

沉积构造

[英] J.D.科林森 著
D.B.汤普森

地质出版社

沉 积 构 造

[英] J.D.科 林 森 著
D.B.汤 普 森

付泽明 李蕙生 等译
陈钟惠 孙永传 校

地 质 出 版 社

Sedimentary Structures

J. D. Collinson and D. B. Thompson

George Allen & Unwin Ltd.

London 1982

沉 积 构 造

[英] J. D. 科林森 D. B. 汤普森 著

付泽明 李蕙生 等译

陈钟惠 孙永传 校

责任编辑：李云浮

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆印张：10.75 插页4页 字数：264,000

1988年6月北京第一版·1988年6月北京第一次印刷

印数：1—2,080册 国内定价：2.70元

ISBN 7-116-00207-3/P·185

译者的话

沉积构造是沉积岩的重要特征，目前国内外已广泛利用原生沉积构造及其组合或序列作为判别沉积环境的重要标志。

迄今已出版的大多数沉积学、沉积岩石学以及沉积地质学的教材和专著大都涉及沉积构造，但专门讨论沉积构造的书却甚少。J. D. 科林森和 D. B. 汤普森所著《沉积构造》是一部关于沉积构造的专著。该书对沉积岩中所见到的各种类型沉积构造做了系统的介绍，深入地探讨了其可能的成因，还有大量篇幅涉及到思维方法和工作步骤，特别是对如何进行野外工作提出了许多很好的建议。因此，本书不论对初学者，还是对已涉足环境分析领域多年的地质人员来说都是非常适用的。

本书的译者及所译的章节如下：前言：陈钟惠；第一章：李蕙生；第二、第三及第四章：傅泽明；第五及第六章：马晋贤；第七章：庄新国；第八章：李蕙生、孙永传；第九章：夏文臣；第十章及附录：李蕙生。陈钟惠和孙永传负责对译稿进行最后校订。

原书各章末尾都附有许多参考阅读书目，在译稿中均略去。

由于我们的水平有限，译文中谬误之处在所难免，希读者不吝赐正。

译者

前言

编写一部这种类型的书的想法出现在几年之前，当时在一些学校和学院的教师们的催促下，笔者意识到了在沉积学教科书范围内似乎存在着一个空缺。已经有不少的（有几本是优秀的）教科书涉及到沉积岩石学以及对沉积岩基本特征的描述，还有一系列较新的书涉及到了沉积作用、相以及根据现代环境对它们作出的解释。最近又出版了一些书，试图解决根据岩石层序确定早期环境的问题，或诸如大地构造以及全球性海平面变化对沉积作用的影响这类大的概念。这些书的大部分已列在第一章末尾的阅读书目中。在所列的文献中，只有三本书，即Ricci-Lucchi、Conybeare和Crook以及Pettijohn和Potter所写的，是主要讨论沉积构造的。

据我们看来，以帮助初学的学生解决在野外应做些什么，怎样去做以及采用何种步骤等问题为目的的书似乎是很少的。几乎没有什么教科书对于应提出什么样的重要问题，或者怎样去思考以中型为主的沉积构造的成因过程和相互关系问题给予指导。不具备研究沉积作用及与其相关沉积构造的坚实实验基础，学生们怎么能阅读得了诸如Reading(1978)所主编的那样的书呢？

这一问题似乎是很深入和比较基本的。我们中的一位(D. B. Thompson)每年从英国各类大学接受优秀的地质学毕业生，教授一年关于教学方法的研究生课程。在该课程中尝试着把地质科学作为一种工具用于在整个科学上有价值的训练。就沉积学而论，大学生们看来受到的是以较少的手段为基础的描述性训练。他们大多数有沉积岩石学的基础，并听过许多关于应用基础沉积学研究成果于欧洲和不列颠诸岛地层学问题方面的课程。除少数明显例外的情况外，看来只有不多的时间是用来讲授被我们认为是基础沉积学的东西并介绍早在1850—1900年就由先驱者（诸如Sorby和Walter，参阅第一章）提出来的更为基础的技术、方法、看法和估价。学生们经验的不足通常表现为缺乏完成如下任务的能力和意愿：(a) 为他们自己确定沉积学课题；(b) 提出适宜的问题；(c) 制定他们自己的调查计划；(d) 努力钻研物理、化学和生态作用；(e) 研究现代沉积环境，监测上述的与底形及其它有机和无机构造的成因有关的作用；(f) 在实验室中，在可能是简化了的控制条件下，模拟野外所见到的基本作用；(g) 拟定用于研究各种古代沉积层序的有价值的野外工作程序；(h) 用从相关学科和数学引伸出的一系列基本概念对问题展开讨论；(i) 对应用于沉积学的科学方法论作出批判性的探讨。

所以，从根本上说，学生们似乎具有很少的沉积学的实践经验，也很少获得对沉积学实际的感性认识。他们对适用于研究古代和现代层序的程序缺乏了解，并难于对古代记录中所发现的构造的成因和顺序作出有条理的、关键性的探讨。

