

地质力学浅说

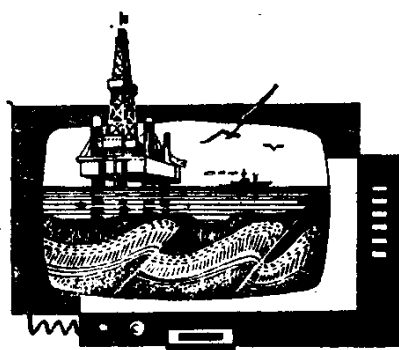
DIZHILIXUEQIANSUO

地质力学浅说编写组



地质出版社

DIZHILIXUEQIANSHUO



地质力学浅说

《地质力学浅说》编写组

地质出版社

地质力学浅说

《地质力学浅说》编写组

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1979年7月北京第一版·1979年7月北京第一次印刷

印数 1—19,140 册·定价 0.80 元

统一书号：15038·新429

前 言

地质力学是一门运用力学原理研究地壳运动及其构造变形规律的科学，由我国卓越的地质科学家李四光创立。

地质力学从研究地壳上各种构造形迹的力学性质入手，考查地质构造现象的内在联系，提出了“构造体系”概念，并且总结出一套工作方法。地质力学的理论与方法，为探讨争论已久的地壳运动问题提供了一条新的认识途径，对于寻找有用矿产和解决其他有关地质问题，具有一定的指导意义。

解放以来，地质力学发展很快，它在我国石油资源的普查勘探工作中做出了重要贡献；在其他一些矿产的普查与勘探、水文地质、工程地质、地热地质、地震地质等方面也发挥了积极的作用，取得了一定成效。地质力学工作积累的经验 and 成果以及在理论方面的一些新进展，显示了它的广阔发展前景。

地质力学所揭示的地壳构造和地壳运动规律，在实践中得到了检验，提高了地质工作的预见性，取得了较好成果，受到广大地质工作者的欢迎。许多人希望学习它的基本知识，了解它的发展概况。为了满足广大读者的需要，我们编写了这本小册子，力求语言通俗，图文并重，简明扼要地介绍这门科学的基本内容和实践应用，以适应普及地质力学知识的需要。

本书是在国家地质总局地质博物馆筹备地质力学展览资料的基础上，由地质博物馆组织江西省地质局九〇九地质队刘大任、广东省地质局七五七地质队蓝淇锋、地质力学研究所马天林和地质博物馆阎元宁等四位同志共同编写而成。文字内容最后由马天林、阎元宁修改定

稿，蓝淇锋担负书中全部素描图工作。地质图件的清绘工作由纪鸿超、那敏珍等同志担任。

编写过程中，地质博物馆高振西先生曾给予指导，稿件曾经地质力学研究所刘迅、邓乃恭同志审阅，书中选用了不少单位的资料，这里一一表示感谢，书中缺点错误，恳请读者批评指正。

编者1978年于北京

目 录

地质力学的简要发展过程	1
地质力学的基本方法	7
一、构造形迹与地壳运动	7
二、构造形迹与力的作用	12
(一) 外力、内力、应力	12
(二) 应力状态	13
(三) 平面应力状态与地壳土部的应力状态	15
(四) 应力与形变的关系	17
三、鉴定构造形迹的力学性质	22
(一) 压性结构面	23
1. 褶曲轴面	24
2. 压性断层面	24
3. 挤压破碎带	29
4. 片理面 (或流劈理面)	30
(二) 张性结构面	34
(三) 扭性结构面	38
(四) 压扭、张扭性结构面	42
(五) 破裂性结构面的复杂情况	45
四、辨别构造形迹的序次、级别, 查明力学性质的转化	49
(一) 构造形迹的序次	49
(二) 断裂力学性质的转化	57
(三) 构造形迹的级别	58
五、确定构造体系	60
(一) 什么是构造体系	60

