

断块构造文集

• 张文佑 主编

• 科学出版社

断块构造文集

张文佑 主编

科学出版社

1983

内 容 简 介

本专集是中国科学院地质研究所构造地质室近年来野外和室内的部分研究成果。全书大致可分五部分：第一部分是探讨断块构造的某些动力学问题，以及从这一观点研究西南地区盖层构造特征与基底(或深层)构造的关系；第二部分是总结西藏阿里地区和滇西及其邻区主要构造特征和演化历史；第三部分是探讨中国东部前寒武纪构造旋回划分；第四部分主要讨论中国东部中、新生代构造断陷盆地形成机制；第五部分是介绍模拟实验研究方法和成果，特别论述了剪切带的变形特征。

本书可供地质、地球物理、地震等专业的生产和科研人员以及有关院校师生参考。

断 块 构 造 文 集

张文佑 主编

责任编辑 李祺方

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983 年 3 月第 一 版	开本：787×1092 1/16
1983 年 3 月第一次印刷	印张：11 1/2 插页：8
印数：0001—3,500	字数：262,000

统一书号：13031·2172

本社书号：2975·13—14

定 价：2.20 元

前 言

近几年来,我们研究断裂体系与断块构造,结合国民经济建设中提出的重大课题和科学考察,对我国不同地区的地质构造问题进行了综合性或专题性研究,得到了一些规律性的认识,并在实践中发挥了有益的作用。本文集的十二篇论文,是部分研究成果的总结。其中《有关断块构造、板块构造和地球动力学的问题》一文介绍了断块构造学说吸取其他学派之长,发展了自己的理论与研究方法,重点论述了“断块”与“板块”的异同以及有关地球动力学研究中的几个问题。《中国东部前寒武纪构造旋回的划分》一文,对中国东部基底构造旋回的划分和对比提出了更充分的科学论据,阐述了“华北断块”与“扬子断块”基底的形成和演化过程。对滇、黔、桂、川、湘、鄂地区地质构造特征研究的三篇论文,从建造与改造的关系论述了盖层(或浅层)构造的形成和发展及其与基底(或深层)构造的关系,在地质力学分析与地质历史分析相结合的研究方法方面进行了有益的探索。有关青藏地区的二篇论文是青藏高原科学考察的阶段成果,对高原不同地区的地质构造特征及其演化进行了系统分析。我们一向重视构造模拟实验研究,《文集》中收集了两篇关于模拟实验的论文,介绍了模拟实验的最新进展和某些研究方法以及有关问题,重点介绍了断块边缘力学的模拟实验结果,并根据模拟实验结果论述了剪切带的变形特征。

断块构造学说是以地质力学为基础,吸取传统地质学和板块构造的合理部分而发展起来的,并从地壳的形成与形变的辩证结合来研究大地构造问题。形变是在形成的基础上发展起来的,漫长的形变和形成历史决定了介质和作用力的不均一性。变形常按从褶皱到断裂的序列而发展,一旦褶皱硬化,断裂产生,就对其后的形成起控制作用,即同期形成(建造)往往控制同期形变(改造);而前期形变(改造)却又往往控制后期形成(建造)。因此,我们强调断裂体系在地壳演化中的重要作用,并根据其深度和性质把断裂分为岩石圈断裂、地壳断裂、基底断裂、盖层断裂以及层间滑动断裂。地球表部被这些断裂切割成大小不同、厚度不等的四级断块(岩石圈、地壳、基底和盖层断块)。各级断裂带分别控制了不同地质时期、不同规模地壳活动带的发展,而断块则构成相对较稳定的地区。断块间的相对运动对于其上覆岩层的建造发育与构造变形有着重要的控制作用,盖层的沉积盆地边界、建造类型、厚度、岩相分布,以及后期的褶皱、断裂变形、岩浆活动、变质作用等都与其下伏断块的形状、断块边界的深度、活动方式、活动强度及基底的物理力学性质密切相关;盖层构造的组合形式也在很大程度上取决于基底的断裂网格与活动方式。断块间的相对运动方式可概括为拉张、挤压、剪切、剪切-拉张、剪切-挤压等类型。研究地质构造在空间上和时间上的演化过程可以看出,不同断块间的拉张与挤压常同时出现,一个地区受挤压,而其相邻地区常受拉张;一时期的挤压,又往往导致另一时期的拉张。垂直运动和水平运动也是同时存在的,但常因时间、地点、条件不同而有主、次之分。一般说来,拉张使大陆型地壳向海洋型地壳转化,而挤压则使海洋型地壳向大陆型地壳发展。所以,断裂体系与断块构造学说强调建造与改造、基底与盖层、拉张与挤压、垂直运动与水平运动的辩证关系,以及地质力学分析与地质历史分析相结合的研究方法。

所谓“板块”实际上是岩石圈断块的一种特殊类型，虽然板块构造强调边缘力学机制的研究，但是在板内应力、层间滑动、仰冲与俯冲以及驱动力等许多重大理论课题方面却还存在着不少问题，有待于用断块构造理论加以补充。因此，把板块构造应用到大陆还需要付出艰巨的劳动。所谓“地台活化”（地洼说）、地槽多旋迴（多旋迴说）的起因也都与断裂活动有内在联系。古老稳定的地台区由于断裂的切割和沿断裂带的拉开，形成一系列的地堑式断陷盆地，成为中、新生代的活动区，被称之为“地洼”。已褶皱迴返的地槽，由于断裂的活动也会被重新拉开，造成“多旋迴”。当然，这种“活化”的程度主要取决于断裂的深度与拉开的幅度。

本《文集》中的十二篇论文，虽然用丰富的实际资料论证了上述各方面的问题，从理论与实践上丰富了断块学说的内容，对科研、教学、生产有一定的指导意义，但是仍有许多问题需要我们进一步努力。对断块构造控制岩相分带性方面，偏重于沉积建造的岩相带研究，而对岩浆岩建造和变质岩建造的岩相带研究在本《文集》中却没有涉及。《文集》中所探讨的问题，很多方面还需要深化，如断裂的发展在隆起区与凹陷区可能是不同的，隆起区常常由上向下发展，而凹陷区则常常由下向上发展，其地球物理场的反映也应有所不同。同时，一条断裂在其不同地段和不同地质时期，其深度与活动方式都是变化的。断裂由浅向深的发展，往往反映了拉张的活动方式，使大陆向海洋转化；断裂由深向浅的发展，往往反映了挤压闭合的背景，使海洋向大陆转化。超基性岩带的出现可以看作大陆裂开的信息，随着拉开幅度的增大而变为海洋，并出现蛇绿岩套。从海洋到大陆火成岩活动趋势是从超基性、基性、中性、酸性到碱性，而沉积作用从复理式到磨拉式，其成分从硅质的、泥质、碳酸质到碎屑岩。深变质岩常出现在强烈的剪切带。