与此同时，另一位作者(J. D. Collinson)在学位课程范围内，设法开设了一门综合的、集体讲授的沉积岩石学课程，在该课程中相当全面地提供了沉积学的基本原理。他利用了Keele附近一些采石场的有利条件，那里有适合于见习考察的各种层序。

两位作者曾花费多年时间对在野外的各种古代和现代环境中为大学生和更年轻的对象

讲授这些课题的方法进行了试验。随后我们又一道工作在Keele大学各自的系中，并从与来自院校的、年青的、不保守的、对现行课程和实习提出询问的同事们的相互接触中得到好处，这些同事有的是在我们自己的系，有的是在别的系。

我们发现，也象其他许多地质人员一样，当学生们独立地和集体地在野外工作和随后在实验室继续工作时，通过与导师和同学们的相互影响而产生对地质科学的巨大热情和动力。我们希望本书将促进这种对话和探讨，并弥补前面所提到的某些不足。

依我们的看法，沉积学是地质科学的精华所在。对沉积学现代实际的体验及对沉积学基本原理的讲授，在初学者的经验中应是重要的。因为不少于75%的地球表面是被沉积物所覆盖，而且大多数人都比较容易接触现代环境和含有重要资源的古代沉积岩层序。

本书的编写主要是考虑初学的大学生们需要，它的许多部分对正在联合王国的学校或学院中接受非常专门化的高等课程的16—18岁的学生也是有帮助的。我们希望这本书对所有近几年获得了地质学或地球科学学位的人，以及所有目前因在自己的经历中有我们在前文中指出的某种缺陷而感到处于不利地位的人，也将被证明是有益的。我们特别希望那些在学校和学院中讲授地质学课程的人能够受益，并希望他们能真正地掌握我们所采用的现代手段的要点。一年一度参加校外班的众多业余地质爱好者，以及那些经常把惊人的、宽阔的科技经验用于所遇到的地质问题的人，也将会发现这本书是有益的。

作者设想，学生们应是已领会了地质学中的一般入门课程，如矿物学、岩石学和古生物学，并成功地掌握了物理学、化学、生物学、数学和统计学中的基本概念。还进一步设想，他们应是已参加过若干次野外地质旅行，从而至少能对地质环境及地质人员为他们自己提出的问题的性质有所了解。更为理想的是，学生们已被要求自己提出一些问题，并已计划和实施简单的调查以解决这些问题。

我们希望本书是面向大学生的，所以，除加强理论解释外，还鼓励参加野外和实验室的实践和试验活动。如果从事一些与获得沉积-生态领域复杂事物的感性认识有关的活动，即便花费许多小时，弄湿、弄脏了手脚，也并非浪费时间。这样一种途径允许采用具有适宜精确度和准确度的各种采样和测量方法。为了鼓励采用这些途径，在每章中频繁地向读者提出要求，去涉足要讨论的问题，其数量大于一般的大学课本。所提出的建议包括从提示去野外或实验室并进行观察或实验，到对付在照片和图表上的闭门造车的作业。在没有完全弄懂任一章之前，要回避这些作业是不明智的。学生们应同他们的导师讨论各章中作业的答案。倘若他们希望利用作者们所提供的某些答案，欢迎他们用贴了大A.邮票并注明地址的封口信封写信给本书作者之一（D. B. Tompson）。

总的来说，我们避免在正文中注明资料出处（作者、文章、日期等）。然而，对于正文中所提到的具体科学工作者，通常都在每章的末尾列举出他们的著作以供参考。

在每章的末尾我们都汇编了一个建议进一步学习的读物的目录，对利用多方面的资料提出了要求。首先突出了野外研究，在某些情况下还提到了野外工作地区，并提供参考文献以介绍某些类型的沉积学工作。因为一些补充的、间接的野外经验有可能通过利用某些直观资料来获得，所以提到了一些现有的、适用的电影、影片柜、幻灯式影片或成套的幻灯片。提出了有关实验工作的一些建议，这在与正文中所到的某个具体论题有关的参考文献比较有限的情况下可能是适宜的。因为指导和鼓励学生们去着手对付任一领域的大量文献正在成为大学中的一个课题，所以不必担心成批地列出学校和学院的课程、有关的书籍、

小册子和文章，何况这些文献在学术上的难度业已通过所列出的标题一浏览读物、基本读物或进一步的读物，或我们对每一个条目的评述予以说明了。进一步的读物主要是为水平较高的大学生、大学毕业生和研究生提供的，在这方面我们曾不得不对文献作了具体的选择。

与那些加附注以介绍数以百计“幕后角色”的书籍相比，我们乐于对本书做出贡献的几个人的表示真挚感谢。尽管任何人都不需对本书的不足之处承担任何责任，但所有的大大地改进了这本书的人都应受到称赞。John Allen、Ed Belt、Bill Groves、Chris King、Mike Leeder、John Pollard和Harold Reading审阅了各章草稿，他们的评论使得本书更为准确和协调。Isla Mc Taggart通过仔细的和批评性的编辑工作而改进了全书的文字描述。Jane Install承担了原稿的主要打字工作；Joan Cliff、Wendy Kinson、Marion Rhodes和Doreen Thompson都协助了早期草稿的打字工作和后期的校订工作。Pat Douglass和Darid Kelsall承担了大部分的摄影工作，而John Pepper绘制了大部分的图件。所有的人都表现了值得称赞的耐心。最后，我们必须为George Allen和Vnwin的Roger Jones和Geoff Palmer在设法使本书得以完成中所给予的鼓励和所表现的耐心和专业技巧，向他们致以谢意。

