

目 录

第一章 绪 论	1
一、构造地质学的研究对象与内容	1
二、构造地质学的研究意义及其在社会主义建设中的作用	1
三、构造地质学的研究方法	2
第二章 层状岩石的产状及其接触关系	4
第一节 岩层的产状	4
一、岩层的原始产状	4
二、水平岩层	5
三、倾斜岩层	7
第二节 层理的认识	14
一、沉积岩层理的认识	14
二、火山岩层理的认识	15
第三节 利用岩石的原生构造确定岩层的顶面和底面	16
一、鉴别沉积岩层顶、底面的标志	16
二、鉴别火山熔岩层顶、底面的标志	19
第四节 地层的接触关系	21
一、整合与不整合	21
二、不整合的类型	21
三、不整合的观察和研究	23
第三章 地质构造分析的力学基础	27
第一节 应力的概念	27
一、外力、内力与应力	27
二、应力分析	29
三、地应力的概念	36
四、应力集中	36
第二节 岩石变形分析	38
一、变形的概念	38
二、岩石变形方式	39
三、岩石变形的阶段	39
四、岩石弹性、塑性变形的微观机制	42
五、岩石的破裂方式	43
六、共轭剪切破裂面角(剪裂角)的分析	44
第三节 岩石变形与应力的关系	46
一、应变椭球体的概念	46
二、非旋转应变与旋转应变	47
三、递进变形的概念	48

四、应变椭球体在构造分析中的应用	49
第四节 构造应力场概念	51
第五节 影响岩石力学性质及岩石变形的因素	53
一、围压	54
二、温度	55
三、溶液	55
四、时间	56
五、应力状态	58
第四章 褶皱	59
第一节 褶皱和褶皱要素	59
第二节 褶皱的产状分类和形态分类	61
一、褶皱的产状分类	62
二、褶皱的形态分类	65
第三节 褶皱的形成机制	72
一、纵弯褶皱作用	72
二、横弯褶皱作用	75
三、滑褶皱作用	76
四、柔流褶皱作用	77
五、压扁作用在褶皱形成中的意义	78
第四节 影响褶皱作用的主要因素	80
一、岩层厚度对褶皱的影响	80
二、岩石力学性质对褶皱的影响	80
三、岩层层间粘结程度对褶皱的影响	81
四、外力作用的方式对褶皱的影响	82
五、埋藏深度和基底构造对褶皱的影响	82
第五节 褶皱的研究	83
一、褶皱形态的研究	83
二、褶皱内部小构造的研究	86
三、褶皱深部变化的研究	87
四、褶皱形成时期的研究	88
五、褶皱与矿产	89
第五章 节理	91
第一节 节理的分类	91
一、几何分类	91
二、力学成因分类	92
三、节理力学性质的复合及转化	93
四、节理的组合	100
第二节 节理与褶皱的关系	101
一、水平挤压力形成褶皱的伴生节理	101
二、垂直挤压力形成褶皱的伴生节理	103
第三节 节理的观测与研究	103

一、节理的野外观测与研究	104
二、节理测量资料的室内整理	106
三、利用节理研究恢复构造应力场	110
第六章 断层	112
第一节 断层的几何要素	112
一、断层面	112
二、断盘	112
三、断层线	113
四、位移	113
五、倾伏与侧伏	115
第二节 断层的分类	115
一、断层的形态分类	115
二、断层的组合类型	119
第三节 断层的观测与研究	123
一、断层存在的标志及断层两盘相对动向的确定	123
二、断层效应分析	138
三、大型断裂的识别	141
四、断层作用的时间性	142
第四节 应力状态对断层的产状及性质的影响	143
第五节 断层的形成机制	146
一、正断层的形成机制	147
二、逆断层的形成机制	150
三、推复构造的形成机制	152
四、平移断层的形成机制	156
五、大型地堑的形成机制	158
第七章 面理和线理	159
第一节 面理	160
一、面理的类型	160
二、面理与大构造的关系	162
三、面理的观测和应用	166
第二节 线理	168
一、线理的类型	168
二、香肠构造和构造透镜体	169
三、窗棂构造	171
四、杆状构造	173
五、线理的观测和应用	173
第八章 火成岩原生构造	175
第一节 侵入岩原生构造	175
一、早期冷凝阶段——流动构造	175
二、晚期冷凝阶段——破裂构造	179
三、锥状岩席与环状岩墙	180
第二节 火山岩原生构造	182

一、层状构造	182
二、破裂构造	184
三、火山构造	186
第九章 变质岩区构造研究	191
第一节 变质岩区构造的主要特点及其识别	191
一、变质岩区构造的主要特点	191
二、构造的置换及其识别	194
三、叠加褶皱及其识别	196
四、变质岩区断裂的识别	203
第二节 构造序列的建立	205
一、构造的世代	205
二、构造的样式	205
三、构造世代的确定	206
四、建立构造序列	206
第三节 变质岩区构造研究的基本方法	207
一、地质制图	207
二、地层成层顺序的观测	208
三、对小型构造的观察	208
四、方位资料的测量和分析	209
五、阐明大构造的特征	209
六、显微构造分析	210
第四节 对变质岩区构造特征的两种认识	210
第十章 区域构造综合分析	214
第一节 区域构造综合分析的原则与方法	214
一、构造分析的原则	214
二、一次构造运动形成的构造组合特征的分析	215
三、多次构造运动形成的构造叠加和改造问题	217
四、区域构造综合分析的方法	219
第二节 区域构造综合分析实例	220
一、井陘煤矿西区构造分析及构造预测	220
二、峨眉山地区构造分析	227
三、北京西山房山-八宝山断裂构造分析	231
第十一章 非构造变动	235
一、蠕动构造	235
二、地面滑坡	236
三、水底滑坡构造	236
四、差异压实作用形成的褶皱	237
五、溶解作用形成的构造	237
六、吸收水分形成的构造	238
七、冰川作用形成的构造	238
八、非构造成因的节理	239

