

内蒙古白乃庙地区 岩浆活动与金属成矿作用

■ 聂风军 裴荣富 著
吴良士 张洪涛

■ 北京科学技术出版社

内蒙古白乃庙地区岩浆 活动与金属成矿作用

聂凤军 裴荣富 著
吴良士 张洪涛

北京科学技术出版社

(京)新登字 207 号

内 容 简 介

作者在野外地质调查和详细室内研究基础上,从地壳演化角度出发,全面而系统地阐述了白乃庙地区铜、金和铁矿床成矿环境、成因类型、形成时代和地质地球化学特征,论证了金属成矿作用与区域构造演化、深成岩浆活动和火山活动之间的成因联系,对区域容矿火山岩系和含矿深成岩所特有的一系列岩石学和地球化学问题进行了探讨,进而提出了区域金属矿床成矿模式,并且强调了成矿作用时限性。在此基础上总结了金属矿床找矿标志,指出了找矿方向。

本书可供从事区域岩石学、矿床地质及地球化学的研究人员、矿产地质勘探人员及地质院校师生参考。

内蒙古白乃庙地区 岩浆活动与金属成矿作用

聂凤军 裴荣富 著
吴良士 张洪涛

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街 16 号)

邮政编码: 100035

康利胶印厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 16.88 印张 400 千字

1993 年 4 月第一版 1993 年 4 月第一次印刷

印数 1-1000 册

ISBN7-5304-1287-6/T·275

定价: 12.00 元

绪 论

研究区位于内蒙古自治区四子王旗、苏尼特右旗和镶黄旗交汇处，东西长 135km，南北宽 80km，面积约 10800km²，为内蒙古经济相对发达，人口比较密集和交通便利的地区，该区的矿产资源开发在内蒙古经济建设中占有重要位置（图 1）。

新中国成立之前，仅有少数地质学家在本区做过一些路线地质调查和简单的区域地质测量，地质科学研究和找矿勘探几乎是一片空白。建国以后，随着国民经济建设对矿产资源需求量的增长，本区的区域地质调查和矿产普查勘探以及相应的科学研究得到了迅速发展，积累了丰富的地质资料和数据，取得了一系列可喜的科研成果。1954 年，原内蒙古地质局 208 地质队在普查找矿中首次发现温都尔庙铁矿，并于 1958—1960 年期间对其中规模较大和品位较高的大敖包矿段进行了勘探，提交有《大敖包铁矿普查勘探报告》。与此同时，在矿区外围开展了 1:20 万和 1:5 万地质填图。1959 年内蒙古地质局二连地质队在温都尔庙铁矿区西南约 45km 处，首次发现了白乃庙铜（钼、金）多金属矿床，在以后的 20 年间（1961—1981），内蒙古一零三地质队先后对该矿床进行了普查和详查勘探，目前已确定其为—处大型铜（钼、金）多金属矿床，并且在矿区外围找到—处中型金矿床—白乃庙石英脉型金矿床，提交有《内蒙古四子王旗白乃庙铜矿初步勘探报告》（1965）、《内蒙古四子王旗白乃庙铜矿Ⅱ、Ⅲ矿段勘探报告》（1978）、《内蒙古四子王旗白乃庙金矿 26 号脉勘探报告》（1977）。此外，内蒙古地质局所属地质队从 1979 到 1989 年间还对区内的别鲁乌图铜硫多金属矿床和哈达庙金矿床进行过普查勘探，提交有《内蒙古苏尼特右旗别鲁乌图铜硫多金属矿床普查勘探报告》（1981）和《内蒙古镶黄旗哈达庙金矿床普查勘探报告》（1989）。与此同时，对区内的谷那乌苏铜硫多金属矿化点、朱日卡铜矿点、海米尔图铜矿点和秋令沟钨矿点亦开展了普查找矿工作，为后继的基础地质研究和寻找隐伏金属矿床奠定了基础和提供了信息。

本区的地质科学研究是在对温都尔庙群的研究过程中起步的，早在 50 年代末和 60 年代初，随着温都尔庙铁矿的发现和普查勘探，原内蒙古地质局区测队和中国地质科学院等单位联合组织了温都尔庙群专题科研组，对温都尔庙群的归属及其构造意义进行了初步研究。1974—1976 年，原内蒙古地质局区测队在温都尔庙群大面积出露的镶黄旗区开展 1:20 万区域地质调查，并且将温都尔庙群划分成 3 个岩组和 8 个岩段。1977—1987 年，原内蒙古地质局组织所属的 7 个单位及研究所、院校在该区开展富铁矿战略普查，先后对温都尔庙群地层层序、含矿层位以及温都尔庙地区区域构造轮廓进行了系统研究，代表性科研报告有《内蒙集二线南带温都尔庙群层序及含铁建造特征》（华北地质矿产所、内蒙古一零三地质队，1977）和《内蒙集二线南带温都尔庙群地层层序、构造特征和铁矿床成因》（河北地质学院、内蒙古一零三地质队，1978）。科研报告首次对温都尔庙群内部分布的蓝闪石片岩、蛇绿岩套和混杂堆积进行了科学论证，并且认为：温都尔庙群是早古生代时期被运移到板块俯冲带之上的古洋壳残片，其内赋存的铁矿床兼具火山喷气和热液交代双重特征。

