



翟明国,前寒武纪与变质地质学家、岩石学家,中国科学院院士,第三世界科学院院士。现任中国科学院地质与地球物理研究所研究员,中国科学院大学资深讲座教授。主要从事前寒武纪地质学与变质地质学、岩石学和成矿学研究。

卷首语 Foreword

科技导报 2017, 35(24)

重要科学前沿:前寒武纪克拉通地质演化

地球约有46亿岁,以5.42亿年的寒武纪为界,之前约40亿年的地质时代称为前寒武纪,古老的稳定大陆块体称为克拉通。地球上何时出现初始陆壳,它是如何生长并形成稳定大陆的,是固体地球科学研究的核心内容之一。前寒武纪(5.4亿年前)是陆壳形成、生长、壳幔圈层分异耦合(克拉通化)并形成稳定陆块(克拉通)的阶段,表现为漫长时间尺度上的一系列重大地质事件。揭示这些事件的性质和过程,认识大陆形成和早期演化的特殊规律,对于理解大陆动力学以及未来的地球命运都具有重要意义。

作为地球的近邻,月球的陆壳主要由斜长岩组成,它的年龄是44.6亿年。月海是陨石撞击坑中月幔部分融化来的玄武质岩石。从地球分离出来的硅酸盐岩浆洋通过结晶分异可以直接形成斜长岩。目前已有的地球上地壳的最古老物质记录,是澳大利亚Jack Hill太古宙沉积砾岩中的碎屑锆石,它的年龄是~44.5亿年,锆石来自富钠质的花岗岩(TTG片麻岩),也就是说,以花岗岩质岩石为代表的地球上的陆壳岩石至少在44.5亿年前就已经存在,和月壳的年龄相似。值得注意的是,TTG片麻岩不能直接从地幔中熔融出来。很多人假设地球应该先有大洋,然而至今没有找到能被科学界公认的代表古老大洋的岩石。

大陆的形成演化大致可以分为以下几个阶段:地球核幔的分异以及初期的硅酸盐洋;38亿年前有规模的早期陆壳的形成;巨量的陆壳形成期,到25亿年前出现稳定大陆(超级克拉通);25亿~23亿年前,一个特殊的地球演化的“静止”阶段,而后是大氧化事件,使地球有了富氧的大气圈层和海洋圈层,促成了生物的发育和演化,以及初始的造山带活动,指示地球“早期板块构造”的启动;18亿~7亿年前的地球“中年期”,长达10亿年之久的地球稳定阶段,直至大规模的地幔柱活动、裂谷事件、雪球事件,然后进入显生宙,即地球进入现代板块构造阶段。大陆的演化涉及了几乎所有固体地球的科学问题,研究热点主要包括:1)早期洋壳、陆壳的形成机制;2)早期陆壳的物质组成以及成熟化过程;3)早期地壳热体制与板块构造的启动时代;4)大陆成矿作用的属性与不可重复性;5)早期地球环境与生命协同演化;6)与现代地质学和比较行星学的结合,孕育着崭新的学科——地球未来过程学,它将瞄准地球演化到老年时的地质运动与地球环境。

华北克拉通是中国面积最大、形成演化时代最长、变质最强烈的稳定陆块,也是世界上最具代表性的克拉通之一。中国学者通过多年努力,在华北克拉通早期陆壳的生长、克拉通的形成和早期演化等方面有重要发现和系统性成果,成为中国地质科学在世界上为数不多的领先研究领域之一,受到国际学术界的高度关注,为早期大陆形成演化和构造体制增添了新的科学内涵。其代表性研究成果有:1)厘定华北克拉通发生了多期陆壳增生事件,经历了两期克拉通化,建立了早期陆壳演化的构造格架,特别是25亿年的克拉通化事件及其全球意义受到国际学界的极大关注。2)在华北克拉通首次发现了可以作为块体聚合标志的高压变质岩,包括高压麻粒岩和退变榴辉岩。通过对这些高压岩石的系统调查和研究,揭示了大陆俯冲—碰撞—抬升的完整造山过程,该过程最后完成于19亿~18亿年前。此成果为确定地球早期板块构造机制的启动提供了依据,把板块构造的起始时间提前了约8亿年,为构造单元的划分和早期拼合模式的建立奠定了坚实的基础。3)在华北克拉通构建了目前世界上最完整的前寒武纪下地壳地质剖面,阐明了地壳垂向分异对稳定大陆形成的贡献。系统认识和归纳了早期陆壳形成演化的特殊规律,包括27亿~25亿年前陆壳物质的多期生长与改造、25亿年前微陆块拼合、22亿~19亿年前复杂裂谷—碰撞等,创新地提出了多阶段克拉通化的概念。4)提出华北克拉通18亿年基性岩墙群及相关的大火成岩省事件标志着华北进入地台型演化阶段。厘定了中-新元古代的岩浆—裂谷沉积系列,揭示了中-新元古代在现代岩石圈构建过程中的重要意义。5)首次系统地总结了大陆形成以来的固体矿产资源随时代演化的特性以及不可重复性,剖析了资源与地壳演化的密切关系。6)探讨了地球的热体制对构造演化机制的制约作用,提出了前板块构造、初始板块构造和现代板块构造的理论假说。

(中国科学院地质与地球物理研究所/中国科学院大学,北京)