



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

JICHU GONGCHENG

基础工程

刘丽萍 主 编
翟聚云 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

JICHU GONGCHENG

基础工程

主 编 刘丽萍
副主编 翟聚云
编 写 李向阳 冯志焱
闫治国 张少军
主 审 高永贵 韩晓雷



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

Foundation Engineering

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书除绪论外，共分为七章，主要内容包括岩土工程勘察、天然地基上的浅基础设计原理、浅基础结构设计、桩基础和深基础、地基处理、基坑工程、特殊土地基等。本书按照国家最新的相关规范编写，遵循理论联系实际的基本原则，注重引入设计计算例题，使理论与工程实际紧密结合。叙述力求由浅入深、突出重点。

本书可作为普通高等院校土木工程专业及相近专业教材，也可作为广大工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

基础工程/刘丽萍主编. —北京: 中国电力出版社,
2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5083-5575-7

I. 基... II. 刘... III. 地基—基础 (工程)—高等学校—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 100952 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)
汇鑫印务有限公司印刷
各地新华书店经售

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.5 印张 399 千字
印数 0001—3000 册 定价 26.40 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,结合现代基础工程的发展趋势,按照土木工程专业培养高级应用型人才的要求进行编写。本书适用于普通高等院校土木工程专业学生学习,也可作为土木工程技术人员的参考用书。

本书遵循理论联系实际的基本原则,注重引入设计计算例题,使理论紧密与工程实际相结合,培养及提高学生的应用能力。叙述力求由浅入深、突出重点。章后思考题和习题紧扣章节内容并结合工程实际,利于对知识的消化吸收和培养读者综合应用知识的能力。本书参照我国最新颁布的相关规范和规程编写,便于读者了解最新规范的内容,从而更好地掌握基础工程课程的内容。

全书共七章,包括:岩土工程勘察、天然地基的浅基础设计原理、浅基础结构设计、桩基础、地基处理、基坑支护工程和特殊土地基等内容。每章后均附有思考题和习题。本书由刘丽萍任主编,翟聚云任副主编,李向阳、冯志焱、闫治国、张少军参编。具体编写分工如下:绪论、第二章、第三章由刘丽萍(西安建筑科技大学)编写;第四章由刘丽萍、闫治国(同济大学)编写;第一章、第五章由翟聚云(平顶山工程学院)编写;第六章由李向阳(上海城建集团第二市政公司)、张少军(西安工业大学)编写;第七章由冯志焱(西安建筑科技大学)、李向阳编写。西安建筑科技大学高永贵教授和韩晓雷教授审阅了全书,并提出许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。

本书编写过程中参阅的相关资料和优秀教材的名称,均在参考文献中列出,在此向有关作者深表感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2007年5月

目 录

前言

绪论	1
第一节 地基、基础与基础工程	1
第二节 基础工程的重要性	2
第三节 基础工程现状与发展	2
第四节 课程特点及学习要求	3
第一章 岩土工程勘察	5
第一节 概述	5
第二节 勘察阶段的划分及布孔	6
第三节 工程地质测绘和调查	10
第四节 岩土工程勘探方法	11
第五节 岩土工程原位测试	13
第六节 现场检验与监测	20
第七节 地基土的野外鉴别与描述	23
第八节 室内土工试验岩土参数的分析与选取	26
第九节 岩土工程勘察报告	27
思考题	34
习题	34
第二章 天然地基上的浅基础设计原理	36
第一节 概述	36
第二节 浅基础类型	36
第三节 基础的埋置深度	39
第四节 地基承载力的确定	42
第五节 基础底面尺寸的确定	49
第六节 减小不均匀沉降危害的措施	56
第七节 地基、基础与上部结构相互作用的概念	60
思考题	63
习题	63
第三章 浅基础结构设计	64
第一节 概述	64
第二节 无筋扩展基础	64
第三节 钢筋混凝土扩展基础	67
第四节 地基模型	75

