

侍倩 编著

JIANZHU JICHU
SHEJI YU SHIGONG

建筑基础 设计与施工



化学工业出版社

侍 倩 编著

JIANZHU JICHU
SHEJI YU SHIGONG

建筑基础 设计与施工



化学工业出版社

· 北京 ·

《建筑基础设计与施工》是《土力学》的后续课程。本教材既是讲授一门独立的课程,又与《土力学》课程的内容密切结合。本教材详细介绍了岩土工程勘察技术、浅基础、连续基础、桩基础、挡土墙、深基坑工程、特殊土地基、托换技术。本教材力图考虑学科发展的新水平,反映建筑基础的设计与施工学科的成熟成果与观点。教材中的术语、概念、设计计算方法、结构构造要求等均参照了国家新规范,有些概念还对比了地方和行业规范。

本教材可作为大专院校土木工程专业、水利水电建筑专业、道路与桥梁专业、水工结构专业等学生的教材,也可供以上专业从事勘察、设计、施工、监理的技术人员和施工人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑基础设计与施工/侍倩编著. —北京:化学工业出版社, 2011.1
ISBN 978-7-122-09733-0

I. 建… II. 侍… III. ①基础(工程)-建筑设计
②基础(工程)-工程施工 IV. TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 204125 号

责任编辑:董琳
责任校对:吴静

文字编辑:刘志茹
装帧设计:周遥

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张15¼ 字数473千字 2011年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00 元

版权所有 违者必究

前言

任何建筑物都是建造在地层上的，因此建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担，受建筑物影响的那一部分地层称为地基；建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础，基础是上部结构和地基的媒介，起承上启下的作用。因此，地基、基础就是保证建筑物安全和满足使用要求的关键之一。

如何理解建筑基础工程这一学科呢？应该是：土力学是该学科的理论基础，研究作为载体的岩土的特性及其应力、应变、强度、稳定性、渗流的基本规律；建筑基础工程则是在岩土体上进行工程建设的技术问题，两者互为理论与应用的整体。“基础工程”就是研究下部结构物与岩土体相互作用共同承担上部结构物所产生的各种变形与稳定问题。

建筑基础工程包括基础的设计、施工和监测。其中一些内容在混凝土工程和建筑施工等学科中已有涉及，本书不再赘述。而与岩土工程紧密相关的内容，如基础埋深、地基承载力、地基变形、地基稳定性分析、基坑支护设计、地基处理、桩基础、上部结构-基础-地基相互作用等，本书中均会涉及。

我国改革开放以来，伴随着大规模现代化建设的需要以及国际上科学的发展和技术的进步，基础工程领域取得了许多新的成就，在设计与施工领域也涌现出许多新概念、新方法、新技术。但很多方法尚在不断发展之中，有其适用范围和局限性。因此，本书编写的原则是力争反映国内外学科发展的新技术和新经验，反映基础工程设计和施工的成熟成果和观点。

近几年来，岩土工程领域的许多规程和规范都在不断修订之中，为了适应广大工程技术人员和大专院校学生的学习和使用的要求，本书中的术语、符号、概念、计算理论和方法等都尽量参照新的国家规范、行业规范或地区规程。

本书在编写过程中尽量做到讲清基本概念，深入浅出。既阐明基本原理和基本方法，又不包罗万象。在文字上力求做到逻辑清晰，语言流畅，概念清楚，计算准确，图表规范，注意科学性、可靠性和先进性。

由于作者水平所限，书中定有遗漏及不妥之处，甚至有可能存在错误，望广大读者批评指正。

作者

2010年8月于武汉大学

目 录

第一章 绪论	1
第一节 地基及基础的概念	1
第二节 基础工程的特点	4
第二章 工程勘察	5
第一节 概述	5
一、岩土工程勘察的主要特点或要求	5
二、勘探方法分类	5
三、勘探方案的制定	5
第二节 岩土工程勘察级别	6
一、工程安全等级	6
二、场地等级	7
三、地基等级	7
四、工程勘察等级的综合划分	7
第三节 工程勘察要求	8
一、工程勘察的依据	8
二、不同勘察阶段的主要工作内容	8
三、勘探点的布置要求	10
四、勘探孔的深度	10
五、取样和测试工作量	12
六、地下水的勘察	13
第四节 勘察工作纲要	13
第五节 工程地质测绘与调查	14
第六节 现场勘探与测试	15
一、钻探方法	15
二、岩土取样	17
三、原位测试	17
第七节 室内土工试验	21
一、一般规定	21
二、试验项目和注意事项	21
第八节 岩土工程分析评价和成果报告	23
一、一般规定	23
二、勘察报告的基本内容	24
三、图件编制的要求	24
四、工程勘察报告的利用	25
第三章 浅基础	26
第一节 概述	26
一、浅基础设计内容	26
二、浅基础设计方法	27
三、地基基础设计原则	27
第二节 建筑基础设计方法的进展	28
一、简化计算方法	28
二、弹性地基梁、板理论分析方法	29
三、上部结构与地基基础共同作用的分析法	29
第三节 浅基础的地基承载力	30
一、地基承载力的概念	30
二、地基承载力特征值的确定	31
第四节 建筑物变形验算与控制	34
一、建筑物变形的特征	34
二、建筑物变形的允许值	34
三、沉降计算	35
第五节 浅基础的类型及适用条件	38
第六节 浅基础设计步骤	42
一、基础方案的比较与选择	42
二、基础埋置深度的确定	43
三、基础底面尺寸的确定	43
四、地基承载力验算	45
五、沉降验算	45
六、地基稳定性验算	46
七、基础的构造与设计计算	46
第七节 刚性基础设计	46
第八节 钢筋混凝土独立基础设计	47
一、柱下钢筋混凝土独立基础的一般构造	47
二、确定基础底面积	47
三、钢筋混凝土独立基础的抗冲切验算	48
四、柱下钢筋混凝土独立基础的抗弯验算	49
第九节 浅基础施工	51
一、基坑开挖、放坡及支挡	51
二、基坑降排水	55
三、钢筋混凝土基础的制作	55
第四章 连续基础	57
第一节 梁式基础	57
一、适用条件	57

