

http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx

# 书刊评介

## 构造的分析与综合

——评介霍布斯等著《构造地质学纲要》

刘和甫

(武汉地质学院北京研究生部)

如果读者想了解现代构造地质学各个领域内的新进展,则霍布斯[澳]、明斯[美]、威廉斯[荷]合著的《构造地质学纲要》一书作了精练而又系统的论述<sup>[1]</sup>,同时又提供了构造分析的理论和构造综合的思维,并将几何分析和力学分析的概念渗透到全书各个章节,而且讨论了构造在时间上的演化规律、空间上的相互关系,以及动力起源问题。全书共分十章。

构造地质学主要是研究岩体受力的变形方式和变形结果。任一岩体受力作用时就发生位移和变形。因此该书一开始就介绍力学的基本理论,系统论述应力分析、应变分析和岩石的力学特征(见第一章)。这些理论和概念将是以后各章进行构造分析的基础。该书也探讨了岩石所发生的变形方式(如褶皱、断裂等)与物理环境(温度、压力等)相互关系,并介绍了岩石中应力分析和应变分布的实例。最后论述了岩石在受应力作用下的反应,所表现的各种特性,在典型的压缩试验和拉伸试验中所表现的特性(图1)。该书关于力学基础理论在构造分析中的应用是超过已出版的构造地质学书籍中有关这方面的论述,因此也是从不同角度对地质力学基础与方法的补充。

构造地质学的研究内容包括两个方面:建造与改造。建造代表形成;改造代表变形<sup>[2]</sup>。因此原生构造是分析构造环境和分析构造几何形态的另一个基础。如层理就是一种原生的透入性的面状构造,在变形中常作为运动面。因此该书对交错层、波痕、递变层理、各种印痕和印模等沉积构造进行论述,作为分析构造变动、判别新老层序的依据。正确鉴别了沉积岩层的顶和底,才能对看来简单,而实际上是复杂的构造(图2)。造山带的历史就包括了沉积作用和变形作用相互穿插的过程,因此沉积类型常常可以提供大

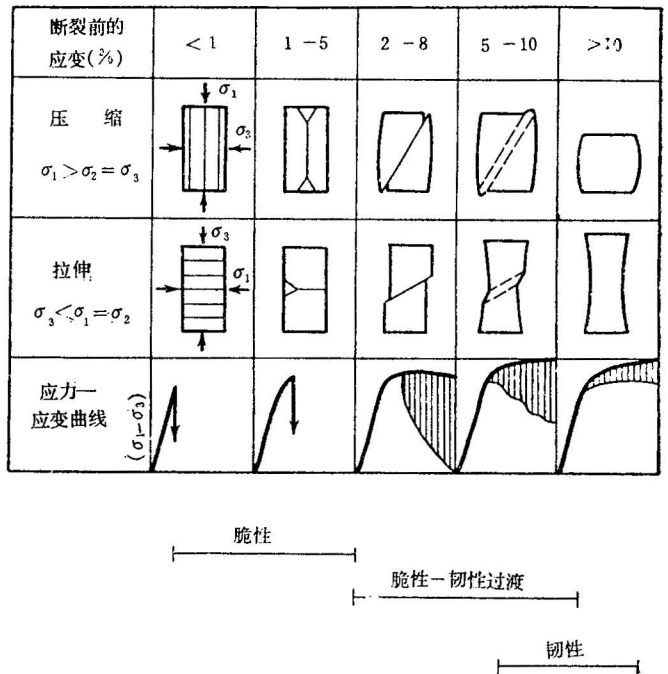


图 1 在典型试验下岩石特性图谱

(据Griggs and Handin, 1960. 转引自该书 1.29 图)

量关于构造环境的资料,如果具有浅水沉积构造的岩层,达几千米厚时就可以说明是在盆地逐渐下沉时沉积下来的(见第三章)。因此力学分析和建造分析是构造研究中相互补充的两个侧面。原生构造的研究有助于对构造环境和构造演化历史进行解释。该书在最后论述了沉积构造与变动构造的区别准则,在野外构造研究中具有一定参考价值。

