

文章编号: 1006-6616 (2014) 04-0331-08

地质力学的基本特征、成就和问题

刘学清

(北京市地质矿产勘查开发局, 北京 100195)

摘要: 论述了地质力学这一我国独立建立的地质学科形成的背景、基本特征、主要成就和存在问题, 指出: 地质力学是在地质学三大论战, 特别是大陆漂移学说影响下, 独辟蹊径提出的; 地质力学有4个基本特征, 即3个立论依据, 9个基本概念, 7个研究步骤, 4个基本观点(本质的、联系的、发展的和实践的)。全面论述了地质力学10个理论方面、5个技术方法和5个生产实践方面的突出成就。地质力学存在的突出问题: 本质上被裹挟于“固定论”泥潭中, 在认识新发现和接纳新观念上裹足不前; 古构造时期鉴别上存在重大误区, 过分强调了造山带的“长期继承活动”; 深部地质和全球海洋地质研究十分薄弱等。因此, 解放思想、与时俱进和走向全球是它当前3个紧迫任务。

关键词: 地质力学; 立论依据; 构造反转事件; 挤压后效-拉张、断块、均衡造山-成盆统一形成机制

中图分类号: P55

文献标识码: A

在大地构造学整个发展过程中, 始终贯穿着灾变论与均变论、活动论与固定论和水平论与垂直论的三大论战。在三大论战, 特别是大陆漂移学说的影响下, 中国地质学家李四光教授独辟蹊径, 逐渐形成了其独特的学术观点, 创建了一门大地构造学分支学科——地质力学(geomechanics)^[1-2]。地质力学是地质学和力学相结合的一门边缘学科, 它用力学原理研究石圈构造变形和水圈进退规程, 进而探讨地壳构造运动规律、起源, 以及有关生产实践问题。

1 地质力学的研究思路、概念与方法

1.1 研究思路和立论依据^[3]

地质力学的研究思路可以从其立论依据中完全反映出来。它认为:

①任何一种地壳构造运动的正确假说, 必须能够相对圆满地说明客观地质构造现象, 必须不断接受客观地质构造实际(和水圈变化)的严格检验。因此, 地质构造遗迹就成为探讨地壳运动永恒的主题。

②一切地质构造现象都是一定力作用的结果, 它们都有其特定的力学属性和力学本质。因此查明地质构造的力学性质, 反演其构造应力场和外力作用方式, 就成为一条崭新的、正

收稿日期: 2014-08-31

作者简介: 刘学清(1961-), 男, 硕士, 高级工程师, 矿产普查与勘探专业。主要从事区域地质调查, 矿产勘察和城市地质工作; 近年来致力于地质工作信息化研究, 以及地质学史研究。E-mail: dkjlxq@aliyun.com

确的可行途径。

③任何地质构造现象都不是孤立存在的,在它发生和发展的过程中,必有其不可分割的伴侣,成群成带相伴出现的地质构造现象的总体构成统一的构造体系。每一类型的构造体系,可作为一幅应变图像来看待,反映一定方式的地壳运动。

上述论点是地质力学的3个主要立论依据,也是地质力学的3个主要特征。

1.2 基本概念^[3]

在传统地质构造学的基础上,地质力学主要概括出9个基本概念,它包括了6个地质构造及其相互关系的概念,以及3个有关的力学概念,可以把它们分为3组:

第一组是地质构造本身的3个概念,即构造要素(结构要素)、构造地块(包括“块地”和“褶皱带”)和构造体系,被李四光称为地质构造“三重”基本概念,其中构造体系(structural system)是地质力学特有的新概念。需要加以说明的是:它们不是各自独立的“三个”概念,所谓“三重”概念是说它们虽然各有特定的含义,但对同一地质构造遗迹,例如一个“褶皱带”,既可视作为一种“地块”,又可作为一个压性构造要素,甚至构成一个独立的构造体系。这正是地质构造三重基本概念的真谛。地质构造三重基本概念的提出,大大升华了人们对地质构造形迹本质的认识,从而奠定了构造地质学的坚实基础。

