

高等学校 **土木工程专业** 规划教材

GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

基础工程



舒志乐 刘保县 ■ 主 编

张 英 黄 山 余 聪 张冠军 ■ 副主编

王 鹏 李 静 古 巍 耿佳弟

JICHU
GONGCHENG



重庆大学出版社

高等学校 **土木工程专业** 规划教材

GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

基础工程



舒志乐 刘保县 ■ 主 编

张 英 黄 山 余 聪 张冠军 ■ 副主编
王 鹏 李 静 古 巍 耿佳弟

JICHU
GONGCHENG

重庆大学出版社

内容提要

本书根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》对“基础工程”课程的要求、注册结构工程师和注册岩土工程师考试大纲中对该课程的要求以及现行国家、行业相关规范,并结合作者长期教学与工程设计的经验编写而成。全书共8章,包括绪论、工程建筑地基勘察、天然地基浅基础设计、连续基础、桩基础与沉井基础、软弱土地基处理、特殊土地基、山区地基。

本书可作为高等学校土木工程专业的教材,也可作为从事土木工程勘察、设计、施工技术人员和报考土木工程等专业硕士研究生、注册结构工程师、注册岩土工程师的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程 / 舒志乐, 刘保县主编. -- 重庆: 重庆大学出版社, 2017.8
高等学校土木工程专业规划教材
ISBN 978-7-5689-0633-3

I. ①基… II. ①舒… ②刘… 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(2017)第164996号

基础工程

主 编 舒志乐 刘保县
副主编 张 英 黄 山 余 聪 张冠军
王 鹏 李 静 古 巍 耿佳弟
责任编辑:肖乾泉 版式设计:肖乾泉
责任校对:张红梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

POD:重庆新生代彩印技术有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:32.75 字数:817千

2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5689-0633-3 定价:59.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

《基础工程》是《土力学》的后续课程,两者之间联系紧密,也可以说是土力学的理论在基础工程中的应用。在教材编写方面,要求各章节突出重点、突破难点和细化计算点。因此,本教材强调例题的作用,以提高读者的理解能力和满足初学者可读和易懂的要求。

本教材根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》和本课程教学大纲的要求,结合土木工程专业教学特点及现代基础工程的发展趋势,考虑土木工程中各层次技术工作的需要,紧紧围绕高级应用型人才培养目标,根据国家最新的技术规范、规程编写而成。在介绍基本理论的同时强调应用,与实际工程需要联系紧密。

本教材系统介绍了基础工程的基本知识和基本理论,科学规范地反映了现阶段基础工程的施工水平,努力做到条理清晰、重点突出、语言精炼、图文并茂,注重工程教育与实践应用;具有较强的指导性和可操作性,积极培养学生的实践能力与创新精神,使学生了解和掌握现行规范体系,加强基础工程理论与应用研究,具备运用专业知识分析和解决工程实际问题的能力,努力培养具备世界眼光的卓越工程师。

本教材主要有以下突出特点:

- ①以设计人员的视角,多处用图片诠释难点、重点和构造要求,制图规范,适用性强;
- ②合理结合注册结构工程师、注册岩土工程师考试大纲,在各章节中引入例题,使理论知识和工程实际密切结合,突出应用性;
- ③本书参照国家最新的规范和标准进行编写;
- ④在传统的基础工程内容的基础上,注意吸收国内外成熟的设计方法,使学生对基础工程设计具有较全面的认识,了解基础工程的设计现状。

本教材由西华大学舒志乐、刘保县担任主编,西华大学张英、四川管理职业学院黄山、成都农业科技职业学院余聪、四川建筑职业技术学院张冠军、山西省交通规划勘察研究院王鹏、锦江学院李静、古巍及锦城学院耿佳弟也参与了本书的部分编写工作。本书在编写过程中参考了许多文献资料,均在参考文献中列出;另外,本教材得到了四川省高校创新团队(工程结构健康安全评估和风险预测)及西华大学“教师师资支持计划”的支助,在此表示衷心的感谢!

