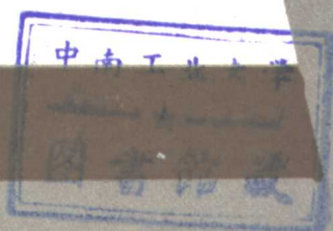


682303

孙 枢 钟大赉 李荫槐 主编

青



断块构造理论及其应用

科学出版社

断块构造理论及其应用

孙 枢 钟大赉 李荫槐 主编

科学出版社

1988

内 容 简 介

本书是继 1984 年 10 月第一届断块构造学术讨论会后,从 60 多篇论文中遴选出 25 篇汇编而成的论文集。

本书综述断块构造理论基础,展示运用断块构造理论在找矿、地震等生产实践方面的成果,探讨构造成因机制。各篇文章有相对的独立性,通篇全书又有机贯穿,结构较紧凑。

可供地质、地理、地球物理等科研、教学、生产人员参考。

断块构造理论及其应用

孙 枢、钟大赓、李荫槐 主编

责任编辑:李棋方、蒋发二

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

1988 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1988 年 9 月第一次印刷 印张:14 1/4 插页:3

印数:0001—1,570 字数:320,000

ISBN 7-03-000490-6/P·88

定价: 8.70 元

前 言

本书是 1984 年 10 月 15 日至 17 日由中国科学院地质研究所、中国地质学会构造地质专业委员会和中国石油学会石油地质委员会联合召开的全国首届断块构造学术讨论会上宣读的部分论文的汇编。学术讨论会之前,为祝贺张文佑教授从事地质工作 50 周年举行了庆祝活动。事隔 4 个月,我们还没有来得及出版此书,张老不幸与世长辞了。现在我们谨以此书来纪念这位敢于创新、不断进取、毕生献身于地球科学事业,为中国大地构造研究作出杰出贡献的张文佑教授。

本书共分六部分。第一部分对张文佑教授提出的断块构造学说的基本思想作了扼要的综述。但限于我们的水平,综述未必十分恰当。因此,读者想了解张老的学术思想还是以阅读他本人生前的著作为好。我们之所以写出这篇介绍文章,目的是想和有志于研究断块构造的同志们,共同完善和发展这一科学园地。本书其余五部分分别讨论了断块构造与大地构造、断块构造与岩浆活动和变质作用、断块构造与成矿作用、断块构造与深部结构以及断裂和断块构造的形成机理等方面的新进展。这些论文是来自全国教育、科研、生产等部门的同志们运用断块构造学说研究地质问题的新成果。它们不仅丰富了断块构造理论内容,而且从实践中为我们提出了新课题。正如张文佑教授生前指出的“我们并不认为这些看法(指断块构造学说)已经完善,也还有许多内容需要在今后科学实践中进一步补充、修正和发展”。他又说“一个学派形成之日,就要及早警惕走向下坡之时,因为主观、片面和僵化是唯心主义认识论的思想根源”。已经开拓的断块构造学说只是在前进道路上铺垫的一块基石。这一理论范畴内还有那么多的必然王国等待我们去认识。因此,本书的出版仅是实现张文佑教授遗愿一个很好的开端,也是对张文佑教授最好的怀念。

参加首届断块构造讨论会的有中国科学院、地质矿产部、石油工业部、冶金工业部、国家海洋局、国家地震局、高等院校等系统的领导、代表 100 多人。中国科学院孙鸿烈副院长,以及我国地学界著名专家教授和有关部门的负责同志黄汲清、李春昱、高振西、叶连俊、马杏垣、施雅风、陈宗基、申力生、朱效成等出席了会议。我借此机会对他们的光临和指导再次表示深切的谢意。

会议期间,领导小组对提交的论文作了遴选,嗣后,由李荫槐和赵中岩同志负责编辑工作,付出了很多时间和精力。钟大赉同志为本书的编写提出不少意见。对他们的努力和支持,也深表感谢。

孙 枢

1986. 5. 23.

目 录

前言	孙 枢 (i)
----	-----------

第一部分

断块构造理论基本要点	钟大赉 马福臣 李荫槐 吴根耀 叶 洪 (1)
------------	---------------------------

第二部分

断块构造与区域构造

论青藏及邻区大地构造分区问题	李荫槐 刘小汉 (10)
断块构造理论在研究“走滑转换构造”中的应用	叶 洪 (22)
地温与断块构造——以华南断褶系及扬子断块区为例	王 钧 黄歌山 汪集旻 黄尚瑶 (32)
冀中拗陷新生代的块断构造运动——地震反射研究	赵中岩 瞿 杰 张振生 (40)

第三部分

断块构造与岩浆作用、变质作用

论大陆断块造山区域变质作用	郭令智 马瑞士 施央申 叶尚夫 杨树锋 (48)
华南花岗岩类与断块构造	杨科佑 (56)
华南断褶系对花岗岩的控制作用	吴学益 (63)

第四部分

断块构造与成矿

断块构造对中国南部花岗岩内生锡矿的控制作用	袁奎荣 杨心宜 (72)
中国逆冲断层带与油气	田在艺 (80)
断块构造与区域成矿	张 弛 (87)
断块构造对赣南钨矿成矿的控制	彭笃辉 (95)
郯庐断裂对鲁西沉积及煤田的控制作用	田景瑞 (106)
从二叠纪聚煤盆地特征看福建的断块活动	林增品 (117)
断块与交叉、封容控矿构造	张民义 (124)
从甘肃几个掩冲带探讨找油气	严济南 (133)