第二组是地质构造相互关系的3个概念,即构造级别(structural order)、构造序次(structural generation)及构造复合(compounding of structures)。如果说构造级别象征着“年龄大小”,那么构造序次就象征着“辈份关系”,至于构造复合就是研究同一或不同地质时期、同一或不同构造体系构造成分之间的交接、叠加等复杂关系。

第三组是关于力学方面的3个概念,即岩石力学性质、构造应力场和地壳运动起源有关的动力学问题。

上述9个基本概念作为地质力学的理论核心,构建了地质力学的理论框架。

1.3 工作步骤^[2]

地质力学研究从“反序法”入手,一般遵循7个步骤,即:①鉴定构造形迹的力学性质;②辨别构造形迹的构造序次;③确定构造体系的存在及其展布范围;④划分构造体系的类型;⑤分析构造形迹之间的复合关系;⑥探讨岩石力学性质和各类构造体系的应力作用方式;⑦进行构造模拟实验和建立构造形成与演化模型。这7个步骤并不是严格划分的,实际工作中往往穿插进行、反复实践。

1.4 基本观点

从地质力学的3个立论依据,9个基本概念和7个工作步骤中,可以清晰地看出整个地质力学思想体系中贯串了4个基本观点:①本质的观点(构造要素的力学本质属性),非现象地看问题;②联系的观点(构造体系与构造序次等),非孤立地看问题;③发展的观点(构造序次与构造复合等),非静止地看问题;④实践的观点(立足于客观地质形迹),非先验地看问题。

2 地质力学近百年来取得的突出成就

自20世纪20—40年代正式建立地质力学以来,地质力学在理论和实践方面已取得相当突出的成就。

2.1 理论研究方面的成就

首先,地质力学这一边缘学科的建立,使我国地质学界第一次拥有了属于中国人自己的地质学科。它和传统大地构造学从沉积建造恢复古地理面貌的研究思路完全不同,开辟了一条根据地质构造反演构造应力场的全新途径,具有重大创新精神和开拓性。

其次,与其说地质力学的最大贡献是建立了一门新的地质分支学科,还不如说李四光是最早把力学系统地引入地质科学的第一人,这恰如马克思评价“恩格斯系统地把辩证法引入自然科学”一样,其贡献是巨大的,这使他奠定了“地球动力学”和“水平论”先驱者的历史地位。

第三,对全球挽近构造格局提出了全新认识,诸如确定了横跨洋壳和陆壳的全球纬向和经向构造体系;发现了全球最大的2个严格控制着近代强震发生的活动性歹字型旋扭构造体系;进而建立了全球动力学模型,指出挽近地质时期地壳运动有2个主要方向(向赤道和向西),由它们派生出不平衡扭动;认为“随着地球旋转加快,亚洲站住了,东非、西欧破裂了,美洲落伍了。”^[4]如果限于挽近地质时期(李四光早期论文指“第三纪”^[5]),这些认识无疑是正确的和超前的,至今仍闪烁着耀眼的思想光辉。

第四,全面研究并建立了我国燕山运动以来的构造格架,详细厘定了我国5条等距分布的巨型东西向复杂构造带、南北构造带,由“三隆三拗”组成的中国东部新华夏系,青藏滇缅—印尼歹字型以及一系列山字型构造体系等;进而建立了燕山运动以来中国地壳构造动力学模型,提出自中生代以来,亚洲大陆均衡地向南推挤和不平衡扭动(因东西两侧分别受到太平洋底和印度大陆的阻抗而产生),先后形成了巨型纬向构造带和新华夏系、青藏滇缅—印尼歹字型等一系列规模宏伟的构造体系。大体自新生代以来,无论中国东部和中国西部,都明显发生了“构造反转事件”,确切表明新生代以来,中国动力学模型在“弹性回返”作用下,发生了反转和改变。

