

高等学校试用教材

地质力学教程

北京大学地质系地质力学专业 编

地质出版社



1992

高等学校试用教材

地质力学教程

北京大学地质系 编
地质力学专业



200392182

5/12/04



地质出版社

编者说明

一九七二年我专业参照《地质力学概论》编写了《地质力学讲义》。本教程是在该讲义基础上修改编写的。几年来,在《地质力学讲义》使用过程中,承各有关生产、科研、教学单位提出许多宝贵意见,对我们此次修编工作帮助很大。

本教程读者对象主要是高等院校地质专业的学生,但也考虑到生产和科研部门工作人员的需要,以附录的形式增加了一些内容供参考。所以本书份量较教学要求稍多。

修编工作是在校、系各级党的领导下,在有关业务部门的支持和鼓励下完成的,具体工作由北大地质力学专业教师分工负责。地质力学所,江西九〇八地质队,江西九〇九地质队,华北地质研究所,武汉地质学院,河北地质学院,昆明工学院,地质博物馆,内蒙区测队,河南水文队,广东物探队等单位为我们提供了有关材料,在此表示深切的感谢。

由于我们的实践经验不够,理论水平不高,教程中缺点错误难免,敬请读者提出批评、指正。

编者

一九七八年七月

地质力学教程

北京大学地质系地质力学专业 编

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

1978年12月北京第一版·1978年12月北京第一次印刷

印数:1—21,000册·定价2.40元

统一书号:15038·新288

绪 言

地质力学是地球科学中的一门新兴的边缘学科，是在我国卓越的科学家李四光的倡导下发展起来的。

一、地质力学的内容和研究方法

从整个宇宙角度看，地球不过是其中的一个极小的物质集中的结点。既然“物质没有运动是不可想像的”（恩格斯：《自然辩证法》），因而必须把地球看成是一个复杂的，处于不停的运动和变化中的物质系统。这里有着从物质的简单机械运动；物理的、化学的运动直到有机生命及其发展这种更高级的物质运动形式。毛主席指出过：“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊矛盾性，因此，对于某一现象领域所特有的某一矛盾的研究，就构成某一门科学的对象”。那么，地质力学这门科学是以那一种矛盾，那一个现象领域为研究对象呢？我们说，地质力学是以发生在地壳中的机械运动这种形式为主要研究对象的。也就是说，它把地壳中力的作用与反作用这一对矛盾运动的规律作为研究的主要内容。

恩格斯曾指出：“既然我们面前的物质是某种既定的东西，是某种既不能创造也不能消灭的东西，那么运动也是既不能创造也不能消灭的”（《自然辩证法》）。地质学的研究表明，在地球这个物质系统中，每种形式的物质运动正是“既不能创造也不能消灭的”，而是在一定条件下由一种形式转化成另一种形式。因此，对地球的机械运动与其它形式运动（如热、化学、电磁运动等）的相互转化问题，就应该给予足够的重视。因而为了研究地壳机械运动的规律，地质力学还要从这种运动与其它形式的运动相互联系的观点出发，对反映地壳运动的一切现象进行考察和研究。

以下让我们具体讨论一下地质力学的研究对象和内容。

组成地壳的各类岩石或他们的综合体——岩块、地块在力的作用下，将会产生各种机械运动，包括弹、塑性变形或者发生破坏，其中有些运动将会留下种种永久变形的构造形象（包括矿物相变）和相对位移的踪迹。这些形象和踪迹，总括起来，就是地质力学工作者要研究的主要对象——地质构造形迹。

地质力学并不满足于对地质构造形迹的形态描述和分类，而是要探求地质构造形迹的力学性质，并进一步按照力学原理对纷繁的地质构造形迹进行组合分析工作，确立具有成生联系的构造形迹的组合规律（构造型式），恢复发生每一类具有成生联系的构造形迹的組合的应力作用方式——包括应力的种类和它作用的方向。为了正确地进行上述组合分析工作，除野外的实地观察和分析外，必须通过室内模型实验的比较，同时又要求确定各种岩石对应力作用的表象，这里涉及岩石在应力作用下的弹性和非弹性以及松弛现象、蠕变现象等等的表现。在这里地质力学就不得不进入弹性和非弹性力学的领域，并进行岩石力学性质和应力场的理论分析和实验工作了。因此可以说“地质力学是一门边缘科学，它的一条腿站在地质学方面，另一条腿站在力学方面。”

地质力学以一个个局部地区应力作用方式的研究为根据，进而探求作为一个整体的地壳运动的统一性问题，并对地壳运动的起源和动力的来源问题提出自己的解释。看来这是解决地壳运动问题的一条正确道路。因此又可以说，“它是构造地质学和动力地质学之间的桥梁，它是解决地壳运动问题必经的途径”。

