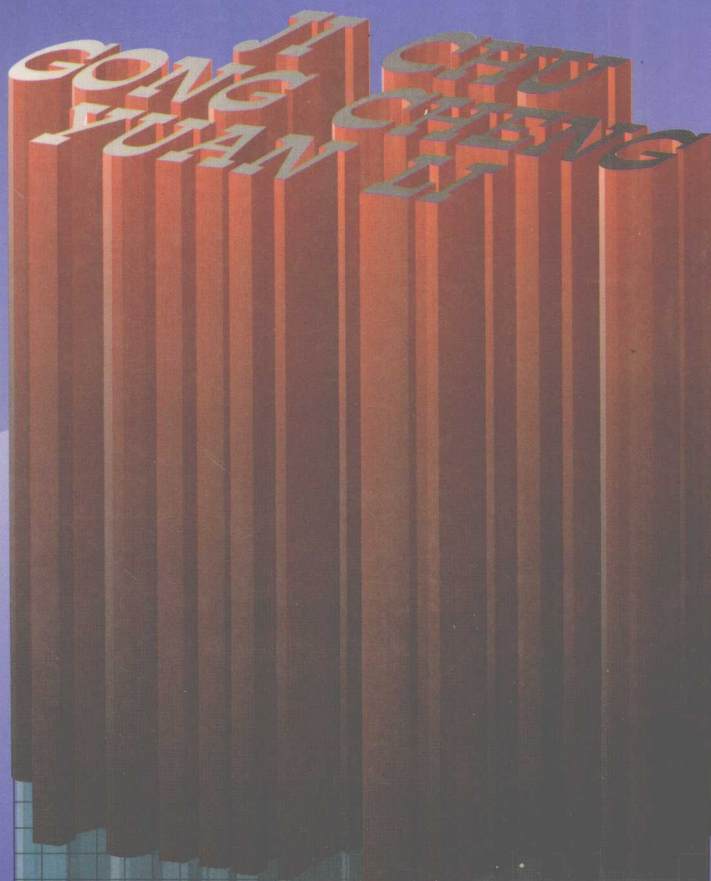


武汉水利电力大学“211工程”建设资助项目

基础工程原理

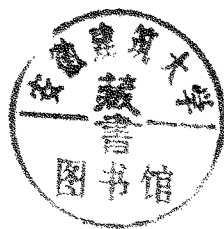
王钊 主编



武汉水利电力大学出版社

基础工程原理

王 钊 主编



武汉水利电力大学出版社

1998. 武汉

(鄂)新登字 15 号

图书在版编目(CIP)数据

基础工程原理/王钊主编;侍倩等编. —武汉:武汉水利电力大学出版社,1998.8
ISBN 7-81063-013-X

I.基… II.①王… ②侍… III.地基-基础(工程) IV.TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 20439 号

内 容 提 要

基础工程原理是土力学的后续课程,包括地基勘察、基础设计和地基处理三个方面的内容。本书介绍了本学科较成熟的新方法和新材料的应用。本书可适合水利、工业与民用建筑等专业学生和工程技术人员。

责任编辑:瞿扬清 封面设计:涂 驰

武汉水利电力大学出版社出版发行

(武汉市武昌东湖南路8号 邮编 430072)

武汉大学出版社印刷总厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.375 字数:320千字

1998年8月第1版 1998年8月第1次印刷 印数:0001—1500册

ISBN 7-81063-013-X/TU·2 定价:19.00元

前 言

基础工程原理(Principles of Foundation Engineering)是土力学的后续课程,包括地基勘察、基础设计和地基处理三个方面内容,且尽量反映本学科较成熟的新方法和新材料的应用。教材的编写致力于用较短的篇幅将基础工程的概念和原理讲解清楚,书中的符号和公式与新发表的规范相同,同时为了增强学生的工程意识和对实践的指导作用,也汇编了规范和有关手册中的设计公式、试验标准及施工方法。

本书的大部分内容已经讲授过多次,并在此基础上补充完善而成。增加的例题和习题大多针对工程实际问题,有示范性,可适合水利、工业与民用建筑等土木工程专业学生和工程技术人员使用。全书包括绪论和十三章,全部讲授需 40 学时左右。

本教材是由武汉水利电力大学、中南勘察设计院、武汉工业大学具有较丰富教学及实际工程经验的教师及专家编写的。本书绪论、第二、四、九、十、十一、十三章由武汉水利电力大学王钊编写;第十二章由武汉水利电力大学俞季民编写;第三、五、六、七章由武汉水利电力大学侍倩编写;第一章由中南勘察设计院李受祉编写;第八章由武汉工业大学王协群编写。全书由王钊主编。

