

中南大学土木工程专业教材

基础工程

Foundation Engineering

李亮 魏丽敏 主编

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/李亮,魏丽敏主编. —长沙:中南大学出版社,
2005.2

ISBN 7-81105-040-4

基... . 李... 魏... .地基 - 基础(工程)
.TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 011132 号

基础工程

李亮 魏丽敏 主编

责任编辑 秦瑞卿

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

印 装 湖南航天长宇印刷有限责任公司

开 本 787×1092 1/16 印张 24.5 字数 609 千字

版 次 2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-81105-040-4/G·019

定 价 38.00 元

图书出现印装问题,请与出版社调换

21 世纪高等学校土木工程系列教材 编写委员会

主 任 刘宝琛 院士

副主任 曾庆元 院士

委 员(以姓氏笔画排序):

方理刚 王桂尧 刘宝琛 刘 杰

吕 昀 余志武 陈秀方 林小松

杨建军 杨伟军 杨晓华 赵建三

钟新谷 郭少华 曾庆元 彭立敏

前 言

基础工程是土木工程专业的主干课程之一。现有的土木工程专业涵盖了建筑工程、交通土建工程、铁道工程、桥梁工程、地下工程、公路工程等专业。为适应这种扩大专业口径的新形势要求，我们组织编写了本教材。

全书分为八章，即建筑工程勘察、地基模型与土参数的确定、独立基础、柱下条形基础、筏形基础与箱形基础、桩基础、沉井、沉箱基础和地下连续墙、高层建筑上部结构与基础和地基的共同作用。其中，第1章由张家生编写，第2、8章由李亮编写，第3章由冷任明编写，第4章由傅鹤林编写，第5章由杨果林编写，第6章由魏丽敏编写，第7章由何群编写，全书由李亮、魏丽敏主编。

本教材的编写得到了中国工程院院士、中南大学土木建筑学院刘宝琛教授的悉心指导，在此表示深深感谢！

由于时间仓促和编者水平有限，书中疏漏与错误难免，恳请批评指正。

编 者
2004年12月

目 录

第一章 建筑工程勘察.....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 工程勘察分级.....	(1)
第三节 工程勘察要求.....	(4)
第四节 勘察工作纲要	(10)
第五节 工程地质测绘与调查	(11)
第六节 现场勘探与测试	(12)
第七节 室内土工试验	(21)
第八节 工程勘察成果报告	(22)
第二章 地基模型与土参数的确定	(31)
第一节 地基的柔度矩阵和刚度矩阵	(31)
第二节 文克尔地基模型	(33)
第三节 双参数弹性地基模型	(34)
第四节 弹性半空间地基模型	(39)
第五节 分层地基模型	(42)
第六节 层向各向同性体模型	(44)
第七节 非线性弹性模型	(45)
第八节 基床系数的确定	(46)
第九节 土的泊松比和变形模量的确定	(50)
第十节 地基模型的选择	(54)
第三章 独立基础	(56)
第一节 独立基础的类型	(56)
第二节 基础设计所需资料、设计内容和步骤.....	(57)
第三节 基础的埋置深度	(58)
第四节 基础上的荷载	(63)
第五节 基础的设计计算	(70)
第六节 防止和减轻不均匀沉降危害的措施	(89)
第七节 基础的设计算例	(93)
第四章 柱下条形基础.....	(102)
第一节 概述.....	(102)
第二节 柱下条形基础的设计和计算.....	(103)
第三节 简化算法.....	(104)
第四节 文克尔地基上的梁算法.....	(110)