总之，地质力学是从运动的观点，运用力学的原理研究地壳构造与地壳运动的一门学科。

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、过程、起源问题时，所依据的只是这些变动残留下来的结果。这样的研究程序与一般力学研究工作的程序相比，是一种“反序”的工作。这种从结果反过来推导成因的研究程序是有多解性的，因此，我们要着重考虑工作方法。这就要求把地质构造形迹作为对象，严格按照一定的程序，即一定的逻辑步骤，逐步进行分析和综合的工作，以期对每一地区，每一次地壳运动的方式，作出切实可靠的结论。地质力学根据生产实践和科学实验的经验，总结出以下七个工作步骤：1, 鉴定每一种构造形迹的力学性质；2, 辨别构造形迹的序次，按照序次查明同一断裂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, 分析构造体系的复合和联合的构造体系；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, 模型实验。上述七个步骤，基本上体现了地质力学在分析问题时的思想方法和逻辑步骤。

其中前五个步骤，重点是在野外的地质观察和综合分析工作，后两个步骤主要是室内研究，地质和力学两个方面，野外和室内工作，是密切相关、相辅而行、互相穿插、相互补充的。

地质力学研究地质构造时有两个要点，就是构造形迹力学性质的鉴定和构造体系的确定。前者是基础性工作，后者则是使认识进一步深化的关键。地质力学不满足于对地质构造现象的形态分类和描述，而是透过现象看本质，去研究构造形迹的力学性质。只有搞好构造形迹的力学性质鉴定工作，构造体系的确定才有坚实的基础。地质力学批判了孤立地、静止地看待构造现象的倾向；批判了那种认为出现在不同岩层中的，其性质、规模、形态、方位、不同的构造形迹就一定没有成生联系，因而不可能构成一个构造体系的形而上学观点，也指出了那种把力学性质不同而形态相似的一些现象——例如走向平行但力学成因不同的褶皱或断裂——一律等同起来看待的错误倾向，从而建立起构造体系的概念。

七个步骤中的后两个步骤主要是岩石力学性质和构造应力场的研究，这是地质力学的基础理论工作，也是迄今地质力学研究中较为薄弱的环节，只有加强这方面的工作才能使我们的认识不至于停留在事物的表面现象上，而更进一步深入于事物的本质之中，为探索和进一步阐明地壳运动的起源和规律性这一基本问题打下坚实的基础。

二、地质学的发展与地质力学的产生

人类在从事物质生产，改造自然的斗争中，对于天体运行，地壳表层各种有用矿物的分布以及某些地质现象早就积累了不少感性知识，在中国古代就有“沧桑变迁”，“高岸为谷”、“深谷为陵”，“上有丹砂，下有黄金；上有慈石下有铜”等地质学思想的萌芽。如恩格斯所指出的：“科学的发生和发展从开始起便是由生产所决定的”（《自然辩证法》）。近代

地质学是随着西欧资本主义工业的发展,于200多年之前形成的。它不仅对资本主义社会生产的发展起过作用,而且也是继哥白尼、伽利略天文学的伟大发现之后,向着当时统治西欧的封建主义神学进行勇敢战斗的现代自然科学中的先锋。革命导师恩格斯在“《自然辩证法》”一书中,曾对总结了到十九世纪初叶为止的经验而写成“地质学原理”一书的著名地质学家赖尔做出过高度的评价,他说:“只是赖尔才第一次把理性带进了地质学中,因为他以地球的缓慢的变化这样一种渐进作用,代替了由于造物主的一时兴发所引起的突然革命”。到赖尔的时代为止,地质学已经经历了自己的萌芽阶段,有名的火成派对水成派、渐变论者对灾变论者的斗争,虽然大体上告一段落,人们对于地质现象的认识,经过这两场大论战之后,深刻和全面得多了。可以说“地质学原理”一书揭开了现代地质学发展中的新篇章。

赖尔认为,展现在人们面前的各种自然现象,如风、雨、河流、海浪、冰川、火山、地震等等,在漫长的地质历史中,可以使地壳的结构和地球表面的形象发生显著的改变。这里并不需要某种自然界以外的力,诸如上帝或其它神秘的作用力。他提出了现在是了解过去的钥匙这一著名的“将今论古”原理,他利用岩石中所含的化石进行地层的划分和对比,追索地球的历史。根据他当时的推算,地球已经存在数亿年了。赖尔的理论符合自然界一切事物都有着自己发生、发展的历史,都是按照一定的规律而变化的这一唯物主义自然观。然而赖尔认为在地球上起作用的各种力无论在质或量上都是不变的,以及地球不是按照一定的方向发展着的观点则是错误的。

上个世纪中叶以来,由于现代工业的飞速发展,大大促进了地质工作,1835—1873年各主要资本主义国家,先后成立了从事区域地质调查和找矿工作的地质机构,加速了以地层学为主导的,遵循着赖尔的方向而发展起来的区域地质研究。十九世纪中叶以后,物探、钻探工作相继开展,地质学领域中的分科越来越细,构造地质学、水文工程地质学、石油地质学……先后出现,这一切都大大推动了人们的认识。在这个基础上,著名的奥国地质学家徐士所著的《地球的面貌》于1909年最终完成了。这是一部以波蒙的冷缩说为理论指导的,对全球区域地质进行的第一次科学总结。

