矿化异常体，用地质方法和探矿工程勘查矿体，这是多源地质信息模式的找矿思想、方法。本书重点介绍这一方法在内蒙古地质找矿中的应用。

全书共十章。第一章简述内蒙古自然地理及矿产资源状况；第二章简述中国大地构造演化与成矿；第三章论述内蒙古区域地质简况以及西伯利亚板块与华北板块碰撞对接带的认识存在的争议；第四章论述板块构造与成矿；第五章论述内蒙古中部板块构造演化与成矿；第六章对大兴安岭、白云鄂博两个重要成矿区域进行找矿分析；第七章重点论述层控型、造山型、火山-次火山岩浆型重要黄金矿床；第八章简述卫星遥感技术地质找矿应用基础；第九章阐述多源地质信息找矿方法；第十章介绍多源地质信息技术在地质找矿工作中的应用。

本书编写安排如下：第一章张学贵（执笔）、雷国伟、韩国安；第二章雷国伟；第三章雷国伟（执笔）、韩国安；第四章雷国伟；第五章雷国伟；第六章雷国伟（执笔）、王博峰；第七章雷国伟（执笔）、王博峰；第八章雷国伟；第九章雷国伟（执笔）、韩国安、杨再红、杨旭升、汪正涌；第十章雷国伟（执笔）、韩国安、杨再红、杨旭升、汪正涌、张学贵。全书由雷国伟统稿，计算机清绘图由张家齐完成，部分表格文字由常志敏完成。

本书编写技术指导为赵宝胜先生和张鸿禧先生。

特别感谢张宏先生多年对多源地质信息找矿思路及方法提出指导性意见；感谢王剑民先生对内蒙古北部区域找矿提供思路、理论、实施方法的指导；对陈志勇先生对区域构造、找矿部署方面高屋建瓴的指导尤应表示谢意。

本书是作者多年来因所在单位对内蒙古进行资源整合需要而考察内蒙古及周边二百多个矿山矿点和承担多个中央地勘基金、内蒙古地勘基金找矿研究项目任务基础上完成的。本书参阅并引用了大量资料，感受到许多学者、地勘工作者为内蒙古矿产开发作出的贡献及取得的成果。值得强调的是：贾和义等（2003）、彭润民等（2000）、王辑等（1989）对白云鄂博、渣尔泰裂谷及矿产研究；张振法等（2001）、王东方等（1986，1993）、白登海等（1993）、王荃（1986）、曹从周（1983）等对板块俯冲碰撞带及成矿研究；聂凤军等

(2007) 对阿拉善北山地区成矿研究; 赵一鸣等 (1994) 对内蒙古东南部成矿规律研究; 刘建明 (2009) 等对林西一带裂隙槽及喷流型矿床成矿研究; 王之田等 (1991) 对大兴安岭北部区域成矿研究; 陈衍景 (2009) 等对造山型金矿床研究等。

不少博士研究生论文对内蒙古地质及矿床研究的影响是深远的。为此强调的是: 王瑜 (1994) 对内蒙燕山地区晚古生代晚期-中生代的造山作用过程研究; 武广等 (2003) 对得尔布干成矿带找矿研究; 李俊建 (2006) 对阿拉善地块成矿系统研究; 王长顺 (2009) 对大兴安岭中南段成矿研究; 章咏梅 (2012) 对哈达门沟金矿床研究; 侯万荣 (2011) 对金厂沟梁金矿床研究等。

