



普通高等教育地质矿产类规划教材

地层学原理及方法

吴瑞棠 王治平 主编

地质出版社

地 层 学 原 理 及 方 法

吴瑞棠 王治平 主编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 085 号

本书于 1992 年 9 月经地质矿产部地史学课程教学指导委员会审查通过,同意作为地质矿产类规划教材予以出版,并由杨式溥教授和方一亭教授担任主审。



图书在版编目(CIP)数据

地层学原理与方法/吴瑞棠,王治平主编;地质矿产部教材编辑室编辑。—北京:地质出版社,1994.6。

普通高等教育地质矿产类规划教材

ISBN 7-116-01503-5

I. 地… I. ①吴…②王…③地… ①地层学-理论②地层学-方法 N. P53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 00870 号

普通高等教育地质矿产类规划教材

地层学原理及方法

地质矿产部教材编辑室编辑

吴瑞棠 王治平 主编

*

责任编辑:叶 岩 王 璞

地质出版社出版

(北京和平里七区 10 楼)

地质大学轻印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

*

开本:787×1092 1/16 印张:8.75 字数:199000

1994 年 5 月北京第一版。1994 年 5 月北京第一次印刷

印数:1—400 册 定价:4.10 元

前言

董思远、陈永庆
陈永庆
2775 大院 傅导

目前国内许多院校都开设了地层学课程,但都没有正式教材。一些兄弟院校的任课老师曾多次呼吁,希望尽早出版一本教科书,以满足教学之急需。我校历年讲授“地层学原理”课程,也只使用临时性油印讲义,学生及任课教员都要求有一本正式的教材。本书是在这种背景下,根据中国地质大学(武汉)历年的地层学原理讲义及讲稿,吸收近年国内外地层学领域新成果及教学经验,重新编写而成的。

本书编写的对象主要是本科高年级学生及研究生。但它也可以作为低年级学生野外实习及室内学习之参考书。本书以阐述原理为重点,工作方法及步骤由专门段落或通过实例分析予以介绍。在选材上,本书没有象传统地层学教科书那样以生物地层学为主体,而着重讨论其他新的地层学分支领域的原理与方法,以适应当前国内生产、科研的要求及国际上地层学的新发展。

本书由吴瑞棠、王治平主编。各章编写分工如下:第一章第三节第一部分、第八、九章:辛建荣;第四章:龚一鸣;第五、六、十一章:王治平;第十章:刘庆生;第一章第一、二节、第三节第二部分、第二、三、七、十二章:吴瑞棠。陈忆元参加讨论教材编写提纲及讲义编写工作。

王鸿祯教授、刘本培教授及地史教研室全体同志对本书编写给予很大帮助和关怀。主审杨式溥教授、方一亭教授认真审阅了手稿,提出许多宝贵意见。地质矿产部地史学课程教学指导委员会于1992年9月组织专门会议评审通过,同意公开出版。书中插图由张咏梅清绘。对于所有给本书提供过帮助的同志,我们均表示衷心的感谢!书中不妥之处,敬请批评指正,以便再版时修改。

编者谨识

1992.10.1

目 录

第一章 绪论	(1)
一、地层学的概念和任务	(1)
二、编写的思路 and 目的	(1)
三、地层学发展简史	(2)
第二章 地质学三大原理及其对地层学理论方法的影响	(5)
第一节 均变论	(5)
一、均变论的内涵	(5)
二、从均变论的困境到地层学“四维”观	(6)
第二节 进化论	(7)
一、基本观点及其对地层学的影响	(7)
二、进化论的缺陷与新理论的产生	(7)
第三节 灾变论	(8)
一、灾变论的基本内容	(8)
二、新灾变论及其对地层学的冲击	(9)
第四节 地层学发展的三个因素	(10)
第三章 地层分类体系及其问题	(12)
第一节 当代地层分类体系的由来与演变	(12)
第二节 岩石地层单位	(15)
第三节 岩层单位、不整合地层单位及穿时单位	(16)
一、关于岩层单位、不整合地层单位及旋回地层单位	(16)
二、非年代地层单位的穿时性与“穿时单位”	(18)
第四节 生物地层单位	(19)
第五节 年代地层单位	(20)
第六节 层型概念及其评述	(21)
第四章 地层划分对比的沉积学方法及原理	(23)
第一节 沉积作用、海进、海退与地层的形成	(23)
一、垂向加积与地层的形成	(23)
二、侧向加积与地层的形成	(24)
三、海进、海退与地层的形成	(24)
第二节 地层特征、地层结构与岩石地层划分对比	(26)
第三节 事件沉积与地层划分对比	(29)
第五章 生物地层学的基本原理及方法	(35)
第一节 生物地层学的基本原理	(35)

