

地质力学文集

◎ 丘元禧 著

地质出版社

地质力学文集

丘元禧 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

收入本文集的学术论文是本书作者有关地质力学之论述,包括:有关地质力学的创立和发展过程、发展历史之阐述;有关地质力学研究方法之论述,特别是有关运用地质力学方法进行构造筛分和构造复原之阐述;运用地质力学方法对中国区域构造(主要是中生代以来)的构造解析和构造复原;运用李四光先生关于构造体系和构造型式建立的基本原理和方法,论述由本书作者拟议建立的两个构造体系——新生代NW向压扭性扭动构造体系和NNE向似新华夏式伸展盆海系。

本书可供从事地质构造研究人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

地质力学文集/丘元禧著. —北京:地质出版社,
2011.3

ISBN 978-7-116-06802-5

I. ①地... II. ①丘... III. ①地质力学-文集 IV.
①P55-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第149772号

责任编辑:陈磊 祁向雷

责任校对:杜悦

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) 82324577(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787 mm × 1092 mm $1/_{16}$

印 张:9.25

字 数:220千字

版 次:2011年3月北京第1版

印 次:2011年3月北京第1次印刷

定 价:28.00元

书 号:ISBN 978-7-116-06802-5

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

序

丘元禧教授的《地质力学文集》是他多年来关于地质力学研究的论文汇编，涵盖了这一领域的多个方面，在一些问题上有其独到的见解，形成了一家之言，应该说，这是他半生心血的结晶，也是对这一学说的一份贡献。

丘元禧教授的科学实践涉及多个领域，主攻方向则是构造地质学及其相关学科，也讲授过古生物和地史学，地质力学是其中一个主要领域。

他在这一领域的成就就其荦荦大端者而言，有以下几个方面：

1. 运用地质力学的理论，研究了中国及其邻区中生代以来的区域构造，新建立了两个区域构造体系：①中国及其西南邻区北西向压扭性构造体系；和②中国东部及其邻近海域的似新华夏式伸展盆海系。并认为前者起因于印度大陆朝北北东方向对中国大陆（及其西南邻区）的碰撞挤压；而后者则起因于晚燕山造山后的伸展及与印度大陆碰撞挤压有关的喜马拉雅期的陆缘扩张。

2. 研究方法上根据李四光先生提出的构造筛分和构造复原加以认真的研究和应用，特别是运用自新而老、层层“剥皮”的构造复原方法，他克服了当时一些研究者应用岩相古地理方法复原古构造时未剔除后期变形改造影响的缺陷，取得了良好的效果。

3. 在基础理论方面，他从现代科学观测数据所提供的地球不同圈层间转速不等的现象和其他新进展，认为李四光先生提出的“大陆车闸—地球自转速率变化控制地球表层水平运动”学说仍然是当代地球科学所应关注的一个重大科学问题。同时还进一步提出地质力学与板块构造理论之间存在着较强的互补性，认为它们不应该成为互相排斥的学说，而应该互相融合。

