

场地地震效应 工程勘察基础

彭承光 李运贵 编著



地震出版社

场地地震效应工程勘察基础

彭承光 李运贵 编著

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

场地地震效应工程勘察基础/彭承光、李运贵编著. —北京:地震出版社, 2004.12

ISBN 7-5028-2546-0

I. 场… II. ①彭…②李… III. 地震效应场—地质勘探 IV. P315.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 112167 号

地震版 XT200400048

内 容 简 介

本书以国家颁布的勘察设计法规和新研究成果为依据,系统论述场地工程地震勘察基本理论,包括:场地土的成因类型、土的物理力学指标与土动力特征、土的工程分类与工程地质性质;建筑场地与地基;不同场地地基地震效应与震害特点;工程场区活断层探测与鉴定;地震基础知识与工程抗震设防要求;场地条件与场地工程地震勘察;场地地震危险性分析与设计地震动参数估计。

本书内容新颖、充实广泛,理论联系实际,论述深入浅出,方法具体,实用性强,可供从事建筑设计、岩土工程、工程地质、地震地质、工程地震的工程师参考,亦可作为高等院校有关专业师生的参考书。

场地地震效应工程勘察基础

彭承光 李运贵 编著

责任编辑:蒋浩旋

责任校对:孙铁磊

出版发行:地震出版社

北京民族学院南路9号

邮编:100081

发行部:68423031 68467993

传真:88421706

门市部:68467991

传真:68467991

总编室:68462709 68423029

传真:68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销:全国各地新华书店

印刷:北京地大彩印厂

版(印)次:2004年12月第一版 2004年12月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:445千字

印张:17.5

印数:0001~2000

书号:ISBN 7-5028-2546-0/TU·177 (3172)

定价:45.00元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)



前 言

地震是各种自然灾害之元凶。我国位于环太平洋地震带与地中海-喜马拉雅地震带的中间区域,西部与西南部则处于地中海-喜马拉雅地震带所经过的地段,地壳构造运动强烈,地震活动频繁,是世界上地震灾害最为严重的国家之一。我国几乎所有的省、自治区和直辖市,在历史上都遭受过6级或6级以上地震的袭击。地震常给人类带来巨大的灾害。由地震造成人员大量伤亡和财产损失,几乎都是由地震引发场地效应而导致建筑物倒塌、工程设施毁坏所致。因此,许多国家对地震预报都给予很大的重视。我国于1975年2月曾成功预报了海城地震,挽救了成千上万人的生命。但是,人们也注意到,即使是成功地预报地震,地震灾害仍然会发生,因为人们在得到准确的地震预报时,可以迅速撤离危险区,而社区的一切建设与工程设施却只能依然留在原处。何况地震是一种突发性的自然灾害事件,目前,地震预报并没有过关,预报水平仍处于探索研究阶段。国内外多次地震证明,若对建筑物进行有效的抗震设防,就能抗御地震的袭击,避免在大地震时出现结构毁坏,从而减轻地震灾害并大大地减少人员伤亡。国内外地震现场调查表明,场地条件对震害有着十分明显的影响,要使工程建设真正达到减轻地震灾害之目的,选择有利的建筑场地,乃是一项根本性的减灾措施。随着经济建设迅速发展对重大工程抗震设防的要求,我国已于1999年将工程场地地震安全性评价列入强制性建设法规之一。目前,建筑抗震设防和与其相应的工程地震工作已经在社会上越来越得到普遍重视。

工程地震(engineering seismics)是从生产实践中发展起来的一门应用性较强的基础学科,它主要包括地震危险性分析、地震区划、场地地震效应、地震小区划、抗震设防地震动参数预测、活断层探测与鉴定、场地地震稳定性评价等。在我国,工程地震这一术语的应用,应首推谢毓寿先生(1965)所著《工程地震》一书。胡聿贤院士则将工程地震列为地震工程学的一门分支。我国的工程地震事业,自改革开放以来便得到不断完善和迅速发展。一支从事工程地震勘察的技术队伍已在各省、自治区和直辖市相继产生。由于工程地震学是一门与地震学、地震地质学、工程地质学、地震工程学等相互联系渗透的边缘学科,因此,要求从事这方面工作的技术人员应具有较全面的专业知识。

据了解,我国现从事工程地震勘察的技术队伍,专业结构参差不齐,为此,本书试图着重介绍工程地震勘察的基础知识。编写中均以我国新颁布的有关技术规范为依据,并尽量反映有关新的研究成果和国内外一些地震场地效应的实际资料。编写本书的初衷是向新参加这项工作的大学毕业生和科技人员全面介绍场地地震效应工程勘察基础,使他们在进行地震安全性评价和地震小区划时,对场地条件与地震效应的分析,对场地土层地震反应与地震动参数预测,对活

