

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

四 矿床与矿产

第 11 号

中国金矿主要类型
区域成矿条件

蔡 燕等编著

地质出版社

P
406
141-1
11

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

四 矿床与矿产 第11号

**中国金矿主要类型
区域成矿条件**

秦 鼎 等 编著

地质出版社

内 容 提 要

“中国金矿主要类型区域成矿条件”科研成果分地质专报和文集两个系列陆续出版。文集包括六个分册，专报是对文集的概括性总结。

本专报以大量实际资料为基础，对中朝准地台下前寒武系分布地区（辽南、冀东、胶东、豫陕小秦岭）的石英脉型和蚀变岩型金矿、黔西南微细浸染型金矿以及黑龙江省砂金矿的区域成矿条件、成矿规律、找矿标志等进行了较详尽的论述，并探讨了找矿方向。此外，对所采用的找金的调查研究方法作了概括性总结。

全书共分五章，附图版 6 幅，内容丰富，资料翔实，是研究我国金矿地质的主要参考书之一。

本书可供从事有关专业的地质人员、教学和科研人员阅读参考。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报
四 矿床与矿产 第11号
中国金矿主要类型区域成矿条件
秦 德 等 编 著

责任编辑：蒋云林
地质出版社 出版发行
(北京 西四)
地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092^{1/16} 印张：8 铜版插页：3 页 字数：190,000
1988年8月北京第一版·1988年8月北京第一次印刷
印数：1—1,920册 国内定价：5.60元
ISBN 7-116-00220-0/P·200
科目：171—060

序 言

黄金在国民经济中占有重要的地位。在一些重要的工业及国防工业上，黄金具有难以代替的用途；同时，它又是国际贸易的硬通货。尤其是在我国实行对外开放政策之后，其重要性更是与日俱增。目前，我国黄金产量还远不能满足国民经济发展之需要。我国黄金地质工作虽有较快之发展，但大矿发现不多，有些地区长期以来无重大进展。为了改变这种局面，必须在找矿理论、方法，金矿新类型，找矿地区等方面有所突破。因此，地质矿产部在“六五”期间组织了黄金地质科技攻关。本书即为该科技攻关项目成果之一部分。

1983年，此攻关项目列入部科技发展计划。在此之前，部地矿司、科技司曾听取有关省局金矿地质工作汇报，并共同研究了金矿地质科技攻关的选区和选题。根据当时我国金矿地质工作情况，决定以黄金产量和矿量均占重要地位的中朝准地台上的“蚀变岩型”金矿、石英脉型金矿和黑龙江市砂金矿为主攻对象，总结其矿床特征和分布规律，为发现新的金矿远景区提供依据；同时决定，对新发现的黔西南浸染状微细金矿加强工作，总结其成矿条件，以期在我国西南及地质条件类似的地区有新的发现。实践证明，上述选区选题是适合我国金矿地质工作的实际情况的，是比较合理的。国外有些重要的金矿类型，如火山岩金矿、金铀砾岩等，在我国，或无重要发现，或目前储量有限，限于人力、财力，均未安排工作。故本项目未包括我国所有的金矿类型。

参加本项目工作的有：山东、辽宁、黑龙江、河北、河南、陕西和贵州等省地质矿产局的有关地质队、调查所、实验室，沈阳、天津地质矿产研究所，峨眉矿产综合利用研究所，地球物理地球化学勘查研究所，以及武汉地质学院和长春地质学院等单位的研究组。整个工作是在地质矿产部领导的关怀下，在科技司、地矿司和本项目技术顾问陈鑫同志的指导下进行的。工作中得到了各有关省地质矿产局、中国地质科学院、有关地质学院和研究的具体领导和支持，我们在此表示衷心的感谢。

本项目共包括24个课题，分别由上述各参加单位承担。

在中朝准地台前寒武系变质岩分布区投入的力量较多，在全部24个课题中占14个。这不仅是因为中朝准地台黄金产量和保有储量最多，而且有许多重要的金矿床。研究并总结它们的成矿特点、分布规律，有利于今后的金矿普查工作。有些矿床如熊家式金矿，在世界上也是少有的，对其进行系统、深入的研究，将大大地丰富金矿床地质学。同时，对金矿床地质的深入工作，也将促进中朝准地台前寒武纪地质的研究，提高其研究程度，充实其研究内容。

几年前，在黔西南地区发现了微细金矿。研究其形成机理及分布规律，不仅对贵州开展金矿普查工作有实际意义，而且对于在地质条件相似的滇东、桂北及其它地区开展金矿普查工作也具有指导意义。由于我们缺少利用此类矿石的经验，而且矿石中含的金是不可见金，因而对其物质组成、金的赋存状态和选矿工艺等进行了初步研究。

黑龙江省是我国砂金主要产区之一，素有“金于镶边”之称。黑龙江省有悠久的开采砂金的历史，已进行多年砂金普查勘探工作，但很少进行全面的系统的砂金地质研究。研

究黑龙江省的砂金地质，具有跨省的意义。此外，黑龙江省砂金虽多，但在团结沟金矿发现之前，寻找岩金工作一直没有重要的进展。这除与该省第四系发育、植被广布等因素有关外，在找矿途径与方法方面，也有不足之处，应当进行新的探索。此次工作期间，有两个课题组从事这方面的工作，取得了一些新的认识，对根据砂金矿的分布来寻找原生金矿很有启发，可能会开拓广阔的找岩金的远景，具有重要的理论和实际意义。