地质力学是李四光先生创立的科学体系，有其独到的理论意义和应用价值，已经产生了巨大的影响，衷心希望本书的出版，能有助于推动它向新的广度和深度前进。

丘元禧教授在构造地质学（包括地质力学）领域，作出了重大贡献，实在令人钦佩，借此机会，谨向他致敬，并祝他健康长寿！

中国科学院院士
中国工程院院士

常印佛

2011. 2. 27

前言

我于1952年秋自清华大学地学系毕业后分配到长春地质学院任普通地质学助教，这是我教学生涯的开始，当时任教地质矿产系普通地质教研室主任的是我国小构造地质研究专家张寿常教授，他是德国著名学者 Closs 的学生，他所著的《构造地质学》（商务印书馆出版）是我国第一本论述构造地质学特别是小构造研究的教科书。张先生是给予我构造地质学知识的第一位中国学者。1956年南京大学地质系来了一位苏联专家麦尔库洛夫，我作为长春地质学院派出的进修教师在他和中国导师郭令智先生的指导下，完成了两年的进修任务。我的进修毕业论文是《皖南浙西的复理石建造的研究》，后来在郭老师的建议与推荐下，与关尹文、顾宝荣等在《地质学报》（1959年）发表了在该毕业论文基础上写成的学术论文，据说是论述我国复理石建造（浊流沉积）的第一篇论文。从那时起，我才比较明确地认识到地质构造应包含建造与改造两个方面。1958年秋我回到长春地质学院，随即参加了由黄汲清先生指导的大地构造编图，我协助崔盛芹同志主编1:100万中国东北及邻区河北热河一带的大地构造图。1973年我调回广东，先是在广东省地质学校任教，后调往佛山广东省区调队，在那里主持1:50万广东省构造体系图编制，它是全国第52项重点项目地质力学编图的组成部分，从这时起，我开始比较系统地接触和了解地质力学，由于工作需要我开始自学地质力学。至此，我对我国地质界前辈的诸多学说及其对中国区域构造的认识有了比较多的认识，除黄汲清先生的槽台说外，还有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。但我觉得李四光先生的地质力学观点认为地质构造是成体系和一定的构造型式出现的，并把它们的成生和地球自转速率的变化所引起的地球表壳的运动联系起来的的思想特别吸引我，使我有豁然开朗之感觉。于是我开始用地质力学理论和观点研究和思考中国的区域构造，特别是中国东部区域构造。大体与此同时，20世纪70~80年代板块构造学理论开始传入我国，用板块构造学的理论重新解释中国的区域构造成为时尚，这促使我思考板块构造学与槽台说、地洼说以及地质力学的关系，我坚信不同学派、不同学说应该存在着互相包容的方面而不应该绝对的相互排斥。就槽台、地洼说和板块构造学而言，前者研究的是地壳的构造，后者研究的是岩石圈的构造，岩石圈包容了地壳，岩石圈板块构造学也就应该包容传统的槽台、地洼说，而不是把它们排斥在外。我进而

研究地质力学所着重研究的构造型式与构造体系与板块构造之间的关系，发现巨型板块构造的边界是受着全球性的纬向构造体系和经向构造体系以及控制它们的全球性构造应力场所控制的；但是一些区域性而非全球性的构造体系（如李四光先生所确立的华夏方向构造——华夏系、新华夏系、华夏式构造）则反过来是因板块构造的运动而产生的。众所周知，李四光先生是用太平洋向北、中国大陆向南的扭动来解释华夏系和新华夏系扭动构造体系的形成，这和板块构造学认为太平洋板块向北俯冲、亚洲大陆向南或南东仰冲的认识是一致的。只是李四光先生在解释这些扭动构造体系的形成时板块构造学的理论尚未形成。在解释这些扭动构造体系的形成与发展时，一些学者形成了一种概念，认为随着南北向扭动的发展，华夏方向构造的挤压轴向应该逐渐向北偏转，这对华夏系向新华夏系转变是合适的，但是比新华夏系更年轻的华夏式构造却是 NEE 向，也就是轴向更偏东而不是更偏北，我用板块构造理论解释了这一问题：进入白垩纪末—古近纪初，即新生代开始的时候，伴随太平洋 NEE 向洋中脊的扩张，太平洋板块向 NNW 方向运动和俯冲，中国及亚洲东部出现了 NEE 走向的挤压性构造（褶皱和断裂）（可参阅《地质力学与板块构造学——比较、联系、前瞻》一书 44~45 页），这就是华夏式构造。

随着区域地质调查的进一步开展，中国的区域地质研究发现了一些李四光先生生前所始料未及的新情况，对此应给出科学的解释，我指的主要有下列几点：

（1）一些区域性的南北向构造带是由区域性构造应力场所产生的，与李四光先生所指的经向构造带应该有所区别；

（2）广泛发育于中国及亚洲东部的 NNE 走向的伸展性裂隙是叠加于 NNE 向新华夏系地向斜之上的后期构造，它是新华夏系造山后伸展以及由于印度板块向 NNE 向碰撞挤压所引起的向 SSE 方向蠕散所引起的陆缘扩张造成的；

