

前 言

大地构造学是地球科学中最具挑战性、思维最为活跃、最为引人注目的学科，其理论思想的变更和进步必然引起地球科学的革命。19 世纪是传统地质学形成和发展的时期，建立在矿物学、岩石学、地层古生物学和构造地质学等基础地质学科基础上的地槽地台说成为大地构造学术思想的主流和经典理论，形成了较为完善的理论体系和研究方法，为区域大地构造研究积累了丰富的资料和经验，取得了丰硕的成果。由于人类认识地壳运动最初是从火山、地震和地层褶皱、断裂、不整合面等现象开始的，而且大量的地壳运动记录首先是从地层建造中获取的，因此，历史分析的方法和垂直运动的记录受到优先重视，具有鲜明垂直运动论和大陆固定论的地槽地台说成为 19 世纪最盛行的大地构造学术思想。20 世纪初兴起的大陆漂移说，使水平运动论和活动论正式登上科学舞台。20 世纪 60 年代，海洋地质学、地球物理学和古地磁学几个方面的新成就和新发现，不仅使大陆漂移说在新的形势下复活，而且建立了海底扩张说，为板块构造说的诞生奠定了基础。板块构造说解决了地质学家们百思不得其解的许多地质疑问，引起了地球科学界的一场革命，成为当代大地构造学术潮流的主导思想，并在地球科学的各领域获得广泛的应用，极大地推进了地球科学基本理论的发展。20 世纪 80 年代末以来，岩石圈研究中的全球地学大断面、大陆反射地震、大陆科学钻探及海洋调查等领域取得了令人瞩目的成果，对岩石圈的结构与组成、岩石圈运动学与动力学、大陆岩石圈的形成与演化等一系列问题又有了更新的认识，并提出了地幔柱构造说的学术思想。

中国大地构造学不仅在我国地球科学研究中占有重要的地位，成为综合性很强的全球区域大地构造学的重要组成部分，而且对中国大陆资源的寻找、环境的保护以及灾害的预防也起到了重要的指导作用。20 世纪 60 年代以前，中国大地构造学应用地槽地台说进行区域大地构造特征总结、区域地壳岩石圈发生与发展规律的研究；60~70 年代则基本上是在地质力学指导下开展相

关的研究;80年代开始,随着板块构造说的引进,逐步应用板块构造说来指导中国大地构造的研究。

大地构造学侧重于理论分析与建立,而区域大地构造学侧重于实际资料综合与分析;大地构造学研究需要区域大地构造研究成果的支撑,而区域大地构造学的研究需要大地构造学理论的指导,因此大地构造学和区域大地构造学是两个密不可分的学科。就大地构造学和区域大地构造学的理论体系而言,常见的有五种类型:①以大地构造单元为主线,如北京地质学院区域地质教研室(1963)编写的《中国区域地质》,杨森楠、杨巍然(1985)编写的《中国区域大地构造学》,程裕淇(1994)主编的《中国区域地质概论》,车自成等(2002)编著的《中国及其邻区区域大地构造学》;②以构造演化历史为主线,如黄汲清等(1964)的专著《中国大地构造基本特征——三百万分之一中国大地构造说明书》,黄汲清等(1987)的专著《中国及邻区特提斯海的演化》,王鸿祯等(1994)的专著《中国古大陆边缘中、新元古代及古生代构造演化》,任纪舜等(1980)的专著《中国大地构造及其演变——1:400万中国大地构造简要说明》,任纪舜等(1990)的专著《中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿》,任纪舜等(2000)的专著《从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明》,万天丰(2004)的专著《中国大地构造学纲要》;③以构造模式为主线,如李四光(1973)的专著《地质力学概论》,Condie(1982、1997)的专著《Plate Tectonics and Crustal Evolution》,Van der Pluijm和Marshak(1997)的教材《Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics》,马宗晋等(2003)编著的《地球构造与动力学》;④以构造解析方法为主线,如马文瑛(1992)的专著《区域构造解析——方法理论和中国板块构造》;⑤以大地构造学为总论、区域大地构造学为各论的理论体系,如黄邦强等(1984)的教材《大地构造学基础及中国区域构造纲要》,云全表等(2002)的教材《大地构造学与中国区域地质》。以大地构造单元为主线和以构造演化历史为主线的理论体系,几乎都将大地构造学的内容附属在区域大地构造学之中,这对于全面掌握区域大地构造的特征比较有利,但对于系统掌握大地构造学基本理论和基本概念稍嫌薄弱。以构造模式为主线的理论体系突出了构造模式的特征与形成机制,而以构造解析方法为主线的理论体系有利于初学者掌握研究大地构造学的方法,但两者均难以获得一个地区、以至全国或全球完整构造演化历史的认识。以大地构