二、地基模型	57	三、筏板基础计算	70
三、梁式基础简化分析方法	60	第三节 箱形基础	74
四、文克尔地基上梁的数值分析	61	一、箱形基础几何尺寸的确定	74
五、墙下条形基础和柱下条形基础设计	64	二、箱形基础结构设计	76
六、柱下交叉梁式条形基础	66	第四节 上部结构与地基基础的共同作用	81
第二节 筏板基础	67	一、概述	81
一、概述	67	二、共同作用分析方法	83
二、筏板基础设计要求	68		
第五章 桩基础	88		
第一节 概述	88	一、群桩的荷载传递机理	108
一、桩基础的使用	88	二、群桩的承载力计算	110
二、桩基设计原则	88	三、群桩的沉降计算	113
三、桩基设计内容	89	四、负摩阻力对群桩桩基承载力和沉降的影响	114
第二节 桩的类型与现有桩型体系	89	第六节 桩基础设计	116
一、桩的类型	89	一、桩基础设计方法	116
二、我国现有的桩型体系	91	二、桩型选择与桩端持力层的选择	117
第三节 单桩竖向承载力	92	三、桩数的确定及桩的平面布置	118
一、单桩轴向荷载的传递机理	92	四、桩基承载力验算	120
二、单桩竖向承载力的确定方法	94	五、桩基沉降验算	123
三、单桩承载力的若干特殊问题	99	六、承台计算	123
第四节 单桩水平承载力	102	七、桩与承台的构造与配筋	123
一、确定单桩水平承载力的方法	102	第七节 桩基施工与监理	126
二、单桩在水平荷载下的性状分析	105	一、泥浆护壁成孔灌注桩	126
三、水平荷载作用下弹性桩的计算	106	二、预制桩施工	129
四、水平荷载作用下单桩性状分析的若干问题	107	三、钻孔灌注桩施工监理	130
第五节 群桩竖向承载力与沉降	108		
第六章 挡土墙	132		
第一节 挡土墙的类型	132	二、悬臂式挡土墙的计算	143
第二节 作用在挡土墙上的荷载	132	第五节 扶壁式挡土墙	147
一、土压力	132	一、扶壁式挡土墙的构造	147
二、水压力	134	二、扶壁式挡土墙的设计计算	148
第三节 重力式挡土墙	134	第六节 挡土墙施工	152
一、重力式挡土墙的选型	134	一、挡土墙施工工艺流程	152
二、重力式挡土墙的构造	135	二、重力式挡土墙施工中应注意的问题	153
三、重力式挡土墙的计算	137	三、悬臂式挡土墙和扶壁式挡土墙施工中应注意的问题	153
第四节 悬臂式挡土墙	142		
一、悬臂式挡土墙的构造	142		
第七章 深基坑工程	155		
第一节 概述	155	一、计算依据	159
一、基坑工程特点	155	二、挡土结构内力分析的古典方法	159
二、基坑工程的基本技术要求	156	三、挡土结构内力分析的解析方法	159
第二节 围护结构型式及适用范围	156	四、挡土结构的有限元分析	160
一、围护结构类型	156	第四节 土压力计算	160
二、支撑结构类型	158	一、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99)	160
第三节 挡土结构的内力分析	159		

二、上海市标准《基坑工程设计规程》 (DBJ 08-61—97)	161	二、柱列式挡土墙的设计计算	174
三、深圳市标准《深圳地区建筑深基坑支护技术规范》(SJG 05—96)	161	三、钻孔灌注排桩挡墙设计	177
四、成层土的土压力计算	162	四、SMW 工法柱列式挡土墙的设计	180
第五节 深层搅拌桩挡墙支护	163	第七节 支锚工程	182
一、搅拌桩的分类与特性	163	一、支撑结构概述	182
二、搅拌桩挡墙的设计计算	165	二、土层锚杆支撑	185
三、搅拌桩挡墙的施工技术	169	第八节 地下水控制	189
四、搅拌桩挡墙施工管理	171	一、轻型井点	190
五、质量检验	172	二、喷射井点	194
第六节 柱列式挡土墙的设计与施工	173	三、电渗井点	195
一、概述	173	四、管井井点	196
		五、深井井点	196

第八章 特殊土地基 197

第一节 软弱土地基	197	二、膨胀土地基的评价	211
一、软黏土地基	197	三、膨胀土地基的工程措施	213
二、杂填土地基	200	第四节 其他特殊土地基	215
三、冲填土地基	201	一、多年冻土地基	215
四、松散砂土地基	202	二、盐渍土地基	215
第二节 湿陷性黄土地基	204	三、红黏土地基	219
一、黄土的特征和分布	204	四、岩溶	220
二、湿陷发生的原因和影响因素	205	五、土洞地基	221
三、湿陷性黄土地基的评价	206	六、污染土	222
四、湿陷性黄土地区建筑物的设计措施	208	第五节 地基处理方法简介	223
五、湿陷性黄土地基的处理方法	208	一、各种地基处理方法的土质适用情况、加固效果和最大有效处理深度	223
第三节 膨胀土地基	209	二、常用地基处理方法	223
一、膨胀土的特点	209		