此外，我们的模拟实验还需要向定量化、数字化的方向努力。至于过去我们所提出的断裂常由剪切开始，而由拉张发展完成的看法也有待于从断裂力学角度进行深入研究。

张文佑

1980年10月

目 录

前言.....	张文佑(i)
有关断块构造、板块构造与地球动力学的问题.....	张文佑、李荫槐、马福臣、钟嘉猷(1)
浅层构造形成条件和某些构造地质问题的讨论(以分析西南地区构造主要特征为例)	钟大赉、马福臣、钟嘉猷(7)
川南地区燕山期复合构造的历史分析与力学分析.....	钟大赉、马福臣、钟嘉猷(36)
湘鄂西地区地质构造的历史分析与力学分析.....	孙焕章、钟嘉猷(54)
川、滇西部及南部邻区中生代地质构造	尹集刚、常承法(75)
西藏阿里地区地质构造特征.....	潘裕生(94)
中国东部前寒武纪构造旋回的划分.....	李荫槐(112)
华北新生代地壳运动的历史及变形力学机制.....	叶 洪、张文郁(130)
试论断块的掀斜运动.....	杨振德(139)
从卫星照片上看豫西—霍邱一带断裂网格的基本规律.....	孙焕章(148)
构造模拟实验研究.....	钟嘉猷、单家增、王在中(152)
剪切带的形成和发展.....	钟嘉猷、叶 洪、王在中、单家增(162)

CONTENTS

Preface.....	Zhang Wenyou (i)
On some problems concerning fault block tectonics, tectonic plates and earth dynamics	Zhang Wenyou, Li Yinhuai, Ma Fuchen, Zhong Jiayou (1)
Conditions of formation of superficial structures and discussions on some problems of structural geology (Analysis of main features of geological structures in the South West of China as a example)	Zhong Dalai, Ma Fuchen, Zhong Jiayou (7)
Geohistorical and geomechanical analyses of composite folds in Yenshanian cycle, the Southern Sichuan province	Zhong Dalai, Ma Fuchen, Zhong Jiayou (36)
Geohistorical and geomechanical analyses of geologic structures in the West of Hubei and Hunan provinces	Sun Huanzhang, Zhong Jiayou (54)
The Mesozoic geologic structures in the Western parts of Sichuan and Yunnan and their Southern environs	Yin Jigang, Chang Chengfa (75)
Characteristic features of geologic structures in the Ngari region, Tibet	Pan Yusheng (94)
Division of Precambrian tectonic cycles in the East of China	Li Yinhuai (112)
The history and deformation mechanism of Cenozoic crustal movement in the North of China	Ye hong, Zhang Wenyu (130)
Preliminary discussion on tilted fault block movement	Yang Zhende (139)
Main regularity of the fault networks by Landsat imergery in the area from the Western Henan province to Huoqiu, Anhui province	Sun Huanzhang (148)
A study of simulation experiments on tectonic structures	Zhong Jiayou, Shan Jiazeng, Wang Zaizhong (152)
Formation and development of a shear zone	Zhong Jiayou, Ye Hong, Wang Zaizhong, Shan Jiazeng (162)

有关断块构造、板块构造与地球动力学的问题

张文佑 李荫槐 马福臣 钟嘉猷

本世纪 50 年代国际地球物理年的活动,导致 60 年代的国际上地幔计划的进行;海上地球物理探测和海底地质研究以及古地磁学的兴起,提出海底扩张和海洋新于大陆的认识,引起大陆漂移假说的复活,产生了板块大地构造和全球构造的理论;为了探索板块运动的方式和力源问题,70 年代国际上又提出了地球动力学计划,其中包括十个课题^[16]: (1) 西太平洋-印度尼西亚地区的地球动力学;(2) 东太平洋地区,加勒比弧和斯科舍弧的地球动力学;(3) 阿尔卑斯-喜马拉雅地区动力学;(4) 大陆和海洋裂谷的地球动力学;(5) 地球内部的物理性质;(6) 地球内部作用过程及其与现在地表构造和所观测物理场的关系;(7) 造陆运动的区域广度;(8) 海陆构造的关系;(9) 构造,变质、岩浆作用过程的历史及相互作用;(10) 重塑各时代海陆分布的全球性综合。另外,根据国外的最近报道又增加了两项:板块内部的地球动力学和地震活动少的大陆边缘地球动力学。按计划应于 1979 年完成并进行总结。参加该项国际计划的除美、苏之外,还有日、法、德、意等国。

我国自全国科学大会以后,在全国基础地质规划中也列出了地壳与上地幔以及地球动力学的研究项目,但其内容与国际上地幔计划和地球动力学计划不尽相同,并且把地球演化历史也包括在内。在学术观点上,各人理解不一,有的地球物理学家,认为地球动力学主要应研究板块构造运动的力源问题,有人主张以地球内部流变学为主。从广义看来,地球动力学似乎应包括大气圈、水圈、岩石圈以及地幔和地核的运动方式和动力作用过程,而且地球各层圈的演化也都在内。从狭义来讲,似乎应只限于固体地球上部岩石圈和软流圈,也就是构造圈的运动方式和动力作用过程。我们认为,地球动力学研究似乎不应过于广泛,目前似应限于岩石圈运动为宜。

地球动力学一词,早先见于 A. E. Hlove 在 1911 年的著作《地球动力学的一些问题》^[17],它所讨论的问题限于地球内部的应力,地球的潮汐作用,行星量级引力可压缩体的动力学和地震波的传播理论等等。大家都知道,地震中的勒夫波,就是因 A. E. Hlove 而命名的。