造学为总论、区域大地构造学为各论的理论体系，既能保持大地构造学理论的完整性，也能全面分析区域大地构造的特征。

编写本书，首先是从教学出发，为了适应不同层次学生的学习，力求理论系统完整，叙述深入浅出，并尽可能配备插图，以便阅读和理解。考虑到不同的需要，本书编排的内容分十五章。第一章为绪论，论述大地构造学与区域大地构造学的研究内容和研究方法，以及研究历史和现状，为后续章节的论述奠定基础。第二章至第九章为大地构造学的主要内容，包括大地构造学的基本理论、基本概念和基本方法。第二章探讨地球的起源，并从地球内部的圈层结构、地球表层的非对称性和地球构造活动的韵律性着手论述地球的基本特征，这些基本特征即是创立大地构造理论的依据，也是大地构造理论必须能合理解释的地质现象。第三章论述地球动力学的主要假说，这些假说都是依据某些地质事实建立的，并为探索地球动力学机制提供了有益的启示，但它们都不能解释地球的所有地质现象，使地球动力学机制的研究成为当今大地构造的研究热点。第四章至第七章分别论述地槽地台说、板块构造说、地幔柱构造说和我国主要大地构造学派的学术思想。鉴于建立在海洋地质资料基础上的板块构造说是目前大地构造学说的主导学术思想，而建立在大陆地质资料基础上的地槽地台说的部分概念和术语在新的形势下仍被广泛运用，建立在大陆和海洋地质资料基础上的地幔柱构造说正在兴起，本书在重点阐述板块构造说的同时，对地槽地台学说和地幔柱构造说也给予了适量叙述，并对中国主要大地构造学派的学术思想进行了简单介绍。第八章和第九章分别从沉积盆地和造山带角度论述地球两大构造单元的特征，阐述了造山带和沉积盆地的基本理论、基本概念和研究基本方法。第十章至第十五章为中国大地构造学的主要内容，分别以板块构造说为理论基础，以地质演化历史为主线，从构造阶段、构造格局、大陆构造形成与演化、陆内构造变形与影响因素、造山带和沉积盆地的形成与演化等多个角度系统阐述了中国大地构造的宏观特点与演化特征。因此，本书既可以作为大地构造学教材，又可以作为中国大地构造学教材，既可以作为沉积盆地大地构造学的教材，又可以作为造山带地质学的教材。

编写本书的另一个目的是给各类专业人员一般了解或深入研究时提供参考，内容力求新颖，既有实际材料的客观介绍，也有深入的理论分析与一些独立见解。为此，书中选用的素材主要来自《地球科学大辞典》(2006)的有

关键词和近十年出版的专著或教材,主要有郑和荣等(2007)的《天山南北前陆盆地演化及褶皱-冲断带构造样式》、戴俊生(2006)的《构造地质学与大地构造》、陆松年等(2006)的《中国前寒武纪重大地质问题研究:中国西部前寒武纪重大地质事件群及其全球构造意义》、万天丰(2004)的《中国大地构造学纲要》、马宗晋等(2003)的《地球构造与动力学》、车自成等(2002)的《中国及邻区区域大地构造学》、郭华等(2002)的《板内造山带主要构造特征研究:以燕山和大别山造山带为例》、翟光明等(2002)的《板块构造演化与含油气盆地形成和评价》、云金表等(2002)的《大地构造学与中国区域地质学》、张国伟等(2001)的《秦岭造山带与大陆动力学》、田在艺等(1996)的《中国含油气盆地论》和程裕淇(1994)的《中国区域地质概论》等。在此,对上述专著或教材的作者表示衷心的感谢。

本书编写过程中得到了东华理工大学教务处、地球科学与测绘工程学院领导以及教学组老师的关怀和支持,研究生张敏、冀春雨、刘飞宇清绘了本教材的部分图件,东华理工大学教材基金、“矿产普查与勘探”省级重点学科分别为本教材的正式出版提供了部分经费。在此,一并表示衷心的感谢。

本书由巫建华撰写编写提纲和统稿,第一、五至十五章由巫建华编写,第二至四章由刘帅编写。

由于本教科书涉及内容广泛,资料繁多,在内容的取舍上难免有所偏见甚至谬误。加之作者的水平和能力有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

