

试用教材

构造地质学基础教程

中 册

(构造野外观测)

单文琅 傅昭仁



武汉地质学院区地教研室

1987年2月

目 录

第二篇 构造野外观测

第十章	构造观测的原则和方法	(1)
第十一章	节理的类型和观测	(8)
第一节	节理的类型	(8)
第二节	不同地质背景的节理	(13)
第三节	节理的观测方法	(19)
第四节	节理方位数据的测量和图示	(26)
第十三章	劈理的类型和观测	(30)
第一节	劈理的类型	(31)
第二节	不同地质背景的劈理	(40)
第三节	劈理的观测方法	(43)
第十二章	线理的类型和观测	(48)
第一节	线理的类型	(48)
第二节	线理的观测方法	(54)
第十四章	岩层面向的鉴定	(59)
第一节	原生构造法	(59)
第二节	主从构造法	(67)
第十五章	褶皱的野外研究	(71)
第一节	褶皱性质的确定	(71)
第二节	褶皱形态的观测	(73)
第三节	褶皱的构造样式分析	(77)
第四节	褶皱的内部构造组合分析	(86)
第五节	叠加褶皱的研究	(94)
第十六章	断层的野外研究	(99)
第一节	断层的识别	(99)
第二节	断层产出状态的观测	(104)
第三节	断层域的组成和组构	(107)
第四节	断层伴生构造的研究	(113)
第五节	复合断层的研究	(121)

第十章 构造观测的原则和方法

一、构造观察和地质制图

前一章中，我们介绍了反映地质构造的各种图件，从中可以看出地质图不单是一切地质工作的基础图件，而且更是构造研究的基础。通常，地质图是在野外进行地质调查时填绘的，是野外地质研究成果的综合反映。在地质制图工作中，除了要综合运用各地质学科，如地层学、岩石学、矿床学……等的理论和方法外，构造研究显然起着主导作用。这是因为地质图的实质就是表达各种地质体的几何特征、和相互关系空间展布规律的图件，而这些正是构造地质学野外研究的首要任务。

从另一意义上来看，在野外进行地质制图时，因为地质工作者在野外只能对露头进行有限的点和线的观察，受比例尺的限制，不可能踏遍工作区的每个角落。所以，地质图上表达的内容，在观察点和观察线的控制范围以外的部分，必然是根据观察的已知事实、通过综合分析和解释向外推演而勾绘的。地质图的比例尺愈小、观察密度越稀，这种解释、推演的成分所占比重就越大。解释推演部分的可靠性及其与客观实际的符合程度，取决于人们对地质构造的规律性认识，而它在很大程度上又取决于地质工作者的构造地质学理论水平的高低和技术的熟练程度，也取决于地质工作者丰富的野外经验。例如，在露头不好的地区，为了画出一些小块露头周围被浮土掩盖部分的地质界线，除了要对露头地质体空间展布特征有正确认识外，还要用到许多地质制图的技术。本书前面各章介绍的各种构造现象的图面表示的原理和方法，以及不同地形、地质条件下地质界线的表示技术等等，基本上等于把地质图分解为许多特定部分进行研究。然后根据那些原理和方法，以便在地质制图中综合应用。不过，野外构造观察研究的实践，才是第一性的，只有正确的野外观测才能填绘出一幅较高水平的地质图。为此在本篇中我们将着重介绍各种构造的野外观察和研究方法。

二、地质构造的观察尺度

构造地质学研究的客观对象——构造变形，是地壳构造变动的最终产物。在地壳运动过程中，地壳岩石不但会发生不同程度的变形和变位，而且影响所及，有时会导致岩石内部的组分运动和结构的调整。因此，我们现今所看到的地质构造现象往往是不同规模的多级构造组合，它们构成了一个具有密切成生联系的有机整体。由于地质构造现象的级别不一，决定了观察研究尺度的不同。也就是说，针对不同级别的构造，需要采用不同的观察研究方法，观察的内容和研究的任务也有所区别。从野外工作的角度来说，通常把观察尺度分为大、小、微三级：

微尺度的构造观察：主要研究变形岩石内部的构造现象，如矿物的定向排列特征；晶体的变形特征（如拉长、压扁、动态重结晶等）；岩石组分和组构的构造分异作用，等等。它们的观察，需要借助于光学显微镜、电子显微镜及其它仪器才能进行。对野外工作来说，

关键是要根据研究的需要，采集好供室内研究的定向标本，明确它在高一级构造上所处的部位。

小尺度的构造观察：主要研究手标本或露头上肉眼可见的构造现象，它的特点在于能直接观察到构造的全貌。小尺度构造观察是构造研究和地质制图的基础，它的观察和研究任务将在下文阐述。

大尺度的构造观察：研究的对象空间展布范围较大，通常需要通过地质填图把许多露头上收集的资料综合起来，或者通过对航空或航天摄影和遥感资料的判释，才能揭示构造的特征。大尺度的构造可以称为区域构造。

地质构造观察尺度的划分是相对的，因为任何一场构造运动所导致的地壳变形都是由许多不同级别、不同类型的构造组成的一个统一整体，因此三种尺度的研究是紧密联系的。虽然它们各自有不同的研究对象，有不同的方法和手段，但都是围绕着一个共同的目的来进行，即都是为了揭示地质体的构造在空间和时间上的分布规律。因此，从越多的尺度上看问题，就越能有机会得到比较全面的认识。多尺度的观察和综合研究，是现代构造地质学研究的基本特点。

这里还要说明观察尺度和制图比例尺的关系。地质图的比例尺的大小，反映了对地质调查工作的精度要求。不言而喻，比例尺愈大，图面上反映的内容将越详细；比例尺愈小，则图面上反映的内容将越概略。但是这种精度差别只是具体地体现在野外观察路线的密度差别上，绝不要误解为观察研究的粗细。因为制图比例尺与观察尺度终究是既有联系又有区别的两个概念。不管地质制图的比例尺如何，对构造的观察研究必须是多尺度的综合。在过去有人在中、小比例尺的地质制图工作中，存在忽视小、微尺度构造的研究的倾向，因而不能正确全面地认识大型构造的规律，这是造成所填地质图图面结构不合理的重要原因之一。必须引以为戒。

三、野外构造观察的一般程序和方法

当前，对大型构造的研究，已经可以利用各种先进的科学技术所获取的信息进行综合分析，例如可以利用遥感遥测资料进行宏观的直接观察；利用深部钻探和各种地球物理资料进行深部构造的解释，从而揭示构造的三度空间特征。但是，野外露头地质观察和地质制图始终是研究构造的基础和基本方法。为此，在这里，我们首先需要介绍野外观察和地质填图的一般程序和方法：

（一）观察路线的布置原则和方法

构造观察常用的观察路线有两种基本形式，即穿越路线和追索路线：

穿越路线 基本上垂直地层或区域构造线的走向布置，按一定的间距（决定于比例尺）横穿调查区。路线间的地质界线用外推法勾连。穿越路线有利于了解岩石层序及地质构造的剖面形态。

追索路线 沿地质体、地质界线或构造的走向布置，用于追索某种地质体的展布及其构造沿走向的变化，还可以用于追索各种接触关系。

两种路线的布置是依预期解决的地质课题而定的，因而在实际构造观察中必须结合使用。在多数情况下，在穿越路线上需经常向路线两侧作短距离的追索；在追索路线上则需经常穿越走向研究短剖面（如图10-1）。在大比例尺构造研究工作中，或露头稀少地区的构造工作中，有时需采用露头圈定法，观察路线是不规则的。

