

简明教程 地质力学

中国地质大学出版社

主编 孙希贤 吴淦国 陈文仁

主编



DI ZHI LI XUE JIAN MING JIAO CHENG

要 容 内

高等学校教材

地质力学简明教程

孙希贤 吴淦国 陈文仁

主 编

地质力学简明教程

主编 孙希贤 吴淦国 陈文仁

副主编 孙希贤 吴淦国

参编 孙希贤 吴淦国

中国地质大学出版社

ISBN 7-5625-0283-0

定价 4.40元

内 容 提 要

《地质力学简明教程》是根据地质矿产部地质力学课程教学指导委员会的有关精神而编著的。全书共十章。

本书系统介绍了地质力学的基本理论和基本工作方法，并吸取了国内外最新文献资料之某些精华，适当反映了当代地质力学研究的新成果与新进展。

本书可供地质类大专院校、中等学校及各种地质类培训班、进修班等作专业课教材，也可供生产和科研单位的地质工作者参考。

地质力学简明教程

孙希贤 吴淦国 陈文仁 主编

地质力学

高等学校教材

地质力学简明教程

孙希贤 吴淦国 陈文仁 主编

责任编辑：贾晓青

责任校对：徐润英

*

中国地质大学出版社出版

中国地质大学出版社印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

*

开本：787×1092 1/16 印张：16.75 字数：432千字

1991年12月第1版 1991年12月第1次印刷

印数：1—1000册

ISBN 7-5625-0592-6/P·202

定价：4.45元

序 前

地质力学是李四光教授根据地质科学的一般理论，结合中国大陆及其邻区，并参考其它大陆的地质构造实际，经过长期调查研究与实践，直到本世纪40年代中期才建立起来的一门边缘学科。

自建国以来，地质力学得到了广泛的应用和迅速发展。在矿产普查和勘探、水文地质和工程地质、地震地质和地热地质等方面，地质力学都起了不同程度的积极作用，特别是对我国的石油、煤田和若干金属矿产的预测评价以及解决重大工程建设和大型矿山开采中遇到的地质问题，均作出了重大贡献。

地质力学，是地球科学家族中的一名成员。它的形成和发展，不但有赖于对其相关学科学习的深入和应用的程度，而且取决于它对经济建设、改造自然和促进整个科学体系发展的巨大作用。地质力学研究的主要对象和目的是探索地壳构造、地壳运动以及构造运动的起源。因而，它们是研究矿产分布规律和进行成矿预测的基础，也是解决实际地质问题的关键。

地质力学所涉及的研究领域十分广泛，但它尚存有亟待解决的一些理论方面或实际方面的问题。它的进一步发展，无疑需要与有关学科的协作与联合。除了地球科学的相关学科外，还需争取力学、数学、物理、化学、生物学等诸多方面的科技工作者的相互配合与支援。否则，许多重大地质问题，只期望通过现象的观察来认识其本质，是很困难的。然而，地质科学的进展，必需运用多种手段并进一步广泛展开野外实地的调查研究，结合室内微观观察和综合分析，还要不断地总结经验与教训，有所创新，有所发现，否则难以取得新的突破和飞跃。

《地质力学简明教程》是以地质力学的经典理论和史料为基础，结合编著者汇集的一定份量之典型实例，以及新的研究成果编著而成。它的出版发行，既有一定的理论意义，也有一定的实践意义。随着改革开放政策的不断深入，近数年来，地质力学无论在生产、科研和教学等方面，均有不同程度的进展。它的基础理论和工作方法，不断地有所补充和提高。本书正是为现时形势发展的需要而编著的。由于种种原因，书中尚有若干不足之处，但是，它的出版发行却是一件可喜的事。

李四光

1989年3月8日

中国科学院学部委员
中国地质科学院地质力学所名誉所长

1989年3月18日于北京

前言

本教程是遵照地质矿产部地质力学课程教学指导委员会的有关决议精神，在原武汉地质学院地质力学系编写的《地质力学讲义(试用本)》的基础上，汇集有关资料文献和最新科研成果而编著的。该试用教材曾在我校地质系、矿产系、水文系、石油系等各有关专业试用，多次印刷仍不能满足教学需要。为此，对已试用达10余年之久的原教材，完全有必要充实和增补新的素材。通过二三年的筹备和努力，广泛地征求了校内外试用单位的意见，组成了编写小组，按高等院校教学大纲的原则精神，并尽可能收集较多较新的文献资料，重新拟定汇编。编写这本教科书的指导思想是，充分尊重已出版的地质力学经典原著、兄弟院校的版本和其它著作者的基本论点，吸取其精华；尽量反映当今具先进水平的有关科研成果；还应考虑校外有关单位的需求现状。因此，对原试用本而言，本书在章节结构、形式内容、插图排版等方面都大胆地作了改进和提高。这种尝试的效果如何，有待于广大读者做出评价。

