

# 构造地质学进展

中国地质学会构造地质专业委员会

科学出版社

# 构造地质学进展

中国地质学会构造地质专业委员会

科学出版社

1982

## 内 容 简 介

为了促进我国构造地质学的发展,特编辑了本文集。全书共汇编了构造地质学有代表性的论文 28 篇,着重介绍目前国内外构造地质学各方面的研究现状和展望。

这些论文可分为如下五个方面的内容:(1)我国目前大地构造研究学说——地质力学、多旋迴、断块、镶嵌、板块、地洼、重力以及历史大地构造等的理论和发展。(2)近代大地构造理论进展的评述和值得注意的动向,以及八十年代实施地球动力学计划的状况和展望。(3)前寒武纪、中生代构造以及海洋、深部地质、古构造等的研究。(4)铁、石油等矿田构造研究。(5)遥感、数学地质等新技术在构造地质学中的应用。

本书可供广大地质、构造地质、地球物理等学科的研究、教学、生产人员参考。

## 构造地质学进展

中国地质学会构造地质专业委员会

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

\*

1982 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1982 年 2 月第一次印刷 印张:18 插页:2

印数:0001—3,750 字数:418,000

统一书号:13031·1822

本社书号:2480·13—14

定价: 2.90 元

## 目 录

关于大地构造研究的几个重要问题·····	黄汲清 任纪舜 ( 1 )
地质力学的发展和探索中的问题·····	孙殿卿 吴磊伯 刘迅 ( 4 )
介绍断裂与断块大地构造学说的理论发展与实际意义·····	张文佑 钟嘉猷 ( 12 )
镶嵌构造波浪运动说·····	张伯声 王 战 ( 26 )
板块构造是当今世界上最盛行的大地构造学说·····	李春昱 ( 34 )
历史大地构造学及其研究方法·····	王鸿祯 ( 42 )
地洼学说的形成和发展·····	中国科学院长沙大地构造研究所情报室 ( 51 )
重力构造概述·····	马杏垣 ( 61 )
近代大地构造理论研究进展的评述·····	郭令智 施央申 马瑞士 ( 69 )
国外前寒武纪构造研究的现状和趋势·····	马杏垣 肖庆辉 ( 82 )
铁矿构造·····	<b>王述平</b> 林炳营 ( 95 )
中生代构造研究现状·····	陈国达 ( 104 )
中生代油气盆地·····	朱 夏 ( 113 )
石油构造分析·····	刘和甫 ( 125 )
海洋地质构造是现阶段全球大地构造的一个侧面·····	谢继哲 ( 134 )
活动构造与地震·····	丁国瑜 ( 145 )
深部构造研究现状·····	曾融生 ( 155 )
地球动力学简介——现状与展望·····	王 仁 何国琦 王永法 ( 166 )
古构造学研究现状综合评述·····	崔盛芹 ( 174 )
全球构造格局中的火成岩组合·····	从柏林 ( 190 )
全球构造中的沉积作用·····	李继亮 ( 201 )
全球构造格局中的变质作用·····	从柏林 ( 214 )
矿田矿床构造研究问题·····	翟裕生 ( 223 )
褶皱与断裂机制的研究·····	张文佑 钟嘉猷 ( 231 )
遥感技术在构造地质研究中的应用·····	承继成 马文璞 ( 239 )
数学地质在构造地质中的应用·····	王柏钧 李德清 ( 250 )
古地磁学的最新进展与动向·····	刘 椿 ( 257 )
近年来构造地质学教育的若干情况·····	周济元 许仲路 ( 267 )
当前国外大地构造研究中值得注意的几个动向·····	肖庆辉 卢 星 周玉泉 ( 273 )



# 关于大地构造研究的几个重要问题

黄汲清 任纪舜

(中国地质科学院地质研究所)

一、近一、二十年来,随着海洋地质、地球物理、地球化学、同位素地质、实验地质、深部地质等学科的发展,随着数、理、化等基本学科与地质学的日益结合,随着各种新技术、新方法的广泛使用,随着各学科之间的相互渗透和相互结合,大地构造学家已日益注意到应当把大陆构造与海洋构造、区域构造与全球构造、深层构造与表层构造、定性分析与定量分析结合起来进行研究,才能解决一些重大的、全球性构造问题。由于宇航技术的发展,地学工作者已可能从整体上研究地球的各种地质、地球物理特性;由于行星地质的研究,地学工作者已可能把地球的构造与其他星体的构造加以比较研究。这样,就使大地构造学的研究进入一个新的发展阶段。

二、板块构造学说虽然还有赖于进一步实践加以检验,但它确已成为地学界一股强大的思想潮流,推动着整个地球科学迅猛向前发展。导源于对古地磁和海洋的研究而产生的板块构造学说与从研究大陆构造逐步形成的地槽学说是地球科学不同发展阶段的产物,它们之间并不互相矛盾。板块构造学说把地槽学说提高到一个新的认识阶段。很显然,在用板块构造学说研究大陆构造的过程中,只能是修正和改进简单的模式去接近更为复杂的客观事实,而不能是歪曲事实去适应预想的模式。

三、大量地质、地球物理、地球化学资料已经证明,壳—幔构造是很不均一的。大陆和海洋是属于两种不同的壳—幔构造类型。大陆和大洋的接触关系有两种,即大西洋型和太平洋型。大西洋型的特点是:张性的、活动性相对较小,与大洋相邻接的大陆比较稳定,大陆边缘显示张性、断块构造;太平洋型的特点是:压性、压剪性的,与之相邻的大陆显示较大的活动性,大陆边缘具深切地幔的超岩石圈断裂带(毕鸟夫带),呈现深海沟、安底斯式海岸山脉或岛弧、边缘海,强地震活动带和火山带。正如 A.H.Mitchell (1969) 所指出,上述两类不同性质的接触关系是可以互相转化的。