附录一：极射赤平投影在构造地质学中的应用

第一节	赤平投影的基本概念	240
第二节	赤平投影的基本原理	242
第三节	赤平投影网及其用法	245
	一、吴氏网的成图原理	245
	二、吴氏网的使用方法	246
第四节	真、视倾角的换算与构造线产状及地层厚度的测定	248
	一、真倾角和视倾角的换算	248
	二、构造线产状的确定	250
	三、赤平投影求地层厚度	252
第五节	褶皱产状的判定——平面交线的赤平投影及其应用之一	253
	一、褶皱要素的赤平投影特征	253
	二、褶皱枢纽线(或褶轴)产状的确定	256
	三、褶皱两翼夹角和轴面产状的判定	258
	四、用赤平投影研究褶皱的注意事项	258
第六节	断裂构造的赤平投影和应力分析	
	——平面交线赤平投影及其应用之二	260
	一、断裂和应力的几何关系及其赤平投影特征	260
	二、断裂构造分析举例	262
第七节	火成岩原生构造的赤平投影	265
第八节	赤平投影的旋转操作及其应用	269
	一、水平旋转(围绕直立轴旋转)	269
	二、直立翻转(绕水平轴旋转)	269
	三、倾斜翻转(绕倾斜轴旋转)	271
	四、旋转操作在构造分析方面的应用	272
第九节	小圆的赤平投影及其应用	274
	一、投影小圆的几何意义	274
	二、小圆投影和作图方法	275
	三、投影小圆的旋转操作	277
	四、枢纽断层的投影方法	278
主要参考书		280

附录二：构造地质学实习教材

实习一	认识地质图及读水平岩层地质图	281
实习二	用间接方法确定岩层产状要素(三点法和地形地质图上求产状)	285
实习三	极射赤平投影在构造地质学上的应用之一(真、视倾角的换算和求岩层的厚度)	287
实习四	读倾斜岩层地质图并作剖面图(包括不整合读图)	287
实习五	根据岩层产状要素绘制倾斜岩层地质图	290
实习六	构造模拟实验	292
实习七	读褶皱区地质图	293

Ⅷ

实习八 绘制褶皱地区剖面图	296
实习九 极射赤平投影在构造地质中的应用之二 (在褶皱研究中的应用)	300
实习十 绘制和分析构造等高线图	300
实习十一 编制和分析节理玫瑰花图	303
实习十二 编制节理极点图和等密图	306
实习十三 根据共轭剪节理求主应力轴并编绘主应力网络图	309
实习十四 读断层地区地质图, 求断层产状和断距	312
实习十五~十六 分析褶皱断层地区地质图, 并作剖面图	315
实习十七 极射赤平投影在构造地质中的应用之三 (在断裂构造研究中的应用)	316
实习十八 分析火成岩区地质图并作剖面图	316
实习十九 构造标本及薄片观察	318
实习二十~二十三 综合分析地质图	319
附件	
I、 各种常见岩石花纹图例	322
II、 各种地质符号	325
III、 真、视倾角换算表	326
附图 1 凌河地形地质图	326之后
附图 2 南涧镇地形地质图	327
附图 3 松溪地形地质图	328
附图 4 嘉阳坡地形地质图	329
附图 5 鹰岩地形图	330
附图 6 暮云岭地区地形地质图	330之后
附图 7 凉风垭构造图	331
附图 8 双塘涧地区构造图	332
附图 9 星岗地区地形地质图	333
附图 10 金山镇地区地质图	334
附图 11 彩云岭地质图	334之后
附图 12 唐县地质图	334之后
附图 13 极等面积投影网	334之后
附图 14 吴氏网	334之后
附图 15 普洛宁网	334之后

第一章 绪 论

一、构造地质学的研究对象与内容

构造地质学是地质学的一门分支学科，其研究对象为地壳地质构造。地质构造是由各种内、外动力地质作用导致的岩石变形的产物，具体表现为岩石的褶皱、断裂、劈理以及其他的面状、线状构造等。构造地质学主要研究由内动力地质作用所形成的地质构造，具体内容包括各种构造的形态特征、形成条件与机制、分布与组合规律、发展演化以及产生构造的地壳运动的方向、方式和性质，并进一步探讨地壳运动的动力来源等方面。

地质构造的规模有大有小，大到几百、上千公里甚至全球规模，小到需要借助显微镜才能观察。在研究较大范围区域构造及有关地壳运动的问题时，除了对该范围内的中、小型构造本身进行观察、分析外，还更多地涉及到岩石建造方面的内容。正如李四光所概括的，构造地质学研究内容包括两个方面，建造与改造。建造代表形成，改造代表形变（亦即变形），前者既系地壳运动的物质基础，也是地壳运动发展演化的物质反映，后者则是地壳运动的结果或具体表现。

近二十年来，国内外构造地质研究有了迅速的发展，学科之间的相互渗透，新技术方法的广泛采用，使构造地质的研究领域更为扩大。航空及航天遥感技术的应用，使有可能从更大的范围内直观地研究区域的地质构造；各种地球物理方法的应用则能帮助人们探明地壳深处的构造情况；而电子显微镜的应用则能揭露岩石和矿物中的更微细的构造。因此使宏观更宏，越来越把地球构造作为一个整体来研究；微观更微，也更加深了对微小尺度构造变形的研究。

本书作为地质类各专业的地质基础课的教材，基本内容是阐述有关中、小型地质构造的基本特征及其认识方法和分析方法，为后继专业课程，如矿床学、找矿勘探、矿田构造、石油地质、煤田地质、水文地质、工程地质、地震地质等打下基础。有关区域大地构造与地质力学，另由区域地质、大地构造、地质力学等专业课程讲授，但毫无疑问，本课程仍是它们的基础。

二、构造地质学的研究意义及其在社会主义建设中的作用

研究构造地质学的理论意义在于阐明和探究地壳构造的空间分布、时间演化以及地质历史时期中地壳运动的发展、地壳的演变乃至全球构造的发展等方面的规律性。其实践意义则在于运用上述规律性指导生产实践，结合实践解决有关矿产分布、水文地质、工程地质及地震地质等方面的构造控制问题。

地质调查和生产实践证明，地壳中的矿产分布是受一定的地质构造控制的。如石油和天然气常分布于背斜的顶部或具有圈闭条件的断裂之中；许多金属矿产和非金属矿产的形

成也与褶皱或断裂构造有密切关系。同时，许多已形成的矿产又常受到后来地壳运动的影响而变形。沉积的层状矿床的空间分布则直接受着构造形态的控制。在找矿、勘探和采矿工作中，只有正确地了解区域和矿区的构造特征，才能科学地进行矿产的评价和开采。同时，地壳中的矿产资源，不但受一定的地质构造控制，并且这些矿产的形成，往往与地壳构造的发展和变化有密切关系，只有了解其形成和发展规律之后，才有可能对各个地区的矿产进行科学的预测和探寻。

