

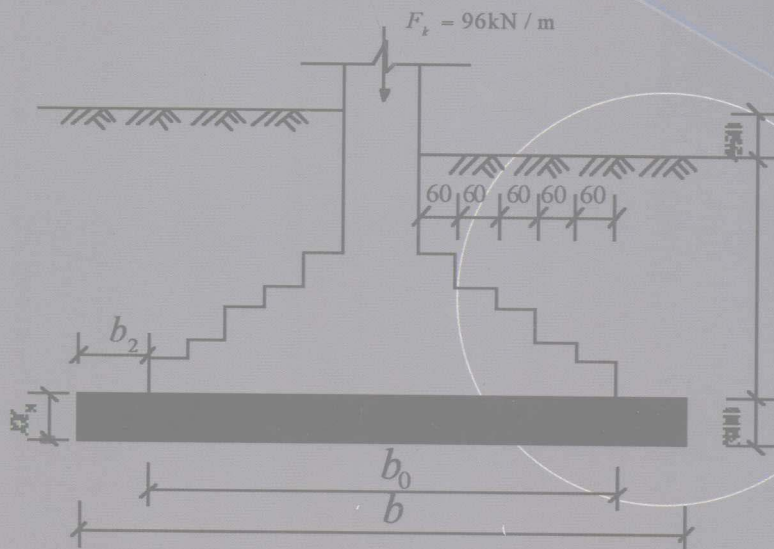


JICHU GONGCHENGXUE

基础工程学

(第2版)

陈国兴 樊良本 陈甦 等 编著
卢廷浩 主审





高等院校土木工程专业“十二五”规划教材

基础工程学

(第2版)

陈国兴 樊良本 陈甦 等 编著
卢廷浩 主审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材针对土建类专业的建筑工程、岩土工程、地下空间工程、交通土建工程、轨道交通、道路工程等专业方向的教学需要,遵循“内容充实、注重实用、兼顾不同行业、便于自学”的原则,主要依据国家和行业最新版规范进行编写,充分体现了本学科的理论性、系统性、计算性、实验性及应用性的特点。全书共分10章,内容包括:绪论、岩土工程勘察、天然地基浅基础、连续基础、桩基础、沉井工程、地基处理、基坑工程、地下连续墙设计与施工、区域性地基与挡土墙。

本教材可作为高等学校土木工程、城市地下空间工程、交通工程、勘察技术与工程等专业《基础工程》课程的教材,也可作为土建类研究生的教学参考书,并可供土建类工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程学 / 陈国兴等编著. -- 2版. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2013.2
高等院校土木工程专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-0660-2

I. ①基… II. ①陈… III. ①地基—基础(工程)—
高等学校—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第032038号

书 名	高等院校土木工程专业“十二五”规划教材 基础工程学 (第2版)
作 者	陈国兴 樊良本 陈甦 等 编著 卢廷浩 主审
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 25印张 593千字
版 次	2002年12月第1版 2002年12月第1次印刷 2013年2月第2版 2013年2月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	45.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

本教材第一版出版于2002年12月，其编写的宗旨是适应国家教育部本科专业目录调整后的土木工程专业的培养目标和教学要求。该教材是按照全国土木工程专业教学指导委员会对土木工程专业的培养规格要求和目标编写的，是《土质学与土力学》和《基础工程学》姐妹篇教材中的第二册。近年来，基础工程领域的研究与工程实践取得了新的进展，该领域的国家和行业规范相继进行了修订，出版了新一版的国家和行业规范。因此，本教材的编写人员决定对《基础工程学》（第一版）教材进行修订，出版《基础工程学》第二版。

