

916519

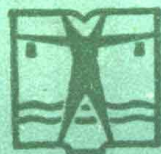
函授大学教材



土力学与地基基础

河海大学 周 萍

北京水利电力函授学院 刘 文 华北水利水电学院 陈淑敏
合 编



TU4
7744

916519

函授大学教材

土力学与地基基础

河 海 大 学 周 萍
北京水利电力函授学院 刘 文 合编
华北水利水电学院 陈淑敏

水利电力出版社

函授大学教材

土力学与地基基础

河 海 大 学 周 萍

北京水利电力函授学院 刘 文 合 编

华北水利水电学院 陈淑敏

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路8号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 25.25印张 575千字

1990年4月第一版 1990年4月北京第一次印刷

印数00001—4200册

ISBN 7-120-01044-1/TV·350

定价10.35元

内 容 提 要

本书是为函授大学工业与民用建筑专业编写的教材,也可作为全日制、电大、职大、夜大及高等自学考试相同专业的教材,并可供工程技术人员参考。

本书依据新修订的《建筑地基基础设计规范》(GBJ7-89)编写的。全书共十章,包括工程地质概论、土的物理性质及工程分类、地基中的应力、土的压缩性与基础沉降计算、土的抗剪强度和土压力、地基承载力和土坡稳定、工程地质勘察、天然地基上浅基础的设计、桩基础和地基处理等内容。

为了便于读者自学,本书附有《教学指导书》,其内容包括学习指导、习题及土工试验三部分。

前 言

本书根据原水利电力部高等函授教育院校协作组,于1987年11月最后审订的“工业与民用建筑专业本科函授教学计划”中对土力学与地基基础课程所提出的要求编写的。全书共十章,分别论述了工程地质概论、土的物理性质及工程分类、地基中的应力、土的压缩性与基础沉降计算、土的抗剪强度和土压力、地基承载力和土坡稳定、工程地质勘察、天然地基上浅基础的设计、桩基础和地基处理等。在编写本书时,正值对原《工业与民用建筑地基基础设计规范》(TJ7-74)进行修订,提出新规范。本书是按新规范——中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GBJ7-89)编写的。

为了适应函授教育以自学为主的特点,本教材精选了内容、加强了对基本概念 的叙述,并注意了循序渐近和启发式教学,每一部分都配有大量的插图和例题,同时又编写了配合教材的《教学指导书》。

《教学指导书》中包括学习指导、习题和土工试验三部分。在学习指导中对各章指出了学习目的,提出了学习要求,并对重点内容进行了概括和总结,对于难点和易混淆的问题进行了辅导。学习指导中各章还列有复习思考题,可作为学生自我检查学习效果之用。为使 学生掌握基本概念和提高 习作能力,多数的章节附有较多的不同类型的习题。为使 学生完成土工试验这一重要教学环节,书中又附有土工试验部分。

本教材为函授大学工业与民用建筑专业本科教学用书,对于相应专业的专科,各院校可根据学时进行适当删减。本教材对于日校、电大、职大、夜大以及高等自学考试的相应的专业均可适用,同时也可作为工程技术人员参考用书。

参加本书各章及相应的教学指导书编写的有河海大学周萍(绪论、第五章、第六章、第九章和第十章),北京水利电力函授学院刘文(前言、第二章、第三章、第四章和第八章),华北水利水电学院陈淑敏(第一章、第七章和土工试验)。全书由刘文、周萍统稿。由北京水利电力经济管理学院研究生部王正宏教授审查,他对本书提出了许多宝贵意见。本书编写得到华北水利水电学院函授部、北京水利电力函授学院、河海大学函授部的大力支持,仅此一并表示感谢。

