

# 地质力学与板块构造学

比较·联系·前瞻

丘元禧 编著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

经典地质力学是我国著名地质学家李四光教授创立的大地构造学说，而板块构造说则是当今最盛行的大地构造学说。本书对这两个大地构造学说的理论体系、基本观点、研究侧重点和研究方法进行了系统的对比性研究，既从其历史渊源和现实意义角度做了考察，又对其未来之发展做了前瞻，从科学发展史的角度探讨和阐述了这两个学说的同源、殊途而同归、相互补充、相互包容和互相融合的历史发展轨迹和未来发展趋势。

全书内容由三个主要部分组成，即地质力学与板块构造学之系统比较、构造体系与板块构造的相互关系之研究和建造与改造对立统一的研究。

书中对由作者建立的两个新的构造体系即似新华夏式伸展盆海系和新生代 NW 向压扭构造体系（新河西系）的建立依据做了系统的论证。

本书是作者多年科学研究成果的结晶，书中包含了作者多年来运用地质力学与板块构造学相结合的研究方法研究区域构造之成果，融合了作者多年来已发表的学术论文。

本书可供从事大地构造学、区域构造学教学、科学研究的综合性大学地球科学系，地质院校教师、本科生、研究生和从事大地构造科学研究、区域地质调查、矿产普查勘探的地质科学研究机构、生产单位的人员参考使用。

### 图书在版编目（CIP）数据

地质力学与板块构造学：比较·联系·前瞻/丘元禧  
编著. —北京：地质出版社，2006. 3

ISBN 7-116-04721-2

I. 地... II. 丘... III. 地质力学 - 对比研究 - 大地构造学 IV. P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 161158 号

---

责任编辑：陈 磊 刘凤仁

责任校对：王素荣

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083

电 话：(010)82324508（邮购部）；(010)82324565（编辑室）

网 址：<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱：zbs@gph.com.cn

传 真：(010)82310759

印 刷：北京印刷学院实习工厂

开 本：787 mm×1092 mm  $\frac{1}{16}$

印 张：10

字 数：250 千字

印 数：1—1000 册

版 次：2006 年 3 月北京第一版·第一次印刷

定 价：26.00 元

ISBN 7-116-04721-2/P·2645

---

（凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社出版处负责调换）

谨以此书

纪念爱妻洪佩芳同志

# 序

人类对地球的认识，有史以来，一直是多视角、多地域、多目标的，因而不免有这样或那样的局限性、强化各自的观点论。就先人对地球构造运动认识来说，“固定论”和“活动论”主导地位之争，升降运动与水平运动的主次之争；地球膨胀与收缩之争；全球大陆南向运动与北向运动之争；构造运动的动力学要素主导地位之争等等。随着人类对资源、灾害、环境的需求而推进的地质研究和伴随地球基础科学对大气、海洋和固体地球的认识和技术探测的深化，时而争出另一侧面的发展，反反复复，曲曲折折。地学的灿烂辉煌，就是在这种争辩之中前进的，但是相对认识的深化和逼近于“正确”和“精准”的地质学目标，还有相当长的争辩过程。然而，一个时代的地质学人总会要站在他所推崇或创新的立脚点，哪怕他的科学生涯中立脚点有所固定或前进。

我的地质构造观是“兼容并蓄”的，如果说地球表壳的运动是以水平运动为主，那么地幔的热运动、重力均衡运动就是以垂向运动为主控，这是固态地球兼而有之，必然的运动全过程。大气和海洋的运动全过程或许也是如此。

丘元禧先生编著的“地质力学与板块构造学”从比较、联系与前瞻的角度，加以分析，其宗旨即在于并联魏格纳的科学视角与李四光的科学视角，而以地质力学的全球构造解析，如全球的纬向和经向构造的力学背景；全球独有的巨大“康藏 - 印度尼西亚”歹字形构造弧的成因；由亚欧大陆东向与美洲大陆西向的运动差探索与地球自转的动力学联系等，扩展板块构造学的内涵，这是极其有益于现今全球地壳运动构造学发展的优势集成。前瞻这一大胆集成的走势，丘先生提出了由地核至行星地球整体各圈层的理论与应用的分支发展，实际上这就是当今广义地球系统科学的目标，可以预计，这无疑就是地球与人类相互作用的宏大科学领域，希望能引起地质学人摆脱把地球系统科学偏置于环境研究的局限性，而在整体地球各圈层跨越性相互作用的基础上，开创地球整体系统科学宽广的分支研究和集其大成。

马宗晋

(中国科学院院士)

2005年10月于北京

# 目 录

前 言 .....	(1)
第一篇 地质力学与板块构造学之比较 .....	(5)
第一章 地质力学理论的历史渊源、形成的科学背景和发展过程 .....	(5)
第二章 板块构造学理论的历史渊源、形成的科学背景和发展过程 .....	(13)
第三章 地质力学和板块构造学理论与研究方法之比较 .....	(20)
第二篇 板块构造与构造体系（构造型式）的相互关系 .....	(26)
第四章 星球级构造体系对板块构造的控制 .....	(26)
第五章 板块间的相互作用产生区域性构造体系 .....	(42)
第六章 板块构造与构造型式的相互关系 .....	(62)
第三篇 古构造研究 .....	(72)
第七章 关于古板块的研究 .....	(72)
第八章 古构造形迹和古构造型式的研究 .....	(90)
第四篇 地质构造与建造、改造的关系 .....	(115)
第九章 地质构造是建造与改造的统一 .....	(115)
结束语——前瞻 .....	(135)
参考文献及内部参考资料 .....	(144)

