



高等职业教育“十二五”规划教材

工程岩土

赵梓伶 主 编
李从德 副主编
晏 杉 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高等职业教育“十二五”规划教材

Gongcheng Yantu

工程岩土

赵梓伶 主 编

李从德 副主编

晏 杉 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

工程岩土以岩体、土体为对象,以工程地质学、岩土力学基本理论和方法为指导,是研究岩土体的工程利用、整治和改造的一门综合性技术科学。本书在内容设计上结合学科自身的规律,分为工程岩土基础知识认知、岩土性质评价、岩土工程地质分析、道路工程岩土勘察四个学习情景,具体地、动态地对岩石和土体基本原理、基本理论进行阐述,通过工程实例的分析,使读者能举一反三,触类旁通,切实掌握工程实践中碰到的工程岩土实际问题。

本书主要供高等职业教育道路桥梁工程技术专业、地下工程与隧道工程技术专业以及其他相关专业教学使用,也可作为成人高校、中等职业技术学校及培训机构用书,亦可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程岩土 / 赵梓伶主编. —北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2014. 8

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-114-11505-9

I. ①工… II. ①赵… III. ①岩土工程—高等职业教育—教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 193555 号

高等职业教育“十二五”规划教材

书 名: 工程岩土

著 作 者: 赵梓伶

责任编辑: 刘 倩 韩莹琳

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 13

字 数: 330 千

版 次: 2014 年 8 月 第 1 版

印 次: 2014 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11505-9

定 价: 45.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

近年来高等职业院校广泛增设了《工程岩土》课程,该课程由《工程地质学》、《土质学》、《土力学》等整合而成,课程设置更好地满足了高等职业教育人才培养模式的需要。鉴于目前国内缺乏与该课程相配套的教材,我们在近年教学实践的基础上,编写了本教材。

本教材突出“必需”、“够用”和“实用”原则,内容新颖且适度易懂,符合高等职业院校学生的教学需求和认知能力;培养目标明确,全书紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才而开展;编写体例新活灵巧,打破已往教材“章、节”编写模式。教材既紧密结合国家现行规范与技术标准,又保留传统实用技能的推广,以大量工程案例、图片为辅助,有效地帮助“做、学、教”,对实际工作也具有重要指导意义。

本教材学习情景一、学习情景二、学习情景三中的单元三、附录 A、附录 D 和附录 E 由云南交通职业技术学院赵梓伶编写;学习情景三中的单元一、单元二、附录 B 和附录 C 由云南交通职业技术学院李从德编写;学习情景四由云南交通职业技术学院张丽编写。本教材由赵梓伶担任主编,李从德担任副主编,由云南交通职业技术学院晏杉担任主审。赵梓伶负责全书统稿。

本教材在编写过程中,参阅了不少专家、学者的著作,在此深表感谢。由于编者水平有限,书中难免出现疏漏和不当之处,恳请专家、同行及广大读者批评指正。

编者

2014 年 4 月

目 录

学习情景一 工程岩土基础知识认知	1
单元一 矿物及岩石性质认知	1
单元二 地质构造认知	7
单元三 地貌及第四纪地质认知	15
单元四 地下水认知	20
学习情景二 岩土性质评价	26
单元一 岩石的工程性质及分类	26
单元二 土的工程性质及分类	31
单元三 土中应力计算	55
单元四 土的压缩性及地基沉降计算	77
单元五 土的抗剪强度及地基承载力	88
单元六 土压力及土坡稳定	102
学习情景三 岩土工程地质分析	124
单元一 不良地质现象分析	124
单元二 特殊土分析	134
单元三 地下洞室围岩分析	137
学习情景四 道路工程岩土勘察	151
附录	160
附录 A 岩土性质试验实训	160
A-1 岩石密度试验	160
A-2 岩石毛体积密度试验(水中称量法)	161
A-3 岩石单轴抗压强度试验	163
A-4 土的密度试验(环刀法)	165
A-5 土的天然含水率试验(烘干法)	166
A-6 土粒相对密度试验(比重瓶法)	167
A-7 黏性土的液限、塑限试验(液塑限联合测定法)	169
A-8 土的压缩试验	171
A-9 土的直接剪切试验(快剪)	173
A-10 土的击实试验	175
附录 B 工程地质图识读实训实例	178
附录 C 滑坡计算与处治措施实例	179
附录 D 矿物与岩石的认识实训	188
附录 E 地形地貌认识实训	201
参考文献	202

学习情景一 工程岩土基础知识认知

单元一 矿物及岩石性质认知

教学目标:

了解地球的内外力地质作用;掌握矿物的物理性质;掌握并描述岩浆岩、沉积岩和变质岩的特征;会根据矿物和岩石的鉴定方法,野外识别常见矿物,区分岩浆岩、沉积岩和变质岩。

重点难点:

常见矿物与岩石的野外识别。

一、概述

地球是太阳系行星家族中的一个壮年成员(约 50 亿年,而恒星的寿命为 100 亿~150 亿年),是一个具有圈层结构并且扁率不大的梨状三轴旋转椭球体,由于地球椭球体的扁率很小,故在一般计算时,常视地球为一个圆球体,取其平均半径值为 6371km。