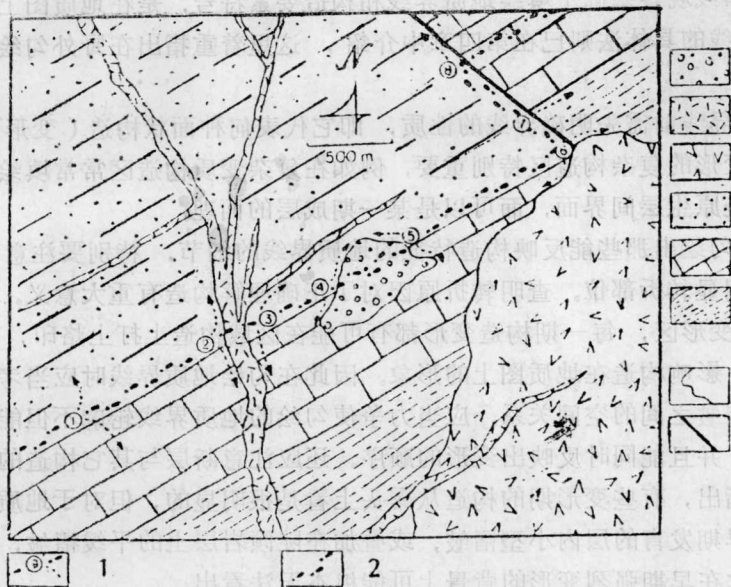


图10-1 观察路线的布置，以追索路线为例（据Davis，重新解释）

1-观察点及穿越短路线；2-图上花纹代表各种地质体。

（二）观察点的布置和露头观察

在野外路线观察的过程中需及时标定观察点。观察点的作用在于能准确控制图上填绘的地质界线和构造要素的空间位置，并使各种原始资料的编录系统化和条理化。同时也反映观察的精度。观察点的布置以能有效地控制地质界线和地质现象为原则，一般应布置在填图单位的界线露头点或其他有意义的地质露头点上。

对构造研究来说，在填图过程中发现和观测具有典型意义的露头，进行小尺度构造的研究具有极大的重要性。它往往成为决定构造分析成败的关键，是地质制图的基础和起点。

露头观察的内容，除了地层学、岩石学、矿床学和地貌学等其它学科有关内容外，就构造研究而言，概括起来有：

1. 观察露头上呈现的各种小型构造要素，研究和描述各种构造的几何学特征并测量有关几何参数，如尺寸、角度、间距、方位等。
2. 观察和分析各种构造的相互关系，包括空间展布、等级、交切或叠加以及置换等关系，确定露头上各种构造的发育顺序和变形期次。
3. 观察有关岩石物理、化学性质与构造变形关系的现象；发现和测量反映构造变形的应力或应变特征标志，进行应变测量。
4. 测量层理、各种面理和线理的产状要素。
5. 收集有关地质体运动或位移方向的证据。
6. 分析和确定小型构造与大型构造的关系。
7. 观察研究露头上显示的地质体的接触关系。
8. 小型构造含矿性的观察。
9. 照象、素描。
10. 采集定向标本以备室内进行微尺度构造研究。

（三）地质填图过程中大型构造形态的表示

在露头 and 路线观察基础上填绘地质界线和构造要素符号，是在地质图上表示构造的基本方法。勾绘界线的具体法则已在第四章中介绍，这里着重指出在野外勾绘地质界线的注意点。

1. 在勾绘界线前需先明确界线的性质，即它代表何种面状构造（变形面）。这一点对于经历过多期变形的复杂构造区特别重要，例如在复杂变质构造区常常填绘主期构造的变形面，它不一定是原生层间界面，而可以是某一期成层的面理。

2. 要注意勾绘出那些能反映构造特征的地质界线的细节，特别要注意由构造原因造成的地质界线的明显转折部位。查明转折原因对于正确理解构造有重大意义。

3. 在多期变形区，每一期构造变形都有可能区域构造上打上烙印，使地质体的原有形态发生变化，影响构造在地质图上的形象。因此在勾绘地质界线时应当考虑那些轴面和枢纽位置不同的褶皱之间的空间关系。应当力争使勾绘的地质界线轮廓不但能反映不同型式叠加的露头形象，并且能同时反映出变形的顺序。还应注意断层与其它构造的交切关系。

不过需要指出，有些变形期的构造从露头上看是很明显的，但对于地质界线的性质却无重大影响。如早期发育的层内小型褶皱，或叠加在陡倾岩层上的平缓褶皱，它所引起的地质界线的微弱变化在早期强烈变形的背景上可能根本无法看出。

4. 填图过程中应系统测量各种构造要素的数据，并标示在地质图上。但是标注的每一个符号不应只代表具体露头上的一个要素，而应该代表该符号所占图面面积内的这种要素的总和。

为了使初学者了解前述地质填图工作的步骤和方法，以及构造研究在地质制图时的作用，在这里引用Hobbs等（1976）《构造地质学纲要》中的例题及其分析加以说明。

图10-2表示一个简单褶皱区的露头情况；图10-3是根据图10-2中地层层序填制的地质图。现将野外观察、分析和填图的过程说明如下：

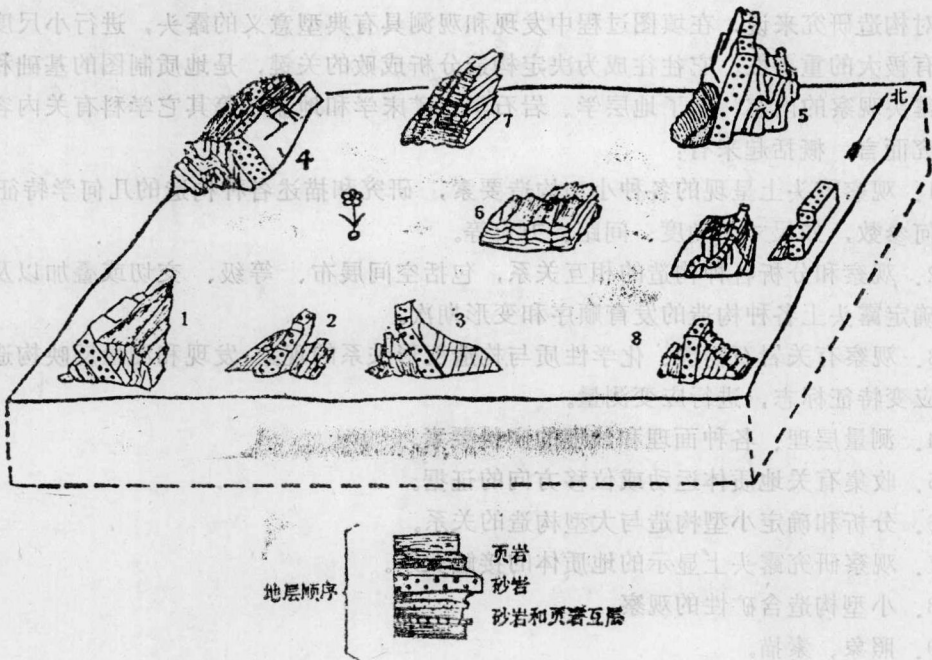


图10-2 一个简单褶皱区的露头分布图。露头编号见正文说明

(据Hobbs等, 1976)