# Contents

Preface .....	(1)
Section I Comparison of geomechanics and plate tectonics .....	(5)
Chapter 1 Scientific background and evolution history of geomechanics .....	(5)
Chapter 2 Scientific background and evolution history of plate tectonics .....	(13)
Chapter 3 Comparison of geomechanics and plate tectonics .....	(20)
Section II Connection between plate tectonics and tectonic system (tectonic pattern) .....	(26)
Chapter 4 Plate tectonics controlled by global tectonic system .....	(26)
Chapter 5 Regional tectonic system generated by interaction of plates .....	(42)
Chapter 6 Connection between plate tectonics and tectonic pattern (type) .....	(62)
Section III Studies of paleo-tectonics .....	(72)
Chapter 7 Studies of paleo-plates .....	(72)
Chapter 8 Studies of paleo-structural trace and paleo-tectonic pattern .....	(90)
Section IV Relation is ship between structure and formation as well as deformation ...	(115)
Chapter 9 Geological structure is the unity of formation and deformation .....	(115)
Conclusion—Foresight .....	(135)
References .....	(144)

Geomechanics and plate tectonics :  
Comparison , Connection and Foresight

Qiu Yuanxi (Zhongshan University , Guangzhou , 510275 , China )

Abstract

Geomechanics is a tectonic theory founded by famous Chinese geologist J. S. Lee in the 40s of the twenty century. Plate tectonics is a tectonic theory that is dominating the present geological community. This book made a comparative study on the logic , viewpoints , arguments , and methods of these two theories , reviewed their background and history , and predicted their future development.

Geomechanics inherited from conventional structural geology the concepts of formation and deformation , but emphasize the association and genetic connection between geological structures , advocates the concepts of tectonic type ( tectonic pattern ) and tectonic system. Plate tectonics inherited from conventional tectonic geology the concepts of historical analysis , but emphasize the division , movement , and interaction of plates. Both believe mobilism and continental drift , believe that the horizontal movement of the Earth crust is the major force of lithosphere deformation. Major difference between the two theories is in the driving force of crustal movement , geomechanics suggest the change of Earth s rotational velocity while plate tectonics suggest the mantle convection.

As the objects of study , tectonic systems for geomechanics while plates for plate tectonics , are real entities in the nature and do not change with researchers ' believing , we may compare the two theories through the study of these real entities. From this point of view the author discussed in the book how the global tectonic systems controlled the tectonic framework of the plates , how the second-order ( regional ) tectonic systems were generated by the movement and interaction of plates , and what tectonic patterns were formed by various assemblages of continental and/or oceanic plates.

Formation and deformation are materialized records of crustal movements and studied by both geomechanics and plate tectonics. Tectonic facies are the patterns of formation and deformation. This book discussed the concepts of the tectonic facies , the series of tectonic facies , and the sequence of tectonic facies , and established criteria for their classifications.

The author believes that a good combination of geomechanics and plate tectonics will lead to a thorough understanding of geological structures and global tectonics.

The book may serve as a reference book for university teachers and students in departments of geology , structural geology , geomechanics and tectonics.

# 前 言

地质力学这一学科术语的含义，在李四光身后，已有很大发展，乃至有新概念地质力学的提出，广义的地质力学包括地质静力学和地质动力学<sup>[1]</sup>。本书所讨论的地质力学是指李四光生前所创立的以研究地质构造和地壳运动为主要对象的地质力学，亦可谓经典的地质力学。

20 世纪 40 年代，我国著名地质学家李四光在总结他和他的学生们几十年运用地质学与力学相结合的方法对中国区域构造进行研究的实践与理论成果的基础上创立了地质力学。在他的指导下，一大批中国的地质力学工作者早在解放前就对阐明中国区域地质构造特征方面做出了贡献。新中国成立以后，在党和政府的大力支持下，地质力学有了很大的发展，对我国的国民经济建设做出了很大的贡献。众所周知，根据时任地质部部长李四光提出的在我国东部新华夏系沉降带蕴藏有丰富的油气资源的科学论断，我国油气资源勘探工作作了战略东移的部署，从而找到了大庆、胜利等一系列油气田；同样，也是根据李四光关于南岭纬向构造带燕山期花岗岩带是铀矿成矿带的科学论断，并在他的亲自部署和指导下，在南岭地区找到了一系列花岗岩型铀矿床。20 世纪 70 年代李四光发表了《地质力学概论》，对地质力学的理论和实践进行了科学的总结与概括。中国广大地质工作者运用地质力学的理论与方法在许多重要的国民经济领域包括工程与水文地质、地震地质、地热勘测等方面做了大量工作，取得很大成绩。这一段历史时期堪称是地质力学上升和辉煌的时期。遗憾的是，正当地质革命在全球范围内进行之际，我国却处在文化大革命之中，与外界几乎完全隔绝，地质力学未能汲取当代地质学界的最新研究成果。加上文化大革命时期左的路线的干扰，地质力学在发展道路上遭遇过挫折。但广大的地质力学工作者无论在理论战线上还是在实践领域里仍然坚持工作，使地质力学继续向前发展和继续为我国的国民经济做出自己的贡献。李四光是我国地质事业的奠基人之一，是杰出的科学家，是我国爱国知识分子的一面光辉旗帜，作为中国地质事业的继承人和后辈，我们始终对他怀着崇高的敬意。