限于编者水平,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者
2016年10月

目 录

绪论	1
0.1 地基与基础的基本概念	1
0.2 基础工程的发展概况	3
0.3 本课程的特点和学习要求	4
第1章 建筑工程地基勘察	5
1.1 地基勘察的目的和任务	5
1.2 岩土工程勘察等级	6
1.3 房屋建筑与构筑物的工程勘察	8
1.4 岩土工程勘察方法	13
1.5 地基土的野外鉴别与描述	18
1.6 高层及超高层建筑岩土工程勘察	21
1.7 岩土工程分析、评价和成果报告	25
习 题	41
第2章 天然地基浅基础设计	43
2.1 浅基础类型与材料选用	43
2.2 地基基础设计的原则	47
2.3 基础埋置深度	51
2.4 地基承载力特征值的确定	58
2.5 基础底面尺寸的确定	62
2.6 地基变形和稳定性验算	70
2.7 浅基础结构设计与计算	76
2.8 减轻不均匀沉降危害的措施	108
习 题	113
第3章 连续基础	116
3.1 地基、基础和上部结构共同作用	116
3.2 地基计算模型	121
3.3 文德勒地基上梁的计算	124
3.4 柱下条形基础	134
3.5 十字交叉条形基础	142
3.6 筏形基础	147

3.7 箱形基础	186
习 题	198
第4章 桩基础与沉井基础	200
4.1 桩基础分类与选型	200
4.2 单桩的工作原理	206
4.3 桩的负摩阻力	208
4.4 单桩竖向承载力	212
4.5 单桩水平承载力与位移	229
4.6 群桩承载力与沉降	242
4.7 桩基础的常规设计	256
4.8 沉井基础	280
习 题	304
第5章 软弱地基土处理	310
5.1 概述	310
5.2 换填垫层法	314
5.3 预压地基	318
5.4 压实地基与夯实地基	328
5.5 复合地基	337
5.6 注浆加固	396
5.7 微型桩加固	404
习 题	409
第6章 特殊土地基	411
6.1 软土地基	411
6.2 湿陷性黄土地基	431
6.3 膨胀土地基	440
6.4 红黏土地基	446
6.5 冻土地基	450
习 题	458
第7章 山区地基	460
7.1 土岩组合地基	461
7.2 填土地基	464
7.3 滑坡	472
7.4 岩石地基	487
7.5 岩溶与土洞	492
7.6 边坡与支挡结构	498
习 题	515
参考文献	518

0.1 地基与基础的基本概念

万丈高楼从地起,所有建筑物均以地球为依托,即无论建筑物的使用要求、荷载条件如何,其荷载最后总是由其下的地层来承担。凡是因建筑物荷载作用而产生应力与变形的岩土体,统称为地基。将建筑物荷载传递给地基的地下结构部分称为基础(图 0.1)。

基础埋藏于地面之下,支承上部结构自重以及作用于建筑物上的各种荷载,并将荷载扩散传递给持力层和下卧层,起到承上启下的作用。一般说来,基础按埋置深度可以分为两大类:浅基础和深基础。

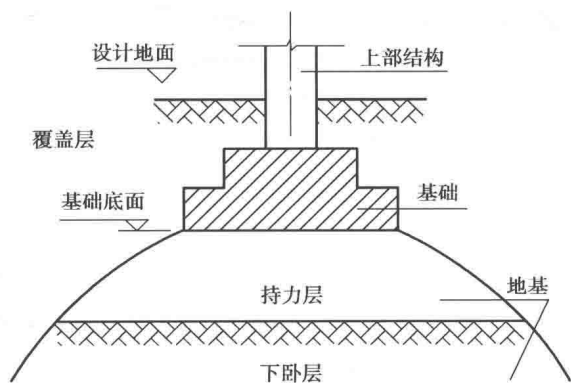


图 0.1 地基与基础示意图

通常把埋置深度不大(小于或相当于基础底面宽度,一般认为小于 5 m)、可用简便施工方法进行基坑开挖和排水的基础,称为浅基础,如柱下独立基础、条形基础、筏形基础、交叉梁基础和箱形基础等。

