

目 录

第一章 建筑场地工程地质勘察	1
第一节 工程地质基本知识	1
一、地质作用和地质年代.....	1
二、岩石的类型和特征.....	2
三、地质构造.....	9
四、第四纪沉积物及其工程特点.....	12
五、地下水.....	14
第二节 工程地质勘察的目的、任务和内容	15
一、选址勘察.....	16
二、初步勘察.....	16
三、详细勘察.....	17
第三节 工程地质勘察方法	17
一、测绘与调查.....	17
二、勘探方法.....	18
第四节 工程地质勘察报告	21
一、勘察报告书的内容.....	22
二、勘察报告实例.....	22
第二章 天然地基上的浅基础	26
第一节 概 述	26
一、刚性条形基础.....	27
二、墙下钢筋混凝土条形基础.....	28
第二节 基础埋置深度的选择	29
一、建筑物的用途、结构类型及与其相邻建筑物基础的关系.....	29
二、地基的地质及水文地质条件.....	30
三、地基土冻胀和融陷的影响.....	31
第三节 地基基础设计原则	33
第四节 基础底面尺寸的确定	37
一、按持力层承载力计算基础底面尺寸.....	37
二、软弱下卧层的验算.....	39
三、地基变形验算.....	40

四、稳定性验算.....	40
第五节 基础剖面设计.....	42
一、刚性基础.....	42
二、柱下钢筋混凝土单独基础.....	45
三、墙下钢筋混凝土条形基础.....	53
第六节 联合基础及锚杆基础.....	55
一、钢筋混凝土双柱联合基础.....	55
二、岩石地基上的锚杆基础.....	59
第三章 梁式和板式基础设计.....	62
第一节 概 述.....	62
第二节 弹簧地基上梁的计算.....	64
一、基本假设.....	64
二、地基梁挠曲线微分方程的建立.....	65
三、几种情况的特解.....	66
四、基底系数 k 值的选择.....	73
第三节 有限差分法解地基上的梁.....	78
一、有限压缩层地基模型.....	78
二、有限差分法的一般原理.....	79
三、建立地基梁的差分方程式.....	80
四、用迭代法解差分方程组.....	83
第四节 柱下条形基础设计.....	84
一、柱下条形基础的构造.....	84
二、柱下条形基础的计算.....	85
三、柱下交叉条形基础的计算.....	87
第五节 筏板基础设计.....	89
一、筏板基础的构造.....	90
二、筏板基础的计算.....	90
第六节 箱形基础设计.....	96
一、箱形基础的埋置深度.....	96
二、箱形基础的尺寸拟定.....	96
三、地基计算.....	97
四、箱形基础结构设计.....	99

第四章 桩基础	111
第一节 概 述	111
第二节 桩的类型	112
一、预制桩	112
二、就地灌注桩	114
三、混合桩	116
第三节 低承台竖直桩基础的分析	116
一、桩基础的荷载传递途径	116
二、桩基础按平面结构分析	117
三、桩顶荷载简化计算	120
第四节 轴向荷载下桩的受力性能	122
一、桩的轴向荷载传递	122
二、负摩阻力的概念	123
三、桩的轴向刚度系数	124
第五节 横向荷载下桩的受力性能	125
一、桩侧横向阻抗	125
二、桩身内力和位移	127
三、桩的横向刚度系数	138
第六节 单桩轴向承载力的确定	143
一、单桩轴向受压承载力	143
二、单桩轴向受拉承载力	147
第七节 摩擦桩群桩基础基底压力和地基沉降计算	147
一、垂直荷载下摩擦桩群工作特点	148
二、群桩共同工作时基底压力和地基沉降计算	148
第八节 桩基础设计	149
一、选择桩的类型及拟定桩的尺寸	150
二、估算桩数及拟定桩的平面布置	151
三、承台底面形状和尺寸的确定	152
四、单桩轴向承载力验算	152
五、地基验算	152
六、桩身强度设计	153
七、承台结构设计	155
第五章 沉井基础和地下墙基础	160
第一节 沉井法及一般沉井基础的构造	160

一、沉井法	160
二、一般沉井基础的构造	161
第二节 沉井基础的施工	162
一、一般沉井基础的施工程序	162
二、减小土对井壁摩擦力的方法	163
三、井筒下沉中常发生的问题及处理	164
第三节 沉井基础的计算	165
一、地基承载力验算	165
二、井筒自重验算	165
三、底节井筒强度验算	165
四、刃脚计算	166
五、井壁计算	170
六、封底混凝土计算	171
七、顶盖计算	172
第四节 地下墙基础	172
一、基础的形式	172
二、一般要求	173
三、垂直承载力的计算	174
第六章 房屋地基基础的抗震	175
第一节 概 述	175
一、地震的类型与成因	175
二、地震震级和烈度	176
三、工程抗震中地基基础抗震应研究与解决的问题	179
第二节 地震对地基及结构物的破坏	179
第三节 地基基础抗震设计原则	181
一、抗震设计的一般原则	181
二、地基的抗震验算及处理原则	183
第七章 基础托换	186
第一节 概 述	186
一、补救性托换	186
二、预防性托换	187
三、维持性托换	187
第二节 坑式托换	187