地下水的活动和富集，也与地质构造密切有关，尤其在缺水的地区或岩溶发育地区，只有掌握了区域构造的特点才能更好地找寻地下水为工农业生产服务。许多工程建筑，如水库、桥梁、隧洞、大型工厂、地下建筑等等，常因地质构造不清而难于施工，或因未搞清地质构造就盲目施工，以致造成不必要的损失。因此在工程进行前必须基本查清区域地质构造条件，对岩体的稳定性作出评价，以便施工中针对不同地质构造地段采取不同的措施。

破坏性地震的发生，给人民的生命财产带来很大的损失。绝大多数的地震活动反映了地壳运动，所以震中分布与地质构造密切有关。在预报地震方面，搞清区域的地质构造及其近代的活动规律是十分重要的一项基础工作。

由此可见，构造地质学和社会主义建设有着十分密切的关系。在完成这些工作的过程中，它必须与其他有关学科，如地层学、岩石学、地貌学、岩石力学及地球物理勘探等密切配合。作为一个祖国社会主义建设的尖兵——地质工作者来说，必须为革命而勤奋学习，努力掌握科学技术知识并把它运用于祖国的建设中，为在我国尽快实现四个现代化作出贡献。

三、构造地质学的研究方法

构造地质学和其他地质学科一样，是对地下情况的侦察和研究的学科，是一门实践性很强的基础地质学科。它必须以辩证唯物主义为指导，通过由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够正确地认识地质构造的规律，为社会主义建设服务。由于构造地质学研究对象是地壳中岩石的变形所形成的构造，它们是在宏大的规模、在地下的高温和高压等条件下，尤其是在漫长的地质历史中，由于地壳运动形成的，所以，这些构造很难以同样的规模和时间在实验室中再造，也无法直接观察到当时各部分或各地区的受力状况，而人们能够直接认识的只是变形的结果，因此，也只能根据其变形情况，结合该处的岩石性质，分析判断当时各点的受力状况，然后再对各点受力状况，进行综合研究以推究区域受力状况及其所反映之地壳运动性质和特点；对于地质构造这种分析和研究的方法可以叫做“反序法”，这也是构造地质的基本工作方法。因此，构造地质研究工作的第一步，就是要在野外仔细观察各种构造现象，收集丰富的第一性资料，并通过地质制图，用各种图件和文字把所观察到的构造特征反映出来。一张正确反映地表地质构造的地质图，不但可以较全面地显示出各种构造在地表的展布状态，了解构造之间的相互联系，并且还可作为三度空间分析构造的基础。

然而地表的地质观察总带有一定的局限性。近年来航空、航天遥感技术和卫星照片、航空照片的应用，大大地扩大了观察地表构造的视域和深度，为研究地质构造开辟了新的

途径。同时，钻探、掘进工程和地球物理勘探等技术的应用，也为了解地下隐伏构造的情况提供了重要的资料；因此，除地表观察外，还要充分利用上述资料。

采集具有特殊意义的标本，进行室内研究，可以补充观察构造的细节，如用岩组学的方法研究岩石中矿物的定向排列情况，用显微镜观察变形构造的细节，近年来电子显微镜对岩石微观结构的研究更使构造观察深入到更微细的领域，大大丰富了对构造变形微观方面的观察内容。

大量第一性资料的获得并不等于人们对各种构造有了本质的了解，因为在野外所看到的往往只是各种构造的表象和外部联系，所以不能停留在对现象的罗列和资料的堆积上，而必须对它们进行“去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里”的综合分析，并上升成为理性的认识。既然各种地质构造是岩石在地壳运动过程中受了力的作用而产生的变形，因此，应用力学原理，结合对岩石性质及变形环境的分析，对各种构造的力学性质的鉴定及分析它们的形成方式和空间展布特点，了解各构造间的内在联系，得出区域构造的分布规律及其所反映的地壳运动性质等，也就必然成为构造地质研究的一个重要方面。

另外，进行构造变形的历史分析，例如利用地层之间的不整合接触关系以及各种构造间的成因联系及叠加关系，分析构造形成的顺序，划分构造运动的阶段，恢复区域构造发展史等，也是构造地质研究的一个重要方面。

为了更科学地论证和推理，还要辅以各种模拟实验和计算。诸如泥巴实验或光弹实验等，都是选用某种的试料（如粘土、明胶等），通过一定的受力方式，在特设的边界条件下使其发生变形，以观察其所发生的构造变形的特点，应力与变形之间的关系，并以此与自然界的地质构造进行类比，来探讨它们的发生、发展及其分布规律和所反映的力的作用方式和方向。近年来，电子计算机技术的广泛应用，使人们有可能用数学模拟来定量地研究地质构造。主要是利用有限单元法来计算一定区域构造应力场中各点的应力方向及其大小，来推断由此应力场所产生的构造图象，与自然界实际构造进行比较。但是，必需强调指出的是，室内的模拟实验不可能完全模拟出自然界构造现象的发生和发展情况，因为自然界的构造现象不仅是在巨大的规模上，而且是在漫长的历史中形成的。不过这些差别并不妨碍模拟方法在实际研究中所能起到的启示作用。

最后，还要把所有上述各方面的资料进行综合分析，并构成一幅构造形成、发展和演化的完整图象，获得规律性的认识，得出有关地壳运动方式的结论，并进而回到生产实践中去，运用这些规律来指导找矿勘探、水文地质、工程地质等地质工作的进行，通过实践进一步检验这些认识的正确性。

本书作为地质基础课教材，不可能全面阐述所有的构造研究方法，以下各章主要涉及的是对构造进行一般地质研究的方法，对于构造研究中的各种技术的应用，将由各有关的学科来研究，如航空地质学、地球物理学、岩组学、构造物理学等等。

总之，构造地质学是研究地壳上的地质构造分布和发展规律并进而探讨地壳运动的性质及其对构造发展的作用的一门学科。学习这门学科，必须努力学习毛主席的哲学著作，掌握辩证唯物主义思想方法，培养严肃认真的科学态度，以实践第一的观点和理论联系实际学风，把构造地质学的基本理论和野外调查研究密切结合起来，把野外调查的实际资料和室内的科学实验结合起来，只有这样，才能得出科学的论断。

