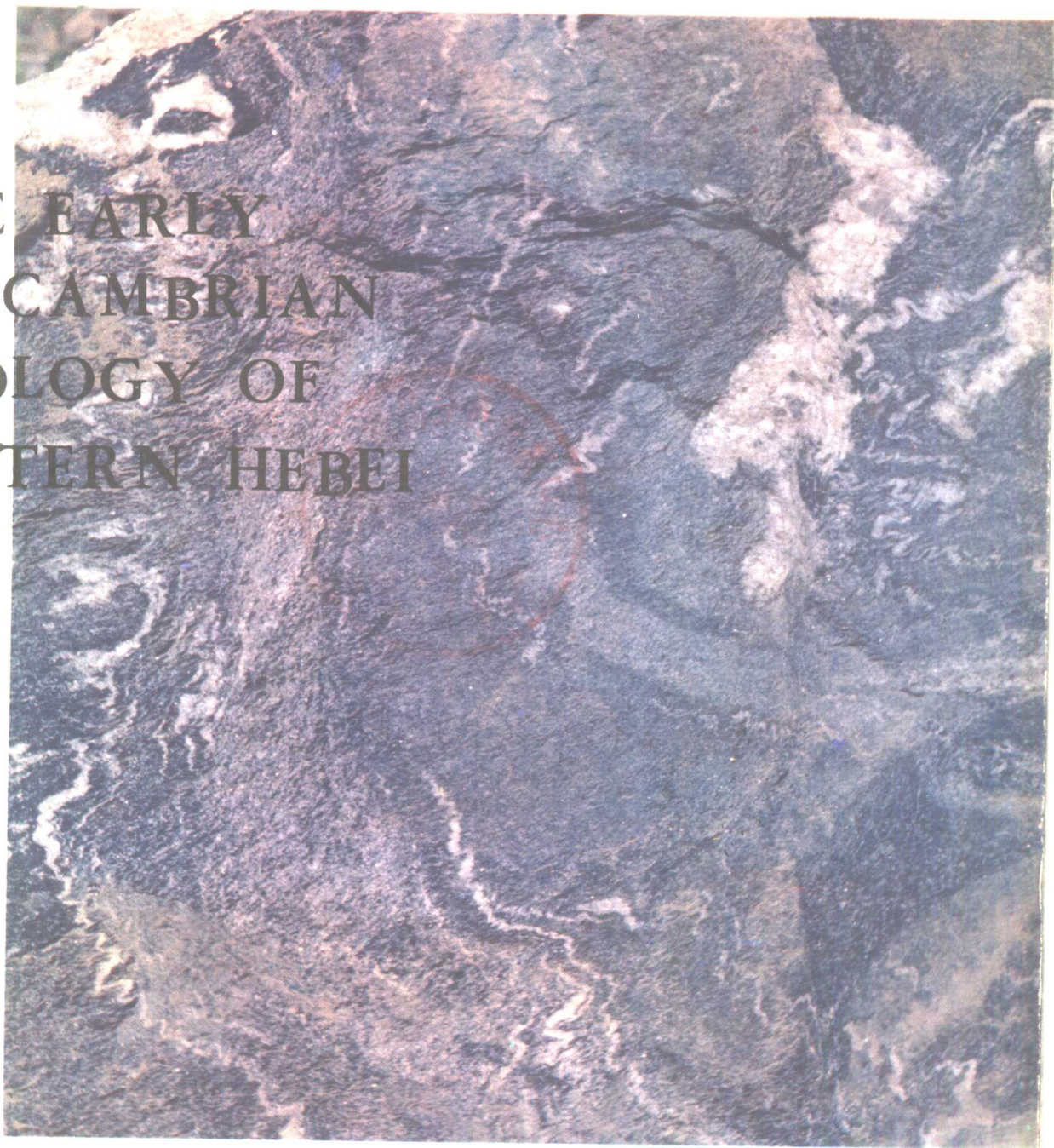
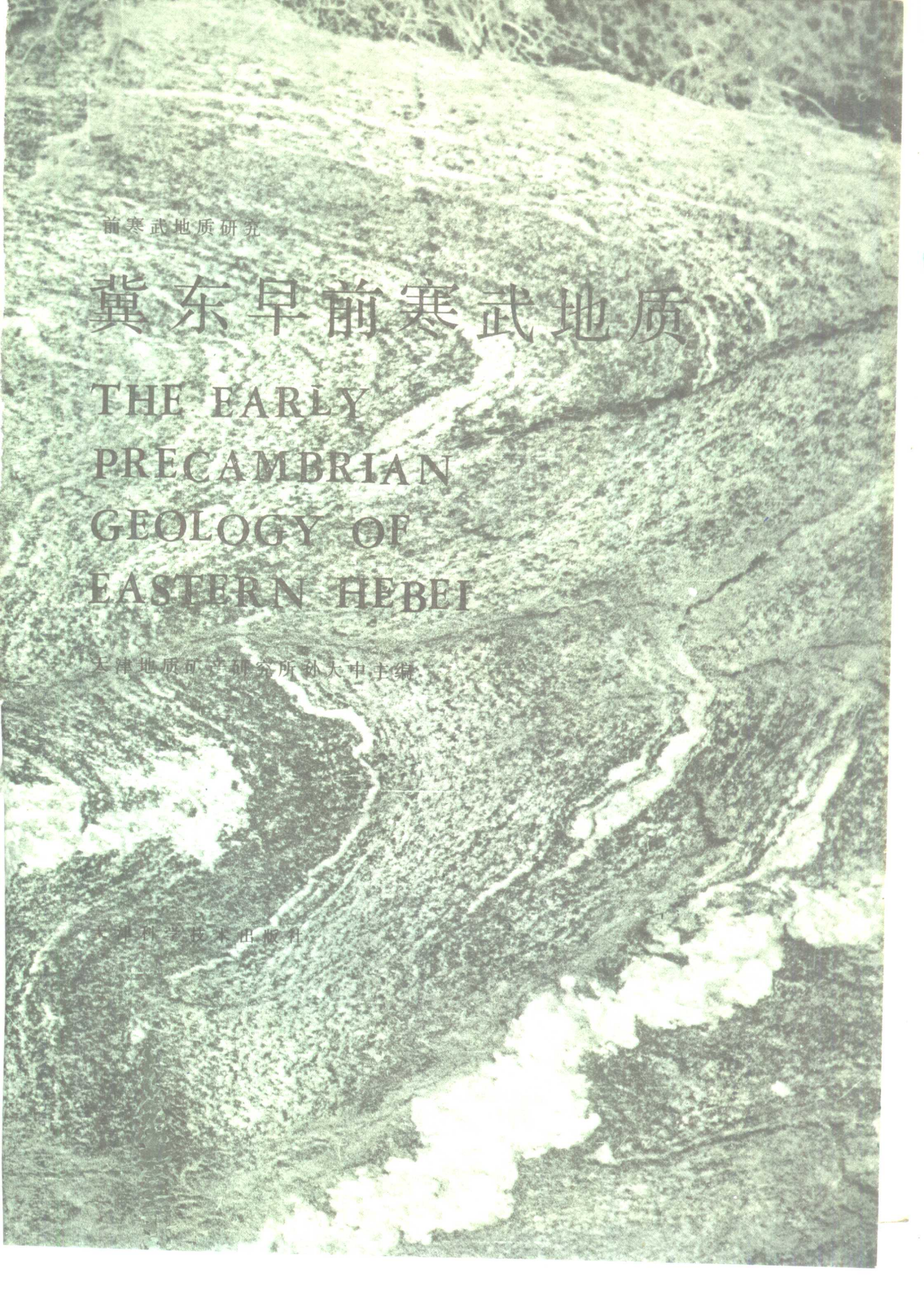


