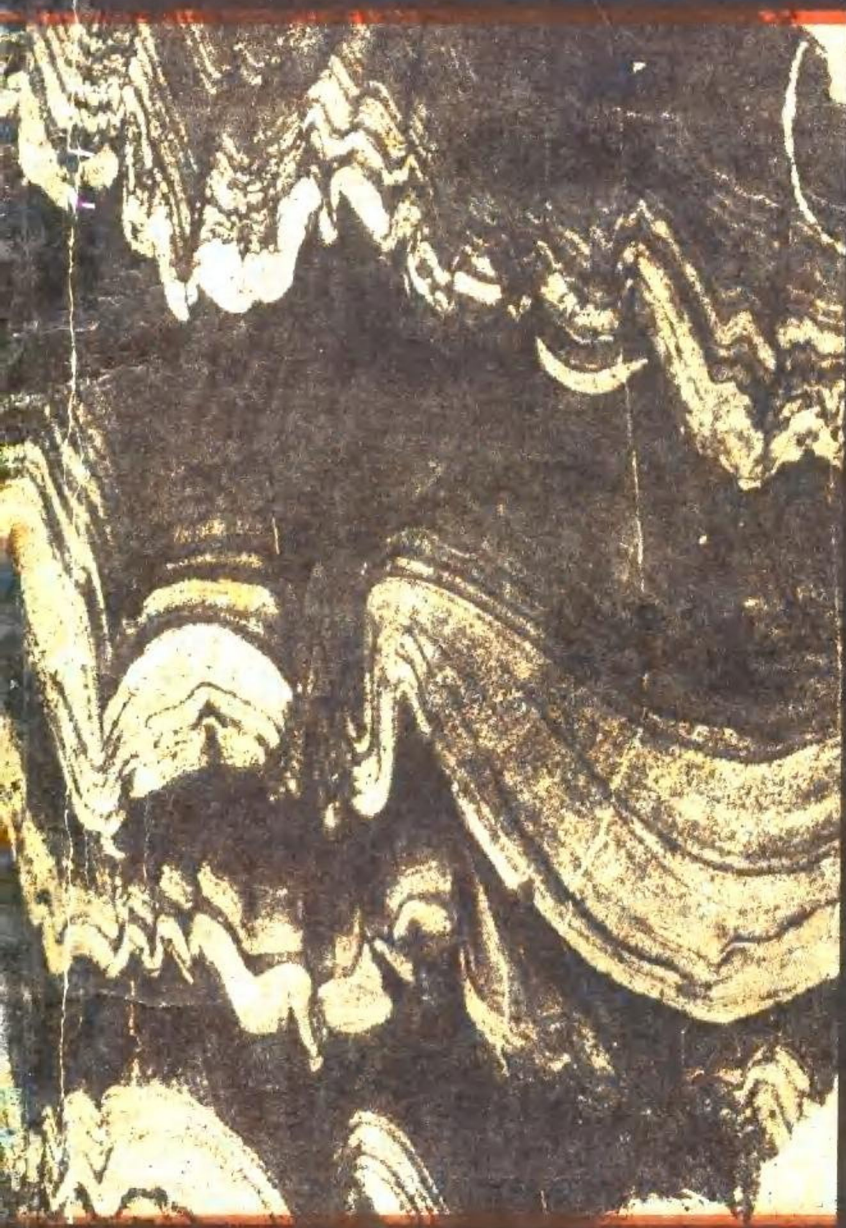


[澳] E. 希尔斯



构造地质学原理

地质出版社

5188

构造地质学原理

[澳] E. 希尔斯 著

李叔达等译

张绍忠 蒋荫昌 校

地质出版社

内 容 提 要

本书全面阐述了大、中、小型构造。顺序上先讲原生沉积构造，再讲变形力学和变形条件，然后讲述线理和面理、断层、褶皱、劈理等次生构造，最后综合起来讲大构造和大地构造，板块构造和构造地貌。对非构造运动构造、火成岩构造和显微构造也专章讲述。对各种构造的基本概念、主要特征、形成原理和相互关系阐述精辟明确，实例和插图丰富，许多地方把不同看法作了分析比较。是地质院校师生必备的教学参考书，也是地质研究人员和野外工作人员良好的参考书。

Elements of Structural Geology

Second Edition. 1972

E. Sherbon Hills

Research Professor of Geology in the University of Melbourne

CHAPMAN AND HALL LTD & SCIENCE PAPERBAKS

构造地质学原理

[澳]E. 希尔斯 著

李 叔 达 等译

张绍忠、蒋荫昌 校

*

地质部书刊编辑室编辑

责任编辑：李鄂荣 张义勋

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：20¹/₄ 字数：479,000

1981年7月北京第一版·1981年7月北京第一次印刷

印数1—6,980册·定价2.80元

统一书号：15038·新626

初 版 序

一部普通的构造地质学著作所应涉及的基本问题的确是很广泛的，尽管要把这些问题加以精简到合理的程度以便压缩篇幅，但是，我仍在内容的完整性，表现风格和插图的丰富多样诸方面力图恪守一定的标准。

本书对于构造的实在性以及构造的概念和观念两方面在定义上都给予了特别的注意，因为定义决不是供机械学习的枯燥乏味的材料，它表达的主要内容是出自所建立的知识系统，因此要求学生应当认识到这些定义是概念性的，故是带主观性的。书中自由地引用了一些实验模拟成果和相关的物理或化学原理，并在这本篇幅有限的书内尽可能多地讨论了正反双方的意见。我希望通过这些方式引起读者的独立思考，权衡取舍，从而对我个人憎嫌时髦理论的偏癖予以指正；在地质学中，这种崇拜之风与其说表示对知识的明达公正，不如说反映个人的癖好，因此必然对于提高这一学科的科学水平毫无益处。