J. D. 科林森

D. B. 汤普森

目 录

前言

第一章 沉积构造研究导论	(1)
1.1 本书的性质	(1)
1.2 沉积构造与沉积学和地质学的关系	(2)
1.3 从科学的性质和科学方法论的角度谈沉积构造	(2)
第二章 层理	(5)
2.1 层理的性质	(5)
2.2 层理的意义	(13)
第三章 流体、流动和沉积物的基本性质	(17)
3.1 引言	(17)
3.2 低粘度流体和流动的性质	(17)
3.3 高粘度流	(23)
3.4 假流体的特性	(24)
3.5 密度流和浊流	(24)
3.6 波	(25)
3.7 流动所搬运的沉积物的性质	(27)
3.8 侵蚀作用	(29)
3.9 沉积物搬运的方式	(31)
第四章 侵蚀构造	(33)
4.1 引言	(33)
4.2 底痕	(33)
4.3 现代和古代沉积物上层面上的小型构造	(42)
4.4 垂向剖面中的侵蚀特征	(43)
第五章 泥、泥岩和页岩中的沉积构造	(48)
5.1 引言	(48)
5.2 构造和纹理	(50)
第六章 砂和砂岩的沉积构造	(53)
6.1 波痕和交错纹理	(53)
6.2 水成沙丘、沙波和交错层理	(65)
6.3 风成沙丘和交错层理	(74)
6.4 平底和平行纹理	(87)
6.5 波状起伏平滑面和纹理	(89)
6.6 丘状交错层理	(90)
6.7 块状递变层	(91)

第七章 砾石、砾岩和角砾岩中的沉积构造	(93)
7.1 引言	(93)
7.2 分类问题	(93)
7.3 物质形态和砾石沉积的一般过程	(94)
7.4 构造和其它描述性特征: 它们的形成方式	(96)
7.5 块体性质和构造的形成作用	(106)
7.6 构造的用途	(107)
第八章 化学和生物成因的沉积构造	(110)
8.1 引言	(110)
8.2 化学沉淀作用	(110)
8.3 生物成因的沉积物沉淀和粘结作用	(113)
第九章 变形和扰动成因的构造	(119)
9.1 引言	(119)
9.2 物理作用引起的变形	(119)
9.3 化学成因的扰动构造	(132)
9.4 生物成因的沉积构造: 遗迹化石	(138)
第十章 构造组合的研究	(151)
10.1 引言	(151)
10.2 数据的收集和表示	(151)
10.3 资料的分析、解释和计算	(157)
附录 A 构造倾斜岩层的方向数据的复原	(163)
附录 B 未固结沉积物中沉积构造的采集和保存——盒式样芯和漆揭片	(164)

第一章 沉积构造研究导论

1.1 本书的性质

为使你对这是一部关于什么的书有所了解，请你运用已有的经验来描述和解释图1.1中所描绘的一系列地质构造及其相互关系。你也可以想想，这些问题的解决对于从事勘探和开发经济资源的地质学家可能有什么影响。