(二) 怎样确定构造体系·····	60
六、划分构造体系的类型·····	67
(一) 纬向构造体系·····	67
(二) 经向构造体系·····	73
(三) 扭动构造体系·····	76
1. 多字型构造·····	76
2. 入字型构造·····	83
3. 棋盘格式构造·····	85
4. 山字型构造·····	88
5. 旋扭构造·····	91
(1) 帚状构造·····	93
(2) S 状或反 S 状构造·····	98
(3) 歹字型构造·····	100
(4) 莲花状或环状构造·····	104
(5) 辐射状或涡轮状构造·····	108
七、分析构造体系的复合与联合·····	112
(一) 构造体系的复合现象 (狭义)·····	113
(二) 构造体系的联合现象·····	119
八 探讨岩石的力学性质·····	120
(一) 岩石的弹性·····	121
(二) 岩石的塑性·····	122
(三) 岩石的弹塑性·····	123
(四) 岩石的流动性·····	124
(五) 影响岩石力学性质的因素·····	125
九、研究构造应力场·····	128
(一) 构造模拟实验·····	128
1. 泥巴模拟法·····	129
2. 偏光弹性法·····	132
(二) 构造应力场的数学力学分析·····	132
地质力学对地壳运动问题的看法·····	137
一、地壳运动的时期·····	138

二、地壳运动的方式和方向	140
三、地壳运动的动力来源	147
地质力学的实际应用	153
一、构造体系的若干控矿规律	155
(一) 构造型式控矿	155
(二) 构造体系分级控矿	158
(三) 构造体系中不同力学性质构造形迹的控矿作用	163
1. 压性、压扭性断裂的控矿特点	163
2. 张性、张扭性断裂的控矿特点	168
3. 扭性断裂的控矿特点	172
(四) 构造复合控矿	175
二、构造体系的发生、发展对某些沉积矿产的控制作用	181
(一) 构造体系控制聚煤盆地总体展布	181
(二) 同沉积构造控制富煤带分布	182
(三) 构造体系对煤盆地的后期改造作用	183
三、活动构造体系与地震的关系	188
(一) 地震受活动构造体系控制	188
(二) 地震发生在活动性构造体系的一定部位上	190
(三) 地震地质调查是地震中、长期预报的基础	191
(四) 地应力测量是地震短期预报的途径之一	193

参考文献

附图

中国主要构造体系简图



地质力学的简要发展过程

地质力学的萌芽，是从1921年研究中国北部石炭二迭纪沉积物开始的。大家知道，我国北方山西等省有着丰富的煤炭资源，这些煤大部分赋存在石炭二迭纪沉积的地层中，这套含煤地层当时统称为“太原系”，主要由陆相地层构成，它的下部夹有若干海相地层。对“太原系”的时代问题，那时争论不休。李四光教授根据对蜓科化石的研究，把“太原系”分成上下两段；下段为本溪系，划归中石炭纪；上段仍称太原系，属上石炭纪。再往上则为山西系——下二迭底部地层。从此以后，我国石炭纪地层的三分划法逐渐被人们所接受。

这一研究的意义不仅于此，更重要的是当李四光对比了中国南部石炭二迭纪地层以后，发现南部地层以海相为主，和北部地层大不相同。这就产生了一个问题，当时的海浸、海退现象，为什么有这样南北的差异呢？！这个问题是复杂的，很难一下子解决。后来，李四光对北半球其他地区古生代以来海水进退现象，作了初步比较之后，得出一种假说，这就是：大陆上海面的运动，并不一定是全球一致的升降，而可能是有由赤道向两极；又反过来由两极向赤道的方向性运动。即低纬度区海浸时，高纬度区海退；高纬度区海浸时，低纬度区海退。