断层的调查与鉴定,对场地地震稳定性与震害评估等诸方面,都能有所裨益。

本书由彭承光编写,李运贵协助编写第2章、第7章和第11章。黄文洁女士协助收集有关资料。

在编写本书时,参考引用了公开发表的一些文献和资料,谨向这些作者表示衷心感谢。

由于水平有限,经验不足,书中定有不少错误或疏漏之处,敬请读者批评指正。

作者

2004年6月于广州

目 录

第 1 章 岩土成因类型与特征	(1)
1.1 地质作用与地质年代	(1)
1.1.1 地质作用	(1)
1.1.2 地质年代	(1)
1.2 岩石的成因类型与特征	(3)
1.2.1 造岩矿物	(3)
1.2.2 岩石的类型	(3)
1.2.3 岩石的主要特征	(4)
1.3 地质构造	(5)
1.3.1 褶皱构造	(5)
1.3.2 断裂构造	(6)
1.4 土的成因类型与堆积年代	(6)
1.4.1 土的成因类型	(6)
1.4.2 土的堆积年代	(12)
1.5 土的结构与构造	(13)
1.5.1 土的结构	(13)
1.5.2 土的构造	(14)
1.6 土的组成	(15)
1.6.1 土中的固体颗粒	(15)
1.6.2 土中的水	(17)
1.6.3 土中的气	(19)
第 2 章 土的物理、力学性质指标	(20)
2.1 土的物理性质指标	(20)
2.1.1 土的三相组成关系	(20)
2.1.2 土的基本物理性质指标	(20)
2.1.3 土的其他物理性质指标	(22)
2.2 土的力学性质指标	(24)
2.2.1 概述	(24)
2.2.2 土的力学性质指标	(25)
第 3 章 岩土的工程分类与工程地质性质	(29)
3.1 岩土的工程分类	(29)
3.1.1 岩石分类与工程地质性质	(29)
3.1.2 碎石土分类与工程地质性质	(35)

3.1.3	砂土分类与工程地质性质	(36)
3.1.4	粉土分类与工程地质性质	(38)
3.1.5	粘性土分类与工程地质性质	(39)
3.2	特殊土类与工程地质性质	(41)
3.2.1	红粘土和次生红粘土	(41)
3.2.2	膨胀土	(42)
3.2.3	人工填土	(42)
3.2.4	有机土和泥炭土	(43)
3.2.5	黄土	(43)
3.2.6	软土	(44)
3.2.7	风化岩与残积土	(46)
3.2.8	混合土	(47)
第4章	土的渗透性与地下水	(48)
4.1	土的渗透性	(48)
4.1.1	土的渗透定律	(48)
4.1.2	影响土的渗透性因素	(49)
4.2	地下水	(49)
4.2.1	地下水的类型	(49)
4.2.2	地下水对地基及基础的作用	(51)
第5章	地震与工程抗震设防	(52)
5.1	地震	(52)
5.1.1	地震成因类型	(52)
5.1.2	世界的地震活动	(52)
5.1.3	我国的地震活动	(55)
5.1.4	地震波	(57)
5.1.5	地震基本概念	(62)
5.2	地震烈度	(65)
5.2.1	地震烈度概念	(65)
5.2.2	中国地震烈度表	(65)
5.2.3	平均震害指数	(67)
5.3	地震区与地震带	(68)
5.3.1	地震区与地震带划分的依据	(68)
5.3.2	中国及邻区地震区与地震带的划分	(69)
5.3.3	地震危险区与潜在震源区	(71)
5.4	工程建设抗震设防要求	(71)
5.4.1	地震区划对一般工程的抗震设防要求	(71)
5.4.2	重大工程抗震设防要求	(72)
5.5	中国地震动参数区划图	(72)
5.5.1	中国地震动峰值加速度区划图	(73)