由于编者水平有限,本书缺点和错误在所难免,敬希使用本书的各兄弟院校和读者给予批评指正。

编 者

1988年12月

7-AP97/02

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 工程地质概论	4
第一节 地质作用及地质年代	4
第二节 地质构造	10
第三节 岩石类型和特征	16
第二章 土的物理性质及工程分类	26
第一节 土的生成	26
第二节 土的组成	27
第三节 土的物理性质指标	33
第四节 土的物理状态指标	39
第五节 地基土的工程分类	43
第三章 地基中的应力	46
第一节 地基的自重应力	46
第二节 基底压力	47
第三节 空间问题的地基附加应力	50
第四节 平面问题的地基附加应力	65
第四章 土的压缩性与基础沉降计算	71
第一节 土的压缩性	71
第二节 基础的最终沉降计算	76
第三节 土中的有效应力和孔隙水压力	98
第四节 土的单向固结理论和基础沉降随时间变化的计算	101
第五章 土的抗剪强度和土压力	112
第一节 概述	112
第二节 土的抗剪强度及其极限平衡条件	112
第三节 土的抗剪强度试验	119
第四节 挡土墙上的土压力	136
第五节 挡土墙的设计	165
第六章 地基承载力和土坡稳定	172
第一节 地基的破坏和承载力的概念	172
第二节 按塑性区开展深度确定地基承载力	175
第三节 浅基础地基的极限承载力	179
第四节 土坡的稳定分析及滑坡的防治	193
第五节 压实填土的地基承载力及边坡坡度的允许值	203

第七章 工程地质勘察	206
第一节 概述	206
第二节 工程地质勘察的任务和内容	207
第三节 地基勘察方法	212
第四节 土的原位测试	217
第五节 工程地质勘察报告	222
附 工程地质勘察报告书	223
第八章 天然地基上浅基础的设计	226
第一节 概述	226
第二节 基础的类型	227
第三节 基础埋置深度的选择	231
第四节 地基土承载力的确定	235
第五节 地基的计算	243
第六节 基础构造和结构计算	253
第七节 基础梁和板的计算(基床系数法)	266
第八节 上部结构、基础和地基共同工作的概念	276
第九节 减少不均匀沉降危害的措施	280
第九章 桩基础	284
第一节 概述	284
第二节 桩和桩基础的类型	284
第三节 单桩竖向承载力的确定	289
第四节 桩基础设计	298
第十章 地基处理	317
第一节 概述	317
第二节 换土垫层法	317
第三节 碾压夯实法	319
第四节 砂井预压加固法	322
第五节 挤实砂桩和振冲法	326
第六节 土工织物及加筋土	330
附录 教学指导书	
第一部分 学习指导	341
第二部分 习题	361
第三部分 土工试验	377
主要符号	397

绪 论

一、土力学及地基基础的概念

任何土木工程建筑物都是建造在地球表面的土（或岩）层上。土（岩）层受到建筑物的荷载作用以后，就会使其内部的原有应力状态发生变化，而这种变化一般是遍及一定范围的。工程上把由于建造建筑物的影响，而使其内部的应力及其相应的变形发生变化的那一主要范围的土（岩）层称为地基。埋置在地面以下而与地基直接接触的建筑物的下部称为基础。因此，建筑物的基础是位于上部结构和地基之间，起着把上部结构的荷载较均匀地传递到地基中去的作用。而地基即为支承建筑物荷载的土层。通常把靠近基础的那一部分地基称为持力层。但当地基由两种（或以上）不同性质的土层组成时，则将直接与基础接触的上部土层称为持力层，而位于持力层以下的土层称为下卧层。上部结构、基础与地基的相互关系如图0-1所示。