地貌及构造这一章，我不能不依靠戴维斯的地貌学或地貌发生学，这一方面是因为尽管“精密全分析”的方法论，要求进行定量的地形分析，但就我所知，这种地形分析，目前尚不能涉及足够多的构造，并据此而用于地貌构造学；另一方面是因为，我觉得，按照新知识的要求修正过的戴维斯原理，在这一领域是最令人满意的。然而，不难预见，地貌测量（morphometry）成果将在适当的时候，在显微构造到巨型构造各种规模上，对构造地貌学和地貌构造学作出贡献。就后者来说，我简要提到了几种基本概念和理论，但我强调了必需有地貌数据和地质数据方面更准确的知识。古地磁成果虽然在区域构造中有很大的潜在可用性，但本书未作讨论，因为本书主要研究的是在光学上可证实的岩石和岩体特征，这就使诸如古气候的含意、古动植物的分布、岩浆类型的分布以及在巨型构造中有重要意义的类似论题不在讨论之列。

虽然构造地质学原理是普遍适用的，但是，油田地质、工程地质和采矿地质的特殊需要，要求某些专门的野外工作方面和实验方法，包括根据特殊问题的需要对数据进行的几何学处理。一本旨在探讨基本原理的书，要详细论及这些问题是不恰当的；实际上，各专业在其主要的教科书里已自行解决了。然而，需要注意的是倘若数据未在野外正确地确定过便对它们作几何学处理，那是毫无价值的，本书的重点在于了解地质构造，但是本书到处也提到某些大家所熟悉的构造表示法和构造编制法。

本书大体上遵循我写的《构造地质学纲要》（‘*Outlines of structural Geology*’）那本小册子的题材顺序，因为这个顺序可以循序渐进地引入概念，看来已为许多教师所接受，但是，我也毫不犹豫地几个标题下重复引述同一个概念，例如软岩石的变形，因为学生往往不善于触类旁通地运用他的知识。

构造岩石学一章是在我请求下，由我从前在墨尔本的老同事，现任荷兰来登大学岩石学教授登特克斯（E. den Tex）博士慨然写出的。我衷心感谢他承担这项艰巨任务，以和本书其它章书在风格和思想上大体一致而又足以自成一章的方式表达这一论题。

我也非常感谢牛津大学哈里森 (J. V. Harrison) 博士严格审阅了原稿 并给予多方面帮助。由于地质学是一门最突出的全球科学, 在我设法从广大地区采集实例和插图之际, 许多同事在这几年中从很多国家把他们的出版物寄来, 我对他们的盛谊深致谢忱。

感谢下面列出的出版社、杂志和期刊惠允我采用它们出版的插图作为本书用统一格式特制线条素描的底图。除著者本人所摄照片外, 对其它照片的拍摄者和照相铜版图的提供者都在图注里表示了谢意。

Addison-Wesley出版社, Edward Arnold公司, 剑桥大学出版社, Julius Springer出版社, McGraw-Hill图书有限责任公司, Macmillan公司, Ed. Masson 公司, Oliver and Boyd书店, Thomas Nelson父子有限公司, 芝加哥大学出版社, John Wiley父子书店, The Williams & Wilkins 公司, 美国石油地质工作者协会, 美国地球物理联合会, 《美国科学杂志》(American Journal of Science), 《经济地质》(Economic Geology), 《地理评论》(Geographical Review), 《地质与采矿》(Geologie en Mijnbouw), 《地质学展望》(Geologische Rundschau), 美国地质学会, 南非地质学会, 《地质学杂志》(Geological Magazine), 地质工作者协会, 伦敦地质学会, 《地质学杂志》(Journal of Geology), 《荷兰自然科学院会议录》(Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen), 《矿物学杂志》(Mineralogical Magazine), 《地质学新年鉴》(Neues Jahrbuch für Geologie), 等等, 《新西兰科技杂志》(New Zealand Journal of Science and Technology), N. V. de Bataafsche petroleum Maatschappig 伦敦物理学会, 伦敦皇家学会, 新西兰皇家学会, 美国地质调查所, 澳大利亚地质学会, 大不列颠地质调查所, 维多利亚州地质调查所。

卡罗兰 (P. Carolan) 女士和芬莉 (C. Finlay) 女士担任秘书和技术助理, 本人表示感谢。

墨尔本大学

E. S. H.

一九六一年三月

再 版 序

在本书初版原稿脱稿以来的十年间，各章所提到的大部分课题已在一些重要的专门出版物中作过讨论，因此，要把这方面的大量知识和许多实例加以提炼，并适当归纳到一本构造地质书里，已日益困难了。即使在今后这种书的写作可能要集体来进行，但我仍然相信还是需要有一本构造地质学的普通教科书。

本书要全部重写是不切实际的，不过在这一版已改正了不少错误，列举了最新的参考文献，重写了某些章节，而在另一些章节中则增加了一些新概念。前不久，在一本较早问世的著作中认为重力构造和流动作为构造地质学的一门萌芽学科是恰当的；但是现在应该说，刚性板块构造和海底扩张是更值得注意的基本概念，这些概念对区域构造地质和我们对全球现象的了解肯定有十分重要的影响。

除初版序中提到的杂志以外。我还要向惠允在这本修订版中刊载插图的《地球物理研究杂志》(Journal of Geophysical Research) 的编辑和美国地震学会以及有关的作者致谢。

我衷心感谢对本书提出改进意见的同事们，在这些意见当中，看到那些得到某些人赞同的意见，受到另一些人的批评是有益的。我对登特克斯教授（来登大学）欣然承诺修订第十三章构造岩石学以及塞西莉·芬莉（Cecily Finlay）女士在修订原稿时始终不懈的帮助再次深深致谢。

E. S. H.

墨尔本大学

一九七〇年七月

译者序

希尔斯 (E. Sherbon Hills) 为英国皇家学会会员，澳大利亚地质学会首任主席，是澳大利亚墨尔本大学的地质学教授，在该校任教达40余年，在地质界享有盛名。

著者任该校地质学讲师期间，曾出版过一本“*Outlines of structural Geology*”（《构造地质学纲要》，由潘广明同志译出1939年第二版），此书出版后因其简明扼要而颇得好评。著者又以此《纲要》为蓝本于1961年写出《构造地质学原理》（“*Elements of structural Geology*”）一书，于1963年出版，1972年第二版。