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的专家给予的指导; 对书中引用的文献资料作者表示感谢。

由于作者水平有限, 不妥之处敬请读者批评指正。

作 者

2015 年 9 月 16 日

目 录

序一

序二

前言

第一章 内蒙古经济地理资源自然状态	1
第一节 自然地理概况	1
第二节 基础地质工作	1
第三节 经济矿产资源简况	2
第二章 中国大地构造演化与成矿	4
第三章 内蒙古区域基础地质及板块碰撞对接构造位置	12
第一节 区域基础地质	12
第二节 区域地球物理和地球化学	26
第三节 华北地台北缘内蒙古区域的有色金属矿产	31
第四节 西伯利亚板块与华北板块之间碰撞对接构造位置讨论	33
第四章 板块构造与成矿分析	49
第一节 板块构造	49
第二节 板块碰撞	51
第三节 板块俯冲及陆缘增生	67
第四节 蛇绿岩套	76
第五节 板块伸展形成的裂谷	81
第六节 板块与成矿分析	82
第五章 内蒙古中部古板块构造演化与成矿分析	98
第一节 内蒙古中部地区构造格局	98
第二节 俯冲带及增生地体与成矿	108
第三节 内蒙古中部造山韧性剪切带与金矿	124
第六章 内蒙古两个重要区域地质成矿环境及矿床形成特点分析	134
第一节 大兴安岭北部地质成矿环境及矿床形成特点分析	134
第二节 大兴安岭中南段地质成矿环境及矿床形成特点分析	151
第三节 大兴安岭地区地质成矿特点分析	164
第四节 白云鄂博、渣尔泰裂谷矿床与地质成矿环境分析	172
第七章 内蒙古黄金矿产重要矿床及成矿地质环境分析	193
第一节 内蒙古层控变质型黄金矿床及成矿地质环境	195

第二节 造山型金矿床及成矿地质环境分析	248
第三节 火山-次火山岩矿床及地质成矿环境分析	348
第八章 卫星遥感技术地质找矿应用基础	389
第一节 卫星遥感数据预处理	389
第二节 卫星遥感地质信息的提取及处理	394
第三节 地质构造遥感影像信息解译	400
第九章 多源地质信息找矿方法	407
第一节 方法概述	407
第二节 多光谱遥感矿化蚀变信息应用研究	425
第三节 金厂沟梁、朱拉扎嘎金矿应用线性、环状、矿化蚀变遥感找矿信息研究	432
第四节 金矿找矿中的物探方法	447
第十章 多源地质信息技术在地质找矿工作中的应用	463
参考文献	477

第一章 内蒙古经济地理资源自然状态

第一节 自然地理概况

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、甘肃八省(区)毗邻,北部与蒙古、俄罗斯两国为邻。全区EW长2400km,SN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,其他为达斡尔族、鄂温克族、鄂伦春族、朝鲜族、满族等少数民族。

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,主峰海拔2364m。贺兰山呈SN向耸立在本区西部,海拔2000~2500m,最高峰海拔3556m。

第二节 基础地质工作

一、区域地质调查

在内蒙古完成的主要区域地质调查如下。

(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。2001~2013年,累计完成1:5万区域地质调查746图幅,面积25.49万平方公里,覆盖率达到21.6%;完成1:20万区域地质调查226图幅,面积104.5万平方公里,覆盖率达88.6%;完成1:25万区域地质调查73图幅,面积65.34万平方公里,覆盖率55.3%;累计完成1:5万矿产地质专项调查1035图幅,面积34.35万平方公里;1:25万矿产远景调查1195图幅,面积41.98万平方公里。

二、区域地球物理、地球化学调查

在内蒙古完成的主要区域地球物理、地球化学调查如下。

(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) 2001~2013年,完成 1:5万区域重力调查 13图幅,面积 9.38万平方公里;1:5万区域航磁调查面积 73.08万平方公里;1:5万航空物探综合测量面积 63.70万平方公里;1:5万区域地球化学调查面积 5.40万平方公里,275图幅;1:5万区域地球化学调查面积 13.23万平方公里,21图幅。

三、遥感地质调查

在内蒙古主要做过以下遥感地质调查工作。

(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,中国地质调查局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年至今,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 经济矿产资源简况

2013年,内蒙古自治区工业总产值 20058.7亿元。矿产开采总产值 6129.67亿元,占工业总产值的 30.5%。其中,煤炭开采洗选业产值 3945.5亿元,占工业总产值的 19.67%;石油开采产值 121.79亿元,占 0.61%;有色金属开采洗选产值 685.22亿元,占 3.42%;黄金开采 23.49t,产值 62.275亿元,占 0.37%。

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。

煤炭累计资源量为 8249.65亿 t,全国第一;发现含油气盆地 12个,面积 44万平方公里,预测石油资源储量数十亿 t,天然气资源量在万亿立方米以上;累计查明铅金属资源储量 1482.58万 t,查明锌金属资源储量 2964.54万 t,均居全国第一位;查明铜金属资源储量 807.05万 t,居全国第四位;查明金资源储量 755.41t,居全国第六位;查明钼金属资源储量 135.79万 t,居全国第三位;查明银资源储量 3.25万 t,居全国第一位。稀土资源储量居世界之首。达拉特旗芒硝矿储量 34亿 t,是世界上最大的芒硝矿之一。