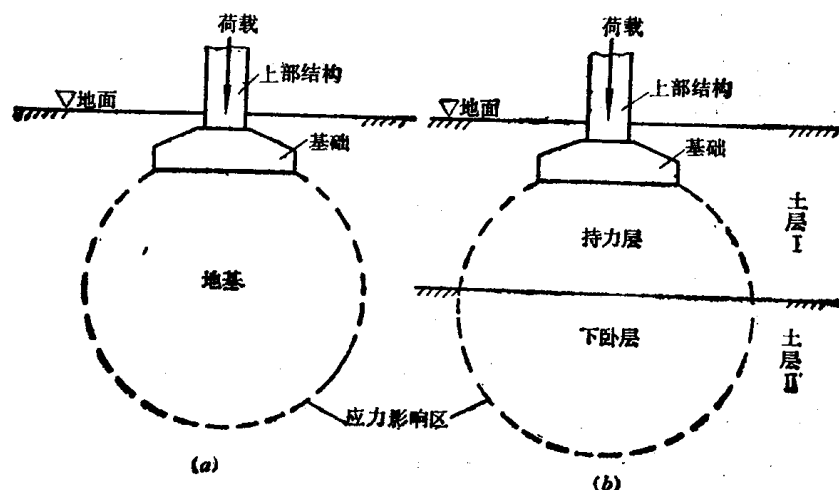


图 0-1 上部结构、基础与地基示意图

(a)均质地基；(b)成层地基

上述建筑物荷载在地基中产生应力和变形以后，就会引起两个问题：即一，应力是否在土的强度所允许的范围之内？其二，变形（竖向变形称为基础的沉降）是否在该建筑物所允许的范围之内？前者常称为地基的强度或稳定问题；后者则称为地基的变形（或基础的沉降）问题。不管前者或后者或则两者，只要它们超过允许范围都可能导致建筑物的毁坏或妨碍正常使用。因此，为了保证建筑物的安全和正常使用，必须十分重视建筑物地基基础的稳定和变形问题。

地球表面的土是岩石经风化而成的天然产物。它由固体颗粒和颗粒间的孔隙（充填有水和空气）所组成。是一种松散的多孔介质，具有与一般材料不同的物理力学特性。因

此，它在荷载作用下所表现出来的应力、变形和强度规律也与一般材料不同。另外，土层在天然状态下，还常常受到地下水的影响，这些都必须给予应有的注意。

土力学就是研究土的物理性质以及在荷载作用下土的应力、变形、强度和渗透等规律的一门科学。它是直接为解决建筑工程中的稳定和变形问题服务的。因此，它也是与地基基础密切相关的一门应用科学。由于土具有与一般材料不同的特性，因此，除了从理论上进行研究以外，还必须重视土工试验和现场原位试验技术的配合。

二、本课程的任务和内容

土力学及地基基础在工业与民用建筑专业中是一门专业课。因此，它的任务是要求学生通过本课程的学习，了解岩土的基本特性、土工试验技术和工程地质勘察知识，能够对建筑场地的工程地质资料进行分析评价；掌握土力学的基本原理、主要概念和计算方法，并能结合建筑结构的基本知识，对地基基础进行设计；掌握桩基础的设计计算方法，并了解地基处理的作用原理和各种方法的要点。

根据上述任务和要求，本课程包括两大部分：第一为土力学部分。它是本课程的基本理论，其中包括土的物理性质、土的应力和变形计算、土的强度和土体的稳定问题等；第二为地基基础部分。它是本课程的应用部分，其中包括工程地质勘察、天然地基上浅基础的设计、桩基础的设计和地基处理等。土的变形（固结）和强度以及浅基础的设计是本课程的重点内容，必须牢固地掌握。

三、本课程的特点和学习方法

本课程除了与其它课程一样具有一定的共性以外，它的特点概括来说，具有头绪多、涉及面广并且是一门实用性强的课程，因此，必须注意学习方法。

1. 土力学是一门年轻的学科。这门学科的工程实践可以追溯到上千年的历史，但作为一门独立系统的学科问世还是近60年左右的事。它的理论尚不完善，在许多问题上还处于半经验状态，或需要作这样或那样的假定。因此，在学习时，既要着重搞清基本概念，掌握它的基本原理，同时，也要重视并借鉴已有的工程经验。

2. 土力学的研究对象是土。土不但是一种松散的多孔介质，而且由于它的复杂性和多变性，即使在同一地区，由于其沉积年代和受压力历史的不同，其性状也有很大的差别。因此，在学习时不但要注意理论联系实际，而且要特别注意学会分析问题和解决问题的能力。由于地基基础工程是一种隐蔽工程，如果事先不摸清情况和慎重对待，一旦发生事故，就难以补救和处理。

3. 这门课程是直接为工程建设服务的应用学科，不但要重视计算，而且要重视工程地质勘察和土工试验技术。著名的加拿大特朗斯康谷仓是由于地基勘察不周而造成滑动破坏的一个典型例子。该谷仓由65个圆柱形筒仓组成，高31m，长约60m、宽约23m，其下为片筏基础。由于事先没有了解到基础下埋藏着厚达16m的软粘土层，建成后初次贮存谷物，使基底平均压力（约320kPa）超过了地基的极限承载力（约280kPa）。结果该谷仓

由于地基发生整体滑动而破坏，使西侧突然陷入土中8.8m、东侧抬高1.5m，仓身倾斜约达 27° ，如图0-2所示。幸好该谷仓的整体刚度较强，地基破坏后，筒仓情况良好，无明显裂缝出现，以后在基础下设置了70多根支承于基岩上的混凝土墩，使用388只500kN的千斤顶，逐渐将倾斜的筒仓纠正。但修复后，其位置却较原来降低了4m。