(一) 地球的圈层构造

地球由表及里可分为外圈和内圈,如图 1-1-1 所示。

1. 外部圈层

(1) 大气圈。它是围绕地球最外层的气态圈层。一般以海陆表面为其下限。大气圈按物理性质自下而上分为 4 层:对流层、平流层、电离层和扩散层。大气圈主要是由氮、氧、二氧化碳和少量水汽等多种气体组成的混合物。由于受地心引力作用,3/4 的大气质量集中在对流层。平流层中存在大量臭氧,它对太阳辐射紫外线的强烈吸收构成了对地球生物的有效天然保护。

(2) 水圈。地球表面上的海洋面积占 70.78%,通常人们把地球表面的海洋、河流、湖泊及地下水等看成是包围地球表面的闭合圈。在自然界水分的循环过程中,大陆降水量只占总降水量的 20.6%,然而这一水量却是改变地貌的强大动力因素。河流、冰川、地下水等水体在其流动过程中,不断改造地表,塑造出各种地表形态。同时水圈对生命的生存、演化提供了必不可少的条件,因此,水圈是外动力地质作用的主要动力来源。

(3) 生物圈。地球表面凡是有生命活动的范围称作生物圈。生物包括动物、植物和微生物。生物在其生命活动中,通过光合作用、新陈代谢等方式,形成一系列生物地质作用,从而改

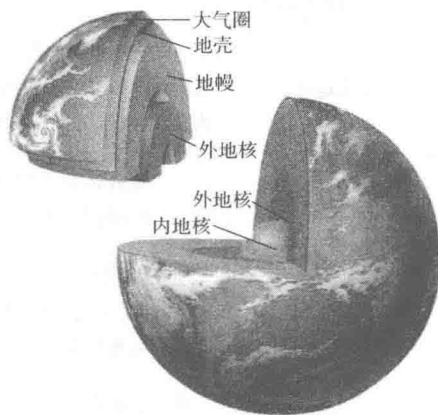


图 1-1-1 地球圈层示意图

变地壳表层的物质成分和结构。生物活动成为改造大自然的一个积极因素。同时,生物的繁殖和生物遗体的堆积,为形成有用矿产提供物质基础。

2. 内部圈层

(1)地壳。地壳指地球外表的一层薄壳,平均厚度为 33km,主要由固体岩石组成。根据岩石的物质组成,地壳可分为硅铝层和硅镁层两层。地壳的下表面是莫霍面,地壳最薄处约 1.6km(在海底海沟沟底处)、海底部分约厚 6~10km。

(2)地幔。地幔是地球的莫霍面以下、古登堡面以上部分,其体积约占地球总体积的 83%,质量占 68.1%,是地球的主体部分,主要由固态物质组成。以 984km 为界分上地幔和下地幔两个次级圈层。

(3)地核。地幔下界至地心部分称为地核,包括外核、过渡层和内核 3 个部分。地表以下 2900~4642km 的范围为外地核,主要由熔融状态的铁、镍混合物及少量 Si、S 等轻元素组成。内地核厚约 1216km,成分是铁、镍等重金属,物质呈固体状态。位于外、内核之间的过渡层厚约 515km,物质状态从液态过渡到固态。地核的总质量约占整个地球质量的 31.5%,体积占 16.2%。

(二)地质作用

地球一直处于不停的运动和变化之中,因而引起地壳构造和地表形态不断地发生演变。在地质历史发展的过程中,促使地壳的组成物质、构造和地表形态不断变化的作用,统称为地质作用。地质作用按其能源的不同,可分为内力地质作用和外力地质作用两类。

1. 内力地质作用

内力地质作用简称内力作用,是由地球的转动能、重力能和放射性元素蜕变产生的热能所引起,主要是在地壳或地幔内部进行。内力地质作用种类与特征见表 1-1-1。

内力地质作用种类与特征 表 1-1-1

内力地质作用种类	特 征
地壳运动	地壳运动引起海陆变迁,产生各种地质构造,因此,在一定意义上又把地壳运动称作构造运动。发生在晚第三纪末和第四纪的构造运动,在地质学上称作新构造运动。伴随地壳运动,常常发生地震、岩浆作用和变质作用
变质作用	由于地壳运动、岩浆作用等引起物理和化学条件发生变化,促使岩石在固体状态下改变其成分、结构和构造的作用,称作变质作用。变质作用形成各种不同的变质岩
岩浆作用	地壳内部的岩浆,在地壳运动的影响下,向外部压力减小的方向移动,上升侵入地壳或喷出地面,冷却凝固成为岩石的全过程,称作岩浆作用。岩浆作用形成岩浆岩,并使围岩发生变质现象,同时引起地形改变
地震作用	地震是地壳快速震动的现象,是地壳运动的一种表现形式。地壳运动和岩浆作用都能引起地震