四、活动带和稳定区是客观存在的实体,它们具有互不相同的壳—幔构造特点。从深部构造观点来看,活动带的实质在于:它的壳—幔构造具有极大的不均一性,壳—幔物质运动非常剧烈;稳定区则是壳—幔构造相对比较均一,壳—幔物质运动相对比较缓慢的地区。现在,地学工作者一般倾向于地槽起源于裂谷,其发展序列大致是:大陆裂谷→大洋裂谷→大洋盆。大洋裂谷发展成大洋盆后,在其边缘与大陆邻接的部位形成大洋边缘活动带,也就是地槽活动带。这就是过去所说的陆缘地槽带。位于大陆之间的地槽带,即陆间地槽带,一般奠基于发育不成熟的(即半途夭折的、未发育成大洋盆的)大洋裂谷带。一些板块构造学家把地槽均解释为陆缘地槽,我们则认为既有陆缘地槽,也有陆间地槽。

五、近半个世纪以来,地台或克拉通的活化现象一直受到国内、外许多学者的关注。

从现代地质学观点来看,大部分所谓活化区实质上是当大陆与大洋呈现太平洋式接触时,由于大洋的俯冲和大陆的仰冲作用,在活动大陆边缘(太平洋型大陆边缘)形成的构造活动带,我们称之为大陆边缘活动带。中国东部就是印支运动以来,由于太平洋与亚洲大陆沿西太平洋毕鸟夫带强烈的相互作用而形成的一个典型的大陆边缘活动带。西伯利亚贝加尔湖之南和北蒙古部分地区,则是加里东和华力西阶段,安卡拉大陆边缘的大陆边缘活动带。当沿毕鸟夫带的俯冲发展到最后阶段,洋壳消失,大洋关闭(或大洋裂谷消失),相邻两大陆块发生碰撞时,则形成喜马拉雅式褶皱带、青藏高原式隆起和天山式复活山系,以及与之紧密相关的山前和山间拗陷带。这是另一种类型的大陆边缘活动带(特提斯喜马拉雅型),其特点与中国东部大陆边缘活动带(太平洋型)颇不相同。

六、大陆和大洋、活动带和稳定区、地槽和地台的发展都是对立统一的。活动带和稳定区可以相互向其对立面转化,由活动带转化为稳定区的过程,实质上就是壳—幔构造日趋均一的过程,物质运动由活跃日趋缓慢的过程;反之,由稳定区向活动带的转化,则是壳—幔构造由较均一走向很不均一,物质运动由缓慢走向活跃的过程。地槽转化为地台的过程,实质上就是洋壳转化为陆壳的过程;地台转化为地槽的过程,实质上就是陆壳转化为洋壳的过程。

七、从地球动力学角度看,构造运动可分为挤压型、引张型和剪切型。褶皱、隆起是构造运动的一种表现形式;引张、裂隙则是构造运动的另一种表现形式。前者是挤压作用的反映(习惯上称褶皱作用、造山作用),后者是引张作用的反映。它们代表统一的构造运动过程中两个不同的侧面。剪切型构造运动往往是与挤压或引张同时伴生的一种构造运动型式。大洋中脊附近的转换断层、大陆上的大型平移断层是地球上水平剪切最重要的代表,与毕鸟夫带及大型逆掩断层伴生的剪切则主要是斜向剪切。

在地史发展过程中,从空间上来讲,一些地区的挤压、褶皱、隆起,必然伴随着另外一些地区的引张、裂隙。反之亦然。华力西旋迴之后,古欧亚大陆的形成和冈瓦纳大陆的逐步分裂,就是最明显的例证。从时间上讲,相对缓慢的、渐进式发展的引张(或裂隙)作用,往往与比较剧烈的、突变式发生的挤压(褶皱、造山)作用交替出现,从而造成依次向前发展的构造旋迴。那种认为只有均变,没有突变的观点是不正确的;认为板块总是连续的、匀速运动的观点也是不正确的。大区域的裂隙作用与大陆的分裂或大洋的打开相适应,而大区域的挤压作用,则与沿毕鸟夫带地球不同壳块之间的挤压、碰撞作用密切相关。

八、H. Stille 的全球造山幕的绝对同时性是不正确的,至少是尚待证明的。但全球性构造岩浆旋迴的相对同时性,则大体是存在的,这在一个构造带显示就更清楚。我们确信,地槽褶皱带的发展是多旋迴的,Stille 的单旋迴模式是不符合实际的。这里所谓的多旋迴,不仅仅指构造运动而言,而且还包括与构造运动紧密相关的沉积作用、岩浆活动、变质作用和成矿作用的多旋迴性等。也就是说地壳构造的多旋迴、螺旋式发展是指构造运动及与之有关的各种地质作用的总和。它的实质是陆洋两大基本构造单元反复斗争、相互转化的必然结果。

具体地说,地槽褶皱带的多旋迴发展包括:多旋迴沉积建造;多旋迴岩浆活动(多旋迴蛇绿岩套形成,多旋迴花岗岩类岩浆侵入,多旋迴安山岩喷发);多旋迴深断裂活动,多旋迴褶皱、造山运动,和与之有联系的多旋迴地槽沉积带和造山带之迁移;多旋迴变质作用和与之有联系的多旋迴花岗岩化和混合岩化;多旋迴成矿作用,包括多旋迴内生矿床和

多旋迴外生矿床。

多旋迴学说与板块学说不但不互相排斥,而且可以互相补充,密切结合。板块学说可以部分地解决多旋迴学说的运动机制问题,而多旋迴说的规律性总结,板块学说也必须予以认真考虑,并纳入其模式中。从多旋迴观点来看,多旋迴板块活动应包括:多旋迴板块俯冲;多旋迴板块消失带;多旋迴深海沟和多旋迴优地槽向洋迁移;多旋迴大陆向洋增长;多旋迴板块碰撞等。