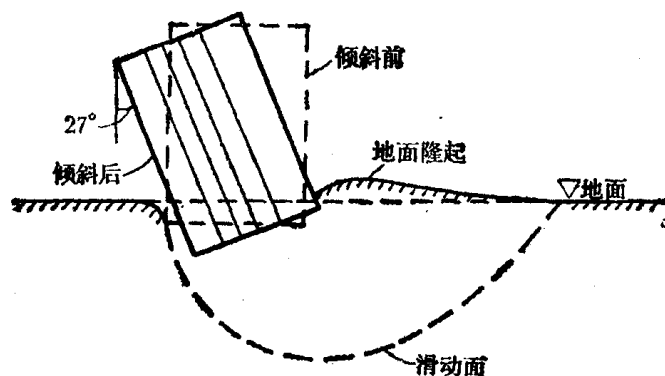


图 0-2 特朗斯康谷仓倾斜示意图

4.本课程内容多、涉及面广，而且技术名词及术语也多，对初学者来说常有头绪多而乱之感。因此，要求学生循序渐进，注意章节之间的内在联系；学完每章以后，可根据学习指导的线索对各章进行归纳小结，针对复习思考题来检查学习效果。另外，还应及时完成作业，以巩固、加深所学的知识。

第一章 工程地质概论

土力学的研究对象——土体。土体是地壳在外力和外力长期作用下形成的一个复杂地质结构体，它具有非均质性、各向异性、不连续性、剪胀性、弹塑性等特征。受地下水及温度等环境影响，土体性质发生各种变化。所以，在研究土体的力学性质及其本构关系的同时，有必要掌握与土力学关系密切的地质学基础知识，例如地壳结构、物质组成、地质作用及地质年代等。下面将分别介绍这些内容。

地球是由若干个状态和物质均不同的同心圈层构成的。由表及里可分为大气圈、水圈、生物圈、地壳（岩石圈）、地幔和地核，其中地幔和地核合称为内圈。

地壳的物质组成非常复杂，主要由富含硅和铝的硅酸岩类岩石所组成。大陆型地壳平均厚度为33km，在我国青藏高原和天山地区，最厚可达70km。大洋型地壳平均厚度7.3km。与地球半径相比较，地壳仅仅是地球表面一个极薄的硬壳。而一切工程建筑都是以这个薄薄的硬壳为依托的。这就是目前人们对其研究得最多的原因，也是地质学研究的主要对象。

第一节 地质作用及地质年代

一、地质作用

据放射性同位素测定，地球的年龄距今已有46亿年以上。在这漫长的地质历史中，地球一直在不停地运动和演变，地壳表面形态、物质成分和内部结构都在不停地变化着。这种运动和变化有时很剧烈，如火山爆发、地震与山崩地裂等，它们很快改变了地表形态和物质成分，这些现象人们可以直接观察和感受到。但更多的是经常进行的非常缓慢的运动和变化，这种变化在短期内不易被人们直接觉察到。例如当今最雄伟的喜马拉雅山脉，4000万年以前还是一片汪洋，只是在2500万年以前，那里的地壳才开始以每年百分之几毫米的速度以海底缓慢上升，大约在200万年前，经过喜马拉雅运动，才形成了今天的格局。测量表明，现在它仍以每年18.2mm的速度上升着。又如4000多km²的洞庭湖，则是从2000多年前4万km²的云梦泽，经过泥沙淤积逐渐形成的。

许多自然现象有力地说明地壳是在不断发展变化的。这种由于自然动力所引起的地壳物质、内部结构及地表形态发展变化的作用叫做地质作用。

二、地质作用的类型

地质作用的过程也是能量转换和迁移的过程。根据引起地质作用的能量来源，可将其分为两大类：内动力地质作用和外动力地质作用。

(一) 内动力地质作用

内动力地质作用遍及整个地壳，它的能量来源于地壳内部，如地球的旋转、重力以及地球内部的热能释放、化学反应和结晶等。根据内动力地质作用的运动方式与特点，还可细分为地壳运动、岩浆作用、地震作用和变质作用等。

1. 地壳运动

地壳运动主要表现为地壳的机械运动，这种运动产生各种地质现象，形成地壳表面各种不同的构造形迹。因此，地壳运动也称为构造运动。构造运动是引起岩土体变形和位移的主要原因。

