

我国前寒武纪地质研究进展与展望^①

杨春亮 沈保丰 官晓华

(天津地质矿产研究所 天津 300170)

摘 要:前寒武纪地质学是现代地球科学中最活跃的学科之一。我国前寒武纪地质研究有着良好的条件和优良的传统,前寒武纪岩石在中国大陆上有广泛的分布,保存了从 3 800Ma 到 543Ma 较完整的岩石、地层和生物形成与演化的历史记录,并蕴藏了丰富的矿产资源。简要回顾了近百年来我国前寒武纪研究的历史,取得的丰硕成果及巨大进展。概述了中国前寒武纪时期的大陆,特别是太古宙华北克拉通地壳演化的特殊性和复杂性,与世界其他地区的克拉通进行了对比。指出前寒武纪地质学在研究地球科学中仍然处于重要的位置,尤其是研究前寒武纪超大陆汇聚与裂解及前寒武纪成矿区带的划分已成为当今世界研究的热点。在此基础上,提出了对我国 21 世纪前寒武纪地质学的工作设想和展望。

关键词:前寒武纪,超大陆,汇聚与裂解,成矿区带划分,中国

中图分类号:P 534.1

文献标识码:A

文章编号:0253-4959(2005)ZK-0416-07

前寒武纪是指自地球生成、有地质记录(4 600Ma)起到寒武纪之前(543Ma)、包含了 40 亿年的这段漫长历史,它占了地球历史的 8/9。由于这一时期地壳的组成、构造活动和成矿特点以及生命形式等方面都与显生宙有显著差异,因而形成了具有特色的前寒武纪地质学(Precambrian Geology)分支学科。前寒武纪地质研究虽然已有近 100 年的历史,由于前寒武纪地质条件的复杂性和研究目标和方法的不断更新,因此前寒武纪地质学在不断地发展前进、始终不衰,成为现代地质科学中最活跃的分支学科之一。

我国是世界上最前寒武纪地层分布较广泛的国家之一,前寒武纪地层出露总面积约占全国各断代地层出露总面积的 7.8%,其中太古宇出露面积约 7.4 万 km²、占地层出露总面积的 0.9%,元古宇出露面积 59.7 万 km²、占地层出露总面积的 6.9%(程裕淇,1994)。我国保存了从 3 800Ma 到 543Ma 期间较完整的岩石、地层和生物形成与演化的历史记录,并蕴藏了丰富的矿产资源,显示出许多独特的地质条件,成为探索地壳早期地质演化的重要窗口(图 1)。

一、前寒武纪研究历史的回顾

我国前寒武纪地质研究有着良好的条件和优良

的传统,并已做出了出色的成果,取得了重大进展。我国前寒武纪地质的研究,可大致分成早期、中期和近期三个阶段。

1 早期阶段(1923 年—1949 年)——建国前期的前寒武纪地质基础研究

早在十九世纪后期西方地质学者来华考察,就有关于我国前寒武纪地质文献发表。上世纪 20 年代中国地质学会成立之后,开始有我国地质学家的文献问世。翁文灏(1924—1926)通过对中国前寒武系大理岩含镁量的研究,认为前寒武纪大理岩比寒武系的石灰岩含镁量高,这一结论与十九世纪 80 年代以来西方学者所得的结论是一致的。李四光、赵亚曾(1924)对三峡震旦系的研究,以及其后高振西等(1934)对蓟县“震旦系”的研究,是对我国中、新元古界研究的经典之作。

对太古宙古老基底岩系的研究,首推上世纪 30 年代初赵亚曾、黄汲清对秦岭群的研究(Chao Y. T. & Huang T. K., 1931),谭锡畴、李春昱(1931、1934)对川康变质基底的研究和冯景兰(1934)对泰山杂岩的研究;40 年代有张伯声(1945)对嵩山变质杂岩的研究和程裕淇(1942)对四川西康一带变质杂岩的研究(Cheng Y. C., 1942),40 年代晚期黄汲清(1948)、王鸿祯和高振西对中国前寒武系作了系统概述(Wang H. C. & Kao C. T., 1948)。黄汲清

^① 中国地质调查局地质大调查综合研究“前寒武纪成矿作用”(kl. 4-3-1)项目。

文稿接受日期:2005-07-28;修改稿收到日期:2005-09-16。

第一作者简介:1949 年 7 月生,男,吉林省公主岭市人,研究员,中国地质学会前寒武地质专业委员会秘书长,长期从事前寒武纪地质与矿产资源调查与研究工作。E-mail: tigmr001@yahoo. com. cn