《地质力学简明教程》较系统地介绍了著名科学家李四光教授创立的地质力学经典原著中的基本理论、观点和工作方法，适当地反映了当今地质力学研究的新进展、新经验和最新科研成果，并粗略探讨了地质力学的发展方向 and 前景。

本书主要针对中国地质大学非地质力学专业40至60学时课程教学的需要，并兼顾校外兄弟单位需求的实际情况而安排篇幅的，按教学大纲的规定，某些章节内容略偏多一些。但这种设想的好处是，便于任课教员根据实际情况取舍选择。

承蒙孙殿卿、李东旭、杨超群教授详细审阅本书初稿，张国铎、邓乃恭、韩玉英副教授抽审了部分章节。这些同志提出的宝贵意见，在定稿时均一一作了妥善处理。

《地质力学简明教程》由孙希贤、吴淦国、陈文仁三位副教授主编。各章节编写分别为：第一章——吴淦国；第二章——曾佐勋；第三章——吴淦国、李江风；第四章——龙昱；第五章——秦松贤；第六章——孙希贤、曹树钊；第七章——印纯清；第八章——侯光久；第九章——孙希贤、陈文仁；第十章——周竟平、孙希贤。全书由孙希贤统纂定稿。书中图件由中国地质大学(武汉)绘图室清绘。全书筹备和编写过程中，得到中国地质大学(武汉)各级有关领导、单位的支持和指导，在此一并致谢。

限于编著者的水平，书中错误或不当之处难免，谨请读者批评指正。

编著者

1990年8月于武汉

目 录

第一章 绪论	(1)
(81) 一、地质力学的研究内容和研究方法.....	(1)
(84) 二、地质力学的发展简史.....	(3)
第二章 地质力学的若干力学基本概念	(6)
(01) 第一节 应力.....	(6)
(01) 第二节 应变.....	(9)
(02) 一、位移、变形、应变与体变.....	(9)
(12) 二、均匀变形与非均匀变形.....	(11)
(22) 三、无限小应变与有限应变.....	(11)
(22) 四、变形椭圆.....	(11)
(23) 五、剪切变形.....	(12)
(22) 第三节 与岩石力学性质有关的几个基本概念.....	(13)
(72) 第四节 断裂的莫尔包线理论.....	(16)
(72) 一、水平直线型莫尔包线理论.....	(16)
(82) 二、斜直线型莫尔包线理论.....	(16)
(03) 三、抛物线型莫尔包线理论.....	(17)
第三章 构造形迹及其力学性质的鉴定	(19)
(01) 第一节 构造形迹及其力学性质分类.....	(19)
(03) 一、若干基本概念.....	(19)
(13) 二、构造形迹力学性质的基本类型.....	(20)
(17) 第二节 断裂力学性质的鉴定特征.....	(20)
(23) 一、断裂结构和断裂组合特征.....	(21)
(23) 二、伴生构造和派生构造特征.....	(25)
(23) 三、充填脉的特征.....	(27)
(23) 四、构造岩及显微构造特征.....	(30)
(73) 五、断裂构造地球化学和地球物理特征.....	(32)
(73) 第三节 褶皱力学性质的鉴定特征.....	(33)
(03) 一、褶皱形态及其组合特征.....	(34)
(03) 二、伴生及派生构造特征.....	(34)
(07) 三、褶皱构造地球化学特征.....	(34)
第四章 构造形迹的序次和等级	(36)
(01) 第一节 若干基本概念.....	(36)
(11) 第二节 构造形迹序次的划分.....	(37)
(15) 一、构造形迹序次划分的原则.....	(37)
(25) 二、褶皱及其派生构造的序次划分.....	(38)
(25) 三、断裂及其派生构造的序次划分.....	(40)