地壳运动具有普遍性、长期性和渐变性。从最古老的岩石到最新的岩石，往往在很大的范围内都保存有不同地质年代地壳运动的各种构造形迹。如岩层的变形和变位，第三纪以来地貌和地物的各种变迁现象，如我国舟山群岛、台湾岛和海南岛在第四纪早期还是与大陆相连的，后来因台湾海峡地区地壳下沉才分开的。

按照地壳运动的主方向划分，地壳运动可分为水平运动和垂直运动两种。

水平运动是地壳岩层大致平行于地球表面方向所进行的一种运动。其结果是使近于水平的岩层遭受挤压，形成巨大而强烈的褶皱和断裂。1970年云南通海地震产生的一条断裂，长60km，最大裂缝宽度2.2m，而垂直距离却不到几十厘米。又如美国西部一条著名的圣安得列斯断层，是在1.5亿年以前的侏罗纪形成的，水平错动距离至今累计480km，平均每年位移3.2mm。而在1906年旧金山大地震发生前的16年中，共位移达7m之多，平均每年位移440mm，终于导致了1906年的大地震。

垂直运动是地壳岩层沿地球半径方向，即垂直于地球表面方向所进行的缓慢的升降运动。升降运动可以形成大规模的构造隆起和拗陷，引起地势高低变化和海陆变迁。

上述两种地壳运动方式，究竟以哪种方式为主，这是地质学界长期争论的问题。从局部地区看，虽然有的以水平运动为主，有的以垂直运动为主，但就整体来说，从地壳的发展演变过程看，不论在大陆还是海洋，大量证据表明地壳是以水平或接近水平运动为主导的。

我国著名地质学家李四光教授，根据地壳表层构造体系分布的规律性，提出了关于地壳运动原因的独立见解。他认为地球自转速度的变化是地壳运动的主要原因，即在地球自转条件下，引起地表形态变更的主要原因应是一个统一的力——重力控制下的地球自转离心力。这个力导致了地壳的经向和纬向水平错动。同时，根据动量守恒原理，这种变动会导致地球转速周期性的变化，从而引起地壳运动的周期性改变。

随着科学研究的不断发展，在研究地壳运动形式方面，新近又提出了研究地壳运动形式的地块理论，即地壳是由不同次级的地块所构成。由于这些地块之间相互挤压、碰撞、嵌套等作用，引起了各种地质现象，形成各种不同的构造形迹，例如地壳的升降、海陆变迁、地震及岩浆活动等。

2. 地震作用

地震是地壳运动的一种特殊形式。地震发生的地方叫“震源”。地震源在地表的垂直投影叫“震中”。发生在大洋底部的地震叫“海震”。据统计，全世界每年发生地震约

500万次，其中能为人们所感受到的地震约5万次，每年还有10几次地震是强烈的破坏性地震。

由于地壳运动产生的自然力推挤地壳岩层，使其薄弱部位产生突发性断裂错动，这种在构造变动中引起的地震称为构造地震；由于火山爆发、岩浆猛烈冲击地面引起的地面震动叫火山地震；由于地表或地下岩层发生大规模的塌陷、崩塌等所引起的震动称为塌陷地震。另外，由于工程活动如水库蓄水等引起的“诱发地震”，也日益为人们所重视。

地震按震源的深度不同可以分成浅源地震（埋深在60km以内）、中源地震（埋深60~300km）和深源地震（埋深大于300km以上）。

按照地震活动特点，还可以分为主震型、群震型和孤立型三种类型的地震。

地震大小的度量通常是按地震震级和地震烈度两种不同方式表示的。地震震级是表示地震强度大小的等级，它与地震过程中释放出的能量有关。地震震级的最初定义是距震中100km处用周期0.8s，阻尼系数0.8，放大倍数为2800倍的标准地震仪实测的地震最大水平地动位移（或振幅）的对数值，就是该地震的震级（例如最大振幅为 $1\mu\text{m}$ 时的震级为0， $10\mu\text{m}$ 时的震级为1，余类推）；地震烈度是指某次地震对地表建筑物所造成的影响及破坏程度。