九、深断裂由于其发育时间久、延伸距离长、影响深度大,与深部及表层物质运动均有密切的关系,并往往控制着矿产的形成与分布,因而愈益引起人们的普遍重视。丰富的资料表明,除了显露的、在地表有明确地质标志的深断裂外,断开地壳和上地幔不同层次的隐蔽深断裂,同样是大量存在的。已有的资料还表明,深断裂往往都经历了长期的、多旋迴的发展过程。在地史发展过程中,各类深断裂的深度、性质、展布形态以及其间的排列组合等,并不是一成不变的,而是不断发展、不断变化的。由于各个构造旋迴,特别是各个巨旋迴地球总的构造应力场的不断变化,因而不同构造发展阶段,均有其所特有的断裂构造体制。不同大地构造旋迴之大地构造格局,包括大陆与海洋,活动带与稳定区之布局等,实质上就是受各个不同大地构造旋迴深断裂展布格局之控制。

从表现形式来说,深断裂可分为直线型和弧型。直线型一般表现为断块构造,弧型断裂则表现为弧形构造。一般说来,在稳定区或活动性较小的地区(刚性地区),发育直线型断裂;在活动带(柔性地区),发育弧型构造。从发展上讲,在大洋发展早期——张裂阶段,发育直线型构造;在发展晚期,即大洋俯冲以及大洋消失后的大陆碰撞阶段,主要为弧型构造。从深度上讲,弧型断裂似乎更深。超岩石圈断裂多为弧型构造,壳断裂多为直线型构造或断块构造,岩石圈断裂则二者兼而有之。

十、自板块构造学说兴起以来,为了研究大陆上的古板块构造,对蛇绿岩、混杂岩、高压低温与高温低压变质带成对出现的研究,引起了人们的高度重视,并把它们作为板块缝合线的重要标志。其实,这并不尽然。如北祁连地槽,虽然肖序常等发现较好的蛇绿岩套和蓝闪石片岩带。但与之有关的断裂并不是巨型缝合线,而是古中国地台裂陷后的次一级板块缝合线,它与西太平洋毕鸟夫带这样的巨型构造比较,还有很大的差别。因此,只有全面的、历史的分析、对比,才能做出比较合理的、符合客观情况的结论。

最后,需要指出的是,中国由于其所处的大地构造位置,在研究全球构造中具有特殊的重要意义。目前,国内外学者多把注意力放在青藏高原,特别是雅鲁藏布江缝合线带,并已取得一些可喜的研究成果。这里需要强调的是:中国东部滨太平洋构造域的研究不但不容忽视,而且甚至更重要。而古亚洲构造域的深入研究,则将是使用板块构造观点研究大陆构造所遇到的最严重的挑战。从某种意义上讲,它也许是决定板块构造能否圆满解释大陆构造具有决定意义的一环。

### 主要参考文献

- [1] 黄汲清、任纪舜、姜春发、张之孟、许志琴, 1977, 中国大地构造基本轮廓。地质学报, 1977年第2期。
- [2] 黄汲清, 1979, 试论地槽褶皱带的多旋迴发展。中国科学, 1979年第四期。
- [3] 任纪舜、姜春发、张正坤、秦德余, 1980, 中国大地构造及其演化——1:400万中国大地构造图简要说明。科学出版社。

# 地质力学的发展和探索中的问题

孙殿卿 吴磊伯 刘迅

(中国地质科学院地质力学研究所)

地质力学是我国卓越科学家李四光教授从本世纪二十年代开始倡导研究的，嗣后于四十年代正式提出“地质力学”一名，解放后，在伟大中国共产党的领导下，使它获得了新的生命，在基础理论研究和实际应用方面，都得到了迅速的发展。本文拟就新中国成立以来，这门学科研究工作的发展情况和探索中的问题，作一概括的介绍。

## 一、地质力学的观点和方法

如所周知，一般所说大地构造学，乃是概括地质学各学科的成果逐步形成的。它的最终目的是解决地壳运动问题。地壳运动有哪些规律性？许多重大问题有待去探索。各学派不仅在认识地壳运动的途径方面和各自建立的大地构造理论方面不尽相同，而且处理地质构造问题的方式也或多或少各有差别。但是，归根结蒂，都不能回避这样一个问题：对于一切地质构造现象，即地壳的形成和形变的起源必须给予完全的说明。换言之，对地壳运动问题的解决，就是说对地壳运动的方式和方向的鉴定以及对地壳运动起源的探讨，所提出的论证，都要经过实践的检验。

地壳上任何一种构造形迹，都反映地应力的作用，因此这种应力作用是地质力学分析构造形迹之间的联系的重要依据。鉴定各种结构面的力学性质是地质力学的先行步骤，当岩层或岩块揭开它形变的序幕，不同性质和不同序次的构造形迹就会跟着产生。在一定地块范围内，根据反映应力作用逐步变化的各项结构面的性质和排列的方位，来明确它们发生的过程，找出构造形迹顺次的控制作用和组合规律。依据当地构造条件和它们发生的关系，确定和划分一个地区中相互关联的各项构造形迹的构造体系，并分析形成各种构造型式的应力作用的方式和过程，再依据构造型式的分布特点和排列的规律性，来探求地壳运动的程式。这种研究地壳运动的观点为研究地壳运动问题开辟了新的途径。

基于这种情况，我们首先应该研究岩块或地块中各部分的形变，包括各式各样的褶皱和断裂，它们是应力作用的陈迹，反映着过去应力作用的情况。根据各点应力作用的情况，可以了解整体所承受的动力作用方式。进而推求岩块或地块的运动方式。一个岩块或地块中各种形变的总和，就构成了它的综合构造形态。地质力学工作者根据我国地质构造发育的特殊优越条件和特点，用地质力学的观点和方法，提出了解决地壳运动问题的总方向，根据这个方向进一步解决岩浆岩活动的范围和各种矿产分布的规律。