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,储量集中于

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

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”。已知锰矿产地 35 处,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 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 127t。银矿产地 23 处,累计探明储量 4749t。

2013 年年底,内蒙古自治区共设立矿权 8744 个、探矿权 4050 个、采矿权 4694 个。其中,煤探矿权 399 个、铁 571 个、铜 638 个、铅锌 640 个、多金属 577 个、金 544 个、银 261 个、其他 420 个;能源矿产采矿权 587 个、黑色金属 392 个、有色金属 237 个、贵金属 172 个、稀有稀土 2 个、非金属 3267 个、水汽 37 个。

第二章 中国大地构造演化与成矿

一、大地构造与成矿区带

中国大陆经历了漫长地质演化历史(沈保丰等,2006;汤中立等,2002;程裕淇,1979),地壳演化主要表现为板内构造和板缘构造的发展,地壳岩石圈增厚导致有限俯冲,进而导致造山作用在构造上较弱的克拉通内或边缘活动带的形成,并以发育巨厚的沉积-火山堆积为特征,形成世界性的巨大的条带状含铁建造(苏必利尔型)及层状镁铁质侵入岩和辉绿岩墙群。在由地壳拉薄、甚至有限分离形成的许多裂谷带或“夭折的裂谷带”中有许多金属矿产形成。伴随着水平缩短,发生地壳楔的硅铝质堆积和推覆构造,即所谓的硅铝壳活动带型造山作用(ensialic mobile belt-type orogeny)。伴随板块的洋底消减(毕鸟夫型俯冲),沿俯冲带同样有许多金属矿产形成。内蒙古区域位于华北板块与西伯利亚板块之间古蒙古洋位置,地壳、岩石、矿产经历了上述地壳演化过程。

区域成矿作用是区域地质构造活动的一个组成部分,区域地质学中区域构造的演化是按地质年代顺序划分的构造旋回顺序标定的,若将它与区域成矿作用结合起来,则用“成矿旋回”的先后次序阐明区域成矿演化的轨迹。每个构造旋回出现相应的区域成矿作用,它的发生、发展和结束所形成的矿床分布在特定的区域成矿构造单元的特定空间范围内。

陈毓川等(2003)在中国重要成矿带矿产资源远景评价报告中,将全国划分为五大成矿域、17个Ⅱ级成矿区带、73个Ⅲ级成矿区带。

翟裕生等(1999)在《区域成矿学》中,分出天山—兴蒙、塔里木—华北、秦岭—祁连山—昆仑山、扬子、华南和喜马拉雅—三江6个成矿域,并进一步分出27个成矿带。

内蒙古地处华北地台边缘造山褶皱带大地构造区域。了解中国大陆大地构造演化与成矿作用对深化内蒙古找矿地质认识有着密切的关系。2013年,国土资源部划分中国成矿区带见图2-1。

二、前寒武纪构造演化与成矿

中国太古宙地层出露不广,大部分太古宙基底被后来的地层覆盖。太古宙地层变质较深,其构造面貌较难恢复。在辽宁鞍山地区的古老变质岩中获得过3800Ma的同位素年龄(SHRIMP锆石U-Pb法;刘敦一等,1994)。以华北古陆为例,大约在3600Ma,曾发生海相环境中的基性-超基性岩浆火山活动,形成喷发-沉积岩。3500~3000Ma,广泛发育麻粒岩相变质作用,并有富钠花岗岩类侵位,形成了原始陆核。2800~2500Ma,新太古代期间(翟裕生等,2010),硅铝质陆壳逐渐增厚,陆地面积也随之扩大;与此同时,在裂解大陆边缘海中生成了鞍山式铁矿(相当于ALGOMA型BIF),是中国最重要的铁矿床类型,主要分布在辽