在工作中，我们尽量利用了前人的工作成果，在一些地区进行了综合的地质、物探、化探工作，与地质普查勘探工作密切结合，互相支持，互相促进。我们还注意了宏观研究与微观研究相结合，以宏观研究为基础，根据需要与可能，做了多种方法的实验测试工作，以期在成矿物质来源、成矿作用等方面取得新的资料，从而为探讨成矿条件、控矿因素提供依据，为成矿预测服务。

通过大量的野外调查、实验测试与综合研究，总结了各研究区的控矿因素、金矿分布规律与找矿标志，在此基础上指出了找矿方向。但是，由于时间、人力和财力的限制，对于一些基础理论问题，例如中朝准地台上花岗岩的成因及其与金矿化的关系、矿床的成因等，还存在不少问题没有解决，值得今后进一步工作。

本项目各课题的科研报告，都是独立的科研成果，但合起来则构成一个系统的科研报告，总字数在150万字以上，读者很难窥其全貌。故由部金矿攻关办公室抽调少量科技人员，在各课题科研报告的基础上，编写了本地质专报。本书提纲挈领地提出这次科研攻关中所取得之主要成果、主要结论及存在问题，以使读者对“六五”期间金矿地质科技攻关能有一较全面的了解。如欲了解更详细、更具体的情况，就必须参阅有关的文集了。

由于地质作用的长期性和复杂性，以及研究手段的限制，加以时间短和任务重，不同作者对于同一问题可能提出不同的见解，这是科学发展中的正常现象。本书在编写时采用一种观点而不采用另一种观点，并不意味着后者是错误的，主要是为了使各方面的资料更能协调一致，如有错误，应由笔者负责。

本书由秦箫、王孔海、庞庆邦、裘有守、余昌涛、毋瑞身、韦永福、李文亢、吕英杰执笔编写。秦箫曾对各章作必要之修改。所用之数据及图表，大部分取自各课题之科研报告，少数图表则由笔者根据有关报告之资料编制。全部插图由卢苇同志清绘。由于编写时间短促，笔者水平有限，错误在所难免，敬请读者指正。

本文初稿完成后，承蒙李廷栋、郭文魁、曹国权、黄崇轲、赵运昌、王保祥、陆春榕、袁润广、陶惠亮、李舒、吴承烈、孙培基、林蔚兴等同志对文稿进行了审阅，并提出了宝贵的意见。本书定稿时已参照各位专家的意见作了修改和补充。笔者向这些同志表示诚挚的谢意。

目 录

序言(秦 鼎)	(1)
第一章 中朝准地台下前寒武系分布地区主要类型金矿	(3)
第一节 研究简史(秦鼎)	(3)
第二节 区域地质背景	(4)
一、容矿地层(王孔海)	(4)
二、构造地质(鹿庆邦)	(17)
三、花岗岩类(裘有守、余昌涛)	(25)
第三节 矿床特征(母瑞身)	(36)
第四节 矿床成因讨论(余昌涛)	(45)
第五节 找矿标志及脉体评价标志(韦永福)	(51)
第六节 小结(秦 鼎)	(55)
第二章 黔西南微细浸染金矿(李文亢)	(57)
第一节 研究简史	(57)
第二节 区域地质背景	(57)
第三节 区域地球化学基本特征	(63)
第四节 矿床特征	(65)
第五节 成矿作用	(70)
第六节 成矿控制条件及找矿方向	(73)
第七节 矿石的工艺加工特性	(75)
第八节 小结	(76)
第三章 黑龙江省砂金矿(吕英杰)	(78)
第一节 砂金矿探采史及研究现状	(78)
第二节 砂金矿床的成因类型、成矿时代及其分布规律	(79)
第三节 砂金矿的成矿条件及富集规律	(83)
第四节 砂金矿的找矿标志	(86)
第五节 小结	(87)
第四章 金矿找矿方法的研究和应用(韦永福)	(88)
第五章 结语(秦 鼎)	(93)
参考文献	(96)
图版及图版说明	(98)
英文摘要	(107)

Contents

Introduction	(1)
Chapter 1 Gold deposits of chief ore deposit types in Lower Pre-	
Cambrian rocks of Sino-Korean Paraplatform	(3)
1 Brief history of research	(3)
2 Regional geological setting	(4)
1) Ore-hosting strata	(4)
2) Geological structure	(17)
3) Granitoid	(25)
3 Characteristics of gold deposit	(36)
4 Genesis of gold deposit	(45)
5 Searching indicators for gold deposit and evaluation criteria for gold veins	(51)
6 Summary	(55)
Chapter 2 Fine impregnated gold deposit in southwestern Gui-	
zhou	(57)
1 Brief history of research	(57)
2 Regional geological setting	(57)
3 Basic characteristics of regional geochemistry	(63)
4 Characteristics of ore deposit	(65)
5 Metallogenesis	(70)
6 Ore-controlling factors and direction of gold-searching	(73)
7 Technological character of ore	(75)
8 Summary	(76)
Chapter 3 Gold placer in Heilongjiang Province	(78)
1 Explorating and mining history of placer gold and research condition	(78)
2 Genetic type, metallogenetic age and distribution regularity of gold placer deposit	(79)
3 Formation condition and enrichment regularity of gold pla- cer deposit	(83)
4 Searching indicators for gold placer	(86)
5 Summary	(87)
Chapter 4 Research and application of searching method for gold	
deposit	(88)
Chapter 5 Conclusion	(93)
References	(96)
Plates with explanations	(98)
English summary	(106)