第二版是在继承第一版的编写原则和基本格局的基础上写成的，原教材体系的基本格局不变，各章的顺序做了局部的调整，第一版的第9章、第10章、第6章依次改为第二版的第6章、第9章和第10章；鉴于本科生阶段一般不讲授动力基础的内容，地基基础抗震的内容在《工程结构抗震设计原理》课程中另有讲授，因此，全书修改为10章，删去了第一版的第11章。全书依据《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2001）（2009版）、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007—2011）、《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—2008）和《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63—2007）等最新版国家和行业规范的精神进行编写。为了适应当前土建类专业《基础工程学》的教学需要，与第一版相比，第二版对各章都进行了较大幅度的修改，补充了我国基础工程领域的最新研究成果。针对土建类相关专业的建筑工程、岩土工程、地下结构工程、交通土建工程、轨道交通、道路工程等专业方向的教学需要，编写中遵循“内容充实、注重实用、兼顾不同行业、便于自学”的原则，编写人员积极收集资料，既重视基本理论和概念的阐述，也注重工程应用和前沿知识的教学，力求使本教材能较好地满足各高等学校土建类专业的教学要求。全书共分10章，第1章为绪论，第2章为岩土工程勘察，第3章为天然地基浅基础，第4章为连续基础，第5章为桩基础，第6章为沉井工程，第7章为地基处理，第8章为基坑工程，第9章为地下连续墙设计与施工，第10章为区域性地基与挡土墙。

本教材由南京工业大学陈国兴教授主编，河海大学卢廷浩教授主审。浙江工业大学樊良本教授撰写第1章；南京工业大学韩爱民教授撰写第2章、王志华副教授和高洪梅博士撰写第3章，浙江工业大学陈禹副教授撰写第4章；南京工业大学陈国兴教授撰写第5章；浙江工业大学施颖教授级高级工程师撰写

第6章；苏州大学陈甦教授撰写第7章；南京工业大学王旭东教授撰写第8章、蒋刚教授撰写第9章，浙江工业大学胡敏云教授撰写第10章。最后，由陈国兴、樊良本教授负责全书的审校工作，陈国兴教授负责全书的修改、定稿和校对工作，高洪梅博士参与了本书的审阅和校对工作。

由于《基础工程学》所包含的内容比较广泛，教材的内容涉及若干国家和行业规范，不同的规范或规程对某些内容和概念的表述与规定又不完全一致，因此，本教材对个别章节的内容和概念的表述未作统一。

鉴于不少兄弟院校采用本教材，书中的不足之处，希望各位专家和同仁赐教，并及时告知编著者，以便我们继续修改和提高。

陈国兴

2012年9月于南京

第一版前言

国家教育部于1998年7月颁布了新的本科专业目录,1999年全国高等学校已按新的专业目录招生。调整后的土木工程专业的知识面大大拓宽,相应的专业培养目标和业务要求有了很大变化,涵盖了原来的建筑工程、岩土工程、地下结构工程、交通土建工程、矿井建设、城镇建设等相近的若干专业或专业方向,现有的《土力学》和《基础工程》教材已经不能适应新专业的培养目标和教学要求。因此,编写一本新的土木工程专业的《土力学》和《基础工程》教材已成为当务之急。为适应这一形势的发展,南京工业大学、浙江工业大学、苏州城建环保学院和河北建筑工程学院等高校从事《土力学》和《基础工程》教学的教师,经过充分协商和研究,决定编写一套《土质学与土力学》和《基础工程》教材。本教材的编写是按照全国土木工程专业教学指导委员会对土木工程专业的培养规格要求和目标进行的,是该套姐妹篇教材中的第二册。

根据我们多年的教学经验,编写中遵循“内容充实、注重实用、兼顾不同行业、便于自学”的原则,各编写人员积极收集资料,广泛征求意见,吸收国内外比较成熟的知识,既重视基本理论和概念的阐述,也注重工程应用和学科前沿知识的教学,力求使本教材能较好地满足各高等学校的教学要求。全书共分11章,第1章为绪论,第2章为岩土工程勘察,第3章为天然地基上浅基础的设计,第4章为连续基础,第5章为桩基础设计,第6章为区域性地基与挡土墙,第7章为地基处理与复合地基,第8章为基坑工程,第9章为沉井工程,第10章为地下连续墙设计与施工,第11章为动力机器基础与地基基础抗震。

本书由南京工业大学陈国兴教授主编,南京工业大学宰金珉教授主审。全书由陈国兴教授制订编写大纲,并撰写第5、11章;浙江工业大学樊良本教授(副主编)撰写第1、4章;南京工业大学韩爱民副教授撰写第2章,王旭东副教授撰写第8章,蒋刚博士撰写第10章;苏州城建环保学院陈甦副教授撰写第7章;浙江工业大学施颖副教授撰写第9章;河北建筑工程学院陈国庆撰写副教授第3、6章。最后,由樊良本教授负责审校第2、5章,陈国兴教授审校第7~10章,陈国兴教授和樊良本教授共同审校第3、6章;陈国兴教授负责