内力作用总的趋势是形成地壳表层的基本构造形态和地壳表面大型的高低起伏。它一方面起着改变外力地质过程的作用,同时又为外力作用的不断发展提供新的条件。

2. 外力地质作用

外力地质作用简称外力作用,是由地球外部的动力引起的。它的能源主要来自太阳的热能、太阳和月球的引力能及地球的重力能等。外力地质作用的种类与特征见表 1-1-2。

外力地质作用的种类与特征

表 1-1-2

外力地质作用种类	特征及亚类	
风化作用 风化作用是在温度变化、气体、水及生物等因素的综合影响下,促使组成地壳表层的岩石发生破碎、分解的一种破坏作用。风化作用使岩石强度和稳定性大为降低	物理的风化作用	因膨胀、收缩不平衡而产生的分裂剥离作用
		裂隙中结冰而产生的扩大作用
	化学的风化作用	盐分潮解再结晶而产生的撑胀作用
		氧化作用、碳酸化作用、水化作用、溶解作用、水解作用
	生物的风化作用	植物根生长而产生的劈裂作用
		穴居动物的钻凿作用
		动植物新陈代谢的产物与岩石的化学作用
		动植物遗体腐败产物与岩石的化学作用
剥蚀作用 剥蚀作用是将岩石风化破坏的产物从原地剥离下来的作用。它包括除风化作用以外的所有方式的破坏作用,诸如河流、大气降水、地下水、海洋、湖泊以及风等的破坏作用	吹蚀作用	
	磨蚀作用:砂及小石块在风力搬运途中所产生的磨、刷、擦、刮等作用	
	侵蚀作用	地面水冲刷作用
		地下水潜蚀作用
	冲蚀作用	风浪对海岸的冲击磨刷作用
		潮汐对海岸及海底的摧毁作用
		海流对海岸及海底的冲蚀作用
刨刮作用:冰川运动时与接触的岩石相挤压摩擦、接触的作用		
搬运作用 岩石经风化、剥蚀破坏后的产物,被流水、风、冰川等介质搬运到其他地方的作用	风力搬运作用	
	河流的搬运作用	
	海洋的搬运作用	
	冰川的搬运作用	
堆积作用 被搬运的物质,由于搬运介质的搬运能力减弱,搬运介质的物理化学条件发生变化;或由于生物的作用,从搬运介质中分离出来,形成堆积的过程,称为堆积作用	机械的堆积作用	大陆的堆积作用和海洋的堆积作用
	化学的堆积作用	
	生物的堆积作用	
成岩作用	沉积下来的各种松散堆积物,在一定条件下,由于压力增大、温度升高及受到某些化学溶液的影响,发生压缩、胶结及重结晶等物理化学过程,使之固结成为坚硬岩石的作用,称为成岩作用	

外力地质作用,一方面通过风化和剥蚀作用不断地破坏了出露地面的岩石;另一方面又把高处剥蚀下来的风化产物通过流水等介质,搬运到低洼的地方沉积下来重新形成新的岩石。外力地质作用总的趋势是切削地壳表面隆起的部分,填平地壳表面低洼的部分,不断使地壳的面貌发生变化。

内力作用与外力作用紧密关联、互相影响,始终处于对立统一的发展过程中,成为促使地壳不断运动、变化和发展的基本力量。

二、造岩矿物

矿物是组成岩石的细胞,它是地壳中具有—定化学成分和物理性质的自然元素或化合物。

目前已发现的矿物有 3000 多种。岩石的特性很大程度上取决于它的矿物成分。组成岩石的矿物称为造岩矿物,常见的主要造岩矿物(见附录 D)。

(一) 矿物的种类

(1) 原生矿物。由岩浆冷凝而成,如石英、长石、角闪石、辉石、云母等。

(2) 次生矿物。通常由原生矿物风化产生,如长石风化产生高岭石、辉石或角闪石风化生成绿泥石。次生矿物也有从水溶液中析出生成的,如方解石与石膏等。

(二) 矿物的主要物理性质

1. 形态

结晶体常呈规则的几何形状,如石英、方解石、正长石、斜长石、辉石、角闪石等。常见矿物的形态有粒状(石英)、板状(长石)、片状(云母)和柱状(角闪石)等。

2. 颜色

矿物新鲜表面的颜色,取决于矿物的化学成分与所含杂质,例如:纯石英为无色透明,又称作水晶,石英中含锰便为紫色,含碳呈黑色。矿物的颜色,按深浅分为浅色矿物和深色矿物。浅色矿物多呈现白色、浅灰色、粉红色、红色与黄色等颜色,如石英、方解石、长石等;深色矿物多呈现深灰、深绿、灰黑、黑色等颜色,如角闪石、辉石等。

3. 光泽

根据矿物表面反射光线的强弱程度,可分为:金属光泽,如黄铁矿;非金属光泽,包括玻璃光泽(石英、长石)、油脂光泽(石英)、蜡状光泽(滑石)、珍珠光泽(云母)、丝绢光泽(绢云母)、金刚光泽(金刚石)和土状光泽(高岭土)。

4. 硬度

矿物抵抗外力刻画的能力。矿物的硬度由软至硬,分为 10 个等级(括号内的物品为代用品):滑石(软铅笔)、石膏(指甲,略大于石膏)、方解石(铜钥匙)、萤石(铁钉,略小于萤石)、磷灰石(玻璃)、正长石(钢刀刃)、石英、黄玉、刚玉、金刚石。