20 世纪 80 年代改革开放之初，经由尹赞勋、李春昱、郭令智、朱夏等地质界前辈介绍，板块构造学理论得以在我国迅速传播。板块构造学理论一经引入，我国学者以极大的热情学习和运用，这是科学的进步和学习外国先进科学理论的要求，无可非议；但与此同时，经典的地质力学理论观点却开始受到冷落。自然科学与社会科学、人文科学不同，随着科学技术的迅猛发展，旧科学内容很快为新时代的科学内容所更替是一个普遍规律，作为自然科学工作者不应抱残守缺，而应与时俱进，勇于创新科学思想。板块构造说代表人类认识地球岩石圈构造的新阶段，因而它取代以前的构造学说是历史的必然。但同时我们还应该看到，地质学是区域性实践性很强的科学，中国地质学什么时候都离不开中国的区域地质实际，我国地质前辈所写下的反映中国区域地质实际的科学论著和提出的科

学学说对于我国晚辈的地质工作者仍然有传承的意义，何况李四光及其地质力学对地球地壳运动整体论、系统论的科学思维和对与构造地质学有关的若干领域（如地热、地震、构造相变等）尚有创新、开拓和前瞻性思考，至今对我们仍有指导和实践的意义，遗憾的是，年轻一代的中国地质工作者们已经不太了解他们的先辈在中国区域地质研究中的建树了。最近有一位同行建议我不要再像“追踪张”这一类地质构造术语，因为年轻的读者看不懂。这个意见本身没有错（以致在本书中不得不加大对地质力学基本内容的介绍，以便青年读者能看懂这本书），我感慨的是李四光等老一辈地质学家创造了一些非常反映事物本质的地质术语，这些地质术语不仅科学而且非常民族化，为什么传承不下去？是不是我们在提倡与国际接轨、学习国外先进科学技术理论的同时，也应该提醒国人不要妄目菲薄，要保留和发扬我国优秀的民族科学遗产？特别像地质学这样实践性、区域性很强的科学，我们更应该让年轻一代传承中国地质学的优秀遗产，在这方面，我们这一代人，尤其是在大学地质系执教的地质教育工作者有义不容辞的职责，这是作者写这本书的一个主要动因。

我想起了20世纪90年代初期，我在无锡聆听了朱夏先生在其有生之年最后一次学术报告“活动论构造历史观”<sup>[2]</sup>的发言。他说：“在李四光诞生一百周年的大会上，上海地质学会叫我讲话。我说，当年板块来的时候，地质力学似乎与其不能相容，现在板块上升了，有些人不理睬地质力学了。现在看来这是不对的，地质力学与板块相比有五点共同的：①地质力学无疑是活动论，重视相对水平运动；②改造与建造的关系，提出改造是在建造基础上的改造，建造是改造背景上的建造；③地质力学提出压、张、扭，这种东西有序、有级别，彼此互换；④都讲的是中生代以来的情况；⑤提出旋转型“歹字型”、“多字型”，李先生讲得清清楚楚，太平洋相对欧亚大陆剪切，剪切以后再对冲”。既然如朱夏所说两者有如此多的共同点，为什么一个扶摇直上，推崇备至；一个却被打入冷宫？无论是受到推崇还是受到冷落，都有其应该追究的原因，无论是成功还是失败都应该予以总结，这对科学的发展都是重要的，如果我们这样做了，我们就变自在为自觉。文化大革命前后的人为社会因素对于一种学说来说，只是一种暂时的外因；对于一个学说的未来，决定这个学说的命运归根结底是这个学说是否代表着科学的真理，是否对社会发展有益。翻开一部科学史，各种学说的兴衰此起彼伏，屡见不鲜。这里有几种不同的情况：一是一些所谓的学说并没有包含多少科学真理，虽曾时髦一阵，但却经不起客观事实的检验，因而很快地退出了历史舞台；另一种情况是学说本身包含部分相对真理，虽然不够完善，但经过补充修正后仍然屹立于科学舞台之上，或者被更为先进的科学理论所包容和代替，后者如大地构造学中之槽台说为板块构造学说所包容和代替；还有一种情况是该学说本身一开始基本上就是正确的，但由于历史条件，当时暂时无法证明其正确性而遭到冷落或者被误认为是异端邪说，但随着科学的进步终于证明其正确性而被确认为科学真理，哥白尼的日心说和魏格纳的大陆漂移说就是这方面的最好例证。那么，地质力学究竟属于哪一种情况？这也是本书想要弄清楚的另一重要问题。

在科学史上还有一种现象就是学术思潮或学术潮流，这种学术思潮往往带有时代的特点。在某一个科学发展阶段，往往某种学术思潮占有统治地位。例如19世纪中末叶由于传统地质学首先是在地层学的基础上发展起来的，人们首先是从地层建造中寻找地质构造和地壳运动的历史记录，因而垂直运动备受关注，从垂直方向去研究地壳的运动和变迁

成为那一时代主要的思维方式，这也就是为什么那一个时期固定论占统治地位的客观原因。但是随着人们对地质构造现象的深入研究，诸如大规模逆冲推覆构造的发现，地质学家们开始发现地壳不仅有垂直运动，而且有水平运动，不仅有水平运动，而且有大规模的水平运动，大到大陆开裂和漂移，于是魏格纳提出了大陆漂移说。如果我们翻开 20 世纪最初 20 年的地质文献，可以说大陆漂移说成为那一时期的学术潮流和学说时尚，但曾几何时，大陆漂移说又因动力机制一时无法解决而几乎在科学舞台上被人们遗忘了几十年，直到海底扩张被证实才重新复活。由此可见，看一个学说正确不正确并不能以某一个时期有多少人拥护来衡量，而在于它是否拥有科学真理，它的研究思路和研究方法是否真正代表科学发展的前进方向。真理有时是掌握在少数人手里的，某些拥有真知灼见、掌握科学发展方向的科学家开始往往是少数派。对于科学家的这种命运，真正的科学家应该有一种辩证和历史唯物主义的态度，即实事求是的态度：一方面要看到科学家们限于当时的历史条件，其学说往往有需要完善的部分而敢于加以补充修正；另一方面要敢于坚持和发扬其符合真理的部分。