第五节 柱下条形基础及十字交叉基础	79
第六节 筏形基础	99
第七节 箱形基础	107
思考题	115
习题	115
第四章 桩基础和深基础	117
第一节 概述	117
第二节 桩基础的类型	119
第三节 单桩竖向极限承载力	124
第四节 单桩水平极限承载力	133
第五节 复合基桩承载力验算	139
第六节 桩基础的沉降验算	144
第七节 桩基础的设计步骤	146
第八节 软土地基减沉复合疏桩基础计算	155
第九节 深基础简介	157
思考题	163
习题	164
第五章 地基处理	166
第一节 概述	166
第二节 机械压实法	169
第三节 强夯法	171
第四节 换土垫层法	173
第五节 排水固结预压法	176
第六节 复合地基理论	182
第七节 水泥土搅拌法	186
第八节 高压喷射注浆法	189
第九节 灌浆法	191
第十节 水泥粉煤灰碎石桩 (CFG 桩) 法	193
第十一节 挤密法和振冲法	195
思考题	199
习题	200
第六章 基坑工程	201
第一节 概述	201
第二节 基坑支护结构形式	203
第三节 支护结构上的荷载	206
第四节 基坑支护结构计算	207
第五节 基坑稳定性分析	224
第六节 基坑现场监测与信息化施工简介	226

思考题	228
习题	228
第七章 特殊土地基	230
第一节 湿陷性黄土	230
第二节 膨胀土地基	238
第三节 红粘土	245
第四节 盐渍土	245
思考题	246
习题	246
附表 桩基等效沉降系数 ϕ_w	248
参考文献	254

绪 论

第一节 地基、基础与基础工程

所有支承在岩土层上的结构物,包括房屋、桥梁、堤坝等都由上部结构和地基基础组成。承担建筑物荷载的地层称为地基,介于上部结构与地基之间的部分是基础,如图 0-1 所示。

地基是指支撑上部结构并受上部结构荷载影响的整个地层。因而,实际意义上的地基是指有限深度范围内的直接承载并相应产生变形的地层。如果场地基岩埋藏较深,地表覆盖土层较厚,建筑物经常建造在由土层所构成的地基上,这种地基称之为土基。如果场地基岩埋藏较浅,甚至出露于地表,建筑物经常建造在由岩层所构成的地基上,这种地基称之为岩基。

当地基为多层土时,与基础底面相接触的土层称为持力层。持力层直接承受基础底面传给它的荷载,故持力层应尽可能是工程性质好的土层。凡在持力层下面的地基土层称为下卧层。

地基可分为天然地基、人工地基。天然地基指不经过人工处理,直接用来作建筑物地基的天然岩土层;人工地基是经过人工地基处理后满足建筑物地基基础设计要求的岩土层。显然,在条件允许的情况下采用天然地基是最经济的。

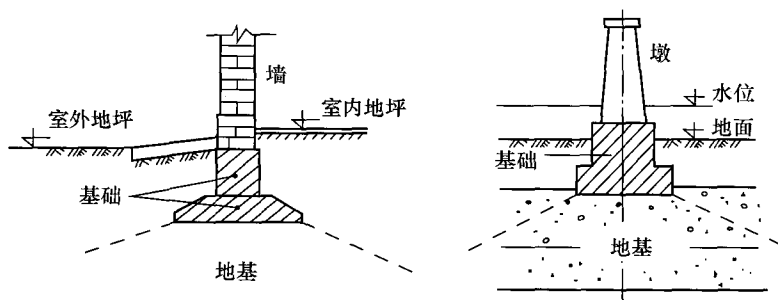


图 0-1 地基与基础

基础是指结构物最下部的构件或部分结构,其功能是将上部结构所承担的荷载传递到地基上。基础应有一定的埋置深度,使基础底面置于好的土层上。基础按埋深可分为浅基础和深基础。浅基础是相对于深基础而言的,两者差别主要在施工方法及设计原则上。浅基础的埋深通常不大,用一般的施工方法进行施工,施工条件及工艺简单。浅基础有无筋扩展基础(如毛石基础、素混凝土基础等)、钢筋混凝土扩展基础、条形基础、筏形基础和箱形基础等。深基础系指埋深较大的基础,如桩基础、沉井基础、沉箱基础和地下连续墙基础等。由于深基础埋深较大,可利用基础将上部结构的荷载向地基深部土层传递。深基础是采用特殊的结构形式、特殊的施工方法完成的基础。深基础的施工需要专门设备,且施工技术复杂,造价高、工期长。