矿物硬度 7 度及以上难以找到代用品。

5. 解理

矿物受外力作用时,能沿着一定方向裂开成光滑平面,所裂开的光滑平面称为解理面。

6. 断口

矿物受外力打击后断裂成不规则的形态。常见的断口有平坦状、参差状、贝壳状与锯齿状。

(三) 矿物的鉴定方法

1. 肉眼鉴定法

一般矿物可用小刀、放大镜和 10% 浓度的稀盐酸等简单物品,根据上述矿物的各项物理性质进行鉴定。例如鉴定甲、乙两种矿物,颜色都是白色,光泽都是玻璃光泽;硬度不同:甲矿物为 3 度,乙矿物为 7 度;解理也不同:甲矿物为完全解理,乙矿物无解理;将稀盐酸滴在矿物上,甲矿物起泡,乙矿物无反应。根据以上情况,得出甲矿物为方解石,乙矿物为石英。

2. 偏光显微镜法

精密鉴定采用此方法。

三、岩石

岩石由矿物组成。其中由一种矿物组成的岩石称单矿岩,如石灰岩就是由方解石组成的单矿岩;由两种或两种以上的矿物组成的岩石称作复矿岩,如花岗岩就是由石英、正长石和云母等矿物组成的复矿岩。

自然界中有各种各样的岩石,它们都是地质作用的产物。按成因,岩石可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。其中,沉积岩是地壳表面分布最广的一种岩石,虽然它的体积只占地壳的5%,但其出露面积却占陆地表面面积的75%,而岩浆岩和变质岩仅占25%。下面介绍岩浆岩、沉积岩和变质岩的主要特征。岩石图片可见附录D。

1. 岩浆岩(火成岩)

它是由地球内部的岩浆侵入地壳或喷出地面冷凝而成。

(1)矿物成分。浅色矿物,如石英、正长石、斜长石、白云母等;深色矿物,如黑云母、角闪石、辉石等。

(2)结构。岩石结构是指组成岩石的矿物的结晶程度、晶粒大小、形态及晶粒之间或晶粒与玻璃质间的相互结合方式。岩浆岩的结构分为全晶质结构、半晶质结构、非晶质结构、显晶质结构、隐晶质结构和玻璃质结构等。

(3)构造。岩浆岩的构造有:块状构造、流纹状构造、气孔状构造、杏仁状构造。

(4)分类。岩浆岩分类见表1-1-3。

岩 浆 岩 分 类 表 1-1-3

化学成分		含 Si、Al 为主		含 Fe、Mg 为主		产状		
酸碱性		酸性	中性	基性	超基性			
颜色		浅色的(浅灰、浅红、红色、黄色)		深色的(深灰、绿色、黑色)				
成因及结构		含正长石		含斜长石		不含长石		
		石英、云母、角闪石	黑云母、角 闪 石、辉石	角闪石、辉 石、黑云母	辉石、角闪 石、橄欖石	辉石、橄欖石、角闪石		
深成岩	等粒状, 有时为斑状, 所有矿物皆能用肉眼鉴别	花岗岩	正长石	闪长石	辉长石	橄欖岩 辉岩	岩基岩株	—
浅成岩	斑状(斑晶较大且可分辨出矿物名称)	花岗斑岩	正长斑石	玢岩	辉绿岩	苦橄玢岩(少见)	岩脉 岩枝 岩盘	—
喷出岩	玻璃状, 有时为细粒斑状, 矿物难于用肉眼鉴别	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	苦橄岩(少见) 金伯利岩	熔岩流	
	玻璃状或碎屑状	黑曜岩、浮石、火山凝灰岩、火山碎屑岩、火山玻璃						火山喷出的堆积物

2. 沉积岩(水成岩)

岩石经风化、剥蚀或碎屑,经流水、风或冰川搬运至低浅处沉积,再经压密或化学作用胶结

成沉积岩。沉积岩分布很广,约占地球陆地面积的 75%。

(1)矿物成分。有原生矿物(石英、长石与云母等)和次生矿物(方解石、白云石、石膏和黏土矿物等)。

(2)胶结物。主要有硅质(SiO_2)、钙质(CaCO_3)、铁质(FeO 和 Fe_2O_3)和泥质 4 种。

(3)结构。按成因和组成物质的不同,沉积岩分为碎屑结构、泥质结构、化学结构和生物结构 4 种。

(4)构造。沉积岩最显著的构造特征是具有层理构造。

(5)种类。包括碎屑沉积岩(砾岩、角砾岩、砂岩等)、化学沉积岩和生物沉积岩(石灰岩、白云岩等)3 类,具体见表 1-1-4。

沉积岩分类 表 1-1-4

种类	硅质	泥质	灰质	其他成分
碎屑沉积	石英砾岩、石英角砾岩、燧石角砾岩、砂岩、石英岩	泥岩、页岩、黏土岩	石灰砾岩、石灰角砾岩、多种石灰岩	集块岩
化学沉积	硅华、燧石、石髓岩	泥铁岩	石笋、石钟乳、石灰华、白云岩、石灰岩、泥灰岩	岩盐、石膏、硬石膏、硝石
生物沉积	硅藻土	油页岩	白垩、白云岩、珊瑚石灰岩	煤炭、油砂、某种磷酸盐岩石