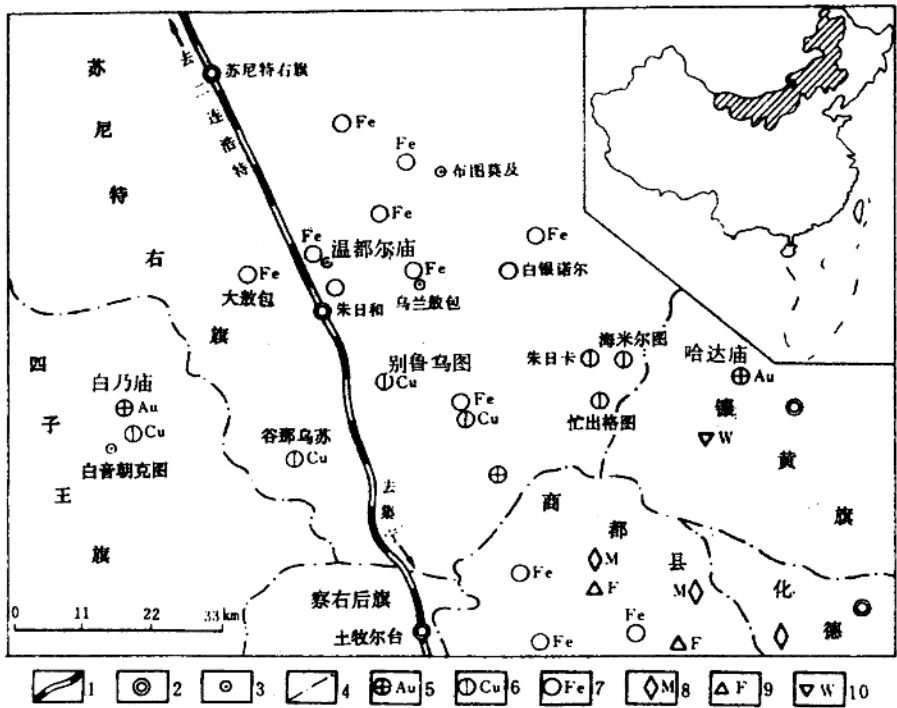


图1 内蒙古中南部温都尔庙-白乃庙及外围地区金属矿床(点)分布略图

1-集(宁)一(连浩特)铁路线; 2-旗(县)人民政府所在地; 3-苏木(乡); 4-旗(县)界; 5-金矿床(点); 6-铜矿床(点); 7-铁矿床(点); 8-云母矿点; 9-萤石矿点; 10-钨矿床(点)

从80年代初到现在,原武汉地质学院、内蒙古一〇三队、地质矿产部天津地质矿产研究所、河北地质学院、地质矿产部沈阳地质矿产研究所、长春地质学院和北京大学的地质工作者在对温都尔庙群开展研究的同时,亦对白乃庙群的形成时代、地层划分,火山岩系地球化学和构造演化及其有关铜、金矿床的成因机制进行了探讨,代表性科研成果有《内蒙古白乃庙铜矿床地球化学特征及找矿方向》(武汉地质学院、内蒙古一〇三地质队和内蒙古第一物化探队,1982),《华北地台北缘早古生代大陆边缘地质》(河北地质学院内蒙科研队,1987),《内蒙古自治区四子王旗白乃庙铜矿床地质特征及成矿规律研究》(韩杰,1987)和《内蒙古温都尔庙群-白乃庙群绿岩带含金性研究报告》(景德武等,1986),另外,《内蒙古南部古生代大陆边缘构造特征及其成矿研究》(王祺等,1986)和《中朝陆台北侧褶皱带构造发展及成矿规律》(地质矿产部沈阳地质矿产研究所,1987)科研项目亦将本区作为重点,进行了比较深入的研究。从上述各项研究成果看,尽管许多学者对白乃庙群的形成时代、构造意义、岩性段划分和铜矿床成因类型尚存在较大的意见分歧,但是人们均承认:白乃庙群是古蒙古洋板块与中朝古板块之间沟弧体系的重要组成部分,代表着大陆边缘或古岛弧环境内形成的一套钙碱性火山岩。需要提出的是:部分地质工作者注意到,在白乃庙群底部分布有一套深变质岩系,其在岩性组合、变质程度、构造形迹和侵入岩类型等方面均很难与白乃庙群或其它岩层对比,由于属性不明,暂定M地

层。近年来，有学者（许传诗，1988）推测：M地层是焊接在古大陆边缘的“洋壳”地体，其形成时代早于温都尔庙群和白乃庙群，但因资料不充分和论述不系统，难以使人理解和接受。

1982—1989年期间，中国地质大学（武汉）高长林、吴淦国和吴丹，中国地质科学院彭立红，长春地质学院曾庆栋、鲁守柱和周和平先后涉足本区，开展有关硕士研究生论文的研究工作^{①②③④}，其内容涉及到温都尔庙群地层划分、白乃庙铜矿区控矿构造、铜、金矿床地球化学和变质岩地质学等，他们的研究成果从不同侧面极大地丰富了该区的地质资料，为解决区内悬而未决的基础地质问题奠定了基础。

总而言之，尽管前人已在该区进行了大量的科研工作，取得了引人注目的成就，但是随着找矿勘探难度的增大和研究工作的深入，新的问题不断出现，地质科研工作仍方兴未艾。所有上述研究必将为开拓隐伏铜、金矿床找矿远景，为古蒙古洋板块与中朝古板块碰撞、造山和成矿机制提供理论依据。