第三节 构造形迹力学性质的序次转化	(40)
第四节 构造形迹的等级及其与构造序次的关系	(43)
第五节 序次和等级的研究意义	(44)
一、序次和等级研究的理论意义	(44)
二、序次和等级研究的实践意义	(46)
第五章 构造体系和构造应力场	(48)
第一节 构造体系	(48)
一、构造体系的概念	(48)
二、构造体系的等级及其影响深度	(49)
三、构造体系的形成时期及其鉴定原则	(49)
四、构造体系的类型和型式	(50)
五、构造体系的鉴定	(51)
第二节 构造应力场	(52)
一、有关构造应力场的若干概念	(53)
二、构造应力场的研究方法和途径	(53)
第三节 构造应力场的平面应力作用	(56)
一、地质构造现象	(57)
二、现今构造应力测量结果	(57)
三、理论分析	(58)
第六章 确定构造体系和鉴定构造型式	(60)
第一节 纬向构造体系	(60)
一、纬向构造体系的类型及其组成特征	(60)
(一) 巨型纬向构造带	(60)
(二) 区域性东西向构造带	(61)
(三) 纬向带间地块	(61)
二、我国境内的巨型纬向构造带	(62)
(一) 天山—阴山纬向构造带	(62)
(二) 秦岭—昆仑纬向构造带	(64)
(三) 南岭纬向构造带	(66)
三、巨型纬向构造带在全球的分布概况	(67)
(一) 北半球的纬向构造带	(67)
(二) 赤道附近的纬向构造带	(69)
(三) 南半球的纬向构造带	(69)
第二节 经向构造体系	(70)
一、经向构造带的基本特征及其类型	(70)
(一) 组成特征	(70)
(二) 力学性质分类	(71)
二、经向构造带的形态规模及其影响深度	(71)
三、经向构造带的形成时间、分布规律及其力学分析	(72)
四、我国境内的经向构造带	(72)
(一) 秦岭以南的经向构造带	(72)

(151) (二) 秦岭以北的经向构造带	(75)
(151) 五、经向构造带在全球的分布概况	(76)
(151) (一) 大陆上的巨型经向构造带	(76)
(152) (二) 大洋底的巨型经向构造带	(78)
(153) 第三节 扭动构造体系	(79)
(153) 一、扭动构造体系的基本特征	(79)
(154) 二、扭动构造体系的分类	(79)
(155) 第四节 直扭构造型式	(80)
(157) 一、多字型构造	(80)
(157) (一) 组成要素及其特征	(80)
(158) (二) 多字型构造的主要类型	(80)
(158) (三) 多字型构造的简单力学分析	(81)
(159) (四) 我国境内的多字型构造	(82)
(159) 二、入字型构造	(90)
(160) (一) 组成要素及其特征	(90)
(162) (二) 类型及相对位移的确定	(90)
(162) (三) 入字型构造的简单力学分析	(91)
(162) (四) 入字型构造的实例分析	(91)
(163) 三、棋盘格式构造	(93)
(163) (一) 组成要素及其特征	(93)
(163) (二) 棋盘格式构造的主要类型	(94)
(164) (三) 棋盘格式构造的简单力学分析	(94)
(164) (四) 棋盘格式构造在地壳上的分布	(95)
(165) 第五节 旋扭构造型式	(97)
(166) 一、旋卷构造	(99)
(166) (一) 旋卷构造的组成要素及其基本特征	(99)
(167) (二) 旋卷构造的类型及实例分析	(100)
(168) 二、S型或反S型构造	(110)
(168) (一) 双向(或反向)雁列状S型或反S型构造	(110)
(168) (二) 单向(或顺向)雁列状S型或反S型构造	(111)
(169) (三) 麻花状S型或反S型构造	(112)
(169) (四) 对帚状S型或反S型构造	(113)
(170) 三、歹字型构造	(115)
(170) (一) 组成特征	(115)
(170) (二) 歹字型构造的典型实例分析	(115)
(170) (三) 歹字型构造的力学成因分析	(117)
(170) 四、双核型旋扭构造	(118)
(170) (一) 基本特征	(118)
(170) (二) 典型实例分析	(118)
(172) (三) 双核型旋扭构造力学简析	(119)

