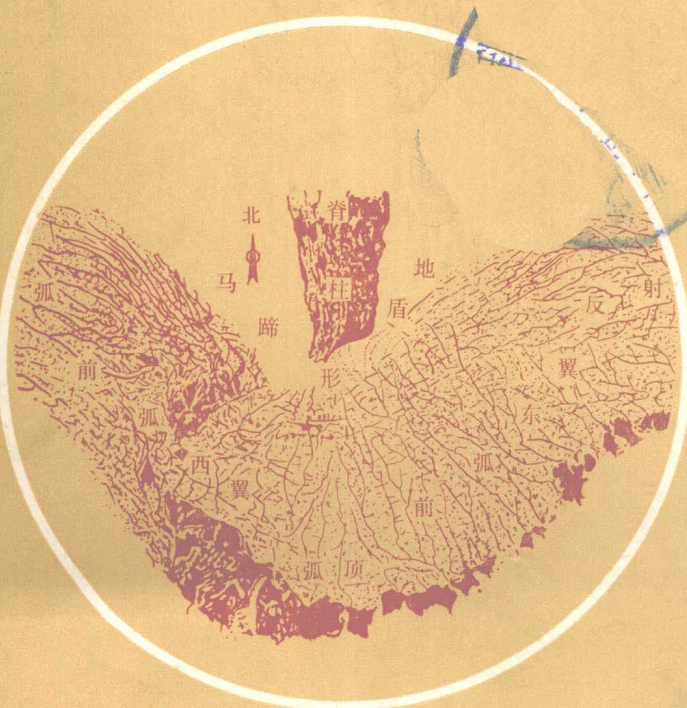


35-40C₁

中等专业学校教材

地质力学

周荣光 编



地质出版社

地质力学

地质力学讲义



地质力学讲义

p55-40C,

中等专业学校教材

地质力学

周荣光 编

地质出版社

内 容 提 要

本书系统地叙述了李四光教授创立的地质力学的基本理论及工作方法，同时简要介绍了地质力学在地质工作中的应用情况。内容较全面，插图丰富，文字通俗易懂，简明扼要。为了便于复习和领会所学知识，在各章之后列有思考题。

本文为中等地质学校矿产地质专业和水文工程地质专业用教材，也可供其它专业学生和一般野外地质工作者自学、参考。

※

※

※

本书由傅家训主审，经地质矿产部中等地质专业学校第一教材编审委员会于1983年11月审议，并经复审小组于1984年6月审查通过，作为中等专业学校教材出版。

※

※

※

中等专业学校教材

地 质 力 学

周 荣 光 编

责任编辑：张荣昌、肖朴存

*

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：850×1168¹/₃₂印张：5³/₄ 字数：149,000

1985年10月北京第一版，1985年10月北京第一次印刷

印数：1—7,385册 定价：1.50 元

统一书号：13038·教218

前 言

1980年5月在中等地质专业学校教材编写会议上，根据总结试用教材——《构造地质及地质力学》的使用情况，决定将地质力学部分分出来，作为一门单独教材出版，并决定由昆明地质学校周荣光编写。

1981年4月在南京召开地质矿产部中等地质专业学校地质类第一教材编审委员会会议，会上讨论了《地质力学》教材的编写提纲。教材初稿写成后，于1983年11月在广州召开的教材编审委员会会议上，逐章逐节地进行了讨论，提出对部分内容调整修改意见，并决定于1984年在郑州进行复审，由郑州地质学校傅家训担任主审。复审后，又根据审查意见作了适当修改后定稿。

该书在编审过程中，南京、昆明、郑州、长春、赣州、广东等地质学校代表提供了许多宝贵意见，帮助提高了本书的质量。书内图件由昆明地质学校范学尧同志清绘，在此一并表示感谢。