5.5.2	中国地震动反应谱特征周期区划图	(74)
5.5.3	地震动反应谱特征周期场地土类型调整表	(75)
5.5.4	新地震区划图的基本参数	(76)
5.6	地震作用与地震影响	(77)
5.6.1	地震作用	(77)
5.6.2	地震影响	(80)
5.6.3	多遇地震与罕遇地震的划分	(81)
5.7	建筑抗震设防目标与设防标准	(82)
5.7.1	三个水准抗震设防目标	(82)
5.7.2	各类建筑抗震设防标准	(82)
5.7.3	三个水准与设防烈度的关系	(83)
第 6 章	土的动力特性	(84)
6.1	土的动应力与变形特征	(84)
6.1.1	地震作用的特点	(84)
6.1.2	土的动应力与应变关系	(84)
6.1.3	土的动力特性指标	(85)
6.2	砂土液化	(87)
6.2.1	砂土的液化机理	(87)
6.2.2	影响砂土液化的因素	(88)
6.2.3	砂土的液化判别	(89)
6.3	黄土液化	(98)
6.3.1	黄土的液化机理	(98)
6.3.2	黄土液化实例	(98)
6.4	地基抗液化措施	(99)
6.4.1	地基液化等级对建筑物震害的影响	(99)
6.4.2	各类别建筑地基的抗液化措施	(100)
6.5	软弱土震陷原因与估算	(100)
6.5.1	软土震陷机理与估算	(100)
6.5.2	黄土震陷原因与估算	(104)
6.5.3	砂土液化震陷与估算	(105)
6.6	土介质中的波	(106)
6.6.1	不同物理状态的土对弹性波的影响	(106)
6.6.2	土介质中波的传播	(107)
6.7	场地土的周期特性	(109)
6.7.1	场地的基本周期	(109)
6.7.2	场地基本周期的测定	(109)
6.7.3	场地地震卓越周期	(111)
6.7.4	场地常时微振动卓越周期	(112)
6.7.5	场地地震卓越周期与地脉动周期的关系	(114)

6.7.6	场地设计特征周期	(116)
第 7 章	建筑场地与地基	(119)
7.1	建筑场地与地基概念	(119)
7.1.1	建筑场地	(119)
7.1.2	建筑物基础与地基	(119)
7.1.3	桩基础	(120)
7.1.4	天然地基与人工地基	(121)
7.2	场地土类型与建筑场地类别	(121)
7.2.1	场地土类型的划分	(121)
7.2.2	建筑场地类别的划分	(122)
7.2.3	建筑场地按抗震性能划分各类地段	(125)
第 8 章	场地地震效应与震害	(127)
8.1	地震场地效应类型	(127)
8.2	地震场地振动效应	(127)
8.2.1	地震振动效应与震害	(127)
8.2.2	地震共振效应与震害	(129)
8.2.3	地震盆地效应与震害	(132)
8.3	地震地面破裂效应	(141)
8.3.1	构造性地裂缝与震害	(141)
8.3.2	非构造性地裂缝与震害	(157)
8.4	地震地基效应	(161)
8.4.1	砂土地基液化与震害	(161)
8.4.2	软土地基震陷与震害	(170)
8.5	地震边坡破坏效应	(175)
8.5.1	陡坡地震崩塌	(176)
8.5.2	边坡地震滑动	(176)
8.5.3	边坡破坏效应震害实例	(177)
8.5.4	岸坡地震滑移与实例	(181)
第 9 章	场地条件与场地工程地震勘察	(189)
9.1	场地条件	(189)
9.1.1	场地地形地貌条件	(189)
9.1.2	场地地质构造条件	(192)
9.1.3	场地土质条件	(195)
9.1.4	场地覆盖层条件	(207)
9.2	场地工程地震勘察	(208)
9.2.1	场地工程地震勘察内容	(209)
9.2.2	场地第四纪地质与地貌调查	(209)
9.2.3	场地土勘察	(211)
9.2.4	场地工程地震钻探要求	(213)

9.2.5	场地土层剪切波速测试	(213)
9.2.6	场地地面微振动测试	(217)
第 10 章	场地断层调查与鉴定	(220)
10.1	断层的基本概念	(220)
10.1.1	断层要素	(220)
10.1.2	断层分类	(221)
10.2	活动断层与能动断层	(223)
10.2.1	活断层的涵义	(223)
10.2.2	断层的工程分类	(224)
10.2.3	能动断层的定义与鉴定标准	(225)
10.2.4	活断层与能动断层的区别	(226)
10.3	活动构造与发震构造	(226)
10.4	场地断层活动性调查	(226)
10.4.1	断层活动性的调查内容	(226)
10.4.2	活断层的鉴定标志	(227)
10.4.3	断层的地球物理探测	(242)
10.4.4	断层岩分类及其微观构造形变分析	(245)
10.4.5	断层岩年龄鉴定	(248)
10.4.6	断层活动段	(249)
10.5	活断层的安全距离	(250)
10.5.1	地震活断层对覆盖层的影响	(250)
10.5.2	地震活断层的避让距离	(252)
第 11 章	地震危险性分析与场地设计地震动参数的估计	(254)
11.1	地震危险性分析的确定性分析方法	(254)
11.1.1	地震构造方法分析计算步骤	(254)
11.1.2	历史地震方法分析计算步骤	(255)
11.1.3	地震危险性分析确定性分析结果的确定	(255)
11.2	地震危险性分析的概率分析方法	(255)
11.2.1	概率分析方法概述	(255)
11.2.2	概率分析方法计算步骤	(256)
11.3	场地设计地震动参数的估计	(260)
11.3.1	场地基岩人造地震动时程的确定	(261)
11.3.2	场地土层地震反应计算	(262)
11.3.3	一维场地模型地震地面运动影响分析	(265)
11.3.4	场地地震相关反应谱的确定	(266)
	主要参考文献	(267)