巫建华

二〇〇八年一月二十八日

东华理工大学地球科学与测绘工程学院地质系, 0794-8258266, 13707048531

江西省抚州市学府路56号, 344000

jhwu@ecit.edu.cn

目 次

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 大地构造学	(1)
一、大地构造学的含义	(1)
二、大地构造学的研究内容和方法	(1)
三、大地构造学当前的主要任务	(2)
四、大地构造学的研究简史	(3)
第二节 区域大地构造学	(4)
一、区域大地构造学的内容和研究意义	(5)
二、区域大地构造学的研究方法	(5)
三、中国大地构造的研究简史	(7)
第三节 大地构造学与区域大地构造学的关系	(10)
思考题	(10)
第二章 地球的起源和基本特征	(11)
第一节 地球的起源	(11)
第二节 地球的圈层结构	(14)
一、地壳	(16)
二、地幔	(20)
三、地核	(24)
四、岩石圈	(26)
五、地球分层现象的主要假说	(27)
第三节 地球的非对称性	(27)
一、地球南、北非对称性的证据	(27)
二、地球东、西非对称性的证据	(29)
三、地球非对称性的动力学解释	(30)
第四节 地球构造活动的韵律性	(32)
一、地球韵律性变动的分级	(32)
二、地球构造活动长韵律的证据	(34)
三、地球构造活动长韵律的成因解释	(38)
思考题	(38)

第三章 地球动力学的主要假说	(39)
第一节 地球收缩说	(39)
第二节 地球膨胀说	(40)
第三节 地球脉动说	(41)
第四节 地球自转说	(42)
第五节 重力分异说和重力作用说	(44)
第六节 地幔分异与对流说	(45)
第七节 涌流构造说	(45)
第八节 层块构造热涌说	(46)
第九节 热点-地幔柱说	(47)
第十节 星际作用说	(51)
思考题	(55)
第四章 地槽地台说	(56)
第一节 地槽、地台的基本概念	(56)
一、地槽的概念	(56)
二、地台的概念	(57)
第二节 地槽、地台的基本特征	(58)
一、地槽的主要特征	(59)
二、地台的主要特征	(61)
第三节 地槽、地台的内部构造	(63)
一、地槽的内部构造单元划分	(63)
二、地台的内部构造单元划分	(64)
第四节 地槽、地台的发展	(65)
一、地槽的发展模式	(65)
二、地台的发展阶段	(66)
第五节 与地槽、地台有关的名词概念	(67)
第六节 对地槽地台说的评价	(70)
思考题	(70)
第五章 板块构造说	(71)
第一节 大陆漂移说	(71)
一、大陆漂移说的基本论点	(71)
二、大陆漂移说的主要证据	(72)
第二节 海底扩张说	(76)
一、海底扩张说的基本论点	(76)
二、海底扩张说的主要证据	(76)
第三节 板块构造说	(81)
一、板块构造说的基本论点	(81)

二、板块的划分及其边界类型	(81)
三、威尔逊旋回	(87)
四、板块俯冲和板块碰撞	(88)
五、大陆边缘和火山弧	(90)
六、板块构造说对地槽、地台的解释	(92)
七、板块构造说在大陆遇到的主要问题	(92)
第四节 始板块构造和古板块构造	(95)
一、始板块构造和古板块构造体制	(95)
二、始板块构造和古板块构造的研究方法	(97)
思考题	(99)
第六章 地幔柱构造说	(101)
第一节 地幔柱构造	(101)
一、热地幔柱和冷地幔柱的概念	(102)
二、地幔柱构造体系及其特征	(105)
三、地幔柱构造的多级演化	(107)
第二节 地幔柱构造说与板块构造说的关系	(109)
第三节 地史时期的地幔柱	(111)
第四节 白垩纪中期超地幔柱的地质效应	(113)
一、地磁正极性超时	(113)
二、全球洋壳增生率陡增	(115)
三、古温度升高和海平面上升	(115)
四、黑色页岩沉积和全球石油资源剧增	(115)
五、生物群体灭绝	(116)
思考题	(116)
第七章 中国主要大地构造学派简介	(117)
第一节 地质力学	(117)
一、构造要素与地块	(118)
二、构造体系	(118)
三、构造级序与复合	(119)
四、岩石性质和应力场	(121)
五、地壳运动的动力来源	(122)
第二节 多旋回构造说	(124)
一、多旋回构造的基本特征	(124)
二、多旋回构造的空间分布规律	(125)
三、多旋回构造的原因	(125)
第三节 断块构造说	(126)

一、断裂体系	(127)
二、断块	(128)
三、断裂与断块作用	(129)
四、断块构造运动的驱动力	(130)
第四节 地洼构造说	(131)
一、地洼区	(132)
二、地壳动“定”转化递进律	(132)
三、地幔蠕动说	(133)
第五节 波浪状褶皱构造说	(134)
一、波浪状褶皱构造的组成	(134)
二、波浪状褶皱构造的特征	(137)
三、褶皱构造的形成机制	(137)
思考题	(138)
第八章 沉积盆地及其构造特征	(139)
第一节 基本概念	(139)
一、沉积盆地的概念	(139)
二、沉积盆地的成因机制	(139)
三、盆地的分类	(140)
第二节 主要盆地类型及特征	(141)
一、裂陷构造环境的盆地	(141)
二、聚敛构造环境的盆地	(146)
三、走滑断裂构造环境的盆地	(150)
四、克拉通构造环境的盆地	(153)
第三节 盆地基本构造样式	(154)
一、张性构造样式	(154)
二、挤压构造样式	(155)
三、反转构造样式	(159)
四、扭动构造样式	(160)
思考题	(161)
第九章 造山带及其构造特征	(162)
第一节 基本概念	(162)
一、造山作用、造山带的含义	(162)
二、造山作用存在的标志	(163)
三、造山带研究的主要学术观点	(164)
四、全球造山带的分布	(165)
五、造山带的类型	(167)