由于编者业务能力和实践经验有限，本教材的缺点和错误在所难免，敬请读者和使用该书的老师们批评指正。

编 者

1984年8月

目 录

绪 言	(1)
一、地质力学的研究目的和内容	(1)
二、地质力学发展简史	(3)
第一章 鉴定构造形迹的力学性质	(6)
第一节 构造形迹的概念	(6)
一、构造形迹和结构要素	(6)
二、结构面的概念	(7)
三、结构面的分类	(7)
第二节 结构面力学性质的野外鉴定及室内研究	(10)
一、标志性结构面力学性质的鉴定	(10)
二、分划性结构面力学性质的鉴定	(11)
三、结构面力学性质的改造	(36)
四、研究结构面力学性质的意义	(41)
第二章 辨别构造形迹的序次和等级	(42)
第一节 构造形迹的序次	(42)
一、序次的概念	(42)
二、序次的划分	(44)
三、结构面力学性质的转化	(48)
第二节 构造形迹的等级	(50)
一、构造形迹等级的概念	(50)
二、构造形迹序次和等级的关系	(52)
三、研究构造形迹序次和等级的意义	(53)
第三章 确定构造体系和鉴定构造型式	(55)
第一节 构造体系和构造型式的概念	(55)
一、构造体系的概念	(55)
二、构造型式的概念	(57)
三、建立构造型式的原则	(58)
四、构造体系的主要类型	(59)
五、研究构造体系的意义	(60)

第二节 纬向构造体系	(61)
一、纬向构造体系的基本特征	(62)
二、我国主要的纬向构造体系	(63)
三、纬向构造体系全球分布规律	(70)
第三节 经向构造体系	(71)
一、经向构造体系的基本特征	(72)
二、我国主要的经向构造体系	(73)
三、经向构造体系全球分布规律	(77)
第四节 扭动构造体系	(79)
一、直扭构造体系	(79)
二、旋扭(卷)构造体系	(103)
第四章 分析构造体系的联合和复合	(123)
第一节 构造体系的联合	(123)
一、构造体系联合的概念	(123)
二、构造体系联合的表现型式及实例	(123)
第二节 构造体系的复合	(126)
一、构造体系复合的概念	(126)
二、构造体系复合的类型及实例	(127)
第三节 研究构造体系联合和复合的意义	(137)
一、理论意义	(137)
二、生产实践中的意义	(137)
第五章 地壳运动问题	(139)
第一节 地壳运动的时期	(139)
一、一般概念	(139)
二、地壳运动时期的确定	(140)
第二节 地壳运动的方式和方向	(142)
一、地壳运动的方式以水平运动为主导	(143)
二、从构造体系的分布规律看地壳运动的方式和方向	(145)
第三节 地壳运动的动力来源和起源	(147)
一、地壳运动的动力来源	(147)
二、地壳运动的起源	(151)
第六章 地质力学在地质工作中的应用	(156)
第一节 地质力学在地质找矿中的应用	(157)

一、地质力学在找寻内生矿床中的应用	(157)
二、地质力学在找寻外生矿床中的应用	(159)
三、关于构造体系的分级控矿问题	(163)
四、构造体系中不同力学性质构造形迹的控矿作用	(164)
五、构造复合控矿	(165)
第二节 地质力学在水文地质和工程地质方面的应用	(166)
一、地质力学在水文地质方面的应用	(166)
二、地质力学在工程地质方面的应用	(168)
附：地质力学实习实验指导书	(173)
实验一 单向挤压与拉伸实验	(173)
实验二 扭动实验	(174)
课堂实习 分析构造体系图	(175)
参考文献	(177)

绪 言

一、地质力学的研究目的和内容

地质力学是应用力学原理和方法研究地壳构造和地壳运动规律的一门边缘学科,是地质学领域里一门新兴的分支。它是我国卓越的地质学家李四光教授立足于我国地质构造实际,在广泛实践的基础上,并总结和分析全球地质资料、而创立的一门学科。

组成地壳的各类岩石或岩块,在力的作用下,发生塑性形变或破裂,形成各种褶皱和断裂等构造形态。地质力学就是从研究这些构造形态及其反映的力学性质入手,寻找它们之间的内在联系和组合形式,并据此建立构造体系。地质力学的研究,在理论上,就是要根据构造体系所反映的地应力场,追索地壳运动的起源和动力来源问题;在生产实践中,应用有关构造体系的理论,找出地壳中有关矿产分布的规律,提供找矿线索和为解决水文地质、工程地质等工作中的有关问题指出方向和提供资料。