本书把一般认为属于构造地质学范围内应该涉及的课题都作了综合阐述，从显微构造到大构造，从构造岩石学到地貌构造学，还包括非地壳运动的构造、沉积岩和火成岩的原生构造。其中构造岩石学一章是由他的合作者登特克斯 (E. den Tex) 教授撰写的。自本书第一版问世以来的十年间，构造地质学的进展颇速，大洋地壳的探索，古地磁研究的成就等，大大扩充了构造地质学的领域，板块构造学说应时而生，开始形成一门新兴的构造地质学科——“全球构造 (Global tectonics)”。著者为了适应这一新的形势，于第二版充实了这方面的内容。其它章节也作过必要的修改增补。本书便是根据第二版译出的。

本书是一本教科书，主要章节是褶皱、断层、劈理、火成岩构造，并专章讲述了沉积构造。对基本概念的定义比较明确，对各种构造的形态特征及其描述和表现法（如几何作图法、统计分析法）都作了简明的介绍，对构造的成因也有颇为透彻的阐述，并每每引证各学者的不同论点给以分析、比较和评述。读者可以从中学到分析问题的能力。本书专门用了两章介绍岩体变形的力学原理和外界条件对岩体变形的影响，并在各类构造分析中加以运用。所附插图甚多，实例多经过精心抉择，各大陆都有适当例子，不过澳洲的实例较多。对学习研究构造地质的师生、地质研究人员和野外工作者来说，这本书确是一本很有帮助的好书。

参加本书翻译的有李叔达、徐开礼、李行健、刘茂才、陈国勋、竺国强、李福佩、张伯南、王振荣等同志，全书译出后由李叔达同志通览定稿。承张绍忠、蒋荫昌同志校阅，谨此致谢。

参加本书译出工作的尚有蔡学林、许仲路等同志。

目 录

译者序

初版序

再版序

第一章	构造地质学的范围和内容	1
第二章	沉积结构和沉积构造	4
第三章	非地壳变动的构造	32
第四章	变形物理学	51
第五章	环境、时间和材料	69
第六章	面状构造、线状构造和节理	93
第七章	断层	108
第八章	褶皱	144
第九章	褶皱的构造分析	174
第十章	劈理	196
第十一章	大构造和大地构造学	211
第十二章	火成岩	234
第十三章	构造岩石学	263
第十四章	地貌学和地质构造-地貌构造学	289

第一章 构造地质学的范围和内容

构造地质学作为地质科学的一个分支，它的特殊任务在于对岩石-构造 (rock-structure) 进行识别、描述和成因解释。岩石构造是指什么，在眼下还没有确切定义的情况下，让我们看这样一个地质横剖面，它显示不同产状的岩层，有的是平伏的，有的是倾斜的，有的是褶皱的，有的是断裂的，而且在多处有火成岩侵入或为熔岩流所复盖，甚至还在许多地方受过变质。这个剖面显示了出现的各种不同岩石单位 (rock-unit) 的形状和产状，可以说在剖面的平面上表现了地球那一部分的地质构造。现存于地球上的这些岩石单位所表现的形状和产状，首先是在它们的原生构造发育时所涉及的一些原始形成过程的产物，其次是所有影响它们的后来的作用——不管是机械变形还是化学改造——的结果。通常，要把那些与沉积岩或火成岩形成过程后期有关的效应称为后生效应 (penecontemporaneous) 的加以区别，因为它们与研究岩石形成时所获得的条件有密切关系，而把完全是后来形成的构造看成是次生构造。一般说来，上升作用、抬斜作用、断层作用或褶皱作用产生次生构造；虽说构造地质学确实是绝大部分要研究这些构造，但是，一个研究者不仅必须对这样变形的地质体有很好的了解，而且在着手研究这些次生变形之前，还必须把注意力集中到岩石原生构造和后生构造上，这也是很清楚的。

如果就我们怎样在野外获得构造知识而论，这样做的必要性就更是显而易见的。当一个人为了填图而观察岩石露头时，他最后必需把关于岩石几何形状的某些数据记入野簿中，这些数据通常是指他能够在露头上确定的某些平面的倾斜和走向。所以野外地质人员显然必须认识这种面的真实性质。在这方面，经常犯的错是把板岩中的劈理误认作层理，别的错误也同样可能发生。为了利用构造数据填图，在野外工作的地质人员还必须能够认识他的填图对象，这意味着他不但必需具备十分完整的关于节理、劈理、叶理一类次生构造的知识，还必需具备十分完整的关于沉积岩和火成岩原生构造的知识。

在一本构造地质学著作里，过分强调原生构造虽然会被认为是对岩石学或沉积学的冒犯，但我们的沉积学知识的许多基本进展实际上都是近年来由详细调查了沉积岩原生构造的构造地质工作者取得的。特别是在水下崩滑作用和浊流沉积作用的研究方面更是这样。这一类课题将在本书第二章与沉积物的原生构造一起探讨，接着还将在第三章连同后生构造，和那些虽具次生成因但又非地壳变动所形成而是重力作用于地表或地表附近的松软岩石或易屈服岩石所产生的构造一道继续讨论。

在深入讨论次生构造之前，我们将在第四章和第五章讨论那些特别适用于解释岩石变形的物理学原理，随后着手讨论可视为本书核心的课题，即节理、断层、褶皱和板劈理。在这些研究中，我们将发现，我们不但涉及到各种宏观的面状构造要素和线状构造要素，而且，尤其是在变质岩中，还要涉及到其组成颗粒的结晶要素。