最近 A. E. Scheidegger 又出版了《地球动力学原理》^[11]一书,该书包括范围更为广泛,从地球表面到地球内部的变化,以及岩石形变,地球转动,造山作用和构造运动等等涉及到地质学和地球物理学的各主要方面。J. A. Jacobs, R. D. Russell, 和 J. Tuzo Wilson 所著的《物理学与地质学》^[19], B. M. Tzobckuu 所著的《构造物理基础》^[23],以及多次修订出版的 H. Jeffreys 的《地球》^[18]都涉及到地球动力学的广泛内容。

从力学概念看来,有人把静力学 (Statics) 当作动力学 (Dynamics) 一支,与动能学 (Kinetics) 相对应,也有人把动力学与动能学等同起来,使运动学 (Kinematics) 和动力学相对等。一般的讲,运动学只讲运动而不涉及原因,即只讨论运动方式而不涉及力源,至于动力学则主要探讨力源问题。因此,可以概括的讲,动力学探讨力作用和力源问题,运

动力学讨论运动方式,而静力学只涉及力平衡作用下的静态。它们都是力学的一个分支学科。

如果我们把力学概念引用到地球科学之中,那么就应当严格遵守力学的原则,而不能把地球的一切活动都概括在地球动力学之内。无论从国际地球动力学计划的内容来看,或从上述一些专门著作来看,它们不仅包括了地球动力学,而且也包括地球的运动学和静力学,甚至涉及到地质学和地球物理学的许多方面。

从构造地质学的研究来思考,我们认为,构造动力只能通过构造形变来探求,构造形变是构造运动的结果,构造形变方式是构造力在平衡作用中静态表现,因此研究构造动力学,或构造成因学就不能不从构造形变方式开始,也就是要由构造静力学和运动学着手,再进一步根据构造运动的结果推求其成因以及驱动力问题。

断块构造学说是从研究岩石褶皱与断裂相互联系而开始的^[14],我们早年随李四光教授研究地质力学和构造体系,初步提出了广西山字形构造的发展历史^[15],进一步认识到构造的力学分析必需与历史分析相结合,即形变或改造的分析必需与形成或建造的分析相结合。通过多年来的野外观测和室内模拟试验的实践,又使我们认识到山字型构造是弧形构造的一种特殊类型^[1]以及基底断裂对于盖层褶皱的相互作用^[2]。地槽是在大陆型地壳或海洋型地壳上由断裂拉开产生的地堑型构造,地槽的迴返上升也就是由于地堑的闭合。一个地区的挤压,必定在该地区两侧或一侧产生拉张;反之亦然。一个时期挤压必定可在另一个时期产生拉张;反之亦然。地槽是有底的,地槽的下陷和迴返必与拉张和挤压作用有关。拉张作用使相邻断块发生背向运动,其间地壳减薄,由大陆变为海洋,是地堑式地槽的发生、发展阶段;挤压作用使相邻断块发生相向运动,其间地壳增厚,是地堑式地槽闭合(迴返)阶段。史蒂勒(H. Stille)的优地槽多是在海洋型地壳上断裂发展的,而冒地槽则往往在大陆型地壳上出现。它们都可与地堑构造相比拟^[12]。50年代初期,我们吸取苏联深断裂和构造的概念,编制新中国的第一张大地构造图(1:800万)和说明书,并在中国地质学会上展出,并进行了讨论,该图及说明曾被苏联学者译成俄文。编图时我们发现了鲁西和胶东的地质上的差异很大,命名为鲁中深断裂,同时,地质部航空磁测大队杨华同志等也发现了磁异常的特征,我们曾进行过个人之间的讨论,确定了郯庐深断裂带的存在。后来在1:800万大地构造图及说明书的基础上,改编为1:400万大地构造图及说明书——中国大地构造纲要(第一版1958年,第二版1960年);该图及说明书又为苏联译成俄文,美籍中国地质学家赵景德也作过好评^[13]。

回忆当时在地质学会上讨论我们在解放后第一次编制1:800万中国大地构造图时曾引起许多争议,如深断裂的存在问题以及与构造体系相结合问题,甚至有人还把运用构造层划分出的构造单元说成是地质图的简化,还有人说盖层滑动构造体系与基底断裂体系是“风马牛不相及”,“生搬硬套”,“混淆视听”等等。但是我们却坚持下来。并且进一步根据野外大量观察和室内模拟试验,从断裂与褶皱的发生与发展^[3]的相互联系入手,进行说明中国东、西部中生代以来由于升降的边界条件变化,所产生的菱形或斜方形断块方位是有差异的^[2,4]。此外,我们还论述了断裂常呈锯齿状的力学成因机制^[5]。我们所提出的断块构造理论就是以断裂的发生和发展为基础的,正是由于有了断裂构造活动才能产生断块构造运动。我们编制中国大地构造轮廓图及其说明书“中国大地构造基本特征及其发展的初步探讨”曾被译为日文。断裂形成方式常由张性面交替迁就剪切面而成,故多呈锯

齿状^{15,61}。断裂的活动方式可大致分为五种：剪切、挤压、拉张、以及剪-张和剪-压，而后两者最为常见，可与“板块”构造的“转换”断层相比似，但更适于说明洋脊上的地震分布¹⁷。此外，我们还根据地球浅部与深部的温度冷热和垂直荷载重压的不同，说明浅部褶皱、断裂与深部断裂在活动方式、性质特征和发展方向等方面的差异，并得到验证。这对于地震活动的预测和普查找矿都有一定的实际意义¹¹。

挤压作用所形成的逆掩或逆冲断层，实际上是一个相对仰冲和俯冲的剪切面。我们早就讲过，仰冲和俯冲是一个剪切错动的两个侧面²⁰。它们的出现主要取决于断块的密度、刚度和形态等边界条件。一般地讲，高处易向低处仰冲，轻的易向重的仰冲，软的易向硬的仰冲，这是经过模拟试验和野外观测验证的事实，不容忽视。