58.55
04888

冀東早前寒武地質

THE EARLY
PRECAMBRIAN
GEOLOGY OF
EASTERN HEBEI





前寒武地质研究

冀东早前寒武地质

THE EARLY
PRECAMBRIAN
GEOLOGY OF
EASTERN HEBEI

天津地质矿产研究所孙大中主编

天津科学技术出版社

冀东早前寒武地质

天津地质矿产研究所孙大中 主编

天津科学技术出版社

TIANJIN SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS
TIANJIN CHINA

1984

责任编辑：林基植

冀东早前寒武地质

天津地质矿产研究所孙大中 主编

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本 787×1092毫米 1/16 印张 16.75 插页 10 字数 426,000

一九八四年六月第一版

一九八四年六月第一次印刷

印数：(平) 1—3,000

印数：(精) 1—1,500

书号：13212·78 定价：(平)4.35元
(精)6.15元

内 容 提 要

冀东地区广泛分布早前寒武古老岩石，并蕴藏有丰富的铁、金等矿产，是我国重要的古老变质岩出露区之一。

本书是近年来对该区研究的新成果，从地层、地质年代学、变质岩、成因矿物学、变质作用、混合岩化作用、地球化学和构造等方面，作了较为系统的论述，并对早前寒武地质特点加以归纳，提出了该区的早前寒武地质演化模式，分析了有关矿产形成的时空条件和规律。

本书可供广大地质人员、地质院校师生和科研人员阅读参考。

序 言

冀东地区系指河北省东部燕山山脉东段的一片丘陵山地，大体位于山海关以西、蓟县以东、宽城—兴隆一线以南，是我国前寒武古老岩石出露较全的地区之一。该地区早、晚前寒武地层和岩石均很发育。晚前寒武（如蓟县等地的晚前寒武剖面等）方面已有很多研究工作，在中国地质科学院天津地质矿产研究所主编的《中国震旦亚界》（天津科学技术出版社，1980）一书中已有刊载。冀东的早前寒武地质，不仅由于变质岩层相当发育，时代古老和地质构造复杂，而且更因其蕴藏有丰富的铁、金等矿产，为中外地质学家所关注。