第九章 托换技术 226

第一节 概述	226	三、抬墙梁法	236
一、补救性托换的原因	226	四、沉井托换加固法	236
二、托换工程施工流程	226	五、基础加压纠偏法	237
第二节 坑式托换	227	六、基础减压和加强刚度法	237
第三节 桩式托换	229	七、套筒法	238
一、预试桩及压入桩托换	229	八、浸水与加压矫正法	238
二、打入桩、灌注桩及灰土桩托换	230	九、加载纠倾法和排(掏)土纠倾法	239
三、树根桩托换	231	第五节 综合托换	241
四、锚杆静压桩托换	232	第六节 建筑物移位工程	242
第四节 特殊托换	234	一、移位工程分类	242
一、灌浆法	234	二、移位工程设计	242
二、后压浆桩法	235		

参考文献 245

第一章 绪 论

第一节 地基及基础的概念

建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担,受建筑物影响的那一部分地层称为地基;建筑物向地基传递荷载的下部结构就是基础。

组成地层的土或岩石是自然界的产物,它的形成过程、物质组成、工程特性及其所处的自然环境极为复杂多变。因此,在设计建筑物之前,必须进行建筑场地的地基勘察,充分了解、研究地基土(岩)层的成因及构造、它的物理力学性质、地下水情况以及是否存在(或可能发生)影响场地稳定性的不良地质现象(如滑坡、岩溶、地震等),从而对场地的工程地质条件作出正确的评价,这是做好地基基础设计和施工的先决条件。以上所述涉及工程地质学和土力学的部分内容,这些是学好本学科的基本知识。

建筑物的建造使地基中原有的应力状态发生变化。这就必须运用力学方法来研究荷载作用下地基土的变形和强度问题,以便使地基基础设计满足两个基本条件:①要求作用于地基的荷载不超过地基的承载能力,保证地基在防止整体破坏方面有足够的安全储备;②控制基础沉降,使之不超过允许值,保证建筑物不因地基沉降而损坏或者影响其正常使用。研究土的应力、变形、强度和稳定以及土与结构物相互作用等规律的一门力学分支称为土力学。土力学是本学科的理论基础。

基础结构的型式很多,设计时应该选择能适应上部结构和场地工程地质条件、符合使用要求、满足地基基础设计两项基本要求以及技术上合理的基础结构方案。通常把埋置深度不大(一般浅于5m)、只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础统称为浅基础。反之,浅层土质不良,而须把基础埋置于深处的好地层时,就要借助于特殊的施工方法,建造各种类型的深基础了。选定适宜的基础型式后,地基不加处理就可以满足要求的,称为天然地基;否则,就叫做人工地基。

建筑物的地基、基础和上部结构三部分,虽然各自功能不同,研究方法相异,然而,对一个建筑物来说,在荷载作用下,这三方面却是彼此联系、相互制约的整体。目前,要把三部分完全统一起来进行设计计算还有困难。但在处理地基基础问题时,应该从地基-基础-上部结构相互作用的整体概念出发,全面地加以考虑,才能收到比较理想的效果。

地基和基础是建筑物的根本,又属于地下隐蔽工程。它的勘察、设计和施工质量直接关系着建筑物的安危。实践表明,建筑物事故的发生,很多与地基基础问题有关,而且,地基基础事故一旦发生,补救并非易事。此外,基础工程费用与建筑物总造价的比例,视其复杂程度和设计、施工的合理与否,可以变动于百分之几到百分之几十之间。因此,地基及基础在建筑工程中的重要性是显而易见的。工程实践中,地基基础事故的发生固然屡见不鲜,然而,只要严格遵循基本建设原则,按照勘察-设计-施工的先后程序,切实抓好三个环节,那么,地基基础事故一般是可以避免的,以下举两个可以借鉴的实例。

图1-1是建于1941年的加拿大特朗斯康谷仓(Transcona Grain Elevator)地基破坏情况。该谷仓由65个圆筒仓组成,高31m,宽23m,其下为筏板基础,由于事前不了解基础下埋藏有厚达16m的软黏土层,建成后初次贮存谷物,使基底平均压力(320kPa)超过了地基的极限承载力。结果谷仓西侧突然陷入土中8.8m,东侧则抬高1.5m,仓身倾斜27°。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失了稳定性的典型例子。该谷仓的整体性很强,筒仓完好无损。事后在下面做了70多个支承于基岩上的混凝土墩,使用388个50t千斤顶以及支撑系统,才把仓体逐渐纠正过来,但其位置比原来降低了4m。

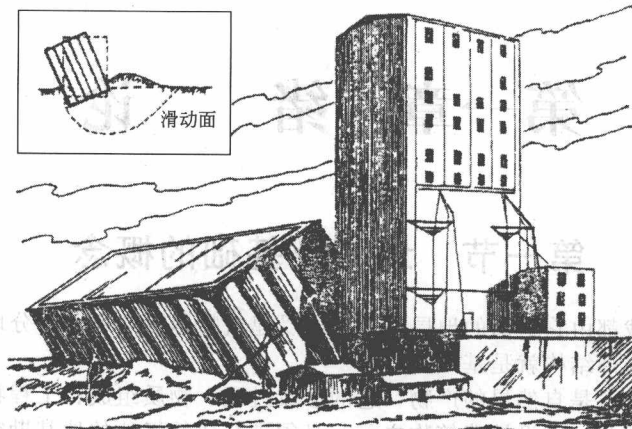


图 1-1 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

某火车站服务楼建于淤泥层厚薄不均匀的软土地基上（见图 1-2）。在上部混合结构的柱下和墙下分别设置了一般的扩展基础和毛石条形基础。设计时未从地基-基础-上部结构相互作用的整体概念出发进行综合考虑，以致结构布局不当。中间四层的隔墙多、采用钢筋混凝土楼面，其整体刚度和重量都较大。相反地，与之相连的两翼，内部空旷，其三层木楼面则通过钢筋混凝土梁支承于外墙和中柱上，因此，重量轻而刚度不足。由于建筑物各部分的荷载和刚度悬殊，建成后不久，便出现了显著的不均匀沉降。两翼墙基向中部倾斜，致使墙体、窗台、窗顶和钢筋混凝土梁面都出现相当严重的裂缝，影响使用和安全。处理时，起先曾将中部基础加宽，继之又一再加固，都未收到预期的效果；后来只得将两翼木楼面改成钢筋混凝土楼面、拆除严重开裂的墙体、更换部分钢筋混凝土梁，才算基本解决问题。