我个人在 20 世纪 70 年代开始学习地质力学。李四光学术思想中的整体论、系统论、活动论以及学以致用与辩证发展的自然科学观、求实创新和理论与实践统一的科学方法论<sup>[3]</sup>，对我的科学研究实践有深远的指导意义。原来意义上的地质力学理论受到冷落难免使我陷入沉闷，但也促使我思考其低落的原因和未来的发展前途。它的未来将会是科学史上的那一种情况？朱夏<sup>[2]</sup>关于板块构造与地质力学的共同点的论述启迪了我进一步去研究这两个学说在理论上的渊源、形成和发展过程，从而发现它们之间不仅有共同点，而且也有相异处，这种相异不仅表现在研究对象上（虽然两者都是研究地质构造，但板块构造学侧重于构造块体的研究，地质力学侧重于构造共生组合及其成生联系的研究），而且也表现在研究思路上的不同，这种差异性处理好了可以互补，处理不好就相互排斥。遗憾的是，在过去的岁月里它们曾经未能成为互补，相反地，如朱夏所指出的却成为互不相容的东西，这无疑对于科学家们更全面地认识真理、对科学的发展是有害的。值得庆幸的是，已经有科学家走上把它们融合的道路，例如马宗晋<sup>[4]</sup>把全球构造系统划分为大洋中脊系统、环太平洋俯冲系统和大陆构造系就体现了把板块构造和构造体系结合起来的思路。本书作者也注意到这种互补性，尽管两种学说在理论上都存在其地球动力学机制尚未解决的问题，但板块构造和构造体系都是客观存在的构造实体，形成动力机制虽然尚未解决，并不妨碍我们对这两个构造实体及其相互关系和成生组合规律的研究。自 20 世纪 90 年代以来，我开始用地质力学与板块构造理论相结合的观点和方法研究中国大陆的中、新生代区域构造，先后在《地质力学学报》上发表了近十篇学术论文。文章发表以后得到一些同行的认可和鼓励，建议在前述论文的基础上能进一步有所深化，于是有了这本册子。本书所阐述的内容可归纳为：前言，问题的提出；第一篇地质力学与板块构造学在理论渊源、形成过程和各自特点的比较（包括第一章、第二章、第三章）；第二篇板块构造与构造体系（构造型式）在地壳运动和地质历史过程中的相互联系、相互作用的研究（第四章、第五章、第六章），第三篇古构造研究（第七章、第八章），第四篇是作为它们的物质记录——建造与改造的对立统一的研究（第九章）；最后是前瞻地质力学与板块构造学未来的发展前景和它们之间在未来可能的融合（结束语）。由于要对这两个学说进行比较，本书在地质科学术语方面，尽量保持经典地质力学和经典板块构造学原作者的原

意，在阐述问题时尽可能采用该学说已使用的术语。至于根据新发现的地质事实需要对原有某些概念作出某些补充修正，也会在文中予以说明。就本书作者的主观愿望而言，是想通过本书的写作和出版能与地质同行切磋研究在引进和学习国外先进理论时如何能扬其长避其短，有所为、有所不为；对我国地质先辈们根据中国的区域地质实践和对地质科学的创新所创立的地质理论（不仅是地质力学，也包括黄汲清先生的多旋回说、陈国达先生的地洼说、张文佑先生的断块说、张伯声先生的波动镶嵌说等，本书只是以地质力学为例），如何传承创新、发扬光大，为我国民族科学在国际科学舞台上争得一席之地，为我国年轻一代的地质工作者学习老一辈中国地质学家的优良传统和科学业绩创造更有利的条件。但限于作者的科学历史知识和理论素养，恐难于达到预期目的。不当之处，尚祈同行们，特别是地质力学工作者和板块构造工作者的批评指正。

**鸣谢：**本书在酝酿成书过程中得到地质同行好友刘昭蜀研究员、夏法教授、杨树康研究员、梁致荣教授、林树榆教授的支持与切磋。成文以后，马文璞教授、覃慕陶教授、孙岩教授审阅了全稿，提出了许多宝贵的修改意见，对全书质量水平的提高有很大帮助。本书基础性论文的发表得到地质力学学报编辑部和崔盛芹教授、邓乃恭研究员的支持与帮助，马宗晋院士为本书写序，周蒂研究员为本书改写英文摘要。作者在此一并表示热忱的谢意。

为了弄清楚经典地质力学（下文简称地质力学）与板块构造学在理论体系和研究方法上的区别，不仅要对其基本理论、学术观点、研究思路和主要的研究方法进行系统的对比性研究，而且还需要把它们放在地质学和大地构造学发展的历史长河中对其历史渊源、形成过程进行考察，这样才比较容易弄清楚它们各自的来龙去脉和科学的历史的必然。