第五部分

断块构造与地球深部结构

华北断块的地壳上地幔结构	刘国栋 叶 洪 (143)
河北小麻坪幔源橄榄石的位错构造及上地幔物理状态的研究	何永年 林传勇 史兰斌 (150)
中国大陆主要断块边界断裂带及其地球物理场特征	余振华 (159)

第六部分

断裂的形成机制与断块构造

用断裂力学方法研究断裂构造体系的形成和发展·····	张之立 (169)
层间滑动与软流圈形成的初步探讨·····	熊大和 (182)
断块构造力学机制的数学模拟·····	孙惠文 张菊明 (188)
西太平洋边缘构造的形成机制——兼论地壳的增长方式·····	郑开鄂 (197)
断块学说与裂谷研究·····	吴根耀 (204)
新生代东亚地壳演化及其机制的探讨·····	张 抗 (213)

CONTENTS

Preface.....	Sun Shu (i)
--------------	---------------

PART I

Basic Gist of Fault-Block Tectonic Theory	
.....Zhong Dalai Ma Fuchen Li Yinhuai Wu Genyao Ye Hong (1)	

PART II

FAULT-BLOCK TECTONICS AND GEOTECTONICS

On the Geotectonic Regionalization in Qinghai-Xizang and Its Adjacent Regions.....	
..... Li Yinhuai Liu Xiaohan (10)	
Theory of Block Tectonics Applied to the Study of the Strike-Slip Transform Structure	
..... Ye Hong (22)	
Relationships Between the Geothermics and Fault-Block Tectonics.....	
..... Wang Jun Huang Geshan Wang Jiyan Huang Shangyao (32)	
Cenozoic Block-Faulting Tectonics in the Middle Part of Hebei Province, North China	
..... Zhao Zhongyan Qu Jie Zhang Zhensheng (40)	

PART III

FAULT-BLOCK TECTONIC AND ITS RELATIONSHIP

MAGMATISM AND METAMORPHISM

On Regional Metamorphism at Stage of Continental Block-Faulting Orogeny	
..... Guo Lingzhi Ma Ruishi Shi Yangshen Ye Shangfu Yang Shufeng (48)	
Granitoids and Fault-Block Tectonics in South China	
..... Yang Keyou (56)	
The Control of the Fault-Fold Systems Over Granites in South China.....	
..... Wu Xueyi (63)	

PART IV

FAULT-BLOCK TECTONICS AND METALLOGENY

The Control of Fault-Block Structure on Endogenic Tin Mineralization in Granitoids in South China	
..... Yuan Kuirong Yang Xinyi (72)	
Thrust Fault Zones in China and Their Relationship to Oil and Gas Fields	
..... Tian Zaiyi (80)	
Fault-Block Tectonics and Regional Metallogenesis	
..... Zhang Chi (87)	
The Control of Fault-Block Structure on Metallogeny of Tungsten Mines in Southern Jiangxi Province	
..... Peng Duhui (95)	
The Control of the Tancheng-Lujiang Fault on Coal Mines and Sedimentation in Western Shandong Province.....	
..... Tian Jingrui (106)	
The Fault-Block Activities of Fujian in the Light of the Characteristics of the Accumulated Permian Coal Basins.....	
..... Lin Zengpin (117)	
Fault-Block Theory and the Control of Criss-Cross Faults Over Mineralization and Ore Distribution.....	
..... Zhang Minyi (124)	
A Suggestion of the Searching for Oil and Gas Field Based on the Investigation of Some Thrust Belts in Gansu.....	
..... Yan Jinan (133)	

PART V

FAULT-BLOCK TECTONICS AND DEEP STRUCTURE OF EARTH CRUST

On the Crust and Upper Mantle Structure in North China Fault-Block Area.....	
--	--

.....	Liu Guodong Ye Hong (143)
Dislocation Substructures in Olivine from the Mantle-Derived Xenoliths and Physical State of the Upper Mantle in Xiaomaping, Hebei Province	
.....	He Yongnian Lin Chuanyong Shi Lanbin (150)
Fault Zones in Major Fault-Block Margins of China Continent and Their Geophysical Characteristics	Yu Zhenhua (159)

PART VI

FORMATION MECHANISMS OF FAULTS AND FAULT-BLOCK TECTONICS

Formation and Propagation of Fracture Systems Studied by Using the Method of Fracture Mechanics.....	Zhang Zhili (169)
Preliminary Discussion on the Formation of Interlayer Sliding and Asthenosphere	
.....	Xiong Dahe (182)
Mathematical Simulation of the Mechanism of Fault Block.....	Sun Huiwen Zhang Juming (188)
On the Formation Mechanism of Tectonic Configuration on the West Pacific Margin: A Model of the Crust Growth.....	Zheng Kai'e (197)
Fault-Block Tectonics and Study of Rift	Wu Genyao (204)
The Evolution of the Crust and Its Mechanism in the Cenozoic East Asia	Zhang Kang (213)

第 一 部 分

断块构造理论基本要点

钟大赉 马福臣 李荫槐 吴根耀

(中国科学院地质研究所)