第二节 俯冲造山带及其特征	(168)
一、基本组成	(168)
二、主要类型和特征	(169)
第三节 碰撞造山带及其特征	(174)
一、基本组成	(174)
二、主要类型和特征	(174)
第四节 陆内(板内)造山带及其特征	(178)
一、主要特征	(178)
二、主要类型	(180)
三、动力学机制	(180)
四、主要构造样式及其特征	(182)
思考题	(185)
第十章 中国的构造阶段	(186)
第一节 超级大陆和构造大阶段	(186)
一、超级大陆的研究概况	(186)
二、构造大阶段的划分	(190)
三、中国构造大阶段划分的启示	(191)
第二节 构造阶段的划分与命名	(193)
一、构造阶段的划分	(193)
二、构造阶段的命名	(194)
第三节 构造事件的研究方法	(197)
一、构造层的概念	(197)
二、构造事件的研究内容和研究方法	(198)
思考题	(200)
第十一章 中国的大地构造格局	(201)
第一节 自然地理的基本特征	(201)
一、地势的四级阶梯	(201)
二、地貌的东西差异	(202)
三、山川的多向展布	(203)
四、自然地理的十字形格局	(203)
第二节 深层构造的轮廓与特征	(204)
一、深层构造轮廓	(204)
二、稳定陆块深层构造特征	(206)
三、活动带的深层构造特征	(206)
四、深层构造的结构特征	(207)
第三节 断裂系统及其特征	(209)

一、古亚洲断裂系统	(209)
二、特提斯断裂系统	(209)
三、华夏—滨太平洋断裂系统	(209)
四、贺兰—康滇断裂系统	(211)
第四节 大地构造位置与板块构造格局	(211)
一、大地构造位置	(211)
二、板块构造格局	(213)
思考题	(220)
第十二章 中国大陆构造的形成与演化	(221)
第一节 太古代—古元古代构造演化	(221)
一、始太古代—中太古代的构造演化	(222)
二、新太古代的构造演化	(224)
三、古元古代的构造演化	(227)
第二节 中元古代—三叠纪构造演化	(231)
一、中元古代—青白口纪的构造演化	(232)
二、南华纪—早寒武世的构造演化	(237)
三、中寒武世—早泥盆世的构造演化	(238)
四、中泥盆世—早二叠世的构造演化	(240)
五、晚二叠世—晚三叠世的构造演化	(241)
第三节 侏罗纪—第四纪构造演化	(242)
一、特提斯构造域的构造演化	(242)
二、环太平洋构造域的形成演化	(243)
第四节 构造动力体系的联合与复合	(245)
一、构造动力体系的联合	(245)
二、构造动力体系的复合	(245)
思考题	(246)
第十三章 中国大陆构造的变形特征	(247)
第一节 构造变形、构造体系和构造应力场	(247)
一、构造变形	(247)
二、构造体系	(248)
三、构造应力场	(248)
第二节 中国大陆的构造体系	(249)
一、印支构造体系	(249)
二、燕山构造体系	(250)
三、四川构造体系	(252)
四、华北构造体系	(254)

五、喜马拉雅构造体系	(256)
六、新构造体系	(259)
第三节 中国板内构造变形的影响因素及动力学机制	(261)
一、影响因素	(261)
二、动力学机制	(263)
思考题	(265)
第十四章 中国的造山带	(266)
第一节 中国造山带的分布和主要特征	(266)
一、造山带的分布	(266)
二、主要特征	(267)
第二节 天山—兴蒙造山系的形成	(269)
一、天山造山带的形成	(270)
二、其他造山带的形成	(273)
第三节 大—秦—祁—阿—昆造山系的形成	(275)
一、西昆仑造山带的形成	(275)
二、秦岭—大别造山带的形成	(277)
三、其他造山带的形成	(279)
第四节 青藏—滇西造山系的形成	(281)
第五节 华夏—西太平洋造山系的形成	(284)
思考题	(286)
第十五章 中国的沉积盆地	(287)
第一节 沉积盆地的类型和主要特征	(287)
一、沉积盆地的类型	(287)
二、沉积盆地的主要特征	(288)
第二节 不同地质时期的沉积盆地特征	(290)
一、中元古代—新元古代早期	(291)
二、南华纪—三叠纪	(291)
三、侏罗纪—第四纪	(292)
第三节 代表性沉积盆地的特征	(294)
一、塔里木盆地的形成与演化	(294)
二、准噶尔盆地的形成与演化	(301)
三、鄂尔多斯盆地的形成与演化	(306)
四、四川盆地的形成与演化	(311)
五、渤海湾新生代裂谷盆地	(313)
思考题	(316)
主要参考文献	(317)

