

构造地质学及地质制图学

構造地質学及地質制图学

成都地质学院普地教研室编

一九七三年六月

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

自然科学是人们争取自由的一种武装。……人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。

前 言

“教材要彻底改革”，这是教育革命的一个重要方向。

在革命大批判中，结合对刘少奇及其一类骗子的修正主义教育路线的批判，我们对《构造地质学及地质制图学》旧教材中的脱离无产阶级政治，脱离生产实际和形而上学、烦琐哲学等等进行了批判。在此基础上，我们又对旧教材的内容，进行了具体分析，拟出教材修编大纲。在党的统一领导下，我们带着教材大纲到生产、科研单位和兄弟院校进行调查研究，与工人、科研技术人员和教师共同对修正主义教育路线和旧教材的体系开展大批判，对新教材大纲进行了讨论和修改，并收集了一些生产科研实际资料。然后，由部分教师组成编写小组，分工执笔编写。

教材修编所遵循的原则是：政治统帅业务，理论联系实际，从我国实际情况出发，对原有教材的内容批判地吸取，尽量使内容适合地质各专业的基本要求，循序渐进，由简单到复杂，力求简明，以便自学。

编写中，我们对以下几方面作了一些尝试：

1. 运用力学——变形的观点去认识地质构造的发生、发展和它们的内在联系，使之与后继课程《地质力学》相衔接。为此，对有关岩石变形的力学原理和各类构造形迹的力学成因和组合关系作了一些增补，而对各类构造形迹的形态特征和分类也相应地作了一些调整和简化，使之相适应。

2. 摒弃了旧教材中脱离生产实际和一些片面的、僵化的形而上学的论述，对那些烦琐哲学的形态分类和描述也作了删除或修订。并选用一些我国实例和生产、科研成果，调换、补充了部分插图、照片；《实习指导书》内容和实习图件也作了一些修订。

此外，“大地构造基本概念”和“地质制图基本方法”一章中“航空测量在地质制图中的应用”，因另有专门课程讲授，故本教材未包括这些内容。至于地质图的基本知识和有关读图、制图的基本技术方法，大都已调整到《实习指导书》中。

由于我们学习马列主义和毛主席著作不够，政治思想水平和业务水平不高，又缺乏实践经验，本教材距毛主席指示“教材要彻底改革”的要求还相差很远。同时，肯定会存在不少的缺点和错误，诚恳地希望同志们多给予批评指正，提出宝贵意见，以便今后改进。

在本教材编完初稿后，四川矿业学院和山西矿业学院地质系部分老师，对教材内容进行了认真审阅，提出了许多宝贵意见，对教材质量的提高，有很大帮助。教材完稿后，四川矿业学院印刷厂工人同志在生产任务繁忙中，热情地承担排印本教材的任务，四川矿院地质系部分老师还协助校对，才使本教材能及时与读者见面。对上述单位的领导和同志们的亲切关怀和热情帮助，致以最衷心的感谢！

《构造地质学及地质制图学》编写小组

1973年6月

目 录

第一章 绪 论.....	(1)
第一节 本课程的任务和研究意义.....	(1)
第二节 本课程与其它学科的关系.....	(2)
第三节 构造地质学的基本研究方法.....	(3)
第二章 沉积岩层及其产状.....	(5)
第一节 岩层和层理.....	(5)
第二节 岩层的产状.....	(6)
第三节 岩层的接触关系.....	(19)
第三章 岩石变形分析的力学基础.....	(25)
第一节 力的概念.....	(25)
第二节 变形的概念.....	(33)
第三节 岩石力学性质及其影响因素.....	(38)
第四节 岩石变形与应力的关系.....	(42)
第四章 褶皱构造.....	(48)
第一节 褶曲要素.....	(49)
第二节 褶曲的形态分类及其平面表现.....	(50)
第三节 褶皱构造的形态.....	(55)
第四节 褶皱成因的基本概念.....	(59)
第五节 褶皱构造的研究和表示方法.....	(64)
第五章 断裂构造.....	(75)
第一节 裂隙.....	(76)
第二节 劈理.....	(93)
第三节 断层.....	(102)
第六章 岩浆岩区构造.....	(129)
第一节 岩浆岩体的产状.....	(129)
第二节 岩浆岩体的原生构造.....	(133)
第三节 岩浆岩体构造的研究.....	(138)
第七章 变质岩区构造.....	(149)
第一节 变质岩区域构造.....	(149)
第二节 变质岩区小型构造.....	(154)
第三节 变质岩区构造的研究.....	(163)
第八章 地质制图的基本方法.....	(169)
第一节 地质制图的概念和类型.....	(169)
第二节 地质制图的室内准备时期.....	(170)
第三节 地质制图野外工作的基本方法.....	(171)
第四节 物探方法在地质制图中的应用.....	(178)
第五节 地质制图的最最终室内整理.....	(181)

引下，正在意气风发、斗志昂扬地进行伟大的社会主义建设。由于社会主义工农业和其他事业的高速发展，对地质工作提出了更加艰巨、更加光荣的任务，这就要求及时满足工农业所需要的日益增长的大量矿产资源，和在农田水利、动力、交通等各项建设中多快好省地进行地质调查勘探工作。在这方面地质构造的调查研究和地质制图工作有着十分重要的意义。