序 言

黄金在国民经济中占有重要的地位。在一些重要的工业及国防工业上,黄金具有难以代替的用途;同时,它又是国际贸易的硬通货。尤其是在我国实行对外开放政策之后,其重要性更是与日俱增。目前,我国黄金产量还远不能满足国民经济发展之需要。我国黄金地质工作虽有较快之发展,但大矿发现不多,有些地区长期以来无重大进展。为了改变这种局面,必须在找矿理论、方法,金矿新类型,找矿地区等方面有所突破。因此,地质矿产部在“六五”期间组织了黄金地质科技攻关。本书即为该科技攻关项目成果之一部分。

1983年,此攻关项目列入部科技发展计划。在此之前,部地矿司、科技司曾听取有关省局金矿地质工作汇报,并共同研究了金矿地质科技攻关的选区和选题。根据当时我国金矿地质工作情况,决定以黄金产量和矿量均占重要地位的中朝准地台上的“蚀变岩型”金矿、石英脉型金矿和黑龙江市砂金矿为主攻对象,总结其矿床特征和分布规律,为发现新的金矿远景区提供依据;同时决定,对新发现的黔西南浸染状微细金矿加强工作,总结其成矿条件,以期在我国西南及地质条件类似的地区有新的发现。实践证明,上述选区选题是适合我国金矿地质工作的实际情况的,是比较合理的。国外有些重要的金矿类型,如火山岩金矿、金铀砾岩等,在我国,或无重要发现,或目前储量有限,限于人力、财力,均未安排工作。故本项目未包括我国所有的金矿类型。

参加本项目工作的有:山东、辽宁、黑龙江、河北、河南、陕西和贵州等省地质矿产局的有关地质队、调查所、实验室,沈阳、天津地质矿产研究所,峨眉矿产综合利用研究所,地球物理地球化学勘查研究所,以及武汉地质学院和长春地质学院等单位的研究组。整个工作是在地质矿产部领导的关怀下,在科技司、地矿司和本项目技术顾问陈鑫同志的指导下进行的。工作中得到了各有关省地质矿产局、中国地质科学院、有关地质学院和研究的具体领导和支持,我们在此表示衷心的感谢。

本项目共包括24个课题,分别由上述各参加单位承担。

在中朝准地台前寒武系变质岩分布区投入的力量较多,在全部24个课题中占14个。这不仅是因为中朝准地台黄金产量和保有储量最多,而且有许多重要的金矿床。研究并总结它们的成矿特点、分布规律,有利于今后的金矿普查工作。有些矿床如熊家式金矿,在世界上也是少有的,对其进行系统、深入的研究,将大大地丰富金矿床地质学。同时,对金矿床地质的深入工作,也将促进中朝准地台前寒武纪地质的研究,提高其研究程度,充实其研究内容。

几年前,在黔西南地区发现了微细金矿。研究其形成机理及分布规律,不仅对贵州开展金矿普查工作有实际意义,而且对于在地质条件相似的滇东、桂北及其它地区开展金矿普查工作也具有指导意义。由于我们缺少利用此类矿石的经验,而且矿石中含的金是不可见金,因而对其物质组成、金的赋存状态和选矿工艺等进行了初步研究。

黑龙江省是我国砂金主要产区之一,素有“金于镶边”之称。黑龙江省有悠久的开采砂金的历史,已进行多年砂金普查勘探工作,但很少进行全面的系统的砂金地质研究。研

究黑龙江省的砂金地质，具有跨省的意义。此外，黑龙江省砂金虽多，但在团结沟金矿发现之前，寻找岩金工作一直没有重要的进展。这除与该省第四系发育、植被广布等因素有关外，在找矿途径与方法方面，也有不足之处，应当进行新的探索。此次工作期间，有两个课题组从事这方面的工作，取得了一些新的认识，对根据砂金矿的分布来寻找原生金矿很有启发，可能会开拓广阔的找岩金的远景，具有重要的理论和实际意义。

在工作中，我们尽量利用了前人的工作成果，在一些地区进行了综合的地质、物探、化探工作，与地质普查勘探工作密切结合，互相支持，互相促进。我们还注意了宏观研究与微观研究相结合，以宏观研究为基础，根据需要与可能，做了多种方法的实验测试工作，以期在成矿物质来源、成矿作用等方面取得新的资料，从而为探讨成矿条件、控矿因素提供依据，为成矿预测服务。

通过大量的野外调查、实验测试与综合研究，总结了各研究区的控矿因素、金矿分布规律与找矿标志，在此基础上指出了找矿方向。但是，由于时间、人力和财力的限制，对于一些基础理论问题，例如中朝准地台上花岗岩的成因及其与金矿化的关系、矿床的成因等，还存在不少问题没有解决，值得今后进一步工作。

本项目各课题的科研报告，都是独立的科研成果，但合起来则构成一个系统的科研报告，总字数在160万字以上，读者很难窥其全貌。故由部金矿攻关办公室抽调少量科技人员，在各课题科研报告的基础上，编写了本地质专报。本书提纲挈领地提出这次科研攻关中所取得之主要成果、主要结论及存在问题，以使读者对“六五”期间金矿地质科技攻关能有一较全面的了解。如欲了解更详细、更具体的情况，就必须参阅有关的文集了。