19世纪是传统地质学形成和发展的时期，古典地质学是建立在矿物学、地层古生物学、岩石学、构造地质学这些基础学科之上的。人们认识地壳运动最初是从火山地震和地层简单的褶皱、断层、不整合等现象开始的。大量的地壳运动记录首先是从地层建造中获取的。于是，历史分析的方法和垂直运动的记录受到优先重视，历史大地构造学派成为19世纪最盛行的大地构造学派，他们用历史分析法帮助我们认识了诸多的历史构造记录，如地槽向地台转变的地壳演化规律。在历史大地构造学派形成和发展过程中涌现出一大批杰出的大地构造学者，诸如美国的丹纳、霍尔（地槽学说的创始人），德国的施蒂勒，前苏联的卡宾斯基、阿尔汉格尔斯基、沙茨基、乌索夫、别洛乌索夫、纳里夫金，我国的黄汲清等，他们对槽台的演化历史分析做出了杰出的贡献。从这些学者的论述中可以鲜明地感受到垂直运动论和大陆固定论是那一时期的主要学术思潮。

区域地层古生物的划分对比和沉积岩相古地理的研究是历史分析法的重要组成部分，是历史大地构造学派研究和重建大陆构造和地质演化历史的主要方法。19世纪中叶到20世纪初，地质学从各大洲积累的地层古生物资料，已经开始认识到非洲、南美洲、印度、澳大利亚大洋洲等的晚古生代一早中生代地层、古生物群可以对比，它们原来可能同属一个古老的冈瓦纳大陆，以后才分裂成现在的各大洲。

否定之否定是自然法则也是科学发展的规律。正是垂直运动论和固定论的学术研究为水平运动论和活动论的出现准备了事实依据。在某种意义上说，活动论是从固定论脱胎而来的叛逆。进入20世纪的最初20年，大陆漂移说的兴起，活动论正式登上科学舞台。地质力学和板块构造学都是活动论，以后的历史分析表明大陆漂移说是它们共同的重要理论渊源。

## 第一章 地质力学理论的历史渊源、形成的科学背景和发展过程

李四光的地质力学（Geomechanics）是地质学与力学相结合的一门科学，它把解决地壳运动的起因作为自己的总体科学任务。地质力学从建立构造体系和构造型式来反演地壳运动的程式，李四光把全球构造体系划分为纬向构造体系、经向构造体系和扭动构造体系

三大构造体系，认为它们是地球自转速率变化过程中所产生的经向切向力、纬向切向力及由于它们的不平衡而导致的剪切力所产生的（图 1-1），同时认为地球自转速率的变快或变慢是地壳发生大规模水平运动的动因（大陆车阀说，详见后述）<sup>[5]</sup>。

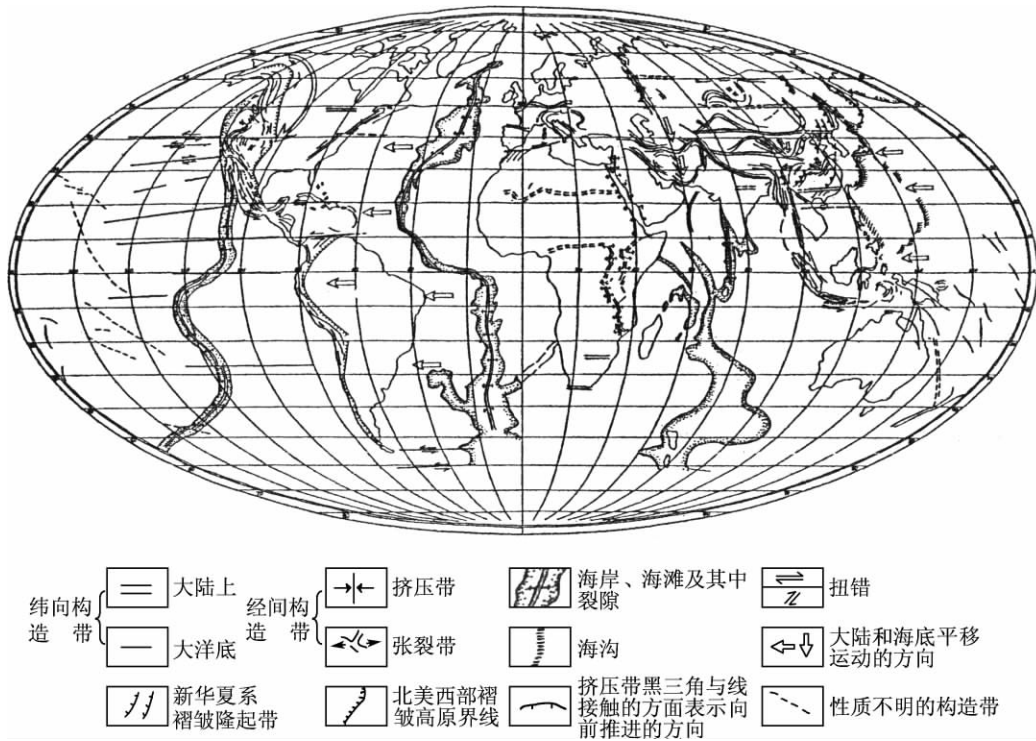


图 1-1 全球构造体系和地壳运动方向

（据李四光，1973）

Fig. 1-1 The global tectonic systems and the earth's crustal movement directions

（After J. S. Lee, 1973）

谈到地质力学的形成和发展，不能不追溯到 20 世纪初至 20 年代期间世界地质学，特别是构造地质学和大地构造学的发展情况。正是从这些追述中可看出地质力学理论形成的一些历史背景。