第1章 岩土成因类型与特征

1.1 地质作用与地质年代

1.1.1 地质作用

土与岩石覆盖着地球表面形成地壳，地壳的厚度一般为 30~80km。土来源于岩石。在地壳变动的历史长河中，土与岩石可能已经交替地形成过多次。地球外层的物质成分、外表形态和内部构造都在不断地运动和演变着，引起地壳物质成分、构造及地表形态变化的作用，称为地质作用（geological function）。由地质作用所引起的现象称为地质现象。例如地震、火山喷发、山崩、泥石流、滑坡等。这种地质现象有时表现得很激烈，有时表现得十分缓慢，甚至不易被人们所察觉。例如 1920 年宁夏海原大地震，在瞬间就把城镇夷为平地，令山川地形改观；而我国喜马拉雅山，在 3000 万年以前还是古地中海海底的一部分，到了地质年代的近期，由于地壳运动才开始上升，成为当今世界屋脊。

地质作用按其能量来源的不同，可分为内力地质作用和外力地质作用。内力地质作用是由于地球内部的重力、放射性元素蜕变产生的热能和地球自转产生的动能等，引起地壳成分、形态和构造发生变化的地质作用。内力作用的结果，引起地壳升降、海陆变迁、岩层褶皱与断裂、岩浆活动和变质作用、岩浆岩和变质岩的生成、火山活动和地震活动等。

外力地质作用是由于地球的重力位能和太阳辐射热能等引起地壳表层发生变化的地质作用。外力地质作用诸如气温变化、风霜雨雪作用、冰川和山洪水流冲刷、生物活动等，造成岩层发生崩解、破碎并促进岩石风化。外力作用的结果，引起地表岩石风化、破碎、剥蚀、搬运、堆积和胶结，使地表形态不断变化，并形成新的岩石和堆积物。

内力地质作用和外力地质作用彼此独立，但又互相联系、同时进行。在一定时期和地区，常是某一种地质作用占主导地位。例如对地壳的演变发展来说，内力地质作用占优势，它引起地壳的升降，形成地表隆起、拗陷、褶皱、断层，从而改变了外力地质作用过程。当外力地质作用占优势，在地表进行搬运、堆积，形成平缓宽阔的冲积平原，或广袤千里的黄土高原，并可覆盖由内力地质作用所产生的地质构造现象而重塑地表外貌形态。

1.1.2 地质年代

地质年代系指地壳的发展历史，地壳运动、沉积环境及生物演化的顺序和相应的时代段落。计算地质年代有绝对年代和相对年代两种方法。绝对年代是通过矿物或岩石的放射性同位素测定，按放射性衰变规律，计算出其具体的年龄，用数量时间单位表示；相对年代主要根据岩层的沉积顺序和古生物化石，进行对比划分，这种方法也称为古生物地层法，这样划分年代，只能确定其时间顺序，而不能确定其具体发生时间。地球形成至今，大约有 60 亿年的历史，在这漫长的地质年代里，地壳经历了一系列的演变，形成了各种类型的地质构造和地貌形态，以及复杂多样的岩石和土。工程师在对建筑场地进行稳定性评价时，需要了解地