地震是一种普遍的自然现象，强烈的地震会造成各种严重破坏现象，例如产生地表裂缝，出现地下喷沙冒水，形成滑坡塌方，造成各类建筑物的破坏，给人民生命财产造成严重损失。1923年的日本东京大地震和我国1976年的唐山大地震都是典型的地震破坏实例。因此，在研究岩土体的力学性质时，必须重视地震的影响，注意在建筑物的稳定性评价中考虑地震力的作用，必要时尚需采取相应的抗震措施，确保建筑物的安全。

3. 岩浆作用

岩浆是指地球深部，处于高温高压状态下，富含挥发成分的复杂硅酸盐熔融物质。熔融的岩浆往往沿着地壳脆弱带，向压力减小的方向运动，侵入地壳，或沿着构造裂隙喷出地表，这种现象称为岩浆活动。岩浆冷凝之后，变为岩浆岩。从岩浆的形成、活动、直至冷凝的全部地质作用过程，统称为岩浆作用。

岩浆岩是很好的建筑材料，水泥材料和其他工业原料。同时，岩浆岩、岩浆活动与各类工程建筑关系十分密切。因此，研究岩浆作用，认识岩浆活动的规律性，掌握岩浆岩的分布规律、物理力学性质及其与工程建筑的关系，具有重要理论和现实意义。

岩浆作用按照其活动方式不同，可以分成两类：火山作用和侵入作用。

岩浆喷出地表所引起的全部地质作用称为火山作用。岩浆以气体、液体和固体的形式喷出地表，它们的化学成分很复杂。气体喷发物主要是水蒸气，此外还有 CO_2 、 CO 、 NH_3 、 Cl_2 、 S 等；喷出的液体物质主要是 SiO_2 含量不同的熔岩。熔岩冷凝之后，形成各式各样的岩石，如熔岩流、熔岩瀑布、熔岩被等；火山喷出的固体物质叫做火山碎屑物质。它是由火山通道中的凝固岩浆和四周围岩以及喷射到空中的液体物质冷凝而成的。固体喷出物按其颗粒大小不同，分别称为火山灰、火山砂、火山碴、火山弹。这些火山物质固结之后都具有特殊的工程地质性质。

侵入作用是指岩浆上升运移到地壳中的活动过程。包括岩浆以机械力对围岩的挤压。

以热力熔化岩石、以及岩浆侵入过程中的风化、分异和结晶成岩作用。

岩浆的侵入方式多种多样，地壳顶部的岩层由于承受的压力较小，脆性大，断裂发育，层间结构松散，因此，高压状态下的岩浆往往以其巨大的压力沿断裂和围岩层理薄弱部位挤入围岩，并占据一定空间，形成浅成侵入岩体。当岩浆侵入到地表以下3~6km的较深处时，则形成深成侵入岩体，并以其高温熔化围岩。

岩浆活动过程是复杂的物理化学过程，也是岩浆演化过程。认识它的演化规律、形成条件和作用特点，对于研究岩土体的物理力学性质是十分重要的。

4. 变质作用

地壳中原已生成的岩石，包括变质岩在内，由于地壳运动与岩浆活动等，所引起的物理化学条件的变化，使岩石成分、结构构造发生一系列改变，这种使岩石改变的作用称为变质作用。由于变质作用生成的新的岩石称为变质岩石。

影响岩石变质的主要因素是温度、压力和化学性质活泼的气体及溶液。

温度是变质作用的主要因素，例如大理岩就是高温作用下，由石灰岩变质而成的。其热力来源主要是放射性元素蜕变热、岩浆热和构造运动产生的摩擦热。

巨厚的上覆岩层会对下覆岩系产生巨大压力，并生成体积小而相对密度大的新矿物。

构造运动和岩浆活动可以引起沿某一个方向的定向压力，使岩石发生破碎，扭曲变形和性质改变。

化学性质活泼的气体和热水溶液引起变质作用时，是在适当温度和压力下，与围岩进行一系列的化学反应，产生各种新的变质矿物，并使变质岩的化学成分发生变化。

上述三种变质因素在变质过程中，对同一个作用对象，往往是其中一个起主导作用，其他则为次要因素。然而，岩石在变质作用下，不论产生什么样的变化，作用结果总是一样的。第一是矿物重结晶或产生新矿物；第二是某些矿物或岩石颗粒在压力作用下，呈定向排列，产生特有的片理构造。