第五,在中国区域构造特征、展布规律和成因解析方面,地质力学有许多独到见解,已成为它的重要组成部分和夺目篇章。例如:①揭示了巨型纬向带和新华夏系“三隆三拗”彼此复合,铸就了中国东部山盆构造网络格局,致使新华夏系每个隆起带和每个沉降带都一一被顽强横亘的阴山带和秦岭带截切为3段^[2],并被冠以不同名称;尤其令人称绝的是对于东亚花彩列岛成因的解释,迄今关于东亚岛弧有诸多不同假说,然而没有哪一个能比中国大陆巨型纬向带东延,并成为控制每个岛弧的“结点”这一事实,更具有说服力了。②引用“二长比”^[6]和“工作硬化”2个力学概念,巧妙地解释了新、老华夏系构造的角度差别、隆拗型→褶断型→断裂型的转变、它们与纬向带不同的复合关系,以及单突弧形、S形和积分符号形构造的成因^[7],有论有据,令人折服。③全球弧形构造、环形构造和各种曲线形构造的普遍发现,揭示了扭动和旋扭运动的普遍性,具有全球意义;揭示国内外山字形构造体系的大量存在,并用“横梁弯曲”力学模型给出独到的成因解释,取得满意结果。④把世界屋脊与印尼岛弧,乃至班达海的地质构造联系起来,建立起一个超巨型活动歹字型构造体系,该体系控制着当代8级以上巨震的发生^[8~9];同时,把它和包括圣·安得利亚斯发震断裂在内的北美西部另一个超巨型活动歹字型构造体系相对比,这不仅需要深厚的专业知识基础,还要有足够的胆识。

第六,活动构造体系与活动构造带的研究,取得了一系列突破性成果。①建立了中国活动构造体系格架;发现地质图上所显现的主要构造体系和连续延伸的构造带都是活动构造体系和活动构造带,而地质图本身实际就是一张新构造图。②一切山脉、高原(正地形单元)

和盆地、平原（负地形单元），其形成时期都是很新的，全是中、晚新生代以来形成的。③一切地球物理界面（包括古老的古登堡面和莫霍面等），其界面的形态（如界面上隆和下拗）都是很新的。以上三项就是我们所说的“三新理论”。④提出“安全岛”的新概念，揭示了“安全岛”在地壳稳定性研究和重大工程建设选址中的重大实践意义。

第七，一项相当重要的理论成果，就是提出“挤压后效—拉张、断块、均衡造山—成盆统一形成机制”^[10]。认为早期挤压作用形成“幔隆”和“幔拗”；继之在松弛—拉张作用下，重力均衡导致高山（高原）和盆地以断块形式形成。这一模式具有3个重要特点：①它把多元造山成盆作用诸因素（挤压、松弛—伸展和重力均衡等）纳入统一机制；②用诸多因素主导作用有序转化来解释造山—成盆的演化过程；③将造山、造高原和成盆的整个过程有机地联系起来。与“挤压造山”和“拉张成盆”的传统观念相左，强调造山（正向构造）和成盆（负向构造）相伴而生，并形成于同一动力学过程（不是单一的“挤压体制”或“伸展体制”，而是形成于不同体制的转换过程中）。山脉真正隆升和盆地沉降一样，是在伸展体制下由重力均衡作用而导致的；而早期挤压体制下形成“幔隆”和“幔拗”，是形成山脉和盆地的重要前提。这一模式看法新颖、考虑周全，令人耳目一新。它能够合理地解释秦岭和青藏高原及其相邻盆地总结出来的全部5个构造基本特征，并具有全球普遍意义。

第八，在小型构造方面，有不少重要新发现：提出了“动力薄膜”^[3]（1962年提出，国外学者多年后提出的“滑抹晶体”的概念与此完全相当）、“动力析出”^[3]（1962年提出，即国外学者多年后提出的“压溶构造”，所谓“动力”即“压”，因“溶”而“析出”，二者全然是一回事）、“动力色”、“断裂隐化”、“断层褶皱”、“褶皱平移”、“转动平移”和“派生构造有限性”等一系列新概念。