由于水平有限,书中的错误与疏漏之处在所难免,希望读者多加指正。

编 者
1996 年 8 月

目 次

绪 论	(1)
第一节 地基勘察	(1)
第二节 基础设计	(3)
第三节 地基处理	(4)
第一章 地基勘察	(8)
第一节 概 述	(8)
第二节 钻 探	(11)
第三节 触 探	(12)
第四节 取样与室内试验	(21)
第五节 原位测试	(22)
第六节 水文地质勘察	(23)
第七节 勘察成果	(24)
习 题	(26)
第二章 天然地基上的浅基础	(27)
第一节 概 述	(27)
第二节 扩展基础	(27)
第三节 基础埋置深度的选择	(29)
第四节 地基承载力的确定	(31)
第五节 基础底面尺寸的确定	(40)
第六节 地基稳定性验算	(53)
习 题	(54)
第三章 连续基础	(56)
第一节 柱列下条形基础	(56)
第二节 交梁基础	(61)
第三节 片筏基础	(64)
第四节 箱形基础	(69)
习 题	(74)
第四章 基坑开挖	(76)
第一节 概 述	(76)
第二节 降排水和隔渗	(76)
第三节 基坑支护设计	(89)
第四节 土方开挖和回填	(100)

习 题	(100)
第五章 桩基础及深基础	(102)
第一节 概 述	(102)
第二节 单桩竖向承载力	(104)
第三节 群桩竖向承载力	(109)
第四节 桩基变形及估算	(112)
第五节 桩基设计	(113)
第六节 桩筏和桩箱基础	(118)
第七节 地下连续墙	(120)
第八节 沉井基础	(122)
习 题	(124)
第六章 换土垫层法	(127)
第一节 砂垫层	(127)
第二节 加筋砂垫层	(129)
第三节 碾压夯实	(130)
习 题	(132)
第七章 深层密实法	(133)
第一节 强夯法	(133)
第二节 挤密和置换	(135)
第三节 复合地基计算	(141)
习 题	(143)
第八章 预压排水固结法	(144)
第一节 概 述	(144)
第二节 砂井固结理论	(145)
第三节 设计施工和检测	(150)
第四节 真空预压法	(151)
第五节 电渗排水法	(152)
习 题	(155)
第九章 深层搅拌法和高压喷射注浆法	(156)
第一节 深层搅拌法	(156)
第二节 高压喷射注浆法	(160)
习 题	(164)
第十章 土层锚固技术	(165)
第一节 锚定板结构	(165)
第二节 灌浆斜土锚	(167)
第三节 螺旋锚	(171)

第四节 土钉	(175)
习题	(176)
第十一章 加筋土结构	(178)
第一节 加筋土的概念和应用	(178)
第二节 加筋土挡土墙	(179)
第三节 加筋土陡坡	(181)
第四节 软弱地基上的加筋堤	(183)
第五节 浅基础的地基加筋	(184)
第六节 施 工	(185)
习 题	(187)
第十二章 建筑物纠偏	(188)
第一节 概 述	(188)
第二节 纠偏方法分类	(189)
第三节 地基应力解除法	(190)
第十三章 土工膜防渗工程	(196)
第一节 概 述	(196)
第二节 土工膜的工程特性	(197)
第三节 防渗工程的设计	(197)
第四节 防渗工程的施工	(204)
习 题	(205)
参考文献	(205)

绪 论

基础工程原理的主要内容包括地基勘察、基础设计和地基处理三部分。所有建筑物和构筑物如房屋、大坝、桥梁、油罐等，都座落在地层上，建筑物的最下面的那部分结构称为基础，由基础将建筑物的荷载传递到邻近的地层中去；而受建筑物荷载影响的那部分地层称为地基。由基础传来的建筑物荷载将在地基范围内产生不可忽略的附加应力和变形。为了减小地基中的应力和变形，一般将基础的底面积加大，使其大于建筑物的横截面积，或者将基础深置于地表之下。由此涉及到的基础类型选择、底面积和埋深的确定等就是基础设计的主要内容。

地基的物理性质和状态，承载力大小和变形特性是基础设计的主要依据，因此在设计前必须采取有效手段了解地基的岩土组成、物理力学特性和水文地质条件，这些都是地基勘察的任务。