（3）北西向压扭性构造不是新华夏系的配套构造而是一个独立的构造体系，它是由印度板块向 NNE 向挤压所形成的。

对于后两者，由于它们具有自己特有的构造型式和构造应力场，我建立了两个新的构造体系。为了系统地阐述上述学术思想和观点，我先后在《地质力学学报》上发表了系列文章。此外，在研究方法上，我得益于李四光先生所倡导的“构造筛分”，因而写了“论构造筛分”一文，成文后寄给陈庆宣先生，本是请陈先生批评指正，却被陈先生推荐到《地质力学学报》上发表，在地质力学前辈的教励与指导下，以后又有了用地质力学方法对构造复原和构造预测的研究。

20 世纪 70~80 年代板块构造学理论传入我国后，地质界同行掀起了学习

板块构造学理论的热潮，这是无可非议的，地质力学界应该吸收这一人类最新的理论成果。但与此同时，我国学者自主创新的地质力学却受到冷落。这使我萌生了将地质力学与板块构造学进行比较研究的想法并付诸实践，这要得益于朱夏先生在地质力学低潮时期向国人指出地质力学与板块构造学在学术上的共同点，由此启发我研究它们的不同点，从而有了尔后《地质力学与板块构造学——比较、联系、前瞻》一书的论述与出版，前述在《地质力学学报》上发表的系列论文也被摘录收入该书中。

回顾自己这一生，之所以能和地质力学结下不解之缘，并不是有很多机会接触李四光先生接受教诲——这一辈子只见过李四光先生一面，那是在1950年初，清华、北大的地质系师生在北大地质馆聆听李四光先生的学术讲演：“被歪曲的亚洲大陆”，那时的我还是一个大一的学生，刚走入地质学的大门，对于李先生所讲述的内容，只能说是似懂非懂，以后也没有机会参加地质力学培训班的学习，之所以以后能成为地质力学科技队伍的一员，大概是由于下列这些缘遇：

(1) 20世纪70年代中后期参加全国重点科研项目——第52项全国地质力学编图，任1:50万广东省构造体系图主编。

(2) 在参加52项全国重点项目地质力学编图和参加全国地质力学学术会议过程中受到地质力学前辈张文佑、吴磊伯、陈庆宣、孙殿卿诸先生的专业教诲与指导。

但是，我觉得最重要的还是李先生的伟大人格和他的大陆车阀、地球自转速率变更学术思想体系对我有强烈的吸引力。诚然，和任何学说、假说一样，由于受到那个时代生产力和自然科学技术水平的限制，地质力学也存在需要修改、补充和完善的地方。但是，地质力学是我国科学家自主创新、具有原创性的科学体系。中国地质力学工作者对此理所当然地具有民族自豪感。因此，爱国的地质学工作者在引进和吸收国际地质学先进理论和构造学说的同时，不应该忘记我国学者李四光、张文佑、张伯声、黄汲清、陈国达等对我国区域构造研究所作出的卓越贡献，应该不遗余力地把他们的学术思想、研究成果传承给年青的地质工作者。事实上，尽管地质力学的理论体系在国际上和国内受到冷遇，但是由于它的实用性很强，有关结构面的压、扭、张的鉴别和应用在矿床地质和工程地质研究中照用不误，而有关地台活化——地洼说的学术思想在国际上仍然有很大的影响。

收入这本地质力学文集的论文可分为两大部分：一是我对地质力学理论与研究方法形成与发展之论述；二是运用地质力学理论与方法于中国及其邻区区域构造之解析；并趁这本文集出版之际附录上个人年鉴及与所在科研组参加学

术活动及主要论著目录。前述论著在收入这本集子时未作任何改动，并非这些论述不存在任何需要修改之处，而是因为退休多年已经不了解和掌握当前地学研究及区域地质调查之现状，可说是不知从何改起；与其如此，就不如保持原状，让读者作为一个历史文献来看待和研究。正因为如此，作者非常希望能听到读者的批评和帮助，并致竭诚的谢意。

在这本文集出版之际，除了要深切感谢地质力学前辈吴磊伯、杨开庆、陈庆宣、孙殿卿诸先生之培植提携之恩，还要感谢《地质力学学报》编辑部及崔盛芹教授、邓乃恭研究员对拙文之推荐，感谢同窗学长常印佛院士为本文集作序，以及地质出版社陈磊同志在出版上所给予的方便。同时，借此机会感谢所有在科研及写作中与我合作共事的同行和研究生群体。最后，我深切怀念已故爱妻洪佩芳同志，是她操劳家务，抚育儿女，让我得以专心致志从事学术论著，而她自己却因积劳成疾，过早地离开了人世。