一切构造现象,无论在时间上和空间上都可以划分为许多等级。因此从不同的空间尺度上来观察和研究构造常常可以得到比较全面的构造综合<sup>[3]</sup>。如一般可以分为:微尺度、小尺度和大尺度等构造的研究。

当然这种划分是相对的，存在着相互过渡，然而每一尺度的构造观察与研究都强调其不同方面。该书对不同尺度的构造研究分别在各章中予以论述。

微尺度主要是对显微组构的研究，一般利用光学显微镜或电子显微镜等对显微构造和结晶优选方位等进行观察或度量，深入研究变形岩石中各个部分的空间位置和几何形态。组构一般是指岩体中以重复方式一再出现的某种构造要素，因此组构具有透入性特点。该书将具有相同组构要素方位或方位型的范围称为组构域。这一概念也适用于较大尺度的构造研究之中，如常把区域构造划分成一些褶皱域。对于显微组构的观察和研究是那些如晶粒间界、变形条带和变形纹等透入性特征，可以在微尺度上提供有关岩石力学和热史的信息，进一步来推断较大尺度上的构造特征。又如对晶体缺陷、位错传播和变形过程中所产生的双晶的研究(图3)，可以加深对变形机制的理解。

小尺度是研究肉眼能直接观察到的中小型构造，也是野外地质工作者最感兴趣的各种构造形迹，如褶皱、断层、节理、面理和线理等，这是岩体的力学特

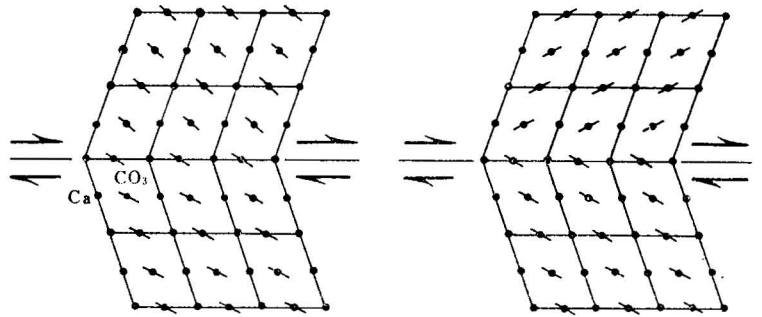


图 3 方解石中变形双晶

左图表示方解石结构中，上半部相对于下半部发生剪切。右图表示在剪切加上推移，使每一个CO<sub>3</sub>群发生旋转，因而在剪切构造的上半部产生一个完整的方解石结构(引自该书2.14图)

性与特定物理环境下产生的基本类型。

褶皱可能是岩石中最普遍、最明显的韧性变形。本书开始详细论述了褶皱的几何形态及褶皱的分类，然后讨论褶皱中应力和应变的分布(图4)，同时指出即使在褶皱形态相同的情况下，其应变分布也可以不同。进一步讨论了褶皱形成的几种经典模式，如弯滑褶皱、弯流褶皱和剪切褶皱等，认为实际上在自然界中存在着更复杂的形态，上述模式是一种简化形式，一般很少出现。因此该书介绍了褶皱形成更真实的模式，讨论了褶皱作用中岩层缩短问题和发生在多层岩系中的褶皱情况。最后论述了主波长的数学计算及多层材料的模拟试验(见第四章)。

断层和节理都是岩体脆性破裂所产生的构造形迹。因此该书介绍了岩石的断裂力学，讨论干燥岩石和湿润岩石的不同抗剪阻力、破裂方位与主应力方位的关系。同时论述了根据野外断裂资料来恢复主应力方位问题。该书从三方面来讨论了断层发育历史：初始微破裂产生和充容现象，作为地震预测的物理基础；断层形成后的位移历史，大规模粘滑是地震发生的重要原因之一；一旦断层产生，应力状态就发生变化(图5)，断层应力历史变化也反映在主断层附近的次一级构造上(见第七章)。最后介绍了震源机制解来确定断层面和位移作为地质方法的补充。