第九，对跨构造旋回的“超长期继承活动”和“构造继承性为主论”提出严重质疑，诸如超长期“继承性造山带”、超长期“继承性东西复杂构造带”、“多旋回造山带”、“超长期继承性盆地”，以及“长寿断裂”等。明确指出“带的边界”和“盆地边界”都是很新的地质时代形成的，这些“带”和“盆地”必定是很新的。反过来说，如果承认板块活动论，在地质历史演化过程中（尤其是二叠纪以来）各板块（陆块）都发生了巨大的位移和转动，造山带和盆地的地理位置不断发生着重大改变，构造动力和构造应力场自然也随之巨变，超长期继承已完全不可能！

第十，由理论地质力学、石油地质力学、矿田地质力学、工程地质力学、地震地质力学和地貌地质力学等分支学科所组成的学科体系，已经初步形成。

2.2 技术方法和研究领域的成就

地质力学在自身发展过程中，做了许多开拓性工作，并取得令人瞩目的成果。

开创了我国现代地应力测量和断层微量位移测量工作，经不断改进已成功研制出第三代现代地应力测量综合观测仪器，灵敏度和精确度大幅度提高，获得十多项技术专利，成为现代地应力场观测、活动构造研究和地震预报的有力手段^[11]。同时，声发射研究理论上取得突破性进展，发现了“沫录不净现象”，大大修正了经典的“凯塞效应”理论，使多期古应力测量成为可能^[12]。当前我国地应力测量技术稳居世界领先地位；并已初步建成我国现代地应力测量和地震预报台网。

最早把模拟实验引入地质构造研究中。李四光等^[13]所做的扭裂缝构造模拟试验已成为经典；并创造了“气泡法”有限应变测量等新实验方法。经多年实践，构造模拟实验已作

为地质力学研究的重要步骤之一,并取得一系列令人鼓舞的成果^[14]。当今构造模拟实验早已由单一的泥巴实验,发展到实物模拟、物理模拟(如光弹性模拟)和数学模拟三者并举的新阶段,成为地质构造研究不可或缺的重要手段。

最早在国内建立了古地磁和同位素年代学实验室。古地磁在研究磁极极移和大陆漂移以及古地磁地层测年方面的意义已人尽皆知。遗憾的是拟议进行的旋扭构造古地磁测量,由于测量精度和误差等问题,没有取得预期的进展。可喜的是,古地磁测量在厘定我国最古老的元谋猿人地质年代(1700 ± 50 ka)中起到了关键作用。同位素年代学测量首先获得并提出我国最古老地层的地质年龄。

建立了高温高压实验室,开展岩石力学性质系统实验研究工作。

研制成功我国首台“电阻式”地温测量装置(热敏电阻仪),开展现代地温场测量和地热能利用研究。

2.3 生产实践方面的成就

在战略寻找油气方面:①明确战略上“先找油区、再找油田”,以及找油的7个步骤,这与传统的战术上“查生、储、盖”和“打目的层”的找油思路很不相同。②提出“油气动力驱动”和“多级扭动体系控油”(俗称“手巾把理论”)等一系列构造控油理论指导战术找油。李四光曾明确建议按新华体系控油理论,沿第二沉降带松辽、华北、江汉和北部湾的顺序开展战略找油工作,正是按这一安排的先后,依次找到了松辽、华北、江汉和北部湾油田。柴达木盆地的多年实践,确切证实了由雁列构造和反S型构造组成的多级扭动构造控油理论的同时,在盆地北部找到第一个工业油田(冷湖油田)^[15]。在地质力学理论指导下,塔里木盆地北部发现了我国第一个大型古生代海相油气田。

地质力学总结出“构造要素力学性质控矿”、“构造体系多级控矿”、“等距构造控矿”和“构造复合控矿”等一系列构造控矿理论,在指导赣南钨矿、滇中铁矿、豫西钼矿、大冶铁矿等成功的盲矿预测中,取得骄人成果,令人信服。经多年探索,已由“构造控岩控矿”到“动力成岩成矿”,进而建立了“构造控矿-动力成矿系统论”,成为矿田地质力学的3个里程碑,在理论上取得重大进展。对金刚石原生矿成矿理论提出了与传统看法相背的全新认识,强调金刚石主要是在地表爆发时成矿的。古老地台赋矿并不是因其“古老”,而是由于它的“准刚性”,能使地下深部高温高压状态在长途上升过程中不会快速衰减,在近地表时保持有足够的温压,得以爆发成矿。金刚石主要不是在加压过程中,而是在减压过程中形成富矿的。