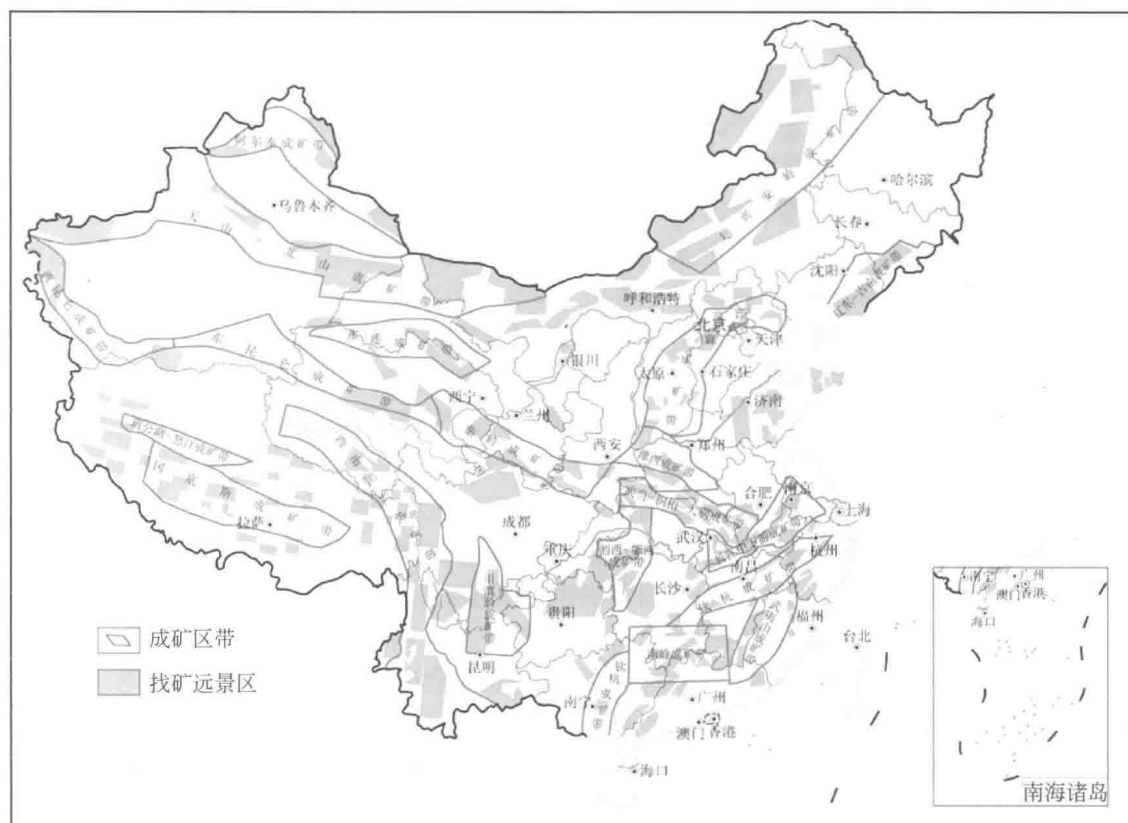


图 2-1 中国成矿区带示意图

宁、冀东一带。此外,绿岩带中的火山岩型铜矿和铜-锌-银矿床也有发育,如辽宁红透山铜矿床。在一些深变质岩相中还产生了石墨、白云母和磷矿床。

翟裕生等(2010)认为,元古宙阶段,华北、塔里木、扬子陆块已完全克拉通化。古元古代和中元古代时期,三个克拉通地块的内部和部分边缘区发育了裂陷槽和裂谷,显示了古老陆块的开裂扩张机制。在张裂性海盆中形成了与海相火山-沉积岩有关的 VMS 型铜-锌矿床;在火山活动不发育区则形成了以碳酸盐岩-泥质岩为主要容矿围岩的层状铅-锌矿床(SEDEX 型),构成了中国十分重要的成矿时期。有关的矿床基本上产在华北陆块的内部和边缘。著名的有辽宁青城子铅-锌矿、宽甸翁泉沟硼矿(2167Ma)、海城大石桥菱镁矿(>1900Ma),它们都位于辽宁古元古代裂陷槽内。另有胡家峪铜矿(2300~1800Ma)产在山西南部中条山裂谷中。大致在同一时期,在扬子克拉通西南缘的康滇地轴位置处的拗拉槽内(2000~1800Ma)生成四川会理拉拉厂和通安铜矿,以及其南部的大红山铜-铁矿床(1800~1700Ma)。在古元古宙期间,山西、冀北和辽吉裂陷槽内产有一些沉积变质铁矿,胶辽古陆区产有较重要的石墨矿和滑石矿,云 SE 川中元古代裂谷发育了由火山喷气、喷流作用形成的层状铜矿床,如东川式铜矿(程裕淇,1979)。