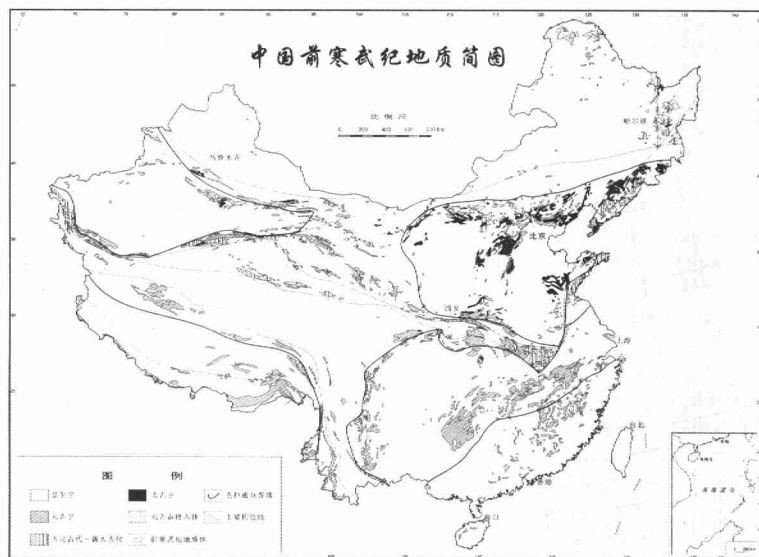


图1 中国前寒武纪地质简图

Fig. 1 Simplified Precambrian Geology Map of China

(1945, 1994)在《中国主要地质构造单位》一书中提出了前寒武纪旋回的概念,并划分了中国前寒武纪地块单位,从而为前寒武纪大地构造的研究奠定了基础(Huang T. K., 1945; 黄汲清, 1994)。

2 中期阶段(1949年—1983年)——前寒武纪地质研究走向成熟

新中国成立后,随着地质普查勘探工作快速发展,前寒武纪地层有了较广泛的研究,如王曰伦等(1953)、马杏垣等(1957)系统地研究了五台系,重新建立了地层层序,重塑了该区地质发展史,为该区前寒武纪地质研究奠定了基础。

1956年地质部地质矿产研究所成立了前寒武纪地质及变质岩研究室,并在1959年全国地质编图会上展示了我国第一张前寒武纪地质图。程裕淇等在1961年提出了变质岩分类和命名方案,并出版了《变质岩的一些基本问题和工作方法》(1963),成为前寒武纪变质基底研究的指导性文献。

1962年地质部华北地质研究所(1978年改称天津地质矿产研究所)成立后,在王曰伦所长、王植副所长的带领下,首先对蓟县中、新元古界剖面运用地层学、岩石化学、叠层石、微古植物及同位素测年等多种方法进行综合性研究,建立了著名的蓟县剖面。

同时王曰伦、陆宗斌(1962)还讨论了南北震旦系对比问题,提出了南北震旦系不相相当而为上下关系的论点。

1979年按中国地质学会32届理事会计划,筹备成立前寒武纪地质专业委员会,由地质部天津地质矿产研究所和冶金部天津冶金地质调查所共同负责筹备工作;同年在北京召开了成立大会,王曰伦被推选为专业委员会主任委员,罗耀星、王鸿祯为副主任委员,孙大中、刘如琦为秘书,挂靠单位为地质部天津地质矿产研究所。中国地质学会前寒武纪地质专业委员会的成立,标志我国前寒武纪地质专业队伍不断壮大,前寒武纪地质研究逐渐走向成熟。1979—1983年期间由中国地质科学院立项、地矿部科技司批准开始了全国范围的前寒武纪地质与矿产研究,在中国掀起前寒武纪地质与矿产研究高潮,《中国震旦界》论文集就是这一时期的代表性成果之一。

3 近期阶段(1983年—2003年)——前寒武纪地质取得丰硕成果和巨大进展

3.1 国际交流推动了我前寒武纪地质学的发展

上世纪80年代初期,为进一步交流国际前寒武纪地壳演化研究工作的新进展,探讨前寒武纪地壳演

化及其与成矿的关系,由中国地质学会、国际地质合作计划(IGCP)中国委员会等组织共同发起,并经国务院批准于1983年9月在北京香山召开了“国际前寒武纪地壳演化讨论会”。程裕淇在会上作了“古华北陆台早前寒武纪基底的某些地质和演化特征”的报告,对华北陆台早前寒武纪地质作了系统的总结(程裕淇等,1986)。这次会议是文革后地学界首次大型国际会议,开展了学术交流等活动,使我们了解了国际前寒武纪地质研究发展的总趋势,开阔了思路宣传了我国前寒武纪地质研究的成就,广交了朋友,对其后的深入研究中国太古宙绿岩带、片麻岩成因、推动变质岩区的地质填图得到了很多有益的启发。