第三节 桩式托换.....	189
一、压入桩托换.....	190
二、树根桩托换.....	192
三、打入桩、灌注桩、灰土桩托换.....	194
第四节 地基基础其他托换法.....	194
一、注浆法.....	194
二、基础加固法.....	196
三、基础纠偏法.....	198
四、综合托换.....	200

第一章 建筑场地工程地质勘察

第一节 工程地质基本知识

为了对建筑场地工程地质条件作出评价,需要清楚了解并掌握工程地质的基本知识。本节就地质作用和地质年代、岩石的类型和特征、地质构造、第四纪沉积物及其工程地质特点和地下水等内容作简要介绍。

一、地质作用和地质年代

一切工程建筑物都是座落在地球表层上,这个表层称为地壳。地壳是地球最外面的一层硬壳。地壳一般厚 30~80 km,它的物质组成成分、内部构造和外表形态都在不断地运动着、变化着和发展着。地壳运动可使沉积岩层失去原有水平位置发生弯曲、断裂,高山的岩层中有海洋生物的化石,海、陆沉积的岩层发生交替等事实而得到充分的证明。我国古代早有“沧海桑田”之说,阐明了海陆变迁的事实。

导致地壳物质成分、内部构造和外部形态变化的作用称为地质作用。由地质作用引起的现象称为地质现象。如地震、火山喷发、泥石流、滑坡等。根据引起地质作用能量来源不同,可以分为内力地质作用和外力地质作用。

内力地质作用一般认为是由于地球内放射性元素蜕变产生热能和地球自转产生的动能引起地壳物质成分、构造及形态变化的地质作用。内力地质作用的结果促成海陆变迁,岩层的褶皱与断裂,引起岩浆活动和变质作用,生成岩浆岩和变质岩;还引起火山活动和地震活动等。

外力地质作用是由于太阳辐射能和地球重力位能在地壳表层进行的地质作用。如气温变化,雨雪、山洪、冰川、河流、海洋、风、生物等对地壳表层进行风化、剥蚀、搬运、堆积和胶结等地质作用,使地表形态不断变化,形成新的岩石和堆积物。地质作用类型如表 1-1。就地壳发展来说,内力地质作用与外力地质作用经常在斗争着,并且各以相反的方向作用着。一方面内力地质作用形成地表的隆起与凹陷、褶皱、断层,产生高低不平的地形;另一方面外力地质作用使地表趋于平坦。

地质年代是指地壳发展历史与地壳运动、沉积环境及生物演化相应的时代段落。地球形成至今已有 50~60 亿年的历史,在这漫长的地质年代里,地壳经历了一系列复杂的演变过程,形成了各种类型的地质构造和地貌以及复杂多样的岩石和土。根据地质构造和地貌对建筑场地进行稳定性评价,以及按岩石和土的性质对地基强度和变形进行评价时,都离不开地质年代的知识。一般说来,新构造运动(晚第三纪以来所发生的地壳运动,见表 1-2)明显的地区,要认真研究场地的稳定性问题;早期沉积的土,其强度较高,压缩性较低。

地质年代有绝对的和相对的之分,相对地质年代在地史分析中被广为应用。它是根据地

地质作用类型

表 1—1

能源	地质作用		主要表现
内力作用	岩浆活动	火山作用	岩浆喷出地面, 形成喷出岩
		侵入作用	岩浆侵入断裂带, 形成侵入岩
	构造运动	升降运动(造陆运动)	地壳垂直运动, 陆海迁移
		水平运动(造山运动)	地壳水平运动, 形成褶皱
		断裂运动	发生地震, 形成断裂
	变质作用		地下岩石在高温高压下, 固态变质形成变质岩
外力作用	地质作用过程	风化作用 剥蚀作用 搬运作用 沉积作用 成岩作用	岩石破碎和改变矿物成分 风化产物剥脱 剥落物、岩石碎屑、矿物盐迁移和搬运 被搬运物质从介质中分离而堆积 堆积物质胶结成岩
	地质作用力	河流地质作用 海洋地质作用 湖泊地质作用 冰川地质作用 风地质作用 地下水地质作用	侵蚀、搬运和沉积作用 冲蚀、磨蚀和溶蚀的破坏作用和沉积作用 潮流和潮流冲蚀海岸, 沉积作用 刨蚀、搬运和沉积作用 破坏、搬运和沉积作用 侵蚀、流沙、潜蚀、冻胀

层对比和古生物学方法(由古生物标准化石决定岩层的地质年代)把地质相对年代分为五大代, 每代又分为若干纪, 每纪又细分为若干世和期。与此相应的地层单位也划分为界、系、统、层。现将地质年代的划分列于表 1—2。

二、岩石的类型和特征

地壳是由岩石组成。岩石是矿物的集合体。岩石按成因分为三大类, 即岩浆岩、沉积岩和变质岩。岩石的种类和性质与工程建筑有密切关系, 因此, 在场地评价时就将岩石特点了解清楚。而判别岩石的类型和了解其工程性质必须区分组成岩石的矿物种类及其特征。