地质力学所采用的方法，可以概括为两个方面：在基础理论方面，从构造现象的实地观察和检阅、分析、归纳各种地质构造资料，并有时通过模拟实验的比较，来肯定各种构造



类型的形态规律性;同时,从野外实地观察和岩石力学实验来确定各种岩石在不同的条件下对应力作用的表象,如岩石的弹性和非弹性的表象以及蠕变-流变现象、松弛现象等的表现。

在生产实践方面,根据上述方法所建立的原则,为找出矿产分布规律提供线索,为布置普查找矿和矿产勘探提供依据;对发展国民经济有关的工程地质、水文地质若干基本问题,指出解决的方向。

## 二、地质力学基础理论研究的进展和问题

### 1. 关于结构面力学性质

从地质力学的观点来看,所有各种类型的结构面分为五种:(1)压性结构面,简称挤压面;(2)张性结构面,简称张裂面;(3)扭(剪)性结构面,简称扭裂面;(4)压性兼扭性结构面,简称压扭面;(5)张性兼扭性结构面,简称张扭面。断裂的力学性质主要是反映它成生时所受到的应力作用方式,当它形成以后,力学性质可能发生转变,甚至经受多次不同方式的应力作用,使它的力学性质复杂化。断裂性质的叠加,造成多种形式的复合断裂。鉴定结构面的力学性质是一项审慎而又细致的工作,正确地鉴定结构面力学性质,常常需要按照构造体系的组合关系来加以综合分析确定。已有的一些研究成果表明,根据宏观调查和岩矿构造的显微特征力学性质属于压或压扭性断层,其形态上则表现为正断层。

各类破裂性结构面的宏观考察,大致在以下几方面取得了进展:(1)断裂面本身的形态特征包括经受错动的痕迹;(2)断裂面附近岩层的构造变动形象,包括伴生的和派生的构造现象;(3)断裂面上和与其接近部分岩矿的形变表现,包括硅化带和充填物的特点等等。鉴定各类断裂面的力学性质,往往需要考察整个断裂带的情况,并对它影响范围内的构造形象进行分带研究。实际上断裂宏观现象和微观形变现象需要密切结合起来进行分析,才能准确地鉴定结构面的力学性质。

断裂研究的深化,涉及到微观的形变领域。应力作用下,矿物晶体可以发生变形或破裂乃至破碎,也可以发生旋转。压力影和某些双晶现象以及吕德尔线纹是反映矿物受应力作用的常见现象。受应力作用过的矿物晶体,不仅外部发生一些形变现象,同时也必然有相应的内部晶格的改变。按照晶体化学研究的成果,矿物晶体是离子、原子在晶体空间格架上规则的排列而成。压应力作用下,晶胞变小,其中固体溶质就要分离出来。扭应力作用下,晶格极易变形,成为准稳定状态,可以放出部分离子,并吸收外源物质,使晶架能量保持稳定,形成新相矿物。应力作用中的矿物表现大体有两种情况:(1)先在矿物受应力作用,成分上发生改变;(2)应力作用中生成新相矿物。这些现象亦能反映应力状态,与结构面性质结合起来,有压、扭、张应力不同的情形。同研究宏观形变一样,显微镜下断裂结构面的研究,也涉及到多次活动和力学性质转化或交互变更的情况,这是极堪注意的。

应力的作用,岩石中的矿物颗粒在宏观上“塑变”与“脆裂”的同时,在微观上也必然产生相应的规律的变化,这种变化以矿物的形体和晶格方位上的定向排列得到明显的表现。岩组分析是研究这种微观构造形迹的重要方法。近年来,在一些山字型构造的若干部分,新华夏系断裂带,东西向构造带和它们的复合部位以及某些含矿的断裂带中开展了岩组分析工作,取得了一系列成果。岩组分析的理论研究,也提出了一些新的认识和概念。如

结构面的定向方位组构型式可以纳入到三种对称类型中：(1)压性，张性结构面为斜方对称；(2)扭性结构面为单斜对称；(3)压扭性，张扭性结构面为三斜对称。特别值得指出的是，在岩组分析测量方法方面应用 X 射线法取得了初步成果。X 射线法测岩组的主要优点是应用范围广、效率高，尤其是对金属矿物岩组研究，将可能在理论上和生产上产生重要影响。

## 2. 关于构造体系的类型

几十年来，特别是解放以来，已经累积了一些资料，基本上肯定了若干重要类型构造体系的普遍存在，以及每一类型共同的构造形态特征和它们独特的构造型式。对一个构造类型的认识或者一个新型构造类型的发现，决不是一举成功的，必须有一个实践的过程。例如在过去开展构造体系的调查研究中，发现的一些具有独特形态的构造型式：经向构造带，河西系和陇西系构造，柴达木盆地的 S 型和反 S 型构造，大连白云山庄莲花状构造，湖南香花岭和紫荆山辐射状构造以及前弧弧顶朝西的祁阳山字型构造等等。它们不独确实可靠地反映地壳运动的规程；而且在一定场合指明找矿和解决某些构造地质问题的方向。

构造体系的类型很多，直到现在，我们所认识的还有限。六十年代初期就当时地质力学研究工作所达到的认识范围和程度，李四光教授将构造体系划分为三大类型和五种扭动构造型式：

第一类是横亘东西的复杂构造带或称巨型纬向构造体系。

第二类是走向南北的构造带或称经向构造体系。

第三类是各种扭动构造型式。目前有下列几种类型：

一、多字型构造。包括新华夏系构造体系、华夏系和华夏式构造体系。二、山字型构造。三、旋卷构造。四、棋盘格式构造。五、人字型构造。

已经鉴别出来的旋卷构造，有以下几种类型：1. 帚状构造；2. 莲花状或环形构造；3. 一部分正弦状构造或 S 状和反 S 状构造；4. 辐射状构造；5. 歹字型构造。