叶 洪

(国家地震局地质研究所)

科学贵在创造,而创造离不开继承和借鉴。张文佑教授所倡导的断块构造就是以地质力学为基础,吸取了地槽地台说和板块构造理论等的有关部分,在研究我国及邻区大地构造特征和室内模拟实验的过程中发展起来的。在当前世界上板块构造盛行、国内大地构造学派林立,学术思想异常活跃的情况下,断块构造之所以能独树一帜,并受到国内外地学界的重视,主要在于它敢于对其他学说的合理部分兼收并蓄,不断改进和深化自己的认识。正是为此目的,我们根据张文佑教授历年来的论文和谈话,整理撰写了本文,试图简要介绍断块构造的理论要点,以引起同行们的争鸣、修改和补充,从而促进该学说的发展和完善。

一、断块构造的理论基础

对立统一是事物发展的根本规律。恩格斯曾提出“一切运动都存在于吸引与排斥的相互作用中”。前者常表现为引力收缩作用;后者常表现为热力膨胀作用。它们在天体的演化过程中交替出现,互相依存。引力收缩可与大地构造作用中的挤压相比;热力膨胀与大地构造作用中的拉张相当。在地球的演化过程中,“排斥”表现为地核—地幔—地壳的分异或大洋型地壳与大陆型地壳的分异、拉张作用,使断块间作相背运动,导致统一的大陆破碎解体,进而转化为过渡型或大洋型地壳等等;“吸引”则表现为各层圈之间的熔融作用或大陆型地壳、大洋型地壳以及它们之间的挤压作用,使断块间作相向运动并发生汇聚,导致过渡型或大洋型地壳转化为大陆型地壳等等。一个时期或(和)一个地方的挤压,必伴有另一时期或(和)另一地方的拉张;反之亦然,如大洋中脊的扩张与海沟岛弧带的挤压的对立统一。当然,挤压或收缩、拉张或膨胀都不是均一的,既表现为其幅度和速度的不同,又表现在挤压和拉张的相对性,即在总体挤压背景中,幅度小的和速度慢的相对幅度大的和速度快的则表现为相对的拉张;反之亦然。因深层膨胀引起浅层拉张和深层收缩引起浅层挤压而导致深层与浅层各层之间的层间滑动。这样又引起了水平运动与垂直运动的对立统一关系,以及基底与盖层、高速层与低速层、硬岩层与软岩层之间相互作用的辩证关系。

自然辩证法从哲学的高度给我们指明了认识自然界的方法,但是,要揭开地球演化的奥秘,还需要地学工作者探索一套科学的方法。断块构造坚持地质力学分析与地质历史分析相结合的原则,力学分析是基础,强调各构造单元的空间组合;历史分析是综合,着重各构造单元的时间演化。其内容应包括正确运用和认识下述几个方面的对立统一关系:(1)形成(或建造)分析与形变(或改造)分析相结合。形成(或建造)是形变(或改造)的基础,同期形成(或建造)决定同期形变(或改造),前期形变(或改造)控制后期形成(或建造)。(2)构造的现存形式与历史演化的分析相结合。历史演化是现存形式的基础,即构造的继承性和构造的新生性的相互关系。(3)构造的空间分布与时间发展的分析相结合。空间分布是基础,时间发展是综合。(4)小(微)型构造与大型构造的分析相结合。小型构造研究是大型构造研究的基础,即构造的相似性与非相似性的统一。(5)浅层构造与深层构造的分析相结合,即深层控制浅层,浅层影响深层;或者说基底控制盖层,盖层影响基底。

地球在其漫长的演化过程中,经历了无数次构造变动,遗留下错综复杂的构造形迹。从何处着手才能从繁杂的地质现象中找出地壳在时间、空间上的发展规律呢?断块构造认为,应力集中是产生构造应变的前提,而地质体的不均一性和作用力的不均一性是决定应力集中的主要因素,因此,不均一性的分析是大地构造和构造地质研究的关键。这也是断块构造区别于其他大地构造学说的主要特色之一。当然,均一和不均一也是相对的,即小范围的不均一,在大范围内可相对看作是均一的。正因为如此,板块构造在解释全球构造方面取得成效而在局部地区的构造地质研究中遇到困难。断块构造之所以强调不均一性的分析(张文佑等,1980a,b),是因为应力往往在不均一处集中,而成为构造运动的起点。它决定了大地构造演化中空间上的不平衡性,以及时间上的渐变与突变或连续性与阶段性的统一。在研究不同构造的空间分布规律时,它是正确认识构造位和构造系的基础;在研究大地构造的演化规律时,它是正确划分构造阶段、构造旋回、构造幕和形变期次的前提。

简而言之,辩证唯物主义思想的指导、地质力学分析与地质历史分析相结合的原则,以及不均一性的分析是断块构造的核心,也是张文佑教授带领我们多年从事构造地质和大地构造研究的经验总结。

二、褶皱与断裂

褶皱和断裂是构造形变的基本形式,并常按从褶皱到断裂的序列发展,一旦断裂产生,就对其后的形成和形变起控制作用。前者是连续性形变而后者是不连续性形变。但连续与不连续是相对的,大的连续中包含着小的不连续,大的不连续中又包含着小的连续。按其形成的力学条件将褶皱分为弯褶皱、剪褶皱和流褶皱三类。随温度、压力的升高或深度的增加,原始层面被其他面理置换,层间滑动失去其意义,而从弯褶皱发展为剪褶皱再发展为流褶皱。相应的同时形成的断裂称之为脆性断裂、塑性断裂和粘滞性断裂。它们分别是形变过程中的碎裂阶段、松弛阶段和应变硬化阶段的产物。