第一章 绪 论

第一节 大地构造学

一、大地构造学的含义

大地构造学 (Tectonics 或 Geotectonics) 是研究岩石圈组成、结构、运动 (包括变形和变位) 及演化的一门综合性很强的地质学分支学科。一般说来, 大地构造学应该是一门研究整个地球的组成、结构、运动和演化的学科, 但是受技术手段和研究方法的局限, 要实现这个目标, 还要经过很漫长的道路, 目前正在努力之中。目前, 大地构造学是以地质学方法为主来进行研究的, 因此还不能真正研究整个岩石圈, 更不用说整个地球, 实际上重点研究的是大陆地壳表层几千米之内区域的组成、结构、运动和历史演化。近年来, 随着地球物理学和地球化学方法的引入, 大地构造学正在逐渐扩展其研究的深度、广度与时间尺度。

研究地壳形成演化基本动力的大地构造学分支统称为地球动力学 (Geodynamics), 由于地球动力学是各种学说的立论基础, 因而成为当今地质学中最热门的话题。地球动力总的来讲可归结为五大系统, 即重力、膨胀收缩与脉动、地幔分异与对流、地球自转及星际作用等, 它们又可细分为若干个不同的学派或假说, 而且新的学说仍在不断涌现。

由于历史的局限, 不同学者观察分析手段的不同, 分析问题方法的不同, 以致先后提出了以不同地球动力作为自己立论基础的大地构造假说, 如地槽地台说、地质力学、板块构造说、地幔柱构造说等, 其中在地学领域影响最为深远的是地槽地台说 (槽台说) 和板块构造说。槽台说是在长期的大陆地质研究基础上提出来的假说, 20 世纪 60 年代以前在地学界占有绝对的统治地位, 因此被称为经典大地构造理论, 深刻影响了地质学的各个领域; 板块构造学是在海洋地质研究基础上提出来的假说, 它把地幔对流作为动力来源, 主要研究板块间的分裂、漂移、俯冲、碰撞等过程, 是 20 世纪 60 年代以来占主导地位的大地构造学理论。值得一提的是, 地幔柱构造学是针对板块构造说在大陆构造应用中存在的问题基础上提出来的, 创导者认为地幔柱构造学是不同于板块构造学的一种新的全球构造学说, 它既能解决大陆构造的问题也能解决大洋构造的问题。

二、大地构造学的研究内容和方法

大地构造学是一门综合性极强的学科, 可以说是地质学的概括和总结, 主要研究内容和方法可粗略地归纳为四个方面。

1. 变形研究

当前大地构造学的首要任务是对大陆动力学进行研究,以寻求地壳或岩石圈运动的力源问题。研究构造运动,追寻构造运动原因,当然首先是研究构造运动留下的形迹,通过成因研究探讨其形成的力学过程。褶皱、断裂、面理、线理、变质结构与变质矿物等构造形迹的研究,是实现这一目的的主要途径。造山带和盆地则是构造运动留下的更大尺度的构造形迹,它们是地壳运动的综合表现,对它们的成因研究自然也是地球动力学研究的主要任务之一。

地球物理方法也是研究地球动力的重要手段,古地磁方法是研究古板块运动的重要途径,地震、重力、磁法、电法和地热等手段,不仅是现代构造运动定量测量的最有效方法,而且也能为地史时期的构造运动提供许多重要数据。

2. 地质体成因研究

地壳由各类地质体组成,有地层地质体、变质地质体、岩浆岩地质体和火山岩地质体等,这些地质体的形成演化及构造成位过程,几乎包含了地质学的全部内容。近几十年来,特殊沉积作用、变质作用,特殊岩浆岩体、火山岩体的研究成果是近代大地构造学的基本依据。最明显的如蛇绿岩的研究是板块构造学的支柱之一;浊流沉积的发现否定了长期流行的地壳振荡运动之说;人们对下地壳、地幔的认识也是通过对一些地质体的研究逐步提高的。随着地质体成因研究的深入,一些错误的认识得到纠正,新的理论从中诞生。显然,岩石学、地球化学与生物地层学等手段是实现这一目标的主要途径。

3. 壳幔结构和动力学研究

目前能作为我们立论基础的地球动力主要是重力均衡与壳幔分异对流,这就要求我们对壳幔组成和结构做深入研究,方能了解其动力学机理和运动学规律。这方面要求地球物理与地质学、地球化学密切配合,前者是查明其空间分布及性状的惟一途径,后者是了解地球组成及温压状态的主要手段。例如深俯冲可证明表壳岩石能进入地幔深处;地震层析成像技术成果表明,俯冲带和克拉通之下的深地幔中存在高密度地质体,两者都为壳幔对流提供了真实可信的证据,在对地球动力学的认识上迈进了一大步。