研究区内的温都尔庙铁矿、白乃庙铜（钼、金）多金属矿、白乃庙金矿、别鲁乌图铜硫多金属矿和哈达庙金矿均是内蒙古中南部重要的铜、金和铁矿资源产地，白乃庙铜（钼、金）多金属矿和白乃庙金矿均为内蒙古自治区“七五”、“八五”期间重点基本建设项目，在国民经济建设中的重要地位是不言而喻的。此外，通过对温都尔庙群蛇绿岩套、蓝闪石片岩和混杂岩以及白乃庙群变质火山岩系的研究，尚可了解古蒙古洋板块与中朝古板块碰撞对接历史，古蒙古洋扩张消亡过程和大陆边缘增生机制。因此，研究区内的大地构造演化、各构造—地层单元的相互关系、金属矿床成因、火山岩地球化学等项研究一直为国内外地质学界所关注。

如前所述，前人对区内重要的铜、金、铁矿床以及与之有关的构造、地层和火山岩进行了大量研究工作，积累了较丰富的地质资料，同时也增加了进一步工作的难度。以往的研究者在区内主要金属矿床成因类型划分、成矿时代、赋矿层位和控矿因素等方面一直存在较大意见分歧，这不仅妨碍了从更高层次认识该区成矿作用的本质，而且严重影响了主要金属矿山扩大本身储量和外围找矿工作的开展。特别是对于如此重要的铜、金、铁成矿区，尚未有一部综合性的，即既总结过去各矿床研究成果、又能反映当代矿床地质学发展水平的专著问世。究其原因，不外乎有二点：其一，以往的矿床地质研究大都是在单个矿床互不相关联的基础上进行的，内容仅限于某一个矿床，而没有考虑单个矿床与整体成矿地质环境、区域地壳演化和区域性火山活动的成因联系；其二，以往的研究工作多限于矿床本身矿石学和地球化学，而忽略了对容矿火山岩、成矿围岩和成矿构造背景的研究，另外，对含矿层的下伏和上覆地层对成矿作用的贡献也注意不够。

①高长林，1982，内蒙古白乃庙古岛弧型火山岩和铜钼矿床成因的地球化学研究，武汉地质学院北京研究生部硕士研究生论文。

②吴淦国，1982，内蒙古白乃庙矿田构造演化与叠加成矿，武汉地质学院北京研究生部硕士研究生论文。

③彭立红，1982，内蒙古集二线地区温都尔庙群南带蛇绿岩套的地质时代及其大地构造意义，中国地质科学院研究生部硕士研究生论文。

④叶丹，1989，内蒙古四子王旗白乃庙石英脉型金矿成因探讨及含矿性评价标志，中国地质大学（北京）硕士研究生论文。

鉴于该区的上述情况，国家“七五”重点地质科技攻关项目（75-55-03）将白乃庙—温都尔庙—镶黄旗一带作为重点研究对象，开展题为“白乃庙—镶黄旗绿片岩—斑岩铜、钼、金矿成矿机制及隐伏矿床预测”的研究工作，其目的是将现代成矿理论与找矿勘探实践紧密结合，寻找隐伏铜、钼、金矿床。依据课题总体设计要求，著者主要承担了“白乃庙—镶黄旗地区岩浆活动与金属成矿作用关系”的研究，试图在详细野外地质调研基础上，利用现代分析测试手段，对区内主要金属矿床的成矿地质背景、矿床地质地球化学特征、容矿火山岩系岩石学、矿床成因机制和找矿标志进行系统研究，从而为揭示区域地壳演化与成矿作用关系，建立切合实际的成矿模式和找矿标志提供理论依据。需要强调指出的是，由于众所周知的原因，著者不可能并且也没有必要在前人积累的大量资料和数据之外，重新开始研究，因此，本文对大量的前人资料进行了综合性对比、分析和归纳，在此基础上补充了必要的野外和室内测试工作，力图在认识上比前人提高一步，而且亦对若干重要问题提出自己的新见解。

通过详细野外地质调查和室内研究工作，所获主要结论和取得的新进展概述如下：

1. 区内“M”地层的厘定：野外地质填图，典型地质剖面测制和较详细的岩石学研究结果表明：白乃庙一带原称的“M”地层为一套由斜长角闪岩、混合岩、片麻岩、变粒岩和浅粒岩构成的深变质岩系，其原岩为古大陆边缘分布的火山—沉积岩系，成岩时代约为1700Ma，为区内最古老的岩层。鉴于这套岩石在成岩环境、岩性组合、火成岩类型和变质程度等方面均很难与区内其它岩层对比，因而，我们将其命名为白银都西群。白银都西变质岩系的建群，为重新认识区域地质构造演化历史，探讨古陆块与金属成矿作用关系提供了重要依据。

2. 白乃庙群和温都尔庙群变质火山岩系地层学、岩石学、地球化学和同位素研究认为：白乃庙群是由玄武岩、玄武安山岩、安山岩和流纹岩构成的较完整钙碱性火山岩系，是古大陆边缘或古岛弧张裂环境中海相火山活动的产物。相比之下，温都尔庙群主要是一套典型的富钠、低钾和高钛的大洋火山岩，岩石类型为拉斑玄武岩、枕状细碧质熔岩和少许安山岩，两套变质火山岩系在成岩环境、物质来源和演化机制上存在明显差异，二者之间并无明显成因联系。

