

构造地质学的发展趋势

毛玉元 刘援朝 徐 亮

(成都理工学院, 成都 610059)



【摘 要】 现代构造地质学在其发展过程中, 采用了先进方法和高新技术, 拓宽了应用和服务的范围, 使其研究内容得以扩大和深化, 新构造观不断形成, 学科结构发生重大变革。目前, 构造变形作用与物理化学作用的关系, 岩石圈三维结构和作用过程, 大陆动力学以及全球动力学等研究领域是构造地质学的前沿研究领域。

【关键词】 构造地质学 全球动力学 大陆动力学 前沿领域
中图法分类号: P54

1 构造地质学的内涵

众所周知, 构造地质学是以研究地质构造为对象, 探索地壳结构和地壳运动发展演化的地质学基础学科之一。地质构造的内容概括为两个方面: 一是建造即形成, 是指地壳岩石圈的物质组成, 它是地壳运动的物质基础, 也是地壳运动发展演化的物质反映; 二是改造即形变, 它是指在力的作用下所发生的构造变形, 这是地壳运动的结果或具体表现。

狭义的构造地质学侧重于中、小型构造的研究。主要研究这些构造的几何形态、组合型式、形成机制和演化过程, 探讨产生这些构造的作用力的方向、方式和性质。然而在研究中、小型构造时, 必然要涉及到区域构造和大地构造背景, 另外为了探索构造与其内部组构的关系以及构造的运动学和动力学问题, 必然要涉及显微和超显微构造的研究, 从而扩展了构造地质学的研究内涵。因此, 广义的构造地质学就包括了大地构造学、区域构造学和显微构造学, 研究内容更

加丰富多彩,使构造地质学步入大科学、大综合、大协调的研究领域,成为地质科学中的当采学科,从而起到保持领导各种分支学科的地位。

2 近代构造地质学的发展概况

构造地质学的初期研究,多停留在构造要素的描述阶段,观察也多限于地壳表面浅部定性的几何形态研究,但积累了大量丰富的地质构造资料,为构造地质学的迅速发展奠定了坚实的基础。

二十世纪以来构造地质学才开始从形态构造学的束缚中摆脱出来,逐步进入成因构造学和实验构造学的研究,从定性观察转入定量研究,从地壳浅部的研究进入深部研究,从脆性、塑性领域步入流变学领域的研究,从单纯几何学研究进入运动学、动力学的领域,使构造地质学的研究领域进一步拓宽,研究的内容更加广泛深入,研究的方法和手段也更加多样。特别是六十年代板块学说的兴起,促使构造地质学的发展进入了一个新的发展阶段,成为近代构造地质学发展的一个重要里程碑。这个阶段的发展概括起来表现在以下几方面^[1~3]。

2.1 新构造观的形成

近代构造地质学对各级各类构造的形态和组合、格局和背景、形成和演化、动力和成因等方面,逐渐形成一套新的构造观,按马杏垣教授的概括大致有四点:首先是以水平运动为主导的活动论以及渗进突变的旋回式发展成为认识和分析构造的主体思想;第二,岩石圈是层圈式的,各分层界面常常是活动性构造界面,各分层构造是不协调的,横向也不均一;第三,构造是多因(指构造动力以地幔对流为主因的多种来源,还应考虑天体因素),多时(指构造的发生和形成是长期的,还包括成岩过程中的变形,把短暂的构造幕看作是普遍的唯一的也是不全面的)、多级(不仅表现在构造规模上和各级构造的依存和叠加上,还表现在构造应力场的多级次上)、多性(指岩石以多种性状变性,如弹性、塑性和弹塑性、脆性、韧性和流变性等)的;第四,挤压构造、伸展构造和平移构造共同组成了岩石圈的各级各类构造。新构造观的核心是活动论,这是研究大地构造的基本理论依据,认为岩石圈的各大板块是漂移的,陆块是活动的,各级层圈也是活动的。

2.2 研究内容的扩大与深化

近代构造地质学在研究内容方面的扩大和深化主要表现在:(1)研究对象的时间跨度增大。从地壳岩石形成以来的变形至现代的构造地裂缝,研究的是整个地壳岩石形成长达42亿年的变形经历,这样就增加了研究的难度。只有辨认出不同时期的变形特色,建立变形的期次和序列,才可能重塑构造变形的历史,从而派生出了前寒武纪构造学和新构造学的研究;(2)研究对象的范围增大。大到整个地球,甚至宇宙空间,小到矿物的晶格位错(10^{-8}cm),从超微观到超宏观的全面研究。对于不同期构造必须建立不同级别构造和配套的概念才能正确地进行构造分析,使大小构造融为一体,相互佐证,达到全面认识和解析地质构造的最终目的。研究范围的扩大,从而促进了显微构造地质学,区域构造地质学和大地构造学或全球构造地质学的发展,也促进了行星比较地质学和宇宙地质学的新生;(3)研究对象的层次跨度增大。近代构造地