第二章 层状岩石的产状及其接触关系

地壳上广泛分布的沉积岩、层状火山岩及其区域变质岩等层状岩石是构成地壳表层地质构造的主要物质基础。由于它们具层状构造，因而比较容易观测它们在地壳中的空间方位和分布状态；再结合岩层的岩石性质和层序以及它们之间的接触关系的研究，从而可以了解其原始堆积状况和后来的构造变形特征。因此，观测岩层产状和接触关系是研究地质构造的一项基础工作，也是本课程的基本内容之一。

第一节 岩层的产状

岩层是由同一岩性组成的、有两个平行或近于平行的界面所限制的层状岩石。岩层的上下界面叫层面，上层界面又称顶面，下层界面称为底面。两个岩层的接触面，既是上覆岩层的底面，又是下伏岩层的顶面。

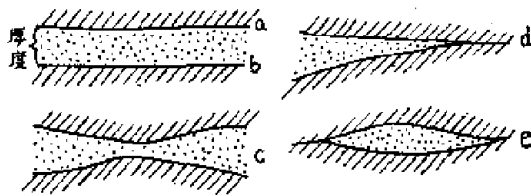


图 2-1 岩层的厚度和形态
a—顶面，b—底面，c—厚度变厚、变薄，
d—岩层尖灭，呈楔形，e—岩层呈透镜状

岩层顶、底面之间的垂直距离，就是岩层的厚度。由于沉积环境和形成方式的不同，有的岩层在较大范围内，厚度基本不变，形成厚度稳定的岩层；有的其原生厚度变化较大，如向一个方向变厚，向另一方向变薄，以致尖灭，岩层成为楔形；有的岩层向两个方向均发生尖灭，成为透镜状（图 2-1）。

一、岩层的原始产状

岩层的产状是指岩层在地壳中的空间方位。

要正确地认识地质构造形态，研究分析岩层经过什么样变形而形成这些构造形态，不仅要详细观测岩层现在的产状，也需要了解岩层的原始产状特征。

在比较广阔而平坦的沉积盆地（如海洋、湖泊）中，一层层堆积起来的沉积岩，其原始产状大都水平或近于水平。但是，在沉积盆地边缘、岛屿周围或水下隆起等处沉积的岩层，由于古地形的影响，常出现岩层厚度向地形高起方向变薄或尖灭，层面也呈一定倾斜，即原始倾斜（图 2-2）。生物礁及其围岩也常具一定的原始倾斜（图 2-3）。至于陆相沉积，如残积、坡积、冰川和风的堆积等，大都具不同程度的原始倾斜。

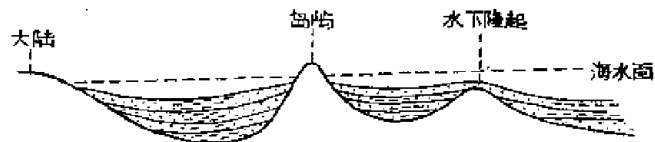


图 2-2 沉积岩层原始倾斜产状形成示意剖面图

喷出岩的原始产状除受古地形影响外，还与喷发类型和喷发物的性质有很大关系。如中心式喷发的火山碎屑或熔岩，或二者交替喷发，在火山口附近则形成各种火山锥，这里的火山岩层，大都具不同程度的原始倾斜（图2—4 A、B、C）。而裂隙式喷溢的基性熔岩，因其粘度小，流动性强，常大面积覆盖地表，形成“熔岩被”（或称“熔岩盖”），其原始产状常为水平的或近于水平的。例如，分布在川南、黔西和滇东广大地区的二叠纪峨眉山玄武岩，为海底和大陆多次喷发，最厚达2000米左右，它与上下的海相岩层的产状大都是平行的，可见其原始产状在大面积内基本上是水平的。当熔岩沿山坡或山谷流动形成“熔岩流”时，就常具原始倾斜。粘度较大的酸性熔岩，常形成“熔岩丘”（图2—4 D），或“熔岩块锥”，这类熔岩和粗火山碎屑岩（如集块岩），层状构造一般不明显。

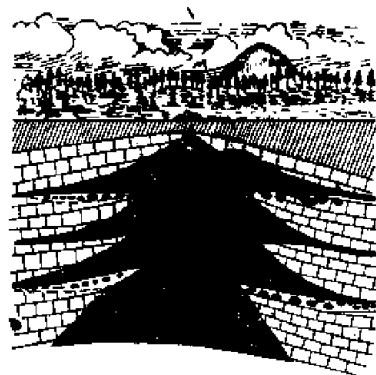


图 2—3 生物礁及其围岩的原始倾斜产状

（据B. A. Апродов）

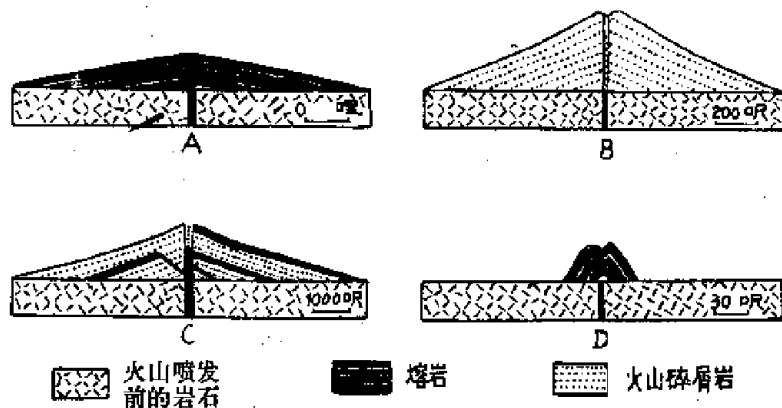


图 2—4 火山锥—火山碎屑岩及熔岩具原始倾斜

（据M. P. Billings）

A—熔岩锥；B—火山碎屑锥；C—混合锥；D—熔岩丘

综上所述，可见在各个地质时代形成的各种岩层，其原始产状绝大多数是水平的或近于水平的，原始倾斜产状则是局部的。但是研究岩层的原始倾斜产状，对于分析了解古地理和古构造是有意义的，而且对寻找近海地带的沉积矿产，如铁、锰、磷、煤和铝土矿等也有关系。因此，在区域地质调查和普查勘探工作中，应注意观测研究岩层的原始倾斜。