3. 依据白乃庙群残斑阳起斜长片岩中锆石 U-Pb 同位素等时线年龄值，著者认为：白乃庙群变质海相火山岩系形成时代的上限值为 1114—1146Ma，属中元古代晚期，前人所得全岩、角闪石和黑云母钾—氩同位素年龄值（362—581Ma）以及全岩铷—锶同位素等时线年龄（427.5Ma）反映的是区域变质和动力变质作用发生的时间，而不是原岩的形成年龄。

4. 通过对白乃庙群和温都尔庙群地质地球化学研究，并且结合白乃庙群变质基性火山岩锆石 U-Pb 年龄和温都尔庙群幔源花斑岩钾长石铅同位素模式年龄值（1236Ma 和 776Ma），可以推测：古蒙古洋板块最早向中朝古板块俯冲时间应为中元古代，而不是早古生代，因此，内蒙古中南部温都尔庙—白乃庙沟弧体系形成时间可推前 580—600Ma。

5. 著者首次确认了上石炭统阿木山组地层内层状英安岩、钠质流纹英安岩、凝灰质砂岩和条带状电气石岩的存在，其中电气石岩多呈似层状和透镜体沿一定火山沉积岩层断续分布，局部地段可直接构成铜硫多金属矿体的底板围岩。研究对比结果表明：电气石岩与国内外许多重要铜、金、钨成矿区范围内找到的电气石岩相类似，为海底火山喷气或喷泉

活动的产物，并且可作为重要的找矿勘探标志。另外，上述岩层很难与区域范围内较标准的阿木山组地层对比，为了区别之，著者暂将其称为别鲁乌图组火山-沉积建造，属晚古生代大陆边缘裂陷盆地海相火山喷发-沉积的产物。

6.花岗岩类：著者首次对区内各花岗岩类岩体开展了系统岩石学、矿物学、地球化学和稳定同位素研究。研究认为：花岗岩类从南向北大体可划分为南、中和北3个岩带，前寒武纪（>665Ma）幔源型和部分改造型花岗岩主要在南岩带产出，加里东-海西期（247-398Ma）同熔型花岗岩类分布在中间岩带，而兼具同熔型和改造型花岗岩特点的印支期-燕山期（<200Ma）花岗岩则主要在北岩带内产出。不同成因花岗岩类带状分布特点和岩石学特征反映并且记载了古大陆边缘自南向北不断增殖的信息，铅同位素二阶段演化模式计算结果表明：区内花岗岩类成岩物质来源同古老岩块（1600Ma和Th/U为3.15）的部分熔融、深熔或交代改造有关，为同源岩浆不同演化阶段，通过不同成岩方式上侵定位的产物。

7.详细的野外地质调查和矿床地球化学研究表明：白乃庙铜、钼和金多金属矿床属中元古代海相火山成因硫化物矿床，南、北矿带是同一矿床的两个重要组成部分，新元古代一早古生代构造-岩浆活动是造成二者矿化强度和元素组合不一的重要控制因素；成矿期后区域变质和热液蚀变作用极大地促进了原生矿体或地层中元素的活化与迁移，从而造成矿体的分散或局部富集，形成具火山热液沉积和热液交代改造双重特征的矿床。中、晚古生代区域性构造-岩浆活动所诱发的岩浆热液和大气降水活动可对白乃庙群含金地层进行淋滤、萃取，进而在有利构造部位形成白乃庙金矿床和徐尼乌苏不整合面金矿化带。

8.温都尔庙铁矿床的成矿围岩主要为海相玄武岩类和凝灰岩以及条带状硅质岩，矿体层控特征极为明显。成矿作用与岩浆喷溢、火山喷气或喷泉和热液淋滤交代等有关，矿床属火山热液沉积成因。

9.著者从成矿地质背景研究入手，结合矿体地质、矿石结构构造、稳定同位素、微量和稀土元素测试数据，详细论证了别鲁乌图铜钼多金属矿床与海相中酸性火山活动的关系，探讨了成矿作用时、空演化和成矿元素富集特点。研究认为：火山热液沉积是矿床形成的主导控制因素，区域变质是致使成矿期后热液叠加改造的重要地质营力，矿床属晚古生代火山成因块状硫化物矿床。

10.哈达庙含金侵入杂岩体与金矿床：哈达庙含金侵入杂岩体是含较多基性或超基性物质组分的古陆块（1300Ma，Th/U为2.78）通过部分熔融或深熔作用及岩浆结晶分异的产物，其内分布的隐爆角砾岩带是岩浆上侵过程中，挥发性组分大量富集并在地壳浅部发生隐爆的结果。哈达庙金矿床主要在杂岩体晚期岩相带——花岗斑岩和隐爆角砾岩带内产出，其物质来源、演化和成矿均与侵入杂岩体密切相关，成矿作用是整个侵入杂岩体成岩作用的一个组成部分。矿床属斑岩型中温热液矿床。

11.综合性成矿模式：研究表明，尽管区内各矿床在成矿元素组合、矿床成因类型、形成环境和成矿时代等方面存在一定的差异，但其成矿物质来源和成矿方式主要与古陆块的深熔作用（如哈达庙金矿床）和元古代-古生代海相火山热液、喷气或喷泉活动有关。矿床的形成、发展和演化过程主要由下述3个阶段构成：①中、新元古代海相火山活动可在古大陆边缘一侧形成白乃庙铜多金属矿床，而在大洋一侧形成温都尔庙铁矿，新元古代一早古生代古蒙古洋板块与中朝古板块的碰撞和对接作用，致使二类矿床空间分布距