对于软弱土地基或者建筑物荷载很大，地基承载力和抵抗变形的能力不足的情况，必须选择最佳的措施对地基进行处理。此外，随着工程建设的发展，对基础工程提出了新的要求，促进了一些新技术的形成和完善，例如，深基坑的稳定、土层锚固技术、加筋土结构、建筑物纠偏，以及新材料土工膜在防渗工程中的应用等。

基础工程是建筑物的根本，直接关系到上层建筑的稳定。从工程费用上看，基础造价占建筑物总造价的比例，随着复杂地基的开发应用而呈上升趋势，有的高达30%。如果勘察、设计和施工正确，不仅能确保工程顺利完成和正常运行，同时也能节省工程投资。反之，很多实例也表明，许多事故来自于地基基础，有的发生在施工的过程，如基坑失稳，危及周围建筑，有的发生在建筑物施工后，如整体倾斜，不能正常使用，甚至不得不拆除或炸毁。当然，事故的预防和事故发生前的补救措施也属于基础工程的范围。

综上所述，基础工程原理这门课程涉及地基勘察、基础设计和地基处理的基本原理，并介绍岩土工程中出现的一些新技术。全书力求用简短的篇幅将原理讲解清楚，同时，为了服务于工程实践，教材中也汇编了有关规范和手册中对设计和试验及施工方法的具体规定和建议。

第一节 地基勘察

地基勘察是为建筑物地基和基础设计服务的，它仍属于岩土工程勘察的范畴，其目的在于用各种勘察手段和方法，揭示和评价建筑场地和地基的工程地质条件，为设计和施工提供所需的工程地质资料。

常用的勘察手段和方法可列举如下（参见图0-1）

1. 坑探

坑探是在地基表面挖探坑(井)或开槽，以直接观察地层分布和取得土样。该法不需复杂

的专用设备，可准确观察地层的结构和变化，但勘察的深度有限，如超过 3 m，挖方量即很大，需作坑壁支护，高地下水位也使坑探难于进行。

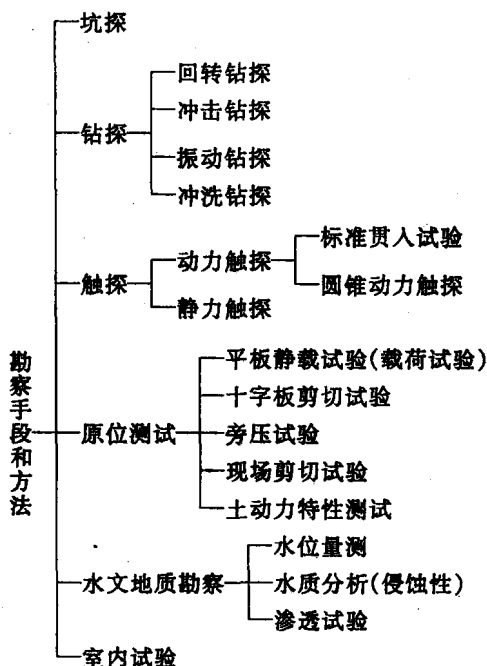


图 0-1 常用的勘察手段和方法

2. 钻探

运用钻机等设备在地层中成孔，用以判别地层的分布、地下水位，并可取出岩（土）样进行室内试验。其中回转钻探是最常用的一种，其钻头形状有螺旋状和管状两种，管状岩心钻可取得完整的岩（土）样，同时钻进深度可超过百米，多为高层建筑地基勘察采用。在回转钻探遇到坚硬岩层或大块石、漂石难以通过时，可用冲击钻击碎，经循环液带出地面。冲击钻和振动钻一般都不能得到有代表性的土样，至于冲洗钻是借助压力水成孔，不利于地层分布的区分，故很少用于地基勘察。

钻探除可得岩（土）样外，主要成果为各孔的地层分布，即钻孔柱状图（参见第一章图 1-1），将勘察线上各孔的柱状图连接起来，可得工程地质剖面图（参见图 1-3）。

3. 触探

将一定形状的探头以静力均匀压入或动力锤击打入地层（其设备可见第二章图 2-9 和 2-10），根据贯入土层测定的指标可用以判别土层类别，也可间接推求物理学状态指标，如砂土的密实度、内摩擦角和液化性、粘性土的稠度状态和无侧限抗压强度 q_u 以及地基承载力和压缩性指标。触探的设备简单，能得到很多室内试验的指标，但受勘察深度的限制（一般浅于 20 m），常用于低层建筑的地基勘察，或配合钻探以增加勘察深度。