在地壳稳定性和工程选址方面,以“安全岛”理论为指导,保证三峡大坝、攀枝花钢铁基地、大亚湾核电站、二滩水电站、青藏铁路等一系列重大工程选址取得成功,在保障社会主义建设和建设西南大三线过程中,功不可没。在金川超大型铜镍矿床巷道严重变形攻坚战中,通过现场地应力测量和构造应力场数值模拟,提出了3个关键技术措施,彻底解决了巷道变形问题,一举改变了“抱着金碗要饭吃”的被动局面^[16],获得了国家级重大科技成果特等奖(作为一部分成果)和地质矿产部科技成果一等奖。

关于地震地质和地震预报,地质力学提出了以活动构造体系调查为基础,以地应力观测为中心的综合观测作龙头的地震预报新途径^[17~19]。经力学解析证明,可以通过主应力交汇法预测强震震中,已取得初步成效。率先制定出我国第一部1:100000和1:500000《地震地质工作细则》(1965年3月);并组成了1000多人的3个地震地质大队,按《细则》规定要求,开展了大规模的地震地质和活动构造体系填图工作,开创了一条通过《地震地质填图》

进行活动构造和地震地质调查的新路子,取得了重要成果和经验。后来邓启东等做了《活动断裂带填图》工作,把地震地质填图又向前推进了一步。在深入的活动构造体系调查基础上,邢台地震后,依据构造体系活动“一脉相承”的道理,准确预报了滦县 $M7.1$ 强震;在编图工作中把海城列为 20 年内将发生强震的地区,6 年后预测得到证实。还预报了阳江和泸霍等多起强余震。成功地用“构造活动强度”和“岩石破碎程度”的辩证统一,合理地解释了我国东部华南、华北和东北 3 个地震亚区不同的地震特点及其形成原因,以及构造活动最强的华南,强震何以比华北还少等一系列问题。

地温场与地热能的利用方面,在李四光亲自倡导下,曾建立 2 个试验基地,通过打钻孔进行地热测量研究,并推动了十几个省、市开展地热能开发利用工作,形成了一个热潮。由于地热是取之不尽、用之不绝的清洁能源,在能源匮乏已成为威胁人类生存重大危机的今天,有特殊的重要意义。

3 当前地质力学存在的主要问题

随着地质科学和科学技术的迅猛发展,越来越多的地质现象被揭露,地质力学在吸收新地质发现,包容地质科学进步所产生的新观念方面,力不从心,用一句现代的话来形容,就是没有与时俱进,出现理论发展滞后的局面。主要问题有:

①人们往往注意到地质力学和当前占统治地位的板块理论在“水平论”方面的一致性,却没有敏锐察觉它们在“活动论”和“微活动论”上的根本区别。地质力学认定许多古老构造带永恒的“定向性”和“定位性”,这就意味着地球上诸多巨型地壳块体是“漂而不远,移而不乱”的^[20],因此,从根本上来说地质力学仍被裹挟在“固定论”的泥潭中不能自拔。重新认识客观地质现象,纠正错误理念和过时认识,做一个“彻底的活动论者”,是唯一的正确选择。

②与当前国内整个大地构造学现状相似,构造形迹时代鉴别,特别是构造最初形成时代的鉴别,是十分薄弱的环节。由于指导思想和研究方法的偏颇,往往把“新构造”视为“古构造”;进而错误地认定它们的“长期继承活动性”,导致了理论上的谬误。这正是使地质力学不能“活动”起来的重要原因之一。

③构造体系的概念和定义都十分正确合理,但其内涵过于狭窄,多限于“主压构造线”所组成的一定形状的构造形式。其实按照构造体系的定义理应包括诸如“沟弧盆体系”、“三连点体系”、“洋中脊-转换断层体系”、“推覆-叠瓦构造体系”和“滑覆构造体系”等等,就本质而言,这些由不同性质的地质构造形迹组成的构造体系,同样都反映一定的区域构造应力场状态。另一方面,在鉴定各种构造型式力学成因时,往往忽视了其“多解性”和“单解化”问题,从而导致不少误会和错误。在许多“不确定”和“多解性”的情况下,“不同时代形成”、“力学性质转化”和“构造复合”就成为了理论解释的 3 个“防空洞”,致使问题长期得不到深入解决。