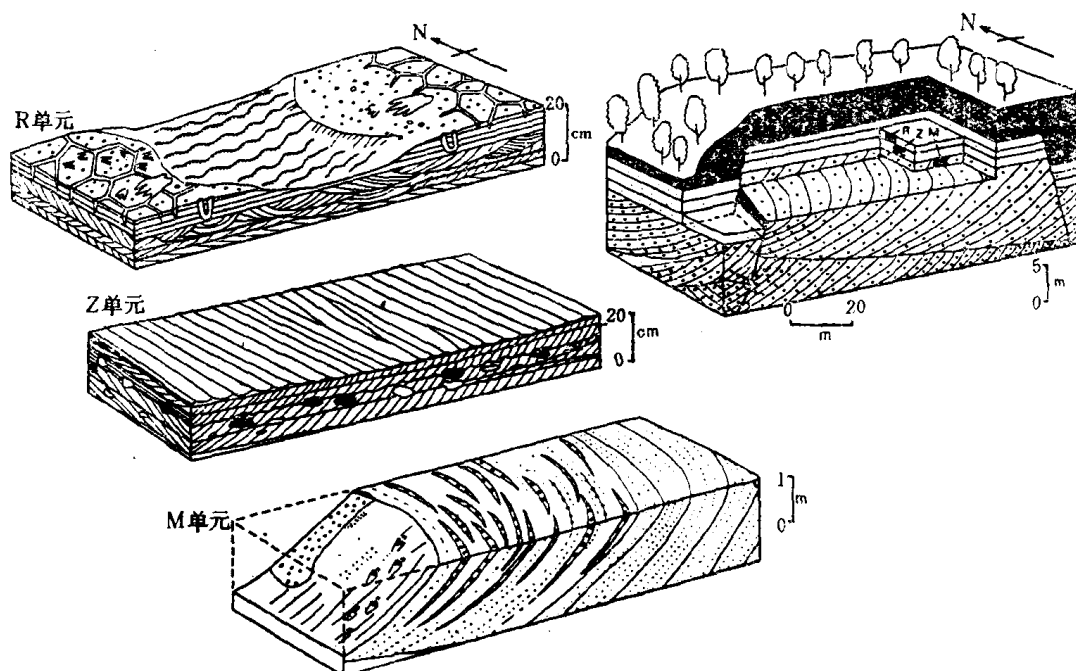


图 1.1 出露于三个块状图中的沉积构造，这三个块状图分别表示一个假想采石场中的M、R和Z单元。注意采石场壁的规模 and 方向

不论你把何种经验用于这个练习，我们建议你应遵循一个受过完全训练的沉积学家在解决同样问题时所采取的许多步骤。有许多方法可以采用，我们打算把其中一些方法在下面进一步阐述。

(a) 有些特征将在你日常经验的基础上得到识别和描述。这时你有了资料基础，这是很重要的，但显然还不足以使你能够完成任务。不管你今后的经验如何，情况将总是这样。

(b) 你将要观察、测量、记录、鉴定、划分、预测和推断某些特征和关系；我们希望扩大智力技能和技术的范围，并使你从事于改进专门的实践和实验技能。

(c) 你将要设法应用你对于所观察到的、在现代发生的物理、化学和生物作用的认识来解释某些特征。你将在关于自然界的一组现行信念的范围内进行工作，这些信念认为，自然界是有规则的，具有一致性，而且现代是解释过去的钥匙。

(d) 你可以问一下你自己，是首先粗略地了解大量资料，产生一两个推测，然后再参考你认为能够识别的那些关键性的证据来检查这些肤浅的想法，还是首先描述事物的每一个特征，然后得出有关其意义的一般概念。不论是采用演绎的方法（根据某些证据来证明一些事物是不真实的），还是采用归纳的方法（从个别到一般），你都要涉及到科学调查的过程和方法。

(e) 你将要设法把大量的特征按时空关系加以区分：把一个具体地点上发生的事件排出时代顺序的工作过程，这是地质科学的中心，它有助于把地质科学与其它科学区分开来。

在我们较详细地阐述这些观点（特别是前四个观点）之前，我们需要向初学者指出，本章涉及到了某些方法学和哲学问题，直到你接触了整本书，大大地扩展了你的实践以及应用由其它学科所获得的技能时，你才能完全地理解这些问题的重要性。因此，学生们最好是先略读本章余下的部分，待掌握了大量可应用的基础知识后，再返回来重读这些部分。长期以来为本学科所固有的技能、技术、观念、准则和一整套的信念都是在发展着。好学生应注意不要限于我们提出的意见，而应力求找到自己的、更好的方法。

1.2 沉积构造与沉积学和地质学的关系

沉积学是研究现代和古代沉积物的性质和成因的学科。它包括沉积岩石学（组成质点的描述），并与地层学（特别是古地理学）密切相关。但它又不同于地层学，这表现在它不太涉及地层对比方法、火成-变质-气成-热液事件、地层的广阔而长期的时空关系。沉积学引用和有助于其它的地质学科分支，如地球化学、地球物理学、矿物学、古生物学和大地构造学，以及其它科学，如生物学、化学、土木工程学、气候学、流体动力学、地貌学、冰川学、海洋学和土壤学。

沉积构造与所有这些学科分支有关，其原因在于，它们由特定成分的物质组成，并明显地是物理、化学和生物作用的产物。某些作用常见于多种现代环境中，但作用的组合及其通常具有的特殊定向特征，则可能是特定环境的鉴定标志。在水平方向上，由一种亚环境到另一种亚环境，作用组合在类型和强度上都是变化的。如果我们学会辨认那些对阐明地质记录的垂向层序中不同岩石单元特征有用的沉积构造，就可以推断过去发生的作用的可相互对比的变化。然而，阐明岩石单元的特征不仅仅是根据沉积构造，而且通常还包括成分和结构特征，其中一些还要求最后在实验室中予以证实。阐明这些特征就使得有可能把相似类型的岩石单元组合为相，其含意是，每一种不同的相均可以用与某个特定环境有关的一组作用加以解释。

认识到这样一点是重要的，即相的确定以及把各岩石单元划归为相不是根据绝对的标志，而是在每种情况下根据详细观测到的情况加以确定。

1.3 从科学的性质和科学方法论的角度谈沉积构造

从本章开始时我们所列举的实例中你可以看出，地质学的各学科分支与基础理论科学的学科分支不同，它们不必形成和检验普遍适用的规律。已确定的定律通常被认为是不成

问题的，并用于发现和检验与在特定时空关系中连续发生的事件有关的特殊问题。从这种意义上来讲，地质科学被认为是“实践性”的而不是“理论性”的科学。虽然如此，它仍然是可信的。