面理和线理是强烈变形或变质岩区广泛发育的透入性构造，也是进行构造分析的基础材料之一。面理可以由不连续面、或由片状矿物集合体所构成的面状构造。该书首先介绍各种类型的面理，如破劈理、折劈理、板劈理、片理和分异层理等，然后论述了轴面面理的成因，面理方位与应变的关系，以及置换面理的发育过程(见第五章)。线理是指在岩体中重复出现的线状构造，可以由拉长的矿物或砾石作定向排列构成，也可以是指由两组面理的交切线。该书对各种

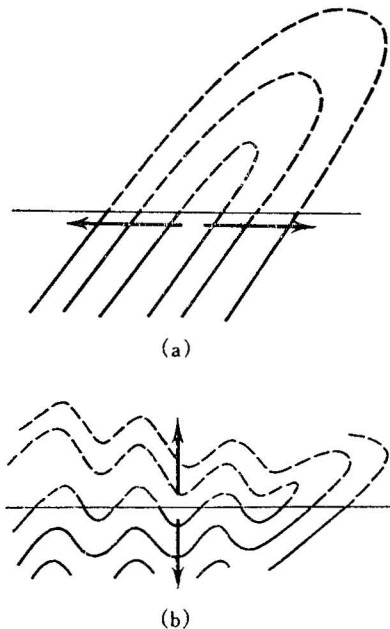


图 2 假想的地质剖面，水平线表示地表，箭头表示层序变更方向(引自该书3.2图)

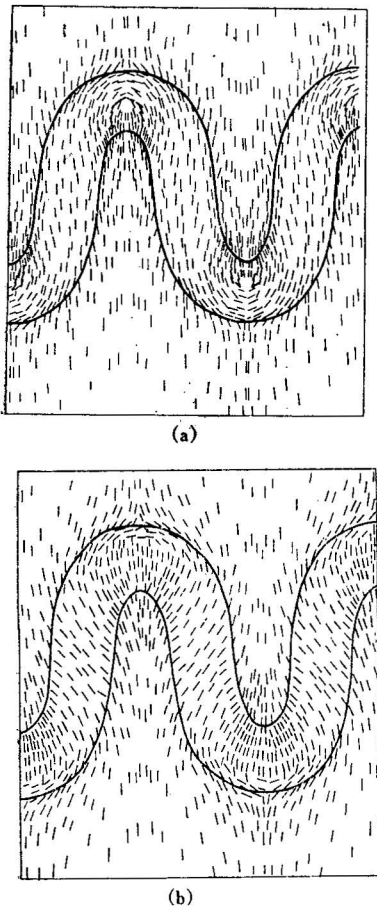


图 4 计算机模拟褶皱岩层中的应力和应变状态

(a) 应力分布, 短线代表垂直于最大主应力; (b) 应变分布, 短线代表垂直于最大缩短方向 (据Dieterich, 1969, 转引自该书1.7图及 1.24图)

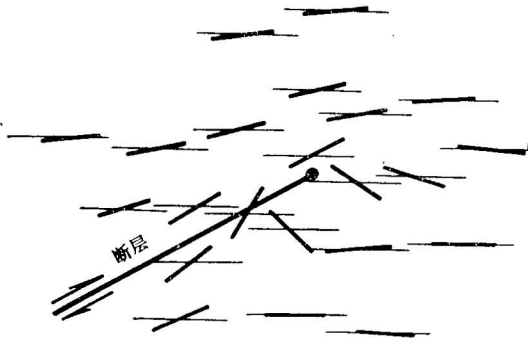


图 5 断层发生后主应力方位的改变 断层发生前主应力( $\sigma_1$ )方位(长的细线)与断层面呈 $30^\circ$ , 断层发生后主应力( $\sigma_1$ )方位发生变化, 以短的粗线表示 (据Chinnery, 1966, 转引自该书 7.42图)