1978年，原国家地质总局将“前寒武纪变铁矿等类型的分布、富集规律与找矿方向的研究”列为国家重点科研项目，冀东是重点研究区之一。1980年，地质部科学技术发展计划（1980—1981）进一步明确将“冀东地区前震旦纪^①变质铁矿分布富集规律、找矿方向与找矿方法的研究”列为国家重点科研项目，提出要在冀东地区“建立区域前震旦纪变质岩系层序，划分对比含铁岩系及其变质特征，研究已知铁矿区的控矿构造特征……”。按照上述要求和专业分工，天津地质矿产研究所侧重解决冀东早前寒武的基础地质问题，弄清区域成矿的地质背景。在此以前，我所自1974年起，就开展了冀东早前寒武地质的研究工作，测制了迁安水厂—大石河一带的剖面（C—C'剖面），三屯营组剖面，原朱杖子群剖面等，并先后对迁安矿区、石人沟矿区、龙湾矿区以及滦县的司家营、马城、长凝、大贾庄等地的铁矿进行了研究，进行了迁安、滦县成矿带的对比。这一阶段的工作，主要围绕铁矿矿区进行，并开展了局部的地层、构造、岩石、矿物以及年代学等方面的研究。从1978年起，根据国家下达的重点科研任务，天津地质矿产研究所又组织力量，对冀东早前寒武地质进行了比较全面、系统、深入的研究，历时四年。工作主要分两个部分进行，一部分从事深变质区的工作，一部分从事浅变质区的工作。1978—1979年两年的野外和室内的研究工作，基本上取得了对冀东全区早前寒武纪地层、构造、岩石和某些矿床分布规律的认识，并提出一些新的方案和意见，1979年分别在冀东前震旦纪变质铁矿学术交流会和第二届全国地层会议上进行了交流。1980—1981年又进行了一些修改补充工作。本书就是1978—1981年科研成果的总结。其主要章节内容和主题论据虽然大多是根据1978年以后的工作成果总结的，但也包括了1978年以前我所在该区所取得的一些研究成果。

① 本书所说的“前震旦纪”或“前震旦系”，实际上是指前长城纪或前长城系。

冀东的早、晚前寒武岩层是以岩石变质和未变质为分界，早前寒武为变质岩层。根据现有同位素测年资料看来，冀东的早前寒武时代，大体相当于中（或早）太古代到早元古代。

研究冀东早前寒武地质，对于了解我国华北陆台基底的早期地壳演化历史，具有重要意义。原因是冀东早前寒武经历时间长，各阶段地层发育相对比较完整，且各具不同特点，至少可分为三—四大套地层。其变质程度由麻粒岩相到绿帘角闪岩相，又遭受了不同强度的混合岩化作用，构造形变也具有多期迭加的特点。上述特点交织在一起，反映在不同变质建造的历史演变、大地构造环境的变迁，以及构造—岩浆旋回的多次活动等方面。因此，剖析冀东早前寒武复杂而多变的地壳演化历史，不仅是对冀东地区早前寒武地质研究程度的提高，而且有助于对华北陆台基底早前寒武地壳演化历史的进一步探索。

研究冀东早前寒武地壳发展，还有助于总结该地区的早前寒武区域成矿规律，从而进一步指导找矿。例如本区早前寒武的火山—沉积巨旋回的晚期，往往对于形成条带状铁建造有利，水厂式铁矿形成于第一巨旋回的晚期，司家营式铁矿则形成于第二巨旋回的晚期等现象就说明了这一点。再如冀东的绝大多数金矿床和金矿点都产于第二巨旋回的下部，即产于八道河群王厂组内。尽管这些金矿可能是由其它后来的地质事件引起富集，但是王厂组的基性火山岩的原岩作为金矿的矿源层这一现象，还是相当清楚的。由此可见，基础地质与找矿的关系是相当密切的。

研究冀东早前寒武地质，还包括了对变质程度不同的深变质区和浅变质区这样两类地区工作和研究方法的探索。由于这两类地区原始构造环境和后期迭加事件之不同，其地质特点也有所不同，因此其研究方法也应有所不同。我们在研究该两类地区的过程中，有所侧重地采用了有关学科的综合方法，从而为总结其地壳演化和成矿规律，提供了基本的地质资料和依据。

本书是天津地质矿产研究所对冀东地区研究成果的阶段性的总结。在整个工作过程中，曾得到地质系统、冶金部系统在冀东地区的地质队、矿山的大力支持与协助，特别是河北省地质局第十六地质队、第十五地质队、第十地质队、第五地质队、第八地质队和首都钢铁公司地质勘探公司和矿山公司给予了积极的帮助。同时也得到中国地质科学院地质研究所、长春地质学院、武汉地质学院、北京大学地质系、河北地质学院等科研单位和高等院校的专家和老师们指导与帮助。在此一并致谢。

本书编写中，为了说明和讨论问题，除引用一些公开发表的文献资料外，还以脚注说明引用了一些国内交流资料。此外，黄净白、邸守军提供了一批早前寒武岩石中铀、钍、钾的能谱测定资料，钟富道在与我们协作研究冀东早前寒武地质年龄时，提供了一批我所采集的样品由他在澳大利亚国立大学所作的Rb-Sr等

时线测年资料。本书的大部分测试数据为我所化验室、地质实验室和同位素地质研究室所承担，此外还得到了中国地质科学院矿床地质研究所、地质研究所，冶金部地质研究所，天津冶金地质调查所等有关测试部门的协助和支持。

本书是集体劳动的成果，由孙大中主编，主要执笔人有孙大中、白瑾、金文山、蒋永年、高凡、王伍云、王俊连、高亚东、杨春亮。由于冀东地区的地质条件复杂，加之我们的水平有限，不妥之处，敬请批评指正。在书稿编写中，吴昌华等协助了编写工作。胡维兴等对本书提出过一些修改意见。图件由王春鲜、许开英、钟新宝、阎静等清绘，照片由崔跃云、王金荣制作。各种数据测定除编写者外均注于表下方。

初稿完成后，沈其韩、王启超、游振东、贺书严、张贻侠、陆春榕、沈保丰、翟安民、江雄新等审阅了全书并提出了修改意见；本书完稿后，承我所编辑部薛淑芸、汪玉麟对全书进行了编辑加工，在此表示感谢。