当土层性质不好,需要利用深部良好的地层,且需采用专门的施工方法和机具建造的基础(通常埋置深度大于 5 m)称为深基础,如桩基、沉井、沉箱、地下连续墙、桩箱基础和桩筏基础等。

地基可分为天然地基和人工地基两类。天然地基是不加处理就能满足设计要求,可直接在上面进行修建的天然土层,如密实的砂土层、老黏土层等;人工地基是经过人工处理后才满足要求的土层,如经过处理后的软黏土地基或其他不良地基。显然,当能满足基础工程的要求时,采用天然地基最“快、好、省”。

当地基由多层土组成时,地基直接与基础底面接触,承受主要荷载的那部分土层称为持力层,持力层以下的其他土层称为下卧层,如图 0.1 所示。当持力层和下卧层的土质坚实、性能较

好时,上部结构对地基强度、变形和稳定性的要求容易得到满足。

地基与基础设计必须满足3个基本条件:

①作用于地基上的作用效应(基底压应力)不得超过地基允许承载力或地基承载力特征值,保证建筑物不因地基承载力不足造成整体破坏或影响正常使用,具有足够防止整体破坏的安全储备;

②基础沉降不得超过地基变形的允许值,保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用;

③挡土墙、边坡以及地基基础保证具有足够防止失稳破坏的安全储备。

基础支承上部结构荷载并将其传递给地基,起到承上启下的作用。基础工程是整个建筑工程中一个重要的组成部分,是建筑物的根基。大量事实表明,在土木工程事故案例中,地基基础问题占很大的比例,且事故一旦发生,进行补救相当困难。下面是一些国际上有名的失败案例,我们应引以为戒。

1913年建造的加拿大特朗斯康谷仓(图0.2),由65个圆筒形筒仓组成,高31 m,宽23.5 m,其下为筏形基础。由于事前不了解基础下埋藏有厚达16 m的软黏土层,建成后初次储存谷物,基底平均压力(320 kPa)超过了地基极限承载力,致使谷仓西侧突然陷入土中8.8 m,东侧则抬高1.5 m,仓身倾斜 $26^{\circ}53'$ 。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失了稳定性的典型范例。由于该谷仓整体性很强,筒仓完好无损。事后在筒仓下增设70多个支承于基岩上的混凝土墩,使用388个50 t千斤顶,才把筒仓纠正过来,但其标高比原来降低了4 m。

世界著名的意大利比萨斜塔(图0.3),1173年动工,高约55 m,因地基压缩层不均匀、排水缓慢,北侧下沉1 m多,南侧下沉近3 m。1932年曾灌注1 000 t水泥,也未奏效,每年仍下沉约1 mm。目前正在处理之中。再如,我国1954年兴建的上海工业展览馆中央大厅,因地基中约有14 m厚的淤泥质软黏土,尽管采用了7.27 m的箱型基础,建成后当年仍下沉了0.6 m,目前大厅平均沉降达1.6 m。

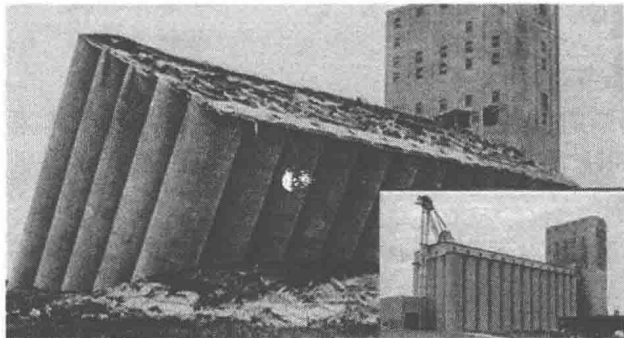


图0.2 加拿大特朗斯康谷仓的地基破坏情况



图0.3 比萨斜塔

由此可见,基础工程在整个建筑工程中的重要性显而易见,必须认真对待,坚持做到细致勘探、周密设计、精心施工,杜绝各类基础工程事故的发生。这也是学习基础工程学科的重要性之所在。