④地质力学是立足于大陆地质的一门学科,缺乏对广阔海域和洋壳的研究,对深部地质的研究则更薄弱,因此还算不得一门真正全球性的学科。

⑤把地球动力起源主要归结为地球自转速率变更,虽然有时也涉及地温场和放射性场作用,但仍有忽视各种场及其间的巨大能量转换关系之嫌。正如李四光教授自己所说,关于地壳运动起源问题还带有很大的假说性质。多年来这方面的研究没有取得多大进展。

⑥总的来看,地质力学已取得重要成就,但其影响还主要在国内,“解放思想”、“与时俱进”和“走向全球”是当前3个紧迫的任务。

参 考 文 献

- [1] 李四光. 地质力学之基础与方法 [M]. 北京: 中华书局, 1947.
LI Si-guang. Basis and method of geomechanics [M]. Beijing: Zhonghua Bookstore, 1947.
- [2] 李四光. 地质力学概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1973.
LI Si-guang. Introduction to geomechanics [M]. Beijing: Science Press, 1973.
- [3] 地球科学大辞典编委会. 地球科学大辞典 (基础学科卷): 地质力学 [M]. 北京: 地质出版社, 2006: 933, 955.
Editorial Committee of Dictionary of Earth Sciences. Dictionary of Earth Sciences (Basic Science): Geomechanics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 933, 955.
- [4] 李四光. 受了歪曲的亚洲大陆 (节要) [J]. 地质论评, 1951, 16 (1): 1~5.
LI Si-guang. The distorted Asian continent [J]. Geological Review, 1951, 16 (1): 1~5.
- [5] 李四光. 地球表面形象变迁之主因 [J]. 中国地质学会志, 1926, 5 (3/4): 209~262.
LI Si-guang. The main reason for the changes of the Earth's surface image [J]. Journal of the Geological Society of Chinese, 1926, 5 (3/4): 209~262.
- [6] 黄庆华. 雁行褶皱构造型式的解析理论及实验的探讨 [J]. 中国科学: A辑, 1974, (5): 492~500.
HUANG Qing-hua. Discussion of theory and experiment for echelon fold structures [J]. Science in China; Series A, 1974, (5): 492~500.
- [7] 邓乃恭. 中生代华夏类型构造和郯庐断裂体系的特征与形成机制 [C] // 构造地质论丛. 北京: 地质出版社, 1984: 33~38.
DENG Nai-gong. Characteristics and evolution mechanism of Mesozoic Huaxia type structure and the Tanlu fault system [C] // Structural geology review. Beijing: Geological Publishing House, 1984: 33~38.
- [8] 徐道一, 孙文鹏. 歹字型构造体系在地震预测中的应用 [J]. 地质力学学报, 2011, 17 (1): 64~73.
XU Dao-yi, SUN Wen-peng. Application of the Eta-type tectonic series suggested by Li Si-guang to earthquake prediction [J]. Journal of Geomechanics, 2011, 17 (1): 64~73.
- [9] 黄相宁. 2006年震情形势分析 [C] // 中国地震预测咨询委员会. 地震预测咨询通讯. 2006: 19.
HUANG Xiang-ning. Analysis of earthquake situation in 2006 [C] // China Advisory Committee on earthquake prediction. Earthquake Prediction Consultation, 2006: 19.
- [10] 邓乃恭, 任希飞. 造山与成盆作用形成于统一的动力学机制 [J]. 地质论评, 1996, 42 (4): 300~303.
DENG Nai-gong, REN Xi-fei. Formation of mountain ranges and basins in a unified dynamic mechanism [J]. Geological Review, 1996, 42 (4): 300~303.
- [11] 彭华, 吴珍汉, 马秀敏. 青藏铁路无人值守地应力综合监测站 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (1): 96~104.
PENG Hua, WU Zhen-han, MA Xiu-min. Unmanned in-situ stress monitoring stations along the Qinghai-Tibet railway [J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12 (1): 96~104.
- [12] 丁原辰, 张大伦. 声发射抹录不净现象在地应力测量中的应用 [J]. 岩石力学与工程学报, 1991, 10 (4): 313~326.
DING Yuan-chen, ZHANG Da-lun. Application of the incomplete erasion phenomenon in acoustic emission activities to the measurement of geostresses [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 1991, 10 (4): 313~326.
- [13] 李四光, 陈庆宣, 李铭德. 扭裂缝之泥浆试验 [J]. 中国地质学会志, 1948, 2: 25~32.
LI Si-guang, CHEN Qing-xuan, LI Ming-de.
- [14] 张文佑, 钟嘉猷. 中国断裂构造体系的发展 [J]. 地质科学, 1977, 12 (3): 197~209.
ZHANG Wen-you, ZHONG Jia-you. On the developments of fracture-systems in China [J]. Scientia Geologica Sinica, 1977, 12 (3): 197~209.
- [15] 孙殿卿, 邓乃恭, 吴佳影, 等. 柴达木盆地雁行排列和反“S”型构造所表现的运动程式 [M]. 北京: 科学出版