线理, 如褶皱线理、矿物线理、杆状构造、窗棂构造和香肠构造等进行叙述, 并探讨其成因(见第六章)。同时也论述了各种类型不同期次面理和线理的测定来恢复总的构造变形历史。

大尺度的构造研究主要是将各露头区的构造形迹联系起来, 研究各种构造组合来了解区域构造总的特征, 并可作为个别构造形迹研究与大地构造研究之间的纽带。本书列举了各种典型的构造组合: 如块断与裂谷、平移断层与伴生断层、表层褶皱与冲断层、穹窿与盆地、构造混杂岩带、板岩带与糜棱岩带等(见第九章)。该书列举的一些世界性典型实例, 对于研究具体地区构造特征的读者是具有一定参考价值。因为构造解释是在过去的经验基础上进行的, 所以对世界各地构造了解得越多, 越能更好地解释具体构造。显然, 上述构造组合之间存在着过渡和重叠, 同时在不

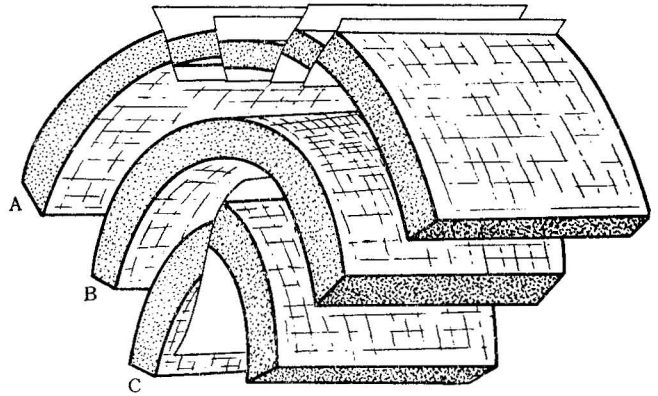


图 6 在褶皱岩层中不同层位上的构造特征

A层已发生褶皱, 并在枢纽部位发生正断层, B层虽发生褶皱, 但没有发生断层, C层位于构造核部, 已发生褶皱和冲断层 (引自该书 9.11图)

同的构造层次上可以出现不同的构造型式(图6)。

对构造的几何形态、分布范围、排列方式和发育顺序的研究是几何分析的任务。同时, 将不同尺度构造的研究联系起来, 如对小型构造观察来推论大型构造, 对个别构造的研究来认识总体构造, 是研究区域构造应力或应变历史的必要步骤, 也是专门研究的一种方法。因此该书首先介绍几何分析的一些基本概念, 如尺度、样式, 迭加和世代等(第八章)。论述了褶皱样式与褶皱世代之间的关系。世代的建立可以根据构造样式来划分, 但是同一样式的褶皱也可以属于多于一个世代。此外, 由于在不同的地点, 同一世代的褶皱在发生时间上可以有差异, 而两个世代的褶皱在形成时间上可以有重叠(图7)。第一期褶皱首先在X处发生, 然后向Y处推进, 当在X处发生第二期褶

皱时，Y处开始发育第一期褶皱。一般说来，多期变形产生种种干涉型式，常常比由一次简单变形所造成的构造要更复杂。该书举例来说明简单构造区和复杂

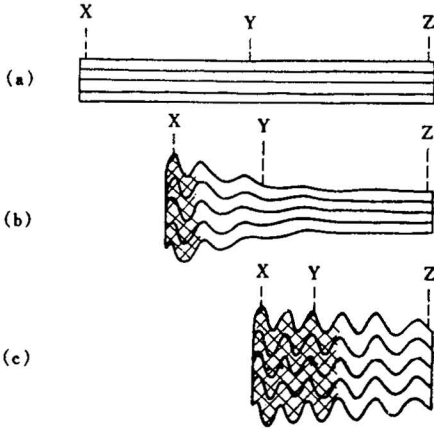


图 7 两个构造世代在形成时间上如何重叠的图解。交叉线代表共轭折劈理 (引自该书 8.7 图)