中元古代早期(1800~1400Ma),内蒙古北部的狼山—阴山地区在当时属于大陆斜坡断陷槽,其中发育了巨厚的渣尔泰群和白云鄂博群,前者产出了 SEDEX 型铅-锌-铜-硫矿床(东升庙、霍各乞等矿床),后者产出著名的超大型白云鄂博稀土-铌-铁矿床。近年在内蒙古

渣尔泰群和白云鄂博群形成的大型金矿床被勘查出来(朱拉扎嘎、长山壕)。大体在同一时期,华北陆块东北缘的承德纬向深断裂带中侵位有斜长岩-苏长岩杂岩体及生成有关的铁-钒-钛-磷成矿系统(河北大庙-黑山矿田)。

中元古代后期,随着陆地范围的扩大和岩石刚度的增强,华北陆块边缘发育有深断裂带,陆块西南缘断裂带有幔源镁铁质-超镁铁质岩浆侵入并伴有铜-镍-铂成矿系统,形成著名的甘肃金川镍-铜矿曾获得 1526~1500Ma 的年龄(汤中立等,2002)。根据近年的精细成岩成矿年龄测定,金川矿床的成矿年龄为 850Ma,新元古代震旦期,相当于罗迪尼亚大陆汇聚边缘的裂谷发育时期。

新元古代时期,相当于青白口纪和震旦纪,上扬子陆缘海中广泛发育硅质碎屑岩含磷建造,产有较多的磷矿床,构成中国南方的磷矿基地,代表矿床有湖北保康白竹矿床等。

总的看来,中国太古宙地层分布区尚未发现有重要价值的科马提岩系中的镍-铜-金矿床(如西澳和加拿大的克拉通内)。

元古宙时期,中国的克拉通面积虽有所扩大,但它在较长时期内处于不稳定状态,缺少像南非大陆中存在的巨型稳定克拉通盆地,似乎不具备威特沃特斯兰德型(含金-铀砾岩型)金矿的形成条件;也缺乏像西澳大利亚皮尔巴拉克拉通上稳定的古陆风化壳环境,难以形成 Hamersley 式的世界型富铁矿床。

沈保丰等(2006)较系统地研究了中国前寒武纪超大陆碰撞汇聚和裂解离散作用及有关的成矿区带和成矿系列,得出以下认识。

(1)前寒武纪超大陆增生碰撞汇聚环境下的成矿区带:产于活动大陆边缘环境,与海相火山岩系密切相关,形成了一批绿岩带型金、铁、铜、锌矿床及与蛇绿岩套有关的铁、铜、锌、金矿床等。这些成矿区带、成矿系列主要分布在华北陆块北缘、南缘,扬子陆块的西南缘、东南缘。

(2)前寒武纪超大陆裂解离散环境下的成矿区带:主要产于裂谷等拉伸构造环境下,形成一批铜、铁、镍、铅锌、金、石墨、菱镁矿、滑石、硫铁矿、磷等大型、特大型、超大型矿床。这些矿床广泛分布在各陆块边缘和陆内裂谷(或裂陷槽),尤以华北陆块北缘东段、西段,华北陆块南缘和西南缘,扬子陆块的西南缘、东南缘较为发育。

(3)在我国的前寒武纪成矿过程中也形成了一些超大型矿床,它们的大地构造背景和成矿时代和特征归纳如下。

①矿种有铁、铜、镍、钛、稀土、铅、锌、磷、硼等,铜矿床居多。稀土、硼、菱镁矿的成矿强度大,有世界级的超大型矿床,这是中国前寒武纪成矿的一个重要特色。

②成矿系统与矿床类型,以 BIF、SEDEX、VMHS、岩浆分异型和陆缘沉积型为主。与其他国家的绿岩型金矿主要形成在前寒武纪不同,在我国,该时代形成的金矿规模较小,但绿岩带中某些岩层作为金的矿源层则有普遍意义,它们为后来的众多中生代岩浆-热液金矿形成过程提供了必要的矿源。