2009 年 12 月于广州康乐园中山大学地球科学系

目 录

序

前 言

地质力学理论的历史渊源、形成的科学背景和发展过程	(1)
地质力学和板块构造学理论与研究方法之比较	(10)
论构造复合	(16)
论构造筛分	(29)
广东莲花山断裂带中、新生代多期复合变形变质带的基本特征及其形成机制的探讨	(40)
雪峰山地区各期区域构造筛分	(52)
构造复原	(69)
华南古特提斯东延问题的探讨	(81)
特提斯构造带和星球级纬向构造体系	(87)
区域性南北向构造带和全球性经向构造体系	(99)
似新华夏式伸展盆海系的基本特征及其形成演化的力学机制	(114)
中国及其西南邻区新生代 NW 向扭动构造体系的成生发展和形成机制	(122)
作者生平年鉴及与所在科研组参加学术活动及主要论著目录	(133)

地质力学理论的历史渊源、形成的科学背景和发展过程^①

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作出了杰出的贡献。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—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。

李四光的地质力学（Geomechanics）理论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），同时认为地球自转速率的变化

① 原文发表于《地质力学与板块构造学——比较·联系·前瞻》，地质出版社，2006，p5~12。

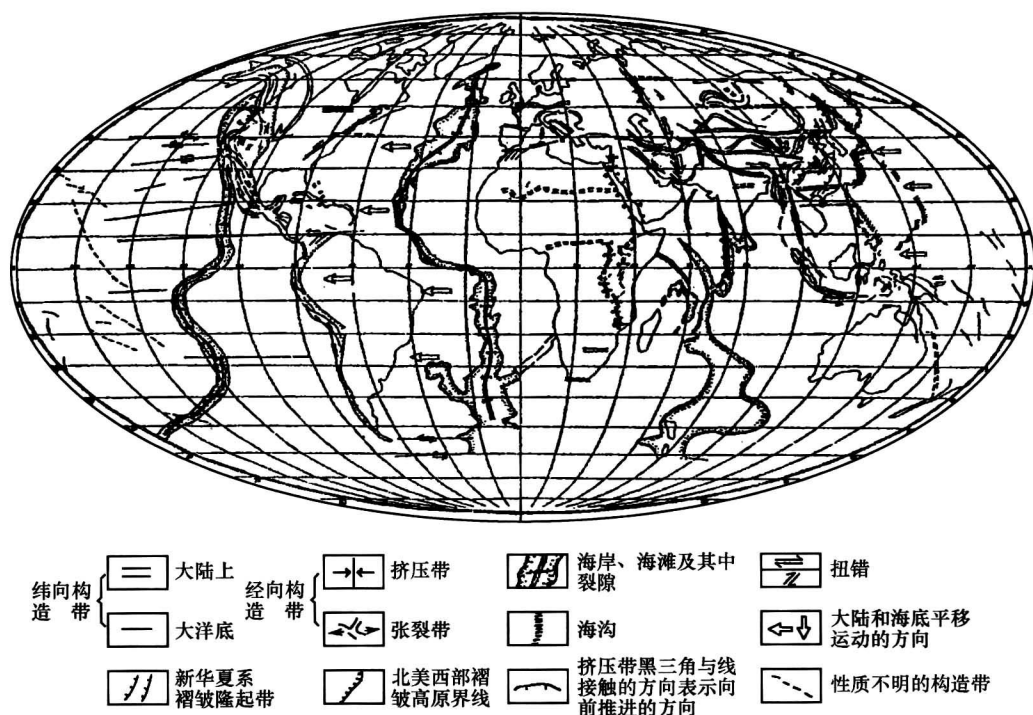


图1 全球构造体系和地壳运动方向

(据李四光, 1973)

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

(After J. S. Lee, 1973)

是地壳发生大规模水平运动的动因（大陆车阀说，详见后述）^[1]。

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^[2]。

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）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^[3]：