(一) 主要造岩矿物

矿物是地壳中天然生成的自然元素或化合物。它具有一定的化学成分、物理性质和产出形态。已发现的矿物有三千余种, 对鉴定和区别岩石种类起决定性作用的矿物, 只不过 20 多种。组成岩石的矿物称为造岩矿物。

矿物的主要物理性质: 每种矿物由于它的化学成分和结晶构造不同, 因此它们表现出不同的物理性质。对鉴定矿物的主要物理性质有: 形态、颜色、光泽、硬度、解理、断口等。

形态 造岩矿物多为结晶体, 具有规则的几何形状。常见形态有片状、鳞片状, 如云母、

地质年代表

表 1-2

代(界)	纪 (系)		距今年数 (百万年)	地壳构造运动	地 史 时 期 主 要 现 象		
新 生 代 Kz	第四纪 (Q)	全新世 (Qh或Q ₁)	0.012	喜马拉雅 构造阶段 (新阿尔卑斯)	近代各种类型的堆积		
		更新世 (Qp)			冰川广布, 黄土生成		
	晚第三纪 (N)	上新世 (N ₂)	1或2			第三纪山系形成, 地势分异显著	
		中新世 (N ₁)	12				
	早第三纪 (E)	渐新世 (E ₃)	25			哺乳类分化	
		始新世 (E ₂)	40				
		古新世 (E ₁)	60			被子植物繁盛, 哺乳类大发展	
			70				
		中生代 Mz	白 垩 纪 (K)		135	燕山构造阶段	广大海侵, 晚期造山运动强烈, 岩 浆活动, 生物界显著变革
	侏 罗 纪 (J)		180		(旧阿尔卑斯)	爬行类极盛, 第二次森林广布, 煤 田生成	
三 叠 纪 (T)	225			陆地增大, 爬行类发育, 哺乳类开 始			
古 生 代 Pz	晚古生代 Pz ₂	二叠纪 (P)	270	海西构造阶段	陆地增大, 造山作用强烈, 生物界 显著变革		
		石炭纪 (C)	350	(华力西)	早期珊瑚发育, 爬行类昆虫发生, 北 半球煤田生成, 南半球末期冰川广布		
		泥盆纪 (D)	400		陆相沉积及陆生植物发育, 鱼类极 盛, 两栖类发育		
	早古生代 Pz ₁	志留纪 (S)	440	加里东	地势及气候分异, 末期造山运动强 烈		
		奥陶纪 (O)	500	构造阶段	地势较平, 海水广布, 无脊椎动物 极盛		
		寒武纪 (ε)	600		浅海广布, 生物初步大量发展		
		元 古 代 Pt	晚元古代 Pt ₂	震旦纪 (Z)			早期地形不平, 冰川广布, 晚期海 侵加广
				青白口纪			
蓟 县 纪							
长 城 纪							
早元古代 Pt ₁		950					
太 古 代 Ar		1800			早期沉积巨厚, 晚期造山作用变质 强烈, 岩浆岩活动		
地球形成, 地壳局部分异, 大陆开始形成		2700			早期基性喷发, 继以造山作用, 变 质强烈, 花岗岩侵入		
		6000					

注 第四纪更新世地质时代再细分为: 晚更新世 Q₃、中更新世 Q₂、早更新世 Q₁。

绿泥石等; 板状 如长石; 柱状, 角闪石、辉石等; 立方体, 黄铁矿; 菱面体, 如方解石; 粒状, 如橄榄石等。

颜色 指矿物新鲜表面呈现的颜色。一般分为浅色（白、浅灰、红、黄、玫瑰等色）、深色（深灰、深绿、黑色等）。

光泽 光泽是矿物新鲜表面反射光线强弱的程度。分为金属光泽和非金属光泽两类。金属光泽是类似金属新鲜面的光泽，光辉闪闪；非金属光泽又分为金刚、玻璃、油脂、珍珠和丝绢等光泽。

硬度 矿物抵抗外力摩擦和刻划的能力，称为硬度。硬度是矿物物理性质中比较固定的性质，因而是鉴定矿物的重要特征。以表 1—3 中矿物的硬度作标准硬度，定出十个硬度等级，用它们来测定待定矿物的硬度。

矿物的硬度等级

表 1—3

硬度等级	矿物名称	野外简易鉴定方法
1	滑石	用软铅笔划时留下条痕，用指甲容易刻划
2	石膏	用指甲可刻划
3	方解石	用黄铜板刻划可留下条痕，用小刀很容易刻划
4	萤石	小刀可刻划
5	磷灰石	用削铅笔刀刻划时可留下明显划痕，不能刻划玻璃
6	正长石	小刀可勉强留下看得见的划痕，能刻划玻璃
7	石英	用小刀不能刻划
8	黄玉	能割开玻璃，难于刻划石英 $Al_2[SiO_2](F, OH)_2$
9	刚玉	能刻划石英 Al_2O_3
10	金刚石	能刻划石英 C