根据地质调查和生产实践证明，地壳中矿产的分布是受一定的地质构造控制的。矿产的生成，一方面要有一定的成矿物质来源；另一方面也要有成矿物质运移的通道和沉淀、聚集、赋存的场所和空间。这些都与一定的地质构造条件有关。至于矿产的分布和产状，除受构造控制外，还严格地受着成矿后期构造变动的制约，这些就反映了构造对矿产控制的双重作用。如石油和天然气常分布于隆起构造中，尤其在封闭的穹隆和背斜构造中。要找石油和天然气，首先要找储油构造。许多金属和非金属矿产的形成与岩浆活动和断裂构造有关。同时，许多已形成的矿产又常受到后来构造运动的改造。如果我们在找矿勘探或开采时，不首先分析研究与矿产有关的构造，那就会使我们的工作失去指导方向，给生产工作带来困难，给国家建设造成损失。

在地壳上不同的构造区或同一构造区不同的发展阶段，形成了不同类型的矿产。因为地壳中的矿产生成与地质构造的发生和发展有密切关系，只有对地质构造的发生和发展了解之后，才有可能对各个地区的矿产进行科学的预测和寻找。

地下水的类型和活动常受地质构造的控制。许多工程建筑常因地质构造未彻底解决而不能施工，即使施了工也将因地基不稳而使工程的进行和工程的效用受到损失。因此，在进行水文地质和工程地质调查时，弄清地质构造条件是一项极为重要的任务。正确而全面地研究地质构造条件是正确进行设计和施工的重要依据之一。

近年来，破坏性地震在世界各地经常发生，给人民生命财产带来一定的损失，因此探测和预报地震成为地震工作者的重要任务。地震是现代地壳构造运动表现的结果，它总是发生在现代构造运动最强烈的地方，如复杂的断裂带（深处断裂或地表断裂），不同性质构造带相交接的地带等。显而易见，地震的发生是多数与地质构造密切相关的。地震是可以预报的，要预报就要对地震和地震区进行探测和研究，其首要任务就是研究地震区的地质构造。

为了对一个地区的构造和其他地质现象进行调查研究，就要进行地质制图工作。因此，地质制图是一切地质工作的极重要的一环，也是一项地质研究工作。地质制图的最终成果——地质图和地质报告，是保证工农业获得矿产原料基地，解决工农业建设、交通、动力建设以及国民经济各个部门的许多任务而不可缺少的重要资料。

由上可知，本课程与国民经济建设的实践是密切相关的，因而在地质教学和地质勘探部门中占有重要的地位。

第二节 本课程与其他学科的关系

辩证唯物主义教导我们：“……自然界中任何一种现象，如果把它孤立地来看，把它看作是周围现象没有联系的现象，那它就会是不可了解的东西，……”因此，为了正确地进

行找矿勘探，为了正确而全面地认识和研究地质构造，需要应用其他地质学科和其他部门的科学知识；另一方面，构造地质学及地质制图学的发展，又对那些有关的学科和科学在解决理论问题和实际问题时给与帮助和促进。例如在进行沉积岩区的构造研究和制图时，就要首先查明岩层生成顺序和时代，这就必须具备古生物学、地层学和地史学的知识；组成地壳的各种岩石，是地质构造形成的物质基础，地质构造的形成和特征，必然与岩石类型、性质与生成环境有密切的关系；为了查明地质构造的发生发展和分布规律，就需要应用岩石学、岩相学的知识；地形图是编制地质图件的基础，要正确而顺利的进行地质制图工作，要求我们必须具有地形测量与地形制图的基本知识和技术；构造地质学及地质制图学的基本任务和最终目的是为了找矿，因此，它与矿床学和找矿勘探地质学都有密切的关系。

科学在不断地发展，新的研究方法和技术在不断地产生和日益完善。由于有关的其他科学技术的发展，在地质科学中产生了一些新的边缘学科，这不仅促使地质学的发展，也对其他科学技术的发展起了促进和启发作用。为了研究地壳中各种构造的形成过程，查明组成地质构造岩石的运动规律，即地壳中岩石的变形和破坏的物理作用，那就必须应用现代物理学、力学原理的理论和方法，从而产生了构造物理学及地质力学，成为构造地质学发展和研究的新方向。为了查明地下深处的构造和矿产，地球物理勘探方法在地质构造的调查研究中已成为十分重要的手段。又如航空地质测量方法的发展，也使地质制图工作的质量和效率大大提高了。其他如地球化学、放射性和同位素地质学以及实验科学的迅速发展，不仅提高了地质科学研究的准确程度，同时也使有可能对陆地的掩盖地区、地壳深部和海洋底部进行直接和间接的考察研究。这方面也促使了构造地质学和地质制图学的新发展。

由上可见，构造地质学及地质制图学与其他地质学科和其他理论技术科学有着密切的联系。本课程一方面需要应用其他课程的知识，才能解决自己所研究的问题和任务；另一方面它又是其他地质专业课程学习的基础。因此，本课程成为各地质专业教学中的一门重要的专业基础课程。