褶皱和断裂的关系可概括为同期褶皱控制同期断裂,前期断裂控制后期褶皱(Zhang Wenyou et al., 1980; 张文佑等, 1982a)。褶皱作用主要取决于岩层之间的层面滑动。

在地壳上部,由于中和面效应,同一褶曲的中和面上、下的应力状态是不同的,因此与褶皱相伴生的同期断裂系统也不相同(张文佑等,1981)。若褶皱是受侧向压力造成的,则必在未弯曲之前,出现两组锐角对压力方向的X型共轭剪切网络(张文佑,1960)。当弯曲形成背斜隆起时,中性面以上部分则变为拉张应力区,与原侧向挤压力方向相反,使原先的剪切网络减弱或闭合,而在拉张应力作用下产生以锐角等分线平行背斜轴的X型剪切网络,以及牵就它们所形成的大致平行背斜轴的锯齿状张性断裂,一般称为“纵向断裂”;而在中和面以下的挤压区,其挤压应力方向与原侧向压力方向一致,故牵就原X型剪切网络的垂直背斜轴的锯齿状张性断裂得到加强,这种断裂一般又称为“横向断裂”。当下弯形成向斜凹陷时,则与上述情况相反。若褶皱是由垂直应力引起的,则出现环状和放射状两组断裂系统。

前期断裂对后期褶皱的控制作用主要取决于断裂的活动方式、基底断块的刚化程度和边界条件(张文佑,1942;张文佑等,1973a,1982a)。盖层褶皱的形态及排列组合,如弧形、雁行形、S形和反S形等等,主要决定于基底断裂的组合及其活动方式和边界条件;盖层中的隔槽式和隔档式褶皱的形成除受断裂的活动方式控制外,还与基底断块的刚化程度有关。简言之,基底断裂控制盖层褶皱;盖层形变又可影响基底结构。因而必须注意不同构造层之间的相对运动和相互影响。

隆起和凹陷可分别比拟为背斜和向斜。因而,同一地史阶段受全球构造应力场作用而形成的断裂及其控制产生的裂谷或盆地、火山活动和岩浆侵入、地震和温泉等等,在隆起区和凹陷区有不同的延伸方向。隆起和凹陷对岩相成矿带有明显的控制作用。从沉积作用来看,隆起区常成为风化剥蚀区、氧化区、碱性区;而凹陷则常表现为沉积堆积区、还原区、酸性区。因此,粗碎屑沉积、氧化带和碱性溶液常近于隆起区;而细粒沉积、还原带和酸性溶液常近于凹陷区。亲氧元素形成的矿床常出现于隆起区附近,而亲硫元素常富集于凹陷区附近。此外,断裂带对岩相成矿带也有控制作用,拉张断裂带常易成为开放性地带,即氧化环境;挤压断裂带常易成为封闭性地带,即还原环境。前者易成为碱性溶液活动区,后者易成为酸性溶液活动区,所以,氧化矿床常出现在拉张断裂带中,而硫化矿床则常出现在挤压断裂带中。至于剪切带则常具两者过渡性质,两类矿床兼而有之。

三、断裂与断裂体系

破裂常由剪切断裂形变开始,由引张断裂形变发展完成。由于应力最易在破裂处集中,因而在固体地壳形成以后的构造发展过程中,断裂对形成和形变起决定性的控制作用。有关断裂的论述(断裂的孕育与发展、断裂的分类、断裂的活动方式、断裂体系、全球性断裂网络等等)可参见张文佑等(1950,1960,1965,1975,1982a)的有关论文。本文仅补充说明近年来他强调的几个问题。

1. 断裂带的构造位(tectonic level)

断裂按其于地球壳层的关系可分为两种基本类型——穿层断裂和顺层断裂。由于不同深度的温度、压力、介质物理力学性质等有明显差异,因而巨大的穿层断裂一般都可辨认出浅构造位、中深构造位和深构造位的构造形态。从破裂方式看来,断裂在地表为脆性形

变为特征的断层岩,它们未变质或属很低级的变质相;往下变为糜棱岩带,岩石变质到绿片岩相或上部角闪岩相;再往下过渡为塑性-粘性流动带,岩石变质达下部角闪岩相或麻粒岩相。因而,在一定深度以下断裂带与变质带将融为一体,实际可称为断裂变质带。从表现形式看,断裂带由浅向深有归并的趋势。如西太平洋大陆边缘的断裂带由深海沟、岛弧、弧后海盆等组成;东太平洋大陆边缘的断裂带由深海沟和山弧等构成;大西洋大陆边缘的断裂带则表现为一系列的正断层及冒地槽、优地槽等;上述均是其浅构造位的情况。往下,剪切-挤压断裂带表现为一条基性-超基性岩带;剪切-拉张断裂带则表现为蛇绿岩套带,这是其中深构造位的情况。再往下,断裂带进一步变窄,成为一条串珠状的超基性侵入岩带,则是其深构造位的情况。从研究断裂带的构造位出发,断块构造进而探讨了褶皱带、岩浆岩带、变质带和成矿带的构造位问题(张文佑,1984)。正确认识同一构造单元在不同深度上的不同特征和表现形式,并作为统一地质体去分析,不仅有助于依据残缺不全的地质记录恢复其原始的构造面貌,亦有助于依据深部构造特征划分大地构造单元,探寻隐伏有用矿产,追溯和推求现今地壳中不同层圈的组成与结构。