1. 根据地层研究划分填图单位。

2. 图10-2中，从露头1到露头3，地层对称重复出现，说明其间至少有两个褶皱。测量岩层的产状以确定褶皱的形态。在露头1和露头2处，岩层为正常层序但相向倾斜，表明为一向斜；两者的倾角都很缓，说明是一个相当开阔的褶皱。根据2和3处砂岩层的走向向北收敛的情况分析，说明砂岩层的界线在北部“圈闭”，是一个枢纽向北倾伏的背斜。

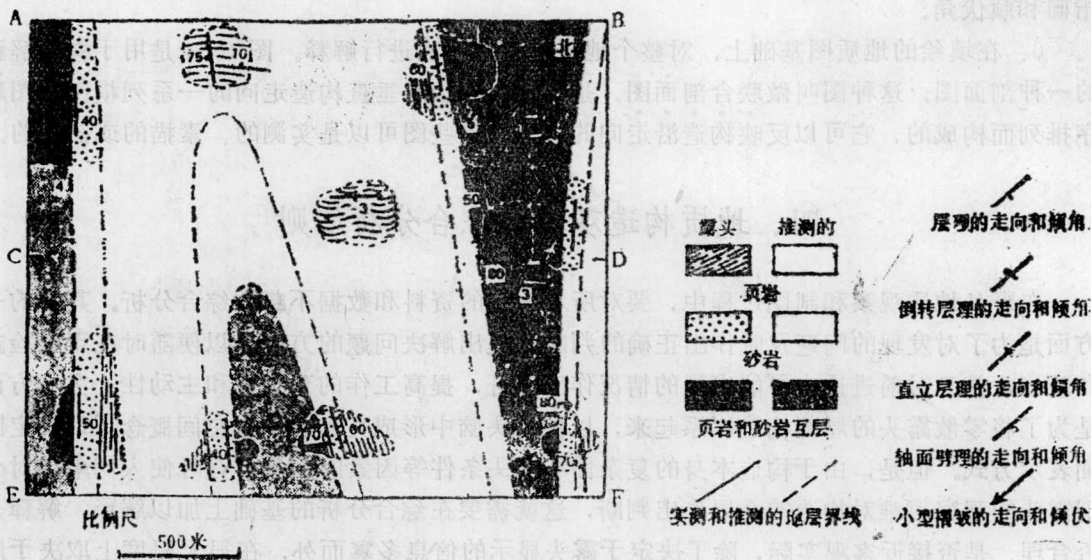


图10-3 图10-2地区的地质图，图中表示了覆盖区推测地质界线的编连
(据Hobbs等, 1976)

3. 不对称褶皱的倒向可以用来确定每一露头对于相邻大褶皱的位置。在露头4处，小褶皱的倒向指示它位于背斜的东翼或向斜的西翼；5处的情况与4处相反。在6处小褶皱是对称的，说明它位于褶皱的转折端。

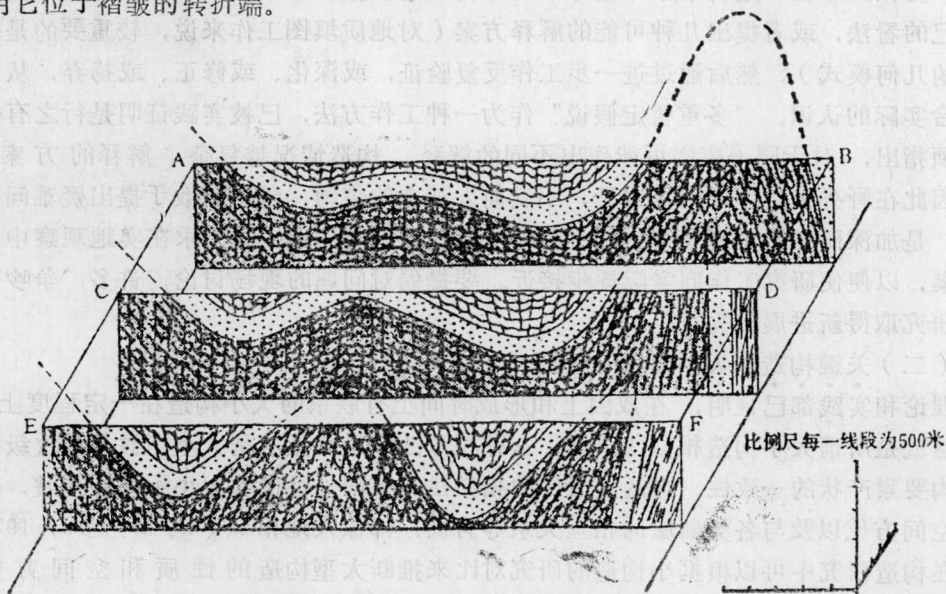


图10-4 表示图10-2.3所示地区构造特征的联合剖面图 (地形在此忽略不计)
(据Hobbs等, 1976)

4. 观察层理与轴面劈理之间的角度关系。在露头7处, 层理与劈理正交, 说明露头位于转折端处; 3处的层理与劈理的交角关系说明该露头位于背斜东翼; 在8处, 层理和劈理倾向相同, 但层理比劈理陡, 说明岩层局部倒转。此外, 在露头7处, 层理和劈理的交面线理指示了大褶皱枢纽的近似产状, 平缓地向北倾伏。

5. 在6和7处, 因露头位于褶皱的转折端, 所以该处层理的倾向和倾角可代表其枢纽的指向和倾伏角。

6. 在填绘的地质图基础上, 对整个地区的构造特征进行解释。图10-4是用于构造解释的一种剖面图, 这种图叫做联合剖面图, 是由三个以上的垂直构造走向的一系列横剖面图顺序排列而构成的, 它可以反映构造沿走向的变化。这些图可以是实测的、素描的或图切的。

四、地质构造观察的综合分析原则

在野外地质观察和制图过程中, 要对所观察到的资料和数据不断地综合分析。其目的—方面是为了对发现的问题及时作出正确的判断、提出解决问题的方向, 以便随时在现场检查和验证, 并且对前进途中可能出现的情况作出预计, 提高工作的预见性和主动性; 另一方面是为了将零散露头的局部构造联系起来, 以便在头脑中形成完整的构造空间概念, 以确定图面表示方式。但是, 由于构造本身的复杂性和露头条件等因素的限制, 有时使人们单凭对个别露头的观察很难对构造的全局作出判断, 这就需要在综合分析的基础上加以解释。解释是否合理、是否接近客观实际, 除了决定于露头显示的信息多寡而外, 在很大程度上取决于地质工作者的理论知识水平、敏锐的观察能力和丰富的综合能力。

在地质制图过程中要作好构造研究工作, 应该特别注意下列有指导意义的工作方法:

(一) 多重暂定假说的应用

构造观察中对大型构造的认识往往不是一蹴而就的, 它一方面需要靠新资料的不断积累, 一方面要靠在一定科学原理指导下的分析判断和推理。也就是要根据已有事实, 随时提出自己的看法, 或者提出几种可能的解释方案(对地质填图工作来说, 较重要的是提出构造格架的几何模式), 然后通过进一步工作反复验证, 或深化、或修正、或扬弃, 从而得出相对符合实际的认识。“多重暂定假说”作为一种工作方法, 已被实践证明是行之有效的。但是必须指出, 对于同一事实可能作出不同的解释, 构造情况越复杂, 解释的方案可能越多, 因此在野外工作中不固执成见, 不受前人观点的束缚, 善于和敢于提出疑难问题和工作假说, 是加深研究的重要思维方法。随时发现和提出新问题, 并力求在实地观察中寻求合理的答案, 以便使研究工作向实际逐步接近。要提倡对问题的现场讨论, 许多“争吵”常常是构造研究取得新进展的先声!