第三节 构造地质学的基本研究方法

认识从实践始，自然科学的起源都是由于人们的生产实践。构造地质学同其他地质学科一样，是由于矿产的寻找、勘探和开采事业的发展而诞生的，是由于这些生产实践活动而发展和逐渐丰富起来的。它是广大劳动人民生产实践的总结。随着科学技术的发展和生产上的需要，构造地质学从地质学中分出来，成为一门独立的学科，并且有它自己的研究方法。根据目前的现状，构造地质学的研究有三个步骤或三个方面。

首先是到野外实地观测各种构造现象，收集大量原始资料，通过地质制图工作，用各种图件和文字把所观察到的（也包括有根据地推断的）地质构造形态特征反映和表现出来。并搜集通过地球物理勘探、钻探和矿井等所获得的地下构造资料，应用已有的地质科学理论和知识，对所有资料进行归纳和比较，得出这些构造的形态特征和分类，并对这些构造现象作出初步的解释。这是对地质构造外形特征的研究，是构造研究的第一步，也是极其重要的一步。

其次，我们对构造的研究不能停留在现象的罗列、资料的堆积上，而是要对这些丰富的感性认识，进行“去粗取精，去伪存真，由此及彼，由表及里”的综合分析，上升成为理性的认识。

由于自然界的现象错综复杂，地质现象的形成过程人们不能直接观察；地质构造深埋地下，无法观察其全貌；这些客观条件都增加了构造研究的困难，因而分析推理的方法就显得尤为重要。这种分析不是凭主观想象，自圆其说，而是要有辩证唯物主义这个科学的世界观和方法论，应用地质科学和其他科学的原理和知识，去探讨各种地质构造的成因和组合分布规律，揭露其本质和彼此间的内在联系。这些根据资料的分析推理所得之结论，还要经过实验方法和生产实践来验证。

第三是模拟实验，由于我们所能观察到的只是地表上所遗存的构造迹象，而不能对地质构造在广阔范围内和漫长的时间里的生成过程进行直接的观察。因此，我们只能用人为的方法和适当的材料来模拟岩层和岩体的某种构造现象在自然界的产生过程，来论证各种构造的形成条件和过程，以及它们的组合关系，这就是模拟实验的方法。它是用力学观点来研究构造地质问题的。

显而易见，模拟实验的方法还存在着许多问题，如地质构造的物质基础、形成环境和形成时间上，实验室与自然界都有极大的差别，但这并不妨碍它在实际研究中所能起到的启示作用。随着科学的发展，地质模拟的研究方法，正在日益增大它所能起到的作用。

在伟大祖国的辽阔领土上，有着极其丰富多彩的地质构造现象，这为构造地质科学的研究提供了良好的条件。但是，要研究好地质构造的规律，就必须有唯物的观点和辩证的方法。地质科学的研究总是在一定的世界观和思想支配下进行的。过去刘少奇的修正主义路线，推行洋奴哲学、爬行主义，在地质工作中有一定的影响。如生搬硬套外国的地质理论，其中有很多是唯心主义和形而上学的，它阻碍了我国地质科学的发展。因此，我们必须认真地学习毛主席的哲学思想，树立为革命勇于实践，敢于探索的精神，运用“一分为二”的辩证法，通过地表现象，认识地下情况，研究地质构造特征及其与矿产的关系。“通过实践而发现真理，又通过实践而证实真理和发展真理。”构造地质学的研究必须从生产实践中，从野外实地观察中，得到大量构造现象的实际资料，通过对资料的分析研究和必要的实验，得出各种构造现象的成因和分布规律性的认识。然后又在生产实践中，在为找矿勘探提供有关矿产分布规律和解决水文、工程地质方面有关构造问题中，对我们的认识进行检验和证实。

“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”构造地质学的正确理论，正是劳动人民反复实践的总结。但从构造地质学的现状来看，还较多地停留在现象的描述上。然而，随着生产和科学技术的发展，一些先进的技术已逐渐应用到构造地质学的研究上，如岩组分析和应力矿物的研究；模拟实验已逐渐由定性向定量方向发展；又如用电感应力仪测定地下应力分布状况等等。这些都在一定程度上，取得了一定的效果。我们深信，只要用毛主席的哲学思想指导我们的生产实践和科学研究，我们就一定能突破困难，而“有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”从而把构造地质学的研究工作提高到一个新的水平。

第二章 沉积岩层及其产状

地壳表面分布最广的岩石是沉积岩, 约占大陆面积的75%。因而, 沉积岩是组成地壳表层地质构造的主要物质基础。沉积岩层的产状是研究地质构造形态的基础, 也是构造地质学研究的基本内容之一。所以在未讲述地质构造之前, 应对其物质基础和形态基础有所了解。物质基础方面就是了解岩层的形成和一些基本特征; 形态基础方面, 就是研究岩层的产状、测定方法、不同产状岩层的出露形态, 以及岩层间的相互关系。