地质力学研究的主要内容包括:

(1) 组成地壳的岩块、地块中构造形迹的力学性质及其分布规律;

(2) 研究地壳一定范围内,在统一的地应力场中产生的各种构造形迹在空间上的排列、组合规律,并研究它们在时间上的发生、发展、转化过程和它们之间的内在联系;

(3) 研究在地壳一定范围内,不同时期的地应力作用产生的构造形迹和构造体系相互之间的关系;

(4) 根据岩石力学性质及影响岩石形变因素的研究,结合模拟实验、探讨由一定构造型式所反应的地应力场特征;

(5) 基于上述研究,进而探讨地壳一定范围内地壳构造运动及地壳整体运动的方式、方向和动力来源;

(6) 将地质力学的工作方法和基本理论运用于国民经济建设的有关方面(如找矿勘探、水文地质、工程地质、地震地质、地热地质等),解决生产实践中提出的有关问题。

此外,为了研究褶皱、断裂和构造体系的发生发展过程;以及地壳运动的方式,方向和发生时期等问题,在地质力学工作中,也重视对地质历史中的各种建造(如沉积建造、岩浆建造、变质建造等)的形成时期和形成条件的研究。

地壳在它的发展过程中,经历了多次的变动,这些变动绝大多数发生在人类出现以前。今天,我们在追溯地壳运动的方式、方向、发生过程和起源问题时,所依据的是这些变动残留下来的结果——构造形迹,从结果来推究其原因。这样的研究程序与一般力学研究工作的程序相反。这种从结果反过来推导成因的研究方法,即所谓“反序”,所得的结论一般常具有多解性。为了对每个区域、每次地壳运动的方式、方向作出比较切合实际的结论,就要求地质工作者严格按照一定的工作程序,即一定的逻辑步骤,对各种构造形迹逐步进行分析和综合,找出解决问题的确切依据。

李四光教授根据生产实践和科学实验的经验,对地质力学的研究方法归纳为七个步骤:

(1) 鉴定每一种构造形迹或构造单元(结构要素)的力学性质;

(2) 辨别构造形迹的序次,按照序次查明同一结构面力学性质可能转变的过程;

(3) 确定构造体系的存在和它们的范围;

(4) 划分巨型、构造带,鉴定构造型式;

(5) 分析联合和复合的构造体系;

(6) 探讨岩石力学性质和各种类型的构造体系中应力活动方式;

(7) 模拟实验。

就工作性质来讲,以上七个步骤可以概括为地质调查,力学

分析和模拟实验三个方面。因此,要求我们首先立足于野外实践,从研究构造形迹着手,查清它们的成生联系,紧紧抓住构造体系这个核心,结合室内模拟实验和理论分析,确定构造体系的各种类型及地应力场的特点,从而掌握地壳某一部分乃至地壳整体的构造和地壳构造运动的规律性。但需注意的是,上述七个步骤并不是一个简单的顺序过程,在整个工作过程中,是反复交叉进行的。

二、地质力学发展简史

恩格斯说:“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”(恩格斯《自然辩证法》)。地质力学的出现不是偶然的,在近代地质学和近代力学中早已孕育着它的胚胎,它的理论和方法是随着生产实践的发展逐步建立起来的。

地质力学的萌芽,是从1921年李四光教授在研究我国东部石炭一二叠系地层的划分和对比时开始的。北方的石炭一二叠系(缺下石炭统)地层是海陆交互相地层,主要是陆相含煤地层并夹若干海相层。南方的石炭一二叠系地层海相的占优势。这就产生了一个问题,当时的海侵、海退现象,为什么有这样南北的差异?李四光教授比较了北半球古生代以来海水运动的差异情况以后,发现了这样的规律:当高纬度区海浸时,低纬度区发生海退;当低纬度区海浸时,则高纬度区发生海退。低纬度区海浸多发生在一次广泛的地壳运动之前,而高纬度区海浸则常发生于地壳运动同时或稍后。也就是说,海水有从两极向赤道,又由赤道向两极这样反复进退的运动规律。海水运动与地壳运动之间的这种关系,反映了它们可能与地球自转速度的变化有密切关系。这种设想对地质力学工作的开端,起了相当重要的启发作用。联想到大陆地壳运动是不是也会受到这种地球自转速度变化的影响呢?如果真如此,当大陆和海洋发生南北向的方向性运动以后,在大陆上,构成大陆的岩石受到长期地应力的作用,也应该留下相应的痕迹。