离大大缩短, 在小范围内同时产出; ②受海西晚期古蒙古洋板块与中朝古板块再次碰撞对接的影响, 区域构造-岩浆作用所诱发的热液活动可促使白乃庙群含金岩层内成矿元素进一步富集, 形成白乃庙金矿床, 而近东西向裂隙盆地中火山热液、喷气或喷泉活动可形成别鲁乌图铜硫多金属矿床; ③燕山早期张裂构造环境下, 由中元古代 (1300Ma) 古陆块部分熔融或深熔作用产生的岩浆可沿特定构造部位上侵并且发生分异, 进而形成侵入杂岩体及其有关的金矿床。

12. 找矿标志和找矿方向: 依据本区金属成矿作用研究取得的新进展, 著者提出并且论证了沿古大陆边缘寻找隐伏金属矿床的设想, 其要点有: ①注意古陆块内部及其邻区的地质-构造研究, 从分析成矿环境角度入手确定找矿勘探目标; ②应该在上石炭统阿木山组地层东延方向上进一步寻找别鲁乌图式铜硫多金属矿。

本专著是集体劳动的成果, 本所宋叔和研究员, 长春地质学院陈琦教授, 内蒙古地矿局潘启宇总工程师曾给予多方指导。著者在野外工作期间得到孙浩、樊建廷和周和平等同志的大力协助, 没有他们的支持, 完成本专著是不可能的。加拿大朋友 A.Panteleyev 博士, Golden, A.Gross 博士和 W.J.McMillian 博士曾帮助查阅、复印国内查阅不到的参考文献, 并且帮助完成了部分测试工作, 他们的友情是难以忘怀的。

野外工作期间还曾得到内蒙古地矿局科技处、地质研究队、一〇三地质队、内蒙古白乃庙铜矿和长春地质学院等单位大力帮助, 他们在提供地质资料和食宿交通以及帮助采集样品等方面给予了极大方便。在此谨向以张月森、张履桥、赵贵麟、韩杰、冯万才、孟良义和仇甘霖为代表的同志们表示诚挚的感谢。

中国地质科学院岩矿测试技术研究所、地质所同位素实验室、矿床地质研究所十室、内蒙古地矿局地质实验中心和一〇三地质队实验室等单位帮助完成了大部分样品测试工作。书中图件均由王新清、刘红同志清绘, 显微照片由沙俊生同志帮助拍摄。著者对上述各单位和个人以及本文所引用文献资料的作者们, 表示最真挚的感谢。

目 录

绪 论	(I)
第一章 区域地质概述	(1)
第二章 白银都西群变质岩系	(5)
第一节 变质岩地层层序和岩石学特征	(5)
一、变质岩地层层序	(5)
二、主要变质岩类型	(7)
第二节 变质岩地球化学	(10)
一、主元素, 微量元素和稀土元素地球化学	(10)
二、钾、铷、钍地球化学	(23)
第三节 钐-钕、铅、氢和氧同位素组成	(24)
一、Sm-Nd 同位素组成	(24)
二、铅同位素组成	(26)
三、氢、氧同位素组成	(28)
第四节 讨论与结论	(29)
第三章 火山岩系地质地球化学特征	(30)
第一节 中元古代白乃庙群	(30)
一、变质火山岩的形成时代与地层划分	(34)
二、变质火山岩岩石学特征	(36)
三、主要变质火山岩类地球化学特征	(38)
四、铅同位素组成	(52)
第二节 新元古代温都尔庙群	(54)
一、变质火山岩地层层序	(54)
二、变质火山岩岩石学特征	(58)
三、主要变质火山岩类岩石化学特征	(60)
四、微量元素和稀土元素 (REE) 地球化学	(67)
五、铅同位素组成	(71)
第三节 晚古生代别鲁乌图组	(72)
一、火山岩地层层序	(72)
二、火山岩岩石学特征	(73)
三、火山岩岩石化学特征	(74)
四、微量元素和稀土元素地球化学	(77)
五、铅同位素组成	(81)
第四节 讨论与结论	(81)

第四章 花岗岩类	(85)
第一节 花岗岩类时, 空分布特点	(85)
第二节 花岗岩类岩石学特征	(87)
一、前寒武纪花岗岩类	(87)
二、加里东期-海西期花岗岩类	(89)
三、印支期-燕山期花岗岩类	(90)
四、花岗岩类黑云母特征	(90)
第三节 花岗岩类岩体地球化学	(93)
一、主要元素	(93)
二、微量元素	(96)
三、稀土元素 (REE) 地球化学特征	(100)
第四节 铅和氧同位素组成	(103)
一、铅同位素组成	(103)
二、氧同位素组成	(105)
第五节 花岗岩类成矿特征	(106)
第五章 白乃庙铜、钼和金矿床成矿作用	(107)
第一节 白乃庙铜多金属矿床	(107)
一、矿体地质特征	(107)
二、矿石类型和组构	(112)
三、矿石矿物学特征及物质组分	(114)
四、围岩蚀变	(119)
第二节 白乃庙金矿床	(121)
一、矿床地质特征	(121)
二、矿石类型和组构	(123)
三、矿石物质组分	(124)
四、围岩蚀变	(127)
第三节 徐尼乌苏金矿化带	(129)
一、不整合面地质特征	(129)
二、不整合面金矿化特征	(132)
第四节 白乃庙铜、钼和金矿床成矿机理	(134)
一、硫、碳、氧、氢和铅同位素组成	(134)
二、流体包裹体研究	(142)
三、铜、钼和金矿床成矿机理	(145)
第六章 温都尔庙铁矿床	(151)
第一节 含矿地层及构造特征	(151)
第二节 矿体地质特征	(156)