第一节 岩层和层理

一、岩层的概念

岩层是指两个平行的或近于平行的界面所限制的、同一岩性组成的层状岩石。岩层上下的界面叫层面。岩层的上层面称顶面, 下层面称底面。

岩层的厚薄就是厚度, 通常是根据顶面到底面的垂直距离来计算(图2—1)。一般在稳定

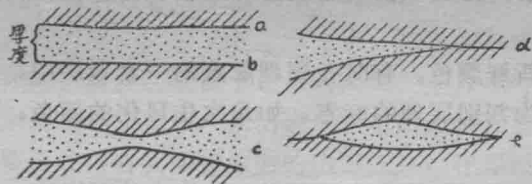


图2—1 岩层的厚度及其形态

a—顶面; b—底面; c—变薄; d—尖灭; e—透镜体

的海相环境下形成的岩层, 厚度较为稳定。但一些陆相岩层, 由于沉积环境及沉积物质来源的不断改变, 原生厚度变化很大。有时在一个方向上变薄, 甚至厚度趋于零, 造成尖灭现象; 也可能两个方向上均发生尖灭, 形成一个透镜体(图2—1)。

岩层的形成过程是内力地质作用和外力地质作用相结合、相互作用的过程。内力地质作用主要是指地壳运动, 它造成了地壳表面的巨大隆起和拗陷, 形成了大的侵蚀单位和沉积单位。而外力地质作用主要是风化剥蚀隆起的地形, 破坏岩石, 制造沉积物质, 并且把这些破坏了的产物搬运到沉积盆地中, 沉积形成岩层。

当沉积盆地处在地球一定相对宁静时，通常自盆地边缘趋向盆地中心，依次沉积砾石、砂、粘土、泥灰质及钙质淤泥等(图2—2)。如果此时地壳轻微上升，短暂时期停止沉积，然后再下降接受沉积，就形成与之平整接触的另一套岩层，于是两岩层之间有了界面——层面。若形成某一套岩层时，由于水介质的物理化学性质的变化、水动力条件、陆源物质的变化、地形的影响，在该套岩层中就会出现结构差异、成分差异或颜色差异，使一套岩层具有成层现象。

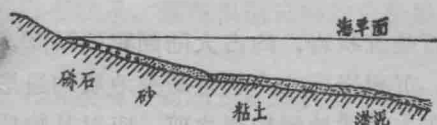


图2—2 沿海岸带沉积物堆积概要图

二、层理

一套岩层被许多层面所分割，或由于岩石成分、结构、颜色的变化，在剖面上所显示出来的成层构造叫层理。层理是沉积岩的最基本的特征，是表明沉积条件的重要标志之一。在沉积岩区研究构造时，首先必须查明层理。只有找出层理才能确定岩层的产状、厚度和成层顺序，从而得出正确的地质构造的结论。如何确定层理呢？可以根据下列几方面加以认真观察：

第一、研究岩石结构上的变化，即颗粒粗细的变化。如发现粗细颗粒相间成层，则显示出平行层理。有时扁平砾石或扁平的原生结核排列成带，或云母片呈面状分布等，均可显示出平行层理。特别是后者，在层理被裂隙或劈理隐蔽了的块状砂岩或砾岩中是确定层理的良好标志。

第二、根据岩石的新鲜颜色，有时在层理隐蔽的一套岩层中，可看到一层或数层颜色不同的夹层或条带，可作为判别层理的标志。如是次生风化的颜色，则不能作为判别层理的标志。

第三、岩性特殊的夹层，如砂岩中的砾岩，灰岩中的页岩等，可以作为判别层理的标志。

第四、根据一些层面特征，如波痕、泥裂、雨痕、虫迹等现象，可以帮助找寻层理。

以上所举几点，并不能概括识别层理的所有标志。在野外还应随时揭开新鲜面，找寻层面标志，进行仔细观察和分析，层理是可以查明的。只有查明了层理，才能搞清岩层的产状。

第二节 岩层的产状

产状是指地质体(岩层、岩体、矿体等)在地壳中的空间位置及其产出状态。

在沉积盆地中形成的沉积物，其原始产状一般总是近于水平的。后来由于地壳运动的影

响岩层遭受各种地应力的作用，其产状就发生了多种多样的变化：有些保持了原始近于水平的产状，形成水平岩层；有些则产生了倾斜，形成倾斜岩层；有些则产生弯曲，甚至断开，形成各种各样的地质构造——褶皱构造和断裂构造。

使岩层的原始产状和形态发生改变，除内力地质作用（主要是构造运动）所引起外，外力地质作用（如重力、流水、冰川、风化及岩溶作用等）也可引起。但是地壳的地质构造，主要是由地壳构造运动所造成的。外力地质作用，只是形成一些规模小、分布零星、局限于地表某些地段的外成构造，它对地下矿液活动没有什么影响，故对找矿意义不大，但对工程地质方面有直接的影响。

岩层在地壳中的产出状态是多种多样的，但基本产状不外两种：水平的或倾斜的，即水平岩层或倾斜岩层。

一、水平岩层

原始沉积在水盆地中，后来升出水面，但未经强烈变动，仍保持了原始状态，它的顶面或底面上的各点具有相同的海拔高度，即为水平岩层。

绝对水平的岩层是不存在的，因而水平岩层的概念是相对的。即使这种相对水平的岩层，也是局限于受地壳构造运动影响较轻微的地区。如川中盆地的上侏罗统岩层，在一定地段、一定程度上可看成是水平岩层。