0.2 基础工程的发展概况

基础工程是一项古老的技术,发展至今已是一门专门的学科。世界各文明古国建造的宫殿楼宇、高塔亭台、长城运河、古道石桥等工程,无论是至今完好,还是不复存在的,都有很多关于基础工程的技术成就。

18—19 世纪,人们在大规模建设中遇到了许多与岩土工程相关的问题,在此阶段,作为基础工程学科的理论基础——土力学方面,有相当多的成就。例如,法国科学家 C. A. 库仑(Coulomb)在 1773 年提出了砂土抗剪强度公式和挡土墙土压力的滑楔理论;法国学者 J. 布辛奈斯克(Boussinesq)在 1885 年提出了竖向集中荷载作用下半无限弹性体应力和位移的理论解答。先驱者们的科学结晶为土力学的建立奠定了基础。1925 年,太沙基发表了第一本比较完整的著作《土力学》,标志着土力学建立为一个完整的工程学科。太沙基与 R. 佩克(Peck)在 1948 年发表的《工程实用土力学》中,将理论、测试和工程经验密切结合,推动了土力学和基础工程学科的发展。该书的发表,标志着“土力学及基础工程”真正成为一门工程学科。1936 年在哈佛大学召开了第一届国际土力学及基础工程学术会议至今,特别是 21 世纪初以来,把基础工程学科推向了现代化。

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,许多雄伟壮丽的中国古代建筑逾千百年仍安然留存至今的事实就充分说明了这一点。例如,1 300 多年前隋代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。该桥桥台坐落在两岸较浅的密实粗砂土层上,沉降很小,充分利用了天然地基的承载力。另外,在桩基础和地基加固方面,我国古代也已有广泛运用,如秦代所建的渭桥、隋代郑州的超化寺等都以木桩为基础。

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和探讨,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,概率极限状态设计理论和方法,优化设计方法,数值分析方法和计算机技术的应用等。另外,随着高层建筑和大跨度空间结构的涌现、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。其一是桩基础技术,其中桩土共同工作理论,新的桩基设计控制理论——变形控制理论,桩基非线性分析和设计方法,桩基承载力和沉降的合理估算,新桩型(如大直径成孔灌注桩、预应力管桩、挤扩支盘桩、套筒桩、微型桩等)的研究开发,后注浆技术在桩基工程中的应用,桩基础的环境效应等,都成为研究和开发的热点。其二,深基坑开挖问题,研究的重点放在土、水压力的估算,基坑支护设计理论和方法的深化——优化设计、静态设计和动态设计、考虑时空效应的方法等;新基坑支护方法(如复合土钉墙、作为主体结构应用的地下连续墙、锚杆挡墙等)的开发研究;基坑开挖对环境的影响;逆作法技术的应用等。

我国地域辽阔,由于自然地理环境不同,分布着多种多样的土类。某些土类(如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红黏土和多年冻土等)还具有不同于一般土类的特殊性质。作为地基,必须针对这些土的各种特性采取不同的试验方法和处理措施进行分析和研究。此外,由于大量人类工程活动进入山区,还出现了许多山区常见的地基问题。因此,地基基础问题的发生和解决的方法带有明显的区域性特征。

在地基处理方面,进一步完善复合地基理论、对各类地基处理方法和机理的深化研究以及施工及检测技术的改进也是基础工程学科所关注的问题。对于深水和复杂地质条件下的基础工程,如特大型桥梁、水工结构和近海工程等,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。

0.3 本课程的特点和学习要求

本课程是土力学的后续课程,基础工程的设计中需要根据土的特性对地基进行受力分析、计算地基承载力及地基的变形等。本课程涉及工程地质学、材料力学、弹性力学、结构力学、建筑结构、工程施工等学科领域的知识,内容广泛,综合性、理论性和实践性都很强。要掌握好这些相关课程的基本内容与基本原理,为本课程的学习打好基础。