六十年代末，他又对我国和东亚濒太平洋地区的地壳构造特点进行了补充总结并概略地阐述了大洋底部构造的某些突出形象。其中若干重要的论点和认识有：

(1) 巨型纬向构造体系的南面经常有巨大的平错断裂，平错的方向总的说是相对向西的；在大洋底部巨大的平错断裂也是存在的，如太平洋东部。

(2) 经向构造带在与其他构造体系复合的情况下，有时形成强大的弧形褶皱带，即形成之字型(或反 S 形)的强大褶皱带，但其中主要部分是走向南北的。

(3) 许多征象反映出地壳上层的水平滑动和在水平面上的错动是地壳运动的一个特点。

(4) 旋扭构造体系，根据显示旋扭的构造形迹发育和完备程度，可以将各式各样的旋扭构造体系分为三种型式：发育较差的称为帚状构造；发育较好的统称为旋卷构造；发育极好的称为旋涡状或涡轮状构造。

进入七十年代以来，通过《简明地质辞典》(地质力学部分)的编写和四百万分之一《中华人民共和国构造体系图》及其说明书的编制出版，对于广大地质工作者调查研究构造体系的大量成果和资料进行了一次检阅，肯定了一批构造体系的鉴定成果和新发现的构造

型式。诸如,祁吕贺兰山字型构造、广西山字型构造、淮阳山字型构造、粤北山字型构造、黔西山字型构造、武都山字型构造、梅县山字型构造、马兰峪山字型构造、临安山字型构造等等,不一而足。

在以往进行的关于构造体系的调查研究工作中,也发现了一些问题,有些是带全局性的重大问题。例如,对华夏系构造、新华夏系构造发展的多阶段性,以及不同历史阶段造成的构造形迹的各自特点与控岩控矿特征等问题,目前正在进行热烈的讨论。

再如,北北西向构造带、北西向构造带和北西西向构造带怎样明确划定构造体系?弧形构造、旋扭构造常有各种形式出现,种类繁多,旋扭构造型式的分类有待进一步完善,怎样分类更好?还有些著名的构造带,如南山构造带,龙门山断裂带,大巴山弧形构造带和娄山褶皱带,等等……。它们的构造特点和分布形式是许多地质学家都熟悉的。从地质力学观点分析它们的构造性质确定其构造体系的类型是一项十分有意义的工作。此外,关于火成岩和变质岩中特有的小型构造类型的鉴定亦是颇有研究价值的。

无需讳言,到现在为止,地质力学所研究的构造体系和构造型式,大都是燕山运动以来的产物。换言之,只局限于研究一亿多年以内发生的地壳运动。而地球上发现的最古老岩石的同位素年龄将近40亿年左右。就是说,我们对于绝大部分时期内发生过的地壳运动还有些茫然。作为探讨地壳运动的一门学科的地质力学来说,还需要做极大的努力。关于古构造体系研究方法及其型式的鉴定以及那些与古构造关系密切的矿产的分布规律问题,急待开展研究工作。近些年来,有些同志和部门先后进行了一些区域性的古构造研究工作,如燕辽地区、祁连山地区以及江西地区等,都是有益的尝试。

总之,关于地质构造体系和构造型式的工作,是地质力学工作者长期的、艰巨而细致的工作,也是开展地质力学研究的基础。

### 3. 关于岩石力学性质与构造应力场

研究地壳的变形规律,不能不研究组成地壳的岩石在地质条件下的力学性质。地质力学早已认识到研究不同的温度、压力及长期应力作用下岩石的变形规律和变形性质的重要意义。岩石力学性质是许多因素的函数。根据岩石试件的实验所得到的资料和野外观测岩石的力学性质所发现的一些现象,均表明岩石是具有弹性同时又具有塑性的。从国内外岩石性质实验结果,已获得许多关于岩石的弹塑性表象和它对应力作用的弹性形变系数和不同类型的塑性形变的系数,以及它的强度和当应力作用达到一定极限时它破裂的情况等方面的资料。近些年来,由于高温高压设备的改进和测量方法的日益精确,国外业已对多种不同性质的岩石在2万巴超高压下进行三轴试验来确定岩石的本征曲线。

现在需要强调的是,地质力学把每一类型的构造型式,都是当做一幅形变图象看待的,这就必须考虑在三度空间应力场中一系列的力学问题。地质力学的力学方面工作,主要是研究各种类型的构造体系中应力活动的方式,并且在既定的协调条件下,推断构造体系展布地区的边界条件,从而确定那一地区的运动方式。

关于在纬向构造带应力场中应力活动方式和应力作用起源问题的研究,五十年代斯托瓦斯从地球角速度发生变化而导致其扁度发生变化的观点,阐明了关于纬度 $35^{\circ}$ 和 $40^{\circ}$ 附近两个纬向构造带成生的原因。同一时期,包括斯托瓦斯、卡特尔菲尔特、沃洛诺夫以及天文学家埃依根松等,也主要根据地球自转的影响,即在二级协和函数控制的基础上提

出了某些论证。李四光教授也曾指出：“如果说，东西构造带可能是由于地壳运动受到高级带协和函数的控制而产生的话，那就没有理由排除纵协和函数控制南北向构造带的可能”。

关于产生各种扭动构造型式的应力场中应力活动方式的研究，早在四十年代李四光就进行过山字型构造应力场的理论分析和模型实验，提出了山字型构造的力学模型。近二十年来，对于已经建立的各种扭动构造型式应力场的理论分析，某些从事地质或力学工作的同志从不同方面陆续进行了一些探讨，力图使这些扭动构造型式的成因，通过数学-力学分析及模型实验得到充分说明，并先后计算过山字型构造、多字型构造、歹字型构造和旋卷构造等型式的应力场。这些计算都是按弹性力学平面问题的解答进行的，并且获得了构造应力场的主应力轨迹线与野外观察和室内模拟的构造线非常相似的结果。还有的研究者从固体宏观断裂理论出发，对某些棋盘格式构造和雁行状断裂形成的力学条件与结构面排列规律从定量方面进行了初步分析。