岩层形成后，在地壳构造运动影响下发生变形，其原始产状会发生不同程度的改变；有的还基本上保持水平产状，有些形成倾斜岩层，或者形成直立，甚至倒转岩层。在某些情况下，由于重力、流水、岩溶、冰川等与地壳运动无直接关系的地质作用的影响，也会使岩层产状发生改变（参看本书第十一章）。

二、水平岩层

岩层的层面基本上是一个水平面，即岩层的同一层面上各处的海拔高度基本相同。这

就是水平岩层。在地壳运动影响较轻微的地区，如四川盆地中部一些地区的上侏罗统和白垩系基本上呈水平产状（图2—5）。

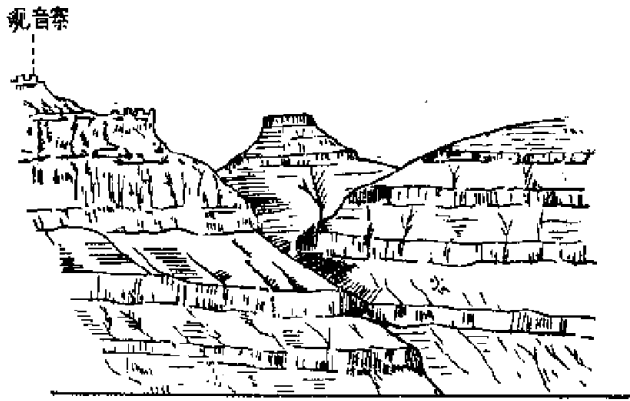


图 2—5 四川苍溪观音寨上侏罗统水平岩层素描图
(据李承三)

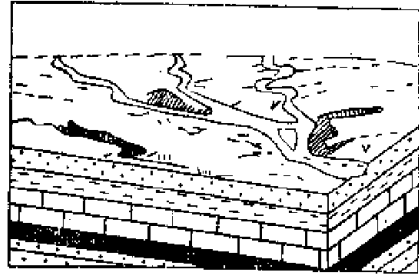


图 2—6 切割轻微时，地面只出露最新岩层

在岩层没有发生倒转的前提下，水平岩层具有以下特征：

(一) 时代较新的岩层叠置在较老岩层之上。如地表剥蚀、切割轻微，则地面只出露

最上部的新岩层（图 2—6）；如地形切割强烈，则老岩层出露于河谷和冲沟中，新岩层分布在山顶或分水岭上。即岩层愈老出露位置愈低，愈新则分布位置愈高（图2—7）。

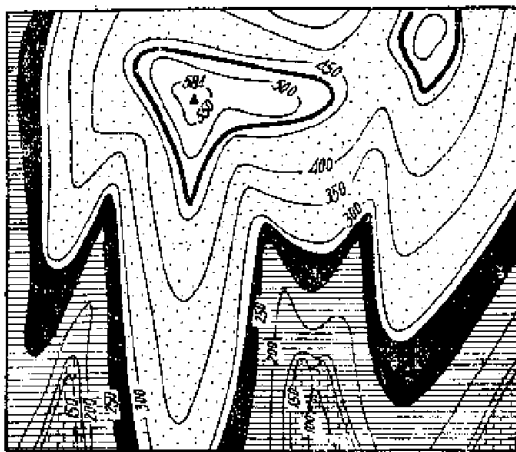
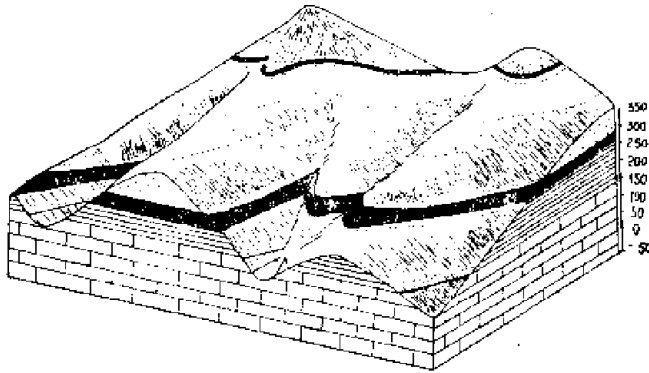


图 2—7 水平岩层的出露分布特征
上图—立体图 下图—平面图（地形地质图）

(二) 水平岩层的地质界线（即岩层面在地面的出露线），在地质图上与地形等高线平行或重合，而不相交（图2—7）。因此，在地质图上，水平岩层及其地质界线呈不规则的同心圈状或条带状，在河谷、冲沟中，呈锯齿状条带延伸，其转折尖端指向上游（图 2—7）。根据这个特征，当知道水平岩层某一层面的位置和标高，就可以在地形图上以该层面出露点为起点，平行等高线或沿着等高线勾绘出该层面的地质界线。

(三) 水平岩层的厚度就是该岩层顶面和底面的标高之差。

(四) 水平岩层的露头宽度(即岩层上、下层面的地质界线的水平距离)决定于岩层的厚度和地面坡度(图2—8)。当地面坡度相同时,厚度大的岩层,其露头宽度也大;厚度小的,露头宽度也小。岩层厚度相同时,地面坡度平缓处,露头宽度大,坡度陡的地方,露头宽度小,在陡崖处,岩层顶、底界线投影重合成一条线,即露头宽度为零,在地质图上出现岩层“尖灭”的假象。

在野外填绘地质图或室内阅读地质图时,应注意分析水平岩层的出露分布形态和露头宽度变化等特征。

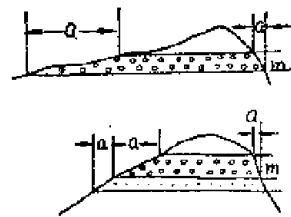


图 2—8 水平岩层露头宽度的变化

a—露头宽度; m—岩层厚度

三、倾斜岩层

原来呈水平产状的岩层,由于地壳运动或岩浆活动,使岩层产状发生变动,岩层面与水平面有了一定的交角,于是形成了倾斜岩层。一定地区内一系列岩层大致向一个方向倾斜,其倾角也大致一样,又叫单斜层。