解理 矿物晶体受锤击后沿一定方向裂开的性质称为解理。裂开的面称为解理面，解理面常与结晶面平行。按解理面的完全程度分为极完全解理（极易裂开成薄片）如云母、绿泥石；完全解理（解理面平滑，常沿解面裂成小块）如方解石；不完全解理（裂开面只有局部的光滑平面）；无解理等四种。

断口 矿物击裂后不沿一定方向裂开的断开面，称为断口。按断口面的形态常分为贝壳状、平坦状、参差状、锯齿状等。

认识和区别各种矿物，要仔细观察比较矿物的物理性质，即所谓肉眼鉴定法。此法在鉴定时只需要一些简单的工具，如小刀、放大镜、浓度为 10% 的稀盐酸试剂（稀盐酸与碳酸钙（方解石）发生化学作用有起泡现象）、硬度计等。最主要造岩矿物特征见表 1—4。

（二）岩浆岩及其主要特征

在地壳深处的岩浆（处在高温、高压下的硅酸盐熔体，其主要成分为 SiO_2 ）沿着地壳薄弱地带上升侵入地壳或喷出地表，冷凝后生成的岩石，称为岩浆岩。在地表以下冷凝的岩浆岩称为侵入岩；侵入岩按离地表的深浅程度又分为浅成岩（如花岗斑岩）和深成岩（如花岗岩、辉长岩）。岩浆喷出地表冷凝形成的岩石，称为喷出岩（如流纹岩、玄武岩）。

1. 岩浆岩的矿物成分。主要决定于岩浆的化学成分。岩浆岩最主要的矿物有：石英、正长石、斜长石、云母、角闪石、辉石和橄榄石等。

最主要造岩矿物特征表

表 1—4

编号	矿物名称	形状	颜色	光泽	硬度	解理	比重	其他特征
1	石英	块状、六方柱状	无色、乳白色	玻璃、油脂	7	无	2.6~2.7	晶面有平行条纹，贝壳状断口
2	正长石	柱状、板状	玫瑰色、肉红色	玻璃	6	完全	2.3~2.6	两组晶面正交
3	斜长石	柱状、板状	灰白色	玻璃	6	完全	2.6~2.8	两组晶面斜交，晶面上有条纹
4	辉石	短柱状	深褐色、黑色	玻璃	5~6	完全	2.9~3.6	
5	角闪石	针状、长柱状	深绿色、黑色	玻璃	5.5~6	完全	2.8~3.6	
6	方解石	菱形体、六面体	乳白色	玻璃	3	三组完全	2.6~2.8	滴稀盐酸起泡
7	云母	薄片状	银白色、黑色	珍珠、玻璃	2~3	极完全	2.7~3.2	透明至半透明，薄片具有弹性
8	绿泥石	鳞片状	草绿色	珍珠、玻璃	2~2.5	完全	2.6~2.9	半透明，鳞片无弹性
9	高岭石	鳞片状	白色、淡黄色	暗淡	1	无	2.5~2.6	土状断口，吸水膨胀滑粘
10	石膏	纤维状、板状	白色	玻璃、丝绢	2	完全	2.2~2.4	易溶于水产生大量 SO_4^{2-}

2. 岩浆岩的结构。结构是指矿物的结晶程度、颗粒大小和均匀程度。常将结构分为显晶质结构、隐晶质结构、玻璃质结构和斑状结构。

显晶质结构：岩石中各种矿物晶粒都可以用肉眼看见的一种结构。其中按矿物晶粒的相对大小又可分为等粒结构和斑状结构。

隐晶质结构：岩石中的矿物虽系晶体，但很细小，需用显微镜才能看见的一种结构。

玻璃质结构：岩石中所有成分皆为玻璃质，不能认出矿物，它是岩浆骤冷凝固形成的一种结构。

斑状结构：岩石中一部分显晶矿物被隐晶质（或玻璃质）矿物所包围的一种结构。其中粗大显晶矿物称为斑晶，隐晶质（或玻璃质）部分称为基质。

3. 岩浆岩的构造。构造是指岩石中矿物在空间的排列及充填方式，即岩石的外貌特征。

块状构造：岩石中结晶矿物的晶粒无定向排列，称为块状构造。如花岗岩，角闪岩具有这种构造。它是深成岩、浅成岩的特征。

流纹构造：岩石中柱状或针状矿物，拉长的气孔以及不同颜色的条带，互相平行排列形成流动的纹路，称为流纹构造。这种构造只在喷出岩中出现。

气孔构造和杏仁构造：气孔构造是岩石中呈现大小不等的气孔。杏仁构造是岩石中的气孔被次生矿物（方解石、 SiO_2 ）所充填，形成一种类似杏仁的核，称为杏仁构造。这两种构造多见于喷出岩中。

