

建筑勘察基本知识丛书

工业与民用建筑 工程地质勘察

陕西省综合勘察院《工业与民用建筑工程地质勘察》编写组

中国建筑工业出版社

建筑勘察基本知识丛书

工业与民用建筑 工程地质勘察

陕西省综合勘察院 编写组
《工业与民用建筑工程地质勘察》

中国建筑工业出版社

本书较系统地介绍了工业与民用建筑工程地质勘察的基本知识，全书共十章包括四个方面的内容即：土的工程地质特性和岩土分类；工程地质勘察的基本要求和勘探、测试手段与方法；特殊性土和特殊地质条件下的工程地质问题以及岩石和黄土中地下建筑工程地质问题；工程地质勘察资料的分析整理和勘察报告书的编写要求。本书内容既注意了与现行的有关规范一致，又纳入了近年来国内取得的科研成果和生产中行之有效的经验，还适当介绍和吸取了国外的一些作法和成果。可供从事工程地质勘察工作的技术人员，有关的设计施工人员和大专院校师生参考。

建筑勘察基本知识丛书

工业与民用建筑工程地质勘察

陕西省综合勘察院 编写组
《工业与民用建筑工程地质勘察》

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：15 1/8 插页：1 字数：338 千字

1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷

印数：1—13,440册 定价：1.20元

统一书号：15040·3813

前 言

工程地质学是从生产实践中发展起来的研究与工程建设有关的地质问题的一门年轻科学，在经济建设和国防建设中应用很广，并随着社会主义建设的发展，日益显示其重要性。

工程地质学研究的对象就是地质条件与人的工程活动之间的矛盾。这些条件我们称为工程地质条件，而这些矛盾则称为工程地质问题。工程地质勘察就是指为查明建筑场地的工程地质条件，利用和改造这些条件，即为解决相应的工程地质问题所进行的地质调查、勘探、测试、综合性评价和研究工作。

一般而言，工程地质条件是指建筑场地及其相邻地区的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、自然地质现象等。对工业与民用建筑来说，组成建筑物地基的地层岩性，包括其物理力学性质常常是工程地质研究的最基本的对象。当然，自然地质条件是因地而异的，建筑物的类型和性质也各不相同，因而在不同的情况下作为重点研究对象的工程地质条件也是因地因工程而异的。例如在山区，与场地稳定性有密切关系的自然地质现象（滑坡、错落、堆塌、岩溶、泥石流等）往往是重点研究对象；对地下建筑来说，地质构造对建筑物的稳定性有很大影响，因而岩石的产状、断层节理和破碎带的性质和分布等就成为研究的重点。

作为工程建设与地质条件之间的矛盾的工程地质问题也是因地因工程而异的。对工业与民用建筑来说，地基土的强度和稳定性问题是最常遇的需要首先评价、解决的工程地质问题。在山区建设中，边坡稳定性的保持和滑坡的防治往往

是突出的工程地质问题之一。对地下建筑来说，如何根据围岩的地质构造特点，选择峒室位置，预估山体压力，保持围岩和峒室的稳定性是需要解决的主要工程地质问题。

由上可见，作为地质学的一个分支的工程地质学有其独有的特点。这些特点是：

1. 研究地质问题必须考虑它们与工程建设的关系及其相互影响，还要预测将来的发展趋势，即工程地质预测；

2. 除用地质分析方法对地质条件作定性评价外，还必须进行定量评价，因而要运用室内和现场的测试和理论计算方法，提供结论性意见和可靠的设计参数，供设计和施工的直接应用；

3. 在评价的基础上，提出工程地质措施意见，以充分利用有利的地质条件，限制和改造不利的地质条件，使工程建设符合多快好省的建设方针。

因此可以说，工程地质学是以工程建设为服务对象，以地质条件的研究为基础，以评价和解决工程地质问题为目的，以现代的工业技术所提供的设备和数学、力学计算方法为工具的一门科学。

工程地质勘察是基本建设的第一个环节，是设计、施工的先行官，但它又不仅仅是第一个环节，在设计、施工的过程中也常有不少的调查研究和试验工作要做。工程地质勘察所采用的手段和方法是多种多样，随具体情况而定的，但常用的手段和方法有工程地质调查和测绘、钻探、触探、物探、实验室试验、现场试验和长期观测等种类。这些手段和方法在工程地质勘察中所占的比重应是视工程地质条件和工程建设的内容和要求而异的。对工业与民用建筑而言，钻探、触探和实验室试验一般占有较大比重，但有时在工程地