构造和组构

以各种线状构造要素和面状构造要素来描述岩体的几何形状时，人们已经提出了两种

截然不同的方法。第一种方法是识别和描述岩石构造，它们是象褶皱、断层和节理那样的实体或实体群 (groups of entities)。这包括把它们的位置一一描在图上，描述或图示其形状和其它特征，并探讨其成因。以地质图、横剖面图、块状图和照片作为主要表现方法。第二种方法基本上是在统计学基础上来研究岩石构造的几何关系。这包括对大量单个构造要素的产状进行制图和标绘，以揭示这些一起构成岩石组构的要素的统计分群，各构造要素的地理坐标位置以及它们之间的几何关系。组构研究是在几百个观察点记录的基础上进行的；观察结果先以数字记录，然后转绘成组构图，以便于统计分析。不过，对于所测得的很多单个要素诸如节理面或倾斜读数等的真实位置，可以标绘在地质图上的是很少的。为了说明这两种方法，我们举一个例子，建筑师可以用实际建筑设计详图把一间房子表示在平面图和正面图上；但是，这间房子的结构可以说在两个正交的直立面（墙）和第三个水平的面——屋顶、地板和天花板上表现得最明显。由此看来，这两种方法是相辅相成的，不过在采矿、石油地质和工程地质的许多实际问题中，最主要的终归还是构造实体的位置和产状。组构分析已具体用于研究岩石的显微特征和半显微特征，包括晶粒形状、各种结晶方向和结晶面（光轴、双晶面等）以及手标本上的小型构造。这方面的研究也称为构造岩石学、岩组分析或显微构造学。然而，组构一词不仅包括显微组构，也包括宏观构造，对于后者也可以成功地进行统计处理。因此我们将利用第六章的机会介绍了普遍适用于本书的统计数据图解法。在论述构造岩石学的第十三章中，将对组构分析作更完整的叙述，这一章还将根据第十章对于劈理所作评述的基础上，给出本书关于变质岩的主要解释。火成岩安排在第十二章。这种岩石的特点在于它们保存了很多在流体相中形成的构造，而且流体的存在也影响了这些构造在一个地区的应力-应变型式中的空间关系。

大地构造

一位构造地质工作者在研究一个小地区时，必然要促使他去考察这个地区在周围广大区域内所处的“位置”。他希望他填出的层、褶皱和断层符合于全区的褶皱带或断层带的型式，接着他马上察觉到自己又在思索大陆规模的问题。虽然只根据大小或面积的考虑把这样广阔的调查研究拒之于构造地质学之外，似乎是不合逻辑的，但传统上是把大陆构造、大洋构造以及全球构造的广泛领域作为构造学 (tectonics) 或大地构造学 (geotectonics) 的范围。任何一本构造地质学教程都必须对大褶皱带和断层带等作一番讲述，本书把这些课题放在第十一章中讨论，不过，由于构造地质学涉及的主要是地球的外层，因此本书与地球深部的地球物理特征有关的课题不予详述，或者只是在必要时作点简述。

继第十三章讲述构造岩石学——大部分涉及的是显微构造——之后，再讨论地貌构造学 (Morphotectonics) 的第十四章；我们把观察范围再度扩大到陆地景观的领域。这是一块任何一个野外地质人员都不能忽视的丰富多采的园地，令人高兴的是，在那里发现地貌学及其构造意义在长期被忽视之后又重新在地质工作者中引起了兴趣。

构造地质学文献

构造地质学的这一分支或那一分支在相当频繁的时间阶段上一次又一次地出现崭新的面貌，这是由于不断引入若干新概念，然而也许更经常的是由于认识到某些过去出现但长期被忽视的观念，实际上却是很有用、很有启发性的。即使科学上这种思想突变有时招致

了反对,引起了论战,但由此而产生的生动活泼的讨论却常常会激起更大的兴趣,促进更深入的研究。因此,象褶皱作用、断层作用、推复构造、劈理形成作用、火成岩构造、岩组分析、重力滑动作用或基底构造对盖层岩石或年轻构造的影响这样一些课题,只要一提及它们的名目就会促使学习认真的学生予以充分的历史回顾。

在构造地质学和区域地质学的大量文献中,确实拥有很多辅助性的概念、插图和实例,研究这些领域的文献目录是很有益而愉快的。本书所提供的参考文献只限于对某一特殊课题最有用的那一部分,远不是完全的^①。在本章之末,列出了除英文以外其它文字的主要教科书。

在构造地质学中有许多术语,即使是有些最基本的术语,其含义的变化是很大的,例如“不整合”一词,显然是很简单的词,但学生只消略为接触文献就会马上感到无所适从。如果有人回忆他在地质学基础教学中他就常遇到过。就拿“不整合”来说,最近一本教材这样写道:“地层层序中几乎每一个分隔面都是表示有一段延续时间的不整合”。于是,当不整合这个术语可以用来表示照一般标准应称为整合层系中的分隔面时,学生对它的真实含义惶惑不解是可以原谅的。在这方面,本书虽然讲到一些不同用法,但总是设法作出最能接受的定义,并在许多地方提出了新的定义。在术语的含义已有一致改变の場合,本书也提到了旧的用法,比如现在通用“plunge”一词代替过去所用的“pitch”一词来指褶皱的“倾伏”。之所以这样做是因为在含义改变以前出版的文献和图件中将会看到旧的用法。

最好的地质著作包含精细的描述和正确的见解,因此对每个学生来说,自学原著是很重要的。然而,学习中保持虚心和批判精神同样是不可少的,另外,由于眼睛总是看那些想要他去看的东西,所以在野外有必要学习观察的艺术和技巧——德拉伯基 (De la Beche) 恰如其份地称之为‘地质观察员’的艺术和技巧。

外文教科书 (Foreign Textbooks)

G. D. Azhgirei, *Strukturgeologie*; (阿日吉里: 构造地质学) 572pp. 1963. (构造地质学基础纲要的德译本, 原书是1956年俄文版。)^②

V. V. Belousov, *Basic Problems of Geotectonics*; (别洛乌索夫: 大地构造学基本问题) Moscow, 1954 (俄文)。英译本, New York, 1962。^③

J. Goguel, *Traité de Tectonique*; (戈盖尔: 大地构造学) Paris, 1952. 英译本, San Francisco, 1962。

V. E. Khain, *General Tectonics*; (哈因: 普通构造学) Moscow, 1964 (俄文)。

K. Metz, *Lehrbuch der Tektonischen Geologie*; (梅茨: 构造地质学教程) 第二版, Stuttgart, 1967。

① 编者注: 本书原版在正文每页下面差不多都有脚注, 主要是索引性质的参阅文献目录, 已予删去。读者如有需要, 请查原文版本。少数与正文有关的解释, 仍予保留。

② 中译本, 工业出版社 1966。

③ 中译本, 地质出版社 上册 1956; 下册 1957。

第二章 沉积结构和沉积构造

层 理

沉积岩最明显、最突出的特征是层理 (bedding或stratification)。层理不仅可以说明沉积系列中有可以识别的不同层存在, 而且可以说明任何一层中有与其沉积作用有关的微

