



普通高等教育土建类规划教材

基础工程

● 单仁亮 万元林 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育土建类规划教材
中国矿业大学（北京）“地下工程”系列规划教材

基 础 工 程

单仁亮 万元林 编



机 械 工 业 出 版 社

本书以“概念准确,基础扎实,突出应用,淡化过程”为原则,选择最基本、最必要的内容编写,注重与工程实际紧密结合,强化应用能力的培养,以满足土木工程类本科生的专业教学需求。本书共6章,主要内容包括绪论,地基勘察,天然地基上的浅基础的常规设计,柱下条形、筏形和箱形基础,桩基础,墩基础、沉井基础及地下连续墙。为了便于学生自学,加深学生对所学知识的理解,每个章节中均附有例题,各章附有相应的思考题。

本书可作为土木工程专业及相关专业的基础工程课程教材,也可供土木工程从业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/单仁亮,万元林编. —北京:机械工业出版社,2015.2

普通高等教育土建类规划教材

ISBN 978-7-111-48782-1

I. ①基… II. ①单…②万… III. ①基础(工程)—高等学校—教材
IV. ①TU47

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第286552号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:马军平 责任编辑:马军平

版式设计:赵颖喆 责任校对:肖琳

封面设计:张静 责任印制:乔宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2015年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14印张·335千字

标准书号:ISBN 978-7-111-48782-1

定价:29.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

序

地下工程是随着国民经济建设及城市化发展需要应运而生的土木工程类专业的一个重要领域，是高等学校土木工程学科中极其重要而又人才短缺的本科专业方向。

中国矿业大学（北京）的土木工程学科是在原矿山建设工程专业基础上发展起来的，矿山建设工程专业一直是我校的传统优势学科，在1999年专业调整中，矿山建设工程更名为“岩土工程”。2007年以中国矿业大学和中国矿业大学（北京）的岩土工程学科为主建成了“深部岩土力学与地下工程”国家重点实验室。地下工程方向是中国矿业大学（北京）土木工程类专业的传统优势学科，在矿山建设工程、深部地下工程、城市地下工程等领域拥有良好的人才培养软、硬件环境和教学条件、在相关研究领域拥有坚实的研究基础和多项国家级科技奖励、国家级教学研究成果。

鉴于此，在总结多年矿山建设工程和城市地下工程的教学经验和科学研究的基础上，中国矿业大学（北京）力学与建筑工程学院组织了学校长期从事地下工程教学和科学研究的专家，规划和编写了具有矿山建设与地下工程特色的“地下工程”系列规划教材，以促进培养工程实践能力强和创新能力强的应用复合型人才及研究发展型人才，努力探索基于研究的教学和以探索为本的学习机制，引导学生在研究和开发中学习。根据地下工程课程培养体系的要求、课程培养规律和学科知识层次，本系列规划教材分为岩石力学基础教程、土力学简明教程、基础工程、矿山建设工程、城市地下工程等几个方面，全面覆盖了地下工程专业培养体系的范畴，满足学生学习和教师教学的需求。

地下工程是一个复杂的系统工程，因此本系列规划教材注重强调创新的理念——系统性、集成性、过程性、信息性、始终贯穿地下工程的设计、施工与管理的思想；同时，注重理论与工程实际结合，强调解决地下工程的实际问题，努力培养学生的实际动手能力。

本系列规划教材内容精炼、合理，可供土木工程、市政工程、水利水电工程，采矿工程、冶金工程、地质勘探工程等专业本科生、研究生和教师以及相关工程技术人员参考使用。

本系列规划教材由中国矿业大学（北京）单仁亮教授负责总体规划、统筹协调和部分具体的编写工作。

在本系列规划教材编写过程中，得到了中国矿业大学（北京）力学与建筑工程学院、教务处等部门的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

编 者

前 言

基础工程是关于建（构）筑物在设计和施工中有关地基和基础问题的学科，我国地域辽阔，土类众多，某些土类作为地基具有特殊性质而必须有针对性地采取相应的工程措施，因此地基基础问题具有明显的区域性特征。基础工程是土木工程专业的一门必修专业课程，内容涉及工程地质学、土力学、材料力学、理论力学、建筑材料、建筑结构等学科领域，内容广泛，综合性、理论性和实践性很强。

本书根据高等院校土木工程专业基础工程教学大纲的要求组织编写，同时兼顾土木工程各专业方向的不同需要，本着“概念准确，基础扎实，突出应用，淡化过程”的原则，选择最基本、最必要的内容，注重与工程实际紧密结合，强化应用能力的培养，以满足土木工程专业本科生的专业教学需求。