(二) 关键构造和天然模型的解剖

理论和实践都已证明, 在成因上和形成时间上有联系的大小构造在一定程度上可以类比, 这就是所谓大小构造相似性原则。这种相似性, 最常见的是大型褶皱与其次级褶皱标志性结构要素产状的一致性。当然, 最好的相似性是“同一时代的大小不同的褶皱, 在其形态和在空间方位以及与各类断层的相互关系等方面, 都惊人地相似(B. B. Эй, 1970)”。因此在构造研究中可以根据小构造的研究对比来推断大型构造的性质和空间方位。W. Schwan (1964) 在阐述这个概念时提出, 在每一个复杂构造区中, 虽然大型褶皱只有一种或数种, 但却存在类别繁多的小褶皱, 其中必有某些类别的小褶皱, 在几何特征、形成机制

和时代方面与大褶皱相同，这种小构造可以称为关键构造，或作为天然模型。W. Schwan 甚至认为，“不可能设想一种大褶皱类型没有伴生的关键构造；如果没有发现相应的关键构造，那么，地质学家就有权对已划分出的大型构造的存在表示怀疑。”这个论断虽近于武断，但在一定程度上强调了利用天然模型这一工作方法及其确定区域构造模式的重要意义。经验证明，发现和确立天然模型（露头上或标本上），进行详细的解剖，对于认识区域构造的几何学、运动学和动力学特征，往往会收到意想不到的效果，有时在一块精心选择的标本上就有可能见到一个地区全部变形史的细节。

（三）天然构造形迹的成因线索的启示

地壳上出露的各种地质构造形迹都有各自形成条件、形成机制和形成历史、是地壳运动的天然记录。需要透过各种表象去揭示它们的本质。如何去探索天然露头上构造的成因含义呢？根据前人的经验应注意如下方面：

1. 鉴别构造的基本类型：

在自然界的构造，有水平和单斜的构造之分，有褶皱和断裂的不同，有节理、劈理以及其他面状构造和线状构造等小型构造。它们各有其产出形态，代表着不同构造变形范畴，只有熟悉各类构造的基本特点，才能在实地观察中有能力鉴别它们的存在。

2. 确定构造的性质

构造的性质有多方面的含义，它包括地质的、几何的、运动学和动力学的各个侧面。认识褶皱的性质，必须有地层学的依据，才能确定背斜和向斜；认识断层，必须提供岩层相对位移的资料，才能判定是正、逆断层或平移断层。另外，褶皱是平行褶皱还是相似褶皱？是一次变形还是叠加变形，是水平作用力挤压的结果，还是垂直力上拱的结果？凡此等等，不论是那一类构造，都有其区别于其他同类的或另外一种性质的构造的表现。只有有效地掌握各种鉴定构造属性的标志，才能在实地确定构造的性质。

3. 区分构造的形成环境

构造的形成与环境密切相关。不同的构造环境在温度、压力、溶液的存在与否、应变的速率及应力施加的方式等方面都各不相同，从而导致不同构造环境的构造各有其不同的变形机制，各有其不同的应变表现，组成不同的构造群。此外，在研究地壳表层构造时，一般应将构造作用与沉积作用联系起来；研究地壳深层构造时则应与变质作用同时考虑。只有这样，才能有效地建立起一个地区某一构造发展阶段的构造组合。

4. 密切联系介质的影响

地质构造是由不同岩性介质建筑而成。因此，在构造研究中离不开“形物统一”的原则。这是一个比较重要的原则，具体说来，应该注意：

（1）**同物对比原则**：在对比不同构造单元的构造发育时，必须采用同物对比的方法。即用同一岩性，同一厚度的同类岩层形变进行比较，用以探索同一介质对不同构造作用的反映。如同一厚度白云岩、在甲地呈平缓褶皱和脆性断裂，在乙地呈紧密褶皱和发育劈理，说明两构造单元的构造环境必然存在明显差异。

（2）**同相异样原则**：在同一变形环境下，不同的岩石、矿物都会具有不同韧性，不同厚度的岩层也各有其抗弯能力。在一个地区工作中不仅要对各种岩层的构造区别对待，而且还应从千差万别中找到它们内在的联系，把不同类型、不同性质、不同岩层和岩体的构造有机地联系起来。

第十一章 节理的类型和观测

节理 (joint) 是地壳岩石中最广泛发育的断裂构造, 如果岩石断裂没有发生明显位移, 一般均称为节理。

节理是一种小型的分划性构造, 由破裂面把两侧岩块分开。

地壳上的节理经常成群出现, 分布及组合也有一定规律, 凡相互间具有同一成因并且彼此平行排布的一群节理, 称为节理组 (joint set); 由两个或两个以上具有成因联系并按一定几何关系排布的节理组的总合, 可称为节理系 (joint system)。

研究节理对地质构造理论研究及生产实践都具有重要意义。节理是矿液、石油、天然气和地下水的运移通道和储集场所, 观测节理的形状及产状, 弄清节理的性质和分布, 统计节理在岩石中发育的密度和裂度, 是矿产资源评价的必要依据。大量发育的节理是引起水库渗漏和岩体坍塌的主要原因, 在有关铁路、公路、港口及其他工程建设中, 节理的研究是一项不可缺少的环节。

第一节 节理的类型

节理可以有不同的成因, 从而有不同角度的分类。

一、构造节理和非构造节理

按照节理的地质成因, 一般把节理分为构造节理 (tectonic joint) 和非构造节理 (nontectonic joint)。

构造节理是岩石在构造变动中受力破裂的产物, 其形成力学性质, 分布范围、组合关系都与其所依附的大型构造 (褶皱、断层、变形岩块和地块等) 有着不可分割的联系, 这种节理按其产状与大型构造走向的关系, 可分为:

1. 纵节理 (longitudinal joint): 与褶皱轴或断层走向平行。
2. 横节理 (cross joint): 与褶皱轴或断层走向垂直。
3. 斜节理 (diagonal joint): 与褶皱轴或断层走向斜交。

至于那些在很大面积内稳定分布, 贯穿不同岩层和构造的区域性节理, 一般只能按其展布方向加以归类。

非构造节理主要与外力地质作用有关, 因而这种裂隙只出现在地壳表面风化、剥蚀、人力能及的地段, 如侵蚀释重下形成的卸荷节理 (在花岗岩区常称为席理 (sheeting)), 通常平行地表延伸和起伏。温差造成的胀缩, 人工爆破造成的冲击等等, 也是造成非构造节理的重要因素, 在节理测量中, 必须善于识别各类各样的非构造节理并确定其在研究工作中的地位和意义。在构造分析中, 必须排除其干扰, 才能正确建立该地区的构造应力和应变的图象。

二、剪节理和张节理

构造节理按其形成的力学性质, 可分为剪节理 (Shear joint) 和张节理 (tension

joint)。

(一) 剪节理

剪节理是由剪应力产生的破裂面，在应变分析中，它平行于应变椭球体的共轭剪切滑动面。一般具有如下变形特征：

1. 剪节理面比较平直，光滑。在比较强硬而粗糙的岩石(如砂岩、砾岩、花岗岩……)中，常因相对两盘岩块摩擦而留下擦痕乃至磨光镜面(图11-1)。在比较软弱或颗粒细匀的岩石(如泥质岩、碳酸盐岩类)中，常为闭合的平面状。