同年(1983)中国地质学会、IGCP中国委员会、中国地质科学院等还在天津组织召开了“国际晚前寒武纪地质讨论会”。会议组织参观了天津蓟县和湖北峡东中、上元古界标准剖面 and 湖北神农架剖面,讨论了共同关心的晚前寒武纪地层的区域和大陆间的对比,探讨其在生物、年代、古地磁、古冰川、地球化学、岩石地层和构造岩浆活动等各方面的证据,以及其他有关晚前寒武纪地质问题。王鸿祯在会上做了“中国元古代构造单元及其边界性质”的报告,揭示了中国北部和南部构造单元边界性质的差异和特性及与大陆内部构造演化的相互关系,对古大陆边缘做了全面的总结(王鸿祯、乔秀夫,1987)。陈晋镛做了“元古宇地层对比方法的回顾”的报告,对现有地层学各种方法的应用条件、范围及限度进行比较与评估(陈晋镛等,1987)。

在北京和天津分别召开的“国际前寒武纪地壳演化讨论会”和“国际晚前寒武纪地质讨论会”是改革开放以来的地质盛会,是我国前寒武纪地质研究的一个重要里程碑。在这两个会议上,中国地质学者共提交72篇论文,汇集了自1977年以来根据国家地质研究规划,有组织、有计划地对全国十多个晚前寒武纪地层发育区内进行深入研究的重要成果。通过会议交流,国外的地质学家普遍反映中国前寒武纪地质现象复杂,并具有一些特殊的地质现象(如强烈变形和变质较深的绿岩带,强烈变形的元古宙地层等)以及特殊的成矿类型,因此他们认为在确立全球岩石圈演化模式时,研究中国的地质资料甚为重要。不少的国外代表表示愿意与中国开展学术交流和合作研究,极大地推动了我国前寒武纪地质学的进展。

3.2 不断探索,前寒武纪专题研究成果累累

1985—1993年组成由程裕淇、王鸿祯、董申保为名

誉主编的《前寒武纪地质》编辑委员会,出版了《前寒武纪地质》不定期专业刊物(1—7辑),宣传并总结这一时期前寒武纪地质研究的成果。同时,在我国前寒武纪重点地区的综合研究和理论研究也取得了丰富的成果:1982年程裕淇、孙大中等对中国的下前寒武系作了总结;王鸿祯等(1984,1986)对中国元古宙的构造轮廓和古地理的研究;孙大中等(1984)对冀东早前寒武纪地质的研究,对冀东太古宙含金岩石的系列研究(孙大中等,1989);张秋生等(1984)对中国早前寒武纪地质及成矿作用的研究;白瑾等(1986)对五台山早前寒武纪地质的研究;马杏垣等(1986)对中国前寒武纪构造格架的研究;董申保(1986)提出前寒武纪变质建造的概念;董申保、沈其韩、孙大中等(1986年)主编的《中国变质地质图及说明书》总结了变质地质和前寒武纪基底岩系变质作用;沈其韩(1990)对前寒武纪变质作用的研究;刘鸿允等(1991)对中国震旦系的总结等等。上述成果是对我国前寒武系研究的初步较全面的总结,在理论上和方法上都有所创新。

上世纪90年代以来又出版了一批探讨前寒武纪地质演化的优秀的科学论著和研究成果,主要有杜汝霖(1992)的《前寒武纪古生物学及地史学》、白瑾等(1993,1996)的《中国前寒武纪地壳演化》、赵宗溥等(1993)的《中国准地台前寒武纪地壳演化》、孙大中、胡维兴等(1993)的《中条山前寒武纪年代构造格架和年代地壳结构》、朱士兴等(1994)的《华北地台中新元古界生物地层序列》、陆松年等(1996)的《大陆地壳演化示踪》、李江海、钱祥麟(1994)的《恒山早前寒武纪地壳演化》等。中国地层典编委会(1996—1999)出版的《中国地层典》(太古宇、古元古界、中元古界和新元古界等4个分册)立典性地综合记述了以岩石(年代)地层为主的前寒武纪地层。

近几年来国内外对元古宙地质的研究取得了长足的进展,突出表现在新元古代 Rodinia 超级大陆已成为当前超大陆研究的中心,是全球构造和前寒武纪地质研究的热点。

我国中一新元古代超大陆研究也取得重要进展,例如陆松年等(2003)最近出版的《青藏高原北部前寒武纪地质初探》和《秦岭中一新元古代地质演化对 Rodinia 超大陆事件的响应》专著,探索了中国三大克拉通相互之间及与 Rodinia 和冈瓦那超大陆的关系。研究成果表明了 Rodinia 超级大陆的汇聚与裂解在我国西北部地区有系统的响应,显生宙热—构造事件对前寒武纪地质体有强烈的改造与叠加。

随着前寒武纪地质研究不断的发展变化,前寒

武纪研究已逐步渗透到古生物学、同位素地质年代学、地层学、岩石学、地球化学、构造地质学等学科领域,并相应地建立和发展成为具有我国特色的前寒武纪地质学的分支学科,并获得了显著的成绩。

二、中国前寒武纪大陆地壳独具特色

通过研究,对于前寒武纪时期中国大陆地壳的特殊性和复杂性多数地质学家都取得了共识。前寒武纪时期的中国大陆,特别是太古宙的华北克拉通经历过多期复杂的变质和变形作用,变质程度普遍较高,克拉通规模小而分散。