3. 变质岩

顾名思义,它是原岩变了性质的一类岩石。变质的原因:由于地壳运动和岩浆活动,在高温、高压和化学性活泼的物质作用下,改变了原岩的结构、构造和成分,形成一种新的岩石。

(1)矿物成分。除了石英、长石、云母和方解石等常见的岩浆岩或沉积岩中的矿物外,还有由变质作用形成的特殊矿物,如滑石、绿泥石、蛇纹石和石榴石等。

(2)结构。变质岩的结构多为结晶结构,与岩浆岩相似,为此,加“变晶”二字,以示区别。变质岩的结构主要有变晶结构(等粒、斑粒、鳞片)和变余结构两种。

(3)构造。变质岩按构造不同可分为块状构造、板状构造、千枚状构造、片状构造和片麻状构造 5 种。

(4)分类。有块状的大理岩和石英岩、板状的板岩、片状的云母片岩、绿泥石片岩、滑片岩、角闪石片岩和片麻状的片麻岩等,具体见表 1-1-5。

变质岩分类 表 1-1-5

岩石类别	岩石名称	主要矿物成分	鉴定特征
片状的岩石类	片麻岩	石英、长石、云母	片麻状构造,浅色长石带和深色云母带互相交错,结晶粒状或斑状结构
	云母片岩	云母、石英	具有薄片理,片理面上有强的丝绢光泽,石英凭肉眼常看不到
	绿泥石片岩	绿泥石	绿色,常为鳞片状或叶片状的绿泥石块
	滑石片岩	滑石	鳞片状或叶片状的滑石块,用指甲可刻画,有滑感
	角闪石片岩	普通角闪石、石英	片理常常表现不明显,坚硬

岩石类别	岩石名称	主要矿物成分	鉴定特征
片状的岩石类	千枚岩、板岩	云母、石英等	具有片理,肉眼不易识别矿物,锤击有清脆声,并具有丝绸光泽,千枚岩表现得很明显
块状的岩石类	大理岩	方解石、少量白云石	结晶粒状结构,遇盐酸起泡
	石英岩	石英	致密的、细粒的块体,坚硬,硬度近 7°,玻璃光泽、断口贝壳状或次贝壳状

思考练习题

- 1. 什么是地质作用？试对内、外力地质作用所包括的具体内容作简要说明。
- 2. 什么是矿物？矿物有哪些主要物理性质？常见的造岩矿物有哪几种？
- 3. 常见矿物的鉴定方法有哪几种？试作简要说明。
- 4. 试说明三大岩类常见岩石的类型和主要特征。

单元二 地质构造认知

教学目标：

了解地质年代的含义,熟悉地质年代表;熟悉地层的接触关系;掌握岩层产状三要素的意义;熟悉岩层产状的表示方法;了解岩层产状的测定方法;熟悉各种常见地质构造的含义、组成要素、分类及其特征;正确认识研究和学习这些地质构造对工程建设的重要意义。

重点难点：

岩层产状及产状要素的含义;各种常见地质构造的含义及特征。

一、地质年代

地壳自形成以来大约经历了 30 亿~46 亿年的历史,在这漫长的地质历史发展过程中,地壳经历了多个发展阶段并产生了巨大的变化。

地壳发展演变的历史,简称地史;研究地壳的发展和变化历史的科学,称为地史学。探讨地壳发展历史及其演化规律,是地史学的任务。在此,我们只能粗略地了解一下有关地层系统和地质年代的基本内容,从而建立地史年表的概念。

(一)地层及其接触关系

由两个平行或近于平行的界面(岩层面)所限制的同一岩性组成的层状岩石,称为岩层。岩层是沉积岩的基本单位且没有时代意义。地层和岩层不同,在地质学中,把某一地质时期形成的一套岩层及其上覆堆积物统称为那个时代的地层。

不同地区的地层发育情况常常不一样,一个地区内也很少有自古至今所有时代从不缺失的地层。这是由于地壳升降运动的影响,使地壳表层出现某些地区上升为剥蚀区,而另一些地区下降为沉积区。在某一地质时代里,上升区不仅停止了沉积建造,反而将已形成的岩层暴露于大气、日照下,遭到外动力地质作用的风化剥蚀而出现地层缺失的现象;或者在沉积过程中出现一个小的或比较短期的沉积中断现象,即所谓的沉积间断,或简称“间断”。

在同一地区,上下地层的接触关系最能反映出地壳运动的特征,故对地层接触关系的研究

有助于推测地壳运动的发展史,为划分地质时代的界限提供可靠的佐证。常见的地层接触关系有整合接触和不整合接触。

1. 整合接触

当地壳处于相对稳定下降之中时,即可形成连续沉积的岩层,老岩层沉积在下面,新岩层依次沉积在上面,这种接触关系称整合接触,如图 1-2-1a)所示。其特点是岩层面相互平行,时代连续,岩性和古生物特征属递变过程。这种接触关系说明,在一定时间内沉积地区地壳的运动方向,没有显著改变。

2. 不整合接触

若沉积作用不连续,地层和生物演化有间断,并形成明显的剥蚀面(不整合面),新、老地层之间的这种接触关系,称作不整合接触。

根据不整合面上、下地层的产状及其所反映的地壳运动特征,不整合接触又可分为平行不整合接触和角度不整合接触。

(1)平行不整合接触。又称作假整合接触。其特点是不整合面上、下两套岩层的产状彼此平行,但两套岩层之间的沉积作用是不连续的,有较长时间的间断。两套岩层的岩性和所含化石也有显著不同,在不整合面上往往保存着古风化剥蚀面的痕迹,如图 1-2-1b)所示。