基础工程是阐述建筑物设计和施工中有关地基和基础问题的学科。

随着高层建筑的发展以及大跨度、大开间结构的应用,基础工程的重要性和技术上的难度进一步增加。基础工程占工程造价的 20%~30%,工期占总工期的 25%~30%。因此,充分了解场地的地基情况,选择合理的基础形式,进行精心设计,有着重要的技术和经济意义。据统计,世界各地的工程事故中,以地基基础事故为最多,而且一旦此类事故发生,补救非常困难,往往要花费大量的人力、财力,严重者几乎无法修复。因此,要求充分重视地基和基础的设计、施工质量。

第二节 基础工程的重要性

大量工程实践表明危害建筑物事故的发生,许多与地基问题有关,主要反映在地基强度破坏、失稳或地基产生过大的变形。常见的地基工程事故分类如下:

(1) 地基承载力不足造成工程事故。地基承载力不足主要表现在地基内形成滑裂面,引起地基滑动,从而使建筑物倒塌而造成灾难性工程事故。

(2) 边坡失稳工程事故。地基土坡产生滑坡及坍塌现象,导致建筑物破坏。

(3) 地基变形过大造成工程事故。地基变形超过规定的允许值时,影响了建筑物的正常使用,严重者使建筑物发生倒塌破坏。

(4) 其他特殊不良地质条件引起地基失效。地下水在地基土中的渗流及水位升降导致地基变形,产生沉降;当建筑物地基为砂土或粉土时,地下水位埋藏浅,可能产生振动液化,使地基土呈液态,失去承载能力,导致工程失事。

由上述地基基础工程事故造成的危害可知,地基基础工程存在于地下,是隐蔽工程,一旦发生事故,难于补救和挽回。影响基础工程的因素很多,稍有不慎,就可能给工程留下隐患,造成地基基础工程事故。这不仅是基础工程事故,它还使得上部建筑物发生破坏、倒塌,给国家财产造成巨大的损失,甚至造成重大的人身伤亡事故。大量的工程实践表明,整个建筑工程的成败,在很大程度上取决于基础工程的质量和水平,建筑物事故的发生,有很多与基础工程问题有关。由此可见,基础工程设计与施工质量的优劣,直接关系到建筑物的安危,基础工程的重要性是显而易见的。

随着我国基本建设的发展,城市建设向多层、高层和地下建筑发展是必然趋势。加之人均土地资源有限,因此地基基础工程向着地基基础技术复杂、工程量大、工期长方向发展。基础工程造价占土建总造价的比例明显上升。大量地基基础工程事故表明,基础工程需慎重对待,要深入了解地基情况及相关勘测资料,精心设计施工,才能使基础工程既安全又经济合理,以保证工程质量。

第三节 基础工程现状与发展

随着我国经济发展及土木工程建设的需要,特别是计算机和计算技术的引入,使基础工程无论在设计理论上,还是在施工技术上,得到了迅速的发展,出现了诸如补偿式基础、桩筏基础、桩箱基础;在平面设计上,出现了三角形、十字形、扇形、双曲形等复杂异型平面。与此同时,在地基处理技术方面,出现了许多方法,如置换法、预压法、压实和夯实法、挤密法等,同时复合地基理论也得到了发展。此外还有各种土工聚合物和托换技术,都

是近几十年来创造和完善的方法。这些方法在土建、水利、桥隧、道路、港口、海洋等有关工程中得到了广泛应用,并取得了较好的经济技术效果。由于深基础开挖和支护工程的需要,还出现了地下连续墙、深层搅拌水泥挡墙、锚杆支护及加筋土等支护结构形式。由于基础工程是地下隐蔽工程,再加上其影响因素众多,使得基础工程这一领域变得十分复杂,虽然目前基础工程理论及施工技术有了较大的发展,但仍然有许多问题值得深入研究和探讨。