4. 岩浆岩的分类见表 1—5。

（三）沉积岩及其主要特征

沉积岩是在地表或靠近地表的常温常压下，由早期生成的岩石（岩浆岩、变质岩和早期

岩浆岩分类简表

表 1-5

颜色		浅色(浅灰、浅红、肉红色)→深色(深灰、深绿、黑色)				
化学成分: SiO ₂ 含量		酸性 (>65%)	中性 (65~52%)	基性 (52~40%)	超基性 (<40%)	
成 因 结 构 造	主 要 矿 物 成 分	含正长石		含斜长石		不含长石
		石 英	角闪石	角闪石	辉 石	辉 石
		云 母	黑云母	辉 石	角闪石	辉 石
侵入岩	等 粒 块 状	花 岗 岩	正 长 岩	闪 长 岩	辉 长 岩	橄 榄 岩、 辉 岩
	斑 粒 块 状	花岗斑岩	正长斑岩	玢 岩	辉 绿 岩	
喷出岩	斑状、隐晶流纹、气孔 质或玻璃质状或杏仁状	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	

形成的沉积岩)经风化、剥蚀作用成为岩石碎屑,溶液析出物或有机质等,再经流水、风、冰川等介质搬运到陆地的低洼处或海洋中沉积下来,再经成岩作用形成的岩石,称为沉积岩。沉积岩在地球表面分布最广,约占地表面积的70~75%,因此,它是建筑地基中经常遇到的岩石,也是建筑材料的重要来源。

1. 沉积岩的组成物质。组成沉积岩的物质为沉积物。沉积物主要是岩石风化后的产物,按其性质可分为三类:第一类是碎屑物质,是原岩机械破坏的岩石碎屑和矿物碎屑,如石英砂粒、云母碎片及结晶岩碎块等。第二类是含硅酸岩的原岩经过化学风化后产生的粘土矿物;第三类是原岩在分解过程中被溶解的物质,从溶液状态或胶体状态中沉淀出来的矿物,如方解石、石膏。此外,还有把碎屑胶结起来的胶结物,胶结物常见有铁质、钙质、硅质和泥质四种,这四种胶结物以硅质硬度最大,泥质胶结物硬度最小,且在遇水后易软化。

2. 沉积岩的结构。沉积岩结构分为碎屑结构、泥质结构、化学结构和生物结构。

碎屑结构 是碎屑物质被胶结物胶结的一种结构。按碎屑颗粒大小分为砾状结构(粒径>2mm)、砂状结构(粒径2~0.05mm)、粉砂状结构(粒径0.05~0.005mm)。

泥状结构:粒径<0.005mm,主要由粘土矿物组成,如页岩、泥岩。

化学结构和生物结构 常见有鲕状、贝壳状、珊瑚状、块状等结构。

3. 沉积岩的构造。构造是指岩石中各个组成部分的空间分布及排列方式。常见的构造有层理、波痕、泥裂、化石和结核等。层理是沉积岩最主要的特征。主要是由于搬运介质或沉积环境发生变化,使沉积物物质相应形成的层理现象。限制层的两个面称为层面。

4. 沉积岩的主要类型见表1-6。

(四) 变质岩及其主要特征

地壳中的早期生成的岩石(岩浆岩、沉积岩和已生成的变质岩),在地壳深处新的物理化学环境,即高温、高压及化学性质活泼的物质(水气,各种挥发性气体和热水溶液)渗入作用下,改变了原岩的矿物成分和结构、构造而形成新的岩石,称为变质岩。使岩石发生变质的物理化学过程称为变质作用。

1. 变质岩的矿物成分。变质岩是早期岩石变质形成的岩石,因此,它的矿物分两类:

沉积岩分类简表

表 1-6

分类名称		物质来源	沉积作用	结构特征	构造特征
碎屑岩	砾岩、角砾岩、砂岩	物理风化作用形成的碎屑	机械沉积作用为主	碎屑结构	层理构造、多孔构造
	火山角砾岩、凝灰岩	火山喷发的碎屑			
粘土岩	泥岩、页岩	化学风化作用形成的粘土矿物	机械沉积和胶体沉积作用	泥质结构	层理构造
化学岩和生物化学岩	石灰岩、泥灰岩	母岩经化学分解生成的溶液和胶体溶液；生物化学作用形成的矿物和生物遗体	化学沉积、胶体沉积和生物沉积作用	化学结构和生物结构	层理构造、致密构造

- 注 (1) 火山角砾岩是由角砾状的火山岩屑 (粒径 100~2 mm) 堆积而成的碎屑岩。
 (2) 凝灰岩是由火山灰 (或粒径 2~0.5 mm 的火山岩屑) 沉积而成的碎屑岩。
 (3) 泥岩呈厚层状；页岩则呈薄层状。泥岩和页岩具有典型的泥质结构，抵抗风化能力低，吸水性很强。
 (4) 泥灰岩是由 25~60% 的粘土矿物和 40~75% 的隐晶质方解石 (少量白云石) 组成的，它是泥岩和石灰岩之间的过渡性岩石。

第一类是与岩浆岩或沉积岩共有的，如石英、长石、云母、角闪石、辉石和方解石等；另一类是变质岩具有的，如滑石、绿泥石、蛇纹石。变质岩的矿物常具有片状、鳞片状 (如云母、滑石、绿泥石) 或针状、长柱状外形 (如角闪石、长石)。