1908 年美国地质学家泰勒 (F. C. Taylor) 提出“巨型大陆大规模地朝向赤道滑动，从而形成褶皱山脉”的观点 (1910 年著文论述)。他认为亚洲大陆第三纪山脉的形成导源于地球自转所产生的离心力，致使北半球大陆向南滑动，南半球大陆向北滑动，在滑动过程中遇到障碍物，乃在山脉中形成凸出的顶部。他描述原始劳亚大陆有如大陆的硅铝壳，从极区向赤道方向扩张，颇似陆地上的冰层一样，形成环状向外流动，在前面形成山环和岛弧。20 世纪 10~20 年代是大陆漂移提出和盛行的时代。魏格纳 (1915) 在《大陆和海洋的起源》一书中认为大陆由较轻的刚性硅铝层组成，它漂浮在较重的黏性硅镁质洋底上，地球自转离心力所产生的离极力驱使大陆从高纬度向低纬度赤道移动，同时认为向西漂移是日、月吸引所产生的潮汐摩擦使地球的自转速度减慢，从而使地球表层各大陆相对于地球自转 (自西向东) 有落后的趋势而导致大陆缓慢地向西移动。当移动的大陆前缘遇到大洋底的阻力时，因遭受挤压而形成褶皱山脉，美洲海岸山脉便是这样形成的<sup>[6]</sup>。

大陆漂移说主张存在大规模的水平运动，而固定论则只承认相对固定于某一位置的垂直运动。显然，李四光是活动论者。我们从李四光早年的论著和李四光科学思维的形成发展过程中可以看到这一时期世界地质科学对他的重要影响，也可以看到这一时期大地构造学的一些理论思维，特别是大陆漂移说后来成为地质力学理论的重要历史渊源。

构造地质学（大地构造学）在历史上是从两方面即从物质组成方面（也就是建造方面）来研究地质构造的和从结构方面（也就是形变方面）来研究地质构造的。前人这两方面的研究成果自然也就成为地质力学理论基础和研究方法的一种渊源。但应该说地质力学更着重传承了传统构造地质学对构造形变的研究成果和研究方法，只是摒弃了其单纯形态论的部分而加强了地质构造形迹间成生联系和力学本质的研究。

李四光在总结地质力学的形成发展过程时，认为地质力学是经过两个阶段发展起来的。为了正确地表述他的认识，这里我们尽可能引述他的原文<sup>[7]</sup>：

第一阶段从 1921 年研究中国北方石炭纪—二叠纪的沉积物开始。关于太原系的时代有过长期的争论。李四光等人对地层古生物的研究证明：中国南部占主要地位的晚石炭世和一部分石炭纪—二叠纪过渡的海相层与中国北方以陆相为主夹有若干海相地层的太原系是同时代的产物。

获得这一研究成果后给自己提出的问题是：当时的海侵海退为什么有这样南北的差异？这个问题牵涉到当时大陆局部的升降运动和海面全面的升降运动，以及在低纬度和高纬度地区存在着海面差异运动等可能性。他经过对地球上其他地区当时的海侵海退现象的初步比较，特别是对古生代以后大陆上海水进退规程的初步探索，得到一种假说，这就是：大陆上海水的进退不完全像著名奥地利地质学家徐士所提出的那样，即海面的升降是全球性的，而是可能还有由赤道向两极又反过来由两极向赤道的方向性的运动。这个假说又引发一个问题，为什么海洋会发生这种具有方向性的运动？当时初步设想，这可能是由于地球自转速度在漫长的地质时期中反复发生过时快时慢的变化。这种设想是否正确，当然还存在很多问题。不过它对地质力学工作的开端起了相当重要的启发作用。它的作用在于：提出了这样一个问题，即大陆运动包括区域性的构造运动是不是也会受到这种地球自转速度变化的影响？如果是，即如果构成大陆的岩石受到长期地质力活动的作用而它具有刚性和塑性的话，那么当大陆和海洋发生南北向的方向性的运动以后，在大陆上也应该留下相应的形迹，人们有时说地质力学不管沉积，这是不符合事实的。

在 20 世纪 20 年代，关于大陆运动起源的问题，各个学派都提出了自己的看法。李四光<sup>[6]</sup>发表了《地球表面形象变迁的主因》一文。此文在批判一些传统学派的同时，根据大陆上大规模运动的方向，推论了那些运动起源于地球自转速度的变化，提出了“大陆车闸”自动控制地球自转速度的作用。从一个局部性的科学研究成果提升到对全球构造问题的思考，这正是李四光这位大科学家不同于一般区域地质实际工作者之处。但是李四光在回顾以往的科学研究进程时，却以自我批评的精神谈到这一时期学术研究的缺点。他写道：这一套理论（指大陆车闸说——引者注）不是没有一点实践的基础；但是，这种立论，大体上说，也和其他各派的学说一样，在方法论上存在着很大的缺点，主要的缺点在于：用的资料不够广泛、不够细致、不够落实，而是片面地抓住一些事实或者若干现象，参考一些第二手资料，就急急忙忙地提出大的理论来。实际上，这些所谓理论，是很低级的，也是很粗糙的。它们所依靠的证据，往往可以这样解释也可以那样解释，这是一

个很深刻的教训，同时也积累了一些粗略而不是没有益的经验。特别是让我们对大陆运动的方向性有所认识，这是地质力学发展过程的第一阶段。

如前所述，李四光不是不研究建造，而是在研究建造的过程中进一步研究大地构造和地壳运动的。也正是在这个阶段，他从建造形成的多解性认识到任何有关构造地质与大地构造的假说，其正确与否必须经过严格的检验，这就是能否解释现存的地壳变形记录。正是由于这种思考，他毅然决然地把科学研究的主攻方向从对建造和地层古生物的研究转向形变的研究。他写道：地质力学发展过程的第二阶段，不是从结束了第一阶段才开始的，而是在第一阶段的后期已经开始了一些零星的工作。那些工作主要是针对区域性构造现象之间的相互联系。必须说明这里所说的构造现象是指大型、小型、单式、复式的褶皱和各种断裂而言。这些形变形象是当地地壳运动的陈迹，是实实在在的东西。要了解当地所经历的地壳运动的程式，就必须对它们各自的本质、形成过程和它们彼此之间可能存在的联系有所认识。这样来看问题，就和第一阶段中，只注重大块大陆的运动有所不同了。