冷缩说认为如果地球形成之初,曾经是一个炽热火球的话,那么它在其后逐渐因放热而变冷的过程中,必然在其表面首先形成一个硬壳,在地球内部进一步变冷而收缩时,这层硬壳(即地壳)就会发生构造变形,在某些部位上形成造山带。冷缩说就是这样一个内容简单的假说,但它曾经在几乎整个的十九世纪的地质学理论中占据了统治地位。这个情况说明以地层学、古地理学为主导的区域地质研究,虽然在地球上的各个局部取得了大量的,较之过去远为精细和系统的地质资料,但在理论方面却是贫乏而片面的。正是冷缩说在地质界盛行的时期,恩格斯就指出过:“一切运动的基本形式都是接近和分离、收缩和膨胀,……一句话,是吸引和排斥这一古老的两极对立。”“真正的物质理论应当给予排斥以和吸引同样重要的地位;只以吸引为基础的物质理论是错误的,不充分的、片面的。”恩格斯的这些话预言了地质科学未来的发展。

在这个时期的区域地质研究的基础上,人们逐渐形成了地槽、地台的概念,通过对沉积物厚度的分析,人们首先在北美发现了主要由厚度很大的浅海沉积物构成的狭长地带,称之为地向斜(中译为地槽)。说明这些狭长地带在地史上曾经长期下降,其下降幅度远较相邻地区为大。在地向斜以外的地区,往往存在着厚度不大,甚为平缓的沉积盖层,在

这些地区除了整体略为上升下降以外，看不出什么显著运动的迹象。这种典型的现象首先是在俄国被肯定的，人们称这种稳定的地块为地台。

随着研究地区的不断扩大，地质学者自觉或不自觉地运用比较大地构造的方法，即首先认识个别构造单元的特征，然后与类似的构造单元做比较研究，也就是遵循从特殊到一般，再从一般到特殊的认识路线，不断完善着对这两种存在于地壳中的巨型构造单元的认识，这个过程，可以说，从十九世纪中叶以来一直继续到现在。应该指出的是，一些学者不是注意通过特殊和一般的关系探寻事物的本质，而是遇到稍有变异的情况就另立新名，使得地槽、地台以及比它们更次一级的构造单元的名目纷繁，越来越复杂，把人们的认识引入繁琐哲学的歧途。更有不少的人或者不问这两种巨型构造单元的起源；或者不从全球的观点看问题，只是孤立地研究地槽的起源和发育规律，因而无助于人们对地质理论认识的深化。至于对那种抓住个别大陆的情况，把整个地质历史概括成地槽转化为地台，大陆不断扩大的历史，从而形成的以地槽、地台概念为核心内容的地质理论就更不应该盲目相信并到处套用了。

从以上简单的叙述中我们可以看到，自赖尔以来的一百多年间，以地层学为主导的区域地质研究工作为我们积累了大量的实际材料，这对于发展地质理论和按照实践是第一性的原则来检验地质理论都是十分重要的，同时我们也看到，在这一百多年间，人们在解决诸如地壳的形成，地壳运动的规律等理论问题方面却不是很成功的。

自本世纪初以来，一些学者注意到大陆发生过相对水平运动的现象，打破了地壳运动以垂直为主的思想的束缚，对地质理论的发展做出了重要贡献。

1912年，魏格纳（1880—1930）从大西洋两岸的轮廓极为相似得到启发，进而收集了地质和古生物等多方面的资料，大胆提出了古生代时全球只有一个大陆的设想，认为在地球自转离心力和日月引潮力的作用下，原始的大陆象浮在海水中的冰山那样，能够分裂飘移，并渐渐达到现今的位置，这就是大陆飘移假说。这个假说一经提出，在地学界引起很大反响，但是由于一个新的科学思想不是那么容易被人理解，再加上它本身立论的基础薄弱，在遭到许多人的反对之后渐渐被放弃了。

我国卓越的科学家李四光从研究沉积地层开始，发现了地质历史中海水进退具有南北方向性规律，进而设想大块大陆运动可能具有方向性，而且会留下它的痕迹。从研究这些痕迹即保留在地壳中的各种永久变形入手，查明展布于各大陆的巨型构造型式，探讨地壳运动的方式和方向，创建了地质力学。

1921年，李四光在研究我国东部与煤藏有关的石炭二叠纪地层时，发现北方地层以陆相沉积物为主，其间夹有若干层海相沉积物，而在我国南方这个时代的地层却主要是海相的。这样就产生了一个问题：地球上的海水进退有没有一定方向性？北半球各地区古生代以来地层资料的进一步研究表明：当高纬度地区发生海浸时，在低纬度地区则海退；当低纬度地区发生海退时，高纬度地区则有海浸。这一发现使他把这种海水进退的规律与地球自转运动联系起来考虑，并设想地球自转的速度在漫长的地质时代中反复发生过时快时慢的变化。地球自转加快时，海水流向赤道区，就会在低纬度地区发生海浸，自转减慢时则相反，海水又流向两极，而在高纬度地区发生海浸。从海水运动的规律得到启示，设想当地球自转速度变化时，组成地壳的岩石，在长期地应力的作用下也会发生运动产生变形，并留下相应的痕迹。1926年，李四光在《地球表面形象变迁的主因》一文中，在分析全球

