



741805

普通高等教育地质矿产类规划教材

区域构造解析

——方法理论和中国板块构造

马文璞 编



地质出版社

ISBN 7-116-00946-9/P·809

定 价： 5.15 元

普通高等教育地质矿产类规划教材

区域构造解析

——方法理论和中国板块构造

马文璞 编

地质出版社

(京)新登字 085 号

该书原系北京大学使用的校内教材,1988年5月经地质矿产部高等学校区域大地构造教学指导委员会推荐作为高等学校正式教材出版。本书由吴正文教授主审;王鸿祯教授翻阅了书稿,并提写了“序”。希望本书的正式出版为促进高等院校、校(系)区域大地构造课的教学起到良好的作用。

普通高等教育
地质矿产类规划教材
区域构造解析
——方法理论和中国板块构造
地质矿产部教材编辑室编辑
马文璞 编

责任编辑:张荣昌 刘亚军

地质出版社出版

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 19.75 插页: 1 页 字数: 468000

1992年5月北京第一版·1992年5月北京第一次印刷

印数: 1—3000册 定价: 5.15元

ISBN 7-116-00946-9/P·809

序

《中国地质》或《中国区域地质》是高等学校的一门高年级综合课程。我国开设这门课始于 50 年代中期,教材出版是 50 年代末、60 年代初。60 年代发生的地学革命,特别是板块构造理论的出现,使区域地质从研究方法到结论表述,都发生了重要变革。但迄今为止,还没有一本以活动论为主导思想的中国地质教材。马文璞同志的新著无疑填补了这方面的空白。

《中国地质》教材的编写可以有不同的方式。可以系统地论述中国区域地质的发展,而将理论、概念和方法贯穿在各个部分。也可以集中讲述理论概念,辅以国内、外的典型例证,然后概述中国的区域构造及其演化。这本书采取的是后一方式。

书中用了较大的篇幅介绍区域地质构造分析的基本方法和原理,在沉积、构造和岩浆活动方面都紧密结合活动论观点,反映了当代最新研究成果和动态。在大陆边缘沉积类型和岩浆类型及其构造部位意义方面,论述明确、选列文献分量适当,对高年级学生、研究生和青年地质工作者都很适宜。这个优点贯穿全书,将使读者受益不浅。

讲述板块理论及其应用的部分篇幅较小,用两章回顾了槽、台学说向活动论的转变及其联系,同时也讲了板块构造的基本内容和观点。然后用三章讲述板块学说进入大陆以后所遇到的主要问题,也是现代板块构造研究的主要方面。第十章标题是《移置地体》。当然,如果没有明显的移置,即不成其为地体。D.G.Howell 最近的专著(1989)命名《可疑(Suspect)地体的构造》。地体概念是板块学说的一个发展,已经发挥了积极作用。但地体的分类尚不成熟,似乎用《移置》或《可疑》概括全部还需加以适当说明。

第三部分概述《中国区域构造及演化》,共为 8 章,是本书的主体部分。除首、尾二章外,以两章论述地台区,三章论述大洋消失后形成的造山带,一章专论环太平洋大陆边缘,分章和选材都是恰当的。

我觉得这本书的优点是既重视了概念、方法,又概述了基本资料,在两方面都反映了新的成果。从教学的观点看,将两者适当分开,是可取的处理方法。作为一本高年级专业教材,它不仅较好地满足了《中国地质》课程的教学需要,对研究生和一般地质工作者也有一定参考价值。

当然,我希望在今后再版时,第三部分能够进一步加强,同时也希望前两部分能增加一些中国的典型例证。作为高年级学生的教材,分量稍大一些,应当是允许的。

我衷心祝贺这本书的出版,并衷心希望在不久的将来能看到它适当扩大的再版。

前 言

本书是为适应理科地质学系有关专业的教学需要编写的。

由于历史的原因,现有的《中国区域地质》教材是按地槽-地台理论或槽-台理论与板块构造学说相结合的基础上编写的,对各构造单位均按固定的框架论述它们在地史期间的演化。可是实际上不同历史阶段的全球构造格局是有很大的变化的,如扬子地台和华南褶皱系的性质差异只存在于早古生代,自泥盆纪起两者共同组成统一的华南地台,晚中生代时它又解体,其东部与华北地台东部共同组成环太平洋活动大陆边缘的一部分。又如喜马拉雅山原是印度地台北部的边缘,来自赤道以南的冈瓦纳大陆,中生代时与藏北地块之间还隔着特提斯洋,青藏高原的出现只是新生代以来的事件。近年来随着国内基础地质研究的迅速进展,使得按板块构造观点整理资料成为可能。