本课程的特点是根据建筑物对基础功能的特殊要求,首先通过勘探、试验、原位测试等,了解岩土层的工程性质,然后结合实际工程,运用土力学及基础工程的基本原理,综合分析岩土层与基础工程结构物的相互作用及其变形与稳定的规律,制订合理的基础工程方案和施工技术措施,确保建筑物的安全与稳定。原则上是以工程要求和勘探试验为依据,以岩土体与基础共同作用和变形与稳定分析为核心,以优化基础方案与建筑技术为灵魂,以解决工程问题,确保建筑物安全与稳定为目的。

基础工程是一门实践性很强的学科,在学习基础工程课程时,一定要紧密结合工程实际,有条件的可结合工程案例学习,上部结构、基础和地基要综合考虑。前面提到,作用在建筑物上的荷载是通过基础再传递给地基的,基础工程的研究对象是建筑物的基础和地基。在学习某一基础形式时,首先要清楚荷载的传递路线、传递规律,也就是力的传递和力的平衡;然后是相应的地基承载力和地基变形。荷载的传递规律往往比较复杂,要学会抓主要矛盾。基础工程设计就是如何保证在荷载传递过程中建筑物的使用安全、可靠、经济。

第1章 建筑工程地基勘察

岩土工程勘察是建筑工程的先行工作,也是建筑物基础设计和施工前一项非常重要的工作。其目的在于以各种勘察手段和方法,了解和探明建筑物场地和地基的工程地质条件,为建筑物选址、设计和施工提供所需的基本资料,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施工。

工程实践中,如果不进行现场勘查就直接设计,有可能造成严重的工程事故。常见的事故是贪快求省、勘察不详或分析结论有误,以致延误建设进度,浪费大量资金,甚至遗留后患。从事设计和施工的工程技术人员务必重视建筑场地和地基勘察工作,正确地向勘察单位提出勘察任务和要求,并能正确分析和应用岩土工程勘察报告,防止地基事故的发生,确保工程质量。

1.1 地基勘察的目的和任务

地基基础勘察工作就是综合运用各种勘察手段和技术方法,有效查明建筑场地的工程地质条件,分析评价建筑场地的工程地质条件,分析评价建筑场地可能出现的岩土工程问题,对场地地基的稳定性和适应性作出评价,为工程建设规划设计提供可靠依据。

其具体目的归纳如下:

①充分利用有利的自然地质条件,避开或改造不利的地质因素,保证工程建筑安全稳定、经济合理和使用正常。

②提供整个建筑场地的土性指标,进行技术方案论证,并为工程设计、施工提供所需的地质资料。

③解决和处理工程中涉及的场地利用、选用、整治和改造等问题,为大型工程的可行性研究提供技术资料。

地基勘察的基本任务是按照建筑物或构筑物不同勘察阶段的要求,为工程的设计、施工以及岩土体治理加固、开挖支护和降水等工程提供地质资料和必要的技术参数,对有关岩土工程问题作出论证和评价。其具体任务包括以下3个方面:

①查明工程范围内岩土体的分布、性状和地下水活动条件,提供设计、施工和整治所需的地质资料和岩土技术参数。

②调查建筑场地的工程地质条件,对不良地质的防治工程和地基加固问题提出具体方案及建议,对场地稳定性和适应性作出评价。

③预测工程施工和运行过程中对地质环境和周围建筑物的影响,并提出保护性措施的建议。

1.2 岩土工程勘察等级

不同建筑场地的工程地质不同,不同规模和特征的建筑物对工程地质的条件和要求也不尽相同,所要解决的岩土工程问题也有差异。因此,工程建设所采取的地基基础、上部结构设计方案,以及地基勘察所用的方法、所投入的勘察工作量大小也可能不相同。

根据《岩土工程勘察规范(2009 版)》(GB 50021—2001)规定,建筑勘察等级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 3 项因素综合确定。