性海水进退规程的同时，还分析了地球表面主要构造形象的分布规律并给予动力学解释，提出了大陆车阀的科学假说。这个假说设想，地球内部的物质运动必然引起地球自转变速，它不仅使地表水体扁率发生变化，从而推动海水在两极与赤道之间进退；而且还会使地壳岩石沿纬向和经向滑动，从而产生一系列经向，纬向，弧形和平行大陆边缘的构造带。

当时提出的大陆车阀的假说虽然不够严格，所用的资料和论据不够充分，受着时代的局限，但初步对大块大陆运动的方向性有了新的认识，成了地质力学工作可贵的开端。此后，地质力学进入了从研究个别地质现象入手，逐步建立构造体系概念的阶段。

地质力学对构造现象的本质的探索，是从认识一些各别的特殊的现象开始的。起初，见到欧亚大陆交界处褶皱强烈的乌拉尔山脉，如一条长蛇，南北蜿蜒，在东西两面的广大平原之间突起，显得奇特异常。它是不是像传统构造地质学认为的那样，是由一个孤立的、活动强烈的地槽转化而来的呢？实际上在它东西两面的广大平原以南，还存在着一条东起阿尔泰，经过高加索，西到里海以北的巨大弧形褶皱山脉，后者大致和乌拉尔山脉同时产生。虽然它们之间的距离很远，走向也不同，但既然是同时形成，它们之间是不是有生成联系呢？的确，从传统地质学的观点看，这种设想是不可思议的。在李四光看来，乌拉尔山脉与南面的弧形山脉并不是彼此无关的，而是一个形如“山”字的一个整体，是一个巨大的“山”字型构造体系。南北向的乌拉尔山是“山”的“脊柱”，弧形山脉则是“山”的前弧，乌拉尔山两面的平原也不是孤立的地块，而是包括在这个体系之中，是“山”的“马蹄形盾地”。这是认识山字型构造，也是认识构造体系的开端。

随后，在1928年对我国南京附近的向北突出的弧形宁镇山脉进行研究时，在弧形山脉的凹部中央，相当于乌拉尔山脉的位置上，也发现了南北向的茅山山脉。接着，人们又在广西、淮阳等地发现了同样型式的构造体系，就这样，遵循着从特殊到一般的规律，大大加深了对“山”字型构造体系的认识。此后在我国野外地质实践中，还发现了一些不同类型的构造体系，如东西向褶皱带、“多”字型构造、交叉大断裂等。这样，在概括各类构造型式的特殊本质的基础上，就比较明确地建立起构造体系的基本概念。

这时，地质力学不能只停留在构造体系特点的描述上了，它要求对各类构造型式的起源做出合理的解释。这样地质力学就必须把岩石力学性质和模拟实验的研究，与实际构造现象的观察结合起来，进行应力场的分析，从而推导出每一类构造体系有关地区的构造运动的方式和方向。例如“多”字型构造反映力偶的作用，“山”字型构造的特征可与平板梁弯曲变形相比拟等等。在开展上述工作的基础上，《地质力学之基础与方法》一书于1945年问世了，李四光在书中对地质力学的实践和理论做了总结，提出“地质力学”这个名词。地质力学开始做为独立学科出现了。

解放以前，在帝国主义、封建主义和官僚资本主义三座大山的压迫下，地质力学同其它科学一样，是很难进展的。加之，旧中国的科学在国际上没有地位，地质力学更是倍受摧残。由于李四光和少数地质力学工作者坚持科学真理，顽强不屈地进行斗争，才使我国在地质科学领域中获得了独创性的成果。

1962年，李四光结合解放以来，我国地质工作积累的丰富材料，对地质力学又进行了一次总结，写成《地质力学概论》。在著作中，他对脱胎于区域地质学的传统构造地质学进行了批判，进一步论证了业已建立起来的构造体系这一基本概念的正确性，并将它落实

到三大构造类型——即东西向构造带、南北向构造带和各种扭动构造型式，更确切地阐明了各构造类型的基本特点。并根据毛主席的哲学思想，将地质学的研究工作总结为七个步骤，使地质力学的理论和方法更加系统和完整。为生产实践提供了有力武器。

全国解放以来，地质力学得到了空前的发展，在地质、地震、工程等各条战线得到广泛的应用，在更多的地质工作者中得到普及，同时广泛的地质实践也为理论研究提供了坚实的基础，我们可以十分有把握地说，在党的十一大路线的指引下，经过广大地质工作者的努力，为在我国实现四个现代化宏伟目标的伟大斗争中地质力学一定能做出更大贡献。

本世纪六十年代以来，随着海洋探测资料的积累，海底扩张与板块构造假说逐渐产生，目前盛极一时，这是值得注意的动向。

恩格斯说过：“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力气，而所得是极少的”（《反杜林论》）。“真正科学的著作照例要避免使用象谬误和真理这种教条的道德的说法……”（《反杜林论》）。地质力学是在批判与继承以往的地质理论的基础上发展起来的一门年青的学科。“客观现实世界的变化永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结”《实践论》。地质力学并没有也不可能宣称它已达到了认识真理的顶峰，相反，它应该脚踏实地，以毛主席的哲学思想为指导，不断开拓尚未认识的领域，在群众的广泛实践的基础上，吸取国内外不同地质学派的长处，不断完善和提高自己，沿着正确的道路“从必然王国向自由王国发展”。“为人类作出较大的贡献”。