第五节	美国混凝土学会(ACI)算法	(121)
第六节	链杆算法	(129)
第七节	有限差分算法	(134)
第八节	有限元算法	(140)
第九节	十字交叉条形基础的设计和计算	(144)
第五章	筏形基础与箱形基础	(152)
第一节	概述	(152)
第二节	筏形基础	(155)
第三节	箱形基础	(162)
第四节	桩箱基础与桩筏基础	(167)
第五节	筏板的有限差分分析法	(168)
第六节	筏板的有限元分析法	(170)
第六章	桩基础	(177)
第一节	概述	(177)
第二节	桩的类型及构造	(182)
第三节	桩基施工	(195)
第四节	桩基础的荷载传递	(216)
第五节	轴向荷载下的单桩	(217)
第六节	横向荷载下的单桩	(227)
第七节	群桩基础内力及位移分析	(247)
第八节	单桩承载力的确定	(257)
第九节	群桩作用和桩基的竖向承载力	(280)
第十节	建筑桩基沉降计算	(289)
第十一节	建筑桩基承台计算	(298)
第十二节	桩基础设计原则与实例	(303)
第七章	沉井、沉箱基础和地下连续墙	(319)
第一节	沉井基础概述	(319)
第二节	沉井的类型和构造	(320)
第三节	沉井施工	(324)
第四节	沉井设计	(330)
第五节	一般沉井基础设计算例	(340)
第六节	沉箱基础	(352)
第七节	地下连续墙	(359)
第八章	高层建筑上部结构与基础和地基的共同作用	(369)
第一节	上部结构与基础和地基共同作用整体分析的概念	(369)
第二节	上部结构与基础和地基共同作用分析的子结构法	(372)
第三节	高层框架结构与基础和地基的共同作用	(376)
参考文献		(383)

第一章 建筑工程勘察

第一节 概述

建筑工程勘察是建设中非常重要的一个阶段，其任务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，其成果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质的勘察单位来承担，并按一定的程序和要求进行工作，一般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、室内试验和资料整理编写报告等步骤。对于建筑群体小区或重要的建筑，宜分别进行初步勘察和详细勘察；对于一般的建筑，大多只进行详细勘察。工程勘察报告集中反映了工程勘察的成果，是建筑设计与施工的重要依据文件，勘察的质量对建筑工程的质量有决定性的作用。本章目的是使结构工程师了解工程勘察的内容，以便与岩土工程师很好地配合，在勘察阶段能够提出合适的技术要求，在建筑工程设计和施工中充分利用勘察报告所提供的工程地质资料和地基物理力学指标，进行有关土力学和基础工程的各种设计计算，有针对性地采取相应的工程措施。

第二节 工程勘察分级

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，通过经验的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程序，需要定量的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下的结构物，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。

工程勘察分级的思想是十分重要的，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，将特殊项目的勘察用于一般的工程那当然是浪费了，故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》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》(GB50021 - 1994)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

工程安全等级是根据工程破坏后果的严重性进行划分的，其划分标准见表 1 - 1。

表 1 - 1 工程安全等级

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

高层建筑一般比较重要，有一定的技术难度，通常应作为二级建筑物，超高层建筑应作为一级建筑物；但在软土地区，由于有沉降计算的要求，高层建筑应作为一级建筑物为宜。不同的规范，对高层建筑安全等级的划分并不完全相同。如《建筑地基基础设计规范》(GBJ7 - 1989)规定：“20 层以上的高层建筑，体型复杂的 14 层以上的高层建筑”作为一级安全等级；《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》(DBJ01 - 501 - 92)规定：“30 层以上的高层建筑，体型复杂 20 层以上的高层建筑”作为一级安全等级。

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 1 - 2 确定。

表 1 - 2 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	强烈发育	一般发育	不发育
地质环境	强烈破坏	一般破坏	未受破坏
地形地貌	复杂	较复杂	简单

(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 1 - 3 确定。

表 1 - 3 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 1 - 4 对岩土工程勘察等级加以综合划分。

表 1 - 4 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
三级	二级	二级	二级
	三级	三级	三级
		二级	二级
	三级	三级	二级或三级