这个假说又引起了另一个问题：为什么海洋会发生这样方向性的运动呢？李四光曾初步设想，这可能是由于地球自转速度在漫长的地

质时代中发生了时快、时慢变化引起的。这种设想对地质力学工作的开端，具有重要的启发作用。如果它是正确的，那就不难联想到，大陆岩石圈受这种变化的影响，也会发生类似海水一样的方向性运动，在具有弹性和塑性的岩石中，留下相应的运动痕迹。

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，先后出现的有收缩说、膨胀说、热对流说以及轰动一时的大陆漂移说等许多假说。在各派纷争的影响下，1926年李四光发表了《地球表面形象变迁之主因》一文，指出大陆上大规模运动的方向与地球自转速度的变化有关，提出了“大陆车阀”自动控制地球自转速度的假说。文章依据对地球这个旋转球体的力学分析计算结果，以及大陆上不同地质时期地块运动方向的探讨，得出一种看法：在重力等作用影响下，地球质量逐渐集中，进而导致自转速度变快，随着自转加快，在重力控制下的地球自转惯性离心力必然加大，受这种力的影响，地球表层物质，特别是像最容易流动的海水，首先从两极向赤道移动，继之，岩石也发生相应运动，那些大致平行于赤道的长条状山脉就是这种运动的结果。由于地壳物质的重新分配，地壳运动中陆块下部的摩擦力作用等内因及其他外因，像自动刹车一样使地球自转速度减慢下来，接着又渐渐进入新的加快过程。

在大陆车阀假说提出前后，李四光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。

1927年，李四光看到欧亚大陆交界的乌拉尔山脉，褶皱强烈，走向南北，突起在广阔的平原之间，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，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。



我国卓越科学家李四光

(1889—1971)

1928年，他在宁镇山脉工作时，发现这里的构造带与山脉一起呈向北突出的弧形弯转，而在弧的内侧，有一近南北向的茅山山脉。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“山”字的形式。同年，又在广西发现了同样的构造，这样经过一些比较详细的野外工作，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，但他们成因上关系密切，组成了一个“山”字型构造体系。从此提出了构造体系的概念。

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。一九二九年，李四光发表了《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，建立了构造体系的概念，推断了和每一类型构造体系有关地区

的构造运动的方向和方式，论证了大陆和海洋运动的主因。

三十年代到四十年代，以李四光为首的一些地质工作者，开始运用构造体系概念，继续深入研究各种具体构造型式的独特本质，修改、补充和丰富了构造体系的基本内容，发现了许多构造体系的定型性、定位性、定时性以及不同构造体系之间的相互关系，即复合关系等。同时，进一步对山字型等构造进行初步理论分析，得到了力学上的合理解释，并指出它们与某些矿产有一定联系。到这时地质力学已经不是只描述构造体系的特点了，而且进入了解决有关地块地应力活动的方式；岩石、岩块在长期地应力作用下有什么反应，是个什么状态等有关课题的成因探讨阶段。这样，地质力学又跨进了弹性和非弹性领域，从事岩石在自然界的力学性质和应力场的分析。四十年代初期，正式提出了地质力学这个名称，四十年代中期，《地质力学的基础与方法》一书问世。

解放前，地质力学和其他科学一样，得不到应有发展。李四光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，敢于斗争，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，在党和毛主席英明领导下，地质力学获得了新的生命力。1956年在原地质部成立了地质力学研究室，1960年改为地质力学研究所。一些地质队和研究单位也设立了地质力学研究组织，结合本地区的情况和生产任务，开展了广泛的地质力学研究活动；一些大专院校也创办了地质力学专业。1971年在江西瑞金，举办了第一个全国性地质力学学习班。此后，许多地区，许多系统，纷纷举办各种类型的地质力学学习班。1975年和1978年相继召开了全国性的地质力学经验交流会。地质战线群众性的广泛研究活动，不仅在生产斗争和科学实验中解决了不少实际地质问题，也大大丰富了地质力学的内容。