地质学的发展,使研究对象已不再局限于地壳表面和浅层次了,而是扩展到对中、下地壳、岩石圈、地幔乃至地核的研究。甚至地球的水圈、大气圈以及其他行星对地球构造作用的影响同样得到关注。尤其是全球构造的研究,绝不能回避其他层次内所发生的物理化学作用和构造作用对岩石圈及地壳的影响,从而出现了一些新的前沿学科,如大陆岩石圈的结构与动力学、上地幔流变学、上地幔相变动力学、第四纪全球变化地质学、全球动力学等新的分支学科。

2.3 学科结构发生重大变革

构造地质学研究的发展,不仅只重视改造(形变)的研究,而且必须与建造(形成)同时加以研究。对构造作用的认识也必然朝着物理学和化学方向发展,不断加强从物理学和化学规律上来认识构造的形成机制和表征构造的时空分布。促使了传统构造地质学按时空尺寸划分的描述性学科结构,转变成按动力学特征划分的定量化学科结构。将发展形成一些适合于对不同尺度、不同层次构造现象进行定量解释的横断学科,如构造流变学、构造热力学、构造相变学、系统构造学等。将改造(变形)的物质基础——建造(形成)结合起来研究必然会促进一些交叉学科的发展,如构造物理学、构造地球化学、构造岩石学、构造矿物学、构造沉积学、构造地层学等,这些学科的形成与发展,将使构造地质学的学科结构发生重大改观,成为地球科学中的上层建筑,保持统帅作用,成为名符其实的当采学科。

2.4 先进方法和高新技术的采用

近代构造地质学采用先进方法和高新技术不仅提高了研究水平、深化了认识,而且革新了构造观念。譬如有限应变测量、古地磁测量、古应力测量、同位素测定、遥感遥测、卫星定位测量等,使构造地质学从定性研究步入了定量研究的领域。重磁测量、地震测量、层析成像技术和超深钻技术已敲开了地球深部构造研究的大门,使一些推论、假说受到了实践的检验而被抛弃,如否定了地壳双层结构的概念,否定了陆壳水平侧向增生是地壳生长的主要方式等,建立了“板底垫托”的新思想,认为底侵垫托作用使地壳物质由下垂直向上增生与水平增生同样重要;建立起地壳具有复杂的不连续的多层结构,其中一些内部已发生了非常复杂的变形位移的层状地壳新模式。并推断大陆深部地壳在造山带和伸展地带都是由一系列构造片体构成。并在纵向横向都极不均一,产生了大规模的、多层次的板片、岩片的推覆和侧向伸展位移。进而提出了薄皮构造、拆离构造、逆冲推覆构造、鳄鱼构造、韧性剪切带、构造楔、变质核杂岩等多种伸展构造以及薄皮板构造等新概念和新思路。在此基础上提出了俯冲造山、碰撞造山、增生造山、陆内造山、裂谷成盆、伸展造盆造山等造山造盆假说,这些都有可能成为今后构造地质理论的基础。特别是对地球物质新的测试分析技术的采用,如同步加速器辐射技术、加速器质谱技术、显微原位分析技术、微束分析技术等,可以快速高精度的测试地球物质的成分、结构及其变化特征,更有利于研究变形机制、形成时间、变化规律。高温、高压、大腔体技术的发展有利于地球物质的物理和化学性质实验的研究,将推动实验构造地质学的快速进展。

2.5 应用和服务范围的拓宽

构造地质学最初是从固体矿产资源的寻找中发展起来一门学科。随着找矿的迅速发展及找矿难度的增大,矿田构造应运而生,在找矿中特别是在寻找隐伏矿和矿体定位预测中发挥了重要作用。构造地质学不仅对固体矿产寻找的作用突出,而且对油、气的寻找更离不开储油、储气构造的研究,使石油构造地质学或油田构造地质学得以发展。人们对水资源和工程建设的需

求, 地质灾害的预测, 生存环境的保护这些社会经济问题的解决给构造地质学提出了更高的要求 and 更多的研究场所, 水文工程构造地质学、环境构造地质学将会产生, 地震构造地质学将会进一步发展。对于这些生产实践和社会经济问题的解决, 构造地质学也在应用实践中取得突破性的进展。