(2)角度不整合接触。特点是不整合面上、下两套岩层成角度相交,上覆岩层覆盖于倾斜岩层风化剥蚀面之上或者褶皱岩层剥蚀面之上,两套岩层时代不连续;岩性和所含化石有突变;不整合面上往往保存着古风化剥蚀面,如图 1-2-1c)所示。

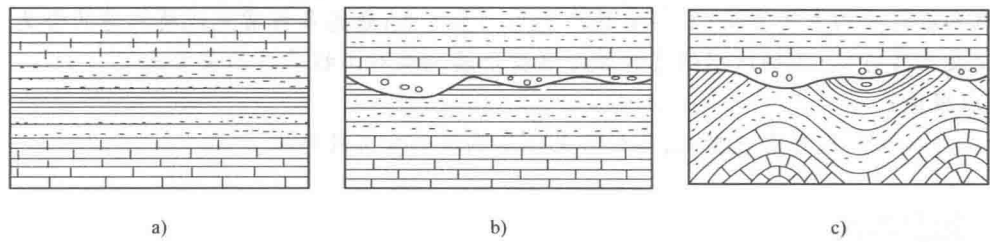


图 1-2-1 地层接触关系示意图
a) 整合;b) 平行不整合;c) 角度不整合

(二)地质年代单位和地层单位

根据地壳运动及生物演化阶段等特征,可以把地质历史划分为许多大小不同的年代单位,地质年代是指一个地层单位的形成时代或年代。最大的地质年代单位是(宙)代,通常把地质历史划分为太古代、元古代、古生代、中生代和新生代 5 个大的年代,在每个代中又划分出若干个纪,每个纪再分为几个世,世以下还可以再分出期。代、纪、世、期是地质历史的时间单位。相应于代、纪、世、期这些时期里形成的地层,分别为界、系、统、阶,它们是地层单位,见表 1-2-1。

地质年代单位与地层单位对比 表 1-2-1

地质年代单位	地 层 单 位	使 用 范 围
宙 代 纪 世	宇 界 系 统	国际性的
期 时	阶 带	全国或大区域性的

(三)地质年代表

代、纪、世和与其相对应的界、系、统是国际性单位,全世界是统一的;期和与其相对应的阶是全国性 or 大区域的地质年代与地层单位。把地质年代单位和地层单位从老到新按顺序排列,就形成了目前国际上大致通用的地质年代表见表 1-2-2。

地质年代表

表 1-2-2

地 质 时 代				距今年数/ 百万年		我国地史特征	生 物
				中国	世界		
新生代/ K _z	第四纪		Q	3	2	地球发展成现代形势,冰川广泛、岩层多为疏松砂、砾、黄土	人类
				70	67	地球表面具现代轮廓,喜马拉雅山系形成,岩层多为陆相沉积和火山岩,常见砂砾、红土、砂页岩、褐煤、玄武岩、流纹岩等	高等哺乳动物,如马、象,类人猿等,显花植物繁盛
	第三纪 R	新第三纪	N				
		老第三纪	E				
中生代/ M _z	白垩纪		K	140	137	浆活动强烈,岩层为火山喷出岩及砂砾岩	恐龙,植物茂盛
	侏罗纪		J	195	195	除西藏等地外,其他地区上升为陆地,以砂、页岩、煤层为主	
	三叠纪		T	250	230	华北为陆地,沉积砂页岩,华南为浅海、沉积石灰岩	
古生代/P _z	晚古生代	二叠纪	P	285	285	地壳运动强烈,海陆变迁频繁,华北为海陆交互相沉积,夹煤层,华南以灰岩为主,有煤层	裸子植物,两栖动物
		石炭纪	C	330	350		
		泥盆纪	D	400	405	华北为陆地,受风化剥蚀、极少沉积;华南为浅海,有砂页岩、灰岩	鱼类
	早古生代	志留纪	S	440	440	地壳运动强烈,华北上升为陆地,华南为浅海,沉积砂页岩	节蕨,石松,真蕨
		奥陶纪	O	520	500	地势低平,海水入侵广泛,以海相沉积灰岩为主,有页岩,华北在中奥陶纪后上升为陆地	无脊椎动物
		寒武纪	Є	615	570		
元古代/P ₁	晚元古代	震旦纪	Z	1700 ±		开始有沉积岩覆盖。下部为砂砾岩、中部有冰碛层、上部为海相石灰岩,后期地壳运动强烈,岩石轻微变质	低等植物
	早元古代		P ₁₁	2050 ±			
太古代			A _r	>2500		地壳运动普遍强烈,变质作用显著	无生物
远太古代			—				

二、地质构造

地壳中存在着很大的应力,组成地壳的岩层在地应力的长期作用下就会发生变形,形成构造变动的形迹,我们把构造运动在岩层和岩体中遗留下来的各种构造形迹称为地质构造。地质构造分为水平构造、倾斜构造、褶皱构造和断裂构造等4种基本类型。它们可以构成不同规模、不同类型的复杂的构造体系。

(一) 岩层的产状

两个平行的或近于平行的界面所限制的、由同一岩性组成的地质体称作岩层。由于地壳的影响,可能使原始水平岩层的位置发生倾斜、褶皱及断裂。岩层在空间的位置称作岩层的产状。通常用岩层层面的走向、倾向和倾角3个产状要素来表示,如图1-2-2所示。