表 1-1 地层与地质时代表

界 (代)		系 (纪)		统 (世)		构造运动	距今年龄*/ 亿年	
新生界 (代)	Kz	第四系 (纪) Q		全新统 (世) Q ₄ 或 Q _h		喜马拉雅期	现在	
				更新统 (世) Q _p	上 (晚) 更新统 (世) Q ₃		0.001~0.018	
					中更新统 (世) Q ₂			
					下 (早) 更新统 (世) Q ₁			
	第三系 (纪) R	上 (晚) 第三系 (纪) N	上新统 (世) N ₂	0.018~0.12				
			中新统 (世) N ₁	0.12~0.25				
		下 (早) 第三系 (纪) E	渐新统 (世) E ₃	0.25~0.40				
			始新统 (世) E ₂	0.40~0.60				
			古新统 (世) E ₁	0.60~0.80				
			中生界 (代)	Mz	白垩系 (纪) K		上 (晚) 白垩统 (世) K ₂	燕山期
下 (早) 白垩统 (世) K ₁								
侏罗系 (纪) J	上 (晚) 侏罗统 (世) J ₃	1.40~1.95						
	中侏罗统 (世) J ₂							
	下 (早) 侏罗统 (世) J ₁							
三叠系 (纪) T	上 (晚) 三叠统 (世) T ₃	印支期		1.95~2.30				
	中三叠统 (世) T ₂							
	下 (早) 三叠统 (世) T ₁							
古生界 (代)	Pz	上古生界 (晚古生代) P _{z2}	二叠系 (纪) P	上 (晚) 二叠统 (世) P ₂	华力西期	2.30~2.80		
				下 (早) 二叠统 (世) P ₁				
			石炭系 (纪) C	上 (晚) 石炭统 (世) C ₃		2.80~3.50		
				中石炭统 (世) C ₂				
				下 (早) 石炭统 (世) C ₁				
			泥盆系 (纪) D	上 (晚) 泥盆统 (世) D ₃		3.50~4.10		
		中泥盆统 (世) D ₂						
		下 (早) 泥盆统 (世) D ₁						
		下古生界 (早古生代) P _{z1}	志留系 (纪) S	上 (晚) 志留统 (世) S ₃	加里东期	4.10~4.40		
				中志留统 (世) S ₂				
				下 (早) 志留统 (世) S ₁				
			奥陶系 (纪) O	上 (晚) 奥陶统 (世) O ₃		4.40~5.00		
				中奥陶统 (世) O ₂				
				下 (早) 奥陶统 (世) O ₁				
			寒武系 (纪) E	上 (晚) 寒统 (世) E ₃		5.00~6.00		
				中寒武统 (世) E ₂				
				下 (早) 寒武统 (世) E ₁				
				元古界 (代) Pt			上元古界 (晚元古代) Pt ₂	上 (晚) 震旦统 (世) Z ₃ 或 Z _h
中震旦统 (世) Z ₂								
下 (早) 震旦统 (世) Z ₁ 或 Z _a								
下 (早) 元古界 (代) Pt ₁		吕 梁	17.00~25.00					
太古界 (代) Ar*		五台, 泰山	25.00~35.00					
远太古界 (代)			>35.00					

* 综合国内外年表的控制数据。

质构造、地貌形态、岩土之间的相互关系；在阅读工程地质勘察资料，应用工程地质分区图，以及评价场地砂土液化和软土震陷时，都必须具备地质年代的基本知识。在地质学中，科学家通过相对年代法并结合地壳运动和古地理特征，对全世界的地表面进行对比研究，把地质年代划分成五大代，每一代又分为若干纪，每纪再细分若干世。我国地质年代相对应的地层单位划分为界、系、统（表 1-1）。最近的地质年代是新生代第四纪，距今约 200 万年历史，人们在建筑场地上或地表上常见到的“土”，即为第四纪沉积、堆积物。

1.2 岩石的成因类型与特征

1.2.1 造岩矿物

组成地壳的物质，其中少数是以一种元素的形式自然存在，多数则是以化合物的形式存在。这些以一定化学成分和物理性质存在于地壳中的元素或化合物，称为矿物。在自然界中，目前已被发现的矿物有近 3000 种，但常见的矿物仅 50 多种。岩石则是一种或多种矿物的集合体。组成岩石的矿物谓造岩矿物。最主要的造岩矿物只有十几种，如石英、长石、辉石、角闪石、云母、方解石、高岭土、绿泥石、石膏、赤铁矿、黄铁矿等。以一种矿物组成的岩石，如石英岩，只由石英组成；以多种矿物组成的岩石，如花岗岩，由石英、正长石、云母组成。地壳上的岩石，绝大多数是由多种矿物所组成。

1.2.2 岩石的类型

岩石按成因条件可分为岩浆岩（火成岩）、沉积岩和变质岩三大类。

1. 岩浆岩

存在于地壳以下深处高温、高压的硅酸盐熔融体（岩浆、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（magmatite）。岩浆岩侵入地壳逐渐冷凝而成的称为侵入岩。侵入岩按入侵的深浅又分为浅成岩（如花岗斑岩、辉绿岩等）和深成岩（如花岗岩、辉长岩）。岩浆喷出地表冷凝形成喷出岩（如流纹岩、玄武岩）。

组成岩浆岩的主要矿物有：石英、正长石、斜长石、云母、角闪石、辉石和橄榄石等。

2. 沉积岩

露出地面的原岩（可以是岩浆岩、变质岩和沉积岩）经风化、剥蚀作用为岩石碎屑、溶液析出物或有机质等，再经流水、风、冰川等的搬运、沉积、压缩、胶结、硬化等的成岩作用而生成次生岩石，称为沉积岩（sedimentary rock）。沉积岩在地球表面分布最广，约占地球表面积的 70% 以上，因此，它在建筑场地中是经常碰到的岩石，也是建筑材料的主要来源。