从全国范围看,前寒武纪地壳的形成、发展和演化至少经历了7次重大的地质事件和演化阶段,即始太古代——中国最古老的地壳(3 600Ma之前),古太古代陆核形成的萌芽阶段(3 600—3 200Ma),中太古代陆核初步形成阶段(3 200—2 800Ma),新太古代华北、塔里木古大陆的汇聚和初始古大陆化阶段(2 800—2 500Ma),古元古代华北、塔里木、扬子古大陆的增生、统一结晶基底形成阶段(2 500—1 800Ma),中元古代—青白口纪中国古大陆的裂解和汇聚阶段(1 800—800Ma)和新元古代南华纪—震旦纪中国古大陆的裂解阶段(800—543Ma)。

与世界上一些经典克拉通相比较,中国前寒武纪地壳表现出:1)具有漫长而相对连续的地质演化记录;2)太古宙地壳在2 600—2 300Ma期间经过强烈的改造,这一时期的花岗质侵入活动普遍而强烈;3)中国前寒武纪地壳变质作用类型具有多样化的特点,并呈现出多期变质作用和构造变化;4)前寒武纪地壳生长除水平增生的方式外,垂直增生占重要地位,并反映出板底垫托模式的可能性;5)被视为下部大陆壳的麻粒岩,除某些生热元素和Rb的丰度外,其化学组分与上地壳并不存在明显区别。

我国太古宙虽有若干特殊性,但象世界其他地区的克拉通一样,仍可划分为麻粒岩—片麻岩高级变质区和花岗岩—绿岩带等两种最主要的岩石组合类型。麻粒岩—片麻岩在华北陆块北缘最为发育,其在空间分布上有两类:一类在空间分布上可以连成(或断续连成)相带;另一类则分布零星,呈孤立的小区。花岗岩—绿岩带是中国早前寒武纪,特别是太古宙的重要岩石组合,是以镁铁质火山岩流为主体的火山—沉积系列,广泛分布在华北陆块。我国绿岩带经历过多期变质作用和以低角闪岩相为主的变质作用,遭受过多期构造变形,褶皱多为复向形、与绿岩带密切共生的主要是TTG岩系(英云闪长岩—奥长花岗岩—花岗闪长岩)、花岗岩—绿岩带主

要形成于2 900—2 500Ma之间。

随着同位素测年方法的改进和新方法的诞生,前寒武纪同位素测年数据积累得越来越多,其中不但出现了一批精度较高的年龄值,而且由于地质与实验的密切配合,对年龄数据的地质解释也达到了新水平。

以出现榴辉岩为特征岩石的超高压变质带研究是当今国际地学研究的前沿和热点。目前在世界上的主要大陆造山带中都已经发现了超高压变质岩。位于我国中部,西起阿尔金,经祁连、秦岭、大别,东到苏鲁地区的4 000km的“高压—超高压变质带”是研究深部地壳物质结构、板块构造和全球地质变化的天然实验室。近年来继在大别山(许志琴,1987)、胶东苏北(Yang J. & Smith D. C., 1989)和豫南(王晓燕等,1993;张儒瑗等,1993)榴辉岩中发现了柯石英及其假象之后,徐树桐等(1991,2003)、杨经绥等(1999)分别在大别山地区和苏鲁地区的榴辉岩中又发现了微粒金刚石,徐树桐等(2002)并对大别山造山带的构造几何学和运动学特征作了较深入的探讨;我国在江苏北部东海地区的大陆科学钻探主孔井钻探工程已经竣工,主孔深度达5 118m,取得大量基础数据和突破性成果,为深入了解地球内部打开了窗口。

三、前寒武纪地质学在地球科学研究中处于重要位置

如前所述,前寒武纪地质学已成为把地质学各分支学科有机地结合在一起的综合性学科,在地球科学研究领域中处于重要的位置。前寒武纪地质学之所以受到重视的原因有如下几个方面:

1)前寒武纪以时间而论,它包括了地球的早期[相当于太古宙(4 600—2 500Ma)]和地球的中期[相当于元古宙(2 500—543Ma)],它是地球演化历史中奠基和发展中十分重大的漫长阶段。在这时期有许多地质奥秘尚未被认识。

2)前寒武纪的岩石出露面积约占地球陆地面积的1/5,这些岩石是对岩石圈进行探讨的十分重要的部分,特别有些岩石代表下壳岩特征,对了解和估价岩石圈有重要的意义。

3)前寒武纪地质涉及到岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的起源和早、中期的演化过程,这些不仅是前寒武纪地质学、也是整个地质学的最基本问题。