(87)	第六节 山字型构造	(121)
(87)	一、山字型构造的组成要素及其特征	(121)
(87)	(一) 组成要素	(121)
(87)	(二) 基本特征	(122)
(97)	二、山字型构造的典型实例分析	(123)
(97)	(一) 淮阳山字型构造	(123)
(97)	(二) 祁阳山字型构造	(124)
(98)	(三) 河北马兰峪山字型构造	(125)
(98)	三、山字型构造的力学分析及模拟实验	(127)
(98)	四、山字型构造的规律性小结	(127)
(98)	(一) 发育程度的差异性与全球性	(128)
(18)	(二) 形态展布的定向性	(128)
(98)	(三) 纬向成排、经向成串的分带性	(129)
(98)	(四) 成生时期的递进继承性	(129)
(99)	(五) 山字型构造的控矿性	(130)
	第七章 构造体系的复合与联合	(132)
(10)	第一节 若干基本概念	(132)
(10)	一、构造复合、系内复合、系间复合	(132)
(80)	二、构造体系复合与构造形迹复合	(133)
(80)	三、构造叠加与构造演化	(133)
(40)	四、整合复合、不整合复合、似整合复合	(133)
(40)	五、构造联合、构造体系联合、联合构造体系	(134)
(20)	第二节 构造体系复合的基本型式	(134)
(70)	一、归并	(134)
(90)	二、交接	(136)
(90)	(一) 重接	(136)
(001)	(二) 斜接	(137)
(011)	(三) 反接	(138)
(011)	(四) 截接	(139)
(111)	(五) 限制	(139)
(211)	三、包容	(142)
(211)	四、重叠	(143)
(21)	第三节 构造体系联合的基本型式	(146)
(811)	一、直线式联合构造	(146)
(811)	(一) 直线式联合构造的简单应力分析	(146)
(711)	(二) 典型实例分析	(146)
(811)	二、曲线式联合构造(弧形联合构造)	(149)
(811)	(一) 联合构造的简单力学分析	(149)
(811)	(二) 典型实例分析	(150)
(011)	三、行列式联合构造	(152)

(871)	(一) 行列式联合构造的简单力学分析	(152)
(771)	(二) 典型实例分析	(153)
(77)	第四节 构造体系复合的若干复杂关系	(154)
(871)	一、同一地区两体系主干构造间的关系	(154)
(871)	二、两体系中出现不同的复合方式	(155)
(881)	三、同一体系中存在不同的复合方式	(155)
(681)	四、两体系中的伴生、派生构造之间的复杂关系	(155)
(681)	(一) 两个构造体系或其伴生配套构造之间的复杂关系	(156)
(181)	(二) 不同构造体系或构造带的主干构造之派生构造或体系之间的复合关系	(157)
(581)	第五节 构造复合与构造联合的主要区别和相互关系	(157)
(581)	一、构造复合与构造联合的主要区别	(157)
(481)	(一) 构造力(外力)作用的时空关系	(158)
(481)	(二) 构造应力场的叠加关系	(158)
(481)	(三) 构造变形和变位的叠加关系	(158)
(481)	(四) 地质构造的关系	(158)
(481)	(五) 各构造体系的构造成分关系	(158)
(481)	二、构造复合与构造联合的相互关系	(158)
(481)	(一) 联合构造与其他构造间的相互关系	(158)
(281)	(二) 构造的多期性、复杂性及其变形历史间的相互关系	(158)
(681)	(三) 复合构造的早期与联合构造的晚期间的相互关系	(159)
(681)	(四) 构造复合与构造联合相互关系的实例分析	(159)
	第八章 地壳运动问题	(161)
(71)	第一节 有关地壳运动问题的若干假说	(161)
(781)	一、收缩说与膨胀说	(161)
(781)	二、地幔对流说与大陆漂移说	(162)
(681)	三、板块构造说与断块构造说	(163)
(681)	四、构造运动的天文因素说	(164)
(161)	五、重力均衡代偿说	(165)
(881)	六、地台活化与地洼学说	(166)
(701)	七、大陆车闸说	(167)
(71)	第二节 地壳运动的时期	(169)
(801)	一、根据地层不整合接触关系确定	(170)
(901)	二、根据沉积岩相和厚度及古地理分析确定构造运动发生的时期	(170)
(901)	三、根据岩体的时代确定构造运动发生的时期	(171)
(901)	四、根据同位素年龄确定构造运动发生的时期	(171)
(901)	五、根据构造体系及其复合关系确定构造运动发生的时期	(171)
(11)	第三节 地壳运动的方式与方向	(174)
(102)	一、从地壳或岩石圈的组成方向探讨构造运动的方式与方向	(174)
(102)	二、从地壳或岩石圈的结构(形变、改造)方面探讨构造运动的方式与方向	(175)