本教材从以下三个方面进行介绍:把区域构造分析的思路和方法系统化,介绍近年来出现的一些新认识,如变质核杂岩和地壳伸展运动、花岗岩的成因分类和区域变质作用的压力-温度-时间轨迹等,其所占分量也大为增强(第一部分1—6章);介绍板块构造理论70年代后期以来在大陆上应用所获得的重要进展(第二部分7—9章)^①;用板块构造理论分析我国及与我国毗邻地区的区域构造(第三部分10—17章)。讲授中强调各构造单元地史期间的相互作用;强调对学生分析思路和基本技能的培养。

本书初稿始编于1973年,1987年增补成现在的样式。近两年根据教学实践又作了全面修订。书中所用资料截至1989年(少量包括1990年)。教材编写得到了中国区域构造课程教学指导委员会的热情支持与帮助。河北地质学院李书庆和长春地质学院葛肖虹提供了自己的讲稿与素材,东海石油公司付骅元、石油规划院殷利甫、地矿部沈阳地质研究所唐克东、黑龙江省第二区调队王莹和北京大学邵济安等提供了未发表的资料,美国田纳西大学刘昂昂帮助改写了第六章。任纪舜、丘元禧、吴正文等提出了重要和有启发性的意见,张荣昌在本书编辑过程中给予了帮助,在此一并致以深切的感谢。本书附图由徐筠清绘,图片由薛佳和周春元复制。

本书涉及对我国大地构造性质和演化的理论概括,其水平既与我国基础地质的总体研究程度有关,更受编者素质的制约。教材编写过程中,深感地球科学各分支学科迅猛发展与编者水平差距所带来的概括上的困难。新的写法也必然会带来新的矛盾和问题,所以热诚希望读者提出批评与改进意见,使之能日臻完善。

编 者

1990年10月

^① 该书第二部分原为六章,为适应教学要求,删掉了“岩石圈的构造分层和多层次拆离”、“移置地体”和“现代洋底成矿作用”三章

目 录

导 论	(1)
-----------	-----

第一部分 区域构造分析的方法学原理

第一章 岩相迁移和地层的穿时性	(6)
岩相分析	(6)
古地理再造	(10)
相的迁移	(16)
穿时普遍性原理与地层对比	(20)
第二章 拗陷与抬升的动力学	(23)
经典厚度法的基本原理	(23)
被动大陆边缘的构造拗陷曲线	(25)
构造运动面分析	(28)
上升运动的时间和幅度	(31)
构造旋回和褶皱幕	(33)
第三章 地史期间的水平运动	(37)
露头规模应变量的估算	(37)
走向滑移运动和构造逸脱	(38)
(一) 走滑断层的调节和转换性质	(39)
(二) 走滑断层位移量的估算和形变历史的恢复	(40)
(三) 地块滑移	(43)
(四) 拉分盆地	(43)
倾向滑移运动——逆冲和推覆构造	(46)
(一) 机制	(46)
(二) 类型	(47)
(三) 冲断顺序	(50)
(四) 前陆盆地	(52)
倾向滑移运动——正断层和其他伸展构造	(54)
(一) 正断层及其位移效应	(54)
(二) 变质核杂岩和低角度拆离系	(56)
(三) 褶皱层	(59)
(四) 断陷盆地	(59)
识别古平移运动的其他形迹	(60)
第四章 沉积组合与地球动力学环境	(62)
被动大陆边缘	(62)
(一) 形态与结构	(62)

(二) 演化	(65)
(三) 古被动大陆边缘的识别	(66)
活动大陆边缘	(68)
(一) 形态与结构	(68)
(二) 混杂堆积	(72)
(三) 复理石	(76)
(四) 磨拉石	(82)
板块内部沉积组合	(84)
第五章 岩浆活动的构造信息	(86)
岩浆熔融幕与构造事件	(86)
火山岩的岩石化学类型	(88)
蛇绿岩系	(94)
花岗岩系	(100)
第六章 造山带的变形和变质作用	(109)
区域变质相	(109)
区域变质作用中的压力类型与双变质带	(113)
区域变质作用中的压力-温度-时间轨迹	(118)
区域变质作用与造山形变	(121)