第二节 生物地层学的研究方法	(37)
一、生物群层序原理	(37)
二、标准化石法	(38)
三、生物组合法	(38)
四、数理统计法	(39)
五、种系发生法	(40)
第三节 生物地层学的应用	(40)
一、年代地层单位的确定	(41)
二、生物地层单位的划分	(41)
三、生物地层单位的非系统性及穿时性	(43)
第四节 生物地层学的发展前景	(44)
第六章 生态地层学	(45)
第一节 生态地层学的含义及研究进展	(45)
一、生态地层学的含义	(45)
二、生态地层学在地层学分类中的位置	(45)
三、生态地层学的研究进展	(46)
第二节 古生物群落	(47)
一、群落的含义	(47)
二、群落的建立	(47)
三、群落的研究方法	(49)
第三节 分类系统	(50)
第四节 研究方法	(52)
一、野外工作	(52)
二、室内研究	(52)
第五节 生态地层学的应用	(53)
一、划分对比地层	(53)
二、分析古环境	(54)
第七章 事件地层学的原理与应用	(57)
第一节 概念及基本原理	(57)
一、事件地层学的概念	(57)
二、事件地层学的原理	(57)
三、事件地层学的基本任务	(58)
第二节 地质事件及其地层学意义	(59)
一、地质事件的概念	(59)
二、各种地质事件的特点	(60)
三、事件的级别及地层学意义	(61)
第三节 事件界线	(64)
一、事件界线的概念及特点	(64)
二、事件界线实例	(64)
三、事件界线与人为界线的比较	(65)
第四节 工作方法	(66)

第八章 地震地层学	(69)
第一节 地震反射剖面与地震层序	(69)
一、地震反射剖面	(69)
二、地震层序及划分标志	(69)
三、地震层序分级及标准剖面选择	(71)
四、地质分层和地震分层	(71)
第二节 地震相分析	(72)
一、地震相概念及划分标志	(72)
二、地震相分析	(76)
第三节 沉积体地震特征分析	(76)
一、碎屑岩沉积体地震特征	(76)
二、火成岩地震相	(78)
三、碳酸盐岩地震相分析	(78)
第九章 层序地层学的原理、研究内容和方法	(80)
第一节 基本术语和理论基础	(80)
一、基本术语	(80)
二、层序地层学理论基础	(81)
第二节 基本地层单位——层序	(83)
一、内部单元划分	(83)
二、层序界面与层序类型	(84)
三、层序内部界面	(85)
第三节 体系域与层序地层型式	(87)
一、低水位体系域	(87)
二、海侵体系域	(89)
三、高水位体系域	(89)
四、陆架边缘体系域	(89)
第四节 全球海平面变化	(90)
第五节 层序地层学研究步骤和实例	(92)
一、研究内容和步骤	(92)
二、碳酸盐层序地层学研究	(92)
三、层序地层学露头研究实例	(93)
第十章 磁性地层学的基本原理及应用	(96)
第一节 磁性地层学的基本原理	(96)
一、磁性地层学的产生	(96)
二、地磁事件的基本特点	(96)
三、磁性地层学的基本原理	(97)
第二节 磁性地层学的工作程序	(97)
第三节 磁性地层学的研究方法及应用	(98)
一、利用地磁长期变化进行地层划分对比	(98)
二、利用视极移轨迹进行地层对比	(100)
三、利用地磁极性倒转对比地层	(102)

第十一章 地层学的其他方法和原理	(107)
第一节 化学地层学的原理及方法	(107)
一、放射性同位素	(107)
二、稳定同位素	(107)
三、稀土元素、微量元素和常见元素	(111)
第二节 定量地层学的概念及应用	(111)
第三节 气候地层学的概念	(113)
第四节 构造地层学的基本内容	(114)
第十二章 地层综合分析及地层预测	(116)
第一节 地层沉积类型与大地构造背景	(116)
一、地层沉积类型	(116)
二、大陆边缘沉积盆地的地层沉积类型	(117)
三、大陆沉积盆地的地层沉积类型	(123)
四、大洋盆地的地层沉积类型	(124)
第二节 岩石地层单位的清理	(125)
第三节 地层分区与区域地层总体特征	(127)
一、地层分区的原则与依据	(127)
二、地层分区的等级及其特点	(127)
主要参考文献	(130)

第一章 绪 论

一、地层学的概念和任务

过去,一般认为地层学是研究层状岩石的形成顺序和年代关系的学科,偏重于一个个地层剖面的描述、划分和对比。不过,象所有学科那样,随着科学技术的前进及生产实践的发展,地层学的内容和概念也会发生变化。

《国际地层指南》(1976)发展了地层学的概念。按照它的定义,地层学不仅涉及岩层的形成顺序和年代关系,而且也涉及岩层的形状、分布、岩性成分、化石内容、地球物理性质和地球化学性质;实际上,它涉及岩层的所有特征、性质和属性,以及根据环境、形成方式和地质历史所作的解释。所有岩石类型(包括沉积的、变质的和岩浆的,固结的和未固结的)都属于地层学和地层划分的总范畴。某些非层状的岩石体因与层状岩石伴生或关系密切,也置于地层学下考虑。它还指出,地层学(Stratigraphy)的原文字意是地层描述的科学。但事实上,不论上述定义,还是现代进行的地层研究,都表明当代的地层学已超出单纯描述的框框,成为研究岩层各种特征和属性的四度时空关系和变化的学科。