五、修改后的岩土工程勘察分级方法

修订后的《岩土工程勘察规范》保留了岩土工程勘察分级，基本原则没有改变，但为了便于使用，采取综合划分的方法。

1. 工程的规模和特征

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：

- (1) 一级工程：重要工程，后果很严重；
- (2) 二级工程：一般工程，后果严重；
- (3) 三级工程：次要工程，后果不严重。

2. 场地的复杂程度

根据场地的复杂程度可分为三个场地等级

(1) 一级场地：对建筑抗震危险的地段；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。

(2) 二级场地：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。

(3) 三级场地：抗震设防烈度等于或小于 6 度，或对建筑抗震有利的地段；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。

3. 地基的复杂程度

根据地基的复杂程度可分为三个地基等级：

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

(2) 二级地基：岩土种类较多，不均匀，性质变化较大；除上述特殊性特别严重的之外的特殊性岩土。

(3) 三级地基：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

根据工程重要性等级、场地复杂性等级和地基复杂性等级综合划分岩土工程勘察等级：

一级：在工程重要性、场地复杂性和地基复杂性等级中，有一项或多项为一级；

二级：除甲级和丙级以外的勘察项目；

三级：工程重要性、场地复杂性和地基复杂性均为三级。

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。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,核对委托的图纸文件,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。

1. 可行性研究勘察阶段

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,应尽量避免下列地区或地段:

- (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;
- (2) 地基土的性质严重不良的,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,如位于活动断裂带地段;
- (4) 洪水或地下水对建筑物有严重不良影响的;
- (5) 地下有未开采的有价值矿藏或未稳定的地下采空区。

为了达到上述要求,在可行性研究勘察阶段应进行下列工作:

- (1) 搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产和附近地区的工程地质资料及当地的建筑经验;
- (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。

2. 初步勘察阶段

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、地下水埋藏条件及冻结深度;
- (3) 查明场地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 7 度的场地,应判定场地和地基的地震效应。

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。

3. 详细勘察阶段

详细勘察阶段又称技术勘察, 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、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、结构特点, 可能采用的基础类型、尺寸、预计埋置深度, 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) 查明建筑物地基范围内各层岩土的类别、厚度、坡度、结构特性、工程特性, 计算和评价地基的稳定性和地基承载力;
- (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;
- (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) 查明地下水的埋藏条件。当有基坑降水设计时尚应查明水位变化幅度与规律, 提供地层的渗透性参数;
- (7) 判定环境水和土对建筑材料的腐蚀性;
- (8) 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;
- (9) 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、降水对邻近工程的影响;
- (10) 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

1. 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) 勘探线应垂直地貌单元边界线、地质构造线及地层界线;

(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。

2. 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) 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，勘探点不宜少于 3 个；

(3) 在复杂地质条件或特殊岩土地区宜布置适量的探井；

(4) 对高层建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 1 - 5 的规定确定。

表 1 - 5 勘探点间距

岩土工程勘察等级	初步勘察		详细勘察
	线距/ m	点距/ m	点距/ m
一级	50 ~ 100	30 ~ 50	15 ~ 35
二级	75 ~ 150	40 ~ 100	25 ~ 45
三级	150 ~ 300	75 ~ 200	40 ~ 65

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。

对于高层建筑详细勘察勘探点的布置除满足一般规定外，还应符合进一步的要求，要点如下：

(1) 勘探点应沿建筑物的周边布置，在角点和中心点都应有勘探点，建筑物的勘探点如不能兼顾基坑工程的要求，应布置专门为基坑工程用的勘探点；

(2) 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 ~ 35 m；

(3) 高层建筑群可共用勘探点或按网格布点；

(4) 特殊体形的建筑物应按其体形变化布置勘探点；

单幢高层建筑的勘探点不应少于 4 个，其中控制性勘探点不宜少于 3 个。

四、勘探孔的深度

1. 初步勘察阶段

初步勘察时，勘探孔的深度可按表 1 - 6 的规定确定，其中，控制性勘探孔占勘探孔总数的 $1/5 \sim 1/3$ ，且每个地貌单元或每幢重要建筑物均应有控制性勘探孔。当遇到下列特殊情况时要适当增、减勘探孔深度：