沉积岩的矿物成分，有原生矿物，如石英、长石、云母等，还有次生矿物，如方解石、白云石、石膏、岩盐、以及粘土矿物。

沉积岩多呈层状分布，它不仅反映了沉积岩的形成环境，也是区别于其他岩类的最明显特征之一。其中层与层之间的接触面称为层面，层面之间的厚度可以由几厘米至十几米不等。

沉积岩按其成因和组成物质，大体可分为碎屑沉积岩、粘土岩和生物化学沉积岩三类。

3. 变质岩

地壳中的原岩，由于地壳运动、岩浆活动，以及在高温、高压和化学性活泼物质（如水

气、多种挥发性气体、热水溶液等)的渗入作用下,造成原岩物理和化学条件的变化,从而改变了原来岩石的结构、构造甚至矿物成分,形成一种新的岩石,称为变质岩(metamorphic rock)。例如大理岩、石英岩等就是由于接触变质作用生成的;片麻岩、千枚岩等是由于高温、高压的影响而发生大区域变质作用而生成的。各种岩石都可以形成变质岩。由岩浆岩变质形成的岩石叫正变质岩,由沉积岩经变质而形成的叫负变质岩。

变质岩的矿物成分大多具有片状、鳞片状(如云母、绿泥石和滑石),或针状、长柱状(如角闪石、长石)的外形。变质岩中粒状矿物大多数是显晶质的,变质程度愈深,晶粒愈大,这是由于矿物重结晶的缘故。

1.2.3 岩石的主要特征

1. 岩石的结构

岩石的结构是指组成岩石矿物颗粒的大小、形状、结晶程度及其内部结合特征。在工程上,将岩石的结构分为以下三种:

(1) 晶质结构。

晶质结构是岩浆岩特有的性状。按矿物结晶程度又有显晶结构(如一般深成岩)、斑晶结构(如一般浅成岩)、隐晶结构(如一般喷出岩)。结晶越大,造成热胀冷缩的不均匀影响越大,岩石越容易被风化所破坏,该工程性质越差。其结构常与岩浆岩的晶粒结构相似。

(2) 胶质结构。

胶质结构是沉积岩特有的性状。岩石碎屑与其孔隙间的胶结物经成岩作用胶结而成沉积岩,如碎屑沉积岩、化学沉积岩。其胶结物常见有硅质的(SiO_2)、钙质的(CaCO_3)、铁质的(FeO 或 Fe_2O_3)和泥质的(粘土矿物)。接触变质岩也有胶结性质。碎屑沉积岩的工程性质主要取决于胶结性质,硅质的硬度最大,抗风化力最强;钙质、铁质次之;泥质胶结物硬度最小,遇水后很易软化。

(3) 泥质结构。

泥质结构是碎屑物质和胶结物质(都是粘土矿物,如高岭土等,其颗粒粒径小于 0.005mm)所形成的碎屑沉积岩及其变质而成的岩石所具有的特征,这种岩石的工程性质主要取决于岩石本身压密硬化的程度。

2. 岩石的构造

岩石的构造是指岩石中矿物颗粒的排列与填充方式以及其外貌形象。常见的岩石构造有块状构造、流纹状构造、气孔状构造、层理构造和片理构造。

(1) 块状构造。

岩石中矿物晶粒分布均匀,无定向排列。具有等粒结构和斑粒结构的岩石常呈块状构造,如岩浆岩中的花岗岩、闪长岩、致密的玄武岩等;接触变质岩中的大理岩、石英岩等。

(2) 流纹构造。

矿物按岩浆流动的方向定向排列成片状或条状,如流纹岩等。

(3) 气孔构造。

岩浆中的气体、水分等挥发性物质在岩浆急速冷却时会留下许多孔,形成气孔构造。如喷出岩中的玄武岩、浮岩。碎屑沉积岩中的部分砂岩有时也会形成气孔构造。

(4) 层理构造。

层理构造是沉积岩区别于其他岩类的最明显的构造特征。它是沉积物质在不同时期和不

同条件下先后沉积、成层胶结而形成在岩层的垂直方向上，因物质成分、颜色及排列方式等的变化而造成的分层现象。由于层理的存在，造成沉积岩在强度、压缩性和透水性等力学性质的多向性。如垂直于层理的抗压强度大于平行层理面的抗压强度，垂直于层理面的透水性小于平行层理面的透水性，垂直于层理面的压缩性大于平行层理面的压缩性等。

一套岩层的单层厚度可不相同，按其厚度可分为：

巨厚层：单层厚度大于 1.0m；

厚层：单层厚度 1.0~0.5m；

中厚层：单层厚度 0.5~0.1m；

薄层：单层厚度 0.1~0.01m；

极薄层：单层厚度小于 0.01m。

层理按其形态特点又可分为：平行层理、斜层理、波状层理和交错层理。

(5) 片理构造。

它是区域变质岩所独具的特征。变质岩在形成时，由于在内力地质作用所引起的变质过程中，大量片状矿物如云母、绿泥石、板状长石、针状角闪石等按垂直于压力的方向平行排列，故形成片理构造。如片岩、片麻岩、千枚岩、板岩等，其片理面发育，并呈弯曲、光滑，常有较强的金属光泽。片理构造决定了岩石力学性质的各向异性和较弱的抗风化能力。