由于地质作用的长期性和复杂性，以及研究手段的限制，加以时间短和任务重，不同作者对于同一问题可能提出不同的见解，这是科学发展中的正常现象。本书在编写时采用一种观点而不采用另一种观点，并不意味着后者是错误的，主要是为了使各方面的资料更能协调一致，如有错误，应由笔者负责。

本书由秦箫、王孔海、庞庆邦、裘有守、余昌涛、毋瑞身、韦永福、李文亢、吕英杰执笔编写。秦箫曾对各章作必要之修改。所用之数据及图表，大部分取自各课题之科研报告，少数图表则由笔者根据有关报告之资料编制。全部插图由卢苇同志清绘。由于编写时间短促，笔者水平有限，错误在所难免，敬请读者指正。

本文初稿完成后，承蒙李廷栋、郭文魁、曹国权、黄崇轲、赵运昌、王保祥、陆春榕、袁润广、陶惠亮、李舒、吴承烈、孙培基、林蔚兴等同志对文稿进行了审阅，并提出了宝贵的意见。本书定稿时已参照各位专家的意见作了修改和补充。笔者向这些同志表示诚挚的谢意。

第一章 中朝准地台下前寒武系分布 地区主要类型金矿

第一节 研究简史

中朝准地台的黄河流域是中华民族发生和繁衍生息的主要场所，人们开采和使用黄金已有几千年的历史了，迄今也仍然是我国保有黄金储量最多、黄金产量最大的地区。但是，建国前只有很少人做了一些金矿地质工作，如冯景兰、郭文魁、刘国昌等对胶东金矿的调查研究。建国初期，金矿地质工作发展缓慢。1953年商务印书馆出版了朱夏编著的《中国的金》，夏湘蓉、吴作仁1959年编著了《中国金矿地质概论》^①对我国金矿作了总结。60年代我国金矿地质工作，取得了较大进展，发现了一些具有相当规模的金矿床，如胶东和小秦岭地区的一些金矿，恢复和扩大了许多老矿山，积累了许多金矿地质资料。尤其是70年代中期发现了焦家式金矿后，许多地质工作者到山东招远、掖县一带工作，发表了大量论文，散见于各种期刊与情报资料内部出版物上。山东地矿局第六地质队印刷了张毓璠等编著的《山东招掖地区金矿床控矿地质条件与矿床地质特征的研究报告》和《山东“焦家式”金矿地质》(1983)。栾世伟等发表了《小秦岭金矿床地球化学》专著(1985)^{②③}。进入80年代后，讨论各金矿区的文章剧增，但相当一部分发表在内部刊物上。各单位逐渐引进了新的研究手段和方法，至80年代已迅速推广，例如，稳定同位素、同位素年代学、矿物包裹体、稀土元素和微量元素研究等，认识逐步深入，但是对于矿床成因方面的分歧意见似有日益增长之势。在各个矿区研究的基础上，综合性研究也逐步开展。例如，1982年王义文发表了《我国主要类型金矿床同位素地质学研究》^④，将中朝准地台上的重要金矿都包括进去了。作者认为金矿床的层控特征非常明显，含金侵入体往往具有明显的再生—重熔性质。在王义文1983年的另一篇著作^⑤中，作者根据同位素的研究，认为金矿成矿作用的多期性和长期性，以及由于金的独特的地球化学特征所决定的继承性和再生性，使金矿成因模型大为复杂化了。1984年王秀璋等^⑥对层控金矿床的地球化学作了系统的总结，按其分类，太古界变质岩中金矿床为混合岩化后改造矿床，而产于元古界变质岩中的金矿为变质后改造矿床或者沉积—变质矿床。1982年母瑞身等提交的《我国金矿成矿规律的初步研究》引进金矿化集中区的概念，在金国划分出23个金的矿化集中区，其中7个位于中朝准地台上，这次金矿科技攻关在其中4个地区开展了工作，即招远—乳山区、丹东—营口区、燕山区和灵宝—嵩山区。该作者认为所有不同成因的金矿床都与该区古老的含金变质岩，尤其是其中那些富铁镁质的中基性火山岩建造有密切的依赖关系；矿床往往为多种成因

① 第一次全国矿床会议文件。

② 王义文，1985，中国不同类型金矿床同位素地质特征。

的,但是以一种成因为主;矿床规模首先不取决于成因类型,而取决于区内金的丰度。总之,近10年来本区金矿研究工作有了相当大的进展,但是为了最终解决金矿的成因问题,还需对典型矿床进行深入的研究。由于对矿床成因方面还有较多的不同意见,故本文将区内金矿统称为下前寒武系中的热液金矿床。

第二节 区域地质背景

中朝准地台上各研究区的研究成果,比较普遍地认为金矿化与一定的矿源层(或容矿地层)、一定的地质热事件和区域地质构造有关。这和过去许多研究者的意见是一致的。因此,综合各有关课题报告资料,对中朝准地台上有关的前寒武纪地层及其变质作用,混合岩化作用、花岗岩类以及区域地质构造,进行综合性的论述,作为探讨金矿生成,尤其是区域性成矿作用的基础。但是,必须承认,由于问题的复杂性,而且各课题组都是在相当局限的范围内工作,大范围的对比研究必然存在一些问题,许多认识只能是初步的,探讨性的。