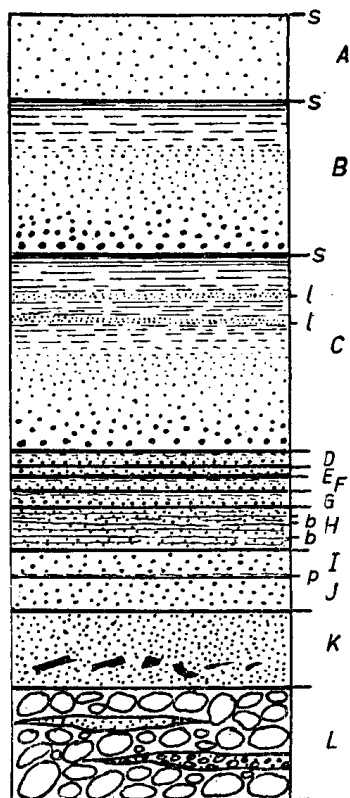


图 2-1 层的类型

各层以分隔面 (S) 为界。A. 均匀块状砂岩。B. 简单的粒级层, 从下部粗屑砂岩均匀渐变到上部页岩。C. 复杂粒级层, 页岩夹砂岩薄层 (l, l')。D、E、F、G. 单独的薄层 (例如冰川纹泥)。H. 单一砂岩层, 具有分离的层面 (b, b')。I. 和 J. 两层砂岩, 被页岩夹层 (p) 所分开。K. 含棱角状页岩碎屑的不均匀砂岩层。L. 含砂砾扁豆体的不均匀砾岩层。

细纹层或微细结构存在 (图 II-1)。一般说来, 每层都是相当均匀的, 根据某些突出的特征, 象结构 (如页岩、砂岩、砾岩)、成分 (如煤、石灰岩、页岩)、颜色、硬度之类, 可以把它与其它层分开。另一方面, 在某些岩性均一的层序中, 也可以借助于岩性相似层之间的分隔面 (separation plane) 的风化特征, 或借助于不同岩石的细薄“夹层”, 例如砂岩中的页岩夹层来区分不同的层。而岩石露头因各层的风化特性不同 (差异风化) 通常都显有层理。

在一套层系中, 有许多层是均匀的, 但也会有些层显示相当大的变化, 尤其是粒级层存在着自下而上从粗到细的变化; 而且还可以看到侧向的粒级变化。此外, 在一层内, 也可以出现颜色或结构上稍有差异, 但不失其作为一层的纹层或薄层。随着一特定条件组合下沉积出来的岩层所反映的岩性特征不外是均匀的或者是系统变化的。层的判定尽管常常带有任意性, 但最好是把某些很薄的层看作层, 而不看作层内的纹层。因此, 在冰川纹泥中, 每年的沉积即使其厚度以几英寸或几分之一英寸计, 显然也值得当作一个单独的层; 而在粒级杂砂岩中, 砂质纹层却只能作为整个粒级单位的组成部分^①。

相邻层的上、下表面共同构成沉积层系中的分隔面。因为这些表面常常标志着沉积条件的改变, 而且表示一段时间间隔, 所以它们在沉积史上可以与层本身具有几乎同等的重要性, 因而层的顶和底的特征就获得了下面 (见第 13 页) 将要充分讨论的特殊意义。此外, 大多数层都有由微细纹理 (层面) 或易劈方向构成的层

① 有时只根据厚度来区别纹层 (laminae)、薄层 (layer) 和层 (bed), 这不仅完全是任意的, 而且是与普通用法相违背的; 按照普通用法, 某人说“纹层状页岩层或纹层状石灰岩层”, 他所说的纹层是层 (bed) 的一部分。“layer”一词, 在“薄的层”的含义上并没有得到普遍承认, 最好是用作日常用语, 而不用作技术名词。

面（采石工所说的层）所显示的内部构造。在组成颗粒是由流水带来的碎屑沉积中，它的纹理（或显微纹理）代表碎屑沉积时层的连续上表面，但是在迅速沉积的沙和砾石中，大多数这种表面几乎马上就会被掩埋。一般说来，微细层理的保存确实是迅速沉积的标志，因为沉积极其缓慢时，薄层沉积遭受波浪和水流以及遭受有机体干扰的机会会大大增加。层理可以由颜色或结构的轻微差异显示出来，通常在风化面上表现最清楚，但是在有些岩性非常均匀的层中，实际上是看不到层理的，要劈开岩石才能发现。层面上通常有笔石和植物遗体一类的化石，块状砂岩或泥岩可以以云母碎片的平行排列显示层理。

页岩和纹层状褐煤〔叶煤（Blätterkohle）〕可平行于层理劈成极薄的片。页岩的易剥性多半是起因于云母片和粘土矿物片的平行排列，这种平行排列部分是沉积作用的结果，部分是沉积物压实的结果，还可能是在负荷下平行层理的塑性流动的结果。云母一类片状颗粒一般在沉积时，甚至一离开流水就平放在层面上，但是，在云母与其它颗粒混合的矿泥（slurry）中，许多云母片则可以以不同产状停积下来。在压实作用期间，这些云母片要发生转动，结果也趋于平行排列。