1.3 地质构造

地质构造 (geologic structure) 是指在内力和外力地质作用下，地壳岩层发生变形和变位所形成的构造形态，如岩体的位置、产状、弯曲、错断以及其相互关系等所展现的形貌；而引起地壳岩层发生变形和变位的运动，则称为构造运动（也叫地壳运动）。在评价建筑场地的地震稳定性时，地质构造条件则是一个很重要的因素。地质构造的基本类型有水平构造、褶皱构造、褶皱构造和断裂构造等（图 1-1）。

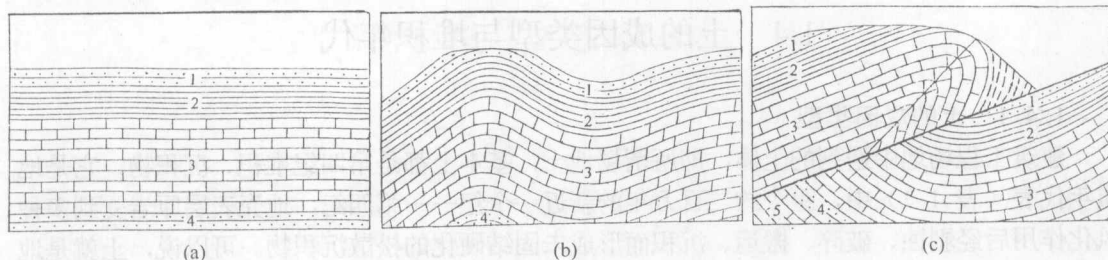


图 1-1 地壳水平运动过程

(a) 原始层位；(b) 弯曲；(c) 断裂

1、4. 砂岩；2. 页岩；3、5. 石灰岩

1.3.1 褶皱构造

地壳中原先成水平产状的层状岩层，在水平构造运动的作用下，发生波状弯曲现象，即形成褶皱构造 (folding structure) (图 1-2)。褶皱的基本单元是褶曲，褶曲可以分为背斜和向斜两种。背斜的形态是岩层向上弯曲。其两侧岩层以褶曲轴为中心，分别向两翼倾斜，中间

部分为较老岩层，两侧岩层依次变新。向斜的形态是岩层向下弯曲。在向斜褶曲中，岩层的倾向与背斜相反，两翼的岩层都向褶曲的轴部倾斜，中间部分为较新岩层，两侧岩层依次变老。由于背斜凸出部位，岩体变形、裂隙发育，岩石破碎，经风化与剥蚀作用，褶曲的顶部往往被侵蚀成低洼谷地，而两侧的坚硬岩层及向斜部分，则可以相对地突出成为山地。因此，褶曲发育的地区，地形多为起伏不平，场地覆盖层变化较大，场地地震效应差别也较大。在此地区的斜坡（特别是顺向斜坡）或坡脚进行规划建设选址时，应特别注意场址地震稳定性，避开对建筑工程不利的、有可能产生地震滑坡或崩塌的地段。

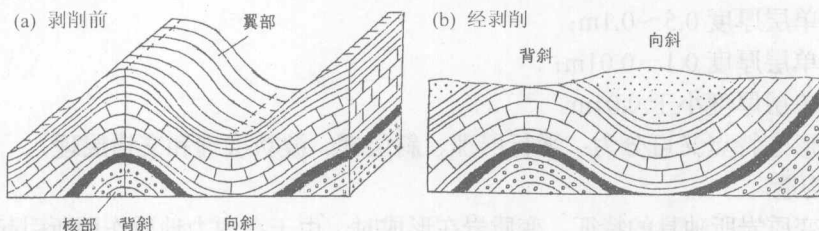


图 1-2 背斜与向斜

1.3.2 断裂构造

岩体受地壳运动作用，在其内部产生许多断面，使岩石失去了原有的连续性，甚至还产生错动的现象，称为断裂构造。断裂构造又可分为节理（裂隙）和断层两种。

岩体破裂后，破裂面两侧岩块没有发生显著的位移，即为节理。一般情况，节理总是有规律的成群出现。裂隙有利于大气和水分的渗入，加速了岩石的风化作用，造成陡坡的地震滑塌；在节理特别发育的地段，岩层风化强烈且风化深度较大，岩石强度大为降低，对工程建设有不利影响。