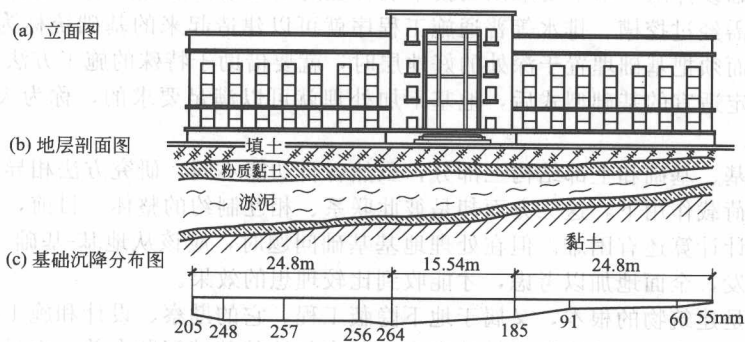


图 1-2 某火车站服务楼

目前我国正在进行大规模的工程建设，但再过 20 年，我国新建工程将基本饱和，那时每年的新建工程开工量将明显减少，而既有建筑物积蓄总量将显著增加。到时既有建筑物的加固改造与病害处理工程将成为建筑市场的主体工程，而这些加固改造和病害处理都属于建筑基础工程的范畴，下面举几个例子加以说明。

都江堰奎光塔建于公元 1831 年，是年代久远的古建筑，但塔体在外力作用下及差异风化条件下产生了不均匀破坏，造成塔体倾斜。通过调查研究分析，奎光塔地基基础未发现不均匀沉降的迹象，也不存在不均匀沉降的条件，地基承载力也是够的，造成奎光塔倾斜的主要原因是地震力作用下，东部塔体被压裂（酥）、西部

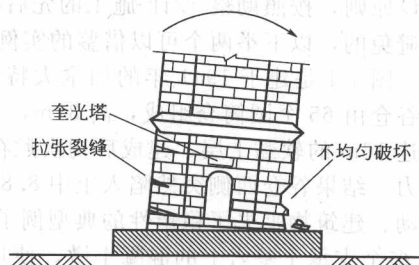


图 1-3 建筑物本体不均匀破坏型

拉开造成不均匀破坏而向东倾斜，以后的继续发展除地震力的影响以外，还与风荷载产生的附加力、砖体本身的强度衰减、偏心荷载的逐渐加剧等有关，见图 1-3。最后根据奎光塔的实际，采取了迫降、顶升组合协调纠偏法，在不破坏原塔外貌的前提下将塔身纠偏加固，其作用原理如图 1-4 所示。