一、容矿地层

中朝准地台金矿床的基本特征是,金矿产于早前寒武纪变质岩系及其中之花岗质岩石中,受断裂构造带控制,属含石英脉型金矿床。多数金矿地质工作者认为,金矿成矿物质来源于变质岩系,属层控热液型金矿床,可分为变质热液和交代-重熔岩浆热液两种成因类型。无论那种成因,对金矿成矿物质的来源,都从不同角度强调了初始矿源层存在的重要性。早前寒武纪变质岩系自下而上可划分出3套4个含矿层位,即:中太古代的变质中基性岩建造;晚太古代的变质中基性岩和酸性岩夹碳酸盐岩建造;早元古代的变质陆源碎屑岩和碳酸盐建造。现将中朝准地台金矿容矿地层的特征简述如下:

1. 中朝准地台早前寒武纪地层的划分和对比

本文所指的早前寒武纪地层是指形成于1800~2000Ma前的变质岩系。华北早前寒武纪地层研究,至今已有百余年历史。经中、外地质工作者不断深入工作,对地台区内早前寒武纪地层提出了众多的划分方案,建立了许多地区性的群组地层单位。“六五”金矿科技攻关期间,各地质队、院校、研究所根据各自的课题研究任务,从不同的角度,对前寒武纪地层进一步做了深入的调查研究,收集了大量资料。各单位对研究区内的早前寒武纪地层的划分和对比见表1。

早前寒武纪变质杂岩体主要分布在中朝准地台北缘和南缘,大致呈东西向展布。此外,在山东和山西呈北北东向展布。根据其同位素年龄、原岩建造类型和含矿性等特征,可划分出4个巨旋回。从表1看出,太古代分为3个火山-沉积巨旋回^[32],早元古代为陆源碎屑-粘土-碳酸盐夹酸性火山岩巨旋回。大于3000Ma的巨旋回,有冀东(燕山)地区的迁西群、辽吉地区的白山镇群(建平群)和清原群、阴山地区的集宁群。它们属高角闪岩相-麻粒岩相的变质中-基性火山-沉积建造,多分布于复背斜或穹状褶皱的核部。在冀东地区的迁西群中,已获得的同位素年龄值^①有Rb-Sr等时线年龄为3670Ma、3479Ma、和

● 据天津地质矿产研究所年表资料。

表 1 中朝准地台早前寒武纪地层对比表

Table 1 Correlation of the Early Precambrian strata of the Sino-Korean ParaPlatform

时 代	时 限 (Ma)	冀 东 地 区			小 秦 岭 地 区		辽 东 地 区		辽 南 地 区		建造类型	含矿性
		河北二队	天津所	沈阳所	河南一队 陕西六队	辽阳所	山东三队 (牟平、乳山 地区)	沈阳所 山东六队	长岭堡 铁岭所	抚顺所		
早 元 古 代	1800~	朱杖子群	青石岭群	棒罗台组 熊家沟组	黑 耳 铁 洞 沟 组 秋 省 组	粉 子 山 群	粉 子 山 群	粉 子 山 群	辽 河 群	辽 河 群	上部为陆源碎屑-粘 土质建造夹碎屑建造	金 多金属 石墨 菱铁矿
	2400	棒罗台组 老李棚组 上白旗组 老李棚组	双山子群	下白旗组 鲁杖子组 茨榆山组							下部为陆源碎屑-粘 土质和碳酸盐岩建造， 夹有中酸性火山岩-沉 积岩建造	
晚 太 古 代	2500	卢龙群			秦 池 口 组 三关店组 荆沟组 观家岭组 候神岭组 太 华 群	秦 池 口 组 三关店组 荆沟组 观家岭组 候神岭组 太 华 群	秦 池 口 组 三关店组 荆沟组 观家岭组 候神岭组 太 华 群	秦 池 口 组 三关店组 荆沟组 观家岭组 候神岭组 太 华 群	辽 河 群	辽 河 群	上部为中酸性火山 (含科马提岩)-沉积建 造和碳酸盐建造 下部为中酸性火山 (含科马提岩)-沉积建造	金 铜 铁 磷 多金属
	2800		八道河群	三门店组 神杖子组 三厂组 三营屯组 上川组							中-酸性火山(含科 马提岩)-沉积建造	
中 太 古 代		迁西群										金 铁
早 太 古 代	3000										中-酸性火山岩建造 夹基性-超基性熔岩(科 马提岩)	铁 (金)

3 444Ma、2 736Ma及长石、黑云母Pb-Pb等时线年龄3 055Ma。这些年龄值说明迁西群可能属于中朝准地台最古老的基底层。江博明等(1984)曾提出迁西群斜长角闪岩的Sm-Nd等时线年龄^①为3 470±107(26)Ma,认为代表华北地台早太古代的年龄。3 000~2 800Ma巨旋回,有冀东地区的八道河群、鲁西地区的泰山群、阴山地区的乌拉山群下部、辽吉地区的鞍山群下部等地层单位;为角闪岩相的变质中-基性火山-沉积建造,分布在复背斜的轴部或翼部。目前获得八道河群的变质或混合岩化作用年龄^②为2 420~2 621Ma,辽南鞍山群城子坦组一段上部年龄^③为2 730Ma,因此,该巨旋回形成年龄应早于2 700Ma。2 800~2 500Ma巨旋回,包括有冀东地区的卢龙群(八道河群上部)、小秦岭地区的太华(登封)群、五台地区的五台群、阴山地区的乌拉山群上部、胶东地区的胶东群和辽南地区的鞍山群城子坦组二段及宽甸群(辽河群下亚群的里尔峪组)。它们包括有从麻粒岩到低角闪岩相的变质中基性-中酸性火山-沉积岩建造夹有碳酸盐岩建造,它们或单独构成复背斜或分布于古隆起褶皱的边缘地带。在胶东地区的胶东群蓬乔组上部的锆石U-Pb法年龄为2670Ma^④,冀东地区的卢龙群的Rb-Sr法年龄^⑤为2 620Ma,秦岭地区的太华群的Rb-Sr法年龄^⑥为2 599~2 620Ma。元古界(2 400~1 800Ma)巨旋回,包括有冀东地区的朱杖子群(双山子群和青龙河群)辽南地区的辽河群、小秦岭地区的秋扒组、铁铜沟组及熊耳群,阴山地区的马家店群、二道洼群和五台-太行地区的溁沱群等地层单位。它们是角闪岩-绿片岩相的变质陆源碎屑-粘土-碳酸盐岩建造,其下部夹有细碧岩系的中酸性火山岩建造。它们分布于古老隆起(太古克拉通)的边缘或其中的断陷沉降带中。在冀东地区朱杖子群获得的Rb-Sr法年龄^⑦为2 403Ma。