(82) 第四节 地壳运动的起源及其动力来源问题.....	(176)
(82) 一、地球自转的离心惯性力及纬向惯性力.....	(177)
(141) (一) 离心经向惯性力.....	(177)
(141) (二) 纬向惯性力.....	(178)
(82) 二、地球自转角速度变化的证据.....	(179)
(82) (一) 天文学上的证据.....	(180)
(82) (二) 地质学上的证据.....	(180)
(82) (三) 古生物提供的证据.....	(180)
三、地球自转速率变化推动地壳(构造)运动的可能性.....	(181)
(78) (一) 地球自转产生的应力分布.....	(182)
(78) (二) 地球自转速率变化产生力的量级.....	(182)
(78) (三) 地壳中现代应力量级.....	(182)
第九章 地质力学在生产实践中的应用.....	(184)
(82) 第一节 在矿产资源找寻与评价方面的应用.....	(184)
(82) 一、纬向构造体系的控矿作用.....	(184)
(82) (一) 天山—阴山构造带的控矿特征.....	(184)
(82) (二) 昆仑—秦岭构造带的控矿特征.....	(184)
(82) (三) 南岭构造带的控矿特征.....	(185)
(82) 二、经向构造体系的控矿作用.....	(185)
(82) (一) 川滇构造带的控矿特征.....	(185)
(82) (二) 云南境内经向构造带的控矿特征.....	(186)
(82) (三) 其它地区经向构造带的控矿概况.....	(186)
(18) 三、多字型构造体系的控矿作用.....	(186)
(13) (一) 新华夏系控矿的基本特征.....	(187)
(18) (二) 多字型控矿构造的典型实例简介.....	(187)
(38) 四、棋盘格式构造的控矿作用.....	(187)
(88) 五、入字型构造的控矿作用.....	(189)
(18) 六、旋扭构造的控矿作用.....	(190)
(88) (一) 旋扭构造控制内生矿床的基本特征.....	(191)
(88) (二) 旋扭构造控制外生矿产的基本特征.....	(193)
(78) 七、山字型构造的控矿特征.....	(197)
(88) (一) 山字型构造控矿的一般情况.....	(197)
(07) (二) 山字型构造控矿的典型实例分析.....	(198)
(0) 第二节 在水文、工程地质方面的应用.....	(199)
(15) 一、地质力学在水文地质方面的应用.....	(199)
(17) (一) 控水构造的基本规律.....	(199)
(17) (二) 各类构造型式控水的基本特征.....	(199)
(15) (三) 复合与联合构造体系的控水特征.....	(200)
(17) (四) 活动构造体系的控水特征.....	(201)
(07) (五) 规律性小结.....	(201)

二、地质力学在工程地质方面的应用	(202)
(一) 工程岩体稳定性的基本特征和主要分类	(202)
(二) 地质体稳定性的力学分析	(203)
第三节 在地震地质方面的应用	(205)
一、地震的成因、过程概述	(205)
二、地震地质工作的主要内容和方法	(206)
(一) 基础地质工作问题	(206)
(二) 正常工作内容问题	(206)
(三) 地应力问题	(207)
(四) 最终目的和方向问题	(207)
三、中国境内活动构造体系与地震带的关系	(207)
(一) 新华夏系控制地震的基本特征	(207)
(二) 祁吕贺兰山字型构造的控震特征	(212)
(三) 中国西南部活动构造体系的控震特征	(216)
四、歹字型构造控震的基本特征	(222)
第四节 在地热地质方面的应用	(224)
一、中国境内地热的分布规律和特征	(224)
二、地下热田的典型实例分析	(225)
第十章 模拟实验与读图训练	(232)
第一节 模拟实验的方法和种类	(232)
一、相似理论的三定理	(232)
(一) 相似第一定理	(232)
(二) 相似第二定理	(232)
(三) 相似第三定理	(232)
二、模拟实验的种类	(233)
(一) 数学模拟	(233)
(二) 物理模拟	(233)
(三) 地质构造模拟的总体框架	(233)
三、控制模拟实验的可变因素	(233)
第二节 若干实验方法简介	(234)
一、泥料模拟实验	(234)
二、光弹模拟实验	(235)
三、形变网格法实验	(235)
四、脆漆法实验	(236)
五、云纹法实验	(237)
六、气泡法实验	(238)
(一) 气泡法及其模型材料的基本特点	(238)
(二) 典型实例剖析	(238)
(三) 待解决的主要问题	(239)
第三节 常用模拟实验操作方法简介	(239)

(239)	一、单向压缩实验 (实验一)	(239)
(240)	二、单向拉伸实验 (实验二)	(240)
(240)	三、剪切实验	(240)
(240)	(一) 简单剪切实验 (实验三)	(240)
(241)	(二) 压剪实验 (实验四)	(241)
(242)	四、旋扭实验 (实验五)	(242)
(242)	五、山字型构造模拟实验 (实验六)	(242)
(243)	六、双核型旋扭构造模拟实验 (实验七)	(243)
(243)	(一) 泥料实验	(243)
(243)	(二) 棉纸实验	(243)
(244)	(三) 影象云纹法实验	(244)
(244)	(四) 气泡法实验	(244)
(244)	第四节 读图训练	(244)
(244)	一、读图的基本要求	(244)
(245)	二、读图练习 (一)	(245)
(246)	三、读图练习 (二)	(246)