第二部分 全球块板构造理论及其在大陆地质研究中的应用

第七章 经典地槽-地台学说的回顾和评述	(126)
地槽及其演化	(127)
地台及其演化	(129)
地槽与地台的相互作用	(131)
评 述	(132)
第八章 活动论思路的发展和七十年代的板块构造理论	(136)
先驱者们的足迹	(136)
岩石圈板块的划分、运动学和边界类型	(140)
(一) 岩石圈板块的划分和边界类型	(140)
(二) 板块的运动	(142)
(三) 大洋演化	(145)
板块构造理论的近期发展	(146)
第九章 大陆碰撞构造	(151)
印度-欧亚大陆碰撞及其效应	(151)
碰撞变形和大陆碰撞带的结构	(158)
化石碰撞带的识别	(162)

第三部分 中国区域构造及其演化概况

第十章 中国区域构造轮廓	(168)
---------------------------	-------

现代形迹和组成的不均一性.....	(168)
(一) 全国地势基本特征.....	(168)
(二) 地球物理场.....	(170)
全球构造背景和阶段变化.....	(174)
全国构造区划.....	(176)
第十一章 华北地台和塔里木地台	(180)
华北地台.....	(180)
(一) 地球早期历史与华北陆块基底岩系.....	(180)
(二) 华北地台的盖层演化阶段.....	(190)
(三) 归纳.....	(193)
塔里木地台.....	(195)
第十二章 扬子地台、华南褶皱系和南海-印支地台	(201)
扬子地台.....	(201)
(一) 地台基底.....	(202)
(二) 地台盖层演化阶段.....	(205)
华南褶皱系.....	(208)
南海-印支地台和华夏古陆问题.....	(211)
华南地台晚古生代的裂陷作用.....	(213)
归纳.....	(217)
第十三章 古蒙古洋——天山-兴蒙褶皱系	(222)
额尔古纳褶皱带.....	(223)
阿尔泰褶皱带.....	(224)
斋桑-额尔齐斯褶皱带和准噶尔地块.....	(226)
天山褶皱带.....	(229)
兴安岭褶皱带和布列亚-佳木斯地块.....	(233)
内蒙褶皱带.....	(236)
归纳.....	(239)
第十四章 古西域洋——秦祁昆仑褶皱系	(242)
秦岭-大别褶皱带.....	(242)
(一) 华北地台南部大陆边缘.....	(243)
(二) 扬子地台北部大陆边缘.....	(245)
(三) 对接带.....	(246)
(四) 中间地块.....	(246)
祁连山褶皱带.....	(250)
柴达木地块.....	(254)
昆仑褶皱带.....	(257)
(一) 东昆仑段.....	(257)
(二) 西昆仑段.....	(258)
归纳.....	(259)
第十五章 特提斯洋——滇藏褶皱系	(262)

巴颜喀拉褶皱带和右江褶皱带	(263)
(一) 巴颜喀拉褶皱带	(263)
(二) 右江褶皱带	(264)
羌塘、昌都和保山陆块	(265)
拉萨-腾冲陆块	(268)
印度地台北部陆缘和雅鲁藏布缝合带	(270)
归纳	(274)
第十六章 西太平洋活动大陆边缘的形成和演化	(279)
乌苏里褶皱带	(280)
台湾褶皱带	(283)
(一) 地质记录	(284)
(二) 板块构造和演化	(286)
亚洲大陆边缘火山-深成岩带和板内构造变形	(288)
(一) 大陆边缘火山-深成岩带	(289)
(二) 弧后裂陷盆地	(290)
(三) 大陆内部的薄皮拆离构造	(291)
我国东部新生代边缘海和陆内裂陷盆地	(295)
(一) 渤海-华北盆地	(296)
(二) 南黄海-苏北盆地	(297)
(三) 东海盆地	(298)
(四) 南海盆地	(300)
归纳	(302)
第十七章 中国区域构造特征	(305)

导 论

自然科学的不同分支因研究对象不同而有自己的工作思路和方法。与其他技术学科相比,以研究岩石圈的运动和演化作为主要内容的大地构造和区域地质学认识性质上具有下述四个特点:

历史性 地球已有 4.6Ga 的漫长历史,从这个意义上说,地质学也属于历史科学,与人类史、天体史相并列。地质学的困难在于其历史的绝大部分是在人类出现以前。“地质学按其性质来说主要是研究那些不但我们没有经历过,而且任何人也都没有经历过的过程”(恩格斯,1877)。

作用的缓慢与多因素 地质作用不仅与分秒内完成的核反应、化学反应不同,而且也比生物学上的农作物栽培、果蝇实验等周期长得无可比拟。现已了解,像房山花岗岩闪长岩这样一个小岩体从侵入到固结,延续时间在三百萬年以上,因此我们不能通过直接观察事件的全过程来判断现象间的因果联系。地质作用的多因素又使得实验室模拟产生很大的困难。

研究对象庞大、不均一,而观察范围又很局限 人们把这一点形象地比喻为瞎子摸象。按现代技术条件,即使把金伯利岩的生成深度也包括在内,人类能直接观察的部分也还不到地球半径的百分之一。地质学早期维尔纳水成论的错误就在于不顾条件变化,无限制外推在局部本来是正确的结论。

认识上的反演 地质学与多数技术科学不同,它不是根据原因得出结果,而是反过来根据产物来再现过程和原因。地质工作者所赖以进行工作的既不是文字史料,也不是秦砖汉瓦,而是地壳几十亿年来形成的各类地质体。这是一部真正的“石头记”,它是如此庞大而凌乱,而且很多部分已被侵蚀、变质等作用破坏,还有些部分被深埋在地下和水下,地表能见到的部分还常叠加有后期变动的烙印。犹如一本残缺不全、页码散乱的书,在这种情况下,单纯靠识字本领想看懂这部书显然是不行的。

资 料 来 源

如上所述,我们的所有结论从根本上说都是来自对地质体的分析。在地质工作者的眼中,这些地质体不再是另散的岩石露头,而成为地壳演化连续记录的有机组成部分。我们的任务在于识别出它们形成的地球动力学环境,并追索其演化轮廓。只有当主要的历史事件已被整理成顺序发展的过程,而不再是一堆孤立的另散片断时,这些事实才具有其科学意义。

“岩石记录”所能提供的信息极为丰富。沉积岩在地表条件下生成,它的物理性质和所含生物组合对自然环境反应灵敏,可据以恢复生成时的气候、地形、甚至水流方向和优势风向,再加上地层叠覆所提供的顺序信息和在地表的广泛分布,从而构成地质历史记录的主体;所有的岩浆岩都源自深处,从而提供了人类尚不能到达的上地幔和下地壳的物理

结构和化学组分等资料。变质岩是沉积岩、岩浆岩或原有变质岩遭受改造的产物，它提供了岩石形成以后的环境变化。事实上任一地质体在形成以后都会刻印上后期事件所叠加的烙印，如沉积岩层的被侵蚀、褶皱、以及叠加上的各种构造线理和面理；深成岩的片理化，前进和退化变质作用等。人们习惯于把前一阶段称之为建造，后一阶段称之为改造。它们分别反映了地质体生成时期和形成以后的环境和变化。对一个具体地质体来说，这样的划分是明确的，但就整体看，一个地区的地质体在遭受改造的同时，在另一地区新的地质体却正在建造中，在任何地质时期两者都不能截然分开。构造运动对沉积作用的控制除了决定侵蚀和堆积区总的空间格局以外，还表现在把不断变化的构造状态刻印在依次生成的地层上面。对于岩浆岩和变质岩来说，原则上也一样。我们的任务就在于正确识别各类形迹所代表的地质意义，并善于从孤立而静止的岩石露头中恢复出整体的动态演化。显然，对基本地质作用的深刻理解和方法学原理的掌握对完成上述任务是不可缺少的。

从历史上看，人类对于地球的认识最初主要来自对地壳本身的研究，这样就产生了地质学和它的众多分支，如地层古生物学、岩石学、构造地质学等。随着其它技术的发展及其在地球科学中的引进，地质学家们发现除可直接观察到的部分外，地质体的物理和化学性质也可提供大量有价值的信息。我们目前关于地球内部的知识实质上就来自地震和重力探测。在古地球动力学环境的鉴别中，岩石化学资料往往可提供决定性判据。从事区域地质工作的人皆应具有这些方面的素养。