地层学是地质科学中的一门基础性学科。任何地质工作都离不开地层学。当前地球科学各个领域的飞速发展,进一步显示出地层学在地质工作中的重要作用。

地层学的任务,是随着社会生产力发展、社会对地质工作的要求和科学技术前进而不断更新和充实的。早期的地层学工作者,主要从事地层剖面描述,收集地层资料,进行地层划分和小范围地层对比。后来,由于资料积累增多和大范围精确对比的需要,地层工作便注意研究岩相特征及岩相侧向变化,重视研究地层年代、建立地层分类系统及地层名词体系。今天,地层学不仅研究岩层的形成顺序及年代关系、划分对比地层和确定地层界线,而且扩展到地层综合分析、研究地层的成因、地层发育的大地构造背景,以便更有效地指导找矿,为解决大区域及全球地质问题提供最基础的资料。今天对地层剖面的描述,也不是过去那种偏重岩石名称、标准化石、厚度和接触关系的一般记录,而是分层更细、内容更详的描述,涉及岩层的各种特征和属性,在许多情况下还要为定量研究测定大量数据。

二、编写的思路和目的

编写本书的目的主要为了满足当前教学急需。至今,国内尚没有地层学原理与应用方面的教科书。因此,我们考虑较多的是要编一本什么样的教材。C. O. 邓巴和 J. 罗杰斯的“地层学原理”对五、六十年代地层工作和教学曾有过很大影响,但七、八十年代以来已见不到这种类型的地层学教科书,代之而出现的是一批反映当代地层学发展趋势的全新的教材。

近 20 年来,地层学有两个显著的发展趋向。第一是新理论、新技术与地层学结合,形成一系列新的地层学分支学科。这种情况与古典数学、物理学等不断地产生新分支学科是相似的。说明这些基础学科即使在科学技术高度发达的今天也不会失去其作用,也说明它们要适应生产及科学实践的需要,不断引入新技术,与相邻学科嫁接融合,造就新的边缘学科或分支学科。地层学正是在这种趋势中不断充实,向纵深发展的。第二个趋向是进行综合研究,

包括对岩层各种特征及资料的综合、四度时空变化的综合,使地层学成为研究更大四度时空范围中岩层各种特征、分布规律及成矿背景的学科。应该指出,大地构造新学说和沉积学的新进展,是地层学综合研究有力的武器。区域地层学(例如大陆边缘地层学)、沉积盆地成因地层学等是这个发展趋向的产物。地层学综合分析,开阔了地层工作者的视野和思路。

当然本教材不可能囊括当代地层学的所有方面,但力图在有限的篇幅内,反映地层学生气勃勃的现状与发展趋向。

由于本教材主要是为高年级本科生和研究生编写的,他们在学习这门课程之前已学过沉积岩、古生物学、地史学及构造地质学等,因此在开头的章节,没有象某些教科书那样重复介绍上述课程中与地层学有关的内容。代之在第二、三章重点讨论对地层学的理论方法有极大影响的地质学三大原理,阐述地层分类体系的由来与发展。以便让学生从历史经验中得到启迪,了解不同理论、观点和方法对地层学发展的推动或障碍作用,在学习与工作中更自觉地对各种学说或观点。从第四章到第十一章,即用全书的一半篇幅,重点讲述地层学的重要分支领域,让学生掌握各领域的基本原理及工作方法;通过实例介绍,为将来实际应用作初步准备。第十二章讨论地层综合分析。通过几个方面的综合研究,学习地层综合分析的思路和方法。本章也可视作全书的结束语。

三、地层学发展简史

(一)地层学发展史概述

地层学作为一门科学始于18世纪初。但它萌芽于16世纪甚至更早的时间。地层学的诞生及发展与人类生产活动、科学实践及哲学思想的更新密切相关。

我国自东晋至宋朝的一些学者,以朴素的唯物论对地层中化石的成因进行了解释,从中悟出“海陆变迁”的道理。经过400多年之后,西方学者也对化石的成因作出了解释。这个时期可称作地层与化石认识的启蒙阶段。

从17世纪中叶至18世纪初,一系列生产及科学进展导致地层学诞生。在这个阶段中,人们开始认识和接受地层的概念,认识到化石是史前生物的遗体,是研究地层的重要依据;承认角度不整合和地层“组”;认识到再造地球年代史的可能性。

17世纪中叶,丹麦医生史丹诺(N. Steno)利用解剖学的原理对化石进行了研究,揭示了现代生物与化石之间的内在联系。在此基础上于1669年提出了具里程碑意义的地层三定律——地层叠覆定律(Principle of superposition)、原始侧向连续定律(Principle of original lateral continuity)和原始水平定律(Principle of original horizontality)。从而为地层学概念的提出和地层学的发展铺设了第一块奠基石。