总之，地质力学研究在国民经济的一些部门的工作中有着重要的意义，是人们向地球开战的一项有力的武器。

另一方面，前面曾经提到地质力学是构造地质学和动力地质学之间的桥梁，是解决地壳运动问题的途径，而这后一个问题正是地质领域中争论最激烈和长久以来没有解决的基本理论问题。地质力学从构造形迹的力学性质入手，追索力的作用，又从力的作用方式进而追索地壳运动的方式，看来这是一条解决地壳运动问题的正确途径。

地质学曾经是向着封建主义神学进行勇敢战斗的自然科学中的先锋，我们相信，以马列主义自然观和毛主席哲学思想为指导的地质力学在当代辩证唯物主义与形形色色主观唯心主义哲学流派的斗争中也一定能发挥更大的作用。

目 录

编者说明

绪言	1
一、地质力学的内容和研究方法	1
二、地质学的发展与地质力学的产生	2
第一章 构造形迹及其力学性质	7
第一节 构造形迹和结构要素	7
第二节 结构面力学性质及其鉴定	8
一、各类结构面的力学含义	8
二、关于结构面命名的原则	11
三、结构面力学性质的野外鉴定	11
四、鉴定结构面力学性质的意义	29
第三节 线理	31
一、成因分类	31
二、运动状态	32
三、力学性质	32
第四节 构造形迹的微观研究	35
一、压应力形迹	35
二、拉应力形迹	38
三、剪应力形迹	39
第五节 航片和卫片上结构面力学性质的地质解译标志	40
一、压性断裂	41
二、压扭性断裂	41
三、扭性断裂	41
四、张性或张扭性断裂	41
第二章 构造形迹的序次	46
第一节 序次的概念	46
第二节 序次的划分	47
第三节 构造形迹的等级	49
第四节 研究构造形迹的等级与序次（简称级序）的意义	51
第三章 构造体系	53
第一节 构造体系的概念	53
第二节 构造体系的类型和型式	54
一、巨型纬向构造体系	55
二、经向构造体系	63

三、扭动构造体系之一——直扭构造体系	66
四、扭动构造体系之二——旋扭构造体系	85
第三节 怎样鉴定构造体系	111
第四节 构造体系活动性的研究	114
一、查明构造带和构造体系近时期的构造活动	114
二、鉴定活动构造带的力学性质	116
三、测定活动构造带的活动程度与频度	117
第五节 古构造型式的研究	118
第四章 构造体系的复合和联合的构造体系	123
第一节 构造体系的复合	123
一、构造体系复合的一般概念	123
二、复合的基本形式	124
三、赣南构造体系复合关系的初步分析	131
第二节 联合的构造体系	132
第三节 构造体系的复合与联合的构造体系的区别	134
第四节 研究构造体系的复合和联合的意义	135
第五章 洋底构造的主要特征	136
第一节 洋壳的组成及其与陆壳的界线	136
第二节 太平洋洋底构造的特点	137
一、太平洋洋底周边的海沟系	137
二、西太平洋洋底的构造特征	144
三、东太平洋洋脊(又称隆起)的特征	146
第三节 大西洋洋底构造的特点	150
一、大西洋洋脊的特征	152
二、洋脊两侧洋底的地貌、地质特征	154
第四节 印度洋洋底构造的特点	155
一、印度洋洋脊	155
二、东印度洋海盆	156
三、西印度洋海盆	157
第五节 北冰洋洋底构造的特点	157
第六章 岩石力学性质	158
第一节 研究意义	158
第二节 岩石的力学性质及其影响因素	159
一、常温常压下岩石的单轴压缩实验	160
二、影响岩石力学性质的外界因素	161
第三节 地质体的弹、塑性表象问题	169
第四节 岩石的破坏	173
第七章 构造应力场及模拟实验	182
第一节 构造应力场的概念及其研究意义	182

第二节 构造应力场的研究方法	183
一、研究构造应力场的地质力学方法	183
二、数学—力学的分析计算	184
第三节 模拟实验	204
一、相似理论简介	205
二、地质力学模拟实验的方法	210
第八章 地壳运动问题	222
第一节 关于地壳的几个重要概念	223
一、地壳的结构和组成	223
二、地壳的均衡代偿现象	224
三、地热	225
第二节 地壳运动发生的时期	227
第三节 地壳运动的方式和方向	228
一、从地壳组成(建造)的角度研究地壳运动的方式和方向	229
二、从地壳结构(改造)的角度研究地壳运动的方式和方向	229
三、全球构造体系发育的规律和全球地壳运动的方式和方向	230
第四节 地壳运动的起源和动力来源问题	231
一、地壳运动与地球自转角速度变化的关系	231
二、大陆车闸假说	234
第五节 关于地壳运动的几个问题的讨论	236
一、关于地壳运动以水平方向的运动为主导的问题	236
二、关于地球自转速度问题	236
三、关于某些经向构造带的形成问题	237
第九章 地质力学在生产实践中的应用	238
第一节 地质力学在找寻外生矿产(石油和煤田)方面的应用	238
一、地质力学在石油普查勘探中的应用	238
二、地质力学在煤田地质中的应用	241
第二节 地质力学在找寻内生矿产方面的应用	246
一、赣南钨矿	246
二、云南红坡铁矿	249
第三节 地质力学在地震地质和工程地质方面的应用	252
一、地质力学在地震地质方面的应用	252
二、地质力学在工程地质方面的应用	262
第四节 地质力学在水文地质和地热调查方面的应用	264
一、地质力学在水文地质方面的应用	264
二、地质力学在地热调查方面的应用	268
附录一 应力矿物简介	272
一、应力矿物的概念	272
二、几种应力矿物现象	272