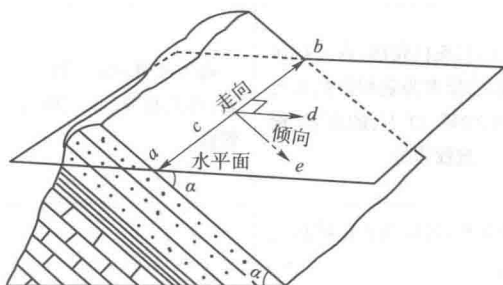


图1-2-2 岩层的产状要素
ab-走向;cd-倾向; α -倾角

1. 岩层的产状三要素

(1)走向。岩层面与水平面交线的方位角称为岩层的走向。岩层的走向表示岩层在空间延伸的方向,如图1-2-2中的 ab 直线。

(2)倾向。垂直走向顺倾斜面向下引出一条直线,该直线在水平面上的投影所指的方位角称为岩层的倾向,如图1-2-2中的 cd 线。岩层的倾向表示岩层在空间的倾斜方向。岩层的走向和倾向相差 90° 。

(3)倾角。岩层面与水平面所夹的锐角称为岩层的倾角,如图1-2-2中的 α 角,岩层的倾角表示岩层在空间倾斜角度的大小。由此可见,用岩层产状的3个要素,可以反映出经过构造变动后的构造形态在空间的位置。

2. 岩层产状的表示方法

(1)方位角表示法。方位角表示法只记倾向和倾角,如 $SW210^\circ/\angle 25^\circ$,前者是倾向的方位角,后者是倾角,分别读为倾向南西 210° 、倾角 25° 。

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

3. 岩层产状的测定

(1)岩层走向的测定。测走向时,先将罗盘上平行于刻度盘南北方向的长边贴于层面,然后放平,使圆水准泡居中,这时指北针(或指南针)所指刻度盘的读数,就是岩层走向的方位。走向线两端的延伸方向均是岩层的走向,所以同一岩层的走向有两个数值,相差 180° 。

(2)岩层倾向的测定。测倾向时,将罗盘上平行于刻度盘东西方向的短边与走向线平行,同时将罗盘的北端指向岩层的倾斜方向,调整水平,使圆水准泡居中后,这时指北针所指的度数就是岩层倾向的方位。倾向只有一个方向。同一岩层面的倾向与走向相差 90° 。

(3)岩层倾角的测定。测倾角时,将罗盘上平行刻度盘南北方向的长边竖直贴在倾斜线上,紧贴层面使长边与岩层走向垂直,转动罗盘背面的倾斜器,使长管水准泡居中后,倾角指示针所指刻度盘读数就是岩层的倾角。

(二) 水平构造与倾斜构造

1. 水平构造

未经构造变动的沉积岩层,其形成时的原始产状是水平的,先沉积的老岩层在下,后沉积的新岩层在上,形成产状近于水平的构造称为水平构造,亦称作水平岩层。水平构造多分布在大范围内均匀抬升或下降的地区,如陕西省北部的中生界地层等。

2. 倾斜构造

由于地壳运动使原始水平的岩层发生倾斜,岩层面与水平面之间有一定夹角的岩层,为倾斜构造,亦称作倾斜岩层。它常常是褶皱的一翼或断层的一翼,也可以是大区域内的不均匀抬升或下降所形成的。在一定地区内向同一方向倾斜与倾角基本一致的岩层又称作单斜构造。倾斜构造的产状可以用岩层层面的走向、倾向和倾角 3 个产状要素来表示。

(三) 褶皱构造

岩层在构造运动的作用下,产生的一系列连续波状弯曲,称为褶皱。绝大多数褶皱是在水平压力作用下形成的;有的褶皱是在垂直作用力下形成的;还有一些褶皱是在力偶的作用下形成的,此类褶皱多发育在夹于两个坚硬岩层间的较弱岩层中或断层带附近。褶皱是地壳中最常见的地质构造之一,它的规模大小相差悬殊,巨大的褶皱可延伸达数十至数百公里,而微小的褶皱则可在手标本上见到。褶皱的形态也是多种多样的,但其基本形式只有两种,如图 1-2-3a) 所示。其中岩层向上弯曲,核心部分岩层较老的称为背斜;反之,岩层向下弯曲,核心部分岩层较新的称为向斜。

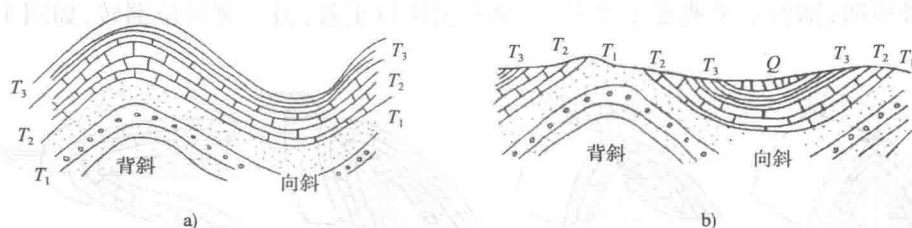


图 1-2-3 褶皱的基本形式

a) 外力作用破坏前; b) 外力作用破坏后

褶皱形成后,由于地表长期受风化剥蚀作用的破坏,其外形也可改变,如图 1-2-3b) 所示,“高山为谷,深谷为陵”就是这个道理。褶皱揭示了一个地区的地质构造规律,不同程度地影响着水文地质及工程地质条件。因此,研究褶皱的产状、形态、类型、成因及分布特点,对于查明区域地质构造、工程地质及水文地质条件,具有重要意义。