全书的修改、定稿和校对工作。

由于《基础工程学》所包含的内容比较广泛，教材的内容需涉及若干本国家和行业规范或规程，不同的规范或规程对某些内容和概念的表述与规定又不完全一致，因此，本教材对个别章节的内容和概念的表述未作统一。

博士研究生王志华同学为本书完成了部分绘图和校对工作，在此表示衷心感谢。

虽然本书已在南京工业大学土木工程学院试用两届，由于编著者的业务水平所限，书中尚会有错误和不足之处，敬请读者批评指正，并告知编著者。

陈国兴

2002年8月于南京

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 岩土工程学与基础工程学	1
1.2 地基与基础	1
1.3 基础工程是土木工程的重要组成部分	2
1.4 基础工程的现状	3
1.5 基础工程课的学习特点	4
第 2 章 岩土工程勘察	5
2.1 概述	5
2.2 工程地质测绘	6
2.3 勘探与取样	7
2.4 岩土室内试验	10
2.5 岩土原位测试	13
2.6 岩土工程地下水	18
2.7 岩土工程分析评价和成果报告	21
第 3 章 天然地基浅基础	27
3.1 地基基础设计概述	27
3.2 浅基础类型	28
3.3 基础埋置深度	32
3.4 地基承载力的确定	37
3.5 基础底面尺寸的确定	42
3.6 地基变形和稳定性验算	49
3.7 扩展基础的设计	53
3.8 减轻建筑物不均匀沉降危害的措施	65
复习思考题	68
第 4 章 连续基础	69
4.1 概述	69
4.2 地基、基础与上部结构共同工作的概念	70
4.3 地基计算模型	72
4.4 柱下条形基础	75
4.5 十字交叉条形基础	89

4.6	筏板基础设计	91
4.7	箱形基础设计	100
4.8	补偿性基础概要	113
	复习思考题	114
第5章	桩基础	115
5.1	概述	115
5.2	桩基的基本要求与桩的分类	120
5.3	竖向荷载作用下的单桩工作性状	126
5.4	竖向荷载下单桩承载力的确定方法	130
5.5	竖向荷载作用下单桩沉降计算	139
5.6	竖向荷载下群桩的工作性状	143
5.7	群桩的竖向承载力计算	147
5.8	群桩基础的沉降计算	155
5.9	水平荷载作用下桩基的承载力与变位	162
5.10	桩基础设计	182
	复习思考题	194
第6章	沉井工程	196
6.1	概述	196
6.2	沉井的设计与计算	202
6.3	沉井的施工	218
6.4	沉井计算实例	227
	复习思考题	242
第7章	地基处理	244
7.1	概述	244
7.2	浅层地基处理	247
7.3	强夯法与强夯置换法	253
7.4	排水固结法	258
7.5	注浆加固法	264
7.6	散体材料桩复合地基	265
7.7	柔性材料桩复合地基	270
7.8	托换技术	277
	复习思考题	280
第8章	基坑工程	281
8.1	概述	281
8.2	基坑支护方案	283
8.3	基坑工程设计依据	284
8.4	支护结构方案	288
8.5	支撑结构方案	290
8.6	作用于支护结构上的荷载	293

8.7 排桩支护结构计算	296
8.8 重力式水泥土墙计算	308
8.9 基坑稳定性分析	316
复习思考题	320
第9章 地下连续墙设计与施工	321
9.1 概述	321
9.2 地下连续墙的设计	322
9.3 地下连续墙的接头设计	337
9.4 地下连续墙的施工	341
复习思考题	354
第10章 区域性地基与挡土墙	355
10.1 概述	355
10.2 膨胀土地基	355
10.3 红黏土地基	360
10.4 湿陷性土地基	361
10.5 冻土地基	364
10.6 土岩组合地基	367
10.7 填土地基	369
10.8 岩石地基	372
10.9 岩溶与土洞地基	373
10.10 滑坡与防治	376
10.11 土质边坡与重力式挡土墙	379
复习思考题	386
参考文献	387