此外，还应就便指出，根据断裂深浅不同，我们曾初步把断裂分为岩石圈、地壳、基底和盖层四种深度不同的断裂^{16,7,8}，它们还把岩石圈切割成为大小不一、厚薄不等的断块，即岩石圈、地壳、基底和盖层断块等。它们的标志我们已经指出，这里不再重复，但尚值得进一步研究。从地球的不均一性和震源的层状分布以及高速层和低速层在地壳和地幔中的不断发现¹⁹，并结合模拟实验来看，地球各层圈之间可能还存在着规模和程度不同的层间滑动，表现为不同深度和不同厚薄的断块构造活动。很难设想，只有岩石圈断块沿着软流圈滑动（相当于“板块”活动或“大陆漂移”）而没有其中的地壳、基底和盖层之间的层间滑动。这就是我们早就提出的岩石圈断块（相当于“板块”）不仅边缘有形变，而且内部也有形变。五十年代末至六十年代初，我们就已提出中国大陆是由许多菱形或斜方形断块组成的，它控制着地震活动¹⁹。

自“板块”构造现象从海洋推广到大陆以后，其边界标志主要有地球物理异常（包括地震、地热、地磁、重力等）和地质特征带（包括蛇绿岩套、双变质带、混杂岩等），但何者为主，何者为次，并没有明确提出。如果认为大陆“板块”主要由古海底演变而来，那么，“板块”的地缝合线（Geosuture）就应该具有海底特征，首先就应把注意力集中到蛇绿岩套（Ophiolite suite）。它一般由蛇纹石化的橄榄岩、辉长岩和枕状熔岩、细碧岩组成，深海沉积包含燧石和浊积岩、复理石等。古海底的存在既是大陆板块边缘的最重要的标志，其他物理异常带和地质异常带就居次要地位，因为它们在长期活动的岩石圈断裂带上，都可能产生，而高压低温变质带又是常易受到后来高温作用破坏的。从我们以前所提出的剪切-拉张和剪切-挤压断裂活动的方式看来，“地缝合线”既可以分别相当于扩张带和消减带，又可以作为推测古海底曾否出现和能否保存的标志。由于岩石圈断块边缘的超基性标志可以是也可以不是古海底，所以我们仅根据这一点，就可以认为“板块”是断块的一种特殊类型，何况板块学说的“板块”并未明确包括地壳，基底和盖层等断块在内呢？！因为板块学说最近虽在大板块（Macroplate, Megaplate）的基础上划分出一些小板块（Microplate, Subplat），但未考虑它们的特征和划分原则以及它们的活动方式，如层间滑动和深度不同等等。

“板块”构造学的风行，尽人皆知，但一切事物总是不断发展的，实践是检验理论的唯一标准，我们若不结合我国地质特点，坚持辩证唯物主义的一分为二的观点看问题，只有在

1) 张文佑、钟嘉猷，1978，断裂系统和断块大地构造学说的理论和实际意义。地学讨论资料汇编，自然辩证法学会专刊。

2) 张文佑，1948，构造地质学讲稿。

思想解放的前提下,我们才能更好地用现代化技术和方法武装我们的地质科研工作。“板块”学说根据海洋探测以及古地磁测量等方面的新发现而提出的,它把地球物理,地球化学和地质学等方面资料进行了统一的解释,说明海陆变化等等,确有超过以前的大地构造假说的许多优点。例如,美国沉积岩学家皮提江^[22]曾指出深海沟内自中生代以来的沉积厚度不过几百米,而优地槽的沉积则达几千米,两者显然不能对比;并且古波纹所指示的硅铝质沉积源地多来自海洋一侧,而非来自大陆,很难解释。至于上述的仰冲与俯冲的相对活动问题,锯齿断裂与“转换断层”问题以及地球物理异常带和地质特征带等等都不难用断块活动加以解说,尤其是块内应力和应变问题,层间滑动问题以及水平和垂直运动关系问题等等更易于用断块活动来说明。地球是由各种波速不同的层圈组成的,由于地震探测技术的日益改进,已经知道低速层和高速层,不仅在地幔中有,而且也在地壳中存在。结合地震震源的层状分布以及岩层褶皱力学的研究,可以推测地球中各层圈之间的层间滑动是可能的。这一现象虽尚需进一步探索,但也没有充分证据确定它们不可能发生。层间滑动不仅有助于说明“板块”内部应力和应变的表现方式,而且也可解释水平和垂直运动的辩证关系。岩石圈断块不仅可沿软流圈作类似“板块”的运动,而且它内部所包含的地壳、基底、盖层断块也都分别作相应的运动。这就是我们一向所主张的断裂可按深度划分为岩石圈、地壳、基底、盖层四种不同断裂以及按断裂活动方式划分为纯剪切,纯拉张、纯挤压,剪切-挤压和剪切-拉张五种断裂的实质所在。最近黄汲清同志^[10]同意我们的断裂分类是一件可喜的事,同时还根据人造地球卫星影象判读承认了我们早就提出的菱形或斜方形断块构造的存在。可惜的是,他并没有从断裂的力学机制加深探讨,也没有结合地球物理异常带进行分析,诚属美中不足。在党的百家争鸣方针鼓舞下,我们是否可以提出“多旋迴”是“地槽活化”的一种方式,它与“地洼”导因于“地台活化”是否有类似之处。两者都是离不开基底(广义的)断裂和盖层(广义的)褶皱的相互制约的。乃至镶嵌构造是否属断裂与断块活动的一种方式?也是应该思考的。难道这些不是值得进一步研讨的吗?

众所周知,板块学说并没对力源问题提出合理的解答。30年代人们就曾提出地下对流体推动大陆漂移的模式,70年代人们把地球岩石圈划分为六大板块,假想地下有六个对流体,后来则又划分大小板块达二十多个,其下是否也有二十多个对流体呢?却没有多少人谈论。关于粘滞对流和热对流机制,其说不一,显然问题没有解决;何况地震资料表明,地球层圈愈分愈多,因而对流体也必然愈来愈薄愈小。至于如何能使大洋型岩石圈“板块”俯冲下插到大陆岩石圈之下,甚至达到地幔中,深700公里,这是不能不使人怀疑P波速度最高为6.5公里/秒的地壳物质如何深插于P波速度最低为7.4公里/秒的地幔物质之中。此外,板块扩张的速度和幅度愈近赤道愈大,愈近两极愈小,这与具有流体性的太阳和木星等天体的赤道旋转大于两极有相似之处。天文学家还告诉我们太阳的表面与内部旋转不一^[21],不仅两极可旋扭而且内外层间有滑动,这就不能不使我们推测地球内部物性不均一的层圈之间也有滑动的可能,这一点还可从岩层之间的层间滑动引起褶皱构造的力学机制得到启示。地球体除呈1/298.25扁度的球形外,还显示北极凸出和南极凹入以及北半球稍瘦和南半球略肥的鸭梨形;还有大陆和大洋的巨型构造带多呈径向或近径向与纬向近纬向,以及“板块”运动的扩张轴与旋转轴之间的交角大致与地球的赤道面和黄道面交角相等,且为地轴摆动角的倍数。这些现象如不属偶然的巧合,那么它们就