倾斜岩层是层状岩石最常见的,也是最简单的构造形态,它往往是某种构造形态的一部分,如褶皱的一翼、断层的一盘(图2—9),或者是地壳不均匀抬起或下降所引起。因此,观测倾斜岩层的产状及其出露分布特征是填绘地质图和研究地质构造的一项经常要做的基础工作。

(一) 岩层的产状要素及其测定

1. 岩层产状要素的概念

岩层的产状是以岩层面的空间方位及其与水平面的关系来确定,即用岩层的走向、倾向和倾角等产状要素来确定(图2—10)。测出岩层产状要素的数值,就可以定量的表示该岩层在观测地点的产状。任何构造面或地质体的界面的产状,也都是靠测定其产状要素来确定的。

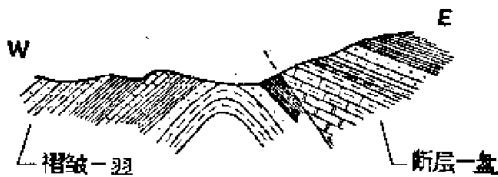


图 2—9 倾斜岩层—褶皱的一翼或断层的一盘

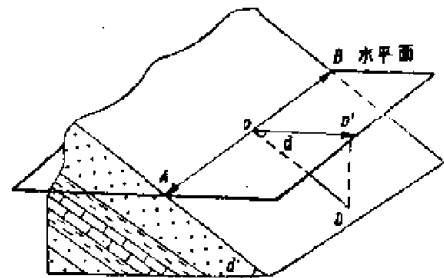


图 2—10 岩层的产状要素
AOB—走向线; OD—倾向线; OD'—倾向线的水平投影; 箭头指向倾向; α —倾角

走向—岩层面与水平面相交的线叫走向线(图2—10中AOB)走向线两端的延伸方向就是岩层的走向。走向线也就是岩层面上任一高度的一条水平线,或者是同一岩层面上,联结相同高度两点的直线。在一个测点上测出的岩层走向可以有两个方位角数值,如NE 30°或SW 210°,即走向线两端所指方向。岩层走向表示岩层在空间水平延伸方向。

倾向—垂直于走向线,沿岩层面倾斜向下所引的直线叫倾向线,又叫真倾向线(如图

2—10中 OD)，它在水平面上的投影线所指岩层向下倾斜的方向，就是岩层的倾向(图2—10中 OD')，又叫真倾向。在岩层面上斜交岩层走向所引的任一直线均为视倾斜线，它在水平面上投影线的方向，叫视倾向或假倾向。

倾角—真倾斜线与其在水平面上的投影线的夹角，就是岩层的倾角，又叫真倾角(图2—10中 α)。视倾斜线与其在水平面上的投影线的夹角，叫视倾角或假倾角。在岩层面上可以有許多条视倾斜线，因此，相应地也就有许多个视倾角，而任何方向的视倾角都比该层面的真倾角小。

在野外工作中，通常是测量岩层的真倾向和真倾角。但是，也常用到视倾角，例如绘制地质剖面或作探槽、坑道编录时，如剖面方向或槽、坑的方向与岩层或矿层走向不直交，这时剖面图和素描图上的岩层、矿层的倾角要按作图方向上的视倾角绘出。

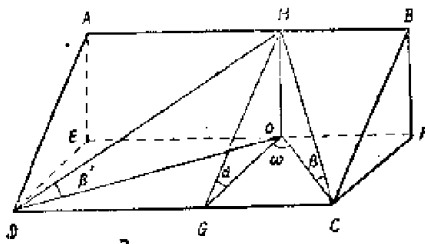


图 2—11 真倾角和视倾角的关系

$\angle\alpha$ —真倾角； $\angle\beta$ 、 β' —视倾角；
 $\angle\omega$ —真倾向与视倾向之间夹角

真倾角和视倾角有一定的三角关系，如图2—11所示：

$$\text{在 } \triangle HOG \text{ 中 } \angle HOG = 90^\circ \quad \tan \alpha = \frac{HO}{OG}$$

$$\text{在 } \triangle HOC \text{ 中 } \angle HOC = 90^\circ \quad \tan \beta = \frac{HO}{OC}$$

$$\text{在 } \triangle OGC \text{ 中 } \angle OGC = 90^\circ \quad \cos \omega = \frac{OG}{OC}$$

$$\therefore \tan \beta = \frac{HO}{OC} = \frac{OG \cdot \tan \alpha}{OG / \cos \omega} = \tan \alpha \cdot \cos \omega$$

从上述关系式可知，如 $\angle\omega = 0^\circ$ 时， $\cos \omega = 1$ ，则 $\angle\alpha = \angle\beta$ ；如 $\angle\omega = 90^\circ$ 时， $\cos \omega = 0$ ，则 $\angle\beta = 0^\circ$ ，即视倾向愈接近真倾向时，其视倾角愈大，反之，偏离真倾向越远，该方向视倾角越小。

2. 岩层产状要素的测定和表示方法

岩层产状要素的测定有直接法和间接法。在野外，如层面出露清晰可用地质罗盘直接测得。在有些情况下，如岩层很平缓，用地质罗盘不易测出产状要素，或利用钻孔资料求产状，或从地形地质图上求产状，或根据视倾斜求真倾斜等，这时可以用三点法、几何作图法或赤平投影等方法间接求出岩层产状要素。这些方法详见本书附录二实习教材及附录一“极射赤平投影在构造地质学中的应用”有关部分。

表示岩层产状要素有文字的和符号的两种方法。文字表示法多用于野外记录和文字报告中。由于地质罗盘上标记方向的刻度有 90° 的象限角和 360° 的方位角两种，使用不同的罗盘测定产状，其书写方式也不一样。

(1) 象限角表示法：以北或南方向(0°)为准，一般记走向、倾角和倾斜象限。如： $N65^\circ W/25^\circ S$ ，即走向北偏西 65° ，倾角 25° 大致向南倾斜； $N30^\circ E/27^\circ SE$ ，即走向北偏东 30° ，向南东倾斜，倾角 27° 。

(2) 方位角表示法：只记倾向和倾角。如： $SW205^\circ \angle 25^\circ$ ，前面是倾向的方位角，后面是倾角，即倾向南西 205° ，倾角 25° 。