质条件复杂多变的山区工程地质调查和测绘却是主要的手段和方法，并成为决定采用其它手段的依据和基础。有时，当工程建设有特殊要求时，需要进行多种有针对性的现场试验。在另一些情况下，则需要进行一些长期观测工作，方能对有关的工程地质问题进行可靠的定量评价和预测。这些观测工作持续时间较长，有时一直要持续到建筑物建成投产以后多年。由此可见，如何合理使用各种手段和方法，使其配合适当，因地制宜，有针对性，是工程地质勘察的关键。当前，我国的社会主义革命和社会主义建设已进入一个新的历史发展时期。基本建设工程对工程地质勘察将不断提出新的课题，定量评价的要求也日益严格。这就要求我们迅速提高勘察技术理论水平，不断对现有勘察手段和方法进行革新，不断研究采用新的技术，研制新的机具和仪器，尽快地把声、光、电方面的科学研究成果和自动化技术、遥测遥感技术、电子计算技术等应用到工程地质勘察中来，满足新的需要，为多快好省地完成基本建设任务，为把我国建设成一个社会主义的现代化强国作出贡献。

本书定名为《工业与民用建筑工程地质勘察》，作为建筑勘察基本知识丛书的一种。编写本书的目的是向从事工程地质勘察工作和关心工程地质勘察工作的读者介绍这方面的基本知识。全书共分十章，也可以作为四个部分来看待。第一章和第二章是其第一部分，介绍土的工程地质特性和岩土分类，所谈的是每个从事工程地质勘察的人都会遇到的基本问题。第三、第四、第五和第六章可作为第二部分，讨论的是工程地质勘察的基本要求和一般所采用的主要勘探、测试手段和方法。第七、第八和第九章是专论，可视作书的第三部分。其中第七章和第八章的内容是讨论我国常遇的特殊性

土和特殊地质条件下的工程地质问题。第九章介绍岩石和黄土中的地下建筑工程地质勘察评价。第十章是本书的第四部分，讨论工程地质勘察资料的分析整理和勘察报告书编写等方面的要求，对以前三部分的工作带有归纳性质。在编写过程中，注意了本书内容和现行的工程地质勘察规范、地基基础设计规范和其他有关技术条例在原则上的一致性，纳入了一部分近几年来取得的科研成果和在生产中取得的行之有效的经验，还适当介绍和吸取了一些国外的作法，作为参考和借鉴。但由于篇幅所限，有些接触机会相对较少的或有待进一步研究的问题本书没有涉及。有的问题，如土中的应力分布、建筑物的沉降计算和有些人工地基问题，虽然它们与工程地质勘察有关，但因有关的土力学和地基基础设计等书籍和杂志中已有深入探讨，故本书不再涉及。

本书的绪论、第一章、第二章和第五章由林在贯编写；第三章由陈梅惠编写；第四章由陈景秋编写；第六章由林在贯和汪宝根编写；第七章由汪宝根、袁成绩、陈梅惠和陈景秋编写；第八章由梁伟铭、林在贯和陈景秋编写；第九章由黄于定编写；第十章由韩苍杰编写；书中插图由徐志平清绘；全书由林在贯总成。

在编写本书的过程中，很多单位和同志给我们提供了大量的宝贵资料，特在此致以深切的谢意。

由于我们水平不高，经验不足，书中定有不少不当或错误之处。衷心希望读者同志广泛提出批评指正意见，以便改正、提高。

《工业与民用建筑工程地质勘察》编写组

一九七九年八月

目 录

前言

第一章 土的工程地质特性	1
一、土的物质组成	2
二、土的结构	10
三、土的基本物理性质	14
四、土的压缩性和土的固结	23
五、土的抗剪强度	31
第二章 岩土的工程地质分类	39
一、我国工业与民用建筑工程地质勘察常用的岩土 分类	39
二、岩土的工程地质定名	45
三、土的“统一分类法”	49
第三章 工程地质勘察的基本要求	57
一、勘察阶段的划分与确定勘察工作内容的因素	57
二、选择场(厂)址勘察	30
三、初步勘察	63
四、详细勘察	74
五、施工勘察	88
第四章 钻探和取样	91
一、工程地质钻探	91
二、取样和取土器	105
三、钻探质量和地质编录	114
第五章 触探	122
一、动力触探	122