2. 变质岩的结构。变质岩的结构可分为三类：即变晶结构、压碎结构、变余结构。

变晶结构 岩石在固体状态下，由重结晶作用形成的结构，它是变质岩常见的结构。一般分为等粒变晶结构 (如大理岩，石英岩)、斑状变晶结构 (如片麻岩)、鳞片变晶结构 (如云母片岩)。

压碎结构 岩石由机械破坏作用产生的结构，称为压碎结构。一般这种结构的岩石其工程性质很差，要引起重视。

变余结构 岩石变质后，还残留有原来岩石的某些结构特征，称为变余结构。如变余砾状结构、变余花岗岩结构等。

3. 变质岩的构造。变质岩的构造是鉴定变质岩的重要特征，主要有以下几种：

块状构造 岩石全为结晶粒状矿物组成，无定向排列，如大理岩、石英岩具这种构造。

片理构造 片理构造是岩石中片状、板状和柱状矿物如云母、长石和角闪石等作定向排列的一种构造。它是变质岩区别于岩浆岩和沉积岩的重要构造特征。片理构造又分为片麻构造和片状构造。片麻构造是岩石中少量片状或柱状矿物呈平行排列，彼此不相连，被粒状矿物所隔开的一种构造。片状构造是岩石中片状、柱状矿物平行排列，并沿片理富集成连续的

薄层的一种构造 (见图 1-1、图 1-2)。

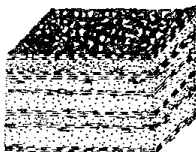


图 1-1 片麻状构造

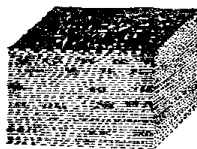


图 1-2 片状构造

4. 变质岩的主要类型见表 1-7。

主要变质岩简表

表 1-7

名 称	鉴 定 特 征				
	主要矿物	颜 色	结 构	构 造	其 他
片 麻 岩	长石、石英、云母	深、浅色相间	斑粒变晶	片 麻 状	
云母片岩	云 母 (有少量石英)	白、银灰色	鳞片变晶	片 状	有显著的丝绸光泽, 质软易剥开
绿泥石片岩	绿 泥 石	绿 色	鳞片变晶	鳞 片 状	
大 理 岩	方 解 石	白色、灰白色	等粒变晶	块 状	滴稀盐酸起泡
石 英 岩	石 英	白色、淡灰白色、淡红色	等粒变晶	块 状	小刀刻划不动

(五) 岩石的工程分类

作为建筑场地和建筑物地基的岩石, 是根据它的坚固性和风化程度进行分类的。

岩石根据坚固性可按表 1-8 分为硬质岩石和软质岩石两类。

岩石坚固性分类

表 1-8

类 别	强 度 (kPa)	代 表 性 岩 石
硬质岩石	≥ 30000	花岗岩、闪长岩、玄武岩、石灰岩、石英砂岩、硅质砾岩、花岗片麻岩、石英岩等
软质岩石	< 30000	页岩、泥岩、绿泥石片岩、云母片岩等

注 强度系指未风化岩石的饱和单轴极限抗压强度。

风化作用是一种使岩石在原地产生物理的 (由于温度变化、裂隙中水的冻结和盐类的结晶所引起)、化学的 (在水溶液、大气以及有机体的化学作用所引起) 和生物的 (生物活动过程中对岩石产生的) 破坏作用。岩石经风化后结构破坏, 变成松散甚至碎粉状物质 (甚至形成各种土和残积物), 致使其强度降低、透水性增强。在岩石严重风化地区, 由于风化层厚, 作为建筑物地基必须把风化层消除。因此, 岩石的风化程度不仅是工程地质勘察中的重

要内容之一，而且是岩石工程分类的重要依据。

岩石按风化程度划分为微风化、中等风化和强风化三等，如表 1—9 所示。

岩石风化程度的划分

表 1—9

风化分类	坚 固 性 分 类	
	硬 质 岩 石	软 质 岩 石
	风 化 特 征	
微 风 化	岩质新鲜，表面稍有风化迹象，锤击声清脆，并感觉锤有弹跳，裂隙少，岩块大于 50 cm，镐不能挖掘，岩心呈圆柱状	岩石结构、构造清楚，岩体层理清晰。裂隙较发育。岩块为 20~50 cm，裂隙中有风化物质填充。锤击没片理或页理裂开。用镐挖掘较难。岩心柱分裂，但可拼成圆柱状
中 等 风 化	岩石的结构、构造清楚。岩体层理清晰。锤击声脆，微有弹跳感。裂隙较发育，岩块为 20~50 cm，裂隙中有少量充填物，用镐难挖掘。岩心柱分裂，但可拼成圆柱状	岩石结构、构造及岩体层理尚能辨认。裂隙很发育。岩块为 2~20 cm，碎块用手可折断，用镐较易挖掘。岩心柱破碎，不能拼成圆柱状
强 风 化	岩石结构、构造及岩体层理都不甚清晰。矿物成分已显著变化，有次生矿物。锤击为空壳声，碎块用手易折断，裂隙发育，岩块为 2~20 cm，用镐可以挖掘。岩心柱破碎，不能拼成圆柱状	岩石结构、构造不清楚，岩体层理不清晰。岩质已成疏松的土状，用镐易挖掘。岩心成碎屑状，可用手摇钻钻进