可能归因于地球转动(自转与公转)的效应。一些地球物理学家认为地球转动的变化不足以引起构造运动^[20],并且作了数学的推导和计算。但地球不是一个均匀体,是由深浅不一、厚薄不同、物理和化学性质差异的层圈组成的。如果再考虑各处重力和热力的差异以及地球各层圈之间的滑动可能性,加上其他天体特别是日、月吸引的潮汐力对于地球岩石圈、水圈、大气圈的影响。难道这一思路不比单纯从地幔对流,热点和地幔柱的活动来探索地球动力学的设想更宽广一些吗?

总之,根据断裂与断块大地构造学说的思路,首先应当深入研究断裂的发生与发展及其深度和广度的差异以及层间滑动机制;对正断层和逆断层的辩证发展及其断升与断降,俯冲与仰冲,水平运动与垂直运动等相对联系,也应特别注意。因为不首先研究断裂的运动学,静力学和动力学,就无从了解岩石圈断块(包括板块在内)的运动,决不只象板块学说那样只强调俯冲而忽视仰冲;只强调水平运动而忽视垂直运动;只强调“转换”断层的活动而不研究它的力学成因以及深度和广度的差异,何况板块边缘断裂也不仅只有“转换”断层一种呢!

断块学说早就注意到内部应力与应变,而板块学说提出板内应力与应变则不过是最近的事情,而地壳内的低速层和高速层的划分也早为我国地球物理学家曾融生滕吉文等所测知,也不晚于国外。并且,我国有史以来的地震活动性也非象板块学说所提出“印度板块”和“太平洋板块”向中国大陆俯冲那样一个简单模式所能解释的。震源机制分析所得出的应力场只是一个点,而不是象前震,主震、余震活动所代表的断裂带和断裂面。过去我们常以大陆构造推测海底构造,曾认为太平洋是古老地台;现在板块学说则从海洋推测大陆,又认为海洋构造新于大陆,甚至把板块构造从中生代推引到前寒武纪。这就不能不引起一个问题,现在海底钻探只能深入水下1000米左右,那么这个深度以下的地壳是否有“月亮”那样古老岩石存在?难道不值得我们深思吗?

末了还要再次提出,板块学说从海洋推测大陆构造的核心问题是大陆“板块”之间的“地缝合线”是否有相当于古海底的蛇绿岩套存在,日本学者都城秋穗曾把蛇绿岩套分为有序型(Sequence type)和有序型(Non-sequence)。前者由下至上顺序为橄榄岩(蛇纹石化)、辉长岩、细碧岩、枕状熔岩、矽质岩含有孔虫、复理石和浊积岩等。但这只是从现在海底岩层推测的。至于无序蛇绿岩套则其次序是混杂的。这是由于认为地缝合线是古海底的残余,所以蛇绿岩套中的超基性和基性岩是构造侵位的(即冷侵入,类似底辟构造),而非岩浆热侵入。除这一个核心问题外,其他如双变质带,混杂堆积等等似乎都不能说明它们代表板块缝合线。因为长期活动的断裂带都可产生超基性和基性岩以及时代和成分不同的混杂岩,而双变质带中的高压低温矿物又常易被后来的高温变质所破坏。至于把现存的自中生代以来产生的深海沟沉积能否与优地槽沉积对比的问题,前面已谈过,这里就无需重复了。

参 考 文 献

- [1] 张文佑, 1942, 广西山字型构造的雏形。地质论评, 第7卷, 第6期。
- [2] 张文佑、李荫槐、钟嘉猷, 1973, 弧形构造的力学成因及其与浅源地震的关系。科学通报, 第18卷, 第2期。
- [3] 张文佑, 1960, 中国主要断裂构造系统的应力分析。科学通报, 第19期, 604—628页。
- [4] 张文佑、钟嘉猷, 1962, 锯齿状断裂的力学形成机制。构造地质问题, 科学出版社。3—14页。
- [5] 张文佑、钟嘉猷、叶洪、从柏林, 1975, 初论断裂的形成和发展及其与地震的关系。地质学报, 第1期, 17—26页。

- [6] 张文佑、钟嘉猷, 1977, 中国断裂构造体系的发展。地质科学, 第3期, 197—209页。
- [7] 张文佑、叶洪、钟嘉猷, 1978, “断块”与“板块”。中国科学, 第2期, 195—221页。
- [8] 中国科学院地质研究所大地构造编图组, 1974, 中国大地构造基本特征及其发展的初步探讨。地质科学, 第1期, 1—16页。
- [9] 曾融生、滕吉文等, 1965, 我国西北地区地壳中的高速夹层。地球物理学报, 第12卷, 第2期, 94—106页。
- [10] 黄汲清等, 1977, 中国大地构造基本轮廓。地质学报, 第2期。
- [11] Scheidegger, Adrian E., 1963 *Principles of Geodynamics*.
- [12] Chang, W. Y., 1961, On the mechanism of block-faulting of the Chinese cration. *Scientia Sinica*, X(3), pp. 361—376.
- [13] Chang, W. Y., 1948, Adaptation as a mode of development of fractures and its relation to geological phenomena contributions from the institute of geology. (5), pp. 53—88.
- [14] Chang, W. Y., 1944, A Preliminary note on X-and T-shaped joints. *Bull. Geol. Soc China*, 24, pp. 235—238.
- [15] Chang, W. Y., 1950, On the development of joints. *Sci. Record*, 3(1), pp. 87—100.
- [16] Geodynamics today Royal society of London, 1975, *Geological Newsletter IUGS*, 1977, (4).
- [17] Hlove, A. E., 1911, Problems of Geodynamics, Cambridge Uni. Press.
- [18] Jeffreys, H., 1924—1975, The Earth, 1st ed. 1924, 2nd ed. 1929, 3rd ed. 1952, 4th ed. 1962, 5th ed. 1970.
- [19] Jacobs, J. A., Russell, R. D., and J. Tuzo Wilson, 1974, Physics and Geology. 2nd ed.
- [20] King-Hele, D. G., Cook, G. E. and D. W. Scott, 1968, New evolution of odd zonal harmonics in geopotential. *Nature*, (219), p. 1143.
- [21] New twists in solar rotation rates. *Science News*, 1978, 113(25), p. 404.
- [22] Pettejohn, F. J., 1974, *Sedimentary Rocks*. 3rd ed
- [23] Гзовский, В. М., 1977, Основы тектонофизики.