4. 原位测试

触探是一种原位测试手段，可直接在建筑场地勘探并推求一些测试指标，其它列举的原

位测试方法在土力学教材中曾作过介绍，详见本书第一章。

5. 水文地质勘察

在现场勘察地下水位和进行渗透系数的测定，用以进行渗透稳定分析，同时取水样进行室内化验，主要用以判断对基础材料的侵蚀性。

6. 室内试验

从坑探和钻探所得的原状及扰动土样可完成下列类型的土工试验，如物理性质、物理状态、强度指标、变形指标和渗透系数的测定。如工程需要，还可测定土的动力特性，以及黄土的湿陷性和膨胀土的胀缩特性指标。

在选用上述勘察手段和方法得到地层分布及有关特性参数后，勘察工作还应对建筑场地的稳定性和适宜性作出评价，并预测工程施工及运用阶段可能出现的问题，提出监控、预防和处理措施。

第二节 基础设计

基础是建筑物最下面的一部分，其上面为上部结构，如墙或柱，下面与地基土接触。因此，在基础设计中，应将基础、上部结构和地基联系在一起考虑，特别是应将地基和基础结合在一起进行设计，以满足地基的稳定性和基础沉降控制的要求，此外，基础的结构刚度、材料的强度和耐久性应符合要求。同时还应考虑施工方便，如基坑的开挖和降低地下水位要求、施工机械的配置，以及工程的费用和工期安排。

为满足上述设计要求，有如下一些基础类型可供选择（如图 0-2）。

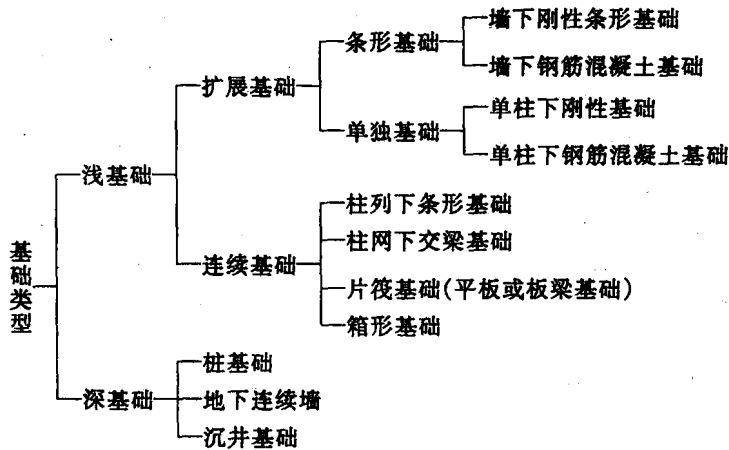


图 0-2 基础类型

1. 浅基础和深基础

按基础底面的埋深，以及埋深与基础宽度的相对大小，可将基础分为浅基础和深基础两种。所谓浅基础，在考虑地基稳定性时，埋深以上基础两侧的土可简化为旁侧荷载，而不计滑动面通过它们时该处土的抗剪强度。通常埋深小于 6 m，埋深不大于基础宽度时，可视为

浅基础，反之，则为深基础。

2. 扩展基础和连续基础

扩展基础的水平截面积自上而下逐渐扩大，包括墙下条形基础和单根柱子下的单独基础，其特点是设计时可将其上部结构、基础和地基三者分别作为脱离体，考虑各自的力的平衡，而不考虑三者间变形的协调条件。例如，对基础而言，其上面有墙或柱传来的荷载，下面为地基反力。地基反力的大小与地基的压缩变形有关，因此分布是复杂的，这里假设基础具有足够的刚度，基础和地表不产生脱离，因而反力按直线分布。这样的假设使设计简单化，且产生的误差在允许的范围内，称为常规设计。对连续基础则必须考虑基础与地基的变形协调，基底反力与地基的压缩变形有关。

条形或单独扩展基础又分为刚性基础和柔性基础。所谓刚性基础是指基础的挠曲变形可以忽略不计的基础，一般基础的高与宽之比较大，基础主要承受压应力，常用砖、石或素混凝土构筑。柔性基础是宽而浅的基础，一般用钢筋混凝土浇筑，基础受力后将产生较大的弯曲变形，因此，除压应力外，还要受拉应力和剪应力，拉应力由钢筋承担，压应力和剪应力由混凝土承担。