需要看到，地壳岩石在长期应力作用下，具有流变性质的特点，所以采用各种流变体模型分析构造应力场和构造体系形变图象是值得探索的问题。不久前，有人作了应用流变体模型分析旋扭构造应力场的尝试。

在这里特别要考虑到，反映一个区域应力活动的各项形变与反映局部应力活动的各项形变之间的区别和联系。前者是属于区域构造应力场，起源于区域性构造运动的，是主导的；后者是由于区域性构造运动所引起的局部构造运动来决定的，属于局部构造应力场，是派生的。在构造体系形成的过程中及其前后，地块内部都有应力场存在，而且构造体系的应力场是随时间和空间而变化的。这就带来一个怎样考虑初始条件的问题。在构造体系成生过程中，实际是经历过多次反复不同的运动，常常在一个构造体系之上，又叠加另一个构造体系。要分析这样一个复合的构造体系的应力场，困难的程度是很大的。这需要根据地质力学的工作方法，从实际的构造形迹入手，逐步进行区域性构造应力场的分析工作。十分令人可喜的是，近年来，关于全球构造应力场的研究已取得了一些初步成果。

地壳上各个地区应力场中应力分布的测定及其展布特征的分析，对于地震预报、矿山开采、水利工程、军事工程等方面都有很大的现实意义。近些年来，通过若干强地震区地震地质调查、现场地应力测量和光弹模拟实验的综合研究表明，通海、龙陵、新丰江、邢台、海城、唐山等地震区，以及京津和华北地区现今区域构造应力场特点反映了青藏歹字型构造应力场和新华夏系构造应力场的继承活动。金川矿应力测量对于改进矿山设计提供了依据。现在我们的应力测量还是在较浅的深度上进行的，浅部与深部应力状态的关系怎样？还需要进一步进行工作。国外已开始使用“水力压裂法”进行深部应力测量。

地质力学的力学方面工作内容非常丰富，今后需要探索的问题很多：在岩石力学性质的研究方面，如岩石蠕变实验研究以及自然界岩石发生流变的条件，测定不同岩石形变和破裂的基本参数，岩石的破裂条件和破裂发展规律，研究不同温度、不同压力和长期应力作用下岩石的各种弹性、非弹性的表现及破裂规律；在构造应力场的研究方面，加强各种扭动构造型式和各种复合的构造体系以及全球构造应力场的理论分析及模拟实验；现今应力场的测定及其特征的分析，进行地壳形变场、应力场的实验研究和成因问题的理论探讨等等。

### 三、地质力学在生产实践方面的应用效果

新中国成立三十年来,地质力学理论研究有了很大进展,事实证明,按照构造体系的规律性指导地质实践常可获得预期的成效。最突出的实例就是李四光教授应用地质力学的理论,为指导我国石油普查做出了重大贡献。他根据我国地质构造特点,运用地质力学的理论研究地壳运动和油气聚集规律,指出:新华夏构造体系的沉降带是我国东部含油远景地区;在这些内陆沉降地带和大陆近海,如松辽平原、华北平原、渤海、黄海、东海等地进行石油普查和勘探工作是具有重大意义的。

在中国东部和大陆近海属于新华夏构造体系的第一级沉降带的各个地区,一般都具有区域广大,构造比较稳定和沉积条件相似的共同特征。这些沉降带中的若干地区,已被证实为具有工业价值的含油地区,如著名的大庆、大港、胜利等大油田即是处于新华夏系第一级沉降带中的沉降区,亦即油区;每一个沉降区内又包含着若干个凹陷带和凸起带,这种次一级凹陷带控制着生油区的展布;凹陷带内还可划分为再次一级构造,控制油气富集,即油田或油藏的范围。很显然,新华夏系第一级沉降带对我国东部的石油分布起到了战略性控制作用;而跟着这第一级构造运动而产生的第二级、第三级乃至更为低级的再次构造是属于战术性的控制作用。

地质力学所处理的问题,包括构成地壳各部分的岩石的建造和改造两个方面;而建造与改造不是漠不相关的。地表基盘的改造可能提供它表层建造的条件;反过来说,表层的建造,也可能影响基盘的改造,但表层的形变,不一定和基盘的改造经常一致。沉积建造在形成时受到地壳形变亦即一定形式的构造体系的控制,同时在形成后,不可避免地还要受到地壳改造的影响。运用这样的分析方法来研究煤田的建造与改造,使我们看到构造体系一方面控制了含煤盆地的形成和煤盆地内富煤带的聚集;另一方面也控制了煤田的后期改造。

在一些掩盖地区或者构造变动和沉积变化复杂的地区,应用构造体系的规律性指导煤田预测是一种行之有效的方法。我们知道,每一类型的构造体系都具有一定的共同形态特征。如果某一构造体系所有各个主要部分尚未全部查明,但根据其已查明的某些主要部分,已经可以推定它属于某一类型,那末,就可以按照那种构造类型组成形态的规律,预定在某些相应的地区必然有某些构造现象存在。虽然它们有时被掩盖了或是被后来的原因所改造了。这一点在布置地下资源勘探工作时,是具有相当重要的意义。

地质力学认为地壳中的矿产是受成矿条件与分布规律的双重控制的。成矿条件主要决定于岩性和有关岩体和岩层成生时的环境和它们之间的相互关系;分布规律一部分和成生条件有关,但主要是取决于构造体系,同时构造体系也有时影响成生的条件。这就指明了成矿规律或矿产分布规律研究的方向。关于构造体系分级控矿、构造体系复合控矿、构造体系组合规律及其不同性质结构面特点控矿和构造体系控制建造的控矿理论,是地质力学研究矿产分布规律的重要内容,构成了指导矿产预测的理论基础。不待说,还有许多有关控矿因素和成矿理论问题也必须结合起来加以综合考虑。