综上所述,太古界是以火山-沉积旋回为特征,而早元古代地层多以正常陆源沉积建造为特点。

2. 容矿变质岩系原岩建造类型、变质作用及混合岩化作用

1) 早前寒武纪变质岩系的原岩建造类型

中朝准地台下前寒武系的4个巨旋回都是具有中-高级变质程度的一套层状变质杂岩。各巨旋回的变质岩石组合见表2。总的岩相特点是,下部是以基性火山岩为主,向上演化为中基性火山岩到中酸性火山岩,到顶部出现陆源沉积岩,而且在基性火山岩中尚含有非堆积型的镁铁质火山熔岩(即科马提岩),中朝准地台的太古代变质岩系的岩石组合和岩石化学特征表明,具有绿岩带岩组层序之特征。但这种绿岩建造仅能与加拿大安大略省、澳大利亚和津巴布韦等地区的绿岩建造相对比,它缺失南非巴伯顿地区绿岩型的下部超基性-基性岩建造,即仅发育有绿岩建造中部的中-基性和中酸性火山岩建造和上部的陆源碎屑沉积夹化学沉积岩建造。早元古代巨旋回,可细分为3个旋回层,即下部的陆源碎屑夹中酸性火山-沉积建造,中部的陆源碎屑-粘土质-碳酸盐岩建造和上部的陆源碎屑-粘土质夹碳酸盐岩建造。早元古代巨旋回表现为以正常沉积岩为特征。

2) 早前寒武纪变质岩系的变质作用特点

中朝准地台太古界为中-高级变质程度的麻粒岩相(带)和高-低角闪岩相(带),下

①、② 据天津地质矿产研究所年龄资料。

③ 据沈阳地质矿产研究所锆石U-Pb等时线年龄资料。

④、⑤ 据河北省地质矿产局第二地质队年龄资料(全岩Rb-Sr法)。

⑥ 据沈阳地质矿产研究所年龄资料(全岩Rb-Sr法)。

解題は、 2 枚

Table 2 Concise characteristics of the Early Precambrian strata of the Sino-Korean Paraplatform

界	地 层 名 称	变 质 岩 石 组 合	原 岩 建 造	变质作用及变质相	混合岩化作用
下元古界	朱杖子群 (曹家河群、双山子群)、辽河群、粉山子群、秋谷组、密洞沟组、熊耳群	上部：千枚岩、板岩、(十字石)二云片岩及片麻岩和变粒岩 火成岩体和磁铁矿石英岩 中部：大理岩、白云石大理岩、(砂绿石)石榴云母片岩和片麻岩及斜长角闪岩 下部：含石英变粒岩、透闪辉岩、片麻岩英大理岩	上部：陆源碎屑-粘土质建造 为主夹陆源建造 中部：陆源碎屑-粘土质-煤纹盐建造 下部：陆源碎屑建造夹中酸性火山-沉积建造	低-中高级变质作用。上部以鳞片岩相为主，下部为角闪岩相	中、上部混合岩化弱，仅出现长英质脉状体，下部混合岩化普遍，有前层混合岩和灰色均质混合岩层
上太古界	卢龙群 胶东群 太平群 辽南鞍山群上部	上部：石榴云母片岩和片麻岩及变粒岩、砂绿辉石片麻岩夹透闪辉岩、大理岩、石榴石英岩、斜长角闪岩、角闪岩等(局部地区有电气石变粒岩等) 下部：角闪黑云变粒岩、片麻岩和透辉岩、斜长角闪岩、角闪岩及磁铁矿石英岩、浅色云英片麻岩(局部地区有麻岩)	上部：陆源碎屑-明纹建造 夹有中酸性火山-沉积建造 下部：中-基性火山-沉积建造 夹有铁纹岩和超铁纹质火山岩岩	中高级变质作用。以角闪岩相为主，局部出现麻粒岩相，且多呈残留相存在	混合岩化作用普遍发育。在中、下部，出现均质混合岩和均质混合岩、混合花岗岩，局部有重熔型花岗岩产出
中太古界	八道河群 辽南鞍山群下部	上部：角闪黑云变粒岩和片麻岩夹黑云变粒岩和透辉岩、斜长角闪岩、磁铁矿石英岩 下部：以斜长角闪岩为主，含有磁铁矿角闪岩和辉石岩，夹磁铁矿石英岩	中-基性火山沉积建造，含有铁纹岩和磁纹质火山岩	中-高级变质作用。以低角闪岩相-高角闪岩相，鳞片岩组合为退化变质产物	普遍发育顺层条带和条带状混合岩，也发育有混合岩构造岩
下太古界	迁西群	一辉麻粒岩夹浅色麻粒岩、斜长角闪岩、角闪岩、变粒岩、辉石透辉岩石英岩等	中-基性火山建造夹铁纹岩、透辉质火山岩岩	高级变质作用。以麻粒岩相为主，角闪岩相是退化变质产物	以均质辉石花岗岩和条带状混合岩为主，也见有黑云紫苏混合花岗岩岩体