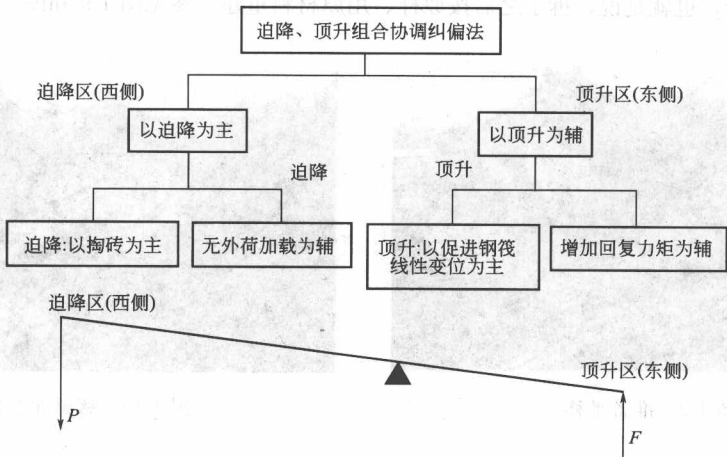


图 1-4 迫降、顶升组合协调纠偏法原理图示

随着地下逆作法施工技术的发展，地下增层技术有了很大的提高，既满足了人们对建筑的使用要求，又改善和美化了人类的住行环境，见图 1-5~图 1-8。

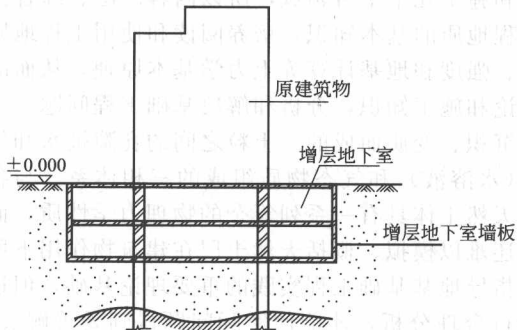


图 1-5 混合式增层法

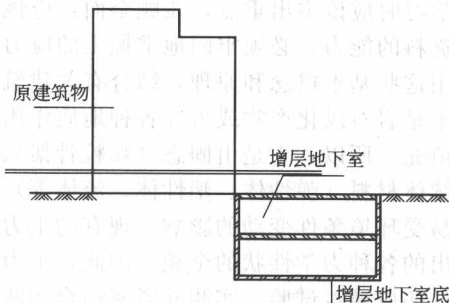


图 1-6 水平扩展式改建法

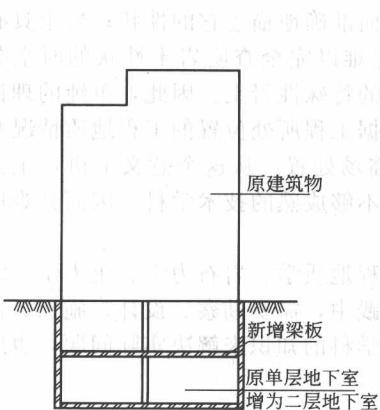
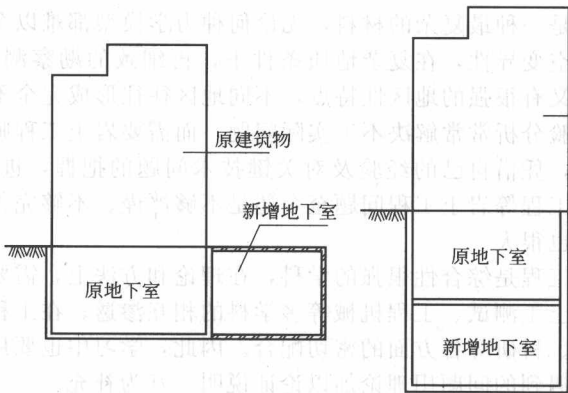


图 1-7 地下室室内增加一层



(a) 向外扩建式增层

(b) 向下延伸式增层

图 1-8 地下室室外增加一层

原地下结构空间改建加层是在原有地下室结构内加层、向外扩建或增层、向下延伸或增层等增层方式,该方式是增加原地下室的面积而采取的有效增层措施。

位于河南省安阳市林州横水镇马店村内的慈源寺,始建于1300年前的唐代贞观年间。由于安林高速公路的建设将从寺院中部通过,故对寺院内三座文物建筑实施整体平移。其他九座建筑实施“解体组合”的方式搬迁,也就是说,拆了之后按原样、用原材料重建。参见图1-9和图1-10。

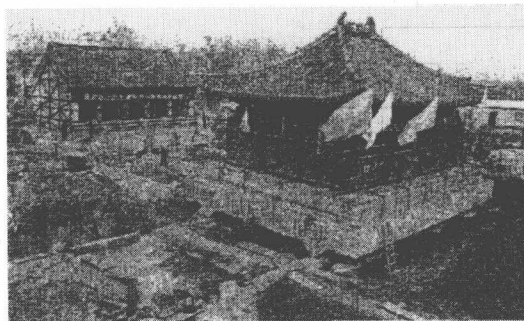


图1-9 准备平移

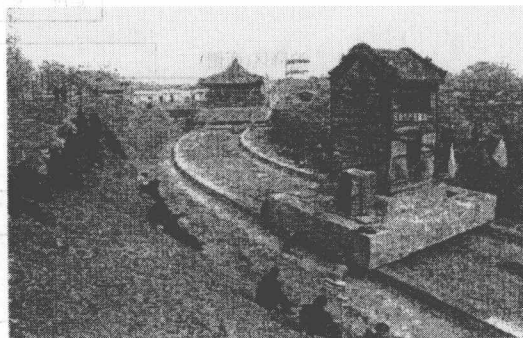


图1-10 慈源寺平移中

第二节 基础工程的特点

基础工程涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工几个学科领域,所以内容广泛、综合性强,学习时应该突出重点,兼顾全面:应该重视工程地质的基本知识,培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力;必须牢固地掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,从而能够应用这些基本概念和原理,结合有关建筑结构理论和施工知识,分析和解决基础工程问题。

土是岩石风化产物或再经各种地质作用搬运、沉积、变质而成的。土粒之间的孔隙被水和气体所填充,所以,土是由固态(颗粒骨架)、液态(水溶液)和气体物质组成的三相体系。与各种连续体材料(弹性体、塑性体、流体等)比较,天然土体具有一系列复杂的物理力学性质,而且容易受环境条件变动的影响。现有的土力学理论还难以模拟、概括天然土层在建筑物作用下所表现出的各种力学性状的全貌。因此,土力学虽是指导地基基础工程实践的重要理论基础,但还不够,还应通过试验、实测并紧密结合实践经验进行合理分析,才能使实际问题得到妥善解决。而且,也只有在反复联系工程实践的基础上,才能逐步提高、丰富对理论的认识,不断增强处理问题的能力。

岩土是一种最复杂的材料,无论何种力学模型都难以全面而准确地描述它的性状;岩土具有显著的时空变异性,在复杂地质条件下,再细致的勘察测试也难以完全查明岩土性状的时空分布;岩土又有很强的地区性特点,不同地区往往形成完全不同的特殊性岩土。因此,单纯的理论计算和试验分析常常解决不了实际问题,而需要岩土工程师根据工程所处位置的工程地质情况和工程要求,凭借自己的经验及对关键技术问题的把握,进行临场处置。从这个意义上讲,土力学、基础工程等岩土工程问题至今还是不够严谨、不够完善、不够成熟的技术学科,因而其难度大,潜力也很大。

基础工程是综合性很强的学科,在理论和方法上,需要工程地质学、岩石力学、土力学、结构力学、土工测试、工程机械等多学科的相互渗透;在工程实践中,需要勘察、设计、施工、监测、监理、科研等各方面的密切配合。因此,学习中也要用各学科的知识来解决实际问题,也应把实践中遇到的问题用理论加以论证说明,互为补充。

第二章 工程勘察

第一节 概 述

工程勘察是工程建设中非常重要的一个阶段，是确定建设项目场地的地质条件、自然环境是否适宜于进行工程建设所必需的前期工作，为单体建筑设计和施工提供所需的工程地质、水文地质资料，也为全过程建设提供各种技术服务，如地基基础方案论证、工程监测等。工程勘察工作要由具备相应资格的勘察单位来承担，并按一定的程序和要求进行工作，工程勘察可按工作要求划分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。每个阶段的勘察工作可以分为踏勘、野外工作、室内试验、资料整理和编写报告等步骤。工程勘察报告集中反映了工程勘察的成果，是设计与施工的重要依据，勘察的质量对工程建设质量有决定性的作用。本章目的是使读者了解工程勘察的工作，以便与勘察工程师更好地配合，在勘察阶段能提出合适的技术要求，在设计阶段能充分利用勘察报告。在勘察工作中需要用到的许多土力学、基础工程原理已分散在本书的各章中介绍，本章不再重复。