浅层构造形成条件和某些构造地质问题的讨论

(以分析西南地区构造主要特征为例)

钟大赉 马福臣 钟嘉猷

我国东部的盖层构造,大部分是在燕山期和印支期形成的。各种褶皱和断裂的特点和组合形式明显地控制着各种矿产的形成和展布。因而广大地质工作者在区域测量和矿山勘探过程中都对不同构造型式进行了广泛研究。本文是结合我们十年来陆续对湘鄂西、川东南、黔中等地的实际工作,并收集了周围地区的各种地质成果,着重研究基底和盖层,深层和浅层构造的关系,从剖面上探讨上、下构造符合,平面上探讨不同方向的复合问题,讨论它们形成的主要因素,以期为进一步深化提出一些问题。

我们之所以选择扬子断块和南华断拗^[1]作为讨论基础,主要是这里的基底或加里东褶皱基底部分暴露地表,可以清楚地追索基底到盖层,深层到浅层之间的构造关系。尤其是建国以来这里的地质工作积累了丰富资料,为讨论提出的问题提供了很好基础。

我们所讨论的浅层构造是指基底(如华南的下板溪群四堡群、梵净山群)以上的地层中出现的构造。深层和浅层是一种相对概念¹⁾,它可以是基底对盖层,下构造层²⁾对上构造层(如南华断拗的加里东褶皱基底和晚古生代地层),以及同一构造层中的下部层对上部层(扬子断块的下古生界和上古生界之间,中三叠统与上三叠统),它们之间是区域性假整合关系。

我们认为深层构造对浅层构造的控制作用主要是由于深层中存在不均一性而引起的。不均一性反映在深层地层的成分,形态和结构构造的三个方面。特别是结构构造和形态的不均一性对浅层构造的控制作用尤为重要,这是本文讨论的重点。

根据野外观察,构造物理模拟实验和理论分析,在其他条件相同时,某一地质体遭受外力作用,应力首先在地质体内的不均一部位集中,变形也就在不均一部位开始。因而下部地质体的不均一在变形时往往对上部地质体的变形起控制作用。也就是张文佑先生所说的基底构造控制盖层构造,深层构造控制浅层构造。因此我们研究盖层时,除主要对上部层本身的不均一性注意外,更要把极大注意力集中在基底或深层构造的不均一上,而且这种不均一是在地质体形成的过程中逐步发展的。这就需要从历史的和力学的方法去分析和研究各种地质体,从基底到盖层的形成过程中,从一个地区经受的沉积作用、岩浆作用、变质作用和构造变形中去追溯深层中存在的不均一。下面我们将讨论这方面的问题。

1) 下面我们讨论基底和盖层,深层和浅层,下部层和上部层关系时,统以深层和浅层叙述,其中包括基底和盖层的关系。

2) 我们指的构造层,是上下两套地层以区域不整合分开的地层。

一、深层中存在断块、断裂是控制浅层建造的主要基础

大家知道,我国许多中、新生代沉积盆地大多数是构造盆地。它们的形成和发展与盆地一侧或两侧的断裂活动有成因上的密切连系。郭令智^[1]等和水涛^[6]对华南加里东基底上的晚古生代沉积盆地认为是断陷盆地。通过我们近年来分析西南某些地区的地层和沉积相展布特点发现,岩相带常常表现为“块块”和“条条”结合。这些“条条”“块块”是在每一个大的构造期以后出现的,主要表现在古地貌某些差异,特别在古地形还没有夷平之前,直接控制了沉积岩相的变化。

近年来国内外对中新世代以前和现代沉积岩相的研究特别是碳酸岩沉积研究的进展,古代海相沉积大致可分陆表海和陆缘海两大沉积区,陆缘海包括如现今大陆外缘的大陆架地区,这里的特点是海水深度大,海底坡度大,因而对海水循环,沉积环境及沉积性质有深刻影响,按其特点来说相当于地质历史上的边缘火山大洋沉积盆地,属优地槽型沉积。陆表海是大陆上广阔的浅海,深度小,坡度小,在现代海洋较为少见,但在地质历史上大部分地台型沉积可能是在陆表海条件下形成的。我们初步认为,西南地区的古生代沉积,除加里东褶皱区外,也属这一类沉积。陆表海沉积按照海平面深浅,海水动荡程度的不同,各种相对深度对波浪和海流冲击海底,消耗它们能量的位置的影响,结合西南地区晚古生代沉积发育的特点,我们把陆表海分成三个相带模式:滨海浅水相、浅海碳酸岩台地相,和广海深水相(图1)。考虑到陆地剥蚀区已超出我们的编图范围和划分的困难,以下我们的注意力主要放在碳酸岩台地相和广海深水相。