4. 地球演化史研究

我们居住的地球是如何演化到今天的,将朝什么方向演化等问题不能不引起人们的关注。早期的地球演化史建立在地层古生物的基础之上,现代的同位素年代学也已成为其重要支柱之一,未来地球演化史研究仍主要依赖于这方面的研究成果。天体科学可能会愈来愈多地为我们提供对比材料,20世纪70年代以来,由于人类实现了登月计划,通过与月壳的对比,人们才对地壳的年龄与形成过程有了比较清楚的认识。近年来,随着对火星表面的研究,人们对原始大气圈等也有了更深入的了解。可以预测,随着宇宙灾变事件和生物大爆发研究的进展,地球演化史的研究将会出现重大变革。

三、大地构造学当前的主要任务

大地构造学当前的主要任务是:全球及大陆动力学研究,为矿产资源、地质灾害和环境评价建立动力学模型。

人类要生存和发展就离不开地球资源,各种资源都赋存在一定的地球动力学背景下。

例如可燃性有机矿产,无论是海相还是陆相,都赋存在稳定下沉的盆地中,这就必定要从盆地基底性质以及它与造山旋回的耦合关系中去寻找规律。我国已发现的含油气盆地,绝大多数都以克拉通地块为基底,显然这是保证其稳定下沉的先决条件;我国盆地的生油生气高峰几乎都毫无例外地从晚三叠世开始,原因可能就是中国大陆上区域性的普遍而强烈的造山作用大都结束于中三叠世末(印支构造事件),此后,多以块断活动为主,且集中于有限的范围内,显然紧接着造山作用之后的构造环境有利于油气的转化与保存。

地壳或地幔深处的金属矿源,由内向外的运移必然与强烈造山作用相伴随,产出位置必定在那些与深部相沟通的地区,或为构造活动强烈的造山带或为克拉通内的深大断裂带。金属物质是从深源岩浆或流体中分异出来的,也需要适当的储集条件和封盖条件,这又要求较为稳定的构造环境,所以紧接着强烈造山作用之后的晚造山作用期也是金属矿产形成的有利时期。

上述这些都要求以全球及大陆动力学作为指导思想。同时,人类赖以生存的地球只有一个,这就要求我们在开发的同时必须精心地保护它。以能源为例,人类目前还离不开地下能源;但从地球演化角度看,有些资源的开发利用可能要尽早停步。例如 CO_2 在大气中含量曾经一度超过 10%,但经数十亿年的演化,绝大部分已以矿物的形式埋入地下,形成今天空气中 CO_2 不超过 0.1% 含量的适宜人类生存的环境,若无止境地开采这些资源,使 CO_2 气体再次回归大气圈,污染后的大气要想恢复根本是不可能的,所以人类必须尽早地停止对这类资源的开发。而直至今日,地球每时每刻都在以 $65 \text{ mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的平均速度向外释放热能,利用或不利用都是如此,可惜这项巨大的不违背地球演化规律的能源尚未得到有效的开发利用。

火山、地震、陷落、崩塌等对人类威胁极大的自然灾害,是地壳运动无法避免的表现形式,只有在掌握其规律的情况下才能有效地预防预报,这也是大陆动力学义不容辞的艰巨任务之一。

四、大地构造学的研究简史

直到 18 世纪后期,大地构造学才逐渐形成一个独立的学科,在此之前,大地构造学思想仅仅限于对一些自然现象的感悟。就其发展阶段而言,可分为 4 个时期(车自成等, 2002)。

1. 感知时期

早在公元前人们就有了海陆变迁的感悟,但直至中世纪及其以前的数千年间,学者们对地质现象的认识还只停留在感性阶段,例如我国《诗经》中的“高岸为谷,深谷为陵”的记载,古埃及和古希腊学者(公元前 500 年前后)从贝壳化石得到的海陆变迁的认识,我国唐宋时期颜真卿(709~784)、沈括(1031~1095)、朱熹(1130~1200)等“沧海桑田”的思想等。

2. 萌芽时期

从 17 世纪中期开始,人们从对孤立地质现象的感悟进入到对地球及山脉形成原因的探讨,但由于资料不足,又受到理论水平的限制,因此大多具有猜测的性质,不过却为近代大地构造理论的产生奠定了基础。笛卡儿(Descartes, 1644)在其名著《哲学原理》—