一、岩土工程勘察的主要特点或要求

岩土工程勘察的主要特点或要求可归纳为以下几方面：

(1) 勘察范围取决于工程影响或场地稳定性分析涉及的区间，通常局限于地表以下比较浅的深度范围内，因工程的性质、规模和岩土分布情况不同而异。勘察工作需要满足工程分析和设计的需要，但也没有必要盲目扩大范围、增加深度，造成浪费。

(2) 在勘探范围内，要求对所有岩土单元（层和亚层）进行合乎一定精度要求的划分，即查明其空间分布与变化规律。这是因为工程影响范围内的岩土对工程的施工和建成后的运营或多或少都会发生作用。另外在设计方案确定前，往往需要进行多方案的比选，以便选定最经济合理的方案，为此需要提供岩土方面的全面资料。

(3) 除了深入岩层的地下工程及某些特殊工程外，多数工程直接接触的是第四系松散土层、基岩面上的残积土层或风化层，因此，工程的勘察主要是土层的勘察。

(4) 岩土工程勘察中，对各岩土单元的了解不仅是它们的组成成分、分类定名，更重要的是它们的物理、力学等性质，并应尽量采取原状土样，减少人为的扰动破坏。

(5) 岩土与地下水密切相关，地下水对岩土的性质、岩土工程的设计与施工影响至关重要。因此勘察应该正确反映场地的水文地质条件，各岩土单元的含水性、透水性，地下水位深度及其变化，地下水的水质、水量、运动规律等。

二、勘探方法分类

勘探方法可划分为直接、半直接和间接的三大类。直接的勘探指用人工或机械开挖的探井、探槽、竖井、平洞以及大口径钻孔。半直接的勘探包括各类较小口径的取样钻探。间接的勘探包括触探和工程地球物理勘探。

各类勘探方法的功能与应用条件列于表 2-1。

三、勘探方案的制定

勘探工作应该在事先周密考虑后制定的方案指导下进行。合理的勘探方案能保证既充分满足勘察技术方面的要求，又能以最少投资最短的工期达到预期的目的。勘探方案的合理性取决于以下几个方面：

表 2-1 勘探方法的功能与应用

勘探方法		功能与特点	应 用	限 制
直接法	探井、探槽	可在掘进范围内直接观察地层岩性及地质构造;可在其中采取高质量的岩土试样;可在其中进行大型的原位测试	可用人力开挖,适用于地形陡峻的山地;应用于滑坡、断层、特殊土(如黄土)的勘探	受地下水限制,开挖深度不能太大
	竖井、平洞	可在掘进范围内直接观察地层岩性及地质构造;可在其中采取高质量的岩土试样;可在其中进行大型的原位测试	应用于大型岩土工程,如大坝、隧道、地下洞室的勘探	费用高,施工难度大,施工时间长
半直接法	钻探	可采取岩土芯样,根据岩土样品、钻进参数、手感等鉴别地层;可采取岩土试样;可进行孔内原位测试;可观测地下水位	普遍应用于各类工程的勘探	对地质构造溶洞形态等只能作出推断,有时可能发生误判
间接法	触探	根据贯入指标间接地划分地层,兼有原位测试功能;可获得全断面的贯入曲线,对土层的细微变化反应灵敏	普遍应用于地基土的勘探,效率高,成本低	不能直接观察地层,有时贯入曲线具有多解性,可能发生误判
	工程物探	具有“透视性”,可简单快捷地获得有关地层岩性、地质构造、地下埋藏物的信息;可测得岩土层的某些物理力学性质参数	多作为辅助手段配合其他勘探方法使用,效率高,成本低	不同方法均有各自的应用条件和局限性,常具多解性,无其他方法配合易误判

(1) 方案制定之前,充分利用、收集已有的资料。通过已有资料可以了解场地的基本情况,便于有的放矢地制定方案,利用或部分利用已有勘探成果,可节约新的勘探资金投入,避免不必要的重复劳动。

(2) 根据勘探区的地形、地质特点,选用适当的勘探手段。一般地说,钻探是最常用的手段。

(3) 根据工程的要求确定合适的勘探工作量和勘探手段。勘探的范围、深度和精度要求取决于工程安全等级、影响范围、勘察阶段以及场地的复杂程度。

(4) 勘探方案的实施要有可靠的保证。

第二节 岩土工程勘察级别

在岩土工程国际标准和欧洲地基基础规范中,都提出了岩土工程分级的规定,不同等级的岩土工程的勘察要求是不相同的。第一类是小型而且比较简单的结构物,通过经验与定性的勘察工作就可以满足基本要求,不必进行大量的勘察工作;第二类是可以使用常规的设计与施工方法,需要定量与常规的工程勘察资料来满足设计与施工的要求,但不需要进行特殊的试验研究;第三类是很大的或特殊的结构物,具有异常危险的或特别复杂的地基和荷载条件的结构物,除了按第二类常规的勘察工作之外,还需进行有特殊要求的勘察工作。

对工程勘察进行分级的思想是十分可取的,因为工程建设的规模和复杂程度相差很大,对勘察工作的要求也应加以区别,对于特殊的工程自然应当提出特殊的要求,进行特殊项目的勘察,但如用之于一般的工程那当然是浪费了,规范应当对不同性质的工程项目规定不同的勘察要求,在保证满足设计与施工要求的基础上尽可能地节省工作量。这是一种区别对待、分级处理的思想,在编制我国国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)时吸收了国际上的这一做法,根据我国的工程实践经验提出了岩土工程勘察分级的规定。