第1章 绪 论

1.1 岩土工程学与基础工程学

岩土工程有时又被称为“土工技术”、“土力学”、“土工学”、“地质技术学”、“地质工学”、“地质工程学”等，通常认为是把土力学及岩石力学应用到包括建筑、交通、水利、矿冶等在内的广义的土木工程中，并与工程地质密切结合的学科。克里宁等(D. P. Krynine et al 1957)指出：工程地质学被其他的地球物理分支，以及被需要的工程概念所充实时，就形成一门新的学科——岩土工程学。最新的进展是把环境工程的一部分也包括进去，即所谓环境岩土工程。因此，可以认为，岩土工程学是运用土力学及岩石力学的基本理论和基本方法，结合工程地质学和水文地质学的知识，去解决广义的土木工程领域内的各种工程（基础工程、道路工程、水利工程、地下建筑、隧道工程、环境工程、海洋工程等）问题。或者说解决岩土作为建筑物地基、建筑材料、周围介质的问题，以及用土工方法解决其他工程问题（渗流问题、环境问题等）。

基础工程学研究对象是各类建（构）筑物（房屋建筑、桥梁建筑、水工建筑、近海工程、地下工程、高耸构筑物等）的地基基础和挡土结构物的设计和施工，以及为满足基础工程要求进行的地基处理方法。可以认为基础工程是岩土工程的一个重要组成部分，即用岩土工程的基本理论和方法去解决地基基础方面的工程问题。由于基础是建筑物结构的一部分，在基础设计中需要大量的结构计算，所以基础工程学也与结构计算理论和计算技术密切相关。

1.2 地基与基础

基础工程学研究对象是地基与基础问题。

所谓地基，指的是受建筑物荷载影响的土层。在建筑物荷载作用下地基土会产生附加应力和变形，其范围随荷载大小和类别、基础类型和尺度以及土层分布而不同。建筑物要求地基能满足稳定和变形，这要求除考虑地基土本身的强度和变形特性外，还应考虑周围的地质和水文条件、气候和环境条件及其变化对建筑物施工阶段和使用期间的影响，例如流砂管涌、液化、冻胀、湿陷等。当建筑物地基由多层土组成时，直接与基础底面接触的土层称为持力层，持力层以下的其他土层称为下卧层。持力层和下卧层都应满足地基设计的要求，但对持力层的要求显然比下卧层要高。地基又可分为天然地基和人工地基两类，前者是不加处理直接用作建筑物地基的天然土层，后者是经过地基处理后才满足建筑物地基要求的土层。显然，当能满足基础工程的要求时，采用天然地基是最经济的。

基础是建筑物在地面以下的结构部分，与上部结构一样应满足强度、刚度和耐久性的要求。之所以将基础从上部结构分出研究是由于以下的原因：①基础是直接和地基土接触

的结构部分,与地基土的关系比上部结构密切得多。在设计中,除考虑上部结构传下的荷载、基础的材料特性和结构形式外,还必须考虑地基土的强度和变形特性,而常规的上部结构设计往往不考虑后者。②基础施工有专门的技术和方法,包括基坑开挖、施工降水、桩基础和其他深基础的专项技术、各类地基处理技术等。基础施工受自然条件 and 环境条件的影响要比上部结构大得多。③基础有独特的功能和构造要求。例如地下室的功能和抗浮防渗要求、抗变形和抗震构造、特殊土地基上的构造等。根据设计和施工方法的不同,基础又可分为浅基础和深基础两大类。后者一般考虑基础侧面的抗力作用并使用专门的施工机械和方法。

地基和基础的设计往往不能截然划分,正确的基础设计必须建立在合理的地基评价基础上。“地基”、“基础”在英语中用同一名词“Foundation”,反映了两者的不可分割性。