沉积学家是按照所有科学家都遵循的一系列原则进行工作的，其中许多原则，在你着手解决一系列初期实践问题时可能是不言而喻的：

- (a) 确定论原则：即自然现象是规则而有序的。
- (b) 自然现象的均一性原则：自然现象就其规律而论是固定的；科学定律是固定的，即它们不随时间、地点和情况而变化。
- (c) 连续性原则：即自然现象在时间和空间上是连续的。
- (d) 极度节俭原则（Ockham原则）：即用最简单的假说或理论最好地解释事实。

除此之外，沉积学家们还采用一些方法作为他们的智力方法论的一个部分，在你着手实践时或许也曾不自觉地采用过这些方法。沉积学家们努力发展如下一些值得采用的方法：

推测或思索：对观测现象向的相互关系所迅速构思出的直观想法；他们可以就地予以验证的一些主观臆断。

假说：对观测现象经过逻辑推导得出并被暂时采纳的、未经证实的解释。这样就有可能推断，哪些关键性观点在现有证据下是错误的，哪些观点在目前是可以接受并值得进一步验证的。好的假说预示着大量的成果，而每项成果都可用各种不同的方法加以验证，或许是通过试验的方法。应当把最初的假说看作是最富有尝试性的，并且要认识到，在大多数研究中都需要多种假说，即对一个问题解释有许多可能的观点。如果依赖于单一的解，你将成为“盲目的人”。要记住，这些观点都是使用着的假说(Working hypotheses)，它们的产生是为了解释某些关系。任何假说的有效性将随着证据的变化而变化。以研究详尽、长期有效的假说的形式出现的科学“真理”，也仍然需要不断地修改，而不是绝对不变的。

理论：是经过协调的一组不自相矛盾的假说，其中每个假说都是经过多次验证的，并且始终有效地解释了事物的相互关系。对任何理论来说，应当没有或几乎没有例外存在。但是要注意到这样的事实，即由于社会原因，许多理论是在拖了很长时间之后才被认识到是合理的（例如达尔文的进化论或大陆固定论）。理论是相互包含和相互取代的。

模式：为帮助理解现象与作用之间的复杂关系而对事物的理想化的简化，常用以说明使用着的假说。我们可以利用撒哈拉沙漠某一具体盆地的资料，以现代环境（如沙漠环境）为基础总结出实际模式，或以撒哈拉沙漠的众多盆地为基础总结出归纳模式（如以沙海和沙丘为主的沙漠模式）。我们可以作出具标度的试验模式，以便在可控的风道条件下检验特定构造如风成沙波痕和平底的形成过程和变量。数学模式用来模拟复杂的地质作用。在我们所述的沙漠实例中，可以预测到由于风向和强度的变化，沙流速度的加大以及粒度的变化而对沙海、沙丘及其内部较小构造的形态所产生的影响。直观模式，无论是图解的还是实际的，都能帮助我们了解相互关系并描绘作用、产物和环境。模式可以是静态模式，即对过去某一特定时间的描述性模式，但仍然表示了许多相互关系，如在古地理图上所表示的那样；也可以是动态模式，它试图表示变化型式，或者某一时期作用和环境的动态平衡或同一时期的定态平衡。

在解释沉积序列方面特别重要的一种模式是相模式。它是对序列中所观察到的垂向和横向相关关系的概括和简化。它试图排除相互关系中的天然“干扰”，揭示一种与从现代环境研究中得到的预测性实际模式可以比较的基本型式。这些想法将在第十章中详细阐述。

在某个特定领域工作的一批科学家所持的准则，他们的实践活动（方法论）和一套信念（哲学）构成了范例，并有助于促成科学上的一致意见。包含有对于沉积构造做了恰当解释的普通地质学范例大致产生于1785—1860年间。专门沉积学范例的基本原理可以追溯到1850—1900年间H. C. Sorby和J. Walther的工作，但沉积学的全面发展只是开始于本世纪的六十年代。

两个主要事件与Sorby和Walther的名字联系到一起。H. C. Sorby (1826—1908) 确实当称为沉积学之父，因为在1850—1908年间他首创了我们在本书中所阐述的大多数方法。他考虑到了认识岩石中所见到的早期沉积物的各种问题。他认识到，要透彻地认识形成作用，关键的问题是进行敏锐的野外观察和详细的记录。作为观察的辅助手段，他磨制了薄片，并使用了偏光显微镜。为了更好地指导对各种作用和产物的认识，他进行了实验，例如通过水流作用产生了波痕和交错纹理。他首先在野外测量了象交错层理这样一些构造的方向性，尤其是他根据自己的认识重建之环境并赋予其古地理含意。另一方面，Walther在他的《作为历史科学的地质学导论》(1890—1893) 中，将许多有关现代沉积物的分散观察资料和沉积作用研究资料集中在一起，并间接地展示了作为沉积岩研究基础的现实主义方法的力量。此外，他建立了一个更进一步和最有影响的地层学原理——Walther相序原理。这一原理规定，除非有证据表明其它别的情况，我们应当预期彼此相邻的作用和环境相当于垂向地质剖面中那些彼此渐变而相继发生的相（参阅10.3.3）。Sorby走在了他的时代的前列，而Walther则用Anglo-Saxon世界所不易理解的语言写出了他的著作。