构造区的分析方法、数据收集和进行构造解释。但该书仅对褶皱的迭加进行了论述，而对其他构造形迹和构造型式的联合和复合问题，几乎没有论述。

如果从更大的尺度上，或者更综合性地来分析区域构造直至全球构造是大地构造学研究的任务，因此在该书最后部分（第十章）对此进行论述。由于这种构造变动具有全球尺度，因此不仅需要构造地质学的知识，而且也要依靠其他地球科学的证据，如地球物理学、地层学、古生物学和岩石学等方面的资料。该书以大部分篇幅来评述板块构造学。由于构造的总体演化和序列，如岩石的沉积作用和热流历史，常取决于岩体所处的大地构造位置。因此重点阐述了三种类型的板块边界：中脊、海沟和转换断层，但实际上板块边界的构造性质可以转化，有时具有联合性质（图 8）。此外，也注意到造山带历史的重要意义，因此对地槽学说和造山运动等一些老的概念提出了修正意见，并赋予新的解释。同时也介绍了板块运动学和板内变形问题，指出了板块构造学进一步研究的方向。为了充大读者思路，本书同时评述了其他大地构造学的理论，如全球收缩和膨胀理论、垂直运动和重力构造理论，以及大陆漂移和地幔对流理论等。

由于本书在有限的篇幅内概括了构造地质学领域

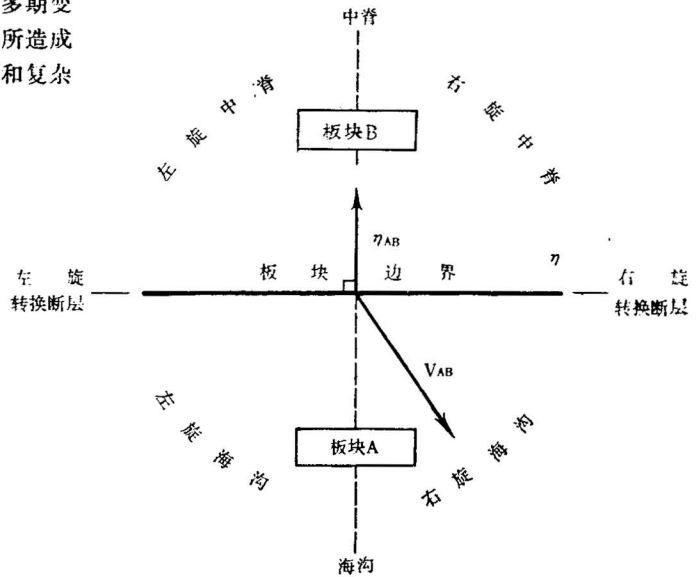


图 8 各种板块边界类型的图解

纸面与地面平行，粗线平行于板块边界。 $\eta_{AB}$  是单位矢量，垂直于板块边界。板块边界与 $\eta_{AB}$  是固定的。 $V_{AB}$  为点速度矢量，点位于 B 板块上， $V_{AB}$  方位可随板块边界性质而定。图中的 $V_{AB}$  表示板块边界为右旋海沟（引自该书 10.18 图）

的现代进展，因此很多问题的叙述是纲要性的。正如该书作者前言所指出的，许多内容需要通过讲解或辅助性阅读来加以引伸。幸而，本书附有详细的参考文献、习题和答案，读者通过细心阅读和思考不难从中得到更多的收益。虽然这是一本构造地质学的基础性读物，但可以迅速地了解到近一二十年来国外构造地质学的新进展。为了使广大国内读者便于阅读，在马杏垣教授倡导和指导下，本书已翻译成中文，并将由石油工业出版社出版。

参考文献

[1] Hobbs, B. E., Means, W. D. and Williams, P. F., 1976, An Outline of Structural Geology, John Wiley & Sons, Inc.  
 [2] 李四光, 1965, 关于改进构造地质工作的几点意见, 地质论评, 第 23 卷, 第 4 期。  
 [3] 马杏垣、刘和甫、宋鸿林, 1980, 地质构造的观察和研究, 《区域地质调查野外工作方法》(第三分册)。地质出版社。