1.3 基础工程是土木工程的重要组成部分

基础工程是土木工程的一个组成部分,其重要性表现在以下几个方面。

(1) 地基基础问题是土木工程领域普遍存在的问题。地基基础设计和施工是整座建筑物设计和施工中必不可少的一环,掌握基础工程的设计理论和方法、了解施工原理和过程是工程师不可缺少的训练。对于高大建筑物和深基坑工程,以及地基条件复杂或者恶劣时,基础工程经常会成为工程中的难点和首先需要解决的问题。而由于土的复杂性、勘测工作的有限性等造成岩土工程的不确定性和经验性,基础工程问题又往往成为工程师感到最难把握的问题。

(2) 地基基础造价占土建总造价相当大的比例。例如,在软土地区,可达百分之十几甚至超过百分之二十,如包括地下室和基坑工程可能更高。这样高的造价既要求设计和施工必须保证建筑物的安全和正常使用,同时考虑是否能选择最合适的设计方案和施工方法,以降低基础部分的造价。这在正确的理论和丰富的经验指导下是能够做到的。

(3) 地基基础事故屡见不鲜,有时甚至酿成重大损失。而一旦发生了地基事故,弥补和整治是费钱、费力又费时的事。

基础工程事故常常由地基事故所引起,原因有勘测、设计或施工的失误,环境与气候的因素,乃至使用的不当等,有时这些原因可以同时存在。某一环节失误或者考虑不周就可能引发事故。

由于地基强度不足造成的建筑物地基失稳事故比较少见,这是由于强度问题相对较易控制且设计中考虑大的安全度的原因。但一旦疏忽,出现了失稳事故,造成的损失将是巨大的。著名例子有加拿大特朗斯康谷仓和挪威 5000m³ 油罐地基的失稳,巴西里约热内卢 11 层大楼由于桩基破坏而倒塌等。国内也有南方某地 8 层饭店建筑由于地基承载力不足在结顶后坍塌,以及沿海某小区因桩基承载力不足被迫拆除已建多幢高层建筑事故。近年来,随着高层建筑的涌现、地铁的建造和地下空间的开发,深基坑工程中的失稳事故较多地发生,失稳的原因可能是强度不足,也可能是水的问题(流砂、管涌、突涌等)引起。例如,华东某地两起大的基坑工程事故、杭州地铁湘湖站基坑等的坍塌事故造就造成了生命和财产的重大损失。不正确的施工也会产生严重的后果,上海的“楼倒倒”就是一

个典型的例子,一座尚未竣工交付的13层建筑物,北侧快速堆土6天内就达约10m高,而建筑物的另一侧在开挖基坑,在巨大的土压力下建筑物地基产生滑移,建筑物下的预应力管桩被切断,建筑物发生整体坍塌。

更为常见的则是地基变形事故,地基变形事故可以由建筑物基础本身的沉降引起,也可以由环境的影响(相邻荷载、地下采矿、邻近的施工如基坑开挖和降水等)所造成。由于地基的不均匀变形,基础之间产生差异沉降,发生挠曲或倾斜,上部结构受到影响,也会产生倾斜、扭转、挠曲,并可能造成结构的损坏。不仅影响到建筑物的正常使用功能,有时还危及建筑物的安全。对于这样的建筑物,常常需要实施建筑物的纠偏、上部结构和(或)地基基础的加固,有的必须拆除,其代价是昂贵的。因此,对变形问题必须充分重视。

综上所述,基础工程是土木工程必然遇到的和占重要地位的组成部分。

1.4 基础工程的现状

基础工程是一项古老的工程技术,发展到今天已成为一门专门的科学。随着岩土工程及其他相关学科的不断发展,基础工程在设计计算理论和方法、施工技术和机械设备等方面都有长足的进展。进入21世纪后,陆续编制和修订的规范规程有《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106—2003)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)、《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50497—2009)、《高层建筑箱形和筏形基础技术规范》(JGJ 6—2011)、《既有建筑地基基础加固技术规范》(JGJ 123—2000)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009版)、《高层建筑岩土工程勘察规范》(JGJ 72—2004)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等。这些规范规程都是基础工程各个领域取得的科研成果和工程经验的高度概括,反映了近年来基础工程的发展水平。