在学校中古生物、地层、地史学；结晶、矿物、岩石学；构造地质学等课程是分别开设的，但在自然界各类地质体连同叠加于其上的构造样式总是成一定组合产出。中国区域地质学为这种自然组合提供了极为丰富的例证。通过这门课的学习，一方面融会贯通来自地质学各分支的资料、方法和理论；另一方面也为今后的实践奠定坚实的基础，从这个角度来说，本课程应属于地质学中的“上层建筑”。

认识过程

里丁(1978)在《沉积环境和相》中指出，把沉积过程和相应的沉积产物匹配起来往往是困难的。在现代环境里，各种过程可以从容地研究和测量，但对各种过程的结果却难于收集；对反映古代环境的地层组分和结构构造的观察和追索并不困难，但对产生这些形迹的各种过程却不能直接测定。沉积学的一个基本目标是缩小现代过程和过去产物之间的缺口。这种观念比较具体地反映了地质学认识过程的一些特点。

喜马拉雅山脉是世界上正在上升着的最年青山系。横切山脉的深切峡谷、山脉两侧河流阶地和夷平面的背向掀斜，以及大地水准测量等只说明了地壳运动造成的现状，而无法回答山系上升的历史。山系的上升是通过锡瓦利克群同造山期的磨拉石层序和岩性的研究而恢复出来的（见本书第二章）。喜马拉雅山以北西藏高原一侧新生代海相地层的消失时间、各山间盆地不同时代生物化石与现代同类生物分布高度的差异，以及古岩溶发育的分层现象又从不同侧面验证并补充了这一运动的细节。青藏高原的深部结构和震源机制解等地球物理手段把山系的隆升与印度与欧亚大陆的碰撞联系起来。从这个实例可以看出，区域地质中的判断是从似无关连的不同领域的现象中概括出来的。每一类现象都有自己的因果联系和演化规律，它们都从不同角度提供了独立的系列证据。显然对于各类地质现象间

的相互关系了解得越深,所能获得的本质信息也就越多。重要的不仅在于对现象进行观察,还在于从整体和联系的角度对它们深入分析,进行理论思维。有些地质报告只限于系统的描述。这样尽管拥有非常丰富的第一性资料,但由于缺乏深入的分析和联系,也难以得出恰当的运动学和动力学结论。

模式是舍弃了偶然和枝节事件后对某一地质过程的理想化解释。它突出了事物发展的基本环节。事实上多数模式最初也都是来自对特定地区的较深入研究。如 Pearce (1975) 根据塞浦路斯特罗多斯岩体的工作,提出了用微量元素识别玄武岩的构造环境的模式。正确的做法是用模式指导认识深入,再依据这种实践去检验和丰富模式,而不是反过来用模式代替对复杂现象的研究。因为后一种方式无论对工作本身,还是对模式的完善都是不利的。从认识过程的角度看,往往反映出已有的资料与所引证的模式之间还缺乏某些环节。

识 别 规 则

所谓识别规则指的是用什么标准把所观察到的地质现象与它所代表的环境和这一环境的动态演化对应起来。一百五十年前莱伊尔在《地质学原理》中提出“今天是理解过去的钥匙”这个著名的“将今论古”原则。从实质上说,我们今天仍然遵循着这一现实主义原则。

现实主义原则在驱除宗教在地质学中的影响,使之成为科学;在组织当时的经验知识,使之成为完整的体系方面都起过杰出的历史作用。但这一原则同时又存在严重的缺陷。正如恩格斯(1873)所指出的:“莱伊尔观点的缺陷在于,他认为在地球上起作用的各种力是不变的,无论在质或量上都是不变的”。

一百多年来的无数科学实践表明,地球数十亿年的历史是一个不可逆的前进运动。它几乎表现在地球演化的所有主要方面:

——主要由于地幔的脱气作用,大气圈和水圈以及随之而来的外动力地质作用都是历史中的产物,而不是地球生来就有的。地球早期大气圈富含氢、甲烷和氨,其成分类似于今天的外行星。游离氧的大量出现是地球生成后二十多亿年的事情。水圈成分及沉积类型也应有自己相应的随时间演变的历史。

——放射性元素的蜕变说明地球的同位素组成也随时间而变,这就导致地球热状态的不可逆演化。地球早期的热产量比现在要大四、五倍,加上陨石撞击等因素,当时地表处于极不稳定的高温环境,岩浆可以在地面上直接生成。这样,内动力地质作用,从特定的岩浆建造到变质和形变类型也是发展的。同样的基性熔岩,地球早期生成的科马提岩和后来的玄武岩无论在组分、结构、构造和物理性质上都有区别。