三、地质构造

地质构造指构成地壳的岩层在空间的形态、特征、分布、位移变化的规律以及岩层间的组合关系。如岩层在空间的分布形态呈成层的水平状态，称为水平岩层；如空间分布形态向同一方向倾斜，称为单斜岩层；如岩层的空间形态是弯曲的，或错断的则形成褶皱构造或断裂构造。研究地质构造的形态、特征以及分布规律等，对地基基础以及其他地下构筑物的设计有很重要的意义。现将不同地质构造介绍如下：

(一) 倾斜岩层及其产状要素

原来是水平的岩层，由于地壳运动的影响，使岩层发生倾斜，岩层面与水平面产生了一定的交角，成为倾斜岩层，如图 1—3 所示。为了确定岩层的空间位置与分布，必须了解岩层产状要素的意义。岩层的产状要素是指岩层层面的走向、倾向和倾角（见图 1—4）。

走向：倾斜岩层层面与水平面的交线称为走向线，走向线两端延伸的方向，称为走向。它表示岩层在空间的延伸方向。

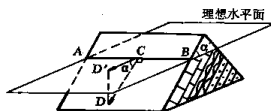
倾向：岩层面上最大的倾斜线在水平面上投影的方向，也就是岩层的倾斜方向。倾向与

走向垂直，因此可以根据已知倾向算出走向，但不能根据走向来算倾向。

倾角：倾斜岩层面与水平面的最大夹角，称为倾角。倾角表示岩层面陡、缓程度，其值在 $0\sim 90^\circ$ 之间。



图 1-3 单斜岩层



ACB—走向线； CD'—倾向线；
CD—最大倾斜线； α —倾角

图 1-4 岩层产状要素

岩层的产状要素是用地质罗盘仪测得。倾斜岩层的产状要素一般用倾向方位角和倾角表示。例如： $135^\circ \angle 60^\circ$ ， 135° 是岩层的倾向方位角， 60° 是倾角。在倾斜岩层构造选择场地时，要注意岩层的倾向和倾角。若将建筑场地选在反向坡的岩层上或坡脚，如图 1-5 中 A 位置，岩层的稳定性较好。反之，把建筑物选择在岩层倾斜顺向坡，如岩层倾角稍大，就发生滑坡或崩塌的可能，其稳定性较差。

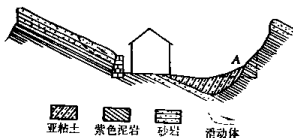
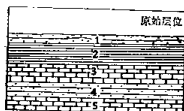


图 1-5 切坡后岩体滑动

(二) 褶皱构造

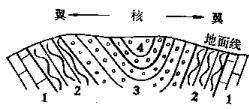
地壳中的层状岩层在水平运动作用下，使原始的水平产状的岩层弯曲起来

(图 1-6)，形成褶皱构造。褶皱构造中的一个单独弯曲称为褶曲，褶曲是褶皱构造的基本单位。褶曲的基本形态是向斜和背斜（见图 1-7、图 1-8）。



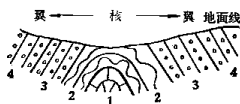
1、4—砂岩；2—页岩；3、5—石灰岩

图 1-6 地壳水平运动过程



岩层 1, 2, 3, 4, 按生成年代由老到新

图 1-7 向斜构造



岩层 1, 2, 3, 4, 按生成年代由老到新

图 1-8 背斜构造

岩层弯曲向上凸起称为背斜，它的基本特征是：中心核部岩层比两侧翼部岩层生成年代老。在正常情况下，两侧岩层倾向相背。而且两翼较新岩对称重复出现在老岩层的两侧。而向斜正好相反，在横剖面上的形态岩层向下凹曲。向斜的基本特征是：中心核部岩层比两侧翼部岩层生成年代新。在正常情况下，两侧岩层倾向相向。

图 1—9 所示为常见的山区褶曲。由于长期的风化剥蚀作用，使得裂隙多的或软弱部分岩层受到严重破坏而丧失完整的褶曲形态。褶曲顶部可能变成低洼谷地（背斜谷），而两侧及向斜（向下弯曲）部分的坚硬岩层，则可能相对突出成为山地（向斜山）。

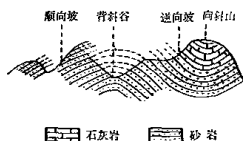


图 1—9 经过侵蚀作用后的褶曲地形的剖面示意图

（三）断裂构造

岩体受地壳运动的作用，在其内部产生了许多断裂面，使岩层丧失了原有的连续性，这种构造统称为断裂构造。断裂构造可分为节理和断层两种类型。

1. 节理

岩层受力产生的断裂，若断裂面两侧岩石没有沿断裂面发生明显的相对位移，此种构造，称为节理。节理在岩石中分布广泛，几乎不存在无节理的岩石。

节理按成因可分为构造节理和非构造节理两类。

（1）构造节理是由地壳运动产生的断裂。它在岩层中不但分布广，而且分布有规律性。其规律性表现在：节理在岩层中总是成组出现，即彼此平行的节理面构成一个节理组；此外，节理在岩层中的位置与其他构造形态（如褶曲、断层）有密切关系。构造节理按力学成因可分为剪节理（一般为闭合同节理）和张节理（一般为张开节理）。