目前,基础工程的关注点之一是在设计计算理论和方法方面的研究探讨,包括考虑上部结构、基础与地基共同工作的理论和设计方法,优化设计方法,数值分析方法等。随着超高层建筑和大跨度大空间结构的涌现、城市地下空间的开发等,与之密切相关的两种技术也得到极大的重视,其一为桩基础技术,其中,桩土共同工作理论、桩基设计变形控制理论、桩基非线性分析和设计方法、沉降控制复合桩基设计理论、疏桩基础设计方法、长短桩结合设计方法、刚柔性桩结合设计方法、桩基承载力和沉降的合理估算、桩基础的环境效应等都是研究重点,近年来,由于城市轨道交通建设、古旧历史文物建筑移位以及越江隧道通过堤岸等的需要,拔桩工程技术应运而生。而(超)大直径灌注桩、预应力管桩、现浇混凝土大直径管桩、挤扩支盘桩、套筒桩、微型桩、桩身(桩端)后注浆技术等桩基工程中的应用已趋成熟,新桩型、新工法的研发取得新的进展。其二是深基坑开挖问题,研究的重点是基坑支护设计理论和方法的优化、深基坑支护结构设计的变形控制、深基坑支护施工的动态观测监控等;新的基坑支护技术,例如不同类型的复合土钉墙技术、水泥土重力式围护墙技术、SMW工法、桩板墙技术、大宽度刚板桩技术、与主体结构相结合的地下连续墙技术、新类型的锚杆和支撑技术、三轴搅拌桩和渠形切割搅拌墙

(TRD 工法) 帷幕技术、地下水（尤其是承压水）控制技术等的开发研究；基坑开挖对环境的影响；逆作法技术的应用等。近年来，围海造地工程、码头堆场工程、物流园工程日益增加，沿海、沿江、沿湖岸边的工程大都存在原地下有较大厚度的饱和软土、原始地面标高较低的特点，当前软土地基处理中面临的问题不少，如：流状吹填土的预处理问题，大厚度淤泥、淤泥质土、有机质土的快速固结问题，因吹填流体、动力特征所产生的吹填土不均一性问题，吹填场地的沉降量计算问题，大厚度淤泥类软土的真空预压有效深度及较大厚度硬壳层应力扩散作用下的下卧软土处理深度控制问题，强夯用于饱和软土的机理研究问题，各类地基处理方法的施工及检测技术的改进问题。对于深水和复杂地质条件下的基础工程，例如在大型桥梁、水工结构、近海工程中，重要的是深入研究地震、风和波浪冲击的作用，以及发展深水基础（超长大型水下桩基、新型沉井等）的设计和施工方法。

随着我国经济建设的发展，相信会碰到更多的基础工程问题，也会不断出现新的热点和难点需要解决。而土力学和基础工程将在克服这些难点的基础上得到新的发展。

1.5 基础工程课的学习特点

基础工程学需要工程地质学和土力学的基本知识，这两门专业基础课是本课程的选修课程，其中土的基本特性，以及土力学中关于土压力、强度、变形、稳定、地基承载力等课题的基本内容和地基计算方法等都是必须掌握的。本课程培养学生阅读和使用工程地质勘测资料的能力，同时学会利用上述土力学知识，结合结构计算和施工知识，合理地解决基础工程问题。