——生物从无到有,从低级到高级的不可逆演化以及它对地质过程越来越大的影响和干预。七十年代末在深洋底黑暗世界中发现独特的生物群落,揭示出除光合作用机制外,还存在化学合成机制,从而为探索生命起源开辟了新的途径。

——天文因素导致的地球物理场的演化。如由于月、地距离在四十多亿年中从最初的两万公里增大到目前的 384000 km,地球自转速度及相应的朔、望月天数也随时间递减。远古时期由于月、地距离近,巨大的引潮力所造成的宽阔大陆架就成为当时的特点。重力加速度在地史期间也是有变化的。

这些因素是同时起作用的，彼此又相互影响，综合起来可以说地球的面貌过去和现在应该是大不一样的，青山绿水只是最近三、四亿年植物大规模登陆以后才出现的。可以设想，地球的发展在时间上曾经历过几个阶段，每个阶段起支配因素的主导地质作用可能是不相同的。各阶段的演化也不是均匀的量变，而不断插入由事件地层标示出来的灾变。主要依据古生代的资料概况出来的经典地槽-地台理论在当时的科学技术水平上应该说是正确的。泛地槽和泛地台说的错误在认识论上的根源就在于把从古生代这个很短的历史片断中得来的规律性认识，不顾条件变化，无限制地外推到地球的全部历史中去，在于机械的“均变论”。

时间和空间的统一

地球历史悠久，绝大部分又发生在人类出现以前，如何去进行类比呢？天文学的研究在这方面提供了极好的借鉴。宇宙是如此广阔，以致人类难于到达那怕是离我们最近的其他星系；它的历史又是如此长久，远比地球要长得多。那么有关天体演化的认识是怎么得出来的？这里一个重要的思路是，既然宇宙有个发生发展的过程，空间上无限多个天体就应该包含这些天体连续演化系列的各个阶段。这就是德莱柏在一个世纪以前就概括出的一句名言：“无限空间内的无限宇宙导致无限时间内宇宙的连续更替”。把它应用在地学上，地球表面的各种地貌景观和地球动力学环境，如大洋和边缘海，大陆山系和洋内岛弧等就不再只是空间上的并列关系，而且还存在前后相继的历史渊源，也就是说，大自然本身就提供了各演化阶段的原型。有关大洋演化的威尔逊旋回就是这一原则应用的成功实例。

建国四十年来，区域地质工作和其他方面一样，也取得了极其巨大的成就。我国的辽阔领域已进行了不同比例尺的系统区域地质调查，大量的实际资料已经积累起来，并出版了大量的优秀成果。但总起来看我们用以整理这些资料的方法还是相对简陋的。近十几年来国际上出现的一些新成果和新方法在国内尚未得到广泛的应用；日益丰富的资料与用来整理这些资料的老一套工作原理之间的矛盾已很明显。有鉴于此，本书用了较多的篇幅从现代理论角度重新整理了经典的区域地质分析方法学原理，介绍了七十年代后期板块构造理论在大陆应用以来在古地球动力学环境鉴别和深部探测的若干新进展。本书的中国区域地质部分则是上述观点与实际资料相结合的尝试。本书所使用的术语都是前人所通用的，在第一次出现时加以解释，所以不再集中介绍。书中所提地名都以地图集为准，阅读时最好与相应地区的地图对照，以提供文字叙述的空间与方位关系。为便于追踪，每章后面都列出少量有价值的补充读物。

补充读物

贝弗里奇, W. r. B., 1984, 科学研究的艺术, 科学出版社

尼古拉也夫, H. И., 1958, 关于地槽学说的几个问题, 地质专辑, 第9辑, 52—77页, 地质出版社

里丁 H. G., 1985, 沉积环境和相, 绪论, 科学出版社

恩格斯, 1966, 《马克思恩格斯选集》, 第三卷, 《自然辩证法》, 人民出版社

都城秋穗等, 1986, 造山运动, 71—82页, 科学出版社

Drake, C. L., 1981, Geodynamics—Where are we and what lies ahead? Science 213, 15—22