除了上列分类外，还有浅和深复合型基础，如桩与条形、单独或连续基础构成复合桩基等。

浅基础的常规设计安排在第二章，连续基础安排在第三章，深基础安排在第五章。第四章介绍基坑开挖、支护和降排水方面的内容。

第三节 地基处理

在地基基础设计中，除了地基稳定性和基础沉降控制的要求外，在基坑开挖中，当开挖至地下水位以下时，会出现渗透稳定的问题；在水工建筑中，当地基的渗透性较大，地基土的级配较差，在大的水力梯度作用下，也会产生流土和管涌破坏，并引起水量的损失。所有这些设计要求，当在天然地基上通过基础选型无法得到满足时，就必须对地基进行处理，以确保建筑物的顺利施工和安全正常运行。

地基处理的方法很多，而且处在不断地发展之中，这里仅就常用的方法按其原理进行大致的分类，所谓大致的分类是指每种方法所依据的原理不是单一的，另一方面，不同的方法中又往往包含一些共同的原理。例如，作为地基加筋的挤密砂桩同时也兼有排水固结的作用。

图 0-3 所示地基处理的方法，有些是近年发明和推广的，如高压喷射、深层搅拌、强夯、夯扩桩和劈裂灌浆等，应列入地基处理或岩土工程新技术的范畴；有些是属于新材料的应用，如土工合成材料用于加筋、防渗和排水（塑料排水带）等工程。在本书后面的章节中将介绍主要地基处理方法的原理；对未列入本教材的地基处理方法，仅对其名词作一简要的解释。

1. 沉管灌注桩 (Driven Cast-in-Place Pile)

桩按施工方法划分为灌注桩和预制桩两种。灌注桩又分人工挖孔、机械成孔和沉管三种作业方式。沉管灌注桩是用沉桩机械将由预制桩尖、活瓣桩尖或锥形封口桩尖封闭底部的桩管沉入地下挤土成孔，在拔管的同时灌注混凝土成桩，按沉管的动力不同又可分为锤击沉

管、振动或振动冲击沉管等不同方法。后面要介绍的夯扩桩正是从沉管灌注桩发展而成的。

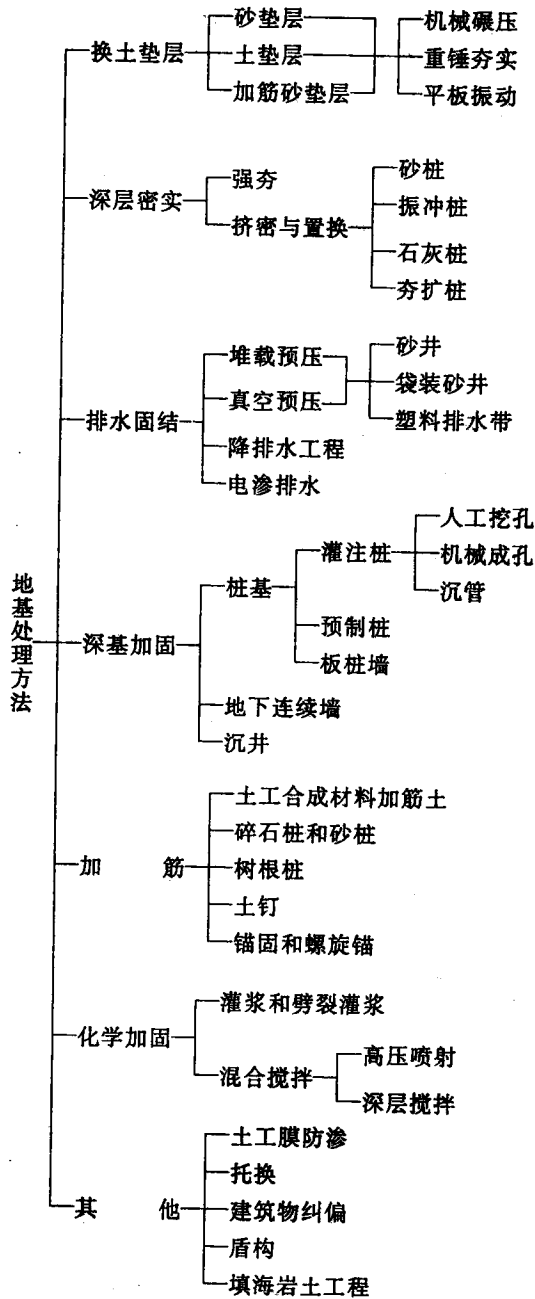


图 0-3 地基处理方法分类

2. 板桩墙 (Sheet Pile Wall)