二、静力触探	134
三、孔内十字板剪力试验	146
第六章 物探和几项现场原位测试工作	151
一、物探在工程地质勘察中的应用	152
二、动力机器基础地基土动力特性指标的测试	170
三、土的静力载荷试验	181
四、桩的静载试验	191
五、现场大面积直剪试验	197
六、横压试验简介	200
第七章 特殊性土工程地质问题	203
一、湿陷性黄土	204
二、膨胀土	236
三、人工填土	257
四、红粘土	273
五、软土	290
第八章 特殊地质条件工程地质问题	315
一、边坡和滑坡	315
二、泥石流	346
三、岩溶	357
四、地震	372
第九章 地下建筑工程地质问题	406
一、黄土地下建筑	407
二、岩石地下建筑	428
第十章 工程地质勘察报告书	457
一、工程地质勘察报告书内容概述	457
二、各勘察阶段工程地质勘察报告书的主要内容	459
三、场地稳定性和地基土承载力评价举例	462

第一章 土的工程地质特性

土是岩石的风化产物，除原地残积的以外，多数是风化后再经水流、风力或重力作用搬运或多次搬运沉积而成的。它几乎遍布地壳的表面，覆盖于岩石（或称基岩）之上，薄者数十厘米至数米，厚者数十米到数百米。显而易见，它与各种类型的建筑物的相互关系是十分密切的。绝大多数的工业与民用建筑物的重量要由土层来支承，这时它构成了建筑物的地基（或地基土）。即使采取了人工加固地基土的措施，整个建筑物连同人工地基土往往仍要靠下面的土层来支承。有时，人们在土体内开挖峒室，建造地下建筑物，或者把建筑物造在天然斜坡或人工边坡下方。这时土和土体就作为建筑物的环境而施加其影响。这些作为地基或环境的土是我们工程地质勘察的对象，研究的基本内容就是这些土的工程地质特性。

土的工程地质特性一般可分为物理性质、水理性质和力学性质三大类。也有把物理性质和水理性质统称为物理性质的，即把土的工程地质特性分成物理性质和力学性质两大类。不论怎么划分，土的工程地质特性的差异或变化，说到底还在于土本身的物质组成和结构的不同，为此我们先从这方面进行研究。

一、土的物质组成

土是一种多相的物质，通常由固态相、液态相和气态相三个部分组成。固态相主要由固体矿物颗粒和一定量的有机物组成。液态相一般是水的电解质溶液。液态相和气态相的物质存在于固体矿物颗粒之间的孔隙中。当土中的孔隙全部被水溶液充满时，土就处于饱和状态，成为由固态相和液态相物质组成的两相体。有时，土中的孔隙几乎全部由气体充填，这时土呈干燥状态并亦是一种两相体。在多数情况下，土中的孔隙总是不同程度地被水溶液所充填着，因此土就处于程度不同的潮湿状态中。

应该注意的是，这三种组成部分不是彼此孤立和不变的，而是相互联系和作用着，并随着环境条件（压力、温度、湿度等）的变化而改变其相互关系的。特别是固体矿物颗粒和作为液态相的水的电解质溶液之间的相互作用更为重要。这是决定土的工程地质特性的重要内因。随着它们之间的相互关系和作用的改变，土的工程地质特性也就产生显著的变动。为此，下面我们对土的固体矿物颗粒的大小、土的矿物成分和土中水进行研究，并把它们作为研究土的工程地质特性的基础。

（一）土的粒度成分

土是由不同大小的矿物颗粒和其集合体组成的，称为土粒。土粒大者直径可达一米以上，小的仅千分之几毫米，即几微米（ μ ），相差悬殊。土粒大小对土的性质的影响主要表现在两个方面：一是土粒大小不同，它们的比表面积不同，因而土粒与周围水溶液发生作用的能力就不同；二是较大的土

颗粒一般是岩石碎屑和结晶格架比较稳定的原生矿物颗粒，亲水性弱，但随着粒度的变细，次生矿物的含量比例增加，亲水性就增强。当土颗粒细至 <0.005 毫米(5μ)，以至 <0.002 毫米(2μ)时，土就呈现一种胶体性质。此时土粒与水的作用能力特别强烈，产生了一种质变，从而对土的工程地质特性具有一系列重大影响。关于这一问题，我们以后还要谈到。

根据这种土颗粒大小的影响，将具有相似性质的土粒归并成组，称为粒组。概略分之，可分成四大粒组(或粒级)，即砾石粒组(粒径 >2 毫米)，砂粒组(粒径 $2\sim0.05$ 毫米)，粉粒组(粒径 $0.05\sim0.005$ 毫米)和粘粒组(粒径 <0.005 毫米)。这四大粒组，还可进一步细分。在表1-1中对粒组进行了细分并表示了粒组和土的性质的一般关系。