1) 工程重要性等级

根据地基损坏造成建筑物破坏后果的严重性,将建筑物分为 3 个安全等级。实施工程勘察时应视具体情况,按表 1.1 选用。

表 1.1 工程重要性等级划分

重要性等级	工程类型	破坏后果
一级工程	重要工程	很严重
二级工程	一般工程	严重
三级工程	次要工程	不严重

由于涉及各行各业(房屋建筑、地下洞室、电厂及其他工业建筑、废弃物处理等工程),工程重要性等级很难做出统一的划分标准。以住宅和一般公用建筑为例,30 层以上的建筑工程,其重要性等级可以定为一级,7~30 层的可定为二级,6 层及 6 层以下的可定为三级。目前,对地下洞室、深基坑开挖、大面积岩土处理等尚无重要性等级的具体规定,可根据实际情况划分。对大型沉井和沉箱、超长桩基和墩基、有特殊要求的精密设备和超高压设备、有特殊要求的深基坑开挖和支护工程、大型竖井和平硐、大型基础托换和补强工程以及其他难度较大、破坏后果严重的工程,其工程重要性等级宜为一级。

2) 场地复杂程度等级

根据建筑抗震稳定性、不良地质作用发育情况、地质环境破坏程度、地形地貌和地下水等 5 个方面综合考虑,场地复杂程度等级划分详见表 1.2。

表 1.2 场地复杂程度等级划分

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	满足其中一条以上者
	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、岩溶裂隙水或其他复杂的水文地质条件,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	

续表

场地等级	特征条件	条件满足方式
三级场地 (简单场地)	抗震设防烈度等于或小于 6 度,或位于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:①从一级开始,向二级、三级推定,以最先满足为准。
②对建筑抗震有利、不利和危险阶段的划分,应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)的规定确定。

建筑抗震危险地段是指地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流及发震断裂带上可能发生地表位错的部位;不利地段是指软弱土和液化土,条状突出的山嘴,高耸孤立的山丘,非岩质的陡坡、河岸和斜坡边缘,平面分布上成因、岩性和性状明显不均匀的土层等;有利阶段是指岩石和坚硬土或开阔平坦、密实均匀的中硬土等。

不良地质作用强烈发育是指泥石流沟谷、崩塌、滑坡、土洞、塌陷、岸边冲刷、地下水强烈潜蚀等极不稳定场地,这些不良地质作用直接威胁工程安全;一般发育是指虽有不良地质作用,但并不十分强烈,对工程安全的影响不严重,或者说对工程安全可能有潜在的威胁。

地质环境破坏是指人为因素和自然因素引起的地下采空、地面沉降、地裂缝、化学污染、水位上升等。地质环境的强烈破坏是指由于地质环境破坏,已对工程安全构成直接威胁;一般破坏是指已有或将有上述现象发生,但并不强烈,对工程安全影响不严重。

地形地貌主要是指地形起伏和地貌单元(尤其是微地貌单元)的变化情况。一般地说,山区和丘陵区场地地形起伏大,工程布局较困难,挖填土石方量较大,土层分布较薄且下伏基岩面高低不平,地貌单元分布较复杂,一个建筑场地可能跨越多个地貌单元,因此地形地貌条件复杂或较复杂;平原场地地形平坦,地貌单元均一,土层厚度较大且结构简单,因此地形地貌条件简单。

地下水是影响场地稳定性的重要因素。地下水的埋藏条件、类型和地下水水位等直接影响工程及其建设。

3) 地基复杂程度等级

根据地基复杂程度,可按表 1.3 划分为 3 个地基等级。

表 1.3 地基复杂程度等级划分

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	满足其中一条及以上者
	多年冻土,严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土,以及其他情况复杂、需做专门处理的岩土	
二级地基 (中等复杂场地)	岩土种类较多,不均匀,性质变化较大	
	除一级地基中规定的其他特殊性岩土	满足全部条件
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	

岩土工程勘察等级划分见表 1.4。

表 1.4 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

多年冻土情况特殊,勘察经验不多,应列为一级地基。“严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土”是指三级及三级以上的自重湿陷性土、三级膨胀性土等。其他需做专门处理,以及变化复杂的,同一场地上存在多种强烈程度不同的特殊性岩土时,也应列为一级地基。