停积在河床上或石滩上的扁平卵石常常彼此相依，以某种角度斜靠着，形成斜叠砾岩（edgewise conglomerate）。卵石在河床上是向下游斜叠的。而在河滩上则是向远离水边的方向斜叠的。这种砾岩的结构被人们误认为是真正的层理，不过它和交错层理有区别，这主要是由于卵石倾向与水流方向相反而不同于交错层理的结构。因此，在描述层理时，必须首先对层面或纹层面与沉积结构加以区分，前者是独立构造实体，每个面都可以看到，并且可以追索；后者则不然，它是层内颗粒的平行定向排列造成的。这两者都是原生沉积特征，既可以与限制各层的分隔面平行，也可以与之斜交（图 II-2）。层面和沉积结构都可以纳入沉积组构（depositional fabric）这一概念中，赞德尔（B. Sander）等人对此曾作过讨论。在研究层理时，冰碛物中卵石和漂砾所表现的方位也可以利用，但是，由于冰川拖曳能使卵石重新定向，使冰碛组构（till fabric）的解释变得复杂化了。

此外，还有一些不同的结构，例如由云母片的平行定向排列而形成的结构，可能是由沉积后的效应引起的，如压实作用，同生水的挤出以及另一些可能的原因。这些结构是沉积后组构（Post-depositional fabric），但是在很多情况下，要把它们与真正的沉积组构区别开是很困难的。

假层理（pseudo-bedding）与层理相似的构造是相当普遍的，尤其在变质岩中。砂岩和石灰岩中强烈

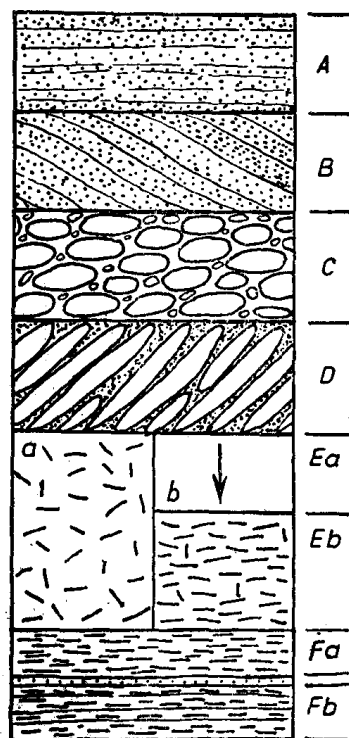


图 II-2 层理类型

- A. 砂岩，具有平行于分隔面的独立层面。（平行沉积构造。）
- B. 砂岩，具有斜交分隔面的独立层面（交错层理）。（倾斜沉积构造。）
- C. 砾岩，卵石长轴统计平行于分隔面。（平行沉积结构。）
- D. 斜叠砾岩，卵石长轴斜交于分隔面。（倾斜沉积结构。）
- Ea. 未压实的泥，其中云母片和粘土粒作无规定向。（无规沉积结构。）
- Eb. 泥岩，其中片状颗粒统计平行和平行于分隔面。（平行压实结构。）
- Fa. 泥岩，云母片平行于分隔面，但没有独立层面（平行沉积结构，参见上面C）。
- Fb. 泥岩，云母片平行于分隔面，并有独立层面，间夹有薄层砂岩

发育的劈理或规则平行的节理，在风化作用下常常呈现层理的假象，不过通过对岩石作仔细观察，找出微细层面或定向排列的化石，通常是可以认出真层理的（图 II—3）。然而，在片岩和片麻岩中，由于沿一些平行面（横向的片理、叶理、条带）发生剪切和重结晶，原生层理几乎可以完全消失。在这样的岩石中，要查明并标绘出原生层理可能是困难的。另外，在泥石流（solifluxion mass）和顺坡潜移（hill-creep）中因非均匀运动体中存在差异流动，导致卵石平行定向排列和颗粒按不同粒级分层，也会形成酷似层理的构造（图 V—22，第 83 页）。沉积岩中的颜色条带和结核层几乎可在任何方向上形成，也需要与层理仔细分开。

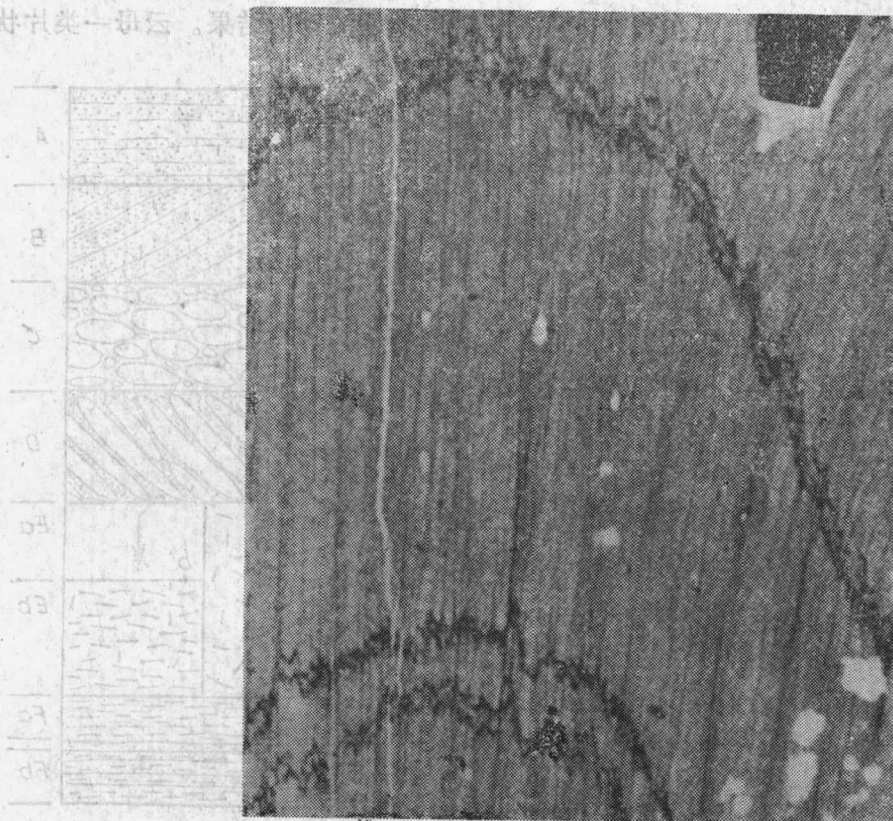


图 II—3 板岩的层理和劈理。图中背斜由炭质纹层显示出来 $\times 7$

面向 (facing) 沉积构造知识在实践中的最重要的用途之一是确定地层的地质学顶面，尤其在出现倒转褶皱的复杂构造区更是重要。在这方面有很多判据可用于无化石的或变质的岩石，所以各种判别方法在前寒武系分布区获得了最重要的应用。层的面向，一般是指向地层顺序的顶面。本书将在后面一些章节叙述一些识别面向的判据，这些判据曾由施洛克 (R. R. Shrock) 作过详细讨论。