岩体受力破裂后，破裂面两侧岩块发生显著的相对位移，这种断裂构造称为断层。断层构造对建筑场地的影响请参见第 8 章有关内容，在此不再赘述。

1.4 土的成因类型与堆积年代

1.4.1 土的成因类型

建筑工程场地中遇到的土体，即所谓场地土，基本上都是第四纪堆积、沉积物，它是地质年代表（表 1-1）中，距今约二百万年的新近一个纪——第四纪，地壳表层原岩受到多种风化作用后经剥蚀、破碎、搬运、沉积而形成未固结硬化的松散沉积物。可以说，土就是地表岩石在长期的物理、化学风化作用下，产生大大小小的碎屑颗粒，经过不同营力的搬运沉积，而在各种自然环境中形成的散粒状堆积物。场地土则是由厚度不等、性质各异的若干土层，以特定的上、下次序组合在一起的土体；土体可以是单一土层的均质土，也可以是多层土层的组合体。张咸恭教授（1976）认为：“土体是指建筑场地范围内主要由松软土组成的单元体”，“涉及到对建筑物有影响的整个范围。”并认为：“绝大多数土体，由于它是在漫长的地质岁月中，一次又一次地由不同的堆积作用，不同时代的物质堆积而成；加上堆积的当时地形地貌的变化，它的物质不可能是均匀的，而是由不同层次组成的，这些层次的粒度不同，土的类型不同，物理力学性质也不一致。即使是同一层，也不会是完全均匀的，甚至有着透

镜体、薄夹层。岩层厚度的延伸范围也很不相同，这样就使得土体具有变化多端、各向异性的特点。”

不同成因类型的第四纪堆积物，都各具有一定的分布规律和工程地质特征。常见的第四纪堆积物的主要成因类型及特征如表 1-2 所示。第四纪地层的成因类型符号如表 1-3 所示。

表 1-2 常见的第四纪堆积物的主要成因类型及特征

成因类型	堆积方式及条件	堆积物特征
残积	岩石经风化作用而残留在原地的碎屑堆积	碎屑物从地表向深处由细变粗，其成分与母岩相关，一般不具层理，碎块呈棱角状，土质不均，具有较大孔隙，厚度在山丘顶部较薄，低洼处较厚
坡积和崩积	风化碎屑物由雨水或融雪水沿斜坡搬运及由本身的重力作用堆积在斜坡上或坡脚处而成	碎屑物从坡上往下逐渐变细，分选性差，层理不明显，厚度变化较大，厚度在斜坡较陡处较薄，坡脚地段较厚
洪积	由暂时性洪流将山区或高地的大量风化碎屑物携带至沟口或平缓地带堆积而成	颗粒具有一定的分选性，但往往大小混杂，碎屑多呈亚棱角状，洪积扇顶部颗粒较粗，层理紊乱呈交错状，透镜体及夹层较多，边缘处颗粒细，层理清楚
冲积	由长期的地表水流搬运，在河流阶地、冲积平原、三角洲地带堆积而成	颗粒在河流上游较粗，向下游逐渐变细，分选性及磨圆度均好，层理清楚，除牛轭湖及某些河床相沉积外，厚度较稳定
淤积	在静水或缓慢的流水环境中沉积，并伴有生物化学作用而成	颗粒以粉粒、粘粒为主，且含有一定数量的有机质或盐类，一般土质松软，有时为淤泥质粘性土、粉土与粉砂互层，具清晰的薄层理
风积	在干旱气候条件下，碎屑物被风吹扬，降落堆积而成	颗粒主要由粉粒或砂粒组成，土质均匀，质纯，孔隙大，结构松散
冰水沉积和冰碛	由冰川或冰川融化的冰下水进行搬运堆积而成	颗粒以巨大块石、碎石、砂、粉土、粘性土混合组成，一般分选性极差，无层理，但为冰水沉积时，常具斜层理，颗粒呈棱角状，巨大块石上常有冰川擦痕

表 1-3 第四纪地层的成因类型符号

地层名称	符号	地层名称	符号	地层名称	符号	地层名称	符号
人工填土	Q^{ml}	残积层	Q^{el}	海陆交互相沉积层	Q^{mc}	滑坡堆积层	Q^{del}
植物层	Q^{pd}	风积层	Q^{eol}	冰积层	Q^{gl}	泥石流堆积层	Q^{scf}
冲积层	Q^{al}	湖积层	Q^l	冰水沉积层	Q^{fgl}	生物堆积层	Q^o
洪积层	Q^{pl}	沼泽沉积层	Q^h	火山沉积层	Q^b	化学堆积层	Q^{ch}
坡积层	Q^{dl}	海相沉积层	Q^m	崩积层	Q^{col}	成因不明的沉积层	Q^{pr}

注：① 两种成因混合而成的沉（堆）积层，可采用混合符号，例如：冲积和洪积混合层，可用 Q^{al+pl} 表示。

② 地层与成因的符号可以合起来使用，例如：由冲积形成的第四系上更新统，可用 Q_3^{al} 表示。