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一定刚性和塑性的话，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^[2]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“大陆车阀”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（指大陆车阀说——引者注）不是没有一点实践的基础；但是，这种理论，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构造（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，有时也表现程度不等的塑性反应，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时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 and 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内的争论，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 and 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与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（在这以前已经有把它与地球的自转相联系，李四光创新和前进之处在于把它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^[4]。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^[1]。

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^[1]。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联合力场的要求，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^[1]。

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太平洋底阻挡它们趋向西滑动

时，就有可能在南、北美洲西部边缘发生大规模的褶皱或凹褶。科迪勒拉和安第斯地向斜以及在这两个地向斜中继起的褶皱山脉很可能就是这种作用形成的。由于这种运动在某些趋于向西错动的大陆基底和前面受到阻碍，发生摩擦，又由于大规模较重的岩浆向地球表层侵入或向地壳流出以及由于大规模区域变质等作用的影响，还由于潮汐论者认为这种影响大部分是“弹性”的，地球的角速度又会稍稍变慢。角速度变慢的结果又有可能发生与上述情况类似但方向相反的构造运动。这样，我们可以提出一个简单的推断：即在全球性大规模构造运动发生以前，地球角速度应该在一个时期中逐渐加大，而在大规模构造运动期间及其以后，它的角速度就会显著变小，并且继续变小，直到它的角速度又重新加大。有人认为这样产生的动力，不够强大到把像喜马拉雅、落基山、安第斯那样的山脉抬高到它们所达到的高度。这是把两种造山作用混为一谈。水平推动的力量只是使地壳发生凹褶或褶皱。至于把褶皱的地带抬高起来成为山岳地带的这一现象，是与重力有关的均衡作用的必然结果。……根据上述看法，我们可以说，地壳的构造运动是控制地球自转速度的自动机制……^[1]。

李四光学术思想的第二个长处是他抓住了地质构造的本质，即它的力学本质。虽然传统的构造地质学在分析构造形变时已经运用应变椭球体的应力-应变分析，地质力学分析方法则进一步具体分析各种具有成生（成分和生因）联系的构造形迹的共生组合及其所反映的构造变形场和构造应力场，也就是建立构造型式和构造体系，再由构造体系和构造型式反演地壳运动的程式，再由地壳运动的程式探求地壳运动的力源。这是地质学的反序法在构造地质学中的成功实践。其中心环节是建立构造体系和构造型式，李四光建立了严密的研究工作逻辑步骤，包括野外观察、室内模拟实验、岩石力学研究、数理论证等一整套工作内容和方法。虽然在建立构造系统分析方法的同时，难免同时带来对复杂自然地质现象简单化处理的弊端^[4]，而在实际工作中，也确实有一些同行走上了先入为主模式化的道路，加上受当时测试技术水平和经费的限制，可信度受到怀疑，这也正是在构造学界地质力学所提出的概念和某些构造型式至今未能得到普遍认可的一个重要原因，但它毕竟开创了一条认识地质构造的崭新的道路，而从构造地质学所要解决的科学任务来说，这条道路是终归要走的，这也就是地质力学从长远来说的根本优势所在。不过，科学是不断向前发展的，经典地质力学是李四光根据他生前当时的地质研究事实作出的概括。而在他身后，许多新的地质事实又发现了，如新的构造体系和构造型式，新的构造实体和构造复合关系的发现，要求在理论上作出新的概括。地质力学提出的有些概念本身具有相对性，如果我们不注意这种相对性，把它绝对化也会阻碍地质力学的发展，例如关于构造迁移和构造型式的定向性、定型性和定时性就只具有相对性。众所周知，构造活动的迁移和构造运动的穿时性使构造运动的定时性只具有相对性；而构造型式的定型式也由于边界条件的变化（特别是构造边界形态的变化）、构造发展阶段的变化（萌动期、壮年期和衰亡期）、后期构造的复合改造等而发生变化。正因为如此，马宗晋^[4]指出，构造体系的概念提供了一个对地壳变形进行总体分析的方法，但它的定型、定位、定向性又把复杂的地质现象简单化。当然，本书作者认为构造体系和构造型式的基本概念还是能够成立的，经典地质力学的工作方法也是基本科学的，只是要强调对于如此丰富多彩的地质变化，如果我们不加以注意，就有可能使我们的地质力学研究思维陷于僵化。显然，这对地质力学的发展是极端有害的。