第一章 绪 论

地质力学是地球科学中一门新兴的分支学科。它是在著名科学家李四光辛勤研究和倡导下逐渐发展起来的。地质力学运用力学的观点来解释分析复杂的地质构造现象,进而探讨它们的力学性质和发生、发展过程及规律,反演其构造应力场。当今,它已初步形成了一套较完整的理论体系和较丰富的研究内容以及系统的工作方法。半个多世纪以来,地质力学不仅对地质基础理论的研究作出了贡献,而且在地质找矿及其它生产实践中得到了广泛的应用,发挥了积极的作用。

一、地质力学的研究内容和研究方法

地质力学是地质学和力学两大基础学科之间的一门桥梁学科和边缘学科,是从地质科学中衍生出来的一个新分支。其研究的基本内容和方法主要取决于它对地质科学根本问题的认识,即对地壳构造运动问题的总体看法。

地质科学的研究领域十分广泛,需要探索和解决的问题甚多。长期以来,有些问题仍处在异议和争鸣中,争论最激烈的首推对全球构造和地壳构造运动方式及起因的认识。由于对这一问题的认识程度会影响到其它分支学科的理论基础及人们认识地质问题的思维方式。所以,地质力学把阐明地壳构造和地壳构造运动问题作为研究的中心任务。然而,地壳构造运动的表现是多方面的,其结果也是纷繁复杂的。因此,可以采用不同的研究途径,如古地理、古气候、沉积相、古地磁、地震、地热、岩浆活动、天文学等来探讨地壳构造和地壳运动问题。地质力学认为,地壳构造运动产生的直接结果是地质构造,也是人们能直接观察到的客观实体。上述所有的研究途径,对于认识地壳构造运动问题都有一定的重要意义。但是,它们的结论都必须与地质构造现象相一致。也就是说,检验地壳构造运动理论正确与否,其主要依据是地质构造的客观存在。

众所周知,地质构造是一个既复杂且表现形式多样的大系统,而其演化历史在现今又难以实验再现,人们仅能根据某些方面来认识它的局部现象。这些方面归纳起来主要为建造和改造。前者是指地壳岩石的物质组成或形成,后者则是指地壳岩石的变形和变位。地质力学认为,地壳不是理想的刚体,而是具有一定弹性和塑性等力学性质的变形体。在一定驱动力的作用下产生的地壳构造运动,必然使地壳岩石产生变形或变位。因此,岩石的这些变化更确切地反映出构造运动的方式、方向和边界条件。在构造研究的基础上,结合建造分析,二者互相验证和补充,才有可能对地壳构造及地壳运动问题得到较为理想的结论。鉴于此情况,地质力学选择研究岩石变形和变位来作为探讨地壳构造运动的主要途径。这也可以说是给构造地质学建立起通往动力地质学的桥梁。长期以来,不少学者偏重于建造方面的研究,认为地壳运动方式是以垂直运动为主。地质力学根据全球岩石变形与变位后的直接表象(构造形迹)及其组合形式(构造体系)的观察,以及现今地应力测量等资料的综合分析,认为地壳构造运动方式是以水平运动为主导,其主要表现形式是经向的、纬向的以及扭动的水平运动。导致这种

方式和方向的地壳构造运动的原因,是重力控制下的地球自转惯性离心力。这种力是地球内部的物质运动促使地球自转速率发生变化的结果。这种认识并不否认垂直运动的应有地位。

概括而论,地质力学的研究内容是,从运动的和系统的观点出发,运用力学原理来研究地质构造及其发生、发展、复合、转变和组合的规律,并探讨它们在形成过程中与岩浆活动、沉积建造、变质作用、成矿作用的相互关系,进而研究地壳运动的规律和探索地壳运动的成因,借以认识地壳各部分储藏的矿产资源(包括水、地热等)的分布规律,进行矿产资源和人类环境的评价及预测,了解现代地壳运动的程式。^①

上述研究内容也反映了地质力学从岩石的变形和变位着手来研究地质构造,进而探讨地壳运动规律及成因之“反序”的工作程序。在这一套工作程序中,研究具有一定型式的构造组合——构造体系是其中的核心任务。任何一种构造都是地应力作用的反映,地质力学对构造及其组合的分析,就是为了追索形成构造体系的地应力作用的方式和方向,并进一步探讨区域构造运动乃至全球构造运动的方式和方向以及研究地壳运动的起源等重大地质问题。李四光全面总结了以往的经验,具体地拟定了地质力学工作的7个步骤^[1]:

(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和等级;

(3) 确定构造体系的存在和它们的范围;

(4) 划分巨型构造带及鉴定构造型式;

(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) 模型实验。

上述7个步骤中前5个,主要是宏观地质研究及进行相应地质调查的整理和编录,然后进行类比和综合分析。后两个步骤则主要是室内测试分析和实验。在地质力学研究中,野外和室内,宏观和微观,地质和力学等各个方面的工作是相辅相成的。实际工作中,为了反复验证对构造及其组合的认识,上述7个步骤的次序并不是严格不变的,而是可以互相穿插交叉进行的。

上述的研究内容和研究方法,决定了地质力学具有广阔的研究领域和与地学众多分支学科具有多边联系及互相支持的关系。理论地质力学是地质力学深入发展的基础和研究主体,其研究内容主要是,构造形迹的力学表象及其形成机制;各种类型构造体系与构造应力场;构造复合关系及其条件;地壳运动及其动力来源等。这些工作必然使理论地质力学的研究与现代构造地质学、变形岩石学、岩石力学、固体力学、流变学、构造矿物学、显微构造与岩组学等学科具有紧密的联系。地质力学的研究对象并不局限于地壳,而是包括地壳在内的整个岩石圈。区域地质力学主要研究对象是,区域大地构造、岩石圈构造及全球构造;构造应力场与建造场、地球化学场;地壳构造运动对海水进退、古生物变迁、气候变化、地球物理场等的制约和影响等。区域地质力学研究无疑要借助于区域地质学、地层学、沉积学、岩石学、同位素地质学、地球物理学、地球化学、天体地质学、深部地质学等学科的研究成果和资料。理论与实践的结合使应用地质力学发挥了越来越大的作用,为国民经济建设做出了越来越多的贡献。地质力学广泛应用于矿产资源的普查与勘探、区域稳定性研究、水文地

^①孙殿卿, 1986, 地质力学的发展过程及其展望, 首届国际地质力学讨论会闭幕式总结报告。

质、地震预报与抗震、地热地质、环境工程等(参见第九章),并与这些相应的学科发生双向渗透而出现诸如矿田地质力学、工程地质力学等新方向。现代测试和实验技术以及电子计算机等新手段使实验地质力学真正成为理论地质力学的重要支柱,从而使地质力学理论和方法不断得到充实和发展。

二、地质力学的发展简史

地质力学萌芽于20世纪20年代初。经过半个多世纪的历史检验,它已初步形成一套合乎逻辑的理论体系和行之有效的工作方法。回顾地质力学产生和发展的历程,大体上可分为四个阶段。〔1〕、〔2〕、〔3〕、〔9〕

(一)地质力学的萌芽阶段

这个阶段是从1921年研究中国北部石炭二叠纪煤系地层开始的。这套地层是以陆相地层为主,下部夹有少量海相地层。而在中国南方,晚古生代地层发育的情况与北方很不相同,南方石炭系和二叠系是以海相地层为主。为什么当时的海侵、海退现象会有这样的南北差异呢?李四光比较了地球上其它地区古生代以后海水进退的特征,发现大陆上海水进退并不完全像苏士(E. Suess)所提出的海面上的升降具有全球一致性,而是还有由两极向赤道和由赤道向两极的方向性运动。为什么海水会具有这样的运动规律呢?根据北半球的研究,李四光推想可能是由于地球自转速度在漫长的地质历史中反复发生过时快时慢的变化。这种设想,虽然还存在一些难以解释的问题,但它对地质力学的萌芽起了相当重要的启发作用。有理由提出这样一个问题:大陆运动,包括区域性构造运动,是否也会受到这种地球自转速度变化的影响呢?如果是,那么就应在具有弹性地壳岩石中留下相应的痕迹〔4〕。基于这一思路,针对当时各个学派的观点,李四光在他的《地球表面形象变迁之主因》(1926)一文中,根据大陆上大规模构造运动的方向,推论了哪些运动起源于地球自转速度的变化,提出了“大陆车闸”自动控制地球自转速度的作用〔5〕。从而为解释全球构造格架、地质构造周期性演化规律和地壳运动起因提出了一个新的观点,开创了新的思维方式和研究领域。