第三节	矿石物质组分及结构构造	(160)
第四节	铁矿床成矿作用及有关问题讨论	(166)
第七章	别鲁乌图铜硫多金属矿床	(170)
第一节	成矿地质环境	(170)
第二节	赋矿层位中的条带状电气石岩	(172)
第三节	矿床地质-地球化学特征	(175)
第四节	矿床成因讨论	(181)
第八章	哈达庙斑岩型金矿床	(184)
第一节	侵入杂岩体岩石学特征	(184)
第二节	侵入杂岩体地球化学	(188)
第三节	金矿床地质特征	(197)
第四节	金矿床成矿机理	(202)
第九章	区域成矿作用与找矿标志	(203)
第一节	区域金属矿床成矿的构造环境	(203)
第二节	区域岩浆演化与金属成矿作用	(206)
第三节	区域成矿作用	(210)
第四节	成矿远景和找矿方向	(213)
参考文献	(216)
英文摘要	(226)
图版及说明	(237)

CONTENT

Introduction	(I)
Chapter 1 Outline of Regional Geology	(1)
Chapter 2 Metamorphosed Volcano-Sedimentary Sequence of Baiyinduxi Group	(5)
Part 1 Metamorphosed Stratigraphic Sequences and Main Petrological Characters.	(5)
1.1 Metamorphosed Stratigraphic Sequences	(5)
1.2 Main Metamorphic Rock Types.....	(7)
Part 2 Geochemistry of Main Metamorphic Rock Types	(10)
2.1 Major, Trace and Rare Earth Element Geochemistry	(10)
2.2 Potassium Uranium, Thorium and Geochemistry	(23)
Part 3.Sm-Nd, Pb, H and O Isotope Geology	(24)
3.1 Sm-Nd Isotope Geology	(24)
3.2 Pb Isotope Geology	(26)
3.3 H and O Isotope Geology	(28)
Part 4 Discussions and Main Conclusions	(29)
Chapter 3 Geological and Geochemical Characters of Volcanic Stratigraphic Sequences	(30)
Part 1 Middle Proterozoic Bainaimiao Group	(30)
1.1 Rock-forming Age and Division of the Metamorphosed Volcanic Strata	(34)
1.2 Petrological Characters of Main Metamorphosed Volcanic Rocks	(36)
1.3 Geochemistry of Main Metamorphosed Volcanic Rocks	(38)
1.4 Pb Isotope Geology	(52)
Part 2 Neoproterozoic Wenduermiao Group	(54)
2.1 Metamorphosed Volcanic Stratigraphic Sequences	(54)
2.2 Petrographic Characters of Main Metamorphosed Rock Types	(58)
2.3 Petrochemistry of Main Metamorphosed Volcanic Rock Types	(60)
2.4 Trace and Rare Earth Element Geochemistry.....	(67)
2.5 Pb Isotope Geology	(71)
Part 3 Late Paleozoic Bieluwutu Volcano-Sedimentary Formation	(72)
3.1 Volcano-Stratigraphic Sequences	(72)
3.2 Petrographic Characters of Main Rock Types	(73)
3.3 Petrochemistry of Main Rock Types	(74)
3.4 Trace and Rare Earth Element Geochemistry.....	(77)

3.5 Pb Isotope Geology	(81)
Part 4 Discussion and Main Conclusions	(81)
Chapter 4 Granitoids.....	(85)
Part 1 Temporal and Spatial Distribution of Granitoids.....	(85)
Part 2 Petrographic Characters of Granitoids	(87)
2.1 Precambrian Granitoids	(87)
2.2 Caledonian–Hercynian Granitoids	(89)
2.3 Indo–Sinian–Yanshanian Granitoids	(90)
2.4 Biotites from Various Granitoids	(90)
Part 3 Geochemistry of Main Granitic Rock Types.....	(93)
3.1 Major Element	(93)
3.2 Trace Element.....	(96)
3.3 Rare Earth Element Geochemistry.....	(100)
Part 4 Pb and O Isotope Geology.....	(103)
4.1 Pb Isotope Geology	(103)
4.2 O Isotope Geology	(105)
Part 5 Metallogeny and Granitoids	(106)
Chapter 5 Metallogeny of the Bainaimiao Copper and Gold Polymetallic Deposits	(107)
Part 1 Bainaimiao Copper–Gold Polymetallic Ore Deposit	(107)
1.1 Geology of Ore Bodies.....	(107)
1.2 Ore Type and Its Textural Characters	(112)
1.3 Ore Mineralogy and Geochemistry	(114)
1.4 Hydrothermal Alteration of Wall Rocks	(119)
Part 2 Bainaimiao Gold Deposit	(121)
2.1 Geology of Ore Deposit	(121)
2.2 Ore Type and Its Textural Characters	(123)
2.3 Ore Mineralogy and Geochemistry	(124)
2.4 Hydrothermal Alteration of Wall Rocks	(127)
Part 3 Xuniwusu Gold Mineralized Zone	(129)
3.1 Geology of Gold–Bearing Unconformable Zone.....	(129)
3.2 Gold Mineralization in Unconformable Zone	(132)
Part 4 Ore–Forming Mechanism of Bainaimiao Copper and Gold Polymetallic Deposits	(134)
4.1 Isotope Geology (S, C, O, H and Pb)	(134)
4.2 Fluid Inclusion	(142)
4.3 Ore–Forming Mechanism for Copper and Gold Polymetallic Ore Dposits.....	(145)
Chapter 6 Wenduermiao Iron Ore Deposit	(151)