基础工程的设计和施工必须遵守法定的规程、规范。本书在编写过程中，强调地基基础设计原则和规范规定，密切结合国家最新颁布的技术规范、规程，如《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—2008）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007—2011）、《高层建筑箱形和筏形基础技术规范》（JGJ 6—2011）、《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）等，及时反映我国有关规范建设和工程实践的新成果。本书力图准确阐述基础工程学中的基本概念、基本原理与基本方法，做到条理清晰、层次分明，强调理论联系实际；内容突出重点，化解难点，深入浅出，循序渐进，图文并茂，力求易读易懂；强调例题的作用，重点难点内容均配有例题，每章均附有思考题，以帮助读者理解和掌握书中理论知识和设计计算过程。

本书由中国矿业大学（北京）的单仁亮教授、万元林副教授编写。全书共有6章内容，除第1章绪论外，包括地基勘察（第2章）、天然地基上的浅基础的常规设计（第3章）、柱下条形、筏形和箱形基础（第4章）、桩基础（第5章）、墩基础、沉井基础及地下连续墙（第6章）。本书编写过程中参阅了大量资料、文献和一些院校优秀的基础工程教材，特向各位文献的作者谨表谢意！

由于时间仓促，加之编者水平所限，书中难免存在不妥之处，恳望读者批评指正。

目 录

序

前言

第1章 绪论 1

1.1 地基及基础的概念 1

1.2 基础工程学科发展概况 2

1.3 本课程的特点与学习要求 3

思考题 4

第2章 地基勘察 5

2.1 概述 5

2.2 地基勘察 5

2.2.1 地基勘察的目的与任务 5

2.2.2 地基勘察的一般要求 6

2.2.3 勘察等级划分 8

2.2.4 勘察的主要方法 9

2.2.5 工程地质调查和测绘 10

2.2.6 地基勘探点的布置 11

2.3 地基勘探方法 12

2.3.1 地球物理勘探 12

2.3.2 坑探 13

2.3.3 钻探 14

2.3.4 触探 16

2.4 土工试验 19

2.4.1 室内试验 19

2.4.2 原位试验 20

2.4.3 平板载荷试验 20

2.4.4 旁压试验 21

2.4.5 十字板剪切试验 22

2.4.6 大型直剪试验 23

2.5 地基勘探报告 24

思考题 25

第3章 天然地基上浅基础的常规设计 26

3.1 概述 26

3.1.1 地基基础的设计方法 26

3.1.2 地基基础的设计原则及基本规定 27

3.1.3 地基基础设计的荷载取值规定 29

3.1.4 地基基础设计的内容 29

3.2 浅基础类型 30

3.2.1 刚性基础 30

3.2.2 扩展基础 31

3.2.3 柱下钢筋混凝土条形和柱下十字交叉基础 32

3.2.4 筏形基础 33

3.2.5 箱形基础 33

3.2.6 壳体基础 33

3.2.7 基础方案的选用 34

3.3 基础埋置深度的确定 35

3.3.1 建筑物本身的使用要求、荷载大小及性质 35

3.3.2 场地环境条件 35

3.3.3 工程地质条件 36

3.3.4 水文地质条件 37

3.3.5 地基冻融条件 38

3.4 地基承载力 41

3.4.1 地基承载力概述 41

3.4.2 按理论公式确定土基和岩石承载力 43

3.4.3 根据荷载试验所得的 $p-s$ 曲线来确定地基承载力特征值 f_{ak} 45

3.4.4 按动力、静力触探等原位测试方法确定地基承载力 46

3.4.5 承载力特征值的修正 46

3.5 确定基础底面尺寸 48

3.5.1 作用在基础上的荷载计算 48

3.5.2 基础底面持力层承载力验算——基础底面积的确定 49

3.5.3 软弱下卧层承载力验算 53

3.6 地基变形验算和控制措施 56

3.6.1 地基特征变形 56

3.6.2 地基变形验算的范围 57

3.6.3 地基变形验算 57

3.6.4 减轻建筑物不均匀沉降危害的措施 60

3.7 水平荷载作用下地基与基础的稳定性	64	4.5.3 考虑上部结构-基础-地基共同作用分析法	106
3.7.1 基础稳定性验算	64	4.6 柱下条形基础	106
3.7.2 地基稳定性验算	65	4.6.1 柱下条形基础的结构和构造要求	106
3.8 刚性基础设计	66	4.6.2 柱下条形基础的设计步骤	108
3.8.1 刚性基础的宽高比概念及高度的确定	66	4.6.3 静定分析法	109
3.8.2 刚性基础的类型及构造	67	4.6.4 倒梁法	109
3.8.3 刚性基础的底面形状和尺寸	70	4.6.5 地基上梁的计算方法	111