第二章 层理

2.1 层理的性质

2.1.1 研究的起点：层组的识别

当你研究一系列岩石露头时，我们建议你从提出下列问题开始：

- (1) 我能在岩层中发现任何可以表明它们是层状的标志吗？
- (2) 我能识别代表特定沉积作用或沉积环境的特征吗？
- (3) 我能在岩层中发现任何可以表明沉积作用和沉积环境变更的变化型式吗？
- (4) 这此沉积作用的产物延伸了多远？环境的范围有多大？

2.1.2 研究的基础：现代层理的成因

为了提出并设法回答这些问题，你将在某种程度上依赖于自己实验室工作的经验以及对现代沉积环境中正在发生的作用的体验。许多沉积体具有或多或少呈平面状的底面和顶面，有相对其厚度而言很广泛的侧向分布。这些沉积单元通常反映了相当稳定的物理条件和沉积物补给，而且它们具有与其上、下沉积体不同的组分、结构和内部构造特征（图2.1）。厚度大于1cm的沉积单元称为层（bed），而其上或下表面称为层面或界面；下界面

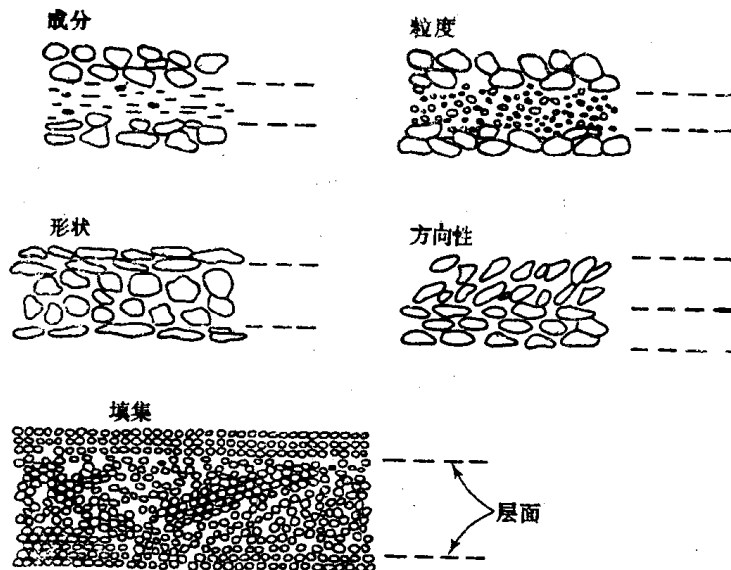


图 2.1 层理是颗粒成分、大小、形状、方向性和填集的不同组合的产物
(据Petitjohn、Potter和Siever, 1972; Griffiths, 1961修改)

常称为底面，而上界面则称为上层界面（图2.2）。层可以包括若干厚度大于1cm的、被非正式地称为细层（layers或strata）的沉积单元。小于1cm的沉积单元叫着纹层（laminae），它是在层序中可辨认的最小沉积单元。细层和纹层有助于构成层，而且可堆积成与主沉积

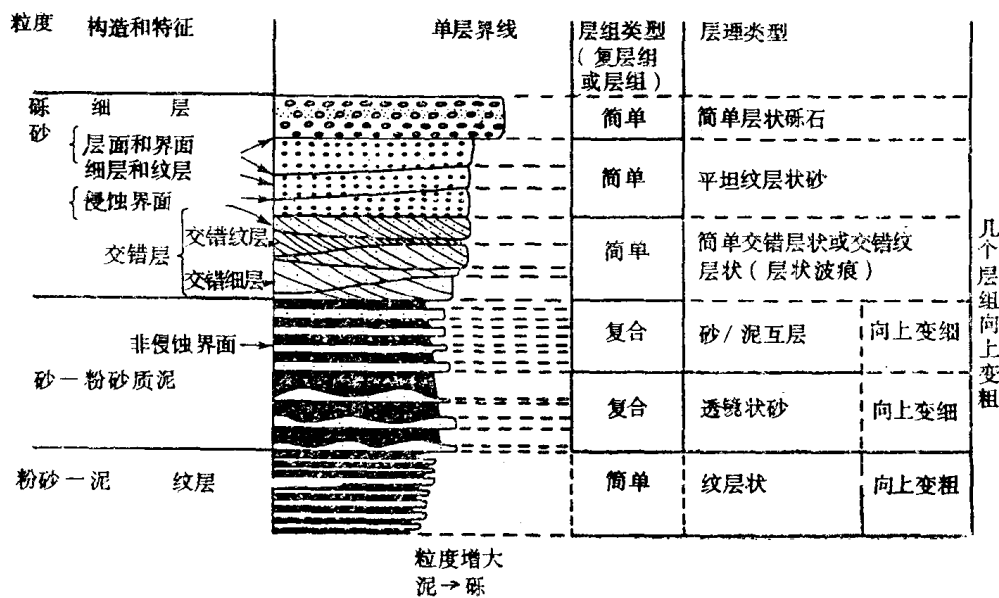


图 2.2 本书为描述沉积单元所采用术语的说明图
(据McKee和Weir, 1953; Campbell, 1967; Reineck和Singh, 1973修改)