新中国成立前我国是一个长期处于半封建半殖民地地位的国家，在列强的科学技术面前，相当一部分人怀有民族自卑感。20 世纪 80 年代以来，国内构造界掀起了一股追赶国外现代构造地质学先进水平的热潮，其中包括滑脱构造、基底析离、韧性剪切变形、递进变形的研究等。其实国外这些现代构造地质学的新水平和新内容有些在我国 20 世纪 40 年代地质力学创立之初就已经开始研究。众所周知，强调大陆表层对于基底的滑移是李四光一贯的思想，地质力学中构造序次的概念也就是递进变形的概念，岩石力学性质随深度、温压条件的变化而变化的概念早在地质力学创立之初就已经开始研究了……

但是地质力学这些在 20 世纪 40 年代已经提及和开始研究的领域在中国构造地质学的发展过程中，我国并没有因为在这些方面研究比较早而走在前面，相反，却在几十年后反过来还要向国外学习。这其中的原因是值得深究的，当然，尔后我国科学技术的总体水平和国力状况对于我国构造地质学的发展有严重制约也是一个重要的原因。

以上论及我国地质力学的发展过程和可能影响我国地质力学发展的一些因素问题，本书作者丝毫没有想低估我国地质力学几十年来所取得的重要成就和发展，相反应该强调指出的是，在李四光生前指示要开展工作的地质力学研究领域在他身后有了重要的进展，他们都直接或间接地受到李四光学术思想的启迪和传承，如马杏垣、索书田的构造解析学研究，王嘉荫、刘瑞珣的应力矿物研究，谭忠福、熊成云、汤吉方等的复合构造体系及控岩控矿构造研究，沈淑敏、宁崇质等对区域构造的构造应力场和模拟实验的研究，孙岩的断裂构造带的划分和构造地球化学，杨开庆、董树文的动力成岩成矿作用和地壳物质调整研究，吕古贤等的构造超压的物理化学作用的研究，吴磊伯、覃慕陶的构造体系、构造序次控制花岗岩型铀成矿带矿床和矿体研究，崔盛芹的古构造研究，林潜、马醒华的古地磁研究，王小凤、刘瑞珣等的显微构造研究，姜光熹等的 X 光岩组研究，马宗晋的地球构造和动力学的研究，胡海涛、陈庆宣、孙叶、易明初等对活动构造体系、安全岛现今构造应力场、区域稳定性评价和构造预测、地质灾害预报的研究和王成金、吴珍汉、钱维宏等对地球自转动动力作用的研究，等等（上述这些研究成果曾先后以专著或学术论文的形式在《地质力学论丛》《地质力学研究》《地质力学文集》《地质力学学报》等刊物上发表）。

我们还应特别注意到地质力学在为国民经济建设、环境保护、地质灾害防治等与人民生活密切相关的实践领域的优势。由于地质力学侧重具体的构造变形的研究，而构造型式、构造体系的展布及其成生发展规律对于有用矿产的时空展布、工程地基的稳定、地下水的分布、地质灾害等都有着控制的意义，因而系统研究构造体系和构造型式不仅对研究地壳运动有重要的理论意义，而且对指导生产实践有重要的实践意义，更重要的是，在实际工作中具有非常大的可操作性，地质力学工作方法易为从事实际工作的广大地质工作者所运用。许多地质勘测报告仍然大量记录着用地质力学方法所获得的各项工作成果，这正是地质力学有强大生命力的一个佐证。因此，地质力学工作者无论从理论上还是在实际工作中都不应因目前信奉经典地质力学理论观点者不多而气馁，应该看到一门科学能否站得住脚并能不断向前发展，归根结底，取决于这个学科在理论上能解决什么科学问题，在实践上能为国民经济建设、环境保护和生命财产安全带来什么益处。

以上所提到的只是经典地质力学在我国的发展情况。事实上，时至今日，地质力学已经发展成为广义的地质力学或新概念地质力学，其在理论领域和实践领域都有着极其广阔的前景，但这已不是本书所要阐述的范围。