4)前寒武纪岩石中蕴藏有十分丰富的矿产,尤其以铁、铜、金、铀、铅、锌、镍、钴、以及石墨、菱镁矿、滑石、硼、磷等具有很高的经济价值,还有一些超大

型矿床,十分引人注目。

总之,前寒武纪地质在科学理论方面直接与地球起源和演化,生命起源和演化等重大问题有关;在经济价值方面以其丰富的矿产为人类提供了巨大的财富,因此前寒武纪地质学受到青睐也就很自然了。

四、对前寒武纪地质学研究重点的几点建议

人类生存的需要和社会发展的需求对地质科学的要求越来越高,全面深入地了解和研究地球仍然是对当代地质科学工作者最大的挑战。

展望我国地球科学的发展,前寒武纪地质学在中国地质科学领域仍占有重要位置。为使前寒武地质工作适应国家经济及可持续发展的需求,首先是要继承和发扬老一辈科学家艰苦创业的精神,对他们的学术理论、学术思想和科学实践进行认真学习和系统总结。在此基础上,开展多学科及边缘学科的合作与研究,加强国际间的学术交流与合作,抓住我国前寒武纪地质内容丰富、类型独特的特点加强前沿领域研究,开创我国前寒武纪地质学研究发展的道路,为我国建设成为世界先进国家而做出努力。

为达到此目的,建议把前寒武纪地质学研究的重点放在以下几个方面:

1 地质历史记录表明,地球是在不同的地质历史时期不断的变化的,并且具有旋回性和不可逆转演化的特点。中国现存地壳至少延续有 38 亿年的历史,其中前寒武纪约占地壳演化历史的 87%。岩石类型出露齐全,地质构造独具特征,已成为探索地球历史的博物馆。研究地球的起源与演化,中、新元古代超大陆的形成、汇聚与裂解,预测全球变化以及可利用的矿产和能源等课题,仍然是前寒武纪地质研究的前沿的领域。

2 前寒武纪是中国十分重要的成矿期,矿产资源丰富,在我国前寒武纪地体中仍具有很大的找矿潜力。前寒武纪地壳在形成和演化过程中经历了多期次热—构造事件的叠加和改造,而每次重大地质事件都与一定的成矿作用有关,形成了铁、铜、铅锌、金、镍、稀土、锰、石墨、磷、菱镁矿、滑石、硼、硫铁矿、金红石、蛭石等众多大型、超大型矿床。研究表明,中国前寒武纪超大陆旋回与成矿作用关系十分密切。超大陆的碰撞汇聚和裂解离散等地质作用控制着前寒武纪成矿区带、成矿系列以及大型、超大矿床的形成和分布。以研究前寒武纪地壳演化中超大陆旋回等重大地质事件对成矿的制约和矿床形成的时空结构为主线,加强对前寒武纪成矿系列的研究,对解决如东北等地区老矿山基地资源危机,扩大国家战略

资源远景均具有十分重要的意义。充分利用已有的大量资料和研究成果,全面总结中国前寒武纪成矿地质环境,编制中国前寒武纪地质图和矿床成矿系列图,开展对重点成矿区带的调查和综合研究。注意在已有成矿区带中发掘出隐伏的、难找寻的大矿,不断扩大矿产资源的远景储量,满足社会发展需求。

3 前寒武纪地层是石油、天然气的重要储藏层之一。石油从生成、演化、运移、聚集和保存都是受沉积盆地地质构造演化的控制(田在艺,2002)。渤海湾盆地是一个发育在华北克拉通古老地块上的沉积盆地,在长期拉张应力环境下,形成多隆多坳的构造格局,内部张性断裂异常发育。在成油系统中形成“复式油气聚集带”。在渤海湾盆地中,冀中坳陷任丘基岩油田、济阳坳陷沾化义和庄基岩油田、辽河坳陷兴隆台基岩油气藏等这些基岩油气田的存在使人确信,在沉积盆地深部的古潜山构造中,中新元古界的碳酸盐地层和太古宙的片麻岩、花岗岩和其他结晶基底岩石是重要的石油成藏层(区)(张惠民、孙大中,1990)。研究前寒武纪基岩中石油天然气成藏的条件、环境和规律,对指导陆相盆地的油气勘探方向具有重要意义。

4 加强与其他学科紧密配合,交叉研究。地球的形成与演化不仅包括地幔、岩石圈等深部地质问题,同时也影响到地壳之上水圈、生物圈和大气圈的变化。因此,前寒武纪地质学研究必须与其他学科紧密配合,把地球作为一个整体来研究。在理论上,由微古生物的研究探讨生命的起源与演化,研究生物的形成所必须具备的最低条件,以及各种地质环境的变迁对生态系统的影响。从资源合理开发、物质循环与平衡、生态系统的优化等方面,探讨地球整个系统的变化及其可能对生态环境造成的影响及伤害。加强国际间的合作与交流,进行全球地层层序对比。从宏观和微观等多个角度开展预测、预报(或预警),寻求解决问题的途径。