第一部分 区域构造分析

的方法学原理

我们所在的地球是一个生气勃勃的星球，自形成以来其内、外动力地质作用就从未停止过。它一方面破坏或改造了原有的地质体；另一方面又创造了新地质体形成的条件。现代地貌景观就是这些作用的综合结果。我们对地史期间地壳运动的恢复主要来自对地质记录的研究，具体的研究方法既取决于社会总的科技发展水平，也与当时占优势的理论有关。本世纪前半叶，地槽-地台理论占主导地位，它强调地壳的垂直运动，从而使查明拗陷和上升运动范围、幅度和速度的经典方法迅速成熟。六十年代以来，随着海底扩展假说的出现，依据洋底磁异常条带和震源机制解等地球物理手段，确定板块水平位移的方法很快发展了起来。随着测试技术的进步，根据岩浆岩的岩石化学和稳定同位素特点探索它们的源地、构造环境和侵位机制的手段在七十年代也获得广泛应用。从而进入目前各种手段综合运用、相互检验的阶段。但过去使用的方法并未因新方法的出现而失去自己的光彩，因为它们在区域地质分析中各自说明不同的问题，应力求将它们结合起来。随着技术装备的发展，各种地球物理手段在深部地质研究中得到了越来越广泛的应用，并派生出地震地层学、磁地层学等边缘学科，使之与地球化学、遥感地质等共同成为地球科学的新的分支。考虑到课程之间的分工，本书只限于地质学方法的介绍。

第一章 岩相迁移和地层的穿时性

利用沉积记录分析地史期间的海盆和已被夷平的山岳,确定它们的范围和形态,恢复当时的气候条件、生物群落,甚至推断优势风向或洋流系统等,这些都属于古地理再造。这是区域地质分析的出发点。如果把地壳的地质发展史比拟为一部电影,那么这部电影胶卷的每一格画面就是由顺序变化的古地理面貌所组成。沉积矿产的出现阶段和空间部位严格地受古地理环境的限制。如大型铝土矿与湿热气候条件下的红土型风化壳有关;盐类矿床是蒸发量超过补给量的干旱气候带的产物。此外,磷、煤等沉积矿产也都是古地理再造的重要标志。

岩 相 分 析

岩相分析的基本内容及岩相类型划分在有关教材中已作了系统的论述。近年来岩相研究的进展主要表现在对深海和远洋沉积的认识上,其成果不仅有助于更加确切地鉴别陆地上的古深海沉积,而且还导致现代理论地层学一些重要概念的修正。

由于远离陆地,其间又有深海沟和岛弧等屏障阻止陆源物质的进入,本世纪六十年代以前,一般认为远洋沉积主要是由生活在上部水层中的超微生物,如翼足类、硅藻等的遗体、直径不大于 $5\mu\text{m}$ 的风成粘土、火山灰及宇宙尘埃、鲨鱼牙齿等物质组成。被形容成一粒一粒的沉积作用。但是六十年代以来系统大洋探测所获得的丰硕成果已从根本上改变了上述看法。按照新的认识,远洋沉积有两种成因类型:一种为垂向加积产物,如刚才提到的深海软泥、锰结核等,它们代表大洋本身所固有的缓慢堆积作用;另一种为再沉积成因的重力流堆积。其中相当一部分源自浅水地区,是一种外来的、相对快速的灾变性侧向加积,如油积岩。深海平原的平坦底形就是由它们塑造出来的。

垂向加积型的远洋沉积作用主要受两个因素控制:方解石补偿深度(CCD)和表层水的肥度。前者代表碳酸盐溶解速率和供给速率的动态平衡位置,一般在水深4 km,依所在纬度及时代有一定的变化。由有孔虫等微体和超微生物方解石骨骼组成的钙质软泥只出现在这一深度以上,向下则为放射虫等生物组成的硅质软泥或红色粘土所取代。在东太平洋中脊3870—3950 m深度间,由于碳酸盐的溶解度成百倍的增大,岩相的变化是相当突然的。表层水的肥度与生物产量有关,赤道区以高有机产率为特征,那里生物成因的碳酸盐和硅酸的补给速度增高而导致方解石补偿深度下降,钙质软泥的堆积速度又较其他类型的软泥要高出一个量级,从而使得赤道沉积物成凸透镜状增厚。查明这些增厚沉积物的年代和位置,可推算出板块运动的方向和速率(图1—1)。这就是所谓的“板块地层学”(Berger, 1974)。在大洋中的贫瘠地区,由于生物稀少,堆积物质主要源于风积、火山灰和宇宙尘等红色粘土。已查明撒哈拉沙漠就是大西洋深渊中的粘土供应基地;非洲的尘暴物质可以追索到加勒比海。在亚极地地区,冰携岩屑成了远洋沉积的重要补充,这些在岩相分析中都可提供重要的环境信息。