划分岩土工程勘察等级,目的是突出重点,区别对待,便于管理。岩土工程勘察等级应在工程重要性等级、场地等级和地基等级的基础上划分。一般情况下,勘察等级可在勘察工作开始前,通过搜集已有资料确定。但随着勘察工作开展,对自然认识的深入,勘察等级也可能发生改变。

对岩质地基而言,场地地质条件的复杂程度是控制因素。建造在岩质地基上的工程,如果场地和地基条件比较简单,勘察工作的难度不是很大,所以即使是一级工程,场地和地基为三级时,岩土工程勘察等级也可定为乙级。

1.3 房屋建筑与构筑物的工程勘察

岩土工程勘察阶段的划分与设计阶段的划分是一致的,一定的设计阶段需要相应的岩土工程勘察工作。在我国建筑工程中,岩土工程勘察阶段分为可行性研究勘察阶段、初步勘察阶段、详细勘察阶段和施工勘察阶段。可行性研究勘察应符合选择场址方案的要求;初步勘察应符合初步设计的要求;详细勘察应符合施工图设计的要求;场地条件复杂或有特殊要求的工程,宜进行施工勘察。

场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。当建筑物平面布置已确定,且场地或其附近已有岩土工程资料时,可根据实际情况,直接进行详细勘察。

每个岩土工程勘察阶段都应具有该阶段的具体任务、拟解决的问题、重点工作内容和工作方法以及工作量等,这在各有关岩土工程勘察规范或工作手册中都有明确规定。本节仅介绍建筑物和岩土工程勘察阶段的基本要求与内容。

1.3.1 可行性研究勘察阶段

可行性研究勘察阶段,也称为选址勘察阶段,该阶段应对各场址的稳定性和建筑的适应性作出正确的评价。为此,确定建筑场地时,在工程地质条件方面,宜避开下列地区或地段:

- ①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的。
- ②地基土性质严重不良的。
- ③对建(构)筑物抗震有危险的。
- ④洪水或地下水对建(构)筑物场地有严重不良影响的。

⑤地下有未开采的有价值矿藏或未稳定的地下采空区域的。

本阶段的工程勘察工作要求:

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,通过踏勘了解场地的地层、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。

1.3.2 初步勘察阶段

1) 勘察工作内容及要求

初步勘察是在可行性研究勘察基础上、建设场址选定后进行的。要对场地内建筑地段的稳定性作出岩土工程评价,并为确定建筑总平面布置,主要建筑物地基基础方案及对不良地质作用的防治工程方案进行论证,满足初步设计或扩大初步设计的要求。

初步勘察应进行下列主要工作:

①搜集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。

②初步查明地质构造、地层结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件。

③查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势,并对场地稳定性作出评价。

④对抗震设防烈度等于或大于6度的场地,应对场地和地基的地震效应作出初步评价。

⑤季节性冻土地区,应调查场地土的标准冻结深度。

⑥初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

⑦高层建筑初步勘察时,应对可能采取的地基基础类型、基坑开挖与支护、工程降水方案进行初步分析评价。

初步勘察的勘察工作应符合下列要求:

①勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界线布置。

②每个地貌单元均应布置勘探点,在地貌单元交接部位和地层变化较大的地段,勘探点应予以加密。

③在地形平坦地区,可按网格布置勘探点。

④对岩质地基,勘探线和勘探点的布置、勘探孔的深度,应根据地质构造、岩体特征、风化情况等,按地方标准或当地经验确定。

2) 勘探线、勘探点间距

勘探线、勘探点间距的布置原则:勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界线布置;每个地貌单元均应布置勘探点,在地貌单元交接部位和地层变化较大的地段,勘探点应予以加密;在地形平坦地区,可按网格布置勘探点。

初步勘察阶段的勘探线、勘探点的间距可根据岩土工程勘察等级按表1.5取值。

表 1.5 初步勘察勘探线、勘探点的间距

单位:m

地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
一级(复杂)	50 ~ 100	30 ~ 50
二级(中等复杂)	75 ~ 150	40 ~ 100
三级(简单)	150 ~ 300	75 ~ 200