18世纪中叶,俄国科学家罗蒙诺索夫对地层形成进行了探索。与此同时,在欧洲随着地质旅行的兴起,地层学得到充分发展。不仅在地层概念、地层系统的确立方面,而且对地质现象的解释等方面都提出了新认识。这个阶段水成论与火成论之间的论战对地层学影响极大。

18世纪末期,地层学作为一门科学已真正建立起来了。被誉为“英国地质之父”的史密斯(W. Smith)第一个在实际工作中,尤其在地质填图中广泛应用了叠覆定律和原始侧向延伸定律。通过多年实地考察和潜心研究,提出了“化石层序律”,为确立生物地层学的基本原理和方法、为建立地质年代表和地层系统,奠定了科学基础。18世纪末期至19世纪初,出现了“灾变论”与“均变论”的激烈争论,对地层学的方法原理产生了深远的影响。

经过19世纪前半叶的继续发展,地层学的基础已相当坚实,科学地层学的格架已构成。

这个时期是地层学发展史中十分重要的阶段。一系列重要理论、概念和方法相继问世。例如,薛知微(A. Sedgwick)等人关于“系”及地层接触关系的研究;莱伊尔首创了用化石百分含量划分对比地层的原理及方法;莫企逊(R. I. Murchison)关于“系”及生物地层的贡献;奥比尼(A. D'Orbigny)等对“阶”和“带”概念的研究;格莱斯理(A. Gressly)提出相的概念;以及菲利普斯(J. Phillips)总结出地层对比的三个标准(即岩层的堆积排列方式、矿物成分和化石内容),等等,对地层学的发展作出了巨大贡献。

19 世纪后半叶,地层学的一个重大发展是建立年代地层系统。由于大范围地层对比的需要,地层单位术语特别受重视。威廉斯(H. S. Williams)于 1894 年提出地层双重划分概念,为第八届国际地质会议通过的双重地层名词决议奠定了基础。奥佩尔(A. Oppel)在 1856—1858 年间关于生物带理论的概括,和瓦尔特(J. Walther)于 1894 年提出的著名相变定律,是这个时期重要的事件。

19 世纪末至 20 世纪初,精确地对比地层和确定地层界线已成为可能。沉积学、岩相古地理学及古生态学等迅速发展。在这种背景下,出现了葛利普(A. W. Grabau)的巨著《地层学原理》。

本世纪前期地层学发展史最突出的事件是出现以《国际地层指南》(1957)为代表的多重地层分类理论,它对世界各国地层工作影响极大。从 60 年代起,地学中不断涌现的新理论、新技术与地层学交叉渗透,特别是新灾变论的兴起,使地层学蓬勃发展,对传统地层学产生了巨大冲击,许多新的地层学分支学科应运而生。

(二)近代中国地层学发展的回顾

近代我国地层学的发展可分为 4 个阶段。①辛亥革命前外国学者工作的阶段;②辛亥革命至解放前从创建到初步发展的阶段;③解放后至“文革”前大发展的阶段;④“文化革命”后的新进展阶段。

自 19 世纪后至辛亥革命前,一些外国地质工作者相继来华进行地质调查,作过一些地层工作。其中,德国的 F. von Richthofen 对华北地层作了大量工作,并提出震旦系这一地质名词。美国 B. Willis 除了研究华北地层系统外,还涉足到华中三峡地区。此外,奥地利 L. Loczy 对长江下游及西南地区地层及法国 J. Deprat 对云南地层,也都作了一些工作。

辛亥革命后,我国的地质研究机构相继建立,地层学研究便活跃地展开起来。这个阶段的初期以建立地层系统为主要目标。

本世纪 20 年代,是我国地层学发展十分活跃的时期。20 年代初,在华工作的 A. W. 葛利普正式提出震旦系作为系一级地层单位。后来,李四光(1924)在三峡地区建立南方震旦系标准剖面。此外,孙云铸(1924)对北方寒武系,李四光、赵亚曾(1928)对北方石炭系,谢家荣、赵亚曾(1928)对华中志留系,以及王竹泉等对华北和华中区域地层的研究等等,都是这个阶段杰出的地层学研究成果。在此基础上,A. W. 葛利普(1912、1928)才能写出两卷《中国地层学》。他不仅总结了中国各时代地层发育基本特征,还论述了与亚洲以至欧美等国的对比关系。同时,杨钟健、裴文中等还对新生界作了出色的研究。

30 年代,地层研究的范围扩展到了南方。其中,孙云铸、许杰对奥陶系,田奇瑞等对泥盆系,李四光等对石炭系和二叠系,以及黄汲清对二叠系的研究,在地层划分和国际对比上,都具有很高的学术水平。