3.9 扩展基础设计	71	4.6.6 柱下十字交叉基础	111
3.9.1 扩展基础的构造要求	72	4.7 筏形基础	114
3.9.2 墙下钢筋混凝土条形基础结构设计	75	4.7.1 筏形基础的特点	114
3.9.3 柱下钢筋混凝土独立基础结构设计	79	4.7.2 筏形基础的结构类型	115
思考题	86	4.7.3 筏形基础的布置、结构和构造要求	116
第4章 柱下条形、筏形和箱形基础	87	4.7.4 筏形基础内力计算	119
4.1 概述	87	4.7.5 筏形基础的截面设计与强度验算	122
4.2 上部结构、基础、地基共同作用的概念	88	4.8 箱形基础	125
4.2.1 上部结构刚度对基础受力状况的影响	88	4.8.1 箱形基础的特点	125
4.2.2 基础刚度对基底反力分布的影响	89	4.8.2 箱形基础的结构和构造要求	125
4.2.3 地基土的刚度和分布对基础受力的影响	90	4.8.3 箱形基础的基底反力	127
4.2.4 上部结构、基础和地基的共同作用	91	4.8.4 箱形基础内力分析	128
4.3 地基模型	92	4.8.5 箱形基础的截面设计与强度验算	130
4.3.1 文克尔地基模型	92	思考题	131
4.3.2 弹性半无限空间地基模型	93	第5章 桩基础	132
4.3.3 有限压缩层地基模型	95	5.1 概述	132
4.4 文克尔地基上弹性梁的计算	96	5.2 桩的定义与分类	133
4.4.1 弹性地基上梁的挠曲微分方程及其通解	96	5.2.1 桩的定义	133
4.4.2 无限长梁的解答	98	5.2.2 桩的分类	134
4.4.3 半无限长梁的解答	101	5.3 竖向单桩承压工作性能	141
4.4.4 有限长梁的解答	102	5.3.1 桩的荷载传递	141
4.4.5 短梁的解答	104	5.3.2 桩荷载传递的一般规律	143
4.5 基础分析方法概要	104	5.3.3 单桩的破坏模式	143
4.5.1 不考虑共同作用分析法	104	5.3.4 桩侧负摩阻力	144
4.5.2 考虑基础-地基共同作用分析法	105	5.4 竖向单桩的抗压承载力	147
		5.4.1 按桩身材料强度确定单桩竖向力设计值	147
		5.4.2 单桩竖向静载荷试验法	147
		5.4.3 其他现场试验方法	150
		5.4.4 触探法	150
		5.4.5 经验参数法	151

5.5 群桩基础及其竖向抗压承载力验算	157	5.10 桩基检测	192
5.5.1 群桩基础	157	5.10.1 钻芯法	192
5.5.2 群桩效应	158	5.10.2 声波透射法	193
5.5.3 实体深基础法计算群桩极限承载力	160	5.10.3 低应变动测法	193
5.5.4 按单桩竖向承载力作为基桩承载力	161	5.10.4 高应变动测法	193
5.5.5 基桩桩顶竖向力的计算	162	5.10.5 单桩静载荷试验	194
5.5.6 基桩竖向承载力验算	163	思考题	194
5.5.7 桩基软弱下卧层承载力验算	164	第6章 墩基础、沉井基础及地下连续墙	
5.6 桩基沉降计算	168	连续墙	195
5.6.1 实体深基础法	169	6.1 墩基础	195
5.6.2 明德林-盖得斯法简介	169	6.1.1 墩基础的特点与应用	195
5.6.3 等效作用分层总和法	169	6.1.2 墩的分类	196
5.6.4 桩基变形指标	171	6.1.3 墩基础设计	196
5.7 桩的抗拔承载力及其确定	172	6.2 沉井基础	197
5.7.1 单桩抗拔承载力的计算公式	172	6.2.1 沉井的特点和适用条件	197
5.7.2 单桩抗拔静载荷试验	173	6.2.2 沉井的分类	198
5.8 桩在水平荷载作用下的性状及承载力	173	6.2.3 沉井的构造	199
5.8.1 水平荷载作用下单桩的工作特点	173	6.2.4 沉井的施工	201
5.8.2 单桩水平承载力的确定	174	6.2.5 沉井下沉过程中可能遇到的问题及处理	205
5.8.3 桩基水平承载力的验算	180	6.2.6 沉井的设计与计算	206
5.9 桩基础设计	181	6.3 地下连续墙深基础	207
5.9.1 调查研究,收集有关资料	182	6.3.1 地下连续墙的概念、特点及其应用	207
5.9.2 选定桩型、桩长和截面尺寸	183	6.3.2 地下连续墙的常用类型	208
5.9.3 桩数及桩位布置	184	6.3.3 地下连续墙的施工	209
5.9.4 桩基承载力和变形验算	186	6.3.4 地下连续墙构造基本要求	214
5.9.5 桩身结构设计	186	思考题	214
5.9.6 承台的设计计算	187	参考文献	215