在大量理论研究与实践经验积累的基础上,有关基础工程的各种设计与施工规范或规程也相应问世,并日趋完善。这为基础工程设计与施工方面做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量提供了充分的理论与实践经验的依据。

计算机的应用和试验测试技术自动化程度提高,标志着本学科进入了一个新时期。

(1) 基础工程理论研究将不断地深入。基础工程理论向着以地基变形作为控制设计理论的方向发展,同时继续研究地基、基础和上部结构相互作用的理论及计算方法、深基坑支护理论及计算方法,继续发展复合地基理论及计算方法等。由于计算机的广泛应用,许多地基及基础工程计算方法将不断地出现并得到应用,且伴随有相应的试验手段来验证计算方法,成为解决基础工程问题的有利手段。

(2) 现场原位测试技术和基础检测技术将深入发展。为了获得地基的第一手资料,尽量减少取土样以影响试验结果的质量,原位测试技术和方法将有很大的发展,同时,相应的测试数据的采集及资料的整理将不断完善,并向着标准化的方向发展。

(3) 地基基础工程的勘察、试验及地基处理的新设备增多,为地基基础工程的研究及地基加固创造了良好条件。

(4) 基础形式及施工方法将不断地发展。基础的形式和施工方法将不断地创新,特别是高层建筑物数量的增多,使得深基础类型得以发展;基础平面设计也向着复杂的异形平面发展。由于深基础的需要,深基坑的开挖及支护工程将成为基础工程的重要内容。

(5) 地基处理技术将不断发展。地基处理技术和方法将会不断完善,新技术及方法将会陆续出现。

(6) 其他方面。房屋的增层工程及基础的托换技术将得到发展及应用,对已有建筑物的地基将会进行正确的评价,使得地基加固与托换技术得以提高并广泛地应用。

第四节 课程特点及学习要求

一、基础工程课程特点

(1) 基础工程是重要的专业课程。基础埋置于地下,属于隐蔽工程。基础工程的优劣,直接关系到建筑物的安危,因此,基础工程是十分重要的工程。同样,基础工程课程是土木工程专业的重要专业课。学好这门课程,对于将来从事地基基础工程的设计、施工、检测与维护,是十分重要的。

(2) 基础工程课程内容广泛,综合性强。基础工程课程涉及到诸多的土木工程专业基础课及专业课,又由于地基土的复杂多变决定基础工程设计的非标准性。因此,要具有综合应用土木工程各个学科理论知识的能力,同时要全面掌握和正确应用基础工程的基本原理、方法、技术来解决基础工程中的复杂多变的实际问题。

(3) 基础工程涉及的规范多,土木工程中各行业之间没有统一的地基基础设计规范,同

时各行业又存在一定的差别，有许多不协调之处，因此学习时要注意区分异同点。

二、学习要求

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形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。

学习基础工程课程时，要求应用已学习过的基本知识，结合有关结构知识及施工技术知识合理分析和解决地基基础问题，注重理论联系实际，培养分析和解决地基基础工程问题的能力。学习时要注意：基础工程课程具有不同性及经验性。不同性体现在本学科中因为没有完全相同的地基，几乎找不到完全相同的工程实例。在处理基础工程问题时，必须注意不同情况进行不同的分析。经验性体现在解决地基基础问题时，注意有一定程度的经验性。因此，本课程有较多的经验公式，而且有关地基及基础方面的规范就是理论及经验的总结。学习时，除了学习全国性地基基础设计规范外，还要了解地区性的规范及规程，并注意世界各国的规范各有不同。讲究学习方法，要仔细分析各种理论及公式的基本假定及使用条件，对于公式的推导只作了解，要把注意力放在理解、应用公式上，并结合当地的基础工程实践经验加以应用。避免千篇一律地不分地区而机械套用理论公式、规范。

第一章 岩土工程勘察

任何建筑工程都是建造在地壳表层的地基上,地基岩土的工程地质条件将直接影响建筑物安全。因此,在设计建筑物之前,必须通过各种勘察手段和测试方法进行岩土工程勘察,为设计和施工提供可靠的工程地质资料。