(1) 场地地形起伏较大时要根据预计的整平地面标高调整钻孔深度；

(2) 在预定深度内遇到基岩时，除控制性勘探孔应钻入基岩适当深度外，其他勘探孔在确认达到基岩后即可终孔；

(3) 预计基础埋置深度以下有厚度超过 3~5 m、且分布均匀的坚实土层(如碎石土、老堆积土等)时, 控制性勘探孔应达到规定深度外, 其他勘探孔深度可适当减小;

(4) 当预定深度内有软弱地层时, 勘探孔深度应适当加大。

表 1 - 6 初勘勘探孔深度

岩土工程勘察等级 \ 类别	一般性勘探孔深度/ m	控制性勘探孔深度/ m
一级	15	30
二级	10~15	15~30
三级	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。

2. 详细勘察阶段

详细勘察阶段的勘探孔深度应自基础底面算起, 孔深应按下列要求确定:

(1) 勘探孔的深度应能控制地基主要受力层。当基础宽度不大于 5 m 时, 条形基础的勘探孔深度应为基础宽度的 3 倍; 单独基础应为 1.5 倍, 但均不应小于 5 m;

(2) 大型设备基础勘探孔深度不宜小于基础宽度的 2~3 倍;

(3) 对需要进行变形验算的地基, 控制性勘探孔的深度应超过考虑相邻影响的地基沉降计算深度; 控制性勘探孔深度可按表 1 - 7 确定;

(4) 当有大面积地面堆载或有软弱下卧层时, 应适当加深勘探孔的深度。

表 1 - 7 详勘控制性勘探孔深度

基础宽度 b m	控制性勘探孔深度/ m		
	软 土	一般粘性土、粉土 及砂土	老堆积土、密实砂土 及碎石土
$b \leq 5$	$3.5b$	$3.0b \sim 3.5b$	$3.0b$
$5 < b \leq 10$	$2.5b \sim 3.5b$	$2.0b \sim 3.0b$	$1.5b \sim 3.0b$
$10 < b \leq 20$	$2.0b \sim 2.5b$	$1.5b \sim 2.0b$	$1.0b \sim 1.5b$
$20 < b \leq 40$	$1.5b \sim 2.0b$	$1.2b \sim 1.5b$	$0.8b \sim 1.0b$
$b > 40$	$1.3b \sim 1.5b$	$1.0b \sim 1.2b$	$0.6b \sim 0.8b$

对于高层建筑, 除满足一般规定外, 勘探孔的深度还要满足下列要求:

(1) 当采用箱形基础或筏板基础时, 控制性勘探孔的深度应大于压缩层的下限; 一般性勘探孔应能控制主要受力层, 亦可按下式计算:

$$Z = d + ab \quad (1 - 1)$$

式中 Z ——勘探孔深度, m;

d ——箱形基础或片筏基础的埋置深度, m;

b ——基础底面的宽度, m, 对圆形或环形基础按最大直径考虑;

a ——与压缩层深度有关的经验系数, 可按表 1 - 8 选用。

(2) 当采用桩基础或墩基础时, 控制孔的数量应为勘探孔总数的 $1/3 \sim 1/2$, 其深度应达到压缩层计算深度或在桩端下取基础宽度的 $1.0 \sim 1.5$ 倍。当在这个深度范围内遇把坚硬岩土时可以终孔。一般性勘探孔应进入持力层 $3 \sim 5$ m。大口径桩或墩, 其勘探孔深度应达到桩端下桩径的 3 倍。

表 1 - 8 经验系数值

土类 孔类	碎石土	砂 土	粉 土	粘性土	软 土
控制孔	0.5 ~ 0.7	0.7 ~ 0.9	0.9 ~ 1.2	1.0 ~ 1.5	2.0
一般孔	0.3 ~ 0.4	0.4 ~ 0.5	0.5 ~ 0.7	0.6 ~ 0.9	1.0