第1章 绪 论

【本章提要】

主要介绍地基、基础的基本概念，基础工程的发展、有关规范规程和今后有待进一步深入研究的问题，学习本课程的方法。

【本章重点】

地基、基础的概念。

1.1 地基及基础的概念

任何建筑物都建造在一定的地层上，建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担。受建筑物荷载影响的那一部分地层称为地基，建筑物最下部与地基接触的结构部分称为基础（见图 1-1）。

地基可分为天然地基与人工地基。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。天然地基根据地基土质的不同可分为土质地基、岩石地基、特殊土地基。土质地基按土颗粒级配或塑性指数可划分为碎石土、砂土、粉土和黏性土。岩石地基根据其成因不同可分为岩浆岩、沉积岩、变质岩；根据风化程度可分为未风化、微风化、中等风化、强风化、全风化。我国地域辽阔，工程地质条件复杂，在不同的区域，由于气候条件、地形条件、季风作用在成壤过程中形成具有独特物理力学性质的区域土概称特殊土。我国特殊土地基通常有湿陷性黄土、膨胀土、冻土、红黏土等。如果天然地层土（岩）质过于软弱或存在不良工程地质问题，需要经过人工加固或处理后才能修筑基础，这种地基称为人工地基。

直接承受基础荷载的土（岩）层称为持力层。处于持力层以下的土（岩）层称为下卧层。建筑场地土大多数是成层的，一般土层的强度沿深度增加，而外荷载引起的附加应力沿深度减小，但也有不少情况，持力层不厚，在持力层以下受力层范围内存在软弱土层，其承载力反而低于持力层，该软弱土层称为软弱下卧层（见图 1-2）。

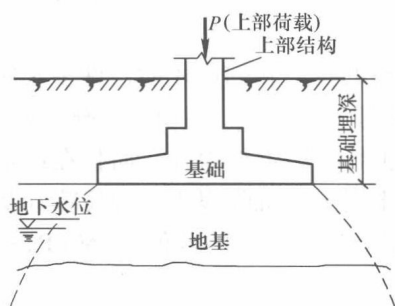


图 1-1 地基与基础

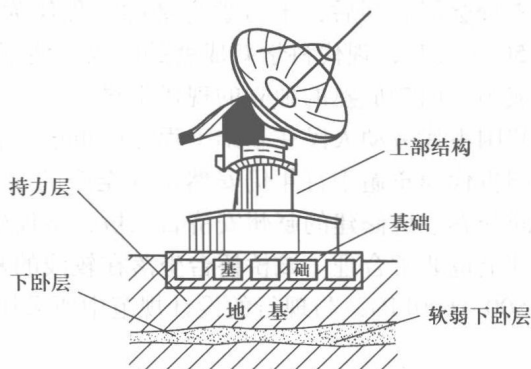


图 1-2 持力层、下卧层和软弱下卧层

根据基础埋置深度不同,基础分为浅基础和深基础。通常将埋置深度较浅(一般在数米以内),只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可建造,施工条件和工艺简单的基础称为浅基础;将浅层土质不良,需将基础置于较深的良好土层上,并借助特殊施工方法建造的基础称为深基础。基础埋置在土层内深度虽较浅,但在水下部分较深,如深水中桥墩基础,也称为深水基础,在设计和施工中有些问题需要作为深基础考虑。

地基与基础在各种荷载作用下将产生附加应力和变形。为了保证建筑物的正常使用与安全,地基与基础必须具有足够的强度和稳定性,变形也应在允许范围之内。根据地层变化情况、上部结构的要求、荷载特点和施工技术水平,可采用不同类型的地基和基础。

基础工程包括建筑物的地基及基础的设计与施工。工程实践表明:建筑物地基与基础的设计和施工质量优劣,对整个建筑物的质量和正常使用起着根本的作用。基础工程是隐蔽工程,如有缺陷,较难发现,也较难弥补和修复,而这些缺陷往往直接影响整个建筑物的使用甚至安全。基础工程的进度,经常控制整个建筑物的施工进度。基础工程的造价通常在整个建筑物造价中占相当大的比例,尤其是在复杂的地质条件下或深水中修建基础更是如此。因此,对基础工程必须做到精心设计、精心施工。