抗日战争和解放战争期间,我国地层学发展受到较大挫折。但在某些方面仍取得重要成

果,例如,内地的区域地层研究的水平普遍提高。同时出现了一些较深入的研究成果,例如尹赞勋对志留系,许德佑对三叠系,孙云铸等对震旦系及下古生界,张席提、潘钟祥对中生界等等。由于有了这些区域地质资料,李四光才能提出中国 56 个分区的地层表。

新中国成立后,地层学尤其是区域地层学研究得到飞速发展。第一次全国地层会议(1959)是解放后我国地层学成果的一次大展示。在建国初期,地层工作的特点是围绕找矿,特别是与找煤和石油相结合。尹赞勋等(1956)发表了包含 81 个分区的“中国区域地层表”,后又以原苏联地层规范为样版,提出中国第一个地层规范(1960)。它对全国区测、地层对比和编图工作起了重要指导作用。此外,黄汲清提出了中国地层分区方案及分区的原则。第一次全国地层会议后,陆续出版了 14 册各个时代或断代的地层总结。

从 70 年代起,地层学研究摆脱了“文化革命”的干扰,迎来了新的发展阶段,大量吸收和引进国外新理论、新技术方法,推动了地层学新分支学科的发展。1979 年第二次全国地层会议总结和回顾了过去的地层研究成果。王鸿祯、刘本培(1979)根据新积累的资料,进一步论述了中国的地层分区。尹赞勋、张守信等(1981)提出了以多重地层分类为主导思想的“中国地层指南”。到 80 年代初,已先后出版了全国各大区的区域地层表。在此基础上,中国地质科学院组织力量编写各时代的地层总结,并已陆续出版。这个阶段的主要进展有:各断代地层学研究都取得重要成果,在界线层型方面,作了大量多学科的研究工作,大力开展了青藏及新疆等西部地区的区域地层研究,在地层工作中突出多学科多手段的综合研究方法,与国外同行或国际学术团体广泛进行双向交流。所有这些,标志着我国地层学进入空前蓬勃发展的时期。

关于地层学发展中的某些重大问题和有关的细节,将在第二、三章进一步讨论。

第二章 地质学三大原理及其对 地层学理论方法的影响

地层学不仅是地质学的一个基础学科,而且是地球科学中最早出现的学科之一。地质学及地层学在发展过程中受到各种理论学说的影响。但从根本上支配地层学及地质学发展,并为实践指明方向,为上升理论提供思想依据的有三条原理,即灾变论、均变论和进化论。没有任何其他原理能超过它们对地层学及地质学的影响。几乎古今中外所有地质学及地层学理论都是以它们为基础建立的。它们是地球科学的三条最重要的原理。了解它们,对研究与发展地层学理论及方法,是很有帮助的。

这三大原理有极丰富的内涵,详细介绍或讨论已超出本课程的范围。下面只扼要阐述和评论与地层学关系最密切的有关内容。

第一节 均 变 论

均变论(Uniformitarianism),又译为“齐一论”,它与现实主义原理(Principle of Actualism)及渐变论同义,其通俗的表述是“将今论古”。许多学者为建立和发展这一理论作出过贡献,赫顿(J. Hutton)、莱伊尔和豪夫(K. E. A. von Hoff)等人尤为突出。莱伊尔对此原理作了最系统透彻的阐述与概括,他甚至用它作为巨著《地质学原理》(1830—1833)的副标题:“用现在进行着的作用解释地史上地表变化的尝试”,即“将今论古”。“将今论古”一语把均变论的深奥理论表达得通俗易懂,使这个原理得到广泛传播与普及。

这个原理使人们掌握了认识自然界的一个重要武器与方法。要是谁对复杂神秘的地质现象摸不着头脑,只需用今日周围发生的现象或所见到的事实,便能解释得头头是道。显然,没有这个原理,就不可能有现代的地质学和地层学。恩格斯称赞:“只是莱伊尔才第一次把理性带进地质学中”(自然辩证法,1971,13页)。自从出现均变论,地质学才成为真正的科学,地层学才有了理论依据。

一、均变论的内涵

均变论有丰富的内涵。它假定地质过程及地质作用的起因,在地质历史上是不变的、均一的,现在地球上所发生的各种地质作用与现象,在过去也同样发生,而且以不变的速度循环往复。因此可以用现代地球上所见到的情况去推断过去。这个原理所依据的是当时物理学及化学等领域的伟大成就。它打上很深的时代烙印,也带来极大的历史局限性。

均变论常被概括为以下三点:

1. 在自然界,物理法则及化学法则是永恒的,不受时代限制,永远正确。当然,这不是地质学专有的原理,它是所有自然科学都遵循的基本前提,均变论也以此为依据。地质作用、过程与现象,是各种物理与化学作用和过程的表现。既然物理定理和化学定律任何时候不变,

当然能以“将今论古”观点解释各个时期的各种地质问题了。

2. 从性质上讲,地质营力发生变化的原因和地球表面及内部发生变化的原因,过去与现在是完全相同的,将来也不会改变。

3. 地质营力不仅在质方面,而且在量方面,过去、现在与将来是完全相同的。古今所有地质作用不仅在种类上,而且在强度和数量上都是相同的。

对上述三点,不同学者会有不同侧重。例如,K. E. A. von Hoff 用现实主义原理表达这个理论时,主要根据前两点,不同意第三点。他认为地史上地质营力在能量上是有变化的、是可以变化的。