2. 断裂发展的两种趋向

断裂的活动有向上发展和向下发展的两种趋势(张文佑等,1982b)。向上发展的断裂,即由深处向浅处发展,岩石圈常表现为弯曲的大向斜构造,深部先受拉张,产生下宽上窄的张性裂隙,最先出现超基性岩和基性岩;随着断裂向上发展,进入下地壳,产生基性岩和中性岩;最后穿入上地壳,出现酸性和碱性岩。向下发展的断裂,即由浅处向深处发展,岩石圈常表现为弯曲的大背斜构造,顶部先拉张裂开,产生上宽下窄的裂隙,断裂由上地壳发展到下地壳,最后穿到软流圈,所以岩浆发生的序列与前者相反。如对自上而下发育的地堑或裂谷中充填的沉积岩而言,最初为湖相、沼泽相和部分冲积扇相等细碎屑岩沉积;继之谷底强烈沉降,变为河流相、洪积扇堆积等粗碎屑岩沉积;随海浸发生有滨-浅海相的砂岩、灰质岩、页岩发育;因沉积环境的不断变深出现非补偿性的泥质岩、灰质岩沉积,海槽类复理石沉积,再变为深海浊积岩、放射虫硅质岩等。相应的岩浆建造表现为由酸性到中性再到基性和超基性的序列。反映了盖层断裂向下发展逐步成为基底断裂、地壳断裂乃至岩石圈断裂的趋势。

3. 锯齿状断裂与转换断层

由于断裂往往是牵就X型共轭剪切面发育而成,因而锯齿状断裂是最普遍的断裂形态。其活动方式往往是一段拉张一段剪切,或一段挤压一段剪切,所以说剪切-拉张与剪切-挤压是断裂的主要活动方式。它们是处于统一运动系统中的一次活动的产物。威尔逊(Wilson, 1966, 1976)提出的转换断层,作为板块边缘活动的主要方式之一,一般出现在大洋中脊的海底扩张带和海沟-岛弧的消减带。前者是大洋脊拉张裂开与横切它的剪切平移相结合的同时活动的断裂带;后者是挤压消减与剪切平移同时活动的断裂带。威尔逊用剪切断裂两侧的同步活动与不同步活动解释大洋中脊地震带的展布特点。断块构造认为,在不均一的地壳中和摩擦力存在的情况下,这种同步错动是困难的。根据模拟实验,大洋中脊的拉开和横切它的剪切平移是一条巨型的锯齿状剪切-拉张断裂带。大洋中脊各段的扩张速度并不一致,因而相邻的两段扩张中脊必须在一条与之高角度相交的

剪切带上“转换”,剪切带可横贯整个洋盆,但仅有“转换”段是活动的。同样地,岛弧-海沟系各段的会聚速度并不一致,相邻的两段必须在一条与之高角度相交的剪切带上“转换”。因此,所谓“转换”就是断裂的运动方式和构造带类型在某一点或某一段上发生改变。大量的野外观察和室内模拟实验表明,同一断裂的各段往往具有不同活动方式,拉张(挤压)段可通过“转换”而变成挤压(拉张)段,即存在把拉张段和电挤压段联系起来的剪切带。

4. 俯冲与仰冲

根据野外观测和模拟实验,俯冲和仰冲常是岩石在挤压作用下沿剪切面的相对错动(张文佑等,1981b)。一般情况,轻的、软的或位置较高的一侧,常易仰冲于重的、硬的或位置较低的一侧之上。同时,两部分的接触面(剪切面)的倾角也常控制着仰冲或俯冲,它常向仰冲一侧倾斜。从地质力学分析看来,大陆地壳比大洋地壳位置高,且接触面常向大陆倾斜,大陆地壳仰冲的上覆层远远比大洋地壳俯冲的下伏层轻。因此,不能象板块构造学说那样,在大陆地壳与大洋地壳的相对运动中,只强调俯冲和消减(subduction)作用,而忽视剪切作用的另一方面,即仰冲和叠加(obduction)作用。尽管洋脊的海底扩张作用及其两侧磁条带向外变老,可作为大洋地壳向大陆地壳运动的标志;但大陆边缘海盆的存在及其向大洋一侧变新,却说明大陆有向大洋逐步仰冲的趋势。板块构造所提出的俯冲和消减作用及其所产生的地质和地球物理现象,如岩浆岩带、双变质带、混杂岩带、贝尼霍夫地震带等也都可以用仰冲和叠加作用来解释。