2. 剪节理切穿能力强，常切过岩石中砾石(图11-2)、砂粒、结核、化石或其他包体。

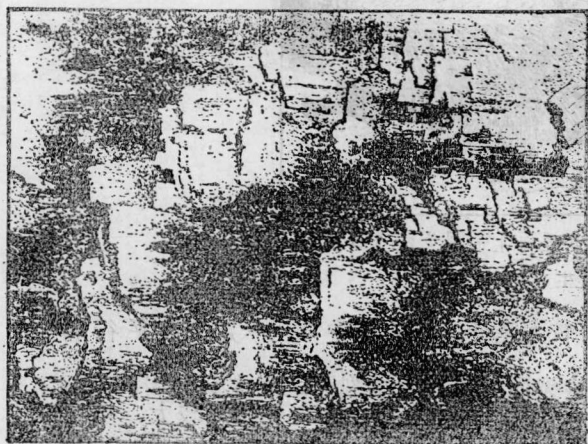


图11-1 砂岩节理面上的擦痕及陡坎

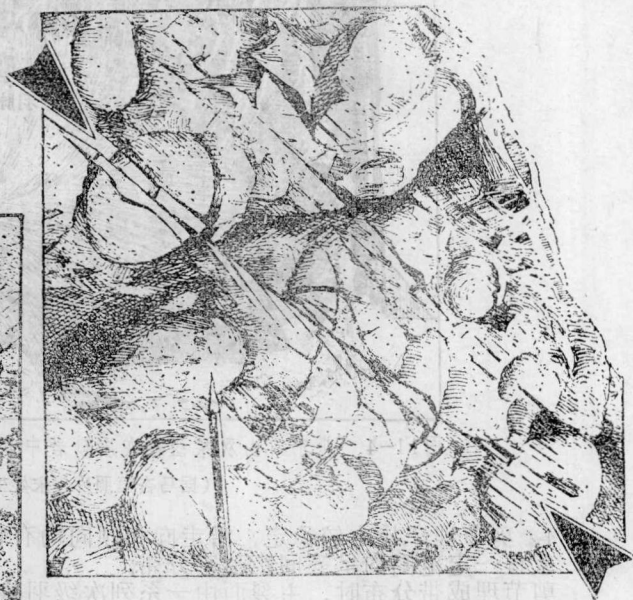


图11-2 河北迁安长城群石英砾岩中剪节理。节理切断砾石，主裂面一侧发育羽状节理，箭头示主节理的剪切方向

3. 在比较均匀而脆性岩石中，节理面上常常发育裂痕构造(fracture marking)。裂痕分为羽痕(plumose marking)和肋痕(rib marking)两种，羽痕亦称羽饰构造，其结构要素如图11-3所示。主节理面上发育的羽状或人字形花纹，指示着破裂面扩展方向，人字形尖端指向裂纹源。有时在主节理面上，还可以见到环状肋痕(图11-4)，显示裂纹扩展的前缘。边缘带的边缘节理在层面上显示雁列排布，与主节理面一般呈 5° — 20° 相交。边缘节理代表主节理面的扩展裂纹接近层面时发生的迅速破断，其排列的方式显示微型剪切带的特点，从而可以根据其相互关系判定剪切力偶的方向。具羽痕构造的节理，两侧岩块节理上面花纹相互嵌合，标志着节理生成后尚未发生位移。是剪应力刚达到或略微超过岩石抗剪强度时的剪切构造表现。

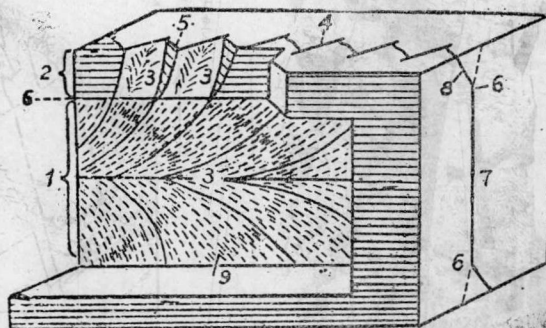


图11-3 羽痕构造的结构要素

(据 Hodgson 1961; 单文琅修改 1982)

- 1—主节理面，2—边饰痕(羽轴和羽脉)，4—边缘节理，
- 5—坎面，6—肩，7—主节理面迹线，8—边饰带迹线，
- 9—贝壳状肋痕

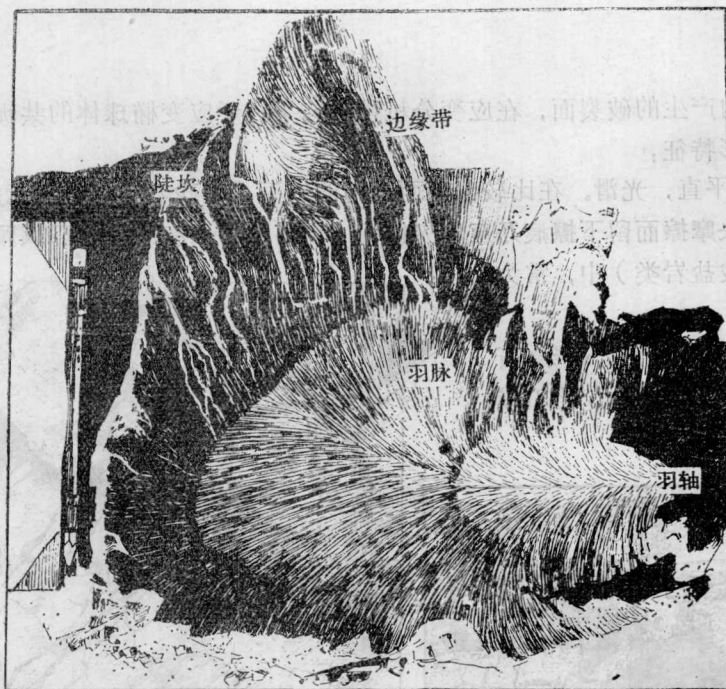


图11-4 北京西山双泉组凝灰质砂岩中节理面上的羽痕构造及环痕构造
(据马杏垣照片, 宋姚生素描, 1978)

4. 剪节理产状比较稳定, 沿走向和倾向均有较大延伸, 在岩石中常呈一定间距平行排列, 或在一定范围内呈等间距疏密分带。

剪节理成带分布时, 主裂面由一系列次级羽状裂面组成, 主次裂面之间夹角随岩石强弱而不同, 在软弱岩石中, 其间夹角较小, 常低于 10° 。在强硬岩石中, 夹角相对较大, 当岩石风化剥落后, 相邻次级侧列剪裂面之间常常形成梯状陡坎。据此, 常用来判定主裂面两侧岩石的反阶步运动 (图11-5)。