板桩是埋入地基土中主要用以抵抗土和水产生的水平力的构件。按板桩用材的不同，有

木板桩、钢筋混凝土板桩和钢板桩三种。板桩连接起来即形成打入式的连续墙（板桩墙）。板桩墙的断面比重力式挡土墙的断面要小，在水平力作用下容易产生挠曲变形，故又称为柔性挡土结构。有时用位于墙顶的横撑或锚杆减小挠曲弯形。板桩墙用途很广，既可作为临时结构支撑，也可作为永久性结构埋入地基土中起挡土、隔水作用。在基坑开挖、码头、堤岸、桥台、船坞、围堰和运河护壁等工程中大量使用。特别是在水中或在地下水水位以下施工，同其它方法比较有明显的优势。

3. 树根桩 (Root Pile)

树根桩是一种小直径现场灌注的钢筋混凝土桩，直径一般在 57 ~ 250 mm，可沿竖向或任意倾斜方向，形成的桩群像树根，故得名，其施工步骤为：“钢套管导向钻孔→下钢筋→下注浆管→浇灌同时振拔套管→成桩。”多用于托换和边坡加固工程。

4. 灌浆和劈裂灌浆 (Grouting and Split Grouting)

灌浆是将既有流动性又有胶结性的浆液按规定的浓度，通过特设的灌浆孔压入地基或基础的岩土缝隙中，经硬化、胶结形成具有防渗和加固作用的固结体。最常用的浆液为水泥系列浆液，可用于砂砾层灌浆、水工建筑物接缝灌浆、帷幕灌浆和隧洞回填灌浆等。其它的灌浆有化学灌浆，如防渗型的丙烯酰胺类和聚脂胺类，补强型的甲基丙烯酸酯和环氧树脂两类。还有用于软土地基加固处理的硅化灌浆和碱液灌浆。

劈裂灌浆是我国近年来研究成功的一种处理土坝和堤防渗漏隐患的一项新技术。在较高灌浆压力的作用下，浆液克服堤坝中的小主应力使原有孔隙或裂缝扩胀，或在垂直于小主应力方向形成新的裂缝，从而使低透水性土层中的可灌性得到改善，同时增大了浆液扩散的距离。因堤坝中小主应力的方向垂直于过坝轴的铅直面，故形成的灌浆帷幕恰好形成防渗墙。

5. 托换 (Underpinning)

托换是针对已有建筑的基础和地基采取的综合治理措施。例如将基础加深、加宽或在基础侧面施工板桩墙、树根桩和地下连续墙等。一般将原基础由于某种原因不符合要求进行的托换称为补救性托换；将因某种原因（如邻近建高层建筑）对原有基础提出更高要求所进行的托换称为预防性托换。托换的方法主要有坑式托换和桩式托换两种，前者是在建筑物基础下挖坑补浇基础混凝土，后者是采用不同的桩型加深基础或处理地基。严格地讲，建筑物纠偏也是一种特殊的托换技术。

6. 盾构 (Shield Method)

这是一种在软土和软岩中修建地下隧道的施工机具，其结构包括：壳体、开挖机构、推进系统、衬砌拼装系统等。钢制壳体是整个盾构的骨架及保护体，其前端为切口环承担土体开挖和正面挡土的机能，中部为支承环，装有操作平台、推进用的千斤顶及液压系统。壳体后部称为盾尾，是衬砌用管片拼装区。伴随前端开挖、壳体推进，后端即形成已衬砌好的隧道。

盾构施工地下隧道的优点在于：施工不受覆土深度影响；机械化和自动化程度高、劳动强度低；具有良好隐蔽性、噪音、振动等公害少。特别适用于隧道穿越河底、海底或地面建筑群时不影响航道通航和地面建筑正常使用。

7. 填海岩土工程 (Offshore Filling Geotechnical Engineering)

填海岩土工程是随着国民经济的迅速发展，特别是沿海工业的发展而出现的新技术。常见的施工方法有：水上吹填、干填、排水固结、强夯和振冲挤密等。由于海上岩土工程的勘

察、设计和施工都较陆上复杂，因此，填海工程需通过海上勘察与填方试验优选确定最佳填海方案，使之满足设计要求。

以上简要介绍了本课程的一些基本内容，可以看出基础工程涉及的学科很广，有工程地质、土力学、结构设计和施工等知识；由于地基土的成分、成因和构造不同，其性质是比较复杂的，加之土的性质随含水量及外力的变化而改变，使得不同建筑场地的地基性质相差很大，这就要求设计者以土力学基本理论为基础，以工程勘察结果为依据，灵活采用合适的基础型式和选用最佳的处理方案去解决基础工程问题。同样，在本课程的学习中，也应善于从基础设计和地基处理的方法中找出有关材料力学，结构力学和土力学的理论根据，加强计算能力的训练，学好这门实践性很强的专业基础课。