5. 层间滑动断裂与推掩构造

近年来,由于大面积推掩构造的不断发现,提出了“薄皮逆掩”、“表层板块构造”等新的大地构造术语(Oliver, 1981),与断块构造讲的“层间滑动构造”相当。野外观察和模拟实验表明,物理力学性质不同的各层之间都可产生应力集中而发生层间滑动。如硬岩层(能干岩层)和高速层分别可在软岩层(不能干岩层)和低速层上滑动。各级断块的水平运动,从洋底扩张和大陆漂移到沉积盖层的褶皱,无一不受层间滑动断裂的控制。层间滑动构造是由不同大小、不同规模和不同深度的滑动面组合而成的,它们常与不同深度的穿层断裂相连,形成自浅部向深部逐渐变缓最后并入层间滑动的铲状断裂。因此,岩石圈各层内大推掩构造的形成是由其中不同深度的穿层断裂(包括岩石圈、地壳、基底和盖层断裂,以及切割各低速层与高速层的不同深度的断裂)与顺层滑动断裂(包括沿软流圈、莫霍面、康拉德面以及不同深度的低速层与高速层之间的顺层滑动断裂)相互错动而成。同时,可以推测岩石圈内的各低速层以及软流圈、莫霍面和康拉德面等可能是由大小不同的滑动面组合而成。

随着地球物理探测和钻探工作的开展,我国也不断发现大型推掩构造,如扬子断块区的长江下游一带发现有古生代岩层大面积推掩在中生代地层之上;新疆准噶尔断块的西缘有向盆地内部的大推掩构造。再如,三叠纪时期,中国北部主要为陆相沉积,南部则以海相沉积为主,两者之间的过渡相带应在秦岭(包括大别山)、祁连山、昆仑山一带。海陆交替相带是利于生油的地区,但这一过渡相带都出露得不甚明显,可能是由于该带存在大型推掩构造,将海陆过渡相带俯掩在其下。此外,中朝断块区、扬子断块区以及塔里木、羌塘唐古拉和申扎腾冲断块的边缘可能存在推掩构造。因此,推掩构造的研究应引起注意。

四、断块及其运动学和动力学

岩石圈固结以后,断裂活动就占据了主导地位。断块就是被岩石圈中不同深度的断裂及层间滑动断裂所切割成的块体,各块体之间在物质组成、构造活动性和地质演化诸方面都有明显的差异。按其边界断裂切割的深度可分为岩石圈断块、地壳断块、基底断块和盖层断块(中国科学院地质研究所大地构造编图组,1974);按其地壳性质可分为陆壳断块、洋壳断块和过渡壳断块(张文佑等,1982b;张文佑,1983)。由块缘向块内一般表现为由活动趋于稳定,其沉积类型、岩浆建造和变质作用等都表现出不同的特征,因此块缘和块内的形变也有不同的面貌(张文佑等,1980c)。断块构造强调块缘的形成与形变的研究,因为它们是划分大地构造单元的主要标志。同时,断块构造也一贯重视块内结构的不均一性研究,因为次级断裂的发育,已愈合的古老断块边界的存在,同一条断裂不同地段及不同发育时期应力状态的改变或其他方面的一些因素,都可在区域应力场不变的情况下导致块内应力的分布形式和边界条件发生变化,使块内应变图象变得十分复杂,绝不象板块构造认为的,板块只是传播应力的刚体。

断块的运动学问题主要涉及断块的活动方式(张文佑等,1973b,1980d)。相邻断块间的活动一般表现为水平运动和垂直运动两种方式。水平运动表现为拉张、挤压及分别与它们处于同一运动系统中的剪切。地质力学分析表明,一个地区拉张,必伴有相邻地区挤压;反之亦然。地质历史分析表明,一个时期拉张,往往导致另一个时期挤压;反之亦然。一个总体的拉张时期内可以有短暂的相对挤压阶段发生;反之亦然。垂直运动则表现为块体的隆起和凹陷。由于升降运动往往是断裂活动控制的,因而称为断隆与断陷。由于断块各部分在其隆起与下陷时的速度和幅度不同,往往产生断块的抬斜运动或掀斜运动。从力学分析角度来看,水平运动和垂直运动是同一运动的两个侧面,何者为主,要根据时间、地点和边界条件作具体分析(张文佑,1959,1984)。如高角度断层面上的垂直位移大于水平位移;而低角度断层面上的位移状况则相反。前者以垂直运动为主,后者以水平运动为主。

探讨断块构造的驱动力问题,必须强调断块的运动学与动力学的统一,驱动断块运动的力与形成断块的力的统一,以及水平运动与垂直运动的统一,综合分析地质、地球物理、天文(特别是其他类地行星)的资料。全球性的大山脉和大洋脊多呈近南北向,而切割它们的平移断层则多呈近东西向;另一方面,大陆形态多呈向南突出的尖角,全球型的X剪切断裂网络大多以锐角指向南北方向(张文佑等,1983),表明可能由南北方向的挤压应力场引起。此外,地壳在南北挤压作用下,也可产生近东西向的背斜隆起和向斜凹陷,进而产生锐角指向东西的X剪切断裂网络和东西向构造带。若从地球体沿自转轴呈南凹北凸的梨状形态(King-Hele, et al., 1968),以及大洋脊的扩张向赤道增大(Heirtzler, 1968)看来,这种南北向的挤压可能主要起因于地球自转产生的离极力、科里奥力、旋转速度不均一效应和地球自转速率的变化这四个因素。这些力的量级尽管很小,但它们在不均一处集中又在漫长的地质历史时期内起作用,则存在着推动全球构造运动的可能性。