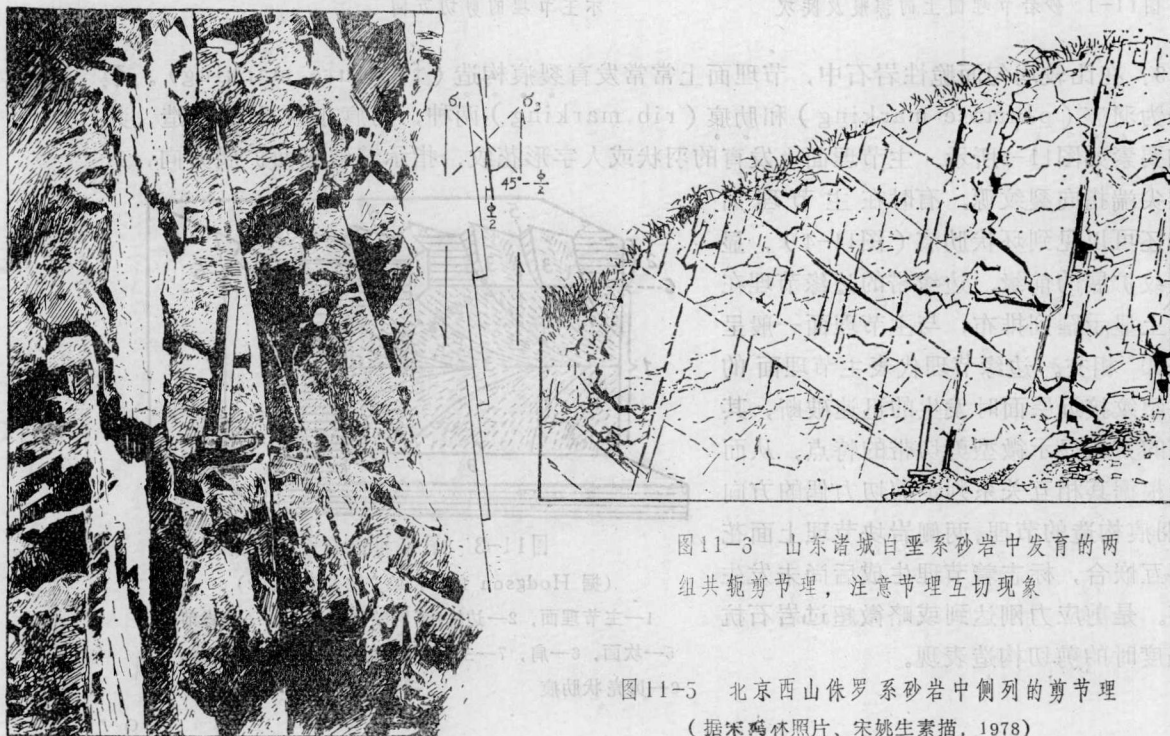


图11-3 山东诸城白垩系砂岩中发育的两组共轭剪节理, 注意节理互切现象

图11-5 北京西山侏罗系砂岩中侧列的剪节理
(据宋鹤林照片, 宋姚生素描, 1978)

5. 典型的剪节理常呈共轭成双展布的共轭节理 (conjugated joint), 两组平行的节理在空间上互相切割或交成X型 (图11-3), 把岩石分割成菱形柱体。两组共轭剪节理的交线被看作是应变椭球体的中间应变轴。

6. 剪节理尾端变化及连接形式一般有三种形式: 折尾、菱形结环和分叉 (图11-7)。

(二) 张节理

张节理是由于垂直裂面的拉伸而形成的破裂面, 它在应变分析中平行于变形椭球体的张裂面 (YZ面), 一般具有如下变形特征:

1. 张节理面粗糙不平, 无擦痕, 位移方向垂直于裂面, 两壁张开。从而多为脉石矿物和矿石矿物充填。脉体粗短, 多呈楔形、S形、扁豆状、锯齿状及其他不规则形状。脉的宽度变化迅速, 脉壁多不平直, 与剪节理中充填脉完全不同 (图11-8)。张节理面上有时也有羽痕构造。

2. 张节理切穿能力弱, 在砾岩、砂岩或含有包体的岩石中, 张节理常常绕过强硬的砾石、砂粒或包体发育。

3. 张节理形态不规整, 产状不甚稳定, 延伸不远, 但在一节理组中, 各单个节理之

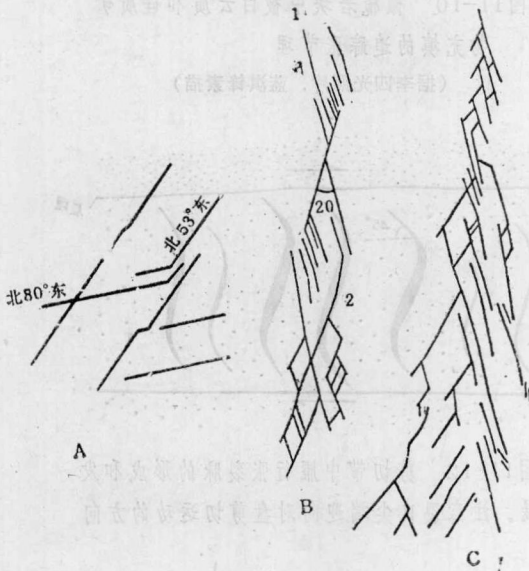


图11-7 剪节理尾端变化及连接形式

(据马宗晋等 1965)

A—折尾; B—结环; C—分叉。

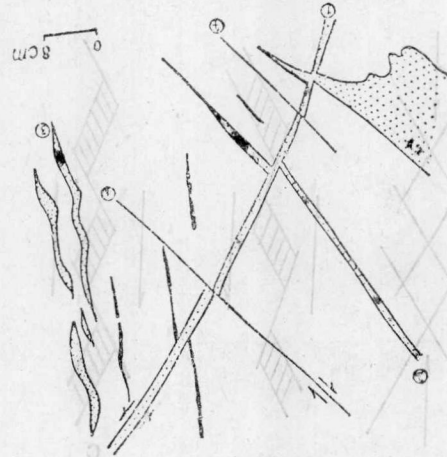


图11-8 北京西山奥陶系白云岩中的节理。

注意对比①和②为方解石脉充填的剪节理;

③为追踪的锯齿状张节理; ④为晚期未充填岩脉的剪节理

间却具“尖灭侧现”的特点 (图11-9)。有时甚至呈不规则树枝状、网状。

4. 在剪节理发育的岩石中, 张节理经常追踪两组共轭剪节理而形成锯齿状追踪节理 (tracing joint)。如图11-10。

追踪张节理张开的形式一般决定于后继续作用力的方式, 如果垂直先存两组剪裂面的锐角平分面拉开, 张裂面呈齿状弯曲。如果先存剪节理在后继力偶作用下继续发展, 张裂口就会构成左行或右行的雁行排列 (图11-11)。

5. 在无先存剪节理发育的较为塑性的岩石中, 张节理的排布常常沿着潜在的共轭剪切面方向侧列成带, 并且随着张裂缝不断扩大而充填侧分泌物质 (如富硅岩石中张节理充填石

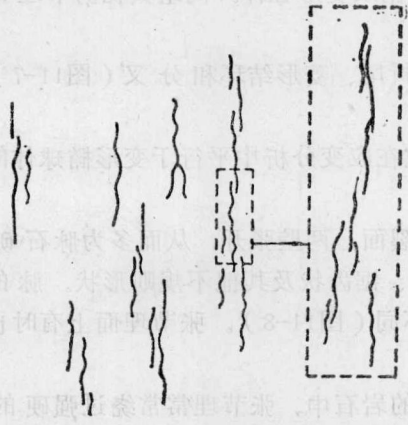


图11-9 湖北白垩—第三系砂岩中张节理的“尖灭侧现”现象
(据：马宗晋等 1965)