在地质图上，岩层产状要素是用符号表示，常用的符号如：

- ▮ 长线代表走向，短线是倾向，度数是倾角；
- + 岩层水平 ($0^{\circ}-5^{\circ}$)；
- ⊕ 岩层直立 (箭头指向较新岩层)；
- ⊖ 岩层倒转 (箭头指向倒转后的倾向)。

岩层产状的文字书写方式和表示的符号，在国外和我国新旧地质书刊及地质图上，并不完全相同，阅读时必须注意。

(二) 倾斜岩层的厚度和深度

在地质调查中，为了研究地层的发育和地质构造特征，往往要测制一系列地层剖面。在工作中，除对地层的岩性、岩相、化石、层序、时代和接触关系等方面进行观察研究外，还要对各岩层的厚度进行大量的测算。在矿区勘探工作中，矿层的厚度及其变化是矿层评价的重要指标之一，也是矿产储量计算的基本参数之一。测算岩层、矿层深度，是了解岩层、矿层在地下分布情况、研究地下构造和进行勘探设计、矿产储量计算不可缺少的工作。因此，应很好掌握岩层厚度和深度测算的原理和方法。

1. 岩层的厚度

岩层顶面和底面的垂直距离，就是岩层的厚度，也是真厚度。倾斜岩层除真厚度外，还有铅直厚度和视厚度。

铅直厚度就是岩层顶、底面之间的铅直方向的距离。真厚度和铅直厚度的关系如下 (图2—12)：

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

当 $\alpha = 0^{\circ}$ 时， $\cos \alpha = 1$ ，即岩层水平时，铅直厚度 = 真厚度；

当 $\alpha > 0^{\circ}$ 时， $\cos \alpha$ 的值总是小于 1，故倾斜岩层的铅直厚度总是大于真厚度。当岩层产状不变时，在任何方向的剖面上量得的铅直厚度都相等。

在不垂直于岩层走向的剖面上，岩层顶、底界线之间的垂直距离 (注意，不是与岩层顶、底面垂直)，称为视厚度。如图 2—12 所示。

视厚度 (h') = 铅直厚度 (H) \times $\cos \beta$ (β 为该剖面方向的岩层视倾角)。因视倾角总是小于真倾角，视倾角的余弦值也就总是大于真倾角的余弦值，所以视厚度也恒大于真厚度。

在野外，有时可以在露头上用皮尺或小钢尺直接量出岩层或矿层的厚度。但是，一般都是通过测量地质剖面，取得导线方向 (或剖面导线方向与岩层走向的夹角)、沿导线方向岩层顶、底面之间的导线距 (L) 和地面坡度角 (β) 以及岩层的倾向和倾角 (α) 等数据，来测算岩层的厚度 (h) 和铅直厚度 (H)。图 2—13 表明了岩层厚度 (或铅直厚度) 与剖面导线方向、地面坡角和坡向以及岩层产状的关系。图中①和②是剖面导线垂直于岩层走向，③和④剖面导线与岩层走向斜交。图 2—13 中所列公式可归纳如下列公式：

$$h = L(\sin \alpha \cdot \cos \beta \cdot \sin \gamma \pm \sin \beta \cdot \cos \alpha)$$