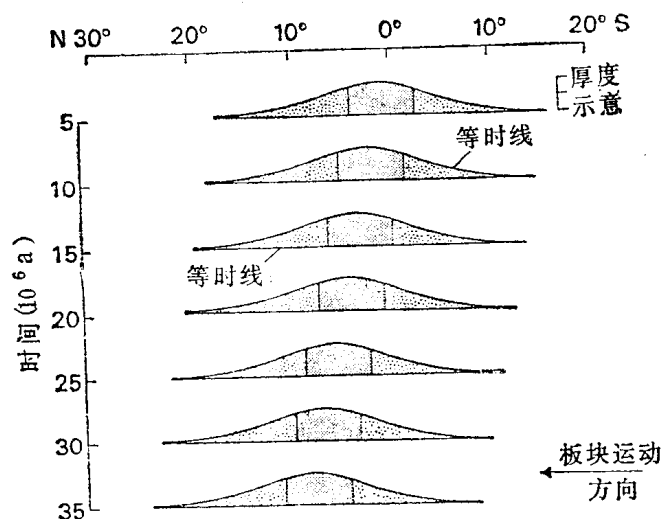


图 1—1 由于太平洋板块北移导致赤道增厚沉积物位移的图解
(据 Berger 等, 1974)

现代大洋考查的一个重要发现是证实洋底富铁、锰沉积物的广泛存在。它由微米级胶状针铁矿、富铁蒙脱石和各种氧化锰、氢氧化锰组成，直接覆盖在已蚀变的洋底玄武岩之上。它们在扩展脊轴部发育最好，所以称之为活动洋脊沉积物，一般认为是环流海水与热的地幔玄武岩相互作用的产物。地层剖面中与蛇绿岩共生的赭石 (Umber) 是一种栗色细粒无碳酸盐的铁锰质泥岩，一般认为就是石化的活动洋脊沉积。随着新洋壳侧向移离扩展中心，这些洋脊沉积物逐渐为远洋沉积物所覆盖。当洋壳冷却沉陷到方解石补偿深度以下时，钙质软泥就为硅质软泥或其他非碳酸盐所取代。因此大洋壳与其表面的富铁、锰堆积，再加上上覆细粒薄层泥晶灰岩或细粒硅质或泥质岩就成为远洋环境的典型层序。它们一般缺乏陆源组分，但在海底高地和海底山可出现有波痕和斜层理的火山碎屑砂，甚至造礁生物群。海台侧翼或顶部底流通道附近的无沉积区会发育由磷酸盐质硬底 (hardground)、铁锰质结核和瘤状灰岩组成的凝缩相，与相邻加厚的层系相并列。

深海碎屑物流是侧向加积的典型产物，它是由于堆积在毗邻大陆斜坡或海底峡谷头部的松散沉积失稳坍塌，与水体混合后顺坡而下形成的。海流或波浪的下切使斜坡变陡，地震、海啸，甚至沉积物的持续堆积都能触发重力流产生。具有鲍马层序 (Bouma Sequence) 的经典浊积岩只是重力流中的一种。由这些深海碎屑岩组成的复理石、滑塌堆积和深海扇在古构造环境的恢复中具有重要意义 (见本书第四章)。近年来国内对黔西南早、中三叠世时大陆斜坡位置和性质的论述就是应用上述理论取得的成果。

按照现有的技术条件，岩相分析应在三个层次进行，以相互验证，使解释定量化。

宏观的野外调查仍然是主要的决定性环节，其所含信息量也最丰富，内容可概括成四个方面：

1. 物质组分 包括成分、颜色、粒度及粒度的变化等。例如纯净的石英砂岩是长距离搬运后在强搅拌环境中的产物，它反映了准平原化地貌和宽阔的滨海潮间带环境；碳酸盐鲕粒则往往在远离陆地的礁滩上生成；分选最好的沉积物属风成成因等。

2. 生物化石及其共生组合 底栖和浮游生物属种的相对含量、个体大小和保存方式不仅反映了水体的物理性质 (如盐分、温度、含氧量及可能的深度)，也说明了底质情