



翟明国,河南济源人,前寒武纪地质与变质地质学家,中国科学院院士。中国科学院地质与地球物理研究所研究员,大陆动力学国家重点实验室主任。主要从事大陆地壳的形成演化及矿产资源的研究。

卷首语 Foreword

科技导报 2013, 31(8)

前寒武纪地质学——地球科学的基础学科

前寒武纪是地球形成与演化史上最为漫长的一个地质时代。地球如今已经有 46 亿年的历史了。5.42 亿年是一个重要的分水岭,从那以后,地球出现了大量的生物,称为显生宙。显生宙的第一个地质时代,就是寒武纪。前寒武纪地质学研究的就是比寒武纪更古老的约 40 亿年漫长的地球。地球 80%~90% 以上的大陆,是在 25 亿年前形成的。

人们认为月球是地球 40 亿~38.5 亿年前的老照片。月球大约在 40 亿~38.5 亿年前就已经因为能量耗尽而变成了一个“死”的星球。死亡之前的月球岩浆和其他地质活动导致了月球高地的形成和月球的圈层结构的稳定。之后的月海泛滥期应是陨石撞击的结果。月球最古老的岩石是斜长岩,它的同位素年龄是 45.6 亿~45.1 亿年。月海玄武岩则是陨石冲击造成的月幔熔融事件,要年轻于斜长岩月壳,也不具有大洋玄武岩的地球化学特征。没有证据表明月球曾经存在过海水,也没有证据表明月球的演化曾经历过板块构造。

地球依然是活动的“有生命的星球”,它的最早期(约 38 亿年之前)处在没有核幔壳分层的混沌状态,称为冥古宙,对那时的地质状况记录甚少,或称为无迹可查。此后在太古宙(38 亿~25 亿年)和元古宙(25 亿~5.42 亿年)漫长的演化中,地球上发生了许多惊心动魄的故事,特别是巨量陆壳的形成、构造体制(从前板块构造-板块构造)的转变,以及地球环境(从缺氧到富氧)的剧变,可以并称为三大地质事件。

地球上最古老的陆壳物质的是采自西澳大利亚 Yilgarn 地盾沉积砾岩的碎屑锆石,它的 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素年龄是 44.04 亿年。同位素特征表明锆石是来自英云闪长质的岩石(一种富钠的花岗岩)中。说明在约 44 亿年之前,地球上已经存在陆壳的物质。此外,地质学家还在加拿大克拉通上发现有年龄为约 40.65 亿~40.25 亿年的英云闪长质岩石(Acasta gneiss),面积约 20km²,这是目前地球上已知最古老的岩石。地球上约 39 亿~38 亿年的古老岩石有较多的露出,并且分布在不同的大陆(州)上。这些岩石被称为陆核。陆核是如何形成的,至今仍是疑案。

大规模的陆壳形成是在新太古代 27 亿年。陆壳岩石的平均成分是安山质的,即 SiO₂ 的平均含量在 54%~58% 之间,这种岩石的岩浆是不能直接从地幔中部分熔融形成的。最大可能是在地幔部分熔融形成的 SiO₂ 含量在 48%~52% 的玄武质岩石再经历部分熔融形成。那么可能的机制或是与现代板块机制类似的洋壳通过俯冲消减发生部分熔融形成,或是先形成的玄武质岩石在特定的温度压力下发生部分熔融,后者的形成模式则假设地球在晚太古代曾有地幔柱构造而引发了大量英云闪长岩形成。

板块构造导致洋壳俯冲形成大量陆壳的模式遇到的困难之一,是地球上至今没有公认的大于 10 亿年的洋壳被发现。太古宙残留洋壳(蛇绿岩)的识别,是探讨在太古宙是否存在板块构造、以及具体在哪个时代开始有板块构造的主要依据之一,因此很多年来不少科学家致力于这一研究。被假设最早的蛇绿岩是约 38 亿年的西格陵兰的 Isua 表壳岩系。被假设年龄大约在 30 亿~27 亿年之间的蛇绿岩有东西伯利亚阿尔丹地盾的 Olondo 蛇绿岩,约 28 亿年的东北俄罗斯 Baltic 地盾的 Karelian SSZ 型蛇绿岩,以及 27 亿年的加拿大的 Slave 克拉通、Zimbabwe 克拉通的蛇绿岩,以及 25 亿年的华北的遵化蛇绿岩等。所有上述的蛇绿岩无一例外都还存在很大争议,主要是和显生宙蛇绿岩在岩石组合、产状和地球化学特征等方面存在的差异。目前的资料似乎说明地球的陆壳形成早于洋壳。板块构造遇到的另一个困难,是早前寒武纪特别是太古宙,由于地热梯度高,地壳有比现今高得多的塑性,因此难以完成壳层的俯冲而完成板块构造。地球何时开始有板块构造,一直是前沿的科学热点课题,至今有很大争议。目前研究者对于 10 亿年前出现板块构造有较大的共识,而在古元古代(22 亿~18 亿年)可能有规模小的机制相似的初始板块构造的假说也被提出。

在太古宙结束后约 2 亿~3 亿年的时间内,地球没有发生较大的构造和岩浆活动,称为构造间歇期(unconformity)。此后,则有一个大氧化事件跟随,即大气中氧与 CO₂ 的比例发生了一个跳跃式的剧变,由 22 亿年前的贫氧大气圈变为逐渐富氧,并在约 22 亿~19 亿年前与现代富氧大气圈相似。这个事件在矿物岩石上以大规模的条带状石英磁铁矿以及其它变价元素的富集记录下来,并产生了早期的生命。

华北克拉通是全球最古老陆块之一,前寒武纪各阶段全球性重大地质事件几乎都被记录下来,并伴随大规模成矿作用,形成了华北克拉通丰富的矿产资源和独特的优势矿种。

由此可知对于地球早期历史——前寒武纪地质的研究,对于认识我们赖以生存的地球,对于了解地球带给人们的资源和生存环境,对于利用地球和保护地球有多么重要。在美国自然科学基金会和中国国家自然科学基金委的项目指南中都将早期陆壳的形成演化作为地质动力学领域的第一个研究项目。我们应重视这方面的科学普及,并下大力搞好这方面的高水平研究。

(中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029)