1.2 基础工程学科发展概况

基础工程是人类在长期的生产实践中不断发展起来的一门应用学科,在世界各文明古国数千年的建造活动中,有很多关于基础工程的工艺技术成就。18世纪产业革命以后,城建、水利、道路等建设规模的扩大促使人们对基础工程的重视与研究,对有关问题开始寻求理论上的解答。作为基础工程学科理论基础的土力学在这一时期有相当多的成就。如1773年法国的库仑根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式,提出了计算挡土墙压力的滑楔理论;1875年英国的朗肯又从另一途径提出了挡土墙压力的理论,对后来土体强度理论的发展起了很大的促进作用;1885年法国的布辛内斯克求得了弹性半无限空间表面作用竖向集中力的应力和变形的理论解答;1992年瑞典的费兰纽斯为解决铁路塌方问题提出了土坡稳定分析法。基础工程随着这些理论和工业技术的发展而有了新的发展。19世纪中叶,利用气压沉箱法修建深水基础得以实现;20世纪20年代,基础工程领域开始有比较系统、完整的专著问世,1925年美国太沙基(Terzaghi)出版了第一本土力学专著,较系统地论述了土力学与基础工程的基础理论和方法,促进了该学科的高速发展。1936年,第一届国际土力学与基础工程会议召开后,土力学与基础工程作为独立的现代科学技术取得了更大的进步。20世纪50年代起,现代科学新成就的渗入,使基础工程理论与技术得到更进一步的发展与充实,成为一门较成熟的独立的现代学科。

我国古代劳动人民在基础工程方面也早就表现出高超的技艺和创造才能,许多宏伟壮丽的中国古代建筑逾千百年仍安然留存至今的事实充分说明了这一点。例如,1300多年前隋朝工匠李春主持修建的赵州安济石拱桥,不仅建筑结构独特,防洪能力强,而且在地基基础的处理上也非常合理。该桥桥台坐落在较浅的密实粗砂土层上,沉降很小,现反算其基底压力为500~600kPa,与现行的设计规范中所采用的该土层允许承载力的数值(550kPa)极为接近。

近年来,我国在工程地质勘察、室内及现场土工试验、地基处理、新设备、新材料、新

工艺的研究和应用方面,取得了很大的进展。随着电子技术及各种数值计算方法对各学科的逐步渗透,基础工程的各个领域都发生了深刻的变化,许多复杂的工程问题相应得到了解决,试验技术也日益提高。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等也相应问世或日臻完善。20世纪90年代以来,我国陆续编制及修订了大量的规范规程,如GB 50007《建筑地基基础设计规范》、JGJ 94《建筑桩基技术规范》、JGJ 79《建筑地基处理技术规范》、JTG D63《公路桥涵地基与基础设计规范》、TB 10002.5《铁路桥涵地基和基础设计规范》、GB 50021《岩土工程勘察规范》、JGJ 106《建筑基桩检测基础规范》等。这些规范规程都是基础工程各个领域中取得的科研成果和工程经验的高度概括,反映了近几十年来基础工程的发展水平,为我国基础工程设计与施工做到技术先进、经济合理、安全适用、保护环境、确保质量提供了充分的理论与实践依据。

基础工程既是一项古老的工程技术又是一门年轻的应用学科,发展至今在设计理论、施工技术及测试工作中都存在不少有待进一步完善和解决的问题,伴随着我国现代化建设的进程,大型和重型建筑物的发展将对基础工程提出更高的要求,以下基础工程问题将得到广泛和深入的研究:

(1) 开展地基的强度、变形特性的基本理论研究 由于天然地基中土层较复杂,具有明显的非线性和各向异性,应结合岩土力学的新成果、现代计算方法和计算工具的发展,加强地基土的强度、变形的基本理论及计算方法的研究;加强地基土的试验研究,尤其是原位测试的研究;加强对软土、黄土、膨胀土和多年冻土等区域性特殊土的基本理论、特性和处理措施的研究。

(2) 进一步开展各类基础形式设计理论和施工方法的研究 采用新材料和新工艺,发展便于施工和使用的新型、轻型基础结构,是基础工程发展的重要方向。采用新的结构理论和符合实际状态的力学分析方法是日益增长的大型、重型基础设计工作的重要环节。根据上部结构、基础及地基的受力和变形协调关系,通过测试和理论分析,提出合理的、与实际比较接近的地基-基础-上部结构共同作用的设计计算关系。加强施工机械化、自动化及各种新技术应用与施工工艺的研究,以提高施工效率、缩短工期和改善劳动条件,为保证工程质量,应进行隐蔽工程可靠及简便的质量检查方法的研究。