第一节 概 述

一、岩土工程勘察的目的

岩土工程勘察即工程地质勘察,是工程建设的先行工作,其目的就是为工程建设规划、设计、施工提供可靠的地质依据,以充分利用有利的自然地质条件,避开或改造不利的地质条件,保证建筑物安全和正常使用。

岩土工程勘察是使工程设计结合实际来进行。优良的设计方案,必须以准确的岩土工程勘察资料为依据。设计工程师应对场地是否存在不良地质现象,地基土层的分布、土的松密、压缩性高低、强度大小,尤其是均匀性,是否存在局部软硬异常的情况,以及地下水的埋深与水质,土体是否会产生液化等条件,进行全面了解和深入的分析,才能保证工程设计的合理性,防止地基事故的发生,确保工程质量。

二、岩土工程勘察的任务

岩土工程勘察的任务可归纳如下:

(1) 查明与场地的稳定性和适宜性有关的不良地质现象,如强震区的重大工程场地的断裂类型,尤其是断裂的活动性及其地震效应;岩溶及其伴生土洞的发育规律和发育程度,预测其危害性;滑坡的范围、规模、稳定程度,进而预测其发展趋势和危害程度;崩塌的产生条件、范围、规模与危害性;泥石流的产生及其类型、规模、发育程度和活动规律,以及地下采空区、大面积地面沉降、河岸冲刷、沼泽相沉积等。

(2) 查明场地的地层类别、成分、厚度和坡度变化等,特别是基础下持力层和软弱下卧层的工程地质性质。

(3) 查明场地的水文地质条件:河流水位及其变化、地表径流条件、地下水的埋藏类型、蓄存方式、补给来源、排泄途径、水力特征、化学成分及污染程度等。

(4) 提供满足设计、施工所需的土的物理性质和力学性质指标等。

(5) 在地震设防区划分场地土类型和场地类别,并进行场地和地基的地震效应评价。

(6) 推荐承载力和变形计算参数,提出地基基础设计和施工的建议,尤其是不良地质现象的处理对策。

岩土工程勘察工作具体内容、工作量、工作方法等应以岩土勘察等级为依据,即应根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级综合确定。

三、岩土工程勘察的等级

《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和

地基复杂程度等级综合分析确定岩土工程勘察的等级。

1. 工程重要性等级

根据工程的规模和特征,以及由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果,可分为三个工程重要性等级级别。对于重要工程,由于岩土工程问题造成工程破坏后果很严重即为一级工程;对于一般工程,破坏后果严重为二级工程;而次要工程,破坏后果不严重定义为三级工程。

2. 场地复杂程度等级

场地等级应根据场地的复杂程度分为三个级别:

一级场地(复杂场地):对于建筑抗震危险的地段;不良地质现象强烈发育;地质环境已经或可能受到强烈破坏;地形地貌复杂;有影响工程的多层地下水、岩溶裂隙水或其他水文地质条件复杂,需专门研究的场地。

二级场地(中等复杂场地):对建筑抗震不利的地段;不良地质现象一般发育;地质环境已经或可能受到一般破坏;地形地貌较复杂;基础位于地下水位以下的场地。

三级场地(简单场地):地震设防烈度等于或小于6度,或对建筑抗震有利的地段;不良地质现象不发育;地质环境基本未受破坏;地形地貌较简单;地下水对工程无影响。

3. 地基复杂程度等级

地基等级根据地基的复杂程度分为三个等级:

一级地基(复杂地基):岩土种类多,很不均匀,性质变化大,且需特殊处理;严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土,以及其他情况复杂,需要进行专门处理的岩土。

二级地基(中等复杂地基):岩土种类多,不均匀,性质变化较大;除本条第一款规定以外特殊性岩土。

三级地基(简单地基):岩土种类单一,均匀,性质变化不大;无特殊性岩土。

4. 岩土工程勘察等级

岩土工程勘察等级分为甲、乙、丙三个级别。在工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级中,有一项或多项为一级的情况为甲级;工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级的情况为丙级;除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目为乙级。