水平岩层的构造极为简单。如果水平岩层地区的地面未受切割或切割轻微，则地面出露的是同一时代的岩层。地质图上只有代表最新地层的一种颜色和符号（图2—3 I II）。如切割加深，地面上才能看到较老岩层的出露。切割越深，老岩层出露就越多。所以水平岩层地区地质图的复杂程度，决定于地形的切割深度（图2—3 III）。

由于水平岩层变动轻微，因而具有三个最基本的特征：

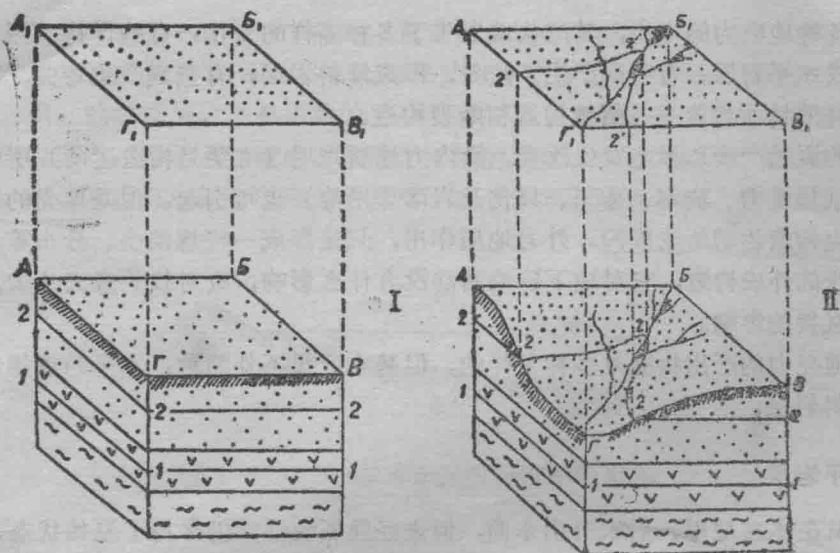
第一、水平岩层地区，新岩层一定位于老岩层之上。地形切割强烈时，老岩层的露头出现于地面低处——河谷和冲沟；新岩层则位于地形的高处——分水岭或山顶。自河谷往山顶前进时，将看到老岩层逐渐向新岩层过渡，指明岩层愈老出露位置愈低，愈新则愈高。

第二、水平岩层的地质界线（岩层面在地面的出露线），在地质图上与地形等高线平行或一致。因为两者都是不同高度的水平面与地面的交线。

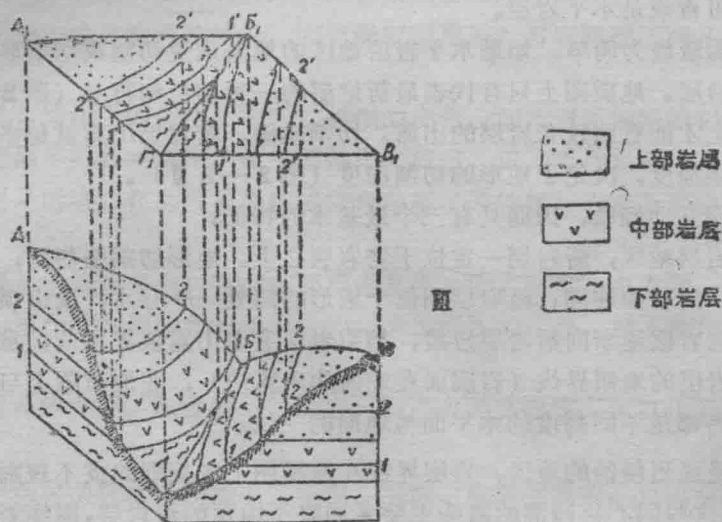
第三、在遭受强烈侵蚀的地区，岩层界线在地质图上成规则的或不规则的同心园状的圆圈和锯齿状条带。这些同心状圆圈的露头主要是局限于山顶的新岩层，围绕着这些圆圈的是出露于山坡上的较老岩层。在地形较低的河谷、大冲沟等处，水平岩层的地质界线象地形等高线一样，向河谷上游形成弯曲转折，在地质图上是一尖端指向河谷或冲沟上游的狭窄的锯齿状条带。河谷越窄，地质界线的尖端也越窄。

水平岩层的厚度是顶面和底面之间的高差。在有地形等高线的地质图上，可根据顶底面的标高差求得。

不同的水平岩层或同一水平岩层，在地质图上不同地段所表现的宽度是不同的。在地质图上岩层出露的宽度，是岩层顶面和底面在地面上的出露线之间的水平投影宽度，称为岩层的露头宽度。