均变理论必然与渐变论和旋回律联系在一起。既然地质营力和作用过程在原因上、在质与量上都不变,是均速运动的,必然出现机械重复,造成旋回性。例如,地壳升降运动造成地表起伏,引起流水剥蚀、搬运和堆积,将地表填平;然后又发生地壳运动,重复这些过程。循环往复,便造成各种类型地质旋回现象。均变论学者把复杂的各种地质演化过程视作简单的机械循环,没有质的变化。有的人甚至认为一种较大的旋回能在各地存在,以至硬把西欧经典地区的某些旋回现象与全球其他地区作对比,甚至提出全球性造山幕之类的假说。

二、从均变论的困境到地层学“四维”观

对于地层学和地史学的影响,也许没有哪一个地质学说能比得上“将今论古”所概括的均变论。它对地层学及整个地质学的发展起了不可估量的作用。但它很早便受到挑战与批驳。

物理法则及化学法则的均一性和永恒性是自然科学的基本前提,这不等于均变论。但莱伊尔却扩大为自然过程是均变的,状态是均变的,速度也是均变的。认为在地史上全球按均一过程、以均一状态,按均一速度和同一能量发生作用。19世纪初,一些地质学家便与莱伊尔辩论。认为地质作用的种类及强度,过去与现在都不同。莱伊尔却断言,自然界的从未以不同于现在的能量进行过。现在大量地质资料和新的发现都证明这条原理的局限性与不准确性。事实是,生物圈、水圈、大气圈及岩石圈古今不同,各种地质作用在质与量上古今也不相同;地球作为太阳系的一员,在漫长的地史演变中有量变也有质变;不仅有匀速运动,还有加速运动的突变与灾变;由于有些灾变事件很稀少,有的在人类短暂历史上尚未观察到,例如中生代末那样的生物大绝灭事件。但不能说过去未曾发生过。同时,地质历史上许多事物的演化不可逆。如前寒武纪和早古生代约占地球历史 90% 的时期内,陆地上动植物就极少;地史上的大气成分、海水成分和地热流等都发生过巨变。过去与现在完全不同。“将今论古”显然很不全面。因此,现在人们重视地质作用的时间及空间变化,用“历史现实主义”去取代它;在地层学上,则用“四维”观念考虑问题,即三度空间加上“地质时间”;强调地质历史上非均变的突变与灾变作用。

研究地层学只考虑三度空间是不够的,必须考虑另一个参数——时间。地层这个三维地质体,是在一个地质历史时期内形成的,随着地质时间发展而不断变更。因此需用“四维”观念研究与分析地层。但应注意两点:第一,地层的时间量,不是以其厚度表示或测定的。地层的厚度不取决于地层堆积的时间,这是常识。地层剖面中还隐藏着大量在剥蚀阶段或无沉积时期出现的间断与不整合面,它们经历的时间不少于岩系本身代表的时间。第二,这里讲的是地质时间,而不是物理学上的时间。它不单是个几百万年或几千万年的数量概念。地质时间更重要的涵义是:即使同样长短的一段时间,过去与现代也完全不同;现在的一段时间不

等于过去同样长度的一段时间。后面的讨论,将帮助我们理解这些问题。

第二节 进 化 论

进化论(Evolutionism)以达尔文的《物种起源》(1859)为代表,故又称达尔文主义。进化论为生物科学奠定了唯物主义理论基础,使地层学尤其是生物地层学建立在生物演化基础上,成为一门严谨的地学基础学科。

一、基本观点及其对地层学的影响

进化论认为,生物界是进化的产物,经历过漫长的演化,由低级到高级,由简单到复杂,由少到多的不可逆性发展。它认为进化在本质上是由变异、遗传及生存竞争三种因素相互作用而发生的。自然选择(适者生存)学说则是进化论的核心。达尔文在《物种起源》中写道:“由于自然选择完全是靠微小的、连续的、有利的变异的积累而进行的,故它不能产生大的或突然的变化”,“自然选择永远以极慢的速度进行。”因此,渐进进化(gradual evolution)是达尔文进化论的另一个基本点。

进化论的出现,破除了神创论、上帝造物和物种不变等陈腐观念,对生命科学、古生物学及地层学的发展,起了不可估量的作用。地层学发展的早期,生物地层学占主导地位,地层学的理论概念及工作方法与古生物学理论概念的关系非常密切。进化论的一系列概念与原理构成了地层学的理论基础。根据生物由低级到高级不可逆地演化的原理,用古生物划分地层,确定地层新老关系及相对年代便十分科学;相隔甚远的岩层的地质年代,也可以借助古生物化石进行对比。现在地层学虽已极大地发展了,产生了一系列新分支,形成了新的理论和概念,但进化论中的正确观点对研究地层学依然适用。