在二十世纪二十年代以前,关于大陆运动的起源问题,各个学派,甚至每一个放眼世界的地质工作者,都提出了自己的看法。

在各学派纷争的影响下，李四光教授于1926年提出《地球表面 形象变迁的主因》一文。文中根据大陆大规模运动的方向，推论了那些运动起源于地球自转速度的变化，并提出了“大陆车阀”自动控制地球自转速度的作用。这个理论，虽然在当时还不够完善，却对大块大陆运动的方向性有了新的认识。

在大陆车阀假说提出以后，李四光教授已经意识到要确切论证大陆运动，只注意大块大陆运动是不够的，还必须全面地、细致地研究大陆及大洋内部的构造现象及其相互之间的关系，把地壳运动问题和具体的构造现象有机地联系起来。他认为必须对各种构造现象（形变现象）的本质、形成过程、以及它们彼此间可能存在的联系有所认识，才能对当地所经历的地壳运动程式有深刻的了解和认识。

对构造现象本质的探索，是从认识一些个别的、特殊的现象开始的。1927年以前李四光教授注意到欧亚大陆交界的乌拉尔山脉。它褶皱强烈，走向南北，突起在广阔的平原之间。其东面是西伯利亚“地台”、西面是俄罗斯“地台”。而在乌拉尔山以南，西从高加索以西起，向东延伸，有一个弧形山脉，经苏联南部往东一直伸展到中国新疆北部。把这些构造形象联系起来看，确实是一种奇特的现象，如同一把拉开的弓箭，看来它们在形成过程中可能存在某种联系。

1928年，他在宁镇山脉工作时，又发现有类似的现象（后来证实为淮阳山字型的东翼反射弧，而在弧的内侧，有一近南北走向的茅山山脉）。至此，在国内外发现的这两套构造，尽管规模大小不同，弧顶指向相反，但都组成了类似古汉字“ㄣ”字的形象。同年，又在广西发现向南突出的弧形弯曲构造。经过一些比较详细的野外工作及模拟实验，认识到在一个地区，这些弧形山脉与弧内的南北向山脉，虽然方向完全不同，但他们在成因上关系密切，组成了一个山字型构造体系，从而树立了构造体系的概念。

此后，经过反复实践，又发现了许多不同类型的构造体系，如东西构造带、“多”字型构造、“歹”字型构造等。1929年李四光

教授发表了《东亚一些典型构造型式及其对大陆运动问题的意义》一文,对到那时为止的认识作了初步总结,概括了不同类型构造的特点,提出了构造体系的概念,并推断了和每一类型构造体系有关地区构造运动的方向和方式,论证了大陆和海洋运动的主因。其后,又初步发现了某些构造体系对矿产分布的控制作用。这样,就为地质力学的创立初步奠定了基础。在四十年代初期正式提出了“地质力学”这个名称,至1945年《地质力学的基础与方法》一书问世。

解放前,地质力学和其它科学一样,得不到应有的发展,李四光教授在创立这一学说的时候,不仅付出了辛勤劳动,而且经过了许多挫折和斗争,他热爱祖国,坚持真理,敢于探索,勇于登攀,在黑暗中摸索前进,终于创立了“地质力学”这门边缘学科。

解放后,由于党和国家的关怀,地质力学和其他科学一样,获得了新的生命。1956年2月成立了专门的研究机构——地质部地质力学研究室,1960年改为地质力学研究所。经过反复实践、总结、检验,地质力学已初步形成一套符合地质构造客观规律的地质科学理论和独特的工作方法。于1962年发表了《地质力学概论》,对地质力学这门学科作了经典性总结。

后来一些院校,研究单位和地质队也注意这方面的研究工作,并设立地质力学研究机构。许多人结合本区的情况和生产任务,广泛实践,解决了不少生产实际问题,为地质力学的发展作了一定的贡献。