根据岩土工程勘察等级、地基勘察的任务以及勘探点布置,采用相应的勘察方法,获取工程地质、水文地质资料,从而编制岩土工程勘察报告书。

第二节 勘察阶段的划分及布孔

一、岩土工程勘察的阶段划分

为了提供各设计阶段所需的岩土工程资料,勘察工作也相应地划分为选址勘察(可行性研究勘察)、初步勘察、详细勘察三个阶段。对地质条件简单,建筑物占地面积不大的场地或有建筑经验的地区,可适当简化勘察阶段。

1. 选址勘察阶段

选址勘察工作对大型工程是非常重要的环节,其目的在于从总体上判定拟建场地的工程地质条件能否适宜进行工程建设。一般通过取得几个候选场址的工程地质资料进行对比分析,对拟选场址的稳定性和适宜性作出评价。选址勘察阶段应进行下列工作:

(1) 搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产、当地的工程地质、岩土工程和建筑经验等资料。

(2) 在充分搜集和分析已有资料的基础上,通过勘察了解场地的地层、构造、岩性、不良地质作用和地下水等工程地质条件。

(3) 当拟建场地工程地质条件复杂,已有资料不能满足要求时,应根据具体情况进行工程地质测绘和必要的勘探工作。

(4) 当有两个或两个以上拟选场地时,应进行比较分析。

在选址时,应避开下列地段:不良地质现象发育且对场地稳定性有直接危害或潜在威胁;地基土性质严重不良;对建筑抗震不利;洪水或地下水对建筑场地有严重不良影响;地下有未开采的有价值的矿藏或未稳定的地下采空区。

2. 初步勘察阶段

初步勘察应符合初步设计或扩大初步设计的要求。其主要任务是对拟建建筑地段的稳定性作出评价。根据拟建工程的有关文件、工程地质和岩土工程资料以及工程场地范围的地形图等进行下列工作:

(1) 初步查明地质构造、地层结构、岩土工程特征。

(2) 在季节性冻土地区,应调查场地土的标准冻结深度。

(3) 查明不良地质现象的成因、分布、对场地稳定性的影响及其发展趋势。

(4) 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地,应评价场地和地基的地震效应;初步勘察还应调查地下水类型、补给、径流和排泄条件,实测地下水位并初步确定其变化幅度,以及判别地下水对建筑材料的腐蚀作用。

3. 详细勘察阶段

详细勘察应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数;对建筑地基做出岩土工程评价,并对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等提出建议。详细勘察阶段主要应进行下列工作:

(1) 搜集附有坐标和地形的建筑总平面图,场地的地面整平标高,建筑物的性质、规模、载荷、结构特点,基础形式、埋置深度、地基允许变形等资料。

(2) 查明不良地质现象的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度,提出整治方案的建议。

(3) 查明建筑范围内岩土层的类型、深度、分布、工程特点,分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力。

(4) 对需进行沉降计算的建筑物,提供地基变形参数,预测建筑物的变形特征。

(5) 查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物。

(6) 在季节性冻土地区,提供场地土的标准冻结深度。

(7) 判定土和水对建筑材料的腐蚀性。

二、岩土工程勘察的布孔

1. 勘探点的布置

在实施岩土工程勘察之前,需要布设勘探孔位、间距取原状土样部位标高及原位测试地点数量等。钻孔间距按地基土层分布的简单与复杂、场地的复杂程度以及建筑工程重要等级确定。房屋建筑和构筑物钻孔布设的要求见表 1-1。

表 1-1

布 孔 标 准

布 孔 项 目		初 步 勘 察		详 细 勘 察
布 孔 位 置		按建筑物平面形状沿主要承重墙和柱的轴线排列, 主要建筑物四角		
间距 (m)	地基复杂程度等级	线 距 (m)	点 距 (m)	点 距 (m)
	一 级 (复杂)	50~100	30~50	10~15
	二 级 (中等复杂)	75~150	40~100	15~30
	三 级 (简单)	150~300	75~200	30~50
钻孔 类型	总钻孔 取样、测试钻孔	n ($1/4 \sim 1/2$) n		n 地基基础设计等级为甲级建筑物每幢 ≥ 3

注 1. 表中间距不适用于地球物理勘探;