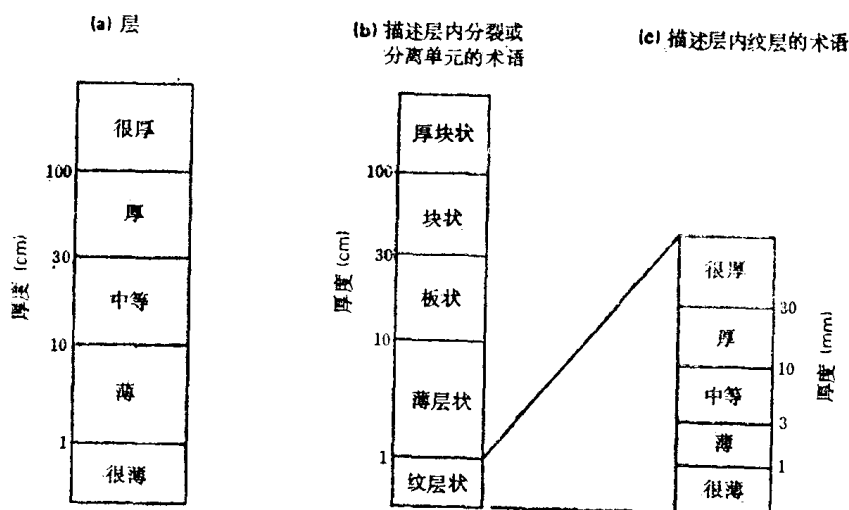


图 2.3 层厚术语和通常在风化后由于分裂或分离而形成的层内单元的描述术语
(据Ingram, 1954; Campbell, 1967; Reineck和Singh, 1973修改)

面有个角度, 因此称为交错层 (其中包括交错纹层或交错细层)。把倾斜细层这一普遍现象依其规模大小称作交错纹理或交错层理 (参阅第六章)。多个层的组合可形成复层组 (coset) 或层组 (bedset), 它们可以是简单的或复合的 (图2.2)。在古代沉积物中, 当描述一个具体的层的组成部分如何因风化作用而裂开时, 不应使用层理或层面这样的术语, 而应使用分裂面或分离面 (图2.3)。然而, 许多分裂面确实与真正的层面或界面是一致的。许多在现代形成的层和层组, 在侧向上的相当大距离内保持了其形状和厚度, 尽管当追踪得足够远时, 它们最终都逐渐地或是突然地 (比较罕见) 尖灭或改变它们的性质。然而, 它们的连续性通常是普遍和明显的。此外, 如果长期地观察现代自然沉积区, 或改变实验室试验的变量, 由不同物理条件所产生的不同性质的层将沉积在原来的层之上。在

迁移水道侵蚀岸上出露的河流泛滥平原、河口沼地或浅滩的垂直剖面常常显示这种近期形成的层序，最老的层在底部，最新的层在顶部；每个层组都反映了物理条件的变化。切过层理构造的任何一种沉积构造，例如切入岩层的水道，必定是发生在这种层理构造形成之后。在这种情况下，来自较老岩层的碎屑可以落入并混在较新的岩层内。对现代沉积层的仔细观察可以揭示出更多的沉积构造（例如对称的浪成波痕或干缩泥裂）和生物遗迹（植物的根、按活着时的位置定向的贝壳以及足迹、潜穴和爬迹）。在岩石记录中，这些构造可以使岩层的底与其顶区分开，从而可以识别出岩层由老到新的方向。

2.1.3 源于现代现象的基本地层原理

现代地质作用和产物的观察使我们有可能建立几个地层原理，这些原理有助于识别遭受构造变动的古代层序中层的存在及其产状。

层的原始水平性原理：大多数的层曾经是平行于地平面或以很低的角度沉积的。沉积角达 40° 的特殊层可根据它们的沉积构造识别出来。

层的原始连续性原理：层组通常在侧向上是广泛分布的，并在长距离内保持其厚度和连续性。单层和细层很可能在短距离内呈透镜状。

层的叠加原理：在一个层序中，较新的层沉积在较老层的顶部之上。

根据沉积构造可以识别岩层由老到新方向的原理：这些沉积构造具有与岩层顶或底有关的特征产状。

含有碎屑的原理：在较新的岩层中可以含有较老岩层的碎屑，但反之则不行。

切割关系的原理：切过岩层的某种构造必定比该岩层的时代要新。

根据地层中所含化石确定和对比地层的原理：

根据层序及其中植物群和动物群的独特性，可以确定地层的年代并进行对比。

2.1.4 基本地层原理在识别古代层序的层理产状和方向性中的应用

原始水平性、原始连续性及叠加和切割关系诸原理对指导与原始沉积面呈较平缓倾斜的岩层的任何初步调查都有着重要意义。在岩层倾斜角度较大的地方，指示地层由老到新方向的特征以及化石层序的应用将使得有可能发现倒转层。在这种情况下，“时代变新”（younging）这个术语指示任何层序顶部的方向。举例来说，一个层序可以因此说成是“时代向东变新”。原始连续性、切割关系以及含有碎屑等原理的应用也使得有可能鉴别断层和水道化现象。