目 录

第一章 地层与地质年代学	(1)
第一节 地层研究概况 (孙大中)	(1)
第二节 区域变质地层	(3)
一、变质区的地层研究方法 (孙大中)	(3)
二、太古界——深变质地层 (孙大中)	(6)
三、下元古界——浅变质地层 (白瑾、杨春亮)	(14)
第三节 地质年代学的讨论 (孙大中、王伍云)	(24)
一、迁西群年龄的争论	(24)
二、迁西群年龄的讨论	(25)
三、八道河群的年龄	(29)
四、双山子群和青龙河群的年龄	(31)
五、小结	(33)
第二章 区域变质岩石学和区域变质建造 (金文山、王伍云)	(35)
第一节 区域变质岩类型及原岩恢复	(35)
第二节 区域变质建造	(52)
一、太古界区域变质建造划分及其特征	(52)
二、下元古界区域变质建造划分及其特征	(55)
第三章 某些变质矿物的研究	(62)
第一节 辉石 (蒋永年)	(62)
一、辉石的化学成分特点及其控制因素	(62)
二、红外吸收光谱分析	(67)
三、成因讨论	(69)
四、变质作用的温压条件	(72)
第二节 角闪石 (蒋永年)	(73)
一、形态和物性概述	(73)
二、化学成分的特点	(76)
三、几种波谱数据的测定	(77)
四、形成条件	(81)
第三节 黑云母 (蒋永年)	(87)
一、化学成分及其与形成时物理化学条件的关系	(87)
二、几种波谱数据的测定	(90)
三、成因讨论	(92)
第四节 石榴石 (蒋永年)	(94)
一、形态和物理性质概述	(94)
二、化学成分特点及其控制因素	(97)

三、波谱数据的测定	(98)
四、成因讨论	(105)
第五节 锆石(金文山)	(108)
一、锆石的特征	(109)
二、几点认识	(114)
第六节 磁铁矿(蒋永年)	(115)
一、地质产状概述	(115)
二、化学成分特点	(116)
三、化学成分与晶胞参数(a_0)的关系	(116)
四、磁铁矿中的微量元素	(122)
五、磁铁矿的形成温度	(122)
六、磁铁矿的成因	(122)
第四章 区域变质作用和混合岩化作用	(124)
第一节 区域变质岩矿物共生变质相带和变质相系(金文山、王伍云)	(124)
一、变质矿物共生和变质相带的划分	(124)
二、变质作用期次和变质相系讨论	(137)
三、结论	(138)
第二节 退变质作用及其特征(高凡)	(139)
一、退变质作用的含义	(139)
二、退变质作用的特征	(140)
三、退变质的物理化学条件和成因探讨	(151)
四、小结	(155)
第三节 混合岩化作用及其特征(金文山)	(155)
一、混合岩化作用对区域变质岩的改造	(155)
二、混合岩发育的控制因素和成因的探讨	(166)
第五章 地球化学(孙大中、杨春亮)	(169)
第一节 基性岩(深色岩)的地球化学	(169)
第二节 长英质岩石(浅色岩)的地球化学	(174)
第三节 铀、钍、钾的地球化学	(179)
第四节 小结	(183)
第六章 构造地质	(185)
第一节 深变质岩区构造地质(王俊连)	(185)
一、研究简况	(185)
二、褶皱	(186)
三、断裂	(202)
四、小结	(205)
第二节 浅变质岩区构造地质(高亚东)	(205)
一、褶皱现象的依据	(206)
二、构造旋回	(207)
三、双山子旋回的构造	(208)
四、青龙河旋回的构造	(211)

第七章 早前寒武地壳演化	(216)
第一节 太古代地壳演化(孙大中)	(216)
第二节 早元古代地壳演化(白瑾、杨春亮)	(219)
第三节 总结(孙大中)	(221)
附件 冀东区域变质岩和混合岩的分类命名(金文山)	(225)
参考文献	(234)
图版及说明	(241)
THE EARLY PRECAMBRIAN GEOLOGY OF THE EASTERN HEBEI (SUMMARY)	(254)

第一章 地层与地质年代学

冀东地区出露的地层有早前寒武（包括中、上太古界和下元古界）、晚前寒武（中、上元古界）和显生宙（主要是中、新生界）三大部分，其中前寒武地层出露面积最大，发育良好，是研究我国前寒武纪地层发展和演化的重要地区之一。

如同华北陆台的其它地区一样，本区早前寒武地层是以陆台基底的形式出现的，出露面积约5000平方公里。早前寒武地层特别是太古界分布区，在国外通常分为两类地区，一类为深变质区（或称高级变质区），一类为浅变质区（或称低级变质区、绿岩带）^[80,111,1,12]。在冀东早前寒武地层出露区中，深变质地层（以麻粒岩相和高级角闪岩相岩石为主）出露的面积约占92%，而浅变质地层（低角闪岩相绿帘角闪岩相）只占8%。这种深变质地层面积显著大于浅变质地层的现象，在华北陆台基底的其它地区也往往是如此。本区晚前寒武地层也十分发育，多作为盖层围绕分布于早前寒武地层区之外，只有局部覆盖其上。我国著名的晚前寒武地层剖面——蓟县剖面就位于本区的西侧^[18]。