根据国民经济发展对地质工作的要求，地质力学工作者和有关专业队伍首先开展了“构造体系控制油气分布规律”的研究。李四光关于新华夏系控油的理论，在我国寻找石油的战略部署和普查勘探



图1 地质工作者运用地质力学理论和方法开展野外地质调查

中发挥了重要作用。1958年大跃进中，为了适应钢铁工业对合金原料的迫切需要，进行了铬铁矿分布规律的研究。此后，在钨、金刚石、煤等矿产资源的寻找中；在地震地质、工程地质、水文地质、地热地质等方面的工作中，都取得了可喜成绩。

在解放后的多年实践中，获得了大量资料，证明初步建立起来的构造体系概念是正确的，并且继续发现了一些新的构造体系类型，在指导预测找矿方面，总结出不少可贵经验，它的研究方法和工作手段已经涉及到更广的领域。与此同时，地质力学的科研、生产、教学成果、书刊资料日趋增多；李四光的专著陆续出版，1962年发表了重要著作《地质力学概论》。1971年李四光同志逝世后，组成了李四光遗留资料整理小组，出版了《天文·地质·古生物》、《旋扭构造》、《区域地质构造分析》、《地质力学方法》、《地震地质》等李四光著作。1976年以后又出版发行了四百万分之一《中华人民共和国构造体系图》和《论地震》等著作。

对于地质力学工作的成就，党和国家给予了高度的重视和评价。李四光被誉为“一面又红又专的旗帜”，号召我们向他学习，这对地质力

学工作者也是极大的鼓舞和鞭策。

随着社会主义建设的需要，地质力学工作也要向前发展。李四光生前就指出了要进一步研究和总结的若干问题，今后还会有更多新课题等待解决。我们要不断总结经验，使这门新的学科臻于完善，有所前进，为早日在我国实现四个现代化作出更大贡献。