2. 控制性勘探点宜占勘探点总数的 $1/5 \sim 1/3$, 且每个地貌单元均应有控制性勘探点。

详细勘察的勘探点布置, 还应符合下列规定:

(1) 勘探点宜按建筑物周边和角点布置, 对无特殊要求的其他建筑物可按建筑物或建筑群的范围布置。

(2) 同一建筑范围内的主要受力层或有影响的下卧层起伏较大时, 应加密勘探点, 查明其变化。

(3) 重大设备基础应单独布置勘探点; 重大的动力机械基础和高耸构筑物, 勘探点不宜少于 3 个。

(4) 勘探手段宜采用钻探与触探相结合, 在复杂地质条件、湿陷性土、膨胀岩土、风化岩和残积土地区, 宜布置适量探井。

(5) 详细勘察的单栋高层建筑勘探点的布置, 应满足对地基均匀性评价的要求, 且不应少于 4 个; 对密集的高层建筑群, 勘探点可适当减少, 但每栋建筑物至少应有 1 个控制性勘探点。

2. 勘探孔的深度

初步勘察勘探孔的深度可按表 1-2 确定。

表 1-2

初 步 勘 察 探 孔 深 度

m

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级 (重要工程)	≥ 15	≥ 30
二级 (一般工程)	10~15	15~30
三级 (次要工程)	6~10	10~20

详细勘察的勘探深度自基础底面算起, 应符合下列规定:

(1) 勘探孔深度应能控制地基土主要受力层, 当基础底面宽度不大于 5m 时, 勘探孔的深度对条形基础不应小于基础底面宽度的 3 倍, 对单独柱基, 不应小于 1.5 倍, 且不应小于 5m。

(2) 对高层建筑和需作变形计算的地基, 控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度; 高层建筑的一般性勘探孔应达到基底下 0.5~1.0 倍的基础宽度, 并深入稳定分布的

地层。

(3) 对仅有地下室的建筑或高层建筑的裙房,当不能满足抗浮设计要求,需设置抗浮桩或锚杆时,勘探孔深度应满足抗拔承载力评价的要求。

(4) 地基变形计算深度,对中、低压缩性土可取附加压力等于上覆土层有效自重压力 20% 的深度;对于高压缩性土层可取附加压力等于上覆土层有效自重压力 10% 的深度。

(5) 建筑总平面内的裙房或仅有地下室部分(或当基底附加压力 $p_0 \leq 0$ 时)的控制性勘探孔的深度可适当减小,但应深入稳定分布地层,且根据荷载和土质条件不宜少于基底 0.5~1.0 倍基础宽度。

三、原状土的取样

为研究地基土的工程性质,需要从钻孔中取原状土样,送到试验室进行土的各项物理力学性质试验。试验数据的可靠性,关键是使试验土样保持原状结构、密度和含水量。

1. 取土器类型系列

(1) 软土取土器,适用于软土、饱和砂土、粉土和饱和黄土。

(2) 一般粘性土取土器,适用于软土、可塑、硬塑粘性土和老黄土。

(3) 黄土取土器,适用于湿陷性黄土和新近堆积黄土。

2. 取土器的结构特征

取土器可采用对开筒式和圆筒推出式。重大工程尽量使用活塞薄壁取土器(软土)和三重管取土器(坚硬土)。

3. 取土技术

为取到高质量的不扰动土,要采用一套正确的取土技术:①钻进方法,软土最好采用泥浆循环回转法;可塑—坚硬的粘性土,如采用冲击法时,取土前的钻进进尺不得超过 0.3m。黄土取土前必须清孔;②取土方法,压入法优于击入法,击入法应用重锤少击法取样,黄土用快速压入法或重锤一击法;③包装和保存,使用镀锌铁皮衬筒装样时,两端加盖不允许压迫土柱,蜡封要全面保证质量,避免日晒,注意防冻,包装专用土样箱要卡紧、防震。对一些软土、饱和粉性土,如会产生土水分离现象时,宜进行工地试验,土样应在一周内运到试验室,三周内开土试验。