第一章 地基勘察

(Soil Investigation)

第一节 概述

任何一项建筑物或构筑物必然座落在地基之上。这里提到的“地基”是指支承基础和上部结构，对建（构）筑物有直接影响的那部分土层或岩层。地基的性状，主要是它的稳定性、承载能力和变形特性，对位于其上的建（构）筑物的安全和正常使用至关重要。因此在地基基础设计之前必须充分了解地基的特点，即地基的岩、土构成，各岩土层的物理力学性质，地下水的赋存情况等。要获得这些资料，必须进行地基勘察。

“地基勘察”是相对于本课程“地基基础设计”而言的。为土木工程进行的地质勘察按照传统称为“工程地质勘察”（Engineering Geological Investigation），现在则多改称“岩土工程勘察”（Geotechnical Investigation）。工程地质勘察或岩土工程勘察是以地质学、岩土力学、结构力学等为基础的边缘学科和应用技术，其内容远超过本课程的范围。本章着重介绍与地基基础设计有直接关系的勘察工作内容。但考虑到从事地基基础设计的岩土工程师和结构工程师对整个勘察工作应有一个完整的概念，特在本节内对勘察工作的有关规定和习惯作简要的介绍。

一、岩土工程勘察的任务

1. 勘察场地的适宜性

岩土工程勘察首先要对场地的建筑适宜性作出结论。所谓“场地”，是指拟布置建（构）筑物及其附属设施的整个地带。场地的建筑适宜性主要决定于两个方面：

(1) 场地的稳定性

场地的稳定性是决定场地是否能建筑的先决条件。处于活动滑坡范围的场地，有活动性断裂通过的场地都是不稳定的场地，一般是不能进行建筑的，选址时应避开。即使场地范围内不存在上述不良地质因素，如果场地的周边有崩塌、滑坡、泥石流等发生的可能，对场地的安全构成严重威胁，这样的场地也是不宜建筑的；地下岩溶发育，有可能引起大规模地面塌陷，或者地下有采空区，导致地面严重变形或下陷，也是一种不稳定的现象，不经处理，也不宜进行建筑。

(2) 场地开发利用的经济性

场地开发利用的经济性，主要是要求根据地形、地质条件判断场地对拟建项目是否需要投入很多的治理费用。例如土地平整、边坡支挡、地面排水、地基处理、抗震设防等都需要投入资金，不同的场地条件，这些费用的额度可能有很大的出入，必须从技术经济角度论证

场地利用的合理性与可行性。

2. 勘察岩土层分布及性质

在解决场地建筑适宜性之后，勘察的第二项任务就是查明场地以至每个单体建（构）筑物所处部位的岩土层分布、性质，通过测试提供各层的承载力及压缩性等设计所需的计算参数，并对设计与施工应注意的事项提出建议。传统的工程地质勘察着重反映客观自然条件，而岩土工程勘察则强调勘察工作不仅要反映自然而且要研究并参与改造自然，即在场地整治、地基处理、基础选型、施工方案等方面进行深入研究，提供具体意见，并在建设的全过程中提供服务。

二、岩土工程勘察的阶段划分

从上述岩土工程勘察的任务可见，勘察工作应是从全局到局部，从定性到定量，从简略到详细的逐步深入的过程，表现在程序上就是按阶段进行工作。以房屋建筑的勘察为例，勘察工作一般分为三个阶段。

1. 可行性研究勘察（选址勘察）

选址阶段主要是对若干参与被选的初选场址的建筑适宜性作出评价，为各场址的技术经济比较和选址决策提供地质方面的依据。这一阶段的工作通常以搜集资料及现场调查研究为主，必要时才进行少量勘探工作。