注: 当土的堆积年代较久、较密实或在地下水位以上时取小值, 反之取大值。

五、取样和测试工作量

1. 初步勘察

在初步勘察阶段, 当需要取土或进行原位测试时, 取土试样和进行原位测试的勘探孔或勘探井在平面上均匀分布, 其数量可占勘探孔总数的 $1/4 \sim 1/2$ 。取土试样或原位测试的数量和竖向间距按地层特点和土的均匀程度确定。每层土均应采取土样或进行原位测试, 其数量不得少于 6 个。

2. 详细勘察

在详细勘察阶段, 布置取土试样和原位测试时, 应符合下列要求:

(1) 取土试样和原位测试的勘探孔或勘探井数量应按地基土的均匀性和设计要求确定, 并取勘探孔总数的 $1/2 \sim 1/3$, 对安全等级为一级的建筑物每幢不得少于 3 个;

(2) 取土试样和原位测试点的竖向间距; 在地基主要受力层内取 $1 \sim 2$ m, 对每个场地或每幢安全等级为一级的建筑物, 每一主要土层的原状土样不应少于 6 个; 同一土层的孔内原位测试数据不应少于 6 组;

(3) 在地基主要持力层内, 对厚度大于 50 cm 的夹层或透镜体应采取土试样或作孔内原位测试;

(4) 当土质不均或结构松散难以采取土样时, 可采用原位测试。

详细勘察阶段的技术成果要经受基坑开挖时验槽的检验, 如勘察报告的数据有出入, 应按下列要求进行验槽处理:

(1) 对安全等级为一级、二级的建筑物, 应进行施工验槽;

(2) 基槽开挖以后, 岩土探井或勘察资料不符时, 应进行施工勘察;

(3) 在地基处理及深基坑开挖施工中, 应进行检验和监测工作;

(4) 地基中溶洞或土洞较发达时, 应查明并提出处理建议;

(5) 施工中如发现有边坡失稳的危险时，应查明原因，进行监测并提出处理建议。

第四节 勘察工作纲要

勘察工作纲要是勘察工作的指导性文件，在承接勘察任务的时候应根据招标文件的要求编制工程勘察标书，标书是勘察工作的承包商对业主的约定，一旦中标，勘察承包商就具有实施标书所规定内容的义务，标书的内容就变为勘察单位内部工作的依据，成为编写勘察纲要的主要依据。

1. 编制勘察纲要前应具备的资料

- (1) 建设项目的标准文件，有场地规划红线的地图等；
- (2) 拟建场地的地形图及建筑物总平面布置图，必要时尚需要地下管线图；
- (3) 勘察任务委托书，建设、设计单位对勘察工作的技术要求；
- (4) 邻近场地的工程勘察资料和地区经验。

2. 总的要求

勘察纲要应做到内容完整、可行、合理、切合实际和满足工程要求，勘察纲要一般应包括下列内容：

(1) 建设项目概况，主要明确勘察工作的对象—拟建建筑物的性质、用途、结构特征、基础的可能型式以及场地的主要特点，使勘察工作有明确的针对性：

(2) 对已有工程勘察资料的分析，通过搜集与分析已有资料，可以对拟建场地的工程地质条件有一个比较全面的了解，这有助于正确地选择合适的勘探手段和试验方法，也可以从中了解勘察技术的难度和需要进一步解决的技术问题；

(3) 勘察的目的和要求，从建设项目的要求和拟建场地的特点就不难明确这次勘察任务的目的和需要达到的技术要求；

(4) 勘察方案，包括拟采取的勘探手段，钻孔及原位测试孔的数量、深度与平面布置，取样的数量、技术要求以及试验项目的安排；

(5) 质量及安全保证的措施；

(6) 勘察计划进度、设备机具及人员的配备；

(7) 提交勘察报告的主要章节目录安排；

(8) 经费预算。

对于 级勘察工程必须编写详细的勘察纲要，并应附有钻探及测试项目施工任务书，必要时还要编写土工试验纲要。对于 级和 级勘察工程可根据情况采用表格式的勘察纲要，但内容必须齐全，确定的工作量要说明依据，并附有钻探任务书。

