



国外大陆动力学的研究现状 及问题和我国对策

李 晓 波

大陆动力学被认为是继板块构造理论之后下一个可能的重要理论生长点。它是国际地学界经过近 20 年来应用板块构造理论解释大陆形成和演化的动力学过程遇到严重阻碍后提出来的。许多专家认为,至少在上地幔深度的范围内,大陆地区与大洋地区是存在着巨大差异的,它们的动力学系统相对独立,因而“完美地”解释了大洋板块扩张和俯冲过程的板块构造理论不能简单地搬来解释大陆的动力学过程。那么研究新的大陆动力学的任务就摆到了我们的面前,它已成为当前国际地学界所瞩目的重大科学目标之一。

一、大陆动力学研究的国外现状

80 年代后期以来,国际地学界开始把岩石圈研究的重点从地壳的结构构造和板块运动学转向地幔和深部动力学,并把大陆岩石圈作为一个独立的动力学系统来加以研究。国际岩石圈计划在其第三个五年计划(1991~1995)中确定了现代动力学和深部作用过程、大陆岩石圈等四个主要研究领域。美国国家科学基金会和美国地质调查所、能源部等单位于 1989 年 3 月共同发起和举办了“大陆动力学未来研究方向”专题讨论会,编制了《美国大陆动力学研究的国家计划》。这是一项为期 30 年(1990~2020 年)的长期资助计划,目前美国国家科学基金会地球科学部已资助了增生(ACCRETE)计划、喜马拉雅和西藏高原深地震反射剖面与综合调查研究等若干有关大陆动力学方面的重要项目。前苏联地质部会同科学院、高教部和石油工业部等部门制定了全苏 1986 至 2000 年地球深部研究远景计划,其主要内容是在苏联选择 17

个试验区(每区面积介于 50~20 万 km^2)进行深部预测地球动力学填图,并且已经在 7 个试验区开展了工作。此外,固体地球科学家都努力以各种不同渠道获得资助以开展大陆动力学方面的研究工作。通过这些工作,在大陆岩石圈研究方面取得突破性进展。

●提出了若干关于板块碰撞之后大陆岩石圈进一步演化的新模式。以往对板块构造演化的研究主要集中在裂解、俯冲和碰撞阶段,对于板块碰撞之后的演化过程没有加以重视,认为碰撞之后基本上就没有什么大的构造作用发生了。80 年代中期以来一系列重大发现改变了这一传统认识。首先,在全球造山带中都发现了伸展构造,它们往往发生在碰撞之后;其次大量深部地震资料表明,在古老造山带下面几乎都不存在山根,而年轻造山带之下却有山根;再则,在若干造山带核部发现含金刚石、柯石英的高压变质岩,推测其形成深度可能大于 100km,单靠风化作用是很难剥露出这些岩石。针对这些新发现,人们提出若干关于碰撞后造山过程的新模式,其中比较成型的有两个:一是拆沉作用(delamination),它是指板块碰撞之后造山带底下岩石圈地幔部分发生快速机械减薄,与上覆的地壳剥离开来并下沉到更深的地幔;二是伸展垮塌作用,它是指造山带由于碰撞之后板块边界力的消失,在其自重下发生垮塌。

●发现一些大陆克拉通之下存在深至 200 多 Km 的岩石圈地幔根,这些厚根对整个地幔的过程和大陆动力学有着显著的影响。长期以来人们对陆下地幔的性质都是假定的,即假设大陆下面存在厚度均一的岩石

圈和软流圈,大陆岩石圈在软流圈上面漂移。然而近年来地震层析和深源包体研究都表明,软流圈在大陆之下并不连续,在许多大陆地区,下伏在地壳之下的地幔牢固地贴在上覆的大陆上构成一个巨厚的陆根,象在加拿大和格陵兰前寒武地盾,这种陆根延伸到400Km的深度,它与美国盆岭省50~70Km的岩石圈厚度构成明显的反差。这表明,陆下地幔的性质是非常复杂的,那种把大陆岩石圈动力学行为简单地归结于软流圈的传输的传统模式显然需要重新考虑。

●发现地壳内存在软层,提出了“流体地壳层”等新概念。近年来地震测量揭示出大陆地壳中大多存在强反射层或“亮点”,其在流变学上表现为韧性,被推测为岩浆侵入体或富流体的深部岩石,有人称之为“流体地壳层”。这种层通常为—层,但在有些地区(如造山带)出现二层或三层,一般延续范围很广。流体地壳层的动力学行为类似于软流层,它可以容纳岩石圈地幔和固态下地壳中的应变,并导致上地壳出现宽阔的弥散性变形,因而它在大陆动力学中的作用可能不亚于软流层。在盆-岭省,中地壳流体层产生的大规模侧向流动量可达100Km以上。

●对巨量花岗岩的成因和侵位动力学提出了新的认识。在某些大陆边缘和造山带地区(如美国西海岸、欧洲华力西造山带、澳大利亚Lachlan褶皱带等),出露了巨量的花岗岩。对于这些巨量花岗岩的成因和侵位动力学一直没有找到很好的答案。近年来随着构造分析,深部地球物理探测与岩石地球化学研究的紧密结合,人们对巨量花岗岩的成因和侵位动力学提出了若干模式。根据现有的研究资料,至少有以下三种构造作用方式能产生巨量的花岗岩:(1)斜向俯冲作用;(2)下冲作用与地壳增厚;(3)拆沉作用与岩浆底侵作用。人们普遍认为,由于相当大量的幔源岩浆屯积在地壳底部附近形成岩浆池,从而引起大规模变质作用和熔融作用,并因此引发