参 考 文 献

- 马杏垣,蒋荫昌,尉俊衡,周大荣. 1957. 五台山地区地质构造基本特征. 北京:地质出版社. 1—131.
- 马杏垣,游振东,谭应佳. 1963. 中国东部前寒武纪大地构造发展的样式. 地质学报, 43(1): 27—52.
- 马杏垣,张家声,白 瑾,索书田. 1986. 中国前寒武纪历史过程中构造样式的变化. 见:国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集(1). 北京:地质出版社. 1—29.
- 马杏垣,白 瑾,索书田,劳秋元,张家声. 1987. 中国前寒武纪构造格架及研究方法. 北京:地质出版社. 1—131.
- 中国地层典编委会. 1996a. 中国地层典 太古宇. 北京:地质出版社. 1—75.

- 中国地层典编委会. 1996b. 中国地层典 古元古界. 北京:地质出版社. 1—65.
- 中国地层典编委会. 1996c. 中国地层典 新元古界. 北京:地质出版社. 1—117.
- 中国地层典编委会. 1999. 中国地层典 中元古界. 北京:地质出版社. 1—89.
- 中国地质科学院天津地质矿产研究所主编. 1980. 中国震旦亚界. 天津:天津科学技术出版社. 1—407.
- 王日伦(五台队集体调查). 1953. 五台山五台纪地层的新见. 地质学报, 22(4): 325—353.
- 王日伦, 陆宗斌. 1962. 根据绝对年龄资料对前寒武纪地层问题的讨论. 地质学报, 42(2): 186—197.
- 王日伦, 陆宗斌, 邢裕盛, 高振家, 林蔚兴, 马国干, 张录易, 陆松年. 1980. 中国上前寒武系的划分和对比. 见: 中国震旦亚界. 天津: 天津科学技术出版社. 1—30.
- 王晓燕, 崔文元, 刘树忠, 张立飞, 魏春景. 1993. 豫南地区含柯石英榴辉岩的发现. 岩石学报, 9(2): 181—185.
- 王鸿祯, 王自强, 朱 鸿, 乔秀夫, 杨允通. 1979. 中国北部长城系蓟县系和青白口系地层及古地理. 见: 国际交流地质学术论文集(二)地层古生物. 北京:地质出版社. 13—27.
- 王鸿祯, 乔秀夫. 1987. 中国元古代构造单元及其边界性质. 见: 国际晚前寒武纪地质讨论会论文选集 前寒武地质(第3号). 北京:地质出版社. 1—14.
- 王鸿祯, 翟裕生, 游振东, 石宝珩, 籍传茂, 杨巍然, 杨光荣. 2002. 20世纪中国地质科学发展的回顾. 地质学史论丛 4. 北京:地质出版社. 1—87.
- 冯景兰. 1936. 山东招远金矿记略. 地质论评, 1(4): 385—394.
- 田在艺, 史卜庆. 2002. 中国中生界沉积盆地与油气成藏. 大地构造与成矿学, 26(1): 1—5.
- 白 瑾主编. 1986. 五台山早前寒武纪地质. 天津:天津科学技术出版社. 1—475.
- 白 瑾, 黄学光, 王惠初, 郭进京, 颜耀阳, 修群业, 戴凤岩, 徐文蒸, 王官福. 1996. 中国前寒武纪地壳演化(第二版). 北京:地质出版社. 1—259.
- 白 瑾, 黄学光, 戴凤岩, 吴昌华. 1993. 中国前寒武纪地壳演化. 北京:地质出版社. 1—223.
- 伍家善, 耿元生, 沈其韩, 刘敦一, 厉子龙, 赵敦敏. 1991. 华北陆台早前寒武纪重大地质事件. 北京:地质出版社. 1—115.
- 刘宝珊, 许效松, 潘杏南, 黄惠琼, 徐 强. 1993. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿. 中国南方岩相古地理系列丛书. 北京:科学出版社. 1—236.
- 刘鸿允, 董榕生, 戚中林, 张启锐, 劳秋元, 李建林, 胡文虎, 陈孟莪. 1991. 中国震旦系. 北京:科学出版社. 1—388.
- 地矿部中国同位素地质年表工作组. 1987. 前寒武纪地质年表, 中国同位素地质年表. 北京:地质出版社. 1—146.
- 孙大中, 王魁元, 王俊连, 杨春亮, 赵福明. 1989. 冀东太古宙含金岩石系列的研究. 见: 中国金矿主要类型区域成矿条件文集 2. 冀东地区. 北京:地质出版社. 49—98.