第一节 地层研究概况

冀东的早前寒武地质研究，解放以前主要围绕铁矿进行过一些一般性的地质调查。1914年，安特生、丁格兰等曾到冀东地区进行过地质调查。日本侵华期间，田岛六郎、大西千秋等对冀东的铁矿曾作过一些调查。解放后五十年代初，仅有一些零星地质调查。五十年代末，河北省地质局唐山综合地质大队与首钢地质队联合对迁安水厂铁矿进行了详细踏勘，冀东地区的早前寒武地质才逐渐被人们所重视。但当时仍主要是围绕铁矿、金矿及与超基性岩有关的矿产开展区域地质、岩石和矿产等方面的工作，并把区内的变质杂岩称之为“桑干片麻岩”。六十年代初，长春地质学院师生在对承德、青龙和山海关一带进行区域地质调查的基础上，首先对本区早前寒武地层提出较为系统的意见（表1），从而奠定了本区早前寒武地层划分的基础。

1960年长春地质学院将本区早前寒武地层分为三个群，即单塔子群、双山子群和朱杖子群，其中单塔子群及其上部三个组（白庙子组、凤凰咀组和南店子组）的命名地点都在本区之外的承德市以西的大三岔口一大庙之间的剖面上。

1971—1974年河北省地质局区调二队在区域地质调查的基础上，对长春地质学院1960年的地层划分方案做了一些界线方面的修改和调整，提出将原单塔子群两分和将原双山子群和朱杖子群合并为朱杖子群的意见，这是七十年代以来曾被广泛引用的一个划分方案。1976年华北区域地层表^[24]基本上采纳了这一层序，并分别以迁西群、单塔子群和朱杖子群的三分命名予以肯定。但是这个方案是建立在山海关—马兰峪东西向背斜的一侧为单斜构造这一认识基础上的，根据这种层序划分所计算出的早前寒武地层，总厚度达四万余米。

1975年，天津冶金地质调查所等单位在编图过程中，在区调地层方案基础上，将马兰峪组进一步分为马兰峪组、跑马场组、高岭组和半城子组，并全部改用冀东地区或附近的地名

表1 冀东早前寒武地层对比表

长春地质学院 (1960)		河北区调二队 (1974)		天津冶金地质 调查所 (1975)		华北地层表 (1976)		天津地质矿产 研究所 (1979)		冀东地质指挥部 (1979)	
长城群	常州沟组	长城群	常州沟组	长城群	常州沟组	长城群	常州沟组	长城系	常州沟组	长城群	常州沟组
朱杖子群	褚杖子组	朱杖子群	褚杖子组	朱杖子群	褚杖子组	朱杖子群	褚杖子组	青龙河群		朱杖子群	
	棒罗台组		棒罗台组		棒罗台组		棒罗台组		棒罗台组		棒罗台组
双山子群	万槽咀组		老李洞组		老李洞组		老李洞组				
	上白城组		上白城组		杨杖子组		上白城组		张家沟组		上白城组
单塔子群	茨榆山组		老爷庙组		老爷庙组		老爷庙组	双山子群	下白城组		张家沟组
	南店子组	单塔子群	南店子组	单塔子群	鲁杖子组	单塔子群	南店子组		鲁杖子组	双山子群	鲁杖子组
	凤凰咀组		凤凰咀组		茨榆山组		凤凰咀组		茨榆山组		茨榆山组
	白庙子组		白庙子组		康杖子组		白庙子组		？		？
		桑干群		单塔子群	半城子组	迁西群		八道河群	三门店组	八道河群	三门店组
					高岭组				湾杖子组		湾杖子组
	拉马沟组		马兰峪组		跑马厂组		马兰峪组		王厂组		王厂组
					马兰峪组						
	三屯营组		三屯营组		三屯营组	群	三屯营组	迁西群	三屯营组	迁西群	三屯营组
	上川组		上川组		上川组		上川组		上川组		太平寨组

命名。地层分组虽有增多，但基本构造轮廓的认识与区调资料大同小异。

七十年代后半期，围绕铁矿地质特别是变质岩构造地质的研究，曾有人提出冀东早前寒武岩层有广泛的多次褶皱构造迭加，对用单斜构造累积地层层序表示异议。1976年王仁民等^①提出迁安曹庄子附近有一个强的花岗岩化带，其北为迁西群，其南为滦县群。钱祥麟亦有同样的意见，认为迁安—滦县一带早前寒武地层可分二套，以滦县群的名称取代或部分取代单塔子群的名称。尽管如此，但他们并未提出滦县群的详细地层层序和地层关系。李志忠等于1979年和1980年先后两次对冀东南部的早前寒武地层进行划分，并认为该地区古老地层中存在三个不整合，可划分出四个构造层和四个建造类型，据此由下向上分别为四个群：曹庄群、松汀群、卢龙群和司家营群。这一划分方案的前两个群大致与迁西群相当。后两个群大致与“滦县群”相当。在曹庄群和松汀群之间多划出一个被断裂改造的不整合面，并认为是角度不整合的新类型。这一划分方案主要是根据杏山一带的地质填图资料而提出的，是否适用于冀东全区还不清楚。

1978年董申保^②曾提出，对迁西群层序的建立强调用岩石地层学的方法，并提出六个岩石组合作为分层的依据。1980年他又提出一些修改意见，将迁西群岩石分为七个岩石组合，并强调从火山旋回的角度加以研究^③。