二、进化论的缺陷与新理论的产生

象许多经典学说那样,达尔文进化论也经历着历史的检验。它形成于19世纪中期,那时均变论已取代灾变论,成为主导思想,当时细胞刚被发现,遗传学尚未建立,生态学还处在萌芽阶段,古生物资料积累较少且零星,整个生物科学尚处于初级阶段。而进化论是生物科学的最高级综合。因此,随着生物科学的发展和大量古生物资料的发现和积累,它便暴露出一系列问题和错误。另一方面,随着新灾变论的兴起和对地史上几次重大生物绝灭事件的研究,人们对进化论的基本点——自然选择、生存竞争、适者生存等提出质疑。以白垩纪末生物绝灭事件为例,决定物种是生存下来还是绝灭,不仅是“生存竞争”,还可能是一个突发的地外灾变事件,使那些在环境危机中无能力再生殖和繁衍的物种全部消失,导致恐龙和许多海生浮游动物绝灭。幸存下来的不光是最强的适应者,而且包括免受袭击的深海底栖动物,和撞击尘埃降落区以外的植物群落。

与地层学关系极密切的“渐进进化说”,也受到了挑战。“渐进进化说”认为,自然界没有跃进,“自然选择只能通过对生物有利的、无限小的遗传变化的保存和积累而起作用”,生物变异是个非常缓慢的过程。因此,生物演化必然是缓慢渐进地、匀速连续地进行,不可能发生突变。这种观点与均变论是一脉相承的。它对地层学理论的影响极深,束缚很大。例如,在确定地层界线时,强调要选择岩性和化石不发生突变的剖面,强调在单相连续层序中选择系谱有祖裔关系的一二个带化石作为界线标志。但是,在实际中,许多重大地质界线的上下岩层所含化石突然不同,发生巨大突变。另外,生物演化是缓慢和逐渐进化的理论,没有充分的

地质证据。相反,地质记录既反映了渐变,也证明有突变和灾变。地质事实使这个学说不能自圆其说,为了摆脱困境,只好归咎于地质记录不完备。

近代生物科学在遗传学、分子生物学等领域中的发展,和古生物资料的新发现,导致产生一系新学说及新理论,“间断平衡论”就是一个代表。间断平衡论认为演化的主流是突变式的成种作用,而不是缓慢的渐变。图 2-1 表示了两种演化模式。其中 a 代表间断平衡论模式,它认为演化有两种过程,大多数物种是在地质史上可以忽略不计的瞬间完成的;物种形成后较长期地稳定,在自然选择作用下极慢地进行种系渐变。因此演化表现为几乎水平(突变)与几乎垂直(渐变)两种线条相交替,呈折线状;而演化量即性状演变量主要由突变成种作用组成。b 代表渐变模式,认为演化主要是物种在自然选择作用下逐渐缓慢演变的过程;因此在时间—性状演变坐标上呈斜线状,演变量是渐进变异积累的总和。演化新理论阐明,生物进化既有渐变,也有突变,还有灾变,三者相互结合;渐变是缓慢匀速的演化,而突变与灾变则是演化的急剧加速,对演化起主导作用,使生物演化过程显示出阶段性与前进性。这种阶段性与前进性便为地层划分与对比提供了理论依据。

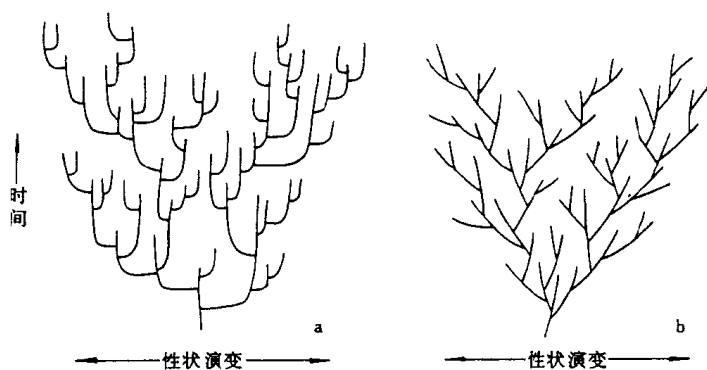


图 2-1 生物演化的两种模式

(据 Stanley, 1979)

a—间断平衡模式; b—渐变模式

第三节 灾 变 论

灾变论(Catastrophism)与神创论之类的宗教信条不能混同,它有很深的内涵。现在流行的新灾变论比经典灾变论有重大发展,二者的区别将在后面讨论。首先对经典灾变论作扼要介绍。