- 孙大中, 白 瑾, 金文山, 将永年, 高 凡, 王伍云, 王俊连, 高雅东, 杨春亮. 1984. 冀东早前寒武地质. 天津:天津科学技术出版社. 1—273.
- 孙大中, 胡维兴主编. 1993. 中条山前寒武纪年代构造格架和年代地壳结构. 北京:地质出版社. 1—180.
- 朱士兴, 邢裕盛, 张鹏远等. 1994. 华北地台中、上元古界生物地层序列. 北京:地质出版社. 1—232.
- 许志琴, 张建新, 许惠芬等. 1997. 中国主要大陆山链韧性剪切及动力学. 北京:地质出版社. 1—294.
- 邢裕盛, 高振家, 刘桂芝, 乔秀夫, 王自强, 朱 鸿, 陈忆元, 金秋琦. 1989. 中国的前寒武系. 北京:地质出版社. 1—303.
- 张伯声. 1951. 嵩阳运动和嵩山区的五台系. 地质论评, 16(1): 79—81.
- 张秋生等. 1984. 中国早前寒武纪地质及成矿作用. 长春:吉林人民出版社. 1—536.
- 张惠民, 孙大中. 1990. 令人瞩目的前寒武纪石油天然气研究. 地质科技通报, (4): 37—38.
- 张儒援, 刘忠光, 王小民. 1993. 中国中部河南省榴辉岩中柯石英的发现及其地质意义. 岩石学报, 9(2): 186—191.
- 李四光, 赵亚曾. 1924. 长江峡东地质及峡之历史. 中国地质学会志, 3(3-4): 351—391.
- 李江海, 钱祥麟. 1994. 恒山早前寒武纪地壳演化. 太原:山西科学技术出版社. 1—116.
- 杜汝霖. 1992. 前寒武纪古生物学及地史学(教科书). 北京:地质出版社. 1—196.
- 杜汝霖. 1999. 中国前寒武纪地质学五十年. 见: 王鸿祯主编. 中国地质科学五十年. 武汉:中国地质大学出版社. 69—82.
- 杨经绥, 许志琴, 白文吉, 方青松, 张仲明, 颜秉刚, 任玉峰, 史仁灯. 1999. 苏鲁地区榴辉岩中发现金刚石——21世纪我国潜在的寻找金刚石矿床的远景地区. 地学前缘, 6(1): 69.
- 沈其韩. 1990. 华北陆台前寒武纪变质作用及其演化特征. 见: 北方前寒武纪地质及成矿论文选集 前寒武纪地质, 第4号. 北京:地质出版社. 1—7.
- 沈其韩, 徐惠芳, 张宗清, 高吉凤, 武家善, 吉成林. 1992. 中国早前寒武纪麻粒岩. 北京:地质出版社. 1—237.
- 沈保丰, 李俊建, 毛德宝. 1997. 华北地台绿岩带地质特征类型和演化. 前寒武纪研究进展, 20(1): 1—11.
- 沈保丰, 陆松年, 杨春亮, 李俊建, 毛德宝, 李怀坤. 2000. 矿床密集区预测的理论和方法. 北京:地质出版社. 1—82.
- 沈保丰, 翟安民, 陈文明, 杨春亮, 胡小蝶, 曹秀兰, 宫晓华. 2005. 前寒武纪成矿作用. 北京:地质出版社(出版中).
- 陆松年, 于海峰, 赵凤清, 金 巍, 李怀坤, 李 铨, 杨春亮, 李惠民, 郑健康, 张梅生, 蒋明媚, 葛肖虹, 修群业, 张文治, 郭进京, 刘永江. 2002. 青藏高原北部前寒武纪地质初探. 北京:地质出版社. 1—125.
- 陆松年, 马国干, 高振家, 林蔚兴. 1985. 中国晚前寒武纪冰成岩系初探. 见: 中国晚前寒武纪冰成岩论文集 前寒武纪地质, 第1号. 1—86.
- 陆松年, 李怀坤, 陈志宏, 郝国杰, 周红英, 郭进京, 牛广华, 相振群. 2003. 秦岭中一新元古代地质演化及对 Rodinia 超级大陆事件的影响. 北京:地质出版社. 1—194.
- 陆松年, 杨春亮, 蒋明媚, 李怀坤, 李惠民. 1996. 前寒武纪大陆地壳演化示踪. 北京:地质出版社. 1—156.
- 陈晋镛, 张惠民, 朱士兴. 1987. 元古宙地层对比方法的回顾. 见: 国际晚前寒武纪地质讨论会论文选集 前寒武纪地质(3). 北京:地质出版社. 15—35.
- 赵宗溥等. 1993. 中朝准地台前寒武纪地壳演化. 北京:科学出版社. 1—444.