① 王仁民、付昭仁，1979，太古代变质杂岩不整合关系的识别及迁滦地区曹庄子不整合的厘定。

② 董申保，1978，麻粒岩地区的某些基本地质特征及冀东变质铁矿岩石学工作的若干问题。

③ 董申保，1981，关于冀东地区区域地质的一些问题。

1978—1979年孙大中、白瑾等在冀东地区开展了早前寒武地层研究工作,对这些地层主要按照原岩建造的火山—沉积旋回、褶皱构造变动、变质作用和混合岩化作用改造的特点,并参考地质年代学研究资料进行了重新划分^{①②③}, (表1)。随后,河北省地质局冀东地质指挥部吴跃良等^④对该区深变质地层的划分基本上和我们的方案一致,只是将上川组仍称作太平寨组;而对该区浅变质地层部分则主要是按照谭应佳等^⑤的意见进行了修改,主要的区别在于将下白城组仍置于张家沟组之上,并将张家沟组以上的地层仍沿用朱杖子群的名称。

总之,从七十年代后半期以来,该区所出现的地层划分方案的共同特点是,认为地层较普遍地遭受了两期以上主要褶皱构造迭加,不少人都强调了北北东向到南北向褶皱构造对地层重复对称出现的作用。因此,在地层层序、地层划分、地层厚度的估计等方面都与以前的认识有所不同。而后来的这些地层划分方案的不同点,仍由于各自对褶皱构造的解释和对各组之间的接触关系认识不同而有所差异。

第二节 区域变质地层

一、变质区的地层研究方法

六十年代以来,世界上对地球早期历史的研究形成了一股热潮,对太古代深变质区和浅变质区的一些典型地区都做了不少较为深入的研究工作。有关早前寒武地层的研究方法,目前使用的主要有两种:一种是按上壳岩(火山岩和沉积岩)的层序和间断建立地层关系,可称之为层序法;另一种是强调岩浆活动、构造运动和变质作用等地质事件作为地层的先后顺序标志和划分的依据,可称之为事件法。一般说来,对浅变质地层多以地层层序法为主,配合某些地质事件(如花岗岩活动),建立其地层柱;而对深变质地层,国外(特别是西方国家)往往采用地质事件法,只是在一些地层标志明显的地区才使用地层层序法。在深变质区采用地质事件法的原因,是因为一些研究者,如布瑞吉沃特、柯勒逊和迈耶尔(D. Bridgewater, K.D. Collerson and J.S. Myers, 1978)^[47]等认为北大西洋陆核等地区最古老的石英长石片麻岩是由于深成岩浆岩侵入后受到改造形成的,因而无法按层状岩石建立逐层的先后关系,所以他们使用的是“经典的火成岩”研究方法。这是当前研究某些深变质区地层的一种倾向。

解放以前,我国对后寒武层状岩石的研究有过不少建树,但对早前寒武深变质地层多未详细研究其地层层序,往往笼统称作“杂岩”或“片麻岩”,并认为它们是模糊一片的地层。五十年代以来,特别是六十年代以后,我国开展了大范围的区域地质调查工作,对早前寒武地层也大多沿用在后寒武层状地层工作中的习惯,用层序法建立其地层柱,并按岩石地层单位——群、组、段等予以划分。由于对深变质区,甚至对某些浅变质区的褶皱构造的复杂性认识不足,其地层层序不少是按单斜构造为基础进行排列。在具体工作步骤中,仍是以地层剖面测制为主要依据,然后在面上推广。尽管这种方法有一些缺点,在具体层序上可能

-
- ① 孙大中、白瑾、金文山、王伍云、王俊连、高亚东、杨春亮, 1979, 冀东前震旦地层重新划分的几个问题。
 - ② 孙大中、王俊连、金文山, 1979, 冀东太古代深变质地层的特点及其划分。
 - ③ 白瑾、王伍云、高亚东、杨春亮, 1979, 河北省青龙地区中、早元古代地层的初步划分。
 - ④ 吴跃良、谢秀峰、李俊先、冯恩普, 1979, 冀东前震旦纪变质铁矿规律及找矿方向。
 - ⑤ 谭应佳、段长清、尚书庚、葛梦春, 1979, 冀东青龙双山子一带前震旦地质及矿产(打印稿)。

出现重复,但通过众多的地质工作者的辛勤劳动,各地所建立起的大的地层单元的关系,还是比过去前进了一大步。华北陆台基底的许多地区,过去根据不整合和变质程度等所建立早前寒武的群一级地层层序,如五台—太行地层,阜平群在下,五台群在上;这些在现有认识上仍然是正确的。但是在群一级的内部,用一般层序法来研究地层有时就不一定能达到预期的效果。为此我们在本区早前寒武地层研究工作中,对工作方法问题进行了探讨。

冀东的早前寒武地层问题是比较复杂的。深变质地层区构造变形多期迭加,加之变质深,混合岩化作用强烈而普遍,与青龙县西部的浅变质区的岩层有明显的差别。因此我们将冀东早前寒武区分为两类地区,并采取不同的方式方法分别进行研究。

对冀东深变质地区,将变质建造、褶皱构造形态和混合岩化特点三方面作为建立地层层序的主要依据,尤其注重综合研究三者的空间分析,以建立其地层层序和关系。这种方法也可称之为综合地层法。在混合岩化强烈的地段,首先是重视其残留的变质岩的研究,然后根据变质岩的原岩性质及其变质程度,划分原岩建造和变质建造,作为地层划分的基础。