元古界为低—中高级变质程度的低角闪岩相—绿片岩相（带）。总的看，早前寒武纪变质岩的变质程度有随时代变新而变弱的趋向。

根据各类变质岩所具有的变质标型矿物，各变质相的矿物共生组合如下：

早太古代的麻粒岩相带

- ① 角闪石+透辉石+紫苏辉石+中—拉长石；
- ② 黑云母+紫苏辉石+中长石+石英；
- ③ 铁铝榴石+砂线石+堇青石+钾长石+石英；
- ④ 橄辉石+尖晶石+透辉石+白云石+方解石。

中—上太古代的角闪岩相带

- ① 角闪石+单斜辉石+中—拉长石；
- ② 黑云母+角闪石+更—中长石+石英；
- ③ 石榴石+蓝晶石+黑云母+更长石+石英；
- ④ 透闪石+透辉石+方解石+白云石。

下元古界的低角闪岩相—绿片岩相带

- ① 阳起石+黑云母+更长石；
- ② 石榴石+十字石+更长石+石英；
- ③ 硬绿泥石+白云母+更—钠长石+石英；
- ④ 透闪石+方解石+白云石。

麻粒岩相岩石，在区域分布上主要发育在中朝准地台的北缘角闪岩相带的核（内）部^①；在地台南缘该相岩石呈准稳定状态残存在角闪岩相地体中。角闪岩相岩石分布广泛，它们的出露面积约占下前寒武系分布面积的80%；低角闪岩相—绿片岩相岩石主要出露在太古界克拉通之间或其边缘的局部地段。

根据变质基性岩中出现紫苏辉石、透辉石和变质粘土质岩中出现蓝晶石、砂线石和堇青石等矿物，推断区域变质作用的温度、压力变化范围是很大的。在太古界变质基性岩中，普遍出现单斜辉石，表明其变质程度达高角闪岩相^[32]，考虑到变质基性岩中出现紫苏辉石和单斜辉石（透辉石）组合，其变质温度应达800℃以上；在粘土质变质岩石中出现了蓝晶石等中压型变质矿物，因此，其压力应大于10⁹Pa，而温度应在650℃上下。在上太古界变质粉砂岩中出现堇青石，它是低压型高温变质矿物，其变质温度的下限为550℃，考虑堇青石常常与砂线石呈准稳定状态，因此，其变质温度应在650℃以上。下元古界变质岩多属于低压型的绿帘石角闪岩相产物，在其变质硬砂岩中，常常出现硬绿泥石和十字石共生对矿物，其变质温度应在450~500℃之间。上述表明，中朝准地台早前寒武纪变质岩的变质作用，自老至新，由中压型过渡为低压型，其变质程度由麻粒岩相逐渐演化为绿片岩相；变质温度也由800℃以上的二辉石组合，转化为650℃的角闪岩相，至早元古代大约在450~500℃的绿帘石角闪岩相—绿片岩相组合。

3) 早前寒武纪变质岩的混合岩化作用

中朝准地台早前寒武纪区域变质岩的混合岩化现象是相当普遍的，其面积约占变质岩区的80%以上（应当指出，对太古界地体中的浅色片麻岩系，多数地质工作者认为是混合

① 天津地质矿产研究所，1986，冀东太古代含金岩石系列的研究。

质杂岩,近来有少数地质工作者认为是侵入岩系,即TTG^①岩套,本文暂不予以讨论)。因此,查明混合岩化作用,对研究早前寒武纪地层、矿产、地球化学和早期地壳等问题,具有十分重要意义。

变质岩的混合岩化作用,实质上是岩石的酸性和碱性化的过程,即长英矿物增加和铁镁矿物减少的过程。变质岩在遭受由弱到强的混合岩化过程中,其矿物组成、化学成分、结构和构造等方面都有明显的变化规律。

从表2可以看出区内混合岩化作用的基本特征。早前寒武纪的混合岩化作用与变质作用的关系十分密切,都具有多期作用的特点,而且其时间上是吻合的。早期混合岩化作用,仅出现在中一早太古代变质作用形成的麻粒岩相和高角闪岩相岩石出露区,以均质一条痕状紫苏花岗岩混合岩化为特点,它与麻粒岩相岩石相伴生;而片麻状一条带状长英质混合岩化主要与角闪岩相岩石相伴生。晚期混合岩化作用,是形成在早元古代形成的角闪岩相地体之后,以形成条带状、脉状混合岩为特征。因此,在空间上不仅叠加于早元古代变质岩之上,而且也叠加于太古界变质岩及其早期混合岩之上。

区内混合岩化作用的强度还受原岩性质的影响。一般偏基性的变质岩石是不易产生混合岩化作用的,而偏酸性的岩石,往往容易形成花岗状岩石。另外,混合岩化强度还受构造部位的控制。一般在褶皱的轴部和深大断裂部位往往易形成均质混合岩和混合花岗岩,而远离褶皱构造轴部或深大断裂带,仅发育有顺层或切穿层理的长英质脉体。