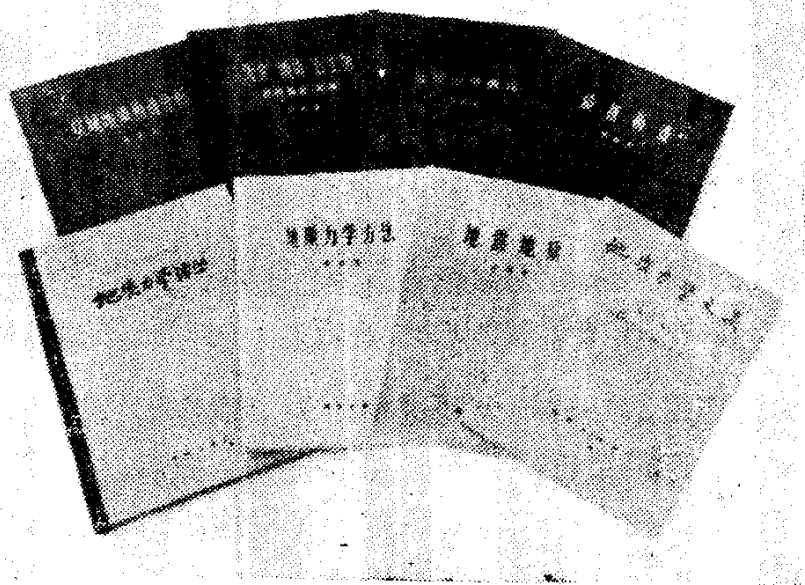


图2 部分地质力学著作



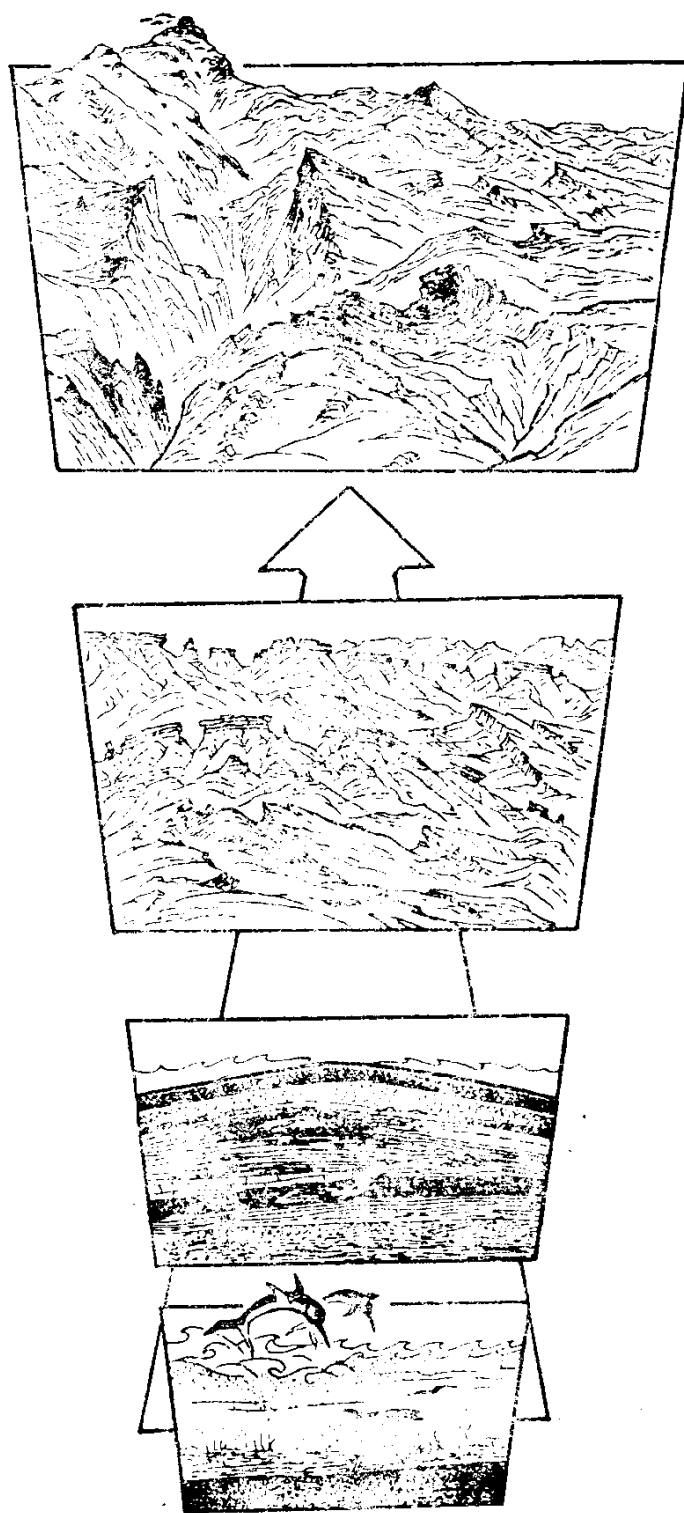
地质力学的基本方法

一、构造形迹与地壳运动

地壳和宇宙间一切物质一样，处在不停的运动变化之中。地壳的运动产生了岩石的变形，造成了海陆的变迁，形成了千姿万态的地貌景观。无论高山深谷、沧海平原，还是岩层的褶皱、岩体的断裂，都是地壳运动的结果，也是人们认识地壳运动的实际材料。

“沧海桑田”这句古语，十分形象地描述了地壳的运动变化。可见，现在是高山或平原的地方，地质历史上可能是海洋、湖泊。西藏高原珠穆朗玛峰一带，就曾长期被海水占据，堆积了一万余米厚的海相沉积地层。至三千万年前，这些岩层才从海底升起，逐渐露出水面，形成今天世界上最高峻的山岭（图3），被称为“世界屋脊”。我国珠峰考查队在山上发现的大量海相沉积岩层和海生动物化石，就是这种变迁的证据（图4）。