三、应力矿物·····	277
附录二 岩组分析简介·····	279
一、组构的运动学分析·····	279
二、组构的动力学分析·····	283
附录三 应力摩尔圆和结构面的应力状态·····	288
附录四 应变椭球（变形椭球）及其应用·····	293
一、什么是应变椭球·····	293
二、长度上的变形——线应变·····	294
三、角度上的变形——剪应变·····	294
四、应变椭圆的性质·····	295
五、变形椭球在地质上的应用·····	298
六、简单剪切情况下应变椭圆的渐进变化·····	300
附录五 赤平极射投影在地质力学上应用的几个实例·····	303
一、赤平极射投影方法简介·····	303
二、应用实例·····	305
附录六 古地磁法的简单原理和应用·····	308
附录七 地质力学的野外工作方法简介·····	310
一、前人资料的收集与研究·····	310
二、野外地质观察研究·····	310
结束语·····	317
参考文献·····	319

绪 言

地质力学是地球科学中的一门新兴的边缘学科，是在我国卓越的科学家李四光的倡导下发展起来的。

一、地质力学的内容和研究方法

从整个宇宙角度看，地球不过是其中的一个极小的物质集中的结点。既然“物质没有运动是不可想像的”（恩格斯：《自然辩证法》），因而必须把地球看成是一个复杂的，处于不停的运动和变化中的物质系统。这里有着从物质的简单机械运动；物理的、化学的运动直到有机生命及其发展这种更高级的物质运动形式。毛主席指出过：“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊矛盾性，因此，对于某一现象领域所特有的某一矛盾的研究，就构成某一门科学的对象”。那么，地质力学这门科学是以那一种矛盾，那一个现象领域为研究对象呢？我们说，地质力学是以发生在地壳中的机械运动这种形式为主要研究对象的。也就是说，它把地壳中力的作用与反作用这一对矛盾运动的规律作为研究的主要内容。

恩格斯曾指出：“既然我们面前的物质是某种既定的东西，是某种既不能创造也不能消灭的东西，那么运动也是既不能创造也不能消灭的”（《自然辩证法》）。地质学的研究表明，在地球这个物质系统中，每种形式的物质运动正是“既不能创造也不能消灭的”，而是在一定条件下由一种形式转化成另一种形式。因此，对地球的机械运动与其它形式运动（如热、化学、电磁运动等）的相互转化问题，就应该给予足够的重视。因而为了研究地壳机械运动的规律，地质力学还要从这种运动与其它形式的运动相互联系的观点出发，对反映地壳运动的一切现象进行考察和研究。

以下让我们具体讨论一下地质力学的研究对象和内容。

组成地壳的各类岩石或他们的综合体——岩块、地块在力的作用下，将会产生各种机械运动，包括弹、塑性变形或者发生破坏，其中有些运动将会留下种种永久变形的构造形象（包括矿物相变）和相对位移的踪迹。这些形象和踪迹，总括起来，就是地质力学工作者要研究的主要对象——地质构造形迹。

地质力学并不满足于对地质构造形迹的形态描述和分类，而是要探求地质构造形迹的力学性质，并进一步按照力学原理对纷繁的地质构造形迹进行组合分析工作，确立具有成生联系的构造形迹的组合规律（构造型式），恢复发生每一类具有成生联系的构造形迹的組合的应力作用方式——包括应力的种类和它作用的方向。为了正确地进行上述组合分析工作，除野外的实地观察和分析外，必须通过室内模型实验的比较，同时又要求确定各种岩石对应力作用的表象，这里涉及岩石在应力作用下的弹性和非弹性以及松弛现象、蠕变现象等等的表现。在这里地质力学就不得不进入弹性和非弹性力学的领域，并进行岩石力学性质和应力场的理论分析和实验工作了。因此可以说“地质力学是一门边缘科学，它的一条腿站在地质学方面，另一条腿站在力学方面。”

地质力学以一个个局部地区应力作用方式的研究为根据，进而探求作为一个整体的地壳运动的统一性问题，并对地壳运动的起源和动力的来源问题提出自己的解释。看来这是解决地壳运动问题的一条正确道路。因此又可以说，“它是构造地质学和动力地质学之间的桥梁，它是解决地壳运动问题必经的途径”。