李四光对构造现象本质的探索是从认识一些个别的和特殊的现象起始的。起初，他看到像乌拉尔那样褶皱强烈的山脉在东西两面广大平原之间突起而思考为什么有这样一条山脉？光说它是由南北向地槽在回返阶段中转变而成的，只是把问题向后推了一步而没有最终解决问题。李四光认为乌拉尔这条在晚古生代经过一次巨大的构造运动而形成的山脉，很难设想它是孤立的。实际上，在它的东西两侧的广大平原——俄罗斯地台和西伯利亚地台以南，还存在着的一套相当复杂的弧形山脉。西边从高加索以西，东边到阿尔泰山系都属于这套弧形山脉穿插的地带。当时知道这些弧形山脉中有些是大致和乌拉尔大致同时产生的。虽然它们之间相隔很远，走向也不同，但它们之间是不是有什么成生联系呢？李四光说这是他认识山字型构造的开端，李四光说光靠当时所掌握的事实，当然还不能作出任何结论。李四光回顾这段经历时说，不在于这个设想正确不正确，而是想揭露当时如何冒着很大的危险打开一条思路，到实践中去认真检验这种构造型式或构造体系的概念究竟行不行得通？

1928年前后在南京镇江一带初次发现了宁镇山脉这个大致东西向的弧形构造，它的弧顶位于镇江一带，向北凸出，在它南面相当辽阔的平原中，出现了一条茅山山脉，这条山脉的伸展方向大致成南北向，它和宁镇山脉一起形成了一个构造体系。这个构造体系的特点，基本上与乌拉尔山脉及其以南的复杂弧形山系所形成的构造体系相符合，不过方向相反罢了。这时对山字型构造体系的认识就进了一步，但还不够落实，还需要扩大范围。在野外进行大量观测，看看是否在我国境内还存在这种类型的构造体系。当时为了方便工作，把这种南北向的组成部分，称为脊柱，把它前面的弧形构造带称为前弧。以后，又先后提出和确定了广西弧、淮阳弧等。在过了若干年以后，由于找到了脊柱，才确定了广西山字型和淮阳山字型（后者至20世纪50年代才确定）。但是在这个时候，从地盾、地台等观点来分析地质构造和从构造体系的观点来分析地质构造，还存在分歧。

在20世纪20年代末期，除肯定了几个山字型构造以外，还发现了其他一些不同类型的构造体系。对这些不同类型构造体系的认识，模拟实验起了一定的作用。就当时所认识的构造类型和它们的分布范围、规律，以及它们在地壳运动问题上的含义，李四光在1929年作了一次总结。这个总结概括了不同类型构造的特殊本质，明确了构造体系的概念，测定了与每一类型构造体系有关地区的构造运动的方向和方式，推断了大陆和海洋运

动的主因，这些都为地质力学的建立打下了实践和理论基础。

20世纪30~40年代初期是地质力学在上述基础上继续发展的时期，也是以构造体系概念为指导，继续向着尚未研究过或尚未深入研究过的各种具体的构造类型进行研究，找出它们各自独特的本质，修改、补充和丰富构造体系这个概念的时期。李四光认为在这个时期地质力学才开始走上自己的道路。在地质学的领域中，逐步扩大了自己的活动范围，在越来越多的地区，发现了许多构造体系的定型性、定位性、定时性和在同一地区不同构造体系之间互相交错、部分重叠的关系，亦即复合的关系。诸如东西向复杂构造带、华夏系、新华夏系等多字型构造都是在这一时期确定的。到了这个阶段，地质力学已经不光是停留在描述构造体系的特点上了，而是要求对它们的起源提出合理的解释。例如多字型构造显然反映了力偶的作用，山字型构造通过模拟实验和初步理论分析，它的特征可以和平板在平面上受到弯曲而发生的形变相比拟。诸如此类，其他类型的构造型式也都要求说明在有关的地块中地应力活动的方式。这就提出了一系列有关岩石力学性质的问题。根据野外观测，岩层和岩块在地应力的作用下有时表现弹性反应，也有时表现程度不等的塑应，究竟是什么条件决定了同样的岩体显示这种不同的反应？在这里，地质力学不得不进入弹性和非弹性力学的领域。这样又进一步引起了一系列复杂的理论问题。要解决这些问题，很清楚，需要从事实验工作，也需要把实验所获得的资料和实际的构造现象结合起来，对岩石在自然界的力学性质和应力场进行分析。李四光写道：“在明确了上述地质力学工作的方向以后，在四十年代初期地质力学这个名称才被正式提了出来。也就是说只是到这个时候，地质力学这门边缘学科才算正式形成和诞生，这是因为经过几十年的探索，地质力学终于明确了自己的研究对象和研究任务，有了自己独特的研究思路和解决问题的方法步骤”。如地质力学在解决形变问题上提出了一系列有别于传统构造地质学与大地构造学的方法学原理，其中重要的如对各项变形构造的筛分，有别于构造层分析方法的从新到老、层层剥皮的构造复原方法等。