4. 土样质量等级

根据土样试验的内容与要求,将土试样的质量分为四个等级,见表 1-3。

表 1-3 土试样质量等级划分

级 别	扰动程度	试验内容
I	不扰动	土类定名、含水量、密度、强度试验、固结试验
II	轻微扰动	土类定名、含水量、密度
III	显著扰动	土类定名、含水量
IV	完全扰动	土类定名

注 1. 不扰动是指原位应力状态虽已改变,但土的结构、密度、含水量变化很小,能满足室内试验各项要求;

2. 如确无条件采取 I 级土试样,在工程技术要求允许的情况下可以用 II 级土试样代用,但应先对土试样受扰动程度作抽样鉴定,判定用于试验的适宜性,并结合地区经验使用试验成果。

5. 取样工具或方法选择

根据不同等级的土试样的质量要求,结合场地土的名称和状态,选择相应的取样工具和

方法。

取土器按壁厚可分为薄壁和厚壁两类。薄壁取土器壁厚仅 1.25~2.00mm, 取样扰动小, 质量高, 但因壁薄, 不能在硬而密实的土层中使用。我国目前大多数单位使用的是厚壁敞口, 内装镀锌铁皮衬管对分式取土器。这种取土器对土样质量影响很大, 只能取得Ⅱ级土样, 考虑到我国目前的实际情况, 薄壁取土器尚需逐步普及, 允许以束节式取土器代替薄壁取土器。但只要有条件, 仍以采用标准薄壁取土器为宜。

第三节 工程地质测绘和调查

工程地质测绘和调查是通过搜集资料、调查访问、地质测量、遥感解译等方法, 来查明场地的工程地质要素, 并绘制相应的工程地质图件的一种工程地质勘察方法。对岩土出露的地貌, 地质条件复杂的场地应进行工程地质测绘, 在地质条件简单的场地, 可用调查代替工程地质测绘。工程地质测绘宜在可行性研究或初步勘察阶段进行。在详细勘察阶段可对某些专门地质问题作补充调查。

一、工程地质测绘和调查的主要内容

1. 工程地质测绘和调查范围

工程地质测绘和调查的范围包括场地及其附近地段。一般情况下, 测绘范围应大于建筑占地面积, 但也不宜过大, 以解决实际问题的需要为宜。一般情况下应考虑以下因素:

(1) 建筑类型。对工业与民用建筑, 测绘范围应包括建筑场地及其附近地段; 对于渠道和各种线路, 测绘范围应包括路线及轴线两侧一定宽度范围内的地带; 对于洞室工程的测绘, 不仅包括洞室本身, 还应包括进洞山体及其外围地段。

(2) 工程地质条件复杂程度。主要考虑动力地质作用可能影响的范围。例如建筑物拟建在靠近斜坡的地段, 测绘范围则应考虑到邻近斜坡可能产生不良地质现象的影响地段。

2. 工程地质测绘比例尺

(1) 可行性研究勘察阶段、城市规划或工业布局时, 可选用 1:5000~1:50000 的小比例尺; 在初步勘察阶段可选用 1:2000~1:10000 的中比例尺; 在详细勘察阶段可选用 1:200~1:2000 的大比例尺。

(2) 工程地质条件复杂时, 比例尺可适当放大; 对工程有重要影响的地质单元体(如滑坡、断层、软弱夹层、洞穴等), 必要时可采用扩大比例尺表示。

(3) 建筑地基的地质界线和地质观测点的测绘精度在图上的误差不应超过 3mm。

3. 工程地质测绘的主要内容

(1) 地貌条件。查明地形、地貌特征及其与地层、构造、不良地质作用的关系, 并划分地貌单元。

(2) 地层岩性。查明地层岩土的性质、成因、年代、厚度和分布, 对岩层应确定其风化程度, 对土层应区分新近沉积土和各种特殊性土。

(3) 地质构造。主要研究测区内各种构造形迹的产状、分布、形态、规模及结构面的力学性质, 分析所属结构体系, 明确各类构造岩的工程地质特性。分析其对地貌形态, 水文地质条件, 岩体风化等的影响, 还应注意新构造活动的特点及其与地震活动的关系。

(4) 水文地质条件。包括地下水的埋藏条件、地下水位及其动态变化、地下水化学成分