1. 褶曲要素

褶曲是褶皱构造中的一个弯曲,是褶皱构造的组成单位。为了描述和表示褶曲在空间的形态特征,对褶曲各个组成部分给予一定的名称,每一个褶曲都有核部、翼部、轴面、轴及枢纽等几个组成部分,一般称为褶曲要素,如图 1-2-4 所示。

(1) 核部。褶曲中心部位的岩层称为褶曲的核部。

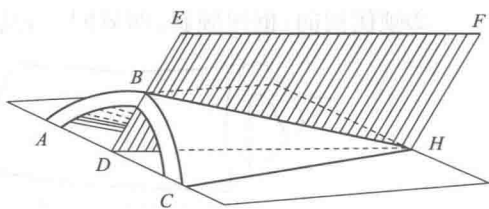


图 1-2-4 褶曲要素

ABH、CBH-翼部;DEFH-轴面;DH-轴;BH-枢纽;ABC 所包围的内部岩层-核部

(2)翼部。位于核部两侧向不同方向倾斜的部分称为褶曲的翼部。

(3)轴面。从褶曲顶平分两翼的假想面称为轴面。它可以是平面也可以是曲面,可以是直立的、倾斜的或近似于水平的。

(4)轴。轴面与水平面的交线称为轴。轴的长度表示褶曲延伸的规模。

(5)枢纽。轴面与褶曲同一岩层层面的交线,称为褶曲的枢纽。它有水平的、倾伏的,也有波状起伏的。

2. 褶曲的基本类型及特征

褶曲构造由背斜和向斜两种基本形态组成,见表 1-2-3。

褶曲的基本类型及特征

表 1-2-3

基本类型	岩层形态	岩层的新老关系	地形表现
背斜	岩层向上拱起,岩层自中心向外倾斜	核心部分岩层较老,两翼岩层较新	有时背斜成为山岭(年轻、顺地貌,外力侵蚀小于褶皱构造作用速度),(长期外力侵蚀)常被侵蚀成谷地(逆地貌、倒置地形,再长期剥蚀破坏,恢复一致,再顺地貌)
向斜	岩层向下弯曲,层自两翼向中心倾斜	核心部分岩层较新,两翼岩层较老	有时向斜成为谷地,也有时成为山岭

3. 褶曲的形态分类

(1)按轴面和两翼岩层的产状分类。

①直立褶曲:轴面近于垂直,两翼岩层向两侧倾斜,倾角近于相等,如图 1-2-5a)所示。

②倾斜褶曲:轴面倾斜,两翼岩层向两侧倾斜,倾角不等,如图 1-2-5b)所示。

③倒转褶曲:轴面倾斜,两翼岩层向同一方向倾斜,其中一翼层位倒转,如图 1-2-5c)所示。

④平卧褶曲:轴面水平或近于水平,一翼岩层层位正常,另一翼层位倒转,如图 1-2-5d)所示。

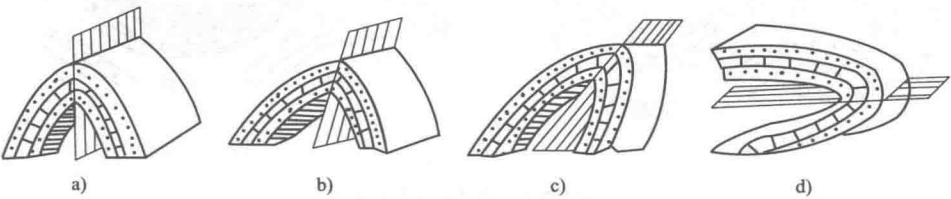


图 1-2-5 褶曲按轴面产状分类示意图

a) 直立褶曲; b) 倾斜褶曲; c) 倒转褶曲; d) 平卧褶曲

⑤翻卷褶曲:轴面翻转向下弯曲,通常是由平卧褶皱转折端部分翻卷而成。

(2)按枢纽的状态分类。可分为水平褶曲与倾伏褶曲两种类型,如图 1-2-6 所示。

①水平褶曲:枢纽水平,两翼同一岩层的走向基本平行,如图 1-2-6a)所示。

②倾伏褶曲:枢纽倾斜,两翼同一岩层的走向不平行,如图 1-2-6b)所示。

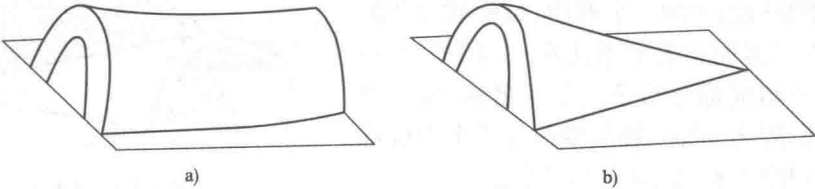


图 1-2-6 按褶曲枢纽产状分类示意图

a) 水平褶曲; b) 倾伏褶曲