中朝准地台早前寒武纪变质岩的混合岩化作用的基本特点为:

(1) 早前寒武纪较古老的浅色岩系,多遭受花岗岩化和均质混合岩化作用的改造,表现为K、Na、Si的增长和Ca、Mg、Fe的减低,其稀土元素特征表现为轻稀土富集^②;而较新的浅色岩系主要改造为条带状混合岩或混合岩化变质岩。

(2) 早前寒武纪较古老的暗色岩系,在混合岩化过程中,主要表现为基性斜长石的去钙长石化和暗色矿物的次闪石化和黑云母化;较新的暗色岩系多呈绿泥石化残留体赋存于混合岩化浅色变质岩系中,其稀土元素特征表现为重稀土亏损和轻稀土的稍微富集。

(3) 在变质岩的混合岩化过程中,金随暗色矿物含量及Fe、Mg、Ca等元素的减少而活化、迁移。在冀东和小秦岭地区的暗色岩系的金含量,随混合岩化程度的加强而减少;而在胶东和辽南地区,原岩中所含的金有向混合岩带集中,至花岗岩化带释放之趋向。

3. 容矿地层的地球化学特征

中朝准地台原生金矿的容矿地层已知有3套4个层位,即中太古界铁镁质火山岩建造(八道河群王厂组);晚太古代中-基性火山岩建造(胶东群蓬乔组、太华群国家峪组、鞍山群城子坦组一段)和中酸性火山岩夹基性火山岩、碳酸盐岩建造(胶东群民山组、太华群洞沟组);下元古界含碳质陆源碎屑-粘土质-碳酸盐岩建造(辽河群大石桥组、盖县组、青龙河群棒罗台组)。多数金矿地质工作者认为,早前寒武纪变质岩系既是容矿地层,又是金矿成矿的初始矿源层。

1) 容矿地层的岩石组合和岩石化学特征

早元古代容矿地层的岩石组合,是一套变质的粘土碎屑质、碳酸盐岩地层。常见的变

① 据长春地质学院及沈阳地质矿产研究所资料。

② 沈阳地质矿产研究所,1986,山东华平-乳山地区变质岩、花岗岩含金性及其与金矿成矿关系。

质岩石有含云母变粒岩、片麻岩、二云母片岩及含碳(石墨)的变粒岩、透闪透辉岩和大理岩。它以富铝、含碳和碳酸盐等为其岩石化学特征。在尼格里四面体展开图上和周世泰的K-A的相关图上,均落在粘土质和碳酸盐区内。根据变质地层的残留结构、构造及标型变质矿物(石墨、矽线石)以及变质地层的“韵律性”层理等特征,毫无疑问属变质的正常陆源碎屑沉积建造。

太古代容矿地层的岩石组合,自下而上出现规律性变化。中太古界是一套角闪质岩石,主要为角闪岩、斜长角闪岩和片麻岩、角闪辉石磁铁矿英岩等;上太古界下部为角闪质岩石,上部为角闪云母质岩石及碳酸盐岩。常见的岩石类型见表2。对角闪质岩石做岩石化学计算,并在尼格里四面体展开图和周世泰的K-A相关图上投影,绝大多数投影在岩浆岩区内,而且落于基性岩、超基性岩区内。对角闪云母质岩石进行上述处理,在投影图上可以看出,其中一部分落在岩浆岩区,而另一部分落在过渡区或沉积岩区靠近岩浆岩区的一侧。角闪质岩石的化学成分见表3。在西蒙南 $[(al+fm)-(c+alk)]$ 对Si的图解上(图1),大部分点落于火山岩区,少数点落在火山碎屑岩区附近。这就说明,太古代容矿岩石(地层)属正变质岩,即变质基性岩和中-基性岩,少数为火山碎屑岩和正常沉积岩。在基性岩中,尚含有岩石化学成分相当科马提岩的铁镁质火山熔岩(表3中的1,3,6)。在久野的 (K_2O+Na_2O) 对 SiO_2 的图解上(图2),角闪质岩石主要落在高铝玄武岩区(即岛弧区),部分落于(大洋)拉斑玄武岩和碱性玄武岩区,但投影点都靠近高铝玄武岩区的一侧。基于上述情况,太古代容矿变质岩系的原岩,主要是一套以基性到中-基性火山岩系为主的火山-沉积建造。考虑到胶东群⁽²⁾、鞍山群城子组变质岩系中有科马提岩存在

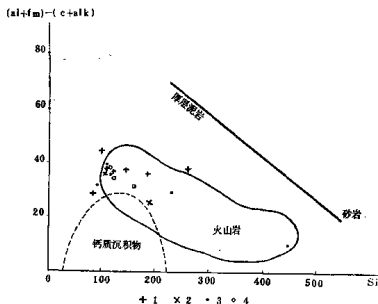


图1 中朝准地合金矿初始矿源层角闪质岩石 $(al+fm)-(c+alk)$ 对Si图解
(据西蒙南, 1953)

Fig. 1 Variation diagram of $(al+fm)-(c+alk)$ versus Si for the amphibolitic rocks—primary gold ore source beds in the Sino-Korean Paraplatform

1—中太古代八道河群王厂组; 2—中—晚太古代鞍山群城子组; 3—晚太古代胶东群莲沓组; 4—晚太古代太华群陶家峪组