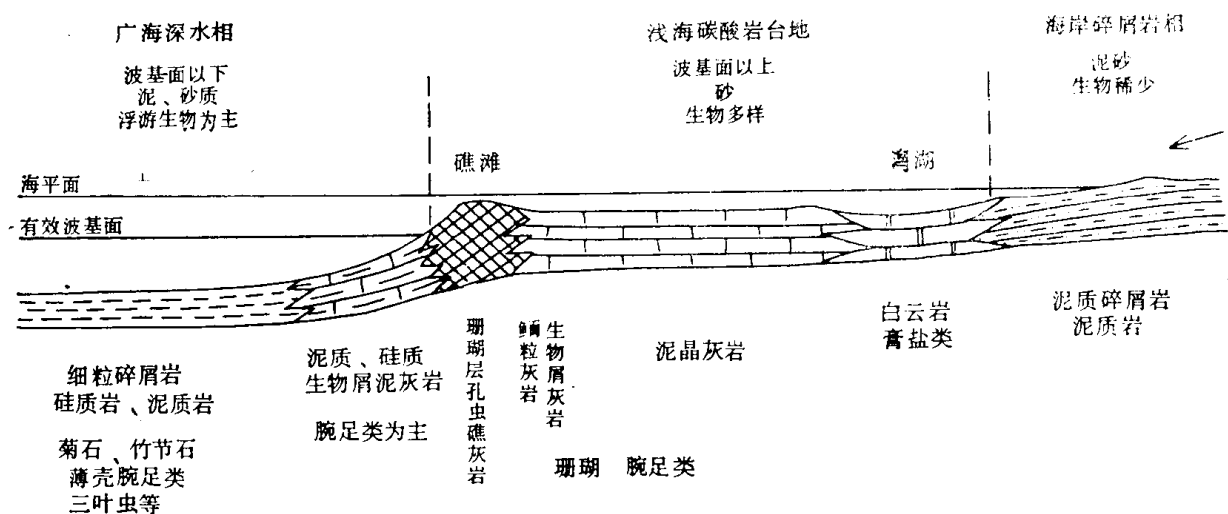


图1 西南地区晚古生代沉积盆地相模式

沉积岩相变化大致有二种型式:突变型和渐变型。突变型中还可分两种情况,岩相厚度突变和厚度突变。现在分别谈谈它们的一些特点。

1. 岩相厚度的突变

岩相厚度变化多呈线状变化,即在区域性断裂带附近,在很短的距离(1—几公里)范

1) 根据内部资料。

围内迅速相变。有时在两种岩相犬牙交错相互变化的部位,并不一定有断裂,它只是深层中存在断裂活动引起浅层沉积变化的反映(下面将用例证说明)。它们表现在现今区域断裂的两侧,或区域性褶皱的两翼,展布迥然不同的同时异相沉积。而在“块块”内部,岩相相对稳定,变化不大。如以黔桂一带的晚泥盆世为例,由于岩相发育不同可分为二个同时异相组:融县组和榴江组。前者呈“块块”分布,后者呈“条条”分布(图3)。

融县组是一套碳酸岩台地沉积,是由浅色石灰岩、白云岩、鲕状灰岩,夹少量碎屑岩组成(碎屑砂岩以石英砂岩较多),生物以富含珊瑚、腕足类、苔藓虫等浅水底栖生物为主,常组成生物滩或生物礁。厚度大,由几百米至千米以上。

榴江组是一套广海深水沉积,是由泥岩,粉砂岩、硅质岩等组成。有些地区其上部还发育瘤状泥灰岩或夹薄层灰岩。岩石呈深色,以黑色居多,常含碳质,薄微细层理为其特征。化石单调稀少,以浮游生物为主,有竹节石、菊石、三叶虫、翼足类和极少的腕足类等底栖生物,后者多以单层碎片堆积产出,显示经搬运的异地堆积。在广南、盘县等地,据沙庆安¹⁾等同志观察,来自碳酸岩台地的海百合灰岩和榴江组地层形成滑塌堆积。本组厚度很薄,100—200米,常赋存磷、锰等矿床。榴江组在平面上多呈带状分布,我们暂称为海槽。至于这种海槽沉积相特点能否和现代海沉积类比,还有待于进一步详细的岩石岩相工作。从榴江组的沉积组成结构、构造、古生物、厚度、成矿特点可以和深海沉积相比

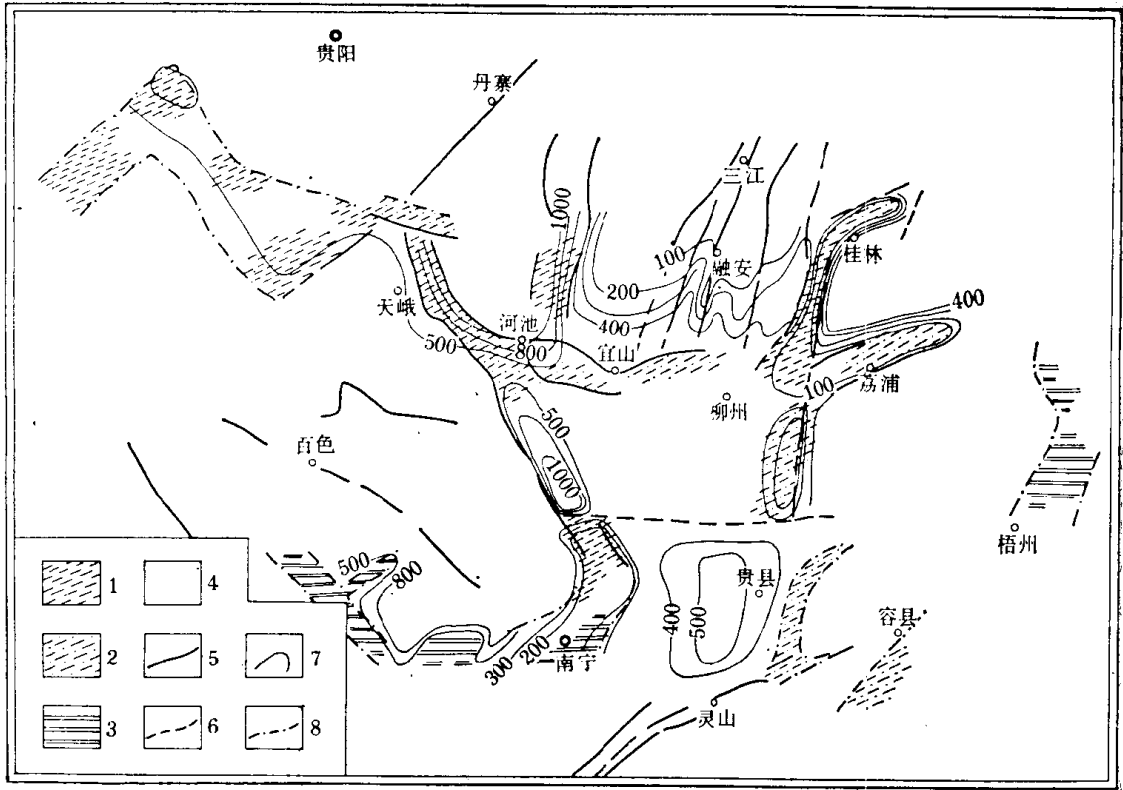


图2 黔桂一带东岗岭期(D₂d)岩相厚度示意图

1.碎屑岩相夹硅质岩,产竹节石、三叶虫、菊石、翼足类和腕足类、腹足类化石; 2.泥灰岩相,产腕足类为主; 3.燧石灰岩相夹硅质岩,产竹节石、笔石、腕足类等; 4.碳酸岩相夹碎屑岩产珊瑚、层孔虫、腕足类为主; 5.区域性断裂; 6.推测性断裂; 7.等厚线; 8.岩相界线。