解放以来,随着我国社会主义经济建设事业的大规模开展,地质力学的理论和方法应用于地质工作的各个方面,在地质工作实践中发挥了积极作用,如在指导金属矿产地质、



水文地质、工程地质、地热地质和地震地质工作中，特别是对于铁铜钨铀金和金刚石等隐伏矿床的预测中，取得了较为显著的效果。实例很多，在此不一一列举。

## 四、地质力学在探索中的问题

发展地质力学基础理论，总结构造体系与矿产的分布规律，探索地壳运动的机理，并且尽可能采用新兴技术等，这是摆在地质力学工作者面前的历史重任。

从地质力学发展趋势和与生产实践相结合方面的考虑，下列问题应当广泛而深入地开展研究工作：

### 1. 关于矿产分布规律

- (1) 各种和各级构造型式对矿带、矿田的控制作用。
- (2) 构造型式对水、油、气的动态和集中的控制作用。
- (3) 岩内流体运动的一般规律。探索岩浆运动、动力分异和矿液运移的方式和规程。
- (4) 构造体系的规律性与隐伏矿床的预测。
- (5) 研究不同时期构造体系的发生、发展、复合、转变，以及它们与沉积建造、火成活动、变质作用的关系。总结构造体系与矿产分布的关系，编制主要矿产分布规律图。
- (6) 构造体系与地热异常分布规律。
- (7) 矿化分带与等间距分布的构造控制。
- (8) 构造带的地球化学特征。

### 2. 关于地球运动与地壳运动

这方面的问题包括：地球角速度的变化，潮汐作用，太阳辐射的变化，大陆运动和海洋运动，地球运动和地壳运动对古气候的影响等。

### 3. 关于遥感地质方法的运用

航空遥感，特别是航天遥感的发展，对构造地质学的研究产生了重要影响。例如，根据卫星照片，在地面观察中不易发现和确定的各种规模的线性断裂，以及各种成因的弧形或环状和同心状构造是发育极广的。线性断裂有时是某一巨型或大型构造体系的主干成分，有时构成网状或棋盘格式断裂系统；特殊场合，它们与岩块或地块等形体结合在一起组成一定形态的构造型式或构造带。各种规模和各种组合形式的弧形或环状和同心状构造，从地质力学观点看来，显然大都可以认为是地壳旋扭运动的表现。但是，这类构造的成因在各个具体情况下可能不同，在目前研究水平上，尚难断定。

### 4. 关于深部地质构造

研究隐伏断裂性质和深构造带的物探异常现象译释，在海域和平原地区的构造分析中十分重要。如何利用已取得的地质和地球物理资料来确定深构造带和划分构造体系，是一个值得探讨的问题。应该充分发挥和运用地面地质工作研究深部的地质作用，还需要把地震地质工作与深部探测结合起来，对重力、地磁、地热等方面的深部探测资料，进行

综合的地质解释。

深部地质和深部结构探测研究的内容十分广泛,如地壳深部物质物理、化学状态,成岩成矿作用,地质结构,构造分层,地震孕育和深源岩石学等等。总之,地壳深部构造和物质运动是地质力学研究地壳运动的一项基础理论工作。同时,地质力学也是地球动力学的一个重要研究方面,开展深部地质构造研究必将会给地质力学和地球动力学的研究带来积极成果。

### 5. 关于地质力学研究领域

随着地质力学理论研究和实际应用的广度和深度不断增大,它的领域愈显宽阔。例如,关于地层区划与构造体系的关系;关于古生物群的分布和演化与构造体系的关系;关于构造体系在古地貌上的表现及其对于古气候的影响,包括冰期和冰川作用等都提出了一些新问题。再如,区域调查、矿田构造、煤田地质、石油地质、地热地质、水文地质、工程地质、地震地质等等,这些方面生产实践对于地质力学经常提出重要课题,并且揭示着它可能扩展的趋势。此外,其它相关学科和构造学派给地质力学指出的或涉及到的问题,都要求我们给予足够的重视。

不待言,地质力学还在发展时期。它不可避免地要进一步更广泛地研究许许多多更基本的问题。我们应该站在地质力学方面,把那些包括前人已经作过的若干工作和将要进行的研究成果,加以检查和吸收,从而组成一门统一的有系统的学科,以便为解决地壳运动问题做出贡献。

不难预见,只要我们坚持辩证唯物论认识论的原则,地质力学结合有关专业,多方面进行探索,扩大和巩固它的基础,地质力学一定是有广阔发展前景的。

# 介绍断裂与断块大地构造学说的 理论发展与实际意义

张文佑 钟嘉猷

(中国科学院地质研究所)

断裂与断块大地构造学说,是多年来在研究中国大陆及邻近海域断裂系统特征和室内模拟实验的过程中,初步总结自己的部分实践经验,同时也吸取国内外大地构造学说中的合理内容,逐渐形成与发展起来的。近年来将这一理论应用于找矿勘探、水文工程地质、地震地质等工作,都取得了一些初步成效,受到国内外不少研究者的注意。这里我们把断裂与断块大地构造学说的理论要点及其在实践中的应用作一简略介绍。