和维持了地壳岩浆系统,造成地壳中大量花岗岩的形成。这些巨量花岗岩的侵位主要跟走滑作用和伸展作用有关。达到地壳深部的剪切带可以为岩浆上升和侵位到较高的地壳层位提供通道。在伸展体制下,花岗岩浆由于其自身的浮力,带动着周围的地块迅速差异抬升,最后被剥露出地表。

二、大陆动力学的关键问题

大陆动力学研究的科学目标是通过通过对大陆系统行为、作用和历史的了解,建立大陆演化的动力学模式,特别是要揭示大陆物质的增生和消减过程,向地球深部和地球历史早期探索板块构造理论的局限性,阐明大陆上正在进行的基本物理化学过程。要达到这一目标,必须解决下列关键问题。

●成因和演化:大陆究竟是如何形成、变形和裂解的?弧-陆碰撞、地壳的底侵作用、陆-陆碰撞和伸展作用在大陆演化中起何种作用?当大陆被活动板块边界截切时有什么表现?我们如何在地表地质和地球物理数据中识别这些现象?

●陆下地幔:大陆之下的上地幔可能具有何种特性?我们如何能够扩展地质思维和知识去了解地幔?我们可以识别和了解地幔中的深部陆根吗?我们能够了解驱动大陆的地幔对流过程吗?

●地震及板块边界相互作用:决定活动板块边缘上大陆物质行为的物理作用和化学作用是哪些?何种动力学机制控制地震?我们怎样才能充分地监控地震过程?

●岩浆系统和火山系统:岩浆是如何产生的?它们在各种深度上与地壳是如何相互作用的?不同类型的岩浆可以向我们揭示地幔构造和性质的何种特征?来自陆壳的物质通常会再循环到地幔中吗?

●大陆岩石圈的变形和活动性:大陆对外部驱动力如何响应?它与深度和地质环境的依赖关系如何?诸如低角度伸展断层、克拉通内盆地、板内地震、高原隆升、被动边缘沉

降和盆地/山脉构造等典型现象,可以向我们表明关于驱动力及地壳和下伏地幔条件方面的什么信息?

●作为气候和全球研究关键的地球系统历史:最近几百万年发生了何种重要的气候和环境变化?在这段时期内,加入到气候系统的主要构造和火山作用是什么?估计有怎样的影响?

●沉积盆地:我们如何才能定量确定并模拟巨厚的大陆边缘沉积物堆积的特征(包括所有相关的物理过程:热的、水的、化学的和力学的)?陆壳变形是如何驱动陆内堆积物的变形和充填的?在大陆裂谷作用的最早期阶段发生了什么?

●地壳/水圈相互作用:在地壳与水圈和大气圈的交界面上,何种化学过程和物理过程起决定性作用?我们如何利用这些过程详细解释烃流体、全球碳平衡和地下水体系的演化?地壳流体调节地壳岩石动力学和化学性质的主要方式是什么?

三、开展我国大陆动力学研究若干建议

大陆地质是我国地质科学研究的主战场。今后的研究应该是进一步建立我国大陆岩石圈的详细三维结构模型,阐明其形成的动力学过程。亚洲大陆被国际地学界公认为是世界上研究大陆动力学的最佳场所。开展大陆动力学研究,不仅是进一步深化对我国大陆的认识的需要,也是我国地质科学凭借我国地质条件优势跻身世界地质科学前列的突破口。为此建议在“九五”和21世纪初把大陆动力学研究作为我国地质科学工作中最优先的内容来抓,具体包括:

●制定国家级“大陆动力学”研究计划。由国家科委、国家自然科学基金会、地质矿产部、中国科学院和国家地震局等有关部门组织专家编写我国“大陆动力学”研究计划,使各个部门在资助有关大陆动力学的研究项目时目标明确、相互配合、不搞重复,增进科学家之间的学术交流。

●贯彻瞄准科学问题组织多学科研究的方针,选择我国现有研究基础和地质条件最有利于解决的科学问题,组织重大(点)课题。这些问题有:青藏高原隆升的深部过程与多层圈相互作用;大陆造山作用过程和动力学;西部盆地-山脉系统动力学;东部陆下地幔的性质及其与大陆的相互作用;巨量花岗岩类的成因与动力学;大型断裂作用过程;东南大陆边缘岩石圈结构及其动力学;早期地壳演化过程;中国大陆现代地壳运动学和动力学。

●把大陆动力学研究同大陆岩石圈深部调查工作、地球物理监测台网工作、空间大地测量工作和区域地质填图等调查性工作紧密结合起来。一方面应在大陆动力学研究的关键地区加强调查工作,建立野外实验室,把调查工作纳入到研究的框架中,另一方面要建立全国性的大陆动力学信息中心,收集、贮存和处理加工各种来源的有关信息。

●注重大陆动力学潜在应用前景的开发,把大陆动力学研究取得的新理论、新概念和新发现尽快转入实际应用研究中。如成矿区的大陆动力学预测、深部成矿作用理论、大陆强震的中期动力预报、流体在地热场中的运移规律和油气的二次开采,以及滑坡、火山等灾害的预报。

●选择解决大陆动力学关键问题的关键地区,实施大陆科学钻探。大陆科学钻探的深度并不一定要很深,应视解决问题所需要的最小深度来定。在近期最好选择几个地区进行浅中钻试验,关键要获取对解决科学问题有价值的地下信息。这些地区最好选在超高压变质带、活动断裂、地热区等地质单元上。

总之,大陆动力学是当前国际地学界所瞩目的重大科学目标,它对于进一步深化大陆地质研究,为资源和灾害预测提供新的理论和方法具有重要的意义。我国应该以我国的地质特色为依托,抓住这一时机,在发展大陆动力学理论上做出有世界影响的成果。

(中国地质矿产信息研究院)