交错层理

如果一层内部的层面大致有规则地与层间的分隔面斜交，那么这种排列形式叫做交错层理^①（图 II—2B）。

极其常见的倾斜层面是呈圆滑曲面,并渐渐接近交错层状层底部的分隔面(图 II-4)。这种情况可在沙层和粉沙层中见到,但快速流动的河流所沉积的卵石层,通常是直线状交错层理[急流交错层理 (torrential cross-bedding)]。



图 II-4 交错层理, 第三系的砂层, 维多利亚州
极规则的前积, 凹面向上; 前积的上部已被切去, 下部与每个交错层状层的下分隔面相切。层厚约一英尺

三角洲 (delta) 是河流流到静止的水体中把所携带的泥砂卸下而形成的; 三角洲在这种水体中自陆地向外增长, 其内部构造显示大型交错层理。粒级较细的粉沙和粘土则完全被带到前积层 (foreset bed) 的前缘陡坡以外, 沉积成三角洲前沉积粘土 (pro-delta clay), 然后被前进着的前积层覆盖而形成底积层 (bottom-set bed) (图 II-5)。三角洲的陆上部分是由河流沉积的泛滥平原。这种泛滥平原除其上的局部冲刷水道外, 都是由倾斜极其平缓、其倾角等于三角洲区河流的坡降的层组成。这些层叫做顶积层 (topset bed), 它们明显地切去了前积层的上部。在理想情况下可以看到少数顶积层的前端急转而下形成前积层, 但在一般情况下, 由于河流蜿蜒曲折地冲刷, 实际上前积层常被切割。顶积层和前积层极其类似的排列形式也出现于河流冲积物上的小型沙砾滩中, 而沉积在河床上的超

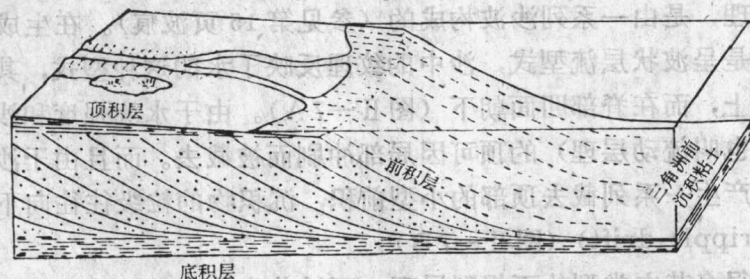


图 II-5 简单三角洲的构造

- ① 此处没有介绍另两个可供选择的术语——假层理 (false bedding) 倾斜层理 (inclined bedding)。假层理与假层理 (pseudobedding) 同义, 倾斜层理指层理是初始倾斜的。流动层理 (current bedding) 是一个成因术语, 应当包括所有起因于水流作用的层理构造, 但通常是用于快速沉积的砂, 中的小型波纹状层理 (ripple-like bedding)。对于这种层理此处选用了波形层理 (ripple-bedding) 这一术语。

深冲刷穴 (scour-hole) 里的粘土, 则类似于三角洲的底积层。

沙丘层理 (dune-bedding) 风成沙的堆积出现各种各样的交错层理; 在规则沙丘中, 这些交错层理可以定为**风成沙丘层理 (aeolian dune-bedding)**。沙丘长而直的沙落坡到沙丘底部突然终止 (图 II—6), 当沙丘移动时, 平缓的迎风坡可以切去埋藏的沙落坡的顶部, 或是在沙源充足时形成大体上依沙落坡度倾斜的层, 但出现了很多局部冲刷和沙的少量迁移的现象。尤其是钙质沙丘的层比别的沙丘层更硬结的现象可能说明在沙丘形成过程中受过降雨的影响。更新统钙质风成岩中完好地保存规则的沙丘层理, 不过大多数沙丘尤其是沙漠中的沙丘, 都是很不规则的。在那里, 后来被沙充填的风蚀坑造成了一系列不均匀分布的、交错层状的楔状体和扁豆体。