自然界的土很少是由同一种颗粒组成，而是由不同粒组的土粒大小混杂在一起的。各种粒组在土中的相对含量(以占干土重的百分数计)称为粒度成分(或颗粒级配)。它表示土的颗粒大小及其相互比例，与土的性质有重要关系。测定土中各粒组的相对含量的试验方法称为粒度分析。由于不同粒度成分(或颗粒级配)反映了土的不同性质，因此可按土的粒度成分对土进行分类。我国现行的《工业与民用建筑地基基础设计规范》和《工业与民用建筑工程地质勘察规范》就把土分为碎石土、砂土和粘性土三大类。这将在后面详细谈到。

为了更好表示土的粒度分析的结果，无论国内或国际都广泛利用我们称之为累积曲线或粒度曲线的图解表示方法。图1-1所示就是各种不同粒度成分(或各种不同颗粒级配)的土样的累积曲线。由图可见，在曲线的纵轴上是普通的十

土的粒组划分及其性质

表 1-1

粒组名称		分界 粒 径 (毫米)	一 般 特 性						
组	亚组		连 结	可塑性	遇膨 水胀	干燥 收缩	透水性	毛细管 水上升	压缩 变形
漂石或块石	大	800	无	无	不	不	极强	极微	极小
	中	400							
	小	200							
卵石或碎石	极大	100							
	大	60							
	中	40							
圆砾或角砾	小	20							
	粗	10							
	中	5							
砂	细	2							
	粗	0.5	无 或毛细 水连结	无	不	不	强	不高	小
粒	中	0.25							
	细	0.10							
	极细	0.05							
粉粒	粗	0.01	毛细管 水连结	无	不 或 不显著	不 或 不显著	弱	高	不大
	细	0.005							
粘粒	粗	0.002	结合水 连 结	有	显 著	显著	极弱	高	大或 很大
	细								

进制刻划，其读数表示小于某一粒径的所有土颗粒占整个土样的重量百分数或表示大于某一粒径的所有筛余土颗粒占整个土样的重量百分数（简称累计筛余百分数）。但是土颗粒的直径，即使在同一土样内，是从最粗到最细相差十分悬殊的。因此，在曲线的横轴上采用了以十为底的对数刻划方法。由图 1-1 可见，采用了这种方法之后，不但是粗的粒组，而且尤其是细的粒组的分布，都可以直观地看得甚为清楚。

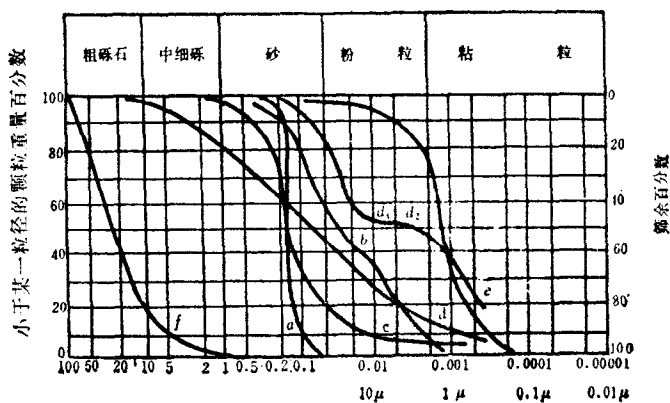


图 1-1 各种土的累积曲线

在图 1-1 中累积曲线 a 是很陡或者近于直立的，它表示一种很均一的土。曲线 b 好似驼峰，说明土样是一个混合物，是由两种或几种均匀的土混合组成的。曲线 c 在砂粒组的这一段很陡，然后逐渐转趋平直，在细粒组的这一段很平、很长，这常常是风化残积土的特点。曲线 d 表示土样的级配很好。曲线 e 上有一段很平直 (d_1-d_2)，说明粒组的分布不正常，缺少了与 d_1-d_2 相应的那些颗粒。由此可见，

用半对数坐标表示的累积曲线是土的粒度成分（或颗粒级配）的一种很有用的表示方法。

在结束对土的粒度成分的讨论之前，还应提一下土的不均匀系数（Coefficient of uniformity，故也有称均匀系数的），它主要适用于砂土，由下式表示：