关于我国华北陆台基底早前寒武变质地层的原岩问题,按目前的认识主要是由火山岩和沉积岩构成,因此从恢复原岩建造的角度上看,能否建立起火山—沉积旋回的特征是一个重要的方面。这是因为早前寒武特别是太古界比较少见或难以发现不整合,致使在地层划分上不得不较多地依靠原岩的火山—沉积旋回来考虑。这也是因为火山沉积旋回代表地壳变动过程中上壳岩石演化的地质记录,某些旋回的顶底或间断面可以作为地层划分的依据。早前寒武时期的火山沉积旋回往往表现为:由下部镁铁质(有时有超镁铁质)火山岩过渡到上部长英质火山岩或沉积岩(有时夹化学沉积岩)。一般说来,早前寒武火山—沉积旋回有级别的不同,往往其表现的清楚程度也不同。旋回在混合岩化较强的地段往往看不清。在用火山—沉积旋回划分地层时,我们通常是借助小旋回和中旋回来考虑和推测岩层的顶底面,解释褶皱地层的重复和地层的正倒,有时用来划分组以下的地层单位。而从区域上或综合地层柱上体现出来的火山—沉积巨旋回则代表某一个大区域、一个大陆甚至全球范围内的地壳演化规律。因此从一定意义上来说,巨旋回反映的是地球早期的某些周期性变化的规律,而周期间的界面常常可以大致代表大套地层之间的界面。所以巨旋回的研究有助于大套地层的划分。

冀东早前寒武地层的另一特点就是岩石普遍变质,而且变质程度不同。能否考虑变质作用在地层划分上的意义,这是个需要探讨的问题。十九世纪末期,贝克和格鲁宾曼(F. Becke and V. Grubenmann)提出变质深度带的概念,曾被许多人所重视。二十世纪四十年代以后,由于变质作用的分类和围绕着一个热中心呈现变质分带的现象,使变质深度带的概念受到了冷遇。实际上区域变质作用的条件是多样的。霍列娃(Б.Я. Хорева, 1966)^[124]曾将区域变质作用分为两大类型,第一类称为区域动力—地热变质作用,第二类称为区域深成变质作用。前者大体与地热变质作用相当,并认为此类型表现为变质程度或变质相与沉积物的沉降深度有直接的关系。实际上这种类型的变质作用在早前寒武时期,在世界上某些地区特别是在华北陆台基底范围内具有重要的地位。例如古德温(A.M. Goodwin, 1978)^[166]根据加拿大地盾的资料把太古代上部地壳(10—15公里深)由上向下分为三个带:1)绿片岩相的上壳岩为主,伴有高侵位深成岩体;2)角闪岩相的花岗片麻岩为主,伴有坚固块体到弱叶理的深成岩,并有上壳岩单位的残留;3)主要为麻粒岩相片麻岩。再向下的地壳深部推测主要是基性麻粒岩。古德温所提出的太古代上部地壳的分带性反映了岩层深浅与变质

程度成正比的关系。目前看来,这种情况非但太古代是比较常见的,而且显生宙也有这种实例。如哈奇逊(C.S.Hutchison, 1975) [73]曾提出北婆罗洲和菲律宾的达尔维尔湾—卢博克—巴拉望带的中生代蛇绿岩套的岩层,按层序出现变质分带现象,由下而上分别出现麻粒岩相、角闪岩相和绿片岩相。这种分带表明了三个问题: 1) 变质相的由低到高与地层的由新到老大体上是一致的; 2) 变质相的高低与原始地层的深浅是一致的; 3) 地层被褶皱后,其变质相界限也随之褶皱。哈奇逊推测这种现象可能是由洋底变质所引起的,很可能洋底变质的物理化学条件与太古代的地热变质条件是接近的。在我国冀东、五台—太行、阴山—乌拉山等地的早前寒武地层的区域变质作用的特点,基本上是属于地热变质类型,因此变质岩的变质程度对建立大套的地层层序和关系也是一个可以参考的因素。但是这里需要说明两点: 第一,太古代或早前寒武地层并非到处都有这种规律性,象非洲南部的林波波带的麻粒岩相带是形成于两个克拉通之间的热—构造带之中的深变质带 [99]; 西格陵兰的伊苏阿上壳岩地层是残留在深变质区中的浅变质的产物 [35]; 印度南部的达瓦尔超群中的绿岩变质相由北向南加深 [94]。如果上述现象是可靠的,那么这些例子是不能简单地用区域动力—地热变质作用来解释。第二,两个以上的地区都具有地热变质带的特征,并不等于相同变质相的地层可以完全相当或直接对比。即使是同一构造单元,也还需要用建造特征、构造特点以及地质年代学等多方面资料进行综合分析对比后才能确定。就现有资料来看,各地区早期前寒武的地壳演化的地质条件和历史,在空间上和时间上都有可能存在一些差异。

此外,一些地球物理资料对深变质地层的划分也有参考价值。麻粒岩相岩层和角闪岩相岩层的地球物理特点,如地震波、重力、导电率、磁性等都不同。这两个变质岩层的界面大体与古康德拉面相当 [31],而康德拉面的主要依据是地震波波速从6.1公里/秒转变到6.4—6.7公里/秒。古德温(1977) [65]根据加拿大地盾资料认为,底部构造层麻粒岩相岩层重力平均值约为-10mGal,磁性强度平均 $> +200r$; 高级角闪岩相—麻粒岩相岩层重力平均值约为-30mGal,磁性强度为 $+200r$; 而上部构造岩层下部的绿片岩相—角闪岩相岩层重力平均值为-50mGal,磁性强度为 $+100r$; 上部沸石相—绿片岩相岩层重力平均值为-70mGal,磁性强度平均值为 $+100r$ 。以上资料反映出,重力值和磁性强度总体上与变质程度和地壳深度成正比。这对解释某些地区的地层堆积后的深度,地层的变质程度的深浅以及构造层之间的关系也是有帮助的。