I—地面水平时；II—地面切割不深，没有达到下面一层；



III—地面切割较深，不同岩层出露地面。

图 2—3 水平岩层地段的平面图和立体图

A 、 B 、 B_1 、 Γ —地面； A_1 、 B_1 、 B_1 、 Γ_1 —地质图。

水平岩层的露头宽度决定于岩层的厚度和地面的坡度。在地面坡度相同情况下，地面上和地质图上岩层的露头宽度与岩层厚度成正比。厚度大，露头宽度亦大，厚度小，露头宽度亦小。在厚度相同时，岩层露头宽度决定于地面坡度，地面坡度愈缓，岩层露头宽度愈大，当地面坡度很陡时，岩层露头宽度很窄（图2—4），在坡度直立的情况下，则岩层顶面和底

面的界线投影重合成一线，即露头宽度等于零，在地质图上形成了岩层尖灭的假象。在地形切割强烈的地区，水平岩层在地质图上的露头宽度变化很大，或宽或窄，甚至尖灭。

由上可知，水平岩层的形态受地形的影响很大，在分析水平岩层地区地质图时，要特别注意地形的影响。

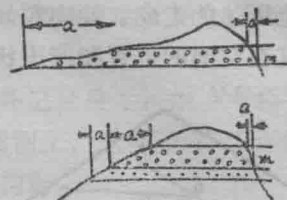


图2—4 水平岩层露头宽度的变化

二、倾斜岩层

倾斜岩层是指倾斜方向和倾斜角度基本一致的一套岩层。

形成岩层的倾斜产状有两种原因：一是由于沉积过程中原始地形的影响，如在沉积盆地的边缘、岛屿周围、或在水盆地凸起部分的沉积物，其原始产状就是倾斜的，称为原始倾斜岩层。另一种是由于后期的地壳构造运动的影响，使岩层改变了原始水平产状，而形成倾斜岩层。

原始倾斜岩层在古老的沉积物中是很局限的，而且在长期的地质发展过程中，大多数改变了其原始状态，只有在较新的地层中，如第三纪、第四纪一些陆相的沉积物，可能保留一些原始倾斜岩层。所以，我们所要研究的是由于地壳构造运动形成的倾斜岩层。

倾斜岩层通常是褶皱的一翼，断层的一盘（图2—5）。所以研究倾斜岩层的产状和特征，是研究各类地质构造的基础。

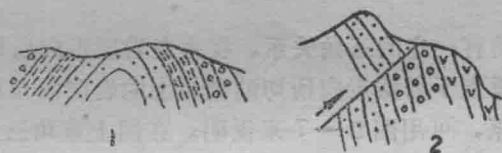


图2—5 倾斜岩层可看作是：1—褶皱的一翼；2—断层的一盘

（一）岩层的产状要素及其测定：

1. 岩层的产状要素的概念：

岩层的产状要素包括岩层的走向、倾向和倾角，它反映了岩层的空间位置。岩层的走向和倾向是由岩层的走向线和倾斜线来测定。

走向线是岩层面与水平面的交线，也就是岩层面上任何一条水平线或等高两点的连线。走向线与子午线之间的夹角（方位角）叫做岩层的走向。一条线的方位角有两个数值，故岩层走向亦有两个数值，彼此相差 180° 。岩层的走向指出岩层在空间的水平延伸方向。

倾斜线是直交于走向线并沿倾斜面向下引出的一条直线。这种垂直于走向线引出的一条倾斜线叫真倾斜线，它的水平投影线与子午线之间的夹角称岩层的真倾向或真倾斜方位角。斜交于走向线引出的倾斜线叫视倾斜线，它的方位角叫视倾向或视倾斜方位角。

真倾斜线与其水平投影线之间的夹角叫做岩层的真倾角。它是岩层面上的最大倾角。一个平整的岩层面上，真倾角只有一个数值。视倾斜线与其水平投影线之间的夹角称视倾角。在一个平整的岩层面上可以引出很多不同视倾向的视倾斜线，故相应地有很多视倾角。但

视倾角永远小于真倾角。

以上所述的走向、倾向和倾角，总称为岩层的产状要素（图 2—6）。岩层的产状要素，把其在空间的位置和产出状态确定了下来。

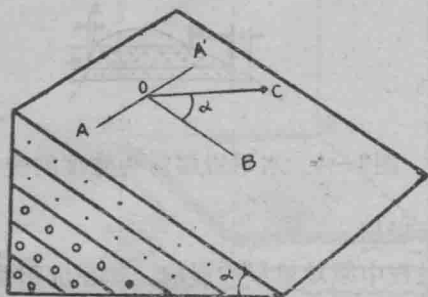


图 2—6 岩层的产状要素
 AOA' —走向线； OB —倾斜线
 OC —倾斜线的水平投影，
 箭头指倾向； α —岩层倾角。

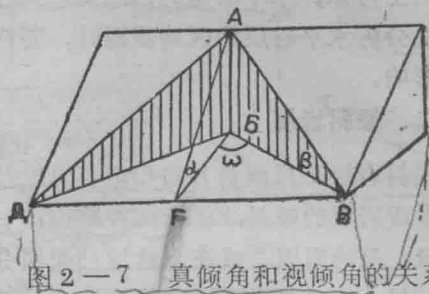


图 2—7 真倾角和视倾角的关系

在野外工作中，我们总是力求测得岩层的真产状要素（真倾向和真倾角），但有时由于地形等条件的限制，在剖面测制或坑道素描时，剖面线不一定能完全与岩层走向垂直，这时剖面图上就反映出岩层的视产状要素（视倾向和视倾角）。因而必须了解真、视产状要素的关系。