随着社会主义建设的需要,地质力学工作也在不断向前发展。目前已深入各个领域,并取得一定成绩。今后还会有更多新课题等待解决,我们要不断实践,总结经验,使这门学科有所前进,有所发展,臻于完善,为在我国实现四个现代化的宏伟目标作出新的贡献。

第一章 鉴定构造形迹的力学性质

地球经过了几十亿年的发展历史，在漫长的地质年代里，地壳不断地经历着复杂的运动，每次地壳运动都会形成一定的岩层和岩体，并使较早的或正在形成的岩层和岩体发生强弱不等、性质不同，大小不一的形变和破裂。构造地质学从形态理论的观点建立了各种构造形迹的基本概念，对描述、解释和归纳构造现象具有积极的意义。

地壳上各种地质构造现象是地壳运动留下来的踪迹。所以，任何一种构造形迹都反映了其形成时期的地应力特征。地质力学观点认为：对各种地质构造现象的研究不能只停留在形态描述上，要以构造形迹作向导，力求抓住其力学性质，并根据构造形迹的展布规律，恢复地质历史中地应力的分布规律，并进一步推求构造发生时的应力场特征，研究力的作用方式，从而有可能分析判断地壳运动的方式和方向。所以构造形迹力学性质的鉴定是地质力学研究的先行步骤和工作基础。

第一节 构造形迹的概念

一、构造形迹和结构要素

构造形迹：在地壳运动的影响下，组成地壳的各种岩块或地块长期受到地应力的作用会产生蠕变。由于蠕变的长期积累，会改变其原始形状和地理位置，其内部结构也会发生相应的变化。当地应力超过一定的极限，岩块或地块会发生破坏，并可沿破裂面发生相对位移。通过上述变化而形成的褶皱、断裂等各种构造形象和断裂位移踪迹等，统称为构造形迹。

结构要素：反映地壳各部分地质体原来形成时的构造形象特征和由于形变而产生的构造形迹的几何要素统称结构要素。

结构要素有原生的和次生的之分。从形态来看它又可分为面状结构要素（如岩层层面、不整合面、节理面、断层面、褶曲轴面、劈理面等）和线状结构要素（如流线、擦痕、窗棂构造、杆状构造等）。

二、结构面的概念

为了描述和制图的方便，结构要素在三度空间的位置，通常以具有代表性的平面或曲面（如断裂面、褶曲轴面等）来表示，这些面统称为结构面。

结构面在地质图或构造图上，常用其与地面的交线来表示，这种线称为构造线。各种不同的结构面，往往成群地出现，彼此平行。在它们密集的地带，在地质构造图上有时可以用一条或几条构造线来表示。

构造形迹的规模大小不一，大者如地向斜、地背斜、区域性的大断裂等，其规模及影响范围可以很大；小者一般用肉眼能直接观察，如小褶曲、断裂、片理等；此外还有需借助显微镜才能观察和研究的各种微小构造现象，称显微构造。这些不同规模的构造形迹，从地壳形变的观点来看，本质都一样，都是由于地壳构造运动的影响，经地应力的长期作用，在岩石中留下的踪迹。因此，力学性质相同的中小型和巨型、超巨型的构造形迹，并没有什么根本不同之处。

三、结构面的分类

由于分类的依据不同，分类的方法也不相同。这里介绍两种分类方案：

（一）根据结构面两侧岩层、岩块、地块的相互关系分类

从结构面反映岩层、岩块或地块之间的关系出发，可分为标志性结构面和分划性结构面两类。

1. 标志性结构面 结构面两侧的岩层、岩块或地块的组成和结构是连续的，彼此间有一定的几何关系。这种结构面只具有几何意义，一般不能直接观察和测量。它们的位置和方位，只能从几何的观点，根据岩层、岩块或若干个构造的展布方向，组合排

列方式来确定。如各种褶曲的轴面（图1）、呈雁行状排列的节理的串联面（图2.A）、褶曲串联面（图2.B）等。

2. 分划性结构面 分划性结构面是指岩层或岩块中的破裂面。这类结构面往往把一个地区的岩石划分为形态不同、大小不一的岩块。它既有分割或分划性质，同时又反映了岩块间的空间联接或结合关系，所以它既是分划面，又是联接面，因而可以直接观察和测量，如断层面、节理面等（图3）。