剪节理是由剪应力使岩石产生的断裂，它一般是闭合的，节理线平直，常成对出现，呈“X”型，节理面平滑。张节理是由于张拉应力使岩层产生的断裂，其断裂面间有空隙，节理面粗糙。就工程性质来说，张节理比剪节理工程性质差。

（2）非构造节理包括原生节理和风化裂隙。原生节理——与岩石同时生成的节理。如岩浆岩冷凝时形成的收缩节理（玄武岩中柱状节理等）。风化裂隙——由风化作用产生的裂隙。风化裂隙分布不规则，延伸不远，一般深度不大。

节理使岩体产生裂缝，节理发育和很发育的岩层，对工程建设造成许多不利影响。如破坏了岩石的整体性，大气和水的渗入加速了风化作用和冻胀作用，常会造成边坡的塌滑现象；降低了岩石的地基承载力；加速可溶性岩石（石灰岩、石膏等）的溶解破坏，容易形成溶洞。

2. 断层

岩层受力产生断裂，当断裂面两侧的岩层沿断裂面发生显著相对位移，这种构造形态称为断层。断层有断层面、上盘和下盘等要素（见图 1—10）。

断层的空间位置，由断层面的产状要素来表示。断层线是断层面与水平面的交线。通常用断层线在地质图上表示断层。分居于断层面两侧的两个断块，位于断层面之上的称为上盘，位于断层面之下的称为下盘。

按断层两盘之间移动方向可将断层分为正断层、逆断层和平移断层三种。正断层是上盘

相对下降，下盘相对上升。它主要是水平张力和重力作用形成，断层的力学性质属于张性的，断层面倾角一般较陡（大于 45° ）。逆断层是上盘相对上升，下盘相对下降，它主要是受水平挤压形成的，断层的力学性质属于压性的。平移断层是两盘只在水平方向互相错动，

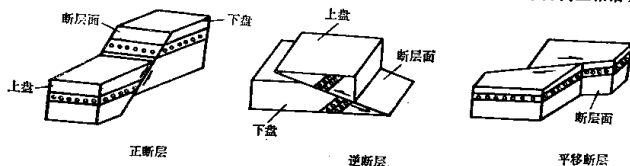


图 1-10 断层类型

这种断层主要是水平剪切运动形成的，属于扭性断层。断层面的倾角很大，有的常近于直立。

在地壳断裂运动中，由于断层两盘相互挤压和揉破岩石，因此，形成与断层面大致平行的断层破碎带，称为断层带。断层带有的宽可达数十米，长数公里至数十公里，有的甚至更长。在断层带内或断层面上可以找到断层擦痕，断层带的岩层已破碎，有断层泥、断层角砾岩、糜棱岩等。

断层泥是岩体在强烈挤压作用下，岩石的结构构造完全破坏，形成以粘土矿物为主的物质。其工程性质特别差。断层角砾岩是压碎的岩屑经胶结形成角砾状岩石。糜棱岩其组成物质为揉碎的粉砂状颗粒，与断层泥相似，其工程性质很差。

断层是褶皱山地的软弱带，对建筑工程非常不利。断层生成的年代越新，其活动性越大，活动断层常表现为强烈的地震。断层带的岩石其工程性质常常很差，因此，在选择建筑场地时，原则上应避免断层带，特别是活动断层带。

四、第四纪沉积物及其工程特点

在地质年代中新近的一个纪——第四纪（见表 1-2）中，由原岩风化产物经剥蚀、搬运、沉积等地质作用而未结硬的松散沉积物，工程上常称之为“土”。我们常遇到分散的地基土，基本上都是第四纪沉积物。按成因类型，第四纪沉积物主要有残积物、坡积物、洪积物和冲积物等。

（一）残积物

残积物是岩石风化后的碎屑物质未经搬运而残留在原地的堆积物。它的分布主要受地形控制，在宽广的分水岭上，由于地表径流速度小，风化物容易保留，残积物比较厚，在平缓的山坡上也常有残积物覆盖（图 1-11）。残积物的特点是，因是残留部分，其矿物成分、颜色很大程度上与下卧基岩相一致，这是鉴定残积物的主要依据；因未经搬运，颗粒仍具棱角，多为角砾，孔隙度大，无层理构造，均质差，作为地基易引起不均匀沉降。

（二）坡积物

坡积物是雨、雪、水流的地质作用将高处的岩石风化物缓慢地冲刷、剥蚀，顺着斜坡逐渐移动，沉积在平缓山坡上的沉积物。它一般分布在坡腰上或坡脚下，上部与残积物相连。