(3) 设计手段和测试方法将得到进一步的丰富和发展 利用计算机辅助设计系统,优化基础设计,求得技术上先进、经济上合理、施工方便的基础设计方法。应用现代化计算工具和测试手段,开展各类基础和地基土的动力分析的理论研究和科学实验,逐步完善地基基础抗震理论,提高地基基础抗震设计水平。

1.3 本课程的特点与学习要求

本课程是土木工程专业的一门主干课程。许多内容涉及工程地质学、土力学、材料力学、理论力学、建筑材料、建筑结构等学科领域,内容广泛,综合性、理论性和实践性较强,因此,必须很好地掌握上述先修课程的基本内容和基本原理,为本课程的学习打好基础。

我国地域辽阔,分布着各种各样的土类,某些土类作为地基具有特殊性质而必须针对其特殊性采取相应的工程措施。因此,地基基础问题具有明显的区域性特征。此外,天然地层

的性质和分布也因地而异,且在较小的范围内可能变化很大,需要通过勘探和测试取得可靠的土层分布及其物理力学性质指标。因此,学习时应注意理论联系实际,通过各个教学环节,紧密结合工程实践,提高理论认识,增强处理地基基础问题的能力。

基础工程的设计和施工必须遵守法定的规程、规范。由于不同行业有不同的专门规范,且各行业间不尽平衡,土木工程专业的学生主要面向建设部、交通运输部等部门,各部门标准也尚未统一。在课堂讲授和理论学习中,应以学科知识体系为主,掌握基础工程设计和施工中的主要内容和基本方法。

思考题

- 1-1 地基、天然地基、人工地基、持力层、下卧层、软弱下卧层各指什么?
- 1-2 什么是基础、浅基础、深基础?
- 1-3 与基础工程课程密切相关的规范有哪些?

第2章 地基勘察

【本章提要】

主要介绍各种地基勘察的方法和适用条件，以及布置勘察任务，合理利用勘察成果解决地基基础设计和施工中的问题等内容。

【本章重点】

地基勘探的基本方法、土工试验方法。

2.1 概述

岩土工程勘察在工程地质课中称为“工程地质和水文地质勘察”。其主要任务是查明建筑物场地及其附近的工程地质及水文地质条件，为建筑物场地选择、建筑平面布置、地基与基础的设计和施工提供必要的资料。

场地是指工程建筑所处的和直接使用的土地，地基则是指场地范围内直接承托建筑物基础的岩土体。由于涉及的范围不同，勘察工作的侧重点也不一样。场地勘察应广泛研究整个工程建设和使用期间场地内是否有发生岩土体失稳、自然地质及工程地质灾害等问题；地基勘察则为研究地基岩土体在各种静、动荷载作用下所引起的变形和稳定性研究提供可靠的工程地质和水文地质资料。

岩土工程勘察的内容、方法及工程量的确定取决于：

- 1) 工程的技术要求和规模。
- 2) 建筑场地地质条件的复杂程度。
- 3) 岩土层的分布和性质的优劣。

勘察工作通常都是由浅入深，由表及里，随着工程的不同阶段逐步深化。岩土工程勘察工作可分为可行性研究勘察（或称选择场地勘察）、初步勘察和详细勘察三个阶段，以满足相应的工程建设阶段对地质资料的要求。对于地质条件复杂、有特殊要求的重大建筑物地基，尚应进行施工勘察。反之，对地质条件简单，面积不大的场地，其勘察阶段可以适当简化。

本章地基勘察主要是指建筑总平面确定后的施工图设计阶段的勘察（详细勘察），即把勘察工作的主要对象缩小到具体建筑物的地基范围内。由于场地和地基是不可分割的，因而也涉及场地勘察的内容。

2.2 地基勘察

2.2.1 地基勘察的目的与任务

地基勘察的任务是对建筑物地基作出岩土工程评价，为地基基础设计提供岩土参数，并对地基基础设计和施工以及地基加固和不良地质的防治工程提出具体方案和建议。因此，在

进行地基勘察之前应详细了解设计意图,全面搜集和研究建筑物场地及邻近地段的已有勘察报告和建筑经验,并取得下列各项资料:

- 1) 比例尺不小于 1:2000 的现状地形图及拟建建筑物的平面位置图。
- 2) 拟建建筑物的性质、规模、荷载、结构特点、有无地下室,所采用的基础类型、尺寸、埋置深度,以及对地基基础设计、施工的特殊要求等。
- 3) 拟建场地的历史变迁,地下管线、电缆、地下构筑物的分布情况,以及水准基点的位置与高程。