任何一项成功的基础工程都是工程地质学、土力学、结构计算知识的运用和工程实践经验的完美结合，在某些情况下，施工可能是决定基础工程成败的关键。

应了解上部结构、基础和地基作为一个整体是协同工作的，一些常规计算方法不考虑三者共同工作是有条件的，在评价计算结果中应考虑这种影响，并采取相应的构造措施。

应清楚地基处理方法不是万能的，各种方法都有它的加固机理和适用范围，应该根据土的特性和工程特点选用不同的处理方法。

第2章 岩土工程勘察

2.1 概 述

土木工程包括各种不同的结构和体系，如民用建筑、水电大坝、地下隧道、道路桥梁、港口码头等，所有这些设施都离不开岩土，它们不是建造在岩石或土之上，就是建造在岩石或土之中，或者以岩石或土作材料建造而成。选择建筑场地时，一般应查明：不良地质现象发育，对场地稳定性有直接危害或潜在威胁的地段；地基土性质严重不良的地段；对建筑抗震不利的地段；洪水或地下水对建筑场地有严重威胁或不良影响的地段；地下有未开采的有价值的矿藏或不稳定的地下采空区地段等。因此，对与工程有关的岩土体的充分了解是进行土木工程分析、设计与建造的前提。要了解岩土体，首先要查明它在空间上的分布和构成情况，获得与岩土相关的物理力学性质参数，然后才能对工程所在场地的稳定性、建筑适宜性作出明确判定，进而对拟建工程的基础设计、地基处理以及不良地质作用和地质灾害的防治等进行分析论证，提出安全可靠、经济合理的建议。岩土工程勘察规范明确规定，各项工程建设在设计 and 施工之前，必须按基本建设程序进行岩土工程勘察。岩土工程勘察应按工程建设各勘察阶段的要求，正确反映工程地质条件，查明不良地质作用和地质灾害，精心勘察，精心分析，提出资料完整、评价正确的勘察报告。

2.1.1 工程地质条件

工程地质条件是指工程建设所在场区的地质及环境所有因素的综合。这些因素包括：

(1) 岩土类型。包括岩土的成因、时代、空间上的分布及工程特性等。我国的各个行业都制定了结合自身行业特点的岩土分类体系，主要是按岩土的成因类型、沉积年代、主要力学性质等进行分类，建立一套通用的岩土鉴别标准。岩土类型不同，其物质组成、结构构造不同，基本性质存在差异，从而决定了它的工程特性也不同。

(2) 地质构造。地质构造是指构造运动使岩层发生变形和变位后所遗留下来的产物，常见的有褶皱、断层和节理。地质构造，尤其是年代新、规模大的新构造断裂，对工程场地的稳定起着控制作用，不容忽视。

(3) 地下水条件。主要包括地下水的成因、埋藏和分布，地下水的补给、径流和排泄条件，地下水的渗流对工程建筑的影响以及地下水的水质和对混凝土的侵蚀性等。

(4) 地形地貌。包括地表的高低起伏状况、山坡陡缓程度、河谷宽窄及形态特征、不同地貌单元的特征及其相互关系等。地形地貌直接影响场址和线路的选择。

(5) 不良地质作用和地质灾害。包括岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面沉降、场地和地基的地震效应以及活动断裂等，这些不良地质作用和地质灾害对建筑物的稳定和正常使用构成威胁，可以根据它们发生和发展的规律预测工程地质条件的变化，采取相应的防治措施。

2.1.2 工程勘察的基本要求

岩土工程勘察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划分为甲级、乙级和丙级 3 个勘察等级。

不同的岩土工程勘察等级,其基本要求有差别,技术工作收费比例也不一样。

岩土工程勘察阶段的划分取决于不同设计阶段对工程勘察工作的不同要求。由于勘察的对象不同,设计对勘察工作的要求不尽相同,勘察阶段的划分和所采用的规范也不尽相同。虽然不同勘察对象勘察阶段的划分有所不同,但总体上可以归纳为以下 4 个阶段,各勘察阶段的勘察目的、要求和主要工作内容如下。

1. 可行性研究勘察阶段

本阶段的勘察满足设计确定场址方案的要求,主要搜集场区和附近地区的工程地质资料,通过勘察初步了解场地的地层结构、岩土性质、不良地质现象和地下水情况等,对拟建场地稳定性和建筑适宜性作出评价。

2. 初步设计勘察阶段 (初步勘察)

本阶段的勘察满足初步设计要求,主要搜集项目的可行性研究阶段岩土工程勘察报告等基本资料;初步查明地层、构造、岩土性质、地下水埋藏条件、不良地质现象的成因、分布及其对场地稳定性的影响程度和发展趋势;对抗震设防烈度等于或大于 7 度的场地,初步判定场地和地基的地震效应。通过以上工作,对场地内建筑地段的稳定性作出评价,为确定建筑物总平面布置、选择主要建筑物地基基础方案和不良地质作用的防治对策进行论证。

3. 施工图设计勘察阶段 (详细勘察)

本阶段的勘察满足施工图设计要求,按不同建筑物或建筑群提出详细的工程地质资料和设计所需的岩土设计参数,对建筑地基作出岩土工程分析评价,为基础设计、地基处理、不良地质作用的防治等具体方案作出论证、结论和建议。