## 一、断块学说的理论依据

大地构造学的基本理论之一,就是岩石圈形变力学的机制,因为从断块学说的观点认为,变形一般是从褶皱到断裂,但一经产生断裂,便对以后的变形起决定性的控制作用,所以断块学说侧重于研究断裂的形成与发展。我们知道构造断裂是岩石受力变形到达破裂阶段的产物,在构造应力场作用下,当岩石受力超过屈服点(比例限),先引起塑性形变,沿着矿物粒间或晶体内部的软弱面发生剪切位移滑动,形成吕德氏纹(Lüder Bands),它们常呈X型共轭交叉网状分布,是一种潜势的剪切断裂网络,但由于岩石及受力的不均一性,一组常较另一组发育。当作用力继续增大,形变进一步发展,剪应力超过岩石物质的抗剪切强度时,就在吕德氏纹的基础上形成一对共轭的X型交叉断裂系,同样也由于岩石物质及受力的不均一性,也是一组常较另一组发育。从理论上讲,最大剪应力应与主压应力成 $45^\circ$ 夹角,但实际上由于不同的岩石物体的内摩擦系数的影响,两组剪切面的交角常以小于 $90^\circ$ 的锐角方向指向挤压方向,这在材料力学中,常叫做Hartmann定律。断裂的再进一步发展均交替迁就两组X型交叉剪裂面进行,当岩石再受力而出现局部引张条件时,便交替沿用先成的两组剪裂面而形成锯齿状张性断裂。所以我们常说断裂的形成一般常是由剪切开始,并由拉张发展完成的。

由于受力方式和边界条件以及变形体物理力学性质的不同,断裂常构成不同型式的组合。我们称为断裂体系,并初步划分出X型剪切断裂体系,Y型剪切-拉张断裂体系,I型张性断裂体系等三种最基本的断裂体系。

X型断裂体系发生在受压两端与两侧均不易滑动的情况,即处于边界比较均匀的围压条件下,I型断裂体系发生在受压两端与两侧均易滑动,即处于边界条件比较自由的情况。如果受压的一端较另一端易于滑动,即处于边界条件的自由度相差较大的情况,则产生Y型体系。除上述三种基本型式外,还有很多种由它们组成的复合型式。断裂体系形

成以后,在漫长的地质历史时期内,由于区域构造应力场的演变,断裂的活动方式与应力状态均可发生变化,但总的来说,他们的活动方式却可概括为以下五种:①纯挤压,②纯拉张,③纯剪切(分左旋、右旋两种),④挤压-剪切,⑤拉张-剪切(图1)。

从已知地球表面的巨型断裂带和局部次一级的断裂带来说,单一的挤压,拉张或剪切都是少见的。一般情况挤压带或拉张带都伴有剪切作用,因此,实际常见的,主要有两大类:挤压-剪切型与拉张-剪切型。

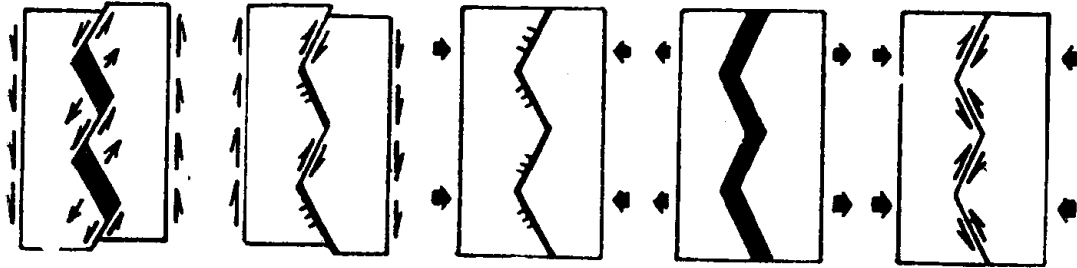


图1 断裂活动的五种方式

以上所谈断裂活动类型和排列组合体系不仅限于水平方向,而且它们在垂直方向上也可有同样的活动类型和排列组合体系,因而具有立体型式。但往往由于深度的差异,随温度和压力的变化而有不同表现。

一般地讲,地球深部的温度和压力总比浅部的高,从温度看来,岩石圈上部一般比下部低,也就是说,上部常为冷缩区,可表现为侧向挤压,下部常为热胀区,可表现为侧向引张。H. Jeffreys 早就注意到这一现象。因此在一定边界条件范围内岩石圈内的应力分布可与材料力学中的横梁弯曲中的应力分布相比拟。在中性面以上的区域内可出现剪切-挤压型或均匀挤压型断裂,常表现为低角度冲断层;而在中性面附近区域则常出现为层间滑动断裂或表现为平移断层;中性面以下的深处则为侧向拉张区,可出现剪切-拉张型或均匀拉张型断裂,常表现高角度正断层。

从垂直向压力向深处随着上覆岩层增厚而增大的一般情况看来,岩石圈深部的垂直向压力可在一定范围内大于侧向压力,而浅部的垂直向压力又常小于侧向压力,在深浅两部分之间的过渡区,则有出现垂直向压力与侧向压力大致相等的可能性。因此,在浅处可见到低角度冲断层,在深处有高角度正断层,两者之间的过渡区发生平移断层。这已由野外观测和室内实验证明。平野昌繁<sup>1)</sup>也得到同样的结果。这与上述的热应力随着深度变化所引起的不同类型断层是一致的。

还应指出,随着温度和压力向地下深处的增高,岩石可由弹性体变为塑性体以致于流体。因而褶曲也会由弯褶曲过渡为剪褶曲,甚至变为流褶曲。由褶皱所引起的断裂,也将随之而变化。

断裂可按其深度以及它们的地质和地球物理标志初步划分出下列五种:

(1) 岩石圈断裂——一切穿岩石圈,达到软流层,可出现超基性与基性岩带,有时有金伯利岩和榴辉岩分布,常成为岩石圈活动区与稳定区一级构造单位的界线,有时地表有混杂岩发生和含深成超基性包体的拉斑玄武岩的喷出,常出现重力异常和热力异常的陡梯度带以及深源地震活动带。一般可与板块学说中的大板块边界相当。在大洋脊顶部的地

1) 平野昌繁:《地质学杂志》(日文),1971, v.77, No. 4, 171—182。