地球的形成和发展都处在自转和公转的运动之中,而自转和公转都受引力和热力的控制。地球内部物质在引力作用下发生分异和收缩,使重的组分向下聚集,导致地球转动

惯量减小,自转角速度增大,离心力增大,造成由高纬度向低纬度地区的挤压;热力作用则引起体积膨胀或某种方式的热对流,使下地壳和上地幔物质沿断裂冲入地壳上部,重的组分向表层聚集,导致地球转动惯量增大,自转角速度变慢。在这种质量再分配中(包括外部天体的影响),地球自转轴也发生一定程度的偏转,地球内部各层圈的相对扁率也会发生变化。上述变化均可导致离极力、科里奥利力、旋转速度不均一效应与极移应力的产生。各断块间的相互错动、碰撞与拉开,就是在这些过程的相互交替与联合作用下发生的。

五、海陆地壳的相互转化

在大地构造单元的划分中,无论是大陆型地壳、过渡型地壳或大洋型地壳,均可划分为相对稳定区和相对活动带两种基本类型。断块构造把被断裂带所围限的相对稳定区称为断块,把受断裂带控制的相对活动带称为断褶带。地质历史分析表明,由于断裂活动的加强,相对稳定区可以转化为相对活动带;反之,随着断裂活动的减弱或愈合,相对活动带亦可转化为相对稳定区。因此,在大陆地区常常存在二者之间的过渡类型,称之为块褶带。其构造的不均一性可与现今的过渡型地壳区相比拟,因而它在大地构造研究中的重要性越来越引起人们的关注。

稳定区和活动带的划分及其发展演化的核心是海陆地壳的相互转化问题。通过对中国及邻区海陆大地构造现存状态的分析及其发展过程的追溯(张文佑等, 1982c),初步得出下述两点基本认识:

在拉张(剪切-拉张)构造力作用下,大陆型地壳可以沿早期断裂发生解体,初始产生地堑、断陷或拗拉谷(aulacogen),出现磨拉石或粗碎屑岩和盐类沉积;进一步拉开,大陆型地壳变薄,地幔物质上升,出现海相沉积及中酸性、中基性火山岩;在大陆型地壳完全断开以后,则发生大规模的基性熔岩喷溢和超基性岩的侵入,以及深海沉积,发展成为大洋型地壳。大西洋的扩张及大西洋型大陆边缘的形成可视为这一过程的生动写照。

在挤压(剪切-挤压)构造力作用下,大洋型地壳可逐步收缩,经过褶皱以及大陆地壳向大洋地壳的仰冲和大洋地壳向大陆地壳的俯冲,在大洋边缘出现深海沟,在大陆边缘出现边缘海(弧后盆地)和岛弧,如西太平洋大陆边缘;也可产生山弧,如东太平洋大陆边缘的安第斯山脉和科迪勒拉山脉,成为新生的大陆地壳造山带。新生大陆壳的形成有两种不同类型,一种表现为大陆型地壳与大洋型地壳的相互作用,导致岛弧或山弧拼贴到大陆的边缘,故称之为陆缘型或增殖型;另一种表现为两大陆块体之间的碰撞,新生的造山带中仅沿碰撞带保留有古大洋地壳的残余——蛇绿岩套,故称之为陆间型或碰撞型。

海陆地壳的相互转化是由量变到质变的地质演化过程。其质变往往是由大规模的地壳运动完成的,并且有鲜明的旋回性。地质力学分析与地质历史分析表明,形成的不均一性决定应力集中和形变的连续性(量变)中的不连续性(质变)、同时性中的非同时性以及形变强弱的不同,这就构成了大地构造发展阶段、构造旋回和构造幕的划分依据。

六、断块构造与其他大地构造学说的关系

地壳的断块活动早为人们所注意,欧美的构造地质和大地构造学家在本世纪初期就

已不断进行这方面的研究,但他们都假定地壳为均一体,很少运用力学分析与历史分析相结合的方法分析问题,更没有研究断块与断裂的相互关系。

断块构造的地质历史分析主要取自地台地槽学说的岩相建造研究。但是,槽台说只着重于地槽向地台的时间演化,而对地槽和地台的空间分布和地槽转变为地台的力学机制则较少论述。槽台说被引入中国后,丰富了其内容并形成了自己的特色。断块构造认为多旋回的构造运动是地壳、岩石介质和构造应变的不均一表现,并与断裂活动有密切的关系。地洼来源于地台活化,而地台活化则主要由断裂活动引起。

断块构造的地质力学分析取自地质力学,即着重于构造形迹在大区域应力场中的展布形式和组合系统。但地质力学对岩相建造分析、基底与盖层的差异、深部与浅部的不同、以及地壳的横向不均一性则重视不足。断块构造倡导地质力学分析与地质历史分析相结合的原则,发扬了地质力学和槽台学之长,弥补了二者的不足。