③成矿产出环境主要在陆缘及陆内裂谷和深断裂带中。到新元古代时古陆已经具有一定规模,广泛分布的陆缘海是磷、锰、铁等矿床的有利成矿环境。

④中国的前寒武纪陆块较小,也较分散,缺乏巨型克拉通中产有特大型金矿、铬铁矿、铁矿、铜矿的有利地质和构造-热动力条件。

需要指出的是,我国出露的前寒武纪地层面积不大,上述认识还是阶段性的。随着深部探测包括深部找矿的开展,将揭露出更多的古老变质基底及前寒武纪形成的矿床,这将对前

寒武纪成矿特征有进一步的认识。

三、加里东期构造演化与成矿

经过晋宁期造山运动,华北和扬子两个陆块已经联合在一起,从新元古代开始接受盖层沉积,包括在前 800~540Ma 期间(刘敦一等,1994)形成的南华纪和震旦纪的巨厚沉积地层。发展到加里东(570~410Ma)初期,中国古陆重新解体为塔里木、华北和扬子诸陆块,陆块间发育了秦岭—祁连山—昆仑山、天山—北山等小洋盆或有限洋盆。到加里东运动晚期,广泛的加里东运动使中华陆块群又重新汇聚拼接。在华北陆块的北侧和南侧分别受到古蒙古洋板块向南和古秦岭洋板块向北的俯冲,形成了陆缘增生褶皱带。

在内蒙古的中部及东部一带,早寒武世发育的火山—沉积岩系,包括蛇绿岩套和放射虫硅质岩,可能代表着新元古代—早古生代的岛弧张裂环境。火山—沉积岩中的火山—热液矿床和火山—沉积矿床,经过俯冲热动力变质变形及后来花岗岩—闪长岩类的侵位、叠加和改造形成一系列大型矿床。代表性矿床有白乃庙铜—金—钼矿床和温都尔庙铁矿床等。据任英忱等(1994)的同位素年龄测定,白云鄂博矿床的碳酸岩及有关的稀土元素矿化也是加里东期的产物。在阿尔泰造山带则生成了稀有金属和白云母的大型矿床。

在华北陆块的南缘,由于古秦岭洋板块向北俯冲消减,北祁连—秦岭一线成为活动大陆边缘,寒武纪和奥陶纪强烈的海相火山活动与岩浆侵入活动形成了多种类型的金属矿床,最有代表性的是黄铁矿型块状硫化物铜—铅—锌—金—银矿床。例如,与细碧角斑岩建造有关的甘肃白银厂铜—多金属矿床,以及与超镁铁质岩有关的铬矿和镍矿。

加里东期(570~410Ma)的华南陆块表现为陆内造山运动,华夏地块向 NW 方向运动并与扬子板块汇聚。扬子板块北缘沿现今的南秦岭山脉,在寒武纪沉积了一套富炭黑色页岩建造,是中国南方重要的富含钒—铀—铂—稀土的金属矿源层,对华南地区后来的成矿事件起了重要作用。扬子板块东南边缘为持续发展的岛弧—海槽沉积,并褶皱递次上升为陆,至晚志留纪闭合,形成大面积华南加里东褶皱带,广泛伴有造山花岗岩侵位,其中有一些断层和花岗岩联合控制的钨—铋—金矿床。在扬子板块西南缘则有大面积的磷矿床形成。

总之,早古生代时期,中国的构造—岩浆—成矿作用主要集中在北祁连和秦岭地区的古陆边缘裂陷带中。加里东成矿期是北祁连等区的结束时期,也是阿尔泰、天山、南秦岭和东北广大地区海西成矿期的孕育期。加里东期已经生成的一些内生矿床,也可在海西或更晚期褶皱带的古老陆块中找到。

加里东构造期中国境内的成矿特征如下。

(1)金属矿床以铜、铅、锌、金、银、稀土、铁、铀等为代表;非金属矿产以磷块岩、重晶石和石膏等较重要。

(2)矿床类型以 VMHS、SEDEX、生物沉积型和剪切带型为主。寒武纪以发育含多种金属的黑色页岩建造为特征,虽未发现大规模矿床,却是很重要的金属矿源层。

(3)成矿环境有大陆边缘裂谷、岛弧和弧后盆地、大陆架、褶皱带变质岩块中发育的剪切带等。

加里东运动期形成的主要矿带有:

(1)阿尔泰加里东晚期与变质—深熔作用有关的稀有金属—白云母成矿带(新疆三号伟晶

岩脉等)。

(2)华北陆块西北缘早古生代喷流-沉积型稀土-铁-铌-金成矿带(白云鄂博矿床的一个成矿阶段)。

(3)华北陆块东部陆内深断裂带的金伯利岩型金刚石成矿带(山东蒙阴、辽宁瓦房子)。

(4)北祁连加里东早-中期沟-弧-盆环境的 VMHS 铜铅锌(白银厂)、钨、钼、金成矿带。

(5)扬子陆块西缘早寒武世陆缘海磷成矿带(云南、贵州)。

(6)扬子陆块北缘早寒武世深海环境黑色岩系钒-钼-铀-稀土和重晶石成矿带(广东大河边等)。

四、海西-印支期构造演化与成矿

与加里东期比较,海西期(410~250Ma)-印支期(250~195Ma)是中国的重要成矿时间。海西运动往往与印支运动不易显示分开,在中国南部和中部更是如此。根据王鸿祯等(1996)研究,这一阶段的总特征是分散的巨型陆块向统一的联合古陆发展。华北板块与西伯利亚板块在早二叠世时靠近,并在二连浩特-贺根山一线碰撞对接,导致重大构造热事件和大规模成矿作用,形成广阔的内蒙古-天山海西褶皱带,成为中亚构造成矿域的组成部分。在阿尔泰、东天山、北秦岭以及大兴安岭一带的泥盆纪-石炭纪-二叠纪地层中,生成数量不等的海相或海陆交互相火山岩及火山沉积岩,其中赋存有铜、金、铅、锌、铁等重要矿床。例如,林西大井铜多金属矿、黄岗梁铁锡矿、天山的阿希金矿,吉林的小西南岔铜-金矿床。

中国海西运动阶段的另一特点是环特提斯大洋的大陆边缘裂解。在伸张构造动力作用下,扬子板块可能与澳大利亚板块移离并向北迁移。晚二叠世时,在其西缘的康滇、黔西一带大规模开裂(王鸿祯等,1996),有由地幔柱引发的大规模大陆玄武岩溢流(峨眉山玄武岩),并在攀西裂谷区产有与镁铁质岩相关的铁、钛、钒矿床,规模巨大,矿种繁多,有重大的经济社会价值。

在南秦岭和扬子板块东南缘的广大被动陆缘,发育了自泥盆系到中三叠统的海相沉积岩。一些次级断陷海沟(台沟)中发育了热水沉积型矿床,如广西大厂锡-多金属矿田中的层状矿体。还有盆地演化后期的密西西比河谷型铅-锌矿,如广东凡口铅-锌矿床。在广东大宝山地区还形成了火山-沉积型铁-铜-多金属矿床。在上述矿床的形成过程中,含矿盆地中发育的大型同生断层起了重要作用。

长江中下游地区,上泥盆统五通组石英砂岩之上、中石炭世石灰岩层之下广泛分布的同生黄铁矿层和赤铁矿层也是海西期热水活动的产物,作为矿层或矿胚,为该区后来的中生代大规模成矿作用打下一定的物质基础,并提供了丰富的铁、硫等成矿组分。

中国的印支运动阶段大致相当于三叠纪,是中国大地构造发展的一个重大转折期。此时,华北与扬子两大板块对接形成统一陆块,川西、松潘、甘孜及巴颜喀拉山一带广大印支褶皱带形成,伴有若干铁、铜、镍、稀有元素、石棉、云母矿床。在华南加里东褶皱带的东南侧,华南陆块又向 SE 方向扩展增生,直到沿海岸带发育了海西期和印支期褶皱带,形成了华南统一大陆。

在基本形成中国大陆的基础上,古构造线方向发生了重大变化,由印支期前的近纬向构造系统为主转变为 NE 向和 NNE 向为主的构造系统,并陆续出现了一系列内陆盆地,产生