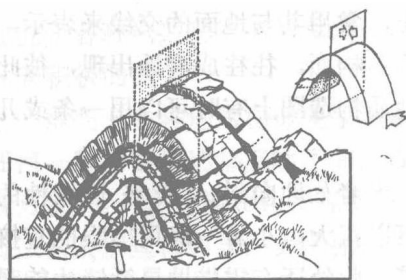


图1 一种标志性结构面——褶曲轴面
(据《地质力学浅说》)

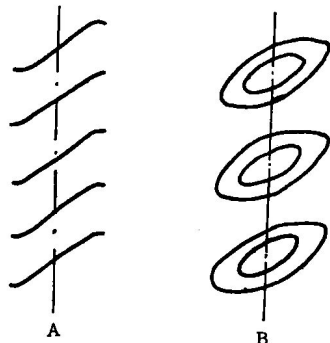


图2 雁行构造的串联面

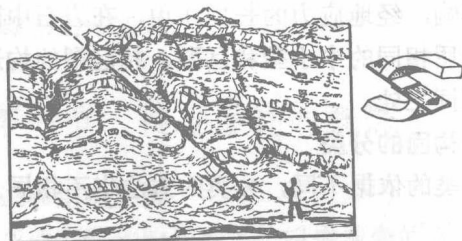


图3 一种分划性结构面——断层面
(据《地质力学浅说》)

（二）结构面的力学性质分类

任何一种结构面都和实际的三度空间的应力应变状态相关联。然而地质力学并不是根据这种空间的应力应变状态来命名结构面，而是强调平面应力场的分析原则。因为地质力学从地壳运动的大量事实中得出结论：构造应力以水平应力为主，这种水平地

应力是形成各种构造形迹的主导控制因素。地质力学抓住这一主要因素,在进行较大区域的构造应力场分析时,将三度空间的应力应变问题简化为平面问题,对平面内最大主应力和最小主应力进行分析。同样,对结构面的命名也正是遵循了这种“平面应力场原则”。一般来说,可以通过结构面两侧岩块在水平方面内相对变形(或变位)的关系判断一个结构面的力学性质;在某些特殊情况下,还必须结合结构面野外地质特征所反映的应力状态或者根据各种形迹的组成形态来进行命名。

根据上述原则,按力学性质将结构面分为五类:

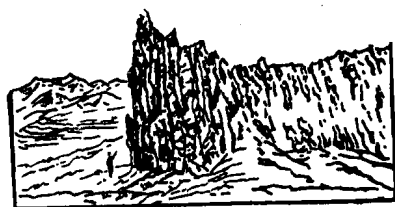


图 4 直立岩层带

(据《地质力学浅说》)

1. 压性结构面(简称挤压面) 其走向与主压应力作用方向垂直。它包括单式或复式褶曲轴面、逆断层或逆掩断层面、一部分劈理面、片理面、挤压破碎带、直立岩层带(图4)等。

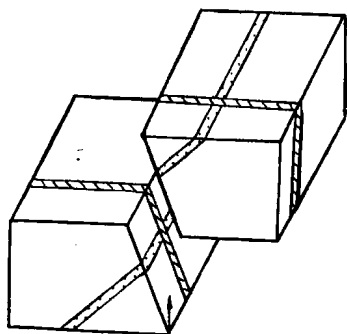


图 5 斜冲断层

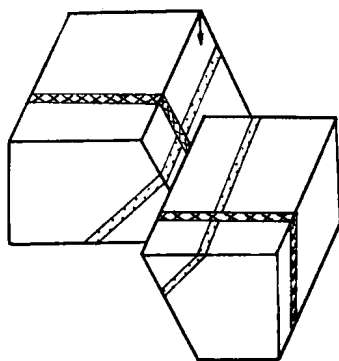


图 6 斜落断层

2. 张性结构面(简称张裂面) 其走向与主张应力作用方向垂直,它包括一部分节理、裂隙、一部分正断层等。

3. 扭性结构面(简称扭裂面) 其走向与扭应力作用方向一