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$$

式中 d_{60} ——土颗粒的直径，在一个土样中小于这一直径的土颗粒的重量百分数为60%；

d_{10} ——土颗粒的直径，在一个土样中小于这一直径的土颗粒的重量百分数为10%。 d_{10} 也称为土的有效粒径。

c_u 愈大，土的粒度成分愈不均匀。一般地说：

当 $c_u < 5$ ，土的粒度成分是均匀的；

当 $c_u = 5 \sim 15$ ，土的粒度成分是中等均匀的；

当 $c_u > 15$ ，土的粒度成分是很不均匀的。

将砂土、粉土和粘土的累积曲线进行对比后发现，粘土要远比砂土为不均匀，平均来说：

砂 土 $c_u = 10 \sim 20$ ；

粘 土 $c_u = 10 \sim 100$ ；

黄土(粉土) $c_u = 2 \sim 4$ 。

(二) 土的矿物成分

除少量有机质外，作为固态相的土粒是由不同的矿物组成的。按它们对土的工程地质特性的影响的不同，可将土中的矿物分为三类：

1. 不溶于水、亲水性弱的岩石碎屑和原生矿物。它们主要是岩浆岩和变质岩经剥蚀和搬运而沉积的产物，如石英、

正长石、斜长石、云母、角闪石、辉石等，常形成较粗的颗粒，与水基本上不发生作用，颗粒之间一般没有连结，是大多数土尤其是砂土的主要组成部分。由于矿物颗粒的形状、大小及其间的孔隙的不同，它们对土的性质的影响也不同。

2. 不溶于水、亲水性强的次生矿物，主要是指各种粘土矿物，如蒙脱石、水云母（伊利石）和高岭石等。它们是长石、云母、角闪石、辉石等原生矿物经化学风化而形成。这类次生矿物中以蒙脱石的亲水性为最强，遇水膨胀，体积可增大数倍或数十倍；水云母次之；高岭石则又次之。它们是组成土中的粘粒的主要矿物成分，由于颗粒细，高度分散，与水的作用强烈，故又称为胶体。土中粘土矿物含量比例的增减和种类的变化，对土的性质的影响非常显著，因此粘土矿物含量多少和种类的不同是决定土的性质的主要内在因素。

3. 溶于水的次生矿物，主要是能不同程度溶于水的盐类，即所称的水溶盐类矿物，可分为：

（1）难溶盐类，如方解石（ CaCO_3 ）、白云石（ $[\text{CaMg}]\text{CO}_3$ ）；

（2）中溶盐类，如普通石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）；

（3）易溶盐类，如钠盐（ NaCl ）、钾盐（ KCl ）、芒硝（ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）等。

这些盐类在土中常以隐晶质或微晶质状态存在，能对土粒起一定的胶结作用，但当有较多的水渗入土中时，易溶和中溶的盐类可被溶解，使土的性质改变，强度降低，因此土中含有较多的易溶和中溶盐类是一个不利的因素。难溶的方解石等碳酸盐类在水的长期作用下也会被逐渐溶解而以结核的形式沉积于下部层位中，这时上、下土层的性质就会有所

改变。

除上述三类固体矿物外，土中常不同程度地含有亲水性强的有机物。它们是动植物的新陈代谢活动或生物遗体分解形成的产物，包括处于不同分解程度的泥炭和完全分解的腐植质。有机质的性质很不稳定，其分解程度愈大，含腐植质愈多，胶体性质愈显著，亲水性愈强，从而对土的工程地质特性的影响愈大。有机质含量高的泥炭和淤泥等土的自然固结程度低，压缩性高，而且由于孔隙率高和孔隙中的水不易排出，在外荷下固结历时很长。同时，这类土抗剪强度低，因此，这类土常常是性质不良的软土。

（三）土中水

土中水存在于土的孔隙之中，实际上它是一种水的电解质溶液。它与土粒，尤其是土中的粘土矿物相互作用，对土的性质有着极大的影响。在本世纪初，一位名叫阿脱勃（Atterberg）的瑞典农学家通过试验发现这样一种现象：当把石英磨细到直径为0.002毫米（ 2μ ）或更细的颗粒后，它并不具有可塑性。然而，当把云母磨成这样大小的细粒后，它显示出了可塑性，而且粒度愈细，可塑性愈高。此后不久，高尔施密特（Goldschmidt）提出了一条现已被普遍接受的解释可塑性的理论。根据这条理论，土的可塑性是由于很薄的、鳞片状的粘土矿物颗粒的存在及其与土中孔隙水的相互作用而引起的。这些粘土矿物颗粒在表面上带有负电荷。因为水的分子是偶极的，所以在土粒表面附近的水分子就象一根根微小的磁棒一样在土粒表面附近的电磁场中作定向的排列，如图1-2。

由于土粒表面的电荷的存在和水分子的双极性，因此可将土中的水按其距土粒表面的距离和状态特性分成：