地基勘察的主要工作内容应符合如下规定:

- 1) 查明场地和地基的稳定性、地层结构、持力层和下卧层的工程特性,土的应力历史,地下水条件及不良地质作用等。
- 2) 提出满足设计、施工所需的岩土参数,确定地基承载力,预测地基变形性状。
- 3) 提出地基基础、基坑支护、工程降水和地基处理设计与施工方案建议。
- 4) 提出对建筑物有影响的不良地质作用的防治方案建议。
- 5) 对抗震设防烈度大于和等于 6 度的地区,进行场地与地基的地震效应评价。

2.2.2 地基勘察的一般要求

建设项目设计一般分为可行性研究、初步设计和施工图设计三个阶段。为了提供各设计阶段所需的工程地质资料,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。对工程地质条件复杂或有特殊施工要求的重要建筑物地基,尚应进行预可行性勘察及施工勘察;场地较少且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。各勘察阶段的任务和工作内容简述如下。

1. 选址勘察

选址勘察工作对于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合工程建设项目。一般指通过几个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工程地质评价。选址勘察应进行下列工作:

- 1) 搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产等资料,附近地区的工程地质资料及当地的建筑经验。
- 2) 在收集和分析已有资料的基础上,通过踏勘,了解场地的地层、构造、岩石和土的性质、不良地质现象及地下水等工程地质条件。
- 3) 对工程地质条件复杂,已有资料不能符合要求,但其他方面条件较好且倾向于选取的场地,应根据具体情况进行工程地质测绘及必要的勘探工作。

2. 初步勘察

初步勘察是在选定建设场址的基础上进行的。根据选址报告书了解建设项目类型、规模、建筑物高度、基础形式及埋置深度和主要设备等情况。初步勘察的目的是:对场地内建筑地段的稳定性作出评价,为确定建筑总平面布置、主要建筑物地基基础设计方案及不良地质现象的防治工作方案作出工程地质论证。初步勘察的主要工作如下:

- 1) 搜集本项目可行性研究报告(附有建筑场地的地形图,一般比例尺 1:2000 ~ 1:5000)、有关工程性质及工程规模的文件。
- 2) 初步查明地层、构造、岩石和土的性质、地下水埋藏条件、冻结深度、不良地质现

象的成因和分布范围及其对场地稳定性的影响程度和发展趋势。当场地条件复杂时,应进行工程地质测绘和调查。

3) 对抗震设防烈度为7度和7度以上的建筑场地,应判定场地和地基的地震效应。

初步勘察时,在搜集分析已有资料的基础上,根据需求和场地条件还应进行工程勘探、测试和地球物理勘探工作。

3. 详细勘察

详细勘察用于为施工图设计提供资料。此时场地的工程地质条件已基本明确,所以详细勘察的目的是提出设计所需的岩土参数,对建筑地基作出岩土工程评价,为基础设计、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治工程等具体方案作出论证和结论。详细勘察的主要工作如下:

1) 取得附有坐标及地形的建筑物总平面布置图,各建筑物的地面整平标高、建筑物的性质和规模,可能采取的基础形式、尺寸和预计的埋置深度,建筑物的单位荷载和总荷载、结构特点和对地基基础的特殊要求。

2) 查明不良地质现象的成因、类型、分布范围、发展趋势及危害程度,提出评价与整治措施所需的岩土技术参数和整治方案建议。

3) 查明建筑物范围内各岩土层的类型、结构、厚度、坡度、工程特性,计算和评价地基的稳定性和承载力。

4) 对需进行沉降计算的建筑物,提出地基变形计算参数,预测建筑物的沉降、差异沉降或整体倾斜等变形特征。

5) 对抗震设防烈度大于或等于6度的场地,应划分场地土的类型和场地类别。对抗震设防烈度大于或等于7度的场地,尚应分析预测地震效应,判定饱和砂土和粉土的地震液化可能性,并对液化等级作出评价。

6) 查明地下水的埋藏条件,判定地下水对建筑材料的腐蚀性。当需基坑降水设计时,尚应查明水位、其变化幅度和各土层的渗透性。

7) 提供为深基坑开挖的边坡稳定计算和支护设计所需的岩土技术参数,论证和评价基坑开挖、降水等对临近工程和环境的影响。

8) 为选择桩的类型和长度、确定单桩承载力、计算群桩的沉降及选择施工方法提供岩土参数。

详细勘察的主要手段以勘探、原位测试和室内土工试验为主,必要时可以补充一些物探、工程地质测绘和调查工作。详细勘察中,应按场地类别、建筑物特点及建筑物的安全等级和重要性来布置勘探孔的间距和深度。