(二)建立地质力学理论的阶段

这一阶段是从20年代后期到40年代后期。与第一阶段只注重大块大陆运动明显不同的是,在此阶段中是从认识一些个别特殊地质现象开始来探索构造形迹的本质。通过研究一些特殊的弧形构造,确定了山字型构造的存在。此外,还发现了其它一些不同类型的构造,同时进行了模拟实验研究,从而总结出构造体系这一重要概念,测定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,进而发现了构造体系的定型性、定位性、定时性规律和构造体系之间的复合关系。

根据野外观测,结合岩石力学性质的研究,建立了不同类型构造体系的力学模型,提出了构造应力场的概念及有关研究方法,把力学分析引进地质学,揭示了地质构造现象的本质,并从探索地质构造运动到动力学的范畴,使地质力学进入到弹性和非弹性力学的领域,从而使地质力学上升到理性阶段,把地质力学从描述性、经验性阶段推进到分析性、预见性阶段〔6〕。以《地质力学之基础与方法》(1945)一书为标志,地质力学作为一门学科在本阶段后期已基本上定型〔7〕。

(三)地质力学的成熟阶段

新中国的成立为我国自然科学的发展提供了甚为优越的环境。地质力学在50年代和60年代初期,如同其它学科一样获得了较大的进展,地质力学的理论进一步得到完善而渐趋成

熟，并且不断地具体地指导生产实践活动，取得了一些可喜的成绩。例如，1959年在新华夏系沉降带中的松辽平原上找油的突破；用测量地应力的方法来研究现今构造应力场；邢台地震后地震地质和地震预报工作的迅速发展；我国地热工作的起步；以及成功地指导了某些金属矿床的普查与勘探、隐伏矿床预测等。

地质力学的创建和发展，引起了国内外众多地质工作者的关注。李四光的最早名著《中国地质学》（英文版）和《旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题》（1955）等被译成俄文在苏联正式出版，苏联和部分东欧国家学者应用旋卷构造体系理论指导地质构造研究。^①

在广大地质工作者热心实践的基础上，李四光及时地总结了地质力学的理论与方法，于1962年内部发行了《地质力学概论》一书。该书以其较为严谨的理论体系论述了地质力学的基本观点和主要内容，拟定了地质力学的工作方法，成为地质力学的经典著作之一，也是这门学科成熟的重要标志。

（四）地质力学的发展阶段

近20年来，由于地质力学在实践中取得了一次又一次的成功，在国民经济建设中做出了较大的贡献，使众多的从事不同学科和不同研究方法的地质工作者体会到了这一理论的重要指导作用，纷纷自觉地应用地质力学理论来解决生产和科研中的种种问题，或借助于地质力学的方法和思路来进行其它学科的研究。从而开阔了地质力学的应用领域，丰富了地质力学的理论，促进了学科间的相互渗透，推动了一些科学研究领域的发展，结果形成了一些新的分支学科和研究方向。例如，工程地质力学，显微构造与应力矿物学（构造矿物学），地质力学在石油、煤田、矿田构造、水文、工程等方面的应用以及构造对成岩成矿的作用和影响，地应力测量与地震预报等（详见第九章）。全国构造体系图的编制和出版，以及为适应不同需要和目的而出版的各省区构造体系图，这些都是地质力学进一步发展和广泛应用的结果。为了促进学科的发展和适应国民经济建设对人才的需要，有关地质院校建立了地质力学专业，不少相关专业开设了地质力学课程。自1972年以来，全国各地地质院校相继出版了地质力学教科书，特别是《地质力学导论》（李东旭、周济元，1986）一书，较全面系统地介绍了地质力学的经典理论和最新进展，为国内目前水平较高的地质力学专业教科书。中国地质大学自1971年建立地质力学系及有关专业至今，亦先后编著了四轮地质力学试用教材，为满足开设本专业和非地质力学专业课程的教学需要，新编著的《地质力学简明教程》一书，将会起到一定的积极作用。

1986年在北京召开了首届国际地质力学学术讨论会，云集了中外著名专家学者，广泛交流了多年来地质力学的研究成果和经验，充分肯定了地质力学在自然科学领域中的应有地位其广阔的发展前景。大会促进了地质力学的国际间交流与合作，增强了学者间的相互了解和友谊。

上述种种，对地质力学的进一步普及和提高，均起到一定的促进作用。随着研究工作的进一步深入，人们会不断地总结经验教训，使其研究领域逐步扩延，基础理论更加完善，工作手段和方法也将朝多元化方向发展。

^① 吴淦国，1987，李四光及其学说在苏联的影响。湖北李四光研究会简讯，第6期。