Part 1 Fe-bearing Volcano-Sedimentary Sequences and Its Structures	(151)
Part 2 Geology of Iron Ore Deposit	(156)
Part 3 Ore Mineralogy and Geochemistry	(160)
Part 4 Discussions on Metallogeny and Some Related Problems of Wenduermiao Iron Ore Deposit	(166)
Chapter 7 Bieluwutu Copper-Sulfur Polymetallic Ore Deposit	(170)
Part 1 Geological Setting for Ore-Forming Process	(170)
Part 2. Stratiform and Banded Tourmalinites in Copper- and Sulfur-Bearing Strati-graphic Unit	(172)
Part 3 Geology and Geochemistry of Ore Bodies	(175)
Part 4 Discussions of Origin of Bieluwutu Copper-Sulfur Polymetallic Ore Deposit	(181)
Chapter 8 Hadamiao Granite Porphyry Gold Deposit	(184)
Part 1 Petrographic Characters of Hadamiao Intrusive Complex	(184)
Part 2 Geochemistry of Hadamiao Intrusive Complex	(188)
Part 3 Geology of Hadamiao Granite Porphyry Gold Deposit	(197)
Part 4 Discussions on Ore-Forming Mechanism of Gold Deposit	(202)
Chapter 9 Regional Metallogeny Mineral Exploration Criterion	(203)
Part 1 Tectonic Setting for Regional Metallogeny of Various Ore Deposits in the Area	(203)
Part 2 Regional Magmatic Evolution and Metallogeny	(206)
Part 3 Regional Metallogeny of Ore Deposits	(210)
Part 4 Prespective of Regional Ore Formation and Exploration Criteria	(213)
References	(216)
English Abstract	(226)
Plates of Photographs and Its Explanation	(237)

第一章 区域地质概况

温都尔庙—白乃庙地区位于中朝古板块北侧，新元古代与古生代褶皱带交接部位，这里不仅记载了西伯利亚与中朝两大板块分而再合的历史，留下了古蒙古洋扩张、消亡以及古大陆边缘增生、对接和造山等重要信息，而且蕴藏有丰富的金属矿产资源，为内蒙古中南部重要的铜、金和铁金属产地，其中白乃庙铜（钼、金）多金属矿床、白乃庙金矿、别鲁乌图铜硫多金属矿床、哈达庙金矿和温都尔庙铁矿的成矿作用与古板块构造关系的研究为众多地质学家所关注（图 1.1 和图 1.2）。

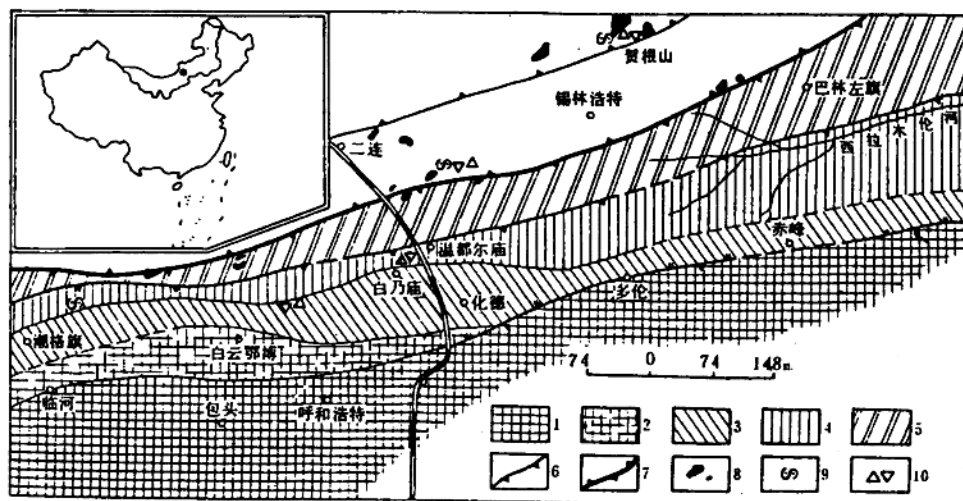


图 1.1 内蒙古中南部古大陆边缘区域构造环境略图

1—中朝古板块（成岩时代 2500Ma）；2—早元古代块体；3—中、新元古代褶皱带；4—晚加里东褶皱带；5—海西期褶皱带；6—新元古代—早古生代俯冲带；7—中朝古板块与西伯利亚板块会聚带；8—超基性岩体；9—蓝闪石片岩；10—混杂堆积岩