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设有控制性勘探点。

3) 勘探孔深度

勘探孔的深度取决于拟建建筑物的荷载大小、分布及地基土的特性。勘探孔分为一般性勘探孔和控制性勘探孔两类,其深度可根据岩土工程勘察等级和勘探孔类别按表 1.6 确定。

表 1.6 初步勘察勘探孔深度

单位:m

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

注:①勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等。

②特殊用途的钻孔除外。

当遇下列情形之一时,应适当增减勘探孔深度:

①当勘探孔的地面标高与预计整平地面标高相差较大时,应按其差值调整勘探孔深度。

②在预定深度内遇基岩时,除控制性勘探孔仍应钻入基岩适当深度外,其他勘探孔达到确认的基岩后即可终止钻进。

③在预定深度内有厚度较大,且分布均匀的坚实土层(如碎石土、密实砂、老沉积土等)时,除控制性勘探孔应达到规定深度外,一般性勘探孔的深度可适当减小。

④当预定深度内有软弱土层时,勘探孔深度应适当增加,部分控制性勘探孔应穿透软弱土层或达到预计控制深度。

⑤对重型工业建筑,应根据结构特点和荷载条件适当增加勘探孔深度。

4) 采取土试样和原位测试数量

初步勘察采取土试样和进行原位测试应符合下列要求:

①采取土试样和进行原位测试的勘探点应结合地貌单元、地层结构和土的工程性质布置,其数量可占勘探点总数的 $1/4 \sim 1/2$ 。

②采取土试样的数量和孔内原位测试的竖向间距,应按地层特点和土的均匀程度确定;每层土均应采取土试样或进行原位测试,其数量不宜少于 6 个。

1.3.3 详细勘察阶段

1) 勘察工作内容

在初步设计完成之后进行详细勘察,它为施工图设计提供资料。此时,场地的工程地质条

件已基本查明。所以,详细勘察的目的是提出设计所需的工程地质条件的各项技术参数,对建筑地基作出岩土工程评价,为基础设计、地基处理和加固、不良地质现象的防治工程等具体方案作出论证和结论。详细勘察阶段主要应进行下列工作:

①搜集附有坐标及地形的建筑物总平面布置图,场区的地面整平标高,建筑物的性质、规模荷载、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成因、类型、分布范围、发展趋势及危害程度,提出评价与整治所需的岩土技术参数和整治方案建议。

③查明建筑物范围各层岩土的类别、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。

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查明地下水的埋藏条件,提供地下水位及变化幅度。

⑦在季节性冻土地区,提供场地土的标准冻结深度。

⑧判定水和土对建筑的腐蚀性。

详细勘察针对抗震设防烈度大于或等于6度的场地,应划分场地土类型和场地类别。对抗震设防烈度大于或等于7度的场地,还应分析预测地震效应,判定饱和砂土和粉土地震液化的可能性,并对液化等级作出评价。工程需要时,详细勘察应论证地基土和地下水在建筑施工和使用期间可能产生的变化及其对工程环境的影响,提出防治方案、防水设计水位和抗浮设计水位的建议。

2) 勘探点间距及布置

详细勘察勘探点布置和勘探孔深度,应根据建筑物特性和岩土工程条件确定。对岩质地基,应根据地质构造、岩体特性、风化情况等,结合建筑物对地基的要求,按地方标准或当地经验确定。对土质地基,勘探点的间距应按表1.7确定。

表 1.7 详细勘察勘探点间距

单位:m

地基复杂程度等级	勘探点间距
一级(复杂)	10 ~ 15
二级(中等复杂)	15 ~ 30
三级(简单)	30 ~ 50

勘探点的布置应符合下列规定:

①勘探点宜按建筑物周边线和角点布置,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;重大的动力机器基础和高耸构筑物,勘探点不宜小于3个。

④勘探手段宜采用钻探与触探相配合,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独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;对密集高层建筑群,勘探点可适当减少,但每栋建筑物至少应有一个控制性勘探点。