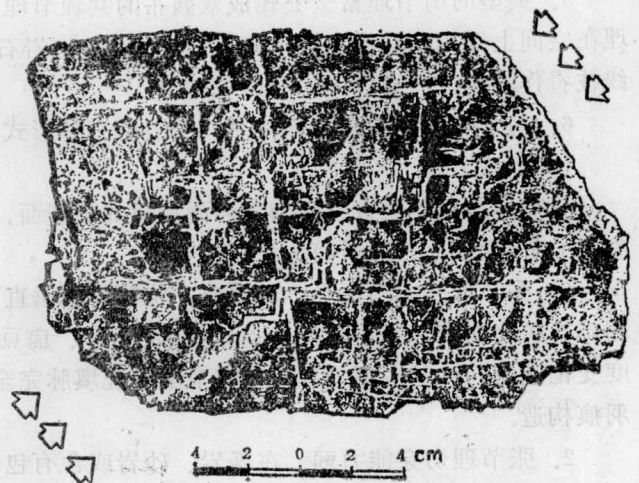


图11-10 橄辉岩块中被白云质和硅质矿物充填的追踪张节理
(据李四光照片，蓝淇锋素描)

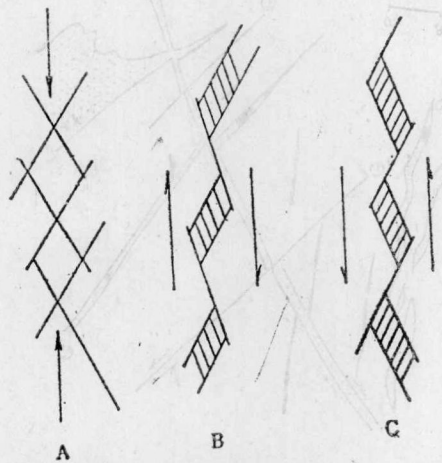


图11-11 雁行式追踪张节理
A—先存共轭剪节理；B—右行追踪张节理；
C—左行追踪张节理

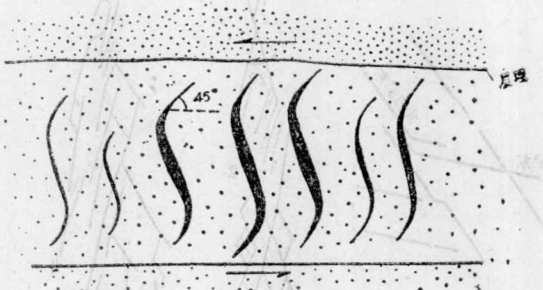


图11-12 剪切带中雁行张裂脉的形成和发展。注意裂口尖端迎向对盘剪切运动的方向

英，富钙镁岩石中张节理充填方解石、白云石)。随着顺剪切面方向的不断运动，早先形成和充填的张裂脉岩会不断发生旋转，同时，后继形成的脉岩又会沿予定方向裂开的张裂缝生长，从而使张裂脉的外形呈S形或反S形弯曲。在野外地质工作中，利用这种弯曲的特点，常常可以把剪切带运动方向确定下来(图11-12)。

6. 张节理的尾端多为分叉状、龟裂状收口，一些较大型张节理多成树枝状分叉或杏仁状结环消失(图11-13)。

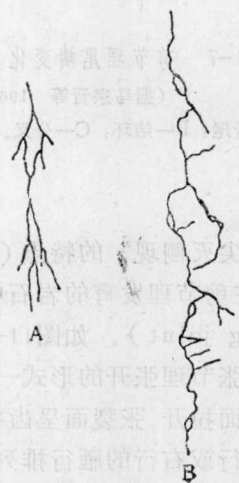


图11-13 张节理的尾端变化形式
(据马宗晋等 1965)
A—树枝状分叉；B—杏仁状结环

第二节 不同地质背景的节理

节理广泛分布于不同地质成因和构造成因的地质体当中，依附于不同成因的大型构造。研究节理，除开其本身的特点和类型而外，还应特别注意它的发育背景。

根据节理与不同类地质体之间的关系，可将节理分为如下几类。

一、与原生地质体有关的节理

与原生地质体有关的节理一般在未经变动或轻微变动的岩层或岩体中表现明显。在构造变动中，它们或作为后继变形的基础进一步演化，抑或被后期构造所抹杀。

根据原生地质体的地质成因、形状和产状以及物质成分及结构构造的特点，可将这类节理分为如下几类：

(一) 水平层状岩层中X型开节理

在未经构造变动或仅轻微变动的水平或缓倾岩层中，广泛发育有一种与原生层理直交的X型节理。这类节理有如下特点：

1. 节理走向稳定，平直延伸，产状直立并垂直于原生层理。
2. 两组节理共轭出现，近于正交。节理的间隔较宽，等间距发育，相对大小多随岩层厚度而异，常把岩层分割成不同规模的节理岩块（图11-14）。
3. 节理切穿性强，可切过不同岩层，常造成极为壮观的峰林地貌（图11-15）。

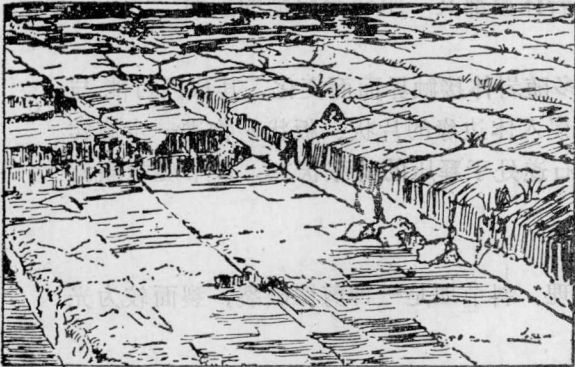


图11-14 陕西铜川近水平砂岩层中X型开节理

(据 马杏垣照片，兰洪锋素描，1979)

关于这种X型开节理的成因，多数人认为与地台上沉积盆地的升降有关，当沉积岩层沉降于地壳较深部位时，处于挤压状态，产生原始的X型剪节理。随着岩层向上抬升，地壳围压降低，岩层发生扩容时，必然使原先潜在裂面裂开，使节理一部分性质出现张裂的特点。这种继存原生剪切面裂开的节理，我们称为开节理（open joint）。

(二) 块状侵入岩体中原生节理

在花岗岩及其它块状侵入岩体中，广泛发育有一种与岩浆侵位和冷凝有关的破裂构造。根据H·克鲁斯的意见，将这种原生破裂构造划分为下述四种节理（图11-16）。

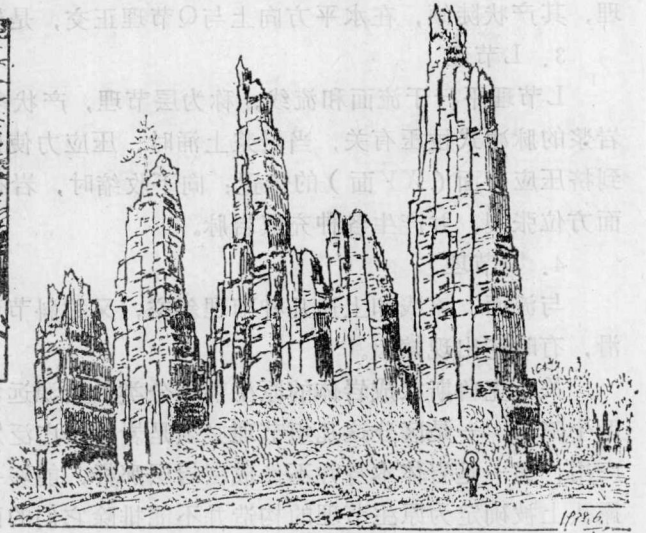


图11-15 湖北巴东二叠系近水平产状灰岩中沿正交直立开节理崩塌而成的峰林地形

(据兰洪锋等，1979)