3 构造地质学研究的前沿领域^[4~6]

虽然构造地质学成为地质科学的当采学科, 研究的内容不断扩充, 涉及的研究领域很广, 但属于前沿研究领域的主要是围绕一些新的知识而展开的, 其主要问题集中在以下几方面:^[4~6]

3.1 构造变形作用与物理化学作用关系的研究

长期以来, 一直把构造现象简单地归纳为弹性力学变形的结果, 忽视岩石在一定物理、化学条件下具有的固流变性。随着深部构造的研究, 发现了一系列的深部构造现象, 特别是对岩石的韧性剪切和脆-韧性转换变形现象最为人们关注。促使人们研究变形岩石的构造特征及其所处的变形环境, 以及流体、相变热、古构造应力和应变速率等物理化学作用对构造变形的影响。因此, 构造矿物学、显微构造学、地热构造学就成为这方面热点。

3.2 岩石圈三维结构和作用过程

近十多年来, 反射地震测量和层析成像技术为了解岩石圈的深部构造提供了丰富的资料。对岩石圈形成和演化过程的描绘, 开始从板块构造的运动学解释转向连续介质力学的动力学说明。深部构造和地表资料相结合, 有可能提供岩石圈的三维结构图像。但是通过不少超深钻探的结果与仅仅依靠地球物理方法和地面地质解释对于岩石圈三维结构的认识大相径庭, 甚至使地学界目瞪口呆。因此一方面尚需改进和提高地球物理探测的水平, 另一方面还应加强地质研究工作。要能对岩石圈三维结构和作用过程达到正确的认识, 首先必须加强造山带的研究, 因为造山带不仅是岩石圈中最复杂的构造单元, 而且是岩石圈过去历史的主要信息载体, 对造山带的结构和形成机制的研究可以揭示岩石圈形成和演化的基本地质作用过程, 并对固体矿产的预测有直接指导意义。盆地构造也是岩石圈热学和力学变化最剧烈的地区之一, 对构造盆地的形成演化和动力学研究, 可以帮助人们加深对岩石圈构造物理作用过程的认识, 也能为液体和气体矿产的预测提供基础。大陆边缘是了解大陆岩石圈与大洋岩石圈、岩石圈与软流圈及更下部地幔相互作用的天然实验室, 对其形成过程和演化的研究更能直接反映岩石圈三维结构和作用过程。因此, 造山带、盆地构造、大陆边缘将成为构造地质学研究的主战场和前沿突破口。

3.3 大陆动力学

由于大陆岩石圈结构构造比大洋岩石圈复杂得多, 其年龄也老得多, 利用简单的大洋岩石圈模式难于解释大陆岩石圈的复杂现象及其特征。从海洋研究起家的板块构造理论在解释大陆构造方面遇到了不少麻烦, 因为大陆岩石圈不是简单的刚板块, 岩石圈中存在着若干软弱层, 可能控制和影响着大陆内部的复杂变形分带和应变分层现象。八十年代以来国际岩石圈的

研究重点不得不由海洋转向大陆。通过地球物理方法为主的地学大剖面研究和超深钻的结果,取得了不少的新认识,如大陆的生长不只限于水平方向的侧向增长,还有垂直方向的地幔分异岩浆的底侵垫托作用增生;发现大陆岩石圈具有多层结构和广泛流变的特点,而且流变性质及其结构极不均一,这与大洋岩石圈极不相同。因此,提出了大陆动力学(美国)或地壳动力学(日本)的新概念,成为了地球动力学研究的最重要的前沿领域。目前对于软流圈和岩石圈中软弱层所起的动力学作用仍然认识不清,还需要开展上地幔和岩石圈流变学研究来解决这一问题,并且还要进一步了解岩石圈的应力状态以确定岩石圈与软流圈之间及内部各层之间的耦合程度。在此基础上,通过构造岩石力学实验和数值模拟,建立大陆构造的动力学模型。因此,上地幔动力学、上地幔相变动力学得到了新生。

3.4 全球动力学

板块构造说自身的动力学机制至今尚未圆满解决,加之这一学说对大陆构造的解释也自感乏力。八十年代提出“地体”概念对于一些造山带复杂的构造解释有所裨益,能否挽救或支撑板块构造学的统治地位,还有待其发展。近年来由于大陆岩石圈结构及动力学研究的新进展,国际地质学界把大地构造理论的阐述范围,从岩石圈扩大到整个地球,建立超越板块构造的新理论,来阐明包括地核和地幔在内的全球动力学作为下一步的理论目标。为达此目的,大地构造学的前沿必须延伸到地球深部内层,必须了解地幔对流型式和核—幔相互作用,层析成像技术为开辟这一新的前沿领域的研究提供了有力手段。同时还应积极开拓比较行星学和宇宙地质学领域的研究,航天技术和行星探测的发展已成为现实,为开展该领域的研究创造了条件,可以通过其他行星的构造动力特征来确定和筛选形成地球构造的主要和次要动力因素,为建立新的全球动力学理论提供依据。