在实施工程期间，由于地层与预计的情况有较大变化，或设计方案变化等原因，需要变更勘察方案时，应编写勘察纲要的补充说明，并按质量管理程序审批。

3. 勘察纲要的编写

勘察纲要又称为勘察方案，在需要招标的工程中，勘察方案的主要内容实际上已包含在递交给业主的标书中。根据招、投标的规定，勘察单位的标书应按招标文件的要求编制，其

主要包括:

(1) 标书的最后说明书, 主要叙述勘察方案编制依据、原则、执行的规范、规程、规定、标准及利用已有的资料。重点说明本工程勘察目的和所要解决的工程技术问题, 以及为之而采用的勘探测试手段、方法(现场的和室内的)。根据存在的工程技术问题提出与建设、设计、施工单位的配合服务事项等;

(2) 拟定的勘探孔平面布置图和其他有关图件;

(3) 勘探工作量, 包括野外勘探、测试(如钻探和原位测试)的数量、孔深、测试点(次)的数量, 室内试验项目及按土层分配的数量;

(4) 拟定勘察报告书的主要章节, 各章节的基本内容和提交的主要图表;

(5) 勘察方案实施投入的技术力量、机具及测试设备, 施工组织措施, 进度计划安排。对非标准的特殊试验、测试方法, 应明确施工技术措施或测试方案设计;

(6) 工程勘察费预算依据及预算明细表;

(7) 提出需要建设单位提供的配合条件;

(8) 其他应说明的内容和需附的图件资料。

第五节 工程地质测绘与调查

工程地质测绘与调查的范围应包括拟建场地及其附近地区, 工作内容包括搜集、研究已有的地质资料并进行现场踏勘、调查和必要的测绘, 通过调查, 查明下列几个方面的工程地质和环境地质条件, 为勘察工作量的布置、为对拟建场地的分析评价提供依据:

(1) 查明地形、地貌特征, 地貌单元形成过程及其与地层、构造、不良地质现象的关系, 划分地貌单元;

(2) 查明岩土的性质、成因、年代、厚度和分布。对岩层应查明风化程度, 对土层应区分新近堆积土、特殊土的分布及其工程地质条件; 在城市应注意调查冲填土、素填土、杂填土等的分布、回填年代和回填方法以及物质来源等; 注意调查已被填没的河、塘、滩地等的分布位置、深度、所填物质及填没的年代; 还要注意井、墓穴、地下工程、地下管线等的分布位置、深度、范围、结构型式、构筑年代和材料等;

(3) 查明岩层的产状及构造类型, 软弱结构面的产状及其性质, 包括断层的位置、类型、产状、断距、破碎带的宽度及充填胶结情况, 岩、土层接触面及软弱夹层的特性等, 第四纪构造活动的形迹、特点与地震活动的关系;

(4) 查明地下水的类型、补给来源、排泄条件, 井、泉的位置、含水层的岩性特征、埋藏深度、水位变化、污染情况及其与地表水系的关系等;

(5) 搜集气象、水文、植被、土的最大冻结深度等资料; 调查最高洪水位及其发生时间、淹没范围等;

(6) 查明岩溶、土洞、滑坡、泥石流、崩塌、冲沟、断裂、地震灾害和岸边冲刷等不良地质现象的形成、分布、形态、规模、发育程度及其对工程建设的不良影响;

(7) 调查人类工程活动对场地稳定性的影响, 包括人工洞穴、地下采空、大填大挖、抽水排水以及水库诱发地震等。

类似工程和相邻工程的建筑经验和建筑物沉降观测资料, 改建、加层建筑物地基基础、