总之，地质力学是从运动的观点，运用力学的原理研究地壳构造与地壳运动的一门学科。

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、过程、起源问题时，所依据的只是这些变动残留下来的结果。这样的研究程序与一般力学研究工作的程序相比，是一种“反序”的工作。这种从结果反过来推导成因的研究程序是有多解性的，因此，我们要着重考虑工作方法。这就要求把地质构造形迹作为对象，严格按照一定的程序，即一定的逻辑步骤，逐步进行分析和综合的工作，以期对每一地区，每一次地壳运动的方式，作出切实可靠的结论。地质力学根据生产实践和科学实验的经验，总结出以下七个工作步骤：1, 鉴定每一种构造形迹的力学性质；2, 辨别构造形迹的序次，按照序次查明同一断裂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, 分析构造体系的复合和联合的构造体系；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, 模型实验。上述七个步骤，基本上体现了地质力学在分析问题时的思想方法和逻辑步骤。

其中前五个步骤，重点是在野外的地质观察和综合分析工作，后两个步骤主要是室内研究，地质和力学两个方面，野外和室内工作，是密切相关、相辅而行、互相穿插、相互补充的。

地质力学研究地质构造时有两个要点，就是构造形迹力学性质的鉴定和构造体系的确定。前者是基础性工作，后者则是使认识进一步深化的关键。地质力学不满足于对地质构造现象的形态分类和描述，而是透过现象看本质，去研究构造形迹的力学性质。只有搞好构造形迹的力学性质鉴定工作，构造体系的确定才有坚实的基础。地质力学批判了孤立地、静止地看待构造现象的倾向；批判了那种认为出现在不同岩层中的，其性质、规模、形态、方位、不同的构造形迹就一定没有成生联系，因而不可能构成一个构造体系的形而上学观点，也指出了那种把力学性质不同而形态相似的一些现象——例如走向平行但力学成因不同的褶皱或断裂——一律等同起来看待的错误倾向，从而建立起构造体系的概念。

七个步骤中的后两个步骤主要是岩石力学性质和构造应力场的研究，这是地质力学的基础理论工作，也是迄今地质力学研究中较为薄弱的环节，只有加强这方面的工作才能使我们的认识不至于停留在事物的表面现象上，而更进一步深入于事物的本质之中，为探索和进一步阐明地壳运动的起源和规律性这一基本问题打下坚实的基础。

二、地质学的发展与地质力学的产生

人类在从事物质生产，改造自然的斗争中，对于天体运行，地壳表层各种有用矿物的分布以及某些地质现象早就积累了不少感性知识，在中国古代就有“沧桑变迁”，“高岸为谷”、“深谷为陵”，“上有丹砂，下有黄金；上有慈石下有铜”等地质学思想的萌芽。如恩格斯所指出的：“科学的发生和发展从开始起便是由生产所决定的”（《自然辩证法》）。近代

地质学是随着西欧资本主义工业的发展,于200多年之前形成的。它不仅对资本主义社会生产的发展起过作用,而且也是继哥白尼、伽利略天文学的伟大发现之后,向着当时统治西欧的封建主义神学进行勇敢战斗的现代自然科学中的先锋。革命导师恩格斯在“《自然辩证法》”一书中,曾对总结了到十九世纪初叶为止的经验而写成“地质学原理”一书的著名地质学家赖尔做出过高度的评价,他说:“只是赖尔才第一次把理性带进了地质学中,因为他以地球的缓慢的变化这样一种渐进作用,代替了由于造物主的一时兴发所引起的突然革命”。到赖尔的时代为止,地质学已经经历了自己的萌芽阶段,有名的火成派对水成派、渐变论者对灾变论者的斗争,虽然大体上告一段落,人们对于地质现象的认识,经过这两场大论战之后,深刻和全面得多了。可以说“地质学原理”一书揭开了现代地质学发展中的新篇章。

赖尔认为,展现在人们面前的各种自然现象,如风、雨、河流、海浪、冰川、火山、地震等等,在漫长的地质历史中,可以使地壳的结构和地球表面的形象发生显著的改变。这里并不需要某种自然界以外的力,诸如上帝或其它神秘的作用力。他提出了现在是了解过去的钥匙这一著名的“将今论古”原理,他利用岩石中所含的化石进行地层的划分和对比,追索地球的历史。根据他当时的推算,地球已经存在数亿年了。赖尔的理论符合自然界一切事物都有着自己发生、发展的历史,都是按照一定的规律而变化的这一唯物主义自然观。然而赖尔认为在地球上起作用的各种力无论在质或量上都是不变的,以及地球不是按照一定的方向发展着的观点则是错误的。

上个世纪中叶以来,由于现代工业的飞速发展,大大促进了地质工作,1835—1873年各主要资本主义国家,先后成立了从事区域地质调查和找矿工作的地质机构,加速了以地层学为主导的,遵循着赖尔的方向而发展起来的区域地质研究。十九世纪中叶以后,物探、钻探工作相继开展,地质学领域中的分科越来越细,构造地质学、水文工程地质学、石油地质学……先后出现,这一切都大大推动了人们的认识。在这个基础上,著名的奥国地质学家徐士所著的《地球的面貌》于1909年最终完成了。这是一部以波蒙的冷缩说为理论指导的,对全球区域地质进行的第一次科学总结。