六十年代对海洋研究的成果,导致了板块构造的诞生,风靡一世,引起了地学研究的更新。九十年代兴起的大陆动力学和全球动力学的研究,必将产生新的地球观。1992年美国的A. A. 迈耶霍夫(Meyerhoff)提出了“渗流构造”(可译为颤动构造 Surge Tectonics)。颤动说依据帕斯卡定理,认为地球相当于一个巨大的水压机,它由封闭容器、容器中的流体和活塞三部分组成。岩石圈沿比尼奥夫带的塌陷起着活塞作用,塌陷到软流圈中的岩石圈所产生的压力通过软流圈及其上部的颤动网络传播到岩石圈的各个部位,构造运动即进入高潮期,此时挤压褶皱作用显著,部分颤动通道破裂造成岩浆的入侵和喷发。随着岩浆的侵入、喷发和构造变形,颤动通道被排空,应力得到释放,构造运动又逐渐进入平静期,出现地裂作用,盆地形成,重力断层活动显著。对于颤动构造的驱动力,认为地球是一个冷却收缩的球体,由于上、下冷缩不均所致。1994年日本学者深尾良夫(Y. Fukao)、凡山茂德(S. Maruyama)等又提出了“幔柱构造”(Plume Tectonics)地球动力学新模式。幔柱构造指的是核幔边界以上的地幔构造,主张全地幔对流。板块构造控制幔柱构造,幔柱构造影响板块构造。表层边界层产生板块,地幔边界层(Gokm)控制地幔中内对流形式,核幔边界层产生超级幔柱。并认为一直俯冲到核幔边界面的冷板片构成的巨岩块(megalithos)是形成地幔对流的控制因素。另外,国外一些学者还提出膨胀论和脉动论等一些新构想。

近年来我国一些学者对地球动力学和地球发展模式也有不少新看法和新思路。马宗晋提出了地球变动的综合动力论的设想。1994年钱维宏在其“行星地球动力学引论”中提出了古极地大陆及其漂移的“回漂”的构想。1994年杨槐在“两种地学观”中对板块学说提出质疑,提出

了地球的高密物质起源和“非球对称膨胀论”。1993年李鸿业提出了“两级挤压说”。这些假说或设想,虽未达到完善的境地,但他们勇于开拓,冲破现有大地构造理论的束缚,是难能可贵的。

总之,构造地质学的发展方兴未艾,总的向着大综合、大协调、大科学方向发展,并已成为当代地球科学研究的当采学科。我们必须抓住机遇,运用先进的思想方法和工作方法,坚持实事求是的科学态度,勇于探索,勇于创新,更新观念,创造出更加符合实际,能够指导解决资源、水工、环境、灾害等一系列问题的全球构造新理论,揭穿地球奥秘!

参考文献

- 1 朱志澄,宋鸿林.构造地质学.武汉:中国地质大学出版社,1990
- 2 王鸿祯.全球构造研究的简要回顾.地学前缘,1995;(1-2)
- 3 吴正文.中国构造地质学如何面向21世纪.地学前缘,1995;(1-2)
- 4 肖庆辉等.当代地质科学前沿.中国地质大学出版社,1993
- 5 中国地质矿产信息研究院.形势与挑战.北京:地质出版社,1994
- 6 中国地质矿产信息研究院.走向21世纪的地学与矿产资源.北京:地质出版社,1996

DEVELOPMENTAL TENDENCY OF STRUCTURAL GEOLOGY

Mao Yuyuan Liu Yuanchao Xu Liang

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract The application of advanced methods and high technology to the modern structural geology has led to the formation of new concept of structural geology, the expansion and deepening of research contents, the significant reform of discipline texture and the broadening of scope of practical application. At present, the frontier research fields of structural geology include the relation between tectonic deformation effect and physical-chemical effect, the 3 dimensional texture and affecting process of lithosphere, the continental dynamics and global dynamics.

Key words structural geology global dynamics continental dynamics frontier field

ISSN 1001-6872(1998)S1-0099-04; CODEN: KUYAE2

Synopsis of the first author Mao Yuyuan, male, 58 years old, Professor of Structural Geology with Chengdu University of Technology. Now he is engaged in orefield structural geology.