$$H = L(\tan \alpha \cdot \cos \beta \sin \gamma \pm \sin \beta)$$

当岩层倾向与地面坡向相反时用“+”，倾向与坡向相同时用“-”；当倾向与坡向相

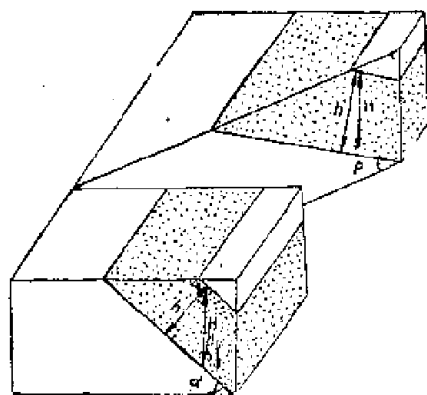


图 2—12 真厚度、铅直厚度和视厚度
 h —真厚度； H —铅直厚度； h' —视厚度； α —岩层真倾角； β —岩层视倾角

同，而沿导线方向的坡角小于岩层倾角时，在应用公式计算如得负值，则取其绝对值。

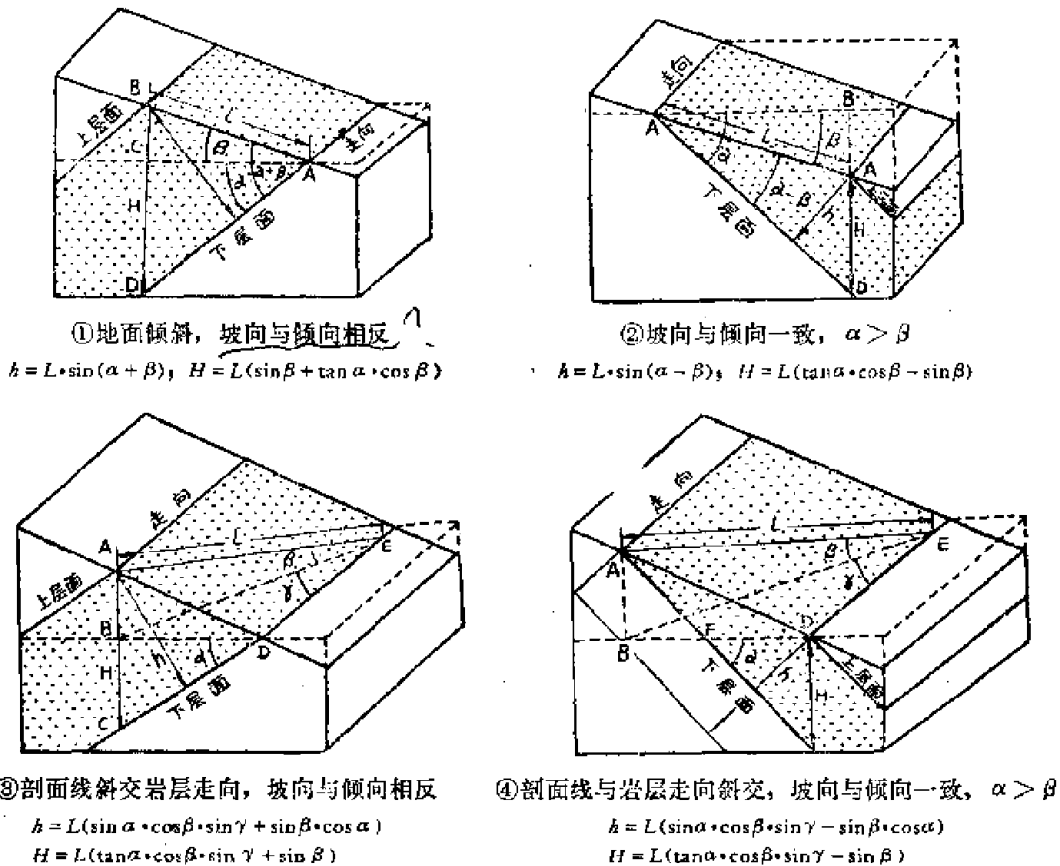


图2—13 倾斜岩层的厚度测算公式及图解

h —真厚度； H —铅直厚度； L —岩层顶面到底面的导线距； α —岩层倾角； β —地面坡角； γ —剖面导线方向与走向的夹角

岩层厚度计算方法很多，而应用赤平投影方法测算是较简单，计算迅速而精确。测算方法见本书附录一“极射赤平投影在构造地质学上的应用”有关部分。

2. 岩层的深度

岩层的深度是指从地面某一点到所测定的岩层层面的铅直距离，一般根据岩层的已知点到测深点的距离、两点高差和岩层产状要素等数据来计算。如图2—14所示，从A点打

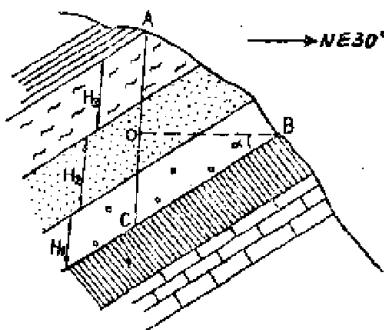


图 2—14 求岩层深度示意图

一 直孔，钻到矿层(BC)的顶面C，AC即为矿层BC在A点的深度。而 $AC = AO + OC$

$AO = A \text{ 点标高} - B \text{ 点标高}$

$OC = BO \cdot \tan\alpha$

BO为岩层出露点B(已知点)到A点垂直岩层走向线方向量得的水平距离； α 为岩层倾角。

A、B两点的标高及其间的水平距离，可以实地测出，也可从地形地质图上得出，岩层倾角也是已知，即可求得A处的深度。

如AB剖面导线方向不垂直于岩层走向线时，则

应以该剖面导线方向的视倾角来计算。

从图2-14可知, $AC = H_1 + H_2 + H_3$, 即深度也可从上覆岩层的铅直厚度的累计求得。

(三) 倾斜岩层的露头形态和露头宽度

1. 岩层的露头形态

岩层露头分布形态, 决定于岩层产状、地形及二者的相互关系。

水平岩层的露头分布形态, 完全受地形的影响。在地质图上, 其地质界线与地形等高线平行或重合 (图2-15 I); 直立岩层的地质界线是沿其走向作直线延伸, 不受地形影响 (图2-15 II); 倾斜岩层露头分布形态则较复杂, 表现出地质界线与等高线相交的曲线延伸 (图2-15 III), 并有一定规律, 当其穿过沟谷或山脊时, 露头线均呈“V”字形形态, 故这种规律又称为“V”字形法则。根据岩层倾斜与地面坡度的不同结合情况, “V”字形亦有不



图 2-15 水平岩层(I)、直立岩层(II)和倾斜岩层(III)的空间状态及其在平面图上的表现

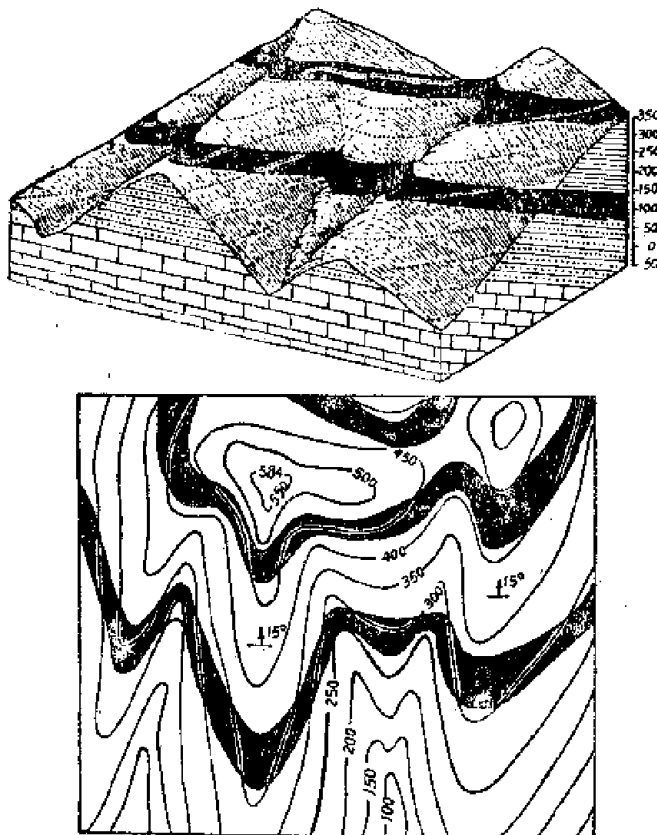


图 2-16 倾斜岩层露头线形态 (一)

上图为立体图, 下图为平面图

同表现, 现分述如下:

第一种情况, 当岩层倾向与地面坡向相反时, 岩层露头线与地形等高线呈相同方向弯曲。但是, 岩层露头线弯曲度总是比等高线弯曲度要小。在河谷处, “V”字形露头线的尖端指向沟谷的上游; 穿过山脊时, “V”字形露头线的尖端指向山脊下坡 (图2-16)。

第二种情况, 岩层倾向与地面坡向相同, 且岩层倾角大于地面坡度角时, 岩层露头线与等高线成相反方向弯曲。在沟谷中, “V”字形露头线尖端指向下游; 在山脊上, 则指向山脊上坡 (图2-17)。

第三种情况, 岩层倾向与地面坡向相同, 但岩层倾角小于地面坡度角时, 岩层露头线与地形等高线也是向相同方向弯曲, 在