岩层的真倾角与视倾角有一定的三角关系。在垂直岩层走向所切的剖面上，所见的岩层倾角总是真倾角；而在不垂直于岩层走向所切的剖面上的岩层倾角总是视倾角。同一岩层面上的真倾角与视倾角的关系，可用图 2—7 来说明。在图上直角三角形 $AB\Gamma$ 是垂直岩层走向所切的剖面， $\angle\alpha$ 代表真倾角，直角三角形 $AB\beta$ 是不垂直岩层走向的剖面， $\angle\beta$ 代表视倾角。 $\angle\omega$ 代表真倾向与视倾向之间的夹角。

$$\text{在}\triangle AB\beta\text{中，}\angle AB\beta = 90^\circ \quad \therefore \tan\beta = \frac{AB}{\beta\beta}$$

$$\text{在}\triangle AB\Gamma\text{中，}\angle AB\Gamma = 90^\circ \quad \therefore \tan\alpha = \frac{AB}{\beta\Gamma}$$

$$\text{在}\triangle \beta\beta\Gamma\text{中，}\angle \beta\Gamma\beta = 90^\circ \quad \therefore \cos\omega = \frac{\beta\Gamma}{\beta\beta}$$

$$\tan\alpha \cdot \cos\omega = \frac{AB}{\beta\Gamma} \cdot \frac{\beta\Gamma}{\beta\beta} = \frac{AB}{\beta\beta} = \tan\beta$$

$$\therefore \tan\beta = \tan\alpha \cdot \cos\omega$$

即视倾角的正切等于真倾角的正切乘以真倾向与视倾向间夹角的余弦。

由上公式可以看出，如果 $\angle\omega = 0^\circ$ 时， $\cos\omega = 1$ 则 $\tan\beta = \tan\alpha$ ；即 $\angle\beta = \angle\alpha$ ；如果 $\angle\omega = 90^\circ$ 时， $\cos\omega = 0$ $\tan\beta = 0$ ，这时所切剖面方向与岩层走向一致，即视倾向平行岩层走向，故视倾角等于零。

2. 产状要素的测定:

产状要素的测定有直接法和间接法。在野外工作时,一般都是用地质罗盘直接测出岩层的走向、倾向和倾角,确定岩层在空间的位置。

在野外测定的产状要素,一方面要按规定格式记录在野外记录簿上,如 $NE45^{\circ}\angle 30^{\circ}$; 另一方面要用岩层的产状符号,如 $\angle 30^{\circ}$ 尽可能地标注在地质图上,这样随着工作的进行,就可以由图上观察岩层产状的变化,更好地编联和预测地质构造。

通常在野外总是测定岩层的真产状要素,但有时由于某些原因,不能直接测得真产状要素,此时就要用间接方法,通过作图和计算来推求真产状要素。通常用的间接方法有:三点法、从精确的地形地质图上求岩层产状要素等。具体方法见实习部分。

3. 正常产状与倒转产状:岩层形成后,经受变动,可以保持正常产状,即上层面对上方,顺着倾斜方向,岩层由老到新;若岩层经受相当强烈的变动时,岩层会发生倒转,即上层面对下方,顺着倾斜方向,岩层由新到老,形成倒转产状。在测量岩层产状要素时,应注意是正常产状,还是倒转产状。岩层的正常或倒转,主要根据化石,确定岩层的新老,从而确定其成层顺序。有时在野外亦可根据一些层面特征来确定成层顺序。如:

泥裂:是上部开阔,向下变窄而尖灭的裂纹。尖端指向下方则为正常岩层,即尖端指向老岩层。反之则为倒转岩层(图2-8)。

波痕:对称的浪成波痕具有尖锐的波峰和圆滑的波谷。波峰向上为正常岩层,即波峰指向新岩层,波峰向下则为倒转岩层(图2-9)。

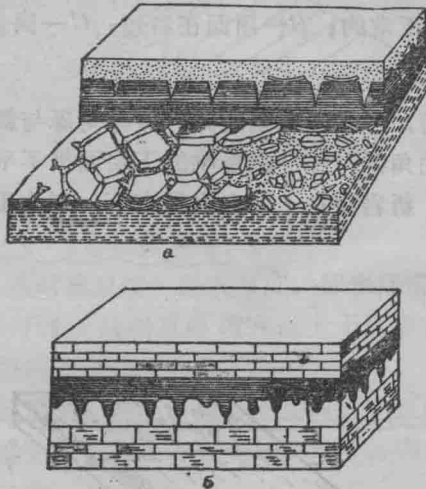


图2-8 层面上的泥裂

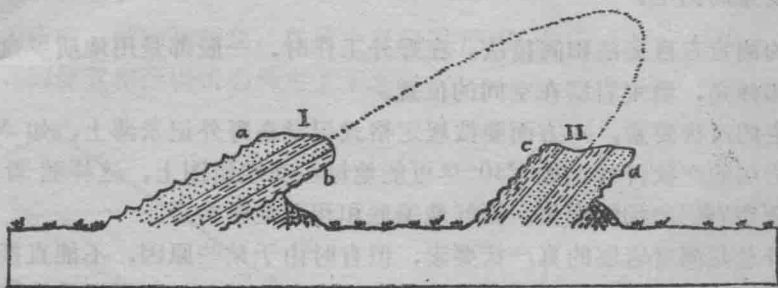


图 2—9 根据波痕决定岩层顺序

I —— 正常岩层； II —— 倒转岩层。

交错层：交错层一般在砂岩中发育。每一个交错层通常其上端与真层理的上层面成大角度相交，而其下端与岩层下层面相切。所以根据交错层与层面交角的大小可以确定岩层的顶底面，从而判断是正常岩层，还是倒转岩层（图 2—10）。