板块构造学说是从地球物理探测,综合地质和地球化学资料而提出来的,这是它的最大优点。板块构造的出现使我们对地壳的断块活动特点有了更深刻的认识,板块构造的许多成果促进了断块构造的发展。关于断块构造与板块构造的关系,张文佑等(1978, 1983)已有专门论述,本文也多处涉及,不再赘述。应指出的是,由于板块构造起源于海洋,偏重于地球物理学,因此习惯于用简单的数理模型来解释复杂的地质现象。不少人也乐意引用这类模型,而忽视了对具体情况作具体分析的自然法规,造成了一些不应有的失误。近年来,许多研究板块构造的地质学家对北美的科迪勒拉山脉的地质演化史做了详细研究,大量的地质和地球物理资料表明,该区的许多地块原来曾经是分离的,它们从不同的位置经过运移合并在一起,然后增殖到北美大陆的边缘。他们借用“地体(terrane)”这个术语命名这类地块(Jones, et al., 1979),从而认识到简单的板块俯冲模式并不能解释北美西部复杂的地质历史,提出了“构造地层地体”(tectono-stratigraphic terrane)的分析方法(Howell, et al., 1983),并认为是对板块构造的发展。构造地层地体被定义为一个区域规模的以断裂为边界的岩石组合体,以不同于相邻地体的地质发展史为其特征。可见,就其定义而言,与断块颇有类似之处。诚如恩格斯所言:“地质学按其性质来说主要是研究那些不但我们没有经历过而且任何人都没有经历过的过程。所以要挖掘出最后的终极的真理就要费很大的气力,而所得是极少的”(反杜林论,第35页)。断块构造虽然已初具规模,但极待发展完善和进一步提高。我们期待着地学界志士仁人的共同努力。

参 考 文 献

- 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, (1)。
张文佑, 1942, 广西山字型构造的雏形, 地质评论, 7(6)。
——, 1950, 劈理、节理发育之初步探讨, 地质评论, 15(1—3)。
——, 1959, 略谈地壳的垂直运动和水平运动问题, 地质科学, (6)。
——, 1960, 中国主要断裂系统的应力分析, 科学通报, (19)。
张文佑等, 1965, 锯齿状断裂的力学形成机制, 构造地质问题, 3—13, 科学出版社。
——, 1973a, 弧形构造的力学成因及其与浅源地震的关系, 科学通报, (2)。
——, 1973b, 从断块错动和层间滑动初步探讨震源空间分布和震源力学状态的关系, 地质科学, (4)。
——, 1975, 初论断裂的形成和发展及其与地震的关系, 地质学报, (1)。
——, 1978, 断块与板块, 中国科学, (2)。

- 张文佑等, 1980a, 从断块看板块, 科学通报, (19)。
- , 1980b, 断块内部与断块边缘力学机制的研究, 国际交流地质学术论文集, 地质出版社。
- , 1980c, 断裂体系与断块大地构造学说, 国际交流地质学术论文集, 地质出版社。
- , 1981a, 地堑形成的力学机制, 地质科学, (1)。
- , 1981b, 俯冲还是仰冲, 科学通报, (23)。
- , 1982a, 褶皱与断裂机制的研究, 构造地质学进展, 230—237, 科学出版社。
- , 1982b, 对中国及邻区海陆大地构造特征的几点新认识, 地质科研成果选集(一), 1—9, 文物出版社。
- , 1982c, 关于海陆地壳的转化问题, 地质科研成果选集(一), 10—21, 文物出版社。
- , 1983, 有关断块构造、板块构造与地球动力学的问题, 断块构造文集, 1—6, 科学出版社。
- 张文佑主编, 1983, 中国及邻区海陆大地构造图(1:500万), 科学出版社。
- 张文佑, 1984, 断块构造导论, 石油出版社。
- 张文佑等, 1986, 中国及邻区海陆大地构造, 科学出版社。
- Heirtzler, J. R., 1968, Sea-Floor Spreading, 219, 60—70.
- Howell, D. G., Jones, D. L. and Schermer, E. R., 1983, *AAPG Bulletin*, 67, 485—486.
- Jones, D. L. and Silberling, V. J., 1979, U. S. Geological Survey Open-File Report, 37.
- King-Hele, D. G., Cook, G. E. and Scott, D. W., 1968, *Nature*, 219(1143).
- Oliver, J., 1981, *Science*, 216(4547).
- Wilson, J. T., 1966, *Nature*, 207, 343—347.
- Wilson, J. T., 1976, *The Sea*, 4, part 11.
- Zhang Wenyou et al., 1980, Fault Block Tectonics and Oil Resources China, edited for the United Nations by John F. Mason, 116—131.

BASIC GIST OF FAULT-BLOCK TECTONIC THEORY

Zhong Dalai Ma Fuchen Li Yinhuai Wu Genyao

(*Institute of Geology, Academia Sinica*)

Ye Hong

(*Institute of Geology, National Bureau of Seismology*)

Abstract

Fault block tectonics proposed by professor Zhang Wen You is developed on the basis of geomechanics, the study of tectonic features in China and its environs, and model experiments. It has extracted the quintessence of platform-geosyncline theory and plate tectonics.

Fault block tectonics is an application of the law of the unity of opposites to earth sciences. Its principles are to make use of both geomechanical and geohistorical analyses, e.g., relating geological formation to deformation, the present structure to its history, minor or micro-structures to major or macro-structures, structures in cover to those in basement, as well as spatial distribution of different structural styles to their temporal transformation. It emphasizes that the core of the study of structural geology and tectonics is to study the heterogeneity of geological body and stress, and strains in areas of heterogeneity. Therefore it gives objective interpretation of important geological phenomena on all scales, and infers their evolution in time and space and their relationship to mineral resources, energy resources and the origin and spatial distribution of earthquakes.