从以上李四光对地质力学形成过程的阐述中，我们可以相当清晰地看到地质力学是怎样依照它的创始人的思路和科学实践的发展而发展，最终形成地质学与力学相结合的边缘学科——地质力学。但是只从这方面来论述地质力学是不够的，还不能科学地说明地质力学为什么在20世纪40年代在中国诞生的缘由。本书作者认为地质力学之所以能在20世纪40年代在中国诞生其社会和科学背景有三：①当时国际地质学从传统地质学转向现代地质学的历史进程要求地质学（构造地质学）与力学结合产生新的边缘学科；②固定论与活动论在世界范围的争论，特别是大陆漂移说揭开了认识大规模水平运动的序幕，要求解决大规模水平运动的力学机制问题；③因为构造地质学是区域性很强的学科，正像北美和俄罗斯因发育完好的地槽和地台而成为槽台说的故乡一样，中国本土的区域构造发育众多完美的种类齐全的构造型式和构造体系，它非常有利于建立地质力学的科学体系。正是上述时代和科学的社会的区域地理背景再加上李四光本人对地质学、力学、数学、物理学等方面深厚的科学素养，才使中国成为地质力学的故乡，李四光成为地质力学的创始人。

本书是要对地质力学与板块构造理论进行对比性研究，我们除了对各自形成的历史渊源、形成过程和产生的科学社会背景有所了解和认识以外，还应该对各自的优势和特点有所了解。而要认识这一点，还必须把它们放回到各自产生时的科学技术条件和社会环境中加以考察。

从地质力学的理论体系来看是有它的独到之处。尽管李四光的大陆车闸说中关于地球自转速率的变化通过角动量转换产生地壳运动的机理尚有待进一步论证，尽管由地球自转产生的离极力和水平切向力足以形成纬向和经向构造系的认识已经受到质疑，但把地壳运动问题与地球的整体运动及其变化相联系（在这以前已经有与地球的自转相联系，李四光创新和前进之处在于与地球自转的历史变化相联系）则自李四光始。

正如马宗晋所指出的：地球自转变化是诸多地球动力因素中的一个主要的和基本的因素，迄今为止还没有人像李四光那样全面系统地研究过地球自转对地壳运动的动力作用并形成一整套学说<sup>[4]</sup>。这是李四光学说在理论上的优势。为了说明这一点。在这里我们还得比较多地引用李四光对学说阐述的原文。

李四光所提出的地球自转动力学理论基于全球巨型构造体系的定向性即纬向构造体系、经向构造体系和扭动构造体系（后者被认为是前两者因运动不平衡而产生的变种）。李四光指出：……不同方式的运动，在地壳的许多部分和地壳的上、下层中，虽然各自都有区域性的特点，表现出不同的运动方式，但是归根到底，它们总的方向都是一致的。换句话说，从构造体系分布和排列的规律来看，地壳的区域性运动的方向和地壳整体运动的大方向，是统一的，是一致的，即不是经向的水平错动，就是纬向的水平错动。经向的水平错动，有把地壳上层的物质，从高纬度向低纬度推动的趋势；纬向的水平错动，有把大陆向东西两方面分裂，南北大陆相对扭动和大陆西部边缘挤压为褶皱山岭地带的趋势<sup>[5]</sup>。

为什么大陆上的物质有向低纬度方向推动的趋势？为什么南亚大陆向印度洋方面水平错动？为什么非洲大陆相对欧亚大陆向西水平错动？为什么南、北美大陆向太平洋方面水平错动，而北美大陆较南美大陆错动更大？为什么太平洋洋底的西边，特别是它的北段有向亚洲大陆以下的深部楔入的现象？为什么在低纬度，特别在地壳下层和太平洋底纬向平错断裂特别发育？为什么地壳上层的构造，在许多地区比它下层的构造更为复杂？这许多问题，都牵涉到构成地壳上、下层物质的性质和它存在的条件（主要是压力和温度），而更重要的决定因素是推动地壳运动的力量。

是什么力量按照前述方式推动了地壳运动？适合于前述地壳运动方式的要求，看来只是一种力量，就是在重力控制下的地球自转的离心力<sup>[5]</sup>。不过为了寻找上述基本规律的根源，我们应该注意到，决定地壳运动的因素是一回事，让地壳各部分有发动周期性水平运动和伴随而来的垂直运动的可能又是一回事。这两个方面必须同时加以考虑，才不致陷于片面地寻找问题的答案。如果上述东西向和南北向的构造运动简单地起源于地球自转作用的话，那么在地球自转几十亿年的过程中，为了适应固定的重力和离心力合力场的要求，它的外形和它的表层内部结构应该早已达到平衡状态，大规模地壳运动就不会时起时歇，也不会迟到第三纪乃至第四纪还会沿上述那样两种方向发生运动。这样在论到决定地壳运动方向的因素时，我们应当考虑的不是地球自转，而是地球自转速度变更的问题<sup>[5]</sup>。

李四光继续写道：当地球角速度加大到一定强度时，地壳，特别是它的上层，在等温面上升的条件下，就会沿着某些纬度和某些经度发生主要是挤压性或张裂性的大规模构造运动。同时在某些个别地区又会发生水平扭动，这些运动的总的主要趋向，是使地壳的扁度稍稍加大，让地球的形状适应它加大的自转速度。一旦这些大规模的构造运动发生跟不上随着基底往东加速前进的大陆部分，不免有整体稍微向西错动的趋势，例如，南、北美洲可能就是这样的大陆块。当比较坚硬的由基性岩组成的大洋底阻挡它们趋向西滑动