近几十年来，随着以活动论为理论基础的板块构造学说的兴起和现代岩矿分析测试技术的高度发展，人们开始用新的学术思想和工作方法对某些地质现象和已经积累的地质资料、数据进行再认识。同国内其它地区一样，研究区内温都尔庙群蛇绿岩、蓝闪片岩和混杂堆积以及白乃庙群火山岩系的研究引起了人们极大兴趣。自 70 年代初开始，许多地质学家相继涉足本区，从不同角度描述和论证了温都尔庙群、白乃庙群火山岩系地质地球化学特征及其大地构造意义，并且对其内部赋存的铜、金、铁矿床开展了初步研究，温都尔庙—白乃庙古沟—弧体系得到了广泛的认可。然而，对于区内不同构造—地层单元的相互关系、运动方式、原始空间位置及其与南侧古大陆结晶基底的成因联系，尚存在较大意见分歧。部分地质学家认为：新元古代晚期，西伯利亚板块与中朝古板块分离形成宽阔的古蒙古洋，早古生代，中朝古板块边缘由被动大陆边缘过渡为活动大陆边缘，古蒙古洋板块向中朝古板块一侧的俯冲可形成古沟—弧体系，大陆边缘通过消减、增生向北迁移，晚古生

代, 西伯利亚板块与中朝古板块再次碰撞、对接形成一体。依据上述推测, 建立了一个与威尔逊旋回相一致的板块构造模式(胡晓等, 1986, 唐克东等, 1983 和祁思敬等, 1981)。另外一部分地质学家则通过对不同构造-地层单元古生物、地层、火成岩和地质构造形迹的综合对比研究并且结合古地磁数据, 认为: 内蒙古中南部古大陆边缘经历了长期沧桑变迁, 各构造-地层单元的原始空间位置及其相互关系极为复杂, 岩石、地层变形强烈且具多期叠加特点, 因此, 很难用始于中生代海洋地质的板块构造理论来解释古板块构造演化过程。他们推测: 在二叠纪之前, 中朝古板块与北部的加里东褶皱带并非是一个连续的整体, 它们是相互分离的两个块体, 加里东褶皱带是通过拼合、增殖作用与中朝古板块相接的外来地体(暂称沟-弧联合地体)(王揖等 1986), 笔者原则上赞同这一观点, 认为: 温都尔庙群是古洋壳残片, 而白乃庙群和白银都西群分别是拼贴到中朝古板块北缘的岛弧残块和陆块残片, 随后石英闪长岩(665Ma)或花岗岩类岩脉的侵入标志着活动陆缘岩浆弧的岩浆活动再次重叠其上。邵济安(1986)认为: 该区经历过陆壳裂解、大洋型地壳、洋壳、大陆型过渡壳和陆壳构造演化过程, 提出 5 阶段构造演化模式。

尽管目前人们对研究区内古板块构造运动方式尚存在不同看法, 但是大家均承认本区主要由 4 个构造-地层单元构成(中元古代白银都西群, 中元古代白乃庙群、新元古代温都尔庙群和晚古生代别鲁乌图组火山-沉积岩系), 并且为温都尔庙和徐尼乌苏两条东西向深大断裂所切穿、分隔。各构造-地层单元地质特征简述如下:

白银都西群 位于白乃庙群和温都尔庙群火山-沉积岩层之下并且与上述岩层呈断层接触, 主要由斜长角闪岩、变粒岩、浅粒岩、角闪斜长片麻岩、肠状或条带状混合岩组成, 由于这套岩层在岩性组合、变质程度、火成岩类型、岩石地球化学、构造形迹和矿化特征等方面均与温都尔庙群、白乃庙群和别鲁乌图组相差悬殊, 因此, 长期以来, 人们一直将其视为归属不清的 M 地层或称之为温都尔庙群或白乃庙群基底岩层。在本次研究过程中, 著者偕同长春地质学院周和平等对 M 地层进行了 1:5 万地质填图和典型地质剖面测制, 并在此基础上对各类变质岩地质地球化学特征和同位素地质年代学进行了系统研究, 尽管还有许多需要深入研究的问题, 但研究已证实的确存在着一套与温都尔庙群、白乃庙群和其它晚古生代地层完全不同的变质岩地层, 建议称之为白银都西群。其原岩为古板块边缘形成的并且有基性岩浆活动参予的火山-沉积岩建造。

白乃庙群 一般来讲广义的白乃庙群包括上部沉积岩系和下部变质火山岩系, 前者由凝灰质砂砾岩、硬砂岩和板岩等组成, 其中所夹的透镜状大理岩中含有较丰富的珊瑚化石并且可与区域上的上志留统巴特敖包群或西别河组对比, 为一套上志留统类复理石建造(胡晓等, 1985)。不整合于沉积岩系之下的是一套变质海相火山岩(狭义白乃庙群), 主要由绿片岩、长英片岩和残玢变岩组成, 其中绿片岩是白乃庙铜(钼、金)多金属矿床的主要容矿围岩。绿片岩中角闪石钾-氩年龄变化范围为 434-581Ma, 单粒锆石铀-铅同位素年龄为 1802-1298Ma, 锆石铀-铅一致线年龄(4 件样品)为 1130Ma。据此认为, 白乃庙群火山岩系的成岩时代为中元古代, 角闪石钾-氩年龄反映的是区域变质或热事件发生的时间。关于白乃庙群的地质构造问题, 历来争议较大, 部分学者认为: 白乃庙群是一产状倾向南南西的单斜构造(李东旭等, 1987); 有人则提出它是由两个背斜和一个向斜或两个向斜和一个背斜组成的简单褶皱; 还有的学者推测: 白乃庙群经历过早期层间(或层内)平卧褶皱, 中期强烈同斜褶皱叠加改造和晚期东西向宽缓弯曲变形演化过程(胡晓