然而，有的地区，或一个地区的不同时代里，尽管发生过地壳运动，却不一定留下地层记录。比如，地势较高的隆起地区，可能长期遭受剥蚀而不接受沉积，或者已经沉积的地层又被风化剥蚀无遗，因而失去了判断地壳运动的尺度。此外，人们常常认为一个地方某时代地层比另一个地方厚，就表示这个地方地壳下降幅度大；地层薄就表



三千万年前

图3 海陆变迁图示

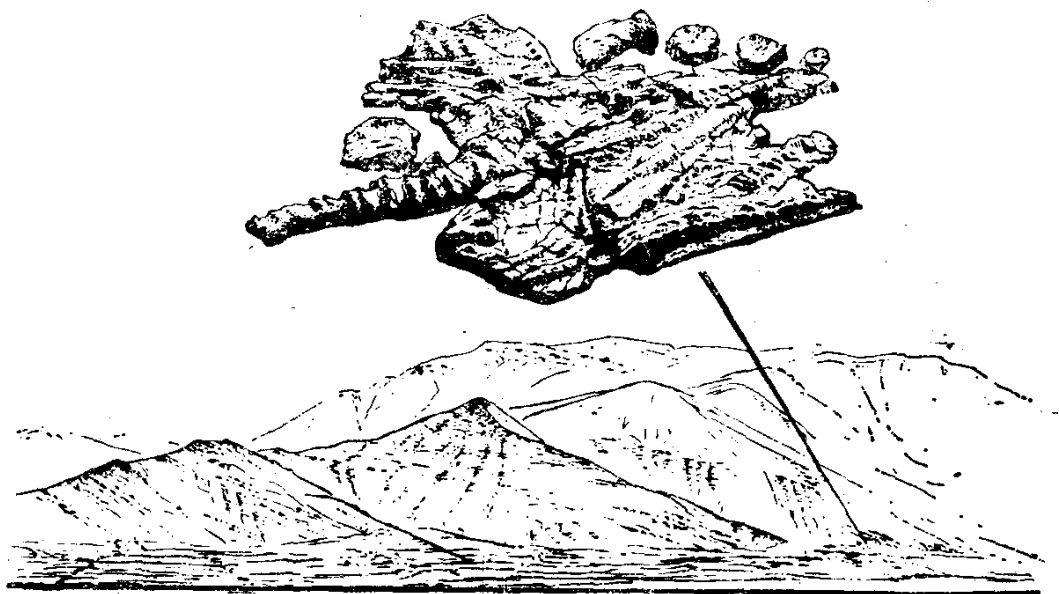


图4 珠峰地区发现的距今一亿八千万年的海生爬行动物化石——鱼龙
(据珠峰考查报告)

示下降幅度小，其实一个地区沉积物厚薄的变化受到许多因素的影响，如海底虽没有下降，海水增多或减少也可直接影响沉积物的厚薄。此外，象沉积物来源的多寡，地形差异和气候条件，沉积后的侵蚀作用等，都与地层厚度有关。在这种复杂情况下，如果不经过多方面的仔细研究和分析，就不容易判断这个地区地壳运动的真实情况。

那么，还可以通过那些地质现象的调查研究去追索地壳运动呢？地质调查实践告诉我们，重要的一个方面是要研究构造形迹。所谓构造形迹，是指组成地壳的岩层、岩体发生不同方式运动后，留下的各种各样永久变形痕迹；或者说构造形迹就是地壳各部分留下来的相对位移的踪迹（图5）。

当我们走过一条劈山公路或者注目观察某些岩石露头时，往往能看到一些劈理、片理、褶曲、断裂……这就是一部分实在的构造形迹。当然，微小的构造形迹如矿物晶体的晶格位错，或者大规模的构造形迹如巨型隆起、拗陷；地向斜、地背斜，是通过多方面的调查研究得知的。