(二) 外动力地质作用

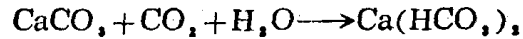
作用在地球表层并主要由地球以外的太阳辐射能、日月引力能和生物能等引起的地质作用，称为外动力地质作用。

按照地表形态变化特征和地壳表层物质运移形式，外动力地质作用可以分为：风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用、硬结成岩作用和负荷地质作用。

风化作用主要是指岩石在温度、流水及生物等因素作用下，在原地发生的物理、化学及生物的风化作用。因此，风化作用又可进一步划分为物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用三种类型。

物理风化作用是由于温度变化及岩石孔隙和裂隙中水的冻结、或盐类的结晶膨胀、或裂隙中的粘土矿物遇水膨胀，所引起的单纯机械破坏作用。物理风化作用的结果，是岩石以崩解的形式，成碎块聚集于基岩之上。

化学风化作用主要是指岩石在水、水溶液及二氧化碳气体等酸性或碱性物质的作用下，产生溶解、水解、水化以及氧化等一系列化学反应。如石灰岩 CaCO_3 溶解的化学反应式为：



所以，在石灰岩地区常形成岩溶地貌。化学风化作用的结果是不仅岩石破碎，而且还会使岩石的化学成分和矿物成分发生变化。

生物风化作用是由于生物活动而形成的特殊的物理化学作用，如植物根系的生长，不但使岩石裂隙增大，进一步扩大风化接触面，而且根系所分泌的酸性物质，能使岩石分解。另外，动植物的遗体等有机物质，均可使岩石破坏。

岩石（体）风化之后，由于结构构造被破坏，矿物成分发生变化，其物理力学性质会发生显著减弱，承载能力降低，变形模量变小，孔隙率和渗透系数变大等。因此，对于工程建筑具有强烈的影响。

剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和硬结成岩作用则是流水、冰川、海流、风吹等自然营力的外动力地质作用引起的地壳岩石剥蚀、搬运和沉积成岩的现象，它们和风化作用构成一个风化、剥蚀、搬运、沉积和成岩的完整的外动力系统。这一外动力系统对地表的长期作用形成了各式各样的地形地貌和各类沉积岩，而且这一外动力系统的作用是永不停息的。

（三）内外动力地质作用的相互关系

自地壳形成以来，内动力地质作用和外动力地质作用一直在不停息地进行着，它们共同改造地球，相互之间既对立又统一，相互依存，联系密切。当构造运动使地壳上升时，同时进行剥蚀作用，地壳上升越高，起伏越大，剥蚀作用也越强烈。当以内动力作用为机制使得地壳下降时，伴随而来的则是沉积作用。

地质历史表明，地壳是永远不会静止的。人类在改造自然，改进生活的斗争过程中，一直在探索与人类生活关系密切的地球的发展规律。

三、地 质 年 代

地壳演化的时代，称为地质年代。在地质学上计算时间的方法有两种，即相对年代和绝对年代。

（一）相对地质年代

相对地质年代是根据岩层形成的先后顺序和生物发展的规律，把地壳演化历史划分为与生物发展相对应的一些自然阶段。

相对地质年代在地质学中被广泛应用。它的划分主要依据岩层沉积顺序和生物化石。岩层是成层沉积的，没有受到扰动的沉积岩层，在下面的一定较老，在上面的一定较新。同时，在沉积过程中，常保存有古代生物的遗体 and 遗迹。生物是由低级向高级不断发展的，因此，在老地层中，只能找到较低级的生物化石，在较新的地层中，却可以保存较高级的生物化石。

根据岩层层序和古生物化石，把地层划分成的大小不同的单位，称为地层单位。这些单位由大到小分别称为宇、界、系、统。与地层单位相对应的地质时代单位有宙、代、纪、世。它们的对应关系如下：