2. 初步勘察

初步勘察阶段的主要任务是针对已选定的场地进行不同地段的稳定性和地基岩土工程性质的评价，为确定建筑总平面、选择场地、地基整治处理措施提供资料。本阶段中，一般需进行一定数量的勘探工作，但勘探点比较稀疏。初勘的勘探点是按照垂直于地貌单元或地层走向的勘探线布设的。勘探对象主要是第四系土层时，应采用垂直于地貌单元的勘探线，例如垂直于河流及其岸边的各级阶地。勘探对象主要是岩层时，则应采用垂直于地层走向或地质构造走向的勘探线。勘探线按一定的间距布设，每条线上按一定的间距布设勘探点。初勘的勘探线距和线上点距取决于地质的复杂程度和工程的重要性等级。地质条件复杂，工程重要时，线距为 50~100 m，线上点距为 30~50 m；地质条件简单，工程重要性一般时，线距为 150~300 m，线上点距为 75~200 m。初勘的勘探深度一般应达 15 m 左右，部分控制性的勘探点深度应达到 30 m 或更深。

3. 详细勘察

详细勘察阶段的主要任务是按已确定的建筑总平面图对不同的建筑物提供详细的岩土层分布情况及其技术参数，为地基、基础的设计与施工提供资料。详细勘察勘探点的密度比初步勘察阶段增加，一般按拟建建（构）筑物的轮廓或柱网布设，点的间距由地质条件简单时的 40~65 m 至地质条件复杂时的 15~35 m 不等，深度则应达到建筑物荷载影响的范围。

除上述三个阶段之外，还有一个施工阶段的勘察。按照传统的概念，只有在施工中发现地质情况有局部变化，或设计施工方案改变要求补充地质资料时才进行施工勘察；而按岩土工程勘察的概念，则施工中的验槽，检测等后续服务工作均可纳入施工勘察的范畴。

勘察工作的阶段划分对各类工程（建筑、水利、道路等）可能不尽相同，但基本原则是一致的。另外，也不是所有项目的勘察都要经历所有的阶段，应根据具体情况确定。例如，旧城改造中拟在某处兴建一高层建筑，不存在比较选址问题，地区的建筑经验也很充足，这

时一般只进行一阶段勘察，即详细勘察阶段的勘察。

三、岩土工程勘察的常用手段

以上提到了勘探 (Exploration)，往往有人误以为勘探就是勘察，钻探就是勘探，其实不然。勘探只是勘察的手段，虽然是很常用的手段，但不是唯一的手段。岩土工程勘察的常用手段包括：

1. 工程地质调查与测绘

目的是了解场地的地质和地貌、不良地质现象的发育程度和分布范围、场地的已有建筑经验等。

2. 勘探

用以了解岩土层的性质和空间分布，可分为：

(1) 直接的 如探井、探槽、坑探、洞探，人可进入其中直接地观察岩土层的状况。

(2) 半直接的 包括各种钻探，只能根据岩芯 (Core) (由钻头取出地面的样品) 间接判断岩土层的状况。

(3) 间接的 包括各类触探和工程地球物理勘探 (简称工程物探)。触探是根据某种形状的探头采用某种方式贯入地层过程中的阻力变化来判断地层。工程物探是通过对地下物理场 (电场、磁场、重力场等) 的量测来了解地层、地质构造、地下洞穴和埋藏物等。

3. 测试

包括现场原位测试和取样室内试验，目的是测定岩土层的物理、力学、化学性质，获得设计计算所需参数。

在一项勘察工程中究竟需采用哪些勘察手段，应根据地质情况和工程要求而定。一般要采用多种手段配合，取长补短，才能获得最佳效果。对地基基础设计而言，钻探、触探和各种测试是最常用的。

四、岩土工程勘察的程序

岩土工程勘察通常按以下步骤进行：

①由上部结构设计单位提出勘察任务委托书。委托书应注明勘察阶段，拟建 (构) 筑物的规模、荷载及总平面布置等，并提出对勘察工作的具体要求，需要解决的重点问题等。

②由勘察单位根据规范的规定及委托书的要求编制勘察工作纲要，对整个勘察工程的具体工作内容、顺序、操作要领、质量标准等作出规定。

③按照勘察工作纲要的规定完成各项外业工作 (如地质测绘、勘探、现场测试等)，如果情况有变化，可对工作纲要作修改、补充，外业工作作相应增减。

④完成内业资料分析整理、编制勘察成果报告书。

⑤施工时配合设计施工单位进行基底土质检验，当开挖情况与勘察报告不符时提出处理意见，或补充工作。

以上介绍的是有关岩土工程勘察的一般知识，更具体的内容，如勘察任务、手段选择等，不同工程类型和不同地质条件有不同的规定，可参阅有关规范、规程或教科书。以下各节只介绍一般建筑工程常用的勘察方法。