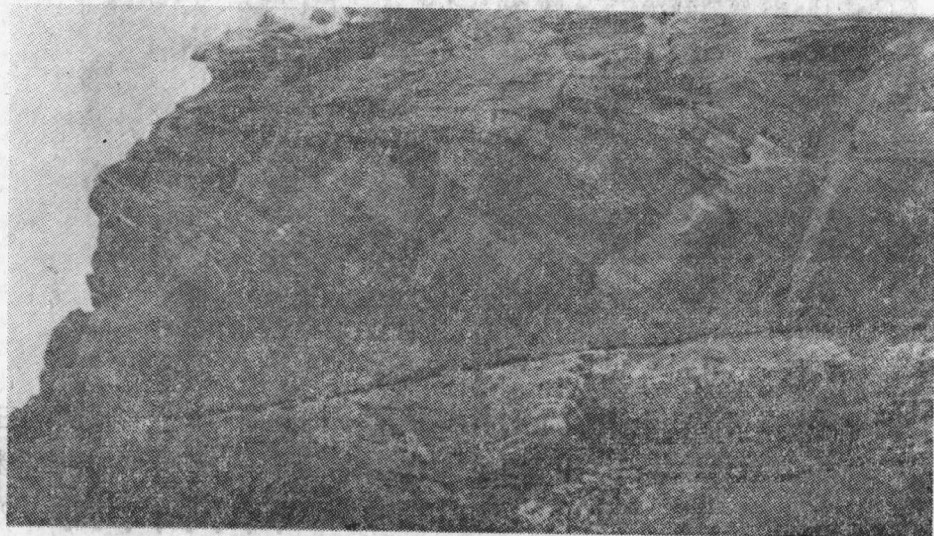


图 II—6 更新统钙质风成岩, 维多利亚巴文河源

停积在玄武岩 (崖脚) 上的两个沙丘。上面的沙丘显示向沙落坡弯转的层理, 下面沙丘的某些沙落坡下部被截去, 另一些留有很短而弯曲的下部

由于风成沙丘层理的不规则性, 对确定地层面向几乎没有什么用途, 而且在沙落坡底部而不是顶部的层面被切去的时候, 甚至还会得出错误的结果 (图 II—6)。

波形层理 (ripple-bedding) [流动层理 (current-bedding)] 在快速沉积的沙中所看到的小型波形层理, 是由一系列沙波构成的 (参见第 15 页波痕)。在生成这种层理的典型情况下, 水本身是呈波状层流型式, 沙中的纹理反映了水的这种型式, 其完全曲线表明纹层在槽部凹面朝上, 而在脊部凹面朝下 (图 II—7A)。由于水流强度和沙补给量的变化, 波形层理 (有时也叫流动层理) 的顶可因局部冲刷而被截去。而且由于沙层的流动波痕向下游迁移, 还会产生一系列截去顶部的小型前积, 沉积物的粒级往往向下变细; 这种现象叫做**波痕迁移 (ripple-drift)** (图 II—7B)。

现已识别出很多其它类型的不规则层理, 不过其中大多数涉及到新近沉积的软岩石的变形。所以它们属于准同生构造, 下面再予讨论 (见第 26—33 页)。

从上面水下交错层理和波形层理的各个实例中可以看到, 凹面向上的层面的截切, 为判别面向提供了一种完全可靠的标志。

根据三角洲、河流沉积和波痕层中交错层理倾向的统计研究, 能够推断沉积物的补给方向, 但是, 由于河道位置的变化, 不能指望三角洲前积的倾向比一般构造方向更可靠,

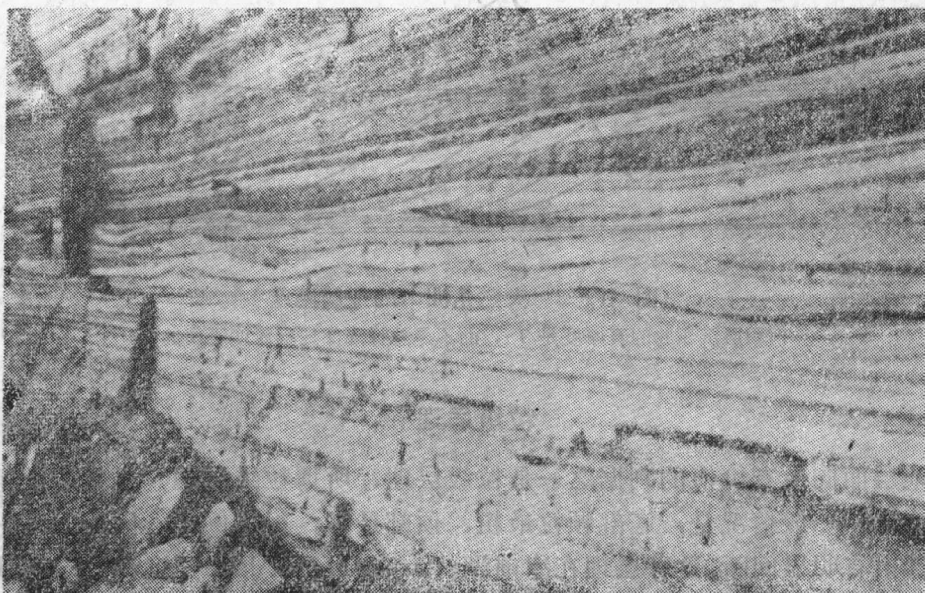


图 II—7A 更新统凝灰岩中巨型波形层理的完整曲线和截头曲线，
维多利亚州珀朗贝特湖，波峰相距 3—4 英尺

(E. S. H. 摄)

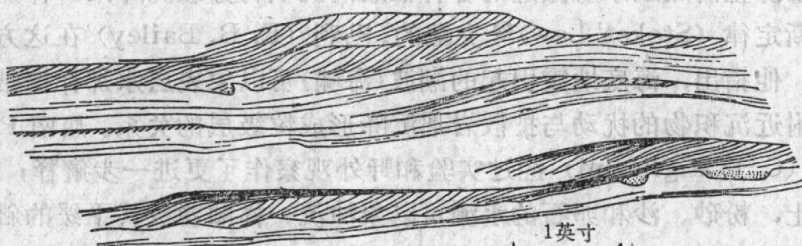


图 II—7B 阿伯里斯威思粗屑砂岩中的波形层理（波痕迁移），水流方向自右至左

(据 Wood 和 Smith, 1969)

因为会存在很多局部偏离一般构造方向的情况。一些指形三角洲，例如密西西比河三角洲，倾向的变化是最大的。

原始倾斜 (initial dip) 地层沉积时偏离水平面的程度是它的原始倾斜，例如在辽阔的浅水盆地中，即使是很平缓的原始倾斜也会产生有重要意义的原始构造，因为在 10 英里的长度上只需保持半度的倾斜，就可使一层升高或下落 460 英尺；当把这种情况用夸大的垂直比例尺表示在剖面上时，就得到一种强烈倾斜的表象。原始倾斜角度的最大值取决于沉积物所在条件下的休止角，静水中沉积的沙，其原始倾角最大值据说是高达 43° 。沙丘的沙落坡的坡角大致在 28° 到 33° 。细粒沉积物的休止角比粗粒沉积物的小。陡的原始倾斜一般是见于交错层状沉积物中、珊瑚礁的周围以及埋藏冈陵和埋藏丘陵的边部。沉积物的压实可以使流动层理或交错层理的原始倾斜减少，但在埋藏丘陵周围却反而使原始倾斜增大（参见第 38—39 页）。

大型三角洲构造的一个重要问题（图 II—8）是前积层的原始倾斜对估计地层总厚度的影响，如果了解这种三角洲的构造，并加以适当修正的话，就会大大高估了地层总厚度。