表 1-1

地 质 年 代 表

地 质 年 代			国际代号	距今年数 (100万年)	构造运 动 期	主 要 特 征	
代 (界)	纪 (系)	世 (统)					
新 生 代	第 四 纪	全 新 世 更 新 世	Q	Q ₁ Q ₂₋₃	2~3 25 70	喜 马 拉 雅 运 动	地球发展成现代地势, 出现了人类
	新第三纪	上 新 世 中 新 世	N				地球表面初具现代轮廓, 我国多数地区为陆地沉积岩层及火山岩系 哺乳动物发达, 显花植物繁盛
	老第三纪	渐 新 世 始 新 世 古 新 世	E				
中 生 代	白 垩 纪	晚白垩世 早白垩世	K	K ₁ K ₂	135 180 225	燕 山 运 动	后期地壳运动剧烈, 岩浆活动广泛, 海水大部退出大陆 爬行动物称雄, 裸子植物繁盛
	侏 罗 纪	晚侏罗世 中侏罗世 早侏罗世	J	J ₁ J ₂ J ₃			
	三 迭 纪	晚三迭世 中三迭世 早三迭世	T	T ₁ T ₂ T ₃			
古 生 代	二 迭 纪	晚二迭世 早二迭世	P	P ₁ P ₂	280 350	海 西 运 动	海陆变迁频繁 主要生物是两栖类动物和孢子植物
	石 炭 纪	晚石炭世 中石炭世 早石炭世	C	C ₁ C ₂ C ₃			
	泥 盆 纪	晚泥盆世 中泥盆世 早泥盆世	D	D ₁ D ₂ D ₃			
	志 留 纪	晚志留世 中志留世 早志留世	S	S ₁ S ₂ S ₃	400 440 500	加 里 东 运 动	我国大部分地区处于浅海环境, 主要沉积物是石灰岩和页岩 海生无脊椎动物繁盛
	奥 陶 纪	晚奥陶世 中奥陶世 早奥陶世	O	O ₁ O ₂ O ₃			
	寒 武 纪	晚寒武世 中寒武世 早寒武世	Є	Є ₁ Є ₂ Є ₃			
元 古 代	震 旦 纪		Z		600 1000	吕 梁 运 动	海浸广泛, 岩层一般未变质或轻变质, 有藻类化石
太 古 代	前震旦纪		Ar				地质时代开始, 因经历了剧烈地壳运动, 岩层普遍变质, 没有生物
地球初期发展阶段				4660			

地层单位	时代单位
宇·····宙	
界·····代	
系·····纪	
统·····世	

(二) 绝对地质年代

以年为单位，表示岩石或岩层形成至今的时间，叫绝对地质年代。

岩石绝对地质年代的确定，是利用某些放射性元素例如铀、钍等的蜕变规律来完成的。所以绝对地质年龄又叫同位素年龄。若把地球形成硬壳作为地质时间的开始，经同位素测定表明，地球已有46亿年的历史了。

目前地球各地质时代距今的年龄已经建立起来，并把相对年代和与其对应的同位素年龄的对比列入了地质年代表。从而使地质历史的演化过程及时空概念更为明确（见表1-1）。

第二节 地质构造

一、地质构造的概念

地质构造是地壳运动的产物，是地壳中的岩层或岩石在地壳运动中发生变形或变位的形迹。地质构造与建筑场地的稳定性、渗透性及地震作用有密切联系。研究地质构造具有重要意义，它是评价建筑场地工程地质条件的基本因素，也是本章重点讲述内容之一。

岩层及岩层产状的概念是认识地质构造的基础。

岩层是指由同一岩性组成的，有两个平行或近于平行的界面所限制的层状岩石。上下界面为“层面”。其中上层面称为“顶面”，下层面称为“底面”。

岩层产状是指地质体在地壳运动中的空间位置及状态。岩层产状是用岩层的走向、倾向和倾角等三个产状要素来表示的。

走向——岩层面与水平面的交线称为走向线，如图1-1中的AA'所示。走向线的方位角叫岩层的走向。它指出了岩层在空间的水平延伸方向。

倾向——在层面上引出与走向垂直的直线叫倾向线，如图1-1中的OB所示，它在水平

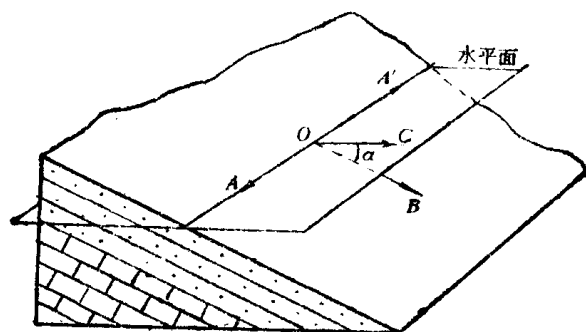


图 1-1 岩层产状要素示意图
AA'—走向线；OB—倾向线；OC—倾向；α—倾角