1) 据沙庆安同志面告。

较,但从一些地区榴江组上、下碳酸岩地层或榴江组薄碳酸岩夹层中含有多量腕足类和珊瑚等化石来看,还难于理解晚泥盆世海平面高差发生突然变化。所以我们暂倾向它是一种广海深水海槽沉积。

图3清楚地反映了榴江组展布特点。一个海槽从黔西南的紫云、罗甸到桂北的河池、宜山、柳州、荔浦,组成北西—近东西向反复转折的之字形带,延展达600公里以上。另一近南北向—北北东向海槽经城步、柳州东至来宾、贵县等地,长300公里以上。其他还有北东向和北北向断续海槽,如灵山、南宁、百色、广南、巴马,它们都和区域性断裂带密切相关。海槽之外,则为碳酸岩台地—“块块”,两者交界部位正是厚度梯度带,厚度差比5—10倍,反映了沉积时古地貌的差异和古断裂的控制作用。这和 Doniel Bernoulli, Hugh C. Jenkyns (1974)^[13], J. Aubouin 研究南欧阿尔卑斯 Hellenides 地槽 (1965年)^[14],勒莫尔(1975)对阿尔卑斯山区侏罗系白垩系沉积岩相研究是一致的。即在隆起部位发育碳酸岩沉积,而在活动的断陷海槽内,发育硅质的碎屑岩建造和复理石建造。

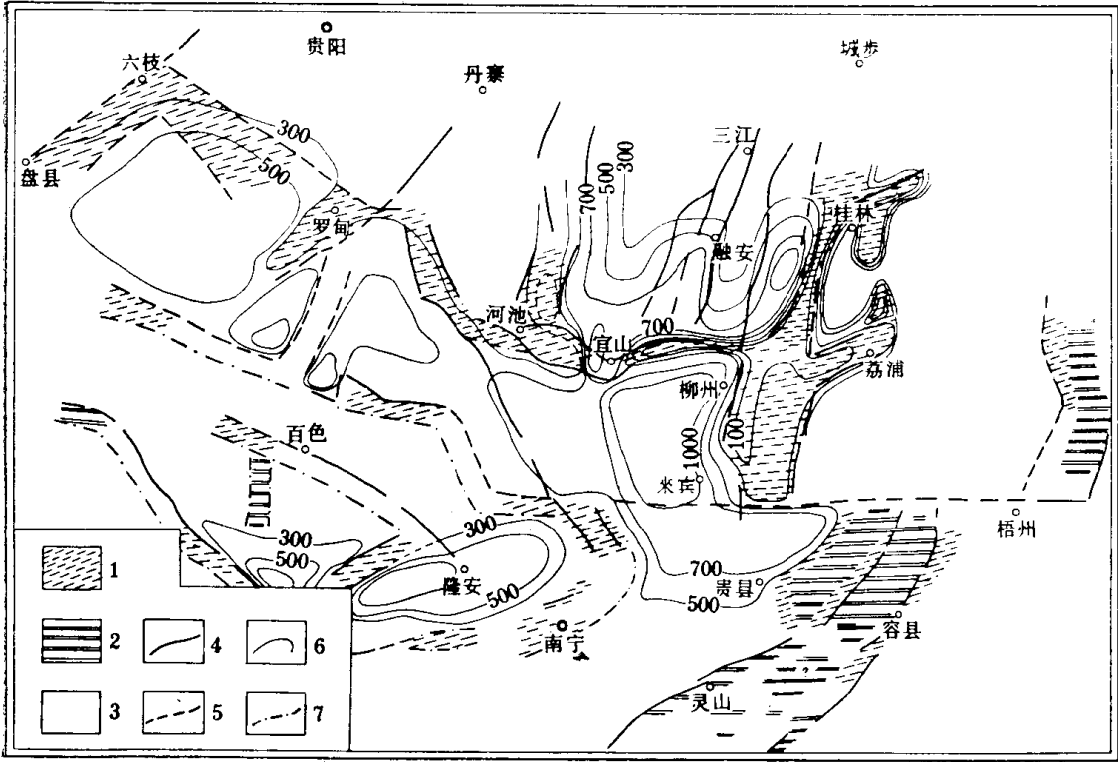


图3 黔桂一带晚泥盆世(D₃)岩相厚度示意图

1.硅质岩、扁豆状灰岩相,产少量竹节石、三叶虫、菊石等浮游生物为主,少量腕足类; 2.硅质岩相,产浮游生物; 3.碳酸岩相,产珊瑚,腕足类为主; 4.区域性断裂; 5.推测性断裂; 6.等厚线; 7.岩相界线。

中泥盆世东岗岭期沉积相也有“块块”和“条条”的特点(图2),它和D₃区别仅仅在于,海槽内由细碎屑岩或泥灰岩或硅质灰岩组成,有时夹少量硅质岩。细碎屑岩常呈黑色,含炭质,微细水平层理,具类复理式韵律特点,古生物以菊石、竹节石、三叶虫为主。碳酸岩也多为深色、黑色,含较多的腕足类。碎屑岩中火山碎屑、长石较多(如罗甸等地)。碳酸岩台地以灰岩、白云岩为主,夹少量碎屑岩,底栖生物、珊瑚等十分发育。

早石炭世时期继承了泥盆纪时期沉积环境(图4),海槽范围由两侧向中心迁移,相应地