- 徐树桐, 刘贻灿, 江来利, 关维平, 陈冠宝. 2002. 大别造山带构造几何学和运动学. 合肥: 中国科学技术大学出版社. 1—133.
- 徐树桐, 刘贻灿, 陈冠宝, Compagnoni R, Rolfo F, 何谋春, 刘惠芳. 2003. 大别山、苏鲁地区榴辉岩中新发现的微粒金刚石, 科学通报, 48(10): 1069—1075.
- 徐树桐, 苏文, 刘贻灿等. 1991. 大别山东段高压变质岩中金刚石. 科学通报, 36(17): 1318—1321.
- 翁文灏. 1924. 地质学上之生物进化观. 博物杂志(北京师大博物学会出版), (7): 1—12.
- 翁文灏. 1926. 金属矿床分布之规律. 南开矿业学会纪要, 1: 1—10.
- 高振西, 熊永光, 高平. 1934. 中国北部震旦纪地层. 中国地质学会志, 13: 243—288.
- 曹国权等. 1996. 鲁西早前寒武纪地质. 北京: 地质出版社. 1—210.
- 黄汲清. 1948. 先寒武纪之划分问题(中国地质学会第23届年会论文摘要), 地质论评, 13(3-4): 247—249.
- 黄汲清. 1994. 中国主要地质构造单位(再版) 北京: 地质出版社. 1—197.
- 程裕淇, 白瑾, 孙大中. 1982. 中国的下、中前寒武系. 见: 中国地层概论 中国地层. 北京: 地质出版社. 1—46.
- 程裕淇, 孙大中, 伍家善. 1986. 古华北陆台早前寒武纪基底某些地质和演化特征. 见: 国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集(第二集). 北京: 地质出版社. 1—19.
- 程裕淇, 沈其韩, 刘国惠, 王泽九. 1963. 变质岩的一些基本问题和工作方法. 北京: 中国工业出版社. 1—199.
- 程裕淇, 钟富道, 苏泳军. 1973. 中国华北和东北地区的前震旦系. 地质学报, 53(1): 72—80.
- 董申保主编. 1986. 中国变质作用及其与地壳演化的关系. 北京: 地质出版社. 1—233.
- 董申保, 沈其韩, 孙大中, 卢良兆主编. 1986. 中国变质地质图(1/400万)及说明书. 北京: 地质出版社. 1—37.
- 谭锡畴, 李春昱. 1931. 西康东部矿产志略. 地质汇报, (16): 1—30.
- 谭锡畴, 李春昱. 1934. 西康东部地质矿产志略. 康藏前锋, (5): 36—80.
- Chang Yu-chun(张伯声、张骏). 1945. Pre-Sinian geology of Hanchung districts, Shensi. Bulletin of the Geological Society of China, 25: 299—308.
- Chao Y T(赵亚普) & Huang T K(黄汲清). 1931. The Geology of the Tsinlingshan and Szechuan(秦岭山及四川之地质研究). Geol. Memoirs, A(9)[前中央地质调查所地质专报甲种, 第9号]: 1—230.
- Cheng Y C(程裕淇). 1942. On successive zones of regional metamorphism in the vicinity of Tanpa, Sikang(西康丹巴附近的渐进区域变质带). Sc. Rec., Academia Sinica, 1(3-4): 519—526.
- Huang T K(黄汲清). 1945. On major tectonic forms of China. Geol. Memoirs, A(20): 1—165(附中文摘要).
- Wang H C(王鸿桢) & Kao C T(高振西). 1948. Correlation of the principal Precambrian rock systems of North and South China. Contr. Inst. Geol. Acad. Sin. (国立中央研究院地质研究所丛刊), 8: 127—142.
- Wang Hong-zhen. 1986. Geotectonic development of China. Pt. IV. In: Yang Zun-yi, Cheng Yu-qi, & Wang Hong-zhen. The Geology of China., Oxford: Clarendon Press. 235—275.
- Wang Hong-zhen & Qiao Xiu-fu. 1984. Proterozoic stratigraphy and tectonic framework of China. Geological Magazine, 121(6): 599—641.
- Yang J & Smith D C. 1989. Evidence for a former Sanidine-Coesite-eclogite at Lanshantou, eastern China, and the recognition of Chinese Su-Lu coesite-eclogite province. 26 Terrastraces 174.

THE PROGRESSION AND EXPECTATION IN PRECAMBRIAN RESEARCH OF CHINA

YANG Chun-liang, SHEN Bao-feng, and GONG Xiao-hua
(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin, 300170)

Abstract Precambrian geology is one of the most active branches of the modern geosciences and the Precambrian rocks are well developed and widespread in the mainland of China, in which the organic origin and evolution were recorded from 3 800 to 543 MaB. P., and rich mineral resources are contained. The history of nearly a hundred years of the Precambrian studies, their plentiful results and great advances are briefly reviewed in this paper. The particularity and complexity of the craton crustal evolution of the mainland of China during the Precambrian, especially North China during Archaeozoic time are briefly discussed. A correlation with the cratons of the other regions in the world is made, pointing out the importance of the Precambrian geology in the study of the geosciences, especially the supercontinental convergence and cracking and the division of the metallogenic province, which have become the hot points of the studies all over the world. Based on these, an imagination and prospect for work on the Precambrian geology during the 21st century is proposed.

Key words Precambrian geology, supercontinent, converging and cracking, metallogenic region subdivision, China