《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)规定,岩土工程勘察等级应根据工程安全等级、场地等级和地基等级综合分析确定,下面分别讨论这三个方面的规定,以及综合确定岩土工程勘察等级的方法。

一、工程安全等级

《建筑地基基础设计规范》(GB 5007—2002)根据地基复杂程度、建筑物规模和功能特征以及由于地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度将地基基础设计分为甲、乙、丙三个安全设计等级(见表 2-2)。岩土工程勘察中,考虑工程岩土体或工程结构失稳破坏导致工程建

筑毁坏所造成的生产及财产损失、社会影响、修复可能性等因素，把工程安全等级划分为一、二、三级（见表 2-3），与地基基础设计等级相一致。

表 2-2 地基基础设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑物 30 层以上的高层建筑 体型复杂,层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物 大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等) 对地基变形有特殊要求的建筑物 复杂地质条件下的坡上建筑物(包括高边坡) 对原有工程影响较大的新建建筑物 场地和地基条件复杂的一般建筑物 位于复杂地质条件及软土地区的二层及二层以上地下室的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的七层及七层以下民用建筑及一般工业建筑;次要的轻型建筑物

表 2-3 工程安全等级

安全等级	破坏后果	工程类型
一级	很严重	重要工程
二级	严重	一般工程
三级	不严重	次要工程

二、场地等级

场地等级按照场地的复杂程度划分。复杂程度包括对建筑物抗震的影响、不良地质现象是否发育、地质环境的被破坏程度和地形地貌的复杂性等因素，可按表 2-4 确定。

表 2-4 场地等级

因素 \ 等级	一级	二级	三级
建筑抗震	危险的地段	不利的地段	设防烈度小于等于 6 度,对建筑抗震有利
不良地质现象 ^①	强烈发育	一般发育	不发育
地质环境 ^②	强烈破坏	一般破坏	未受破坏
地形地貌	复杂	较复杂	简单
地下水及水文地质条件	复杂、需专门研究	一般,基础位于地下水位以下	无影响

- ① 不良地质现象是指泥石流、崩解、滑坡、土洞、塌陷、岸边冲刷、地下强烈潜蚀等极不稳定的场地。
② 地质环境是指地下采空、地面沉降、地裂缝、化学污染和水位上升等，包括人为原因和自然原因引起的。

三、地基等级

地基等级应根据地基土或结构物周围的介质特征按表 2-5 确定。

表 2-5 地基等级

因素 \ 等级	一级	二级	三级
岩土种类	岩土种类多,性质变化大,地下水对工程影响大,需特殊处理	岩土种类较多,性质变化较大,地下水对工程有不利影响	岩土种类单一,性质变化不大,地下水对工程无影响
特殊岩土	多年冻土、湿陷、膨胀、盐渍、污染严重的特殊岩土	除上述岩土之外的特殊岩土	无特殊性岩土

四、工程勘察等级的综合划分

根据工程安全等级、场地等级和地基等级的分项判定，再按表 2-6 对岩土工程勘察等级加以综合划分。

表 2-6 工程勘察等级划分

勘察等级	确定勘察等级的条件		
	工程安全等级	场地等级	地基等级
一级	一级	任意	任意
	二级	一级	任意
		任意	一级
二级	二级	二级	二级或三级
		三级	二级
	三级	一级	任意
		任意	一级
		二级	二级
三级	二级	三级	三级
	三级	二级	三级
		三级	二级或三级

第三节 工程勘察要求

工程勘察应当在了解工程情况和设计意图的基础上进行，为了勘察的成果能够满足设计和施工的要求，在实施勘察野外工作以前需要编写勘察纲要。勘察纲要反映了工程勘察的基本要求、勘察工作的主要内容和工作方法、勘察报告的提纲等内容。

一、工程勘察的依据

业主向工程勘察单位委托勘察任务时必须具备下列文件：

- ① 项目批准书；
- ② 规划红线图；
- ③ 地形图；
- ④ 由设计单位提出的勘察任务书。

根据上述文件，工程勘察技术人员需要了解拟建建筑物的性质、层数、结构类型、荷载特点、变形要求以及初步考虑的基础形式，同时还需了解拟建场地的地形、地物、地貌特征，通过现场踏勘进一步了解场地实际情况，查看水准基点，核对委托的图样文件，考虑进场的条件、水电的供应和员工的生活安排。必要时还需向设计人员进一步了解情况、协调勘察工作的要求和进度，或根据现场踏勘的情况对勘察的要求和内容的变更，向设计人员提出勘察人员的建议。

二、不同勘察阶段的主要工作内容

一般情况下，勘察工作的主要内容应符合下列要求：

- ① 查明场地与地基的稳定性、地层的类别、厚度和坡度、持力层和下卧层的工程特性、应力历史和地下水条件等；
- ② 提供满足设计、施工所需的岩土技术参数；
- ③ 确定地基承载力，预测地基沉降及其均匀性；
- ④ 提出地基和基础设计方案建议。

上述要求在不同的勘察阶段有不同的具体内容：

(一) 可行性研究勘察阶段

(1) 在可行性研究勘察阶段，勘察的主要目的是对拟建场地的稳定性和适宜性作出评价。确定建筑场地时，应尽量避开下列地区或地段：

- ① 不良地质现象非常发育而且对场地的稳定性已有直接危害，或者目前虽无危害但存在潜在的威胁的地段；
- ② 地基土的性质严重不良的地段，例如泥沼地、以生活垃圾为主的杂填土、危岩地段等；
- ③ 对建筑物抗震极为不利的地段，如位于活动断裂带上的地段；