书中提出,组成地球的粒子按密度大小聚集,从而形成层状结构的地球。莱布尼兹(G. W. Leibnitz)则提出,地球是由发光的熔融体冷却收缩而成的,并认为当海水漏入地下孔穴时,引起水位下降,山脉就是这样形成的。德国学者帕拉斯(P. S. Pallas)对乌拉尔等地的考察后提出了早期的“隆起说”,认为山脉是由于地下扰动引起轴部隆起而成,因而轴部地层陡倾、侧方地层缓倾。18世纪末至19世纪初出现的“水”、“火”之争,以维尔纳(A. G. Werner)为代表的水成论者主张山脉是水中结晶物质长期积累而成,以郝顿(J. Hutton)为代表的火成学派则认为山脉是由于地下岩浆上涌形成的。

3. 历史大地构造学时期

19世纪后半期,霍尔(J. Hall, 1859)和丹纳(J. D. Dana, 1873)通过对沉积岩相、厚度的分析提出地槽理论,修斯(E. Suess, 1885)提出了“地台”的概念。槽台理论的建立使大地构造学开始成为一个独立的研究领域,开创以地层分析的方法研究地球构造发展史的崭新途径。后来,地槽理论又得到舒克特(C. Schuchert, 1923)、施蒂勒(W. H. Stille, 1941)、黄汲清(1945、1962、1977)、凯伊(G. M. Kay, 1955)、别洛乌索夫(B. B. Benoyson, 1954、1978)和哈茵(B. E. Xaini, 1954、1972)等人的发展。虽然这一时期魏格纳(A. L. Wegener, 1912)的“大陆漂移说”影响很大,地质力学在我国也有一定影响,但占统治地位的是槽台学说。关于地球动力问题,虽曾提出收缩、膨胀、变速自转、放射性迁移等假说,但大都侧重对构造特征和构造发展史的研究,地球动力问题尚未引起足够的重视。

4. 地球动力学时期

20世纪50年代中期,英国古地磁学家布莱克特(P. Blackett)及后来的朗康(Runcorn)根据古地磁资料再次提出大陆漂移的可能性,1960年赫斯(H. Hess)提出海底扩张说,1968年勒皮雄(X. Le Pichon)等根据海底扩张、地幔对流的设想提出板块构造说,开创了大地构造研究的新纪元。

这一时期的主要特点是,摆脱了单纯构造发育史的分析,各个大地构造理论都以某种地球动力作为自己的立论基础。例如,板块构造说以地幔对流为主要依据,地质力学以地球变速自转为前提,槽台理论也努力从深层分异与板块运动中去探讨地槽、地台的形成和演化。它们都把某种地球动力制约下的构造运动、岩浆活动和变质作用等作为一个整体来考虑。研究方法上也普遍把地球物理、地球化学的研究与构造研究密切结合起来。由于把地球动力学提高到了一个重要位置,从而大大促进了大地构造理论的发展。

第二节 区域大地构造学

区域大地构造学是大地构造学的基础,而中国大地构造学又是全球区域大地构造学的一个部分。根据研究对象的不同,区域大地构造学可细分为许多学科,如按地壳构造分区开展研究的大洋地质、大陆边缘地质、岛弧地质、克拉通地质、造山带与盆地等分支学科;按地理或行政区划为主要研究对象的东亚地质、非洲地质、北美地质及中国地质等。

一、区域大地构造学的内容和研究意义

区域大地构造学的主要任务是应用大地构造理论来研究区域地质的基本特征,特别是古生代以来的区域大地构造基本特征,揭示其岩石圈形成、发育和演化的基本规律,以及各类地质矿产的成矿规律和分布特征。这就规定了区域大地构造学的具体内容是:

1) 阐述区域岩石圈的组成和结构特征。这是一项综合性的工作,包括区域地层、构造、岩浆岩、变质岩、矿产等几乎所有地质领域的研究。因此在区域大地构造研究中要综合分析某一区域各种地质、地球物理、地球化学等方面的资料,以查明区域岩石圈的物质组成和结构特征。

2) 进行区域大地构造发展阶段的分析。在分析区域资料的基础上,从时间上把各种地质作用联系起来,形成区域构造演化序列,并利用古生物、同位素资料与大区域或全球构造演化阶段进行对比。这是区域动态演化序列的基础工作,只有这样才能历史地分析区域岩石圈在地质历史中组成、结构及各种地质作用的演变与作用过程。

3) 对比分析,进行区域差异性分析。区域大地构造特征的不同是区域差异性的表现。正是这些差异为地球岩石圈演化提供了基本动力。同时岩石圈的差异也是成矿差异的根本原因,不同的岩石圈结构与演化将产生不同的矿产类型及其分布规律。

4) 根据区域构造的具体特征,总结区域大地构造的基本特征,并进一步探索区域大地构造的发生发展规律和地球动力。

从时间与空间上进行区域大地构造分析,认识区域大地构造的构造阶段及划分构造单元,同时在丰富的地质资料基础上与全球构造演化规律进行对比,把它置于更高的高度来分析其形成演化规律和动力学来源。这在理论上具有十分重要的意义。其次全球对比,区域岩石圈时空变化分析,对于成矿规律研究奠定了基础。矿产形成过程仅是区域岩石圈演化的一部分,因此认清岩石圈的演化规律,对在时间上和空间上进行矿产预测具有重要的实践意义。