社, 1958.

SUN Dian-qing, DENG Nai-gong, WU Jia-ying, et al. Motion pattern of an echelon arrangement and the Reverse 'S' Structure shown in Qaidam Basin [M]. Beijing: Science Press, 1958.

- [16] 廖椿庭. 金川矿区应力测量与构造应力场 [M]. 北京: 地质出版社, 1985.

LIAO Chun-ting. Stress measurement and tectonic stress field in Jinchuan mining area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985.

- [17] 李四光. 关于地震地质工作问题 [J]. 中国地质, 1965, (12): 5~6.

LI Si-guang. On the problems in seismogeological work [J]. Geology in China, 1965, (12): 5~6.

- [18] 李四光. 地震地质 [M]. 北京: 科学出版社, 1973.

LI Si-guang. Seismogeology [M]. Beijing: Science Press, 1973.

- [19] 邓乃恭. 预报地震的新途径——活动构造体系调查和地应力综合观测 [J]. 科学实验, 1978, (2).

DENG Nai-gong. The new methods of earthquake forecast: Investigation of the active tectonic systems and comprehensive stress observation [J]. Science Experiment, 1978, (2).

- [20] 地球科大辞典编委会. 地球科学大辞典 (基础科学卷): 波浪状镶嵌构造说 [M]. 北京: 地质出版社, 2006: 927.

Editorial Committee of Dictionary of Earth Sciences. Dictionary of Earth Sciences (Basic Science): Hypothesis of wave mosaic-like structure [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 927.

CHARACTERISTICS, ACHIEVEMENTS AND PROBLEMS ON GEOMECHANICS

LIU Xue-qing

(Beijing Geology and Mineral Exploration and Development Bureau, Beijing 100195, China)

Abstract: Geomechanics, which is a separate geological discipline, established by our China. Its background, characteristics, achievements are briefly introduced and some problems are proposed as well in this paper. Based on the influence of Geology Three Great Debates, especially for Continental Drift Theory, geomechanics is newly developed four basic characteristics include three theoretical foundations, nine basic concepts, seven research steps, and four basic viewpoints (essential, relevant, developmental, practical viewpoints). The paper discusses some outstanding achievements on the geomechanics, such as ten theoretical aspects, five technique methods, and five practice applications. Finally, some obvious problems are pointed out, for example, the geomechanics falls into "fixed theory" constraints; it refuses to go further because of not adopting new ideas; it overemphasizes the orogenic zone's long-termed succession activities to cause some great mistakes in identification of ancient tectonic periods; it imperfectly resolve some problems of deep geology and global oceanic geology. In a word, the geomechanics only emancipates the mind, advances with the times and faces to the globe could develop further.

Key words: geomechanics; theoretical foundations; structural inversion event; equilibrium orogeny-unified dynamic mechanism of basin formation