④ 洪水或地下水对建筑物有严重不良影响的地段；

⑤ 地下有未开采的有价值矿藏或未稳定的地下采空区。

(2) 为了达到上述要求，在可行性研究开采阶段应进行下列工作：

① 搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产和附近地区的工程地质资料及当地的岩土工程和建筑经验等资料；

② 在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、岩石和土的性质、不良地质现象及地下水等工程地质资料；

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；

④ 当有两个或两个以上拟选场地时，应进行比选分析。

(二) 初步勘察阶段

(1) 初步勘察阶段应进行下列工作：

① 搜集可行性研究阶段的工程勘察报告，取得建筑区域房屋内的地形图资料以及有关工程的性质和规模的文件；

② 初步查明地层、构造、岩土物理力学性质、地下水埋藏条件；

③ 查明场地不良地质现象的成因、分布、规模、对场地稳定性的影响及其发展趋势，并对场地的稳定性做出评价；

④ 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地，应判定场地和地基的地震效应。

季节性冻土区，应调查场地土的标准冻结深度。

(2) 初步勘察在搜集分析已有资料的基础上，根据需要进行工程地质测绘、调查以及勘探、测试和物探工作。在初步勘察阶段还需要进行下列水文地质工作：

① 调查地下水类型、补给和排泄条件，实测地下水位，并初步取得其变化幅度，必要时应设长期观测孔；

② 当需绘制地下水等水位线图时，应统一观测地下水位；

③ 当地下水有可能浸没或浸湿基础时，应估计其埋藏特征采取有代表性的水试样进行腐蚀性分析，其取样地点不宜少于 2 处；

④ 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。

(三) 详细勘察阶段

详细勘察阶段也称技术勘察阶段，它的工作内容比其他两个阶段都要多，工作深度要深。详细勘察阶段的结果应根据不同建筑物或建筑群提出详细的勘察资料和岩土的技术参数；对建筑物地基作出工程评价，并对基础设计、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质现象的防治提出论证和建议。详细勘察阶段的工作内容如下：

① 取得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、规模、荷载、结构特点，可能采用的基础类型、尺寸、预计埋置深度，地基允许变形以及对地基设计的特殊要求等；

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，并提出评价与整治所需的岩土参数和整治方案建议；

③ 查明建筑物影响范围内各层岩土的类别、深度、分布、厚度、坡度、结构特性、工程特性，计算和评价地基的稳定性、均匀性和地基承载力；

④ 对需进行沉降计算的建筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物的沉降、沉降差或整体倾斜等变形特征值；

⑤ 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地，应按抗震要求划分场地土类型和场地类别；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，判定饱和砂土或饱和粉土的地震液化，计算液化指数；

⑥ 查明埋藏的河道、河浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；

⑦ 查明地下水的埋藏条件。当有基坑降水设计时尚应查明水位饱和幅度与规律，提供地层的渗透性参数；

⑧ 在季节性冻土地区，提供场地土的标准冻结深度；

⑨ 判定环境水和土对建筑材料的腐蚀性；

⑩ 判定地基土及地下水在建筑物施工和使用期间可能产生的变化及其对工程的影响，提出防治措施及建议；

⑪ 对深基坑开挖尚应提供稳定性计算及支护设计所需岩土参数，论证和评价基坑开挖对邻近工程的影响；

⑫ 提供桩基设计所需的岩土参数，提供单桩承载力的建议值，提出桩的类型、长度和施工方法等建议。

三、勘探点的布置要求

(一) 初步勘察阶段

初步勘察应在搜集分析已有资料的基础上，根据需要进行工程地质测绘或调查，以及勘探、测试和物探工作。布置勘探点、勘探线和勘探网时，应符合下列要求：

- ① 勘探线应垂直于地貌单元边界线、地质构造线及地层界线布置；
- ② 按勘探线布置勘探点，并在每个地貌单元及其交接部位加密勘探点，在微地貌或地层变化较大的地段亦应加密勘探点；
- ③ 在地形平坦地区，可按方格网布置勘探点。

(二) 详细勘察阶段

详细勘察应按工程勘察等级依照下列规定确定勘探点的布置：

- ① 对安全等级为一级、二级的建筑物，宜按主要柱列线或居住区的周边线布置勘探点；对三级建筑物可按建筑物或建筑群的范围布置勘探点；
- 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 对重大设备基础应单独布置勘探点；对重大的动力机器基础和高耸构筑物，勘探点不宜少于3个；
- ④ 在复杂地质条件或特殊岩土地区如湿陷性土、膨胀岩土、风化岩和残积土地区，宜布置适量的探井；
- ⑤ 对高耸构筑物应专门布置必要数量的勘探点。

初勘和详勘的勘探点间距可按表 2-7 的规定确定。

表 2-7 勘探点间距

工程勘察等级	初步勘察		详细勘察
	线距/m	点距/m	点距/m
一级	50~100	30~50	10~15
二级	75~150	40~100	15~30
三级	150~300	75~200	30~50

对于高层建筑详细勘察阶段勘探点的布置还有进一步的要求，要点如下：

- ① 勘探点应沿建筑物周边布置，在角点和中心点都应有勘探点；勘探点的布置要满足纵、横方向对地层结构和均匀性评价的要求，其间距一般可取 15~35m；
- ② 高层建筑群可共用勘探点或按网格布点，但每栋建筑物至少应有 1 个控制性勘探点；
- ③ 特殊体形的建筑物应按其体形变化布置勘探点；
- ④ 单幢高层建筑的勘探点的布置，应满足对地基均匀性评价的要求，且不应少于 4 个，其中控制性勘探点不宜少于 3 个。

四、勘探孔的深度

(一) 初步勘察阶段

初步勘察时，勘探孔的深度可按表 2-8 的规定布置，其中，控制性勘探孔占勘探孔总数的