二、区域大地构造学的研究方法

1. 历史-构造分析法

在大地构造学领域里,各种理论和假说甚多。尽管它们在学术观点和思想体系上有所不同,但都是从岩石圈组成观点或结构观点上来研究大地构造的。岩石圈的组成和结构都是物质运动在一定阶段的表现形式,它们处在不断的运动、变化和发展的过程中,因此从历史发展的观点来分析岩石圈组成和结构是研究大地构造的基本方法。这种方法就是历史-构造分析法或称地质历史分析法。概括起来,就是以各种地质、地球物理、地球化学资料为基础,按地史发展的顺序,探讨不同阶段大地构造发展的特点,着重研究和比较地壳、地幔及各部分构造的发生、发展和转化,找出它们之间的共同性、差异性,阐明它们的运动规律。

岩石圈的组成和结构主要包括岩石建造的成分、性质、类型分布及其在地壳、地幔运动中随着时间和空间的演化所表现出来的各种产状、形态的变化。具体地说,主要包括沉

积特征、岩浆活动、构造变动、变质作用和成矿作用以及地球化学和地球物理资料的综合分析等几个方面：

沉积特征分析 分析沉积组合类型和沉积组合系列，分析岩相—古地理、海侵海退、岩层间接触关系、厚度、古气候、生物地理分区等，从而研究各地质时期沉积区和剥蚀区的分布，各地区之间的构造分异，以及历史上出现过的大规模大陆分裂和碰撞，大洋的扩张和消亡。

岩浆活动分析 分析岩浆活动出现的时间，岩浆岩岩性、产状、活动方式、活动规模、岩石系列顺序等，以了解岩浆活动在时间上和空间上的变化，以及与构造运动的关系，再造消失的海洋，确定不同性质的大陆边缘和大陆裂谷带。

构造变动分析 根据地层之间的接触关系确定各时期构造运动的性质和时间，从构造形态组合特点分析构造运动的强度及当时的动力条件，从变形带分布、走向等方面分析大陆碰撞带的位置、碰撞时间。

变质作用分析 根据变质岩的岩性、分布、时代确定变质岩类型、强度及其形成的构造意义，重塑大陆边缘性质、造山带分布以及地缝合线位置。

成矿作用分析 结合矿产类型、空间分布和成矿时代，研究各种矿产成矿与地质构造之间的关系，指出成矿大地构造条件和找矿方向。

地球物理分析 通过深部地震测深、大地电磁测深、重力、磁力法了解地壳深部物质组成的特征及其结构。古地磁分析对重建大陆位置、了解古大陆大规模的水平运动无疑是十分重要的。岩石同位素年龄测定对研究寒武纪以前地壳演化历史也是必不可少的。

历史—构造分析法是目前区域大地构造研究中最基本的方法。不过，应该指出，在运用历史—构造分析法及上述几方面具体的分析方法时，应把地层分析作为基础，沉积作用、岩浆活动、构造变动、变质作用都要通过与地层的联系把各种地质作用从时间上联系起来，没有地层的分析就没有时间的发展，各种地质作用只能是彼此孤立的，这样也就不能反映出地质构造发展的过程和演化的规律。在运用历史—构造分析法时，还应把构造运动作为主导作用，即从构造运动、构造活动性和构造环境的角度来分析沉积作用、岩浆活动、构造变动、变质作用和成矿作用，如果不是这样，分析就失去灵魂，变成一些资料的堆积。再有，在运用历史—构造分析法时，还应注意地质作用各方面之间的联系，事实上在演化过程中，各种地质作用是一个整体，它们互相制约、互相影响、不可分割。

2. 将今论古法

区域大地构造以岩石圈为研究对象，现代所见的岩石圈的物质响应和结构都经历了长期演变的过程。这些都是人类出现之前地质历史时期发生的事件。在推导过去的构造时，我们经常用现代地壳上所见到的各种地质构造类型和各种地质作用，与地史上保存下来的各种物质记录相比较，从而找出与这些物质记录相应的构造类型，并确定地质历史上这些地壳构造类型演变的规律，这种方法就是历史比较法或将今论古的方法。把地质历史上出现的地槽确定为大陆边缘，把地史上出现的蛇绿岩套确定为洋壳残留体或消减带都是通过历史比较法加以推论的。

当然，我们也应该看到，地球是不断演化的，地壳也是不断发展的，如地壳厚度总体加厚了，壳、幔物质分异更明显了，地壳构造类型更复杂、更多样化了等等，因此现代地壳上的各种构造类型不是地质时期出现过和各种地壳构造类型的简单重复，不能不加区别