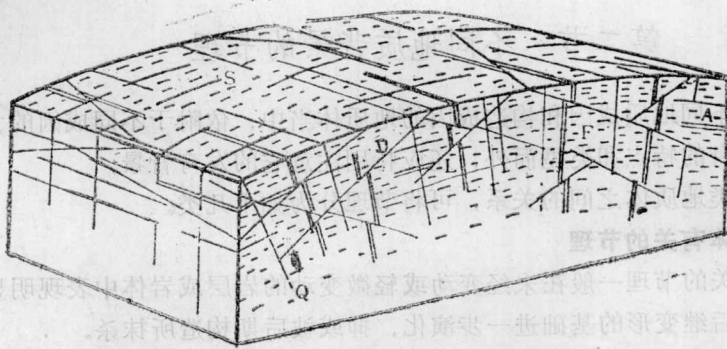


图 11-16 深成侵入岩体顶部的原生节理

(据: H. Cloos, 1922)

Q—横节理; S—纵节理; L—层节理; D—斜节理; A—细晶岩脉; F—原生流动线

1. Q节理

Q节理是一种横截岩浆岩流面和流线发育的节理,称为横节理。一般发育于岩体顶部,产状陡倾,裂面粗糙,具张节理特征,在岩体两侧则发育较差,在岩体中呈扇形排列,成为残余岩浆或矿液的充填场所。一般认为是岩浆上拱时侧向拉张的结果。

2. S节理

S节理是一种平行流线同时又切交流面发育的节理,平行于岩浆运移的方向,称为纵节理,其产状陡倾,在水平方向上与Q节理正交,是岩体顶部又一组较为粗糙的裂面。

3. L节理

L节理平行于流面和流线,称为层节理,产状多随岩体接触界面而变化,其成因可能与岩浆的脉冲式拉压有关,当岩浆上涌时,压应力使侵入体边缘的片状、板状矿物进一步旋转到挤压应变面(XY面)的位置;向下收缩时,岩石遂处于释压的舒张状态,L节理就顺流面方位张裂,并产生各种充填岩脉。

4. D节理

与流面、流线和上述几种节理斜交,又称斜节理,斜节理是一种剪性破裂,裂面较为光滑,有时还出现擦痕。

关于克鲁斯深成岩体的原生节理分类虽然源远流长,影响很大,但在实际工作中却碰到两个障碍。一是区分这几组节理必须是岩体中广泛发育原生流动构造,并不是什么岩体都能应用,另一是岩体本身并不像成层岩层那样,能够寻找位移的标志,因此,在岩体中那些在露头上被确定为原生节理的构造并不能排除它们的两盘岩石可能发生了相当距离的位移。同时,除开那些延伸到围岩之中,与围岩节理同为一个节理系的节理而外,在岩体内部区分原生节理和次生节理也相当困难。

(三) 层状熔岩中原生节理

在喷出或超浅成熔岩体中,垂直或平行熔岩流界面经常会出现各种原生节理,其形状和产状随熔岩成分,产出方式和冷凝条件而不同,这里重点介绍玄武岩层中柱状节理和许多熔岩流中板状节理。

1. 柱状节理

柱状节理(columnar joints)是玄武岩中常见的一种原生节理,节理面一般垂直于熔岩层层面,一个由柱状节理分割的完整节理柱一般呈六方柱,竖直地平行排列于熔岩层中。柱

状节理的横断面一般呈六边形，对径从数厘米到数十厘米，其与柱长之比可达1:100。在玄武岩层中，同一熔岩流的上下，柱状节理的发育完全不同，常常有双层表现，下部列柱粗大，形态规则者称下列柱 (colonnade)；上部列柱较小也欠规整者称上列柱 (entablature)。常给人以两期熔岩流叠复的假象 (图11-17)。在柱状节理面上，常发育旋回条纹 (cyclic stria)，条纹一般垂直于柱轴延伸，彼此相互平行，粗细相间，将柱面分成粗糙带和平滑带，指示着裂隙的不连续生长过程。裂隙迅速生长时，形成平滑带，相对停滞时，形成粗糙带，在一个完整的节理柱面上两个带由下而上有规律地旋回重复 (徐松年，1984)。

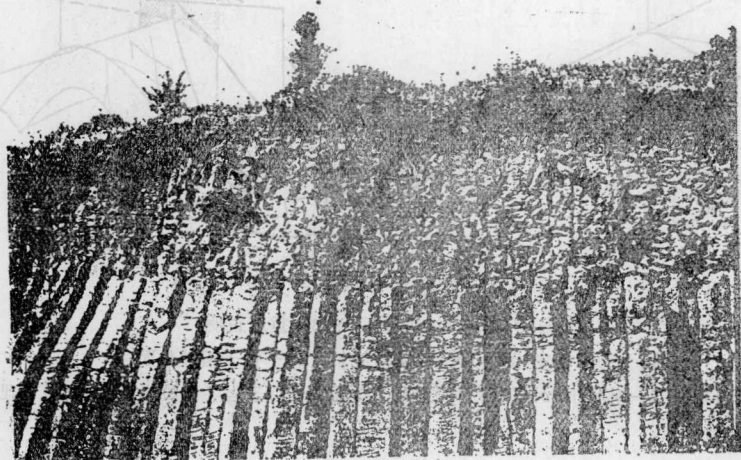


图11-17 浙江海宁新生代玄武岩中柱状节理

(据：徐松年，1984)

下部为下列柱，上部为上列柱。注意柱面上旋回条纹

关于柱状节理的成因，多年来一直用凝缩过程中张裂作用来解释。但是这种认识无论如何也不能解释节理面纵横比极大的现实。因此，Kantha 等提出了柱状节理早在岩浆未固结时就已规定裂隙传播路径的假说，并指出，玄武熔岩在它的运动过程中，由于热量及化学组分都在不断扩散，岩流的顶部和底部之间，必然会出现物质成分及能量上差异，从而发生对流。而这种扩散对流的路径正是后来玄武岩柱的发育基础。美国怀俄明州魔鬼了望台大火山颈中的柱状节理似乎可以佐证这一过程和路径，在上部，柱状节理与火山颈直立轴平行，在下部则向火山颈壁的外侧弯曲。

2. 板状节理

板状节理 (platy joints) 是一种将熔岩分割呈平行板状的节理，一般间隔为数厘米到数十厘米，它与柱状节理可以同在一个岩流中出现。其成因目前尚未取得明确的认识。

二、与变形地质体有关的节理

与变形地质体有关的节理是指岩石在构造变形中伴随褶皱和断层的发育而生长起来的各种构造节理，这种节理是其所在更大一级构造的附属构造，与大型构造有着密切的几何关系和成因联系。

(一) 与圆柱状褶皱发育有关的节理

与圆柱状褶皱发育有关的节理在桑德的坐标系中可以清楚看到它们在褶皱中分布规律 (图11-18)。

1. 纵张节理和纵剪节理