一、灾变论的基本内容

灾变论比均变论早出现了将近一个半世纪。其基本思想和内容包括:①认为地球表面无机界及生物界的重大变革不只是缓慢地、匀速地渐变,而且有飞跃式灾变及突变,例如地层的间断和不整合面、剖面上岩性突变、古生物突然绝灭等等;②认为地球的今日不是永恒的过去,而是彻底巨变后的新阶段,古今完全不同,所谓地史上过去与现在相同,或者现在等于过去的论点,是无事实依据的,不能得到证实的。灾变论在所有重要观点及原理上,几乎都与均变论相对立。它给地质学及地层学带来与均变论完全不同的见解和思路。

灾变论对地层学影响最大的是：第一次明确提出生物绝灭问题，指出生物绝灭与岩性突变界线一致，认为这是灾变作用的统一结果。强调了绝灭、岩性突变及间断等灾变(突变)作用在地层划分对比中的意义。

经典灾变论的代表人物是居维叶。他的“地球表面的革命”(1825)一文是灾变论的代表作。他对巴黎盆地白垩纪—第三纪地层作了研究，划分出许多个岩性组。各个组岩性及化石都是突然变化的，彼此不同，且化石突变及生物绝灭的界线与岩性突变界线吻合。因此他认为地史上曾相继突然发生过革命，生物界的历程曾多次被可怕的事件打断；而这种突然变革是任何一种缓慢均变作用无法造成的。居维叶在巴黎盆地的研究成果，是阐述灾变论的一个早期例子(图 2-2)。此外，法国著名地质学家博蒙(E. Beaumont)也曾提出过“造山灾变论”。他认为：角度不整合代表连续堆积过程的间断，是渐进过程的一种突变与灾变，这种现象无法用连续的缓慢变化加以解释。

二、新灾变论及其对地层学的冲击

灾变论提出后便遭到当时强烈的反对，其原因有三：第一，灾变论经典作者过分估计了灾变在地质历史中的作用，把灾变作用绝对化，否认渐变的作用；认为生物种没有渐变，要么不变，要么灾变。认为地表上现时正在进行的地质作用不能导致海退成陆与生物绝灭。把海水进退及岩层倾斜等在缓慢过程中形成的现象也归咎于灾变。第二，神创论者利用居维叶的错误，把灾变论与神创论混同。居维叶根据猛犸象的绝灭推断出的最后一次灾变的性质及时代是完全错误的。他推断这次灾变是大洪水，其实是一次冰川事件；他推断发生于最近的五、六千年前，其实是一万多年前的更新世晚期。他的错误推论被神创论者广为宣扬，把它与圣经上讲的大洪水等同起来，为圣经提供依据，进而把灾变论与神创论联系起来，导致灾变论在相当长时期内名誉扫地。第三，均变论的影响根深蒂固，很多人习惯用均变论思考和分析问题，对灾变论的原理及观点，或有偏见，或者格格不入，大加反对。对灾变论的功过，《地质演化突变观》(殷鸿福等，1987)一书有相当中肯的评述，这里不再赘述。

在均变论取代了灾变论，统治地质学近 150 年后，对越来越多的重大现象和一系列不断涌现的新问题无法解释。于是，灾变及突变作用又被重新评价和讨论。从 70 年代末 80 年代初起，“新灾变论”(Neocatastrophism)异军突起，冲击着地质学的各个领域。这个新理论源发于地层学，反过来又对地层学这门古老学

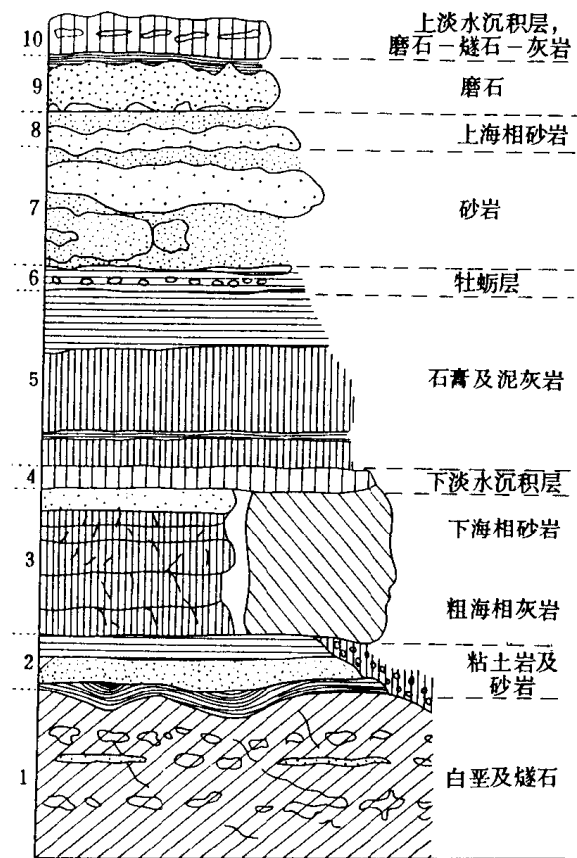


图 2-2 巴黎盆地地层柱状图

(据居维叶, 1818 简化)

1—白垩系； 2—10—第三系； 1 与 2 层之间的不整合，是居维叶灾变论的重要依据之一