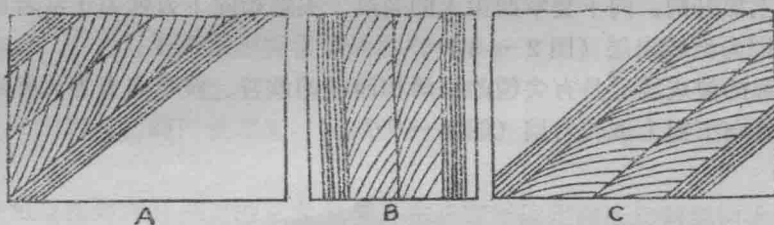


图 2—10 交错层

A—岩层是正常的；B—顶面在右边；C—倒转岩层。

冲刷面：是老岩层沉积后，经水下冲刷破碎，破碎角砾与新沉积物同时沉积下来。这样新岩层的底部便含有老岩层的角砾，经冲刷影响的下层面极不平整，上层面则较平整，根据这些可以确定岩层的新老。新岩层在上，老岩层在下，则为正常岩层；反之则为倒转岩层（图 2—11）。

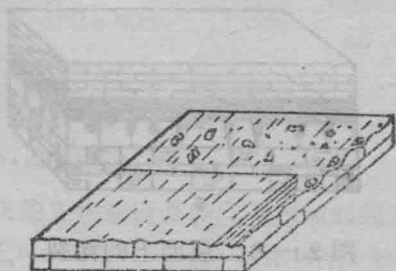


图 2—11 冲刷面

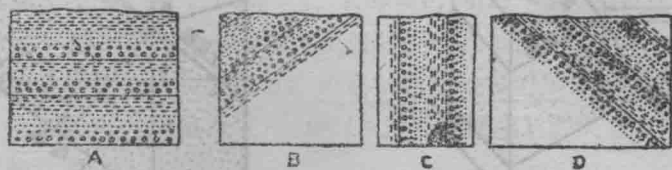


图 2—12 层理递变

A、B—正常岩层；C—顶面在右面；D—倒转岩层

层理递变：在一个岩层中，其颗粒往往从底面到顶面逐渐变细（图 2—12 A），这种特征称为层理递变。因而利用层理递变可帮助确定岩层的顶底面，从而确定是正常还是倒转岩层（图 2—12 B、C、D）。但这种方法并不十分可靠，尤其是在砂砾岩之类的粗粒沉积岩中，例外的情况很多，利用时要特别注意。

（二）岩层的厚度和埋藏深度：

1. 厚度的计算：

岩层的顶面和底面间的垂直距离是岩层的真厚度。倾斜岩层除真厚度外，还有铅直厚度，就是岩层顶面到底面间的铅直距离（图 2—13）。真厚度和铅直厚度间的关系如下：

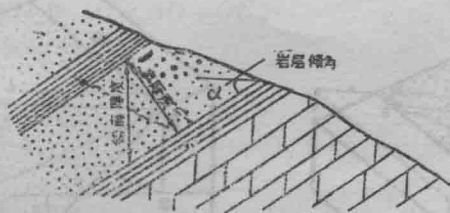


图 2—13 真厚度与铅直厚度

$$\frac{\text{真厚度}}{\text{视厚度}} = \frac{\text{真倾角余弦}}{\text{视倾角余弦}}$$

真厚度 = 铅直厚度 $\cdot \cos \alpha$ (α 为岩层真倾角)。

当 $\alpha = 0^\circ$ 时， $\cos \alpha = 1$ ，这时真厚度 = 铅直厚度，即岩层成水平产状。

当 $\alpha > 0^\circ$ 时， $\cos \alpha$ 总是小于 1，故铅直厚度永远大于真厚度。如果岩层的倾角和厚度不变，其铅直厚度不论在任何方向的剖面上都是不变的。

在不垂直于岩层走向的剖面上，顶面和底面界线间的垂直距离称为视厚度。视厚度 = 铅直厚度 $\cdot \cos \beta$ (β 为岩层视倾角)。视厚度永远大于真厚度，因为视倾角恒小于真倾角，而其余弦值恒大于真倾角余弦值之故。

在野外有时可用皮尺直接测出岩层的厚度，一般都通过剖面测量，根据地形坡度、岩层倾角及露头宽度三者的相互关系来计算。根据不同情况，可采用下列七种计算方式，求出岩层的真厚度和铅直厚度，详见（图 2—14）。