我们对冀东早前寒武深变质区地质构造的研究,特别是对复杂的褶皱形态的研究中,配合以地球物理资料解释区域构造轮廓,为建立地层层序提供了较有充分的依据。如在本区根据区域航磁(ΔT)异常的长轴反映磁铁石英岩的走向,也反映了地层的构造线; 根据剩余重力值的资料,麻粒岩相区为正异常区,而角闪岩相区则往往为负异常区。由此可以大致反映变质相界面的起伏或岩层界面的起伏。因此运用重力剖面的剩余重力资料可以大致反映其褶皱构造的形态,对于解决地层在空间上的上下关系也能起到一定的辅助作用。

另外,本区深变质地层普遍遭受了比较强烈的混合岩化作用,东南部还出现了较多的混合花岗岩。因此混合岩中花岗质的来源问题,对解释地层的原始状态和原始成分就相当重要了。对于这个问题,宏观方面的观察和微观方面的研究都是不可缺少的,但问题的解决还不是那么容易的。因为这涉及到太古代硅铝壳以什么方式产生和什么时候形成这样一些有争论的问题。这方面有许多不同的意见。哈格雷夫(R.B. Hargraves, 1976) [69]等认为地球早期就有一硅铝壳并不断被改造,而格利克森(A.Y. Glikson, 1976) [64]等认为地球早期

为硅镁壳,后来不断地由地幔分异出硅铝质岩石,特别是在太古代晚期形成了一个高潮。怀特和查帕尔(A.J.R. White and B.W. Chappell,1977)〔110〕将超变质作用产生的花岗质岩石分为S型和I型两种,认为S型花岗岩系由变质沉积岩(泥砂质)熔化而形成;I型花岗岩的原岩可能是火成的基性岩或中性岩。奥尼尔和查帕尔(J. R. O'neil and B. W. Chappell, 1977)〔90〕认为I型花岗岩是原始地幔物质重新部分熔化而成。因此花岗质岩石并不一定就属于原地地层的改造,需要按具体的观察研究而定。从冀东的具体情况来看,原地重熔的产物可能并不占主导地位,所以我们对地层的原岩恢复仍然以混合岩中的变质残体为主要依据。

对于混合岩化作用在空间上能否分带的问题,梅涅尔特(K.R. Mehnerte, 1968)〔82〕从地球化学的角度提出混合岩在空间上可能呈上下两个化学分异带:上部带Si、Na、K和O等增高,而下部带Mg、Fe、Ca、Ti和Mn等相对增高。冀东早前寒武的混合岩中的花岗质岩石,也大致可以分成上下两个带:上部带为Si、Na、K等较高的花岗质或长英质岩石;下部带为含Mg、Fe、Ca等相对较高的紫苏花岗质(或一些化学成分近于英云闪长岩—花岗闪长岩)的岩石。这种分带现象还反映在上带与角闪岩相变质相带大体一致,下带与麻粒岩相变质相带大体一致。所以我们将此相带界面作为变质带和地层大套划分的参考界面。除此以外,由于原始或变质岩石的结构构造的差异,也导致混合岩化后构造上的差异。如斜长角闪岩原岩属于块状基性火山岩,混合后则成残块,混合岩的浅色部分常具片麻状或均质混合岩的特点,而原始岩石为薄层或条带状的斜长角闪岩,则易被混合成条带状混合岩。这种结构构造上的差异,一定程度上也可以作为划分地层的参考。

根据上述,我们在野外研究工作中,采取以路线观察为主的方法,以期对全区深变质地层的各方面的地质特征有较全面的了解和掌握。这样,综合多方面的资料所建立的地层层序就不会限于一两条剖面的局限认识上,而是有着一个比较广泛的“面”上的基础,形成地层在空间上展布的概念,用综合地层法较合理地建立起地层层序。

浅变质区岩层的直观连续性较好,因此工作方法与深变质区有所不同。其一是详细研究在区内分布较多的、既具有标志层特点又可代表不整合的砾岩层,在区内进行追索和对比;二是观察地层的原生构造(特别是韵律层、斜层理、交错层等)和次生构造(主要是片理和层理的关系)以鉴定岩层的顶底,与此同时,确定褶皱构造形态,建立区域褶皱构造格架,从而建立地层层序。这种以构造地层学为主,结合其它方面的特征如变质岩石组合和原岩建造,建立地层层序的方法,对混合岩化微弱、变质程度浅的地层仍然是行之有效的。

需要指出的是,同位素地质年代学的研究在早前寒武地层研究中占有相当重要的地位。冀东地区近年来进行了不少的同位素年代学的研究工作,这对该区太古界和元古界的划分起到了一定的作用,但还达不到全面建立地层系统的要求。所以,一方面要加强同位素地质年代学的工作,另一方面也要立足于地质观察,探索新途径、新方法。

按照上述两类地区进行工作的结果,冀东早前寒武地层总的面貌是太古界以深变质地层为代表,下元古界以浅变质地层为代表。其地层系统列在表2中。

二、太古界——深变质地层

冀东太古界包括两个群——迁西群和八道河群。其出露的面积占该区早前寒武地层出露的绝大部分(图1)。迁西群包括两个组:上川组和三屯营组。大致分别与辉石麻粒岩建造