冷缩说认为如果地球形成之初,曾经是一个炽热火球的话,那么它在其后逐渐因放热而变冷的过程中,必然在其表面首先形成一个硬壳,在地球内部进一步变冷而收缩时,这层硬壳(即地壳)就会发生构造变形,在某些部位上形成造山带。冷缩说就是这样一个内容简单的假说,但它曾经在几乎整个的十九世纪的地质学理论中占据了统治地位。这个情况说明以地层学、古地理学为主导的区域地质研究,虽然在地球上的各个局部取得了大量的,较之过去远为精细和系统的地质资料,但在理论方面却是贫乏而片面的。正是冷缩说在地质界盛行的时期,恩格斯就指出过:“一切运动的基本形式都是接近和分离、收缩和膨胀,……一句话,是吸引和排斥这一古老的两极对立。”“真正的物质理论应当给予排斥以和吸引同样重要的地位;只以吸引为基础的物质理论是错误的,不充分的、片面的。”恩格斯的这些话预言了地质科学未来的发展。

在这个时期的区域地质研究的基础上,人们逐渐形成了地槽、地台的概念,通过对沉积物厚度的分析,人们首先在北美发现了主要由厚度很大的浅海沉积物构成的狭长地带,称之为地向斜(中译为地槽)。说明这些狭长地带在地史上曾经长期下降,其下降幅度远较相邻地区为大。在地向斜以外的地区,往往存在着厚度不大,甚为平缓的沉积盖层,在

这些地区除了整体略为上升下降以外，看不出什么显著运动的迹象。这种典型的现象首先是在俄国被肯定的，人们称这种稳定的地块为地台。

随着研究地区的不断扩大，地质学者自觉或不自觉地运用比较大地构造的方法，即首先认识个别构造单元的特征，然后与类似的构造单元做比较研究，也就是遵循从特殊到一般，再从一般到特殊的认识路线，不断完善着对这两种存在于地壳中的巨型构造单元的认识，这个过程，可以说，从十九世纪中叶以来一直继续到现在。应该指出的是，一些学者不是注意通过特殊和一般的关系探寻事物的本质，而是遇到稍有变异的情况就另立新名，使得地槽、地台以及比它们更次一级的构造单元的名目纷繁，越来越复杂，把人们的认识引入繁琐哲学的歧途。更有不少的人或者不问这两种巨型构造单元的起源；或者不从全球的观点看问题，只是孤立地研究地槽的起源和发育规律，因而无助于人们对地质理论认识的深化。至于对那种抓住个别大陆的情况，把整个地质历史概括成地槽转化为地台，大陆不断扩大的历史，从而形成的以地槽、地台概念为核心内容的地质理论就更不应该盲目相信并到处套用了。

从以上简单的叙述中我们可以看到，自赖尔以来的一百多年间，以地层学为主导的区域地质研究作为我们积累了大量的实际材料，这对于发展地质理论和按照实践是第一性的原则来检验地质理论都是十分重要的，同时我们也看到，在这一百多年间，人们在解决诸如地壳的形成，地壳运动的规律等理论问题方面却不是很成功的。

自本世纪初以来，一些学者注意到大陆发生过相对水平运动的现象，打破了地壳运动以垂直为主的思想的束缚，对地质理论的发展做出了重要贡献。

1912年，魏格纳（1880—1930）从大西洋两岸的轮廓极为相似得到启发，进而收集了地质和古生物等多方面的资料，大胆提出了古生代时全球只有一个大陆的设想，认为在地球自转离心力和日月引潮力的作用下，原始的大陆象浮在海水中的冰山那样，能够分裂飘移，并渐渐达到现今的位置，这就是大陆飘移假说。这个假说一经提出，在地学界引起很大反响，但是由于一个新的科学思想不是那么容易被人理解，再加上它本身立论的基础薄弱，在遭到许多人的反对之后渐渐被放弃了。

我国卓越的科学家李四光从研究沉积地层开始，发现了地质历史中海水进退具有南北方向性规律，进而设想大块大陆运动可能具有方向性，而且会留下它的痕迹。从研究这些痕迹即保留在地壳中的各种永久变形入手，查明展布于各大陆的巨型构造型式，探讨地壳运动的方式和方向，创建了地质力学。

1921年，李四光在研究我国东部与煤藏有关的石炭二叠纪地层时，发现北方地层以陆相沉积物为主，其间夹有若干层海相沉积物，而在我国南方这个时代的地层却主要是海相的。这样就产生了一个问题：地球上的海水进退有没有一定方向性？北半球各地区古生代以来地层资料的进一步研究表明：当高纬度地区发生海浸时，在低纬度地区则海退；当低纬度地区发生海退时，高纬度地区则有海浸。这一发现使他把这种海水进退的规律与地球自转运动联系起来考虑，并设想地球自转的速度在漫长的地质时代中反复发生过时快时慢的变化。地球自转加快时，海水流向赤道区，就会在低纬度地区发生海浸，自转减慢时则相反，海水又流向两极，而在高纬度地区发生海浸。从海水运动的规律得到启示，设想当地球自转速度变化时，组成地壳的岩石，在长期地应力的作用下也会发生运动产生变形，并留下相应的痕迹。1926年，李四光在《地球表面形象变迁的主因》一文中，在分析全球