2.1.5 层理的初步观察和记录

从大规模的远距离观察到使用放大镜的小规模详细研究，几种层次的层理观察和研究都是可行的。首先，为了确定岩层的总的产状和方向，从远处观察一下露头是有用的。在初期阶段，找出层序由老到新的方向以及较新和较老地层出露的大体位置也是有帮助的。这一任务可以通过在一定距离外识别象大型水道这类切割特征的底界来完成，但恐怕还是要通过较近距离的观察才能予以确定。从远处观察可能提出和初步回答下列问题：

（1）一些岩层的底部在大范围内是很不规则的吗？有切入下伏岩层的较大水道吗？能够确定岩层由老到新的方向吗？

（2）岩层在整个露头范围内看来象是组成一个整合层序吗？有两组地层呈不同角度倾斜或一组地层的侧向连续性被另一组地层所终止的现象吗？因而有可能存在一个较长时间的间断，即有一个不整合吗？

(3) 较明显的层面的大致间距是多少? 岩层的厚度一致吗? 相继的岩层是向上变厚还是变薄? 层厚的垂向变化存在某些重复型式吗? 单层的厚度在侧向上有变化吗? 如果有的话, 是怎样变化的呢?

(4) 在垂向层序中有粒度变化的一些标志吗? 有一直向上变细或变粗的层或层系吗?

(5) 在侧向上存在粒度变化吗?

(6) 是否有可推测的整个组成部分的垂向变化, 如灰岩—页岩—砂岩—砾岩?

(7) 在层厚、粒度和组分的垂向层序中有某些综合的规律性变化吗?

要培养记录这些初步观察的习惯, 并练习怎样估计这些大型层和层序的大小。根据这种初步分析, 将形成关于从何处开始详细工作, 在何处取样, 以及在何处寻找关键特征和层序的想法。

2.1.6 层理的详细观察和记录: 方法学

岩层的产状 露头上的详细工作应该从测量许多观测点的岩层产状(走向和倾角)开始, 而且应把这些资料同时记录在图和笔记本上。这些资料是必需的, 为的是把野外记录的沉积构造倾斜和排列方向的测量值, 其中也包括了构造事件的影响, 能够在赤平投影图上恢复到它们的原始沉积产状和方位(参阅附录A)。通常只需对倾角进行校正, 但有时必须考虑倒转。特别要注意那些能表示地层由老到新方向的沉积构造, 而且详细地检查原始水平性原理的适用性。某些指示地层由老到新方向的沉积构造称为示顶底(geopetal)构造, 或称为“水准仪”(Spirit level)构造。虽然这种构造十分罕见, 但它们能够较有把握地揭示原始水平面的产状, 死后被沉积物充填了一半的腕足类贝壳就是一例。它可以与层面有相当大的偏斜。例如, 在礁前形成的岩层, 其原始或初始倾角可达 30° 或更大一些(图2.4)。

层序 对层序中各组成单元进行工作的基本目的应是精确而简要地观察和描述它们, 并把它划分成层和层组。在有可能的地方, 应对同一岩层, 测量和记录几个侧向上相当的垂向层序, 并确信其厚度测量是垂直层理进行的。这就使得局部变化能从任何可能的区域变化中区分出来, 并保证正确地看出区域的变化趋势。把露头划分为若干测量单元可能是相当任意的。工作的详细程度将随着所提出的有关岩层问题的性质和大小而变化, 而且也地质人员的经验有关, 但始终应力求采用一致的原则以及均匀的采样(图2.5)。根据已经提出的地层原理, 拟定系统的工作程序。沿着任何一个层或细层在侧向上进行观察, 看一看其连续性和厚度发生了什么变化; 首先观察沉积单元的底部, 然后观察其内部, 再观察其顶部; 而垂向上的研究从最老的岩层开始。有条理地进行测量和记录的习惯通常能提高观察的效率, 并使沉积型式更易于辨认; 而在野外资料中来寻找沉积型式就变成辅助性质的了。上述许多论点将在后文中展开和说明。

在实践中, 层理的识别和上、下界面的确定可能是困难的。必须把层理与劈理、节理和断层, 以及因成岩和风化作用而形成的颜色条带区分开来。组分和粒度的变化最有利于鉴别层理, 而且这些变化在风化面上经常更为明显。差异风化和侵蚀作用可以突出那些在新鲜岩石中实际上是看不出的差别。一些明显的、近于平行的裂开面, 或者层面在露头外形中的细微迹象, 都可为层理的方向提供初步线索。颜色、矿物成分、结构(粒度、粒度变化、颗粒形状、孔隙度、填集方式、胶结程度、硬度)、内部构造(纹理、层理)以及方