4. 施工勘察

施工勘察阶段主要解决与施工有关的岩土工程问题,如基槽检验、桩基工程与地基处理的质量和效果的检测、施工中的岩土工程监测和必要的补充勘察,具体内容视工程要求而定。

对场地较小且无特殊要求的房屋建筑和构筑物工程,可合并勘察阶段。当建筑物平面布置已经确定且场地或其附近已有岩土工程资料时,可直接进行详细勘察。

为达到岩土工程勘察的目的、要求和内容,必须采用一套勘察手段、按照规范的技术要求并遵循一定的步骤来配合实施。岩土工程勘察的基本方法有:工程地质测绘、勘探与取样、原位测试、室内试验以及资料的分析、整理与论证等。

2.2 工程地质测绘

工程地质测绘一般在可行性研究和初步设计勘察阶段进行,初步了解拟建场地的地层、岩性、构造、地貌、水文地质条件及不良地质现象,为场址选择及勘探方案的合理布置提供依据。在施工图设计勘察阶段可对某些专门地质问题做补充调查。

2.2.1 测绘内容和比例尺

工程地质测绘是在场地及其附近地段进行地质填图,其内容包括工程地质条件的全部要素。工程地质测绘的比例尺一般分为以下3种:可行性研究勘察可选用 $1:5000\sim 1:50000$,初步勘察可选用 $1:2000\sim 1:10000$,详细勘察可选用 $1:500\sim 1:2000$ 。

2.2.2 测绘方法

工程地质测绘方法有像片成图法和实地测绘法。

像片成图法是利用摄影或航空(卫星)摄影的图片,先在室内进行解释,划分地层岩性、地质构造、地貌、水系及不良地质现象,并在像片上选择若干点和路线,然后做实地调查,进行核对、修正、补充,绘成底图,最后转绘成图。

实地测绘法有3种:①路线法,沿着一定路线,把沿途观察到的地质情况标绘在地形图上。②布点法,预先在地形图上布置观察点及观察路线,达到广泛观察地质现象的目的。③追索法,沿地层走向或某一构造线方向追索,以查明某些局部的复杂构造情况。

2.3 勘探与取样

勘探与取样是岩土工程勘察的重要手段。工程地质测绘不能了解地表以下的地质情况,而勘探则是了解地表以下地质情况的一种可靠方法,它可以直接或间接地取得有关地下岩土层的工程地质和水文地质资料。取样则是为了提供对岩土特性进行鉴定和各种试验所需的样品。勘探与取样是岩土工程勘察必不可少的两个手段。

勘探可分为坑探、钻探和工程物探(地球物理勘探)。触探也属于勘探之一种,将在后面岩土的原位测试章节介绍。

2.3.1 坑探

当需要直接了解地表下岩土层的情况时,可采用坑探。坑探就是用人工或机械挖掘探井、探槽、竖井、平洞或大口径钻孔,以便直接观察岩土层的天然状态以及各地层之间的接触关系,并能取出接近实际状态的原状岩土样,还可利用坑槽作岩土体原位试验。

2.3.2 钻探

钻探是了解深部地层并采取试样的唯一方法。钻探是指用钻头钻进地层,在地层内钻成直径较小并具有相当深度的圆形孔,称为钻孔。钻孔的口径上面较大,往下呈阶梯状缩小。钻孔的上口称孔口,底部称孔底,四周称孔壁。钻孔断面的直径称孔径,由大孔径改为小孔径称换径。从孔口到孔底的距离称为孔深。

钻孔的直径、深度、方向取决于钻孔用途和钻探地点的地质条件。钻孔的直径一般为 $75\sim 150\text{mm}$,在一些大型建筑物的工程地质钻探时,孔径往往大于 150mm ,有时可达到 500mm 。钻孔的深度由数米至上百米,视工程要求和地质条件而定。一般的建筑工程地质钻探深度在数十米以内。钻孔的方向一般为垂直向下,也有打成倾斜的(斜孔)。在地下工程中有水平甚至直立向上的钻孔。

1. 钻探过程

钻探过程有3个基本程序:

(1) 破碎岩土:借助钻头冲击、回转、研磨和施压,使小部分岩土脱离整体而成为粉