岩石和土层的复杂性(或称地层的变化性)及各种工程的特异性,勘察技术与设备的局限性及时间等因素容易导致勘察力度不够,基槽开挖后的地基地质资料与原勘察资料不一定完全相符,所以施工过程中还须进一步勘察,这种勘察也可称为补充勘察。此外,在地基处理或深基础施工过程中,还需进行现场监测。故施工勘察主要是勘察单位与建设单位、设计单位、施工监理单位共同进行的。地基验槽、桩基工程与地基处理的质量效果检验、施工中的岩土工程监测和必要的补充勘察,解决与施工有关的岩土工程问题,为施工阶段地基基础的设计变更提供详细的岩土工程资料。

2.2.3 勘察等级划分

勘察等级应根据建筑物安全等级（或工程重要性等级）、建筑场地等级和地基等级综合确定。

1. 建筑物安全等级

《建筑地基基础设计规范》按照建筑物类型和破坏所造成的后果将建筑物分成三个安全等级，见表 2-1。《岩土工程勘察规范》根据工程规模和特征，以及由于工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果，将岩土工程分为三个工程重要性等级，见表 2-2。

表 2-1 建筑物安全等级

安全等级	破坏后果	建筑类型
一级	很严重	重要的工业与民用建筑物；20 层以上的高层建筑；体型复杂的 14 层以上的高层建筑；对地基变形有特殊要求的重要工业建筑物；单桩荷载在 4000kN 以上的建筑物
二级	严重	一般的工业与民用建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

表 2-2 岩土工程重要性划分表

岩土工程重要性等级	工程性质	破坏引起的后果
一级工程	重要工程	后果很严重
二级工程	一般工程	后果严重
三级工程	次要工程	后果不严重

2. 建筑场地等级

《岩土工程勘察规范》根据场地的复杂程度分为三个等级，见表 2-3。

表 2-3 场地等级划分表

场地等级	特征条件	条件满足方式
一级场地 (复杂场地)	对建筑抗震危险的地段	符合其中一条及以上者
	不良地质作用强烈发育	
	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	符合其中一条及以上者
	不良地质作用一般发育	
	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)	抗震设防烈度等于或小于 6 度，或对建筑抗震有利的地段	满足全部条件
	不良地质作用不发育	
	地质环境基本未受破坏	
	地形地貌简单	
	地下水对工程无影响	

注：从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

《建筑抗震设计规范》根据场地的地形、地貌和地质条件，以对建筑抗震是否有利，将地段划分为三类，见表 2-4。

表 2-4 有利、不利和危险地段的划分

地段类别	地质、地形、地貌
有利地段	稳定基岩，坚硬土，开阔、平坦、密实、均匀的中硬土等
不利地段	软弱土，液化土，条状突出的山嘴，高耸孤立的山丘，非岩质的陡坡，河岸和边坡的边缘，平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层（如故河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷和半填半挖地基）等
危险地段	地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂带上可能发生地表错位的部位

3. 地基等级

《岩土工程勘察规范》根据地基复杂程度，将地基划分为三个地基等级，见表 2-5。

表 2-5 地基等级划分表

地基等级	特征条件	条件满足方式
一级地基 (复杂地基)	岩土种类多，很不均匀，性质变化大，需特殊处理	符合其中一条及以上者
	严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土，以及其他情况复杂，需作专门处理的岩土	
二级地基 (中等复杂地基)	岩土种类较多，不均匀，性质变化较大	符合其中一条及以上者
	除一级地基中规定的其他特殊性岩土	
三级地基 (简单地基)	岩土种类单一，均匀，性质变化不大	满足全部条件
	无特殊性岩土	

注：从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

4. 勘察等级

《岩土工程勘察规范》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，将岩土工程勘察等级划分为三个等级，具体划分见表 2-6。

表 2-6 岩土工程勘察等级划分

岩土工程勘察等级	划分标准
甲级	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
乙级	除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目
丙级	工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级

注：建筑在岩质地基上的一级工程，当场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级时，岩土工程勘察等级定为乙级。

2.2.4 勘察的主要方法

勘察的基本方法主要有工程地质调查和测绘、岩土工程勘探和取样、原位测试和试验、室内试验。这些方法具有各自的优势和适用条件，具有很强的互补性，在具体的岩土工程勘察工程中，有可能采用上述全部的工作方法，也可能只用到其中的一部分，应根据实际工程